

方法，一為穿過幹軌之頭部，一為抬高車輪越過幹軌，而前者最為通行。圖 113 表示轍叉之外形。

轍叉之號數，係自軌尖至任一點之距離，除以該點之轍叉寬度

而得，在本圖中即等於  $ch \div ab$ 。因  $c$  點為理論之交點，在實物上不易覓定，故宜在另一方向量取  $ed$ ，將  $ed$  與  $ab$  相加而除  $sh$ 。量算轍叉之號數，可用道釘或鉛筆一支為長度單位。將此種物品橫置於轍叉之上，若  $ab$  適等於長度單位，乃由  $h$  點量至  $c$  點，計其長度為若干單位。此若干單位數即為號數。軌條之中斷，為此種轍叉之缺點，以致急行車輛經過時發生震動。如

將轉轍器照

圖 114 作成

硬固式，則

此部分軌道

較為固定，

但車輪仍須滾過所留之間隙。設計之原旨，在使車輪無論在於何點，均無突然墜落之虞。故於軌條間增加硬鋼一段以抵托輪緣。該處壓力頗鉅，若鋼面不被蝕損，則此項目的可期達到。

如圖 115 所示為彈軌轍叉，其設計原旨在欲避免軌條間所留間隙。輪緣行至轉轍時，能將強力彈簧所拉緊之一部分幹軌壓向分道。通常

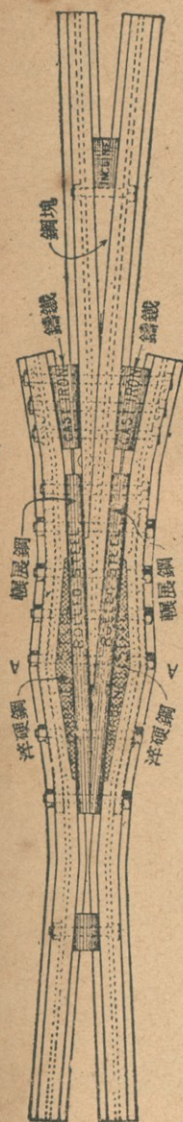
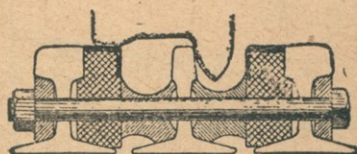


圖 114A



截面A-A

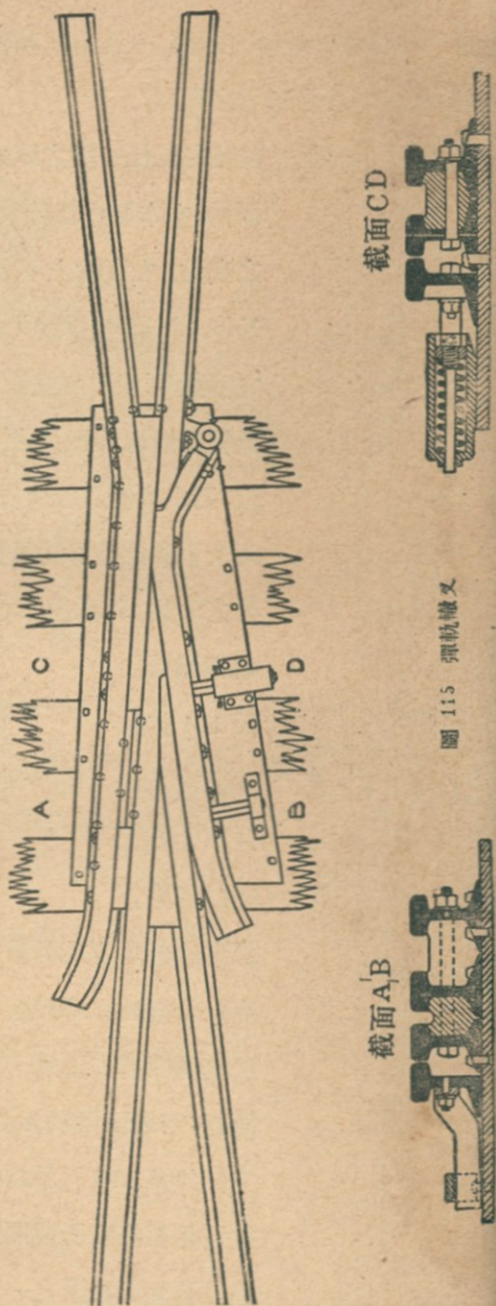
圖 114B

車輛向轉轍進行時必稍緩慢，俾軌條得以壓緊而免脫軌之險。因軌道係藉彈簧之力以保持其位置，故其安全較諸固定轍叉為遜。抬高車輪越過幹軌之法，顯示於圖116，此項方法甚多，此不過其中之一例。此法之惟一優點為使幹軌完全不斷。

圖 117 為避免幹軌及轉轍器軌條中斷之一法。轉轍器軌條在轉轍點之高度與幹軌相等，自此以上乃逐漸隆起，抬高輪緣至可以超過幹軌為止。此種轉轍器之行車速度須極低緩。

### 120. 計算方法

在本文所用諸說明



截面 C D

圖 115 彈簧轍叉

截面 A B

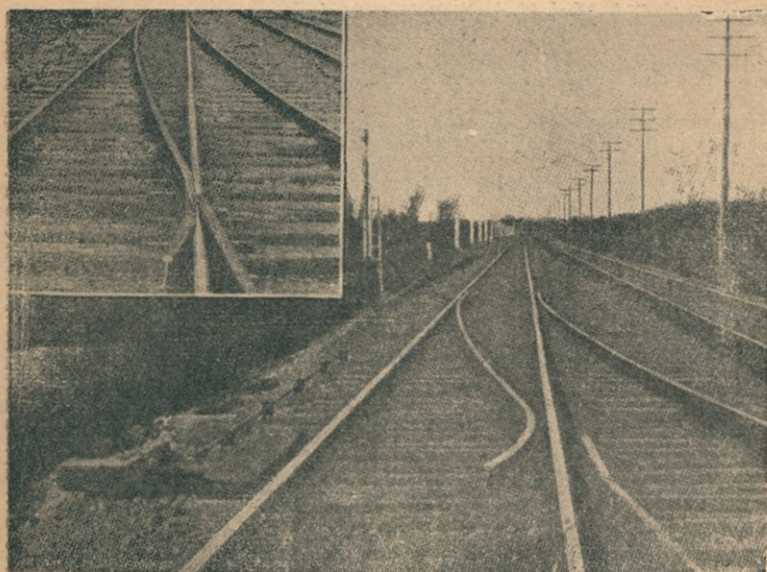


圖 116

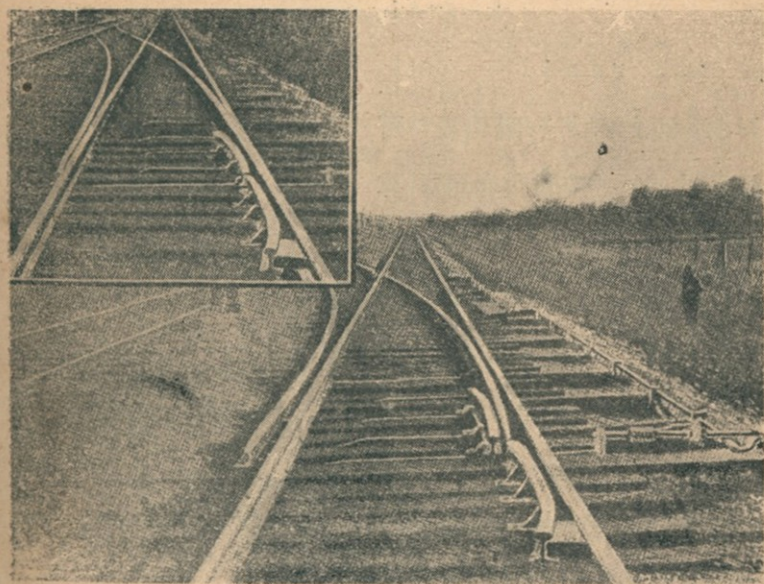


圖 117

圖內，凡表示軌道之線，均指軌條頭部之內側而言。各種老算式，以其甚為簡單，故今猶沿用。其中所用分軌，均假設為簡單曲線，起自轉轍點終於轍叉，而與幹軌相切於轉轍點。為其應用甚廣，故詳述於次。命  $R$  為曲線幹軌之半徑， $r$  為分軌之半徑，

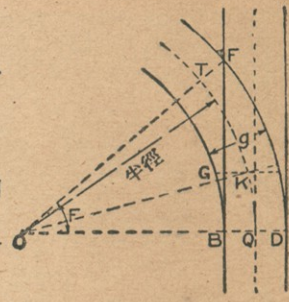


圖 118

$F$  為轍叉角度， $g$  為軌距， $L$  為導距，即自轉轍點  $B$  至轍叉  $F$  之距離。

在圖 118 中，角  $FOD = F$ ，  $BD = \frac{\text{vers } F}{OF}$ ；

由此得  $r + \frac{1}{2}g = \frac{g}{\text{vers } F}$  ..... (58)

又因  $BF \div BD = \cot \frac{1}{2}F$ ，  $BD = g$ ，  $BF = L$ ， 故得

$L = g \cot \frac{1}{2}F$  ..... (59)

又  $L = (r + \frac{1}{2}g) \sin F$  ..... (60)

及  $QT = 2r \sin \frac{1}{2}F$  ..... (61)

以上各式，均與  $F$  有關。由表 7，可見  $F$  之值均為畸零角度，而計算三角函數頗為複雜。圖 119 指明

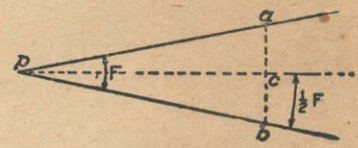


圖 119

轍叉號數  $n = pc \div ab$  又等於  $\frac{1}{2} \cot \frac{1}{2}F$ ，

由此可得以下極簡單之算式：

因  $L = g \cot \frac{1}{2}F$ ，  $n = \frac{1}{2} \cot \frac{1}{2}F$ ，

故得  $L = 2gn$  ..... (62)

但自圖 120，若繪軌條中線  $QZ$ ，

與  $DF$  交於  $Z$  點，又因  $DQ = \frac{1}{2}DB$ ，

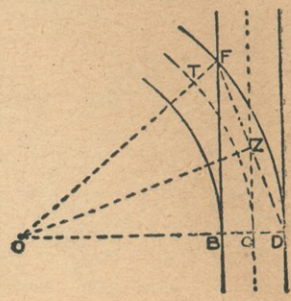


圖 120



$$QZ = \frac{1}{2}BF = \frac{1}{2}L, \quad OQ = r, \quad \text{角}ZOQ = \frac{1}{2}F,$$

故 
$$r \div \frac{1}{2}L = \cot \frac{1}{2}F,$$

由此得 
$$r = nL \dots\dots\dots(63)$$

將 63 式與 62 式合併,得

$$r = 2gn^2 \dots\dots\dots(64)$$

以上諸式,均係曩昔通行平端轉轍器時所演出,事實上難於應用。現時通行尖端轉轍器,分軌與幹軌所成角度起自  $0^\circ 52'$  至

$2^\circ 36'$ , 轍叉軌條亦改為直線。

由於此項變化,導距為之減短 15 至 25%。在圖 121,

$DM$  表示直線尖軌, $HF$  表示直線轍叉軌條,兩者用相切之

$MH$  圓弧相聯。圓弧之中心角為  $F - \alpha$ ,  $\alpha$  為尖軌角度即

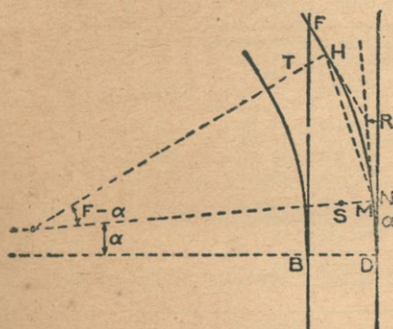


圖 121

$MDN$ 。 $MH$  弦與幹軌所成之角,為  $\frac{1}{2}(F - \alpha) + \alpha = \frac{1}{2}(F + \alpha)$

命  $FH = f$ , 與  $MN = k$ , 則  $HM \sin \frac{1}{2}(F + \alpha) = g - f \sin F - k$ ,

但  $HM = (r + \frac{1}{2}g) 2 \sin \frac{1}{2}(F - \alpha)$ , 將此值代入前式;解出  $(r + \frac{1}{2}g)$ ,

則得

$$r + \frac{1}{2}g = \frac{g - f \sin F - k}{2 \sin \frac{1}{2}(F + \alpha) \sin \frac{1}{2}(F - \alpha)} = \frac{g - f \sin F - k}{\cos \alpha - \cos F} \dots\dots\dots(65)$$

$$ST = 2r \sin \frac{1}{2}(F - \alpha) \dots\dots\dots(66)$$

導距  $BF = L = HM \cos \frac{1}{2}(F + \alpha) + f \cos F + DN$

$$= (g - f \sin F - k) \cos \frac{1}{2}(F + \alpha) + f \cos F + DN \dots\dots\dots(67)$$

若  $r + \frac{1}{2}g$  之值,已由式 65 算出,則計算  $L$  之值可用次法:

$$L = 2(r + \frac{1}{2}g) \sin \frac{1}{2}(F - \alpha) \cos \frac{1}{2}(F + \alpha) + f \cos F + DN$$

$$= (r + \frac{1}{2}g)(\sin F - \sin \alpha) + f \cos F + DN \dots\dots\dots(68)$$

例如由表 7, 求九號轍叉之  $L$  得 72.61, 若導軌為圓弧, 則此值應為 84.75 呎。表 7 即根據以上諸式算出以便檢查。

表 7 A. 轉轍及轍叉尺度表

轍叉 號數 (n)	轍叉角度 (F)	真數 sin F	真數 cos F	對數 sin F	對數 cos F	對數 cot F	對數 vers F	轍叉 號數 (n)
5	11° 25' 16"	.19802	.98020	9.298706	9.991814	10.694608	8.296703	5
6	9 31 38	.16552	.98621	.218840	.993968	.775128	.139656	6
7	8 10 16	.14213	.98985	.152685	.995569	.842883	8.008551	7
8	7 09 10	.12452	.99222	.095223	.996607	.901384	7.891110	8
9	6 21 35	.11077	.99385	9.044423	.997319	.952896	.789155	9
10	5 43 29	.09375	.99501	3.998909	.997829	10.898920	.697872	10
11	5 12 18	.09072	.99588	.957701	.998205	11.040505	.615267	11
12	4 46 19	.08319	.99853	.820071	.998492	.078421	.539864	12
14	4 05 27	.07134	.99745	.853320	.998892	.145572	.406164	14
15	3 49 06	.06659	.99778	.823430	.999035	.175605	.346312	15
16	3 34 47	.06244	.99805	.795444	.999152	.203708	.290282	16
18	3 10 56	.05551	.99846	.744385	.999330	.254945	.188074	18
20	2 51' 51"	.04997	.99875	8.698695	0.999457	11.300762	7.098631	20

表 7 B. 理論導距 (軌距 4'8 1/2")

轍叉 號數 (n)	轍叉 鈍度	轍叉		轉轍軌條		轉轍器之尺度		
		前 端 至 理 論 又 尖 端 之 距 離 (W)	後 端 至 理 論 又 尖 端 之 距 離 (K)	齒 峰 (S)	角 度 (α)	半 徑 (r)	引 導 曲 線 之 度 數 (D)	轉 轍 軌 條 之 實 在 尖 點 至 轍 叉 實 在 尖 點 (L')
		ft.	ft. in.					
5	0.21	3 4	5 8	11 0	2 36 19	185.59	31 15 28	43.15
6	0.25	3 6	6 6	11 0	2 36 19	280.48	20 32 14	48.86
7	0.29	4 5	7 7	16 6	1 44 11	364.88	15 47 19	62.23
8	0.33	4 9	8 3	16 6	1 44 11	488.71	11 44 40	67.80
9	0.37	6 0	10 0	16 6	1 44 11	616.27	9 18 27	72.61
10	0.42	6 0	10 6	16 6	1 44 11	790.25	7 15 18	77.93
11	0.46	6 0	11 0	22 0	1 18 08	940.21	6 05 48	92.52
12	0.50	6 5	12 1	22 0	1 18 08	1136.34	5 02 38	97.75
14	0.58	7 3	14 8	22 0	1 18 08	1600.73	3 34 48	107.74
15	0.62	7 8	14 10	30 0	0 57 18	1764.69	3 14 50	126.49
16	0.67	8 0	16 0	30 0	0 57 18	2032.74	2 49 08	131.82
18	0.75	8 10	17 8	80 0	0 57 18	2632.76	2 10 35	141.93
20	0.83	9 8	19 4	80 0	0 57 18	3324.16	1 43 08	151.60

表 7 C. 實用導距 (軌距 4'8½")

轍叉號數 (n)	中線半徑 (r)	引導曲線之度數 (D)	接連轉轍軌條之切綫長 (T <sub>s</sub> )	接連轍叉前端之切綫長 (T <sub>f</sub> )	轉轍軌條之實至轍叉之實尖點 (L')	直線軌條之閉塞	曲線軌條之閉塞
	ft.	° ' "	ft.	ft.	ft.		
5	175 40	33 07 28	0 00	0 97	42 54	1-28 0	1-28.31
6	254 00	22 42 20	0 00	2 00	47 50	1-32 75	1-33
7	361 69	15 53 30	0 00	0 22	62 03	1-26 1-14 87	1-28 1-15.12
8	487 37	11 46 36	0 32	0 00	68 00	1-30 1-16 42	1-30 1-16.58
9	605 18	9 28 42	0 00	0 57	72 23	1-33 1-16 41	1-33 1-16.59
10	779 82	7 21 08	1 56	0 00	78 75	1-28 1-27 83	2-28
11	922 65	6 12 47	2 99	0 00	94 31	1-33 1-32 85	2-33
12	1098 73	5 12 59	5 33	0 00	100 80	2-24 1-23 88	3-24
14	1512 14	3 47 28	0 00	2 84	106 27	2-30 1-16 44	2-30 1-16.56
15	1748 29	3 16 40	0 00	0 51	126 19	2-30 1-27 90	2-30 1-28
16	2019 18	2 50 16	0 00	0 40	131 56	2-30 1-32 90	2-30 1-33
18	2380 47	2 24 26	0 00	6 38	138 50	2-33 1-32 92	3-33
20	3322 13	1 43 29	0 00	0 27	151 46	2-38 1-30 1-14 96	2-33 1-30 1-15.02

121. 曲線幹軌道外側之分道叉 如擬計算由曲線幹軌之分道叉尺度,而以採用直線尖軌及直線轍叉軌條為根據,則不僅解釋甚為繁複,且製造上亦難實行。是以下列解釋,先以顯示曲線幹軌轉轍器尺度所受之影響(分道軌道全係曲線),次乃推定尖端轉轍器之尺度。如圖 122,三角形 FCD 中,

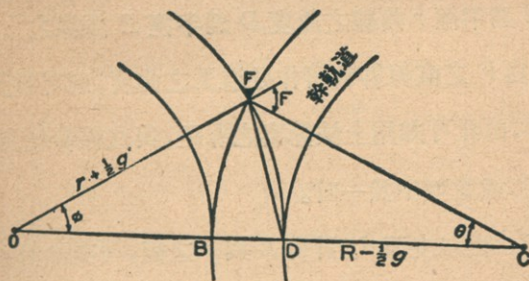


圖 122

$$(FC + CD) : (FC - CD) :: \tan \frac{1}{2} (FDC + DFC) : \tan \frac{1}{2} (FDC - DFC);$$

但  $\frac{1}{2}(FDC + DFC) = 90^\circ - \frac{1}{2}\theta$ , 與  $\frac{1}{2}(FDC - DFC) = \frac{1}{2}F$ ;

又  $FC + CD = 2R$ ,  $FC - CD = g$ ;

$$\therefore 2R:g :: \cot\frac{1}{2}\theta : \tan\frac{1}{2}F :: \cot\frac{1}{2}F : \tan\frac{1}{2}\theta$$

$$\therefore \tan\frac{1}{2}\theta = \frac{gn}{R} \dots\dots\dots (69)$$

又  $OF:FC :: \sin\theta : \sin\phi$ ; 但  $\phi = (F - \theta)$

$$\text{故 } r + \frac{1}{2}g = (R + \frac{1}{2}g) \frac{\sin\theta}{\sin(F - \theta)} \dots\dots\dots (70)$$

$$\text{導距 } BF = L = 2(R + \frac{1}{2}g) \sin\frac{1}{2}\theta \dots\dots\dots (71)$$

由以上三式,可知幹軌曲率增加及  $R$  減少,則  $\tan\theta$  與  $\theta$  均隨以增加。 $F - \theta$  減少而  $r$  增加。若  $\theta = F$ , 則  $F - \theta = 0$ ,  $r$  變成無窮大,換言之即分軌變為直線。若  $\theta$  較  $F$  為鉅,則  $\sin(F - \theta)$  為負值,  $r$  亦為負值。此即分軌之中心與正軌之中心在同一方向,而其佈置將與圖 123 相同,僅  $O$  與  $C$ , 及  $\phi$  與  $\theta$  應互調,而圖中所註幹軌字樣應改作分軌。式 73 與 75 與前相同,而式 74 應改為

$$(r - \frac{1}{2}g) = (R + \frac{1}{2}g) \frac{\sin\theta}{\sin(\theta - F)} \dots\dots\dots (72)$$

若命  $d$  為半徑  $r$  曲線之曲度,  $D$  為半徑  $R$  曲線之曲度,  $d'$  為轍叉角度,同為  $F$  之直線幹軌所作分道叉之曲度,則可證知  $d = d' - D$  (近似數)。由此可知用上法算出之導距,與直線幹軌所算得者相去不過數吋,或竟至不及一吋。

[例題] 由以上諸式,計算  $L$  與  $r$  之值, (次計算  $d$  值) 先命幹軌為  $4^\circ$  曲線,繼命為  $10^\circ$  曲線。轍叉分別為 6, 9, 12 號, 故共為六種情形;再用簡略算式算出結果而比較之。

在以上各種情形之下,可以顯示其差數甚為微小,若計算時所



用之曲線甚為尖銳，而轍叉角度甚巨，(此非良好之辦法)則差數將甚巨。但因此種分道叉如經建造，行車必須極緩，故其誤差實際無甚重要。是以吾人應用此項簡略算法，於曲線軌道之分道叉，實為得當。採用與直線軌道同一之導距；分道軌條在幹軌道外側之曲度，將等於幹軌道曲度與表列分道軌條曲度之差；對於曲線幹軌道內側之分道叉，亦可同法顯示。分道軌條之適宜曲度，等於幹軌道之曲度與表列分道軌道(直線幹軌)曲度之和。

再者，因吾人可以顯示，採用直線尖軌條，與直線轍叉軌條後，其所生之影響，係將導距縮短，並將半徑按同一比例減小，故吾人可以假定採用前述簡略算法，並無大誤。對於導距及曲度，不用表列完全圓分道軌之數值，而用直線分道軌條與直線轍叉軌條之改正值。

122. 曲線幹軌內側之分道叉 援用完全類似上節之方法，可演得次式

$$\tan \frac{1}{2}\theta = \frac{gn}{R} \dots\dots\dots (73)$$

由三角形  $OFC$ ，得

$OF:FC::\sin\theta:\sin(F+\theta)$ ，由此得

$$(r + \frac{1}{2}g) = (R - \frac{1}{2}g) \frac{\sin\theta}{\sin(F+\theta)} \dots\dots\dots (74)$$

導距  $BF = L = 2(R - \frac{1}{2}g)\sin\frac{1}{2}\theta \dots\dots\dots (75)$

以上諸公式之詳細演出方法，應由學者自為之。又可用數字算例證明，如轍叉角度相同，則分道叉曲度( $d$ )與幹軌曲度( $D$ )及直線幹軌分道叉曲度( $d'$ )之和大致相等。其差額較之前例雖似稍大，但幹軌曲度較小時，為值仍微，可以略視。自附圖觀察，可知幹軌曲度甚銳

時，則分道叉之曲度亦極尖銳。此種情形須設法避免。換言之，幹軌曲線尖銳者，不宜於內方設置分道叉也。

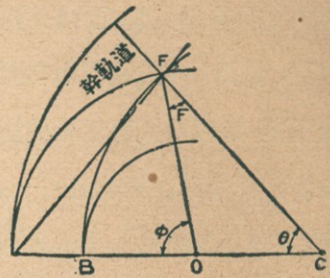


圖 123

123. 例題 1. 在  $4^{\circ}30'$  曲線幹軌之外側，用八號轆叉及尖端轉轆器作分道叉，求導距與分道叉之曲度。

2. 在  $3^{\circ}40'$  曲線正軌之內側，用七號轆叉及尖端轉轆器作分道叉，求導距及分道叉之曲度。

以上各例，可檢查表 7 以定尖軌角度，尖軌長度，直線轆叉軌條之長度。

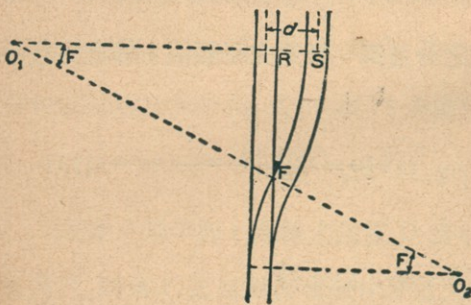


圖 124

124. 平行直軌之連接法 如側道與幹道相平行，如圖124則自轆叉  $F$  點至軌條開始平行處之  $S$  點間一段側道，名為連接曲線。命  $d$  為軌道中

線間距離，角  $FO_1R$  應等於  $F$ 。若命  $r$  為連接曲線之半徑，則

$$(r' - \frac{1}{2}g) = \frac{d - g}{\text{vers } F} \dots\dots\dots (76)$$

$$FR = (r' - \frac{1}{2}g) \sin F \dots\dots\dots (77)$$

距離  $FR$  亦可用圖 129 所示之法縮短之。為求理論上精密計，則必須承認  $F$  點之一段軌條為直線。其影響將使  $r'$  隨以縮短， $FR$

之長度，亦須減去一段等於直線轍叉軌條長度，但在實際鋪軌工作時，此種手續未免過於瑣細，故在此處及以下同樣情形之下，對於轍叉軌條之為直線一問題，均略而不論。又為繪圖上簡單計，分道均繪為曲線。因  $O_2$  點與說明圖無關，故  $F$  點以次之分軌形式毫無關係。以下各圖亦然。

125. 曲線軌道外側之連接曲線 與前例相同，所求之數量

為自  $F$  至  $S$  連接曲線之半徑  $r$ ，如圖 125，此數應自半徑  $r$  與角度  $\phi (=F + \psi)$  定之。由三角形  $CSF$  得

$$CS + CF : CS - CF :: \tan \frac{1}{2}(CFS + CSF) : \tan \frac{1}{2}(CFS - CSF)$$

但  $\frac{1}{2}(CFS + CSF) = 90^\circ - \frac{1}{2}\psi$ ，

又因三角形  $O_1SF$  為二等邊三角形， $\frac{1}{2}(CFS - CSF) = \frac{1}{2}F$ ，

$$\therefore 2R + d : d - g :: \cot \frac{1}{2}\psi : \tan \frac{1}{2}F :: \cot \frac{1}{2}F : \tan \frac{1}{2}\psi$$

由此得

$$\tan \frac{1}{2}\psi = \frac{2n(d-g)}{2R+d} \dots (78)$$

由三角形  $CO_1F$ ，得

$$(r - \frac{1}{2}g) : (R + \frac{1}{2}g) = \sin \psi : \sin(F + \psi)$$

於是得

$$r - \frac{1}{2}g = (R + \frac{1}{2}g) \frac{\sin \psi}{\sin(F + \psi)} \dots (79)$$

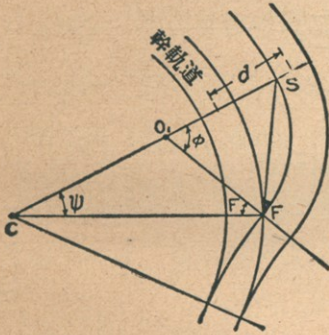


圖 125

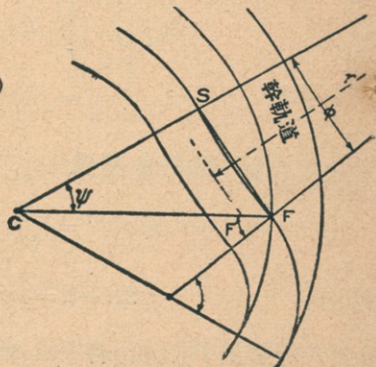


圖 126

又  $FS = 2(r - \frac{1}{2}g) \sin \frac{1}{2}(F + \psi) \dots\dots\dots (80)$

126. 曲線軌道內側之連接曲線 按  $F$  角大於, 等於, 或小於  $\psi$  角而有三種解決方法。在第一情形之下, 吾人可仿前例, 由三角形  $CFS$  導出:

$$(2R - d) : (d - g) :: \cot \frac{1}{2}\psi : \tan \frac{1}{2}F$$

最後可得

$$\tan \frac{1}{2}\psi = \frac{2n(d - g)}{2R - d} \dots\dots\dots (81)$$

又自式 78 與 79, 可得

$$(r - \frac{1}{2}g) = (R - \frac{1}{2}g) \frac{\sin \psi}{\sin(F - \psi)} \dots\dots\dots (82)$$

及  $FS = 2(r - \frac{1}{2}g) \sin \frac{1}{2}(F - \psi) \dots\dots\dots (83)$

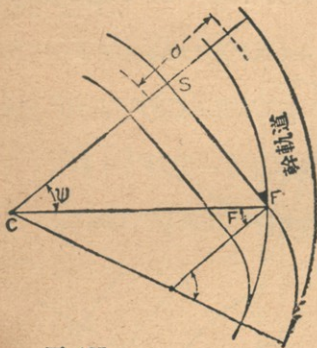


圖 127

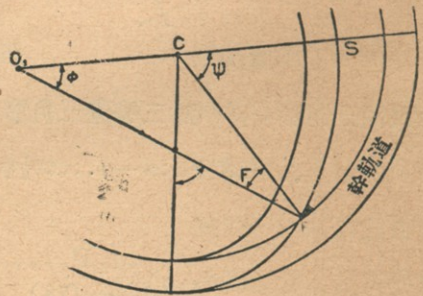


圖 128

若  $\psi = F$ , 則式 80 變成

$$\tan \frac{1}{2}F = \frac{1}{2n} = \frac{2n(d - g)}{2R - d},$$

由此得  $2R - d = 4n^2(d - g) \dots\dots\dots (84)$

由此式可解出  $R$  之值。若在式 81 與 中  $\psi = F$ , 則首則  $r$  為無窮大, 意即軌道為直線, 次則  $FS = \infty \times 0$  為一無定數。但由附圖, 吾

人可知

$$FS = (R - \frac{1}{2}g) \sin \psi \dots\dots\dots (85)$$

若  $F < \psi$ ，則吾人可仿式 81 解得  $\tan \frac{1}{2}\psi$  之值，惟附圖則完全不同。同前可得

$$r + \frac{1}{2}g = (R - \frac{1}{2}g) \frac{\sin \psi}{\sin(\psi - F)} \dots\dots\dots (86)$$

又  $FS = 2(r + \frac{1}{2}g) \sin \frac{1}{2}(\psi - F) \dots\dots\dots (87)$

127. 平行直線雙軌道之互交道叉 本節所附之說明圖雖與前節相同，為簡單起見，將分軌繪為簡單曲線，但圖中祇繪轍叉角與轍叉以外軌道之形式。若將兩轍叉間軌道作為直線如圖中實線所示者自屬較善，惟耗費幹軌過多，故以採用反曲線為宜。直線互交道叉軌道之長度為  $F_1T$ ，

$$F_1T \sin F_1 + g \cos F_1 = d - g,$$

$$F_1T = \frac{d - g}{\sin F_1} - g \cot F_1 \dots\dots\dots (88)$$

軌道之總長度為

$$DV = D_1F_1 + YF_2 + F_2D_2 = D_1F_1 + XY - YF_2 + F_2D_2$$

但  $XY = (d - g) \cot F_1$ ，與  $XF_2 = g \div \sin F_2$

$$\therefore DV = D_1F_1 + (d - g) \cot F_1 - \frac{g}{\sin F_2} + D_2F_2 \dots\dots\dots (89)$$

若用相等兩轍叉及反曲線，則其構造將如圖中虛線所示，得

$$\text{verse} = \frac{d}{2r} \dots\dots\dots (90)$$

又  $DQ = 2r \sin \theta \dots\dots\dots (91)$

若為任何理由須採用不相等之兩轍叉，亦屬可行，惟反曲線之轉捩點即在中央，而如圖 130 所示者，

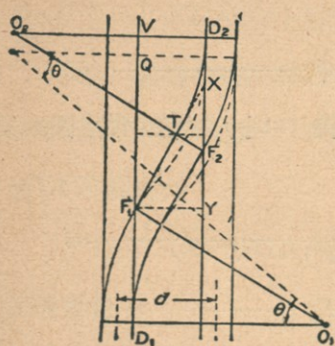


圖 129

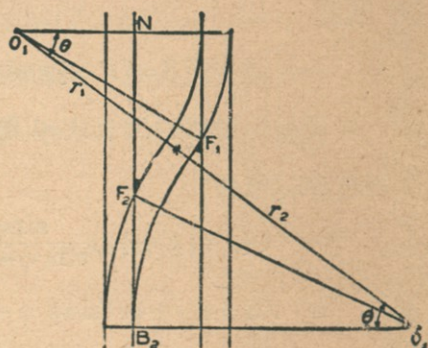


圖 130

則

$$r_2 \text{ vers } \theta + r_1 \text{ vers } \theta = d$$

$$\therefore \text{vers } \theta = \frac{d}{r_1 + r_2} \dots \dots \dots (92)$$

軌道之全長，須視每一轉轍器導距之長度而定。若為圓曲線，則

$$B_2N = (r_1 + r_2) \sin \theta \dots \dots \dots (93)$$

但尖端轉轍器導距之真長，須較此減少  $L - (r + \frac{1}{2}g) \sin F$ ，故此項

改正數應算出，而每一轉轍器均須減去之。

128. 平行兩曲線軌道之互交道叉

在前節中，轍叉之號數並無任何限制，但在本節之情形下，轍叉號數須受限制。若所用連接軌道為直線形，則如 121 節之例，隨  $F_2$  角度而分為三種情形，其中兩種情形繪示於圖 131 與

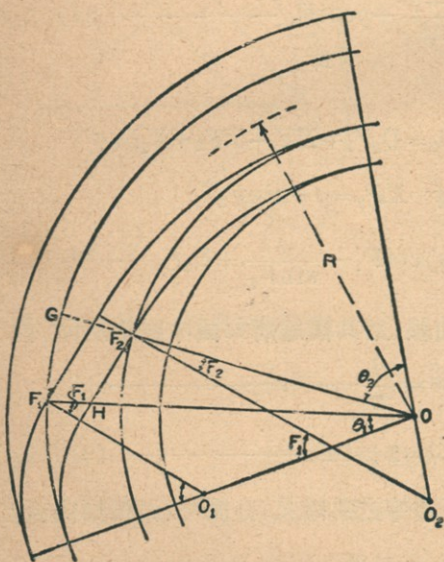


圖 131

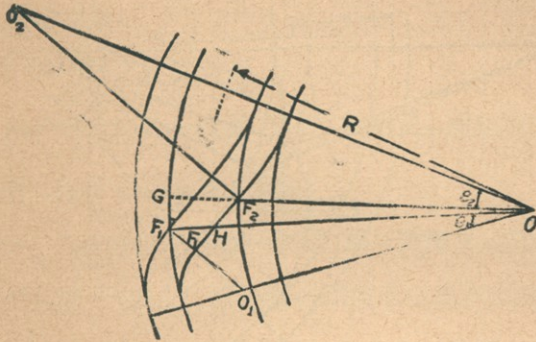


圖 132

132。次之說明，可適用於以上兩圖。若其中一轍叉( $F_1$ )業經選定，則第二轍叉為  $F_1$  之函數，即隨以決定。雖  $F_1$  為一整齊號數，但由此算得之  $F_2$  未必為一整齊號數，而須特別製造。且  $F_1$  之號數若小於一定之限度，(視  $d$  而定)則常致無法用直線軌道相連接，又在某種限度時，又無法採用反曲線之連接軌道。(後當詳述)由圖 131 與 132，若命  $F_1$  為已知數，則  $F_1H = g \sec F_1$ ，在三角形  $HOF_2$  中，得

$$\sin HF_2O : \sin F_2HO :: HO : F_2O$$

但  $\sin F_2HO = \cos F_1$ ;  $HF_2O = 90^\circ + F_2$ ;  $\sin HF_2O = \cos F_2$ ;

$$HO = R + \frac{1}{2}d - \frac{1}{2}g - g \sec F_1; \quad F_2O = R - \frac{1}{2}d + \frac{1}{2}g$$

$$\therefore \cos F_2 = \cos F_1 \frac{R + \frac{1}{2}d - \frac{1}{2}g - g \sec F_1}{R - \frac{1}{2}d + \frac{1}{2}g} \quad (94)$$

若已知  $F_2$ ，則可由式 69 求出  $\theta_2$ ，欲定  $F_1$  與  $F_2$  之相對位置，則

$$HOF_2 = 180^\circ - (90^\circ - F_1) - (90^\circ + F_2) = F_1 - F_2;$$

故  $GF_1 = 2(R + \frac{1}{2}d - \frac{1}{2}g) \sin \frac{1}{2}(F_1 - F_2) \quad (95)$

若如圖 133，將連接曲線作成反曲線，則  $F_1$  與  $F_2$  二轍叉可任意選取，(在比較狹小之範圍內)如是可免採用特製之轍叉矣。以  $F_1$

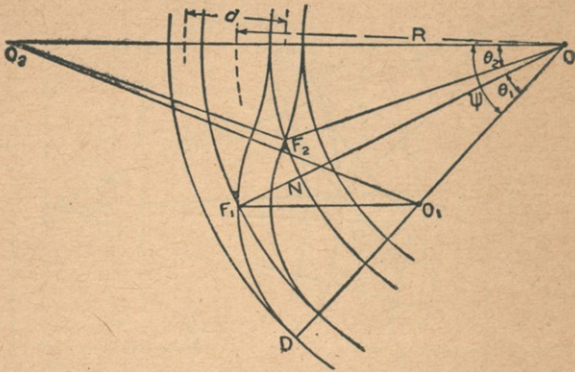


圖 133

與  $F_2$  爲已知數，相等或不等均可。由三角公式，知

$$\text{vers}\psi = \frac{2(S - OO_2)(S - OO_1)}{(OO_2)(OO_1)}$$

其中

$$S = \frac{1}{2}(OO_1 + OO_2 + O_1O_2)$$

但

$$OO_1 = R + \frac{1}{2}d - r_1$$

$$OO_2 = R - \frac{1}{2}d + r_2$$

$$O_1O_2 = r_1 + r_2$$

$$\therefore S = \frac{1}{2}(2R + 2r_2) = R + r_2$$

$$S - OO_2 = R + r_2 - R + \frac{1}{2}d - r_2 = \frac{1}{2}d;$$

$$S - OO_1 = R + r_2 - R - \frac{1}{2}d + r_1 = r_1 + r_2 - \frac{1}{2}d;$$

$$\therefore \text{vers}\psi = \frac{d(r_1 + r_2 - \frac{1}{2}d)}{(R - \frac{1}{2}d + r_2)(R + \frac{1}{2}d - r_1)} \dots\dots(96)$$

因  $\sin OO_2O_1 = \sin \psi \frac{OO_1}{O_1O_2} = \sin \psi \frac{R + \frac{1}{2}d - r_1}{r_1 + r_2} \dots\dots(97)$

$$O_2O_1D = \psi + O_1O_2O \dots\dots(98)$$

$$NF_2 = 2(R - \frac{1}{2}d + \frac{1}{2}g) \sin \frac{1}{2}(\psi - \theta_1 - \theta_2) \dots\dots(99)$$

上法之主要利益，不僅可令人採用標準轍叉，且可使兩最遠轉



轍點間之幹軌縮短。

### 129. 轉轍器之計算問題

1. 在直線幹軌之旁作一側道，用 8.5 號轍叉。兩軌道中線間距為 13 呎。求連接曲線之半徑與其長度？
2. 在  $4^{\circ}30'$  曲線幹軌之外作一側道，用 9 號轍叉。問連接曲線之半徑與長度為若干？以上二題幹軌與側道之中線距均為 13 呎。
3. 用同一之轍叉求於前題曲線幹軌之內作一側道。問連接曲線之半徑與長度為若干？在角度  $\psi$  算出以前，無法確定其屬於三種情形中之何種。但分解公式 80 後，此點即可決定，蓋由此可知  $\psi$  角略比  $F$  角為大。因其差數甚微，故求得之  $r$  值甚巨。 $\frac{1}{2}(\psi - F)$  之值甚小，故須用三角函數表以求出其正弦函數。
4. 若在距離 13 呎兩直線軌道間作一互交道叉，用 8 號轍叉，問採用反曲線較直線時可以省用幹軌若干？因本題祇求差數，故無須算出分軌之實在長度，而假定其在前後兩情形下均屬一律。
5. 求在兩個  $4^{\circ}30'$  曲線幹軌道間，中距 13 呎，作一互交道叉，外軌道之轍叉採用 9 號(圖 132 之  $F_1$ )； $F_2$  為 7 號；連接曲線為一逆曲線。題中所稱  $4^{\circ}30'$  曲線，係指兩軌道中央之曲線。故應將  $4^{\circ}30'$  曲線之半徑加減 6.5 呎，以得兩軌道之曲線半徑。假定採用尖端轍叉，故用 121 節之方法，求出  $r_1$  與  $r_2$ ； $R_1 = 1273.6 + 6.5 = 1280.1$  (即  $D = 4^{\circ}29'$ )  $R_2 = 1273.6 - 6.5 = 1267.1$ ，即  $D_2 = 4^{\circ}31'$ 。用 121 節之規律  $r_1 = (d_1 + D_1)$  度曲線之半徑  $= (7^{\circ}31' + 4^{\circ}29')$  曲線之半徑  $= 478.34$ ； $r_2 = (d_2 - D_2)$  度曲線之半徑  $= (12^{\circ}26' - 4^{\circ}31')$  曲線之半徑  $= 724.31$ 。 $d_1$  與  $d_2$  為表 7 首節所列之曲線度數，以其合於 9 與 7 號之轍叉

也。代入式 69 與 73, 得  $\theta_1$  與  $\theta_2$  之值。由此可得反曲線之轉捩點, 僅在  $F_2$  點以內不及一吋之處, 若此轉捩點, 在任一轍叉點以外, 即表明 9 號與 7 號轍叉無法採用, 而此例實已達到採用 9 號與 7 號轍叉之實際限度矣。

6. 在前題中, 兩轍叉均用 9 號, 而更算之。由此題之結果, 可知兩最外轉轍點間之軌道長度較前題為長, 而反曲線之轉捩點係在中央, 故較為合宜。由此兩題之計算中, 均可見所選轍叉號數均已在限界左近。

130. 鋪設轉轍器之法則 下文所示法則, 即根據前數節所述之方法, 容許曲線幹軌中, 引用直線尖軌與直線轍叉軌條, 若轉轍器之位置業已確定, 則祇可將幹軌軌條就其地點截斷, 但如僅須將幹軌軌條彎曲以成分道叉之外軌, 則在分軌點附近無須截割軌條。但在分軌點附近之幹軌, 不得有軌條結合。轍叉之長度, 約自六呎至九呎, 如將轍叉移前或移後 10 或 12 呎, 即可使轍叉與軌條原有盡端相接, 省免截軌手續矣。

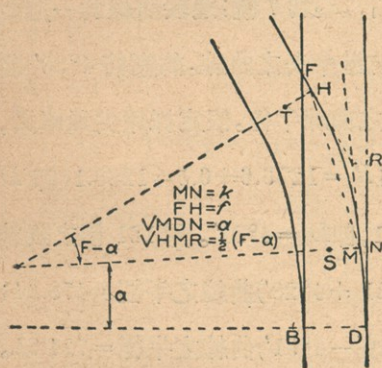


圖 134

設置轉轍地點決定以後, 可於軌條上照圖 134, 註出  $B$ ,  $D$ ,  $F$  諸點。量出分軌長度  $DN$ , 並由  $N$  點量距離  $k$  以定  $M$  點。若轍叉須乘行車閒空之短時期內裝置完畢, 則宜預在轍叉之一端, 接裝適當長度之軌條, 庶於取出軌道上軌條後, 可以立

刻將此補入。轍叉既已安設，則  $H$  點即隨以設定。 $M$  與  $H$  點間之曲線，為已知半徑之圓弧。將弦長及  $R$  代入式 54，則得  $x$  之值，即圖 135 之  $db$  長度，為圓弧之矢長， $a''a$  與  $c''c$  各等於  $db$  之四分之三。就數學理論言，若  $a''a$  與  $c''c$  為  $db$  之四分之三，則曲線為拋物線，但與圓弧之差別甚微，可以不計， $HM$  軌條釘設後，對面之軌條可按軌距釘設之。

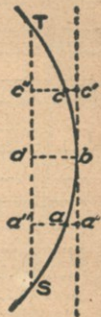


圖 135

〔例題〕 試於曲線幹軌道中設定轉轍器。命幹軌

道為  $4^{\circ}30'$  曲線，今欲於曲線之內設一分道叉，採用 9 號轍叉，軌距為 4 呎  $8\frac{1}{2}$  吋， $f=6.00$  呎； $k=5\frac{3}{4}$  吋； $DM=16.5$  呎； $a=1^{\circ}44'11''$ 。若為直線軌道，則  $r=616.27$  ( $d=9^{\circ}18'27''$ )。今係曲線軌道，故  $d$  當近似於  $(9^{\circ}18' - 4^{\circ}30') = 4^{\circ}48'$ ， $r=1194.0$ 。導距  $L$  在直線軌道當為 72.61，此處應略增 0.1，故命為 72.7 呎，(見 §121)。按此項差別，於實際鋪軌時不易覺察。既將轉轍器與轍叉點照前述方法設定以後，轍叉與分道軌即可裝置。曲線軌道之長度，照表 7 應為 42.92 呎，命為 43.0。  $R=1194.0+2.35=1196.35$ 。用式 55，得  $x=43.0^2 \div (8 \times 1196.35) = 0.193$ ，即為矢長，其餘四分之一點矢長，應為此數之四分之三，即 0.145 呎。

131. 交分道叉 在車場與終點之內，軌道之分歧常極繁複，惟有採用交分道叉，庶可改繁就簡，如圖 136 與 137 所示者是也。圖 136 所示者為單交分道叉，其中間兩個轍叉係固定；圖 137 所示為雙交分道叉，則中間兩個轍叉亦能活動，此其異點也。雙交分道叉可使行於任一軌道之列車，換行於另一軌道之上，故應用尤多。撥動軌

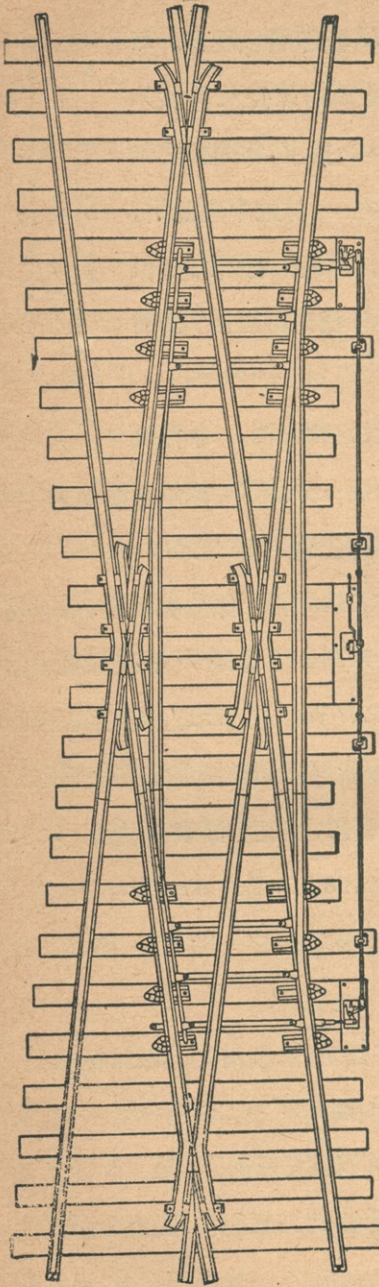


圖 136

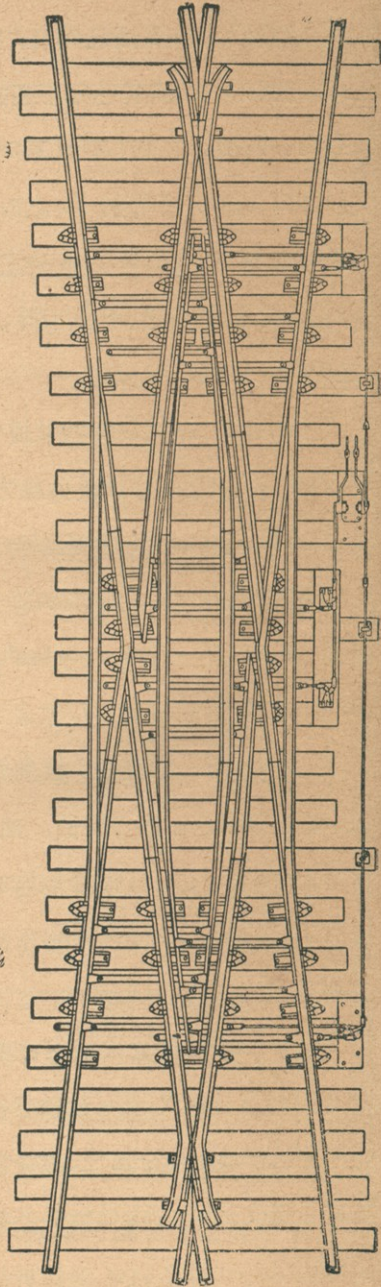


圖 137

條之機械均係互相聯鎖，故一端撥就，他端亦同時隨以撥正。

132. 交道叉 兩鐵路相交，或同一鐵路兩軌道相交，而欲省免轉轍器之裝置，則須採用交道叉。若相交之角度甚小(不甚適宜)，則可用圖 137 之雙交分道叉裝置。但兩路之交角常令迫近九十度，則宜如圖 138，採用螺栓或帽釘所接合之轍叉。此等轍叉常須按交角之大小特別製造。因列車經此，常用極高之速度，故製造須極堅強。相交之兩軌道，若均為直線軌道，則全部轍叉有同一之角度，換言之，一對之角度與他對之角度，互成補角是也。若其中一軌道或兩軌道均為曲線，則四個轍叉均各不同，而計算之方法較繁。其機械的構造略如圖 138。

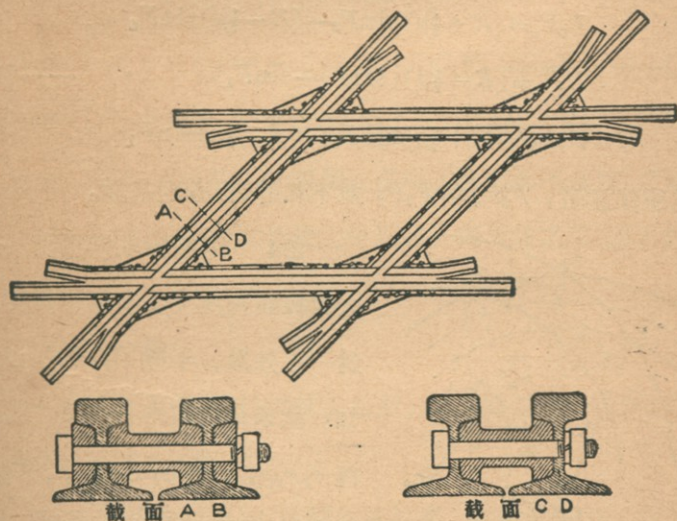


圖 138 交道叉

133. 直線軌道與曲線軌道相交 如圖 139,  $R$  及  $M$  角均為已知數。

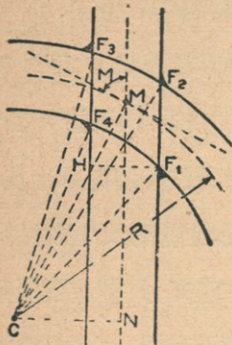


圖 139

$$M = NCM, \quad NC = R \cos M$$

故  $(R - \frac{1}{2}g) \cos F_1 = NC + \frac{1}{2}g$

$$\therefore \cos F_1 = \frac{R \cos M + \frac{1}{2}g}{R - \frac{1}{2}g}$$

同理可證

$$\cos F_2 = \frac{R \cos M + \frac{1}{2}g}{R + \frac{1}{2}g}$$

$$\cos F_3 = \frac{R \cos M - \frac{1}{2}g}{R + \frac{1}{2}g}$$

$$\cos F_4 = \frac{R \cos M - \frac{1}{2}g}{R - \frac{1}{2}g}$$

(100)

為計算各轍叉之相互位置，得

$$F_3 F_4 = (R + \frac{1}{2}g) \sin F_3 - (R - \frac{1}{2}g) \sin F_4$$

$$HF_4 = (R - \frac{1}{2}g) (\sin F_4 - \sin F_1)$$

$$F_1 F_2 = (R + \frac{1}{2}g) \sin F_2 - (R - \frac{1}{2}g) \sin F_1$$

(101)

此處須注意者， $F_3 F_4$  與  $F_1 F_2$  並不相等，但差別甚微。

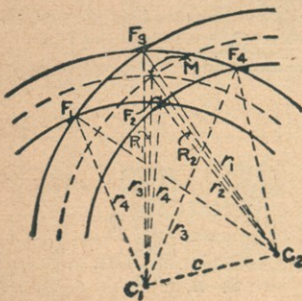


圖 140

### 134. 兩曲線軌道相交 交點

之切線間角度（或半徑間角度） $M$  為一已知數，半徑  $R_1$  與  $R_2$  亦為已知。欲求每軌道內外各軌之曲線半徑  $r_1, r_2, r_3, r_4$ ，可由  $R_1$  或  $R_2$  加減  $\frac{1}{2}g$  得之，如圖 140，由三角形  $F_1 C_1 C_2$ ，命

$$S_1 = \frac{1}{2}(c + r_1 + r_4) \text{ 得}$$

$$\text{vers } F_1 = \frac{2(s_1 - r_1)(s_1 - r_4)}{r_1 r_4} \quad (102)$$

同理於三角形  $F_2C_1C_2$  命  $s_2 = \frac{1}{2}(c + r_2 + r_4)$

於三角形  $F_3C_1C_2$  命  $s_3 = \frac{1}{2}(c + r_1 + r_3)$

於三角形  $F_4C_1C_2$ , 命  $s_4 = \frac{1}{2}(c + r_2 + r_3)$

則得

$$\text{vers } F_2 = \frac{2(s_2 - r_2)(s_2 - r_4)}{r_2 r_4} \quad \text{-----(102)}$$

$$\text{vers } F_3 = \frac{2(s_3 - r_1)(s_3 - r_3)}{r_4 r_3}$$

$$\text{vers } F_4 = \frac{2(s_4 - r_2)(s_4 - r_3)}{r_2 r_3}$$

欲定轍叉間軌道之長度, 則得

$$\sin C_1C_2F_4 = \sin F_4 \frac{r_3}{c}$$

$$\sin C_1C_2F_2 = \sin F_2 \frac{r_4}{c}$$

$$\therefore F_2C_2F_4 = C_1C_2F_4 - C_1C_2F_2 \quad \text{-----(103)}$$

已知  $F_2C_2F_4$  之角度, 則可定弦  $F_2F_4 = 2r_2 \sin \frac{1}{2}(F_2C_2F_4)$ , 同樣可定  $F_1F_2$ ,  $F_1F_3$ ,  $F_3F_4$ 。此四個弦長均甚近似而不相等, 足為計算上核對之助。又四個轍叉角度之平均值, 與  $M$  角之差, 應在數秒以內。

### 135. 例題

1. 有直線軌道與  $4^\circ$  曲線軌道相交, 其交角為  $M = 72^\circ 18'$  求定出轍叉之尺度。(如圖 135)
2. 有  $2^\circ$  曲線軌道與  $4^\circ$  曲線軌道相交, 其交角為  $M = 52^\circ 20'$  求定轍叉角與轍叉間曲線之弦長。

## 第十九章 車場與終站

136. 合宜的規畫之重要性 鐵路之終點車場，率為繁盛之都市，為幹支各路輻輳之處，每次到達之貨物列車，常須調至別路以待轉運或避讓於側道以待卸貨。若貨物為混合性質，則又須按其性質分別拆開，例如煤車則調入煤炭支綫，而雜貨五穀則調入指定之卸貨地點。又每一車務段之分界點每為支路之起點，貨車必須重行調整。如兩段之限界坡度不同，則機車牽引之量各別，調整車輛，尤所必要。

吾人略加思慮，即可恍然於車場內調整車輛工作之繁重。當列車抵站以後，其長路機車即被拆斷而另用調度機車司其分配車輛之工作。車場規模宏大者，常須使用多輛之調度機車。此等機車每日開支甚鉅，若調度得宜，將四輛機車減為三輛，即以每輛每日行車費用為美金 25 元計，每年工作日數為 313 日，則每年可節省 \$7,825。如假定利率為 5%，則此數等於投資 \$156,500，足以建造車場而有餘矣。

此種節省在事實上非不可能，將於後文詳述之，車場中之加水站，灰坑，加煤站，轉車臺，砂房，油房，機車房等均須佈置得宜，庶可免機車無謂之往返奔波。若車場屬於創建，則對於將來之擴展必須預留地步。多數舊式車場，均未能於建設之時遠矚將來，致今日添設工程困難殊多，反不若一舉廓清，重新建設之為愈也。

137. 貨車場 車場之建設殊無完全合於理想之可能。地形



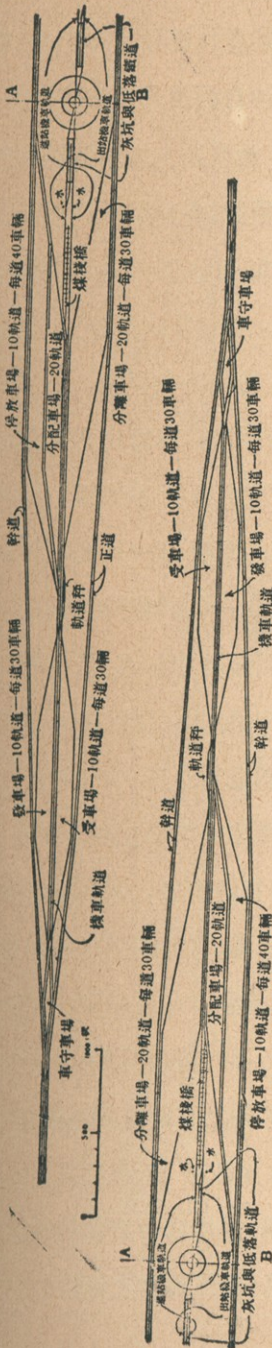


圖 141 貨車場平面圖示範

的限制，常足以影響車場之佈置，故祇可臚舉設計之原則，以供參考。

1. 車場為受車，調整，發車之總樞紐，其一切工作均須出以最敏捷之方法。工作之效率即以其迅速之程度及動力之節省而判別。

2. 貨物列車到達車務段之終點車場後，即被牽入受車軌道，不使停留於幹軌之上，而致阻塞車路。長路機車乃進至機車場，行其除灰加水加煤加砂等工作，以備下次開駛之用。車守車或須牽至近便之車守軌道，如列車為通車性質，則須另掛機車及車守車以備再駛。

3. 車場中有若干軌道可視為車場之骨幹。此等軌道名為『梯級母線』，專為暫時停車之用，如圖 141，每一單線均為一軌道，一切停放軌道均由母線分歧而出。

4. 停放軌道，通常均須兩端通行，或每端均為一條梯級母道。此種佈置頗便調車，蓋停留其上之一部分車輛可拆開調動，不致擾動其餘車輛也。

5. 近年多數車場，均於梯級母道至停放軌道間作 0.5% 之坡度，此可使每噸發生十磅之地心引力，使車輛自行進入停放軌道也。如是佈置，可使調車格外迅速，且可避免停放軌道上之車輛誤入於梯級母道之內。為地位之經濟及佈置之對稱計，各軌道所用轍叉號數及轉轍器須保持一律。通常均用 7 號轍叉，號數較大，行車較便，但所須地位較多，而減少停放軌道之地位。為地位經濟計，6 號或甚至 5 號轍叉間亦採用，但行車較為困難，易肇脫軌之禍。

138. 貨車場與幹軌之聯絡 以原則而言，車場中之幹軌道上，須竭力使其清澈，俾無論何時客車得以自由通行，不致發生撞及貨車之危險，或阻礙貨車場一切業務。如依此原則，則一切處理貨車場工作所須之軌道，均不得與幹軌道相交叉，一切轉轍除自幹軌分至受車軌道外，均須免除。此等轉轍均須用號誌周密保護。最合理的建築，係將一軌道跨越於他軌道之上，使相對之來往列車，永無相交之機會（指雙軌鐵路）。受車軌道須利用為發車軌道，俾出駛之貨車，可等候號誌出發，不受幹軌道上客車或車場中調車工作之牽制。

139. 二級貨車場 大城市之一部分貨運特盛，則須有局部之集貨或分配車場。此種車場名為次級貨車場。車輛經由支路以達次級貨車場，如車場濱臨河埠，則可由浮船載運。此種車場每位於地價極高之區域，故設計時須用極度之技巧，以儘量利用侷促之地面。尖銳之曲線常難盡免，但曲線過銳，則車輛之互鈎運用不靈，故容許之半徑不得小於 175 呎。若干車場曾用短至 50 呎半徑之曲線，但車輛之間，必須有伸展互鈎釘之設備，貨車場中應設置推挽軌道，一端為盡頭，彼此平行，中間留出走路，以便貨物之集散。

圖 141 與 142 為 1902 年三月間向美國鐵路工程養路協會會議中提出之理想設計。此種設計屬於理想的，故未必可供實地之採用，但如加以研究，即可知其合於上述各原則，且足為實際設計上之指導。

140. 貨車場之附屬設備 軌道秤

軌道秤為設在軌道上衡量貨車重量之器具。此等軌道秤，常設置於使用頻繁之軌道內，在秤軌之旁六吋處，設副軌條二條，而於秤之兩端適當距離處，用交分道又相連接。副軌條之一支，承於秤坑之邊牆，另一副軌條，則支持於穿過秤下之柱子上。就經驗所知，全列車即使在行動之中，祇須速率稍緩，於每一車輛行抵秤中心時，均可秤得其重量。

起重機 因須常川轉運重達數噸之大件貨物，故有應用一類卸機之需要。此種卸機自簡單之臨時的三脚起重架起，至行動起重機止，種類不一。行動起重機常移行於與分道平行之一條或數條軌道之上，又可在垂直於分道之軌條上移動。由於其水平方面之雙重移動，及其起落自如，足使其在活動範圍內裝卸一切車輛之貨物。此種起

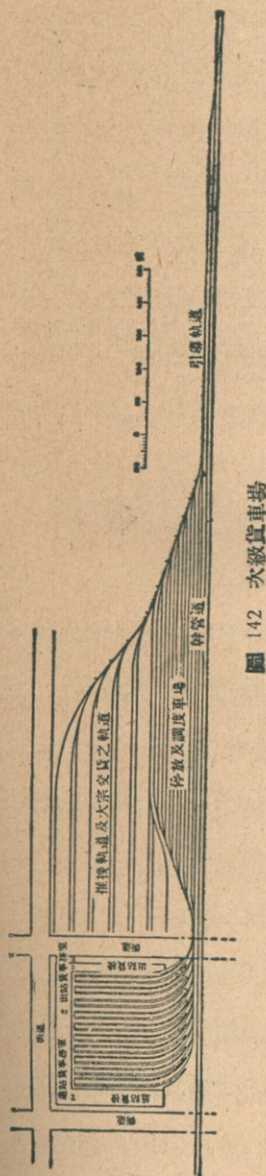


圖 142 次級貨車場



## 第二十章 號誌

本章所述之號誌學，以篇幅所限，不能視爲此學之全貌。所論各點，祇以鐵路工程師必須知悉之基本事實爲限。近年來此學之進步甚速，惟有隨時瀏覽工程書報，方可免於落伍之誚。學者如擬作進一步之研究，則宜參考阿丹斯氏所著『段距制』（234頁）一書，及出版較早之埃利俄脫與得爾二氏所著書。

142. 號誌之制度 當鐵路建築尚在幼稚時代，而運輸業務則已日增月盛，以致雙軌鐵路常有追尾撞撞之危險，乃有兩種號誌制度之建議與嘗試。即（a）時距制及（b）段距制。現行之列車命令制及行車規則，行車時刻表中，雖猶存時距制之若干跡象，但對於鉅量運輸業務之處理時，業已發現該制之缺陷。若多次列車密接行動，則短時間之延誤，每足爲肇禍之原因。此種危機，雖可依賴後旗手之努力工作以期稍減，但因等候旗手之返回列車，致時間之延誤更甚。是以段距制乃演變而成近代號誌制度之骨幹。

由另一論點而言，列車之管理方法，可分爲二類，（a）電報命令制，各站員司由電報中接受關於列車即將蒞臨之命令，再用語言或號誌傳達此種命令與列車員司。（b）一站之號誌由鄰接站用機械管束之。以上兩種制度之差別，即前者可因員司的錯誤發生意外之事故；而後者因有機械之作用，幾無發生錯誤之可能，若有錯誤之發生，亦極易立刻覺察及時糾正之。

第一種制度中包括目下美國境內通行之列車命令制，因號誌

非此制所必須，故說明較略。在此制度之下，列車員司遵照各該段發車員之命令而行動，此項命令則由各站電報員於接獲電報後以書面通知之。列車遵照命令，行抵次站，則須聽次站之指揮。次節所述簡單手動制亦可包括於此制度中。管束號誌之各種制度，以及登峯造極之純粹自動制度，均於後文依次論述之。

143. 簡單手動制 在此制暨一切段距制之下，全路均分成段或區，每區段之長度，則視所採之方法，自然狀況，及運輸業務之繁簡而異。例如賓夕法尼亞鐵路之菲列得爾菲亞與哈里斯堡間每區平均距離僅長二哩強，其中長者約四哩，短者（在近郊運輸最繁處）不及一哩。在運輸業務較簡之路，每區之長可數倍於是。施行絕對段距制者，非俟前列車離開此區，絕不容許任何列車之進入該區。如按照此法，則列車間之距離必遠在一區以上，蓋如圖 144，非俟 A 列車離開 2—1 區，B 列車不得進入此區。A 列車離開 2—1 區之事實，由電報傳達後，(2) 站乃設置平安號誌，許 B 列車駛入。C 列車及其餘後繼各列車，亦必維持同樣距離。設貨車之速率為每小時 15 哩，則長五哩之區須行 20 分鐘，外加各站間傳達號誌及列車進站之時間。雙軌鐵路採用簡單手動制之步驟如次：

列車 A 通過(1) 站，該站員司即用電報通知(2) 站，及(2) 站員司既知(2) 至(1) 間業已平安，始可准許 B 列車駛入該區。若 B 列車延誤若干時間，始到(2) 站，則(2) 站員司應於 B 到達之前再詢(1) 站，以確知該區是否平安，因或被調車等工作以致發生障礙耳。及 B 列車經過(2) 站，則應以電報通知(3) 站，告以(3) — (2) 間業已平安。通報方法普通均用摩司電符，但因語句無多，故有用電鈴之

斷續聲以代之，較摩司電符爲易學也。近年來更有代以電話者。此制之機械構造，當於後文再行詳述。採用此制之鐵路，均特訂號誌管理規則，使其工作益臻機械化，而免誤用號誌，苟有錯誤，亦可確定其責任。

號誌員雖存心懸示停車號誌，甚至彼雖已接受命令爲之，或則甚至業用電報回報發令者，但仍難免其誤懸平安號誌。總之號誌員並不如機械之可控制，迨至禍患發生，彼與司機間輒生是非之爭執。此制之優點爲費用廉省，蓋號誌可用最廉省之式樣，而通報方法可用最廉省之電報線路也。

**權許段距制** 此爲絕對段距制之變通辦法，對於行車較爲利便，惟安全則稍遜。用此制時，一區中雖尚有未開走之列車，亦可容許另一列車駛入。但此駛入之列車，必須在於完全控制之下（某種規則限制其速率在每小時六哩以下），庶隨時可使急速停車。如是可令後隨列車之延誤大爲減少。採用此制自須格外謹慎，以免肇禍，而實行之際，須訂極詳細之規則以資遵守也。



圖 144

重載客車若以 60 m.p.h. 之速度前進時，欲令其在 1500 呎距離之內停車，事實上殊爲不易。雖欲迫使於短距離內停車非絕不可能，但對於車輛暗損甚重，不宜輕試。鐵路上每因曲線及其他障礙物，司機每難於數百呎外看清號誌，致不敢放膽用高速度衝過進站號誌以免措手不及。故須有遠距號誌，置於進站號誌以外 800 至 2,500 呎處，以資預告。兩號誌之間距，除由下文所述機械

的理由，須令愈短愈佳外，當視坡度及可以清晰瞭望之距離為斷。

若遠距號誌表示「平安」，則司機即能明瞭彼已被允許駛進車站，至少可達進站號誌處；若表示「謹慎」，則彼即能明瞭可以駛至進站號誌處，但隨時須準備停車。若列車行抵進站號誌處，號誌業已表示平安，則仍可向前進行，除速率稍緩外實際不致延誤時間。故設立遠距號誌後，至少可使司機安心駛至進站號誌處，且因遠距號誌業已表示平安，則可知進站號誌不久即須表示平安也。在一切控制號誌中，遠距號誌每被聯鎖，故若進站號誌表示「停止」，遠距號誌即無法表示平安。在自動制度中，遠距號誌每即與前一區之進站號誌置在同一桿上。如是遠距號誌表示平安，司機即知前兩區內軌道均已平安，但抵達其次之區站時必須緩行。

144. 控制手動制 在上述之制度中，號誌站間之聯絡，僅賴電報以傳達音信。控制手動制則包括下列要點：每站之號誌均用電磁鎖閉之，此項電磁則由前一號誌站控制其啓閉。例如列車行近(1)站，(1)站應即通知(2)站。若前次列車業已駛過(2)站，而別無障礙之事，則(2)站方可用電開啓(1)站之號誌挺，俾(1)站可將號誌設於平安部位。迨列車業已經過(1)站，(1)站之號誌應即重設於停車部位。如是(1)站非得(2)站之許可，即無法再設號誌於平安部位。(2)站既知列車將到，可向(3)站詢問(2)－(3)間是否平安，果爾，則(3)站可將(2)站號誌挺開啓，以便設置平安號誌。以上為此

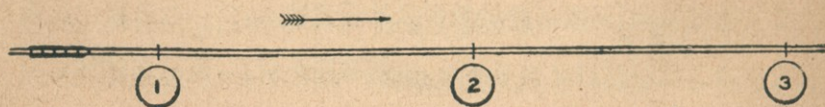


圖 145



制之最簡單及最早期之方法。

此制較簡單手動制進步者，即在各號誌站之互相控制。此站之號誌員，非得前站號誌員證明該區平安後，無法表示平安號誌，故錯誤可期減少。此項電控制，全賴電線線路為之維繫，如能採用自動制之主要構造，則控制程度可以益臻完備。軌道之兩軌條須互相嚴密絕緣，又於靠近每一號誌站處，其盡頭軌條之接縫處須用絕緣

結合連接之，詳見 107 節。

如圖 146，在  $B$  點之軌道蓄電池，發出電流，經由軌條，加強  $A$  點替續器之電力，行動  $A$  點之號誌機械。設有車輪一對出現於  $A$  與  $B$  間，或甚至出現於分道叉之衝突點以內，則電流即走捷路，無法再使替續器發生作用。應用此法極易使列車經過  $A$  點後， $A$  點之號誌自動落至停車部位，並自行鎖閉，非俟列車經過  $B$  點絕緣結合後，無法開啓。迨列車經過  $B$  點後，替續器之電流增強，足以開啓聯鎖，如得  $B$  站之允許，可以表示平安號誌。

此項方法必須同時應用電線線路與軌道線路，若區段甚長，則欲使軌道線路之電流不致走漏，並保持充分電力，甚為不易。故採用此制者，尚須設法省免長距離之軌道線路，僅存一小部分之軌道線路於每一

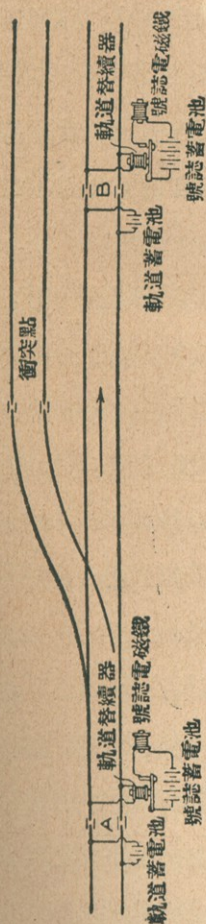


圖 146

號誌站之附近，以便運轉及控制其號誌。職是之故，構造益形繁複。

若有車輛位於側道上，而因風力吹向轉轍點，或因別項錯誤舉動，而致車輛自走，惟當其達到衝突點時，A 點之號誌即自動落入停車部位，在軌道平安以前，均牢鎖不動，若軌道突被毀斷，亦必發生同樣影響將號誌鎖閉，俾人及時覺察而加以調查。

145. 自動制 自動制之若干要點，上文業已述及，其特異點則述於次。在控制手動制中電流所作之機械的工作，祇限於開啓某種機械或開啓號誌，而令其隨重力自墮至停車部位。運轉號誌之累重工作，（此種號誌通常為伸臂式）均由號誌員完成之。但自動制之號誌，則常由強有力之機械運轉之。實際上可云，自動制者，其號誌之形式與構造均可無須巨大之力以資運轉也。

最早期之自動號誌，為張設於垂直軸桿而用時鐘機械轉動之圓楯式，顯示紅色之楯面時為停車號誌，及紅色楯面旋轉至側首，而顯示形狀不同之白色楯面則為平安號誌。軸桿之頂置一玻璃燈，兩對面嵌有紅色玻璃，另兩對面嵌有白色或綠色玻璃。號誌之桿柱中空，內藏重錘，可以升降，隨時用人力提升以供時鐘機械所須之動力。每次號誌自停車位置轉至平安位置，或由平安位置轉至停車位置，其軸桿旋轉四分之一轉。此法有一缺點，蓋軌道上雖有一手車或軌距尺，足使號誌轉至停車位置，取去後，則又回復平安位置，機械工作過勤，以致必須常川旋緊時鐘發條，偶一不慎，即失其效用。

為預防危險計，須令時鐘發條走盡時，電路即行開啓，庶號誌表示停車而免列車誤會。時鐘機械仍甚通行於裝置已久之號誌制中，但裝置較晚者，則多用封盤號誌。（詳述於後節）此種號誌必須

裝設於每區段進口以外 200 呎處。如是可使司機進入區段後，親見號誌旋轉至危險位置，獲有充分之保障。若斯時號誌並不轉動，則係表示機械發生故障，而必須加以慎防。

軌道線路制之另一利點，即在各區段有一轉轍器開放時，因該器備有斷流器，故電流立即停止，而號誌自動顯出危險。總之軌道上任何障礙均可使號誌如是表示。但因此亦有一弊，即線路靈敏過甚，任何偶然的停電（不必盡屬於軌道的故障），即足使行車爲之延誤。至於純因機械損壞，以致應示危險而反示平安，則其例殊少，以錯誤與號誌動作之次數相比，可謂絕無僅有也。

146. 機械構造之細目 列車命令制，並不需要任何號誌，但多數並未採用段距制之鐵路，其列車命令室恆亦顯示一種號誌，此種號誌或祇爲繫於桿上之旗幟一面。較進步者，則將旗幟懸於水平支撐上，旗之下緣繫以重量，旗之上角則繫以繩索，可由室內將其掛出與收進。若干西部鐵路（指美國），有更進一步採用一種自製之號誌，其用法相同，但以薄板或頁鐵所製之楯以代旗幟。此種號誌與圖 147 所示之伸臂號誌，實僅差一籌而已。

伸臂號誌爲長約五呎之木板所造，臂之外口闊八吋，內口有鉸鏈處闊六吋。鉸鏈爲一較複雜之鐵鑄物，附有一個或數個眼鏡框，中嵌顏色玻璃片。因此端分量較輕不足以與木板平衡，故又聯附對重，庶通至號誌房掣動號誌之拉釵折斷時，號誌即可自動回至水平位置，以表示危險與停車。此號誌臂之中心線與鉸鏈中心成一直線，若臂斜墜與桿柱成  $45^\circ$  角（如圖 147 之 B），則爲表示平安。

另有一種號誌臂，其臂中心線與鉸鏈中心不在一直線上，庶其

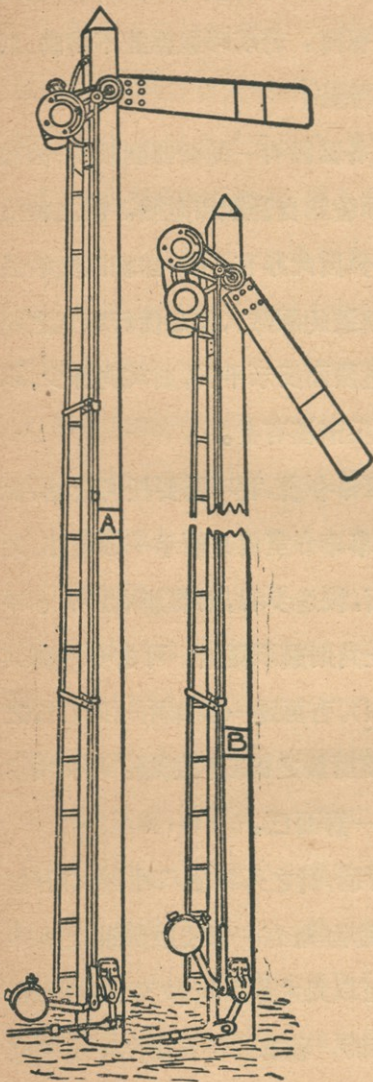


圖 147 伸臂號誌

臂垂掛柱上時，仍有一部分露出桿外。長臂在陰晦之日遠望仍須清晰，故在構造之原則上，須使長臂垂掛時不為桿柱所掩，以免司機誤認長臂仍在桿柱之前，而實則已被毀斷而軌道發生危險也。圖 147 所示之桿柱，係以木製，近年多改鐵製，頂端及底部均係鑄成物。此項桿柱可將拉釘藏置腹內，避冰霜凍結及閒人玩弄。

號誌臂所指之方向，均在所管軌道之右，換言之，當列車進行時所見伸在桿柱左方之號誌，係為管理前方來車而設。臂身於該方面常漆成紅色，反面則為白色。但號誌之意義與顏色無關，若干鐵路竟將號誌漆以中和色，使司機祇以長臂之形式與位置，判斷其動作而與顏色無涉也。

長臂之末端作方形者為進站號誌，作魚尾形者為遠距號誌。亦有以尖尾長臂作為遠距號誌者。軌道祇有二條者，伸臂號誌常分置

兩桿柱而設於各該路路基之旁。若有四軌道，則每側兩軌道之號誌置於同一桿柱之上，桿頂設一橫木，橫木之上設直立之桿二支，以承載長臂一條或數條，如圖 148 所示。若軌道之數，超過四條（例如

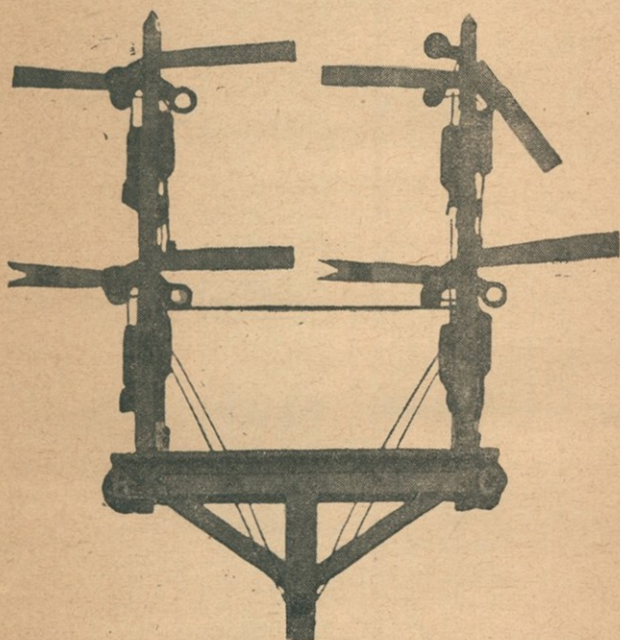


圖 148

在車場之內），其號誌可設於橋架上，如圖 149 所示。在此情形下，每一軌道之號誌均在該軌道之上方。

每條軌道之上方，若有一個以上之方尾號誌時，則最上一個係指通車軌道，位其下者依次指示行將遇着之轉轍。圖 149 之背景中，另有號誌橋架一座，其長臂係在桿柱之左邊，臂面顯為白色。此即表示背景號誌橋架，係管束行向讀者之列車，而前方號誌橋架，則管束與讀者視線同方向之列車。此等號誌之一部分機械必須暴

露，若為冰霜所掩，易致凍結。故運轉此等號誌必須甚強之動力。

另有一種甚為通行之號誌，名為封閉號誌。

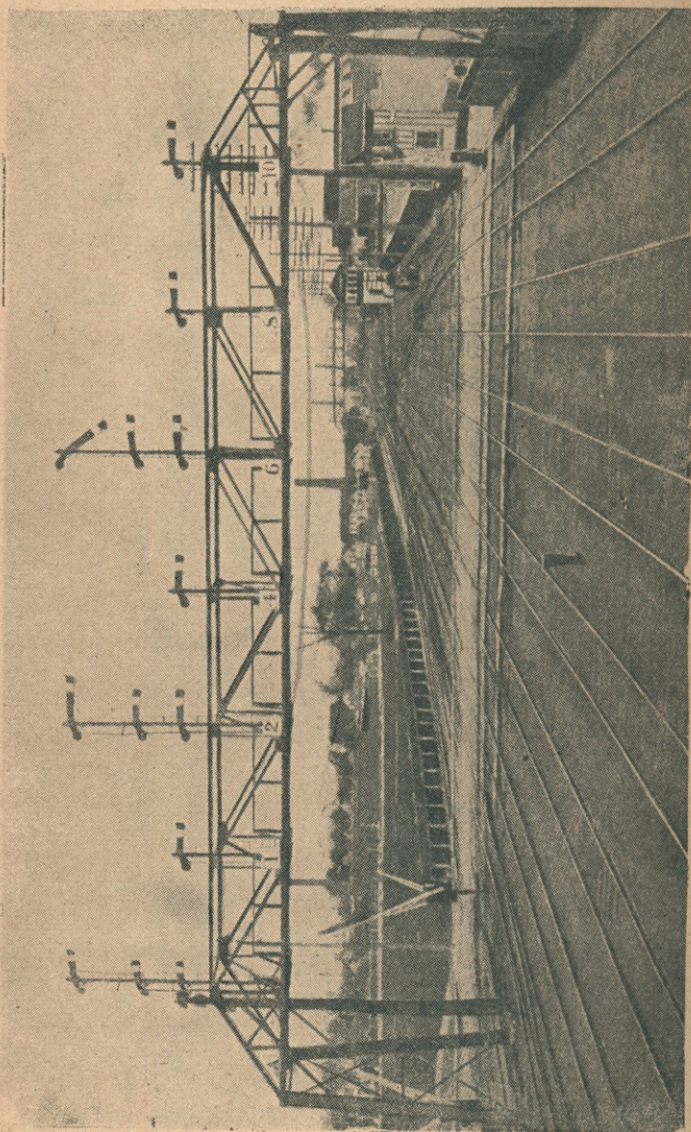


圖 149 伸臂號誌機

封閉號誌 對於封閉號誌，有贊成與反對兩說。贊成者曰：一切機械均被封閉，則可不受風霜雪霰之影響。且機械之構造可以輕巧，所須運轉之力，僅及伸臂號誌百分之幾，故可用極低電壓之電流開動之。反對者曰：此種號誌不恃形式與位置而僅恃顏色。天氣惡劣之日，辨認不易清晰，故安全率較遜。按此種號誌。在陰霾之日固不如伸臂號誌之清晰，然究屬利多弊少，故採用者甚為普遍。

此號誌頂部之形狀如圖 150 所示，(圖中略去桿柱部分) 圓孔

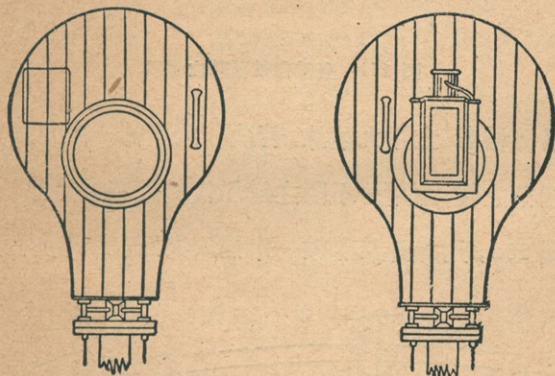


圖 150 封閉號誌

為白色時表示平安。若欲表示危險，則有一極輕之簾，以紅色絲綢製成，出現於圓孔之內，若在夜間則圓孔之後設有一燈，隨簾之位置而映出白色或紅色。詳細之機械構造及動作可視圖 151。當磁鐵受電後，其圓片即被吸引提升，號誌即呈白色。若電流因任何原因而中斷，則圓片因重下墮，紅色即出現。因所需電力至為微小，故設此磁鐵不僅可以控制號誌，且可供給動作所需之動力。

147. 錄與管 傳導電流之錄，與傳導壓縮空氣之管，當於後文詳述 茲所論者，為號誌室至號誌間傳達機械力所用之錄與管也。

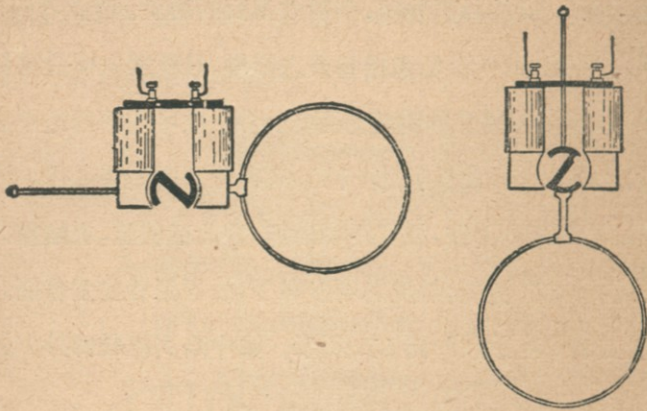


圖 151 豪爾自動號誌之磁鐵

凡用以拉動機械者，宜用九號線。若欲令此線轉一直角方向，則宜用一緣有凹槽之輪，並用一小段之鏈以代替近輪處之線。稍有彎曲之管可如圖 152，用彎釘及導輪一串插入其間。如彎度甚大，則每

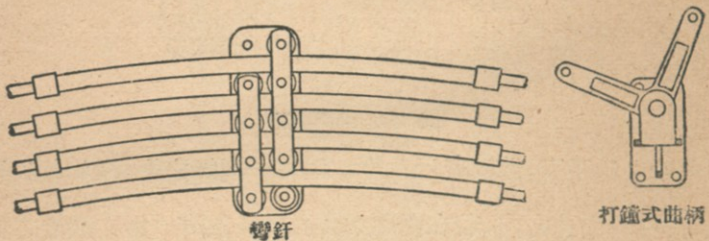


圖 152

釘須用一打鐘式曲柄。運轉號誌雖可用單線爲之，而使重力完成其還原工作，但爲穩當起見，張弛工作宜各用一線司之。號誌之用機械力運轉者，最遠可達 2000 呎。在此情形時，傳達動力惟恃用線，若距離較近，則可用管以司推拉作用。

調整器 鐵之脹率殊鉅，長達數百呎之線或管，其漲縮甚烈，



苟不設法調整，每足使機械失其效用。例如錄長 1500 呎，若溫度由  $100^{\circ}F$  減至  $20^{\circ}F$ ，則長度須減縮  $1500 \times 80 \times .0000065 = 0.78$  呎 = 9.36 吋，即無如是之長度，亦已須要預爲之備。自動調整器之幾何的原理，可視圖 153，及該圖下方之實際構造圖。由圖 153，若  $ab$

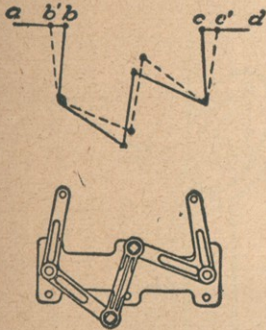


圖 153

管遇冷收縮， $b$  點遂移至  $b'$  點， $c$  點移至  $c'$  點，而  $bb' = cc'$  但如  $cd = ab$ ，則  $dc$  將縮爲  $dc'$  故若將調整器置在號誌室與號誌之中點，號誌室端之管固定，則不問溫度如何變化，號誌端之位置可以不稍移動。

事實上，調整器之各部分旋轉之角

度不得過大。調整之距離以 500 呎最爲

適宜。故號誌與號誌室之距離如爲 1000 呎，則應用調整器二具，每具均設在距離兩端 250 呎處，如是兩端與中點之位置，可以不因溫度而變化。又此處須注意者，插入調整器後，管之運動方向即因以顛倒。即如  $ab$  向右移動，則  $cd$  向左移動，反之亦然。因爲此部分或彼部分必在壓縮狀態之下，故惟用管方可應用調整器。錄之調整器迄今尙無滿意之設計。錄有鬆弛，可用彈簧或重錘以資調整，但錄如被物絆住，則拉緊時彈簧與錘均因抵抗力較小致先被拉長，而號誌即失其作用。目下實用上已有數種調整器出現，如機械不生障礙，尙堪使用。

148. 電氣號誌 利用錄釘掣動之號誌，其距離約以 2000 呎爲實用限界，即到此距離已易發生困難。若所需動力無多，則可用

電池供給之。電氣號誌係用壓縮空氣由管傳達，其力甚強，不僅可以運轉號誌，並可用以活動轉轍器。管束活塞之關係用低壓電流之力，此項電流可用電池供給之，但如建有電廠則以利用蓄電池為經濟。閥之開動法，詳示於圖 154。在圖中所示為電磁鐵尚未通電之位

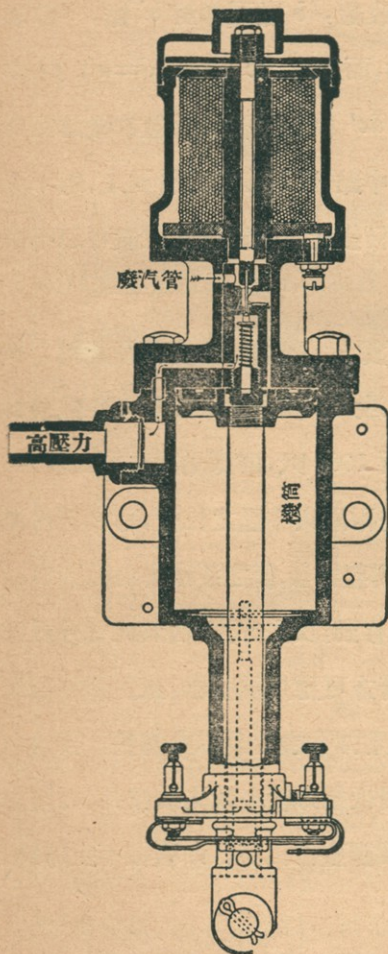


圖 154 電氣號誌

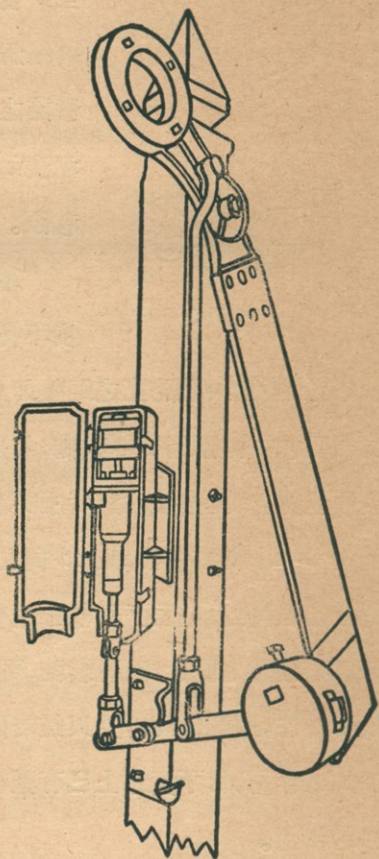


圖 155 電氣號誌

置。及電流通入後，電心（位於頂部）即被拉下，將彈簧上面之圓錐形閥開啓，空氣由高壓氣管穿閥轉入閥箱旁之通路，卒乃壓迫活塞之頂部，圖中所示，為活塞在最上位置之情形。活塞被空氣壓下後，即將對重（見圖 155）提升，而將號誌置於平安部位。迨磁鐵因任何原因失電後。其彈簧即推閥上升，機筒中之空氣由廢汽管逃出，對重不僅將活塞提升至頂部並將號誌拉至危險部位。是以凡電流或空氣中斷時亦可使號誌表示危險。

149. 電動伸臂號誌 自動號誌之另一變化式，為電動伸臂號誌；此種號誌為一普通伸臂號誌，而為約  $\frac{1}{6}$  馬力之馬達所運轉。電源取自一排 10 個至 16 個愛迭生拉隆德電池，即藏在桿柱之部之箱中。馬達開動後將聯繫對重之細鋼鍊捲起，對重被其提升，號誌即表示平安。馬達之開動與停止，均由連接於軌道線路之替續器管束之。軌道線路之原則與前述相同，但構造較為繁複，俾進站與遠距號誌均可賴以運轉，區段內一切轉轍均可受其保護也。學者如欲研究軌道線路之詳細構造，宜參考前述之專書。

150. 聯鎖制 大型終站車場內轉轍與號誌之聯鎖，為一複雜之機械，欲加闡述，所需篇幅甚多。茲乃略論其基本原理。需要聯鎖制之理由甚簡。試一覘繁複車場之設計，即知如欲將各種不同之調車動作列成許多組合，以同時管理等數之列車，事屬可能。但此種調車之動作須由號誌為之控制，且此種組合苟無相當限制，則號誌員將致誤設轉轍器與號誌，使兩列車或多數列車互相碰撞。聯鎖方法之基本原理簡述如次：

(a) 一切轉轍號誌常時均在危險部位；

(b) 任何線之轉轍艇，非俟足以發生撞車之別路內一切轉轍器鎖閉後，無法設置通路。

(c) 經行任何轉轍器之號誌，非俟該轉轍器設置通路後，無法懸示。

司機將列車向危險號誌內駛入，雖可發生撞車，但號誌員之疏忽，祇以延誤運輸之時間為限。何則，號誌員無法設置號誌與轉轍器，使列車相撞或側擊也。故聯鎖機之設計，乃以安全組合的研究為根據，而機中之橫鎖與鎖突，必須如是排列，使無衝突之可能。圖156所示之例，乃故令簡單以期易曉。圖之上半部祇示鎖突(全黑色)，此等鎖突乃釘牢於鎖釘(自左至右之平行線)之上，而橫鎖(用網形表示之)則可在鎖桿之直角方向活動。在圖之下半部，顯示雙軌互交道及之號誌與軌道。No.1 為遠距號誌。No.2 為對於互交道

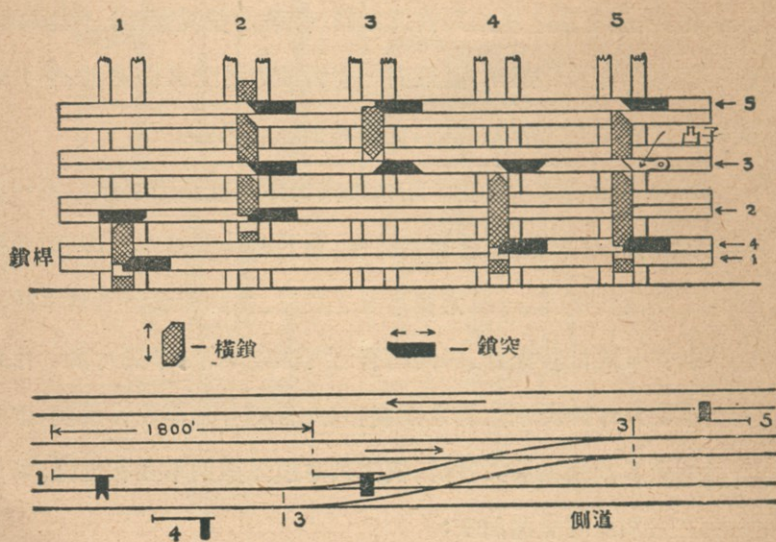


圖 156 聯鎖制

又管束幹道之進站號誌，No. 3 爲與 No. 2 號誌同時動作之轉轍挺。No. 4 爲管束自側道進入幹道之號誌，No. 5 爲管束自幹道進入側道之號誌。苟非照圖中所示，同時將鎖釘（註有相同之數字）自右向左拔出，則號誌或轉轍挺即無法移動。

橫鎖如無鎖突之阻礙，即可移開，而鎖釘即可拔至左方。如有任何橫鎖，因與其他鎖突相接觸，以致無法移開時，則表示該鎖突所管束之號誌，尙未解除障礙，非俟解除以後，無法移動其轉轍挺也。圖 156 中鎖突之位置，係表示一切號誌均在危險部位。今試移動 No. 1 號誌至平安部位，則必須將 No. 1 鎖釘移至左方，欲移此鎖釘，則必須移開 No. 1 橫鎖。但因 No. 2 鎖釘上有一鎖突，阻礙 No. 1 橫鎖，以致無法移開。然則 No. 1 鎖釘，非俟 No. 2 轉轍挺解除後，遂不克移開。如 No. 2 轉轍挺解除後，No. 2 鎖釘即被遠移至左方，而 No. 1 橫鎖遂可移至上方矣。此種動作均與上述之原理相符合，即遠距號誌非俟進站號誌解除危險後，不克解除是也。

今更舉一例，當號誌 No. 2 表示平安後，則鎖釘 No. 2 藉其上之鎖突，將橫鎖 No. 2 移向上方。此橫鎖遂緊靠於鎖釘 No. 3 及 No. 5 之鎖突上，以阻止其解除危險。此即表示正道之號誌，在平安部位時，互交道叉之號誌，必須表示危險之意。

練習 學者須將圖 156 之上半部改繪，以表明自側道至幹道之轉轍器業已開放。此處須加注意者，即 No. 4 號誌若在平安部位，則列車可以通過側道，無須應用轉轍器，No. 5 號誌若在平安部位，則列車可以倒行經過轉轍器，而並不應用之。No. 4 與 No. 5 若均設在危險部位，則列車可自一軌道進至別軌道。

自 No. 1 至 No. 4 之橫鎖，均削成缺口以容鎖突，橫鎖 No. 5 則上半部分離爲二。除非鎖釘 No. 3 上之凸子，業已移至上下兩部之間，則下半部移動時，上半部並不隨之而動，凸子之用在所示之簡單組合中，並非必要，但制度複雜者，則甚所需要。

以上所述，對於手動機器之詳細構造，尙未涉及，對於電氣聯鎖機更難備述，但不論其組合之如何複雜，與轉轍挺數目之如何繁多，聯鎖制之原理，則均與上述相同。

## 第二十一章 鐵路之養護

151. 工具 工具必須質料優良，適合需要，祇求初價之廉省反易增加工資之支出。軌道養護費中，工資一項常佔總數之 60% 以上，若更因工具之不適宜，則結果必至求儉反奢也。養路工隊所需之工具，名目繁多，茲特擬具一表，數量項目力求減削，但同時仍須足敷實際之用。工隊組織，假定為工目一人，路工六人。

養路工隊所需工具表

鉋斧	2	磨刀石	1	草鐮	4	
斫斧	1	道釘錘	4	樹鐮	4	
手斧	1	大錘	16磅	1	鐮刀柄	4
二吋螺鑽	1	敲錘	10磅	1	軌道錘	3
起釘釘	2	拔釘錘	1	匙形錘	3	
楔頭釘	0	道碴錘*	6	長柄錘	1	
刀口釘	6	斫木斧	1	鋸條	12	
撬釘	1	草耨	1	弓形鋸	1	
搗釘	8	頂軌器	1	手鋸	1	
曲柄錘	1	轉轍器鑰	1	橫割鋸	1	
掃帚	2	白光燈	2	螺釘錘	1	
荆鐮	2	紅光燈	2	錘	1	
手車	1	綠光燈	2	鉋矩	1	
搖車	1	水準板	1	捲尺 (五十呎長每呎分爲 十分之一)	1	
車鏈	2	懷中水準	1	釘鉗	4	
擊	2	轉轍器鎖 (另備)	2	工具箱	1	
軌道鑿	12	兩頭耨	2	工具籌	6	
木鑿	1	一加侖油桶	1	信號雷管	24	
木鐮	2	二加侖油桶	1	拔釘器	1	
石灰線	100 呎	噴油器	1	鉗砧	1	
麻線	150 呎	掛鎖	2	水桶	1	
雙柄括刀	1	鉤	8	蘆鐮	6	
油壺	2	搗鉤*	8	獨輪車	3	
銼刀	3	鑿孔器	1	威司東試電器	4	
紅旗	4	草耙	1	伸線器	1	
綠旗	2	軌條鑽	1	軌條扳頭	3	
道渣叉*	4	軌條鑽頭	6	活顎扳頭	1	
軌距尺	1	折疊尺	1			

\* 祇於用碎石為道碴時需要之

大部分工具，因非各路工同時所使用，故數量較少。其數量為六個或六個以上者，苟非六人常川需用，即係極易損壞須有備件以資補充者。此表以『舖軌須知』一書為根據，而略予修改，

起釘鉗係供拔起道釘之用。在理想的設計上，此鉗須將道釘一拔即起，其支點之位置不稍移動。但事實上並不可能，雖經多人研究，新製造有發現，但仍不若舊式牛足起釘鉗為合用。

萬綠納拔釘器 利於起拔掩藏處之道釘。（例如護輪軌後面）用時將此器套於釘之頭部，將普通起釘鉗倚靠軌條頂端而拔起之。

楔頭鉗與刀頭鉗不同，前者兩側同時縮削，其尖端如楔形，後者一側縮削，一側不變，其尖端為刀口形。表中楔頭鉗之數量為0，蓋原著者 Mr. Camp 之意，此種鉗式殊不足取，不如刀頭鉗之有用也。

搗鉗之重不宜超過 10 磅，其長不宜超過 3 呎 3 吋。鉗柄宜以軟鋼管或木製，蓋細而實心之柄不易執持也。

軌道鑿為木柄之鑿，採用木柄以易執持。此鑿長約 8 吋，截面  $1\frac{1}{2}$  吋見方，用工具鋼製成。重擊後其鋒易折，非經鍛磨，不復可用，故須準備之數量較多。

軌距尺 此尺可分三類。第一類為自製木尺，鑲以銅片。因其與軌條所成之直角，不能極度精確，致軌距常失之過小，不甚為人所喜用。第二類為罕丁吞軌距尺，足以改革上項弊端。此尺之一端有兩突刺相距約 7 吋，他端另有一突刺。軌距之實數，為此端兩突刺之中央至他端之突刺。因三刺排列如品字，故兩中線適成直角。此尺理論完善，惟使用時一端之兩突刺必須全與軌頭相觸，否則軌距



失之過寬。第三類爲窩楞軌距尺，係用一直尺，兩端釘設圓弧各一段，圓弧之直徑即與軌距相等。

錘 爲養路用之道釘錘，其重不宜超過 8 磅，長約  $10\frac{1}{4}$  吋。16 磅重錘僅供必要時之需用。10 磅敲錘若與軌道鑿併用，實較通常與道釘錘併用爲適宜。道碴錘祇供打碎塊石爲道碴之用，若道碴係用機器打碎，大小勻淨，即無須此錘。

頂軌器 圖 107 爲此器式樣之一，對於修養軌道，此器殊爲經濟便利。但亦曾因此器而屢肇禍端者，蓋列車忽來，養路隊未及事前移去，而致脫軌。養路規則中，每載明此器不得放置於兩軌之間。

水準板 此尺之上邊，嵌有玻璃水平管，其一端鑿成梯級狀，每級橫闊 2 吋，縱高  $\frac{1}{2}$  吋。此尺專供設置超高度之需。例如欲設 2.5 吋之超高度，則以尺之此端置於內軌，他端之第五梯級置於外軌。將外軌之高度校準，如水泡適在正中，即得其適當之高度。

鏟 短柄方口，鑄鋼一次澆成之鏟，最適於軌道工作之用。鏟面須長約 12 吋，磨蝕至 9 吋後，即應棄去，如仍繼續使用，徒多勞費。短柄鏟爲處置煤渣及積雪所需。長柄鏟係供挖掘柱穴而設，其口須爲圓形。

上表祇載養路工隊最需要之工具。搬移木料尙須挺鉤與皮縱篙，若欲除去墜落之巨石則須助於鑽，楔，炸藥，信管。涵洞若被漂木阻塞，則須用繩索，滑車組以除去之。軌條彎曲器間亦需要，但若工隊可以合用一具。

152. 工程車 養路隊之工作，常以段爲範圍，每段之長通常爲五哩，運輸極盛者，每段祇一哩，稀少者每段八哩或十哩，則爲例

外也。材料與員工之輸送，通常祇須有一手車或搖車已足。若有規模較大之工程，則為經濟計，須用工程專車，一切軌枕，軌條，道碴等材料均可用以分配。任何鐵路之添鋪道碴工程，更換重磅軌條，及其他非平常工程隊所能勝任愉快之事，均以集中員工專組工程列車為得計。

各路習慣，每擇最陳舊破敗之機車以牽引工程車，然稽時誤事皆緣是而起，亦非得計。牽引工程車之機車，以客運機車較貨運機車為宜，蓋工程車載量較輕，而須以敏捷之速率行入側道以避其他車輛也。工程列車中至少須有大型車守車一輛，平臺車一輛，並置備大型工具箱，內貯鋤，鏟，釘，鏈及其他養路工具。車守車之下，宜懸一大箱，內貯繩索活轆，練條，頂軌器等。開駛列車所需工資燃料等費用為數甚鉅，故所載路工不宜過少，預擬工作亦須精密籌畫，以免浪費也。

每列車所載路工至少須有 20 人，人數愈多為愈有利益。各路工從事之工作，散佈各地，故主其事者必須考慮每日將此等工人往返接送是否經濟，否則寧在列車中，附掛路工臥車廚房車飯車為得計。大型箱車，稍加佈置，即易改成廚膳混合車，以供 24 路工之用。如人數甚多，則廚膳宜分為兩車。普通箱車或舊客車，可改裝為臥車，一側可容上下舖雙人床四具，他側可容上下舖單人床四具，合計可供 24 人之用。如工程係經常性質，則此種設備尚可格外考究，蓋所費無多而給予工人之福利殊巨也。

153. 通溝工作 通溝工作為養路隊日常工作之一，如遇挖基段之路基土壤，狀如粉屑，側坡甚峻，及隆冬冰霜以後，則路溝到

處淤塞，宜特遣工程車以疏通之。挖基段較短者，則溝中取出之淤土，可載於搖車或獨輪車，而運至挖基段外棄去之。如此段甚長，則人工運土殊不經濟。此等地方，尤以單軌鐵路為甚，通常不能長時間留置車輛於正道之上，故裝土工作須力求簡捷。欲達此目的，則若干路工須常留在挖基段中工作，俾列車卸土或避讓於側道之際，工作仍可不斷進行也。此際，各路工可將側坡之鬆土掘取，或將溝中淤土挖鬆，庶列車一到即可裝盛也。

若挖基段不甚深峻，則溝中淤土可用鏟拋諸岸頂，再用鏟移擲別處。此種廢土宜拋棄於較遠之處，以免被水沖洗回至原處。岸頂所挖水溝，旨在防免雨水淋洗側坡，亦須慎防廢土之沖入也。

154. 軌枕之分配 分配方法視軌枕之來源而異，如軌枕係當地農民所供給，昇至鐵路地權界交貨，則無須工程列車為之分配。若當地並無軌枕之生產，必須運自遠地，則務使分配得宜，以減少養路工人再行分配之勞。換置軌枕之先，須將舊軌枕逐個檢視，朽壞之軌枕，每達十個應作一記號。另法，則將路旁每兩支電桿間撤換軌枕之數，明白寫於電桿之上。如是，工程列車可以每小時六哩之速率徐徐進行，按照需要，將軌枕拋擲路旁。運輸較簡之鐵路，可由區間貨車擔任分配之責，此法固甚佳妙，但每一軌枕所派費用則較鉅。

155. 軌條之分配 軌條之分配工作，隨載運軌條之車輛及軌條之長度而異。平車卸落最易，亦有裝置於低欄車或箱車中，則須於車端開穴，以便卸落。長達 45 與 60 呎之軌條，必須載運於兩平車之上。如分配之軌條，祇為貯藏一地以備換修之用，則宜用一起重機或其他臨時起重機械以為之助。軌條卸落路旁者，可由車旁推落或

自車尾提出。軌條自車側墜落，易致彎折，故宜用木板二塊或長約 10 呎之軌條二支斜倚車側作為滑梯。此法亦有限於地域不克實行者。且卸落之軌條，離開軌道較遠，亦至不便。凡車輛中載有即需卸落之軌條者，宜附掛於列車之末尾，如是可用繫繩索之鋼鉤，插入軌條釘眼內，拉之使下。若於車後置一小平車，工作人站立其上，則軌條極易拉下。及軌條之重心業已拉過小平車，則軌條之一端即能自行彎墜觸及軌道。列車稍向前移則他端亦即墜落。長 60 呎之軌條富於彎曲性，故一端着地後大部分均彎垂地面，他端墜落時亦不致震壞也。

軌條甚長甚重者，可將鋼鉤勾住，將繩索繫於軌道上，（軌條或軌枕均可）及列車前移，即自然拉落，此法可併小平車而無需之矣。如欲同時卸落兩軌條，則可用鋼鉤兩副同時為之。將繩索之長度稍稍經意配置，則卸落之軌條可適在所需安設之處，如恐軌條震傷，則可於列車末尾加置搖車以承之。

舊軌裝車適與此法相反，如完全利用人工殊為繁重，故宜以起重機代之。如起重機不可得，則宜於車後置一搖車，造成斜面。斜面上，倒置小平車數輛，軌條拉上時，即可藉平車之輪以減少磨擦。按 30 呎長 70 磅軌條，共重 700 磅，路工六人本可舉起之。如此等路工訓練有素，則共舉軌條，高過其首，擲之車上，甚為便易。但若其中一二人經驗缺乏，臨時心慌或舉而不高，則其重量勢必集中於少數路工。斯時若更有人慌懼而脫手逃出，則餘人勢必被重量壓倒，折肢傷踝之事乃層見疊出。是以重而且長之軌條，不宜如是搬運也。

156. 道碴之搬運 路綫所經如無出產礫石地層，可以視為該鐵路之缺憾。礫石地層若延袤及於鄰地，則宜購得其地權或採取

權。購買採礫權之契約中，恆規定面層土壤須予以保存，於礫石採竣後，仍須復蓋其地上。礫石層多為農田所掩，若蘊藏之量無多，則可略視，若礫層甚厚，則採掘殊為合算。礫坑所在地宜鋪支路一段，其長至少與列車相等。採取方法用汽鏟或人工均可。

在礫坑中，每日人工裝礫入車之數量，約以二十立方碼為平均數。如用汽鏟而調換空車敏捷，鏟斗容量  $1\frac{1}{2}$  至 2 立方碼者，則每日可裝 800 至 1200 立方碼。情形特殊良好時，裝車量尚可加增。但應用汽鏟，則須連用機車，以來往拖運車輛，使坑中汽鏟附近常川有待裝之空車。汽鏟與機車每日開支約須美金五十元，其工作量約與 40 工人相等，故在經濟上並不合算。但此乃最低限度之比較，如汽鏟管理得宜，所挖數量甚鉅，則亦可較人工為廉。

在小規模之採礫工作中，裝卸均賴人工，如用犁以助卸落，尤為合算。裝運礫石，除享有專利權之道渣車外，幾全恃平車。犁有中央卸落與邊側卸落二種，新型之犁，可將礫石集中卸落於一側，或照預定比率，分卸於兩側。卸礫之犁，恆用鋼索以牽引之。最便之法，係將列車停止於需用礫石之處，設軌解開機車，而於機車之上繫  $1\frac{1}{2}$ " 或  $1\frac{3}{4}$ " 鋼索一根。置犁於最後之平車，藉機車之行動，以卸落各車輛之礫石。此法不適用於路綫彎曲之處，而其他流弊亦多。較善之法，則於車上載一吊車，如此機適置於機車之後，則其所須蒸汽可自機車用柔韌管供給之，否則須另備鍋爐以發生蒸汽。犁上所繫之鋼鍊，即由吊車牽引之。如用此法，則機犁工作之際列車仍可行動。

如沿路所須礫石較少，則可調節列車速率以勻佈之。此法亦可兼作洪水後修補路基或填塞棧橋之用。此時可將吊車置在列車之

尾，向後引犁，調節機車之速率，俾卸落之礫適合所需。近年來市上出現之道碴車甚多，咸能自動卸落，甚便應用。其中有專為附掛於貨車而設者，俾區間貨車經過礫坑時，將其帶往插有標誌之需要礫石地點，稍停一二分鐘，使其卸落，再引至側道，俟另一區間貨車將其拖回。活底貨車及煤車，亦有用作載運礫石者。

157. 棧橋之填土 棧橋填土為工程車普通工作之一。鐵路之建築，一經確定及工程開始以後，必須設法趕速通車，蓋早一日通車即早一日生利也。凡預備將來填築路基之處，遂暫時興建棧橋。蓋如立即填土，則須用牲畜自鄰近土坑內運土，需費甚鉅，如日後補填，則可利用工程車而需費甚廉也。且因所閱時間較久，可知流經路線下之最大水量若干，設備涵洞之尺寸可以更期精確。涵洞之建築費為數亦鉅，如建棧橋，則此項費用可延至鐵路財力充裕時再行支付，現有若干棧橋建築時，當地木料價值甚廉，故費用上確較別種建築方法為合算。

許多鐵路，目下正在籌慮重建棧橋或棧橋填土之問題。工程費之比較，常隨地而異，蓋當地木料價格，取土之遠近，與其方法均不能盡同。但以大概而言，高度在 25 呎以下之棧橋，填土恆較重建為合算。又自棧橋之修理方面而言，每年所需換補之木料，常達全橋木料之八分之一，所耗人工亦甚巨，而填築後之土基，則養護費甚微。再棧橋之出險機會，及棧橋上脫軌後肇禍之結果，在在均較土基為巨，故可云 50 呎高度，為重建與填土之經濟分點。但高棧橋之填土工程，常包含多種特有之建築問題。倘橋底窪處之土質甚為柔軟，則填築時之沉陷度自必甚鉅。所建之涵洞，若非位於堅實之基礎上，則

此種沉陷之結果，每足以摧毀之。在此種情形之下，涵洞基礎須打樁或以混凝土建築之。

泥土填入時，苟非設法防護，每足損傷棧橋。泥土中雜有巨石樹根凍土時尤甚。此可於棧橋兩側築一護床，使泥土墮下時落於棧橋之外。俟棧橋兩側土堆漸高，再填橋下空隙。縱向支撐最易受傷，故常用巨段舊木料加強之，(如拆下之樑木等)。全橋填土，須同時並進，以免一面承受土壓力而致橋架歪斜。若土基之填築，完全用鬆土由橋面墮落而成，則日後常易滑卸，側坡不易維持，是以填築之際，宜用土箕將其鋪平。如是分層敲實，沉陷度為之銳減，棧橋之縱桁亦可及時取出，填築完成即可鋪碴。否則沉陷極巨(常至十分之一)，常須閱時半年或一年，方可鋪設軌道也。鋪平工費每立方碼約須二三分。

選擇填築所用之土質，甚為重要。填土以含沙或含礫者為最優。黏土常有流弊，無論乾燥時如何堅硬，但透濕後即易滑卸也。尤以地基為傾側之邊坡時為甚，恆有全部填土向下滑卸之虞。避免此種滑卸之一法，係就邊坡開挖橫溝數道。用犁沿同高線刻成深痕，亦頗著效。填築用土常由擴展挖基而產生，有時用汽鏟裝入土車或平車內，由此再用犁括取之。

填築既竣，宜用爬根草之草皮，或能自生根之樹枝鋪蓋土面，使其固結並防止雨水淋洗。填築之總費用，應包含裝土，運土，鋪土及其他費用在內，由多數鐵路之經驗，此項費用每遠遜於鐵路初建時之價格也。

158. 養路隊之組織 鐵路高級職員之隸屬系統，雖各有不同，但軌道之守護，幾皆劃分為長約 100 哩之段，而以段長一人負

其責。亦有將段之長度增加，而於段長之下設分段長。每一分段之分段長，秉承於段長，而指揮其所屬之若干養路隊。

段長通常須秉承於總段工程師。但除異常重要之事務及有關工作上之新方法外，段長有負責處理其日常工作之權。段長對於管轄範圍內各種工作須充分熟悉，此項人材雖常自養路隊工目擢升，但宜受比較一般工目更優秀之教育。最優良之段長，宜受過技術教育，且曾在養路隊工作多時，熟悉養路工作之底細。南太平洋鐵路公司定章，段長必須步行或乘自行車巡行全段，平陸地方，每月至少二次。山區或深谷區地方，每月至少三次。段長對於全段工作，須了然於胸，無論何時，對於其段內任何地方之情形，須有清晰之觀念，庶可免疏忽職務之責難。

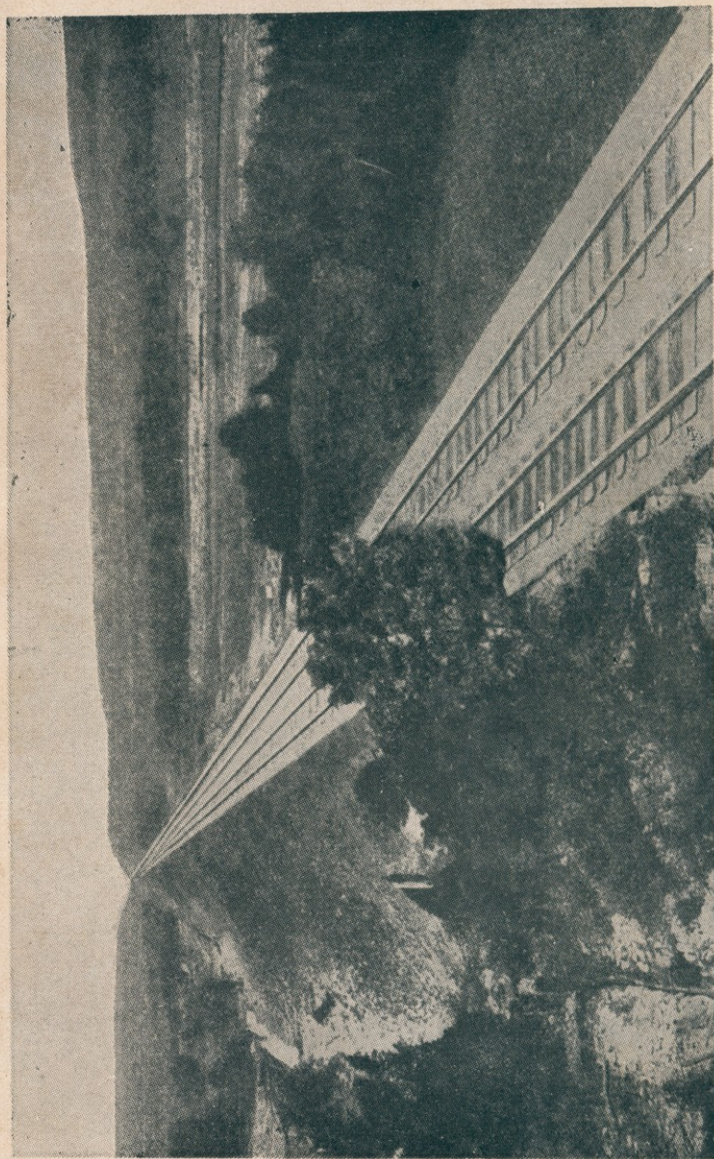
最有效之方法，須常川訓練各工目，使對於路線上之小缺點能隨時自動補救，較大之缺點，能立即報告。段長須嚴守其對於各工目之紀律，而不必事事躬親，但亦不能稍自鬆懈，致為人所蒙蔽。

養路隊工目常為任事多年之隊工所擢升，須有繕作報告之能力與了解圖表之智識。工目尤須能管理工人，而不苛暴。工目不僅必須完全明瞭養護軌道於良善狀況之詳細辦法，並須於尋常事變後（如軌條折斷路基沖毀及因脫軌而損傷軌道等事變），能急速修理以通行列車。工目必須熟諳該路之各種行車規程，以其與本身職務有密切之關係，又必須熟諳軌道工程之一切規範與標準，以其時須採擇施行也。最後所述之一種須要，隨時代之進展而愈感其重要，使工目之地位遠勝於昔日。

多數鐵路，其規程中規定工目須與隊工共同操作。此種規定之



是否聰穎，當視工作之性質與隊工之人數而定。若隊工多至八人，則工目當以專事指揮為宜。工作時常以分作兩人一組為便利，若隊中祇有隊工五人，則此工目宜與畸零之隊工合為一組。



得拉韋爾與拉卡渾那鐵路之著名挖基，經此開挖後可使紐約至巴法羅間省短 11 哩  
(此挖基傳為世界最大者，最高度達 110 呎，土方約 6,000,000 立方碼)

# 鐵路工程學

## 第三篇

### 第二十二章 鐵路之財政

159. 投資 下文關於美國鐵路之資本等解釋，均以州際商務委員會之報告為根據，此為目下所獲得之資料中最可信任者也。多數統計係取諸 1912 年六月底之報告書。此時鐵路股本總額為 \$8,622,400,821 美元（1926 年底為 9,365,000,000 美元）公司債為 11,130 兆美元（1926 年底為 12,384 兆美元），若零數不計，總投資額為 19,752 兆美元（1926 年底為 21,749 兆美元）此數代表美國國富之一成。1912 年六月底，投資於路工及設備共計 16,004 兆美元。但因鐵路財政之處理素欠明朗，故關於鐵路工程費之報告，並不能代表建築方面之實在資本也。（1926 年路工及設備投資計為 23,000 兆美元）

上舉之數，係指 237,467 哩之路綫而言，其時總長度為 247,000 哩。雇用人員計 1,716,380 人，所付薪金計 1,252,000,000 美元，佔營業進款，2,842,000,000 美元之 44%。（1926 年營業進款為 130,768,559 美元，路綫共長 261,561 哩）此項雇員數目，可代表直接倚賴鐵路以生活者約八兆人。自實業方面而觀，如機車及車輛工廠，

其營業全以鐵路爲限，鋼廠與橋樑工廠，以鐵路爲其最大買主，則可謂全人口之四分之一，均直接或間接依賴於鐵路也。

若此種辯證法更進一步，則可見農礦產品及工業品之極大部分，苟無鐵路，則無法運輸至於其買主，無法被人利用，甚至因不需要而無生產之必要，故鐵路運輸對於國家之利益，可以見其一斑矣。

若干規模較小之鐵路股票及債券，雖爲若干大公司所有，然在1912年，流通股票債券總數19,752兆美元中，有71%或13,986兆美元，則不屬於公司而屬於私人投資。以全部資產19,752兆美元，暨全人口95,172,000人計，每人約佔207美元。又每年全部進款2,842兆美元中，平均每人約30美元。全年客運計33,132兆延人哩（每乘客一人旅行一哩曰延人哩），即平均每人每一年中旅行348哩。（1926年計36,000兆延人哩）每列車平均乘客53人，平均旅行33.18哩，（1926年平均40.79哩）

貨運以延噸哩爲單位之數量，計264,080,000,000，（每噸貨物運輸一哩曰延噸哩）此即每一人口供給貨運2775延噸哩。等於移動50噸貨物至55哩。爲使讀者心目中容易造成此鉅額貨運之概念起見，我人須知每人每歲平均須付出運費\$30，即平常每購一噸之煤或一磅之糖，其貨價中均有一部分須轉入鐵路公司之手中也。

上述之數，祇可目爲一種平均數，並非特指某路而言。但由此可以略知鐵路營業之概況，而爲普通鐵路所可希望達到者。但美國境內之重要鐵路均已完成，以後繼起建造者，其重要性均遜一籌，故以上所述，恆非新事業所可冀及也。

160. 股票與債券 通常商務企業或製造工廠之經營，均由

業主直接出資爲之，故開支以外之贏餘，無論如何微小，均作爲投資之股息。但美國鐵路之如是建造者，百不得一。蓋每一鐵路之實際業主，大部分以債券爲之代表。鐵路發行債券之限額，恆視公衆對於該企業之信仰而定，易言之，鐵路全部產業，於破產拍賣時所能得之產價，爲發行債券之限額。

當鐵路建設之初期，擬建之路，均係貫通向無鐵路之著名城市，企業成功之希望甚爲顯著，是以籌募足數路債甚爲容易，工費之外，常有餘資以使鐵路得完善之設備。但此種機會今已早成過去，實際上收足之資本，每介於拍賣價值與建設費用之間，不足之數，則以債券補充之。以1912年爲例。股票與債券之比率約爲86比111。（1926年股票佔43% 債券佔57%）

此種企業之發起，須有巨額之資金。若干發起人，鑒於建築某路利益甚巨，乃組織籌備處，着手籌備，舉行測量。如計畫完善，則印行債券在銀錢市場出售，尤以經由銀公司之手者爲多。用此方法常足籌集一部分之資金以供建築之需。所籌資金雖在全部資金中僅爲一部分，但其數已屬可觀矣。

鐵路開業之五年或十年間，運輸常難足額，苟無足數流動資本以渡過此種難關，則常致擱淺而須轉入清算人之手。

故股票與債券，可以視爲鐵路所有權之兩種形式。債券利息之能否發足，決定於除去營業費後所餘進款之多寡。債息全部發足以後，如尚有餘款，方可發給股息，是以債券之保證常比股票爲優，其利率雖較低，而利益則較爲穩固。

自另一方面言，則可謂股票之投機性較大，蓋非俟營業費與債

息除清後不能發給股息。且鐵路如不能發給債息時，債券所有人有權聲請將路產交付清算人，必要時得將路產出售。出售所得之價，常難超過債票之面額，股票所有人遂有完全喪失其投資之慮。若鐵路獲利甚多，則分配於股東之股息，常佔所投資本之大部分。總之，股票之股息變動甚易，營業上些微之變化即足使極巨之股息，化為烏有，且尚有召買之可能性也。

股票與債券之相對的利益，暨以鐵路為抵押品，殊不足持，觀於次節即可了然。按 1902 六月底終了之年度，為鐵路營業之黃金時代。但在此年中鐵路股票之不能發給股息者，達是時所有鐵路之 44.6%。(1926 年佔 30%) 股票所得之平均股息，祇及 5.55%。(1926 年為 7.32%) 雖多數鐵路股票，僅屬紅股性質(事實上並未繳出股款)，但 44.6% 之鐵路，無法分派股息，則為事實。在 1895 年至 1897 年間，鐵路之不能分派紅利者，達百分之七十以上。

關於債券之紀錄則較佳，當 1901—2 年間，不能分派債息之鐵路，不足 5%。鐵路建設以後，其經過區域之受益，固遠在鐵路造價之上，但歷史較久之鐵路，縱在現今其譽聲甚隆，亦幾無一不經過幾乎破產之危機也。

161. 總進款 估計任何擬建鐵路之運輸量或總進款，祇可採用簡算方法，然即使如是，亦非富有經驗者不能優為之也。蓋鐵路完成以後，既須五年或五年以上之時間，始能發展至於成熟時代，故投資者對於開始年份進款之減色，不得遽引為失望也。

估計運輸之惟一實際方法，須研究所經地帶之資源，以其將特擬建之路為輸出之尾閘也。例如該地帶內工廠，鑛山，鋼鐵廠，農

田，村鎮等咸是。若鐵路所經之城市，業已另有鐵路交通之便利，則營業之詳細估計，極難精確。反之，鐵路所經並無其他交通之方法，則估計上比較簡易。估計時最易發生之危險，不在忽視某種重要收入，即屬於過算某一資源之進款。目今及未來之營業競爭，常足使進款爲之減色，亦爲不可忽視之一端。

工廠與鑛山之生產，固可由其過去之紀錄而得知梗概，客運營業則僅可與別路比較得之。每路之貨運，除附郭運輸特盛之鐵路外，常佔全部營業三分之二。每延人哩之平均進款約爲二分，蓋因近年常期車票，暨一千哩程車票之增多，已使鐵路實際所定每哩三分之車價，跌至此數矣。（在若干運輸較少，營業費較重之鐵路，每哩票價超過三分以上）。

州際商務委員會年報，將全國分爲三區，而統計每區鐵路之總進款，足與上法相參證。將各區總進款除以各區人口數，則得每人口所攤進款數。上文業云以美國全國計，每人應攤進款 \$30，但由各區人口算得之攤款，則與此迥異。將鐵路所經地帶之人口數，乘以該區每人口之攤款，則可得鐵路進款之略數。此法有二大缺點，一則擬建鐵路之進款，或與該區平均數相差甚鉅，二則計算中所指之鐵路地帶，極難確定其範圍。但以此法簡單易試，故不妨用作參證。

更有一種參證法則須選出一條或數條與擬建鐵路情形極相類似者，則每哩之進款，亦可認爲大致相同。若有此項鐵路之存在，而工程師對於情形之估斷甚爲精審，則此法足爲估計上一種有力之參證。

每列車之搭客數目頗難確定，上文曾言平均每列車哩載客之

數爲 53, 此數實較客車一輛之載重爲少。但試思此平均數中, 業將客運極繁暨近郊鐵路併計在內, 故客運較輕之鐵路載客數, 當更較此爲稀。每日載客列車開行次數, 與上舉之每列車哩載客數, 並無任何關係。

客運營業必須盡力誘導, 而開行次數尤須加多。鐵路每日僅備上下行列車各一次者, 其營業定甚不良。蓋列車次數較多者, 每列車之載客數固不甚多, 但以每日載客總數計則恆較多。決定增加車次之條件如次:

[若增加車次以後足以誘起客運, 而增收之進款相等或超過於增加列車之費用, 則應即增加車次。]

1912 年平均每客列車哩之進款爲 \$1.29, 此數包括郵件運費, 包件運費及客票收入在內。平均每貨列車哩之進款爲 \$3.02, 此數似較客列車哩多至二倍以上, 然若以搭客平均體重爲 150 磅計, 則每人每哩付款 1.987 分, 而每噸貨物每哩僅付 0.744 分而已。兩數何以懸殊至此, 則由於貨運之死荷重與活荷重比率爲 1:2, 而客運則爲 5:1 或至 10:1。另一原因, 則貨列車在可能範圍內可以合併, 使機車得以儘量使用, 而開行次數隨以減少, 而客列車則必須定期行駛, 庶可便利行旅也。

**162. 鐵路營業之獨佔性** 在估計總進款暨設計鐵路與設備之際, 最大之危險, 莫過於『一切運輸將盡歸本路』之一念。即置將來營業競爭於不論之列, 殊不知大部分之運輸, 均直接依賴於鐵路所能供給之便利情形也。(一切營業競爭, 均因鐵路欠缺運輸的便利而起)。工廠所從事者爲徵集原料, 加工製造, 輸送其貨物至於遠地



銷費者之門前，苟其所付代價之低廉與其同業相同，方能生存。在競爭劇烈之秋，任何費用上些微之增加，足以影響利益與損失之分野，故自工廠至鐵路間之搬運費，亦在較量之列。

理想上鐵路之位置，宜穿過任何城市工業區之中心，而設客運車站於商業中心之左近。在設立已久之城市中，欲如是購置路基與站地自極昂貴，但苟不如是則又無法獲得便利。當鐵路競爭營業之時，此種不便利常足陷該路於絕境。客運營業亦必隨以減遜，蓋旅客亦莫不以趨擇便利是務也。

利益與損失之界限甚微，乃本問題之癥結所在。何則，總進款中大宗金錢，既耗諸營業費用，所餘無幾，則須先付債息，故能有若干足付股息，遂成疑問。是以嚴格而言，股息之來源大率出諸引誘而來之額外運輸，苟設備較差，則無此利益矣。

此種誘導力可自經營得當之鐵路見之。此等鐵路如賓夕法尼亞，紐約中央各鐵路等，進款甚鉅，一部分均用以增進客貨運輸上之便利，改善車輛等等。經此改善以後，運輸益增，而進款更鉅，財政之進步幾若無止境。自另一方面言，貧乏之鐵路，業務上窘態畢露，進款遂因以減退，卒至一蹶不振。多數鐵路每被迫而採用免費搬運（或退還搬運費），以期抵消貨車站之缺點。但州際委員會現已禁止退還費用制度，故鐵路中貨車站處於不甚便利之地點者，已無採用此法之可能。寧費大宗款項設法使客車終點接近城市中心者，實由於此。

163. 總進款之分類 州際委員會註冊之二千餘鐵路公司中，多數已與實際營業之公司相合併，故不過名存實亡而已。多數

鐵路之股票，乃為營業之公司所有，其租賃條件亦種類繁多。是以欲由各大公司之財務報告中，得知總進款之分類乃一難事。次之所述，僅屬某一獨立鐵路公司之狀況。

該路長 371 哩為一獨立之鐵路，股本計 \$1,114,400，負債 \$9,415,000，以債券 \$8,555,000 及設備信托借款 \$860,000 補充之。由此足證該路之造成顯以債券為主，股本額為數較小也。當 1901—1902 年，總進款為 \$1,708,937。此款中 \$1,101,884 或 64.5% 係耗諸營業費用。餘款 \$552,821 或 32.4% 則須備付固定費用。所餘之款祇 \$54,232。此數雖足付股息 5%，但事實上並未宣布分給股息。此蓋顯欲將所餘之款歸入流動資本中，或欲用作改善工程之用。此種舉動實等於贏餘之再投資，以期鐵路之改進。

由於鐵路股票債券暨其他有收益財產之所有權，隸屬於投資公司之關係，使問題趨於複雜，多數鐵路公司之財務報告，遂致不克如上文所述之易於分析。甲公司列入支出項目者，在乙公司則列入收入項目之內。州際商務委員會每年出版統計一次，分析全國各路之報告，凡屬各公司間之相互付款，則祇取其抵銷後之餘額。1912 年六月底為止之統計如次：

營業進款(鐵路營業)	2,842 兆
營業費用(鐵路營業)	1,972 兆
淨收入(其他營業進款為一兆)	871 兆
應付稅款	120 兆
營業收入	751 兆
其他收入(主要的為所有股票押款之息金)	89 兆

總收入		840 兆
減去(主要為負債之利息)		488 兆
淨收入		352 兆
加 1911 年六月底損益		1,124 兆
1912 年六月底總利益		1477 兆
淨損失(由損益賬轉來)		30 兆
足以分配之利益		1,447 兆
是年淨發股息	299 兆	
擴充及改進備用金	53 兆	352 兆
差額		1,095 兆

所發股息祇 299 兆元，與足以分配之利益相較，僅及其五分之一，實屬額外緊縮矣。又可注意者，最後之差額祇及每年營業費用之半數。故此數於發付是年利息外，若無任何收入，則僅足維持四個月之營業，此雖過慮，但足見流動資本實非寬裕也。此數較前一年亦已減少 30 兆矣。

164. 固定費用 在單純之鐵路公司，其營業限於自有之鐵路，則其主要固定費用，屬於債券之利息。除此以外則當屬於設備信託借款之利息，蓋此種借款實係該路添置設備而發行之特種路債也。雜類債務亦為支出利息之一種，但為數較少。發行新債票時，每將舊債票全部納入，而雜類債務亦同時為之消滅。

鐵路公司因有自營鐵路及租營鐵路之複雜關係，其固定費用之項目亦隨之而異。例如『公司開支』，通常均不及固定費用全數之 1%，係指租借鐵路所留繼續工作之少數總務職員之薪金而言。另

一固定費用，則為租借鐵路之租費。因此項支出為各公司間之相互關係，故前舉之州際委員會統計中並未載入。所舉某鐵路實例中，亦無此項目，以該公司並無租賃營業之鐵路也。

165. 淨進款 總進款中除去營業費用及固定費用外，所餘之款謂之淨進款。通常此款固可用以發付股息，但事實上恆有一大部分留作改進費用，或作為公積金以充作流動資本。當 1911—12 年，鐵路中 34.57% 未發股息，而上舉之公司於支付營業及固定費用外，尚有大宗盈餘者，實為罕遇之一例也。股息不及 4% 者，佔全部股票之 2.67%。

此微小之比例數，足徵多數鐵路因派息無多，寧停止發給也。股息在 4 至 8% 者，約佔 49%，此足徵多數鐵路尚能發給正常之股息。少數鐵路尚能發給更高之股息，其中 8.43% 鐵路竟能付給 10% 以上之股息。此種鐵路大率甚短而性質頗為優異。讀者須知上記之股息情形，在鐵路史中已處於最高地位。若鐵路情況回復至於 1896 時代，則其中 70% 以上均難發付股息，斯時鐵路投資雖有獲利頗巨者，但幾已令人視若畏途矣。

166. 營業費用 數字之勻整 此處所採營業費用之分類方法，係完全遵循州際委員會之制度，所列數字咸屬平均數。更有一端堪以注意者，鐵路每列車哩之費用，不問列車繁簡輕重常屬定數。雖在短距離及運輸超常之鐵路，暨與母公司間有特殊財政關係之公司，不能盡與此定律相符合，但祇能視作特例而已。

據 1901—2 年報告，國內十大鐵路，每路長度超過 4000 哩，每列車哩之費用計為 \$1.167。美國全國平均數則為 \$1.1796，此十

表8 營業費用

項目	長度(哩)	營業費用 每列車哩	營業費用對總進 款之比率%
1	21.25	\$0.70621	71.62
2	32.60	0.47828	64.21
3	31.00	0.60649	96.12
4	64.10	0.90588	43.41
5	42.00	0.54323	63.07
6	61.00	0.75357	81.05
7	50.00	0.87456	90.32
8	50.39	2.07044	97.58
9	70.78	1.02854	53.46
10	52.20	1.74952	62.15
平均數		\$0.97167	72.30
十大鐵路		1.167	59.78
美國全國		1.17960	64.66

大鐵路之營業費用，對於總進款之比率為 59.78%，全國之比率則為 64.66%。較小鐵路之營業費用詳見表 8，表中各路係任意選取，惟其長度均不及 100 哩，且均為獨立經營之鐵路。

就上舉數字稍加研究，可知地方情形對於小規模鐵路之影響甚鉅，每列車哩之營業費用，離開平均數甚為遙遠也。此處所選十條短鐵路之平均數，較美國全國之平均數為小，雖其中二路超過全國平均數甚多，但以大體言則咸較少也。

此項數字之勻整原因，不難明瞭。雖大鐵路任何項目之總費用（例如拆換舊軌）較諸小鐵路多寡懸殊，但列車數目亦隨之增多，故除得之數，即每列車哩之費用，在實質上甚為勻整。

平均費用 廿三年來每列車哩營業費用增加之狀況詳見表 9，當 1895 至 1912 年間，此項費用增加 73%，甚為勻整。關於表 9 未

來費用之預計，固屬臆測而成，但研究鐵路經濟者，必須竭其能力作未來五年或十年之預計。目前似無理由足以希冀此項費用之減少，換言之，此項費用仍在繼續增加之趨勢中，但祇可云其增加之速率不如昔日之甚而已。

表 9 每列車哩之平均營業費(美國境內)

年份	分	年份	分	年份	分	年份	分
1890	96.006	1896	93.838	1902	117.960	1908	147.340
1891	95.707	1897	92.918	1903	126.604	1909	143.370
1892	96.580	1898	95.635	1904	131.375	1910	148.865
1893	97.272	1899	98.390	1905	132.140	1911	154.338
1894	93.478	1900	107.288	1906	137.060	1912	159.077
1895	91.829	1901	112.292	1907	146.993		

167. 營業費用之分類 表 10 為州際委員會所採之分類法，表中顯示每項目之總費用，相當於總數之百分數，及每列車哩之費用(以美金一分為單位)。將百分數與是年平均每列車哩之費用(\$1.59077)相乘，即得該項每列車哩之費用。此項平均數，足令人得一廣博之概念，但應用時須極謹慎。例如每哩機車之燃料費為一易變之數，隨機車之尺度，及工作之數量而異，若貿然採取表中 16.27 分作估計之根據，則甚為愚拙也。

163. 路線與建築之養護 軌道材料中，以軌枕之費用為最巨，每列車哩之費用，已較 1895 年增加一倍。此蓋由於下列三原因：(a)軌枕價格之增加；(b)產量稀少以致購入時檢查鬆濫；(c)列車荷重，車輪集中荷重，均較增加，使軌枕毀壞更易。將來軌枕價格，除設法多用防腐方法，或發明金屬式鋼骨混凝土軌枕外，恐無減輕

之望。此項金屬或混疑軌枕，初價雖昂，但甚耐久，故每列車哩之費用可期較廉也。

表 10 美國各鐵路營業費之分析，(1912年度)。

項目	摘 要	總數 (千元爲 單位)	總費用之 百分數%	每列車哩 之費用 (以美金 一分計)
路線及建築之養護費用				
1	辦公費	18,789,	0.990	1.58
2	道渣	7,157,	0.377	.60
3	軌枕	55,463,	2.921	4.65
4	軌條	16,438,	.866	1.38
5	其他軌道材料	17,346,	.914	1.45
6	路基及軌道	129,397,	6.815	10.84
7	消除冰雪流沙	6,920,	.364	.58
8	隧道	1,141,	.060	.10
9	橋梁，棧橋，涵洞	27,712,	1.460	2.32
10-12	交道叉，護籬，防雪建築	8,066,	.425	.68
13-15	號誌，電報，電力傳導	13,681,	.720	1.14
16,17	房屋，場地，船塢，碼頭	35,389,	1.864	2.96
18	築路工具及用品	4,480,	.236	.38
19	員工之傷害	1,989,	.105	.17
20,21	文具，印刷，其他費用	1,038,	.054	.09
22,23	與別路之聯合設備(淨差額)	3,463,	.182	.29
小 計		348,471,	18.353	29.20
設備之養護費用				
24	辦公費	13,175	.694	1.10
修理，換新，折舊：				
25-30	機車(汽電)	175,889,	9.263	14.74
31-33	車輛(客車)	38,968,	2.052	3.26
34-36	車輛(貨車)	183,968,	9.690	15.41
37-39	車輛電氣設備	318,	.017	.03
40-42	水上設備	1,333,	.071	.11
43-45	工具設備	6,128,	.322	.51
46	工廠設備(機械及工具)	10,418,	.548	.87
47	動力廠設備	268,	.014	.02
48	員工之傷害	1,818,	.096	.15
49,50	文具印刷及其他	4,036,	.213	.34
51,52	在終點與別路之聯合設備(淨差額)	676,	.036	.06
小 計		436,995,	23.016	36.61

53-60	車務費用 代理處,廣告,快遞線等	59,047,	3.110	4.95
61,62	運輸業務費用			
63	辦公費與站上費用	40,743,	2.146	3.41
64-66	車站員工	133,877,	7.051	11.22
67-72	過秤;車上服務社;煤及礦石船塢	15,949,	.839	1.33
73-76	車場(工資,費用,材料)	116,781,	6.151	9.79
77,78	車場機車(燃料,水,機油,材料)	33,658,	1.773	2.82
104,105	管理聯合軌道,終站,車場,及其他			
79,80	設備(淨差額)	10,430,	.550	.88
81	司機	120,966,	6.371	10.14
82	機車,機車房費用	33,951,	1.788	2.84
83	機車,燃料	194,142,	10.225	16.27
84,85	機車,水	12,482,	.657	1.04
86,87	機車,機油,及其他	7,430,	.392	.62
88	動力廠及購入動力	1,797,	.095	.15
89	列車員工	128,339,	6.759	10.75
90-92	列車物品與費用	34,462,	1.815	2.89
93	聯鎖號誌,旗手,開動橋梁	17,831,	.939	1.49
94-98	清理毀壞	5,167,	.272	.43
99-103	電報,水上設備,文具,雜件	20,009,	1.054	1.68
	財產之損失,員工之損害	56,838,	2.994	4.76
	小 計	984,852,	51.871	82.51
106-116	總務費用 總務人員,辦事員等薪金,法律, 保險,撫卹,雜費	69,297,	3.650	5.81
	總計營業費用	1,898,662,	100.000	159.08

路基與軌道之費用(項目6),為養護軌道之工資。平均軌道工人之每日工資在1900年為\$1.22,至1912年已增為\$1.50;工目之工資均較工人工資高30%。在此時期中,每100哩所雇之工人數目雖時有變化,但已自118人增為143人,由于人數與工資之兩重增加,故軌道之養護費乃隨以大增。

169. 設備之養護 此類費用近年增加甚多,不僅總數之增



加，即百分數與每列車哩之攤派費均已驟增。增加費用之原因，蓋由於廠內工資之增巨及材料價格之昂貴。此項費用不隨改變路線後長度之增減而變，此外尚有若干項亦然。曲線與修理費用關係甚密，（尤以車輪之蝕損爲甚）故工程師於考慮減省曲線時，必須計及此事，路之坡度對於養護費亦略有影響。

在機車生命之第一年內，除遇險以外，修理費尙極稀少，年齡愈增，則修理費即以高比率增加。及機車之修理費增至初價之四分之一時，（除特種情形此數改爲三分之一）則宜廢棄，蓋斯時每列車哩攤派數甚高，不如另購一新機車爲經濟也。若購置新機車以替代舊機車，其增出之費用，應記入改進設備賬中。

170. 運輸費用 此類費用計有五項，每列車哩攤費超過美金五分，其中最巨之項目爲燃料。此項費用自 1895 年以來，增加幾及一倍。此蓋半由於煤價之增加，半由於機車動力增巨，以致每哩燃煤之量亦因以加增也。此外尙有四五項大宗費用，幾全爲薪工，最近二十年中所增亦巨。凡作未來經濟之預測時，須知運輸費用恐無降落之望，而最近五年至十年間恐有顯著之加增也。

## 第二十三章 定線之經濟

171. 原則 綜觀上文所論，參以常識的判斷，可知下述各節之真實性：

(1)本國(指美國)若干鐵路之定線，其環境之艱難，非可言喻，故確係不可磨滅之偉績。至若祇以通行車輛為目的，而不問其位置是否足以吸引運輸業務，營業費是否過高，限界坡度是否過於峻急，列車荷重是否被其限制，則平庸之工程技能已足以應付之矣。

(2)在若干可能之路線中，就管理或營業方面言，必有一綫較優於他線，故如何選出最優之路線，不僅為工程師之分內事，亦其才具之一種試驗也。

(3)選定路線之際，恆有若干利害參半之問題，須加以精審之思慮：(a)必須獲得最大量之營業，但欲期達到此目的，恆須付出極大之初價；(b)限界坡度必須充分使其低緩，但通常需費每甚鉅大，且恆因此而不得不選取一種犧牲營業之位置；(c)曲線必須使其和緩以期減輕營業費，但此事恆以鉅價得之；(d)總工費必須使之在某種定額以內，庶可與未來收入相適應，且必須使之較少於所籌資金總數，庶通車後五年或十年間，營業尚未發展之際，尚有餘款以資挹注也。

(4)每一建議之新線，均含有上述之各問題，工程師之職務乃在估計與比較此種問題，擬定需費最少而收穫最巨之對策。初價，暨未來營業費，均須處處顧到也。

172. 經濟計算之確實性及其價值 讀者慎勿養成信念，以爲下述之計算方法，可與算學的計算法相同，足以使人精密計算修改路線後所生之影響。實則本問題牽涉之因素過多，而其影響又復變化無定也。惟精密之結果雖不可得，但猶可賴以獲得實際上之方針；亦有法聊勝於無法之意耳。例如一段過度曲折之鐵路，若欲改成比較緩和之路線，則因減除多數曲線，須費凡 \$20,000。假定由計算(詳後)後，得知每年營業費用可以因之節省 \$3500，按 5% 利息計，此 \$3500 元之資金，相當於 \$70,000。今所費祇 \$20,000，故可知此項改善工程殊爲合算。此爲本方法最明顯之一例。

關於改善工程之費用，固可詳密估計，但關於每年節省營業費之估計則異是。估計此項營業費之節省數目，於若干不易確定之項目，予以寬裕之數目後，可設定其最多與最少之變化限界。在極有學識經驗之工程師，則足使此種限界極度減小，而不致發生重大之錯誤。且此種步驟亦常可無需，蓋問題之實質，並不在於受益之資金究爲 \$70,000 或 \$50,000 或 \$90,000，蓋在乎經此改良後，所獲利益究僅數千元，或可達數十萬元耳。其詳細數目，實非所問。

若改良費用與所獲利益相去無多，則決定施工與否均無大礙，而全視乎公司當局之願否多費此款。此種方法對於無經驗之工程師亦甚有用，蓋藉此可使其建議發生力量。對於經驗豐富之工程師則爲用更多，足使其提出最優之意見，且可使其應用其經驗於計算之中，以得最精密之結果。

讀者幸勿以爲以下諸頁所示之數值，足以應用於任何假定之情形。蓋其目的在乎指示演算之方法，須憑工程師最良之判斷力，以期適合當地之情形。

## 第二十四章 長度

173. 長度與運價及費用之關係 運費率通常係以旅行之距離為根據，蓋謂鐵路所盡之服務及費用，係與長度成正比例。此種假定實與事實不符。若搭客或貨物自甲城運至乙城相距 100 哩，則鐵路所給予之服務，為於最容易與敏捷情況下完成此種運輸。若另一公司費倍蓰之資本於此兩城間築一鐵路，縮短其距離為 90 哩，因其減除不必要之旅程，此路之服務當較前述之路更大更佳，然若按里程為計算運費率之根據，則此路所得運費當較少，豈非不通之論乎？

鐵路之費用與長度為比例之假定，似較為有理，但如後文所述，亦可知其非為確論。多數搭客列車之平均費用不難求得，更以搭客旅行之里程除之，即得每延人哩之費用。但於規定列車中增加搭客一人，所增之費用為數甚微，恐不致超過其車票之印刷費。緣雖增此搭客而多耗之煤，及其他所增之些微費用縱能算出，其數亦必甚微，僅為載客列車哩平均費用之極微分數。此種辯證法雖性質不一，但亦可用以推論貨車另增一噸貨物後所增之費用。

用此同一之辯證法，可以證明長度之變化所給予行車費用之影響，並不與此變化成正比例。最易知者，總務費用絕對不受路線長度改變之影響，又如後文所述燃料之消耗，並不與長度成正比例。若事實上有可能性，可製一運費率表，使顧及路線各部分尖銳之曲線與過甚之坡度，且此運費率除直接依賴此種情形外，並與其他足

以增加行車費用各建築要素相稱，則此運費率當與費用成正比例，但此種運費率表，不易獲得公衆之了解而無法實行。且鐵路常有爲營業競爭起見，所收運費率竟較廉于運輸之平均費用；此足證長度對於運費率及費用之關係，無法用簡單比例爲之顯示也。

174. 進款之影響 運費之規定既以長度爲根據，而不問曲度與坡度，故長度之增加可得若干之補償。雖將長度無故增長以增加運輸上之負擔，實與公衆利益政策相違反，但在無競爭之運輸上，隨長度增加之進款，恆較所增費用爲鉅。爲正常研究此種情形起見，必須將有競爭與無競爭運費率，加以顯著之區別。運輸又可分爲聯運與本路二部門，凡通過兩路或兩路以上之運輸爲聯運，不問所經各路之部分之或長或短；限于一路之運輸爲本路，所經路線有時可爲該路之全部。此種分類可更進一步區分如下：

(1)無競爭之本路 — 限於一路而無別路可資選擇。

(2)無競爭之聯運 — 行於二路或二路以上，但別無選擇餘地。

(3)有競爭之本路 — 有二線以上可資選擇，但每一路線均限於其本路。

(4)有競爭之聯運 — 有二條或二條以上路線可資選擇，但所選任何路線均須通過二路或二路以上。

(5)半競爭之聯運 — 在本路無競爭而在別路則有競爭。

凡通過兩路或兩路以上之進款，均按所經里程而分配。有在分配以前，先行減去終站費用。亦有勢力雄厚之路，迫使薄弱之路承認特種費用，於分配之前，先行扣除。但最後之分配，則不論客運與

貨運，均按長度而定。由以前所示，每哩之營業費用約為平均費用之 56%。此意即凡屬無競爭營業（第 1 類），均因長度之增加而獲得利益。就另一方面言，有競爭之路線，則不問長度如何，運費大率相等，所增之長度徒為無報酬之損失而已。此即屬於分類之第(3)項。

〔實例〕 各類運輸業務所受起迄點間距離之影響，多寡不一。假設某一運輸業務，在本路上之長度為 100 哩，在外路上之長度為 150 哩；又假定貨運費為 \$10。則本路應得  $\frac{100}{100+150} \times \$10 = \$4.00$ ，此即謂該等貨物每哩須費 4 分。若本路之長度增加 5 哩，又假定運輸業務完全在競爭情形之下，則所收運費將不問所增長度若干，祇能收取 \$10。則本路可得  $\frac{105}{105+150} \times \$10 = \$4.1176$ 。若原有之 100 哩仍按每哩 4 分計算，則所增之 5 哩共得 11.76 分，此即每哩 2.352 分，或 4 分運費率之 58.8%。

此數略等於所增里程之百分數，故原有 4 分運費率如屬有利，則所增進款，亦必足以經營所增之長度，有盈利而無損失。但外路却因以受損，因該路先後之服務完全相同，而所獲之酬報則減少矣。上舉之數字實例，已迫近增加長度之利益與不利益之限界。若本路之長度，祇居全運程之一極小部分，則可以同樣之算法，證明增加長度顯然處於有利地位。反之，若本路之長度居全運程之大部分，則增加長度顯無利益。總之外路愈短則利益愈寡，外路長度為零（即全部有競爭之運程均在本路之內），則本路所增長度為絕無補償之損失而已。

上舉之數字實例，祇為無數情形中之一事。鐵路中任何一站，幾無一不與國內其他車站相聯繫。由任何車站至另一車站之路線，即

爲一種新的組合，而增加長度所生之影響，卽一切單獨情事所生影響之和。由此足證精密之算法爲不可能，但由上舉之解法，足以指出下列之原則：

在一切無競爭之營業，不論爲聯運或本路，因增加長度而增加之進款，均屬有利，若營業完全不致發生競爭，則增加長度並非處於不利地位，尤於增加長度後可以減低建築費時爲甚。例如，某路遵一極度屈曲之河岸而建，較諸多穿隧道之路，雖其長度較大，曲折較多，但其建築費或可較少。

若鐵路所經手之競爭營業爲數甚巨，則增加長度每爲損失之一因，若損失過巨，則寧斥鉅費以改善之。繼續耗費鉅款以減縮長度之另一原因如次。當一路之聯運運費率訂定以後，卽不易因改革少許路線而加以推翻。

以上所述，可歸納爲次之結論：每路經手之無競爭營業爲數較多，則加增長度後之費用，均可得所取償。多數小鐵路所經營之營業，幾完全屬於無競爭的，故加增之運費，每足以補償其增加長度所增之費用，雖事實上並非利益之真實的來源。最後，鐵路斥鉅資以縮短里程（卽擇一費用較大而長度較減之路線）常不合算，除非該路所經手之營業，多數屬於高度競爭性質。

討論本問題時，尙有不可忽視之數點。其一爲增加里程後，所增之旅行時間。此事之重要性有二：(1)兩城市間客運營業之競爭，（例如紐約與菲城，或菲城與阿特蘭提克），常甚尖銳，致旅行時間相差 10 分鐘左右者，卽與財政上有嚴重之關係。(2)長度之改變過多，對於重聯運貨車或有嚴重之影響，雖然此種列車在該段之總行

車費通常所增之數，並不較多於額外之列車哩乘減低列車哩之費用之積。但在任何情形之下，此種問題不應忽視也。

另一考慮問題，爲其對於營業之可能的影響。計畫良好之鐵路，通常稱之爲『直線之捷徑』。工程師如存心祇求路線之徑直，則每致失去進款之來源，所建之路，收入與營業均將減色。是以選擇路線有一南針曰：『擇取每哩營業最巨之路線。』但在另一方面而言，亦不得專顧營業之來源，致所選路線曲折過甚，使一切運輸均因以增加額外之負擔。



## 第二十五章 曲 度

175. 曲度對於營業上之障礙 曲線之不利益，在非技術人員極易領悟。但此種世俗共曉之事，在工程師反視爲無甚經濟的價值。曲線之缺點，分論於次，以其重要之程度爲序：

(1) 增加撞車與脫軌之危險。凡遇曲線上之脫軌，其損失必較重。然則鐵路應費若干資金於免除或減緩曲線方爲合算乎？因盡除曲線，爲地形及財力上所不可能，故此問題當改變爲盡其可能以減輕肇禍之危險。按 1902 年度州際委員會報告，知旅客旅行一哩中遇險之機會，在 57,022,283 人中祇有一人。此即每一旅客旅行 57,000,000 哩始有被殺之機會。若按每小時旅行 60 英里之速率，則須 950,000 小時，即 40,000 日，即超過 100 年以上。

但此中遇險之原因，並非完全由於曲線，故按或是定理，此旅客不知更須旅行若干倍之距離，方能遭遇在曲線脫軌致死之厄運。此種出險之曲線，如限于地形或財力上可以避免者，則機會當更少。設吾人估計全國鐵路曲線爲 250,000 處，試問在其中一處出險之機會若干？吾人應斥費若干以期減免該曲線之危機？斥費以後是否尙有其他之危機 關於此問題之合理的分析，結果足知吾人宜在特別危險之曲線設法減免危機，(例如加置旗手一人於曲線地方)但無法計算危機之財政的價值，以作改善工程之方針。

(2) 曲線對於運輸之影響約有三端：(a) 減低急行列車之可能的速率。在聯絡兩城市間競爭尖銳之鐵路，此事關係綦重，但多數

鐵路則無此情況。減除曲線後客運時間究能縮短若干，殊不一律，須詳加分析。(b)使行車發生顛簸，(c)使乘客危懼而減少旅行。以上三端所發生之缺點如有良好之路基及緩和曲線，即可彌補不少。在運輸中佔有三分之二之貨運。除非曲線特別尖銳不致受有影響，故工程師於研究曲線之財政價值時，每不措意於貨運也。

(3)曲線對於列車之行動所生影響爲：(a)限制其長度，(b)限制機車之型式與重量。凡沿河岸而築之鐵路，普通均有陡峻之限界坡度，而曲線常甚尖銳。此種鐵路之列車長度，恆因曲線而有限制，但此種情形較罕，有之亦可按後述方法，算出在何種費用範圍內，減緩曲線方爲合算也。若登山坡度長而勻整，則曲線足以限制列車之長度，但良善之經驗，當採後文所述之補救方法也。

登山鐵路所用之曲線，若過於尖銳，常難採用最大型之機車。但此種鐵路之運輸每較稀少，故無採用重型機車之需要。平常均認爲馬蘭特機車，(有車輪 16，重逾 400,000 磅)可以通行於 20 度曲線，故在普通鐵路工作中，採用機車之限制可以忽視。

(4)曲線增加營業費用。此項缺點爲一確定之數，可以約略算出，又因曲線減緩後費用可以減少，故吾人可先算出曲線對於營業費用之影響。

**176. 曲線之補償** 列車阻力因曲線而增加之數，甚爲確定，而此種增加之阻力，可以等量之坡度增加數代表之。假定 6 度曲線之阻力爲每噸 4 磅，則等於 0.2% 坡度之坡度阻力。若有 6 度曲線其坡度爲 1.0%，則其阻力等於 1.2% 坡度之直線軌道也。依此根據，若 1.2% 坡度被選爲限制坡度，則需用 6 度曲線時，其坡度不得

超過 1%，庶其阻力不致較切線爲鉅。此爲曲線補償之基本觀念。若坡度甚平，去限界坡度甚遠，則無須顧及曲線之補償。但坡度已達限界坡度者，則不可忽略此點，否則事實上因曲線阻力而超過限界坡度矣。

**補償率** 此名詞之意義，爲坡度應如是減低，使所省之坡度阻力可與曲線阻力相等。但曲線阻力略隨列車速率，軌條情形，車盤種類而異。爲計算上之簡單起見，可假定曲線阻力與曲線度數成正比例。此項假設，在低曲度時完全無誤，而在高曲度時則錯誤甚巨，惟所幸者此時之阻力較由比例算得者爲小耳。此蓋由於曲線之大部阻力與曲線之度數無關，在列車低速率時，曲線阻力大約每噸每度爲 2 磅。（相等於 0.1% 坡度）例如，列車開行之時，急行列車之阻力較緩行列車爲小，但因必須顧及緩行而量重之貨列車，故必須採用較大之補償率。由於補償之結果，必須犧牲一定平距內所增之高度，而欲減緩坡度至相當範圍以內，必須耗資於路線之延展。是以無目的之補償，爲一浪費的行爲，必須避免者也。若在各列車停留場之鄰接坡度之下，須有曲線，則此種補償必須減少或免除，蓋因曲線之阻力而耗費之能力，本須耗費于停留時之軛中也。若此坡度必須展至停留場以上，則以開車時阻力較巨，必須採用較大之補償數。因曲線阻力僅增加有效的坡度，而補償之目的，爲免除限界坡度之超過，故在業已平緩之坡度上，無再加補償之必要，以其決無超過限界坡度之可能性耳。但此事亦有例外之危險，蓋日後路線或須改變，而限界坡度減緩殊巨。但若忘將該處補償，則必致超過修正之限界坡度矣。以上所論，可歸納而爲次之規律：

(1)在一切重貨車停留場之上方，每度曲線應補償 0.10%。

(2)在此種停留場之下方，無須任何補償，但應用此規律須極審慎。

(3)普通每度曲線應補償 0.035%。

(4)若習慣上經此曲線時速率甚緩，或超高度對於貨列車已屬過度，此項補償率應增為每度 0.04%。但如補償後高度犧牲過鉅，致切線之坡度必須增加者，則不在此限。

(5)曲線之坡度甚微，且低於限界坡度甚遠，則無須補償，但將來限界坡度減低時，必須注意及此。

177. 曲線之限度 舉行鐵路測量之時，每受有上級命令，限制曲線不得超過某種限度。然則此等限度如屬必須，則應為若干度曲線歟？吾恐對於此一問題，並無準確答案可言，極言之，則無限度之必要。在通常一切曲線度數下，直至  $20^\circ$  曲線為止，均可容許重機車之行駛。且已有無數事實，可以證明尖銳之曲線，經多年重量運輸之行駛後，並未發生嚴重之困難。包爾提摩爾與俄海俄鐵路在哈爾柏渡口即其一例，該處之曲線祇  $19^\circ 10'$  耳。（半徑 300 呎，惟該曲線已於多年以前拆改。）但青年工程師未可援引此例，斷言曲線之為無足輕重，而以為任意縮短長度，盡力插入尖銳曲線，即為最容易之計畫。殊不知每減少中心角一度，即有其一定之價值，而曲度半徑苟無須重大犧牲其他利益或財力，則應在可能範圍使之放長也。在山區建造鐵路，必須度越山嶺之時，每非採用極尖銳之曲線或耗費巨量之金錢，無法減緩坡度。但建築費用每為財力所限，故常造成採取高級限界坡度與低級曲線度數之錯誤，殊與鐵路一

般情形鑿柄不入也。

亦有公司所籌有限之資金，均因力謀曲線之和緩而耗費殆盡，不知挹注於其他反較有利之途徑。最普通之錯誤，為將限界坡度作無謂之增加。若干鐵路均規定最大坡度為每哩 60 呎。最小之曲線為 6 度。此兩限制之援用，分合靡定。若 6 度曲線適在 60 呎坡度上，則坡度之實質增為每哩 71 呎。在某種情形之下，每哩 60 呎可為極合適之限界坡度，但如遇採用 10 度曲線，即可將限界坡度大為減緩之時，則減緩坡度之利益，實遠勝於尖銳曲線之缺點也。故就一般而言，如有規定此種限制之必要，則必須與當地情形相適應，苟遇有利之機會，如增加曲線度數，或中心角度數，即可減低限界坡度時，則不妨從權採用。（除非計算後，覺增加曲線度數後，有得不償失之情形則為例外）

## 第二十六章 坡 度

178. 低級坡度與限界坡度之區別 在計算低級與限界坡度不利點之前，必須明瞭其間之區別。每哩列車之行車費用，大部分隨列車之長短輕重而異。運輸貨物若干噸之進款為一定數，不論其裝在一列車內或兩列車內。若因減緩坡度後，原須分裝兩列車之貨物，可以併裝一列車，則進款仍舊，而行車費用幾可減半，自為有利之計畫。

通常貨列車之機車能力有限，無法將列車之運貨量增加一倍，但如能將限界坡度竭力減緩後，則列車運量即有顯著之增進。鐵路營業原在損失中者，即可一變而為盈利。機車拖運量受限界坡度之限制甚嚴，故所予財務上之影響甚為密切。自另一方面言，低級坡度對於車輛數目並無限制，故對於行車費用，除機車所需燃料與雜項物料略有增加外，並無其他影響也。燃料等增加之數，可以計算得之，為數雖鉅，但較諸另增列車以轉運同量之貨物，則所省實多矣。

低級坡度之實際費用，較吾人之想像為少，蓋有上昇之坡度，必隨以下降之坡度。兩終站之高度雖相差無多，但其間之路線則每有無數之起伏。即自極端之情形言，所有坡度均在同一方向，則上行車固甚費力，而下行車即可以省力也。

179. 加速運動之定律（對於列車行動之應用） 列車自靜止而開始行動，逐漸達到其正常速率，例如每小時 30 哩，則其機車不僅須發生動力以應付軌道阻力，坡度或曲線阻力，並須發生動能

以與其速率相稱。此項動能並非浪費也；此種能量均改變而成工作。一部分之能量，固須因輒而耗費及吸收，但一切阻力亦由以克制，以保持其速率。此項動能爲一數學的定量。依力學定理，吾人知其量爲  $W(v^2 \div 2g)$ ， $W$  爲列車之重量， $v$  爲其速度，以呎/秒計， $g$  爲重力加速度，等於 32.16 呎/秒/秒。

如欲得對於此力之更佳的認識，可設想列車在無阻力之軌道上進行。若速度爲  $v$  呎/秒，則其所蘊之動能，可使列車之本身提高  $h$  呎，而  $h = v^2 \div 2g$ 。若吾人假設機車所供給之能量，適足以克制其牽引抵抗力，則此車尙能藉其動能，升登  $h$  呎之坡度（平距不論）。此定理引伸之，可知此列車升登  $h'$  呎後（ $h'$  較  $h$  爲小），則斯時之速度爲  $v' = \sqrt{2g(h-h')}$

〔例題〕 假定列車之速度爲每小時 30 哩，或每秒 44 呎，則其動能可令升登  $h' = \frac{44^2}{2 \times 32.16} = 30.1$  呎。若機車所供給之能量足以克制其牽引阻力，則其動能足令列車繼續進行每哩 15 呎之坡度凡二哩，或每哩 60 呎之坡度凡半哩。若此列車先行之半哩爲每哩 20 呎之坡度，則其自身業已升高 10 呎，尙有相等於 20.1 呎之動能。斯時列車之速度應降爲  $v' = \sqrt{2 \times 32.16 \times 20.1} = 35.9$  呎/秒，或 24.5 m.p. h.。

若此列車爲一固體物質，則以上數字乃絕對無誤，但因列車內一部分重量爲旋動之車輪，必須消費一部分之動能使之旋轉，故問題稍形複雜。旋動與移動所消費之動能比率不同，因車輪重量與全部重量之比率而定。後者又因車輛之構造，暨裝貨之盈虛而異。是以欲得精確數字，殊屬難能，但假定所增之動能平均爲 5%，亦無大誤。

表 11 列車在各種速度下之速頭(與動能成正比)

速度 每小時 哩數	速 頭 $V^2 \times 0.03511$									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
5	0.88	0.91	0.95	0.99	1.02	1.06	1.10	1.14	1.18	1.22
6	1.26	1.31	1.35	1.40	1.44	1.48	1.53	1.58	1.62	1.67
7	1.72	1.77	1.82	1.87	1.92	1.97	2.03	2.08	2.14	2.19
8	2.25	2.30	2.36	2.42	2.48	2.54	2.60	2.66	2.72	2.78
9	2.85	2.91	2.97	3.04	3.10	3.17	3.24	3.30	3.37	3.44
10	3.51	3.58	3.65	3.72	3.79	3.87	3.95	4.02	4.10	4.17
11	4.25	4.33	4.41	4.49	4.57	4.65	4.73	4.81	4.89	4.97
12	5.06	5.15	5.23	5.32	5.41	5.50	5.58	5.67	5.75	5.84
13	5.93	6.02	6.12	6.21	6.31	6.40	6.50	6.59	6.69	6.78
14	6.88	6.98	7.08	7.19	7.29	7.39	7.49	7.60	7.70	7.80
15	7.90	8.00	8.11	8.22	8.33	8.44	8.55	8.66	8.77	8.88
16	8.99	9.10	9.21	9.32	9.43	9.55	9.67	9.79	9.91	10.03
17	10.15	10.27	10.39	10.51	10.63	10.75	10.87	10.99	11.12	11.25
18	11.38	11.50	11.63	11.76	11.89	12.02	12.15	12.28	12.41	12.55
19	12.68	12.81	12.95	13.08	13.22	13.35	13.49	13.63	13.77	13.91
20	14.05	14.19	14.33	14.47	14.61	14.75	14.89	15.04	15.19	15.34
21	15.49	15.64	15.79	15.94	16.09	16.24	16.39	16.54	16.69	16.84
22	17.00	17.15	17.30	17.46	17.62	17.78	17.94	18.10	18.26	18.42
23	18.58	18.74	18.90	19.06	19.22	19.38	19.55	19.72	19.89	20.06
24	20.23	20.40	20.57	20.74	20.91	21.08	21.25	21.42	21.59	21.77
25	21.95	22.12	22.30	22.48	22.66	22.84	23.02	23.20	23.38	23.56
26	23.74	23.92	24.10	24.28	24.46	24.65	24.84	25.03	25.22	25.41
27	25.60	25.79	25.98	26.17	26.36	26.55	26.74	26.93	27.13	27.33
28	27.53	27.73	27.93	28.13	28.33	28.53	28.73	28.93	29.13	29.33
29	29.53	29.73	29.93	30.13	30.34	30.55	30.76	30.97	31.18	31.39
30	31.60	31.81	32.02	32.23	32.44	32.65	32.86	33.08	33.30	33.52
31	33.74	33.96	34.18	34.40	34.62	34.84	35.06	35.28	35.50	35.72
32	35.95	36.17	36.39	36.62	36.85	37.08	37.31	37.54	37.77	38.00
33	38.23	38.46	38.69	38.92	39.15	39.38	39.62	39.86	40.10	40.34
34	40.58	40.82	41.06	41.30	41.54	41.78	42.02	42.26	42.51	42.76
35	43.01	43.26	43.51	43.76	44.01	44.26	44.51	44.76	45.01	45.26
36	45.51	45.76	46.01	46.26	46.52	46.78	47.04	47.30	47.56	47.82
37	48.08	48.34	48.60	48.86	49.12	49.38	49.64	49.91	50.18	50.45
38	50.72	50.99	51.26	51.53	51.80	52.07	52.34	52.61	52.88	53.15
39	53.42	53.69	53.96	54.23	54.51	54.79	55.07	55.35	55.63	55.91
40	56.19	56.47	56.75	57.03	57.31	57.59	57.87	58.16	58.45	58.74
41	59.03	59.32	59.61	59.90	60.19	60.48	60.77	61.06	61.35	61.64
42	61.94	62.23	62.52	62.82	63.12	63.42	63.72	64.02	64.32	64.62
43	64.92	65.22	65.52	65.82	66.12	66.43	66.74	67.05	67.36	67.67
44	67.98	68.29	68.60	68.91	69.22	69.53	69.84	70.15	70.46	70.78



表 11 在計算上甚為有用，其編製之根據如次：

速頭 = $\frac{v^2(\text{秒/呎})}{2 \times 32.16} = \frac{1.4667V^2(\text{m.p.h.})}{64.32} = 0.03344V^2$	
加 5% 因車輪之旋動所增之動能	$= 0.00167V^2$
共計	<hr style="width: 100%;"/> $0.03511V^2$

表 11 中一部分數字係用中介法求得，故若干數之百位數中，略有錯誤在所不計。但自本問題本身而設想，則百位數之差異實無影響也。此表之用法實例，詳於後文。

在一定距離內，發生此種加速度所須之牽引力，可以次式表示

$$P = \frac{W}{2gs}(v_2^2 - v_1^2)$$

之式中  $v_1$  與  $v_2$  為低級與高級兩速度，以每秒呎計； $s$  為距離，以呎計； $g$  為重力加速度 = 32.16； $W$  為重量以磅計。若以  $W = 2000$ ，

$g = 32.16$ ， $v_1 = V_1 \frac{5280}{3600}$ ，及  $v_2 = V_2 \frac{5280}{3600}$  代入，則得

$$P = \frac{2000}{2 \times 32.16s} \left( \frac{5280}{3600} \right)^2 (V_2^2 - V_1^2) = \frac{66.89}{s} (V_2^2 - V_1^2)$$

若增加 5%，則此係數 66.89 即改為 70.23，因 5% 非精確數，故此係數可改為 70，即得

$$P = \frac{70}{s} (V_2^2 - V_1^2) \dots \dots \dots (104)$$

式中  $P$  為使列車在  $s$  呎距離內，自每小時  $V_1$  哩之速度，加速至每小時  $V_2$  哩之速度，每噸所須之力（以磅計）。反之，若列車速度由  $V_2$  減為  $V_1$  時， $P$  為用以克制牽引與坡度阻力之力，

130. 實質縱截面 次之說明中，假定機車之牽引阻力暨牽

引力均與速度無關。此種假設均非絕對合于實際，尤以後者為甚。牽引力與速度之關係，當於後文述之。（191節）但由此種假定所得之略數，甚為有益，並切合實用。設圖 157 為路線一段之縱截面， $AE$  之坡度為 0.40%，即每哩 21.12 呎。設由  $A$  升登此坡度之運貨機車之速度為每小時 20 哩，則自表 11 得知該機車之動能相當於速頭 14.05 呎。機車在  $A$  所遇為下坡 0.20%，計長 1500 呎。由  $A$  至  $B$ ，下坡雖祇 0.20%，但對於  $AE$  之坡度 (0.40%) 而言，則為 0.60%。故  $B$  點較  $B'$  點低 9 呎。因機車所作之工作，原可牽其列車以每小時 20 哩之速度升至  $B'$  點，但因 9 英尺之實質落差，使其速頭由 14.05 呎增至 23.05 呎，即速度增至每小時 25.6 哩，即列車在  $B$  點之實在速度也。在  $B$  點，坡度改為上坡 1.0%，距離計 2300 呎。

坡道  $BC$  對於坡道  $B'C$  之坡度，為  $1.0 - 0.4 = 0.6\%$ ，故  $B$  至  $C$

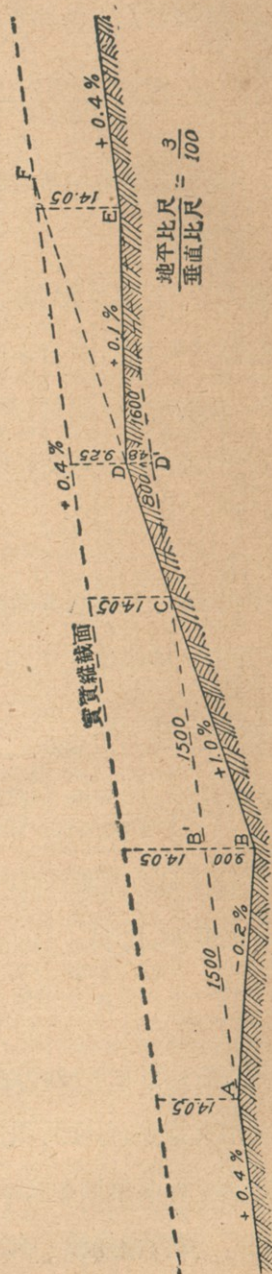


圖 157 鐵路之示範縱截面圖

點相距 1500 呎，所餘之 800 呎，使此路線升至  $D$  點，較  $D'$  點高 4.8 呎。列車於  $B$  點雖以 25.6 m.p.h. 之速度前進，但因坡度為 1.0%，而非 0.4%，故一部分動能為所增之坡度而消費。抵達  $C$  點後，列車由  $A$  至  $B$  所增之動能，完全損失，由此繼續前進時，則損失之動能更巨。抵達  $D$  點，列車損失速頭 4.8 呎，而速頭減為  $14.05 - 4.8 = 9.25$  呎，相等於每小時 16.2 哩之速度。 $D$  點以上之坡度，又改為上坡 +0.1%。

在此，有一奇異之狀況，蓋坡度雖向上，而實質上則向下。何則，機車之工作，實較克制 0.1% 上坡為艱苦，故其速度隨以增加。抵達  $E$  點時，距離  $D$  點 1600 呎，列車即按  $A$  至  $E$  之平均坡度 0.4% 更向前進。自  $D$  至  $E$ ，列車雖則升登 1.6 呎，但實則落低 4.8 呎，即由  $D$  降至  $D'$  點，其速頭則自  $D$  點之 9.25 呎，增至 14.05 呎，而其速度即增為每小時 20 哩。圖中繪在上方之直線，為實質的縱截面，此線可自各點之速頭繪成之。因本問題中之機車之工作始終如一，故此線為一直線。

阻力與牽引力之變化，對於上列數字之精度，雖有若干之影響，如後文所論，但所舉之例，不能視為幻想與不合實際。在某種確定條件之下，此種情形確有實現之可能。如  $BD$  坡延長至  $F$ ，或至真截面與實質截面相交之點，則此列車之動作即將停止，蓋此列車僅有升登 0.4% 坡之能力，決不能升登更高級之坡度也。在實際上，此列車未達  $F$  點前，即將停止，蓋牽引阻力於速度退至零點相近時，必須增加也。在此情形之下， $BD$  為一動量坡度，實質上或較限界坡度為高，但祇須列車無在該坡上停留之必要，則與事實無礙。 $ABC$

在技術上為  $AC$  間之一懸曲，雖  $AB$  為上坡而其坡度比較  $AC$  為小，吾人當以懸曲視之。此種懸曲苟不甚深，以致列車在底部  $B$  點處，速度高達危險之程度，通常並無害處也。

在上舉之數例中，速度祇每小時 25.6 哩，在現代氣軌及自動互鈎完備之時，即在運貨列車亦非危險。但如懸曲甚深，則或須用軌，是則不僅消費列車所蘊能量，且使輪底與軌靴發生磨蝕。

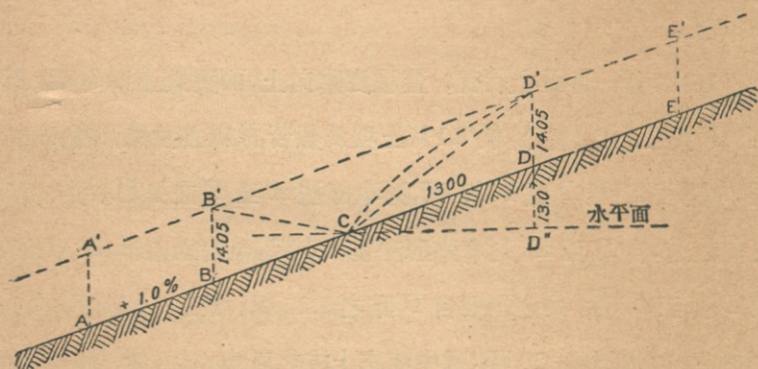


圖 158 列車停留於坡道上諸力作用之圖示

列車停留於坡道上所生之作用，為本問題之另一境界。如圖 158，假定列車以均勻速度升登  $AB$  坡道，其速頭係  $AA' = BB'$ 。自  $B$  點起，列車逐漸緩行以備至  $C$  點而停止。因列車停止於  $C$  點，故該處之速度為零，而實質截面  $A'B'$  折向  $C$  點， $B'C$  線之為曲線或直線均無定。假定列車再度開始進行，其機車所施之力，足使列車到達  $D$  點時，恢復其  $AB$  間之速度。 $DD'$  線應與  $AA'$  線相等，而實質坡線應自  $C$  點聯至  $D'$  點。 $CD'$  遂表示列車升登時之實質坡線。今以數字表示之。假設  $CD = 1300$  呎， $D$  點所需之速度為每小時 20 哩，故  $DD' = 14.05$  呎； $CD$  坡道為 1%，故  $DD'' = 13$  呎， $D''D' = 27.05$

呎，故實質坡線  $CD'$  爲 2.08% 而非 1%。以上數字表示機車牽釘拉力之實際比率。

更進一步論，實質坡線  $CD'$  並非限於圖上所示之直線，而爲一種曲線，開始因牽引阻力較鉅，故其坡度較峻。此時列車速度尙緩，機車牽引力甚強，故足以相抵。但爲安全計，亦須稍留餘力。

鑒於機車能在短距離內，並在坡道上，將其速度由零增至 20 m.p.h. 故可知其能牽引列車以 20 m.p.h. 之速度，行動於 1% 坡道也。就事實上言，苟列車到達  $D$  點時，若不減其機力，則速度尙須繼續增加也。若阻力與牽引力及速度無關，則列車將愈行愈速，（假定坡道不變）。惟實際上速度加高後，阻力亦隨以增加，而牽引力隨以減弱，至速度無法再增爲止。

由以上所論，可歸納爲：

- (1) 等速度時，實質坡線與真實縱截面相平行。
- (2) 加速度時，則實質坡線與真實縱截面愈相分離，速度減少時，則愈形接近。
- (3) 速度爲零時，則實質坡線與真實縱截面相交。
- (4) 實質坡線任何點之坡線，足以測量機車除克制牽引阻力外，應需供給之工作。若此線爲水平線，則足以表示該機車除克制牽引阻力外無需任何工作。若如圖 157，此線向上而均勻，則可知機車之工作均等，而機車之位能即逐漸蘊積。此種位能苟非於前進時利用爲下坡之用，即可利用於回程之內。若此線如圖 158 中  $B'$  至  $C$  之向下，則表示列車正在消費其動能，大部分用諸軌內，而一部分則蘊積以供給由  $B$  至  $C$  之牽引力及坡度阻力。

181. 實質坡線之應用與價值 前已論及，工程師選定路線時，除設法獲得最大量之運輸外，最要之事，即在設法獲得低平之限界坡度。但同時所費於減低坡度者，務令在可能範圍減至極低。如圖 157 之  $BD$  坡道，為一特例，以表示採用一種比較限界坡度更峻坡道之可能性。祇須此坡道之長，不致使列車在坡道底部，未達平易坡道以前，將動能耗盡，且不致有極重列車被迫而停留於此坡道之上。

坡道可以完全照圖 157 釘設，使一切重列車升登坡道中途絕不停留。將來如另一鐵路須在  $C$  點或其左近，作同高度之互交道叉，則列車偶須停留在交叉點。而因列車開動時牽引阻力較行動時為鉅，重載列車每難繼續上坡進行。以其為列車速度所影響，故此種方法之主要價值，在乎事實上足使工程師確定機車之實際能力。在建築費上，圖 157 所示起伏之縱截面，或較均等坡道  $AE$  為廉，蓋  $B$  點之填土與  $D$  點之挖土相抵銷。實質坡線之方法，可使立刻顯示該處之縱截面，是否係一種經濟的可能方法，雖因引用 1% 坡度，或較限界坡度為高也。許多舊路之改良，均藉此法以解決。

例如，某坡度向屬無礙，且不為人所注意，及為事實上需要，須使列車在其上停留，始驟成重要問題，如圖 158 即是。由上舉之方法，可知此問題應如何加以研究。坡道  $CD$  當然為一危險坡道，但在預定條件之下，其實質坡線將顯示機車應有之需要。此事之實例另詳於後。起伏坡道有減低建築費之利點，而在某種條件下並無妨礙，但含有若干危險成份。

圖 157 中  $CDE$  名為坡道中之駝背。在此例中，其高度祇有 4.8 呎，故在普通條件下無甚妨礙，但若駝背過高而列車於經過  $C$  點

時，其速度小於 20 m.p.h.，則恐未達頂點即已停止。滑溜之軌條或強烈之逆風，皆足增加阻力。若駝背頂點處所留之速頭餘裕無多，則將全被克制而中途停止進行。5 m.p.h. 之速度，相等於 0.88 呎之速頭，為最少應留之餘裕。蓋速度小於此數，則每噸之行車阻力，增加甚速，使前項規律之根據失其效力。

另一危險為懸曲過深，致列車經過時，苟非用軛則速度過鉅。此非謂懸曲之絕不可用也，祇謂懸曲處能量消耗於軛內，經過以後仍須由機車為之補充也。此為應加計算之問題，方法詳後，用以決定懸曲之是否合算及其程度何若，使所增之初價與所增之行車費用為一最小值。例如，貨列車行抵懸曲之速度為 20 m.p.h.。是時之速頭為 14.05 呎。若懸曲之最低點較虛坡線（即假定列車速度不變所可行駛之線，即圖 157 之 AB' 坡線）低下 40 呎，則列車在最低點之速頭為 54.05 呎，即相等於每小時 39.2 哩。此雖為貨車裝有氣軛及自動互鈎者之可以容許的速度，但已接近最高限度，且常因若干局部情形，雖此種速率已難容許。

182. 例題 1. 若列車在水平軌道上以 35 m.p.h. 之等速度前進，遇着 1.2% 上坡，問此列車之速度在減至 10 m.p.h. 以前，可行若干遠？

$$35 \text{ m.p.h. 速頭} = 43.01 \text{ 呎}$$

$$10 \text{ m.p.h. 速頭} = \underline{3.51 \text{ 呎}}$$

$$\text{可以升登之高度} = 39.50 \text{ 呎}$$

$$\text{距離} = 39.50 \div .012 = 3292 \text{ 呎}$$

2. 若軌道之懸曲較低於正常坡線為 28 呎，問欲使列車經過最

低點時之速度不逾 36 m.p.h., 問此列車行近懸曲時應保持何種速度?

$$36 \text{ m.p.h. 之速頭} = 45.51 \text{ 呎}$$

$$\text{減去懸曲深度} = \underline{28.00 \text{ 呎}}$$

$$\text{差額} = 17.50 \text{ 呎}$$

相等於 22.3 m.p.h. 之速度, 即此列車行近懸曲前所應有之速度也。



## 第二十七章 阻力

183. 列車阻力 機車鍋爐內之蒸汽能量，最初因克制鍋爐及驅動輪之輪緣間一切內部阻力而消費。此種機車阻力之計算法，當述於後。在驅動輪與拉釘間，則消費於機車煤水車之車輪阻力及大氣阻力(假定列車在水平軌道以均勻速度進行)。拉釘之拉力消費於(1)坡度，(2)曲度，(3)在矢直水平軌道及均勻速度時之正常軌道阻力，(4)增加列車速度所需之能量，(5)始動時之阻力。今分論如次：

(1)坡度阻力 坡度阻力計算甚易，即每 1% 之坡度，每噸 (2000 磅) 之阻力為 20 磅，例如在 1.2% 坡道上之坡度阻力為  $20 \times 1.2 =$  每噸 24 磅。

(2)曲度阻力 每度曲線之坡度阻力，通常認為相等於 .035% 之坡度，惟事實上此項阻力略隨速度超高度而變，若速度比較設定超高度時之速度為甚小時，則阻力為尤巨。但計算曲線之補償時，(見 176 節) 每按此數計算。故每噸每度曲線之曲線阻力，等於  $20 \times .035 = 0.7$  磅。

### 習 題

1. 問  $4^\circ$  曲線之每噸曲線阻力若干？

答 每噸  $4 \times 0.7 = 2.8$  磅。

2. 有  $6^\circ$  曲線軌道之坡度為 2.2%，問其合併阻力若干？

答 曲線阻力  $= 6 \times .035 = 0.21\%$  與坡度 2.2% 相加，得 2.41%，

即其相當坡度。  $20 \times 2.41 = 48.2$  磅，即每噸之阻力。

(3)正常軌道阻力 正常軌道阻力，爲數種阻力之混合數，故隨情形之改變而異。車輪在軌條上轉動之阻力，僅爲全部阻力之一小部分。由於軸摩擦之精細試驗，得知高速度時，車軸在軸承內之摩擦較少，其原因大率由於溫度較高時減少摩擦所致。阻力之總數，隨列車內車輛數目而異。每一車輪之荷重增巨，則每噸之阻力減低。貨列車之大氣阻力，視車輛爲一式(箱車，平車或低欄車)或多式而異。若爲多式混合而成，則阻力較鉅。無數之試驗業已施行，用測力表置於機車及第一車輛之間，以測定牽引力之數量，闡明牽引力與速度之關係及其他定律。在分析此種試驗之結果時，固須先行扣除坡度，曲度，加速度或減速度等影響；但其結果仍遠不齊一，以致不克擬成數字規律，以供普遍之應用。蓋坡度較巨，養護較佳，軌條較重之軌道，其阻力常微；否則阻力較鉅，此實使試驗結果未能齊一之一大原因也。惟由此種試驗中，可以引出一重要而奇特之結果，厥爲『阻力等於一常數乘噸數，加另一常數乘車輛數目，與速度之變化無關』。此種規律適用於 5 至 35 m.p.h. 之一切貨列車。在開車之際，阻力較鉅。速度高於 35 m.p.h. 時，其阻力亦較鉅，但因減低阻力之經濟問題，尋常均以貨列車之資用速度爲限，故以上之簡單規律甚爲重要。其中之常數歷次試驗不能盡同。美國鐵路工程協會搜集多次試驗，因得次之一般公式：

$$R = 2.2T + 121.6C \dots\dots\dots(105)$$

式中  $R$  爲貨列車在水平矢直軌道，以均勻速度進行時之總阻力，以磅計， $T$  爲車輛及車內物件之總重量，以噸計， $C$  爲列車中之車輛數目。

讀者須知阻力須視軌道情形而定，故上式並不能用以計算任何情形下之阻力。惟有此一式，以計算平均值及供比較研究之用，則甚有益。

速度高逾 35 m.p.h. 者，其阻力應隨速度而異，鮑爾文機車工廠所擬之公式為

$$R = 4.3 + 0.0017V^2 \dots\dots\dots (106)$$

式中  $R$  為每噸之阻力， $V$  為速度以 m.p.h. 計。此式對於客列車之車輛重逾 45 噸者，亦可通用。若車輛較輕，則宜用貨列車公式。在低速度，例如 10 m.p.h. 以下者，暨輕量車輛，均不適用。

### 例 題

假定列車中車輛數目為 33，總重 2200 噸。問機車後總阻力若干？

解： 應用式 105,  $R = 2.2 \times 2000 + 121.6 \times 33 = 8853$  磅

為說明軌道之情況，足以左右結果之差異計，有將巴爾提摩爾及俄海俄鐵路之試驗結果，引成公式，與 105 式相仿，而常數則為 2.78 與 113.9。若用此項常數以計算上舉之算例，則阻力  $R$  應等於 9875 磅，較多 12%。此項差異足以證明凡引用此等公式時，無須過分之精算也。

(4) 加速力 加速力之理論的算法，已見 179 節。由此公式亦可用以確定列車之能力，足使機車於升登較峻之坡道時，究能進行至何種遠度。

(5) 始動阻力 如前所論，列車每噸之始動阻力遠較平常阻力為鉅。車輛停止若干小時或數日後，尤以冬季為甚，恆須每噸 40 磅之力方能使之行動。車之軸承每多凍結。惟此種阻力，僅為短期現

象，常可將行動中之車輛或機車向之碰撞而消滅之。當司機將機車倒開，向車輛推進，再撥轉方向，向前駛進，所完成之工作如次：(1) 車軸在短期停頓時比較僵硬，乃改變而為寬弛；(2) 互鈎之彈簧於倒退時壓縮於前進時則伸張；(3) 若列車頗長，則車軸之總滯力甚巨，各車輛依次始動，必俟機車進行數呎後，後尾之車乃開始行動。此種方法足以稍減始動阻力，若各車輛同時拖動，則所須之力必遠過於此。在美國羅克蘭各鐵路所作多次試驗，因知始動阻力約在每噸 10 至 18 磅間，平均為 14.1 磅。在『凍結之軸承』狀態下，曾試得 30 磅之最高額，而在停頓片刻之情形，曾試得 6 磅之最低值。因為列車之震撼，在實質上可使發生與暫時停車同一之效果，故於後節問題內，關於列車始動阻力可視為每噸 6 磅。

### 例 題

牽引 10 輛車組成之列車，每輛重 70 噸，另有車守車一輛重 15 噸，速率 15 m.p.h. 向上坡度 0.9%，問所需拉釘之拉力若干？

解：因速率為 15 m.p.h.，在 5 與 35 限界之內，故可應用式 105。坡度阻力每噸為  $20 \times 0.9 = 18$  磅。11 車輛總重 715 噸，故坡度阻力共計  $715 \times 18 = 12,870$  磅。按 105 式，牽引阻力

$$R = 2.2 \times 715 + 121.6 \times 11 = 2911 \text{ 磅,}$$

兩數相加，知總阻力為 15,781 磅。

上舉之例題中，假定低欄車重 40,000 磅，每車載貨 100,000 磅，車守車重 15 噸。若有未裝貨物之列車，內有廿噸空車 35 輛十五噸車守車一輛，則其總重相等。但因輛數增多，故牽引阻力較鉅，

$$R = 2.2 \times 715 + 121.6 \times 36 = 5951 \text{ 磅。}$$

較前題增加 3040 磅，所增在一倍以上。又須注意者，若軌道並無坡度，則牽引阻力在前例為 2911 磅，而後例為 5951 磅（相去逾一倍）。若在 0.9% 坡道上，則前例之總阻力為 15,781 磅，而後例則為  $5951 + 12,370 = 18,821$  磅，較巨 19%。平均每噸之牽引阻力在前例為  $2911 \div 715 = 4.07$  磅，而在後例則為  $5951 \div 715 = 8.32$  磅。坡度阻力在前後兩例均為 18 磅之常數。由此而觀，可知列車荷重之性質，或係滿載，或係同重量之空載車輛，在水平或近於水平之軌道上為一重要之關鍵，若在較峻之坡道上，如 0.9%，則關係較輕。若在 2% 坡道之上，牽引阻力比較甚小，而列車荷重性質之差異遂處於無足輕重之地位。

〔例題〕 若將前題中速度在 500 呎內，自 15 m.p.h. 增為 20 m.p.h.，問牽引阻力若干？

解 應用式 104，以  $V_1 = 15$ ,  $V_2 = 20$ ,  $s = 500$  代入，

$$\text{則得 } P = \frac{70}{500} (20^2 - 15^2) = 24.5 \text{ 磅 (每噸)}$$

如列車荷重為 715 噸，則機車於加速時須另增拉力 17,518 磅。此數相等於  $24.5 \div 20 = 1.225\%$  坡度。機車是否足以供給 15,781 磅之牽引及上坡力，17,518 磅之加速力，或總數 33,299 磅之拉力，則為第 189 節『機車動力』所應研究之問題。又機車能否急速發生蒸汽以供給此項能力，亦於第 189 節論及之。

〔例題〕 列車以車輛四輛組成，每輛重 52 噸，速度 60 m.p.h. 問機車之牽引力若干？

解：以  $V = 60$  代入式 106，則得  $R = 10.42$  磅，（每噸）今總

重 208 噸，故拉釘拉力為 2167 磅。

機車自身之阻力暫置不論，此 2167 磅之拉力，速度 60 m.p.h. 或每秒 88 呎，即等於  $88 \times 2167 = 190,696$  呎磅（每秒），以 550 除之，等於 346 馬力。

## 第二十八章 機車之能力

184. 機車之檢定 每機車所拉之荷重，必須在其效率良好之限界內，庶合於行車經濟之道。又如 183 節所述，機車之拉車能力，尤以平坦坡道為甚，隨車輛之數目及總重而異。故檢定每一機車之荷重率，殊為重要。此項荷重率為機車力量之尺度，與車輛數目及坡度無關，此荷重率名為檢定率。若將此檢定率加以適當之改正，（隨車輛數目及坡度而定）即可決定該機車之拉車能力。

設  $P$  為機車之拉車能力，或驅動輪輪緣所量得之牽引能力； $E$  為機車與煤水車之重量，以磅計； $W$  為煤水車以後各車輛之重量，以磅計； $R$  為軌道之上坡坡度； $K$  為常數，由試驗所定，等於每噸 2.2 磅； $C$  為常數，由試驗所定，為每噸 121.6 磅，（均見式 105）； $N$  為列車中車輛數目； $A$  為所需之檢定率。則

$$P = (E + W)(R + K) + NC$$

移項得

$$\frac{P}{R + K} - E = W + N \frac{C}{R + K}$$

此式右側為煤水車以後列車之重量加車輛數目乘  $C$ ， $K$ ， $R$  所組成之數。此右側算式名為檢定率，以  $A$  代之。分數  $C \div (R + K)$  之值，以每車噸數計，不隨機車或列車性質而變，列舉於表 12。在計算之際，因  $C$  與  $K$  為每噸之阻力， $R$  亦必為每噸之阻力。



表 12

各種坡度  $C \div (R + K)$  之值

(以每車輛噸數計)

坡度 $R$ %	每車噸 數 $C$ $R+K$	坡度 $R$ %	每車噸 數 $C$ $R+K$	坡度 $R$ %	每車噸 數 $C$ $R+K$	坡度 $R$ %	每車噸 數 $C$ $R+K$	坡度 $R$ %	每車噸 數 $C$ $R+K$
水平	55	0.5	10.0	1.0	5.5	1.5	3.8	2.0	2.88
0.1	29	0.6	8.5	1.1	5.0	1.6	3.6	2.1	2.75
0.2	20	0.7	7.5	1.2	4.6	1.7	3.4	2.2	2.63
0.3	14	0.8	6.7	1.3	4.3	1.8	3.2	2.3	2.52
0.4	12	0.9	6.0	1.4	4.0	1.9	3.0	2.4	2.42

〔例題〕 1. 假定機車之拉車能力  $P$ , 按 190 節方法算得為 33,742 磅, 機車與煤水車之重為 315,000 磅, 坡度為 0.5%,  $R = .005$   
 $K = 2.2$  磅(每噸)或 .0011 磅(每磅)

解

$$A = \frac{P}{R+K} - E = \frac{33,742}{.005 + .0011} - 315,000 = 5,216,000 \text{ 磅}$$

$$= 2,608 \text{ 噸。}$$

此為 0.5% 坡度之檢定率。其他坡度之機車檢定率可用同法計算。此機車在任何坡道上可以牽引荷重  $W$ , 則  $A = W + NC \div (R + K)$ 。由表 12, 若坡度為 0.5%,  $C \div (R + K) = 10$ 。若列車中車輛數目為 40, 則

$$2608 = W + (40 \times 10)$$

$$W = 2608 - 400 = 2208 \text{ 噸。}$$

平均每車 55 噸。若各車輛重量勻整(例如空車, 每輛重 18 噸), 則  $W = 18N$ , 此公式化成



$$2608 = 18N + 10N = 28N$$

而  $N = 93$

此即機車能以等速度拉空車 93 輛，每輛重 18 噸，上 0.5%，坡度之意。注意此處曲線阻力不計，如有曲線時，假定其由坡度補償之。

2. 問此同一機車升登 1.6% 坡度時，檢定率若干？

解：—

$$A = \frac{33,742}{.016 + .0011} - 315,000 = 1,658,000 \text{ 磅} = 829 \text{ 噸}$$

由表 12，知每車係數為 3.6。若車輛均為 18 噸之空車，則

$$829 = 18N + 3.6N = 21.6N$$

$$N = 38$$

若各車輛均係滿載，平均重量為 56 噸，則

$$829 = 56N + 3.6N = 59.6N$$

$N = 14$  (約數) 或裝滿貨車 13 輛與車守車一輛

在上舉之例中，決定機車之拉車能力  $P$ ，係以該機車用最大速度  $M$  進行，並維持完全衝程為根據。(說明見第 190 節) 此即實際上表示該機車之最大能力。速度  $M$  通常在最大坡度上應為 4 至 7 m.p.h.，蓋如再欲減低速度，以期利用較高之牽引力，則偶遇比較平常阻力較大之意外阻力，勢必致被迫而停車也。

185. 行車之單位 在鐵路經濟中，大部分之計算，均屬改線之利益，減少距離，曲線，起伏，限界坡度之財政估值等。昔時，此種計算均以平均每列車哩之費用為根據，蓋在各種鐵路或長或短，營業或繁或簡，此項平均數每甚一致也。通常之方法，係將列車行車

費逐項之平均費用，依次列舉，然後計算改善路線後各項增減之百分數。各項所蒙之影響輕重不等。將每項之正常平均值，乘以所蒙影響之百分數而求其總數，即為每列車哩所受之總影響。但經再度研究後，即可見燃料費用等，對於貨列車龐大異常。故如將兩種不同坡度運貨機車之行車費加以比較，實不應將所增燃料，根據各種機車平均燃料費而估計也。且因坡度對於行車費用之影響，大致係乎列車之重量與機車之性質及檢定率，故可云此種影響，不能用任何因素乘以列車哩，即可求得也。

若干足以左右行車費之因素，如用延噸哩為度量之單位，當更準確。由於研究車輛對於養護軌道之影響，便知與列車速度及車軸荷重之強度頗有關係。雖其間之比率無法計算，但一般均認客列車之有較高平均速度者，所予軌道之損傷兩倍於同噸位之貨列車；再車軸荷重較巨而不甚平衡之機車，其所予軌道之損傷亦兩倍於同一列車中之其他車輛。由此言之，高速度客列車之機車，較諸慢貨車所作之損傷，達於四倍也。

「延人哩」雖為鐵路統計中常遇之單位，但與服務之費用全無關係，故對於改善坡度及路線問題無須採用。

「車輛哩」在特種目的中為一有用之單位。若有鋼製客車重100,000磅，在最大荷重時可搭客80人，每人平均重量125磅，則總活荷重(10,000磅)僅為死荷重之10%。凡活荷重僅當死荷重之一小部分者，則車輛之滿裝與空裝，對於牽引力可謂無甚關係，尤以低坡度時為甚。其他費用項目，則幾與車輛哩之數目成正比例。

「機車哩」在估計某種專與機車哩有關之費用，而與其他因素

無甚關係者，甚為有用。

列車在某段內行車費用之另一有關因素，厥為慢貨列車行駛之總時間。依照舊時方法，恆以採用某種動力之機車時，如能容許最大之列車荷重，即為最經濟之坡度，速度雖極緩亦可不問。但嗣後發現以比較高級之速度行駛比較輕量之列車，實際上更為經濟；又知列車荷重與速度必須權衡至當，否則荷重雖增，而行車時間必隨以延長，如是機車燃料，列車員工之工作時間，及佔據軌道之時間，（尤以單軌路為甚）在在增加，所得殊不償所失也。試一審思此種不同之因素與行車之單位，便知減短一哩之軌道，改緩一度之曲線或 $\frac{1}{10}\%$ 之坡度，實無勻整的單位足以精密表示其價值，使各處可以通用也。在假設定量營業與機車式樣之下，研究改善路線之惟一精密方法，在乎估計改善前後機車之能力，列車中車輛之數目與行車之費用。若此種問題發生於已成之路，則祇須估計改善後之影響，以與現狀相比較。若為新路，則兩者均須出諸估計也。

186. 機車之型式 因用途之差異遂發生各種型式之機車，其中總重量，總重量與驅動輪之比率，車輪之型式，蒸汽量與牽引力之關係等等均各不同。以車輪為分類之根據，為一簡單之方法，若有先驅車盤，則將其車輪數目（兩軌道上車輪合計）作為三分類數字之第一數。如無先驅車盤則用0代之。繼則標示驅動輪之數目，最後則殿以從輪之數目。例如一太平洋式機車，有先驅車輪4個，驅動輪6個，鍋爐後方有從輪2個，則其符號應為4-6-2。茲列最普通機車型式之俗名與符號如下：

美利堅

4-4-0

四軸機車

2-8-0

<u>哥倫比亞</u>	2—4—2	<u>密楷伦</u>	2—8—2
<u>大西洋</u>	4—4—2	<u>馬斯托騰</u>	4—8—0
<u>摩格爾</u>	2—6—0	<u>聖塔飛</u>	2—10—2
十輪	4—6—0	<u>馬蘭特</u>	A-B-B-A
<u>太平洋</u>	4—6—2	A = 車盤輪平常爲 2 或 0	
六輪調度機車	0—6—0	B = 驅動輪, 自 4 至 10 不等	

1912 年美國州際商務會報告載美國共有機車 62,262 輛, 其中馬蘭脫型式者凡 543 輛。此數雖不及全數 1%, 但此種型式之機車一年之內增加 23%, 而其餘型式祇增 1½%, 故有一加討論之價值。如置細微之差異於不論之列, 則此型式常有複式四機筒, 其中兩機筒之蒸汽於廢棄以前先行輸入另兩機筒。此式常有五至十個驅動輪引擎, 車盤長度約 60 英尺。鍋爐有造成柔順式者, 其鍋壳係用風琴式鋼圈造成接合。鍋爐本身設在接合之一側。給水預熱器, 再暖器, 或超熱器則置在另一側。若鍋爐爲堅固式, 則其一端牢繫於高壓機筒之座架上, 另一端則支持於車盤架之一支點上, 所有低壓機筒咸置在車盤架上以轉動各驅動輪。低壓車盤架轉動於固定架上所設之支樞, 如是可使車盤長度減短, 雖駛經 20 度曲線亦可轉動自如。此種型式之機車, 主要用途爲運輸巨量之重貨物, (例如煤) 以升登長距離之高峻坡道, 以其所需牽引力甚巨也。此種機車之牽引力有逾 110,000 磅者, 較美國平均機車力大四倍。

187. 燃油機車 在 1912 年密士失必河以西之機車, 已有六分之一以上用油爲燃料, 用油之利益如次: (1) 每磅油之熱量爲 19,000 至 21,000 B. T. U., 而煤祇 14,000, 美國西部所產低級之褐

炭，祇有 5000，故用油以後，可節省機車燃料之運輸費；(2)使用燃料之費用減少，則堆積煤渣之事可省；(3)雖云用油後，因油焰之高熱度使火箱之修理增加，但一般修理可以減少，足以相抵而有餘；(4)油之火焰節制甚易，停車及下坡時可以控制而省熱之散失；(5)路旁火星所引起之災禍可以全免；(6)火夫每日給煤之量事實上有限，而用油則無限；(7)每桶 42 加侖之油，每加侖重 7.3 磅，計價六角，但煤每磅熱量僅及油之三分之二，每噸價 \$2.61，較油價貴至 4.35 倍。尙有其他種種原因，均使油較煤爲合用，故在煤賤油貴之區亦有用油者。在密士失必河以西用油甚爲普遍，以該處產油而價廉，煤質劣而價昂耳。

188. 型式與服務及軌道狀況之關係 欲期行車之經濟，必須使機車性能，所用燃料，路基與軌道之狀況，服務之狀況等完全調整。若一路之上，各段狀況不一，則用同型式之機車亦非經濟之道。

車輪荷重與軌條重量 因支承軌條之軌枕及道碴殊無一定，故關於車輪荷重與軌條重量之任何規律，均屬成法與簡略算式。鮑爾溫機車廠所採規律云：「三百磅之車輪荷重，須用每碼一磅之軌條」。此規律可用以繪成一圖，如圖 159，以顯示驅動輪之總重量，驅動輪之數目，軌條之重量各關係。

例如，軌條重量爲 75 磅，驅動輪之荷重爲 170,000 磅，由圖可知須用四對驅動輪之機車。若用 95 磅軌條，則祇須驅動輪三對。又如太平洋式機車，其六個驅動輪之總荷重爲 150,000 磅，則軌條至少須 83 磅，故宜用 85 磅。

189. 機車之動力 機車之牽引力，或稱爲拉釘之拉力，係被

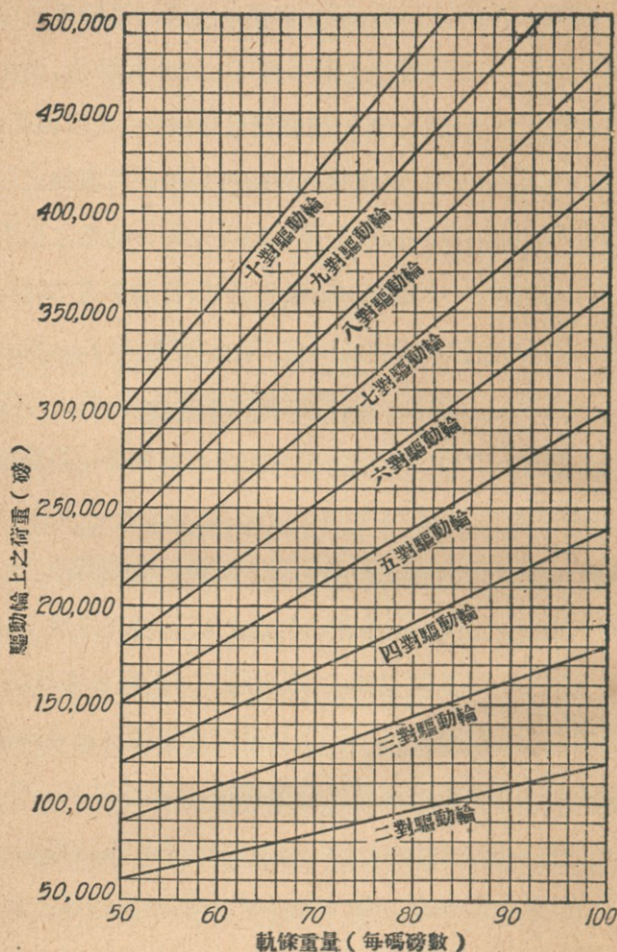


圖 159

驅動輪對於軌條之附着力及鍋爐之化汽量所限制。驅動輪之附着力與驅動輪上重量間有準確之比率。在最適宜之狀況下，乾燥軌條並鋪砂粒，此比率可得三分之一，或竟超過之。在通常狀況下，可得  $\frac{1}{4}$  尤以  $\frac{9}{40}$  為普通。在不適宜之狀況下，此比率減至  $\frac{1}{5}$ ，或更少。

鍋爐之化汽量，賴乎爐格面積，加熱面，與火夫加煤量（如為近代重型貨機車）。

由經驗得知，普通火夫雖短時期之試驗可以造成甚高之紀錄，但如欲在長時期內維持機車全部之動力，則每小時可加煤4000磅。短時期之努力，而以輕便之工作隨之，則每小時可以加煤5000磅。如用自動加煤機，可提高此紀錄至7000磅，以及任何可能之數目。在燃油機車則無此種限制。

任何型式機車所發生之動力，隨所用之煤而定。英國熱量單位，（簡作B. T. U.）為一磅淨水升高華氏一度所須之熱量。若某種之煤有熱量14,000 B. T. U.，意即一磅之煤，可使14,000磅之水增加華氏溫度一度，或100磅之水增加溫度140°。將水一磅自32°熱至212°，雖祇須180.9 B. T. U.之熱量，但自212°之水化為212°之蒸汽，尚須熱量965.7 B. T. U.，而由212°之蒸汽熱至387.6°之蒸汽（即每方英寸氣壓200磅之蒸汽），則祇須53.6單位。

將聖路易博覽會機車試驗加以研究，可製成表13，（錄自美國鐵路工程協會會報，今已列為該會手冊經濟章之第一表）。由此可知每方呎加熱面所化之蒸汽，與每方呎爐格面積所燃之煤，略成正比例。此表中各數，已將聖路易試驗結果，除去5%之折扣，俾與普通作業狀況相合。

190. 動力之計算〔說明例題〕設有密楷佗機車，其加熱面為2565平方呎，所用之煤由試樣試得有13,000 B. T. U. 熱量。若以火夫每小時能加煤4000磅為準，則每小時每平方呎之加熱面燃煤 $\frac{4000}{2565} = 1.56$ 磅。如曝乾礦煤之熱量為13,000 B. T. U.，則車用

之煤祇可以九折計，即 11,700 B. T. U. 就表 13 用中介法於 1.56 及 11,700 間，得知每磅之煤可以發生蒸汽 4.72 磅。但因機車係按壓力計 1 磅壓力而設計，並非如該表之 200 磅，則所發生之蒸汽，將較多 0.3% 以上，或即 4.73 磅。加煤量變化殊無定準，故微細之改正數

表 13

燃燒各種烟煤之機車鍋爐對於每方呎加熱面每小時  
加煤量所發生之蒸汽量

(以給水之溫度 20°F, 蒸汽壓力 200 磅為根據)

每方呎加熱面每小時所加煤量 (磅)	每磅煤所發生之蒸汽 (磅)					
	15,000 B.t.u.	14,000 B.t.u.	13,000 B.t.u.	12,000 B.t.u.	11,000 B.t.u.	10,000 B.t.u.
0.8	7.86	7.34	6.81	6.29	5.76	5.24
0.9	7.58	7.07	6.57	6.06	5.56	5.05
1.0	7.31	6.82	6.34	5.85	5.36	4.87
1.1	7.06	6.59	6.12	5.65	5.18	4.71
1.2	6.82	6.37	5.91	5.46	5.00	4.55
1.3	6.59	6.15	5.71	5.27	4.83	4.39
1.4	6.37	5.95	5.52	5.10	4.67	4.25
1.5	6.17	5.76	5.35	4.94	4.52	4.11
1.6	5.97	5.57	5.18	4.78	4.38	3.98
1.7	5.79	5.40	5.02	4.63	4.25	3.86
1.8	5.61	5.24	4.86	4.49	4.12	3.74
1.9	5.44	5.08	4.71	4.35	3.99	3.63
2.0	5.27	4.92	4.57	4.22	3.86	3.51
2.1	5.12	4.78	4.44	4.10	3.75	3.41
2.2	4.97	4.64	4.31	3.98	3.64	3.31
2.3	4.83	4.51	4.19	3.86	3.54	3.22
2.4	4.69	4.38	4.07	3.75	3.44	3.13
2.5	4.56	4.26	3.95	3.65	3.34	3.04
2.6	4.44	4.14	3.84	3.55	3.25	2.96
2.7	4.32	4.03	3.74	3.46	3.17	2.88
2.8	4.21	3.93	3.64	3.37	3.09	2.80
2.9	4.10	3.83	3.55	3.28	3.01	2.73
3.0	3.99	3.73	3.46	3.19	2.93	2.66

在給水惡劣區域，上表之數字應分別折扣如下：

每厚  $\frac{1}{16}$  吋之鍋垢，減去 10%；每加侖中每有一格蘭之起泡鹽類，減去 1%。



可以不計。茲設此機車內採用超熱器，則按諸常例，認定 0.85 磅之超熱蒸汽，與一磅之飽和蒸汽同其體積與壓力，則一磅之煤相等於  $4.73 \div 0.85 = 5.56$  磅之蒸汽，每小時發生之蒸汽等於  $5.56 \times 4,000 = 22,240$  磅。

每一衝程所需之蒸汽重量，可利用表 14 計算之。此表得自鐵路工程協會手冊經濟章第二表而略加改訂。直徑 22 吋，每衝程一呎所須之蒸汽，在 175 磅表壓力時，為 1.106 磅，而衝程 28 吋（即  $2\frac{1}{2}$

表 14

機車汽筒每呎衝程所用之蒸汽

(汽筒直徑係指複式機車之高壓汽筒直徑)

汽筒直徑吋	各種汽壓(以每方吋磅計)下，每呎衝程所用蒸汽(磅)						
	220	210	200	190	180	170	160
12	0.405	0.389	0.370	0.354	0.337	0.321	0.304
13	0.475	0.456	0.435	0.415	0.396	0.376	0.357
14	0.551	0.529	0.504	0.482	0.459	0.436	0.414
15	0.633	0.607	0.579	0.553	0.527	0.501	0.476
15½	0.675	0.649	0.618	0.590	0.562	0.535	0.508
16	0.720	0.691	0.658	0.629	0.599	0.570	0.541
17	0.812	0.780	0.744	0.710	0.676	0.643	0.611
18	0.911	0.875	0.834	0.796	0.759	0.722	0.685
18½	0.962	0.924	0.881	0.841	0.801	0.762	0.724
19	1.015	0.975	0.928	0.887	0.845	0.804	0.763
19½	1.069	1.027	0.978	0.934	0.890	0.847	0.804
20	1.125	1.080	1.029	0.983	0.936	0.891	0.846
20½	1.181	1.134	1.081	1.032	0.984	0.936	0.888
21	1.240	1.191	1.134	1.083	1.032	0.982	0.932
22	1.361	1.307	1.245	1.189	1.133	1.078	1.023
23	1.487	1.428	1.361	1.300	1.238	1.178	1.118
24	1.620	1.555	1.482	1.416	1.348	1.283	1.218
25	1.758	1.688	1.608	1.536	1.462	1.392	1.322
26	1.901	1.825	1.739	1.661	1.582	1.506	1.430
27	2.050	1.968	1.875	1.792	1.706	1.624	1.542
28	2.204	2.117	2.017	1.926	1.835	1.745	1.657

呎)時,則爲 2.581 磅。驅動輪完全一旋轉時,共須  $4 \times 2.581 = 10.324$  磅。因機車每小時可以發生相等於 22,240 磅之蒸汽,而每旋轉用汽 10.324 磅,則每小時可以旋轉  $22,240 \div 10.324 = 2154$  次,或每分鐘 35.9 次(全衝程及完全鍋爐壓力)。驅動輪之直徑爲 57 吋,其周計  $(57 \div 12) \times 3.1416 = 14.923$  呎,故機車在全衝程時最大速度爲每分鐘  $35.9 \times 14.923 = 535.7$  呎,將此數乘以 60 而以 5280 除之,則得每小時 6.087 哩,此即維持全衝程之最大速度也。

表 15 採用手冊第四表,內示單式及複式機車在不同速度即  $M$  之倍數下,每實馬力小時所須之蒸汽重量。(命鍋爐在全汽壓之最大速度爲  $M$ ,)此表係以 200 磅汽壓力爲計算之根據,表後附有改正數,以資計算別種汽壓力之蒸汽重量。例如,上舉之數字題,單式機車每實馬力小時之蒸汽磅數,於  $M$  速度及 200 磅壓力時,則按表 15 爲 38.30;如壓力爲 175 磅,則應以係數 101.7 乘之得 38.95。將此數除 22,240(每小時所發生之蒸汽量)得 571.0,爲  $M$  速度時之實馬力。乘以 33,000(每馬力每小時之工作數,以呎磅爲單位)除以 535.7(每分鐘速度以呎爲單位),則得 35,174 爲機筒牽引力(以磅爲單位),斯時所燃之煤,每小時計 4000 磅,速度爲每小時 6.087 哩。

欲求拉釘之拉力,則應由表 16 求出機車阻力而減去之。此表錄自手冊第七表。應用此表於前舉之數字題,則  $A = (18.7 \times 76.6) + (80 \times 4) = 1432$  磅,機車與煤水車之總重量爲 315,000 磅;減去驅動輪上之重量 153,200 磅,則得 161,800 磅,或 80.9 噸,爲機車及煤水車車盤所承之重量。 $B = (2.6 \times 80.9) + (20 \times 6) = 330$ 。 $C$  項在  $M$

表 15

在  $M$  各種倍數時每實馬力小時之最大切斷度蒸汽量

( $M$  為 200 磅蒸汽壓力, 完全切斷時之最大速度, 以 m.p.h. 計)

速 度	切 斷 %	每實馬力小時 之蒸汽磅數		速 度	切 斷 %	每實馬力小時 之蒸汽磅數	
		單 式	複 式			單 式	複 式
1.0 $M$	完全	38.30	25.80	2.9 $M$	38.5	24.37	21.04
1.1 “	94.4	36.46	24.36	3.0 “	37.0	24.22	21.21
1.2 “	89.1	43.89	23.24	3.2 “	34.2	24.00	21.57
1.3 “	84.3	33.56	22.35	3.4 “	31.8	23.85	21.93
1.4 “	79.7	32.41	21.65	3.6 “	29.8	23.8	22.27
1.5 “	75.4	31.40	21.14	3.8 “	28.0	23.8	22.57
1.6 “	71.4	30.49	20.77	4.0 “	26.4	23.87	22.85
1.7 “	67.7	29.67	20.52	4.25 “	24.7	24.05	23.22
1.8 “	64.3	28.93	20.40	4.50 “	23.3	24.24	23.56
1.9 “	61.0	28.25	20.40	4.75 “	22.1	24.44	23.85
2.0 “	58.0	27.62	20.40	5.00 “	21.1	24.64	24.15
2.1 “	55.2	27.05	20.40	5.5 “	19.5	24.98	24.70
2.2 “	52.6	26.52	20.40	6.0 “	18.4	25.20	
2.3 “	50.1	26.06	20.40	6.5 “	17.6	25.45	
2.4 “	47.8	25.67	20.40	7.0 “	17.1	25.60	
2.5 “	45.7	25.32	20.47	7.5 “	16.7	25.70	
2.6 “	43.7	25.02	20.60	8.0 “	16.4	25.80	
2.7 “	41.8	24.76	20.73	9.0 “	16.1	25.90	
2.8 “	40.1	24.54	20.88				

別種汽鍋壓力下每實馬力小時之蒸汽量應乘以次之百分數

160 磅	103 %	180 磅	101.3 %	210 磅	99.5 %
170 磅	102.1 %	190 磅	100.6 %	290 磅	99.2 %

速度時為值甚微, 命為 9 磅。A, B, C 三項之和為 1771 磅; 由 35,174 磅內減去之, 得 33,407 磅, 即在所示速度與燃煤量時之拉釘拉力。

為表示燃煤量增加時之影響起見, 上舉問題可重行計算一次, 假定每小時燃煤 4000 磅, 增為(或暫時的)每小時 5000 磅。每磅煤所發之蒸汽, 已自 5.56 減為 4.93, 但每小時總蒸汽量則由 22,240 增

表 16  
機 車 之 阻 力

機車總阻力為  $A+B+C$

$A$  = 機筒與驅動輪緣間之阻力, 以磅計

=  $18.7T + 80N$ , 式中  $T$  為驅動輪之荷重以噸計,  $N$  為驅動輪之數目。

$B$  = 機車與煤水車之阻力, 以磅計

=  $2.6T + 20N$ , 式中  $T$  為機車與煤水車盤上之重量以噸計,  $N$  為車盤之輪軸數目。

$C$  = 空氣阻力, 以磅計 =  $.002V^2A$

式中  $V$  = 每小時所行哩數,  $A$  = 機車之前端面積, 此面積平均為 125 平方呎, 故可化成  $C = 0.25V^2$

各種速度下之空氣阻力 (以磅計) 示於次表

速度 $V$	阻力 $C$	速度 $V$	阻力 $C$	速度 $V$	阻力 $C$	速度 $V$	阻力 $C$	速度 $V$	阻力 $C$	速度 $V$	阻力 $C$
1	0.25	8	16.00	15	56	22	121	29	210	36	324
2	1.00	9	20.25	16	64	23	132	30	225	37	342
3	2.25	10	25.00	17	72	24	144	31	240	38	361
4	4.00	11	30	18	81	25	156	32	256	39	380
5	6.25	12	36	19	90	26	169	33	272	40	400
6	9.00	13	42	20	100	27	182	34	289	50	625
7	12.25	14	49	21	110	28	196	35	306	60	900

拉鈎拉力在水平及直線軌道上, 等於機筒牽引力減去機車阻力總數後之餘數

在低速度時, 驅動輪之附着力必須計及, 如用砂則可用之拉鈎拉力不得估計至始動時驅動輪荷重之 30%, 在行動時則不得估計至驅動輪重量之 25%

為 24,650。此所增之體積乃由犧牲效率而得之。由於體積之增加, 使完全衝程之速度, 由 6.087 增至 6.746 m.p.h., 而實馬力則自 571.0 增為 632.8。但算得之機筒牽引力幾完全相同, 蓋其數僅由 35,174 改為 35,175 而已。惟此項機筒牽引力, 均按維持全衝程時之最大速

度  $M$  而計算，而  $M$  之值隨燃煤量而增加。為真確比較計，此項數字均應化為同一之速度，即 10 m.p.h. 之作業速度。 $10 \div 6.087 = 1.643$ ，即原題之乘數。每小時燃煤 5000 磅， $M = 6.746$  m.p.h.，而乘數為 1.482。由表 17，得知單式引擎對於以上  $M$  之兩乘數之機筒牽引力百分數為 77.44 與 81.93。後者為前者之 105.7%，此乃顯示燃煤量增加 25% 而在 10 m.p.h. 速度時，機筒牽引力僅增 5.7% 也。

自另一方面言，假定煤之熱量為 13,000 B. T. U. 而非 11,700。如是蒸汽之發生當更速， $M$  速度為 6.777 m.p.h.。而在此速度時之馬力為 635.7，但機筒牽引力算得 35,177 磅，此數雖  $M$  速度較高，與前得之值亦頗近似。10 m.p.h. 之乘數為 1.476，而由表 17 機筒牽力之百分數為 82.11，此數較 77.44% 增加 6%，顯示熱量由 11,700 增至 13,000 後，將 10 m.p.h. 時之機筒牽引力增加 6% 也。

此等機筒力之數值，可再以次之簡單規律校核之：

$$\text{牽引力} = \frac{(\text{活塞直徑})^2 \times \text{有效汽壓力} \times \text{衝程}}{\text{驅動輪之直徑}}$$

此式中有有效汽壓力通常認為表壓力之 85%，對於上例則為  $.85 \times 175 = 149$  磅；活塞直徑 = 22 英寸；衝程 = 28 英寸；驅動輪直徑 = 57 英寸。因得牽引力為 35,425 磅，此較另一答數減少 1% 不足。此規律於求得低速度時最大牽引力為一比較簡單之方法，但前述方法雖較冗長，仍以採用為宜，蓋可用以算出限界速度  $M$ ，及高速度時之牽引力也。

191. 高速度時之牽引力 在較  $M$  為高之速度時，機筒力減退甚速，蓋以蒸汽在部分衝程時即被切斷而聽其膨脹。切斷蒸汽之

表 17

在各種  $M$  之倍數時筒牽引力之百分數(  $M$  爲於蒸汽完全切斷時, 仍能維持鍋爐壓力之最大速度, 以 m.p.h. 計 )

速 度	% 複式	% 單式	速 度	% 複式	% 單式	速 度	% 複式	% 單式
開始	135.00	106.00	3.6M	32.40	44.75	6.4M		23.59
0.5M	103.00	103.00	3.7 "	31.25	43.56	6.5 "		23.18
1.0 "	100.00	100.00	3.8 "	30.10	42.39	6.6 "		22.79
1.1 "	96.28	95.57	3.9 "	29.14	41.24	6.7 "		22.42
1.2 "	92.55	91.53	4.0 "	28.24	40.10	6.8 "		22.06
1.3 "	88.83	87.83	4.1 "	27.38	39.00	6.9 "		21.71
1.4 "	85.12	84.46	4.2 "	26.56	37.96	7.0 "		21.38
1.5 "	81.40	81.37	4.3 "	25.77	36.97	7.1 "		21.06
1.6 "	77.68	78.55	4.4 "	25.03	36.03	7.2 "		20.75
1.7 "	73.96	75.97	4.5 "	24.34	35.13	7.3 "		20.45
1.8 "	70.25	73.60	4.6 "	23.69	34.26	7.4 "		20.16
1.9 "	66.54	71.41	4.7 "	23.07	33.41	7.5 "		19.88
2.0 "	63.21	69.37	4.8 "	22.48	32.59	7.6 "		19.61
2.1 "	60.20	67.47	4.9 "	21.92	31.82	7.7 "		19.34
2.2 "	57.48	65.67	5.0 "	21.38	31.11	7.8 "		19.08
2.3 "	54.97	63.94	5.1 "	20.87	30.42	7.9 "		18.82
2.4 "	52.68	62.22	5.2 "	20.37	29.75	8.0 "		18.57
2.5 "	50.42	60.55	5.3 "	19.89	29.10	8.1 "		18.33
2.6 "	48.16	58.92	5.4 "	19.43	28.48	8.2 "		18.09
2.7 "	46.08	57.33	5.5 "	18.99	27.87	8.3 "		17.86
2.8 "	44.10	55.78	5.6 "		27.33	8.4 "		17.64
2.9 "	42.29	54.26	5.7 "		26.81	8.5 "		17.43
3.0 "	40.57	52.78	5.8 "		26.30	8.6 "		17.22
3.1 "	38.95	51.33	5.9 "		25.81	8.7 "		17.01
3.2 "	37.42	49.91	6.0 "		25.34	8.8 "		16.82
3.3 "	35.98	48.56	6.1 "		24.88	8.9 "		16.63
3.4 "	34.66	47.24	6.2 "		24.44	9.0 "		16.45
3.5 "	33.53	45.97	6.3 "		24.01			

合宜百分數, 及每實馬力所用蒸汽重量, 均見表 15。在表 17 中, 列有各  $M$  乘數時之機筒牽引力百分數。例如, 該表載明單式引擎之機筒牽引力, 爲全衝程及速度  $2M$  時之 69.37%, 若速度增爲  $5M$ , 則

牽引力減為 31.11%。應用此數於上舉之數字例題，當  $M=6.087$  m.p.h.時，機筒牽引力減為 35,174 之 31.11%，即 10,943 磅，但因速度增快五倍，發生之馬力為 31.11% 之五倍，即 1.55 倍。更應注意者，表 17 內顯示單式引擎之牽引力較巨，(始動時 6%)。此乃由於極低速度時，機筒壓力愈與鍋爐全壓力相等，而無須 15% 之減少也。再則，複式機車之各機筒均用全壓力之蒸汽，故雖因複式關係，致用汽之經濟稍遜，其始動效果可增 35%。因始動阻力較速度為 5 m.p.h. 時大至數倍，故始動效果之增加，頗有裨於用。

192. 機力之繼續計算 [說明例題] 茲更將 190 節密措佐機車繼續研究如下：繪一曲線，以表示速度由 0 至 35 m.p.h. 之機筒牽引力。由 190 節所計算，知  $M$  速度時機筒牽引力為 35,174 磅。

速 度		機筒牽引力		機車阻力 (磅)	拉釘拉力 (磅)
( $M$ 之倍數)	(m.p.h.)	(%)	(磅)		
0.0	0.000	106.00	37,284	1762	35,322
1.0	6.087	100.00	32,174	1771	33,403
1.2	7.304	91.53	32,195	1775	30,420
1.5	9.131	81.37	28,621	1783	26,838
2.0	12.174	69.37	24,400	1799	22,601
3.0	19.261	52.78	18,565	1854	16,711
4.0	24.348	40.10	14,105	1910	12,195
5.0	30.435	31.11	10,943	1993	8,950
6.0	36.522	25.34	8,913	2095	6,828

由表 17 知始動時之機力為此數之 106%，即 37,284 磅，此力之變化假定在此範圍內甚為勻整。將 35,174 乘以各  $M$  乘數之百分數，即得各速度時之牽引力，繪入圖 160，由表 16 得各速度時之  $A, B$  值為 1762 磅， $C$  值則於  $M$  速度時(6.087 m.p.h.)為 9 磅， $6M$  速度時為 333 磅，將此項阻力由算得之機筒牽引力中減去後，則得各速度

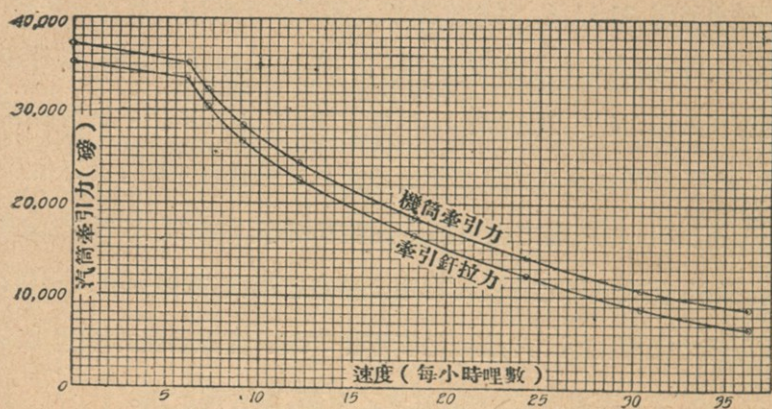


圖 160

時之拉釘拉力。此等數值亦繪入圖 160 中。速度增加時，拉釘拉力之急速減退，亦可於此圖見之。學者須注意者，此拉釘拉力曲線。係表示其限度而非實際，蓋實際拉力較此殊微，且須以阻力測定之也。

193. 鍋爐能力與牽引力之關係 前已述及，高速度時之機力須賴蒸汽之迅速發生，而蒸汽之發生則有賴於火箱之面積。舊式機車之火箱均放置於驅動輪間，故其闊度為所限制。胡頓火箱則置於驅動輪之上，但除非驅動輪甚小，則位置高而不便。嗣乃設法將火箱置於較低之從輪上，其位置在驅動輪之後。用此方法後，庶克將火箱之淨闊增加一倍。舊式機車為增加火箱之面積計，每須將火箱之長度延長，甚至火夫難以伸及火箱之底以便清掃與照料。若將闊度加倍，則可將火箱面積充分增大，其長度亦遠較舊式者為短。由於火箱面積之增加，加熱面亦隨以增巨，每磅之煤足以發生更速更多量之蒸汽，機力乃大增。此種改變之價值，可自比較兩種大致相仿而火箱不同之機車而更形明瞭。此兩種機車為麻格爾(2-6-0)與



帕蘭里(2-6-2)。此兩機車之特徵列表如下：

	麻格爾	帕蘭里
機筒,直徑×衝程	20吋×26吋	20吋×24吋
汽鍋壓力	200磅	200磅
火箱,長×闊	108吋×33吋	74吋×60吋
爐格面積,方呎	24.70	34.00
加熱面積,方呎;火箱及火管	1952.00	2135.00
驅動輪,直徑,吋	51.00	51.00
驅動輪上之重量,磅	137,300.00	122,100.00
機車之重量,磅	154,000.00	153,300.00
機車與煤水車之重量,磅	254,000.00	253,000.00
假定煤之熱量,B.T.U.(每小時加煤4000磅)	12,000.00	12,000.00
每小時每方呎加熱面所用之煤,磅	2.05	1.873
每磅煤所生之蒸汽,磅(表13)	4.16	4.39
每小時發生之蒸汽,磅(以4000乘得)	16,640.00	17,560.00
每衝程之蒸汽,磅(表14)	2.230	2.058
每旋轉之蒸汽,磅(以4乘得)	8.920	8.232
在M速度,每小時之旋轉數	1865.50	2133.50
在M速度,每分鐘之旋轉數	31.09	35.56
驅動輪之周長,呎	13.35	13.35
速度(v)每分呎數,M速度	415.05	474.73
速度(V)每小時呎數,M速度	4.716	5.394
M速度時之馬力(表15)	434.40	458.40
機筒牽引力,磅,在M速度	31,400.00	31,865.00

已知M速度時之機筒牽引力(兩機車之M稍異),即可定出各M乘數之牽引力。此項結果繪於圖161。

讀者所應注意者,此兩機車重量幾相等,驅動輪直徑相同,機

M之倍數	麻格爾機車		帕蘭里機車	
	速 度 m.p.h.	機筒牽引力	速 度 m.p.h.	機筒牽引力
0.0	0.000	33,248	0.000	33,778
1.0	4.716	31,400	5.394	31,865
1.2	5.659	28,740	6.473	29,166
1.5	7.074	25,550	8.091	25,929
2.0	9.432	21,782	10.788	22,105
3.0	14.148	16,573	16.182	16,818
4.0	18.864	12,591	21.576	12,778
5.0	23.580	9,769	26.970	9,913
6.0	28.296	7,957	32.364	8,075
7.0	33.012	6,713		

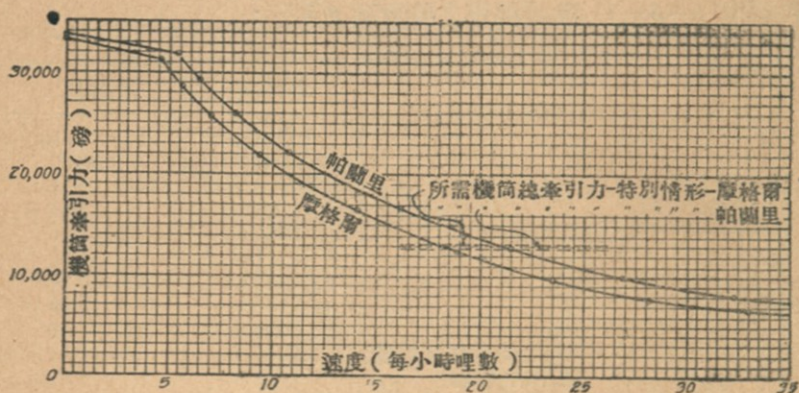


圖 161

筒直徑相同，汽鍋壓力相同，而所作比較，均以同質之煤為根據。麻格爾機車驅動輪上之重量較多 15,200 磅，似應使此型式之機車處於有利地位，但由 161 圖則見自始至終，麻格爾機車之牽引力較弱。帕蘭里機車之火箱較闊而短，面積較多 38%，因此發生蒸汽較速。今將兩曲線之垂直距離量出，便知速度在 5.5 至 25 m.p.h. 時，帕蘭里式之機筒牽引力較巨 2000 磅。此種比較，亦可以拉釘之拉力為準，宜自表 16 求得機車阻力而減去之，但麻格爾之阻力較帕蘭里為鉅，故更顯後者為有利。

火箱下之從輪，於退行時有引導驅動輪迴轉於曲線之用，其效與前進時之先驅輪相仿。

此兩種機車之比較機力，可以次之算例說明之。假設列車中有煤車 16 輛，每輛裝滿時重 70 噸，另有車守車重 15 噸，向 0.3% 坡度上行，速度為 20 m.p.h. 由式 105，得其阻力為

$$R = 2.2 \times (16 \times 70 + 15) + 121.6 \times 17 = 4565 \text{ 磅。}$$

坡度阻力爲  $20 \times 0.3 \times 1135 = 6810$  磅。茲假定遇有曲線處，其坡度量酌減低，故曲線阻力業已包括於坡度阻力之內。速度假定均等，故無須因加速度而耗費能力。列車之總阻力乃爲 11,375 磅。機車阻力爲速度之函數，但因其與速度之關係甚淺，故祇以 20 m.p.h. 時之平均阻力爲準，則麻格爾機車之阻力爲 1876 磅，所須之機筒牽引力爲 13,251 磅；帕蘭里機車之阻力爲 1532 磅，所須之機筒牽引力爲 12,907 磅。此種阻力實際上與速度無關，故爲水平線，如 161 圖所示。此足顯示麻格爾機車在 0.3% 坡度上速度極限爲 18 m.p.h. 而帕蘭里則爲 21 m.p.h.，所增之 3 m.p.h.，對於行車之經濟裨益甚鉅。換言之，帕蘭里機車如以 18 m.p.h. 速度升登 0.3%，可以牽引 19 輛煤車及一輛車守車也。

讀者應記清有許多因素，如火夫之體力與能力，軌道之狀況等，足以改變上舉之數字，使不克精密測量機車之實在能力，但在平均狀況下，固足爲兩種機車比較之尺度也。

194. 坡度對於牽引力之影響 說明坡度對於牽引力影響之最善方法，係用數字的計算，其結果繪於圖 162。取三個重量與機力各異之機車，計算其機筒牽引力，惟驅動輪上之荷重約略相仿（約 50,750 磅），故按 188 節之規律，各機車均可工作於同一之軌道。採用鮑爾溫機車廠之規律，如 188 節所述， $\frac{1}{2} \times 50,750 \div 300 = 84.5$ ，此即所用之軌條宜爲每碼 85 磅。在各機車之計算中，煤之熱量爲 12,000 B. t. u.，與 190 至 193 節所詳述者同，由此求得在水平軌道之上，太平洋，密楷佗，馬蘭特三種機車之機筒牽引力，分別爲 29,718, 33,575, 及 49,095 磅，其時之速度均爲 10 m.p.h.，而每小時

均用煤 4000 磅，各機車在 10 m.p.h. 速度時之機車阻力，應用表 16 計算甚易，列表如下：

機車特性(V=10 m.p.h.)	太平洋 4-6-2	密楷伦 2-8-2	馬蘭脫 2-8-8-2
機車牽引力，(在水平軌道上) 磅	29,718	33,575	49,095
機車阻力，(在水平軌道上) 磅	2,205	2,648	4,864
拉釘拉力，(在水平軌道上) 磅	27,513	30,927	44,231
拉釘拉力，(在 0.3% 坡道上) 磅	15,213	18,207	25,631

拉釘拉力繪於圖 162 之左方垂直線上，即三實線之終點所在，三實線者表示三種機車之牽引力也。在 3% 坡道上，坡度阻力等於每噸 60 磅，故分別為 12,300，12,720，及 18,600 磅，此將拉釘拉

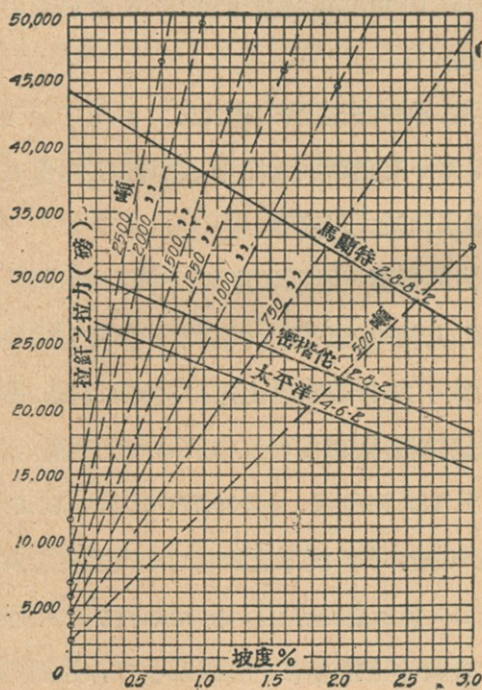


圖 162

力各各減少約 40%。因此種減少數，隨坡度而作均勻之變化，故可將 15,213，18,207，及 25,631 繪於右方 3% 之垂直線上，與右方垂直線上各點聯成三直線，以表示水平與 3% 坡度間各坡度之機車牽引力（速度為 10 m.p.h.）。

假定列車之車輛平均為每輛 50 噸，則十輛車為 500 噸，50 輛為 2500 噸，在 10 m.p.h.

及水平軌道時之阻力，可以式 105 求得，而繪入圖 162 之左方垂直線上。坡度阻力以坡度為正比例。例如，在 0.7% 坡道上，每噸之阻力為 14 磅，2500 噸，計為 35,000 磅，將此數加於 11,580，（即機車阻力）則得 46,580。將此數繪於 0.7% 之垂直線上，用小圓圈以標記之。聯接兩點則得 2500 噸列車在 10 m.p.h. 時之阻力。其他各線之繪入與此理同。此等阻力線與牽引力線之交點，即表示各機車之相對的機力。例如，1000 噸列車如用太平洋式機車，則可以 10 m.p.h. 之速度升登 0.96% 坡道，而密楷佗機車可以升登 1.1% 坡道，馬蘭特機車則可升登 1.52% 坡道。

所有計算，均以每小時燃煤 4000 磅為根據，而此數實為普通火夫在長時期內工作之極限。

馬蘭特機車（鮑爾溫機車廠製造）之牽引力，廠方聲稱 91,000 磅。若將煤之熱量假設為 12,000 B.t.u.，速度為  $M$ ，則機筒牽引力為 95,389 磅，減去機車阻力 4843 磅，則得 90,546 磅，足與上述之數相參證。（雖該廠計算方法與此不同）

195. 加速度及速率曲線 一定重量及機力之機車，牽引一定重量及阻力之列車，在一定坡度及曲度之軌道上進行，所需之時間，為工程師所應計算之重要及必需之事項，蓋所能節省之時間，價值甚鉅，由建築或管理方面設法減省此時間，亦常值得也。圖 160 顯示拉釘拉力在極低速度時比較平常 15 m.p.h. 速度時為巨。除在此等低速度時增加之阻力不計外，所餘以供加速度之機力猶甚寬裕，而速度曲線實係一種曲線而非直線也。此曲線之一般形式，以用數字演繹為最易，尤以每一情形有一特殊之曲線。

〔說明算例〕 密楷侖機車(其特徵業於190節及以下各節加以研究)在各種速度時之拉釘拉力,已詳見 192 節表中,本節將一再援用之。假定此機車由靜止狀態開始升登 0.4% 坡道,牽引車輛 14 輛每輛重 50 噸及車守車一輛,重 10 噸,則按 105 式,得水平牽引阻力為

$$R = (2.2 \times 710) + (121.6 \times 15) = 3386 \text{ 磅。}$$

車輛之坡度阻力為  $20 \times 0.4 \times 710 = 5680$  磅。始動時特別增加之阻力設為每噸 6 磅,則共計 4260 磅。以上三項總計 13,326 磅。當機車速度在零與  $M$  速度(即 6.087 m.p.h.)間,拉釘之平均拉力為 34,362 磅,但在此例中,應減少坡度阻力  $20 \times 0.4 \times 157.5 = 1260$  磅,及始動阻力  $157.5 \times 6 = 945$  磅,尚餘拉釘拉力 32,157 磅,機車加速所須之力尚不在內。所餘以供機車及列車加速之力為  $32,157 - 13,326 = 18,831$  磅,或比例的每噸  $18,831 \div (157.5 + 710) = 21.71$  磅。將式 104 移項,命  $V_1 = 0$ ,  $V_2 = 6.087$ ,  $P = 21.71$  磅,則得  $s = (37.05 - 0)70 \div 21.71 = 119$  呎,此即增加速度至 6.087 m.p.h. 所須之距離。

當速度由  $1.0M$  增至  $1.2M$  之時,平均拉釘拉力為  $31,912 - 1260 = 30,652$  磅,(機車加速阻力不在內)將車輛之牽引及坡度阻力由此減去,則得  $30,652 - 3386 - 5680 = 21,586$  磅。注意此時已無任何始動阻力。加速力遂為每噸  $21,586 \div 867.5 = 24.88$  磅。所須自 6.087 m.p.h. 增至 7.304 m.p.h. 之距離  $s$  為  $(53.35 - 37.05)70 \div 24.88 = 46$  呎。同理,速度自  $1.2M$  增至  $1.5M$ , 及  $1.5M$  增至  $2M$ , 等等均可依次算出列為表式如後:(見 268 頁)

相當之距離與速度,繪於圖 163。速度 10 m.p.h. 在 300 呎稍過之距離內即已獲得,而獲得 15 m.p.h. 需 1000 呎,20 m.p.h. 須 2400

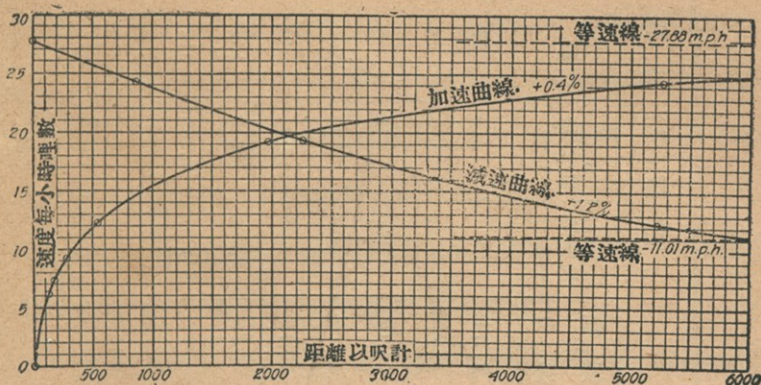


圖 163

呎。此足供加速之餘力以每噸若干磅計，在低速度克制始動阻力後為最大，因每噸足供加速之餘力漸進則漸減，故增加 1 m.p.h. 所須之距離乃愈長（尤以最後增加額為甚），至拉釘淨拉力等於全部車輛阻力而速度為均勻時為止。在各種不同速度間之拉釘拉力，係就各速度之拉釘拉力平均而得，故祇係略數，惟算出之距離，在 4M 速度以下（即 24.35 m.p.h. 以下），則實際均甚準確。由 4M 至 4.58M，如用平均拉力則錯誤較巨。4M 速度時之拉力為  $12,195 - 1260 = 10,935$ ，（減去機車之阻力）。車輛在此速度時之牽引力及坡度阻力為  $3386 + 5680 = 9066$ 。由 10,935 減去後，餘 1869 磅，足供機車列車加速之用。由 4M 速度至 5M 速度（見 192 節），牽引力之減額為  $12,195 - 8950 = 3245$  磅。用比例中介法，吾人可謂所餘加速之力在  $1869 \div 3245 = .58$  間距，或速度為  $4.58M = 27.88$  m.p.h. 時即已耗盡。如用平均加速力，則為 1869 之半數，即 935 磅，或每噸 1.077 磅。代入式 104，得距離 11,981 呎。由於作業力及阻力之變化無定，故加速之終止點（即等速度之起點）殊難確定。所幸者，此種欠準之處，對

速 度		牽 引 力 (以磅計)							距 離 (呎)		時 間
呎/秒	範 圍 m. p. h.	平 均 呎/秒	平 均 拉 鈎 拉 力 (水 平)	機 車 阻 力 (坡 度 加 始 動)	實 際 拉 鈎 拉 力 (平 均)	車 輛 阻 力 (牽 引 與 坡 度 加 始 動)	足 供 加 速 之 差 數	每 淨 力	加 速 的	總 數 由 開 始 算 起	秒
0.00	0.00	4.47	34,362	*2,205	32,157	*13,326	18,831	21.71	119	119	27
8.94	6.087	9.75	31,912	1,260	30,652	9,066	21,586	24.88	46	165	5
10.57	7.304	12.00	28,629	1,260	27,369	9,066	18,303	21.10	100	265	8
13.41	9.131	15.63	24,720	1,260	23,460	9,066	14,394	16.59	274	539	18
17.85	12.17	23.05	19,656	1,260	18,396	9,066	9,330	10.76	1,452	1,991	63
28.25	19.26	32.00	14,453	1,260	13,193	9,066	4,127	4.76	3,262	5,253	102
35.76	24.85	38.33	.....	.....	.....	.....	935	.....	11,981	17,234	312

\*額外始動阻力僅用於第一項



於實際問題毫無關係，而為吾人之計算起見，可命此為最後之間段為 11,981 呎，假定坡度之長為 17,234 呎，即 3.2 哩。如此 0.4% 坡度無限延長，則列車將以等速度繼續進行。注意圖 163，欲使等速度線與加速度線相切，尚須將本圖延長三倍以上也。

196. 減速度及速率曲線 若因坡度阻力過鉅，致坡度與牽引阻力之和大於拉釘之拉力，則將發生減速度。

〔說明算例〕 將 195 節之數字問題繼續計算，假設列車以 4.58  $M$  或 27.88 m.p.h. 速度升登 0.4% 坡道後，更遇 +1.2% 之坡道，則坡度阻力為  $20 \times 1.2 \times 710 = 17,040$  磅，牽引阻力為 3386 磅，而總數為 20,426 磅。由 192 節之表式，用中介法求得 4.58  $M$  速度之拉釘拉力為 10,326；在 4 $M$  時，為 12,195，平均為 11,260；但此數中須減去機車坡度阻力  $20 \times 1.2 \times 157.5 = 3780$ ，所餘拉釘淨拉力為 7480 磅。此時減速力為  $20,426 - 7480 = 12,946$ ；如以列車噸數均派，則為  $12,946 \div 867.5 = 14.92$ 。與前例同，應用 104 式，得  $s = (777 - 593)70 \div 14.92 = 863$  呎，此即速度減為 4 $M$  所須之距離，又與前同，其他各數均算出列於下表：（見 270 頁）

當速度由 4.58 $M$  減至 4.0 $M$ ，平均速度為每秒 38.33 呎，以此除 863 呎，則得 23 秒，速度由 4 $M$  減至 3 $M$  及 3 $M$  減至 2 $M$  之計算與此相同。在 1.5 $M$  時水平拉釘拉力為 26,838（見 192 節），減去 3780，得淨拉力 23,058 磅。同法得 2 $M$  時之淨拉力為 18,821 磅。由 18,821 增至 20,426 為  $\frac{1605}{4237} = 38\%$  之間距，以 38% 乘以 .5 得 .19；故實際拉釘拉力等於在  $2.0 - .19 = 1.81M$  或 11.01 m.p.h. 時之阻力。多餘之拉力，在 2.0  $M$  時為  $23,058 - 20,426 = 2632$  磅，在 1.81 $M$  時為零，故

平均餘額為  $\frac{2632+0}{2} = 1316$

將此數以 867.5 除之，得

1.517 即 104 式中之  $P$ ，故

$$s = (148.2 - 121.2)70 \div$$

$$1.517 = 1246 \text{ 呎。}$$

速度以 m.p.h. 為單位者，欲化成每秒呎數，祇須乘以 1.4667。將每時間始末速度平均之，即得平均速度；以距離除此等速度，即得秒為單位之時間。

197. 飄行 前題求得車輛牽引力為 3386 磅；機車在 20 m.p.h. 時之阻力為 1862 磅，總數為 5248 磅。速度之差異對於此項阻力之影響甚微。除以 867.5，(即總噸數)則得每噸阻力 6.05 磅，此數相等於坡度  $6.05 \div 20 = .302\%$ 。此在實際上之意義，為列車如向 .302% 以上之坡度下行，可以純恃重力而將蒸汽關斷。若坡度遠逾

速 度		牽 引 力 (以磅計)					距 離 (呎)		時 間		
呎/秒	範 圍 m. p. h.	平 均 呎/秒	平 均 拉 鈎拉力 (水平)	機 車 阻 力 (坡度)	實 際 拉 鈎拉力 (平均)	車 輛 阻 力 (牽引與 坡度)	足 供 減 速 之 差 數	每 淨 噸 力	減 速 的	總 數 由 開 始 算 起	秒
40.89	27.88	38.33	11,260	3,780	7,480	20,426	12,946	14.92	863	863	23
35.76	24.35	32.00	14,453	3,780	10,673	20,426	9,753	11.24	1,382	2,245	70
28.25	19.26	23.05	19,656	3,780	15,876	20,426	4,550	5.24	2,975	5,220	129
17.85	12.17	17.00	.....	.....	.....	.....	1,316	1.51	1,246	6,466	73

.302%，則下行時之加速度頗鉅，如坡道過分延長，則速度將達到有害的高度。

〔說明算例〕 假定就軌道及車輛之現狀而論，貨列車之安全限界速度，為 40 m.p.h.；又假定此列車以 15 m.p.h. 速度開始向 0.4% 坡道下行。問蒸汽關斷後，此列車到達何處，其速度可增至 40 m.p.h.，而須應用輪軌？此處對於各種牽引阻力均不成問題，蓋僅有之原動力厥為重力。阻力幾與速度無關，茲假定如是，以便應用表 11。在 15 m.p.h. 時，列車之速頭為 7.90 呎，在 40 m.p.h. 時，其速頭為 56.19 呎。是以此列車之位置，必須低落  $56.19 - 7.90 = 48.29$  呎，方可達到 40 m.p.h. 之速度。在 0.4% 坡道內，縱距 48.29 呎之橫距為  $48.29 \div .004 = 12,072$  呎。在第 195 節問題中，0.4% 坡道之長，假定為 17,234 呎以上，此處則可顯示反向行車之狀況。

在飄行之時，不能謂為全無損耗之能力。雖機筒內並未用及蒸汽，但在保安閥內必須消費若干，而更有若干用諸軛暨維持軛內壓縮空氣之全壓力。又輻射為損耗熱量之一大原因，尤以冬季為甚，雖用被套亦屬無濟於事。各地試驗之結果，雖尚未臻於一致，但可得次之平均略數：列車停止時，每 1000 方呎加熱面，每小時耗煤 120 磅；在飄行時，此數增至 220 磅。發火所須之煤約 510 磅。以上各數，均以 12,000 B.t.u. 煤為準。煤質愈佳，需量愈少。

〔說明算例〕 如前舉之密楷佗機車，有加熱面 2565 平方呎。則所須發火之煤為  $2.565 \times 510 = 1308$  磅。如向下坡飄行 12,072 呎，其平均速度為  $\frac{1}{2}(15 + 40) = 27.5$  m.p.h. = 40.3 呎/秒，所須之時間為  $12,072 \div 40.3 = 300$  秒 = 5 分 = .083 小時。此短時間內所耗之煤

爲  $220 \times 2.565 \times .083 = 47$  磅。

列車達到此點必須用軌，逾此距離以外之飄行時間及所需煤量亦可分別算出。雖 47 磅之煤爲一細數，但此種計算法可爲計算行車用煤方法之典型。

198. 機車機力計算之複驗 假定機車向  $+0.4\%$  坡道開始進行時之荷重，爲 15 輛車共重 710 噸。在行動 17,234 呎（假定坡度長度如此），費時 535 秒（即 8 分 55 秒）後，此列車之速度已增至 27.88 m.p.h.。此機車在每小時燃煤 4000 磅之情形下，其機力足供永遠保持此項速度以升登坡道。如坡道長度有限，則必須算出坡度改變處之速度，以爲計算次段坡道之根據。若坡道長逾 17,234 呎，及速度增至 27.88 m.p.h. 後，續行若干距離，又遇  $+1.2\%$  之峻坡，則其速度開始降落。在 6466 呎之距離與 295 秒之時間（或 4 分 55 秒）內，此列車速度減爲 11.01 m.p.h.。在此速度時，機車尙能充分發生蒸汽，用以克制高坡度之阻力。由此點而上，若假定坡道長逾 6466 呎，則此列車將以 11.01 m.p.h. 速度繼續進行。

如前所述，上項結果之精密度，有賴於甚多之因素（例如煤之熱量，每小時用煤量），而此等因素則皆變化無定。此種因素之變化，時或可以測知，時或無從判別，而計算之結果乃在未定之天矣。但不論結果之精疏，如於應用上述方法之際，能竭力採用最良數值，則頗足爲改善坡道與路線時比較之用。在此項比較時，各因素苟有錯誤，則對於所比較各路線之影響，大致相等，故比較之效用仍可不致喪失。

199 路線之選擇 以上各節，可利用爲兩路線比較之需。如

其中一路線業已通車，則工程師可藉以舉行試驗，以獲得所須之數字作比較之根據。斯時所應從事計算者，僅為建議中之新路線。如兩路線均在紙面定線時代，苟非一線有特殊優點，雖將不定因數略事更動，仍不致影響其優越地位者，則結果之精密度把握較少。應用 195 至 197 節之方法之先，必須預擬一種機車之型式，牽引一種或數種之列車荷重，通行於一定坡度與長度之軌道。如坡度業在建築時妥為補償，則曲線之影響可以不計，而曲線與直線軌道全長之坡度，可視作直線軌道之坡度。如坡度確係勻整，即曲線地方亦用此同一坡度，則曲線與直線軌道，應分別計算，每一度曲線相等於 .035% 之坡度。列車由始動至停止間之各現象，必須逐一計算，對於條件之變更足以影響機車之牽引力者，須酌留餘地。機車除下坡飄行或應用軛以免速度過高之時外，均視為用其完全蒸汽之量。軛在規定停車（與事故停車有別）時之作用，可視為減速力，約等於列車重量之 10 至 20%。惟不幸軛之作用變化無定，完全出於司機之操縱，其值自零至完全軛力為止，故欲計算其所耗之能量，幾不可能，而祇可以任意假定為根據。列車在全段中之行動，所須之時間，各部之速度，均可計算得之。在 195 與 196 節，嘗示其機車可將列車以 27.88 m.p.h. 之速度，升登 0.4% 坡度。並可無限維持此項速度。此同一之列車，如升登 1.2% 之坡度，亦可無限維持 11.01 m.p.h. 速度。如列車加重，此機車自亦可以升登 0.4 及 1.2% 之坡度，惟速度當減少耳。坡度與速度有無限可能之組合，惟常因別種之顧慮，縮小選擇之範圍。即在建築完成以後，仍可應用本篇各表，以研究何種型式之機車，何種列車荷重，得在軌道現狀之下，為最經濟之組合也。

## 第二十九章 後推坡道

200. 一般經濟原理 鐵路中常遇偶有一二處之坡道，險峻異常。此種險峻之坡道，常因得不償失，或財力不足，以致不克使之減緩。通常誤以此項坡度為限界坡度，致將路線內可以避免之高級坡道，均以其小於限界坡度而容忍之。實則對於少數險峻坡道，可用後推機車協助之，而別處坡道仍可力求平緩，增加普通機車牽引之車輛數目也。此種行車法之經濟理由，可由次述之例見之。

設行車段之長為 100 哩，其中有 5 哩長之坡道二處，須用後推機車為助；又設其他 90 哩之路線，坡度平緩，用機車一輛即可牽引極多輛之列車通行無阻。如是一經使用後推機車後，列車之重量可以加倍，列車次數可以減少至半。然則此方法之為經濟與否，全視後推機車之費用為斷。今以單輛機車經行全程，則兩倍荷重所成之工作，相當於 200 機車哩。但單輛機車祇可通行於 90 哩之路線，其餘 10 哩，則除此機車以外，須用後推機車一輛。每一後推機車在險峻坡道上經行 10 哩，則二輛後推機車共行 20 哩，故所成之工作為 120 機車哩，而非 200 機車哩。（普通機車之工作為 100 機車哩，後推機車之工作為 20 機車哩，故總數為 120 機車哩，如不用後推機車，則單輛機車祇可荷重一半，往來兩次則須工作 200 機車哩也。）又如後文所述，後推機車每機車哩之費用較少於普通機車之費用，則應用後推方法之優點益屬顯然。

此項行車方法之為經濟與否，全以最大通行坡度與後推坡度

之關係，是否合宜為關鍵。若最大通車坡度，超過此項合宜關係，即在普通坡道上之車輛數目被其限制，而後推機車不克利用其全力於後推坡道之上。為行車之經濟計，必須設法使機車之工作，於大部時間內接近於能力之限量，若因若干處坡度較峻，致全程 90% 左右之路線，均以重機車牽引輕列車，顯非經濟之道。茲述後推坡度與最大通行坡度間適當之關係。

201. 後推作業時坡道之平衡〔說明算例〕 假定路線中二三處之坡度，已無廉省方法可使之低於 2.10% (約每哩 111 呎)。但在路線之別處，可作低緩之坡道，故進而計算其通行坡度。假定通行機車與後推機車型式相似，為簡單計，命為密楷佗式，如 190 節以下所論及者。在  $M$  速度 (6.087 m.p.h.) 時，拉釘之拉力為 33,403 磅。但因在 2.10% 坡道上，其拉力須減少坡度阻力  $20 \times 2.10 \times 157.5 = 6615$  磅。如是兩機車之拉力總計為 53,576 磅。設列車中各車輛均係煤車，每輛裝煤 100,000 磅，身重 40,000 磅，又有車守車一輛，重 15 噸。以式 105 為根據，每一煤車之牽引阻力為 275.6 磅，車守車為 148 磅。在 2.10% 坡道之上，每一煤車之總阻力為 3215.6 磅，車守車為 652 磅。機車拉力淨餘之數為  $53,576 - 652 = 52,924$  磅，由此得  $52,924 \div 3215.6 = 16+$ ，此即除車守車外，尚可由兩機車牽引煤車 16 輛，升登 2.10% 之坡道。今單輛機車在  $M$  速度 (6.087 m.p.h.) 時有機筒牽引力 35,174 磅，可以牽引 157.5 噸之機車，加  $16 \times 70$ ，或 1120 噸之煤車，再加 12 噸之車守車，總重量計 1289.5 噸。機車之牽引阻力 (見 190 節) 為 1771 磅；車輛之牽引阻力為  $275.6 \times 16 + 148 = 4558$  磅，全列車之總數為 6329 磅。所餘升登坡

道之力爲  $35,174 - 6329 = 28,845$  磅，而  $28,845 \div 1489.5 =$  每噸 22.4 磅，此即 1.12% 坡道之坡度阻力。由本計算之結果，可知此路之後推坡度雖可爲 2.10%，而單輛機車之限界坡度，應以 1.12% 爲限。

在後推坡道之上應用二輛，甚至三輛後推機車者，雖屬罕見，但亦非絕無也。此種問題之計算較爲繁複，但原理則一。

202. 後推機車之管理 欲期行車上之經濟，須將列車時間表妥爲編排，使後推機車可以常川工作。若有數個極短之後推坡道，間以數哩之平坦軌道，則應否於每一後推坡道，各設一後推列車，或合用一輛後推列車，乃成問題。如各置後推機車一輛，則常因工作稀少，閑置時多，致每一列車哩之每日費用，異常高昂。如合用一輛，則經行平坦軌道時，此後推機車必須附掛列車之後，作無益之旅行。列車時間表之訂立，亦須以後推業務爲參證，勿使某一時間內，在後推坡道上運輸過於擁擠，而餘時則否。定線之工程師對於行車雖無關係，但宜將後推坡道聚於一處，即多費金錢，亦所值得。

在運輸稀少之路上，往來列車無多，因與列車時間表衝突較少，可用單輛機車司其事，其法先將列車之半數由機車牽引，半數留置側道內，及機車開回再行牽引。此法費時甚多（祇貧乏之鐵路爲之），但可省另一機車之費用，又如後推工作甚爲輕微，則可節省維持之費用。

此等鐵路除一年中特別時季外，常少繁劇之運輸，故終年維持贅疣之後推機車，殊可不必。惟無論是否採用此種政策，通行與後推坡度之比例原則，則並無二致。



另一節省後推工作之可能方法，尤適宜於運輸稀少之路，而後推坡道之終點或起點，適在大型車站之附近，乃用調車機車以司後推之職。蓋此等車站，運輸既繁，必有調車機車之設置，則可利用其暇時以作後推機車也。在訂立行車時間表時，苟能稍費心力，即可利用此機車於有益之工作。

**203. 後推坡道之長度** 在下文所述計算中，後推坡道之長度恆較實有長度為巨。後推機車雖可由後方追及列車，使一面完成後推工作，一面可免列車停止於坡道之始點，然後推機車必須較長之軌道，庶克達到目的。在客列車中，輔助機車常居於列車之前，雖可在坡道之頂，解開此機車之互鈎，增加速度，向前進行，轉入側道，以讓出幹道，勿使列車停頓，但在坡道之底，則必須使列車停止以便接合互鈎。軌道長度之增加，即由於此。重列車之停止及減速，耗費之能量甚鉅，此項能量足以牽引列車於水平軌道之上至極遠之距離，故苟能避免停車，則雖使後推機車多行若干里程亦至合算。在坡道之頂部及底部附近，若有側道（及一電報房）則對於後推工作之迅捷及安全上裨益甚多。此種側道宜在後推坡道之外，能相距較遠則尤佳。該項情形隨每一問題而異，次所計算之長度，則為後推機車實在經行之長度，常較縱截面圖所示後推長度為巨。

**204. 後推機車業務之費用** 此項費用，一部分隨所作之業務而異，一部分則隨時間而變。司機之工資，係按日計算而非按里程計算，如機車少作有收入之運行，則其單位里程之費用必增。試思機車對於路軌之損害，常二倍或四倍於一般同重量之車輛，可知重型之後推機車，對於養護費用消耗甚鉅。按表 10，此種費用約佔

列車哩平均費用之 18%。如將機車修理,燃料,水,機油,零件,號誌,電報,等費加入,而將司機工資除算,則照 1912 年統計,將佔列車哩平均費用之 40%,此數以內,尚須加入司機火夫之每日工資。在 1912 年,美國全國司機工資平均每日 \$5,火夫每日 \$3.02,較諸 1902 年,司機工資已增 \$3.84,火夫增 \$2.20,則今後數年中,自不能以此為準矣。費用之內,尚須加入機車之資本費,蓋修理與養護費用業已加入,則機車初價,按其一生所能運行里程除得之每哩資本費,亦應計及也。若此機車之初價為 \$20,000,一生能行之里程為 800,000 哩,每行一哩耗去初價 2.5 分。又因後推機車每次須來回各行一次,故上項數目應再以 2 乘之。

〔說明算例〕 設有定線工程師遇有次之問題：彼將多耗工資使全路之最大坡度為 1.5%,抑將單輛機車之通行坡度減為 1.12%,而設長為 7 及 8 哩,坡度為 2.1% 之後推坡道兩處乎?又設兩種建築費用相等,彼將選取何種?(以 201 節例題為準)

由 201 節之計算,吾人知在  $M$  速度時,在水平軌道上拉鈎拉力為 33,403 磅,在 1.5% 坡道上,則減少  $20 \times 1.5 \times 157.5 = 4725$  磅,即 28,678 磅。車守車之牽引及坡度阻力,為  $148 + (20 \times 1.5 \times 12) = 508$  磅,而  $28,678 - 508 = 28,170$ ,為足以牽引煤車之餘力。每一煤車之阻力為  $276 + (20 \times 1.5 \times 70) = 2376$  磅。 $28,170 \div 2376 = 11.8$ ,可知此機車苟非另有助力,即已無法牽引 12 輛車升登 1.5% 之坡道。按 201 節之計算,將 1.12% 之通行坡度及 2.1% 之後推坡度相組合,足使機車牽引煤車 16 輛。再自別種運輸業務而言,若客運甚稀,列車之車輛無多,則除在若干點稍減速度外,不問坡度為 1.5 或 2.1%,

均無問題。爲求問題之簡單計，將比較根據以滿裝之煤車爲限。設此段路線長 100 哩，每日有煤車 96 輛，其他運輸概從免議（實則其他因素應逐一計算也）。若用後推列車，則運輸此煤共需 6 列車；若用 1.5% 之通行坡度，則須 8 列車（或 9），在 7 哩之後推坡度上之後推機車，每次須工作 14 機車哩，8 哩後推坡道上則爲 16 機車哩，每日行車里程，前者 84 哩，後者 96 哩。若此路每列車哩平均爲 \$1.60，而其中 40% 即 64 分，爲後推機車哩之費用，（包括養護路基，機器修理，燃料等），如後推機車初價 \$16,000，則每哩資本費 2 分。假定司機每日工資 \$5，火夫 \$3，則每一機車之費用爲

$$84(0.64+0.02)+5.00+3.00=\$63.44$$

另一機車之費用爲

$$96(0.64+0.02)+5.00+3.00=71.36$$

費用中所有工資，修理，材料等項至爲明顯，但一大部分則由於軌道之養護，不可遺忘也。通行貨列車每哩之費用，如能達到其限量，自較平均列車爲巨。設通行貨列車之每哩費用爲 \$2.20，而平均列車爲 \$1.60 則費用之比較如次：

在 1.5% 通行坡度：

8 列車每哩 \$2.20，每 100	
哩，每日	\$1760
	<hr/>
	\$1760

在 1.12 通行坡度，2.1% 後推坡度：

6 列車，每哩 \$2.20，每 100	
哩，每日	\$1320
1 後推機車(84哩)	63
1 後推機車(96哩)	71
	<hr/>
	\$1454

若非 8 列車而爲 9 列車，則後推坡度之優點更著。自另一方面言，在

後推坡度 6 列車之每列車，較 1.5% 上 8 列車之每列車爲重，故對於軌道之損傷，養護之費用均較巨，每哩所攤總費用亦必較巨。但如上文所論，機車所作損害爲多，其餘車輛甚少。故每日所省 \$306，或每年 313 工作日共計 \$95,778，如以年利 5% 計，相等於資本 \$1,915,560，此數爲一額外之費用，如屬必要，宜以採用後推坡度計劃爲合算。

## 第三十章 平衡異量運輸之坡度

205. **基本定理** 任何鐵路每一方向之運輸量常相懸殊，有相去 4 或 5 倍者。每日去程之機車數，必與回程之機車數相等。除若干機車可於回程時附掛外，列車之數目亦必相等。來回兩程之客車數目必相等，以長時期言，貨車數目亦必相等。若一方向之運輸重量遠勝於他方向，則一方向之車輛必裝滿，而回程則幾為空車。虛裝之列車，自必較輕，如用同一之機車，則可升登之坡度必較重載者為大。故對於輕裝之一程，坡度可以較峻，以期獲得建築上之經濟。

多數鐵路並無此種坡度問題之發生。但以山嶺為終站之支路，重大上坡均在入山之方向，而出山方向則除若干懸曲外無上坡之可言。此種鐵路之列車，均為單方向之坡度所限，故無須計算其平衡。若干幹路以橫貫東西者為多，東向運輸每較西向運輸多至三四倍。

姑舉一例而言，由 1875 至 1880 年間賓夕法尼亞鐵路東向延頓哩與西向延頓哩之比為 4.5 : 1。兩終站之高度差，對於本問題並不重要，蓋比諸全路長度，為數甚微。又因兩方向之路線，均因經過高嶺，坡度甚大，故隨坡度所生之影響亦失其重要地位。假定兩方向限界坡度宜有差異，以平衡其牽引力，則計算如下：

206. **理論平衡之計算** 兩方向之貨運雖有顯明之差異，但有若干平衡之因素如次：

(1) 兩方向之機車及客車運輸常相等。

(2)兩方向之客運必相等。此因素在移民頻繁之路當爲例外，但一思客運內活荷重僅居死荷重之一小部分，則影響亦微。例如每輛客車有乘客 50，每人重 150 磅，總重 7500 磅，而客車身重爲 45,000 磅，祇佔六分之一。故兩方向乘客數雖異，而載重則相去無多。

(3)空車每噸之阻力較實車爲巨。兩者相去每噸達 4 磅。是以滿裝列車所須之總牽引力固較空裝者爲巨，但其與噸數之比率並不相同。

(4)車務方面不論訂立如何嚴格之章則，即在運輸繁重之方向內，若干貨車仍有空裝或裝而不滿者。

(5)普通由鄉村向城市之貨物，常爲體積與重量最大之貨物，例如穀類，煤，木材，礦砂等。

(6)回程之運輸以製造品爲多，價值較鉅，而重量則僅及笨重貨物之一小部分。

[說明算例] 假定有自東至西之鐵路，其東向運輸爲西向運輸之三倍，應用 201 節已得之數值，命東向之限界坡度爲 1.12%，後推坡度不計，採用密楷侘機車牽引 16 滿裝車輛(50 噸荷重，20 噸身重)以上此坡。列車荷重爲  $16 \times 50 = 800$  噸。西向列車爲此數之三分之一，即 267 噸加 16 輛車身之重  $16 \times 20 = 320$  噸，共計 587 噸。此 16 輛車在水平軌道上之牽引力，爲  $(2.2 \times 587) + (16 \times 121.6) = 3247$  磅。另加車守車 148 磅，機車 1771 磅，則得總牽引阻力 5166 磅。由 35,174 磅減去此數，則得餘力 30,008 磅以應付坡度。列車總重爲  $157.5 + 587 + 12 = 756.5$  噸。將此數除 30,008 磅，則得每噸 39.6 磅，即等於 1.98% 坡度。根據 3:1 之比率，西向 1.98% 之坡度，

相當於東向 1.12% 之坡度。

207. 未來運輸之估計 估計擬建鐵路之運輸量，除性質相同之已成鐵路作比較外，通常均為臆測工作。若為已成路之改善工作，則有無數現成資料可以搜集。因此問題祇與限界坡度相關，故祇影響於有關限界坡度之列車。所不幸者，運輸之變動甚劇。在估計之時雖甚精確，而日久即已不合現狀矣。地方之發展常使本為農業區域者。一變而為工業區域，又如新煤礦或別種礦產之發現均足使運輸面目為之一變。

由 1911—12 年州際商務會之報告，得主要運輸種類如下：

烟煤	525 兆噸
礦物	139 ,,
木材	125 ,,
無烟煤	119 ,,
砂石等	103 ,,
穀類	71 ,,
水泥, 磚, 石灰	62 ,,
骸炭	62 ,,
30 種其他貨物	580 ,,
總計	1,786 ,,

以上統計，祇以笨重貨物為限。製造品及農具祇重 3,399,214 噸，家庭用具及傢俱較此略多。此為上節所論兩方向運輸懸殊之一佐證。

以平常情形言，非由特殊理由，兩方向之限界坡度應使相等。

大幹路之重建，爲現代耗資最巨之工作，自以減低東向坡度爲目的。加拿大太平洋鐵路完成未久，卽以此故而改建。此雖爲估計中最無把握之一端，但在相當條件下，自有估計之必要也。



# 鐵路工程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。

(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地名人名表，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之筆畫數排列次序，而以英文原名殿之。故檢查時須先計筆畫數。計筆畫數之法，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。又專門名詞表中同筆畫之字數甚多，復採用起筆分部法排列次序，即「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。遇兩筆連寫作一筆時，以起筆在先者爲主，例如尹，發等字之起筆均爲「橫」。但地名人名表中，同筆畫之字數無多，不另分部。

## (甲) 專門名詞對照檢查表

## 二 畫

## 一 部

刀口鉗 Pinch bar

十輪機車 Ten-wheel locomotive

## J 部

人工換氣 Artificial ventilation

## 三 畫

## 一 部

三脚起重架 Gin pole

三級截面 Three level section

土工 Earth work

工目 Foreman

下結構 Sub structure

## 四 畫

## 一 部

切斷 Cut-off

切線距 Tangent distance

支距 Off-set

太陽觀測法 Solar observation

## | 部

水準儀 Level

水準板 Level board

水準標點 Bench mark

水之化學潔製法 Chemical purification of water

中介法 Interpolation

中心角 Central angle

四輪車 Four wheeled wagon

## J 部

分道叉 Turnout

分度規 Protractor

分段長 Supervisor

分配車場 Distributing yard

手斧 Hand ax

## 、 部

火藥線 Powder fuse

六輪調度機車 Six-wheel switcher

## 五 畫

## 一 部

五鈎 Coupler

五鈎鉗 Coupling bar

五交道叉 Cross-over

平肩 Corbel

平車 Flat car

平端轉轍法 Stub switch method

可搬引擎 Portable engine

打鐘式曲柄 Bell crank

## | 部

北極星 Polaris

四軌機車 Consolidation locomotive

## J 部

外距 External distance

皮維篤 Peavy

矢高 Middle ordinate

、 部

立管 Stand-pipe

六 畫

一 部

列車哩 Train-mile

列車阻力 Train resistance

列車命令制 Train order system

地權界 Right of way

地形測量 Topographical survey

丨 部

曲柄錐 Brace

曲線之起點 Point of curve

曲線之終點 Point of tangency

曲線之頂點 Vertex of curve

曲線之度數 Degree of curve

同高線 Contour

同高線地圖 Contour map

凸子 Tappet

吊車 Hoist

收縮率 Percentage of shrinkage

尖端轉轍法 Point-switch method

丿 部

名稱長度 Nominal length

合掌頂蓋 Split cap

先驅車盤 Pilot truck

自在結合 Universal joint

行動起重機 Traveling crane

、 部

交道叉 Crossing

交分道叉 Slip switch

次級貨車場 Minor freight yard

七 畫

一 部

車場 Yard

車盤 Truck

車守車 Caboose

車輛哩 Car mile

抗搖編構 Sway bracing

坑內測量 Underground survey

改測 Resurvey

杉木 Cedar

折角 Deflection

尾形墊環 Ajax tail washer

丨 部

步程計 Pedometer

丿 部

谷點 Sag

谷點 Low point

角釘 Angle bar

角錐體 Pyramid

低欄車 Gondola car

低級坡度 Minor grade

伸臂號誌 Semaphore

、 部

汽鏟 Steam shovel

汽錘 Steam hammer

初測 Preliminary survey

八 畫

一 部

拉釘 Tie rod

拉鉗 Draw bar  
 拉鉗拉力 Draw bar pull  
 坡度 Slope  
 坡樑 Slope stake  
 兩頭鋤 Mattock  
 取土坑 Borrow pit

## | 部

長弦 Long chord  
 長路機車 Road engine

## ) 部

延展 Development  
 延頓哩 Ton mile  
 延人哩 Passenger mile  
 股票 Stocks  
 股息 Dividend  
 卸機 Unloader  
 斧手 Axeman  
 參證樑 Reference stake  
 刮土箕 Drag scraper  
 爬根草 Bermuda grass  
 垂直曲線 Vertical curve

## 、 部

泥檻 Mud sill  
 泥土道渣 Mud ballast  
 底緣 Flange  
 定線測量 Location survey

## 九 畫

## 一 部

軌枕 Tie  
 軌道 Track

軌距 Gauge  
 軌道秤 Track scale  
 軌枕板 Tie plate  
 軌條撐 Rail brace  
 軌道線路 Track circuit  
 軌條磨蝕 Rail cutting  
 軌道蓄電池 Track battery  
 軌道喂水槽 Track tank  
 軌條之結合 Rail joint  
 柏木 Cypress  
 榿木 Hemlock  
 挖基 Cut  
 斫斧 Chopping ax  
 拱涵洞 Arch culvert  
 架棧橋 Framed trestle  
 限界坡度 Ruling grade  
 封閉號誌 Enclosed signal  
 附加零距 Plus distance

## ) 部

段距制 Block system  
 段距制 Space interval system  
 段長 Road-masters  
 後視 Back sight  
 後推機車 Pusher engine  
 後推坡道 Pusher grade  
 牲畜通路 Cattle passage  
 牲畜防護設備 Cattle guard  
 紅松 Redwood  
 信管 Cap

## 、 部

前視 Fore sight  
 活塞 Piston

十 畫

一 部

起重機 Crane  
 起重機 Derrick  
 起釘鉞 Clow bar  
 真方位角 True azimuth  
 真實縱截面 Actual profile  
 栗木 Chestnut  
 挺鈎 Cant hook  
 指示樑 Witness stake

丨 部

草簾 Grass scythe  
 荆簾 Brush hooks  
 時距制 Time interval system

、 部

凍結之軸承 Frozen bearing  
 酒精水準測量法 Spirit leveling

十一 畫

一 部

頂蓋 Cap  
 頂重器 Jack  
 框工 Crib work  
 桿手 Rodman  
 勘測 Reconnaissance survey  
 基準平面 Datum plane  
 控制手動制 Controll manual system  
 推挽軌道 Team tracks  
 連接曲線 Connecting curve  
 連續式軌條之結合 Continuous rail joint

丿 部

終站 Termini  
 終點 Terminal  
 從輪 Trailing wheel  
 側道 Siding  
 側坡 Side slope  
 側坡稜柱體 Grade prismoid  
 停留場 Stopping place  
 停放軌道 Storage track  
 脫軌 Derailment  
 猛炸藥 Dynamite  
 貨車場 Freight yard  
 偏心率 Eccentricity

、 部

牽引力 Tractive force  
 牽引阻力 Tractive resistance  
 涵洞 Culvert  
 襯裏 Lining  
 清算人 Receiver  
 視距絲 Stadia wire

十二 畫

一 部

強性 Stiffness  
 強度 Strength  
 發火 Exploding  
 幹道 Main track  
 捲尺手 Tapeman  
 超高度 Super-elevation  
 替續器 Relay  
 硝酸甘油 Nitro-glycerine  
 梯級母線 Ladder tracks  
 握釘力 Holding power of the

spikse

棧橋 Trestle

遠距號誌 Distant signal

## | 部

單曲線 Simple curve

單位弦 Unit chord

單分交道叉 Single slip switch

黑火藥 Black powder

## ) 部

進款 Revenue

進站號誌 Home signal

犁 Plow

給煤站 Coaling station

經緯儀 Transit

集貨車場 Collecting yard

無液氣壓計 Aneroid barometer

絕對段距制 Absolute block  
system

## 、 部

游標 Vernier

溫度絕緣性 Compensated for  
temperature

## 十三畫

## 一 部

電氣聯鎖制 Electro pneumatic  
interlocking電報命令制 Telegraphic order  
system電氣號誌 Electro-pneumatic  
signal

電線線路 Wire circuit

搗鉗 Tamping bar

搗鉞 Tamping pick

搗填工 Tamping

鼓 Drum

填基 Fill

零弦 Sub-chord

楔頭鉗 Crow bar

搖車 Push car

載面組織 Floor system

雷酸水銀 Fulminate of mercury

## | 部

路基 Roadbed

路基面 Subgrade

閥 Valve

號誌 Signal

落葉松 Tamarack

圓機車庫 Round house

圓管涵洞 Pipe Culvert

裝輪土箕 Wheeled scraper

運輸費用 Transportation  
expense

## ) 部

債券 Bond

稜柱體 Prismoid

稜柱體改正數 Prismoidal correc-  
tion

腹片 Web

腹土 Sub-soil

鉞 Pick

鉋斧 Adaxe

鉛錘 Plumb bob

## 、 部

道釘 Spike

道碴 Ballast

道礮車 Ballast car

煤水車 Tender

煤渣 Cinder

滑車組 Tackle

準備距離 Run-off

十四畫

一 部

磁鐵 Magnet

丨 部

蒸汽抽機 steam pump

丿 部

領牆 Head wall

、 部

複曲點 Point of compound curvature

複曲線 Compound curve

複吊結合 Gimbel joint

複式四機筒 Four-cylinder compound

旗手 Flagman

十五畫

一 部

輪緣溝 Flange-way space

輪轉計 Odometer

劈形 Wedge

撐木 Timbering

櫟木 Oak

撞車 Collision

橦釘 Raising bar

樁棧橋 Pile trestle

彈軌轆叉 Spring rail frog

丿 部

衝程 Stroke

衝鑽 Churn drill

衝突點 Fouling point

箱車 Box car

箱涵洞 Box culvert

緩和曲線 Transition curve

、 部

調整器 Compensator

調度機車 Switching engine

實體石 Solid Rock

實質縱截面 Virtual profile

十六畫

一 部

機車 Locomotive

機鑽 Machine drill

機車庫 Engine house

機車哩 Locomotive-mile

機筒牽引力 Cylinder tractive power

鎖 Cross lock

橫截面 Cross-section

隧道 Tunnel

隧道之門口 Portal

隊工 Track laborer

橋臺 Abutment

擁壁 Retaining wall

樞樞 hub

丿 部

鋼矩 Steel square

鋼捲簾門 Rolling steel shutter

獨輪車 Wheel barrow

## 、 部

導井 Shaft  
 導坑 Heading  
 導距 Lead  
 營業費用 Operating expense

## 十七畫

## 一 部

聯繫線 Tie line  
 聯鎖制 Inter-locking system  
 翼牆 Wing wall  
 檢定 Rating  
 軋鋼廠 Rolling mill  
 壓縮空氣 Compressed air

## | 部

螺栓 Bolt  
 螺線 Spiral  
 螺鑽 Auger  
 螺帽鎖 Nut lock  
 嶺點 summit

## ) 部

鍋爐 Boiler  
 鍋爐能力 Boiler power  
 縱截面 Profile  
 縱桁 Stringer  
 縱向編構 Longitudinal bracing  
 鍬 Pick  
 簡單手動制 Simple manual  
 system  
 總段工程師 Division engineer

## 十八畫

## 一 部

轉轆點 Turning point  
 轉車臺 Turn-table  
 轉轆器 switch  
 轉轆機臺 switch stand

## | 部

鬆散石 Loose rock

## ) 部

雙輪車 Two-wheeled cart  
 雙柄括刀 Drawshave  
 雙分交道叉 Double slip switch  
 鎖突 Locking dog  
 鎖釭 Locking bar  
 斷流器 Circuit breaker

## 十九畫

## 一 部

轍叉 Frog  
 轍叉號數 Frog number  
 檻 Sill

## | 部

懸曲 Sag  
 羅盤儀 Compass  
 藥浸軌枕 Chemically treated  
 tie

## ) 部

鏟 Shovel  
 鏈手 Chainman

## 、 部

爆炸 Blasting

## 二十畫



一部

飄行 Drifting

、部

爐渣 Slag

二十一畫

一部

嚮合 Clutch

| 部

護床 Apron

護輪軌 Guard rail

二十二畫

一部

權許段距制 Permissive block system

| 部

驅動輪 Driving wheel

疊層架棧橋 Multiple-story trestle

、部

彎軌器 Rail bender

彎鎌 Carving hook

二十七畫

丿 部

鑽手 Driller

## (乙) 人名及地名對照檢查表

## 三 畫

大西洋 Atlantic

## 四 畫

巴法羅 Buffalo

戈登 Gordon

太平洋 Pacific

## 五 畫

加拿大 Canada

卡斯爾登 Costleton

未柏 Weber

包爾提摩爾 Baltimore

## 七 畫

克列馬克思 Climax

克郎達爾 Crandall

罕丁香 Huntington

佐治頓 Georgetown

## 八 畫

拉卡渾那 Lackawanna

舍斐 Schaefer

拉隆德 Lalande

帕蘭里 Prairie

舍爾德 Sheffield

阿特蘭迭克 Atlantic

阿爾平 Alpine

阿特拉斯 Atlas

阿丹斯 Adams

武爾豪普脫 Wolhaupter

## 九 畫

柏格 Berg

哈德松 Hudson

胡薩克 Hoosac

胡頓 Wooten

哈爾柏 Harper

哈里斯堡 Harrisburg

俄海俄 Ohio

威司東 Whetstones

保盧 Paula

## 十 畫

埃利俄脫 Elliot

馬蘭特 Mallet

哥倫比亞 Columbia

馬斯托騰 Mastodon

桑提薩斯 Sante-Sas

## 十一畫

密楷佗 Mikado

密士失必 Mississippi

得拉章爾 Delaware

得爾 Derr

陸克 Locke

## 十二畫

非列得爾菲亞 Philadelphia

十三畫

萬綠納 Verona  
塔馬拉克 Tamarack  
聖塔飛 Santa Fe  
聖路易 St Louis  
愛迪生 Edison

十四畫

蓬若諾 Bonzano  
豪爾 Hall  
窩楞 Warren

十五畫

徹赤山 Church Hill

十六畫

鮑爾文 Balwin  
賓夕法尼亞 Pennsylvania  
摩格爾 Mogul  
摩司 Morse

十九畫

羅克蘭 Rock island  
羅柏特 Robert



中國科學社工程叢書  
實用土木工程學  
第五冊

鐵路工程學

民國二十九年四月初版  
民國三十年九月再版  
每冊實價國幣四元五角

版權所有 翻印必究

原著者 Walter Loring Webb  
譯述者 汪 胡 楨  
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 中國科學圖書儀器公司  
印刷所 上海福煦路649號

## 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







著者 注 胡 楨 書 碼 641.08  
Author 注 胡 楨 Call No. 131  
書 名 (實用) 土木工程學  
Title (實用) 土木工程學

登錄號碼  
Accession No. 215183

月日	借閱者	月日	借閱者
Date	Borrower's Name	Date	Borrower's Name

國立政治大學圖書館

書 碼 641.08 登錄號碼 215183  
131  
1:5

6