

目 录

第一章 总论	1
第一节 汽车的概念.....	1
第二节 汽车发明简史.....	4
第三节 世界汽车工业略史.....	9
第四节 中国汽车工业略史	12
第五节 汽车的类型与组成	13
第二章 汽车发动机	27
第一节 概述	27
第二节 发动机工作原理和总体构造	29
第三节 曲柄连杆机构	40
第四节 配气机构和进排气系统	47
第五节 汽油发动机燃料供给系	56
第六节 柴油发动机燃料供给系	62
第七节 发动机润滑系	69
第八节 发动机冷却系	73
第三章 汽车底盘	77
第一节 汽车传动系	77
第二节 汽车行驶系	91
第三节 汽车转向系	99
第四节 汽车制动系.....	103
第四章 汽车电气设备	109
第一节 汽车蓄电池.....	110
第二节 交流发电机及调节器.....	113

第三节	发动机起动系	116
第四节	汽油机点火系	120
第五节	汽车灯系	125
第六节	车用仪表及报警装置	127
第五章	汽车车身	128
第一节	概述	128
第二节	载货汽车的车身	129
第三节	客车的车身	132
第四节	轿车的车身	135
第六章	汽车的基本性能	138
第一节	汽车的动力性	138
第二节	汽车的燃料经济性	139
第三节	汽车的安全性	144
第四节	汽车的舒适性	151
第五节	汽车的机动性	152
第七章	汽车运行材料	154
第一节	汽车燃料	154
第二节	汽车润滑材料	158
第三节	汽车用工作液	166
第四节	汽车轮胎	171
第八章	汽车电子控制与电动汽车	177
第一节	汽车采用电子技术的现状	177
第二节	汽油发动机控制系统	180
第三节	电子控制汽车制动防抱死装置	185
第四节	主动与半主动悬架系统	189
第五节	电控机械式自动变速器	191
第六节	电动汽车简介	195
参考文献		203

第一章 总 论

第一节 汽车的概念

一、汽车的概念

汽车是人类社会文明合乎逻辑的产物，是人类科学技术的结晶。

车是一切现代陆地车辆的基础。车的发明可追溯到远古。动力机械的发明使之跃升为现代化的工具，并发展成为一个庞大的家族。汽车是这个家族中的一支。

图 1-1 所示各种车辆的概念及其相互差异的主要特征。

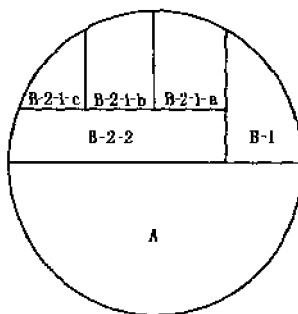


图 1-1 各种车辆的概念

A——非机动车辆

B——机动车辆

B-1——固定轨道或带固定架线车辆（铁路和有轨电车、无轨电车）

B-2-1-a——越野车辆

B-2-1-b——摩托车

B-2-1-c——公路运输车

B-2-2——工程机械

图 1-1 的整个圆圈表示车的概念，轮-轴结构是人类科技史上最重要发明之一。车的概念的基本点是以车轴和车轮为基本结构用作运输工具的机械。

图 1-1 中之 A 为非机动车辆。上半圆为机动车辆，是在 A 的基础上，以原动机替代人力或畜力而诞生的新的交通工具。因此，带有原动机在陆地上行驶的车辆，就构成现代机动车辆的概念 B。

机动车辆很快分为两支：一支是有固定轨道或固定架线的车辆，现代铁路系、电气化铁路或城市无轨电车属此类 (B-1)；另一支是无固定轨道车辆 (B-2)。

无固定轨道车辆再分为两支。一支是以利用机动车高速运动为主要功能的交通工具 B-2-1，即现代的汽车家族。另一支是以某种特定功能为主的可自己行走的工程车辆 B-2-2。例如：以田间作业、拖曳农业机具为主要功能的拖拉机；以特定工程作业为主，如挖掘、发电、推土、铲运等作业，可自己行走的工程机械等。这类车辆既不以载人或载货为主要目的，通常也不要高的行驶速度，因而一般不在公路上高速行驶。

作为现代交通工具的车辆中，可细分为三个分支。B-2-1-a 分支是专门用于松软地面（路面松软，未经人工修整或

铺设，或者草草修整)的车辆，统称越野车辆。B-2-1-b分支是指各种摩托车，2轮或3轮摩托。B-2-1-c是指在经过人工修整、并铺设路面上行驶的车辆，即现代公路运输车。在世界各国现代的关于汽车的定义，大体上是指这个范围，即B-2-1所界定的概念。

人类有时提出多种要求，因而出现了跨越各种界限的新产品。对汽车附加深度要求，产生了水陆两栖车。对汽车附加飞行的要求，诞生了飞行汽车。履带车辆实际上是自带轨道的车辆，是B-1类与B-2类的综合。所有这些特殊结构都复杂而昂贵，只使用于特殊场合。

二、汽车的功能与价值

汽车具有什么功能取决于人们的需要。人们需要什么，就可以设计和制造符合这种需要的汽车，而汽车的价值则取决于人们怎样利用汽车的功能。

汽车的功能分为基本功能和扩展功能两种。

汽车的基本功能是作为陆地交通工具，即客运和货运的交通工具。

汽车功能的扩展有两种含义，一种是指技术意义上的功能扩展，一种是指社会意义上的功能扩展。

在汽车既能承重运载，又能高速运动的基础上，按照人们的需要对汽车进行改装或附加若干装备，汽车就有了各种各样的功能。例如：装上装甲成为装甲汽车，装上雷达成为雷达车，改装为通讯车、救护车、消防车……。这就是汽车功能在技术上的广泛扩展方式，各种各样功能的汽车已成为现代社会不可缺少的工具。

汽车，尤其是其中的轿车，因其精良的制作，豪华的装饰，优秀的性能，昂贵的价值，而具有令人瞩目的社会意义

上的扩展功能及相应的社会价值。汽车的高速性扩大了人们的社会活动能力，即人的活动半径和效率大大提高。当一辆车由一个人支配或私有时，则给人提供了充分实现自由意志的条件，这是任何公共交通工具所不具有的功能；现代轿车往往被社会看作个人权力、地位和财富的象征，有时甚至体现个人气质、风度，具有心理享受的功能和价值。最后，现代汽车还具有体育竞技的功能和作为现代工艺品的收藏价值。

第二节 汽车发明简史

现代汽车的发明是人类科学技术史中的一个篇章，是合乎逻辑的创新历程。它经历了幻想、探索、诞生和完善四个阶段。

一、关于自动行驶车辆的幻想

幻想是人类的特有本能，也是人类文明发展的原动力。

远古的幻想表现为神话，所有古文明中都能找到与自动行驶的车辆有关的神话。例如，太阳神的车、风神的车，“风火轮”等。

科学的幻想是古代科学家的思索。唐朝僧人一行（俗名张瑞，公元677~921年）提出过“激铜轮自转之法，加以火蒸汽运，名曰汽车”的设想。令人惊叹的是短短17个字，勾勒了一台后世蒸汽机汽车的精要，即以火为热源，烧水得汽为工质的“汽车”。

15世纪的意大利文艺复兴同样带来科学技术的巨大飞跃。达芬奇一幅以弹簧储能系统为动力，有动力传递机构的车辆设计图，已不再是一幅艺术画作，而是最早的汽车设计

草图。这是当时钟表工业、机械学的必然反映。这幅图画未付诸制作，因而仍属设想，但已不是幻想，而是跨入机械设计的第一步。

二、第一辆自动行驶的风帆车

16世纪，荷兰人西蒙（斯蒂芬迈出了技术史上伟大的一步，他第一次实践了人类关于自动行驶车辆的幻想。

他为一艘双桅帆船装上了车轴和车轮，在风力的驱动下，创造了令人难忘的功绩：28位乘客乘坐其中，该车以34km/h的速度行驶。这辆车切切实实具备现代汽车两个基本要素，即一是车，二有原动机（风帆）。因此，他确实是第一辆原型汽车（图1-2）。

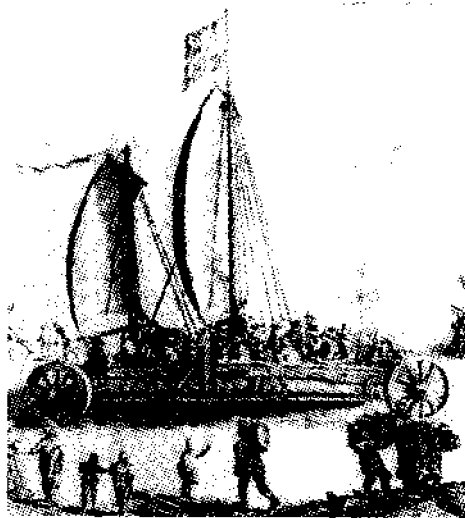


图 1-2 西蒙的风帆车

尽管风力来源不稳定，西蒙的风力汽车不能继续发展成为现代汽车，风能利用至今仍旧是一个研究课题，不排除将

来全部或部分利用风力驱动汽车的可能性，因此，西蒙的风力车具有开创性意义。

三、蒸汽机汽车史（1769~1929）

1765年是蒸汽机诞生之年。随着蒸汽机不断的完善化，它迅速被应用于一切可能的场合，将它应用于车辆驱动是十分自然的事。

1769年法国炮兵工程师N·J·库诺首先制成第一辆蒸汽机汽车。这是一辆三轮式车辆，蒸汽机锅炉在前方，准备用于牵引大炮。由于车辆很笨重，操纵困难，在其最初的行驶中不幸撞墙而毁坏，引起“全巴黎大笑”。但他并未退缩，两年之后再造两台蒸汽汽车，他成功了。这是两辆载重4~5t、速度达到9.5km/h的车辆成功地行驶了，至今其中一辆车仍珍藏于巴黎国家艺术与机械制品陈列馆（图1-3）。

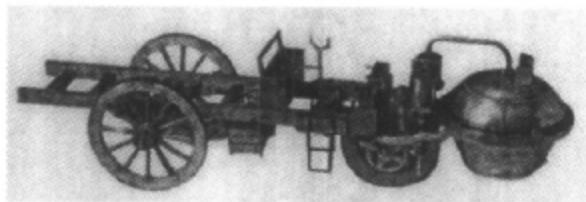


图1-3 库诺的蒸汽机汽车

各种蒸汽机汽车立即发展起来，西方各国纷纷开发和制造了自己的蒸汽机汽车，并开辟了商业营运业务。1831年英国利物浦——伦敦间的蒸汽机公共汽车，乘客达22人。车速达32km/h。

最大的蒸汽机汽车生产国是美国。其中美国洛克姆比尔公司属大型厂家，在1899~1902年的3年间，生产出4000辆蒸汽机汽车，当时美国全国有8000多辆。

迫使蒸汽机退出汽车动力的是它与内燃机竞争的失败。汽车因其总体积和质量的限制，需要体积小而功率大的动力。内燃机很快超过了蒸汽机。1929年，美国最后一辆蒸汽机汽车出厂。蒸汽机在其它动力领域仍旧得到极大的发展，直到本世纪中叶。

四、电动汽车史

电磁现象的发现，电动机和发电机的发明，最后是蓄电池的诞生创造了电动汽车问世的全部条件。能量存储密度较大的铅酸蓄电池诞生于1860年。1873年英国人汉·达比德逊完成了第一台电动汽车。

1895年巴黎举行的第一次汽车拉力赛上，参赛汽车22辆中，至少有1辆是电动汽车。电动汽车的性能十分优越。但致命弱点是价格昂贵，不仅造价贵，一次充电甚至相当于新车价格。因此，蓄电池技术及其反复充电技术一直是电动汽车发展的主要难题。

电动汽车的无可比拟的优越性使之一直保持一定的生命力，并广泛用于某些特定场合。如地下室、库房、坑道作业——一切不适宜内燃机的地方。

石油能源危机和内燃机排放毒化生态环境问题的尖锐化，再次把人们的注意力投向电动汽车。因此，有人预言21世纪可能是电动汽车的时代。现在世界各国都下很大投资开发电动汽车。

五、内燃机汽车史

1862年法国B·D·罗杰斯提出一种四冲程的内燃机循环的理论。1876年德国青年工程师N·A·鄂图以曲柄连杆机构实现了罗杰斯的设想，制成第一台往复式活塞式内燃机。这台有

4hp (2.94kW) 的汽油机具有 2.5 的压缩比, 转速 250r/min, 有效效率达到 12% ~ 14% 是空前的高效率。以后欧洲各地迅速出现改进的内燃机, 并且被装上了汽车。

实际上无法确定究竟是谁第一个装出带有内燃机的汽车。现在世界上公认德国人卡尔·本茨是现代汽车的发明者, 是指他申请领到 1886 年 1 月 29 日德国皇家专利局的专利证书——一辆带煤气发动机的三轮汽车 (专利第 37435 号) (图 1-4)。同年, 另一位德国工程师戈特利布·戴姆勒发明了四轮汽车 (图 1-5)。实际上, 1884 年法国人也申领过以内燃机为动力车辆的专利。其它未申领过专利的尝试也不在少数。总而言之, 19 世纪 80 年代是现代内燃机汽车诞生的年代。

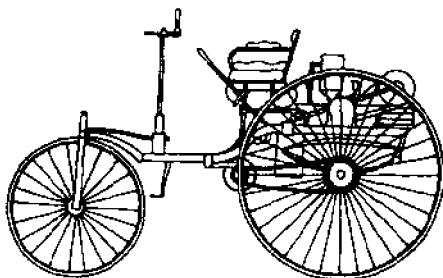


图 1-4 卡尔本茨的三轮车

1893 年德国工程师 R 狄塞尔改变思路, 发明不用外源点火的压燃式内燃机循环, 1897 年制成实用的柴油机。早期的柴油机较笨重, 在汽车上尚无力与轻巧的汽油机竞争。

内燃机汽车诞生之初并非完善, 真正辉煌的时代从 1895 年 6 月 11 日开始, 这一天在法国巴黎举行世界首届汽车拉力赛。据记录, 参赛汽车 22 辆, 其中 1 辆是电动汽车, 6 辆是蒸汽机汽车, 其余为内燃机汽车。竞赛路段是巴黎到

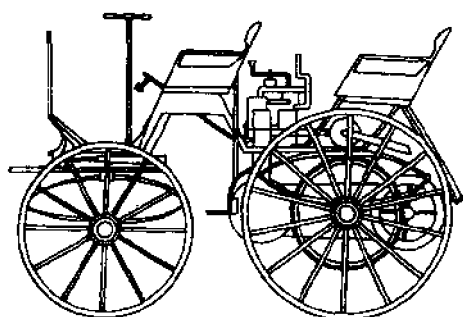


图 1-5 戈特利布·戴姆勒的四轮车

波尔多的往返里程。比赛结果有 9 辆汽车跑完全程，其中 8 辆是内燃机汽车，另 1 辆无记录。这一结果宣告了内燃机汽车的绝对胜利。蒸汽机汽车由此逐渐退出市场，直到 1923 年停止生产。

第三节 世界汽车工业略史

世界汽车工业史广义地应包括蒸汽机汽车工业史。因为在 19 世纪末，蒸汽机汽车已具有相当规模，据史料记载，美国洛克比姆公司在 1899~1902 年期间生产 4000 辆，全美国约 8000 辆保有量。另一个理由是内燃机汽车在底盘技术上与之有继承的关系。这里的汽车工业史是狭义地指内燃机汽车史。

从工业化生产的角度看，内燃机汽车有幼稚期（1886~1895）、单件生产期（1895~1914）和大生产期（1914~）。

1895 年巴黎首届汽车竞赛宣告内燃机汽车的胜利之前，人们并未承认这种新的“怪物”，甚至藐视它。只有发明家们夜以继日地改进刚刚诞生不久的内燃机及其附配件，发展

石油燃料、润滑剂。因此，实际上没有工业生产可言。

这一时期内燃机迅速由单气缸变为多气缸，转速和压缩比逐渐提高，因而发动机功率迅速增加，汽车最大速度也逐渐提高。

1895年内燃机汽车受到关注，作为最新技术产品和灵活机动的交通工具受到欢迎，逐步形成工业化生产。到1914年之前，欧洲和北美已形成数量极多的制造各种型号汽车的工厂，工厂规模都不足年产万辆。从生产形式上看，属于单件或小批量生产方式。在这一时期内，汽车技术的发展更是惊人。

汽车的最大速度一方面表现其动力的强大程度，另一方面反映其整车操纵技术和安全技术的水平，因此，常常可以作为技术水平的显性指标。1886年本茨第一辆车是16km/h的最大速度，1907年本茨厂的轿车已达95km/h的水平，专门的赛车速度已达150km/h，1909年的赛车达到230km/h。

1914年是现代汽车工业史的另一个里程碑，美国福特汽车公司的汽车流水装配线正式投产，年生产福特T型车30万辆，相当于当时全美300多家生产的总和。由此开始了汽车大生产的历史。

福特汽车公司的生产方式包含三大技术成果，第一是亨利·福特先生关于开发大众化轿车的决策。这个思想一反汽车诞生之后轿车的豪华化趋势，为轿车作为民众交通工具的普及作出了决定性贡献。第二是嫁接了机械制造的标准化思想（有人称之为标准化哲学）和流水化生产组织方式，福特T型车成为世界上以标准化思想和流水组织生产的大众化车辆，具有性能良好、规格统一、便于维修、成本低廉等优势的新产品。1908年的福特T型车售价890美元，1914年流水线生产的T型车售价490美元，1924年更进一步降低到

290 美元。继福特之后出现美国三大汽车公司，产量均以百万辆计。1924 年美国达到每 7 人一辆汽车的高普及度就是这样形成的。

汽车大生产在北美诞生和发展，欧洲和日本在两次大战中受到很大影响，没有形成汽车大生产的能力。欧洲和日本真正开始汽车大生产的局面是 60 年代。

英国工业恢复后，直到 1954 年汽车产量才超过年产百万辆大关，法国是 1958 年才达到年产百万辆，德国是 1956 年。日本在 1956 年仅产汽车 11 万辆，1963 年才超过百万辆线。1980 年日本跃过 1100 万辆大关，成为世界当年第一汽车大国——当年美国实产 800 万辆（生产能力达 1200 万辆，但开工不足）。

1980 年可看作世界汽车工业史上又一个有特征的年份。这一年世界汽车生产形成明确的三足鼎立局面：北美、欧洲共同体和日本，各自产汽车量均为千万辆级。同时，它们又共同构成传统的汽车市场。在市场上形成我中有你、你中有我的剧烈竞争。

另一个特征是传统市场逐渐走向饱和，因此，整个西方汽车工业开始向全世界寻求新市场。于是出现了汽车生产厂向第二世界迁移，汽车技术向全球扩散的局面。在这个趋势之下，第二批汽车生产大国开始出现。

亚洲较成功的是韩国。1961 年韩国汽车生产没有记录；1965 年为百辆；1970 年为 2.8 万辆；1980 年为 12.3 万辆；1993 已跃过 268 万辆，成为世界汽车生产大国之一员。

南美的巴西从 1960 年 13.3 万辆起步，1980 年跃过百万辆线。

以中国、印度、印尼为代表的第三世界国家也正以不同的速度加入这股潮流之中。

第四节 中国汽车工业略史

从现有档案查证，中国土地上第一辆汽车是1903年输入的美国产奥斯莫比尔牌轿车，领得第一号汽车行驶牌照，其所有者为上海富商。同年，犹太富商为他的雷诺牌汽车领得的牌照是第71号。由此推测，当时汽车总量在百辆之数。

现存于北京的最早的轿车是1908年袁世凯奉献给慈禧太后的。

中国制造汽车的尝试在何时、何地、何人未曾详考。1928年，沈阳北大营军工厂在奉系军阀张学良将军支持下，聘请美国技师指导，300多名汽车修理工成功仿造了美国万国牌载货汽车，一年中装出10辆。

1936年中国政府曾有计划与德国本茨汽车公司合作，成立官办“中国汽车制造公司”，拟先组装汽车、后制造汽车。翌年，抗日战争爆发，此议遂搁置下来。抗日战争期间，一些爱国企业家和知识分子也曾作过类似努力，甚至动手组装出几辆汽车，毕竟战争临近难以持续。直到1949年国民党离开大陆，中国只有汽车使用和修理，没有汽车制造业。

1949年新中国成立。经短暂的经济恢复期，1953年第一汽车制造厂在长春市奠基。1956年从第一汽车制造厂流水装配线上开出第一台解放牌汽车。这一段时期，中国汽车技术和工业生产是在当时苏联的指导和帮助下发展起来的。

1958年左右，中苏交恶。中国汽车工业与其它经济部门一起进入自力更生的时期。在初步形成了自己的基础工业之后，我国各地纷纷仿造和试制了多款汽车，逐渐形成了几个较有规模的汽车制造厂。除第一汽车制造厂外，较大规模

的有南京汽车制造厂、北京汽车制造厂等。1964年开始筹建第二汽车制造厂，从当时的政治、军事和经济建设观点出发选择湖北省西北部山区（现今十堰市）建厂。全国相关行业大协作，从1967年开始动工，其中经过文化大革命，1978年开始批量投产，80年代中期达到年产中型载货汽车10万辆以上的规模。

1978年中国社会发生了重大改变，改革开放的政策在中国逐渐实施，与汽车技术、汽车生产向全球扩散的进程恰好同步。中国的汽车生产逐渐开始走上与世界工业经济接轨的道路。第一家大型中外合资企业是80年代中期在上海兴建的上海大众汽车公司。以后，国际交流合作大大增加，国内汽车产量也在不断增长。到本世纪末，中国将形成若干大型汽车生产基地。如第一汽车集团、东风汽车公司、上海汽车工业公司等，汽车生产能力预计将达到总共200~300万辆的能力。在增加汽车产量的同时，人们已注意到提高自主开发能力的重要性，努力培植自己的汽车产品开发队伍。

第五节 汽车的类型与组成

一、汽车的类型

汽车产品有多种分类方式，以表示不同特征。

1. 汽车产品按社会属性的分类

为了回答汽车是生产资料还是消费品的问题，要从汽车产品实际用途出发，汽车分三类。

凡被用作国家防备及军事用途者，属军需品，统称军用汽车。

凡被用作社会公务和生产用途者，属生产资料。为简要

起见，这里把社会和国家机构的一切公务活动，各种经济组织直至个人的生产经营活动全部归纳这一类中。

凡被用作日常生活——一切非盈利的日常活动，则属生活消费品。运动车和文物车也属此。

每一辆具体的汽车有时可兼有两种性质，或时而甲，时而乙。

2. 汽车产品按技术特征的分类

各种汽车的特性源自人们的需要，汽车分为载客和载货两类，早在汽车诞生之时就确定了。客车源自内燃机汽车诞生之前已营运数百年的公共交通方式——马拉的驿车和蒸汽机公共汽车。轿车是马拉豪华轿车的必然延续。载货汽车则是货运马车和货运蒸汽机汽车的自然发展。

随着现代文明的迅速发展，人们对作为交通工具汽车的要求和作为具有特种功能的汽车的需要层出不穷，因而出现了具有各种各样技术特性的汽车产品，构成了现代汽车大家族的五彩纷呈局面。这个大家族主要分三支。

第一支是轿车族。轿车在西方工业国家普及，并逐渐向全世界扩散，是20世纪文明的主要特征之一。轿车按其大小和豪华程度排列，从极奢华的皇族专车到小如甲虫的超微型车。

第二支是公路运输车，包括公路货运和公路客运两个分支。这类车辆按照其载质量或总质量的大小排列成序。例如：载货车按总质量，即载重物质量加汽车自身质量分为重型、中型、轻型和微型。汽车型号中常常直接标出质量的吨位。客运用则由客车的长度或乘客座位数多少表达其大小。

第三支为特种车。所有以交通工具为基本功能，再附加各种特定功能的汽车属于此，但不包含各类工程机械。

特种汽车的特点是品种极其繁杂，而同一品种的汽车数

量甚少，大多由普通汽车改装而成，即利用大量生产的汽车部件为基础，加上特制件拼装而成。

二、汽车分类标准

随着汽车用途日趋广泛，汽车结构性能不断地得到改进，因而汽车种类也越来越多（图 1-6）。为便于国产汽车和半挂车的生产、管理、销售及其产品统计，国标 GB3730.1—88 规定了在公路城市道路和非公路上行驶的国产汽车和半挂车的分类标准，进口汽车也可参照执行。以下根据国标 GB3730.1—88 对汽车进行分类。

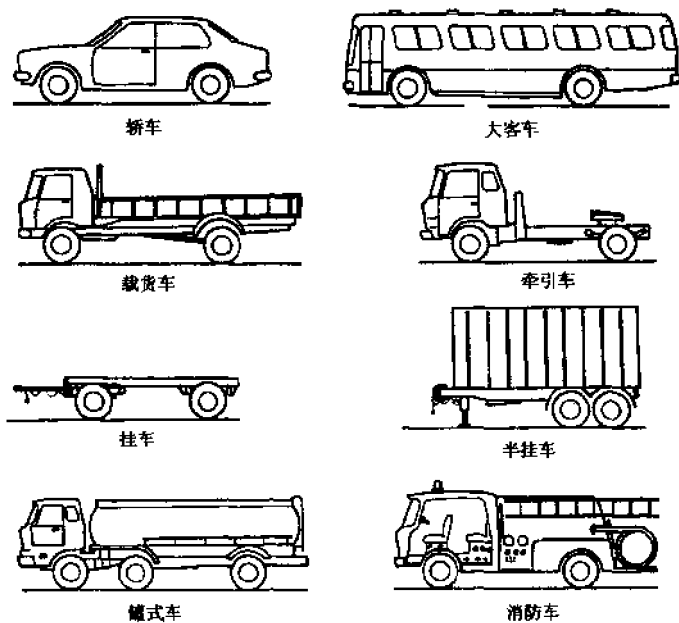


图 1-6 汽车分类

1. 货车

货车是载货汽车的简称，又称载重汽车（卡车），主要用于运送货物，有的可牵引挂车。货车一般采用前置发动机，车轴数有二轴、三轴，常用的驱动型式有 4×2 、 6×2 、 6×4 等。货车有独立的驾驶室和货箱两部分。

货车分类有两种方法：

(1) 按最大总质量分类

一般国家均按最大总质量分类，中国以前是按最大装载质量分类。1988年后，按最大总质量分类（表1-1）。

货车分类（GB3730.1—88） 表1-1

类 型	微 型	轻 型	中 型	重 型
最大总质量 (t)	≤ 1.8	$1.8 < \sim 6.0$	$6.0 < \sim \leq 14.0$	> 14.0

(2) 按驾驶室与发动机的相对位置分类

a. 长头货车

长头货车的特点是将驾驶室布置在发动机之后。其优点是发动机维修方便，驾驶室受到的热量和振动较小、操纵机构简单，前轴负荷小，在坏路上通过性较好；其缺点是汽车轴距和总长度较大，最小转弯半径较大，视野不好。一般来说，长头式比较适合使用条件较差的货车，轻型货车则很少采用。

b. 短头货车

短头货车发动机的一部分伸入驾驶室内，汽车总长和轴距相对缩短，但驾驶室内部较挤，发动机维修不够方便。

c. 平头货车

驾驶室位于发动机上方。其优点是汽车总长和轴距较短，自重较轻，视野开阔；其缺点是发动机维修不方便，汽车高度较大。

d. 偏置货车

这种货车驾驶室偏置于发动机的一旁，多用于超重型矿用自卸车上。

2. 专用汽车

专用汽车是指为完成特定的载运（货物或人员）或作业任务，装置有专用设备或经过特殊改装的汽车。可分为厢式汽车、罐式车、专用自卸汽车、起重举升汽车、仓栅式汽车和特种结构汽车。中国行业标准 ZBT50004—89 对此做了专门的规定。

(1) 厢式汽车

厢式汽车是指具有独立的封闭结构车厢或与驾驶室联成一体整体式封闭结构车厢，装备有专用设施。用于载运人员、货物或承担专门作业的专用汽车和专用挂车。例如：救护车、售货车、淋浴车、冷藏车、电视转播车、邮政车。

(2) 罐式汽车

罐式汽车是指装置有罐状的容器，并且通常带有工作泵，用于运输液体、气体或粉状物质，以及完成特定作业任务的专用汽车和挂车。

例如：油罐车、沥青运输车、液化气罐车、洒水车、消防车等。

(3) 专用自卸车

装有由本车发动机驱动的液压举升机构，能将车厢卸下或使车厢倾斜一定角度，货物依靠自重能自行卸下的专用汽车。

(4) 起重举升汽车

起重举升汽车是指装置有起重设备或可升降的作业台（斗）的专用车。

(5) 仓栅式汽车

仓栅式汽车是指只有仓笼式、栅栏式结构的车厢，用于

运输散装颗粒食物、畜禽等货物的专用汽车和专用挂车。

(6) 特种结构汽车

特种结构汽车是指具有桁架形结构、平板结构等各种特殊结构的专用汽车和专用挂车。

3. 越野汽车

越野汽车是指主要用于坏路或无路地区、具有高通过性的全轮驱动汽车。越野汽车通常采用两个或两个以上的驱动桥。

4. 自卸汽车

自卸汽车是指以运送货物为主而具有可倾卸货箱的汽车。

5. 牵引车和挂车

(1) 牵引汽车

牵引汽车是指专门或主要用于牵引挂车的汽车。分为全挂牵引汽车和半挂牵引汽车。

全挂牵引汽车——主要用于牵引全挂车，采用牵引杆来牵引挂车，一般都装有辅助货台，亦可作普通货车用。

半挂牵引汽车——专门用于牵引半挂车。

(2) 挂车

挂车是指由汽车牵引、本身没有自带动力及驱动装置，用以载运人员或货物的车辆。挂车分为全挂车、半挂车、特种挂车等。挂车无法单独行驶，需由牵引汽车拖动组成汽车列车。

6. 客车

客车是指具有长方箱形车厢，主要用于载送人员及其行李物品的汽车。客车有单层，也有双层的；有铰接的，也有靠牵引的结构形式。

客车一般有9个以上座位（包括驾驶员座）。70年代以

来，9座以下的微型客车得到了发展。80年代中期，又出现了性能接近轿车的MPV（子弹头）客车。客车分类按表1-2规定。

客车分类（GB3730.1—88） 表1-2

类 型	说 明
微型客车	车辆长小于或等于3.5m的客车
轻型客车	车辆长大于3.5m且小于或等于7m的客车
中型客车	车辆长大于7m且小于或等于10m的客车
大型客车	车辆长大于10m
特大型客车	铰接客车和双层客车

7. 轿车轿车是指用于载送人员及其随身物品，且座位布置在两轴之间的汽车。轿车按发动机排量可分为微型轿车、普通级轿车、中级轿车和高级轿车。轿车分类按表1-3规定。

轿车分类（GB3730.1—88） 表1-3

类 型	说 明
微型轿车	发动机排量小于或等于1L的轿车
普通级轿车	发动机排量大于1L且小于或等于1.6L的轿车
中级轿车	发动机排量大于1.6L且小于或等于2.5L的轿车
中高级轿车	发动机排量大于2.5L且小于或等于4L的轿车
高级轿车	发动机排量大于4L的轿车

除以上分类方法外，有的国家按公路交通法规，将汽车分为：

(1) 公路用汽车

指符合公路交通法规限制，如：轮廓尺寸、总质量、轴

载荷等限制的汽车。

(2) 非公路用汽车

指超出公路交通法规限制条件的汽车，如：越野汽车、工矿自卸车、农用汽车等。

另外，根据汽车动力装置、形式，还可以将汽车分为：

(1) 蒸汽机汽车——以蒸汽机为动力装置的汽车，现已被淘汰。

(2) 电动汽车——车上装有蓄电池装置和电动机，由电力驱动的汽车。一般专指蓄电池汽车。

(3) 内燃机汽车——以内燃机为动力装置的汽车。当代汽车大部分采用往复式活塞式内燃机，少数采用转子式内燃机。按内燃机所用燃料，分为汽油机汽车和柴油机汽车。此外有采用液化石油气、甲醇、乙醇、煤油、煤气、天然气等代用燃料的汽车。

(4) 其它动力装置的汽车——装用燃气轮机或斯特林发动机的汽车；氢气燃料汽车；太阳能汽车等。以及 20 世纪 60 年代后期出现的复合动力汽车，即装有两种动力装置，其中之一必须具有回收能量的储能装置。如内燃机和蓄电池复合动力汽车。

三、汽车产品型号规则

各种不同类型的汽车，可以规定用一个简单的代号来表示其厂牌、用途和基本性能特征。这就给汽车的生产、使用维修与管理部门带来很多方便。

汽车的产品型号构成由企业名称代号、车辆类别代号、主参数代号、产品序号组成，必要时附加企业自定代号（图 1-7）。对于专用汽车及半挂车还应增加专用汽车分类代号（图 1-8）。

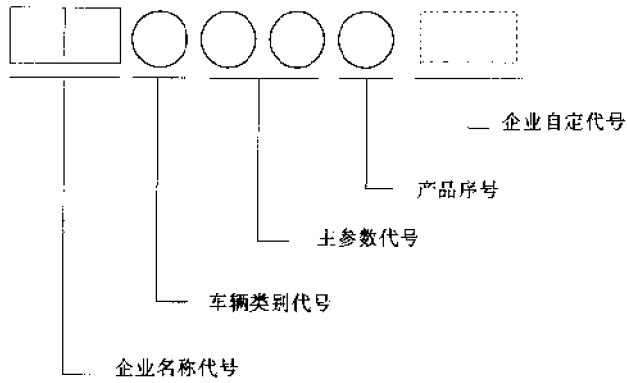


图 1-7 汽车产品型号构成

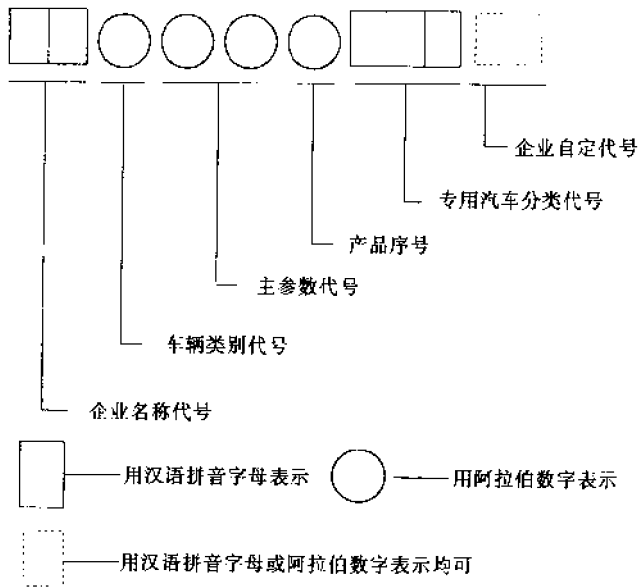


图 1-8 专用汽车产品型号构成

1. 企业名称代号

企业名称代号位于产品型号的第一部分，用代表企业名称的两个或三个汉语拼音字母表示。

2. 车辆类别代号

各类汽车的类别代号位于产品型号的第二部分，用1位阿拉伯数字表示，按表1-4规定。

表 1-4

车辆类别代号	车辆种类	车辆类别代号	车辆种类	车辆类别代号	车辆种类
1	载货汽车	4	牵引汽车	7	轿车
2	越野汽车	5	专用汽车	8	空号
3	自卸汽车	6	客车	9	半挂车及专用半挂车

3. 主参数代号

各类汽车的主参数代号位于产品型号的第3部分，用两位阿拉伯数字表示。

(1) 载货汽车、越野汽车、自卸汽车、牵引汽车、专用汽车与半挂车的主参数代号为车辆的总质量 (t)。牵引汽车的总质量包括牵引座上的最大质量。当总质量在 100t 以上时允许用三位数字表示。

(2) 客车及半挂客车的主参数代号为车辆长度 (m)。当车辆长度小于 10m 时，应精确到小数点后一位，并以长度 (m) 值的十倍数值表示。

(3) 轿车的主参数代号为发动机排量 (L)，应精确到小数点后一位，并以其值的十倍数值表示。

(4) 专用汽车及专用半挂车的主参数代号，当采用定型汽车底盘或定型半挂车底盘改装时，若其主参数与定型底盘原车的主参数之差不大于原车的 10%，则应沿用原车的主

参数代号。

(5) 主参数的数字修订按《数字修订规则》的规定。

(6) 主参数不足规定位数时，在参数前以“0”占位。

4. 产品序号

各类汽车的产品序号位于产品型号的第4部分，用阿拉伯数字表示，数字由0、1、2……依次使用。

5. 专用汽车分类代号

专用汽车分类代号位于产品型号的第5部分，用反映车辆结构和用途特征三个汉语拼音字母表示，结构特征代号按表1-5的规定，用途特征代号另行规定。

表 1-5

厢式 汽车	罐式 汽车	专用自卸 汽 车	特种结构 汽 车	起重举升 汽 车	仓栅式 汽 车
X	G	Z	T	J	C

注：表1-5也适用于专用半挂车

6. 企业自定代号

企业自定代号位于产品型号的最后部分，同一种汽车结构略有变化而需要区别时，可用汉语拼音字母和阿拉伯数字表示，位数由企业自定。供用户选装的零部件不属结构特征变化，应不给予企业自定代号。下面举几个例子来说明汽车产品型号。

例1.东风汽车公司生产的第二代载货汽车，总质量为9290kg，其型号为：EQ1091。

EQ——企业名称代号，表示东风汽车公司；

1——车辆类别代号，表示载货车；

09——主参数代号，9表示载货车的总质量，因不足规定位数，在参数9前以0占位；

1——表示产品序号。

例 2. 东风汽车公司生产的越野汽车，越野时总质量为 7720kg，其型号为：EQ2080。

EQ——企业名称代号；

2——车辆类别代号，表示越野汽车；

08——主参数代号，8 表示越野汽车越野时总质量，因不足规定位数，在参数 8 前以 0 占位；

0——表示产品序号。

例 3. 神龙汽车有限公司生产的富康轿车，发动机排量为 1.36L，其型号为：DC7140。

DC——企业名称代号，表示神龙汽车有限公司；

7——车辆类别代号，表示轿车；

14——主参数代号，表示发动机排量为 1.36L；

0——表示产品序号，第一代产品。

四、汽车的组成

汽车由成千上万个零部件装配而成，且型号很多，用途与构造各异，但从汽车的整体构造而言，任何一辆汽车都包括四大组成部分：发动机、底盘、车身、电气设备。图 1-9 是汽车的典型总体构造。

1. 发动机

发动机是汽车的动力装置，其作用是使供入其中的燃料经过燃烧而变成热能，并转化为动能，通过底盘的传动系驱动汽车行驶。

2. 底盘

底盘是用来支承车身，接受发动机产生的动力，并保证汽车能够正常行驶。底盘本身又可分为传动系、行驶系、转向系和制动系四种装置。

传动系——将发动机产生的动力传给驱动车轮。它由离

合器、变速器、万向传动装置、驱动桥中的主减速器、差速器和半轴等组成。

行驶系——把汽车各总成、部件连接成一体，支承全车载荷，保证汽车行驶。它由车架、车桥（前桥和后桥）、车轮和悬架等组成。

转向系——保证汽车能够按照驾驶员所给定的方向行驶。它由带转向盘的转向器总成和转向传动机构（横、直拉杆）等组成。

制动系——能够对汽车的减速过程进行人为控制，必要时并能在最短距离内停车，以保证行车安全。它由车轮制动器、手制动器和制动传动装置等组成。

3. 车身

车身用来乘坐驾驶员、旅客或装载货物。轿车有一整体的车身；载货汽车车身则包括车头、驾驶室与车箱三部分组成。

4. 电气设备

电气设备包括电源、发动机起动系以及汽车照明等用电设备组成。在强制点火的发动机中还包括发动机的点火系。

以上所述是当前大多数汽车的总体构造。为了适应不同使用要求及改善汽车某些方面使用性能，汽车的总体构造和布置型式可作某些变动。例如，为了提高汽车的通过性能，越野汽车做成全部车轮驱动，这时所有车桥都成为驱动桥并

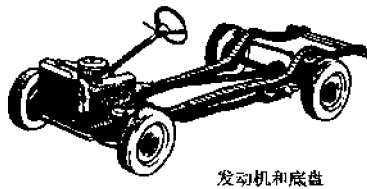
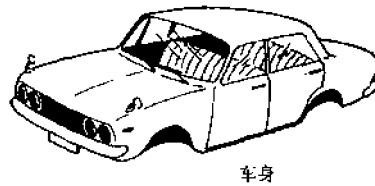


图 1-9 汽车的总体构造

在传动系中相应地增设分动器等总成。又如，为了提高汽车的载质量，同时受现有道路允许轴载荷的限制，有的载重车除前后桥外，还加设支持桥。当载质量小时，支持桥被提升机构吊起，全车仅由两桥支承；当载质量大时，支持桥落下，全车由三桥支承。

汽车结构的发展过程是不断出现矛盾和解决矛盾的过程。因此在研究汽车总体和部件的构造时，应看到它们只是解决汽车在使用、制造过程中出现的一系列矛盾的结果，其结构型式不是一成不变的。

第二章 汽车发动机

第一节 概 述

一、汽车对其驱动单元的要求

尽管现代工业技术可以提供很多种类的动力机组作为汽车的驱动单元，但其对汽车要求的满足程度，决定了其竞争力。汽车对其动力源的主要要求如下：

1. 能量密度高

动力机组所能发出的功率与整套机组的体积或重量之比，可视作比较的指标。

活塞式蒸汽机动力缸并不大，但包括燃料仓与锅炉在内的装置又大又重。活塞式内燃机带油料箱和附件时，其尺寸与重量小得多。所以内燃机替代蒸汽机成为汽车动力的基本型式。

2. 节约资源，有利于可持续发展

包括从制造到使用的全过程，汽车的动力机组应尽量减少资源的消耗。对石油燃料汽车而言，主要指燃料消耗率低，同时也指其它资源，如润滑油及各种原材料消耗率低。从更广泛的意义上说，还包括资源回收再利用的程度。例如对电动汽车而言，蓄电池材料的回收利用十分重要。节约资源的目的是为了更有利于国家乃至全人类的可持续发展。

3. 使用安全性高

在汽车行驶过程中，也包括出现意外事故等不测情况时，动力机组的安全性要高。汽油自燃，碰撞时油箱爆炸，高压容器爆炸等均属于此。对于某些场合，这种情况自身不可避免，则应采取良好的安全保障措施。

4. 有足够大的自由活动范围

通常用一次加足能量后汽车可以续驶的里程来表达。例如目前内燃机汽车一次加油后续驶里程可以相当大，少则300km，多则1000km，而且中间加油时间很短。

电动汽车目前两个较大难题，一是一次充电续驶里程不够长（目前水平约在100km左右），二是充电一次时间长。人们正在努力提高电动车的自由活动半径。

5. 对地球生态环境的有害性

汽车动力装置在整个制造、使用乃至回收处理过程中，都可能产生各种损害生态环境的物质或其它不利影响。内燃机汽车的有害气体排放、振动与噪声，是当前最受关注的大污染源。无废气排放、无噪声的电动汽车因而具有极大竞争优势。不过，电动汽车制造与使用过程中是否会造成重金属污染等问题尚须研究。

6. 制造和使用成本较低

这是成为市场商品的必要条件，其销售和使用费应在顾客可以接受的水平上。

二、现实的和未来的汽车动力

从1895年通过公开竞赛内燃机获得优胜，取代汽车动力的绝对垄断地位，一百年来内燃机技术又连续不断进步。迄今为止，还没有任何一种其它动力装置能对内燃机的地位提出挑战。

20世纪70年代以来，因为汽车总量猛增到空前的数量

(目前世界在用汽车约 5~6 亿辆)。因此由汽车内燃机排出废气对大气环境污染的比重大大上升,汽车内燃机受到巨大的压力,要求其大幅度减少以至完全没有毒性废气排放。电动汽车因此重新成为研究开发的热点。

不过,电动汽车本身还有许多技术难题要攻克,目前还没有对内燃机的权威地位构成真正有力的威胁。内燃机本身则在这个绝大压力下取得新的进展。因此,未来 10 年乃至 20 年内燃机作为汽车动力的权威地位还不会改变。

内燃机的发展有两个主要方向,一是保持传统燃料(汽油、柴油)不变,提高燃料经济性,降低有害废气排放。用现代电子技术精确控制发动机工作过程就是主要措施之一。

另一个方向是开发代用燃料,液化石油气、压缩天然气、醇类(甲醇、乙醇)、氢气等是目前正在深入研究的课题。有些已成为商品。

电动汽车有许多形式,太阳能汽车实际上也是电动汽车,太阳能转换为电能之后,通过电动机驱动车轮。蓄电池电动机和燃料电池—电动机装置,是两大类较有前途的驱动形式。

历史上曾有人研究过核能在汽车上的应用前景,结论是否定的。核能还是以固定式发电为宜。除了核动力船舶,陆地移动式装置有许多不安全因素。

还有其它类型动力机组,都在研究阶段,此处从略。

第二节 发动机工作原理和总体构造

汽车的动力来自发动机,把燃料燃烧的热能变成机械能的发动机称为热力发动机。热力发动机可分成外燃机和内燃机,蒸汽机属于外燃机,把燃烧的热能不通过中间介质就直

接变成机械能称为内燃机。

活塞式内燃机的特点是燃料在气缸内燃烧，将其所产生的热能转变为机械能，再通过一系列的传动机构，驱动汽车前进。活塞式发动机具有热效率高，结构紧凑，质量小，便于起动和维修，在汽车领域占有统治地位。目前汽车上使用的活塞式发动机按其所用燃料不同，主要有汽油机和柴油机两大类。

汽油机具有轻小价廉、运转轻松及启动、使用简便等特点，现在大部分轿车装汽油机。柴油机也发展到较为完善的程度，柴油机的经济性在现有动力机中几乎为最好，因此在货车上广泛使用。近年在部分轿车上也装用了柴油机。

一、发动机工作原理

1. 四冲程汽油机工作原理

汽油机是一部复杂的机器，但产生动力的工作原理却比较简单。首先将燃料和空气在化油器中混合，形成混合气，并将混合气引入气缸，压缩点燃使之燃烧发出热量并膨胀，推动活塞和连杆使曲轴旋转，对外作功，最后把废气排出气缸，完成一个工作循环。以此循环不断往复。

活塞在气缸内上下运动（图 2-1）。活塞在最高位置处称为上止点，在最低位置处称为下止点。上、下止点的距离 S 称为活塞行程。活塞每进行一个行程，曲轴转 180° 。活塞从上止点到下止点所扫过的容积称为气缸工作容积 V_h 。各缸工作容积的总和，称为发动机排量 V_L 。燃烧室容积 V_c 是指活塞在上止点时，其上部所留的空间。气缸总容积 V_s 是指燃烧室容积 V_c 与工作容积 V_h 之和。压缩比（是气缸总容积 V_s 与燃烧室容积 V_c 之比。压缩比对发动机性能影响很大，压缩比大，压缩终了时的温度、压力高，燃烧速度

快，发动机功率大，油耗低。轿车汽油机压缩比一般为7~11，而柴油机压缩比一般为16~22，这就是柴油机省油的主要因素之一。

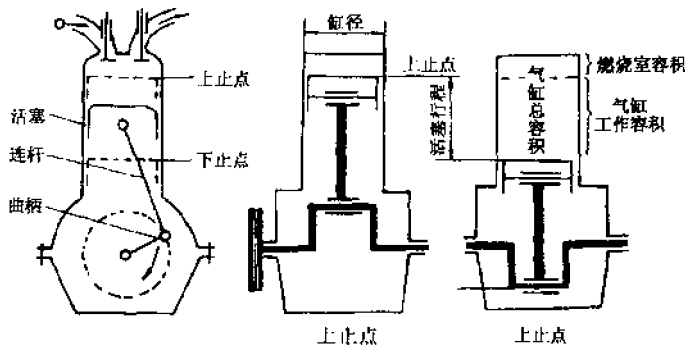


图 2-1 曲柄连杆机构示意图

·气缸工作容积 V_h 和发动机排量 V_L 的计算公式：

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^6} S \quad (\text{L})$$

$$V_L = V_h \cdot i$$

式中： D ——气缸直径 (mm)；

S ——活塞行程 (mm)；

i ——气缸数。

例如：东风 EQ1090F 汽车发动机的气缸直径为 100mm，活塞行程为 115mm，则：

$$V_h = \frac{3.14 \times 100^2}{4 \times 10^6} \times 115 = 0.903 \quad (\text{L}), \quad V_L = 0.903 \times 6 =$$

5.42 (L)。 V_L 正是汽车使用说明书上告诉我们的发动机排量。显然，发动机排量越大，每个工作循环吸进气缸的可燃混合气（或纯空气）越多，能够产生更大的动力。

·压缩比的计算公式：

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c}$$

式中： V_a ——气缸总容积： $V_a = V_c + V_h$ ；

V_c ——燃烧室容积；

V_h ——气缸工作容积。

活塞往复四个行程，曲轴转两圈完成一个循环的发动机称为四行程发动机。

四行程汽油机工作原理见图 2-2。

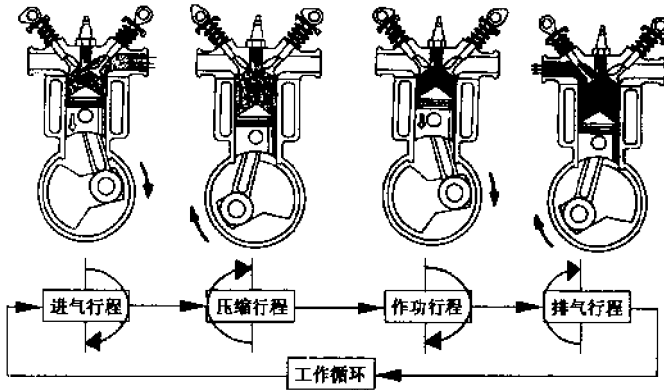


图 2-2 四行程汽油机工作原理

(1) 进气行程

活塞被曲轴带动由上止点向下止点移动(曲轴旋转 180°),气缸内的气压降低,产生真空吸力。此时进气门开启,排气门关闭,汽油与空气所形成的可燃混合气被吸入气缸。

(2) 压缩行程

随着曲轴转动,活塞由下止点向上止点移动(曲轴旋转 180°)。与此同时,进、排气门均关闭,活塞压缩可燃混合气,使其温度和压力同时升高。

(3) 作功行程

当压缩行程终了活塞接近上止点时,火花塞产生电火花点燃混合气。气缸中燃料燃烧放出热能,使气体受热膨胀,压力和温度急剧上升,推动活塞从上止点移动到下止点(曲轴旋转 180°),对外作功。在此行程中进、排气门均保持关闭。

(4) 排气行程

在曲轴飞轮系统惯性力的作用下,活塞又从上止点向上止点移动(曲轴旋转 180°)。此时进气门关闭,排气门开启,燃烧过的废气,被活塞挤出气缸之外。

2. 四行程柴油机工作原理

四行程柴油机和汽油机一样,每个工作循环活塞也经过四个行程。由于柴油机所用燃料是柴油,其特点是粘度比汽油大且不易蒸发,但柴油的自然温度比汽油低。因此,进气行程吸入的充量为纯空气,压缩行程接近上止点时,柴油要经喷油泵把燃油压力提高到 10MPa 以上,然后经喷油器以油雾形式直接喷入气缸,与高温空气混合并自然,经过做功行程后,废气被排出气缸,完成一个工作循环(图2-3)。

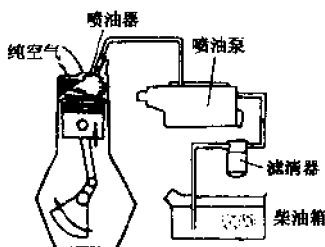


图 2-3 四行程柴油机示意图

3. 二行程发动机工作原理

凡活塞仅往复两个行程(曲轴旋转一周)即完成一个工作循环的发动机,叫做二行程发动机。这种发动机的工作过程(见图2-4)如下:

(1) 作功—换气行程 活塞到达上止点,用电火花点燃混合气(柴油机此时则向气缸内喷入柴油并随即自行着火),燃烧气体产生的压力将活塞从上止点推向下止点。活塞下行

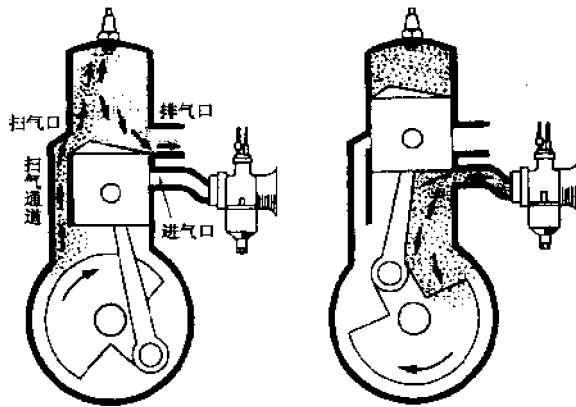


图 2-4 二行程汽油机工作原理示意图

到接近下止点时，废气经排气口（或排气门）排出，同时曲轴箱内受压的新鲜混合气从扫气口冲入气缸，进一步扫除废气，实现气缸的换气。

(2) 换气—压缩行程 活塞从下止点向上止点移动，当扫气口与排气口（柴油机采用排气门，位于气缸顶部）关闭后，即对可燃混合气（或纯空气）进行压缩，利用活塞下部产生的部分真空，同时又将新鲜混合气吸入曲轴箱内，为换气过程作准备。

可见，二行程发动机是在下止点附近很短的活塞移动距离内，抓紧时机进行换气。为了提高换气效率，二行程柴油机装有专门的换气泵。

二行程发动机曲轴每转一圈作功一次，四行程发动机则每转两圈作功一次。在相同的气缸尺寸及曲轴转速下，前者所产生的功率等于后者的 1.5~1.7 倍。但汽油机的新鲜混合气在换气时有少部分会随着废气排出气缸而浪费。

二行程汽油机结构简单，重量轻，造价低，在摩托车上

得到了广泛的应用。

由于二行程柴油机换气时进入气缸的是纯空气，不会造成燃料直接随废气排出。并且，对于相同尺寸的气缸来说，其功率较四行程发动机高得多，发动机的转速提高较快，比较适应山区公路上换挡频繁的情况，所以二行程柴油机在汽车上也获得了应用。

二、发动机类型与总体构造

1. 发动机的类型

汽车发动机基本上采用往复式活塞式内燃机。往复式活塞式内燃机可以从不同角度进行分类。

按完成一个工作循环所需要的行程数，可分为四行程发动机和二行程发动机。

按发火方式的不同，可分为点燃式发动机和压燃式发动机。汽油机为点燃式发动机，柴油机和多种燃料发动机为压燃式发动机。

按所用燃料的不同，可以分为柴油机、汽油机、液化石油气、天然气、酒精机、煤气机和多种燃料发动机等。

按气缸排列的不同，可分为单列式、双列式。单列式多为直立式和卧式两种，而双列式也有 V 型和对置之分，分别如图 2-5 所示。

按气缸数目分为单缸机和多缸机。我们知道四行程发动机一个工作循环的四个活塞行程中，只有一个行程在做功，其余三个行程为作功做准备，因此单缸机在做功行程时曲轴转得快，发动机的转速不稳定，人们称单缸机为“嘟嘟嘟”。另外，单缸机平衡性差，输出功率小，汽车上很少采用单缸机。轿车上使用最多的为四缸机和六缸机。

按冷却方式分为水冷和风冷两种，大部分车用发动机采

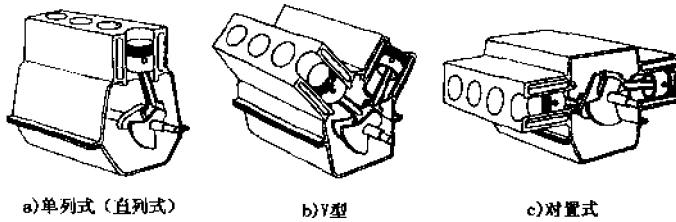


图 2-5 气缸的排列

用水冷却方式，摩托车上装的二行程发动机一般采用风冷却方式。

按吸气状态分为自然吸气式和增压式两种，自然吸气式即为吸入气缸的空气直接来自大气。而增压式发动机是增加大气压力、提高密度后，再吸入气缸。车用柴油机常用废气涡轮增压方式，这种装置的最大优点是废气利用，增加了发动机的动力性和经济性。废气涡轮增压器原理见图 2-6 所示。来自排气管的废气气流冲击涡轮，使涡轮高速旋转，最

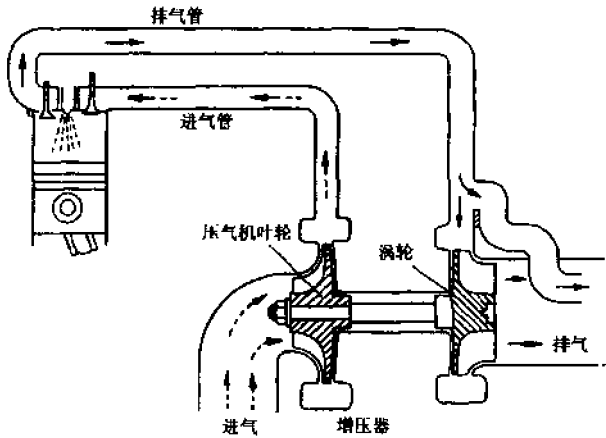


图 2-6 废气涡轮增压柴油机

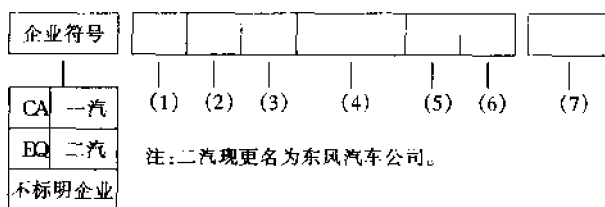
后排入大气。与涡轮同轴的压气机叶轮也以相同的转速转动，使吸入的空气压力增高，从而增加充气量。

2. 发动机的总体构造

发动机工作原理中提到的曲轴连杆机构，只说明了将热能如何转化为机械能的过程。要完成这种能量转化的任务并对发动机的工作进行有效的控制，必须使发动机的结构更加完善。各种发动机总体构造尽管有可能不同，但它们的主要结构是大体相同的。一台完善的汽油发动机必须包括两大机构和五个系统，见图 2-7。

3. 汽车发动机产品名称和型号

汽车发动机型号的排列顺序及符号代表的意义如下：



- (1)——气缸数
- (2)——气缸排列符号 (无符号——直列；V——V型；P——平卧型)
- (3)——行程符号 (E表示二行程，四行程不标注)
- (4)——缸径符号 (以气缸直径的mm数表示)
- (5)——结构特征 (无符号——水冷；F——风冷；Z——增压)
- (6)——用途符号 (无符号——通用；Q——车用)
- (7)——名称 (汽油机或柴油机)

例如：EQ6100 汽油机；6110Q 柴油机；165F 柴油机；12V135Z 柴油机。

三、发动机的主要性能指标

发动机的主要性能指标有动力性和经济性指标。

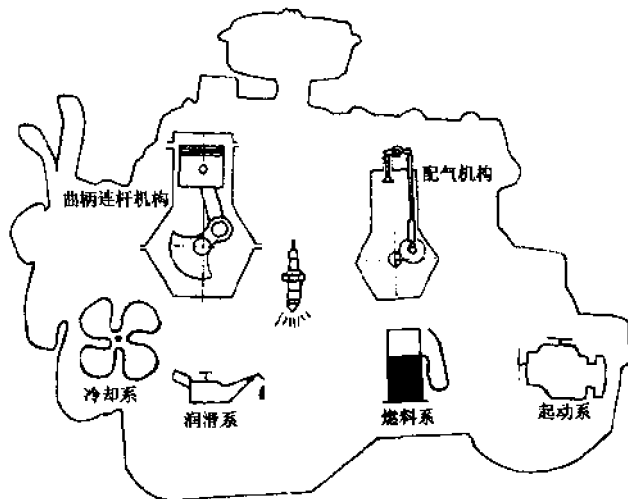
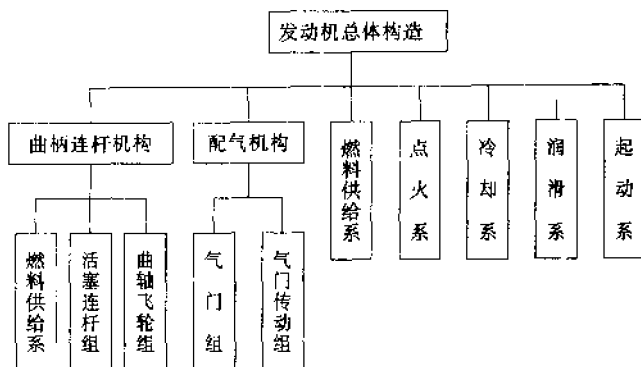


图 2-7 汽油机总体构造

1. 发动机转速

当发动机转速提高时，单位时间内完成的工作循环次数增多，因此发动机的动力会随之增大。

在说明发动机的动力大小时，要标明产生此动力时曲轴的对应转速。

2. 发动机的有效转矩

发动机通过飞轮对外输出的转矩称为有效转矩 T_e ，单位为“牛顿·米 (N·m)”。发动机发出的动力，通过发动机的飞轮、底盘的传动系，传给汽车的驱动车轮，用以克服汽车行驶中所遇到的各种行驶阻力。行驶阻力增加，发动机发出的转矩也需要相应加大。这就要靠驾驶员去控制调节发动机的燃料系，使每个工作循环中投入燃烧的燃料量增加，使气缸中产生更高的爆发压力，活塞能够以更大的推力驱动曲轴旋转，因而使曲轴获得更大的转矩。

3. 发动机的有效功率

发动机通过飞轮对外输出的功率称为发动机的有效功率 P_e ，单位为“千瓦 (kW)”。它等于发动机有效转矩 T_e 和曲轴角速度的乘积。

$$P_e = \frac{T_e \cdot n}{9550} \quad (\text{kW})$$

式中： T_e ——有效转矩，N·m；

n ——发动机转速，r/min。

发动机产品铭牌上标明的功率和相应转速称为额定功率和额定转速。

4. 燃油消耗率（比油耗）

发动机每发出 1kW 有效功率，在 1h 内所消耗的燃油质量（以克为单位），称为燃油消耗率，用 g_e 表示。很明显，燃油消耗率越低，经济性越好。

燃油消耗率按下式计算：

$$g_e = \frac{G_f}{P_e} \times 10^3 \quad (\text{g/kW}\cdot\text{h})$$

式中： G_f ——发动机每单位时间的耗油量，kg/h，可由试验测定；

P_e ——发动机的有效功率，kW。

第三节 曲柄连杆机构

一、曲柄连杆机构的功用

燃料燃烧时会放出大量热量，燃气温度和压力急速上升。曲柄连杆机构的功用是把燃气作用在活塞上的力转变为曲轴的转矩，从而对外输出机械能。

二、曲柄连杆机构的构造

曲柄连杆机构的构造，按其结构特点分为：机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组。

1. 机体组

机体组是发动机的骨架，大部分零件和附件都安装其上，要求有足够的强度和刚度。机体组由气缸盖、气缸垫、气缸体和油底壳等组成（图 2-8）。

(1) 气缸体

气缸体中安装活塞的部位称为气缸，各气缸连铸成为整体叫做气缸体。气缸体的作用是支承发动机所有的运动部件和各种附件。气缸体内设有冷却水道和润滑油道，保证对在高温状态下工作和高速运动零部件进行可靠的冷却和润滑。

(2) 气缸套

气缸体一般由铸铁制造，为了提高气缸工作表面的耐磨性，气缸内镶有用耐磨材料制造的气缸套，以延长气缸的使用寿命。气缸套有干式和湿式两种（图 2-9），湿缸套与冷却水直接接触，干缸套不与冷却水接触。

(3) 气缸盖和燃烧室

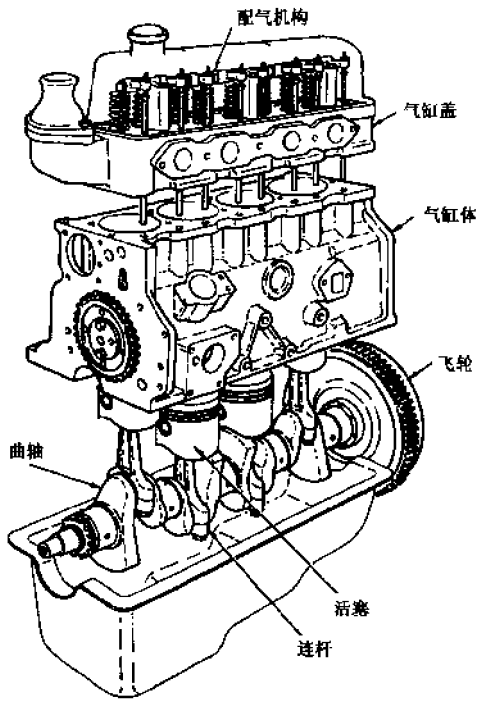


图 2-8 机体与曲柄连杆机构总成

气缸盖装在气缸体的上方，用来封闭气缸并构成燃烧室。汽油机的燃烧室是由活塞顶面和气缸盖上相应的凹坑所组成。汽油机常用的燃烧室结构形状有楔形、浴盆形、半球形等（图 2-10）。

柴油机气缸盖都用灰铸铁铸造，汽油机气缸盖多数用灰铸铁铸造，也有用铝合金铸造的。铸铁气缸盖的主要优点是机械强度高，铸造性能和耐热性好；其主要缺点是重量大，导热性差。铝合金气缸盖的主要优点是导热性较好，对提高压缩比有利；其主要缺点是刚度低，使用中容易变形。

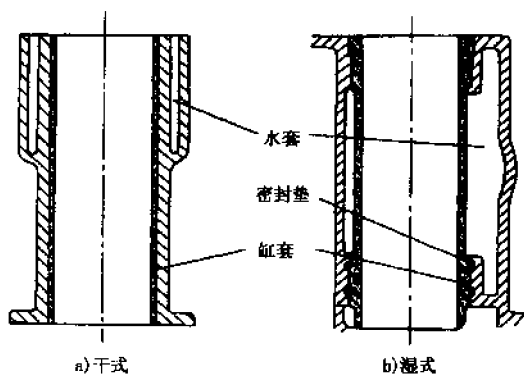


图 2-9 气缸套

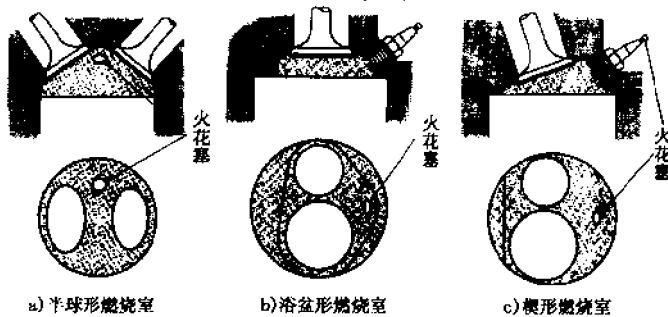


图 2-10 汽油机燃烧室

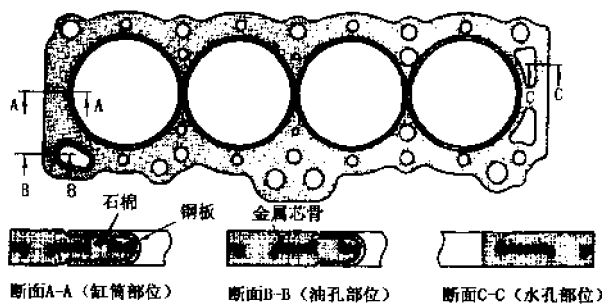


图 2-11 气缸垫

(4) 气缸垫

为了弥补气缸体和气缸盖接触面的不平, 保证气缸密封, 防止漏气、漏水、漏油, 一般汽车发动机的气缸体和气缸盖的接合面间都装有气缸垫。目前应用较多的是金属—石棉气缸垫(图 2-11)。

(5) 油底壳

油底壳是一个冲压件, 安装在气缸体下部。其作用是贮存润滑油并密封曲轴箱。油底壳下部装有放油塞, 放油塞一般有磁性。

2. 活塞连杆组

活塞连杆组由活塞、活塞环、活塞销、连杆等零件组成(图 2-12)。

(1) 活塞

活塞的基本构造可分顶部、头部和裙部三部分(图 2-13)。活塞顶部是燃烧室的组成部分, 当发动机作功时, 活塞直接承受气体的高压作用, 并通过活塞销和连杆将压力传给曲轴。汽油机活塞顶部一般多是平的, 其优点是制造简单, 吸热面积小。有些发动机为了改善燃烧室形状, 以利于混合气燃烧, 活塞采用凹顶或凸顶。活塞头部有环槽, 装活塞环。活塞裙部起导向作用并承受侧压力, 裙部径向截面为一椭圆, 长轴在活塞销座垂直方向。

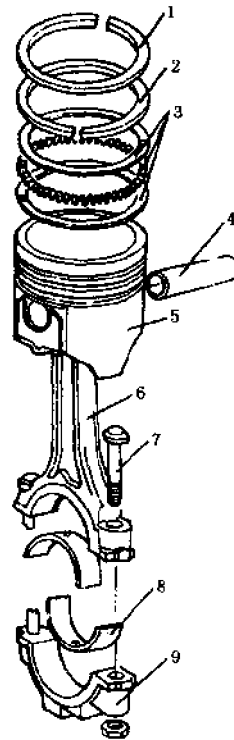


图 2-12 活塞连杆组

1-第一道气环; 2-第二道气环; 3-组合油环; 4-活塞销; 5-活塞; 6-连杆; 7-连杆螺栓; 8-连杆轴瓦; 9-连杆盖

(2) 活塞环

活塞环装在活塞头部的环槽中，它分为气环和油环。气环的作用是密封气缸，防止漏气和帮助活塞散热。根据环的断面形状，气环又分为矩形环、扭曲环、梯形环等，如图 2-14。油环的作用是刮除缸壁上多余的机油，减少机油带入

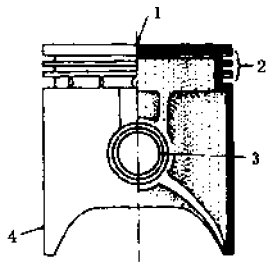


图 2-13 活塞

1-顶部；2-头部；3-销座；4-裙部

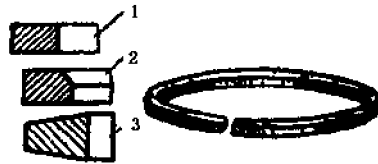


图 2-14 气环

1-矩形环；2-扭曲环；3-梯形环

燃烧室并将缸壁上的机油刮布均匀。根据结构不同，油环分为整体式油环和组合油环，如图 2-15。

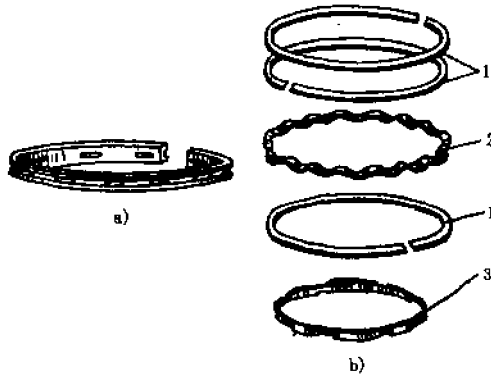


图 2-15 油环

a) 整体式油环；b) 组合式油环

(3) 活塞销

活塞销用来连接活塞和连杆小头，它的中部穿入连杆小头孔中，而两端则支承在活塞销座孔内。为了防止活塞销轴向串动，常在销座两端用锁环嵌入环槽限位（图 2-16）。

(4) 连杆

连杆的作用是连接活塞和曲轴，将活塞承受的力传给曲轴，并和曲轴配合把活塞的往复直线运动，变为曲轴的旋转运动。

连杆由小头、大头和杆身三部分组成（图 2-17），小头

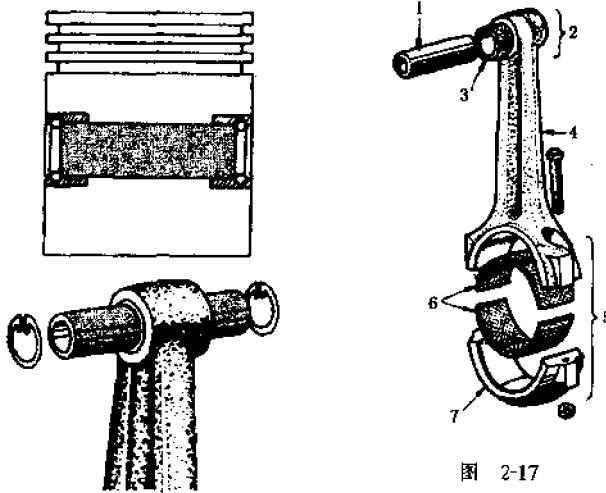


图 2-16 活塞销

图 2-17
1-活塞销；2-小头；3-衬套；4-杆身；5-大头；6-连杆轴瓦；7-连杆盖

套装在活塞销上，小头内镶有铜套，提高耐磨性，并便于维修更换。杆身采用工字形断面，可减轻重量、增加刚度、防止变形。大头做成分开式，便于装配，并用螺栓固定在曲轴的曲柄销上。连杆小头随活塞一起上下往复运动，大头随曲

轴作圆周运动。

连杆大头与盖中装有分开式轴瓦。轴瓦是用厚 1~3mm 钢带作瓦背，其上浇有厚 0.3~0.7mm 减磨合金。它具有保持油膜、减少摩擦阻力和易于磨合的作用。通常轴瓦内表面有浅槽，用以储油，保证可靠润滑。轴瓦上的凸键嵌入连杆盖的凹槽中，以防止轴瓦在工作时移动或转动。

3. 曲轴飞轮组

在多缸发动机上，曲轴飞轮组的作用是连续承受从活塞做功行程经连杆传来的力，转变为转矩经飞轮输送给汽车的传动机构。同时，还要通过连杆推动各缸活塞进行进气、压缩和排气，并驱动配气机构及其它辅助装置。

曲轴由主轴颈、连杆轴颈、曲轴前端、后端和平衡块组成（图 2-18）。

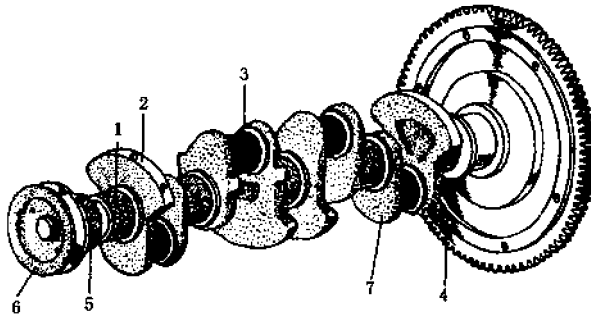


图 2-18 曲轴

1-主轴颈；2-平衡重；3-连杆轴颈；4-飞轮；5-正时齿轮；6-曲轴皮带轮；7-曲柄

(1) 主轴颈 是曲轴的支撑点，用轴承盖安装在曲轴箱的主轴承座中，以增强曲轴的强度和刚度。按照曲轴的支承情况，曲轴可分为全支承式和非全支承式两类。所谓全支承是指每一连杆轴颈两边都有一个主轴承支承的曲轴，对于四

缸机，主轴承有五个。全支承曲轴刚度高，轴承负荷小，但长度较大，加工量大。

(2) 连杆轴颈 是用来安装连杆大头的，它的个数同气缸数相等。有的为了减轻重量以减少旋转时产生的离心力，连杆轴颈制成空心的。为了使发动机工作平稳均匀，连杆轴颈之间必须具有一定的配角，四缸机为 180° ，六缸机为 120° 。各连杆轴颈的排列形式取决于发动机的发火顺序。四缸机发火顺序为 1-3-4-2 或 1-2-4-3。六缸机发火顺序为 1-5-3-6-2-4。

(3) 曲柄 是用来连接主轴颈和连杆轴颈的，曲柄内有油道贯通主轴颈和连杆轴颈。

(4) 平衡块 是用来平衡曲轴旋转时产生的离心力和离心力矩，减轻轴承的磨损，保证发动机平稳运转。

(5) 曲轴前端 用来装置主动正时齿轮、挡油盘、曲轴前油封、驱动风扇的皮带轮和起动爪。

(6) 飞轮 是外边厚、里边薄的质量很大的圆盘，装在曲轴后端，它依靠本身的惯性，使发动机平衡运转。飞轮外圈装有齿圈，用起动机起动发动机时，驱动齿轮与齿圈啮合，带动曲轴转动。

第四节 配气机构和进排气系统

配气机构的功用是按照发动机每一气缸的工作循环和各缸工作顺序，在各缸的进气行程及时把新鲜混合气充入气缸，在排气行程及时把燃烧完了的废气排出气缸。

一、顶置气门式配气机构

顶置气门式配气机构的进、排气门都安装在气缸盖上，

见图 2-19。配气机构由气门组和气门传动组构成（图 2-20）。气门组包括气门、气门导管、气门弹簧、弹簧座、锁片等；气门传动组则由摇臂轴、摇臂、推杆、挺杆、凸轮轴、正时齿轮等组成。当发动机工作时，曲轴通过正时齿轮驱动凸轮轴旋转。当凸轮轴转到凸轮的凸起部分顶起挺杆时，通过推杆和调整螺钉使摇臂绕摇臂轴摆动，压缩气门弹簧，压下气门使其开启。当凸轮凸起部分离开挺杆后，气门便在气门弹簧的张力作用下上升而紧压在气门座上，即气门关闭。

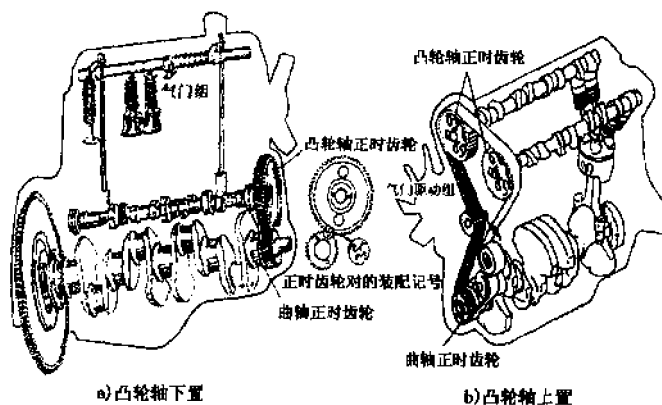


图 2-19 顶置气门式配气机构的组成

有的发动机的顶置气门式配气机构，其凸轮轴布置在气缸盖顶上（图 2-21）。由于凸轮轴顶置，凸轮轴上的凸轮可以直接推动摇臂，迫使气门开启。这样，从凸轮轴到气门的传动就大为简化，省去了作往复运动的挺杆和推杆，这对高速发动机是有利的。但由于曲轴与凸轮轴的距离较远，使得凸轮轴的驱动机构较为复杂。采用顶置凸轮时，凸轮轴与曲轴间传动方法较多。主要有链传动和同步齿形胶带传动等。

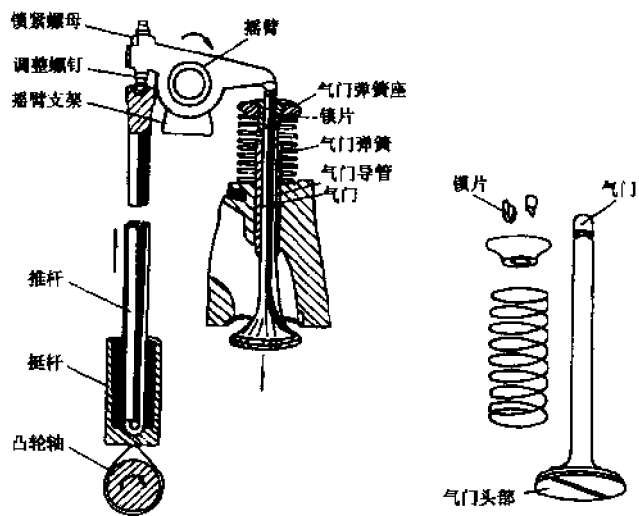


图 2-20 配气机构的组成

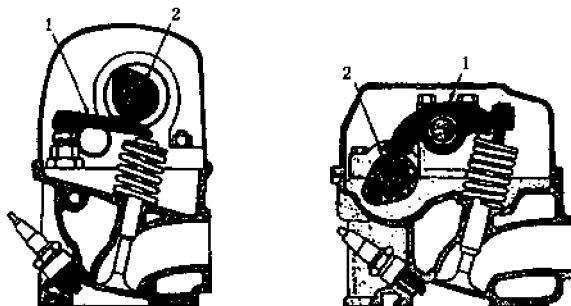


图 2-21 顶置凸轮轴配气机构

1-摇臂；2-凸轮轴

二、配气机构的主要构件

1. 气门

气门是用来控制进、排气道的开闭，由头部、杆部和尾部组成。头部常用平顶结构，气门与气门座之间的配合面做成锥形面，使接触良好，防止漏气。密封锥面的锥角一般做成 45° 或 30° ，既有利于充气，又保证有足够的刚度。为了改善充气情况，多数发动机的进气门头部直径比排气门大。气门杆部是圆柱形的，气门杆尾部开有环形凹槽，通过锁片，安装固定弹簧座。气门组的构造如图 2-20。

2. 气门座

气门座可以直接在气缸盖或气缸体上搪出来。有些发动机为了使气门座耐磨，在气缸盖或气缸体上镶入用耐热钢或合金铸铁制成的气门座。

3. 气门导管

主要作用是保证气门直线运动，使气门同气门座正确闭合，同时还将气门杆的热量传至气缸盖。气门导管内外表面经加工后压入气缸盖内。气门杆和导孔之间留有 $0.05\sim 0.12\text{mm}$ 的间隙，使气门能在导管中自由运动。

4. 气门弹簧

一般是用弹簧钢丝制成的圆柱形螺旋弹簧，其作用是使气门同气门座保持紧密闭合，并防止气门在开闭过程中，因运动件的惯性而产生彼此脱开现象。为了防止弹簧发生共振，可采用螺距不等的圆柱弹簧或在同一个气门上套装内外两个弹簧。采用双弹簧时，不但可以防止共振，而且当一根弹簧折断时，另一根还可维持工作。此外，两个弹簧的螺旋方向应相反，这样可防止折断的弹簧圈卡入另一弹簧内。

5. 凸轮轴

用来控制各气缸的进、排气门开闭时刻，使之符合发动机的工作顺序和配气相位的要求，同时控制气门开度的变化规律。凸轮轴由进气凸轮、排气凸轮、凸轮轴颈、驱动汽油

泵的偏心轮、驱动机油泵及分电器的驱动齿轮等组成（图 2-22）。凸轮轴一般采用多轴颈支承，以减少其变形。轴颈支承在浇有巴氏合金的滑动轴承上，而滑动轴承镶入气缸体中。同一气缸的进、排气凸轮的相对角位置是同既定的配气相位相适应的。发动机各个气缸的进气（或排气）凸轮的相对角位置应符合发动机各气缸的发火顺序。四缸四行程发动机的各相邻做功气缸进（或排）气门的凸轮彼此间的夹角均为 90° 。六缸四行程发动机的凸轮轴，发火顺序相邻气缸进（或排）气凸轮间的夹角均为 60° 。

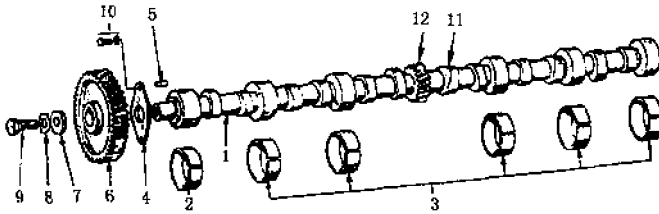


图 2-22 凸轮轴总成

1-凸轮轴；2-前轴承；3-中、后轴承；4-推力片；5-键；6-凸轮轴齿轮；7-垫圈；8-固定垫圈；9-螺栓；10-螺栓；11-偏心轮；12-分电盘轴（与汽油泵）驱动齿轮

凸轮轴通常由曲轴通过一对正时齿轮驱动。小齿轮和大齿轮分别用键装在曲轴和凸轮轴的前端，其传动比为 2:1。在装配曲轴和凸轮轴时，必须将正时记号对准，以保证正确的配气相位和发火时刻。为防止凸轮轴前后窜动，凸轮轴设有轴向定位装置。

6. 挺杆

挺杆主要用来将凸轮的推力传给推杆，并可防止推杆弯曲及减小端部的磨损。顶置气门式配气机构采用钢或铸铁制成筒形挺杆。为了减少惯性力的影响，挺杆一般做成空心

的。为了使工作表面磨损均匀，挺杆被凸轮顶动上升的同时还可作旋转运动。

7. 推杆

对于下置式凸轮轴，由于凸轮轴和气门分开设置，距离较远，因而采用推杆将挺杆传来的力传给摇臂。推杆一般用空心钢管制成，杆的两端焊接或嵌压不同形状的端头。

8. 摇臂

摇臂的作用是将推杆传来的推力改变方向传给气门。它是一个中间具有圆孔的不等长双臂杠杆。长臂的端部具有圆弧形的工作面同气门尾端接触；短臂的端部则有螺孔，用来安装调整螺钉及锁紧螺母，以便调整气门间隙。

9. 气门间隙

发动机冷机时，已关闭的气门和摇臂之间有一间隙叫气门间隙。该间隙供配气机构高温时膨胀之用，气门间隙可以调整，见图 2-23。

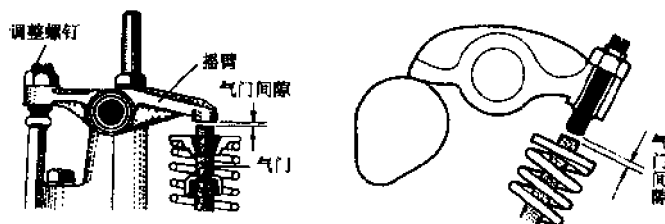


图 2-23 气门间隙

三、配气相位

气门从开始打开到完全关闭所经历的曲轴转角叫配气相位或配气相位角。相位角的大小影响气缸的进气和排气的好坏。

如图 2-24 所示，进气门在上止点前开始打开 α 角，在下止点后延迟关闭 β 角，实际打开角度为 $\alpha + 180^\circ + \beta$ 。排气门提前打开角 γ ，延迟关闭角 δ ，实际打开角度为 $\gamma + 180^\circ + \delta$ 。这样做的目的是为了充分利用进气、排气面积和气体惯性充气效应，使气缸进气充足，排气干净，提高发动机动力性。

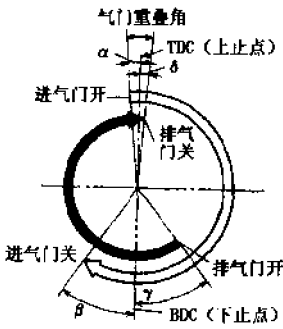


图 2-24 配气相位图

由于同缸两只气门都是早开晚关，因此在进气行程开始前后，进、排气门同时开着，这种现象叫气门重叠，重叠角为 $\alpha + \delta$ 。

四、进、排气装置

进、排气装置主要由空气滤清器、进排气歧管和排气消声器等组成（图 2-25）。

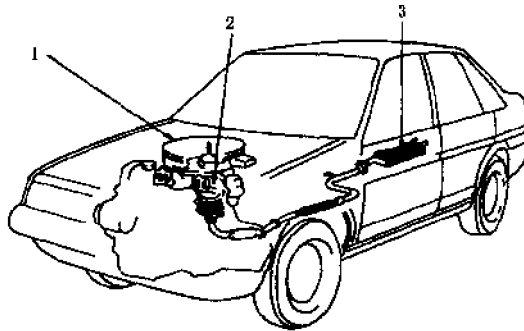


图 2-25 进、排气装置

1-空气滤清器；2-进排气歧管；3-排气消声器

空气滤清器的作用是清除进入发动机气缸的空气中的灰

尘杂质，以减小气缸、活塞和活塞环的磨损。

进气歧管的作用是协助从化油器来的混合气汽化（汽油机），并将混合气尽可能平均地送到各气缸内。排气歧管的作用是汇集各缸工作后的废气，由一个或两个出口排入大气。

为了有助于汽油机混合气形成，通常对进气歧管加热。加热的方式有两种，一种是用废气加热，进排气歧管放在发动机同一侧（图 2-26a），排气歧管的高温将进气歧管壁上粘附的混合物汽化。另一种是利用冷却水加热，这时进排气歧管可布置在发动机两侧。柴油机不需要空气加热（图 2-26b），进、排气歧管布置在发动机两侧。

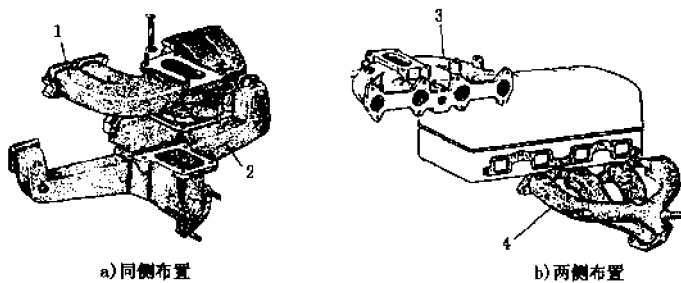


图 2-26 进排气管的布置
1、3-进气管；2、4-排气管

排气歧管的出口接排气消声器。消声器的作用是将高温高速废气在排出时产生的排气噪声减至最低，并消除废气中的火星。

消声器的消声原理有两种。一种是吸音式，废气管道外包有吸音材料；另一种是驱散式，利用消声器内的挡板使废气扩张，降低压力，消耗能量，达到消声的目的（图 2-

27)。

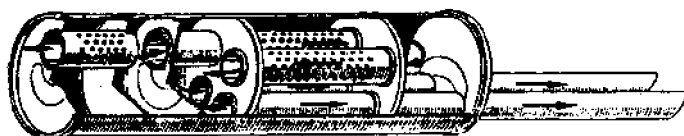


图 2-27 消声器

五、汽车有害成分及控制

汽车发动机排出的废气中有害成分为 CO 、 HC 、 NO_x 、 SO_2 、炭烟等，对人体有极大的危害。汽车排污的来源如图 2-28 所示。一氧化碳 (CO) 的产生是由于空气量不足的浓

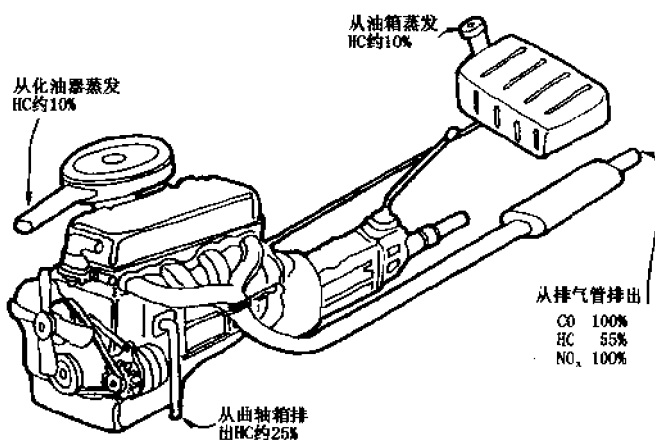


图 2-28 汽车排污来源

混合气燃烧所致 ($2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$)。碳氢化合物 (HC) 是由于燃烧室壁面激冷效应使火焰消失，曲轴箱窜气和燃油蒸发所造成的。氮氧化物 (NO_x) 是 NO 和 NO_2 的统称。 NO 在燃烧过程的高温条件下生成，其生成量取决于氧的浓度、温

度和反应时间 ($N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$), 一氧化氮 (NO) 一旦散至空气中, 就会很快的变成二氧化氮 ($2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$)。汽车工程师们都在想方设法减小废气的有害成分, 各国对汽车排放也有相应的法规。废气净化通常有发动机机内和机外两种途径。机内净化是指改善混合气的品质和燃烧状况, 使排气中的有害成分减至最少。机外净化是指用设置在发动机外部的附加装置使排气净化后, 再排入大气, 如三元催化反应器 (图 2-29) 等。减小汽车公害 (大气污染、噪声、电波干扰等) 是汽车工业的奋斗目标之一。

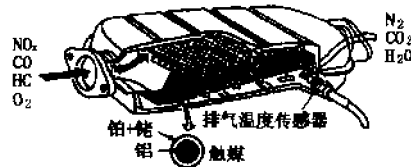


图 2-29 三元催化器

第五节 汽油发动机燃料供给系

汽油发动机燃料供给系的作用是储备一定数量的汽油, 将汽油和空气按一定比例配制成均匀的可燃混合气供给各气缸。

汽油发动机燃料供给系由汽油供给装置 (包括汽油箱、汽油滤清器、汽油泵和输油管等)、空气供给装置 (空气滤清器) 和可燃混合气的形成装置 (化油器) 组成, 如图 2-30 所示。

一、汽油箱

用来贮存汽油。其容量随各种汽车的性能和要求而定,

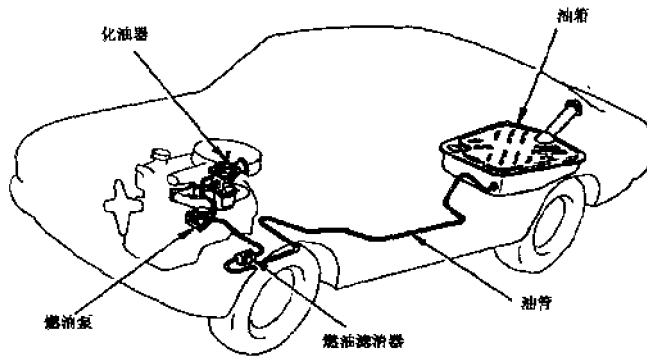


图 2-30 汽油机燃料系示意图

一般可供汽车行驶 200~600km。汽油箱由箱体、油箱盖、油量指示传感器等组成。为了保持油箱内压力正常，要求油箱在必要时能与大气相通，为此一般采用装有空气阀和蒸汽阀的油箱盖。

二、汽油泵

用来将汽油从油箱中吸出，经管路和汽油滤清器压送到化油器的浮子室。汽油泵按驱动方式的不同，可分为机械驱动膜片式和电驱动式两种。机械驱动膜片式汽油泵的构造如图 2-31 所示。它的工作情况是：

1. 吸油

凸轮轴转动，偏心轮凸起部位顶摇臂，摇臂拉下泵膜拉杆，泵膜弹簧被压缩，膜片下降。这时膜片上方的油室容积增大，产生吸力，使出油阀关闭、进油阀开启，汽油从油箱内被吸出，沿油管、汽油滤清器、经滤网进入膜片上方油室。

2. 压油

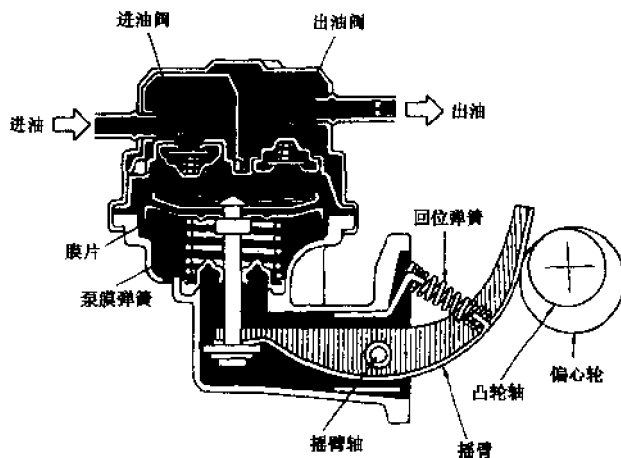


图 2-31 膜片式汽油泵结构简图

当偏心轮转过一定角度不顶动摇臂时，泵膜弹簧伸张，顶动膜片上升，油室内容积缩小，油压增大，进油阀关闭、出油阀开启，汽油从出油阀被压送到化油器的浮子室里去。

三、化 注 器

化油器是燃料供给系的核心部分，其作用是根据发动机不同的工况要求，随时供给发动机不同数量和不同比例的可燃混合气。现用简单化油器（图 2-32）来说明化油器工作原理，汽油必须在蒸发后成为气态，才能与空气均匀混合。而要在很短时间（约 0.04~0.07s）形成混合气体，必须用高速气流将汽油雾化成极微小的油滴。因此，不论何种化油器，都在气流通道内设置“喉管”。当发动机气缸内活塞下行时形成部分真空，外部空气流经简单化油器突然变小的截面（喉管）时，流速增加，压力降低。由于喉管部的压力小于浮子室压力，汽油便从喷口流出，并被高速流过的空气

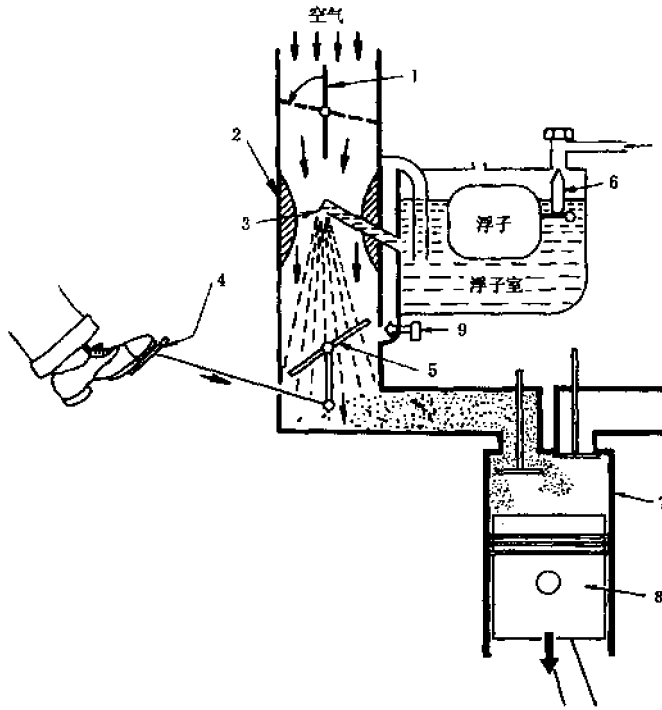


图 2-32 简单化油器工作原理

- 1-阻风门；2-喉管；3-喷管；4-加速踏板；5-节气门；6-针阀；7-气缸；
8-活塞；9-怠速调节阀；

流粉碎成微小颗粒。这就等于增大了汽油的挥发面积，使汽油与空气很快混合形成可燃混合气。

可燃混合气中汽油含量多少称为可燃混合气浓度。理论上 1kg 汽油完全燃烧时所需的空气重量为 15kg，即标准混合气的空气与汽油的重量之比为 15:1。混合气过浓或过稀，都会使发动机功率降低和耗油率增加，而且还会产生回火、放炮、结炭等不良现象。

汽车在使用中，行驶的速度和牵引力经常发生大幅度的变化，要求化油器供给的可燃混合气的浓度和数量、进行相应的改变。简单化油器不能适应这种需要。为了解决这一矛盾，在现代化油器的结构上，采用了一系列的自动调配混合气浓度的装置，如起动装置、怠速装置、主供油装置、加浓装置、加速装置等，构成现代化油器。

现代化油器种类很多，但基本结构相似。

1. 简单化油器

气道内置有喉管，汽油由主喷管喷出。进油系统由浮子室、浮子、进油阀和浮子室油面调节机构等组成。其作用是贮存一定的汽油，使油平面稳定，保证发动机不同工况的需油量。节气门由加速踏板操纵，改变进入气缸的混合气量。

2. 起动装置

在气道上方装有阻风门，平时阻风门保持全开，冷起动时温度低、雾化差，要求较浓的混合气才能可靠起动，此时将阻风关闭，使混合气加浓。当发机起动后，阻风门逐渐开启，避免起动后混合气过浓（图 2-33）。

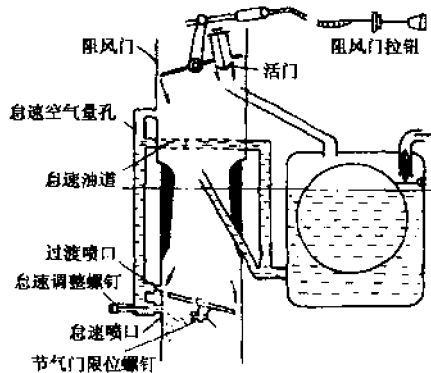


图 2-33 怠速装置和起动装置

3. 怠速装置

发动机怠速是指发动机低速空转，不输出动力，此时节气门几乎关闭，空气流量小，要求混合气较浓，怠速装置见图 2-33。

4. 主供油装置

主油道和浮子室相通。与主喷管相连的直立式主油井位于主油道之后，其中装着泡沫管，泡沫管的侧面有泡沫孔，上端是空气量孔。发动机处在中小负荷、汽车在平路上行驶时，为了节油，混合气要求稀一点，以便完全燃烧。主供油装置原理图见图 2-34。随着节气门继续开大，主喷管中泡沫管内的油面下降，露出泡沫孔，于是空气涌入主油井，降低其真空度，使汽油泡沫化，混合气会逐渐由浓变稀。

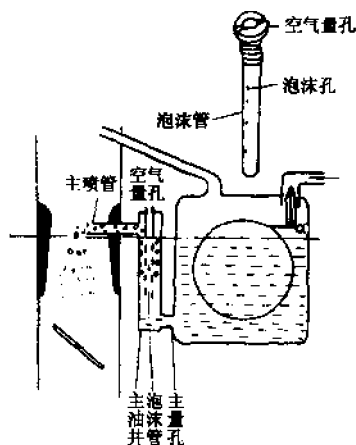


图 2-34 主供油装置

5. 大负荷加浓装置

节气门接近全开时，为了追求动力性，要求提供较浓混合气。机械加浓装置（图 2-35）由节气门操纵的拉杆上装着连接板，连接板上装有推杆，推杆插在省油器阀体内。大负荷时阀门打开，汽油经加浓量孔，进入主油道。与主供油装置供给的汽油汇合一起，自主喷管喷出，形成大负荷所需的浓混合气。

6. 加速装置

汽车需要加速或超速时，就要急速地加大节气门开度，

使发动机功率迅速增大,此时要供给浓混合气。加速装置见图2-36所示。当节气门突然打开时,加速泵拉杆带动加速

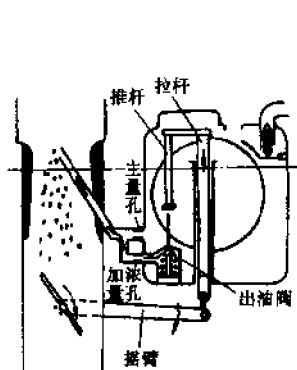


图 2-35 机械加浓装置

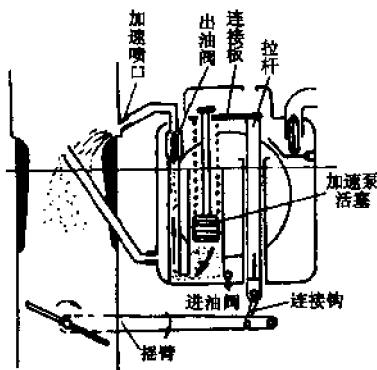


图 2-36 活塞式加速装置

泵活塞迅速下行,泵筒内油压上升,关闭进油阀,汽油经加速油道顶开出油阀重块,自加速喷嘴喷进喉管。此时除怠速装置不供油外,其它装置都工作。不过因时间特别短促,主供油装置不增加供油量,机械省油器供给的汽油也来不及喷出,因此混合气的瞬时加浓主要靠加速泵供油。

第六节 柴油发动机燃料供给系

柴油发动机使用的燃料是柴油。柴油粘度大、蒸发性差,不可能通过化油器在气缸外部同空气形成均匀的混合气,故要采用高压喷射的方法。柴油机进气冲程进入气缸的是纯空气,在压缩冲程接近终了时,柴油借助喷油泵和喷油嘴,以油束、油雾的形式进入气缸,与高压高温空气接触混合成不均匀的混合气。经过一系列物理、化学反应,先喷入的柴油与空气混合成的可燃混合气首先自燃,一般是多点自

燃，继而混合气形成与燃烧重叠进行。由此可见，柴油机供给系必须保证足够高的喷油压力，以便柴油雾化和混合。一个工作循环内，按选定的发动机发火顺序，各缸喷油一次；随发动机工况的变化而相应改变供油量，以实现柴油机的质调节，且各缸供油量要均匀。

柴油发动机燃料供给系的示意图如图 2-37 所示，该系由柴油箱、输油泵、低压油管、柴油滤清器、喷油泵（高压油泵）、高压油管、喷油器和回油管等组成。

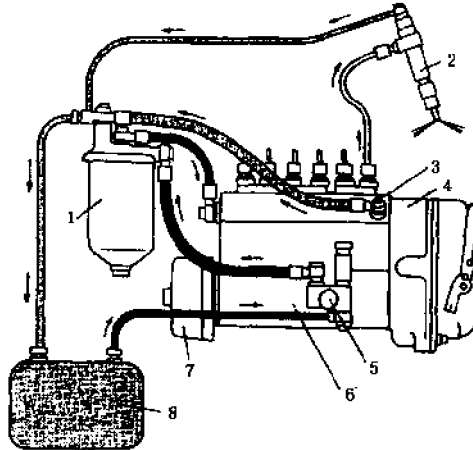


图 2-37 柴油机燃料供给系示意图

1-柴油滤清器；2-喷油器；3-溢油阀；4-调速器；5-输油泵；6-喷油泵；7-供油自动提前器；8-柴油箱

一、喷油泵

1. 泵油原理

喷油泵的作用是将输油泵输入的低压柴油升压后定时定量送至喷油器。

柱塞式喷油泵的主要构造如图 2-38 所示。其泵油工作原理（过程）如图 2-39 所示。柱塞下移，柱塞套上的进油孔同柱塞上面的泵腔相通，燃油自低压油腔经进油孔进入并充满泵腔。柱塞自下止点上移，柱塞上部的圆柱面将进油孔封堵，柱塞上部的燃油压力增高到足以克服出油阀弹簧的张力，顶开出油阀，柴油便经高压油管，进入喷油器。柱塞继续上移，柱塞体上的斜槽同进油孔开始接通，泵筒内的燃油便从柱塞中心孔经过进油孔流回低压油腔，柱塞顶部压力减小，出油阀在弹簧作用下关闭。

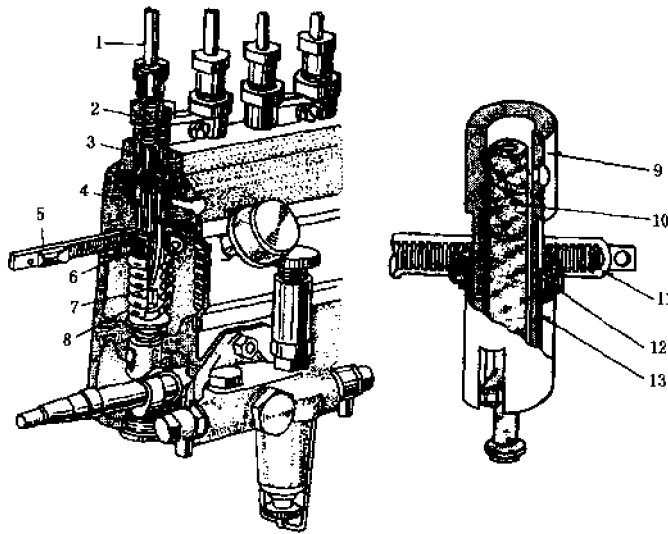


图 2-38 柱塞喷油泵构造

1-高压油管；2-出油阀弹簧；3-出油阀；4、10-柱塞；5、11-调节齿杆；
6、12-调节齿圈；7、13-控制套筒；8-柱塞弹簧；9-柱塞套筒

2. 喷油泵供油量调节

可根据柴油机负荷和转速的变化相应改变喷油泵的供油

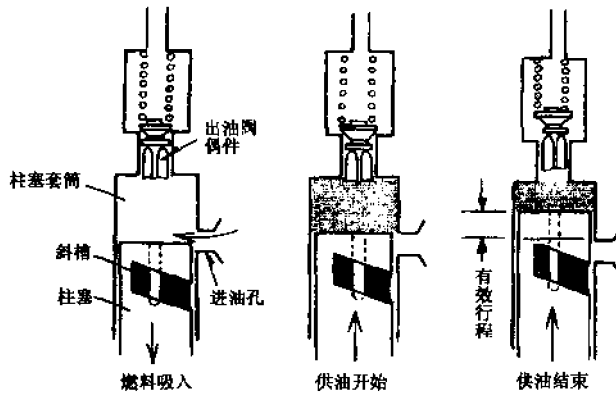


图 2-39 直列泵泵油过程

量，且保证各缸的供油量一致。从泵油原理分析可知，改变喷油泵供油量可用转动柱塞，即改变柱塞的有效行程的办法来实现。常见的转动柱塞的机构为齿杆式（图 2-38）。

二、喷油器

喷油器的作用是将喷油泵提供的高压柴油呈雾状喷入气缸。喷入气缸的高压油雾以高速在气缸中穿射，同高压、高温空气混合并燃烧。目前，中小功率高速柴油机基本上都采用闭式喷油器（图 2-40a）。这种喷油器在不喷油时，喷孔被针阀关闭，将燃烧室与高压油管分隔开。常用的闭式喷油器有孔式和轴针式（图 2-40b、c）两种。

发动机工作时，喷油泵将高压柴油送入喷油器，柴油在针阀体下部的油池中对针阀上的承压锥体作用一个向上的推力，当推力大于调压弹簧的张力时，针阀通过顶杆使弹簧压缩，针阀的密封锥面离开阀座，高压柴油便从喷孔气缸。当喷油泵停止向喷油器供油时，油压对针阀的抬升力下降，针

阀便在调压弹簧张力作用下进入阀座，喷油器停止向气缸喷油。

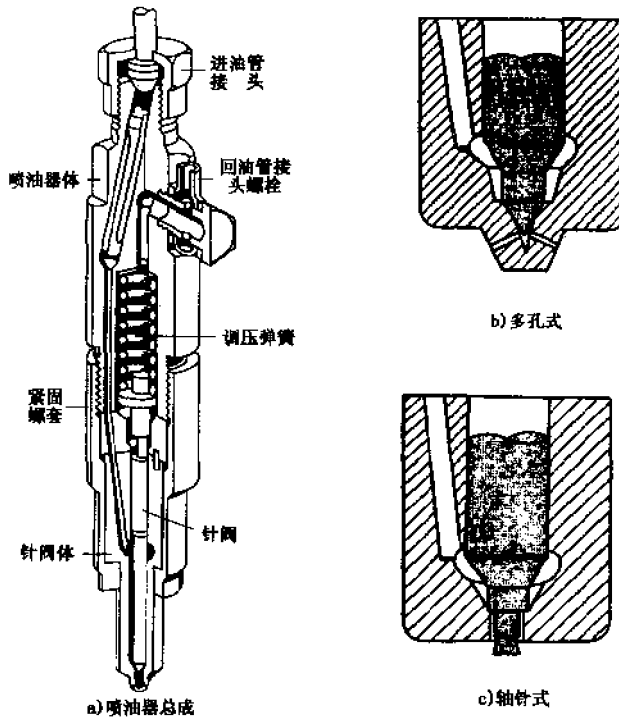


图 2-40 喷油器

三、输油泵

输油泵的作用是将柴油从油箱吸出，并以一定压力经过滤清器送至喷油泵。

柱塞式输油泵的工作原理如图 2-41 所示。发动机工作时带动喷油泵凸轮轴，凸轮轴上有偏心轮。当偏心轮转到图

2-41a 位置时，活塞弹簧将活塞推向下行，活塞下腔的油被压送到喷油泵，活塞上腔同时吸进柴油；当偏心轮转到图 2-41b 位置时，活塞在偏心轮和传动件推动下上行，压缩弹簧，活塞上腔的柴油流回下腔；当输出油量过剩时，柴油反压力作用在活塞上部，活塞停止运动或行程缩短（图 2-41c），使输油压力得到自动调节。

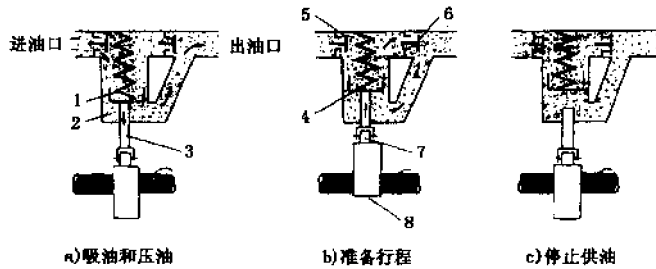


图 2-41 往复式活塞式输油泵示意图

1-回位弹簧;2-油腔;3-挺杆;4-活塞;5-进油阀;6-出油阀;7-滚轮;8-偏心轮

四、调速器

在喷油泵的后端装有一个调速器，它的功用是控制发动机最高转速，防止飞车，并保证发动机怠速情况下稳定运转。有的调速器还带有油量校正装置，提高汽车爬坡能力。目前采用机械式调速器较多。图 2-42 为机械离心式调速器的工作原理示意图。

柴油机工作时，驾驶员根据实际工作需要踩下加速踏板，通过操纵机构，使调速叉和齿杆运动到一定位置。当柴油机因负荷转速上升时，飞块组合件的离心力增大，飞块向外移动，推动调速叉并带动齿杆向左移，减少供油量，达到限制量高转速和稳定怠速的目的。

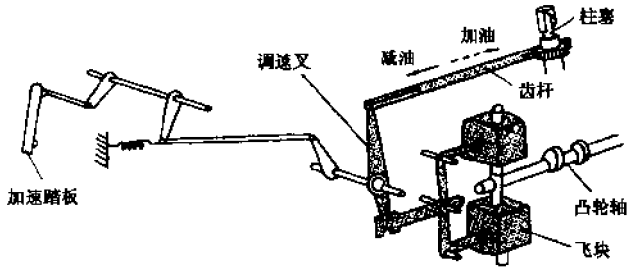


图 2-42 离心式调速器

五、燃 烧 室

柴油机燃烧室与汽油机有很大不同，柴油机燃烧室比汽油机燃烧室小得多。另外汽油机燃烧室在气缸盖上形成凹坑，柴油机燃烧室则在气缸盖上或在活塞顶面形成凹坑。车用柴油机典型燃烧室如图 2-43 所示。

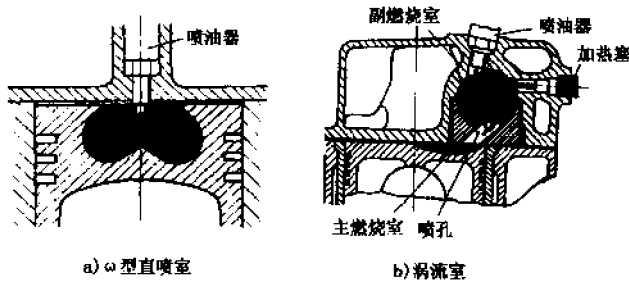


图 2-43 柴油机燃烧室

ω 型直喷燃烧室的燃烧主要在活塞顶挖出的 ω 型凹坑内进行，喷油器为多孔式，喷射压力高，热效率高，但工作粗暴，载货车应用较多。

涡流燃烧室的燃烧首先在气缸盖的副燃烧室内进行，高温高压燃气经通道进入活塞顶部的主燃烧室继续燃烧，由于

节流的影响，涡流燃烧室热效率较差，但工作较柔和，轿车上应用较多。

第七节 发动机润滑系

一、润滑系的作用

发动机工作时，所有产生相对运动的机件摩擦表面必然产生高温和磨损。润滑系的任务是将机油不断地供给给活塞和气缸、曲轴颈和轴瓦等相对运动零件的摩擦表面，除了起润滑、减小摩擦力和磨损作用外，机油还有助于活塞和气缸壁的密封性。此外，机油把高温部件的热量带走，协助冷却，流动的机油冲洗摩擦表面的金属屑末，延长使用寿命；并能减低零部件润滑表面的锈蚀。

发动机的润滑方式有三种。第一种是压力润滑，将机油以一定的压力送到摩擦面间隙内，形成油楔，使两摩擦表面分离，二者之间不会因接触而产生磨损。采用这种润滑方式的有主轴承连杆轴承、凸轮轴承等。

第二种润滑方式是飞溅润滑，它是利用运动零件（如曲轴连杆）激溅起来的油滴或油雾，或者利用喷射机油的油雾进行润滑。采用这种润滑方式的有气缸臂、凸轮、气门挺杆等。

第三种润滑方式是润滑脂润滑，给负荷不大的摩擦面定期加注润滑脂（俗称黄油）。采用这种润滑方式的有水泵轴承等。

二、润滑系的构造和油路

发动机润滑系由机油泵、限压阀、机油滤清器、机油散

热器、机油压力表、油尺、油道等组成。

汽车发动机润滑系示意图和机油循环路线如图 2-44 和图 2-45 所示。发动机工作时，机油泵将油底壳内的机油由集滤器吸入泵内，压入粗滤器，滤去较大的杂质，经主油道分别流向上曲轴箱的分油道润滑曲轴主轴承，再经曲柄臂油道到连杆轴承；经三条分油道润滑凸轮轴承，然后润滑摇臂和气门；从连杆轴承颈缝隙挤出的机油，随同曲轴的转动，甩向气缸壁和活塞。激溅在活塞内表面的油滴，一部分被收集在连杆小头的切槽内润滑活塞销。各部分润滑后的机油，最后流回油底壳。

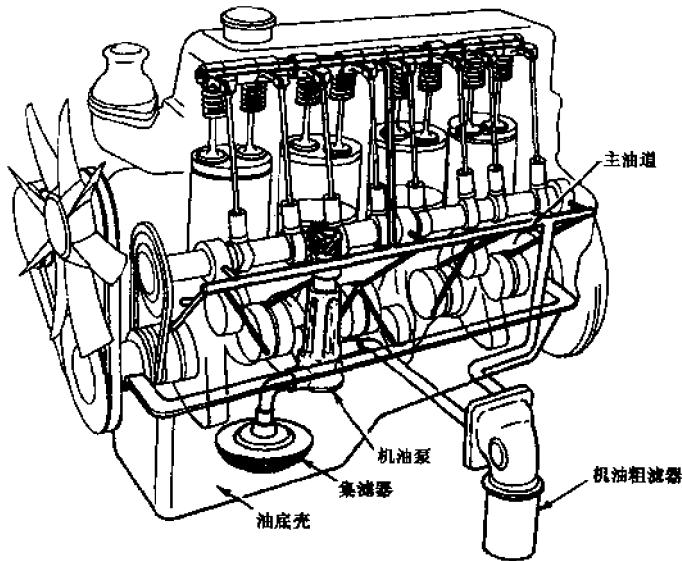


图 2-44 汽车发动机润滑系示意图

机油集滤器的功用是防止机油中较大的杂质进入机油泵。集滤器的滤芯由金属丝织成，浮筒将集滤器始终浮在液

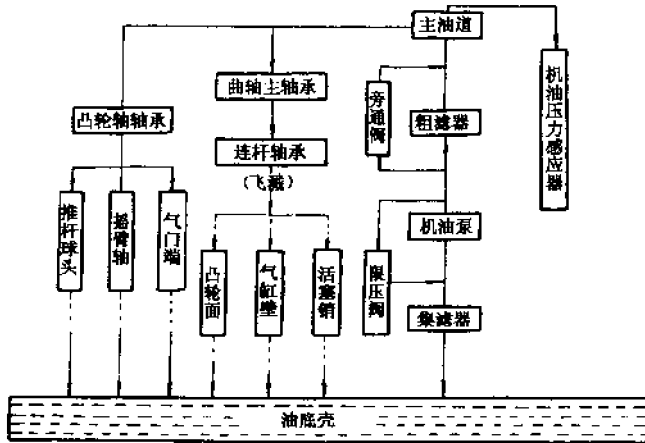


图 2-45 润滑油循环示意图

面上，防止机油盘底层杂质被吸进集滤器。

机油泵有两种类型，即齿轮式和转子式。齿轮式机油泵由一对相互啮合的齿轮组成，装在一个密封的外壳内。机油从入口处输入，沿齿轮齿隙流过，再从另一端流出，油压也随之升高，见图 2-46。

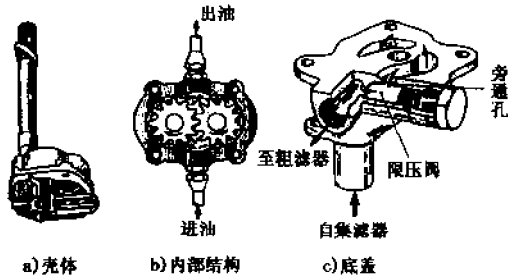


图 2-46 机油泵结构图

机油泵限压阀装在机油泵的输出端。当油路的油压过高

时，对机油泵和密封都不利，这时限压阀柱塞（或钢球）被顶开，机油经限压阀流回到油泵的进油口，从而使压力下降到许用值，然后限压阀关闭。

粗滤器串联在主油道前，它的作用是清除机油中的各种杂质。其滤芯用一种经树脂处理的纸制成，这种滤芯无法清洗再用，因此要定期更换。

机油滤清器旁通阀的作用是当粗滤清器的滤芯被油泥堵塞时，机油压力升高，机油直接推开旁通阀进入主油道，以免主油道断油，保证发动机可靠润滑。

机油压力、温度传感器通常装在主油道上，且在驾驶室仪表盘上显示其值或范围。装传感器的目的就是使驾驶员随时掌握润滑系的工作情况。如发现故障，应及时排除。有的发动机为了防止油温过高，在机油泵出口处还并联有机油散热器。

机油尺用来测量油底壳内机油的储量，尺上刻有两道横印标记。下面一道标记表示允许的最少机油量，上面一道表示允许的最多机油量。正常机油量的液面高度应位于两标记中间略偏上一点的地方。若油底壳内油面过高，使飞溅到气缸壁上的机油增多而被刮入燃烧室，造成机油浪费和燃烧室积炭，使发动机温度增高，动力降低；若油面过低，会影响润滑，将加速机件的磨损。

三、曲轴箱的通风

为了延长机油的使用期限，减少摩擦零件的磨损和腐蚀，防止发动机漏油，必须使发动机曲轴箱保持通风，把漏入曲轴箱中的混合气和废气从曲轴箱内抽出。自曲轴箱抽出的气体直接导入大气的通风方式称为自然通风；导入发动机进气管内的通风方式称为强制通风。现代汽车发动机曲轴箱

一般都采用强制通风（图 2-47）。这样，可以将窜入曲轴箱内的混合气回收利用，提高发动机经济性。

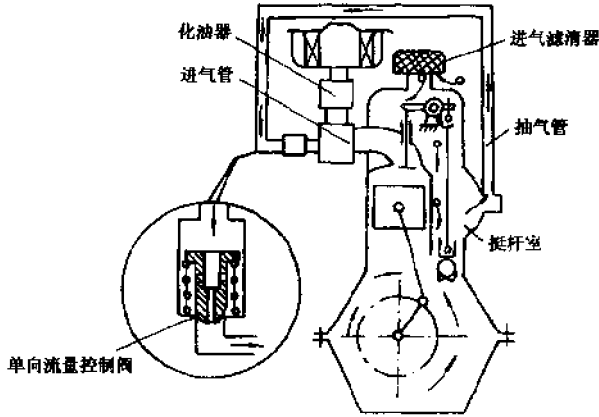


图 2-47 强制通风

第八节 发动机冷却系

一、冷却系的作用

发动机工作时，由于混合气燃烧产生大量热量，气缸最高温度可达 $1800^{\circ}\text{C} \sim 2400^{\circ}\text{C}$ 。燃烧总热能只有不到 25% 转为有效功，约有 35% 的热能通过排气系统排出，约有 7% 的热能消耗于内摩擦，其余 33% 左右的热能要向外界散发，如不及时冷却就会导致机械零件材料强度下降，甚至因机件膨胀变形而卡死。此时会带来机油变稀失去润滑、混合气密度下降、发动机功率减小等危害。当然，过分的冷却，会降低热效率；且因机油粘度过大，内摩擦阻力增加等不种方面。因此冷却系的任务就是保证发动机在最适宜温度范围内

工作。

冷却方式通常有两种，即风冷式和水冷式。风冷式就是将空气吹向带有散热片的缸体和缸盖，这种方式在摩托车发动机上应用较多。水冷式就是利用冷却水在发动机气缸、燃烧室周围的水套内流动吸热，带走热量，然后再流到散热器，将热量散发到空气中，如此不断循环。冷却水的合适温度为 $80^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$ 。水温过高、过低对发动机工作都不利。

二、水冷却系的构造和简单工作原理

水冷却系主要由散热器、风扇、水泵、节温器、水套、百叶窗等组成，系统图见图 2-48。冷却系用水泵强制地使水在冷却系中循环流动，称为强制循环式水冷系。现代汽车均采用这种系统。

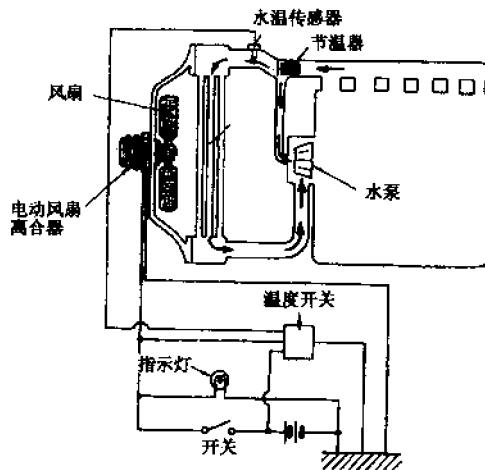


图 2-48 强制循环式水冷系示意图

1. 散热器

散热器的作用是将发动机水套内流出热水的热量传给大气。散热器由上、下贮水箱和散热芯组成。散热芯用导热性能良好的金属材料（如铝、铜等）制成。为增加通水部分金属的散热面积，将芯管做成随圆形，且周围加上金属薄片。当高速气流经过芯管和金属薄片空隙时，就将表面的热量带走，起到了散热作用。散热器加水盖带有空气—蒸汽阀。旨在提高水的沸点，防止沸腾。另当散热器内压力过低时，加水盖上的空气阀开启，让空气或水从溢流箱流入。散热器放水阀用于放出冷却系统中的冷却水，这对寒冬季特别重要，以免散热器或缸体冻裂。

2. 水泵

水泵的作用是强制冷却水循环流动，达到加速冷却发动机的目的。目前汽车发动机绝大多数使用的是离心式水泵。它主要是由固定的铸铁外壳和装在轴上的旋转叶轮组成。叶轮转动，产生离心力作用，使泵壳内的水抛洒到泵壳四周，再从出水口被挤压到气缸体水套中去。同时，叶轮的中心部分形成低压，水便从进水管流入补充，形成循环流动。

3. 风扇

风扇安装在散热器之前或之后，由电动机驱动。风扇叶片旋转时，产生的高速气流，带走了散热器中冷却水的热量，达到散热的目的。汽车发动机上采用风扇离合器来控制风扇的工作，以达到自动调节冷却强度、节约燃料、降低发动机噪声的目的。

4. 水温表

帮助驾驶员随时了解行车过程中发动机的工作温度。

5. 节温器

有折叠式和蜡式两种类型，装在气缸盖出水管口部位。节温器的作用是控制流经散热器的水量。当发动机温度低

时，主阀门关闭，让冷却水在水套和水泵之间进行小循环，不流入散热器，使发动机温度很快上升，此称为小循环；当发动机的温度升高时，节温器主阀门自动打开，副阀门关闭，冷却水通过散热器，此称为大循环。如此控制冷却水的流向，使发动机保持正常的工作温度 $80^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$ （图 2-49）。

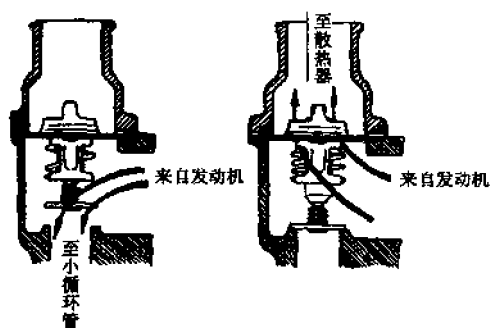


图 2-49 蜡式节温器示意图

第三章 汽车底盘

汽车底盘由传动系、行驶系、转向系和制动系组成。汽车底盘接受发动机的动力，使汽车产生运动，并保证汽车按照驾驶员的操纵正常行驶。

第一节 汽车传动系

一、汽车传动系概述

1. 汽车的行驶阻力与驱动力

汽车行驶过程中会遇到各种阻力。这些阻力统称为行驶阻力。汽车的行驶阻力包括四个部分：滚动阻力，上坡阻力，加速阻力和空气阻力（图 3-1）。些阻力与骑自行车所遇到的阻力类似：在平路上行驶时，若不踏动脚蹬子，自行车就会逐渐减速直至停车，这是遇到滚动阻力和空气阻力所致；上坡比下坡费力，需要克服上坡阻力；加速时则需要克服因改变车速而产生的惯性作用力，即加速阻力。

汽车行驶时，必须克服行驶阻力，才能使汽车是或者后退。汽车靠什么来克服行驶阻力呢？就是靠汽车的驱动力来

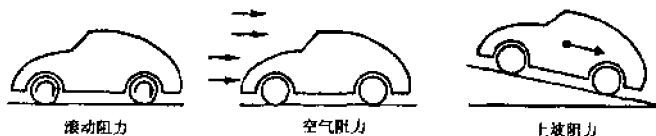


图 3-1 汽车行驶阻力

抵抗行驶阻力。发动机提供的动力，经汽车传动系传给驱动车轮，使驱动车轮对地面产生一个作用力 F ，地面则反过来对车轮产生一个推动力。这个推动汽车运

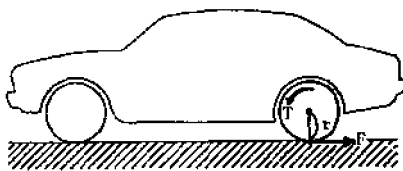


图 3-2 汽车驱动力

动的力就是驱动力（图 3-2）。驱动力大于行驶阻力时，汽车就加速；反之就减速；驱动力和行驶阻力相等时，汽车行驶速度不变。

驱动力的大小除与发动机提供的动力大小有关外，还与轮胎和地面之间的摩擦力有关。这个摩擦力称为附着力。附着力大时，可使驱动力充分发挥，但驱动力不会超过附着力。其道理如同人在混凝土路面跑步可以跑得很快，而在冰面上跑步就很困难一样。驱动力大于附着力时，车轮便会打滑。

2. 传动系的组成及布置型式

传动系的基本组成有：离合器、变速器、万向传动装置、驱动桥（图 3-3）。其动力传递路线为：发动机动力经离合器传给变速器，然后经万向传动装置传给驱动桥内的主减速器、差速器和半轴，最后传给驱动车轮（图 3-4）。

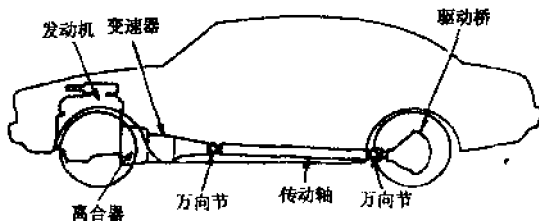


图 3-3 汽车传动系的基本组成

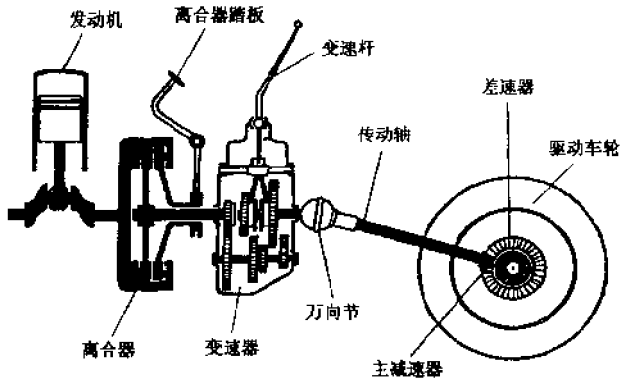


图 3-4 传动系动力传递示意图

传动系的布置型式常见的有两种：一种为发动机、离合器、变速器等构成的整体置于汽车前部，驱动桥则置于汽车后部，称之为前置后驱动，简称为 FR 型（图 3-4a）；另一种为发动机、离合器、变速器等构成的整体置于汽车前部，

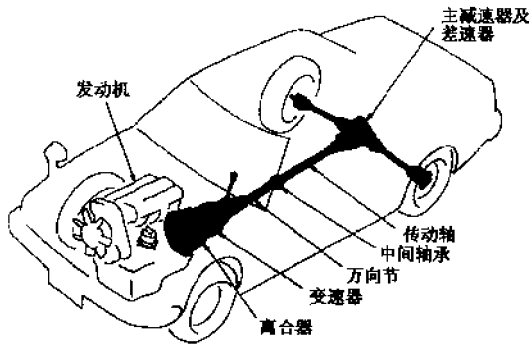


图 3-4a) 发动机前置后轮驱动型式

驱动桥也置于汽车前部，称之为前置前驱动，简称为 FF 型（图 3-4b）。轿车的发展趋势为前置前驱动型式。前置前驱

动型式尽管布置较复杂，但给汽车性能带来诸多优点而所占比例越来越大。

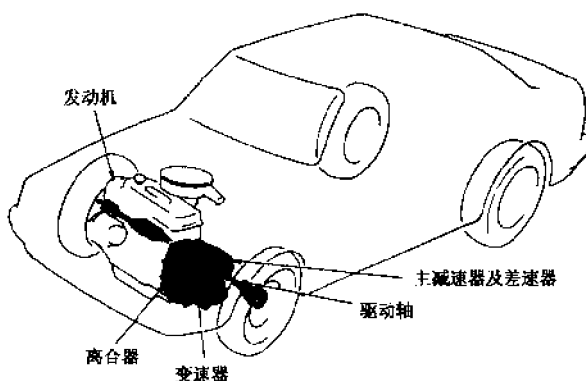


图 3-4b) 发动机前置前轮驱动型式

二、离合器

1. 离合器的功能

当汽车处在静止状态时，若发动机与驱动轮及各传动装置刚性相连，则发动机一起动，汽车就会立即运动起来，产生较大冲击，且发动机带着负荷起动是困难的。因此，发动机动力的传动路线中需要设置如同“开关”一样的装置，这个装置就是离合器，用来接合或切断发动机的动力传递。离合器接合时，发动机的动力经离合器传给变速器；离合器分离时，则将发动机的动力传递切断，发动机能正常运转，而驱动轮却得不到从发动机传来的动力。

离合器不完全是简单的动力“开关”，需要起到使汽车平稳起步、便于换档和防止传动系过载的作用。汽车平稳起步，意味着发动机传给驱动车轮的动力是由小逐渐增大的，否则汽车仍然会产生冲击；需要变换档位时，只有切断发动

机的动力，换档才顺利，此时需要使离合器分离；汽车紧急制动时，汽车的惯性作用会使汽车传动系载荷急骤增加，容易造成汽车传动系过载，离合器具有保护传动系的功能。

2. 离合器基本构造与工作原理

离合器的种类较多，常见的多为摩擦式离合器。摩擦式离合器主要由两大部分组成：一是离合器本体，二是离合器操纵机构（图 3-5）。

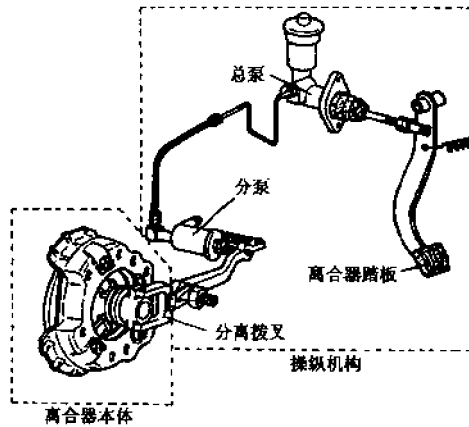


图 3-5 液压式离合器

为使离合器操纵轻便，轿车的离合器操纵机构均采用液压式。液压式离合器操纵机构由离合器踏板、总泵、分泵和分离拨叉等组成。

离合器本体主要由从动盘、压盘、分离杠杆、压紧弹簧、离合器盖和分离拨叉等构成（图 3-6a）。

离合器的工作原理如图 3-6 所示。动力的输入部分是发动机的飞轮和离合器的压盘；动力的输出部分是从动盘和与之通过花键连接的从动轴（变速器第一轴）。从动盘位于压

盘和飞轮之间。离合器盖固定在飞轮上；压紧弹簧装在离合器盖上，一端作用于压盘，另一端被分离轴承作用。当从动盘被压盘和飞轮夹紧形成一个整体时，发动机的动力通过飞轮以及离合器盖、压盘传给从动盘，由从动轴输出，这就是离合器的接合（图 3-6a）；若要切断发动机动力输出，只需将压盘离开从动盘，使从动盘处于自由状态即可，这就是离合器的分离（图 3-6b）。

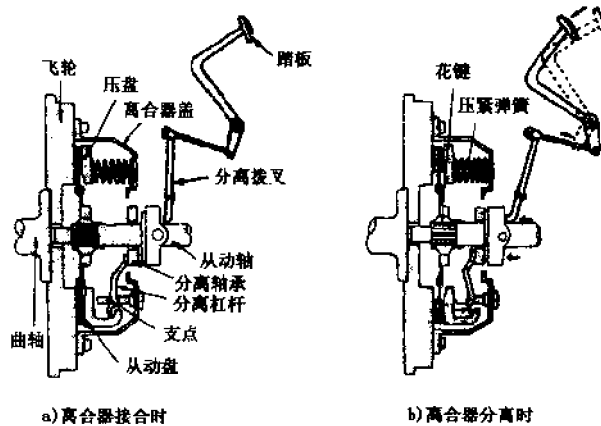


图 3-6 离合器工作原理

离合器的分离过程：踩下离合器踏板，通过机械传动件或液压传动件使分离拨叉拨动分离轴承，分离轴承作用在分离杠杆的内端并前移，致使分离杠杆的外端后移并带动压盘离开从动盘，同时使压紧弹簧压缩，此时压盘与从动盘之间留出间隙，从动盘不再被压盘和飞轮夹紧，动力输出中断。

离合器的接合过程：放松离合器踏板，则分离杠杆内端作用力消失，压盘在压紧弹簧作用下将从动盘压紧在飞轮上，直至离合器完全接合停止滑磨为止，发动机的动力经从动轴输出。

3. 离合器的操纵机构

液压式操纵机构主要由总泵和分泵构成。只需驾驶员轻踩离合器踏板，通过液压传动装置，可以经分泵产生足够大的作用力推动分离拨叉工作，从而减轻驾驶员的劳动强度。

三、变 速 器

1. 变速器的功能

根据不同的道路和交通情况，需要改变汽车的驱动力和汽车行驶速度，可以通过变换档位来完成；在不需要传给驱动车轮动力、而需要发动机仍然保持运转的场合，即离合器接合的情况下，可以利用变速器的空档切断发动机的动力传递；汽车的倒车也是通过变速器来控制的，在不改变发动机转动方向的情况下实现汽车倒车。

2. 变速器的工作原理

变速器大多采用齿轮式机械变速器。通过不同齿数齿轮对的啮合传动，改变输出的转速和转矩。如以大齿轮带动小齿轮，则输出转速升高、转矩下降；如以小齿轮带动大齿轮，则输出转速降低、转矩增大。

如图 3-7 所示，发动机的动力经离合器传给变速器中的 a 齿轮， a 齿轮半动力传给与之啮合的 b 齿轮。由于 b 齿轮齿数多于 a 齿轮，则与 b 齿轮相连的轴转速降低。同时与 b 齿轮同轴的 c 齿轮将动力传给 d 齿轮。同样因 d 齿轮齿数多于 c 齿轮，与 d 齿轮相连的轴转速再次降低，其输出转矩同时增大。这就是变速器的减速增矩作用。

减速增矩值的大小用传动比来衡量。参加传动的齿轮啮合对中，所有被动齿轮齿数的连乘积与所有主动齿轮齿数的连乘积之比就是传动比。传动比越大，减速增矩作用越强。

3. 变速器的构造

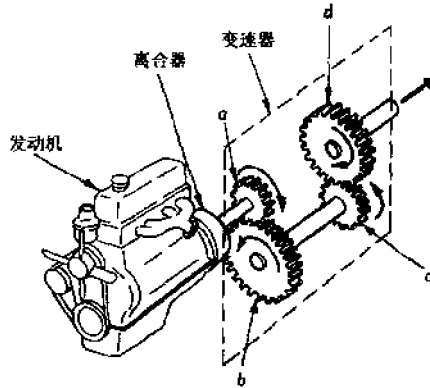


图 3-7 变速器传动原理

变速器除壳体、盖以外，主要由齿轮传动机构和操纵机构组成。

1) 齿轮传动机构

如图 3-8 所示，齿轮传动机构由各传动齿轮对、轴和轴承组成。变速器有四根轴：第一轴（动力输入轴）、中间轴、第二轴（动力输出轴）和倒档轴。

换档的过程就是改变不同齿轮对的啮合，从而改变变速器的传动比。以图 3-8 为例，第二轴上有滑动齿轮 A 和 B，使其中之一齿轮 A 右移，与中间轴上的齿轮啮合，就实现了一次换档。再次换档时，应退出与中间轴上齿轮的啮合，将齿轮 A 左移，然后前移齿轮 B，使之与中间轴上相应的齿轮啮合，即改变了原来的传动比。若使汽车倒车，只需将齿轮 B 右移，与倒档轴上的齿轮啮合即可。齿轮 A 和 B 不与其它传动齿轮啮合时，即为空档位置，变速器起切断发动机动力传递的作用。

2) 变速器的操纵机构

不同的汽车，其变速器的档位各异。每辆汽车都滑档位

位置示意牌。图 3-9 是设有 4 个前进档、1 个倒档的变速器。

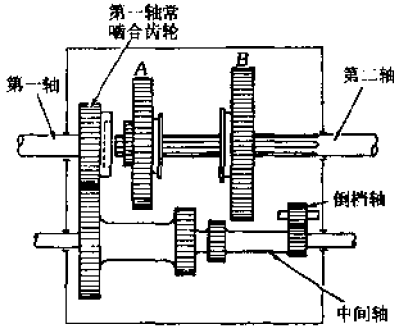


图 3-8 变速器齿轮传动机构

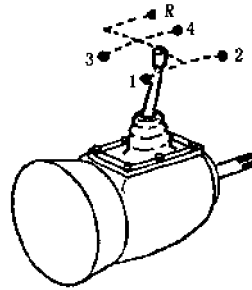


图 3-9 变速器档位示意图

操纵机构由变速杆、拨叉、拨叉轴和锁止装置等组成在(图 3-10)。拨叉固定在拨叉轴上，拨叉轴由变速杆控制。变速杆如同一根“杠杆”，移动变速杆上端可进行选档和换档的过程。选档就是选择其中的一根拨叉轴，对与之固定连接 的拨叉进行控制。拨叉插在换档齿轮或接合套相应的槽内。移动拨叉轴，则拨叉带动换档齿轮移动，使之与相应的齿轮完全啮合，换档过程结束。

操纵机构的锁止装置设有自锁、互锁和倒档锁。自锁装置用来防止啮合齿轮脱离而造成脱档；互锁装置用来防止同时挂入两个档而使变速器不能工作；倒档锁用来防止误挂倒档而造成事故。

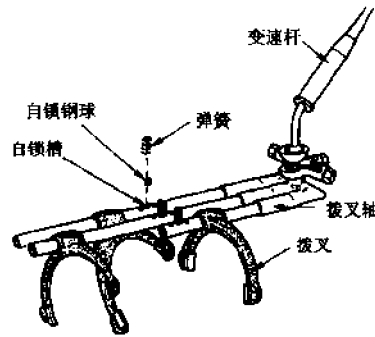


图 3-10 变速器操纵机构

3) 同步器

换挡时，齿轮啮合的条件是待啮合齿轮的切向速度相等。若不相等时，就会出现齿轮碰撞挂不上档。为满足切向速度相等的条件，在现代汽车上装有同步器，而不再凭驾驶经验来保证等速条件。

大多数同步器采用摩擦原理，通过摩擦元件的相互作用，使待啮合齿轮达到同步（等速），并使换挡顺利。

四、万向传动装置

1. 万向传动装置的功能

由于变速器动力输出轴与驱动桥的动力输入轴不在同一直线上（图 3-11），即两轴存在夹角；且由于道路和汽车载荷变化使得驱动桥产生位置变化，驱动桥需绕着导向杆及变速器输出端铰接点运动。在变速器和驱动桥之间设置的万向传动装置，就可以满足这样一些特殊要求，保证动力输出轴和动力输入轴之间轴线不重合的动力传递。

2. 万向传动装置的构造

万向传动装置主要由万向节、传动轴等组成。

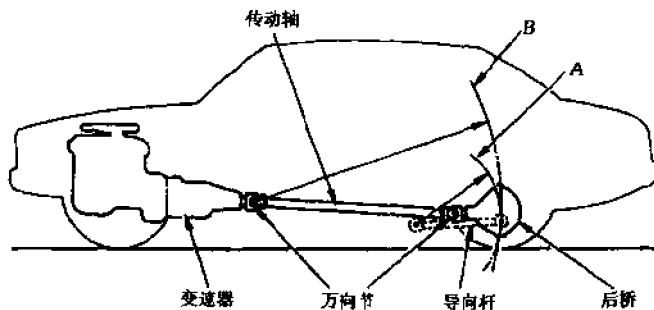


图 3-11 万向传动装置

1) 万向节

万向节如同人体的“关节”，可以实现不同方向的动力传递。常见的万向节有不等速万向节和等角速万向节。

(1) 不等速万向节

常见的不等速万向节为普通十字轴万向节，它的工作特性是当主动轴等角速旋转时，从动轴的转动角速度不相等，即从动轴相对于主动轴的转动有规律性地忽快忽慢。若要等角速度传动，传动轴两端须要安装两个万向节，且要满足两个条件：传动轴两端的万向节叉应在同一平面内；主动轴和从动轴分别与传动轴的夹角应相等（图 3-12）。

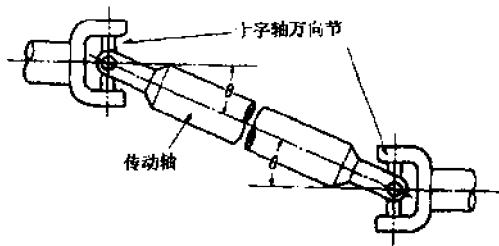


图 3-12 普通十字轴万向节

(2) 等角速万向节

前轮驱动轿车的前轮既是转向轮、又是驱动轮，需要较大的传动夹角。普通十字轴万向节传动夹角较小，不能满足前轮驱动轿车的性能要求，因此前轮驱动轿车大多采用等角速万向节，使动轴与从动轴转速完全相等。前轮驱动轿车万向传动装置的布置如图 3-13。一般采用性能良好的球笼式等角速万向节，如富康、桑塔纳等轿车就采用了此种万向节。

球笼式万向节的构造如图 3-14。它由球形壳体、球笼、星形套和钢球等组成。

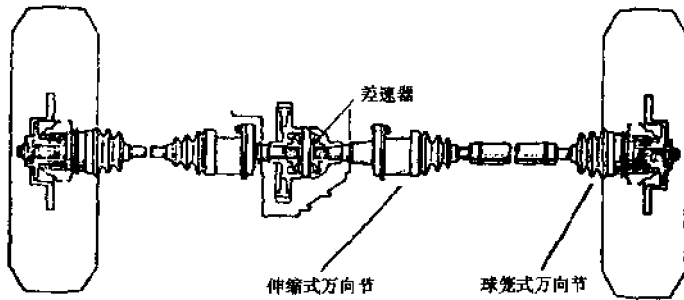


图 3-13 前轮驱动万向节布置

2) 传动轴

发动机前置后轮驱动轿车的传动轴大多采用空心钢管，其上一般带有可伸缩的花键轴，以便满足驱动桥的位置变化。

发动机前置前轮驱动轿车的传动轴一般与等角速万向节制成整体，采用实心轴。

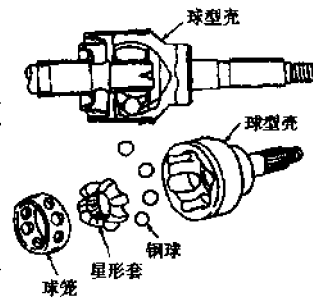


图 3-14 球笼式等速万向节

五、车 桥

汽车的车桥又称车轴。车桥分为驱动桥、转向桥、转向驱动桥和支持桥四种类型。对轿车而言，若传动系采用前置后驱动的传动型式，一般前桥为转向桥，后桥为驱动桥；若采用前置前驱动，则前桥为转向驱动桥，后桥为支持桥。

1. 驱动桥

驱动桥降桥壳外，还包括主减速器、差速器和半轴等部件。

1) 主减速器

(1) 主减速器的功能

主减速器是将变速器的输出转速进一步降低，从而增大传给驱动车轮的转矩；若主减速器输入转动方向与驱动车轮转动方向不一致，主减速器则有改变输入轴传动方向的功能。

(2) 主减速器的构造及工作情况

如图 3-15 所示，这种传动型式的主减速器采用了一对锥齿轮传动。与传动轴相连的输入轴上的主动齿轮为小锥齿轮，与之相啮合的从动齿轮为大锥齿轮。动力经小锥齿轮传给大锥齿轮，然后传出。这样既起到了减速作用，又改变了传动方向。

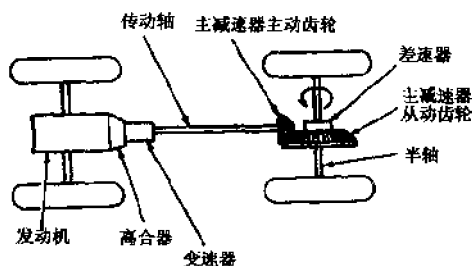


图 3-15 主减速器传动示意图

2) 差速器

汽车在转弯或在凹凸不平的道路上行驶时，由同一车桥相连的两侧车轮在同一时间内行驶的距离不相等（图 3-16），会造成车轮拖滑，影响汽车使用性能，并增加轮胎磨损。因此，在这样的情况下，应使两侧车轮以不同的转速转动。

(1) 差速器的功能

差速器就是满足汽车转弯和在不平道路上行驶的需要，

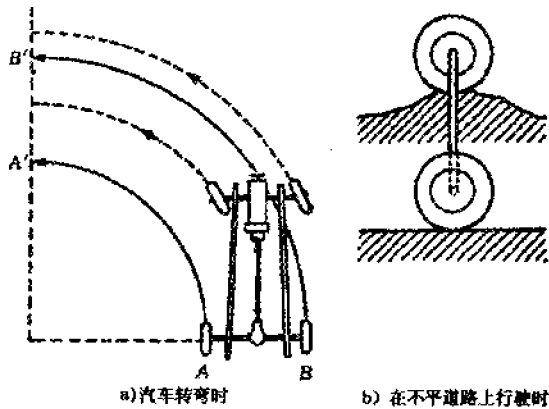


图 3-16 左右车轮行驶距离不同

使两侧车轮以不同的转速转动。

(2) 差速器的构造及工作原理

差速器由差速器壳、行星齿轮、行星齿轮轴和半轴齿轮等组成(图 3-17)。

差速器壳与主减速器的从动锥齿轮刚性连接,差速器壳上固连着行星齿轮轴,行星齿轮安装在轴上并与两侧的半轴齿轮相啮合。汽车直线行驶时,行星齿轮随差速器壳及从动锥齿轮一起转动,此称为行星齿轮公转(图 3-18a)。行星齿轮公转时,动力经从动锥齿轮,差速器壳、行星齿轮轴、行星齿轮传给两侧的半轴齿轮,然后通过半轴将动力传给驱动车轮,两侧车轮转速相等。

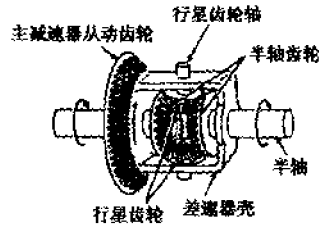


图 3-17 差速器的构造

汽车转弯时,两侧车轮所遇到阻力不同,内侧车轮比外

侧车轮所遇阻力大，其结果使得行星齿轮既公转，又绕着行星齿轮轴转动。行星齿轮绕着行星齿轮轴转动，称为行星齿轮自转（图 3-18b）。当行星齿轮自转时，使位于内侧的半轴齿轮转速减慢，同时使位于外侧的半轴齿轮转速加快。例如，从动锥齿轮的转速为 100r/min ，如果内侧半轴齿轮转速为 80r/min ，则外侧半轴齿轮转速为 120r/min 。

利用差速器的工作原理实现了内侧车轮转速慢而外侧车轮转速快的使用要求。

3) 半轴

半轴为一根实心轴，一端与半轴齿轮通过花键相连，另一端与驱动车轮相连（图 3-18）。

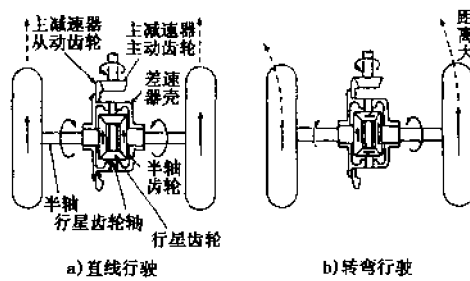


图 3-18 差速器工作原理

第二节 汽车行驶系

汽车行驶系包括四个部分：车桥、车架、车轮和悬架。

一、车 桥

驱动桥的内容已在第一节中涉及，这里介绍转向桥和驱动转向桥的内容。

1. 转向桥

转向桥除支承汽车前部载荷外，还配合汽车转向系实现汽车顺利转向。

汽车的转向车轮支承在转向节上，随转向节一道偏转一定的角度，实现汽车转向。转向节绕着转向主销转动，如同门上的“合叶”的铰接关系（图 3-19）。为保持汽车稳定直线行驶和使转向轻便，在转向节、转向车轮和前轴三者之间的安装具有一定的相对位置，这就是前轮定位。前轮定位对汽车的使用性能有较大的影响。它包括：主销后倾、主销内倾、前轮外倾和前轮前束。

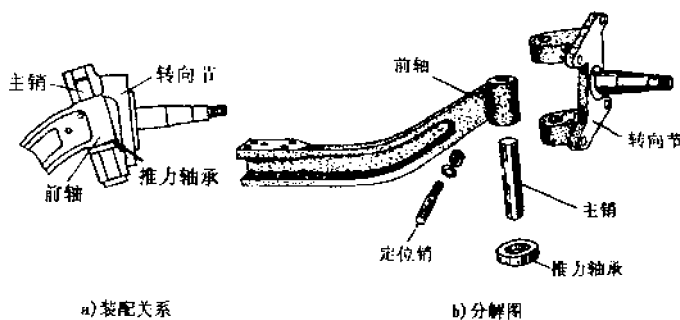


图 3-19 转向节的铰接关系

1) 主销后倾

从汽车侧面看，转向主销上端向后倾斜，与铅垂线呈一定夹角，这个夹角就称为主销后倾角（图 3-20）。转向主销的延长线交点 O 与铅垂线交点 M 之间的距离为 OM ，使汽车转向轮具有自动回正的能力，从而提高直线行驶时的稳定性。

2) 主销内倾

从汽车前方看，转向主销上端向内倾斜，与铅垂线呈一

定夹角，这个夹角就称为主销内倾角（图 3-21）。转向主销

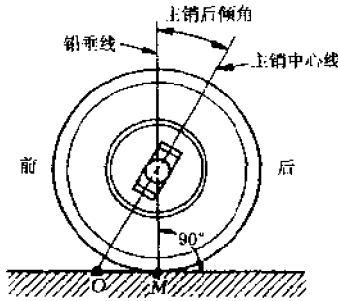


图 3-20 主销后倾

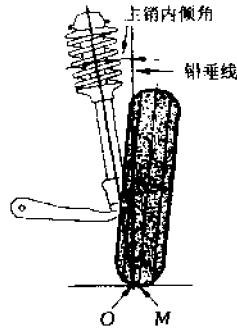


图 3-21 主销内倾

延长线交点 O 与铅垂线交点 M 之间的距离为 OM ，能使汽车转向轻便和使汽车直线行驶稳定。

3) 前轮外倾

从汽车前方看，转向车轮上端向外倾斜，略呈一个开口向上的倒“八”字。车轮中心平面与铅垂线之间的夹角称为前轮外倾角（图 3-22）。前轮外倾的目的是保证汽车行车安全，并能使转向轻便。

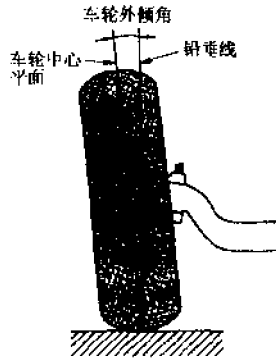


图 3-22 车轮外倾

4) 前轮前束

从上向下看，前轮的前端距离比后端距离短，即 A 小于 B （图 3-23），此称为前轮前束。因为存在前轮外倾，将造成两前轮背向行驶，即朝着图 3-24 中 a 的方向行驶。前轮前束可以使两前轮朝着 b 的方向行

驶。前轮外倾与前轮前束的综合结果是使两前轮朝着直线方向行驶。

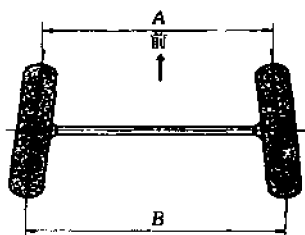


图 3-23 前轮前束

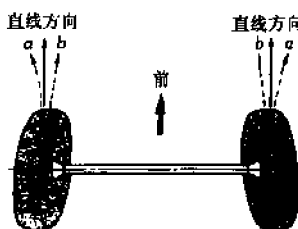


图 3-24 前轮前束的作用

汽车行驶一定的里程后，前束值会发生变化，因此需要定期检查调整。若调整不当，易造成轮胎加剧磨损，严重时会影响汽车使用性能。

2. 转向驱动桥

前置前驱动型式具有很多优点，如使结构紧凑、乘坐舒适、减轻车重、降低车身及重心高度，提高汽车的操纵稳定性和节省燃油，这种驱动型式在轿车上应用广泛。

前置前驱动轿车采用的转向驱动桥既具有转向功能，又具有驱动功能。它的基本结构参见前图 3-4b 所示，发动机动力经主减速器的从动锥齿轮传给差速器，然后经差速器传给两侧的等角速万向节装置，最后传给驱动车轮。汽车转向则是靠转向系统控制驱动车轮偏转一定角度。

二、车 架

车架如同汽车的“骨架”。它是整个汽车的装配基体，汽车上的大小零部件都直接或间接地装在其上。

前置后驱动轿车仍有独立的车架结构。如图 3-25 所示，

采用的结构为 X 型，- 主体为两根侧梁，在中间部位靠拢，使车架具有较好的抗变形能力。

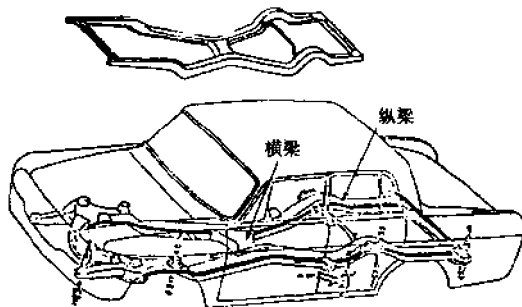


图 3-25 X 型车架

前置前驱动轿车大多采用非独立的车架结构，车架与车身形成一个整体，以车身兼代车架的作用，即所谓的承载式车身（图 3-26）。

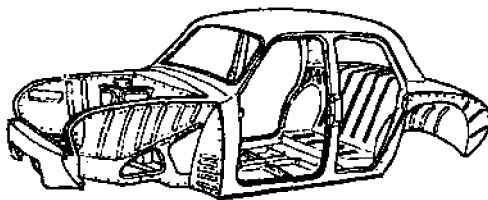


图 3-26 承载式车身

三、车轮和轮胎

1. 车轮

车轮起着支承全车重量使汽车正常行驶的作用。它由轮毂、轮辋和连接部分组成，是一个旋转组件。

车轮的类型主要根据轮毂与轮辋的连接部分来划分。轿车车轮主要有辐板式（图 3-27）和辐条式。

辐板式车轮结实不易变形。有的辐条式车轮用钢丝做辐条，车轮重量轻，有一定的缓冲作用，且车轮的散热能力最好（图 3-28）。

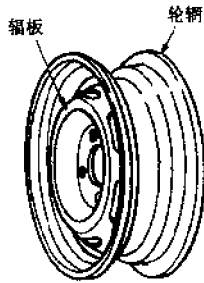


图 3-27 辐板式车轮

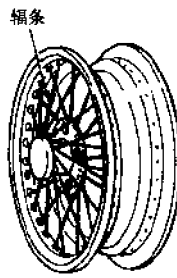


图 3-28 辐条式车轮

2. 轮胎

汽车轮胎能够吸收汽车行驶中的振动，使汽车行驶平稳，并通过与地面接触产生足够的附着力，使汽车产生相应的驱动力。

轮胎的种类和规格较多，将在汽车运行材料中介绍。

轿车上常采用无内胎子午线轮胎。子午线轮胎的基本构造如图 3-29，帘布层和带束层呈子午线排列。无内胎轮胎的安装如图 3-30，轮胎套装在轮辋上，通过装在轮辋上的

气嘴直接向轮胎内充气。

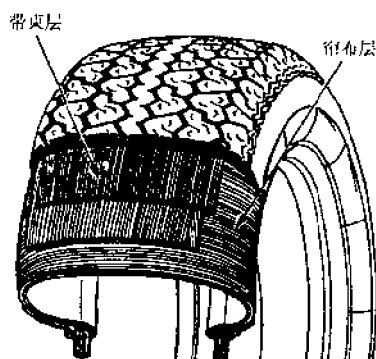


图 3-29 子午线轮胎

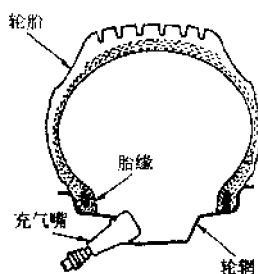


图 3-30 无内胎轮胎的安装

四、悬 架

汽车在不平的道路上行驶，车轮会随着跳动，同时路面对汽车产生冲击，地面的冲击一部分被轮胎吸收，其余的就会传给车身，引起车身的振动，乘坐者极不舒适，还会导致汽车零部件的损坏。所以在车轮和车架（承载式车身）之间要设置缓冲装置，使汽车能平稳行驶（图 3-31）。

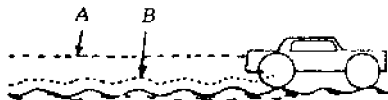


图 3-31 悬架装置的作用

悬架就是将车轮和车架（承载式车身）连接起来，并传递各种力的装置的总称。

悬架分为非独立悬架（图 3-32a）和独立悬架（图 3-32b）。非独立悬架左、右车轮的运动会影响到车身的运动，汽车行驶感到很平稳。

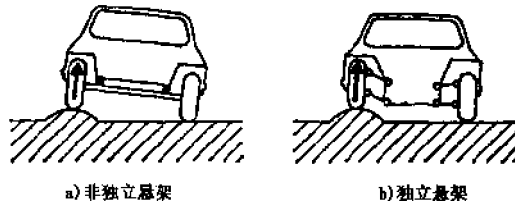


图 3-32 悬架系统种类

图 3-33 所示是前置后驱动轿车的悬架型式，前桥采用独立悬架，后桥采用非独立悬架。图 3-34 所示是前置前驱动轿车的悬架型式，前、后桥均采用独立悬架，其舒适性好，车内噪音小，汽车的使用性能优良。

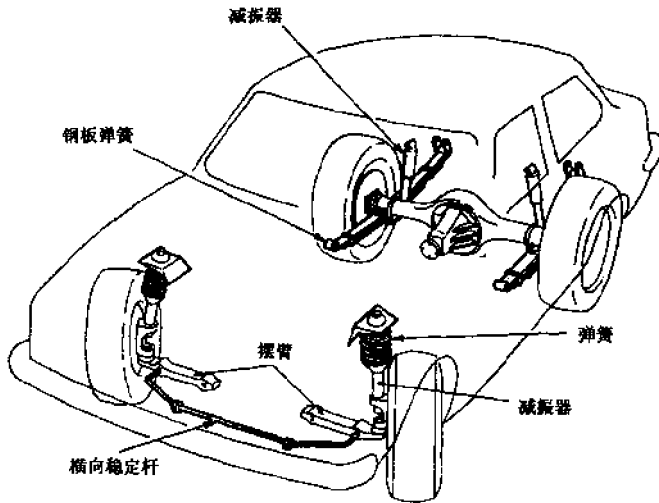


图 3-33 发动机前最后驱动轿车悬架装置

非独立悬架由钢板弹簧和减振器组成。独立悬架主要由

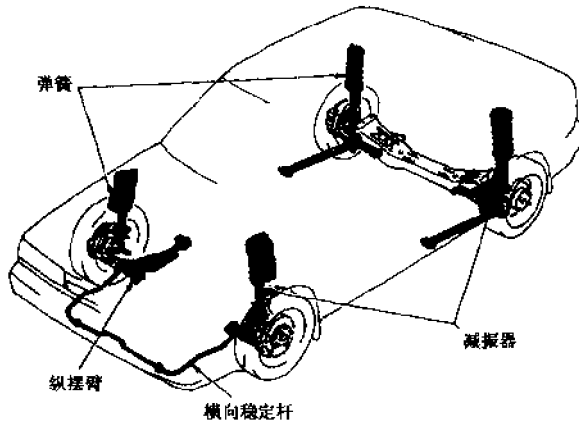


图 3-34 发动机前置前驱轿车悬架装置

弹簧、减振器、摆臂、横向稳定杆等组成。钢板弹簧可以起到导向、缓和冲击和传力的作用。减振器用来吸收振动能量。横向稳定杆在轿车高速行驶转向时减小车身产生的横向倾斜。

第三节 汽车转向系

一、汽车转向系的功能

汽车转向系的功能就是按照驾驶员的意愿控制汽车的行驶方向。汽车转向系与汽车的行驶安全至关重要，因此汽车转向系的零件都称为保安件。

二、汽车转向基本原理

若使汽车转向，须两侧转向轮同向偏转，两转向轮分别

绕各自的转向主销转动。

横拉杆通过转向节臂与转向节连接起来(图 3-35),转向节上装有转向车轮。横拉杆、转向节臂构成转向传动装置。

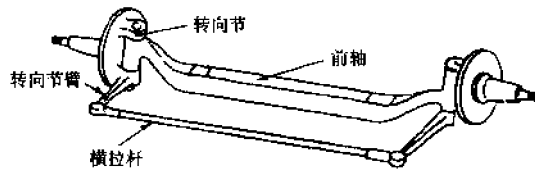


图 3-35 转向传动装置

如图 3-36a 所示,横拉杆控制两侧转向轮同步偏转。横拉杆、转向节臂及前轴呈平行四边形,使两侧转向车轮偏转行驶时形成两个转向中心,将不能顺利转向(图 3-36b)。

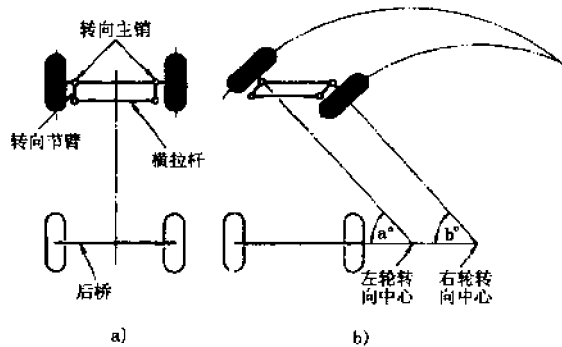


图 3-36 平行四边形转向机构

如图 3-37a 所示,转向传动装置呈梯形结构,使两侧转向轮偏转行驶时形成一个转向中心(图 3-37b),即汽车的四个车轮均绕着一个点转动,这是实现汽车顺利转向的基本条件。此时内、外侧转向轮偏转角度不一致,内侧车轮比外侧车轮偏转角度大。这种转向传动装置称为梯形机构。

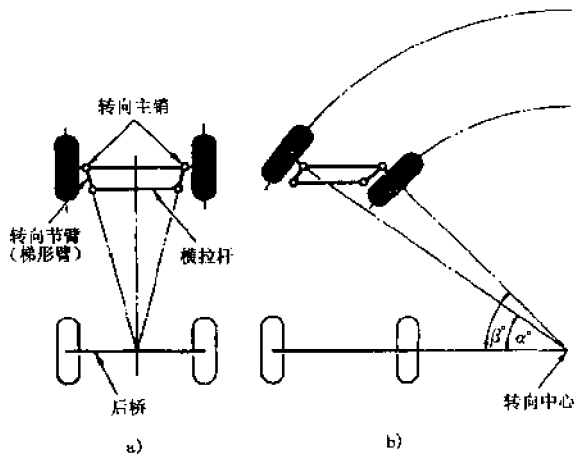


图 3-37 梯形转向机构

三、汽车转向系组成及工作情况

汽车转向系主要由操纵装置、转向器、传动装置组成(图 3-38)。

转向操纵装置包括转向盘、转向轴；转向器由齿轮、齿条组成；转向传动装置包括横拉杆、梯形臂、转向节等。

如图 3-39 所示，转动转向盘，转向轴随之转动，转向轴与转向器齿轮相连，齿轮转动带动与之啮合的齿条移动，推动左、右横拉杆向一侧运动，从而带动转向节及车轮朝

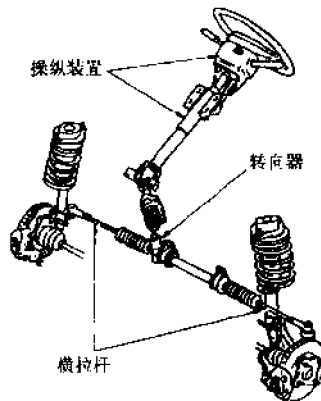


图 3-38 汽车转向系组成

同一方向偏转，实现汽车转向。

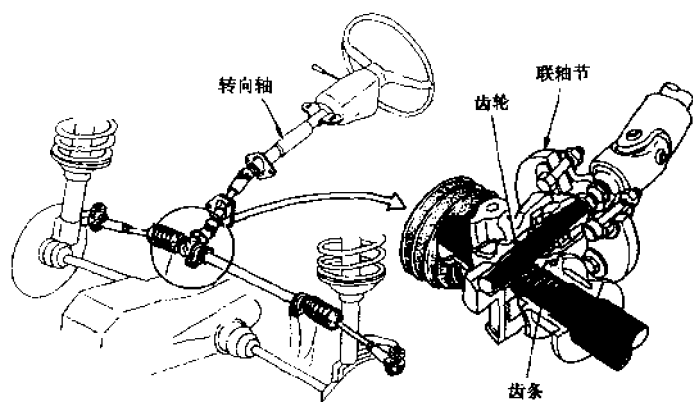


图 3-39 齿轮—齿条式转向系统

为便于驾驶员操作，转向盘的安装倾角及高度是可以进行调整的（图 3-40）。

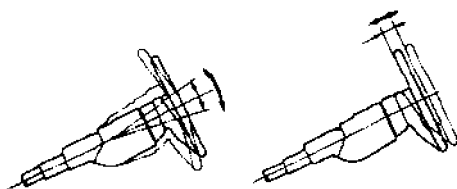


图 3-40 可调式转向盘

四、动力转向装置

在某些高级轿车上，也采用了动力转向装置，借助发动机的动力增大转向时的作用力，减小驾驶员的操纵力，使转向轻便。

动力转向装置主要由控制阀、贮油罐、油泵和动力缸等

组成（图 3-41）。

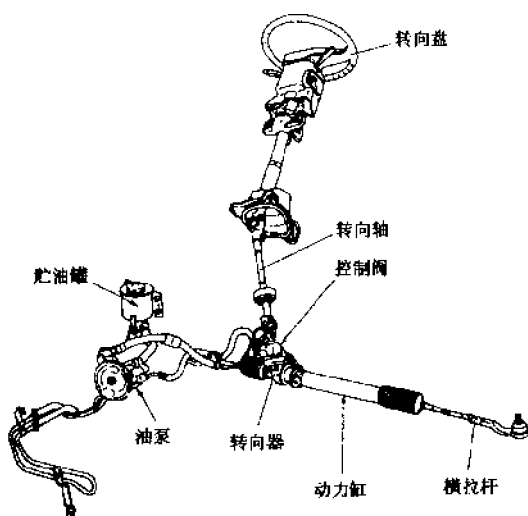


图 3-41 动力转向装置

油泵在发动机带动下，将贮油罐的油经控制阀向动力缸的左油缸或右油缸输送，推动横拉杆向左或向右运动，增大横拉杆对转向节臂的作用力。

当转动转向盘时，可以导通控制阀的相应油路，使来自油泵的油输入动力缸的左油缸或右油缸，达到增大转向力的作用。

第四节 汽车制动系

一、汽车制动系的功能

汽车在行驶过程中会遇到各种情况，需要汽车减速，甚

至停车；汽车在某处停放时，要求停得稳、不溜滑，保证有良好的驻车性能。汽车制动系必须满足这些要求，使汽车能安全高速地行驶。

汽车制动系与汽车行驶安全的关系同样重要，因而组成汽车制动系的各零部件也称为保安件。

二、汽车制动系的组成及工作原理

图 3-42 所示是轿车常用的制动系统。它有两套制动装置：一套为汽车在行驶中经常使用的行车制动装置；另一套为在驻车时使用的驻车制动装置。前者又称为脚制动装置，后者又称为手制动装置。

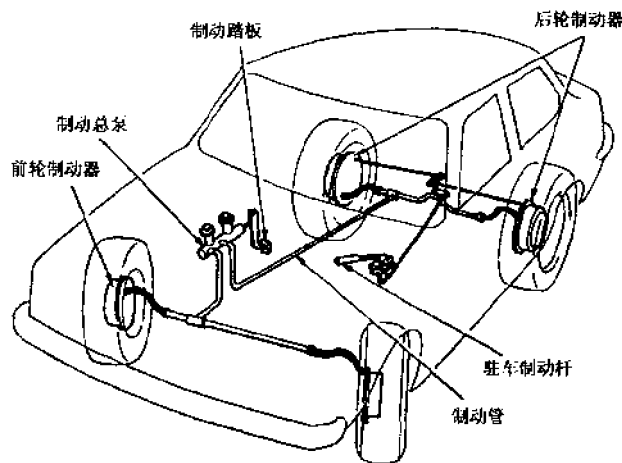


图 3-42 轿车的制动系统

图 3-43 所示为行车制动装置示意图。这个行车制动装置采用的是液压制动系统，它由制动踏板、制动总泵、制动管路及车轮制动器构成。

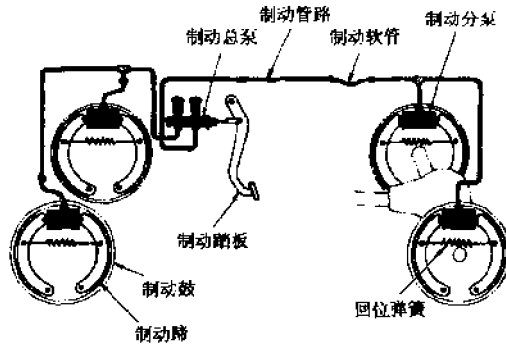


图 3-43 双管路液压制动系统

图 3-43 中的车轮制动器是鼓式制动器。它由制动鼓、制动蹄及摩擦片、制动分泵、制动底板和回位弹簧等组成(图 3-44)。

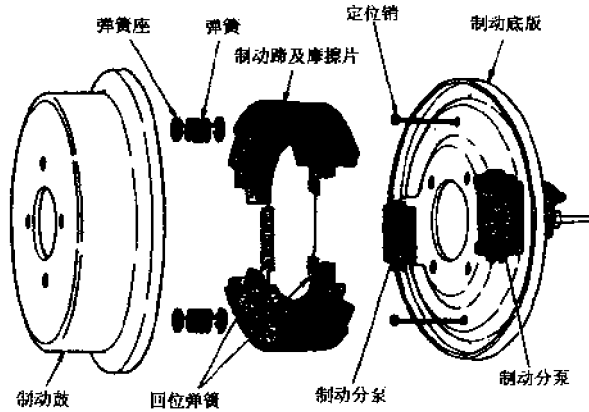


图 3-44 液压式车轮制动器

液压式制动系的工作原理如图 3-45。

制动时,驾驶员踩下制动踏板(图 3-45),使制动总泵内的

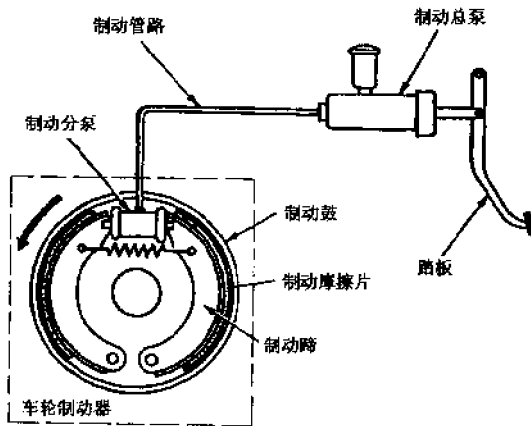


图 3-45 液压式制动系工作原理

制动液通过制动管路分别进入各车轮制动器的制动分泵,分泵中的活塞使制动蹄及摩擦片张开,摩擦片与制动鼓接触产生摩擦力,阻止与制动鼓固连的车轮转动,从而产生制动力。

松开制动踏板,制动蹄及摩擦片在回位弹簧作用下回到原位,制动分泵的制动液经制动管路流回到制动总泵,制动即解除。

车轮制动器的液压管路若分属于两个独立的回路就称为双回路制动系统。图 3-43 的制动系统属于双回路制动系统。这可以提高制动系统的可靠性,若其中一个管路失效时,另一个管路仍能起作用,不致于完全丧失全车的制动能力。

三、钳盘式制动器与真空助力器

1. 钳盘式制动器

前置前驱动轿车目前普遍采用“前盘后鼓”的车轮制动器,即前轮采用钳盘式制动器,后轮采用鼓式制动器,这样能改善制动性能,提高制动时的方向稳定性。

钳盘式制动器的结构示意图如图 3-46。它由制动盘、制动钳支架、活塞、摩擦片、制动油管组成。制动盘与车轮固连,随车轮一并转动。制动时,从制动总泵流至制动分泵的制动液作用在制动盘两侧的活塞上,活塞推动摩擦片与制动盘接触,如同“钳夹”将制动盘钳住,阻碍制动盘转动,即在车轮上产生制动力。

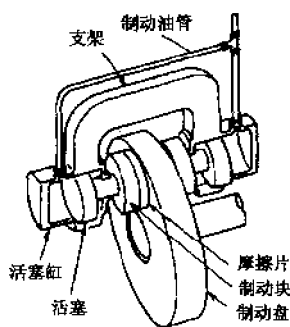


图 3-46 钳盘式制动器

钳盘式制动器制动效能稳定, 散热较好。

2. 真空助力器

为减轻驾驶员的劳动强度, 增大汽车的制动力, 在制动系统中加入助力装置。常见的有真空助力器 (图 3-47)。在

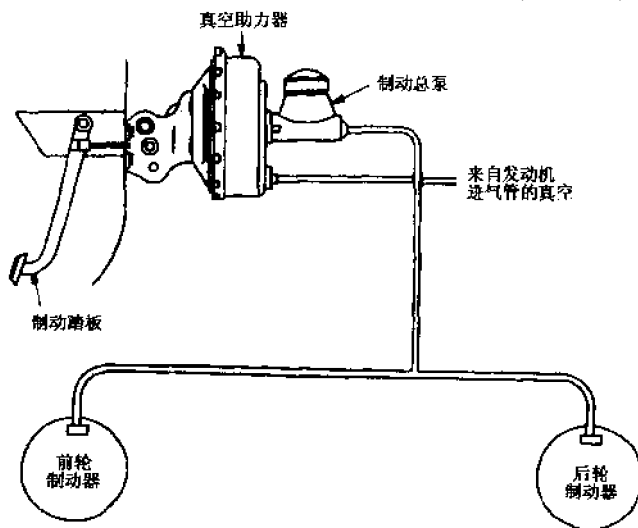


图 3-47 真空助力式制动装置

制动踏板和制动总泵之间，加装有真空助力器。真空助力器的真空源来自发动机进气管。踩下制动踏板时，在真空助力器内部的膜片两侧分别引入大气和真空，形成较大的压力差，这个压力差作用在制动总泵的推杆上，增大对制动总泵活塞的作用力，从而增加了制动总泵输出的制动液压力，最终增大制动力。

第四章 汽车电气设备

汽车电气设备主要由电源设备（蓄电池和发电机）和用电设备（起动机、点火装置、照明及灯光信号、仪表及报警装置、辅助电器等）组成。它分布于全车各个部位，综合起来有如下两个共同特点（图 4-1）。

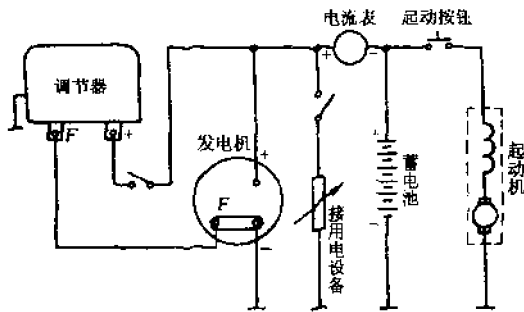


图 4-1 汽车并联电路

(1) 直流供电——蓄电池和发电机协调供电，直流电压为 12V 或 24V。

(2) 并联单线——汽车电气设备采用并联连接，以车架及与其相通的金属机件为各种电器的公共端（负极搭铁），另一端用导线连接成单线制。

第一节 汽车蓄电池

一、蓄电池的功用与构造

汽车的用电设备是由发电机和蓄电池并联供电的。蓄电池是一个化学电源。在充电时，靠内部的化学反应，将电源的电能转变为化学能贮存起来；用电时，再通过化学反应将贮存的化学能转变成电能，输出给用电设备。按电解液的成分及电极材料不同，可分为酸性蓄电池和碱性蓄电池。

蓄电池为一可逆直流电源，它在汽车上与发电机并联。在发动机正常工作时，发电机的端电压都会高于蓄电池的电动势，由发电机单独向用电设备供电，同时若蓄电池存电不足时，发电机还对蓄电池进行充电，只有当发电机不工作或怠速运转时，用电设备才由蓄电池供电。当用电设备同时接入较多、发电机过载时，蓄电池协助发电机供电。另外，蓄电池还相当于一个较大的电容器，能吸收电路中随时出现的瞬时电压（浪涌电压），以保护电子元件不被击穿，延长其使用寿命。

蓄电池的种类很多，由于铅蓄电池的内阻小，电压稳定，可以短时间内供给起动机强大的电流（汽油机为 200~600A，柴油机有的高达 1000A），加之结构简单，价格较低，所以在汽车上被广泛采用。铅蓄电池的主要缺点是容量低，使用寿命短。

蓄电池的型号编制由 4 个部分组成：



1——蓄电池单格数，用阿拉伯数字表示；

- 2——蓄电池用途，用汉语拼音第一个字母表示，如 Q 为起动型；
- 3——极板类型，用汉语拼音表示，如 A 为干式荷电极板；
- 4——20 小时放电率的额定容量，单位为 A·h；
- 例如：6-Q-105。

二、蓄电池的工作原理

1. 放电作用

蓄电池的正负极抽头与负载连接时，如图 4-2。电解液

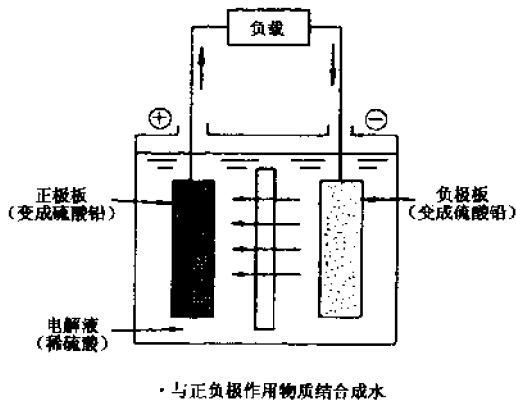
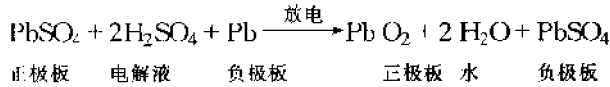


图 4-2 蓄电池的放电作用

中的硫酸离子 (SO_4) 移向正极板，使正极板由过氧化铅变成硫酸铅；电解液中的氢离子 H^+ 移向正极板与氧离子结合成水，电解液中的硫酸离子亦移向负极板，与海绵状铅结合成硫酸铅，放电结果正负极板均变成硫酸铅。由于生成的硫酸铅覆盖于两极上，而且电解液内硫酸离子 (SO_4) 渐减，水渐多，使电解液的相对密度减低，电动势降低。放电时的

方程式为：



2. 充电作用

蓄电池充电时的作用恰好与放电时相反，如图 4-3。利用充电器的电流，使正极板上的硫酸铅变回过氧化铅，负极板的硫酸铅变回海绵状铅，电解液恢复其原有密度。充电时的化学方程式为：

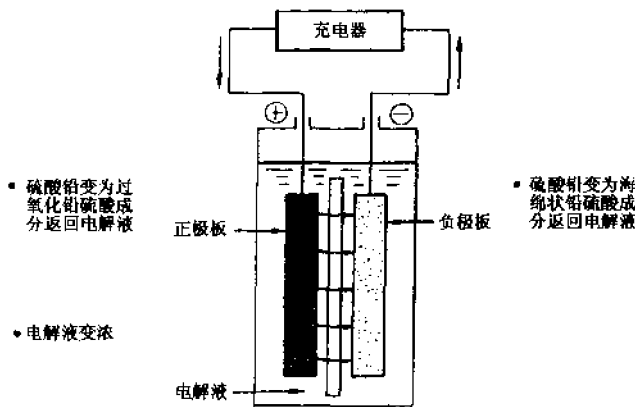
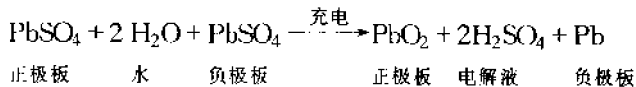


图 4-3 蓄电池的充电作用



充电的结果，因电解液硫酸成分增加，水渐少，使电解液之相对密度上升，电动势升高，如图 4-4。当蓄电池充满电后，仍继续充入电流时，仅将水（H₂O）电解液为氢气与氧气，化成气泡，分别从正极板与负极板上剧烈逸出，并产

生大量的热量。

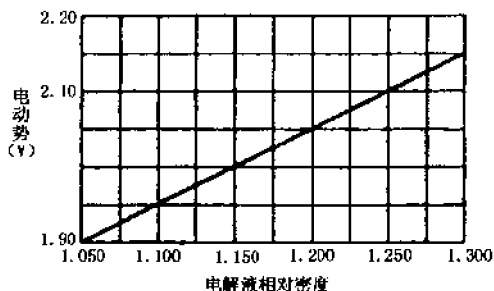


图 4-4 电动势与电解液相对密度的关系

第二节 交流发电机及调节器

在发动机正常工作情况下，发电机除对点火系及其它用电设备供电外，还对车上蓄电池充电。现代汽车所用的发电机，大多用硅整流发电机（即装有半导体整流电路的交流发电机）。交流发电机由电压调节器控制，使发电机发出的电压稳定在一定范围内。

一、交流发电机

1. 发电原理

交流发电机工作原理见图 4-5 所示。发电机的转子为旋转磁场，磁场和定子绕组之间产生相对运动，在三相绕组中产生正弦交流电动势。通过改变磁场线圈电流的大小，即可控制交流发电机的输出电压的高低。

2. 整流过程

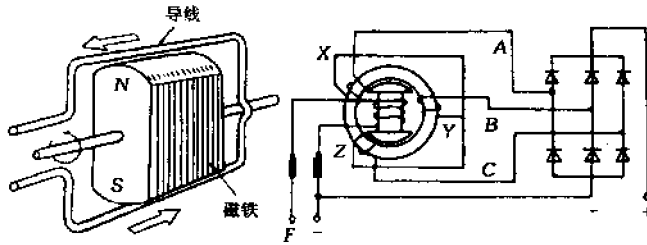


图 4-5 交流发电机工作原理

硅二极管具有单向导电特性。当二极管处于正向电压时，即二极管正极电位高于负极电位，管子呈低电阻，处于“导通”状态；而加反向电压（正极电位低于负极电位）时，管子呈高电阻，处于“截止”状态。利用硅二极管的这种单向导电性，就可以组成各种型式的整流电路，把交流电变成直流电。

3. 交流发电机的构造

汽车用交流发电机，多采用三相同步交流发电机，由 6 只二极管构成三相桥式全波整流器。交流发电机主要由定子、转子、滑环、电刷、整流二极管、前后端盖、风扇及皮带轮等组成。

二、电压调节器

电压调节器在发电机电压超过一定值以后，通过调节磁场电流从而改变磁极磁通的方法，在发电机转速变化时保持其端电压为恒定值（13.5~14.5V）。常用的调节器有触点振动式调节器、晶体管电压调节器、集成电路调节器等多种型式。

1. 触点振动式电压调节器 也称为机械式调节器或简

称触点式调节器，如图 4-6 所示。它利用触点开、闭的作用，在发电机转速变化时，改变磁场电路的电阻，从而改变磁场电流和磁场磁通的方法维持发电机电压恒定。

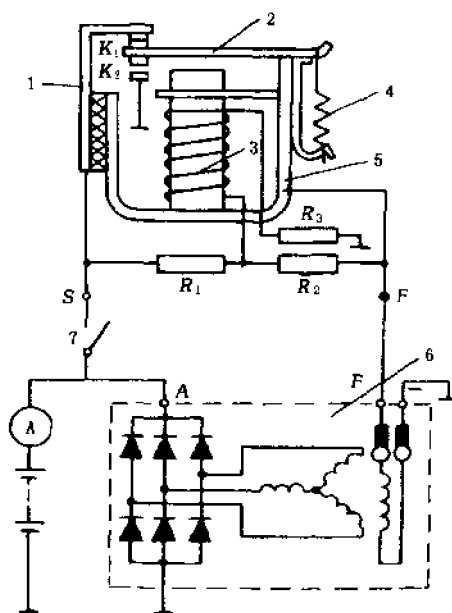


图 4-6 触点式电压调节器

1-固定触点支架；2-活动触点臂；3-磁化线圈；4-弹簧；5-磁轭；6-交流发电机；7-点火开关； R_1 -加速电阻； R_2 -调节电阻； R_3 -补偿电阻； K_1 -低速触点； K_2 -高速触点

2. 晶体管电压调节器 它利用晶体三极管的开关作用，控制发电机电路的通、断，调节磁场电流和磁场磁通，在发电机转速变化时维持其端电压不变。图 4-7 是汽车发电机选用的晶体管调节器的电路原理图。

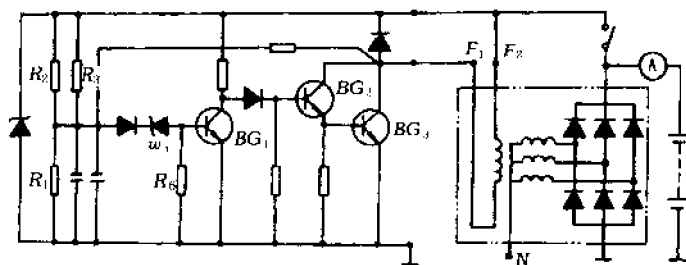


图 4-7 晶体管电压调节器电路原理图

第三节 发动机起动系

所谓发动机起动就是用外力旋转静止的曲轴，直至曲轴达到能保证混合气形成、压缩和燃烧能顺利进行的转速，使发动机进入自行运转。一般起动转速要在 $50\text{r}/\text{min}$ 以上。

常用的起动方法有手摇起动和起动机起动。手摇起动就是把手摇臂嵌入曲轴前端的起动爪内，用人力转动曲轴。为了节省人力和起动方便，现代汽车都采用起动机起动，它是利用直流电动机低速时转矩大的特点，通过驱动齿轮与发动机飞轮周缘的齿环啮合，由电动机带动飞轮和曲轴转动，直至发动机起动为止。

起动机起动装置主要由电动机、操纵机构和离合机构组成。

起动机为直流串激电动机，这种电动机在低速时输出转矩很大，随着电动机转速升高，转矩逐渐减小，非常适合发动机起动要求。直流电机主要由绕组、激磁绕组、电刷、整流器等组成（图 4-8）。电动机一般装四组激磁绕组，激磁绕组通电后形成 N-S 极磁场。电极绕组与相互绝缘的铜片

连接，组成电极的整流器。电流由整流器发生接触的固定电刷输向电极线圈，该线圈也形成N-S极磁场，激磁线圈和电极线圈的N-S极的吸引与排斥，立刻驱动该电极旋转，电刷把电流通过整流器依次输至每个电极线圈，电极也就不停的旋转，向外输出功率。

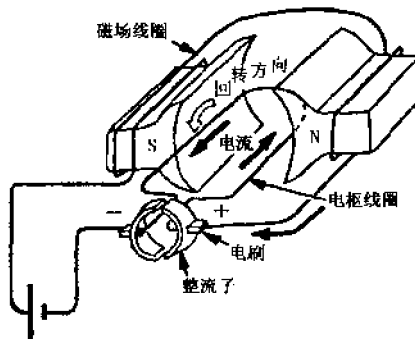


图 4-8 起动机示意图

操纵机构的作用是驱动小齿轮与飞轮齿轮啮合并接通电动机电路，使发动机旋转，常见的操纵机构为电磁式。

电磁式操纵机构原理见图 4-9。点火开关 7 有 3 个档位，即：空档 (0)、点火档 (I)、起动档 (II)。当开关置于起动档 (II) 时，电流从点火开关接线柱 4，经组合继电器 6 的“SW”接线柱、起动继电器线圈 4、充电继电器的常闭触点 3 搭铁，于是起动继电器常开触点 2 吸合，起动机 12 的电磁线圈通电，接通起动机继电器的吸引线圈 5 (与直流电动机串联)、保持线圈 6 (与电动机并联) 的电路。两个线圈的磁场产生很强的磁力，吸引铁心 7 左移，并带动驱动杠杆 8 绕其销轴转动，使小齿轮移出与飞轮齿圈啮合。与此同时，由于吸引线圈中的电流流过电动机的磁场绕组，电枢

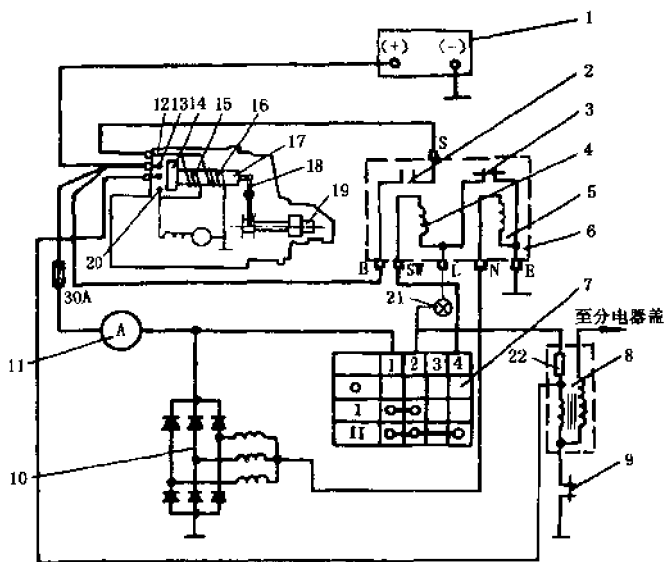


图 4-9 发动机操纵机构起动线路

1-蓄电池；2-起动继电器常开触点；3-充电继电器常闭触点；4-起动继电器线圈；5-充电继电器线圈；6-组合继电器；7-点火开关；8-点火线圈；9-断路器；10-交流发电机；11-电流表；12-起动机；13-起动机蓄电池接线柱；14-接触片；15-吸引线圈；16-保持线圈；17-铁心；18-驱动杠杆；19-小齿轮；20-电动机接线柱；21-充电指示灯；22-附加电阻

开始旋转,小齿轮在旋转中移出,减小在与飞轮啮合时的冲击。当铁心左移到接触盘将电动机接线柱 10 与蓄电池接线柱 3 接通时,起动机开始起动电动机。此时,与电动机接线柱 10 相连的吸引线圈 5 被短路,失去作用,但这时起动机开关已接通,保持线圈所产生的磁力足以维持铁心 7 处于开关吸合位置。发动机起动后,及时松开起动开关,起动继电器线圈断电,磁场消失,在回位弹簧的作用下铁心右移回到原位,起动机电路切断。与此同时,驱动杠杆也在弹簧的作用下回位,

并使齿轮退出啮合。另外,发电机发电,中性点电压升高,并通过组合继电器的“N”接线柱,使充电继电器的线圈5通电,于是常闭触点3分开,切断了线圈4的电路。使常开触点2分开,自动切断起动机电路,起动机停止工作。防止发动机起动后因驾驶员未及时松开而造成起动机超速。

离合机构的作用是保证起动齿轮只在起动时啮合,起动后即与飞轮的齿环脱离,防止发动机起动后倒传动,使电动机高速运转造成损坏。常用的离合机构有自由滚柱式、摩擦片式和弹簧式三种。

自由轮式离合机构见图4-10所示。起动齿轮和外座圈连为一体,内座圈和花键套筒做成一体,花键套筒通过内花键与电动机转子相连。内座圈加工有楔形槽(左窄右宽),

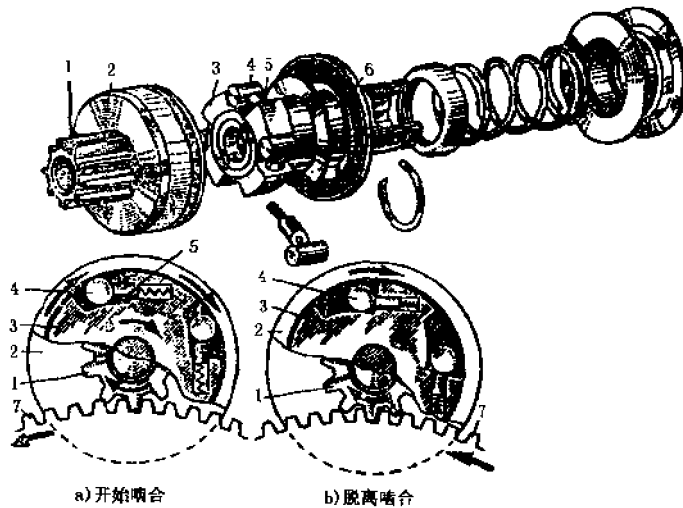


图 4-10 滚柱式离合器

1-起动机驱动齿轮; 2-外座圈; 3-内座圈; 4-滚子; 5-柱塞; 6-花键套筒;
7-飞轮齿圈

槽内装有滚子、柱塞和弹簧。起动机带动内座圈顺时针转动，滚子向窄边移动，并带动外座圈和起动齿轮转动，从而使曲轴旋转。当发动机一开始工作，飞轮转得比起动齿轮快，滚子向楔形槽的宽端移动，内外座圈脱离，可以自由相对滑动。这样发动机飞轮就不能带动电动机转子，从而防止了起动机超速。

第四节 汽油机点火系

一、点火系的作用

点火系的作用是将蓄电池或发电机输出的低压电流，经点火线圈变为高压电流，通过分电器按照发动机各缸的点火顺序，在一定时间内轮流配送给各火花塞，产生电火花，点燃气缸内的混合气。

二、点火系的工作原理

1. 传统点火系工作原理

点火系包括蓄电池、发电机、点火开关、电流表、点火线圈、电容器、分电器、高压导线和火花塞等（图 4-11、图 4-12）。

点火系的高、低压电路电流的流动顺序是：

低压电路：蓄电池→电流表→点火开关→点火线圈的低压线圈→断电器活动触点（闭合时）→断电器固定触点底盘搭铁→蓄电池。

高压电路：点火线圈的高压线圈的一端→点火线圈附加电阻→点火开关→电流表→蓄电池正极→蓄电池负极搭铁→火花塞跳火→分电器的分火头→分电器盖中央孔→点火线圈

中央插孔→高压线圈另一端。

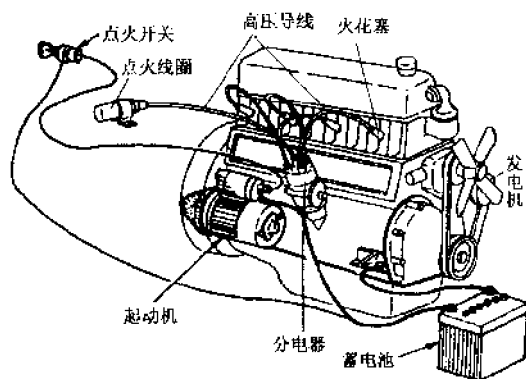


图 4-11 点火系装置图

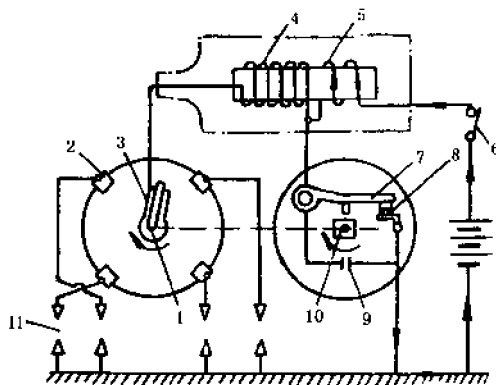


图 4-12 点火系电路原理图

1-配电器的中心电极；2-侧电极；3-分火头；4-次级绕组；5-初级绕组；6-点火开关；7-活动触点臂；8-固定触点；9-电容器；10-凸轮；11-火花塞

(1) 点火线圈

点火线圈的作用是将蓄电池的低压电（12V）转变为高

压电（10000V~15000V）。当点火开关接通电源后，断电器触点闭合，低压线圈有电流通过，线圈周围产生磁场。当断电器触点张开时，低压线圈电流消失，磁场也减弱并趋于消失。由于这个磁场的变化，高压线圈感应产生高压电流。当此电流经分电器配送到各气缸的火花塞时，便产生电火花，点燃气缸里的可燃混合气。点火系的低压线路上还有附加电阻和电容器。

附加电阻 附加电阻串联在低压电路中，其电阻值可随温度增高而增大，用来自动调节低压电路的电流强度。发动机低速运转时，由于断电器触点闭合时间长，电流强度大，使电阻温度升高，阻值随之增大，低压电流减小，点火线圈不会过热；发动机高速运转时，断电器触点闭合时间短，电流强度小，附加电阻温度下降，其阻值随之下降，使通过低压线圈的电流强度增大，从而使点火线圈产生足够的高压电流。

起动发动机时，由于大量放电而使蓄电池电压降低。为了补偿低压线中的电压，在起动机上附设一开关，接通起动机电路后，能使点火线圈的附加电阻自动短路。此时，低压线圈中电流强度增大，磁场增强，高压线圈产生的感应电压增高，火花塞产生的火花也增强。

电容器 电容器的作用是收容低压线圈的感生电流，防止触点过早烧蚀，同时帮助点火线圈提高点火电压。电容器是用两条铝箔中间夹有绝缘性很好的蜡纸卷制而成。其中心引线为正极，外表皮为负极。

(2) 火花塞

火花塞是利用高压放电原理，在保持一定距离（间隙）的两个电极间产生电火花，点燃混合气。火花塞装在发动机气缸盖上。

点火线圈产生的高压电流经分电器配送至火花塞电极时，高压电流击穿混合气而产生电火花，从而点燃混合气。

火花塞电极间隙应保持正常，绝缘磁体应绝缘良好。

(3) 分电器

分电器是用来接通和切断低压电路，使点火线圈产生高压电流，并按照发动机的点火顺序，在规定的时间内，将高压电分配给各气缸的火花塞，点燃混合气。分电器包括断电器、配电器、电容器和点火提前装置等。

断电器 用来接通和切断低压电路。由一对装在底板上的触点(固定触点和活动触点)和凸轮组成。触点最大断开位置时的正常间隙为 $0.35\sim 0.45\text{mm}$ (可以用偏心螺钉调整)。凸轮和拨板制成一体，装在分电器轴上部，由分电器轴带动。分电器轴则通过配气机构凸轮轴上的齿轮驱动。发动机曲轴转两圈，分电器轴转一圈，凸轮共顶开活动触点四次(四缸机)。

配电器 配电器的作用是按发动机的点火顺序分配高压电。分电器盖的中央有一插孔，内部装有接触碳棒和小弹簧，接触碳棒靠弹簧张力同分火头导电片接触。盖的圆周还有几个旁插孔，用以接插通往火花塞的高压电线。

点火提前角调节装置 点火提前角调节装置是根据发动机燃烧过程的需要，自动调整点火提前角度。点火提前装置包括离心调节器(图 4-13)和真空调节器(图 4-14)。

离心调节器的工作原理：当发动机转速增加时，离心块在离心力作用

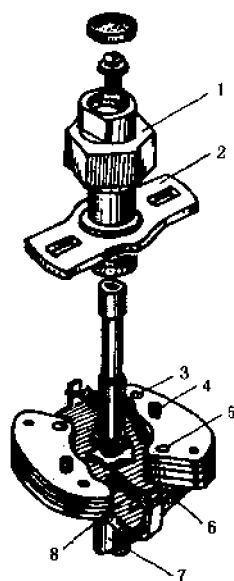


图 4-13 离心调节器

1-凸轮;2-拨板;3-离心重块;4-销钉;5-锁销;6-托板;7-轴;8-弹簧

下，克服了弹簧的拉力，向外张开；这时离心块的拨板销使拨板及凸轮沿分电器轴旋转方向，加速转动一个角度，因触点位置不变，所以凸轮提前顶开触点，使点火时间提前。

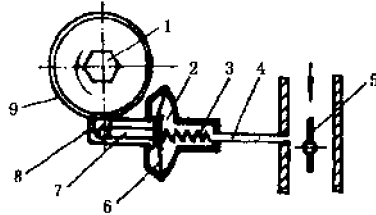


图 4-14 真空式调节器

真空调节器工作原理：当化油器节气门开度不大或发动机的负荷减小

而转速增高时，节气门下方真空度增大，通过真空管吸动膜片，拉杆拉动随动板及断电器触点副，使其逆分电器轴旋转方向（凸轮转动方向）转动一定角度，将触点提前顶开，从而提前了点火时间。

目前的蓄电池点火系存在着以下缺点：断电器触点容易烧蚀，工作寿命短；火花塞易积炭，使次级电压因漏电而升高，使点火不可靠；发动机高速时，由于触点闭合时间太短，次级电压下降，易出现缺火现象；由于有时点火电压不够，使混合气燃烧不完全造成对空气的污染等。蓄电池点火在现代高速多缸发动机和转子发动机上已难以适应。为克服上述缺点，近年来出现了晶体管高能点火、无触点点火装置等。

2. 无触点晶体管点火系工作原理

无触点点火系用传感器代替断电器触点，产生点火信号，克服了触点常出故障的弊端，而且点火能量提高，可实现高能稀燃。如图 4-15 所示，传感器是一个磁脉冲式点火信号发生器，当分电器转子转动时，转子凸齿 8 与线圈铁心 9 间的空气间隙不断发生变化，根据电磁感应原理，线圈中将产生感应电动势脉冲，使晶体管导通和截止。当晶体管导

通时，点火线圈的低压线圈有电流通过，线圈产生磁场。当晶体管截止时，低压线圈里的电流消失，高压线圈产生高电压，经配电器送到各缸的火花塞，产生电火花并点燃气缸里的可燃混合气。

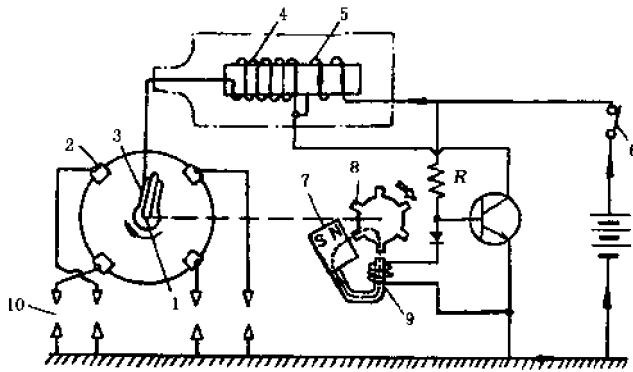


图 4-15 电感式无触点晶体管点火系统

1-配电器的中心电极；2-侧电极；3-分火头；4-次级绕组；5-初级绕组；
6-点火开关；7-传感器；8-分电器转子；9-线圈铁心；10-火花塞

第五节 汽车灯系

汽车灯系一般分为装在车身外部及装在车身内部的照明和信号灯两组。外部的主要有：前照灯、前小灯、后灯、转向信号灯、制动信号灯、雾灯和防空灯等。内部的主要有：驾驶室顶灯、车厢照明灯、发动机罩下灯、仪表板照明灯等。

前照灯 用来照明汽车前方的道路，均采用双丝灯泡，具有远光和近光两种照明方式。

前小灯 主要用来在夜间近距离照明，还可显示车身宽度，又称示宽灯。

后灯 玻璃是红色的，以警示后方车辆。

转向信号灯 分别装在车身前部和后部的左右两侧，在其电路中装有闪光继电器，使转向信号灯的亮度自动地忽强忽弱地闪光。

制动信号灯 装在尾部，制动时发亮。防空灯 在越野车上装备。

发动机罩下灯 用于夜间检修发动机时照明。

指示灯 仪表板上的指示灯，可显示转向信号灯和前大灯中远光灯的工作情况。

图 4-16 所示为汽车照明及讯号线路图。

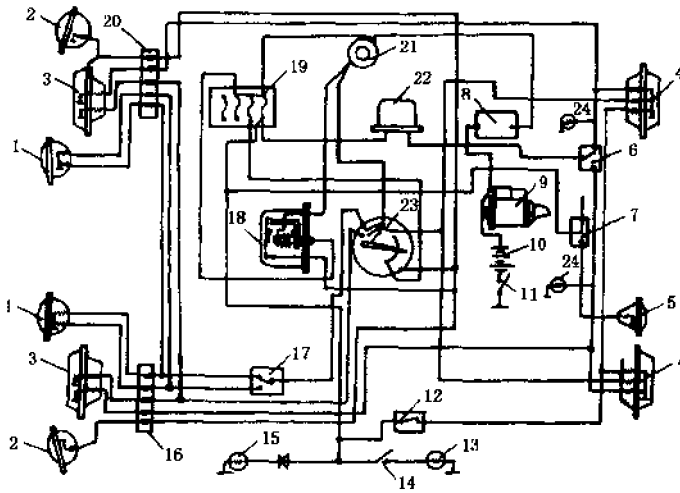


图 4-16 东风 EQ1090F 型汽车灯系

1-前照灯；2-侧灯；3-前组合灯；4-后组合灯；5-后照灯；6-转向灯开关；7-暖风开关；8-电流表；9-起动机；10-蓄电池；11-电源总开关；12-制动开关；13-顶灯；14-顶灯开关；15-罩下灯；16、20-接线板；17-变光开关；18-灯光继电器；19-熔断器；21-双金属片；22-闪光器；23-灯开关；24-转向指示灯

第六节 车用仪表及报警装置

为了使驾驶员及时了解汽车各系统的工作状况，避免事故的发生，保证汽车安全、可靠地运行，汽车上都装有各种检测仪表和报警信号装置，经线路连接后，集中安置在驾驶室的仪表板上（图 4-17）。

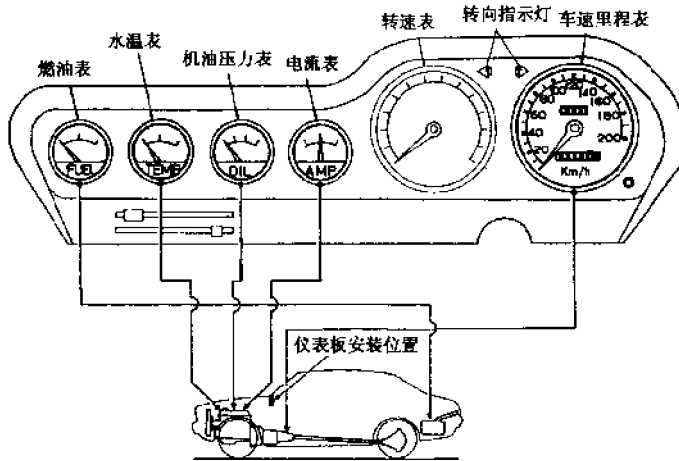


图 4-17 仪表、报警指示灯连接示意图

第五章 汽车车身

第一节 概 述

汽车的车身指汽车的车架、驾驶室和车厢三大部分。从技术发展渊源上看,汽车车身分别从三种马车演变而来。原用以搭乘少数乘客的豪华马车是现代轿车的鼻祖,现在被视为第一辆汽车的卡尔·本茨车的造型就是例子。第二类是从马车货车演变而来的载货汽车,这方面的例子是与卡尔·本茨同时研制汽车的戈特利布·戴姆勒的四轮载重车。第三类是由已营运多年的蒸汽机公共汽车演变而来的内燃机公共汽车。在技术发展早期,汽车的车架是不可少的,不论那类车辆,车架都是基础结构件,作为整车的骨架。只有到了20世纪50年代,为了减轻汽车自身重量,产生了承载式车身,即将车架作为骨架的功能由车身壳体(轿车)或车厢构架(大客车)来承担。因此,现代汽车中,只有载货汽车完全保持车架、驾驶室、车厢三大件明确独立;大客车和小轿车的主流是驾驶室、车厢和车架融为一体的结构。

不论哪种结构,汽车车身的功能还是清晰一致的,它们是:

1. 作为整车的基础结构,为各种功能部件提供安装和固定的位置,并有足够的强度和刚性,保证所有部件相互位置的正确与稳定。

2. 为驾驶员提供操纵控制汽车的空间和工作条件,保

证操作方便，灵活。

3. 为完成设计规定的基本功能——载客或载货提供最佳厢体、座位或容器。

以上三种是车身基本的功能。实际上现代汽车还要满足以下几个重要要求：

1. 安全性有许多内容，这里是指乘客或者货物在整个运输过程中的安全保障。由这个要求导致汽车车身结构类型和技术的迅速发展。

2. 汽车车身应为驾驶员和乘客提供良好而舒适的旅行环境。低振动、小噪声、适宜的温度、湿度，乃至生活和文化娱乐设施都在此列。

3. 社会对汽车的美学要求。

汽车已是现代社会生活舞台上的重要角色。人们对汽车的形象要求也越来越多，汽车车身的艺术化及其社会效果已是一个重要课题。

军用越野车和矿山汽车等因其特殊适用场合而例外。

第二节 载货汽车的车身

载货汽车清楚地保持车架、驾驶室和车厢三大特征，这种形态将继续保持下去。

1. 载货汽车的车架

载货汽车的车架俗称大梁。

框架式车架使用最广。它由左右两根纵梁和许多横梁适当铆接（少数用焊接）成一个框架（图 5-1）。

有些车型采用中间一根封闭管子作脊梁（图 5-2）称为脊梁式车架。还有其它形式的车架设计。载货汽车的车架是整车安装的基础，因此有良好的强度和刚度。

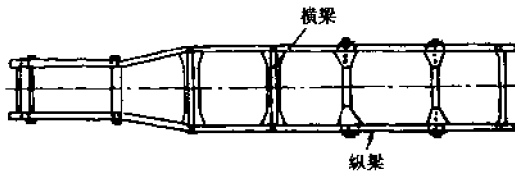


图 5-1 框架式车架

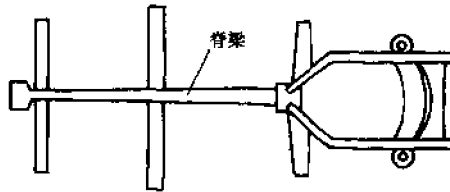


图 5-2 脊梁式车架

2. 载货汽车的驾驶员工作场所又是生活空间。良好的工作环境，操作方便灵活，室内环境舒适宜人，对行车效率和安全性都有重要影响。因此现代汽车驾驶室设计布置十分考究，不少车辆还配备卧铺，供驾驶员轮换休息之用。

长头汽车的车头和驾驶室互相分开，平头汽车两者融为一体。长头汽车驾驶室在发动机后方，视野较差，发动机维修较方便，安全性好，行驶振动小（图 5-3b）。平头驾驶室位于发动机上方，视野良好，同样车长情况下车厢载货面积大（图 5-3a）。平头驾驶室构成如图 5-4。

3. 载货汽车的车厢

最普通的载货汽车车厢是由四边栏板加底板围成的槽式车厢。这种货厢的优点是结构简单，成本低廉，适用于万能化装载。万能式货厢的明显缺点是难以满足不同类型货物运输的各种较高要求，失之简陋。

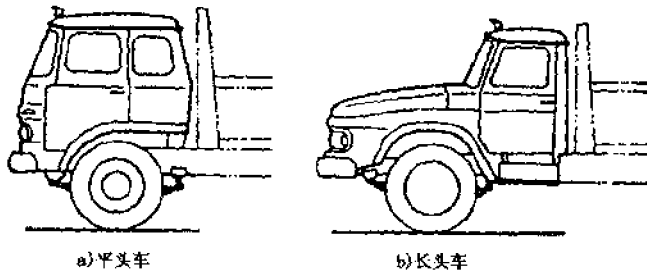


图 5-3 两种驾驶室型式

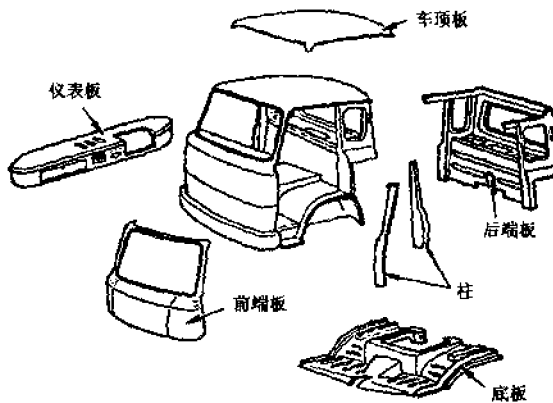


图 5-4 平头驾驶室分解图

保持汽车底盘基本不变，按照所承运物资的运输要求而建造的各种各样的车厢，构成了一个由基本车型派生的多型号系列，通常称之改装车系列。这是当代载货汽车最为丰富多采的发展状态。在经济发达的国家和地区，普通槽式车厢的载货汽车较少，大多数是带有不同车厢的“专用车”，其实往往是某一车型的改装（图 5-5）。

封闭式车厢，特别是为运输贵重物资的密封、保险式货

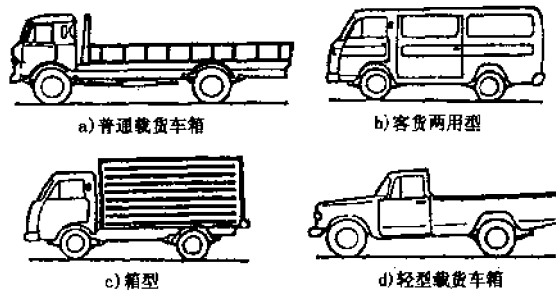


图 5-5 不同类型车厢

厢为一大类。它们既防日晒雨淋，也防盗防抢。

液态物资和粉尘类物资运输要求密封罐式车厢，而且往往附带抽吸和输送的泵及管路系统。

自动倾卸是许多粗糙原材料运输的要求，因此，自卸汽车是现代载货汽车的一大分支。

特别值得一提的是集装箱运输方式的诞生和它对汽车车厢的重大变革。

集装箱运输方式是世界运输史上的一个重大创新，它把原先各自独立的公路运输，铁路运输和水上运输连接为一个连续的网络。通过这个网络可以实现物资一次装卸而被输送到世界任何地方。公路——铁路——航运构成连续的运输带。集装箱方式取消了各种汽车的车厢，因此集装箱运输车实际上是无车厢的汽车，它的任务是从一个地方接受标准货厢，将此标准箱运输到卸货地点卸下。

第三节 客车的车身

这里所指的客车主要是以客运为目的制造的多座位汽

车。现代汽车向微型发展，而现代轿车也向多座位大型化发展，使得客车与轿车之间的界线模糊起来。俗称子弹头式汽车就是例子。

为了追求运输效率高，客车的基本外形是一个长方体。这种形状的行驶阻力较大，因而适用于较低行驶速度。

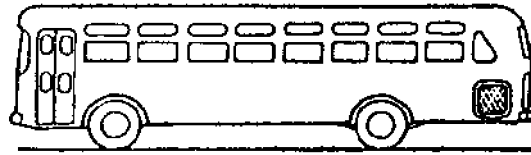
早先 50 年代前后可见到驾驶室与乘客车厢分开的客车，俗称长头客车。现今大小客车流行整体的结构。驾驶员座位安排在前面，通过大玻璃视野广阔，整体造型完整美观。

许多客车是由某种载货汽车底盘改装而成。这类客车通常有原载重车的车架，或者是专为客车设计的车架与载重车的主要总成配套，这类客车叫有车架式的身。车身的厢体部分承受的载荷不大，主要由车架承担。汽车设计的术语称这类车身为非承载式车身。

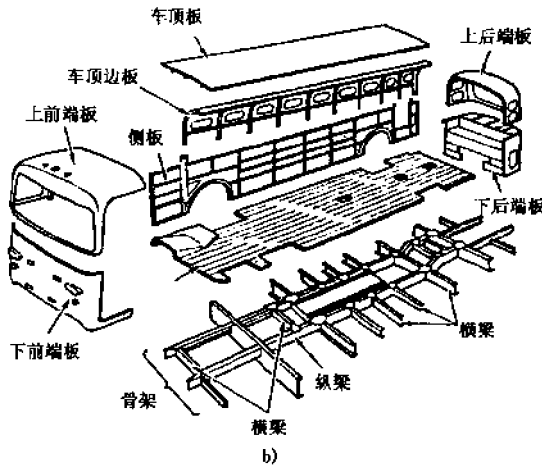
车架使客车的整车重量较大，车厢地板离地面较高，整车重心也高。因此，一些专门设计的客车将车架部分与车厢地板框架融合，使车厢下半部分的构件也承担载荷。这样的结构术语称半承载式车身（图 5-6）。

再进一步的改革设计是整个车身浑为一体不再有车架，车身框架以至内外蒙皮所有部件都有效地参与承担载荷。技术上称为承载式车身。这种车身重量小，刚性好，地板高度底，整车重心也底。缺点是外界振动直接作用在车身上，所以要求有良好的隔振、消声技术。

安全性是客车车身的首要问题。随着公路交通的迅速发展，因交通事故造成的人员伤亡和经济损失已成为现代化社会的重大问题。搭乘人数多的客车事故往往产生最惨烈的人员伤亡。保障乘员安全对车身结构而言，主要指被动安全性，既在发生事故时尽量减少人员伤亡的能力。车身结构刚度大是主要的方面，车身内部构件不对乘员构成危险，如各



a)



b)

图 5-6 半承载式客车车身

a) 外形; b) 分解图

种可能伤害人体的坚硬物等也是一个要求。舒适性的要求高低与乘员人群的社会经济地位有关。现代技术已有可能为不同的需要提供所需的各种舒适性服务。基本的舒适性要求是较小的振动，较低的噪声，合适的乘坐空间，舒适的乘坐体位等；进一步的要求是舒适的生活环境，即旅行时车厢内的小气候，防尘，防暑，基本生活服务。高级的要求是提供舒适完备的物质服务之外，还提供优裕的精神服务或营造特殊

环境，例如旅行中的办公环境、现代通讯手段。

客车车身外部造型有两大因素，第一是技术方面要求尽量减少行驶阻力，第二是艺术方面的美学效果。这两种因素通过适当的流线型，完美的工艺加上艺术（包括线条、油漆、色彩的运用），表达了现代科学技术与现代艺术的完美结合。

第四节 轿车的车身

轿车车身是现代汽车工业最引以为自豪的创新之一，也是现代社会最吸引人们目光的事物之一。川流不息、五光十色的各种轿车造成现代都市一景。即使因为汽车数量大增造成现代社会严重的交通问题和生态环境恶化，但轿车车身造型作为一种现代优秀文化是无可否认的。

轿车车身是现代科学技术与文化艺术的完美结合。对轿车车身的主要要求是以下几个方面：

1. 尽量小的行驶阻力；
2. 尽量轻的结构重量；
3. 尽量高的结构刚性和强度以保障乘员安全；
4. 营造舒适的旅行环境；
5. 尽量完美的艺术效果。

以上要求必须完整地体现在整个车身的构造上。它牵涉到许许多多科学技术领域和艺术创造。

一种新车型的诞生大体经历如下过程：

首先是整体造型。这是汽车整车设计技术与艺术创造的结合。一方面它应遵循汽车设计的原则，形成技术上合理的设计方案，一方面是这个设计方案的艺术化。艺术化包括整体造型和色彩两个方面。这项工作最后体现在模型上。在计

计算机绘图发达的今天，计算机能更快地提供各种整体造型。

其次是对造型进行完全动力学研究。一般是用模型进行风洞试验，测定它的行驶阻力特性，找到影响空气阻力降低的因素，加以修改直到满意为止。试验用的模型可以是缩小的模型，也可以是实物车身。为了降低空气阻力，现代轿车造型的基本特征是良好的流线型，较小的逆风面积，光滑流畅的表面形状，尽量少的孤立突出物或凹坑、缝隙等。

第三是详细的技术设计。它包含内部空间布置，车身构件的设计。人机工程学是车身内部布置的指导原则之一，它要求营造合理、舒适的驾驶工作场所和乘员旅行环境。车身构件设计既要尽量减轻重量，还要有良好的制造工艺性，因而是一件复杂的机械工程。

车身内部还有许多工作，例如驾驶员和乘员座椅，车身内部所有附件，装饰件等。现代轿车装置着越来越多的附件。例如各种汽车电子系统，安全带，安全气囊等。

除了汽车防止发生事故的主动技术措施，即主动安全措施此外，各种被动安全措施是当代轿车技术发展的热点。

安全带、安全气囊是在发生汽车碰撞后，阻止乘员脱离座位的措施。汽车被撞击后，乘员空间尽量保持不变以保护乘员是最受关注的特性。这方面的研究工作就是撞车试验的主要内容。较好的设计是车身结构其它部分能吸收大部分撞击能量，而乘员空间周围变形较少。发生撞击后车门能打开也是安全性的重要内容。

经过精心设计，再用最好的材料，最好的工艺制造出来的轿车车身，确实是美的化身。

轿车车身一般由前车身、后车身、边车身、车顶盖、车底板、翼板、发动机罩、行李箱盖、车门、前保险杠、后保险杠、散热器罩等组成（图 5-7、图 5-8）。

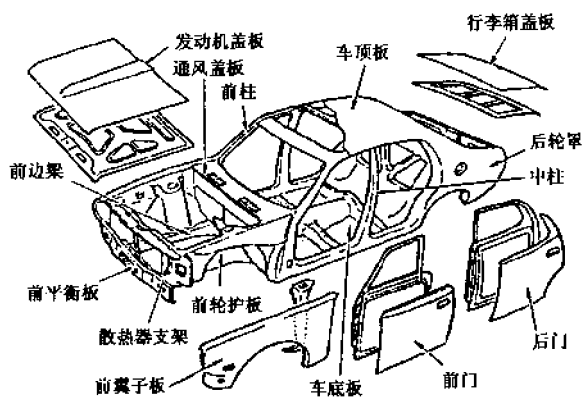


图 5-7 轿车车身分解图

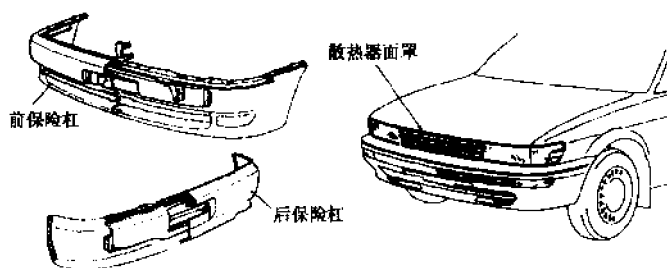


图 5-8 轿车保险杠及散热器面罩

第六章 汽车的基本性能

汽车种类繁多，用途各异。当满足不同行驶条件、不同用途时，人们对汽车性能的要求也有所侧重：微型轿车要求经济实用，高级轿车要求舒适豪华，载货汽车要求多拉快跑，越野车要求越障过沟……。

总体说来，汽车的性能可概括为：动力性、经济性、安全性、舒适性、机动性。在使用期内维持这些性能又构成了汽车的可靠性和可维修性。它们是衡量一辆汽车性能优劣的指标。

第一节 汽车的动力性

汽车动力性的好坏，通俗地讲，就是指汽车能否很快的跑起来（加速能力），到底能跑多快（最高车速），能爬多高的坡（最大爬坡度）。事实上，这3个方面的能力都涉及到汽车的最大功率。现介绍这3个汽车动力性评价参数的含义：

1. 汽车的最高车速 v_{amax} (km/h)

汽车的最高车速 v_{amax} 是指在水平的良好路面上汽车达到的最高行驶速度。通常发动机最大功率越高，汽车的最高车速就越大。因为在高速行驶时，对发动机的功率要求与最高车速约呈三次方关系，所以汽车的最高车速要根据其用途合理加以选择。

2. 汽车的加速时间 t

汽车的加速时间 t 是指汽车在水平良好路面上由原地起步到达某一车速或距离的加速时间和超车加速时间。它表达汽车的加速能力。原地起步加速时间指汽车由头档起步，以最大的加速度（包括选择恰当的换档时机）逐步换至最高档后，到达某一预定距离（400m）或一定车速（80km/h）所需的时间。

超车加速时间是指用最高档、由某一车速开始加速至某一高速所需的时间。超车加速能力越强，与被超车辆的并行行驶时间越短，行驶会比较安全。

3. 汽车的最大爬坡度 i_{\max} (%)

汽车的最大爬坡度 i_{\max} 是指汽车满载，用最低档在良好路面上能爬越的最大坡度。载货车使用的范围较广，要求有足够的爬坡能力，一般在 $i_{\max} = 30\%$ 即 16.5° 左右；越野车要求在非公路条件下行驶，爬坡能力要求很高，通常 i_{\max} 达 60% 即 30° 左右。

在动力性评价中，也可用汽车比功率作为综合指标。比功率 (kW/t) 是指单位汽车质量所能分配到的最大功率，其中汽车质量对轿车来说指空载质量，对货车来说指满载质量。一般货车的比功率：轻型货车在 $10 \sim 20\text{kW/t}$ ，重型货车在 $7 \sim 15\text{kW/t}$ ，轿车在 $30 \sim 90\text{kW/t}$ 。

第二节 汽车的燃料经济性

在汽车的运输成本中，燃料消耗约为总运输成本的 30% 左右。因此降低燃料消耗是提高汽车性能的一项重要指标。

汽车的经济性即燃料经济性，是指单位燃料消费量所完成的运输工作量。常用的评价指标是指在规定条件下行驶里

程所消耗的燃料量，如百公里油耗 (L/100km)。为比较不同货车的运输成本，有时也采用每百吨公里所消耗的燃料量作为经济性指标。由于行驶条件的不同，通常经济性的油耗指标有等速油耗、道路循环油耗和汽车测功机循环油耗三类。等速油耗和道路循环油耗是在道路试验中测得的，前者是简单的单工况道路油耗试验。我国则规定将汽车在各种车速下等速行驶的 100km 油耗曲线，即燃油经济性作为评价指标。

图 6-1 是某车的燃油经济性曲线，曲线的最低点对应的车速称为经济车速。用经济车速行驶，当然油耗最低，但运输生产率下降，所以综合考虑，往往采用比经济车速高一些的车速较合理。

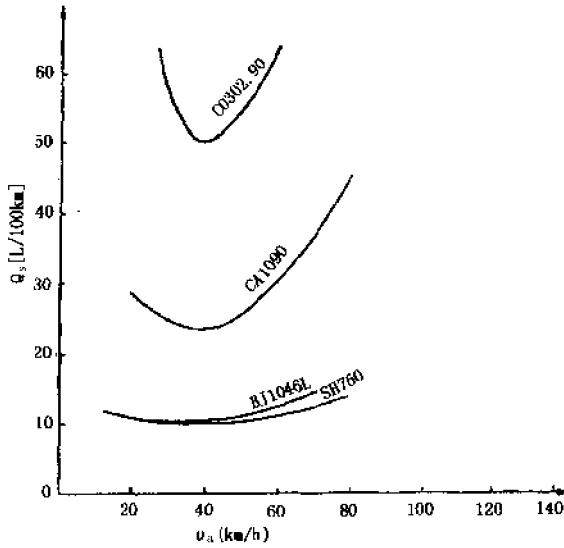
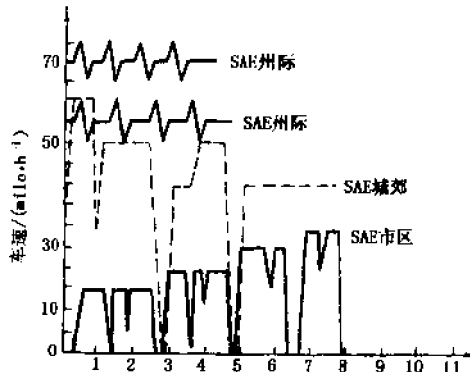


图 6-1 汽车等速百公里耗油曲线

等速油耗虽然测定简单，但毕竟不能反映实测行驶中频繁出现的加速、减速、停车怠速、制动等多种工况。为此，美国率先采用了道路循环试验。为了使循环油耗接近各种典型行驶条件下汽车的实际油耗，试验方法中规定了具有不同车速-时间规范的循环工况谱，如市区循环，城郊循环，州际循环。

图 6-2 给出了美国 SAE 四种道路循环试验的车速对时间的关系曲线。



循环	平均车速 mile·h ⁻¹	距离 mile	每英里停 车次数	行车时间 min
市区	15.5	2.0	1.0	7.7
城郊	41.1	5.2	0.4	7.6
州际	55.0	4.7	0	5.1
州际	70.0	4.7	0	4.0

图 6-2 美国汽车工程师学会行车循环

上述各种路上试验还对路面、坡度、风力、气温作出了限制规定，以保证数据具有复制性和可对比性。

汽车测功机循环试验是近年来发展的试验方法，与道路

试验相比，它对试验条件的控制可以更加严格，并易于实现更符合实际的复杂工况，还可进行经济性与排放测定。

为了节约能源，不少国家制定了限制汽车油耗的法规，从而促进了燃油经济性的不断提高。随着技术的进步，近年来发动机燃油经济性的提高，汽车自重的降低，汽车空气阻力和轮胎阻力的降低，传动效率的提高，都使汽车的经济性有了大幅度的提高。下面分别从使用与汽车结构两个方面讨论影响汽车燃油经济性的因素，从而看出提高燃油经济性的一些途径。

1. 使用方面

1) 行驶车速

由图 6-1 可以看出，汽车在接近于中等车速时燃油耗量最低，高速时随车速增加而迅速增加。这是因为在高速行驶时，汽车的行驶阻力增大所致；而低速时，由于发动机的负荷率低而导致油耗量增大。

2) 档位选择

在一定道路上，汽车用不同的档位行驶，油耗量是不相同的。显然，在同一路段和车速条件下，虽然发动机发出的功率相同，但档位越低，后备功率愈大，发动机负荷率愈低，油耗愈大。

3) 挂车的使用汽车拖带挂车后，虽然汽车总的燃油消耗量增加了，但分摊到每吨货物上的油耗下降了。拖带挂车后节省燃油的原因有二个：一是带挂车后阻力增加，发动机负荷率增加，使燃油消耗率下降；另一原因是汽车列车的质量利用系数（即装载质量与整车整备质量之比）增大。

4) 正确地维护与调整

汽车的调整与维护会影响到发动机的性能与汽车行驶阻力。例如一般驾驶员常用滑行距离来检查底盘的技术状况。

当汽车的前轮定位正确、制动器摩擦片与制动鼓有正常间隙、轮胎气压正常、各相对运动零件表面光洁、间隙恰当并充分润滑时，底盘的行驶阻力减小，滑动距离大大增加。

2. 汽车结构方面

1) 缩减轿车外形尺寸和减轻车重

大型汽车费油的原因是大幅度地增加了滚动阻力、空气阻力、坡度阻力和加速阻力。

一般认为，一辆汽车的质量若能减少 10%，可节油 3%~4%。减少汽车车重的方法主要有：合理设计，使用较轻材料和塑料来代替钢材。

货车的“质量利用系数”愈大，则制造中消耗的材料越少，运输中的油耗与成本都将降低。

2) 发动机在汽车各总成中，发动机当然是对燃油经济性最有影响的部件。目前看来，提高发动机燃油经济性的主要途径有：

- (1) 提高现有汽油机的热效率与机械效率；
- (2) 扩大柴油机的应用范围；
- (3) 采用增压；
- (4) 电子计算机控制技术的应用；
- (5) 电子燃油喷射。

3) 传动系

传动系档位增多，也就增加了汽车处于最佳经济工作状况的机会，有利于燃油经济性的提高。特别是近年来，无级变速器的应用可使发动机在任何条件下处于最佳经济工况下。

4) 汽车外形与轮胎

汽车行驶阻力中的空气阻力主要取决于汽车外形。降低空气阻力系数是节约燃料的有效途径。汽车对轮胎提出各种

要求：如耐磨性、耐久性及要求它保证动力、经济等各种使用性能。目前公认子午线轮胎的综合性能最好。由于它滚动阻力小，从而使燃油经济性提高。

第三节 汽车的安全性

随着社会的发展，技术的进步，人们对交通安全的认识已提到了很高的程度。所谓安全性主要涉及主动安全性、被动安全性和环境安全性。主动安全性包括汽车的制动性和操纵稳定性；被动安全性主要是撞车安全性，防火安全性和防盗安全性；环境安全性则涉及到废气排放和噪音控制。

一、汽车制动性

制动性是汽车最主要、最基本的性能之一，它的好坏直接关系到人的生命财产安全。汽车制动性能包括制动效能、制动效能的恒定性、制动时的方向稳定性三个方面。制动效能是指汽车在行驶中能强制地减速到停车，或维持下长坡具有一定车速的能力。其评价指标通常是制动距离、制动减速度。制动效能的恒定性主要指高速或下长坡的连续制动中，制动器温度显著升高时制动效能的保持程度（抗热衰退性），也包括制动器浸水后制动效能的保持程度（抗水衰退性）。制动时汽车的方向稳定性是指汽车在制动中不发生跑偏、侧滑或丧失转向能力而能按驾驶员意图行驶的能力。

汽车的制动效能是由车辆的制动力即地面制动力 F_{xb} 所决定，其数值取决于制动器的摩擦力矩和轮胎与地面间的摩擦力 F_{φ} 。附着力 F_{φ} 是路面附着系数与作用于车轮上的垂直载荷的乘积。附着系数由轮胎胎面花纹、路面条件等因素所决定，并与车轮的运动状况有关。制动时，车轮经历了一个

由纯滚动到完全抱死拖滑的渐变过程。这一过程通常是由滑移率 S 来表述： $S = 0\%$ 为纯滚动， $S = 100\%$ 为完全滑动。而路面附着系数在 $S = (0 \sim 100\%)$ 的范围内是不断变化的（见图 6-3）。通常在 $S = 15\% \sim 25\%$ 的范围内附着系数 φ 达到最大值。也就是说充分利用最大附着系数 φ ，即维持滑移率 S 在 $15\% \sim 25\%$ 的范围内能明显提高汽车制动效能。

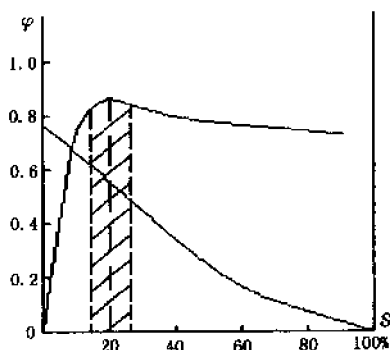


图 6-3 $\varphi-S$ 曲线

提高制动性能、缩短制动距离的主要途径是：充分利用地面与轮胎间的最大附着系数；保证制动器有足够大而恒定的摩擦力矩。

制动过程实际上是将汽车行驶的动能通过制动器吸收转化为热能。因此，制动过程也是制动器的升温过程。汽车在繁重的工作条件下制动，如高速或短时间内重复地制动，尤其在下长坡时以较大的制动强度长时间连续制动，制动器温度通常会达到 300°C 以上，有时高达 $600^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ 。

前述制动效能的讨论均限于冷制动情况，即制动器起始温度在 100°C 以下。制动器温度升高后，制动器摩擦力矩显著下降，制动效能降低，这就是制动器的热衰退现象。这种现象与制动器摩擦副材料以及制动器结构有关。由于摩擦材料的摩擦系数下降（即摩擦材料性能的热衰退现象），以及不同结构的制动器会有不同的散热效果，摩擦系数对制动效能的影响也会有所不同。因此，其制动效能的降低程度也不

同。

衡量制动器抗热衰退性能的指标，一般用一系列连续制动时制动效能指标占冷制动时效能的百分数来衡量。国际标准草案 ISO/DIS6597 推荐：在一定车速和踏板力下连续制动 15 次，每次的制动减速度为 3m/s^2 ，最后制动效能应不低于规定的冷试验制动效能 (5.8m/s^2) 的 60%。

二、制动时的方向稳定性

汽车在制动过程中维持直线行驶或按预定弯道行驶的能力，称为汽车制动时的方向稳定性。

制动跑偏，即汽车制动时未按原定方向行驶，而自动向左或向右偏驶。跑偏现象多数是由于汽车技术状况不正常造成的，主要是左、右车轮制动器的制动力不等。这些问题经过维修调整一般是可以消除的。汽车左右轮制动力相差通常要求不大于 8%。在结构方面，如果制动时悬架导向杆系与转向系拉杆在运动学上不协调，这就需要修改结构设计了。

侧滑则是指汽车制动时某一车轴的车轮或两轴的车轮发生横向滑动的现象。特别是在高速制动时后轴侧滑，常会使汽车发生不规则的急剧回转运动（俗称甩尾）而部分或完全失去操纵，这是十分危险的。

侧滑是由于车轮抱死后拖滑，无法抵抗侧向干扰力造成的。当汽车制动且转向盘固定不动时，若前轮先抱死拖滑而后轮仍在滚动，则在侧向力作用下前轮将发生侧滑，汽车会发生类似转向的运动，此时汽车重心 C 处（图 6-4a）产生的离心力 F_c 与前轮侧滑方向相反，将起到防止前轮侧滑的作用，使汽车处于稳定状态；当后轮发生抱死拖滑而前轮滚动时，侧向力的作用则会使后轮侧滑造成汽车的回转运动。且这时汽车重心处产生的离心力（图 6-4b）与后轴侧滑方

向相同致使侧滑加剧，反过来又使 F_f 更大，形成恶性循环。因此，后轮先抱死造成后轮侧滑将形成汽车的不稳定状态。

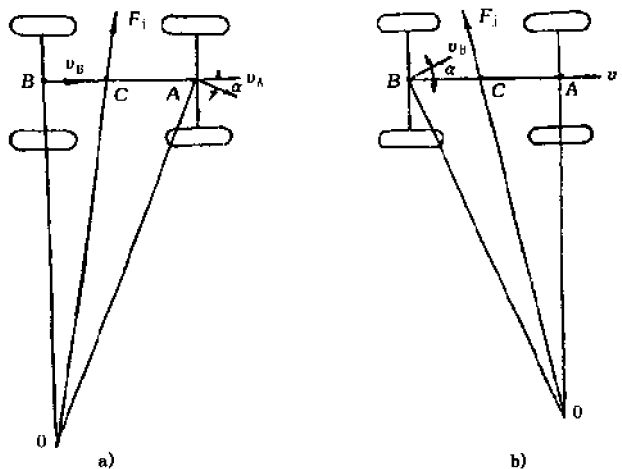


图 6-4 汽车侧滑时的运动情况

a) 前轴侧滑; b) 后轴侧滑

防止汽车侧滑，提高制动时的方向稳定性的主要措施是合理分配前后轴制动器制动力的比例，使前后轴车轮尽可能同时或后轴后于前轴抱死，甚至使后轮在制动过程中不可能抱死。在现代汽车的制动系中采用各种制动油压调节装置（如限压阀、比例主阀等防抱制动装置）来达到上述目的。

三、操纵稳定性

汽车的操纵性是指汽车依照驾驶员的操作，维持或改变原行驶状态的能力；而汽车的稳定性是指汽车在行驶过程中，受地面、气流等外界因素干扰后，能自行恢复原行驶状态和方向的能力。一般把它们通称为操纵稳定性。良好的操

纵稳定性是汽车行驶安全的保证。

评价汽车操纵稳定性基本的、重要的指标是汽车稳态转向特性。它包含汽车可能出现的状态：不足转向、过多转向、中性转向。它们的含义是：令汽车以一定转向盘转角，在不同速度下作稳态圆周运动，如果随车速的增大，其汽车行驶的圆周半径不变，则汽车具有中性转向特性；如果汽车行驶的圆周半径不断增大，则汽车具有不足转向特性；如果汽车行驶的圆周半径不断减小，则汽车具有过多转向特性。

实践和理论分析表明，为了使汽车在不同行驶条件下都有良好的操纵稳定性，汽车在设计时应具有适当的不足转向量。过多转向对汽车来说是极其危险的；汽车具有中性转向，当运行条件变化，即可能使中性转向特性变为危险的过多转向特性。

一般说来：汽车的稳态特性主要取决于前后轴荷分配、轮胎侧偏刚度、悬挂装置与转向装置的结构形式和参数。

四、安 全 性

随着社会发展和技术的进步，汽车保有量急剧增加，汽车的交通安全就显得特别突出。因此汽车的安全性研究受到高度重视，并取得了不少研究成果。特别是电子技术的发展，使得在汽车上采用的安全措施越来越多，越来越完善。

评价汽车的安全性是从以下两个方面来考虑的：

1) 从防止汽车事故发生所采取的措施来考虑汽车的主动安全性；

2) 从事故发生以后，为减少因事故引发的损失来考虑汽车的被动安全性。

主动安全性涉及的领域很广，如避免事故发生的操纵稳定性、制动性和整车其它性能；如预防事故发生的驾驶员视

野、能见度、操纵方便性、制动器和门锁报警等。

被动安全性包括车身结构强度、内饰软化、吸能式转向机构、乘员约束系统、内饰件抗燃性等。

也有不少书籍把汽车的安全性分为冲撞安全性、防火安全性、环境安全性和其它辅助安全性等。

汽车高速行驶时冲撞障碍物，由于汽车自身的极大动能会造成车体的严重损坏和人员伤亡。为了减轻撞车时对乘员的危害，有些安全措施是以法规形式强制执行的：

1) 具有缓冲能力的保险杠和车身前部结构，以降低碰撞时传递到乘员身上的减速度和冲击力。

2) 设置座椅安全带，用以防止撞车时乘员过于前倾而撞击转向盘、仪表板和挡风玻璃等物体。

3) 汽车内部装饰件设有吸收能量高的安全垫。

4) 为减少碰撞时玻璃片对乘员的伤害，汽车选用破碎时呈粉碎性的钢化玻璃和叠层安全玻璃等。

5) 为减少转向装置对驾驶员的伤害，转向装置应设计成柔性以便吸收能量。

6) 车门门锁要可靠，碰撞时不应自行开启。

7) 设置安全气囊。典型的安全气囊有气囊本体、传感器和控制系统以及气体发生器所组成。汽车在行驶过程中，传感器探测到汽车速度的突变把信号传给控制器，控制器分析判断到已发生碰撞，向气体发生器发出点火引燃的指令，所产生的气体使气囊迅速吹涨来吸收乘员头部扑向气囊的冲击能量。

防火安全性主要是指电线短路、燃烧系统起火、吸烟、排气管过热，因翻车起火造成的火灾。具体内容包括：

1) 防止电气短路；

2) 防止发动机着火危及车厢内部；

- 3) 以阻燃材料蒙复内饰件;
- 4) 防止事故对燃料泄露等措施;
- 5) 车内设灭火器。

其它行车安全装置是近年来研究的热点。如防追尾装置, 雷达自动保持车距装置, 防止酒后驾车和防瞌睡装置, 自动限速装置等。这些装置的应用进一步提高了汽车的行驶安全性。

五、环境安全性

汽车给人类带来利益的同时, 也造成了对环境的公害, 其中最主要的就是有害物排放和噪声污染。注意环境安全性就是控制其有害物排放和噪声, 保证人类和环境安全的能力。

汽车的有害物排放主要源于发动机系统, 分为蒸发和废气排放两类。蒸发排放是指由汽油机曲轴箱、燃料箱、化油器及燃油管路渗漏蒸发逸出的有害气体, 其主要成分是燃油蒸汽和部分未燃烧的碳氢化合物。控制蒸发排放的措施是密闭燃油箱以及采用活性炭吸收装置。废气排放的有害物质有: CO、NO_x、HC、硫化物和微粒物质等。对汽油机来说, 排放中的有害物成分主要是 CO、NO_x 和 HC; 对柴油机来说, 主要是 NO_x 和碳烟微粒。

世界上最早对汽车排放有害物施行法规限制的是美国加利福尼亚州在 1959 年的健康与安全法规中规定的大气质量标准。随着人们对环境意识的提高, 在有害物质的限定值方面, 限值越来越严, 迫使汽车制造商采用更多、更有效的机内净化和机外净化措施, 更广泛地采用电子控制装置来控制发动机燃烧过程和各種排气后处理系统。另外, 过去为提高汽油辛烷值而加四乙铅汽油, 因铅对人体造成的毒性也逐步

由无铅汽油取代。

噪声是汽车对环境造成的另一公害。它分车内噪声和环境噪声，前者是发动机运行声音、轮胎噪声、风声和车身振动噪声对车内乘员的干扰；后者是上述噪声可以通过车身气动特性，门窗密封条，采用避振和防振措施加以减小。环境噪声主要来自发动机排气噪声和轮胎行驶中的花纹噪声。排气噪声可通过改进消声器降低，消声原理主要是利用吸声材料和声学滤波原理；轮胎花纹噪声主要是汽车行驶中花纹的空气被不断压缩、排出而产生的气体动力性噪声，它与轮胎花纹形状和排列以及轮胎结构有关。

第四节 汽车的舒适性

汽车的舒适性包含人的视觉和感觉两方面，都属主观感觉的范畴。这种主观感受反映在个体上差异极大，目前衡量汽车舒适性的最基本要求是行驶平顺性。它主要是指车辆振动对乘员造成的不舒适和疲惫的感觉。

对于平顺性的评价指标，由于不同的人对振动的敏感程度在频率上和程度上均存在差异。目前是在综合大量试验资料的基础上，由国际标准协会提出“人体承受全身振动的评价指南（ISO2631-1978E），它已被许多国家采用。该标准给出了振动加速度的均方根值在1~80Hz 振动频率范围内，人体对振动反映的感觉界限。

从这种感觉界限中可看出：对垂直振动，人对4~8Hz范围的振动能量最为敏感，这主要是人体的头部、心脏、胃等重要器官的共振频率都位于该区域内；对水平振动，则对1~2Hz的振动能量最为敏感。

汽车行驶平顺性，在某一条道路上，主要同汽车悬架系统

的参数密切相关，即悬架的偏频、阻尼、车身质量、车轮质量以及车轮刚度有关。改善平顺性主要是使汽车的振动能量按人体对不同频率的感受程度保持在一定界限内。

第五节 汽车的机动性

汽车机动性包含主动机动性、被动机动性。前者通常是指汽车的通过性或越野性，即汽车在额定载重下以足够高的平均速度通过各种坏路、坎坷不平地段、无路地带（松土、沙漠、雪地、沼泽等）和克服各种障碍的能力；后者通常是指车辆被运送的能力，如空运和空投能力。

作为一般了解，这里仅就汽车主动机动性中的通过性作一介绍。

汽车通过性常用通过性尺寸指标和通过性支承-牵引指标来评价。前者是与防止汽车间隙失效有关的汽车本身的尺寸参数；后者则表征汽车以足够高的平均速度通过各种坏路和无路地带的通过能力。通过性尺寸指标中属于防止顶起失效的有汽车的纵向通过半径、横向通过半径和最小离地间隙。

属于触头失效和托尾失效的是接近角和离去角；反映通过弯道能力和转弯所需最小空间的指标是转弯直径和转弯通道圆（均在转向盘极限位置时测定）。当然除了上述几何参数外，汽车本身的长、宽、高和轮胎直径也是一种通过性几何参数（图 6-5）。

通过性支承-牵引指标可以用挂钩牵引力来描述。挂钩牵引力定义为车辆土壤推力和土壤阻力之差，它反映了土壤的强度储备，用以使车辆加速、上坡、克服道路不平的阻力和牵引连接在挂钩上的挂车或其它装备。当然，单位汽车质量的挂钩牵引力越大，汽车的越野行驶能力越强。

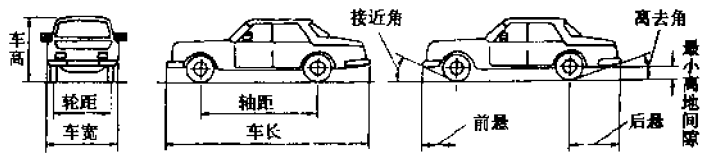


图 6-5 汽车通过性的几何参数

对各种越野车辆，为提高其越障碍能力，通常要求：①最小离地间隙接近轮胎半径；②接近角和离去角不小于 45° ；③车身下应平坦；④多轴全驱动；⑤大直径轮胎；⑥较小纵向和横向通过半径；⑦较小转弯半径；⑧车体结构具有与地面几何形状相适应的能力。

为提高其在松土上的行驶能力，往往要求：①最小自重；②大直径、低压轮胎；③良好的轮胎设计；④多轴驱动；⑤自锁差速器；⑥一定的最大轴荷限制。

第七章 汽车运行材料

一辆汽车若合理使用，能够延长其寿命；否则，使用不当将造成汽车磨损加剧，带来不必要的经济损失。除道路条件外，汽车的合理使用主要在于合理选用运行材料和正确驾驶汽车。

汽车运行材料是指汽车运行中不可缺少的、不断消耗的、而且需要定期补充或更换的消耗性材料。汽车运行材料主要包括：燃料、润滑材料、工作液和轮胎。

汽车运行材料在汽车运行过程中消耗量很大，且其规格和牌号比较复杂，汽车的结构、性能、环境和使用条件等对运行材料又有着严格的要求，因此掌握汽车材料的有关知识是重要的。正确地选择并合理地使用运行材料，将在很大程度上影响汽车的使用性能、技术状况、寿命和成本等。

从以上的概述中可以清楚地看出，只有掌握了各种运行材料的性能、品质、特点、分类方法及用途，才能正确地选择、合理地使用它们；而正确合理地选用运行材料却是优质、高效、低耗、安全地使用汽车的重要前提条件之一。限于篇幅，本章仅简要介绍汽车运行材料的规格与牌号、选用及使用等有关知识。

第一节 汽车燃料

一般说来，汽车燃料可分为液体燃料和气体燃料两大类。传统的汽车液体燃料是汽油和轻柴油，除了由原油炼制

外，它们亦可由煤加工合成。气体燃料主要是液化石油气（LPG）和压缩天然气（CNG），一般用于汽油机。这些材料都是不可再生的能源，终归有一天会枯竭的，所以人们一直在积极地开发新的能源。从目前的进展情况来看，氢很有可能成为将来主要的汽车燃料，而醇类、醚类等含氧有机化合物很有可能成为向新燃料过渡期间的重要代用燃料。

一、汽油的规格与牌号

我国的石油产品规格分三种：一是国家标准，代号GB，由国家标准总局颁布；二是石油部部颁标准，代号SY或SYB；三是企业标准，由工厂和用户根据需要共同制定，由工厂发布。

我国车用汽油有两个国家标准：GB484和GB489。在1977年重新颁布的这两个标准中，共有66、70、75、80、85五个牌号的油品，牌号中的数字是以马达法测定的辛烷值。80年代以来，我国城市用车及高性能汽车拥有量迅速增加，要求车用汽油的规格标准能更全面地规定油品抗爆性能，并与国际通用标准靠拢。经过两次修订重新颁布的车用汽油国家标准GB484—89中规定，车用汽油按研究法辛烷值分为90、93、97三个牌号，抗爆性能指标除规定了研究法辛烷值外，还规定了“抗爆指数”指标。抗爆性指数的意义为马达法辛烷值与研究法辛烷值的平均值，要求三个牌号油品的抗爆指数分别不低于85、89、92，推算下来它们的马达法辛烷值分别在80、85、87左右。与修订前的标准对比之后可以发现，新标准用90号、93号代替了原标准中的80号、85号汽油。但是应当指出，这种代替不仅仅是牌号名称的变化，实质的问题是油品质量提高了。这是因为新标准不仅规定了研究法辛烷值，也规定了抗爆指数。抗爆指数

是反应汽油抗爆性对汽油机负荷变化敏感程度的一个指标。我国车用汽油的新标准修订颁布后，国内各炼油厂已对产品牌号作了相应调整，在早已取消了66号汽油的基础上，又取消了80号和85号汽油，新增加了90号、93号、97号三个牌号。至于原有的70号汽油，因鉴于我国目前老型号汽油车的保有量还相当大，故暂予以保留。

二、汽油的选用

汽油的选用，主要是选用合适的辛烷值，说的简单一点，也就是选用汽油牌号，因为汽油牌号中的数字就表示辛烷值。汽油牌号选择过高，会增加费用；汽油牌号选择过低，则会使汽油机产生爆震、功率降低、油耗增加，严重时还会使汽油机损坏。汽油牌号选择依据如下：

1. 根据汽车使用说明书上的要求

汽车使用说明书是汽车生产厂家为了保证汽车正常而可靠地行驶，充分发挥其良好的技术性能、延长寿命，从而达到优质高效低耗安全地使用汽车的目的而提供给用户的，是汽车技术运用的主要依据，当然也是选用汽油牌号的主要依据。按汽车使用说明书的要求选用汽油牌号时，一定要分清说明书上要求的辛烷值是研究法辛烷值（RON）还是马达法辛烷值（MON）。

2. 根据汽油机的结构因素

在没有汽车使用说明书时，可根据发动机的压缩比来选择汽油牌号。一般来说，压缩比高的发动机要选用高牌号汽油，压缩比低的发动机要选用低牌号汽油。

三、轻柴油的规格与牌号

国产轻柴油分为普通轻柴油和军用轻柴油两种。

1. 普通轻柴油 (GB252—87)

普通轻柴油用于民用汽车、船只、交通艇和非战时军用汽车、船只,按质量不同分为优级品、一级品和合格品三个等级。每个等级又依据凝点分为 10 号、0 号、-10 号、-20 号、-35 号和 -50 号六个牌号。

普通轻柴油通常用直馏轻柴油、热裂化、催化裂化及焦化等多种柴油馏分调和而成。因含有热裂化或焦化柴油馏分,安定性较差,不易长时间贮存(保管妥善,最多贮存 3~5 年)。

2. 军用轻柴油 (GB2021—80) (1988 年确认)

军用轻柴油按凝点分为 -10 号, -35 号和 -50 号三个牌号。详细规格按 GB2021—80 规定。

军用轻柴油较普通轻柴油有以下优点:

(1) 军用轻柴油系石油直馏轻质馏分,或者馏分经脱蜡精制而成,不含烯烃,性质安定,可长时间贮存。

(2) 军用轻柴油的馏分较窄,轻质组成较多。从规格上可以看出,军用轻柴油的 50%、90% 馏出温度较普通轻柴油低。因此其起动性、燃烧完全程度、燃烧经济性都较普通轻柴油好。

(3) 军用轻柴油三种牌号凝点都较低,有利于部队装备在寒区使用。

四、柴油的选用

由于普通轻柴油除凝点有明显区别,-20 号、-35 号柴油的十六烷值稍低外,其余指标基本相同,所以普通轻柴油的选用主要是依据气温选用不同牌号的柴油。选择原则是:柴油的浊点必须低于环境气温 $3^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$,凝点一般须比环境气温低 5°C 以上(对于在凝点前不发生混浊的柴油,

则凝点可比气温低 $3^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ 左右),以保证在最低气温下柴油机能正常工作。但应尽量选用牌号高(凝点高)的柴油,以降低成本,合理使用石油资源。此外,从柴油机的结构上考虑,有预燃室或涡流室的发动机,由于燃料蒸发条件较好,燃烧较平稳,有较好的抗粗暴性(通常称机械十六烷值较高),故比起直喷式(统一式燃烧室)的柴油机,不仅可以使馏分较宽($150^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$)的柴油,而且允许柴油的十六烷值稍低。

普通柴油牌号选择推荐见表 7-1

牌号	适用地区季节	适用最低气温($^{\circ}\text{C}$)
10号	全国各地6~8月和长江以南4~9月	12
0号	全国各地4~9月和长江以南冬季	3
-10号	长城以南地区冬季和长江以南地区严冬	-7
-20号	长城以北地区冬季和长城以南黄河以北地区严冬	-17
-35号	东北和西北地区严冬	

第二节 汽车润滑材料

汽车润滑材料包括内燃机润滑油(简称为内燃机油或机油,有时亦称为发动机润滑油,或分别称为柴油机油和汽油机油)、汽车齿轮油、汽车用润滑脂等。

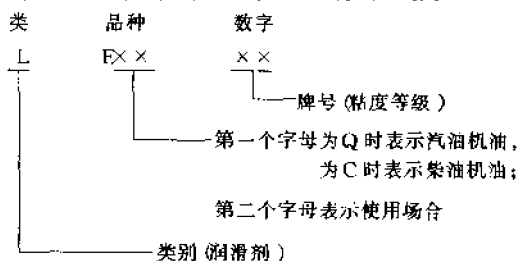
由于汽车运行区域广,使用条件变化范围大,尤其是内燃机油,经常遭到燃烧稀释以及发动机废气侵蚀,而且处在高温、高压的条件下,工作条件十分恶劣,因此汽车润滑材料必须具备很高的质量和性能。

现在汽车的结构越来越复杂,润滑材料的工作条件越来

越苛刻，品种规格越来越多样化，价格也越来越高。所以，正确地选用润滑材料就显得越来越重要了。

一、内燃机润滑油的规格与牌号

我国石油产品及润滑剂按 GB498 - 87 及 GB7631.3—89 的规定，参照采用国际标准 (ISO) 的分类方法。内燃机油属于该分类系中的 L 类 (润滑剂和有关产品) 中的 E 组 (内燃机)。产品名称 (编码) 的一般形式为：



其中品种是按特性和使用场合来划分的。GB7631.3—89 的规定：汽油机油分为 EQB、EQC、EQD、EQE、EQF 五级；柴油机油分为 ECA、ECB、ECC、ECD 四级；二冲程汽油机油分为 ERA、ERB、ERC、ERD 四级。由于上述各级机油的使用性能不同，按品种代号中第二个字母的顺序，一级比一级好，所以经常把品种分类叫做质量分级。

内燃机油产品名称编码中的数字表示其粘度等级。我国内燃机油粘度等级等效采用 SAEJ300APR84 标准。该标准将冬季用机油三项低温性能指标分为 0W、5W、10W、15W、20W、25W6 级 (W 表示冬用)，其一级比一级高；按 100℃ 时的运动粘度把春秋或夏用机油分为 20、30、40、50 四个等级，其粘度也依次递增。

如果一种内燃机油的低温性能各项指标和高温 100℃ 运动粘度只满足冬用机油或夏用机油粘度分级之一者，称为单

级油；如果一种内燃机油的低温性能各项指标和高温 100℃ 运动粘度能同时满足冬夏两种粘度分级要求的，称为多级油。在单级冬用油中，符号 W 前的数字越小，说明其低温粘度越小，低温流动性越好，适用的最低温度越低。在单级夏用油中，数字越大，其粘度越大，适用的最高温度越高。对于多级油来说，其代表冬用部分的数字越小，代表夏用部分的数字越大，则其粘温性越好，适用的气温范围就越大。内燃机油的选择主要是根据使用条件和内燃机的结构型式及性能，合理正确地选择内燃机油的粘度、粘温特性和质量，确定选用的种类牌号。汽油机和柴油机选择机油的原则和方法大体相同。

常用粘度级别与气温间的大致对应关系见表 7-2。

粘度级别与气温间的大致对应关系 表 7-2

粘度分级	5W	10W	15W	20W	20	30	40
适用气温范围℃	-40~ -18	-20~ 0	-20~ -15	-15~ -10	-5~ 20	0~ 30	5~ 40
粘度分级	5W~ 30	5W~ 20	10W~ 40	10W~ 40	10W~ 20	15W~ 40	20W~ 20
适用气温范围℃	-35~ 28	-35~ 18	-20~ 35	20~ 28	-20~ 28	-15~ 35	-15~ 20

二、汽车用齿轮油

汽车用齿轮油主要用于变速器、主传动器、转向机构的齿轮箱等处。

齿轮油的工作环境比起内燃机油来要好得多，在工作中不象内燃机油要受到燃料燃烧产生的灼热高温的影响和有害气体的侵蚀，也不会受到燃料稀释和外界粉尘杂质的污染。

汽车齿轮传动按齿轮和齿的形状不同，可分为直齿圆柱齿轮、斜齿圆柱齿轮、人字齿圆柱齿轮、直齿圆锥齿轮、斜

齿圆锥齿轮、螺旋齿锥齿轮（以上均称为普通齿轮）和准双曲面齿轮传动。在汽车齿轮传动的过程中，齿轮油主要受热来源为齿轮传动时生成的摩擦热，受发动机热源的影响很小或几乎不受影响。而且，在汽车行驶中由于受外部高速流动的空气冷却，一般来说升温较慢，除了准双曲面齿轮外，工作温度也不高。正常工作时普通齿轮传动的最高温度为 80°C 左右；准双曲面齿轮由于工作时齿面间接触压力高和相对滑动速度较大，因此工作温度较高，一般中型汽车主减速器齿轮油在夏季高温天气可达 $110^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ ，国外重负荷高速汽车有时可高达 $160^{\circ}\text{C} \sim 180^{\circ}\text{C}$ 。

从润滑的角度看齿轮传动的主要特点是传动的不连续性和齿面间接触应力高、相对滑动速度大。此外，齿轮传动中接触齿面间存在明显的相对滑动，准双曲面齿轮滑动速度可达 $400\text{m}/\text{min}$ 以上，从而产生局部高温。汽车齿轮传动的“极压”和“滑动”两大特点，使得齿轮油极易从齿面间挤压出去，难以在齿轮接触面间形成润滑油膜，使齿轮传动处于高压边界润滑（普通齿轮传动）和高温高压边界润滑（准双曲面齿轮传动）状态，容易使齿轮油油膜破裂，引起齿面点蚀剥落、擦伤和胶合。此外，间歇的剧烈冲击负荷还可导致轮齿断裂。

1. 汽车齿轮油的分类、规格和牌号

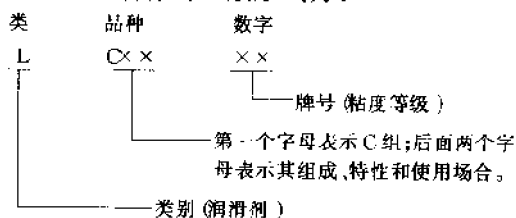
国外汽车齿轮油常用的分类分级方法与内燃机油的分类分级方法相似，一种是SAE粘度分级，一种是API质量分级。

SAE齿轮油粘度分级分为七级。凡只满足一个等级要求的齿轮油，称为单级齿轮油；凡能同时满足两个以上分级要求的称为多级齿轮油（过去我国习惯上称为稠化齿轮油）。单级齿轮油可用于冬季或用于夏季，多级齿轮油可冬夏通

用。目前国外常用的冬复通用齿轮油的粘度分级有 75W/90, 80W/140, 85W/90, 85W/140 等。85W-90 (85W/90) 油的意思是指油品的低温流动性符合 SAE85W 的粘度要求, 而在正常工作温度下符合 SAE90 的粘度要求。我国过去研制生产的 7 号准双曲面齿轮的粘度等级, 已接近 SAE85W/90 的水平。

至于 API 质量分级, 目前有 GL-1、GL-2、GL-3、GL-4、GL-5、GL-6 六个等级, 使用条件一级比一级苛刻。

我国汽车齿轮油按 GB7631.7-89 的规定, 汽车齿轮油属于 L 类中的 C 组 (即齿轮组)。根据 GB498-87 规定的命名方法, 其产品名称的一般形式为:



GB7631.7-89 规定汽车齿轮油粘度分级等效采用 SAE 分级标准, 至于质量分类则根据产品的组成、特性和使用要求, 分为 CLC、CLD 和 CLE 三类, 分别相当于 API 质量分类中的 GL-3、GL-4、GL-5。

2. 汽车齿轮油的选择

汽车齿轮油主要应根据汽车齿轮传动的种类及传动工作负荷、使用条件和环境温度来选择齿轮油的品质及粘度等级。汽车生产厂家的使用说明书里的规定是选择的主要依据。

需要指出的是, 我国过去由于汽车用齿轮油的生产比较落后, 油品的质量较低, 常用的齿轮油基本上都是单级油,

也存在着粘度选择普遍偏高的问题。因此，在冬季使用时常常出现起步困难、齿轮磨损大、燃油消耗高等现象。在汽车齿轮油粘度的选择上，应在试用经验基础上大力推广低粘度油和多级油。

3. 汽车齿轮油使用中应注意的几个问题

(1) 切不可将齿轮油当作内燃机油使用，因齿轮油的使用性能不符合发动机要求。如果将齿轮油用于发动机中，发动机会发生烧瓦、粘缸等严重故障。

(2) 决不能用普通齿轮油代替准双曲面齿轮油，否则准双曲面齿轮将很快损坏。

(3) 加油量应适当，不可过多，也不可过少。过多不仅增加搅油阻力，使耗油量增高，而且增加齿轮油经后桥壳溢入制动鼓里的可能性，造成制动失灵；齿轮油加入过少，会使润滑不良，温度过高，加速齿轮磨损。

(4) 换齿轮油时，应趁热放出旧油，并将齿轮和齿轮箱洗净后方可加入新油。

(5) 不要因齿轮油粘度过高，影响冬季汽车起步而烘烤后桥、变速器，或往齿轮油中掺兑柴油、机械油。采用烤车的办法会使齿轮油严重变质；向齿轮油内掺兑柴油等会使齿轮极压性降低，增加齿轮咬伤的可能性。

三、汽车用润滑脂

润滑脂是一种具有可塑性膏状润滑剂，其性质和形态介于液状润滑剂和固体润滑剂之间。与润滑油相比，润滑脂有以下优点：

(1) 在高负荷和冲击负荷下有好的润滑能力；

(2) 不易流失，在不易密封的部位使用，可简化润滑系统的结构；

(3) 具有更好的密封作用；

(4) 使用温度范围较宽。

车辆上不宜用液状润滑剂的部位，如轮毂轴承、各拉杆球节、发电机、水泵、离合器轴承和传动轴花键等，多使用润滑脂。

但润滑脂有以下缺点：粘滞性大，运转时阻力大，功率损失也大；流动性不好，冷却和清洗作用较差；固体杂质混入后不易清除；加脂、换脂比较困难等。这些缺点限制了用润滑脂的部位。

1. 汽车用润滑脂的分类、规格

根据 GB7631.8—90 的规定，我国润滑脂的分类采用国际标准（ISO）的分类方法。润滑脂属于 L 类（润滑剂和有关产品）的 X 组（润滑脂）。在 X 组中根据操作条件对润滑脂进行分类，每一种润滑脂用一组（5 个）大写字母组成的代号来表示。每个字母在该构成中的书写顺序都有特定的意义：

字母 1：X 系指润滑脂的组别代号。

字母 2：系指最低操作温度。

字母 3：系指最高操作温度。

字母 4：系指在水污染的操作条件下，其抗水性能和防水性能。

字母 5：系指在高负荷或低负荷场合的润滑性能。

按 GB7631.8—87 的规定，把润滑脂的稠度分为九个等级：

000、00、0、1、2、3、4、5、6。各个等级分别表示相应的锥入度范围。

目前生产和销售的润滑脂，其品种名称还按 1990 年 12 月发布的 GB7631.8—90 分类体系 GB501—65《润滑脂的分

组、命名和代号》执行。

按旧分类方法命名，汽车常用润滑脂品种有：钙基润滑脂、钠基润滑脂、钙钠基润滑脂、复合钙基润滑脂、通用锂基润滑脂、汽车通用锂基润滑脂、极压锂基润滑脂和石墨钙基润滑脂等品种。

2. 润滑脂使用中的几个问题

(1) 空毂润滑问题。轮毂轴承有两种润滑方法。一种是除轴承装满润滑脂外，轮毂内腔也装满润滑脂，这种润滑方法叫满毂润滑，是一般常用的方法；另一种是只在轴承内装满润滑脂，轮毂内腔仅薄薄地涂一层脂防锈，叫空毂润滑。试验表明，新涂上脂的轴承在开始转动时，多余的脂很快被挤到滚道外面，堆积在保持架的周围及两端。如果轴承装满润滑脂，则大部分被甩到轮毂空腔和轴承盖里。这时多余的脂被强烈搅动，由于脂的粘滞阻力，使轴承温度升高。起润滑作用的，主要是留在轴承滚动面上的薄层润滑脂。由此可见，轮毂空腔中装满脂，只能使轴承散热困难，温度升高，甚至使润滑脂流到制动蹄片上，导致制动失灵，造成事故，所以空毂润滑要优于满毂润滑。此外，空毂润滑还可减少用脂量 80% 以上，其经济效果也是可观的。

(2) 车轮轴承润滑脂的稠度牌号问题。与内燃机油和齿轮油的使用情况类似，有些用户习惯上常使用稠度牌号较高的润滑脂。实际上，润滑脂稠度太大有害无利，徒然增加阻力而已。

(3) 关于车轮轴承润滑脂更换期的问题。车轮轮毂轴承使用到发生严重析油、分层或软化流失以前必须更换。实际上普遍在二级维护调整制动器时更换轴承润滑脂。在平原地区，质量符合产品质量标准的钙钠基脂或钙基脂一般可使用到一个二保期（1~1.2 万 km），山区则常因轴承内润滑脂

早期流失而提前更换。汽车通用锂基脂试用的结果表明，汽车的车轮轴承使用这种锂基脂有可能把换脂期延长。

(4) 关于底盘润滑脂加注的问题。底盘的多数润滑结点存量少，密封性差，容易被道路尘埃污染而降低其润滑性能，故需比较频繁地加注新脂。应当强调指出，加注新脂的重要作用之一就是挤出已被尘土污染的旧脂。

第三节 汽车用工作液

汽车用工作液传统上指汽车制动液和发动机冷却液。

汽车制动液是用于液压制动系统传递压力以制止车轮转动的液体。

发动机冷却液一般用天然水；当环境温度低于 0°C 时，为避免冻坏机体和散热器，才考虑使用防冻液。

一、汽车用制动液

1. 汽车制动液的分类

根据现有汽车制动液的组成和特性，可以把它们分为醇型、醇醚型、酯型、矿油型和硅油型五类。其中醇醚型和酯型两类一般又统称为合成型。

(1) 醇型制动液 醇型制动液由大约 50% 的低碳脂肪酯（乙醇、丙醇或丁醇）与 50% 精制蓖麻油混合组成。30 年代汽车开始大量使用的制动液便是蓖麻油与乙醇或丁醇的混合液。至今它们仍在我国商品制动液中占有一定地位。

醇型制动液有良好的润滑性和与天然橡胶的适应性，价格低廉。但其沸点低，易挥发，消耗量较大，高温下容易产生气阻。醇型制动液的耐低温性也较差，温度低于 -5°C 便开始析出甘油脂等白色固定物，低于 -25°C 制动液中的蓖麻

油很快冻结，所以其最低使用温度为 $-20^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。醇型制动液化学稳定性不高，容易腐蚀铜及黄铜配件，需要添加抗氧化剂及抗腐蚀剂。醇型制动液在国外40年代已被淘汰。

(2) 醇醚型制动液 醇醚型制动液是现在国内外广泛应用的-类汽车制动液。它们由基础液（亦称基础溶剂或稀释剂）、润滑剂和添加剂三种组合构成。

基础液用以调节制动液的沸点和低温粘度。改变基础液的成分和调配比例能够产生平衡回流沸点为 $190^{\circ}\text{C}\sim 260^{\circ}\text{C}$ 的制动液。

醇醚型制动液吸水性较强，在使用过程中由于水分增加而致沸点降低。所以提高醇醚型制动液的沸点实际意义不大，而且会因此降低其低温流动性。

醇醚型制动液含有20%左右的润滑剂。

醇醚型制动液有腐蚀性，吸水后腐蚀性更强。同一种抗腐蚀剂对不同金属的效果可能差异颇大。用于醇醚型制动液的抗腐蚀剂一般是4~5种单剂的复合剂。有时需添加橡胶溶胀剂。

(3) 酯型制动液 酯型制动液是为克服醇醚型制动液吸水降低使用性能的缺点而发展的。有些醇与乙二醇醚的酯化物能保持醇醚的高沸点，但吸水性较低，故沸点较高。另一类酯可能吸水，但不因此降低沸点。

(4) 矿油型制动液 它以精制的轻柴油馏分为原料，经深度精制后加入粘度指数改进剂、抗氧化剂、防锈剂及染色等调合制成，它具有良好的润滑性，对金属无腐蚀作用，但对天然橡胶有溶胀作用，使用时必须换用耐矿油的丁腈橡胶。

(5) 硅油型制动液 硅油粘性极好，低温流动性优异，又耐高温，适当加入一些提高润滑性、氧化安定性和调节橡胶溶胀作用的添加剂，便可成为性能良好的汽车制动液，但

价格昂贵。

2. 汽车制动液的规格和牌号

按照 1989 年国家颁布的 GB10830—89 新标准, 汽车制动液分为 JG₀、JG₁、JG₂、JG₃、JG₄、JG₅ 六级。

JG₀ 级制动液具有优异的低温流动性, 但抗高温气阻性能差, 可供严寒地区使用; JG₂、JG₃、JG₄ 可在除严寒地区以外的所有地区使用; JG₁ 低温粘度较高, 使用地区有局限性; JG₅ 高低温性能均很优异, 严寒和酷暑地区均可使用, 目前只有硅油型制动液能满足这一要求。

3. 汽车制动液的选用

JG₂、JG₃ 和 JG₄ 三级产品的质量水平分别相当 SAEJ1703、DOT3 和 DOT4 (DOT 为美国运输部), 可供严寒地区以外全国使用。目前达到这些级别的产品数量还不很多。JG₁ 级制动液除低温 -40℃ 运动粘度较高外, 其它性能与 SAEJ1703 相近, 我国多数醇醚型制动液均符合这一级的技术条件, 可供一般地区使用。JG₅ 级为高低温性能优异的硅油型制动液, 完全可以满足严热及严寒地区车辆的使用要求。因硅油价格昂贵, 此型产品数量有限, 仅供有特殊要求的车辆使用。JG₀ 级制动液具有优异的低温流动性, 但抗高温气阻性能低, 能满足严寒地区冬季汽车的要求。国产胶体制动液属此级产品, 其主要成分为蓖麻油、甘油和醇, 在配制过程中加入适量氧化钙和增溶剂。成品常温下黄色透明, 低温下为淡黄色半透明胶体, 不析出沉淀, 在 -44℃ 时制动灵敏。

除上述各型制动液外, 我国市场上还有矿油型制动液销售, 它们的化学组成和对橡胶材料的适应性不完全相同, 各类制动液必须和制动系的橡胶配件配套, 决不能混用。各型制动液不能互相掺混, 即使同属醇醚型的不同厂牌产品, 也

要待混合相溶性试验通过后方可混兑。

要严防水分污染制动液。更换制动液前，制动系必须清洗洁净干燥，备用橡胶皮碗及软管等配件，特别是矿油型制动液油配件，要密封包装，存放干燥处，防止受潮和被其它油液污染。

醇型及醇醚型润滑性强，吸水后腐蚀性增大，平时须注意检查，防止制动系出现渗漏和制动缸内壁腐蚀。制动液为易燃物，醇型制动液蒸发性强，不能露天存放、贮存，使用时要注意防火。

二、汽车冷却液

汽车冷却液用来冷却水冷式发动机，一般取用天然水。当气温低于 0℃ 时，为防止冷却水结冰而损坏机体或散热器，可采用防冻液。

1. 冷却水

水能够溶解酸、碱、盐等，故天然水并非纯水。作为发动机冷却水，溶解的盐类中最有害的是钙盐和镁盐。钙、镁盐的含量常以“硬度”表示。碳酸氢钙或碳酸氢镁只能在有游离的二氧化碳时才溶解于水，水煮沸后即分解为碳酸盐沉淀和二氧化碳气体。相当于这类盐含量的硬度称为暂时硬度。永久硬度指热稳定性高、不到饱和温度虽煮沸亦不沉淀的盐酸含量，如硫酸盐、氯盐和硅盐等。暂时硬度与永久硬度的和称为总硬度。硬度小于 3 度的水叫做软水，硬度大于 3 度的水叫做硬水。

发动机冷却水宜选用软水。泉水或井水是硬水，需要软化处理。硬水软化有石灰苏打法、人造沸石过滤法和阳离子树脂交换处理等多种。

2. 防冻液

外界气温低于 0℃ 时，长时间停驶或间歇运行的水冷式发动机汽车，为防冷却水冻冰，可向水内掺入一种或几种能够降低水冰点的液体，这类液体称作防冻液。防冻液应当具备以下性能：(1) 降低水冰点的幅度大；(2) 不降低传递性能；(3) 不腐蚀金属；(4) 不侵蚀冷却系密封及软管等橡胶制品；(5) 低温粘度增大不多；(6) 化学稳定性高，能长期使用；(7) 发泡倾向低；(8) 蒸发损失少。

乙醇、乙二醇和甘油（丙三醇）都可用作防冻液。乙醇沸点低，蒸发损失大；甘油低温粘度太高；乙二醇是较好满足以上性能要求的防冻液基本材料。现在的商品防冻液几乎都是用乙二醇配制的。

乙二醇有一个很有趣的特点，即与适量的水混合后可降低其冰点，水量不同，冰点亦异常。1/3 体积的水和 2/3 体积的乙二醇相混合可得到冰点最低（-75℃）的溶液。由此可见，防冻液中除主剂乙二醇外，还必须有水。此外，由于乙二醇对金属具有腐蚀作用，所以商品防冻液内还必须添加抗腐蚀剂，这种组成的防冻液称为永久型防冻液，简称 PT 型防冻液，它是与易挥发的乙醇或乙醇同甘油混合液作基础液的所谓半永久型（SPT）防冻液相对而言的。进一步提高永久型防冻液的抗腐蚀性，使其使用期延长到 2~3 年的产品称为长效防冻液。这类商品国外加注字头缩写 LLC。

冷却液接触的金属材料包括钢、铸铁、铝合金、铜、黄铜和焊锡。其中铝合金和焊锡耐腐蚀性较低。冷却系腐蚀产物可能造成散热器管道堵塞；节温器失效和管道焊缝破裂亦多为腐蚀所致。所以防冻液的抗腐蚀剂配方必须通过实验，慎重平稳，才能确保效果高而持久。

3. 防冻液的选用

应根据当地冬季最低气温选用适当冰点牌号的防冻液，

冰点至少应低于最低气温 5℃。如系浓缩液，应按产品说明书规定的比例加清水稀释；如已是制成一定冰点的成品，则可直接加入发动机的冷却系。

乙二醇水溶液的膨胀系数较大，发动机的冷却系注入冷却液量要比其容积少 5%~6%。在保存和掺配、灌注冷却液时，应严防被石油产品污染，否则发动机运行时可能产生大量泡沫。

在使用过程中，冷却液蒸发的主要是水，因而只需定期向冷却系补充加水。最好补充蒸馏水，其次为软水，不可用硬水。硬水中的钙镁盐与抗腐蚀剂中的磷酸或磷酸盐反应生成磷酸钙（或镁）沉淀，降低冷却液的抗腐蚀能力。发动机冷却系液体可能因渗漏或喷溅而损耗，遇此情况需要补充防冻液，只补充水会使冷却液冰点升高。

第四节 汽车轮胎

汽车运行中，轮胎要磨耗。轮胎价格较高，在整个运输成本中，轮胎成本占有相当大的比重。因此，轮胎是汽车重要的运行材料之一。

汽车行驶时，发动机的动力、制动器的制动力都要通过轮胎转化为地面对汽车的反力，推动汽车前进或迫使汽车减速以至停止。此外，地面对汽车的横向约束、冲击等作用都直接经轮胎进行传递。由此可见，汽车轮胎的质量、性能、使用和维护将直接影响汽车的牵引、制动、稳定、安全、平顺、通过、经济等性能。

一、轮胎的分类

汽车轮胎的种类很多，构造也都各有差异。现仅就普通

轮胎、子午线轮胎、无内胎轮胎简介如下：

1. 普通轮胎

普通轮胎有三个主要件，即外胎、内胎、衬带。

外胎由胎面、胎体、缓冲层、胎缘等组成。

2. 子午线轮胎

近年来，子午线轮胎的使用日益增多。因为这种轮胎的帘布层的帘线与胎面中心线成 90° 角，很象地球上的子午线，故称为子午线轮胎。由于帘线如此排列，受力状况最好，故子午线轮胎的帘布层数比一般普通轮胎约可减少40%~50%。为了承担行驶时产生的较大切向力，子午线轮胎采用了与胎面中心线夹角较小的多层缓冲层。缓冲层用强度较高、伸张很小的织物帘布或钢丝帘布制造，它象一条刚性环带一样，紧紧箍在胎体上，极大地提高了胎面的刚性，从而使驱动性能和耐磨性能得以提高。

子午线轮胎的主要优点是：

(1) 滚动阻力小，节约燃料。汽车装用了子午线轮胎比普通轮胎可节油5%~10%，大大降低了汽车燃料的消耗。

(2) 行驶里程高。子午线轮胎的胎面与帘布层之间具有不可伸张和刚性大的缓冲层，因此轮胎在路面上滚动时，周向变形小、滑移小。又因轮胎接地面积大，单位压力小，胎面耐磨性比一般轮胎要高50%以上（即行驶里程高50%以上）。

(3) 缓冲性能好。子午线轮胎较普通轮胎约提高20%~30%，车辆行驶振动小，乘坐舒适，延长了机件的使用寿命，运货不易损坏。

(4) 高速性能好。普通乘用车最高持续安全行驶车速为200km/h，而子午线轮胎则为210km/h以上。

此外，还有承载能力大、附着性能好、越野性能高、胎

面结实、轮胎散热快、重量轻等优点。

子午线轮胎的主要缺点是：

胎侧较薄，变形大，胎侧与胎圈受力比普通轮胎大得多。因此，胎面与胎侧的过渡区及轮辋附近易产生裂口；因为胎侧变形大，所以侧向稳定性较差；轮胎制作成本较高等。

3. 无内胎轮胎

这种轮胎的外形与普通轮胎的外形相似，所不同的地方是没有内胎和衬带，空气直接压入外胎中，故要求轮胎与轮辋之间有很好的密封。无内胎轮胎可分为有自粘层和无自粘层的两种。

无内胎轮胎的突出优点是轮胎只有在爆破时，才会失效。因为轮胎被刺后，漏气较慢，压力不会急剧下降，仍能安全地继续行驶一定距离。在某些情况下，当穿刺物仍堵在孔内时轮胎几乎不漏气，汽车可继续行驶。其次由于没有内胎和衬带，热量可从辋中直接散出，故无内胎轮胎的行驶温度较普通轮胎低 20%~25%，这有利于高速行驶。

无内胎轮胎的主要缺点是：对制造材料及生产工艺要求较高；轮胎与轮辋的密封较困难；充气困难，途中修理尤为困难；天气炎热时，自粘层可能软化而流动，从而破坏车轮的平衡。

根据国标 GB 的规定，每条外胎两侧上必需模压上规格、制造厂商标和厂名（或地名）、轮辋标准、生产编号、骨架材料及结构代号；轿车轮胎还需标有速度级别代号和胎面磨损标志位置的符号；载货汽车轮胎还需标有层级；胎面花纹有行驶方向要求的，还需标有行驶方向标志。

二、轮胎的规格

1. 斜交轮胎的规格。我国和大多数国家一样，斜交轮

胎的规格用 B—d 表示，B 为轮胎名义断面宽度，d 为轮辋名义直径。载货汽车斜交轮胎、轿车斜交轮胎的尺寸 B 和 d 均使用英寸 (in) 为单位。例如：9.00—20。

2. 子午线轮胎的规格。国产子午线轮胎规格用 BRd 表示，其中 R 代表子午线轮胎 (即“radial”的第一个字母)。国产轿车子午线轮胎断面宽 B 全部改用公制单位 mm，载货汽车轮胎断面宽 B 有英制单位 (in) 和公制单位两种。两轮辋直径 d 的单位仍为英寸 (in)。

目前，轮胎越来越呈现扁平化的趋势，即轮胎断面宽相对越来越矮，一般以扁平率表示其高宽比。在这种情况下，仅用断面宽 B 和轮辋直径 d 已不能完全表示轮胎的规格。因为在断面宽 B 相同的情况下，断面高 H 将随不同扁平率而变化。因此，轮胎规格中增加一项表示其所属的扁平率系列。目前国产轿车轮胎 80、75、70、65 和 60 五个系列，数字分别表示断面高 H 是断面宽 B 的 80%、75%、70%、65% 和 60%。显然，数字越小，胎越矮，即轮胎越扁平。

三、汽车轮胎使用中的基本要求

1. 保持轮胎的适宜气压

轮胎充气压力是决定轮胎使用寿命和工作好坏的主要因素。

气压过低有以下危害：(1) 胎体变形大，内应力增加，轮胎温度过度升高，加速橡胶老化，导致帘线折断、松散和帘布脱层；(2) 胎面接地面积增大，使胎肩的磨损加剧；(3) 滚动阻力增大，油耗增加。此外，双胎中一胎气压过低还将使另一胎超载而提早损坏。

气压过高则有以下危害：(1) 由于接地面积小，单位压力增高，加剧胎冠部分的磨损；(2) 材料过度拉伸，刚性增

大，轮胎在受到冲击时胎冠容易爆破。

轮胎的气压与轮胎所承受的负荷有直接对应关系。负荷小时，要求气压低；负荷大时，要求气压高，否则就会使轮胎异常磨损。选择和保证最适宜气压是正确使用轮胎的重要条件。例如轮胎换位时，轴荷较大的后轮胎换到前轮就要相应地降低气压，而轴荷较轻的前轮换胎到后轮，就要增高气压。所以在使用中必须严格按汽车制造厂使用说明书中规定的前后轮的标准气压充气，而不能按胎侧所标的该规格轮胎的最大负荷所对应的气压充气。检查轮胎气压要用轮胎气压表，在冷态时进行。子午线轮胎由于胎体变形大，气压偏高偏低都不易看出，所以在使用中必须勤查气压。

2. 防止轮胎超载运行

轮胎载荷对其寿命有重大影响。超载运行时轮胎变形增大，帘布和帘线应力增大，容易造成帘线折断、松散和帘布脱层，同时因为接地面积增大，增加胎肩的磨损。在轮胎超载运行时，即使遇到一个不大的石块，也容易引起脱冠爆破。因此必须按标定的装载量装货载客，不得超载。此外，还应注意货物装载平衡，防止在车辆行驶时发生货物移动及倾斜，以避免各种轮胎超载。

3. 轮胎搭配要合适

同一车轴上应装用完全相同的轮胎，即相同规格、相同结构、相同层级、相同花纹；双胎并装时还要求是相同厂牌。这是因为轮胎规格中的数字是名义尺寸，充气后的实际尺寸会因结构、层级、花纹、甚至于厂牌的不同而不同。

至于同一汽车的前后轴，最好也要装用相同的轮胎。但有时载货汽车的前轴选用纵向花纹的轮胎，后轴选用混合型或横向花纹的轮胎。

对于子午线轮胎和斜交轮胎的混装问题要特别注意，因

为了午线轮胎的胎体刚性和负荷下的变形性质与斜交轮胎都不一样，所以混装后不仅容易早期损坏，更严重的后果是操纵稳定性恶化。

装用成色不同的旧胎时应加以选择，尽量使胎面磨损程度接近，并使直径较大的轮胎装在后轮外档。

此外，为确保行车安全，国标 GB9768—88 规定，翻新轮胎不得作转向轮使用。

驾驶操作要领是：平稳起步、均匀加速、中速行驶、减速转向、选择路面、尽量少用紧急制动。

第八章 汽车电子控制 与电动汽车

第一节 汽车采用电子技术的现状

一、发动机及传动系已有的电子装置

1. 交流发电机的整流二极管及集成调节器；
2. 电子点火（全晶体式、集成式、无触点式分电器）；
3. 废气再循环控制（氧传感器）；
4. 燃油喷射电子控制；
5. 电子化油器；
6. 增压控制；
7. 发动机最佳电子控制（空燃比、点火、废气再循环、怠速、爆震控制、喷嘴控制等）；
8. 柴油机的最佳电子控制（喷油、排气控制等）；
9. 变速器电子控制；
10. 离合器电子控制；
11. 冷却系电子控制；
12. 发动机停缸控制；
13. 换档指示器。

二、发动机及传动系将来采用的电子装置

1. 发动机气缸电子控制；

2. 发动机和传动系程序控制；
3. 无级变速；
4. 改进点火系统（稳定燃烧）；
5. 蓄电池容量剩余值显示；
6. 机器人驾驶操纵。

三、安全方面已有的电子装置

1. 速度控制（恒速）；
2. 制动防抱电子控制；
3. 轮胎气压报警；
4. 明暗灯控制；
5. 车窗自动控制；
6. 防盗报警；
7. 间歇式雨刮；
8. 前大灯控制；
9. 后视镜控制；
10. 自动悬挂控制；
11. 防撞车间距报警；
12. 刮水器自动控制；
13. 冲撞记录仪；
14. 电子门销；
15. 安全气囊自动控制；
16. 未系安全带报警器。

四、安全方面将来采用的电子装置

1. 路面状态显示；
2. 睡眠监测报警；
3. 防碰撞自动控制；

-
-
-
-
-
4. 侧方死角后方障碍物报警；
 5. 驾驶员突发病自控；
 6. 燃料消耗计；
 7. 电子操纵；
 8. 多功能行驶数据记录仪（黑匣子）；
 9. 酒醉检测安全自控；
 10. 后视摄像及屏幕显示。

五、仪表及通讯方面已有电子装置

1. 电子钟；
2. 电子油耗计；
3. 电子温度计；
4. 电子车速里程表；
5. 电子转速表；
6. 旅程计算机；
7. 燃料消耗计；
8. 各种报警（灯线切断、燃料、排气温度、水面、液面、未关门、未系安全带、保险线、速度等）；
9. 电子定时；
10. 电子化图示仪器板；
11. 电话。

六、仪表及通讯方面将来采用的电子装置

1. 大型电子化薄式仪表板；
2. 车内计算中心；
3. 多路信息传输；
4. 光纤通讯传送；
5. 惯性导航；

-
6. 卫星导航雷达;
 7. 屏幕显示街道图及交通阻塞状况。

七、舒适性方面已有的电子装置

1. 自动空调;
2. 座椅自动调整;
3. 自动照明;
4. 无钥匙开车;
5. 车库门开关;
6. 车窗自动开关;
7. 车门自动开关;
8. 顶灯控制;
9. 高级立体声音响;
10. 无线电调谐自动预选。

八、舒适性方面将来采用的电子装置

1. 全自动空调 (湿度温度清洁度含氧量自控系统);
2. 道路交通信息表;
3. 行驶路线最优化选择控制;
4. 声音命令驾驶。

第二节 汽油发动机控制系统

一、系统概述

汽油机控制系统将发动机所有的电子控制都集中在一个电控装置里。传感器感应发动机必要的工况数据,例如:蓄电池电压、发动机温度、进气温度、进气量、节气门开度、

混合气成分、爆震强度、点火开关、转速、凸轮轴转角位置、车速、空调开关等等。电控装置由输入电路、单片机最小系统和输出电路组成。输入电路对传感器信号进行净化处理，单片机检测传感器信号，通过计算和查表识别出发动机所处的工况，计算出相应的控制信号，输出电路将控制信号放大并驱动执行器，以实现在各种工况下对发动机燃油喷射和点火的最佳控制。

一个典型的汽油机控制结构图，如图 8-1 所示。除点火和燃油喷射两个基本控制功能外，它还包含许多附加功能，

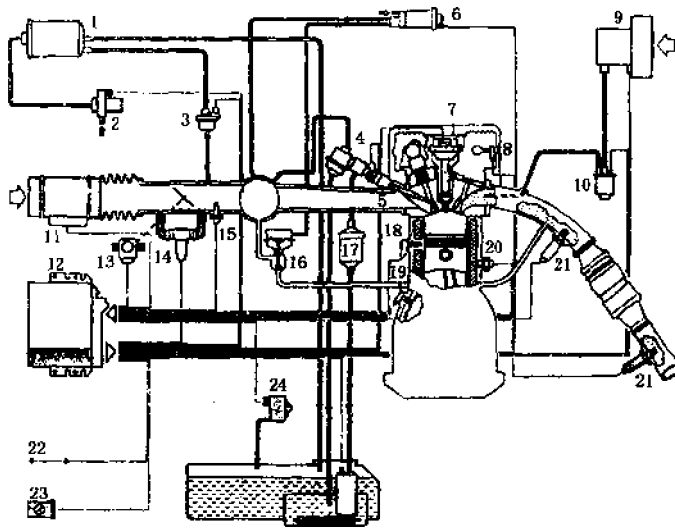


图 8-1 汽油机控制系统示意图

1-活性炭容器；2-断流阀；3-电磁还原阀；4-燃油压力调节器；5-喷油器；6-压力执行器；7-点火线圈；8-凸轮轴位置传感器；9-二次空气泵；10-二次空气阀；11-空气流量传感器；12-电控装置；13-节气门传感器；14-怠速调节执行器；15-进气温度传感器；16-废气回流阀；17-燃油滤清器；18-爆震传感器；19-转速传感器；20-发动机温度传感器；21-Lambda 传感器；22-故障诊断点；23-故障指示灯；24-压差传感器

如怠速转速控制、过量空气系数调节、燃油蒸汽还原控制、废气再循环、二次空气喷射、增压压力控制、进气管转换、凸轮轴控制、爆震及限速控制。汽油机控制系统还可与汽车其它控制系统进行联网控制，如通过减小发动机转矩实现自动换档，发动机控制系统与自动防抱系统相结合，可控制汽车驱动轮打滑，以提高汽车行驶安全性。

二、燃油喷射与点火

燃油喷射由燃油供给与喷油器组成。电动汽油泵将燃油从油箱吸出加压，经燃油滤清器送入燃油压力器和燃油分配管里，使燃油压力保持恒定，多余的燃油返回燃油箱。安装在分配管上的电磁喷油器将燃油喷入进气门前的进气管内。有时系统还增设燃油压力阻尼器，以减少燃油波动的影响。电动泵由电控装置操纵，在点火开关打开而发动机处于非运转状态下，将切断汽油泵供油，这对于发生交通事故情况时非常必要。

现代汽油机大多采用多点喷射，每缸进气阀前都安装喷油器，由于喷油压力保持恒定，电控装置只要控制喷油时间，就可精确定出喷油量。为了改善喷雾品质，常采用多孔喷油器，另外空气环流式喷油器特别改善了怠速的燃油雾化。所谓空气环流式喷油器是利用节气门前后的进气压力降，将节气门前的一部分空气沿喷油器四周和燃油一起吸入发动机，计算燃油喷射时间的基本量为负荷信号，除此之外还要考虑各种校正因素，最后获得实际的喷油时间，见图8-2。

喷射方式分为同时喷射、分组喷射和按序喷射。同时喷射是指所有喷射器在相同时刻喷射，曲轴每转一圈喷射一次。分组喷射是将各缸喷油器分为两组，每循环每组在同一

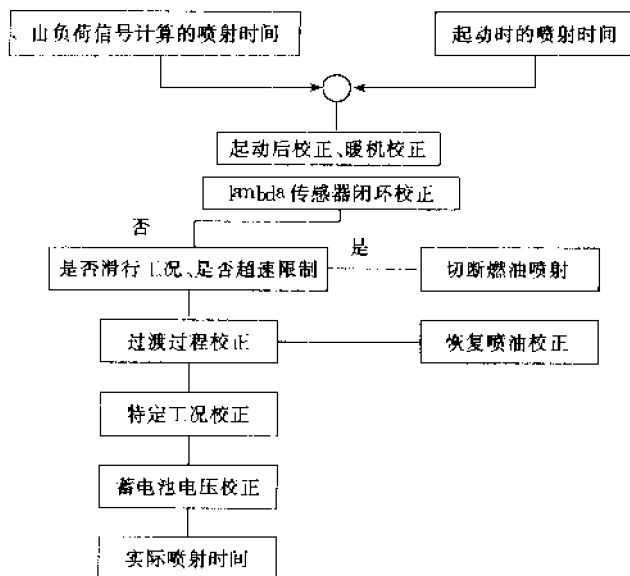


图 8-2 燃油实际喷射时间控制过程流程图

时刻喷射一次，两组喷射间隔角为 360° 曲轴转角。按序喷射是按照各缸进气顺序进行喷射，各喷油器喷射时间相互独立，具有很大的灵活性，被广泛采用。

汽油机控制系统点火部分低压回路全部由单片机控制的电子触发电路代替了机械低压断路器。高压配电则有三种形式：

1) 所有火花塞公用同一个点火线圈和低压触发电路，保留了高压转子式分火头机构；

2) 每个气缸有自己独立的点火线圈（单火花点火线圈）和独立的低压触发电路，由于消除了高压分火头的能量损失，这种点火线圈尺寸很小，可直接安装在火花塞上，这种形式适合所有气缸数的发动机。但该系统需要确定第一缸上止点，传感器发出信号；

3) 每两个气缸共用一个点火线圈（双火花点火线圈），这要求一个气缸处于压缩行程时，另一个气缸正处于排气行程，它适合于偶数气缸数的发动机。

低压线圈的电流导通时间对高压放电能量影响很大，利用单片机查表法引入转速和蓄电池电压对闭合角的校正，能够保证在各种工况下，当低压回路断开时，初级电流达到理想值。

发动机负荷和转速是影响点火提前角的主要变量，将各种负荷和转速下的最佳点火角特性域，固化在存储器里，供查表用。此外，实际点火提前角还考虑了其它一些校正因素，见图 8-3 所示。

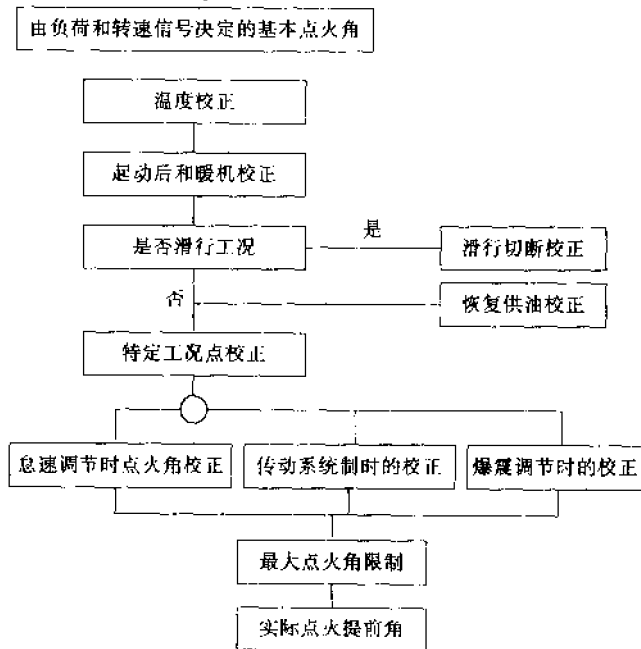


图 8-3 实际点火提前角控制过程方框图

第三节 电子控制汽车制动防抱死装置

电子控制制动防抱死装置（简称 ABS），实质上是实现制动器制动力的自动调节，这种装置使汽车制动系统结构发生了质的变化，它可充分发挥制动器的制动效能，提高制动减速度和缩短制动距离，并能有效地提高车辆制动时方向稳定性，从而大大提高了汽车行驶的安全性，所以发展迅速。

一、电子控制制动防抱死装置的理论基础

汽车在制动过程中，有两个地方会产生摩擦阻力：即车轮制动器产生的摩擦阻力，使车轮转速减慢；另外是车轮与地面间产生摩擦力使汽车减速。前者称为制动器制动力，后者称为地面制动力。在车轮未抱死之前，地面制动力始终等于制动器制动力，此时制动器制动力可全部转化为地面制动力。在车轮抱死后，地面制动力等于地面附着力，它不再随制动器制动力的增加而增加。地面附着力 F_{φ} 为：

$$F_{\varphi} = Z \cdot \varphi$$

式中： Z ——地面对轮胎的法向作用力；

φ ——附着系数。

由理论和试验研究表明，附着系数与车轮滑动率的变化关系如图 8-4 所示。滑动率 S 的定义是：

$$S = \frac{v - r_0 \omega}{v} \times 100\%$$

式中： v ——车轮中心的转移速度；

r_0 ——没有地面制动力时的车轮滚动半径；

ω ——车轮的角速度。

在纯滚动时， $v = r_0 \omega$ ，滑动率 $S = 0$ ；在纯滑动拖滑

时， $\omega = 0$ ， $S = 100\%$ ；在边滚边滑时， $0 < S < 100\%$ 。滑动率说明车轮运动中滑动成分所占比例大小，滑动率越大，滑动成分越多。

由图 8-4 可知，轮胎纵向附着系数在 $S = 20\%$ 左右达最大值，在车轮抱死时的附着系数反而有所降低，另外，侧向附着系数下降到零。因此，车轮制动时，如果完全抱死，不但由于纵向附着系数下降而达不到最佳制动效能，而且还会丧失转向和抵抗侧向力的作用，造成制动时方向不稳定。电子

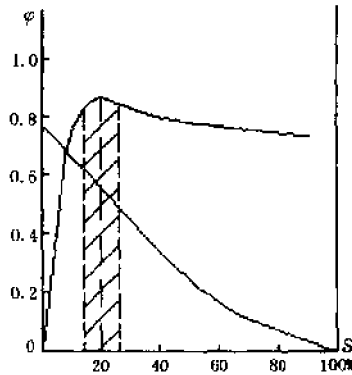


图 8-4 ϕ 与 S 的关系曲线

控制制动防抱死装置的目的，就是自动调节制动器制动力，使车轮滑动率保持在 20% 的最佳状态，以充分利用峰值附着系数，提高汽车的制动效能，并且汽车具有较好的转向和抵抗侧向力的作用，提高汽车制动时的方向稳定性能。

二、电子控制防抱死制动装置的组成和工作

电子控制制动防抱死装置，主要由传感器、控制器和压力调节器三部分组成。图 8-5 以车轮角减速度作比较量的调节系统简图。

1. 传感器

传感器由两部分组成。一部分装在车轮的转动部分，随车轮一起转动，另一部分装在车轮的固定部分。车轮角速度传感器型式很多，目前用得较多的为磁电式非接触传感器，

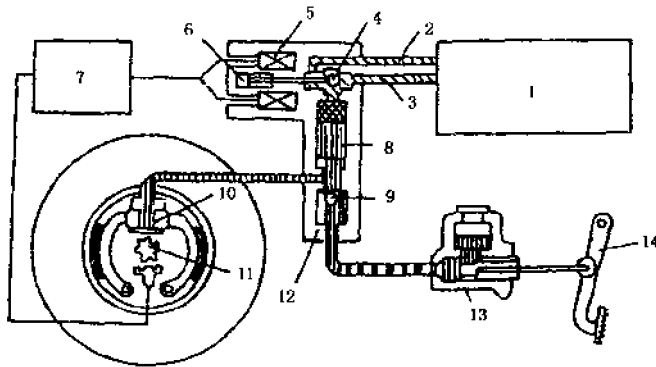


图 8-5 电子控制防抱制动系统简图

1-液力蓄能器；2-低压回路；3-高压管路；4-球阀；5-电磁线圈；6-推杆；
7-控制器；8-减压活塞；9-球阀；10-分泵；11-角速度传感器；12-制动压力
调节器；13-总泵；14-制动踏板

如图 8-6 所示。磁电感应传感器的定子绕组，感受着通过齿轮圆周的磁通量变化而输出电压脉冲，其脉冲频率与车轮转速成正比，将此脉冲经整形放大后送入控制器，便可处理为车轮角减速度信息。由于磁电感应式传感器，在车轮转速很低时，产生的电压很低，以致不

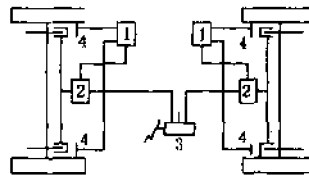


图 8-6 前、后轴控制形式

1-控制器；2-压力调节器；3-总泵；4-传感器

能检测车轮角速度，故在控制器中应设置下限车速控制器。当车辆速度低于某一值时，停止制动力的自动调节，制动压力增加，直至停车。

2. 制动压力调节器

无论气制动或是液压制动，均是靠控制器送来的电信号

控制电磁阀动作，从而调节制动压力的减弱或加强，使车轮的滑动率接近最佳值。

由图 8-5 可知，在正常制动时，液力蓄能器的高压油将球阀 4 推开，高压油作用在减压活塞上方，使球阀 9 处于常开状态，制动分泵与制动总泵直接相通。制动过程中，控制器不断分析传感器送来的信息。当减速度达到某一门限值时，控制器发出指令，电磁线圈 5 通电产生吸力，铁芯连同推杆 6 向右移动，使球阀 4 液力蓄能器关闭高压油道，同时使减压活塞 8 上方与低压泄油道相通而上移，球阀 9 关闭，分泵油压与低压泄油道相通，油压降低，制动器制动力下降。松开制动器后，车轮转速增加。当其角加速度达到设定的门限值时，控制器又发出指令，切断电磁线圈电流，在液力蓄能器高压油的作用下，铁芯左移，球阀 4 关闭减压活塞 8 上方与低压泄油道 2 的通道，蓄能器中的高压油迫使减压活塞 8 下移，顶开球阀 9，分泵压力重新上升，又开始制动，如此循环，直至停车。

根据压力调节器控制装置的布置形式不同，有轴控制和轮控制两种。小客车一般采用前轮用轮控制和后轮用轴控制形式，载货汽车多采用前、后轴控制方式。所谓轴控制，就是一个压力调节器，同时控制同一轴的左右两个车轮，如图 8-6 所示。

3. 控制器

控制器实际上就是一个微型电子计算机。电子逻辑运算控制器的型式很多，由于所选择的比较量不同，其逻辑电路各异。图 8-7 为以车轮角减速度作比较量的控制原理框图。它是将传感器 1 产生的正比于车轮角速度的脉冲数，经整形放大电路 2 变换为同频率的方波，再进行加、减速度计算，并将计算结果送到逻辑运算控制器 4 中与存储的给定门限值

进行比较，一旦达到门限值时，便发出一个控制指令脉冲，经功率放大器 5 放大后，控制调节器 6 的阀动作。主控制器 9 的作用是使各部分协调合作。下限车速控制器 10 是当车速低到一定值时（一般为 8km/h），自动切除“防抱制动”的调节而执行原车制动。

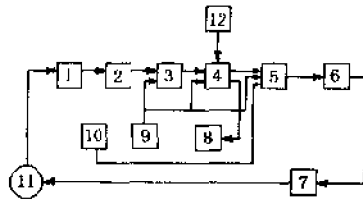


图 8-7 控制原理框图

1-传感器；2-整形放大电路；3-加、减角速度运算；4-逻辑运算控制器；5-功率放大器；6-压力调节器；7-制动器；8-监控指示灯；9-主控制器；10-下限车速控制器；11-车轮；12-加、减角速度门限值

监视指示灯 8 是一项安全措施，目的是保证起始时有制动，制动前如果指示灯“亮”，则警告驾驶员制动油路关闭，必须切断防抱控制电路，恢复原车制动。

第四节 主动与半主动悬架系统

汽车行驶时，路面的不平度会激起汽车的振动。当这种振动达到一定程度时，将使乘客感到不舒适或使运载货物损坏。同时，由于车轮与路面之间的动载荷，还会影响到它们的附着效果，因而也会影响到汽车的操纵稳定性。另外，汽车由于加速、制动、转向等还会引起车身姿态发生变化（俯头、仰头和侧倾），也会使乘客感到不舒适。因此，研究车辆振动和受力，采取有效措施，将其控制在最低水平，对改善车辆的乘坐舒适性、操纵稳定性，具有很重要的意义。

为减少汽车振动，一方面要改善路面质量，减少振动的来源；另一方面要求汽车对路面不平度有良好的隔振特性。

车辆的减振一般有三个环节，即轮胎、悬架和座椅，其中起主要作用的是车辆的悬架系统，它由弹性元件和阻尼元件共同完成。

传统的悬架系统的刚度和阻尼参数，是按经验设计或优化设计方法选择的，一经选定后，在车辆行驶过程中，就无法进行调节，因此其减振性能的进一步提高受到限制。这种悬架称为被动悬架。

为了克服被动悬架的缺陷，国外在 60 年代就提出了主动悬架的概念。主动悬架就是由在悬架系统中采用有源或无源可控制的元件组成。一个闭环控制系统，根据车辆的运动状态和路面状况主动作出反应，以抑制车体的运动，使悬架始终处于最优减振状态。所以主动悬架的特点就是能根据外界输入或车辆本身状态的变化进行动态自适应调节。

主动悬架一般可分为全主动悬架和半主动悬架两大类。全主动悬架是根据车辆的运动状态和路面情况，适时调节汽车悬架的刚度和阻尼，使其处于最优减振状态。因此，系统必须是有源的。半主动悬架则由无源但可控制的阻尼元件组成。

众所周知，在车辆悬架中，弹性元件除了吸收和存贮能量外，还得承受车身及载荷，因此半主动悬架都不考虑改变悬架的刚度而只考虑改变悬架的阻尼。由于半主动悬架结构简单，在工作时，几乎不消耗车辆动力，又能获得与全主动悬架相近的性能，故应用较广。

由于路面输入的随机性，车辆悬架阻尼的控制属于自适应控制，即所设计的系统在输入或干扰发生大范围的变化时，能自适应环境，调节系统参数，使输出仍能被有效控制，达到设计要求。它不同于一般的反馈控制系统，因为它处理的具有“不确定性”的反馈信息。

自适应控制系统按其原理不同,可分为校正调节器和模型参考自适应控制系统两大类。由于要建立一个精确的“车辆—地面”系统模型还很困难,故目前的半主动悬架,多采用自校正调节器。

第 11 章

第五节 电控机械式自动变速器

机械变速器以其传动效率高,成本低和易于制造而被广泛用于汽车,但这种汽车驾驶过程中换档便成为驾驶员最频繁和最复杂的操纵之一。据国内外不完全统计,驾驶员每个工作班要换档 2000~3000 次,很容易造成驾驶员疲劳,分散其注意力,从而降低了行驶安全性。因此,国外大客车普遍采用了半自动或全自动变速器。在美国,城市大客车基本上都是自动变速器;法国从 50 年代起,城市客车就不再使用传统的手动换档的机械式变速器;德国奔驰公司生产的大客车,其自动变速器的装备率已从 70 年代的 10% 上升到 80% 以上。世界各国的装备率继续上升。

国外大客车所采用的自动变速器,基本上都是液力自动变速器,由于液力变扭器传动效果低而燃油经济性差,且制造工艺复杂、造价昂贵,就限制了它的进一步发展。今天,用先进的微电子技术改造传统的机械式变速器,使之自动化,已成为世界各国竞相开发的热点。1985 年日本的“野蓝带”大客车装备了这种传动,称之为 EE 传动 (Eshy 与 Economy 传动),使用中受到各方面好评。我国吉林工业大学较早从事这方面研究工作,取得了可喜的成绩。

电控机械式自动变速器是一个电子控制的发动机、干式离合器 and 机械变速器组成的系统。它保持原发动机、离合器和变速器总成,仅少量改变了变速器的操纵系统。微型计算机

取代了驾驶员的大脑，传感器代替人的感觉神经，执行机构代替驾驶员的手和脚的换挡动作，使车辆始终处于最佳档位。行驶控制系统框图如图 8-8 所示。

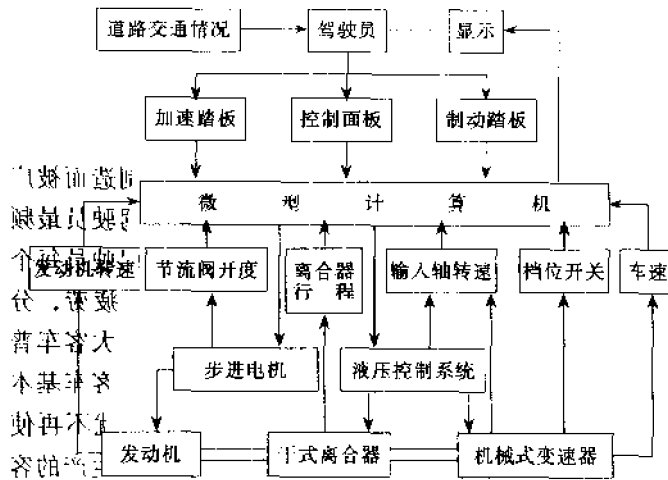


图 8-8 控制系统方框图

一、电子控制单元 (ECU)

它是控制系统的核心，其电路大体由输入电路部件，CPU 和 RAM、ROM，输出电路部件和稳压电源四个部分组成。图 8-9 为电子控制单元框图。

ECU 是根据选择开关、加速踏板、制动踏板的状态来了解驾驶员的意图。行驶中通过各种传感器采集车辆状态数据，计算机将这些数据经过运算并与最佳换挡规律进行比较，确定最优档位。如需换挡时，便给执行机构发指令，使离合器按最佳接合规律控制分离与接合速度，发动机通过步进电机自适应变化油门开度，变速器的执行机构使其平稳而

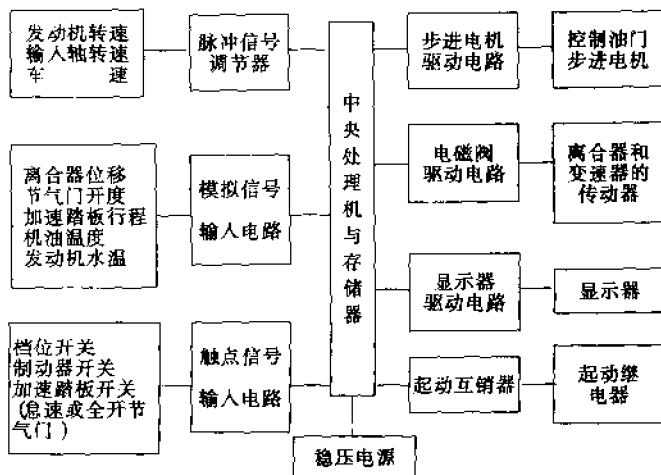


图 8-9 电子控制单元框图

快速的换档。显示器及时表明换档过程的开始与结束。

二、传 感 器

系统采用传感器的信号形态有脉冲、模拟、触点三类，如图 8-9 所示。

1. 车速和变速器输入轴转速传感器

用磁电式非接触传感器产生的脉冲电压信号，经过整形后输入电子控制单元，计算机按此脉冲频率即可求得相应的速度。

2. 发动机转速传感器

从点火电路检测出点火的脉冲信号，经计算而得到发动机转速。

3. 加速踏板和节气门开度

用电阻式角位移计，将行程转变为电压特性而测出。

4. 离合器行程传感器

用电压式线位移计。

5. 档位开关

用微动行程开关反映变速器选档与换档动作完成情况。

6. 选档范围开关与换档规律开关

它们反映驾驶员的意图，通过对它们的不同选择，以适应不同的交通状况、行驶环境等客观条件。

7. 温度与压力传感器

可用热敏电阻温度计和压阻式压力传感器。

三、执行机构

执行机构完成计算机发出的指令，它由三部分组成：离合器控制、变速器控制和节气门执行机构，如图 8-10 所示。

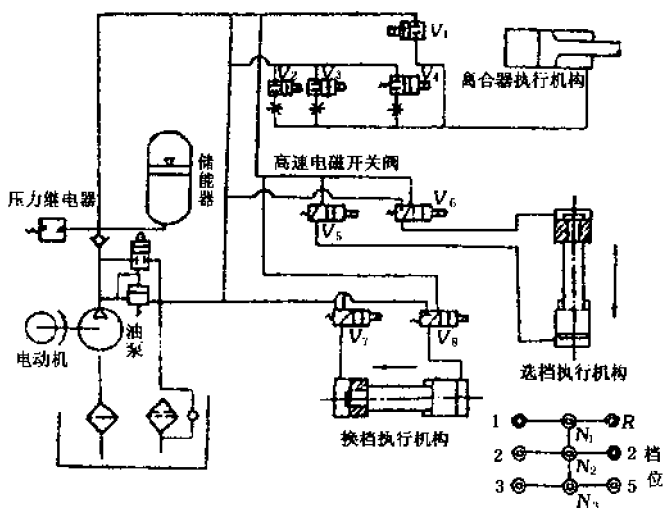


图 8-10 液压控制系统

第六节 电动汽车简介

一、电动汽车的结构类型

1. 根据电动汽车的主要使用范围分以下几类：

- (1) 工业企业的野外电力运输用车。
- (2) 运输小批货物的城市电动汽车和具有不同客运量(10~50人)和固定线路的电动公共汽车。
- (3) 完成不同里程的城市电动车辆。

例如：运送儿童用的电动汽车、出租汽车等等。

- (4) 小型货运电动汽车，其行程不低于法规的规定。

这种分类方法比较直观，但没有体现电动汽车的结构特点。

2. 电动汽车与普通燃油汽车的主要差别在动力驱动控制系统，所以按动力驱动控制系统结构型式分类更为合理。到目前为止，主要有以下几种型式：

- (1) 直流电机驱动的电动汽车；
- (2) 交流电机驱动的电动汽车；
- (3) 双电机驱动的电动汽车；
- (4) 双绕柱电机的电动汽车；
- (5) 电动轮电动汽车；
- (6) 混合驱动的电动汽车，包括串联式、并联式（简单并联式、复合并联式）。

二、电动汽车组成部分及其工作情况

电动汽车和内燃机汽车在原动机和动力传动装置上是不同的。用电动机代替内燃机及其附属装置，即：润滑、冷

却、进排气系统等使其结构简单。相反，在动力传动装置上，取代了燃料箱和燃料控制系统，加上电源系统、速度控制系统的整个装置重量、体积近 10 倍于内燃机系统。以下仅局限于介绍电动汽车必需的组成系统。图 8-11 为电动汽车的系统布置图。

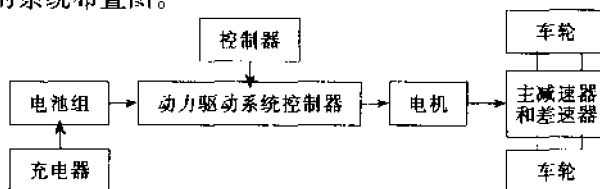


图 8-11 电动汽车系统布置

电动汽车和内燃机汽车相比，结构差异较大。其相对应的几大系统的差别如表 8-1，其余各部分则基本相同。

电动汽车和燃油汽车的区别 表 8-1

名称	燃油汽车	电动汽车
能源系	汽油（柴油）	蓄电池
动力系	内燃机	电动机
速度控制系	变速器、离合器	调速控制器
传动系	离合器、变速器 传动轴、驱动桥	传动轴、驱动桥 (固定减速器)

1. 电动汽车的驱动系统

1) 直流电机驱动系统 20 世纪 90 年代以前的电动汽车几乎全是直流电机驱动的。当汽车行驶时，蓄电池电流通过控制器输入电机，电机输出的转矩经离合器、变速器、万向节、传动轴、主减速器、差速器、半轴驱动车轮前进或后退。由于可控硅、大功率 IGBT 管和计算机的应用，使得直流电机调速易于控制。所以，在当代直流电机驱动的电动汽车上，离合器、变速器都不再使用，代替变速器的是一固定

速比的减速器。而离合器的功能则由调速控制器来实现。

电动轿车由于整车尺寸及空间的限制，大都采用前轮驱动型式，而将轿车中间和尾部空间留给电池。

2) 交流电机驱动系统 几年前，几乎所有的车辆牵引电机均为直流电机，这是因为牵引直流电机具有起步加速牵引力大、控制系统较简单等优点。近几年来，交流电机驱动系统的研制和开发不断取得新突破。它的突出特点是体积小、重量轻（其比重量约为 $0.5 \sim 1\text{kg/kW}$ ）、效率高、基本免维护、调速范围宽。具有代表性的电动汽车交流电机驱动控制系统主要由四个子系统构成：驱动系统、冷却系统、车身控制系统、能量管理系统。

驱动系统中，动力电池的电流经动力分配单元送入系统控制器，系统控制器将直流电逆变成交流电驱动交流电机，电机输出的转矩经定速比减速器后，通过万向传动轴、主减速器、差速器和半轴驱动车轮，使汽车前进或倒退。当汽车制动减速时，车轮带动电机转动，通过矢量控制使感应电机成为交流发电机产生电能，经系统控制器逆变变换后给电池组充电，这一过程称为再生制动。具有再生制动的电动汽车使一次充电后的续驶里程增加 $10\% \sim 15\%$ 。对于交流驱动系统，电池组电压一般为 $300 \sim 400\text{V}$ 比较合适。

由于交流感应电机体积小、重量轻，而动力电源逆变器均使用 IGBT 大功率管，所以动力驱动控制系统应有专门的冷却装置。系统控制器除了有主逆变器驱动牵引电机外，还有几个小功率 DC/AC 逆变器，逆变器产生的交流电用来驱动空调压缩泵电机、动力转向泵电机、制动泵电机和冷却泵电机。冷却油泵将牵引电机中的热油泵入散热器，散热后的冷却油再流入系统控制器以冷却 IGBT 大功率模块，然后再送入电机，冷却电机和减速器。

车身控制系统主要由加速踏板、制动踏板、仪表显示器和安全保护装置构成。加速踏板一般都是一位置传感器（电位计或差动变压器），将加速踏板的位置转换成电信号送入系统控制器，控制车的加速和行驶，并通过仪表显示汽车运行的各种状态。当汽车减速或制动时，制动踏板位置传感器将给主控制器送去信号，主控制器识别信号和汽车行驶状态后，会根据具体情况发出不同的指令：减速滑行，减速再生制动，再生和机械联合制动，机械制动等。在保证安全的前提下，最大限度地回收或充分利用惯性。车身控制系统中另一必不可少的部分是安全保护装置，当电动汽车发生碰撞时，冲击传感器将信号送入控制器，控制器中的微处理器在分析碰撞程度后，向执行机构发出是否切断电源的指令，保护设备和乘客免受漏电或短路的伤害，或者打开安全气囊。

由于动力电池技术至今仍未有所突破，一次充电后的续航里程仍在 100~200km 左右，所以工程技术人员正在充分挖掘各种潜力来最大限度地有效使用电池，电池能量管理系统便由此产生。电池能量管理系统主要由传感器组（电流、电压、温度）、计算机信号采集、处理和分析模块、多功能显示器和控制执行单元构成。先进的电池能量管理系统构造极其复杂，需要大量的传感器对每节蓄电池的电压、电流和温度等信号进行测试，并将这些数据送入计算机。根据蓄电池充放电和寿命指数模型对每节电池进行分析，以确定电池的状态，并通过多功能显示器告诉驾驶员或通过系统控制器直接控制汽车的运行。多功能显示器主要告诉操作人员以下信息：系统电压，已运行里程，还能行驶多少里程，系统充电警告，是否有已坏的电池，每支电池的历史，电池的寿命估算等。具有先进的电池能量管理系统的电动汽车能延长蓄电池的使用寿命 5~10 倍。但是能量管理系统成本昂贵，电

路复杂，而且电池在充放电过程中的化学变化极其复杂，要精确计算和预测电池的剩余电压和寿命是相当困难的，所以目前这一技术仍在发展中。

对于轿车，一般采用前轮驱动，这样汽车中部和尾部的空间可用来安放电池。对于客车，大都采用后轮驱动的形式，将控制系统、电机、减速器、冷却系统和空调系统都布置在后桥之后，客车两轴之间的空间可用来安放蓄电池。

具有交流电机驱动系统的电动汽车是 90 年代发展起来的新技术。尽管目前尚处于发展完善阶段，试制成本比较昂贵，但该系统已显示出强大的生命力，与直流电机系统相比具有以下优点：

- (1) 交流驱动系统的批量生产价格将与直流系统相当；
- (2) 交流电机的可靠性约为直流电机的 6 倍；
- (3) 整个交流驱动系统的可靠性约为直流驱动系统的 2 倍；
- (4) 直流斩波调速系统的维护费用约为交流系统的 2.5 倍；
- (5) 交流驱动系统与直流斩波调速驱动系统相比，节约 5%~7% 的电能；与直流电阻调压调速系统相比将节约 25%~30% 的电能。

2. 电动汽车的各种储能动力源

电动汽车的未来发展，取决于蓄电池工艺的进展，多年来用化学电池作为汽车的动力源。为了特殊用途汽车的能源储存，近年来出现用燃料电池弥补化学电池不足的研究工作。美国等西方国家，在高性能蓄电池的研究与发展方面，有了良好的进展。

蓄电池大致可分为一次型和二次型两类。一次型蓄电池通过非可逆化学反应产生动力，在放电中消耗的部分必须更

换（一般说，当蓄电池用完时就处理掉）。二次型蓄电池含有可逆的化学反应，施加可逆的或充电电源，就能把反应材料恢复到初始的充电状态，一般一次蓄电池与二次蓄电池相比，具有较高的能量密度、比能和功率系数。

1) 铅酸蓄电池 铅酸蓄电池是电动汽车的各种储能动力源中较为成熟的一种。它具有可靠性高，原料易得，价格便宜等优点。铅酸蓄电池的比功率也基本上能满足电动汽车加速和爬坡的要求。但常规的铅酸蓄电池比能量低、难于快速充电、使用寿命不够长。另外，过放电和过充电时，铅酸蓄电池的使用寿命将显著缩短，深度放电以及环境温度对电池性能影响很大。

最近几年，由于电极材料、处理方法和出现新的薄隔板材料，铅酸蓄电池的性能有了稳步的改进。改进的高级铅酸蓄电池，基本上与从前的铅酸装置相同。

2) 银锌蓄电池 银锌蓄电池在二次蓄电池中能量密度最高，放电电压降最小。使用时只需要单独的高效率放电，使用最小量的隔板材料，就可获得大约 $176\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ 的比能。

3) 镍铁蓄电池 商用镍铁蓄电池最初是在 1910 年由爱迪生生产的。有些爱迪生蓄电池已经连续使用了 30 多年。镍铁蓄电池更为坚固耐用，是当今使用的各种蓄电池中寿命最长的。

4) 硫化钠蓄电池 美国和其它国家的一些公司已经研制了硫化钠蓄电池。美国电力研究所 (EPRI) 主要研制电力装置载荷调整，DOE 主要研究电动汽车的用途。硫化钠蓄电池能在 $300^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$ 温度下工作。在 5h 放电率下， 30kW 蓄电池的比能目标约为 $200\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ ，且循环寿命很高。

5) 氯化锌蓄电池 美国电力研究所研制的氯化锌蓄电

池，用于电力装置负荷调整；用于电动汽车是由 DOE 发起和私营企业投资的。目前的蓄电池容量为 $25\text{kW}\cdot\text{h}$ 。在 $50\text{kW}\cdot\text{h}$ 蓄电池 4h 放电率下，已经获得了 $77\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ 的比能，长期比能目标为 $110\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ 。

6) 燃料电池 燃料电池是把燃料和氧化剂的作用，直接转换成电能。燃料输送到电池的阳极，氧化剂输送到阴极，蓄电池部分不参加反应。因此，蓄电池的寿命长，且不需要充电。由于把化学能直接转换为电能，所以燃料电池的效率很高。热能转换成电能的效率为 $40\% \sim 65\%$ 。已经研制出的燃料电池的功率输出，其范围由毫瓦到几百千瓦。

三、发展电动汽车的主要问题

电动汽车的发展目前仍存在一定的困难，主要有：

1. 电池

现在用于电动汽车的电池，出于经济方面的考虑，一般用铅电池。由于必须携带大而重的铅电池，一次充电后的行驶距离、起动、加速、爬坡、载质量等都受到限制，这可以说是实用范围狭窄的主要原因之一。因此必须改造铅电池，或者研制具有较高性能的新型电池。

2. 充电

铅电池充电时，一般需 $8 \sim 10\text{h}$ ，如何缩短充电时间也是一个大的研究课题。现在，正在研究一种新的方法，用 $30 \sim 60\text{min}$ 时间即可充电放电量的 $70\% \sim 80\%$ ，和充电时间并行存在的问题是充电地点。电动汽车充电，往往使用固定型充电器，没有特定的充电场所是不能进行充电的，尤其是在上述快速充电的情况下就更加受限制。因此，研制安装在电动汽车上的小型充电器，或者设置如同加油站似的充电站，都是完全必要的。

3. 提高可靠性

据美国 DOE 对实用电动汽车发生故障情况的调查，被调查的 5 种电动汽车中，有 4 种故障发生率比一般的汽车高。为进一步提高其可靠性使之更加实用化，须进行各系统的改造，诸如控制电路的简化等。

4. 降低成本

高昂的价格是电动汽车普及的最大障碍之一。高价的原因是生产规模太小。控制电路的简化、部件和规格的标准化等都可以使成本大大降低。

参 考 文 献

1. 竹花有也. 自动车工学概论. 理工学社, 1997.
2. 日本自动车整備振兴会联合会, 三构造, 山海堂, 1988.
3. 黄靖雄. 现代汽车学. 台北: 正土出版社, 1988.
4. 金银. 汽车使用维修大全. 北京: 中国商业出版社, 1994.
5. 余志生. 汽车理论 (第二版). 北京: 机械工业出版社, 1996.
6. 孙逢春、张承宁、祝嘉光. 电动汽车——21 世纪的重要交通工具. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
7. 罗永革等. 轿车概论. 东风公司培训教材, 1989.
8. BOSCH. 汽车工程手册. 学术书刊出版社, 1991.
9. 古永棋等. 汽车电器及电子设备 (修订版). 重庆: 重庆大学出版社, 1995.

参 考 文 献

1. 竹花有也. 自动车工学概论. 理工学社, 1997.
2. 日本自动车整備振兴会联合会, 三构造, 山海堂, 1988.
3. 黄靖雄. 现代汽车学. 台北: 正土出版社, 1988.
4. 金银. 汽车使用维修大全. 北京: 中国商业出版社, 1994.
5. 余志生. 汽车理论 (第二版). 北京: 机械工业出版社, 1996.
6. 孙逢春、张承宁、祝嘉光. 电动汽车——21 世纪的重要交通工具. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
7. 罗永革等. 轿车概论. 东风公司培训教材, 1989.
8. BOSCH. 汽车工程手册. 学术书刊出版社, 1991.
9. 古永棋等. 汽车电器及电子设备 (修订版). 重庆: 重庆大学出版社, 1995.

参 考 文 献

1. 竹花有也. 自动车工学概论. 理工学社, 1997.
2. 日本自动车整備振兴会联合会, 三构造, 山海堂, 1988.
3. 黄靖雄. 现代汽车学. 台北: 正土出版社, 1988.
4. 金银. 汽车使用维修大全. 北京: 中国商业出版社, 1994.
5. 余志生. 汽车理论 (第二版). 北京: 机械工业出版社, 1996.
6. 孙逢春、张承宁、祝嘉光. 电动汽车——21 世纪的重要交通工具. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
7. 罗永革等. 轿车概论. 东风公司培训教材, 1989.
8. BOSCH. 汽车工程手册. 学术书刊出版社, 1991.
9. 古永棋等. 汽车电器及电子设备 (修订版). 重庆: 重庆大学出版社, 1995.

参 考 文 献

1. 竹花有也. 自动车工学概论. 理工学社, 1997.
2. 日本自动车整備振兴会联合会, 三构造, 山海堂, 1988.
3. 黄靖雄. 现代汽车学. 台北: 正土出版社, 1988.
4. 金银. 汽车使用维修大全. 北京: 中国商业出版社, 1994.
5. 余志生. 汽车理论 (第二版). 北京: 机械工业出版社, 1996.
6. 孙逢春、张承宁、祝嘉光. 电动汽车——21 世纪的重要交通工具. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
7. 罗永革等. 轿车概论. 东风公司培训教材, 1989.
8. BOSCH. 汽车工程手册. 学术书刊出版社, 1991.
9. 古永棋等. 汽车电器及电子设备 (修订版). 重庆: 重庆大学出版社, 1995.

参 考 文 献

1. 竹花有也. 自动车工学概论. 理工学社, 1997.
2. 日本自动车整備振兴会联合会, 三构造, 山海堂, 1988.
3. 黄靖雄. 现代汽车学. 台北: 正土出版社, 1988.
4. 金银. 汽车使用维修大全. 北京: 中国商业出版社, 1994.
5. 余志生. 汽车理论 (第二版). 北京: 机械工业出版社, 1996.
6. 孙逢春、张承宁、祝嘉光. 电动汽车——21 世纪的重要交通工具. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
7. 罗永革等. 轿车概论. 东风公司培训教材, 1989.
8. BOSCH. 汽车工程手册. 学术书刊出版社, 1991.
9. 古永棋等. 汽车电器及电子设备 (修订版). 重庆: 重庆大学出版社, 1995.

参 考 文 献

1. 竹花有也. 自动车工学概论. 理工学社, 1997.
2. 日本自动车整備振兴会联合会, 三构造, 山海堂, 1988.
3. 黄靖雄. 现代汽车学. 台北: 正土出版社, 1988.
4. 金银. 汽车使用维修大全. 北京: 中国商业出版社, 1994.
5. 余志生. 汽车理论 (第二版). 北京: 机械工业出版社, 1996.
6. 孙逢春、张承宁、祝嘉光. 电动汽车——21 世纪的重要交通工具. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
7. 罗永革等. 轿车概论. 东风公司培训教材, 1989.
8. BOSCH. 汽车工程手册. 学术书刊出版社, 1991.
9. 古永棋等. 汽车电器及电子设备 (修订版). 重庆: 重庆大学出版社, 1995.

参 考 文 献

1. 竹花有也. 自动车工学概论. 理工学社, 1997.
2. 日本自动车整備振兴会联合会, 三构造, 山海堂, 1988.
3. 黄靖雄. 现代汽车学. 台北: 正土出版社, 1988.
4. 金银. 汽车使用维修大全. 北京: 中国商业出版社, 1994.
5. 余志生. 汽车理论 (第二版). 北京: 机械工业出版社, 1996.
6. 孙逢春、张承宁、祝嘉光. 电动汽车——21 世纪的重要交通工具. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
7. 罗永革等. 轿车概论. 东风公司培训教材, 1989.
8. BOSCH. 汽车工程手册. 学术书刊出版社, 1991.
9. 古永棋等. 汽车电器及电子设备 (修订版). 重庆: 重庆大学出版社, 1995.

参 考 文 献

1. 竹花有也. 自动车工学概论. 理工学社, 1997.
2. 日本自动车整備振兴会联合会, 三构造, 山海堂, 1988.
3. 黄靖雄. 现代汽车学. 台北: 正土出版社, 1988.
4. 金银. 汽车使用维修大全. 北京: 中国商业出版社, 1994.
5. 余志生. 汽车理论 (第二版). 北京: 机械工业出版社, 1996.
6. 孙逢春、张承宁、祝嘉光. 电动汽车——21 世纪的重要交通工具. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
7. 罗永革等. 轿车概论. 东风公司培训教材, 1989.
8. BOSCH. 汽车工程手册. 学术书刊出版社, 1991.
9. 古永棋等. 汽车电器及电子设备 (修订版). 重庆: 重庆大学出版社, 1995.

参 考 文 献

1. 竹花有也. 自动车工学概论. 理工学社, 1997.
2. 日本自动车整備振兴会联合会, 三构造, 山海堂, 1988.
3. 黄靖雄. 现代汽车学. 台北: 正土出版社, 1988.
4. 金银. 汽车使用维修大全. 北京: 中国商业出版社, 1994.
5. 余志生. 汽车理论 (第二版). 北京: 机械工业出版社, 1996.
6. 孙逢春、张承宁、祝嘉光. 电动汽车——21 世纪的重要交通工具. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
7. 罗永革等. 轿车概论. 东风公司培训教材, 1989.
8. BOSCH. 汽车工程手册. 学术书刊出版社, 1991.
9. 古永棋等. 汽车电器及电子设备 (修订版). 重庆: 重庆大学出版社, 1995.

参 考 文 献

1. 竹花有也. 自动车工学概论. 理工学社, 1997.
2. 日本自动车整備振兴会联合会, 三构造, 山海堂, 1988.
3. 黄靖雄. 现代汽车学. 台北: 正土出版社, 1988.
4. 金银. 汽车使用维修大全. 北京: 中国商业出版社, 1994.
5. 余志生. 汽车理论 (第二版). 北京: 机械工业出版社, 1996.
6. 孙逢春、张承宁、祝嘉光. 电动汽车——21 世纪的重要交通工具. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
7. 罗永革等. 轿车概论. 东风公司培训教材, 1989.
8. BOSCH. 汽车工程手册. 学术书刊出版社, 1991.
9. 古永棋等. 汽车电器及电子设备 (修订版). 重庆: 重庆大学出版社, 1995.

参 考 文 献

1. 竹花有也. 自动车工学概论. 理工学社, 1997.
2. 日本自动车整備振兴会联合会, 三构造, 山海堂, 1988.
3. 黄靖雄. 现代汽车学. 台北: 正土出版社, 1988.
4. 金银. 汽车使用维修大全. 北京: 中国商业出版社, 1994.
5. 余志生. 汽车理论 (第二版). 北京: 机械工业出版社, 1996.
6. 孙逢春、张承宁、祝嘉光. 电动汽车——21 世纪的重要交通工具. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
7. 罗永革等. 轿车概论. 东风公司培训教材, 1989.
8. BOSCH. 汽车工程手册. 学术书刊出版社, 1991.
9. 古永棋等. 汽车电器及电子设备 (修订版). 重庆: 重庆大学出版社, 1995.