



汽车维修技能修炼丛书

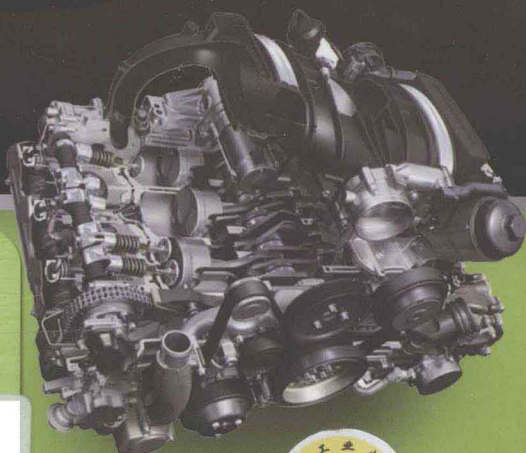
QICHE WEIXIU JINENG XIULIAN CONGSHU



新型 汽车直喷发动机 拆装与故障检修

李伟 ◎ 主编

1. 以市场主流车型为写作对象，突出新技术、新结构。
2. 图解说明新型直喷、共轨电控柴油发动机各部件的构造、拆装。
3. 详细解说专用工量器具的使用方法，使读者较快地掌握维修、调整技术。
4. 故障案例与结构原理相配合除过程。



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车维修技能修炼丛书

新型汽车直喷发动机 拆装与故障检修

李 伟 主编

机械工业出版社

本书从最新汽油直喷发动机、新型共轨电控柴油发动机的结构原理与拆装、维修的特点出发,在理论与实用并重原则的基础上,详细介绍了现代汽油直喷发动机、共轨电控柴油发动机各部件结构、工作原理、检修、故障诊断与排除等知识,重点讲解了汽油直喷发动机、共轨电控柴油发动机的控制方式,并精选了维修实例,便于读者查阅。

本书内容新颖,图文并茂,车型新,实用性强,可作为大、中专院校汽车专业教材,也适用于现代汽车维修人员及相关技术员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

新型汽车直喷发动机拆装与故障检修/李伟主编. —北京:
机械工业出版社, 2012. 6

(汽车维修技能修炼丛书)

ISBN 978-7-111-38237-9

I. ①新… II. ①李… III. ①汽车—发动机—装配(机械)
②汽车—发动机—车辆修理 IV. ①U464.06②U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 086172 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 连景岩 责任编辑: 连景岩 杜凡如

责任校对: 樊钟英 封面设计: 鞠 杨

责任印制: 乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 21.25 印张 · 523 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-38237-9

定价: 53.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203 封面防伪标均为盗版

前 言

随着汽车工业的发展,汽车电子技术、新能源技术及检测维修技术逐渐成为汽车技术的新热点,各大汽车厂家纷纷推出直喷发动机和新型共轨电控柴油发动机,并开始研究汽油直喷发动机和共轨电控柴油发动机。这两种发动机所需要的燃油量是按需求在指定的时刻喷到指定位置,具有提高燃油的经济性、减少排放、提升动力、减少发动机振动、发动机更耐用等特点,技术先进,维修难度大,而市场上缺少这方面的资料。因此,为了适合我国汽车维修业的发展,满足广大汽车维修人员的需要,以推动缸内直喷、共轨电控柴油发动机的维修技术的普及与水平的提高,特编写此书。

本书特点如下:

1. 本书以市场主流车型为主,突出新结构,适合注重技能培养的汽车维修技术人员、高职院校、高级培训院校、鉴定机构等高级工培训。
2. 系统地介绍了汽油直喷发动机、共轨电控柴油发动机各部件的构造、原理及新型汽油直喷发动机拆装及常见故障的诊断与排除方法,使读者较快地掌握维修、调整技术。
3. 大量实物图片、故障案例与结构原理相配合,使读者对汽油直喷发动机、共轨电控柴油发动机的认识和理解更加深化。

本书语言简洁流畅,通俗易懂。通过阅读本书就能理解汽油直喷发动机、共轨电控柴油发动机的结构原理、故障诊断和维修方法。本书适合汽车维修人员及技术人员参考使用,也可作为大中专院校汽车相关专业学生的学习参考书。

本书由李伟主编,参加编写的人员还有李微、李校航、李校研、于洪燕、李春山。由于经验不足,书中的错误和不完善之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 发动机总论	1
第一节 发动机总体构造	1
一、发动机组成	1
二、发动机的分类	2
三、发动机编号规则	3
四、国产汽车产品型号编制规则	3
第二节 汽车行驶基本原理	4
一、驱动条件	4
二、附着条件	5
第三节 发动机基本术语及工作原理	5
一、发动机基本术语	5
二、四冲程发动机工作原理	7
第二章 机体组及曲柄连杆机构	13
第一节 曲柄连杆机构中的作用力及力矩	13
第二节 机体组构造	15
一、气缸体	15
二、气缸盖	20
三、气缸垫	23
四、油底壳	24
五、发动机的支承	24
第三节 曲柄连杆机构	25
一、活塞组	26
二、连杆组	34
三、曲轴飞轮组	36
四、平衡机构	44
第四节 机体组及曲柄连杆机构拆装检修	45
一、技术数据	45
二、拆解和安装发动机	46
三、气缸体和气缸盖检修	70
第五节 曲柄连杆机构的常见故障诊断与排除	77
一、点火敲击声	77
二、活塞敲缸响	77
三、拉缸声	78



四、连杆轴承(瓦)响	79
五、主轴承响	79
六、活塞环漏气响	80
七、活塞销响	80
八、烧瓦	81
九、活塞环防装反	81
十、双质量飞轮异响	82
第三章 配气机构	83
第一节 概述	83
一、配气机构的功用与组成	83
二、配气机构的分类	83
三、配气机构的工作原理	86
四、配气相位	86
五、可变配气相位原理	88
第二节 气门组	90
一、气门	90
二、气门座	92
三、气门导管	93
四、气门弹簧	93
第三节 气门传动组	94
一、凸轮轴	94
二、液压挺柱	95
三、自动调整的滚子摇臂 RSH	97
四、摇臂	98
第四节 可变配气机构	99
一、大众可变配气机构	99
二、丰田 VVT-i 结构原理	100
三、本田可变配气机构	105
四、可变气缸原理	116
五、电子控制气门机构	125
第五节 配气机构的拆装与检修	126
一、配气机构装配	126
二、本田可变机构、VCM 检修	142
三、丰田汽车发动机 VVT-i 故障诊断	149
第六节 配气机构的常见故障诊断与排除	150
一、气门烧蚀	151
二、气门脚响	151
三、气门弹簧折断	151
四、气门漏气	151

五、1 缸压缩上止点判断·····	152
六、凸轮调节器卡滞·····	152
第四章 直喷发动机燃油供给系 ·····	153
第一节 概述·····	153
一、基本术语·····	153
二、稀薄燃烧的定义·····	154
三、HCCI 的工作原理·····	154
第二节 汽油燃料供给系的功用、组成·····	155
一、缸内直喷发动机的燃油系统概述·····	155
二、电动油泵及控制单元·····	156
三、第三代燃油供给系统·····	158
第三节 高压油泵·····	159
一、第二代高压油泵·····	159
二、第三代高压油泵·····	160
第四节 大众直喷发动机喷油器及传感器·····	165
一、直喷发动机喷油器·····	165
二、喷油器的工作过程·····	166
三、正确拆装喷油器·····	167
四、正确打开高压系统·····	167
五、燃油高压传感器 G247·····	167
六、燃油压力调节电磁阀 N276·····	169
七、燃油系统的检修注意事项·····	169
第五节 直喷发动机可变进气翻板、电子节气门·····	170
一、大众直喷发动机可变进气翻板·····	170
二、大众直喷发动新型踏板机构·····	171
三、电子节气门控制策略·····	173
四、奥迪、高尔夫 A6 1.4 TSI 电子节气门系统·····	174
第六节 宽频氧传感器·····	177
一、工作原理·····	177
二、检修·····	180
第七节 电子控制单元及系统概述·····	180
一、ECU 的输入级·····	182
二、ECU 的微处理器·····	183
三、ECU 的输出级·····	184
四、奥迪 1.4 TSI 发动机的系统组成·····	185
第八节 直喷发动机点火系统·····	187
一、直喷发动机火花塞·····	187
二、直喷发动机点火系统·····	189
第九节 直喷发动机燃油供给、点火系统拆装与检修·····	193



一、安全措施	193
二、燃油箱拆装	194
三、排空燃油箱	194
四、拆卸和安装燃油箱	196
五、拆卸和安装燃油泵	197
六、拆卸和安装燃油储量传感器 G	198
七、检查燃油泵	199
八、检查燃油压力	199
九、拆装发动机功率电子控制系统	200
十、检查燃油压力传感器 G247	201
十一、拆卸和安装高压泵	202
第十节 直喷发动燃油供给系统的故障排除	204
一、低压系统燃油泵的检修	204
二、缸内直喷高压系统的检修	204
三、直喷发动机 1.4 TSI 无法起动	204
四、直喷发动机加速不良	207
五、直喷发动机怠速抖动	209
六、直喷发动机进气翻板故障	210
七、直喷发动机加速不良、怠速抖动	210
八、直喷发动机加速时“放炮”异响	211
九、大众直喷发动机 EPC 警告灯亮	212
十、直喷发动机失火	215
十一、直喷发动机加速不畅	216
十二、直喷发动机喷油器关闭不严	216
第五章 进排气系统	218
第一节 进排气系统的功用与组成	218
一、进排气系统功用、组成	218
二、进排气系统的部件	218
三、大众、奥迪曲轴箱通风系统	222
四、迈腾 1.8 TSI 发动机曲轴箱通风系统	224
第二节 直喷发动机涡轮增压器系统	226
一、直喷发动机废气涡轮增压器功用、组成	226
二、直喷发动机的双涡轮增压系统	231
第三节 进排气系统的拆装与检修	233
一、拆卸和安装空气滤清器	233
二、拆卸和安装节气门控制单元 J338	233
三、拆卸和安装带燃油分配器的进气歧管	235
四、检测进气歧管转换装置	238
五、检查双止回阀	239

六、排气装置拆装	240
七、拆卸和安装废气涡轮增压器	243
八、检查增压压力调节单元	246
九、拆卸和安装增压空气冷却器	247
第四节 进排气系统的故障诊断与排除	249
一、涡轮增压器故障	249
二、大众增压压力限制电磁阀和增压器空气再循环电磁阀的检修	250
三、涡轮增压器频繁损坏	251
四、排放灯点亮	251
五、三元催化转化器(TWC)的检测方法	252
六、发动机排气系统故障灯点亮	253
七、三元催化转化器损坏	254
第六章 新型共轨式电控柴油供给系统	255
第一节 概述	255
一、混合气形成和燃烧	255
二、共轨式电控燃油喷射系统的类型	256
三、高压共轨系统	257
四、中压共轨系统	264
五、压电式共轨系统	265
第二节 新型共轨式电控柴油供给系统主要附件	267
一、柴油滤清器	267
二、共轨	267
三、调压阀	269
四、电预热线装置	270
第三节 燃油供给系统	270
一、燃油供给系统概述	271
二、燃油供给系统主要部件	273
第四节 新型共轨式柴油电控系统	275
一、电控系统组成	275
二、传感器	276
第五节 可变截面增压 VGT 系统	277
一、可变截面增压 VGT 系统结构	277
二、可变截面增压 VGT 系统工作原理	278
三、EGR 系统	279
第六节 新型共轨式电控柴油控制策略	279
一、失效控制策略	279
二、电控系统控制策略	280
三、发动机和整车性能的控制策略	281
第七节 柴油发动机排气处理技术	282



第八节 新型共轨式电控柴油供给系统故障诊断与排除	283
一、共轨式电控柴油发动机喷油器卡滞	283
二、共轨式电控柴油发动机曲轴位置传感器损坏	284
三、共轨管损坏	285
第七章 润滑系	287
第一节 概述	287
一、润滑系的功用与组成	287
二、润滑方式	287
三、润滑系的组成及油路	287
第二节 润滑剂	289
一、机油的功用	289
二、机油的使用特性及机油添加剂	289
三、机油的分类	290
四、润滑脂	290
第三节 润滑系的主要部件	291
一、机油泵	291
二、机油滤清器	296
第四节 润滑系拆装与检修	299
一、拆卸和安装机油粗滤器	299
二、拆卸和安装油底壳下部件	300
三、拆卸和安装机油泵	302
四、拆卸和安装油底壳上部件	302
五、拆卸和安装机油冷却器	303
六、检测机油压力和机油压力开关	304
七、机油滤清器更换	305
第五节 润滑系的常见故障与检修	306
一、机油压力过高	306
二、机油压力低	306
三、机油消耗过多	307
四、机油变质	307
五、润滑系油路清洗	307
第八章 冷却系	308
第一节 冷却系的功用、组成及冷却系的循环	308
一、冷却系的功用、组成	308
二、冷却系的循环水路	308
第二节 冷却系的部件	309
一、节温器	309
二、散热器	310
第三节 直喷发动机双节温器循环系统	310

一、增压空气冷却系 310

二、主冷却系 313

三、大众轿车水泵驱动及随动泵 V50 316

四、创新温度管理系统 317

第四节 冷却系的拆装与检修 321

一、排放并添加冷却液 323

二、检查冷却系的密封性 325

三、拆卸和安装水泵 326

第五节 冷却系常见故障 326

一、冷却液温度过高 326

二、冷却液温度过低 327

三、冷却液消耗过多 327

第一章 发动机总论

第一节 发动机总体构造

发动机是将其他形式的能量转变为机械能的一种机械装置。汽车所采用的发动机是内燃机。内燃机是燃料在发动机内部燃烧的一种热力机。内燃机每实现一次热功转换，都要经历一系列连续的工作流程，构成一个工作循环，否则就不能实现热功的转换。现代发动机的设计和制造技术使它可以满足大众对汽车性能和环境保护的要求，是汽车的“心脏”。

一、发动机组成

发动机是一台由多种机构和系统组成的复杂机器。现代汽车发动机的结构形式很多，发动机的具体构造也多种多样，但由于其基本工作原理一致，从总体功能来看，其基本结构大同小异，都是由两大机构和五大系统组成，即曲柄连杆机构、配气机构，供给系统、冷却系、润滑系、起动系统和点火系统(柴油机没有)，新型直喷发动机的外观如图 1-1 所示。

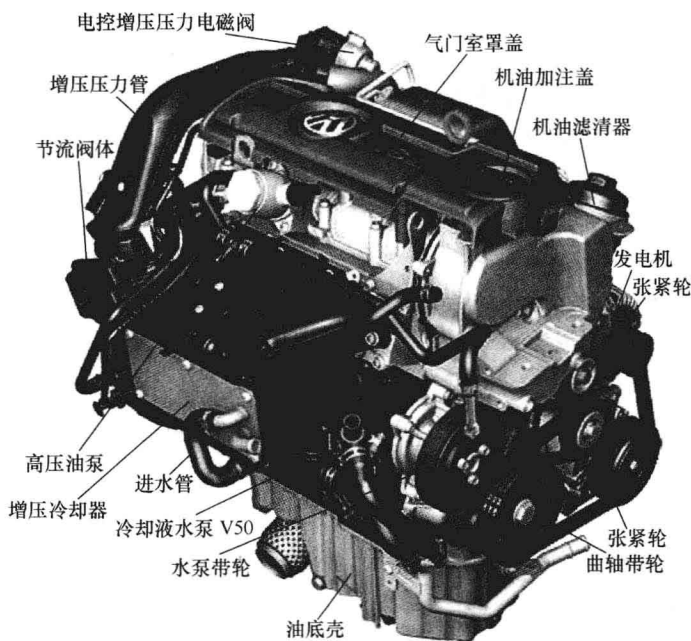


图 1-1 1.4 TSI 高尔夫 A6 直喷发动机外观构造

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组三部分组成。其作用是将燃料燃烧产生的热能转变为活塞往复运动的机械能，再通过连杆将活塞的往复运动转变为曲轴的旋转运

动而对外输出动力。

在曲柄连杆机构中,机体组包括气缸体、曲轴箱、气缸盖、气缸垫及油底壳等。其中气缸体还是发动机各机构、各系统的装配基体,其本身的许多部分分别是曲柄连杆机构、配气机构、供给系统、冷却系和润滑系的组成部分。

活塞连杆组包括活塞、活塞环、活塞销和连杆等。

曲轴飞轮组包括曲轴、飞轮和扭转减振器等。

2. 配气机构

配气机构由气门组及气门传动组组成。其作用是使可燃混合气或纯净空气及时充入气缸并及时将废气从气缸中排出。在配气机构中,气门组包括进气门、排气门、气门导管、气门弹簧、气门弹簧座及锁片等。气门传动组包括凸轮轴、液压挺柱和正时齿轮等,其零件的多少取决于配气机构的形式。

3. 燃油供给系统

汽油机燃料供给系统和柴油机燃料供给系统由于使用的燃料和燃烧过程不同,在结构上有很大差别。现代汽油机燃料供给系根据混合气的形成方式分类,有进气歧管喷射和缸内直接喷射。其作用是将一定浓度和数量的可燃混合气(或空气)供入气缸以供燃烧,并将燃烧生成的废气排出。

直喷式汽油机燃料供给系包括高压油泵、电动汽油泵、电子控制单元、各种传感器和执行器,能精确控制空燃比,使发动机性能得到提高。柴油机燃料供给系包括燃油箱、输油泵、柴油滤清器、电控高压喷油泵、喷油器、进排气管及排气消声器等。

4. 冷却系

冷却系有水冷却系和风冷却系两种,现代汽车一般都采用水冷却系。其作用是将受热机件的热量散到大气中去,从而保证发动机正常工作。水冷却系包括水泵、散热器、风扇、节温器(双节温器)、电子节温器及水套等。

5. 润滑系

润滑系的作用是将润滑油送至各个摩擦表面,以减轻机件的磨损,并清洗、冷却摩擦表面,延长发动机的使用寿命。润滑系包括机油泵(电控可调式机油泵、自调式机油泵)、机油滤清器、润滑油道、限压阀和油底壳等。

6. 起动系

起动系的作用是将静止的发动机起动并转入自行运转。起动系统包括起动机及其附属装置等。

7. 点火系

点火系是汽油发动机独有的,按控制方式不同又分为传统点火系和电子控制点火系两种。其作用是按规定时刻向气缸内提供电火花以点燃气缸中的可燃混合气。柴油发动机由于其混合气是自行着火燃烧,故没有点火系。点火系统包括电源、点火模块、火花塞等。电子控制点火系统则增加了电子控制单元、各种传感器和执行器等,能对点火时刻进行精确控制。

二、发动机的分类

1) 按使用燃料分:汽油机、柴油机等。



- 2) 按工作循环分：四冲程发动机、二冲程发动机。
- 3) 按气门位置分：顶置气门式发动机、侧置气门式发动机。
- 4) 按气缸排列分：直列式发动机、V 形发动机。
- 5) 按气缸数分：单缸发动机、多缸发动机。
- 6) 按进气活塞运动方式分：往复式活塞式和旋转活塞式(转子发动机)。
- 7) 按进气状态不同，活塞式内燃机还可分增压和非增压式。
- 8) 按冷却方式不同，活塞式内燃机还可分水冷和风冷。

三、发动机编号规则

为了便于内燃机的生产管理和使用，我国对内燃机名称和型号编制方法重新审定并颁布了国家标准。标准规定：内燃机型号由阿拉伯数字和汉语拼音字母组成，其排列顺序和意义规定如图 1-2 所示。

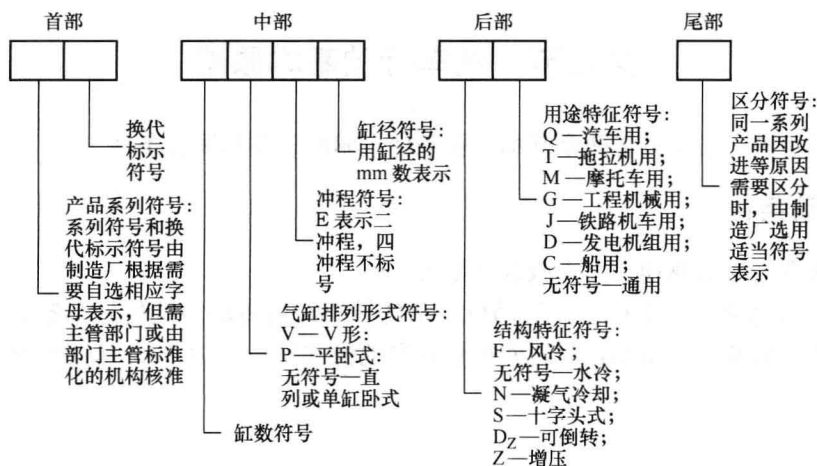


图 1-2 内燃机编号规则

四、国产汽车产品型号编制规则

国产汽车型号应能表明其厂牌、类型和主要参数特征等。该型号由拼音字母和阿拉伯数字组成，包括首部、中部、尾部三部分。

1) 首部由 2 个或 3 个拼音字母组成，是识别企业的代号。如：CA 代表一汽，EQ 代表二汽，BJ 代表北京等。

2) 中部由 4 位阿拉伯数字组成，分为首位、中间两位和末位数字 3 部分，其含义如表 1-1 所示。

3) 尾部由拼音字母或加上阿拉伯数字组成，可表示变型车与基本型的区别或专用汽车的分类。

例如型号 CA1092 表示第一汽车厂生产的货车，总质量 9t，末位 2 表示在原车型 CA1091 的基础上改进的新型。型号 CA7226L 表示第一汽车厂生产的轿车，发动机工作容积 2.2L，序号 6 表示 5 缸发动机的车型，尾部字母 L 表示加长型(即小红旗加长型中级轿车)。

表 1-1 产品型号中部含义

首位数字(1~9)表示车辆类别		中间两位数字表示各类汽车的主要参数特征参数	末位数字
1	表示货车	数字表示汽车的总质量 ^① (t)	表示企业自定序号
2	表示越野车汽车		
3	表示自卸汽车		
4	表示牵引汽车		
5	表示专用汽车		
6	表示客车	数字×0.1m 表示车辆的总长度 ^②	
7	表示轿车	数字×0.1L 表示发动机工作容积	
8	暂缺		
9	表示半挂车或专用半挂车	数字表示汽车的总质量(t)	

①汽车总质量超过 100t，允许用 3 位数字；②汽车总长度大于 10m，数字×1m。

第二节 汽车行驶基本原理

要使汽车行驶，必须具备两个基本行驶条件：驱动条件和附着条件。

一、驱动条件

汽车必须有足够的驱动力以克服各种阻力。

汽车的驱动力由发动机产生。发动机发出的转矩经由传动系统传到车轮上的转矩 M_t 力图使车轮旋转。由此，在驱动轮与地面接触处向地面施加一个力 F_0 ，其数值为 M_t 与车轮半径 r 之比：

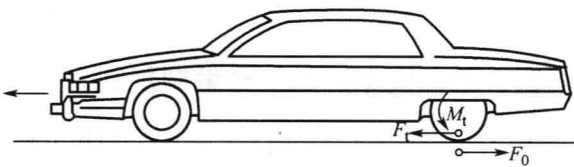
$$F_0 = \frac{M_t}{r}$$

与此同时，地面对车轮施加一与 F_0 数值相等、方向相反的反作用力 F_t ，如图 1-3 所示。 F_t 就是驱动力。

汽车的行驶总阻力 ΣF 包括滚动阻力 F_f 、空气阻力 F_w 和上坡阻力 F_i 。

滚动阻力 F_f 主要是由于车轮滚动时轮胎与路面变形而产生，空气阻力 F_w 是由于汽车行驶时与其周围的空气相互作用而产生，上坡阻力 F_i 是汽车沿重力坡道上的分力。

汽车行驶的过程，是驱动力能否克服各种阻力的交替变化的过程：当 $F_t = \Sigma F$ 时，汽车匀速行驶；当 $F_t > \Sigma F$ 时，汽车速度增加，同时空气阻力亦随车速的增加而急剧增大，在某个较高速度处达到新的平衡然后匀速行驶；当 $F_t < \Sigma F$ 时，汽车减速乃至停驶。这时，如果要维持较高的车速，就需要加大发动机的输出功率或将变速器换入较低的档位以维持较大的驱动力。



(为了便于说明问题，将 F_0 和 F_t 分别给在不同物体上，其实它们应在同一直线上)

图 1-3 驱动力产生的示意图



二、附着条件

驱动力的最大值一方面取决于发动机可能输出的最大转矩和变速器换入最低档时的传动比, 另一面又受轮胎与地面的附着作用限制。

当汽车在平整干硬路面上, 车轮的附着作用是由于轮胎与路面存在摩擦力。这个摩擦力阻碍车轮的滑动, 使车轮能够正常地向前滚动并承受路面的反作用力——驱动力。如果驱动力大于摩擦力, 车轮与路面之间就会发生滑动。在松软地面, 除了轮胎与地面的摩擦之外, 还加上嵌入轮胎花纹凹部的软地面凸起部所起的抗滑作用。由附着作用所决定阻碍车轮滑动的力的最大值称为附着力, 用 F_{φ} 表示。附着力与车轮承受垂直于地面的法向力 G (称为附着重力) 成正比:

$$F_{\varphi} = G\varphi$$

由此可知, 附着力是汽车所能发挥驱动力的极限, 其表达式为:

$$F_t > F_{\varphi} \text{ (打滑)}; F_t < F_{\varphi} \text{ (滚动)}; F_t = F_{\varphi} \text{ (打滑与滚动之间)}$$

以上称为汽车行驶附着条件。

在冰雪或泥泞地面上, 由于附着力很小, 汽车的驱动力受到附着力的限制而不能克服较大的阻力, 导致汽车减速甚至不能前进, 即使加大节气门开度或换入低档, 车轮只会滑转而驱动力不会增大。为了增加车轮在冰雪路面上的附着力, 可采用特殊花纹的轮胎、镶钉轮胎或者在普通轮胎上绕装防滑链, 以提高对冰雪路面的附着作用。非全轮驱动汽车的附着重力仅为分配到驱动轮上的那一部分汽车总重力, 而全轮驱动汽车的附着重力则为全车的总重力, 因而其附着力较前者显著增大。

第三节 发动机基本术语及工作原理

一、发动机基本术语

发动机的作用是将燃料与空气进行混合并在机体内燃烧, 推动活塞往复运动再带动曲轴旋转, 从而将化学能转变为热能, 再把热能转变为机械能向汽车提供动力。

发动机基本术语如图 1-4 所示。

(1) 工作循环 活塞式内燃机的工作循环是由进气、压缩、做功和排气等四个工作过程组成的封闭过程。周而复始地进行这些过程, 内燃机才能持续地做功。

(2) 上止点(TDC) 上止点是指活塞顶距曲轴旋转中心最远的位置, 即活塞的最高位置, 如图 1-5 所示。

(3) 下止点(BDC) 下止点是指活塞顶距曲轴旋转中心最近的距离, 即活塞的最低位置如图 1-6 所示。

(4) 活塞行程 S 活塞行程是指上、下止点间的距离。曲轴的回转半径 R 称为曲柄半径 (即由曲轴旋转中心到曲柄销中心的距离)。显然, 曲轴每回转一周, 活塞移动两个活塞行程。对于气缸中心线通过曲轴回转中心的内燃机。用 S 表示活塞行程, 单位: mm。活塞由

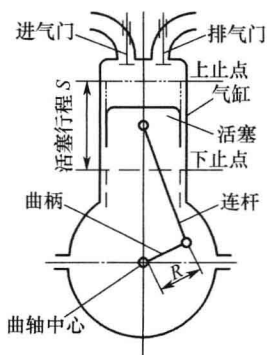


图 1-4 发动机基本术语图

一个止点运动到另一个止点的过程，称为一个行程($S=2R$)，即曲轴每转一周，活塞完成两个行程，如图 1-7 所示。

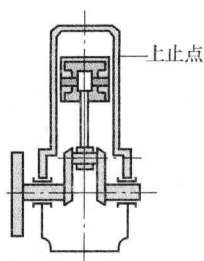


图 1-5 上止点

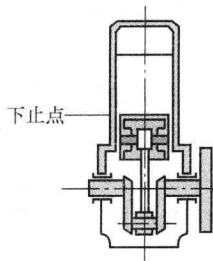


图 1-6 下止点

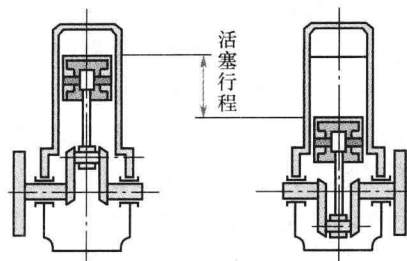


图 1-7 活塞行程

(5) 气缸工作容积 V_s 气缸工作容积是指上下止点间的气缸容积，用 V_s 表示，单位为 L。

$$V_s = \pi D^2 \times \frac{S}{4 \times 10^6}$$

式中 D ——气缸直径(mm)；

S ——活塞行程(mm)。

(6) 燃烧室容积 V_c 活塞在气缸内往复直线运动，当活塞位于上止点时，活塞顶面以上气缸盖底面以下所形成的空间称为燃烧室容积，用 V_c 表示。

(7) 气缸总容积 V_a 气缸工作容积与燃烧室容积之和为气缸总容积，用 V_a 表示。

$$V_a = V_c + V_s$$

(8) 发动机排量 V_L 发动机所有气缸工作容积之和，用 V_L 表示，单位为 L。对于多缸发动机：

$$V_L = V_s \times i$$

式中 i ——发动机缸数；

V_s ——气缸工作容积。

发动机排量是一个非常重要的特征参数，轿车是以发动机排量大小来进行分级。微型： ≤ 1.0 ；普通级：1.0~1.6；中级：1.6~2.5；中高级：2.5~4.0；高级： ≥ 4.0 。

(9) 压缩比 ε 压缩比是指气缸总容积与燃烧室容积之比，用 ε 表示。

压缩比是用来衡量空气或可燃混合气被压缩的程度，它直接影响发动机的热效率。一般汽油机压缩比为 7~10(有的轿车可达 9~14)，柴油发动机压缩比较高，为 16~22。压缩比越大，压缩终了时气缸内的气体压力和温度就越高。

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_s + V_c}{V_c} = 1 + \frac{V_s}{V_c}$$

(10) 工况 内燃机在某一时刻的运行状况称工况，以该时刻内燃机输出的有效功率和曲轴转速表示。曲轴转速即为内燃机转速。

(11) 行程 活塞由一个止点到另一个止点运动一次的过程。

(12) 工作循环 发动机完成进气、压缩、做功、排气四个行程，称为一个工作循环。

(13) 负荷率 内燃机在某一转速下发出的有效功率与相同转速下所能发出的最大有效功率的比值称为负荷率，以百分数表示。负荷率通常称为负荷。