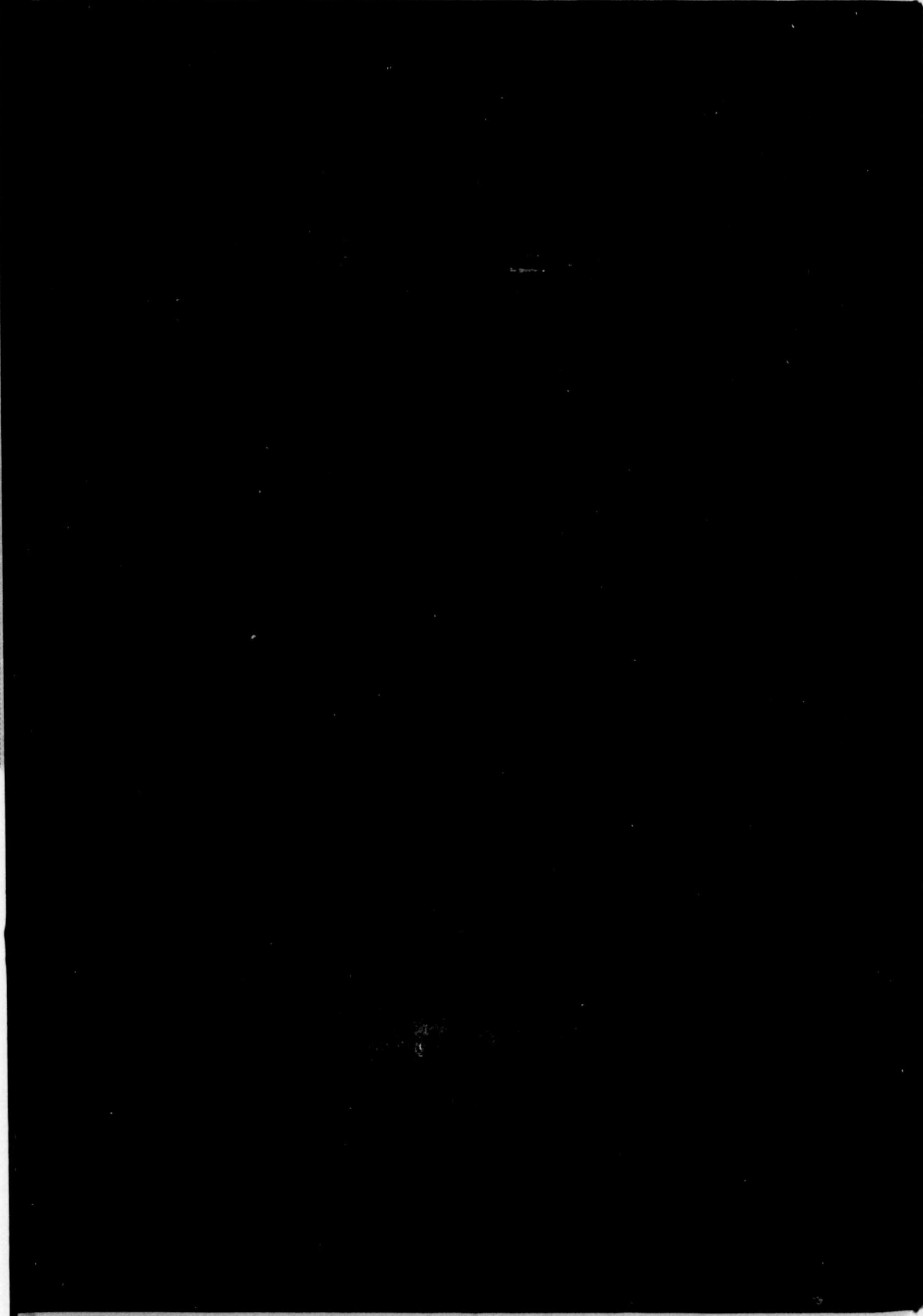


始



金屬鑛床ノ探掘方法

日本鑛業 鑛山部  
株式會社

930  
76

449

561.4  
A44



# 金屬鑛床ノ探掘方法

日立鑛山探鑛課譯

日本鑛業株式會社 鑛山部



930

## 序

先年アメリカ合衆國鑛山局より發刊せられたる「金屬鑛床の採掘方法」の骨子を翻譯し今回是を上梓して配布する事とせり。時恰も金は勿論其他の各金屬亦増産強化に邁進すべき時期に際會し一面極端なる勞力物資の不足に當面し乍ら國家の要望に應へん爲には作業の能率を向上せしめ然も安全に猶ほ資源の一塊たりとも亡失せしむるが如き事無き様徹底せる技術並に物資尊重を基調として斯業に精進せざるべからざるの時なり。

如上の意味より見る時本書は採鑛技術者にとり各種鑛床の採鑛に際し又其方法の撰擇、研究に關し資する處不尠るを信ずるものなり。幸に好侶とし活用せられん事を切望す。

終りに本書の翻譯は専ら日立鑛山採鑛課員諸氏により果されたるものにして其意義深き努力に對し敬意を表する次第なり。

昭和十六年七月

鑛山部長 諫 早 良 三

## 目 次

緒 言 .....	1
本書發刊の目的 .....	2
採掘法の定義と分類 .....	3
定 義 .....	3
分 類 .....	3
(A) 無支柱採掘法; 空洞掘 .....	5
(B) 人爲的支柱採掘法 .....	7
シユリンケージ法 .....	7
上向充填採掘法 .....	7
細脈に於ける横梁法 .....	8
方 梓 法 .....	8
(C) ケービング採掘法 .....	9
ブロック, ケービング .....	9
サブレベル, ケービング .....	10
トツブ, スライシング .....	10
(D) 支柱法とケービング法の組合せ法 .....	11
分類結論 .....	11
主要採掘法に依る採掘量 .....	12
物理的條件による各採掘法の適應範圍 .....	13
特殊條件 .....	13
鑛石及岩磐の強さ .....	13
鑛體の大きさ .....	13
鑛體の形狀並に傾斜 .....	13
地表よりの深さ並に被覆地層の性狀 .....	14
地壓の方向 .....	14
永續的支柱の必要性 .....	14
主要採掘法の適應範圍 .....	14
無支柱採掘法; 空洞掘 .....	14
人爲的支柱採掘法 .....	15

(a) シュリンケージ法.....	15
(b) 充填採掘法.....	15
(c) 細脈に於ける横梁法.....	16
(d) 方枠法.....	16
ケービング採掘法.....	16
(a) プロツク、ケービング法.....	16
(b) サプレベル、ケービング法.....	16
(c) トップ、スライシング法.....	17
採掘法の選擇.....	18
鑛體の物理的性質.....	18
鑛石の品位.....	20
鑛體内の有價鑛物の分布状態.....	21
採掘法が選鑛實收率に及ぼす影響.....	22
經濟的條件.....	22
採掘經費.....	22
金融状態.....	22
所要資本金.....	23
坑木の價額.....	23
市場條件.....	23
採鑛操業上に影響する條件.....	24
開坑.....	24
鑛石の運搬及捲揚.....	26
充填物と其供給状態.....	26
保安、衛生及福利施設.....	27
結論.....	27
實例による各採掘法の解説.....	28
空洞掘.....	28
水平又は緩傾斜鑛體に於ける空洞掘.....	28
Tri-State district.....	30
Southeast Missouri district.....	36
Mascot, Tenn.....	36
Marquette range, Michigan.....	38

Mineville district, New York.....	41
Edwards mine, New York.....	43
Michigan Copper district.....	44
Vanadium mine, Rifle Colo.....	46
急傾斜鑛體に於ける空洞掘.....	47
Granada mine, Quebec.....	47
Mary mine, Isabella Tenn.....	49
Burra-Burra mine, Ducktown, Tenn.....	51
Menominee range, Michigan.....	54
Marquette range, Michigan.....	58
Noranda, Quebec.....	59
Sherritt Gardon mine, Manitoba.....	60
Spring Hill mine, Montana.....	62
Hanover Bessemer Iron & Copper Co.....	63
空洞掘の概要.....	64
シュリンケージ法.....	69
細脈及中幅鑛脈に於けるシュリンケージ法.....	70
Nevada-Massachusetts mine Mill City, Nev.....	70
Harmony mine, Baker, Idaho.....	71
Bosciclar, Ill.....	73
Consolidated Cortez silver mine Cortez, Nev.....	74
Eighty-Five mine, Valedon, N. Mex.....	75
Verde Central mine, Kirkland Lake, Ontario.....	77
Kirkland Lake Gold Mining Co., Kirkland Lake, Ontario.....	79
Vipond mine, Timmins, Ontario.....	82
McIntyre mine, Schumacher, Ontario.....	83
Elkoro mine, Jarbidge, Nev.....	84
Engles mine, Plumas Country, Calif.....	85
Mount Hope mine, Mount Hope N. J.....	87
大脈幅鑛體に於けるシュリンケージ法.....	89
Homestake mine, Lead, S. Dak.....	90
大鑛體に於けるシュリンケージ法の應用.....	93

Bristol mine, Crystal Falls, Mich. ....	93
Climax Molybdenum Co, Climax, Colo. ....	94
Alaska Juneau mine, Juneau, Alaska ....	95
Beatson mine, Latouche, Alaska ....	98
シュリンケージ法結論 .....	101
シュリンケージ法の利點 .....	104
シュリンケージ法の不利點 .....	105
上向充填探掘法 .....	108
狭い脈又は普通の厚さの急傾斜板状鑛體に於ける上向充填探掘法 .....	109
Block P mine, Hughesville, Mont. Questa, N. Mex. ....	109
Questa, N. Mex. ....	110
Cold Springs mine, Boulder Country, Colo. ....	111
Lucky Tiger mine, Sonora, Mexico ....	113
Eighty-Five mine, Baledow, N. Mex. ....	115
McIntyre mine, Schumacher, Ontario ....	116
Ground Hog mine, Vanadium, N. Mex. ....	117
Matahambre mine, Pinar Del Rio, Cuba ....	119
Teziutlan Copper mine, Puebla, Mex. ....	121
Pecos mine, Tererro, N. Mex. ....	122
United Eastern mine, Oatman, Ariz. ....	124
Park Utah mine, Park City, Utah ....	125
Champion mine, Painesdale, Mich. ....	127
Pilares mine, Nacozari, Mexico. ....	131
普通の脈幅の鑛體に於ける上向充填探掘法 .....	138
Morning mine, Idaho ....	133
Hecla and Star mines, Burke, Idaho ....	134
廣い脈幅の鑛體に於ける上向充填探掘法 .....	136
La Colorada mine, Canavea, Mexico ....	136
Gampbell mine, Warren, Ariz. ....	140
United Verde mine, Jerome, Ariz. ....	142
Magma mine, Superior, Ariz. ....	144
Eagle mine, Gilman, Colo. ....	147

Krivoy Rog district, Russia .....	148
上向充填探掘法結論 .....	148
上向充填探掘法の利點 .....	151
上向充填探掘法の缺點 .....	151
横梁探掘法 .....	156
横梁法の實例 .....	156
Conglomerate mine, Calumet, Mich. ....	156
Witwatersrand, Africa ....	158
Wright-Horgreaves mine, Kirkland Lake, Ontario ....	159
方 梓 法 .....	160
水平に用ひたる方梓法 .....	161
Argonaut mine, Jackson, Calif. ....	161
Page mine, Page, Idaho ....	163
Pecos mine, Tererro, N. Mex. ....	164
Black Rock mine, Butte, Mont. ....	164
Silver King Coalition mine, Park City, Utah ....	166
傾斜して用ひた方梓法 .....	167
Ground Hog mine, Vanadium, N. Mex. ....	168
Park Utah mine, Park City, Utah ....	168
Bawdwin mine, Upper Burvia ....	170
縦に用ひた方梓法 .....	173
Bunker Hill Sullivan mine, Kellogg, Idaho. ....	173
Tintic Standard mine, Tintic district, Utah ....	175
United Verde Extension mine, Terome, Ariz. ....	176
Eagle mine, Gilman, Colo. ....	178
方梓法に於ける梓材の回收 .....	179
United Verde mine, Terome, Ariz. ....	180
方梓法結論 .....	180
方梓法の利點 .....	185
方梓法の不利點 .....	185
ブロック、ケーピング法 .....	185
ミシガン地方の鐵山 .....	186



西部銅山地方 .....	188
Ohio Copper mine, Bingham, Utah .....	191
Ray mines, Ray, Ariz. ....	192
Inspiration mine, Arizona .....	195
Miami mine, Arizona .....	198
Humboldt mine, Morenci, Ariz. ....	203
Crestmore mine, Crestmore, Calif. ....	206
南アメリカ銅山地方 .....	207
Braden Copper Co., Chile .....	207
Andes Copper Mining Co. ....	209
ブロック、ケービング法結論 .....	210
サブレベル、ケービング法 .....	214
サブレベル、ケービング法の實例 .....	214
Eureka-Asteroid mine, Michigan .....	214
Montreal mine, Wisconsin .....	216
Old Dominion mine, Globe, Ariz. ....	218
サブレベル、ケービング 結論 .....	220
トップ、スライシング法 .....	222
トップ、スライシングの實例.....	224
Mesabi range .....	224
Cuyuna range.....	231
Vermilion range.....	233
Marquette range.....	234
Cananea, Mexico .....	239
Miami, Ariz. ....	240
Morenci district.....	241
Bisbee, Ariz. ....	242
Charcas, San Luis Potosi, Mexico .....	243
Franklin, N. J. ....	245
トップ、スライシング法結論 .....	245
保安衛生 .....	250

## 主要採掘法に就て

### Introduction

本書は鑛山採掘法と其の資材及經費を論究した米國鑛山局叢書の一部である。即ち斯やうな論題を研究するために米國鑛山局は 1928 年から 5 年間數多の鑛山會社と協力し其間鑛山局の技師達は合衆國の幾多の大小鑛山は勿論遠く加奈侖及メキシコ迄も出張し、其の結果として各種の坑内採掘法及經費を論じた 75 種の報告書が廻付せられ其外に 6 種の露天掘鑛山と 2 種の砂金浸漚地に關するものが發表された。而して此等の報告書は鑛山所長、採鑛課長及主任技師等が時には鑛山局技師と協同して書いたものであつて題材の取扱、經費見積及操業状態の統一を得るが爲に總て豫め鑛山局によつて規定された標準に従つたものである。

尙文献として鑛山局技師達が主要坑内採掘法の個々に就て研究した報告書<sup>(2)</sup>があり此等は各種鑛山を記述した書籍、實地調査の技術協會の雑誌及會報に記載した材料等を參考とし此外特殊なる採鑛技術の問題及坑内操業方法に關する種々の著述<sup>(3)</sup>がある。

(1) Work on Manuscript Completed April 1934.

以下總て鑛山局發行のものである。

(2) Jackson, Chas. F., Mining Ore in Open Stopes, Central and Eastern United States: Inf. Circ. 6193, 1929.

Jackson, Chas. F., Shrinkage Stopping: Inf. Circ. 6203, 1930.

Gardner, E. D. Undercut Block-Caving Method of Mining in Western Copper Mines: Inf. Circ. 6350, 1930.

Jackson, Chas. F., Mining by the Top-slicing Method, With Some Notes on Sublevel Caving: Inf. Circ. 6410, 1931.

Johnson, C. H. and Gardner E. D. Cut-and-fill Stopping: Inf. Circ. 6688, 1933.

Gardner, E. D. and Vanderburg WMO., Square-set System of Mining: Inf. Circ. 6691, 1933.

(3) Jackson, Chas. F., Some Notes on Underground Transportation: Inf. Circ. 6326, 1930.

Jackson, Chas. F., and Knaebel, John B., Underground chute Gates in Metal Mines: Inf. Circ. 6495, 1931.

Gardner, E. D., and Johnson, J. F., Shaft-sinking Practices and Costs: Bull. 357, 1932.

McElroy, G. E., Ventilation of the Large Copper Mine of Arizona Bull. 330, 1930.

Crane, W. R., Essential Factors Influencing Subsidence and Ground Movement: Inf. Circ. 6501, 1931.

Knaebel, John B., Sampling and Exploration by Means of Hammer Drills: Inf. Circ. 6594, 1932.

Wright, Charles will, Management of Labor in Successfull Metal-Mine Operations: Inf. Circ. 6650, 1932.

Vanderburg, William O., Factors Governing the Selection of the Proper Level Interval in Underground Mines: Inf. Circ. 6613, 1932.

Jackson, Chas. F., Knaebel, John B., Sampling and Estimation of Ore Deposits: Bull 356, 1932.

Jackson, Chas. F., Some Notes on Methods and Costs of Equipping and Developing Prospects: Inf. Circ. 6693, 1933.

Rigart, John R., the Cost of Developing to the Operating Stage and Equipping a small or Medium-sized Mine in the Tri-State Lead and Zinc District: Inf. Circ. 6591, 1932.

Keast, A. J., and Jackson, Chas. F., Method and Cost of Exploring, Equipping for Development, and Depeveloping the Central Patricia Group of claims, Northern Ontario: Inf. Circ. 6681, 1933.

Emens, W. H., and Jackson, Chas. F., Methods and Costs of Developing and Equipping the Ashley gold Mine, Matachewan gold District, Ontario: Inf. Circ. 6707, 1933.

Keller, Albert E., and Gillingham, E. C., Employeetimekeeping System and Mechanical, Pay-roll Methods at Britannia Beach, British Columbia: Inf. Circ. 6622, 1932.

#### 本書發刊の目的

本書の目的は即ち各種主要探掘法に就て、各々變化應用される條件採用する場合に考慮しなければならぬ要素及長所短所を研究し且勞力、材料の價格、或は機械力等を論議することである。

然し乍ら探掘作業は他の坑内作業であるところの探鑛、開坑、運搬、排水及選鑛作業等によりて大きな影響を受け、鑛石採掘上最大限度の能率を擧げるには此等の協力に俟たねばならぬ。故に探掘法それ自體だけを論ずる事は不可能であるが可及的此等とは切り離して述べることにした。

又各種探掘法を研究するに當つて其の採用決定に就いては鑛床の種々の物理的條件や特徴に依つて掣肘せられる事を考へ又探掘方法を比較する場合にも之等の特徴を比較して見て正しい結論に到達する様にせねばならぬ。

斯様にして以下本書により討議することによつて此等の條件に對應する探掘法の實施方法及採掘状態等に關し讀者の批判と吟味を希望するものである。

### Definition and classification of stoping method

#### § Definition (定義)

Stope とは次のやうに定義される。

(1) 一つの坑道の上又は下向に階段狀をなして鑛石を採掘する所を云ひ常に急傾斜又は垂直鑛脈の場合に用ふる。而して屢々水平鑛脈を有する鑛山 (flat mine) の廣い採掘場に使用せらるる room と同義語に誤用される場合がある。

(2) 鑛脈中で水平に作業を繼續して鑛石を掘鑿採掘する事を云ふ。即ち數多の切羽が進行した時各切羽の引立面又は次の上部は下部の引立面より少し先に進める故に全引立面は階段の形を想像せしめるのである故に stoping とは一つの坑道の上向又は下向に階段狀の順序で鑛石を採掘する作業を云ふのであるが近年此語は廣い意味に用ひられ特に本書では最も廣義に用ふる即ち鑛脈及尤大な不規則鑛體中に於ける垂直、水平及び傾斜掘鑿作業の連續により或は水平鑛床 (flat deposit) 中の作業によつて鑛石を採掘する作業を總稱して云ふのである。

即ち Stoping とは探鑛及開坑以外の坑内作業によつて鑛石を得る事であり、探鑛及開坑の爲掘鑿した鑛押坑道、立入堅坑、坑井、掘上り等から鑛石を得ることは本來の目的に對しては從屬的であり此所で用ふる Stoping の意味にはならないのである。

尙鑛床といふものは著しく物理的性質によつて變化し、其の開鑿には經濟的問題が介入するものであるから之に用ふる探掘法も又各種の鑛床に對し安全に且經濟的に鑛石を採掘する様考究され、從つて其の命名法も種々の方法に關聯して使用する様に發達したものである。

#### § Classification

探掘法に就いては古くから幾多の簡單或は複雑な分類法があり各々其の名稱を明にし各種探掘法の根本的差異及關係を示すために數多の基礎に基いて提唱されて來たのである。

1923 年に米國採治學會の探掘法委員會<sup>①</sup>が此の問題を論議し充分に考慮した後に作つた分類法は Stoping の方向と Support の方法に立脚し且其等の變化を夫々包含したものである。

(4) Mining Methods Committee, American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, Classification of Mining Methods: Trans. Am. Inst. Min and Met. Eng., Vol. 72, 1925.

1928 年鑛山局が種々研究した結果採用した分類法の探掘方法に就ては鑛石を搬出する間 Self-support である天磐と兩磐の面積及 Span で決定する要素即ち掘鑿する天磐と兩磐とを維持する爲に必要な距離、性質、大さ及び落磐、「モメ」等を防止する爲に周圍の岩磐を永久的に Support する必要物等に依存したものである。即ち之の分類法は鑛床の大小、規則性、水平、傾斜、垂

直、品位の上下等に無関係にして、此等の要素は採用する採掘法の詳細及び變化を究むる上に充分必要なものであるが何と云つても切羽の支柱法が問題である。それ故に分類の基礎を鑛石を掘鑿する間切羽の天磐及兩磐を Support する方法如何に置くことは論理的である。

即ち鑛山局が採用した分類法は“Underhand”, “Overhand”, “Horizontal” “Rill” 採掘法のやうに採掘法の方向や “Advancing”, “Retreating” による作業の連続性及び “Branch raise” による鑛石の取扱方法等を考慮に入れなければいけれども之等の諸點は充分各種主要採掘法の重要な差異として論ぜられてゐる。

今其の分類法を挙げれば次の如くである。

**Classification of Stopping Methods.**

- A. Stopes naturally supported.
  - 1. Open stoping.
    - (a) Open stopes in small ore bodies.
    - (b) Sublevel stoping.
  - 2. Open stopes with pillar supports.
    - (a) Casual pillars.
    - (b) Room (or stope) and pillar (regular arrangement).
- B. Stopes artificially supported.
  - 3. Shrinkage stoping.
    - (a) With pillars.
    - (b) Without Pillars.
    - (c) With subsequent waste filling.
  - 4. Cut-and-fill stoping.
  - 5. Stulled stopes in narrow veins.
  - 6. Square-set stoping.
- C. Caved Stoping.
  - 7. Caving (Ore broken by induced caving).
    - (a) Block caving; including caving to main levels and caving to chutes or branched raises.
    - (b) Sublevel caving.
  - 8. Top-slicing (mining under a mat which, together with caved stoping, follows the mining downward in successive stages).
- D. Combination of supported and caved stopes. (As shrinkage stoping with pillar caving,

cut-and-fill stoping with top slicing of pillars, etc.)

尙 1936 年に統計局が金屬鑛山に於ける昔の統計を得る爲に Support の方法に立脚したと同様な分類法を採用したのであるが之は一時的 support と permanent support に區別したものである今之を挙げると下記の通りである。

Method of Underground Mining	Method of Support	
	Temporary	Permanent
open stope (including room and pillar and sublevel Caving)	Pillars	Pillars
Shrinkage	Square-sets	Filling
Cut-and-fill	Square-set and filling	No permanent support
Square-set	Stulls	
Block Caving	Stulls and filling	
Sublevel Caving	Filling only	
Top slicing		

**A. Stopes supported naturally; Open stopes.**

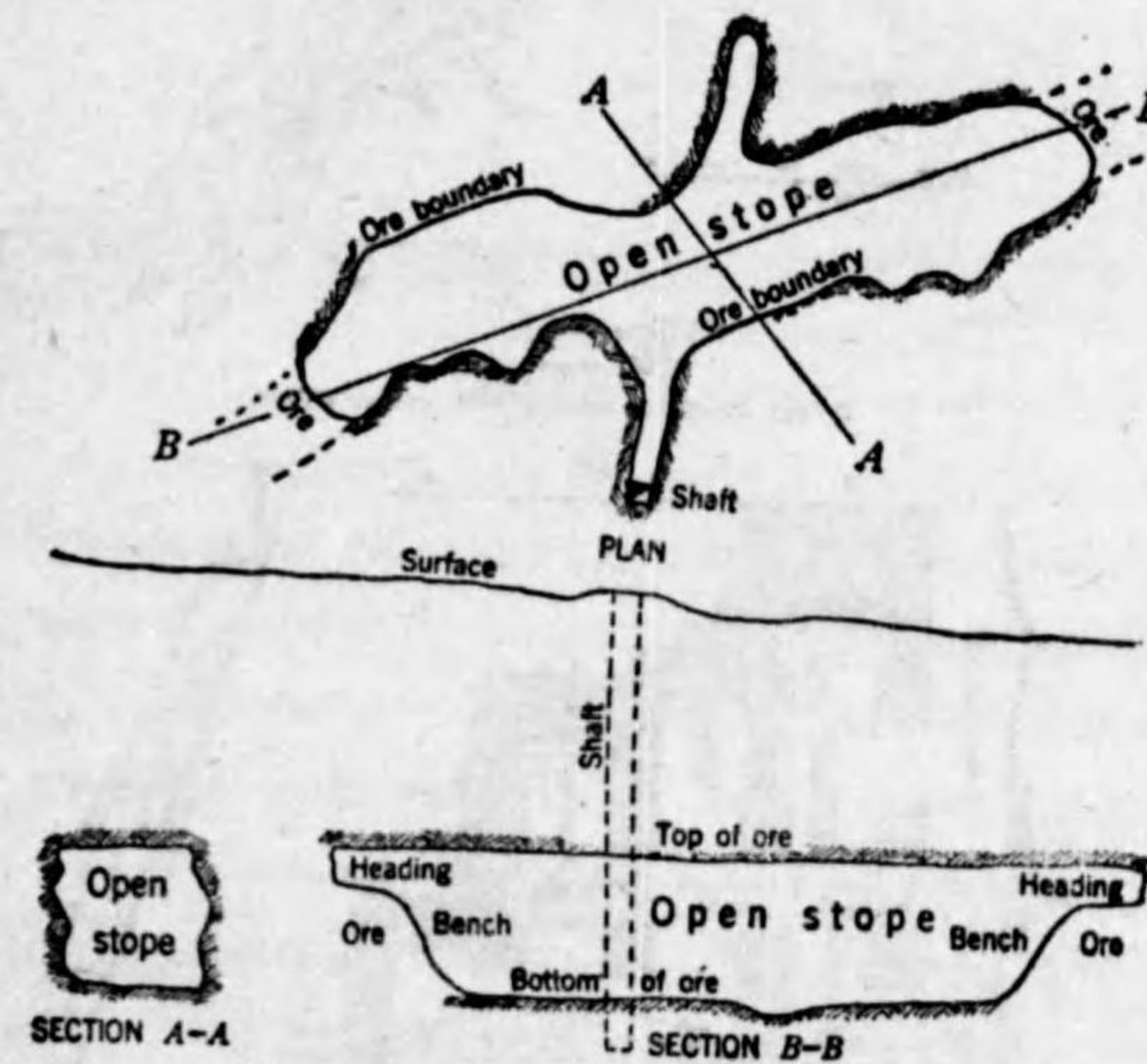


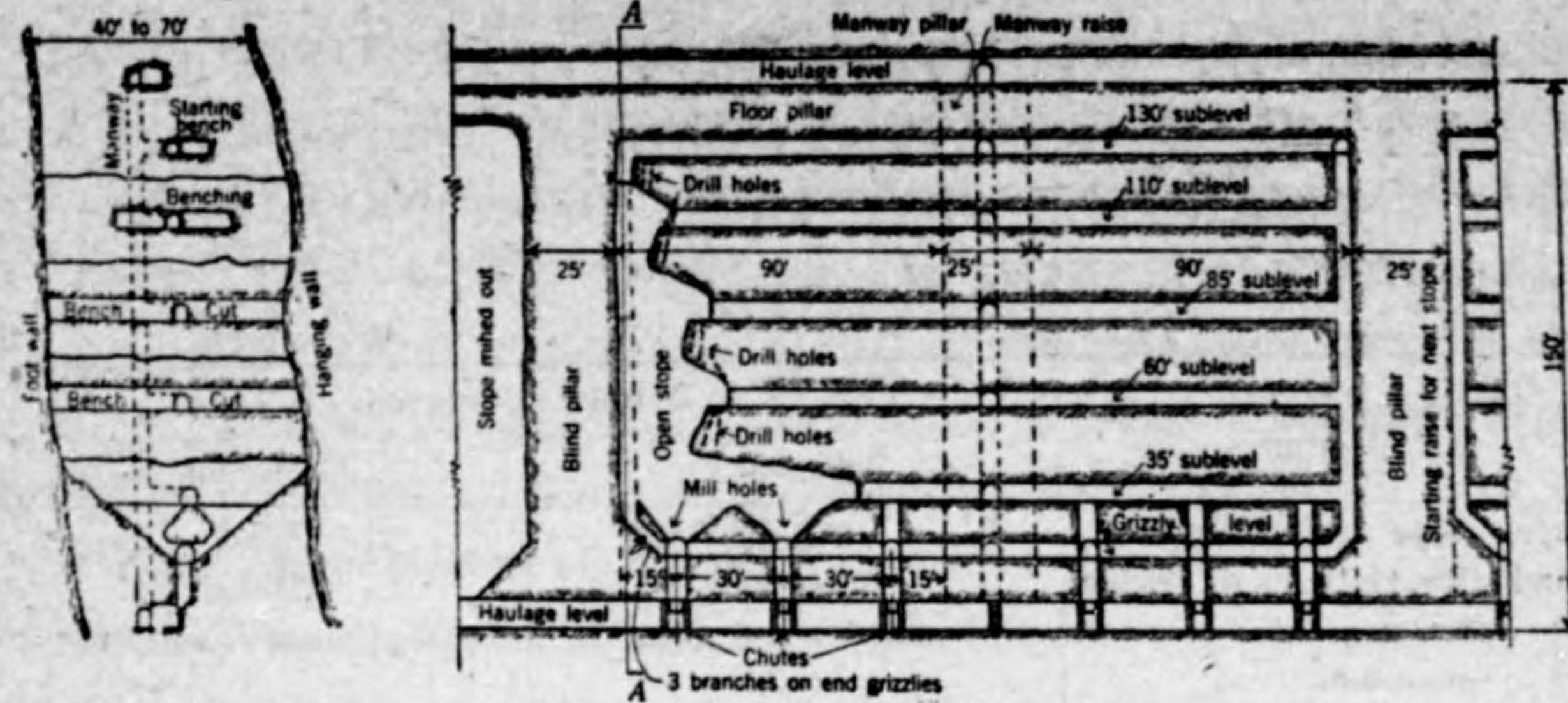
Fig. 1.—Open stoping without pillars in small ore body.

天井と兩磐は self-support であり自然的に裸のまま支へられる切羽即ち無充填採掘では地山のゆるんだ所に木積をする以外には正規の人為的支柱方法は採用されない。

此の採掘法は比較的小鑛體に限られ且鑛石及兩磐が強靱な所にだけ用ひられ最も簡単な場合に鑛體が平歩合で次々に採掘される所である。

然し乍ら岩石の強靱如何に拘らず必ず落磐を皆無にする爲に天井の長さには或る限界があるのである。

Sublevel Stoping 法では無充填で切羽の一端から他端へ後退しながら鑛石を採掘する (Fig. 1) 鑛體は主要運搬坑道の上 20'~25' (或時は 40'~50') で中段坑道が掘進され切羽の一端は掘上り他端は人道で連絡する、鑛石は中段坑道から階段形で採掘され破碎鑛石は圖のやうに Mill-



VERTICAL LONGITUDINAL SECTION  
Fig. 2.—Sublevel stoping.

hole に入れそれから漏斗で抜取る。切羽の引立は殆んど垂直に保たれ一般に各中段坑道も下の bench は上の bench よりすつと後向にある故採掘面は丁度逆階段を形作る。何れの場合でも鑛夫達は堅固な岩層の下で作業をなし得る。

斯様な切羽では経済的に採掘価値の無い場合だけその部分を Pillar として支柱の代りに切羽に残す。廣い鑛體での transverse sublevel stoping では正規の支柱をして採掘を行ふ。

open stoping の支柱歩合では支へ切れない span の長さは所々に鑛柱を残留することによつて軽減し得るが一時的の支柱を施す場合其の位置及大きさは地層の状態によつて決定され、其の配列は豫定された規則正しい幾



Fig. 3.—Open stoping with casual pillars.

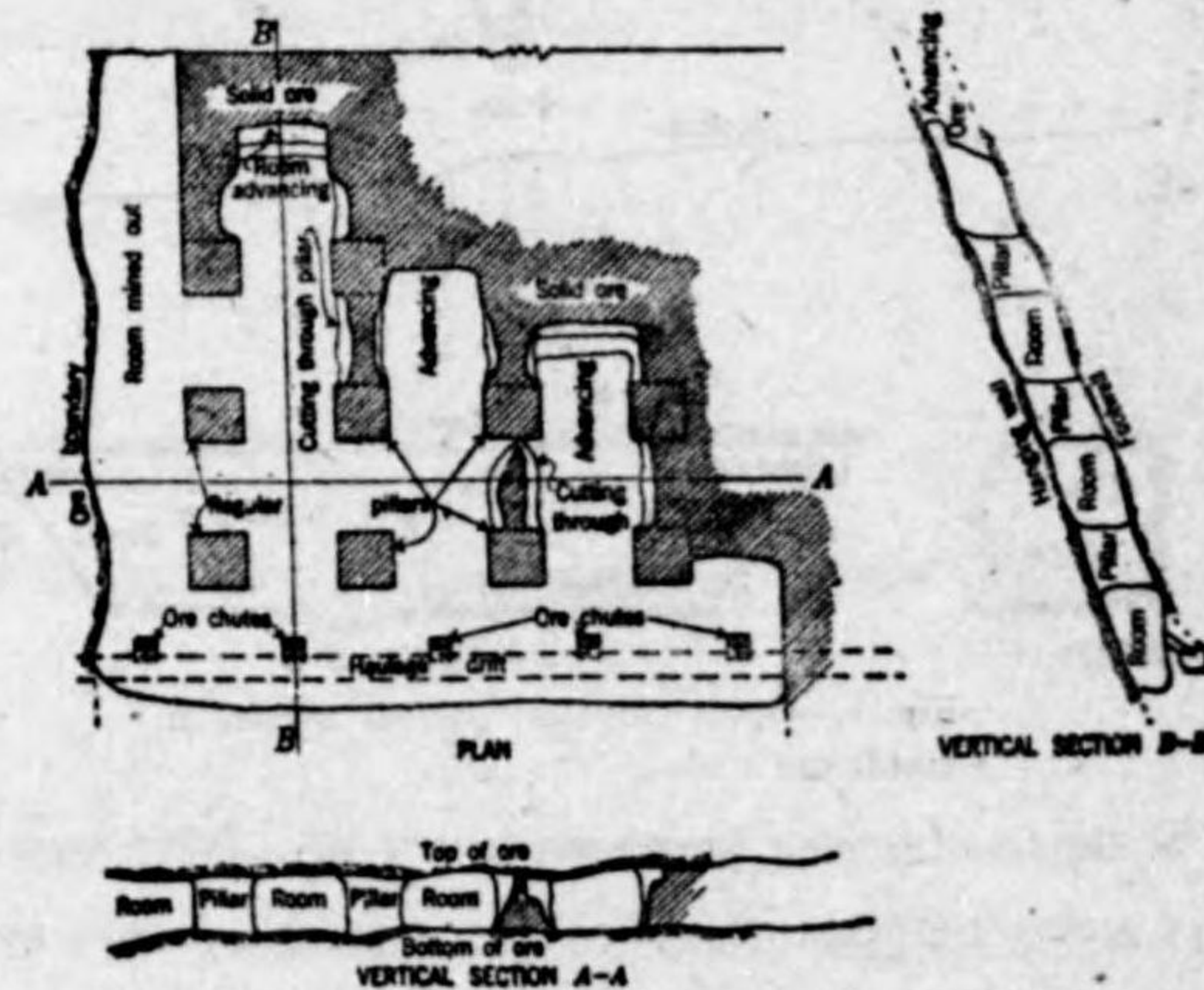


Fig. 4.—Example of open stoping with regular Pillars.

何學的法則には一致しない (Fig. 3) そうでもなければ room and pillar (柱房式) 及將棋盤の形式に一致する (Fig. 4).

尚無充填採掘法を用ふる鑛山でも掘跡を採掘終了後廢石によつて充填することもある。然しこの充填は切羽採掘中には行はないから採掘方式に影響を及ぼすものではない。

B. Stopes supported artificially.

a) Shrinkage stoping.

本法は最も open stoping に類似してゐるもので人為的に支柱を施して行ふ採掘法中第一に置かれ open stoping 中に入れないことを問題にする人もある。本法では破碎鑛石は鑛夫が「冠」を採掘する間作業の足場とする爲に切羽に貯藏され此の貯鑛石は兩層の一時的支柱ともなる。作業方法としては上向階段法で連続に水平方向又は斜方向に鑛石を採掘し、發破後の破碎鑛石は下で約 40% 抜き取り搬出し破碎鑛石と冠との間に空洞を残す (Fig. 5).

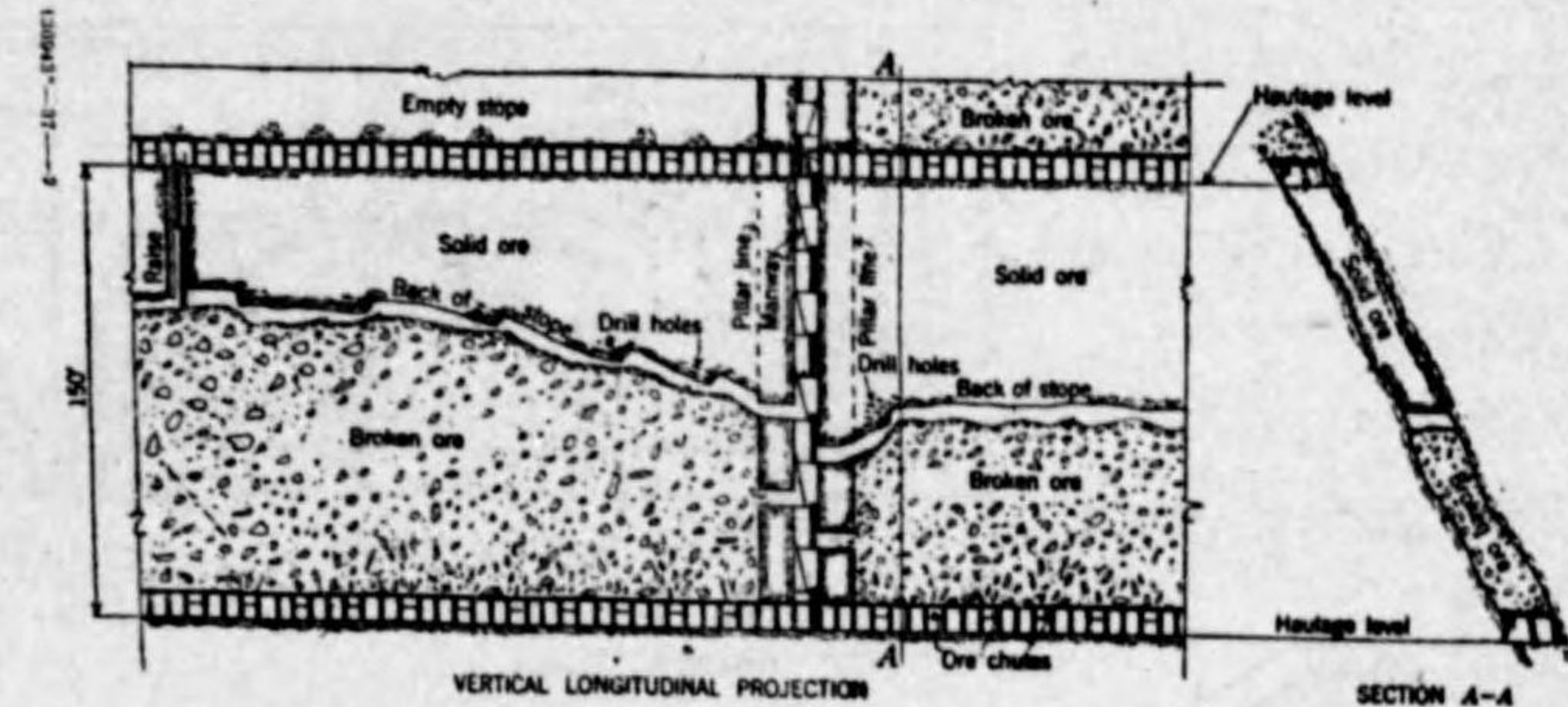


Fig. 5.—Example of shrinkage stoping; stoping on drift sets.

此の方法は巾の狭い鑛脈では strike に沿ひ、兩層を支ふる鑛柱を残さず採掘し特に巾の廣い鑛脈では切羽間に鑛柱を残留して strike に直角に或大きの横の鑛層を採掘して行く事がある。又或場合地層の脆弱な所では一時的支柱をなし採掘に耐へぬ所は最初から鑛柱を残す法もある。本法は一區域採掘が終ると貯鑛を全部重力を利用して下の坑道から抜き取つて搬出し掘跡は空洞のまま捨て置くか或は充填を行ふ。

b) Cut-and-fill Stopping.

本採掘法は shrinkage 法に類似してゐるが只採掘面が暴破され鑛石を總て抜き取つた後切羽を次の一段の採掘を開始する前に冠下數尺以内を残して併で充填する (Fig. 6).

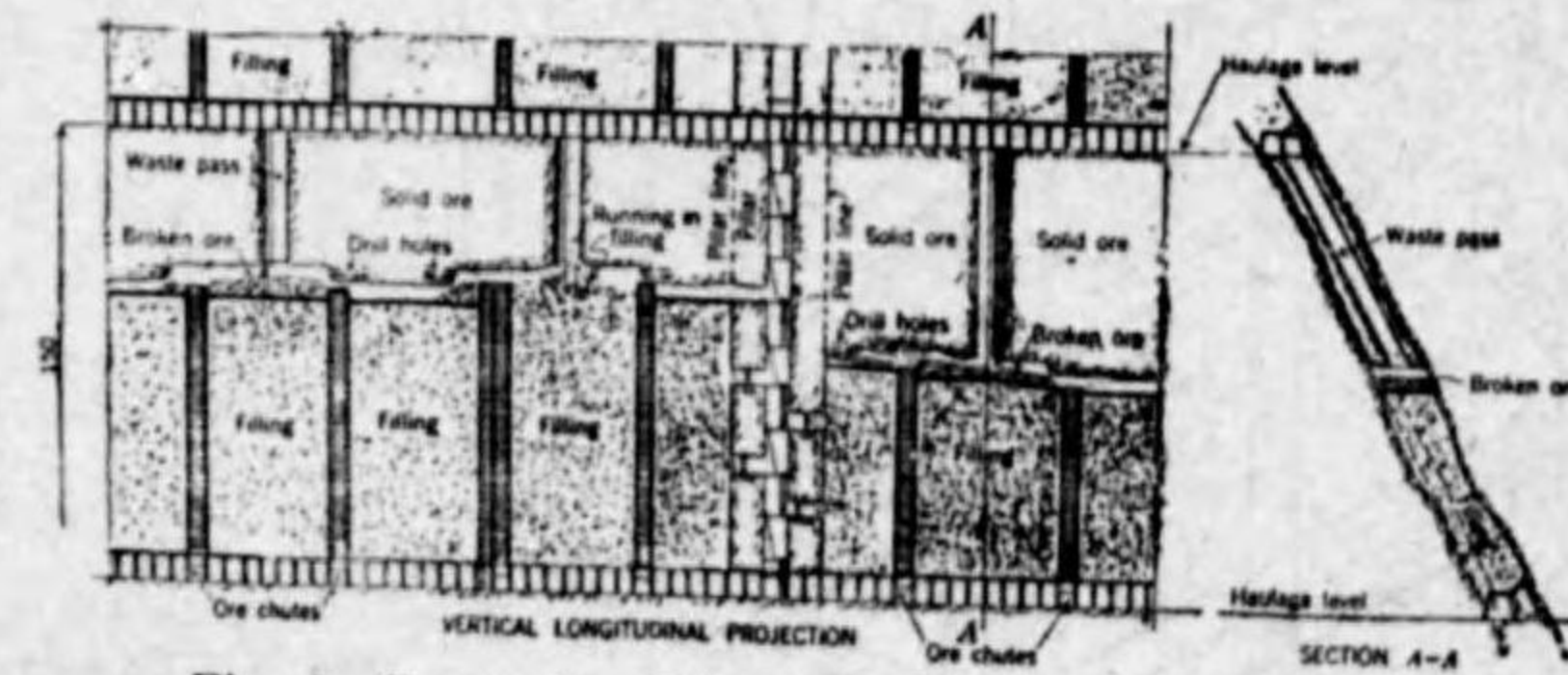


Fig. 6.—Example of horizontal cut-and-fill stoping.

故に "Cut-and-fill Stopping" とは次の作業の連続である。

(1) 冠上一段の鑛石を破碎す (2) 破碎鑛石を取除く (3) 掘跡を充填する。此の作業を繰返し進行するのである。

切羽の兩壁を支ふる爲の充填餅は切材選別の廢石、探開及充填餅の目的のため掘鑿した所から出るもの、地表の砂礫、選鑛の尾鑛等である尙ほ Stull (横木又は水平打柱) や木積を脆弱の所には用ふることもある。

c) Stulled Stopes in Narrow Veins.

幅の狭い鑛脈を採掘する場合上、下、兩壁を一時的に Stull timbering することがある。水平打柱(打込)は部分的に軟弱な所を支ふる爲不規則に施すが屢々一定の距離を置いて切羽に沿ひ又上下の方向にすることがある。斯様な時は此方法は別個の採掘方法となる (Fig. 7).

充填も重い地層を支ふる爲に用ひられるが若し充分な充填が必要であり且つ規則正しい作業の連続が要求されるならば上の Cut-and-fill 法に屬することになる。

d) Square-set Stopping.

切羽の天井及側壁を支持する爲

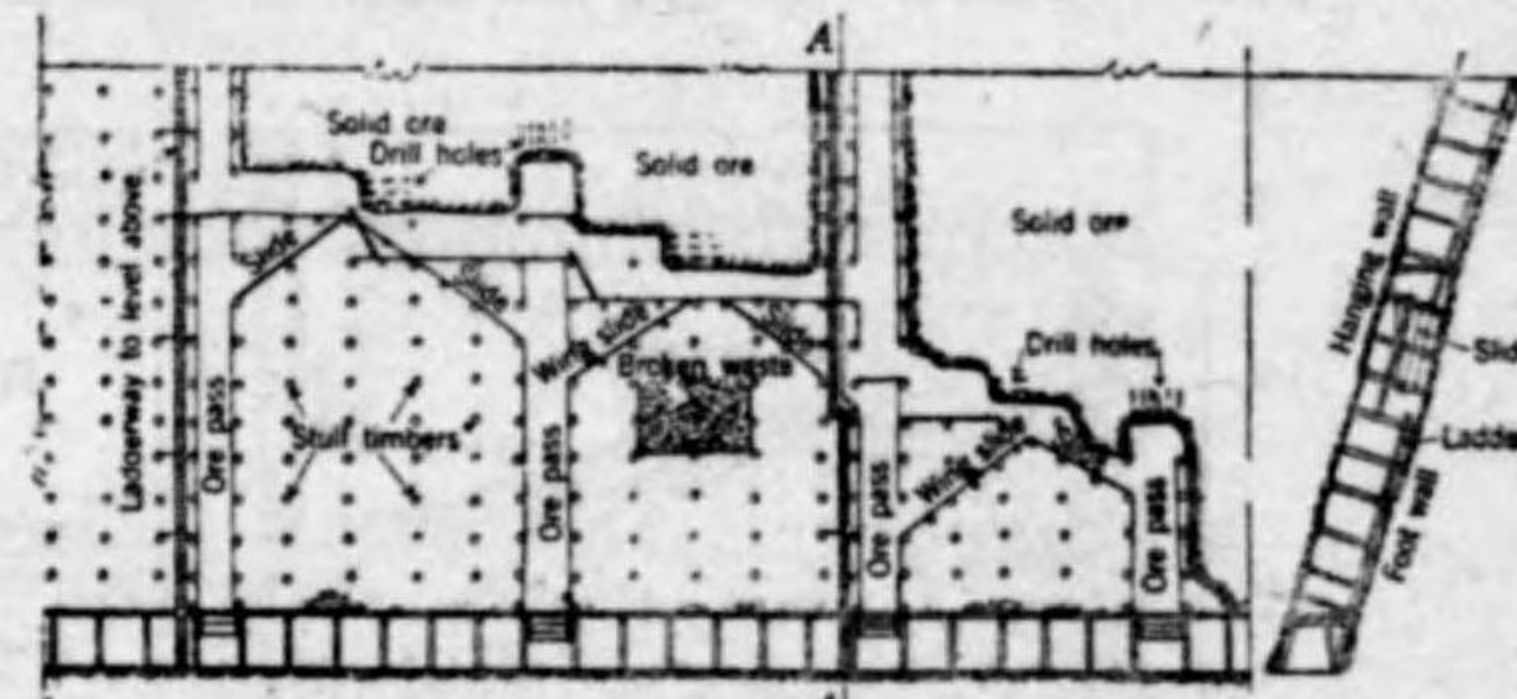


Fig. 7.—Example of stull stopping in narrow vein

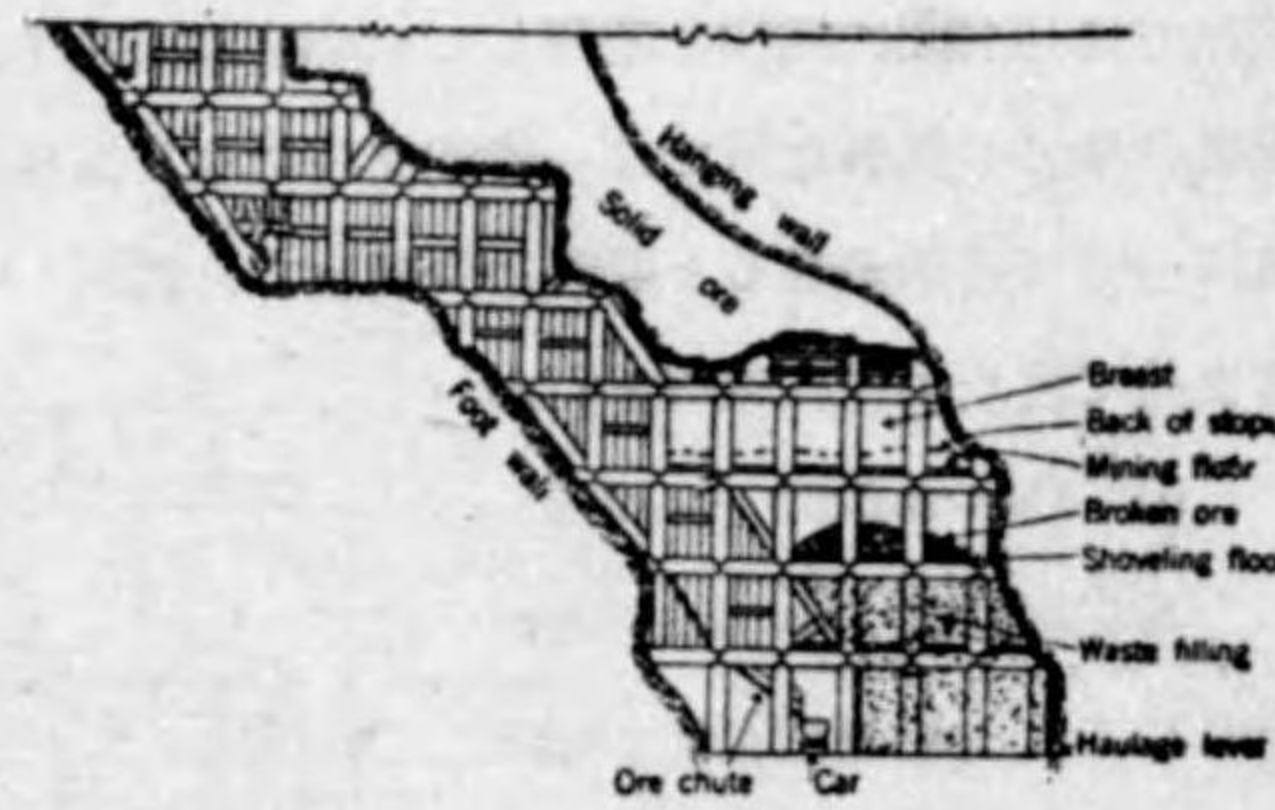
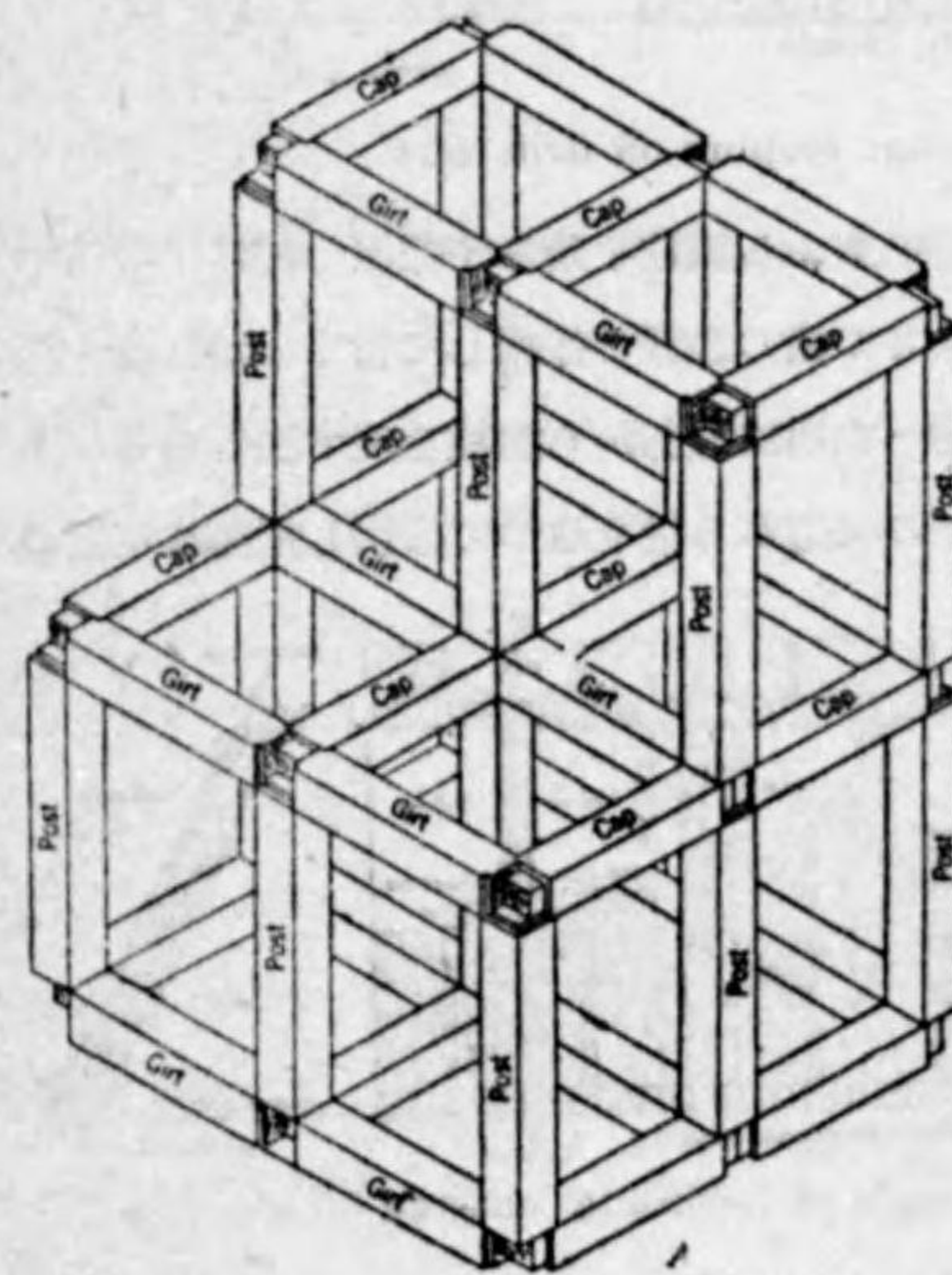


Fig. 8.—Example of square-set stopping; A, Square-set timbering; B, Vertical transverse section through typical square-set stope.

探掘跡に互に直角をなし且三方向に支持線を共有する骨組を持つ支柱即ち 12 本の坑木を稜とする立方體の單位で之を連結して積上げ組立てて行く方法である (Fig. 8 A). 標準の set を構成する坑木は夫々垂直の部分となす "Post" (脚柱) と水平の部分となす "Cap" (冠木) "Girt" (又は ties) (横繋ぎ) から成る。

各 Member の端は各 set の接合する隅に當り一つが他の二つに軸承をなす横切込を作り組立てられる。

採掘は天井迄組立てられた set に床を張り之を足場として作業をする (Fig. 8 B) set の一つの垂直に貫通して板張りすれば鑛石落しの立坑となる。

Set は空の場合又は一部分即ち一定の距離毎に數 set 宛を廢石で充填して set を補強するもの或は set 全部を廢石で充填する等の種々な場合がある。

C. Caved Stopes.

本法には相異なる二種の方法があり一つは一區劃の鑛石を Undercut し鑛石乃至被覆地層を自重で崩壊させて採掘する。他は鑛石自身は水平又は傾斜鑛層を採掘することによつて得られ一方上の被覆地層が自重で崩落沈下し掘跡を充填する方法である。前者には各 Caving 法があり後者には top-slicing 法がある。

a) Block Caving (Fig 9).

本法は鑛體の一區劃が多くの上下坑道や周圍に shrinkage 採掘を並用することによつて切離され下方は僅かに Pillar を残して分離するそれ故支持を受けない鑛塊が自重崩壊し下から次ぎ次ぎに抜取り又地壓の爲に Caving することになる。

最初此方法が採用されるに當つて block は運搬坑道の上から直接に Undercut され、崩壊鑛石は直ぐ下の坑道で鑛車に積込まれたが之は多額の坑道維持費が必要であるから Chute 又は掘上りによつて置換へられたので

ある。それ故現在では block は常に運搬坑道の上に或距離を置いて Undercut されその中に傾斜掘上りを作る其の結果 hand shoveling も廢止されたのである。

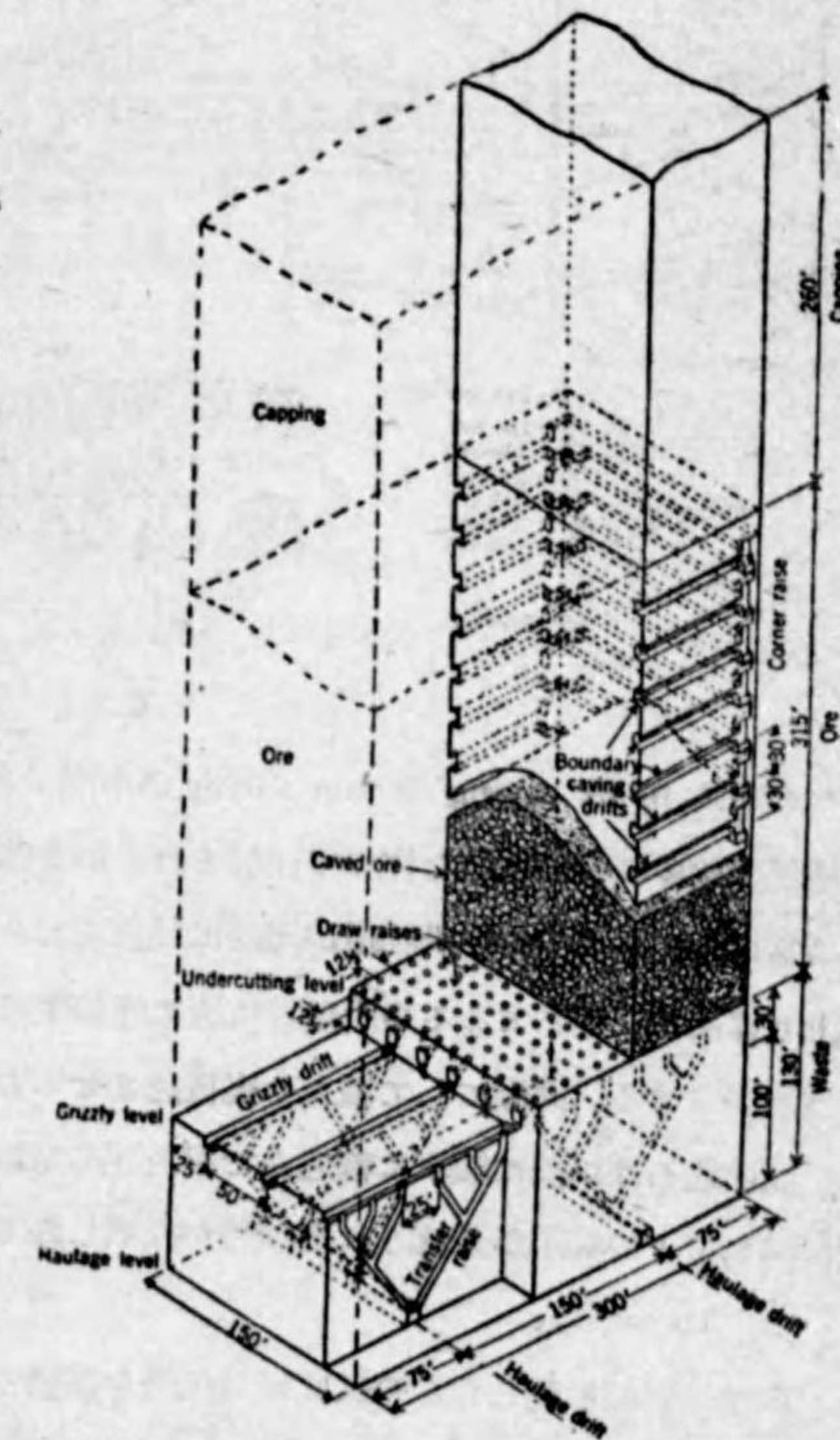


Fig. 9.—Example of block caving (after F. W. Maclennan)

b) Sublevel Caving (Fig. 10. A. B. C.)

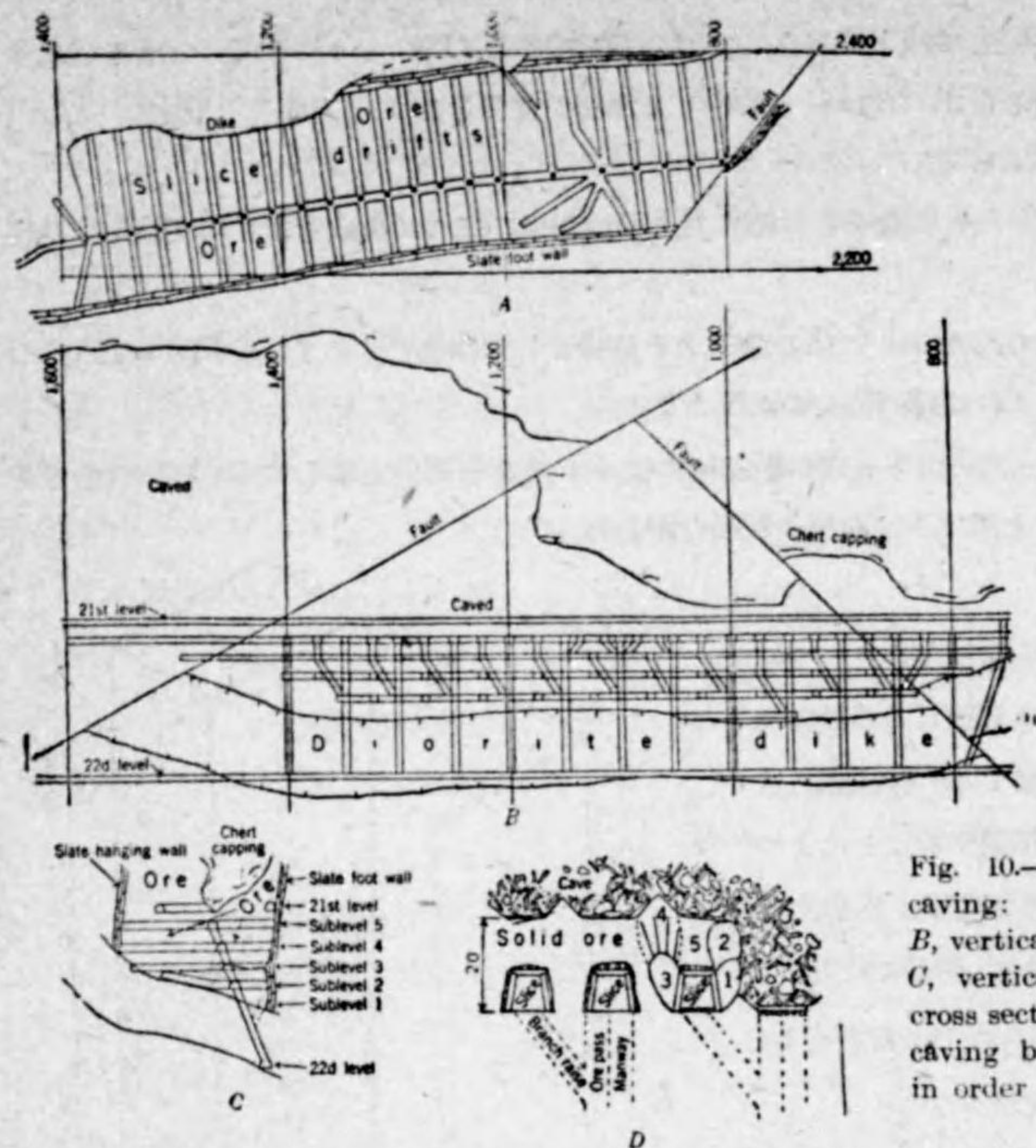


Fig. 10.—Example of sublevel caving: A, plan of sublevel: B, vertical longitudinal section: C, vertical cross section: D, cross section, showing details of caving back, cuts blasted out in order shown

本法は block caving と top slicing の中間である、鑛體は 18'—25'—30' 或はそれ以上の垂直距離で數多の中段坑道を作つて開坑されるが全部同時に掘進するのでなく、鑛體の一番上から初め常に一つか二つの中段坑道が同時に開坑されるのである、中段坑道は掘上りを以て連絡され掘上りは支柱を施してある中段鑛押坑道に連絡する。作業は交互の鑛押坑道から初め各 slice を自重崩壊させる。同様にして掘上り迄後退させるのである。

崩壊鑛石は以前は鑛車に積込んで掘上り迄運搬したが近年は Scraper によつて運搬される。斯様にして下の坑道が開坑され全鑛體が探掘し終る迄繼續するのである。

c) Top-slicing.

本法は支柱を施した水平又は傾斜鑛層を鑛體の上部から探掘し初め漸次下方に移る方法である。鑛石は支柱を發破で破碎すれば自重崩壊し且それに伴つて被覆層の表土も Cave する。尙鑛石表土を分離する爲に前の切羽の踏前に Timbermat を施す。

斯様にして探掘は下方に進むものであるが掘跡に廢棄された坑木が探掘の進捗に伴つて累積

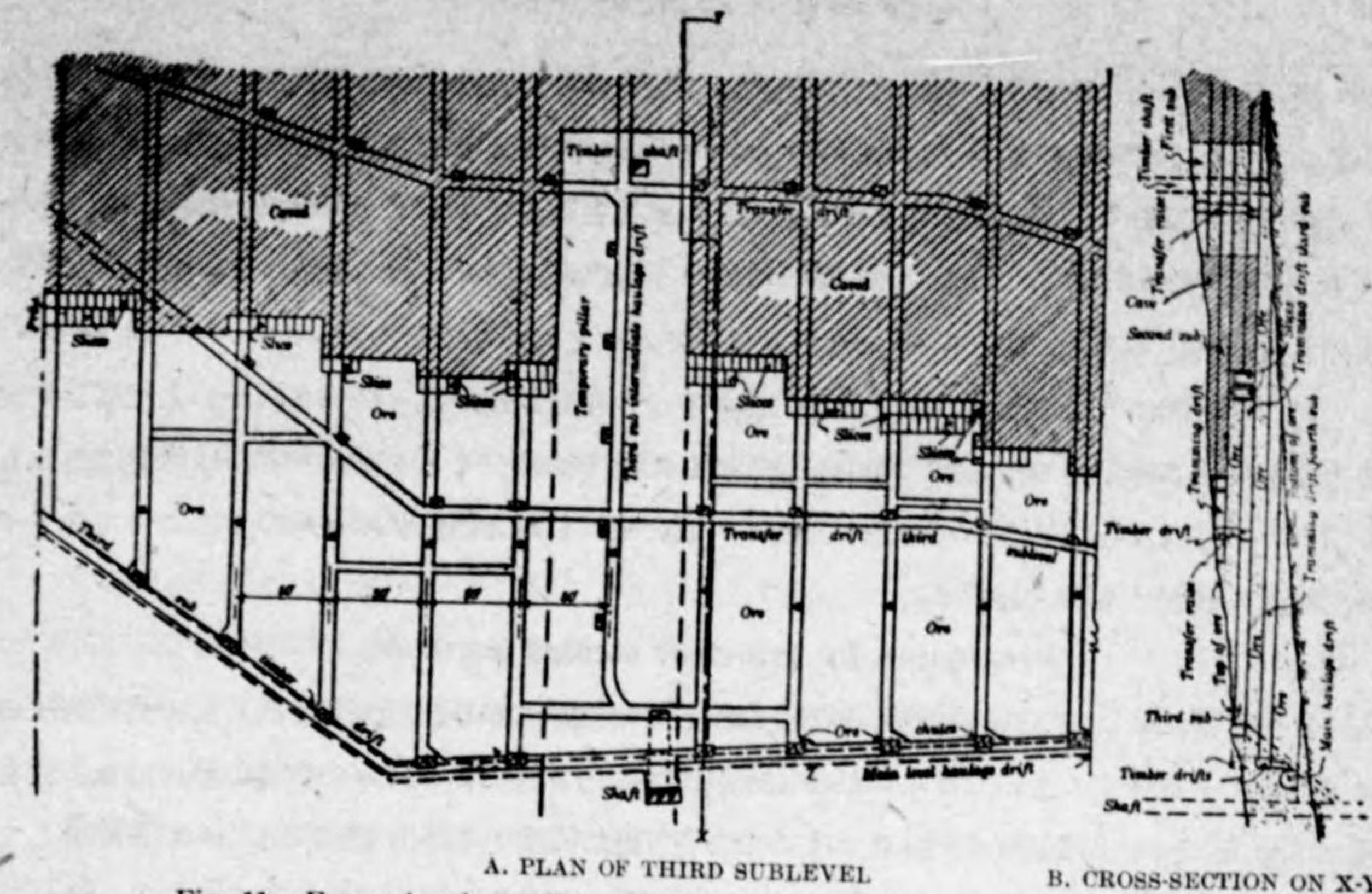


Fig. 11.—Example of parallel top slicing, scraping to cars; flat dipping ore body, two to four sublevels thick

し表土と鑛石との隔 (Timbermat) となつて表土が切羽に流れて來るのを防ぐのである。

D. Supported Stope と Caved Stope の組合せ.

Supported stope と Caved stope の組合せが他の異つた探掘法として分類されるのは場合によつては問題となることもあるが又確かに之の様な組合せも存在するのである。即ち例へば正規の鑛柱を残し Shrinkage 法によつて探掘作業を進捗させ鑛柱は Caving 法によつて採收する方法のやうなものである。併し Block Caving で自重崩壊を行ふ鑛石の周圍を採掘し、或は鑛體を Undercut するに Shrinkage 法を以てするやうな場合若し鑛石の 2% 以下しか Shrinkage 法で得られないならば (Block-Caving 法を採用してゐる大抵の鑛山ではさうである) 之を組合せ探掘法と見做すのは不合理であらう。

其他探掘し盡された Cut-and-fill 法間の鑛柱を Top-slicing 法や Square-set 法で取る方法のやうな場合もある。

一方各種鑛山では場所によつて鑛石及岩磐の物理的性質の異つたために獨立に各種の探掘法が應用されてゐるが之等は組合せ探掘法とは考へられぬものがある。

§ Classification Summary.

鑛山局で採用した分類法は單に主要探掘法だけが切羽の支柱の有無及支柱方法に立脚して一括され、それに用ふる術語は鑛山技術者には耳馴れたものである。

前述の簡單な解説から見て各種探掘法が嚴格に區別されないことは注目を要することである

例へば Shrinkage 法で單に破碎鑛石が坑夫の足場を作るか或は切羽の鑿岩を主として支持するかによつて Open stope か Stopping with artificial support になるのである。更に横木を張ることが不規則であり切羽の脆弱點を單に支ふる爲に支柱を用ふるならば Stalled stope は Open stope に屬するのである。尙又 stull が一時的に longwall face に沿つて用ひられ上磐が支柱を壓碎して崩落する場合には Caved stope と見做さねばならぬものである。

過去十年間に亘つて總ての權威者が納得するやうな分類法が種々提出されたが未だ満足すべきものが見出し得なかつた。然し鑛山局が採用した此方法は少くとも論議するだけ價值はあるものであり、結局は各種探掘と其特徴の根本的原則を明にした分類法が鑛山局の手によつて必ずや成し遂げられ得るものと信ずる。

#### Production by principal stoping methods.

各種探掘法によつて探掘し得る出鑛量は鑛體の形狀がちがひ探掘條件も異なる故に其探掘法の重要性如何を意味するものではないが各種探掘法が採用されてゐる夫々の鑛體の形式の重要性を暗示する上に於て出鑛量は興味あるものである。更に後述する勞力、經費等の data と關聯して考ふれば此表によつてあらましの屯當の工賃、林業費、爆藥費及動力費等が計算出来るのである。

Table 1 は 1930 年に合衆國に於て主要探掘法によつて探掘された金屬鑛石の生産高であり、同年の選ばれた理由は總ての生産會社が實際的に操業した最後の年であり、1931, 1932, 1933 各

Table 1.—Tonnes<sup>1</sup> of metallic ores mined in the United States, by principal stoping methods, 1930.

	Gold and silver ores	Copper ores	Lead, zinc, and lead-silver ores	Iron ores <sup>2</sup>	Other ores <sup>3</sup>	Total
Open stoping (including small ore bodies and large bodies with casual pillars and with regular pillars)	377,200	3,774,500	14,661,000	9,789,000	398,000	28,999,700
Sublevel stoping	70,800	584,500		2,397,000		3,052,300
Total open stoping	448,000	4,359,000	14,661,000	12,186,000	398,000	3,052,000
Shrinkage stoping	4,432,000	1,565,000	1,166,000	1,605,500	77,500	9,847,000
Cut-and-fill stoping	45,000	1,409,000	1,077,000	198,000	10,000	2,739,000
Stalled stopes		873,000				873,000
Square-set stoping	872,000	3,142,000	1,996,000		81,000	6,091,000
Block caving		15,206,500	34,000			15,420,000
Caving pillars	408,500			108,000		516,500
Sublevel caving				6,818,000		6,818,000
Top slicing		58,000	461,500	16,796,500		17,343,000
Total	4,720,500	26,369,500	19,395,500	37,712,000	566,500	91,519,500

<sup>1</sup> Short tons.

<sup>2</sup> Original figures converted to short tons for totaling with other tonnages.

<sup>3</sup> Manganese, bauxite, cinnabar, pyrites.

<sup>4</sup> Includes Alaska-Juneau, 3,924,500 tons.

年に於ては不景氣の爲生産費の高くなる會社は休止し或は生産高を減少させたからである。本法は完全でないが各會社の殆んど總ての鑛山からの報告書を概括したものであり、同年中に合衆國に於て坑内掘で探掘された總生産高の少くとも 90~95% を占むるものである。尙二種以上の探掘法が用ひられた場合鑛量は各法に割當てられ又本法は幾分開坑によつて得た鑛石を包含してゐるが今適當な比率を示す data がない。而し開坑による生産だけの鑛山での出鑛量は除外されてゐる。

#### Applicability of different stoping methods as determined by physical factors affecting stope support.

今各種探掘法の應用如何を考ふるに、根本的には鑛石及岩磐が無支柱で立つ程度と其探掘法が切羽の天井及兩磐の支持をどの程度必要とするかと云ふ事に依るとの幾多の報告がある。

然し如何に簡單且經費低廉にして尙高い生産率を望み得る探掘法が存在しても鑛床の物理的性質如何に依つて採用出来ぬ場合がある。

尙探掘法の選擇を支配する他の要素(後述)を含んで之等總ての要素は鑛山經費の點で重要な事であるが根本は上述に歸因される故に常に各種の方法を比較考究し、其の變形及實施方法を決定せねばならぬ。

さてこれから順序として各種探掘法の適用に最も重大な關係を有する切羽支柱に及ぼす物理的要素に就て論究する事は最も合理的なことであらう。

#### § Special Factors.

a) Strength of ore and wall rocks.

探掘法に影響する鑛床の重要な特徴は先づ鑛石及岩磐の強さであり之は掘鑿の大きさ、空洞にして残す期間の支柱の程度を決定するものである。

地磐の強さといふものは岩石個々の強さ、龜裂と弱面及其等の配列と擴がり、斷層と層面及時間等の要素如何に依るのである。即ち規則正しい構造と組織をもつ岩石帯は強く、互に平行した Joint 及層面は一方的の壓力に耐へ得ず又斷層面の附近では軟弱のやうである尙新鮮な岩石は強いが風化作用を蒙れば弱くなる。故に探掘作業上地磐に關聯して時間(時代)の要素も附加考慮に入れねばならぬ。

b) Size of deposits.

強靱な岩磐を有する小鑛體では無支柱で上磐から下磐迄探掘し得られるが大鑛體では龍頭、充填、支柱坑木等が必要であることは如何に堅硬な岩石でも支持し得る Span に限度があるからである。故に鑛床の大きさは探掘法の決定に必要なことである。

c) Shape and dip of deposit.

鑛體の總容積が大きい時は其の形態及傾斜が探掘法に影響する。即ち急傾斜をなす板狀鑛床

では span が小さいので普通の硬さの岩石ならば無支柱で兩磐迄採掘し得るが緩傾斜鑛床では冠の面積及水平の Span が大きいので支柱が必要である。同様に規則正しい鑛床は不規則なるものより多くの支柱を必要とする。

斯様な要素は特に深部又は "rock-burst" zone で作業する上は重要なことであつて兩磐の不規則性は採掘法に密接な關係を有するのである。

d) Depth below surface and character of overburden.

地表近くで岩磐は大きな壓力を受けないものであるが採掘作業が深部に及ぶにつれ Stress が大きくなり従つて支柱が増すので採掘方法を變更せねばならぬ事が屢々起る。又母岩の性質も深部では rock stress に重大關係を有し、軟弱な母岩は下の岩石によつて支持し得るが若し其の岩石が採掘作業の爲にゆるんだならば其自重の壓力で切羽の岩磐や支柱に影響する。尙又大壓力は斷層等の自然現象によつて惹起されることがある。

e) Direction of pressure and requirement for Permanent support.

壓力の方向も採掘の支柱方向に重大關係をもつて居り、急傾斜をなす板狀鑛床では充填すれば磐の側壓は防ぎ得るが巾廣い鑛床では壓力は切羽の冠に垂直に來るから充填に頼ることは不可能である即ち充填は冠迄充分に出來ず然も容積が縮少する故空洞を生じて天井を支持し得ぬ所を生ずる。

故に壓力が側面から來、且天井が強靱にして self-supporting し得る所では Cut-and-fill 法が採用される。壓力が上方から來るならば Square-set 法に充填するか又適當な他の方法で天井を支持する方法を選択する必要がある。

亦切羽を永久的に支持する爲には採掘法は變更されねばならぬ即ち地表の陥没によつて湖河の水が鑛山に流れ込む様な所では Caved-Stope 法は用ひられない。同様に堅坑及其他の作業位置が切羽近くにある時は岩石を動搖させて採掘する Caved stope 法は適用されぬのである。

### § Applicability of Principal Methods.

主要採掘法の應用性に就いては支柱の見地から次項に於て簡単に論議するが他の要素は後述することにする。

A) Stopping supported naturally; Open stopping.

強靱な鑛石及岩磐を有する鑛床には Open stopping が適當である。Table 1 で自明のやうに 1930 年に合衆國で坑内掘の 36% は Open stopping によつて採掘せられ其の鑛量の 75% は Eastern and Central States の鉛、亜鉛、銅、鐵、の各鑛山から產出し主として Tri-Slate and South-eastern Missouri 地方の Birmingham (Ala) 地方及東 Tennessee 地方の平坦鑛層から得られたのである。

30 呎から最大限 50 呎の巾の狭い鑛床では Pillar を残さず採掘するが比較的巾の廣いもの

は Pillar を残すことが必要である。

普通一時的 Pillar は比較的厚い平坦鑛層の場合に用ひ規則正しい Room and pillar 法(房柱法)は比較的薄い鑛層を採掘するに用ひる。即ち前者は鑛床内の低品位の所に應用するが一般には強靱な地磐にして且厚さに變化を有する所に適用される。後者は平坦薄層にして天磐が永久的に支持され且冠の Span が豫定された最大限を超へる所に適用される。今一例として述べれば Birmingham (Ala) の或る鑛山では水で飽和した多孔質層が鑛層の上 150 呎も存在し此所では此層から水を坑内に入れたため天磐を陥落させぬ様注意する必要があつたが斯様な状態の下では Casual-pillar 法より房柱法の方が安全である。

Sublevel stoping は 50° 乃至それ以上の傾斜をもつた板狀鑛床の場合で鑛石が支柱で耐え且強靱な岩磐を持つ厚い鑛體に用ひられ仕事の性質上鑛夫達は落磐の心配ない狭い中段鑛坑道と堅硬な岩石の下で作業し得られるので open stoping より比較的軟弱地磐の所に應用される。

即ち Auger Steel で穿孔し得る地磐の所でも此方法は成功し又事實、岩磐が堅緻な場合 shrinkage 法を用ふるには余りにも鑛石の軟弱な所でも本法は充分應用し得られるのである。

B) Stopes supported artificially.

a) Shrinkage Stopping.

此方法は堅硬な岩磐中の強靱な鑛體に適用される。最も普通には 50° 以上に傾斜し僅かな中石(屢々 pillar として殘留す)と規則正しい岩磐を持つてゐる板狀鑛床に應用されるが少し變形したものは、中石及低品位の鑛石と一緒に上磐から下磐迄採掘される、老成なる厚い鑛體にも用ふる。而して 1930 年合衆國及 Alaska の採掘鑛量の 1/3 以上は此方法を用ひたものである。

或は又この方法は巾の廣い鑛體では正規の鑛柱によつて分離して、個々の切羽では板狀鑛體に用ふると同方法を應用しながら、横に採掘して行くこともある。

尙 Shrinkage 法では切羽の破碎鑛石は鑛石を採掘し盡し空洞になる迄岩磐に對して支柱となるが、若し岩磐が堅硬でないならば下で抜取つた後で或は抜取作業中に落磐するかも知れず又このために鑛石の品位低下を惹起するものである。

一般に本法は Sublevel stoping に比較して鑛石は強靱でなければならぬが岩磐は幾分軟弱でもよろしく一般に比較的狭い鑛體に適用するが之は支柱の關係如何よりも經費を考慮に入れての故である。

b) Cut-and-fill stoping.

此の方法は上下磐の中一方或は双方共軟弱にしてその間に堅靱な鑛石を有する場合にして且つ 50° 乃至其以上傾斜せる巾廣く且厚い板狀鑛體を採掘するに最適であり又切羽から運搬坑道への鑛石運搬の特別なる方法を講ずれば可なりの緩傾斜鑛體の採掘にも適用出来るものである。然して一般に shrinkage 法よりはもつと不規則な鑛體に應用される。尙充填は切羽の兩磐を支持す



だけで冠をおさえない。然し兩磐の倒壊が冠の墜落を誘發する故にこの方法を適用し得る鑛體の鑛石は強靱でなければならぬ。又 Shrinkage 法よりも本方法に適する他の重要な條件が存在するがそれは後述することとする。

c) Stalled stopes in narrow veins.

本法を主要探掘法の一つとすることは多少疑問であるが兎に角 Open stoping にも用ひられ、又局部的に悪い地層を支持する爲に他の探掘法にも用ひられる。即ち薄い板狀鑛體を採掘する時規則正しく stall timbering (打込支柱) を配列し、脆弱な上磐を支持するのは、上磐の崩落するに任せた後切材で鑛石を選別するよりも經濟的であるからである。再言すれば堅硬な地層ではあるが比較的薄い脆弱な上磐が存在する時正規の打込支柱は最も有効である。

d) Square-set stoping.

本法は普通 45° 以上傾斜し鑛石及兩磐が軟弱にして暫時も支持し得ず且被覆岩層の崩落を防がねばならぬ場合の規則正しいか又は不規則な鑛體の採掘に適するものであるそれ故に被覆層の崩壊を許し少量の鑛石の損失及餅との混濁が問題にならぬならば本法を用ふる様な悪い地層の所にも caved stoping が適用されるものである。

さて本法の適用に關する他の狀況は後述するが地層が強く従つて永久的 Support をなす爲には留付を終ると直ぐ充填せねばならぬ場合とか時には切材の僅かな容積しか無充填で残しえない場合とかを除いては余り利用されぬ方法である。尙本法は他の探掘法と組合せて充填切材間又は切材上の鑛柱を採掘するに屢用ひられ更に cut-and-fill 法又は shrinkage 法の補助探掘法として親柱や踏前を支持するに用ひられる。

C) Caved stopes.

本法は被覆地層の崩壊及地表の陥落の許される場合に採用し鑛石自身崩落して破碎さる。

a) Block caving.

此の方法では一區劃の鑛體を坑道の掘上り及切材によつて周圍の鑛石及岩磐から一部分離した後其の下 support を切り拂ふか、弱めると鑛石は崩落して support を壓潰する、其故に鑛石は下の鐵砲又は坑道から抜き取る事が出来る様にうまく破碎される特長を持つてゐるのでなくてはならぬ。尙本法は甚大な面積と厚さを有する鑛床に應用されるが常に後述するやうに低品位の鑛體を採掘するに用ひられる。

b) Sublevel caving.

本探掘法は一部は掘鑿によつて一部は崩壊によつて常に鑛床の一番上から 18~30 呎の間隔で中段坑道を切り採掘作業を初め漸次下方に移る方法である。尙本法は Block caving より小鑛體に應用される。時には大鑛體や坑木支柱で暫時支持し得るが僅かの面積が undercut されると崩壊するやうな軟弱な鑛石にも用ひられる。而して短い span であれば表土又は掘跡は下で崩壊

鑛石を完全に取除き従つて餅と鑛石の混濁する事が無いだけ充分の間ぶら下つて落ちずにあるものである。

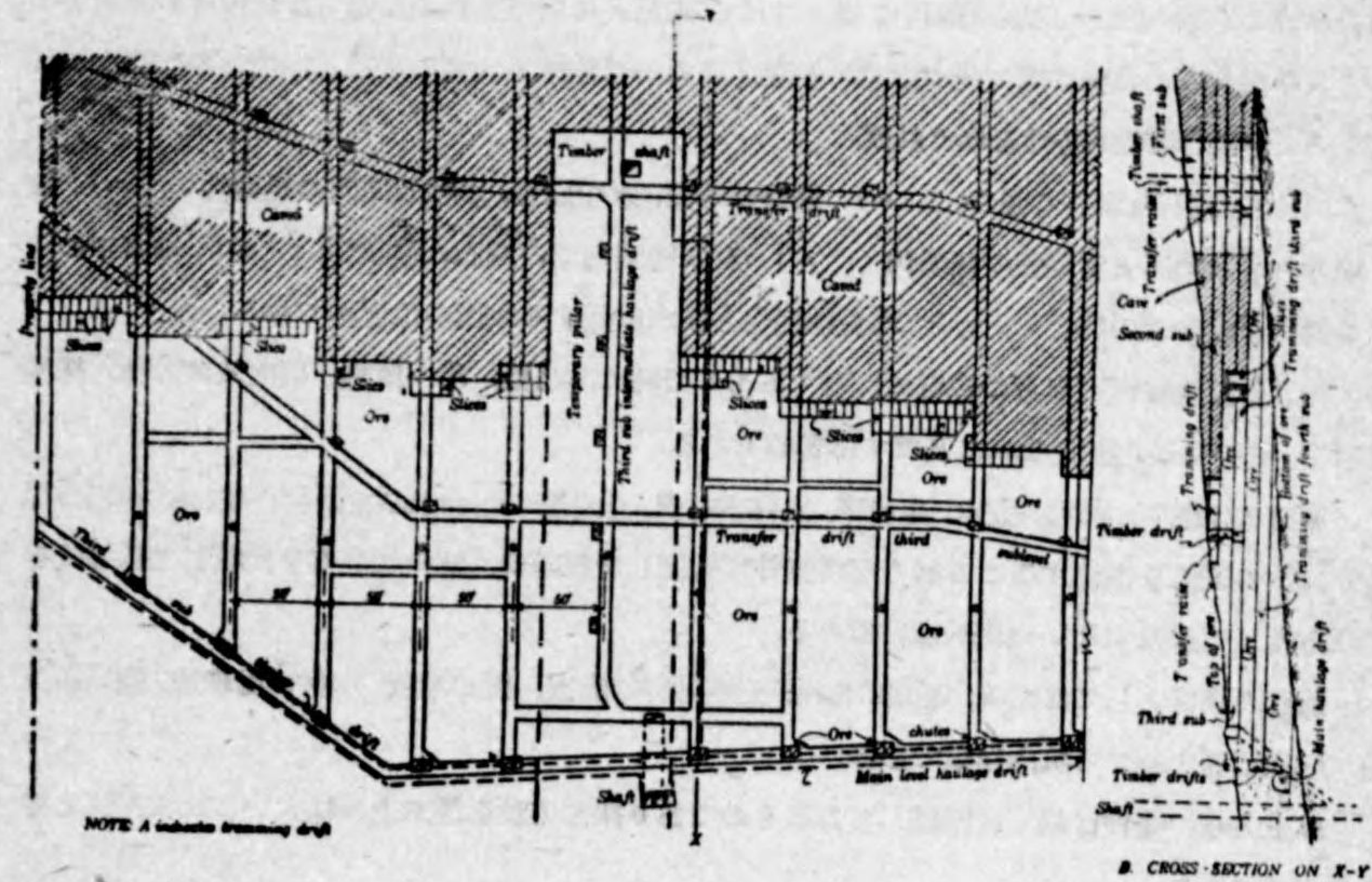
Schaus<sup>(5)</sup> は Gogebic 地方の鐵鑛山に應用される Sublevel caving 法の必要事項を概括したが其の決定要素は

- a. top-slicing 法に任ず事の出來ぬ傾斜した不規則鑛體。
- b. 細く碎けるが割合しわくて自由に崩落せぬ程度に軟い鑛石。
- c. 細く碎けず適當の大きさを block で崩壊し且容易に處理出来る硬い表土等であつた。

(5) Schaus, O. M., Mining Methods and Costs at the Montreal Mine, Montreal, Wis: Inf Circ., 6369, 1930.

又本法は Block caving に比べて薄層が崩壊するために Block caving の如く下で詰る事が無いから比較的軟弱且粘質の鑛石に用ひられる。

c) Top slicing



本法は數呎の span すら暫時しか支持されぬ程軟弱な鑛石と共に其上に支柱が除去されるや否や自重崩壊し掘跡を充填し少しの空洞をも残さぬやうな鞏固でない母岩と軟い表土を持つてゐる所に應用される。即ちあらゆる角度に傾斜してゐる板狀鑛體及幅廣く且厚い鑛體に用ふるが最も成功を得るのは非常に不規則な鑛體の時である。又崩壊又は充填切材間の鑛柱の掘鑿に或は下で鑛夫達が作業するに不安全な破碎鑛石及古い残留鑛石を採掘するに用ふる。

本法は Sublevel caving 法に類似してゐるが中段坑道間の距離は上部より各 slice を探掘し、下部に移る點では餘り大きくなく鑛石は上の表土又は mat 迄掘撃せらるるに反し Sublevel caving に於ては各 slice の厚さの一部分だけを發破して探掘し殘餘は後退式に崩落せしめて探掘するのである。

#### Selection of stoping method

併て前に述べた事を要約すれば探掘法の選擇に就いては根本的に切羽の支柱如何に關聯した事が論議されたのであつて supported spots で鑛石が採取される以前に支柱が破損したり又 Caving 法で鑛石が落下しなかつたり十分に細く破碎しないやうな方法は問題としなかつたのである。即ち最も適當な探掘法を選擇する場合單に一方法しか應用されぬ場合とか二方法の中何れか一つとか或は一方法の變形したものによる外はないといふ時は比較的簡單であるが複雑にして總ゆる點を考慮し且之に關聯した事項を研究後用ひねばならぬ場合がある。

作業の安全鑛夫の健康及福利に關しては勿論第一に考慮されねばならず尙種々の要素がある。凡そ探掘法の選擇に就て先づ最初に關聯するものは鑛床及周圍の岩石及地表等の物理的特性である。今其の物理的特性を擧ぐれば

イ) 鑛石及岩磐の強さ   ロ) 鑛體の形態、水平面積、容積及周圍の規則性   ハ) 鑛床の厚さ及傾斜と富鑛體の傾斜角   ニ) 鑛床範圍内での鑛石の連續性   ホ) 地表下の深さ及表土と母岩の性質   ヘ) 地表構造物と排水に關する鑛床の位置等である。

第二の要素は鑛石自身の性質に關聯するもので特に其品位、單一價格、硬度及破碎性、探掘實收率、探掘法の選鑛實收率に及ぼす影響等である。

第三には鑛石の價格、資本、生産率、支柱木材費、生産率の増大及び減少の可能性、鑛石の損失及鑛山の價値を損傷すること無く市場條件に適應した粗鑛の品位の度合等を比較して探掘費を考慮しなくてはならない經濟的條件である。

第四の條件としては開坑、運搬の捲揚、充填材料の處置、研の堆積、木材の處理法、鑿岩機及鑽、爆發物等に關する坑内作業である。

以上之等の條件は相互に關聯してゐるものであり探掘方法を選ぶ上には大いに比較研究を要するものである。

#### § Physical characteristics of ore deposit

鑛石及岩磐の強さと鑛床の大きさ水平面積、形態の間には重要な關係が存在し若し水平面積が鑛石の強さに比例して小ならば Support が除去されても鑛石が崩落せぬ故に Caving 法は採用されず、又鑛體が大面積であればある程 Support は大となり其の時 Supported method を用ふれば鑛柱、充填、坑木支柱等が必要である。又充填は側磐の支持になつても冠を押すことは不可能で

るから、面積が大きくなれば大きい程充填作業が困難になる。其れ故充填式 Square-sets 法は充填だけのものや普通の Square-set 法より一層有効である。非常に薄い板狀鑛體では大さそれ自體が探掘法に影響を及ぼす即ち兩磐の間隔が餘り狭いと作業するに磐を切り破らねばならぬし、其の爲に研と鑛石は混淆し品位を低くするから選別をせねばならぬ。Shrinkage 法では選別は出来ない。又鑛脈が垂直であれば規則正しい Cut-and-fill 法が應用されるが普通此方法では鑛石と研と一緒に爆破され、研は選別し充填の爲切羽に残して鑛石だけ漏斗に入れる。それで此方法は鑛石と研とが判然と區別される時にだけ應用される。若し岩磐が微細に碎けるならば鑛石と研とは伸々選別し得ない。例へ出来ても之の手選は經費がかかり又切羽からの生産速度が遅くなる。

若し鑛體の周邊が非常に不規則ならば色々な探掘法が用ひられる。凡そ切羽 support に關する限り Shrinkage 法が最も有利であるが但し鑛石の回收率は良くない。同様に Block-caving 法をとれば鑛石と研との混合することになるが然し大面積の鑛體ならば周圍を Supported method が探掘し他の大部分は崩壊させて採るとよい。

鑛石の厚さ及傾斜は破碎鑛石を搬出する點では同じ條件を持つてゐる。即ち急傾斜の薄い板狀鑛體は大きな水平面積を持つてゐる厚い鑛體と同様に見做され重力によつて運搬坑道迄搬出されるのである。

今 Shrinkage 法を用ひ破碎鑛石の安息角以下に傾斜した薄い板狀鑛體を採掘する時鑛石は此臨界角附近では所々引懸つて拔取れず、且作業に危険なことがある。此困難を無くする爲選ばれた方法としては主として上磐の強さ如何に依存するものである。即ち上磐が堅固な時は open-stope 法を用ひ鑛石は scraper 又は conveyor の様な機械的方法で坑道迄運ばれる。然し其の場合支柱が用ひられることもある。

又上磐が軟弱な時は Cut-and-fill 法か Square-set 法を可とし鑛石は充填廢石中又は枠組 (square-set) 中の漏斗によつて坑道迄下げられ或は岩石中の鐵砲立坑中に入れそして坑道まで下げる。尙又丁度適當な上磐を持つてゐる場合は後退式長壁法によつて探掘される。即ち長壁面は走向 (strike) と直角をなし且上磐は作業が後退するにつれ探掘拂跡に落下させるのである。

各富鑛帶の傾斜も鑛脈の傾斜と同様な關係を有し、若し岩磐中に鑛石運搬の爲垂直掘上り鐵砲を掘撃しなかつたら平坦な傾斜をしてゐるものは切羽から鑛石の自重運動だけで坑道迄下げられぬ。次に鑛體の傾斜角にも種々變化があれば一定の探掘方法は行はれぬのであつて急傾斜で坑道の上から作業を開始した shrinkage 法で若し坑道の上或距離にして鑛脈が水平になれば其の所で破碎鑛石は引つ懸て落下せぬことになる。

鑛床の周邊に於ける鑛石の連續性も探掘法の選擇に重大なる關係を有し、鑛床内の中石の有無と斷層に切られたる鑛脈の支脈の消失如何を考ふる場合は特に關係が深い。又鑛石と廢石の互層状態にある時も同様な關係がある。大きな中石があれば常に各所に殘留して周圍の鑛石だけは

掘ればよい。小さい時は其のままに残すか發破して起きたものを充填の爲に切羽に置くか又坑内から搬出するか何れかにするのである。若し Shrinkage 法が斯様な時採用されるならば主として残すことは鑛石の損失と鑛夫の危険（破碎鑛石がひつかかる爲に危険）を招き之を爆破し崩落さしても、切羽で選別は出来ないので困るのである。急傾斜の狭い鑛脈で、中石が兩磐から剝落し且兩磐が堅いと良く廢石を選別して之を矢木を布いた大留の上に充填することが出来る。時々板狀鑛體が走向斷層及斜斷層によつて多少轉位してゐることがある。若し斷層に沿つて轉位が反對の方向であれば之を採掘する時切羽の下方部分が崩落し次いで上磐が落下する。斯様な状態にある鑛山では採掘法としては Shrinkage 法を放棄し、幅が狭い時は Cut-and-fill 法を、廣い時は Square-set 法を適用する。

鑛體が鑛石と磐石との互層であれば之を採掘するに全體として一つ單位と見て上磐から下磐迄一緒に掘り切羽で鑛石を選別するのであるが數層になつてゐる場合は之を選別することは不可能であるから切羽で選別の可能性は岩石を破碎した結果の大きさと鑛石と磐石との物理的外觀の差違如何によるのである。地表下の深さ、表土及母岩の性質、地表構築物及排水に關聯した鑛床の位置等は坑内支柱法を決定する要素である。若し鑛床が大きく且地表に接近してゐる場合は坑内掘か露天掘か何れかを選択せねばならぬが、本書では露天掘に就いては述べぬことにする。

#### § Grade of ore

鑛石の品位及噸當り價格は採掘法に重大な關係を有し、鑛石の回収率及採掘費に關聯して考慮せねばならぬ。

低品位の時は鑛柱として坑内に残すが高品位の場合は残すことをしない。回収率の高い方法で採掘する經費の増加が增收となる鑛量の價格より多い時は一般に低い回収率の方法が用ひられる。一方鑛石の價格は市價と共に變化し、低價格の時坑内に残して高價格になつた時之を採掘するとしても莫大な經費が必要である場合には結果として大きな損害を蒙るのである。

適宜な選鑛作業をせずに鑛石を積荷する場合には廢石をも包含してゐるから賣鑛價格が低下し且運賃は増加する。即ち鐵鑛の場合は此の例にして或一定量以上 silica と他の不純物を包含すると鑛石の價格が低減する。又高品位の黃鐵鑛の場合もさうであり幾多の非金屬鑛物も此の例に屬する。

今採掘法を比較するに Caving 法は常に多少の鑛石の損失と研との混淆があり Top-slicing 法では高い回収率と無垢の鑛石が得られ Shrinkage 法では鑛石の損失があり岩磐が不規則である場合には磐石と混淆する。Cut-and-fill 法では高い回収率が得られ鑛體の不規則性は相當な範圍迄許され（然し Square-set 法程では無い）研は選別して切羽に残す。Open stope では選擇採掘は可能であり磐石は屢々 pillar として残し得るし破碎鑛石より研を選別する機會もある。而して特に緩い角度で傾斜してゐる鑛床では好都合である。

#### § Distribution of valuable mineral within ore body

採掘方法に影響する點から分類すれば有價鑛物の分布には五種の型式がある。即ち

- 1) 鑛床を通して有價鑛物が規則正しく存在してゐる場合
- 2) 周圍は低品位か無價値であるに拘らず、有價鑛物が集中してゐる正確な鑛化作用を持つてゐる場合
- 3) 無價値の岩石と鑛體をなしてゐる高品位鑛體又は不規則鑛脈
- 4) 二種乃至三種以上の鑛石を包含し且互に區別し得るもの
- 5) 鑛石及岩磐が漸次遷移し兩者間に明確な區別をつけ得ず尚磐に接近するに従つて鑛石の品位が低下してゐる場合

等である。

1) 有用鑛物が鑛體中に規則正しく分布してゐる場合には融通性ある撰採採掘法は必要ではない。即ち此種の大鑛床では普通低品位であるから低廉な操業費で稼行し得る Block caving 法、Sublevel caving 法及び變形 shrinkage 法等が用ひられる。

2) 及 3) 鑛化作用が不定で而も二、三の型式を持つてゐる鑛床では先づ撰採採掘法か非撰採採掘法の何れを採用するかを先決問題である。前者では鑛塊及レンズ狀鑛體に限定して採掘し出來得る限り研の入れぬ様注意が必要でなる。又一方後者では上磐から下磐迄總て採掘し坑外での手選鑛其他の選鑛操作によつて研を選別する方法を採る。抑々撰採採掘法の目的は比較的高品位のものを得るにあるもので常に費用の掛かる採掘方法即ち高い採掘費及開坑費を要するものであるが鑛床の有價斷面積が大きく数が少く且鑛石と混合する研の品位が低く容易に大量處理し得る場合に應用せられるのである。

非撰採採掘法では一般に大規模採掘方法を用ふることによつて低廉な經費でやり得ることが目的である。故に高品位の細脈、綫狀及レンズ狀鑛體が數多く且不規則に分布し尚撰採採掘法の應用出來ぬ程度の薄層を伴つてゐる場合に適用される。即ち其の好例は後述の Alaska-Juneau 採掘方法である。

以上要するに Squar-set 法、緩傾斜鑛層に用ふる Open stope、及 Cut-and-fill 法が撰採採掘法に屬し Caving 法、Top-slicing 法、或種の Open stope 及一般の Shrinkage 法が非撰採採掘法に屬する。

4) 二種乃至其れ以上の異つた鑛石を包含し又は品位差の大きい鑛床で其等を分離採掘する事が經濟上得策である時は撰採採掘法が應用される。即ち Square-set 法及或種の Open stope がその例である。各種の鑛石を分離する爲各々の漏斗を設備することによつて、水平式 Cut-and-fill 法も適用されるが Squre-set 法程融通性がないし又 Shrinkage 法も切羽で選別は出來ない。

5) 周邊で鑛石と研が遷移してゐる鑛床では若し鑛體が尨大であり且周邊以外は一様に鑛化

作用を受けてゐる場合には非選擇採掘方法が用ひられる。若し周囲の低品位鑛體が厚くて後に市價の變動によつて採掘する場合には經濟上有利に稼行し得るやうな採掘法が得策であり斯様な場合 Caving 法は少くとも不可能であり又不利益になる。其の他 Cut-and-fill 法や充填式 Squareset 法も經費の點より見て避けなくてはならない。

### § Effect of stoping method on mill recovery

採掘方法は選鑛場で回収する有用鑛物の採收率に影響し特に硫化物が浮選で處理される場合に之が甚しい。即ち或硫化鑛物は空氣中にさらすと急激に酸化し、若し切羽で僅かの時間（時には僅かに二三日）破碎して残留すれば、硫化物は浮選で回収するに邪魔するやうな酸化物の薄層を付けることがある。故に斯様な場合には鑛石が切羽で採掘されるや否や直ちに選鑛場迄運搬出来る様な採掘法を選ぶ必要がある。

Shrinkage 法では破碎鑛石は常に長時間切羽に残留するために著しく酸化し易い物ならば硫化物の各細粒は薄層を付けることになる。又同様に Block caving 法でも崩落硫化鑛石の一部酸化を招來し浮選能率を減少させる事がある。

即ち斯様な場合には他の採掘方法を用ひて鑛石が破碎されたら速かに搬出する様努めねばならぬ。

### § Economic factors

#### 1) Cost of mining

明らかに鑛石の價値が採掘費、處理費、運搬費を償ひ得ず且或利潤を残さぬならば鑛山は操業を繼續することは不可能であり又一般に低廉な採掘方法は低品位鑛を採掘するには不可缺のことゝ言ふことが出来る。

採掘費は採鑛費（これとて全生産費中の一部分費であるが）中に包含されるが最大費目の一つであり時には最大且唯一である時もある。それ故噸當り採掘費といふことは重要ではあるが回收地金單位當りの全生産費（鑛山操業費、選鑛費、運搬費及其の他）程重要なことではない。之は買手側は鑛量に對してではなく含有金屬に對して代金を仕拂ふからである。噸當經費の低廉な採掘法は噸當經費の高い採掘法より回收地金單位當りで比較的高い生産費を生ずる結果になる。即ちこれは餅と鑛石を混合した結果餅の破碎費、處理費、運搬費、捲揚費、磨鑛費及浮選の綜合費が採掘費の節約より大きくなるからである。其れ故鑛石が最初精選されずに直接製鍊へ送られるならば無價値鑛石の運賃が單位地金當經費に附加され、不純物を含有した鑛石の處理の爲製鍊で (peauties) 余剩の經費がかかるのである。

#### 2) Capital available

有効資本の量は採掘法を決定する上に重要なことである。即ち或種の採掘法特に Block cav-

ing では切羽で採掘する前に開坑及採掘準備の爲多額の資本支出が必要であり Open stope や單純な Shrinkage 法では開坑坑道が鑛體を貫通すれば採掘を速に行ひ得るので前以ての支出が少くて済むのである。又 Sublevel stoping では Open stope の他の方法より幾分大きい支出が必要とされ Alaska-Juneau 鑛山で用ひられてゐる改良 Shrinkage 法では單純な Shrinkage 法よりも開坑に大きな資本支出をせねばならぬ。

#### 8) Capital requirements

資本施設と生産率との密接な關係があり、若し高い生産率を得る爲には設備と開坑の爲に資本支出は比例して大きくなる。即ち例へば低品位鑛石では大規模に採掘せねばならぬので大資本の支出が必要となるやうなものである。一方採掘方法や生産率に關係しない要素も大資本支出の必要な場合がある。例へば鑛體が可成りの深部に存在する時は開坑に多額の費用が掛かるやうなものである。

若し又資本が限度される場合出来る 丈最小の準備支出で速かに生産する 様心掛けねばならぬ故、例へ Sublevel caving, Cut-and-fill 法及其他の採掘方法が適當であつても Shrinkage 法を余儀なく採用せねばならぬ事が生じ或は又資本が不足した場合には經費の掛かる開坑費及選鑛費の爲低廉な非選擇採掘法を用ふる事は不可能である。従つて小鑛山では Shrinkage 法よりも Openstope が採用されるのは直ちに財源を得る爲には切羽で貯鑛する事が許されぬからである。

#### 4) Cost of mine timber

坑木の利用及經費の點も或地方では採掘法に影響する場合があります萬一木材が高價であれば實收率の良好な square-set の代りに cut-and-fill 法を採用せねばならぬ。又 square-set 法と top-slicing 法の比較にも坑木の性質が關係する。之は後者では切羽で坑木支柱は短時日の間しか利用されず、前者程良質のものが必要でなく、尙低廉な費用で且部分的にしか應用されぬからである。

#### 5) Market conditions

市價に變動が起る時速かに此の變動に對應し得るやうな弾力性に富む採掘法を選ぶ事は得策であるがそれには操業規模の擴張又は縮少をなすか採掘法の變更をなすか或は其の兩方を必要とするものである。

Cut-and-fill 法や Square-set 法の様な作業能率の遅い採掘法を用ふる鑛山では生産高を大擴張するためには實際採掘に移る前に大々的に開坑をする事によつてだけ成し遂げられるが單純な Shrinkage 法, Top-slicing 法, Sublevel caving 法及び其他の採掘法でも同様である。然し開坑の進捗は必然的に不産作業の資本と結び付き可成りの余計な維持費が必要となる。

或種の採掘法では個々の切羽より強制生産を行ひ得る事がある。例へば sublevel caving 法では普通は一つの切羽の各 bench 又は二三の bench に一臺の機械のみしか使用されぬのであるが時には同時に各 bench に二臺或は三臺の機械を動かす事が可能であるし open-stope では各切

材で正式に用ひられる。機械の數に比例して生産を増加し得るのである。又 Block caving 法では規則正しく抜き取る率によつて最善の結果を得られるのである。

大抵の採掘法、特に重い地盤 (heavy ground) で採用されてゐる方法では、生産高の縮少は擴張より重大な結果を招來するのである。即ち各切羽の數を減少することによつて生産高を減ずるとすれば局部的には採掘してゐた切羽がそのまま残され其の時の採掘法如何や土地の状態によつては中止した切羽は崩潰しそのために餅と鑛石が混合し後になつて改修するに費用が掛かり且危険な場合がある。又工程を下げて總ての切羽を操業することによつて生産高を減少するとすれば切羽はたやすく維持し得るが然し多數の切羽から少量生産は運搬費、鑛石處理費、維持費等の單位當經費が高くなる。然し Open stope を採用する鑛山では作業縮少による困難は左程でもない。之は岩盤及鑛石が強靱であるから僅かな崩落だけで數年間は其儘放置することが出来るからである。

不完全な Shrinkage 法、Cut-and-fill 法、Square-set 法、及 Caved stope 法等では相當の期間、操業を停止し後になつて作業を開始する爲切羽を良好な状態に保つておくためには豫め多少の手當をなさねばならぬ。即ち Shrinkage 法及 Cut-and-fill 法では切羽の冠を充填面又は破碎鑛石面上の打柱や規則正しい柱又は木積で支持しなければならぬ。Square-set 法では操業を停止する前に常に完全に充填しておかねばならぬし (但し必要な坑井及人道は除く)、Block caving 法では抜き取り作業の休止によつて鑛石が詰る様になり、又支持期間が長くなると抜取坑道と掘上りの間の鑛柱が碎かれるやうなことになる。

尙 Sublevel caving 法では各採掘面の冠を完全に崩落させる事が必要であり Top slicing 法では如何なる小さい柱も残らない様に採掘作業を繼續し崩落鑛石と未採掘鑛石の間が一直線になる様にし總ての各層を爆破して充分崩壊されると相當の期間は切羽をこわさずに残し得ることになる。其故鑛石の需要の變動が豫期されたならば鑛山の種々の條件に及ばず影響を考慮し急激に事業の擴張又は縮少に對應出来る様な弾力性に富んだ採掘法を撰ぶ事が賢明の策である。

又品位に關する金屬價格の變化の影響に就いては以前述べたのであるが再言すれば高價格の間は低品位鑛の部分の採掘し得る様な方法が希ましい事だと言ふことは明かである。

### § Factors affecting related mining operations

採掘作業は開坑、運搬、鑛石捲揚、充填、坑木支柱及積等の處理等の坑内諸操業と密接な關係がある。

#### Development

或種の採掘法では切羽から鑛石を出すに可なりの開坑が必要であるが斯様な開坑に資本の支出が充分出来ないならば、それに適したもつと準備支出の少ない採掘法を選ばねばならぬ。この事は前述の通りであるが、又開坑と採掘は各採掘法の變化に對して開坑計畫を立てるに重大な關

係がある。即ち幅廣い急傾斜鑛脈を採掘するに、鑛脈の全幅員を採掘して行く縦の切羽 (走向の方向) によるか、横の切羽 (走向と直角の方向) によるかの區別があるが前者では運搬坑道は各坑々で鑛體中又は岩盤中の一つ乃至それ以上縦坑道から成り、後者では切羽の下で鑛脈を横切り且一本の主要縦運搬坑道に連絡した坑道が必要である。

今 Sublevel stoping, Shrinkage stoping, Cut-and-fill stoping, Top-slicing, 又は Sublevel caving 等の一般開坑計畫を見るに細部では異つても大體同じか或は良く類似したものである。例へば單純な Shrinkage 法では常に各坑道で下盤に沿つて一本の縦鑛押坑道によつて開坑され Cut-and-fill 法又は Squar-set 法では廢石充填の爲上盤坑道を開坑することが望ましく、これは鑛脈が平である時は特に必要である。又 Shrinkage 法では鑛石を抜き取る爲に比較的近い間隔に漏斗を準備し、又人の通行、材料處理、通風等の爲に上の坑道に掘上りで連絡せねばならぬ。尙掘上りは屢々採掘が進行されてゐる間に切羽の冠からあげることもある。

Cut-and-fill 法では採掘の初まる前に充填の爲上部坑道に通ずる掘上りが少くとも一つは必要であり、而して斯の様な掘上りは各切羽に必要なものであつて其間の距離は實際に採掘する場合の状況に因つて異なる。尙 Cut-and-fill 法では漏斗間の距離は一般に Shrinkage 法による場合よりも遠いのが普通である。

Sublevel stoping, Sublevel caving 及 Top slicing 法には幾何かの中段坑道が必要であるが、其の數と掘上りの數は鑛體の大き及傾斜及び採掘法如何によつて異なるものである。

主要運搬坑道間の垂直距離は又採掘作業の實際方法と因果關係があり鑛脈を採掘し開坑するためには短距離が必要であるが鑛體が規則正しく坑道から坑道へ續くならば距離は遠くてよい。若し上下坑道が近接する時は切羽の採掘面の高さは短くなる。若し坑道の冠の上に或る厚さの鑛柱即ち鑛押坑道の冠と切羽の踏前間に「アーチ」形の鑛柱を残して採掘が初まるならば有効採掘高距は尙短くなり、更に上の坑道の下に龍頭を残すならば、採掘部分の高さは益々減少し粗鑛噸當開坑費は高價なものとなる。其れ故開坑費は坑道間の距離を増加すること、坑道留の上から直接に採掘すること及龍頭の厚さを薄くすることによつて軽減することが出来る。運搬坑道が下盤中にあり或は鑛脈が幅狭く其上盤が堅硬にして其の結果 (打込) だけで支持し得るならば上下坑道間に龍頭を残さず採掘することが出来最大限の採掘高距と最小限度の採掘噸當開坑費で稼行し得られるのである。

然し坑道間の距離が短い場合に應用される採掘法、例へば Shrinkage 法のやうな方法では空氣中に露出して岩盤の弛緩及脫落を招來する前に採掘終了になるが若し之が長い距離の場合に採用されれば採掘が最上部迄達し破碎鑛石を抜き取る前に磐石が墜下するやうになるから Cut-and-fill 法を採用せねばならぬ。

Top-slicing 及 Sublevel caving の場合には數種の採掘方法があるが之は鑛床の物理的性質

だけでなく切羽面と運搬坑道間の鑛石運搬方法及 slice drift 進行方法によつて支配される。

又或種の變形した方法は比較的少數の掘上りを必要とし他は多くを必要とする。同様にして Sublevel caving 法の實施細目に依つて運搬立入主要坑井及分岐掘上りの數を決定するのである。

#### Haulage and hoisting of Ore

能率良く操業をするには、切羽の破碎鑛石は出来る丈經濟的に運搬し捲揚げねばならぬ。若し採掘作業の集中が極端に走れば運搬坑道の混雑を招くことになるが適當に集約すれば運搬費は安く従つて噸當經費は輕減され運搬管理も容易となる。

Sublevel stoping 法一種の大規模な shrinkage 法及 block caving 法のやうな方法は個々の切羽から大量の出鑛を得るに應用され、只一つの漏斗から續いて數列車分も積荷されるやうな運搬方法で、若し廣い範囲に分岐してゐる漏斗及切羽から鑛石を運搬するとすれば、數多くの轉轍が必要となり従つて運搬費が高くなる。

出鑛が間歇的であり、又日々各切羽から僅かの出鑛しか得られぬやうな採掘法では大量の出鑛を維持するには數多くの切羽が必要である。

Cut-and-fill 法一種では各切羽からの出鑛は斷續的であり充填中は鑛石は抜き取れぬし又鑛石の破碎搬出及充填は連續作業であるから切羽の一方では一作業進行し他方では他の作業を進行させてやる方法もある。

Shrinkage 法では鑛石が破碎されると 40% しか抜き取れぬので採掘が終了する迄は僅かの鑛量しか日々各漏斗より出せぬのである。

運搬距離が短く僅かの鑛量しか日々各切羽から一時に抜き取れぬ時は手押運搬が最も安價な方法であるが一方大鑛量を抜き得られ運搬距離が長い時は機械運搬が最も經濟的である。鑛石が餘り多量に列車で堅坑迄運搬されて捲揚げに困る場合には充分な(容量)をもつ shaft pocket を貯鑛の爲準備せねばならぬし且列車から鑛石が直ちに卸され空車は切羽へ歸り捲揚作業が遅れない様にせねばならぬ。

即ち以上の結論として採掘法が運搬方法及必要な捲揚機關を決定し之が運搬費及捲揚に影響するものである。

#### Filling materials and supplies

Cut-and-fill 法や square-set 法を用ふる場合には充填作業は有利にしなければならぬ。或場合には切羽選別や開坑坑道の廢石で充分であることがあるが他の場合には此等の外に特種の廢石切羽(waste stope) 地表の石切場及砂礫坑、又は選鑛尾鑛等を一緒に充填し或は後者等だけに依る時もある。其故採掘の充填方法を決定する場合には充填材料の有利な根源を考慮することが重要なことである。

屢々安い充填材料の根源が容易に得らるゝこともあるが又或る鑛山では其の獲得が重要な問

題である場合もある。

尙充填材料を切羽の外から手に入れる時掘跡への運搬と掘跡内での處理が又問題になり研と鑛石の運搬が同じ坑道ならば運搬を複雑にし充分な監督をしなければ研の運搬が鑛石の運搬を妨害することがある。

或は又混雜した運搬坑道で坑木及他の必要品を取扱ふことが益々坑内運搬及捲揚作業を複雑にすることになり、若し多數の坑木が採掘に必要なならば特に坑木運搬堅坑を備へるか、或は主要捲揚堅坑内に特種坑木區劃と cage 區劃を具備する必要がある。

#### § Safety, Health, and Welfare

坑内掘金屬鑛山での重大事故の最大唯一の原因は落磐に由るものであるが、斯様な原因による災害防止には切羽の支柱を完全にして鑛夫の作業を保護するやうな最も安全な採掘方法をとらねばならぬ。換言すれば如何に作業の細目に至る迄完全な實行方法を取り又如何に注意して作業するとしても安全に仕事し得る採掘方法を採用しなければ(採掘法選擇の根本要素は切羽支柱に關することは既述の通り)災害防止は不可能のことである。

此所で坑内従業員の保安、保健及福利等に就て論議することは本書の目的に副はないのであるが採掘法如何が之等の問題に重大な關係を有することは事實であつて、例へば通風に就て見るに、若し其の採掘法及實施細目が下手であれば酸素の缺乏、高溫度爆發によつて生ずる gas 又は岩粉等を包含してゐる空氣によつて鑛夫等の健康を害することは明らかである。

Open stoping は常に通風しやすく且普通は特に深所を除いては自然通風である。Shrinkage 法 Cut-and-fill 法及 Square-set 法等は容易に通風しないことがあるが切羽の下の坑道から切羽迄又は切羽から上の坑道迄空氣の流通を良くするやうな適當な數多の空隙を作ることによつて良通風を得ることが出来る。

Block caving 法では周圍の Shrinkage 法を用ふる切羽(特に斯の様な方法で採掘した時の)、undercutting level、殊に grizzly level と過剰の鑛塵が屢々密集する draw point 等に適當な設備をして通風を良くせねばならぬ。

Sublevel caving 法や Top-slicing 法では通風するに困難であるが幸にも此等の方法は坑内が比較的涼しく(坑内が深く且發熱せる坑木の堆積した所を除き)鑛石濕氣があり、且粉塵を生ずることの少ない鑛山に最も應用される。然し崩落 slice には切羽から上の坑道迄行くに直接出口がなく切羽へ來る空氣の復路が無いので各切羽へ空氣を吹き込む fan が必要である。

#### § Summary

以上要するに鑛夫達の健康及安全を考慮に入れて切羽の支柱如何が採掘法を選擇する根本要素となるのであるが、又之と關聯する他の重大な要素をも比較考慮して最良の採掘法を決定せねばならぬ。而して此等の要素は屢々複雑な問題を提供するものである。

### Discussion of different stoping methods with examples of practice

本章では個々の主要探掘法を圖示論議して其の長所短所を指摘する爲現在の實例と經費の Data を擧げて以下説明する。

#### § Open stoping

最も簡単な探掘は Figure I に示す様な Open stoping である。急傾斜板状鑛體は底部から最上部迄上下兩層間を全部探掘し得るか作業の細目に互つては夫々異なつてを。水平鑛體の様に簡單では無いが一般に矢木と横木(打込み)を入れて穿孔の間保つ様にせねばならぬ。大きな水平或は緩傾斜鑛體では大面積の上層の露出を支持する爲に鑛柱を残さねばならぬが、斯の様なものは Figure I に示す小鑛體のやうに探掘され、鑛柱間の各面積は圖に示すものと同様な單一小切羽に相當する。黒點が鑛柱を現してゐる Figure 3 は鑛體と鑛柱の探掘面積を表示する鑛床の平面圖である。

#### Open stoping in horizontal or low-dipping ore bodies

破碎鑛石が自重によつて下層に落ち得ぬ程緩く傾斜してゐる鑛體が此の範圍に入る。此種の鑛體の周圍は常に少くとも一部分は探掘の初まる前に地表からの穿孔で明瞭にされるから開坑は簡單であり單に鑛體中又は其の近くに堅坑を降すか或は降した堅坑が鑛體の外ならば之に立入を切れば良い。斯様にして着鑛すれば一部分探掘に移り以下開坑と探掘は同時に進行する。

鑛體の厚さが約 12 乃至 14 呎迄であれば常に一つの slice 又は breast で最底部から最上部迄探掘されるがそれより厚いと最初に鑛體の最上部のと直接 7 或は 8 呎の heading (小坑道) を切り、それから heading の踏前と鑛體の底又は坑道の踏前間の鑛體を階段形に探掘する。此の時 heading は bench 又は切羽から僅かの距離丈先に進んでゐる。斯様な方法を "heading and bench" 又は "heading and stope" 探掘法と云ふ。

此法は最も普通に應用せられる方法であつて上の様にして 200 呎の高さのもの迄探掘し得るが若し鑛體が 14 乃至 20 呎の適度の厚さを持つてゐるなら底部に沿つて one slice を掘りそれから鑛體の上半分は切羽破碎、鑛石を足場として穿孔發破を掛けるのである。厚さが薄ければ勿論一加背にとるのである。

Fig. 12 は代表的 heading-and-bench 法の實施細目を表示したものであつて Fig. 12, A は探掘面から水平に穿孔せられた stope 又は bench hole を示し (Tri-state 鉛、亞鉛地方の實例) Fig. 12, B は Southeast Missouri 鉛地域に實施される代表的な水平の bench から殆んど垂直に穿孔された bench hole を示し Fig. 12, C は heading が階段形に進行した場合垂直の bench hole, Fig. 12, D は Tri state 鉛、亞鉛地方、heading-and-bench 法を圖解式に表示したものである。

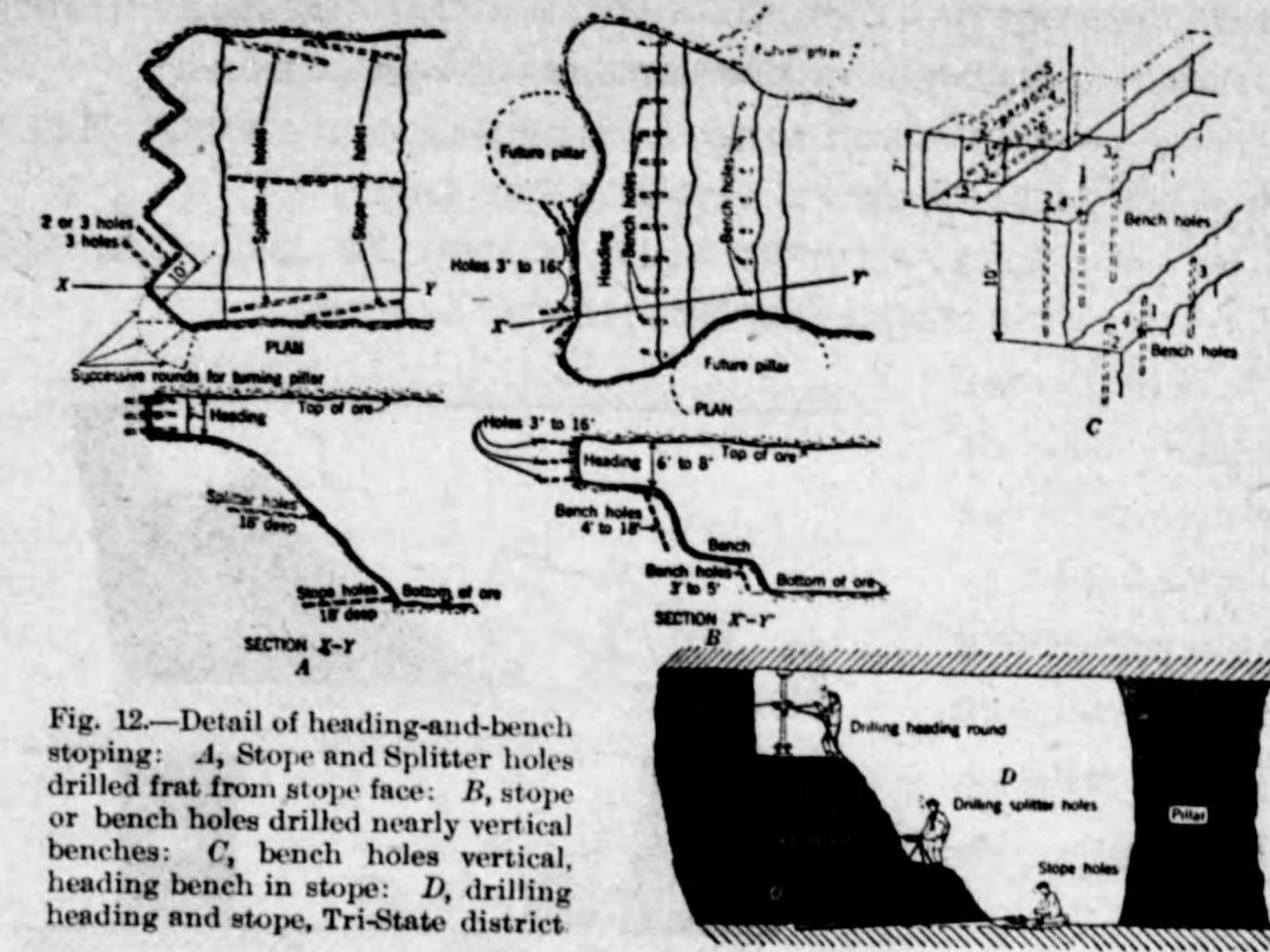


Fig. 12.—Detail of heading-and-bench stoping: A, Stope and Splitter holes drilled frat from stope face; B, stope or bench holes drilled nearly vertical benches; C, bench holes vertical, heading bench in stope; D, drilling heading and stope, Tri-State district.

Fig. 12, B 及び Fig. 12, C のやうに水平の bench が進行し、垂直に穿孔される場合 heading から爆破された礫は bench の上に堆積するが之を次の穿孔が初まる前に片付けて落してしまふ。又 Fig. 12, B 及び Fig. 12, D のやうに穿孔される場合には splitter holes (ガラ割) は切羽の如何によるものであつて手持ち plugger を使用することもある。

破碎鑛石は hand shoveling, power shovel 又は power scraper によつて鑛車に積込まれ堅坑迄運搬されるが若し各切羽の出鑛量が少いならば手積みが經濟的である。而も此場合運搬線路は種々移動される。Fig. 3 は Tri-state 地方の鑛山での線路系統を表示するものである。

労働費が低廉にして且礫選別が餘り必要でない時大量に出鑛する所では手積みより power loading の方が經費が掛らない。若し shovel 型 loader を用ふると線路は破碎物近く迄接近して敷設し、切羽が非常に高くないならば移動したり延長したりするのである。又 scraper を用ふると線路だけは屢々變へる必要がある。而し 150 乃至 200 呎或はそれ以上の半径内の引立面からの鑛石を中心の荷積み點迄牽引し得るのである。Scraper を設備する first cost の常に shovel loader, 1/4 乃至 1/2 であるが一方動力及工費は常に同額である。工費を除外して scraping cost で最大唯一の經費は drag cable 設置費であるが他の維持費は power shovel を使用するより低廉である。然し時々特殊な條件によつて scraper を使用せず power shovel を採用することがある。

Tri-state 地方では嘗つては合衆國內での一番最初の scraper の一つが使用されたにも係らず

現在手積み方法が採用され、一工當り工程が高いので power loader は不適當と考へられてゐるが採掘作業の再生の爲には將來大いに機械的積込方法が採用せられることであらう。

Southeast Missouri 鉛地域では scraper よりも大概 power shovel を採用してゐるが, Mascot, Tenn. 鑛山では其の反對であつて、手積みは殆んど用ひられない。

Power loading を実施する所で作業能率を上げるには鑛車の供給と運搬の容易性如何が問題であるが、之がためには大型鑛車と機械的運搬方法を採用することである。

Fig. 13 (注目すべきは鑛石を積込む "cans" のことであるが之は 1,200 lbs の鑛石しか積込み得ず且 power loader の最も經濟的使用に對して大きさが充分でない) 及 Fig. 14 参照のこと。

**Tri-State District**

此の地域一帯は殆んどすべて白雲岩化作用と硅化作用とを受けた石灰岩層であつて且つ種々なる地質構造を有す。總て鑛床は之等の角礫帶、壓碎帶の中に胚胎し厚さ 200 呎の範圍内に存在し且地表下淺く鑛體最低部は 350 呎を超ゆることは稀にして大抵は 300 呎を

超過しない。鑛體の周邊は不規則であるが鑛石から廢石迄の遷移は徐々である。鑛體の高さは廣く變化があり 6 乃至 8 呎から約 100 呎迄達するものもあるが切羽の高さは 30 乃至 60 呎が代表的である。鑛石は閃亜鉛鑛と方鉛鑛であつて數年間の探掘平均含有品位は少量の鉛を包含して亞鉛 4.5% であつた。鑛石及岩層は特殊の所を除いては良好で切羽で支柱を要しない天井の長さは 30 乃至 60 呎にも及ぶ。老大な鑛床では天磐を支持する爲に 20~60 呎の直径の鑛柱を残し中心から中心迄 30~100 呎の間隔を置く、其れ故最初に探掘するとき地磐の性質と鑛體の高さ如何に依るものであるが 15~40% の鑛石が鑛柱として残存され最大實收率は常に 80~90% である。

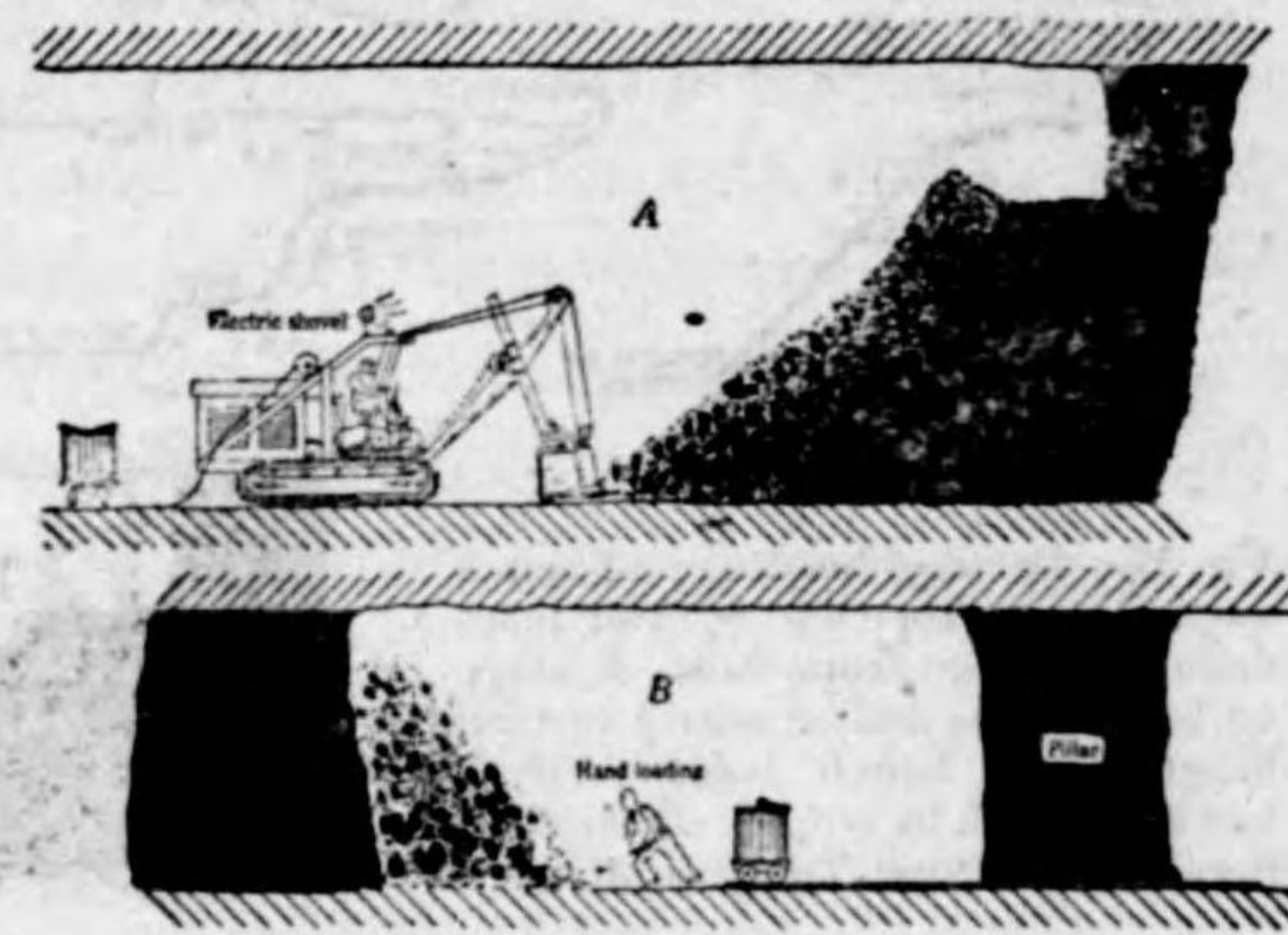


Fig. 13.—Loading ore from heading-and-bench stops in Tri-State district: A, Loading by electric shovel; B, hand loading.

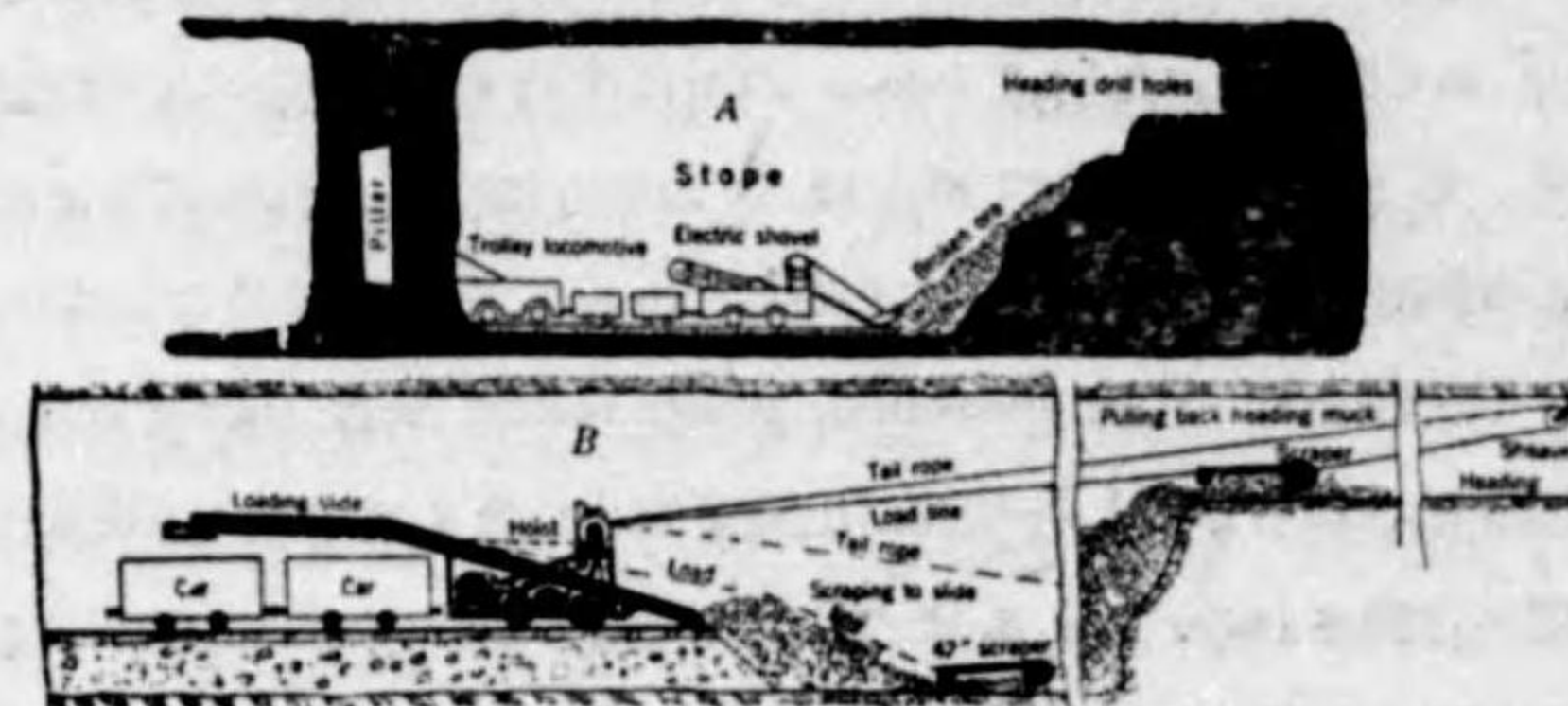


Fig. 14—Power loading: A, Special-type electric shovel loading into cars, south east Missouri; B, scraper loading from heading and bench. (After S. Louis Power Shovel Co.)

此の地方の鑛山は大概小さくて一日出鑛量 400~500 噸のものが代表的である。探掘方法は既述のやうに heading and stope 法である (Fig. 1, 3, 12 A, 12 D, 13 参照)。大概の鑛石は手積みされ堅坑迄は手押か機關車運搬によつて運ばれる。

此地方の代表的七鑛山の 1927 年乃至 1930 年迄の平均探掘費は 0.504 \$/t であつた。今其の内容を示めれば次の如くである。

	Cost per ton
Laber, breaking	\$ 0.144
Laber, loading	.129
Supervision	.020
Compressed air, drills, drill steel, and airlines	.102
Explosives	.104
Power (for power shovels)	.005
<b>Total stoping cost</b>	<b>.504</b>

尙之等の内五鑛山の出鑛量は一日平均 400 噸であり一つは 725 噸他の或る鑛山は 1,200 噸であり噸當り探掘費も 45~55 であつた又以上の Data は開坑費を包含せず手押運搬費は loading 中に一括されたのでわざわざ 25% 引いたのである。其れで此等の中には運搬、捲揚及排水費は含まない。

次に一工工賃は亞鉛精鑛は賣價に比例して異なるが次の如くである。

	Rate per 8-hour shift	
Machine runners	\$ 4.25	to \$ 4.75
Machine helpers	3.75	to 4.25
Trammers and mule drivers	3.50	to 4.00
Blacksmiths	4.25	to 6.00
Hoistmen	3.75	to 5.75
Locomotive operators	4.25	to 5.00
Locomotive brakeman	3.50	to 3.75
Powdermen	4.00	to 5.00
Roof trimmers	4.00	to 4.75
Trackmen	4.25	to 4.50
Shovel operators		5.00
Shovel operators on contract per man (1,200 lbs of ore)		0.095
Hand loaders on contract	0.095	to 0.14
Hand loaders on contract	0.38	to 0.415

次に七鑛山に於て鑛夫の探掘噸當り一人一時間は次の如くである但し此の中には開坑を含むが少量であるから探掘に影響せず。



Productivity of stope labor

Mine	Man-hour per ton of stoping				Total	Tons per man-shift
	Breaking	Loading (by hand)	Hand tramming in stopes	Power shovel loading and tramming from shovels		
1	0.377	0.305	0.102		0.784	10.2
2	0.297	0.257	0.086		0.642	12.5
3	0.139	0.197	0.065		0.401	19.9
4	0.280	0.236	0.089		0.635	12.6
5	0.223	(1)0.241	(1)0.070	(1)0.163	0.502	15.9
6	0.218	0.204	0.068		0.490	16.3
7	0.229	(2)0.163	(2)0.055	(2)0.160	0.427	18.7
Average	0.252	0.234	0.076		0.564	14.4

- (1) Average hand and power shovel loading and tramming 0.279
- (2) Average hand and power shovel loading and tramming 0.198

Tonnages broken per machine-shift

	Tons per machine-shift
1. In headings	40
In stope faces	60~75
2. Average (headings and stopes)	60
3. Do	62.5
4. In headings	30~40
In stope faces	80~100
Average (headings and stopes)	62
5. Do	64.2
6. Do	76.7
7. Do	62.2

各種鑛山での爆薬消費量は次の如くである (但し開坑作業に消費される少量の火薬を含む)

Mine Kind and grade of explosive	Pounds per ton broken
1 (?)	0.750
2 Ammonia, 33 percent	1.265
3 Geratin dynamite, 20 percent	0.875
4 Geratin dynamite, 30 percent	0.594
5 Ammonia; 40 percent	0.805
6 Geratin dynamite, 30 percent	0.741
7 Ammonia, 40 percent	1.120

Southeast Missouri district.

當地方の探掘法は heading and bench 法による open stope である。鑛體は主として 400 呎

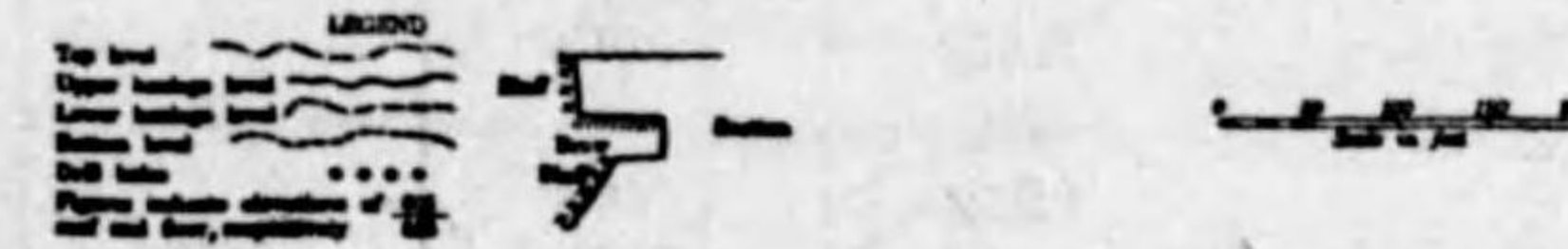
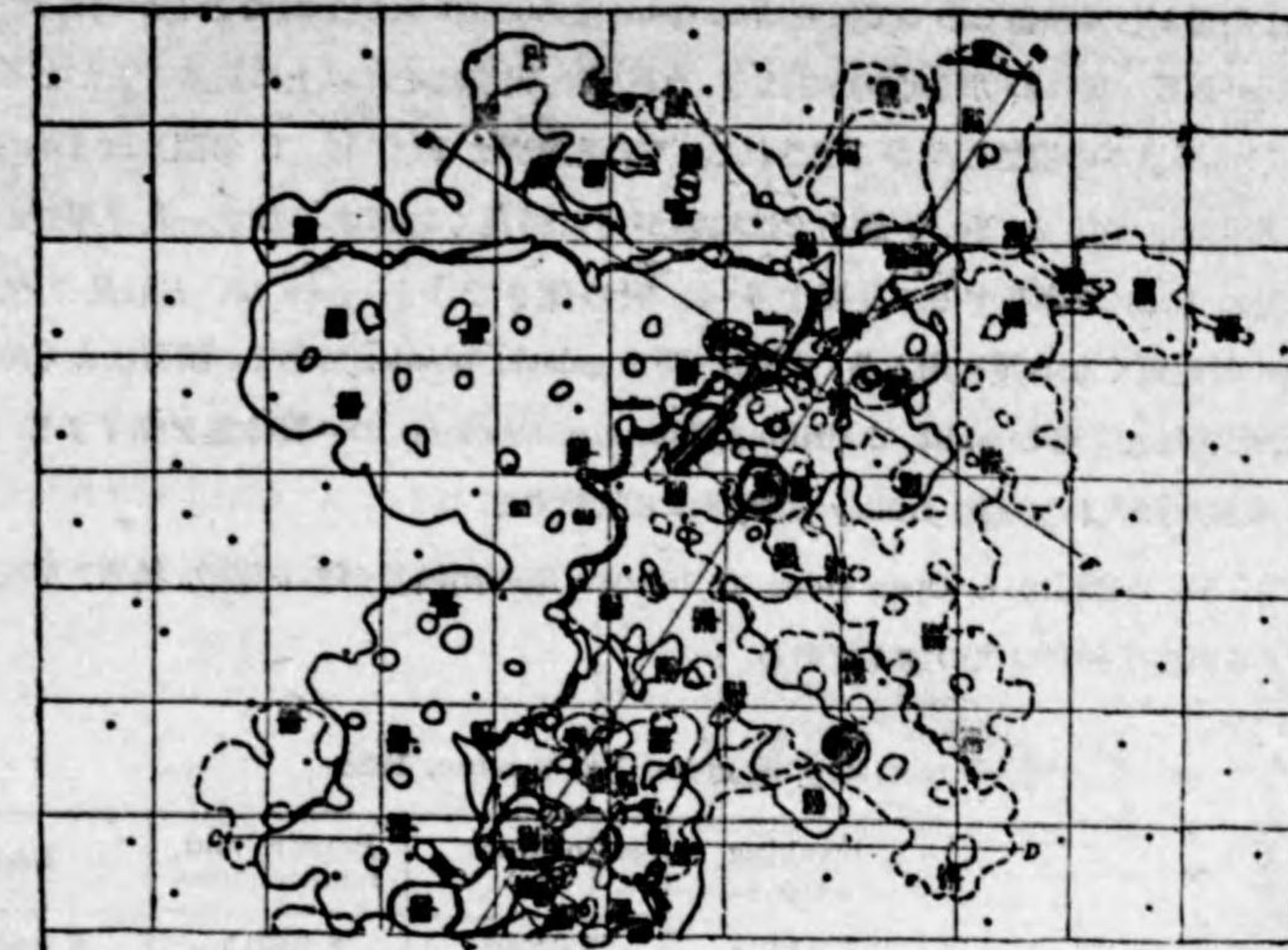


Fig. 10.—Plan of portion of mine workings, Southeast Missouri lead district.

の厚さを有する石灰岩層中にあり水平又は場所によつて 20° 位傾斜する探掘鑛石は主に方鉛鑛であるが時には閃亜鉛鑛をも包含する品位は鉛 3.5% 前後である鑛體が不規則であることは Fig. 16, 17 で明かであるが探掘幅は數呎から數百呎に及び時には幅 700 又は 800 呎長さ 1200 呎に達することもある。

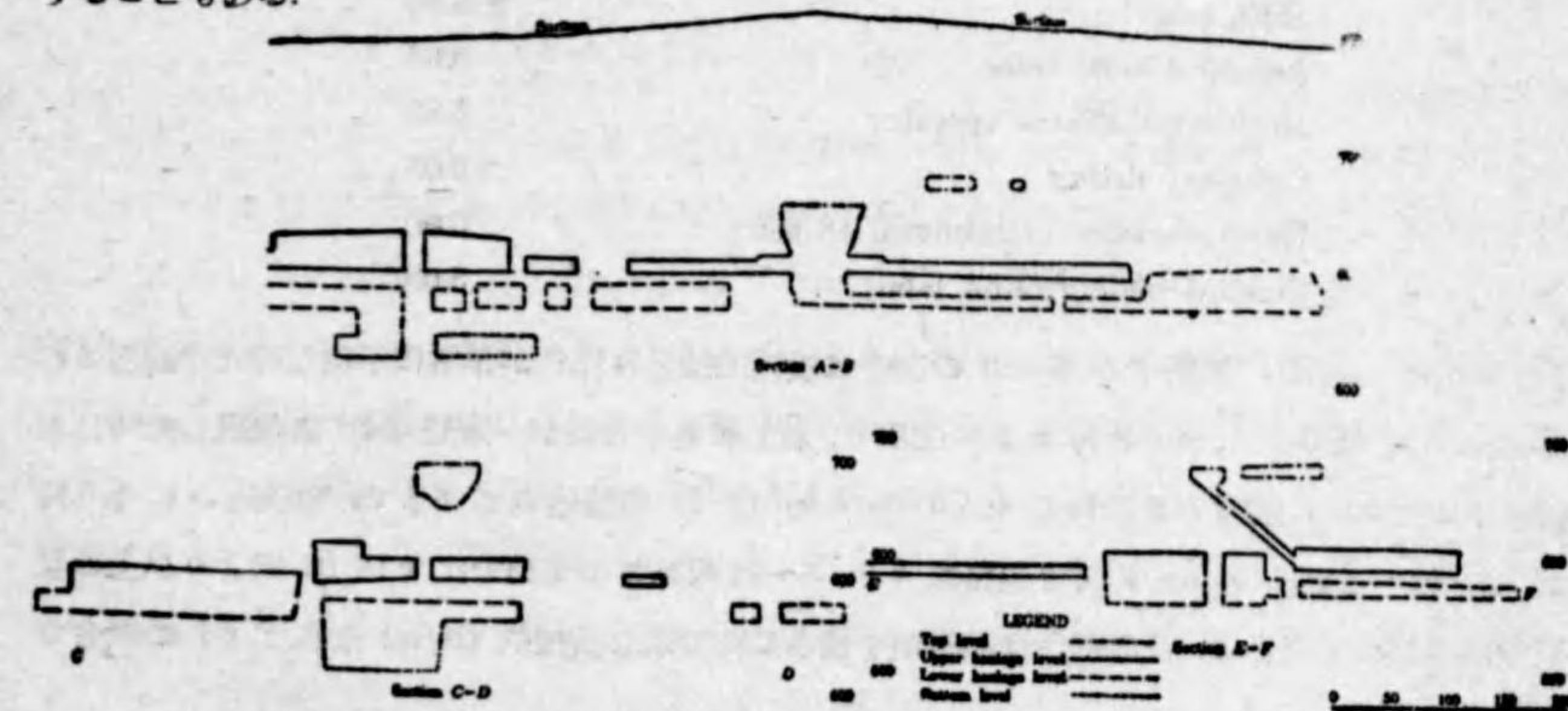


Fig. 17.—Sections through mine, Southeast Missouri lead district.

地層は全體として強靱であつて鑛柱間の span は 40~60 呎が平均であるが時には 100 呎に及ぶことがある。個々の切羽面の高さは 7 乃至 200 呎或はそれ以上に及ぶことがある。現在の出鑛は 750 呎以下の深さの所から出される。(探掘方法は Fig. 12. B 参照) St Louis Smelting and Refining Co., の No. 8 鑛山では地層が硬いが良く破碎するので一人で湯式の Jackhammer 型の Drill で穿孔する。孔長は 4~18 呎の深さで  $1\frac{7}{8}$  gage bit と最長 3 呎にして次第に  $\frac{1}{8}$  吋宛短くなる鑽を用ふる。火薬は 35% gelatin powder である。鑛石はよく碎けるのでガラ割の必要はなく各の shift で drilling, blasting, mucking, の一貫作業を完了する。鑛石は 1 乃至 2 噸鑛車に入れ堅坑迄 trolley 式機關車で運搬する。

1928 年 No. 8 鑛山から Open stope で 168.089 噸の出鑛量があり運搬、排水、及坑内維持費を包含する直接探掘費は次の如くである。

Direct stoping costs, No. 8 mine, 1928

	breaking Ore	loading Ore	Repairs and maintenance	Total
Labor	\$ 0.1319	\$ 0.2307	\$ 0.0715	\$ 0.4341
Supervision	0.0152	0.0152		0.0304
Explosives	0.0721			0.0721
Power	0.0082	0.0009		0.0101
Materials and supplies	0.0207	0.0119	0.0086	0.0412
Total	0.2491	0.2587	0.0801	0.5879

尙同年種々の職別に対する賃金支拂高は次の如くである。

Occupation:	Rate per 8-hour day
Shift boss	\$ 5.95
Assistant shift boss	5.35
Mechanical-shovel operator	5.80
Company driller	5.05
Hand shoveler (minimum, 18 ton)	5.00
General underground labor	5.00

shovel operator に対する \$ 5.80 の割合は機械的積込み条件が非常に不利な時だけ適用される operator は常に 1 ton に付き \$ 8 受取り、若し彼等の所得が一週間 \$ 60 を超過した時は超過の半分は会社に返還する請負の hand shoveler は 21 噸積込みに \$ 5.22 噸積込みに \$ 5.55 22 噸を超える毎に 1 ton に付き価格は \$ 14、8~12 呎高さの切羽では \$ 13 20 呎より以上の切羽では \$ 10  $\frac{1}{2}$  である。此等割合は鑛石が手積みの時で若し機械的 shovel ならば \$ 1 の割合で減少する。

Average man-hour per ton in breaking in stope	0.122 (65.5 t per man-shift)
Average man-hour per ton in loading	0.319 (25 t per man-shift)
Total man-hour of stope labor per ton	0.441 (18.1 t per man-shift)

尙火薬の破碎鑛石噸當消費は平均 0.565 lbs で  $\frac{3}{4}$  は bulk-dynamite (170 sticks per 50-pound box) で  $\frac{1}{4}$  は正規の 35% Gelatin dynamite である。鑛石の厚さが 9~10 呎を超へない時は全部地並拂で探掘するがそれより厚いと 7~8 呎高さの heading を鑛體最上部の下に切り Fig. 18 のやうに穿孔する。

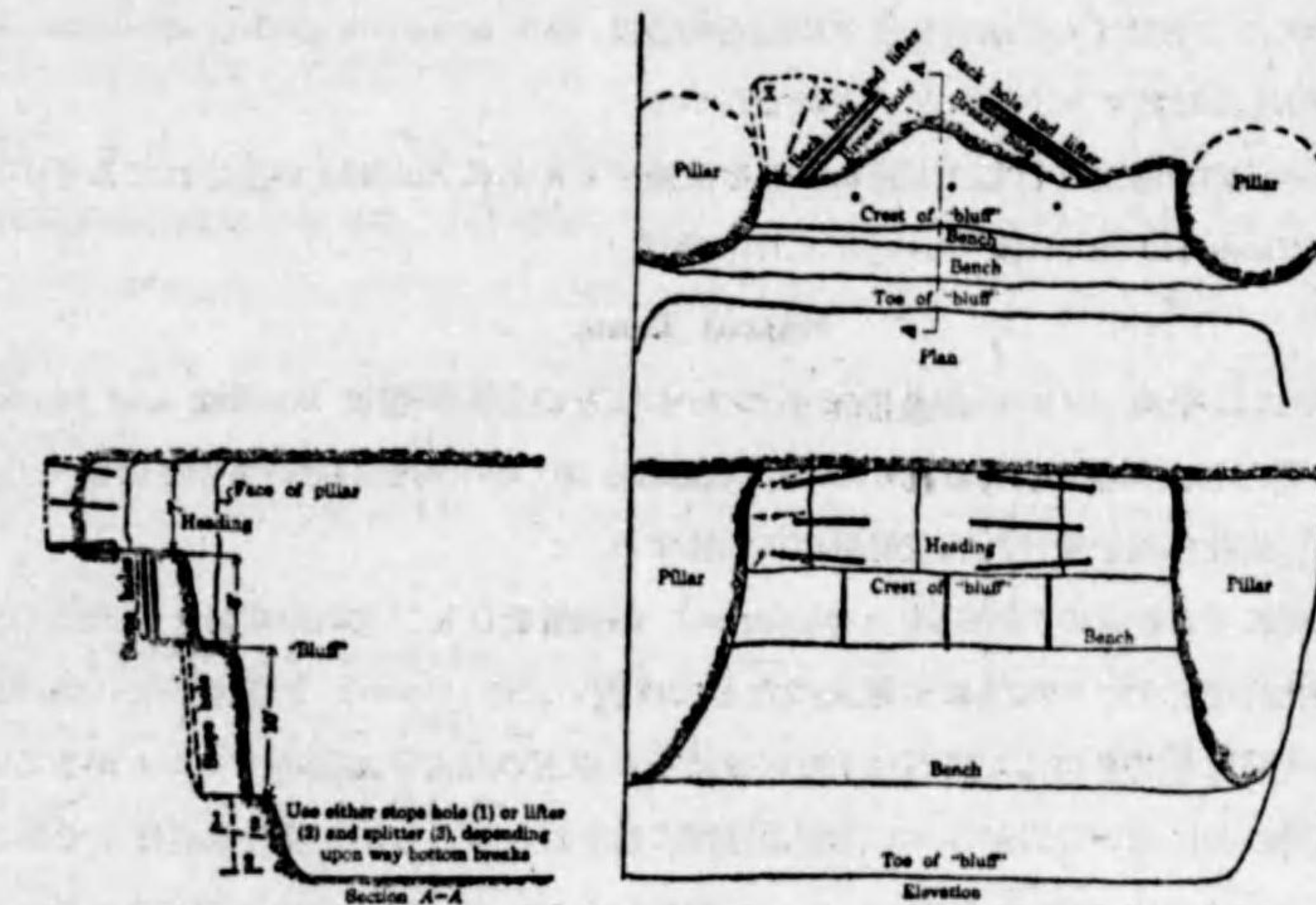


Fig. 18.—Heading and stope or "bluff," southeast Missouri.

普通 8~10 呎或はそれ以上の深さを有する此等の孔は pillar を廻る時は pillar に向けて穿孔せず Fig. 18 X-X のやうに切縁になるやうに穿孔する。斯様にして一つの切羽を開いてから二つ乃至三つの heading の穿孔に取掛る。一つの heading 又は低い切羽で鑿岩夫は一交代で約 30 噸破碎するが高い切羽ではもつと多く破碎する。平均一方で 12 本即全孔長 80 乃至 100 呎穿孔する。鑿岩夫は請負で仕事をしその請負金は鑛車に積込んだ数によつて破碎鑛石噸當り契約價格によつて仕拂はれる。1929 年には低い切羽と硬い岩石の所では噸當り \$ 16~18 位、中位の切羽では \$ 12 非常に高い切羽では \$ 8 である。尙鑛石積込みに手積みで間に合はぬ時は 360° 廻轉する shovel 又は dipper 型の Loader を使用するが之に従事する者は一定の仕事量に対する勞銀と荷積超過鑛量に対する賞與 (bonus) の方法で賃金が支拂はれる。

Labor performance in stopes

Occupation	Man-hour per ton	Tons per man shift
Breaking	0.1625	49.2
Loading (hand) <sup>(1)</sup>	0.4160	19.2
Loading (mechanical) <sup>(1)</sup>	0.0610	131.1
Loading (hand and mechanical) <sup>(1)</sup>	0.2330	34.3
Roofmen (trammers)	0.0340	235.2
Total	0.4295	18.6

(1) Includes mule haulage by loaders between face and loops

尙同時代の切羽では火薬消費量は破碎鑛石噸當は 40% ammonia gelatin の 0.0450 封度であり、機械積込は噸當り 0.2 キロワット時であつた。

其の他本鑛山の特長としては天磐から冠を検査するために Scaffold が吊されてゐるが詳細は Bureau of Mines Information Circular 6.170 参照。

Mascot Tenn.

1929 年には平均 2.9% の鉛品位であつた本地方の亞鉛鑛體は heading and bench 法で Millhole を變形した探掘が行はれた。尨大な鑛體は約 20° の平均傾斜を持ち厚さは數呎乃至 150 呎に達し白雲岩化作用を受けた石灰岩層中に胚胎する。

鑛石は稀に見る純粹の閃亞鉛鑛 (sphalerite) が鑛層をなし二次的白雲岩と角礫狀石灰岩を隨伴する鑛化作用を受けた地磐は普通支持なしでは廣い天井 (span) を保ち得ないが鑛化作用を蒙らない天磐及兩磐を包んだ岩石は 100 呎或はそれ以上の間充分に保持することがある時には局部的に鑛層の間に薄い頁岩が存在し落磐の原因になることもあるが斯様な部名は稀である。

本鑛山は深さ 612 呎の垂直堅坑によつて開坑され 520 呎の堅坑地並の鑛石は斜坑に依つて開坑される。普通の heading and bench 法ではいろいろの切羽は一方向に進められるが本法では鑛體の頂部迄掘上りを作り高さ 7 呎、heading は切羽の天磐として選ばれた鑛層の下に準備せられ此の heading は掘上りを中心として四方に擴げられる。それから鑛石は掘上りの周圍に下向階段型に漏斗狀をなして探掘せられ鑛石は自重によつて掘上りの底迄落ちそれから漏斗を通じて拔取り鑛車に積込まれるのである。

而して heading が鑛柱線に達する迄進められ benching は "funnel" の傾斜又は millhole の例が破碎鑛石の角 (約 45°) より平になる迄續行する。斯様にして切羽は鑛柱間の次の切羽に達する迄擴げられる。

破碎鑛石は scraper によつて millhole 迄掻集められる時には 100,000 噸位も一つの mill-hole に入れることがある、鑛柱は断面は圓で地磐の性質と鑛石の高さに比例した大さで普通直径

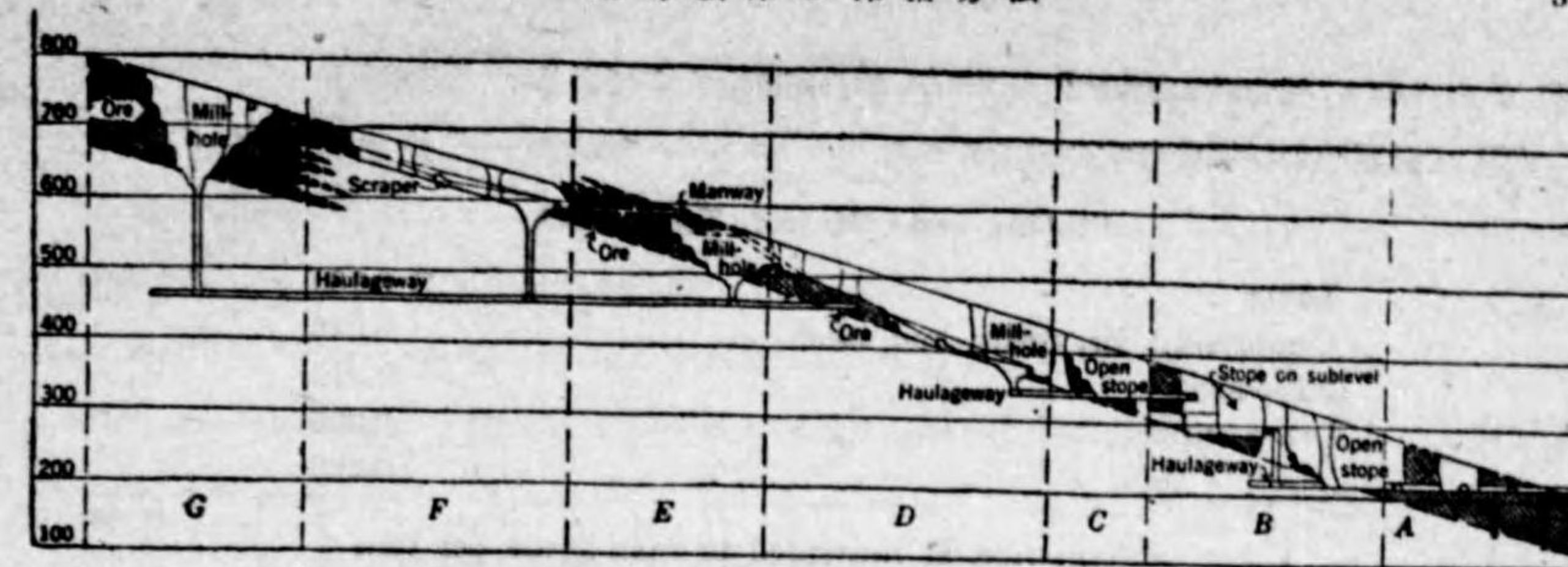


Fig. 19. Steps in development of mining Processes, Mascot, Tenn.

25~30 呎であつて鑛柱間の切羽は 40~60 呎の廣さがある。

Figure 19 は圖解式に探掘状況を現はしたものであつて A は立入と Diamond 穿孔法によつて探掘を、B は Open stopes の端が下磐に達した後運搬坑道間に残された鑛石を採掘する爲に鑛山の初期に中段坑道の作業を、C は鑛體を貫通した立入から開かれる切羽、D は破碎鑛石の安息角迄 millhole の側が達した後鑛石を millhole に (掻集める) する、E は slush が必要になる前の millhole 操作、F は運搬坑道上の比較的厚い鑛石を slushing、G に入れる等以上の状態を示すものである。

本法では鑛石自身は支柱がなくは保持出来ないが強靱且つ堅硬な天磐を持つてゐる廣大な厚い鑛床に應用せらる。

Figure 12c は本鑛山の方法を表示するが heading hole は 6~10 呎の深さを有し bench hole は稀にしか 10 呎を超へぬ時 30% の gelatin dynamite が用ひられる。

鑛石は一切切羽又は millhole 中に残してはならない。若し一の方に残されたならば二の方に必ず拔取る様にしなければならぬ。

昔は切羽では手積み可成り用ひられたが 1933 年の現在ではほんの僅かしか用ひられずすべての鑛石は漏斗から拔取られるか scraper によるもので、若し鑛石が切羽で自重で落ちない場合は scraper によつて millhole 迄掻よせられる。scraper hoist は 35 H.P. の直流 motor によつて運轉され、巾 6 呎高さ 21 呎、重さ 1760 封度で齒を持つた「アーチ」型マンガン鋼製 scraper を用ふる。尙掻集作業改善の結果二乃至三切羽から鑛石を單一の millhole 迄掻引することが可能となり長い掘上りの數を少くすることが出来る様になつた鑛石は時に依つては 450 呎の距離を掻引されるが平均掻引距離は約 1.75 呎である。

鑛石は噸當り請負で破碎され積込まれる、會社は鑿岩機鑛等を供給し鑛夫は勞力を提供し火薬代を支拂へば良い。

1928 年 12 月 27 日から 1929 年 10 月 30 日迄に此の鑛山では 528,626 噸生産したが此の中 16.87% は請負手積みにより 3.01% は會社の直轄で手積で出鑛し 75.21% は請負で mill-

hole から 1.64% は會社の直轄で millhole から出鑛したのである。

然して此期間の探掘費は次の様であつた。

Stoping costs, Mascot, Tenn. 1929

Labor	\$ 0.130
Compressed air, drills, and steel	0.042
Explosives	0.052
Other supplies	0.005
Total	0.222

Labor performance, as measured in man-hours per ton, was as follows: Mascot Tenn, 1929

Occupation	Man-hours per ton	Tons per 9-hours man-shift
Drilling and blasting	0.214	42.1
Timbering	0.009	999.9
Shoveling and scraping	0.063	96.7
Total	0.316	128.5

(1) Chute pulling not included

Marquette range, Michigan

此の地方では將棋盤の形をなした正規の鑛柱を残して Open stope で探掘を行ふ。鑛石は不規則な褶曲及斷層をなしてゐる鑛層中に胚胎し厚さは數呎~100 呎にして平均 25~30 呎の大鑛體である (Fig 20 A 及 B 参照) 珪岩と粘板岩に被覆され下層は Jasper 及變質閃綠岩である傾斜は種々變化があるが一般に緩く自重によつてに破碎鑛石が下層に沿つて落ちない程度である。

鑛體の上の表土の永久に保持せねばならぬ。それは 50~100 呎の流砂が鑛層を蔽ひ鑛床は町の下底に長い距離に亘つて擴大してゐる爲である。

鑛石は高品位であるが堅硬強靱であるため穿孔するに困難である鑛鑛にして非常に良く保ち空中に露出しても風化されない 1~2 吋から 1~2 呎の中石が鑛石の中にあるので坑内で手選をせねばならぬ又所々粘板岩が上層に露はれ空氣中に露出させると風化するので少量の鑛石をその保護用として残すことがある、尙斷層による鑛體の轉移及其等の不規則性によつて探掘するために大鑛體を區劃するに困難であるからより以上弾力性に富む探掘法を選ぶ必要がある。

鑛體は幅 25 呎高さ 25 呎の room が地並拂 (breast-stope) 又は heading and bench 法によつて探掘される坑道間に踏前より厚さ 25 呎の龍頭 (上方の坑道では僅か 15 呎) が殘される。又切羽間の鑛柱は 25 呎平方であつて其の探掘實收率は 72% である。

探掘は Fig 20 に示すやうに bench から先 10 呎に切羽と同じ幅で高さ 7~8 呎、(heading cut) を切つて前進し heading cut は slabbing holl を使用することによつて進められる又 heading cut が引立面よりずつと遠い時は再び穿孔するが發破は掛けないそして bench は清掃される。

8~10 呎深い上げ孔を水平の列で 5~6 呎置きに約 5 呎のカベチを持つて穿孔して全 breast を一時に發破する次に踏前孔は左程延びず先程のものが新しい bench の出發點として少し殘され其上に破碎鑛石が堆積し坑夫がその上に乘つて樂に天井にとゞき得る様にするそれから天磐と引立を掃除し次の立入の爲の穿孔が開始するのである。

以上によつて見るに此方法は多くの利點を持つてゐる即天磐の掃除が容易であり常に bench 又は坑夫達の足場の爲の堆積鑛石を残すので鑛石を連續して出鑛することが出来るのである。

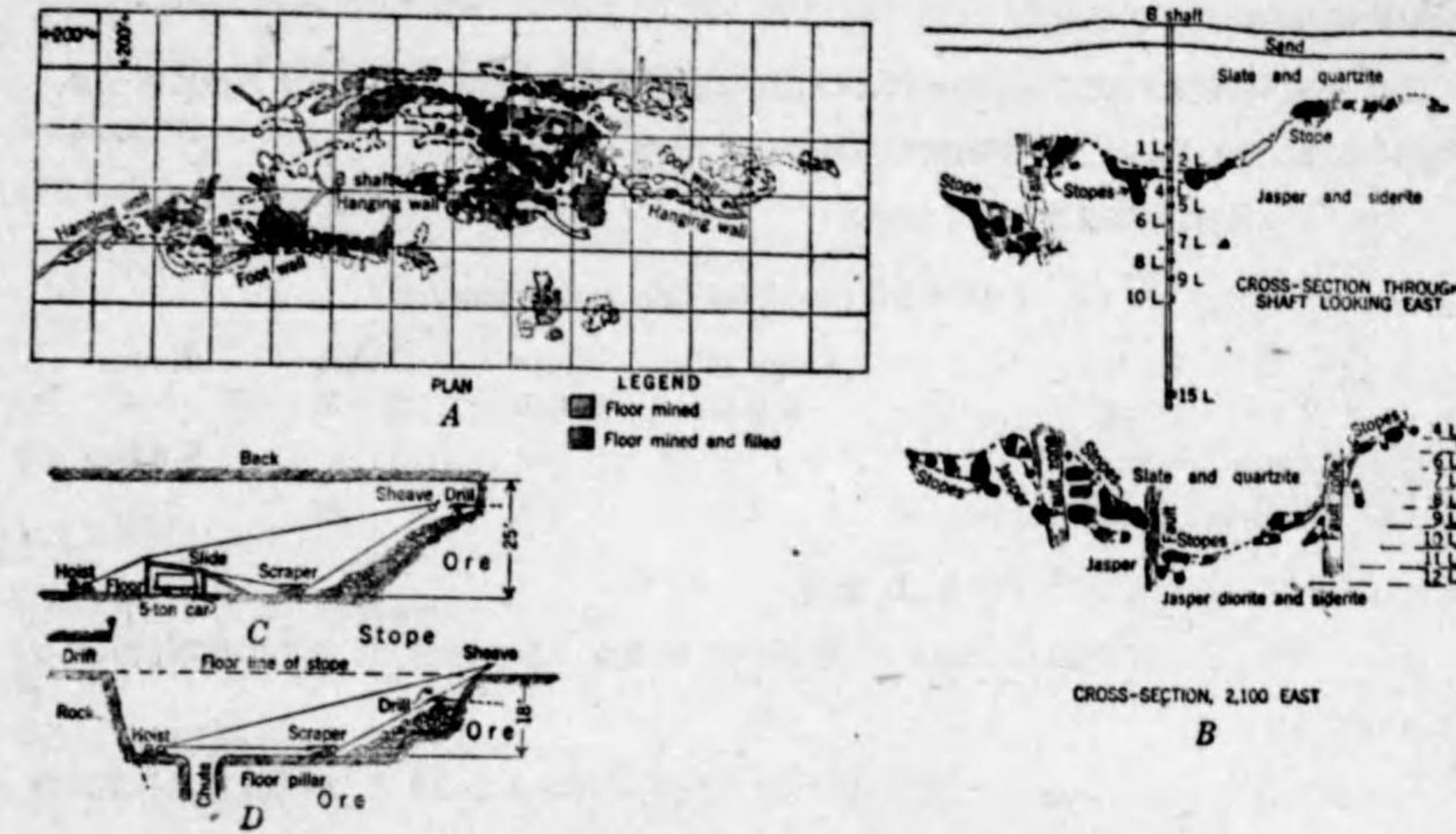


Fig. 20.—Open stoping at hard-ore mine, Marquette range, Michigan. A, Plan of ore bodies on second level; B, north-south cross sections; C, heading-and-bench breast stoping, scraping to car; D, removing floor pillar, Scraping to chute.

又鑛石が次の坑道迄續いてゐない時は back stoping で探掘せねばならぬ。即ち梯子と 8 吋の板張りとして足場を組んでそれから出来るだけ多くの孔を天磐に穿孔せねばならぬ。

それから孔に装薬し足場を片付けて爆破する。

次に再び足場を破碎鑛石の頂部に作る。此の操作は足場なしで堆積破碎鑛石が天磐迄とゞく高さになるまで續けられるかやうにして探掘は鑛石の頂部迄續行してから横に下の切羽の上を穿掘しつつ進むのである。

踏前の龍頭を探掘する時は 1929 年には 25 呎の全部を探掘する代りに中段坑道の上で探掘し鑛石は下の坑道迄落した (Fig. 20 D 参照) 即ち堀上りを上が漏斗を作り堀上り周囲の鑛石は 18 呎深さ迄其の中に入れられる。鑛石が最早自重が漏斗の中に這込まない時は最初は手積みし切羽で廣くなつてから容易にどの方向にも 50 呎は送ることが出来る。中段坑道の踏前迄すべての鑛石が探掘されてから残りの 7 呎の鑛石を一加背に探掘し之の鑛石は下の坑道へ落す。

一交代で約 5~6 時間穿孔し機械は一方に付き平均 25~30 呎の孔長を穿孔する。

full size の切羽では孔一呎に付き約 1 噸の鑛石を爆破し得る破砕量は breast hole (拂ひ孔) では少く bench hole で多くなされる。一般に各切羽に付き一人の坑夫であるが稀には二人の坑夫が二臺の機械を使用することもある。

賃金支拂法は切羽を運搬される 2.5 噸鑛車によつて行はれ、切羽の大きさ、鑛石の硬度及強靱性が單價を決める條件となる。請負者はすべての使用火薬、カーバイド、pick、shovel 及他の工具に金を仕拂ふものである。

鑛石は鑛車に積まれ或は scraper によつて漏斗迄掻集さるが選別を必要とする位に研が多く且切羽の生命が短い時は手積みが有効である。

1928 年の請負價格は次の如くである

Contract prices per car of 2.5 tons (hand loading and tramping)

	Large pills	Stops	Drifts	Chutes
Hand loading	\$ 0.47	\$ 0.52	\$ 0.57	—
Chute loading	—	—	—	\$ 0.20
Tramping, per 45 feet	0.01	0.01	0.01	0.01

尙 scraper の作業状態は Fig 20 D 参照。

此等の scraper は鋤型のもので巾 48 吋長さ 7 呎重さ 1,500 封度 25 馬力の複調電氣のホイストで運轉される。

一人の坑夫と一人の scraper で組を作り互の仕事を手助け合ふのである。破砕及掻集作業に對して 2.5 噸鑛車當り請負價格は 1928~29 年には \$ 2.90~\$ 1.50 であつた又或る場所では scraper によつて 5.5 噸鑛車に積込むことがあり一時間に四車即 22.0 噸積むことになる (Fig 20. c)

Stoping costs per long ton hoisted 1928

	per ton
Labor	\$ 0.514
Supervision	0.028
Compressed air, drills, and steel	0.104
Power	0.006
Explosives	0.105
Timber	0.002
Other supplies	0.011
Total stoping cost	0.770

Labor performance in stope measured in man hours per ton, was as follows;

Occupation	Man-hour per ton	Tons per 8 hours man shift
Breaking	0.342	23.4

Timbering and filling	.051	156.8
Shoveling (including scraping)	.310	25.8
Total	.703	11.4

尙探掘に使用する火薬は破砕鑛石噸當り (50% Ammonia Dynamite) 0.705 封度であつた。

Mineville district, New York

此の地方の鑛山では暫定的不規則な支柱方法を應用した open-stope で探掘され以前は相當の厚さの鑛體が探掘されたが近年は 3~40 呎の厚さで平均僅か 10 呎であり傾斜は 20°~30° である。鑛石は磁鐵鑛で 25~69% 平均 42% の鐵分のもを採掘し、之の鑛石は片麻岩と井層をなして産出する。鑛床は傾斜に沿うて數百呎から數千呎迄深く延長し且それに相應した横の大きさをもつものである。

玄武岩の「ダイク」が鑛體を横切り且それらは褶曲及斷層を蒙つてゐる、場所によつては鑛石と岩石の區別の付かぬ所があり又磁鐵鑛が散點狀をなして片麻岩中にあつて探掘品位に耐へないものがある。又あるところでは特に下盤に沿つて鑛石と岩石の間には明瞭なる線をなして區切られてゐるところもある。

此鑛山は長い斜坑によつて開坑せられ且補助的斜坑が下盤中又はそれに沿つて切れそれから探掘坑道が高さ 30呎~100 呎の間隔で鑛石に從つて作つてある。切羽は 20~60 呎直徑の鑛柱を残して全幅を採掘する。鑛柱は中心から中心迄約 50 呎あり探掘面積の約 25% を占めてゐる。後程之は相等な程度迄

回收する事が出来る。鑛柱間の天盤は落磐を防ぐ爲にアーチ型をなしてゐる。

機械的な積込及掻集作業の爲に scraper 及 power shovel が應用されて居り、前者は電氣、

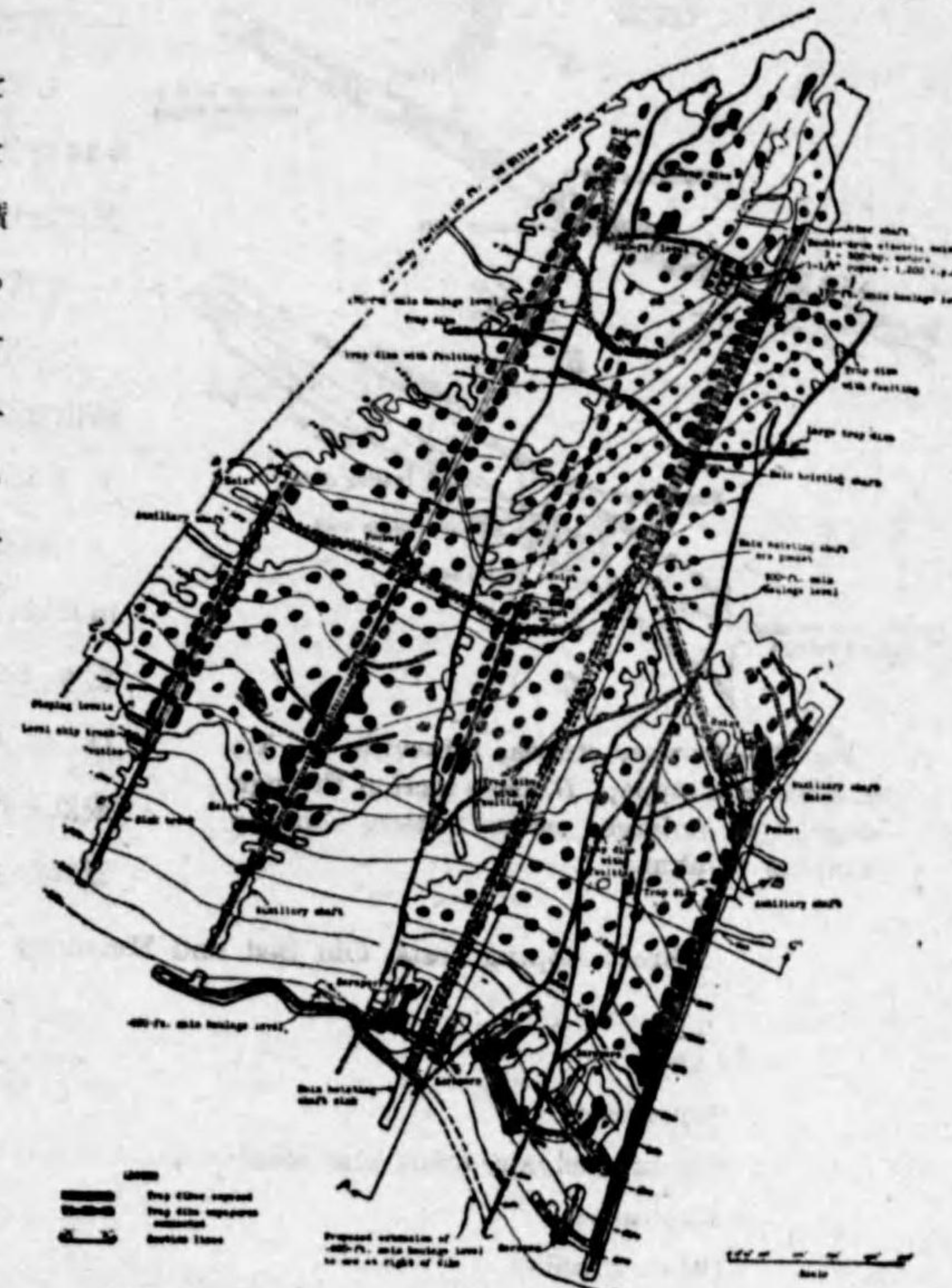


Fig. 21.—Plan of Old Bed mine, Mineville, N. Y

後者は壓縮空気によつて操作される。

scraper は巾 48 吋高さ 26.5 吋で 7 呎 6 吋長い bail を持ち重さは 1400 封度であり 6 回

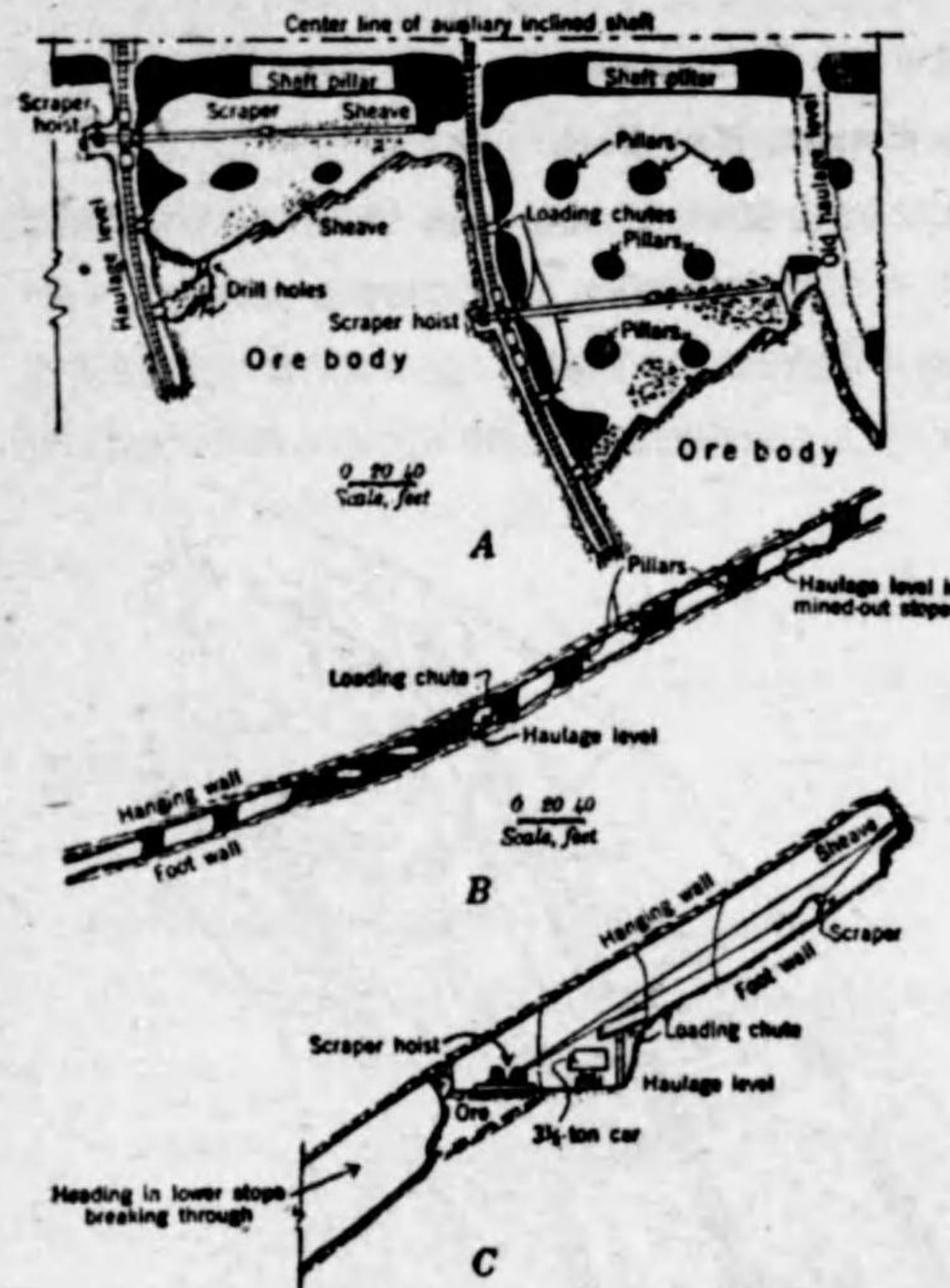


Fig. 22.—Scrapper stopes, Mineville, N. Y.; A, Plan of a stope; B, cross section through stope; C, enlarged cross section showing scraping to chute.

十分に積込めば 7 噸礦車を一杯にする筈であるが平均 8~10 回積込まねばならぬ scraper hoist は 25 馬力直流モーターで運轉され最大振引距離は 330 呎であるが平均は 180 呎である, Fig. 22 は scraper の作業状態を示す。

岩石は堅硬であるが大きく破碎し一工當破碎量は 30 噸が平均である。

1927年には鑿岩夫一人に對し噸當  $\phi 14$  を仕拂ひ若し平均噸數が 30 噸に及ばないときは一時間  $\phi 36$ , 標準賃金 (一交代 \$2.88) が仕拂はれた。

1928年に Harmony 及 Old Bed 礦山で全従業員に對する平均賃金は一方 \$5.63 であつた。

礦石を積込み手押運搬をするとき mucker には 10 車分に對しては一車當り  $\phi 28$  (平均 1 噸) の割合で仕拂ひ, 11 車分には一車當り  $\phi 29$ , 12 車或はそれ以上では  $\phi 30$  の割合で仕拂はれた。

Direct stoping costs, Old Bed and Harmony mines, 1927

	cost per long ton
Labor	\$ 0.164
Supervision	0.014
Compressed air, drills and steel	0.113
Explosives	0.122
Other supplies	0.003
Total direct stoping cost	0.416

Labor performance, as measured in man-hour per ton

Occupation	man-hour per long ton	long tons per man-shift
Breaking (drilling and blasting)	0.236	33.9
Shoveling (hand and power loading) <sup>(1)</sup>	0.480	16.7
Total	0.716	11.2

(1) Includes some hand tramping

Edwards mine, New York

當礦山の亞鉛礦體は珪岩, 片岩, 片麻岩と層状をなしてゐる結晶質白雲岩中に「レンズ」状をなして胚胎し厚さ 5~25 呎長さ 100~200 呎に及び傾斜に沿ひ 1700 呎の深さ迄續いてゐる。礦體の平均傾斜は 40°~45° であるが場所によつては水平或は垂直に移る所があり且礦體の周圍は圓滑にして規則正しく出來てゐる。塊状の礦石から無價値な岩石に至る遷移は屢々突然にあるが岩層は一般に “Commercial” のものである。礦石の平均品位は約 17% 亞鉛にして場所により 35% 或はそれ以上の所もある。然し最小限度の狭い幅の礦石の採掘を餘儀なくされる結果, 礫が混入し其れ故捲揚礦石の平均品位は約 12.5% 亞鉛である。平行な slip のある所はかなりの蛇紋石を含んでゐるために不規則に剝離される場合以外では礦石及岩層共に保持良好であるが然し落磐する傾向は礦山が深くなればなる程多くなる。

Fig. 23 は傾斜が水平である爲に引立面から礦石を漏斗まで搬出するに scraper を必要とする切羽の採掘方法を示す。

此處では open stope は上向及下向階段掘の兩方で掘進されるが其等は坑道上の距離, 同質の礦石, 厚さと傾斜岩層如何によつて又切羽は上向及下向階段掘の組合せで掘進されることもある。

上向階段掘では漏斗坑井は下磐に沿つて 30~40 呎の距離で掘進され

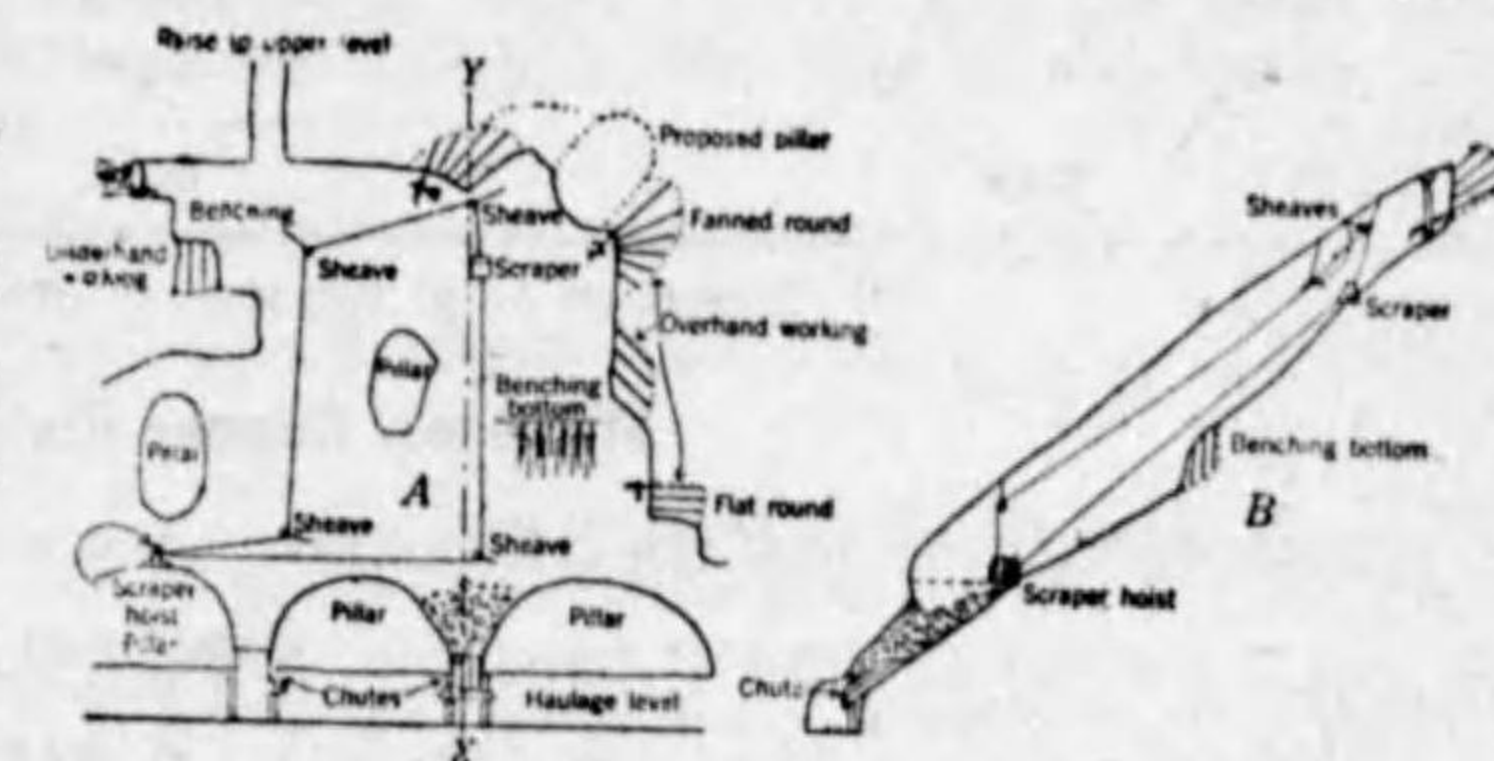


Fig. 23.—Open stoping with scrapers, Edwards N. Y.; A, Vertical longitudinal projection; B, Vertical section X-Y.

15~30 呎上部でそれ等の掘上り連絡するため坑道の冠上 10~15 呎に中段坑道を掘鑿する。そして中斷坑道の上から採掘を始める。それから上磐に沿うて少く共 6 呎の高さで切羽を進める。若し礦體が厚いと踏前は常に下から bench 状に取られる。即此方法は實際的には斜 heading-and-bench 法である。低品位の礦石は岩層を支持する爲に礦柱として残す。普通 40 呎或はそれ以上の span でも切羽進行中は大丈夫であつて非常に大きな礦柱は必要ではない。

穿孔は一人一鑿岩機主義を立前としており特に鑛柱の周囲を掘上げるには stoper を用ひる。切羽で引立面を穿孔し得るのは最大限 9 本で 8 呎深さ孔である。鑛石の bench を取るには垂直の孔を下磐と 45° の角度で穿孔し、鑛石は切羽の踏前から採掘し始め傾斜に沿つて昇る。

下向階段掘は主に下から上向階段掘で掘進された鑛體の上部を採掘する時或は又上向階段掘と組合せて行ふ。之は費用が低廉で選擇採掘が良好で容易に鑛石を破碎し得るが地磐が軟弱である所は不安全にして且鑛柱の周囲を切る事に多く困難が伴ふものである。

下向階段掘が始る前には上の坑道又は鑛體の頂部迄掘上りを上げねばならぬ。それから掘上りの周囲を高さ 70 呎或はそれ以上の bench 状を作つて採掘しながら下るのである。bench は常に 6 呎の廣さを持ち各孔は 20 呎のカバチを持つた三列の孔を穿孔する。以上下向階段掘は鑛石及岩磐が堅硬なる時急傾斜の鑛體に採用せらるるものである。

破碎鑛石の安息角は 42~45° であり傾斜がそれより少いと引立面から漏斗迄鑛石を移動するに scraper を用ふる。此は 300 呎の長さの所適用ひられ水平な切羽で使用の結果一人當出鑛量が増加し且採掘費は大いに節減されたのである。

Productivity of labor, Edwards mine, 1930

Occupation	man-hour per ton	tons per 8-hour man-shift
Breaking	0.456	17.5
Timbering	0.072	111.2
Hand Shoveling	0.208	38.5
Scrapping	0.096	83.2
Total	0.832	9.6

(1) Based on total tonnage of ore from stopes

Michigan Copper district

此地方の鑛床は水平なる場合には鑛柱支柱の Open stope で採掘し急傾斜の場合には Shrinkage 法又は Cut-and-fill 法が用ひられてゐる。又礫岩の場合には上磐を支持する爲に打込が用ひられるが之は Open stope with stull support として區別し本書では特に "supported stopes" として別に述べることにする。本地方の採掘法には二つある即ち

- 1) Large open stopes with irregular support.
- 2) Long, narrow open stopes supported by narrow pillars.

等である

兩型では何れも後退式が用ひられ、坑道によつて鑛體の端迄開坑されたら採掘は端から堅坑迄後退するのである。坑井は規則正しい距離で作る。若し中段坑道或は小さな切羽で連絡される場合には僅かな距離を掘上げればよいのである。最初の型では隣接切羽が同方向に進み遂に貫通

して大きな切羽となれば上磐に局部的支柱として鑛柱を残し傾斜に沿つて進める。

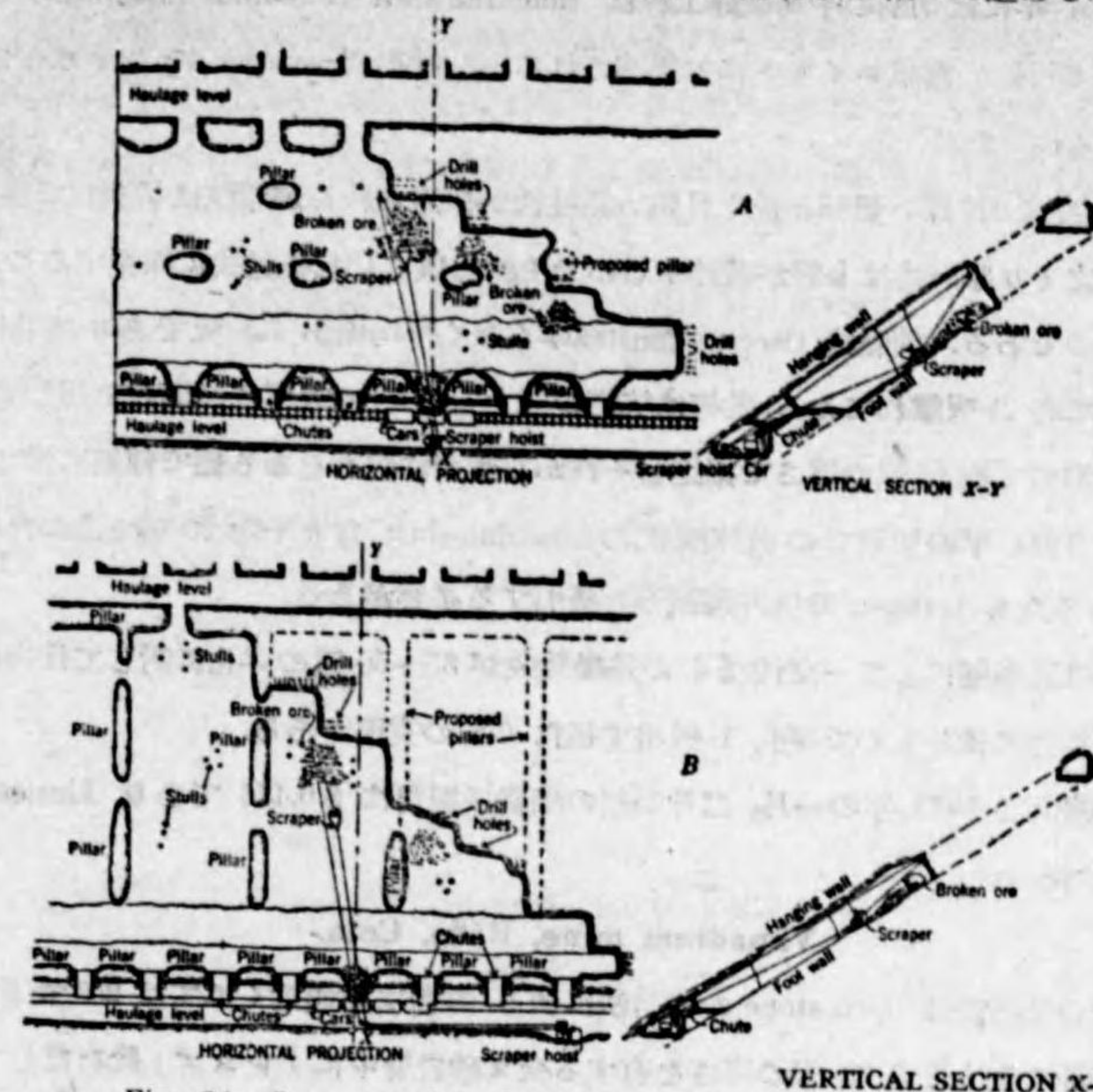


Fig. 24.—Open stoping Michigan copper mines: A, Large open stope with irregular pillars; B, Long, narrow stopes separated by narrow pillars.

或一つの大きな切羽に合同する迄掘上りの周りの鑛石を採掘する。

第二の型では隣接切羽は併合しないで、長い薄い鑛柱によつて分離される。何れにしてもアーチ型の鑛柱が坑道の冠上に残される。

鑛柱を残す Open stope が採用せられるのは約 30°~40° の傾斜がある所である。鑛石の兩磐は明かに玄武岩からなり基性杏仁狀層岩中に胚胎した自然銅があり、各鑛層の厚さには變化はあるが平均 20~30 呎で鑛石と岩石の間には明かな區別はない本地方の稼行し得る鑛脈は 3.5~50 呎巾があるが現在採掘可能なものは平均 8 呎であり場所により 15 呎或はそれ以上の所もある杏仁狀岩は穿孔し破碎するには左程困難を伴ふものではないが自然銅の鑛塊は穿孔困難である。

Osceola 鑛山では最下底坑道での鑛脈の傾斜は 37° であり富鑛は上磐際にある。坑道は傾斜面で 120 呎離れて開設され上磐に沿つて 12~16 呎の幅を有す。堅坑から最も離れた一端から 25 呎間隔で坑道の冠に box holes の開穿を開始し之は坑道上 10~12 呎で切羽と連絡されこの厚さのものが pillar として残されるのである。それより支持に必要な鑛柱を残して上磐に沿ひ廣い切羽が採掘される。局部には鑛體の厚さは 25~30 呎あるがこんな場合には上磐坑道から bench

状に下る。1931年には切羽の平均破碎工程は machine-shift (one-man machines) 當り 26 噸であり鑛石は 25 HP の電気ホイストにて運轉される 48 吋鋤型 scraper により水平な不規則下磐に搔引されるのである。

Ahmeek 鑛山では狭い切羽と長く且狭い鑛柱法が採用されるが鑛柱は切羽間で僅か 5~6 呎であり、若し之より厚い時は上磐が破碎するのでそれを狭くし且後退式に採掘することによつて落着かせ得るのである。鑛體は Osceola 鑛山程厚くなく平均僅か 7.5 呎であり坑井は切羽の中必線上にあつて各 21 呎離れてゐる。此等は坑道の冠上僅か 5~6 呎厚さの鑛柱を残して連絡し、其連絡は傾斜に沿つて約 20 呎の厚さで掘進しそれから切羽は漏斗のある線で傾斜に沿つて掘上る。

本鑛山は 1931 年の切羽での破碎鑛量は machine-shift 當り平均 20 噸であつた尙平均傾斜が約 33° であるため scraper で坑井迄鑛石を搔引する必要がある。

賃金仕拂は賞與制にして一交代 \$4 の基礎賃金が 35~50 呎の穿孔に對して仕拂はれるが之は地磐の性質如何に依るもので穿孔 1 呎増す毎に \$5 の賞與がある。

Osceola 鑛山で 1931 年の一月、二月の間の噸當採掘費は \$0.456 であり Ahmeek 鑛山では \$0.589 であつた。

#### Vanadium mine, Rifle, Colo.

本鑛山での採掘法は open stope の柱房法に依る。鑛體は露頭近くにては 25° 最下底坑道では 15° といふ傾斜に數吋乃至 30 呎の厚さを有する交叉砂岩層中に「レンズ」状をなして賦存する。含鑛石砂岩は厚さ 50~70 呎であつて一般に堅硬な天磐をなしてゐるが、高い實收率を獲得するには上磐に支柱を施すことが必要である caving 法による後退式採掘法は採用出来ない。

最初採掘に當つては 25 呎巾の room が次の坑道迄 (傾斜に沿ひ 120 呎) room 間に 25 呎の鑛柱を残して進められ鑛石は scraper によつて坑道に搔き落される。引立面は 25 呎の巾に slabbing する center V-cut を用ひて、12 呎の拂ひで進行するが鑛石は強靱で塊状且非常に角立つてゐる。

room が坑道から坑道迄採掘されたら一區域の room の端から後退し乍ら鑛柱を取る room を採掘するに一般には人工的な支柱は必要でないが所々天磐の崩落を防ぐために打柱が必要である。鑛柱が取除かれる前に砵の packing が必要であり斯やうにして 10~20% の面積が支持される充填壁は縦横 15 呎と 20 呎で、打柱と強い wire で作られ、切羽及開坑からの砵で充填せられる。鑛柱は最後に爆破され搔き集める。本鑛山の砵量は總噸數の約 25% に當る。

適當な stop board を持つてゐる自働式 stoper が垂直に 15° 傾いた孔を穿孔するに使用されたが之は mounted machine より經濟的であることが證明された。厚さ 10 吋の薄い鑛體を採掘するには stripping と sorting 又は resuing が必要であり高さ 12 吋長さ 5 呎の低型 scraper が使用される。

適宜な且厚い巾の鑛石の切羽では大概 scraper によるが時には空氣使用の shovel を用ふことがあり、坑道で鑛車に積込むに chinaman 型の坑井が使用される。又漏斗近くでは可成りの hand shovel が必要であるが之は砵選別の必要から生じたものである。scraper 使用には三人一組となり積荷し坑道の grizzly 迄鑛車を運搬する。尙 scraper 一組當り出鑛量は一交代 30~75 噸であつた。

1931 年 7, 8, 9 月中の出鑛量は 14,623 噸にして採掘費は次の如くである。

#### Stoping costs, Rifle, Colo

	cost per ton
Labor	\$ 0.74
Supervision	0.05
Compressed air, drills, and steel	0.09
Power	0.13
Explosives	0.20
Timber	0.04
Other supplies	0.10
Total	1.35

#### Cost in man-hours per ton, Rifle, Colo

Occupation	man-hours per ton	Tons per man-shift
Breaking	\$ 0.30	\$ 26.7
Timber and filling	0.24	33.3
Shoveling	0.90	8.9
Total	1.44	5.6

尙切羽に用ふる噸當火藥消費量は 1.05 封度であつた。

#### Open stoping in deposits depping at high angle

破碎鑛石の安息角より大なる傾斜を有する鑛體に付て逃べるが鑛體は板状又はレンズ状をなす比較的大なるものである。

#### Granada mine, Quebec

Granada 鑛山の鑛石は石英脈及斑岩に近接した graywacke 硬砂岩と礫岩中に賦存し sediments をなす鑛體は片理状をなして走向 N 70°W. 傾斜 45°~55°N である。石英脈の幅、品位、性質は不規則で最厚 12 呎平均 5~6 呎前後である。レンズ状の鑛石が岩磐中に堅く包圍せられ岩磐には鏡肌が見られるが gouge (斷層粘土) は存在しない。

岩磐には少量の金を含有してゐるが准石英塊と入込みの細脈のみが幸うじて鑛石としての品位をもつにすぎない。

石英を分析しても富鑛帶の部分に細かい金粒が存在するため一定しないのである。

最初は shrinkage stoping を行つたが open-stoping に變つて來た。磐は強いのであるが大



きな切羽を support なしにしておくと上磐の 2~3 呎厚さの片状石英が簷返りを來すのである。而しこの現象は shrinkage で鑛石を抜出すには差支はないのであるが鑛體の傾斜が 45°~55° であつて而も不規則な下磐をなしてゐるから破碎鑛石を順調に抜き得ないので 1/2~1/3 の鑛石が採掘跡に残るのである。此の様な状態には Open stoping の方が有利であつて採掘、搬出も自由に出来るし切羽別に鑛石を抜取る點を選択することにより選鑛場に送る品位が一定さる。石英が 3.5 呎以上も厚い時は僅かの餅しか鑛石と共に破碎されないが其の餅は之を受くる矢板を敷いた打ち込み足場を使用することによつて選別することが出来る。

代表的な例としては 1932 年の 8 月に岩石の 12.3% が餅として選別され切羽に残されたがその中 5.2% は車夫によつて運搬された。

採掘を開始するには先づ錘押坑道を冠打して後破碎鑛石は運搬坑道の上 14 呎高さに冠を描へてから搬出する。それから坑道の上 6 呎の距離に 8 呎置きに打ち込みを入れ、柱を立て、矢木を掛けるが 25 呎宛離れて設置する漏斗の爲には 5 呎の空間を残しておくのである。斯くて冠穿孔は進行するが此一段を爆破する前に漏斗の側で shoveling platform に破碎鑛石をそらす爲に傾斜した slide を建てる。斯くて切羽の落し方(切羽掃除夫)は鑛石發破後 slide の一番上の矢板を取除き選別した餅を投げ込む空間を残して、鑛石を漏斗に投げ入れるのである。尙此の時上の坑道に堀上りを一本常に設けておく。

以上のやうにして上方に向け採掘を進めて行くのであるが、若し長い切羽だと鑛石は屢々 mucking level で鑛車に積込まれ、中央の坑井迄運搬される。

最小限の採掘幅は 3.5 呎であり充填の少い所では下磐が常に破碎され上磐を其儘残すのであるが落磐は起らない。

而し選鑛主任は選鑛場受入鑛石の 35 乃至 50% は餅と評價してゐる。又鑛石回収率は 98 であるが只 3 乃至 4 呎の坑道鑛柱に於て切羽の幅の約半分の鑛石だけが運搬坑道の足場として残留されるのである。

Direct stoping costs, Granada mine, July 1932

	cost per ton hoisted
Labor	\$ 1.556
Supervision	0.087
Compressed air, drills, and steel (including power)	0.476
Explosives	0.606
Timber	0.040
Total	2.765

又切羽での破碎鑛石の 1/3 は餅である。即ち

The cost per ton broken	\$ 1.843
-------------------------	----------

Stoping cost in man-hours per ton, Granada mine

Occupation	man-hours per ton	Tons per man-shift
Breaking	0.809	9.9
Shoveling	0.249	32.1
Total	1.058	7.6

切羽に於ける爆薬消費量は捲揚鑛石噸當り 40% gelatin dynamite が 3,927 封度であり坑木消費は噸當り 1.65 board feet である。

Mary mine, Isabella, Tenn.

Fig. 25 は本鑛山の探掘法を示してゐるが此方法は時々 "underhanding" と稱ふる古い

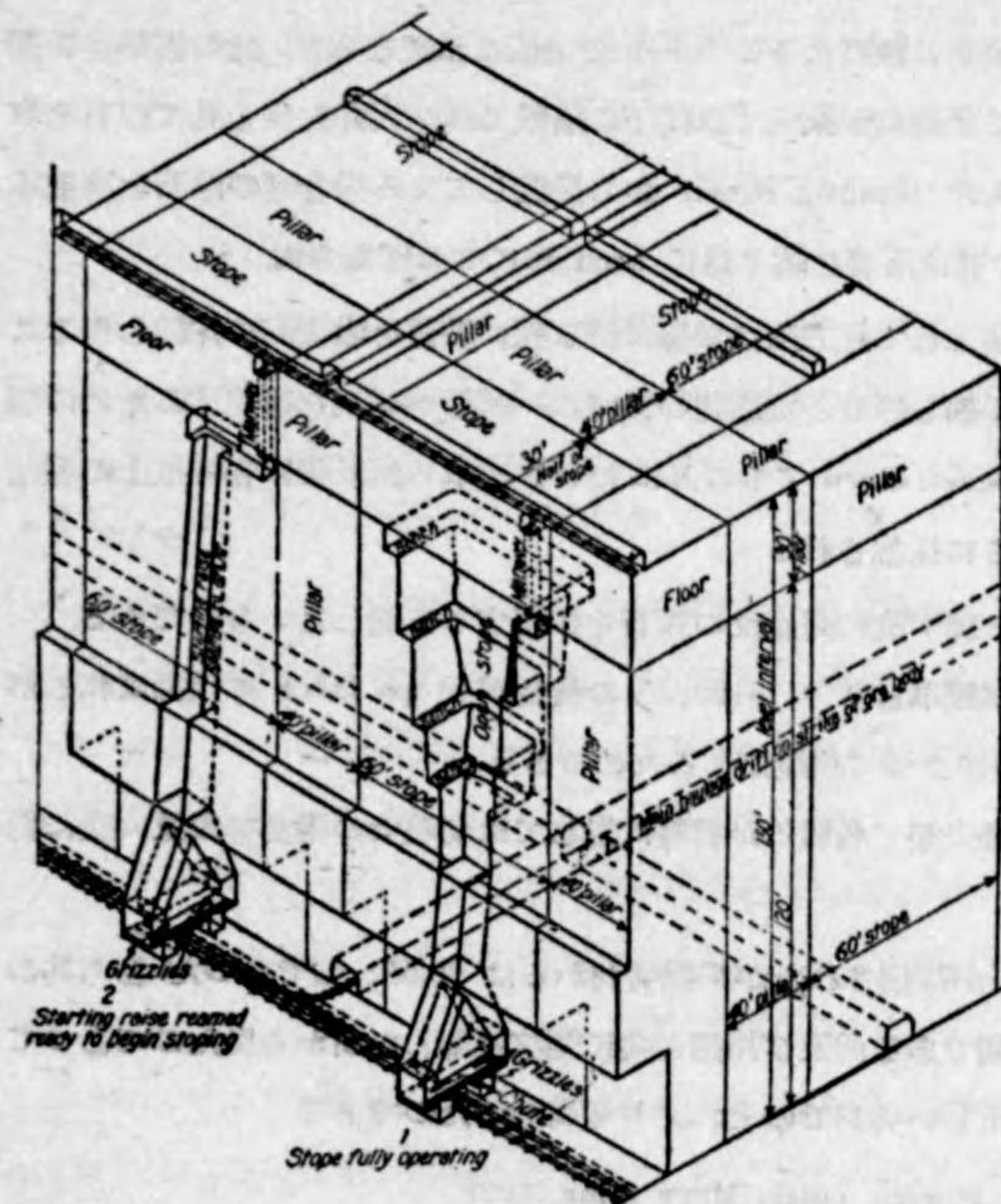


Fig. 25.—Stoping method at Mary mine; Isabella, Tenn.

鑛體の走向は N 45° E で南東に傾斜し 200 呎の長さがあり厚さは數呎から 150 呎迄變化する。岩磐は雲母片岩と硬砂岩であり 100 呎以上の Span でも崩壊せず所によつては Span は 150 呎以上もある所がある。

主要鑛石は磁硫鐵鑛と黄銅鑛であり主として硫酸製造に用ひらるが副産物として銅を得る。

と稱ふる古い Cornish 法であり、或る點では Mascot で用ふる方法に似てゐるが規則正しい stop-and-pillar 型を採用してゐる。即ち各坑道中の鑛柱は直接上部坑道中の鑛柱の下にあるので鑛柱は底より頂上迄連続した形を造るのである。

鑛體は花崗岩質砂岩、硬礫岩、雲母片岩、粘板岩、十字石片岩及柘榴石片岩よりなる高度に變質された水成岩中の或る褶曲した所で且つ斷層を受けた層を交代して「レンズ」状をなして胚胎してゐる。其れ故に鑛體の形は主に母岩の褶曲によつて支配され背斜層及 Dome の頂上に膨脹を示し翼の方向に尖滅してゐる。

又主要脈石としては石英、角閃石及透輝石であり少量の白雲石、方解石、黽礬石、綠礬石及柘榴石がある。

探掘法は殆んど専ら chamber and stope 法が採用されてゐるが坑道の上小距離に互つて鑛體が延長してゐる場合には地並拂探掘法 (breast stoping) が用ひられる。又規則正しい鑛柱排列は必ずしも厳格に行はれるのではなく低品位の鑛石を鑛柱として残し良品位鑛石を採掘し得る様に幾分變化することもある。尙斷層に依る鑛體の轉位の爲に鑛石の品位が急に變化することがある。

さて各切羽には中央に一本の掘上りを上げ直径 10 呎に迄擴げる。そして此掘上りの周圍から一本の坑道が厚さ 30 呎もある上の坑道の踏前鑛柱の丁度下から掘進され此れが進むにつれ下の鑛體は垂直の孔により發破され階段的に下方に探掘する。最初は大抵の鑛石は直接掘上りの中に落ちるが切羽が擴大されると可成りの鑛石は下の bench で積込まねばならぬ。此の點が本探掘法の缺點である。又他の缺點としては切羽が擴大すれば下の階段で高い天井を良く見て浮石を取ることが出来ぬ點である。其れ故に未だ heading bench から接近してゐる場合冠の浮石を慎重に取る取らねばならぬ。又總ての切羽の冠は落磐を防ぐ爲に arch 形にせねばならぬ。

以上のやうな缺點はあるが利點として此方法は探掘に掛る前に鑛體を徹底的に探掘し得ることである。斯くて切羽が鑛柱線迄探掘し終ると坑道間の鑛柱の一部分が切羽を連絡するために切られ、其の後踏前はそれを切羽に bench down することによつて拔取られ最後に各坑道上の鑛柱は安全なる範圍に最小限度の大いさに探掘される。

即ち此法は鑛柱に多くの鑛量を残す故に高品位の鑛石を採掘するに適しないものである。

此鑛山では坑道に搬出する一噸鑛車當り  $\phi$  15; 20; 25 の賃金が stope labor に仕拂はれるが之は鑛石の性質、切羽の面積及高さによつて相違があるためである。

又各組の請負鑛夫の中には鑿岩夫が二名居るが彼等に對しては切羽での附加勞働及火薬に對しても金を仕拂ふものである。

1928 年には 108,519 噸の鑛石が探掘されたが探掘切羽からは 99,551 噸であつた。即ち其の年では一部分の鑛量は鑛石が不規則である所及び探掘と共に開坑を要した所から出たのであつて其の結果として経費は大きな規則正しい切羽でのそれよりも高かつたのである。

Direct stoping costs, Mary mine, 1928

	cost per ton
Labor (stopping and blockholing)	\$ 0.270
Labor (hand shoveling and tramping)	\$ 0.319
Deduct 25 percent for tramping on level	0.080
Labor (hand shoveling attributable to stoping)	0.239
Supervision	0.022
Compressed air, drills and steel	0.177

Explosives	0.076
Total	0.784

Productivity of stope labor, Mary mine, 1928

Occupation	man-hours per ton	Tons per man-shift
Breaking	0.426	18.8
Blockholing	0.130	61.5
Shoveling and tramping, less 25 percent for tramping on level	0.467	17.1
Total	1.023	7.8

切羽の火薬消費量は破碎鑛石噸當り 40% gelatin dynamite が 0.42 封度である。

#### Burra-Burra mine, Ducktown, Tenn.

本鑛山の探掘法は open stope 法の變形である sublevel-stoping である。鑛體は石灰岩層を交代して生成したものであつて花崗岩質砂岩、硬礫岩、雲母片岩、粘板岩、十字石片岩及柘榴石片岩を隨伴する硬砂岩から成る。而して全く變質した下部「カンブリヤ」水成岩中に胚胎し所によつては逆斷層及走向斷層によつて肥大してゐる所もある。而して鑛體は地表では 75° 東南に傾斜し、第十六坑道では 50° になり又場所により 35° の緩傾斜のところもある。又第十四坑道では 2300 呎の長さを有し其處の探掘し得る厚さは數呎から最大限度 180 呎に及ぶ。尙中石は高度に變質した片岩及硬砂岩であつて層面は走向及傾斜に沿うても鑛體と平行し片理は必ずしも層面に従つてはゐない。

岩壁は良く目立つ程褶曲によつて破碎された所を除いては 100 呎の span をも保ち得る。鑛石それ自體は常に水平である所の二、三の著しい slip と joint を有する特長があり、且岩壁に固着し、強靱であるから岩壁程ではないが相當の長さに互つて崩落しない。又大きく破碎するので切羽の下の grizzly の上で可成りの小割が必要となる。

最近探掘してゐる所では鑛石は塊狀硫化物即ち磁硫鐵、黃鐵礦及黃銅礦であつて脈石は主に石灰を含んだ硅酸鹽、石英及硫化物と共生してゐる方解石である。尙 1928 年及 1929 年兩年での鑛石の平均品位は 1.6% 銅、24% 硫黃、32% 鐵である。

1910 年以前では第六坑道上の鑛石は兩壁及天壁を支持する爲に不規則な鑛柱を作つた open stope での下向階段掘で探掘され其時鑛柱間は 50 呎或はそれ以上の span が普通であり又鑛柱より多くの鑛石が回收されたのである。其後 Shrinkage 法が採用され第十坑道以上での切羽は縦に鑛體の全幅員を持つて掘進され此坑道以下は廣い鑛體では間に 30 呎の鑛柱を残して横の切羽で進み狭い鑛體では上と同じく縦の切羽で進行したのである。

1925 年になつて始めて Sublevel 法が採用され現在に及んでゐるが 1928 年の總出鑛量の中僅か 32.6% が本法によつて探掘された丈で 23.3% 古い shrinkage 切羽間に残つた鑛柱の探掘から 9% は Shrinkage 法により 17.6% は上の坑道の踏前及鑛柱から 12.4% は水平切羽から

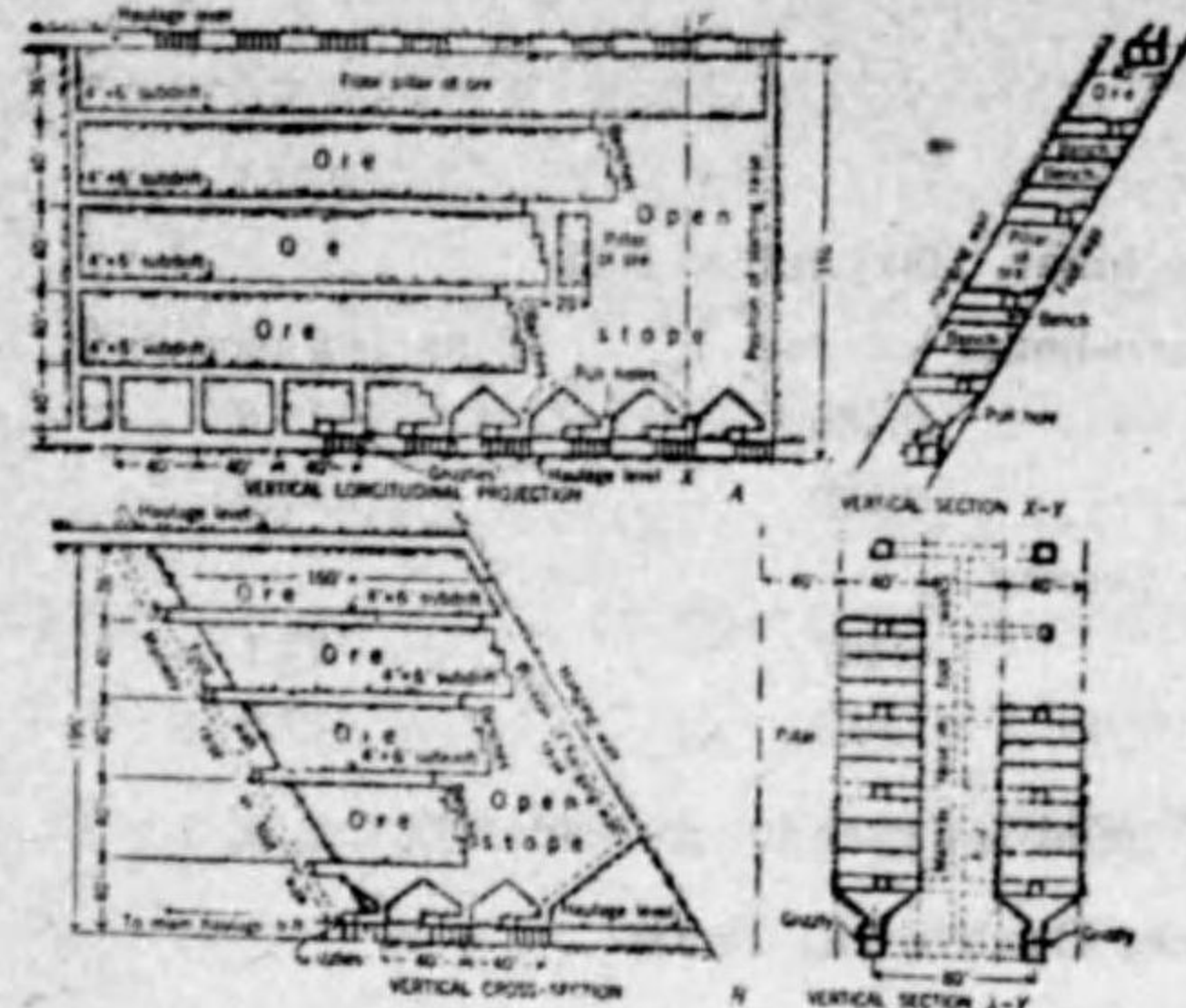


Fig. 26.—Sublevel stoping in hard ore, Burra-Burra mine Ducktown, Tenn.; A, Longitudinal stope in narrow ore; B, transverse stopes in wide ore.

chamber が主要鑄押坑道の上に作られ且留木の上に直ちに Grizzly が設置される。尙幅員 40 呎長さ 320 呎の切羽を準備するに要する全切羽開坑長は次の通りである。

	Feet
Long raises (2)	450
Sublevel (4)	1,360
Pullholes (8)	400
Total	2,210

即ち鑄押坑道上の鑄柱と踏前の鑄柱の鑄石を除いて開發鑄量は 206,000 噸であるから 1 呎の開坑は 93 噸の開發鑄量に相当し之は後日附加鑄量 103,000 噸 (この約 60% 即ち 62,000 噸が回收されるのであるが) を含む鑄柱を採収する上を手助けとなるのである。斯くて切羽開坑 1 呎當り 120 噸の鑄石を得ることとなる。

一番下の中段より下向に鑿孔して pull hole の頂部を漏斗状に作った後、採掘はそのプロツクスの一端より始められる。同時に中段の上唇側を腰割して兩唇を現はす。二番目の中段の長い掘上り口より、坑道を腰割して兩唇を現はし掘上りを鑄體の幅一杯に擴げて階段状となす。一段は厚さ約 5 呎、高さ 6 呎にして兩唇間の幅を有し中段の下方に鑿孔し發破をかけその下 6 呎の所に第二の階段 (bench) を作り更に次の階段を作るのに下向に鑿孔出来る様にする。中段から別に孔列を鑿孔して圖に示す如き階段状にする。採掘は腰割、段欠 (benching) をこの形にて續行して掘上りから後退する。底部の二段は 10 呎の深さに鑿孔する。破碎された鑄石は漏斗に落ちグリズリーを通り地並の鑄車に入る。第二中段の段欠が充分後退したら第三中段の腰割段欠を始め、又同様に第三中段の段欠が充分に後退したら第四中段を始める。採掘はすべての中段から同時に行はれる。段欠の張出は適當の割合にとつてあるので中段間の階段上で働らく坑夫は 15 呎位の棒さへあれば上の段欠から點檢出來た鑄石の下で仕事をする事はない。

5.1% は開坑作業から出鑄したのである。

鑄體が 40 呎より廣くない時は Sub-level stope は縦に進み (Fig. 26, A) 先づ採掘さるべき鑄塊の上の坑道に向け下唇から掘進された長い掘上りによつて開坑される (坑道間の垂直距離 196 呎)。

先づ主要鑄押坑道に沿つて 40 呎の距離に "pullholes" と稱する 4 呎×5 呎の掘上りが第一の中段坑道まで掘鑿される。

但し中段鑄押坑道の垂直距離は 40 呎である。次に採掘が始まる前に鑄體の一端に

Burra-Burra 鑄山にては段欠は全部下向孔だけにより、この點に關しては中段々欠から上向孔、下向孔を鑿孔して後退し、中段間の階段上で仕事をしない。中段採掘法を行ふ他の多く鑄山の方法と異なる。階段上の上向の孔へ切羽面から 4~5 呎離れて 2 1/2 呎位の荷を持たす。上方の階段を擴げるための腰割には深さ 10 呎の各列 3 本宛の垂直の孔列を鑿孔し各列の孔には 2~2 1/2 呎の荷をかける。普通一方に 9 本鑿孔出来る。

鑄體の幅が 40 呎以上の場合には採掘切羽間に 40 呎の殘柱を残して走向に直角に 40 呎の幅に中段を開鑿する (Fig. 26 B)。此等の切羽は運搬坑道地並の立入坑道 (Cross cut) により、前記の狭い幅の鑄體の場合は切羽が鑄押坑道 (longitudinal drift) から採掘が始められたと同様に始められる。1920 年迄は横の切羽間の (transverse stopes) 殘柱の回收は行はれなかつたが回收の方法は古い Shrinkage 法の切羽間の殘柱を採る場合に用ひられたのと同様にして出来る。之は運搬地並より上部 50 呎の殘柱を部分的に透し掘り (under cut) をなし發破をかけて古い切羽の漏斗に破碎鑄石を落す。

次に下唇掘上りから透し掘りされた位置に殘柱の中央に對して長穿孔鑿岩機 (deep hole hammer drill) を設へそれで深さ數呎から最深 120 呎の深さの深い孔を殘柱の中に扇形狀に掘鑿する。各孔には 60% セラチンダイナマイトを裝填し最下列の孔から「コルドー」(Cordeare) を用ひて起爆させる。裝藥量は鑄石噸當り 0.1 封度である。

1928~29 に於ては採掘に於ける鑿孔は孔深 1 呎當り 0.07 \$ で鑿孔一方當り平均 48 ton が採掘切羽にて破碎され、火藥消費量は破碎鑄石噸當り 35% bulk powder 0.33 封度である。この中には切羽の開坑グリズリー室の開鑿、鑄石漏斗を作るのも含んでゐる。一工當り平均 72.5 噸の鑄石が噸當り 0.167 封度の火藥消費量にてグリズリーを通過した。大割り作業及びグリズリーからの抜方には噸當り  $\phi 4\sim 7$  である。

1928 年に於てはグリズリーの所の大割り作業及びすべての採掘作業即ち中段採掘の殘柱採掘、shrinkage、抜掘 (pulling caves) を含む採掘直接費は次の如くである。

1928 年 Burra-Burra 鑄山に於ける採掘直接費

	cost per ton
Labor	\$ 0.198
Compressed air, drills and steel	0.051
Explosives	0.083
Other supplies	0.002
Total	0.332

1932 年に於ては中段採掘法より出る鑄石の割合がより増加したがその時の採掘費は次の如し。

	cost per ton
Labor	\$ 0.100
Compressed air, drills and steel	0.081

Explosives	0.078
Total	0.259

探掘及鑛石大割費は 1933 年の始めの 4 ヶ月の間に總計噸當り約 \$ 21 になつてゐる。

1928 年に於てはこの鑛山の總出鑛量の僅か 32.6% が中段探掘法によつて出たが全探掘労働者の生産力は次の如し。

Productivity of labor, Burra Burra Mine		1928
Occupation	man-hour/ton	Tons/man shift
Drilling and blasting	0.216	37.0
Blocking through grizzlies	0.132	60.6
Sub total	0.348	23.0
Add shovelling (mostly in other than sub level stopes)	0.258	31.0
Total	0.606	13.2

#### Menominee Range, Michigan.

Open stopes Sub-level 法は Michigan 州の Menominee 地方に廣く採用されてゐる。鑛體は鐵質チャート、粘板岩及び初生含鐵岩の互層よりなる鐵黑硅石の累層の中に生成してゐる。累層の構造は幾多の複雑な斷層及び褶曲のために特徴づけられてゐる。鑛體は通常急傾斜で大褶曲の方の翼の部分にある。時には小さく褶曲した向斜構造の部分を含み外形が非常に不規則なことも多い。鑛石は非常に堅いと云へないが堅固な水酸化赤鐵鑛で廣い切羽でも崩落することなく空気に曝されても別に變化しない。鐵黑硅石は鑛石よりも堅固でしつかりしてゐる。粘板岩の F ベラは空気に曝されると膨れし相當の硫化鐵鑛及び炭素質の物質を含んでゐるので乾燥した場所では水の間には火がつき易くなる。

一般に中段探掘法 (Sub-level stopes) は第 2 圖に示す如く開坑掘上から出張り面を採掘してゆき後退する。即ち中段の階段は Burra-Burra mine にて用ひられてゐる様に數段の階段を作らずに一段であつて其處から上方と下方に鑿孔して後退するのである。中段の間隔は普通 20~25 呎で此の間隔をとり中段の踏前に向つて下方へ又は其の下の中段から冠に向つて上方へ鑿孔することによつて中段間の階段は完全に拂ふことができる。第 2 圖に示す型式に於ては鑛石は發破をかけて「グリズリー」の上部の漏斗型の mill-hole に落とし、Grizzly (グリズリー) を通して漏斗へ、それから運搬坑道に於て鑛車に抜かれる。

鑛石がより小さく碎かれる鑛山に於ては「グリズリー」は使用せられぬ。切羽面はできる丈垂直に保ち、而して探掘夫を冠より落ちる鑛石より保護するため各中段の段缺は上の中段の段欠から充分に後らせるのが良い。中段間に約 8 呎の張出があれば理想的である。

採掘切羽は鑛體が狭い時には鑛體の全幅にて縦に、又廣い場合には切羽後に鑛柱を残して鑛體に直角に進められる。残柱は後から回収できる。前者の場合は鑛體を區分して切羽の數を多く

し切羽は Fig. 2 に示す様に小さな鑛柱にて隔離されてゐるので數個の縦の切羽は同時に稼行できる。切羽間の鑛柱は切羽の冠の支へられない部分の面積を少くす。不時切羽の冠の崩壊も今迄は重大な結果を惹起したことは無い。かゝる事が起つた場合には崩落に對して薄い龍頭を残して少し後退し既にでき上つてゐる中段から切羽を再び始めることが必要である。Iron Ruier の近くの或鑛山に於ては切羽の幅平均 50 呎長さ 90~125 呎ある。鑛石は比較的堅固である。主要坑道間の間隔は 160 呎 (垂直) で中段間は 25 呎である。切羽は鑛體に沿つて縦に進行し、25~40 呎の厚さの鑛體で隔離されてゐる。切羽への人道掘上は地並から地並まで一つおきの鑛柱に掘鑿しその他の鑛柱はそのまゝにして置く。鑛石は發破をかけて mill hole へ、それから grizzly を通して坑井に落す。探掘鑛量噸當りの探掘準備と仕事の量は「グリズリー室」や「グリズリー」のない鑛山におけるより稍々多い。切羽の進行一呎當り約 45 噸の鑛石を得。之は噸當り 18 で探掘稼行上有利である。純探掘一方當りの破砕鑛量は 40~80 噸で開坑を含めると 24~40 噸である。探掘開坑を含めて探掘鑛量噸當り 40% 「ゼラチンダイナマイト」を 115 封度消費する。1929 年にその優良切羽は 1 日に 700 英噸出鑛し強行すれば 1 日 1000 噸出鑛出来るであらう。

他のある鑛山に於ては主要地並は垂直に 120 呎中段は 25 呎離れてゐる。鑛體の最大幅員は 45 呎に及ぶ。幅廣き鑛體に於ては鑛體中縦の運搬坑道は 45 呎の距離を置いて掘鑿される。各中心間の距離 15 呎の掘上は第一中段まで坑道の交互の側にあげられ上の採掘切羽で發破で破壊された鑛石を受入れる様に承口をつける。この鑛山では「切羽グリズリー」は用ひられない。鑛石は非常に硬く乾いてゐて小さく割れ易い。鑿孔は小型の掘付け鑿岩機 2 臺を 2 人が夫々一緒に進む。平均一臺當り 75~100 呎鑿孔するが良好なる條件の場合及各方毎に裝備し取外す必要のない時には 150 呎も可能である。孔深は 14 呎に及ぶ。冠孔が鑿孔に最も容易で安價で稀に 6~8 呎の重い荷をかけて鑿孔される。ある切羽はそれを横切る長い段欠面を有し長さ 200 呎幅 150 呎に及ぶ。之等の切羽に於ては鑛體の幅より段欠をかなり長くするので平面的には屈曲することがある。此れら廣い切羽に於ては冠 (表土) は遂に陥落する。その時は薄い鑛柱をこの落下を防ぐために残り再び段欠を上る。段欠の切羽は餘り深くせず若し陥落が起つた時出来るだけ少い鑛石を以て防ぎうる垂直の鑛柱を残せる様にする。1929 年の上半期には開坑をも含めて一工當り 44 噸の出鑛をなした。開坑の工數が多かつたので純探掘のみなら一方約 80 噸になる。

過去 3 年 9 ヶ月の間に 976,696 噸を 6 切羽平均にて出鑛した。之は 1 切羽 1 日約 150 噸の出鑛である。1929 年 5 月には 1 日一方で一週間に 5 日稼行して 3 切羽から 24,585 噸出鑛した。爆藥消費量は開坑を含めて平均噸當り 0.569 封度である。之の數年來の開坑延長 1 呎につき 55 噸の ore が有利に稼行された。

#### Milling Methods & Cost

中段探掘法を行つてゐるある鑛山に於ては鑛石が非常に軟くて螺鑽 (auger-steel) 用の軽い

機械で鑿孔でき又階段の出張りを保つには弱過ぎる。實際時々切羽面を下部に行くに従つて外側へ傾斜させる必要がある。各中段は下の中段より大分先に切羽を後退する。かかる場合若し鑛體の幅がなければ中段に於て走向の方向に平行せる數本の坑道が開鑿されなければならぬ。其れらの坑道は兩營に深い鑿孔をして發破をかけられる様な厚さ(約 20 呎)の鑛柱を其の間に殘して開鑿して行ふ。

中段坑道は小さい加背で掘進される。open stope の引立の處で中段坑道が廣げられ又中間坑道間の殘柱に向つて上向、下向、又は側方に鑿孔する長い鑛が入る様な部屋を作るために冠が拂はれる。鑛柱に對して一組の上向、下向及側方鑿孔が行はれ其等の孔の全部を一語に發破し破碎鑛石は切羽から下の mill hole へ落される。他の中段坑道に於て坑夫は引立の後で仕事をしてゐるから彼等は上は硬い地盤(Solid ground)で保護されてゐる。鑛體が廣い時には坑道の數も多いから段欠の進行に比し中段の開坑が更に必要となる。鑛體が軟弱で段欠が保持できぬ場合は中段坑道掘進 1 呎當り經費は安くなるが採掘鑛石噸當り開坑費は硬固な鑛體に用ひられる。上向階段々欠の時と略々同様である。垂直な又は外側へ傾斜してゐる切羽面を有する或鑛山では鑛體の外形甚だ不規則で又運搬坑道上 350 呎も發展してきた。それは垂直に 25 呎の距離を有する中段坑道を用ひ、一つの高い切羽として稼行してきた。1929 年に行つた時は 2 人組が 3 組(2 方で 12 人)が切羽で働いてきたが、その切羽から 1 日に 600 噸出鑛してゐた。一工當り 50 噸である。各中段で一齊に稼行すれば出鑛は非常に増加されたであらう。切羽は平面的には「カーヴ」してゐる中段では切羽の長さが 200 呎もあつた。1928 年には 200,000 英噸の鑛石を採掘し、その直接費は次の通りである。

Direct stoping costs (Mine No. 1 Menominee Range)

	cost per long ton
Labor	\$ 0.240
Supervision	0.031
Compressed air, drills & steel	0.080
Explosives	0.090
Timber	0.009
Other supplies	0.001
Total	0.467

採掘(採掘準備をも含む)の出鑛量を 人一時/噸 で表はすと次の如し。

	man-hour per ton	tons per man shift
Breaking	0.353	22.7
Timbering	0.038	210.5
Shovelling	0.011	727.1
Total	0.402	19.9

採掘に於ける爆藥消費量は破碎鑛石噸當り 40% ゼラチンダイナマイト 0.619 封度である。

他の鑛山にては大抵の鑛體は小さく最も大きなものでも切羽の表面で 100 呎×100 呎に高さ 150 呎である。中段は垂直に 25 呎間隔で各中段の坑道は中心から中心迄 25 呎離れてゐる。鑛體は柔く「用錐(オーガー)ジャックハンマー」で穿孔される。掘上は運搬坑道に沿ひ 15 呎の間隔で左右交互に上げる。鑛石柔く Bench を保護するには弱いので切羽面は下方に外側に傾斜してゐる。鑛石は細く碎かれるので「グリズリー」は不必要である。採掘に於て一方一工當り 80~100 ton を破碎する。大きな切羽に於ては 2 人で規則的に相當の期間中 2.3 英噸積鑛車 100 車分を一方に破碎した。ミシガン州(Crystal Falls), (Carpenter) 鑛山に於ては中段採掘法は稍稀なる條件の下に採用されてゐる。鑛體は水平に傾斜してゐる向斜構造の部分に充填してゐて平均長さ 500 呎幅 300 呎である。表土(Surface materials)は水分を含む細い砂、礫及硬土層より成り厚さ 175 呎である。運搬坑道間は垂直距離 150 呎、向斜構造の壁(wall)の部分近くの鑛體に掘進される。故に同一水準に縦に二本の坑道がある。之等の坑道は 40 呎の鑛柱を殘す一組 140 呎中段切羽の中心線上 80 呎置きに開鑿された立入(クロスカット)で連結してゐる。後に又鑛柱の中心に沿つて「立入」を掘進す。採掘切羽は一方の營に沿ひ、切羽の中心線上にて坑道地並より他の坑道地並へ掘上を上げて行くことにより發展する。一つは採掘を始めるための掘上りもう一つは水平坑道からの人道掘上りとして他方の營近くに上げられる。之等の掘上りは各坑道地並にて「立入」にて連結してゐる。第一中段は運搬坑道の上方 80 呎にあり次いで 25 呎離れて次の中段を作る。一番上の中段は上の使用済運搬坑道の下に 15 呎の鑛柱を殘して作られる。漏斗掘上は主要運搬坑道の「立入」に沿ひ 12~15 間隔に喰違に上り第一中段まで上げ切羽が運搬坑道の方に後退してくるにつれ漏斗掘上りに鑛石受口を作る。採掘は一番下の中段に於て人道掘上り及運搬坑道から一番遠い口付掘上り(The starting raise)から始められる。段欠は中段立入から鑛柱の線に對し左右へ切り破碎された鑛石は掘上に落て採掘が進むにつれ各中段坑道の段欠は下部のもの程先に後退する。故に上向の切羽面ができる。上向の孔深は 8~10 呎で冠に發破をかけて落し續いて鑛柱近くの階段の一端から踏前孔(Down holes)の鑿孔を開始し發破をかけて掘上の中に破壊し落す。切羽面は掘上から後退して採掘され冠が危険になつてくると各中段の「立入」に木積が設けられる。そして破碎鑛石が切羽の底に累積(mat)する。木積は中段坑道が土砂(Sand)や表土(Surface material)に依り充填せられるのを防ぎ一方落ちた破碎鑛石は主要坑道を保護する。木積は木材柱にて作られ又小さな入口を有し、それを通つて切羽への入口とする。それ等は若干の中段上に於て切羽から崩落してしまはぬ間に採掘作業をなし得ると考へられる點に於て此等の位置が互に直接その上部になる様に若干の中段に設けられる。2, 3 日後に於ても切羽が崩落せぬ場合は切羽の中へ分壁の中に迄木積を通つて入り、又他の bench は各坑道に於て木積線 15 呎以内に迄破碎し落す。それでも若し切羽が沈下せぬば冠の 15 呎の殘柱に深く鑿孔し木積が密閉された後、電氣發破にて發破をかける。切羽が崩落し漏斗及木積を通じて水が漏る様

になつてしまつてからは破碎鑛石の累積 (mat) 及冠の残柱の崩落した場合は鑛石は砂が混じり累積せる鑛石及陥落した冠の残柱が土砂に依つて薄められて品位が低下し抜くのができなくなる迄漏斗を通して抜かれる。それから新しい採掘掘上りを木積支柱の丁度後から上げ前は通り採掘を繼續する。40 呎鑛柱の両側の切羽を採掘し終つた後残柱は同様な方法で切羽として稼行される。但し中央の中段即ち 80 呎中段に漏斗を作り運搬車を通す設備をなす場合を除く。この中段から始めて残柱の上半分は中段採掘法に依つて採掘される鑛石は中段坑道の漏斗に落される。切羽が後退するに従ひ舊採掘跡の充填物の位置を確めるために壁に探り穴を鑿る。多量の粘土 (cray) を含む砂質の充填材料が一年或は數年その儘にしておかれ、又乾ききつてみると切羽間の残柱を拂つてもその充填は鑛石からの支へが無くてもその儘維持する事が出来る。そうすれば残柱も綺麗に拂ふことができる。若し充填が強固でない時は 3~5 呎厚さの鑛石の磐を残すことが必要である。80 呎中段の上の残柱の部分が採掘されたらその下の部分も 80 呎中段の下に 10 呎の踏前龍頭 (floor pillar) を残して同様な方法で採掘する。

### Marquette Range, Michigan

中段採掘法は Marquette 地方の第 2 坑 (mine No. 2) の一部に於て用ひられてゐる。

鑛石は向斜構造の部分や褶曲中にレンズ状の磐状或は煙突状 (chimny) として存在する。地層の傾斜は地表では急で下部になるに従ひ緩くなる。鑛體は小さく散在してゐる。鑛石そのものは柔い水酸化赤鐵鑛 (Hydrated Hematite) で (オーガー) 鑽で鑿孔出来小さな開坑の場合を除き一般に支柱を必要とする。上磐の碧玉 (jasper) は硬く一般に堅固である。鑛石の下磐の粘板岩は幾分脆く容易に鑿孔破壊しうるがそれは急傾斜に立つてゐるので、その中にある坑道を支へるために殆んど支柱を必要としない。鑛石の大部分は (Top slicing) で採掘される。然し狭い急傾斜の鑛體には中段採掘法が用ひられ此の方法が可能な時は何時でも用ひられる。鑛體が主要坑道より上方に發展してゐる時は鑛體の走向の方向に鑿押坑道を切り鑛體の下磐際にて 25 呎間隔に掘上りを上げ主要坑道の踏前上 25 呎の第一中段 (Sub-drift) 迄達せしむ。主要坑道には支柱を施し人道として用ひる掘上を除き他はすべて掘上に漏斗をつける。掘上は鑛體の一番上まで繼續して上げ垂直に 20 呎間隔の中段で連結する。採掘は第一の中段にて人道より最も離れた掘上から始める。掘上りは逆圓錐型に擴げられ鑛體の全幅 (普通 14~25 呎) を有し上方のものは掘上の周囲の冠に鑿孔し發破をかける。之は上方の各中段に於て切羽が鑛體の頂點に達してしまふ迄繰返される。最上部の中段から始めて垂直な 2 列の水平孔が中段坑道の側壁に坑道方向と直角に鑿孔され發破かけられる。之はかくして作られた段缺に坑道から鑛體の上、下磐まで達する深い孔を兩側に鑿孔できる丈の空間を作るのである。之に發破かけて鑛體を横切つて 7 呎の高さの切込 (cut) ができる。次に之の切込の冠に向つて 2 列の上向孔が鑿孔され發破をかけ冠を拂

ふ。次に其の冠に尙残つてゐる鑛石を拂ふため 10 呎の孔が開鑿される。引續き下の中段にも之の方法を繰返し切羽面は坑井から後方に 80° 傾斜を保ちその鑛體の端から後退する。この鑛山に於ける 1928 年中の採掘の直接費は次の如し。

### Direct Stopping costs (sublevel stopping) Mine No. 2

Marquette range 1928

	cost per long ton of ore mined
Labor	\$ 0.180
Supervision	0.025
Compressed air, drills and steel	0.030
Power	0.047
Explosives	0.050
Timber	0.010
Other supplies	0.075
Total	0.417

### Noranda Quebec

Noranda Quebec の Horne Mine では大きな塊状の硫化鐵鑛體の採掘に中段採掘法と似通つた採掘法を採用してゐる。此の鑛山に於ける「H」鑛體は所によつて幅は最大 300 呎に達する。鑛石も磐も 50 呎或はそれ以上の長さの間支柱無しでもしつかりしてゐる。坑道は垂直距離 125

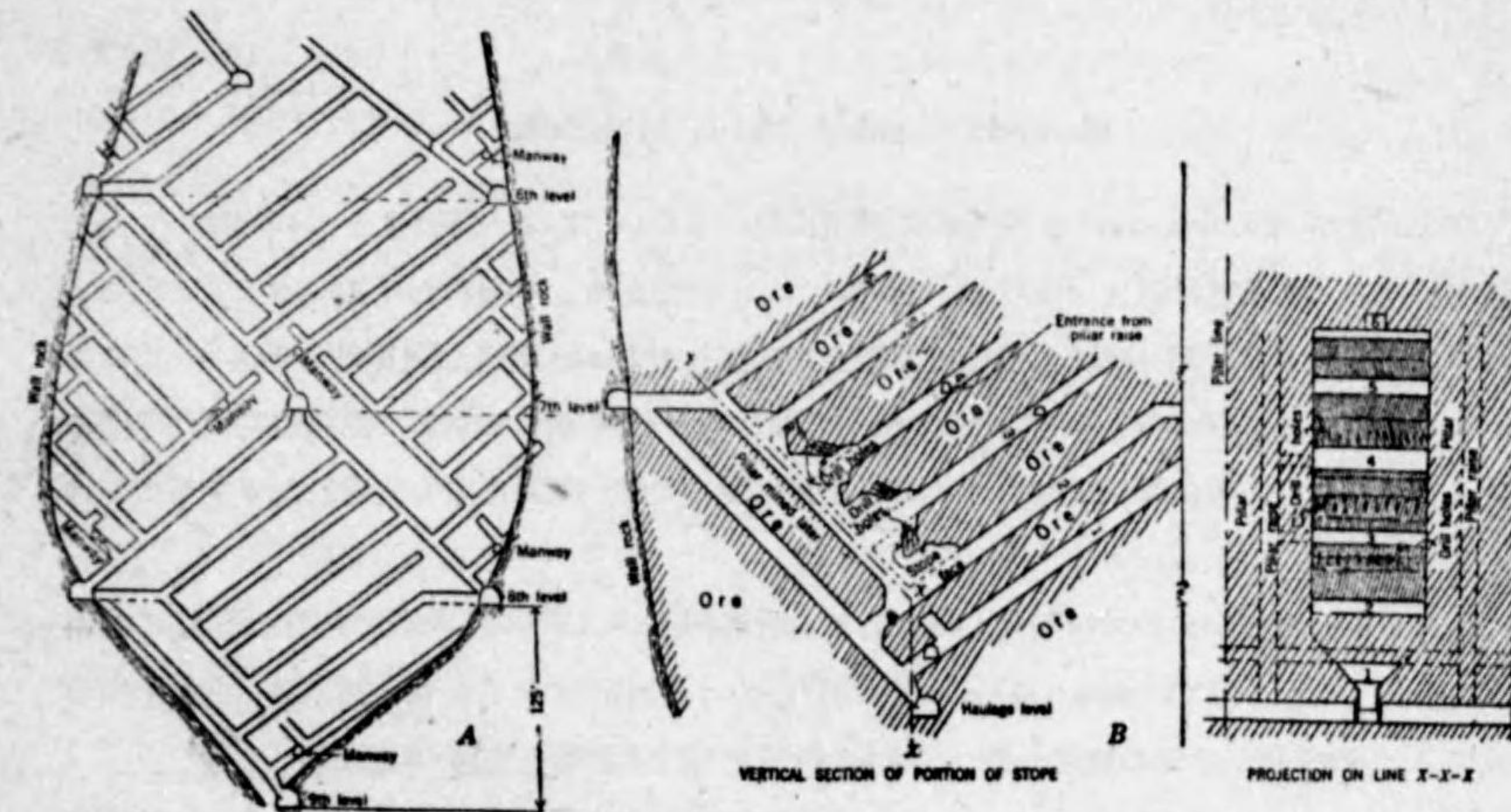


Fig. 27.—Open stopping at Horne mine, Noranda, Quebec; A, Vertical section through, fully developed stope area, B, Method of area stopping inclined stope raises.

呎おきで主要坑道は各坑道地並に於て兩磐に沿ひ或は近く又は鑛體の中央に開鑿さる。35 呎の鑛柱を残して鑛體を横切つて 46 呎幅の切羽を作り之に主要坑道から傾斜せる掘上を開鑿する。各

切羽に於て主要立坑 (main raise) から一聯の平行な分岐掘上を開鑿する。之れ等の分岐掘上は中段採掘法の中段に相當しそして之れらから鑛石が破碎されて採掘跡 (open stope) は鑛石が落され主要立坑の底に作られた漏斗から抜かれる。Fig. 27 (A) は第九坑道から第五坑道間に發達した切羽の垂直横断面であり Fig. 27 (B) は上向孔及下向孔の鑿孔をなして傾斜せる採掘掘上りより行はれる採掘法を示す。鑛石は幾分金を含む高品位の銅鑛で切羽が充填された後、残された残柱を掘る必要がある。この硫化鑛は數日空氣中に曝されると一部分酸化膜を生ずるから flotation (浮游選鑛) にて採收される鑛石は破碎されたらできるだけ早く移して最高採收率を上げるために直ちに磨鑛機 (mill) に投入せねばならぬ。採用されてゐる之の採掘法は直ちに鑛石を抜くことが可能である。

採掘に當つては掘上は先づ鑛柱の線に 46 呎の幅で追切りする。平行分岐掘上りの低い方から始めて上向孔及下向孔に依つて鑛石を破碎し落す。同様に下の方の段欠が充分に進行してその上の段欠から落ちる鑛石が下の段欠で働いておるものに危険で無くなり次第に上部の段欠も始められる。切羽の人道は残柱の中の掘上り人道から切羽へ小加背の坑道を切り之に依る。中段法の代りに傾斜した掘上りに依ると切羽の開坑にも腰割作業にても研取 (Macking) が不必要である。不利の點は人は高い大きな採掘跡平部屋 (open stope) の一端に於て傾斜した踏前の上で仕事をすることであり冠迄達すること及冠を拂ひ落すことが困難であり、鑿、鑿岩機等の取扱も水平段欠に比しより困難である。

### Sherrite Gordon Mine, Manitoba

Brom 氏が Sherrite Gordon 鑛山の採掘法に就いて書いてゐる。鑛體は 2 つの細長いレンズ狀鑛體である。本鑛體は長さ 4,200 呎、幅平均 15.2 呎である。西端における傾斜は  $45^{\circ}$  N で東に行くに従ひ急となり第一堅坑に於ては垂直でそれから南方への傾斜と變り東端では  $40^{\circ}$  南になる。西鑛體は長さ 5,800 呎、平均幅 15.5 呎、傾斜は  $30^{\circ}$  乃至  $65^{\circ}$  である。兩鑛體共幅は非常に變化し數呎から 50 呎に變化増減する。鑛石も磐も硬くて廣い天井にても崩潰したりすることはない。

Burra-Burra 鑛山に於て採用せられてゐる中段採掘法が  $45^{\circ}$ ~ $90^{\circ}$  傾斜の部分の採掘に適用されてゐる。坑道は  $51^{\circ}$  の傾斜 (堅坑の傾斜角) における斜距離で 150 呎毎にある。中段を作る代りに 1 つの坑道から他の坑道へ約 8 呎幅の階段を一段宛開鑿して降つて行く。

「ボックスホール掘上」(Box hole raise) は第三坑道即ち 500 呎坑道地並の主要坑道の下階側に 30 呎間隔に上げる。これらの掘上はその坑道の上部に於て漏斗狀に開き互に連結させ鑛石は掘上りの上の切羽地並で兩階を現はすために腰割 (slab off) する。この腰割 (slabbing) には工費と火藥費とに於て噸當 \$ 0.40 乃至 \$ 0.70 を要したがその經費は鑛體の幅と共に變化する。採

掘掘上りは第三坑道から第二坑道へ次に第一坑道へ最後に地表下部の鑛柱の下の中段迄貫通さす。此等の掘上は鑛體の走向に沿ひ 120 呎の間隔を有してゐる。採掘は第二坑道地並にて採掘掘上の周圍を腰割して兩階を現はし掘上の兩側に 8 呎の幅の階段を切つて始める。一方の側の段欠は下方の採掘切羽の踏前に貫通する。進行し破碎鑛石は第三坑道に於て漏斗型に開いてゐる Box hole に落ちる。段欠の孔の深さは 10 呎で發破毎に段欠はそれだけ下降する。次の段欠も同様にして掘上りから後退する。切羽が掘上りから 30~40 呎後退してから同様な切羽がその上の水平坑道より始められ鑛石は下の切羽を過ぎて第三坑道の Box hole に入る。同様に之の切羽が完全に後退したらその上の切羽が始められ掘り乍ら後退する。

鑛體の幅が 9 呎以上の時は各段欠に 3 人、狭い時は 2 人である。切羽に於ける作業はすべて請負である。工賃、火藥代を含めて請負價格は次の如し。

鑛體の幅	噸當り經費
15 呎以上	\$ 0.30
12~15 呎	0.35
9~12 呎	0.40
6~9 呎	0.45
6 呎以下	0.50

傾斜が  $45^{\circ}$  以下の時は上階階段法が用ひられる。切羽の踏前 (floor) は規則正しい鑛柱で鑛體を 100 呎角に分割する以外は急傾斜の場合と同様にして採掘される。上階に 10 呎位の小さな坑道を切つて「スクレーパー」設置箇所とす。段欠は切羽の中心に於ける掘上の口から各方向へ始められ鑛石の全幅で 45~50 呎水平に進行するが 8 呎以上の時は除外す。8 呎以上の場合は階段の高さ  $6\frac{1}{2}$  呎で上階に沿ひ進められ下階に残した鑛石は「ブラツガー」を用ひて下向掘 (Under hand working) で採掘する。第一の段欠で終了したら同様に掘上りから第二の段欠を始め

Direct stoping costs (Sherrite Gordon Mine 1931~1932)

	Cost per ton of ore	
	Dip $45^{\circ}$ ~ $90^{\circ}$ (1931~1932)	Dip less than $45^{\circ}$ (1932)
Labor	\$ 0.298	0.302
Explosives	0.210	0.146
Drill repairs & supplies	0.055	0.066
Steel & steel sharpening	0.067	0.067
Compressed air	0.028	0.031
Scraping		0.054
Mine general	0.089	0.074
Total	0.747	7.40

る。切羽の冠が Box hole の上から相當離れてゐるので破碎鑛石が下階に堆積を始めたら複胴の

「スクレーパー」を動かして鑛石を box hole に掻き落す。鑛石は傾斜した所で 200 呎は充分にかいれる。1931~1932 年の直接費は前の表の如し。

経費には全ての使用されてゐる機械設備の償却 (writsoff) を含む。45° 以下の傾斜のものゝの経費は少し低いといふことは水平段欠が 1931 年の前 8 ヶ月に比し鑛山の全般の能率が良くなつて来た所の 1832 年 6 月迄採用されてゐなかつたからである。

### Spring Hill Mine, Montana

鑛石は大きな不規則接觸變質鑛床で有用金属としては金のみである。石灰岩と細い粒状の閃緑岩の侵入岩との接觸である。平均品位は金が噸當 \$6 である。鑛石は非常に硬く脆く、罅目や層理が多く生じて尚 60 呎内至それ以上でも無支柱で保つ。鑛體は全く不規則である。傾斜は大體 90° に近いが局部的に 60° 位の所もある。

坑道は垂直に 100 呎の距離で切られ、それから開坑を始め暫く「シュリンケージ」法に依つて探掘された。鑛體の幅並に磐の性質上「シュリンケージ」法に依つては廣い冠の下で仕事をするので危険であり、中段探掘法の變形法を採用した。運搬坑道の中間に中段坑道を開鑿し、それから段缺を始めて下部の一部探掘の終つた「シュリツケージ」切羽へ正規の中段探掘法も用ひて下つて行くのである。鑛體の狭い處に於ては尚 shrinkage 法が用ひられてゐる。現在の方法で運搬坑道上部の鑛石は 90% は採收されると評價されてゐる。事實岩磐が鑛石の中に混入することとはなく、磐は堅固である。Pierce 氏は前探掘法 (shrinkage) と現探掘法 (Sub-level stoping) を比較して次の如く述べてゐる。

幅の廣い鑛體に於ては中段探掘法は「シュリンケーチ」に比し次の如き利點を有してゐる。

- 1) 中段 (Sub-level) 法は切られたばかりの新らしく支へられた冠はそれが保護物として役立つ時間短かくその間は容易に近付き易くその下で仕事をするのはより安全であり、上に人が居るのに鑛石抜方が知らずに漏斗から鑛石を抜いたり又は鑛石が途中につかへて急に落ちた場合に鑛石に引き込まれる危険が無い。
- 2) 不規則な鑛體がすぐに判り容易にそれを採掘できるので鑛石の採取率が良い。
- 3) 小さく破碎して中石を鑛石から掘出す必要もないし又「グリズリー」から鑛車に積込む時に鑛石が「グリズリー」に引つかゝつたりして暇をとる様な事がないので探掘費が低下する。
- 4) 大きな鑛體になればなる程探掘鑛石中に投下する尨大なる資本を必要としない。
- 5) 上で人が仕事をしてゐないので任意の漏斗から鑛石を自由に抜くことができる。1929 年 8 月 1 日から 1930 年 4 月 30 日間の探掘直接費は次の如し。

Direct Stopping Cost, Spring Hill Mine Aug. 1, 1929 to Apr. 30, 1930.]

	cost per ton
Labor (鍛冶, コンプレッサーを含む) Mining	\$ 0.464
Labor (black holing)	0.274
	\$ 0.738
Compressed air, drills & Steel	0.124
Explosives	0.178
Other supplies	0.032
Total	1.072

探掘鑛量 1 噸に要する 1 人當り延時間は次の如し。

Productivity of stoping labor, Spring Hill Mine  
(1929 年 8 月 1 日~1930 年 4 月 30 日)。

	Man-hours per ton	ton per man shift
Breaking	0.675	11.8
Block-holing	0.406	19.7
Total	1.081	7.4

上の経費は Shrinkage から Sub-level stoping への過程のもので狭い個所における Shrinkage の経費も含んでゐるから之の支けでは探掘法を變へたため生じた利益を示すことはできない。

### Hanover Bessemer Iron & Copper Co., Fierro, N. Mex.

鑛體は傾斜約 50° のレンズ状をなす。鐵の含有量及不純物一主に硫黄硫酸マグネシヤ—の分布が非常に不規則であるので状況の變化に應じて選擇探掘 (Serective mining) が可能であり又鑛石と研の選別のできる探掘法でなければならぬ。鑛床は石灰岩の地層と花崗閃緑岩底磐との接觸部及其附近の交代鑛床である。磁鐵鑛々體は大きさが非常に不規則で花崗閃緑岩の接觸面に多少平行してゐて大抵レンズ状である。時に厚さ 200 呎に及ぶが平均は約 40 呎である。多くの場合累層は間に變質岩及び低品位鐵鑛の層を挟んで交代されて居り屢々平行せる四層が現はれる。鑛石、岩磐共に堅固で相當な面積に對し支柱不要である。坑道は下方の鑛體に 125 呎内至 175 呎の間隔で開鑿され、之等から鑛石堅坑は坑道上 25 呎のグリズリー場迄坑道に沿ひ 150 呎の間隔で上げられる。「グリズリー場」は人道坑道にて連結されその人道坑道は鑛石立坑の中間に上げられた立坑人道に依り昇ることが出来る。グリズリー場から約 45° 傾斜せる探掘掘上を鑛體の幅の大きさに鑛體に沿ひ上げる小堅坑 (Pilot Raise) はグリズリー場から次の坑道迄眞直に上げる。小導坑 (Small pilot drift) を上部坑道踏前に 25 呎の龍頭を残して開鑿する。小導坑の導堅坑 (Pilot Raise) 及傾斜せる探掘掘上り (Inclined stope Raise) と小導坑 (Pilot Drift) 地並の交叉點から始めて鑛體を下向法にて段欠を作り鑛石は自重で下の漏斗迄の落下する。時に下部の鑛



層の探掘掘上と連絡させて上部の鑛層(同様な方法で探掘された)からの鑛石を自重によつて下部の鑛層のグリズリー場に轉落させ得る。必要に応じて上層を保持するため不規則な残柱を残す。之は出来る限りは貧鑛の硬い硅質の部分を残す鑛體の區別に於ける探掘が大體終了したら残柱は大部分(大抵の場合は完全に)拂ふことができる。陥落して鑛層間の石灰岩及中石が落ちると残柱の残鑛と混合する。大抵はこの混合物を抜いて大割場(Cabbing Plant)で磁鐵鑛を回収できる。

1930年の探掘鑛石一英噸當りの探掘費は次の如し。

Stopping Costs, Hanover Bessemer Iron & Copper Co. 1930

	Labor	Supplies	Compressed air	Total
1. Stopping (First breaking)				
Drilling	\$ 0.110	\$ 0.023	\$ 0.040	\$ 0.174
Explosives	—	0.064	—	0.064
Mucking	0.001	—	—	.001
Timbering	0.003	0.003	—	.006
Picking	0.004	0.002	—	.006
General	0.007	—	—	.007
Total stopping (First breaking)	0.126	0.092	0.040	0.258
2. Secondary Berekking				
Blockholing	0.046	0.004	0.006	0.056
Explosives	—	0.022	—	0.022
Grizzly Maintenance	0.002	0.002	—	0.004
General	0.003	—	—	0.003
Total stopping	0.051	0.028	0.006	0.085
Total Stopping cost	0.177	0.120	0.046	0.343

探掘に要する一英噸當りの爆薬使用量は第一次破碎(1st breaking)にて0.355封度、第二次破碎(Second breaking)では0.096封度、全體で0.451封度なり。

### Open Stope の概要

1. Applicability (適用範圍)——Open stoping 法は或傾斜を有し鑛石を掘つた後の相當面積支柱を必要とせぬ如き大小鑛體に適用せれる。Sublevel stoping は容易に點檢出來角を落し得て安全に保てる冠の下で作業できるから幾らか弱い鑛石及鑛の鑛體に適用される。

2. Flexibility (融通性) Open stoping には相當融通性があるから鑛體が不規則でもそれに隨行でき貧鑛及中石は之を鑛柱として残せるし礫は選別して破碎鑛石より取除くことができる鑛石は破碎したら切羽から直ちに取拂ふるし。若し必要なる相當量の鑛石を貯鑛できる。

3. Recovery (回収率)——鑛石が残柱の中に包まれてゐる場合を除き鑛石は容易に完全に採收できる。切羽の兩壁は常に曝露してゐるから見落すことはないし立込(支脈及離れた部分 Off shoots)も採收できる。残柱として残される鑛石の量は鑛石及岩鑛の弱さ、永く空氣中に曝された時の作用、冠の永久的保存及地表の陥落沈下を防ぐ必要等に依つて大に變る。10~40%の鑛石が鑛柱として残される。若し鑛體の上部に含水層、河流、湖があると地表が利用されてゐるとか鑛體の頂部を採掘できぬ時は残柱率が高くなる。

残柱中の鑛石は廢山の前に大部分回収できるから残柱鑛石の最後の損失は零(小さな鑛體)から10乃至15%に止め得る。特殊の地下条件を除き通常80~95%の回収率である。

4. Development (開坑)——開坑が鑛體に達したら其の後は大部分鑛體の中に開坑なされ、大きな廣い開坑々道は小さな狭いものに比し一呎當りの徑費は高いが探掘鑛石噸當りに對しては小となるので結局大した經費も要せず大きな開坑々道が用ひられる。鑛體に達したら大した探掘準備なしに直ちに探掘にかゝれる(Sublevel Stopping は例外である)。然し探掘準備作業は探掘に先だち鑛體の區劃に費され全體としての探掘費を低下させる役目をなす Open stoping を採用してゐる數鑛山に於ては鑛石は切羽を先進させて廣く開發してゐる。鑛石が高品位なら何とかして残柱を拂はねばならない。そのためには切羽の充填及支柱探掘法が必要になる。

Table 2 は Open stoping を採用してゐる數鑛山に就き示す。開發鑛量(Ore developed)の噸當りの開坑の長さ(feet)及び開坑呎當りの開發鑛量を示す。

Table 2. Development cost in feet of development per ton of ore developed, Open stope mines

Mine	Variation of ore stoping method	Stope development per ton of ore developed, foot	ore developed per foot of stope development, tons
Purra-Purra Duck town Tenn <sup>1</sup> .	Sub-level stoping	0.0091	120
Isabella, Tenn <sup>2</sup>	Room 4 pillar, Underhand Mining	0.0050	200
Menominee Mine <sup>3</sup>	Sublevel stoping	0.030	33
" <sup>4</sup> B	.....do.....	0.018	55
" <sup>5</sup> C	.....do.....	0.022	45
" <sup>6</sup> D	.....do.....	0.050	20
Marquette Mine <sup>7</sup>	Overhand working, regular pillar support stopes 22 feet wide	0.0167	60
Gold Mine Ontario <sup>8</sup>	Sublevel stoping	0.008	125
Horne Quebec	Inclined stopes benched as in sub-level stoping	0.013	75

1. 鑛石、磐共に堅硬: Sublevel 間 40 呎
2. 鑛石、磐共に堅硬: 鑛柱を残して永久的支柱となす。
3. 鑛石軟く、強く、中硬: 磐中硬 sublevel 間 25 呎
4. 鑛石、磐共に中硬, Sublevel 間 25 呎
5. 鑛石中硬、磐強いが露露されてみると剥落す. Sublevel 間 25 呎
6. 鑛石軟く強靱ならず. 切羽面外側に傾斜 Sublevel 間 25 呎
7. 鑛石磐共に軟く. 鑛石は中硬
8. 鑛石、磐共に硬. Sublevel 間 33 呎
9. 鑛石磐共に堅硬: インクライン間は中心から中心迄 30 呎

Open stope——の経費の採掘費は一般に廉い。鑛石が硬くても大量の鑛石に対して之を破碎するのに 2 の時には 3 つの自由面に鑿孔して發破をかけ得る。安息角(自然角)よりも急な傾斜の鑛體に於ては鑛石は自重にて運搬坑道の漏斗迄轉落し、緩傾斜の鑛體に於ては一般に「スクレーパー」を有利に使用出来る。それ故手積作業は殆んど必要がない。

Open stoping を採用してゐる數鑛山の採掘鑛石噸當り直接費を第三表に示す。  
第四表は採掘鑛量の噸當りに要する一人の延時間 (Man-hours per ton) を示し第五表は Open stope mine に於ける爆藥消費量を示す。

Table 3.—Open stope 採用鑛山の代表的採掘費 (Typical stopping costs at open stope mines)

鑛山 (Mine)	年 (Year)	採掘法の種類	工賃管理費	動力	爆藥	支柱	他	計
Tristate 地方 7 鑛山の平均	1927~30	規則的残柱. 平な鑛層	\$ 0.273	\$ 0.020	\$ 0.102	\$ 0.005	\$ 0.104	\$ 0.504
No 8 South east. Missouri.	1928	"	0.263	0.030	2.080	0.010	0.072	0.588
Mascot Tenn.	1929	Mine-hole 法, 規則的残柱	0.130	—	0.042	—	0.045	0.222
Marquette range No. 1 hard ore mine <sup>(1)</sup>	1928	規則的房柱法 (room & Pillar)	0.514	0.028	0.104	0.006	0.105	0.770
Mineville N. Y. <sup>(2)</sup>	1927	不規則的な残柱	0.164	0.014	0.113	—	0.122	0.416
Oscola, Mich.	1931	廣い採掘場, 不規則残柱	—	—	—	—	—	0.456
Ahmceek	1931	長く狭い採掘場, 規則的な狭い残柱	—	—	—	—	—	0.583
Vanadium Rifle Colo.	1931	房柱法, 残柱は後退して拂はる	0.740	0.050	0.090	0.130	0.200	1.350
Granada Quebec	1932 7 月	上向階段法, 鉛の鑛石及併の外残柱なし	1.556	0.057	—	0.476	0.006	2.765
Mary, Isabela. Tenn	1928	下向階段法, 規則的な採掘場及残柱	0.569	0.022	—	0.177	0.076	0.784
Burra-Burra Ductown Tenn.	1928	中段採掘法, 残柱法及シュレンケンチ法	0.196	—	0.051	—	0.083	0.332
"	1932	中段採掘法	0.100	—	0.081	—	0.078	0.259
No. 1 Hemominee range <sup>(3)</sup> Mich.	1928	中段採掘法, 垂直を採掘面	0.246	0.031	0.080	—	0.090	0.467
No. 2 Marquette range <sup>(4)</sup>	1928	中段採掘法の外方傾斜採掘面	0.180	0.025	0.030	0.046	0.075	0.417
Spring Mill, Mont.	1929 8 1~ 1930 4 30	廣い鑛體に對する中段法, 狭いものに對する「シュレンケンチ法」	0.738	—	0.124	—	0.178	1.072
Sherrite Gordon <sup>(5)</sup>	1931~32	傾斜 45° 以上の鑛體に對しては中段法に似た下向階段法, 階段の高さは傾斜に當り 150-200 呎の高さ	0.298	—	0.150	—	0.210	0.747
Hanover Pessemer, Fierro, N. Mex.	1932	傾斜 45° 以下「スケレバー」使用上向階段法	0.302	—	0.164	—	0.146	0.740
"	1930	傾斜せる採掘場上にによる下向階段法	0.167	0.010	0.075	0.086	0.002	0.343

1. 2.240 封度英噸當り経費  
2. 破碎費  
3. 破碎鑛石の 1/3 は坑内にて選別處分破碎鑛石噸當り直接費總計は \$ 1.843  
4. Brown, Eldon L., Mining methods and costs at Sherrite Gordon Mine: Canadian Inst. Min. and Met. Bull. 257. September 1933, pp. 468~494.  
5. Scraping.

Table 4—Open-Stope 採掘鑛山の採掘労働の生産性 (Productivity of stope labor, open stope mines)  
 捲上鑛石噸當り1人延時間 (Man hours per ton of ore hoisted)

鑛山名 (Mine)	年 (Year)	採掘法の種類	破砕	採掘場に於ける人動力効力	その他	計	1人當り噸量
Tri-State 地方7鑛山の平均	1927~30	規則的残柱, 平な鑛層	0.252	0.226	0.076	0.554	14.4
No. 8, South East Missouri	1928	"	0.122	0.319	—	0.441	18.1
South East Missouri 以外鑛山	1929	"	0.162	0.233	0.034	0.429	18.6
Mascot	1929	Mine-hole 式の不規則残柱	0.214	0.063	0.069	0.346	23.5
Marquette range No. 1 <sup>(a)</sup>	1928	規則的房柱法	0.342	0.310	0.005	0.705	11.4
Mine ville, N. Y. <sup>(a)</sup>	1927	不規則残柱	0.236	0.480	—	0.716	11.2
Edwards	1930	不規則残柱 (緩い地層) 規則的残柱 (狭い地層)	0.456	0.304	0.072	0.832	9.2
Vanadium, Rifle Calo.	1931 3ヶ月	房柱法残柱は後退して拂はる	0.300	0.300	0.240	1.440	5.6
Granada	1932 7月	上向階段法鑛の鑛石及礫以外残柱なし	0.809	0.249	—	1.058	7.6
Mary	1928	下向階段法規則的な採掘場及残柱	0.556	0.467	—	1.023	7.8
Burra-Burra	1928	中段法残柱式及「シユリンケーチ法」	0.348	0.258	—	0.606	13.2
No. 1. Monominee range	1928	中段法, 垂直な採掘	0.353	0.011	0.038	0.402	19.9
Spring Hill	1929. 8月1日~ 1931. 4月30日	中段法 (緩い鑛體) シユリンケーチ (狭い鑛體)	—	—	—	1.081	7.4
鑛山 A <sup>(a)</sup>	1928	中段法	0.200	—	—	0.200	40.0
" B <sup>(a)</sup>	1928	"	0.180	—	—	0.180	44.4
" C <sup>(a)</sup>	1928	"	0.140	—	—	0.140	57.1
" D <sup>(a)</sup>	1928	"	0.140	—	—	0.140	57.1
Montreal <sup>(a)</sup>	1928	"	0.192	0.024	—	0.216	37.0

<sup>(a)</sup> 2,240 封度英尺による

Table 5—採掘に要する爆薬消費量 (Consumption of Explosives in Open Stopes)

鑛山名	採掘法の種類	爆薬の種類及強度	破碎鑛石噸當り消費量
Tri-State No. 1	不規則残柱	?	0.750 <sup>(1)</sup>
No. 2	"	Ammonia 33%	1.265
No. 3	"	Gelatine Dynamite 20%	.875
No. 4	"	" 30%	.594
No. 5	"	Ammonia 40%	.805
No. 6	"	Gelatine Dynamite 30%	.741
No. 7	"	Ammonia 40%	1.120
No. 8 Southeast Missouri	"	75% Gelatine 35% Strength. 25% Bulk dynamite	.565
Southeast Miss. 以外の山	"	Ammonia 40%	.459
Mascot	不規則残柱 Mine hole 法	Gelatine Dynamite 30%	.502
Marquette No. 1	規則的な採掘場及残柱	Ammonia 50%	0.705
No. 2	中段法	" 60%	0.244
Memominee No. 1	"	" 40%	0.619
Iron mine A	"	Gelatine Dynamite 40%	0.610
B	"	"	0.674
D	"	"	0.500
Minenville	不規則残柱	75% Gelatine Dynamite 40% Strength 25% Gelatine Dynamite 25% Strength	0.799
Vanadium	房柱法残柱は後退して拂ふ	Special Bulk Dynamite	1.050
Granada	鉛鑛石及礫以外残柱なし上向階段法	Gelatine Dynamite 40%	3.930
Mary	下向階段法, 規則的な採掘場及残柱	"	.420
Burra-Burra	中段法	Ammonia 40%	0.755
Hanover Bessemer	傾斜せる掘上による下向階段法	Gelatine Dynamite 30%	0.451
Montreal	中段法	Ammonia, 35 & 60%	0.490

<sup>(1)</sup> 2240 封度英尺噸當り

<sup>(2)</sup> 若干の開坑にシユリンケーチ法及龍頭拂を含む。

§ Shrinkage Stopping

最も單純な型式の Shrinkage 法は堅硬な岩磐に包圍され 50° 乃至 90° の dip で厚さ 3 乃至 4 呎で冠支柱を要しない程度に強靱な板狀鑛床を採掘するに用ひられる。又此方法は無支柱で老舊鑛床の採掘にも用ひられるが此の場合切羽は走向に直角に而も安全に保持出来る様な幅であり横の鑛柱によつて分離される。其他低品位の大塊狀鑛體の採掘に Shrinkage 法の變形が採用される。例へば Alaska Juneau<sup>(32)</sup> Mine や Beatson Mine で用ひられるもので切羽の冠を大發破で破碎し丁度 Caving 法に類するものである。

<sup>(32)</sup> Bradly, E. R., Mining Methods and Costs, Alaska Juneau Gold Mining Co., Juneau, Alaska; Inf Circ 6186, Bureau of Mines, 1929.

(43) Presley. Bevan, The Latouche System of Mining as Developed at the Beaton Mine, Kennebec Copper Corporation, Latouche, Alaska; Am. Inst. Min. and Met. Eng., Pub. 20, 1927.

其他本法は又他の採掘法と組合せて採用される例へば Block Caving 法で崩落する鑛體を切り取る鑛體の周圍に此法を應用する場合等である。

Ordinary Shrinkage Stopping in Narrow to Moderately Wide Deposits

狭い鑛及び程良い鑛幅の急傾斜板狀鑛床を採掘するには最も簡単な方法は Shrinkage 法である。即ち開坑としては常に鑛體の下盤に沿ふて各地並に一本の鑛押坑道を切り破碎鑛石を抜取り且積込む爲に 10 呎乃至 20 呎の間隔で漏斗を設置すれば良い。狭い鑛脈では正規の留付けをする代りに打ち込み法を用ふることがあり又屢々坑道は留付けをなせず冠の上 10 呎乃至 20 呎の上から採掘を初め坑井は適当な間隔を置いて上の切羽と連絡する横切ることがある。其れ故に切羽で破碎鑛石を支持する爲に残留する鑛柱は一ケ形となる (Fig. 28 参照)

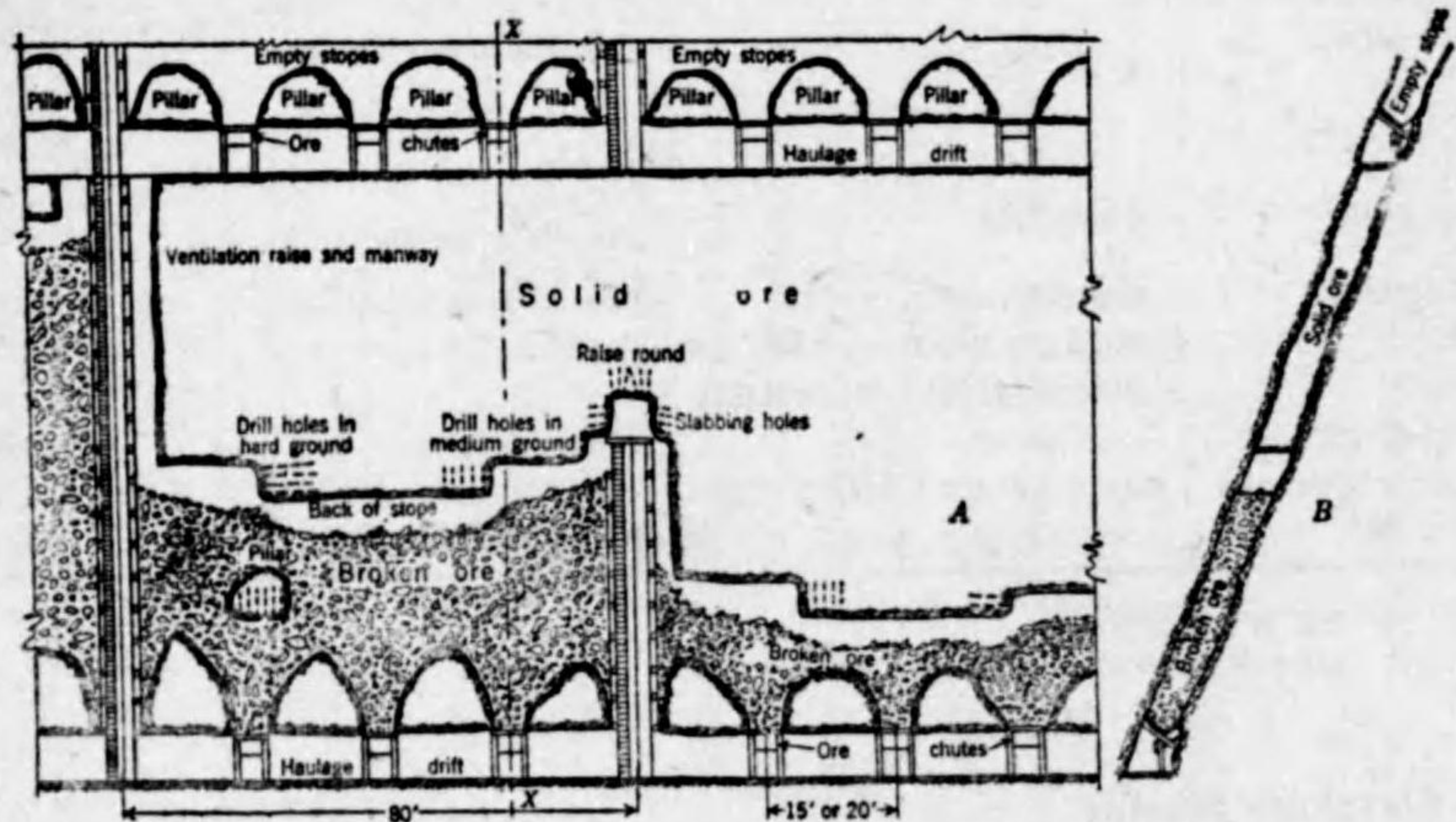


Fig. 28.—Shrinkage stopping on drift pillars, Nevada-Massachusetts mine, Nevada; A, Vertical longitudinal projection; B, vertical cross section X—X.

岩盤が良ければ此等の鑛柱は後で回収する如何な場合に於ても採掘は上方に向けて進行され、鑛夫達は鑛石の上で作業し切羽が進行するにつれて發破後堆積鑛石と切羽の冠の間に適当な空間を作るために適当な量の鑛石だけを抜き取るのである。

Nevada-Massachusetts mine. Mill City, Nev.<sup>(44)</sup>

(44) Heizer, Ott F. Method and Cost of Mining Tungsten Ore at the Nevada-Massachusetts Co. Mines, Mill City, Nev; Inf. Circ. 6284 Bureau of Mines, 1930.

イ) 鑛床 鑛石は 0.5% の酸化「タングステン」を含有し花崗岩の接觸部又はそれから透

か離れて存在する石灰岩層中に胚胎してゐる採掘可能の石灰層の幅は平均 4.5 呎ありて且 75° に傾斜し斷層により所々 3 乃至 60 呎轉位してゐる岩盤は比較的堅硬にして鑛石は破碎し易いものである。

ロ) 採掘 運搬鑛押坑道の冠上にアーチ形鑛柱を残して採掘し切羽の長さ 75 乃至 80 呎である。堅坑から出来る丈離れた點から上の坑道に通ずる通氣掘上りを開鑿し、次に漏斗掘上りを 15 乃至 20 呎の間隔で上げる。切羽に達する人道は通氣掘上りから 75 呎の距離に設ける採掘は地盤が硬い時は「ライナー」式機械で水平階段式に掘り軟かな時は stoper で垂直階段式に掘る。長さ 75 呎の切羽に坑夫二人で作業し一人は通氣掘上りから初め他は反對側の人道掘上りから初める。上の坑道下 6 呎の踏前龍頭を残す迄採掘を行ひ此は後に坑道を廢棄する直前に爆破する。

ハ) 經費

Direct Stopping Costs, Nevada-Massachusetts Mine 1928

	Cost per ton		Paid per shift
Labor	\$1.662	Miner and timberman	\$ 5.25
Supervision	0.064	Mucher	4.75
Drills and Steel	0.100	Blacksmith	6.50
Power (air Compression)	0.209	Hoistman	6.00
Explosives	0.355		5.75
Timber	0.146		
Other supplies	0.207		
Total	2.743		

尙 1928 年中の捲揚鑛量は 40,924 t である。

Productivity of Stope Labor

Occupation	Man-hours per ton	Tons per man-shift
Breaking	.700	11.4
Timbering	.376	21.3
Subtotal	1.076	7.4
Shoveling and tramming	.383	21.3
Total	1.459	5.5

尙火薬消費量は噸當り 35% Gelatin dynamite が 1.650 封度である。

Harmony Mine, Baker, Idaho<sup>(45)</sup>

(45) Gardner, R. Duncan, Mining Practice at Harmony Mines Co., Baker, Idaho; Inf. Circ. 6240 Bureau of Mines, 1930.

イ) 鑛床 鑛石は岩床體をなし正規の一次的黄銅鑛の富鑛體をなして高度の硅化頁岩厚層

中に胚胎し鑛石は上部坑道では一部斑銅鑛及輝銅鑛に變化してゐる。富鑛體は壓碎帯中にも包含され形状は規則正しく主なものは厚さ平均5呎長さ80呎にして60°乃至65°に傾斜してゐる。鑛石は破碎し難いが鑛脈中の弱面は岩層に平行する上下兩層は硬い頁岩からなる。

1920年には一日出鑛量150t (4% Cu)であつた。

□) 採鑛 鑛體の端迄運搬鑛坑道を進めて後120呎の間隔で人道を作り40呎置きに二重坑井を設置する。坑井の加背は5×12呎で坑道の冠上18呎の高さ迄上げる。斯様にして漏斗を設け之にgrizzlyを置く (Fig. 29) 参照)

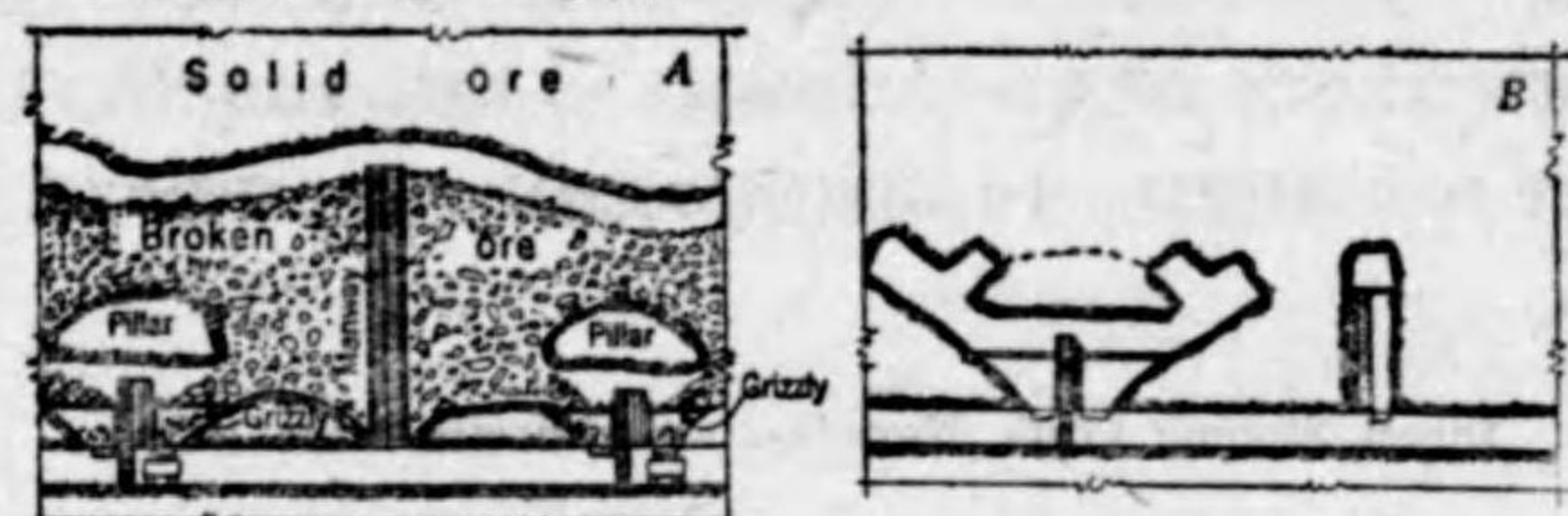


Fig. 29.—Shrinkage stoping, Harmony mine, Eaker, Idaho: A, General vertical longitudinal projection. B, Method of cutting around grizzly pillars.

又4×5呎の通氣掘上りを鑛體の端から上の坑道迄開鑿する。次に漏斗端から扇形に40°の傾斜で掘上りを作りgrizzlyの上12呎の所で40°掘上りの冠から又平坦な掘上りを作つて互に相會する様にし其の結果grizzlyの上に鑛柱が區切られて残りgrizzly menを保護するやうにする (Fig. 29 B)

鑛柱の周圍の作業が終了すれば早速採掘に取掛り切羽の冠の穿孔はWet stoperを用ふる。鑛石破碎作業が終れば坑夫達が作業し得る様切羽の40%の鑛石を抜取り塊鑛が漏斗をふさぐ時は鑛石を通すため「ハンマー」で破碎し又時には小發破を掛ける。そのためにgrizzlyに鑛夫が一人必要である。

ハ) 經費

Direct Stoping Costs, Harmony Mine 1929 (一月五日より六月五日迄)

	Cost per ton
Labor	\$ 0.65
Supervision	.30
Air, drill, and steel	.27
Power	.16
Timber	.18
Explosives	.27
Other supplies	.22
Total	2.05

尙其の時の出鑛量 19,000 噸

Productivity of Stope Labor, Harmony Mine

Occupation	Man-hours	Perton { Tons per man-shift
Breaking (Drilling and blasting)	1.19	6.7
Shovelling	.06	133.4
Total	1.25	6.4

火薬の消費量噸當 2.05 封度

Rosiclare, Ill. (36)

(36) Reeder, Edwin C., Method and Cost of Mining Fluorspar at Rosiclare, Ill: Inf. Circ. 6294 Bureau of Mines 1930.

イ) 鑛床 鑛床の最大幅員は34呎に達するが平均約12呎富鑛體の長さは1900呎であつて螢石鑛石は實質的に此の距離の間長く續いてゐる傾斜は殆んど垂直、兩層は石灰岩層にして地表近くでは上層は頁岩層で覆はれた170呎の厚さの砂岩である。上部はSquare-set法で採掘し殘餘はShrinkage法で採掘する。石灰岩の岩層は強靱であるから採掘後充填せずとも崩落しない。

□) 採鑛 鑛脈は垂直距離100呎に開鑿された鑛坑道によつて開坑さる幅廣い鑛體にては坑道に沿つて25呎間隔に掘上りを作り坑道の冠上鑛脈の幅に相當する鑛柱を残し狭い鑛體では坑道はstull setで支柱を施して破碎鑛石を支持する様にし各setに漏斗を設ける各切羽の長さは100呎乃至數百呎に達する切羽の冠は斜階段式に採掘するため破碎堆積鑛石の頂部は傾斜してゐるが常に切羽の冠下6乃至7呎の空隙がある。

又冠の穿孔にstoperを使つての上げ孔法とlight hammer drillに依る向ひ孔法 (flat hole) とあるが後者の方が利點多く穿孔長は屢々12乃至15呎に及ぶことがある。特に廣い鑛體の場合に有効である。即ち垂直上げ孔法よりも粉鑛少く穿孔1呎當り破碎鑛量が多い。斯様にして坑道から坑道迄永久的鑛柱を残さずして切羽を進めて行くことが出来る。

1929年の出鑛量は51,208噸にして其の25%はSquare-set法に依つて殘餘はShrinkage法に依つて採掘されたものである。

Direct stoping Costs, Hillside Fluorspar Mine 1929

	Cost per ton
Labor	\$ 0.700
Supervision	0.020
Compressed air, drills, and steels	0.115
Power	0.087
Explosives	0.219
Timber	0.082
Other supplies	0.053
Total	1.276

Rosiclar Lead & Fluorspar Mining Co., Daisy 鑛山では夫々 "Daisy" 及 "Blue Diggings" と稱へる二鑛脈があるが前者は約 70° 西に傾斜し後者は地表近くでは 70° 640 呎の深さでは 35° に傾斜し且兩鑛脈は 640 呎坑道下で交叉してゐる。鑛石は「レンズ」状又は「ポケット」状をなして存在するが長さに変化あり幅員は 2 乃至 30 呎である。上磐は一般に固いが打柱を施さないと方解石、石灰岩、頁岩が大きく剥れて落磐を起す。鑛脈の上方大部分は風化してゐるから支柱歩合で探掘しその下を Shrinkage 法で探掘する。

## 探掘法

鑛脈は 180, 300, 412, 537 及 640 呎の深さで全幅員の鑛石を鑛押して開坑され探掘は坑道の踏前から約 12 呎の高さに冠打して初まる。即ち 5 呎毎に柱を立て矢木を布いた押木をのせ 10 呎毎に漏斗を設け、通風の爲各富鑛體の端近く上部坑道まで掘上り立坑を作る。斯様にして切羽の一端から探掘し初めるが、切羽の冠には輕量な手動 stoper を用ひ平均幅のものに對しては 30 呎の間隔を置いて深さ 5 呎の孔三本を穿孔する岩磐の「浮き石」は落すか或は其の性質によつては打ち込で以て支へる。

## Direct stoping Costs, Daisy Mine, 1929

Labor	\$ .710
Supervision	.065
Compressed air (including Power) drills and steel	.190
Explosives	.160
Timber	.120
Other supplies	.070
Total	1.315

## Consolidated Cortez Silver Mine, Cortz. Nev.

イ) 鑛床 此の鑛山の鑛床は (1) 岩脈の中又は之に直接接觸して存在してゐる 岩脈鑛床 (Dyke ore) (2) 石灰岩中の成層面に沿ふて存在してゐる。成層面鑛床 (bedding-plane ore) (3) 岩脈に近く平行して存在してゐる裂隙中に胚胎した裂隙鑛床 (Fissure ore) の三型式があり就中第三番目の鑛床から大量の出鑛を行ふものである。而して地質構造は石灰岩と硅岩の成層岩中に花崗閃綠岩の透込があり後に岩脈によつて切斷されたものである。尙裂隙鑛床の幅員は 1 乃至 20 呎にして平均 7 呎であるが、一般に鑛體の最大の走向延長 600 呎、傾斜は 45° 乃至 80° である。裂隙の存在する岩磐は堅固にして切羽は餘り支柱を要しない故に shrinkage 法に最も適した鑛體である場所によつては鑛石は大塊に破碎されるために Jackhammer によつて小割を行ふ。鑛石は含銀石英、方鉛鑛、黃鐵鑛、黝銅鑛、閃亞鉛鑛、黃銅鑛等である。

ロ) 探掘 垂直距離 100 呎の間隔に加背 6×7 呎の鑛押坑道を切り冠上にアーチ型鑛柱を残して探掘する。探掘を開始する前に先づ富鑛體の形狀を坑道掘進によつて決定し其後に計畫を

立てるが此れが相當に長い時は 100 又は 125 呎の間隔に人道掘上りを上げて區劃する順序として先づ人道掘上り 25 呎の高さに上げ打込みを入れ、其の間に漏斗掘上りも同じく 25 呎の高さに 24 呎の間隔を置いて上げ、中段坑道も作つて之等を連絡し、又 25 呎人道掘上りを進行する。探掘は各人道から開始し、切羽の中央で相會する様に斯様な作業を繼續して坑道保存に必要な厚さ 15 呎の龍頭を残す迄上方に進む。而して人道は常に探掘作業に先行する様掘鑿し又低品位鑛石は上磐を支持する爲残すことがある。尙高品位鑛石も暫定的支柱として殘留することはあるが、之は後に探掘する機械は Leyner 式大型機を使用する。鑛石實收率は 95% にして 5% は龍頭として殘留するが之は後に坑道を廢棄する時回收する。

## Direct Stoping Costs, Cortz Mine, 1929 (出鑛量 43,806 t)

	Cost per ton
Labor	\$ 1.082
Supervision	.086
Compressed, air drills, and steel	.250
Explosives	.304
Timber	.054
Other supplies	.126
Total	1.902

## Wage rates

Machinemen	\$ 5.75
Mucker	5.25
Pipe and trackmen	5.75
Blacksmith helpers	5.75
Timbermen	5.75
Blacksmith	7.00

## Performance of stoping labor, Cortez mine, 1929

Occupation	Man-hours per ton	Tons per man-shift
Breaking	0.901	8.9
Timbering	.209	38.3
Shoveling	.475	16.8
Total	1.585	5.0

尙爆藥消費量は噸當り 2.03 封度 (40% gelatin dynamite) である。

## Eighty-Five Mine Valedon, N. Mex.

Youtz, Ralph B. Mining Method at the Eighty-Five Mine, Colument & Arizona Mining Co., Valedon, N. Mex. Inf. Circ. 6413 Bureau of Mines 1931.

イ) 鑛床 鑛床は火成岩中に胚胎した鑛脈であつて南東に平均 80° 傾斜し地表に現はれた



走向 5000 呎の中稼行可能の所は 2300 呎にして 1500 呎坑道でも尙 2600 呎の間連続してゐる鑛脈の幅員は 2 乃至 10 呎にして平均約 5 呎であるが所によつて殊に上部坑道では 30 呎の所もある。鑛脈充填物は塊状石英の硫化物に依つて交代されたる母岩、黄銅鑛及黄鐵鑛を包含する硅化變質岩にして堅硬なために廣範圍に互つて支柱を施す必要はないが時々上磐が崩落することがある。鑛石は穿孔し難いが細かに破碎するために小發破も掛ける必要はない。1,350 呎坑道以下では岩磐が上部よりも廣範圍に鑛化作用を蒙つて居り全く陶土化してゐるために或場所にては Shrinkage 法の代りに Cut-and-fill 法を採用する必要がある。

ロ) 探掘 上部坑道では垂直距離 100 呎の間隔に下部坑道では 150 呎の間隔に夫々坑道を切る。1920 年から 1930 年迄に全體の 72% は Shrinkage 法を残余は Cut-and-fill 法を採用した。前者は岩磐堅硬にして幅 3 呎以上の所や周圍の含有硅酸分の高い所に用ひ後者は (1) 陶土化の爲或は岩磐に近く平行して存在してゐる破碎帯の爲、軟弱になつた岩磐の所 (2) 鑛脈の幅は廣いが而し鑛化作用を蒙つてゐない。母岩の介入してゐる所 (3) 幅狭い (2) 乃至 3 呎鑛脈中に存在する高品位鑛石 (4) 研の混じらない純粹なものを希望する場合等に採用される。

Eighty-Five 鑛山では Shrinkage 法の前進法(堅坑に最も近接した鑛體の端から開始すること)が採用される。常に坑道の冠上に打込みを入れて探掘するが切羽の 15% はアーチ形鑛柱の上で進められる。尙アーチ形鑛柱を採用する所は岩磐が軟弱で且鑛脈の幅が廣い時或は鑛押坑道の冠が研である時等に用ひられる。

探掘開始の時は先づ一本の掘上りを上部坑道に貫通させ掘上りから口を付け冠打を始める。其の時坑夫は堆積鑛石の上に立つて穿孔發破を行ふ。

若し鑛石の幅が坑道の幅より廣い時は全幅を腰割を行ふ。打込みは線路の上 8 呎の高さに 5 呎の間隔を置いて坑道を横切つて入れるが若し鑛脈の幅が 4 乃至 8 呎である場合は漏斗を付ける柱以外は打込みの下に柱は要らない。漏斗は下磐に沿つて 10 呎の間隔に入れる上向段欠法では手動「ストーパー」によつて穿孔する 1 乃至 4 人の坑夫の組を以てし切羽の冠は貫通掘上の方に向けて幾分傾斜して即ち水平より 10 乃至 15° の角で掘鑿する。尙 100 呎の間隔で切羽に枠組した人道を上げる斯様にして上の坑道近く迄探掘すれば 5 乃至 15 呎の龍頭を残す。

探掘が終了し鑛石が抜取られると上磐が崩落し初め切羽が殆んど空にされると磐返りによる可成り研が落下するから注意が肝要である。

Cost of Shrinkage Stopping 1350-foot Level, Eighty-Five Mine, 1925

Stope No.	Labor (including bonus)	Air drills	Explosives	Timber	Other Supplies	Total cost per ton
8	\$ 0.59	\$ 0.39	\$ 0.23	\$ 0.14	\$ 0.02	\$ 1.37
6	0.75	0.46	0.27	0.20	0.02	1.70

尙 No. 8 切羽の平均幅は 8.5 呎にして No. 6 切羽は 4.0 呎

Direct Stopping Cost in Typical Shrinkage Stopes, Eighty-Five Mine 1927~1929.

Stope No.	Labor (including bonus)	Air drills	Explosives	Timber	Other Supplies	Total Cost per ton
26	\$ 0.72	\$ 0.64	\$ 0.31	\$ 0.07	\$ 0.01	\$ 1.75
3	.49	.39	.24	.10	.01	1.23

Wage rates

Miners (Using Leyner Machines)	\$ 4.02 to \$ 4.60
Miners (Using stopers)	„ 3.80 „ 3.80
Timber men	„ 3.52 „ 4.05
Muchers	„ 2.86 „ 3.30

Verde Central Mine, Jerome, Ariz.<sup>(40)</sup>

<sup>(40)</sup> Dickson, Robert H., Mining Method and Costs of Mining Copper are at the Verde Central Mines Inc., Jerome, Ariz. Inf. Circ. 6464, Bureau of Mines 1931.

イ) 鑛床 當地方の鑛床は綠岩と石英斑岩の底磐の接觸部で綠岩中の破碎帯中に胚胎し、其内最も重要なものは“Rock Butte”破碎帯と“Silver cliff”帯である。前者は 1000 呎より以上長く續いてゐる鑛化作用を受けた破碎帯であつて幅は 5 乃至 100 呎以上にも及び 600 呎坑道から 1900 呎坑道以下迄連続してゐる稼行可能の品位を持つ黄銅鑛を包含してゐる。鑛體は廣汎に鑛化作用を受けた破碎帯中に「レンズ」状をなして存在し其の幅員は 5 乃至 40 呎であるが平均約 15 呎長さ 50 乃至 300 呎である。而して鑛體は殆んど垂直である。

綠岩及石英斑岩は何れも高度に鑛化し堅硬強靱にして斷層近くを除いては支柱の必要はない。

或個所では斷層が斜に「レンズ」状鑛體を横切るため岩磐に荷がかゝり鑛石を採掘する時斷層面に沿ふて大鑛塊が迂る傾向をもつ又 1 乃至 6 呎幅の垂直な安山岩脈が殆んど直角に鑛體を横切つてゐる。岩脈は非常に軟弱で崩壊するが問題は鑛石と研と混合である鑛石は鑛化作用を蒙つた全部の幅に互つて存在するものでなく或場所では鑛化作用を受けた破碎帯の一方の例にあり或は中石のある 2 つの「レンズ」鑛體として存在する。探掘鑛石の品位は平均 2.7% の銅と適當り 0.4 オンスの銀を含有してゐる。

ロ) 探掘

約 150 呎の垂直距離に坑道を切り、探掘を開始する前に水平に充分開坑し且富鑛體の垂直の擴がりを見る爲に掘上りを上げる。次に各漏斗の上に Blasting chamber を持つた二重漏斗を 25 呎の間隔に設置するがそれには各漏斗の上 7 呎の所に 10×10 吋の横木三本を入れる。

此等の横木の長さは 10 呎以下であるが矢木を布き、鑛石を抜取る空間の幅が 4 呎になる様に真中に 8×8 吋の柱を立てて支持してある (Fig. 30 B)

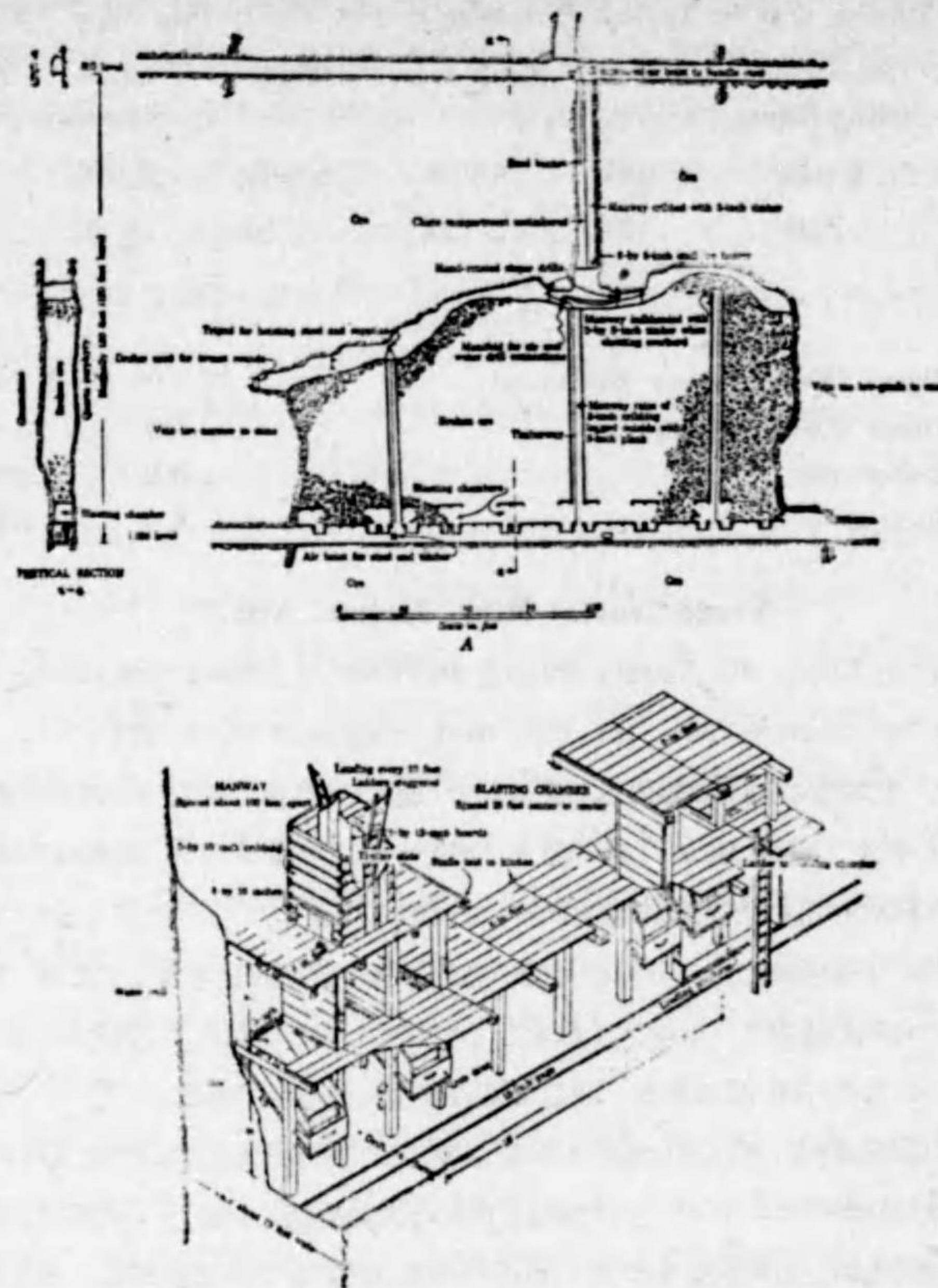


Fig 30—Shrinkage stoping at Verde Central mine, Arizona;  
A, Longitudinal Section through 10-1 stope; B, timbering at  
bottom of shrinkage stopes.

斯様にして探掘は矢木で布いた 10×10 吋の横木の上から開始するが尚漏斗と横木に充分の場所を作るため坑道の冠打ちは十分に行ふ。又枠組した人道は 100 呎の間隔で切羽が上昇するにつれて破碎鑛石の中に組上げらる。

鑛石は堅硬であるから 145 lbs の Drifter を地並拂ひに重い手動 Stoper を冠打に用ふるが後者は鑛石を細かにするため穿孔する時に用ふる。切羽の幅より少し厚い踏前龍頭は切羽から鑛石を抜き取り終る迄岩盤と上部坑道を支持するために残留せしめる。鑛石の品位が高い時は切羽は開坑研で充填し鑛柱はその時探掘する。探掘が完了した時破碎鑛石は運搬に應じて出来る丈早く抜き取るのであるが破碎鑛石の頂部は抜取る間岩盤から崩落した研が鑛石と混合することを防

ぐ爲出来る丈け水平に近く保たれる。又鑛石が屢々鑛柱に引懸ることがあるが此れは火薬を取付けた竿を用ひ發破によつて取除くことが出来る。

尙岩盤、中石及安山岩脈からの研混入は約 10% である。

Direct Stopping Cost, Verde Central Mine, June 1, 1929 to Aug. 1, 1930

(Ton hoisted, 139, 203)

	Cost per ton
Labor	\$ 0.734
Supervision	.073
Compressed Air, drills, and steel	.485
Explosives	.234
Timber	.135
- Total	1.661

#### Wage

Timber men	\$ 6.27
Miners	5.69
Muckers	5.06
Blacksmiths	6.27
Steel sharpners	6.27

Labor performance in stopers, Verde Central Mine

Occupation	Man-hours per ton	Ton per man-shift
Occupation	0.72	11.1
Breaking	.33	24.0
Timbering	1.05	7.6

火薬消費量は噸當り 1.16 封度 (40% gelatin dynamite)

#### Kirkland Lake Gold Mining Co. Kirkland Lake, Ontario.<sup>(41)</sup>

(41) Henry, R. J., Mining Methods and Costs at the Teck-Hughes Gold Mines, Ltd., Inf. Circ. 6322. Bureau of Mines, 1930, 12pp.

#### イ) 鑛床

本鑛山の鑛床は幅 80 呎に達する急傾斜斷層帯中の不規則「レンズ」狀鑛脈であつて岩石は輝綠岩岩脈によつて切斷された閃長岩、閃長岩斑岩及煌斑岩である。鑛體の多くは橢圓形をなし垂直の長さは常に水平の長さを凌駕し、稼行範圍は水平の長さで 30 乃至 800 呎、高さは 100 乃至 1,000 呎以上に達して居り、幅員は數吋から 60 呎に及んでゐる。傾斜は或狭い鑛脈等は 45° 以下のものであるが主要鑛床は 75° 乃至 90° に達してゐる。斷層帯は 1,000 呎の垂直距離の所で尖滅し岩盤は所によつて歪力を蒙つた所もあるが、此の状態は一般的ではない。尙斷層帯中の大



部分岩石は堅硬ではあるが破碎され易く断層面又は“mud slips”によつて切断されてゐる。鑛石は高品位であるが採掘鑛石は研の混合を免れない。1930年には總て Shrinkage 法で採掘されたがその中 90% は漏斗掘り又は box hole pillars (即ち坑道上アーチ型鑛柱を残して採掘すること)で採掘され、10% は坑道冠りを留付けて採掘したのである。前者は鑛體の幅が廣く 60° 或はそれ以上の場合に後者は幅 6 呎以下の場合或は傾斜が平坦なため良く鑛石が落ちない時等に用ふる。

鑛柱坑道は 8 $\frac{1}{2}$  呎の幅に腰割してそれから box hole raise を上げ“Chinaman”漏斗を作

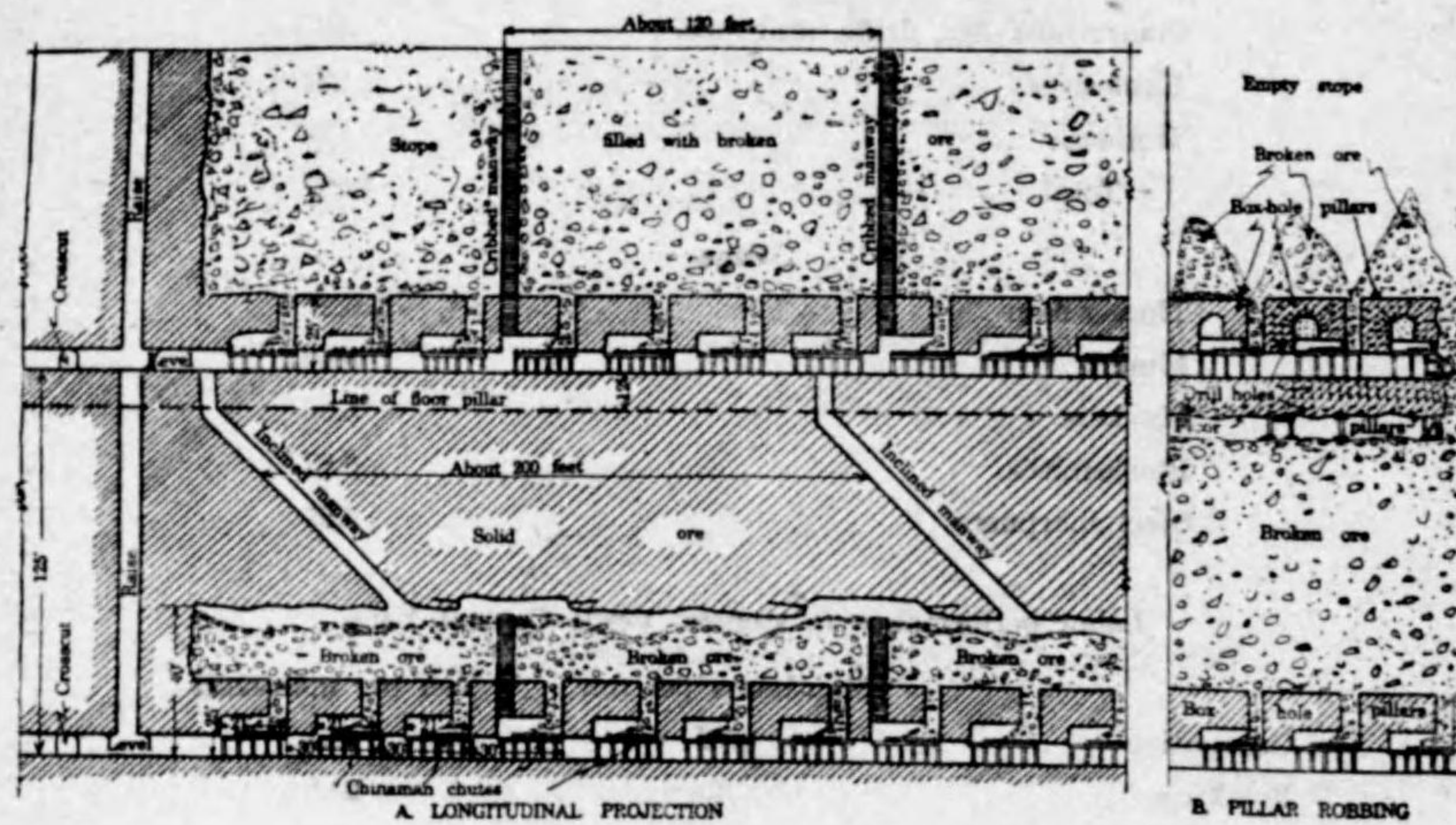


Fig. 31—Shrinkage stoping over boxhole pillars, using chinaman chutes, Teck Hughes mine, Kirkland Lake, Ontario.

る。約 120 呎の距離毎に鑛脈に沿つて 30 呎の間冠打を行ひ切羽は押木柱で留付け矢木を置く。下層の中心に人道を作り一方の側に漏斗を設ける。留付が終了してから漏斗掘り上りを線路上 30 呎の高さまで上げ中段鑛柱坑道で連絡する。それから中段坑道は鑛體の全幅に擴げ、其所から斜人道掘り上りを上の坑道に上げ通風、通行、鐵管線用とする。採掘は上の坑道下 20 呎以内に迄進めるが廣い切羽で軟弱な天層は柱で支柱する。さて鑛柱の回収は總ての切羽の鑛石を抜取つて後から開始するが上の坑道の box hole pillar と下の切羽の冠鑛柱は同時に採掘する。即ち各 box hole pillar の中とくに小掘り上げ、その周圍に孔を繰り、下の鑛柱は 12 呎の厚さ迄にしてそれから上下に孔を繰り、それに 110 volt の「サーキット」電氣を以つて、電氣的に一齊發破を行ふ (Fig. 31, B.)

Direct Stoping Cost, Teck-Hughes Mine, Typical month, 1928

	Cost per ton of ore hoisted
Labor	\$ 0.761
Supervision	0.096
Compressed air, drills, and steel	0.309
Explosives	0.816
Timber	0.042
Other supplies	0.033
Total	1.557

Wages

Shift bosses	\$ 7.
Mucker basses and chute blasters	\$ 5.
Drill runners, timbermen, and scalers	\$ 4.75
Muchers, trammers and drill helpers	\$ 4.25

Productivity of Stope Labor, Teck-Hughes Mine, October 1928

Occupation:	Man-hours per ton	Tons per man-shift
Breaking	1.400	5.71
Timmbering	.177	67.38
Total	1.517	5.27

Kirkland Lake Gold Mining Co, Kirkland Lake, Ontario<sup>(42)</sup>.

(42) Dumbrille, J. C., Method Kirkland Lake Gold Mining Co., Ltd., Kirkland Lake, Ontario: Inf. Circ. 6490, Bureau of Mine 1931.

イ) 鑛 床

鑛床は火成岩即ち煌斑岩、閃長岩、閃長岩斑岩中の断層帯中に胚胎し「レンズ」状をなして水平延長よりも垂直に長く擴がりを有す。即ち或物は水平延長 30 乃至 300 呎、垂直の長さ 100 乃至 500 呎にして幅は數呎乃至 30 呎に及び急傾斜をなしてゐる。大概の採掘可能「レンズ」鑛體は略垂直な断層帯の上層又は下層にある二三の高品位鑛脈は緩い角度をなして傾斜してゐる。鑛石は鑛染状態の母岩及び高度に破碎された石英によつて交代された母岩から成つてゐる。

ロ) 採 鑛

此所で用ふる Shrinkage 法は留付した坑道冠上から採掘する方法である。坑井は 10 呎間隔に作り 4×4 呎の人道は適當な間隔を以て坑道の上 50 呎迄掘り上り此の場所から上の坑道迄掘り上りを貫通す坑道間の距離は 125 呎である。切羽は 3 $\frac{3}{4}$  吋の Drifter で穿孔し、深さ 10 呎の向ひ孔を掘り 40% gelatin dynamite で發破する。本鑛山の Shrinkage 法では岩層の性質によつて非常に研と鑛石との混合が多くなり少くとも 30% 研を混じてゐる。

## Direct Stopping Costs, Kirkland Lake Gold Mining Co, 1930

	Cost per ton of ore hoisted	Cost per ton of ore broken	Cost per ton of ore and waste hoisted
Labor	\$ 0.77	0.671	0.485
Supervision	0.07	0.061	0.044
Compressed air, drills, and steel	0.23	0.200	0.145
Explosives	0.46	0.400	0.290
Timber	0.03	0.027	0.019
Other supplies	0.06	1.053	0.037
Total	1.62	1.412	1.020

## Wage

Machinemen and timberman	\$ 4.75
Machine helpers and muckers	4.25

## Labor Performance in Stopping, Kirkland Lake Gold Mining Co.

Occupation:	Man-hours per ton of ore	Tons per man-shift
Breaking	0.90	8.9
Timbering	0.07	114.4
Shoveling	0.48	16.7
Total	1.45	5.5

Vipond Mine, Timmins, Ontario.<sup>(43)</sup>

(43) Dye, Robert E., Mining Practices and Costs at the Vipond mine, Timmins, Ontario, Canada: Inf. Circ. 6525, Bureau of Mines, 1931.

## イ) 鑛 體

本鑛山は石英斑岩で貫入された破碎及片岩化された玄武岩帯の向斜褶曲中に位してゐる。鑛床は石英脈と石英で鑛染された不規則塊狀鑛體から成り長さでは各 10 呎又は 12 呎から 400 呎探掘幅では最小限度のものから 60 呎に及び異なる角度で傾斜してゐるが 30°乃至 60°である。鑛石は堅硬で良く保ち岩盤も稍壓碎せられた所及び石墨化した所を除ては強靱である。

## ロ) 採 掘

坑道は 100, 200, 300, 400, 500, 600, 733, 866, 1000 及 1200 呎、深さに設置し Shrinkage 法を用ひて採掘するが、坑道の冠に鑛柱を残すか残さぬかは鑛石の幅と品位に依つて決めてゐる。若し鑛柱坑道の冠が品位が良ければ、打込みを入れ矢木を布くがさもない時は適當な所から採掘掘上りをなす。幅 25 呎迄の鑛體は留を付けて採掘するが、それ以上に及べば box hole raise によつて切り開き「アーチ」型及踏前鑛柱は切羽が空になつてから回収する。留付をする所では、坑井は中心から中心迄 15 呎間隔を取るが boxhole を用ふる所では 25 呎より狭いことは稀であ

る。枠組された人道は 100 呎の間隔に設けてある。坑道の上 60 呎位切羽が上昇進行したら切羽から上部坑道に掘上りを貫く。地盤の悪い所は打込み又は押掛けで支持する。切羽の冠りの水平向ひ孔を掘る時 Leyner 式鑛岩機を用ふる。

## Direct Stopping Costs, Vipond Mine, Aug. 1, 1929 to July 31, 1930

	Cost per ton of ore hoisted	Cost per ton of ore broken
Labor	\$ 0.626	\$ 0.680
Supervision	0.084	0.091
Compressed air, drills, and steel	0.250	0.271
Explosives	0.180	0.195
Timber	0.046	0.050
Other supplies	0.089	0.097
Total	1.275	1.384

	Man-hours per ton of ore	Tons of ore per man-shift
Labor (drilling, blasting, timbering)	1.176	6.8

火薬消費量は噸當平均 1.05 封度 (40% gelatin dynamite)

Mc. Intyre Mine, Schumacher, Ontario<sup>(44)</sup>.

(44) Skavlen, H. G. Mining Methods at the Mc. Intyre Porcupine Mines, Ltd., Schumacher, Ontario: Inf. Circ. 6741, Bureau of Mines, 1933. 18pp.

## イ) 鑛 床

本鑛山は Keewatin 熔岩、石英斑岩の貫入、輝綠岩及び「アルバタイト」岩脈等を持つ porcupine 向傾層の北翼に位置し且當地の岩石が數時代に互つて壓力を蒙つてゐることは複雑な褶曲作用、鑛脈を含有する破碎帶、廣汎な片岩帶等の存在してゐることによつて知られ而も、最後の片岩帶は北東に數哩の間 1,600 呎以上の幅を持つて展開してゐる。即ち、片岩の走向 N 65°乃至 80°E にして南に急傾斜してゐる。片岩帶中の破碎面は僅少な角度を以つて片理を横切り此の中に稼行鑛脈が胚胎してゐる。尙此外に熔岩中及稀には斑岩中にも鑛脈が発見される。鑛床は片岩の碎片を含有する石英脈と不規則交代鑛床の二つの型があつて後者は一般に垂直であるが或物は約 60°北に傾斜してゐるものもある。長さは 1,200 呎迄幅は 100 呎迄種々變化するが平均幅は約 10 呎である。岩盤は片岩中及破碎帶の非晶質炭素帯を除いて一般に強靱である。

鑛石は 1932 年 5 月 31 日迄に通常平均 \$ 8.95 の金鑛にして全部で 6,015,718 噸の鑛石が採掘選鑛された。尙高品位の pocket が常に石英脈中に局部的に存在してゐる。

## ロ) 採 掘

1930 年迄大部分の鑛石が Shrinkage 法に依つて採掘されたのであるが重い岩盤中の幅の廣

い鑛體は Square-set 法を用ひそれから次第に Cut-and-fill 法を採用し 1932 年には約半分の生産物が此れによつて探掘されるやうになつたのである。

Shrinkage 法探掘では探掘を開始する前に掘上りを坑道から坑道へ貫通させるのであるが時には屢々掘上りを上げる前に既に坑道上 60 呎迄切羽を進めることがある、探掘開始に當つては坑道は鑛石の全幅員を腰割し、冠りを 18 又は 20 呎迄上げそれから柱と冠木で留付をなし坑井は坑道に沿つて 15 乃至 30 呎の間隔である時は冠打を行はず、所謂 "Boxhole" 掘上りを 30 呎の高さ迄 25 呎の間隔で上げ中段鑛押坑道で連絡しそれから正規の Shrinkage 法を初める、現在では Shrinkage 法は岩磐が堅硬で規則正しく、可成りの幅を持つてゐる低品位鑛石の場合に採用せられる丈である。

尙此の方法で Man-shift 當り破碎鑛量は約 20 噸であり爆薬消費量は噸當り約 1 封度である。

#### Elkoro Mines, Jarbidge, Nev. <sup>(45)</sup>

(45) Park, John Furness, Mining Practices, Methods, and Costs at Elkoro Mines, Jarbidge, Nev. Inf. Circ. 6543 Bureau of Mines, 1931.

##### イ) 鑛 床

此地方の金銀鑛石は廣汎に變質を受けた第三紀火山岩流の斷層帯中の石英脈中に胚胎してゐる鑛脈は 60° 乃至 80° に傾斜し長さも幅共に非常に變化があるが主要鑛脈の幅は約 6 呎にして場合に依つては 50 呎に亙ることがある。又此鑛脈を約 60° の角度で切斷する稍鉛にとめる鑛脈がある。岩磐は常に判然とし總ての有價鑛物が回収出来る程度に破碎する。非常に高品位の鑛石は見當らないが、選鑛場への給鑛の平均価格は噸當り \$10 以上であつた。尙場所によつて低品位鑛石は切羽に鑛柱として残す。開坑としては垂直距離 150 呎毎に坑道を切り、鑛體を探掘するため適当な場所から掘上り、又は掘下りを行つて坑道を連絡するが、此等掘上り又は掘下りは後に切羽人道の坑井又は通風等の役目を果すものである。1930 年には鑛石は全部 Shrinkage 法で探掘したがそれ以前には場所によつて Cut-and-fill 法を用ひた所もある。

##### ロ) 探 掘

探掘としては鑛石の全幅員を鑛押して次に冠打を行ひ矢木を布いた留を付け漏斗は 15 呎間隔に設置する、人道は切羽の長さの方に 125 呎間隔に作る。切羽は水平 slice で探掘するが鑛の切羽は必ずしも並行して進むのではない。穿孔は stoper で行ひ鑛石は容易に穿孔されるが適度の硬さを持ち居り鑛岩夫は一日に三組以上の鑽を使用してゐる。

破碎鑛石の部は切羽の冠りの間に適当な作業場を作る爲に探掘作業中は約 23% だけの鑛石を抜取る(之は他の鑛山の Shrinkage 法では 30 乃至 40% になつてゐる。) 斯くて探掘は殆んど支柱を行はずに 250 呎の高さ迄進められるが、品位の悪い所又は岩磐の軟弱な時は鑛柱を残し

てゐる切羽が上部坑道下約 4 呎迄進めば切羽全體に堅固な支柱木積を施して切羽整理作業を行つてゐる支柱夫の安全を計つてやるのである。

#### Direct Stopping Costs, Elkoro Mine, 1930 (57,539 tons were hoisted)

	cost per ton of ore
Labor; Drilling and blasting	\$ 0.382
Labor; Timbering and cleaning out stoping	0.537
Compressed air, drills, and steel	0.162
Explosives	0.107
Timber	0.164
Other supplies	0.258
Total	1.610

#### Direct stopping costs in man-hours per ton

Occupation:	Man-hours, per ton.	Tons per man-shift
Breaking (Drilling and blasting)	0.555	14.4
Timbering, mucking, and cleaning out stopes	0.818	9.8
Total	1.373	5.8

火薬消費量は破碎鑛量噸當 1.239 封度 (40% Gelatin Dynamite)

#### Engels Mine, Plumas Country, Calif. <sup>(46)</sup>

(46) Nelson, W.I., Mining Methods and Costs at the Engels Mine, Plumas Country, Calif. Inf. Circ. 6260 Bureau of Mines, 1930.

##### イ) 鑛 床

此鑛山の鑛床は閃綠岩及變質閃綠岩中の壓碎帶中に胚胎したものであつてその走向は N60°E 傾斜 80°W である、而して主要鑛體は三壓碎帶からなり、其内二つは平行してゐる、第四坑道以上は銅の品位 4% にして、それ以下では平均 13/4~21/2% である。鑛體は最大幅 100 呎に及び 830 呎の長さには達す。閃綠岩及び變質閃綠岩は非常に堅緻なものであるから支柱を行はなくても充分坑内を保つことが出来る。

##### ロ) 探 掘

開坑は約 150 乃至 200 呎の距離に坑道を切り探掘は鑛押坑道の冠に「アーチ」型鑛柱(厚さ 18 呎)を残して Shrinkage 法を用ひてゐる切羽の断面の長さは 90 乃至 120 呎であつて厚さ 20 呎の横の切羽鑛柱によつて分離せられてゐる。人道及材料供給用堅坑は交互の鑛柱の中に掘上げられる、鑛石拔取り坑道は下磐に沿つて掘進される。

坑井は 30 呎の間隔に設置するが其時線路上 14 呎の高さまで冠打をする。故に坑井は冠打より上に三發破即ち線路上 32 呎で完成する。次に掘上りは鑛押の冠上 18 呎の鑛柱を残し

て其の上で連絡される。斯様にして坑井掘上りの一つは人道、空氣、給水等の爲に使用せられる。坑井掘上りを連絡する鑢押坑道は鑛體の幅に應じて掘上げる。次に探掘は Drifter で冠打をする事に依つて切められる。平坦な冠は二發破分穿孔するがこれは狭い切羽は一列に三本、廣い切羽では 4 本からなる平均孔深は約 7.7 呎であり、1928 年の man-shift 當り平均 7.3 孔で穿孔全長は 56.2 呎であつた。尙發破には 40% Ammonia dynamite を用ふる。

切羽の人員は引立の切取作業は一人の坑夫と一人の研取夫が組んでゐるが、探掘が進捗中 1 乃至 3 人の坑夫と 1 乃至 2 人の plugger が各切羽で作業を行ふ、之の plugger は坑夫を助け、大塊を Hammer で破碎するものである。切羽發破は series に連絡して 220-Volt の電流で電氣發破を行ふ。切羽は上の坑道下 20 呎以内まで進めるのであるが、上の坑道地並の切羽からの出鑛が完了する迄は下の切羽の鑛石は抜かないで一杯の鑛石を残しておく。斯様にして切羽の冠は坑道迄探掘しつくされるのである。坑道での穿孔の角度は殆んど平坦から 45° に變化するが最初の cut で 9 呎の深さの孔を 4 呎離して穿孔し 10 又は 20 孔を同時に發破する。この cut は切羽の全長に互つて續けられる。次の cut では水平に探掘する、坑道から上の切羽の踏前迄の鑛柱を採掘する時は切羽探掘 27 噸の平均に對して一交代、一臺當破碎鑛量は 75 噸である。又垂直の鑛柱 146,526 噸は Hammer drill 穿孔噸當經費 C 58 Diamond Drill 穿孔噸當り經費 φ 28 の割合で採掘されたのである。尙人道掘上りの足場からの鑛柱穿孔方法は Bureau of mines information circular 6260 に詳細に記述されてゐる。之は勿論 shrinkage 切羽が空洞になつてから初めて一度に採掘するのである。

Comparative costs of breaking ore in vertical pillars

Method	Tons in pillar	Number of holes	feet of hole	Total cost of drilling	Total cost of loading and explosives	Engels mine Total cost per ton broken
Hammer drills	7.475	1.205	12.144	\$ 2.911	\$ 1.439	\$ 0.582
Diamond drill	40.178	17	2.208	8.815	2.052	0.270
Do	11.205	6	688	2.446	290	0.244

Direct stoping costs, Engels mine, 1928

	cost per ton of ore hoisted
Labor	\$ 0.378
Supervision	0.033
Compressed air, drills, and steel	0.135
Explosives	0.157
Timber	0.017
Other supplies	0.040
Total	0.760

Wage

Machinemen	\$ 5
Jackhammer men	4.75
Muckers	4.50
Timbermen	5 and 55
Timbermen, helper	4.50
Shift losses	6

火藥消費費探掘噸當 0.813 封度である

Mount Hope Mine, Mount Hope, N.J.<sup>(47)</sup>

(47) Sweet, J. R., Mining Methods and Costs at the Mt. Hope Mine of the Warren Foundry and Pipe Corporation, Mt. Hope, N.J. Inf. Circ. 6601, Bureau of Mines, 1932.

イ) 鑛 床

此鑛山の鑛體は pegmatite の貫入した灰色花崗片麻岩からなる。前「カンブリア紀」の岩帯中にある廣さ 1000 呎の鑛石帯中に胚胎したものである散點狀磁鐵鑛は大概の母岩中に發見されるが鑛石帯中には走向東北各 500 呎の間隔を持ち垂直から 60° に傾斜した三大主要鑛脈が存在する。

富鑛體は板狀を呈し一端は廣く片麻岩に整合し南東に傾斜してゐるが落しは北東 140° である。鑛體は可成り規則正しいものであるが場所によつては不規則に輪轉機の形をなし、又鑛脈のやうに尖滅したり或は膨脹したりする高さは 150 乃至 400 呎、厚さは數呎乃至 40 呎であるが最大鑛床の平均幅は 19 呎である。

磁鐵鑛鑛床には二つの型式があり、一つは堅硬、塊狀粒狀をなし一つは堅硬、塊狀、且層狀をなしてゐる、品位は鐵 35% 乃至 65% である。粒狀型鑛床は大きく破碎し、少くとも幅 40 呎以上も支柱なくして放置し得るが層狀型鑛床は之よりも弱く容易に破碎し且細かく破碎する。

ロ) 採 掘

鑛山は垂直堅坑と鑛床の落しに平行して掘進した斜坑によつて開坑されてゐる、坑道間の間隔は 160 呎乃至 260 呎である、切羽は常に 340 呎の長さを持ち厚さ 30 乃至 40 呎の鑛柱によつて分離される、切羽の入口は鑛柱の中心から上方に人道を掘鑿し之等は鑢押坑道によつて切羽と連絡してゐる。常に各切羽には 81 呎離した 4 個の坑井を準備する、次に坑井上にの grizzly chamber を作り其の踏前は坑道の上 27 呎の所にある様にし、其の grizzly chamber の端から 45° の角度に undercutting raise を掘鑿し、これから反對の方向に 45° に掘上りを作り坑井の中心線上に相合する様にする、斯様にして grizzly の上三角形の鑛柱を形成するやうに作る。尤も或は切羽では grizzly は廢棄さる。その場合切羽に 40 呎宛の間隔を持つた 8 個の坑井を準備する。

鑛石は鑛柱の上から支柱又は充填をせずに shrinkage 法で探掘する切羽は undercutting raise から其の全長に亘つて undercut されるが、それには 2×12 吋の板の上で濕式自動 stoper は乾式小型鑛岩機を用ふる軟弱な鑛體では各切羽に 2 組の坑夫達が切羽の反対側から初めお互の方に向けて作業を進める。各組は夫々二臺の機械を持つ二人の坑夫である。強靱な地盤の所では数多い引立面を作つて作業するが現在 (1932) では僅か 5 臺の機械しか一つの切羽では用ひられて居らぬ。引立面は高さは鑛體の幅と共に變化するのであるが 6~15 呎の高さの引立では Breast drilling を行ふ。以前は stoper にて垂直に孔深 6 呎に穿孔されたのであるが之は孔深約 14 呎 Breast stoping (地並拂ひ) を用ふることによつて中止せられてしまつたのである。而して之に用ふる機械としては light juck hammer を使用する。

次に述べる數字は古い穿孔方法 (stoper を用ふ) と新しい穿孔方法とを比較したものであつて後者は坑夫が浮石を取つた地盤の下で作業し得且穿孔作業は自己の上部よりも前方で行ひ得られるので前者よりも大變安全である。

Comparative Results, old and new and drilling methods, Mount hope mine.

	1926	1930
	old method	new method
Tons broken per machine-shift	26.66	82.53
Tons per men-shift, all labor chargeable to stoping	19.90	57.59
Man-hours per ton, all stope labor	0.402	0.138
Tons broken per foot of hole drilled (stoping)	0.745	2.579
Pound of powder used per ton of ore broken (stoping)	0.611	0.384

尙現在の探掘法の實收率は 90% であつて、殘留鑛石は切羽鑛柱の踏前鑛柱、Undercutting raise によつて形成したもの及び grizzly-chamber 鑛柱等である。又鑛石と礫との混合は約 10% 以下である。

Stoping costs, Mount Hope mine, 1930

Stope development:	cost per long ton (2,240 pounds)
Labor	\$ 0.106
Supervision	0.004
Compressed air, drills, and steel	0.110
Explosives	0.042
Timber	0.012
Other supplies	0.024
Total stope development	0.298
Stoping	
Labor	0.074
Supervision	0.029

Explosives	0.038
Compressed air, drills, and steel	0.090
Other supplies	0.002
Total stoping	0.233
Block holing	
Labor	0.043
Supervision	0.003
Explosives	0.048
Other supplies	0.007
Total block holing	0.101
Total direct stoping cost	0.632

Consumption of explosives in stoping was as follows

Stopes proper	pound per long ton
40-percent strength	\$ 0.302
50. " "	0.012
Blockholing	
40-percent strength	0.426
50. " "	0.005
Total explosives in stopes	0.745

#### Ordinary Shrinkage stoping in wide ore bodies

廣い幅の鑛體を採掘するには、横の鑛柱によつて互に分離された横の切羽を作つて探掘を行ふ。即ち上述の比較的狭い鑛體では縦の切羽にして探掘を行ひ得るが廣い鑛體では幅員が非常に大きいため若し縦の切羽で兩鑛間を採掘するならば、支持のない切羽の冠が餘りに大きくて保持する事が不可能となるためである。そこで此困難をなくするために、切羽は走向に直角に鑛體を切つて進められ鑛體の幅が即ち切羽の長さになるのであるが、切羽の幅は鑛石の強さに依つて定まり安全に保持できる span の長さに限定する。斯の様に Shrinkage 探掘が終り鑛石を採取つてしまつた後鑛柱を採掘するのであるが、若し鑛石が低品位である時は完全に回収することをしない。鑛柱回収には時々 caving 法を用ひ次のやうにして行ふものである。即ち切羽間の鑛柱は採掘進行中は出来る丈薄く、且切羽が進行中崩落が堪へ得るだけの厚さを持つ様にして切羽が殆んど上の坑道迄達した時切羽鑛柱を切つてしまうと同時に切羽の冠龍頭も爆破するか又は自重を崩落せしめる。斯の様に暫時の後薄い鑛柱は自重の爲に崩壊して破碎し、切羽が空洞になつた時切羽鑛石と共に抜き取るのである。

この場合一般に Shrinkage 法では兩鑛及上部坑道から礫が抜け落ちて來て鑛石を若干犠牲にする傾向があるものであるが上述の方法を行つた場合は鑛石の品位を餘り低下せしめずに回収し得るのである。高品位の上鑛であれば礫の混入を防止するため幾分經費をかけて回収すること

が出来る。龍頭拂の前に探掘跡を併、廢石をもつて充填すれば Top slicing 法又は Square-setting 法或は Cut-and-fill 法を用ひて龍頭拂を行ふことが出来る。

Homestake mine, Lead, S. Dak は廣大な鑛體を走向と直角な Shrinkage 法を採用し且切羽充填後の龍頭拂を行つてゐる代表的な實例である。

Home Stake Mine. S. Dak.

鑛體は背斜構造中にある 40~60 呎の石灰岩層を交代して出来たものであつて、背斜軸の方向は略南北であり水平より略 40°~45° の角度で南に傾斜して居る。

褶曲作用を受けた結果として鑛體は同一水平面上にて明瞭な 5 つのレンズ状の富鑛部を作つてゐる。

且鑛體の北端は地表に露出して居る。

鑛體は前カムブリア紀層に屬する粘板岩片岩硅岩中に胚胎し之等の岩石は大なる壓力に依りて甚だ素質を受けて居る。此の岩層中に石英粗面岩の岩脈が進入して居る母岩は大部分粘板岩であつて時に片岩又は斑岩になつてゐる事もある。何れも堅硬なものである。

鑛石自體は強靱な緻密なものであつて主として黄鐵鑛、黄銅鑛、硫砒鐵鑛、磁硫鐵鑛であり何れも金を隨伴して居る。

本鑛山の探掘は 50 年以上も昔より始められ最初は北端の露頭部にて露天掘がなされた。

ついで坑内掘がなされる様になり初めの中は不規則な open stope 法や square-set stope 法が用ひられた。

探掘跡が廣くなり崩壊し始めるとその切羽を捨てて新しい切羽に掛つて行くと云ふ具合であつたから實收率は極めて低いものであつた。その後地表下 900~2,300 呎の深さの所では此の鑛體に對して走向に直角な方向の Shrinkage 法が用ひられる様になつた。鑛體の主要部分は 1,400 呎より 1,850 呎の坑道間であり幅は最大 250 呎に及び平均 135 呎である。他に之に平行して主要鑛體から 100 呎はなれた所に 25~50 呎の幅を有する 300~400 呎延長を持つ鑛體がある。

幅の廣い部分は鑛體に垂直な 40 呎の幅の鑛柱を残して 60 呎の間の部分を Shrinkage 法にて探掘する。中段間の間隔は 1250 呎坑道以上は 100 呎としそれより下部にては 150 呎としてゐる。

本鑛山の開坑は堅坑を掘鑿し之にて坑道に連絡させ各地並では上層及び下層に運搬坑道を作り之より鑛體に向けて 100 呎の間隔で立入を切る。つい最近迄は此の立入を 40 呎の鑛柱の中心に切り、更に 30 呎の間隔で此の立入より切羽に向ふ垂直なる坑道を切つて居た。併し現在では此の坑道は鑛體に達する以前に分岐させて之を Pillar line と平行に切る事とした。(Fig. 32.

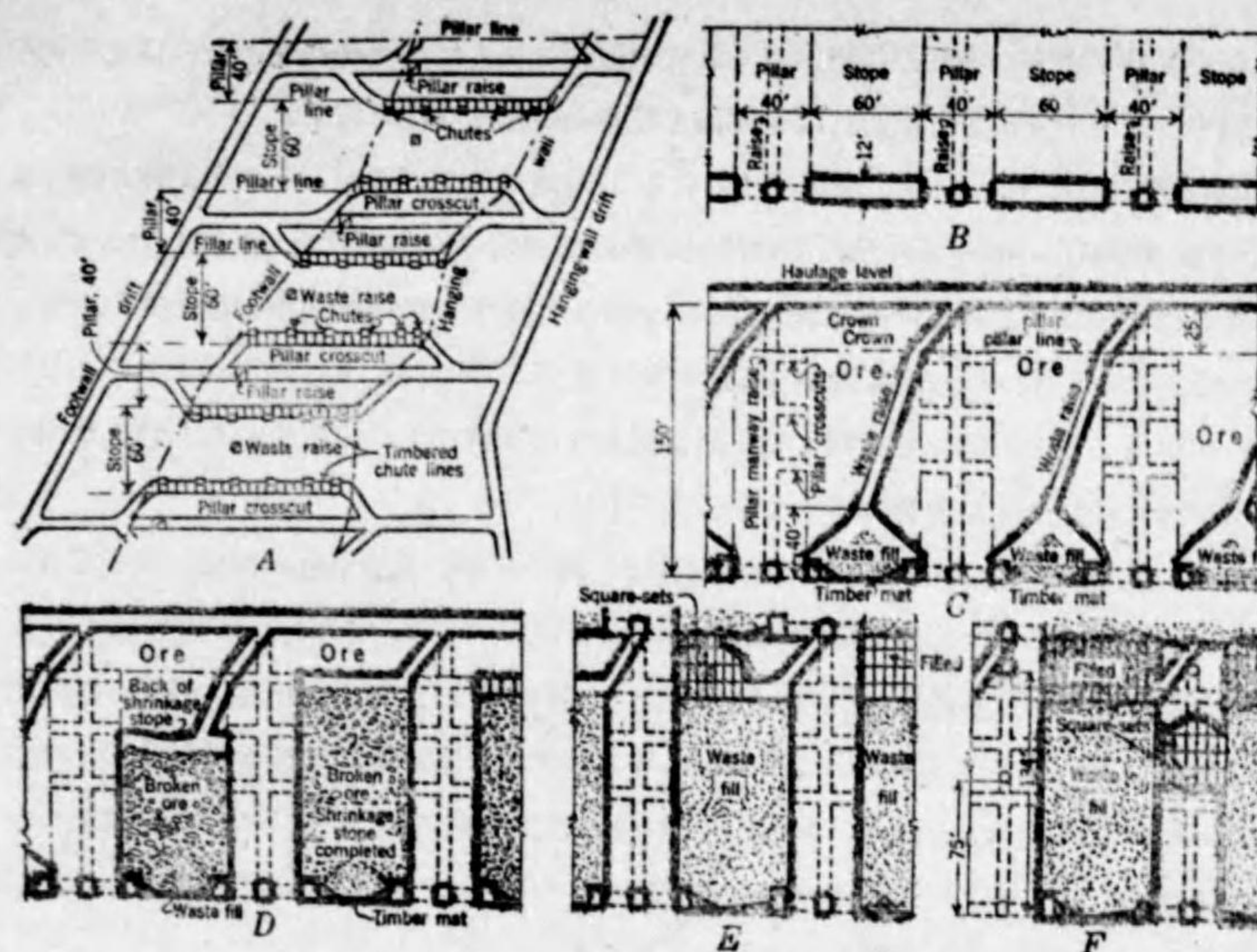


Fig. 32.—Shrinkage stopping, Homestake mine, South Dakota: A, Sill floor plan showing stope silled out; C, vertical section showing stopes arched and center filled ready to start shrinkage stopping; D, vertical section through shrinkage stopes; E, shrinkage stopes mined and filled, crown pillars being mined by square setting; F, mining stope pillar by square setting.

A) Fig. 32 B 圖に示す如く幅 60 呎の間の鑛體を 11~12 呎の高さで腰割をなす。次いで C 圖に示す如く 40 呎の高さの arch 形に天井を切り落し arch の頂上から上の坑道迄土砂充填用の掘上りを作る。人道は鑛柱の中心の下層の中に作り之より 60, 90, 120 呎の高さの所で鑛體へ向けて立入を切り後程切羽が高くなつた時に之を使用する。此の時迄に破碎された鑛石は手積みによりて運び出される。漏斗は鑛柱に沿つて鑛體の幅一杯に作られる。漏斗の線には 6 呎間隔に square-set を組みその四つ目毎に漏斗をつける切羽の底には古坑木を敷いておく、かくして土砂堅坑を通して上の中段より充填物を入れ切羽は天井との間數呎を残して充填される (Fig. 32. C)

普通の shrinkage 法と同じやうに探掘を進めて行き上の坑道との間が 30 呎位になつた所で之を龍頭として残しておく。段缺をして行く時には通常 arch 形にして行くよりもむしろ中央を低くして pillar line の方より中心に向けて孔を掘る。穿孔は中型の鑿岩機を用ひ最長 11 呎の孔を使用する。鑛石は硬く強靱にして通常 1 臺當り 25~40 呎しか穿孔出来ない。

又大きく碎かれるから jack hammer にて小割する必要がある。破碎鑛石の約 40% が漏斗より引抜かれ 1 噸鑛車にて堅坑迄運ばれる運搬には壓搾空氣機關車が用ひられる。探掘が終了し破碎鑛石が全部引抜かれると探掘跡は廢石を以て充填される。此の充填物は岩層中に切られた探掘坑道や他の切羽にて選別された礫を以て之にあてる。1929 年に 617, 914 噸の充填物が

使用された。若し上方の中段の探掘がおくられて冠龍頭を長く保つ必要のある時には充填物を出來るだけ固くつめてやるかさもなければ充填物と龍頭との間に支柱を施す。

鑛柱の探掘には square-set 法が用ひられる。冠龍頭を先づ探掘しその後鑛柱の部分を探掘する。(Fig. 32, E) square-set 法にての探掘が終れば通常その中を廢石で充填しておく、荷が餘り重くない時には最上の枠丈は充填しない。殘柱を探掘するには殘柱中の掘上りの中で下から 75, 134 呎の所で下盤から上盤迄通する坑道を切り抜く。(Fig. 32, F) 先づ掘上りのある反對側から 75 呎中盤より上の部分を探掘する。通常掘上りは下盤に作つてあるから上盤より開始する事となるが時には掘上りが上盤に作つてある事もある。

通常 3~5 set の幅にて探掘して行き探掘跡の square-set も最上部のみ残して充填する。次いで殘柱の下部を同じ様な方法で運搬坑道の地並から探掘する。

殘柱が餘り長い間放置されて居ない時には之を回収するのは極めてた易いが長い間放置されて居る場合には重い荷がかゝつて居て鑛石が破碎されて居る事がある。此の様な時には補強の爲に square-set に斜梁を入れ、漏斗と人道の枠組を残して兩側の充填物迄びつちり枠組をつけてやらねばならない。併し時に依つては兩側の充填物が充分固くなつて居て殘柱の部分を shrinkage 法にて探掘しても殆ど充填物が混入して來ない事もある。

以上が幅の廣い鑛體の探掘法の標準を示したものであるが 50 呎以下の鑛體に於ては鑛體と平行した縦の shrinkage 法が用ひられて居る。此の時は漏斗線は下盤側にのみ作り最初の充填は上盤から下盤に向けて充填物の安息角に等しい角で積んでおく。南方で下盤が坑道を切る所では三角形の鑛體がその坑道ともう 1 つ上の坑道との間に残る事となる。通常之は下盤の坑道或は立入から掘上りを上げて探掘する。之等掘上りは南北の方向に 30~40 呎の間隔で作られ鑛石は掘上りの頂上より東西の兩盤へ向つて探掘せられ上の坑道迄 shrinkage 法にて探掘する。

鑛體の廣い所では矢張り 60 呎の切材を作り 40 呎の鑛柱を残して行く標準の探掘法を適用する必要がある。1929 年に於ける Home stake mine の直接探掘費は噸當り \$ 1.14 であつた。

此の値は shrinkage 法, square set 法, caving 法の平均値にして噸當り \$ 0.18 の充填費をも含んで居る。此の年には shrinkage 法にて 20% の龍頭掘より 28%, caving 法で 52% の鑛石を採掘した。表示すれば次の如し。

Distribution of direct stoping costs, Home stake Mine 1929

	cost per ton
Labor, mining	\$ 0.5649
Supervision, mining	0.0453
Compressed air, drills, and steel, mining	0.1572
Explosives, mining	0.0913
Timber, mining	0.1083

Subtotal	\$ 0.9670
Labor, back filling	0.1102
Supervision, back filling	0.0105
Compressed air, drills, and steel, back filling	0.0306
Explosives, back filling	0.0029
Timber, back filling	0.0216
Subtotal, back filling	\$ 0.1758
Total direct stoping and back filling	\$ 1.1428

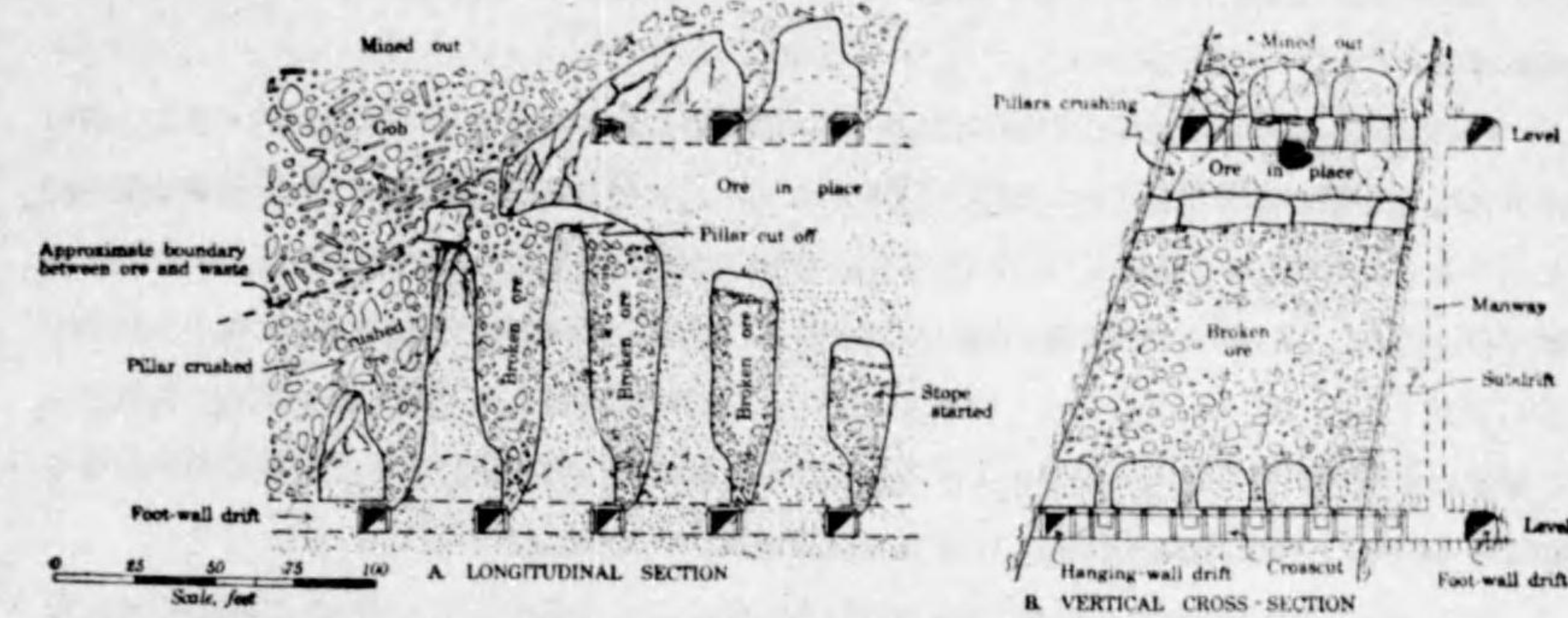


Fig. 33—Shrinkage stoping, Bristol mine, Michigan; wide ore body, showing breaking of pillar by caving.

龍頭探掘に於ける坑夫に對する仕拂賃金は平均噸當り \$ 1.10 である。Caving 法を行つてゐる切材ではグリズリーの所に於ける選別及積込費は噸當り \$ 10、漏斗の所に於ける鑛石抜きに對する賃金は噸當り C 15 呎下であり(筆者の見積り)恐らく此の方法に於ける勞賃は 1 車當り C 15 位であらう。Shrinkage 法をみの直接探掘費は上表より考ふれば大約噸當り \$ 1.0 位である。之は勿論充填費を含んでゐない。

Modified shrinkage stoping in large ore body.

Bristol mine, Crystal Falls, Michigan.

Fig. 33 は Bristol Mine に於ける探掘法を示したものである。

鑛體の走向に沿つて薄層の鑛柱を残し之と兩盤との間の部分を shrinkage 法にて探掘する。鑛柱は shrinkage 法にて破碎された鑛石を抜く時に一諸に崩壊して採取される。尤も此の山の鑛體は兩盤の附近が柔かく(特に上盤側は柔かい)中心に堅硬な鑛石の層が存在して居る。鑛體は大體 1,000 呎の延長と 100 呎の幅を持つて居る赤鐵鑛である。運搬坑道は垂直高さ 125 呎間隔で掘られ各地並では鑛體の極近くの下盤中に坑道を切り更にもう 1 本上盤側の鑛體中に坑道を切る。兩坑道を 37 呎の間隔で切つた立入で連絡し立入中では 25 呎の間隔で漏斗を上げる。先づ東西の兩方から探掘を始め地並より 15 呎上の所で鑛體全部の幅を切り開いて漏斗を上げる。採

掘場は 15~25 呎の幅で 37 呎の長さを保ち、厚さ 12~22 呎の鑛柱で區劃されて居る。

各切羽は兩譬に沿つて切られた坑道及び鑛柱の中心を通る坑道で連絡され、その後 20~25 呎の高さ迄探掘される。切羽の上方へ進むに従つて掘られるから鑛柱は次第に薄くなつて行く。20~25 呎に達すると鑛柱と天井に荷がかかり踏前龍頭を確實に破碎する爲に鑛柱は頂上の所でそれを貫いて穿孔し多くの火薬をつめて發破をかける。上の中段の踏前龍頭は落ちて行くと同時に破碎されるその時に下の鑛柱をも破碎して行く。

十分に細かく破碎しないで大きな塊が多くおちる時には引抜く時に漏斗の所で發破をかけなければならない。

Shrinkage 法に於て此の山の様に真中に堅い鑛石帯のある事は極めて特殊な例である。硬い部分は大きな鑿岩機を用ひ 10% セラチンダイナマイトを用ひる。兩譬側の柔かい部分は鑿岩機を用ひる必要も少なく、發破も殆どかけなくて済む。柔かい部分をも穿孔する必要がある時は機械を硬い鑛石の下に据えて譬の方へ向けて孔を掘る。約半分の鑛石は發破に依つて探掘され後半分は發破を用ひずに Caving によつて探掘される。切羽の鑛石が全部破碎された後鑛石を抜き上の切羽の充填物が漏斗の所へ表はれて来る迄続ける。此の引抜作業が終ると次の線の漏斗を抜くのであるがその方向は堅坑の方から主要立入の方へ向けて後退して行く。

1928 年の成績は英噸當りの勞力は 0.121 人一時であり大體工方當り 66.1 英噸の出鑛となつて居る。1929 年には各 0.109 人一時及び 42.1 英噸であつた。火薬消費量は英噸當り 1928 年が 0.393 封度である 1929 年は 0.40 封度であつた。

#### Climax Molybdenum Co. Climax, Colo.

1930 年以前は此の鑛山では大部分の鑛石は規則正しい鑛柱で區劃された切羽を shrinkage 法にて探掘されてゐた。11 鑛柱は崩壊されて shrinkage の鑛石と一緒に抜かれるのである。鑛體は大きく、不規則な塊状をして居り 200~400 呎の厚さを持つて居る。鑛石は珪化花崗岩中に鑛染された輝水鉛鑛であり岩譬も共に甚だ強靱で相當の長さ無支柱で保つ。

鑛石と岩譬の間にははつきりした境界はなく周邊に行くに従つて次第に品位が落ちて行く。平均品位は輝水鉛鑛 0.9% である。上の坑道は約 100 呎上方にあり、それより 200 呎下に下の坑道がある。探掘切羽は長さ 400 呎幅 50 呎であり各切羽間の残柱は約 40 呎である。

下の主要坑道から切羽と鑛柱との間に左右 250 呎の間運搬坑道が切られ人道が上下に掘られる。

又 85 呎の高さの所に柱 5 呎×7 呎のグリズリー中段を運搬坑道の眞上に作る。運搬坑道上の冠龍頭の厚さは 27 呎となる。漏斗用の掘上りは運搬坑道から 50 呎の間隔であげる。その中の 1 つは坑道の兩側に作り、1 方は切羽になる可き部分の中心線とグリズリー中段の地並で交はる様にし、今 1 つの方は同じ地並で鑛柱となる可き部分の中心線と交はる様にする。

グリズリー中段から短かい立入を切り漏斗用の掘上りの頂きとつなぎその部分に 15×8 呎のグリズリー用の部屋を作る。各グリズリーの兩端から更に掘上りを上げ之より 30 呎の上方の探掘地並の所へ口をつける。之が完成された時切羽には鑛石の受口が 2 列並ぶ事となる。

各列の間隔は 25 呎となつてゐる。

探掘は Leyner Machine で鑛柱から鑛柱へ向けて水平に穿孔する。人道は切羽の端から上げられ探掘が進むに従つて之も枠組を組んで上げて行き、之を切羽の出入口とする。

探掘はグリズリーの地並から始められ鑛柱は後で探掘する。鑛柱を探掘する時も之と同じ様にして行く。鑛柱の中の掘上りはグリズリー地並より 25 呎上の探掘地並から上げて上の坑道と連絡して、之を通氣及び資材の運搬に使用する。此の掘上りにて垂直間隔 20 呎毎に坑道を切り此の坑道より 8 呎の長さの短かい立入を 15 呎の間隔で切り之を火薬入れに使用してゐる。此の鑛山附近は堅硬な等質な岩石で出来殆ど全部が石英である。之は併し非常に破碎し易い。切羽では 2 臺の機械を並べて使用し孔深は 16~20 呎とし孔の間隔は  $4\frac{1}{3}$ ~5 呎である。1 封度の火薬で大體 4 噸の鑛石を採掘出来る。

1 臺 1 方當り平均 160 噸を破碎する。

1929 年の 1 日平均 1,060 噸の出鑛があつた。1 人 1 方當り 43.42 噸 1 噸當り 0.184 人一時である。切羽が 1 呎進む毎に約 400 噸の鑛量が破碎される事となる。

#### Alaska Juneau Mine

Bradley, P. R. Mining methods and Costs, Alaska Juneau Gold Mining Co, Juneau Alaska: Inf: Circ. 6186 Bureau of Mines.

「アラスカ」の Juneau 鑛山に於て採用されてゐる探掘法は Caving, Undercut caving, Sublevel caving, 及び Shrinkage 法等の種々ある。この探掘法は嚴密な意味での Caving 法ではなく、當會社の専門技術者の言つてゐる Caving 法である。大部分の鑛石は caving により破碎され、その Caving がこの探掘法の主體をなしてゐる。即ち破碎鑛石にて一部充たされた切羽に數本の火薬をかけて鑛石を採掘切羽に落して行ふ。切羽が地並から上方に向つて探掘されるので Sublevel caving でない。當報告書で言つてゐる Sublevel caving は探掘が上部より始まり下方に進行し、地並坑道迄探掘するのである。この方法を採用した特殊の條件は噸當平均 1.12 弗の鑛石を數ヶ年以上保有し噸當 80 乃至 90 仙の回収費を使用して採算のとれると云ふ様な經費上目立つた結果を得る程主要性のあるものではない。この方法は shrinkage を變化改良したもののやうに思はれるので本書に於てはその中に含められる。

下記は Bradley's paper より抜萃したものである。

金鑛は石英細脈及び粘板岩「メタ」斑岩中廣範圍の龜裂地帯にある裂縫充填脈の中に存す



石英脈は普通粘板岩と斑岩との接觸面附近その幅 1000 呎乃至 2000 呎中に介在し石英脈が網状を呈し單獨「レンズ」状のものはその幅員 1 呎乃至 3.4 呎を有す。高品位鑛石帯の幅は 300 呎以内で低品位鑛石は之等の間に存し幅 25 乃至 100 呎を有す。純石英は營利範圍内のもので噸 \$6 であるが、石英脈外側の岩石は全然無價値である。鑛石が斷層によつて切斷されてゐる處以外は堅硬なる境界に接してゐず、有利的探掘は含金細脈及び裂隙脈の數が非常に尠くなる所まで行ひ判然たる限界はない。

鑛體の性質上高品位の不規則な脈状及「レンズ」状のものを採掘する特別の方法を採用するには不適當であるので全體を塊状に採掘し鑛床の含金部分間の研により金品位を餘儀なく低下してゐる。研は選別して運搬量中 53% は地表に捨て、残りの 47% は微粉選鑛にて處理せられる。當探掘法の開坑に當り鑛體に關する總ての物理的條件を慎重に考慮せねばならぬ。Silver Bow 斷層 Nugget Creek の斷層及び之に平行せる同性質の斷層等よりなる斷層系統を完全に利用した Silver Bow 斷層は全鑛體を水平角 35° で切り鑛山南北の二部に分離してゐる。

Nugget Zulch 斷層は走向斷層で鑛石の下部を示してゐる。

その傾斜は 55° 乃至 60° である。兩斷層相當なる角礫岩斷層でスカシ掘りを行ふと崩落する。

探掘法は ⑤ 第 34 圖に示す如く

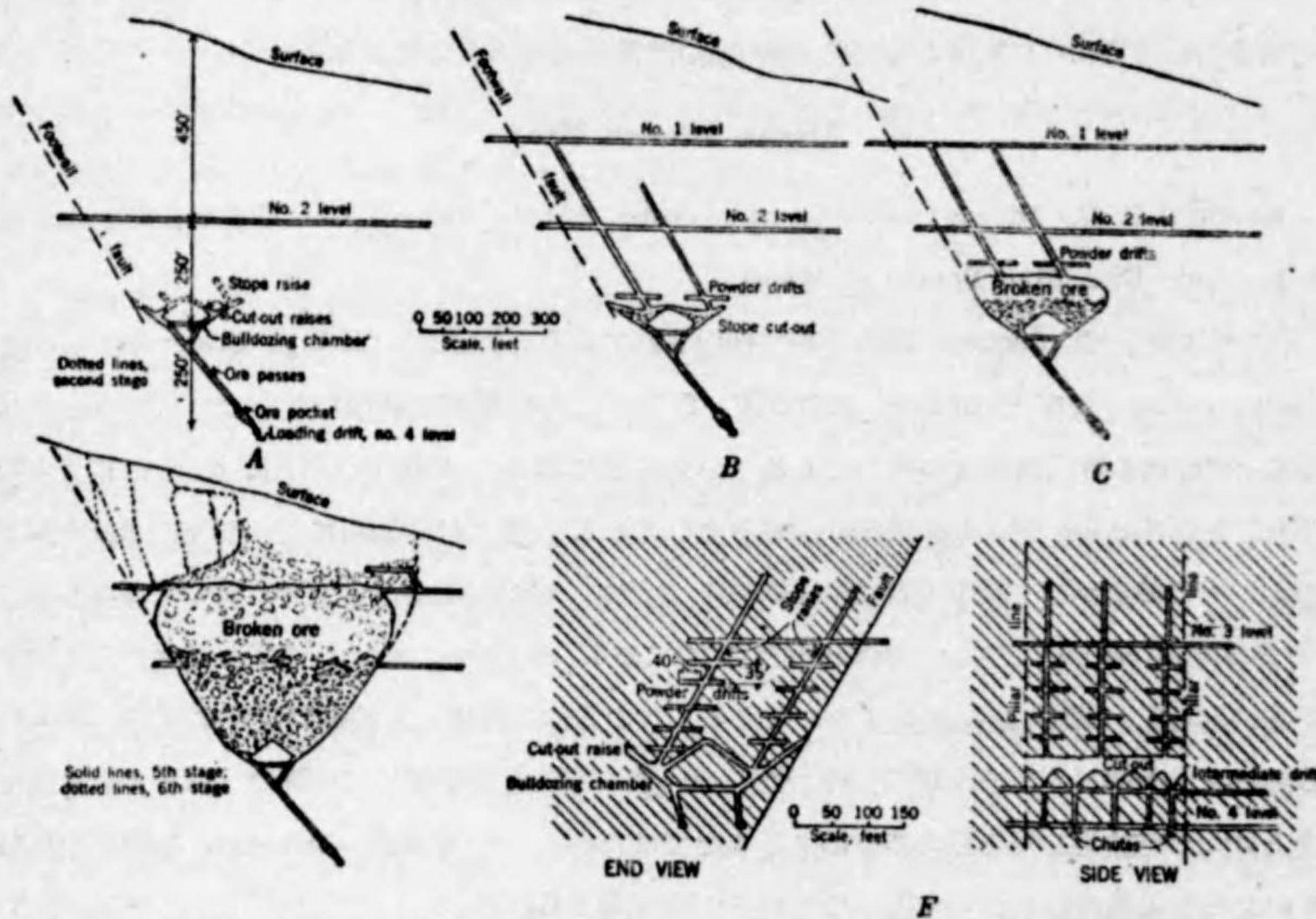


Fig. 34—Sequires of stopping operations. Alaska Juneau mine. Alaska: A, First and second Stages; B, third stage; C, fourth stage; D, fifth and sixth stages; E, fully developed stope, north ore body ready for powder blasting.

- ① 斷層の一つを切羽の下部として廣面積の切羽を採掘する。
- ② 採掘切羽の冠より二坑道上の坑道に掘上りを掘鑿する。
- ③ 此等の掘上りから爆破坑道を開鑿す。
- ④ 切羽より鑛石を抜き鐵砲鑛井に落すために途中に大割室を設く。

採掘切羽の準備の爲 40 呎間隔に 2 本の平行せる水平坑道を切羽の一部に掘鑿し之等水平坑道から鑛井 50 呎上方の中段に上げ、切羽より抜いた鑛石は大割室を経てこの中段に落される。大割室から 38° の傾斜を以つて上下兩部に向つて各一本宛の cut-out raise を上ぐ。之等掘上りは各掘上りから上げられた cut-out raise 相互で連絡せられる。踏前拂ひがこの掘上りから始められる。必要と認める時は切羽間に 80 呎鑛柱が残される。採掘終了迄切羽の冠を支へるため一時的の鑛柱が層に残される。踏前スカシ作業中切羽掘上りが 100 呎間隔にて上部水平坑道迄開鑿される。此等掘上りから放射状に爆破坑道を 40 呎切り多く共 50 呎以内になる様に開鑿す。一定面積の踏前透し作業が終ると爆破作業に移り、鑛石は大割室を経て鑛井に落される。坑道爆破及び caving の最良結果を得る爲には切羽の拂ひ面積最少 50,000 平方呎でなくてはならない。

切羽の冠からの切羽掘上り中より開鑿した爆破坑道の加背は 4×3 呎にしてその傾斜約 10° にして延長 60 呎を超えることはない。坑道爆破に掛る平均深さは 35 呎で「ダイナマイト」40% を含む爆薬約 4,000 封度を二塊とし、35 呎~40 呎間隔に置き 3 乃至 5 塊を以つて一發破とす。通常一切羽にて同じ地並の爆破坑道數本を同時に爆破す爆薬は 40% の「アンモニアダイナマイト」で徑 1 吋長さ 8 吋にして爆破坑道の引立に硬く詰める。岩石の粉末で 15 呎充填し Double-Countered Cordeau Bickford 導火線で起爆す。充分碎かれた鑛石は Caving に依る衝風に起因する悪影響を防ぐために切羽に保持される。1928 年末迄 313 回の爆破を行つて 1,632,950 封度の「ダイナマイト」を使ひ「ダイナマイト」1 封度當鑛石 20 噸である。爆破に依り Caving を伴はない切羽では爆薬 1 封度當 5.56 噸鑛石を出してゐる。爆薬總消費量の中 13% は開坑準備並に採掘準備に 16% は爆破坑道に 71% は大割用として使つてゐる。開坑、大割、荷積、電車運搬、その他總ての準備作業は請負にて行ひ、請負者及び彼等を使役人夫に支拂ふ。賃銀總數は坑内全支出の 75% を占めてゐる。採掘された切羽(高さは 7 尺)も請負はせ單價は傾斜を測つて一平方呎 35 乃至 40 仙である。

賞與は開坑大割及運搬作業等、請負者を除き全員に與へる。

Direct stopping and bulldozing costs, Alaska Juneau Mine, 1928

Stopping	Cost per ton of ore trammed	Bulldozing	Cost per ton of ore trammed
Labor	\$ 0.0016	Labor	0.0601
Power		Power	0.0019
Explosives	0.0069	Explosivas	0.0430

Other supplies	0.0005	Other supplies	0.0079
Total stoping	0.0090	Total bulldozing	0.1129
Total stoping and bulldozing		0.1219	

探掘準備から出た鑛石、開坑費は運搬鑛量噸當 \$ 6.611 で全探掘費(運搬を除く) \$ 0.830 である、運搬費は噸當 \$ 0.1134 で坑内總費噸當 \$ 0.2966 である。1930年に於て \$ 0.2869 である。

探掘並びに探掘準備工數噸當人時は 1928年に於て次の如くである。

	坑内夫		探掘全勞働	
	人時間/噸	噸/人工	人時間/工	噸/人工
Development	.080	.267	0.048	167
Stoping	.001	8,000	.003	2,667
Bulldozing	.064	.125	.083	96
Total changeable to stoping	.095	.84	.134	60
Tramming	.064	125	.132	61

前表の如く噸當 \$ 0.183: 0.095 時/噸, 84 噸/人工、等は大體同一基礎にてありて、同じ作業を繰返し前述の直接探掘と略同等の數字を示す。上記の探掘工費、爆薬費より、又噸當人時間より明かなる如く、鑛石の大部分は Caving せねばならない。

**Beatson Mine, Latouche, Alaska**

Presley, Bevan, The Latouche System of Mining as Developed at the Beatson Mine, Kennecott Copper Corporation, Latouche, Alaska Am. Inst. Min. & Met. En. Vol. 76, 1928.

Beatson 鑛山に採用してゐる方法は Alaska, Juneau 鑛山の方法と非常に似てゐる。爆破坑道に大量の爆薬を装填して切羽の冠を爆破する代りに掘上り中の階段から長い穿孔を爆破する (fig 53 参照) 探掘法は presley 式に依り記録され、それより採率は次の如し。

鑛體は粘板岩、片岩及び輝綠凝灰岩 (Graywacke) 中の判然たる境界ある龜裂地帯の鑛化に依り生じ、大體レンズ状をなし長さ 800 呎最大幅員 340 呎である。上層は Beatson 斷層に依り明瞭に鑛山の南端にあることが分るが、下層ははつきりしてゐない。鑛脈及鑛塊は稼行に耐へない程低品位のものは殆んどない。無数の小斷層が全鑛體内を總ゆる方向に走り、滑石、及粘土層を無数に伴つて永久的開坑には坑内に頑強な留付を要す。粘板岩及片岩の鑛化した鑛體は岩質軟弱で輝綠凝灰岩の鑛化した鑛體部分は硬く大塊に破れる。主要鑛物は黄銅鑛で黄銅鑛、磁硫鐵鑛及び石英と共生し塊狀脈狀及び散點狀に生成してゐる。鑛體は探掘のため走向に直角に探掘切

羽と残柱が交互に設備せられ探掘切羽の幅は 70 呎で残柱の幅は 30 呎である。之の探掘法の坑内作業のため切羽及残柱を準備する爲に三段に水平坑道を必要とし上段は實際の探掘を行ひ、中段では切羽を準備のため透し掘りをなし、後「グリズリー」地並とす、下段は運搬用地並なり。

第 35 圖 A は走向に平行な理想的断面圖で各水平坑道分岐掘上り、探掘切羽及残柱が圖示されてゐる。Fig. 35. B は 202 番切羽の断面圖で切羽は透し掘りを終り探掘準備完了せるものを示し Fig. 35. C は同切羽二ヶ月後の状態を示し、Fig. D は 6 ヶ月後の状態を示し Fig. E は硬質地帯中の掘上り階段一發破の理想的穿孔配置の平面圖及び断面圖を示す。Fig. 35 A を見れば各切羽より二本の探掘掘上りが上げられ、その掘上りから残柱まで及び二本掘上り間を爆破せしめる。それ故残柱中には一本の掘上りを必要とす。探掘掘上りは鑛體の傾斜 (55°~70°) に平行に透し掘り掘上りから上げる、その加背は 5 呎×5 呎である、此等掘上りは上下層間に水平に 40 呎乃至 60 呎の間隔を置いて開鑿せらる。

後刻各「グリズリー」から透し掘りをした掘上りを切り廣げて探掘切羽の透し掘りを行ひ、反對の「グリズリー」の上にある掘上りから、切羽の中心に適當なる透し掘りした部分を爆破せしめる。掘上りの残柱側は残柱(豫定)線まで切り廣げる。普通一時的の残柱はその厚さ頂點から頂點まで約 10 呎にして反對側の一對「グリズリー」の眞上に残される。此等の残柱は穿孔されるが切羽が完全に透し掘りが終るまでは發破しかけない。此等の小残柱を除き一切羽の透し掘りが終れば切羽の冠は兎に角規則正しい「リル」の集合である。若しその「リル」が非常に硬い場合には穿孔し發破をかける。それと同時にその残柱も爆破する。先づ切羽の下層側の掘上りより、掘上り探掘が始まる。上部坑道より掘上り鑛井を鑛夫が降り探掘切羽冠上方 30 呎乃至 40 呎の地點に一時的の足場が設けられ、側方、後方及び踏前に 8 呎~10 呎の深さの孔が下方に穿孔され發破をかければ掘上りの周りに階段が設けられる。中心にある切羽掘上りを含め長さ 18 呎乃

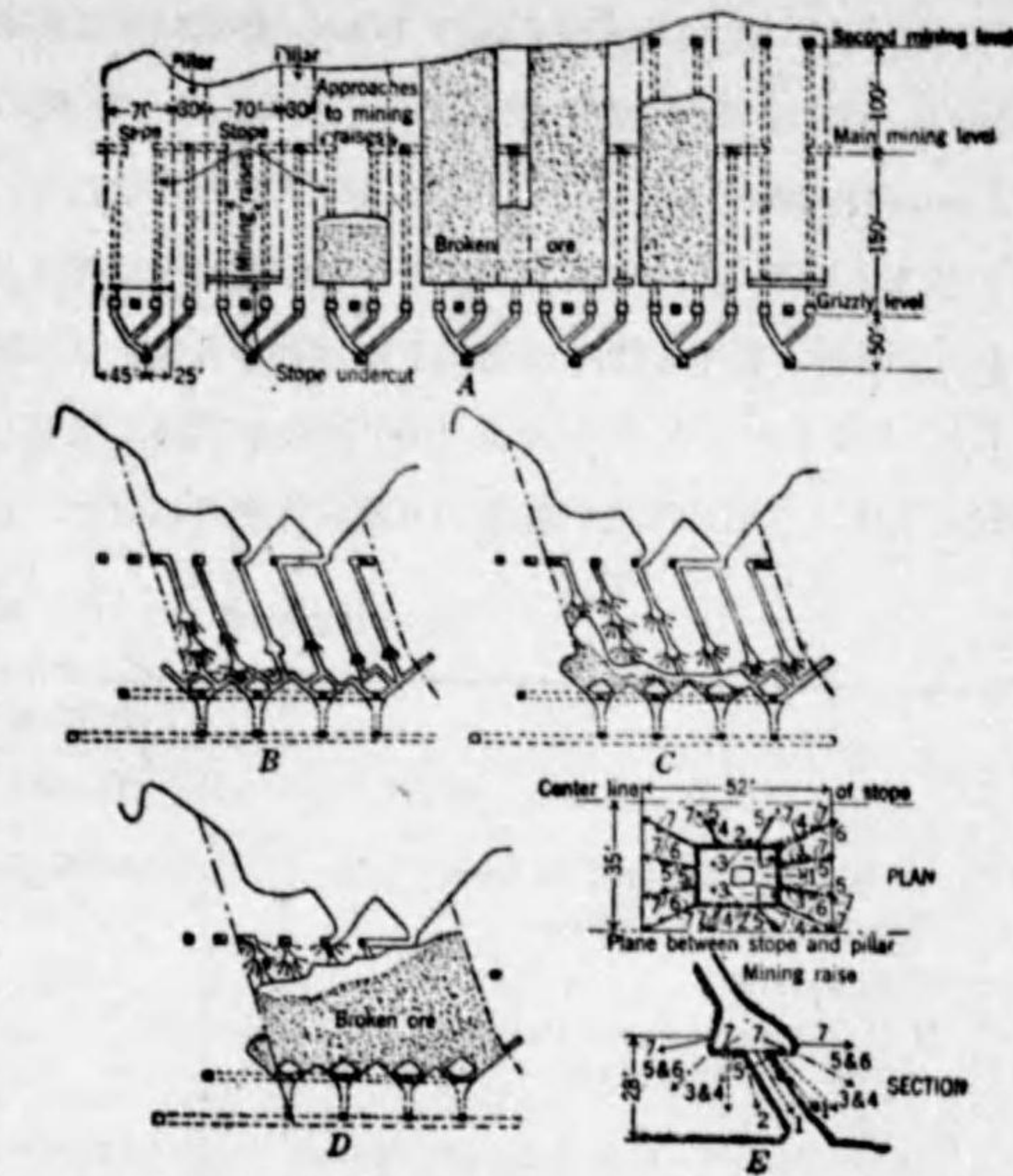


Fig. 35.—Mining system employed at Beatson mine, Latouche, Alaska: A, Ideal vertical section of parallel to strike showing level branch raise, stopes and pillars, B, section of 202 stopes preparation completed and stope undercut; C, section of 202 stope after 2 months mining; D, Same Stope after 6 months mining; E, plan and section of typical long round in raise branch in hard ground.

至 25 呎幅 12 呎乃至 14 呎の Bench が完成する迄必要に應じ敷板 (slabbing) を施す。この階段の踏前は探掘された切羽冠の上方 20 呎~30 呎の高さにある。次で一發破から次の發破迄 (Round) の時間の長い穿孔 (Fig. 35. E) が行はれる。24 呎以下の鑽が使用せられ、硬岩に對しては 35 乃至 40 本の孔を必要とするが軟岩又は碎け易い岩に對しては 20~24 本の孔が穿孔されて、爆藥室を作る爲に小發破をかけ其の孔尻を 1 乃至 3 倍に擴大する。全體では一發破當り 40% ダイナマイト 500 乃至 1000 封度を其等に裝填し、電氣雷管を使用して發破しかけ切羽の冠を落す。二名の坑夫が各掘上り協同作業を續ける。足場造り、穿孔、孔尻切り擴げ及び小發破

Breaking cost per ton, Beatson mine

	Benching	Stopes	Pillars	average breaking cost all ore
Tons	119,868	1,618,212	501,741	2,239,821
Labor, miners and helpers	0.087	0.054	0.045	0.0537
Timber and supplies		0.002	0.002	0.0020
Explosives	0.049	0.039	0.031	0.0378
Compressed air, drill repairs, steel and steel sharpenings, air and water-line installations	0.032	0.039	0.030	0.0367
Miscellaneous and general expence	0.036	0.027	0.029	0.0178
Total	0.204	0.161	0.137	0.1580

(Bench 開鑿) 及び階段掃除 (Bench) 鑽卸し、穿孔、孔尻切擴げ、及び大發破までに 14 乃至 17 日を要す。完全爆破 379 回にて、消費火藥量 396,091 封度、破碎鑛石 1,618,212 噸、一操業當り使用爆藥量平均 1,045 封度、噸當り爆藥量 0.245、一操業當り爆破鑛量 4,275 噸、鑛石破碎總噸數に對する使用鑿岩機工數 8,158 工を要し、機械一工當り出鑛量 198 噸、穿孔夫一工當り 99 噸である。

探掘切羽が上部まで稼行を終れば残柱の透し掘りを行ふ。透し掘上りは中心線の兩側各々 10 呎切擴げ、切羽の破碎鑛石との間に 5 呎の鑛柱を残して行ふ。その (5 呎の) 残柱其の次に續く透し掘發破の時に崩壊する。階段、切羽、残柱、稼行に依る出鑛量各々 119,868 噸、1,618,212 噸、501,741 噸、噸當り經費は次の如くである。

階段作り、探掘切羽、残柱拂に依る鑛石の 1,682,079 噸大割 (Bulldozing) 費噸當り經費次の如し。

Bulldozers	\$ 0.083
Explosives	0.040
Compressed air drills, steel etc.	0.028
Repairing chutes, grizzlies, labor	0.008
" " " supplies	0.006
Miscellaneous & general mine expence	0.043
Total	0.208

探掘準備費は鑛石噸當り次の如し。

Stope preparation	\$ 0.146
Pillar preparation	0.042
Stope development	0.046
Ventilation raises	0.003
Total cost of stope preparation	0.237

全主要探掘經費は總計次の如し (噸當り)。

Breaking in benching, stopes and pillars,	
Average	\$ 0.158
Bulldozing	0.208
Stope preparation	0.237
Total direct stoping cost	0.603

荷積み運搬 (電車) 捲揚經費噸當り \$ 0.137、最初開坑費、探掘掘上り、掘進噸當り 0.044 \$/噸、ダイヤモンド穿孔噸當り 0.009 \$/噸、從つて總經費噸當り 0.793 \$/噸にて直接探掘費は總費 76% をしめてゐる。勞銀は次の如し。

	1922	1923	1924~26
Miners and timbermen	4.50	5.40	4.90
Miners' helpers & shovellers	4.00	4.75	4.25
Grizzlymen	4.50	5.40	4.50
Ore pocket grizzly helpers	4.25	5.00	4.50
Steel sharpeners	4.75	5.65	5.15
Steel sharpeners' helpers	4.00	4.75	4.25

### Summary of Shrinkage Stoping

1. 「シュリンクケージ」法は鑛石並に兩壁硬靱にして鑛體の傾斜は自然落下角より大にして、その幅員最小より大なるは數百呎を有する板狀鑛體の探掘に適應す。鑛石は稼行中探掘切羽の冠を支へ得る丈の硬さを有せねばならぬ。若し壁が軟弱なれば、鑛石の品位は相當低くなる。殊に切羽探掘終了時に於て著しい。此法は「ブロックケービング」法に於て隣接切羽間の残柱の透し掘及び探掘に良く採用される。Alaska-Juneau mine 及び Beatson mine に於てはこのシュリンクケージの變形法を採用し膨大鑛體を大發破にて部分的のケービングを行つてゐる。普通のシュリンクケージ法は急傾斜の適當な幅を有する層狀鑛體にてその兩壁強靱にして規則正しく、帶狀又は「レンズ」狀にて多少の研の混入しある鑛體に適應される。中石が大きくて鑛石探掘後切羽に残柱とし得る場合は中石の周圍を探掘し中石を残す。然し無数の小残柱は破碎鑛石を切羽に残留せしめる事多く殊に鑛體の幅小にして傾斜緩なる場合に於て著しい。幅員大なる鑛體探掘に當つては鑛體に直角に切羽を稼行し切羽の幅は支柱なくて支持せられる爲に切羽間に鑛柱を残す。

2. 融 通 性

Shrinkage法は他の支柱併用切羽には適用されない。切羽選別が出来ないが「グリズリー」及び二間鑛井を設備すれば (Fig. 29 及 30 参照) 塊状礫は選別され、地並坑道にて他の鑛車に積込まれる。鑛石の兩磐への差し込みを追ふ事が出来ないから、平行脈を探る機械は殆んどない。それは相當量の礫を起さねばならずその礫を切羽跡に残す事は出来ないからである。若し鑛體の走向傾斜共に不規則なる場合、磐岩は切羽に激墜し、鑛石を粉細し品位を低下す。若し傾斜不規則なる場合下磐の凹凸は破碎、鑛石の引懸りとなる。下部採掘切羽上に鑛塊水平變位ある鑛床ではその水平變位鑛井と切羽間の岩層を多量に Caving するやうな結果になり品位を餘分に低下し、切羽を危険にする。其處で Shrinkage 法は兩磐の不規則で磐に (支脈の多い) 差込み鑛體又は小さい縦斷層にて屢々支脈を有する鑛體にて含有礫多き、鑛床を採掘するには適應されない。採掘が上部迄採掘される迄塊鑛混入割合が 60~65% 程度鑛石が切羽に残されねばならぬ。切羽が全部拂はれると鑛石が其の儘の状態であるので、毎日一つの切羽から出鑛される鑛石は品位の變化少く選鑛を要求する品位を與へる事が出来る。即ちこの目的のため品位の調節は平均品位既知なる數多の切羽から鑛石を抜く事に依つてのみ達せられるから品位調節のために數多の切羽を有する必要がある。然し乍ら出来るだけ迅速に隊行採掘するならば一切羽でも一定の出鑛量を供し得るだらう。

3. 回 收

鑛床の傾斜、走向共に規則正しく、兩磐特に強靱なれば Shrinkage 法により全鑛柱を採收する事が出来る。下磐に凹凸 (Rolls) あるときは切羽隊行中、破碎鑛石は下磐に残る。兩磐が非常に硬ければ、下磐に残つた鑛石も切羽が空になつた時後を回收出来る。若し主要鑛床から兩磐に支脈の多い場合は其處に溜つた鑛石は残され、失はれる傾向があるが兩磐が非常に硬い時は切羽を採掘する際に其の大部分回收する事が出来る。水平運搬坑道に大量の鑛石を殘柱として採掘を行ふ場合は此等鑛柱は損失となるだらう。殊に鑛石及び磐が上部切羽の採掘の影響を受けて又は空氣に晒されて軟弱になつてゐる場合は著るしい。之と同様な事が上部坑道下の殘鑛柱に於ても言はれる。鑛石が中位或は低品位なる場合各切羽間即ち水平坑道の冠及び踏前に殘柱を磐に残す。此等は多分總鑛石の 10~15% を占めるだらう。採掘總鑛量は屢々該鑛體評價總鑛量より多く、採掘品位は豫定品位より通常低い。之は不規則磐の破碎岩石が鑛石上に落ちたり、發破に依る崩壊又は風化に依る崩落、鑛體中の斷層の影響、脈幅の狭い部分の採掘兩磐の支脈等に依り多少の礫の破碎を伴ふ事に依り品位の低下を來す。普通全鑛量の 85~95% が採收され、Shrinkage 採用好都合の條件の下に於て品位低下は 5 又は 10~27% である。時には 30% 又はそれ以上の品位低下を來す事もあるが、そんな場合には他の採掘法を採用した方が寧ろ良い。

4. 開 坑

鑛幅狭き鑛體の開坑は一般は簡單で豫備切羽數も僅少で良い。水平坑道上支柱を要する採掘切羽では切羽準備のためには水平坑道の冠を落し支柱を施し鑛井を設け、通氣上、上部水平坑道に掘上りを開鑿するのみである。屢々採掘切羽が或る (一定) の高さまで上方に進むまで掘上りを開鑿しない事がある。廣き鑛體で規則正しい大留付で採掘切羽を隊行する場合には採掘準備に幾分長期を要するが、比較的短期間に出鑛出来る。水平坑道に於てその上部より採掘切羽を設ける所では、鑛柱に短い鑛井を掘上り上部切羽と連絡させる。若し「グリズリー」を使用するなら

第 六 表

鑛 山 名	Shrinkage 法ノ種類	鑛石平均幅 呎	坑道間々隔	出鑛率ノ 平均値ノ 百分率	出鑛率ノ 標準偏差 百分率
Nevada- Massachusetts (タングステン)	坑道上殘柱式	4.5	100	.020	50
Harmony (銅)	同上、鐵母グリズリー附	5.0	100~150	.020	50
Hillside (螢石)	廣部……坑道上殘柱 狭部……支柱留付	12.0	100	.010	100
Daisy (螢石)	大留付(殘柱ナシ)	6.5	100~125	.008	125
Eighty-Five (銅)	坑道上殘柱式……15% 大 留 付……85%	5.0	100~150	.008	125
Teck-Hughes (金)	坑道上殘柱式	9±	125	.0133	75
Lack Shore (金)	同 上	9±	150	.0168	60
Sylrenite (金)	大 留 付	4.0	125	.020	50
Vipond (金)	一部支柱留 一部坑道上殘柱式	8±	100~133~200	.0045	222
Mc. Intyre (金)	留付坑道上	10.0	125	.0067	150
Engels (銅)	坑道上殘柱走向に沿ひ 切羽間殘柱		150~200	.011	91
Homestake (金)	走向に直角に 切羽幅 60 呎同殘柱 40 呎	135.0	1250' 坑道以下 1.50	.005	200
Bristol (鐵)	坑道上殘柱、走向に直角 切羽殘柱崩落後下 切羽幅 15~25呎殘柱 12~22呎	140.0	1.25	.0028	357
Climax (モリブデン)	切羽長 400' 幅 50' 切羽殘柱 40' 殘柱坑道發破 殘柱グリズリー附	數百呎	100~200	.0025	400
Alaska Juneau (金)	坑道發破による破碎、崩落 グリズリー (殘柱中)	2000±	250	斜坑發破 .008 125 水平坑 .005 200	
Beatson (銅)	切羽幅 10' 殘柱幅 30' 殘柱中グリズリー附 採掘用掘上り周圍に多長孔發破 による採掘	最大 340.0	200	.01316	76

は「グリズリー」室を開鑿し「グリズリー」を設置し「グリズリー」室より切羽地並迄掘上りを開鑿する等準備工作を必要とする。一部の鑛山では地並坑道開坑後直ちに採掘に従事出来るので Shrinkage 法を採用してゐるものもあるが通常 Shrinkage 法は採掘中破碎鑛石の 30~40% しか抜き得ないので此の事が其の他の大部分の鑛山では Shrinkage 法を採用する。有力な理由ではなく、即ち Shrinkage 法では他の鑛石が破碎されたら其が直ちに採掘出来る様な採掘法による出鑛量と同量の出鑛をなすには切羽の数を多く有しなければならぬ。然し乍ら一度生産工程に達すれば、採掘中に於ける出鑛量の不足分は切羽採掘が完全に終つた時、その切羽より鑛石を抜く事に依つて償はれる。

第六表は Shrinkage 法を採用せる多くの鑛山に於ける切羽採掘延長と採掘された鑛石との關係を示す。

#### 5. 経 費

多数の鑛山に於ける採掘費は第七表に示してある。

この経費は採掘準備及び採掘費を含み一般費及び地並坑道開鑿費を含み、廣範圍に亘り、初の 13 鑛山にてはその幅狭少又は大ならざるものにしてその採掘屯當経費は \$1,230~\$2,743 にして平均 1.70 \$/噸 なり。次の二鑛山は比較的幅廣きものにして大約同じで噸當 \$0.76 及び \$0.63 にして平均噸當 \$0.70 である。

Homestake 鑛山では Shrinkage 及びそれ以外の採掘法をも含む経費にて Shrinkage のみの経費は發表されない。最後の二鑛山たる Alaska Juneau 及び Beatson 鑛山の數字は他の鑛山にて見る事の出来ない條件の下で得られ普通の Shrinkage 法で使はれてゐる方法とは全く異つた方法を行つてゐる。

之等経費を左右する主なる物理的條件の重要性順序は

- (1) 鑛體の幅員及び永續性
- (2) 鑛石の強靱性であらう。

物理的條件の相異と同様に各鑛山賃金高低及び爆薬の材料及び其の他供給物品費用、相異は経費の比較上重大なる條件となる。Shrinkage 採掘に於ける噸當り人時は第八表に示し又噸當爆薬量は第九表に示してある。

#### Shrinkage 法の利點

Shrinkage 採掘法は強靱なる兩磐に托された固い鑛體の採掘用として次の如き利點を有す。

1. 普通の方法にては出鑛採掘切羽準備のための豫備工作は殆んど不要である。
2. 切羽中の破碎鑛石が踏前となり切羽の冠に接し採掘中は兩磐を支へる。
3. 切羽支柱のための時間は殆んどなく採掘は急速に稼行される。鑛石共に良好なる廣大なる切羽には多数の坑夫が一組となつて各切羽で就業出来る。

4. 鑛石は水平坑道からの多数の鑛井又は短い掘上りから抜かれるので水平坑道及び切羽の冠間の鑛石通路の作成又は維持の必要なし。
5. 切羽運搬の必要なし。
6. 鑛石破碎作業(採掘)順調を缺くことあるも切羽に保存されて大量の破碎鑛石に依り選鑛場に順調に鑛石を供給し得(不利點第五参照)。
7. 切羽中の破碎鑛石上で大量の鑛石を大割する事が出来る(不利點第七参照)。
8. 採掘費は鑛體の幅員に反比例して變化するが低廉である。

#### Shrinkage 採掘法の不利點

1. 固有の不利點は次の如し。

此方法は鑛石品位低下が著しく又完全採掘不能なる如き崩壊性の弊を有する鑛床にも屢々適應された事があつた之は Shrinkage の缺點と言ふより寧ろ誤れる採用と言ふべきであり稼行不能と迄は行かぬが鑛床の細くなつた末端の部分の採掘に於ては品位低下と云ふことは Shrinkage 法の固有の缺點の一つである。

2. 地並坑道の開坑が充分に進行すれば生産行程に入り切羽採掘は迅速に稼行し得られるが各採掘切羽の破碎鑛石中僅か 30~40% しか出鑛し得られず。この平衡状態は切羽の採掘が完了する迄續く、此のために採掘された鑛石が短期間に貨幣と交換される事が出来ない。

3. 兩磐の特別強靱なる鑛床は例外なれども、一般には研による鑛石の品位低下は當然起り得るものである。

4. 他の採掘法の如く鑛石用の長い通路の設備及維持の必要なも鑛井は普通接近して位置をしめる。然らざる時は鑛井間に破碎鑛石堆積し順調なる鑛石抜き下げをなし得ない。若し鑛井間の間隔の廣き場合は切羽より鑛石を完全に抜くために相當大量の「ショベリング」を必要とし弊が特別好條件ならざる限り危険を作ふか又は多大の経費を要す。

5. 破碎鑛石を蓄積し選鑛場へ一定量の鑛石を供給し得るけれども長い間採掘切羽に貯へられた鑛石は、或種の變化を受け後刻の選鑛作業にて良好なる採收を期する爲に不利である。硫化鑛の中には破碎後暫時の内に一部酸化された薄層を生じ浮游選鑛の採收を不可能ならしめるものもある。

6. 切羽にて研選別不可能なり。

7. 破碎鑛石上にて大量の鑛石を大割することは出来るけれども切羽冠の下で大割を行ふことは屢々危険性を伴ひ、特に切羽の廣大なるものに於て著しい。更に大塊の鑛石が泥で被はれ、鑛井に来る迄解らず鑛井にて抜き下げに厄介である。

8. 切羽の浮石が突然崩落してその下に働いてゐる労働者(坑夫)に重傷又は致命的變災を起す事が屢々ある。又地並運搬夫の過失により作業中の足場下の鑛井から鑛石を抜き坑夫を鑛石



第九表 Shrinkage 噸當消費爆藥量

鑛山名	使用爆藥種類	噸當爆藥量 (封度)	
Nevada-Massachusetts	ゼラチンダイナマイト 35%	1.65	
Harmony	"	2.05	
Hillside	アンモニア 35%	1.56	
Daisy	スベツシャル ゼラチン 30 及 35%	1.00	
Cortez	ゼラチン ダイナマイト 40%	2.03	
Verde Central	"	1.16	
Kirkland Lake gold	"	2.54	
Vipond	"	1.05	
Mc. Intyre	"	.77	
Elkoro	"	1.24	
Mogollon, N. Mex	"	1.58	
Sylvanite	"	2.27	
Lake Shore	"	.83	
Engels	ゼラチン ダイナマイト 25%	.128	
	" " 40%	.593	
	" " 60%	1.055	残柱ハンマー用
	" " 90%	.037	残柱ダイナマイト ド孔破砕用
Mt. Hope	ゼラチン ダイナマイト 40 及 50%	.74	
Homestake	" " 40%	.50	※ レスリシヤージ ケーピング スチヤーマット
Bristol	エクストラ ダイナマイト 40% ゼラチン ダイナマイト 60%	.40	
Climax	ゼラチン ダイナマイト 40, 50, 60%	.246	
Alaska Juneau	アンモニア 40%	.34	
Beatson	ゼラチン ダイナマイト 40%		

中に埋める事もある。以上の災害は不注意に依るものとは言へ Shrinkage 法特有のものである。

9. 切羽に於ける鑿岩機鑽 Drilling Gear (穿孔齒車) の運搬及び取扱は屢々困難を伴ひ、穿孔時間以上の長時間を要し、特に屢々起ることであるが破砕鑛石面(踏)が半組でない時は著しく長時間を要す。

### § Cut-and-Fill Stopping

此の探製法は鑛體が板状の硬岩或は中硬岩であり破砕鑛石の安息角より急な傾斜を有し兩磐

が弱く永久的な支柱なしでは僅かな時間しかもたない様な場合に用ひられる。又廣い水平の掘りをもつ厚い鑛體にも用ひられる。此の時には通常垂直な鑛柱に依りて鑛體を適當に分割して探製する。又非常に薄い脈であつて、探製作業をなす爲には兩磐をも切る必要のある様な時にも用ひられる。此の際鑛脈と磐とが別々に探製される場合には之を“resuing”と呼び、先づ岩磐を探製して之を充填の爲にそこに残しその後で鑛石を探製するか、或は先づ鑛體を探製して運び出し、しかる後岩磐を探製して之で切羽を充填して行く。時には Shrinkage 法が充分用ひられる程岩磐がしつかりしてゐる時でも相當鑛石中に母岩をはさんで居て切羽選別が必要な時或は岩磐中に鑛體が分岐して入り込んで居る様な場合にも用ひられる。しかし充填物は天井を直接に支へるのではないから鑛石は僅かの時間丈は無支柱で持ちこたへられる丈の強さが必要である。外の條件が全く同じである場合には此の方法は Open stope 法や Shrinkage 法よりは充填費だけ探製費が高くなる。従つて鑛石はそれだけ高品位である必要がある。

### Longitudinal cut-and-fill Stopping, in tabular steep-dipping, deposit of small or moderate width.

狭い脈或は普通の厚さの急傾斜板状鑛體では鑛體に平行方向に探製を進めて行く。全長に亘つて切羽を連続する事もあるし中間に鑛柱をのこして切羽を適當に區劃する事もある。

### Block P Mine, Hughesville, Mont.

鑛體は大きな珪長岩の岩筒中に新月形の鑛脈として存在してゐる。鑛石は方鉛鑛・硫化鐵鑛・閃亜鉛鑛である。母岩は主として閃長岩と流紋岩とであり之に少し許りの方解石、重晶石、自鐵鑛石英及び蔷薇輝石を含んで居る。酸化作用は鑛脈中に帯状になされ、所々レンズ状になつてゐる所もある。鑛脈の幅は 1~4 呎であり 65°~88° の傾きを有してをる。鑛石は細かく碎け易く切羽から出たまいで 90% は 8 吋のグリズリーを通過する。珪長岩は暫時は無支柱でもつか流紋岩は暫時も保つ事が出来ないから打柱を施す必要がある。

坑道は堅坑の口から 100 呎毎に 4 段切つてある。400 呎以下では間隔を 200 呎としてゐる。各地並には鑛押坑道を切り加背は幅 6 呎高さ 8 呎とし總て枠組を施してゐる。堅坑から 900 呎毎に掘上りを上げ上の坑道迄連絡し之は通氣に役立つと共に各地並間の探製の意味をももつてゐる。枠組の直ぐ上から探製を始め 46 呎毎に漏斗を組みその横に人道を平行に作る。段欠は 1 段 5 呎とし鑛脈の全長に亘つて切羽を連続させてゐる。高品位を得且充填物中に鑛石の逃げて行くのを防ぐ爲に切羽選別を行つてゐる。鑛石が堅く且幅の狭く且岩磐の柔かい時には先づ岩磐を破砕してから鑛石を破砕する。反對に岩磐の方が硬い時には鑛石を先に破砕する。

鑛石を破砕する時には破砕された鑛石が充填物中に失はれない様に 5 呎×8~10 吋×3 吋の板を床に敷て置く。鑛石を漏斗へ落とし廢石はその場で充填に使用する。鑛夫は鑿岩夫と充填夫とを一組にしてゐる。

Stoper を用ひて鑿孔し平均一日15孔を掘る。孔は垂直より稍傾斜させ、破碎鑛石が漏斗の方へ向つて飛ぶ様にしてやる。30%の gelatine dynamite を使用してゐる。此の方法の利點は次の如し。

- 1) 鑛石を完全に採掘し得る。
- 2) 杭木は殆んど要らない。
- 3) 破碎鑛石が切羽に残されてゐる時間が短い。
- 4) 高品位の鑛石を得る事が出来る。
- 5) 通氣が良く作業が安全である。

鑛幅が狭く岩層を切る必要があり且切羽選別が必要となると、それだけ採掘費は高くなる。

1929年に106,242噸の鑛石が採掘された。その時の値は次の表の如し。

Productivity of stope labor, Block P mine, 1929

Occupation	Man-hours per ton	Tons per man-shift
Breaking	1,636	4.9
Shovelling and stoping	1,812	4.4
Timbering	0,508	15.7
Total	3,956	2.0

賃銀は鑿岩夫 \$ 5.50 充填夫 \$ 5.00 支柱夫 \$ 5.50 支柱夫の手傳ひ \$ 5.00

之に依ると噸當り \$ 2.60~2.70 となつてゐる。

火藥消費量は噸當り 2.568 封度であつた。

#### Questa, N. Mex.<sup>(34)</sup>

Carman, J. B. Mining Methods of the Molybdenum Corporation of America at Questa, N. Mex. Inf. Circ. 6514. Bureau of Mines, 1931.

唯一の有用鑛物と輝水鉛鑛 (Molybdenite) を含有せる細脈が廣い東西の破碎帯 (fracture zone) を胚胎し一團の密に分布せる支脈の多い交錯せる破碎面を有してゐる。

南北に走る無價値の破碎面 (fractures) が多くの場所で鑛脈を切斷してゐる。小さく分岐せる石英硫化鑛脈 (Quartz-sulphid vein) の間に變化され絹雲母化された斑岩母岩があり、稼行中充填鑛脈は一小部分のみであるが一般に鑛脈は 200 乃至 500 呎の長さで切羽の最大のものは走向に沿つて 240 呎傾斜方向に 170 呎であるが普通切羽は此の半分以下の大きさである。脈の傾斜 20° 乃至 90° で平均 60° 幅は 1 吋から 6 呎平均 12 乃至 8 吋なり。

比較的廣い切羽は幅平均 4 呎の鑛脈中に稼行された。鑛脈それ自體及び兩鑿は容易に鑿孔破碎される。弱いが錘打坑道一般に堅固で採掘が行はれるまでは支柱の要がないが坑道の 1/4 は悉く支柱を要す。切羽は一時的の横木(胴張り)を施す場所もある。特に傾斜が平坦に近い所では必要である。

鑛脈の近くの岩石は悪くないが横上りが主要なる裂罅を切斷した所の岩石は破碎又は破れ易い (Shattered & blocky) 性質を有するために採掘困難である。(Molybdenite) 輝水鉛鑛は脆く blasting を注意しないと非常に細かになつてしまう。

粗鑛の約 2/10 は Horizontal Cut-and fill の方法で採掘せられ、一般には充填の餘裕を與へるために支柱を設ける。Cut-and fill 法を使用する利點は (1) 採掘切羽の廣さを鑛の幅よりも大きくする必要が屢々あること (2) 切羽外の研取扱に多少の經費を用ふる。坑外の鑛舎と切羽との間の電車運搬距離を少なくすることなり。

同一鑛坑道間の水平距離は 40 乃至 100 呎なり Cut-and-fill の採掘は坑道の冠をとり留をつけ矢木をのせ 50 呎ごとに坑井を作りその一つ置き毎に人道としこの採掘法が初められ、後になつて採掘に使用せらる。通風用、採鑛用、掘上を設けても採掘の目的にのみ對する坑道間の掘上り (through-raise) を設けない。

この切羽の Drilling と Blasting にかかる勞力はほんの少しで冠に殆んど垂直上向孔を作つて一度に起す深さは殆んど 3 呎以下である。より充分な鑛石の回収をなすため Hand Drilling を行ふ。

Machine drilling 89 l.b.s. (40.5) の手廻の stoper を用ひ 40% の Gelatin dynamite で發破する。

鑛石の鑛幅廣く作業に充分餘裕があり充填のために鑿を起さない切羽で (即ち選別により充填物が充分得られるならば鑛石は鑿際から鑿際まで採掘され兩鑿をそのままにしていたためない。最も普通には鑛幅と採掘に必要な幅よりも狭いので下鑿が割られ崩と鑛石とを選び分け上鑿側に付いてゐる鑛石はつつき落されたり小發破で取られる。落ち易くなつた後の冠は兩側に胴張をして (Placed from wall to wall) 一時的支柱を施す。充填は水平になされるときには鑛石に發破をかける前に板を敷くこともある。鑛石として破碎されたものの 60% は切羽で選別し篩はれて棄てられ残の 10% は坑外で選別廢棄されると見積られてゐる。

#### Cold Springs Mine, Boulder-County, Colo.

Vanderburg, William O. Method's and Costs of Mining Ferberite Ore at the Cold Springs Mine, Nederland, Boulder County, Colo: Inf. Circ. 6673, Bureau of Mines 1932.

當山は脈狀の裂罅 (Vein fissure) に沿つて鐵重石がレンズ狀に生ず。この大きさは 2, 3 呎から最大 200 呎に及ぶ平均は 80 呎位なり。幅は 1 吋~6 呎。稼行せし所の平均幅は 8~10 吋で經濟的にひきあふ範圍の廣い WO<sub>3</sub> は 1 封度にて \$ 12~13 の時價のときは 3 吋で可なり。「レンズ」の狭い部分は細粒の石英を密接に共生した品位の高い鐵重石の鑛石を有す。廣い部分は一般に鑛石の無い母岩の類をとまひ鑛條 (stringers) 狀をなしてゐる。

母岩は花崗岩で屢々片麻岩質のものである。鑛の平均傾斜は 70° で一般に兩鑿は弱い面であ



つて空洞の高さが 6 呎以上になると割れ易い鑛石は随分柔く岩磐についでる鑛は短い鐵棒 (mott) や手掘鑿岩機 (Hand Hammer) でたやすくとれる。

最初の三坑道は傾斜に沿つて 50 呎の間隔を有し、それ以下は 100 呎づゝの間隔を有す。鑛石は Horizontal cut-and-fill 法で採掘され、大部分 resuing で回収さる。この採掘法を使ふ理由は

- (i) 鐵重石の鑛幅は狭いが高品位であるが相當量の研をおこなさねばならぬこと。
- (ii) 兩磐が一般に弱いために採掘と選り分けた研によつて安價な支柱を必要とする。
- (iii) 選鑛に於て高品位のものを多量に要求するので經濟的にひき合ふ様に高品位粗鑛のをうることを必要とするため。
- (iv) 鐵重石はたやすく岩磐と區別がつくのでこまかくくわいて分離する必要がない。
- (v) 鑛石の全ては適當な監督の下に取り出される。

富鑛部分を鑛押した後後向の冠打(高さ 5~6 呎)を行ふ。鑛石は鑛石部分に穿孔發破し岩磐と別に起されて手で選り分かれ冠打後 8~12 吋の丸太を坑井の所では 4 呎、坑井間の所では 5 呎の押掛けを設け之に 4~6 吋の丸太木を坑井間にをく。切羽が短いのでその兩端に間の堅坑だけによつて切羽に入ることが出来る。

木積坑井を立坑間に 25~30 呎の間隔に設けらる。

富鑛部分の全長を以つて高 4~6 呎づゝ連続に缺いて上つて行く。

鐵重石の鑛體が一本のときは Stripping (or resuing) を行ふ。最初上磐が注意深くおこなされると之が充填用となる。充填は水平に行ひ Shoveling を行ふために鐵板の床を敷く。露出せる鑛石は小發破でおこなさるが非常に軟いときは手持鑿岩機又は短い鐵棒をもつて手でおこなさる。鑛石と磐とが密接で分隔できない時は鐵板の上で碎されて研のみを振り出す。充填する研の量が切羽をうめるよりも多いときには鑛石と區々に坑井に落して坑外に出す。1931 年におこなした鑛石及び研の約 70% の量は坑内に充填、15% 坑外で棄られ、残り (15%) は選鑛にかけらる。Vanderburg 氏は其の場で振り分けること。高品位鑛石を Mill に入れる利益を數字を以て示してある。即ち Mill に入る鑛石噸について研の 5.51 噸棄らる。この費用は粗鑛噸當 30% を占める。全採掘費は 2.34 \$ (粗鑛噸) その選別せるとき利益は精鑛噸當 \$ 5.89 選別をしないときは \$ 2.45 なり。1931 年度の採掘費は

Direct stoping costs, Cold Springs Mine, 1931

	Cost per ton of sorted on recovered	Cost per ton of sun of mine ore broken
Labor, including sorting	2.845	0.437
Compensation insurance	0.393	0.060
Supervision	0.672	0.103
Compressed air, power, drills & steel	1.116	0.172

Explosives	0.323	0.050
Timber	0.432	0.066
Other supplies	0.170	0.026
Total direct stoping costs	5.951	0.914

\* 粗鑛噸當とは精鑛噸當を 6.51 で除したものである。全工費は一方 \$ 4.00 かゝる

Performance of stoping labor, Cold Springs mine 1931

	Man-hours per ton		Tons per man-shift	
	ore sorted	run of mine broken	ore sorted	run of mine broken
Breaking (穿孔, 破碎)	1.24	0.190	6.45	42.08
Shoveling (積込, 運搬)	.61	.094	13.11	85.12
Sorting (選別)	3.84	.500	2.08	13.36
Total	5.69	.774	1.40	9.15

火藥使用量は 4.48 lbs./精鑛 1 噸 0.69 封度/粗鑛噸

Lucky Tiger Mine, Sonora, Mex.

Mishler, B. T. and Budrow, L. R. Methods of mining and ore Estimation at Lucky Tiger mine: Trans. Ame. Inst. of Min. and Met. Eng. vol. 72, 1925.

鑛床は第三紀の流紋岩及流紋岩質、凝灰岩中に胚胎し約 600 呎間隔に三つの主要なる脈を形成し、ほぼ北南に延び西落の急傾斜となつてゐる。脈の各個々の鑛體は不規則なレンズ状で一般に垂直軸より水平軸の方が長く之が大いさは 500 呎×2,000 呎より 10×50 呎で平均幅員 1.7 呎であるが廣いものは 20 呎もあるが之は一般に中磐を幾枚も咬んでゐる。故に一般には鑛體切羽の幅 3.4 呎よりも狭いために Stripping (resuing……著者譯一片磐掘——) をやるか又は鑛石も磐もともに爆碎することが必要である。鑛石は閃亜鉛鑛の方鉛鑛、黃鐵鑛、黃銅鑛、黝銅鑛、Stromeyerite を共生し平均 73 oz/ton の銀を含み選鑛原鑛は 40 oz/ton なり。上部は兩磐共に硬いが下部では陶土化して柔く或は硅化されて脆くなつてゐるために切羽は充分に密に充填するか又は充分に支柱を施さなくてはならぬ。とにかく片磐掘が可能である。しかし鑛も磐も共に脆い處では充填物中に失はれる損失は鑛石も兩磐の母岩もともに爆碎し共に選鑛に送付することによつて除かれる。切羽の硫化物丈の平均品位は 550 oz/ton の含銀粗鑛としてはその平均 82% の品位低下を來す。

採掘法は兩磐の性質と鑛幅によつて左右さるゝものである。即ち Shrinkage 法は磐が堅く、鑛幅は 2 呎以上の場合 Open Stope 法では鑛が坑道の上で少くとも 20~30 呎も横がつてゐる磐の強い場合に施行出来る。Cut-and-fill 法は大抵の場合に施行さるがその方法は鑛幅がせまく磐の柔い場合に特に適してゐる。坑井は細脈中に 50 呎間隔に設けられ切羽の冠を水平に

掘つて行く。鑛石と磐とが別々に爆破され即ち鑛石は牛皮の中で研と粉鑛とがまじらぬ様に發破する。破砕された鑛石は注意深く撰られ、精鑛はショベルで坑井に落し粒のあらい研は切羽に残さる。鑛石が取除かれると皮は持ち運ばれる。そして切羽を充填するに必要な研を磐に發破をかけてとる。この破砕された研の中から鑛石を撰び取られるが少量の粉鑛が充填物中に入ることは避けられぬ。富鑛部の鑛では鑛石と研とは共に損失を最小にするために牛皮の上で爆破するが粉鑛は全て「ショベル」で坑井に落し粗い研は切羽に残す。狭い切羽では坑井5呎間隔に二列の柱を以て作られ充填物を支へるためにその外側に矢木を張る広い切羽では6吋丸の木積の坑井を25呎間隔に置く。

鑛幅3呎以上の時磐を起して充填物を取る場合は幅は廣すぎ危険である。かかる場合には充填材料をとるために掘上を設けるか、開坑研を落す坑井を作る。この場合には切羽の末端の坑井は鑛石を落す用にはならず手押車で鑛石も研も処理しなければならぬ。上向層狀法 (Flat-back stop) は脈石は充分に撰り取られることが必要である又研が鑛石と別々に爆破され切羽に残すことが出来る場合にのみ施行さる。Inclined Cut-and-fill 法は鑛幅廣く選別が不必要の場合に採用さる。唯一つの坑井が各切羽の中央に設けられその坑井より40°の角度で上向に斜階段を取つて行く鑛石は横木に釘打されて敷かれ斜の板の床上に落す。坑井の上の一時的の柱網には大塊があることがあるが之は爆砕せらる。鑛と磐とがかなり強い時は10~12呎の厚さまで slicing する。鑛石が取去られると板は取りはずされ研は development raise (土砂立坑) から落され冠から4呎の空隙を残して切羽に充填さる。鑛石と研とが別々に破砕さる場合の岩質がかなり軟いときは手掘で鑛石が硬くしかも磐とともに落る危険の少いときは機械掘とす中軟硬程度の岩質では手掘が最も安い。機械掘ではストーパーを用ふ。

1924年11月に於ける採掘直接費は下記の如し。

Direct stoping costs, Lucky Tiger Mine, Nov. 1924	
	Cost per ton of ore
Hand drilling company account	0.418
Hand drilling, contract	0.158
Machine drilling, company account	0.581
Machine drilling, contract	0.003
Total drilling	1.110
Labor, timbering and filling	1.142
Labor, shovelling and sorting	0.593
Total stoping labor	2.845
Supervision	0.409
Compressed air, steel sharpening, total nipping, pipe lines and drill repairs, including labor & power	1.051
Explosives	0.505

Timber	0.710
General supplies	0.225
Total direct stoping cost	5.748

此の經費中には shrinkage と open stoping を含む。

**Eighty-Five mine, Valedon, N. Mex.**

此の鑛山では大部分が Shrinkage 法で採掘されて居るので Shrinkage 法の所で述べたが次の四つの條件の場合は Cut-and-fill 法が用ひられて居る。

- (1) 兩磐に平行した石目のためその兩磐が弱くなつて居る場合及び兩磐が陶土化作用をうけて弱い場合
- (2) 脈幅の廣い所で
  - (a) 鑛化して居ない母岩が兩磐に廣く帶狀をなして存在する時
  - (b) 脈中に支脈のある場合
- (3) 品位の高い鑛石が細脈(2~8呎)としてある時
- (4) 良く選別された鑛石を必要とする時

1931年迄に6 stopes で Inclined cut and fill stoping が用ひられて居る。之は鑛體の端に掘上り(2間に仕切つてある)をあげて順次6つの掘上りを140呎間隔にあげる。次に Fig. 36 の様に中間坑道を運搬坑道の地並から20呎の所に開鑿し(此の中間坑道は脈の全幅を現す)掘上りと連絡する。先づ兩端に5呎の inclined cut を作つてから採掘する兩端の硬い時には坑夫は破碎鑛

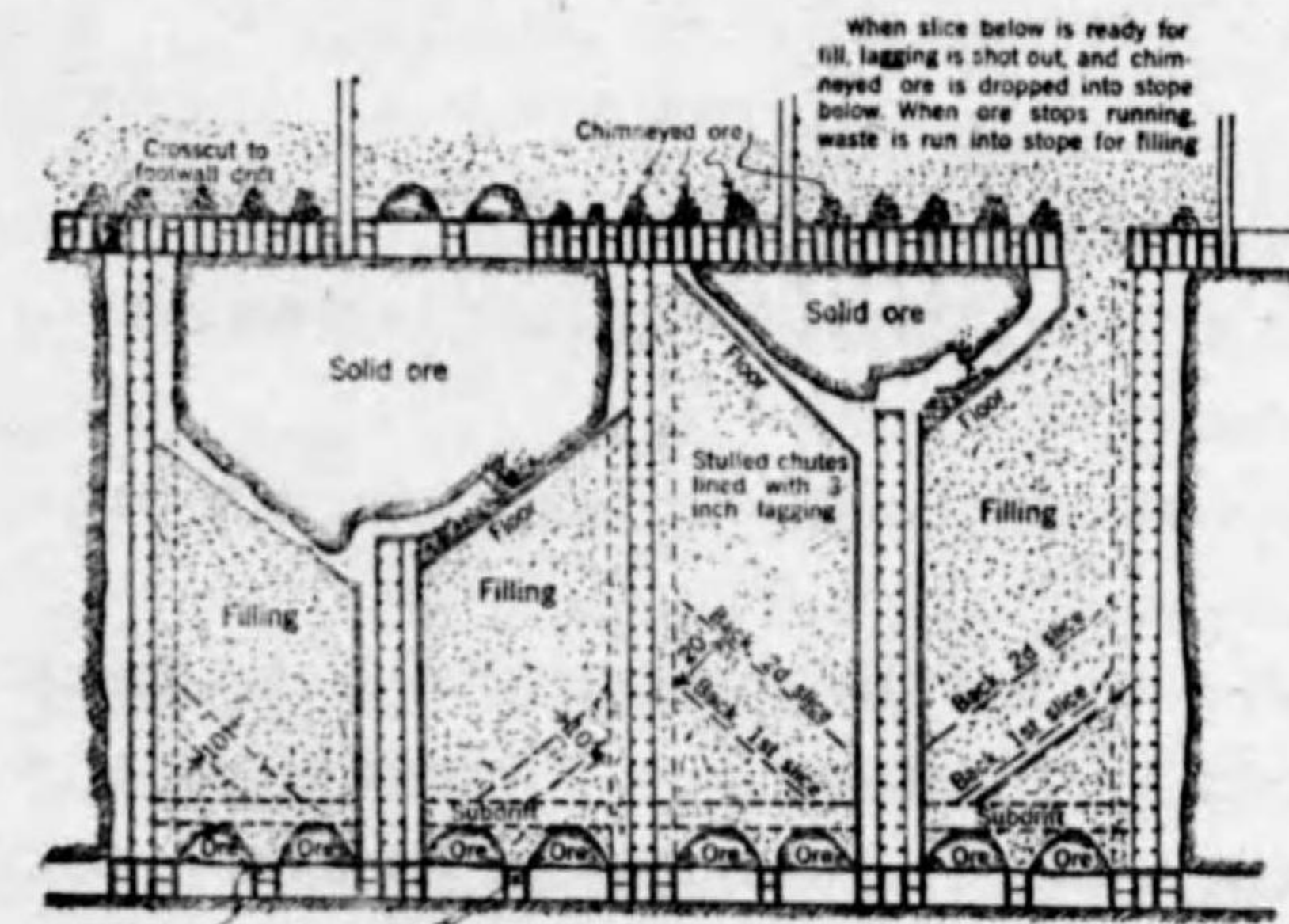


Fig. 36.—Details of inclined cut-and-fill stoping Eighty-Five mine, New Mexico.

石の上で仕事をし更に1~2回5呎の切取を行ふ。斯様にして冠が掘上り送達し破碎鑛石の搬出を終了すると2本の充填立坑によつて冠下2~3呎を残して充填するのである。研は上部の切羽又は開坑作業によつて採る破碎鑛石の停止角は39°で切羽の冠も39°にcutされる。坑道上20呎の龍頭が若し高品位のものであれば之に板等を布いて充填する。充填が終了すると厚さ2吋の板を敷き床張を作つて後 inclined cut を行ふ。一つの切羽で一

方を充填をして居る時に一方を採掘すると云ふ場合に cut を進めてゆくのである。充填を行ふ前に人道と2つの漏斗を組んでおく。又採掘をする前に grizzly として8吋角の木材又は 90 lbs の「レール」を10時間隔に漏斗の上に設置する。上向階段採掘では hand rotate stoper を用ひ「コブ」取り (brow-slaifing) 大割には plugger を用ふる。細脈にして兩磐の硬い時には Shrinkage stoping の様に鑛石を抜き充填をする前に此の破碎鑛石の上で inclined cut を行ふ事がある。代表的な cut and fill stoping cost は次の通りである

Cut and fill costs, Eighty-Five mine

Type No	Years	Cost per ton of ore					Total
		Labor including bonus	air drill	Explosives	Timber	Other supplies	
10	1928 1930	\$ 1.62	\$ 0.60	\$ .28	\$ .20	\$ .03	\$ 2.37
26	"	1.62	.38	.17	.27	.02	2.46

#### Mc. Intyre mine, Schumacher, Ontario

此の鑛山の採掘法は主に Shrinkage stoping で之は前に述べた Cut and fill stoping は極く最近用ひられ 1932 年に於ての出鑛の 50% が此の方法によつて採掘されて居る。Shrinkage stoping は現在ではその兩磐が強く且規則的であると豫想される様な特別な切羽にだけ用ひられて居る。又低品位で脈の幅の之に適當した切羽で使用されて居る。

Cut-and-fill stoping は次の様な理由によつて Shrinkage stoping より優つて居る。

- (1) 兩磐が不規則であること。
- (2) 兩磐が悪い爲に礫が多く混ざると云ふ様な事は無い。
- (3) 礫を選別し得て切羽に之を残し得る事。
- (4) 此の方法によれば磐が悪くても切羽を暫時空洞として放置しておくとも安全なる事。
- (5) 磐の性質から考へても安全度大なる事。
- (6) 人道は 200~250 呎間隔に充填及通氣掘上は 250~300 呎間隔に坑井は 50 呎又はそれ以上に設置せらる。

掘上は 250~300 呎間隔に約 48° の傾斜で掘進され普通支柱を用ひない。此等掘り初めに坑道地並では坑井と人道を作るに充分な廣さを有し上部坑道では 6×8 呎の加背に縮小される。切羽を作るに當り先づ腰割をなし次に冠打を行ふ。そして標準坑道枠組留、又横木(胴張り)又は幅の廣い時には柱を以つて留を付ける。然しながら坑道の冠が大にして良品位の鑛石でない時は坑道の冠に鑛柱を残して坑道 (sill) を切り採掘を初む。切羽は水平穿孔により 8~20 呎、breast (カバチ) を作つて水平に進めらる。一工當り破碎される鑛石は充填支柱等全體の切羽の工數を含

み平均 9 噸である。挟み又は上、下磐へ鑛石が逃げた場合には採りを繰つて之を採す。噸當り 40% の gelatine dynamite を約 1 封度使用して居る。充填に用ふる礫は開坑坑道より切羽の下磐に設けられた小さな研切羽根又は 2 つの大きな研切羽根から取るのである。而して土砂掘上から之をとり人力で之を充填する。充填と採掘は同時に平行して行はれて居る。鑛石は充填上に敷いた板張りの床の上で破碎される。切羽に於ては小さな「スクレーパー」や空氣捲揚機を用ひて破碎鑛石を坑井に牽き落して居る。1931 年の中に幅 8 呎の切羽で 4 人 (3 人一方) で screper を使用して 1 日 65 ton の鑛石を出し充填を行つて居る。screper は又上磐にある小さな研切羽から礫を運搬するのにも使用された。此の採掘法では坑井は 60 呎間隔で人道は坑井の 3 本目毎に取付けて居る。

Cut and fill stoping の直接費は Bureau of Ininer Information Circular 6741. では次の通り、1931 年間の全 stoping の平均経費 (Cut and fill stoping と一小部分 Shrinkage stoping と Squar set stope を含む) は次の通り

#### Direct stoping, Maintyre mine 1931

Cost per ton of ore hoisted

	\$
Labor	0.891
Supervision	.038
Compressed air drills & steel	.085
Explosives	.147
Timber	.240
Other supplies	.088
Total direct stoping cost	1.489

Stoping の cost は 1932 年の或る月に於て次の通りである。

	Man hours per ton	Tons per man shift
Breaking	1.52	5.26
Timbering and filling	0.14	57.12
Total stoping labor	1.66	4.82

#### Ground Hog Mine, Vanadium, N. Mex.

Richard, F. W. Mining Methods and Cost at the Ground Hog Unite, Asarco Mining Co. Vanadium, N. Mex: Inf. Circ. 6373 Bureau of Mines 1930.

此の鑛山では 1930 年に日産 130 ton の鉛、亜鉛、銅鑛石を出して居る鑛床は閃綠岩質斑岩と花崗閃綠岩々脈の接觸面に沿ひその斷層裂線に生成した不規則な「レンズ」状のもので幅 3~25 呎あり傾斜は 50° である鑛石は自然の粘着力の弱い重い硫化鑛で普通は兩磐以外に支柱を必要とする。上磐を形成して居る岩脈は通常 15~90 呎で空洞が相當長くなつても充分に保持して

みられるのである。空洞が過大になると鑛石は保持し得ず塊状をなして崩落する。下磐は普通厚い弱い層からなり之がしばしば崩落を起す原因となつて居る。最も悪い條件は岩脈と鑛脈の間に閃綠岩の挟みをもつて居ることである。此の挟みは全く厚くない。又之が鑛脈の上磐となり相當破碎されて居るので支柱が非常に困難である。鑛脈の幅の狭い所では支柱を殆ど用ひないで Cut-and-fill stoping を行ふことが出来る廣い場合には filled square set stoping を用ふる何れの場合でも運搬坑道から腰割、冠打を行つて探掘を行ふ。而して 10×10 吋床の横木 (floor sill) を下磐から上磐へ 5 呎毎に置き此の上へ 2 吋厚さの床張りを 2 重に行ふ。10 呎以上の廣い鑛石の場合には square set を此の横木 (sill) の上に置く。10 呎以下の場合には坑道枠組を横木 (sill) の上におきその冠木 (cop) は上、下磐に緊密につけておく。此の枠組が完全に行はれたならば最初の上の一段を採掘し square set を組む。然し 1 列の set は運搬坑道として残し残りは全部充填する。上部坑道迄上つて居る中心距離 50 呎の横木を渡した掘上りを切擴げ、square set を組む。上記二つの探掘法は此處迄は同じである。以前は鑛脈の狭い時には flat back or horizontal cut and fill stoping を用ひられた。然し之の場合鑛脈と側壁が崩落する事が多かつた。上磐から入つて居る水平掘り鑛石を約 6 呎間隔に切り一段が切取られて充填を初める頃に鑛石が次の上部の掘りから上磐を伴つて崩壊して來た。故に此の危険を除き岩盤をみちりと充填するために此の方法を中止し rill stoping を用ひた。rill stoping は中央掘上迄出来るだけ高く切り、しかる後此の掘上から静止角に充填するのである。充填の上に床を敷きそして 3 呎 inclined cut をなし充填する。之をくり返し切羽の先が坑井から 10 呎以内に来る迄行はれる。其の後 Rill の長さは之以上長くならないで切羽は選別と積込みをするために 10 呎の高さの空間を残して處理される。slice を充填するに當り天磐との間に最小の隙間をあけておく探掘は rill の下底から初まり上部へ向ふ。此の操作では鑛石の板目は水平掘の時より傾斜した一段に於てより多くの slip (滑り目) が露出はするが各滑り目より小なる距離で露出するので仕事がやりやすい。1930 年 1, 2, 3 月の 3 ヶ月間に正規の Cut-and-fill stoping 法と Square-set 法を併用した場合の直接探掘費は次の通り。

(Direct stoping, cost) Ground Hog Mine Jan, Feb, Mar, 1930.

	Cost per ton of ore mined or hoisted
Labor	1.197
Supervision	.065
Compressed air drills and steel	.087
Explosives	.058
Timber	.120
Other supplies	.235
Total direct stoping cost	1.762

此の期間に於て切羽に要した鑛石噸當り労働延時間は 2.140 (man-hours per ton of ore) で工程は一工當り 2.74 (tons per man-shift) である。爆薬の消費量は破碎鑛石 1 噸當り 0.65 封度 を要して居る。

#### Matahambre Mine, Pinar Der Rio, Cuba.

此の鑛山の鑛床は大きな不規則な圓筒形として賦存する。普通断面では「レンズ」状をなし一次的な黄銅鑛に局部的に石英、黄鐵鑛が判然たる 3 つの破碎帯中に共生する。最重要な鑛體のある一帯は走向 N 30° E 傾斜 42°~45° NW なり。此の鑛山では下磐は珪岩であつて上磐は薄い層状頁岩である下磐は強く何等の懸念はないが上磐は弱く長期間 10 呎以上高さで維持することは困難である上磐の特性及び傾斜のゆるいことは Cut-and-fill 探掘法を採用するに適するものである。1929 年以前は全坑道の内 3 坑道は 100 呎、2 坑道は 130 呎間隔であつた。之以後は新坑道は 150 呎間隔にする計畫をたてた鑛體は初はその走向に沿ひ鑛押坑道によつて開發される。鑛石漏斗は 50 呎間隔に置き人道は 3 漏斗毎に設置する探掘切羽は廊下の踏前から 14 呎上に作らる。即ち探掘切羽の踏前と廊下の冠との間に 7 呎の龍頭をおくのである。中間坑道は鑛體の全幅を現し之の高さは普通 12 呎とされておる。切羽が若し廣い場合には下の廊下から立入を切り之から漏斗掘上を上げるのである。中間坑道 (sill) を切る時鑛石の警きわを探るために鑛石の凡ての鑛條 (Stringer) を追ふ。ある場合には岩石の大塊があつたり鑛石が滑り目や裂目によつて切れてゐるので此の滑り目の壁を鑛石の限界と間違へる事がある。全切羽は水平掘により探掘され穿孔は手廻轉の乾式「ストーパー」又は 48 封度の「ジャツクハンマー」を用ひておる。「ダイナマイト」は 90% の「ゼラチンダイナマイト」を用ふ。掘鑿は初め「ストーパー」により切羽の中央又は端から行ひ後は「ジャツクハンマー」で之を行ふ。「ジャツクハンマー」を用ひ横孔を掘れば鑛石は大抵 slab (版石) に破碎される。切羽の冠の状況の良い時には一回に切羽の側方では平均 8 噸、中央では 15 噸を出鑛する。破碎鑛石は全部「ショベル」又は手押 (一輪車) によつて鑛石堅坑へ投込む鑛石は硬いか比較的小さく碎ける。切羽の準備をしてゐる間に土砂立坑を上部坑道迄上げるのである。此の掘上は 80 呎間隔に上げ充填研は地表から、中央にある "glory hole" から取るか開坑研を以てする。最初廢砂を用ひたが此の時には掘上り 100~150 呎間隔とした。砂充填式では廢砂は掘上附近に設置せらる「ボウル」分級機 (30 呎) に「ポンプ」であげて之を用ふる。分級機の鑛泥溢流は沈澱池に流れ「レーキ」に依つて上げられた砂は「ホツパー」内に入る。此の「ホツパー」に添水し 1200 呎坑道迄立坑内についである。2 1/2 吋ゴム「ライニング」を施した鐵管内へ流し込まれる。切羽が充填される前に (四つ枠掘上り) や人道は砂の浸入を防ぐために「ズツク」で覆はれる。必要に應じて鐵管や「ホース」を直接砂流しに用ふる事もある。又切羽には必要な場所に砂止めを作つて充填する。此の filling system の利點は

- (1) 人力で充填を「ならず」必要がない事

- (2) 何時も充填材料が充分にある事  
 (3) 鐵管の取付け取外しにより一方より他方へ充填を変更しうる事  
 (4) 切羽の兩壁の割れ目や隙間内に砂が入り緊密な充填となる事

此の方法の細部に付いては "Filling stopes with mill tailing" Eng. and Min. Jour. Mar. 2, 1929, P. 348 を参照の事。

鐵管は樂に1時間 35 噸の砂を取扱ひ得る。1929年2月分から1931年6月迄に 205400 噸の砂を取扱ひゴム「ライニング」の磨耗は殆んどなかつた。6ヶ月間に切羽へ充填した砂1噸當り cost は次の如くである。

Labor	¢ 10.5
Burlap	4.8
Pipe	7.1
Pump	0.6
Power	2.0
Total	25.0

鐵管費は設置した新鐵管代をも含む。所が鐵管の取替へは必要とせぬため一噸當りの實經費は 20「セント」を越した。採掘準備が終り第一階段の採掘を終了すると破碎鑛石を搬出し充填する前に堅木の板を以て床を作る而して相次いで掘鑿を行ひその破碎鑛石を搬出すれば切羽の冠の高さは床から 12 呎となる。そしてその掘鑿を行ふには厚さ 6~7 呎の充填を必要とする。切羽充填の請負は人力による場合には 20 sent/ton「スクレーパー」による場合は 5 セント/ton である。1 例を除いて普通「スクエアーセット」ではその運搬坑道は充填せぬ。普通各切羽の下の方 70~80 呎間は木材のみを用ひ鑛石堅坑と人道は枠組をする。然し或鑛體は鑛石が相當破碎されて居るので切羽に「スクエアーセット」を必要とする。全切羽の上部 15~20 呎間は「スクエアーセット」を組んで上部運搬坑道を維持し此の坑道と上部切羽間の坑道龍頭を採掘するに便ならしめて居る。1928年には鑛石、30% は「スクエアーセット」の切羽間から出鑛して居る。同年中の直接採掘費は次の通りである。

## Direct stoping cost, Matahambre mine, 1928

	Cost per ton of ore hoisted
Labor (mining & filling)	\$ 0.698
Supervision	.095
Compressed air, drills and steel	.085
Power cost	.008
Explosives	.095
Timber	.192
Other supplies	.099
Total direct stoping cost	1.267

## (採掘所要勞力), Matahambre mine, 1928

Occupation	Man hours per ton	Tons per man shift
Breaking	0.69	11.59
Timbering filling	.67	11.94
Shovelling	.92	8.70
Total	2.28	3.51

切羽での爆薬消費量は 10, 30, 40%「ゼラチンダイナマイト」合せて粗鑛噸當り 0.44 封度を用ひて居る。木材は粗鑛噸當り 0.802 (立方呎) の板の 0.125 の丸太を用ひて居る。

## Teziutlan Copper Mine, Puebla, Mex.

此の鑛山の Minerva 鑛體は上層が柔いため Cut and fill 採掘法を用ひて居る。その他三鑛體は兩壁が硬いため「room and pillar open stoping (房柱法)」を用ひて居る。鑛床は「前カンブリア」紀の變質された火成岩及び水成岩中に胚胎し「レンズ」狀鑛體で傾斜は平である Minerva 鑛體の上層は柔い千枚岩である。鑛石は塊狀の硫化鑛體で主要鑛石は黄銅鑛、閃亜鉛鑛、黄鐵鑛と方鉛鑛であつて石英又は時には雲母片岩中に賦存する。Minerva 鑛體は走向延長 890 呎、幅員 5.6 呎その深度は 330 呎で、傾斜は 20~65° で平均 35° である。その品位は噸當り \$ 6.85 の金と 3.16「オンス」の銀と銅 3.2%, 亜鉛 13.82%, 鉛 1.72% である。(七月より 1931 年六月まで) 主要運搬坑道は 100 呎毎に作る。「Cut and fill」採掘法では掘上は 100 呎間隔に上げ此の掘上から廊下との間に 16 呎の龍頭を残し sill (中間坑道) を切る。鑛石の上部限界を決定するために掘上りを交互に上げる之は普通下部坑道から 66~164 呎である。(但し傾斜に沿つた長さ) 此の掘上りの中間に鑛石立坑として掘上を上げる一本の掘上は上部坑道と連絡し通氣用に用ふる。sill (中間坑道) は兩壁間 12 呎の冠の高さを有す破碎鑛石を搬出すれば 7 呎充填をする。その後の掘鑿は 7 呎である。「ストーパー」で斜め「上げ孔」を掘り鑛石を爆破する。切羽が眞直の場合には「スクレーパー」を用ひて破碎鑛石を鑛石立坑へ搬入して居る。スクレーパーホイストは丁度掘上の中間に之を設置して居る。「スクレーパー」で先づ一方を掻き落してしまひ次に他方の鑛石を掻き下して居る。即ち一方を採掘してとる時は他方は充填をして居る事になる。鑛體の褶曲や曲りのある場合には手押一輪車を用ひて居る。充填には「ショベル」や手押一輪車を用ひて居る。充填に用ふる餅は土砂掘上の頂上にある採石場 (breaking caving station) から取る 1931 年の Teziutlan mine の出鑛の 90% は Minerva 鑛體より出て居る。他の 3 鑛體は大體採掘を終了して居る。

## Direct stoping cost, Teziutlan mine, July 1930 to June 1931

	Cost per dry ton mined
Labor	\$ 0.877
Compressed air, drills & steel	0.252

Cost per dry ton mined

Supervision	\$ 0.041
Explosives	0.216
Timbering	0.107
Other supplies	0.078
Total	1.571

一切羽に於ける所要勞力は鑛石噸當り延時間にして次の如し

Labor performance, Teziutlan mine

Occupation	Man-hour/ton	Ton/man shift
Breaking	1.061	7.49
Timbering	.386	20.72
Filling	1.056	7.57
Shovelling	1.788	4.48
Total	4.291	1.86

Pecos Mine, Tererro, N. Mex.

Pecos 鑛山は「ニューメキシコ」の「前カンブリア」紀地層の中央に位置して居る。NE-SW に横がつてゐる。壓碎帯 (shear zone) は火成岩 (花崗岩と閃綠岩) によつて數條の片岩になつて居る。此の地帯の幅は數呎から數百呎迄變化し鑛體は此の片岩中に交代鑛床として胚胎してゐる。鑛石は閃亞鉛鑛、方鉛鑛、黄銅鑛及び黄鐵鑛で金及銀を少量含む。そして之等に滑石の角閃石、雲母及び綠泥片岩が随伴してゐる。鑛體は 2000 呎に横がり地表から 1,200 呎に及んでゐる。鑛體は不規則で連絡がなくしばしば鑛體の走向及傾斜に沿つて絞り出されて出來た「レンズ」狀の硫化鐵が覆ひかぶさつてゐる。傾斜は大體垂直である一般に鑛石の兩磐共に柔く留付けを必要とする。地盤は到る所柔弱となり陥没を起し勝ちである。地盤は乾燥の時には重いと云ふ事はなく又膨れもせぬので重いが膨れはせぬ。最初の働きを防げばその支柱も困難ではない。濕浸すればその支柱は非常に困難を來すので切羽はより排水する必要がある各坑道は (100 呎間隔) 下磐に沿ふか又は中央に支柱坑道を作つて富鑛體を開發するのである。主要運搬坑道から中間坑道 (stope sill) 迄四つ枠留の立坑枠及び人道を 25~50 呎間隔に作る。中間坑道 (stope sill) と廊下の間に龍頭を 20 呎おく。掘上は丸太で枠組をする。各掘上では坑道留の上に二階枠を作る。中間坑道 (stope sill) より上部坑道迄上げる充墳掘上りは普通 4×6 呎の加背で打込みを入れてある。1930 年では「Cut-and-fill」「Square set and fill stoping」に變へなくてはならぬ事である。Pecos mine では此等探採法の選擇に當り次の條件を擧げてゐる。

(1) 富鑛體が不規則で長續きせぬ場合又時には 10~20 呎の無價値の片岩又は塊狀の閃綠岩によつて 2~4 枚の鑛脈に分れて居る場合、普通鑛石が探採されてから廢石は割られ探採跡に戻されるが場合によつては之等數枚の鑛脈を同時に探採し研は切羽に残す事である。

- (2) 鑛脈は低品位鑛石又は中石が帶狀となり之に閃綠岩が進入してゐる時には切羽選別を  
する必要がある。(探採鑛石の少くとも 20%) が選別され廢石として切羽に捨てられる)
- (3) 不規則な鑛體の場合に之を正確に現し得る。
- (4) 富鑛體をも完全に探採する必要のある場合。
- (5) 上磐にある 1~數呎の厚さの軟磐の崩落を防ぎ之を支持する必要のある場合。
- (6) 鑛脈の傾斜が「Pecos」河の方に向つてゐるので地表の沈下を防ぐ必要のある事 (地表  
では鑛脈と「Pecos」河は 400 呎離れ平行に走つてゐる)。
- (7) 複雑な鑛石は全部選採し一種類のみを取扱ふ場合。  
「Inclined cut-and-fill stoping」を實施した事もあるが次の理由によつて中止した。
- (1) 鑛石も兩磐も共に崩落する傾向をもち度々崩落し生命に危険を感じる事である。
- (2) 床が傾斜してゐるので横木 (胴張り) (stull) や枠を組む事は困難である。
- (3) 研をはねておく場所のない事。

上記の様な理由から水平「Cut and fill stoping」を用ひてゐる。二間の掘上りを懸押坑道の冠の上の 12 呎迄上げそこから中間坑道 (sill) が鑛體の幅を以て開鑿される。鑛石は區切つて探採される。その長さは脈の幅及び地盤の状態により異なる。

最近では廣い鑛脈では先づ 30 呎の幅に探採し切羽の兩側に鑛石立坑を有し 100~150 呎の間隔を置いて切羽を作る。之等探採切羽は上り上部坑道に近づくとき最初、切羽の一端から 15 呎 (即ち切羽の幅の半分) を探採し今迄鑛石立坑として使つた立坑を土砂立坑として使用し充墳する。切羽で探採する一段の厚さは 7 呎とする。狭い鑛脈では切羽の長さは數百呎として鑛石立坑の間隔は 30 呎とする。土砂立坑は鑛石の中を 30~60 呎間隔に上げる。使用出来る所では「ストーパー」を用ひるが普通は地盤が軟いから「ジャックハンマー」で水平に穿孔する方が良い。發破をかける前には 2 吋厚さの板を床に敷く。積込は人力で行ふ。之は選別の必要があるからである。充墳土砂は開坑又は探採研や大土砂立坑により地表より供給する。

1929 年度の「Cut-and-fill stoping」に要した直接費は次の様である。

Direct stoping costs, Cut and fill stoping, Pecos Mine, 1929

Labor	Cost per ton of ore mined
Breaking	\$ 0.42
Shovelling	.44
Timbering	.41
Filling	.25
Total	1.52
Supplies:—	
Breaking	.09

Timbering		.26
Explosives		.14
Total		.40
Tot, direct stoping cost		2.01
鑛夫賃金は	Timber men	5.00
	Miners	4.50
	Shovelers	3.50

其他コンプレッサー、鍛冶、鑽シャープニング、鑽及工具、留付費等を合計して 25¢/ton である。

### United Eastern Mine, Oatman, Ariz.

出鑛が始つた 1917 年 1 月から既知鑛體を掘り盡した 1925 年 3 月迄の探掘方法並に経費に就ては Moore 氏が詳細に記述してゐる。富鑛山は高品位の金鑛にして鑛石噸當り平均 \$19.20 を得てゐる。富鑛體は「Tom Reed-United Eastern vein」に沿ひ 7, 8 箇所あり。之は安山岩質熔岩流の中の斷層を充填した鑛脈である。Tom Reed に擴がつてゐる富鑛體の最大延長は高さ 750 呎、長さ 950 呎、厚さ 48 呎で 511,976 噸の鑛石を此の鑛體から採掘してゐる。

「Big Jim」鑛體の最大延長は高さ 45 呎、長さ 850 呎、厚さ 35 呎、採掘鑛量 220,552 噸である。

第一坑道は深さ 585 呎にあり最下底坑道は 1,998 呎にあり兩者の間に 100, 150, 200 呎置きに坑道を掘進し、各坑道は鑛脈の長さだけ掘進し、立入を 50 呎間隔に設く。立入のあるものは鑛脈を横切つて掘進し平行脈の探掘を目的としてゐる。之の兩大鑛體の探掘には水平充填探掘法 (Horizontal cut & fill stoping system) を殆んど例外なしに用ひてゐる。Shrinkage Stoping は兩鑛體下端の細い部分を採掘するに用ひられてゐるが鑛石が水平層狀に割れる傾向があるので大切材には不適當であつて尙支柱なしでは軟弱な上磐が落ちてくるのである。又之の方法は下磐掘上を上つて近接平行脈の探掘の機会をも得るのであつて、之から出る礫は切材充填に用ひらる。無支柱斜階段法も試みられたが鑛脈が水平に割られる傾向があるため不適當である。

探掘準備として鑛脈の全幅を腰割し、そして中間坑道上を更に 6 呎の冠打ちをする。之は堅坑からの主要立入坑道から始める。高さ 2 枠分を採掘し後は一枠の高さ宛掘つて行くのである。人道及漏斗枠組は脈幅が 8 呎以下のところでは中心間隔 22 $\frac{1}{2}$  呎にする。脈幅の廣い處では鑛脈の長さの方向に人道掘上を設ける。

大留付 (Sill Sets) には 2×12 呎の二つ割を二重に張り、充填土砂を支へるのである。大留付が完成すれば切材の天井を深さ 7 呎穿孔し、次に留付の上を床張りし、漏斗及立坑を 3 呎組み上げ其の高さを迄充填するのである。

充填は水平にして鑛石を發破する前に床に 2 吋×12 吋×6 吋の二割を並べるのである。鑛石を發破して立坑に積み込み床を掃除してから後高さ 6 呎充填するのである。斯の様に高さ 6 呎づつ掘つては充填し掘つては充填する。冠穿孔には「ストーパー」を用ふる。充填用土砂は開坑坑道と坑井間に設けられた切材の緊際と掘上掘撃から得るのであるが、此の掘上は幅の廣い鑛體の時は鑛體から 60 呎離れた所に設ける。それで上磐を可成強化させ、切材が上の坑道へ近づくと時にはもめることもある。斯の様な時は天井は通常坑木で支柱しなければならない。充填土砂は小型の「air hoist」で Scraper でかき込む。「Big Jim」の富鑛體では兩磐は「Tom Reed Extension」の磐よりも堅硬で 6 呎宛二段採掘してから充填することもある。「Big Jim」の切材へ入れる充填土砂は地表の「Mill hole」へ上る掘上からたやすく得ることができるのである。土砂立坑は土砂分配坑道に貫通してこの坑道で切材土砂立坑に押返すのである。土砂均しに Scraper を用ひて充填経費の軽減を計ることができる。

1917~1924 間の直接探掘費は次の通りである。

### Direct stoping Cost, United Eastern Mine, 1917~1924

	Cost per ton of ore
Labor mining	\$ 1.236
Labor filling	0.514
Total labor	\$ 1.750
Timber	0.445
Explosives	0.414
Other supplies	0.170
Power	0.136
Miscellaneous	0.008
Total stoping cost	2.923

以上は運搬経費と全探掘経費とは分けてゐないが運搬経費は噸當 \$0.35 位である。

### Park Utah Mine, Park City, Utah

Park Utah 鑛山では大部分の鑛石は Square-Set 法で採掘してゐる。然し上磐及鑛石が強靱なところでは Cut and fill stoping を用ひてゐる。之の鑛山で採用してゐる方法は Hewitt 氏が詳述してゐる。

切材に 200 呎置きに土砂立坑を又その中間に人道と鑛石立坑の用の square-Set 2 raise を設ける。坑道は全鑛幅迄掘り Fig. 37 に示す様に押かけで支柱 (Stull) するか四つ枠で留める。最初の方法では 10 吋×10 吋の押かけを踏前梁の上に一列に並べ上磐に沿ひ坑道加背丈の空間を作るのである。此の方法は 2, 3 ヶ所にしか用ひられず普通は親枠留として square-set を用ふる。

る。そして 8 時の矢木を並べて之に充填土砂がのることになる。冠打が完了後切羽の一端の掘上から充填を始めるのであるが土砂は scraper でかき揚げるのである。兩岩が割れ落ちて来ない位に一段の高さをとつて切羽を進め破砕礦は scraper で鑛石立坑に掻き込む。充填の地均しが終ると次の段を始める前に床板を敷くのである。若し充填物が細粒であれば床板は直接其上に敷くが、粗大なものなれば横梁を置き其の上に床板を張るのである。3 時矢木を 8 呎の長さに切つて床張りに用ふる。床板は夫々約 8 時の長さ丈重なる様に並べ scraper で引き掛けて割きとられることを防いでゐる。切羽が非常に平坦で又廢石が粘着性の時は水で押し込む。作業順序は次の通りである。切羽は或高さ迄進行し、鑛石を取り去つた場合を考へると充填土砂が土砂立坑を通じ高く山に堆積してゐる。之を scraper でかきならす。之の作業に約一週間を要する。

冠下 5 呎迄充填すると念入りに地均して床板を張るのである。之の作業に 2 方を要する。

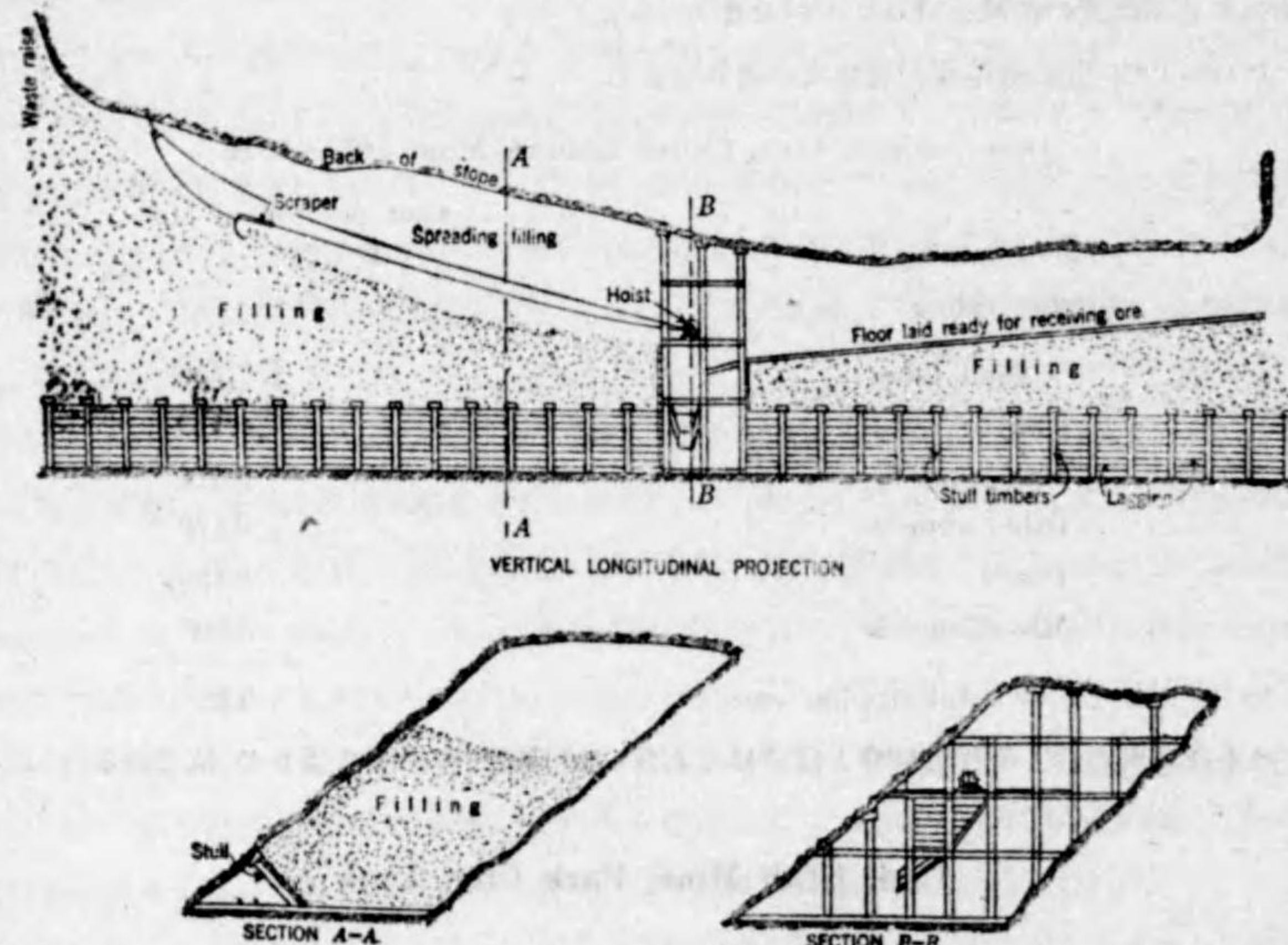


Fig. 37.—Cut and fill stoping on stull timbers, Park Utah Mine, Utah.

土砂立坑と反対側の鑛石立坑から 8 呎の「カベチ」で穿孔發破して行く。同時に Scraper で鑛石をかき込み、破砕礦の上に「カラム」(Calumu) を立て機械を使ふに充分な丈の鑛石切羽に残しておくのである。この「カベチ」が土砂立坑に達した時更に 8 呎のカベチで逆戻りに鑛石立坑の方に採掘してくるのである。Scraper は連続的に作業し、第二段の採掘が完了した時は切羽の鑛石は全部かき取り床板を割がして次の充填の用意をするのである。この間 2 週間を要する。

Scraper の仕事は Fig. 37 に示す様に hoist の方向へ少し傾斜させておくと非常に都合の良い

いことが分る。一切材で一方三人で 6 週間一日當り 100 ton 出鑛する。Scraper を用ふることに依つて採掘費を 30% 軽減することが出来る。

### Champion Mine, Painesdale, Mich.

Champion Mine で採掘してゐる鑛石は此の地方で "Baltic lava flow" として知られてゐる。地殼の角礫状の上部にある。鑛床の中角礫状の部分は幅 6~50 呎である。自然銅が角礫岩中の角礫を膠着してゐる接合物 (Cementing Materials) 中 Amygdule (火山岩) が噴出する時水蒸氣や瓦斯に依り火山岩中に出来た小さな空洞中又 amygdule の下の黒色の節理の粗い火成岩 (trappy rock) 中に胚胎する。Champion Mine の Baltic 鑛床は長さ 8000 呎一様に 70° 西へ傾斜し深さ 3000 呎あり。此の 3000 呎下では傾斜が稍水平になつてゐる。

鑛床の含銅部分の幅は 10~80 呎平均 17 呎を現在稼行してゐる。鑛石は低品位のものである。鑛石は硬く上層は塊状で走向。傾斜兩方向に平行に層をなしてゐる。僅かに切羽の面積が 3 平方呎でも支柱や充填をしなかつたら岩層が崩潰して切羽に落ちて来る。

銅は鑛床全體に平均して含有するのでなく部分的に富銅部として賦存する。即ち富銅部處により上層側の中央部又は下層側中に又は上層から下層にかけて鍾を横切つて存す。採掘作業上及其の經費に影響する條件として次の様なものを挙げられる。

- 1) 鑛床は走向の方向に変化多いのみならず幅の方向にも品位の變化多く、層状の挟み石があつて稼行し得る程度の富銅帯を分離してゐる。而もこの富銅體の中の銅の分布が不規則に擴がつてゐる。
- 2) 硬質の鑛床が層状に悪く破砕される上層に境し之の上層は硬さうに見えて當にならないのである。
- 3) 低品位鑛があらはれ、この中にある銅は自然銅状態にあり、岩石とは區別がつくので切羽で選別するときは容易である。約 40% は研として選別される。
- 4) 現在の切羽は古い切羽の下にあり、この古い切羽は土砂で充填してあつて此處から充填土砂を潤活に供給されるのである。

坑道間隔は 100 呎である。以前切羽は鍾押坑道の上に設けられた。鍾押坑道は鑛體の幅全部に腰割し、冠を 16 呎の高さに上げ加背  $7\frac{1}{2} \times 7\frac{1}{2}$  呎の運搬坑道を作り残りを充填するのである。25~30 呎間隔に漏斗を作り充填の中に圓形の坑井を石垣で作り之に鑛石を落したのである。即ち通常の水平の Cut & fill stoping を行つてゐた。この方法の詳細に就ては Schacht 氏が述べてゐる。

此の採掘法の直接採掘費は次の如くである。



## Direct stoping cost, Champion Mine, 1927

	Cost per ton of ore milled
Labor	\$ 1.340
Supplies	0.405
Power	0.009
Miscellaneous	0.009
<b>Total</b>	<b>1.763</b>

1929年に此の採掘法は変更された。坑内が深くなるにつれ鑛石の平均品位が低下し又深い鑛の大部分が採掘されたため上層の重さに耐へ得られ無い様になつてきた。採掘法の變へた理由は次の通りである。

- 1) 水平切羽の維持が多くなつたこと、即ち兩壁及天井の崩落を防ぐために各段缺で留付をしなければならない。
- 2) 岩層中の鑛石立坑を作るに期間を要し経費も嵩む。全鑛石を採掘し終る迄に坑木が腐つてしまうので坑木を用ふることができない。
- 3) 坑道を長く使用し山が動くため坑道の周囲が歪められ、軌道が膨れ上つてくるので坑道留付が折損し又は腐敗し坑道維持費が嵩むこと。
- 4) 充填中及び鑛石立坑を建造中は切羽の出鑛を妨げる。或一地並に於て5つの切羽の中3切羽だけが出鑛し得る程度である。
- 5) 水平切羽の坑内選別が可能であるが銅は數多の目の中に一樣に分布してゐるので坑内選別ができない。その様な水平段缺法は大量の鑛石を迅速にとり扱ふことができない。
- 6) 後退法は一坑道の各端に唯一つの短い切羽面しかないので一坑道から大量の鑛石を出鑛できない。

新採掘法は“Sublevel inclined cut & fill system”と稱するものである。運搬坑道は堅坑立入坑道から鑛床の境界迄掘進し境界から約200呎戻つたところで坑井と人道の2區劃からなる掘上を上段坑道迄昇る (Fig. 38 参照)。坑道踏前から33呎及67呎上つたところから鑛床中に中段坑道を兩方向に掘進するのである。之等中段坑道は鑛床の全幅を掘進するのである。Scraperは15馬力複胴式の電氣捲揚機で破碎鑛を坑井の中にかき込むために設置する。上の中段坑道が鑛床の境界に達したときに掘上が上段坑道迄開鑿されそれから採掘が始まる。

第二中段坑道の境界の掘上から鑛石の冠を傾斜して層狀に採掘してゆくのである。(Fig. 38 参照)

此の傾斜の角度は38°で進み上の坑道地並の採掘跡の充填跡を支持し得る様な厚さ2~4呎の鑛柱を残す。此の鑛柱は穿孔しておき其下の破碎鑛を全部かき出した後發破するのである。そして上から流れてくる土砂で切羽を完全に充填する。此の鑛柱の鑛石の大部分は踏前迄流れて來

るので此處で撰分し分け出される。次に次の傾斜層の採掘を始めるのである。山が脆弱なときは坊主又は木積で支持する。穿孔は「ドリフター」でやり3~4呎間隔で孔を掘る。低品位の部分に出遇すとこの部分を掘らずに鑛柱として残しておく。切羽が45呎程後退すると下段の中段坑道にて同様の方法で採掘が始まる。銅鑛は拾ひ出し中段鑛車に積込み鑛石立坑に運ぶ。或は拾ひ出

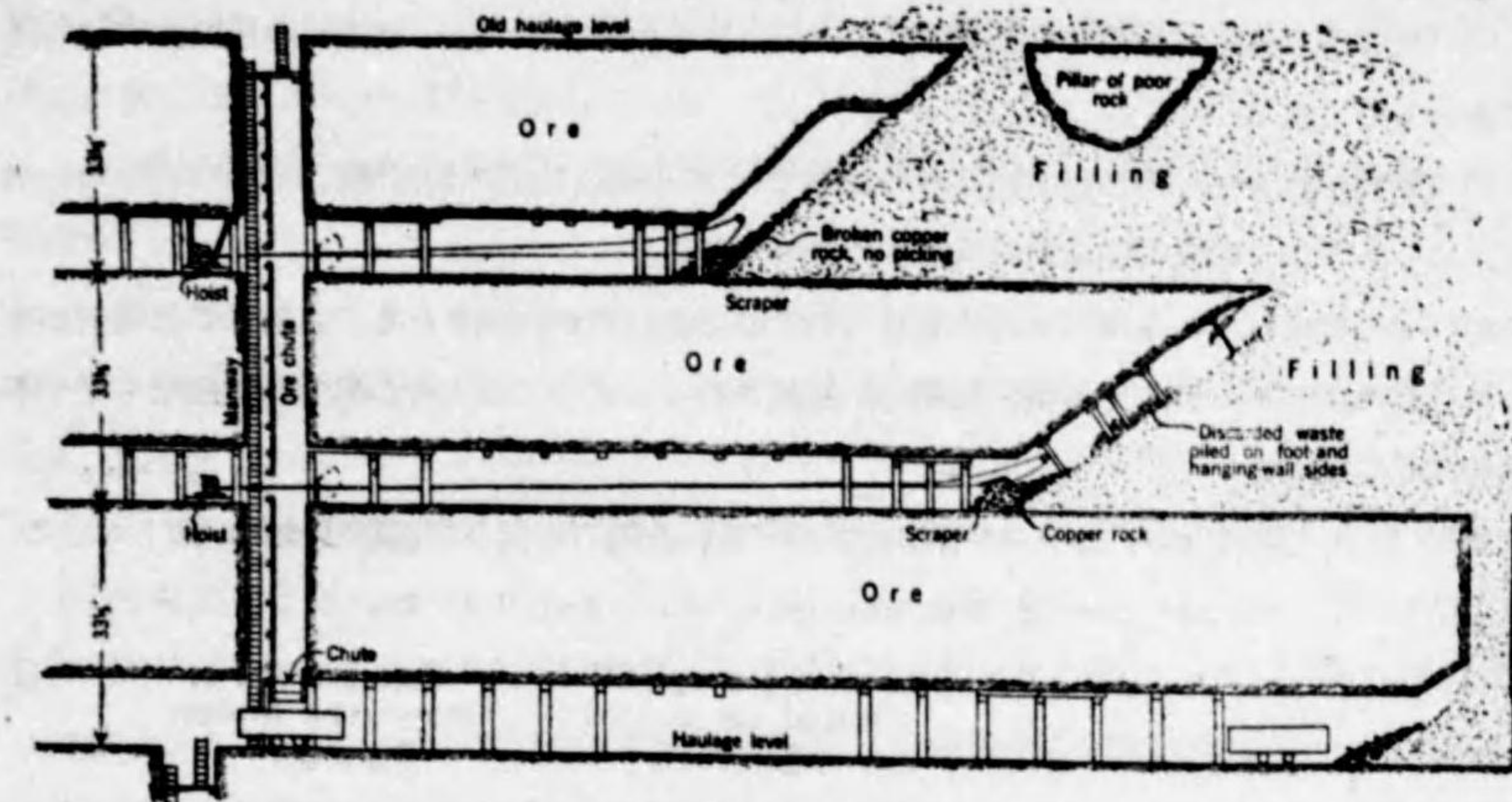


Fig. 38.—Sublevel, inclined Cut-and-fill System, Champion mine, Michigan

された鑛石は「scraper」で坑井迄運ぶ。坑道を通つて立坑に (scraper) で鑛石を運ぶことは不可能だと考へられた。之は坑内選別をしなければならないと考へられたからである。坑内選別を必要としないところには scraper を用ひられるのみならず坑内選別を必要とするところでも鑛車を用ひるよりも有利であると言ふことが後日證明されたのである。坑道及中段坑道掘進に scraper を用ふことは兎當り \$3 近く経費の軽減となり掘進速度を増すのである。

鑛車を用ひて2人作業 (選別なし) で一方8時間に積み込み得る鑛石最大量は30噸である。Scraperを用ひると選別なしで2人7時間にて40噸の鑛石を積み込み得るのである。

Champion 鑛山で採用した。この採掘方法の利點は次の如くである。

- 1) 限られた範圍から高度の採取率を得ることができる。
- 2) 山の軟弱なところでは鑛石及兩壁の崩落に對しては「時間」と言ふことが重要な條件となるのであつて早く鑛石を出すと言ふことは落鑛を少くし、切羽支柱の経費及作業経費を減少するのである。
- 3) 兩壁から岩石が崩落して鑛石品位を低下することが少くなり鑛石は完全に採掘される。
- 4) 作業の集約により監督者の數を少くして十分の監督を行ひ作業の安全と能率を増進する。
- 5) 充填は重力を利用してやり充填材料を撒けたり水平地均しの如き hand work は水平地

並の時少しやるだけであり人力が殆んど或は全く不必要となり同時に rill-stoping による利點も亦有するものである。然し後者に於ては切材は通常長く坑内選別を了る機会が少い。

6) この中段坑道法は scraper を使用するためには理想的の條件を具へる。之は scraper の仕事は中段坑道の踏前の地山の上でやり床板を必要としないからである。

7) 天井から落して採掘する鑛石は其の経費は最も廉い。scraper は鑛石の運搬法中最も経費の廉いものである。

8) 切材が短くて坑夫が直ちに反ることができ、破碎鑛は坑道踏前逕流してゆくから scraper で運ぶのであるから保安の見地から稱讚されるのである。

9) 中段坑道を奥から逆戻りに作業して行くので維持費が軽減される。と言ふのは切材が拂はれて坑道に荷がかゝつてくる頃には鑛石が採掘されてしまつてゐてその部分の坑道はもはや不用になるからである。

1930年8月1日から12月31日迄に捲揚げられた鑛石順當り採掘経費は次の如くである。

Direct Stopping Cost, Champion Mine, Aug. 1 to Dec. 31

	Cost per ton of sorted ore hoisted	Cost per ton of stope rock broken
Labor	\$ 0.794	\$ 0.461
Supervision	0.056	0.032
Compressed air, drills and steels	0.128	0.074
Explosives	0.103	0.060
Timber	0.061	0.035
Other	0.021	0.012
Total	1.163	0.674

\* 破碎鑛石の40%は切材に於て研として選別さる。

同期間中の切材の工程は次の如くである。

Labor Performance in Stopes

	man-hours		tons per man-shift	
	per ton hoisted	per ton broken	based on tons hoisted	based on tons broken
Breaking	0.55	0.33	14.55	24.24
Timbering and filling	0.21	0.12	38.09	66.67
Shovelling and hand sorting	0.73	0.44	10.96	18.18
Total	1.49	0.89	5.39	8.99

之等の法は新採掘法を用ひ始めてから餘り日が経過してゐないので其良成績を十分に現はしてゐないのである。

### Pilares Mine, Nacozari, Mexico

Pilares 鑛體は2,000×1,000呎楕圓形水平断面を有し、急斜する火山岩及 monzonite porphyry の垂直塊狀體中に胚胎する。この塊狀體は極めて壓碎され且多くの斷層及裂隙を有する。急斜する鑛體の周邊に更に連続する鑛體が存するが之は中心の鑛體とは連絡してない。採掘條件及び採掘法に關しては Lehand 氏が記述してゐる。

地表から下表1,800呎地並迄は約100呎間隔に坑道を切る。之以下では坑道は133呎間隔である。

一般に鑛體は大き及び形状は不規則にして鑛石は硬く、研量は變化し兩警は弱い。Horizontal cut-and-fill 採掘法が最も適當してゐる。その理由は不規則鑛體も全部採掘され、混ざる研は選別出来、又隔壁 (bulkhead) 及び傘形打込 (umbrella stull) を上手に用ひると弱い兩警及び天警も押へることが出来るからである。切材の警が強固で鑛體の形状もかなり規則正しく、充分な高さを有する場合は inclined cut-and-fill 又は rill 採掘法を用ひ得る。この方法に依ると幾分かの研は選別出来るが最も適當する個所は、鑛石の品位が採掘すべき全断面について、研選別を要しない場合である。Square-set 法は鑛柱、壓碎及破碎帯、及び斷層部の採掘に用ひられ top-slicing が上部の鑛體を採ましたり、他の稼行切材に到る通路を横斷しない場合は top-slicing を補助的に用ひる。

1929年に於ける種々の採掘法により産出される鑛石の割合は次の如くである。

horizontal cut-and-fill	59.4
inclined cut-and-fill	17.6
square-setting	17.7
top-slicing	3.7
shrinkage stoping	1.6

鑛石が坑道上かなりの距離まで延びてゐる時には、龍頭を残して20呎上から切材を始めるのが通例である。鑛體の高さが僅かの時は、坑道上すぐに切材を始める。又極めて廣い鑛體を除き鑛體は上警から下警の間に走行の方向に長く採掘する。坑道上の採掘着手に當りては、鑛石の境界まで8呎に打拂ひ、次に床から14呎の高さに天警を設く。この冠打の進行中同時に充てん掘上りを、切材の長方向に沿ひ、30~50呎間隔に上げる。坑道は6呎毎に大留をつけ、支柱の周圍を充てんする。支柱は枠組しない。留は10吋×10吋×9呎の柱と10吋×10吋×5呎の冠木と8吋×10吋×5.33呎の繋ぎとからなる。冠木は留の線に縦に置く。大留は6吋×6吋の丸矢木を並べて置く。30呎間隔に漏斗及人道を設け、60呎度軌條の12吋綱金を漏斗の上に張る。

漏斗が作られ、支柱のまはりの充てんが完了すると、切材の弱端から、採掘を再び始める。穿孔には裝架せる (mounted) の鑿岩機を用ひて8呎を吹き落す。此の段が進むにつれて、落し方

は機械の後方の堆積の脚で作業をし、鑛石は漏斗の中へ落とし、研は片方へ選別して積み重ねる。段々に直ぐ引續いて、研充填を行ふ。故に各區の出鑛は實際には連続的である。充填用掘上りの下底に“Joker”といふ漏斗を設け、之から組立鋼車に研を抜いて充填を擴げる。或る大きな切羽に充填を擴げるには、はね込みが上手に行く。

坑道上の切羽が龍頭付の場合は先づ掘上りを上の坑道まで上げる。掘上りから坑道上 20 呎の所に 8 呎の掘開きを始める。この掘開きを行ふと同時に漏斗及人道を下の坑道から 25 呎間隔に上げて中間坑道（この坑道と下の坑道との間には龍頭を残してある：譯者註）と連絡する。同時に研充填用掘上りを上の坑道迄 30~50 呎間隔に上げる。中間坑道が完成すると、天盤を 12 呎の高さに拂ひ、中間坑道上に漏斗及人道を、木積をなして 8 呎に上げる。雨後の拂ひは 8 呎の高さである。高品位の切羽では充填中に粉鑛の損失することを防止する爲に充填上に 3 吋の厚板を敷きつめる。

Fill 採掘の準備作業は水平採掘に對すると同様である。中間坑道を坑道上 20 呎上方に平に切り、鑛石の限界又は採掘の一區劃の境界まで進める。鑛體の幅が 30 呎を超える場合は下盤から上盤に鑛體を横切り、幅 30 呎の採掘區劃を設ける。鑛體の幅が 30 呎以下の場合は、切羽は鑛體の延長方向と一致する。各々の寸法は幅 30 呎、長さ 70 呎を越へることはない。

切羽の一端に於ては、漏斗は境界から 10 呎に設け、或は若しも、區劃が鑛體を横切るならば、鑛石の軸部に岩盤から 10 呎の所に設ける。漏斗を切羽の端から 10 呎に置くことは漏斗の後方に選別した研をはねのけておくべき餘地を切羽に與へるわけである。補助の漏斗及人道を普通切羽の中央に fill の實施中、破碎鑛石の處理を容易ならしむる爲に設ける。切羽の鑛石抜漏斗と反對の端に、充填用掘上りを上の坑道迄上げる。この掘上りの完成と共に、充填物を投下し、傾斜せる拂ひを充填の斜面に並行に行ふ。かくして切羽は再び充填される。充填の研脚が、鑛石落とし漏斗の縁に達する迄充填を傾斜せる採掘の拂ひに直ぐ引續き行ふ。雨後の採掘の拂ひは 8 呎の高さで、研脚から充填用掘上りに向ひ進行する。3 吋の厚板を各充填作業の後に充填の上に敷き、次の傾斜せる拂ひの始まる前に取除く。

77% の鑛石を Cut-and-fill 法により採掘する時の 1929 年中の各切羽についての直接採掘經費は、次の如くである。

Direct stoping costs, Pilares mine, 1929

	Cost per ton mined
Labor	\$ 0.630
Supervision	.181
Compressed air, drills and steel	.175
Explosives	.134
Timber	.243

Other supplies	.007
Total	1.370

Stringer-set Cut-and-fill Stopping in Ore Bodies of Moderate Width

Stringer-set cut-and-fill 法は Idaho, Coeur D'Alene 地方の數鑛山で用ひられてゐる。著者は先に本法を modified square-set 法として分類し記述した、然し使用する支柱は枠組せる square-set から構成されておらず、又作業の一循環一即ち破碎、鑛石の落とし方、及充填一は cut-and-fill 採掘の一循環と同様である故、著者は最近では本法を cut-and-fill 法の變形と考へる方が良いと思ふ。

Morning mine, Idaho

Morning 鑛山で用ひられる方法については Wethered 及 Coady 兩氏が述べてゐる。Morning の鑛脈は粘板岩質の劈開に對して小さい角度で、硅岩の母岩を切斷する。密に重合せる岩帯中の交代裂罅鑛床である。鑛脈の採掘する幅は 6~30 呎に變化し、平均 13 呎である。傾斜は 80~90 度である。裂罅は或る部分では、相當な深さ迄岩盤中に延びてゐる。一方反對に主脈から分岐するとすぐ消滅するものもある。鑛化作用は裂罅の最も有勢な所に起り、鑛石を以て完全に硅岩を交代してゐる。

鑛石は重くない、従つて支柱は餘り、垂直壓力に耐えるを要しない。空氣に曝らすとすぐ膨れし、大きな板状に剥落する傾向のある岩盤は採掘に當つて最も關心を持つべきものである。磐から側壓の爲に、近接せる支柱が常に必要である。主要なる鑛物は方鉛鑛及閃亜鉛鑛である。脈石は菱鐵鑛重晶石及び石英である。

鑛脈は垂直の間隔 200 呎の鑛石中に掘進した坑道により開坑される。坑道は 5 呎 2 吋の中心距離で規則正しく三枚留をつける。坑木落とし、人道、及漏斗の三間を具へた立坑を鑛石中に坑道に沿ひ 125 呎間隔に設ける。以前は漏斗は 25 呎間隔であつたが、維持の經費が甚大である。切羽の充填は矢木を張つた三枚留の上に行ふ。

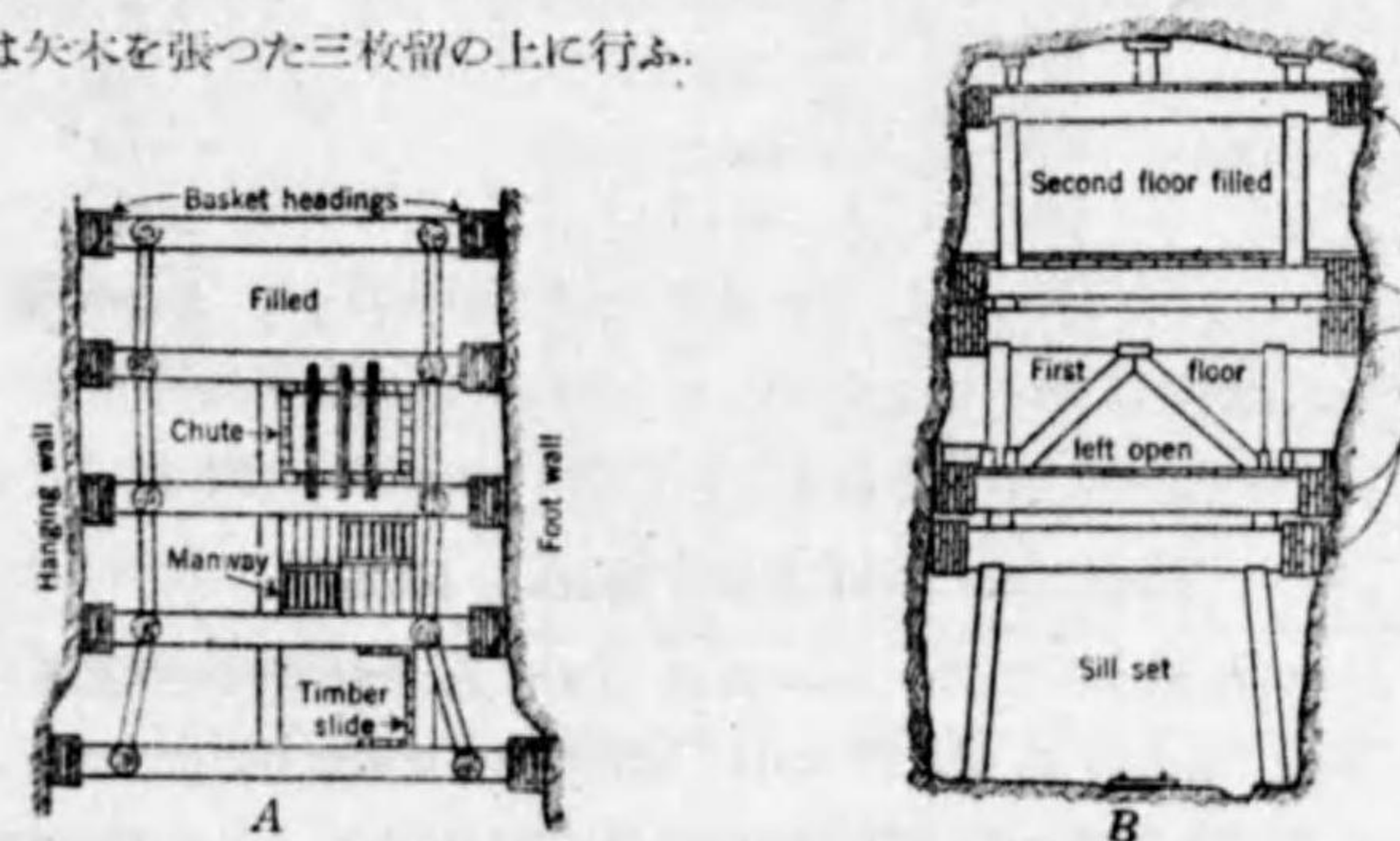


Fig. 39. — Stope timbering, Morning mine, Idaho; A, Partial plan; B, vertical cross section.

採掘には drifter を用ひる。坑夫は機械の据付けに落し方の手を借り、次に自分で穿孔し、發破する。孔数は 10~25 である。發破には、一孔につき 25% gelatin dynamite 5~6 本用ひる。鑛石は良く破碎し、若干の大塊が生ずるが容易に支能で小割り出来る。

第 39 圖の部分的平面圖及垂直断面圖であり、支柱法を示してゐる。切羽が上向に進むと同時に第三階を切拂ふ。最上部の階即ち mining floor では天磐に穿孔をし發破する mining floor の下の shoveling floor では鑛石と研と選別し、鑛石は可搬式の鋼製桶により鑛車中に落とし込む。shoveling floor の下の留は tramming floor である。切羽の留は長さ 8 呎丸太の柱二本と兩磐に渡す 8~10 呎の丸太の冠木から成る。丸太木の繋ぎを相隣れる留の柱の間に設ける。切羽の全高は 9 呎であり留の間隔は 50 呎である。

鑛石を發破して shoveling floor に落とし、更に tramming floor 上にて漏斗まで移動して來た鑛車に積込む。mining floor 上の切羽面が 125 呎即ち次の漏斗まで進むや否や、軌條鑛車及び鋼製桶を一階上に移動する。軌條を元の shoveling floor 上に敷き元の mining floor は新しく shoveling floor となり、新しい mining floor 上に始められる。二人一組の支柱夫が支柱の本造りをなし、留をつける。充填用研を元の tramming floor を充填する爲に落とし込む研は切羽の手選により得られ、又充填用掘上りか、又は切羽の磐への立入から得られる。研を得る立入から切羽へ研を掻き落すれめには scraper が用ひられる。

1928 年中の直接採掘費は次の通りである。

Direct stoping cost, Morning mine, 1928.

	cost per ton of ore hoisted
Labor	\$ 1.550
Supervisin	.142
Compressed air, and power, drills and steel	.189
Explosives	.114
Timber	.322
Other supplies	.054
Total	2.371

標準価格は次の如くである。即ち坑夫: \$5, 支柱夫: \$5.50 支柱手子: \$4.75, 落し方: \$4.50 切羽に於ける爆薬消費量は 25~35~及 40~% gelatin dynamite を平均 0.693 封使用ひる。支柱の消費量は開坑に用ふるものを含め噸當り 12.753 board feet である。

**Hecla and Star Mine, Burke, Idaho**

Information circular 紙上にて Foreman 氏は Hecla 及 Star 鑛山の採掘法を記述してゐる。主なる Hecla 鑛體(最大幅 40 呎)は Burke 砦岩中垂直な剪斷帯に沿ひて生ずる。中間鑛體と稱されるものは Hecla 鑛體に並行な同様の剪斷帯に沿ひ生ずる。之は僅かに北東に傾斜し 1,400 呎地並附近で Hecla 鑛脈と合する。この兩鑛脈は明瞭なる弱層に伴ひ、之に従ひ若干の走

向斷層が存する。更にこの鑛脈は一般に平均幅約 2 呎或る所では 12 呎となる斑岩岩脈を伴ふ。鑛石は岩脈の片側又は兩側に産す。主要鑛物は方鉛鑛である。Hecla 鑛山では少量の亞鉛が方鉛鑛と共生し、Star 鑛山では多量共生する。鑛脈と母岩の間に分明なる境界線は存しない。鑛石の分岐細脈が屢々岩磐中に見出される。水平の不規則の石英細脈も亦、磐中に存する。岩磐の一部は甚だしい側壓及上壓の爲に石英細脈及軟脈(gänge)で破碎する傾向を有する。鑛石の二分脈間では中石(horse of waste)を残して、引立を採掘する必要のあることが屢々ある。中石は 6~7 呎の幅であるが、全引立を全部採掘し、研を鑛石と選別する。この作業は時々相異なる 2~3 floor の間一分脈を採掘して充填を行ひ、然る後他の分脈を採掘する。

Hecla 鑛山に於ける鑛脈は 300, 600, 900, 1200, 1400, 1600, 2000, 2400, 及 2800 呎坑道により開坑される。Star 鑛山では略々 200 呎間隔の坑道である。坑道が鑛石に出會ふとその高さを 18 呎に増加して、支柱の上に、採掘の餘地を作り、鑛石の全幅を最大 18 呎迄拂ふ。

初期の作業にて漏斗、人道、坑木落しの三間を有する立坑を坑道に沿ひ 50 呎間隔に設けるが、磐壓及莫大な修繕費の爲に間隔は 100 呎迄變化する。舊法では唯切羽の開鑿の 70% のみを研を以て充填した。

採掘の始まる時に、先づ中央掘上りを上の坑道迄貫通させる。掘上りから各方向に 100 呎だけ水平に切拂ふ。切羽は第一階の鑛脈の全幅だけ擴げる。最初の第三階を採掘した後鑛石を除き端の漏斗に運搬する。充填用研は中央掘上りの中へ漏斗から抜き下げる。第一階は鑛塊の端まで採掘し、進むにつれ支柱を施す。鑛石は大留(drift set)の冠の堰矢を通して鑛車中に入れる。第二階、第三階も同様にして採掘する。第三階の採掘中に、充填を支へる支柱を設ける。研の堰の下底は第一の mining floor の頂上である。(第 40 圖参照)

この階は坑道留及堰底を修繕し得る様に空のまま残す。第三階が充分進んだ後、第二階を中央掘上りから充填し、研を運搬する爲に鑛車を第三階に置く。研は上の坑道の開坑或は地表と連絡する主要な岩磐中の掘上りから得られる。第三階が終り第四階が始まると、第三階の鑛車は切羽の引立から漏斗へ破

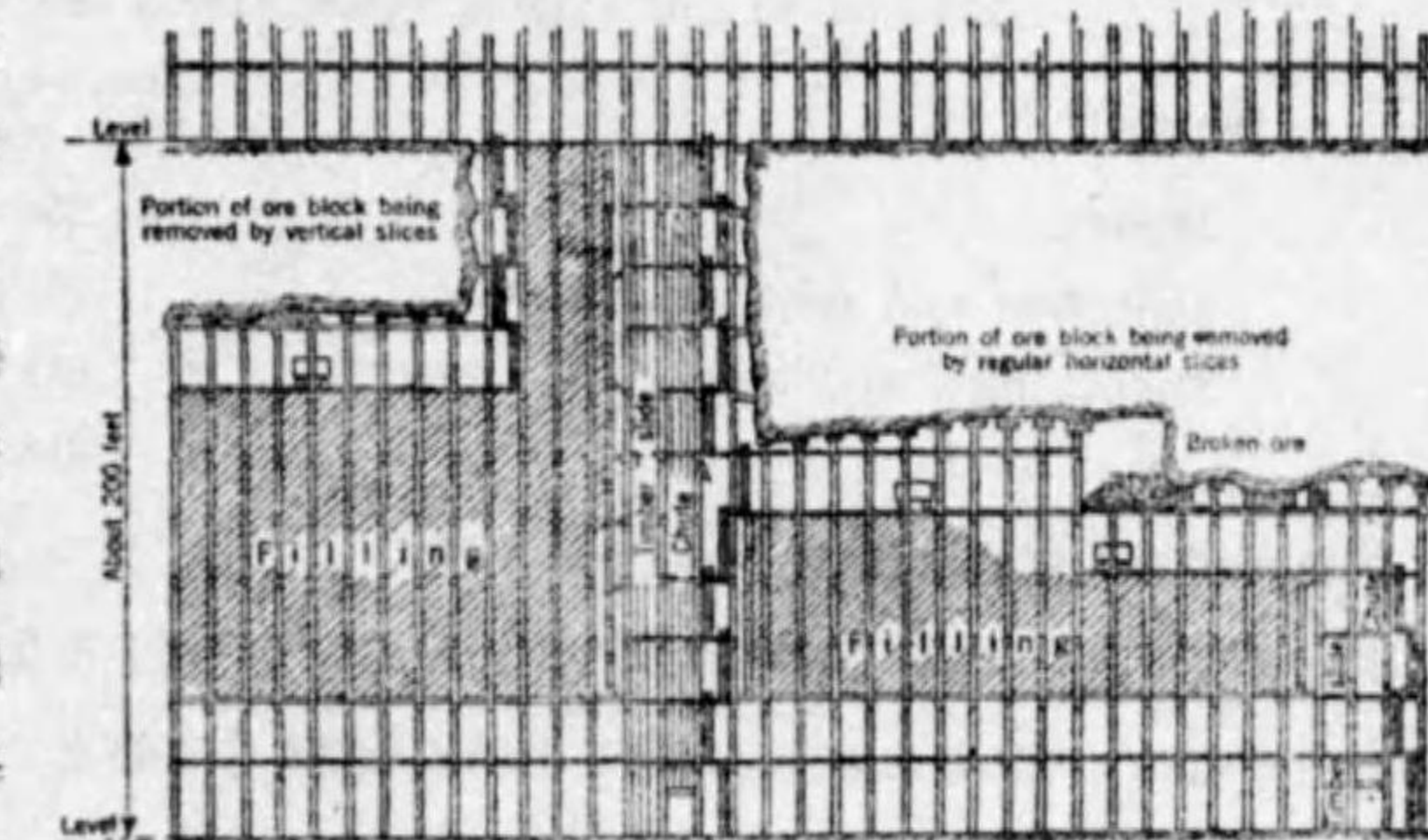


Fig. 40. — Generalized section, showing method of stoping and timbering, Hecla mine, Idaho.

碎鑛石を運ぶに用ひられる。本法に於ては、通常只一階のみが或る時期に於て空である。然し磐の條件が許す場合は、研究用鑛車は各第二階にのみ置きこの時は充填の頂上から、切羽の冠ま

で二階が空のまゝである。

探掘は上の坑道から3~4階迄上つて行くのであるが、この進行の一般的方法と、押木 (stringer) 或は打込 (stull) 留の支柱法は第40圖に示してある。最後の3~4階は上の坑道まで掘上りから發して、垂直に區分して探掘する。

探掘の爆破孔は各々三孔から成り、各列の距離が2呎の垂直の列から成る。之は30% gelation dynamite で發破する。坑道及切羽の留には丸太材を用ひる。

1928年中の直接探掘費は略々次の如くである。

Direct stoping cost, Hecla and Star Mines, 1928

	cost per ton mined
Labor	\$ 1.030
Supervision	.080
Compressed air, drills and steel	.215
Explosives	.112
Timber	.357
Miscellaneous supplies	.101
Total	1.895

若干の Shrinkage 探掘が同様の鑛體に實施されてゐるが鑛石の大部分は、既述せる種々の Cut-and-fill 探掘により探掘される。

Hecla 鑛體に於ける 1928 年中の探掘工程を示す所の horizontal cut-and-fill 探掘のみの分類表は次の如くである。

Productivity of stoping labor, Hecla ore body 1928

Occupation	man-hour per ton	Tons per man-shift
Miners	.256	31.25
Shovelers and stop trammers	.451	17.74
Timber men and helpers	.611	13.09
Total	1.318	6.07

**Cut-and-fill stoping in wide ore body**

非常に幅が廣い爲に鑛體の幅全部を走向に沿つて探掘するならば、切羽が支へきれないやうな鑛體では前以て定められた安全な廣さを以て上層から下層まで走向を横切つて探掘する。この様な切羽では何時もそうとは限らないが或間隔鑛石の残柱を置いて各々の切羽の探掘を完了し充填してしまつたら、その残柱鑛石を探掘する。

**La Colorada mine, Cannea, Mex.**

1929年の最初の六ヶ月間に 262,278 噸の鑛石が La Colorada 鑛體から探掘された。その

中 104,057 噸は inclined (即ち rill) cut and fill 探掘法で 87,949 噸は horizontal cut and fill stoping で 32,220 噸は square setting で、36,354 噸は shrinkage 法で 51,698 噸は drifting で探掘された。stoping で探掘された全鑛石はかくの如く 210,580 噸で、その中 142,006 噸 (67%) は cut and fill 法で探掘された。Catron が探掘法を記述してゐる。

第一次的 (primary) 鑛石を深い個處にあれば垂直な「パイプ」狀の鑛床を生ずる。colorado 「パイプ」の上部の坑道では環狀の「waste core」を形成してゐる。環狀の鑛石が下に行くに従つて集中し、遂に下底坑道では「waste core」は見えなくなり、pipe は硬い楕圓形の鑛體になる。銅鑛は主要な鑛體から細脈狀に網の目の様に外側に擴り「pipe」に隣接する磐岩では低品位となる故切羽の境界は常に sampling に依つて決定される。主鑛體の鑛石は良品位のものである。Colorado の鑛體の鑛石や磐は探掘に際して殆ど支柱の必要がない様な性質のものである。富鑛體の狭くして、長い 600 呎及び 700 呎坑道では「充填式リル探掘法」が用ひられた。之等の或ものは後で horizontal cut and fill の切羽に變へられたものもある、700 呎坑道以下では鑛體が非常に厚くなり、丁度 900 呎坑道以下で「waste core」が全く見へなくなる。若し cut and fill stoping を適用するなら鑛柱を残し、其後上部地山を沈下せしめるところの top-slicing か、caving せしめない Mitchell slicing system で探掘しなければならないことが明瞭になつた。前者の探掘方法は探掘能率を増進した。それ故 800 呎と 1000 呎坑道間の鑛柱を探掘するのに top slicing を用ふることに及び 1000 呎坑道以下の全鑛體も top slice を採用することに決定された。

1931年の暮著者が鑛山を見學した時は Horizontal cut and fill stoping が普通一般に使用されて居り inclined cut and fill stoping は極く狭い鑛體に限定されてゐた。

第41圖は此の鑛山で實際用ひられた inclined cut and fill stoping を示す。3~4吋の column に据付けられた鑿岩機で穿孔する。傾斜に沿つて cut を進めるのに兩方向に5呎離れて深さ10呎の孔を「リル」の傾斜に平行に穿孔する。そして 10x11 呎高さの「カバチ」が爆破される。鑛石を取つてしまつた後充填餅を充填掘上から落して冠下3呎まで埋める。充填を平行にして次の探掘にかゝる前に plank sill に釘づけした3吋の床板で床張をする。

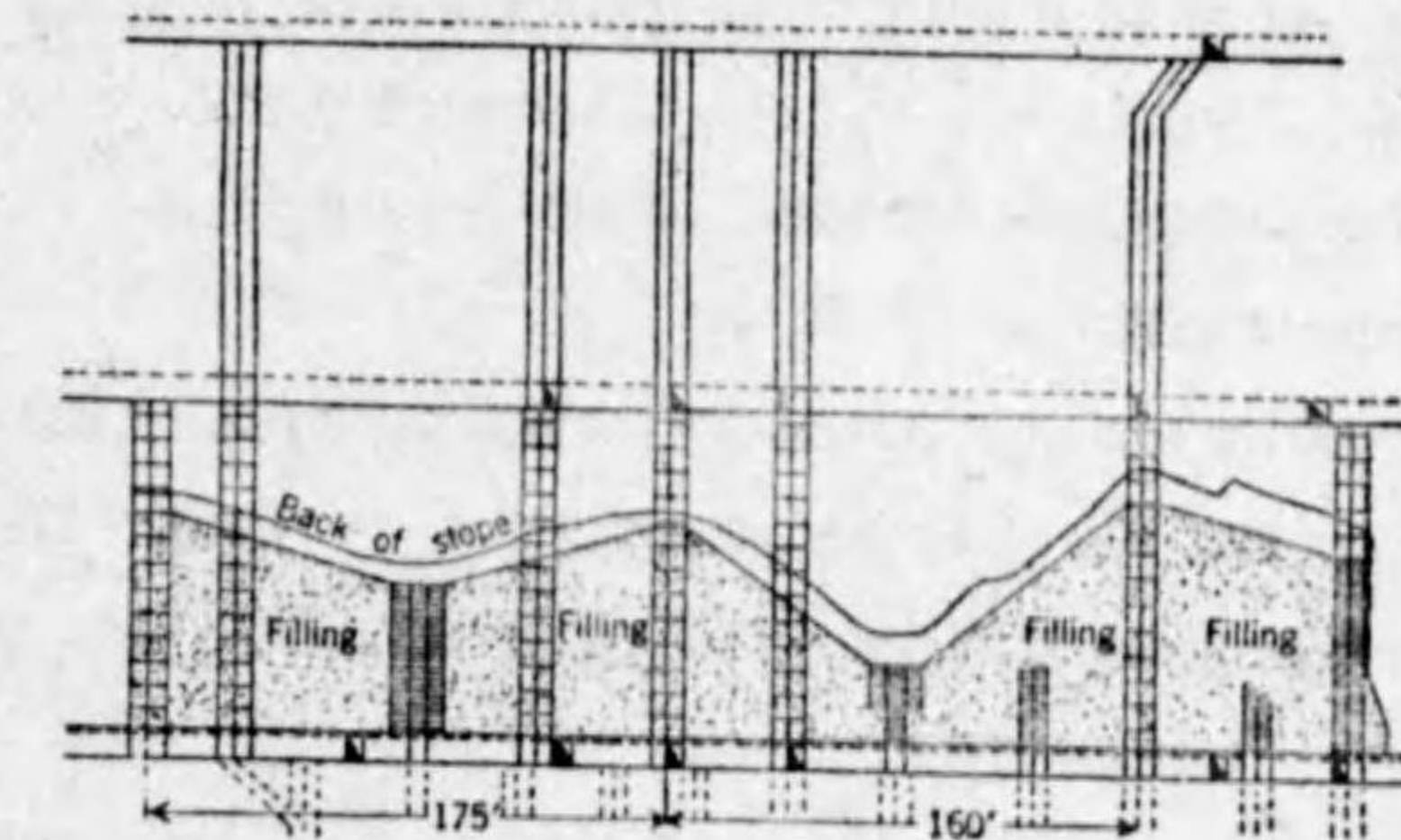


Fig. 41.—Inclined cut-and-fill stoping, La Colorada mine, Cananea, Mexico.

Horizontal cut and fill system は第42圖Aに示される。典型的切羽は幅30呎、長さ

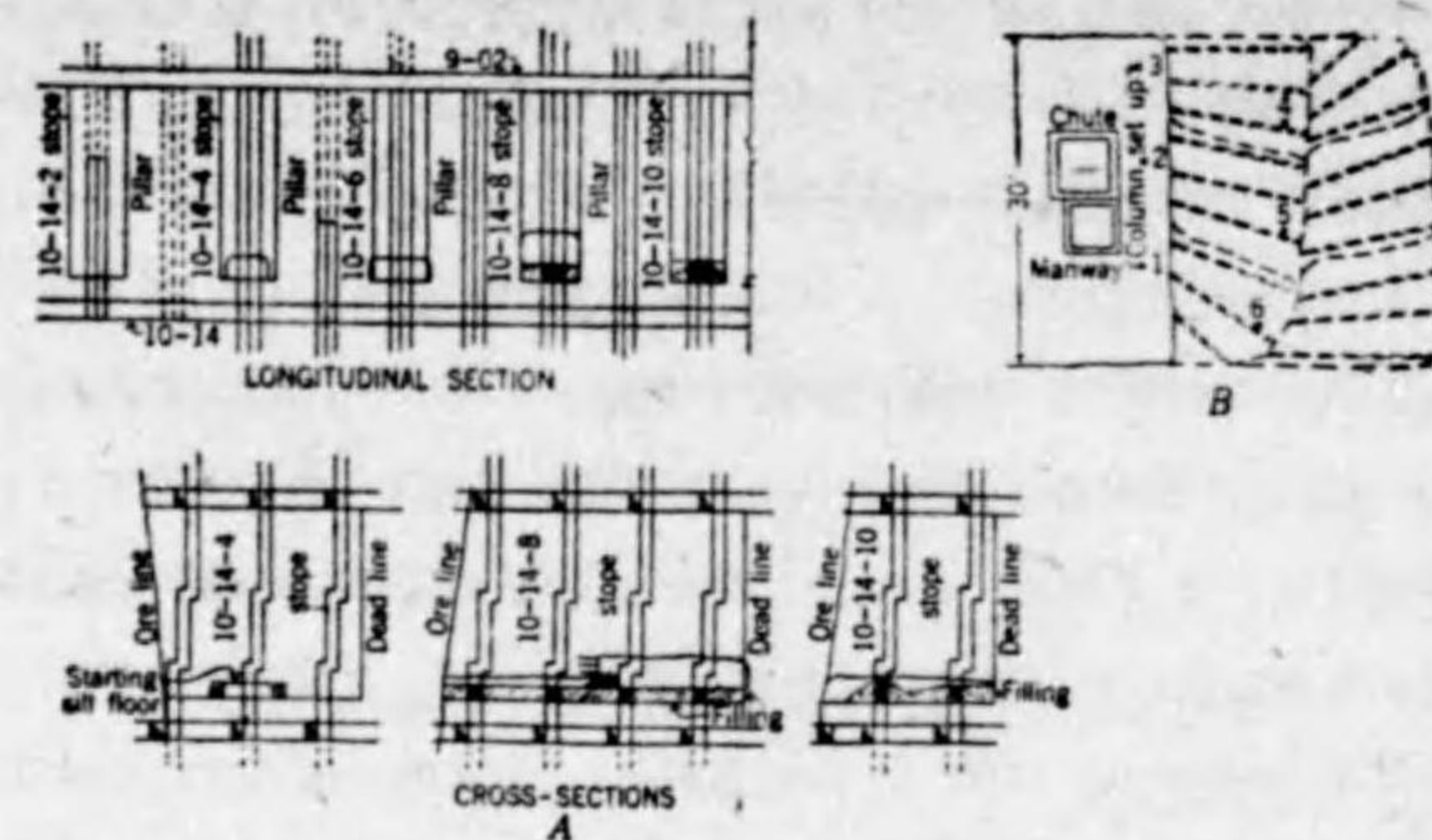


Fig. 42.—Horizontal cut-and-fill stoping, La Cololada mine; A, Vertical sections showing stoping system; B, Method of drilling holes for advancing sill cut.

50~160 呎で中心線に沿つて 40 呎間隔に掘上の列を作る。900 呎地並から 800 呎地並までの切羽と鑛柱は 1000 呎地並の切羽と鑛柱の上にきちんと作つてある。掘上りの線も亦鑛柱の中心線に沿ふて掘上げてある。掘上りの both set は rail 上約 20 呎は木積であげて行くと云ふことをしないで 1000 呎から 800 呎坑道まで stilled raise として作り上げられる。900 呎坑道では切羽は軌條上 11 呎を龍頭としてあり、そして 1000 呎坑道では軌條上 22 呎 (二段缺床) を残して廊下を保護する様にしてある。幅 30 呎高さ 11 呎で切羽が上るにつれて切羽の両側の pillar line まで鑛石を採取する。それからこの切羽は breast stoping に依つて鑛體を横切つて進められてゆく。第 42 圖 B は中段坑道を進めるための穿孔方法を示す。孔の各列は 4~5 呎の水平孔より成る、そして垂直に 3/4 呎から 4 呎まで間隔を置いてある。穿孔は 4 1/2 吋「カラム」に乗せられる重型鑿岩機でなされる。切羽が充分大きくなるとすぐに立坑まで鑛石を搬寄せるために scraper を設置する。

漏斗掘上は stilled raise の下に直接に作られる。人道間は 4x10 吋木積で、立坑間は最初の 50 呎は 10x10 吋木積でそれ以上は 4x10 吋木積で支柱して行く。

立坑 lining は不必要である。立坑は 10 吋の opening で 30 lbs 「ルール」で作つた「グリズリー」を取付けてある。

「カバチ」が第二の掘上を過ぎて進んできた時、最初の切羽はきれいにし、4x10 吋の sill に釘付した 2x10 吋 plank の床を置く。sill は top slicing の進む方向に平行に置かれる。(top slicing は廊下の上の龍頭を採掘するのに適用される。) waste side を除いて切羽の周りに gob fence (Any pile of loose waste in a mine) が築かれる。之等は post 用のお互に釘づけにした 2x10 吋 plank よりなる。fence と wall 間の空間は破碎鑛石で充填する。「グリズリー」「レー

ル」は立坑から移動される。漏斗掘上は天磐から 3~4 呎まで枠組であげ、そして立坑の両間とも木材で堰突する。

充填立坑を使つて充填物を落し、そして天磐下の 3 呎以内まで scraper や一輪車を用ひて充填を擴める。充填後一時的床を研の上に作り第二の探掘を始める。この繼續した探掘で rounds は第 42 圖 B に示される方法と違つた方向に穿孔する。それは現在自由面が下方だけにしかないからである。水平に 5 呎離れ垂直に 12 呎離れ面に真直に穿孔された横孔は各孔に 40% powder 爆薬の 4~8 本で容易に鑛石を破碎する。警側よりも切羽の中心で 2~3 呎天磐を高めて「アーチ」型にして落磐に依る事故を少なくするやうにする。

探掘された鑛石の 49% は inclined cut and fill stoping で 18% は horizontal cut-and-fill stoping で探掘された時の 1929 年の 1 月 1 日から 5 月 30 日までの直接探掘経費と square setting と shrinkage stoping に依る比較は次に示す通りである。

Direct stoping costs, La Cololada mine, January 1 to June 30, 1929

	cost per ton of ore produced
Labor	\$ 0.3748
Supervision	.1316
Compressed air, drills, and steel	.1879
Explosives	.2146
Timber	.1979
Other supplies	.966
Total	1.2034

1931 年 1 月 1 日から 5 月 30 日までの horizontal cut-and-fill stopes のみの直接費は次の如くである。

Direct stoping costs, cut and fill stopes only, La Cololada mine, January 1 to June 30, 1931

	cost per ton
Labor (timbering, breaking and shoveling)	\$ 0.2557
Gobbing	.2209
Compressed air, drills, and steel	.0996
Explosive	.1025
Timber	.1138
Miscellaneous supplies	.0059
Total	.7984

この間 48,953 噸は horizontal cut and fill stoping で探掘され一人一方當の出鑛は 6.88 噸であつた。

## Campbell mine, Warren, Ariz.

Campbell mine の採掘法については Lavender 氏が論述してゐる。Campbell 鑛體は寧ろ high silica content の硫化鑛の fairly homogeneous body として分類されるかも知れぬ。1600 呎、1700 呎及び 1800 呎坑道では鑛體は長さ約 500 呎で幅 50 呎から 250 呎までの範囲である。

幾らかの変動を受けてゐる「破碎帯」を除いては下層の限界は明瞭である。傾斜は殆ど 90° 近くから水平に近い 25° までである。上層は稼行し得る黄鐵鑛が局部的に層をなしてゐる面と判然とした限界を持つてゐる。

鑛石は硬く取扱に都合よくするためには強い發破をかける必要がある。坑道の垂直距離は約 100 呎間隔である。そしてすべての他の坑道は motor-haulage 坑道である。

採掘する前に鑛體は切羽と鑛柱とに分割される。一般に採掘される場所は 45 呎乃至 50 呎の幅でその次は 45 呎幅の鑛柱で分離されてゐる。鑛體の幅が餘り大きくない處では上層から下層まで採掘する。鑛體の更に広い處では single cap 即ち regular lead (一段カバチ)で採掘され、新しいカバチを設ける。切羽及鑛柱を採掘するに、切羽は cut-and-fill stoping で採掘し鑛柱は切

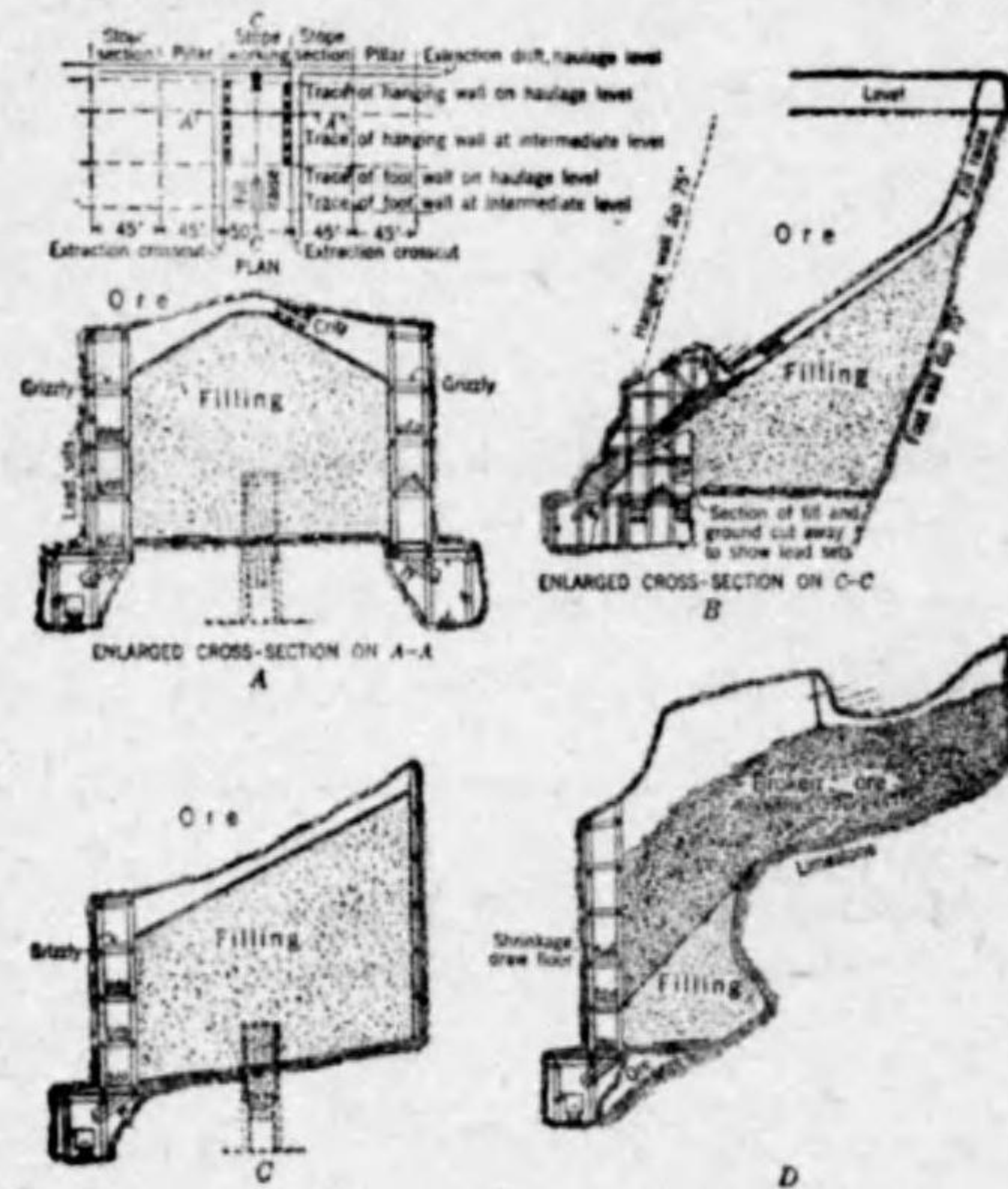


Fig. 43. — Inclined cut-and-fill stoping system. Campbell mine, Arizona; A, Plan and section of double-lead stope; B, cross section on lines C—C of plan; C, cross section, single-lead stope; D, section of semi-shrinkage stope.

羽の走向に直角に進める mitchell slice で採掘する。又鑛石が積んである處では高さ 200 呎を一區劃として各區劃を採掘することが計畫されてゐる。

Inclined cut-and-fill stoping で切羽を採掘する。切羽に二つの一般形式即ち所謂 “Double-lead” stope は square-set の線を下層から上層まで両側に沿うて進行し、今一つの “single lead” stopes は square set の線を一方の側のみ進め他の側に沿ふては層返りを防ぐ爲の cap と post の構築を進める。採掘段取をなす types のものが用ひられる。(第 43 圖参照) sets を進展せしめるのに pillar と隣接採掘切羽との境界に立入りが作られ、そして stringer を組む爲に坑道の地山を切り擴げる。(第 43 圖 A 参照)

stringer が置かれたら漏斗を交互に作り、

そして採掘は stringer の上から始められる。lead set が構築されつゝある間に採掘は進められる。flat-bottomed stope では鑛石の流し床を作る爲に鑛石を堆積する。最初の cut の天磐は第一段の充填をする爲に適した形に切る。その間充填掘上りが上部坑道即ち上層 200 呎の次の運搬坑道まであげられる。

充填の静止角は 37° である。そして切羽の天磐大凡この角度に近いのである。

Lead set 及び section と lead 間を完成する爲に切羽は手動或は dray scraper に依つて清掃され、切羽の床には古坑木の Mat. を敷くのである。充填掘上りから畚を流し切羽の冠下 2~8 呎以内まで充填する。採掘は lead set の斜面の下底から始め斜面上に沿ふて進み平均 12 呎の高さである。

充填の上に 2×10 吋 sill に釘づけにした 2 吋の床板を敷きそれから發破をかける。10 時間隔で 10×10 吋木材の grizzlies が fill floor line の Lead set に交叉して置かれる。一採掘が終り、鑛石が立坑に入れたら床を取除き充填を始める。採掘と充填各の一巡環は略同じである。lead set は追切に續いて構築され gob lagging を目的とする高さにする様に又 working floor に採掘鑛石を蓄積するために充填の進行につれて組上げる。人道は常に leads の各孔に設ける。普通 Drifter-type machine を stoping に用ひ 7~8 呎の深さの孔を穿孔する。stoper は主に Leads set や掘上に或程度まで用ひられる。第 43 圖は切羽の冠が緩傾斜で lead set から切羽を横切つて傾斜し(第 43 圖 A 及 C) 上層から下層向に傾斜してゐることを示す(第 43 圖 B) 第 43 圖 C は Single lead set の断面圖である。地山が一般に良好な處では實際的に時々 Semi-Shrinkage-stoping-method 或は Semi cut-and-fill system が用ひられる。此の方法は第 43 圖 D に断面が示されてゐる。各採掘後直ちに鑛石を搬出して充填することをしないで 12 呎の採掘切羽を二つ、若しくはそれ以上有し過剰の鑛石だけが working room を作るため搬出され、續いて採掘する場合は丁度 shrinkage stoping に於けると同様に破碎鑛の頂上で作業をする。二つ若しくはそれ以上の切羽で出鑛々石の平衡をとる。そして充填は regular cut-and-fill stoping method の場合と同じである。鑛石を出鑛し、切羽を充填する迄には充填面上高さ 40 呎位の範圍迄採掘を行ふから此の system は床張の經費が非常に少くてよい。

The Campbell mine では高品位のものなる故採掘法は鑛石を残さずに完全に取るのを目的とする。床張の隙間から粉鑛が洩れて loss になることがあり、且つ又切羽の端で畚が混じ品位を低下させることがある。

次に示すは Campbell mine に於ける代表的な直接費である。

Typical direct stoping costs, Campbell-mine

Stope No	Period covered	Type of stope	Cost per ton of ore				
			Labor	Explosives	Timber	Air	Total
68	May 1926 to Jan 1, 1930	Double-lead inclined cut-and-fill	\$ 0.62	\$ 0.135	\$ 0.155	\$ 0.215	\$ 1.125
90	Jan 1, 1928 to Jan 1, 1930	Single-lead inclined cut-and-fill	.70	.10	.13	.20	1.13
442	Jun 1928 to Jan 1, 1930	Single-lead, Semi shrinkage first cut-and-fill section	.87	.20	.26	.35	1.62
All stopes in Campbell area	Jan 1, 1928 to Jan 1, 1930 <sup>(1)</sup>		.765	.120	.175	.220	1.28

(1) The costs shown here represent the entire production of the Campbell area during the 2 year period, when a large number of stopes were begun or in the initial stage. The higher proportional expense due to these causes and to ore being tied up in shrinkage operation is reflected in the costs. Almost all stoping in this area was inclined cut-and-fill and semishrinkage.

#### United Verde Mine, Jerome, Ariz

當鑛山の出鑛の 85% は horizontal cut-and-fill と square-setting 法により採掘され残りは個々の状態に応じて他の採掘法を採用した。

United Verde 鑛山の採掘法に就ては Information Circular 6440, Bureau of Mines 1931, 26 pp. で Quayle が記述してゐる。1929 年に於ける各種採掘法による出鑛 % は次の如し

	%
Horizontal cut-and-fill	61
Inclined " " "	3
Horizontal square-set	25
Inclined " "	2
Shrinkage stoping	1
Top slicing	8

鑛體は塊狀硫化鑛で片岩狀交代鑛床であつて各地並に於ける水平の鑛化帯範圍は 200,000~400,000 呎平方の擴がり有り確定深度は 4,000 呎に達す。硫化鑛は不規則に片岩及珪岩と錯綜して存在し不規則且つ不明確な下盤境界をなしてゐる。主要なる初生銅鑛は黄銅鑛であり中石は主として硫化鑛と石英及綠泥石である。鑛體は塊狀硫化鑛床と片岩の接觸部に胚胎し他の群少鑛體は片岩と斑岩の接觸部に存在す。塊狀硫化鑛體の片岩及斑岩の物理的性質は夫々天に異なつてゐるので鑛體の存在する周邊の岩盤の性質によつて採掘法及び切羽の大きさを變へる必要がある。

塊狀硫化鑛體は堅緻であつて support なく共切羽は磐壓に耐へるが局部的に剝離狀の石目のある所とか安山岩の岩脈の貫入によつて弱められてゐる部分には (bulkhead) 木積を構設し

なくてはならない。故に此の區域では cut-and-fill 法或は shrinkage 法が採用せられる。片岩は硬度及び強度が變化する。故に或場所で cut-and-fill 法が適應され、或場所では小規模の square-setting 法が行はれる。shrinkage 法は切羽の鑛石が拂はれると母岩の崩落により鑛石品位の低下を來すので使用出来ない。斑狀鑛體 (Porphyry ore bodies) は通常 cut-and-fill 法により採掘される。

水平坑道は垂直距離 150 呎の間隔にして、各水準には略々硫化鑛體と片岩の接觸部に平行に坑道が開鑿される。處々鑛體の幅が廣くなつてゐるので其處では切羽に對して適當な漏斗の間隔をとる爲二本の平行な坑道を必要とする。

鑛體の幅が非常に變化し又鑛體の境界が不規則なため cut-and-fill 法の切羽の大きさは一定の基準を決定する事が出来ない。切羽の大きさは場所により採掘が危険にならない程度に最大の大きさとし大體其の大きさは鑛體に直角の方向には 30 呎から 60 呎、走向に沿つては 60 呎より 200 呎の範圍にある。垂直殘柱法 (Vertical pillar system) に於て切羽は整然たる配列を必要とするので其の事に依つても切羽の大きさは影響される。即ち一つの坑道上の殘柱は上部坑道の上の殘柱の下方の位置に造らねばならぬ。切羽間の殘柱の厚さは約 50 呎である。

採掘作業の始まる以前に鑛體の兩端をそれに接觸してゐる坑道から「ダイヤモンド」試錐を行ひ大凡の見當を付け、そして垂直殘柱の計畫及び切羽の大きさを決定する。一つの掘上りを出来るだけ切羽の中心近くに於て上部坑道迄開鑿する。此の掘上りは後に研立坑として使用される。此の場合 100 呎以上の長い切羽に於ては掘上りは二本開鑿し、他の一本は切羽の一端近くに設置する。研立坑が完成したら此の掘上りの處から軌道上 21 呎乃至 25 呎の高さの冠龍頭を残して sill 作業 (silling operation) が始められる。sill は高さ 7 呎に切られ、此の sill 作業を行ふ傍ら他方では漏斗掘上りが下の坑道から行はれる。塊狀鑛體では漏斗の中心間距離は 16 $\frac{1}{2}$  呎で片岩狀鑛體又は斑狀鑛體中では 22 呎離れてゐる。

sill 掘割が殘柱線即ち鑛石の限界に達した後、sill の 7 呎の高さの冠打ちが研立坑から始められる。二つの研立坑を持つてゐる切羽では sill 掘割は切羽の一端近くの掘上りから始められる。鑿孔は「ドリフター」で行はれる。7~8 呎の深さの平らな孔が二列に鑿孔される。多くの孔は發破を有効ならしむる爲鑿岩機位置から漏狀に擴げて掘られる。孔は 50% 「ゼラチンダイナマイト」で發破する。鑛石は破片に碎けるとその破片の 30% ほど大きくて 1 吋目の「グリスリー」を通過しない。それを碎く爲前爆薬使用量の 20% の量の 35% 「ゼラチンダイナマイト」で第二次發破が行はれる。

最初の充填が行はれる前に sill の床が張られる。それは 5 呎 4 吋間隔の 4x12 吋の sill に 2 吋の厚板を二枚重ねに釘付けする。一時的の床は鑛石掘割の以前に充填物の上に造られる。最初の掘割から二、三回發破されたら shovel 作業が始まり、それは切羽面から 10~25 呎後方で行



はれる。shovel 作業が一つの漏斗に於て終り次に移ると支柱夫が漏斗から7呎上に昇り充填を始める。shoveler (ショベル作業者) により破碎鑛石の中から2% が選別され、石として棄てられる。

充填材料はスコップ形の車盤を有し充填物の上に敷かれた線路の上を走る特殊な設計の車に積まれ研立坑から運搬する。探掘跡の圍 (gob fence) は6×8呎、長さ8呎の柱を3呎7時間隔に立てそれを2吋の厚板で蔽ひ各床の上に残柱線に沿つて造られる。次に充填研を切羽に入れる。

充填材料は主として閃綠岩又は斑岩にして露天掘の表土剝取又は坑内開坑による廢石なり。此の鑛山に於ては災害の危険を防ぐため廢石は全く硫化物の含まない物のみを用ふる。

Inclined cut-and-fill stoping は二、三の特殊な場合に採用されて來た。即ち長い冠 (flat back) や四角な低い冠 (square brow) の上の荷重が除かれなければならない。或は又 square-setting が採用されなければならぬ場所の残柱を採掘する場合或は孤立した鑛體に於て水平探掘法より傾斜法の方が適する様な形状の鑛體を採掘する場合である。Horizontal square set stoping は cut-and-fill 探掘場の間の垂直な残柱の採掘或は地壓の大なる主探掘場の中の或大きさの面積に採用される。Inclined square setting は主として水平な残柱の回収に用ひらる。

Quayle 氏により示された cut-and-fill stope の労働成績は次の如し。

Labor performance, cut-and-fill stopes

Occupation	Man hours per ton of ore stoped	Ton per man-shift
Breaking	.135	59.3
Shoveling	.547	14.6
Timbering and filling	.466	17.2
Total direct stoping labor	1.148	6.97

爆薬消費量は破碎鑛石噸當り 0.55 封度 (主として 50% ゼラチンダイナマイト) 木材消費量は鑛石噸當り 6.95 立方呎 (board feet) なり。

### Magma Mine, Superior, Ariz.

Magma 鑛山に於ける探掘法は Snow 氏に依り述べられておる。鑛體は地表から 900 呎地並まで北方に 45°~80° 傾斜し、此の地並にて反轉して鑛山の最下底まで南方に 80° 傾斜する。東西の斷層裂線中に胚胎する。變移の大きな南北の斷層が鑛山の西部に於て、鑛脈を數個に切斷する。鑛物生成後の鑛脈に沿つた移動は上下層の弱いことに起因してゐる。屢々「レンズ」狀鑛體を含める抉<sub>ミ</sub> (Gouge) 及破碎せる岩層が鑛體の幅廣き部分の層に沿つて産する。

坑内の下底に於ける主要なる富鑛は長さ 1,200~1,500 呎平均幅 20~30 呎であり、含銅 6~8

譯者註 Gouge: A layer of soft material along the wall of a vein.....

% である。探掘鑛量の約 20~25% は含銅平均 12% であり、無選礦で製鍊されるものであり、殘部は平均品位 6.5% の鑛石で此を選礦にかける。之等品位を區別する爲に個別探掘が行はれてゐるか探掘して之等の品位に嚴密に區別する事は困難である。

下底地並に於て探掘法に影響を與へる要素は次の如きものである。平均 20~30 呎の最大 60 呎の幅を有する鑛體: 軟く弱き層の間の硬い鑛石; 及び比較的高品位の鑛石; 狭き鑛體 (15呎以下の) では timbered-rill cut-and-fill 法が用ひられる。廣い鑛體では rill stope-and-pillar 法が用ひられる。後者は 14 呎の鑛柱を上下層の間に有する 16 呎 rill cut-and-fill 法の組合せである。下底に於ては運搬坑道は垂直に 250 呎或は 300 呎離れてゐる。運搬坑道は鑛脈から 25 呎或はそれ以上下層中に掘進する。堅坑に連絡しない中段坑道は運搬坑道の中間に掘進される。鑛石抜き坑道は下層に沿ひ、鑛石中に各地並に掘る。又は上層坑道を鑛脈から 13 呎上層中に掘進する。之は充填研の坑木及器具の運搬に用ふ (Stope-and-pillar) 法に於ては下層の鑛石抜き坑道から、上層に向ひ將來切羽となるべき個所の眞下に中心距離 30 呎毎に立入を掘る。之等は 16 呎に擴げられ、切羽の床梁 (sill) を形成しつつ 10~12 呎の高さまで發破される。

切羽の長さは其の點に於ける鑛脈の幅であり大體 15~60 呎である。10×10 吋長さ 16 呎の木材の梁を 5 時間隔に床梁を横切つて置く。更に 2吋の厚板をその上に敷く。鑛石抜き坑道は battered set<sup>1</sup> で支柱を施す各 16 呎の切羽の下層に接し、探掘の進むにつれ三つ枠の三間の掘上りを設ける。外側の枠は鑛石漏斗として用ひ、中央のは人道として用ふ。之等は後に鑛柱を回収するのに用ひる。sill floor 上に sill stope の一方の側に鑛脈を横切つて Square set を組み又反對側に 10×10 吋、8 呎の坑木を鑛脈を横切つて立て探掘跡の線となす。切羽が充填される時 Square sets の中は充填しない。その下方の將來の切羽に達する Cross cut としては下部將來の切羽及び上層坑道に達する Cross-cut として用ふるまで Square set を設ける。床の上の枠が完成すると木積掘上り (Cribbed raise) を sill<sup>2</sup> の下面から 12 呎上層に掘上げる。此の掘上りから出る研は切羽に落して充填する。自然の静止角に堆積する研が冠から 4 呎以内になると、研の上に床を敷いて上層側に高く傾斜し研の充填に並行し、即ち水平と 35° 傾斜し、7 呎の鑛石を切り取り採掘す。

破碎鑛石を取拂ふと唯の柱と 2吋の掘矢とから成る新しい探掘跡の線を切羽の各側面に設ける。柱の端は半ば枠を組み古い鋼索の 1 strand を用ひて、切羽を横切つて交はる。柱の二本の横木を縛る。土砂掘上りは必要な切羽充填に間に合ふだけに早く掘上げ、普通切羽が約 35 呎、上層側に高くなつた時に上の坑道に達する。其の後他の個所から出た研は掘上りを通して充填に必要なだけ切羽に落し込む。土砂掘上の頂上は上の地並の上層坑道に連絡する。切羽が斜めの切拂ひ

譯者註: 1. battered set: 柱の傾斜せる普通の留  
2. sill: 床上に水平に横たへた横木。

を續けた後地並に達すると古い充填切羽の下の鑛石を回収するに Square-setting を用ひる。切羽運搬坑道間の全高を掘上るのであつて、中段坑道は充填及材料の搬入及切羽への通路に用ひられる。

穿孔には手で廻す (hand-rotate) stoper を用ひる。孔は約 3 呎間隔に穿ち出来る限り天盤を傷めぬ様に又端が鑛柱の上に載る。「アーチ」型に維持する様に穿孔する。rill 採掘の人員は、穿孔、支柱及ハネ方 (shoveling) をなす二人の坑夫から成る鑛石は切羽では充填の斜面上を漏斗の上の綱金 (grizzly) 迄轉落するから、極く僅かのハネ方で足りる。

充填せる rill 採掘跡間の鑛柱は Bisbee で發達した Mitchell slicing 法の變型に依り回収する。即ち採掘は頂上から下向きに行ふのである。鑛柱の頂上を拂ひ、對角線に繋ぎ (diagonally brace) を入れた木組 (Segment set) の列を、上の採掘を完了した切羽の充填した床の直ぐ下に置く。時々第一の拂ひの下の第二の拂ひを木組で支柱をすることもある。鑛柱は次に下盤に向け 40° の傾斜で、順次下方に向け拂つて採掘する。破碎鑛石は重力で Square-set の漏斗中に轉落しこの漏斗は相隣れる rill 採掘切羽にも用ひられる。

採掘が進むにつれて 10×10 吋の梁 (Stringer) を切羽を横ぎつて施し、之等は rill 採掘跡の相應する柱の間に水平に 5 呎間隔に且垂直に 7 呎間隔にする。一本の梁を入れるに充分な丈の盤を破碎する。穿孔は Jack hammer を以てなし、孔の大部分は梁に止めたる豪から平に掘られる。異なつた採掘型式の経費内譯の比較は次の如し。

Stoping Costs per ton, Magma Mine

System	Labor				Supplies			Total
	Mining	Much-ing	Timber-ing	Bonns	Waste fill	Explosives	Timber and Material	
Timbered rill	\$ 0.46	\$ 0.05	\$ 0.53	\$ 0.08	\$ 0.13	\$ 0.06	\$ 0.48	\$ 1.79
Rills	.32	.40	.40	.17	.03	.08	.34	1.354
Pillars	.26	.38	.38	.22	.28	.04	.28	1.463

1928 年中の全採掘法を包括した経費は次の如し

	Cost per ton		Cost per ton
Labor	\$ 1.490	Timber	\$ 0.470
Supervision	.267	Other supplies	.058
Compressed air, drills, steel, and power	.414	Total stoping cost	2.849
Explosives	.150		

賃金は 1928 年 8 月には次の様である：坑夫 \$ 4.95 の支柱夫 \$ 5.23, ハネ方雑夫 \$ 4.13 依つて之は 10% 高くなつてゐる。

採掘、支柱及充填は噸當り平均 1.706 man-hour である。或は Man-shift 當り 4.68 噸である。採掘のみの爆薬使用量は採掘鑛石噸當り 0.7 封度にして、採掘のみの支柱使用量は噸當り 170 board-feet である。

Eagle mine, Gilman, Colo.

Eagle mine に於ける採掘について Borchardt 氏記述がある。最も重要な鑛體は約 125 呎の厚さの白雲岩質石灰岩層中に胚胎し交代式である。この層のすぐ上但し、頁岩及硅岩の薄層により之と分離して、厚さ平均 60 呎の斑岩岩床が存在する。鑛床は典型的な blanket 或は manta 鑛體即ち長い圓錐狀鑛體で載斷面は楕圓形をなすもの及び煙突狀をなすものとして産出する。塊狀硫化鑛は黄鐵鑛、菱鐵鑛及方鉛鑛の混合せるものである。

産額の大部分は水平の cut-and-fill 採掘法及 square-set 採掘法により得られる。高さ 35~60 呎及長さ 100~250 呎の楕圓、圓錐狀鑛體に於ては鑛體を横斷する切羽と鑛柱に分割する。切羽は 35 呎の幅で鑛柱は 150 呎である。鑛體は普通の cut-and-fill 法で下底から頂上に向け稼行する。或る例では鑛石は人力で漏斗中にハネ込むが、大抵は scraper で掻き落す。充填は鑛石を拂ふ後からすぐ續けるか又は完全な 8 呎の slice を取除いた後に進めるかである。開坑或は腰割から得る充填材料は上の地並から掘上りを通して切羽に落とし込み scraper で掻きならす。一つの枠の幅だけの廣さの square-set の入口を支へない span を減して切羽の兩側に沿つて設ける。此の span は稀に 35 呎の長さである。square-set は亦鑛柱の面から研を分離し、且鑛柱を採掘する時支柱を含む 15 呎の梁(水平)及柱(垂直)に繋ぎの役をなす。鑛石は鑛體の上部で弱く最終の拂ひは square-set で行ふことが屢々ある。完全に採掘を終ると頂上まで充填し、天盤まで密に木組をする。鑛柱拂ひは隣れる切羽の採掘に續いて行ふ。鑛石は鑛柱の一角から破碎し、cut-and-fill 採掘中に作られる。square-set の口の中の漏斗を通して抜き取られる。採掘は鑛柱の一端から他端へ進行する。

次の値は亞鉛鑛體に於ける九つの cut-and-fill 採掘切羽に應用されたもので、數字は切羽頂上の square-set 採掘をも含んでゐる。切羽の掘落し及充填は主として scraper を以つて行ふ。

Data on 9 cut-and-fill stopes, Eagle mine

Production per machineman shift	tons	28.4
Production per timberman shift	do	21.4
Production per mucker shift	do	19.5
Production per fill-labor shift	do	44.2
Production per man-shift, all stope labor	do	6.4
Timber per ton of ore	board feet	7.3
Power per ton of ore	pound	.58

## Krivoy Rog district, Russia

Cut-and-fill 探掘法は露國の Krivoy 地方の鐵鑛に多く用ひられた方式である。之は固い又は弱い磐で強弱夫々の鑛體に用ひられ、又大鑛體小鑛體何れにも應用された。inclined cut-and-fill 法が用ひられて来たけれども horizontal cut-and-fill 法が今用ひられてゐる。狭い鑛體では切羽は縦長になるが廣い鑛體では横断切羽に區分される。之等の分割切羽は鑛柱と交互にするか或は互に並行して進める。鑛柱は cut-and-fill 探掘法か或は top slicing 法により回収する。實際の興味ある特長は粘土と珪岩の混合物 (70~75% の粘土と 30~25% 珪岩) から充填物を使用してゐることである。時には此の混合物を切羽で薄層に平にならし、各層は次の層の入る前に濕氣を持つ様になる。此の種の充填は相當に固結するから、隣接する切羽は探掘跡に堰網 (fencing) を用ひずに充填に沿つて高さ7呎の slice にして探掘し得る。乾燥充填は幾分縮少する。即ち粘土のみでは 30% で珪岩と粘土では 15% である。實驗は最上の混合は 25% 珪岩と 75% 粘土であると證明してゐる。

若しも 30% 以上の珪岩を用ひると塊は細く分れやすい。粘土或は 25% の粒狀の珪岩と粘土の混合から成る時は幾分濕つた充填物が望ましい。此の混合物は最初の容積の 50% だけ縮少する。

## Summary of Cut-and-fill stoping

## 1. 適用性

Cut-and-fill stoping は廣範圍の條件に適用出来る。之は破碎鑛石及充填材の靜止角よりも小なる角度から 90° に至る傾斜を有する規則的又は不規則の境界を有する大小何れの鑛床の探掘にも利用される。傾斜が破碎鑛石の靜止角より小なる場合は鑛石を探掘切羽から運搬坑道に落すのに何等かの手段を講じなければならぬ。普通は重力により坑道に落し得る所にこの方法を用ひる。即ち急傾斜の平磐狀鑛床又は相當な高さを有する大鑛體に於ける如くである。本法は片磐又は兩磐が弱くて恒久的の支柱を要する磐の間に存する。強固な中品位、或は高品位、鑛石に際して最も廣く且効果的に用ひられてゐる。鑛石自體は切羽の幅を横ぎり充分もちこたへ、充填は直接には天磐を支へないが、唯支へない鑛石の span の兩端を受持つ兩磐を抑へることにより、間接に支へ得る。又之は極端に切羽の幅の狭い鑛床の探掘に重要な適用性をもつ。

## 2. 融通性

Cut-and-fill 探掘法は融通性に富む不規則な鑛體も探掘しながら追跡され又主鑛體から分岐した細脈も追跡し探掘され得る。鑛體中に取り込まれてゐる廢石は鑛石と選別し切羽の探掘跡に残される。探掘可能の幅以下の鑛體は鑛石の損失研の混入を最小限に少くして stripping (板掘)

又は Resuing に依り探掘する。更に中石 (horse) はそのまま残すことが出来る。充填の頂部に弱い天磐か或は稀に弱い磐を局部的に抑へる爲に木組又は打込をなす。又鑛石が弱すぎて、規則的の支柱をしないと探掘出来ない部分では cut-and-fill 探掘法から square-set 探掘法へ變へることは容易である。

然し cut-and-fill 法は地質の狀況が皆く變化して高く掘開しても良い。或は鑛石を取除いて充填する前に (半シュリンケージ法の様に) 二段或はそれ以上を削いて探掘することが出来て更に早く回収出来るといふ場合を除いては個々の切羽の出鑛量の割合に融通を持たせることが出来ない。出鑛の割合は充填中鑛石破碎の中止に依り、或は破碎と充填とを連続して行ふ所では比較的短時間ではあるが毎回の發破に依り制限を受ける。鑛石は破碎されるや否や取除く (半シュリンケージを除き) 之は切羽に残した鑛石に資本をねかさないから、有利である。更に若し鑛石が破化鑛で flotation で濃縮すべきものであるか又鑛石が熱を持つて切羽に置いておくと火を發する様な時は直ちに破碎鑛石を取除くことは明らかに有利である。反對に本法は破碎鑛石の貯蔵をなし得ないで幾つかの切羽が一時的に塞つてしまふと選鑛場に対して確實な鑛量を與へることは出来ない。

## 3. 回収率

普通高い回収率が得られる Shrinkage 探掘法に於て屢々残されたり、不注意に看過される鑛石の細脈も追跡し探掘し得る。並行する富鑛體を求めて切羽の踏前から磐を探掘出来る。若し幾らでも存すれば切羽から口をつけ探掘出来る。若しも切羽が完了した後によく近くに富鑛體が発見されたとしても切羽の充填で磐を支へ、新発見の隣接鑛體を動かしたり採ましたりすることを妨いでゐるから、この新鑛體は危険なしに開坑し探掘し得る。偶に鑛石と共に發破せる研、或は磐から扁平に反つて来る研は破碎鑛石から除いて、探掘跡にハネ込み得る故精鑛の探掘が可能である。

## 4. 開坑

Shrinkage 探掘法に對してよりも、幾分か餘計な探掘準備を要する。その理由は一般に探掘の始まる前に、上の坑道まで土砂立坑 (waste raise) を掘上げる必要があるからである。唯充填材料が全部若しくは一部切羽の研選別により得られる場合は例外である。不足分は切羽の磐中に切込延か又は掘上りにより得られる。探掘に於ては cut-and-fill 探掘に於て研を落すに必要な掘上りと同数の通氣用掘上りを上げる必要がある。cut-and-fill に於てはどの方法を用ひても、掘上りの開坑は磐の強固な所でなければならぬ。切羽は shrinkage と同様に並坑道に於て大留付をするか、地並上に或龍頭を残して中段坑道 (sill) が切られる。cut-and-fill 探掘を用ひると普通

譯者註: \* Resuing 探掘法の一様にして鑛脈の側の岩磐を除いて後鑛石を探掘する。狭い鑛體に用ひられ (30 吋以下) 磐下鑛石を同時に記す時よりも高い精鑛率が得られる。

坑道の鑛柱中に近接して漏斗立坑を設ける必要はなく、25 又は 50 呎或は時には 100 呎間隔でよい。一方 shrinkage 採掘では 15 或は 20 呎以上離れることは稀である。斯くの如く坑道の上に龍頭を残して中段坑道 (sill) を開鑿する時だけは shrinkage 採掘よりも cut-and-fill 採掘の方が実際に採掘準備が少い。充填は普通は上の坑道から立坑を通して入れられるから、充填は普通 shrinkage 採掘よりも、掘上りを上げるのに手間取る故 cut-and-fill 採掘の方が切羽を整へるのに長時日を要する。

Johnson 及び Gardner 兩氏は代表的鑛山に於ける種々の cut-and-fill 採掘法を研究し、理想的開坑比を表に作製した。此の比は數鑛山に於ける操業を詳細に記述する項目に分けて諮問した事項を根據として計算したものであつて、著者は之が實際の操業に於て得られた結果を表してゐるといふことを主張してゐらぬ。然しこの比は記述せる標準計畫に嚴格に準據して開坑し採掘するならば得らるべき結果を示すものである。此の根據に基いて 14 鑛山の平均は鑛石噸當り開坑長さ 0.0058 呎或は開坑 1 呎當り鑛石 172 噸である。極めて狭少な鑛體を採行する 3 鑛山を除外し、數字は夫々 1 噸當り 0.0048 呎及び 1 呎當り 208 噸となつてゐる。此の三鑛山の平均は夫々 1 噸當り 0.0451 呎及び 1 呎當り 22 噸である。

實際に於ては開坑 1 呎當り、出鑛量は一般に理論的數値よりもかなり低いものである。その理由はその必要を組織的開坑計畫に先立つて豫見することの出来ない sublevel 短い立入れ及び掘上りの様な從屬的開坑に因るものである。斯かる開坑は狭い石の周圍を採掘し、鑛體の細脈を追跡し、或は並行鑛體を採掘し、又附加的に人道充填用掘上り漏斗を設けなければならぬ等である。實際に要する開坑は、或る例に於て理論的開坑を 25~50% だけ超過してゐる。

#### 5. Cut-and-fill 採掘の經費

前掲の諸鑛山に於ける直接採掘費は第 10 表に示してある。經費は條件が各鑛山に依て非常に異なるから直接に比較出来ない。更にこの經費は cut-and-fill 以外の採掘法を用ひるが cut-and-fill 法が主要採掘法になつてゐる諸鑛山をも含めてゐる。resuing を行ひ、或は切羽で一層綿密な選別を要する狭い鑛脈では、捲揚鑛石噸當り經費は高くつくと思はなければならぬ。始めの三鑛山に於ける經費は、かゝる要因が採掘費を如何なる程度に増加するかを示してゐる。勿論經費は狭少な鑛體よりも、廣大な鑛體の方が低廉である。尤も United Eastern 鑛山の示す經費は比較的高い。然し比例では表示の經費は、他鑛山では數字に含まれない。運搬及他に分類せる項目を含んでゐる。若し第十表の經費を第七表の shrinkage 採掘經費と比較するならば cut-and-fill 採掘は shrinkage 採掘よりもずっと經費が高いとは思へない。(但し第七表の最後の五鑛山及第十表の最初の三鑛山を除外する。) 然し同等の幅の鑛體に對しては shrinkage 採掘がかなり低廉である。斯くて Eighty-Five 鑛山に於ては shrinkage 採掘經費は噸當り平均約 \$1.50 であるに對し、一方 cut-and-fill 採掘經費は平均約 \$ 2.40 である。

Cut-and-fill 採掘を用ふる大抵の鑛山に於ては、少くも幾分かの選別が切羽で行はれており、且 shrinkage 採掘よりも全採掘が可能である。結果として得られる生産物の品位の上昇及處理し捲揚げ選別にかゝる鑛量の減少が噸當り高經費を相殺してあり、終局の目的たる回收金屬の單位當り經費を低減する結果となつてゐる。第 11 表は主要採掘法として cut-and-fill 採掘法を用ふる數多の鑛山の噸當り Man-hour の data を總括したものである。

第 12 表は cut-and-fill 採掘に於ける爆藥消費量を示す。又第 13 表は坑木の消費に關する data である。

#### Cut-and-fill 採掘の利點

Cut-and-fill 採掘の主なる利點を總括すると次の様である。

1. 之は約 45° から直角までの角度で傾斜する。中硬の鑛石にして脆弱なる磐を有する大或小鑛體の採掘に應用出来る。且又かなりの高さを有する平坦なる鑛床に用ひられる。更に切羽から運搬坑道へ破碎鑛石を移動するに特殊な手段を用ふるならば之は緩傾斜の薄い鑛床にも用ひられる。
2. 充填は岩磐に對し永久的支柱となり、その崩壊を防ぐ但し長い span の天磐を支へることは信頼出来ない。
3. Cut-and-fill 採掘は融通性があり、不規則な鑛體縁部貧鑛部及び主脈から分れた細脈をも追跡し採掘出来る。
4. 研の混入に依る品位の低下を少くすることが出来る。取込石 (Waste inclusion) はそのままに残るか或は碎き選別し充填物として研を切羽に残すことが出来る。斯くて鑛床中の全鑛石を高率で回收出来る。
5. 鑛石は破碎後直ちに除去される故利用されない破碎鑛石に對してねかす資本が少い。更に破碎後直ちに鑛石を除去することは浮游選鑛で濃縮すべき或種の鑛石に有利である。
6. 本法の變型たる stringer-set-and-fill を除いては要する坑木は少い。之が爲に火災の危険は少い。

#### Cut-and-fill 採掘の缺點

1. 充填は單に磐を支へるのみにて天磐を支へない故、鑛石自體はかなり強固でなければならぬ。特に廣い鑛體では然りである。
2. 各切羽からの出鑛の割合は偶々充填の遲延の爲に幾分制限される。運搬取扱及び充填は直接採掘費及び運搬費にかゝる。着實な出鑛を續ける必要のある時は速に充填を行はなければならぬ。
3. 鑛石噸當り經費は同じ條件では shrinkage 採掘よりも高いが、square-set 採掘よりは低い。

Table 10-Direct stoping costs at mines

Mine	Year	Variation of cut-and-fill method	Width of ore, feet
Questa, N. Mex.	1929-30	Horizontal; largely resuing	1 to 1.5 average
Cold springs	1931	Resuing	0.66 to 0.83 average
Do	1931	do	do
Lucky Tiger, Somora, N. Mex.	November 1924	Mainly horizontal resuing rill stoping in wide ore	1.7 average; average stoping width, 3.4
Eighty-five:			
No. 10 stoping	1928-30	Inclined ore rill	5.0 average
No. 26 stoping	1929-30	do	do
Ground Hog	March 1930	do	3.0 to 25.0
Matahambre, Cuba	1928	Horizontal <sup>6</sup>	More than minimum stoping width
Tezcutlan, Mexico	July 1930 to June 1931	do <sup>7</sup>	5.6 average
Pecos	1929	do	do
United Eastern	January 1917 to May 1925	do	Maximum, 35 to 48
Champion	1927	do	6 to 50
Do	Aug. 1, 1930 to Dec. 31, 1930.	sublevel, inclined; 40 per cent sorted as waste.	do
Pilares, Mexico	1929	Horizontal and inclined <sup>8</sup>	
Morning	1928	stringer-set and fill	6 to 30; 13 average
Hecla	1928	do	40 maximum
La Colarada	Jan. 1 to June 30, 1929	Horizontal and inclined stopes with pillars <sup>9</sup>	Wide
Mexico	Jan. 1 to June 30, 1931	Horizontal cut-and-fill stopes with pillars <sup>10</sup>	Do
Do			
Champion;			
Stope 68	May 1926 to Jan. 1930	Inclined with doublelead sets	50 to 250
Stope 90	Jan. 1920 to Jan. 1930	Inclined with singlelead sets	Do
Stope 442	June 1928 to Jan. 1930	Inclined semishrinkage	Do
Magma	1928	Inclined cut-and-fill	15 to 60

- 註 1. Based on tons of sorted ore; 60 percent of stope rock rejected as waste. Includes supervision and surface expense directly chargeable to mining.
2. Based on tons of sorted ore hoisted.
3. Based on tons of crude ore broken.
4. Per ton hoisted; large proportion of broken rock left in stope as fill.
5. Costs ore average of cut-and-fill and square-set stoping; with cut-and-fill stoping is used in narrow ore and square-setting in wide ore.
6. 30 percent of ore mined by square-set stoping, 70 percent by cut-and-fill stoping.
7. Mostly cut-and-fill stoping; some open stoping.

employing cut-and-fill stoping

Direct stoping costs per ton of ore produced						
Labor	Supervision	Compressed air, drills and steel	Explosives	Timber	Other supplies	Total
\$ 3.238	\$ 0.672	\$ 1.116	\$ 0.323	\$ 0.432	\$ 0.170	\$ 5.51
.497	.103	.172	.050	.006	.026	1.951
2.848	.407	1.051	.505	.710	.225	5.743
1.26		.60	.28	.20	.03	2.37
1.62		.38	.17	.27	.02	2.46
1.197	.065	.087	.058	.120	.235	1.762
.993	.095	.093	.095	.102	.089	1.267
.877		.252	.216	.107	.078	1.571
1.52		.09	.14	.26		2.01
1.750		.136	.414	.445	.178	2.923
1.340					.423	1.763
.794	.056	.128	.103	.061	.020	1.163
.630	.181	.175	.134	.243	.007	1.370
1.550	.142	.189	.114	.322	.054	2.371
1.030	.080	.215	.112	.357	.101	1.895
.375	.131	.188	.215	.198	.096	1.203
.476		.100	.102	.114	.006	.798
.620		.215	.135	.155		1.125
.70		.20	.10	.13		1.13
.81		.35	.20	.26		1.62
1.490	.267	.414	.150	.470	.058	2.849

8. Costs cover cut-and-fill stope operations only; about 20 percent of stope rock sorted out as waste in stopes.
9. Power only.
10. Includes tramming cost.
11. Includes tramming, timbering, track, compressor, and drill expense.
12. 59.4 percent horizontal, 17.6 percent inclined, 17.7 percent square-setting, 3.7 percent top slicing, and 1.6 percent shrinkage.
13. Stopping cost only; 40 percent horizontal, 12 percent square-set, 14 percent shrinkage stoping, and 20 percent from.
14. Cut-and-fill stoping only.

Table 11.—Stoping man-hour per ton of ore hoisted at mines employing cut-and-fill stoping

Mine	Year	Width of ore (feet)	Variation of cut-and-fill method	Man-hours per ton of ore hoisted			Total	Tons per Man-shift all stope labor
				Break-ing	Shovel-ing	Filling		
Block P	1929	1 to 4	Horizontal, considerable res- ing	1.636	1.812	0.508	3.956	2.0
Cold springs	1931	0.66 to 0.83 average	Resuing	1.24	0.61	3.84	5.69	1.4
Mc Intyre	1932	10.0 average	50 Percent horizontal cut-and- fill, balance square-set and sprinkage	1.52		0.14	1.66	4.82
Do	do	do	Cut-and-fill only	.69	.92	.67	.89	9.00
Matahambre Cuba	1928	More than minimum stopping width	Horizontal cut-and-fill 70 per- cent; square setting 30 per- cent	1.068	1.788	1.056	4.298	3.51
Teziutlan Mexico	July to June 1930	5.6 average	Horizontal	.774	.865	.864	2.865	1.86
Pecos	1928		Horizontal cut-and-fill and square setting <sup>2</sup>	.917	1.015	.454	3.408	2.79
Do	1929		do	.55	.73	.21	1.49	2.34
Champion	Aug. 1 Dec. to 31, 1930	6 to 50	Sublevel inclined	.256	.451	.611	1.318	5.39
Hecla	1928	40 maximum	Stringer-set-and-fill	.135	.547	.466	1.148	6.07
United Verde	1930(?)	Wide	Horizontal cut-and-fill	.28	.41	.18	1.706	6.97
Magma	1928	15 to 60	Inclined				4.68	4.68
Eagle	1930(?)	Wide	Horizontal, with square-set aisles; pillars mined with stringer sets				1.24	6.45

1. Sorting.
2. Man-hour per ton of rock broken, 0.874; tons of rock broken per man-shift, 9.15.
3. 52 percent horizontal cut-and-fill stoping, 37 percent square-set stoping, and 11 percent shrinkage stoping and pillar mining.
4. Includes sorting an average of 40 percent of rock broken.

Table 12.—Consumption of explosives in cut-and-fill stopes.

Mine	Kind and strength of explosive used	Explosive used per ton of ore broken, pounds
Block P	Special gelatin dynamite, 30-percent	2.568
Matakambre	Gelatin dynamite, 30-percent	.44
McIntyre	Gelatin dynamite, 40-percent	1.00
Ground Hog	(?)	.53
Teziutlan	Gelatin dynamite, 40-percent	.947
Pecos	Gelatin dynamite, 25-and 40-percent	{ .730 <sup>1</sup> .850 <sup>2</sup>
Champion	Gelatin dynamite, 40-percent	.80
Morning	Gelatin dynamite, 25-percent	.349
	Gelatin dynamite, 35-percent	.273
	Gelatin dynamite, 40-percent	.071
	Total	.693
Hecla	Gelatin dynamite, 30-percent	.833
La Colorada	{ Gelatin dynamite, 85-percent 40-percent strength } { Gelatin dynamite, 15-percent 60-percent strength }	1.37
Magma	(?)	.70
United Verde	Gelatin dynamite, 50-percent	<sup>3</sup> .55
Eagle	Gelatin dynamite, 45-percent, and ammonia dynamite, 40-percent	<sup>3</sup> .53

- 註 1. 1929.  
2. 1928.  
3. Cut-and-fill stopes only.

Table 13.—Consumption of timber in cut-and-fill stopes

Mine	Consumption of timber per ton of ore mined		Mine	Consumption of timber per ton of ore mined	
	Framed timber board feet	Round timber and logging		Framed timber board feet	Pound timber and logging
Matahambre	0.802	<sup>1</sup> 0.125	Hecla	11.207	<sup>5</sup> 1.234
Teziutlan	5.547	.....	La Colorada	7.19	.....
Pecos	{ <sup>2</sup> 3.9 <sup>2</sup> 2.8	{ <sup>2</sup> 3.9 <sup>2</sup> 2.8	Magma	<sup>6</sup> 17.00	.....
Champion	<sup>1</sup> 3.1	<sup>4</sup> 3.1	United Verde	<sup>7</sup> 6.95	.....
Morning	<sup>1</sup> 2.7	<sup>4</sup> 2.7	Eagle	<sup>7</sup> 7.30	.....

- 註 1. Piece of prop timber.  
2. 1929; linear feet.  
3. 1928; linear feet. Half of output from cut-and-fill stoping and half from square-setting.  
4. Board feet.  
5. Linear feet.  
6. Total for all stopes and includes maintenance.  
7. Cut-and-fill stopes only.

§ Stalled Stopes

今迄に述べて来た様に天井や兩磬を支へる爲に規則正しい打柱を使用する時、之が一つの探掘法として分類されてゐるか如何かは確かに疑問である。打柱は他の探掘法と並用して大低の鑛山にて軟かい地磬を部分的に支持する爲に使用されてゐて大低の場合探掘作業に附随したものである。併し時には打柱が規則正しい間隔にて施され主として天井や兩磬を支へるのに役立つてゐる場合がある。

兩磬が中硬で鑛石が相當堅硬な狭い鑛脈では規則正しい打柱法が可成り使用されてゐるのであるが近頃の文献には餘り見られない。之は主として此の方法が小鑛山に於て用ひられてゐるからであらう。

此の方法は薄い板状鑛體の時はその傾斜の如何に拘らず使用されてゐる。

Examples of Stalled Stopping

Conglomerate mine, Calumet, Mich.

此の山の鑛體は地表近くで 10~12 呎の厚さを有し傾斜に沿つて地下 8100 呎の所にある第 81 番坑道で最も廣くなり 200 呎位になつてそれから下へ行くに従つて細くなつてゐる。傾斜は地表で 38°, 地下 1 哩の所で 36° となつてゐる。碎岩中には火山岩の層が入り込んでゐる。

鑛體は felsite と石英斑岩との礫を、石英、方解石及自然銅が固めてゐる。礫岩中にはレンズ状の砂岩層がありそれ自身は銅を含んでゐないけれども非常に富鑛體を随伴し鑛脈と共に探掘されなければならない。

上磬には全體に互つて層面と 30°~70° の角度をなした slip や割目がある。下磬は非常に破碎されやすく杏状の岩石である。概して非常に破碎されやすく軟弱な部分が非常に多い。上磬の荷が硬い鑛石の残柱に集中されると此の鑛柱の壓力に依つて下磬の部分を下下さしてその附近の空洞の部分では斃ぶくれを生ずる。

此の事が後退式探掘法を採用した事と重大な關係を有する。鑛體は既に非常に深く迄廣く探掘されてゐる。

傾斜に沿つて 6,000 呎垂直深さ 3,500 呎迄は前進法を採用した。此の地並から現在の最下底である垂直深さ 5,500 呎の所迄は全部後退式で探掘した。最下底坑道へは第 81 番坑道から斜坑を降ろされてゐる。

各地並は傾斜に沿ひ 100 呎の間隔を有し坑道を鑛體或は探掘區劃の端迄切り堅坑の方へ向つて後退して行く。

Fig. 44, A は探掘の一般用式を示してゐる。

即ち數個中段の切羽の相對的關係を示す平面圖である。Fig 44 B は一つの切羽についての切羽面の状態と規則正しい打柱の配列を示してゐる。より廣い部分では Square-set Stopping が

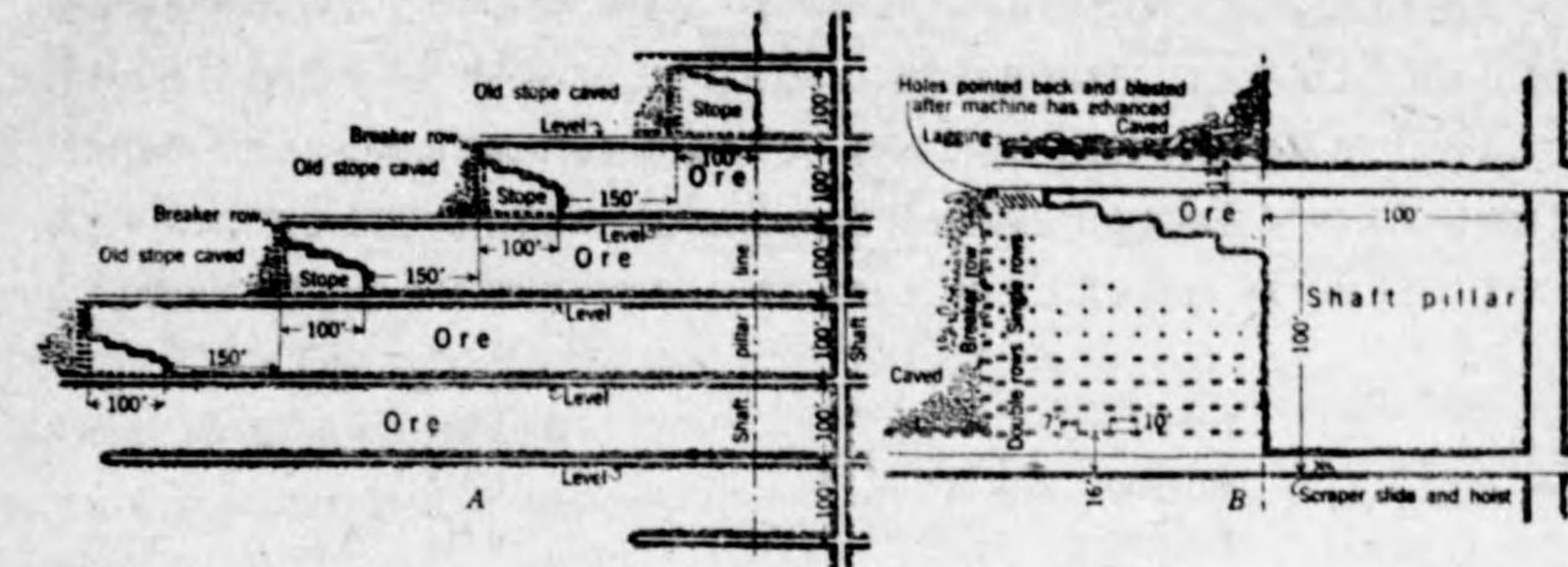


Fig. 44.—Stall stopping, Conglomerate Mine, Michigan: A, Plan on plane of lode showing position of stopes; B, method of carrying stope faces and arrangement of stall timbers.

用ひられる。各探掘場の長さは 200 呎を單位としてゐる。5,500 呎より下では 200 呎もあつた切羽が急激に減じた爲又 square set を組む經費が極めて高くつので次第に打柱法に變へられ、現在では全部打柱法にて探掘してゐる。同時に探掘場の長さの單位を 100 呎とした。

現在行はれてゐる探掘法の一般様式を示すと、18~20 吋の木口を有する坑木を 2 本宛一組として並べて使用し之を四段、各列の間隔を 7 呎としてゐる。此の 2 本一組の打柱は全探掘場の高さの約 40% 迄は上磬がどんなに硬く見えても施すものとし、之より上の打柱は 1 本宛とし間隔も各切羽の磬の状態に依り適當に擴げてゐる。今迄の經驗より探掘を完うする期間(約 100 日)中では上磬の最大荷重は全高さの 1/3 の所に表はれる。即ち大體下から第四番目の打柱の直ぐ下におこる。

第四番目の列は切羽の中央の少し下へ來、之を施してから約 60 日を保つ必要がある。之より上の打柱は支持す可き期間も短かく上部より落ちて來た鑛石を兩磬が支へられるから之にかゝる荷もそれだけ少なくなつて來る。時には上部 20~25 呎の部分は全然支柱を必要としない事もある。各切羽では 3 或は 4 臺の機械が同時に使用される。

最初の切開きは堅坑に近い方の端から始められ既に探掘の終了した遠い方の切羽の端へ向けて切つて行く。

それより上の方は反對に堅坑の方へ向けて切つて來る。1 段約 6 呎の高さで探掘をしてゐる。堅坑の兩側の全探掘は 4 段で、各段 4 つの後退式切羽と連續よりなり各切羽はその下の切羽より 150 呎丈先に進んでゐる。

全探掘場が探掘し終ると上磬は次第に打柱をつぶし最後に崩壊して探掘場を埋める。

崩壊を促す爲に打柱に發破をかけたりする事は全然なさないで採掘する時に打柱の數を加減して適當な時期に崩壊する様にする。

以上に述べた方法は大量長壁後退式採掘法に類似してゐる。穿孔には 3 $\frac{1}{2}$  Leyner-type の機械を臺に取り付けて使用する。孔數や孔の位置は大體として坑夫の考へに任せ監督が之をとりまつてゐるのであるが鑛石の性質、割目、壓力、沈下の状態に依り非常に異つてゐる。礫岩は板狀片に破碎されやすくその爲に比較的緩傾斜であり乍ら大部分の鑛石は坑道まで重力により落ちて行く。併し約 15% は掻き落してやらねばならない。1927 年に於ける採掘費は次の如し。

	Cost per ton of ore milled
Labor	\$ 1.605
Supplies	0.543
Power	0.111
Total	2.259

火薬消費量は鑛石噸當り 40% ゼラチンのダイナマイト 0.711 封度であり、1931 年 1 月、2 月の採掘費は噸當り \$ 0.626 であり坑夫の賃銀は一方 \$ 5.04 であつた。

1930 年に 872,834 噸が切羽から、40,964 が深開坑道から出鑛された。切羽に於ける各工賃は次の通りである。

Labor performance in stopes Conglomerate Mine		
1930		
Occupation	Man hours per ton	Ton per men shift
Breaking	0.386	20.72
Timbering	0.481	16.63
Mucking	0.397	20.14
Total	1.264	6.33

火薬消費量は鑛石噸當り 40% のゼラチン・ダイナマイト 0.75 封度であり坑木の消費は噸當り 6.19 呎であつた。

### Witwatersrand, Africa.

Central Rand では上向階段法及下向階段法の兩方に Stalled stopes が用ひられた。Fig. 45 は切羽の進め方を示し打柱上への採掘を示してゐる。Fig. 45 B に示すものは以前に行はれて居た無支柱階段掘である Fig. 45 A を改良したものである。舊採掘法の不利は次の通りである。

- 1) 重力に依つて下方へ落ちる鑛石が下の Bench に止まり之を shovel でもつて取除かねばならなかつた。
- 2) 多くの孔が濡れてゐるので不發が多く又不發を發見する事も困難である。

3) 天磐が落ちて來ると之が轉がり落ちて鑿岩夫に傷ける。

4) 通氣が充分でなく坑井が鑛石で充たされると通氣が全然とまつてしまふ。

しかるに Fig. 45 B に示すやうな Stalled stopes 法では通氣状態は改良され發破した後早く切羽へ歸へる事が出来且上磐を支へるから落磐の恐れが少ない。切羽面は open stopes の場合と同様水平と 45° の角をなし打柱は 20 呎の間隔でなされる。

破碎鑛石は此の上に集められかくして上磐を大きな面積で支持し得る。又鑿岩夫の頭上に防壁を作る事となる。

傾斜が 45° 或はそれ以上となり下向階段法が廢止されて上向階段法が採用される様になつて非常な改良がなされた。之は Fig. 45 C に示す様なものであつて、採掘がより經濟的となり shovelling が全く不必要で切羽面は發破の後も掃除する必要なく孔尻の検査もたやすく出来る又天井が落ちて來てもその直ぐ下に居る坑夫を傷けるだけで済み切羽面の石がおちても誰にも怪我を與へず通氣も良いから非常に安全性を増す。此の方法は 12 呎以上の幅の鑛體にも又 45° 或はそれ以上の傾斜の鑛體にも適用出来る。打柱は 20 呎の垂直距離で施され充分鑛石が乗つても支へられる様にしておくと此の鑛石が上磐を支へる部分を廣くする。採掘が進むに従ひ中心部の打柱は外して行きその上に集められた鑛石は漏斗を通して抜かれる。

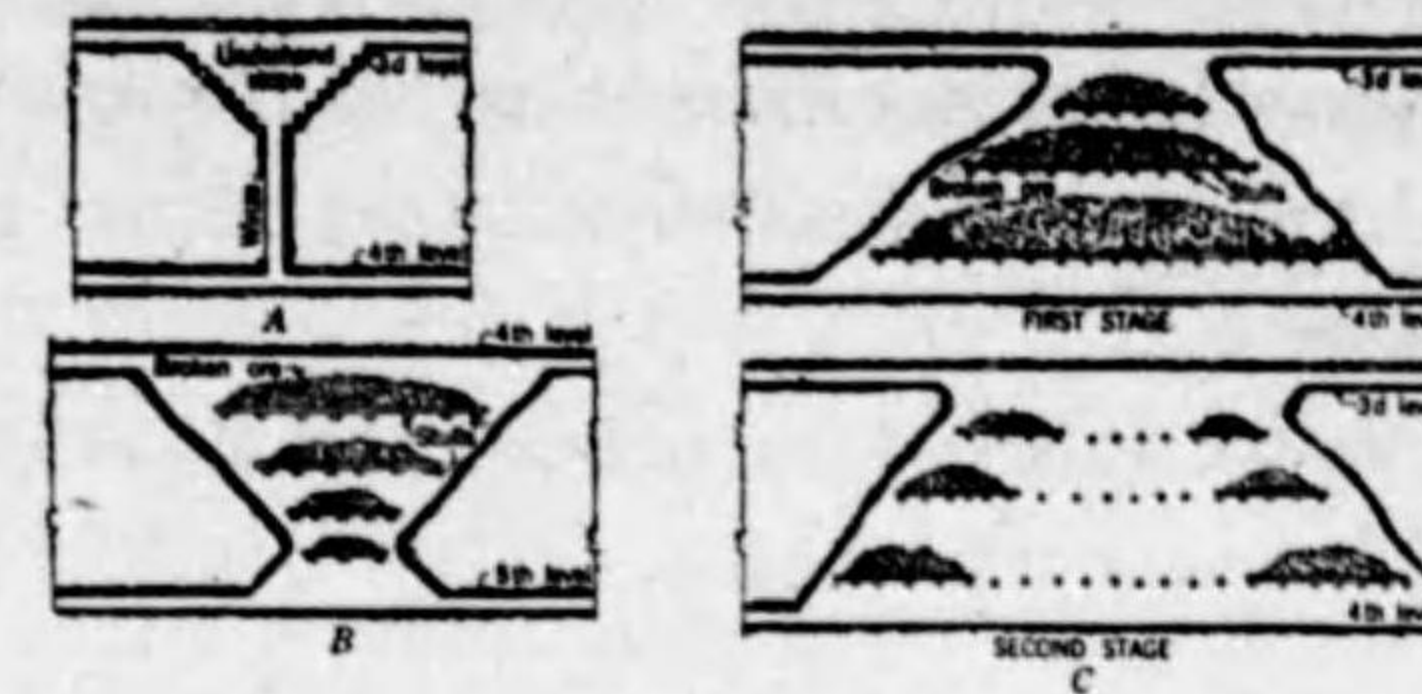


Fig. 45.—Evolution of stoping practical at a Witwatersrand mine, Africa (after Bernard Beringer, Eng. and Min. Jour.): A. Early system, open underhand stoping; B, underhand stoping onto stulls; C, overhand stoping onto stulls.

### Wright-hargreaves Mine, Kirkland Lake, Ont.

此の鑛山に stall-stoping の採用され出したのは 1929 年である。方法は Fig. 7 に示したものと似て居り支柱がなければ岩磐が剥落する様な狭い切羽にて用ひられて居る。破碎鑛石は打柱の上には集められず直ちに漏斗に投げ込まれ shovelling の必要な時には wing slice が用ひられる。

破碎された岩磐は打柱の上に乗せられる。

此の方法は狭い鑛體でも岩磐を多く切る必要がなく shrinkage 法を用ふるよりも岩磐の混入が少なくその結果高品位の鑛石を得る事が出来る。採掘は踏前龍頭を全然残さずに下の中段か



ら上の中段迄つづけられる。

採掘が上の中段迄完成された時には採掘跡は採掘切羽よりの研で以て充填される採掘が上の中段へ達した時その中段の坑道の下に二重の頑丈な打柱を施しその上に床板を敷き之より上方の採掘を始める。

1930年の採掘費は \$1.926 であつた。之は stilled stopes, shrinkage stopes, 及び 2, 3, square-set stopes の平均値である。

### § Square-set Stopping

Square-set stoping は 1860 年 Nevada Comstock 鑛山で始めて採用されたもので鑛石が常に脆弱で崩れ易く普通の支柱では天井を支持することの出来ない様な幅広い鑛體を採掘する場合に用ひられた。それが非常にうまく行つたので後には西部の各州に一般に用ひられる様になり Square-set を採用するよりも他のもつと廉い経費の採掘法を用ひた方が有利な様なところに迄も屢々用ひられる様になつた。そして高品位の鑛體で鑛石も兩磐も脆弱で永久的な支柱なしでは暫時も兩磐及鑛石を保持しておくことの出来ない様な而も地表の崩潰陥落を絶対に防止しなければならぬ様な處を、特に西部地方には現今廣く採用されてゐる。

この採掘法は「板状」「レンズ状」及不規則な形状の鑛床にも適用され、又其の傾斜も水平から垂直まで如何なる角度のものにも適用することができる。又既に他の採掘法で採掘された充填後の水平鑛柱を採掘するとか舊採掘跡のもめた冠を採掘するとか言ふ場合にも良く用ひられる。

Square-set 法は他の採掘法で採掘出来ない様な特殊な鑛體を採掘しなければならないときの最後の手段として普通適用されるもので、非常に融通性があり鑛床の變化に出會つた場合採掘法を直ちに變更することができるものである。Square-set 採掘法は普通同時に充填することもありしないこともあるが今日では非常に荷がかかってくるので直ちに充填しなければならない様な状態の處に原則として適用されてゐる。Square-set 柱は只一段鑛石を採掘してゐる間丈天井や兩磐を支へてゐると言ふ丈である。Square-set 採掘法は水平にも傾斜をもつた階段 (Slice) にも又垂直の slice にも採掘して行くことができる。水平又は傾斜した face で採掘して行く方法は普通非常に大きな磐壓がかかってくる様な大きな鑛體に適用されてゐる。軟弱な鑛體では水平層よりは垂直層にある傾向がある。弛い動き易い地層では一般に垂直層に採用されてゐる。上から採掘が始つて下へ向つて行く、又同一鑛體で其の部分々々に適する數種の採掘法を用ふることもできる。

次の數例は Square-set 採掘法を採用する状態を表し其の方法の主なる種類を示してゐる。

### Square-Set Stopping, Using Horizontal Sections

#### Argonaut Mine, Jackson, Calif.

Argonaut 鑛山の採掘法は Vanderburg 氏が發表してゐる。この鑛山の採掘に有利なる一般的條件は次の事項によつて一部分相殺されてゐる。

- (1) 採掘が段々深くなつて之に伴ふ経費が増加する。
- (2) 膨れをのする地層に出遇して其の結果之に對する経費が嵩む。
- (3) 比較的低品位の鑛石である。

Argonaut 鑛脈は逆斷層の裂線を充し、綠岩片岩、粘板岩等の各層を横切つてゐる。走向

N 20° W 平均傾斜 63° NE 深くなるにつれ鑛脈はねてくる傾向にある。走向最大 1100 呎、最大幅 65 呎採掘された平均幅約 20 呎である。鑛脈は露頭以下 5400 呎 (1929 年末)迄續いてゐる。鑛脈の片磐或は兩磐には厚さ數吋から數呎の粘土質のはさみ (gouge rauging) を伴つてゐる。兩磐は軟弱で破碎し易いので直ちに支柱しないと落磐するのである。鑛脈そのものも弱い目で割れてくるので切羽の天井は之を防がなければならない。

母岩は多少動き易くて新に切羽を作ると其の平衡が破れ其の壓力は次から次へと移動して行くので支柱のみでは廣い面積の天井を支へることはできない。それで切羽が進むにつれて後

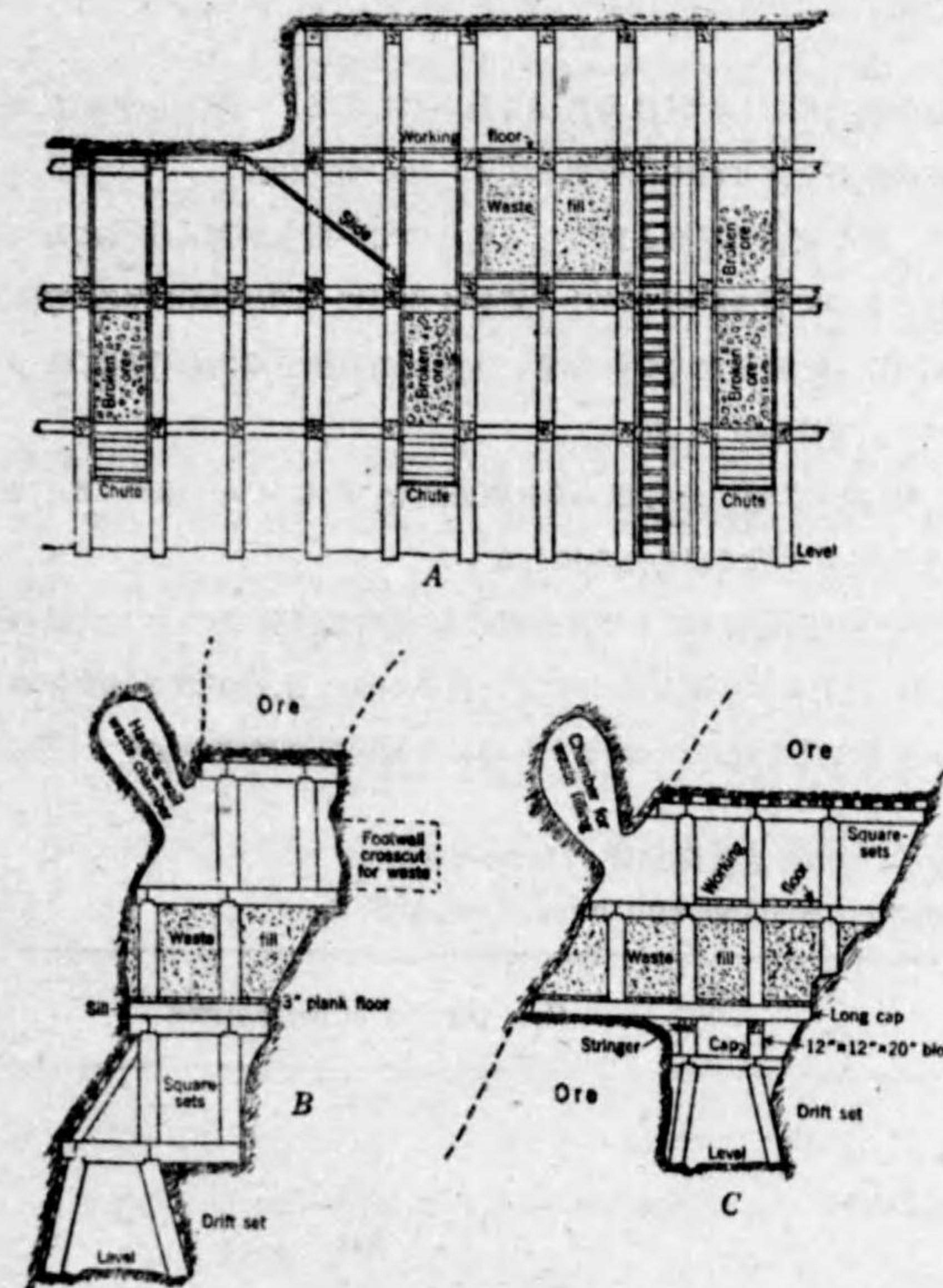


Fig. 46.—Square-sets stoping, Argonaut mine, California: A, Vertical longitudinal projection; B, Vertical cross section showing square-sets directly on drift sets; C, Vertical cross section showing square-sets on long caps and stringers.

を研で充填しなければならないのである。

第 46 圖は Argonaut 鑛山の Square-set 探掘を示す。坑道の上下間隔は 3000 呎坑道迄は 100 呎間隔で之から下は 150 呎間隔である。運搬坑道は下磐に沿つて中にあつて各坑道と連絡する。之等の坑道は加背 6×8 呎で規則正しく大留付を施してゐる。(第 46 圖 B,C 参照)

坑道が堅坑から數百呎延びてゐるときは上の坑道迄掘上を作る。一つの坑道での探掘は其の上の坑道踏前迄行ふ。大留付の上に直接 Square-set 枠を規則正しく組み上げて行くか(第 46 圖 B)又は縦桁と長梁との上に規則正しく Square-set を組んで行き(第 46 圖 C)後に研を充填するために縦桁の上に板張を作る。探掘切羽は人道と人道との間約 100 呎を一區劃として上向に進み一つの區劃は之と相隣る區劃と其の切羽面は數寸分上下するが數區劃を同時に探掘し行くのが通常である。

事實上坑内選別は行はず鑛脈全體を採掘し鑛柱は全然残さないのである。一般に一枠組立てるに充分なる丈の空洞を作るための鑛石を採り直ちに枠組をする。脈の走向に沿ひ一枠の幅員を採掘して後鑛脈は幅の方向に掘る。研の充填は探掘と續行してゆくの一段欠が暫く空洞になつてゐる。人道は切羽が進むにつれて上つて行き鑛石立坑は大留付 4 枚毎に 25 呎間隔に作る。破碎鑛は Square-set 中に厚板で傾斜を作つた鑛石立坑の中に流し込むこの方法で重力の作用に依つて處理できない鑛石を「ショベル」ではねる。

Square-set の柱は徑 14~18 吋 長さ 7 呎の丸材で一端を嵌め込む。押木(Cap)は角 12×12 吋長さ 5 呎 4 吋横繋ぎは徑 8~12 吋長さ 4 呎で嵌め込みにしない。

Square-set は高さ 7 呎 10 吋柱の中心間隔 5 呎 4 吋及 5 呎の標準枠で體積 209 立方呎鑛石 11.72 噸を有する。充填土砂は上磐に斜上方に空洞を作つて之を得るか又は上磐が弱り崩潰を助長する様ならば下磐に立入坑道を作りて之を得る。1929 年 9 月中の探掘直接費は次の如くである。

Argonaut 鑛山の直接探掘費 (1929. 9 月)  
Direct stoping cost, Argonaut mine, Sept. 1929.

	Cost per ton of ore hoisted
Labor	\$ 1.746
Supervision	.052
Compressed air, drills, and steel	.101
Explosives	.148
Timber	.335
Other supplies	.057
<b>Total direct stoping cost</b>	<b>\$ 2.439</b>

賃銀は次の通りである。坑夫 \$4.50 積込費 \$4.00 支柱費 \$4.75 鑽銀治夫 \$4.50。

鑛石破碎と留付に鑛石噸當り 2.054 人時間 (man-hour) を要し、研破碎と充填に 0.347 人時間。「ショベリング」に 0.475 人一時間、合計鑛石噸當り 2.875 人一時間を要し 1 人一方當り 2.78 噸の出産となる。火藥消費量は鑛石噸當り「ダイナマイト」1.01 封度(ゼラチン 30% 含有)。坑木消費量は鑛石噸當り板 7.05 呎丸太及矢木 1.08 呎に達する。

### Page Mine, Page, Idaho

Page 鑛山の探掘法は Berg 氏が詳述してゐる。鑛石は珪岩中の 2 つの裂隙の中に生成したものに於て走向 S 70°~80° W 傾斜 40°~10° S 兩磐との境界は判然と解らない。鑛脈の中に珪岩の破片を有して居り鑛脈そのものから 20~30 呎も兩磐の中に鑛脈が擴散してゐる。之は地層の隆起が原因してゐる。鑛石の探掘には掘跡の完全な充填を必要とする。坑内である程度の選別は出来るが鑛石の大部分は非常に細く破碎されるので充填の中に放棄するか鑛石として出すかどちらかしなければならない。鑛脈は長さの方向にも深さの方向にも尖滅したり或は厚さ 20 呎迄も膨大したりする。不規則な小脈が鑛脈の上磐側へ走つてゐることも屢々ある。但し之等は破碎帯を出でず、「ドリフター」で段欠を行ふよりは寧ろ「ストーパー」で上向探掘を行ふ方が良い。後者は破碎程度をより調節することが出来ぬ。鑛の消耗を減ずることができる。探掘場は長さ 250 呎高さ 300 呎を一區劃とし鑛井は 35 呎間隔に設ける。鑛脈の傾斜が甚だ不規則であるために鑛石立坑の傾斜が常に緩になることも屢々ある。鑛石を運らすために上から水を流し込むことが必要である。蝶番型切込 (Cap-butting) を有する標準的「Square-set」支柱法を採用する押木は徑 12 吋、柱は徑 9 吋繼木は 5×8 吋の二つ割を用ふる。

山は非常に壓力が加はつて來るので一枠分探掘すると直ちに枠組を行ひ天磐から 2,3 枠下の床迄を充填しておくことが望ましいことである。充填用研を取るために下磐側に立入を掘進する。この立入は始め 5×7 呎加背で入り、25~30 呎掘進したところで 8~12 呎位に大きくする。

	Cost per ton of ore hoisted
Labor	\$ 1.43
Supervision	.15
Compressed air, power, drills and steel	.16
Explosives	.11
Timber	.26
Other supplies	.04
<b>Total direct stoping cost</b>	<b>\$ 2.15</b>

研はこの立入から掘場に單脚捲揚機でかき込む。

1928 年直接採掘費次の如し。

賃銀は支柱夫 \$ 6.00 支柱夫手子 \$ 5.25 坑夫 \$ 5.50 支柱夫 \$ 5.00

### Pecos Mine, Tererro. N. Mex.

Pecos 鑛山の Cut-and-fill 採掘法に就いては Cut-and-fill 採掘法の章に詳述してある。1929 年に Cut-and-fill 採掘法は Square-set 採掘法と同様に採用されたと述べてゐる。作業の一般的圖面は同一のもので兩採掘法に適用される。只異なるところは Square-set では人道、鑛石立坑等は Square-set 枠を連絡することに依つて作るだけである。Square-set は丸太を用ひ、其の寸法は 5 呎四方、高さ 6 呎 8 吋である。當鑛山の Square-set 法のみに対する 1929 年の直接採掘費は次の通りである。

Direct stoping cost, Pecos mine, square-set stoping only, 1929.

	Cost per ton of ore mined
Breaking, labor	\$ 0.62
Shoveling, labor	.57
Timbering, labor	.79
Filling, labor	.18
<b>Total labor</b>	<b>\$ 2.16</b>
Mining supplies	\$ 0.12
Explosives	.15
Timber	.40
<b>Total direct stoping cost</b>	<b>\$ 2.83</b>

當鑛山に於ては充填採掘法の採掘費 \$ 2.01 であるのに比し Square-set 法の採掘費は \$ 2.83 である。

### Black Rock Mine, Butte, Mont.

Black Rock 鑛山の採掘法は Meltivra 及 Hewly の兩氏が詳述してゐる。Black Rock 鑛山は Rainbow 鑛脈の東端にある、該鑛脈は走向東西、傾斜 80°S、鑛幅數呎から 120 呎掘場の幅は 1 枠から 12 枠 (6~70 呎) に及び、鑛幅平均 6 呎の他鑛脈も重要ではあるが、Rainbow 鑛脈が當鑛山産額の大部分を占めてゐる。鑛石は閃亜鉛鑛の脆弱なものから石英と閃亜鉛鑛とからなる堅硬なもの迄種々ある。母岩は花崗岩にして鑛脈の近くで甚しく交代作用を受けてゐる。鑛脈は兩層と平行に鑛石と岩石とが層をなしてゐる。一般に鑛石も兩層岩石も餘り強靱でない幅の狭小

さな採掘跡でも直ちに支柱を必要とする。坑道の間隔は 1900 呎坑道迄は 100 呎、之以下 3900 呎坑道迄は 150 呎間隔である。當鑛山全體 Square-set 法を採用し、兩層並びに天層は出来る限り之を支へ、採掘方法に融通をきく様にしてゐる。研充填は出来る限り掘場の天層迄之を行ふ。分壁 (垂直鑛柱) は切羽の進むにつれ一坑道地並から次の坑道地並迄通じて残し、兩層支持の役目をなしてゐる。

Square-set 採掘法の變形は種々異なる状態に出遇したる時之に適合させるため必要である。之等の状態とは次の様な場合である。

(1) 鑛石も兩層も充分堅硬にして Square-set を組み上り、而して後第二段に研充填を行ふことを得る様な状態。

(2) 上向に仕事して行くと崩潰するため Square-set を下向に組み下向採掘法に依らなければならぬ様な軟弱、流動性の土地。

(3) Square-set 枠を組んで「トツプスライス」で採掘する様な (1)、(2) の中間状態。

標準的 Square-set 枠は 5 呎 10 吋×5 吋四方高さ 8 呎で Capbutting 型である。直径 10~12 吋の丸太材を用ひ冠木と柱とは互に互換性をもたせる様枠組する。

坑道は下層に沿つて掘鑿し 8 吋の柱を以て留付をする。掘場は上向採掘法では坑道の上第一の床の上に設け鑛石立坑は坑道に沿ひ 30 呎間隔に設する。採掘は 4~10 枠位の長さの小區劃で行ひ區劃の兩端に鑛石立坑と人道を設ける。之等は後に之と合つた區劃を採掘するときの材料立坑として用ふる。鑛脈の廣い處では上層側の半分を最初に採掘し後下層側の残りを採掘する。之の際充填土砂と鑛石との間には 2 吋の矢木を用ふ。通常只一枠組み立てるに十分な空洞を作る丈の發破をかける。鑛石の間の挟みの岩石は鑛石と別に發破し直接下の掘跡に落す。實際問題として鑛石と岩石とを別々に發破することの出来ない時には板張りの床の上に一先づ落し選鑛して研文を掘跡に落し込む。2 枠以上の幅の掘場では枠に隔壁 (bulk head) を設け研を充填する。下向採掘法の Square-set では最初上下坑道間に掘上りを 1 本掘鑿し、この掘上から下へ掘つて行く第 47 圖 A に示す様に桁 (Boom) を置き之で枠を支へる。この Boom は 5×10 吋角、長さ 13 呎の材木を用ふる。

踏前を一枠分採掘して一枠組立てる間上方の枠を支へる方法に次の二通りがある。

(1) 枠にかゝる下向荷重が甚しく大きい時は Boom は各々の枠に用ひ、二對の Boom で採掘が進むにつれ上側の一對を外して下へ移すのである。

(2) 側壓が大きい時は對角線方向の押かけ (Stull) で上の枠を支へ下の鑛石を掘つて柱を立てる。

先づ第一の枠を組み立てた後其直ぐ下に枠を組み込む部分を採掘する。此の方法では下方に約 50 呎を採掘し此の位置で中段坑道を下層に沿ひ掘鑿する。この坑道は鑛石を鑛石立坑迄運ぶ運搬坑

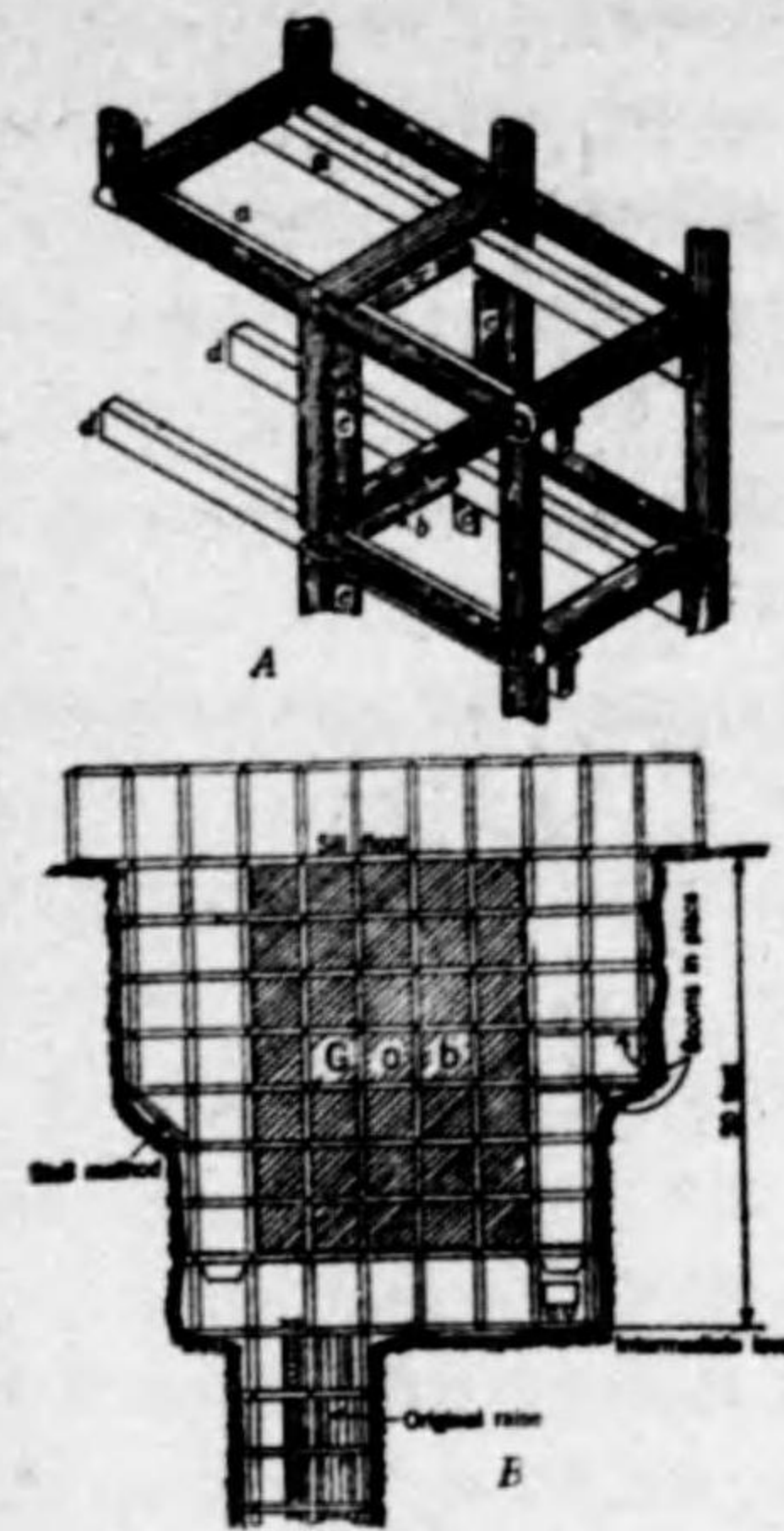


Fig. 47.—Underhand squareset stoping, Black Rock mine, Montana: A, Method of using booms—a, upper booms, b, braces between booms, c, short posts under booms, d, lower booms; B, general section through stoping.

道である。(第 47 圖 B. 参照) 一つの枠組の隣側を最初枠組み始める時は上層側の最初の枠に隣れる部分を掘り下るのである。而して枠組は上部坑道の踏前から下中段坑道迄上層から下層迄探掘する間一連に上から下へ進められるのである。

そして之に隣る一連の枠組みも同様に進められる。切羽が進むにつれ丸太や矢木で圍ひ土砂充填を行ふ。この時各一連の枠組の中の一枚は一時的の鑛石立坑及入道として充填せずに残される。

中段坑道以下の鑛石も同様の方法にて探掘されるのである。上部坑道は通常下部を探掘し始める前又は探掘中に之を放棄するのである。切羽への出入は下層側から作つた短い立入からする。

Square-set を用ひた Top-slice 法では一枚から 3 枚位の高さを slice として探掘する。一枚以上の高さを slice として探掘するときは其の slice の下底で下層側に探掘区劃の終端まで坑道を掘進し之に Square-set を組み、次に其の上を区劃の終端から探掘しながら鑛石立坑迄戻るのである。此の slice 上の鑛石を全部探掘し終ると其の下 slice の探掘を同様にして行くのである。充填を行

はず。枠材には發破しないが上の枠はすぐつぶれて自ら充填することになる。

### Silver King Coalition Mine, Park City, Utah

Silver King Coalition 鑛山の探掘法に就いては Dailey 氏が詳述してゐる。Dailey, M. J. Mining Method & Costs of the Silver King Coalition Mine Co. Park City, Utah: Inf., Circ, 6371, Bureau of mines, 1930 12 pp 此の鑛山には複合鑛脈と層狀鑛體との二者があり、鑛石の 95% 迄は後者に屬する。層狀鑛床は通常不規則な瘤を有する「レンズ」狀である。この瘤や出つ張りが主鑛體から數百呎も延びてゐることがある。層狀鑛床は其の長さ 10000 呎に及ぶことがある。複合鑛脈は鑛液が上つてきて石灰岩の中に交代鑛床を形造つた溝狀の裂隙中にある。鑛石は方鉛礦、閃亜鉛礦、黝銅礦及之等の酸化した鑛物である。

當鑛山の Silver King 區域では Stringer-set-and-fill system (充填探掘法の項に述べた

Stringer set fill system の支柱法と同じ支柱法を用ふる) を採用する。留付は直径 8~10 吋、長さ 6 呎 6 吋の丸太柱 3 本の上に 8×8 吋角、長さ 10 呎の冠木をのせて建てる。

柱には長さ 4 呎 4 吋の丸太で繼ぎ材を打ちつけ下の繼ぎと柱とは小片で釘付けにする。掘場が大きい時には切羽が進むにつれ部分的に土砂を充填し上層を支持する。坑木は充填前に出来る限り回収し再び使用に供してゐる。當山の Silver Hill 區域では鑛壓の強い處は留付材は切込を作つて柱及押木は 8×8 吋繼ぎは 4×8 吋の材料を用ふる。扁平な鑛床で荷重大きく一連りの切羽として探掘して行くことが實際上困難なる時は 50 呎位の幅を一區劃として探掘する。

破碎鑛は切羽の傾斜に沿ひて落す。この際 15~20% の礫を選別し掘跡の充填に用ふるこの種の礫だけでは充填材が不足する時は探掘又は通氣及運搬用として掘鑿した坑道及掘上りの礫を用ふる。

1929 年の探掘直接費は次の通り

Direct stoping costs, Silver King Coalition mine, 1929.

	Cost per ton of ore hoisted
Labor	\$ 2.451
Supervision	.130
Compressed air, drills and steel	.472
Explosives	.173
Timber	.249
Other supplies	.024
<b>Total</b>	<b>\$ 3.502</b>

賃銀は次の如くである。坑夫 \$ 4.50 機械夫 \$ 4.75 支柱夫 \$ 4.75 支柱手子 \$ 4.25 積込夫 鑽鑿治夫 \$ 4.50.

### 切羽における仕事量

Occupation	man-hours-per tons	Tons per man-shift.
Breaking	0.934	8.56
Timbering	0.683	11.71
Shovelling	2.154	3.71
<b>Total</b>	<b>3.771</b>	<b>2.12</b>

### Square-set Stopping, using Rill Stopes

Square-set 法を斜階段に用ふる時は充填土砂を掘跡に運ぶのに人力運搬を最小限度に止めることができる。尙又充填土砂中に設ける鑛石立坑を維持することが少なくて済む。然し切羽選別を行はねばならない處では通常水平階段を用ふる。

**Grund Hog mine, Vanadium, N, Mex.**

當鑛山での充填採掘法は既に述べたのであるが、脈幅の狭いところでは充填採掘法を用ひ脈幅の廣い處では Square-set 法を用ひる。

Square-set 法を用ふるところでは鑛體の幅全部を採掘し Square-set を組む。更に其の上の一枠分を採掘して枠組し然る後掘上りを擴げ、鑛脈の幅の方向に一枠宛組み上げ上の坑道迄上るのである。第二段の枠の上では 100 呎區劃の真中の掘上から採掘を開始し第三段目の枠を掘上りの兩側から竝進採掘枠組する、同段の第二列も同様に行ふ。而して真中に掘上を有する「ピラミツド」を形づくるのである。畚は掘上りを通じて落とし込み掘跡をできるだけ完全に充填する。斯くする時は充填面が踏前となる。斜階段の足が次の掘上から 10 呎以内になる迄掘場は掘上兩側に續く。

斯くなると最上の 2 つの枠が並んで平面になり、「ショベリング」の plat を形造り此處で選別を行ふことができる。

**Park Utah mine, Park City, Utah**

Wasatch 石灰岩中にある少量の層狀鑛石を除いて Park Utah 鑛山の鑛石の總ては裂隙中に胚胎してゐる。裂隙の幅は 3 呎から 80 呎あり。

傾斜 40°~55° である。鑛體は「レンズ」状にして長さ最大 900 呎に及んでゐる。裂隙は硫化鑛と交代されたる石灰岩と交互に層狀をなして居り鑛石は碎れ易い弱層をなしてゐる。鑛脈兩側共に通常弱く支柱せずにおくと直ぐ崩れてくる。上鑛が硅岩から成るところでは岩石は鑛脈から約 50 呎以内は角礫狀をなしてゐる。斷層が鑛脈を切る角度は鋭角にして岩石は楔狀の塊をなすので支柱をせずにおくと直ぐ切羽に崩れ落ちる。原則として鑛脈と上鑛との間には境界劃然たる面があるが下鑛の方は判然した面がない。

二種類の鑛石があつて其の一は硅質の銀鑛で之は直接製鍊所に送鑛する。其二是鉛、亞鉛、銀硫化鑛にして之をば選鑛を行つてゐる。

12 呎以上の鑛幅では全部充填付の Square-set 採掘法を用ふる。Park Utah 鑛山で採用してゐる Square-set 採掘法は斜階段法 (Rill Stopping) の應用であり、人力運搬を最小限度にする目的で流し放しにする様最初計劃された。第一區劃は長さ 100 呎即ち 20 枠、高さ 6 枠にして幅は鑛脈全幅即ち 12 呎から 18 呎である。(第 48 圖参照)。之に隣れる次の區劃は長さ 50 呎、10 枠、高さ 6 枠である。採掘は最初下鑛坑道の天井から始め、A-W 及 AE (第 48 圖) で表された區劃を高さ 6 枠分採掘すると B-W, B-E, A<sub>2</sub>-W, 及 A<sub>2</sub>-E の區劃を同時に高さ 1 枠分を水平に採掘し始める。各一段での枠組は下鑛側から始める。圖における斜線は静止角 (約 40°)

をなす充填面を表はし切羽では鑛石を scraper にて處理する。充填土砂は原則として開坑作業から得、上段坑道の上鑛坑道から上鑛立坑を通じて切羽に流し込むのである。切羽が點線で示される位置迄進むと附屬の土砂立坑 C-W, C-E を掘上るのである。上段坑道の下に残された水平鑛柱は其の長さ 10 呎にして之は前採掘法と切離す。

水平鑛柱を採掘する前に其の下の切羽は土砂立坑 C-E 及 C-W の間の天井一枠以内迄必要に応じて scraper で土砂を水平に運び充填を完了しておくのである。鑛體中の中石は穿孔發破して掘跡に落して充填する。

鑛石立坑及人道は 50 呎間隔即ち 10 枠毎に設ける。Square-set は Buttering-Cap で組合せ、鑛柱は 9×10 吋材、押木は 10×10 吋材、繼ぎは 6×10 吋材を用ふる。

一枠の寸法は内徑で 5×4 呎四角、高さ 7 呎 4 吋で其容積 183 立方呎となる。この採掘法の一組人員は 6 人又は 8 人で 2 方に分れる。この人員の 1 日の作業手順は次の通りである。

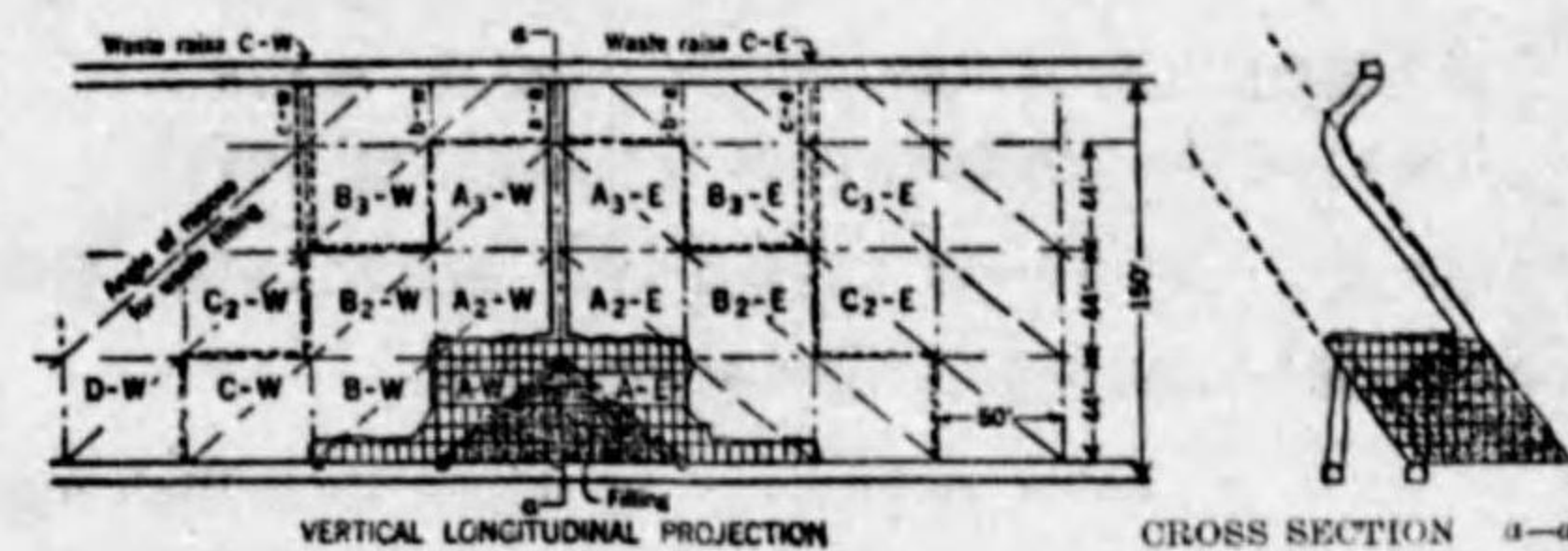


Fig. 48.—Square-set stopping system, Park Utah, mine, Utah.

**Daily routine of operations in square-set**

	Mine	Timberman	Shoveller	Time (minutes)
1	Barring down	Laying floor	Rigging scraper and tailblock	30
2	Setting-up machine	Getting timber	cleaning up scattered muck	45
3	Drilling	Standing and blocking timber	Scraping out ore	180
4	Tearing down and removing machine	Lagging sets and raising chute	do	60
5	Getting powder and loading holes	do	Removing scraper and tailblock	60
6	Blasting	Blasting	Blasting	

Square-set 掘場での scraping に對しては scraper hoist は臺車の上に取付け、3 吋板の床

の上を切羽の兩簣と平行に動かす。scraper は任意の位置で下簣から上簣へ曳きすり込む。scraper を使用すると、平積に比し採掘費 30% を節減しうる。1928 年の採掘直接費は次の如くである。

Direct stoping costs, Park Utah mine, 1928.

	Cost per ton of ore hoisted	
Labor		\$ 1.437
Supervision		0.060
Compress air, power, drills and steel		0.192
Explosives		0.112
Timber		0.423
Other supplies		0.202
Total		2.426
基礎賃金は坑夫	\$ 5.25	積込夫 \$ 4.75
「スクレーパー」運轉夫	05.25	支柱夫 \$ 5.25
鑛設治夫		\$ 5.25

Square-set 一枠 \$9~12 で請負はせる。請負者は穿孔、發破し、枠を組んで床板を張り scraper を装備して鑛石を鑛石立坑に落すのである。

Labor performance in stopes, Park Utah mine, 1928

Occupation :	Man-hours/ton	Ton per man-shift
Breaking	0.74	10.8
Timber and filling	0.88	9.6
Mucking (scrapping)	0.86	22.2
	1.93	4.14

坑木消費量は切羽の開坑及保存をも含めて鑛石噸當り 16.46 board ft である。

**Bawdwin Mine, Upper Burma**

Bawdwin 鑛山の採掘法は Alhoun 氏が詳述してゐる。主鑛體は廣い帯狀の流紋岩質凝灰岩を横切つて走り、この凝灰岩は水蝕作用によつて地表に現はれてゐる。鑛床は裂隙に沿ひ流紋岩質凝灰岩の交代作用により出来たものである。

Chinaman 鑛床は上簣との境界がはつきりしてゐるが下簣との境界は判然としない。鑛床は地並では幅 50 呎長さ 1000 呎ある。鑛床の斷層の部分は "Shan" と稱し非常に幅が狭くなる。

鑛石は方鉛鑛、閃亜鉛鑛、及黄銅鑛其他の混合である。

地表から 50 呎下の 171 呎坑道迄は銀のみで鑛體の上部の大きな掘殘しは古い充填土砂と混合してゐる。

この掘殘しは今日では採掘價值のある品位ではないが將來の採掘のため保存しておかなければならない。最初試みた採掘法は廣く長い水平の Square-set 法であつた。後に狭い Gilman-slice rill stopes を試みたが中止した。上の坑道をくづさずに維持しなければならないので Mill-hole top slicing や caving 等の採掘法は不適當であつて最も適當な採掘法は場所々々に適合する様種々の廣さの幅で Square-set と rill とを一緒にした採掘法である。

運搬坑道は鑛體の外周の堅硬な下簣中に設けこの坑道から 100 呎間隔で立入を掘進し鑛體を横切る。而して之等立入から掘上りを上の坑道迄上り最後は地表に貫通する。

採掘が始まると立入と立入との中間に補助立入を掘進し、運搬坑道と半径 25 呎の曲線で連絡する。立入の上 12 呎鑛柱を除き 50 呎平方が掘場となる。斜掘場の頂點は土砂立坑に通じ斜面の足は立入の鑛石立坑迄

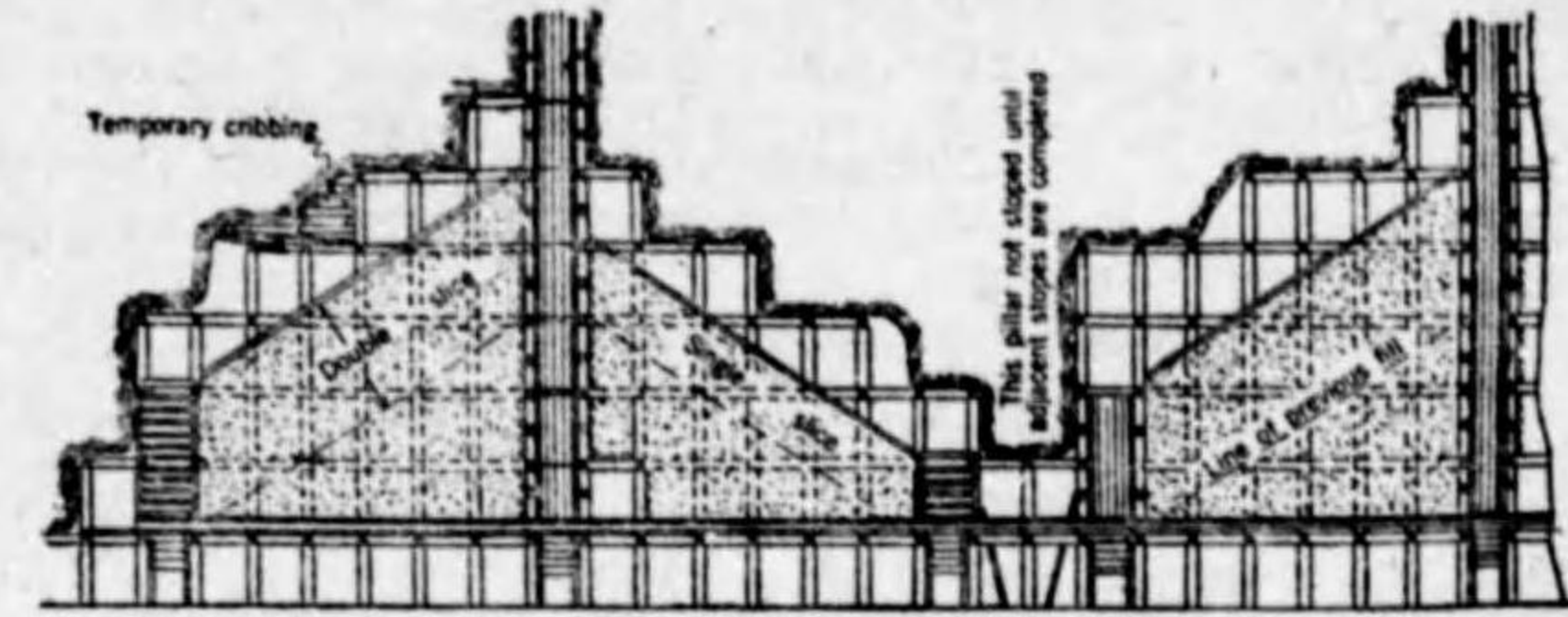


Fig. 49.—Square-set stoping, Bawdwin mine, Burma.

來てゐる。斜面の幅は 3 枠から 4 枠の廣さである。脈幅の廣い所では上簣側を最初採掘し、第二第三と下簣の方へ段々と走向の方向に層狀に採掘してゆく。Square-set 枠は 5 1/2 呎四方、高さ 7 呎 4 吋である。坑木は初めに孔を穿つておかなければ釘を打つことが出来ない位に堅い方がよい。矢木としては徑 4 吋長さ 11 呎の竹を用ふる。

坑木は次の割合で鐵道運搬及船積される。

	Rupees	Value in American Money
Mine logs, per ton (50 feet <sup>3</sup> )	41	\$ 11.89
Local sawed timber per ton	90	26.10
8-inch by 2-inch by 6-foot lagging per 100 pieces	74	21.46
8-inch by 3-inch by 7-foot 4-inch lining boards, per 100 pieces	120	34.80

Cost of framing timber

	Hand	Machine
Stope post	R. 0.563—\$ 0.163	R. 0.292—\$ 0.085
Stope cap	R. .563— .163	R. .292— .085
Stope girt	R. .313— .091	R. .292— .085

人道の掘上の上簣側の方に設け、之から何れの掘揚にも出入することの出来る様になつてゐる。鑛石は總て最下底の立入迄落されるので上から下迄連絡した掘上は鑛石立坑としては用ひられるが土砂立坑としては用ひる事は出来ないのである。然し下簣中に坑道から坑道迄連絡した枠

組なしの鑛石通路を設ける事は経費を安くすることになるのであつて、別に土砂のみは通路を設けるのである。

充填土砂は地表から採石して得るのであつて、鑛床の走向に沿ひ 100 呎間隔に設けられた地表迄貫通した土砂立坑頭の周圍を採石して立坑に落すので中継ぎすることなく切羽迄直接充填土砂を送ることが出来る。

鑛石噸當り平均全経費は 12.73 rupees (\$ 3.69) である。

採掘直接費は Calhoun 氏の論文では分類してゐないが、この報文に引用した鑛山協會報告會に與へられた経費と同じ基礎で出来るだけ近い詳細な経費から推定したものである。

元の経費は rupees で與へられてゐるが 1 rupee を 29 cent として換算したものである。

Estimated direct stoping costs. Bawdwin

ore breaking:	cost per ton of ore
Miners and shovelers	\$ 0.538
Supervision	.166
Explosives	.228
Timber	.317
Compressed air and steel	.024
Sundry supplies	.045
Lighting	.115
General expenses	.101
<b>Total ore breaking cost</b>	<b>1.529</b>
<b>Filling:</b>	<b>\$ 0.142</b>
Miners and shovelers	.032
Supervision	.006
Explosives	.003
Steel	.030
Sundry supplies	.035
Lighting	.016
General expenses	.264
<b>* Total filling</b>	<b>.264</b>
<b>Total direct stoping cost</b>	<b>1.793</b>

採掘切羽の稼働者には枠組數による賞與制度で賃金を支拂ふ。一枠で通常 270 立方呎即ち鑛石 27 噸である。

切羽の稼働者は次の如くである。

	man-hour per long ton	Long tons per man shift(8 hours)
Miner	5.16	1.55
Shoveler	1.95	4.10
	7.11	1.10

爆薬消費量は 50% 「グリセリン」 0.26 封度/鑛石噸、坑木消費量は丸太 0.38 立方呎、板類 0.38 立方呎、8×3 吋矢木 0.27 立方呎、8×2 吋矢木 0.30 立方呎にして合計鑛石噸當り 1.28 立方呎である。

Square-set Stoping, Using Vertical Sections.

Black Rock 鑛山の軟弱な場所で垂直層に Square-set を採用してゐる方法を述べる。

Bunker Hill & Sullivan Mine, Kerlogg, Idaho.

Bunker Hill & Sullivan 鑛山の採掘法は Brown 氏が詳述してゐる。

Brown 氏によれば此の鑛山に用ひてゐる Squase-set 法は不規則な鑛體に適合する。鑛石が甚だしく高品位で失はれることを危まれる様な場合は Square-set 法によれば非常にきれいに採掘出来るのみならず最少の経費で 100% の採收率を以て採掘出来るのである。或種の鑛體では採

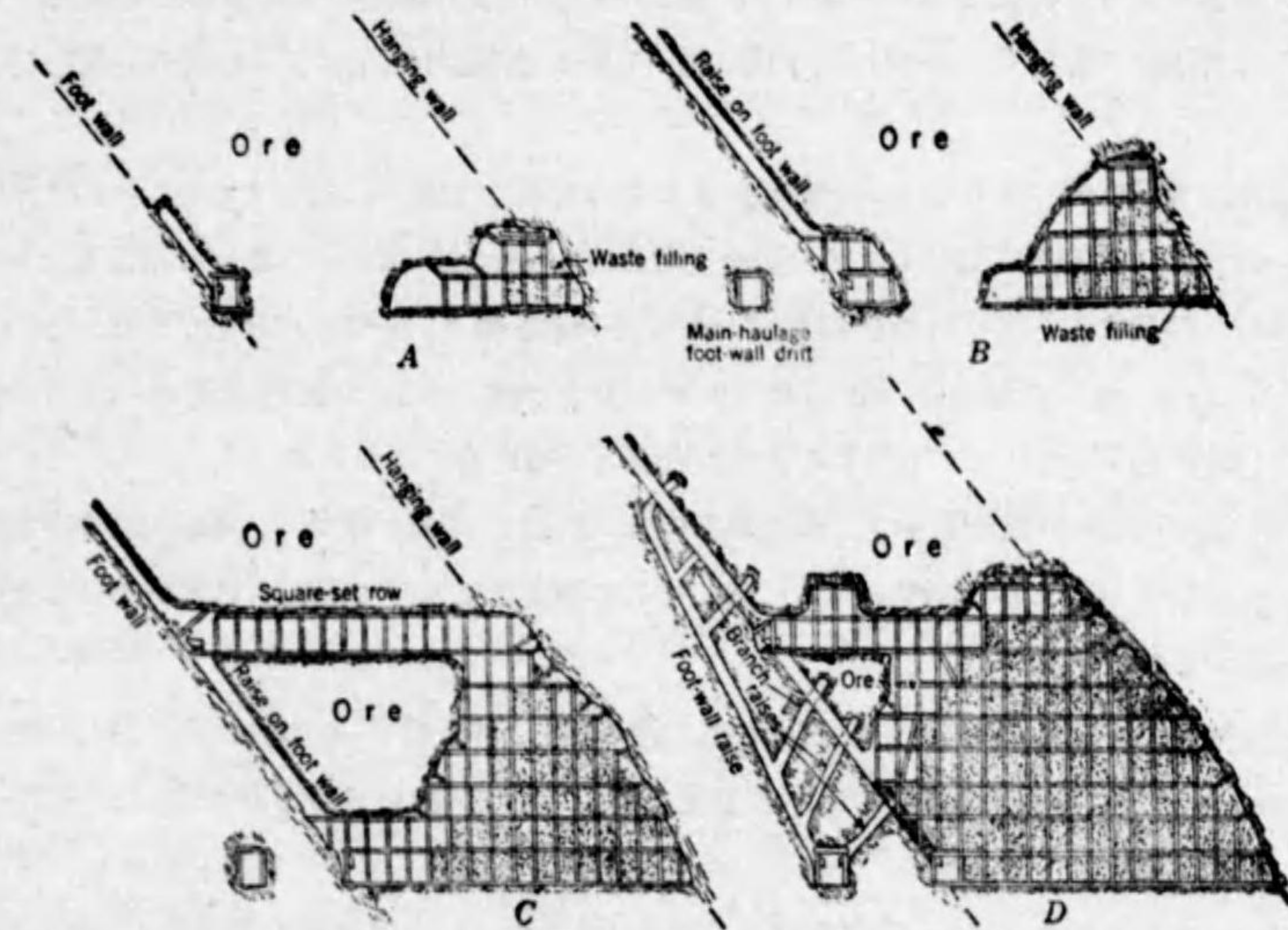


Fig. 50.—Square-set stoping system, Bunker Hill & Sullivan mine, Idaho: A, Stoping begun at hanging wall and raise started on footwall; B, Stoping advancing toward foot wall, raise on footwall completed, and main haulage drift advancing in footwall; C, Sill floor completely developed and top of stope connected to raise; D, First lift of stope nearly completed and footwall and branch raise from haulage drift completed.

掘費は Shrinkage 法でやれば恐らく廉く上るかも知れぬが、この方法では低品位の部分や軟い岩層が崩れ混じて鑛石の品位を低下させ、又鑛石を磐に取残す様な結果にもなる。現在採用してゐる採掘法は 1915 年頃開坑されたものである。上層の鑛石は第 50 圖に示し後述する様に殆ん

と垂直の切羽で切羽の頂上で採掘する。昔のやうに水平の天井を有する切羽では鑛石や岩盤が不意に崩落し、稼働者に危険でもあり、上層を弛ませる事にもなる。断面がVを逆さにした様な形の現在の切羽の形状では災害も非常に減少し、切羽の崩壊にも事實上除去することが出来るのである。鑛體は珪岩の斷層中に出来、其の後の斷層によつて非常に亂れてゐる。鑛脈に二つの型がある。其一つは Bunker Hill type で幅の廣い不規則な方鉛鑛の塊状をなし、菱鐵鑛と石英の間に胚胎する。Jersey 脈は幅數呎から 40 呎傾斜 45~50° にして珪岩を横切つてゐる。

鑛石の 80% を占める Bunker Hill type では岩盤との境界が明かな一つの鑛脈から成るのが普通である。

Jersey 脈を胚胎してゐる硬質珪岩は之等鑛體を上向充填採掘法で採掘するに適してゐる。土砂充填を作ふ Square-set 採掘法は Bunker Hill type の不規則なる大鑛體を採掘するとき用ひらる。鑛體の大きさは長さ 300~1,000 呎、幅 30~125 呎位の範圍のものであつて海面上 3800 呎の高さの露頭から海面上 400 呎の最下底坑道 (1929) 迄傾斜に沿つて 500 呎の間採掘が続いてゐる。

上層との境界は判つきりしないが鑛體の上の方の岩石を上層と見做してゐる。この上層は非常に重いので之れを安全に支持するには完全充填の Square-set 法を用ひなければならぬのである。鑛石を採掘すると直ぐに杵を組みびつたりと矢木を張り、出来るだけ早く充填するのである。post-butting type の Square-set 杵は 12 時の丸太の柱、8×10 時の押木及 8×10 時の繋ぎから成り、繋ぎ木は切込みをせず押木と直角に岩盤と平行におくのである。

第 50 圖は採掘の 4 階程を示す。堅坑からの立入坑道が鑛脈を横切り、運搬坑道は下層側に鑛體の端から端迄掘鑿する。鑛體が非常に廣くてこの運搬坑道丈で間に合はなない時には立入を上層迄掘鑿するのである。

採掘は鑛體の上層側から始め、鑛石は坑道で積み出し、杵を組み、この杵の上に新しい床を作り Square-set の第一列を上層迄掘鑿し、下の充填を行ふ。次に採掘を下層の方に進める。鑛體中央下層側に上部坑道迄掘上りを作り、之れを土砂道と材料道とに分ち其間に人道を設ける。

第二の坑道を下層中に 20~30 米掘進し、切羽の進行するにつれ延長し、切羽から運搬坑道へ連絡する第 50 圖 D に示す様に切羽の下層に運搬坑道から分岐掘上りを上るのである。

土砂立坑及人道掘上りが上の坑道に達した時、之と切羽の上層側との間に連絡坑道を作る。この連絡坑道は Square-set 杵を一行に組み並べ (第 50 圖 C) 軌條を布設して、土砂を立坑から抜き出し、手押鑛車で切羽にあけるのである。切羽の最も上の部分は立坑と反対側の方にあつて、切羽の終りの方に斜めになつてゐる。

充填土砂は開坑作業から得、不足分は斷層部分に Caving 法によつて土砂を採取して補充する。1928 年中の採掘直接費は次の如くである。

## Stoping costs, Bunker Hill &amp; Sullivan mine, 1928 年

	cost per ton of ore
Labor	\$ 1.377
Sup'rvision	.068
Compressed air, drills, and steel	.194
Explosives	.154
Timber	.315
Other supplies	.164
Total	2.272

## Tintic Standard Mine, Tintic District, Utah

Tintic Standard 鑛山の主鑛體は珪岩の斷層面との接觸部附近の石灰岩中にある。

この珪岩は硬い塊状岩で斷層は之等の面に沿つて掘がつてゐる。斷層のために鑛石は細い砂状になり、其中に重い鉛鑛の塊が混じてゐる。上層は頁岩と石灰岩である。頁岩は軟い粘土質に變じ石灰岩も變化し角礫状になつてゐる。

個々の鑛體の傾斜は珪岩の斷層面の傾斜に近く 45°~90° である。

鑛石は根本的に 2 つの階級に分けられる其の一つは高品位の鉛銀鑛、及珪質銀鑛である。鑛體の多くは其境界が明らかでない。品位は層に近づくに従ひ漸次減少してゐる。鉛から珪質銀鑛へ急激な變化をするので根本的に切羽を調整することになる。

坑道は上下 100 呎間隔に設け、採掘準備として採掘を開始する坑道の下層から上の坑道迄垂直の掘上を掘鑿する。

採掘は掘上から開始する。この掘上は土砂通路として切羽充填のために用ひられる。各切羽に少なくとも一本の掘上を設けなければならない。

最初の切羽區劃は 2~3 杵の幅で、掘上から上層へと切羽を進めてゆく、採掘は安全度の許す範圍の高さに層状に行ひ、區劃の外側で都合の良い所に人道を残して充填する。之等の人道は次の區劃が上層迄完成し、8 杵の高さを採掘し、次の區劃 2 杵幅を採掘し始める前に充填するのである。第二區劃を充填してゐる間に第三區劃を第一區劃の他の側から採掘し始めるのである。

一方から他方へ交代することによつて一方を採掘して間に他方を充填すると云ふやうにやつて規定通りの出鑛を維持してゐる。數多の區劃を採掘して行つて最後に垂直面を有する鑛石を作ふ充填切羽が下層に残ることになる。この鑛石は二杵の區劃で掘上りから始め同じ方法で採掘するのである。8 段欠迄掘上つた掘上からの下層坑道はこの地並以上の鑛石の出口となる。

總ての切羽は明らかに 3 種の型の鑛石を出してゐる。この 3 種の鑛石は別々に採掘し、船積してゐる。鑛床の状態が不規則なため、數切羽を層状に採掘し、充填してゆくことは殆んど出



来ない。完全に一段を採掘してゐる間、山が崩れないで、保たないやうならば、実際上は水平層に掘る代りに垂直層に變へ垂直層の頭から下へ掘るか又は之等兩者の折衷法を用ふる。Square-set 枠は 9×10 吋柱、10×10 吋押木、6×10 吋筋違、6×10 吋の下梁とから成り、押木は下層と平行に置き、其一端は隣の採掘跡に支へるので充填が沈下しても枠が束の所で離れないのである。充填跡の側に沿ひ一枠分を採掘する前に採掘跡の柱と筋違とに對して桁を入れる。

1929 年 11 月の採掘費次の如くである。

Direct stoping costs, Tintic Standard mine, No. 1929  
(cost per ton of ore hoisted)

	Breaking and timbering	Filling	Total
Labor	2.109	0.291	2.400
Supervision	.223	.031	.254
Compressed air, drills & steel	.521	—	.521
Explosives	.099	—	.099
Timber	.691	—	.691
Other supplies	.049	.010	.059
<b>Total</b>	<b>3.692</b>	<b>.332</b>	<b>4.204</b>

保存費は Information Circular 6360 に依れば \$0.949 増加してゐる。

賃銀は次の通りに特別支柱夫 \$6, 特別支柱夫手子 \$5.75, 支柱夫 \$5.50, 支柱夫手子 \$5.25, 坑夫 \$5.50, 積込 \$5, 鑛鍛冶夫 \$5.50.

切羽の成績次の通り。

Occupation:	Man-hours per ton	Tons per man-shift
Breaking	0.733	10.71
Timbering (stopping)	.685	11.68
Timbering (filling)	.191	41.88
Shoveling (stopping)	.827	9.67
Shoveling (filling)	.294	27.20
General (stopping)	.449	18.82
General (Filling)	.062	128.24
<b>Total</b>	<b>3.241</b>	<b>2.47</b>

切羽だけで使用する爆薬消費量は鑛石噸當り 0.4184 封度、坑木の使用高は鑛石噸當り 19.743 面呎保存に用ふる坑木は之以外に 4.282 面呎であつた。

**United Verde Extension Mine, Terome, Ariz.**

D'Arcy 氏が United Verde Extension 鑛山の採掘實技に就いて詳述してゐる。鑛體は Verde 斷層の上層側にある。この斷層は傾斜約 59° NE にして約 1600 呎下迄續いてゐる。高品位の大「レンズ」狀の銅鑛體が 1200~1300 呎坑道の一處から 1500 呎坑道迄擴つてゐる。之から下部は

漸次細くなる。1400 呎坑道ではこの「レンズ」形の膨大部にして最大長 500 呎最大幅 300 呎になつてゐる。

この「レンズ」の總てが高品位鑛である。之を取り圍む母岩は石英斑岩、閃綠岩、及綠岩からなり、この上は變岩及熔岩で覆はれてゐる。

硫化鑛の塊が動いて熱を發生しない様に塊狀鑛體の富鑛部を採掘するに必要上完全充填の Square-set 採掘法を硫化「レンズ」狀鑛體に試みた。この方法によつて採集率を完全になし、鑛石品位の低下を來すことなく、兩層の採鑛を充分行ふことを得た結果高品位の小「レンズ」狀鑛體を多數發見することを得たのである。

主鑛體には垂直距離 100 呎間隔に坑道を設けた。其典型的な切羽は第 51 圖に示す。採掘區劃は通常非常に堅い鑛體では 3 枠幅にし、荷のかかるところでは 2 枠幅にするのである。

鑛石が崩れて悪いときは一枠幅で採掘することもある。採掘層の高さは 100 呎、通常 10~20 枠の範圍内である。

鑛石立坑の四枠毎に設け、立坑一つおきに立坑の片側に人道を作る。枠にかかる荷が少いときは高さ一枠分採つて之を充填せず、其上の段を採掘し、時には充填なしに數段採掘することがある。之は採掘費を軽減するのであつて大部分の鑛石は立坑に轉落せしめることが出来、充填土砂も大部分重力で落すことが出来るのである。

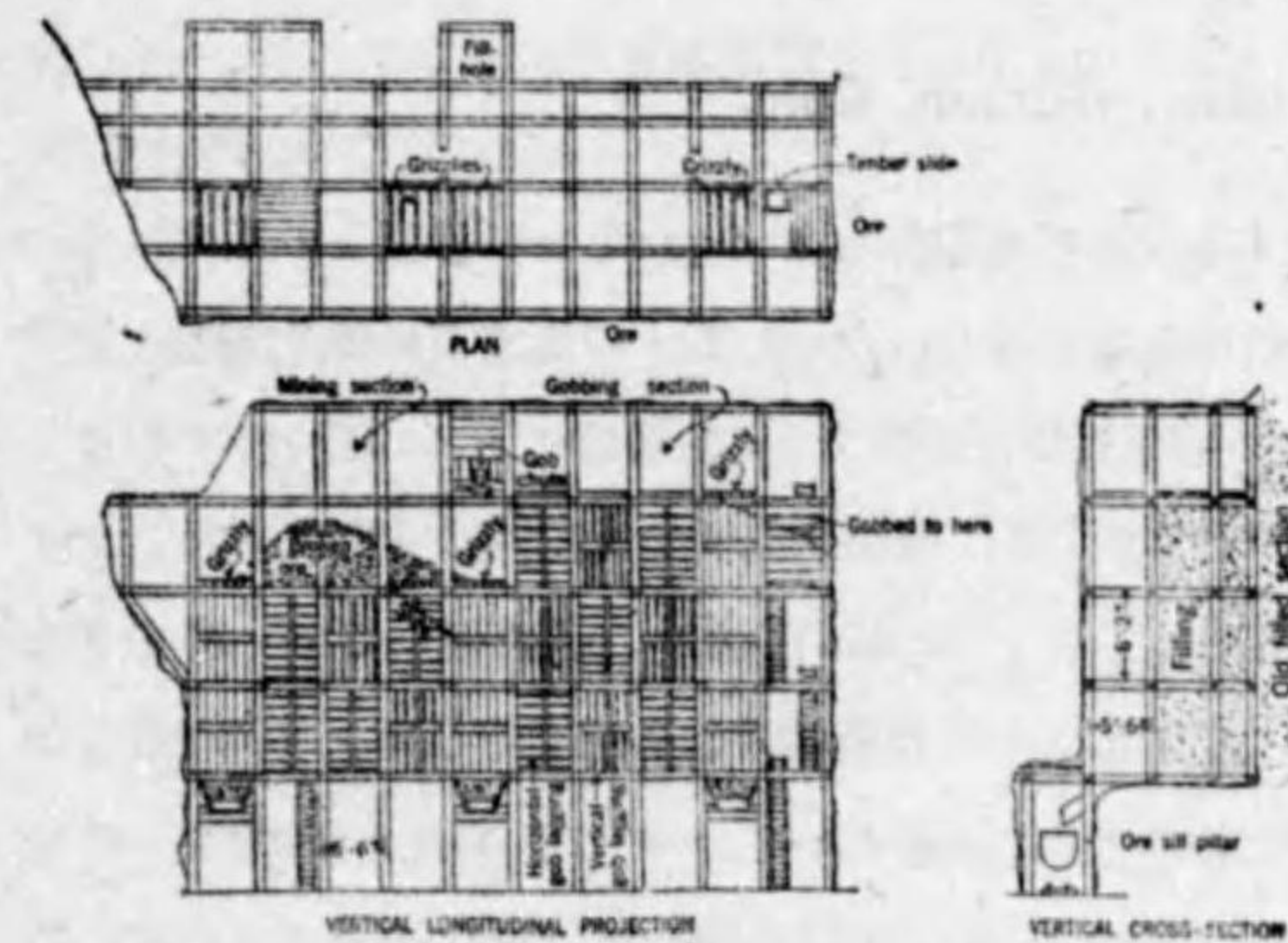


Fig. 51.—Square-set stoping system, United Verde Extension mine, Arizona.

一區劃を採掘し終ると鑛石立坑と人道とを除いて全部充填するが、この立坑及人道は隣の採掘區劃を採掘するときの出入口とするのである。立坑は又掘跡へ併を満すための充填坑 (fillhole) として役立つ。枠 6 枚毎に "fillhole" を設け充填する前に數段を採掘すると殆んど研別ねをせずに充填することが出来ることになる。

切羽は總て規格統一してあつて、荷のかかる硫化鑛切羽では材料は 10×10 吋 oregon 材を又餘り荷のかゝらないところでは 8×8 吋 oregon 材を用ふる。最も荷のかゝる通路には總て 12×12 吋材を用ふる。

1928 年の採掘費次の如くである。

Stoping Costs, United Verde Extension mine, 1928

	cost per ton of ore
Extraction	\$ 1.71
Rock drills	.152
Compressed air	.092
Waste pit	.005
Total	1.959

1928 年中の工程は次の如くである。

Efficiency data, United Verde Extension mine, 1928

Ore mined per stope-shift	4.84
Man-hours per ton in stopes	1.65
Mine timbers and handling cost per ton 1000 board feet	\$ 36.24
Mine timbers and handling cost per ton of ore	\$ 0.67
Mine timbers board feet per ton	18.53
Powder in stopes pound per ton	.39
Fuse in stopes feet per ton	1.93

Eagle mine, Gilman, Colo.

鑛體の露頭近くの軟弱な部分を採掘するために充填採掘と Square-set 採掘との両側に沿つた枠組通路の効用に就いては充填採掘法の章を参照せられたい。表土の直ぐ下の酸化鑛體や硫化鑛體は Square-set 法で採掘し水平鑛床では切羽を基盤形にする。各切羽は 3×5 枠~4×6 枠にして高さ 3~6 枠にし土砂立坑によつて土砂充填をする。煙突狀鑛體の黄鐵鑛は非常に軟弱なために留付なしには 10~12 呎以上の天井を支持しておくことが出来ない。甚だ弱いので一枠分採掘すると直ちに枠組をしなければならぬ。場所によつては黄鐵鑛は砂状態で事實上下階段法のみが適用可能な様な所もある。よく鑛化した部分では鑛脈の厚さ 100~135 呎あり切羽は 2 枠幅で長さ 5~10 枠迄進み鑛床の下底から頂上迄採掘する。煙突狀鑛體は縦の層に採掘する。次の説明は Borchardt 氏の述べる所である。

鑛床内の二間掘上が切羽の最初の口付になる。この掘上の頂上では充填土砂運搬坑道と通じ下は鑛石運搬の立入と相通する掘上二間の内一間は鑛石及土砂の通路とし他の一間は人道、鐵管及材料の通路とする上向に進む Square-set 切羽は鑛床の最下底から掘り始めるか又は鑛石を抜き出す坑道の一枠上から掘り始める。

天井が丈夫な場合は充填を始める前に枠五列程組み、破碎された鑛石の大部分は流し板を流して鑛石立坑に落す。弱い天井のところでは二列位しか一時に掘り放しにしておくことが出来ない。一列を残して全部充填しておくのである。従つて切羽が狭くて採掘と充填とを平行に行ふこ

とが出来ず交互にやるのである。切羽は枠の内側と外側と兩方共板張をする。内側の板張りは充填土砂を留めるためである。破碎鑛は外側の板張と鑛石の壁との間の空間を充填して鑛壁の剝脱を防止するのである。而してこの外側の板張とこの充填破碎鑛とは之に隣れる切羽を採掘するとき回収するのである。鑛體の大部分は非常に軟弱のために上から下向に仕事しなければならず、小正方形に區切り下向 Square-set 採掘法を採用してゐる。通常は數例枠組みして後充填を開始する。然し時には各列枠組後直ちに充填することもある。下向又は上向に採掘が完了すると次に採掘すべき鑛石中に深さ 2 枠分掘上を延長する。この延長即ち "wing" は採掘の完了した切羽に隣れる次の切羽の鑛石立坑を形づくるのである。採掘完了切羽の最初の二枠分の掘上は土砂で充填する。採掘切羽を充填するための土砂は開坑及一般崩壊箇所から取る。上の切羽の天井から崩落する土砂は煙突狀鑛末で實際上用ひられない。一般には表土の斑岩及び頁岩のところでは土砂崩壊を行ふ。崩壊の都合の良い表土のところでは 2 區劃の垂直掘上を土砂運搬坑道の上 25 呎掘上りこの垂直掘上から 50° の傾斜で表土の中へ枝掘上りを上つて短絡坑道を巡らす。山を圓筒狀に穿孔し孔の裝藥を多くして同時に發破するのである。うまく崩壊するところでは之で充分崩壊を開始するのである。表土がもつと硬い所では Shrinkage 法で 60~80 呎の幅透し掘りしなければならぬ。而して望み通り崩落するやうにするのである。詳細は充填採掘法の章の 9 つの充填採掘切羽にある。

Data on 11 square-set stopes Eagle mine

Production per machineman shift	tons	25.7
" " timberman shift	"	13.5
" " mucker shift	"	13.5
" " fill-labor shift	"	35.1
" " man-shift, all stope labor	"	4.64
Timber per ton of ore	board feet	13.9
Powder per ton of ore	pounds	.67

上記の表と充填採掘法の之等とを比較するに切羽労働者全員に對し一人一方當り出鑛量は充填採掘法よりは Square-set 採掘法の方が少くなる。切羽全員一人一方當り出鑛量は充填採掘法 6.4 噸に對し Square-set 法は 4.64 噸である。坑木消費は充填採掘法は Square-set 法の半分より少々多くなつてゐる。

Square-set 法に於る枠材の回収

充填した切羽と切羽との間に残つた鑛柱は採掘前は通常荷がかかつてゐる。或場合には完全に破碎してゐる。採掘完了した切羽と切羽との間の鑛柱は垂直の層狀に採掘するのである。若し此の鑛柱が悪く破碎してゐるときには下向に採掘して行く。United Verde Extension 鑛山ではこの例がある。水平鑛柱は斜か垂直の層に採掘して行くことが出来る。Homestake 鑛山では各切羽

の間に 40 呎鑛柱を残して 60 呎の Shrinkage 切羽を鑛體の幅を横切つて作つてゐる。而して又各切羽の頂上に 25 呎の水平鑛柱を残す。之等鑛柱を Square-set 法で採掘してゐる。其方法は Shrinkage 採掘の章に詳述してある。

### United Verde Mine, Jerome, Ariz.

充填採掘法の章で述べた様に United Verde 鑛山で 1929 年に採掘した鑛石の 27% は Square-set 採掘法で採掘してゐる。充填採掘切羽と切羽との間の鑛柱の採掘及充填採掘切羽の頂上の水平鑛柱の採掘に Square-set 採掘法を用ひてゐる。又非常に荷のかかる場所では鑛柱以外の採掘切羽にも採用することがある。30~40 呎の幅のある垂直鑛柱では Square-set の區劃は必ず小さくする様に 35 枠位の廣さでやる。枠は 5 呎 6 吋四方の 7 呎 2 吋の高さでやる。通常の Square-set 充填の實技は水平 Square-set 法に従つて行ふ。高さ 2 枠以上充填せずにおくことは出来ない充填は「ショベル」で出来る丈け天井迄完全に行ふのである。水平鑛柱を採掘するときは原則として傾斜 Square-set を用ふる傾斜切羽は真中の掘上から始め通常第二段で四列第三段で二列枠を組み其後充填を始める。斜面が出来上つて後下から上へ採掘を始め頂上迄進行するのである。傾斜法の主なる利點は與へられた面積から出鑛量を増加し噸當り經費は低廉なると云ふこと及切羽運搬の重量を減ずることである。

Quale 氏が示めす Square-set 切羽の工程は次の如くである。

	man-hours per ton of ore stoped	tons stoped per man-shift
Breaking	0.383	20.9
Shoveling	.872	9.2
Timbering and filling	.606	13.2
Total	1.861	4.3

### Summary of Square Set Stopping

#### 1. 適用

Square-set 採掘法はあらゆる大いさ、形狀、傾斜、不規則形の鑛床の採掘にも適用される。鑛石も兩層も餘りに軟弱で支柱なしでは狭い天井でも短期間をも掘り放しにして置けないところでも表土や周囲の母岩の崩落、沈下を防止する必要がある處でも適用することが出来る高品位の鑛石を完全採收率を以て採掘したいときに最も好適である。山が非常に軟弱でも切羽は支柱すると同時に充填せずともよいやうならば今日ではこの方法は殆んど用ひられない。

#### 2. 融通性

Square-set 採掘法は非常に融通性があつて主鑛體から分派してゐる枝鑛脈をも掘つて行くこ

とも出来不規則鑛體をも鑛石の品位低下も少く鑛石を失ふこともなく採掘することが出来る。脈石が層狀又は不規則に入つてゐても之が十分大きくあれば其場に残すか破碎するかすることが出来る。又切羽で選別することも出来る。又此の採掘法は鑛體の傾斜が急に變化しても走向の方にも傾斜の方にも彎曲や急傾斜に沿つて適用して行くことが出来る。Square-set 採掘法は通常上向にやるが坑道から下向に採掘するときも適用出来る。即ち他の採掘法と組合せて採掘するとか又は他の採掘法で採掘してゐる切羽で部分的に Square-set を必要とする處が出来るとき用ふる。充填採掘法では與へられたる切羽からの出鑛割合は制限される。特に小鑛體に於ては各切羽の鑛石の量が制限されるのである。鑛石は爆破すると直ちに出すので切羽に破碎鑛を永くねさしておかず大資本を必要としないことである。

#### 3. 回收

此の方法は鑛石を残すことなく大部分を採收することが出来る。特に高品位の鑛石では採掘經費は完全採收率に對しては第二次的な問題である。換言すれば鑛石の價格が回收費より遙かに大きくなるのである。完全充填の Square-set 法によつて低品位鑛石の下又は隣接鑛床の高品位部分をよく採掘することが出来 Bawdwin 鑛山の様に將來低品位鑛を採掘するとき困難を作はない。事業の初期には有利に採掘することの出来ない様な低品位鑛が採掘及び選鑛製鍊技術の改良進歩並に市場状況の都合によつて將來は資源として役立つやうになるものである。

#### 4. 開坑

Square-set 採掘準備の開坑(即ち切羽開坑)は比較的簡單であるが通常充填土砂を入れるために上の坑道迄通つた掘上を各切羽毎に少くとも一本必要になる。之は切羽の通氣にも役立つ又坑木を下から捲き上げる代りにこの掘上の上から落すためにも役立つのである。鑛體が大きく山が充分堅靱で大切羽として採掘することが出来るときは鑛石噸當りに要する掘上の量は小さくなる。鑛石が非常に軟弱で一時に小區劃づつ採掘して行かなければならない場合には各區劃に一本づつの通つた掘上を要し採掘鑛石量に對する掘上延の比は大きくなる。然し簡單な計算の結果によると採掘鑛石量に對する切羽開坑の延の比は非常に廣範圍のものである。鑛脈の幅 25 呎に横に幅 20 呎の切羽にし各切羽に土砂立坑一本を上れば掘上延噸當り 30~25 噸の鑛石を採掘することになる。もし一本の掘上で相隣れる二切羽の充填に用ひるならば掘上噸當り採掘量は 60~70 噸となる。一本の掘上で長さ 100 呎幅 50 呎の切羽を充填することになると掘上噸當り約 400 噸採掘されることになる。採掘鑛石量に對する切羽開坑の比に關しては Square-set 法は他の採掘法に比し有利である。

#### 5. Square-set 採掘の經費

Square-set 採掘法を採用してゐる數多の鑛山の採掘經費は Table 14 に示めす通りである。この表にのつてゐる鑛山は總て好適な切羽幅の鑛體である。而して此等の大多數は普通幅の廣い

Table 14. Stopping costs at mines

Mine	Year	Variation of square-set method	Width of ore feet
Argonaut	Sept. 1929	Horizontal floors	20 average
United verde extension	1928	Vertical stices 2~3 set wide 10~20 set long	Wide, max. 300
Banker Hill & Sullivan	1928	Inverted V-shaped back; marly vertical stope faces	30 to 125
Page	1928	Horizontal breast faces	Up to 20
Pecos	1929	Horizontal in sections 30 feet long	Narrow to more than 30 ft
Park Utah	1928	Rill sections	3 to 80
Tintic Standard	Nov. 1929	Vertical sections 2 sets wide & up to 20 sets long	Up to 300
Silver King Coalition	1929	Regular bramed square-set	Wide
Bawdwin	Before 1923	Rill section 50 ft long by 3~4 sets wide	Up to 140 average 50

- (1) All other stopping costs.  
 (2) Not segregated.  
 (3) Air and steel only.

Table 15. Man hours per ton stopping

Mine	Year	Variation of square-set method	Width of ore feet
Argonaut	Sept. 1929	Horizontal	Average 20
United verde Extension	1928	Mined up in slices 2 or 3 sets wide & 10~20 sets long	Wide, max. 300
United verde <sup>(2)</sup>	1930?	Inclined stepped faces	Wide
Park Utah	1928	Rill sections	3~80
Tintic standard	1929	Vertical sections 2 sets wide by up to 20 sets long	Up to 300
Silver King Coalition	1929	Stringer set-and-fill and regular famed square-sets	150
Eagle		Horizontal	
Bawdwin	Before 1923	Rill sections 50 feet long & 3~4 sets wide	Up to 300 average 50

- (1) Breaking and imbering.  
 (2) Square-set-stopes only.  
 (3) Stopping general.  
 (4) Sublevel and sorting.  
 (5) Timbering and breaking (all miners in stopes)

employing square-set stopping

Direct stopping costs per ton of ore produced						
Labor	Supervision	Compressed air drills & steel	Explosives	Timber	Other supplies	Total
\$ 1.746	\$ 0.101	\$ 0.147	\$ 0.148	\$ 0.335	\$ 0.057	\$ 2.439
	0.244 (1) 1.715					1.959
1.377	0.194	0.154	0.154	0.315	0.164	2.272
1.430	0.160	0.160	0.110	0.260	0.040	2.150
2.160	(2)	(2)	0.150	0.400	0.120	2.830
1.437	0.192	0.192	0.112	0.423	0.202	2.426
2.400	0.099	0.079	0.099	0.691	0.059	4.024
.545	0.173	0.473	0.173	0.249	0.024	3.502
0.792	(3) 0.234	0.27	0.234	0.317	0.225	1.798

at mines employing square-set stopping

Stopping man-hours per ton of ore mined					Tons per man shift all stope labor
Breaking	Shovelling	Filling	Timbering	Total	
	0.475	0.347		(1) 2.054 0.822	2.88
				2.876	4.84
0.383	0.872		0.060	1.861	4.30
0.740	0.360		0.083	1.930	4.14
0.733	0.827	0.356	0.876	2.792 (2) 0.449	
0.934	(3) 2.154		0.683	3.241	2.47
0.311	0.592	0.228	0.592	3.771	2.12
(4) 0.516	1.950			1.723	4.64
				7.110	1.10