

第十八章 速率曲線與行車控制

(資料來源：周義華，「運輸工程」)

◎ 速率曲線之功用

1. 可用以探討列車在某特定軌道之績效特性，並找出路線設計的瓶頸加以修正曲度或坡度
2. 將運行中列車之總能量以高度頭(位能)與速率頭(動能)之和表示

※速率頭之定義：

$$h_0 = \frac{v^2}{2g} = 0.0039V^2$$

$$h = (1 + 6\%)h_0 = 0.0041V^2$$

h 為列車之速率頭(m)、V 為列車速率(kph)、6%為滾動車輪之能量(表 18-1)

[當列車以 V 之初速行駛，且列車之牽引力剛好克服阻力時，可使列車爬升 h 高度]

◎速率曲線之繪製

1. 繪出路線之縱斷線形
2. 計算速率曲線所需之資料(表 18-2)
 - a. 速率值(5kph 增量)
 - b. 計算機車之牽引力(Chapter 16)
 - c. 計算機車在直線平坡之阻力(Davis 公式)
 - d. 計算機車之拉桿牽引力, (b)-(c)
 - e. 計算列車(機車除外)在直線平坡之阻力(Davis 公式)

- f. 計算淨牽引力, (e)-(d)
 - g. 將淨牽引力除以列車總重, (f)/W
 - h. 計算加速坡度=(g)/9.07
 F=10 kg/t/1% grade
 - i. 計算速率頭(公式或表 18-1)
3. 繪一線其斜度為加速坡度，再由軌道縱斷面取垂直距離(速率頭)，相交於一點
 4. 繼續作圖至列車最大速率(圖 18-1)

◎速率曲線之圖例與用途說明(圖 18-1)

1. 限制坡度=速率曲線之坡度與軌道縱斷面平行，此坡度即為某一載重列車以固定之速率所能爬行之坡度(超過限制坡度→惰力坡度)
2. 查出任一點之速率
3. 計算行駛時間

****Please see "mrt_te18-add.tif" for more information.

◎鐵路號誌

※固定號誌

揚旗號誌、色燈號誌、方位燈號誌、方位
色燈號誌

※車廂號誌

[車廂號誌之優點]

◎行車控制方式

※區間閉塞控制(「線」的行車控制)

絕對區間閉塞控制、權宜區間閉塞控制

※連鎖控制(「點」的行車控制)

應用於平面交叉及分岔處

[連鎖控制之特性]

◎號誌之操作方法(依演進順序)

1. 人工區間控制法

2. 電氣輔助人工區間控制法

3. 自動區間控制法(圖 18-8)

[軌道電池、軌道繼電器、號誌電池]

4. 自動行車控制法

5. 電碼控制法

6. 中央行車控制法



運行中的列車可視為自由落體，因此 (20-2) 式可用以表示列車速度為 V 時之速度頭。而列車運行時所遇到之阻力則可化為阻力頭 (Resistance Head) 後，由 h_0 中扣除。

由於列車在運行中，約有 6% 的能量為滾動中之車輪所儲存，因此列車的 velocity head 可表如下式：

$$\begin{aligned} h &= h_0(1 + 6\%) \\ &= 0.0041V^2 \end{aligned} \quad (20-3)$$

式中，

h 為列車之速度頭，m

V 為列車之速度，kph

(20-3) 式之意義為：當列車以 V 之初速行駛，且列車的牽引力剛好克服阻力時，則此速度可使列車爬升之高度即為 h 。各不同速度下之速度頭如表 20-1 所示。

表 20-1 速度與速度頭之關係表

速度 (kph)	速度頭 (m)	速度 (kph)	速度頭 (m)
5	0.10	105	45.20
10	0.41	110	49.61
15	0.92	115	54.22
20	1.64	120	59.04
25	2.56	125	64.06
30	3.69	130	69.29
35	5.02	135	74.72
40	6.56	140	80.36
45	8.30	145	86.20
50	10.25	150	92.25
55	12.40	155	98.50
60	14.76	160	104.96
65	17.32	165	111.62
70	20.09	170	118.49
75	23.06	175	125.56
80	26.24	180	132.84
85	29.62	185	140.32
90	33.21	190	148.01
95	37.00	195	155.90
100	41.00	200	164.00



20.2 速度曲線之繪製

首先，以某一高度之水平線為基準，繪出路線之縱斷線形。然後，製作計算速度曲線所需之資料表如表 20-2 所示。表中各項資料之計算步驟及方法如下：

1. 在表中之第 (1) 欄，以 0 為起始值，5 kph 為增量，列出各速度值。
2. 依第十八章所述之方法，計算機車之牽引力，列入表中第 (2) 欄。
3. 依第十九章所述之 Davis 公式，計算機車在直線平坡之阻力，列入第 (3) 欄。
4. 由表中第 (2) 欄減去第 (3) 欄，即得機車之拉桿牽引力 (Drawbar Pull)，列入第 (4) 欄。
5. 計算列車（機車除外）在直線平坡之阻力，其方法與第 (3) 欄同，列入第 (5) 欄。
6. 由第 (4) 欄減去第 (5) 欄，即得淨牽引力 (Net Tractive Effort)，列入第 (6) 欄。此力可供整列車提高其能量頭。
7. 將第 (6) 欄除以整列車的總重量後，列入第 (7) 欄。
8. 將第 (7) 欄除以 10 kg/t，即得加速坡度 (Acceleration Grade)，此為該列車以其速度所能爬升之最大坡度，其爬升之高度則為第 (9) 欄之速度頭。
9. 由 (20-3) 式或查表 20-1 可得速度頭，列入第 (9) 欄。

表 20-2 速度曲線計算資料表

(1) 速度 (kph)	(2) 牽引力 (kg)	(3) 機車阻力 (kg)	(4) 拉桿牽引力 (kg)	(5) 列車阻力 (kg)	(6) (7) 淨牽引力		(8) 加速坡度 (%)	(9) 速度頭 (m)
					(kg)	(kg/t)		
0								
5								
10								
⋮								
⋮								
⋮								

茲以圖 20-1 說明速度曲線之繪製方法。圖中 $ABCD$ 為路線之縱斷線形，設列車由 A 點出發，故在 A 點，速度頭 $h_A = 0$ ，當速度增加到 5 kph 時，



$h = 0.10 \text{ m}$ ，加速坡度可由表 20-2 中之第 (8) 欄查得，則在 A 點繪一線其斜度為加速坡度，然後由軌道縱斷面取垂直距離 0.10 m 與此斜線相交，而得 b 點；從 b 點起的繪法為繪 $V = 10 \text{ kph}$ 之加速坡度，而得 c 點，其速度頭為 0.41 m ；從 c 點再以相同的方法繼續作圖，直至列車的最大速度，此時速度曲線即平行於軌道縱斷面，此情形一直維持到更陡坡的路段或須煞停時才改變。

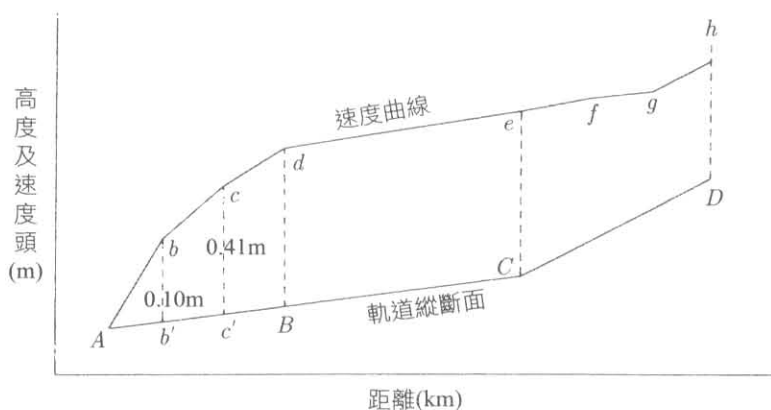


圖 20-1 速度曲線繪製說明圖

在圖 20-1 中， de 與 BC 之坡度平行，此坡度即為某一載重量之列車以固定之速度所能爬行之坡度，稱為限制坡度 (Ruling Grade)。超過限制坡度則為惰力坡度 (Momentum Grade)，在此坡度上，列車之部分動力消耗於爬坡，而導致減速，其速度頭逐漸變小，直至加速坡度與軌道縱斷面平行，如圖 20-1 中之 gh 。

速度曲線圖的用途除了找出路線的限制坡度，以作為修正線形之依據外，在路線上任何一點的速度均可由圖上直接查出。此外，尚可據以計算行駛時間，例如：以 0.5 km 的長度為單位，其前後速度頭之平均值為 h' ，則所需之行駛時間可由下式求得：

$$\begin{aligned}
 h' &= 0.0041V^2 \\
 &= 0.0041 \left(\frac{0.5 \times 60}{t} \right)^2 \\
 \therefore t &= 1.92(h')^{-1/2} \qquad (20-4)
 \end{aligned}$$