

汽车柴油机 构造与使用

吉林工业大学内燃机研究所 蒋向佩 主编

机械工业出版社



汽车柴油机构造与使用

吉林工业大学内燃机研究所

蒋向佩 主编



机械工业出版社

(京)新登字054号

内 容 简 介

为适应我国中、小型汽车逐步大量装用柴油机的发展趋势,本书专门讲述车用柴油机构造与使用的基本知识。全书共分十三章。构造部分以国内大量生产的中型汽车用柴油机的典型结构为主,也适当介绍了国内外车用柴油机的新结构、新技术(特别是对燃料供给系统介绍的较为详细),相应地讲述了零部件的损坏形式和使用要求,并阐述了汽车的动力性和经济性与柴油机的关系、柴油机使用可靠性、汽车使用条件对零件磨损的影响等。对汽车柴油机的转速、负荷工况,冷热状态,柴油、机油污染及正确进行磨合等使用条件也进行了较详细的阐述。书后附录介绍了YC6105QC和YC6110Q型柴油机的技术参数和零件装配间隙等。

本书可供汽车柴油机设计、使用和维修人员阅读,也可供高等院校师生参考。

汽车柴油机构造与使用

吉林工业大学内燃机研究所

蒋向佩 主编

*

责任编辑:范兴国 版式设计:冉晓华

封面设计:姚毅 责任校对:熊天荣

责任印制:路琳

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

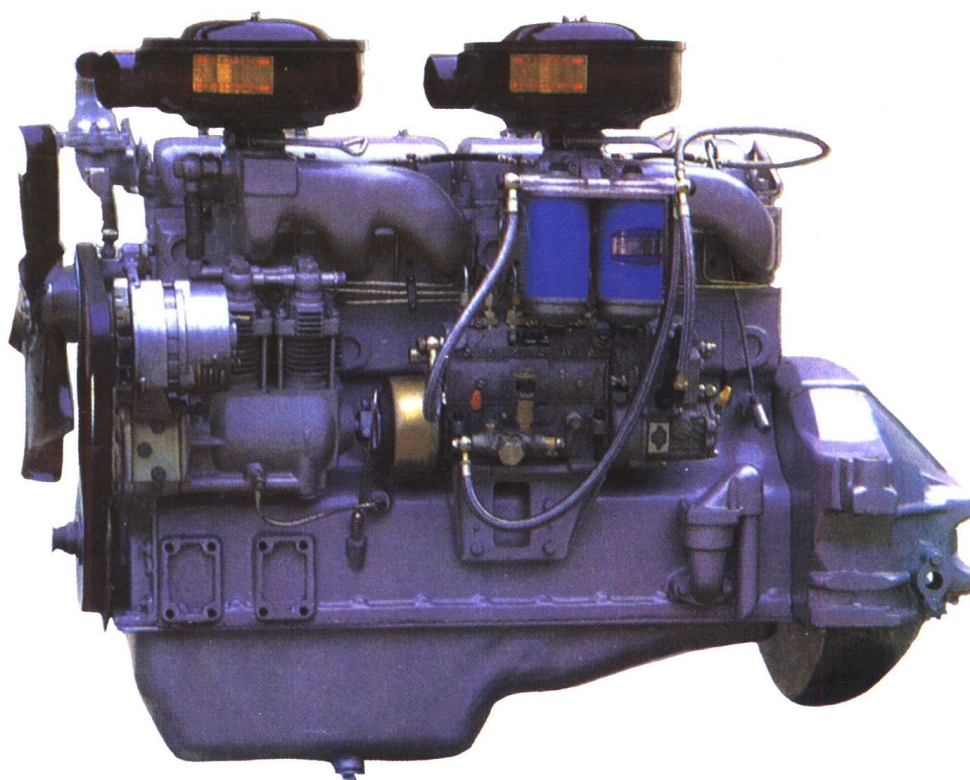
开本 787×1092 1/16·印张 15 3/4·插页 2·字数 388 千字

1992年5月北京第1版·1992年5月北京第1次印刷

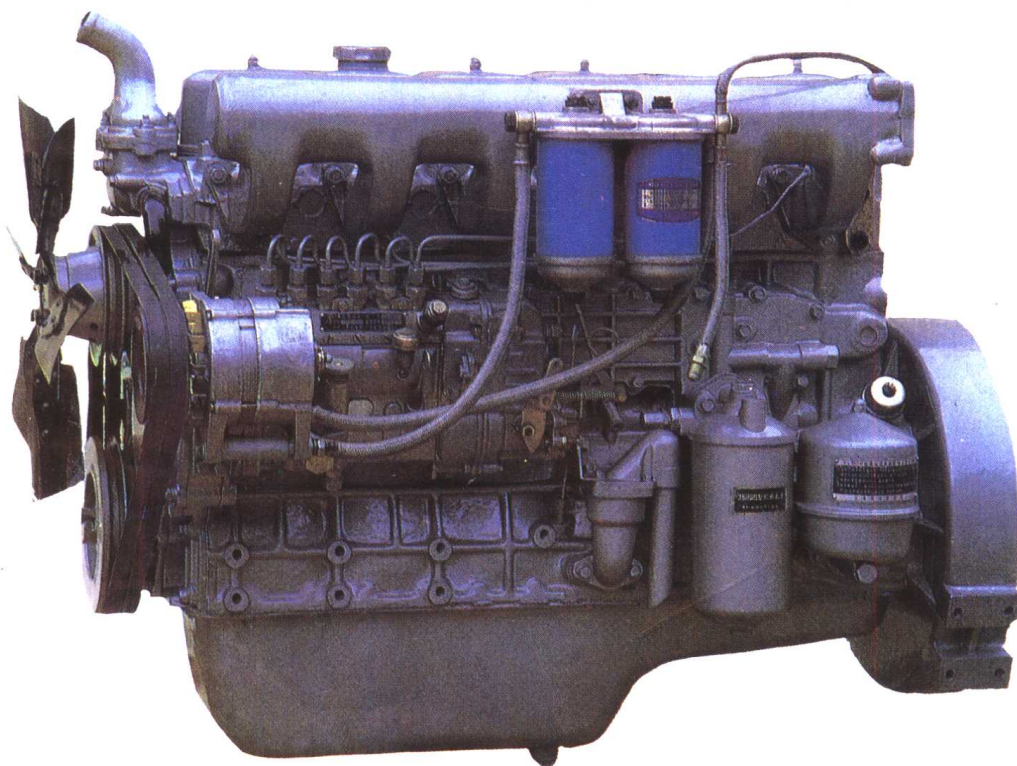
印数 00,001—40,400·定价:7.60元

*

ISBN 7-111-03215-2/U·99



YC6105QC和6105QA型柴油机外形



YC6110Q型柴油机外形

序

我国中型载货汽车的动力是以汽油发动机为基础发展起来的, 70年代以前这种汽车几乎全部装用汽油发动机。但是, 开发和生产高速车用柴油机一直是我国汽车工业努力奋斗所追求的目标。从70年代开始, 特别是80年代以来, 广西玉林柴油机总厂的YC6105Q、YC6105QA、YC6105QC、YC6110Q型柴油机; 朝阳柴油机厂的CY6102Q、CY6102BQ、CY4102Q、CY4102BQ型柴油机; 大连柴油机厂的6100Q、CA6110Q、CA6110ZQ型柴油机和吉林柴油机厂的6110Q、6110ZQ型柴油机等相继研制成功, 投入批量生产, 产量逐年扩大, 质量不断提高, 使我国车用柴油机产品逐步接近现代国际水平, 为我国中型汽车逐步实现柴油化作出了贡献。

车用柴油机的发展取决于社会的需求。能源问题 and 环境问题在技术上是左右柴油机发展趋势的主要因素。除此之外, 还与柴油机制造厂的研制和生产能力, 柴油机各项性能指标及配套车型对不同使用地区和条件的适应程度、维修服务及油料供应情况, 使用者的知识、技能和经验及国外市场的需求等因素有关。

从七五开始, 我国已进入公路交通运输发展的新时代, 随着我国道路交通条件的改善, 高等级公路网的扩展, 高速公路的建设、公路客货运输的比例将要逐步加大。为了提高运输效率、节约能源、降低运输成本, 车辆适度大型化和柴油化显得更为迫切, 这为我国柴油汽车的发展创造了良好条件。

近年来, 国产汽车装用柴油机的数量逐年增加, 这符合世界经济发达国家汽车工业的发展趋势, 也有利于节约能源。但就使用者的知识、技能和经验而言, 对车用柴油机远不如对车用汽油机了解、熟悉。

《汽车柴油机构造与使用》是为适应我国中型汽车逐步大量装用柴油机这一趋势的要求而出版的, 专门讲述汽车柴油机构造的基本知识与使用技术。构造部分以国内现在大量生产的中型汽车用柴油机的典型结构为主, 也适当介绍一些国内、外车用柴油机的新结构、新技术(特别是对燃料供给系统介绍的较为详细), 相应地讲述了柴油机各零件的损坏形式和使用要求。此外, 对汽车的动力性和经济性与柴油机的关系、柴油机使用可靠性、汽车使用条件对柴油机零件磨损的影响及正确进行柴油机磨合等问题进行了较详细的阐述。作为一般实例, 并附有车用柴油机的技术参数和工厂概况介绍。

本书的出版将向柴油汽车的使用维修及有关技术、管理人员提供汽车柴油机构造与使用的较为系统的知识, 使读者在了解、掌握汽车柴油机构造、性能及使用特点的基础上, 能正确使用和维护柴油机, 在延长汽车和柴油机使用寿命及提高汽车使用经济性等方面有较大收益, 从而提高我国柴油汽车使用的社会效益。

中国内燃机协会理事长
中国内燃机学会第一副理事长

刘洪林

1991.10

编 者 的 话

本书是为适应我国中型汽车逐步大量装用柴油机这一趋势的要求而编写的，可作为柴油机设计、使用、维修和技术管理人员以及大专院校师生学习参考。

本书由蒋向佩主编，参加编写的人员有：王主玉、钱志疆、黎苏、洪伟、张建华、殷希永、孟大强、王惠萍、张继鹏、陈大伟、侯洪生、沈捷。

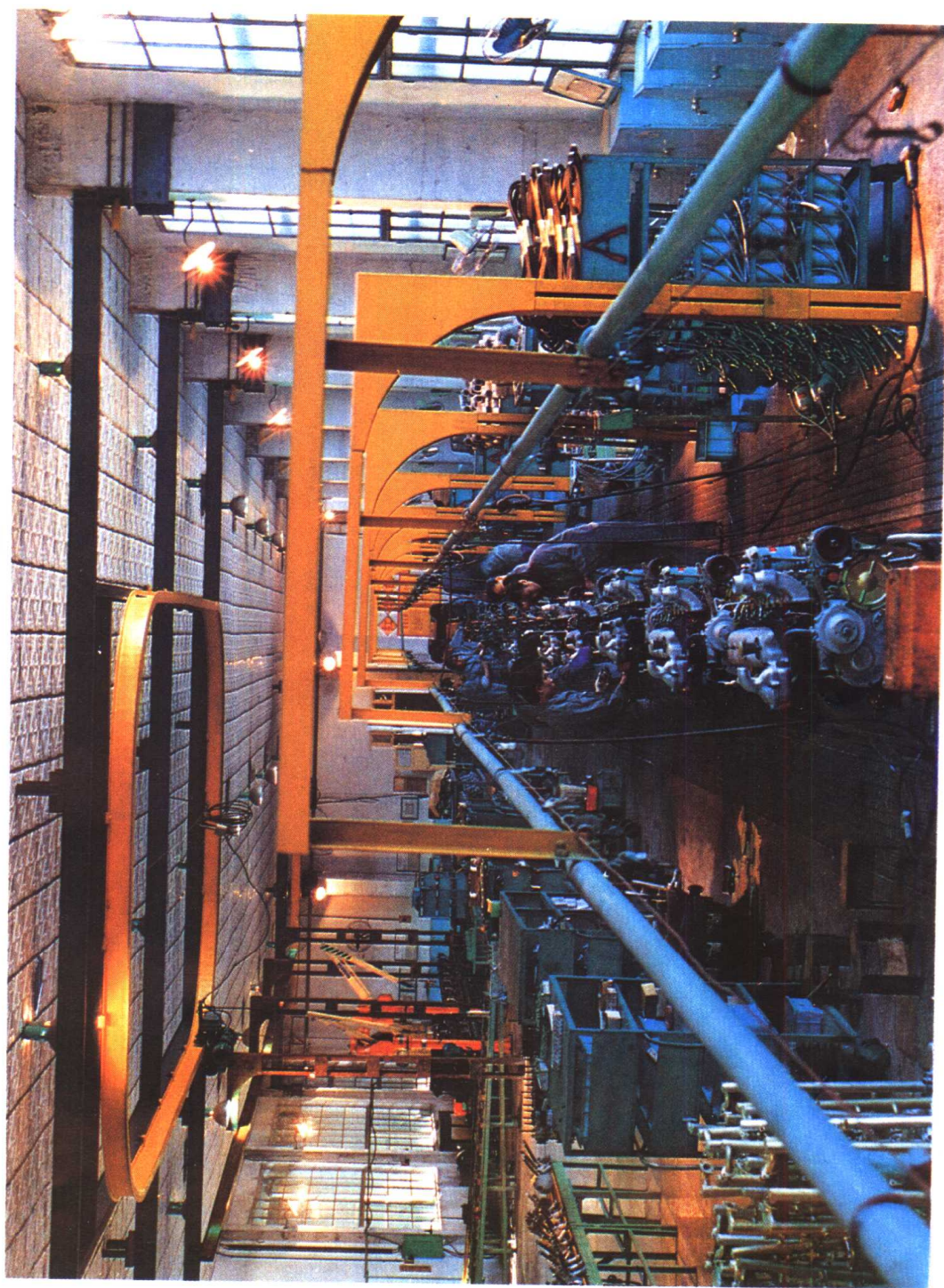
吉林工业大学内燃机研究所孙济美教授、上海内燃机研究所李柯迈高级工程师、曾庆初高级工程师担任全书的审校工作，吉林工业大学汽车工程学院王志新教授参加了部分章节的审校工作。

在编写过程中，得到了广西玉林柴油机总厂的大力支持和帮助，该厂为本书提供了产品图样和全套技术资料，也得到了第一汽车制造厂、朝阳柴油机厂、大连柴油机厂、吉林柴油机厂等单位的帮助，仅在此致谢。

限于编者的水平，书中不足和错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

1991年10月



玉林柴油机总厂 总装车间

日期前将书还回



玉林柴油机总厂 铸造车间

目 录

序

编者的话

总论1

一、汽车的总体构造1

二、汽车行驶的基本原理1

三、汽车的动力性与经济性6

四、汽车对柴油机的配套要求7

五、汽车装用柴油机的优越性7

第一章 柴油机的基本工作原理和总体

构造9

第一节 四行程柴油机的工作原理9

一、柴油机的一般构造9

二、柴油机的基本名词术语9

三、柴油机工作原理10

第二节 增压式柴油机的工作原理12

第三节 多缸柴油机的工作顺序14

第四节 柴油机的总体构造15

第五节 柴油机的主要性能指标与特性19

一、柴油机的主要性能指标19

二、柴油机特性22

第六节 内燃机名称和型号编制规则24

第二章 曲柄连杆机构26

第一节 曲柄连杆机构的运动和受力分析26

一、曲柄连杆机构的运动分析26

二、曲柄连杆机构的受力分析27

第二节 活塞组31

一、活塞31

二、活塞环35

三、活塞销39

第三节 连杆组39

一、连杆39

二、连杆螺栓43

三、连杆轴瓦43

第四节 曲轴飞轮组43

一、曲轴43

二、轴颈与轴瓦的配合及其磨损47

三、飞轮49

四、扭振减振器50

第三章 机体与气缸盖52

第一节 机体52

一、机体的结构52

二、气缸套54

三、气缸与活塞及活塞环的配副56

四、油底壳57

第二节 气缸的磨损与穴蚀58

一、气缸的磨损58

二、气缸套的穴蚀59

第三节 气缸盖与气缸垫60

一、气缸盖60

二、气缸盖螺栓62

三、气缸垫64

第四节 机体及气缸盖的密封65

第四章 配气机构68

第一节 气门式配气机构的布置68

一、气门布置型式68

二、凸轮轴布置型式68

三、气门数及布置69

第二节 配气相位与气门间隙70

一、配气相位70

二、配气定时72

三、气门间隙72

第三节 配气机构的零件和组件73

一、气门组73

二、气门传动组76

第四节 进气和排气系统80

一、进气管和排气管81

二、空气滤清器81

三、排气消声器82

第五章 柴油机燃料供给系83

第一节 柴油的主要性能与选用83

一、柴油的主要性能83

二、柴油的牌号与选用83

第二节 柴油机燃料供给系的功用与组成85

一、柴油机燃料供给系的功用85

二、柴油机燃料供给系的组成86

第三节 可燃混合气的形成与燃烧	86	一、柴油机机油的粘度与选用	155
一、可燃混合气的形成	86	二、柴油机机油的其它性能	155
二、燃烧过程	86	三、柴油机机油的添加剂	156
三、柴油机燃烧室	88	第二节 润滑方式和润滑系统的组成	157
第四节 喷油器	92	一、润滑方式	157
一、闭式喷油器的结构和工作原理	92	二、润滑系统的组成与润滑油路	157
二、喷油嘴偶件	95	第三节 润滑系统的主要部件	159
第五节 喷油泵	97	一、机油泵	159
一、喷油泵的功用与分类	97	二、机油滤清器	161
二、柱塞式喷油泵的原理与结构	98	三、机油散热装置	166
三、柱塞式喷油泵系列和典型结构	99	第四节 曲轴箱通风	167
四、柱塞式喷油泵的供油量调整	107	第七章 冷却系	168
五、精密偶件	108	第一节 强制循环水冷却系统	168
第六节 调速器	111	第二节 强制循环水冷却系统的主要 零部件	169
一、调速器的功用和工作指标	111	一、散热器	169
二、调速器的种类	112	二、风扇	171
三、机械式调速器的工作原理	112	三、水泵	173
四、两极式调速器的典型构造与工作	114	第三节 水冷却系统冷却强度的调整	174
五、全程式调速器的典型构造与工作	117	一、改变流经散热器冷却水量的调整 方法	174
六、多功能调速器	125	二、改变流经散热器风量的调整方法	176
第七节 喷油提前调节装置	126	第四节 冷却水和防冻液	178
一、喷油提前调节装置的作用	126	第八章 起动系统	180
二、静态供油提前角的调整	126	第一节 起动机及传动控制机构	180
三、供油提前角自动调节器	127	一、ST614型起动机	181
第八节 柴油机燃料供给系统的辅助装置	129	二、传动与控制机构	182
一、燃油箱	129	三、车用柴油机起动机主要技术参数	183
二、输油泵	129	四、起动机的常见故障	184
三、滤清器	131	第二节 起动辅助装置及低温起动设备	184
第九节 分配式喷油泵	132	一、电热塞	184
一、对置柱塞转子式分配泵	134	二、空气加热器	186
二、单柱塞分配泵	138	第九章 电源设备及电气仪表	188
第十节 P-T燃油喷射系统	143	第一节 蓄电池	188
一、P-T燃油喷射系统的组成	143	一、蓄电池的作用和构造	188
二、PT燃油泵	143	二、蓄电池的工作原理	189
三、PT-D型喷油器	147	三、蓄电池的容量	190
四、P-T燃油喷射系统的特点	148	四、蓄电池的充电	191
第十一节 燃料供给系统的电控	148	五、蓄电池的维护保养与故障排除	192
一、燃料供给系统采用电控的原因	148	第二节 硅整流交流发电机及调节器	193
二、保留原机械式喷油泵实现电子控制的 方案	149	一、硅整流交流发电机的构造和原理	194
三、新型电子液压喷油系统	152	二、硅整流发电机调节器	195
第六章 润滑系统	154		
第一节 柴油机机油的性能与选用	154		

三、硅整流发电机与电压调节器共同工作	196
四、硅整流发电机的使用保养与故障排除	197
第三节 电气仪表及设备	198
一、电流表	198
二、燃油表和传感器	199
三、机油压力表和传感器	199
四、水温表和传感器	200
五、油压过低报警器	201
第十章 车用柴油机的废气涡轮增压	203
第一节 柴油机采用废气涡轮增压后的性能变化	203
第二节 废气涡轮增压器的工作原理	205
一、离心式压气机的工作原理	205
二、径流式涡轮机的工作原理	206
三、废气涡轮增压器的主要性能参数	206
第三节 废气涡轮增压器的基本结构	208
第四节 涡轮增压器的使用与保养	209
一、涡轮增压器的故障原因	209
二、涡轮增压器的故障分析与排除	210
三、涡轮增压器的正常维护	210
第十一章 柴油机使用可靠性	211
第一节 柴油机故障的特点	211
一、故障的概念	211
二、故障分类	211
三、柴油机零件的故障模式	212
第二节 柴油机寿命及其可靠性评价	213
一、典型寿命曲线	213

二、使用寿命	214
三、保证期	216
四、可靠性指标	216
第十二章 使用条件对柴油机零件磨损的影响	218
第一节 柴油机磨损的形式	218
第二节 汽车柴油机的工况	220
一、负荷工况	220
二、速度工况	221
第三节 负荷与速度工况对零件磨损的影响	223
第四节 柴油机热状态对零件磨损的影响	225
一、柴油机热状态对零件磨损的影响	226
二、柴油机冷起动时零件的磨损	226
第五节 空气含尘率和柴油与机油污染对零件磨损的影响	228
一、空气含尘率和柴油、机油的污染	228
二、对零件磨损的影响	229
三、维护与改善柴油机的防护系统以降低磨损	230
第六节 柴油机的磨合	230
第十三章 柴油机一般故障及排除方法	234
第一节 柴油机故障的诊断方法	234
第二节 柴油机的一般故障及排除方法	234
附录	240
主要参考文献	245

总 论

一、汽车的总体构造

汽车由许多总成和部件组成。各总成、部件的结构型式和安装位置是多种多样的，但一般汽车总体构造和主要总成、部件的构造都有其共性，它们的作用原理是类似的。

一般汽车由发动机、底盘、车身和电器设备等四个部分组成，普通载货汽车底盘构造的基本型式如图0-1所示。

发动机是汽车的动力装置，其作用是将输入的燃料变成机械功，然后通过传动系、行驶系驱动汽车行驶。汽车发动机可以是柴油机，也可以是汽油机或其他动力装置。

底盘接受发动机的动力，使汽车产生运动，并保证正常行驶。底盘由传动系、行驶系、转向系和制动系等组成。

传动系的作用是将发动机的动力传给驱动车轮。其中包括离合器3、变速器4、万向传动轴8、驱动桥15等。

行驶系是将汽车各总成、部件连接成一整体，起到支持全车并保证行驶的作用。其中包括车架11、车桥（转向从动桥21和驱动桥15）、车轮（转向车轮20和驱动车轮10）、悬架（前悬架22和后悬架14）等。

转向系的作用是保证汽车能按照驾驶员所选定的方向行驶，由转向盘6、转向器23和转向传动机构5组成。

制动系统用以减小汽车速度以至于停车，或在汽车下坡时使车速稳定，或在坡道上使汽车可靠地停止。制动系统包括若干套供能装置（如空气压缩机2）、控制装置（制动阀17等）、传动装置18、制动装置（前、后制动器19、13）组成。

车身用以安置驾驶员、乘客或货物。除轿车、客车有一整体的车身外，普通货车车身是由驾驶室和货箱组合而成的。

电气设备由电源组、发动机的起动系，以及汽车的照明装置、信号装置等用电设备组成。

就汽车的总体布置型式来说，轿车、客车与普通载货汽车不同。载货汽车总体布置一般均采用前置发动机（如图0-1所示），后桥驱动或前后桥驱动（越野汽车）。轿车的总体布置除发动机前置、后桥驱动和发动机后置、后桥驱动型式外，目前盛行发动机前置、前轮驱动型式。而大中型客车，为加大乘坐面积，多用发动机后置、后轮驱动型式，或卧式发动机后置、后轮驱动型式。

二、汽车行驶的基本原理

（一）驱动力

要使汽车以一定的速度行驶，必须在驱动轮上有一个推动汽车前进的外力，这个力称为汽车的驱动力。

驱动力产生的原理如图0-2所示。柴油机产生的扭矩 M_e ，经传动系到驱动轮上作用有一个扭矩 M_d ，力图推动地面向后运动，即在驱动车轮的边缘对路面作用一个周缘力 F_0 ，作用在

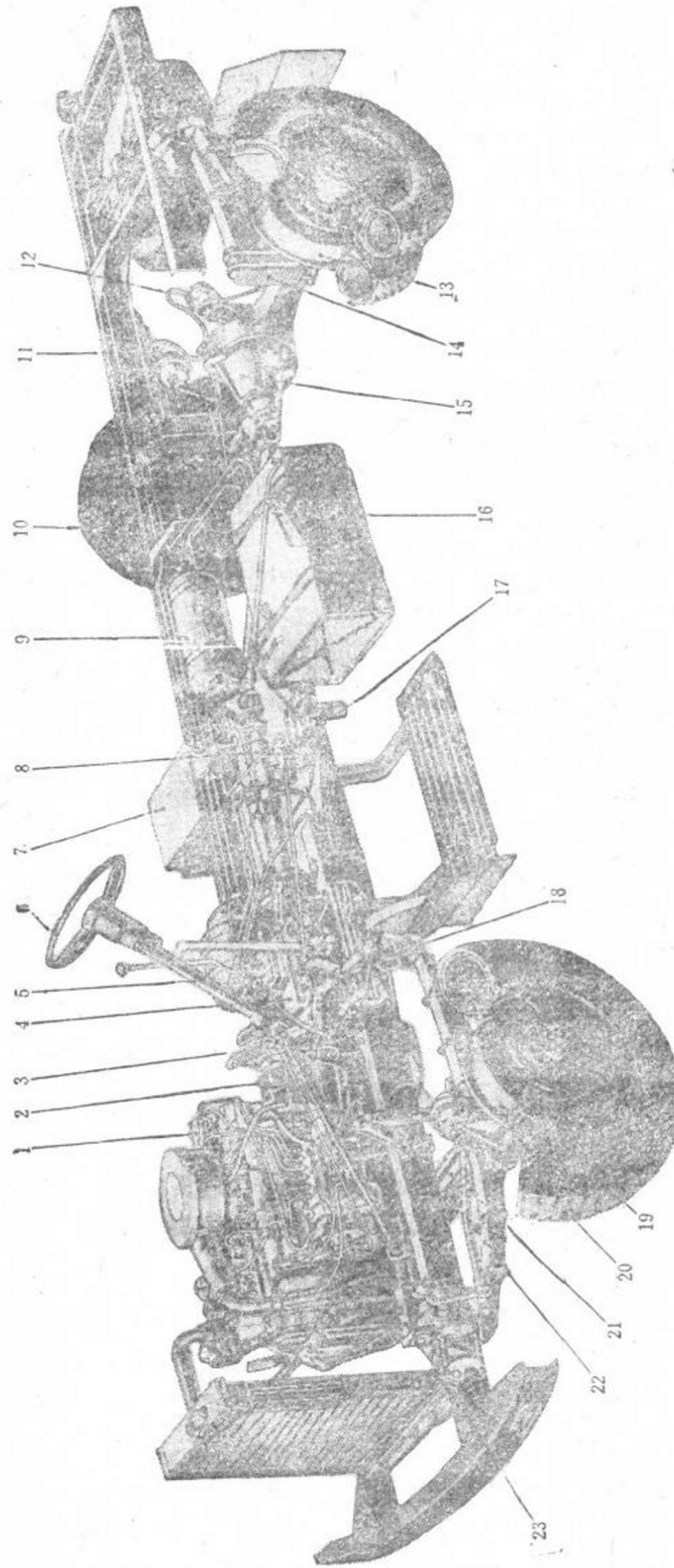


图0-1 载货汽车底盘结构图

- 1—发动机 2—空气压缩机 3—离合器 4—变速器 5—转向传动机构 6—转向盘 7—蓄电池 8—万向传动轴 9—贮气室
 10—驱动车轮 11—车架 12—制动室 13—后轮制动器 14—后悬架 15—驱动桥 16—燃油箱 17—制动阀 18—制动传动
 装置 19—前轮制动器 20—转向车轮 21—转向从动桥 22—前悬架 23—转向器

车轮与路面的接触平面内, 方向与汽车行驶方向相反。根据作用力与反作用力的原理, 路面同时对车轮施加一个数值相等、方向相反的反作用力 F_t , 它就是推动汽车行驶的外力, 在汽车行业称为驱动力。

驱动力经车轮传到车桥, 一方面推动驱动车轮沿路面滚动, 另一方面通过车架、悬架推动从动车轮滚动, 从而使汽车向前行驶。

根据力学原理可知, 汽车的行驶速度取决于驱动力与各行驶阻力之间的关系。

驱动力 F_t 的大小决定于柴油机的扭矩 M_e 、变速器和主减速器的传动比 i_k 和 i_0 、驱动轮的半径 r 和传动系的机械效率 η_m , 它的数值可按式计算:

$$F_t = \frac{M_t}{r} = \frac{M_e i_k i_0 \eta_m}{r} \quad (\text{N})$$

式中 $\eta_m = \frac{N_e - N_T}{N_e};$

N_e ——柴油机发出的功率;

N_T ——传动系统中由于液力搅动和机械摩擦等损失的功率。

传动系中的功率损失, 由传动系中各部件——变速器、传动轴、万向节、主传动器等功率损失组成。其中变速器和主传动器的功率损失所占的比重最大, 其余部件的功率损失较小。

柴油机的扭矩可通过其有效功率确定, 即

$$M_e = 9550 \frac{N_e}{n} \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$

式中 n ——柴油机曲轴转速 (r/min)。

$$F_t = \frac{9550 N_e i_k i_0 \eta_m}{n r} \quad (\text{N})$$

汽车的行驶速度 v 可用柴油机的转速 n 来确定:

$$v = \frac{2\pi r n}{60 i_k i_0} \quad (\text{m/s})$$

或 $v \approx 0.377 \frac{r n}{i_k i_0} \quad (\text{km/h})$

由此可见, 若已知柴油机的速度特性曲线(或外特性曲线)便能估算出汽车在各种行驶速度时其驱动轮的驱动力。

图0-3是根据柴油机使用外特性曲线而得出的载货汽车驱动力图。曲线的纵坐标表示驱动力, 横坐标表示汽车行驶速度。该曲线表明了用不同档位行驶时(如 F_{t1} 表示一档行驶的驱动力)驱动力与汽车行驶速度(相应的柴油机转速)的关系。该图表明在低档行驶时, 驱动力较大, 可以克服较大的

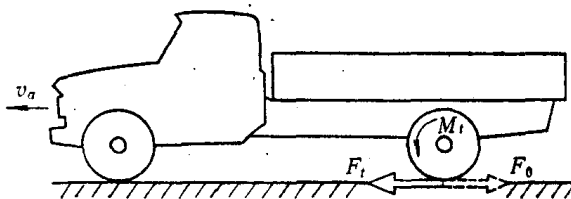


图0-2 汽车的驱动力

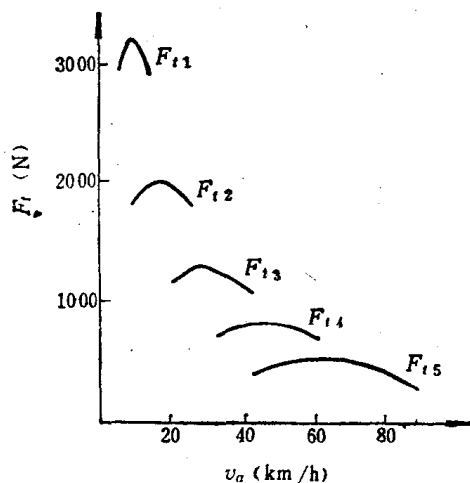


图0-3 载货汽车驱动力图

阻力, 但速度较低; 而高档行驶时, 车速高, 但驱动力较小, 可以克服的阻力也小。

(二) 汽车的行驶阻力

在汽车行驶的任何情况下, 驱动力总是与行驶总阻力相等。这里所说的汽车的行驶总阻力包括: 汽车车轮沿支承面滚动时产生的滚动阻力和汽车与空气相互作用的空气阻力。当汽车在坡道上行驶时, 还必须克服重力沿坡道的分力即坡度阻力, 汽车加速行驶时, 还需要克服平移和回转质量的惯性力及力矩, 即加速阻力。通常滚动阻力用 F_f 表示, 空气阻力用 F_w 表示, 坡度阻力用 F_i 表示, 加速阻力用 F_j 表示, 则:

$$F_t = \Sigma F = F_f + F_w + F_i + F_j$$

滚动阻力和空气阻力是在任何条件下均存在的, 坡度阻力和加速阻力仅在一定行驶条件下存在。在水平道路上等速行驶时就没有加速阻力和坡度阻力。

滚动阻力主要是由于车轮沿支承路面滚动时轮胎的变形与路面的变形以及轮胎和路面间的滑动摩擦而产生的, 如图0-4所示。当弹性车轮在硬路面(如水泥路面)上滚动时(图a)路面变形很小, 轮胎变形是主要的。此时由于轮胎内有内摩擦产生弹性迟滞损失, 使轮胎变形时对它作的功不能全部回收。当轮胎在松软路面(如松土路、雪地等)上滚动时(图b), 轮胎变形较小, 路面变形较大, 路面发生变形而作的功几乎全部不能回收。这些能量损失及车轮轴承内的摩擦损失构成了车轮滚动时的阻力。滚动阻力与汽车总重力、路面的种类、轮胎的结构和气压以及行驶车速等因素有关。

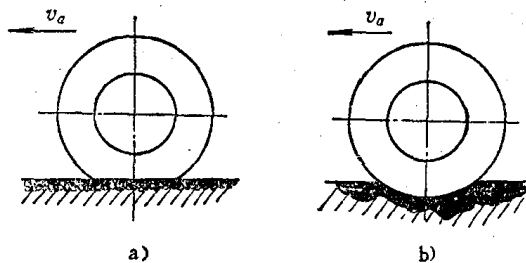


图0-4 车轮滚动时轮胎与路面的变形情况

a) 在硬路面上 b) 在软路面上

空气阻力是指汽车行驶时车身前部迎面空气流的压力、车身后部因空气涡流而产生的真空度、空气在车体内流动以及空气与汽车表面相互摩擦等形成的阻碍汽车行驶的阻力。试验表明, 空气阻力的数值与汽车的正面投影面积(或称迎风面积), 以及汽车与空气的相对速度的平方成正比, 它还与汽车外部轮廓形状和表面质量有关。

当汽车上坡行驶时, 汽车总重力 G 沿路面方向的分力 $G \sin \alpha$ (图0-5所示) 形成的阻力即为坡度阻力, 其数值决定于汽车的总重力 G 和道路的纵向坡度角 α , 即 $F_i = G \sin \alpha$ 。

汽车加速行驶时, 需要克服其平移质量和回转质量加速运动时的惯性力, 这就是加速阻力。其数值决定于汽车总质量 m 和汽车的加速度 a , 即 $F_j = \delta m a$ 。

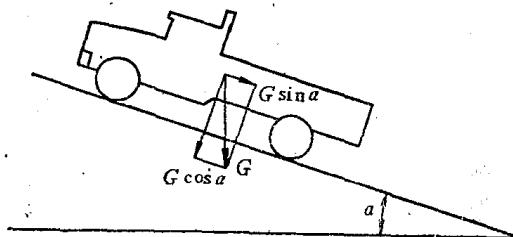


图0-5 汽车上坡行驶图

δ 为汽车旋转质量换算系数。因为汽车总质量包括平移质量和旋转质量两部分, 一般把旋转质量的惯性力矩转化为平移质量的惯性力, 以 δ 作为换算系数。

当驱动力 $F_t > F_f + F_i + F_w$ 时, 汽车将加速行驶。随着 v_a 的增大, 空气阻力等也急剧增加, 所以汽车速度只能增加到驱动力与总阻力达到新的平衡时为止, 此后, 汽车便以较高的速度匀速行驶。

由上所述可知: ①滚动阻力与空气阻力在整个汽车行驶过程中始终存在。在一般行驶速

度下，滚动阻力是主要的；高速行驶时，空气阻力是主要的。坡度阻力只有在汽车上下坡时才出现，加速阻力只有在汽车加速减速行驶时才存在。②发动机为克服滚动阻力与空气阻力所作的功是纯属消耗性的，但为克服上坡阻力所作的功并未被消耗掉，而是转变为势能被贮存，在汽车下坡时所贮存的势能又转变为汽车的动能，故此时即使发动机不工作汽车也能行驶，直至动能耗完为止。消耗于汽车加速阻力的功也将转变成动能，还可随时被利用，此时将发动机与传动系脱开或使发动机熄火，汽车还可依靠其动能克服阻力而继续行驶（滑行）直到贮存的动能完全消耗完为止。

（三）附着力

汽车在冰雪或泥泞路面上行驶，有时出现车轮打滑的现象，即使司机加大油门（一般情况下，加大油门是可增加驱动力矩的），只是驱动车轮滑转得更快，而驱动力却增加不了，汽车仍原地不动。这个现象说明：驱动力的增加或驱动力的最大值不仅决定于发动机的最大扭矩和传动系的传动比，还受到轮胎与路面附着性能的限制。

当汽车在平整干硬路面上行驶时，附着性能的好坏主要决定于轮胎与路面间的摩擦。由物理学可知，在一定正压力作用下二物体之间的静摩擦力有一最大值，当驱动力超过此值时，二物体便会相对滑动。对汽车行驶而言，当周缘力大于轮胎与路面的最大静摩擦力时，即出现驱动车轮的滑动，因此，在平整干硬路面上汽车所能获得的最大驱动力不能超过轮胎与路面的最大静摩擦力而只能相等。

当汽车行驶在松软路面时，阻碍车轮相对路面打滑的因素就不单是上述的车轮与路面间的摩擦作用，还有嵌入轮胎花纹凹部路面土壤的抗滑作用。只有当嵌入轮胎花纹凹部中的土壤剪切变形时车轮才会滑转。这后一因素实际上在许多路面情况下都或多或少的存在，因此在汽车技术中，经常将这两因素综合在一起，称为附着作用。由附着作用所决定的阻碍车轮打滑的路面切向反力的最大值就称为附着力，一般用 F_φ 表示。即

$$F_\varphi = Z_\varphi \varphi$$

式中 Z_φ ——附着重力。即作用在驱动车轮上的地面法向反作用力；

φ ——附着系数。其数值随轮胎和路面的结构和特性而异，由试验决定。

显然，汽车驱动力的大小受附着力的限制，有以下关系：

$$F_t \leq F_\varphi = Z_\varphi \varphi$$

在积雪或泥泞的路面上，因雪和泥的抗剪切强度很低，被剪切下的泥、雪又将轮胎凹纹填满，使得轮胎表面和雪、泥之间的摩擦更小，因而附着系数 φ 的数值很小。在附着重力相同的情况下，显然附着力比干硬路面要小的多，车轮也就更容易打滑。所以在这种条件下尽管行驶阻力有时并不大，但因驱动力受到很小附着力的限制，而不能进一步增大到足以克服行驶阻力，汽车便不能不减速，以至停车。普通载货车在这种路段上行驶时，往往在驱动轮上绕装防滑链。链条嵌入路面，能使附着系数和附着力显著增加，因而加大油门便可使驱动力进一步增大，从而使汽车顺利通过。

经常行驶于坏路面的越野汽车为了保证有足够的附着力，除装具有特种形状的深花纹轮胎外通常是全部车轮均为驱动轮。此时，决定附着重力 Z_φ 就不仅是后轮（一般载重汽车只是后桥驱动）上的那一部分重力，而改变为整个汽车的总重力。这样可以获得较大的附着力，从而可以有较好的坏路通过性。

三、汽车的动力性与经济性

汽车是一种应用非常广泛的现代交通运输工具，对其使用性能有多方面的要求，其中与发动机直接有关或主要取决于发动机性能的是汽车的动力性和燃料经济性。

汽车的动力性是指汽车以尽可能高的平均技术速度完成运输工作的能力。它是汽车各种使用性能中最基本、最重要的一种性能。汽车是一种高效率的运输工具，运输效率的高低在很大程度上取决于汽车的动力性。这是因为汽车行驶的平均速度越高，汽车的运输生产率愈高。汽车的动力性主要可由三方面的指标来评定，①汽车在良好的水平道路上所能达到的最大车速 $v_{\max}$ ；②汽车的最大加速度，或者全油门起步加速连续换档达到某一车速的时间，或者最高档从最小稳定车速加速至某一车速时所用的时间；③汽车能够爬上的最大坡度。以上三个指标，在某种程度上反映了汽车克服外界阻力的极限能力。

为了定性地分析汽车设计、使用中有关动力性的问题，可利用功率平衡方法。功率平衡方程式为

$$N_e = \frac{v_a}{3600\eta_m} (F_f + F_w + F_i + F_j) \quad (\text{kW})$$

式中 N_e ——柴油机有效功率 (kW)；

η_m ——传动系统的机械效率；

v_a ——汽车行驶速度 (km/h)。

由上式可知，汽车的速度越高，遇到的阻力越大，阻力与速度的乘积（阻力所消耗的功率）就更大，因此没有足够的发动机功率，汽车的高速行驶是不可能的。从能量的观点来看，汽车的加速性能就是汽车在单位时间内提高汽车动能的能力，速度增长率（加速度）大，动能增长的快，动力性就好，而汽车动能的增长速率是由汽车在加速过程中能发挥出的功率决定的。汽车的爬坡能力，同样也决定于功率。所以汽车的动力性归根到底取决于发动机能发出的功率。

汽车的燃料经济性是汽车以最小的燃料消耗完成单位运输工作的能力。燃料是汽车运输中最大的消耗材料，在运输成本中燃料费占很大比重。减少燃料的消耗，不仅能降低运输成本，而且也可以节约国家能源消耗。

燃料经济性评价指标通常用单位行驶里程燃料消耗量，即等速百公里燃料消耗量 (L/100km 或 g/100km) 和单位行程内单位容载量的燃料消耗量，即等速单位载重量的百公里燃油消耗量 [L/(100 t·km) 或 g/(100 t·km)]。

汽车等速行驶时的燃料消耗方程式为

$$Q = \frac{g_e}{\eta_m} (F_f + F_i + F_w)$$

式中 Q ——百公里行程的燃料消耗量 (g/100km)；

g_e ——柴油机的燃油消耗率 [g/(kW·h)]。

可见，汽车等速行驶时燃料消耗量与柴油机的燃油消耗率、行驶阻力、汽车传动系统的效率有关。应该指出， g_e 是一个变量，随 v_a 和 M_e 或 v_a 和 N_e 而变。由于空气阻力 F_w 是随车速的平方增长的，等速行驶时车速高低也影响汽车的燃料经济性。

提高汽车行驶时的燃料经济性除环境因素（路面条件、气温条件）、驾驶因素（驾驶人员的技术熟练程度）外，最主要的是使发动机的负荷在最佳经济区工作（柴油机在每种转速下