

苏联列車牽引 計算規程

苏联交通部全苏铁道运输科学研究院編

人民铁道出版社

目 录

第一篇 适用于各种牵引的总则

第一章	总则	1
第二章	車列阻力	2
第三章	列車制动力的計算	4
第四章	列車重量及运行速度的計算	6
第五章	制动計算	10

第二篇 电 气 牵 引

第一章	牽引力及运行阻力的計算	12
第二章	車列重量及区間走行時間的計算	14
第三章	牽引电动机的發热校驗及电耗量的計算	16

第三篇 內 燃 机 車 牵 引

第一章	牽引力及运行阻力的計算	19
第二章	車列重量及区間走行時間的計算	20
第三章	主發电机及牽引电动机的發热校驗	22
第四章	燃料消耗量的計算	24

第四篇 蒸汽機車牽引

第一章 牽引力及運行阻力的計算	25
第二章 蒸汽機車牽引時車列重量的計算	28
第三章 水及燃料消耗量的計算	29

附 录

1. 規程正文及附錄綫圖內字母符号及縮写字說明表	32
2. 電力機車的制動特性曲綫	37
3. 電力機車及摩托車組的特性曲綫	40
4. 內燃機車的特性曲綫	57
5. 蒸汽機車的牽引特性曲綫	77
6. 蒸汽機車單位阻力曲綫	98
7. 各種牽引的牽引計算例題	100
(一) 電氣牽引時牽引計算的例題	100
(二) 內燃機車牽引時牽引計算的例題	127
(三) 蒸汽機車牽引時牽引計算的例題	146

第一篇 適用於各種牽引的總則

第一章 總 則

§1. 規 程 的 任 務

牽引計算規程，在列車工作方面，確定計算的方式和方法。規定計算中採用的主要標準，並且是計算牽引列車所需的燃料、能量及水耗量的基礎。

使用本規程時，應考慮到利用先進司機在實際工作中所挖掘的潛在能力。

本規程適用於標準軌距的營業鐵路和設計鐵路上機車的列車工作的牽引計算。

§2. 計 算 的 精 確 度

進行牽引計算時採用以下精確度：綫路縱斷面各坡段的長度以整公尺計；區間長度以公里計，並取至小數點後兩位止；坡度以千分率計，並取至小數點後一位止；牽引力、阻力和制動力化整至50公斤；單位力以公斤/噸計，並取至小數點後一位止；電流化整至5安；速度以公里/小時計，並取至小數點後一位止；貨車車列重量化整至50公噸，客車車列重量化整至10公噸；燃料消耗量化整至10公斤；電能消耗量化整至10千瓦小時；水耗量化整至50公斤；區間運行時間：計算運行時間化整至0.1分鐘，對於列車運行圖的時間化整至1分鐘，對於由摩托車輛組成的市郊電氣列車，化整至 $\frac{1}{4}$ 分鐘；計算發熱時，溫度化整至 0.1°C 。

§3. 字母符号

計算中所遇到的各种量及其量度單位，可遵照本規程附录 1 內各种量及其量度單位的符号表示之。

§4. 各种关系曲綫的繪制

以綫圖表示某一变数与另一变数間的关系时，应遵照下列基本規則：

- (1) 圖內必須具有縱橫座标軸及全部綫格；
- (2) 所选用之比例尺，应保証利用耗米刻度尺能毫無困难地測出（在兩条綫格間）变数的数值；
- (3) 座标軸应較其他格綫略粗；
- (4) 在座标軸上，应註明代表該变数的字母符号。

§5. 按輪周牽引力計算的必要性

牽引計算均按动輪輪周牽引力（按切綫牽引力 F_{κ} ）計算。

第二章 車 列 阻 力

§6. 貨 車 的 阻 力

二軸貨車在平直道上的單位阻力，按下列公式計算：

$$w'_0 = 1.4 + 0.02V + 0.5 \frac{V}{q} \quad (1)$$

四軸貨車（有轉向架的）在平直道上的單位阻力，按下列公式計算：

$$w'_0 = \frac{V + 65}{12 + 0.55q}, \quad (2)$$

式中 q ——車輛總重。对營業鐵路，应根据路局每一行車方向和区段实际完成的动載重資料确定；对設計綫路，应根据計劃資料确定。

§7. 客 車 的 阻 力

二軸及三軸客車在平直道上的單位阻力，按下列公式計算：

$$w_0^* = 1.4 + 0.017V + 0.0003V^2. \quad (3)$$

有轉向架的客車在平直道上的單位阻力，按下列公式計算：

$$w_0^* = 1.4 + 0.012V + 0.0003V^2. \quad (4)$$

全鋼客車的單位阻力（發電機工作時的），按下列公式計算：

$$w_0^* = 1.4 + 0.012V + 0.0003V^2 + \frac{20}{V}. \quad (5)$$

公式（5）中的最末一項，僅在速度 $V \geq 20$ 公里/小時時，才列入計算。

§8. 坡 道 阻 力

車列和機車的坡道單位阻力（上坡或下坡）以公斤/噸表示之，其數值等於上坡道或下坡道的千分率，並取至小數點後一位

$$w_i = i \text{ 公斤/噸。}$$

§9. 曲 綫 阻 力

車列和機車的曲綫單位阻力，按照下列公式計算：

列車長度小於或等於曲綫長度時

$$w_r = \frac{700}{R}; \quad (6)$$

列車長度大於曲綫長度時

$$w_r = \frac{700}{R} \cdot \frac{S_{kp}}{l_n}, \quad (7)$$

或

$$w_r = \frac{12.2\alpha^\circ}{l_n}, \quad (8)$$

式中 R ——曲綫半徑 (公尺) ;
 α° ——曲綫中心角 (度) ;
 S_{kp} ——曲綫長度 (公尺) ;
 l_n ——列車長度 (公尺) 。

§10. 換算坡道阻力

車列和機車的換算坡道單位阻力，按照下列公式計算：

$$i_k = i + w_r. \quad (9)$$

第三章 列車制動力的計算

§11. 列車的制動力

列車制動力以各閘瓦的實際摩擦係數 φ_k 乘各閘瓦實際壓力 K 的總和求得之，或以各閘瓦的計算壓力 K_p 的總和乘以各閘瓦的計算摩擦係數 φ_{kp} 求得之

$$B_m = 1000 \sum K \varphi_k = 1000 \varphi_{kp} \sum K_p. \quad (10)$$

§12. 摩擦係數

按閘瓦的實際壓力計算制動力時，閘瓦（系指普通鑄鐵閘瓦）與車輪的實際摩擦係數，按照下列公式計算：

$$\varphi_k = 0.6 \frac{16K + 100}{80K + 100} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}, \quad (11)$$

式中 K ——閘瓦的實際壓力 (噸) ;
 V ——速度 (公里/小時) 。

為了在計算中不引用摩擦係數與閘瓦壓力的關係，因而採用計算摩擦係數 φ_{kp} 和計算閘瓦壓力 K_p 。計算摩擦係數根據 $K = K_p = 2.70$ 噸的條件算定之，如此則公式 (11) 將簡化如下：

$$\varphi_{kp} = 0.27 \frac{V + 100}{5V + 100} \quad (12)$$

$R = 2.70$ 吨，是約定值，即四軸貨車在重車位和空車位制動時實際閘瓦壓力的平均值，同時也是全鋼客車的实际閘瓦壓力。

§13. 制 動 壓 力

壓在車輛及機車軸上的計算閘瓦壓力，根據交通部規定的並作為列車運行圖附錄頒佈的標準取定之。

§14. 制 動 系 數

閘瓦的總計算壓力與列車重量之比叫做制動係數。凡涉及緊急制動的計算，制動係數均取其全值。

凡涉及常用制動的計算，制動係數均取其全值的 0.6，如為電動壓氣制動機，以及涉及常置信號間的距離的計算時，制動係數均取其全值的 0.8。

§15. 電力制動的制動力

電力機車的電力再生制動，應視為列車在區間運行時的調節制動。繪制速度曲綫時，電力機車的制動力可根據附錄 2 的第 1~2 圖所示之制動特性曲綫求定之，同時，電力機車的制動力不應超過黏着力之限制。

計算列車停車制動時，不考慮再生制動。

電力變阻制動應視為輔助制動，因而計算列車制動力時，不予考慮。

§16. 逆 汽 制 動 力

逆汽制動力按下列公式計算：

$$B_{mkn} = 2.5M\varphi_{kp} \quad (13)$$

同時，動軸的制動力不應超過蒸汽機車黏着重量的 $\frac{1}{4}$ 。

計算停車制動力或降速制動力時，不考慮逆汽。

第四章 列車重量及運行速度的計算

§17. 總 則

列車重量和運行速度，應根據本規程內所定的標準、先進司機的工作經驗及定期試運轉所得的資料，並在機車能力和列車動能被充分利用的條件下算定之。在必要的情況下，為保證規定的列車重量和技術速度，應考慮使用推進補機、多機牽引、能力較大的機車，以及變更停車地點，即使列車不在長上坡道前分界點停車，而將停車地點移至他處。

貨物列車的車列重量，應按該區段綫路縱斷面的特點，根據下列條件進行計算：

(1) 列車在困難上坡道上，作不等速運行，並利用列車的動能；

(2) 列車在計算長上坡道上作等速運行。

§18. 考慮動能時車列重量的計算（試湊法）

如果根據綫路縱斷面、分界點和停車地點的佈置，不能可靠地確定出計算長上坡道時，則車列重量可按試湊法計算之。

為此，須先設定小於該區段最陡坡度的計算上坡道，並按此計算上坡道依公式(14)算出車列重量，然後根據所得的重量，校驗列車能否通過那些較計算上坡道的坡度更陡的綫路坡段；檢查時並應考慮到列車的動能。

校驗時可採用繪制速度曲綫的圖解法。如在所校驗的上坡道終點的速度等於使用該型機車時的計算速度時，則照例應視此車列重量已予算定。

在個別情況下，根據現地條件允許在動力上坡道採用轉換速

度；电力機車的轉換速度要根据串-並联滿磁場时的速度而定，內燃機車 TЭ1 的轉換速度为 10 公里/小时、TЭ2 为 12 公里/小时、TЭ3 为 16 公里/小时，而蒸汽機車 ФД、ЛВ、Л 及其他較大型的機車为 15 公里/小时。此时，如通过該段綫路上实际速度小於計算速度时，則該段綫路的長度不应大於 500 公尺。

§19. 在計算上坡道上等速运行时的計算

如按区段中最困难上坡道的長度、与該坡道毗鄰的縱断面坡段的特征及停車地点之分佈情况，不經預先校驗，即可認为此上坡道不能利用列車的动能通过时，則此上坡道即取为計算上坡道 (i_p)。在此情况下，車列的重量按下列公式計算之：

$$Q = \frac{F_k - (w'_0 + i_p)P}{w'_0 + i_p} \quad (14)$$

§20. 車列起动的校驗

根据§18或§19算得的車列重量，利用下列公式进行其停車地点的起动校驗：

$$Q_{mp} = \frac{F_{kmp} - (w'_0 + i_{mp} + w_{mp})P}{w'_0 + i_{mp} + w_{mp}}, \quad (15)$$

式中 F_{kmp} ——車列起动机車的牽引力；

w'_0 和 w''_0 ——機車和車列的基本單位阻力，按速度 $V = 10$ 公里/小时时进行計算；

i_{mp} ——停車地点的坡度；

w_{mp} ——列車起动的附加單位阻力，对重載列車取其等於 4 公斤/吨，並考虑整个車列並非同时起动的。

根据§18或§19算得的車列重量，应小於按起动条件算得的車列重量。

§21. 吨-公里圖的繪制

对每一牵引区段，均应繪制吨-公里圖。圖內註明充分利用機車牽引力和列車动能时每一区間車列的最大重量。

繪制吨-公里圖时，參照本規程和交通部規定的指示进行。

§22. 多机牽引

多机牽引时，列車头部的每台機車的牽引力，以及推进补机的牽引力，均取其計算牽引力的100%。

§23. 縱断面的化直

以圖解法繪制列車速度曲綫和运行時間曲綫时，均須將縱断面化直。

但是，只允許將坡度值近似且其符号一致的相鄰坡段化直；停車地点的平道不予化直。

縱断面能否化直，可依下列公式校驗之：

$$S_i \leq \frac{2000}{\Delta i}, \quad (16)$$

式中 S_i ——化直区段內任一坡段的長度（公尺）；

Δi ——化直坡段的坡度和被校驗坡段坡度間的絕對差（%）。

縱断面化直应根据詳細縱断面圖进行之。

化直后的縱断面应保持实际縱断面的主要特点。如果在兩個較長的实际坡段之間，有一个短坡段（小於列車長度）且該短坡段的坡度与兩端長坡段的坡度有显著不同时，則該短坡段应与坡度值近似的相鄰坡段中的一部分进行化直，但化直后区段的長度应不小於列車的長度。

化直后的区段內，如有曲綫，則可依下列兩個公式中的一个將此曲綫換算为假想的坡道：

$$i_c' = \frac{700}{S_c} \sum_n \frac{S_{kp \cdot i}}{R_i}, \quad (17)$$

或

$$i_c' = 12.2 \frac{\sum \alpha^2}{S_c}, \quad (18)$$

式中 $S_c = \sum S_i$ ——化直区段的長度；

$S_{kp \cdot i}$ ——化直区段內，任一曲綫的長度；

R_i ——曲綫半徑。

§24. 速度曲綫和時間曲綫的繪制

速度和时间曲綫，应根据加速力和減速力圖以圖解法或利用积分仪繪制之。当作用於每1吨列車重量上的合力为1公斤时（系数 ζ ），列車的加速度取为120公里/小时²。假定加速力和減速力值在恒定不变的速度間隔內，速度为50公里/小时以下时，取不超过10公里/小时的速度間隔，速度为50公里/小时以上时，取不超过5公里/小时的速度間隔。

單綫鐵路的速度曲綫，要按两个方案繪制：在所有分界点都停車的方案和不在分界点停車的方案。對於双綫鐵路，为了便於計算加速和減速的时间起見，仅对列車运行圖規定要停車的分界点繪制，表现出停車的速度曲綫。

当列車通过分界点不停車而亲自交換路签或路券时，機車通过交換地点的速度应降低至40公里/小时以下。

用圖解法繪制速度和时间曲綫时，根据第1表确定比例尺。

各区間的走行时间可以通过試运转校正之。同时，制入运行圖的整个機車交路內的走行时间，应不超过計算时间。

§25. 計算区間走行时间的近似法

进行鐵路設計的初步計算时，其精确度無須甚大，故允許採用假設列車在縱断面每个坡段均为等速运行的計算法。

圖解計算用比例尺

第 1 表

名 称	一 般 計 算			制 动 計 算 及 其 他 特 种 計 算	
	1	2	3	1	2
力, 1 公斤/吨—— K 公厘	12	6	10	2	1
速度, 1 公里/小时—— m 公厘	2	1	2	2	1
距离, 1 公里—— y 公厘	40	20	48	240	120
常数—— Δ 公厘	30	30	25	—	—
時間, 1 小时—— X 公厘	600	600	600	—	—
時間, 1 分鐘—— X 公厘	10	10	10	—	—

採用这种方法进行計算时, 如列車在分界点均停站, 則許可作加速为 2 分鐘、減速为 1 分鐘的修正, 以及对摩托車輛編成的車列作加速为 0.5 分鐘、減速为 0.4 分鐘的修正。若所算得的車列重量已考虑其动能时, 則具有动力上坡道的区間內的走行時間, 应按各坡段以圖解法或分析法求算之。

第五章 制 动 計 算

§26. 机車的制动力

貨物列車在不陡於 20% 的下坡道上运行时, 机車本身的制动力及其重量 (包括煤水車) 允許在計算中不予考虑。

在其他情況下, 以及單机運轉时, 机車本身的制动力及其重量按一般規定考虑之。

§27. 制 动 距 离

自列車开始制动 (从扳动司机閘 (自动制动閘) 手把或停車閘 (紧急制动閘) 时起) 至停稳止所通过的距离, 謂之制动距离。

計算中, 制动距离 S_m 等於准备制动距离 S_n 及实际制动距离 S_d 之和:

$$S_m = S_n + S_\partial; \quad (19)$$

或

$$S_m = \frac{V_n t_n}{3.6} + \sum \frac{4.17(V_k^2 - V_n^2)}{1000 \varphi_p \varphi_{\kappa p} + w_{cs} + i_c}, \quad (20)$$

式中 S_m ——制动距离 (公尺);

V_k 及 V_n ——計算間隔內的終速和初速 (公里/小时);

t_n ——准备制动時間 (秒), 並如下規定之:

为貨車型自动制动机时

$$t_n = 7 - \frac{10 i_c}{1000 \varphi_p \varphi_{\kappa p}} \text{秒}; \quad (21)$$

为客車型自动制动机时

$$t_n = 4 - \frac{5 i_c}{1000 \varphi_p \varphi_{\kappa p}} \text{秒}; \quad (22)$$

为电动压气制动机时

$$t_n = 2 \text{秒};$$

为貨車手动制动机时

$$t_n = 30 \text{秒};$$

为客車手动制动机时

$$t_n = 60 \text{秒};$$

φ_p ——列車的計算制动系数;

$\varphi_{\kappa p}$ ——最大速度时的計算摩擦系数;

w_{os} ——蒸汽機車关上調整閥或內燃機車和电力機車絕电运转时列車的單位阻力;

i_c ——化直后 (在縱断面和平面內) 的坡度 (%) (下坡时, 此数值之前为負号)。

計算制动距离 (最大制动距离) 由交通部規定之。

§28. 使用手动制动机时的計算

使用手动制动机时, 在計算內应包括機車 (及煤水車) 閘瓦的制动力和制动車輛的制动力。

第二篇 电气牵引

第一章 牵引力及运行阻力的计算

§29. 牵引特性

在各种速度下各型电力机车和摩托車輛的牵引力，可按本規程所附牵引特性曲綫（附录 3 第 3 ~ 8 圖）算定之。

本規程未附之其他类型电力机车和摩托联組車輛的牵引特性曲綫，須根据牵引电动机的电气机械特性繪制之；此电气机械特性系电动机在試驗台上試驗时所取得的。此外，上述之特性曲綫亦可利用制造厂家所保証的计算特性資料繪制之。特性曲綫須針對新裝的輪箍和集电弓上的电压在牵引状态时为3000或1500伏，在再生状态时为3300或1650伏繪制之。

§30. 黏着系数

货运电力机车的计算黏着系数，按下列公式计算：

$$\psi_k = 0.25 + \frac{8}{100 + 20V}。 \quad (23)$$

列車在小半徑曲綫上和隧道內运行时，可以將计算黏着系数降低，但此应作为例外容許之。降低之数值須依实验結果予以規定。

§31. 構造速度

电力机车車輛的構造速度按第 2 表取定之。

電力機車車輛的構造速度

第2表

型 別	軸 排 列 式	傳 動 比	構 造 速 度 (公 里 / 小 時)
電 力 機 車			
H8	0-2 ₀ +2 ₀ +2 ₀ +2 ₀ -0	3.90	90
ВЛ22 ^М	0-3 ₀ +3 ₀ -0	4.45	75
ВЛ22 ^М	0-3 ₀ +3 ₀ -0	3.74	85
ВЛ22	0-3 ₀ +3 ₀ -0	4.45	70
ВЛ22	0-3 ₀ +3 ₀ -0	3.74	85
ВЛ19	0-3 ₀ +3 ₀ -0	3.74	85
Сс11	0-3 ₀ +3 ₀ -0	4.45	70
摩 托 車 輛 電 氣 列 車			
С _А , С ^М , С ^Р , С _В ^Р ...	—	3.69	85

§32. 電力機車的运行阻力

電力機車在平直道上給電和絕電運轉時的單位阻力，根據附錄3第17圖的曲線取定之。

§33. 摩托車輛電氣列車的運行阻力

由摩托車輛和附掛的車輛組成的電氣列車，在平直道上的運行單位阻力，給運轉電時以下列公式計算：

$$w_o = 1.6 + 0.014V + \left[\frac{0.0064(n_o - 1) + 0.045}{P + Q} \right] V^2; \quad (24)$$

絕電運轉時以下列公式計算：

$$w_o + w_d = 2.5 + 0.03V + \left[\frac{0.0064(n_o - 1) + 0.045}{P + Q} \right] V^2; \quad (25)$$

式中 n_o ——列車內車輛總數；

P ——列車內摩托車輛總數；

Q ——列車內全部附掛車輛的重量。

第二章 車列重量及區間走行時間的計算

§34. 計 算 程 序

車列重量和區間走行時間，按下列程序進行計算：

1. 根據 § 17、18、19、20、35 求出車列重量或規定電氣列車內摩托車輛和附掛車輛的數目。
2. 根據所算得的或規定的車列重量（電氣列車的編成），繪制速度、走行時間和電動機電流的曲線。
3. 進行牽引電動機的發熱計算。
4. 車列重量變更（電氣列車的摩托車輛和附掛車輛數變更）或操縱方式變更時，應重新繪制速度、走行時間和牽引電動機的電流曲線。

§35. 計算速度和計算牽引力

計算車列重量或電氣列車內摩托車輛和附掛車輛的數目時，計算速度和計算牽引力可根據第 3 表和第 4 表確定之。

電力機車在計算坡道（上坡）上的牽引力和速度

第 3 表

電力機車型別	傳動比	牽引電動機 工作方式	牽 引 力 (公斤)	速 度 (公里 / 小時)
HS	3.90	II-OII-1	46,300	43
ВЛ22 ^M	4.45	II-OII-1	34,300	36
ВЛ22及Cc11	4.45	II-OII-1	34,400	32
ВЛ22	3.74	II-III	33,000	32
ВЛ19	3.74	II-III	31,200	33