

高等学校教学用书



汽車理論，設計和計算

鮑·瓦·戈里德^著
鮑·謝·法里凱維奇

人民教育出版社

高等学校教学用书



汽車理論，設計和計算

鮑·瓦·戈里德^著
鮑·謝·法里凱維奇

莫斯科汽車機械學院中國留學生集體翻譯

人民教育出版社

本书系根据苏联国立机器制造书籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы) 出版、鲍·瓦·戈里德 (Б. В. Гольд) 副教授和鲍·谢·法里凯维奇 (В. С. Фалькевич) 教授合著的“汽车理论、设计和计算” (Теория, конструирование и расчет автомобиля) 一书 1957 年版译出。原书经苏联高等教育部审定为高等工业学校教科书。

原书系根据本课程的数学大纲编写，在现代科学成就的基础上阐述了汽车理论和设计的基本原理。

本书内容分为两部分：第一篇阐述了汽车理论，研究了汽车的一般动力学，并在这基础上研究了汽车的各种使用性能。第二篇首先按汽车的不同使用条件叙述了汽车各零件计算载荷的确定方法，阐明了汽车各部件和机构的实际载荷工况。接着研究了汽车底盘各总成的结构。并提供了必需的计算资料。

关于汽车和它各部分试验的知识，都在有关各章中作了介绍。

本书适合于高等工业学校汽车专业学生学习本课程时之用，也可供汽车制造厂设计人员及科学研究机构工程技术人员参考。

本书承著者为中译本作序，并将第八章“汽车各机构和部件中载荷的确定方法”完全重写后供中译本采用，特此致谢。

本书由莫斯科汽车机械学院中国留学生集体翻译，参加者为：王德彬、刘吉慕、刘复中、刘维信、萧厚翔、侯敬明、陈建群、任昂、洪忠信、崔心存、周惜坤、张有颐、张维敏、张融南、董寒元、刘忠勤；并由南京工学院汽车拖拉机教研组林世裕和翁家昌校阅。

汽车理论，设计和计算

鲍·瓦·戈里德 著
鲍·谢·法里凯维奇

莫斯科汽车机械学院中国留学生集体翻译

人民教育出版社出版 高等工业学校教材编辑室
北京宣武门内大街26号

(北京市书刊出版业营业登记证出字第2号)

民族印刷厂印刷 新华书店发行

统一书号 15010·884 开本 850×1168 1/32 印张 16 1/16

字数 435,000 印数 0001-4,000 定价 (2) 42.00

1960年5月第1版 1960年5月第1次印刷

中譯本序

作者非常高兴地知道他們所写的教科书將譯成中文。为了繼續发展“汽車理論、設計与計算”这一門課程，本教科书在苏联出版后，作者已对它作了一系列的修改和訂正；在取得苏联国立机器制造书籍出版社的同意以后，这些修訂均已通知了中譯本的譯者。

为了便于在設計汽車时更广泛地采用計算方法，在本教科书中列入“汽車各机构和部件中載荷的确定方法”一章。在这方面进一步深入研究的基础上，这一章已經扩充并完全重写过。这一章是在完全修訂以后交給中譯本譯者的。

作者希望这本教科书能够帮助中国的青年专业技术人员研究汽車理論、設計与計算的原理，并将他們所学到的知識运用到正在蓬勃发展中的中国汽車工业中去。

鮑·瓦·戈里德

鮑·謝·法里凱維奇

1959年4月15日

原 序

本教科书是供已经熟悉汽车的工作原理和构造的大学生用的。书中基本上反映了现代汽车制造业方面科学和技术的发展。由于在同一本书中叙述了汽车的理论、设计与计算等问题，因此避免了不必要的重复，从而减少了篇幅。

在本书第一篇“汽车理论”中，研究了汽车的一般动力学；在这个基础上研究了汽车的各种主要性能：牵引性、制动性、通过性、操纵性、稳定性、行驶平顺性和燃料经济性。在研究上述各种性能时，不仅联系了汽车的各种结构参数，而且也联系了汽车的各种使用条件和驾驶条件，在这方面并考虑了先进驾驶员的经验。

在本书第二篇中，首先叙述了根据汽车的不同使用条件来确定汽车各机构中计算载荷的方法；也阐明了汽车各机构和部件的实际载荷工况。

接着，研究了汽车底盘各总成的结构，提供了为保证汽车的强度、足够的使用寿命和减少重量所必需的各种计算资料。这里尽量地精简了对结构的描述；学生在进行课程设计和毕业设计时所必需的关于汽车各总成构造的详细描述，可以在别的书中找到（如汽车构造学教程、图集、说明书、专题著作等等）。

在本书有关各章中介绍了关于汽车及其各部件的试验方法。

书末列举了主要参考书刊；在正文的呼应注里介绍了对个别问题有较详细叙述的那些著作。这里作者认为有必要特别指出 E. A. 丘达科夫院士的一些著作；这些著作奠定了在汽车技术方面苏联科学学派的基础。

本书的第一篇为技术科学博士鲍·谢·法里凯维奇教授所写，第

二篇为技术科学副博士鮑·瓦·戈里德副教授所写。

对于本书的意见和批评, 请径寄下列地址: Москва, Третьяковский проезд, д. 1, Машгиз.

目 录

中譯本序	vii
------------	-----

原序	ix
----------	----

第一篇 汽車理論

第一章 汽車的一般动力学	1
--------------------	---

§ 1. 作用在汽車上的外力、慣性力、外力矩和慣性力矩	1
§ 2. 汽車可能行駛的条件	21
§ 3. 汽車的基本参数	26

第二章 汽車的牽引性	34
------------------	----

§ 4. 汽車行駛的微分方程式	34
§ 5. 各种因素对汽車牽引性的影响	50
§ 6. 汽車的牽引試驗	74

第三章 汽車的制動性	88
------------------	----

§ 7. 汽車的制動过程	88
§ 8. 汽車的制動試驗	91

第四章 汽車的通過性	96
------------------	----

§ 9. 汽車通過性的支承-牽引参数	96
§ 10. 汽車通過性的几何参数及試驗	106

第五章 汽車的操縱性和穩定性	111
----------------------	-----

§ 11. 汽車轉向时的操縱性	112
§ 12. 汽車抵抗甩動和顛复的穩定性	131
§ 13. 汽車轉向輪的振動和穩定	140
§ 14. 各种因素对汽車操縱性和穩定性的影响	149
§ 15. 汽車操縱性和穩定性的試驗方法	153

第六章 汽車行駛的平順性	161
--------------------	-----

§ 16. 汽車振動的量度和形式	161
§ 17. 汽車行駛平順性的研究方法	173

第七章 汽車的燃料經濟性	179
--------------------	-----

§ 18.	燃料消耗方程式和各种因素对汽车燃料经济性的影响	179
§ 19.	汽车燃料经济性的研究方法	192

第二篇 汽车设计与计算

第八章	汽车各机构和部件中载荷的确定方法	196
§ 20.	强度计算时载荷的确定	197
§ 21.	耐久性计算时载荷的确定	205
第九章	离合器	225
§ 22.	工作特点,分类和对结构的要求	225
§ 23.	摩擦离合器	227
§ 24.	液力偶合器	249
第十章	变速器	254
§ 25.	工作特点,分类和对结构的要求	254
§ 26.	轴线固定式变速器	256
§ 27.	行星变速器	284
§ 28.	液力机械式变速器	302
§ 29.	电力传动系	312
§ 30.	机械摩擦式变速器	317
第十一章	万向节传动	320
§ 31.	工作特点,分类和对结构的要求	320
§ 32.	重量,结构的简单程度和降低动载荷的方法	321
§ 33.	基本尺寸的选择和效率	332
§ 34.	万向节的结构元件	338
第十二章	驱动桥	343
§ 35.	工作特点,分类和对结构的要求	343
§ 36.	重量,结构的简单程度,轮廓尺寸和效率	346
§ 37.	主减速器齿轮基本参数的选择	350
§ 38.	主减速器的结构刚度和轴承的使用寿命	356
§ 39.	驱动桥的调整	364
§ 40.	差速器的尺寸选择和设计原理	367
§ 41.	车轮传动装置及驱动桥梁的尺寸选择和设计原理	375
§ 42.	驱动桥的结构元件	383
第十三章	转向桥	391
§ 43.	工作特点,分类和对结构的要求	391
§ 44.	重量和结构的简单程度,转向轮的定位和运动规律	391

§ 45. 轉向桥的尺寸選擇和設計原理	394
§ 46. 轉向桥的結構元件	399
第十四章 悬挂	404
§ 47. 工作特点, 分类和对結構的要求	404
§ 48. 重量和导向裝置的設計原理	406
§ 49. 悬挂彈性元件的設計原理	419
§ 50. 悬挂彈性元件基本尺寸的選擇	428
§ 51. 悬挂彈性元件的使用寿命	436
§ 52. 避振器的設計原理	439
§ 53. 悬挂的結構元件	444
第十五章 車輪和輪胎	452
§ 54. 工作特点, 分类和对結構的要求	452
§ 55. 車輪的重量和輪胎安裝及拆卸的方便程度	453
§ 56. 設計汽車时輪胎的選擇	456
§ 57. 輪胎中空气压力的中央調节系統	460
第十六章 制动操縱系	462
§ 58. 工作特点, 分类和对結構的要求	462
§ 59. 制动操縱系的重量和結構的簡單程度	464
§ 60. 制动的效果和平穩性	465
§ 61. 制动摩擦片的使用寿命	474
§ 62. 制动傳动裝置的設計原理	476
§ 63. 制动器的結構元件	488
§ 64. 制动傳动裝置的結構元件	491
第十七章 轉向操縱系	503
§ 65. 工作特点, 分类和对結構的要求	503
§ 66. 轉向器的重量和操縱的方便程度	504
§ 67. 轉向器基本尺寸的選擇和使用寿命	514
§ 68. 轉向器中的自由行程	519
§ 69. 轉向操縱系的結構元件	521
§ 70. 轉向操縱系的加力器	525
第十八章 汽車車廂和車架	529
§ 71. 工作特点, 分类和对結構的要求	529
§ 72. 車廂和車架的重量及結構的簡單程度	531
§ 73. 車廂尺寸的選擇	532
§ 74. 上下汽車, 裝卸貨物和操縱的方便程度	533

§ 75. 車廂的形狀和它的剛度.....	540
§ 76. 車廂的隔絕和它的設備.....	541
§ 77. 車廂的結構元件.....	546
§ 78. 車架的剛度和強度.....	549
§ 79. 車架的結構元件.....	554
第十九章 汽車的布置	558
§ 80. 載重汽車的布置.....	558
§ 81. 小客車的布置.....	562
§ 82. 大客車的布置.....	565
§ 83. 苏联汽車的型譜.....	571
参考书刊	572
中俄名詞对照表	573

第一篇 汽車理論

第一章 汽車的一般动力学

§ 1. 作用在汽車上的外力、慣性力、 外力矩和慣性力矩

在一般行駛情況下，汽車除受重力外，還受有空氣阻力和支承路面的反作用力；除此以外，在研究汽車的不等速行駛和曲線行駛時，還應當考慮到慣性力和慣性力矩。

空氣作用于汽車上的力，是由于汽車在空氣中行駛和空氣本身的運動（風）所造成的。汽車行駛時，產生空氣渦流，汽車表面各點上的壓力也在變化（在車前面壓力增大，在後面減少），同時也出現表面摩擦。圖 1 是汽車表面上所受壓力的略圖。升高了的壓力表示在汽車輪廓內

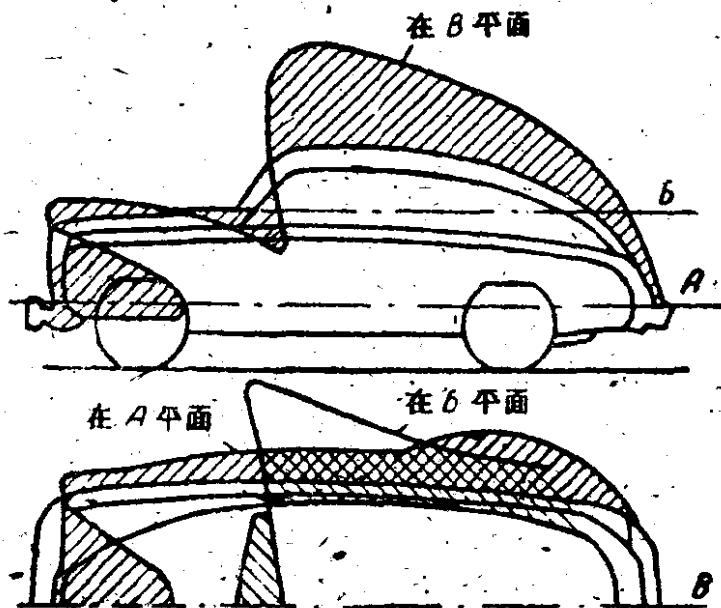


圖 1. 汽車上所受的空氣壓力略圖。

面，而降低了的壓力表示在外面。汽車下面也可能產生一些空氣稀薄的現象。

此外,車輪和汽車傳動系某些零件的旋轉也引起附加的空氣渦流。所有這些,都對汽車前進行駛造成空氣阻力。根據空氣動力學的研究,空氣阻力可用下面的合力表示:

$$P_w = c\rho Fv^n, \quad (1)$$

式中 c ——比例常數(流綫型性系數),它主要與汽車的外形,表面光滑度和有無露在外面的旋轉部分有關;

v ——汽車的速度,米/秒;

ρ ——空氣的密度,公斤秒²/米⁴;

F ——汽車的正面面積(汽車在行駛方向上的投影面積(米²))。

指數 n 是速度的函數。在汽車的一般行駛速度下,可以認為它等於 2。於是空氣阻力可以用下式表示:

$$P_w = c\rho Fv^2 = \frac{KFv_a^2}{3.6^2}, \quad (2)$$

式中 v_a ——汽車的速度,公里/小時;

$K = c\rho$ ——空氣阻力系數。

空氣阻力系數和汽車正面面積的實驗確定法,以及它們的大致平均數值,以後將有介紹(見 § 3 和 § 6)。

為了克服空氣對汽車行駛的阻力,需要消耗功率,這功率是和速度的立方成正比的,同時燃料的消耗也需要有相應的增長,例如,小客車在用最高車速行駛時,用於克服空氣阻力的功率約占發動機最大功率的 60—70%。因此,改善汽車的空氣動力性,就可以減小所需要的發動機功率,可以提高汽車的牽引性和其燃料的經濟性。

減小汽車正面面積和減小系數 K (也就是使汽車外形在側面上和平面上做得更流綫型一些),可以降低空氣阻力。根據空氣動力學的研究,最好的形狀是對稱的象水滴一樣的形狀;它的最大剖面到前端的距離大約等於全長的三分之一;而且不應有任何凸出部分;物體的長度應該比最大剖面的直徑大到六倍左右。但因為汽車與路面之間有空氣渦

流的緣故,不能把汽車縱剖面形状做成对称的,而只能尽量把汽車底部輪廓做成光滑的水平面。

按空气动力学所要求的上述縱橫尺寸比例是办不到的,因为这样的汽車太长了。因此汽車的外形只能根据其用途在某种程度上尽可能地做成最良好的流綫型。

应当指出,汽車列車所受的空气阻力比牵引汽車和挂車单独行駛时所受空气阻力之和要小得多。每台挂車平均只增加牵引汽車所受空气阻力的 20—25%。这是运用汽車列車的优点之一。

汽車各部分所受空气阻力的合力作用点叫做风力中心(穩心),它位于汽車縱向对称面上。它的位置可用实验的方法来確定(參看 § 6)。在粗略計算中,一般假定风力中心的高度和重心的高度相等。

如果不仅汽車运动,同时空气也运动,那么在一般情况下,空气作用力可以表示为作用于风力中心 C_w 的两个力—— P_{wx} 和 P_{wy} ; 前者沿汽車的中心綫方向作用,后者垂直于它(图 2)。橫向力 P_{wy} 不一定和

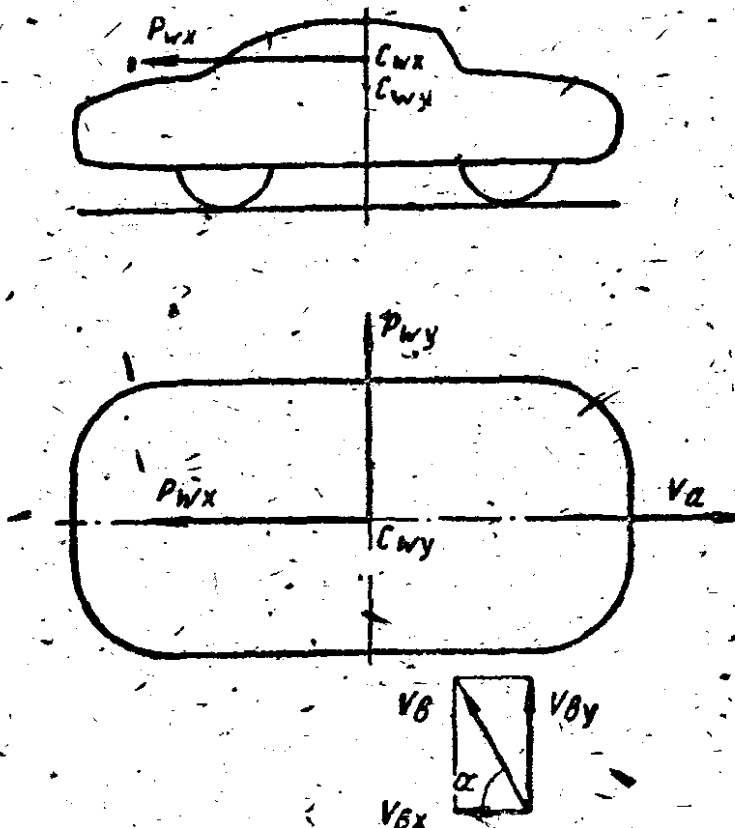


图 2. 对汽車的空气动力作用簡圖。

縱向力 P_{wx} 作用在同一水平面內，也就是說，正面風力中心 C_{wx} 和側面風力中心 C_{wy} 可能不重合。

這些力和汽車的速度 v_a 、風的方向和速度 v_e 都有關係，並可用下式來表示：

$$P_{wx} = \frac{KF(v_a \pm v_{ex})^2}{3.6^2}$$

和

$$P_{wy} = \frac{K_y F_y v_{ey}^2}{3.6^2},$$

式中 $v_{ex} = v_e \cos \alpha$ ——風速的縱向分量，其中 α 是汽車行駛方向和風向之間的夾角；和汽車行駛方向相反的风力分量認為是正的；

$v_{ey} = v_e \sin \alpha$ ——風速的橫向分量；

K_y 和 F_y ——汽車橫向的空氣阻力系數和側面面積。

應該注意，風的方向和速度可能有種種不同情況。風的影響在一般情況下不加以考慮，只有在研究汽車的空氣動力穩定性時才加以研討（見 § 12）。

車輪滾動時，作用於汽車上的力和力矩在輪胎和路面的接觸處引起法向、切向和橫向反作用力，以及相應的輪胎和支承路面的變形，這些變形的大小與輪胎和路面兩者剛度的比值有關。在良好的（硬的），路面上滾動的特徵主要是汽車輪胎變形，而在泥土上、沙上、雪地上或在其他軟路面上行駛時，路面也大大地下陷。由於輪胎和路面都有內部摩擦的緣故，在卸去載荷復原時，使輪胎和路面變形所作的功不能全部返回；也就是說，這功有滯後損失。

因此，法向反作用力的分布在車輪不動時是對稱的，但當車輪滾動時，壓力分布就有了變化，在輪胎與路面接觸處的前半部比後半部單位壓力較大。

圖 3 表示輪胎與水平硬路面接觸情況下，在 1、2 和 3 剖面中單元

法向反作用力的略图。

由于法向反作用力图的上述特点,在車輪滚动时,反作用力的合力 Z 向前移了一段距离 a 。这个力 Z 和車輪作用于地面上的压力 G_k 大小

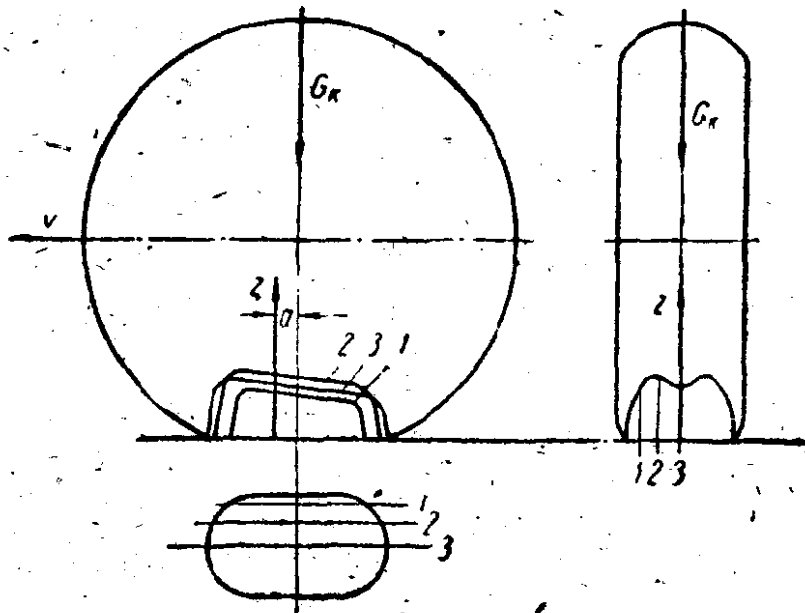


图3. 在輪胎与硬路面的接触处几个剖面上的单元法向反作用力略图。

相等,这个力臂(距离 a)叫做滚动摩擦系数(第二类摩擦系数)。它随着輪胎和支承路面变形时滞后损失的增长而变大。

假若道路是坚硬的,实际上只有輪胎变形,則反作用力 Z 垂直于車輪中心的运动方向,并仅产生一个与車輪旋轉方向相反的滚动阻力矩

$$M_f = Za. \quad (3)$$

在硬路面上滚动时,所有切向反作用力的合力平行于車輪中心的运动方向。随着車輪是驅動的、制动的或从动的,該合力的大小和方向各有不同。在第一种情况下,車輪受扭矩 M_k 作用而滚动(見图4)。如果在汽車各驅動輪上都有相等扭矩,同时是等速行駛,那么这个扭矩

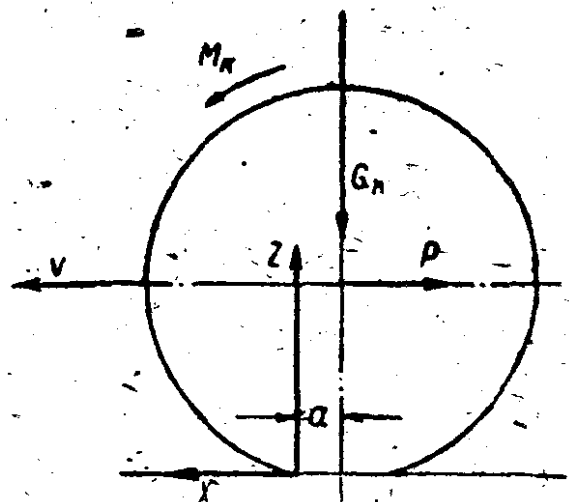


图4. 驅動輪的滚动簡图。

可用下式来表示:

$$M_{\kappa} = \frac{M_e i_{\kappa} i_0 \eta}{m} \quad (4)$$

式中 M_e ——发动机的扭矩;

i_{κ}, i_0 ——分别为变速器和主减速器的速比;

η ——汽車傳動系的机械效率。它考虑了从发动机起到驱动輪輪胎为止的能量损失;

m ——汽車驱动輪的个数。

支承路面作用于驱动輪上的切向反作用力合力是和行駛方向一致的; 也就是說, 它是正的。該力可用下式来表示:

$$X = \frac{M_{\kappa} - M_f}{r_{\kappa}} = \frac{M_e i_{\kappa} i_0 \eta}{m r_{\kappa}} - \frac{M_f}{r_{\kappa}} \quad (5)$$

式中 r_{κ} ——車輪中心到支承路面的距离, 可以把它假想地叫做車輪半徑。

在一定的条件下(見 §2), 这个切向反作用力就是使驱动輪以及和它相連的汽車本身作前进行駛的外力。在图 4 中, G_{κ} 和 P 是汽車本身(图中沒有画出)作用于車輪上的力。

假如作用于車輪上的力矩和車輪轉动的方向相反(制动力矩), 由

此引起的切向反作用力与汽車行駛方向相反, 那么这个車輪叫做制动輪。

从动輪受作用于其軸上的推动力 P 而滚动, 此力 P 并引起与它本身大小相等的切向反作用力 X , 即輪胎与路面間的摩擦力。这样就成了一个与行駛方向相同的力矩, 这个力矩克服从动輪滚动阻力矩

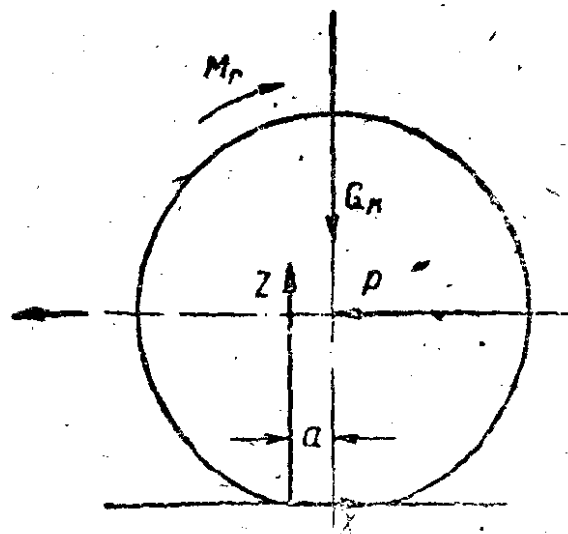


图 5. 从动輪的滚动简图。

$M_f = Za$ 和軸承中的摩擦矩 M_r 而使从动輪轉动(見图 5)。

作用于从动輪上的切向反作用力的合力是

$$X = \frac{M_f + M_r}{r_k} \quad (6)$$

作用于从动輪上的切向反作用力和作用于制動輪上的切向反作用力,都同行駛方向相反,我們把它認為是負的。

應該注意,在确定切向反作用力的方程式(5)和(6)中,沒有考慮由于不等速行駛、空气阻力和支承路面斜度所造成的力和力矩。因为这些力和力矩将在研討整个汽車的行駛时考慮。

假如在滾动时,除了輪胎变形以外路面也变形,那么单元法向反作用力的合力将不平行于它。这和在水硬路面上的滾动是有区别的。可是,这些力仍然可以簡化为通过車輪中心的垂直反作用力 $Z = G_k$ 、水平反作用力 $X = P$ 和滾动阻力矩 $M_f = Za$ 。

受載荷 G_k 的輪胎在硬路面和軟路面上滾动时的差別在于力臂 a 和 r_k 相应地有不同的值,因而力矩 M_f 和力 P 也就有不同的值。

車輪滾动时,由于輪胎局部地相对于路面有滑移現象,因此力 P 將略增大些。

滑移是由于車輪圓周弧 acb 和与其接触的路面上直綫段 adb 两者长度不一样而引起的(見图 6),并随着輪胎变形的增大而增加。

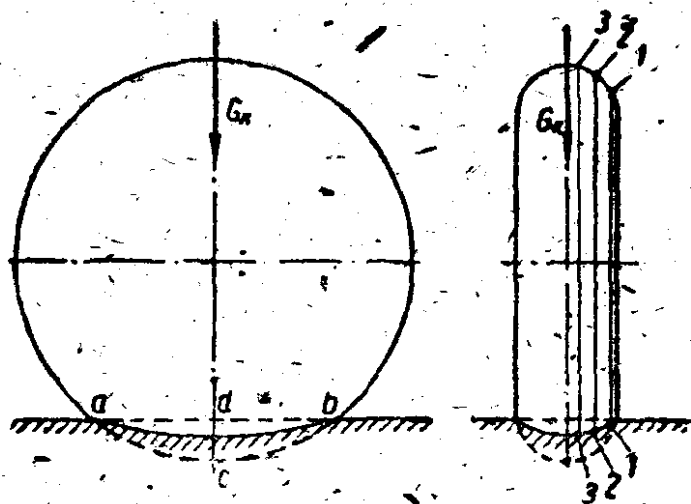


图 6. 彈性車輪和支承路面变形的簡图。