

中等專業學校教學用書

學 算 計 引 率

A·M·巴比契科夫 著
B·Ф·葉高爾欽柯

人民鐵道出版社

中等專業學校教學用書

牽 引 計 算 學

第三版增訂版

A. 庫 巴比契科夫

著

B. П. 葉高爾欽柯

孫竹生 姚書田

合譯

鐵道部翻譯處

孫竹生 姚書田

總校

人 民 鐵 道 出 版 社

一九五四年·北京

本書敘述了牽引計算的理論與實際的基本問題及與列車的運轉和牽引有關的實際問題的計算方法（列車重量及運轉速度的計算，運行時間的計算，制動理解，求水及燃料的消耗量等）。根據理論和先進的鐵路運輸司機的經驗的綜合，推薦機車操縱技術。

本書經蘇聯交通部教育總局批准為鐵路運輸技術學校教科書。

本書除作為鐵道學院及鐵路中等專業學校教材外，同時也是鐵路機務部門工程師、技術員、機車司機及其他有關領導幹部很好的學習必備之書。

牽 引 計 算 學

ТЯГОВЫЕ РАСЧЁТЫ

蘇聯 А. М. БАБИЧКОВ,

В. Ф. ЕГОРЧЕНКО

著

原出版者：蘇聯國家鐵路運輸出版社（一九五二年莫斯科俄文版）

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва 1952

孫竹生 姚書田 鐵道部翻譯處 合譯

孫竹生 姚書田 總校

人民鐵道出版社出版（北京市霞公府十七號）

北京市書刊出版營業許可證出字第零壹零號

新 華 書 店 發 行

人民鐵道出版社印刷廠印（北京市東單二條三十號）

一九五四年九月初版 第一次印刷平裝印1—2,000冊

書號：230開本：787×1092 $\frac{1}{25}$ 印張13 $\frac{23}{25}$ 308千字 定價19,000元

目 錄

著者的話	1
------	---

第一章 緒 論

§1. 「牽引計算學」的內容	4
§2. 符號，圖表	5
§3. 機車和車輛的主要尺寸	5
字母	6

第二章 牽引力

§4. 作用於列車的力	28
§5. 機車牽引力	28
§6. 機車能的順序變化。牽引力的限制	33
§7. 蒸汽機車的汽缸牽引力	34
§8. 蒸汽機車的鍋爐牽引力	53
§9. 蒸汽機車的粘着牽引力	63
§10. 蒸汽機車的功率特性曲綫及蒸汽機車關於蒸汽消耗量和燃料消耗量的經濟	68
§11. 蒸汽機車的牽引力及功率的調節	75
§12. 牽引力曲綫的圖內推法	77

第三章 內燃機車的牽引力

§13. 內燃機車牽引力的特點	81
§14. 內燃機車的內燃機牽引力及粘着牽引力	82
§15. 內燃機車的牽引特性與傳動機構的式別的關係	85
§16. 電傳動的內燃機車的牽引特性	88
§17. 電傳動的內燃機車的牽引電動機和發電機的熱特性	94

第四章 列車運轉阻力

§18. 概述	102
§19. 軸頸與軸承間的摩擦	104
§20. 車輪與鋼軌間的滾動摩擦	107
§21. 輪箍與鋼軌間的滑動摩擦	108
§22. 空氣阻力	110
§23. 計算車輛基本阻力的經驗公式	112
§24. 機車基本阻力	118
§25. 計算蒸汽機車基本阻力的公式	120
§26. 坡道阻力	122
§27. 曲綫阻力	124
§28. 起動阻力	126
§29. 列車阻力的計算	128
§30. 減小列車運轉阻力的措施	130
§31. 機車的機械功	132

第五章 列車制動力

§32. 定義	135
§33. 制動瓦的摩擦係數	136
§34. 制動瓦壓力及其限制	139
§35. 由於制動瓦的作用而發生的列車制動力	142
§36. 用換算法計算列車制動力	145
§37. 逆汽制動力	148

第六章 列車運動方程式及其解法

§38. 列車運動條件的分析	151
§39. 加速力與加速度的關係。列車運動方程式	155
§40. 力與速度增量、距離增量及時間增量的數學關係	159
§41. 列車在區間的運行時間的計算	167

§42. 列車速度及運行時間圖的繪法	174
--------------------	-----

第七章 列車重量的計算

§43. 概述	185
§44. 列車重量的計算方法	186
§45. 考慮動能時的列車重量計算	190
§46. 按起動條件校驗列車重量	200
§47. 補機推送和多機牽引的應用	202
§48. 綫路縱斷面的分析及噸 - 公里圖的繪製	206

第八章 列車速度及運行時間的計算

§49. 概述。綫路縱斷面之化直	211
§50. 計算列車運行時間的平衡速度法（等速度法）	220
§51. 計算列車速度和運行時間的蘇聯交通部圖解法	226

第九章 列車制動及制動題解

§52. 概述	237
§53. 第一類制動題解	240
§54. 第二類制動題解	246
§55. 列車斷鈎後列車後部對於前部的衝擊	249

第十章 蒸汽機車的汽耗量、水耗量和燃料消耗量

§56. 汽機汽耗量及所耗的鍋爐蒸汽量	257
§57. 水耗量	262
§58. 燃料消耗量	262
§59. 計算蒸汽機車燃料消耗量的圖解法 （А·И·寶林業夫法）	264
§60. 燃料當量	271
§61. 蒸汽機車燃料標準消耗量的查定	275

第十一章 內燃機車牽引時的列車重量、速度、運行時間 及燃料消耗量的計算特點

§62. 內燃機車牽引時的列車重量的計算	283
§63. 加速力圖的繪製	284
§64. 發熱計算	285
§65. 燃料消耗量的求法	289

第十二章 蒸汽機車的牽引試驗和熱工試驗

§66. 概述。測功車	290
§67. 蒸汽機車的性能試驗	293
§68. 蒸汽機車的性能試驗的進程序及牽引特性曲綫 的繪法	295
§69. 求機車車輛的運轉阻力和制動力的試驗法	302
§70. 運用試驗的運轉	305
§71. 蒸汽機車蒸發率在運用條件下的檢查	308
§72. 蒸汽機車的水耗量及燃料消耗量在運用條件下的檢查	309
§73. 列車運轉阻力在運用條件下的檢查	312

第十三章 列車操縱技術

§74. 概述	316
§75. 發車前的準備及發車	317
§76. 列車在長上坡道上和下坡道上的操縱	321
§77. 列車在起伏道上的操縱	325
§78. 停車及列車起動	326
§79. 操縱超軸列車的特點	328
§80. 列車斷鈎時的措置	329
§81. 嚴寒天氣操縱列車的特點	334
§82. 先進司機機車操縱工作經驗的研究、綜合及推廣	335
§83. 擬定本區段列車牽引須知的原則	340

著 者 的 話

作為一門應用科學的「牽引計算學」，是俄國科學家創造的。在偉大的十月社會主義革命後，這門科學得到了最大的發展。

早在革命前的俄國，先進的俄國科學家和工程師們，就不顧鐵道事業的發展道路有使屈服於外國的影響的企圖，力圖尋求新的鐵道科學技術的發展道路。

當時最出色的人物是H.П. 彼得羅夫教授。彼得羅夫關於列車運轉阻力、連續性制動裝置（一八七八年）、蒸汽機車燃料標準消耗量的規定（一八七九年）等的研究，特別是他首創的關於機器中的摩擦的流體力學理論，使他聞名於世。

彼得羅夫教授不僅是頭等研究家，而且是頭等實驗家。他用試驗的方法證明了自己的理論，並在這種基礎上指出了減小有害的列車阻力的途徑與方法。

在彼得羅夫的著作「鐵路列車阻力」中，其對於運轉阻力問題的研究之深和廣，無論是在我國或外國的文獻中，都是不可比擬的。與在列車阻力方面作了深刻的全面的研究、對於列車牽引科學有巨大貢獻的彼得羅夫差不多同時，出色的俄國工程師A.П. 鮑羅廷首先在列車牽引的另一重要的範圍——將蒸汽機車作為熱機來研究的範圍內奠定了牢固的基礎，並做了最初的、認真的研究。鮑羅廷於一八八二年在西南鐵路基輔蒸汽機車工廠內所創辦的、世界上第一個關於蒸汽機車汽機熱工試驗的定置裝置，就是後來在其他國家——美、德、法等國內所設立的許多蒸汽機車定置試驗站的典範。如是，鮑羅廷提出並解決了蒸汽機車汽機的熱工試驗的問題。

但蒸汽機車不僅是熱力機，同時也是牽引機——完成鐵路運輸任務的基本工具，所以下一個問題是如何將蒸汽機車熱工試驗轉入牽引試驗和熱工牽引試驗上去的問題。這個問題在開始的階段，是由先在

鐵路（哈可夫-尼古拉鐵路、耶卡傑里寧鐵路等）上，後在交通部各式蒸汽機車試驗所（一九一二～一九一六年）工作的工程師們集體解決的。進一步的、比較完全的發展和解決，則是在蘇維埃時期。

一九一八年成立了交通科學實驗所，後來改為鐵道運輸科學研究所（現在的全蘇鐵道運輸科學研究所）；在這裏做了和做着所有我們各式的蒸汽機車、內燃機車和電氣機車（ЭУ, ЭМ, СУ, ФД, СО, СО^К, ИС, Л, 2-10-4, 4-8-4, Е^и, С^М, ВЛ, Э-ЭЛ, ТЭ等型）的試驗，研究列車運轉阻力，改善制動裝置等。這些研究，使我們能够大大提高現有機車的功率的利用（即增加列車重量及運轉速度），在新機車的設計和製造上提出變更和改善。根據牽引計算和試驗，三十年代在貨物列車上採用了空氣制動裝置（提高列車速度）和自動車鈎（增加列車重量）。

根據列車的理論和實驗的研究所累積的材料及豐富的運轉經驗的綜合，尤其是先進的斯達漢諾夫式司機的經驗的綜合，在蘇聯創設了一門新的應用鐵路科學——列車牽引學。

它幫助解決多面的鐵路業務組織的最重要的技術問題和技術-經濟問題。

在蘇聯共產黨第十九次代表大會關於發展蘇聯國民經濟的五年計劃的指示下，特別是鐵路運輸，使這些問題尤其具有重大的意義。

五年計劃完成時，鐵路貨運須較上一個五年計劃增加35~40%，複綫須增加60%，電氣鐵路須增加三倍。

具有自動閉塞裝置的區段須增加80%，具有自動停車裝置的區段的增加須不小於一倍半。在列車牽引的範圍內，最重要的措施將是：完成現有車輛改裝自動車鈎的工作，列車用滾動軸承，添用新的強有力的蒸汽機車、電氣機車和內燃機車。

應該指出，列車用滾動軸承使我們的鐵路運輸居於世界第一位，因為不論在任何地方、任何一個國家內，不僅沒有解決這個問題，而且也沒有提出過這個問題。

為了正確地和最有效地解決蘇聯共產黨第十九次代表大會綱領中

所提出的問題，必須進一步發展所有的科學，特別是列車牽引理論。

本書所述的理論、計算方法、公式、圖表和經驗數據，都是我國主要是蘇維埃時代研究出來的。

本書作為鐵路技術學校的教科書出版，遵照着技術學校的教學大綱，書中陳述了關於牽引計算的理論和經驗的基本問題及列車牽引問題的計算方法，即：列車重量的計算、列車的運轉速度和運行時間的計算、燃料消耗量的計算、制動距離的計算及列車所需的制動軸數的計算等。

根據理論的數據和先進司機的斯達漢諾夫式經驗的綜合，書中陳述了操縱列車的基本方法。

本版擴展了並增添了下述材料：近年來在我國鐵路線上出現的新蒸汽機車和新內燃機車的性能，不久以前交通部批准的「牽引計算作業規程」中採用的新定額，以及先進司機在列車操縱技術方面的工作經驗的綜合。

本書附帶說明了關於按汽耗量最有效地調節蒸汽機車工作的問題，關於機車機械功的問題，關於列車運轉速度及燃料消耗量與汽缸斷汽的關係的計算問題，關於內燃機車牽引時列車重量和速度的計算特點的問題，關於列車斷鈎的問題等。

在本書的審定和校閱過程中，承O.H.伊薩克揚教授及П.А.古爾斯基副教授提出寶貴的意見，特此致謝。

著 者

第一章 緒 論

§1. 「牽引計算學」的內容

「牽引計算學」中研究：

- (1) 作用於列車上的諸力，及其與各主要因素的關係；
- (2) 列車加速度、速度、行程及時間與這些力的關係；
- (3) 與列車運轉及機車工作有關的一系列實際問題的算法；
- (4) 最有利地調節機車功率和最有效地利用機車功率的條件。

牽引計算在解決鐵路運用、設計和築路方面所發生的最主要問題獲得廣泛應用。列車重量、運轉速度、運行時間的計算，蒸汽機車和內燃機車的汽、水和燃料的消耗量的求法，機車的牽引質量和綫路的縱斷面的評價，制動距離、所需制動力的求法，最有利地調節蒸汽機車牽引力及速度的條件，通過能力和運輸能力的計算等，就是用牽引計算來解決的營業綫路上的最重要的問題。牽引計算也用以解決建築新路（選擇最有利的計算坡度、停車站的分佈、機務段和給水站的位置等）和設計新機車等重要問題。

作為一門鐵路科學的牽引計算，其特點是理論與實際緊密結合。在牽引計算學中，幾乎所有的公式和技術定額都是根據蘇聯和一部分革命前俄國的專門試驗，以及研究綜合現代先進的運用經驗的結果得來的。牽引計算學是一門實用科學，是幫助解決鐵路業務在列車牽引的範圍內的最重要的技術和技術-經濟問題的科學。

§2. 符號，圖表

爲了避免在寫常用數值時發生錯誤並便於閱讀、校對和記憶起見，我們用一定的符號並永遠以同一單位來表示它們；例如，列車速度用拉丁文的大寫字母V表示，其單位用公里/小時表示。

第1表和第2表是本書所用的符號，其中除個別者外，都是早就在牽引實際計算中和書籍裏採用了的。名數多用拉丁字母表示，不名數多用希臘字母表示，註脚多用俄文字母表示。基本符號之所以使用非俄文字母，是爲了便於與文句顯著區別。

計算中廣泛應用着以試驗方法求得的或以純數學求得的值與值的關係。這種關係（或函數）可用公式或圖表表示。公式是表示值與值的關係的一種最普遍的形式，可以以任意的準確度進行計算或繪製圖表。但應用公式每次都需要計算；此外，它不能使人一目了然，用起來不總是方便的。用圖方便得多，圖可將值與值的相對關係及其變化特性明顯地表示出來。最後，有大量的算術計算時，最好是用表。

本書中廣泛地用圖來表示關係，並普遍地採用圖解法以防止大的錯誤（算術計算時可能發生大的錯誤）並使人一目了然地領會基本東西。

§3. 機車和車輛的主要尺寸

第3~6表是蘇聯的蒸汽機車、電氣機車、內燃機車、摩托機車和車輛的主要尺寸。主要的和最普遍的各型蒸汽機車和內燃機車在計算上所需的主要試驗數據見第二章和第三章。

所有的技術書，除了英、美的以外，都用公制。

第7表是牽引計算中所用的英、美制的主要單位與公制的換算表。

字 母

俄 文

А В В Г Д Е Ж З И Й (І) К Л М Н О П Р С Т
У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я (Ѳ) (Ѵ)

拉 丁 文

Aa Bb Cc Dd Ee Ff Gg Hh Ii Jj Kk Ll Mm Nn Oo Pp
Qq Rr Ss Tt Uu Vv Ww Xx Yy Zz

希 臘 文

Α α Β β Γ γ Δ δ Ε ε Ζ ζ Η η Θ θ Ι ι Κ κ Λ λ
αλφα βετα гамма дельта эpsilon дзета эта тета иота каппа ламбда
Μ μ Ν ν Ξ ξ Ο ο Π π Ρ ρ Σ σ Τ τ Υ υ Χ χ Φ φ Ψ ψ Ω ω
ми ни кси омикроп пи ро сигма тау ипсилон хи фи гси омега

符號表（俄文字母及拉丁字母）

第 1 表

符 號	俄文讀音	單 位	意 義
A_u	а че	公里/小時 ²	加速度, 公里/小時 ²
A_m	а эм	公里/ 小時, 分鐘	加速度, 公里/小時, 分鐘
A_c	а эс	公里/ 小時, 秒	加速度, 公里/小時, 秒 $A_u = 60 A_m = 3,600 A_c$
B	бэ	公斤	區間消耗的煤水車水量
B_k	бэ ка	公斤	區間的鍋爐蒸發量, 即區間蒸發爲飽和蒸汽或過熱蒸汽的水量
B_m	бэ тэ	公斤	制動瓦引起的列車制動力
B_{on}	бэ ка пэ	公斤	逆汽制動力
B_n	бэ эм	公斤	區間的汽機汽耗量 (飽和蒸汽或過熱蒸汽)
b_m	бэ тэ	公斤/噸	制動瓦引起的列車單位制動力 $\frac{B_m}{P+Q}$
C	цэ	公斤/小時	每小時燃料消耗量
C_d	цэ дэ	公斤/小時	內燃機車主機每小時燃料消耗量
C	эс	—	牽引電動機串聯聯結
$СП$	эс пэ	—	牽引電動機串並聯聯結
C_x	цэ икс	—	空氣阻力係數 $C_x = 2 C_o$
c	эс	公斤/噸	作用於列車的縱向合力
c	цэ	公尺/秒	籍牆平均速度
D	дэ	公厘, 公分	動輪滾動圓的直徑
D_k	дэ ка	公斤/小時	每小時鍋爐蒸發量, 簡稱鍋爐蒸發量
d	дэ	公厘, 公分	單式汽機的汽缸直徑

續第 1 表

符 號	俄文讀音	單 位	意 義
d_g	дэ вэ	公厘	高壓汽缸直徑
d_n	дэ эн	公厘	低壓汽缸直徑
E	о	公斤	區間的燃料消耗量
e	о	—	自然對數之底 $e=2.718$
F	эф	公斤	牽引力 (附註脚 i , κ 或 n ; 在同一公式內, F 和 W 或 N 應具同一註脚)
F_i	эф и	公斤	輪周上的指示牽引力 (虛假的)
F_κ	эф ка	公斤	輪周牽引力 (真實的)
$F_{\kappa\theta}$	эф ка дэ	公斤	一個電動機引起的輪周牽引力
F_n	эф пэ	公斤	列車等速運轉時的機車車鉤牽引力
f_i	эф и	公斤/噸	單位指示牽引力 (每噸列車重量) $= \frac{F_i}{P+Q}$
f_κ	эф ка	公斤/噸	單位輪周牽引力 (每噸列車重量) $= \frac{F_\kappa}{P+Q}$
H	аш	平方公尺	鍋爐水側的受熱面積 (若為燃氣側, 則應說明) 簡稱鍋爐受熱面積
H_n	аш пэ	平方公尺	燃氣側的過熱面積 (若為蒸汽側, 則應說明) 簡稱過熱面積
I	и	安	電流
i	и	%	坡度千分數。數字前的 (+) 號表示上坡; 數字前的 (-) 號表示下坡。
i_κ	и ка	%	換算坡度 (上坡或下坡), 即考慮曲綫的影響時的坡度: $i_\kappa = i + w_r$
i_p	и эр	%	計算坡度, 即限制坡度 i_κ
i_m	и тэ	%	起動點的坡度 i_κ

續第 1 表

符 號	俄文讀音	單 位	意 義
i_c	и эс	%	區段平面和縱斷面化直後的或鐵路單元的平面化直後的坡度（上坡或下坡）
K	ка	噸	作用於每一制動瓦的壓力
K_p	ка эр	噸	作用於每一制動瓦的計算壓力
L, l	эль	公里	行程（以公尺爲單位時應說明）；行程亦可以 s 表示（尤其當行程爲變值時）
l	эль	公厘	鞣備衝程
N_i	эн и	馬力	機車輪周上和車鈎上之指示功率
N_k	эн ка		
N_n	эн эн		
n	эн	—	單式機車的汽機缸數或內燃機車的內燃機缸數。
n	эн эн	轉/分鐘	內燃機每分鐘轉數
n_y	эн у	公斤/ 萬噸公里	每萬噸公里的假定燃料消耗量
N_e	эн гэ	馬力	電動機端鈕上的功率（輸入功率）
N_g	эн э	馬力	內燃機軸上的功率
P	пэ	噸	機車（連煤水車）計算重量，即機車運轉時的重量（包括 ² / ₃ 煤水容量）
P_k	пэ ка	噸	機車粘着重量，即機車全部動輪的荷重
$P_{сж}$	пэ сжоп-ноо		
p_k	пэ ка	公斤/ 平方公分	鍋爐汽壓（表壓力）
p_i	пэ и	公斤/ 平方公分	單式汽機的汽缸平均指示壓力，或複式汽機的汽缸平均指示壓力，或內燃機的氣缸平均指示壓力。
p_e	пэ э	公斤/ 平方公分	平均有效壓力： $p_e = p_i \eta_m$

續第 1 表

符 號	俄文讀音	單 位	意 義
Q	ку	噸	牽引重量 (車輛)
Q_p	ку эн эр	卡/公斤	燃料的低發熱量
q	ку	噸	車輛全重 (空重及荷重)
q_0	ку нуль- воо	噸	車輛軸荷重
R	эр	平方公尺	爐床面積
R	эр	公尺	曲綫半徑
s	эс	公里、公尺	行程
s_0	эс дэ	公尺	全制動距離 (計算制動距離) 減去空 走距離後的一部分制動距離
s_m	эс тэ	公尺	全制動距離 (計算制動距離) 簡稱制動 距離
s_r	эс эр	公尺	曲綫長度
s_c	эс эс с	公尺, 公里	化直的單元的長度
t	тэ	小時, 分鐘, 秒	時間
U	у	公斤/小時	汽機汽耗量
U	у	伏	電壓
U/N_k	у на эн ка	公斤/ 馬力, 小時	每輪周馬力的汽耗量, 簡稱汽耗率
u	у	公斤	用新汽的汽缸每衝程 (單程) 消耗的 蒸汽量
u_k	у ка	公斤/公斤	每公斤燃料所能蒸發的蒸汽量 (燃料 的蒸發力)
V	вэ	公里/小時	速度
V_n	вэ эн	公里/小時	區段始點上的速度
V_k	вэ ка	公里/小時	區段終點上的速度
W_n	дубль вэ пэ	公斤	車輛列的全阻力 $= Qw'$, W_n 不包括制 動力及慣性力