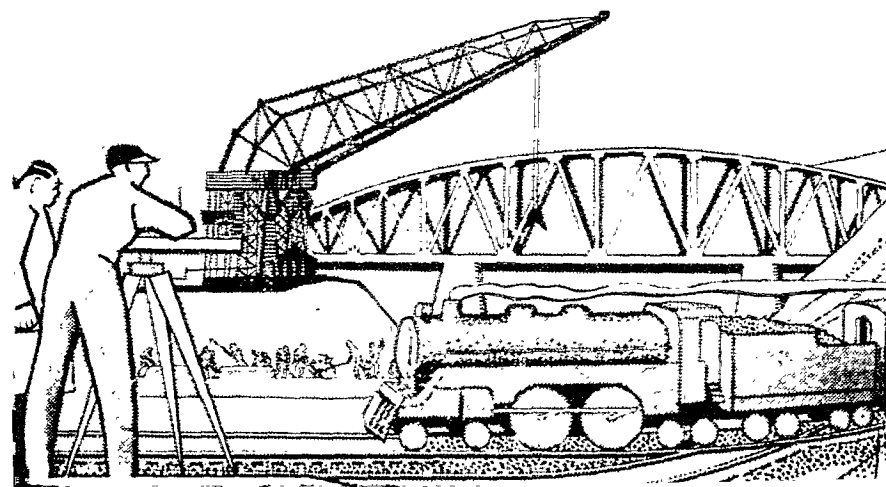
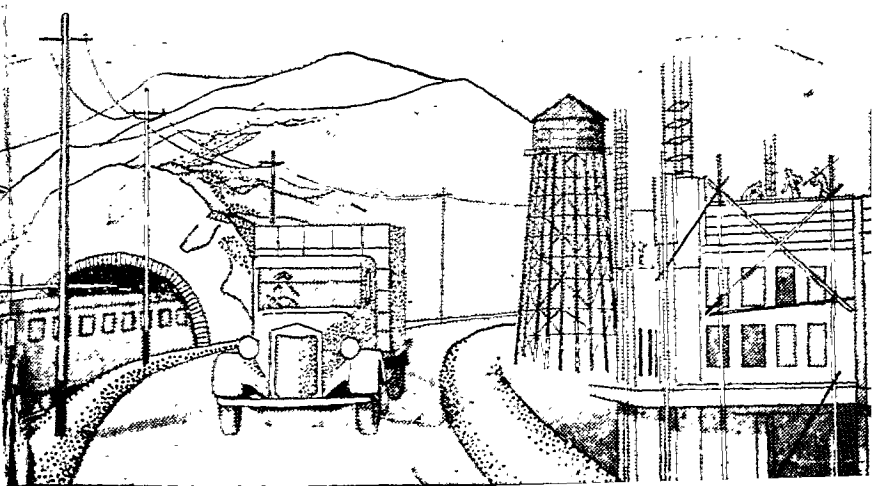


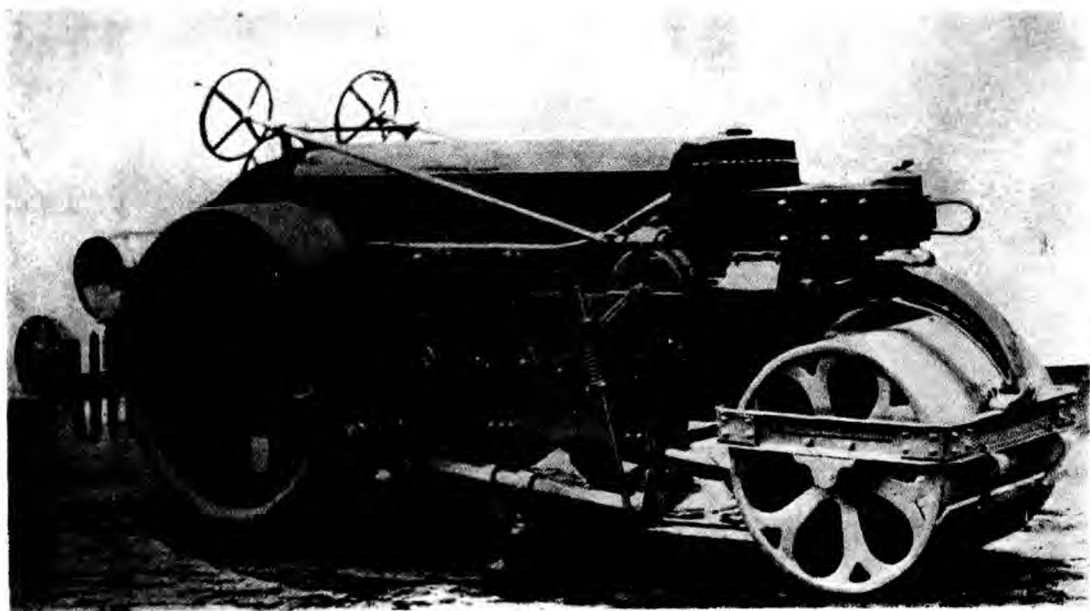
建設
署
藏
圖書之章







中國科學社
愛迪生紀念基金
資助出版



70噸重路滾備有耙路機及平土機刮刀

MG
TU
6

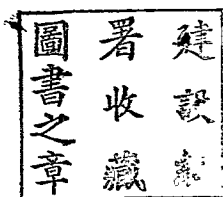
中國科學社工程叢書
實用土木工程學
第四冊

道 路 學

BY
AUSTIN T. BYRNE
Civil Engineer

譯 述 者

沈 寶 璋



3 1773 8249 0

中國科學圖書儀器公司發行

中 1301

序

中國科學社負發揚科學文化之使命，近年來經本社出版之科學書籍，雖已逐漸增多，惟尚無獨成系統之專著，而於應用科學方面，尤感缺乏，爰有編譯工程叢書之議，藉以弭此缺憾。但工程學門類至繁，從事編譯，豈屬率爾操觚所能濟事，其未能早日見諸實行者，經費與人才之困難，實為其主要原因。

民國二十七年春，本社雖處於特殊環境之中，惟出版事業尚未受若何影響。是時社友汪胡楨、顧世楫等適來海上。諸君之於土木工程學造詣甚深，且在工程界任職歷二十餘年，久著勞績，其於著述之事，亦深感興趣而遊刃有餘。故經本社理事會議決，以主編實用土木工程學之事任之，而為本社發行工程叢書之嚆矢。

土木工程學雖僅屬工程學之一門，惟其範圍之廣，效用之宏，遠非其他任何工程學所可比擬。即在國家承平之日，凡屬發展交通、水利、改良衛生、市政之事，幾無一非土木工程師是賴。他日戰事結束，百端待舉，其最感迫切而需要者，恐更無過於土木工程學範圍內之各項建設，良以其有關國計民生，至為深切。本社

乘此時機，特先以此書問世，亦所以稍爲國家貢獻於萬一耳。

此書係以美國技術學會之土木工程叢書最新版本（一九三八年版）爲藍本，而從事逐譯，經年餘之努力，始克有所成就。今擬先後出版者凡十餘種，關於本書性質，及編譯之經過，另有弁言，以爲讀者介紹，茲不多贅。惟此書既以實用爲主，故不涉高深理論，幸讀者勿以其淺顯爲病。蓋土木工程學之任何門類，俱可輯爲專書，苟不厭求詳，則雖累數十冊而未能盡。此非本社發行工程叢書之原意，且在今日之吾國學術界，亦暫無此需要焉。

民國二十九年一月

楊孝述

弁 言

土木工程學宏博淵深，門類至富。自測量力學等基本學科起，以至交通、水利、衛生、結構諸專門學科止，標舉其名，何慮數十餘種。而每一學科之西文著述，浩如烟海，即在吾國出版界，屬於土木工程學之著述及譯本，近年亦日見增多。但各書之程度不齊，詳略互異，其能彙聚土木工程學各科於一書，自成系統，以供學子自修或初學入門之用者，尙不多觀。西文書籍中之各種土木工程師袖珍手冊，雖包羅宏富，應有盡有，但咸係供參考之需，不宜初學及自修之用，且求之國內，尙未見有從事著譯此種書籍者。

以吾國學術界目前之需要而論，與其多出博雅精深之理論書籍，無甯印行切合實用之專門著述，庶學校中得取爲教材，自修者可資以研究，既免西文扞格之苦，而深得舉一反三之樂。中國科學社之發行工程叢書，其要旨殆亦在是。同人等受命主編實用土木工程學，未嘗忽視此意；惟自慚譚陋，若從事撰著，誠恐剪裁難期盡當，爰經審慎選定美國技術學會出版之土木工程叢書，作爲譯述之藍本。是書之優點，即在注重實用，避免高深理論，其引用數學之處，僅及三角法

爲止，使讀者極易了解。惟有關實用之公式及圖表，仍多盡量採入，以資參考。書中舉例固力求明顯，且凡遇應用計算方法處，恆附以若干習題，以備觀摩。全書七冊，計附圖一千六百餘幅，尤爲他書所罕有，故極適宜於作爲教本及自修課本之用。凡此種種，讀者當能自行評定其價值，毋待同人等之絮述焉。

本書在美國學術界久居重要地位，其執筆者不下十餘人，或係富有經驗之領袖工程師，或爲著名大學之專科教授，無一非著作等身爲工程界知名之士，故能出其餘緒，刪蕪存要，而成此極有價值之鉅著。是書之最早版本，刊行於一九〇八年，去今蓋已三十年矣。歷年屢經增損，不知已再版若干次，今本書所採用者，乃一九三八年之最新版本，凡七鉅冊，其內容如下：

- 第一冊 平面測量學，一工程契約及規範，
- 第二冊 材料力學，一靜力學，一道路學，
- 第三冊 鋼建築學，
- 第四冊 屋架結構，一橋梁工程學
- 第五冊 混凝土工程學，
- 第六冊 水力學，一給水工程學，一溝渠工程學，
- 第七冊 鐵路工程學，一土工學。

按此七冊之內容，似係偏重於量之區分，故不甚與修學之先後程序相合。今酌加更改，以基本學科列於首，並將水力學與靜力學合成一冊，其餘可分者則

分之，計得十二冊，而定爲下列之次序：

- 第一冊 靜力學及水力學，
- 第二冊 材料力學，
- 第三冊 平面測量學，
- 第四冊 道路學，
- 第五冊 鐵路工程學，
- 第六冊 土工學，
- 第七冊 給水工程學，
- 第八冊 溝渠工程學，
- 第九冊 混凝土工程學，
- 第十冊 鋼建築學，
- 第十一冊 房屋及橋梁工程學，
- 第十二冊 工程契約及規範。

在此十二冊中，凡屬土木工程學之主要學科，固已大致具備，惟此最新版本，已刪去河道、海港、水力發電及灌溉等數種。同人等力所能及，尙擬繼續搜採名著，次第譯述，以成全帙。

原書因非出於一人手筆，故在編制方面不盡劃一，且不另分章，亦無詳細目錄，檢查時稍感不便。故現已於譯本中一律爲之區分章節，製成詳備之目錄，置於每書之首，而原書所附之索引，則予刪除。

在譯書之過程中，以選定專門名詞爲最感困難之事，蓋國內關於學術上之譯名，尙未統一，尤以土木

工程學之門類既繁，名詞特多，其中雖有若干譯名，已爲先進著作家所引用，但尙多紛歧，難資依據。同人等爲集思廣益起見，曾經數十次之集會商討，並決定儘量採用教育部已經公佈之各項專門名詞，其未備者，則由同人等審慎擬定，務使全書前後一致。雖未敢云至當，但已確盡一番攷慮抉擇之功，或足爲統一土木工程學專門名詞之濫觴。茲爲便於讀者檢查起見，另列中英文譯名對照表於每書之末。俟全書殺青以後，當再按英文字母次序，編印土木工程學辭彙，以供國內工程家之參考。至於書中之地名及人名，則概從音譯，以商務印書館出版之標準漢譯外國地名人名表爲準則，以期一律。其在書中所見者，亦列對照表，附於書後。

原書關於度量衡單位，均係英制，雖猶爲吾國工程界所通用，但與普通教本中所採用之米制不合，讀者或將引爲不便。爰經另編簡明之單位換算表，刊於每書之末頁，以便推算。

工程書籍中之算式及符號，恆較其他書籍爲多。稍有謬誤，每使讀者思索竟日而不明源委。其切於實用之表式，尤不容有一數字或甚至一小數點之誤列，致發生重大之紛擾。本書關於印稿校對之事，係由主編者與譯者反覆爲之，雖未敢云絕無魯魚亥豕之誤，但已盡最大努力，使印刷上之錯誤減至極少。即原書

中偶有算式及符號數字等錯誤，亦一一爲之糾正。此雖細節，但亦所以表示同人等鄭重將事之微意，故樂爲讀者告焉。

同人等聞見有限，疵謬之處在所難免，倘蒙讀者賜予匡教，不勝感幸。

民國二十九年一月，上海 汪胡楨 顧世楫

譯者贅言

近年吾國各省築路之風大起，都市街道亦均注意改良，此誠物質建設之良好現象。惟任何建設須以國防與國家經濟為前提，苟不以國防為前提，則其結果徒足以資敵，而無裨于國事。此次中日戰爭，沿海各省遭禍之慘，以及腹地各省毀路之惟恐不速，未始非由於公路計劃之不能與國防計劃相呼應耳！如不以國家經濟為前提，則所謂公路者，僅為運輸舶來品之孔道，初無與於本國貨產之集散，所謂市街者，徒為奢侈之點綴品，初無裨於人民之生產，凡此皆誦習道路學之前，不可不慎思而明辨之也。

本書以研究道路與市街之測量設計建築為要旨，分為兩篇。前篇首述道路與車輛之關係，繼述道路之測量與設計方法，最後則敘述道路之建築法。後篇則專論都市之街道。以本書旨在實用，故於築路材料之選擇，工具機器之使用，路基路面之構成，咸不憚繁瑣，詳加闡述，所附插圖亦均極清晰，使讀者如觀實物，於心目中造成明確之概念也。

民國二十九年一月

沈寶璋

原 序

人類之工作，在工程各部門內，其驚奇偉大與莊嚴，殆無過於土木工程師矣。夫有土木工程師，庶幾向視爲無法飛渡之天塹，可以架橋跨越；建摩雲之鋼構，俾建築藝術家得以踵事增華；穿隧重巒，不差累黍；登山涉水，探測人跡未到之境域；他若建築巴拿馬運河，箭石壩，羅斯福壩，水廠濾池及一切公共工程，幾無一非土木工程師之偉績。

鑒於土木工程之重要性，及以清晰通俗文字陳述此廣大領域內一切理論與實際發展之需要，始引起出版者以編纂此巨著之旨趣。出版者之宗旨，在乎供給曾受訓練之工程師以權威之資料，俾易解決當前之問題，並使有志向學之士，得了然于近代之發展以急起直追也。

土木工程書籍，汗牛充棟，瀏覽匪易。此書說理力求簡賅，術語力求減少，重複之章節竭力刪除，輯爲七冊，便於攜帶，附有索引，以利查檢，凡此均欲使適合讀者之需要耳。

本書在技術文學界之地位，久已爲世人所推崇，一致認爲標準之參考書，茲出版者，復不惜煩費，加以

修正，務使包羅益廣而效用益宏也。

在結語中，應向編著諸君子深致謝意。諸君子咸屬富有經驗之工程師與教育界知名之士，本書之得以問世，皆其努力協助之所賜也。

道路學目錄

第一篇 鄉道及大道

	頁數		頁數
第一章 車輛移動之阻力	1	定	23
1. 牽引阻力	1	13. 有關選擇之因素	23
2. 牽引力及坡度	7	(甲) 標準狀況之處理	
3. 輪軸摩擦力	11	14. 連接同一山谷內或相鄰山谷內之兩鎮市	24
4. 空氣阻力	18	15. 中間鎮市之處理	26
第二章 路線之規定	14	16. 山嶺道路之處理	26
第一節 踏勘	14	17. 道路之定綫	28
5. 踏勘之目的	14	(乙) 選擇路線之詳細事項	
6. 考慮之點	15	18. 最後定綫	30
7. 應用儀器	15	19. 施工縱截面圖	31
第二節 初步測量	16	20. 坡度	32
8. 考察地形	16	21. 靜止角	32
9. 地形測量	16	22. 坡度問題	33
10. 地圖	21	第三章 初步道路建築法	37
11. 備忘錄	23	第一節 寬度及橫面綫	37
12. 橋位	23	23. 道路之寬度	37
第三節 路線之最後選		24. 橫面綫	38

第二節 排水	39	44. 鐵管涵洞	52
25. 排水之方式	39	45. 箱式涵洞	52
(甲) 路面下排水		46. 拱形涵洞	53
26. 土壤之性質	40	47. 短跨度橋用作涵洞	54
27. 排水溝之地位	40	第四節 土工	55
28. 排水溝之適當降度	41	48. 挖及填之平衡	55
29. 排水溝所用之材料	41	49. 側坡	56
30. 排水溝之大小	43	50. 土方之縮小	57
31. 沈砂池	43	51. 土工之分類	58
32. 溝管橫頭之掩護	43	52. 土工之實施	59
33. 溝管出口處	43	53. 築成填土路基之方法	59
34. 傍渠	44	第五節 造路之工具	61
(乙) 地面排水		54. 鋤	61
35. 傍渠及側溝	44	55. 清除器	62
36. 切坡發現泉水之處理	45	56. 鏟	62
37. 山邊道路之排水	46	57. 犁	62
38. 內側溝與外側溝	46	58. 括土箕	63
39. 攔水堰	47	59. 手車	64
第三節 涵洞	47	60. 兩輪車	66
40. 涵洞之作用	47	61. 傾卸車	67
41. 有關涵洞設計之因子	47	62. 傾卸軌車	67
(甲) 涵洞之型式		63. 築路機	67
42. 普通分類	49	64. 路面器	72
43. 陶管涵洞	50	65. 挖溝用具	73

66. 灑水車	73	84. 修養	87
67. 路滾	74	(乙) 碎石路	
68. 耙路機	75	85. 築法	87
第四章 天然土路	76	86. 石質	88
69. 土路	76	87. 岩石之試驗	91
70. 砂路	78	88. 岩石之種類	93
71. 砂泥路	78	89. 石塊之形式及大小	94
72. 應用油類於砂及礫之 土壤	79	90. 碎石之厚度	94
第五章 特種路面之道路	81	91. 鋪填碎石	94
73. 路面之要素	81	92. 碎石之壓實	94
第一節 基層	81	93. 馬卡達姆及泰而福德 路灰塵之制止	97
74. 基層之材料	81	(丙) 粗瀝青馬卡達姆路	
75. 厚度	81	94. 粗瀝青馬卡達姆之特 點	100
76. 基層之布置	82	95. 建築法	100
77. 常用基層之式樣	83	96. 別秋瀝	104
第二節 磨耗面	84	97. 阿彌薩	104
78. 磨耗面之作用	84	98. 岩瀝青	104
79. 厚度	84	99. 粗瀝青材料之定義	105
80. 磨耗面之種類	84	100. 粗瀝青膠灰	105
(甲) 礫路		101. 瀝青煤油	106
81. 礫	85	102. 粗瀝青材料之試驗	107
82. 礫之整備	85	(丁) 混凝土路面	
83. 礫之鋪填	86		

103.	建築法	107
104.	材料	109
105.	脹縮縫	109
106.	鋼筋混凝土路面	109
107.	混凝土用粗瀝青面	109
108.	成塊或立方塊路面	109

第六章 道路之修養及改善		
	善	111
109.	碎石路之修理及養護	111
110.	養路之組織	111
111.	已成道路之改善	112
112.	行車之調查	113

第二篇 城市街道及公路

第七章 城市街道 115

113.	城市街道之布置	115
114.	街道之寬度	115
115.	街道之坡度	116
116.	橫面綫或路冠	120
117.	街道之排水	121

第八章 城市街道之基層 124

118.	基層之要素	124
119.	混凝土基層	125

第九章 石塊路面 127

120.	石塊路面之取材	127
121.	石料	127
122.	圓石鋪路	128
123.	比利時石塊路面	128
124.	花崗石塊路面	129

125.	石塊	130
126.	鋪石塊之方式	131
127.	基層	133
128.	墊層	133
129.	石塊鋪法	133
130.	夯實	133
131.	石縫之填塞料	134
132.	斜坡上之石塊路面	135

第九章 磚鋪路面 137

133.	磚之品性	137
134.	鋪路磚之試驗	140
135.	磚鋪路面之優劣	141
136.	基層	141
137.	砂層	141
138.	鋪法	142

139. 磚縫之填塞料-----143
140. 建築塊鋪路面之手工
用具-----149
141. 混凝土混合機-----150
142. 礫烘熱器-----150
- 第十一章 木塊路面-----151
143. 木塊路面-----151
144. 油蒸法-----152
145. 鋪木塊法-----153
146. 木塊路面之品性-----156
- 第十二章 瀝青路面-----158
147. 片瀝青路面-----158
148. 鋪法-----160
149. 基層-----161
150. 瀝青路面之品性-----162
151. 瀝青路面之失敗-----164
152. 岩瀝青路面-----165
153. 瀝青塊-----166
154. 建築瀝青路面應用之
工具-----167
- 第十三章 雜項路面-----169
155. 燒泥-----169
156. 柴-----169
157. 蠟壳-----169
158. 黑砂石-----169
159. 爐渣-----169
160. 熔渣-----170
161. 石油混合面-----170
162. 克蘭反司志路面-----170
163. 鐵-----170
164. 車輪道-----171
165. 國家路面-----171
166. 纖維瀝青路面-----171
- 第十四章 街道之雜項工
作-----172
- 第一節 人行道-----172
167. 人行道-----172
168. 寬度-----172
169. 橫坡-----172
170. 基層-----172
171. 面層-----173
172. 材料-----173
- 第二節 側石及側溝-----175
173. 側石-----175
174. 側石與側溝之合併-----177
- 第十五章 街道之清除-----178
175. 清除方法-----178
176. 清除積雪-----181

177. 街道之瀝水-----	181	182. 相關之經濟-----	188
第十六章 路面之選擇-----	183	183. 路面之總費用-----	191
178. 路面之品性-----	183	184. 各種路面之比較等級-----	192
179. 有關之利益-----	183	185. 規範-----	192
180. 選擇時所包含之問題-----	184	186. 合同-----	193
181. 經濟利益-----	188		



美國公路局試驗新式路面

美國農業部公路局為試驗各種混凝土路面之磨耗及各種瀝青路面發生波形之原因，特設計一種環道，用特種設計不需司機人開車之車輛以研究之。



鋼筋混凝土路面,使用混凝土混合機

道 路 學

第 一 篇

鄉 道 及 大 道

第一章 車輛移動之阻力

建築道路之目的，係為預備一通路，使人及貨物，費最少之功率及金錢，可從一處運輸至他處。在任何既定路上，辦理此種運輸之便利程度，常視此路對於車輛移動之阻力為衡。所謂阻力，係指下述各項：(1)路之阻力，包括(a)輪緣與路面之摩擦力，(b)路面不平對於車輪滾動之阻力，或路面強度不足，使重載車輪，易於沉陷之阻力，(c)重力阻力，稱為『坡度阻力』；(2)車輛之阻力，稱為『輪軸摩擦力』；及(3)空氣阻力。每種阻力，均有極大變動範圍，隨路身及路面之種類與狀況而異，亦隨車輛之形式及狀況以及載重與行車速率而異。

1. 牽引阻力 將各項道路阻力并合言之，通稱為『牽引阻力』，此阻力之數量，即為每一噸載重，牽動時所用力之磅數。量計阻力，可用一種彈簧秤，稱為『牽引計』，一端繫於車輛，他端繫於曳引之牲畜。

一道路對於運輸供獻最小阻力者，必須有一種路面，使車輪摩

摩擦力達最小可能之數，同時此路面亦當有相當糙度，使牲畜易於駐足，自動車易於附着；又其路線必須為最直捷，而坡度亦為最小。

表 I.
各種路面之牽引阻力

路 面	牽 引 阻 力	
	每 噸 磅 數	與 載 重 之 比
土路——普通情形	50 至 200	$\frac{1}{49}$ 至 $\frac{1}{10}$
礫	50 至 100	$\frac{1}{40}$ 至 $\frac{1}{20}$
砂	100 至 200	$\frac{1}{20}$ 至 $\frac{1}{10}$
馬卡達姆路	30 至 100	$\frac{1}{17}$ 至 $\frac{1}{20}$
木板路	30 至 50	$\frac{1}{17}$ 至 $\frac{1}{40}$
鋼輪道	15 至 40	$\frac{1}{133}$ 至 $\frac{1}{50}$

摩擦力 摩擦力係由輪緣與路面摩擦而生。每一種路面之摩擦力，惟實驗可以求得之。下述各條，均由實驗而得也：

- (1) 牽引阻力與壓力成正比例。
- (2) 在堅硬路面上，阻力與輪緣之寬度無關；但在可以壓縮之路面上，則輪緣愈寬，即阻力愈小。若輪緣寬度大於 4" 時，則更無實際利益可得，因路面不平整及彎曲之故，使荷重不能平均分配也。
- (3) 在平勻光滑路面上，阻力與速率無關。
- (4) 在粗糙不平整路面上，車輛受連續震蕩，故阻力隨速率而增加。

表 I 表示各種路面之牽引阻力，此種係數為使載重車輛連續行動時所需之動力。若使一種載重從靜止狀態開始移動，則所需之

動力，常較使此載重保持每小時行二三哩所需之動力，大兩倍至八倍不等。推動一載重時所以需要動力特多之故，一部份由於靜止之時，車輪陷入路面，一部份由於發動時之輪軸摩擦力較行動時為大，一部份因載重由靜止而漸漸加速，有『能』被消耗也。

滾動阻力 滾動阻力之發生，一部份由於車輪陷入路面，造成低潭或車轍，如圖 1 所示，使車輪必須滾上一極短斜坡。此阻力以滾上斜坡時在輪軸上所需之水平力計之，即等於載重與車輪陷入弧半弦之三分之一相乘之積。滾動阻力亦可由於車輪與凸出或鬆動之石塊相擊撞，使動力忽然受阻而發生。所損失之動量，隨障礙物之高度而異，通常為甚大也。

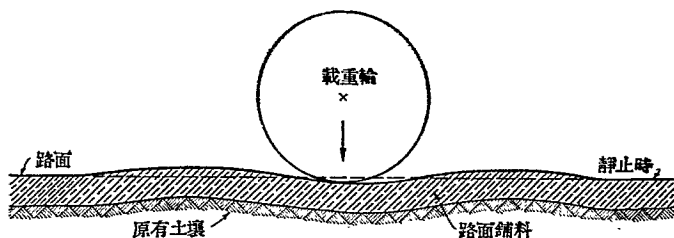


圖 1 載重車輪壓在路面過分放大之狀

在此兩種情形，欲勝過阻力所需之動力，隨車輪之直徑而異，車輪愈大，則滾過障礙物或滾上低潭斜坡所用之力即愈小。

【例】 如圖 2，將車輪拉過石塊或阻礙物 S 所需之動力，可計算如下：

設 P 表示所需之動力，此力須能與在石塊尖頭上之重量，相平衡，若稍為增大，即能拉過之。動力 P 之作用綫為 CP ，臂距為 BC 或 ED 。重力 W 之方向為 BC ，臂距為 BD 。平衡方程式為

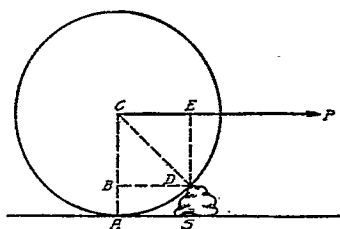
$$P \times CB = W \times BD,$$

$$\text{故.} \quad P = W \frac{BD}{CB} = W \frac{\sqrt{CD^2 - BC^2}}{CA - AB}$$

設車輪半徑，等於 $CD = 26''$ ；阻礙物之高度等於 $AB = 4''$ 。又設 $W = 500$ 磅；其中 200 磅為輪之重量，而 300 磅為輪軸之載重，則上式為 $P = 500 \frac{\sqrt{676 - 484}}{26 - 4} = 500 \frac{13.85}{22} = 314.7$ 磅。D 點所受之壓力，為重量與動力之合力，即等於

$$W \frac{CD}{CB} = 500 \times \frac{26}{22} = 591 \text{ 磅。}$$

當車輪與石塊擊撞之時，即以此壓力毀壞道路，此外車輪由石塊滾下之時，又有碰擊路面之作用。若詳細探討，則牽引力方向之不能水平，與車軸直徑



之大小，須一併計算。車輛若配有適當之彈簧，或將車輪放大，或使牽引力向上，均足以減少所需之動力也。

【例】 車輪越過阻礙物時，其機械的利益，可用槓桿原理計算

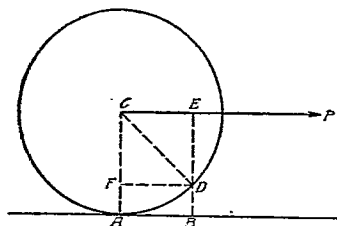


圖 3 車輪拉過阻礙物時力之圖示

之。如圖 3，車輪在水平綫上之 A 點，所遇之阻礙物為 BD。牽引力 CP 與 AB 平行。聯 CD 綫，又作垂直綫 DE 及 DF。假定動力作用於 E 點，重量在 F 點。如此與 EDF 槓桿轉動於

支點 D 之作用相同。故 $P:W = FD:DE$ 。但 $FD:DE = \tan FGD:1$ ；而 $\tan FGD = \tan 2 DAB$ ，故 $P = W \tan 2 DAB$ 。惟圓半徑愈小，則 DAB 角愈大。重量為常數，故車輪之直徑愈大，則越過已知高度之阻礙物所需之功率即愈小。所以行走於不平之道路，以採用大輪為佳。

表 II

在各種不同斜坡上，由於重力之阻力

坡度, 1比	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400
每呎升高度(呎數)	264	170	132	105	88	75	66	58	52	26	17	13
每噸之阻力(磅數)	100	66 $\frac{2}{3}$	50	40	33 $\frac{1}{3}$	28 $\frac{1}{2}$	25	22 $\frac{2}{3}$	20	10	6 $\frac{2}{3}$	5

但車輪高度有時須受限制，若輪半徑 AC 超過馬身繫架之高度，則牽引綫 CP 為斜向馬體，而動力之一部份，將用於壓迫車輪以抵向地面矣。故車輪之最適宜之平均尺度為直徑 6 呎。大徑之輪，其損壞道路較小徑者為少，而馬之牽引力亦可較少也。若載重相同，則雙輪車之損壞道路，較四輪車遠甚，此蓋由於雙輪車易有突然及不規則扭轉行動之故。

坡度阻力 坡度阻力，係由於重力作用，與路之優劣無關。在水平路上，此作用極微，因重力作用與水平相垂直，故不使行動加速，亦不使減緩也。在斜坡路上，則此項阻力，極為顯著，恆與坡度之陡坦成正比例。每噸載重，在任何斜坡上由於重力之阻力（以磅計）等於

$$\frac{2000}{\text{坡度率}}。$$

表II即表示在各種坡度上由於重力之阻力。此種坡度阻力，可由下列闡明之。

【例】假定全部重量加於一對車輪上，又假定牽引力為與路面平行。如圖 4，設 AB 為斜坡路之一部份， C 為車輛， CD 為牽引力之方向，使車輛保持其地位者也。今作用於此車輛，計有三力，即重量 W 作用於垂直方向 CF ；牽力 F ，作用方向為 CD ，與路面平行；及車輛加於路面之壓力 P ，作用方向為 CE ，與路面相垂直。欲求此三力相關之量，作水平綫 AG ，及垂直綫 BG ，於是 CF 及 BG 為平行，而均與 AB 相交，故 CFE 角等於 ABG 角；又 CEF 角與 AGB 角相等，故三角形 CEF 及 ABG 為相似三角形，惟前者之三邊與保持車輛平衡之三力成正比例，故亦與後者之三邊成正比例。即斜坡長度 AB ，與車輛之重量 W 成

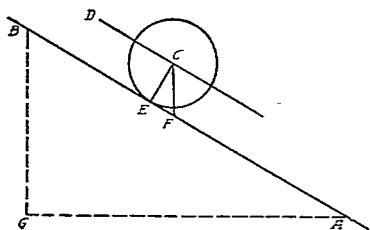


圖 4 車輛在斜坡上仰行時所作用之力

比例，又斜坡之垂直升高 BG ，與牽住車輛之力 F 成比例；而斜坡之水平距離 AG ，則與車輛對於路面之壓力 P 成比例。

故 $W:AB=F:GB$ ，及 $W:AB=P:AG$ 。

若使斜坡路之垂直升高適等於 1 呎，則

$$F = \frac{W}{AB} = \frac{W}{\sqrt{AG^2 + 1}} = W \sin A,$$

及
$$P = \frac{W \times AG}{AB} = \frac{W \times AG}{\sqrt{AG^2 + 1}} = W \cos A,$$

式中 A 角即 BAG 角也。

故欲求保持一車輛停留於斜坡路上所需之力（摩擦力略而不計），即將車輛及其載重之總重量，除以斜坡長度，其垂直升高須適

等於1呎，於是所得商數，即為所需之力。

表 III

在各種不同速度時一匹馬之牽引力

每小時哩數	牽引力(磅)	每小時哩數	牽引力(磅)
$\frac{3}{4}$	333.33	$\frac{1}{4}$	111.11
1	250	$\frac{1}{2}$	100
$1\frac{1}{4}$	200	$\frac{3}{4}$	90.91
$1\frac{1}{2}$	166.66	3	83.33
$1\frac{3}{4}$	142.86	$3\frac{1}{2}$	71.43
2	125	4	62.50

欲求車輛對於斜坡路面之壓力，將載重車輛之總重量，乘以路之水平長度，再除以斜坡長度，其商數即所求之壓力也。此壓力常小於車輛及載重之實際重量，但相差極小，故斜坡若不甚陡峻，則此壓力常作為與重量相等。

欲求車輛在斜坡上仰行或俯行時之牽引阻力，可先求在同樣路面之水平路上之阻力，再求保持於斜坡上所需之力，若車輛仰行，則兩者相加，若車輛俯行，則兩者相減，所得即表示其阻力。

2. 牽引力及坡度 機械自動車輛之運輸，雖日增月盛，但在若干年內，牲畜曳引之車輛，仍不致退處於無用之地。惟牲畜可行之坡度，機械自動車必能上行，故但須討論坡度對於馬曳車輛之影響。

馬之牽引力 道路斜坡所需之平坦程度，當視馬能勝過行動阻力之牽引力為衡，此阻力包括四種力，即摩擦，碰撞，重力，及空氣阻力。尋常對於馬之牽引力之估計，均不免近於粗疏，因馬之種類雖同，但強弱及速率則各各不同，且對於任何特種工作之訓練，

亦不能相同也。

平均一匹良馬，重 1,200 磅，以每小時 $2\frac{1}{2}$ 哩之速率行走於水平光滑路上，則其牽引力為 100 磅。此項工作即等於每分鐘 22,000 呎磅，或每天(10 小時)13,200,000 呎磅。若速率愈增，則牽引力愈減；在某種限度內，從每小時 $\frac{3}{4}$ 哩至 4 哩，則速率略與牽引力成反比例。一馬在水平路上曳引十小時，其平均牽引力約如表 III 所示。

表 IV
牽引力與時間之變更

每天小時數	牽引力 (磅)	每天小時數	牽引力 (磅)
10	100	7	$140\frac{2}{3}$
9	$111\frac{1}{3}$	6	$160\frac{2}{3}$
8	125	5	200

註：一羣馬之牽引力，可依上表之值，以下列常數乘之：

一匹馬	= 1
二匹馬	$0.95 \times 2 = 1.90$
三匹馬	$0.85 \times 3 = 2.55$
四匹馬	$0.8 \times 4 = 3.20$

一馬之行動速度，若等於不曳重之最大速度之八分之一時，則其能做之工作為最大，其作用之力為其極度拉力之 0.45 倍。馬之牽引力又約與曳引之時間成反比例。若在水平路上，工作 5 小時至 10 小時，則牽引力約如表 IV 所示。

斜坡上牽引力之損失 在斜坡上仰行時，馬之動力減小極快，其大部份體力，係耗損於勝過重力阻力，即由於自身及荷重之重量

所致。表 V 即表示坡度之傾斜愈甚，則馬及路面之效率愈減，即馬體之能力，消耗於勝過重力者愈多，則其所餘用以勝過路面阻力者即愈少。

表 VI 即表示平均一馬，重 1,200 磅，在各種路面並在水平路及每 100 呎升高 5 呎及 10 呎之坡度上，所能曳動之總載重。

表 V

一馬在不同路面上能曳之載重與坡度之關係

坡度	土	碎石	石塊	瀝青
水平	1.00	1.00	1.00	1.00
1:100	.80	.66	.72	.41
2:100	.66	.50	.55	.25
3:100	.55	.40	.44	.18
4:100	.47	.33	.36	.13
5:100	.41	.29	.30	.10
10:100	.26	.16	.14	.04
15:100	.10	.05	.07	—
20:100	.04	—	.03	—

馬在斜坡上曳引載重減少之原因，並不專由於重力，亦隨路面對於馬足之駐着力而異。斜坡角之正切，不可大於牽引阻力之係數。路面愈光滑，則斜坡愈當平坦，因路面愈光滑，即駐着力愈小，故可能之載重亦愈小。

斜坡上牽引力之實際損失，常較試驗結果為大。因除重力使牽引力增加外，馬之體力亦因長途仰行而感疲乏，此蓋由於馬之身體構造特殊及體重巨大，故疲乏之程度較人體更甚。在水平路上，一馬之強，可抵五人；但在百分之十五之坡度上，則其體力不及三人矣，因三人各負 100 磅登此斜坡，實較一馬負 300 磅為速，且其疲

勞亦不若馬之甚。

在短時間內，一馬之牽引力，可較整天繼續工作之牽引力增大二倍，故斜坡上之阻力，若較水平路上之阻力不足兩倍時，則水平路上可以曳動之全部載重，亦可曳過斜坡也。

比較平坦之路上，若忽有一處陡峻坡度，最為不宜，因如此則平坦路上之載重，必須減少至相當程度，使其亦可越過陡峻之處。

陡坡之不良影響，在冬季為尤甚，其時冰雪載道，下坡光滑，易生危險，上坡時亦多費勞力。適遇大雨，雨水自陡坡流下，衝壞路面，造成小溝，使修養費用，成為經常支出。且馬匹在斜坡上仰行時，路面磨耗甚劇，故斜坡路面須較平路為厚，而道路之建築費用遂亦為之增加。

除在平曠區域外，既欲使坡度平坦，又欲使路綫最優良而最直捷，頗屬難能。此兩種條件，常相衝突。在此情形，惟有增加路綫長

表 VI.

馬在不同路面及各種坡度上能曳之總載重

路面說明	水平路	坡度5%	坡度10%
瀝青	13,216	—	
碎石（極佳）	6,700	1,840	1,060
碎石（稍有泥）	4,700	1,500	1,000
碎石（有車轍及泥）	3,000	1,390	890
碎石（極壞）	1,840	1,040	740
土（極佳）	3,600	1,500	930
土（平常狀態）	1,400	900	660
土（潮濕但並無泥濘）	1,100	780	600
石塊（乾燥清潔）	8,300	1,920	1,090
石塊（有泥濘）	6,250	1,800	1,040
砂（濕）	1,500	675	390
砂（乾燥）	1,087	445	217

度，但增加之數，須視所採用路面之摩擦力為斷。普通對於增加長度，並無規律可言，惟比較行程之時間，以為決定之重要因數。若時間不計，則為避免一5%坡度，其水平長度之增加，可等於其升高數之70倍。

表 VII 表示實用上曳動載重車輛越過斜坡路所需之力。表內第 5 行表示曳過斜坡路一哩所費之力，若費同樣之力，在水平路上可行之哩數。第 6 行所示之載重，為平均重 1,200 磅之馬所能曳過斜坡之最大荷重。路面摩擦力作為荷重之 $\frac{1}{50}$ 。

3. 輪軸摩擦力 輪殼繞輪軸轉動之阻力，與軸之轉動於軸承內相同，與路面之情狀無關也。軸之摩擦係數，隨軸及軸承之材料

表 VII

載重車輛在斜坡路上之資料

坡度 (每百呎呎數)	路面上之 壓力 (每噸磅數)	下坡傾向 (每噸磅數)	牽引一噸向 上所需之力 (磅數)	相當於水 平路之長 度(哩數)	一馬能牽引 之最大載重 (磅數)
0.00	2,240	.00	45.00	1.000	6,270
0.25	2,240	5.60	50.60	1.121	5,376
0.50	2,240	11.20	56.20	1.242	4,973
0.75	2,240	16.80	61.80	1.373	4,490
1.00	2,240	22.40	67.40	1.500	4,145
1.25	2,240	28.00	73.00	1.622	3,830
1.50	2,240	33.60	78.60	1.746	3,584
1.75	2,240	39.20	84.20	1.871	3,290
2.00	2,240	45.00	90.00	2.000	3,114
2.25	2,240	50.40	95.40	2.120	2,935
2.50	2,240	56.00	101.00	2.244	2,725
2.75	2,240	61.33	106.33	2.363	2,620
3.00	2,239	67.20	112.20	2.484	2,486
4.00	2,238	89.20	134.20	2.982	2,083
5.00	2,237	112.00	157.00	3.444	1,800
6.00	2,233	134.40	179.40	3.986	1,568
7.00	2,232	156.80	201.80	4.844	1,367
8.00	2,232	179.20	224.20	4.982	1,235
9.00	2,231	201.60	246.60	4.840	1,125
10.00	2,229	224.00	269.00	5.977	1,030

與潤滑油之性質而異，與速度無關，略與壓力之平方根成反比例。在載重之輕便車輛，其摩擦力約為車軸所受重量之 0.020 倍；在普通運載車，載重之後，其係數約為 0.012。此種係數，均指良好之潤滑狀態而言；若潤滑不良，則輪軸之摩擦力有時可較此增大兩倍至六倍也。

凡普通尺度之車輛，勝過上述輪軸摩擦所需之牽引力，以輪軸所承重量每噸計，約為 3 至 3½ 磅；若為載重大車，其輪及軸均用中號尺寸者，所需牽引力每噸約為 3½ 至 4½ 磅。

表 VIII.

車輛上之風力

風之說明	風速 (每小時哩數)	風壓力 (每方呎磅數)
微風	15	1.107
清風	{ 20	1.968
	{ 25	3.075
大風	{ 30	4.428
	{ 35	6.027
極大風	{ 40	7.782
	{ 45	9.963
狂風	50	12.300

車輛上彈簧之作用 依實驗結果，車輛上所裝之彈簧，可以減少牽引阻力，並在路面不平處，可減少垂直平面內之振盪。但足以使路面發生最大損耗之水平分力，則雖有彈簧並不能減少也，在大於步行之速度時，此現象為尤甚。若其他情形相同，則車輛裝有彈簧而馬匹快跑時，對於路面之損耗，並不較車輛無彈簧而馬匹緩行時為甚。車輛彈簧若裝置不當，反足以增加振盪，使路面易於毀壞。

4. 空氣阻力 因風力所發生之阻力，隨風之速度及車輛之速度而異，亦隨風所作用之面積，及風向之投射角而異。表 VIII 表示各種風速對於每方呎之壓力。

第二章 路線之規定

規定路線應考慮之點，實為沿綫各處之商業情形。若在古舊住居區域，則運輸業務之性質，亦為規定路線之主要因素。在此種住居區域之內，路線大概業已預先決定，無甚選擇之自由；不若新成立而入烟較疏之區域，可從容依照地勢，選擇最易最短及最經濟之交通路線也。

不論在兩者之任何情形，就工程師應注意之原則而言，初無二致，即費最小之動力，以達運轉輸送之目的，並與建築及養護之經濟，均能相稱而已。

欲使動力經濟，當用平坦之坡度，避免不必要之升降，並採用直捷之路綫。但因求路線直捷，致坡度太陡，建築費太鉅時，則寧可犧牲直捷，使路線稍紆迴也。

第一節 踏勘

5. 踏勘之目的 欲求路線選擇盡善，在工程師方面必須充分謹慎，多方考慮；且須親往各區踏勘，採集必要資料，以作決斷之張本。踏勘之時，可沿假定路線，或騎馬或步行，對於區域內之主要地形及天然景物，均須詳加考察。所需研究之程度，及工作之難易，均視所在地之性質而異。踏勘之初步目的，為擇定一條或一條以上之試用路線，然後由此以決定最後路線。若所經區域尚無地圖可以利用，或雖有地圖，而並不準確可靠，則踏勘之工作，勢必大為加增。

6. 考慮之點 踏勘之時，有許多要點，若能悉心考察，則可以節省不少工作及時間。如沿大河岸邊之路綫，則必與此岸邊諸支流相交，故他日必須建造與支流同數之橋梁。路綫若沿山坡而行，則大雨之後，土方易受沖壞，或路基易致滑卸。路綫若在山谷，或在高原，當跨越主要分水嶺時，則綫路上必有陡峻之升降。

勘查一區域時，最初接觸眼簾者，即為地面之高低不平，驟視之，若全無系統或秩序可言，但詳細察之，雖至不平之區域，亦可得一地形布局之通則。大概一區域，必為各主要河道沿各方向所交織，愈近下游出口之處，其河道愈大。較小河道，則自兩側流入大河，左右分馳，遍布全區，更有溪澗，流入小河。所有山嶺，即依河流方向，被分為各支脈，山嶺地勢亦紛隨河道之趨勢而漸漸低降，其較高之處乃成山脊。

主要山脊被河流切斷之處，稱為隘或缺口；其特別高聳之處，稱為山峯。雨水降於山峯，流出山谷，是為河道之發源。山嶺地勢隨各方向河道之自然趨勢，漸漸低降，形成各條山脊，即將各河道之流域互相分隔焉。

天然河道，不僅為最低綫路，且亦為所經山谷之最大縱坡綫。主要河道之方向及地位，亦足以表示河道間之高地或山脊之方向及地位，支流入大河之處，即為山脊之最大缺口，亦即橫跨兩山谷間之高地之最便交通點也。

7. 應用儀器 踏勘時應用之儀器，為(1)羅盤儀，用以定方向，(2)無液氣壓計，用以定山峯之約略高度，(3)手水準儀，以定鄰近各點之高度。如有車輛隨行，則可裝一輪轉計，但踏勘距離，若依時

間估計，已足精密矣。以上述設備，連同可得之最佳地圖，輔以熟悉當地情形之嚮導員，皆為初步踏勘時之必要準備。

第二節 初步測量

踏勘所選定之路綫，當再經一度詳細測量，稱為『初步測量』；由此測量之結果，乃可將路綫確切規定。

8. 考察地形 在作初步測量時，經緯儀綫左右兩側近便距離以內之地形狀況，均當記錄。繪畫地形之資料，可由經緯儀綫之垂直綫上得之，用水準儀或用有視距絲之經緯儀，以測水準高度。凡房屋，籬笆，河流，道路，鐵路及其他目的物之地位，均可用鋼卷尺在測量綫之垂直方向量得之。若目的物之距離太遠，則其地位可由經緯儀綫上之兩站量取兩個角度以求之，或其距離可用經緯儀之視距絲量得之。下述事項，亦必須記錄：所跨越河道之重要程度，大小，及方向；挖掘或堆填土方之性質；採石山之位置及其通路，以及石料之種類；鐵路可以卸貨之地方；以及其他有關路綫選擇之事項。

9. 地形測量 水準 視就地情形沿綫每隔 100 呎，或不足 100 呎處，必須測其水準高度。測水準時，凡原有之道路，鐵路，河流，及運河之高度，均應記錄，至少每隔半哩，須在固定物體上設立一水準標點，如在門柱，屋角或大樹根上刻一缺口，均可。每水準標點之高度及地位，必須在水準簿上詳細記明。

橫水準綫 如認為必要時，則與中綫成直角之橫水準綫，亦須施測。此種水準綫，可以顯示若將測量綫向左或向右略偏時，其影

響將如何。與道路或鐵路相交之處，則橫水準綫可以顯示將該項高度，如何更改，庶可適合擬定路綫之高度。

同高綫 將經緯儀綫及橫綫之水準高度，繪入圖內，可以表示地面上高低不平之狀態。繪入之方法，各有不同，圖 5 之同高綫法，對於工程師最爲有用，因其足以表示山陵及深谷之真相也。

同高綫者，即連接同樣高度各點之綫也。一同高綫所經過地面上之各點，對於一已知固定平面，均爲同一高度，此平面稱爲『基準面』。普通即以平均海平面爲基準面。若平均海平面不易利用，則可在測量範圍內之最低點以下，任意採用一平面，作爲基準面。兩相鄰同高綫之高度之差，稱爲『同高綫間距』，此間距可爲 1 呎，5 呎，10 呎等等。不論採用任何間距，在同一地圖內，其間距必爲常數。同高綫以在基準面上高度之呎數表示之。表示各同高綫之數字，必須互相接近，使觀圖者之目光極易從一綫移至他綫。最好將同高綫稍斷，使數字即寫在斷頭之間；如數字寫在同高綫邊上，則當寫於向高之一側。

同高綫之理論，即假定自一同高綫之一點至相鄰同高綫之一點，其間之地面坡度爲一直綫。同高綫間距愈小，則其誤差亦愈小。如圖 6，彎曲實綫 AB ，表示真實地面，1, 3, 5 各點，表示相鄰各同高綫之高度，故 1-3-5 虛綫，即表示假設之地面，其與 AB 綫相差之處，即其誤差也。今若 2-4-6 各點亦已決定，或即同高綫間距減小一半，則假設之地面斜坡綫爲 1-2-3-4-5-6，此與原綫 AB 之差，較 1-3-5 爲小，即誤差亦同樣減小矣。故若同高綫間距爲極短，則誤差在事實上可完全消滅也。

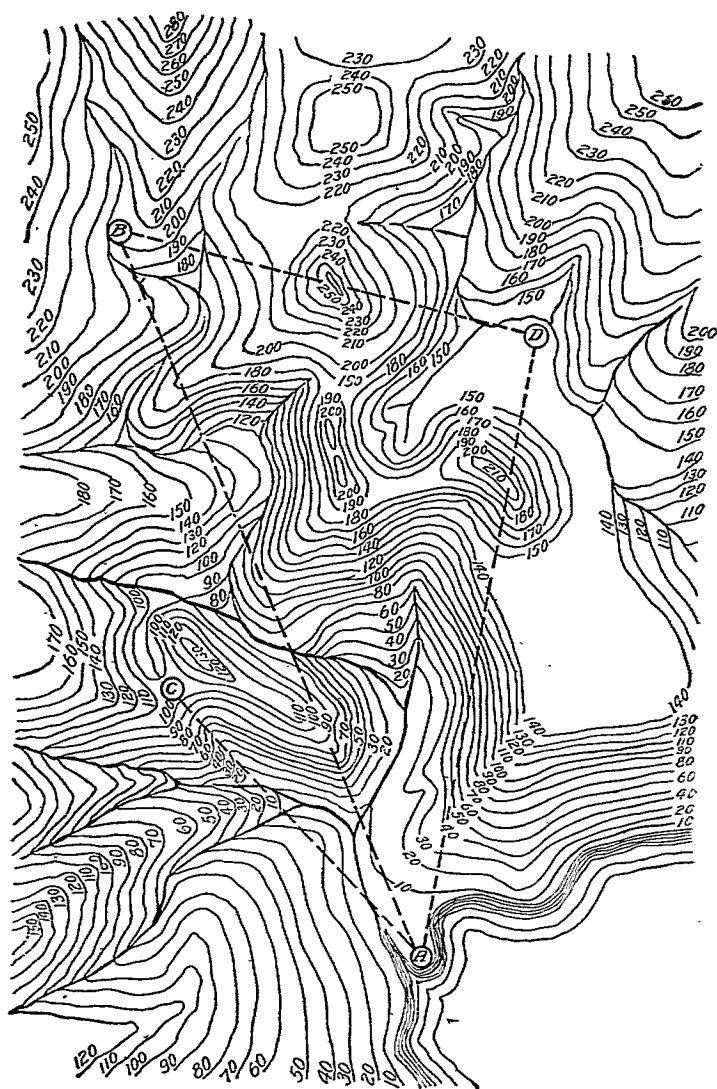


圖 5 道路測量所用之等高綫圖

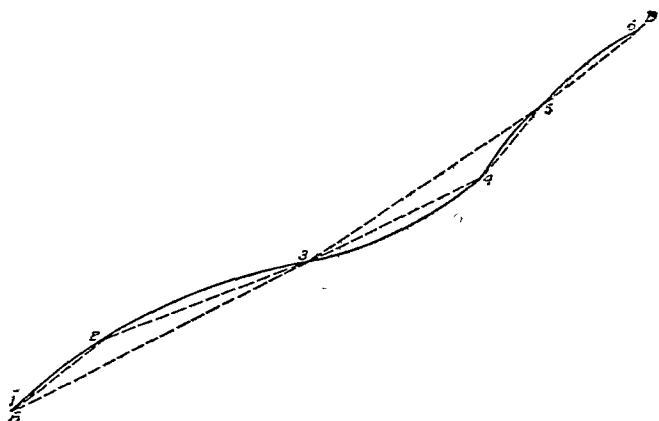


圖 6 表示斜坡上相鄰諸同高綫間之近似高度

地面形狀，可由圖上同高綫相隔之距離知之。斜坡愈陡，則同高綫愈密。若近山頂之同高綫，較近山脚處爲密，則山坡呈凹形；若下部之同高綫較上部爲密，則山坡呈凸形。

每一同高綫必須有始有終，自行環繞，否則必起自圖上邊緣之

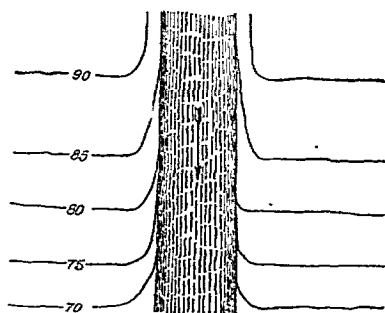


圖 7 表示大河兩岸同高綫之法

之處跨越之。

一點，以達邊緣之他一點，中間不得自斷。惟遇大河，則係例外，因同高綫均由岸邊向上游而行，直至與水平綫相交爲止，蓋消失於水底矣，如圖 7 所示。若在小河，或乾涸之河底，則同高綫即在河底同樣高度

縱截面 縱截面者，即沿路線之剖面也，任何方向之縱截面，可由同高綫地圖取得之，如圖 9 所示。假定欲沿 AB 綫作縱截面圖。由同高綫，知自 A 至 B 地勢逐漸升高，惟在 C 處有孤立之小高地，近 B 處之同高綫較密，即表

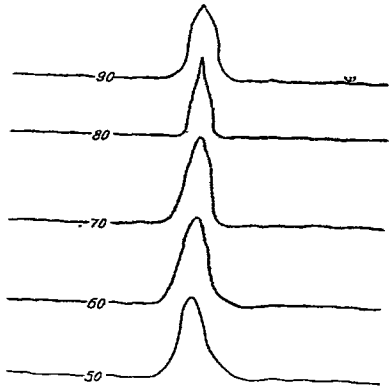


圖 8 表示小河或乾涸河床同高綫之法

示其斜坡甚陡。繪縱截面時，先畫諸平行綫，依照任意便利及放大

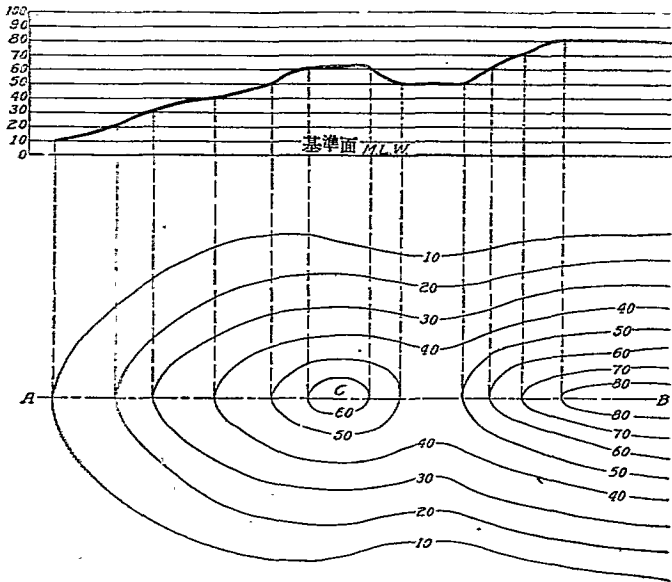


圖 9 自同高綫圖求得縱截面圖之示範

之縮尺，使平行綫間之距離，等於同高綫之垂直間距，將平行綫加記數字，使與相當同高綫之數字相同。從AB與每一同高綫相交之點，作一垂直綫，使與相當數字之水平綫相交，將此種交點連接之，同時注意其地勢之為凸形或凹形。如此所得之縱截面，僅表示AB綫上各點之相對高度，並不顯示其真實坡度也。欲求縱截面地形之真實坡度，必將垂直間距，亦依地圖之水平縮尺繪成之。但若果如此繪成，則高度之顯示將極微，使縱截面圖不足以表示地面之顯著狀態。故必須將垂直縮尺放大若干倍，一種適用縮尺為水平400呎作1吋，垂直40呎作1吋。圖10表示一初步縱截面之示範。所有需要之資料及事項，已備載於圖上矣。

10. 地圖 一地圖，如圖11，必須表示路線各部份之長度及方向，又須表明地形，河流，水道，道路，鐵道，及其他有關事項，如縣界及區界，並林區及墾地之產權界綫等等。任何縮尺均可應用，惟每吋等於400呎之比例尺

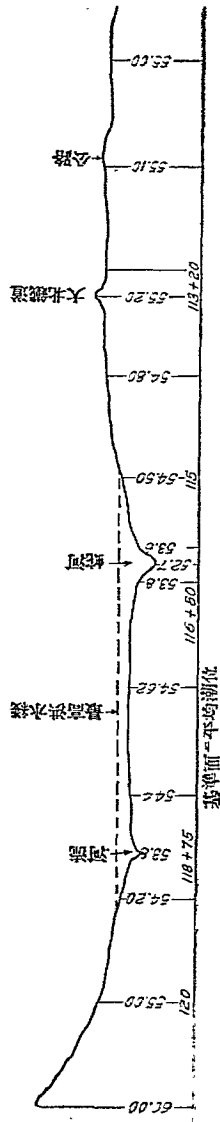


圖 10. 初步縱截面之示範

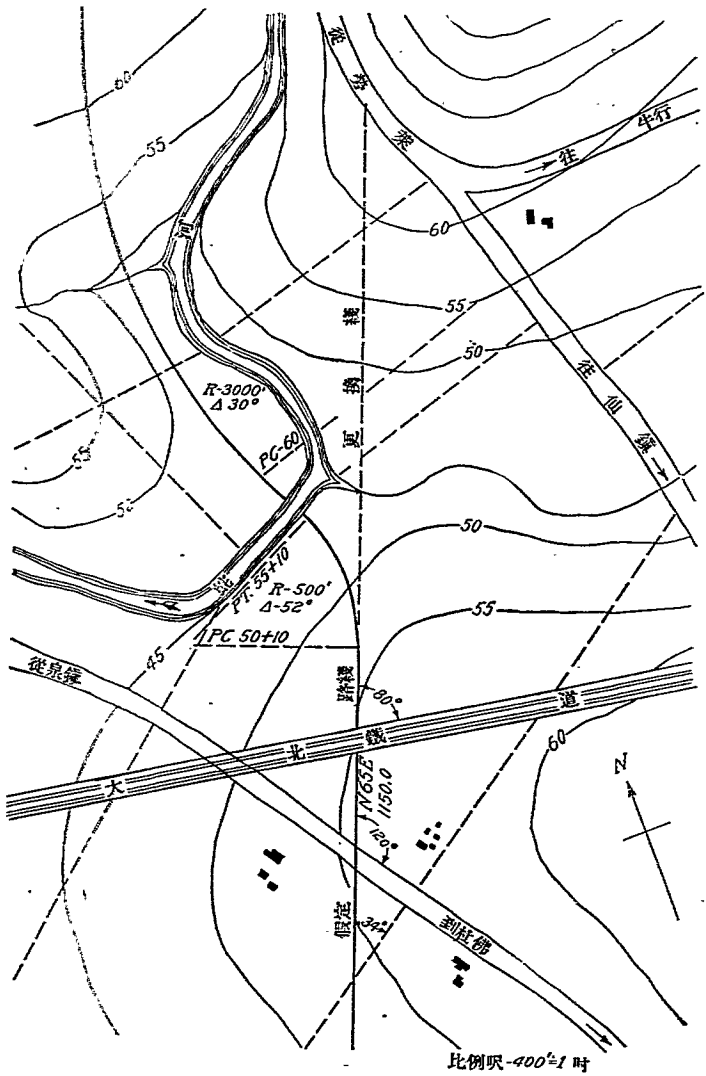


圖 11 擬定路線附近區域地形圖之示範

似最爲適當也。

11. 備忘錄 初步測量之備忘錄，必須將各種有關事項，詳盡記載，如土壤之性質，及挖掘試驗所得土石之情狀，以及地圖上或縱截面圖上不能表示之事物。尤以關於路綫所跨越之河道，必須詳細說明，如已知最高洪水位時河道之寬度及深度，水流速率，兩岸及河底土質以及水道與路綫之斜交角等。

12. 橋位 選擇橋梁位置，實爲一重要問題。若橋位地點並不限定，則在路綫跨越河道最近便地點之上游及下游相當距離內，均須加以考查，如有更佳地位，即當將路綫移動以遷就之。苟有數個地點均可跨越，則當詳加比較，以擇定一最有益之地位。選擇之要點如下：(1)河床地質良好，使基礎得堅實，如河底係石質，則施工必易，經濟安全兩得其利，(2)河岸穩定，使水流常在同一槽內，不致播遷，(3)橋梁之軸綫與水流方向成直角。(4)河道彎曲處非橋位適宜之地點，如屬可能，應予避免。至少在橋位上游之一段河道，當爲直綫。

第三節 路綫之最後選定

13. 有關選擇之因素 路綫最後選定時，下述各原則，必須充分注意。

(1)路綫當隨最便易之坡度而行，最便易之坡度，與所採用之路面種類有關。

(2)兩地相連，須用最短而最直捷之路綫，惟須與便易之坡度相稱。

(3) 避免不必要之升坡及降坡，道路如遇無用之升坡，則功率之浪費甚大。

(4) 道路中心綫，對於天然地面之地位，應使建築費用為可能之最小數。

(5) 凡須用建築物穿越障礙之處，務使路綫與之相交成直角為佳。斜角相交之建築物其費用常與斜角正割之平方成正比例。

(6) 跨越山脊，應擇最低之隘處通過。

(7) 跨越鐵路，應在上面跨過或下面穿過，若為平交道，則對於道路之使用人，極易發生危險。

(甲) 標準狀況之處理

14. 連接同一山谷內或相鄰山谷內之兩鎮市 規定路綫時，有三種狀況，須加處理，如圖 5 所示。第一，所連接之兩地， A 及 B 係在同一山谷內，且在同一側坡上，即兩地並不被谷內之主要河流所隔離。此種狀況最為簡單。第二，雖在同一谷內，但在谷之相對側坡上，即被主要河流所隔離，如 A 及 C 。第三，兩地在不同之山谷內，被相當高之山脊所隔離，如 A 及 D 。如建築遙遠路綫，此各種狀況均可遇到，理想上最完善之道路，當然路綫如矢直，路面如水平，但事實上若能與本文所述相近，已足稱為最優良之道路矣。

第一狀況 在此狀況，兩鎮市在主要山谷之同一側坡上，布置此兩鎮間之交通路綫，有兩種方法，一為兩地間之直接綫，如圖所示之粗虛綫 AB ；一為沿山谷側面之路，如兩地高度不同，則為逐漸而相等傾斜之路，如兩地高度相同，則此綫全部保持同一高度，隨地勢之彎曲轉折而行。若依第一方法，則為水平或一致傾斜之

路，此路將跨越各山谷及支流之歸入主要河流者，於是需要極深之挖掘，極高之路基，極多之橋梁，或其他極耗費之建築，但若隨山坡之彎曲而行，均可避免之。苟主要山谷之側面，更有許多小谷，致邱陵山脊，參差迭起，則路綫不必盡隨地勢彎曲，儘可相度地勢，使其近於直綫，俾挖掘之土石，適足以填充低下之處乃可。

綜上所述，最佳之綫當然為水平或一致傾斜之直綫，但同時其費用為最大。若兩地間運輸之重要性，不需要此種布置，則此路綫應否仍為直綫，使其路面隨地勢而起伏不平，或與直綫分離，使其隨山谷迂曲，而保持水平或一致傾斜之綫，蓋值得考慮矣。

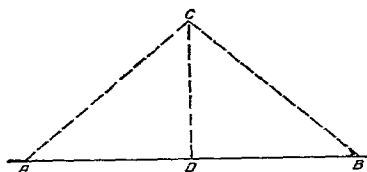
第二狀況 在此狀況，兩鎮市在同一山谷之相對側坡上，若連接路綫為一完全直綫，則欲保持水平路面，必須一高大之路基，若隨地面形勢，則路面必陡峻特甚，若路綫較為迂曲，則可擇上游較高地點以跨越山谷。如此若欲保持水平路面，則路基不必甚高，若隨地面形勢，則傾斜亦可以改小。

第三狀況 在此狀況，亦可將路綫依完全直綫越過山脊，或離開直綫，偏左或偏右，視高度較低之處以跨越山脊。此問題之正當決定，須在某種情況下，切實比較其傾斜及曲綫之優劣。路綫之長度增加，即等於加設一相當斜坡；或反之，路綫多設一斜坡，即等於長度減短若干。欲滿足此問題，各種已知載重之車輛，在水平路及各種斜坡上，所需之牽引力，必須明瞭。

普通最滿意之綫路，即儘量隨山谷之形勢，然後以平坦坡度，漸漸上升。此路綫所經或為墾植地，或為建有農家屋舍及廠屋之地，但如此所定路綫，其價值必遠在山崗路綫之上。惟其跨越河道

處，常在下游寬闊地點，故橋工必巨，但橋梁之數必有限矣。

15. 中間鎮市之處理 設欲築一道路，以連接相距遙遠之兩鎮 A 及 B ，如圖 12。兩鎮間之地形狀態，暫置不論，蓋假定任何路線均可採用。在此情形之下，驟視之，以為能在兩地間，作一完全直路，當然最佳。但稍加考察後，覺尚有第三鎮 C ，位於 AB 直線之一側。故最初目標，雖僅求聯絡 A 、 B 兩地，但如能將三鎮連成一氣，則路之作用必將更大。



欲將三鎮互相聯絡，有三種不同方法，每種各有其

圖 12 在相隣鎮市間規定路線法之圖示

特殊情形之優點。第一方法，即如上所述，自 A 至 B 作直路，同樣更作兩直路即自 A 至 C ，及自 B 至 C 。此法當然為達到聯絡目的最完善之法，因任何兩鎮間之距離均最短也，但其費用甚鉅，殊不經濟，且路線長度亦較第二方法為大。第二方法，為自 A 至 B 作直路，又自 C 作一路，與 AB 路連接於 D 點，使互相垂直。自 A 或自 B 至 C 之運輸，可先到 D 點，然後轉達 C 點。如此則路線長度已較第一法切實減少，僅自 C 至兩鎮間之距離較直接綫稍大而已。第三方法即祇造 AC 及 CB 兩路，如此則 AB 之直接距離雖增，但 AC 間及 BC 間之距離又見減小，而路線之總長度亦減短矣。

按常理言，以第三方法為最善，而對於公眾亦最便，換言之，若地形狀況非用以確定路線時，則最佳之法，不必採用直綫，而將路線稍行紆繞，使通過兩目的地間之一切主要鎮市。

16. 山嶺直路之處理 在山嶺區域規定路線，其困難遠過於普

通高下起伏之地，因限制坡度及選擇地位之尋常方法，均不能適用，其最大限度，常須存乎心目間也。建造山嶺道路，必須用最大坡度，或相近最大坡度，但在開始測量時當能得一固定點，即山嶺之最低缺口處，路綫測量即由此出發。其理由因山嶺下部之坡度，常較上部為平坦，且區域較大，以漸漸瀉入山谷。故山脚邊道路，可向任意方向進行，可取路綫，不止一條，若在山頂，則方向稍移，路綫即增長矣。且工程師因山頂區域減小，處理非易，加以坡度陡峭，欲使路綫趨某一方向，每致失敗也。

山嶺測量，尋常均自下而上，但此最為不宜，所當避免也，因測量如自下而上，則近乎山頂之處，因地位太低，故必須將路綫採用尖銳之重複轉折。在此狀況之惟一救濟辦法，即重行測量，自山頂向下，此即將普通方法，倒轉行之。先將坡度綫定出，然後再測定其水平位置。最適用於此項工作之儀器，為一裝有垂直圈之經緯儀，且其望遠鏡可配至最大坡度之角。

升高之損失 所謂升高之損失者，言下降坡度上，另有中間升起之處，故必須設法避免之。如在下降度上，忽間以不必要之升起，則路綫長度勢必增加，其增加之長度，等於自升高之頂點至路上同樣高度一點之距離，亦即等於坡度綫上升起此高度之相當距離之兩倍。例如，一路綫自山嶺下降，中間升起以跨過山脊，升起高度為110呎，然後再繼續下降，則此路綫實較中間並無升高之路綫，多走一哩，因山坡為1:24，故110呎相當於長度半哩之升起也。

山嶺道路之水 道路之建築及工人之飲料水，均為必需品。路成之後，運輸上亦需水甚殷，而以夏季為尤甚。故山嶺道路若長逾

五哩，路旁或路線相近處，當有供水之設備。路線上方，如有泉水，可設法引導入於飲水池，以爲人畜之用。

在熱帶地方，若十哩以上之山嶺道路，而無水源，則雖路線極佳，或仍當捨棄，改就較劣之路線，而有水源可利用者。

休憩地點 在山嶺長路上，每隔若干距離，必須設置休憩地點。

17. 道路之定綫 定綫並無一定規則，視行車之性質及地面之形勢而異。欲求運輸經濟，當採用直綫，若但求路線直，而失去平坦坡度，致運用時耗費極大，則毋寧將路線彎曲而路程加長也。

環繞山嶺之彎綫，實際上並不較跨越山嶺之直綫爲長，因後者僅對於水平面爲直綫，而對於垂直平面亦彎綫也，前者雖對於水平面爲彎綫，但對於垂直平面則直綫也。兩綫同係彎曲，吾人稱跨山之綫爲直綫者，因其垂直彎曲度對於人之視覺不甚顯著也。路線過度之彎曲，必當避免，因任何不必要之長度，均可產生三種永久之耗費：第一，此不必要部分所費建築費之利息；第二，永久需用之養路費；及第三，行車所費之時間及勞力。

彎道之規定及建築 凡專備馬曳車輛之路，其彎道半徑，不得小於 50 呎。馬車及自動車並用之路，其彎道半徑，當採用可能之最大者，其內弧之半徑不得小於 150 呎。陡坡近腳處，不可有彎道；在升坡上如有彎道，則彎道處之坡度應減小，使有餘力可應付彎道之阻力也。

彎道可爲圓弧形或拋物綫形。若連接不同長度之切綫，或隨同高綫彎曲，則拋物綫更爲適用；因彎道首尾兩端之彎曲度均極小，故用拋物綫，則與直綫分離處，不若圓弧之顯著。如用圓弧形彎道，

則與切綫連接處，亦當加用拋物綫。

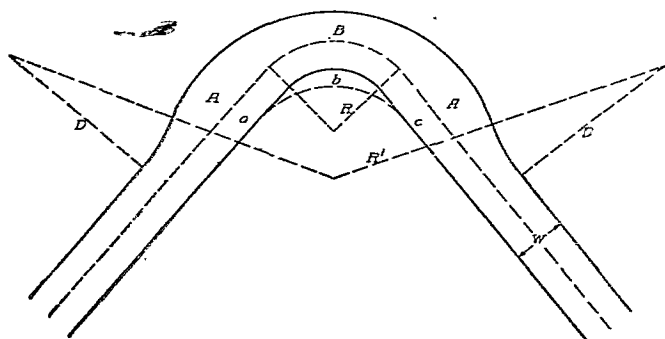


圖 13 路綫彎道布置法之圖示

彎道上輪道之寬度，當較切綫上為大。此項超寬度對於行車最有用之處，為在彎道之接頭處，如圖 13 所示之 A 及 A'，並不在彎道之中部 B。此乃尋常加寬之處。加寬所用之外弧最小半徑，可由下列公式求之，

$$R' = \sqrt{R + \left(\frac{W + w}{\frac{1}{2}}\right)^2} + l^2$$

式中 R 為內弧半徑； W 為道路在切綫上之寬度； w 為車輛之寬度； l 為車輛之最大長度，包括牲畜在內。如有必要，當再將內弧放平，使道路格外加寬，如圖上所示之 abc 。又反彎道半徑不得小於 15 呎。

輪道之外側一半部分，通常為快行自動車所應用者，當加以填高，如圖 14 所示，其超高度在半徑 150 呎之彎道上當為 4 吋，逐漸



圖 14 彎道上橫面綫之改正，為行駛快車之用

減小，至半徑 300 呎之彎道，則為 2 吋。

將近彎道處，至少在 300 呎內，不可阻礙視線。如有障礙物，使全部彎道不能望見來車者，當拆除或移去之。

重複轉折 為升達高處而將路線重複轉折，或用連續坡度而在轉彎處均用彎道。此法殊為不宜，其理由如下：

(1) 重複轉折，均用銳角，須強使行車之方向逆轉，但逆轉時並無充分之地位。其結果使行車較緩，若一行車輛同向進行，則轉彎時，後車即陷於停滯。若兩行車輛在反對方向進行，設相遇於重複轉折處，即擁擠不通矣。

(2) 重複轉折，對於道路之最後目標無進步可言，因高處雖得越過，但水平距離之增長，毫無補償也。

(3) 重複轉折甚為危險。下山時如遇意外事故，則重複轉折處必最為慘重。

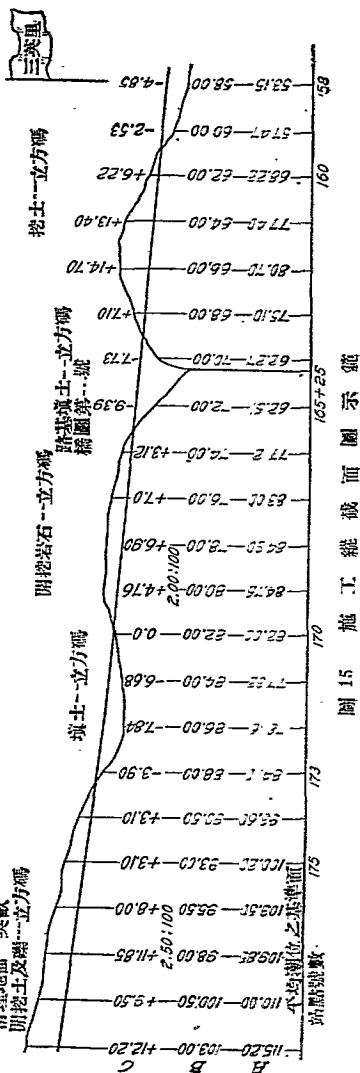
(4) 如路面積水，不能在每段路之盡頭處排除淨盡，則此水必流入該段路之下面，再出現於次段路之上面，於是須再設橋梁涵洞或排水溝，他段亦然。若每段路終點處之排水甚佳，則彎道間之路綫必極短，轉折曲綫必更多，而建築及養護，更所費不貲矣。

(乙) 選擇路線之詳細事項

18. 最後定線 路線經最後決定後，即當實地設定之。設定之法，如在直綫部份，則沿綫每隔 100 呎，釘一木橛，如在彎道上，則每隔 50 或 25 呎釘一木橛。在彎道之切點及複曲綫與反曲綫之處，當釘一較大而較永久之木橛。恐防路工進行時，木橛或被失落，故木橛對於道路區域以外顯著地點之距離，須切實量得，紀錄於簿內，

以便失落時可隨時補入。此種木樑，係表示道路中心綫之地位，實為建築時之基綫。每樑之處，須測其水準高度。凡縱坡度變更之處，均須測其橫水準綫。

19. 施工縱截面圖 由設定路綫時之水準測量，以繪成施工縱截面圖。該圖之水平比例尺，可用 1" 等於 400'，垂直比例尺，可用 1" 等於 20'。圖 15 即表示此項縱截面圖之一部份。A 列，表示每 100' 處，或所釘木樑處，對於基準面之地面高度。B 列，表示對於基準面之路基高度。C 列，表示應挖之深度，或應填之高度，此即地面高度與路基高度之相差數。圖上部之直綫，表示路基之坡度。完成後之路面，應較此綫略高，此綫所代表者，僅為路基面，或土方之頂面而已。普通道路之尺寸，均指就地面所作成之路基面而言，其上面尚須加蓋路面



材料。在斜面坡度變更處，應在圖上繪一粗垂直線。

20. 坡度 道路之坡度，係指縱坡而言，通常用長度與兩端高度差數之比以表示之。此兩數之比率，稱為坡度；若路線每長 20 呎內，升高或降低 1 呎，則此路即為 1:20 坡度，或 5% 坡度。坡度有最大最小兩種，最大坡度者，即造路時所規定可許之最陡斜坡，無論如何不可超過；最小坡度者，即欲使排水優良所許之最坦斜坡，表 IX 即表示各種坡度之方法。

坡度之決定 規定最大坡度時，應考慮者有兩點：一關於上坡時所費之功率，一關於下坡時之加速度。每種路面，視其完善與否，均有一特殊傾斜度，凡不超過此種傾斜度時，牽引力不受直接損失也。此傾斜度即當以等速率下坡，牲畜步驟轉緩時，將使車輛壓迫於牲畜之後；如傾斜度不及此數，則此現象不致發生，此項極限傾斜度之傾斜角，名曰『靜止角』。

21. 靜止角 任何已知路面之靜止角，可由同樣路面水平路上所需之牽引力，以求得之。如在水平路上，勝過載重阻力所需之力，為重量之 $\frac{1}{40}$ ，則此同一分數，即可表示路面之靜止角。

凡在小於靜止角之斜坡上，則不論上坡下坡均須相當牽引力，此種牽引力之平均數，即等於水平路上所需之力，故在此種斜坡上，下坡時所節省之機械力，與上坡時所消耗者相同。由此論點，一車輛若在路上往返行動，則雖有斜坡，並無實際損耗；但對牲畜則不然，因上坡或下坡與平路上所需馬匹之數均不同，此種變動，在下坡時並無實際補償也。如坡度之傾斜角，大於靜止角時，則下坡之時，載重壓迫於馬匹之後，不特阻礙馬匹之行動，馬匹反須消耗一部份

表 IX

表示坡度之方法

美國法 (每100呎之呎數)	英國法	每哩之呎數	與水平之夾角
$\frac{1}{4}$	1:400	13.2	0° 8' 36"
$\frac{1}{2}$	1:200	26.4	0-17-11
$\frac{1}{3}$	1:133 $\frac{1}{3}$	39.6	0-22-55
1	1:100	52.8	0-34-23
$1\frac{1}{2}$	1: 80	66.0	0-42-58
$1\frac{2}{3}$	1: 66 $\frac{2}{3}$	79.2	0-51-28
1.5	1: 57 $\frac{1}{2}$	92.4	1- 0-51
2	1: 50	105.6	1- 8- 6
$2\frac{1}{4}$	1: 44 $\frac{1}{4}$	118.8	1-17-39
$2\frac{1}{2}$	1: 40	132.0	1-25-57
$2\frac{3}{4}$	1: 36 $\frac{3}{4}$	145.2	1-34-22
3	1: 33 $\frac{1}{3}$	158.4	1-43-08
$3\frac{1}{4}$	1: 30 $\frac{3}{4}$	171.8	1-51-42
$3\frac{1}{2}$	1: 28 $\frac{1}{2}$	184.8	2- 0-16
$3\frac{3}{4}$	1: 26 $\frac{3}{4}$	198.0	2- 8-51
4	1: 25	211.2	2-17-26
$4\frac{1}{4}$	1: 23 $\frac{1}{4}$	224.4	2-26-10
$4\frac{1}{2}$	1: 22 $\frac{1}{2}$	237.6	2-34-36
$4\frac{3}{4}$	1: 21	250.8	2-43-35
5	1: 20	264.0	2-51-44
6	1: 16 $\frac{2}{3}$	316.8	3-26-12
7	1: 14 $\frac{2}{7}$	369.6	4- 0-15
8	1: 12 $\frac{1}{2}$	422.4	4-34-26
9	1: 11 $\frac{1}{3}$	475.2	5- 8-31
10	1: 10	528.0	5-42-37

力，以阻止載重之衝下。若用任何式樣之車軌，以阻止此種現象，則車軌所耗之功率，等於上坡時所費之機械力，此所耗之力，下坡時亦無從取償也。

22. 坡度問題 最大坡度 一道路之最大坡度，須視下述各項而定：(1) 行車之種類有快而輕者，有慢而重者，或輕重混合者；(2) 所採用路面之性質；(3) 建築之費用。但動力之經濟，與建築費之節省，二者互相衝突，不可兼得，故工程師必須於此權衡輕重焉。

快而輕之行車，坡度不可大於 2%；混合運輸，可用 3%；若行車可慢，而用費須經濟者，亦不可大於 5%。此項坡度實際雖常有之，但究不便利也。

最小坡度 依以上論述，似乎絕對水平路為最需求者，然而並不如此。凡道路有一種最小可容許之坡度，不可再小，同樣有一種最大坡度，不可超過也。若路面沿縱方向完全水平，則路上積水將不易排除，如此必使路中心弓起甚高，於是致車輛有傾覆之危險。通常所用之最小坡度，為 1%。

波動式坡度 以一定速率移動一載重，在下坡時所需之功率，較水平路上為減少，在上坡時為增多，其增減之量，大致相同，此項事實，並不能適用於獸力。因牲畜往返於上坡下坡之際，並不能將下坡時節省之功率，補償上坡時之損失。在平路上或上坡時，牲畜之功率或頭數，必須與所需者相稱；但在下坡時，事實上決不能因需力較少，而將其頭數減少若干也。

有一通俗之理論，以為和緩之波動式道路，對於馬匹，可較完全平路減少疲勞，此乃錯誤也。同樣以為上坡，下坡，及平路參差相間，可使馬匹之各部肌肉，輪流休息，減少勞乏，此亦極大錯誤，蓋不明馬匹身體之構造故耳。此項顯著之誤解，必須完全放棄，因不僅理論之錯誤而已，有時竟有故意造成波動式道路，於是勞力及運輸費用為之增大。

水平路段 若上升坡度甚長者，尋常均主張在中間加入幾段水平或近於水平之路，使牲畜稍得休息。然若因增加平路，致高度損失者，殊非所宜，因與其使牲畜走一段水平路，不若使其解除羈

鞍，休息半小時為佳。增加水平路段之惟一適當條件，為此種水平路段仍使路綫向目的地前進，並不使長度或高度徒受損失，或即將山下之平路換作山上之平路耳。

坡度之設定 一擬定路綫之縱截面圖繪就後，即當隨地面之大概形勢，使升高降低略成平衡之情況下，在圖上繪一坡度綫（常用紅色）。若全綫長度與高度之比率，小於所規定之最大坡度，則此綫即為可用；若較最大坡度更陡，即須增加挖掘，或增加路綫長度，普通以增加長度為可取。

相連各坡度之交點或頂點，必須以垂直曲綫連接之，如圖 16 所示，此即使交點相近之坡度稍為更改而已。垂直曲綫在原交點之兩側，鮮有逾 200 呎者。

設 AB 及 BC 為縱截面圖內之兩段路基坡度，相交於 B 。設欲自 A 至 C ，用垂直曲綫，以連接此兩坡度。假定作一弦綫，自 A 至 C 。此弦綫中點之高度，即為 A 及 C 兩處高度之平均數。此高度與 B 點高度相差之半數，即為此垂直曲綫之中點縱坐標，即

$$M = \frac{1}{2} \left(\frac{\text{高度}A + \text{高度}C}{2} - \text{高度}B \right)$$

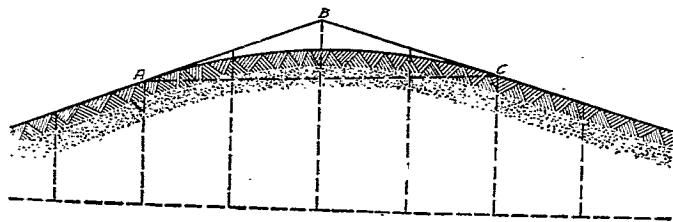


圖 16 兩坡度間以垂直曲綫連接之示範

式中 M 即等於 B 點高度之改正數。其他各點之改正數，與自 A 至 C 距離之平方成正比例。例如圖 16，相鄰各坐標之距離為 50 呎，則 $A+25$ 處之改正數為 $\frac{1}{16}M$ ； $A+50$ 處為 $\frac{1}{4}M$ ； $A+75$ 處為 $\frac{9}{16}M$ ； B 點他側相當各點，與此相同。此改正數係減數，因 M 為負數也。如垂直曲綫向下彎曲，則 M 即為正數，改正數均為加數矣。

第三章 初步道路建築法

第一節 寬度及橫面綫

23. 道路之寬度 一道路應有充分之寬度，以供行車及運輸之用。中間當爲車輛之輪道或馳道，兩旁當各爲人行道。

鄉區道路輪道之寬度，不必大於行車絕對需要之數，有時所需者僅爲單車隊行道其寬與輪軌相等已足。但建築道路時，必須預留相當寬度，以備將來行車繁盛時之用。郊外道路之輪道，當爲雙車道，其中一部份（最好在中部）當鋪路面，其餘仍爲天然土壤。此種土路如修養得宜，則一年中至少可有半年爲牲畜隊之用。

鋪路面部份之最小寬度，如作爲雙行路綫者，當以兩車平安交車所需之寬度決定之。此寬度爲 16 呎。如爲單行車道，則 8 呎已足，但當隨時預備適當之交車處也。任何車道最經濟之寬度，常爲 8 呎之倍數。寬闊之路即爲最佳之路，因有大部份路面可待風日之乾燥，所需管理，亦較狹路爲少。闊路之開辦建築費，大於狹路，略與所增寬度成比例。

道路每哩之修養費用，與路面之關係較小，與行車之關係較大，如不取極端，則不論路之闊狹，凡行車之數量相同，則修養道路所需材料之數量亦同。在闊路上，鋪散材料之費用稍大，但材料之價值則相同也。若在狹路上，所有行車均集於一條車道上，故路面損耗較寬闊路面爲甚。

築路所需土地之寬度，各國不同，在美國自 $49\frac{1}{2}$ 呎至 66 呎；在

英國及法國則自 26 呎至 66 呎。鋪築馬卡達姆路面之寬度亦各有不同：在美國，其平均寬度為 16 呎；在法國，自 16 至 22 呎；在比利時，規定寬度為 $8\frac{1}{2}$ 呎；在奧地利，自 $14\frac{1}{2}$ 至 $26\frac{1}{2}$ 呎。

24. 橫面線 道路之中心常較兩邊為高，為使雨水易於流入側溝也。若路面之修養極佳，則中間高起可以較少。但路中心之升高，與車路之寬度，常有一定比例；土路最大，而瀝青路最小，表 X 即表示各種路面材料最適當之比例。

表 X

各種路面之路心升高與車道寬度之比例

路面種類	路心升高與車道寬度之比
土	1:40
礫	1:50
碎石	1:60

橫面綫之式樣 橫面綫必為凸起式樣，各方意見相同，但凸起之式樣及多少，則各有不同。有用圓弧，有用兩直綫以圓弧連接之，有用橢圓弧，均各有其主張。在鄉道上，用下述方法，亦可得一適當之凸起弧形：自中心至邊之 $\frac{1}{4}$ 處，其升高為全部之 $\frac{2}{3}$ ，在 $\frac{1}{2}$ 處為全部之 $\frac{1}{3}$ ，如圖 17 所示。

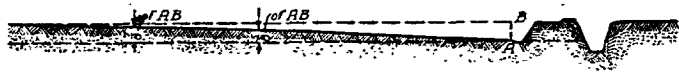


圖 17 道路之標準橫截面

橫面上如用過分之高度或凸起，足以使行車擠集於車路之中心，因惟有此處，車輛可不致傾斜也。且在此種路上，牽引車輛之力

亦須增大，因所載重量特別加重於兩輪上，並不由四輪平均分担也。又馬足專踐踏於路頂一綫上，使路面凹陷，積水不易乾燥，不若平坦橫面，可使行車在全部寬度均勻分配也。中心之兩側如用直綫，亦不相宜，因直綫部份如受磨耗，亦易凹陷積水也。路面所需之凸起，須將路基做成同樣之凸起以適應之，不可徒將路面材料在中部加厚兩旁減薄也。

在山坡上之道路，普通均將橫面作成一個斜坡，傾向內側，此種做法並無特別利益。對於此種道路，最佳之式樣，仍當與尋常路面相同。

道路之中心高起，使雨水各從兩旁流入側溝，此種排水方法最為有效而迅速，較之外側一半路面之水，必須流過內側一半路面者，優良多矣。因內側一半之行車常較外側為繁重。如橫面用直綫斜坡，則內側必耗陷而積水。如此則內側之傾斜平面，永遠不易修理。如遇暴雨，損害必更甚焉。

第二節 排水

25. 排水之方式 建築道路時，排水為第一要義。泥土負擔荷重之能力，大概視其所含之水分而異。泥土能保持乾燥，則成堅固之基礎，一受潮濕，即失去其支持能力，成為鬆軟而無粘着力矣。

道路之排水有兩種，即路面下及路面上。第一種為排除路身內部所含之地下水，第二種即將降落在路面之水迅速排除也。由經驗得知，地下水之排除最為重要，實為道路命運所繫。如路基之排水不良，則上部路面，極易為雨水及冰凍所毀，致修養工作，既繁且費，

故完全排除路面下水量，雖建築時費用稍大，但實屬必要，且結果反經濟也。

(甲) 路面下排水

路面下排水之方法，隨土壤之性質而異，土壤不同，則處理之法亦不同。

26. 土壤之性質 天然土壤，可分為下列數類：砂性，粘性，鈣性，岩石，濕土，及爛泥。凡砂性鈣性土及砂壤土，岩石，均可作成乾燥堅實之基礎，並無困難。因此種土壤均不能存留水量，故無須再用地下排水管，但於道路兩側各置溝管足矣。若遇粘土及爛泥等，則須謹慎從事，因能存留水量，除表面外，內部不易結實，受水及冰凍之作用時，甚不穩定也。

27. 排水溝之地位 排除土壤內部之水，可於地下埋設排水溝，以阻截地下水之流動。欲完成此項目的，埋設排水溝之最佳地位，有下述三種情形：

邊溝 若土壤常潮濕，但兩旁並無限定之水流，則用兩道邊溝可矣，如圖 18 所示。



圖 18 有邊溝路橋截面之示範

傍溝 如路之一傍，常有水流，流向他側，如在山嶺側面之道路，則可用單行傍溝，設於水流來源之一面已足，如圖 19 所示。

中心及橫溝 如土壤極易留水，則在路基下面需備一排水溝

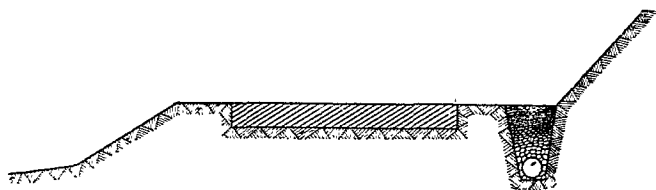


圖 19 有傍溝路橫剖面之示範

系統，其構造方法，各各不同。最簡單之法，為在路身內中心處安設單行溝管，如圖 20 所示，每隔若干距離，用橫溝以連接於邊溝，再由邊溝以排洩於天然水道。如地面平坦或傾斜極小，則此種橫溝，可與路之軸綫成直角，如道路坡度甚陡，則橫溝可作成倒置 V 字

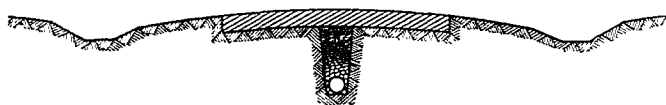


圖 20 有中心排水管剖面之示範

形，其尖點在路之中心，而指向上山之一面。

橫溝相隔之距離，視土壤洩水之難易而定，如係透水之土壤，則橫溝相隔自 30 至 40 呎最為有效，若為留水之土壤，則其間隔可自 10 至 20 呎。

28. 排水溝之適當降度 排水溝應有之降度，視溝管之大小，及排洩之水量而定。通常每 100 呎之降落，不宜大於 1 呎。降度太大，則水流迅速，溝底易被沖蝕，且溝管易被雜物阻塞，此種雜物，若水流較緩，即不致被挾帶而下。

29. 排水溝所用之材料 排水溝所用之材料為：石，煉泥管，透水瓦筒，及混凝土。

石溝 石溝有兩種式樣，如圖 21 及 22 所示。第一種稱爲『盲』溝，即將溝掘至所需之深度後，以圓石或卵石填滿之。爲防泥土沖入並阻塞空隙起見，下部大石塊上，先蓋一層小礫，再蓋一層粗礫，其意乃使流入之水，經濾過後，再入下層透水材料。尖角石塊不宜用於此種溝道。第二種石溝，亦係一種槽形，稱爲『喉管』溝，溝底用粗糙石板砌成管狀，其他與盲溝相同，亦用礫石等填滿之。

煉泥管溝 此種排水溝，先用煉泥管置於溝底，接頭處用麻絮填塞之，然後將礫及碎石或其混合品填滿之。

透水瓦筒溝 透水瓦筒，可作成極滿意之排水溝，如圖 23 所

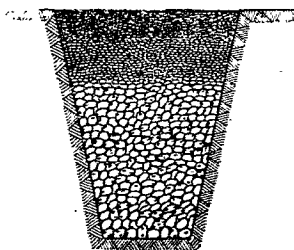


圖 21 盲溝

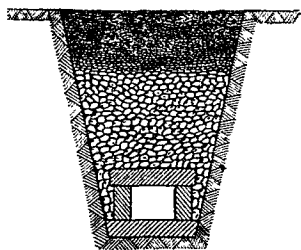


圖 22 喉管式石溝

示。此種溝管洩水極易，不易阻塞，且水流所需之坡度極小。筒之兩端皆平，可直接放於溝底，兩筒連接處用黑油紙或麻布包裹之。其周圍用大不逾一吋之碎石或礫填塞，達 6" 至 12" 厚度爲止，其餘

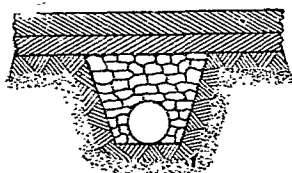


圖 23 透水瓦筒溝

上部，用大塊碎石或礫填平之。

混凝土管溝 混凝土製成之管有良好之成績，蓋數十年於茲矣。管長約爲一呎，兩端皆平，鋪放之法與透水瓦筒相同。製造時，

可用輕便可移動之機器，就應用之地點爲之，此足使成本減輕，亦便利之一端也。

製造混凝土管，當用最佳之波特蘭膠灰，清潔之砂，細小之碎石或礫。成分之比，可用膠灰一分，砂二分，及碎石四分。碎石不可大於 $\frac{3}{4}$ "。然後用充分之清水，配成濕混凝土，在開始凝結之前，倒入模型中，輕輕夯實。混凝土管凝結之後，約須調理九十天，始可應用。

30. 排水溝之大小 排水溝之大小，隨所洩水量之多寡及排水溝可有之坡度而異。此兩項因素，如已決定，則有幾種公式可用以求得所需之尺寸。但道路之路面下排水量，僅屬假定，或猜度之數。故由經驗所知，在一地方已設排水溝而成效顯著者，實爲最佳之模範，遠勝於公式求得之數。實際上，排水溝最小之尺寸爲4吋。所洩之水，普通假定自每英畝 $\frac{1}{4}$ "至1"，係就排水區域內每24小時計之。

31. 沉砂池 排水溝之接合處或其他必要地點，均當建造沉砂池。此可用一6"管築成，如圖24所示，或用磚砌成之。

32. 溝管橫頭之掩護 瓦筒遭遇冰凍時，較磚石易受損害，故在傍溝之出口處，不可直接受嚴寒氣候之侵襲而可掩藏於盲溝內，或用幾節煉泥管，以達路身下距溝之內坡3呎或4呎之處。

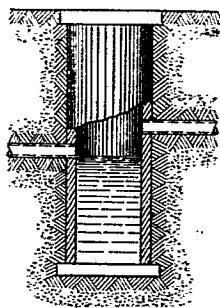


圖24 建築沉砂池之示範

33. 溝管出口處 排水溝之出口處，可用磚或石造一矮牆，視就地取用何者爲價廉及便利而定之。口門當用一鐵網板掩蓋之，以防鼠類侵入，如圖25所示。

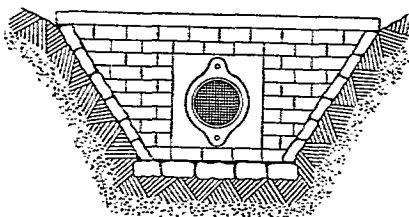


圖 25 排水溝出口處之適當掩蔽法

34. 傍渠 傍渠者，用以洩路基下面之水及路面上之雨水者也。欲使其排洩迅速，必須有適當之容量及適當之坡度。渠底寬度，不宜小於 18 吋；渠深隨情勢而異，但務使渠內之水面不致升達路基面，且須低於路面頂點至少 12 吋。渠之兩側坡度，至少為 $1\frac{1}{2}$ 比 1。

渠之縱坡度，依地形狀況即天然排水綫而定。如天然排水綫須用人為方法補救，則可採用 1:500 至 1:800 之坡度。

如為吸水之土壤，則坡度可較小，有時亦可用水平渠。如坡度較大，則渠之內坡，須用草皮，拋石，或其他鋪砌以掩護之。

(乙) 地面排水

道路表面之排水，視橫截面之留水狀況而定；若路之兩面平整，直至路邊並無中斷之處，或兩面並無低潭，則雨水不能隨處積聚；表面排水又隨道路之縱坡而定。若排水不充分，則遇暴雨或融雪之時，必致路身淹沒，損害必甚。

35. 傍渠及側溝 鄉區道路，地面水之排除，可用傍渠，路旁若無人行道，則水即可直接流入渠內。若路旁有人行道，則車道與人行道之間，必須建築側溝。人行道下每隔 50 呎，當埋設瓦管，以

引導側溝之水，流入傍渠。瓦管入口處，當鋪以粗石塊，以防沖刷。如傍渠上有掩蓋而設於人行道之下者，則自瓦管引入之水，必先經集水池。此種集水池，係圻工砌成之小室，上蓋鐵網板；以阻止石塊樹葉等之侵入。連接集水池，可用 6" 直徑之瓦管；瓦管之口高於池底約數呎，此池即作為水流中所挾泥砂之沉澱處，每隔若干日，必須清除一次。集水池相距自 200 呎至 300 呎，其大小當使久雨或暴雨時之水量，足敷消納為度。

在斜坡上，水流速率較大，為天然土壤所不能承受，故側溝內，當加以鋪砌。無論如何，在人行道一面之側溝斜坡，必須以草皮鋪之。每分鐘 30 呎之速率，尚不足以沖動砂石混合之土；每分鐘 40 呎可以沖動粗砂；每分鐘 60 呎可以沖動礫；每分鐘 120 呎可以沖走 1' 直徑之卵石；每分鐘 180 呎可以沖走 1 $\frac{1}{2}$ " 直徑而有稜角之石塊，

斜坡道上之側溝內，可由路工用石塊築成小堰，或用樹枝作成柴排，以防沖刷，所費當極微。在道路交叉處，側溝及傍渠必須小心排列，使一路上之水不致流入他路。交叉之排水溝及涵洞，在此等地點均屬需要。

36. 切坡發現泉水之處理 道路在切坡挖土之處，常發現泉水，致坡度之穩定，感受危險。在此情形，當將坡土繼續開挖，如有可能，當挖至水源為止。泉源既得，則可另造一排水溝，直接引導此泉水，以達於路旁之排水溝。有時並無簡單之泉源可得，徒使所挖切坡之一段路身，被水浸透，如此則處理較難而用費較大，惟有沿側坡而上，造成許多排水溝，直至適當高度；將所發現之水，全部收集為止。

在切坡處，坡脚邊之傍渠，極易為坡上流下之雨水所挾泥砂所填滿。如遇此種情形，當建掩蔽之排水溝。

37. 山邊道路之排水 在山邊或山嶺側面之路，其集水渠當築於靠山之一邊，且須高於道路，俾將道路上面之水阻截，而流入於鄰近之溪谷。此種水渠之大小，當視雨量之多寡，及山嶺上所阻截之排水面積之大小，及每側溪與溪間之距離而定。

38. 內側溝與外側溝 內側溝之大小，當以足敷排洩所集合之水量為度；如溝在泥土內，則須以石塊鋪砌之。如鋪石非絕對必要，但仍欲在暴雨時減免流水之冲刷，則宜於溝內隔相當距離用石築成橫堰數道。外側溝之寬度，不必逾 12"，深度不必逾 9"。此溝祇須於接近胸牆或鋪砌之護路土阜處，將路面挖成窪槽即可。水之流入此溝者，宜每隔相當短距離，由胸牆或其他路側防護建築下之暗洞內引出。在暗洞之下游，路之外側所置之防護石，宜移置並橫放於溝內，以逼轉水流使入於暗洞。在路線矢直處，如用胸牆為路側防護建築，則每隔 20 呎須設置暗洞與防護石。如用土阜為路側防護建築，則每隔 20 呎設置暗洞殊不方便，故宜將防護石置於溝之內側，使水流行於土阜與防護石之間。此種流水，可於道路之橫溝處洩出或仍與前法相同，於路溝中橫置防護石而導入暗洞。

當道路重複轉彎處，如路側須用特種之防護建築，則每隔 4 呎須置防護石一塊。每一重複轉彎處，須用胸牆為之防護，而洩水暗洞之設置，尤應視需要而加密。

如道路係填築而成，則路面之水不可令其沿坡下瀉，而應多置側溝，以導入天然水道之中。

39. 攔水堰 攔水堰所以引導地面排水，入於傍溝，此在改良之道路上，不可築之，因其徒使坡度增加，而阻礙行程之便利也。若水流必須橫過道路，則可建造涵洞。

第三節 涵洞

40. 涵洞之作用 涵洞者，所以引導水流，使在道路下穿過，並用以運送傍渠內積集之水，使由路之上側，達於天然水道所在之另一側。

涵洞必須有寬大孔道，使水流得通行無礙。若涵洞太小，則路基易被沖毀，致運輸停頓，修理費浩繁，甚至發生意外，致需鉅數賠償損失費。反之若涵洞過大，則建築費用之增加，亦屬無謂。

41. 有關涵洞設計之因子 涵洞之過水面積，須隨各種重要因子而定，試略述如下。

降雨率 與此有關者乃當最劇烈暴雨時之最大降雨率。全國各地之最大降雨率各不相同，且相差甚大。

據統計所得，最大降雨率約為每小時一吋（除極大暴雨時為例外），等於每英畝 3,630 立方呎。但因各種原因，此降雨量能在同一小時內達到涵洞者，不及 50% 至 70%。

降雨吋數 \times 3,630 = 每英畝立方呎數。

降雨吋數 \times 2,323,200 = 每方哩立方呎數。

土壤之種類及情況 可排除之水量，隨地面之滲透性而不同，此滲透性又須視土壤之種類，飽和之程度，開墾之狀況，及種植之數量而異。

地面之性質及傾斜度 地面水流入水道內，是否迅速，應視地面是否粗糙或光滑，陡峭或平坦，是否草木不生，或已有植物掩蔽而定。

河床之情況及傾斜度 地面水流，達涵洞之迅速程度，應視地面上是否有確定而並無阻礙之水槽，或地面水流，係寬闊而成薄層，然後流達河道而定。如水槽並無阻礙，且有相當傾斜度，則雨水一經降及地面，即可達於涵洞；若有障礙，則必須經甚長之時間。

排水面積之形狀及河道支流之地位 涵洞之過水面積，固當視排水面積之大小，但此面積之形狀，及河道支流之地位，似較區域大小，更關重要。例如排水之面積為狹長形，則上部之水尚未到達涵洞時，下部之水業已經過；反之若上部地形較下部為陡，則上部下部之水，可同時到達涵洞。又若下部更有其他支流加入，且較上部為佳，則上部水到達涵洞之前，下部水業已經過涵洞矣。又若上部有其他支流加入，較下部為佳，則全面積之水，大約可於同時到達涵洞。如面積廣大，則其形狀與支流之地位，極為重要。

涵洞之口門及洞底之斜坡 涵洞之上端口門，如設計得宜，使水流進洞時並無阻礙，則此涵洞之效率即可增大。又洞底之傾斜若可加大，即此涵洞之流量，亦可增大，惟涵洞下游之河道，必當使過洞之水量，可以自由流走也。

增加流量設備 如能將涵洞上游之水攙起，則涵洞之流量可增加甚多。涵洞如有 4 呎水頭，則其流量可較 1 呎水頭增加一倍。此種增加流量方法祇可於建築良好之涵洞行之，庶可安全無事也。

在此問題內各種因子數值之決定，全恃乎判斷力。如將上述之

任何一因子，加以估定，常足以使錯誤達 100% 至 200%，或更過之，依此估計所得結果，當然不能作為定論。所幸此問題不須用數學精確計算，更不在乎增加 10% 或 20% 也。若用—2 呎管，感覺不足，則其次之尺度，即為 3 呎管，所增蓋為 225%。如 6 呎拱形涵洞為太小，則可用 8 呎，所增為 180%。故實際問題，為或用 2 呎管或用 8 呎拱形。

關於任何涵洞之適當尺寸，其最有價值之資料如下：(1) 視察同一河上現有之孔道，(2) 測量河道狹處之截面，最好當高水位時，(3) 視河中飄流物之形迹以決定其高水位時之高度，此亦可由附近人民提供之證件得之。

在山嶺道路或常受暴雨之道路，涵洞尺寸，當充分放大，且須用圬工砌築，必更為經濟。當雨季之時，河中若常有石塊或漂流物沖下者，為防護及收集起見，涵洞上游當建築蓄集池及橫溝。在硬土或岩石區域，此種蓄集池，可挖掘成簡單之井狀，池底可較涵洞或溝管之底面，低下約 2 呎或 3 呎。如土質鬆軟，當用石塊乾砌；如極軟，當用灰漿圬工砌之。蓄集池之尺寸，視排水工程之寬度而定，必使充分寬闊，使普通石塊之墮下者不致損及排水溝。

用蓄集池後，可免除建造與道路軸綫成斜角之涵洞及水溝。斜角建築最為不宜，因其長度較直角相交為大，且使橋墩橋台及橋面均成銳角或鈍角之形式。

(甲) 涵洞之型式

42. 普通分類 涵洞常用之型式，有三種：即管式，箱式，及拱形。管式涵洞，用於小河流上，其大小自 12 至 24 吋。箱式涵洞常用

之尺寸，爲 24 吋至 8 呎。拱形涵洞，用於跨度 8 呎以上。建造涵洞所用之材料，亦各各不同。管式涵洞，用陶瓷，煉泥，鑄鐵，波形鋼，磚或混凝土；箱式或拱形涵洞用磚，石，或混凝土。小跨度之混凝土橋，亦可當作涵洞。總之，涵洞之型式，及所用之材料，或依其用費而定，或依其所負擔之荷重而定，因有時涵洞上面須填土甚高，有時水道之面積須甚大。

43. 陶管涵洞 建造法 鋪管之時，溝底當挖成圓形，以適合管體之下半部，在管之插座處，尤須相當凹下。若係軟土或砂土，則管之下半部周圍之土，當小心夯實。管頂低於路面之距離，不可小於 18 吋，但現在有許多實例，管之上部蓋土，僅 8 吋至 12 吋，且負擔大荷重已歷數年，並無若何損壞。除非出口過於平坦水流由此洩出，則涵洞並無冰凍之危險。尋常軟瓦筒，對於四周泥土之冰凍膨脹，並無若何影響。

管中存水者，設遇冰凍，極易脹裂，以管水滿過一半時爲尤甚，故涵管當具充分坡度，使得迅速排水。涵管外面之水，當使甚低，使不致倒流入管。如排水適當，即無冰凍之危險。

接合處 陶管之接合處，不用填塞者居多，實則若不填塞，則管內之水，有自接合處壓出而沖去周圍泥土之危險。此危害雖不甚大，但較大之管之接合處，至少當用水泥填塞之，所需費用，較之損害保險所需者，蓋甚小也。有時接合處亦可用粘土填塞之。建造每一涵管，必使其上游受壓頭而洩水時，仍不致損及涵管本體。

出口短牆 涵管之兩端，當用圬工或木料，築成短牆以保護之，如圖 26 所示，有時此種短牆，亦可缺而不用。短牆之基礎必須有

相當深度，以避冰凍。建造出口一端之短牆，當將出口處之坡度稍為降低，以防內部各節管日後之沈陷。如磚石砌座，費用太大，則可

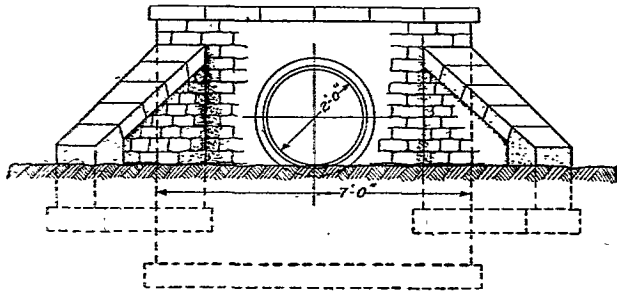


圖 26 圬工短牆之示範設計

在地上釘木樁，其上再釘木板以替代之。如用木板，當使木板向路身傾斜，以免將來被所築土基壓力所擠出。涵管上游之出口處，尤當加意防護，使管口浸於水中之時，水不易自管外四周侵入也。

一道涵管，如容量不足，則可用兩道或兩道以上，並列鋪設，如圖 27 所示。兩道小管之流量，雖不及同樣截面之一道大管，但兩道

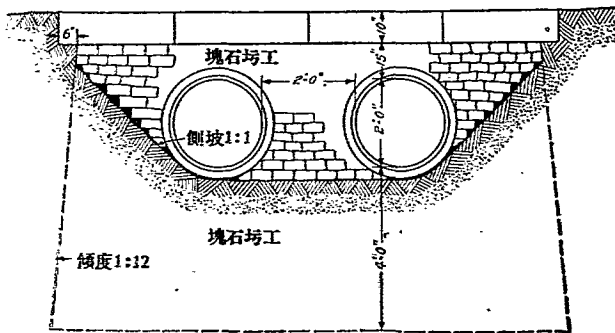


圖 27 雙管涵洞之示範布置

小管並列鋪設，亦有其利點，因管中水位，恆不須升至甚高，以利用

兩管之全部容量，故無需用一個大管排洩也。

44. 鐵管涵洞 近年來，許多著名鐵路，均採用鐵管，以作涵洞；在道路上，其他材料不能利用之處，亦可採用鐵管，如圖 28 所示。

用鑄鐵管建造涵洞，須特別留意之點為：(1)管四周之土，必須夯實，以防水自管之外邊竄流，(2)涵管兩端，當用適合之傾牆保護之，必要時，下游之一端，當鋪以拋石 傾牆所需圬工之多寡，視路基之相對寬度，及所用鐵管之節數而定。例如，土基底寬為 40 呎，涵洞用 12' 長之管三節所合成，則在路基腳邊，築一較輕之矮傾牆

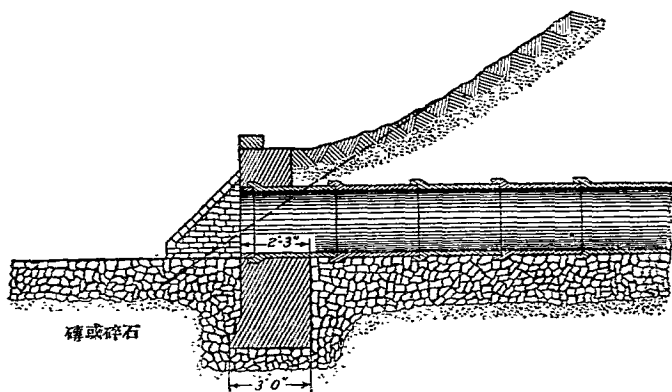


圖 28 鐵管涵洞之截面

即可，但若路基之寬度為 32 呎，而涵洞僅用兩節 12' 管，則必須退在坡腳後方，造一比較笨重之傾牆。鐵管之小者，每節常為 12' 長，但有時使涵洞長度與路基寬度配合起見，亦有用 6' 長者。大型管每節皆長 6 呎。

45. 箱式涵洞 箱式涵洞，有兩道側牆，及一平頂，如圖 29 所示。如用石，則為乾砌塊石。側牆基礎應達河底以下約 42 吋。牆之

厚度隨其高度而異。翼牆即將側牆伸出逐步砌低。平頂可用石版作成，如跨度較寬，則用鋼筋混凝土。如水流之力，足以冲刷河底，則當用石塊或混凝土以鋪砌之。若側牆用鋼筋混凝土而不用石，則厚度可自4'至8'，隨高度而定。如河床不必鋪砌，則側牆當深入河底約2呎許，下為底腳，厚約9吋至12吋，且具充分寬度，使其與土壤之接觸面足以支持上部之荷重。若河床易受冲刷，則當就涵洞之全長及全寬建造一混凝土底盤，側牆即立於其上，如屬必要，則於兩端各建斷牆，伸至底盤下達2呎。

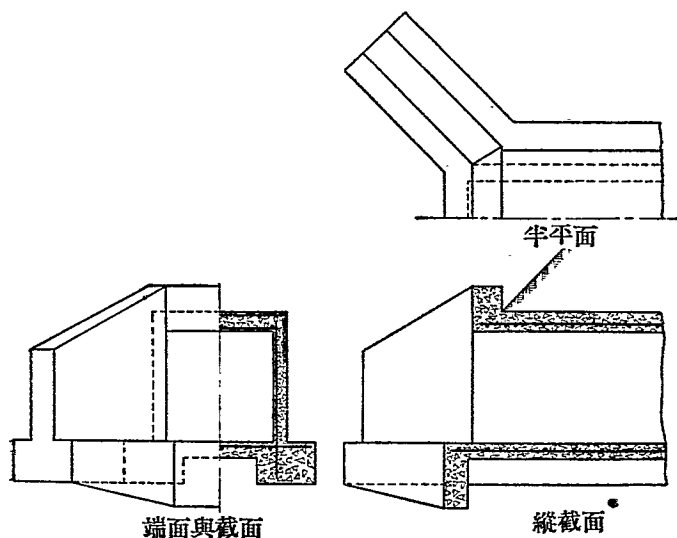


圖 29 混凝土箱式涵洞設計示範

46. 拱形涵洞 拱形涵洞較其他式樣，恆需費較大，但以其形式美觀，故每樂用之。如圖 30 所示。若用圬工或混凝土，則兩側之拱台，必須極為厚重，使上部有活荷重時不致移動，即拱內不致發

生彎曲力矩。若設計鋼筋混凝土拱形，則可將拱形作為弧形曲梁，於是拱台之重量因此可以減小。

47. 短跨度橋用作涵洞 短跨度之鋼筋混凝土橋有三種式

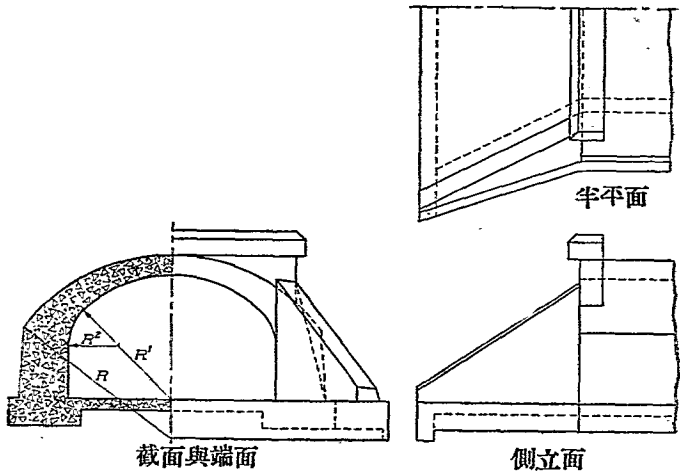


圖 30 拱形涵洞設計示範

樣：(a)平版式；(b)T 梁式；(c) I 形鋼梁，澆入混凝土內，如圖 31 所示。鋼筋混凝土平版跨度之長短，視所載荷重而定，在正常狀況下，其最大跨度為 12 呎。平版之厚度，在跨度為 2 呎者，不當小於 6 吋，其他隨跨度之增加而增厚。平版中可用鋼條，或用網形鋼版，或用其他加強金屬料。所需鋼料之橫截面積，約等於平版截面積之 1%。*

T 形梁用於 12 至 30 呎之跨度。I 形梁亦可用於 30 呎以內之各種跨度。設計此種式樣時，由鋼筋混凝土載版，將載重傳達於 I 形梁，再由 I 形梁，以傳達於橋台。此種建築極為著名，以其本身安

* 關於混凝土橋及涵洞之設計，請參看「圬工及鋼筋混凝土」之第三篇。

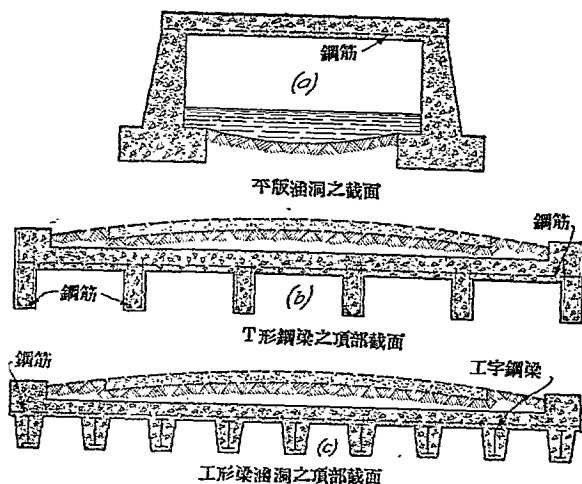


圖 31 短跨度混凝土橋用作涵洞之示範截面

全，且能任受各種不良情況，如橋座沉陷致混凝土罅裂等是也。I形梁可澆入混凝土內，亦可不澆入混凝土內。澆入之目的，僅為保護鋼料使不生銹而已。然塗以油漆，亦可達此目的，但須常常塗之，且有時不免忘記加塗，故仍以建築時即澆入混凝土為善，以其可永久保護也。此種式樣，亦可就梁間採用拱形結構，以減少載版之厚度。在水道之面積或洞內之頂空高度為一重要因子時，此種布置甚為有價值也。

第四節 上 工

『土工』之名詞，係用於各種有關開挖及填築之工作。以廣義言之，土工者，亦包括石工及施於地壳上較鬆質料之工作。

48. 挖及填之平衡 建築新路時，其路床之構成，即設法將原

有地面，改成規定之坡度。規定坡度時，當使土工為可能之極小數量，如此可使建築費減低，亦可不致妨害路旁各處之觀瞻。故坡度線最佳之地位，為使挖土量與填土量相等，因填土太多則所缺者，即須借自旁地，挖土太多，則所挖者浪費無用，兩者均足以增大勞力及土地之費用。

9. 側坡 傾斜度 挖土或填土之側坡其適當傾斜度，應視土之性質，氣候之作用，及內含水量之作用而定。為經濟計，此傾斜度，當取土質所能允許之最陡數。

挖土之通常坡度為：	硬 石	$\frac{1}{4}$ 比 1,
	土 及 礫	$1\frac{1}{2}$ 比 1,
	粘 土	3 或 6 比 1,
	細 砂	2 或 3 比 1,

填土之通常坡度為： $1\frac{1}{2}$ 比 1。

坡之式樣 土坡之自然，最強，及最終式樣為一凹曲線，最平坦部份，係近於底部。但建築時，極少採用此種坡度，有時竟得其反，即包工等為欲節省挖工，恆將坡度作成凸綫而致脫坡。

挖土深度如超過 10 呎，則凹形坡可防止脫滑，結果當清理場地時，應移運之土量亦可減少。直綫坡及凸綫坡均將連續脫滑，至達到自然形式為止。

斜坡之底脚邊，如造一堤埂，或一擁壁，可以減少挖土數量。

如挖土有相當深度，尤其在容易脫滑之土質，其斜坡可作成平壇狀。壇之水平寬度約數呎，內側作一小溝，以承受上坡流下之地面水。此平壇即用以停留上部墮下之土。填土及挖土之正當式樣，

如圖 32 及 33 所示。



圖 32 填土路基之正常坡式



圖 33 挖土路基之正常坡式

坡之掩蓋 側坡面上 爲防止氣候之作用，常用人工方法以掩蓋之。此項工作之結果，可節省不少勞力及費用，而仍能保持道路之良好狀態。最簡單方法，即在坡上蓋以優良之草皮，或用一層腐殖土，厚約 4 吋，須小心鋪置，並以草子散播之。此種防護側坡之方法，對於雨水之沖洗，及土內通常所含水量之冰凍作用，已能有效，但不足以防止其他原因之毀損也。

如用矮樹或柴草遮蓋，亦有成效，但因易於枯爛，故必須時加更換，並修理也。

如石料豐富，則可用塊石在坡腳邊乾砌一道矮牆，以防止坡上之土，被沖入溝內。

50. 土方之縮小 各種挖出之物質，體積必漲大，如堆成土方，則漸漸縮小（石料除外），直至小於挖出處之原有體積爲止。

岩石被挖掘後敲碎，亦體積增大，但決不能縮至較原有體積反小 增加之體積，可作爲 50%。

各項物質之縮小率，大約如下：

礫	8%
礫夾砂	6%
粘土及泥	10%
壤土及輕質砂土	12%
鬆質植物土	15%
揉粘土	25%

例如挖出之壤土，量得為 1,000 立方碼，則堆成土方，僅有 880 立方碼矣，故欲得土方 1,000 立方碼，則挖出之體積，當為 1,120 立方碼。又如開挖岩石，量得為 1,000 立方碼，則堆成石方，可得自 1,500 至 1,700 立方碼，此隨石塊之大小而異。

土方在直綫內之緊縮，亦與上述比率大略相同，故堆填土方之時，或當事前通知包工，於測設坡度時，必須增加緊縮之量，或將縮小之百分數，先行加入於木椿上填土記號之內。若堆填石方，則毋須如此也。

51. 土工之分類 挖土通常分為土，堅膈，鬆石，或實石。每種各有其特定之價格，惟運送距離超過一定限度時，須加特別津貼也。

關於各類之特性，以決定某種物質所屬之種類，尋常均於施工細則中明白規定，如

土，包括壤土，粘土，砂，及鬆礫。

堅膈，包括結集之礫，版岩，圓石，及小於 1 立方呎之頑石，以及其他任何堅硬之土壤。

鬆石，包括片岩，風化岩，頑石，及小於 3 立方呎之分離石塊，以及其他可用鶴嘴鋤分離之石質，但為工作迅速起見，有時亦用

炸藥也。

硬石，包括各種在山嶺間分層或大塊之岩石，及大於 3 立方呎之石塊，開挖之時，必須用炸藥。

52. 土工之實施 土工之開挖，及挖出物質之處理，均無一定規則。每一事件，祇能各依其合同之條件決定之，如物質之特性，工作之大小，及運送之遠近等等。

53. 築成填土路基之方法 普通狀況 所築路基之高度如不逾 2 呎者，則在填土之地上，必將斷株，雜草等，清除淨盡；若高度逾 2 呎，則祇須將斷株割去。雜草矮樹均當清除，地面若有草皮，則沿坡脚處，宜耕一小溝。如自挖土改成填土，則填築之先，當將填土地面上之植物除淨，且須詳加察看，使各種柔軟而可壓緊之物，一律移去。如土方築在濕土或沼澤之上，當施以充分排水，如屬可能，填土工作，當在硬土上開始。

安全穩妥，實為目標所在，故凡能達此目標者，皆當盡力為之。土方必須分層築成。高度不逾 2 呎者，每層可自 6" 至 1'；更高土方，則每層厚度可自 2' 至 3'。運送土質之馬匹車輛，必使其經過並踐踏已堆成之土方，使其易於結實。每層填土，均須向中心傾斜。如中心已堆高，然後再向四面舖出使漸漸加大者，最為惡劣，必不可為之。

山側填土 若道路之軸綫，適在山嶺之側坡上，致路身之一部份係挖土，一部份係填土，則普通最簡單之方法，即將路身逐漸隨挖土之全綫，向外伸出。但此法殊不穩妥；挖出之物質，隨便堆在自然坡度上，極易滑動，必須不惜勞力，使填土得有穩定之立脚，而以坡脚處尤為重要。天然之斜坡面當切成階級狀，如圖 34 所示。虛綫

AB 表示天然地面，CEB 爲開挖，而 ADC 爲填築，此填土即堆在

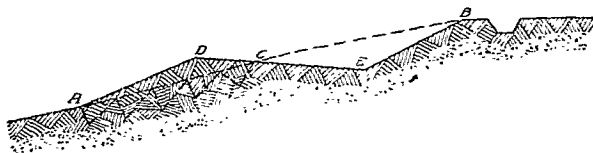


圖 34 填土之截面表示築成階級之路基

AC 間所切成之階級之上。此種階級之最佳位置，爲與最大壓力之軸綫成直角。如 AD 之傾斜角等於其靜止角，則近乎 A 處之階級，當與 AD 之傾斜相反，而成 90° 角，近乎 C 處之階級，可成水平。如石料豐富，則坡脚邊可築一乾砌石牆，以策更大之安全。

但在傾斜度甚大之山坡上，則上法仍不足以策安全；不論在挖土及填土均當用石質擁壁以代替側坡。若所得之石塊甚大，使此種

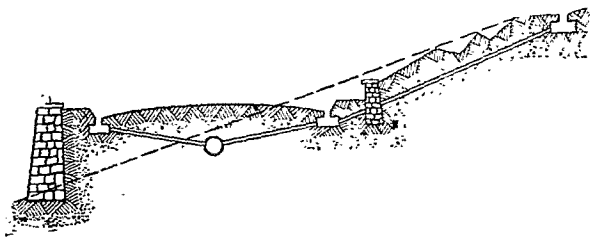


圖 35 用築牆或籬笆防護之道路

建築能充分穩定可以抵抗土壓力，則擁壁之石可用乾砌。若乾砌不足以資穩固，則當用灰砂築砌之。用以替代挖土側坡之牆，必須高達自然地面。填土之側坡，如能作成階級狀，則可依圖 34 之作法，若用擁壁以支持填土，則必須高及路面，上部更加堞牆或籬笆，以

免行人發生意外，如圖 35 所示。

欲計算擁壁之尺寸，可參看圻工及鋼筋混凝土學，第三篇。

石坡上道路之處理方法 在岩石山坡上，若天然面之傾斜度並不大於垂直 1 比水平 2，則道路可依普通方法用一部份開挖及一部份填築以造成之，或將坡面挖成階級狀，使階級面各為水平及垂直。然後填築一部份，即用石塊砌之，如分水平層砌石牆然，或係乾砌或用灰砂漿均可。但石級之寬度，必須小心布置，因欲求挖工減少，則恆使級數增加而每級之寬度減小，結果或反使填築部份之道路，易致沉陷焉。

若石坡之傾斜大於 1:2，則道路全部均須由開挖而成。

亦有將道路建築於近乎垂直峭壁之旁，路身即支在木質架上，架有橫梁，一端嵌入岩石上所鑿之孔內，他端用斜撐支持之，又於下面石上鑿一肩形，以支托此斜撐。更有他種木架構成之路，不用支撐，而設法使懸空也。

第五節 造路之工具

54. 鋤 鋤有各種式樣，隨其用途而異。圖 36 之式，通常用於



圖 36 築坡鋤



圖 37 粘土鋤

街道工。圖 37 之式，通常用於挖粘土及挖礫。鋤之中孔常用鍛鐵製

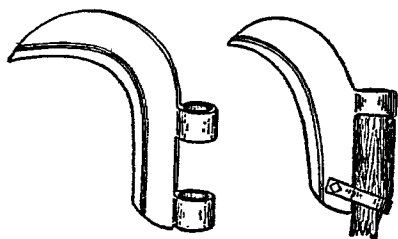


圖 38 鐮刀

成，兩端均用鋼。每鋤重量，約自 4 至 9 鎊，

55. 清除器 為清除叢木及殘株等，圖 38 之鐮刀，圖 39 之鶴嘴斧及圖 40 之兩頭斧，皆常用之工具也。



圖 39 鶴嘴斧

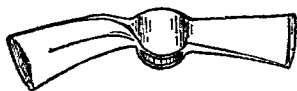


圖 40 兩頭斧

56. 鏟 鏟有方頭及圓頭兩種，如圖 41 所示，通常用鋼壓成。

57. 犁 犁通常用以築平路面坡度為各種用途所製成之特種式樣，有『坡度犁』，『路犁』，及『鎮市犁』等等。犁之式樣，各不相同，視所挖掘者為土，礫，堅隔及軟石等而異。

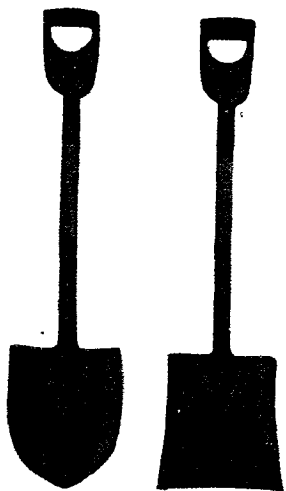


圖 41 圓頭鏟及方頭鏟

犁須有強力；製犁之材料為白橡，石榆，鍛鋼及鍛鐵等。使用犁之費用，每立方碼約需 2 至 5 分（美國幣），視泥土之堅實程度而異。挖鬆

軟之物質，每小時約自 2 至 5 立方碼。

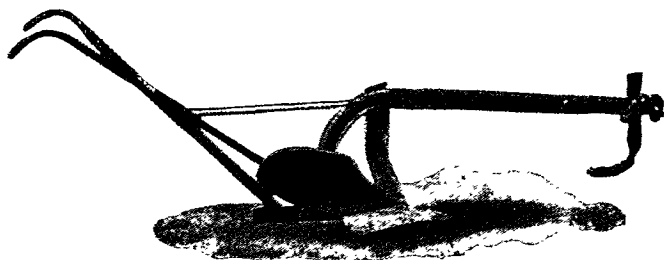


圖 42 坡度犁示範

坡度犁 圖 42 表示一種犁之式樣，普通為挖鬆泥土之用。此犁並不將泥土翻轉，僅能挖一小溝，寬約 10 吋，深度可變更達 11 吋。

在輕質土壤，一犁可用兩匹馬或四匹馬曳之；在重質土壤，最多當用馬八匹。坡度犁重量，自 100 至 325 磅不等。

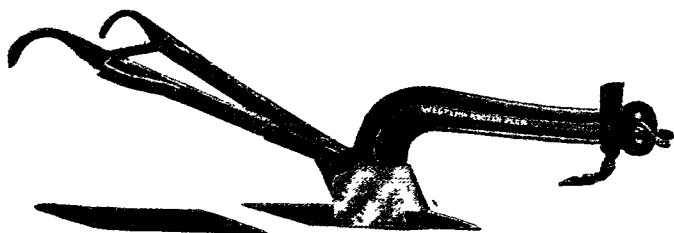


圖 43 堅膈犁示範

堅膈犁 圖 43 表示一特種設計之犁，專以翻起馬卡達姆路面，或礫，或其他類似物質，其前端係鑄鋼直桿，作成尖形，極易修理也。

58. 括土箕 括土箕者，用以移運上述之犁所挖鬆之物質，以鐵或鋼製成之，有各種式樣，因之有各種名稱，如『拖箕』『勃克箕』『桿箕』及『輪箕』。拖箕用於短距離運送，輪箕用於長距離

運送。

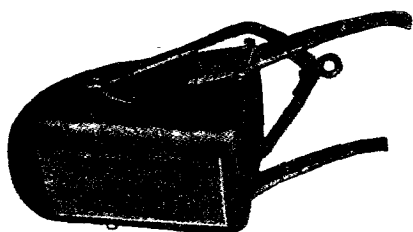


圖 44 拖箕

拖箕 拖箕，如圖 44，有三種尺寸最小者以一馬曳之，可容 3 立方呎；其他則用二馬，可容 5 至 7½ 立方呎。最小者重約 90 磅，其大者重 94

至 102 磅。

勃克箕 勃克箕如圖 45，有兩種尺寸，用兩馬者能容 7½ 立方呎，用四馬者能容 12 立方呎。

桿箕 桿箕用以作平土路，並挖掘及清理溝渠；苟在短距離內運送泥土，其費用最小，故多採用之。



圖 45 勃克箕

輪箕 輪箕如圖 46，係一箱，常用鋼製，裝於輪上，並有槓桿設備，以作升降及

堆卸之用。工作情形，與拖箕相似，惟各種動作均可用槓桿爲之。不必使拖曳之馬停止。用此種輪箕，則如拖箕之絕大牽引阻力可以避免矣。輪箕有各種尺寸，其容積自 10 至 17 立方呎，重量自 350 至 700 磅。

59. 手車 手車即獨輪車，有時以木料製造，最普通者用於土

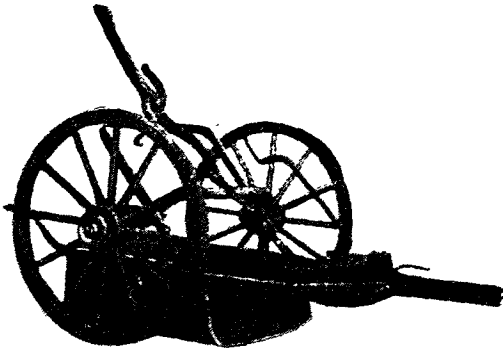


圖 46 輪箕示範

工；每車容量自 2 至 $2\frac{1}{2}$ 立方呎，重量約 50 磅。

圖 47 所示之手車，用鋼皮作槽，並有橡木架及鋼輪，在養路工作中，較純粹木製之車為耐用。其容量自 $3\frac{1}{2}$ 至 5 立方呎，隨鋼槽之大小而定。

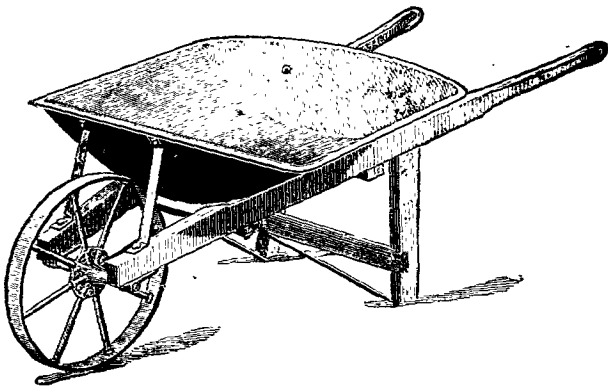


圖 47 包工用之手車，附有鋼皮槽

圖 48 所示之車，係用鐵管作架，鋼質為槽，頗適用於最重之工

作，如運送碎石之類；對於清理工作，亦甚為便利。容量自 3 至 4 立方呎；重量自 70 至 82 磅。

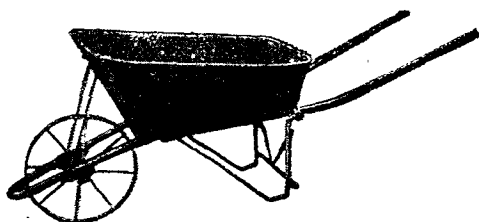


圖 48 運送混凝土用之純鋼鐵手車

手車運土最大之距離約 200 呎，運道當舖以木板，其最大傾斜不可超過 1:12。在木板上推動手車所需之力，約等於重量之 $\frac{1}{25}$ 在乾硬土上，約等於重量之 $\frac{1}{14}$ 。

裝滿一輛手車所需之時間，隨物質之性質而異，亦與車手與鏟手人數之比例有關。約略計之，一鏟手以土裝滿一手車所需之時間，與一車手在水平板上推運一滿車，至 100 呎或 120 呎之距離，再以空車推回，所需之時間相同。

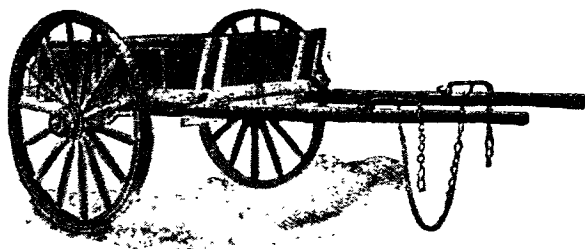


圖 49 運土用之傾卸車示範

60. 兩輪車 兩輪車常用以運載泥土等，如圖 49 所示。其平

均容量為 22 立方呎；平均重量為 800 磅。此種車輛常裝有寬輪緣。車身對輪軸大約平衡，即載重之重心，約在輪軸之上。

裝滿一車所需之時間，亦隨其物質而異。以鏟手一人裝滿一車所需時間，大約如次：粘土 7 分鐘；壤土，6 分鐘；砂，5 分鐘。

61. 傾卸車 傾卸車如圖 50，用以移運挖出之泥土等，及運

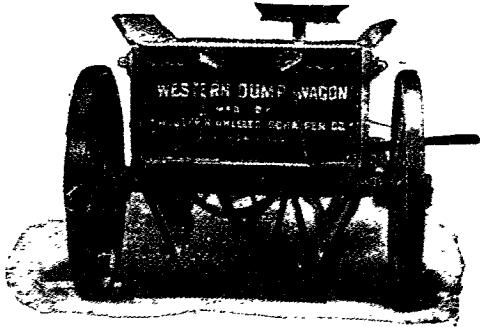


圖 50 標準傾卸車之後視，表示底部開落之狀

輸各種材料如砂及礫等，可以切實減少卸下之時間。此車之前軸中央，與後軸並無連桿，可以隨時制動，所載之物，隨處可以傾卸。傾卸動作即由御者司之，每車容量約自 35 至 45 立方呎。

62. 傾卸軌車 此種傾卸車，如圖 51 所示，可依各種方法傾卸，即單側或雙側，單端或雙端，旋動或自在傾卸是也。

此種車單獨一輛，或列成一隊，均可工作，視工作之需要而定。行動時可用馬匹曳之，或用小型機車。傾卸軌車有各種尺寸，隨所經軌道之軌距而異。普通軌距為 20"，但可變動增大，以至鐵路標準軌距 56 $\frac{1}{2}$ "。

63. 築路機 築路機對於土路之修築及養護，使用甚廣。能挖

成，或以鋼裝入木內。此刀片用機件裝置於木架上，如圖 52 所示，司機者可將其移動或固定於任何方向。此機之作用，即將挖土及運土工作，并合爲一。其主要用途，爲土路之興築及修養；但亦可用於築平路基面，以備鋪放碎石或其他路面材料。

升起築路機 某種築路機，能兼具三種作用，即土之升起工作，向側渠挖土工作，及自動裝入車輛之工作是也。試就圖 53 之機，簡單說明之。此機有一犁，能將土質挖鬆，並升起以堆放於一橫帶上，此帶即將土質自挖處運送至填處。機上之運送架，備有兩種或三種不同之長度。自犁至升高器之盡頭之距離，自 15 至 30 呎不等。此運送帶爲 3 呎寬，三層橡皮之厚帶。

犁及運送帶，均裝在堅強之構架上，其下有重鋼軸及闊輪。後輪裝入軸處有齒輪，與其他之堅強齒輪相連；此齒輪旋動運送帶，使在路機行動之直角方向移動。

輪及構架均低而闊，若不包括運送器在內，則所占面積爲 8 呎寬，及 14 呎長。在山坡上，凡有輪之器械可應用者，此機皆可工作。此機尺寸雖大，但運用極便，在 16 呎路基上可旋轉自如。司機者可用駕駛盤及槓桿，將犁或運送器任意升降。

通常用之動力，爲 12 匹馬；八匹在前，四匹在側面；如在推進車，則四匹當在後也。

當馬匹開始走動時，司機者將犁放下，將運送帶推入齒輪。當犁升起時，將所載之土轉到側面，運送帶即接受此土，以輸送至所定之距離，以造成挖土或填土。

如須輸送所挖出之土，達於此機範圍以外，可將土裝入車輛

內，再行運送至任何距離。圖 54 表示將運送帶升高，以傾卸車置於其下，每 20 至 30 秒鐘內，可裝土 $1\frac{1}{2}$ 至 $1\frac{1}{2}$ 立方碼。一車裝滿開出，



圖 54 升起築路機，裝土入傾卸車之狀

第二車即繼續放進，故一架路機，每天可裝滿 600 至 800 車。用車六組並工人三名，10 小時內，可挖土 1,000 至 1,500 立方碼，並堆成土方，或同一時間內可裝滿 600 至 800 車，故每立方碼之費用，為自 $1\frac{1}{2}$ 至 $2\frac{1}{2}$ 分(美國幣)。

選用路機之要點 凡選用一種路機，下述各點，必須詳加考

慮：機械構造之簡單及劃一；造路時之材料及工作情形，司機者之安全；工作之便易；拖曳輕便；對於普通路工如挖溝等均能適用。

路機之保護 路機不用之時，必須全部洗淨，藏於乾燥屋內。刀片之污泥當清除，並揩乾，且用脂油或柴油塗之。軸及摩擦面上，當使用時，必須加油。此外當預備另一刀片，俾一片發鈍須磨快時，可替換應用，使工作不致停頓也。

64. 路面器 泥土用犁挖鬆後，可用路面器以移去之。此器使用時，用一匹馬。所載之泥土，可運載至相當距離，或可逐漸舖平於路上，隨管工者所欲也。此器亦可隨刮土箕之後，以削平及修整路面。

器上之刀片為鋼製，厚 $\frac{1}{4}$ "，寬 15"，長 30"。梁及他部份，均用橡木及鐵製。重量約 60 磅。

平路器 平路器者，用以修整及括平土路之路面，如圖 55 所

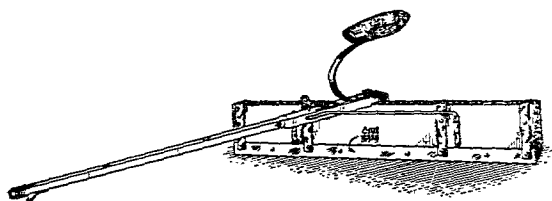


圖 55 簡單平路器

示。此器常在春季用之，其時地面之冰凍方解除。刀片係用鋼製，厚 $\frac{1}{4}$ "，寬 4"，長 72"，且備有御者之坐位。工作時用一隊馬曳之。重量約 150 磅。

65. 挖溝用具 圖 56 表示挖掘溝渠及修整溝底以備安設排水瓦筒所用之各種工具。此種工具，使用均便，且可使工作迅速，避免不必要之挖掘。

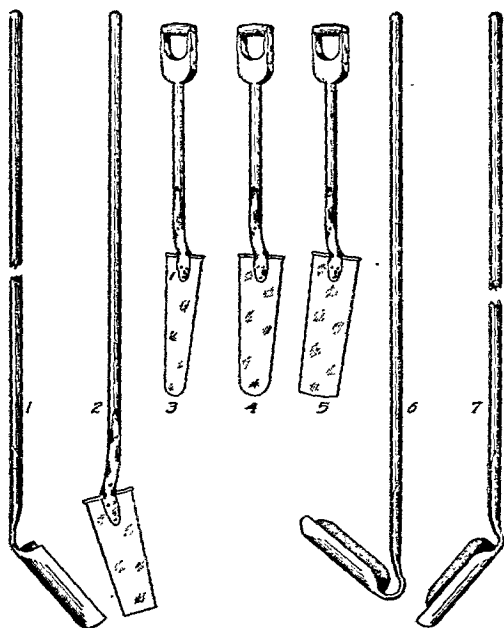


圖 56 挖溝所用之標準工具

其用法如次：第 3, 4, 5 各號，用於挖溝；第 6, 7 號用於清理溝底並將底部做圓，以備安設圓瓦筒；第 2 號用於鏟出鬆土並作平溝底；第 1 號與 2 號相同，惟溝底安設圓管。

66. 灑水車 圖 57 表示一種簡便灑水車，適用於郊外及鄉間道路。水櫃用 12 號鋼板製成，其容量自 380 至 600 加侖。

67. 路滾 馬拖滾筒 馬拖滾筒,在市上出售者,有各種式樣。

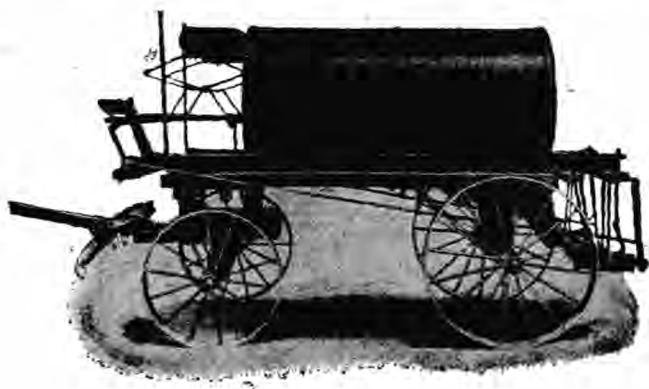


圖 57 鋼質滾水車

主要部份,係一鑄鐵空圓筒,長4至5呎,直徑5至6呎,重量3噸至6噸。亦有裝以箱子,內儲石塊或鐵,以增加重量。並有將圓筒兩



圖 58 赫勃氏五噸四筒式滾路機

端封閉,筒內用水或砂裝滿之。近時自小型汽油引擎之滾路機通用

後，此式之應用漸少。

滾路機 此種滾路機，常用以滾實天然土壤及各種碎石路面，均為三輪式，以蒸汽或汽油推動之，如圖 58 所示。此機行動時，有高低兩種速率，低速率每小時自 2 至 3 哩，高速率自 4 至 5 哩。低速率用於壓實天然土壤及路基；高速率用於完成路面。主動輪上裝有鎖栓或差動齒輪，使在急轉之彎道上行走時，兩輪之不同速率，可自動校正也。滾路機之重量，自 10 噸至 20 噸不等。

68. 耙路機 此機用於翻動碎石路面，以備加鋪新路面，名曰耙路機，如圖 59 所示。機身係一鑄鐵塊，重約 3 噸，裝於兩輪或四



圖 59 耙路機

輪上；鐵塊下裝有一羣尖釘或長齒，排成一列，或排成兩列如 V 字形。另有機件，可使長齒垂下之深度隨時校正。最大深度約 6 吋。耙路機使用時，可連接於蒸汽滾路機或牽引機之後，以拖行於道路之上。

第四章 天然土路

69. 土路 『土路』者，路面係天然土壤之道路也。此種道路最爲普通而造價亦最廉。土路如保養得宜，則在一年中之某季，可稱爲最佳之路，但在春季及雨季，則因硬度不足，幾乎不能通行。

在新建土路時，前述各項原則，如關於定線，坡度，排水，路寬等，均須切實遵照。其路冠或路心高度，當較碎石路爲大；路寬 25 呎，則中心高 12 吋可矣。

土路之排水，格外重要，因其路身物質，較其他優級道路者，更易感受水之作用，並易爲水所損壞也。當水容留於土路上，則土質軟化，車輪下陷，馬足踐踏搓攪，卒成不能通行之泥濘。冬季冰凍，亦使土路路面易於毀壞，因其膨脹及墳起作用，足使路面變形也。故就事實言之，普通鄉間土路之所謂改善及修養者，僅一排水問題而已。

建築土路之車道時，先將地面之斷株，矮樹，植物，及石塊等清除淨盡，地上留存之凹孔，用乾淨土填滿，俟路基築至必要之高度，並將中心拱起後，加以完全滾壓，滾壓時如發現高低不平之處，當填滿重滾也。

土路之保養 土路路面如用適當方法築成，並保持平滑，則雨水可以流入傍溝，不致有何損害；但雨水若留在面上，則必致吸入土內，使路身化成泥濘。路面如發現凹陷處，須立即填滿。養路工作在春季尤爲重要；路機及路滾如在春季使用得宜，可造成一平滑之路面。夏季路面，易起粗糙，可用路耙以修整之；如面上微有泥濘，

則使用路把後，可使其迅速乾燥。

秋季之修養，當特別注意路面之形式，使其能確切保持，以抵抗嚴冬之損壞。凹處及車轍等，均須用路身同樣之乾淨土以填滿之，且就地夯實。

傍溝，當於秋季加以視察，藉知其有無斷枝雜草等物，在冬末當再加視察，注意其有無擁塞情形。涵洞之口，如有廢棄雜物，當施清除，瓦筒之出口處，更不可閉塞。傍溝如能常加注意，可以免除地面之氾濫及路身之沖毀，亦可免除路旁水潭之造成，致路基被浸透。

路面凹孔及車轍，不可用磚，碎石或其他硬於路身泥土之材料填入之，因較硬材料之磨耗，與路面其他部份不同，結果反造成高塊及脊埂，使損壞更大。若因路面有凹孔，特挖一小溝，使其能通入傍溝內，此法最爲不良，蓋不論凹孔之乾濕，終以填充方法爲最正當。

若能常用一路滾（或用蒸汽或用馬），及任何平路機之一種，則對於維持各級土路之平滑路面，最爲便利而經濟。但修理土路，不可用犁，以犁能破壞經長時間及行路者所壓實之路面。

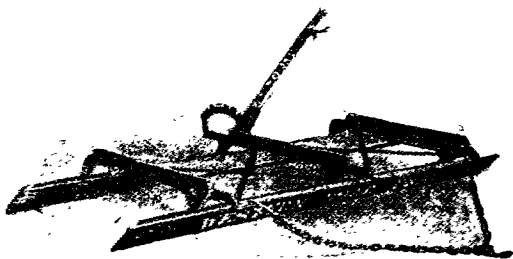


圖 60 鋼質拖器

修養土路時，如圖 60 所示之拖器，或類似之器具，殊不可少。拖器須輕，沿路曳走之時須與路身成 45° 角，使祇有少量泥土，自兩側推向中央。管工者即乘於器上，速度與步行相似，不宜太快。拖器當先用於車道之一側，然後再自他側拖回。除非路面狀況極佳，凡大雨之後，必當以拖器拖之。

修養粘土路，凡凹孔車轍，不可用草皮或草土填入，因初看似甚堅實，但一經腐爛，即成極軟之泥濘矣。粘土路車轍內亦不可用石塊填充，以其磨耗不同，容易造成硬脊也。

粘土路兩旁 200 呎內，不宜植樹或立籬笆，以粘土極需陽光及風，使土面能保持乾燥而堅硬之情形。

70. 砂路 改善砂路之目的，即使其輪道成爲狹而有範圍之道，使各種車輛，均在同一輪道內行走。車道兩旁，當多種植物，並加鼓勵，可免大量路砂之散失。砂路傍溝，祇須極淺，以排除雨水，不必過深，因過深則使砂易乾，此非砂路所宜也。路之上面，最好能用樹木蔭蔽之；樹葉及小枝墮於輪道上，足使車輪移動砂粒之作用減弱。若能得粘土，則砂路上加蓋 6" 厚之粘土面，實爲最有效而最經濟之改善。砂路上若加蓋 4" 厚一層柴草，則經數天踐踏後，稻柴即與砂磨結，與乾燥粘土路同樣硬實矣。

71. 砂泥路 砂泥路之做法，即將粘土與砂依相當比例混合，使粘土適能填滿砂之空隙；此混合物，不粘不脆，用壓力固結後，可凝成比較乾燥之膏體。若粘土量不足，則混合物不能結合；若粘土量太多，則路面經雨後即粘結而成泥濘矣。

砂粒爲抵抗行車磨剝之硬物質；粘土者粘結砂粒之媒介也。各

種粘土因其來源不同，用作粘合劑，不能同樣滿意。對於路工適用之粘土，當經過一種普通試驗，法用一醮濕手指，搨於一塊粘土上，如土能粘著於手指，則此土亦必能粘著於砂，當可適用於路工也。

天然砂土及天然粘土，均可用砂泥之混合物改良之，其法隨所改良之土壤之種類而異。

應用砂泥混合物於粘土 處理砂土之方法如次：先將土用犁翻鬆，深達 6" 至 8"，然後用路耙耙成細粒，必要時將輕質路滾壓後，再用耙耙碎。俟土完全耙碎，即將砂鋪於其上，砂層厚約 6" 至 8"，然後再繼續耙動，使砂及土完全混合。此乾燥之砂泥，混合均勻後，以水稍稍灑之，使其外表潤濕，即以路滾壓實之；再用築路機作成中央高起之路冠，再加滾壓，至路面光滑硬實為止。

應用砂泥混合物於砂土 處理砂土之法，先於砂土上，鋪粘土一層，厚約 4" 至 8"，用耙將土及砂混合之，然後以水灑之，使其濕透，再用耙耙勻。於是築成路形，再加滾壓，與上述處理粘土之方法相同。

砂泥路築成後，必須多加注意，如發現弱點，當再以砂或粘土鋪填之。

72. 應用油類於砂及礫之土壤 砂及礫之土壤可用粗煤油或瀝青油以改善之。油類可減少灰塵；作成一種不吸收路面，使雨水易於流瀉，並減少泥濘，且使路面呈深暗色，比尋常之淡灰色較為悅目。

做法係先將路基築成適當形式，並施滾壓，以備澆油。油類用油箱車澆灑之，成一片油層，其上用砂薄薄蓋之，然後加以滾壓。如

滾壓時覺路面太粘，或乾燥而多灰，可灑以乾砂，或再加以油，至認為滿意乃止。

第五章 特種路面之道路

73. 路面之要素 公路或市街之車道，爲備行車使用起見，即在天然土壤上，加蓋一層適當之材料 作成比較光滑之表面，使牽引阻力減爲最小可能之數，並使各種車輛，在一年四季中，均能安全而迅速通行。路面通常分爲兩部份；即基層及磨耗面是也。

基層之用途如下：(1)保護土壤，使不受路面水之擾害作用；(2)將路面上所載之重量，傳達於土壤，並使其壓力平均分配於充分寬大之面積；(3)不屈不撓，以支持磨耗面及其所受之載重。

磨耗面之效率，完全隨基層之物質而定。若基層軟弱，則磨耗面不論工作如何良好，必極易破裂也。

第一節 基 層

74. 基層之材料 路面之基層，一經築成，即不必改動或重造。所用材料，可擇能利用而價最廉者，如就地之石料，礫，砂及爐渣等，設計時重要之點，爲當備充分之厚度，使壓結之後，雖承受極繁重之行車，仍能維持其原有形式，不致變動。若受荷重以後，基層及磨耗面均有移動，則路面即被翻起，結合亦被破裂，而道路即迅速毀壞矣。

75. 厚度 基層之厚度，須視天然土壤之支承能力，及磨耗面上所載之重量而定。土壤之支承能力，可由直接試驗得之，而路面之載重，可測算行車之數量加以將來應增加者以求得之。

由近時之實驗，證明凡不透水土，即地下水已排除者，在最劣狀況之下，每方吋能載重 4 磅；故基層厚度，若依此計算，使其適合行車情形，則一年四季中，均可安全無事矣。

計算路面厚度之方法 車輛荷重，自車輪經路面，以傳達於天然土壤之方式，計有兩種理論：(1)土壤上之壓力，與基層及磨耗面之厚度之立方，成反比例；(2)壓力傳下時，依截頂圓錐之方式，錐面綫與垂直所成之角，自 30° 至 50° 不等，隨路面之堅實程度而異。如路之表面不平或有鬆起石塊，則車輪經此等阻礙處，其壓力綫格外集中。

上述之第二理論，為最普通應用者。其計算法如次：設 P 為土壤上每方吋勻佈之壓力； A 為車輪外緣與路面接觸之長度，以吋計； W 為輪緣之寬度，以吋計； L 為一輪之荷重，以磅計； F 為磨耗面及基層之厚度，以吋計； C 為接觸面，等於 $A \times W$ ； B 為天然土壤之受壓面積，則受壓面積為 $B = (2F + A)(2F + W)$ ，
勻佈壓力為，
$$P = \frac{L}{(2F + A)(2F + W)} = \frac{L}{B}$$

假定輪緣寬度每吋之荷重為 1,000 磅；輪緣寬為 3 吋；接觸面之長度為 3 吋；基層及磨耗面之總厚度為 12 吋，則土壤上之壓力為

$$P = \frac{1,000 \times 3}{(2 \times 12 + 3)(2 \times 12 + 3)} = \frac{3,000}{27 \times 27} = \frac{3,000}{729} = 4.10 \text{ 磅/方吋。}$$

依此理論，路面之厚度可自 4 吋至 16 吋，最小厚度，用於礫或砂，最大者用於粘土。

76. 基層之佈置 布置路面基層，有兩項截然不同之工作：

(1)處理天然土壤；及(2)鋪放人工之基層於天然土壤之上。

處理天然土壤之要點，為(1)將有生機之植物及柔軟物質，清除淨盡；(2)如有必要，須將土壤排水；(3)增進土壤之支承能力；及(4)將土壤夯實。

各種土壤經滾壓後，均能改善，如有弱點，平時不易注意，一經滾壓，即可發現。但所用路滾之重量，不宜太大，致土壤不能承受；若路滾太重，將使土壤面成為連續波浪形，而磨耗面即易破壞，若用較輕路滾，而滾壓過甚，則亦有同樣情形。故每種土壤，恆需不同之處理。

砂性及鈣性之土壤，可用排水法及加一粘土層以改良之，粘土層厚 2" 至 6"，與土壤混和，並用路滾壓實之，粘質及雜質土壤，則因其易於留水，若經水及冰凍之作用，極不穩定，實為不良之基層。改良之法，惟有充分排水，再將砂混合滾壓，上面另加 2" 至 6" 之砂，鏽渣，煤渣，或其他類似物質一層，然後灑水，更以路滾壓實之。

77. 常用基層之式樣 建築基層之重要條件，須使基層成為堅密之物質，其形式隨磨耗面之性質而異。如磨耗面為各式碎石，則基層可用石塊築成之，此種石塊須約略作成長方形，寬度及厚度約自 6" 至 8"，長度約自 6" 至 16"；用人工鋪砌於土基上，使其長度與路之軸綫成直角，接縫須參差不成一綫。如有凸出於路基面上之邊角，可用手錘擊去之。石塊間之空隙，常用石片嵌實。然後用滾路機將此層石塊滾壓堅實，再將磨耗面鋪於其上。底層亦可用碎石，礫，或爐渣築成，須大小不勻，使其空隙減至最小可能之數。此空隙可用石屑填入，或用砂及粘土之混合物，或用灰砂漿及膠灰漿，或

用粗瀝青膠灰，或即用混凝土，就土基上混合鋪築之。

第二節 磨耗面

78. 磨耗面之作用 磨耗面之作用，所以保護基層，免受車行之磨耗及雨水之影響，同時支持行車之重量，以傳達於基層者也。欲使行車之效率增大，則磨耗面當為一種比較平滑而不柔軟之面，使牲畜易於駐足，自動車易於附着，而牽引阻力當為極小。欲完成此作用，則磨耗面之材料，必須有抵抗壓碎及磨剝之強力，且當具不透水之組織。欲求磨耗面之經濟耐用，則其材料在相當長時間內，應有抵抗毀壞作用之能力。除必須具備上述條件外，更應有相當厚度；此厚度須隨所用材料之性質，及在已知行車及氣候狀況下之磨耗率而定。將磨耗面加厚，並非經濟之道，因若行車繁重，則數年內即損耗無用矣，若行車輕簡，則未曾磨耗之先，即被分解矣。在任何一情況，均須將磨耗面更換，此更換之部份，即浪費也；故其厚度，僅使數年內能有適當之效用足矣。

79. 厚度 計算任何磨耗面之經濟厚度，須使建築費之每年利息加每年折舊費，成為最小數。欲求得此數，必須明瞭行車之數量及由於磨耗所損失之厚度。

80. 磨耗面之種類 公路或市街所用最普通之磨耗面，為：
(1)礫，碎石，鑪渣及其他粒狀材料；用膠質灰漿固結之，即以水作用於石及粘土之糊狀分子而成也；(2)碎石，礫及砂，與下列各物相固結而成：(a) 粗瀝青膠灰；(b) 水泥；(3)石塊；(4)磚；及(5)木塊。

在第(1)種，欲其粘結良好，必須有適當之水分。若在夏季而缺乏水分，則材料即乾燥而鬆脆，在路面之碎片，一經行車作用後，即被移動矣；若水分太多，則凝結力易於喪失，而路面破壞極易。

在第(2)種(a)類，此種磨耗面，不僅受行車之磨耗，且其粗瀝青之化學成分，因氣候之作用，漸漸變成鬆脆，故亦不能耐久也。第(2)種(b)類之磨耗面，則因溫度變化，致漲縮不定，易致破裂，且因混凝土之混合成分不勻，故磨耗亦不能平勻。若有一處已起損耗，則因行車之磨剝作用，此損耗點極易擴大。

(3)，(4)兩種材料，不易腐爛，如鋪砌得宜，則極能耐久，且對於行車亦能有滿意之效用。自用油蒸及其他保存劑後，木塊之使用壽命，已得增加，故第(5)種之木塊路面，已在城市街道，使用甚廣，因其腐蝕之傾向，可以設法減少也。

(甲) 礫路

81. 礫 礫為平滑而稍帶圓形之石塊，其大小自小顆起至直徑4"或大於4"之卵石為止。尋常在岸灘或河底所取得之礫均與砂混雜。有時亦構成地層，與粘土及其他礦物質如石灰石及養化鐵等相混合。與後者相混合之礫，為有粘結性，易於固結，可造成極滿意之道路，晴天灰塵甚少，故修養較廉，但繁重之行車則不能勝任也。

82. 礫之準備 築路應用之礫，最好用篩分為三級：第一級礫，當留於 $1\frac{1}{2}$ "網眼之篩上，而經過 $2\frac{1}{4}$ "網眼；第二級礫，當留於 $\frac{1}{2}$ "網眼之篩上，而經過 $1\frac{1}{2}$ "網眼；第三級礫，即所有經過 $\frac{1}{4}$ "網眼之全部物質。將第一級礫之空隙測定後，以第三級礫填入，使其容量較

多於空隙，兩者切實拌勻，即以此混合物用於第一層或下層。再將第二級礫之空隙測定，用充分容量之第三級礫填入之，兩者切實拌勻，用作頂層。此混合物拌勻時，必須十分均勻，使細粒與粗粒皆得勻和，鋪填之時，尤須注意，不可使粗細粒互相分開，更不可使細粒先墮於底部。

如礫內缺乏粘結材料，則當加入壤土，粘土，石灰石屑，頁岩或泥灰岩等，其容量自 10% 至 15%。若加粘土太多（如 20%），則礫雖可固結極快，且滾壓後即呈良好之外觀，但一遇氣候乾燥，則路面即散耗多灰，若遇天雨，即成泥濘矣。

清潔光滑之礫，除非質料極佳，若不用凝結材料，必不易固結，故用此種礫作成之道路，恆不能滿意也。

83. 礫之鋪填 將天然土壤之路基坡度築成，並壓實後，即以準備之礫，均勻鋪填其上，達所需之厚度，通常為 6"。然後用滾路機壓實，滾壓後以水灑之，再行滾壓。灑水與滾壓應重複為之，直至滾筒前之碎石並無升高或爬動之狀為止，於是將第二層礫鋪上，厚達 4"；滾壓，灑水及再滾壓均與上述第一層同樣辦理。最後在面上鋪一層篩餘之細屑，即可任車輛通行。

當滾壓之時，若第一層之凝結材料感覺不足，則可在第一層面上用細料鋪一薄層，其灑水與滾壓，與上述相同。

若滾壓頂層之時，發現有大於 $1\frac{1}{2}$ " 之石塊，當將其移去。

礫當滾壓以後，約較其鬆時之厚度縮小百分之 20，故欲得滾實後之厚度為 8"，其鬆時之厚度當為 10"。礫層之厚度，隨路基之性質而異，在不滲透之土基上，當較充分排水之土基上為厚。

礫路之卵石，藏在泥灌內，極易移動。故此種路，常先由內部損壞。

粘土之粘結力，大概隨氣候而異。在雨季內，礫路即柔軟而多泥；在天極氣乾燥時，粘土即縮緊而裂縫，於是卵石顯出，路面鬆散矣。故不乾不燥，為最理想之氣候，斯時之礫路對於輕簡行車有幾種優點。又排水之方法，亦足以決定道路之耐久性，建築費，及養路費也。

84. 修養 依上述方法所築成之礫路，在數年內僅需小修，但每天皆當有修理之準備也。常須備一手耙，隨時將鬆散之礫耙入輪道內，並將任何凹陷處隨手填平。

修理之時，每次當僅用小量之礫，如有坍塌甚劇之處，不在此例。每次鋪礫 2" 厚，較大量礫為有益。厚層之礫，不易同時固結，如路面已固結後，再切開驗之，仍可發現鬆散之礫也。此種鬆散之礫，能容留水分，設遇冰凍，即將路面膨起而脹裂矣。故 6" 厚之礫，當分三次鋪築，所費並不較一次鋪築為大也。

路上每隔 $\frac{1}{2}$ 哩，當堆貯幾立方碼之礫，以備隨時於發現凹陷及車轍時，立刻鋪填之，且每 5 哩路，當設置養路工一人。

(乙) 碎石路

85. 築法 碎石路有各種不同築法。例如：用一層或兩層敲成小塊之碎石，鋪填於：(1)天然土壤上，(2)大石塊築成之基層上，此基層係用手工鋪砌於天然土壤上，或(3)混凝土基層上。各層碎石均用重噸滾路機壓實之；碎石空隙，須用粘結料填滿，此粘結料或為石屑，或為石屑及粘土，或為水泥漿，或為自煤黑油或瀝青所取

得之粗瀝青膠灰，此可單獨用之，或與砂相混合用之。做下層路面用之碎石，常用粗瀝青膠灰塗之。若上層亦用粗瀝青膠灰者，尤不可少。碎石亦可與波特蘭水泥及砂相混合，作成混凝土，鋪填於準備之土壤上，或鋪填於混凝土或碎石之基層上。

建築碎石路之幾種方法，皆有專定之名稱，或冠以發明人之姓名，加以區別。故所謂『泰爾福德』及『馬卡達姆』式者，即由蘇格蘭工程師托馬斯，泰爾福德及約翰，馬卡達姆而得名；此兩人當十九世紀初期，就屈石葛氏在十八世紀用於法國道路之方法，加以改良而施行於英國。泰爾福德用大石塊作基層，上面鋪以小石塊，如圖 61 所示。馬卡達姆則不用基層，以為此基層無用而有害。兩位建築家皆主張路基之完全排水，但均不用粘結料，而滾壓更未之知也。碎石堆放後，即任行車以壓實之。其後漸應用軋石機及滾筒，以及將碎石空隙，填以粘結料（此法為馬卡達姆所譏評而埃治渥斯所主張也，埃氏為愛爾蘭之地主，著有『道路之建築』一書，在 1817 年出版），則已與兩氏所創之方法相去甚遠，但仍襲用其名稱而已。

約翰，麥克尼爾氏又在英國創用水泥漿。在 1840 年，英國始創行以煤黑油塗於碎石之法，稱為『黑油馬卡達姆』式。近時因須分別各種瀝青建築，故又創立各種名稱，如『別秋瀝』，『泰馬克』，『華倫那』，及『粗瀝青馬卡達姆』等。自粗瀝青粘結料通用以後，『水結馬卡達姆』之名稱，遂亦開始通用，使早年之馬卡達姆法，與晚近之法得以區別也。

86. 石質 碎石路面所用之材料，隨地點而大有不同。石料之

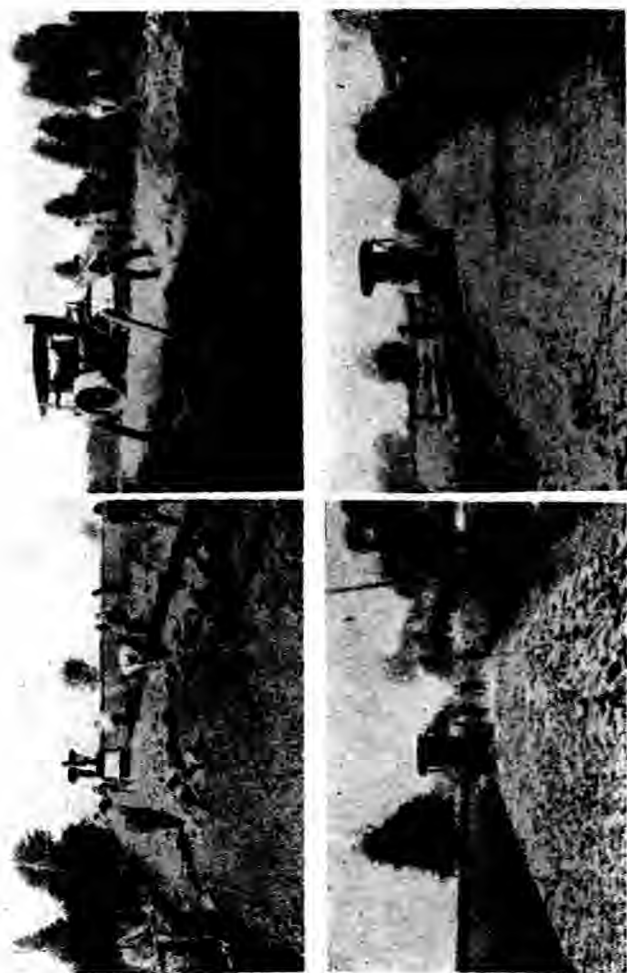


圖 61 美國賓夕法尼亞州公路局建築麥爾福德式道路

運輸費極貴，故必須採用就地所產之石料，此層對於行車不甚繁重者尤為重要。若行車甚為繁重，則採用優良石質，雖用費較貴，結果或反較就地採石為經濟，在運輸極繁重道之路，則最佳之材料，恆

爲最經濟之材料。

石料必須具有幾種性質，始可經久耐用。『硬度』及『韌度』所以抵抗磨剝及碰擊作用也。此兩種性質雖密切相關，但不必同時存在，有幾種岩石，雖極堅硬，但甚脆弱，一經碰擊，即致碎裂；亦有他種岩石，則分子間之粘合力極弱，一受磨剝，即致耗損也。『耐久性』者，即抵抗氣候及腐蝕酸類之分解作用之能力也。石之耐久性；視所含礦物質之化學固定性而異，但物理上之缺點及磨剝，早使石體毀壞，遠在化學變化之損壞以前。『粘結能力』者，使能成一固結體也。此性質對於石料之用於水結馬卡達姆者，甚爲重要。各種岩石當分解之時，多少均有粘結性。此因石塊碎裂時所得之細屑，其化學成分受水之作用後所致，及被壓實時，碎片間之磨擦力，亦足致之。此種粘結力，隨岩石之種類而異，以石灰石爲最大，片麻岩爲最小。

岩石之能產生粘結能力者，必須在健全狀態；若岩石已經腐蝕，即不復具此能力矣，但有時石質內含有氧化鐵，則因氧化劑之粘結性，亦可有相當之粘結能力。

粘結力良好之岩石，雖較粘結力不良之岩石硬度稍遜，但更能忍受磨耗。以石灰石築成之道路，若橫截面形式甚佳，則可較任何路面爲不透水，即以此粘結力故也。且在乾燥天氣，亦不致立即分解，一部分固由於此粘結能力，一部分亦由於石灰石能吸收大氣中水分之特殊性質。若但具硬度，而無韌度，亦屬無用，因岩石可極硬，但因甚脆，故一經重壓，即碎成細粉；若韌度極佳，雖不甚硬，亦不致損傷也。

路面石料，其吸收水分之能力，應愈小愈佳，俾不致受冰凍作用而損壞。有多種石灰石不宜用於路面者，即以此故。

石質當求其勻和，否則其磨耗即不一致，而質料稍軟之處，易成凹陷矣。路面之底層，並不受行車之磨耗，僅須支持荷載之重量，故底層石料，不必若面層之硬而且韌，於是底層常用較劣之石料，使建築費大為減輕。

87. 岩石之試驗 欲求各種岩石對於行車及氣候之毀壞作用之可能抵抗力，當在實驗室內，作各種試驗，以求得其對於碰擊，及磨剝之抵抗力，並其吸收能力，硬度，韌度及比重等事項。

磨剝 試驗磨剝，係用特凡爾式試驗機。此機有兩個或兩個以上鑄鐵圓筒，裝在轉軸上，使每一圓筒之軸綫與轉軸成 30 度角。在圓筒內裝入岩石十一磅，敲成碎塊，其大小自 $1\frac{1}{2}$ " 至 $2\frac{1}{2}$ "。然後將圓筒旋轉，用每小時 2,000 轉之等速率，連續 5 小時，或在自動紀錄器上表示 10,000 轉乃止。於是將石塊自筒內倒出，用 $\frac{1}{16}$ " 網眼之篩篩之。將篩上存留之物，洗清曬乾並秤其重量。石塊之原重量，減去大於 $\frac{1}{16}$ " 之殘餘物之重量，其相差數即表示磨剝之損失。

碰擊及韌度 試驗碰擊及韌度之機，有一砧，一活塞及一錘，裝於垂直導柱上。試驗之塊，放在砧上；將重 4.4 磅之錘升高墮下以擊之，第一擊升高僅一厘米，以後每擊，即遞增一厘米，直至試驗之塊破碎為止。破碎試驗塊所需之擊數，即用以表示其韌度；13 擊為低級抵抗力，13 至 19 擊為中級，19 擊以上為高級。

硬度 試驗硬度，用多利氏機。此機裝一鋼盤，可以於之石塊，係用空心鑽自岩石取得，作成圓柱形，其

驗，當用兩塊，各稱其重量，然後置於機上試驗塊應置之處，使其平面，安放於磨盤上。將機旋動 1,000 次，旋動之時，隨時將石英砂加入盤中。然後將試驗塊取出稱之，其硬度即用下列公式求得：

$$\text{硬度} = 20 - \frac{W}{3}$$

式中 W 為 1,000 轉後所損失之重量，以克計。岩石之硬度若小於 14，當作爲軟石；14 至 17 作爲中等；17 以上作爲硬石。

水之吸收 岩石吸收水分之容量，可用重約 12 克之完全乾燥石塊以求之。先將此石塊在空氣內稱之；然後浸入水內立刻稱之。浸水 96 小時後再就水內稱之。其吸收容量可用下式計算之，

$$\text{每立方呎岩石所吸收之水量} = \frac{C-B}{A-B} \times 62.37 \text{ 磅。}$$

式中 A 爲空氣內之重量； B 爲浸入水內立刻稱得之重量； C 爲浸水 96 小時後在水中所稱得之重量；62.37 爲每立方呎水之正常重量以磅計。

道路所用岩石之耐久性，常受其吸水容量之影響。在氣候寒冷之區域，須擇吸收能力之較小者，以抵抗忽凍忽融之分解作用也。

比重 比重可用比重秤以決定之，或在空氣內及水內分別稱其重量而應用下列公式求之：

$$\text{比重} = \frac{W}{W - W_1}$$

式中 W 爲空氣內之重量。 W_1 爲在水內之重量。

比重與多孔度有密切關係。比重係隨密度，或構成岩石之礦物之結合程度而異。顆粒之結合愈密，岩石即愈形固結，亦即內氣愈少，而其多孔度愈小。

石之重量可由其比重求得之。明瞭岩石之重量，對

於判斷兩種石料之優劣時甚為重要，但岩石愈重，則用費愈大，因運輸費用須增加也。在水結馬卡達姆路，其所用石屑，當擇其比重較大者，以其較比重輕者，不易為風雨所移動也。

粘結性 欲求石屑之粘結性，當用岩石 500 克，敲碎並使經過 $\frac{1}{2}$ " 網眼篩，連同水 90 立方厘米，及重 20 磅之兩鋼球，同置於一球狀器內。然後將此球狀器，用每小時 2,000 轉之速率，旋動兩小時半。結果使內貯物變成硬糰；取出 25 克，置於直徑 25 毫米之金屬鑄型內，用每平方厘米 132 千克之壓力壓之，使成圓柱體狀之試驗塊。將此圓柱體試驗塊在空氣中乾燥 20 小時；再在熱氣爐烘焙 4 小時；其溫度為華氏 200°；於是在收濕器內冷卻 20 分鐘。俟冷後，即放入碰擊試驗機內，與韌度試驗同樣辦理；用重一千克之錘，升高度固定為一厘米 於是連續碰擊，至試驗塊破碎為止。以五次試驗所得之平均擊數，作為試驗之結果。若結果為 10，則為低級粘結性；10 至 25 為普通；26 至 75 為佳；76 至 100 為甚佳；100 以上則為優良矣。

88. 岩石之種類 築碎石路最通用之岩石，為玄武石，花崗石，石灰石，砂石，圓塊石，及野石。

玄武石為硬而韌，有極佳磨耗性及粘結性。花崗石性脆，其粘結力亦薄弱。石灰石之硬度及韌度均不足，但其粘結性極佳，故對於行車不繁重之道路，極為適用。砂石係砂粒與含砂，含鐵，含石灰，或含粘土等物質，所結合而成之岩石；對於粘結性及抵抗磨剝之能力，常嫌不足。若加粗瀝青粘結劑，則可得優良之結果。野石常為花崗石，砂石，石灰石等最堅硬之部份，因冰河之作用，被散佈於荒野間，已歷盡氣候之分解作用矣。因其性質不一，硬度不同，築成

道路，亦以磨耗不勻，而成粗糙之路面。

89. 石塊之形式及大小 石塊之形式及大小，影響於道路之耐久性甚大。石塊之形式愈近立方形而有齒狀邊緣者，則所得結果愈能滿意。

石塊之尺寸，須使滾壓後，不致破碎；車輛經過後，不至鬆動為度。較硬石塊之大小，可自 $1\frac{1}{2}$ " 至 $2\frac{1}{2}$ "；較軟之石塊，自 $2\frac{1}{2}$ " 至 4"。所謂尺寸大小，並非石塊之確實長度，乃指網眼之大小而言；故 $1\frac{1}{2}$ " 碎石者即能存留於 $1\frac{1}{2}$ " 孔上，而經過 2" 或 $2\frac{1}{2}$ " 孔者也。

90. 碎石之厚度 在已知情狀下，欲求碎石之厚度，可依上文 74 節之公式求之，約自 4" 至 16" 不等。厚度若超過 6"，則超過之數，可用砂，礫，野石，礁石或碎石等為之，如上文討論基層時所述，視就地可利用之材料，及所有之經費，加以選擇可也；因在底層內，任何材料均有同樣成效也。

91. 舖填碎石 舖填碎石之法，視路面之厚度而異。若完成厚度為 4"，所用碎石可作一層舖之。若完成厚度超過 4"，則所舖碎石可分為兩層或兩層以上為之；其頂層或磨耗層當用最佳及最貴之石，作成適合良好建築及修養之最小厚度。滾壓之後，石體縮小，故各層鬆石之厚度，應較完成厚度加大 25% 至 30%。

碎石在路基上運輸，可用各種備有闊輪緣之車輛。有幾種車輛，在曳動之時，可以分層舖填；其他車輛，須將材料傾倒成堆，然後以人工用叉及耙，將其舖開，並作成平勻之路面，如圖 62 所示。

92. 碎石之壓實 碎石當用重路滾壓實之。路滾或以馬曳，或用蒸汽及其他動力推動之，如圖 63 所示 蒸汽滾路機，較馬曳滾筒，



圖 62 馬卡達姆路下層路面之鋪築法

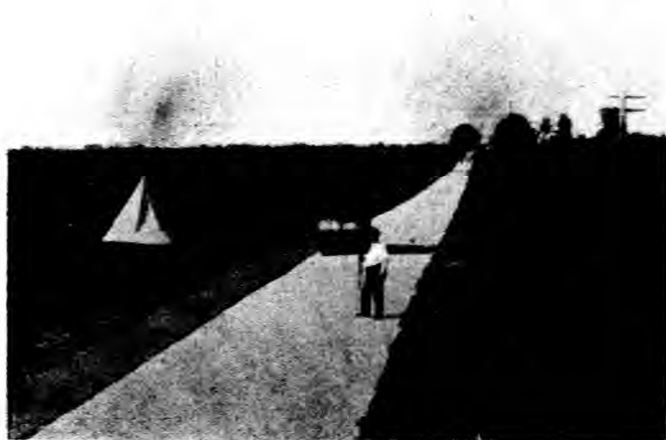


圖 63 用蒸汽滾路機以壓實碎石

更爲有效。蒸汽路滾之普通重量爲 5, 10, 及 15 噸；雖路滾重量之選

定當與天然土壤之承受能力相稱，但 10 噸者尤為通用。路滾太重，足以損害路基，因其將路基滾成波浪形，易於積水，且致毀壞也，路基在乾燥天氣可承受較重之路滾，但遇雨天，即有被損壞之虞。故路基較弱者，當用兩種滾筒，輕者築成路形，狹而重者將其壓實。

路滾當自車道之一邊開始工作，沿邊滾壓，至舖石盡頭相距約 25 呎處，即將路滾橫過至車道之他邊，即沿此邊滾回至出發之處。再行橫過路面向前滾壓，使與以前滾過之處有一部份重疊，至路之中央部份滾遍為止。依此方法繼續滾壓，直至碎石不再沈陷而滾筒前面之石塊不再爬動，始行停止。若在第一遍滾壓之時，發現低陷之處，當即用與本層同樣大小之石子，鋪填至規定之高度。

大約俟滾壓兩遍後，即以原用石料之篩屑，作為粘結材料，舖



圖 44 馬卡達姆路第二層路面之滾壓及澆水使粘結完成

散一薄層於半壓實之碎石面上，以水灑之，使石屑沖入石之空隙內，再行繼續滾壓，如圖 64 所示。所有鋪石屑，灑水，及滾壓之工作，當重複爲之，直至滾筒前面升起水及石屑之波浪形爲止。每層路面之處理及滾壓，均依此爲之。若原用石料之篩屑，不適於作粘結材料，則當用其他岩石，砂，壤土或粘土之篩屑以替代之。

若粘結料及水，用之過多，足以使碎石固結所需之時間縮短，並使路面之外觀優良，但一經車輛行駛，必致磨耗不勻而迅速破碎也。

93. 馬卡達姆及泰而福德路灰塵之制止 自機械自動車輛通行以後，依泰而福德及馬卡達姆原理所造成之碎石路，已不適用於行車之需求矣。

因碎石間之粘附力，不足以抵擋車輪之動力，故碎石即被鬆動，又自動車所裝之橡皮輪，雖不致磨耗路面，發生灰塵，但行車速率甚高，常造成局部真空。於是當四周氣流衝入，以回復空氣之平衡時，即將車輪所鬆動之碎石細粒捲起，造成灰塵，此事對於其他行道者及兩旁居民，均所厭惡也。鬆動碎石之較大者，則散擲滿地，互相磨擦，以增加細粒之分量，於是亦散佈而成灰塵。

此種作用，反覆不已，乃使所鋪路面凹陷而分解。車輛之速率愈大，則毀壞作用愈強；路面不平之處，又足使車輪離去時發生跳動，此跳動須繼續至相當距離，對於路面亦甚有害。在陡坡或灣道上，車輛推進力恆大於車輪與路面之附着力，故主動輪在路上滑行，足使路面材料磨削甚劇。此種損害在雨天爲尤甚，若車輪上裝有桿，鏈，短棒，或其他反滑溜設備者，其損害更劇。

灰塵及泥濘之造成，殊不能絕對制止，因各種材料經磨擦及分解作用後，在晴天必有灰塵，在雨天必有泥濘也。在水結馬卡達姆路之路面，若能維持潮濕狀態，即可以無灰塵，但在城鎮上，用水維持濕路，已甚昂貴；若在郊野區域，則價值將不可思議，且亦屬不可能，因大概無水可利用也，故對於已成路面，其救濟方法，即為常施清除，及採取價廉，有效，永久，及易於使用之物質，用以代水。因此市上已有幾種『防止灰塵』之物品出售，且曾用此以作實驗，其結果除幾種例外以外，可謂僅具暫時效用，且使用時必須次數甚多，且極澈底始可。

上文所謂幾種例外者，即為比較永久之方法，係包括下列各項：

(1)用粗瀝青膠灰，或粗瀝青粘結料，將路面碎石加以粘結。粘結料如用注入法，則路面通稱為『粗瀝青馬卡達姆』；若須表示粘結料之種類，則可用『瀝青馬卡達姆』及『黑油馬卡達姆』等名稱。粘結料如用混合法，則此種建築稱為『粗瀝青混凝土』，或依各種商業及專利名稱，如『別秋瀝』，『華倫那』，『阿彌薩』，『飛勃汀』及『岩瀝青』等；(2)用水泥將碎石粘結之，如此造成之路面，稱為『混凝土馬卡達姆』，或『混凝土路面』。當分別於後文述之。

再就上述各種暫時方法討論之。計有下列各類：

(1)清水 此係最簡單之法，但並非最實用者，且費用亦不最廉。

(2)海水 此法甚簡，但惟海濱始可利用之。海水所含之鹽係高度防腐，且已潮解；輕輕澆灑可在數小時內制止灰塵，但應用海水亦有不利，因其足以損壞車輛之油漆及齒輪，且足以腐蝕街道上

之鑄鐵裝飾物。又路面澆過海水，乾燥後飛起之灰含有鹽質，足以損害食物及其他顯露之貨物也。海水應用數星期後，灰塵變成泥漿，粘着車輪上，隨處可將路面材料粘起也。

(3)潮解鹽 用此種鹽類之最大優點，即以其作用較水更為耐久。最通用之鹽類為氯化鈣，係用阿摩尼亞法製鹼之副產物。此鹽之溶液或乾粒均可應用，以其能迅速吸收水分，故在氣候潮濕之處，效用尤著。又格羅屈林者為用硫化法造紙自木漿內所得之硫化液之商用名稱，此物亦能減少灰塵，惟須時常用之。又糖廠內無用之糖質，與石灰漿混合，亦為極佳之灰塵制止劑。

(4)煤黑油蓋面 精煉之煤黑油，或熱或冷，噴灑於路面上，亦足以少生灰塵，使路面不透水，並減少磨耗；惟其成效如何，當視黑油之性質，氣候之情況，及路面之狀態而定；氣候必須明朗乾燥，路面必須乾淨無塵。若係熱澆，則黑油不可燒得過熱。

(5)煤黑油及煤油之溶液 市上有數種專利之煤黑油製劑，但各種原理均大略相同，即以黑油或油，用一種揮發介劑使得溶於水內，然後俟蒸發後，即有一層多少不溶解物留於路面上。其中比較著名者為『泰維挨』及『惠司屈麥』。

(6)粗煤油及剩油 粗煤油含瀝青成分極大，故結果亦最佳。煤油以石蠟及石油精為基礎，不能粘結，祇能成爲一種油狀賦質。剩油者係蒸溜煤油之殘餘，原有瀝青成分，故能有良好效果也。

施用油類有兩種方法：(a) 加油之路面，須先用硬帚，清除塵土。如用冷法，則以油置於特製之播灑車內，灑油速率為每方碼自 $\frac{1}{2}$ 至 $\frac{1}{3}$ 加侖。灑油後，再以砂或石屑鋪蓋之，加滾壓與否均可。每年

須澆油一次或兩次，視行車之繁簡而定。澆油之時，路面必須乾燥，(b)以油澆於路面上，使與塵土相混合。若澆灑以後，使塵土與油由車輛行動之作用相混合，則混合物極粘，隨處可被車輪粘附而去。爲求便於運用，並較冷油更得透入起見，可將油加熱至華氏 140°，然後與冷油同樣應用。

(7)油黑油及克魯索特油 油黑油爲製造炭水氣及油氣之剩餘液。路工用之黑油，係將黑油原液經蒸溜後除去輕油，石油精及克魯索特油而得。黑油之種類不一，隨蒸溜停止時之溫度而異；蒸溜停止之溫度愈高，則黑油愈硬而愈脆。

油黑油可單獨應用，或與克魯索特油混合應用，用法與煤黑油相同。

(丙) 粗瀝青馬卡達姆路

94. 粗瀝青馬卡達姆之特點 粗瀝青馬卡達姆之磨耗面，與前述水結碎石路面不同之處，祇在粘結料之種類及石料之性質。粗瀝青粘結料係自瀝青製成，或自瀝青油，精煉水氣黑油，精煉煤焦油及黑油瀝青之併合物製成。

粗瀝青粘結料，可粘着於比較多孔及質軟之石(如石灰石)，遠勝於硬石(如玄武石及花崗石)。因此，粗瀝青粘結料所用之石，其硬度及粘結性，均可較水結馬卡達姆所用者爲劣。

95. 建築法 建築粗瀝青路面之要點，爲(1)路基之地下及表面水須一律排除；(2)須有堅實之基層；(3)石料須有適宜之性質及大小；(4)石上灰塵須完全清除，否則灰塵即構成碎石與粗瀝青粘結料間之薄層，使兩者不能粘着；(5)如用烘熱之石，則不宜太

熱，如用冷石，則必須乾燥，因若潮濕，粗瀝青將不能粘着也；(6) 粗瀝青膠灰須有合適之性質；不可有水，因水之粘着於石，較粗瀝青尤易，即使石與瀝青不能粘着也；又不可有阿摩尼亞液，因其易與所含之油類化成肥皂質，極易與水結合而被沖去；又不可有過分之輕油及石油精，以其易於溶解，使路面揮發，構成薄層極不耐久；又不可有過多之游離炭素，以其無粘結力，徒變成塵土而已。

以粗瀝青粘結料作成磨耗面，有兩種普通方法，即注入法及混合法，此外雖尚有他法，但皆大同小異而已。

注入法 先將碎石舖平，稍加滾壓。施用粗瀝青粘結料，可用下列各法：用罐以手傾倒之；或用管嘴自櫃車引出；或用機械分布器，由空氣壓力將瀝青自管嘴壓出，噴灑成極細條綫，或如霧狀，如圖 65 所示。粘結料通常即用壓路機內之蒸氣烘熱之，若用手罐澆灑者，則即放在鍋內用火燒熱可也。澆灑分量，每方碼約為 1 加侖。將粘結料勻澆之後，即用石屑，砂，或礫蓋一薄層，然後繼續滾壓。有時滾壓完成之後，再



圖 65

在注入法中，用壓力管嘴以噴散粗瀝青粘結料

澆一次粘結料，每方碼約半加侖，稱為『漆層』，上面再以石屑輕灑之。



圖 66 碎石及粘結料用人工拌和



圖 67 碎石及粘結料用機器拌和



圖 68 組築青馬卡達姆路面之誤點

混合法 在此法，磨耗面所用之石，大小自 $\frac{3}{4}$ " 至 1 $\frac{1}{2}$ "，須清潔而乾燥，與充分量之粘結料混和後，使石之表面完全塗滿。此項混合可在混合板上，以手工為之，如圖 66 所示；或將碎石把過盛有液體粘結料之槽，或經過機械混合機，如圖 67 所示。然後將此塗滿粘結料之碎石，舖於基層上，厚約 3"，上用不含灰塵之石屑鋪灑之，再將壓路機滾壓結實，如圖 68 所示。如有粘結料顯露之處，即當以石屑蓋之，再加滾壓。滾壓完畢後，路面上剩餘石屑當掃除之。於是此清潔之面上再蓋一層粘結劑，稱為『封面』，以保證路面之不透水，及空隙之完全填滿，如圖 69。此封面所用粘結料，每方碼約需 $\frac{1}{2}$ 加侖，上面再以石屑灑之，再加滾壓或不加滾壓均可。

注入法之優點及劣點 注入法之優點，為工作之簡易及迅速，設備及勞工費用，均甚低廉。



圖 69 用自動車噴灑封面層，每方碼用 $\frac{1}{2}$ 加侖

注入法之劣點，為：(1) 粘結料絕對難以分布均勻，於是或濃或淡之處，在行車通過後，即顯示工作之不良；(2) 所用粘結料，必多於塗滿及粘結碎石所實際需要者，如此近乎浪費；(3) 用充分原有

稠度之粘結劑，使發生滿意之結合，實屬甚難，且有時幾屬不可能，因以瀝青澆於冷石上，凝結極快也。

混合法之優點及劣點 混合法之優點，為：(1)粘結劑之分布極勻，每一顆碎石皆得粘結，構成極均勻之組織；(2)較冷之氣候，亦可工作，不若注入法之不宜於冷天也。若用熱石，即可用原有稠度之粗瀝青，以能負擔行車所需要為度。

混合法之劣點，即為其費用較大，此由於(1)工資增大，及(2)設備及用具均比較繁複也。

96. **別秋瀝** 別秋瀝者，係用碎石及石屑混合而成；碎石大小自 2" 至 $\frac{1}{200}$ "，石屑必須乾燥烘熱。此兩物依已定之比例相混合，使其空隙僅有 10%，再與熱粗瀝青膠灰相結合。此粗瀝青膠灰係自煤黑油，瀝青，或兩者之混合物所製成。此粗瀝青膠灰當有充分之容量，不僅須塗滿每顆碎石及填滿空隙，且須更有餘多，使混合物經滾壓以後，呈橡皮狀而稍帶柔韌之狀態。

此混合物須在熱時即行鋪築，其厚度須在 10 噸滾路機壓過之後適為 2"，滾壓後，再鋪一層，稱為『平層』，上用烘熱石屑蓋之，再加滾壓，至冷卻為止。此石屑之作用，使路面粗糙，以防滑溜也。

97. **阿彌薩** 阿彌薩者，為碎石或礫塗以瀝青膠灰之專利名稱也。用時分兩層鋪築，再加蓋面。第一層用 $\frac{1}{2}$ " 至 1 $\frac{1}{2}$ " 之碎石，鋪達 3" 厚，用木塊或木條以保證厚度之均勻，於是即滾壓一次。第二層用 $\frac{1}{2}$ " 及小於 $\frac{1}{2}$ " 之碎石，鋪達 1" 厚，加以滾壓。蓋面用石屑或砂，使有充分數量，以填滿空隙。

98. **岩瀝青** 美國最通用之岩瀝青，為一種砂石，含有 7% 至

10% 之瀝青。用時將此岩石磨成細粉，或熱或冷均可應用。以此細粉鋪於碎石面上，厚度達 $1\frac{1}{2}$ "，用蒸汽壓路機滾壓之。滾壓須連續數天，至瀝青變硬為止。

99. 粗瀝青材料之定義 築路應用之瀝青材料，最近所採用之定義如下：

土瀝青 土瀝青為火成炭氫化合物，及非金屬物之提煉物，或為氣體，或為液體，或為粘液，或為固體，均可溶解於二硫化炭素者也。

人造粗瀝青 人造粗瀝青，係由火熱粗瀝青，及其他有機物蒸溜而得。此所得之粗瀝青通稱為黑油類，黑油一名詞，常與經過毀壞蒸溜物質之名稱合用，例如就其來源別為煤黑油及油黑油等是也。

粗瀝青物 即指含有粗瀝青質之物質，或粗瀝青質之原料也。

乳狀液 乳狀液即油質，經肥皂作用後，可與水混合。

固定炭素 炭氫化合物，在緊閉器內燃燒，養氣不足時所存留之焦炭，其中之有機物，即固定炭素也。

流體 流體者即液體油類或液體黑油，可加入瀝青內，及半固體或固體油類及黑油之剩餘中，以減低並軟化其稠度者也。

剩餘物，剩煤油，或剩油類 此即將粗煤油蒸發或蒸溜，至燃燒油類均已除去後，所得之粘狀剩餘物也。

100. 粗瀝青膠灰 粗瀝青膠灰或瀝青粘結料，係自下列各物製成之：(1)煤黑油，油黑油及水氣黑油；(2)瀝青煤油；(3)瀝青；及(4)瀝青及瀝青煤油之蒸溜剩餘相并合。

煤黑油粘結料 煤黑油粘結料，為蒸溜粗黑油之剩餘；粗黑油

者自冶金製造之焦炭，及製造燈用煤氣時所產生。欲求其適當之稠度，可將其所含油類除去一部或全部。惟冶金及煤氣工作時之溫度不同，故所得黑油之成分雖性質全同，其數量各異，其異點之最著者，為游離炭素之成分，此則以炭爐黑油所含為最少。

油氣黑油 油氣黑油，為自油類製造煤氣時所產生。此黑油剩餘亦性質各別，用時須加蒸溜，常含有大量游離炭素也。

水氣黑油 水氣黑油為製造燃燈用之炭化水氣時所產生，蓋得自用作炭化之煤油物也。此係油狀薄液，含水甚多。用於路工時，當施以機械脫水法及蒸溜。鋪澆之時，有極強臭氣，但數日後即可消盡。

101. 瀝青煤油 瀝青煤油，即土煤油，可用還原法產生瀝青者也，其原產狀即可應用，或將其燃燈及其他油類成分除去後，始用之。

瀝青 瀝青即土產半固體及固體粗瀝青之通用名詞也。瀝青為最有永久性之粘結料，用於片瀝青路面之建築已歷多年矣。其半固體或黑油類者，稱為『馬爾石』，即用作碎石路之粘結料也；其固體類者。則專用於城市街道鋪面者也。岩瀝青，或粗瀝青岩，即各種砂岩，飽含馬爾石或硬瀝青之名詞也。凡述及岩瀝青，必冠以產地之地名，如『肯塔基岩瀝青』，及『意大利岩瀝青』等。其半固體類可依其天然狀態用之，或加熱將其炭氫化合物除去後用之。固體瀝青，必加適當溶劑使其化軟後，始可應用。

瀝青及蒸溜剩餘相并合 瀝青及黑油與煤油之蒸溜剩餘之并合，係以一種精煉之馬爾石或一種磨細之硬瀝青加入，用壓縮空氣

經合式之管嘴，注入以混合之。

102. 粗瀝青材料之試驗 欲決定粗瀝青材料之化學性質及物理性質，當經過某種試驗。試驗結果，即作為採用所需質料之規定標準，亦即管理製造之標準也；又可作為一種紀錄，使相似或不相似使用狀態之各種材料，得以比較也。惟各種瀝青之性質甚為複雜，故必需有適當設備之實驗室，方能作試驗焉。

粗瀝青之各種試驗，即為決定下列各項：(1)含水量；(2)可溶於水之材料；(3)華氏 77° 時之均勻性；(4)比重；(5)用標準貫入機量得之稠度或粘滯性；(6)延展性，或即材料在破裂前所可拉長之距離；(7)韌度，或對於碰擊機破裂之抵抗力；(8)融點，用水或油將溫度升高，再用溫度表以量得之；(9)蒸溜，在瓶內或曲頸蒸溜瓶內，依各種溫度連續蒸溜，將產生之物，取得而秤之；(10)游離炭素之量，以粗瀝青樣體溶解於二硫化炭素，將溶液濾過，秤其不溶解之剩餘；(11)固定炭素之量，以粗瀝青樣體，置於白金坩堝內燃之，俟發出之火燄及烟停止後，待其冷卻，將其剩餘秤之，與原重量之相差數即固定炭素也；(12)石蠟，石蠟之存在，可用絕對醚加於樣體以求之，將其混合物凍冷，濾其沈澱，加以蒸發，然後秤其剩餘；(13)所含粗瀝青量，可將乾燥樣體秤過，加入二硫化炭素以溶解其瀝青質。俟乾燥後，秤其剩餘，其損失之重量，即能溶於二硫化炭素之粗瀝青也。又將樣體加以石油精，而注意其剩餘之性質，究為粘性或油性也。

(丁) 混凝土路面

103. 建築法 混凝土路面有種種建築法。其主要者為(1)灌

漿法，此種建築，通稱爲混凝土馬卡達姆；(2)混合法；(3)方塊法。

灌漿法 此法即以碎石鋪於基層上，稍加滾壓；然後以一份水泥及三份砂之乾混合物，鋪於其上，並用帚掃入碎石之空隙內。於是灑水滾壓；再以水泥及砂鋪之，再行灑水滾壓，如此重複爲之，至空隙填滿爲止。

與此法稍有不同者，名爲哈薩路面，先用 1½" 至 2½" 之碎石鋪勻，使滾壓後之厚度爲 4"，其空隙間，用一份水泥三份砂加水在混合機內混成之灰漿，填滿之。填灌時，混合機在路上移動，灰漿即自機內流於路面上；而滾壓即同時進行，并須有充分之灰漿以填滿其空隙。在如此築成之基層上，再加一磨耗面；鋪放碎石與第一層相同；灰漿用一份水泥，兩份砂，及充分之水混合而成，使成稀薄之液，以流在壓實之碎石面上。路面之完成，係再加一次厚質灰漿，用水泥砂，及豆大之玄武石各一份混合而成。

混合法 在此法，所有混凝土之成分，係用手工或用機器混合之；混凝土之堆填，或以一層，或分兩層，前者稱爲『一層』路面，後者稱爲『兩層』路面。在一層法，混凝土係以水泥一份，砂一份半，及碎石三份混合而成，鋪於整備就緒之天然土壤基層上。夯實後之厚度約爲 6"。

在兩層法，混凝土之成分爲水泥一份，砂三份半及碎石五份，鋪於整備就緒之天然土壤基層上，滾壓並夯實至所需厚度。在此層上面，當水泥未凝結時，加鋪磨耗面一層，厚約 2"，夯成所需橫截面之形式。磨耗面係用砂及水泥混合，或用砂，及水泥，及細碎石混合而成。勃羅姆路面之磨耗面，用水泥一份，及細石料一份半合成，

此細石料係花崗石屑，含 $\frac{1}{4}$ "者50%， $\frac{1}{8}$ "者30%，及 $\frac{1}{10}$ "者20%。路面上用特種工具劃成 $4\frac{1}{2}$ " \times 9"之長方塊形，塊形間之槽為 $\frac{1}{2}$ "寬及 $\frac{1}{4}$ "深，用特種工具切之。

104. 材料 用於建築混凝土路面之材料，當加意選擇。石質必須硬而韌，清潔無灰塵，且大小參差使其空隙成爲極小。砂必須不雜壤土，粘土，植物及有機物等；亦須大小參差，由粗及細。水泥當具適於標準試驗之性質。水須清潔，並無有機物及鹼性酸性等。混凝土不宜迅速乾燥，當用帆布以掩蓋之，此帆布須用水常常灑濕歷數小時。俟帆布移去後，混凝土上當用砂或土掩蓋，且須保持此砂或土在潮濕狀態達兩星期之久。混凝土路面如混合或建築不良，容易發生裂縫及磨耗不均等事，短期間即不堪使用矣。

105. 脹縮縫 爲預防溫度變更時，混凝土脹縮起見，每隔15'至50'當有脹縮縫一道，寬約 $\frac{1}{2}$ "，混凝土邊上裝以角鐵，以防毀傷，縫中用粗瀝青膠灰填入，達混凝土之全部深度。如路沿之間，均鋪混凝土，則當循路沿設脹縮縱縫，寬自 $\frac{1}{2}$ "至 $1\frac{1}{2}$ "，同樣以粗瀝青膠灰填入之。

106. 鋼筋混凝土路面 混凝土路面，如加用鋼筋，可用網形鋼及圓鋼條兩種，構成織紋，如圖70所示。此路面當分兩層建築；鋼料即置於基層及磨耗面之間。

107. 混凝土用粗瀝青面 在此式，混凝土路面可用灌漿法或混合法築成。其上再用自瀝青或煤焦油或兩者之混合物中所得之粗瀝青膠灰掩蓋之。

108. 成塊或立方塊路面 在此式，先將混凝土用機器或模型



圖 70 鋪築鋼筋混凝土路，織紋鋼料置於前邊，即預備放於上下兩層之間

製成長方塊或立方塊。此種混凝土塊，須堆放三月，在此期內每日須沾濕兩次。鋪砌時，先在基層上鋪砂一層，作為墊層，每塊須安放平穩，用一輕滾筒滾壓之使表面整潔。上面再加一層砂或砂質壤土，然後用帚及水，以掃入縫內，再行滾壓之。最後在路面上再加一層砂，車輛即可通行矣。

與此法不同者，有一種專利路面，各為『羅克麥克』。此係用矽酸石灰與碎石相凝結。此矽酸石灰為碳酸鈉及糖之矽酸溶液與粉狀碳酸石灰相混合而得。以矽酸石灰漿，鋪於基層上，厚約 2"，上面再勻鋪碎石，其厚度使滾壓之後約為 4"。於是灑水滾壓，直至灰漿與路面擠平為止。上面再掩一層石屑後，即可通行矣。

第六章 道路之修養及改善

109. 碎石路之修理及養護 凡修理及養護兩名詞常被交互錯用。修理者，言將損壞甚劇之路面恢復原狀。養護良好之路，在相當長時間內，無需修理。故養護云者，乃將道路保持建築時之原狀耳。

良好之養護，當具備下列各項：(1)因行車或其他原因如有破壞之處，當每日注意修理之；(2)路上因磨耗而生之細屑，或馬糞及其他棄物等，當隨時清除之；(3)隨時灑水，並施用其他靜塵方法。

若水結碎石路面需要翻造，可用耙路機將路面耙碎翻鬆；然後將新石鋪上，其滾壓，灑水及固結之方法，均與建築新路相同。或僅將老路面上之灰塵清除，並用水洗淨，然後即將新石鋪上，滾壓修整與新建築相同。

用粗瀝青建築法以重造水結路面，已甚通行，其方法與上文粗瀝青馬卡達姆路面節內所述者相同。

110 養路之組織 養路有各種組織方法，其有最佳之成效者，即為長期雇用熟練之工人。此種工人，因係長雇，故對於所管路段之特殊情形，均甚熟悉，處理之法，亦極為明瞭。所謂有成效之養路者，即能使路面保持平滑，使路面水得迅速排除，且使行車不致因路面不平而傷害道路也；路面上之凹陷及車轍等，當初起之時，即當就損壞之處，切除方形或長方形一塊，而即以新材料填入之；

路上灰塵及馬糞等均當清除；鬆動石塊，即行移去；側溝常加清理，使雨水可迅速流去；土路邊緣之雜草均須割除，其殘餘及塵土等不可留在路之兩邊，以免再被散布，必須立加清除，使不致再惹損害；橋梁必常加視察，每年至少須修理兩次。

111. 已成道路之改善 已成道路之改善，可分為三項：(1) 路綫之矯正；(2) 排水；(3) 路面之改善。

第一項須應用新路定綫等原理，將路綫伸直，免除不必要之彎道；將坡度改善，或切低降坡，或填高山谷；必要處將路身加闊，使全路一致。

第二項排水，須應用新路排水之原理，並建築各種必要工事，以增加成效。

第三項路面之改善，即依上述之任何方法，改善路面，並須以可用之經費為衡。

改善之價值 道路之改善，對於動力之浪費，及用費之節省而言，實為一經濟問題。良好道路足以減少行動之阻力，亦即減少移動一定載重所需之動力。凡動力即費用也，故最小動力即係最少費用，最光滑之道路，可使應用車輛之每一旅客，得節省大量之金錢。

改善之用費 在着手改善之前，必須明瞭所擬改善計劃之費用，及其利益。任何改善計劃所需之費用，如能先知下列事項，即可加以相當準確之計算：(1) 使用道路之行車之數量及性質；(2) 運輸之費用；(3) 道路之平面及縱剖面圖；(4) 所擬改善計劃之性質及費用。由此事項，可以決定每年行車之總數，及每年運輸費之總數。其次可計算在改善之後，運輸已知噸位之每年用費。此兩項用

費之差數，即表示可用於改善經費之每年利息。例如在已成路上，每年運輸費用為 \$10,000，同樣噸位在改善路上之運費為 \$7,000，其差數為 \$3,000；設用費之年息為 6%，即表示改善計劃如用費 \$50,000 尚係合理也。

112. 行車之調查 凡使用道路之行車之方向，性質及數量，可於一年內不同之時季中，由直接觀察求得之。觀察行車之先，當求得各種車輛之重量；此可將標準車輛秤之，並就每種車輛定一平均重量。行車可依動力分類，如馬曳車及自動車。每類又分為游覽行車及商業行車，後者又分為載重及不載重車。馬曳車之馬匹數目，及自動車之速率均須記明。表 XI 即各事項之總登記式也。

表 XI

行車之調查

每日平均 _____ 小時；計 _____ 天

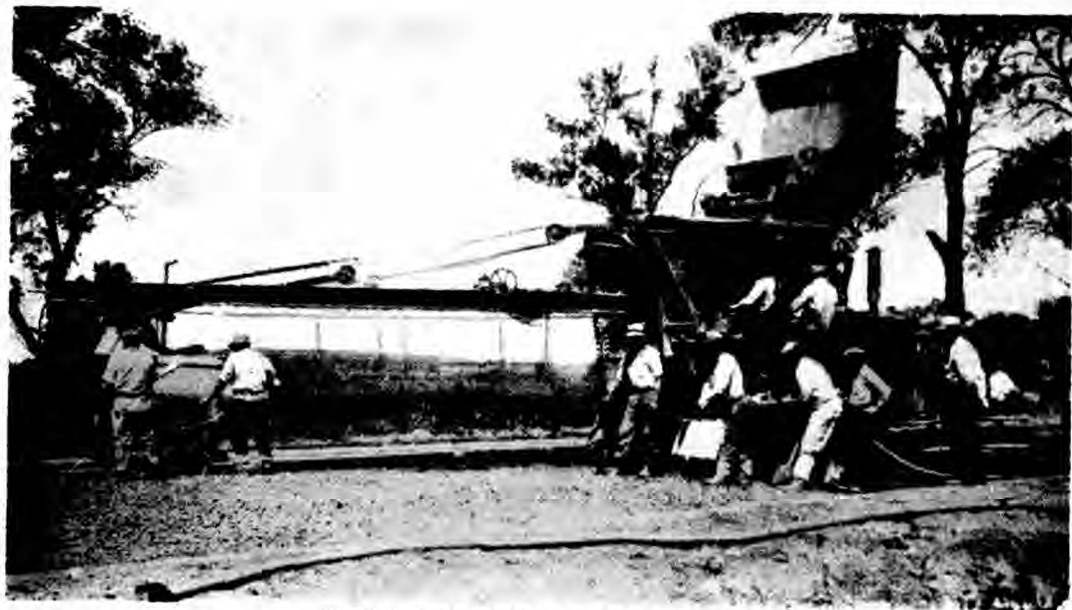
地點： _____ 紀錄者： _____

		空 車		載 重 車	
		11月至3月	8月至10月	11月至3月	8月至10月
馬 車	游覽				
	商業 { 輕 中 重				
自動車	游覽 { 機器腳踏車 蓬車 跑車				
	商業 { 輕 中 重				

直接觀察，每月七天，每天自上午六時至下午六時。又自下午六

時至上午六時，可間或觀察之。如有必要，當於 24 小時內連續觀察。

全部行車之重量，可以觀察所得每種車輛之數目，各乘以每種之平均重量，相加而得。



混凝土混合機及運送器，正在鋪築城市街道之狀。



特別設計之道路注油器
注入時將熱至華氏400°之油用空氣壓力分佈

道 路 學

第 二 篇

城市街道及公路

第七章 城市街道

所需乎工程師施展技能之第一步工作，實為佈置市鎮之適當地位，尤以對於大城市未來之需要，蓋常有此種可能性存在焉。美國諸大城市如此設計者，恐亦絕無僅有。同一原理，在某種程度內，每可施用於多數城鎮。區域之地形，當悉心研究，務使城市街道，與地形相適應。此種路線，當就便利及舒適着眼，對於建築之經濟，將來衛生設備之改進，坡度及排水等，均當作有系統之布置也。

113. 城市街道之布置 布置城市街道之最佳方法，為成直綫，並隨時與有規則之街道成交叉，尤以在商業區為更甚。如城市內有中心建築物，如法庭，禮堂，商場，及其他著名房屋，則可布置幾條斜路，以趨向此中心地點。如在住宅區內，尤以在山地上，則可用彎路以代替直綫路，如此可使坡度較佳，而路基之用費較省，又可避免重大之填挖，使地產亦得改善也。

114. 街道之寬度 街道之寬度當與使用街道之行車之性質成比例。並無規則可用以決定最佳之寬度；但預料可以變成重要商

業交通綫之道路，其兩旁建築線之間之寬度，不可小於 120 呎，蓋車道為 80 呎，兩旁人行道各為 20 呎也。

在純粹住宅區域，車道寬 32 呎實為已足，但建築綫之間之寬度，當隨需求之狀況，愈大愈好。人行道不必大於 10 呎。但不論人行道之寬度為何，其鋪砌之寬度不必大於 8 呎，其餘可用草及樹布滿之。

115. 街道之坡度 城市街道之坡度，隨地形而定。惟城市街道常須避免高填或深挖，以免影響兩旁房屋地產之價值，故所採用坡度，恆較鄉道所容許之坡度為陡。許多城市，其鋪砌路面之坡度，達 20%。在尚未開闢之地產上，街道之坡度，可按在用費之適當限度內，所能到最需要之百分數定之。若區域業已開闢，而各種改善設備已隨天然地面形勢安置者，欲求得需要之坡度，使同時不致常有害於鄰近之產業，實為極困難之事。在此情形，成為個人利益應為公眾而犧牲至若何程度之問題。同時有幾種重要條件，當記憶之：(1) 街道之交叉點與交叉點間之路心縱坡度，當維持均勻一致。(2) 坡度須足以排除路面水。(3) 交叉點之中心水平高度，當向橫面伸展，以免在交會處成為窪地。

交叉點坡度之布置 兩街道相交，如一路有傾斜度，或兩路均有傾斜度者，其交叉點之布置，必須悉心考量，各方對此頗有不同之見解。此非章程公式所能規定，每一地點各有其特性。最佳而最簡單之方法，即將 *aaaaaaaa* 之矩形作成水平，如圖 71 所示，自 *AAAA* 至 *B*，每 10 呎升起 $\frac{1}{2}$ 吋，*AAAA* 處為側溝，*cccc* 處為集水池。如此法不能適用，則可採用一種坡度(不可大於 $2\frac{1}{2}\%$)，使

四個或四個以上集水池也。

圖 72 表示美國明內索塔州丟盧斯城內，陡坡街道之交叉布置。由此可見交叉處之坡度，在交叉街道寬度範圍以內，放平為 3%，又路沿之坡度，在交叉人行道範圍以內，放平至 8%。車道或人行道之坡度小於此數者，仍繼續不斷。段隅高度之求法，可將該段隅兩側之路沿之高度相加，再加兩人行道寬度之和之 2½%，其總數以 2 除之。此即隅邊路沿之平均高度，再加入人行道寬度之 2½% 之平均升起。

街道之交叉處，如有下列兩種普通情形，則在兩交叉之間，可應用『調和峯點』：(1) 在山嶺區，欲避免過分挖掘；(2) 交叉街道如為水平或近乎水平，欲得必要之傾斜，以排除路面水。

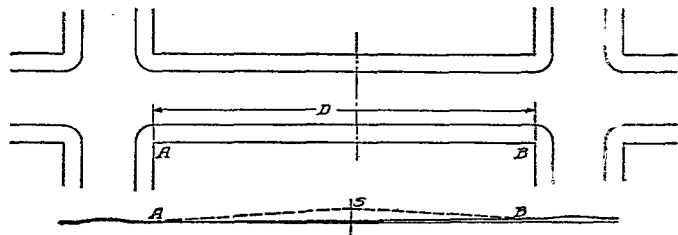


圖 73 街道交叉點間計算調和峯點之圖

此峯點之高度及地位，可計算如下：在圖 73，設 A 為最高隅之高度；B 為最低隅之高度；D 為兩隅間之距離；R 為調和坡度之傾斜率；則峯點之高度，等於

$$\frac{D \times R + A + B}{2}$$

自峯點至 A 或 B 之距離，可由此式之答數減去 A 或 B 之高度，再

* 段者，街道所分之區段也。

除以傾斜率求之。峯點之地位，亦可用特製之尺度，用機械的方式求得之。作比例尺兩枝，依傾斜率劃成分度，若傾斜率為 1:100，則尺上之一分格，當等於地圖上比例尺之 100 呎。此種分格，可再分為十等分。一尺自右讀向左，一尺自左讀向右。

用時以兩尺置於圖上，使尺上之數目與隅之高度相當，因尺上讀數係相反方向，故在相反兩種讀數上，必有一點其讀數相同。此點即為峯點之地位，而其讀數即其高度也。如兩隅之高度間，不必用中間峯點以備排水，則俟兩尺放妥後，即可顯然明瞭矣。

如用調和峯點，則兩個直綫坡度間，亦須用垂直曲綫以連接之，如第一篇內所述。此種垂直曲綫在街道中心，路沿及人行道上，均須用之。

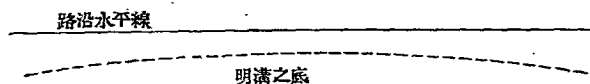


圖 74 布置明溝坡度，以免用調和峯點

若兩交叉點之間為水平，則用圖 74 之布置，雖無調和峯點，亦可得相當之坡度以利排水也。在此圖內，兩隅間之路沿仍築成水平；峯點係作在側溝內，每一隅處，均有集水池。

橫坡 城市街道之橫坡，當為水平；即相對邊之路沿，當在同一高度，亦即街道中心對於兩邊之高起，當相等。但在山坡上之街道，則此條件常不能適合，街道兩邊高度之相差，有時可達 5 呎。遇此情形，為工程師者當運用理智，或將路面作成一直綫之橫坡，使全部水量均在下面之側溝內排除；或採用三個路沿方法，將上面之

側坡舖以草皮。

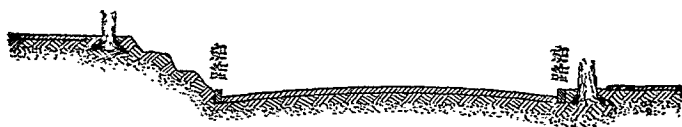


圖 75 兩側高度不同之街道，但街面仍用水平



圖 76 橫坡不相等之街道，築成傾斜，使排水盡入較低之側溝

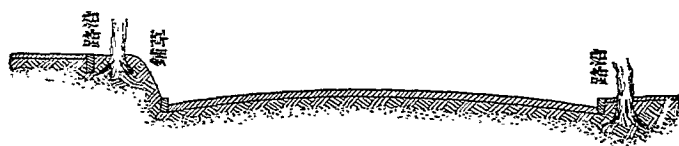


圖 77 橫坡不相等之街道，用三道路沿，較高之坡，鋪以草皮

若欲改善兩邊高度不同之舊街道，困難常所不免，而路旁蔭蔽之樹木，必須保留，則困難尤甚。在此情形，工程師並無成法可循，惟有各隨其情勢與需要，尋求方法，以勝過困難耳。圖 75, 76 及 77 均表示兩邊高度不同之街道，其各種佈置方法之示範。

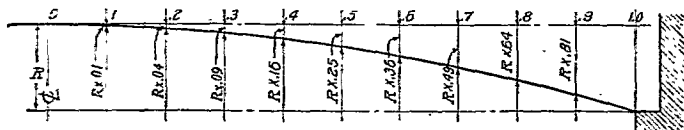


圖 78 求路冠或面綫之法

116. 橫面綫或路冠 路面中心高起，或稱『路冠』，即中心高於兩邊，其理由蓋為迅速排水而已。其最適當之式樣為拋物綫形，或自路沿開始，或自側溝與車道相連之邊約距路沿 1 呎處開

始。圖 78 即表示此式，先將橫坐標即路中心至側溝之寬度，分爲十等分，在各等分處作垂直綫，每垂直綫之長度，等於中心高起，乘以各橫坐標距離之自乘方。所得之數各加於水準尺之讀數上；用此讀數釘成橫面上各等分距離處之木槓，其槓頂均合於算得之高度，亦即表示所求之曲綫。

橫面之高起，或即中心高於側溝之數，隨路面所用材料而異；平滑之路爲最小，粗糙及土路爲最大。此高起常用對於車道寬之比例表示之。表 XII 所列，即各種材料最適當之比例也。

表 XII

各種路面之中心比側溝之高度

鋪面材料	中心高對於車道寬之比
木塊	1:100
石塊	1:80
磚	1:80
瀝青	1:80

117. 街道之排水 路基內之排水 城市街道路基內之排水，不宜用橫排水管，以其易受地下之煤氣管及給水管等妨礙也。故當完全用縱排水管，其材料及鋪設方法，可與公路上所用者相同。此種縱列管之數目，當視土壤之性質而異。如土壤留水不多，則用一行瓦筒置於路中心污水渠之下面足矣；或用兩行瓦筒，分置於每邊路沿之外側。如土壤甚爲潮濕，而路又甚闊，則可用四行或四行以上。此種排水管即可瀉入橫路之污水渠內。

路面排水 路面水之排除，可先使其流集於側溝，再由側溝經

集水池以瀉入污水管或其他渠道內。此種集水池均置於街道之交叉處。且在坡度向下之點。

側溝 側溝須有相當深度，使能容留所有流集之水，不致溢於人行道上。深度決不可小於 6"，亦不必大於 10"。

集水池 集水池有各種式樣，通常為圓形或長方形，用磚工砌成，外面塗以波特蘭水泥漿。集水池不論何種式樣，必須合於下列條件：

(1) 進口及出口均當有充分容量，使能收受並瀉出所有流集之水。

(2) 池內在出口管以下當有充分容量，俾足以存留所有流入之泥砂及細屑，不致一并瀉入污水管內。

(3) 當有防臭曲頸之設備，使污水管內之臭氣，不致放散。（尋常大都無此設備，殊與居民之衛生有害也。）

(4) 建築之法，當使池內易於清理。

(5) 進口處當築成不易為樹葉及棄物所阻塞。

(6) 對於行車之障礙，當使極小。

(7) 自池內通入污水渠之連接管內，如有障礙，當易於清除。

集水池之底，當較街面低下 6' 至 8'；池內水位當低於路面 3' 至 4'，如此可使池水不易冰凍。

集水池之容量及數目，隨排水之面積而定。

若街面係水平，或微有縱坡者，可沿側溝綫再作小溝，其疏密隨需要而異。

集水池常置於路沿之邊，但在若干城市，集水池置於街道之中

心，而與置於路沿邊之進口相連接。如此可減少建築及清理費用，更不必在人行道上做清理污穢之工作。

集水池及小溝均須時常清理，否則其分解物質發生惡臭，極令人厭惡也。兩次清理相隔之時間，不能用章程規定，但清除宜勤，以不使池內之物質腐爛爲度。各城市對於此點辦法，亦不一律；有每年清理一次者；有每次暴雨之後即行清理者；有每隔三四個月清運者；亦有每月清理一次者。

第八章 城市街道之基層

118. 基層之要素 任何路面之穩定，持久，及修養，均以基層為斷。若基層甚弱，則路面不久沈陷，造成凹潭及車轍等。若基層優良，則路面情狀，將隨所用之材料，及鋪築之方式而定。

築成良好路基之要點如下：

(1) 凡植物，可腐物，及可縮之物，均須完全清除。基層不良者，上部雖鋪良好材料，亦無益。

(2) 如屬需要，下層土內之水應排除之。欲得持久之基層，必使下層土保持乾燥，一有地下水流，則弱點立見，沈陷隨之而生。

(3) 用適當重量及適當形式之滾筒，將天然土壤滾壓堅實，直至築成均勻而堅硬之地面為止。

(4) 在此堅實之天然土壤上，鋪放一層不透水而不能壓縮之材料，使土壤與路面之底部間，充分隔絕交通。

天然土壤之性質，對於基層之種類，及其築成方法，有重要關係；每種土壤，各有其處理方法，但不論其性質如何，必須先用排水及滾壓，造成乾燥及堅硬狀態。砂與礫均係不留水者，可以構成堅實穩定之基層；若粘土則易於留水，最為困難也。粘土當挖去，至少達完成路面之底面以下 8" 深度，此挖出之空間，當用砂，鏽渣，煤屑，蛤壳，碎磚，或其他不吸水之物質以填充之。粘土或留水之土壤，亦可用價廉而有效之改善，即每 50' 或 100' 鋪設一道橫排水管，其接合處不必密閉。排水管在路面下不可小於 18"，溝內係用礫填

充之。管之內徑當爲4"，且當洩入縱排水管內。

有用砂及木板，礫及碎石相間築成路面之基層，但雖係有用之材料，用於此處，常致失敗。以其根本軟弱並無粘結力，故強力及磨耗兩要素，仍須依賴路面之表面材料。此種表面(除片瀝青外)常爲小型單位，其間留有自 $\frac{1}{2}$ "至 $1\frac{1}{2}$ "不等之空縫，故毫無粘結力；一經行車之打擊振盪，此獨立單位或塊子，即沈陷而鬆動矣，且以其透水極易，下面之土，即被空縫所流下之水所飽和，設遇冬季冰凍，即膨脹翻起，而路面即有多處破裂矣。

119. 混凝土基層 各種路面(碎石除外)之基層，殆以混凝土爲最佳。混凝土若依適當方法混合及鋪填，可變成結實而粘之大塊，可以承受極大重量，不致破裂。但若有失敗，即全部失敗矣。以混凝土作基層，所費最大，但以其能持久，及上部路面修理費之可以節省，故亦殊值得也。設欲修理或達到地下之水管時，則混凝土基層對於毀傷旁邊之路面，亦較其他爲少，因混凝土在任何地點，均可敲碎穿過，不必搖動近旁之基層，若砂及其他不粘結之材料，則擾動之距離，即相當遠大。將混凝土重鋪修復之時，即可澆鋪至原有高度爲止，不若其他材料之須預留沈陷地步也。

混凝土基層之厚度 混凝土之厚度，必須由工程師決定之，使下面土壤偶有沈陷之時，所發生之橫變動，不致將混凝土破裂。如土壤之排水良好，則厚度6"已足；如土壤潮濕或有粘土，則12"亦不爲過分。在此種濕土上，當鋪填混凝土之前，若先鋪一層砂或礫而滾實之，當極有利益也。

混凝土成分之比例，當依量得各成分之空隙而定。若水泥之容

積稍爲超過砂之空隙，而水泥與砂之混合容積，約比石子或其他骨材之空隙超過 10%，則必可得最強之混凝土。普通混凝土，常以水泥 1 份，砂 3 份及石子 6 份混合而成，其結果雖可滿意，但並非最經濟之成分。

混凝土成分，當完全拌勻，有適度充分之水，使成膏狀，但不宜有過分之水流出。混和之後，當立即鋪填於應用之地點，並用耙作成平均之表面及厚度加以夯實，使灰漿在表面溢平，然後靜止不動，以待凝固。若在乾燥燠暖之氣候，則當初期凝固之時，混凝土之表面當加以保護，以避日光之直射。此可視蒸發之情形，以水頻頻灑之，或以一層濕砂，柴草或帆布等覆之。若在寒冷之季，則混凝土之鋪設工作當暫時停止，因忽凍忽融，易使混凝土分解也。

量取碎石及砂之空隙 製成混凝土時，欲量得材料中之空隙，其最簡單而充分準確之方法，爲『倒傾法』。以一已知容量之器皿（通常爲一立方呎），將欲量之材料裝入，然後以水倒入器中，至水面與材料相平爲度。祇須量取所倒入之水，其容量即空隙之總容積也。

第九章 石塊路面

120. 石塊路面之取材 石塊路面常用於行車繁重之路，所用石料，當有充分硬度，以抵抗行車之磨剝作用，更須有充分韌度，使受重載車輪碰擊時，不致破碎。最硬之石，如用作路面，並不能得最佳之效果，因硬石易被磨光而發滑。石塊之邊被切去，則上面即成圓轉，反使鋪面不平矣。

表 XIII

石料之比重，重量，壓碎抵抗力及吸收之能力

材 料	比 重		重量 (每立方呎磅數)		壓碎抵抗力 (每方吋磅數)		吸收水分 %	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
花 崗 石	2.60	2.80	163	176	12,000	35,000	0.066	0.155
支 武 石	2.86	3.03	178	189	19,000	24,000	0.000	0.019
砂	2.23	2.75	137	170	5,000	18,000	0.410	5.480
石 灰 石	1.90	2.75	118	175	7,000	20,000	0.200	5.000
磚(鋪路用)	1.95	2.55			10,000	20,000		

石料有時須加以試驗，以決定其強度及對磨剝之抵抗力等；但實用時之情狀與試驗時之情狀，極不相同，故此種試驗不易滿意。惟石之構造，顆粒之密度，勻度，多孔度等試驗，足使其應用於路面之時略有意義而已。透水性甚低者，足以表示其材料不甚受冰凍之影響。表 XIII 即表示石料之各項性質。

121. 石料 花崗石 花崗石對於石塊路面之用途最廣，因此『花崗石鋪路』之名詞，與石塊鋪路之名詞相通用。所用之花崗

石，須具韌而勻之性質。硬而含石英之花崗石，常為脆性，受馬足或車輛之碰擊時，其磨耗極為不良；若含有高成分之長石，則易受氣候變化之損壞；如含有極多雲母，則以其薄層之結構，磨耗極為迅速。花崗石有一極重要之性質，即常能依互成直角之三平面破裂，故用於鋪路之石塊，極易作成平面及方角。此性質稱為裂開或解開。

砂石 砂石之具有密合顆粒及堅實性質者，對於繁重行車，常能有滿意之成績。以其較花崗石硬度較遜，故磨耗較速，但不致變成光滑也。砂石在市場，常依其產地及開鑛處之地名稱之，如麥地那，班里等。

玄武岩 此種火成岩，對於持久性及磨耗抵抗力，均能滿意，但以其易於磨成光滑，故不甚可取。且此種石又難以作成方正形式。

石灰石 石灰石對於氣候之影響，缺乏持久性，故用於鋪路，殊鮮成效。冰凍作用，常使石塊分裂；行車振盪，亦易使石塊碎裂，以其薄層常為垂直也。

122. **圓石鋪路** 圓石以砂鋪墊之，需費極廉，是其優點，且對於馬之駐足，甚為優良；但鋪成之面，極為粗糙，以一種重載車行動其上，常需大量之牽引力。此外，圓石完全缺少良好路面之主要條件。因石塊大小，參差不齊，欲使其固結，殆不可能。一受行車及冰凍之作用，路面即形鬆散，且圓石路難以保持清潔，非行路者所歡迎也。

123. **比利時石塊路面** 上節所述之圓石，今以小形立方石塊代替之。此種路面最初行於比京布魯塞爾，其後輸入巴黎，轉入

美國；在美國通稱為『比利時石塊』路面。紐約城及布盧克林城及鄰近各城均通行之；其材料採自哈德松河上巴利塞茲斷崖之玄武岩。

此種石塊式樣整齊，舖在路上，當然較圓石為佳；但所謂立方者，實誤會也（通常每邊各長5"）。此種路面上駐足不佳；石塊磨損易成圓狀；接縫極多；低陷處及車轍亦極易造成。惟對於牽引之阻力較圓石為少，但對於行車，則同樣粗糙而煩喧也。

124. 花崗石塊路面 比利時石塊，後漸被淘汰，而改用長方形之花崗石塊。此種石塊，初創之時，尺寸較大；表面寬度自6"至8"，長度自10"至20"，而深度為9"。築法即在土基上將此種石塊，排列成行，略加夯實，接縫處以砂填入之，車輛即可通行。但以其沈陷之不勻，駐足之不穩，及清掃之困難，故又逐漸演化為最近所行之石塊路面式樣。此式為狹而長方之花崗石塊，舖於堅硬而不透水之路基上，石縫用不透水之膠灰填塞之。

由經驗證明此種式樣，實為最耐久而最經濟之路面，足能勝任繁重而不絕之行車。其優點甚多，缺點也不能免，試述如下：

(甲)優點。

(1)各種坡度均可適用。

(2)對於各種行車，均甚相宜。

(3)甚為耐久。

(4)駐足亦相當良好。

(5)修理極少。

(6)灰塵及泥濘均不易發生。

(7)清潔工作尙屬便利。

(乙)缺點。

(1)在某種氣候狀況下，此種路面變成溜滑。

(2)行車經過時喧囂劈拍之聲，實爲一種不可容忍之煩擾；許多醫生以爲此種道路之煩囂，足以損害兩旁居民之神經及健康也。

(3)馬匹行於其上，使其腿及蹄內發生連續不斷之震盪，不久即疲憊無用矣。

(4)在路上騎行之人亦極感不安，因其受連續之顛播震盪也。

(5)若所用之石料不甚適宜，例如用磨光之石，則路面不久即成滑溜，對於行路者極不安全。

125. 石塊 大小及式樣 鋪路所用石塊之適當式樣，常爲議論之題材，在各城市中，有極多之式樣及尺寸，可見到也。

爲安全起見，石塊之深度長度及寬度之間，當有一定比例。其深度，當使載重車輪經過其一邊時，石塊不致蹶起。即載重壓力及相連石塊之壓力之合力，須使整塊石垂直向下，否則即不能維持均勻之路面也。欲滿足此項條件，則石塊厚度不宜大於 6"。

寬度 石塊最大之寬度，當依馬蹄之大小而定。欲使重載馬車之馬蹄，得有良好之駐足，則石塊依街道方向所量之寬度，至少當合穩定之最小限度。若寬度大，則曳重之馬欲得石縫，必致向後滑行，必俟得到特別寬闊之石縫，始能拉上，故石塊寬度不可大於 3"；或任意量取並鋪之四塊，其總寬度，不可大於 14"。

長度 依街道橫量之石塊長度，必使石縫有適當之參差，因兩條或兩條以上石縫若在一綫，可構成凹槽也。故石塊長度不可小於

9" 或大於 12"。

式樣 石塊當作成方角，不可在任何方面縮小。各邊及兩端不可有不平之尖頭。上大下小之石塊（如劈形）。必須棄去，若欲採用，當將最寬之邊放在下面。

126. 鋪石塊之方式 石塊當鋪成平行之行列，使最長之邊與街道之軸綫成直角，縱向之石縫須參差不相對準，至少當相疊 2"，如圖 79，及 80 所示。其理由即所以防止縱向車轍之構成，因若換方向鋪之，則車轍極易構成。有幾處城市，曾將石塊斜鋪，成『鯢骨』形，其意即使車輪與石塊斜交，磨耗及車轍均可以減少也。但此法並無滿意之效果；因磨耗不勻，駐足不穩，並因作成三角形之石縫，使人工增多，建築困難；且此法更屬浪費材料。

明溝係用三行或三行以上之石塊作成，鋪時使其長度與路沿平行。

在路之交叉點，
石塊當自中心向對角
綫方向鋪砌，如圖 81
所示。其理由爲：(1)
使行車經交叉點時，
不致依縱縫方向行

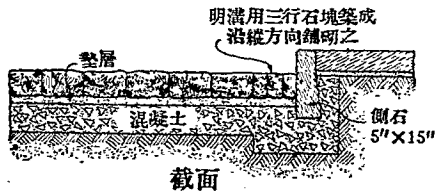


圖 79 鋪石塊路面之截面圖

走，而造成車轍；(2)鋪成此種形式，可使馬匹行經轉角時，得較穩之駐足。斜塊之頭與直塊相遇處，當切成斜頭，以相符合。

每一行內之石塊，當具同樣厚度，其相差不可大於 $\frac{1}{4}$ "。故石塊運到之時，當隨時揀選，使深度寬度相當者，用於同一行內。更佳之

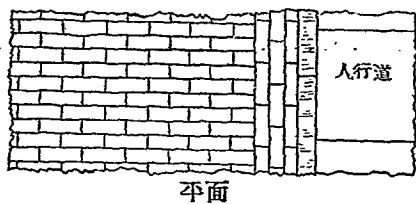


圖 80 鋪石塊路面之平面圖

法，即就開石之礦山，將石塊量齊；如此可使費用大為減少，且可免除將廢棄石料堆置地上阻礙行車也。

作包工者，亦都願依

此法辦理，因免除運送不滿意之材料，即節省費用；更可使監工者多注意於鋪砌之方式。

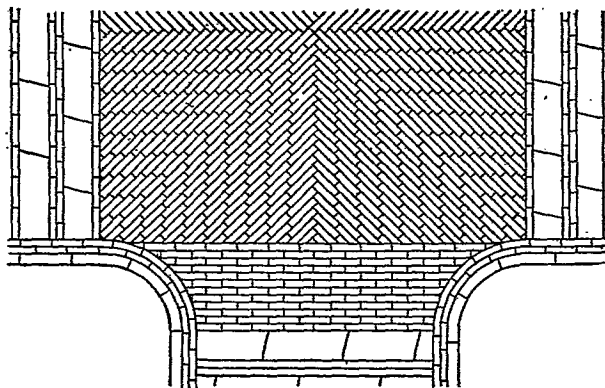


圖 81 街道交叉處鋪石塊法

石塊尺寸，必須依照準確規範，實為一重要事項。欲求工作良好，所鋪石塊，當作成平行而均勻之行列；但石塊尺寸若不一律，則鋪成結果，必不能良好，而行列即不能均勻矣。惟將石塊運到街上，再行揀選分類，使寬度一律，所需費用，遠較在石礦內即作成準確尺寸所需之費用為大。

127. **基層** 石塊之基層必須堅實而不陷。故以水泥混凝土作為基層最為合宜；其厚度隨行車之狀況而定，但不可小於4"，亦不必大於9"。若路寬每呎上行車之重量為600噸，則厚度為6"足矣。

128. **墊層** 混凝土表面及石塊底面之間，當用不可壓縮而可以移動之物質，作一墊層，其粒子可以配入石塊底面不平之處，而將行車之壓力，均勻傳達於下面之混凝土。乾燥清潔之砂，厚約1"至2"，可作成優良之墊層。其粒子之細度當以能經過8號篩之網眼為度；若砂粒甚粗，且含石子，即不能與石塊底面之不平處相適合，故石塊僅支持於數點上，一經行車作用，鋪面即有不均勻之沈陷。又所用之砂，決不可潮濕，如有必要，當用人工烘乾之。此項條件，實為絕對必要，蓋所鋪石塊之下，決不可有水分，又不可使水注入石塊之下，否則一經冰凍，石塊即被擠起而混凝土生裂縫矣。

若不論用費，但求最良之工作，則可用瀝青膠灰一層，厚 $\frac{1}{2}$ "，用以代砂，結果必優良而滿意也。

129. **石塊鋪法** 鋪石塊時，當一塊與一塊軋緊，使石縫極小；因寬闊之縫，徒使磨耗及煩囂增加，並不足以增進駐足之附着力也。每行石塊當自兩邊鋪起，漸向中央，最後一塊，當軋緊嵌入。

130. **夯實** 石塊鋪成以後，當加夯實；石塊若沉至規定高度以下，即當掘起，改用較厚之石塊，或再增加墊層之砂重鋪之，使達到規定之水平為止。

夯實之法，工人常用夯錘，以作成整齊之面。但如此夯實之結果，僅使每一石塊達到不陷之基層而已，非理想之平面也；一經行車

重壓，即發現不平之處矣。夯錘之重量，不可小於 50 磅，其直徑不可小於 3"。

131. 石縫之填塞料 各種石塊鋪成之路面，全賴其石縫填塞料之性質，以決定其不透水程度。石縫如用砂及礫填塞，皆可透水。石灰漿及水泥漿，亦不能作成永久不透水之石縫，因受行車震動後，即易分解也。惟有用粗瀝青或瀝青材料所製成之填塞料，始能造成不透水之縫；此可使路面不透水分，減少煩囂，並增加強度也。

粗瀝青膠灰用以填塞石縫 所用之粗瀝青材料為：(1)煤黑油，在華氏溫度計 60°時，其比重在 1.23 及 1.33 之間；融點自華氏 120°至 130°；所含游離炭素不超過 30%。(2)天然或人造瀝青，不含煤黑油或煤黑油蒸溜時之產物；所含可溶於二硫化炭素之純瀝青，不得少於 98%。而溶解於二硫化炭素之全部中，須有 98.5% 可溶於四氯化炭。又用道氏法試驗之透入度，在華氏 115° 度時，不可大於 110，在華氏 77° 時當在 25 及 60 之間。又華氏 60° 時之比重，不可大於 1.00。

用煤黑油填塞料之法如次：石塊鋪好以後，將礫烘熱達華氏約 250°，鋪散其上，並掃入石縫內，將石縫填滿至約 2" 深度為止。然後將石塊夯實。煤黑油之填塞料，燒熱至華氏 250° 至 300° 之間，倒入縫內，至空縫部分填滿一半為止；再將烘熱之礫掃入縫內，至與上面相距 $\frac{1}{2}$ " 之深為止，再將熱煤黑油倒入，直至與上面齊平為止；此後再將充分之熱礫加入縫內，使其填滿。

用煤黑油填塞時，其重要之點，即礫及煤黑油，均須充分烘熱，否則煤黑油即受寒而凝，不能流入石縫之底，僅在接近表面處結一

薄層，經冰凍及行車震動後，極易碎裂，於是礫陷落，而石塊鬆動，使路面變成高下不平。下雨之時，或石塊潮濕之時，不可使用煤黑油填塞料，因在此情形下，填塞料不能與石塊粘也。若用瀝青填塞料，則須加熱至華氏 400° 至 450° 之間，傾入石縫，使石縫填滿為止。

水泥填塞料，係用同等成分之波特蘭水泥及銳砂相混合，用清水拌成適當之稠度。石塊之縫，先用礫填入達 2" 深，將石塊夯實，然後將此水泥漿倒入縫內，至與石面齊平為止。若天氣乾燥，則使用填塞料之前，當先將石塊用水灑濕。在填塞料已初期凝固之後，全部路面上當鋪砂一層，厚約 $\frac{1}{2}$ "。如氣候乾燥而緩，當每日用水灑之，以三天為度。必待工作完成七天之後，始可通行車輛。

132. 斜坡上之石塊路面 在各種斜坡上之路面，均可用石塊鋪成，但坡度若大於百分之十，則圓石路面之駐足較石塊為佳。

此種圓石，當用一律長度，且長度至少當為寬度之兩倍，例如圓石長 6"，直徑自 $2\frac{1}{2}$ " 至 3"。圓石當鋪於混凝土基層上，互相軋緊，其空隙用水泥漿或粗瀝青膠灰填塞之；若用粗瀝青混

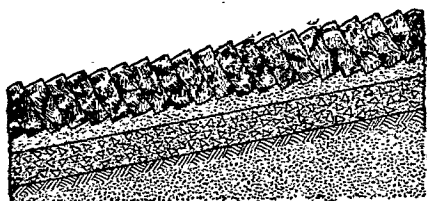


圖 82 陡坡上石塊之鋪砌法

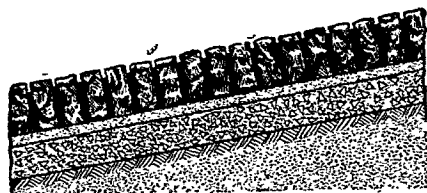


圖 83 陡坡上石塊之隔離鋪法，中用灰漿

凝土基層，則石之空隙，可用瀝青鋪路膠灰填入之。若在大於5%之坡度上，用石塊鋪路，則石塊必須鋪成鋸齒狀，其鋪法可如圖82或圖83所示。圖82之法，即將石塊斜立於基層上，而作成一種階級式，使馬蹄得良好之駐足。圖83之法，係在各行石塊之間加入一層版岩，或克魯索特油蒸之木料，厚度可不足1"，而上部可較石面約低下1"；或使石塊相距1"，將水泥及礫合成之漿填入其空縫內。所用礫之大小，當自 $\frac{1}{4}$ "至 $\frac{3}{4}$ "。

第十章 磚鋪路面

鋪磚路面係用燒煉之磚，鋪於適當之混凝土基層上，如圖 84 所示。

133. 磚之品性 良好鋪路磚之主要品性，與其他任何鋪路材料相同，即硬度，韌度，及對於水與冰凍作用之抵抗能力是也。欲

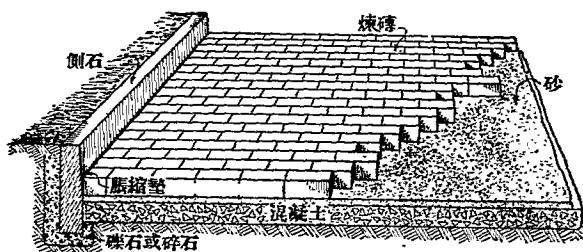


圖 84 以煉磚鋪路面之法

得此種品性，須將磚加以煨煉，使其粘土達熔解點，然後使漸漸冷卻，直至磚窰全冷為止。

成分 大部份鋪路用之磚，係用一種頁岩製成。頁岩者係變硬之粘土，構造有層次，形色如版岩，發現於有層次之地層中。製造鋪路磚認為滿意之頁岩，其平均組織成分，須如下表 XIV。

成分中如砂土過多，即有脆性；礫土過多則易縮小，破裂及捲轉。鐵可使粘土熔解，使燒成之磚更見均勻。石灰如為矽酸鹽類，則為有價值之熔劑，若為碳酸鹽類，則足以減少磚之強度也；因在高溫度時，碳酸石灰變成苛性石灰，使粘土易於熔解，在空氣中即可

吸收水分，使磚分解也。鎂之存在，對於磚之性質影響甚小。少量之鹼亦使粘土易於溶解也。

表 XIV

製造鋪路磚用之頁岩之平均成分

成 分	百分比%
不溶解者:	
砂土	56.0
氧化鋁 (礬土)	22.0
水及燃燒損失	7.0
濕氣	2.0
溶解者:	
三氧化二鐵	7.0
石灰	1.0
鎂	1.0
鹼	4.0
共 計	100.0

色 粘土之顏色，不關重要；因有金屬氧化物及有機物質之存在，故有各種色澤耳。鐵可使燒成之磚為紅色黃色或藍色，依其成分及熱度而異；有機質可發生藍色，藍灰色，或黑色。

磚之顏色，一部份為粘土色所左右，但亦隨燃燒之溫度，所用之燃料，及所用之砂而異。此種砂，即用以隔離磚塊，使不粘着於模型，更使其在窰內互相分隔者也。

製造 磚之製造法，先將頁岩在乾燥器皿內敲碎，並使經過 4 號或 8 號網眼篩。篩出之物，以水混和，並在磨機內作成所需之稠度。材料敲得愈細，磨得愈勻，則製成之磚，亦愈均勻而愈佳。

如用『硬泥法』，則自磨機取出之膏泥，用螺旋鑽，壓過一模型，作成長條硬泥，其寬度厚度已與所需者相同；再用自動切刀，將

此長條切成所需尺寸之磚塊。有幾處製造廠，則將此種磚塊再放入模型重壓之，其時即將邊緣作成稍為圓轉，而樺頭商標等均可印於邊上矣。亦有不經此重壓手續者，則自磨機取出之泥條，用鐵綫切斷之，此種磚即名為『綫切磚』。

上法製成之磚塊，即放入熱室烘乾之，此事約需 18 至 60 小時，視土質，溫度，及廠室之布置而定。烘乾以後，始將磚塊堆疊於窯內，此種窯大概係向下吸氣式，其火爐係築於外牆之內。窯底有通風洞，使熱氣得經過下面之煙道以達於煙囪。火爐之熱氣，先向上以達於窯內，再向下經過磚塊，入於煙道以達於煙囪。在燃燒之初，熱氣進行極緩，僅足驅除磚塊所含之水分，而不致破裂。待煙囪透出之煙，其乾燥度，表示磚內水分已盡時，然後爐火漸漸加旺，直至窯內全部之溫度達華氏 1500° 至 2000° ，此溫度須保持七天至十天。於是將窯門關閉，火焰息滅，使磚自行冷卻。此項方法稱為煨煉；欲得一韌性之磚，需時七天至十天。冷卻之磚，取出分類，大約頭號鋪路磚，皆在窯之上層也。

尺寸 磚有兩種尺寸：一種為 $8\frac{1}{2}'' \times 2\frac{1}{2}'' \times 4''$ ，重約 7 磅，每 58 塊可作成一方碼；又一種為 $8\frac{1}{2}'' \times 3\frac{1}{2}'' \times 4''$ ，通稱『塊磚』，重約 $9\frac{1}{2}$ 磅，每 45 塊可作成一方碼。

特性 適宜於鋪路用之磚，其特性如次：不受酸類作用，因頁岩磚能吸之水，不大於其重量之 2%，亦不小於其重量之 $\frac{1}{2}$ %，粘土磚能吸之水，不超過其重量之 6%，（頁岩磚如吸水不及其重量之 $\frac{1}{2}$ %，即表示此磚已燃燒過度矣）；如用錘擊散，可顯示一種緊密之顆粒構造，並無石灰，氣孔，裂縫或層次等事；如擊於邊上，不剝落如鱗，

亦不碎裂如削；且硬而不脆。

134. 鋪路磚之試驗 欲確定所用之磚，是否備有必要之性質，當加以三種試驗：(1) 碰擊之磨耗(通稱為『磨損機』試驗)；(2) 吸收；(3) 橫裂。

磨損機試驗 此機係一鋼桶，長 28"，直徑 28"，周圍係用 14 塊桶板製成，繫於兩鑄鐵端上，更由邊耳以安放於鑄鐵架上。此桶備有齒輪及滑車皮帶，使每分鐘可旋動 $29\frac{1}{2}$ 至 $30\frac{1}{2}$ 次。與磚塊相磨擦之材料為鑄鐵球，其成分為：混合炭素，不少於 $2\frac{1}{2}\%$ ；石墨炭，不多於 0.1% ；矽不多於 1% ；錳，不多於 0.5% ；磷，不多於 0.25% ；及硫磺不多於 0.08% 。球有兩種，大者新製時之直徑為 3.75"，重約 $7\frac{1}{2}$ 磅；小者直徑為 1.875"，重 0.95 磅，裝入桶內時用 10 個大球及多量小球，使總重量為 300 磅。此種鐵球可使用至大球磨耗為重 7 磅，小球磨耗至可穿過 $\frac{1}{4}$ " 鑄鐵板上直徑 $1\frac{3}{4}$ " 之圓孔為止。

試驗之磚，先烘熟至華氏 100° ，歷三小時。用磚 10 塊，秤過後，連同圓球一并放入鋼桶內，將鋼桶旋轉 1800 次。然後將磚取出，將小於 1 磅重之小塊棄除，再秤之。由前後所秤得之重量，以計算其損失之百分數。此項損耗約自 16% 至 40% 。凡用於繁重行車路上之磚，其損耗不可大於 22% ，用於輕簡行車者，不可大於 28% 。

吸收試驗 此項試驗，係應用已經上項磨損機試驗之磚五塊，秤其重量，浸入水內 48 小時，取出再秤，同時將剩餘之水拭乾。由浸水前後所得之重量，其吸水之百分數可以計算矣。

橫裂試驗 此試驗係用一磚之邊，置於相距 6" 之支托點上。荷重施於磚之中央，逐漸增加，直至磚破裂為止。其破裂係數，

$R = \frac{3WL}{2bd^2}$, 可由 10 塊磚試驗結果之平均數求得之; 式中 W 為破裂時之平均荷重, 以磅計, L 為支點間之長度, 以吋計, b 為磚之寬度, d 為厚度, 均以吋計。

135. 磚鋪路面之優劣 優點 磚鋪路面之優點, 可列舉如下:

- (1) 易於牽引。
- (2) 馬匹有良好駐足。
- (3) 不煩囂。
- (4) 塵土甚少。
- (5) 各種坡度均可適用。
- (6) 易於修理。
- (7) 易於清掃。
- (8) 吸水極少。
- (9) 悅目。
- (10) 可迅速鋪成。
- (11) 在普通之行車狀況下, 甚為耐久。

劣點 磚鋪路面之主要缺點, 為磚之性質, 不能一律均勻, 如有太軟或多孔之磚夾雜在內, 則受行車或冰凍之作用後, 即破碎矣。

136. 基層 磚鋪路面應有堅實之基層; 因路面係由小型單獨之塊組成, 故每塊均當有充分之支托, 否則一受荷重, 即向下沈陷, 使路面迅速毀壞矣。常用之基層, 有幾種式樣; 如礫, 木板, 砂, 碎石, 及混凝土。其中以最後一種為最佳。

137. 砂層 砂層者以砂鋪於混凝土之上, 作為磚之墊層也, 砂層之厚度, 各不相同; 有僅用 $\frac{1}{2}$ " 厚者, 亦有厚至 3" 者。此墊層甚

爲重要，不僅可使磚塊得準確而均勻之鋪面，且使鋪成之路面，不若將磚塊直接放置於混凝土上之堅硬也。

砂層做法，將砂鋪勻後，以水灑之，用木質模板，拖成適當之面形。此模板即裝於有輪或脚之架上，可循路沿之上面移動。將模板移動，即使砂作成均勻之面，及適當之形式。

所用之砂，當清潔而無壤土，不妨稍粗糙，但不可含大於 $\frac{1}{4}$ "之顆粒也。

138. 鋪法 鋪磚之法，可將磚側放或平放，相軋愈緊愈好，當鋪成橫跨街道之直行時，使磚之長邊與街之軸綫成直角。磚縫須參差，相疊至少3"。除在每行之開端或盡端外，必須用完全之磚塊。爲防磚之脹縮起見，當設置縱橫脹縮縫。其縱縫可用厚 $\frac{3}{4}$ "之木板置於路沿之旁，使磚之頭抵住木板；橫縫可於每隔25'或50'處，在兩行或三行磚之間，置一行木板，或 $\frac{3}{4}$ "之板條。磚塊夯實之後，即將木板取去，改用煤黑油，瀝青或瀝青鋪路膠灰填入之。所需瀝青或膠灰，每方碼自1至1 $\frac{1}{2}$ 磅，視縫之寬度而定。每鋪成25'或30'之路面時，當用重量小於50磅之木夯加以夯實。如有磚塊沈陷於規定高度之下，即當取出，而加入充分之砂，使達到所需之高度。俟廢棄之磚塊，完全清除後，即當將路面打掃清淨，然後用3噸至6噸之蒸汽滾路機滾實之。此滾壓之目的，即使磚塊造成堅實之平面；若不滾壓，則路面必粗糙而煩囂，且不能耐久也。滾壓之時，當依縱方向進行，自路中心起，漸及於側溝；此處必須注意，當滾路機回轉時所壓之面積，必須與前進時完全相同，如此在前進時傾側之磚，得在回轉時復原也。

在街道交叉處鋪轉之法，可如圖 85 所示。

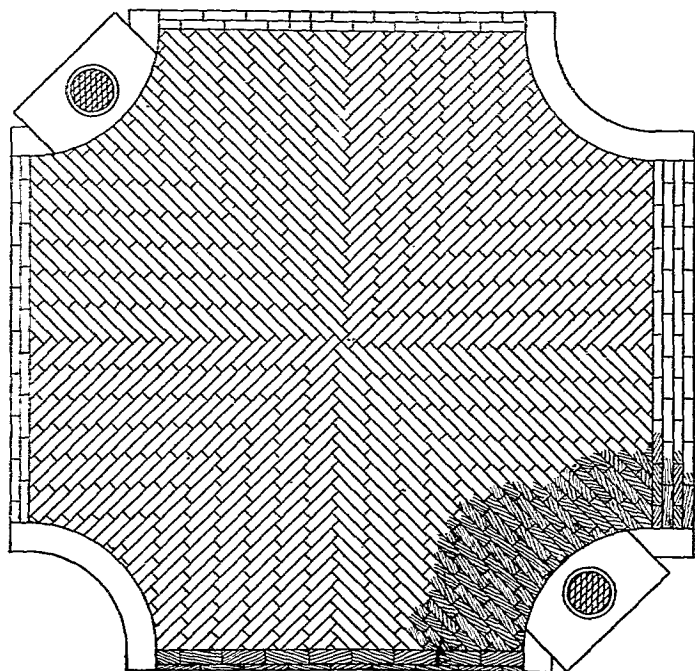


圖 85 街道交叉處鋪磚之法

139. 磚縫之填塞料 填塞磚縫所用之材料，與鋪成路面之成效及耐久，極有關係。各種材料皆可應用，如砂，煤黑油，瀝青，煤黑油與瀝青之混合物，及波特蘭水泥，以及其他專利填塞物品，例如『麥非』灰漿，係用爐渣及水泥製成。每種材料各有其長處，故何者能有最佳之成效，意見殊不能一致。

欲得最佳之成效，每可用高級之波特蘭水泥，含有極少量之石灰者；此種石灰之存在，將使填塞料因吸收水分而膨脹，使路面升

起，致有幾處與基層脫離，如此則容易發生響聲，致被人厭惡也。

波特蘭水泥漿，如混合均勻，填塞妥善，足以抵抗行車之碰撞，並與磚塊同樣磨耗。如有毀傷，亦極易修理，且如及早着手，則路面可回復良好狀態，但若懈怠而不立即修理，則磚塊鬆動路面勢必毀損。

填塞料之作用，為防止雨水，流達基層，且保護磚之邊緣，使不被行車所剝落。欲符合此兩項要求，填塞料必須填滿至頂邊，且須保持此狀態，使與磚塊同時磨耗。砂不足以達此目的。雖初用之時亦形式良好，且用費極省，又足以減少路面之煩囂，但不久即被沖去，致磚邊失去保護，易被剝落。煤黑油及煤黑油與瀝青之混合物，均有減少路面煩囂之功用，且可將冰凍或其他原因所發生之隆起裂縫加以粘結；但製成之時若不極硬，則有遇天熱而發軟，致流入側溝或路面低處之弊，成黑色而不雅觀之形跡，且使磚邊失其保護。失去填塞料之磚縫，即為水及泥之容留處，及水化為冰，則磚邊即迅速破裂矣。有幾種煤黑油及瀝青之混合物，在冬季極脆，一經行車作用，即裂碎而飛出磚縫之外。

波特蘭水泥填塞物係用水泥二份，細砂一份，及充分之水混合而成薄漿。混合並分布灰漿時最便利之設備，即用一不漏水之木箱，裝於直徑 12' 之四個木輪上，如圖 86 所示。此箱約寬 4 呎，長 7 呎，深 12 吋，後端裝有 8" 寬之門。此箱有傾斜度以裝於輪上，使後端較前端約低 4"。

茲將鋪入填塞料之工作步驟，試述如下：將水泥及砂置入箱內，用充分之水，以混成薄漿。此灰漿箱置於距側溝約 12' 處，將後



圖 86 鋪設磚路面所用之灰漿箱

端之門開放，於是約 2 立方呎之漿，即流出而鋪於磚塊之上面，（灰漿流出之時，仍當隨時攪勻），如圖 87 所示。若磚塊甚為乾燥，則在傾卸灰漿之前，當用水管將路面全部灑濕，否則灰漿之水即被磚所吸收，而磚與灰漿間將不能粘合矣。此漿可即用尋常之帚，插入磚縫內。俟路面約 100 呎之長度已澆灌完畢後，即將木箱移回開始工作之處，再用比較濃厚之灰漿，重複為之。若第二次仍未能將磚縫填滿，則可重複再做，至填滿為止。如灰漿太薄或街道之坡度太大，致灰漿不能有充分之時間，得在縫內停留而凝固，則可用乾水泥灑在縫上，並插入之。俟磚縫完全填滿，並加觀察後，休息三四小時，再於完成之路面上，鋪砂一層，深約 1/2'，然後將此道路攔阻，至少俟十天以後，始可開放。

路面鋪砂之目的，所以使灰漿不致乾燥或凝結太速，故在乾燥或有風之氣候中，當隨時用水灑之。灰漿所用之砂，如粒子太粗，則

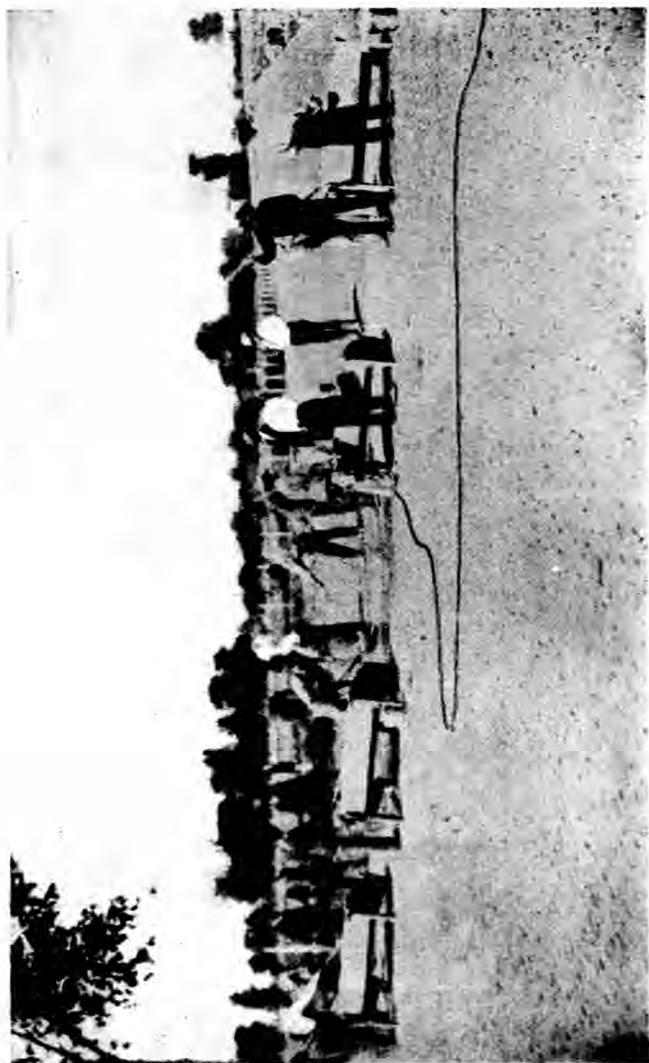


圖 87 築路隊將填塞料灌入磚鋪路面

填入磚縫之時，易與水泥脫離，結果有許多縫內，被砂填滿，而水泥極少；更有其他縫內，則被水泥填滿，而幾乎無砂。於是路面上必有許多地點其磚縫不能粘結，一經行車作用，即被毀壞。

使用煤黑油填塞料，最好用斗，材料由斗中倒出，即用鐵絲帚掃入縫內；欲使其成效良好，當於填塞料極熱時使用之。故如圖 88 所示之裝輪燒熱櫃，實所必備。此櫃容積至少須有五桶，且當終日

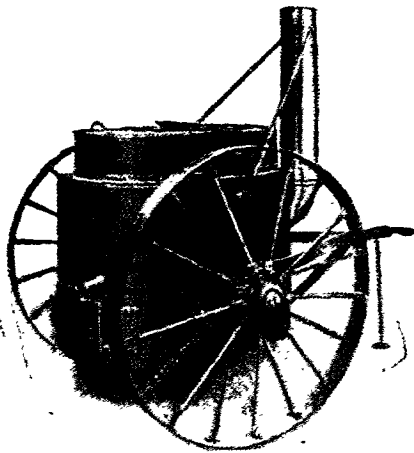


圖 88 燒熱煤黑油之櫃

保持均勻之溫度。工作時以一人掌管燃燒，並將櫃內物料裝入斗內，又一人將斗自熱櫃送達第三人，此第三人即將物料倒於街上。此第三人須從街中心倒起，漸向路沿，倒成闊約 2' 之一條。第四人即緊隨第三人之後，用一鐵絲帚，將餘多之物，依路沿之方向，掃向倒斗之人。此法使全路面均蓋有煤黑油之薄層，其上再輕輕以砂蓋之，此砂即埋入煤黑油之內矣。受行車之作用後，此薄層即被迅速磨耗，使磚面清潔而平滑，如圖 89 即是。



圖 89 城市內之標準鋪路面(攝影時已鋪就八年矣)

140. 建築塊鋪路面之手工用具 建築塊鋪路面之主要工具為各式之鐵錘及木夯，隨鋪塊之材料及大小而異，以及彎頭鐵釘，篩，籬帚及鐵絲帚。圓石，方塊，及磚，需用各式鐵錘及木夯，以配齊地位並埋實於基座上。例如圓石夯，常用木製（通常用刺槐），其式如截頂長圓錐，頂部底部均有鐵箍，重約 40 磅，頂上及一邊各有握柄一個。比利時夯則較重，上部係木質，底部係鋼質；用於花崗石塊之夯則更重，用鐵底而表面包以鑄鋼，上用刺槐木身，並有胡桃木柄。鋪磚常用木夯，下部裝以鑄鐵或鋼，重約 27 磅。又有一種輕槌，重約 20 磅，下裝金屬底盤，上裝長而瘦之木柄，係用於雜工，如在



圖 90 路工所用之歐式佛特泥灰土混合機及運送機

溝內或路沿邊之槌擊等事。

141. **混凝土混合機** 如需用大量混凝土，例如改良街道之基層，則混凝土可用混合機製成，較為迅速而經濟，且其成分之攪拌亦較手工更為均勻。混凝土成分之均勻拌合，實極關重要，手工攪拌，但憑鋤鏟之翻動，殊不易完全均勻。攪拌工作雖極簡單，但除非有嚴格之監督，尋常工人不易得滿意之結果也。

市上已有幾種混凝土混合機，均設計良好，成效極佳。圖 90 所示者，亦為極有成效之新式混合機。混合機之容量每小時自 5 立方碼至 20 立方碼不等，隨機之大小，材料供運之勻準及機之速度等而定。

142. **礫烘熱器** 一特製之爐，用以烘熱礫，作為石塊路面填塞石縫之用。此種烘熱器有各樣尺寸，常用者為長 9 呎，寬 5 呎，高 3 呎 9 吋。

第十一章 木塊路面

143. 木塊路面 木塊路面，如圖 91，係用長方形木塊築成；此種木塊，寬自 $3\frac{1}{2}$ " 至 4"，長自 5" 至 10"，厚 4"，用克魯索特油蒸入之，或施用其他保存劑，然後舖於混凝土基層上之水泥灰漿層內，木塊之縫用水泥漿或粗瀝青物填塞之。

所用木料可取自長葉黃松，短舌松，短葉松，古巴松，黑膠樹，紅膠樹，那威松，或美洲落葉松。

木料須自強健之樹身切成，並無裂縫及木節等。

木塊路面之大敵，為由於一種下等植物稱為「木菌」所發生之腐爛。木菌自外表攻蝕木料；如木料之狀況

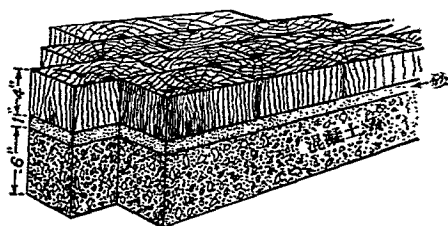


圖 91 木塊路面之基層及鋪法

使菌之芽胞易於生殖，則菌即深入木內，以達於木之全部組織。木菌有三類：一類能攻擊木之全部組織；一類專攻擊纖維素；第三類最為普通，僅能攻擊木纖維，此木纖維之名詞，即指許多有機物質，包圍於纖維素之四周，且即與纖維素共同構成木材之主要部份者也。總之，木菌能溶解木纖維及纖維素，以為繁殖之食料。木菌之存在，必需熱，空氣，及濕氣，缺一即不能生存。欲滅除木菌，並保存木

質使不致腐敗，現有許多方法，其最佳之法，爲油蒸法。

144. 油蒸法 此法即將黑油之死油，稱爲『克魯索特油』者，蒸入木料內，油內之阿摩尼亞，當先除去。此法對於木料之作用，爲使其蛋白質凝固，故不致腐爛，並將其細孔用粗瀝青質填滿而驅除空氣及水分，蓋粗瀝青質爲下等動物及植物所畏避者也。

用煤黑油之克魯索特油，可不必與其他油類混合。其特性如下：比重，在華氏 100 度時爲 1.03 至 1.08；含黑油物不逾 5%；含水不逾 2%，含黑油酸類不逾 8%，在熱苯中可溶解 99%；當蒸溜時，溫度漸高至華氏 400°時，經過之蒸溜液不逾 5%，至 450°時不逾 35%；至 600°時，不逾 80%；在完全蒸溜之後，所存留之焦炭不逾 2%；在全部蒸溜液中取出一份樣體，加以磺酸化，則其存留物不超過 1%。

將克魯索特油蒸入木料，有幾種方法。對於鋪路木塊最合用者爲『壓力法』，其法即(1)將木料在蒸氣中蒸之，使其木液及內纖維中所含其他物質均得液化，(2)造成真空以排除液化之物質，(3)用壓力將克魯索特油射入之。

工作時用金屬大圓筒，稱爲『甌』，直徑 6' 或 6' 以上，長度不定，通常爲 100'。將所蒸之木塊，裝入輕車上，運入甌筒內，即密閉兩端之門。送入之蒸氣，在壓力表上當爲每方吋 15 磅至 45 磅(有幾處工廠，先行造成真空，然後再用蒸氣)，此壓力須維持數小時。如管理人員以爲蒸氣之時間已足，即將底部之吹放嘴開放，使凝集物完全流出。此後即用一抽氣機，開始工作，使甌內造成水銀柱 20' 至 26" 之低壓，約保持一小時。然後使克魯索特油流入甌內，至裝滿爲止；再用一壓力抽機，將克魯索特油繼續壓入甌內，直至壓力

達每方吋 100 磅至 150 磅。此壓力須繼續保持，直至甌內之油，已有所需之數量射入木質；於是將餘多之油放出，開放兩頭而取出木料。

射入木質之油量，按每立方呎木料計，自 10 磅至 22 磅不等。此容量可由量取桶之容量求得之，更可由試驗樣塊以證明之。取一樣塊，依木紋方向，用 1" 直徑之螺旋鑽打穿一洞，此洞須在樣塊兩邊之中央，且在木塊長度之 $\frac{1}{3}$ 處。將鑽出之木屑，齊集而拌勻之，再用二硫化炭素，將其中之克魯索特油完全取出，於是木孔中之油量，及與木質之比例，均可求得矣。

處理時之木塊，宜乎乾燥，且無過量之水分。但自處理之後直至使用之時，如天氣乾燥，則當用水常常將木塊灑濕，以防燥裂。已經蒸過之木塊，有時當加以試驗，以決定被水浸飽時對於磨耗之抵抗力，及對於壓縮與碰撞之抵抗力，並決定木質尚可吸收之水量。

145. 鋪木塊法 先將混凝土基層上之灰塵泥土清掃乾淨，並用水灑之。在此清潔面上，鋪厚約 1" 之砂層，作為墊層，如圖 92，或用水泥一份，砂兩份及充分之水混合成硬漿以作墊層。（若用水泥及砂之混合物，而微用水灑濕之，則每作成不良之路面）。木塊即鋪於墊層上，將木紋垂直，鋪成直綫而平行之行列，與街道之軸綫成直角，如圖 93 所示，惟在街道之交叉處，則當鋪成與軸綫成 45° 角。木塊之縫，當鋪成極小。（闊縫可使木之纖維成毛頭，木質易於毀壞，且易受行車之磨損也）。相鄰各行之縫，當互相參差，至少當疊轉 3"。與路沿相近處，習慣上常用一行或兩行木塊，與路沿相平行，且相距 $\frac{3}{4}$ "。

木塊鋪成後，當用手夯或輕滾路機，築成一平勻之路面，如圖



圖 92 美國芝加哥城拉賽街，鋪砂於基層以恆鋪砌木塊



圖 93 前圖同街上，鋪木塊之狀



圖 94 木塊路面之夯擊及深壓以備灌入填塞料



圖 95 木塊路面上之鋪砂以作填塞料

94。如用灰漿墊層，則此夯實或滾壓工作，當於灰漿未凝固時爲之。

有時不用墊層，將混凝土面乾掃清淨，用粗瀝青膠灰鋪一薄層，木塊即直接鋪於其上。有時將木塊之一邊及一頭，於鋪入之時，醃以粗瀝青材料，與鋪蓋於混凝土上者相同；木塊鋪成後，再用一薄層之粗瀝青材料掩蓋之，其上再用砂及細礫鋪一薄層。

木塊已鋪成平勻之路面後，其縫當用細砂，水泥漿，或粗瀝青膠灰填塞之，如圖 95 所示。如用砂，當細而乾燥，鋪散於路面上，再行掃入縫內，至填滿爲止。水泥漿當用同樣成分之水泥及砂，與水混成適當之稠度，鋪於木塊之面上，再掃入縫內，將木縫填滿。然後路面上用砂掩蓋之；水泥漿當俟七日經凝固後，始可任車輛通行。粗瀝青填塞料當用煤黑油，瀝青，或兩者之混合物及其他成分配合之。用時當先燒熱，與上述磚鋪路面之方法相同。爲防木塊之脹縮起見，接近路沿之縫，亦當用粗瀝青料填入之。

146. 木塊路面之品性 優點 木塊路面之優點，可列舉如下：

- (1) 對於馬匹有良好之駐足。
- (2) 牽引阻力較石塊爲小，較瀝青略大。
- (3) 對於各種行車均屬相宜。
- (4) 路面之斜坡，可達5%。
- (5) 有相當耐久性。
- (6) 鋪在不透水之基層上，不易發生泥滯。
- (7) 灰塵極少。
- (8) 建築費不甚昂貴。

(9) 絕不煩囂。

缺點 木塊路面之重要缺點如下：

(1) 難以清潔。

(2) 在某種氣候狀況下，變成滑溜，對於馬匹極不安全。救濟之法，可用細砂或細礫舖一薄層；如氣候極暖，有油自縫中擠出，亦可用同樣方法吸收之。

(3) 不易將路面掘開，以達於地下之水管。如須掘開，必須移動一大塊面積；修理完成後，又須再待相當時日，始可開放行車。

第十二章 瀝青路面

147. 片瀝青路面 片瀝青爲一名詞，用以形容一種路面，其磨耗面係用預定粗細分等之砂，及一種細粒材料或填塞料，以及瀝青膠灰所築成，以數物用機械混合器混成後，舖於混凝土基層上，基層上當先舖粗瀝青混凝土一薄層，稱爲『粘結層』。

瀝青膠灰 此係由固體粗瀝青製成，用下列各物精煉並熔解之：(1)石蠟煤油之剩餘物；(2)瀝青煤油之剩餘物；(3)石蠟及瀝青煤油兩種剩餘物之混合物；(4)天然馬爾石(見上文第101節)，或由(5)瀝青煤油蒸溜所得之固體粗瀝青剩餘物，以同樣物質之剩餘油熔解之。

精煉之瀝青，不含水及附帶之無機及有機物。用幾種比較簡單之方法，各種瀝青均可使其與不純粹物分離。常用之精煉法有兩種，一用蒸汽，一直接用火。兩法均將瀝青放入櫃內，緩緩加熱，至完全溶解，溶解之時，當隨時用空氣流，或乾燥蒸汽以攪擾之。用蒸汽之法，較優於用火之法。用火者除造成焦炭及炭氫化合物之爆裂外，更有過熱之危險也。有幾種瀝青，稱爲『傑索那』及『葛哈麥』者，均與純瀝青相似，不需再經精煉，但極少作舖路之用。

美國舖路用固體瀝青之大部份，係產於西印度羣島及南美洲；使用最廣者，產於西印度羣島之特林尼達島，及委內瑞拉國之柏謨得斯城。瀝青之商業名詞稱爲『加利福尼亞』及『德士古』者，係用瀝青油精煉而得，或需溶解或不需溶解也。

溶解物者，係液體油類及黑油類與瀝青相混合，作成適當之稠度；將精煉瀝青溶解，以流體之熱瀝青油加入，成適當之稠度。此混合物用機械法攪擾之，或將空氣吹入，直至完全拌勻，而得到所需之稠度為止。

砂 砂當係砂性，不含有機物，雲母，軟粒，及其他不純粹物，至超過其容積之 2%。

細粒材料或填塞料 此係任何健全石料，如石灰石或砂，磨成細粉，當使全體通過 50 號篩網眼，停留於 100 號篩上者不逾 10%，而至少 70% 可通過 200 號篩網眼。有時即用波特蘭水泥而不用石粉。

於是此項鋪路材料，即將上述各物，分別加熱至華氏 300—350 度，再用機械混合器混合而成。先將熱砂量入混合器內，隨後加入熱填塞料；此兩物完全混合後，再將熱膠灰加入，必須均勻分布於砂及填塞料之混合物上；混合工作，當繼續進行，直至所有材料成爲一律而均勻之物質，所有砂粒完全被膠灰包住爲止。標準混合物之成分如次：砂，100 磅；填塞料 17.5 磅；瀝青膠灰中之粗瀝青，17.5 磅。

鋪路混合物之成分比例，並不一定，常隨使用地方之氣候，砂之性質，及將來行車之數量及性質而異。其大概限度表明如下：

瀝青路面之事項

瀝青鋪路混合物：	成分	百分比
	瀝青膠灰	12 至 15
	砂	70 至 83

石粉

5 至 15

材料之重量：製成之混合物每立方碼約重 4500 磅。一噸精煉瀝青約可製成 2300 磅瀝青膠灰，約等於路面材料 3.4 立方碼。

材料每立方碼作成之磨耗面：

厚度 (吋)	面積 (平方碼)
2½	12
2	18
1½	27

148. 舖法 將舖路之熱混合物，運到街道上，堆放於所舖區域以外之地方。然後用熱鏟，舖於路上，再用熱耙耙成適當之均勻厚度，使滾實以後，等於所需之厚度。其完成之厚度，約自 1½" 至 2"。因滾壓而減少之厚度約為 40%。混合物未舖以前，當將路沿石之面，及街上與混合物接觸之各項裝置，用熱瀝青膠灰塗之。

舖法有兩式：(1) 將舖路混合物，直接舖於混凝土基層之面上；(2) 混凝土基層之面上，先舖一層瀝青混凝土。如圖 96，稱為『粘

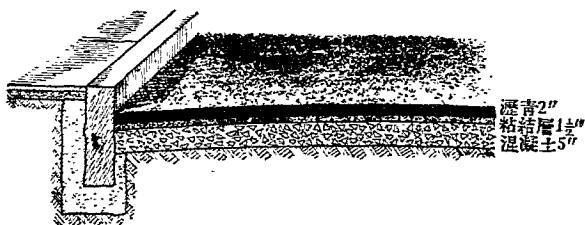


圖 96 瀝青路之截面，表示各層之構造

結層』，其目的即使磨耗面與基層之間之粘合，更為穩固而已。此粘結層含有大量膠灰，如加入於舖面混合物內，將使其成為太軟之

質料。粘結層係用健全而硬，且可通過1½"網眼之碎石，及砂，石粉，以及瀝青膠灰等物，依適當之比例混合而成。其標準混合成分如次：碎石 100 磅；砂 40 磅；石粉 8 磅；瀝青膠灰中之粗瀝青 8 磅。

鋪路混合物，係用滾筒及夯鐵壓實之。夯鐵可在火內燒熱，此火即燃燒於裝輪之鐵籃內。凡滾筒不能到達之處，如側溝及工人洞四周處，始用鐵夯搗之。

滾壓有時用兩個滾筒，一係狹輪，重自 5 至 6 噸，用於初次滾壓；一係闊輪，重約 10 噸，用以完成滾壓。滾壓之速度亦不同，平均每小時滾 1000 方碼。在初次滾壓之後，當用天然水泥或其他極細礦物質灑於路面上，使路面材料不致粘着於滾筒，並使路面更覺悅目。如瀝青路面一直鋪至路沿之邊，構成明溝之一部份路面，當用熱膠灰塗之。

雖瀝青係熱之不良導體，故膠灰之漿狀可保持數小時，但有時在尚未鋪放之前，其成分業已冷卻，此種情狀，與水泥之凝固相似，故適用於水泥之章則，亦可同樣用於瀝青膠灰也。

若運送熱混合物時，空氣之溫度低於華氏 70 度，則運送車上當用帆布或其他物質蓋之，以防熱之散失。總之，在鋪於路上之時，混合物之溫度，不可低於華氏 280 度。

瀝青路面在電車軌道處之鋪法有兩種：(1)在瀝青與鋼軌之間，鋪花崗石塊或磚塊一行；(2)將瀝青混合物直接鋪至鋼軌，若氣溫低於華氏 50 度，則當鋪填之頃時，應設法將鋼軌加熱至華氏 60°。

149. **基層** 對於一切瀝青路面，結實堅硬之基層，實不可少，因瀝青本身對於行車之作用並無抵抗能力，全賴下面之混凝土

基層以支持之。在鋪瀝青之前，混凝土基層必須完全凝結，且表面乾燥，否則其水分必被吸起，化爲蒸汽，致瀝青混合物與基層不能粘合，或則路面雖似平滑，但下部已成蜂房狀，一受行車作用，蒸汽所造成之空泡即現於面上，而全部路面即易毀壞。

150. 瀝青路面之品性 優點：試列舉如下：

- (1) 易於牽引。
- (2) 行車經過時，響聲頗小。
- (3) 不透水。
- (4) 易於清潔。
- (5) 不發生泥濘或灰塵。
- (6) 頗覺悅目。
- (7) 適宜於各種行車。
- (8) 行車經行其上，不覺顛動或震蕩。
- (9) 鋪築迅速，對於行車不感不便。
- (10) 開洞以達於地下水管亦極易。
- (11) 甚爲耐久。
- (12) 易於修理。

缺點：列舉如下：

(1) 在某種氣候狀況，路面甚滑。惟美洲瀝青之溜滑，不及歐洲瀝青之甚，因美洲砂可發生粒狀組織也。此差異甚爲顯著，歐洲瀝青平滑如玻璃，美洲瀝青僅類似細砂皮而已。若將路面用熱器加熱，再加一層粗砂，滾壓入路面內，即足以減少路面之滑溜。

(2) 不能常受潮濕，若灑水過度，亦將分解。

(3)若受極熱，則瀝青易於軟化，行車經過時，即滾動或爬動，而作成波浪形之面；若受極冷，則瀝青路面又有裂縫及破碎之危險。

(4)坡度大於 $2\frac{1}{2}\%$ 者，已不適用。但在 7.3% 之坡度上，今亦有用之者。

(5)如須修理，必須迅速辦理，因瀝青材料之粘結性極弱，若以基層之不規則沈陷或其他原因，致路面發生裂縫，則車輪經過即可將裂洞之邊切去，致損壞立時擴大。

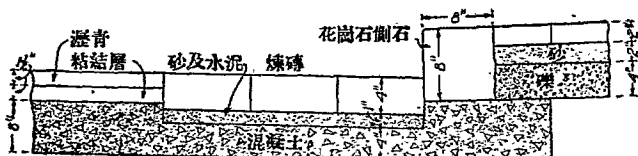


圖 97 瀝青路之截面，表示用煉磚作成明溝之狀

純瀝青雖為絕對不透水，亦不能溶解於清水或鹽水內，但瀝青路面若長時間受水，則極易分解。尋常降雨或每日灑水，祇須不久即可完全乾燥，尚不致損壞路面。故毀壞最顯著之處，即在明溝及飲水噴流之處。此項缺點，久被承認，且已多方設法，以求免除，或至少減至極小度。有幾處城市已通過法律，以管理街路上之灑水；在其他各處，則明溝係用石塊或煉磚所舖成，如圖 97 及 98 所示之

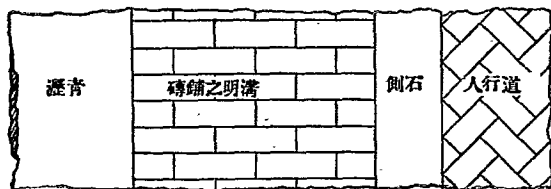


圖 98 瀝青路面用煉磚作成明溝之平面圖

狀；更有他處，則將瀝青鋪達路沿，而沿路沿 12" 至 15" 之處，再用瀝青膠灰一薄層蓋之。

151. 瀝青路面之失敗 有下述各原因之一，或數個原因合併者，皆足使瀝青路面失敗也。

(1) 材料之不合用 瀝青因天然原因，常可變為極小或毫無粘結力。其中之熔解劑，對於瀝青僅為機械的並非化學的結合物，或其性質反使瀝青發脆，致一經行車即被破碎。亦有因砂之等級不適當，或太粗或太細，或含有粘土，植物質，或壤土。

(2) 處理之不適當 粗瀝青當精煉之時，若溫度太高，足以毀壞或減少其粘結性。膠灰有時稠度不合，數量不足，或混合不充分。如膠灰太硬，則遇冷天，路面即有破裂之傾向；若太軟，則受行車作用後，易被推動而成波浪形。所需膠灰之量，隨砂之性質而異，細砂需膠灰多，粗砂需膠灰少，故膠灰之成分，必與砂相配合也。路面之成分如混合不充分，則砂粒與膠灰即不能密切接觸。粘結層內如有游離之油或過量之瀝青，均易浮上而被磨耗面所吸收，即足使磨耗面分解，混合物自工場運到街道上時，或易受冷。如運送距離太長，或中途遲延，則膠灰與砂，易於分離，致膠灰沉達混合物之底部，於是鋪填以後，即有濃淡不均之處，二者均有害無益也。有時混合物鋪在潮濕或不清潔之基層上。或未經充分之滾壓，因滾壓之均勻，普通以為無足輕重，故此點常被忽視也。

(3) 天然原因 各種材料，因元素之作用，隨時有自然變化，瀝青亦不能例外也。受熱之作用，則粗瀝青即變硬，若達最高硬度時，即發生自然之腐蝕，再加其他元素之作用，此物即分解無用矣。

(4)不良之基層 凡軟弱基層之不均勻沈陷，足以使路面發生裂痕及凹陷，一經行車，即易擴大。若基層多孔，則地下水即因毛細管作用而上升，以達於磨耗面之底部，若遇冰凍，則路面即被脹裂，於是路面水亦得下注矣。若路面與路沿側石及路上裝置物間，無不漏水之接合，亦足造成路面水達於磨耗面下之通路，此水之留存，即使路面易於毀壞也。

(5)其他原因 路面下之煤氣管如有漏氣，可使瀝青分解。瀝青若經時稍久，則粘結力減弱，可使物質縮小，即發生裂縫。如熔解物太多，則路面受行車作用後，即易滾移而成波浪形。路面上如遇燃燒，或有自動車漏落之油，均有損害。

建築片瀝青路面時，常與包工訂立合同，規定須負責養護若干年（五年或十年）。合同並須規定，在養護期滿或保險期滿之時，路面狀況當如下：在路面上橫量相距4'之任何兩點間，不可有深於 $\frac{3}{8}$ "之凹陷。絕無裂縫。並無分解過之物質。厚度之減少不可過於 $\frac{3}{8}$ "。基層並無裂縫及沈陷。

152. 岩瀝青路面 此名詞，係表示一種天然含有粗瀝青，或與粗瀝青粘結之石灰石及砂石所築成之路面也。用時將石敲碎並加熱，或即依自然狀態，或再與其他材料相混合。此種岩層在美國及歐洲均有多處發現。在歐洲，岩瀝青用作路面極為普遍，稱為『亞斯福德』。歐洲岩瀝青所含瀝青，甚為均勻，其成分自7%至14%，極易築成堅硬光滑之路面，在冰凍之地，甚為滑溜。美國之岩瀝青則含量不勻，所含瀝青自5%至30%；但對於路面之用途，極為有限，以其運費太鉅也。

153. 瀝青塊 製造 鋪路瀝青塊，係用瀝青膠灰與碎石之混合物製成，其成分為膠灰 8 或 12%，及碎石 88 或 92%。將材料

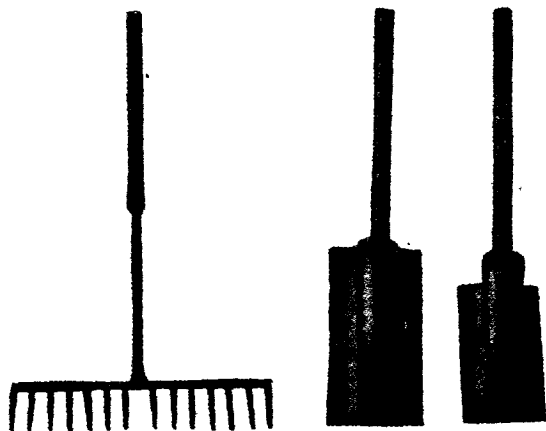


圖 99 鋪瀝青路面用之耙及平鐵

加熱至華氏約 300 度，即在適當之器皿內乘熱混合之。俟混合完成後，將材料放入模型內，加以重壓，然後將壓成之塊浸入冷水內使驟然冷卻。瀝青塊之普通尺寸為寬 4"，厚 3"，及長 12"。



圖 100

瀝青路面用之滾壺

基層 瀝青塊常鋪於混凝土之基層上，中間鋪 $\frac{1}{2}$ " 厚之砂作為墊層。鋪時以塊之長度，與街道之軸綫相垂直；縱縫應參差不齊，至少疊轉 4"。然後以手錘夯實之，或用輕滾路機滾壓之。上面蓋以清潔細砂；塊縫不再用填塞料，因受日光及行車之作用後，瀝青塊即得互相粘結也。

瀝青塊路面，較之上述片瀝青路面，其優點如次：(1)此塊可就材料所在地設廠製造，造成後再行運至使用之處，且尋常砌路匠均能鋪築，不若片瀝青必需特種機器，及有技術之工人也；(2)瀝青塊不若片瀝青之滑溜，以其有接縫，且用碎石製成，故表面粗糙也。

其他式樣 瀝青塊又有一種式樣，稱為『羅牌塊』，其大小為長8 $\frac{1}{2}$ "，寬4 $\frac{1}{2}$ "，及厚4"；下部3"係波特蘭水泥混凝土，上部1"係天然岩瀝青，此兩種物質係用極大水壓力合成之。此塊鋪於混凝土基層上，塊縫用水泥漿填塞。

154. 建築瀝青路面應用之工具 鋪築片瀝青路面所用之工具，為手用鐵錘，把及平鐵，如圖 99；灌壺，如圖 100；手拖滾筒，或

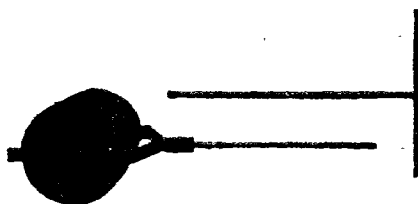


圖 101 鋪瀝青路面用之手拖滾筒

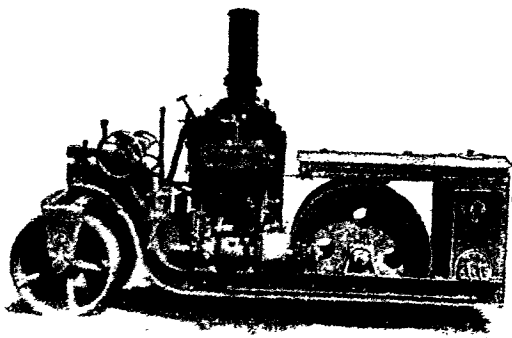


圖 102 鋪瀝青路面用之小型滾路機

有燒爐，或無燒爐，如圖 101；以及蒸汽滾路機，前面滾筒上或有加熱裝置或無之，如圖 102。此種滾筒較之用於滾壓碎石路者，其構造，形式及重量均不相同。此蓋由於工作之性質不同焉。

茲將 5 噸滾路機之主要尺寸，列明如下：

前滾筒，或即方向輪，直徑	30 至 32 吋
後滾筒，或即主動輪，直徑	48 吋
前滾筒，寬度	40 吋
後滾筒，寬度	40 吋
長度極限	14 呎
高度極限	7 至 8 呎
水量	80 至 100 加侖
煤量	200 磅

第十三章 雜項路面

本章當略述幾種著名雜項路面，可作為標準路面之替代者，因有時良好材料，不易覓得，或經費短絀，不足以購買良好材料，而有時更須設法利用廢物也。

155. **燒泥** 在密士失必河流域，當乾燥之季，常將路身之土切下，深達 2 呎，堆成圍圈，直徑約 15 呎，高達 2 呎。堆置約十天使乾燥後，圍中用火燃燒之，再將更多之土堆在圍上，而燃燒仍繼續進行。此種燒泥，俟冷卻以後，重行填入路身，因已成多孔性，故沈陷後即成乾燥而堅實之土層矣。

156. **柴** 土路之改良，可於修正形式及耙平後，加鋪一層麥柴；此種麥柴先用水澆濕，並切斷之，再用平圓之耙使與泥混合；再加多量之麥柴，繼續混和後，即用蒸汽滾路機滾實之，此項工作每年可施行兩次。

157. **蠣壳** 路身修正形式並滾壓後，將蠣壳鋪在路上。蠣壳極易壓碎且有高度黏結性，故可築成堅實而平滑之路面，但以其性軟，故易被磨碎成細粉，經風吹雨打，即消失無存。

158. **黑砂石** 黑砂石亦可用作路面。此種砂性岩石，在美國境內常發現於紅砂岩之上層，構成赤鐵鏽之蓋面。黑砂石可直接鋪於土路上。或鋪於築成之基層上；灑水滾壓均與水結馬卡達姆路之方法相同。

159. **爐渣** 爐渣係由鋼或鐵之製造而得，用作路面有各種

不同之方法。(1)可敲成所需之大小，使用之法與碎石相同，舖以一層或兩層，灑水及滾壓。有時用生石灰作粘結物；有時在滾壓之前，用廢棄之硫化液與水相混合而澆灑之；亦有將爐渣與煤黑油或其他粗瀝青膠灰相混合，用粗瀝青馬卡達姆路同樣方法，以作成路面。又有一種路面，稱為『泰馬克』，頗通行於英國，係用爐渣，煤黑油，松脂，及波特蘭水泥所合成。(2)爐渣可用模型作成塊狀，使用之法與石塊相同。此式稱為『施高里』塊或爐渣塊。

160. 熔渣 如將火葬場用作焚毀垃圾或焚毀廢棄物之場所，則焚餘之物質約為33%，即為熔渣。將熔渣敲碎並磨成細粉，與水泥或粗瀝青膠灰相混合後，壓成塊形或平版形。

161. 石油混合面 石油混合路面者，即將粗瀝青油澆在土，砂，礫，壤土或粘土之路上。先將土壤犁鬆，深達6"，再用耙碎並以水灑之。粗瀝青油可澆一皮或兩皮，每方碼約用油一加侖。油及土壤混合後，用重5,000磅之滾筒壓實之，滾筒上裝有2'×3"之平頭齒，故稱為『羊足』滾筒。工作時，羊足齒即壓入土壤內，故將土壤翻動，同時將土壤滾結。俟完全混和並壓實後，用一築路機以作成路形，再用普通滾筒滾壓之。

162. 克蘭反司忒路面 此係通行於德國之一種塊石路面，專用於極重之行車，在英國亦有用之者，稱為『屠蘭克司』。此種路面係用3"之立方硬石，用機器切成，而舖成小圓弧形。石塊當互相軋緊，縫中用水泥漿或粗瀝青料填塞之。

163. 鐵 用鐵舖路已有各種試驗，雖極耐久，但以其粗糙，煩囂而且滑溜，故不論單獨應用，或與他物合併，均已棄置不用矣。

164. 車輪道 爲求減少牽引阻力，常用石板，磚，混凝土塊，鋼料或其他材料，以建築各種車輪道。但除意大利，西班牙及德國外，此種輪道並不普遍應用也。

165. 國家路面 國家路面者，係用磨碎之壤土，黏土，或普通土壤，加熱後，與液體粗瀝青相混合而成。此種混合物鋪於結實而已經排水之天然土壤上，厚 2" 或 3"，再用強力之滾筒滾壓之。

166. 纖維瀝青路面 此係用提煉單寧酸之廢物中所得之木纖維與瀝青相混合而成。先將纖維加熱，再與已定量之瀝青相混合。然後將此熱混合物，放入模型，作成小塊，以運達使用之地點。再將小塊放入流動加熱器內，加熱至華氏 275 度，此加熱器沿路移動，而熱混合物即自器內以 18" 之寬度，繼續流出，以達於作成之基層上，使厚達 4"。鋪好後再用強力滾筒，壓成 2"。

惠司屈麥 此係將瀝青膠灰用乳狀液化法，使暫時液化。然後在尋常混凝土混合器內與碎石乘冷混合之，鋪於基層上，將滾筒壓實。俟蒸發後，瀝青膠灰即成黏結物矣。

第十四章 街道之雜項工作

第一節 人行道

167. **人行道** 人行道者，僅係道路之別名，即為步行者之道路，非馬匹及車輛之道路也。其差別處，即在作用之不同；但道路之建築法，實與人行道之建築法大略相同也。

車道上之極重荷載，與人行道無關；但水及冰凍之毀損作用則兩者相同，故抵抗此種作用之處理，並保持其永久性，實最為切要，當依同樣原則辦理。人行道之用途，雖不及車道之重要，但人行道若不能通行，或不堅固，或即須修理，則對於行道者均極感煩惱也。由經濟觀點，則人行道之建築，當與車道用同樣技術，並當同樣耐久。

168. **寬度** 人行道之寬度，(除去建築物之凸出部份及蔭道樹外)當使多數步行者感覺寬大而舒適。在專為商業應用之街道，其淨寬度，至少當為車道寬度之三分之一；若在住宅區或郊外道路，則欲求愉快之結果，當使人行道寬度等於車道之半，而以其中之大部份，作為草地及蔭道樹之用。

169. **橫坡** 人行道之面必須傾斜，使表面水容易流入側溝。此傾斜度不宜過大，每呎內 $\frac{1}{4}$ 足矣。若上面結薄冰，則更大之傾斜度，對於步行者甚為危險也。

170. **基層** 基層對於人行道亦極關重要，與車道相同。不論人行道面層用何種材料，若基層軟弱，則面層即參差沈陷，對於步行者雖不致發生危險，亦極為可厭也。

171. 面層 人行道良好面層之條件如下：

- (1) 必須光平而不滑。
- (2) 吸收水量，必須極小，使雨後可迅速乾燥。
- (3) 不易磨損。
- (4) 質料必須一律，使磨耗可以均勻。
- (5) 不可如鱗之剝落。
- (6) 其組織必使灰塵不易粘着。
- (7) 必須耐久。

172. 材料 用作人行道之材料如次：天然石及人造石，木料，瀝青，磚，黑油混凝土及礫。

石 天然石料中，砂石（藍石）及花崗石皆使用甚廣。藍石如鋪砌適當，可作優良之路面，以其組織堅實，吸水極少，雨後甚易乾燥也；且又有充分硬度，足以抵抗磨損，不致過分滑溜。花崗石雖甚耐久，但一經磨損即極滑溜，故其表面必常加琢鑿使成粗糙。

不論何種石料之石版，必須全面積具一律之厚度，其邊緣必須依全部厚度作成方角（不可如圖 103 之作斜羽狀也）；對於基層必



圖 103 石版人行道之不良合縫

須鋪墊堅實，石縫用水泥漿填塞之。鋪墊不良或琢磨不良之石版，均不利於行走，以雨天為尤甚；因石面不平，足使行路人顛躓，石板蹣動，則使污水濺及衣服也。

木料 木料常作成木板以使用之。其造價雖廉，但不能維持長

久，且須時常修理以免發生危險，故結果反爲昂貴。

瀝青 瀝青可作成極佳之人行道，以其能耐久且不致磨損滑溜。

磚 在大城市之住宅區或郊外區街道，或小鎮之主要街道上，如用適當質料之磚，鋪於混凝土之基層上，可作成優良之人行道。其磚必擇鋪路磚之良好者。（尋常之房屋用磚，殊不能適用，以其易於破碎及磨損也）。磚須以側面鋪成平行之行列，其長度與人行道之軸線成直角。

混凝土 以混凝土或人造石，用作人行道之鋪面材料，已甚普通。其製造常爲專利品，市上已有多種製成材料出售。若用頭等材料製成，且用可靠之鋪法，並有適當設備以防止冰凍作用，則人造石可作成耐久而合用，且並不耗費之人行道。

混凝土人行道可依一層或兩層築成。如用一層，則將混凝土鋪成 4" 厚，加以夯實，使有充分之灰漿，與表面擠平，而造成一光平之面。如依兩層工作，則先鋪第一層，夯成 3" 厚；在此層尙未凝結之時，即將頂層鋪上。頂層厚約 1"，夯實後，其表面可用直尺及鏝以作成所需之平面。爲防備伸縮，當設置橫縫，以達混凝土之全部深度。橫縫相距 4 呎，作法可用 $\frac{1}{4}$ " 厚金屬分界條，橫置於人行道上；水泥未凝結時，即將界條移去，如此則縫之邊緣可用適當工具作成平滑而圓轉也。

鋪人行道之面積，當至少掘深至 8"，或掘至更大深度，以求得堅實之基礎。將掘出之地面夯實，然後用碎石，礫或熔渣鋪成一排水道，亦普遍夯實；再將地面填高，作成平面，使與混凝土之完成表

面相平行，而低下 4"。有時須將排水道與污水渠，街道排水管，或邊溝相連接，使地下水得以流出；此可用 3" 排水管安設於需要之處。

鋼製或木製之混凝土模板，當製造堅實，且須俟混凝土凝固後始行移去。

混凝土人行道如所用材料不適當，或工作不良，或脹縮縫不足，或排水不善，致脹起而破裂，或排水道沈陷致移動而破裂，皆足以毀損也。排水道如用熔渣作成，則毀損更屬常事，因熔渣易於分解而將容積縮小，致混凝土陷落。如用兩層作成，則兩層之間如有水及冰凍作用，即可使面部剝落而混凝土損壞矣。混凝土不可在冷天舖築，工作時亦不可用凍結之材料。

第二節 側石及側溝

173. 側石 人行道之外邊即路沿處，常用側石以維持鋪面材料，並築成側溝。側石之頂與人行道齊平，故人行道上之水，可以流過側石而入側溝。

側石當抵抗之各種擾動力如次：(1)側石背後之土壓力，此蓋由於人行道上堆置貨物及建築材料而發生。此力可使側石翻倒，沿橫面裂開，或使其全部沿底移動。(2)側石背後及底下土質冰凍時膨脹而發生之壓力，如人行道一部份鋪種草皮，則地土潮濕，此項壓力尤為顯著。側石背後之土，若時凍時融，則側石即頻受擠壓，如建築不良，即漸漸傾斜與垂直成角度矣。(3)行車之震盪及磨損。欲支持車輪之毀壞作用，側石之外邊可用鐵包之；混凝土側石，用鋼

做成圓邊，並為一種專利製造品，各處頗有用之。側溝內如有火燒燃，足以損壞側石。柱桿及樹木如與側石太近，足以使側石破裂，移動及毀壞。

工程師對於側石下面用排水管之意見，殊不一致。如人行道下面之土壤內，天然含有水量，或路沿外邊之水易於流入者，則下部用排水管，確有利益；但排水管之連接，極應注意，否則泥土鬆動，致路沿不成直線矣。

用作側石之材料，為天然石如花崗石，砂石(藍石)等，及人造石如火泥，以及鑄鐵。

側石之尺寸當隨地點及人行道之寬度而不同，人行道愈寬，則側石亦愈寬。但側石之深度，決不可小於8"，其寬度亦不可小於4"。側石深度當使其不致向側溝內翻倒。每塊側石之長度，不可小於3"。側石頂面，稍成斜勢，使與人行道之面坡相符合。其前面當加錘琢，約達6"，使露出於側溝之外者，呈平滑之面；背後自頂以下，達

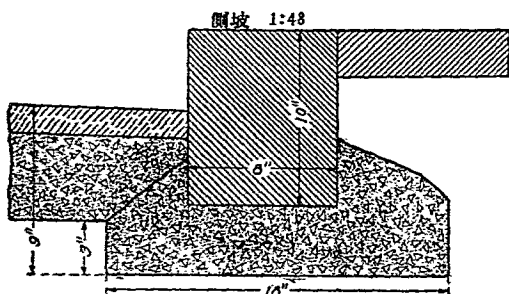


圖 104 側石之標準剖面，厚 8"

3" 處，亦當錘琢，使可與人行道之鋪面材料相並齊。側石兩端接縫處，當依全部厚度及露出之表面，作成方形；其餘之深度及底部亦

當大略作方，又底面當與頂面平行，如圖 104 及 105 所示。

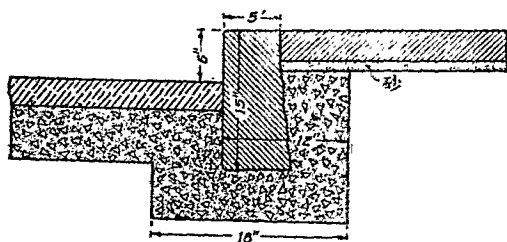


圖 105 側石之標準截面，厚 5 吋

174. 側石與側溝之合并 混凝土側石及側溝，常用適當之模板，使并合為一。處理混凝土時，使灰漿與碎石不可分離，填入模板後，當夯實，使灰漿達於表面，並使與模板完全接合。頂面與側面之轉角，當成半徑約 $1\frac{1}{2}$ 吋之圓角；有時此轉角係一鋼條，預先用相距 3 呎之鋼脚埋入混凝土內。脹縮縫當相距 10 呎或 12 呎。前述關於混凝土人行道之基層，排水，及毀損等各要義，均可適用於混凝土路沿也。

第十五章 街道之清除

清除街道，所以保護鄰近居民之健康，及使用人之安全也。此事為比較近時之發展，且惟硬路面始可行之。街道上所應清除之物，為牲畜之排洩物，路面上磨剝之材料，車輛上墮下之物，房屋建築之廢物，房屋內，貨棧內及工廠內所掃出之雜物，以及冬季之積雪等皆是。

175. 清除方法 清除街道所用之方法，及每次清除相距之時間，當依本地情狀及行車與路面之性質而決定之。其可用之方法為掃地，或用手帚，或用機帚；及潑水。此潑水工作，可在日間行之或夜間行之，如在夜間當用大隊人工，在日間則用巡查隊之組織即可。圖 106 即表示機帚之一種。

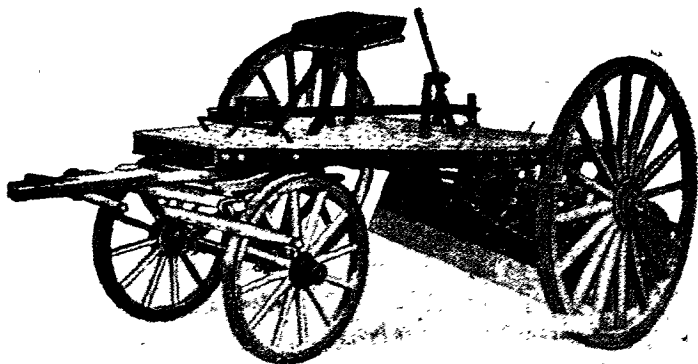


圖 106 街道用之標準機帚

若由日間巡查隊用手工清除法，則每人應備『推帚』一把，鏟

一柄，及安置廢物之畚斗一件；且規定各人每日清除之路段。有時日間巡查不足，仍於夜間用大隊輔助之。如用機械掃帚，則常在夜間工作，而日間用巡查隊以輔助之。二者孰為最經濟，當視工資之價格及路面之情狀而定；又如路面有車轍及凹陷，則機械帚不能發揮效力也。

用各種清除街道方法，每 1,000 平方碼之大約費用如次：

掃地(用手)	美金 \$0.281
掃地(用機帚)	美金 \$0.317
潑水(用軟管)	美金 \$0.319
潑水(用機器)	美金 \$0.721

又每英里之平均監工費，自美金 .011 分至 3 $\frac{1}{4}$ 分。

若用機械帚，則清掃面積之大小，須視帚之寬度，馬或其他動力之功能，路坡，及路面情形而定。帚愈闊，則費用愈少，機帚行動之平均速度，為每小時 1 $\frac{1}{2}$ 英里。

表 XV
清除街道之速度及費用

路 面	每人能掃之路面 (每小時平方碼數)		每日掃除之垃圾 (每 1000 平方碼 之立方碼數)		每次清除之平 均費用 (每平 方碼之美金分 數)
	(濕)	(乾)	(最小)	(最大)	
瀝青	100	1200	.007	.040	.0030
花崗石塊	750	1000	.015	.024	.0050
馬卡達姆(水結)	700		.100	.350	.0106
木 磚			.070	.200	.0070 .0034

由上表 XV，可知平均一人每小時能掃之面積，常隨路面情形或乾，



圖 107 新式變裝雪機，用運送器將雪升起

或濕，或有泥濘而異。此表又表示各種路面所產生之垃圾數量，指每日清掃而言；又表示清理各種路面之平均費用。

176. 清除積雪 當降雪之時，欲使道路保持可通行狀態，其所用方法，隨氣候狀況而不同。如降雪極重，且繼續為低溫度，使非至春天不能融解，則有兩種法則：(1)用雪犁沿路中心綫打通一條狹路，將雪堆在兩旁築成狹而長之雪堆；(2)並不將雪移動，僅用木質或金屬質輕滾筒將其滾壓結實。如在降雪輕微之地，或在大城市中，則先將所降之雪，用犁或旋轉帚推向側溝，然後再裝入車內運送至天然河道之內；如無河道，則將雪堆在空地上；亦有將雪經『工人洞』傾入污水渠內，然此事必須注意，不可使污水渠被雪所阻塞也。微雪可用水管在街面沖之，使一并流入污水渠內。融雪機器，已發明多種，或用蒸汽或用熱空氣等，但無一能有經濟的成效也。有幾處城市，曾用岩鹽，使雪融解，因岩鹽散布雪上，經車輛及行人將其混合後，即起融解作用，然後用機器帚將此泥漿混合物掃入側溝內，再用給水栓之水流，沖入污水渠。反對此法者，則以鹽雪混合，發生嚴寒，對於步行者之足及馬蹄均有損害。

積雪之清除，須愈快愈好，庶對於行車之不便，可減至極小，故在冬季未臨之前，即當將掃雪之方法及組織整備完全，一至必要之時，即可迅速動員矣。普通每一城市可分為若干區，每區有一指揮總機關及棧房，以便存貯此區內施行掃雪工作時必要之工具，而降雪之始，工人即向此總機關報告。

177. 街道之灑水 街道上當用水灑之，所以消除灰塵而冷卻空氣也。水結馬卡達姆及土路上，必須灑水，以消除灰塵，但石塊

磚塊，瀝青及木塊路面，若能完全保持清潔，則毋須灑水。在不清潔及修養不良之路面上，灑水之後，反使灰塵變為黏泥，即使平整之路面變成滑溜；如在熱天，則此黏泥即可為病菌之繁殖處所，於是黏着於步行者之鞋足及衣服上，以轉達於居室之內。

每平方碼灑水之平均用費，為美金 \$0.009。

實施清除街道，掃除積雪，及灑水等工作之時可用下列各組織法：(1)與包工訂立合同辦理之，人工及工具均由包工供給；(2)包工僅供給人工，其他工具及機器悉由公家供給；(3)工人隊及機器均由公家直接辦理。

第十六章 路面之選擇

在任何特種情形，選擇最佳之路面，實為一局部問題，不僅每一城市成一問題，即城市中之每一區域，亦各成一問題也；此問題包括許多因素，必使每種路面之相關價值，得最佳之平衡；然後始能達準確之結論。

在鄰近地方，若有一種或一種以上可利用之鋪路材料，即可決定路面之性質；亦有須經詳細之調查，始能決定最適用之材料。地方情形，必須注意，故決不可規定章程，謂何種材料可作最佳之路面也。

178. 路面之品性 良好路面之重要品性，可列舉如下：

- (1) 不透水。
- (2) 馬匹有良好之駐足；自動車易於附着。
- (3) 須硬而耐久。可以抵抗磨損及分解。
- (4) 適用於各種坡度。
- (5) 適合於各級行車。
- (6) 牽引阻力當極小。
- (7) 當無響聲。
- (8) 須不發生灰塵及泥濘。
- (9) 須易於清潔。
- (10) 價廉。

179. 有關之利益 在上節各條件中，(2),(4);(5),(6) 各項，

均與行車有關，將荷重，速率，及馬匹與車輛之損耗限制後，可決定運輸之費用。若路面有韌性或駐足不良，則每匹馬所能曳之重量因之減少，故運輸一定量之荷重，即需多走次數，或雇用更多之馬匹或車輛。不良之路面即使運輸之速率減小，結果即耗費時間；又足以增加馬匹之損耗，減少其服務之壽命，同時即減少其服務之價值，又不良路面亦足增大車輛及馬匹用具之養護費。

條件(7)，(8)，(9)三項，均與鄰近之居民有關，以其直接受到灰塵及煩囂之影響，又亦與鄰近各房屋之主人有關，因有此弱點時，主人之房租收入，必須減少。(3)及(10)兩項，僅與納稅人有關，第一為路面使用時間之長度，第二為每年修理之費用。(1)項與鄰近居民之衛生有關。(7)，(8)兩項，則同時影響行車及居民也。

180. 選擇時所包含之問題 選擇最適當路面之問題，計包含下列各因子：(1)適用性；(2)可要性；(3)有用性；(4)比較安全度；(5)耐久性；(6)費用。

適用性 任何道路之最佳路面，完全隨局部情形而定。所築略面，當適合使用此路面之行車。農業區適用之路面，並不適用於工業區；煩重行車所適用之路面，對於安適旅行及住宅區均不適用。

按普通經驗，可知各種材料之相關適用性如次：鄉道，郊外路及安適旅行，均適用碎石路；繁重之行車，適用矩形塊石，鋪於混凝土基層上，石縫用瀝青或水泥漿填塞之；專做販買貿易之街路，及以不煩囂為重要條件之處，則適用瀝青，木塊，及磚塊。但依近時之經驗，則鋪築適當，及必要處增加鋼筋之混凝土，不論作基層或磨耗面，對於任何情形均屬適用也。

表 XVI

各種路面上之牽引阻力

路面種類	牽 引 阻 力	
	每噸磅數	與載重之比
片瀝青	30 至 70	$\frac{1}{67}$ 至 $\frac{1}{30}$
磚	15 至 40	$\frac{1}{133}$ 至 $\frac{1}{50}$
圓石	50 至 100	$\frac{1}{40}$ 至 $\frac{1}{20}$
石塊	30 至 80	$\frac{1}{67}$ 至 $\frac{1}{25}$
長方木塊	30 至 50	$\frac{1}{67}$ 至 $\frac{1}{40}$
圓木塊	40 至 80	$\frac{1}{50}$ 至 $\frac{1}{25}$

可要性 所謂路面之可要性者，謂其保有一種性質，俾使用之人及參觀之人，均認為滿意也。設有兩種路面於此，其價值及耐久性均相同，但以人民之健康狀態，個人成見，以及其他不易領會之影響，致人民喜用此一種而不喜用他一種。此種選擇殊未注意於經濟問題。若一種路面較任何他種路面為經濟而滿意，則不論新路或翻造舊路，均當逕行採用，絕無躊躇。

路面之經濟可要性，隨路面上行動之便利而定，常用一定重量（通常為一噸）在路上行動時所需牽引力之磅數或馬匹數而計算之。各種路面之牽引阻力，見表 XVI。

有用性 路面之有用性，即其合用性也。此性質可依行車之費用計算之，即馬足及車輛之損耗，時間之損失等。但欲計算磨損之

準確費用，尙無可用之統計資料。

任何路面之有用性，大概視馬匹駐足之程度而定，祇須路面不太粗糙，以免消耗一定重量所需牽引力之大部份即可。圓石路有優良之駐足，故馬車公司常於軌道間鋪圓石路面；但圓石對於行動 1 噸載重之阻力，約需 40 磅牽引力。瀝青路之駐足程度為最小，但其勝過行動阻力之牽引力，每噸僅約需 30 磅。

比較安全度 路面對於安全度之比較，即一馬在跌倒以前，所能行之平均距離也。馬匹駐足最佳之材料，隨其優良程度，依次開列如下：

- (1) 乾燥而結實之土。
- (2) 礫。
- (3) 碎石(馬卡達姆)。
- (4) 木。
- (5) 砂石及磚。
- (6) 瀝青。
- (7) 花崗石塊。

耐久性 耐久性者即一種性質，用以決定路面可用時間之長短，此與路面已破壞後之時間無關。路面耐久性惟一之量法，即用路面未破壞以前所經過之行車總噸數，所謂未破壞以前者，即路面之翻修費用，尙少於使用者之費用。

因路面係一種建築物，故路面之耐久性，與構成路面所用材料之耐久性，實有極大分別。鐵者極能耐久也，但用作鋪路材料則失敗矣。

鋪路材料之耐久性，隨外表之清潔情形而異。路面上鋪一吋厚之污泥，防止路面損耗，最有成效。但污泥之費用亦鉅，以其能損壞衣服及貨物，且為疾病及不安之原因。在比較各種路面時，污泥路面殊不足稱道。各種路面，在同樣之行車及修養狀況下之壽命或耐久性，可於表 XVII 內得之。

表 XVII
各種路面之壽命

材 料	壽命 (年數)
花崗石塊	12 至 30
砂石	6 至 12
瀝青	10 至 14
木	7 至 15
石灰石	1 至 3
磚	5 至 15
馬卡達姆	5 至 ?

費用 路面之建築費，隨建築之地點，所用之特種材料，及基層之性質而異。建築費問題實為與納稅人有關之問題，亦即欲得良好道路之最大障礙物。改善道路之費用，常由兩旁之地主負擔，故為地主者，但求路面之用費節省，不知價廉之路面極易磨損，以後即受無窮之累，且須更支費用也。故錯誤之經濟理論，可暫時支配一切，以為最廉者即最佳者也。

當然，費用最大之路面，不一定即為最佳之路面；而費用最少之路面，亦非最廉者；故最經濟之路面，乃使所支之費用，能得最多之利益者。此費用當有一定限度，超過此限度，並不能產生實際利益，但仍以支出充分費用，以求最佳結果，使在長時期內費用較小，

更爲經濟。一元錢幣如使用得當，較之使用半元而妄冀得良好結果者，其成效可增加數倍。價廉之工作，有時亦可與價貴者等量齊觀，但爲時不久，即須廢棄重做矣。

181. 經濟利益 良好道路之經濟利益，可列舉如次：修養費用較省；對於行車有較大之便利，故運輸之費用減少；車輛之修理費用較省；馬匹之損耗減少；即加長其服務之年限，並增大現有之價值；節省時間；對於使用道路人之便利及舒適。

182. 相關之經濟 不論同一種路面在不同狀況下，或在同樣良好情形下之各種不同路面，其相關之經濟，常就會計法內之下列各科目合併計算而得：

- (1) 建築費及公積金之每年利息。
- (2) 每年修養費用。
- (3) 每年清理及灑水之費用。
- (4) 每年服務及使用之費用。
- (5) 損害結果之費用。

建築費之利息 路面之建築費，與其他永久投資之性質相似，亦可用每年利息之數目相比較。設每年之利息爲四厘，則路面建築費每方碼爲四元者，即每方碼每年須損失利息或即捐稅一角六分。

修養費用 此項費用，須包括各種修理及重造之費用，自路面完成日起，直至現在須恢復原狀態時爲止。所費總數，將其間經歷之年數除之，即得每年之平均修養費用。

修養之意義，即使路面保持與築成時之同樣良好狀態。此費用各不相同，不僅須隨路面材料及建築之方式而異，且須隨清除之狀

况及使用路面之行車之數量及性質而定。

或以爲路面築成而不能自行保持者，皆不良之路面，此實荒謬之論，世間並無此種路面。各種路面經行車及氣候作用後，均受耗損，若有損壞之處而不立加修理，則路面即破壞不堪矣。故欲保持良好修理狀態，必須不斷注意，此亦合乎經濟原則也。所謂特種路面不需修理費用者，即不修理之謂也，雖有損壞，亦熟視若無睹耳。

清理及灑水之費用 任何路面，可稱受適當修養者，必須清潔無灰塵。在許多地方之街道，必須每日清除，或每星期或每半星期，各依情形而立法規定之。街道費用之分析，當依需要條件而同樣比較之。

路面之清除，關於成效及費用，當視下列二者爲斷：(1)路面之性質，及(2)路面材料之性質。方塊路面最爲困難，以其縫內決不能完全清除也。清除之便利及成效，可依其次序列之：(1)瀝青，(2)混凝土，(3)磚，(4)石，(5)木，(6)馬卡達姆。

服務及使用之費用 每年服務之費用，即將行車使用路面而發生之各項費用合併而成，例如因路面不良，而限制行動速率，使車輛慢行，致時間受損失；或因路面關係必須限制一馬匹所能曳之重量，即使馬匹多走次數，或雇用更多之馬匹及車輛；或路面狀況使車輛馬匹及設備等受較大之消耗及損壞。若一輛車一年內行1500哩，其修理費用爲每年30元，即每行車一哩，其修理費爲2分。若一種載重，依法定時間，每哩之運輸費用爲1元，今因路面不良，致時間須增加一倍，故運輸費用即增加矣。又同樣理論，因路面情形不良，致所載之重量當減少，原來一次所載之重，今必需一次

以上。又不良路面足以減少馬匹之服務壽命，同樣減低其服務價值。

損害結果之費用 此種費用，由於不良或不適當之路面而發生，情況極為紛紜。粗糙路面，雖在最佳之狀態，亦足以存留牲畜排泄物中之有機質。在暖熱而潮濕之天氣，此種有機質即腐爛發酵，散布惡臭及病菌，對於人類極有危害。若用多孔材料築成之路面，亦足以發生危害，其原因相同。

容易發生灰塵及泥濘之路面，亦不相宜，而以專作販賣商之街道為尤甚。若此項特種缺點，加以極小估計，凡沿街之店面每呎作為每月損失 \$1.50，或每天 5 分，則此價值已超過不生灰塵之最佳路面之建築費矣。

粗糙路面當行車經過時，發生響聲，使有精神病者，不能忍受。且有許多精神病，皆因街道煩囂而發生。故研究精神病者，以為煩囂之街道，對於病人所受之損失，遠過於改造為不煩囂之最佳路面所需之費用。此外尚有許多因使用粗糙煩囂路面所受之損失，可以金錢計算之。此種路面，足以減低兩旁房屋之租價，蓋屋內之人，大都勞心用腦者。在此區內，以靜為最要，故無聲路面需要若何之建築費，均無問題也。

觀察者既竭其智能，以決定一種路面之總價，再將每年行車之總噸數，以每年之總費用除之，即得平均每年用費一分，所承擔行車之噸數，此即任何比較之真確試驗也。

(1) 建築費及公積金之每年利息.....\$

(2) 修養及翻造之每年平均用費.....\$

(3)每年管理費用(灑水,及清除)-----	\$
(4)每年服務及使用之費用-----	\$
(5)每年損害結果之費用-----	\$
平均每年用費總計 -----	\$
每年行車之總噸數 -----	\$
每分用費所承擔行車之噸數 -----	\$

183. 路面之總費用 一種路面之費用,須隨構成路面之材料,車道之寬度,行車之數量及性質,及保持此路面之修理及清潔情形而定,故任何兩條街道,其耐久力或用費決不相同。此耐久力或用費之最高最低限度相差極大。

184. 各種路面之比較等級 表 XVIII 表示各種路面之等級,以百分數表示之,與第一行內各必要性質之價值相比例而得。每項路面對於任何性質可列第一者,即將此項性質之全部價值列入;其他路面各依對於此性質之價值遞降而下。將此表察看一過,即知水結馬卡達姆之建築費最廉;但最不耐久,且最不易清理及修養;對於行駛,尚屬合適;衛生程度,比較低下;每年費用甚高。此表亦可用作決定最適宜路面之助,祇須各種因子均能用數值表示之,此種數值亦可用當地情形加以修正也;因建築費用即各地不同,其他因子之重要性亦隨地方而異。

185. 規範 各項工作之規範,或施工細則,當附屬於合同,並當於招人估價之前即已製定。規範當將工作之目的,完全表出,其要點如次:(1)工作之詳細說明;(2)工作之數量;(3)材料之性質;(4)材料之試驗;(5)材料之運輸;(6)工作之良好程度;(7)施工

表 XVIII
各種路面之比較等級

特 性	價 值	種 類								
		瀝青(片)	瀝青(塊)	混凝土	馬卡達姆(瀝青)	馬卡達姆(水結)	磚	花崗石	砂石	木
低下之牽引阻力	20	20.0	19.0	18.0	19.0	11.0	18.0	12.0	14.0	20.0
坡度上之效用	10	3.0	3.0	7.0	4.0	8.0	9.0	10.0	10.0	2.0
不滑溜	5	1.5	2.5	4.0	2.5	4.5	3.5	3.5	5.0	2.0
合於行駛	5	5.0	4.5	3.5	4.0	4.5	3.5	3.5	4.0	4.5
衛生	10	10.0	9.0	7.0	8.0	3.0	8.0	6.0	7.0	9.0
無響聲	3	2.5	2.5	2.0	2.5	2.5	1.5	1.0	1.5	3.0
最少灰塵	3	2.5	2.5	2.0	2.0	1.0	2.0	1.5	2.0	2.0
易於清理	5	5.0	5.0	3.5	4.0	1.0	3.5	1.5	1.5	5.0
受人歡迎	4	3.5	3.5	2.5	3.0	1.5	2.5	2.0	2.5	4.0
耐久	15	7.5	8.5	6.0	3.0	1.5	10.0	15.0	14.0	11.5
易於修養	5	3.5	4.0	3.0	3.0	2.5	4.0	4.5	5.0	5.0
造價廉	10	4.5	4.0	5.0	7.5	10.0	4.0	3.0	3.5	3.0
每年費用不高	5	1.5	2.5	3.0	3.5	1.0	4.5	5.0	5.0	5.0
共 計	100	70.0	70.5	66.5	66.0	52.0	74.0	68.5	75.0	76.0
大約之建築費用 (每方碼美金數)		2.30	2.65	1.85	1.35	1.00	2.65	3.25	3.00	3.45

之方式。

如能對於此種要點詳細注意，對於每一細目有明瞭及準確之說明（絕無空虛想象之事），則施工時必能迅速而有效，且可免除將來之誤會。每一工作，當用各別之辭句述之，若用一句以說明幾項工作，易致混淆也。

凡圖上可以表示之尺寸或重量，不必再參入規範之內。如必須參入，則當用文字表示，不可用數目字表示；數目字當竭力避免，而

以小數爲尤甚，蓋數目字極易爲手民排錯，校對時亦易忽略也。如用數目字，當先用文字表示，再將數目字放入括弧內而緊接其後。

文字內簡略之程度，當與完備之程度相稱。『等等』或『以此類推』等詞句，決不可用；其所包括之事物，當切實說明之。重要工作上，不可用『此項工作當做到工程師認爲滿意爲止』之詞句，因此種語氣，常足表示工程師不知如何做法，將任包工之經驗而爲之，幾乎對工程師表示不信任也。故此句之合法用途，惟有對全部工作，加一總句可也。

材料之不能規定實用尺寸者，即不必規定，否則徒增不必要之討論，及額外之費用而已。

可變換或可替代之材料及工作方法，均不可用詞句規定，因此種說法將惹起日後之爭論也。但某種材料，亦不可規定必須由某某廠家製造，因此事對於工程師甚爲不便，且容易發生一種感想，以爲如此選擇，工程師或有特種利益焉。

關於施工之實際方法，亦不須規定包工定當依特種方法以完成此工作，因除有特殊情形外，祇須材料及工事可以滿意，即當允許包工者，運用其自己之智能，以達此目的。

材料之標準及適當之試驗，當加以規定，但若認真過度，反足以債事。

如實行某種不合理之規定，且確爲不可能時，則更改之後，當力求合理，須知要求愈嚴格，則實行愈困難也。

186. 合同 起艸良好而明瞭之合同，殊非易事。自始至終當運用『常識』；且當爲工程及法理之聯合產生物，不可使一方偏廢

也。

合同內之規定條款，當構成文件內法理之一部份，且當與工作之技術說明，顯然有別。其要點如次：(1)開工時期；(2)完工時期；(3)付款之方法及時期；(4)工作完成之價格；(5)量法；(6)不完工之賠償；(7)施工時人及財產之保護；(8)特種工作所需之特種規定。須知合同及規範，經有關各方簽字後，即成為合法文件，將來如有爭執即當呈送法庭，故必當用簡單之文句，繕寫清楚，詞句當有邏輯次序，說明當切實而完備，絕無不必要之詞藻也。

高深成語，及重複聲明，皆當避免，以防錯訛。因規範之優劣決不依文學標準判斷之，故同樣之字可一再應用，以表著者之意見，不必更動字面，反為不清楚也。

合同及規範如極冗長，則條句及頁數當作一完全目錄，查看時可得不少便利，如用交織參考之目錄，則更為便利。

道路學中英文譯名對照表

說 明

本書爲讀者醒目便利起見，凡專門名詞人名及地名等之原文，一律不在譯文中夾注。所有各該項原文，另列中英文對照表二種檢查之。兩表均以中文爲主，俾讀者可由書中譯名求得其原名。

(甲) 專門名詞對照檢查表 凡譯文中所引用之專門名詞，爲普通字書及辭書所不備，或意義稍有出入者歸入之。其意義明顯之普通名詞從略。

本書中有屬於道路用材料之若干名稱，並不能照原意求得其相當譯文者，如阿彌薩 Amiesite，羅克麥克 Roemac，泰維埃 Tarvia 等等，均採用音譯法，其定義須讀譯文始可明瞭。尙有如泰爾福德 Telford 及馬卡達姆 Macadam 等名稱，雖原係人名，但今已借用爲道路上之專門名詞，故在兩表中並存之。

(乙) 人名及地名對照檢查表 凡在譯文中，見字下有細橫綫之名稱，均係人名或地名，概從音譯。人名及地名之音譯，大部分依照商務印書館二十四年五月出版之標準漢譯外國人名地名表，以資一律。其他該書所未載之人名及地名，則酌照國音譯之。

兩表中均依照中文譯名排列次序，而以英文原名殿之。故檢查時須先計筆劃數。計筆劃數之法，以普通寫體爲標準，與刻體略有不同。如比字片字均作爲四畫而非五畫，又在專門名詞表中，同筆畫之字數甚多，復採通用之起筆分部法，排列次序，卽「橫」，「直」，「撇」，「點」是也。此起筆亦以寫體作準，如半，戶，言等，均以「點」爲起筆，而非以刻體之「撇」及「橫」爲起筆。兩筆連寫作一筆時，以起筆在先者爲主，例如尹，發等字之起筆均爲「橫」。但在地名及人名表中，因同筆畫之字數無多，故不另分部。

(甲) 專門名詞對照檢查表

二 畫

一 部

二硫化碳 Carbon bisulphide

T梁 T-beam

丿 部

人行道 Side walk

人行道 Footpath

人造粗瀝青 Artificial bitumen

三 畫

一 部

土壤 Soil

土基 Embankment

土工 Earth work

土瀝青 Native bitumen

大道 Boulevard

工人洞 Manhole

下降坡度 Descending grade

下層土 Subsoil

丨 部

上升坡度 Ascending grade

小溝 Furrow

小溝 Gully

四 畫

一 部

木液 Sap

木菌 Fungi

木纖維 Lignin

不透水 Impervious

不透水土壤 Non porous soil

比重秤 Specific gravity balance

比例尺 Scale

比重 Specific gravity

比較安全度 Comparative safety

元素 Element

支承能力 Bearing power

反曲綫 Reverse curve

丨 部

水泥漿 Cement grouting

水泥 Cement

水頭 Head

水氣 Water-gas

水準儀 Level

水準標點 Bench mark

內纖維 Interfibrous

內側溝 Inner gutter

中心溝 Center drain

片岩 Shale

片麻岩 Gneiss

片瀝青 Sheet asphalt

丿 部

手車 Wheel barrow

手帚 Hand broom

手水準儀 Hand level

毛細管作用 Capillary action

升起築路機 Elevating grader

勻度 Homogeneity

、 部

火成炭氫化合物 Pyrogenous
hydrocarbon

火熱粗瀝青 Pyrobitumen

斗 Bucket

方塊法 Block method

五 畫

— 部

石鑛 Quarry

石英 Quartz

石蠟 Paraffin

石榆 Rock elm

石墨 Graphite

石塊 Stone block

石灰石 Limestone

石油精 Naphtha

平土機 Grader

平壇 Terrace

平版 Slab

平鐵 Smoothing iron

平層 Flush coat

平交道 Grade crossing

平路器 Road leveler

平均海平面 Mean sea level

功率 Power

夯 Rammer

夯鐵 Tempering iron

瓦筒 Tile

可要性 Desirability

| 部

四氯化碳 Carbon tetrachloride

、 部

包工 Contractor

外側溝 Outer gutter

公路 Highway

、 部

玄武岩 Trap

六 畫

— 部

有用性 Serviceability

有機物 Organic matter

地下水 Ground water

地形 Topography

灰砂漿 Mortar

| 部

曲頸 Trap

曲頸甌 Retort

同高綫 Contour

同高綫間距 Contour interval

收濕器 Desiccator

、 部

合同 Contract

行車 Traffic

行車調查 Traffic Census

多孔度 Porosity

成分 Ingredient

、 部

羊足滾筒 Sheep's foot roller

七 畫

— 部

車輪道 Trackway
 車轍 Rut
 車道 Carriage way
 車軛 Brake
 克 Gram
 克蘭反司志 Kleinpfaster
 克魯索特油 Creosote
 拋石 Riprap
 折舊 Depreciation
 赤鐵鑛 Hematite

} 部

吸收能力 Absorptive capacity
 別秋瀝 Bitulithic
 步行者 Pedstrains

) 部

延展性 Ductility
 角鐵 Angle iron

、 部

初步測量 Preliminary survey
 初期澇固 Initial set
 沉砂池 Silt basin
 汽油引擎 Gasoline engine

八 畫

— 部

坡度犁 Grading plow
 坡度率 Rate of grade
 坡度阻力 Grade resistance
 坡度 Gradient
 矽酸石灰 Silicate of lime

矽性土壤 Siliceous soil

矽土 Silica

兩頭斧 Axe mattock

兩輪車 Cart

拖箕 Drag Scraper

拖器 Drags

阿摩尼亞 Ammonia

阿彌薩 Amiesite

軋石機 Stone crusher

坩堝 Crucible

刺槐 Locust

雨量 Rainfall

帚 Broom

| 部

長石 Feldspar

花崗石 Granite

岩瀝青 Rockasphalt

固定炭素 Fixed carbon

明溝 Gutter

) 部

垂直圈 Vertical circle

垂直曲綫 Vertical curve

乳狀液 Emulsion

乳狀液化法 Emulsification

版岩 Slate

卵石 Pebble

、 部

泥灰岩 Marl

油蒸法 Creosote method

油氣 Oil gas

油黑油 Oil tar

注入法 Penetration method

底脚 Footing
 定綫 Alignment
 盲溝 Blind drain

九 畫

一 部

勃克箕 Buck scraper
 砂 Sand
 砂石 Sandstone
 軌距 Gage
 軌車 Track
 飛勃汀 Filbertine
 城市街道 City street
 胡桃木 Hickory
 括土箕 Scraper
 厘米 Centimeter
 耐久性 Durability
 拱台 Abutment
 拱形涵洞 Arch culvert
 契約 Contract
 封面 Seal coat
 頁岩 Shale
 拱 Arch

┌ 部

炭化 Carbureting
 炭爐黑油 Cokè oven tar
 炭水氣 Carbureted water gas
 苛性石灰 Caustic lime
 苯 Benzol

└ 部

重複轉折 Zigzag

段隅 Block Corner
 紅膠樹 Red gum

、 部

美洲落葉松 Tamarack
 活塞 Plunger
 施高里 Scoria
 郊外 Suburban

十 畫

一 部

泰而福德 Telford
 泰馬克 Tarmac
 泰維埃 Tarvia
 耙 Rake
 耙路機 Scarifier
 降雨率 Rate of rainfall
 降度 Fall
 破裂係數 Modulus of rupture
 格羅屈林 Glutrin
 郡界 Township line
 砧 Anvil

┌ 部

馬爾石 Malthers
 馬卡達姆 Macadam
 骨材 Aggregate
 草土 Turf
 柴排 Fascine

└ 部

胸牆 Parapet
 氯化鈣 Calcium chloride
 條 Bar

矩形 Rectangle

部

高度 Elevation

高度 Altitude

差動齒輪 Differential gear

流量 Discharge

效率 Efficiency

烘熱器 Heater

十一畫

部

軟管 Hose

乾砌塊石 Dry rubble masonry

基準面 Datum plane

基層 Foundation

規範 Specification

屠蘭克司 Durax

排水溝 Drain

排水道 Drainage course

區界 County line

挖掘 Cutting

頂空 Head room

陶瓷 Earthenware

陶管 Earthenware pipe

開挖 Excavation

推帚 Push broom

桿 Bar

桿箕 Pole Scraper

華倫那 Warrenite

蛋白質 Albumen

部

荷重 Load

國家路面 National pavement

部

健全 Sound

健全度 Soundness

側坡 Side slope

側溝 Gutter

側牆 Side wall

細度 Fineness

細則 Specification

透入度 Penetration

透水性 Permeability

脫水法 Dehydration

終了凝固 Final set

動力 Power

動力計 dynograph

部

牽引計 Tractograph

牽引阻力 Resistance to traction

牽引機 Traction Engine

牽引動力 Traction power

粘性土壤 Argillaceous soil

粘結料 Binder

粘結層 Binder

粘結能力 Capacity of binding

粘合力 Cohesion

粘附力 Adhesion

粗瀝青馬卡達姆 Bituminous
macadam

粗瀝青 Bitumionus

粗煤油 Crude petroleum

混合機 Mixing Machine

混合法 Mixing method
 混凝土 Concrete
 密度 Density
 視距絲 Stadia wire
 望遠鏡 Telescope
 涵洞 Culvert
 毫米 Millimeter

十二畫

一 部

堤埝 Revetement
 超寬度 Additional width
 超高度 Super elevation
 硬泥法 Stiff mud Process
 硬度 Hardness
 軸 Journal
 軸承 Bearing
 裂開 Rift
 雲母 Mica
 插座 Socket
 硫磺 Sulphur
 隅 Corner
 惠司屈麥 Westrumite
 堞牆 Parapet

一 部

黑油 Tar
 黑油紙 Tar paper
 黑砂石 Chert
 黑膠樹 Black gum
 單寧酸 Tannin
 堅膈 Hardpan

揉粘土 Puddled clay

一 部

短牆 Bulkhead
 短舌松 Lob-lolly pine
 集水池 Catch basin
 焦炭 Coke
 傍渠 Side ditch
 傍溝 Side drain
 脹縮縫 Expansion joint
 鈣性土壤 Calcareous soil
 無液氣壓計 Aneroid Barometer
 剩油 Residuum oil
 給水栓 Hydrant
 鄉道 Country Road
 犁 Plow

一 部

渣 Slag
 測設 Location

十三畫

一 部

碎石 Broken stone
 填築 Embankment
 填塞料 Filler
 堰 Weir
 載版 Floor
 載重 Load
 韌度 Toughness
 塊磚 Block brick
 碰擊 Impact
 碰撞 Collision

} 部

路沿 Curb
 路沿石 Curbstone
 路基面 Sub-grade
 路面器 Surface grader
 路綫 Route
 路冠 Crown
 路滾 Road roller
 路床 Roadbed
 路基 Roadbed
 路基面 Formation level
 路機 Road machine
 路面 Road surface
 路犁 Road plow
 路磨 Road hone
 路耙 Barrow
 跨度 Span
 圓石 Cobble
 圓塊石 Boulder
 喉管溝 Throat drain
 葛哈麥 Grahamite

) 部

傾卸車 Dump wagon
 傾卸軌車 Dump car
 傾倒法 Pouring method
 經緯儀 Transit
 稠度 Consistency
 傑索那 Gilsonite
 解開 Cleavage

、 部

道路 Highway
 烟道 Flues

烟囪 Chimney
 煤油 Petroleum
 煤黑油 Coal tar
 煉泥 Vitrified clay

十四畫

一 部

碳氫化合物 Hydrocarbon
 構架 Truss
 樓面 Floor
 墊層 Cushion
 截面 Section
 截頂圓錐 Truncated cone

} 部

蒸汽滾路機 Steam roller
 蒸溜法 Distillation
 蓄集池 Catch pool

) 部

網眼 Mesh
 網形鋼 Expanded metal
 管式涵洞 Pipe culvert
 管嘴 Nozzle
 領牆 Head wall

、 部

熔劑 Flux
 熔解物 Fluxes
 漆層 Paint coat
 滾動阻力 Resistance to rolling
 滾動摩擦力 Rolling friction
 複曲綫 Compound curve
 腐殖土 Vegetable mold

誤差 Error

適用性 Adaptability

十五畫

一 部

輪道 Wheelway

輪緣 Tire

輪轂 Hub

輪軸 Axle

輪箕 Wheeled scraper

輪轉計 Odometer

輪軸摩擦力 Axle friction

調和峯點 Accomodation summit

調和高度 Accomdation grade

模版 Templet

磅 Pound

丨 部

蔭道樹 Shade trees

丿 部

德士古 Texaco

鋤 Hoe

膠灰 Cement

膠黏性 Cementing quality

駕駛盤 Pilot wheel

箱式涵洞 Box culvert

、 部

養護 Maintenance

摩擦力 Friction

潮解鹽 Deliquescent salt

十六畫

一 部

橋梁 Bridge

橋墩 Pier

橋台 Abutment

橫溝 Cross drain

橫面綫 Transverse Contour

橫坡 Transverse grade

橫水準綫 Cross levels

橫截面 Cross section

磚 Brick

擁壁 Retaining wall

靜止角 Angle of repose

機帚 Machine sweeper

丨 部

踏勘 Reconnaissance

螺旋鑽 Auger

丿 部

篩 Screen

錳 Manganese

築路機 Mechanical grader

鋼筋混凝土 Reinforced Concrete

、 部

磨耗面 Wearing surface

磨損機 Rattler

磨機 Pug mill

磨剝 Abrasion

燒泥 Burnt clay

十七畫

一 部

磺酸化 Sulphonating
 礁石 Ledgerrock
 壓力 Pressure
 壓力法 Pressure process
 翼牆 Wing wall
 醚 Ether

) 部

鍛鍊 Annealing
 鍛鐵 Wrought iron
 鍛鋼 Wrought steel
 縱截面 Profile
 縱坡度 Longitudinal slope
 黏泥 Slime
 黏滯性 Viscosity.
 縮小率 Shrinkage
 縮尺 Scale
 鎂 Magnesium
 線 Wire
 線切磚 Wire cut lug brick

、 部

磷 Phosphorus
 糙度 Roughness

十八畫

) 部

鎖栓 Lock pin
 斷牆 Cut-off wall
 鎮市犁 Township plow

、 部

雜質土壤 Allied soil

十九畫

一 部

攔水壩 Water breaks

| 部

羅克麥克 Rocmac

羅盤儀 Compass

) 部

邊耳 Trunnion

邊溝 Marginal drain

鏟 Shovel

鏟 Trowel

鯨骨形 Herringbone fashion

、 部

瀝青 Asphalt

爛泥 Morasses

二十畫

一 部

壤土 Loam

礬土 Alumina

礫 Gravel

二十一畫

) 部

鶴嘴鋤 Pick

鶴嘴斧 Mattock

鎌 Hook

籐帚 Rattan

、 部

灌漿法 Grouting method

二十二畫

丿 部

鑄鐵 Cast iron

鑄鋼 Cast steel

鑄型 Die

、 部

灑水車 Sprinkling Wagon

樹頭鐵桿 Crow bar

二十三畫

丿 部

纖維素 Cellulose

二十四畫

一 部

鹼 Soda

鹼 Alkalies

(乙) 人名及地名對照檢查表

四畫

巴利塞茲 Palisades

比利時 Belgium

五畫

布魯塞爾 Brussels

布盧克林 Brooklyn

加利福尼亞 California

古巴 Cuba

六畫

西印度 West Indies

西班牙 Spain

托馬斯 Thomas

多利 Dory

丟盧斯 Duluth

七畫

那威 Norway

芝加哥 Chicago

佛特 Foote

八畫

拉薩 La Salle

屈石葛 Tresaguet

肯塔基 Kentucky

明內索塔 Minnesota

委內瑞拉 Venezuela

法國 France

波特蘭 Portland

九 畫

勃克 Buck
 勃羅姆 Blome
 柏謨得斯 Bermudz
 南美洲 South America
 哈得松 Hudson
 哈薩 Hassam
 約翰 John
 美國 United States

十 畫

泰而福德 Telford
 挨治渥斯 Edgeworth
 班里 Berea
 馬卡達姆 Macadam
 特凡爾 Deval
 特林尼達 Trinidad

十一 畫

麥非 Murphy
 麥地那 Medina

麥克尼爾 MacNeil
 密士失必 Mississippi

十二 畫

喬愛 Joy

十三 畫

奧地利 Austria
 愛爾蘭 Ireland
 道 Dow
 意大利 Italy

十五 畫

德國 Germany

十九 畫

羅牌 Lueba

二十 畫

蘇格蘭 Scotland

單位換算表(I)

英 制

1. 長 度	1 呎 (foot) = 12 吋 (inch) 1 碼 (yard) = 3 呎 (foot) 1 哩 (mile) = 5,280 呎 (foot) 1 海里 (nautical mile) = 6,080.20 呎 (foot)
2. 面 積	1 英畝 (acre) = 43,560 平方呎 (square foot) 1 平方哩 (square mile) = 640 英畝 (acre)
3 體積及容量	1 美加侖 (U. S. gallon) = 4 夸脫 (quart) = 8 品脫 (pint) 1 美加侖 (U. S. gallon) = 231 立方吋 (cubic inch) 1 英加侖 (Imperial gallon) = 1.2003 美加侖 (U. S. gallon)
4. 重 量	1 磅 (pound) = 16 盎司 (ounce) = 7,000 格蘭 (grain) 1 短噸 (short ton) = 2,000 磅 (pound) 1 長噸 (long ton) = 2,240 磅 (pound)

米 制

1. 長 度	1 米 (meter 即公尺) = 100 厘米 (centimeter) = 1,000 毫米 (millimeter) 1 千米 (kilometer 即公里) = 1,000 米 (meter)
2. 面 積	1 亞爾 (are 即公畝) = 100 平方米 (square meter) 1 平方千米 (square kilometer) = 10,000 亞爾 (are)
3. 體積及容量	1 立 (liter 即公升) = 1,000 立方厘米 (cubic centimeter) 1 立方米 (cubic meter) = 1,000 立 (liter)
4. 重 量	1 仟克 (kilogram 即公斤) = 1,000 克 (gram) 1 米制噸 (metric ton 即公噸) = 1,000 仟克 (kilogram)

中國市制

1. 長 度	1 市尺 = $\frac{1}{3}$ 米 (meter) 1 市里 = 1,500 市尺
2. 面 積	1 市畝 = 6,000 平方市尺
3. 容 量	1 市升 = 1 立 (liter) 1 市石 = 10 市斗 = 100 市升
4. 重 量	1 市斤 = $\frac{1}{2}$ 仟克 (kilogram) 1 市担 = 100 市斤

單位換算表(II)

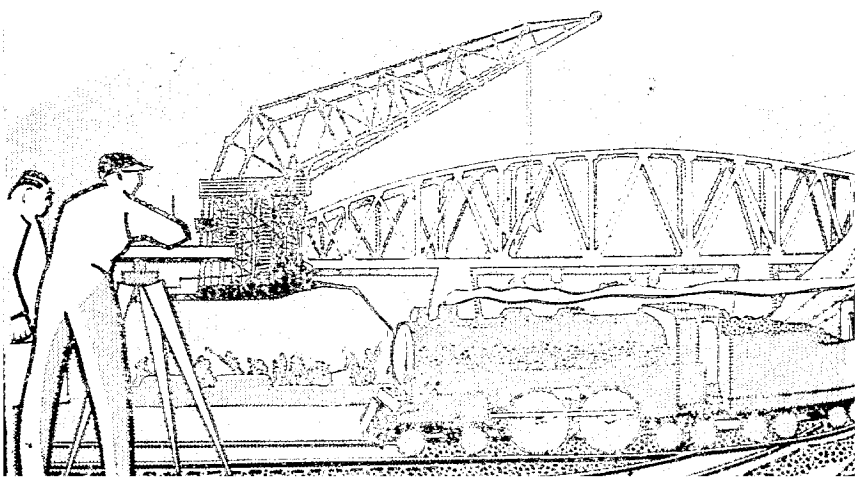
英制與米制之互化

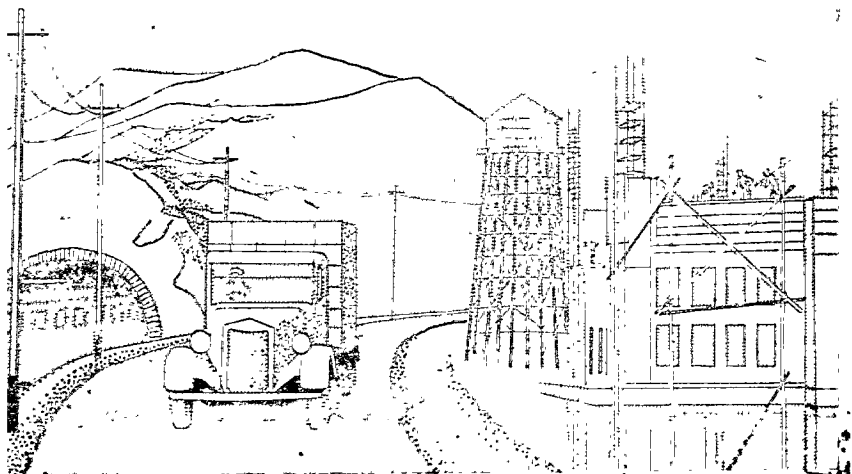
類 別	由英制化米制	由米制化英制
1. 長 度	1 吋 = 2.5400 厘米 1 呎 = 0.3048 米 1 哩 = 1.6094 仟米	1 厘米 = 0.3937 吋 1 米 = 3.2808 呎 1 仟米 = 0.6214 哩
2. 面 積	1 平方吋 = 6.4516 平方厘米 1 平方呎 = 0.0929 平方米 1 英畝 = 40.4690 亞爾 1 平方哩 = 2.5898 平方仟米	1 平方厘米 = 0.1550 平方吋 1 平方米 = 10.7639 平方呎 1 亞爾 = 0.0247 英畝 1 平方仟米 = 0.3861 平方哩
3. 體積及容量	1 立方吋 = 16.3871 立方厘米 1 立方呎 = 0.0283 立方米 1 美加侖 = 3.7854 立 1 英加侖 = 4.5437 立	1 立方厘米 = 0.0610 立方吋 1 立方米 = 35.3145 立方呎 1 立 = 0.2642 美加侖 1 立 = 0.2201 英加侖
4. 重 量	1 格蘭 = 0.0648 克 1 磅 = 0.4536 仟克 1 長噸 = 1.0161 米制噸 1 短噸 = 0.9072 米制噸	1 克 = 15.4322 格蘭 1 仟克 = 2.2046 磅 1 米制噸 = 0.9842 長噸 1 米制噸 = 1.1023 短噸
5. 其 他	1 磅/平方吋 = 0.0703 仟克/ 平方厘米 1 呎-磅 = 0.1383 千克-米	1 仟克/平方厘米 = 14.2244 磅/平方吋 1 仟克-米 = 7.2331 呎-磅

附各項常數表

- $\pi = 3.141,592,654$ $g = 32.2$ 呎/秒/秒 = 9.81 米/秒/秒
 1 馬力 (Horse Power) = 550 呎-磅/秒 = 0.7457 仟瓦 (Kilowatt)
 1 仟瓦 (Kilowatt) = 1.3405 馬力 (Horse Power)
 1 大氣壓力 (Atmospheric pressure) = 14.697 磅/平方吋
 = 1.033 仟克/平方厘米 = 29.921 吋水銀柱 = 760 毫米水銀柱
 1 弧度 (Radian) = 57.29578 度 (degree) = $57^{\circ}17'44''.81$
 1 度 (degree) = 0.01745 弧度 (Radian)
 $e = 2.718,281,8$ $M = \log_{10}e = 0.434,294,5$

附註：中國市制與米制之換算，可按 1 米 = 3 市尺，1 仟克 = 2 市斤及 1 立 = 1 市升之關係直接求之。若欲將中國市制與英制換算，當先化成米制，再間接求之。





中國科學社工程叢書
實用土木工程學
第四冊

學 路 道

民國二十九年三月初版
每冊實價國幣貳元柒角

版權所有 翻印必究

原著者 Austin T. Byrne
譯述者 沈 寶 璋
主編者 汪 胡 楨 顧 世 楫
發行者 楊 孝 述

上海亞爾培路中國科學社

發行所
印刷所

中國科學圖書儀器公司

上海福煦路649號

