

汽車理論

Г. В. 西米列夫 著

吉林工业大学汽車教研室 譯

人民交通出版社



汽車理論

Г. В. 西米列夫 著

吉林工业大学汽車教研室 譯

人民交通出版社

內 容 簡 介

本書闡述了汽車運動的基本規律，對汽車的主要使用性能及其評價方法作了研究，並分析了影響汽車使用性能的因素和提高這些性能的途徑。同時，書中反映了汽車科學技術的新成就，介紹了一些汽車使用性能的研究方法和試驗方法。

本書供高等工業學校汽車、汽車運用、汽車拖拉機等專業師生及有關設計、製造、使用和科學研究部門的工程技術人員參考之用。

汽 車 理 論

Проф. Г. В. ЗИМЕЛЕВ

ТЕОРИЯ АВТОМОБИЛЯ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1959

本書根據蘇聯機械工業出版社1959年莫斯科俄文版本譯出
吉林工業大學汽車教研室 譯

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

新華書店北京發行所發行 全國新華書店經售

人 民 交 通 出 版 社 印 刷 廠 印 刷

1964年1月北京第一版 1964年1月北京第一次印刷

開本：850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張：8 $\frac{1}{4}$ 張

全書：295,000字 印數：1—3,000冊

統一書號：15044·4408

定價(科七)：1.50元

譯 者 的 話

本書系根據蘇聯機械工業出版社 (МАШГИЗ) 1959 年出版 Г.В.西米列夫教授著《汽車理論 (Теория автомобиля)》一書俄文版本由吉林工業大學汽車教研室黃幼昌 (第一章、第二章 § 1~10、第六章、第七章、第八章)，鄧惠樂 (第三章、第四章、第九章)，楊慶甲 (第二章 § 11~13) 及吳業森 (第五章) 譯出；鄧惠樂擔任全書總校訂。

在翻譯本書過程中曾參考下列兩書的俄文版本及中文譯本：蘇聯國防出版社 1951 年出版 Г.В.西米列夫教授著《汽車原理》(中譯本由盛景方譯，人民交通出版社上海分社 1954 年出版) 及同書 1957 年修訂第二版 (中譯本由吉林工業大學汽車教研室方傳流、羅邦杰、黃幼昌等譯，本校印刷科印刷)。

原 序

汽車理論是研究汽車运动基本規律的科学。

利用这些規律可以确定汽車在各种不同使用条件下的行駛特性，也可以針對使用特点合理地选用汽車的主要使用——技术指标。

为了改善汽車結構以提高汽車運輸的效能，則必須研究这些規律性。

当写本书时作者曾經利用过去在这方面的著作，其中包括《汽車原理》一书，該书由苏联国防出版社于1951年第一次出版（中譯本人民交通出版社上海分社1954年出版，盛景方譯）。

有关改进本书內容的批評和建議作者将非常感激地接受。

目 录

第一章	作用在汽车上的力	6
§ 1	车轮运动时作用在车轮上的力	6
§ 2	汽车的重力及重量在轴间的分配	10
§ 3	汽车的运动阻力	11
§ 4	汽车的驱动力	12
§ 5	汽车发动机的特性曲线	14
§ 6	汽车传动系的效率	16
§ 7	车轮的工作半径	20
§ 8	驱动轮上圆周力的实验确定法	25
第二章	汽车的牵引力学	27
§ 1	汽车运动微分方程	27
§ 2	迴转质量的换算系数	30
§ 3	汽车的牵引平衡	32
§ 4	汽车-发动机系的工作稳定性	35
§ 5	汽车的动力特性	40
§ 6	汽车参数对其牵引性的影响	44
§ 7	汽车行驶时间的确定法	48
§ 8	汽车的加速过程	52
§ 9	汽车的冲坡	63
§ 10	汽车的功率平衡	67
§ 11	装有液力传动的汽车的牵引性能	71
§ 12	功率循环	78
§ 13	汽车运动微分方程的解析积分法	87
第三章	汽车的运动阻力	96
§ 1	滚动阻力	96
§ 2	上坡阻力	113
§ 3	空气阻力	114
第四章	汽车的通过性	130

§ 1	汽車通过性的几何参数	130
§ 2	汽車車輪作用于道路的法向荷重	133
§ 3	車輪与土壤的相互作用	152
§ 4	車輪与道路間的附着系数	154
§ 5	汽車通过性的支承——附着参数	161
第五章	汽車的制动	166
§ 1	汽車制动的的基本方法	166
§ 2	汽車制动时車輪作用于道路的法向荷重	168
§ 3	汽車制动性能的評價指标	171
§ 4	在不脱开发动机的情况下制动	177
第六章	汽車的燃料經濟性	180
§ 1	一般关系式及評價指标	180
§ 2	汽車的燃料經濟特性及其繪制法	182
§ 3	汽車参数对其燃料經濟性的影响	189
§ 4	汽車燃料消耗量的确定法	195
第七章	汽車的牵引計算	197
§ 1	原始数据	197
§ 2	发动机特性的选择	198
§ 3	主传动器传动比的确定	201
§ 4	变速器传动比的确定	204
§ 5	具有无級传动的汽車的牵引性及燃料經濟性分析	214
第八章	汽車的轉向和稳定性	224
§ 1	汽車轉向运动学	224
§ 2	轉向时作用在車輪上的力	225
§ 3	轉向时作用在汽車上的力	227
§ 4	汽車的稳定性	231
§ 5	車輪的側向偏离	235
§ 6	計入輪胎側向弹性的汽車稳定性	238
第九章	汽車的振动	244
§ 1	汽車行駛平順性的評價方法	244
§ 2	汽車振动方程	245
§ 3	汽車的自由振动	250

§ 4 汽車的强迫振动.....	262
§ 5 不平路面所引起的汽車运动附加阻力.....	267
§ 6 汽車轉向車輪的振动.....	271
参考文献	279

譯 者 的 話

本书系根据苏联机械工业出版社 (МАШГИЗ) 1959 年出版 Г.В.西米列夫教授著《汽車理論 (Теория автомобиля)》一书俄文版本由吉林工业大学汽車教研室黃幼昌 (第一章、第二章 § 1~10、第六章、第七章、第八章)，鄧惠乐 (第三章、第四章、第九章)，楊庆甲 (第二章 § 11~13) 及吳业森 (第五章) 譯出；鄧惠乐担任全书总校訂。

在翻譯本书过程中曾参考下列两书的俄文版本及中文譯本：苏联国防出版社 1951 年出版 Г.В.西米列夫教授著《汽車原理》(中譯本由盛景方譯，人民交通出版社上海分社 1954 年出版) 及同书 1957 年修訂第二版 (中譯本由吉林工业大学汽車教研室方传流、罗邦杰、黃幼昌等譯，本校印刷科印刷)。

原 序

汽車理論是研究汽車运动基本規律的科学。

利用这些規律可以确定汽車在各种不同使用条件下的行駛特性，也可以針對使用特点合理地选用汽車的主要使用——技术指标。

为了改善汽車結構以提高汽車運輸的效能，則必須研究这些規律性。

当写本书时作者曾經利用过去在这方面的著作，其中包括《汽車原理》一书，該书由苏联国防出版社于1951年第一次出版（中譯本人民交通出版社上海分社1954年出版，盛景方譯）。

有关改进本书內容的批評和建議作者将非常感激地接受。

目 录

第一章	作用在汽车上的力	6
§ 1	车轮运动时作用在车轮上的力	6
§ 2	汽车的重力及重量在轴间的分配	10
§ 3	汽车的运动阻力	11
§ 4	汽车的驱动力	12
§ 5	汽车发动机的特性曲线	14
§ 6	汽车传动系的效率	16
§ 7	车轮的工作半径	20
§ 8	驱动轮上圆周力的实验确定法	25
第二章	汽车的牵引力学	27
§ 1	汽车运动微分方程	27
§ 2	迴转质量的换算系数	30
§ 3	汽车的牵引平衡	32
§ 4	汽车-发动机系的工作稳定性	35
§ 5	汽车的动力特性	40
§ 6	汽车参数对其牵引性的影响	44
§ 7	汽车行驶时间的确定法	48
§ 8	汽车的加速过程	52
§ 9	汽车的冲坡	63
§ 10	汽车的功率平衡	67
§ 11	装有液力传动的汽车的牵引性能	71
§ 12	功率循环	78
§ 13	汽车运动微分方程的解析积分法	87
第三章	汽车的运动阻力	96
§ 1	滚动阻力	96
§ 2	上坡阻力	113
§ 3	空气阻力	114
第四章	汽车的通过性	130

§ 1	汽車通过性的几何参数	130
§ 2	汽車車輪作用于道路的法向荷重	133
§ 3	車輪与土壤的相互作用	152
§ 4	車輪与道路間的附着系数	154
§ 5	汽車通过性的支承——附着参数	161
第五章	汽車的制动	166
§ 1	汽車制动的的基本方法	166
§ 2	汽車制动时車輪作用于道路的法向荷重	168
§ 3	汽車制动性能的評價指标	171
§ 4	在不脱开发动机的情况下制动	177
第六章	汽車的燃料經濟性	180
§ 1	一般关系式及評價指标	180
§ 2	汽車的燃料經濟特性及其繪制法	182
§ 3	汽車参数对其燃料經濟性的影响	189
§ 4	汽車燃料消耗量的确定法	195
第七章	汽車的牵引計算	197
§ 1	原始数据	197
§ 2	发动机特性的选择	198
§ 3	主传动器传动比的确定	201
§ 4	变速器传动比的确定	204
§ 5	具有无級传动的汽車的牵引性及燃料經濟性分析	214
第八章	汽車的轉向和稳定性	224
§ 1	汽車轉向运动学	224
§ 2	轉向时作用在車輪上的力	225
§ 3	轉向时作用在汽車上的力	227
§ 4	汽車的稳定性	231
§ 5	車輪的側向偏离	235
§ 6	計入輪胎側向弹性的汽車稳定性	238
第九章	汽車的振动	244
§ 1	汽車行駛平順性的評價方法	244
§ 2	汽車振动方程	245
§ 3	汽車的自由振动	250

§ 4 汽車的强迫振动.....	262
§ 5 不平路面所引起的汽車运动附加阻力.....	267
§ 6 汽車轉向車輪的振动.....	271
参考文献	279

第一章 作用在汽车上的力

汽车的运动是由于作用在汽车上的力所产生的。

作用在汽车上的力，基本上可分为三类：重力（汽车重量），行驶阻力和驱动汽车的力。

此外，在汽车上还可能作用着各种惯性力，它的特性取决于运动的情况。

随着运动情况的不同，汽车重力的分力可能是驱动力（例如当汽车下坡行驶时），或是阻力（例如当汽车上坡行驶时）。

为了更清楚地阐明作用在整个汽车上的力，我们首先来研究当车轮运动时作用在车轮上的力。

§ 1 车轮运动时作用在车轮上的力

当汽车车轮滚动时，车轮轮胎和被车轮所滚压的道路都承受着不同的变形。这些变形取决于轮胎和道路的材料性质、道路状态、作用于车轮上的力与力矩、车轮尺寸、轮胎气压以及胎面花纹等。在轮胎和道路变形的同时，轮胎和道路材料的内部产生摩擦，而且两者之间也产生了相互摩擦，因此车轮滚动时就要消耗能量。

车轮的滚动或是由于作用在轮轴上的力而产生的（从动轮），或是由于作用在车轮上的力矩而产生的（驱动轮）。作用在车轮上的力与力矩引起道路与车轮之间发生反作用力，它在支承面上的分布规律取决于许多因素。

作用在轮胎支承面上并与其相切的所有微小反作用力的合力——车轮与道路间的切向反作用力，以 T 表示（图1）；与轮胎支承面垂直的所有微小反作用力

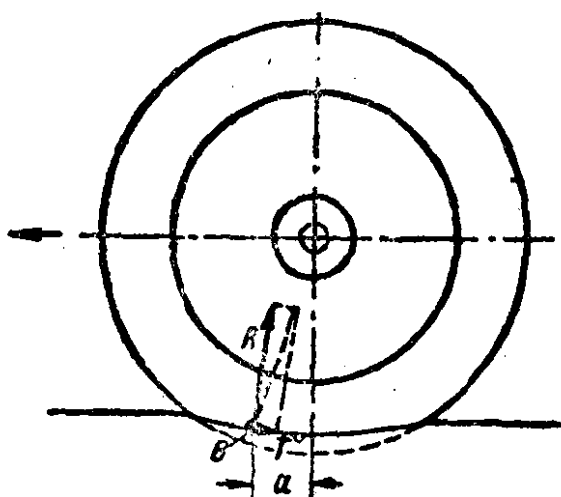


图 1

的合力——車輪与道路間的法向反作用力，以 R 表示。法向反作用力作用于 B 点，該点順着运动方向偏离輪軸中心垂綫的距离为 a 。为了簡化起見，在图 1 上只表示出反作用力，而作用力及力矩都未标出。法向反作用力作用点偏移的原因主要是：由于輪胎材料和道路材料具有弹性后效（滞后作用），在接触面积的前部，道路的反作用力較大（輪胎的这一部分是压向道路的，因而所产生的变形是在增加过程），而在其后部，反作用力較小（变形是在减小过程）。

从动輪的切向反作用力 T （图 1）是与运动方向相反的摩擦力。在这种情况下，由于存在着該摩擦力，車輪才可能沿着路面滚动而不滑移。

法向反作用力 R 决定車輪滚动所产生的阻力，法向反作用力的方向决定于車輪和車輪所滚压的道路两者的变形关系（接触面的形状）。以下来研究三种典型情况：

- 1) 道路变形較之車輪变形为极小（弹性車輪在硬路面上滚动）；
- 2) 車輪变形較之道路变形为极小（刚性車輪在軟路面上滚动）；
- 3) 車輪和道路均有較大的变形（弹性車輪在軟路面上滚动）。

上述三种情况用簡图表示（图 2、3、4），同时为了簡化起見在簡图上不表示出作用力和力矩，以及車輪与道路間的切向反作用力。

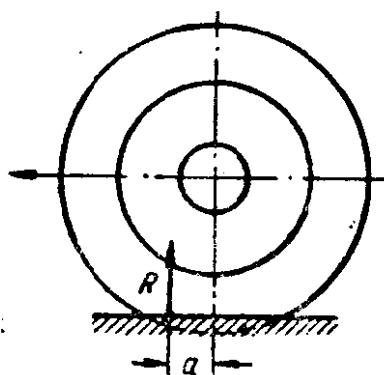


图 2

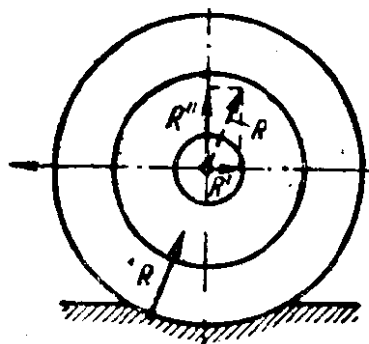


图 3

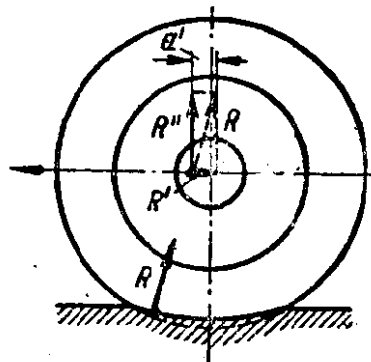


图 4

在第一种情况下（图 2），反作用力 R 垂直向上，并当車輪滚动时作用在車輪上的滚动阻力矩为 $M_f = Ra$ 。

在第二种情况下（图 3），反作用力 R 沿着半径方向指向車輪中心。我們將所述反作用力的作用点移到車輪中心，并将它分为水平分力 R' 与垂直分力 R'' 。水平分力 R' 即为車輪滚动的阻力，此时滚动阻力矩等于零。

在第三种情况下（图 4），反作用力 R 的方向处于上述两种情况之間。我們將反作用力的作用点移到通过車輪中心而与路基平行的直綫上，并将它分为水平分力与垂直分力，即可得出如下結論：在所述情况下有滚动阻力矩

$M_f = R'a'$ 和滚动阻力 R' 作用于車輪上。

裝有充氣輪胎的汽車在硬路面上行駛最接近于上述第一種情況。現在詳細地來研究這種情況。假定車輪承受着垂直負荷 Q (圖 5)，它在 P 力的作用下發生滾動， P 力作用在軸上 (從動輪)，並假定 P 力的方向與路面平行，同時汽車是在等速行駛。上述各力的合力以 F 表示，道路對車輪反作用力的合力作用於 B 點，它在數值上與 F 力相等，但是方向與它相反。我們將反作用力分解為兩個分力：垂直於路面的 R 和平行於路面的 T 。反作用力的法向分力 R (道路的法向反作用力) 在絕對值上與載荷 Q 相等，並和它組成一對力偶，其力矩為 Ra 。

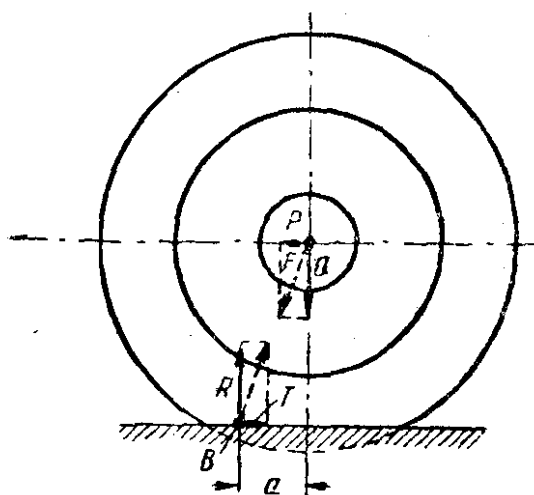


圖 5

分力 T (道路的切向反作用力) 是道路與車輪間的摩擦力，它決定車輪滾動的可能性。切向反作用力 T 可以在 0 到 $R\varphi$ 之間變動。此處 φ 為輪胎與道路間的摩擦係數或者更正確些稱為輪胎與道路間的附着係數。

$$0 \leq T \leq R\varphi \quad (1)$$

切向反作用力 T 等於力 P ，並與其組成一對力偶，力偶的臂可以近似地取其等於車輪的半徑 r 。

車輪的平衡條件由下列等式來確定：

$$Pr = Tr = Ra \quad (2)$$

因之

$$P = T = R \frac{a}{r} \quad (3)$$

因此，作用在車輪軸上的力 P 與摩擦力 T 共同組成一力偶。為了保持車輪等速滾動，這力偶的力矩應當與滾動阻力矩 $M_f = Ra$ 平衡。換言之， P 力在絕對值上等於某一假想的滾動阻力 P_f 。

這個力之所以被稱為假想的，是由於在所研究的滾動情況下，道路對車輪的作用並不引起任何作用在車輪上的滾動阻力。

考慮到 $P = P_f$ ，以及 $R = Q$ ，將式 (3) 改寫成如下形式：

$$P_f = R \frac{a}{r} = Q \frac{a}{r} \quad (4)$$

式中 a 为第二类摩擦系数。

式 (4) 常常以下列形式来阐释：滚动阻力与垂直荷载成正比，而与车轮半径成反比。但是这只是当反作用力的偏移距离 a 与车轮半径及载荷无关时才是正确的。同时也为了利用式 (4) 的方便起见，因此认为 P_f 力正比于作用载荷 Q 和比值 $\frac{a}{r} = f$ 。

$$P_f = Qf \quad (5)$$

式中 f 是一个相对值，它是车轮在道路上滚动的转化滚动系数（滚动阻力系数），这系数表示滚动过程所引起的损失。

现在来确定车轮滚动可能性的条件，从公式 (1) 及 (3) 可得：

$$R \frac{a}{r} \leq R\varphi \quad \text{或} \quad f \leq \varphi \quad (6)$$

如果不能满足这个条件，则在 P 力的作用下车轮将滑移而不滚动。

现在来研究当车轮在力矩 M 的作用下而滚动的情况（驱动轮）。此时切向力 T 的方向与行驶方向相同（图 6），在以上所采取的条件（等速运动，空气阻力略去不计）下，对于所研究的情况而言，车轮的平衡方程具有如下形式：

$$M = Tr + Ra \quad (7)$$

$$\text{因而} \quad T = \frac{M}{r} - R \frac{a}{r} = \frac{M}{r} - Q \frac{a}{r} \quad (8)$$

切向反作用力 T 是从驱动轮传至车架的牵引力。因为比值 $\frac{a}{r} = f$ ，故式 (8) 可改写为如下形式：

$$T = \frac{M}{r} - Rf = \frac{M}{r} - Qf \quad (9)$$

比值 $\frac{M}{r}$ 是驱动轮轮胎上的圆周力，以 P_K 表示。 Qf 的乘积则是假想的滚动阻力，用 P_f 来表示。因此，驱动轮上的牵引力等于圆周力减去滚动阻力：

$$T = P_K - P_f \quad (10)$$

对于驱动轮和从动轮而言， P_f 的绝对值不相同，因为在驱动轮和从动轮中即使车轮载荷和轮胎名义尺寸都

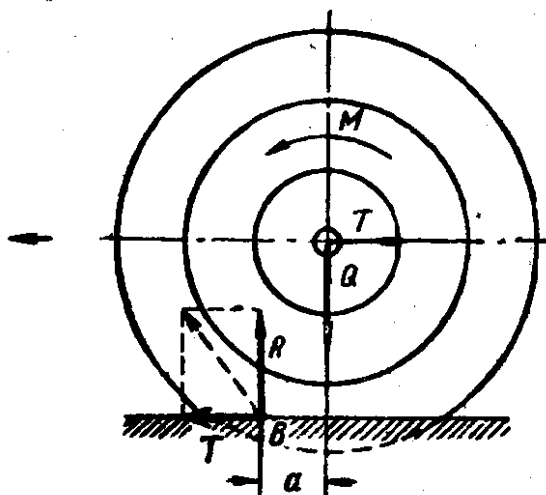


图 6