

鑛體に屬する第 14 表にある採掘費は同一幅の鑛體で仕事をしてゐる鑛山の Shrinkage 採掘法と充填採掘法との 7 と 10 との經費の比較である。

第 14 表で次の各項を注意しなければならない。

- (1) Argonaut 鑛山は他鑛山に比し鑛體の幅も狭く山は荷がかかってくる。
- (2) Pecos 鑛山は經費が嵩んでゐるが此處では切羽で坑内選鑛し 20% の研を捨てゝゐる。
- (3) Tintic Standard mine では總ての切羽は研の外に三種類の鑛石を出してゐるので選擇的破碎と選鑛が必要になり幾分採掘費の増加を來してゐる。
- (4) Silver King Coalition 鑛山では破碎鑛の 15~20% は坑内選別を行ひ充填材として切羽掘跡に戻す。
- (5) Bawdwin 鑛山の勞働力は白人監督による低廉な苦力勞働であり他の條件も米國の鑛山とは全く異つてゐる。

第 15 表は採掘作業に於ける噸當り人 1 時間 (man-hour) を要約したものである。第 16 表第 17 表は Square-set 法を採用してゐる數鑛山の採掘噸當り爆藥及坑木使用量を示す。

Table 16.—Consumption of explosives in square-set stopes

Mine	Kind and strength of explosive used	Explosive used per ton ore broken, pounds
Argonaut	Gelatin, 30 percent	1.010
United Verde Extension	(?)	.390
Pecos		{ .730 .850
United Verde	Gelatin, 50 percent	.600
Tintic Standard	Gelatin, one-half 25 percent, one-half 40 percent	.418
Eagle	Gelatin, 45 percent and ammonia dynamite, 40 percent	.670
Bawdwin	Gelatin, 50 percent	.360

Table 17.—Consumption of timber in square-set stopes

Mine	Consumption of timber per ton of one mined	
	Framed timber board feet	Round timber and lagging linier ft
Argonaut	7.05	1.08
United verde extension	18.53	
United verde	9.91	
Park Utah ⁽¹⁾	16.46	
Tintic Standard	19.74	
Black Rock	12.00	2.80
Eagle ⁽²⁾	13.50	
Bawdwin	15.36	

- (1) Includes timber for stoping, development and maintenance.
- (2) Square-set stopes.

Square-set 採掘法の利點

Square-set 採掘法の利點を要約すれば次の如くである。

1. 兩端軟弱な脆弱鑛石を地表の陥落及崩壊なしに採掘することが出来る。
2. 方法に融通性があり大鑛體にも小鑛體にも又如何なる傾斜の鑛脈でも採掘することが出来る不規則形狀の鑛體も之に沿つて採掘出來脈石は之を其場に殘して置くことも出來選別して切羽充填にも用ひることが出来る。
3. 採收率は良く品位低下することなく純粹な鑛石を得ることが出来る。

Square-set 採掘法の不利點

1. Square-set 採掘法は經費が高くつので經費高く採算の合はないやうな低品位鑛には採用することが出来ない。
2. 此の採掘法は非常にゆつくりした方法で出鑛量も手廣く大量を望むことは出来ないが各切羽の壽命が永くなる。
3. 坑木や充填土砂を多量取扱ふため坑内運搬の經費が嵩み複雑になる。
4. Square-set 採掘法の災害は他の採掘法よりも多い。之は悪い條件の山に採用されて居り非常に多くの坑木を取扱ふ必要があり又双物を用ひると云ふことに依るものである。
5. 坑木を大量に用ひてゐるため火災の危険が多い。

§ Block Caving

「ブロックケイビング」採掘法では鑛石を破碎し、採掘跡を充填し破碎鑛石を運搬坑道迄搬出するのに自然力を高度に利用してゐる。Sub-level caving 及 top-slicing は一部之等の自然力を利用しており切羽支柱採掘法 (supported-stope mining method) と「ブロックケイビング」法との中間のものである。其故に top slicing 及 sublevel caving を最初に論述し block caving をも含めて論ずるのが論理的であるかも知れない。他の block caving は caving による採掘の原理を最も完全且十分に表はしてあり caving 法が考へられた時最初に頭に浮んでゐた方法である。

透し掘りによつて支柱を取除けば直ぐ崩落し、崩落後は鑛石立坑に落ちて十分流れる程度の大きさに破碎する様な鑛石で充分の高さと廣さとを有する鑛床を採掘するには Block caving が最も好適である。斯様な状態は裂罅や弱い面が鑛體を横切つて縦横に通つてゐるとき起るのであつて、斯様な弱い面が四方八方に擴りざくざくになつてゐる様な場合に適用されるのである。然し鑛石が透し掘り後可成後に破碎される様では block caving には不適當である。

Block caving は原則としては低品位の鑛石を採掘するのに用ひられるもので或る程度鑛石の損失はさけられないし又表土や上層が鑛石に混じて鑛石品位を低下させることは明らかである。低品位の大鑛床即ち "Porphyry-copper" 鑛床を採掘するに Block-caving を適要した事は

小規模の選別方法によつて採掘すると云ふ前述の概念から離れて即ち選別せずに鑛石を含有する部分を全部採掘すると云ふ明らかな新機軸をなしたものである。

Block caving は "porphyry-copper mine" において完成したのであるが、他の處にも採用出来ることは明らかであらう。Block caving は西部銅山に紹介された。數年前に Michigan 鐵山に採用されたのであるが、著者は最初に用ひられた所を述べる事が出来ないのである。caving 法は昔日 Kimberley (South Africa) 鐵山で用ひられたのであつて Charles Henratan 氏が發表してゐる。

Michigan Iron Mines

第 52 圖は Michigan 鐵山に於て最も早く用ひられた Block caving system の一例である。鑛體を長さ 200 呎の區劃に別ける。坑道 A-A は上盤側 20~40 呎のところに走り之れと平行に之れより 100 呎上に坑道がある。上位坑道から上の鑛石を全部採掘し終つて地表を之に陥没さして後立入坑道 B-B を下盤迄掘進し、掘上 D-D を上位坑道の近く迄上げる。之等掘上の頭は坑道で連絡する。點線で圍まれた部分は區劃を分離するため採掘してしまふのである。之等の仕事をしてゐる間に坑道 C-C を下盤迄掘進し、之等坑道間に鑛柱 N-N を残すのである。

下盤側から此等の鑛柱を漸次穿孔してゆき最後に同時發破するのであつて、鑛柱を一齊發破して 3~12 ヶ月後鑛石は崩落した。

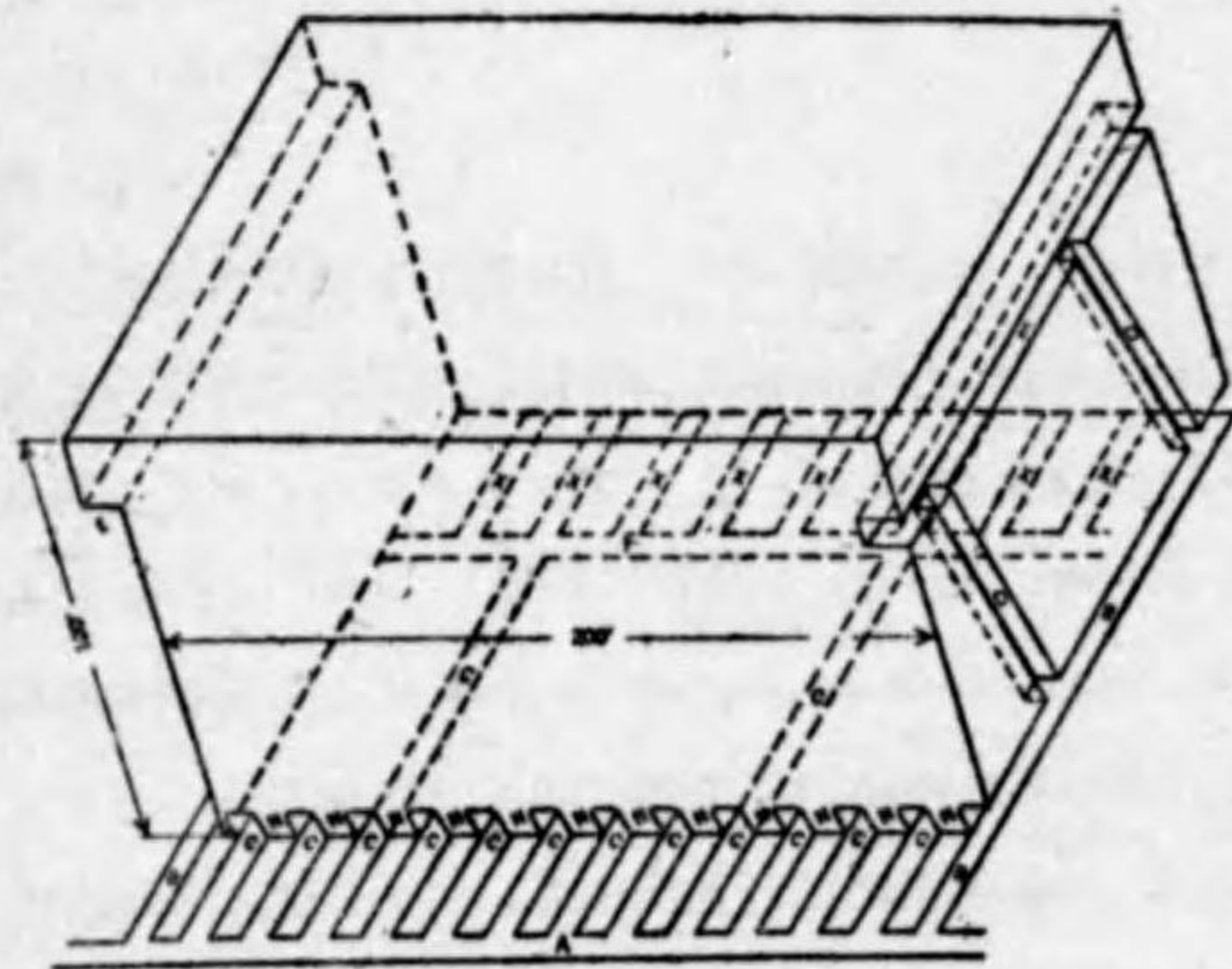


Fig. 52.—Early block-caving system in Michigan iron mine.

Myers 兩氏が評述してゐる。

次に記すのは Myers 氏の論文から採萃したものである。Block-caving は鑛幅 250 呎の鑛體に適用してゐる。この鑛體は走向も傾斜も變化なく、一樣になつてゐて殆んど垂直である。兩盤は粘板岩よりなる。水平層の砂岩がこの鑛體の上を覆ひ其の厚さは 100 呎あつて強硬な「アーチ」状を呈してゐる。

それから立入坑道 C-C を二本差引法にて再び掘進し坑道下と結びつける。坑道下は下盤近く下盤に平行にあつて立入 X-X は中心間隔 20 呎で下盤に向つて開鑿する。崩落した鑛石は下盤を上り之等坑道に落ち、之れを鑛車につむのである。崩落した鑛石は全部きれいに積出し、次の坑道を下盤に平行に掘進し、上盤の方へ冠りを擡げてゆきこの操作を繰返すのである。Menominee 地方の Pewabic 鐵山の caving system は Wilson 及

Block caving のための開坑は 250 呎四角の區劃の長さ丈上盤下盤に坑道を設ける事である。立入と之等の坑道とは上盤坑道から北方に、主立入から東方に掘進する。次に切羽は下盤坑道と區域の西端の立入とから上り始める。坑道及立入の上に厚さ 6 呎の天井を残し、切羽が上つてゆく間、破碎鑛を支へる。この天井に中心間隔 30 呎の掘上りをつくり、鑛石立坑及入道とする。切羽は上位坑道 20 呎以内迄上り、坑道及立入の上の天井を發破する。上盤側を除く外全部を切り離した 250 呎角高さ 100~120 呎の鑛石を残して破碎鑛を切羽からきれいに抜き出す。これが 22 呎角の柱の上につてゐることになる、其の間に主要運搬坑道を上盤の粘板岩中、鑛體から 40 呎のところを開鑿する。(Fig. 53 参照)

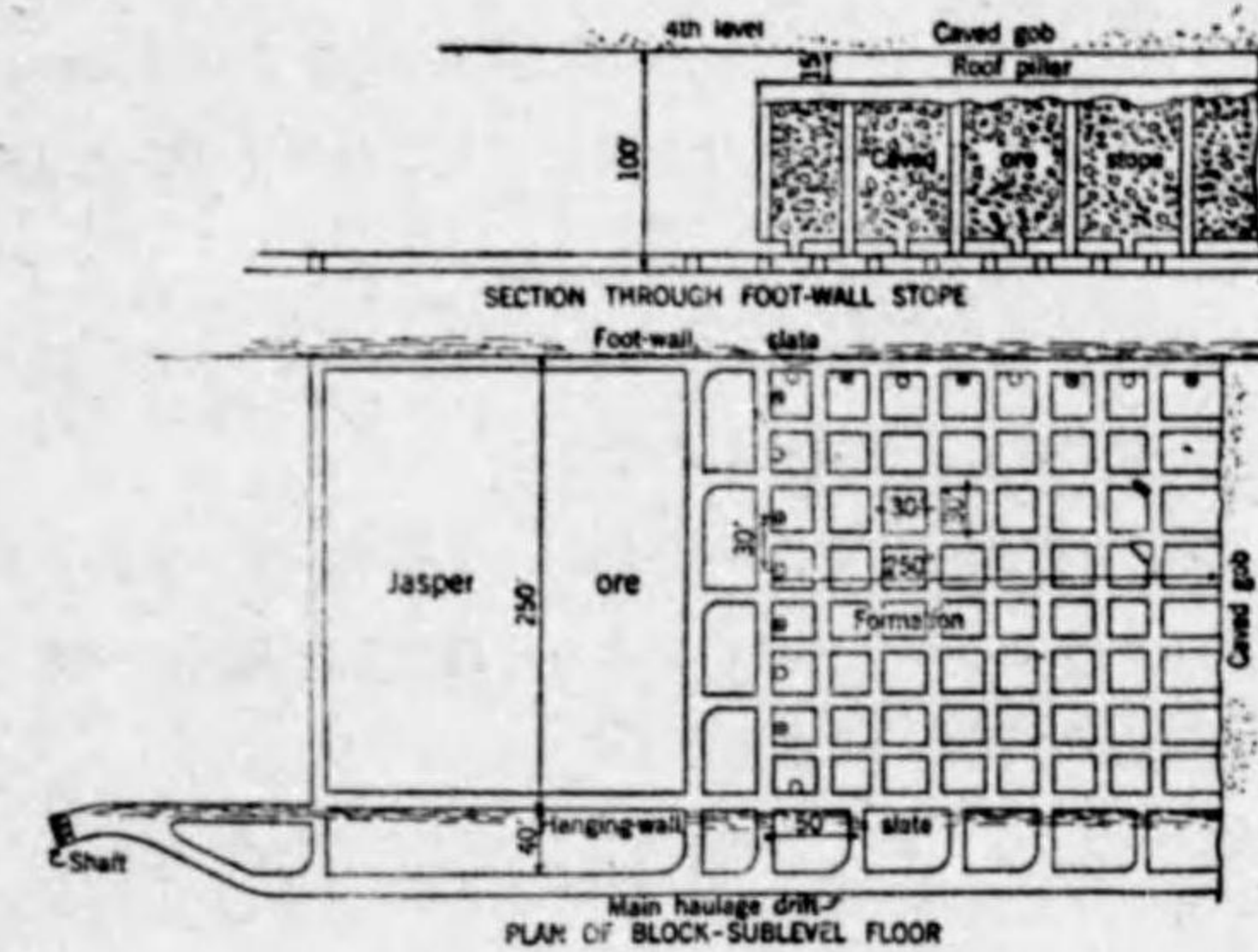


Fig. 53.—Block caving, Pewabic mine, Michigan.

次に鑛柱の四隅を穿孔發破して弱くする。鑛柱のあるものは崩解してしまふもあり、又直径 6 呎位になつた時には發破して全然壞してしまふ。この鑛柱弱化は區域の主要運搬坑道に最も遠い方から始め、鑛體の幅全部に及ぼすのである。斯くして約 8 呎落で積込むに充分な程の大きさに破碎する。

一方主要運搬坑道から上盤へ中心間隔 50 呎で立入を掘進し、次に破碎鑛中に差切法で留付坑道を下盤側

の方に設ける。鑛石抜きは此處から始め砂岩及表土が鑛石と共に動き鑛石の鐵品位が低くなり過ぎる様になる迄一ヶ所で抜くのである。

この鑛石抜きは漸次運搬坑道の方まで進め、全鑛石を抜き出すのである。立入坑道は所要出鑛量を供給するに充分なだけ掘進し、崩落した區域の小部分だけは一時坑木で支持するのである。

Tobin 鐵山の方法は切羽の床が運搬坑道の上から始まる事が相違點である。次に Robert 氏の論文から採萃する。

Tobin 鐵山の坑道は垂直距離 125 呎毎に設ける。

主要運搬坑道は上盤直ぐ近く盤に沿うて掘進する。崩落すべき區域に於て中心間隔 24 呎で平行に立入を主要運搬坑道から掘進し、之れに對し出来るだけ直角に交はらしむ。而して之等立入は下盤の方に進み通氣のため小坑道をもうけて之と連絡せしむ。

鑛石立坑掘上は立入に沿ひ間隔 15 呎で右側左側交互に上 25 呎中段坑道迄上る。(Fig. 54 A 参照)

中段には坑道を上層と平行に上層から約 15 呎のところに掘進し区域全長に延ばす。この坑道から立入を下層に進む。之れは下の運搬坑道の立入の真上に設けるのである。

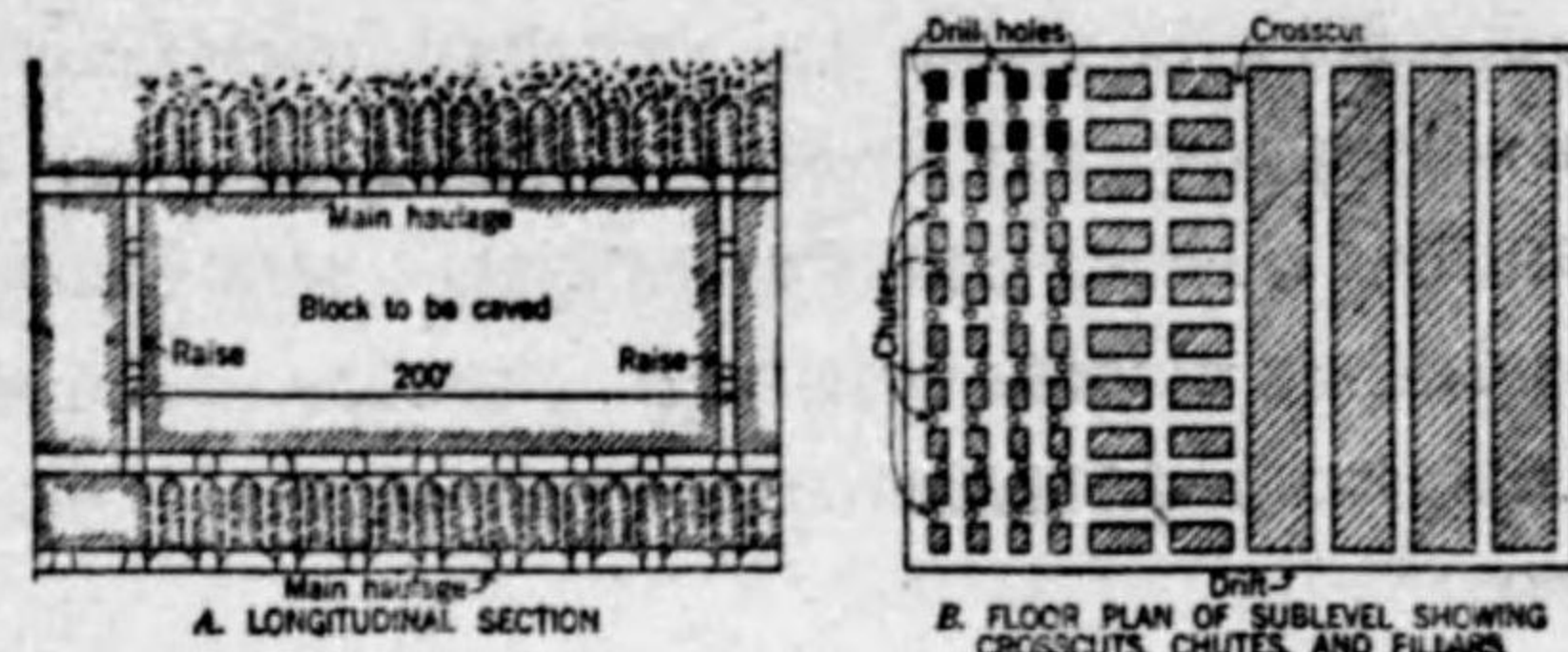


Fig. 54.—Block-caving system, Tobin mine, Michigan.

中段の各立入の反対側に傾斜 45° の掘上りを中段坑道から上層へ上るのである。中段の立入坑道は鑛石立坑の線上の坑道と 15 呎毎に連絡し、約 10×16 呎の鑛柱を残す。之等の鑛柱は穿孔して發破するが之は人道から最も遠い鑛柱から始めるのである。鑛石立坑の頂上を漏斗状にするため頂上の周圍を穿孔發破する。

鑛石は一區域の端から崩壊せしめなければならない。掘上は立入坑道の端から上り、其の相互間隔は種々になるが、中段坑道の上 25~50 呎の立入と連絡するのである。

所要の掘上坑道及立入の掘進を完成して後、中段鑛柱に穿孔同時發破し、全區域に透しを作り沈下させて破砕するだけで漏斗状掘上から抜きだすことが出来るのである。崩壊した鑛石は一様に抜くので、平らに沈下し、上位坑道からの崩壊礫で鑛石品位の低下するのを防ぐのである。

Roberts 氏は彼の論說に於て次の様に述べてゐる。“吾人の知る限りに於ては block caving 法の取扱は我々が元祖である”。

Western Copper Mine

銅鑛の探掘に Block-caving を最初適用したのは Utah 州 Bingham の Ohio 銅山で 1906 年にやつたのであつた。この時に chute-caving 法も Utah 銅山に用ひられたのであつたが、破砕鑛の流動を調節することは Ohio 銅鑛體では不可能であると考へられたのであつた。

Ohio 銅山での實際問題から改良して分岐掘上を用ひた Block-caving 法を 1911 年に Inspiration Copper Co. に用ひた。Ray 鑛山で最初に用ひた方法は鑛床の上につてゐる地層迄 Shrinkage 法で上り、交互に垂直鑛柱を残し、この鑛柱の下底を透し Shrinkage 切羽が完成してから之を崩壊せしめたのである。而して Shrinkage 切羽も殘柱切羽も兩者同時に抜きだしたのであつた。現在ではこの最初の方法を更に改良したのである。

後に Miami Copper Co. が Inspiration 鑛山に隣接する地方で用ひてゐる方法と同じ Caving 探掘法を採用した。Nevada Consolidated では 1915 年に Ruth の Ruth 鑛體を採掘するに當り Caving 法を取入れた。1922 年の始め Phelps Dodge 組合の分派の Morenci では Morenci の

低品位の大鑛體を採掘するに caving 法を發達せしめた、Phelps Dodge 組合の分派の Copper Queen も 1925 年に Caving 法で低品位鑛を採掘し始めた、Andes 銅山では 1926 年に Caving 法による採掘を始め、Consolidated 鑛山でも 1928 年にこの法を採用し始めた。

Braden mine, Sewell, Chile に於ての Block caving は Shrinkage 法と Pillar caving 法とから漸次改良されたものである。この改良によつて採掘費は鑛石噸當り \$43.4 から \$20.5 に減じた。1932 年には、出鑛の 85% は Block caving 法で出してゐる、Braden で採用してゐる方法は西部銅山の block-caving よりは鐵山の block caving に適してゐる。

Colorado の Climax 鑛山は「モリブデン」鑛の採掘に block-caving 法を用ひてゐる。これは Shrinkage 法の項で述べた Shrinkage 及 Pillar caving 法から改良したものである。

Riverside Cement Co. の Crestmore 鑛山で石灰岩の採掘に Block caving を採用して成功してゐる。此處の方法は Inspiration 及 Ray の方法の改良したものである。Crestmore では鑛石を抜く所で「グリズリー」に来る大塊を割る様にしてある。この改良をやる迄は非常に大きく割れる鑛石を caving 法で採掘することは考へられなかつたのである。

一般原理は同じであるが、重要鑛山で用ひてゐる方法は夫々個々の條件に適合する様改良され、優秀な成績を擧げるため種々の改良變更を行つてゐる。

透し掘 Block caving 法は殆んど總ての作業の統一と仕事の能率向上とを許す範圍内で比較的小區域から強度の出鑛をなすことが出来るのである。採掘經費の輕減に最も影響を有する根本的進歩は區域の高さの漸増であつて、最初 Ohio 銅山では 30 呎の高さであつたのが近代の鑛山では 300 呎以上にもなつてゐる。

Block caving 法を用ひてゐる現代銅山の作業は三坑道で行はれる即ち鑛石を透し掘りする。坑道、鑛石を切羽から抜く小割坑道、鑛石を堅坑に運搬する運搬坑道である。

「グリズリー」から来る鑛石は分岐することなく普通の掘上立坑を通つて運搬坑道におちる。

透し掘りによつて崩落を導くのであるが採掘區域を周圍の母岩から全く切り離すか又は母岩との境界に沿つて鑛石を弱化させる(通常後者を用ひる)ことによつて崩落作用を助成し且つ崩落を採掘すべき區域間に制限するのである。

鑛石は採掘區域の下の一一定の場所を通じて抜くのであるが、完全鑛石抜きを期するためには抜き取り場所を多くし規則正しくしなければならない。然し鑛石の採收率を増し、品位の低下を少くするために抜き取り位置を密にすることと採掘準備經費及其の維持修繕の經濟的な結果を得るために抜き取り位置を疎にすることとの中間をとらなければならない。鑛石抜きの実際としては鑛石の性質が重要な要素である。

元の Inspiration 鑛體並に Miami 及 Ruth 鑛山では鑛石は細く碎くので押し固まる傾向がある、抜いた時上で少し開いた垂直圓筒状に抜けるのである。この條件により鑛石抜き漏斗口の

間隔を經濟上並びに鑛柱維持上許される範圍に於て出来るだけ密にする必要がある。鑛石が堅く大塊に破れる Morenci, Ray 及 Copper Queen 等では漏斗口を大きくし、間隔を廣くするのである。

透し掘り後最初の鑛石抜きは徐々に行ひ、自由に崩壊し始めてから其山に最も適合する割合に抜くのである。この抜く割合は如何にあらうと、鑛石が押し固まることを避るため連続的に抜かなければならない。この鑛石抜き作業の最初の間は充分に採收率を期するため一様に規則正しく抜かなければならない。

鑛石と其上の覆土との間の接觸面は常に平面をなす様にしなければならない。それは水平であらうと傾斜してゐやうとどちらでもよい。若し最初の抜き方の時一様に抜かないと鑛塊がある弱い面に沿うて崩落し圓筒狀の空洞を作り之が覆土にまで擴がり土砂と鑛石との混合を引起すことになるのである。鑛石の大塊が徐々に破碎し、採掘區域が地表迄全部崩落して後不規則な抜き方をするときには最初程には重大な結果とならないのである。

鑛石及覆土が不規則な運動をすることによつて、鑛石品位は低下するのであつて、鑛石抜き漏斗口まで土砂の圓筒が出来覆土が漏斗口まで来てしまふのである。又は採掘區域の終端から土砂を抜き込むことによつて鑛石品位を低下するのである。

又覆土の微粉が塊狀鑛石の間隙を通つて下り品位低下を來すことにもなる。尙又總ての Caving で鑛石を抜き下げるとき、鑛石と覆土とが漸次混合する。

Caving 法で一區域の鑛石を採掘するに當つて次の三つの事項を常に觀察し、統制してゆかなければならない。

1. 莫大な重力が小割坑道にかゝつて來ない様な方法で採掘をやらなければならない。この事は一般に鑛石を抜き下げる割合によつて統制するのである。

2. 鑛石はそれ以上碎かなくとも後の處理が出来る様 Caving で充分破碎せねばならない。

原則として鑛石抜き下げ割合が少い程鑛石はよく碎かれる。又抜き下げる割合が少い程小割坑道にかゝる荷重は大になる様である。一般に最大の効果を得るために兩者の間に適當な割合があるのである。

3. 鑛石を抜く時には最大の採收率と土砂による品位低下の最小とを得る様な方法をもつて抜かなければならない。

一採掘區域から鑛石抜きを止めるべき點は取扱ひうる鑛石の最底品位に依るのであつて、若し設備能力が非常に大きい時は鑛石抜きは利益が殆んど零になる迄續けられるのである。さうでないならば、適當な利益を得るためには品位低下が行はれてくれれば直ぐに鑛石抜きを止めなければならない。例へば鑛石を 15~20% 犠牲にして品位を殆んど最初の計畫と同じ位にすることの出来る弾力性のある方法である。

切羽は通常坑道及立入を基盤目に掘進して鑛柱を爆破するか樹枝狀に掘上 (finger raises) を上りその上端を漏斗狀にするか又は兩者の混成法か何れかの方法で透し掘りをするのである。Ray では切り取り作業は低い Shrinkage 切羽の列からなり、其の間に鑛柱がある。この鑛柱を發破することによつて透し掘りが完成することになる。硬質の鑛石では完全な透し掘りになる様な方法をとるさうでないと上の鑛石が崩落して來ないし尙又切羽の下の鑛體の小部分に局部的に破碎鑛から大壓力をうけることになる。この方法を適用するに當つて原則的な變化は採掘區域の透し掘りの方法である。又境界の弱法に可成りの變化がある。或場合には特に硬質のときには區域全體を狭い Shrinkage 法で切り取ることもある。

Gardner 氏は西部地方の銅山での block caving の實技について論じてゐる。彼の論文は崩落方法の實際問題として、影響する地方的條件、地表陥落、Block caving 法による採掘の原理、崩落機軸、採掘區域の大いさ、Block-caving の開孔、豫定境界迄の切羽制限の方法、透し掘りの方法、鑛石抜きの実技、鑛石採收率と品位低下及經費等 Block caving の種々の觀察を網羅してゐる。讀者はこの報文に採録した處理方法によつて滿されない詳細な點については、この論文を参考にされたい。

次の鑛山についての記述は重要な變化を有する方法についての説明である。

Ohio Copper Mine, Bingham, Utah

Ohio 銅山で採用してゐる方法については 1914 年 Allen 氏が發表してゐる。この方法では中段坑道は開坑、透し掘り、及崩落鑛石の抜きとりに用ひると謂ふが、以前の Sublevel-caving 法と異なり又現在 Sublevel caving と稱してゐる方法とも異なるのである。鑛石は現在一回で崩落してゐる高さ比べて低い區域を崩落させてゐた。

鑛體は全體に鑛染狀に黄銅鑛を含有する硅岩の塊狀鑛であり、兩層も同じ層をなしてゐる。鑛體は幅 400 呎、長さ 450 呎、深さ 1300 呎隔てて中段坑道を設け、之等を大體 30×50×25 呎位の區域に再分する。

垂直掘上から樹枝狀掘上を放射狀に上り中段坑道は之等掘上りから發破し、鑛石は掘上の中へ落し、運搬坑道迄下す。

一番下の中段坑道を採掘崩落せしめる。

1911 年 10 月中に開坑及設備費をもふくめて噸當り 28.06 \$ の經費で 56,311 噸の鑛石を採掘してゐる。

直接採掘費噸當り \$ 21.97 である。

110 人の勞働力で全部出鑛に關係すると考へると 1 人日當 17 噸の鑛石を貯鑛倉迄出す。實

際の際石破碎に従事する人のみを考へると1人日當63噸の出鑛をしてゐる。1913年4月に開坑及設備費をもふくめて順當り經費22.2\$であつた。

Ray Mines, Ray, Ariz.

1927年 Ray に於て採用された方法は Thomas 氏が記述してゐる。鑛體は横の方向にも縦の方にも不規則になつてゐて、幅40~400呎平均120呎ある。波形をなしてゐるが、全體として約10%の傾斜を有する。其上の覆土は厚さ40~100呎で平均250呎ある。

可成りの角礫を伴ひ多數の斷層群が鑛體を横切り、他の斷層群がこの斷層群に直角に走つてゐる。鑛石は鑛化作用をうけた石英絹雲母片岩で之に斑岩が伴ふ。然しこの斑岩は主に鑛體の外側にある。

原則として鑛石は粗大に破碎するが或場所では全く容易に碎ける所もあり、又洞穴の中へ落ちこんで行くので caving 法を採用してゐる。他は全く多くの鑛山に比し大塊に碎けるのである。

絹雲母を多く含有する部分は容易に崩壊するが、透し掘りすると直ぐ連続的に鑛石抜きをしないと鑛石は壓し固まる傾向がある。斯様なところでは開坑作業がすめば直ぐ探掘作業に移る様にならなければならない。

Ray では四種類の caving 法を用ひてゐる。即ち平積法、動力積込み法、準動力積込法、及中段坑道法の四種類である。之等の相違點は鑛石の下底の運搬坑道の位置と破碎鑛の積込み方法とにあり、運搬坑道の上の鑛石の高さ即ち厚さによつて決定されるのである。

鑛石探掘の實際問題に於ては根本的相違はないが、開孔方法が各々異なるのである。運搬坑道の上の鑛石が150呎以上ある所では中段坑道を用ひる。

Boston 鑛山で最初採用した元の方法は鑛柱を残して Shrinkage 切羽を作り、本質的には交互に Shrinkage 切羽と鑛柱とからなり、各切羽は全部覆土まで上り、それから後鑛柱の根元を切つて崩落するのである。各 Shrinkage 切羽は中心間隔25呎で、切羽の幅は其處の鑛床の許す範圍の廣さにするのである。

次に記すものは多く用ひられてゐる中段坑道法に適用されるものである。200呎の幅を通常中心間隔50呎置きに小割坑道の下40呎の所に4本の運搬坑道を作つて開坑する(第55圖参照)、之等の坑道は留付けし、4杵か5杵に小馬杵(Ponyset)と漏斗を作り、直徑4呎の掘上を軌條面上40呎の高さ迄上げる。

この掘上は25呎間隔に横に掘進した中段坑道と連絡する様傾斜させる。中段坑道は探掘區域の境界に設けた小さな留付け坑道と運搬坑道から上つた掘上の各列を横切る留付けなしと横坑道とからなる。之等の横坑道は間隔25呎で運搬坑道とは直角の方向になつてゐる。13吋の「グリズリー」を各掘上の頂上に設ける。

境界を切離す目的で Shrinkage 切羽を區域の各端で二段に覆土に達する迄上る。準動力積込法及其他の方法では之は一段に上るのである。以前に探掘した隣りの區域の側は勿論この Shrinkage 法で探掘しながら上る必要はない。

透し掘では Shrinkage は區域全體に25呎間隔に上る。之等の Shrinkage は「グリズリー」の上に設けた鑛石抜き所(Draw set)から傾斜掘上を上つて之れから掘り始め第55圖に示す様に37呎上まで上るのである。

切離し、透し掘り等の總ての穿孔は手廻しの「ストーパー」でやつてゐる。切羽の天井は長さの方向には水平にし、幅の方向の断面では「アーチ」状になる様にしてゐる。穿孔は間隔8~4呎の4列の孔からなり、孔の深さは6呎である。

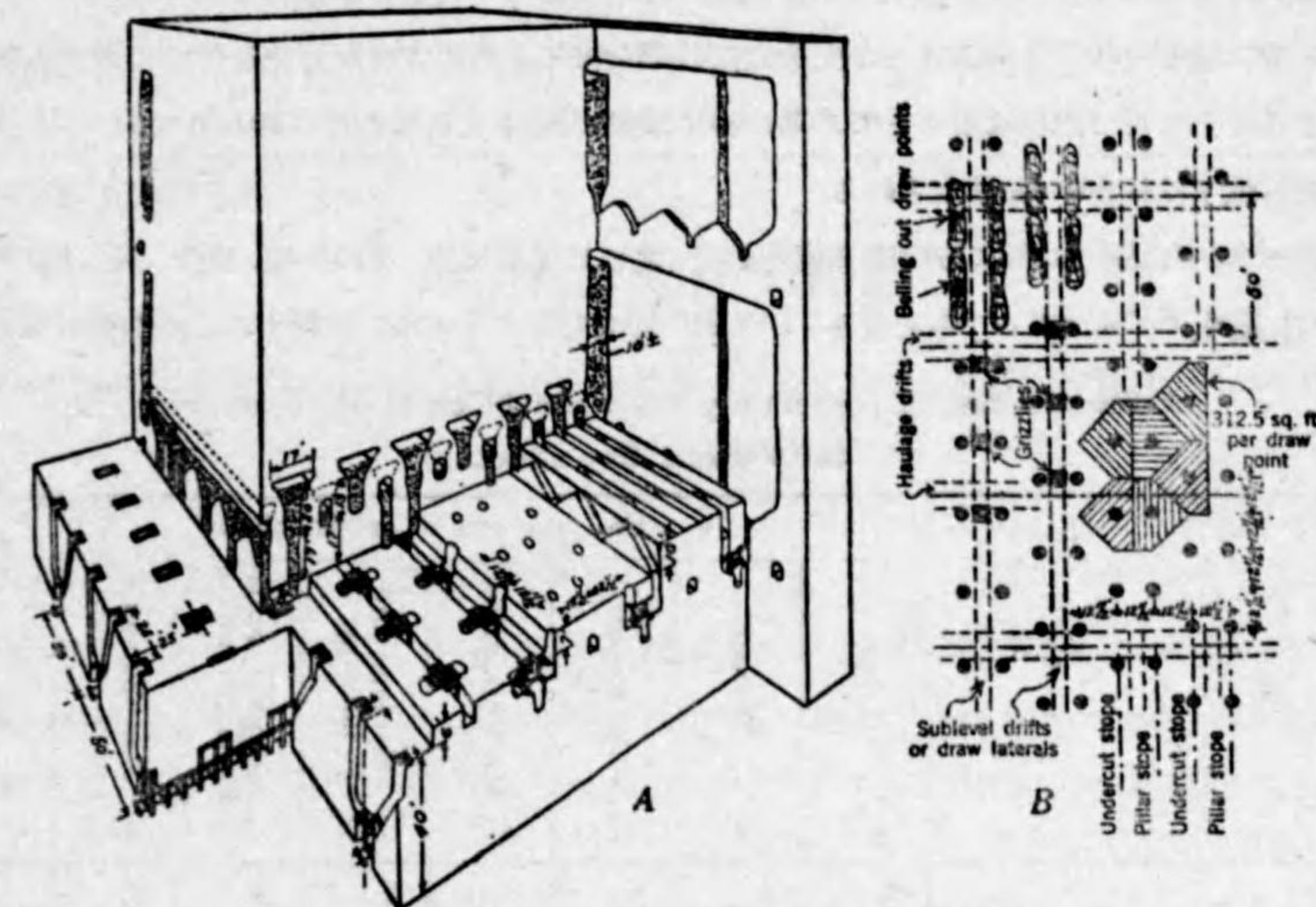


Fig. 55.—Sublevel undercut block-caving method at Ray mines, Arizona: A, General drawing of block; B, Draw point spacing.

透し掘り及残柱掘の穿孔は6列からなり、外側の穴は内側へ45°傾斜させる。残柱掘で最後の列が透し掘によつて破碎すると云ふことが緊要なことであるので技術者が火藥装填を命ずる迄孔には裝藥はしないのである。

人道は切羽の端及真中に上り、各切羽には通常5~10人働くのである。2方で切羽の長さの半分以上を穿孔發破し、他の半分から破碎による容積の膨脹分を抜き出すのである。横に廣い空間を維持するため全區域を一單位として仕事することは實際的ではなく全區域の一番端の部分に最初に仕事し、順を追うて段々に周圍の坑道へと進めてゆくのである。

鑛石抜き所から鑛石を貯鑛掘上へ抜き落す人を漏斗抜きと云ふ。鑛石の大塊を發破する必要が屢々起つてくる。抜き所から或る距離の所へ鑛石が引きかかつたとき漏斗抜きが漏斗内に入る必要のないやうに發破棒で發破するのである。「グリズリー」の上につた鑛石は發破することは許されないものであつて、大きすぎて「グリズリー」を通らないものは「ハンマー」で破砕するのである。

Ray で用ひられてゐる透し掘の方法は次の通りである。

(1) 鑛石抜坑道の上の岩石を「ピラミット」形又は圓錐形にする。この鑛石抜坑道は破砕鑛を支へ抜き所にかいつてくる荷重を支へるのである。

(2) 次ぎに抜き所の上45呎を破砕するのである。この破砕鑛は cushion として働き、この破砕鑛が抜き處に達する前に鑛石の主なる塊が碎けて落ちてこなければならぬ。

一樣に鑛石を抜くと云ふことが充分な採收率を得ると共に大きな圓筒を作つて覆土と混することを防ぐ上に於て重要なことである。特に最初の間は大切である。40,000,000 t 以上抜いて後の品位低下は約10%と推定される。

560,000 噸の鑛石に對する採掘準備作業費(之には運搬坑道, 中段坑道, 掘上, 透し掘, Shrinkage 掘, 漏斗, 「グリズリー」等を含み) \$ 81,939 即ち噸當り \$ 0.146, 分類すると次の通りである。

Estimated cost of preparatory work for a block of ore containing 560,000 tons Ray mines.

	Cost per ton of ore in block							
	Labor	Timber	Explosives	Machins drills	Haulage and hoisting	Assaying ventilation, sampling	Miscellaneous mines expenses	Total
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Supply drifts 325 feet.	\$.0023	\$.0011	\$.0004	\$.0005	\$.0003	\$.0001	\$.0001	\$.0048
Grizzly drifts, 1456 feet.	.0049	—	.0017	.0015	.0009	.0002	.0003	.0095
Grizzlies, 56	.0082	.0081	.0005	.0004	.0002	....	....	.0174
Shrinkage stopes and under cutting.	.0309	.0054	.0157	.0180	.0050	.0011	.0016	.0777
Total above grizzly level.	.0463	.0146	.0183	.0204	.0064	.0014	.0020	.1094
Haulage drifts, 700 feet.	.0082	.0054	.0012	.0019	.0012	.0003	.0004	.0186
Pony sets and chutss.	.0039	.0038	.0002	.0009	.0005	....	.0002	.0095
Haulage raises, 1848 feet.	.0030	....	.0021	.0018	.0011	.0002	.0003	.0085
Total below grizzly level.	.0156	.0092	.0035	.0046	.0028	.0005	.0009	.0366
Grand total.	.0614	.0238	.0218	.0250	.0042	.0019	.0029	.1460

直接採掘經費(1928年)は次の通り、但し運搬捲揚, 其他雜經費は除く。

Direct stoping cost, Ray mine, 1928

	Cost per ton of ore						
	Labor	Timber	Explosives	Power	Machine shop	Miscellaneous	Total
	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Preparatory excavation	0.0581	0.0339	0.0070	0.0014	0.0010	0.0022	0.1036
Stoping	.0711	.0082	.0247	.0050	.0016	.0059	.1165
Drawing ore	.0940	.0129	.190	.0001	.0001	.0006	.1267
Total	.2232	0.550	.0507	.0065	.0027	.0087	.3468

1927, 1928年の工程及爆薬並に木材消費量の統計は次の如くである。

Year	Tons mined	Mon-hour per ton		Explosives, pound per ton	Timber board feet per ton
		Stoping only	Total mine per roll		
1927	2,551,913	0.0787	0.748	0.2523	1.79
1928	3,243,159	0.0692	0.660	0.3193	1.88

Inspiration Mine, Arizona

Inspiration 鑛山の undercut-block-caving 法の開坑に就ての數多くの論文が發表されてゐる。

一番初めに Lehman 氏が發表した論文には鑛石抜きの実験的試験も含まれておつて、この鑛山の初期の實技に關する詳細も含めてゐる。

次に掲ぐる論文は主として Stoddard 氏の發表した極く最近の論文を基礎としたのである。

Inspiration で採用してゐる方法は Ohio Copper mine の Felix McDonald 氏がやつた方法を應用したものである。この鑛山は Inspiration, Live Oak, Keystone の三區に別けて採業してゐる。

Live Oak 及 Keystone 兩區は長さ4,000呎に擴つてゐて、東端には露頭があり、西端は500呎表土がかぶつてゐて、下底は900呎下迄ある。

Inspiration 地方に採用してゐる方法は主として「グリズリー」の間隔及抜き所の間隔、抜き方の調整法及透し掘の方法等が他の方法の夫れと異つてゐるのである。

Inspiration の方法では「グリズリー」坑道及「グリズリー」はもつと離れてゐて、破砕鑛は「グリズリー」の上の四つ枠から抜くのである。採掘區域は透し掘坑道上に坑道群列をつくり透し掘をする。この坑道の間は鑛柱が出来之れを穿孔し發破するのである。

Live Oak 地方では鑛石は「グリズリー」の上の漏斗から抜く。此處の山は充分強堅で樹枝狀掘上の頂上を連絡して透し掘りし、掘上群列の間の鑛柱を發破するのである。

採掘作業が始まると200~300呎上迄の鑛石が崩落してゐるかどうか疑はしくなつて来て、最初の時は75呎を一段にてやつた。然し後に鑛石の全高を一度に採掘する様にした。

Inspiration 地方の方法; 種々の條件に適合する様運搬坑道と「グリズリー」坑道との間の水平間隔及び主要掘上並に枝掘上りの間隔に種々の變化があるのである。然し一般的圖面は第五十六圖に示す通り。

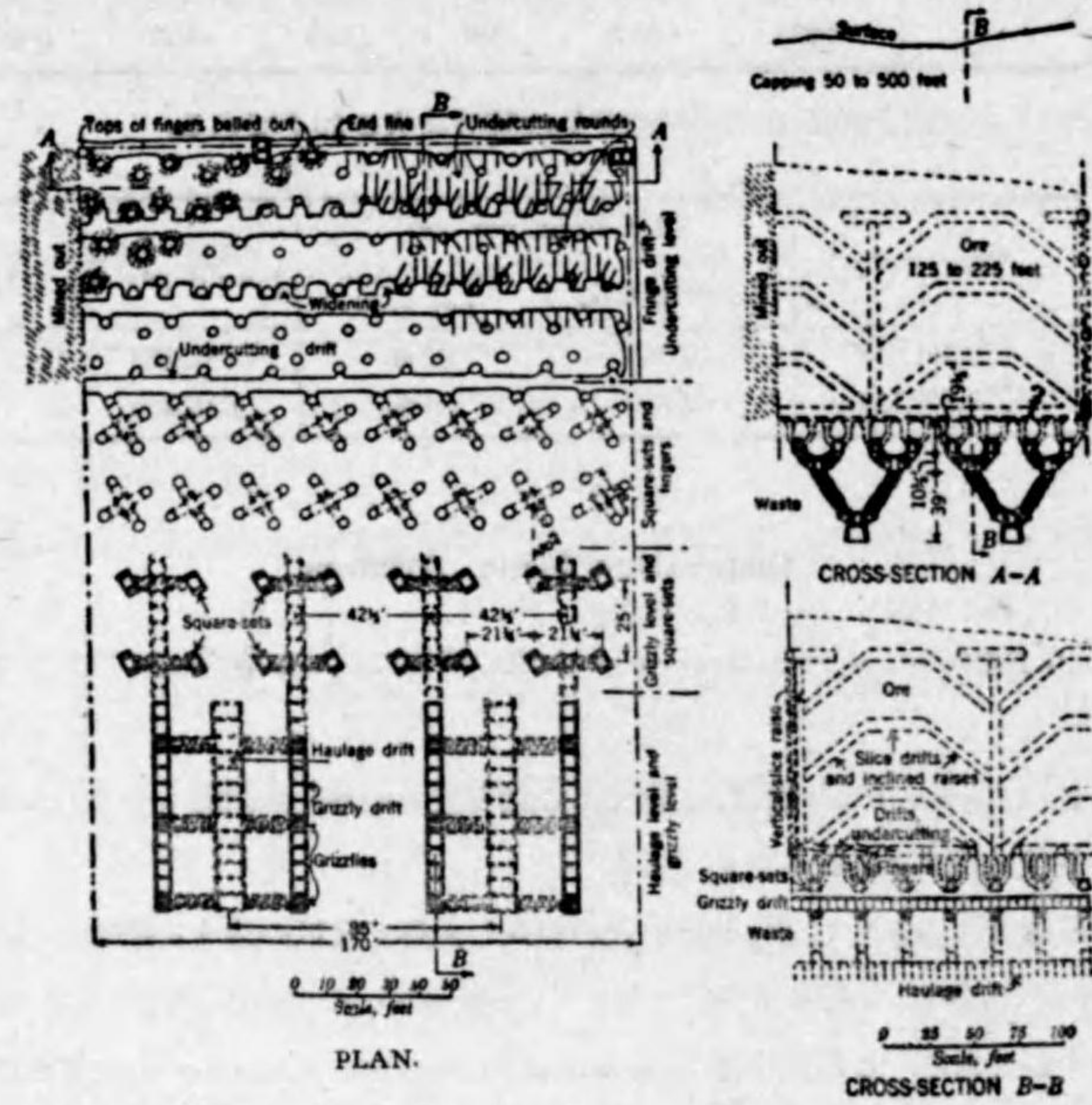


Fig. 56.—“Square-set” block-caving system, Inspiration mine, Arizona.

この方法の本質的形は(1)鑛床の下20~200呎(通常100呎)離れて主要運搬坑道を設け、之れに沿ひ Pony sets と漏斗口とを間隔15~75呎(普通25呎)置いて設置する。

(2) Pony sets から平面圖で運搬坑道に直角に約50°の傾斜で掘上を上げる。

(3) 之等の掘上の頂上を連絡する「グリズリー」坑道の列は運搬坑道の中心から25呎又は50呎のところに両側に平行に掘進する。

(「小割グリズリー」坑道は透し掘坑道の下約30呎のところにある)。

(4) 各主要掘上の頂上で小割坑道から二つの掘上をあげる。之れは坑道に對して直角に両側に上げる。(之等の掘上は何れも最初の18呎は40~42°の傾斜で掘り、其終りは四つ枠を組むのである。)

(5) 4つの枝掘上を各四つ枠の両側から透し掘坑道迄上げるのである。

(6) 透し掘坑道上の坑道列は下の小割坑道に平行に中心間隔25呎離し枝掘上の頂上を連絡するのである。

(7) 透し掘坑道間の鑛柱を穿孔發破する。

(8) 崩落した鑛石を抜くのである。

この方法を地方では“suar-set”caving method と稱してゐる。

Live Oak 地方の方法

Live Oak 地方に採用してゐる方法はこの地方では“grizzly control”caving method と稱してゐる。基本質的な形は第57圖に示す。この方法の重要な不利點は鑛石を抜くために人が四つ枠の中へ入つて坑道の上へ行かなければならないことである。其の上亦四つ枠そのものが點檢したり修繕することが容易でないのである。Live Oak 地方の山の狀態が Inspiration 地方と全く異り、山が崩落すると粉鑛になり、直ぐに押し固まるので鑛石を抜くと空洞(“Piping”)が出来るのである。

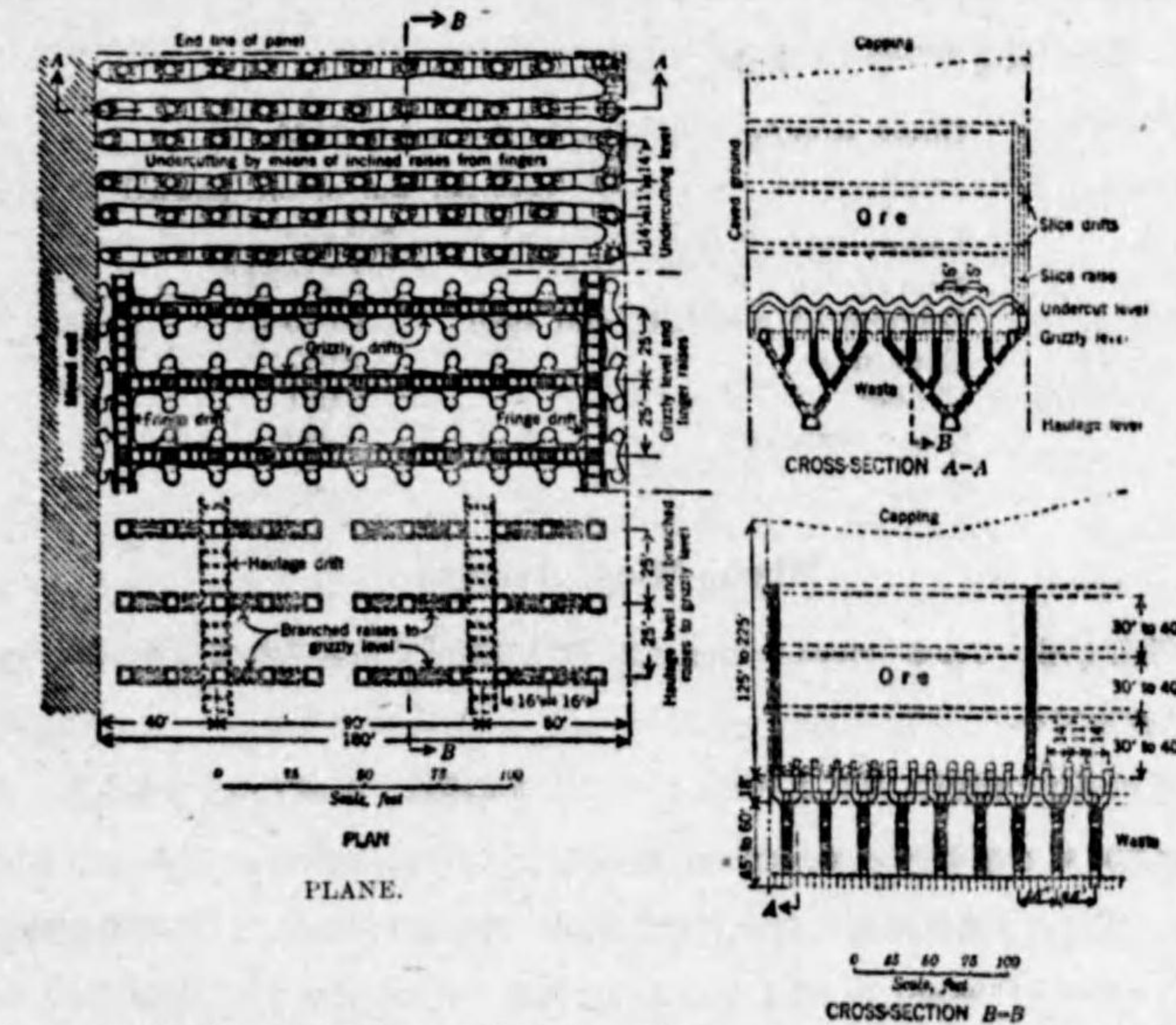


Fig. 57.—“Grizzly control” block-caving method, Inspiration mine.

この pipe は断面が小さく垂直に上り、不完全な鑛石抜きとなるのである。之れをなくするためには抜き所の隔をつめることが必要となつてくる。

掘上の間隔をつめるために小割坑道に直角に坑道に沿ひ12½呎間隔で掘上を上げる。通常の

圓つ棒は次の様に設置する。一棒から4本の枝掘上を前と同様に上り、次の棒からは2本上るのである。

小割坑道は50呎間隔にする。

この方法で小割坑道からうまくぬく事が出来るが小割坑道が餘り離れすぎると云ふ事が解つた。それで次の段では小割坑道を25呎間隔にし、「グリズリー」を12 $\frac{1}{2}$ 呎間隔に設けた。軟い所では澤山の漏斗口を一つの「グリズリー」の上に設けることが出来ない。若し規則正しく実際に抜けるならば著しく抽出を助けるのである。この方法では小割坑道は運搬坑道に対して平行か或は直角かどちらかである。若し山の状態が掘上から直ぐ透し掘をやることを許す様なものならば「グリズリー」からの抜き取る穴の数は2~10位に制限する。

Inspiration 鑛山では隣れる區劃との境界を Shrinkage slope にて切離すことは必ずしも必要としないのである。その代りに各區劃の角及び境界に沿ふ中間點で掘上を上り、境界を弱体化せ、この掘上から垂直距離で30~40呎間隔に坑道を掘進する。之等の坑道は區劃を取巻き或場合には之等坑道の冠を發破して弱体化するのである。

1928年の探掘経費は次の通りである。

Direct stopping costs, Inspiration mine 1928	
cost per ton of ore hoisted	
Labor	\$ 0.146
Supervision	0.007
Compressed air, drill, and steel	0.005
Explosives	0.017
Timber	0.031
Other supplies	0.002
Total	0.208

Miami Mine, Arizona

Miami 鑛山で用ひてゐる block-caving 法は數種の表題で發表されてゐる。Maclennan 氏の一つを次に抜萃する。

1924年に高品位の鑛體は事實上掘盡したので低品位鑛體を開發することにした。この鑛床は當時銅品位1.06%で埋藏量36,000,000噸と推定され、50「エーカー」の面積に互つて、平均厚さ206呎にして其上に320呎の覆土をかぶつてゐると推定されてゐた。1930年の開發によると鑛體は銅品位0.88%で108,461,700噸と推定されてゐる。現在の大きさは東西に3,500呎南北厚さ325呎表土の厚さは250~500呎である。

鑛石は全體的に破碎した鍍化片麻岩にして硬い硅化片岩から軟い陶土化片岩に至る迄種々ある。探掘の立場から自由に崩壊する鑛體であり、排水と通氣とによつて全く乾燥してしまつてゐる。

Miami の一番最初の caving 法では鑛體の全幅を透し掘りして崩落する。之は鑛體の一端

から始め、鑛體の全長を戻つてくるのである。鑛石抜きについて努力注意すべきことは破碎鑛と表土との間の接觸面を常に水平と40°~60°の角度を保つ様にするのである。500~600呎の幅を崩落すると鑛石抜き所の上に莫大な壓力を生じ高い維持費を要し、順序正しく鑛石を抜くことが妨げられる。

後の經驗によると適當な維持費を出して鑛石を崩落させるには幅150呎がよいと云ふことが解つた。而して鑛床全體を150呎の幅で交互に崩落抜き出してやるのが實際的標準となつた。この幅の中に陥落してきた礫が固つて、一二年してから残した鑛柱を崩落し抜き出すのである。この方法は比較的高さの低い所に適用されてゐるが探掘費は安いのである。300呎以上の高さでは不満足であらうと思はれる。

破碎鑛と表土との境界面を高さ300呎以上に對し常に40°~60°に保つためには鑛石抜き坑道を300呎維持しておく必要があるのである。この方法で境界面を斜にして鑛石を厚い層にしておくと品位低下を來す危険があるのである。

區分切羽を利用する探掘方法は厚さ300呎以上の鑛床を一段に探掘するに最も適する。

この方法の長所とする所を要約すると次の通りである。

(1) 崩落すべき區域は最初の切羽では地山 (Solid ground) に依つて、鑛柱切羽では固つた充填に依つて四面を取り圍む一定面積に制限されるのであつて、個々の切羽の支持は、遙かに善いことは疑ひなく、従つて之れが維持費も低く、修繕作業が鑛石抜き作業を妨げることも少い。

(2) 探掘の順序は區域境界に沿ふ充填土砂が數ヶ月間放置して固まる迄は鑛柱切羽を採掘しないのであつて、この期間中は充填が相當な支柱となつてゐるのである。切羽は第58圖Aに示す順序で採掘する。古い panel での system で後退式基磐形切羽に於て破碎鑛と礫との接觸を礫として考へるならば、境界面は區分採掘法に於る17,700呎の礫境界に比し21,450呎の礫境界を持つことになる。それ故に區分採掘の方法では礫境界からくる品位低下は少いのである。この區分採掘に依れば25切羽は礫境界がなく全四面が地山の中で採掘することになり、14切羽は25%が礫境界であり、15切羽は50%が礫境界、14切羽は75%が礫境界、8切羽が全面礫で圍まれることになるのである。

(3) 區分採掘の方法では鑛石は區域全體を一樣に抜くので破碎鑛と表土との接觸面が水平になる。厚い鑛床では、この接觸面が水平であることが傾斜してゐるよりも優れてゐることは論を俟たないことである。

(4) 同一面積の鑛體では區分採掘の方は數多くの作業所を準備することが出来、仕事より早くから標準化し、其の結果出鑛の割合がよくなるのである。

(5) 區分採掘では出鑛を全面積に都合よく分布することが出来るので運搬坑道上の種々の坑道に鑛石を出すことが出来る。

最初の区分採掘は 150×300 呎の区域であつたが後に 150×150 呎になつた。但し運搬坑道の間隔の都合上 150×200 呎のところも 2, 3ヶ所ある。

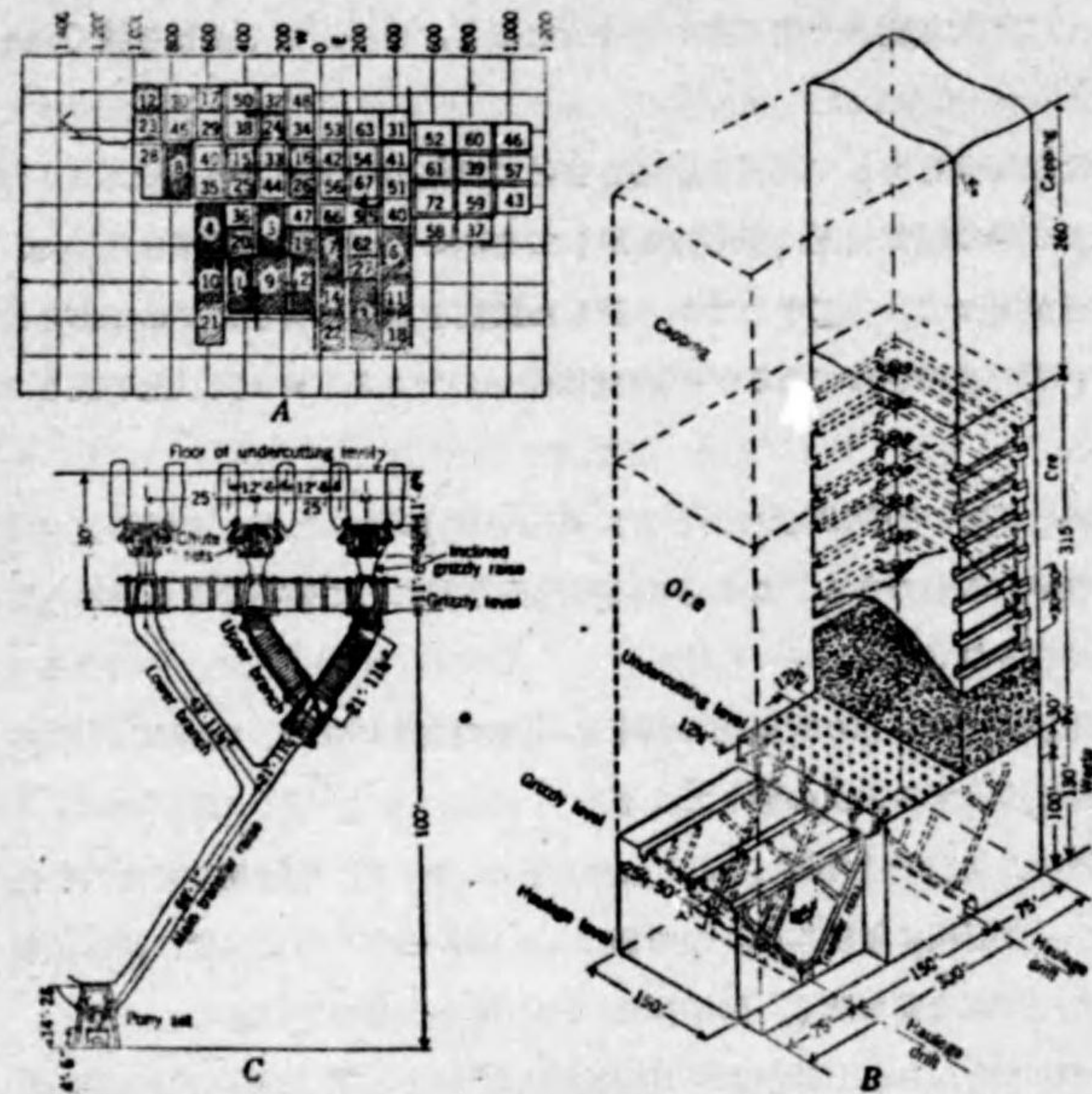


Fig. 58.—Undercut block caving, individual stope system, Miami mine, Arizona: A. Plan of 510-foot boundary caving level showing order of mining stopes; B. isometric drawing of 150-by-300-foot stope; C. detail of ore transfer raise system,

区域全面積の下の鑛石を透し掘し、自重によつて崩落する様にするのである。若し崩落しないで残るとすれば、天井が「アーチ」形になつて崩落が止まるか、又は滑り落ちて垂直の境界の所の上の方が崩落してくるのである。高さの低い採掘区域を隔離せしむる良い方法は境界に沿ひ狭い Shrinkage 切羽を作ることによるのである。

然し高い区域ではこの方法は区域全體が塞栓状か又は「ピストン」状に落下し、其の下の作業所を押し潰すことになる

ことがある。破碎鑛にしても大塊で漏斗口に来て抜く事が出来なくなるのである。

切羽の大井が垂れ下り、壊れおちてくる様になることは望ましいのであつて、さうすると多く割れ目が生じ小塊になつて除々に崩落してくるのであるが、然し垂直境界の所がうまくないのである。この境界の崩落を完全にやるために適宜の上下間隔で区域をとり圍んで坑道を掘進し四隅に掘上を上げるのである。この境界坑道は上下間隔 7½ 呎にする。元は 30 呎間隔であつた。

硬い所ではこの坑道の天井に穿孔發破して境界を弱化する事もある。極く最近では實際には上下間隔 45 呎で坑道を掘り境界面の 33% を弱化さす様にしてゐる。

第 58 圖 B は区分採掘の方法を示し、150×300 呎区域を隔離したものである。現在では 15×150 呎区域にしてゐる。

Miami の鑛石は小さく破碎し、固まる傾向があり、抜くと垂直に圓筒状になるのである。其

故に抜き所を密接し縦横 12½ 時間隔にし、小割坑道は 50 呎間隔にし、分岐掘上の頭即ち「グリズリー」は 25 呎間隔にしてゐる。

運搬並びに「グリズリー」掘上の細目は第 58 圖 C に示す様に「グリズリー」坑道は之れから 100 呎下の運搬坑道に對して直角に運搬掘上の上に垂直に掘進する。この運搬掘上は区域の境界又は縁の坑道からその兩端に上るのである。

採掘作業中「グリズリー」坑道は透し掘及鑛石抜作業の基礎となるのである。「グリズリー」は運搬掘上の上の所に設け、「グリズリー」掘上は「グリズリー」坑道の兩側、之れに直角に掘上る。之等の掘上り 14 呎だけは 42° に傾斜し、後の 10 呎は垂直にするのである。

傾斜部分は加背を小さく (3½×3½ 呎) して破壊を少なくする。垂直部分は漏斗を設備するために加背を大きくするのである。漏斗は第 58 圖 C の様に作る。

4本の分岐掘上は直径 3½ 呎にして、漏斗の所から掘進し漏斗の中心から水平に 8.85 呎の點迄傾斜して「グリズリー」坑道の踏前から上に 30 呎垂直に上り、四本共一平面上におくのである。

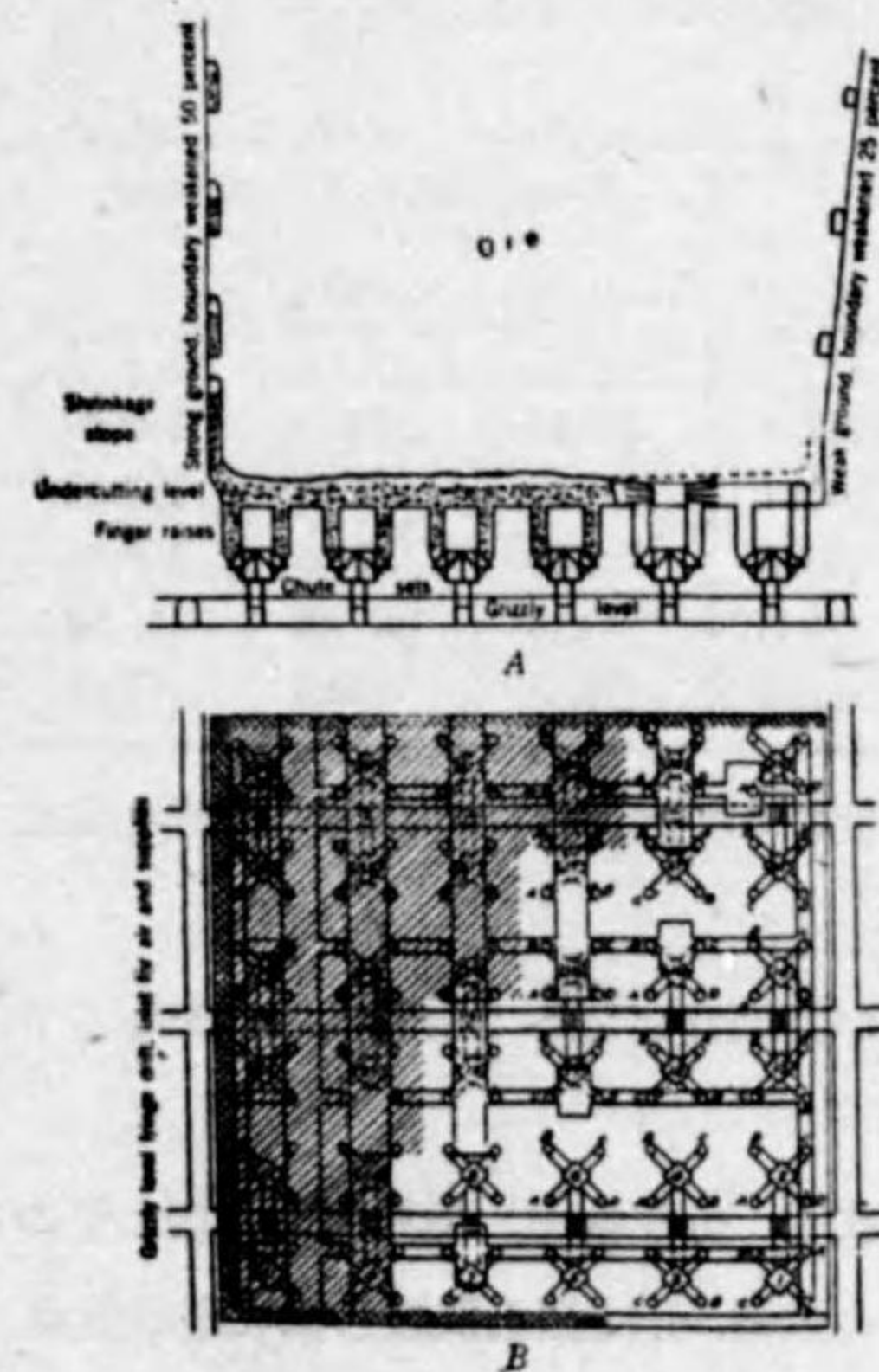


Fig. 59.—Undercutting and grizzly levels, Miami mine, showing method of undercutting and relation of grizzly and undercutting levels: A, Composite section; B, Composite plan.

之等の分岐掘上が充分完成すると直ちに之等掘上の頂上から透し掘を始め。第 59 圖は透し掘坑道並びに之と「グリズリー」道の漏斗口及び鑛石抜き所との關係を示したものである。漏斗には 1 番から 36 番迄番號をつけ、抜き所に文字で示してある。

透し掘坑道は抜き所の各列二つおきに第三列目を通じて、「グリズリー」坑道に平行に掘進した 4 つの小坑道によつて開始されるのであつて、之等は 31½ 呎間隔になり、真中の「グリズリー」坑道の兩側から等距離にある。之等坑道は其兩端が分岐掘上に連結するのである。

縁の 1 本の坑道から 2, 3 發破 shrinkage 掘上を上げて透し掘を始め通常兩側の境界に沿ひてやり、他の側の境界は透し掘が進むにつれて進めて行く。仕事は第 59 圖 B の平面圖に斜線で示す様に對角線の方に進めて行く。坑道の天井及び側壁を穿孔發破して透し掘が完成するのである。分岐掘上の頂上は透し進むにつれ圓錐形になる。

區域全面に渡り透し掘が完成するまでは鑛石抜きを始めない。鑛石抜きについては 2 つの主な目的がある。

- (1) 表土混入による品位低下を最小限度にして最大限度鑛石を抜くこと。
- (2) 出来得る丈下の鑛石抜き設備に損傷を與へない様に壓力を除くやう抜き方を調整すること。

鑛石抜きは各方共3人の切羽技術者の監督の下にあつて、彼等は毎日切羽を順廻し、鑛夫頭及漏斗抜きに毎方鑛石抜きの命令を發するのである。鑛石抜きは漏斗發破係と漏斗口係の二人一組となつてやる。發破係は漏斗口から鑛石を抜き「グリズリー」上に落し漏斗口係は「グリズリー」坑道上の鑛石を「グリズリー」から下へ落すのである。各一組で通常12~15漏斗口を受持ち、5~8回發破して一方約400噸の鑛石を出す。命ぜられた各漏斗から通常50噸の鑛石を抜く、全切羽の各漏斗から順番に之等の鑛石の量を抜く事になつてゐる。然しこの規定は漏斗口に表土が表はれたり、修繕が必要となつたり、留木に荷がかかつてきたりしたときには適宜變へるのである。

鑛石品位が採算の合はない程度に低下する迄は各漏斗口から鑛石抜きを続ける。通常之は豫定鑛量の100%抜いてしまふ迄には至らない。1930年迄に完全に抜き終つた切羽區域數13の噸數、品位及銅採集等は次に示す通りである。Maclennan氏の論文によると1925年10月から

Extraction tonnage and grade

	Expectancy		Mine		Percentage extraction		
	Tons	Copper percent	Tons	Copper percent	Tonnage percent	Grade percent	Copper percent
Total of 13 stopes	11,038,070	1.0260	12,710,378	0.9124	115.15	88.93	102.40
Best original stopes	998,016	1.0388	1,210,424	1.0091	121.28	97.14	117.81
Best pillar stope	319,560	1.0640	387,827	.9348	121.36	87.36	106.63
Poorest original stope	1,071,635	.8701	1,053,153	.7786	98.28	89.48	87.94
Poorest pillar stope	1,098,313	1.1067	1,025,032	.8965	93.33	81.28	75.86

1929年9月迄の4ヶ年間に16,556,296噸出鑛して噸當り採掘費は\$0.13628で開孔費は\$0.10000合計\$0.23628であつた。

運搬、捲揚、通氣、技術者、試料採取、地表、坑内變災等の諸經費を加へて全直接經費が噸當り\$0.39937である。

この表によると、運搬坑道、運鑛掘上、「グリズリー」坑道、分岐掘上、境界坑道及掘上等の掘進、運搬坑道の漏斗口、「グリズリー」「グリズリー」漏斗の設備、分岐掘上及透し掘坑道の掘進、透し掘坑道の探掘境界坑道及境界掘上の穿孔發破等の全開孔費が噸當り\$0.10になつてゐる。之等は鑛石抜き始め迄の準備作業全部である。鑛石抜き及坑道掘上、漏斗口、四つ枠等の維持費等全部の經費が\$0.13628である。表によると「グリズリー」坑道の上\$0.13628である。表によると「グリズリー」坑道の上漏斗設備迄の開孔のため出た鑛石噸當りの經費は\$0.0905であつた。次に分岐掘上掘進及透し掘坑道上の全部作業から出る鑛石噸當り經費は\$0.299であつた。合計噸當り\$0.1204(1928~1928を含む)

Humboldt Mine, Morenci, Ariz.

Humboldt 鑛山の Block-caving は Mosier 及 Sherman の兩氏が記述してゐる。

Morenci の母岩は「石英モンゾニ斑岩」及成層岩、一石灰岩、頁岩及珪岩である。之等の岩石は一般に變質作用をうけてゐる。Humboldt 鑛山の鑛體は斑岩地帯にある。不規則な裂隙が三方向に生じてゐるが、この破碎面は石英及黄鐵鑛で充填されてゐるのである。この弱化した面は2~18吋離れてゐるのである。

鑛體は原則として斑岩の中に一つの塊状をなし、最長2000呎最大幅600呎の交叉した二つの斷層面に沿ふてゐる。深さは約1000呎である。母岩である斑岩の多くは最小0.4%の銅を含有する。之は一般に物理的には鑛石よりも強く、陶土及絹雲母は少い。1929年中に採掘した鑛石の品位は1.90%の銅を有し、この中の0.2%は沈澱銅である。

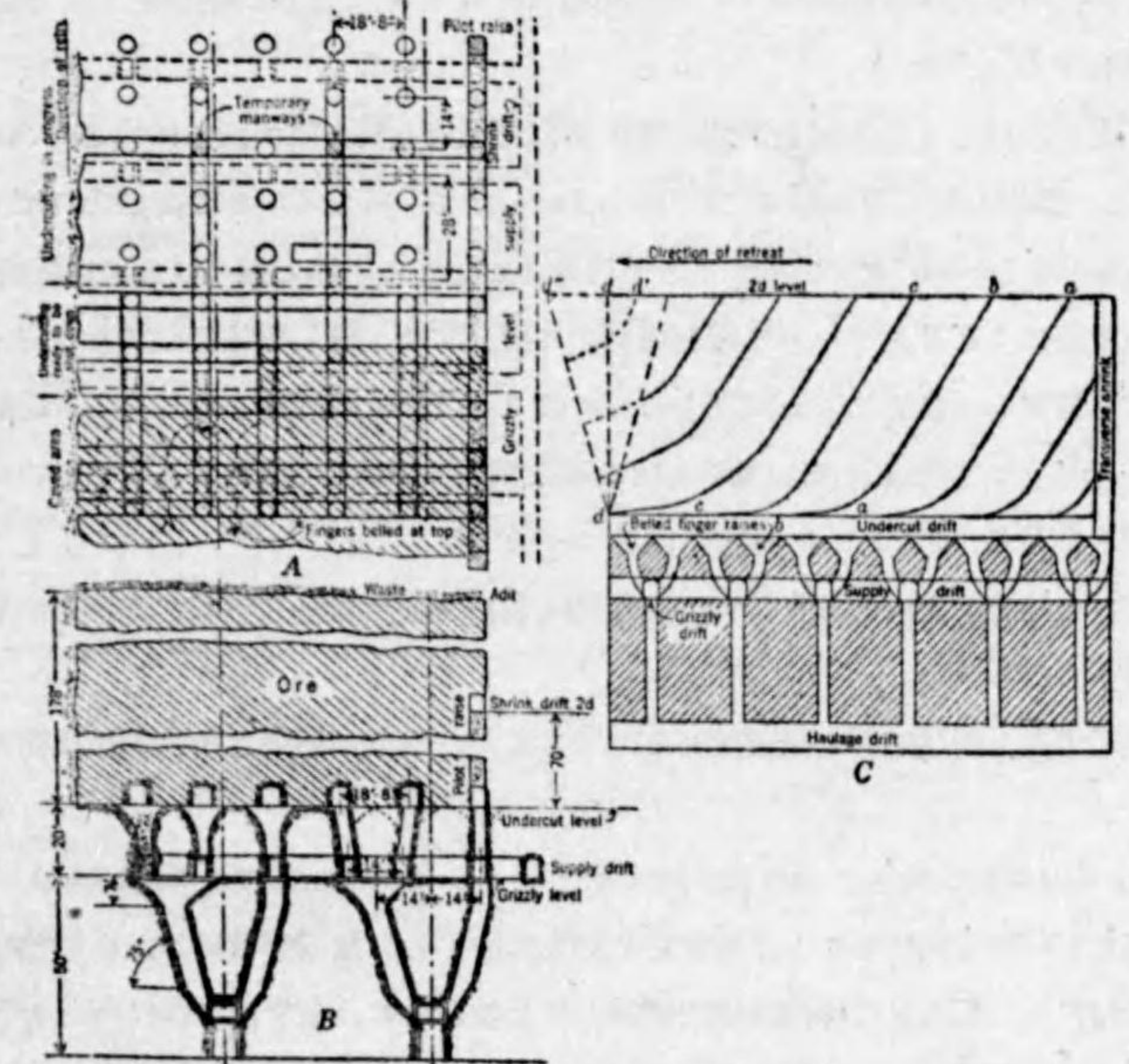


Fig. 60.—Standard block-caving system, Humboldt mine, Morenci, Ariz.: A, Plan of undercutting level and grizzly level (dash lines); B, vertical cross section; C, Typical section showing progressive stages of caving.

鑛石は西南地方の他の多くの斑岩山のものよりも硬いのであるが、caving は多數の斷層の鑛體を横切る目、總ての方向にある鑛石の裂れ目及鑛石の變化等によつて崩落するのである。

第 60 圖は Humboldt 鑛山の block caving を示す。この方法では透し坑道は「グリズリー」坑道上 20 呎の所にあり、後者は 50 呎下の運搬坑道と分岐掘上と連結してゐる。

鑛盤を其走向に沿うて長く、幅 112 呎の切羽に分割する。採掘は切羽の一端から進めるので、崩落した表土が採掘完了した切羽に沈下し終つて後之に隣つた切羽の採掘作業を実施することが出来るのである。各切羽からの鑛石は切羽に平行な 56 呎間隔の 2 本の運搬坑道によつて出す。「シュート」掘上は運搬坑道に沿ひ 28 呎の間隔で「グリズリー」坑道迄掘進する。「グリズリー」坑道は運搬坑道と直角に切羽を横切つて掘進する。之等の坑道も 28 呎間隔にし運搬坑道からの掘上と直接連結するのである。

「グリズリー」は 14 呎間隔に設ける。然しこの記録を書く時は對稱の位置でなく、枝掘上に合ふ様に適宜の位置にあつた。「グリズリー」は中心間隔が 14 呎の 2 個一對を設置する。2 つの小分岐掘上が各「グリズリー」と連結し、坑道の兩側に 4×6 呎の加背で上るのである。

透し坑道に於ては枝掘上は縦間隔 14 呎横間隔 18 呎 8 吋で頂上を圓錐形にし、圓錐の縁が互に相會する様にする。

必要な枝掘上を掘進して後區域を取囲む境界全部を母岩と切り離すために幅 6 呎の shrinkage 切羽を上る。軟弱な所では一般にこの shrinkage は 35 呎上る。この高さ上れば先導掘上(第 60 圖) 間の中間 50~60 呎を引離すことが出来るのである。透し掘の始めには坑道 1, 2 本を區域の長さの方向に「グリズリー」の線を横切つて掘進する。透し掘坑道の加背は 4×6 呎で枝掘上の頂上と連絡する。之等坑道と坑道との間には 10×14 呎の鑛柱を形づくる。之等坑道の天井には「ストーパー」で深さ 6 呎、間隔 4 呎の孔を扇狀に穿孔し、之等の孔には鑛柱に穿孔した孔と同時發破をかける。通常 2, 3 鑛柱を同時に發破する。

150 呎の高さを採掘すると開坑作業に必要な分も含めて實際に穿孔發破する鑛石の量は出鑛全量の 10% 以下である。

透し掘が完了すると崩落鑛石を抜き始めるのであるが、自由に崩落し始める迄は徐々にぬくのである。

1928 年には平均切羽の高さは 164 呎であつたが、下の切羽の地並では切羽の高さが 270 呎に増加した。高さ 250 呎増化することは採掘費を非常に少くし、鑛石が破碎した後選鑛場に達する迄の時間が増加する。重力又は浮游選鑛で選鑛してゐるときには抜き出す迄に時間を経過することは早く酸化する様な鑛石には不利となるのである。

鑛石を抜く割合と云ふものは鑛石が崩落する割合によるものであつて、餘り急に抜くと崩落した破碎鑛と未だ崩落しない鑛石との間に出来る空間が大きくなり過ぎて、鑛石が大塊に成り易いのである。之に反し徐々に抜くと破碎鑛が崩落すべき天井を支へてゐる崩落が後れることになる。

若し“pipe”が出来て表土が抜き所に出てくるとこの枝掘上は止めて、この掘上の周圍の掘上を抜き“pipe”を破壊するのである。

抜き始めの間は後退してくる角度を 60° にし、後には 50° 以下にする。第 60 圖 C は崩落沈下が段々進む状態を示す。之は崩落してゆく面に直角の方向から見た所である。

運搬、捲揚、通氣、衛生試料、分析及一般經費を除き 120,000 噸の鑛石を有する區域を caving するための準備作業の經費推定は次の通りである。

Estimated cost of preparatory work for block of 120,000 tons, Humboldt mine.

	Cost per ton of ore					
	Labor	Drills and tools	Explosives	Timber	Other supplies	Total
Supply drifts	\$ 0.0046	\$ 0.00015	\$ 0.0012	\$ 0.0024	\$ 0.0006	\$ 0.0103
Grizzly drifts	0.0108	0.0045	0.0035	0.0053	0.0003	0.0244
Grizzlies	0.0138	0.0039	0.0014	0.0210	0.0005	0.0406
Fingers	0.0071	0.0095	0.0061	—	0.0008	0.0235
Pilot raises	0.0021	0.0009	0.0009	0.0005	0.0001	0.0045
Shrink drifts	0.0034	0.0018	0.0014	—	0.0001	0.0067
Subtotal	0.0418	0.0221	0.0145	0.0292	0.0024	0.1100
Shrinkage stopes	0.0075	0.0091	0.0060	—	0.0012	0.0238
Undercutting	0.0233	0.0220	0.0183	—	0.0010	0.0646
Subtotal	0.0308	0.0311	0.0243	—	0.0022	0.0884
Total above grizzly level	0.0726	0.0532	0.0388	0.0292	0.0046	0.1984

1928 年の直接採掘費は次の通りである。

Direct stoping cost, Humboldt mine, 1928, 1,548,258 tons mined

	Cost per ton mined					
	Labor	Supervision	Compressed air, drills and steel	Explosives	Timber	Total
Stope preparation:	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Drifts; driving timbering and tracks	0.014	—	—	0.004	0.006	0.024
Raises and grizzly	0.015	—	—	0.005	0.015	0.035
Breaking ground and chute tapping	0.074	—	—	0.034	—	0.108
Stope repairs	0.011	—	—	—	0.010	0.021
Undistributed	—	0.040	0.045	—	—	0.085
Total direct stoping	0.114	0.040	0.045	0.043	0.031	0.273

若し運搬坑道開坑、主要掘上、漏斗口を含めると合計噸當り \$0.356 となる。

1928 年に一人一方當り、62.76 噸出鑛してゐる。(之れには境界の shrinkage 掘上の工數、透

し掘、掘上、漏斗口及切羽修繕等の工数も含む、只開坑に要した工数は除く。爆薬の消費は鑛石噸當り 0.19 lb, 坑木は鑛石噸當り 0.25 呎である。

Crestmore Mine, Crestmore, Calif.

Crestmore 鑛山の block caving に関する次の記述は西部銅採掘に實際に用ひられ硬質塊状結晶質岩の採掘に成功してゐる様な caving 法に附言したものである。以前には斯様な性質の山には block caving は不適當であると考へられてゐたのである。

鑛山は厚さ約 270 呎傾斜 45°~55 度の石灰岩より成る Stanley bed の中にあり、最初見たときは石灰岩は塊状の様であつたが、露天掘作業中少し水の層が横切り、多少断層があり、破碎してゐることが判明した。即ち硬くて碎け易いのである。鑛床は水をふくむので、切羽開坑が始まる前に採掘地並から 96 呎下の仕事所から排水してゐるのである。

坑内掘は露天掘の下で行つてゐる。

cave すべき最初の區域の運搬坑道は「グリズリー」坑道の下 40 呎の所に設け、50 呎間隔に掘進する。而して 25 呎間隔に漏斗口を設ける。「グリズリー」坑道は運搬坑道へ直角にし、25 呎間隔に掘進し、25 呎おきに抜き所を設ける。透し掘をやる所は「グリズリー」坑道の踏前から 15 呎上方である。

採掘區域は 200×200 呎で其の最初の高さは 100 呎である。區域は shrinkage stope に依つて切り難す。透し掘りは「グリズリー」坑道に斜に坑道と鑛柱を並列させてやる。鑛柱は一対の「グリズリー」坑道の間にあつて鑛柱を發破して透し掘を完成するのである。

運搬坑道から上る掘上は「グリズリー」坑道の兩側に設ける。抜き所は「グリズリー」の上で約 10 呎水平に掘進し、次に斜に掘上を上り透し掘のところへ抜く。

透し掘後鑛石はうまく cave するが、大部分は比較的大きく破碎する。鑛石の三分の一は小割して「グリズリー」に入れなければならない。大塊は穿孔發破するのであるが、爆力の小さい火薬を用ひる。

次の表は 1,258,379 噸の岩石を開坑するに要した坑道、掘上、留付の経費と、1,775,695 噸の鑛石を採掘する間の境界切り取り、透し掘、掘上、抜き下げ等の経費を示したものである。

Cost per ton of development and active mining

Cost per ton	Labor	Timber	Explosives	Power and miscellaneous	Total
Development	\$ 0.0374	\$ 0.0062	\$ 0.0165	\$ 0.0044	\$ 0.0647
Active mining	0.0706	0.0051	0.0400	0.0110	0.126

この採掘法による 1931 年の生産費は次の通りである。

Production costs per ton hoisted

	Labor	Timber	Explosives	Power and miscellaneous	Total
Drawing	\$ 0.0639	\$ 0.0081	\$ 0.0269	\$ 0.0054	\$ 0.1343
Haulage and hoisting	0.0392	0.0002	0.0004	0.0060	0.0458
General underground expense	0.0254	0.0004	—	0.0092	0.0350
General mine expense	0.0176	—	—	0.0023	0.0199
Total	0.1761	0.0087	0.0273	0.0229	0.2350
Hanging wall rock	—	—	—	—	0.0132
Total					0.2482

この表の坑内経費には監督、照明、人の昇降更衣通氣、鍛冶場、排水等の経費をも含み、事務所、倉庫技術者、設計者の見張小屋及一般監督小屋等も坑内作業に直接属するのである。

次の表はこの作業の初期の頃を過ぎてもつと普通状態に近づいた時の生産費を示すものである。

Summary of costs, in units of labor and supplies.

Year	Tons per man shift		Explosives per ton, pound	Lumber per ton, board foot	Power, K. W. H. per ton
	Mining	All employeegs			
1932	17.3391	15.8970	0.5187	0.7509	4.3407

South American Copper Mines

Braden Copper Co, Chile

Braden copper Co. mines, Sewell, Chile の採掘法は Webb 及 Skinner 兩氏によつて發表されてゐる。鑛體は三日月形をなす噴火口の周圍に横はり、凝灰岩と接してゐる。鑛體の上部は地表下 50~100 呎迄は酸化帯にして下部は一次鑛帶 (Primary zone) に接してゐる。噴火口の周圍の安山岩質斑岩は甚だしく碎けてゐて、甚しく碎けた部分の幅は 100~600 m ある。鑛體は黄銅鑛及其他の鑛物が安山岩質斑岩の不規則に破碎した周圍を鑛液が上つて來て中に沈澱して出來たものである。

Sewell で採用してゐる block caving system は前に述べた caving 法とは其細目は可成り異なる、分岐掘上方法 (branch-raise system) は鑛石を主要運搬坑道に運ぶに用ひるが他の鑛山で用ひてゐる「グリズリー」坑道や枝掘上は此處には用ひてゐない。

第 61 圖 1, 2, 3, 及 4 に示す様に留付坑道から透し掘し、崩落した鑛石は運搬坑道に沿ひ交互に設けた漏斗口から 1 噸鑛車で抜く。この一噸車で最大 15 米 (49.2 呎) 手押で運搬掘上系統は第 61 圖 5 に示す通りである。

1932年に採掘した鑛石の85%をこのblock caving法で出しているが、初期の方法よりも改善してゐる。初期の方法ではshrinkage stopeで採掘して鑛柱と切離し、之をcaveさせshrinkageの鑛石と一緒に抜くのである。以前はうまくcaveしうる最大の高さは50米(164呎)位と考へられてゐたが後には100米(328呎)は鑛石の損失なく、法外な品位低下もなくうまくcaveする様になつた。現在では總ての開坑が100米置きにやつてゐる。

透し掘は坑道6米(19.68呎)をとり、第61圖Aに示す様に天井の矢木及漏斗の上6呎の深さに穿孔し、之によりて爆破した鑛石は漏斗から抜き出し、坑道留付の上高さ7呎ばかりの小空洞を残すのである。

この坑道への出入口は之に隣る坑道漏斗から圖の様に作る。最初の發破前に空洞への出入りの道を隣りの坑道から鑛柱の中心迄完成する。この人道は加背1.5×1.5米坑道の中心と8°30'の角度で48°の傾斜で掘進する。而して之と透し掘空洞の中で最後の坑井から掘進した人道と出遇ふ

様にするのである。第二、第三と空洞を穿孔、發破して空洞を廣くし、天井を留木で支へなければならぬ様になつて最後の發破で隣りのcaveに續かせる(第61圖4参照)。

透し掘が完成して後各坑井から300噸の鑛石を抜き、更にcaveする迄空洞においておくのである。之等の坑井は密閉して之に隣れるsliceが透し掘される迄残しておく。斯くすることによつて鑛夫は高い天井をかぶつて仕事することはないのである。最後の透し掘坑道に導く出入口はcarringしてゐるかどうかを見るために役立つのである。透し掘の一組は各透し掘切羽は4人の鑛夫から成り、透し掘坑道米當りの請負で賃金を支拂ふ。

鑛石は抜き方係がやり、各抜き方は最小10個の坑井を受持ち、毎日抜くべき噸数はdraw-

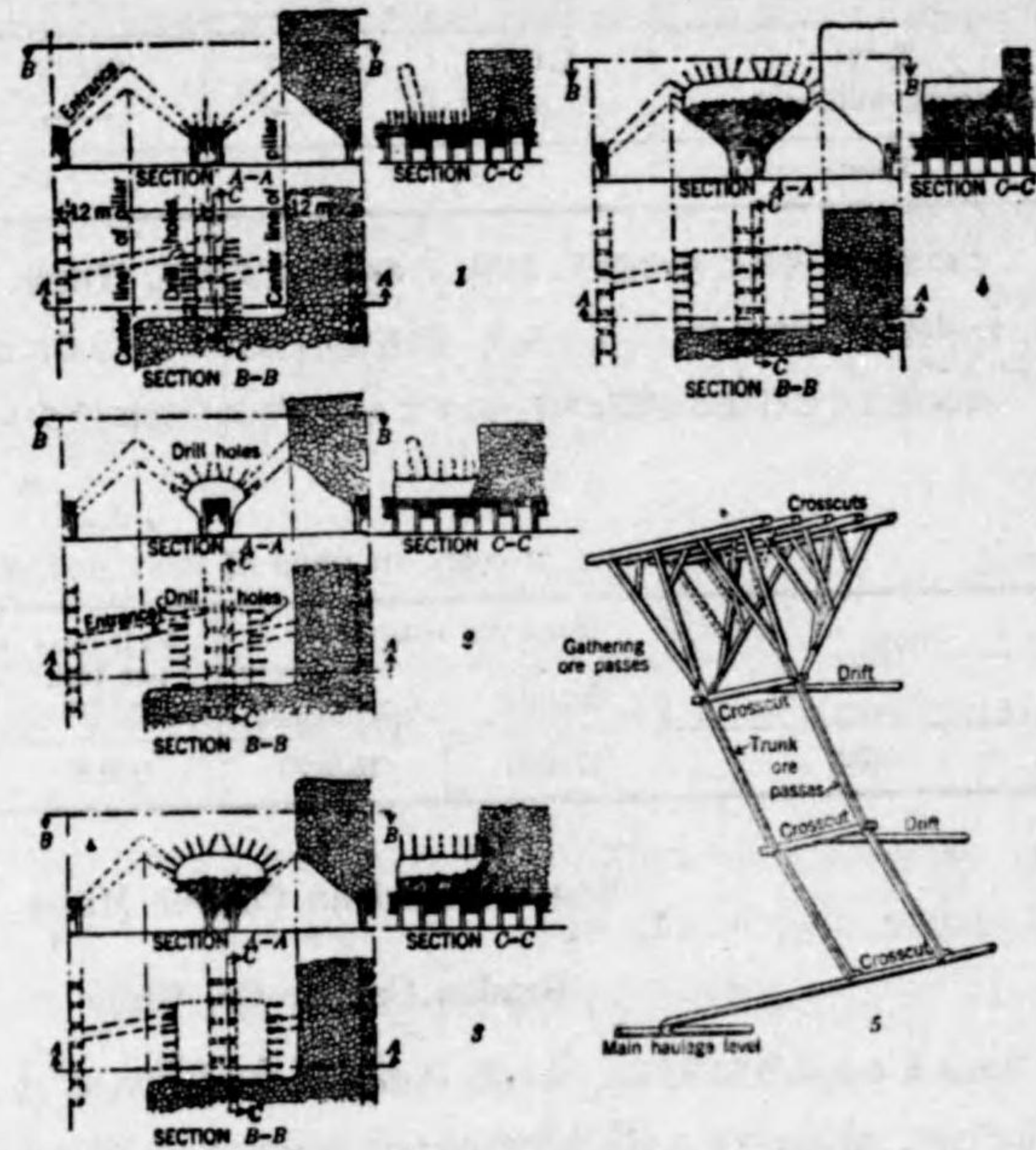


Fig. 61.—Undercut block-caving system, Braden Copper Co., Chile: 1, 2, 3, and 4, Details of undercutting—first, second, third and fourth rounds; 5, ideal transfer raise and orepass system.

engineerが記録し、之の命令によつて各坑井から所定の噸数を抜くのである。一人の抜き方係で平均55噸を8時間一方で抜くのである。「坑井」發破係は「坑井」の中の大塊を發破して抜き方作業を援助する。通常一人の發破係は3.5~4人の抜き方係に使はれるのである。

自動車數計算機はspringsの装置によつて作用し抜き方に用ひる一噸鑛車には「カム」が装置してあるのである。抜き方係は鑛車に一噸積んで之を明けて自動装置が記録するのである。

1928年の直接採掘費は抜き方及手押運搬を含めて次の如くである。

Direct stopping costs per ton of ore delivered, Braden mines, 1928, 5,174,017 ton delivered

	Labor ¹⁾	Compressed air, drills and steel	Explosives	Timber	Other supplies	General expense	Total
Development	\$ 0.0101	\$ 0.0089	\$ 0.0064	\$ 0.0083	\$ 0.0020	\$ 0.0206	\$ 0.0483
Undercutting	0.0777	0.0089	0.0152	0.0415	0.0063	0.0414	0.1910
Hand trammimg	0.0393	—	—	—	0.0027	—	0.0420
Total	0.1271	0.128	0.0448	0.0448	0.0110	0.0620	0.2763

¹⁾ Includes supervision.

Andes Copper Mining Co.

Potrerillosで採用してゐるCaving systemはGreninger氏が詳しく發表してゐる。

鑛體は進入せる斑岩中に見られる。この斑岩は石英閃綠岩質斑岩に屬する。この進入岩の地表に於ける露出面積は北から南に約2km、最大幅1kmある。最も廣い部分は北端で南端の方へ狭くなつてゐる。この斑岩は全部幾分の銅を含有するが進入岩の大部分は低品位で鑛石としての價値はない。進入岩は硅岩、石灰岩、及砂岩等の成層岩を突きぬけ水平と50~60°をなしてゐる。斑岩中の鑛體は一般に同じ傾斜を有してゐる。開發された全鑛量の約35%は酸化鑛で65%は硫化鑛である。幸にして兩者混じてゐる所は少く、酸化鑛から硫化鑛へ截然と變つてゐる。

Churn drillingで採掘した結果によると、或る點では酸化鑛が地表に達し、或處では表土を被つてゐる。一般には鑛體の北部は表土を被らず南部の硫化鑛は100~200m被つてゐる。

冶金技術者の方からゆくと南部の酸化鑛は硫化鑛に直接接してゐないが硫化鑛の採掘が進むにつれてcaveしてくるべき範圍にある。之の酸化鑛の採掘に當つて正規のcaving法を採用した。この上に表土がないので鑛石抜きに於て實際上調節する必要はないのである。第62圖Aは南部硫化鑛體を横切る横断面であつて此處で硫化鑛の採掘が始まり、中間運搬坑道上の仕事を示したものである。この坑道は硫化鑛體の頂上から下約130米の所にある。運搬坑道は鑛體を横切つて33.33米の間隔で設け主要掘上を6.25~9.37米の間隔で設置するのである。

運搬坑道の上12米の所に「グリズリー」坑道を16.66米間隔に下の運搬坑道と平行に設け

る。枝掘上は「グリズリー」坑道に沿ひ 8.33 米間隔に掘進し全区域を 8.33 米間隔に掘上頭を有する様にする (第 62 圖 B) 透し掘坑道は「グリズリー」坑道の上 10 米のところの設け、8.33 米間隔で「グリズリー」坑道と平行に掘進する。

最初に採掘する区域は鑛體を横切り東西 200 米、南北 70 米に擴る この区域は経験により廣過ぎた事が解つた。新しい区域は南北 50 米にした。

各枝掘上即ち鑛石抜き掘上には 4 つの漏斗口を有する枠組があり各漏斗から透し掘坑道迄掘上を掘進するのである。(第 62 圖 B 参照)。

透し掘では短い立入を透し掘坑道から掘進し、作業が始まるのである。之は鑛柱の中に 4.5 米掘進し、3~4 米の孔を之に穿孔し、透し掘は區域に斜めに進めるのである。

運搬坑道は 10×10 吋の Douglas-fir sets で留付し、主要掘上の大部分は 6×12 吋の留木で枠組みをしなければならない。尙又「グリズリー」坑道の上の枝掘上は木杭式に留付しなければならない。「グリズリー」坑道は破壊の危険ある所は石垣積で支柱する。透し掘坑道は一般には留付しない。然し穿孔發破作業の間鑛夫の身を保護するため必要なときは或程度の留付をする。

鑛石抜きは地質部門の指示の下にあり、地質主任の發する命令と、鑛山管理人の承認によつて作業するのである。一區域から抜く鑛石は 2,858,588 噸と計算されてゐる。1928 年 4 月迄に 2,534,600 噸抽出された。一ヶ月約 165,300 噸の鑛石を抜いてゐる。

Summary of Block Caving

1. 適應性

Block caving は低品位の大鑛床を大規模に無選鑛採掘するに適する。而して鑛石の性質が透し掘して區域の周圍を切離したとき cave して漏斗口から抜ける位の大きいさに破碎する様なものであることが必要である。

2. 融通性

Block caving は無選鑛の採掘法であるから鑛體の中に含まれてゐる礫は必然的に鑛石と一

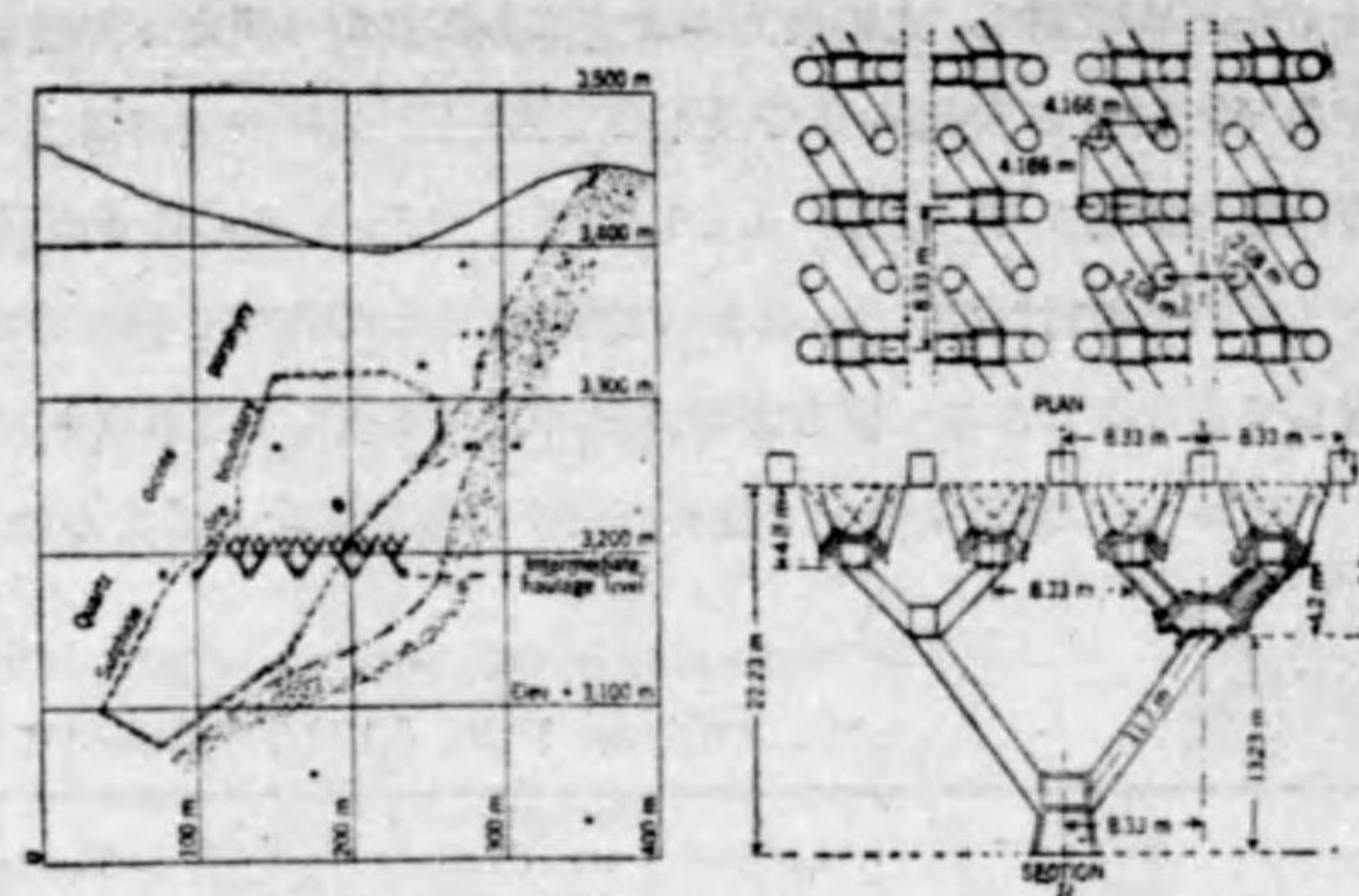


Fig. 62.—Undercut caving, Andes Copper Mining Co., Chile: A, Transverse section, south sulphide ore body; B, Plan and section showing branch-raise system.

緒に抜かれ採掘された鑛石の品位は表土や鑛石と共に抜く程度の調節によつてのみ左右することが出来るのである。

3. 採收率

回収しうる鑛床中の金鑛石の % は状態によつて變化し、品位低下の程度によつて影響する。斯く鑛業として収益がある最低品位が 1.25% 銅であるならばこの限界以下に品位低下は常にあり、何れの區域でも抜き出す鑛量は推定鑛量よりも、常に多くなる。然し、抜いた鑛石の平均品位は常に推定した平均品位よりも低くなる。

鑛床の境界が非常に不規則なる時は不規則な境界に沿ふて cave することが出来ないので、實收率か又は鑛石品位がおちるのである。

Table 18. Preparatory work per ton of ore developed, Block caving

Mine and kind of development	Development per ton of ore			Ore per unit of development, ton
	Linear foot	Square ft	Ton	
Ray:				
Supply drifts	0.00058			¹ 1,723
Grizzly drifts	0.00260			¹ 385
Shrinkage stope			² 0.029	³ 34.5
Under cutting			⁴ 0.012	⁴ 49.8
Total	0.00318		0.049	¹ 314
Miami:				⁴ 20.4
Grizzly-level drifts	0.00131			¹ 736
Grizzly-level raises & chutes				⁵ 13,917
Boundary drifts	0.00436			¹ 229
Boundary corner raises	0.00057			¹ 1,754
Finger raises	0.00575			¹ 174
Under cutting drifts	0.00125			¹ 585
Under cut mining		0.04484		⁶ 22.8
Drilling and blasting boundary drifts	0.00436			¹ 229
" " " corner raises				⁷ 68,439
Total	0.01760	0.04484		¹ 56.8
Humboldt:				
Supply drifts	0.00108			¹ 923
Grizzly drifts	0.00325			¹ 307
Grizzlies				⁸ 8,571
Finger raises	0.00691			¹ 145
Pilot raises	0.00067			¹ 1,500
Shrinkage drifts	0.00133			¹ 750
" stopes		0.075		⁶ 13.3
Under cutting		0.083		⁶ 12.0
Total	0.01324	0.158		⁶ 175.5

1: Per ft. 2: Tons of broken swell drawn only 3: Per ton 4: Per ton of swell.
5: Per set 6: Per square ft. 7: Per raise 8: Per grizzly.

Table 19. Direct stoping costs, block caving

Mine and year	Cost per ton of ore drawn						
	labor & supervision	compressed air drills and steels	Power	Explosives	Timber	Other supplies	Total
Ohio (copper): October 1911 April 1913	\$ 0.5810	\$ 0.0010	\$ 0.0014	\$ 0.0070	\$ 0.0339	\$ 0.0022	\$ 0.2197
Ray 1928: Preparatory excavation stopping drawing ore total	0.0711 0.0940 0.2232 0.153	0.0016 0.0001 0.0027 0.005	0.0050 0.0001 0.0005	0.0247 0.0190 0.0507 0.017	0.0082 0.0129 0.0550 0.031	0.0059 0.0006 0.0087 0.002	0.1165 0.1297 0.3468 0.2308
Inspiration, 1928 Miami Oct. 1, 1925 to sept. 30, 1929: Preparatory excavation above grizzly level drawing, maintenance of extraction drifts, grizzlies & raises total							0.0299
Humboldt, 1928: slope preparation breaking and drawing undistributed total	0.029 0.085 0.040			0.009 0.034	0.021 0.010		0.1363
Braden, 1928: development undercutting hand tramping undistributed total	0.0101 0.0777 0.0333	0.0039 0.0089		0.0064 0.0152	0.0033 0.0415	0.0020 0.0063 0.0027	0.0257 0.1436 0.0420 0.0620 0.2733
	0.1271	0.0128		0.0216	0.0448	0.0110	0.2733

(1) Undercut and caved on sublevels 30 feet apart vertically; caving to finger raises.

(2) Inclined development and equipment.

(3) Cut-off and undercutting by shrinkage stopes; caving to grizzly raises.

(4) Undercut by drifts and crosscuts or by connecting tops of finger raises; caving to finger raises.

(5) Boundary cut-off drifts and corner raises; individual blocks or stoper 150 feet square; undercutting by drifts and crosscuts; caving to finger raises.

(6) Per tial cut-off by boundary shrinkage stopes; under cutting by checker board system of drifts and crosscuts; caving to belledont finger raises.

(7) Under cut by widening blasts over a series of Parallel timbered drifts; ore drawn through chutes into cars in these drifts.

Ray に於ては 40,000,000 噸以上抜いて品位が 10% 低下するとみてゐる。

Inspiration では推定鑛量の 110% を實收し推定含有金屬量の 85% 以上回收してゐる。

Miami では 13 ケ所の完成した切羽の作業の結果推定したよりも銅 2.4% 多く回收した。然し抜いた岩石は推定量よりも多いこと 15.15% であつた。

抜いた全鑛石の平均品位は計算品位の 88.83% となつてゐる。

4. 開坑

前以ての開坑及切羽の準備は抜き方を始める前に相當量必要となるのである。更にその上運搬坑道の開坑、及其他の準備作業は次の如きものである。運鑛掘上、分岐掘上、枝掘上、「グリズリー」坑道の開鑿、「グリズリー」設備、切羽か坑道及掘上かどちらかでやる境界の切離し、鑛石抜き所、透し掘坑道等である。

之等の作業は完成するに可成りの時日を要し、この間に要する經費はねてゐるのである。第 18 表は主要坑道開鑿を除いた全準備作業の 3 鑛山での噸當り經費を示す。

Table 20. Man hour per ton stoping and drawing, undercut block caving

Mine and year	Man hour per ton		tons per man-shift	
	Stoping & drawing only	Total underground	Stoping & drawing only	Total underground
Ohio October 1911	0.1270	0.469	63.0	17.0
Ray:				
1927	0.0787	0.748	101.6	10.7
1928	0.0692	0.661	115.6	12.1
Miami Oct. 1, 1925 to sept. 30 1929	(?)	0.296		27.0
Humboldt, 1928	0.1280	(?)	62.8	
Braden				
1927	(?)	0.606		13.2
1928	(?)	0.656		12.2

Table 21. Consumption of explosives and timber block caving.

Mine and year	Consumption of explosives pound per ton of ore ⁽¹⁾	Consumption of timber board feet per ton of ore ⁽¹⁾
Ray		
1927	0.2523	1.79
1928	0.3193	1.88
Miami Oct. 1, 1925 to Sept. 30 1929	0.2225	1.04
Humboldt 1928	0.1900	0.25
Braden 1927	0.1160	1.08

(1) Total underground.

5. 費用

探掘費は低く、屢々露天掘と比較されるのである。

経費が低いと云ふことは鑛石の大部分は穿孔發破による代りに caving により破碎されることによるのであつて、鑛石は常に透し掘坑道と運搬坑道との間を重力によつて運搬し、一人當り出鑛が多く坑木の必要が少く、尙當り火薬使用量が少く、作業が大規模にやることが出来る。19, 20, 21 各表は block caving に對する種々の項目経費を示す。

Sub-level caving.

Sub-level caving は 20~30 呎の厚さの slice に分けて、下方の鑛石を取除く間上方はアーチ型をなして持ちこたへ、大塊となつて崩壊する様な被覆を持つた場合で鑛石が低品位又は中品位の中軟鑛である様な大規模又は中規模の鑛體の探掘に用ひられる。Schaus 氏は Gogebie Range で實施され上手く行つた Sub-level caving の條件を總括して、次の様にのべてゐる。

即ち本探掘法を適用しうる決定的條件は

- 不規則に傾斜したり、走向の彎曲變化した鑛體にして top slicing をなし得ないもの。
- 細く破碎するがよく耐え、自然崩落しない中軟鑛。
- 硬い被覆岩にして、粉でなく中塊として崩壊し且容易に處分出来るもの。

Sublevel caving は block caving よりも、小規模の鑛床に應用出来、又大鑛體にも應用出来る。且破碎した鑛石がつかまつたり、粘着したりする傾向のある爲に block caving が應用出来ぬ所に用ひ得る。又、探掘跡が一時的にもちこたへる傾向にあるため、top slicing では面倒が多い様な場合に用ひられる。

Sublevel caving の實例

Eureka-Asteroid Mine, Michigan.

この鑛層は下磐たる硅岩を覆ひ、又硅質粘板岩により覆はれる chest 及び硅質粘板岩の水平互層からなる。鑛層の傾斜は 55°~75° にして、地層に對して normal dip (正傾斜) をなし閃綠岩岩脈によつて切斷されてゐる。

主要鑛體は下磐を切斷され、或は岩脈を伴ふ不透水性粘板岩帯によつて形成され、trough (箕狀體) をなして生ずる。Eureka 鑛山では斷層が多く、地層は 100 呎或は時に 600 呎變移してゐる。(第 63 圖 A 参照)。

鑛石は軟質の赤鐵鑛であるから、空所は總て坑木支柱を要する。下磐の上面にある軟く、且赤い粘板岩帯は容易く剝脱し易い。上磐は通例 cherty iron formation にして鑛石と上磐の接觸は極めて不規則である。鑛體の產出状態に二つある。

その一つは岩脈及下磐の交叉部における三角形を成す鑛塊(断面にして)にして、他は下磐際に存する幅 5~20 呎の狭い平盤狀鑛床よりなる。

運搬坑道は 200 呎間隔に設け sub-level は垂直距離 18~25 呎に設ける。掘上は運搬坑道から鑛體の上部迄上げる。その間隔は 200 呎(狭い鑛體)から 50~100 呎(廣い鑛體)に變化する。掘上りは二間 (two compartments) を有し、一は人道とし他は漏斗として用ふる。廣い鑛體の場合、掘上りが 50 呎間隔の時は分岐掘上 (branch raise) を其の掘上りの中間に上げる。5~50 呎幅の鑛體は縱斷坑道の Sublevel によつて開坑される。又更に廣い鑛體の場合は 25 呎間隔に設けた cross cut 或ひは slice drift により、又は掘上り上部の連絡坑道により、開孔される。

狭い鑛體の場合は caving は掘上りの中間から始まる。若し鑛體の幅が坑道よりも廣くない時は冠の矢木 (lagging) を二つの留の間で取拂ひ、天磐に 6 呎穿孔し、發破を行ひ、坑夫は破碎鑛石を足場として次を採掘する。之は坑道と並行して進むのである。第二次の探掘に發破をかける前に 3 本乃至 4 本の細丸太 (pole) を以て早期に崩壊せぬ様に天磐を押さへる。第二次の探掘がその上部の崩壊した sub-level に達すると、二つの切羽から出る鑛石を漏斗に掻き落す。

鑛石が坑道よりも僅かに幅が廣い場合には (普通は坑道は下磐側に掘るが) caving は上磐側から始まる。即ち上磐側の二つの長い採掘面を發破し、その後下磐側の二つを發破する。何れも發破後漏斗に掻き落される。坑道の天磐より上の鑛石は荷がかゝつて普通一發破で崩落する。探掘跡は堰矢 (side lagging) をした支柱によつて支へられる。

10 頁第 10 圖は幅の廣い鑛體の Sub-level 開坑法の圖解である。第 63 圖 B は caving 後退法を示す。掘上りから上磐への立入を先づ掘り、掘上りの 8 呎以内の所迄崩壊後退する。scraper hoist は掘上り及下磐迄採掘した crosscut の側に移動される。之は同様な方法で cave back される。且、8 呎の掘残し (stub) 及、連絡する坑道上の鑛石の天磐が崩落し、掻出せるだけ hoist を移動する。其後坑夫は次の掘上りに移り slicing 及 caving back を続ける。開坑は常に採掘に先だつて行はれてゐる故、下の sub level の坑夫は上磐側立入を caving し一方上の sub level の坑夫は下磐側立入を拂ふことが出来る。坑夫の賃金は slice drift 1 呎當り 2.5~3 弗であり、又 caving に對しては 60 立方呎鑛車一臺當り、60~90 「セント」を獲る(1929年) Auger の鋼製、手持鑿岩機が掘鑿に用ひられ鑛石を掻き落すには 15 馬力電氣 hoist によつて運轉される箱型 scraper を用ふる。然し例外として、掻き落し距離が 100 呎を超える場合には 25 馬力 hoist を用ふる。

1928 年中の直接探掘費平均は次の通り。

Direct stoping costs, Eureka-Asteroid mine, 1929

	Cost per long ton (2,240 pounds) of ore						
	Labor	Supervision	Compressed air, drills and steel	Explosives	Timber	Other supplies	Total
Stoping	\$ 0.246	\$ 0.014	\$ 0.067	\$ 0.069	\$ —	\$ 0.002	\$ 0.398
Timbering	.193	.011	.001	—	.068	.006	.279
Total	.439	.025	.068	.069	.068	.008	.677

1929 年中、採掘に於ける稼働状態は次の如くである。

	Man-hour per ton	Long tons per man shift
Breaking (drilling and blasting)	.194	41.23
Mucking (Scraping)	.179	44.69
Timbering	.088	210.49
other stope labor	.189	57.55
Total stoping labor	.550	14.54

採掘に於ける爆薬消費量は鑛石噸當り 40% 「ゼラチンダイナマイト」 0.382 封度であり、支柱の消費量は 3.35 feet per ton, (丸太は board feet に換算)。

Montreal Mine, Wisconsin

第 64 圖は種々の鑛層と鑛體の産出状態を示してゐる理想的切斷面である。概して鑛體の外部は明瞭である。進入岩脈は下層と共に東方に約 20 度傾斜する種々の形をなしてゐる。この岩脈は極めて規則的で且堅緻である。横断々層が地層を切斷し且常に鑛體の近くに存在する鑛體には二つの形式がある。

- (1) 重要鑛體にして傾斜せる種々に不規則に入れるもの。
- (2) 西方に普通 80° 傾斜する圓錐狀鑛體 (chimely body)

總ての鑛體は外部は極めて不規則である。鑛石は軟く、普通 auger steel で掘鑿出来る。但し、硬い青色の筋状をなす鑛石は mount した hammer drill を必要とする。鑛石は自然崩落はしないがすぐに崩壊する。鑛石を取巻く岩脈は軟い leached な物質が帯状に散在する。極めて硬い變質をうけない chert の band (帶狀體) から成る。この軟い物質は地層に平行な弱い平面をなしてゐる。横断節理面が約 12 時間隔で地層を直角に切つてゐる。

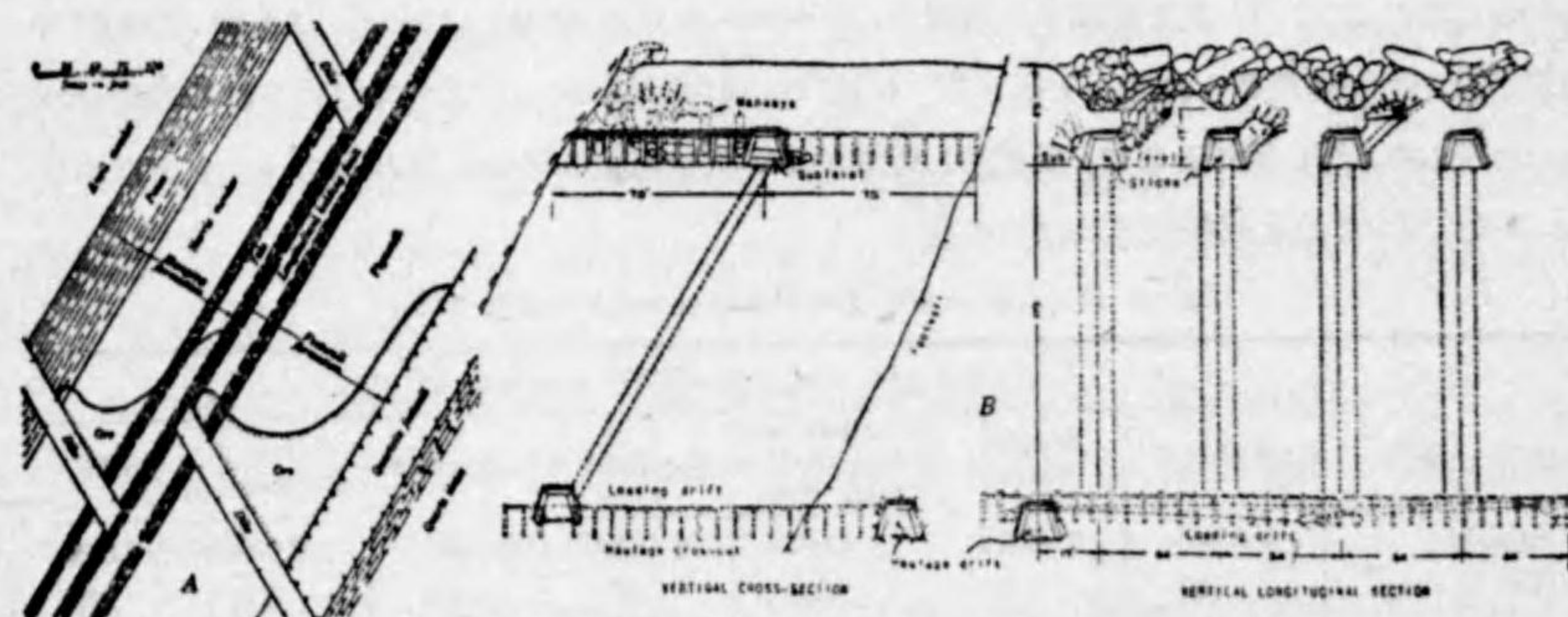


Fig 64.—Sublevel caving. Montreal mine, Wisconsin; A, Ideal cross section of formation; B, Method of developing, slicing, and caving.

鑛山の下底の坑道は傾斜面上で測つて 165 呎間隔である。廣い鑛體は下層運搬坑道を以て開坑される。之から cross cut が鑛體を横斷して切れその間隔は 30 呎である。又第 64 圖 B に示す様にこの cross cut から積込坑道 (loading drift) が掘進される。又この loading drift から二つの掘上りを 34 呎の中心距離をおいて冠に切上る。之等は上から 17 呎下部で支柱を施した坑道で連絡される。斯様にして鑛體の採掘準備を終る。slice drift を下層及上層に向つて作る。側面及冠の鑛柱は後退しつゝ崩す (cave back)。

第 64 圖は之を示す。Sublevel crosscut の片側の崩落部は大きく、他の側では小さい。大きな stopes (崩落切材) は次の様にして、上方の hog back を取拂ふ。

Side lagging (堰矢) を二つの留の間で拂ひ、且少量のすかし發破をかける。この際留の頂上の周の殘柱を傷めぬ様に注意する。次に崩壊鑛石は取除かれ、冠は適當な高さになる迄崩壊の危険なく採掘出来る丈大きく拂はれる。12 呎の高さで "dog hole" といふものを後退する方向から切羽面に掘る。之は最後の掘鑿まで入口及出口の役をする。この掘鑿によつて hog back に空隙を開くのである。(第 64 圖参照)

鑛石が掘出され、且切羽面が崩壊の間大塊の中の隙間で鑛石を掃り落す爲に發破を続ける。

破碎鑛石が sub level 地並に轉落すると 15 馬力で索引する 42 吋鉄型「スクレーパー」に依り掘上りまで掻き寄せられる。

1928 年中の直接採掘費は次の如くである。

Direct stoping cost, Montreal mine, 1928

	Cost per long ton (2,240 pounds) of ore						Total
	Labor	Supervision	Air drills, and steel	Explosives	Timber	Other supplies	
Stoping	\$ 0.224	\$ 0.035	\$ 0.020	\$ 0.061	\$ —	\$ 0.020	\$ 0.360
Timbering ¹⁾	.144	—		.007	.060	.008	.224
Total	.373	.035	.020	.068	1.060	.028	.584

註 1. 支柱を總て含む

1928 年中採掘における labor の實際内譯は次の通りである。

Occupation	Man-hour long ton	Long tons per man-shift
Breaking (drilling blasting)	0.176	45.45
Timbering	.074	108.08
Mucking (Scraping)	.102	78.43
Supervision	.045	177.76
Total	.397	0.15

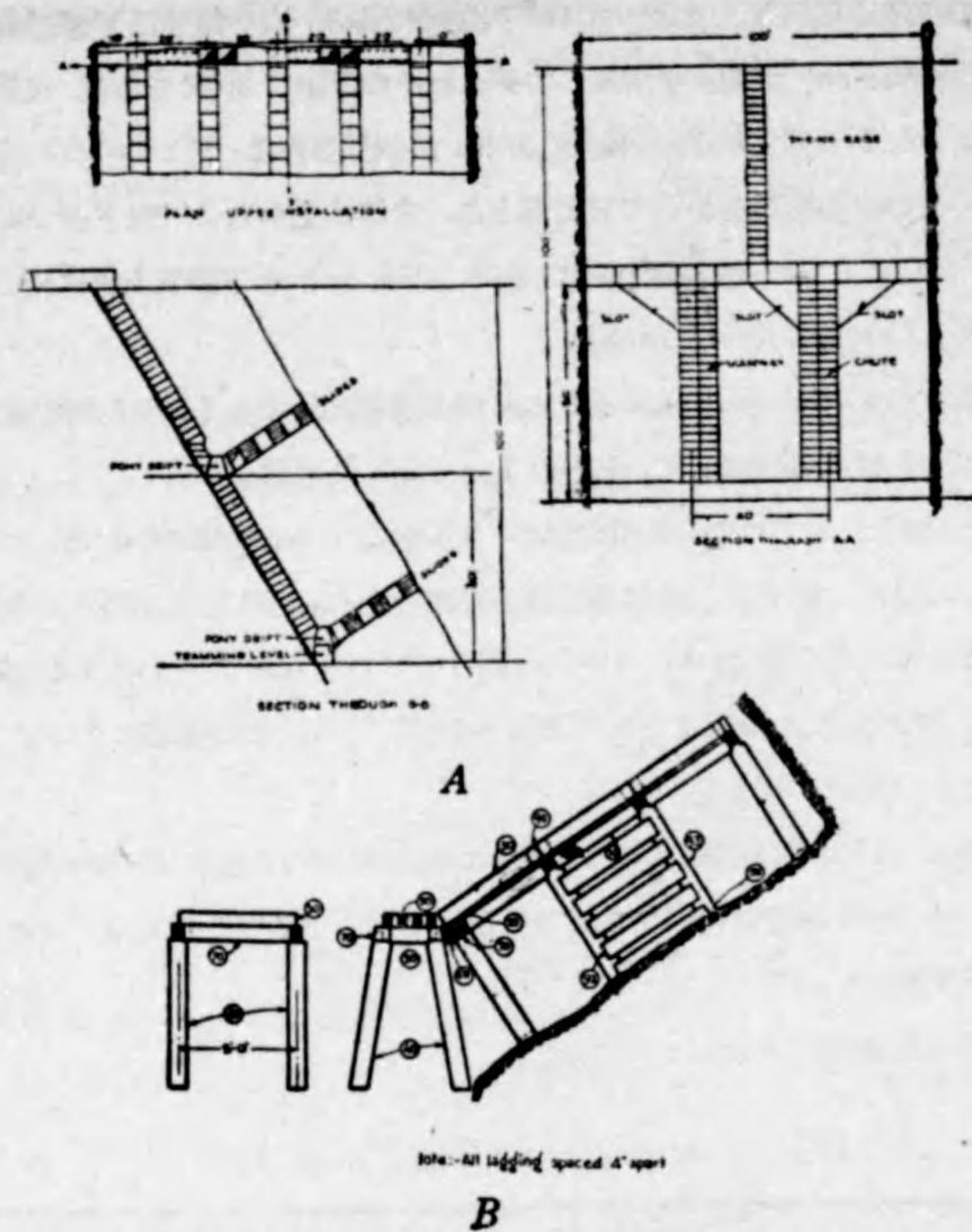


Fig. 65.—Morenci slide system, Old Dominion mine, Arizona: A, Typical caving stope; B, Timbering of pony drift and slide.

探掘における爆薬消費量は鑛石噸當り 35% 「アンモニヤ、ゼラチン」 0.345 封度である。又支柱の消費は探掘開坑保存を含めて噸當り 2.76 broad feet である。(丸太は broad feet に換算)

Old Dominion Mine, Globe, Ariz.

Old Dominion 鑛山では Caving method は低品位鑛石の鑛體及大鑛體何れの探掘にも用ひられた。比較的小規模の鑛體に用ひられる通り、この方法は實質的には sublevel caving system であり、通例の方法の slice drift に代つて inclined drift があり、sublevel の間隔は大である。

斯様にして slice から漏斗まで破碎及崩落鑛石を掻き寄せる爲に Scraper を必要とせず、鑛石は重力によつて落下する。この方法は第 65 圖に示され、之では鑛石流し (slides) は通例の sublevel caving 法の slice に相當するものである。

Old Dominion の鑛脈は 2~60 呎の幅であり、傾斜は 45°~90° 平均 60° である。鑛體は鑛

脈中に局部的に富鑛體として生じ西方に向ひ、扁平状をなし、緩傾斜してゐる。富鑛體の形及深さは廣く變化しており、坑内の各部毎に異なる探掘上の問題を提供してゐる。或る個所では地質は支柱なしに保てるが他の個所では非常に壓してくる。Morenci slide method が Old Dominion 鑛脈の比較的小鑛體の探掘に用ひられて來た。一般的方法是坑道間の 100 呎間隔を上下二區に分つ。支柱を施した小坑道 (pony drift) を下盤に沿つて掘鑿する。運搬坑道では pony drift は下盤の開坑道のすぐ上になつてゐる。最初に探掘する上區の鑛石を落すために、下方の pony drift から中段坑道まで鑛石落しの掘上りを中心距離 40 呎毎に掘る。Pony drift から支柱をした鑛石流し (slide) を中心距離 20 呎に上盤に向ひ水平から 36° の傾斜を作る。次に shrinkage 探掘法が區分の上方向つて下盤から行はれる。それが終了すると鑛石の殘部を下「スカシ」して拂ふ。

下「スカシ」の最初の作業は抜き口を掘ることである。この抜き口は鑛石抜き部の incline から始まり、約 9 呎間隔 45° の角度で上方に向つて延び支柱をしない掘上りである。之等の掘上りは Incline 或は slide の交りから上つた同様の掘上りと相合して頂點 (apex) をなす。二つの掘上りの間の apex の下方は slide に於ける支柱の最上部よりも高くなつてゐるから、この様にして作られた鑛柱はその上方に存する破碎鑛石の重量の一部を受けるにすぎない。すぐ上部約 4 呎位を incline の延長に沿つて切拂ふ。鑛石抜き制御機 (controls) が支柱の各組の兩側に設けられる。

次の段階は抜き口の天盤の周りを發破する。次に抜き口の間の鑛柱を穿孔し發破する。抜き口の上盤側から掘上りを垂直に掘鑿し、下盤に向つてゐる鑛柱中に掘る。slide 間の掘上りの交る頂點から頂點に至る鑛柱は一つの單位毎に發破される。未破碎鑛石が slide (流し) 上に落ちずに止るといふことがない様に常に徹底的に取拂はなければならぬ。

Incline 上の最初の掘開が重要である。鑛石の最初の剝落の爲の容積の増大を受け入れるに充分なだけの空間がなければならぬ。且又鑛石の重量が坑木上に直接に飛び當らない様になければならぬ。發破される鑛柱の先のすぐ次の slide から上つてゐる抜き口は發破の効果を見届けるための場所の入口となるために發破前に完全に入る様にしておかねばならぬ。屢々天盤は探掘を止めておいて、第二次的に掘鑿することも出来る。この様にして下「スカシ」をした後天盤は崩壊し鑛石は抜き取られる。傾斜した鑛脈の探掘の場合は鑛石抜きは下盤側からしなければならぬ。且上盤の岩盤が鑛石の上部についてくる様に、暫時の間續けねばならぬ。上盤に近い抜き口からよりも、下盤の抜き口から多量の鑛石が抜かれる。高品位鑛は概して下盤側にあるから出来るだけ完全に下盤の鑛石を回収することが大切である。

最大断面 350×200 呎、厚さ 100 呎の大鑛體も此の方法によつて稼行されてゐる。(1930)

1928 年中、此の方法により一人一工當り 19.3 噸の鑛石が採掘されてゐる。

Sublevel caving の總括

1. 適用性

Sub-level caving は適度の高さの大又は中規模の鑛體にして低品位又は中品位の鑛石の探掘に適用出来る。block caving よりも小規模の鑛體に用ひられ、硬い鑛石を採掘するのに用ひられてゐる。又 sub level caving は block caving では破碎鑛石の塞つたり、くつついたりする傾向のある爲に利用出来ない所や top slicing では採掘跡が一時的でも崩落しないで持ち耐へる傾向のある面倒な所に用ひられる。

2. 融通性

Sublevel caving は他の方法の持つ融通性に缺けてゐるけれども block caving に比較すると之よりは融通性は大きい。崩壊する天磐が比較的薄いこと、採掘準備として、鑛石を出来るだけ充分に開鑿し block に区分する多くの sublevel の各々の上の鑛床の開発のために、不規則な境界面も block caving におけるよりも細かくあらはれて採掘される。

研の混入は割合少く採掘跡と共に崩壊し、研は残され鑛石は分離する。反對に帯狀の廢石を選別する機會は殆どない。若し高い回収率を望むならば、廢石が混じて品位の低下することは避けられないけれども、或る程度の調節は爲し得る。

3. 回収率

天磐は破碎した被覆岩磐と slice の坑木から成る様掘跡の下で崩壊するのであるから、幾分か鑛石は取残される。回収率は概して top slicing 程完全ではない。然し sublevel caving に最も適してゐる。天磐の下で top slicing を用ふることは面倒であるといふことは知つておくべきである。

本法が用ひられてゐる或る鑛山では天磐の岩石で幾分品位が落ちるが尙充分鐵を含み鑛石として出鑛し得る斯様な状態では鑛床の全鑛石が高率で回収される。

4. 開坑

Slicing 及び caving を始める前に相當豫前の開坑が必要である。即ち漏斗及人道掘上りを鑛體の頂上まで設け sub-level を掘進する。然し全部の sublevel を一度に掘るのではない。通例 slicing 及び caving が一つの sublevel 上を進み一方下では sublevel が開鑿されて行く。必要な長い掘上りの数は分岐掘上り (branch raise) を用ひて減ずることが出来る。之が普通のやり方である。

第 22 表は本法を用ふる三鑛山の開坑の数を示す。

5. Sublevel caving の經費

本法の噸當り採掘費は block caving の經費より幾分高い。Sublevel caving と top slicing の經費は top slicing より幾分少くなるべきであり、この二方法が同様に用ひられる鑛山がある

Table 22—Stope development, sublevel caving

Mine No.	Sublevel interval, feet	Tons developed per feet of development	Development per ton of ore ⁽¹⁾ , linear foot
16	20	120	0.0083
19	20	100	.0100
20	18	58	.0172

(1) Long tons of 2,240 pounds.

とすれば、恐らく實際さうであらう。鑛石の半分より上の sublevel caving では普通崩落によつて採掘する。所が全 top slicing では穿孔及發破に依り採掘する。top slicing では各 slice は上の slice の踏前まで支柱を組む。所が sublevel caving では sublevel 間の高さの半分以下しか支柱をしない。それ故噸當り要する支柱はずつと少い。sublevel caving では sublevel 間の間隔が大であるから開坑の sublevel は少くてよい。之等の原因により、sublevel caving 經費は少くなる。然し實際問題として條件はめつたに理想的ではない。且屢々經費は二法に對して略々同一である。この理由は之を互に異なる理論的經費を基準とした結果の異なる條件の下で用ひてゐるからである。

第 23 表は sublevel caving を用ひてゐる二鑛山に於ける直接採掘費を示す。第 24 表に 6 鑛山における噸當り man hour の單位で直接採掘費を出してゐる。又第 25 表は 4 鑛山の sublevel caving に於ける爆藥及坑木の消費量を示す。

Table 23—Direct stoping cost, sublevel caving

Mine	Year	Direct cost per ton of ore mined ⁽¹⁾					
		Labor and supervision	Compressed air drill and steel	Explosives	Timber	Other supplies	Total
Eureka-Astoroid		\$	\$	\$	\$	\$	\$
Stoping	1929	0.260	0.067	0.069	—	0.002	0.398
Timbering ⁽²⁾	1929	.193	.011	.001	.068	.006	.279
Total ⁽²⁾		.453	.078	.070	.068	.008	.677
Montreal:							
Stoping	1928	.259	.020	.061	—		
Timbering	1928	.149	—	.007	.060		
Total		.408	.020	.068	.060		

(1) Per long ton of 2,240 pounds.

(2) Includes cost of timber for development and stoping.

Table 24—Direct stoping cost in man-hour per ton, sublevel caving

Mine	Man-hour per ton, stoping					Tons per man-shift
	Breaking (drilling and blasting)	Mucking (hand or slusher)	Timbering	Other stopes labor	Total	
Eureka-Astoroid	0.174	0.179	0.038	0.139	0.550	14.54
Montreal	.176	.102	.074	.045	.397	20.15
No. 16 ⁽¹⁾	—	—	—	—	.636	12.58
No. 19 ⁽²⁾	—	—	—	—	.200	40.00
No. 20 ⁽¹⁾	—	—	—	—	.365	21.92
Old Dominion ⁽²⁾	—	—	—	—	.462	17.30

- (1) per long ton of 2,240 pounds
 (2) Per short ton of 2,000 pounds

Table 25—Explosive and timber consumption, sublevel caving

Mine	Explosive consumption pound per ton of ore	Timber consumption board feet, per ton of ore
	(2)	
Enreka astoroid	(2) 0.382	(3) 3.35
Montreal	(2) .394	(3) 2.76
No. 16	(4) .421	—
No. 20	(4) .553	—

- (1) Long ton of 2,240 pounds.
 (2) Stopping only.
 (3) All mine timber: round timber calculated to board feet.
 (4) Stopping and development combined.

§Top Slicing

Top slicing は Sub-level caving に類似のもので鑛體は支柱したる Slice を拂ふことに依つて採掘される。之は頂上から始り漸次下方に稼行し表土は下方から鑛石が取り除かれるにつれ崩壊し安定する。Top slicing が Sub-level caving と異なる點は Sub-level の間隔が少く Slice drift の間に鑛柱を残さず被覆部まで採掘し slice と被覆部の間の冠に支柱をなし互に平行した支柱を施せる slice drift により採掘し天磐のみが Caving によつて破碎される。

Top slicing は米國では Lake Superior 地方の鑛山で原則的に用ひられる。事實之は Mesabi 地方で用ひられる唯一の地下採掘法であり亦 Cuyuna の Varmilion, Marquette 及 Menominee 地方でも用ひられる。1929 年中 Lake Superior 地方から積出した鑛石は總計 66,157,359 英噸であつたが其の中約 12,000,000 噸は top slicing で採掘され 6,500,000 噸は sub-level caving によつて採掘された。第 66 圖 A は Scraper の搔落し (Mucking) の掘付される以前 Mesabi 地方で用ひられた。鑛石を slice から鑛車に積んで漏斗に運んだ top slicing の一般的圖解であ

る。第 66 圖 B は平坦な鑛體で top slicing で slice の一つの場合を示す。この二例に於ては例れも slice は平行で運搬坑道に直角であるのが特長である。この方法は「parallel Slicing」と謂ふ。之に對し Radial Slicing が或種の厚い鑛體に用ひられる。之は幾つかの掘上を運搬坑道地並から岩層中に設けるのが得策である。第 67 圖は Radial Slicing に對する Sub-level の計畫を示すのである。一般的に Radial Slicing は Scraping line の sharp turn を無くすることに依つて搔寄せて容易化させる。Scraper を用ふることに並行して改良されてきた。Incline top Slicing (第 68 圖) は Slice で搔き落すことを省くために米國西部地方の二三の鑛山で用ひられた。この方法では鑛石は slice の切羽面から漏斗までは重力によつて落下させる。top slicing を利用できる所は主として普通の廣さのものから、かなり廣い鑛體に及び鑛體そのものが弱過ぎるた

めに span が長くなると支へ切れなく、又支柱を取除くとすぐ崩落して空洞を密に充填する脆弱な被覆部を有してゐる所である。冠が「アーチ」状をなしたり採掘跡に空間が残つて隙いてゐて大塊として破碎する被覆部は Top slicing では危険である。

故に Top slicing が成功するには天磐の重量即ち垂直重力が必要條件である。側磐は弱くとも強くとも良い。若し鑛體が狭い傾斜の急な鑛體であるならば上磐が弱いことが望ましい。何となれば上磐が強いと不完全な Caving のために採掘跡に空間を残すからである。この場合は大塊が突然に離れて空間に落下し急激な過大な荷重を切羽上

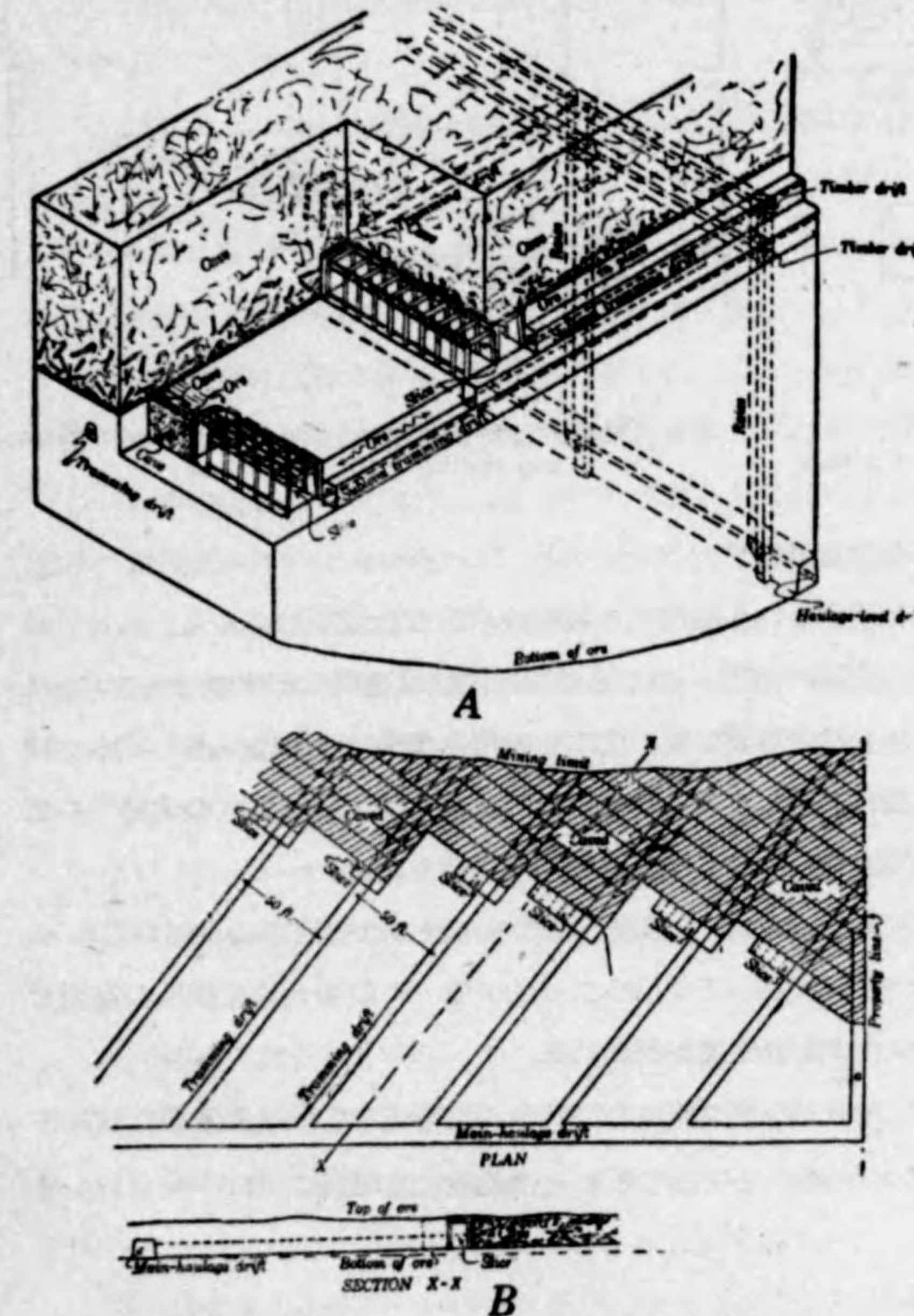
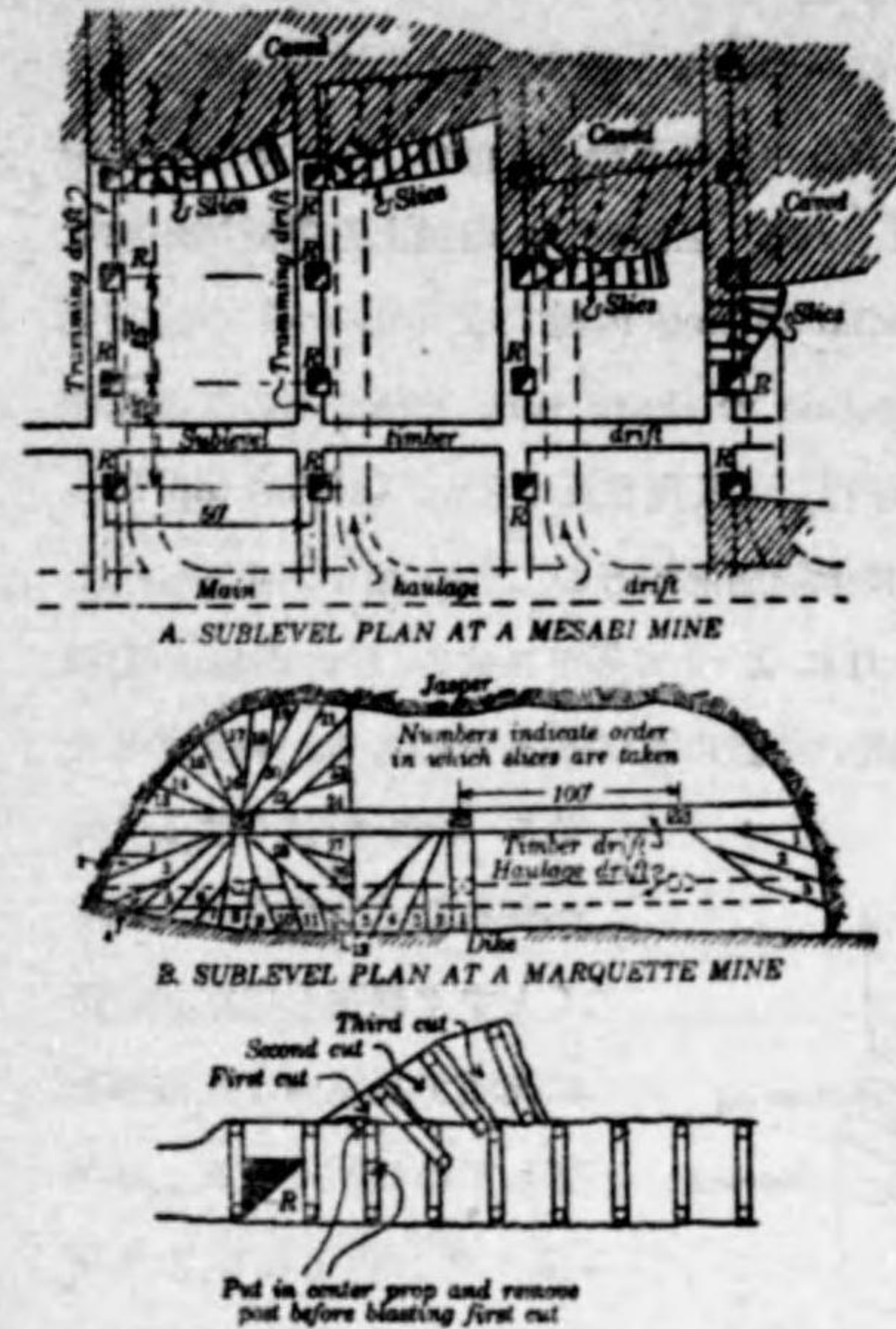


Fig. 66.—A, General scheme of horizontal top slicing; B, top slicing in flat ore body, one slice thick.



C. TIMBERING RADIAL SLICE, PLAN
Fig. 67.—Radial slicing; sublevel plans

部に與へ下の slice に居る坑夫に危険を及ぼす。

Top slicing はかなりの坑木を要するから使用する坑木の供給で且低廉であるといふことが必要である。Slice の支柱は只短時間持てば良いのであつて採掘後は發破で倒すのである。それ故永久的支柱として必要なものよりも幾分品質の悪い坑木を使用して差支へなし。然し坑木は韌性があつて破砕前の壓碎及屈曲に相當抵抗しうるものでなければならず。故に丸太の未乾燥の樹皮のついたまゝの坑木が若し低廉に得られるならば普通好んで用ひられる。

明かに Top slicing 上方の岩石の caving と地表との陥没が許される所のみ用ひられる。後に分る様にこの方法は崩落しない強い天簀の下で用ひて成功する。この場合は採掘跡の空間を充たすために採掘が下方に進むにつれて土砂充填が行はれる。

Top slicing は充填或は崩落した切羽の間の鑛柱の回収中に崩落するか或は都合悪く破砕するため下方から上方に Over hand method で採掘することは危険なる地質の所で作業を行ふ場合有利に用ひられる。

Top Slicing の實例

Mesabi 地方

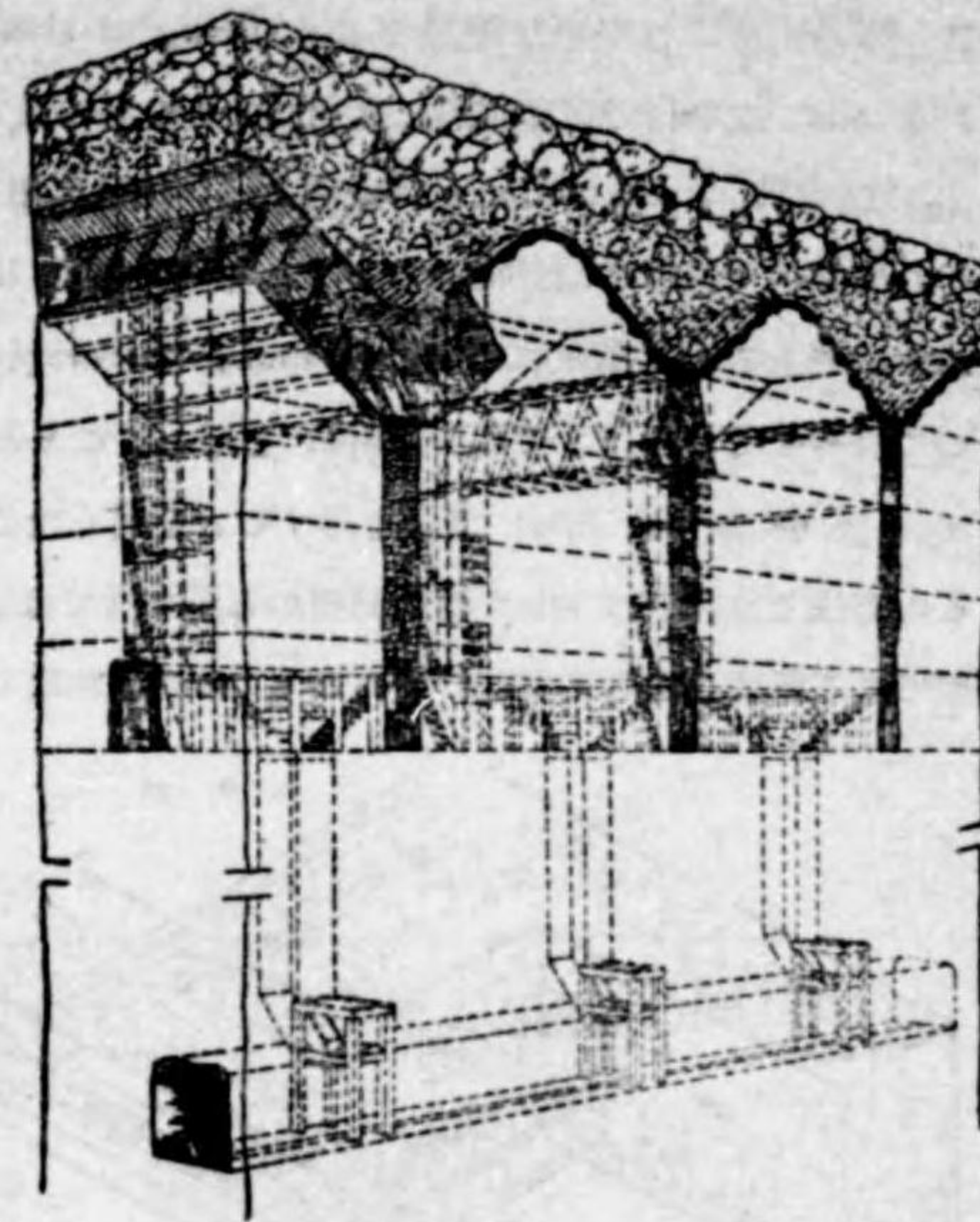


Fig. 68.—Perspective sketch of Coronado incline top-slicing mining method.

此の地方では初期の無駄の多い採掘法を用ひた後且 Mesabi 鑛體の價值が實際に明になつた後、鑛柱を回収するために上手に用ひられてゐた top slicing が地下採掘の標準方法として採用された。Mesabi 鑛體は本邦に於る採掘に實によく適してゐる。此の産出額の大部分は露天掘から産するけれども亦多くの地下採掘切羽がある。鑛體は普通比較的淺い深度の位置にあり、比較的薄い廣い盆の様な形狀をなしてゐる鑛床である。境界は全く明瞭に分れてゐる。尤も鑛體中の鑛石と低品位部との間には漸次に變移する所がある。

側簀は taconite 岩、即ち硬い鐵錆色の chert である。此の地方は 2.3 呎から 150 呎或はそれ以上も氷河の堆積物で覆はれ、鑛石の直接の被覆物は氷河堆積物、Paint Rock、粘板岩、貧鐵或は Taconite である。氷河堆積物即ち表面地層は細い砂、粘土、礫から又はこれらの微細物中に混入してゐる大礫石までの變化がある。天簀の taconite は硬いが下層及側簀の Taconite とは似ておらない。

天簀の Taconite は普通一部 leach され、裂隙や節理を有し下スカシをした時容易に破砕し崩壊する。時々鑛石は Taconite が Cave する以前に 2 本或は 3 本の slice の廣さに下から採掘しなければならぬ。然し一旦崩壊が始まると之に續く slice は直ちに cave する。鑛石夫れ自體は軟い赤鐵鑛及褐鐵鑛よりなる。Top slicing は被覆してゐる温つた砂の下で上手に用ひられてゐる。但しこの時は大なる注意を拂はねばならぬ。かかる場合に先輩の著者たる人の通例のやり方は第一の slice を採掘する時切羽を保護するために砂の下に鑛石を 2.3 呎残しておくのが普通である。矢木の上に枯草を積み slice が發破で潰される前に床を厚く枯草で覆ふこともある。砂—鑛石の接觸面が平行でないために、砂が時々抜けて落ち時には數百尺の間坑道や掘上りを埋めて行く。然しかゝる支障の起ることは稀で top slicing は數年間たいして事故もなく續けられぬ。鑛體の三大型式のもの Mesabi 地方で Top slicing により採掘されてゐる。即ち

- (1) 薄い緩傾斜の鑛體で單に一つの slice (20 呎迄) で薄い Margin 或は厚い鑛體の shore line (境界線) を含むとき (第 61 圖 B 参照)
- (2) 厚い 2~4 段の slice を有する鑛體 (第 11 圖参照)
- (3) Elevés 附近に産する様な厚い多くの slice を有する鑛體。

開坑

捲揚坑及鑛體の下底近くの運搬坑道の開鑿が完成すると採掘準備は鑛體の頂上まで掘上を上げ支柱坑道たる上部 level を以て掘上を連結するのである。Slicing は何れも之の坑道から Parallel Slicing に対しては直角に Radial Slicing に対しては種々の角度に開始する。即ち運搬系統の坑道が先づ最初に掘開される (第 66 圖 B 参照)。

第一法は普通比較的厚い鑛床に應用できるものであつて掘上りの關係位置が餘り開鑿したり岩簀に掘上つたりしないで、各 slice の引立面から Scraping 出来る距離に来る様に掘上りを設

ける。第二法は薄い扁平な鑛床に用ひられるものであつて、運搬坑道に大きな無駄な作業を避けるために Sublevel 運搬坑道を掘り上り中に掘るのである。

屢々一本或は數本の梓組立坑によつて支柱及矢木を直接使用する sub-level 迄下げるために便宜な位置に地表から下す。

Parallel Slicing

Parallel top slicing は普通鑛區境界線或は Ore Margin の各 sub-level から始り之から後退する長壁式である。Slice は普通運搬或は支柱を施した坑道に直角に掘る。此の理由で本法は "Right Angle Slicing" と呼ばれる。正則の Slicing に於ける sub-level の間隔は通例 10~14 呎に變化してゐる。然し鑛石のみで 10~12 呎の厚さがある時は屢々踏前から冠まで一作業で採掘される。各 Slice は各坑道に直角に口をつけてから始まる。坑道は通例小さいものであつて、この口付が冠即ち崩壊層に達すると Slice の反對側の坑道の冠が先づ餘地を作るために落される。この口付から Slice が一方向に崩壊切羽即ち slice の終りまで掘進される。

或る鑛山の實際作業として運搬坑道から一方向にのみ Slice を掘り Slice を崩壊切羽か、次の運搬坑道に通ずる。(第 66 圖 B 参照) 又他の側として Slice を兩方向に掘り一方運搬坑道の中間の鑛柱を半分掘進して、反對側の坑道から來た Slice と相會する。

人力に依る積込を行ふ時は發破前に 2 本の slice を掘るのが通例である。かくして 2 本の slice から鑛石を積出すために鑛車を置く役目をする。一般に 8×8 呎の加背の slice を用ふる。時に過重を受けることなく、安全に 3 本の slice を掘進することがある。scraper に依る機械積込が出現して以來 10 呎幅に slice を掘り之が出來上ると各 slice に發破をかけるのが普通の遣り方である。若しも潰れて來ない第一の slice に沿つて第二の slice を掘進するならば鑛石の大部分が第一の slice 中に發破で飛ばされて入り scraper を近づけ難い。特に第一の slice に荷がかゝつて來て冠を支へるのに中柱を立てなければならぬ時に於て然りである。Slice は普通各回 5 呎づつ進む。且 slice の支柱は slice が進むにつれて、中心間隔 5 呎に組まれる。Slice の支柱は上端を削つた "joggles" を以て、丸太の簡単な木組である。木組が組み立てられ、Slice の兩側に密着させる (Cave 前では坑木に又反對側では鑛石と接する)。

且上には矢木を張り冠を密接にする。細い丸太の繋ぎ (Callor brace) が冠木 (Cap) の末端間及隣接する木組の柱間に設けられる。矢木は普通細丸太か、或は丸太より割つたもので "Split-lagging" (割端) と謂はれるものである。

發破が終り Slice の引立 (face) から鑛石を未だ掻き落さない中に、2 本或は更に多くの細丸太を潰れない留めの端の冠木の上方とその次の留めの冠木の下方を通して、丁度差矢法の様

し込む。之等の細丸太には更に直角に短い板とか矢木の短いものを裏込めにし、切羽で働く坑夫を保護し又上部の碎礫帯 (mat) 或は天簀を抑へる。

通例 2 人の坑夫が穿孔し、發破し掻き出し支柱をし、一工當り地層 5 呎を進むことができる。

Slice timber

Slice の梓組には丸太の樹皮を除いてない生の材木を用ひる。落葉松が現今用ひられる最上の材木である。かなりの量の松が以前には用ひられたが今では非常に少なくなつて必要なだけ獲られない。母も幾らか用ひられる良い坑木である。樺は豊富であり幾らか用ひられてゐるが slice timber として好ましくない。

坑木は "Tap" 即ち細い方の端の太さで分類して購入される。分類は鑛山に依り幾分變つて居り地壓を受ける slice の幅高さに依り又使用する坑木の太さ及價格に依り變るのである。若干の代表的鑛山の坑木の太さの分類は次の通りである。

Slice-timber specification need by several mines

Mine	Length of cap width of slice feet	Diameter of cap timber inches	Height of Stand and pasts feet	Diameter of Post timber inches
1	8 or 10	10~12	up to 18	7~9
2	10	7~9	11~12	7~9
3	8 to 12	8~10	10	8

地壓の大きくない浅い鑛山では柱は質が悪くても良い。地壓の大きく且特にかかりの側壁が働く深い鑛山では支柱は傷められ易い。

Radial Slicing

Radial slicing は scraper の積込と共に用ひられ、數本の Sub-level の厚さの鑛石の鑛山に多く用ひられ、且最も適してゐる。此の理由のために他の鑛山地方程には Mesabi 地方では餘り用ひられてゐない。Radial slicing の例は鑛山によつて幾分異なるが原則は同じである。

Parallel slicing では鑛石は普通鑛車に積込まれ (第 69 圖) 次に漏斗に運ばれるのであるが、他方 Radial slicing に於ては鑛石は總て直接漏斗にかき寄せられ中間處理を行はない。Radial Slice では勿論 Sharp turn にして引くことをしないで鑛石をかなりの面積から直接漏斗の中へ掻き寄せるのである。然し直角の曲りや鋭角の屈曲も scraper を用ひれば一般に rope に deflecting sheave を使ひ又曲り角の支柱の下部に scraper の通りを良くし又支柱に喰ひ込むのを防ぐために roller と爪をつけた板を用ふることに依り大して問題なく通過させ得る。36 吋箱型の小さい scraper が著者の見た或鑛山で使はれてゐたが roller も板も使はずに直角に曲つて非

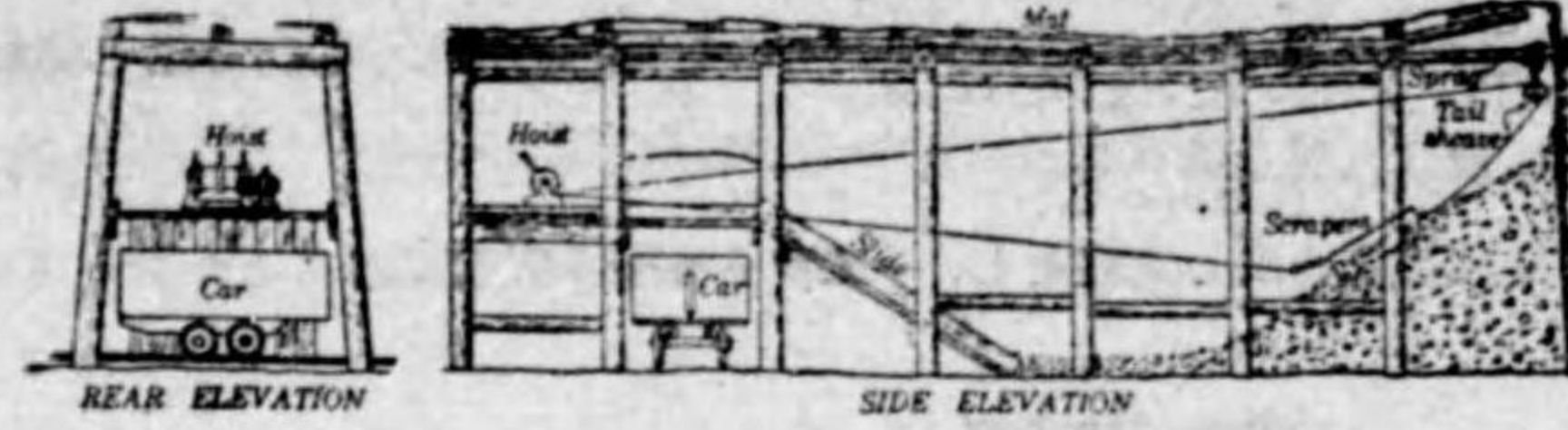


Fig. 69.—Scrapers loading from slice to cars.

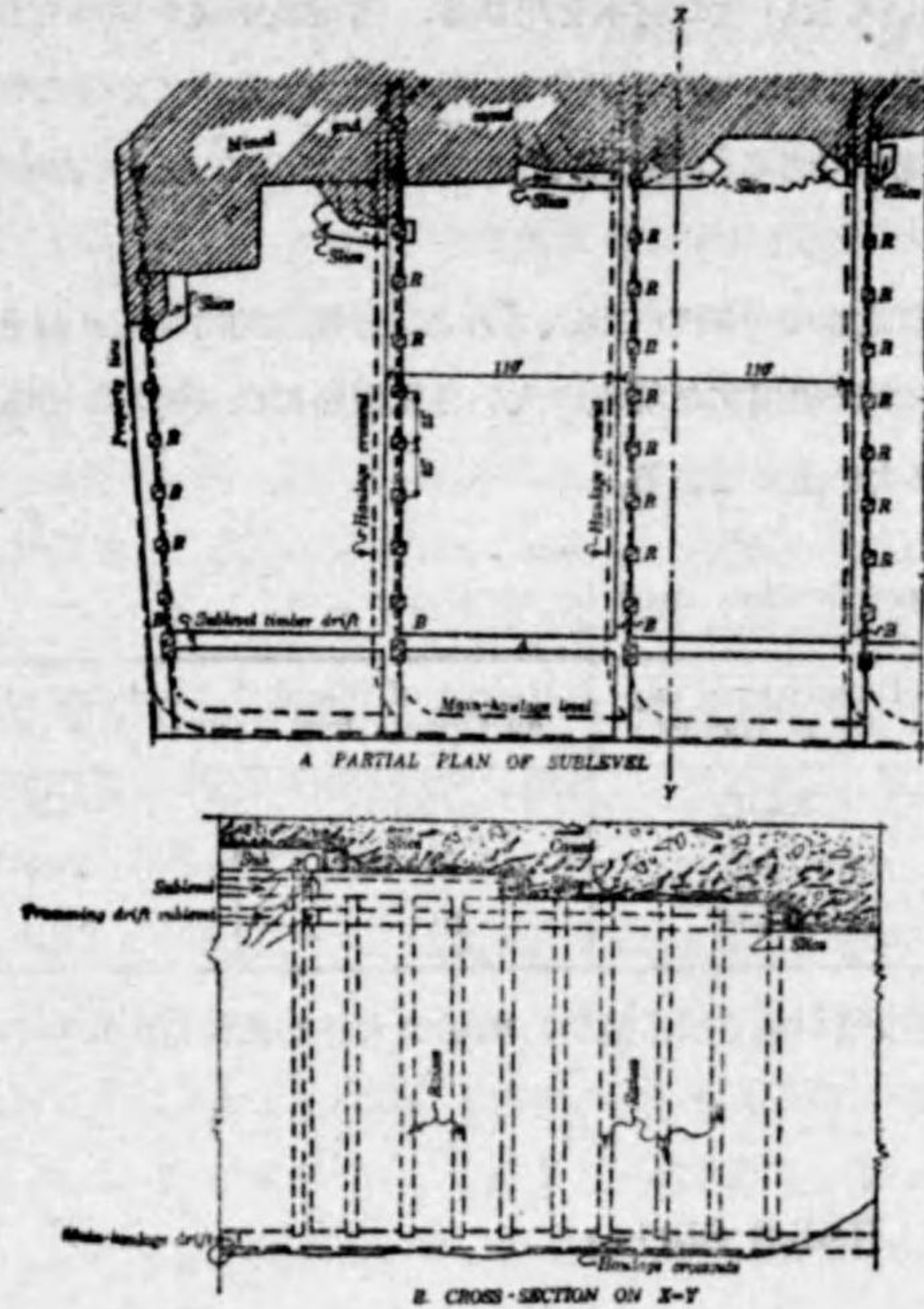


Fig. 70.—Radial top slicing to chutes at a Mesabi range mine; thick ore body.

の slice から分れる。もし cave が掘上まで来ないならば slice は cave の方向に向つて掘進し掘上の邊に直角である。第一 slice が出来ると第二の slice が Radial slice の次の側の枠を取除き又三角形に發破をかけ slice の口付け (opening) の枠組の先きへ、第一の留の冠木に木組をして始まる。(第 67 圖 C 参照) Radial slice の留は圖に示す様につける。此の礦山に於ける標準的 slice の留は 10 呎の柱と 8 呎の冠木を有するが第一の留の冠は普通短い。又 slice が終りに来ると 12~13 呎の冠木が必要である。他の礦山では標準冠木が總ての留に用ひられる。或る礦山では第一の slice は最初の直線的 slice から内側を三角形に截り取られて圖の様になる。(第 67 圖 B)

常に上手く動いてゐる様に見受けられた。大型の scraper は多分餘り有効ではないであらう。sub-level の掘上の間隔を小さくすると Parallel slicing も漏斗に直接掻き落すことができる。此の方法を用ひる所では漏斗の頂上は sub-level で普通 15~18 呎時には 35 呎離れてゐる。近接する間隔は主掘上から分枝掘上を掘つて作るのである。

第 70 圖は Radial slicing を用ひてゐる Mesabi 地方の稼行状況の一般平面圖を示す。Sublevel の間隔は 12 呎である。Slicing は崩潰させてくる礦區境或は探掘限界に最も近い掘上から始まる。第一の slice は一般に cave が漏斗の側にくるなら cave に沿うて掘進し又之に續く slice がこ

Radial slicing の一つの難點は掘開と支柱を標準化することが困難なことである。Radial Slicing では Parallel Slicing に於けるよりも支柱を組むことはずつと簡單であるのに Parallel slicing での様に作業。支柱及 slicing の一循環を標準化することは實行が難しい。

鑛石の處理及積込

今日では實際に開坑及 slicing の 兩方からでた鑛石は總て鑛車に積込むもの、又直接漏斗に掻き落すにも機械 scraper によつて處理される。短い鑛石流し (Slide) を鑛車に取り付け積込 scraper で鑛石を流し上を引張り鑛車にあける。(第 63 圖)。漏斗に掻き落すには特別な準備はいらぬ。唯 scraper hoist を据付けるのに安全な場所を與へれば好い。

最初の scraper の設備は handle の二本付いた surface scraper 或は "Slusher" と呼ばれるもので小型單胴の空氣索引機に依り運轉される。Scraper は人力に依つて切羽迄曳き戻される。切羽に居る人に依り鑛石の山の中に差し込まれる。曳網がそれを曳いて鑛車か或は漏斗にあける。之は人力積込の改良であつたが 25 or 30 呎以上の距離に對しては効果が少い。今日も尙小型 slusher がある鑛山では切羽の整理に用ひられてゐる。

現在 Scraper の設備は 36~48 吋(更に大きなものあり)の箱型、鐵型 scraper で $6\frac{1}{2}$ ~25 馬力の複胴式電氣捲揚機により使用されてきた。傾向は大型設備に傾きつつあり 42~48 吋 scraper と 10~15 馬力 hoist が新式設備の標準である。

現在多くの鑛山では事業主は 15 馬力 Hoist より小型のものは買はない。Top slicing 探掘法に對しては大いさの經濟的限度が恐らく決つた様である。その理由は各工當り各切羽にて充分の切羽が處理され大型の設備を必要とせぬからである。更に大型の設備は掘上を貫通させるに困難であり取扱ひ据付も困難であつて且又支柱の間を容易に通過させ難い。

Top slicing では二人組の請負で仕事をする。正常は 2 方で行ひ 4 人が請負をなすことになる。普通各請負は 1 つの漏斗に通ずる。補助的な Slicing と Drifting を割當てられ、一つ、二つ、時には 3 箇所の切羽を稼行する。請負人は各自支柱、穿孔、發破掻落し運搬を鑛石一車當り規定の單價で仕事をする。各請負は Scraper Hoist, Rope, Sheave 及鑿岩機及鑽を給與させる。

空の Scraper を引立に引戻すための tail Sheave は引立に固定され、發破の後切羽の鑛石を皆取り去れる様に上方の横桁 (boom) に固着するのが普通である。屢々 Boom は單に木の Sprag (つつぱり) 即ち細丸太であつて一端を最後の冠木に當て他端を slice の尖端に近い切羽面に切込んだ凹みに突込んでゐる。又 boom の他の型は技差自在の重い Pipe のものである。又他の boom は非常に重い pipe であつて chain で最後の冠に懸けられ任意の懸垂位置に boom を固定させるために他端に 2 本の chain を附するものである。大きな掻落し設備を用ふる傾向は掻き落し距離が長くて要する開坑作業の小なるに依る。著者の訪れた多くの鑛山では長い slice

が新しい level に企てられ或は又開坑を繰返し行はねばならぬならば、長い slice に対して計劃するのが良いと言はれてきた。今日の掻き落とし設備に關し slice の長さは地層及探掘跡の性質に依る所の耐へうる延長により左右される。其れは又設備能力に依るよりも寧ろ鑛石を産出するに必要な切羽の數に支配される。或鑛山では主要坑道及 Sub-level 坑道は 50 呎間隔で掘上りは之等の坑道に沿ひ 25 呎間隔である。最新の地並坑道では運搬坑道を 110 呎中心距離に掘り、それは兩側に 55 呎寬の掻き落とし距離 (Scraping length) を有する。他の鑛山では運搬坑道は 50 呎間隔で slice は片側に掘られてゐるのであつて切羽の數を充分多くとるためには間隔を短くする坑道が 75 呎間隔である單一 Sub-level の鑛山の技術者は何度も開坑をするならば坑道間隔 100 呎或はそれ以上にすべきであると言つて居つた。

發破 (Blasting Down)

Slicing が完成すると原鑛に接する側は普通板張にするか又は針の柵を以て覆ふ。且底は板張、矢木、或は矢木と針の柵の組合せを以て覆ふのである。Mesabi 地方では屢々探掘跡にかなり多量の砂が存する。其處では Slice の底及時には側面で鑛石の汚染を防ぐために板を以て覆ふことが必要である。或鑛山では針金の柵を用ひてゐる。針金の柵を底に用ふる時には先づ細丸太を slice に沿つて敷き留め金で針金の端をしつかり留める。細丸太は 12~24 吋離し 2~3 組の長さだけ充分長くしておく。

初めの頃は商品として品質の最劣等の 1 吋松板を以て底も側面も兩方共覆ふことを實際に行つた。今日では板は硬い木の 3/8~1/2 吋厚さのものを用ふる。

針金の柵 (wire fencing) は低廉な、亜鉛鍍金の針金であり、42 吋幅の 10 本の Rod の Roll で伸した diamond-mesh, "Station ground" のを通したもので 1000 平方呎當 12.50 弗~13.50 弗の經費を要する。(1929 年)。一平方呎被覆するに要する材料の經費は大約板も wire fencing も同じである。然し處理及張る經費は fencing が遙に少額である。

或る鑛山では板の經費は探掘鑛石 1 噸當り約 $\phi 4$ であるが一方 fencing の經費は鑛石噸當僅に $\phi 0.7$ である。此の差は主として處理板布設の費用である。又他の地方に於て厚い坑木の層 (mat) を積み重ねる様な或る深い鑛山では發破をかけた時實際に總ての探掘跡は坑木であるから slice の側面を覆ふことは必要である。

Slice が覆はれてしまふと入口は板を張られ崩壊部に續く支柱は wood auger で穿孔され導火線と雷管を附した棒狀火薬が孔の中に詰め込まれ支柱は發破される。

普通の作業はその翌日發破された slice に沿ひ次の Slice に進む。下の sub-level の slicing は上の適當な面積が探掘され崩壊し崩壊が落付き收つた後に始める。かくして各 level の slice が常に充分安定した崩壊層 (mat) の下にある様に下の sub-level の slice より先んじてゐるな

らばは slicing は各 sub-level に付同時に進行して差支へなし。

穿孔及發破

Mesabi の鑛石は軟い赤鐵鑛及褐鐵鑛であり、特殊の廻轉機構を有する軽い Hammer drill を用ひ Auger steel を以て穿孔される。Hand Auger は Hammer Drill の振動でも地層を緩め鑛石を掘り落す様な危険の多い地質の處で穿孔するのに用ひる。軟い鑛石は容易く穿孔され細く粉碎する。普通 slice に規則的に孔を穿ることは不必要である。又全ての孔は心抜き (lifter) を除き水平より上に向つた角度で穿孔される。

地層は 35~40% 不凍「ゼラチン・ダイナマイト」で爆破され平均鑛石噸當り 0.4 封度の爆薬を使用する。岩層の開鑿には 50~60%、強爆薬が普通用ひられる。top slicing では slice が進む時支柱を爆破せぬ様注意せねばならぬ。硬く靱性のある地質の方が明に軟く容易く碎ける鑛石に於ける場合よりも作業の困難は大である。切羽に發破をかける前に最後に未だ残つてゐる、二組の支柱の間に接ぎ (つなぎ, collar brace) を置き、柱の下底の間にも接ぎをする。普通は之で支柱の倒れるのを防げる。然しそれも若し側面及冠の崩壊跡が餘り重く荷が來るか、又は最初の爆破孔が充分長く起きなかつたならば、破壊される。

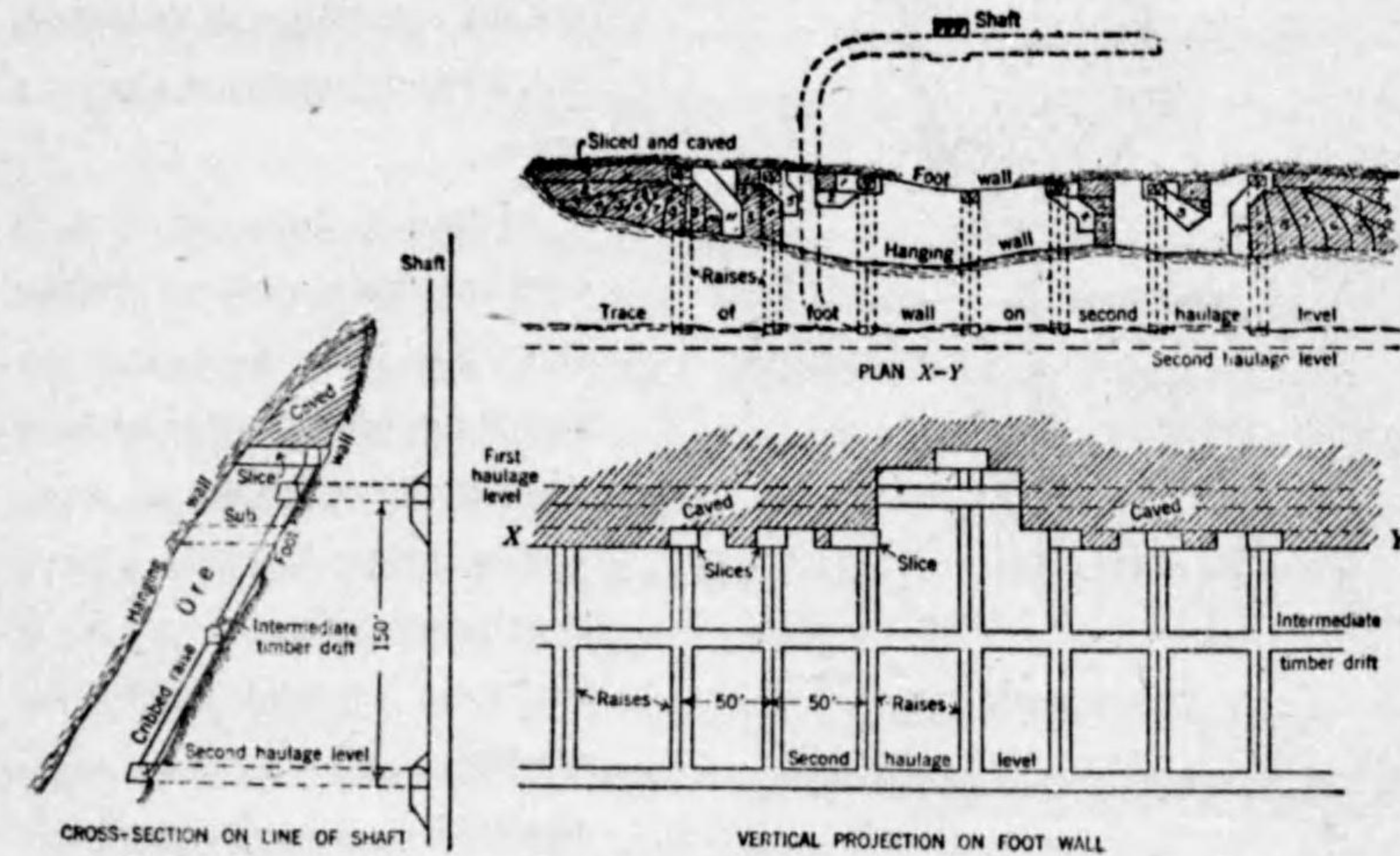


Fig. 71.—Radial top slicing at a Cuyuna range mine

Cuyuna 地方

Minnesota. Cuyuna 地方に於ては鑛體は著しく褶曲した粘板岩片岩及 chert の地層中に「レンズ」狀に産出する。鑛石の多くは軟いが硬い鑛石も産出する。此處では Mesabi 地方に於ける

と同様鑛體の幾つか、浅い被覆物の下に廣く横たはり露天掘に依つて探掘可能である。此の地方、概して含水の水河堆積物の厚い表土に依つて覆はれてゐる。寧ろ急角度で傾斜する狭い「レンズ」状鑛體が普通であり之等は Top slicing 及 Sublevel caving の兩方を用ふる地下探掘法に依つて探掘される。著者の訪れた或る鑛山では鑛體は數呎から最大 50 乃至 75 呎に厚さが變化してゐる。直接の上層は軟い Paint Rock であり荷がかゝり且容易く特に漏れた時に剝落する。傾斜は 55°~75° の間に變化し平均 65° である。鑛石は走向に沿つて一様に産するのではなく、狭い鑛石の薄層により多少連続する或は bulges から成つてゐる。

主要坑道は垂直距離約 150 呎に進められ、垂直の堅坑から出る短い Crosscut と下層に沿ふ長い單一の坑道とから成る。(第 71 圖参照)。二間 (Two-Compartment) を有する木積掘上 (cribbed raise) が下層に沿ひ約 50 呎間隔に用ひられる。尤も之は状況及「レンズ」状鑛體の長さによつて變化する。支柱坑道は之等の掘上を下層に沿つて連絡し傾斜に沿ひ約 80 呎離れてゐる。連絡坑道は sub-level 地並では此等支柱運搬坑道間に掘進されない。然し索引機 (Tugger) が支柱坑道からこの坑道に捲揚げるのに用ひられる。支柱及坑夫は鑛石捲揚堅坑から若干距つた木柱組立坑を通つて上下する。

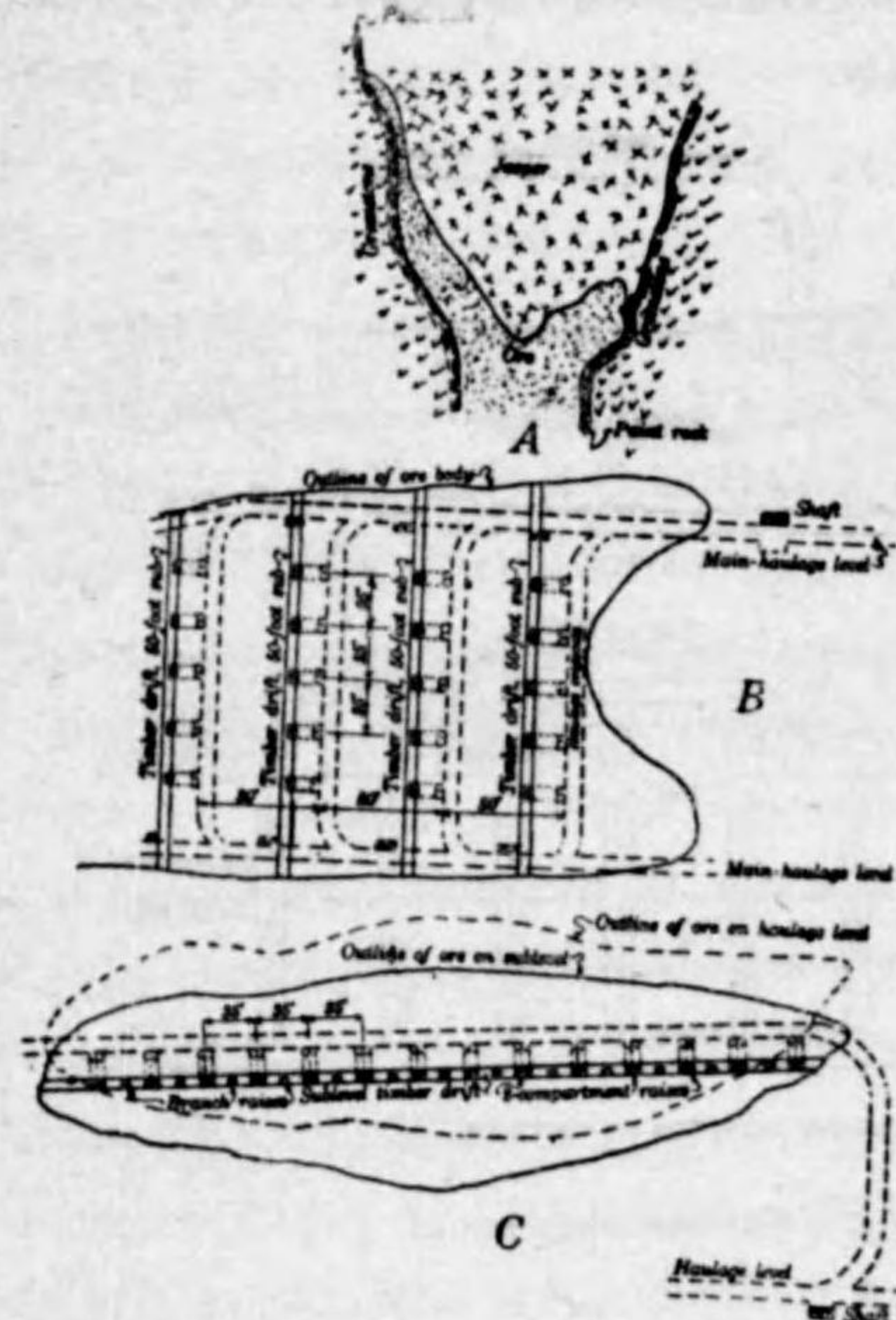


Fig. 72.—A. Typical cross section, Vermilion range ore body; B, Plan showing scheme of main and 50-foot subdevelopment in wide ore for radial slicing; C, Vermilion range development plan in narrow ore for parallel top slicing

本鑛山では Radial top slicing 法が用ひられて居り sub-level の間隔は 11 呎である。Radial slicing は各 sub-level にて掘上から發し最初の Slice は普通下層に沿つて掘進される。之に續く Slice は掘上の側の下層から他の側の下層迄放射状に發する。尤も之は實際は Local condition に應ずる様に時々變化してゐる。荷の大きくなる上層が近づくとき 90° でそれに當る様に向をかへる (即ち最後の冠木が走向に平行になる様に) 上層の Paint Rock に依り鑛石の混じて質の悪くなることは注意して避けなければならぬ

は注意して避けなければならぬ

Slice の最も幅の廣いものは 12 呎

であるが、slice が先の slice から或は掘上から分岐する所では細くなる。slice は最長 100 呎であるが普通は之より短いことが多い。長さは掘上の間隔と鑛石の幅によつて決る。

Mat (鑛體を水平面にて分けた鑛層) を稼行し始めてからは slice の側面には板も針金の柵も用ひない。然し各 slice の床は注意して細丸太で覆ひ之と直角に 1/2 吋厚い硬い板を敷く。

坑木を細別すると次の如くである。

	Top size (inches)
Post	9~12
Caps	12~15
Lagging	5~7
Poles	8~5

掻き落しは箱型 34 吋幅の scraper にてなされ、之は側部は丸くなつて居り、後に 200 封度の鉛の錘を附す。

Vermilion 地方

Ely, Minn では鑛石は green-stone の層の間に且 Jasper の被覆の下に深く産する。(第 72 圖 A 参照)。中層の挟みは普通 Paint Rock の薄層である。鑛體は輪部が不規則で幅は 300~400 呎に變化してゐる。鑛石の性質は軟い赤鐵鑛から硬い特殊な赤鐵鑛に變り、含鐵品位は高い。

初期の頃は Chute-Caving 探掘法が用ひられたが後には Top slicing が紹介されて實收率は高くなり、餅の混入は少なくなつた。

更に近年幾つかの鑛山は鑛石の一部又は全部を採掘するのに Sub-level Caving は現今地表下及屢々上方地並の數百尺に及ぶ top slicing によりて集積した鑛層 (mat) の下でかなりの深さに行はれてゐる。坑内は堅坑によりて開坑し之から深さ 100 呎毎に主要運搬坑道を掘進する。最も幅の廣い鑛體では主要運搬坑道は時々 loop-haulage system (環狀運搬方式) となし 50~80 呎間隔に横斷坑道 (cross drift) を設ける。或る鑛山では新しい地並は中心距離 80 呎の cross drift によつて開發してゐる。(第 72 圖 B 参照) 此の鑛山では掘上は cross drift から中心距離 35 呎に上げられる。Radial top slicing が sub-level の間隔或は slice の高さ 12 1/2 呎で用ひられる。支柱坑道を運搬坑道上 50 呎の sub-level に掘進する。(運搬坑道は主要運搬坑道の中間である。) 然し他の sub-level には支柱坑道は設けず總ての支柱は tugger hoist で sub-level に捲揚げる。

Mat は上方の地並まで 400 呎集積した坑木から成り非常に重くはあるが鑛石の岩層と混ざるのを防ぐ役をなす。支柱を細別すると柱 (Post) と冠木 (Cap) に對しては 8~10 吋丸太を用ひ冠木は 8 呎の長さなり。

10 呎の長さの柱が床に 10 呎の幅を與へるために打ち込まれる。Slice を發破する前に床に細丸太を敷き wire fencing をその上に張り丸太に止め金で固定する。實際に mat は坑木であり僅に母岩の混合があるので slice の側面は全く覆ふ必要はない。屢々あることであるが slice

が cave に沿つて掘られる時は mat は Cordwood の固い積重ねの様であり斯の様に鑛石は清潔で餅は混じない。

破碎鑛石は重量約 750 封度、複胴 15 馬力 Electric tugger hoist に依つて運搬される 48 吋鉄型 scraper に依つて slice から直接漏斗に掻き落される。Scraper は一方の側に齒を持ち他の側は「含マンガン」鋼の縁からなつてゐる。8 本の Mn 鋼の齒がある。約 1,200~1,400 呎の深さに mat が厚く重なるにも拘らず通氣は良く特に熱い箇所は稀である。鑛石は全傾斜を通じて約 70° といふ他の鑛山は下磐の垂直堅坑によつて開坑され、之から運搬坑道が 100 呎間隔に掘進される。鑛床は 100~125 呎の幅で 1 断面で 300 呎の幅をもつ。鑛石は軟いものから極めて硬い特殊な赤鐵鑛まで變つてゐる。主要坑道は第 27 圖 C に示す様に開坑される。掘上は 70° の傾斜で中心距離は 35 呎に設けられる。Parallel top slicing が 1 鑛山のある部分に用ひられ、又 sub-level caving が他の部分に用ひられてゐる。Sub-level の間隔は Top slicing に對しては 12¹/₂ 呎であり Sub-level caving に對しては 20 呎である。掘上の線は各 sub-level の支柱坑道と連絡される。各 Sublevel に於て slice が下磐又は上磐まで掘られる前に傾斜せる分岐掘上りを slicing 地並の主要掘上り間の距離を減ずるために 20 呎下方の箇所から掘上る。之は Radial Slicing に傾つたり或は sharp turn にして掻き落しをすることなく各 slice から直接に漏斗に掻き落すことを得る。Slice の幅は 10 呎であり 10 呎の冠木と柱が用ひられる。Mat には厚い支柱の集積がある。留は地質に依り 5 或は 6~7 呎離れて居り留の柱は打込んでおく。Slice の長さは平均 60 呎で廣い鑛體では更に長い。幅 48 吋、15 馬力、電氣複胴 hoist に依つて運轉される鉄型 scraper は漏斗掘上り中に鑛石を掻き落すのに用ひられる。

各 10 呎の slice は Top slicing では別々に發破される。又支柱の mat が良いために、發破の前に slice の側面を覆ふ必要はない。Slice が進むにつれて scraper に平滑な面を與へるために slice の床に 2 吋の厚板を張り、發破する時は残した儘にしておく。硬い鑛石の穿孔には heavy drifter と十文字、中空 bit を用ふる。一方軟い鑛石には Light pammer drill と auger steel とを用ふる。

Marquette 地方

Michigan, Marquette 地方では軟鑛は普通 Top slicing によつて採掘されるが然し時には Sub-level caving に依つても採掘する。鑛體は廣い西方に傾斜した Synclinarium (全體として單一傾斜せるも數多の小褶曲を含む地形) 上の小褶曲又は桶状態か或は閃綠岩岩脈に於ける鐵鑛層の富鑛部分である。鐵鑛層は含鐵の chert 及び閃綠岩岩脈及岩床の進入した粘板岩及び貫入岩床から成る。下磐の地層は Siamo 粘板岩が普通であり、幾分か chert と鐵分を含む。下磐は普通全く規則正しいが然し屢々不規則な「レンズ」狀及圓筒狀鑛體が上部鐵鑛層中に伸びており、鑛體の上方限界は判然としない。Chert と jasper から成る上層は硬いが friable で cave する時

中塊の碎石となつて破碎する。當地域の岩石は多くの場所で厚い氷河堆積物で覆はれてゐる。現在の採掘作業は深さに於て 1,000 呎以下から約 2,500 呎迄變化してゐる。

Mine No. 2 Marquette range

鑛石は軟い含水赤鐵鑛であり中には極めて高品位のものもあるが然しあるものはかなりの硅質物質を含む。高品位の鑛石は一般に全部支柱を要し、空隙を少くしなければならぬ。又 Top slicing に依つて採掘される。又之は auger drill で穿孔され得る。鑛體中に産する岩脈は甚だしく分解して空氣に曝されると耐へ得ない。之は採掘の際に注意して鑛石と選別しなければならない。運搬坑道は 150, 200 或は 250 呎間隔にあり 1929 年に最下底地並へ 16.50 呎の深さである。木積した掘上りを 50~100 呎間隔に 65°~75° の傾斜で運搬坑道から上げる。之等掘上は鑛體の頂上まで上げられ頂上の 10~15 呎下方で sub-level 坑道によつて連絡される。10 呎の高さの slice drift が各掘上の頂上から放射狀に掘進される。(第 67 圖 B 参照)。

第一の slice は坑道の側面に沿つて掘られ第二以下の slice は圖に示す様に放射狀に作られる。之等は 8 呎の丸太で支柱を施され、進むにつれて墳重に矢木を掛ける。三本乃至時には四本の slice を支柱に荷がかかつてゐると分る前に掘進しておく。荷がかかつてくると各 slice の床に 3¹/₂ 吋丸、9¹/₂ 吋長の細丸太を平行に並べて端を 2 呎重ねる。かくして支柱に發破をかける。任意の掘上に屬する sub-level の鑛石に slice を切り cave させて了ふ迄 slicing を続ける。それから坑夫は 10 呎下方に掘上から坑道を掘り前と同様な方法で最初の sub-level 上の mat まで slicing を始める。

鑛石は中心断面で 1¹/₂ × 1/8 吋の振つてある auger steel を用ひ jack hammer type の auger steel を以て鑛石を穿孔する。三列の孔が必要であり頂端列に三つ他の側に四つである。60% 「ゼラチンダイナマイト」が發破に用ひられる。鑛石は 42 吋、鉄型自重 325 封度の scraper で漏斗に掻き落される。各切羽には 50 「ワット」の電球を附した 2 本乃至 4 本の長い「コード」を供へておく。

1928 年には此鑛區に於て 240,000 噸が top slicing に依り採掘された。直接採掘費は次の如くである。

Direct stoping costs, Mine No. 2 Marquette range 1928

Cost of long ton ore hoisted		Cost per long ton of ore hoisted	
Labor	\$ 0.370	Explosives	\$ 0.075
Supervision	0.025	Timber	0.070
Compressed air, drilles and steel	0.045	Other supplies	0.075
Power	0.047	Total	0.707

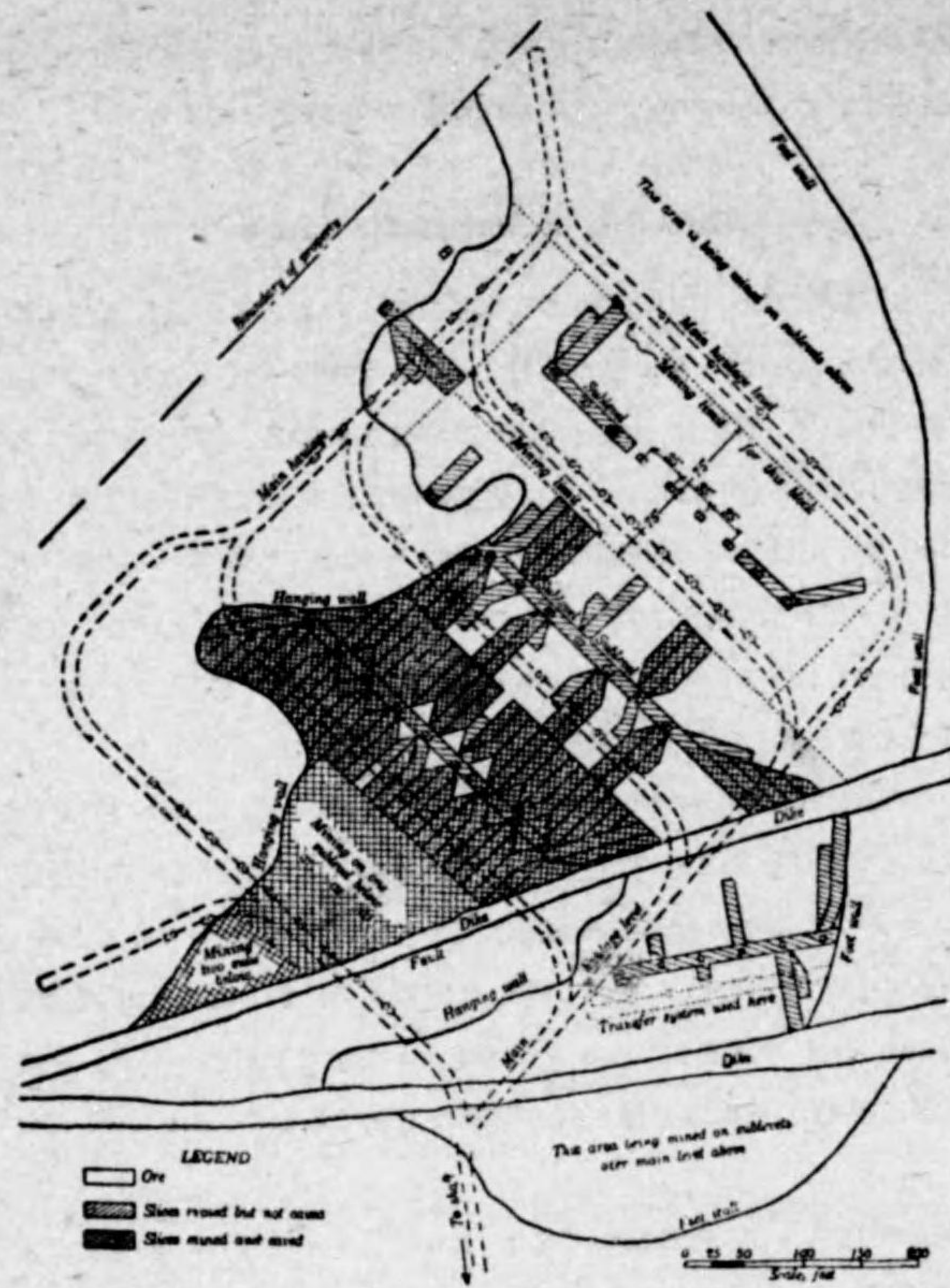


Fig. 73.—Plan of typical sublevel, Marquette range, Showing mine level development and arrangement of slices in mining blocks

Mine No. 5, Marquette range

鑛體は約 10° で西方に傾斜する大きな向斜中に横つてゐる。之は全く規則正しく、向斜の中央では約 100 呎厚さで兩翼で薄くなり、幅は 400~800 呎の間に變化し平均 600 呎である。下層は走向及傾斜は單一であるが然し不規則な「レンズ」狀鑛體は屢々上層の jasper 中に 50~70 呎延びてゐる。鑛石は高品位の軟い赤鐵鑛で容易く穿孔され scraper に依つて簡単に處理し得る細い碎石に碎ける。或種の青色の鑛石の硬い薄層が上層の近くから産れ容易く穿孔されるが大きな塊になつて破碎する。上層の jasper は cave する時碎けて粗い塊となる。平行な主要坑道地並の cross cut は鑛體を横切り下層から上層へ掘進する。之から二間の本積せる掘上りを中心距離

85 呎間隔に 65~70° の傾斜で設ける。此の配置では sub-level 一區劃 (Panel) を各掘上りの二方向に 35 呎と 75 呎の距離を與へる。之等の區劃は 1 本の眞直な slice drift とその兩側の 2 本の slice とに分けて採掘する。(第 73 圖参照)。Scraper hoist の一組のみが各掘上の片側の 3 本の slice を拂ふに必要である。時には掘上の片側の slicing が終つて反對側を始める前に掘上の頂上の周りに再び支柱を組むことを要する。

然し一般には此の必要はない。三本の slice のある區劃 (panel) は掘上の近くの鑛石を回收する以前に不適當な地壓がかゝらずに全部鑛石を採掘し得る様な大いさである。各 sub-level 上では掘上の線は支柱を扱ふのと通氣及安全のために坑道で連絡され之等の坑道は 8 呎の柱と押木を用ひ、5 呎間隔に留をつける。以前は 10~11 呎間隔の sub-level が用ひられたが、最近 (1930 年) 之は 12~13 呎に増加した。

Slice の引立を發破した後冠を注意深く、上の mat 迄平均に切取る、そして少くも 3 本の 5~6 吋丸太の矢木を差し、mat を受けるために矢木で覆ひ坑夫を保護する。それから鑛石は掘上りに掻き寄せられその後で次の留を付ける。

長さ 9 1/2 呎、徑 3~6 吋の細丸太を坑道に沿つて並らべ、三本の横木又は sill に釘でとめる。上層の下、岩脈の近く或は jasper の挟み (horse) の近くでは、之等細丸太を密に並べ、下の sublevel に鑛石が落ちない様に矢木を横に張る。上方に良い mat がある時は細丸太は 6~8 吋離して差支へない。細丸太の上に金網を張りつめる。

電氣複脚 scraper hoist が slice で 36 吋箱型 scraper を扱ふのに用ひられる。

1929 年中の直接採掘費次の通りである。

Direct stoping cost, Mine No. 5, Marquette range, 1929

	Cost per long ton of ore hoisted		Cost per long ton of ore hoisted
Labor	\$ 0.421	Explosives	\$ 0.055
Supervision	.018	Timber	.079
Compressed air, drills, and steel	.095	Other supplies	.063
Power	.008	Total	.739

採掘に於ける稼働状態は次の通り。

	Man-hour per long ton	Long tons per man-shift
Breaking (Drilling and blasting)	0.093	86.02
Timbering	.276	28.98
Mucking (Scraping)	.164	48.78
Supervision	.029	292.40
General	.095	84.20
Total	0.657	12.18

採掘に於ける火薬使用量は 50 及 60%, 不凍「ゼラチンダイナマイト」採掘 long ton 當り 0.372 封度であつた。坑木の消費量は鑛石噸當り 0.67 linear foot であつた。

Athens mine

Athens 鑛山では普通の方式と反對の top slicing 法が用ひられてゐる。即ち本邦では採掘は鑛山の最下底から始まり、順次緩傾斜する鑛體の傾斜に沿つて昇つて行くやり方である。次に示すのは S. R. Elliott が本法を記述した報文の抜萃である。

Athens 鑛山の方式は深い岩石の被覆下にある鑛山では地表迄實際に caving を行ふには全部終へる迄に屢々數年を要するといふことに根據を置いてゐる。若しも slicing が鑛山の上部から始まり、又地表が水で飽和した砂及砂礫で重く被覆されてゐるならば、此の水及砂は被覆岩石が破碎するや否や、坑内に浸入し始める。そして之れは slicing が坑内の深い所で始まるよりも遙かに早いわけである。次に採掘が下方になるにつれて、ポンプの荷は徐々に増加し「コントロール」すべき地壓も亦増加する。此の障害に打克つために Athens system が工夫された(第 74 圖)。此の方式は唯比較的平坦な鑛床にのみ利用出来る。Elliott に依ると、本方式に對する主なる論點は最初の投資に於ける不利益である。彼は此の利益は次の事項によつて相殺されるものと期待されてゐる。即ち

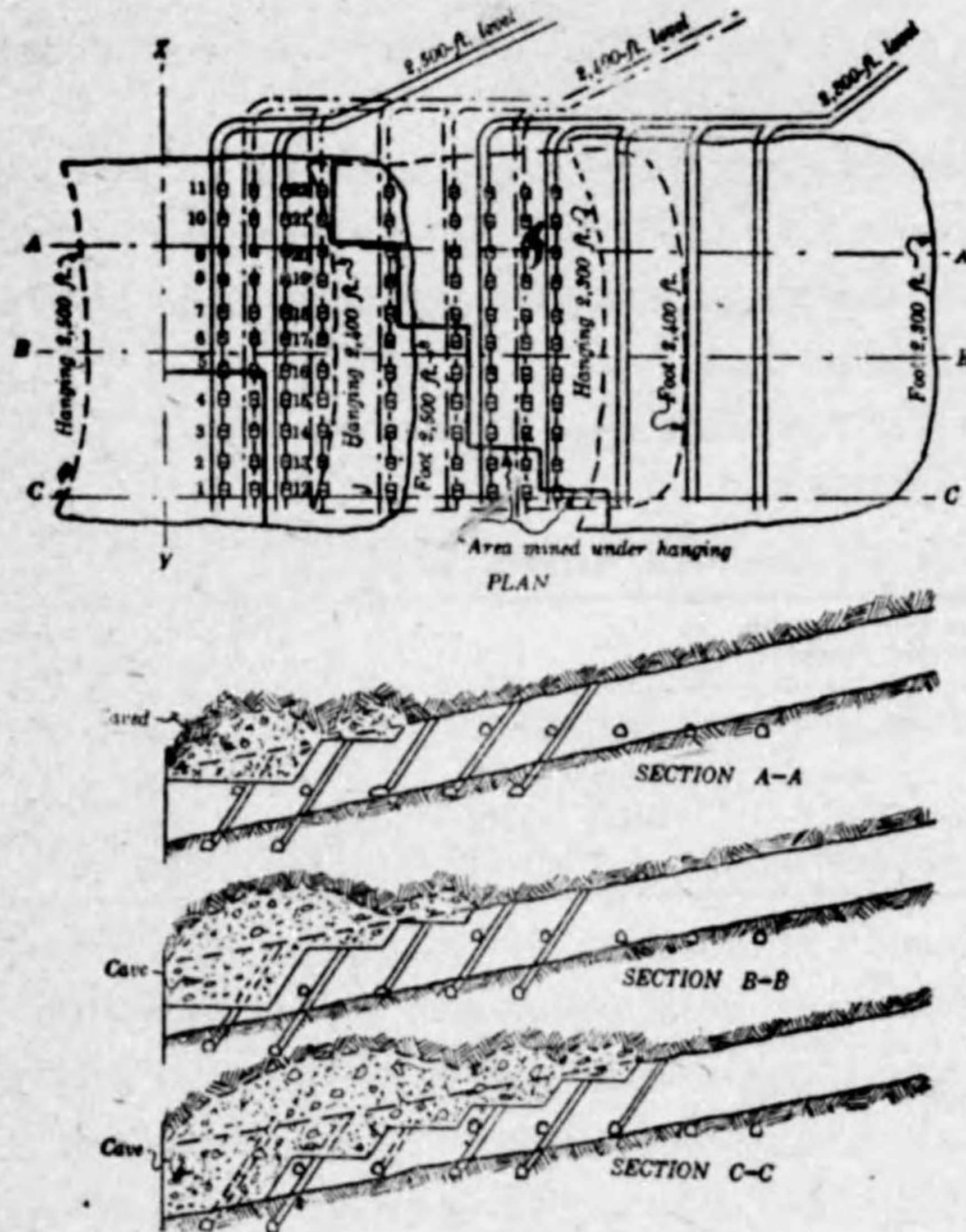


Fig. 74.—Top-slicing system at Athens mine, Marquette range (after Elliott, S. R. The Athens System of Mining; Trans. Am. Inst. Min. and Met. Eng., vol. 66, 1921, pp. 220-223)

(1) 支柱經費をかくの如く大いに節約して、不適當な地壓を避け得られる。

(2) 鑛體は良く排水され、地表に到る空隙は實際に作業する切羽以下にある故、地表水は決して切羽を通つて流れない。鑛石中を排水し切羽を乾燥しておくから、能率は増進し経費は低減する。乾燥した鑛石を積出すことに依る重量の軽減も一年間を通すると相當な量である。

(3) 地表を破るまでには數年を要する故、普通の方式に於けるよりも「ポンプ」の排水量は少くなる。地表に龜裂が起り、空隙の大いさが増し、排水面積も大になるが下方の地並が順次廢棄されるにつれて、pumping head は減少してくる。

(4) 本方式は普通の方式に比し、安全と考へられる。その理由は坑夫の大部分は常に堅固な天簀の下で作業してゐるからである。

Cananea, Mexico

Capote, 及び Veta Grandes 鑛山では square-setting 及 top slicing が今日 (1929 年) 出鑛量の大部分に對して用ひられてゐる。Colorado 鑛山では完了せる cut-and-fill 採掘切羽と、餘りやはらかすぎぬ不規則で cut-and-fill 法には不適當な鑛體の部分の間の鑛柱を採掘するのに亦 top slicing を用ひる

slice は 11 呎の厚さで各 slice の床は鑛體の外部に通ずる安全出口と連絡してゐる。主要掘上りは各鑛體の中心に沿ひ 40 呎間隔である。分岐掘上りは之等主要掘上りから slice の床で適當な距離を持つ様に掘上げられる。鑛體の大きさは 800 呎地並以上では幅 30 呎であり、この地並以下では幅 50 呎である。

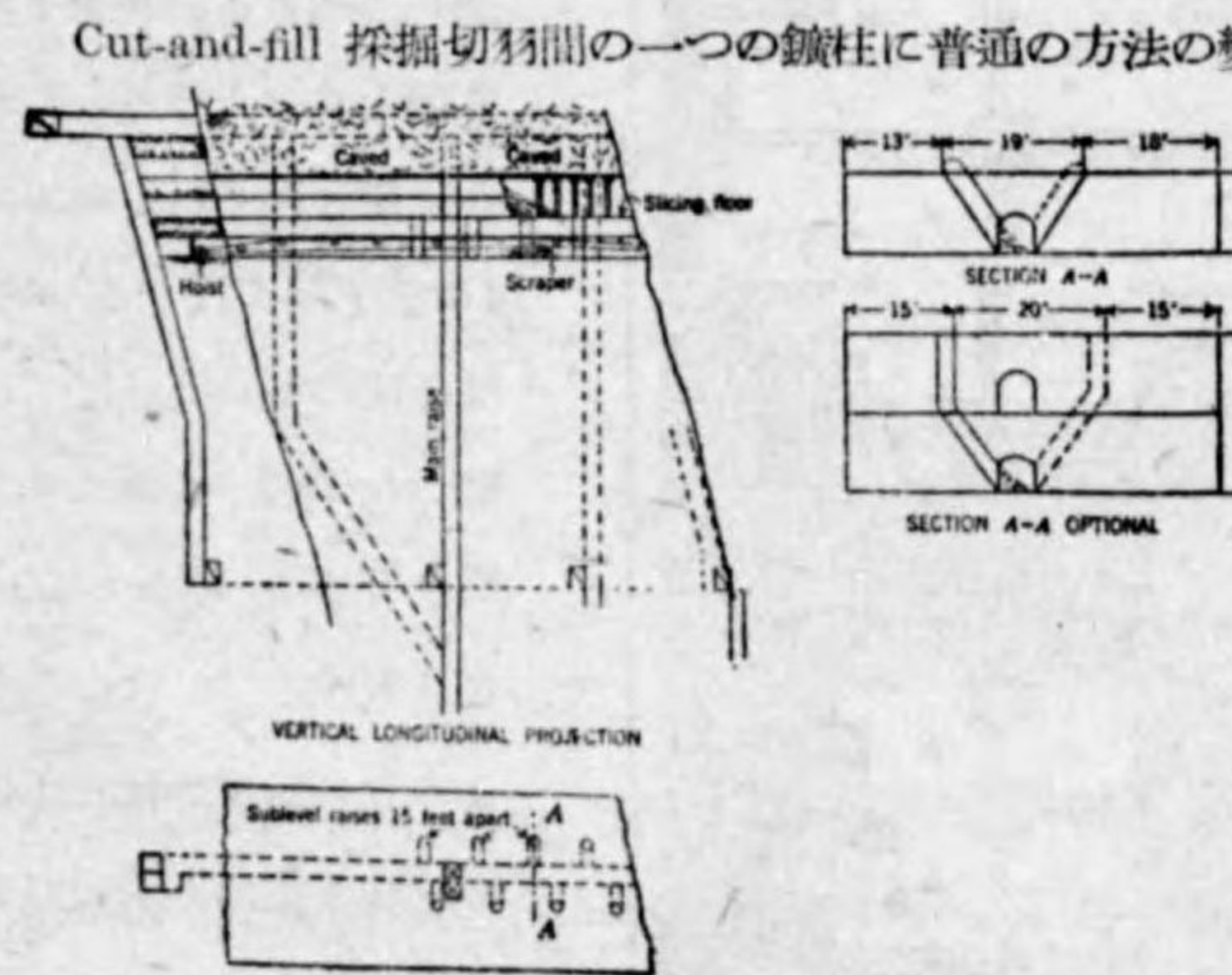


Fig. 75.—Transfer sublevel top-slicing system, La Colorado mine, Mexico.

Cut-and-fill 採掘切羽間の一つの鑛柱に普通の方法の變形が 1932 年試みられた。此の方式では、破碎鑛石は短い掘上りを通り slicing の床から、二つ乃至三つ下の床の sub-level に落される此處から鑛石は scraper で主要掘上りまで引かれて運搬坑道に至る。(第 75 圖参照)。本方法は舊方式より開坑は少くて良く、又 slicing の床に適當な漏斗の間隔を與へる事になる。圖は要する掘上りの數の減少することを示してゐる。Longitudinal projection 上の點線は舊方式で、必要掘上りであるが運搬方式は異つておらぬ

1931 年の上半期に於ける top slicing の直接採掘費は次の通り:

1931 年の上半期に於ける top slicing の直接採掘費は次の通り:

Direct stoping costs, top slicing, Colorado mine, 1931

	Cost per ton		Cost per ton
Labor (timbering) breaking, and mucking	\$ 0.4237	Timber	\$ 0.2634
Compressed air drills, and steel	.0999	Miscellaneous supplies	.0072
Explosives	.1814	Gobbing	.1098
		Total	1.0854

Miami Ariz.

Top slicing の block system 或は panel system (鑛體を區分して豫行する方式) が以前は Miami に於て高品位鑛を採掘するのに用ひられた。Top slicing を用ふる面積は約 800 呎平方であつた。鑛石の大部分は軟いが然し被覆岩石 (capping) よりは硬い。後者 (capping) は硅質であり、粘土其他の粘結物質 (binding material) は殆ど含まぬ故、細粒に碎けて砂の様に流れ落ちる。

運搬坑道は 150 呎間隔であり、漏斗の掘上りを容易にし slicing 中の通氣の爲に 50 呎間隔に二本の中間の sub-level を有してゐる。運搬坑道は中心距離 50 呎に掘進し、掘上りは此等坑道に沿ひ 50 呎間隔に上げる。Slicing に對しては區域を 200~250 呎平方の採掘單位に區分する。之は retreating slice の長壁面を豫行中に入口の坑口に荷がかかり、多量の支柱改修を要することが分つた結果である。

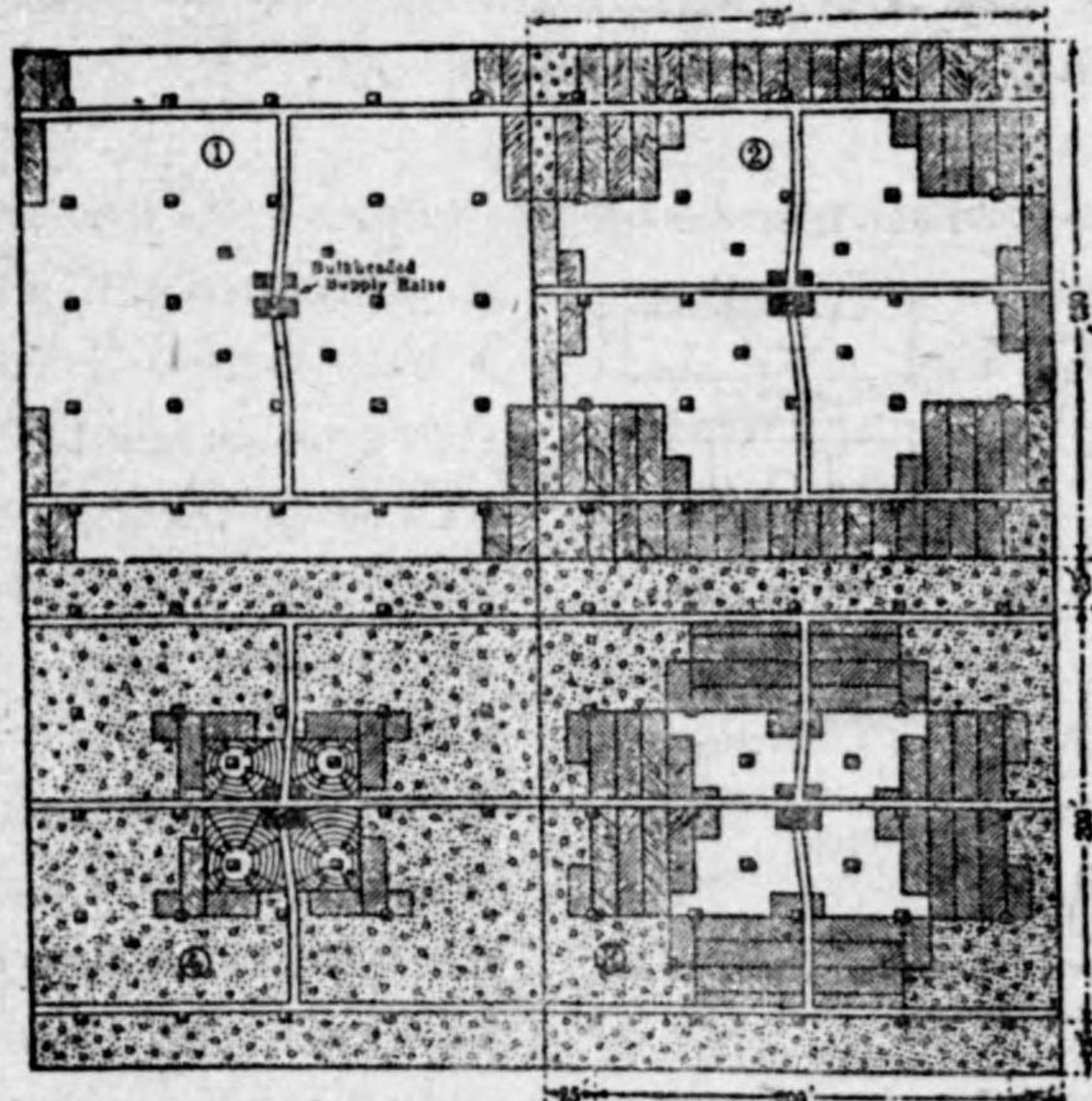


Fig. 76.—Plan of successive steps in block method of top slicing, Miami, Ariz

各區の中央に (第 76 圖) 二間ある材料上下する掘上りを上げる。四つの隔壁を第 76 圖 section 1 に示す様に設ける。坑道は各區の境界迄延ばす。Slicing の順序は圖に示す通りである。Slice は二本の 8 呎柱と 12 呎の冠木よりなる留或ひは三本の 8 呎柱と二本の 7 呎冠木の二重留を以て支柱を組む。Slice は 10 呎の高さである。第一の slice が數呎進むとすぐ第二及第

三の slice が始り、亦第一の slice は各區の限界の中央に向つて進む。良い mat が作られない所では 2 吋板の床を 2×10 吋の厚板に釘で止める。良い mat がある所では發破の前には slice に床を張らない。Slice の支柱が荷を受けてゐるといふ兆候を示すと、古木の隔壁を slice の入口に作つて、柱に孔を穿ち發破して倒す。

各區の最後の鑛石が拂はれると、四つの中心鑛柱の略中央にある傾斜した掘上りまで cross-cut を掘り (第 76 圖 section 3) 殘留した鑛石の外側から中心の掘上りに向つて稼行しつゝ slicing を繼續する。鑛石は「ショベル」で手押車中に積み掘上りに空ける。

本方式の利點は幾多の切羽が比較的小なる面積に集中してあり、區劃は速に稼行されかくて、支柱及維持費は減少することである。Dean 氏の述ぶる所によると、長壁面を用ひて試みた最初の方式と比較すると、shoveler-shift 當り出鑛量は 9 噸から 12 噸に又 man-shift 當り出鑛量は 5 噸から 10 噸に増加したといふ。

Morenci District, Inclined top slicing

1910 年には Metcalf, Morenci 及 Coronado 鑛山で露天掘、Cut-and-fill 法、Square-set 法に附隨して Top slicing 及 Sublevel caving が用ひられた。Top slicing が始まる前に 2~3 階の Square-set 採掘を行ひ鑛體の上部を被覆岩石の下で平にする。かくして良質坑木の mat が作られ、この下で top slicing が行はれる。

1917 年には inclined top slicing 法が Coronado 鑛山で使用された。

次の記述は Bureau of Mines Information Circular 6107, 14 頁から抜萃したものである。

1917 年には inclined top slicing 法が Arizona Copper Co. の Coronado 鑛山で使用された。本法は切羽に於て shoveling することを全く不要とする利點がある。破碎した鑛石は切羽の斜面上で發破され、其處から鑛石流しの底にある狭い shrinkage 切羽に轉り落ちる。鑛石は動力運搬坑道で shrinkage 切羽から、漏斗を通し直接に鑛車に抜かれる。Flat top slicing の代りに inclined top slicing を用ひた結果として top slice 切羽で man-shift 當り採掘鑛量は 1916 年 4.90 噸から 1917 年 11.20 噸に増加した。全體の工賃及材料費は同期間中に \$1.06 から \$0.75 に減少した。

Inclined top slicing の同法の一つが 1918 年 Morenci の Humboldt 鑛山で採用された。この鑛山では開坑作業は sublevel を垂直距離 55 呎に掘進し、掘上りを sublevel から切羽迄伸ばすことから成り立つ。各 sublevel は鑛體を通して中央坑道を有し、又 50~60 呎間隔に之に直角に cross cut を設ける。後者 (crosscut) から支柱せざる直径 4 呎以下の掘上りが 15 呎毎にあげられる。之等の掘上りの線は各 slice の中心線を形成する。採掘に當つては inclined heading (傾斜せる上部坑道) を Sublevel の上方 44 呎の所に掘上りを連ねる線的一端から出發して掘進

する。この heading は高さ 11 呎、間隔 2 $\frac{1}{2}$ 呎の留で支柱をする。Heading が四つの掘上りと交ればすぐ採掘が始まる。地層は sublevel の坑道の距離に応じて区分して幅 10 呎及び長さ 50 呎又は 60 呎にして切拂はれる。区劃の床は中心の heading の両側に 33° に傾斜する。且 heading の床は掘上りに向つて下向に掘られるから各区劃の切材で發破された鑛石は何等の處理を俟たずに掘上りの一つに流し込む。Heading が他の open raise 迄進み、一區劃終ると支柱に發破をかけ、他の區劃に取掛る。區劃における支柱の柱は 7 吋丸太の長さ 10 呎で incline では 4 呎 heading では 5 呎で之に平行である。之等の柱は區劃の床に垂直に立てるのでなく、垂直から 16 $\frac{1}{2}$ ° の角で heading の中心の方に傾斜してゐる。床張りは 2×12 吋の厚板を丸太の梁 (sill) の上に敷いたものである。此の梁は次の下方の slice の柱により容易く引き抜かれる様に配置してある。鑛石は漏斗から sub-level に抜かれ動力運搬の貯鑛場に手で積入れる。Inclined top slicing を flat top slicing に代用する結果 man-shift 當り採掘鑛石を 1917 年 5.4 から 1919 年 8.8 迄増加してゐる。坑木の消費は flat top slicing では噸當り 7.9 board feet で Inclined slicing では 9.0 board feet である。全經費では Inclined 法の方が 15% の減少を示してゐる。

地下の scraping と scraper hoist の今日の能率迄の發展と共に以前 inclined top slicing が horizontal slicing に對して有しておつた利點は最早や存在しなくなるだらう。

支柱、穿孔設備及「ギヤ」を斜面上での取扱い、据付けの勞力と斜面上における作業の困難さが flat な床に比較すると inclined top slicing の不利な點である。Lake Superior 地方に於て scraper を用ひ flat slicing で一人當り噸數平均 15 (2,240 封度) であり、之れに對し Morenci では inclined top slicing に對し 11.2 (2,000 封度) である。更に Humboldt に於ける inclined top slicing は flat slicing よりも多くの支柱を要する。

Bisbee, Ariz.

1914 年頃 Mesabi 地方で用ひられた top slicing 法が、地壓の大きい且、膨脹のする地質で之れが爲め、square-set 採掘法の經費が高む様な、大酸化鑛體に應用され得るだらうと決定を見た。鑛床は幅 80 呎に迄變化してゐる鑛體を横切り、45 呎の幅の區劃に分割する。經濟的な高さは 100 呎である。

各區は二本の支柱せる二間の掘上りによつて開坑され採掘される。(第 77 圖 f 及 g) 漏斗の間 (compartment) から平行に出た數列の square set を上層の下方三階の地並に鑛體の幅、又は區劃の幅だけ進める。順次下方の床では square-set は主要運搬坑道の漏斗に向つて採掘しつつ、未破碎の地質の下層を残す様に短い距離を進める。40 呎幅の鑛柱を square set の列の間に残し、之は頂上から下方へ horizontal top slice によつて採掘し、鑛柱の半分は別々に両面から拂はれる。天磐は採掘が進むにつれて cave する。

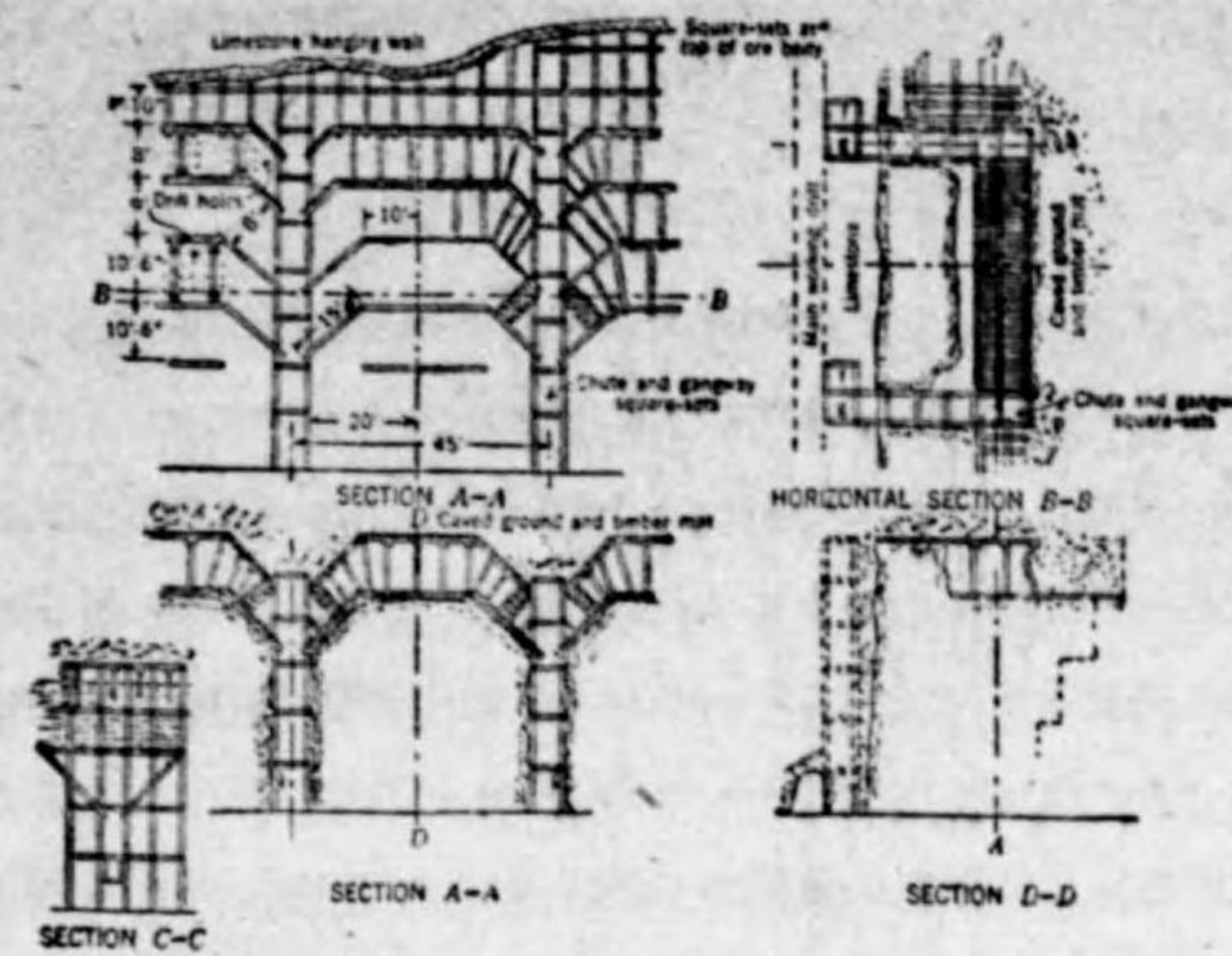


Fig. 77.—Mitcheli top-slice system, Bisbee, Ariz.

安全に進め得られる最大の slice は厚さ 10 $\frac{1}{2}$ 呎である。然して此の厚さは第四の slice が作られ、崩壊層 (caved mat) が完全に control し得る様になつて始めて試みるのである。

採掘經費は普通の top slicing に比し 10% 減少した。工賃は約 15% 減少した。且動力の消費も少い。

鑛石は急速且安全に採掘され又 man-shift 當り 10 噸の出鑛或は一日一區劃當り 125 噸を出鑛した。

Charcas, San Luis Potosi, Mexico

Slice の充填を伴ふ top slicing が the Cia Minera Aearco S. A. の一單位の Charcas で一

部分採掘を終つた區劃で未採掘鑛石の現れてゐる切材の大部分は極めて荷がかかつてゐる地質の部分に採掘するのに用ひられた。富鑛體は裂隙に沿ひ約 1,400 呎の長さで平均傾斜 70° を有する。下層は強固な石灰岩か破碎した變質石灰岩で丈夫な支柱を必要とするものにまで變つてゐる。或區劃では變化した粉々になつた斑岩である。採掘する幅は數呎から 90 呎以上に變化し平均 30 呎である。使用する方法は square-setting よりも次に述べる様な利點を有してゐる。

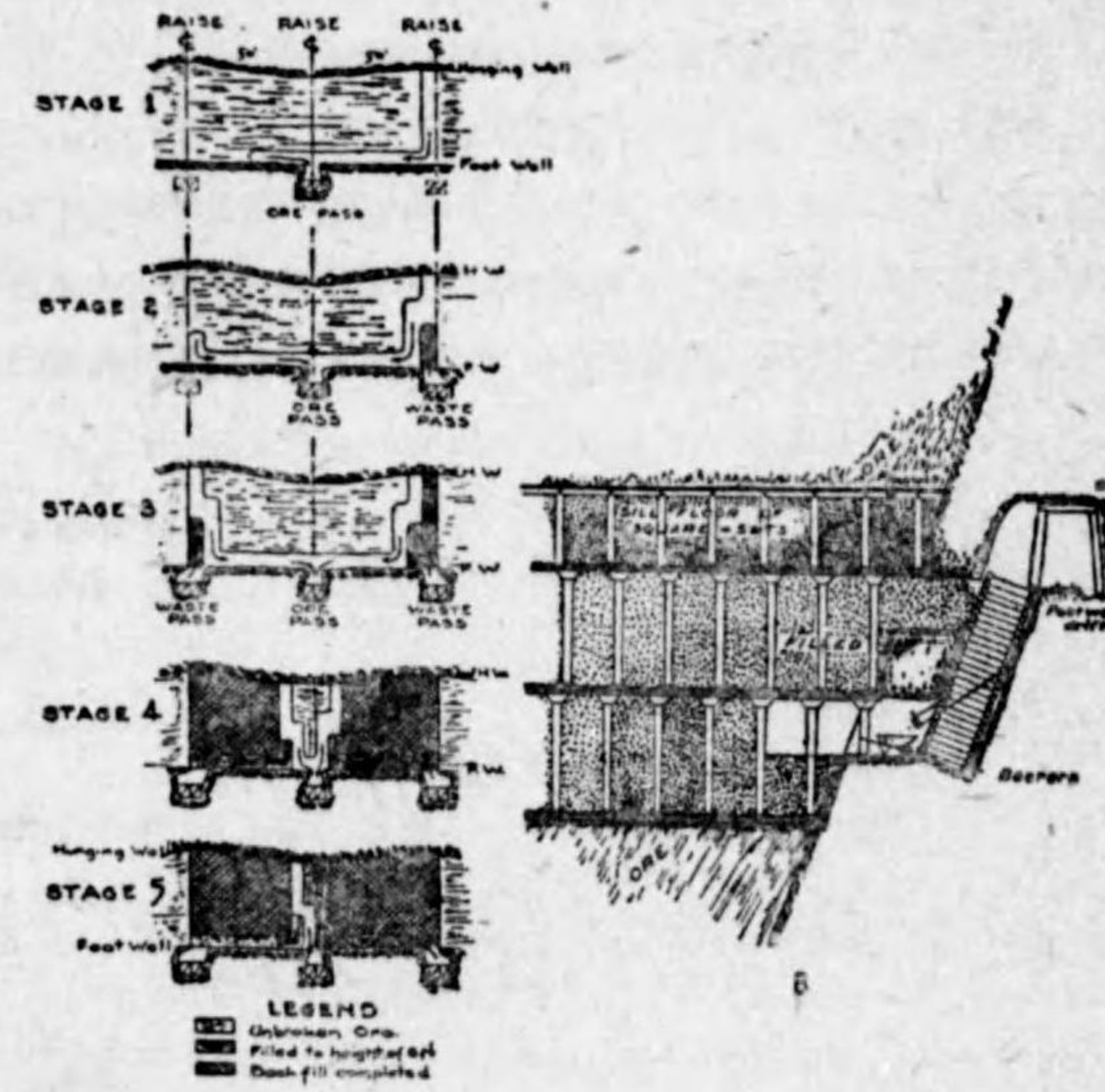


Fig. 78.—A, Plan of stope floor Charcas, San Luis Potosi, Mexico, showing progress of mining; B, Section through waste pass. (After Willey, Howard, Tech, Pub. 354, Am. Inst. Min. and Met. Eng., 1980.)

- (1) 坑夫に對し一層大なる安全度。
- (2) 全回収率の良好と clean な探掘。
- (3) 探掘鑛石噸當經費の低廉。

探掘は 100 呎間隔の二間の掘上りによつて開坑される。この掘上りは下層の運搬坑道から掘上り之と鑛脈の間に 6 呎の鑛柱を残す。Top floor 即ち Slice は柱の下に梁(sill)をおかすに square-set によつて探掘する。Square-setting が進むにつれて下層から上層へ柱の間に 5 呎間隔に 10 呎或はそれ以上の長さの梁 (sill) を置く。此等の梁の上に 2 吋厚板の床を張る。床を張ると、square-set は後向きから出来るだけ密に研を以て充填する。square-set の床が全く探掘され充填された後床の下 12 呎の所に鑛石落とし (ore pass) から鑛脈へ cross cut を出す。之から左右の掘上りを連絡し次の slice 坑道を開坑するために左右に鑛脈の下層に沿ひ 50 呎狭い坑道を掘進する。此の坑道は普通 12 呎の高さで上の坑道の梁 (sill) を 5 呎間隔の二本の柱で支へてある。5 呎幅の slice を此の坑道から上層に向ひ掘進し 5 呎間隔の一組の柱を用ひて上の床の梁を支へる。本法の平面圖を第 78 圖 A に示す。之は普通の top slicing とは次の點に於て異なる即ち

- (1) Slice は進むにつれ後から充填して行く
- (2) 坑道の留の代りに上の坑道を支へるのに柱 (post) 及簀木 (beadblock) を用ひる。
- (3) Slice は充填するのだから支柱は發破しない。

充填の研は圖に示すやうに下層坑道を研落し (waste pass) と連絡することに依り得られる。連絡する cross cut の床は 6 呎上方の slice の下底と連絡してゐる (第 78 圖 B 参照) slice が進むにつれて梁を敷いて top の床の様に床を張りこの床の上に研を充填する。順次下方の床を斯様にして稼行して行く。本法による square-set 法と比較した時の噸當り經費節約は次の通り。

	Mining in virgin ore	Mining in old working
Labor	\$ 0.106	\$ 0.102
Explosives	.008	.011
Lumber and timber	.411	.270
Total saving by use of filled top-slice		
Stoping at Charcas	.525	.383

man-shift 當り出鑛量は次の如く square-set と近似的に等しい。即ち

	Virgin ore Metric tons	Old workings Metric tons
Square-set	1.55	1.24
Filled top slice	1.44	1.34

filled top-slice 法による鑛石の回収は充填をなす square-set 法に依るのが 95% であるの對し

實際に 100% と評價されてゐる。

Franklin, N. J.

數年間 Franklin 鑛山の産額の大部分は充填した横斷切羽 (transverse stopes) の間の鑛柱を top-slicing 探掘法で産出されてゐる。此等の鑛柱は幅平均 32 呎延長は鑛體の幅と等しく最大 150 呎迄變化してゐる。坑道は 100 呎間隔である其故此の鑛柱は下層から上層に延びる高さ 100 呎幅 32 呎の鑛塊を含むわけである。鑛柱は縦長の下層坑道に依り連絡された各下層掘上りから top slicing で開坑される。掘上りは鑛柱の中心線の反對側にあり頂上から始まつて坑道が各 sublevel の鑛柱の中心を貫いて掘進される。掘上りは鑛石が slice から流れ落ちる役をするもので 20 呎間隔に鑛柱を貫いて運搬坑道の cross cut から上げられる。Sub-level の間隔は 10 呎である。一番上の sub-level の中央坑道が上層に到達すると slice を充填した切羽に向け上層に沿つて左右に掘進し、硬い木材主として樑で支柱をする。鑛石を破碎するには小さい發破をかけ支柱が倒されぬ様に space loading を用ふ。充填に近づく slice の最後の鑛石は一時に取除き砂充填を抑へる爲に引立に頂上から始めて板を張る。Slice は 6~8 呎の幅であり上層の slice 床充填まで完全に達すると第二の slice を之に沿ひ同様な方法で掘進する。時には三本或はそれ以上の slice を過重の來る前に掘進することが出来る。支柱が發破される前に床は古木矢木で覆はれる。頂上の sublevel が slicing で拂はれた後 10 呎下方に前と同様上層側に始り次の sub-level で可能なだけの slicing が始まる。slicing は頂上から下方に向ひ鑛柱を全部探掘する迄続けられる。上層が固く強固な時は押木と探掘跡の冠との間に空隙を残し落ちずに top slice の上に懸つてゐる。此の上層を支へる無い span が餘り大きくなり過ぎると突然崩落するから研とか磨鑛の砂を上層坑道から空けて入れて空間を充填し top slice の留の上に cushion を與へる。Top slicing の此の應用は天層が崩壊して以前鑛石の占めてゐた空間を充たす所の普通の top slicing とは全く異なるものである。

Top slicing の總括

1. 適用性

Top-slicing は鑛石が極めて弱くて短い span を除いては支へきれず又支柱を取拂ふと天層が直ぐに崩壊して空洞を密に充填する様なかなり廣い鑛體を探掘するに特に適してゐる。大塊になつて破碎し「アーチ」型になつて落ちずに懸り探掘跡に空洞を残す様な天層は top slicing に重大な危険を及ぼす。斯くして天層の荷重の大きいことは本法の良結果を得るに必要なことである。實際には長壁式後退探掘法である時は唯一の slice の厚さ(5~18 呎)の鑛體を探掘するに top-slicing を用ふる。又 top-slicing は崩壊し又は充填した切羽の間の鑛柱を探掘し下から上向に探掘するには危険な都合悪く破碎し或は崩壊した鑛石を回収するに適する。明らかに之は天層を cav-

ing し多分結果として起る地表の龜裂に對して支障のない所のみ用ひられる。又之は時には Franklin, N. J. の如く強固な上層及天磐の下に於ても用ひられる。top slicing はかなりの支柱と矢木を要するから低廉な坑木の豊富な供給のあることが有利である。

2. 融通性

Top slicing は普通 slice に於て唯僅かの選別が爲されるだけで無選別法である。もつとも時にはかなりの餅は未だ崩壊しない時に發破されないで壓碎され次第に密閉する隣接の探掘せる slice に投げ込まれる。鑛盤中の負鑛或は餅の小塊は取り除かれるか破碎と崩壊を確實にするために發破しなければならぬ。若しさうしないと下の slice に来た場合斯様な塊は坑夫に對して脅威となるだらう。若しも良い mat が崩壊せる表土と slice の冠との間に維持されるならば鑛石が幾分餅と混じても混じなくとも危険は少い。若しも一時的に産出を節減するか停止する必要が起つたならば荷をうけてゐる slice を完全に施して僅かの鑛柱もその間に残さず稼行を再び始めるために良條件の下に残しておかなければならぬ。

3. 回収率

Top slicing は若し適當に監督し、且良好な mat を維持するならば、實際に全鑛石をも回収可能である。僅かな鑛石の残部が slice の末端間或は slice の末端と cave 間に時々残される。時々平滑な下層が被覆せる mat に接する所の或は作業の餘地を作る爲に岩磐を切擧げなければならぬ所の鑛床の境界部の周では 2~3 呎の鑛石は残さなければならぬ。

4. 開坑

漏斗、人道掘上り及び sub-level 坑道の形でかなりの豫備開坑を要するけれども、之は探鑛の役をなし、鑛石の充分な裂碎を助ける。又 top slicing が用ひられる様な軟鑛では大抵此の開坑は比較的經費少く、相當な量の鑛石を産出する。例へば或る鑛區に於て開坑から出る鑛石、噸當り經費は slice から出る鑛石の其れに比し、僅かに約 20% 多いに過ぎない。第 26 表は top slicing を用ひてゐる諸鑛山に於ける切羽の開坑の一呎當り開發される鑛量の數字を示す。

5. 經費

第 27 表は數多の鑛山に於ける top slicing の經費を表す。本表に於ては他の探掘法に對する經費の表と同様、鑛山の全體の開坑、運搬、捲揚、排水及一般探掘間接費は含まない。かなりの支柱と矢木を要するけれども、坑木の品質は恒久的の支柱の様に良質を要しない。又地方的特長により、安價な坑木が豊富にある所では支柱に對する噸當り經費は中位である。

Table 26—Relation between feet of stope development and tonnage developed, top slicing

Mine	Variation of top slicing	Sublevel interval	Ore developed per foot of stope development, tons	Stope development per ton of ore developed, foot ^(a)
Mesabi:				
No. 1	Parallel slices, scraping into cars	(a)	90	0.0111
No. 2	do	(a)	99	.0101
No. 3	do	(a)	48	.0209
No. 4	do	14	36	.0278
No. 5	do	13	34	.0294
No. 6	Radial slices, scraping to chutes	12	41	.0242
Vermillion, No. 7	do	12½	64	.0156
Cuyuna, No. 8	do	11	90	0.111
Marquette:				
No. 9	Parallel slices, scraping to chutes	11	70	.0143
No. 10	Radial slices, scraping to chutes	10	114	.0143
No. 11	Radial or parallels slices, scraping to chutes	10	164	.0061
No. 12	Parallel slices, scraping to chutes	11	164	.0088
No. 13	do	10	164	.0061
Menominee No. 14	do	12	38	.0260

註 1 long ton (2,240 pounds).

2. Mostly single sublevel.

Table 27—Direct stoping costs, top slicing

Mine and Year	Variation of top slicing	Cost per ton of ore mined						Total
		Labor and Supervision	Compressed air, drills, and steel	Power	Explosives	Timbre	Other supplies	
Mesabi, No. 1, 1929 ¹	Parallel slicing, Scraping to cars.	0.4643	0.0259	0.0230	0.0606	0.1411	0.0140	.7289
Marquette, No. 9, 1929 ¹	Parallel slices, Scraping to chutes.	.439	.095	.008	.055	.079	.063	.739
Marquette, No. 10, 1928 ¹	Radial slices, Scraping to chutes.	.395	.045	.047	.075	.070	.075	.707
Menominee, No. 15 ¹	do	—	—	—	—	—	—	.611
Coronada, Morenci, Ariz. 1917 ²	Inclined top slicing.	—	—	—	—	—	—	.750
Miami, 1916 ²	Blocks, hand shoveling.	.350	.030	—	.040	.130	—	.550
Calumet and Arizona 1916 ²	Mitchell top slicing	.540	.100	—	.040	.210	.040	.930
El Bordo, 1925 ²	Stringers and posts, hand shoveling.	.450	(3)	.010	.070	.250	—	.780
Charcas, 1929 ⁴	Filled top slicing	.170	—	—	.008	.411	—	—
Do. 6	do	.602	—	—	.011	.270	—	—

註 1. Per long ton of 2,240 pounds.

2. Per short ton of 2,000 pounds.

3. Included in other costs.

4. In virgin ore; per metric ton (2,2046 pounds).

5. Labor.

6. In old workings; per metric ton.

Table 28—Man-hours per ton stoping, top slicing

Mine	Man-hours per ton stoping				Tons per man-shift stoping
	Breaking drilling and blasting	Shoveling and scraping	Timbering	Total	
Mesabi: ¹					
No. 1	0.090	0.359	0.276	0.725	11.03
No. 2				.515	15.52
No. 3				.585	13.68
No. 4				.540	14.80
No. 5				.617	12.96
No. 6				.645	12.40
Vermillion, No. 7 ¹				.401	19.94
Cuyuna, No. 8 ¹				.446	17.94
Marquette: ¹					
No. 9	.093	.164	.276	.533	15.01
No. 11				.919	8.70
No. 12				.556	14.39
No. 13				.695	11.50
Coronado Morenci, inclined slicing 1918 ²				.714	11.20
Calumet and Arizona ²				.800	10.00
Miami ²				.800	10.00
El Bordo ²				2.960	3.38
Charcas: ³					
Virgine ore				5.555	1.44
Old workings				5.970	1.34

- 註 1. Per long ton of 2,240 pounds.
2. Per short ton of 2,000 pounds.
3. Per metric ton of 2,2046 pounds.

Table 29—Consumption of explosives, stoping, top slicing

Mine	Explosive used		Explosive consumption per ton of ore stoping, pounds
	Kind	Strength, cent	
Mesabi:			
No. 1	Red cross and gelation	40	.395
No. 2	Special gelatine	35, 40 and 60	.601
No. 3	Red cross	40	.694
No. 4	gelatin	35	.463
No. 5	Red cross and special gelatin	30	.530
No. 6	gelatine	{35 .473}	.534
		{60 .061}	
Vermillion, No. 7	do	{35 .396}	.399
		{60 .003}	
Cuyuna, No. 8	Red cross	35-40-60	.547
Marquette:			
No. 9	Gelatine	50-60	.372
No. 10	Ammonia gelatin	60	.244
No. 11	L. F. standard ammonia gelatin	50-60	.482
No. 12	L. F. gelatine	50-60	.319
No. 13	do	50-60	.353
Menominee, No. 14			.467
Calumet and Arizona			.175

- 註 1. Per long ton of 2,240 pounds.
2. Per short ton of 2,000 pounds

Table 30.—Timber consumption, top slicing

Mine	Sub level interval feet	Length of timbers, feet	Slice covering			Timber per ton of ore ¹	
			Side	Bottom	Timbers ²	Poles, linear feet	Lagging
Mesabi:							
No. 3	ca	8-12	Hardwood boards	-	2.83 board feet	-	0.0012 cord 5 feet lengths
No. 4	ca	8-18	Wire fencing	-	1.16 linear feet	1.24	0.0018 cord
No. 5	14	12	do	Hardwood boards	1.06 board feet	1.256	0.0019 cord
No. 6	13	11	do	do	1.34 board feet	-	0.0032 cord
No. 7	12	10	do	Wire fence on poles	0.96 board feet	1.25	-
Vermillion, No. 7	12½	8	None	Boards	0.746 linear feet	-	1.00 linear foot
Cuyuna, No. 8	11	9-10	None	Wire on poles	1.121 linear feet	-	2.585 linear feet
Marquette:				Plank or wireon poles	1.702 linear feet	1.849	3.941 linear feet
No. 9	11	9	Wire or board	do	1.117 board feet	-	4.474 linear feet
No. 11	10	8	do	do	1.376 board feet	-	3.052 linear feet
No. 12	11	9	do	do	0.525 linear feet	-	1.493 linear feet
No. 13	11	9	do	Wire on 2-inch plank	7.1 board feet sameed plus 4.5 board feet round	-	-
Menominee, No. 14	12	10	Wire fencing	2½ by 8-inch plank	-	-	-
El Bordo ³	12	5 ₁₁			9.00 board feet	-	-
Coronada, 191	12	10		2 by 12-inch plank	-	-	-

保健及安全

採掘法の選擇及使用に際して坑夫の保健及安全を考慮する要あることは今日迄論じられて來た。保健及安全は大きな問題であり、此種の議論の對照となるよりも更に鑛山局、保安課の監督下にあるものである。然し第 31 表は主要採掘法の各々の比較危険率の一般的傾向を表はしたものである。

Table 31.—Man-hours worked and accident data, classified according to stoping methods, at mines in the United States with a production with more than \$100,000 in 1912¹

Stoping method	Man-hours worked	Percent of total man-hour	Accidents thousand 300-day worked	
			Number killed	Number injured
Square-set	40,345,263	24.8	3.91	390
Cut-and-fill	11,090,872	6.8	4.06	223
Shrinkage	14,673,976	9.0	5.37	302
Open stoping	39,965,832	24.6	3.26	258
Top slicing	14,826,200	9.1	3.15	74
Sub level caving	6,922,448	4.3	2.39	57
Block caving	11,679,624	7.2	4.81	219
Open-pit mining	23,143,160	14.2	2.18	112
Total	162,647,375	100.0	3.50 ²⁾	238 ²⁾

註 1. Wright, C.W., Mining Methods and Costs at Metal Mine of the United States:

金屬鑛床ノ採掘方法

昭和十七年二月十日印刷

昭和十七年二月十五日發行

譯者 日立鑛山採鑛課

發行所 東京市芝區田村町一丁目二番地

日本鑛業
株式會社 鑛山部

印刷者 吉田了太

東京市王子區神谷町一丁目四八二番地

印刷所 東京印刷株式會社

東京市王子區神谷町一丁目四八二番地

非賣品

561.4-A44ㄅ



1200500746688

5614

4

終