

車輛理論與計算

Л·Н·尼闊列斯基 著

人民鐵道出版社

車輛理論與計算

Л·Н·尼闊列斯基 著

劉勇方 張伯琴 譯

王長生 校

人民鐵道出版社

一九五六年·北京

本書是按照蘇聯國家機器製造書籍出版社一九四七年出版的『Теория и Расчет Вагонов』一書譯出的。

本書論述了車輛構造的原則，主要配件強度計算的方法，及基本的運行理論。

本書在蘇聯經高等教育部批准為培養車輛製造技術員的專業教材。

此外，並可供鐵路車輛設計、製造、修理、運用等部門的工程師、技術員及其他有關人員參考之用。

車 輛 理 論 與 計 算

ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ ВАГОНОВ

蘇聯 Л·Н·尼闊列斯基 著

蘇聯國家機器製造書籍出版社（一九四七年莫斯科俄文版）

МАШГИЗ

Москва 1947

劉 勇 方 張 伯 琴 譯

王 長 生 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（北京市建國門外七聖廟）

一九五六年七月初版第一次印刷平裝印 1—2,385 冊

書號：587 開本：850×1163 $\frac{1}{32}$ 印張11 $\frac{1}{16}$ 282千字 定價(10)1.90元

序

本書是按照專科學校車輛製造專業『車輛理論與計算』課程的教學大綱寫的。

本書由兩部分組成：（1）車輛的計算；（2）車輛運行理論基礎。

學習本書應事先熟悉車輛的構造。

在本書內容的敘述上，我們不僅力求使學生了解現有標準的計算方法，而也使他們從思想上更進一步深入地研究所提到的問題。

祖國的車輛製造，在第四個斯大林五年計劃中發展得特別迅速，在車輛構造理論與計算方面每年標誌着新的成就。

在本書中，我們盡我們所能盡量來反映這些成就，做為我們的任務。

由於設計與製造高速輕質車輛有極重要的意義，我們特別研究了並盡可能簡單地敘述了這些問題。如帶薄壁板的全金屬車輛的計算基礎，客車彈簧裝置構造的新理論，車輛在衝擊時的強度及一些其他問題。

也曾經考慮到，目前工廠設計的實踐中，計算車輛構造超靜定的主要方法為力法，應用這種標準的方法，可以計算所有車輛的主要部分。所以在本書中對該種計算方法的敘述佔應有的地位。教授專科學校的經驗證明，同學們對這種計算是能很好地掌握的。

在某些情況下，也提到一些專科學校教學大綱規定範圍以外的『材料力學』的知識，可是在教師適當地幫助下，學生可能容易接受這些材料。

當編寫本書時，廣泛地應用了蘇聯車輛製造工廠設計室的材料，以及來源於蘇聯及外國的資料，部分的資料是引用 M.A. 珂羅特金維奇著『車輛構造與計算』，及 A.M. 米海列夫斯基和 M.M. 斯契泮涅夫斯基著『車輛』一書中的。

本書可供高等技術學校學生及車輛製造工廠設計所工作者應用。

本書中個別章節的編纂，經技術科學碩士 E.H. 尼闊列斯基（編寫『車輛運行基本理論基礎』部分）及工程師 C.C. 列文（準備一些數字的實例）參加。

尤其是別日斯基運輸機械製造學院車輛製造教研組的科學工作者們給了著者巨大的幫助。

著 者

目 次

第一編 車輛的計算

第一章 選擇車輛類型與尺度的技術經濟根據	1
總 說	1
說明車輛經濟合理性的指標	2
自重係數	2
車輛的比容	3
貨物裝卸便利	5
車輛修理費與保養費	5
運輸貨物的安全	5
車輛製造成本	5
運行的單位阻力	6
在選擇貨車型式與尺寸時經濟觀點的運用	7
車輛的接觸限界	8
第二章 作用在車輛上的力及車輛製造用料的特性	14
關於作用在車輛上的力的概說	14
垂直的靜載荷（重負荷）	15
6349 風力	16
離心力	17
制動時的惰力	19
衝擊力與牽引力	21
車輛在彈簧上振動所引起的力	22
散碎貨物的靜壓力	24
其他力	26
車輛重心坐標的決定	26

材料與容許應力	23
材料與容許應力 (ЦВПС 標準)	33
焊縫	35
交變應力的影響	36
第三章 輪軸及軸瓦的計算	38
車軸的計算	38
力的分別計算法 (精密計算法)	38
路魯 (Рело) 計算法	49
人民交通委員會 (НКПС) 計算法	51
車軸的其他計算法	53
車輪與輪箍中的應力	59
軸承的計算	63
滑動軸瓦	63
滾動軸承	65
第四章 彈簧的計算	68
概說	68
疊板彈簧的計算	72
橢圓彈簧	77
螺旋彈簧的計算	79
彈簧鋼爲圓形斷面的螺旋彈簧	79
彈簧鋼爲矩形斷面的螺旋彈簧	90
彈簧材料和容許應力	91
彈簧疲勞度的計算	97
彈簧裝置的韌度	100
第五章 轉向架的計算	102
作用於轉向架的力	103
貨車轉向架的計算	105
搖枕的計算	105
戴孟德式拱形轉向架的計算	110
用力法計算戴孟德式鑄鋼轉向架側架	117
客車轉向架的計算	140
搖動台配件的計算	140

轉向架構架的近似計算法（個別梁的計算法）	146
關於用力法計算轉向架的概念	153
第六章 車底架的計算	155
木製車體的二軸車輛無中梁底架的計算	156
金屬車體帶中梁的底架的計算	159
底架各部分間垂直靜載荷的分佈	160
底架的近似計算法（逐梁計算法）	162
用力法計算底架	170
自動車鈎的衝擊載荷對車輛底架應力的影響	187
平車底架計算的特點	190
罐車底架計算的特點	193
第七章 車體的計算	195
斜桿式側板的車體計算	196
側部桁架的垂直載荷的計算	196
散碎貨物對側部桁架壓力的計算	202
端板與車頂	210
全金屬牆板車體的計算	215
整體牆板的計算	218
整體牆板的穩定性	219
剪力對牆板穩定性的喪失	221
罐車罐體的計算	228
全金屬客車車體的近似計算	231
客車側牆計算	231
設計客車的計算資料	235
『新客車設計及製造技術條件』摘錄（AAR）	236
全金屬車體視同箱形梁的計算原則（莫諾寇克式構造的車輛）	238
第八章 牽引及緩衝裝置與制動傳動的計算	244
牽引及緩衝裝置	244
螺旋桿的牽引連結裝置	244
緩衝裝置（緩衝器）	245
自動車鈎	246
自動車鈎用彈簧摩擦式緩衝器	249

制動的傳動	253
制動力	253
制動槓桿的傳動	257

第二編 車輛運行理論基礎

第一章 車輛運行阻力	261
研究車輛運行阻力的目的	261
運行阻力總說	262
車軸軸頸在軸瓦內摩擦所引起的阻力	264
車輪對鋼軌摩擦所引起的阻力	266
車輪轉動阻力與其他阻力	271
空氣阻力	273
列車與車輛全阻力的決定	277
列車運行方程式	280
第二章 車輛懸吊理論	281
懸吊的效用和引起車輛運行振動的原因	281
由於幾何形式而引起的原因	282
物理的原因	293
車體振動的形式及振動運行的基本規律	294
車體在彈簧上的振動	296
車體在搖枕吊上的振動	316
車輛振動總說	321
提高車輛運行穩定性的方法及彈簧裝置構成的原則	322
提高運行穩定性的方法	322
彈簧裝置的構成原則	328
決定車輛平穩運行的數值	334
第三章 車輛運行的穩定性	337
運行穩定的概念	337
保證車輛穩定運行的措施	338

第一編 車輛的計算

正確設計的車輛應當滿足下列各項基本要求：

- (1) 具有必要的強度，而自重最小；
- (2) 製造簡單，成本低廉；
- (3) 運用方便而且經濟。

爲保證實現以上各項基本要求，必須經過正確的計算和設計的程序。車輛的計算和設計可以分以下幾個步驟：

- (1) 根據技術和經濟上特徵的分析來選擇車輛基本的幾何尺度；
- (2) 確定在車輛構造上受力的大小；
- (3) 選擇構造的型式和確定在車輛構造上危險斷面上所產生的應力；
- (4) 確定安全係數。

本編即採用這種次序加以論述。

第一章 選擇車輛類型與尺度的 技術經濟根據

總 說

車輛爲運輸工具，因此其經濟性首先是以運輸效果來決定，一輛車是否合理須根據其經濟價值判斷。一方面是看它由新造出廠起到報廢時止，在整個運用期中消費的數字，另一方面要看它在運用中所完成的效果。

若對兩種構造不同、而使用目的相同的車輛加以正確的比較時，即必須分別地按每個車輛在製造和運用上的費用，以及其可能的運用效果加以評定。

利用車輛來運輸時，一切費用的構成爲：

1. 車輛製作費；
2. 車輛在運用上的整備費（包括檢查、注油、修理等費用）；
3. 機車維修費（包括燃料、修理等費用）；
4. 養路費。

以上費用都與車輛的構造發生直接關係。

爲了易於比較各種車輛的經濟合理性，常採用各種特殊指標（係數）。此外，車輛質量的特徵決定於一定的運營指標，客車和貨車由於用途不同而有各種不同的特點，例如客車是以「舒適」的條件爲其特點之一。

說明車輛經濟合理性的指標

自重係數

自重係數爲車輛自重與其載重的比值，即：

$$k_m = \frac{T}{G}, \quad (1)$$

式中 T ——車輛自重（空車的重量）；

G ——車輛載重（即車輛能裝入貨物的最大重量）。

自重係數 k_m 的值愈小，則對運送每噸貨物而引起自重運送的數值亦愈小。減小自重係數，亦即直接減少了機車運送每噸有效載重所需的功；因此，自重係數減小是有利的。第1表爲蘇聯鐵路某些貨車的自重係數。

從表中可以看出，自重係數最小的爲平車。因此，不怕氣候影響的貨物由平車運送比較有利。

實際裝載重量 P 對載重量 G 的比稱爲載重效率。並用百分率

表示，即 $\varepsilon = \frac{P}{G} \cdot 100$ 。裝載時，務必充分利用載重量，就是要達到100%。

第1表

車 種 別	載 重 G 噸	自 重 T 噸	自重係數 k_m	容 量 V 公尺 ³	比 容 v_o 公尺 ³ /噸
兩軸棚車	16.5	8.2	0.495	39.0	2.36
一九三六年式焊接棚車	50.0	21.9	0.435	89.8	1.80
大型煤油罐車	50.0	23.5	0.47	50.0	1.00
一九三六年帶側板平車	60.0	22.0	0.336	—	—

自重係數 k_m 本身尚不能充分確定車輛運用的優點，車輛運用的優點與載重效率的利用和空車行駛公里有關。因之，爲了使車輛在運用質量上得到充分的估價，還需要引用附加的係數：

1. 載重的自重係數 $k_{noz p}$:

$$k_{noz p} = \frac{T}{G} \cdot \frac{100}{\varepsilon},$$

式中 ε ——車輛載重效率，%。

2. 運用的自重係數 k_s :

$$k_s = \frac{T}{G} \cdot \frac{100}{\varepsilon} \cdot \frac{100}{\beta_o},$$

式中 β_o ——空車行駛距離對全行駛距離的比，%。

當分析車輛運用性質時，對這兩種係數 ($k_{noz p}$ 與 k_s) 應加以注意，務必使之盡可能小些。

車輛的比容

車輛比容是車輛有效容積 V (公尺³) 與載重量 G (噸) 的比值:

$$v_o = \frac{V}{G}. \quad (2)$$

車輛比容是爲了解決用車輛運送某種貨物時，是否合理地利用了它的載重量的問題。如設 v 爲貨物比容 (貨物1噸的體積

以公尺³計)，則顯然當 $v_0 > v$ 時則利用了全部載重量，而未充分利用有效容積；當 $v_0 < v$ 時，則未充分利用載重量，但利用了全部容積；最後， $v_0 = v$ 時，為最好的情況，即利用了全部載重量及容積。

未充分利用載重量及容積同樣是不合理的。例如，當運送某些笨重貨物時，未充分利用車輛的容積，則對這些貨物宜用尺寸較小的車體，同時還可以減低在同樣載重量時的車體自重。

當以一定型式的車輛運送各種貨物時，車輛的比容相當於貨物的平均比容 v_{cp} 。

貨物的平均比容可由下式決定：

$$v_{cp} = \frac{A \cdot v_a + B \cdot v_b + C \cdot v_c \dots \dots}{A + B + C \dots \dots}, \quad (3)$$

式中 $A, B, C \dots \dots$ ——運送每種貨物所作的功，噸公里。

$v_a, v_b, v_c \dots \dots$ ——每種貨物的比容，公尺³/噸。

為使車輛合於經濟原則，必須以分析預定的貨物的運輸量為基礎來設計，應先決定出 $A, B, C \dots \dots, v_a, v_b, v_c \dots \dots$ 值，並按照公式 (3) 求出平均比容 v_{cp} 。車輛比容 v_0 應當等於貨物平均比容 v_{cp} 。第 4 表介紹了某些常運貨物的比容，而在第 1 表中表示現有貨車的比容，比較第 4 表與第 1 表，可以了解某些貨物以所舉的某種車輛運送最為有利。

對指定貨物的車輛有效容積的利用，常以容積利用係數表示：

$$k_v = \frac{V_{cp}}{V}。$$

式中 V_{cp} ——裝載貨物的體積（相當於載重量的貨物的體積）；

V ——車輛的有效容積。

係數 k_v 小於 1 時表示未充分利用有效容積；大於 1，未充分利用載重量。

除所指出的參數外，車輛的經濟性與下列情況有很大的關係。

貨物裝卸便利

車輛裝卸貨物的迅速，有助於很好地利用所有車輛及加速車輛周轉，這是有極大意義的。因為加速車輛的周轉，即可減少對運送同等數量貨物所需要的車輛數目。爲了達到車輛裝卸貨物迅速的目的，構造上須盡量使其方便，以及採用車輛自動卸貨和機械化的裝卸設備。

車輛修理費與保養費

車輛保養及修理的費用是與運用條件以及車輛構造有關。爲保證車輛的完整和減輕修理，車輛所有配件應根據構造務求簡單和堅固，易於破壞的配件應便於檢查。

車輛保養費及修理費的減少，決定於車輛組裝（裝配）的質量。無論如何改變車輛的構造，如何提高材料的質量，若對各結合部分與焊接部分以及轉動部分不施以徹底的檢查和正確的調整，出廠不久即需要施修。

運輸貨物的安全

調車時連結裝置受激烈衝擊，及連結裝置不良，使車輛運行不穩，能使貨物受到損失與破壞。貨物損壞的費用是列入車輛雜費項下，並減低其經濟價值。

爲保持貨物的完整，彈簧裝置應保證車輛平穩地運行，而牽引緩衝裝置應當很好地緩和平常的衝擊。遵守保全貨物方面的管理規則亦極重要。

爲了防止貨物在發生事故時的損失，車體應有充分堅固的構造，在這方面金屬的構造比木製的構造是顯然有利的。

車輛製造成本

車輛製造成本，對設計工程師與工藝工程師來說，應當是一件特別關心的事情。車輛自重係數的減低及改善其他特性，如這

些改善使車輛製造成本提高時，則不僅得不到任何效果，甚至反而引起損失。

車輛自重減輕的問題，是現今車輛製造中唯一現實的問題，而這問題亦不可孤立地解決，必須在不顯著提高車輛製造費的條件下尋求減輕車輛自重的途徑，才算合理。當然對所有其餘經濟的性能也應當注意。車輛在運用中所節約的費用，只有超過因改善構造、使用更堅固更貴重材料的費用，才能收到減輕自重的必要效果。

運行的單位阻力

運行的單位阻力，是車輛重量 1 噸在運行中的阻力，它的大小直接決定着機車的保養費用。在『車輛運行阻力』一章中對單位阻力分析得更詳細。

上述的各基本指標對於客車亦適用。而除上述指標以外，客車質量更應考慮對旅客的舒適及運行的安全。

客車的自重係數 k_n 可以車輛自重 T （噸）與座位數 n 的比來決定，亦即

$$k_n = \frac{T}{n}。 \quad (4)$$

第 2 表中引證某些客車的自重係數。

客 車 自 重 係 數

第 2 表

車 輛 名 稱	座位數目	自重(噸)	自重係數	備 考
長20.2公尺市郊用四軸車.....	98	45	0.46	座 席
長20.2公尺遠途用四軸車（硬席無單間式）.....	46	42	0.933	臥 鋪
長20.2公尺遠途用四軸車（硬席單間式）.....	32	43.5	1.36	全 上
長 20 公尺直達用四軸機車	16	53.5	3.35	全 上

在選擇貨車型式與尺寸時經濟觀點的運用

選擇貨車的型式，是以被運送貨物的種類、周轉量的大小及運貨者的特殊要求為基本的先決條件。

然後，選定的車輛型式必須在分析貨物周轉量的基礎上規定最合理的比容〔參照公式(2)〕，其次根據每公尺綫路及車軸的容許載荷，尤其是車輛限界的限制條件來設計車輛，使其在最大的載重量的情況下，保證最合理的比容的數值及最小的自重係數。

達到車輛最大載重量是有益的，因為車輛載重量愈大，對運送同種及等量貨物所需的車輛愈少，列車愈短，對運行條件愈為有利。車輛最大的總重量不應超過

$$Q_{\sigma p} = G + T = nq, \quad (5)$$

式中 n ——車輛軸數；

q ——一根車軸的容許載荷（該輪軸的車輪作用在鋼軌上的實際壓力）。

在蘇聯主要幹綫（烏拉爾——庫茲巴斯，莫斯科——頓巴斯）上，採用 $q = 20.5$ 噸每軸；對其餘幹綫及支綫 $q = 18 \sim 19$ 噸每軸。

例如，對四軸車最大總重：

$$Q_{\sigma p} = nq = 4 \times 20.5 = 82 \text{ 噸。}$$

將類似的現有的構造作為審核的基礎。茲自重係數 $k_m = \frac{T}{G}$ ，將 $T = Gk_m$ 代入公式(5)，則得最大容許載重：

$$G = \frac{nq}{1 + k_m} \text{ 噸。} \quad (6)$$

既知合理的比容 v_o ，可求出必要的有效容積：

$$V = v_o G = \frac{v_o nq}{1 + k_m} \text{ 公尺}^3。 \quad (7)$$

若為了保證必要容積，勢必要求較大的車體尺寸，由於車輛不能抵觸車輛限界，則應當減少車輛的載重量到既不妨礙車輛限

界、又保持合理的最大效果的車輛比容。

平車最合理尺寸的計算，就是以地板面積 F 公尺²代容積 V ，及以單位面積 f_0 公尺²/噸代替最合理的比容 v_0 的方法。

平車的面積可按下列公式決定：

$$F = \frac{f_0 \cdot nq}{1 + k_m} \text{公尺}^2. \quad (8)$$

車輛的接觸限界

將帶有突出部分及懸掛部分品的、已修復而完整的空車停放在水平直綫綫路上，車輛縱向中心綫與綫路中心綫一致，其不得超過的最大的橫斷外形，即稱為機車車輛限界。

重要的是，限界未計算由於轉動部分的不良和磨耗所引起的偏倚，在檢查車輛接觸限界時，對這些偏倚的存在應當特別考慮。

在蘇聯，根據 OCT-6435 (第 1 圖) 的規定，鐵路車輛採用三種限界：

1. 0 限界，其最大寬度為 3,150 公厘，係用於國際間聯運的機車車輛，但須更動輪軸，使之適合於國外綫路的軌距；

2. 1—B 限界，其最大寬度為 3,250 公厘，係用於全蘇聯各路通行的機車車輛；

3. 2—B 限界，其最大寬度為 3,600 公厘，用於循環鐵路的機車車輛（電氣化鐵路）。

規定車輛的寬度，應符合每種車輛限界的全寬。

所有三種規定車輛，其長度 L 與固定軸距 S 具有同樣的關係，即

$$\frac{L}{S} = 1.4。$$

規定車輛的長度和寬度具有下列的值：