

- a. 定測目的，在於設定所擬路線之位置，以資編製工程概算，而備於工。
- b. 曲線半徑之大小，及路線之坡度，由平面圖及縱剖面圖上規定之。曲線務求緩和，坡度儘量使其平易。
- c. 依我國國有鐵路定制標準，有關各項規定，詳見後附錄二及三「中華民國鐵路建築規則」。
- d. 中線之直線區間，每二十公尺設中號樁一個，曲線起點，中點，終點及切線交點，各設大號樁一個，並註明 *T.C.* 或 *C.T.* 或 *I.P.* 及里程。
- e. 縱剖面水平測量，除整樁例應觀測外，所有地形複雜不平處所添設之加樁，亦應分別觀測。遇有河流應查明其歷年最高水位，以作設計橋梁之參考。
- f. 橫斷面測量之範圍，自中線向左右各須五公尺以上，依據定填挖之高低而定，惟在左右五公尺以內，須詳細測量。如遇河流道路，將來必須建設防護工程，或與路線接近之市街村落，預定設站等處，須酌增廣其範圍。
- g. 橫斷面測量須察地勢變化之簡複，而定測點之詳略疏密，俾將來計算土石方時，得有正確便利之依據。
- h. 測量中應隨地調查地質情形，如石地，土地，砂地，濕地等。如還有碍開挖之山地，須加以鑽探，以考察地內地質，係屬硬石、軟石，抑為硬土。

### C. 列車阻力與運轉曲線

1.4 前言 鐵路列車係在固定之鋼軌上行駛，非若免受路軌限制之公路車輛，可在任意地點交會，超車或讓車，且制車距離亦頗長，故由行車安全之立場，原則上向以一個閉塞區間(即由一個號誌機所防護之區間)僅容許行駛一個列車。列車在一閉塞區間運轉所需之時間，影響路線容量，及運輸能力，除受機車牽引力、列車阻力、路線條件之限制外，復受限速、停車站、緊軋初速度等之左右。所謂列車運轉曲線，即係將上項閉塞區間加以擴大，依力學原理將列車在全線上運轉之情況，按地點與車速及時間之關係，予以模擬而繪成之速度及時間曲線圖，在計劃新開闢路線之選擇過程時，此項運轉曲線之繪製，不但可比較路線之優劣，且亦可為估計運量及將來營運費用之依據。

目前各國鐵路使用電子計算機計算運轉速度及時間者，其計算原理與人工之模擬計算，並無不同之處，僅將人工之計算工作改由計算機執行而已。運轉曲線又有各種不同之計算法，而依當時之需要，採用其最合適者。茲將常用計算法中之一種，說明於下。

1.5 運轉曲線之計算概要 列車運轉時間係與行駛速度之高低成反比，故欲求列車運轉時間時，必須預先明瞭列車速度之高低，而列車速度之高低，係隨

列車加速度之大小及經過時間(或距離)之長短發生變化，即加速度愈大，經過時間(或距離)愈長，列車速度均愈高。列車加速度之大小則與列車加速力之大小成比例。列車加速力又依機車牽引力及列車阻力之大小發生變化，其中列車阻力係依車輛之種類，牽引重量、路線狀況、車速等而異，機車牽引力則依車速及油門開度之大小而變化。

由此可知，求列車運轉時間，應由機車牽引力開始，按上述相反之步驟，逐步加以計算，實際之運轉時間計算步驟如下：

- a. 求在各車速下之機車牽引力。
- b. 決定列車之牽引重量。
- c. 求在各車速下及在各不同路線狀況下之列車阻力。
- d. 根據 a, b, c 求在各車速下之列車加速力。
- e. 算繪列車動力運轉時，在各不同坡度路線上之速度·時間曲線圖。
- f. 算繪列車惰力運轉時，在各不同坡度路線上之速度時間曲線圖。
- g. 算繪列車緊軋時之速度，時間曲線圖。
- h. 按 e, f, g 所繪各圖之縮尺，將擬繪列車運轉曲線區間之里程、車站位置、坡度、彎道限制速度等，繪於透明之運轉曲線用紙上。
- i. 由 e, f, g 所繪各圖 陸續描繪各相當部份之速度曲線及部份時間曲線。
- j. 使用三角板或時間規，將相當於以上所繪速度曲線及時間曲線，繪於運轉曲線用紙上。

1.6 運轉曲線之實際計算例 茲以台灣鐵路 R20 型柴電機車牽引鋼皮客車 450 噸之列車為例，將其實際之計算法按計算之順序，說明於下：

a. 機車牽引力 機車之牽引力，係指來自汽缸(用蒸氣者)或氣缸(用內燃機者)或電動機(用電氣者)之動力，經過傳動系統而達於動輪緣之挽力。傳動系統所發生之阻力，稱為內部阻力，其大小與機車之設計有關，大體而言，與動輪之數目成反比，與動輪之荷重成正比。機車動力減去內部阻力，為輪緣挽力，亦即機車牽引力。機車牽引力在起動或速度小時，受限於輪與軌間之黏着力係數，故通常出發牽引力不超過  $1/4 T$ ， $T$  為動輪荷重， $1/4$  係假定之黏着力係數。R20 型機車以油門八段全負荷運轉時之牽引力如圖 1.4 所示：

b. 列車阻力 機車發揮牽引力牽引客貨車進行時，機車及被牽引之車輛本身亦同時產生阻礙進行之力。此項阻礙列車進行之力，總稱為列車阻力。發生列車阻力之因素多且複雜，但通常將之分成，出發阻力、行駛阻力、坡度阻力、曲線阻力、加速阻力等五大類，其概要及計算法如下：

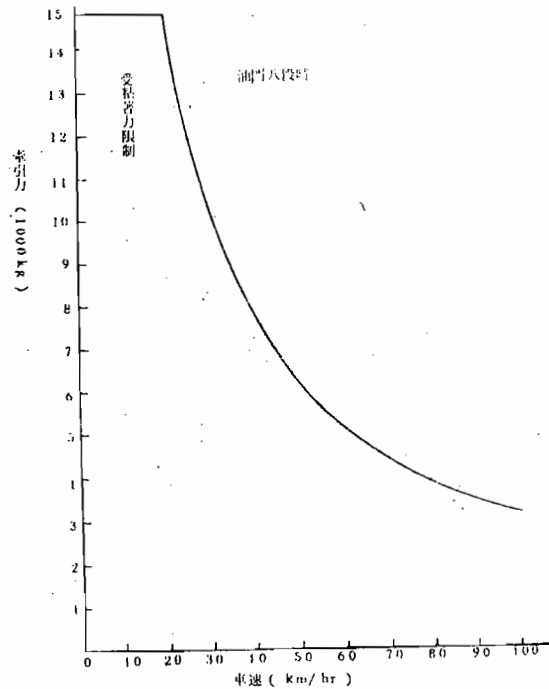


圖 1.4 R20型柴電機車牽引力

1 出發阻力 出發阻力係指列車（或車輛）在平直線上開動時阻碍列車起步之力。其阻力源主要在於車軸與軸承間之磨擦力，亦即輪軸阻力，使用銅襯軸承之車輛，於停車中軸承之油膜容易被重量破壞，故其輪軸阻力頗大，使用滾柱軸承之車輛，因車軸與軸承之磨擦係藉滾柱之滾動磨擦，故其輪軸阻力較小，通常計算運轉曲線時所採用之出發阻力值如下：

柴電機車：每噸5公斤。

使用銅襯軸承之客貨車：每噸8公斤。

使用滾柱軸承之客貨車：每噸3公斤。

2 行駛阻力 列車在平直線上行駛時阻碍列車進行之力，除去機車傳動機件之內部阻力外，稱為行駛阻力，包括(a)輪軸阻力，指車軸與軸承間之磨擦阻力；(b)輾動阻力，係車輪與鋼軌間之輾轉阻力，(c)空氣阻力，(d)軌道阻力指列車在軌道上因動搖而產生之阻力，以及其他雜阻力等之各項阻力。影響行駛阻力

之因素頗多，例如車輛之外形，重量，走行部份之構造，傳動裝置之種類，連掛輛數，天氣狀況，行駛速度，路線保養狀態等等皆是。茲分述如次：

(a) 輪軸阻力 輪軸阻力，因所用潤滑油之不同而各異，同樣潤滑油，其阻力係數亦因溫度，及所受壓力不同而各異。輪軸阻力可以公式代表之： $P = \frac{FWr}{R}$ ，此中  $P$  為輪軸阻力， $W$  為輪之荷重， $r$  為軸之半徑， $R$  為輪之半徑， $F$  為阻力係數。阻力係數於開動時最大，隨即降低，而後又因摩擦溫度之增高及速度之增高而增加。

(b) 輾動阻力 輾動阻力，為車輛輾動時，輪面及軌面因之變形而消耗之能力。假想輪之前方軌面，因輪之壓力而形成一個小丘，則車輪輾動前行時，勢必連續輾越此小丘；設小丘距輪軸垂直線  $a$  距離，以公式代表之： $P = \frac{Wa}{R}$ 。通常  $a$  約為  $0.5 \text{ mm}$ ， $R$  約為  $40 \text{ cm}$ ，則  $P$  約為每公噸  $1\frac{1}{4} \text{ kg}$ ，此種阻力與速度無關。

(c) 空氣阻力 空氣阻力包括下列各項：

(1) 空氣對行動列車前端之壓力，此項壓力與機車前端之面積成正比，與列車速度之平方成正比。但機車之前端面積，大致相等，故英美各國一般採用  $R = 0.25V^2$  公式， $R$  之單位為磅， $V$  之單位為英里，十英里以上之風速，亦應併入  $V$  值之內計算。

(2) 列車行動時擠除空氣，其後端之空氣迴流而發生吸着力，亦為列車阻力之一。此項阻力約為前端阻力之四分之一，至二分之一。

(3) 空氣對行動列車之兩旁上下發生磨擦阻力，此種阻力因車輛之種類，列車之長度而不同，大致可估為前端阻力十分之一。

(4) 強烈旁風將列車壓向軌道之一邊，發生磨擦阻力，此項阻力，約等於列車側面積乘風壓力乘四分之一。

(d) 軌道阻力 軌道無論如何平直，列車進行中，其轉向架勢必左右擺動，輪緣壓向一邊軌條，一時又壓向另一邊，此項因素，多少對速度有影響，對輕車及貨車組成之列車影響尤大。軌道維修不良，如接頭鬆弱，軌條太輕，道碴不固，排水不良等，亦為增加軌道阻力之另一因素。前項因素與速度之平方成比例。後一因素與速度成單比例。但通常認為軌道阻力與速度之平方為正比例。

綜上所送，可知列車行駛阻力，一部份固與速度無關，一部份與速度成比例，而另一部份與速度之平方成比例。美國 W. J. Davis, Jr. 氏將各項合為一公式，作為計算列車每噸之阻力，茲化為公制如下：

$$R = 0.65 + \frac{14.5}{W} + 0.805bV + \frac{0.1205CAV^2}{Wn}$$

式中：R為車輛每公噸之阻力，kg；W為每軸之載重，metric ton；n為軸數；A為車輛之截面積，sq.m.。其餘為試驗所得之常數：

機車（普通型）	b = 0.03
客車	b = 0.03
貨車	b = 0.045
成列之軌道車	b = 0.045
單獨之軌道車	b = 0.09
礦用小機車	b = 0.045
流線型機車	b = 0.0017
普通機車	b = 0.0024
貨車	c = 0.0005
客車	c = 0.00034
軌道車	c = 0.0024

上式用於任何車輛——機車或客貨車——故為一般人所樂用；凡速度在七十五公里以下者，其得數頗為準確可靠。

美國依利諾大學之 E. C. Schmidt 教授曾就六十五公里速度以下之貨物列車作一試驗，求出其阻力公式。其後，該大學之 J. K. Tuthill 教授復就六十五公里速度以上之各種貨車作同樣試驗。茲將兩氏之公式化為公制並列於下：

貨車種別	Schmidt 公式，65 km/hr 以下		Tuthill 公式，65 km/hr 以上	
20 t	$R = 3.15 + 0.070V + 0.00163V^2$		$R = 1.00 + 0.0322V + 0.00647V^2$	
30 t	$R = 2.61 + 0.053V + 0.00150V^2$		$R = 0.60 + 0.0161V + 0.00582V^2$	
40 t	$R = 2.08 + 0.033V + 0.00173V^2$		$R = 0.55 + 0.0080V + 0.00492V^2$	
50 t	$R = 1.78 + 0.0193V + 0.00181V^2$		$R = 0.30 + 0.0080V + 0.00440V^2$	
60 t	$R = 1.60 + 0.0129V + 0.00171V^2$		$R = 0.23 + 0.0121V + 0.00462V^2$	
70 t	$R = 1.46 + 0.0169V + 0.00144V^2$		$R = 0.30 + 0.0016V + 0.00382V^2$	

以上各公式之中，R為每公噸之阻力，kg；V為行車速度，km/hr。貨車種別以載重區分，t為公噸數。

關於客車行駛阻力，美國 General Electric Co. 應用之公式亦可作為參考：  
 $R_c = \frac{26.2}{\sqrt{T}} + 0.0242V + \frac{0.000532}{T} AV^2 \left(1 + \frac{N-1}{10}\right)$ ，其中  $R_c$  為行駛阻

力每公噸之 kg 數；V為每小時速度，公里；A為列車前端面積，平方公尺；T為列車總載，公噸；N為車輛數目。依利諾大學試驗結果與此相仿，導引試驗公式後，依該公式計算之。

台灣鐵路 R20 型機車在台灣鐵路路線上施行試驗所得之機車行駛阻力計算公式如下：

$$R_L = (1.72 + 0.0162V)W_L + 0.0323V^2 \dots\dots\dots (1)$$

式中  $R_L$ ：柴電機車行駛阻力 (kg)

V：行駛速度 (km/hr)

$W_L$ ：機車重量 (ton)

圖 1.5 所示，為使用(1)式求得之 R20 型柴電機車行駛阻力值。

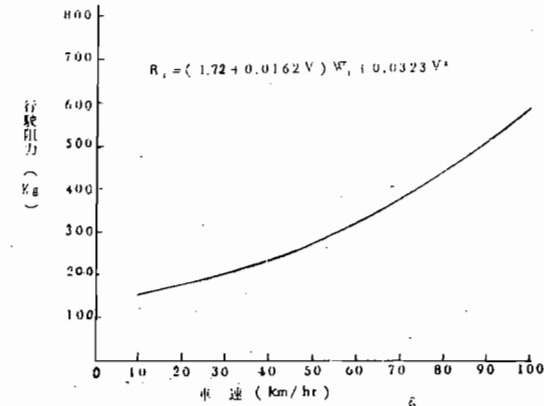


圖 1.5 R20 型柴電機車行駛阻力

台灣鐵路在各項計劃時所採用之客貨車行駛阻力計算公式如下：

$$r_p = 1.24 + 0.006V + 0.000313V^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$r_f = 1.6 + 0.0006V^2 \dots\dots\dots (3)$$

式中  $r_p$ ：鋼皮客車行駛阻力 (kg/ton)

$r_f$ ：貨車及木造客車行駛阻力 (kg/ton)

V：行駛速度 (km/hr)

圖 1.6 所示，係依(2)(3)式求得之客貨車行駛阻力。依圖 1.5 及 1.6，可知行駛速度愈高，行駛阻力愈大。

3 坡度阻力 列車上坡時除克服行駛阻力外，另須對抗地心引力將列車

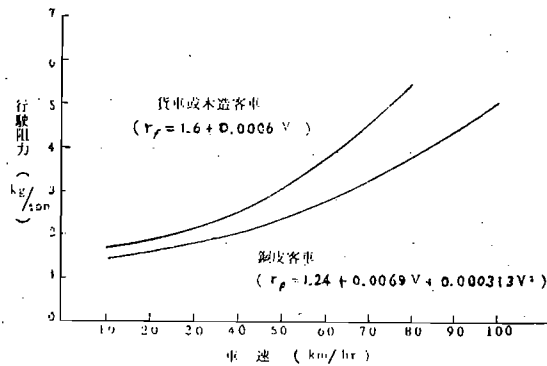


圖 1-6 客貨車行駛阻力

提高至坡度上之力，此項用於將列車重量提高至坡度上之力（亦即將列車沿下坡方向拉回之力），稱為坡度阻力，可用下式計算之：

$$r_g = \pm i \dots\dots\dots(4)$$

式中  $r_g$ ：坡度阻力 (kg/ton)

$i$ ：以千分率 (%) 表示之坡度；上坡時為  $+i$ ，下坡時為  $-i$ 。

即以千分率表示之坡度數值，可直接代表列車每噸之坡度阻力（公斤），例如列車在 25% 上坡度之坡度阻力為 25 kg/ton，在 10% 下坡度之坡度阻力為負 10 kg/ton，亦即有 10 kg/ton 之加速力幫助列車加速。

4. 曲線阻力 列車在曲線上行駛時，較在直線上行駛時增大之阻力，稱為曲線阻力，係由於下述情形所引起：

- (a) 車輛本身轉向而垂直的扭轉。
- (b) 車輛因內軌與外軌長度之不同而滑行、磨擦。
- (c) 車輪因轉向架受軌道之限制，整體轉向時，橫向滑動、磨擦。
- (d) 因離心力關係，輪緣與外軌之磨擦。
- (e) 車體之向心加速。

其數值依路線曲線半徑，加寬度，固定軸距、軌距等之大小，及行駛速度之高低等而異。欲引導一能滿足各項條件之公式較為困難，故大多僅以曲線半徑之函數表示之，目前台灣鐵路對一般列車採用之公式如下：

$$r_c = \frac{600}{r} \dots\dots\dots(5)$$

式中  $r_c$ ：曲線阻力 (kg/ton)

$r$ ：曲線半徑 (m)

為處理方便計，常將坡度上介有之曲線，依上式求出阻力後，加於實際坡度上，稱為換算坡度，即

$$i_c = i + \frac{600}{r} \dots\dots\dots(6)$$

式中  $i_c$ ：換算坡度

例如在 10% 之上坡度，如介有半徑 300 m 之曲線時，其換算坡度即為

$$\begin{aligned} i_c &= i + \frac{600}{r} \\ &= 10 + \frac{600}{300} \\ &= 10 + 2 = 12 (\%) \end{aligned}$$

5. 加速阻力 欲使列車提高速度，除需克服行駛阻力，坡度阻力，曲線阻力所需牽引力以外，另需使列車作加速運動之力。

使列車加速所需之力，依運動第二定律，可用下式求得

$$\begin{aligned} F = m\alpha &= \frac{1000W}{g} \alpha = \frac{1000W}{9.8} \alpha \\ &= 102 w \alpha \end{aligned}$$

式中  $F$ ：加速力 (kg)

$W$ ：列車重量 (ton)

$m$ ：列車質量 (kg)

$g$ ：地心引力加速度 (m/sec/sec)

$\alpha$ ：加速度 (m/sec/sec)

列車每噸之加速力  $f$  為

$$\begin{aligned} f = \frac{F}{W} &= \frac{102W\alpha}{W} \\ &= 102 \alpha \dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

此項加速力為使列車作直進加速所需之力，然車輛因有車輪、車軸、傳動齒輪、牽引馬達電樞等之回轉部份，使此回轉部份作回轉加速，亦需若干之力，其大小依回轉部份之重量及平均回轉半徑之大小而異，回轉部份重量大，回轉半徑大，均使此項加速力增大，一般列車之回轉加速力平均值，約為直進加速力之 6%，故列車每噸之加速力，即成為：

$$f = 102 \alpha \times (1 + 0.06) \dots\dots\dots (8)$$

$$= 108 \alpha$$

上式為列車加速力（加速阻力）與加速度之關係公式。

上式中之加速度（ $\alpha$ ）單位為m/sec/sec，若換算為常用之單位 km/hr/sec 則成爲：

$$f = 108 \alpha = 108 \times \frac{A}{3.6}$$

$$= 30 A$$

式中 A = 加速度 (km/hr/sec)

次求列車在某一時間，由某一速度加速至另一速度所需加速力時，(9)式即變成

$$f = 30 A = 30 \times \frac{V_2 - V_1}{60 T}$$

$$= \frac{0.5(V_2 - V_1)}{T} \dots\dots\dots (10)$$

式中  $V_1$ ：加速前速度 (km/hr)

$V_2$ ：加速後速度 (km/hr)

T：加速時間 (min)

又求列車在某一距離由某一速度加速至另一速度所需加速力時，(9)式即變成

$$f = 30 A = 30 \times \frac{V_2^2 - V_1^2}{3.6 \times 2 s}$$

$$= 4.17 \times \frac{V_2^2 - V_1^2}{S} \dots\dots\dots (11)$$

式中 S = 加速距離 (m)

c. 列車加速力及減速力 機車牽引力如大於列車總阻力（不包括加速阻力），其超出之牽引力乃使列車作加速運動，故稱爲加速力，又列車之總阻力如大於機車牽引力，列車即逐漸減速，此時不足之牽引力稱爲減速力。

列車每噸之加速力，可用下式求得

$$f = \frac{F}{W}$$

$$= \frac{T - R}{W} \dots\dots\dots (12)$$

式中 f：列車每噸加速力 (kg/ton)

F：列車總加速力 (kg)

表 1 · 1 R 20 型機車牽引客車 450 噸時之加速力計算表 (在平直線上)

項 目	0	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
機車牽引力 T (kg)	34,775	4,775	4,775	4,630	1,980	1,150	8,140	7,720	6,880	6,215	5,630	5,140	4,710	4,370	4,080	3,860	3,670	3,510	3,370	3,250
機車行駛阻力 $R_c$ (kg)	395	152	162	174	188	203	220	239	259	281	304	329	356	384	414	445	478	513	549	587
客車每噸行駛阻力 $F_s = r_p \cdot W_p$ (kg)	3	1.34	1.414	1.503	1.608	1.725	1.851	2.017	2.184	2.368	2.566	2.781	3.011	3.257	3.518	3.795	4.088	4.396	4.720	5.06
客車總行駛阻力 $R_s = r_p \cdot W_p$ (kg)	1350	603	636	675	724	770	839	908	983	1066	1153	1251	1355	1466	1583	1708	1840	1978	2124	2277
列車總行駛阻力 $R = R_c + R_s$ (kg)	1745	755	798	849	912	981	1059	1147	1242	1347	1450	1560	1671	1785	1907	2153	2310	2491	2673	2864
列車加速力 $F = T - R$ (kg)	13030	14020	13977	13781	11068	9160	7681	6573	5638	4861	4171	3580	2991	2420	2083	1707	1382	1010	697	186
列車每噸加速力 $f = F / (W_c + W_p)$ (kg/ton)	21.63	26.50	26.42	26.05	20.92	17.33	14.52	12.13	10.66	9.19	7.88	6.73	5.67	4.76	3.94	3.21	2.56	1.93	1.32	0.73
機車行駛阻力 $R_c$	395	152	162	174	188	203	220	239	259	281	304	329	356	384	414	445	478	513	549	587
客車總行駛阻力 $R_s$	1350	603	636	675	724	770	839	908	983	1066	1153	1251	1355	1466	1583	1708	1840	1978	2124	2277
列車總行駛阻力 $R = R_c + R_s$	1745	755	798	849	912	981	1059	1147	1242	1347	1450	1560	1671	1785	1907	2153	2310	2491	2673	2864
列車每噸行駛阻力 $f = \frac{R}{W_c + W_p}$ (kg/ton)	3.30	1.43	1.51	1.60	1.72	1.85	2.00	2.17	2.35	2.55	2.76	2.99	3.23	3.50	3.76	4.07	4.39	4.73	5.07	5.41

$T$  : 機車牽引力 (kg)

$R$  : 列車總阻力 (不包括加速阻力) (kg)

列車不論以動力運轉或惰力運轉, 依(12)式求得之  $f$ , 如屬正數即為加速力, 若屬負數即成減速力。表 1.1 及圖 1.7 所示, 為 R 20 型柴電機車牽引鋼皮客車 450 噸, 在平直線上以油門八段動力運轉時之列車每噸加速力, 及惰力行駛時之列車每噸行駛阻力 (即減速力)。

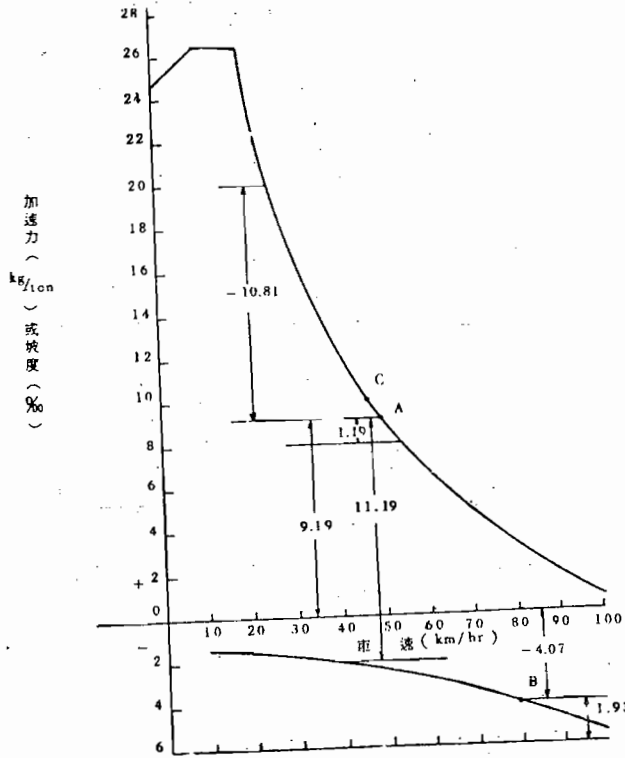


圖 1.7 R 20 型機車牽引客車 450 噸時之加速力

路線坡度為  $i\%$  時之坡度阻力為  $i$  kg/ton, 故列車在任何坡度上之加速力為

$$f \pm i = f_0 \mp i \quad \text{.....(13)}$$

式中  $f \pm i$  : 列車在  $\pm i$  坡度上之加速力 (kg/ton)

$f_0$  : 列車在平坦線之加速力 (kg/ton)

$i$  : 路線坡度 (%) 前面之符號 + 為上坡, - 為下坡。

因此, 圖 1.7 亦可表示列車在任何坡度上之加 (減) 速力, 即將圖之橫軸基線移於擬求加速力坡度之橫線處, 讀出由該基線至加速力線或行駛阻力線之高度即可。坡度基線在加速力或行駛阻力線下方時, 即有加速力, 基線在上方時, 即有減速力。

例如列車以 50 km/hr 速度動力運轉時之加速力, 在平坦線為加速力曲線 A 點之 9.19 kg/ton, 在 8% 上坡度時為坡度 +8% 橫線至 50 km/hr 加速力點 A 之  $9.19 - 8 = 1.19$  kg/ton, 在 2% 下坡度時為 -2% 坡度橫線至 50 km/hr 加速力點 A 之  $9.19 + 2 = 11.19$  kg/ton, 在 20% 上坡度時為 +20% 橫線至 A 點之  $9.19 - 20 = -10.81$  kg/ton, 即有 10.81 kg/ton 之減速力, 此時, 20% 橫線係在 A 點之上方, 故加速力成負數, 因此列車有減速力而無加速力。

又列車如以 80 km/hr 速度惰力運轉時, 其加速力在平坦線為行駛阻力曲線 B 點之 -4.07 kg/ton, 在 6% 下坡時為坡度 -6% 橫線至行駛阻力曲線 B 點之  $6 - 4.07 = 1.93$  kg/ton (B 點係在 6% 坡度線之上方故加速力為正數), 亦即坡度加速力 6 kg/ton, 除抵消行駛阻力之 4.07 kg/ton 外, 尚有 1.93 kg/ton 之力可使列車加速。

圖 1.7 又可直接表示列車在各坡度上之均衡速度, 坡度橫線與加速力曲線交點 (加速力為零之點) 之速度即是, 例如列車在 10% 上坡度之均衡速度為 C 點之 47.2 km/hr。

d. 坡度別運轉曲線之繪法 將列車在各種不同坡度上連續運轉時之行駛速度, 行駛時間與行駛距離之關係繪成之曲線, 稱為坡度別速度時間曲線, 或稱為坡度別運轉曲線。此項曲線之繪法有二, 一為以圖解法繪得者, 另一為依公式計算將其結果點繪得者, 茲將後者之繪法說明於下:

將由圖 1.7 讀出之平均加 (減) 速力, 代入由加速阻力計算公式(10)(11)變形之下列(14)(15)兩式, 求出列車分別以動力全負荷及惰力狀態, 在各種坡度上每加速或減速 5 km/hr 所需之時間及距離 (表 1.3 之 S. T.), 次將求出之時間  $T$  及距離  $S$ , 於加速時由低速向高速, 減速時由高速向低速, 逐次累計, 作為  $\Sigma T$  及  $\Sigma S$ , 後按動力運轉及惰力運轉, 分別點於依表 1.2 縮尺製成之方格紙上, 並將各點以圓滑曲線連接, 即成列車在該坡度上之速度, 時間曲線。

表 1.2 運轉曲線圖縮尺

軸 向	項 目	縮 尺
橫 軸	行駛距離	1 km 為 20 mm
縱 軸	行駛速度	1 km/hr 為 1 mm
縱 軸	行駛時間	1 min 為 10 mm

$$T = \frac{0.5(V_2 - V_1)}{f} \dots\dots\dots(14)$$

$$S = \frac{4.17 \times (V_2^2 - V_1^2)}{f} \dots\dots\dots(15)$$

式中 T : 加(減)速所需時間 (min)

S : 加(減)速所需距離 (m)

V<sub>1</sub> : 加(減)速前速度 (km/hr)

V<sub>2</sub> : 加(減)速後速度 (km/hr)

f : V<sub>1</sub> 至 V<sub>2</sub> 間之平均加速力

表 1.3 及圖 1.8、1.9 表示 R 20 型機車牽引鋼皮客車 450 噸之列車，在 10‰ 上坡度動力運轉及在 10‰ 下坡度惰力運轉時之速度，時間曲線計算例及繪圖法。

表 1.3 坡度別速度時間曲線計算例 (R 20+PC450ton)

表 1.3(a) 動力運轉在 10‰ 上坡加速

v (km/hr)	0	10	15	20	25	30	35	40	45	47.2
f (kg/ton)	15.57	16.46	16.24	13.49	9.13	5.93	3.48	1.55	0.33	
S (m)	27	32	45	70	126	220	419	1143	2563	
ΣS (m)	27	59	104	174	300	520	978	2121	4684	
T (min)	0.32	0.15	0.15	0.19	0.27	0.42	0.72	1.61	3.33	
ΣT (min)	0.32	0.47	0.62	0.81	1.08	1.50	2.22	3.83	7.16	

(b) 動力運轉在 10‰ 上坡減速

v (km/hr)	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	47.2
f (kg/ton)	-8.97	-8.37	-7.75	-7.1	-6.41	-5.65	-4.78	-3.80	-2.69	-1.46	-0.41	
S (m)	453	461	471	485	504	535	589	686	891	1499	2768	
ΣS (m)	453	961	1385	1870	2374	2909	3498	4184	5075	6574	9342	
T (min)	0.28	0.30	0.32	0.35	0.39	0.44	0.52	0.66	0.93	1.71	3.41	
ΣT (min)	0.28	0.58	0.90	1.25	1.64	2.08	2.60	3.26	4.19	5.90	9.31	

(c) 惰力運轉在 10‰ 上坡減速

v (km/hr)	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40
f (kg/ton)	-15.23	-14.88	-14.55	-14.23	-13.93	-13.64	-13.37	-13.11	-12.88	-12.66	-12.45	-12.26	
S (m)	267	259	251	242	232	222	211	199	186	173	159	145	
ΣS (m)	267	526	777	1019	1251	1473	1684	1883	2069	2242	2401	2546	
T (min)	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.20	0.20	0.20	
ΣT (min)	0.16	0.33	0.5	0.68	0.86	1.04	1.23	1.42	1.61	1.81	2.01	2.21	

(d) 惰力運轉在 10‰ 下坡加速

v (km/hr)	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
f (kg/ton)	7.74	7.55	7.34	7.12	6.89	6.63	6.36	6.07	5.77	5.45	5.12	4.77	
S (m)	238	262	298	337	378	425	475	532	596	669	753	852	
ΣS (m)	238	500	798	1135	1513	1938	2413	2945	3541	4210	4963	5815	
T (min)	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.38	0.39	0.41	0.43	0.46	0.49	0.52	
ΣT (min)	0.32	0.65	0.99	1.34	1.70	2.08	2.47	2.88	3.31	3.77	4.26	4.78	

圖 1.10、1.11 表示以上述方法繪得之 R 20 型柴電機車牽引鋼皮客車 450 ton 時之坡度別速度，時間曲線。曲線中之數字，係以千分率 (‰) 表示之路線坡度，數字前無符號者為上坡，有一符號者為下坡。

又圖 1.10、1.11 除在平坦線開車時之低速範圍繪有時間曲線外，其他則均未繪時間曲線。其原因為現在對時間曲線均採用後述之方法繪出，故略而不繪。至於開車後之低速範圍時，因加速力大，速度變化較大，如使用後述方法繪出，則較容易發生誤差，且車站大都為平坦線，故於圖中仍繪出在平坦線開車至速度 60 km/hr 時之時間曲線。

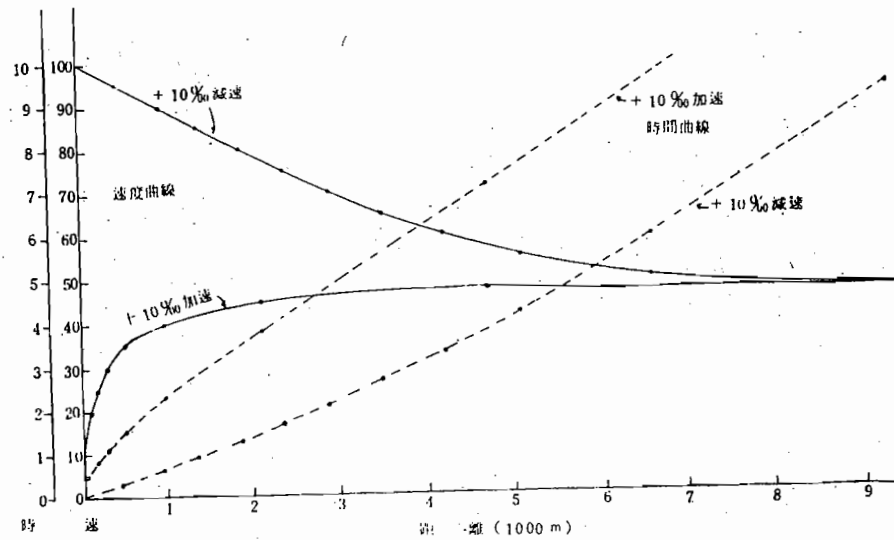


圖 1.8 坡度別速度，時間曲線繪法 (R20 P<sub>c</sub>+450 噸動力運轉)

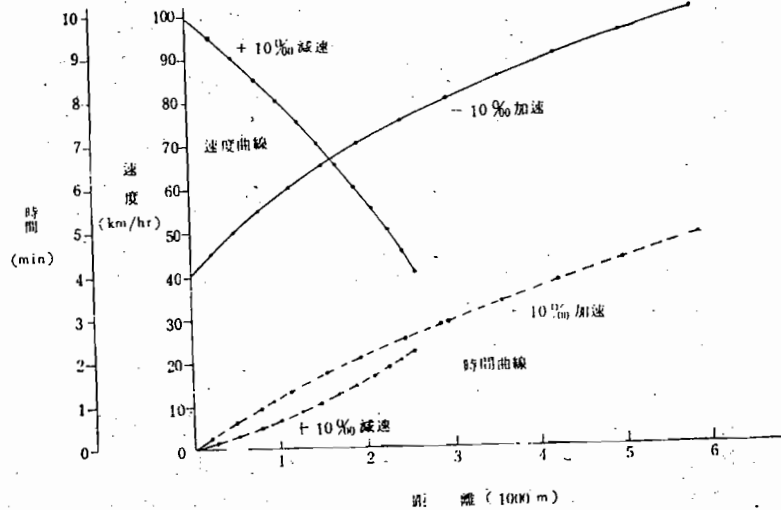


圖 1.9 坡度別速度，時間曲線繪法 (R20 P<sub>c</sub>+450 噸惰力運轉)

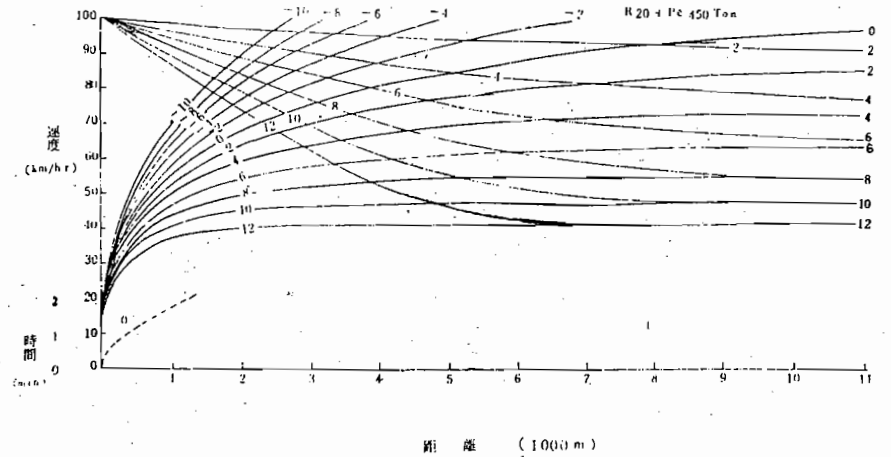


圖 1.10 坡度別速度，時間曲線 (動力運轉)

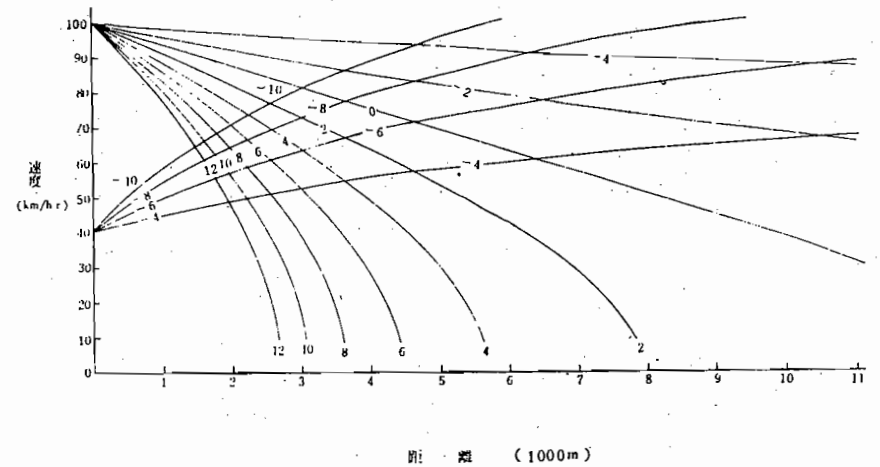


圖 1.11 坡度別速度曲線 (R20 + 450 噸惰力運轉)

e. 緊韌曲線之繪法 列車停車時之減速度，係依編組車輛之種類，韌管減壓量，緊韌初速度等之大小而異，惟於繪緊韌曲線（即緊韌運轉時之速度，時