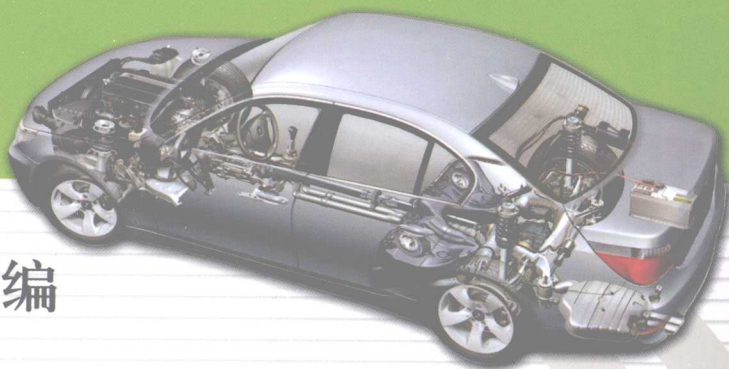




高职高专汽车类专业技能型教育规划教材

# 汽车发动机 构造与维修

QICHE FADONGJI  
GOUZAO YU WEIXIU



仇雅莉 钱锦武 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



高职高专汽车类专业技能型教育规划教材

# 汽车发动机构造与维修

仇雅莉 钱锦武 主编



机械工业出版社

本书是“高职高专汽车类专业技能型教育规划教材”中的一本,全书以桑塔纳 2000GSi 轿车 AJR 发动机为主线,对发动机的两大机构、五大系统进行了全面描述,共分为 10 章,内容包括发动机总论、曲柄连杆机构、配气机构、汽油机燃料供给系统、柴油机燃料供给系统、冷却系统、润滑系统、点火系统、起动系统、发动机的装配与调试。

本书注重理论联系实际,力求通俗易懂。为加强职业院校学生能力的培养,本书的实训内容注重实用。本书适合于高职高专汽车运用技术、汽车检测与维修等相关专业的师生使用,也可以作为成人高等教育相关课程的教材使用,还可供汽车维修人员、驾驶员、汽车行业工程技术人员参考阅读。

主编 钱锦武

### 图书在版编目 (CIP) 数据

汽车发动机构造与维修/仇雅莉,钱锦武主编. —北京:机械工业出版社,2008.6

高职高专汽车类专业技能型教育规划教材

ISBN 978-7-111-24220-8

I. 汽… II. ①仇…②钱… III. ①汽车-发动机-构造-高等学校:技术学校-教材②汽车-发动机-车辆修理-高等学校:技术学校-教材  
IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 084842 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:徐巍 责任编辑:管晓伟 版式设计:霍永明  
责任校对:陈延翔 封面设计:王伟光 责任印制:邓博  
北京四季青印刷厂印刷 (三河市杨庄镇环伟装订厂装订)

2008 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 22 印张 · 535 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-24220-8

ISRC CN-M10-08-0091-0/V·T (光盘)

定价:49.00 元 (含 1VCD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379368

封面无防伪标均为盗版

# “高职高专汽车类专业技能型教育规划教材”

## 编委会

主任 蔡兴旺 (韶关大学)

副主任 胡光辉 (湖南交通职业技术学院)

梁仁建 (广东轻工职业技术学院)

编委 (按姓氏笔画排序):

万捷 (北京计划劳动管理干部学院)

马纲 (江苏城市职业学院)

仇雅莉 (湖南交通职业技术学院)

戈秀龙 (嘉兴职业技术学院)

王飞 (广州城市职业学院)

王一斐 (甘肃交通职业技术学院)

王海林 (华南农业大学)

刘威 (北京计划劳动管理干部学院)

刘兴成 (甘肃交通职业技术学院)

纪光兰 (甘肃交通职业技术学院)

何南昌 (广州科技职业技术学院)

吴松 (广东轻工职业技术学院)

张涛 (沈阳理工大学应用技术学院)

李幼慧 (云南交通职业技术学院)

李庆军 (黑龙江农业工程职业学院)

李建兴 (宁波城市职业技术学院)

李泉胜 (嘉兴职业技术学院)

陈红 (广州科技职业技术学院)

范爱民 (顺德职业技术学院)

范梦吾 (顺德职业技术学院)

贺大松 (宜宾职业技术学院)

赵彬 (无锡商业职业技术学院)

赵海波 (沈阳理工大学应用技术学院)

夏长明 (广州金桥管理干部学院)

钱锦武 (云南交通职业技术学院)

曹红兵 (浙江师范大学高等技术学院)

黄红惠 (江苏城市职业学院)

谭本忠 (广州市凌凯汽车技术开发有限公司)

# 序 言

据统计,“十一五”期间中国汽车运用维修人才缺口 80 万。未来 5 年汽车人才全面紧缺,包括汽车研发人才、汽车营销人才、汽车维修人才和汽车管理人才等。2003 年,教育部启动了“国家技能型紧缺人才培养项目”,“汽车运用与维修”是其中的项目之一。2006 年,教育部和财政部又启动了国家示范性高等职业院校建设计划,其中的一个重要内涵就是以学生为主体,以就业为导向,建立新的职教课程体系、教育模式与教学内容,而教材建设是最重要的一个环节。

为适应目前高等职业技术教育的形势,机械工业出版社汽车分社召集了全国 20 多所院校的骨干教师于 2007 年 6 月在广东省韶关大学组织召开“高职高专汽车类专业技能型教育规划教材”研讨会,确定了本套教材的编写指导思想和编写计划,并于 2007 年 8 月在湖南长沙召开“高职高专汽车类专业技能型教育规划教材”主编会,讨论并通过了本套教材的编写大纲。

本套教材紧紧围绕职业工作需求,以就业为导向,以技能训练为中心,以“更加实用、更加科学、更加新颖”为编写原则,旨在探索课堂与实训的一体化,具有如下特点:

1. 教材编写理念:融入课程教学设计新理念,以学生为主体,以老师为指导,以提高学生实践职业技能和创新能力为目标,理论紧密联系实际,思想性和学术性相统一。理论知识以够用为度,技能训练面向岗位需求,注重结合汽车后市场服务岗位群和维修岗位群的岗位知识和技能要求,使学生学完每一本教材后,都能获得该教材所对应的岗位知识和技能,反映教学改革和课程建设的新成果。

2. 教材结构体系:根据职业工作需求,采用任务驱动、项目导向的新模式构建新课程体系。理论教学与技能训练有机融合,系统性与模块化有机融合,方便不同学校、不同专业、不同实验条件剪裁选用。

3. 教材内容组织:精选学生终身有用的基础理论和基本知识,突出实用性、新颖性,以我国保有量较大的轿车为典型,注意介绍现代汽车新结构、新技术、新方法和新标准,加强“实训项目”内容的编写,引导学生在“做”中“学”。内容安排采用实例引导的方式,以激发学生的阅读兴趣,符合学生的认知规律。

4. 教材编排形式:图文并茂,通俗易懂,简明实用,由浅入深,深浅适度,符合高职学生的心理特点。每一章均结合人力资源和社会保障部职业资格证书考试要求,给出复习思考题,使教学与职业资格证书考试有机结合。

此外,为构建立体化教材,方便教师和学生学习,本套教材配备了实训指导光盘和



多媒体教学课件。实训指导光盘的内容为实训项目的规范性操作录像和相关资料，附在教材中；多媒体教学课件专供任课教师采用，可在中国科技金书网（www.goldenbook.com）免费下载。

虽然本套教材的各参编院校在教、学、做一体化教学方面进行了有益的探索，但限于认识水平和工作经历，教材中难免仍有不足之处，恳请各位专家、同行给予批评指正。

### 高职高专汽车类专业技能型教育规划教材编委会

随着我国汽车工业的飞速发展，汽车技术日新月异，对汽车专业人才的需求日益迫切。为适应这一形势，教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部等部门联合启动了“国家示范性高等职业院校人才培养工作水平评估”工作。教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部等部门联合启动了“国家示范性高等职业院校人才培养工作水平评估”工作。教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部等部门联合启动了“国家示范性高等职业院校人才培养工作水平评估”工作。

本套教材的编写，是在教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部等部门联合启动的“国家示范性高等职业院校人才培养工作水平评估”工作的指导下进行的。本套教材的编写，是在教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部等部门联合启动的“国家示范性高等职业院校人才培养工作水平评估”工作的指导下进行的。

本套教材的编写，是在教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部等部门联合启动的“国家示范性高等职业院校人才培养工作水平评估”工作的指导下进行的。本套教材的编写，是在教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部等部门联合启动的“国家示范性高等职业院校人才培养工作水平评估”工作的指导下进行的。

本套教材的编写，是在教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部等部门联合启动的“国家示范性高等职业院校人才培养工作水平评估”工作的指导下进行的。本套教材的编写，是在教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部等部门联合启动的“国家示范性高等职业院校人才培养工作水平评估”工作的指导下进行的。



# 前 言

会委融材建设教育整强新对业专类产产高报高

随着我国汽车工业的迅速发展、汽车技术的不断更新,对汽车维修行业从业人员提出了更高的要求。本着以汽车维修行业人才需求为基本依据,面向汽车后市场相关企业各岗位,以提高学生的职业实践能力和职业素养为宗旨的目的,使“高职高专汽车类专业技能型教育规划教材”更加符合技能培训实践的需要,便于广大学生学习使用,机械工业出版社汽车分社2007年6月16日~6月18日在广东省韶关学院组织召开了“高职高专汽车类专业技能型教育规划教材”研讨会,确定了教材编写计划。并在2007年8月13日~8月17日湖南省湘江宾馆召开的“高职高专汽车类专业技能型教育规划教材”主编会上确定了教材编写大纲。

根据人才培养方案的要求,在编写过程中注重理论与实践相结合,针对目前汽车技术更新速度越来越快的情况,本书内容在立足于成熟的技术和规范的同时,力争把握汽车专业发展前沿,重视新技术、新知识、新规范的介绍和应用,力求做到内容与行业技术在使用上同步更新。并安排了相应的实训项目和习题,以提高学生和培训者在实际生产中的知识应用能力。

本书由湖南交通职业技术学院仇雅莉、云南交通职业技术学院钱锦武担任主编,湖南交通职业技术学院毛丽、曾广华参加编写。具体分工为:仇雅莉编写第1、2、4、8章;钱锦武编写第3、5、9、10章;毛丽编写第6、7章,曾广华参加了部分章节内容的编写。

本书适合于高职高专汽车运用技术、汽车检测与维修等相关专业的师生使用,也可以作为成人高等教育相关课程的教材使用,还可供汽车维修人员、驾驶员、汽车行业工程技术人员参考阅读。

本书在编写过程中参考了大量的国内外技术资料,得到了许多同行的大力支持,在此谨向所有参考资料的作者及关心支持本书编写的同志们表示感谢。由于编者水平有限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 序言 前言

<b>第1章 发动机总论</b> .....	1
1.1 发动机总体构造 .....	1
1.1.1 发动机组成 .....	1
1.1.2 发动机分类 .....	3
1.1.3 内燃机编号规则 .....	3
1.2 发动机工作原理 .....	4
1.2.1 发动机基本术语 .....	4
1.2.2 四冲程发动机工作原理 .....	6
1.2.3 二冲程发动机工作原理简介 .....	8
本章小结 .....	9
复习思考题 .....	9
实训一 发动机总体结构认识 .....	11
<b>第2章 曲柄连杆机构</b> .....	12
2.1 概述 .....	12
2.1.1 曲柄连杆机构的作用和组成 .....	12
2.1.2 曲柄连杆机构受力分析 .....	12
2.2 机体组的构造与维修 .....	15
2.2.1 气缸体与曲轴箱 .....	15
2.2.2 气缸盖 .....	21
2.2.3 气缸垫 .....	24
2.2.4 发动机的安装与支撑 .....	25
2.3 活塞连杆组的构造与维修 .....	25
2.3.1 活塞 .....	26
2.3.2 活塞环 .....	29
2.3.3 活塞销 .....	33
2.3.4 连杆组 .....	34
2.4 曲轴飞轮组的构造与维修 .....	39
2.4.1 曲轴 .....	39
2.4.2 曲轴主轴承 .....	47
2.4.3 曲轴扭转减振器 .....	48
2.4.4 飞轮 .....	48
本章小结 .....	49
复习思考题 .....	50
实训二 机体组的拆装与维修 .....	51
实训三 活塞连杆组的拆装与维修 .....	53

实训四 曲轴飞轮组的拆装与维修 .....	56
<b>第3章 配气机构</b> .....	58
3.1 概述 .....	58
3.1.1 配气机构的作用和组成 .....	58
3.1.2 配气机构的分类和工作原理 .....	58
3.1.3 配气相位 .....	60
3.2 气门组的构造与维修 .....	62
3.2.1 气门 .....	62
3.2.2 气门座 .....	64
3.2.3 气门导管 .....	67
3.2.4 气门弹簧 .....	68
3.3 气门传动组的构造与维修 .....	70
3.3.1 凸轮轴 .....	70
3.3.2 挺柱 .....	74
3.3.3 推杆 .....	76
3.3.4 摇臂和摇臂轴 .....	76
3.4 可变配气相位及其控制技术 .....	77
3.4.1 本田可变气门控制机构 .....	78
3.4.2 丰田智能可变配气正时系统 .....	82
本章小结 .....	87
复习思考题 .....	88
实训五 气门的研磨 .....	89
实训六 气门间隙的检查调整 .....	90
实训七 配气机构的拆装 .....	92
<b>第4章 汽油机燃料供给系统</b> .....	93
4.1 概述 .....	93
4.1.1 汽油机燃料供给系统的作用和类型 .....	93
4.1.2 车用汽油机对可燃混合气浓度的要求 .....	93
4.2 电控汽油喷射式发动机燃料供给系统概述 .....	95
4.2.1 电控汽油喷射式发动机燃料供给系统的组成 .....	96
4.2.2 电控汽油喷射系统的类型 .....	97
4.2.3 电控汽油喷射系统的优点 .....	101
4.3 进气系统的构造与维修 .....	102





4.3.1 进气系统的作用和组成 .....	102	实训十二 柴油机燃料供给系统部件的结构 认识 .....	231
4.3.2 进气系统的主要部件 .....	102	实训十三 柴油机供油正时的检查与 调整 .....	233
4.3.3 进气系统的检修 .....	127	<b>第6章 冷却系统</b> .....	234
4.3.4 进气控制 .....	128	6.1 概述 .....	234
4.4 燃油供给系统的构造与维修 .....	134	6.1.1 冷却系统的分类和组成 .....	234
4.4.1 燃油供给系统的作用和组成 .....	134	6.1.2 冷却系统循环水路 .....	236
4.4.2 燃油供给系统的主要部件 .....	134	6.1.3 冷却液 .....	238
4.4.3 燃油供给系统的检修 .....	146	6.2 水冷却系统主要部件的构造与维修 .....	239
4.4.4 燃油喷射控制 .....	149	6.2.1 水泵 .....	239
4.5 排气系统的构造与维修 .....	155	6.2.2 散热器 .....	240
4.5.1 排气系统的作用和组成 .....	155	6.2.3 补水水桶 .....	242
4.5.2 排气系统的主要部件 .....	156	6.2.4 节温器 .....	242
4.5.3 排放控制 .....	161	6.2.5 冷却风扇 .....	244
4.6 电子控制系统的构造与维修 .....	165	6.3 冷却系统常见故障分析 .....	245
4.6.1 电子控制器 .....	166	6.3.1 冷却液温度过高 .....	245
4.6.2 故障自诊断系统 .....	167	6.3.2 冷却液温度过低 .....	245
4.6.3 失效保护系统 .....	171	6.3.3 冷却液消耗过多 .....	246
4.6.4 应急备用系统 .....	172	本章小结 .....	246
4.6.5 发动机控制系统的故障诊断 .....	172	复习思考题 .....	247
本章小结 .....	173	实训十四 冷却系统的认识与检修 .....	248
复习思考题 .....	174	<b>第7章 润滑系统</b> .....	252
实训八 进气系统的认识与检测 .....	175	7.1 概述 .....	252
实训九 燃油供给系统的认识与检测 .....	179	7.1.1 润滑系统的润滑方式和滤清 方式 .....	252
实训十 排气系统的认识与检测 .....	181	7.1.2 润滑系统的组成 .....	253
实训十一 发动机故障诊断仪的使用 .....	183	7.1.3 润滑系统油路 .....	254
<b>第5章 柴油机燃料供给系统</b> .....	184	7.2 润滑系统主要部件的构造与维修 .....	255
5.1 概述 .....	184	7.2.1 机油泵 .....	255
5.1.1 柴油机燃料供给系统的组成 .....	184	7.2.2 机油滤清器 .....	258
5.1.2 对柴油机燃料供给系统的要求 .....	185	7.2.3 机油散热装置 .....	261
5.1.3 柴油机燃烧室 .....	185	7.3 润滑系统常见故障分析 .....	262
5.2 柴油机燃料供给系统的构造与维修 .....	186	7.3.1 机油压力过高 .....	262
5.2.1 喷油器 .....	186	7.3.2 机油压力过低 .....	262
5.2.2 喷油泵 .....	189	7.3.3 机油消耗过多 .....	263
5.2.3 调速器 .....	203	7.3.4 机油变质 .....	263
5.2.4 输油泵 .....	214	本章小结 .....	263
5.2.5 柴油滤清器 .....	216	复习思考题 .....	264
5.2.6 柴油机供油正时 .....	217	实训十五 润滑系统的拆装与维护 .....	265
5.2.7 柴油机废气涡轮增压系统 .....	220	<b>第8章 点火系统</b> .....	269
5.3 电控柴油机燃料供给系统简介 .....	222	8.1 概述 .....	269
5.3.1 电控柴油机燃料供给系统概述 .....	222		
5.3.2 典型电控柴油机燃料供给系统 .....	222		
本章小结 .....	229		
复习思考题 .....	230		



8.1.1 点火系统的作用和要求 .....	269	9.1.2 对起动系统的要求 .....	312
8.1.2 点火系统的分类和组成 .....	270	9.2 起动系统的构造与维修 .....	313
8.2 计算机控制点火系统的构造与维修 .....	272	9.2.1 起动机 .....	313
8.2.1 计算机控制点火系统的组成和 工作原理 .....	272	9.2.2 传动机构 .....	316
8.2.2 计算机控制点火系统的主要 部件 .....	273	9.2.3 操纵机构 .....	317
8.3 计算机控制点火系统的类型 .....	293	9.2.4 起动系统使用注意事项 .....	319
8.3.1 有分电器的计算机控制点火 系统 .....	293	9.3 起动系统控制电路 .....	319
8.3.2 无分电器的计算机控制点火 系统 .....	294	9.3.1 起动系统控制电路的类型 .....	319
8.4 点火控制 .....	296	9.3.2 常用起动系统控制电路 .....	320
8.4.1 点火提前角控制 .....	296	9.3.3 起动系统电路的检测 .....	322
8.4.2 通电时间控制 .....	298	本章小结 .....	323
8.4.3 爆燃控制 .....	299	复习思考题 .....	323
本章小结 .....	300	实训十九 起动系统的认识与检修 .....	325
复习思考题 .....	301	<b>第10章 发动机的装配与调试</b> .....	328
实训十六 点火系统电路连接及各元件 结构认识 .....	302	10.1 发动机的装配与调整 .....	328
实训十七 点火系统的示波器检查 .....	305	10.1.1 发动机装配的基本要求 .....	328
实训十八 发动机点火系统故障诊断 .....	307	10.1.2 发动机的装配与调整方法 .....	329
<b>第9章 起动系统</b> .....	311	10.2 发动机的磨合 .....	331
9.1 概述 .....	311	10.2.1 发动机磨合的意义 .....	331
9.1.1 起动系统的作用和组成 .....	311	10.2.2 发动机磨合规范 .....	332
		10.3 发动机的验收 .....	334
		本章小结 .....	334
		复习思考题 .....	335
		<b>参考文献</b> .....	336

# 第 1 章

## 发动机总论



### 学习目标:

- 掌握发动机的总体构造
- 知道内燃机的编号规则
- 理解发动机常用术语的基本概念
- 掌握四冲程发动机的工作原理

发动机是动力装置，它的发明和发展给汽车注入了强劲的动力。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”。

## 1.1 发动机总体构造

### 1.1.1 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，都是由二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、冷却系统、润滑系统、起动系统和点火系统（柴油机没有）。我们以桑塔纳 2000GSi 型轿车装备的 AJR 型发动机为例来分析发动机的总体构造。

桑塔纳 2000GSi 型轿车 AJR 型发动机外形如图 1-1 所示，其剖视图如图 1-2 所示。

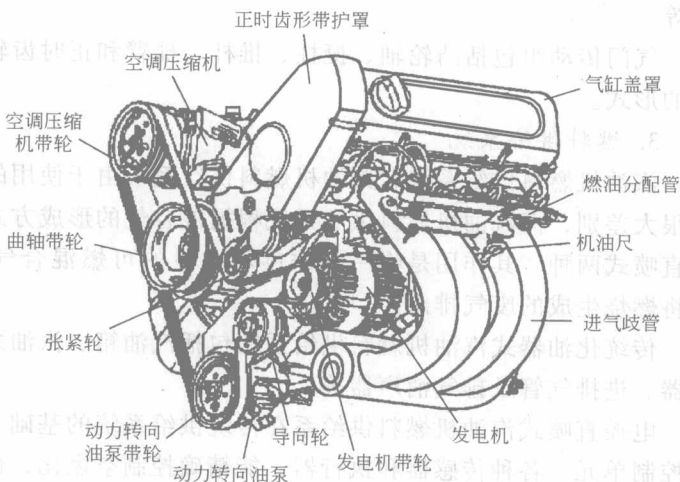


图 1-1 桑塔纳 2000GSi 型轿车 AJR 型发动机外形图

#### 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

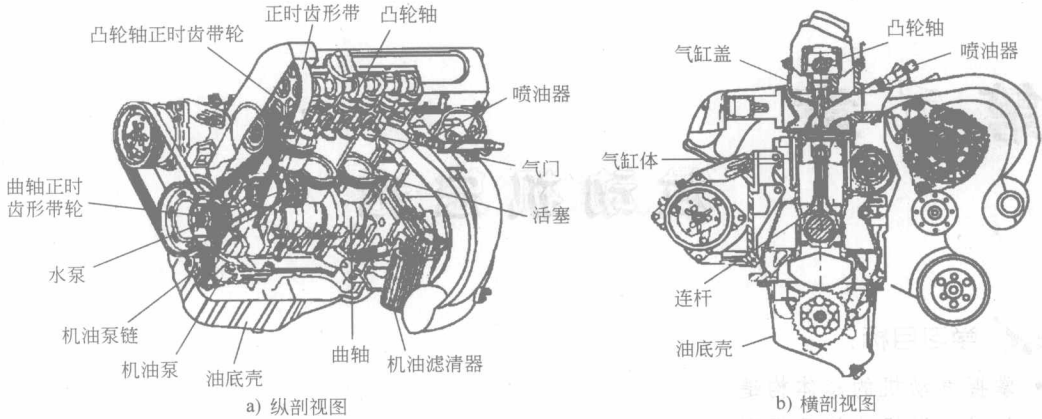


图 1-2 桑塔纳 2000GSi 型轿车 AJR 型发动机剖视图

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、冷却系统和润滑系统的组成部分。

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、挺柱、推杆、摇臂和正时齿轮等，其零件的多少取决于配气机构的形式。

### 3. 燃料供给系统

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，而汽油机燃料供给系统根据混合气的形成方式不同又可分为传统化油器式和电控直喷式两种。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。

传统化油器式汽油机燃料供给系统包括汽油箱、汽油泵、汽油滤清器、化油器、空气滤清器、进排气管及排气消声器等。

电控直喷式汽油机燃料供给系在传统供给系统的基础上取消了化油器，取而代之的是电子控制单元、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。

柴油机燃料供给系统包括燃油箱、输油泵、柴油滤清器、喷油泵、喷油器、进排气管及排气消声器等。

### 4. 冷却系统

冷却系统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。

水冷却系统包括水泵、散热器、风扇、节温器及水套等。

### 5. 润滑系统

润滑系统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。

润滑系统包括机油泵、机油滤清器、润滑油道、限压阀和油底壳等。

### 6. 起动系统

起动系统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. 点火系统

点火系统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。

传统点火系统包括电源、点火线圈、分电器和火花塞等。

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。

## 1.1.2 发动机分类

从广义上来说，发动机可以按图 1-3 的方式分类。

汽车发动机普遍采用内部燃烧、间歇燃烧和往复式发动机，根据发动机的结构特点和工作情况，还可以按图 1-4 细分。

目前，汽车上广泛采用水冷四冲程往复

活塞式内燃机。

## 1.1.3 内燃机编号规则

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 GB/T 725—1991。标准规定：内燃机名称按所采用的主要燃料来命名，

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 1-5

所示。

内燃机型号编制示例：

汽油机：

EQ6100-1——表示东风汽车工业公司生产，六缸，四冲程，直列，缸径 100mm，水冷，通用型，第一种类型产品。

1E65F——表示单缸，二冲程，缸径 65mm，风冷，通用型。

柴油机：

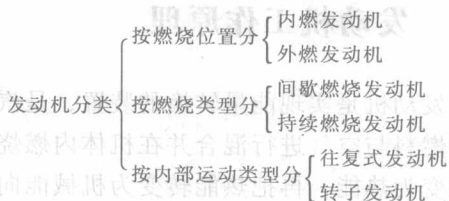


图 1-3 发动机分类 (一)

柴油机：

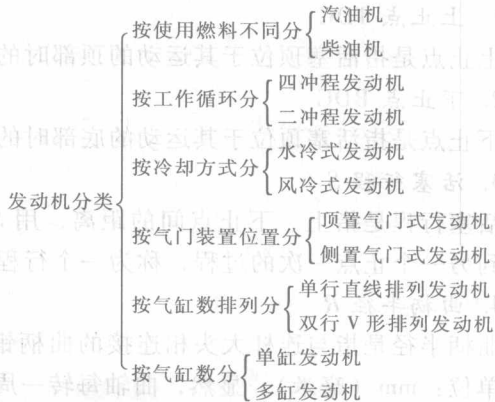


图 1-4 发动机分类 (二)

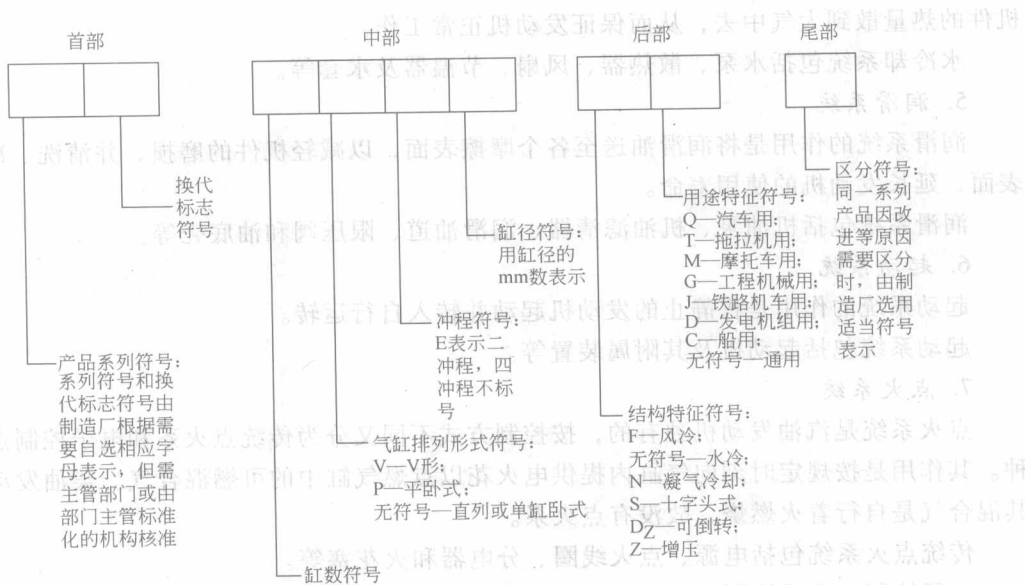


图 1-5 内燃机型号编制规则

CA6110——表示第一汽车集团公司生产，六缸，四冲程，直列，缸径 110mm，水冷，通用型。

12V135ZG——表示 12 缸，V 形，四冲程，缸径 135mm，水冷，增压，工程机械用。

## 1.2 发动机工作原理

发动机是实现能量转换的装置，是汽车最主要的总成之一，是汽车动力的来源。其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。

### 1.2.1 发动机基本术语

发动机基本术语如图 1-6 所示。

#### 1. 上止点 TDC

上止点是指活塞顶位于其运动的顶部时的位置，即活塞的最高位置。

#### 2. 下止点 BDC

下止点是指活塞顶位于其运动的底部时的位置，即活塞的最低位置。

#### 3. 活塞行程 S

活塞行程是指上、下止点间的距离，用  $S$  表示，单位： $\text{mm}$ （毫米）。活塞由一个止点运动到另一个止点一次的过程，称为一个行程。

#### 4. 曲柄半径 $R$

曲柄半径是指与连杆大头相连接的曲柄销的中心线到曲轴回转中心线的距离，用  $R$  表示，单位： $\text{mm}$ （毫米）。显然，曲轴每转一周，活塞移动两个行程，即：

$$S = 2R$$



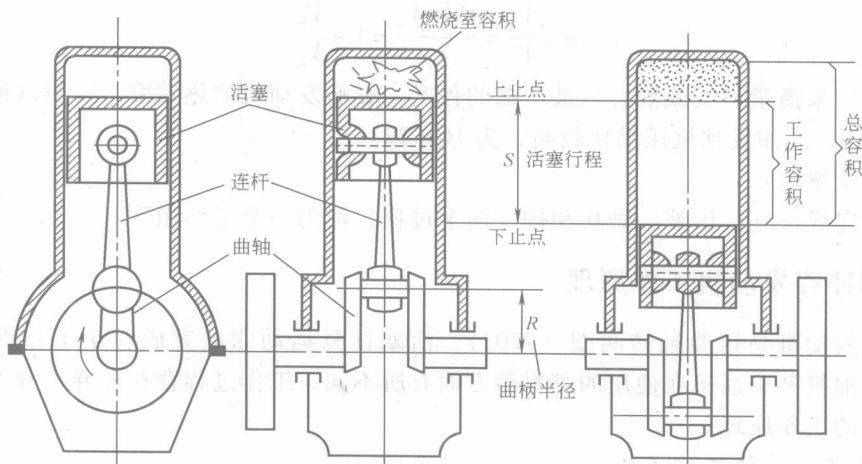


图 1-6 发动机基本术语示意图

5. 气缸工作容积  $V_h$ 

气缸工作容积是指活塞从一个止点移动到另一个止点所扫过的容积，用  $V_h$  表示，单位：L（升）。显然有：

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

式中  $V_h$ ——气缸工作容积，L；

$D$ ——气缸直径，mm；

$S$ ——活塞行程，mm。

6. 燃烧室容积  $V_c$ 

燃烧室容积是指活塞位于上止点时，活塞顶上方的气缸空间容积，用  $V_c$  表示，单位：L（升）。

7. 气缸总容积  $V_a$ 

气缸总容积是指活塞位于下止点时，活塞顶上方的气缸空间容积，用  $V_a$  表示，单位：L（升）。显然有：

$$V_a = V_c + V_h$$

8. 发动机排量  $V_L$ 

发动机排量是指发动机所有气缸工作容积之和，用  $V_L$  表示，单位：L（升）。对于多缸发动机，显然有：

$$V_L = V_h i$$

式中  $i$ ——发动机气缸数。

发动机排量是一个非常重要的特征参数，轿车就是以发动机排量大小来进行分级。微型： $V_L \leq 1.0$ ；普通级： $V_L > 1.0 \sim 1.6$ ；中级： $V_L > 1.6 \sim 2.5$ ；中高级： $V_L > 2.5 \sim 4.0$ ；高级： $V_L > 4.0$ 。

9. 压缩比  $\varepsilon$ 

压缩比是指气缸总容积与燃烧室容积之比，用  $\varepsilon$  表示。

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

压缩比用来衡量空气或混合气被压缩的程度，影响发动机的热效率。一般汽油发动机压缩比为 6~10，柴油发动机压缩比较高，为 16~22。

### 10. 工作循环

发动机完成进气、压缩、做功和排气四个过程，称为一个工作循环。

## 1.2.2 四冲程发动机工作原理

四冲程发动机是指曲轴转两圈（720°），活塞往复运动四次完成一个工作循环的发动机。由于汽油机和柴油机在使用的燃料等方面有所不同，工作过程存在差异，我们分别介绍两种发动机的工作原理。

### 1. 四冲程汽油机工作原理

四冲程汽油机的工作循环由进气、压缩、做功和排气四个过程所组成。单缸四冲程汽油机工作循环示意图如图 1-7 所示。

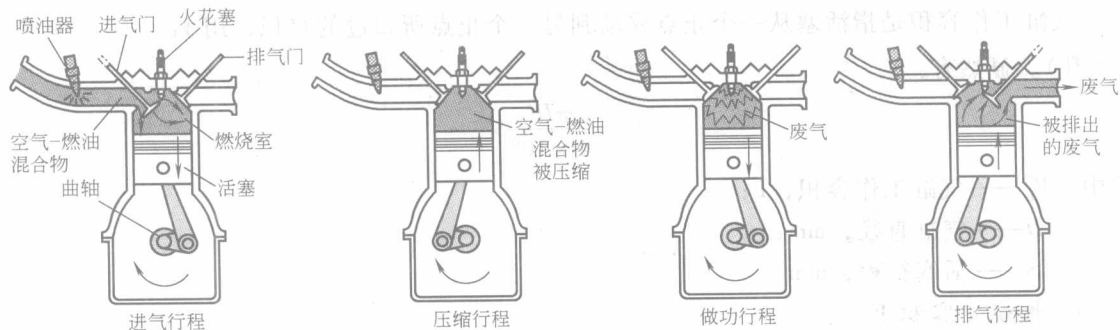


图 1-7 单缸四冲程汽油机工作循环示意图

(1) 进气行程 活塞由曲轴带动从上止点向下止点运动，此时，进气门开启，排气门关闭。在活塞向下移动的过程中，气缸内容积逐渐增大，形成一定真空度，于是空气和燃油的可燃混合气通过进气门被吸入气缸，直至活塞到达下止点时，进气门关闭，停止进气。

由于进气系统存在进气阻力，进气终了时气缸内气体的压力低于大气压力，约为 0.075~0.09MPa。由于气缸壁、活塞等高温件及上一循环留下的高温残余废气的加热，气体温度升高到 370K~400K（K 为热力学温度单位， $\frac{t}{^{\circ}\text{C}} = \frac{T}{\text{K}} - 273.15$ ）。

(2) 压缩行程 为使可燃混合气迅速燃烧，达到改善发动机动力性和经济性的目的，必须在燃烧前对可燃混合气进行压缩，以提高可燃混合气的温度和压力。因此，在进气行程结束时立即进入压缩行程，活塞在曲轴的带动下，从下止点向上止点运动，由于进、排气门均关闭，气缸内容积逐渐减小，可燃混合气压力、温度逐渐升高。

压缩终了时，气缸内的压力约为 0.6~1.2MPa，温度约为 600K~700K。

(3) 做功行程 在压缩行程末，火花塞产生电火花点燃混合气并迅速燃烧，使气体的温度、压力迅速升高而膨胀，从而推动活塞从上止点向下止点运动，通过连杆使曲轴旋转做功，至活塞到达下止点时做功结束。



在做功行程中，开始阶段气缸内气体压力、温度急剧上升，瞬间压力可达 $3 \sim 5\text{MPa}$ ，瞬时温度可达 $2200\text{K} \sim 2800\text{K}$ 。随着活塞下行，气缸容积增大，气缸内压力、温度逐渐下降，做功终了时，压力约为 $0.3 \sim 0.5\text{MPa}$ ，温度约为 $1300\text{K} \sim 1600\text{K}$ 。

(4) 排气行程 为使循环能够连续进行，须将燃烧产生的废气排出。在做功行程终了时，排气门打开，进气门关闭，曲轴通过连杆推动活塞从下止点向上止点运动，废气在自身剩余压力和活塞推动下，被排出气缸，至活塞到达上止点时，排气门关闭，排气结束。

排气行程终了时，由于燃烧室容积的存在，气缸内还存有少量废气，气体压力也因排气系统存在排气阻力而略高于大气压力。此时，压力约为 $0.105 \sim 0.115\text{MPa}$ ，温度约为 $900\text{K} \sim 1200\text{K}$ 。

## 2. 四冲程柴油机工作原理

四冲程柴油机和四冲程汽油机一样，每个工作循环也是由进气、压缩、做功和排气四个行程组成。由于所使用燃料的性质不同，在可燃混合气的形成和着火方式上与汽油机有很大区别。单缸四冲程柴油机工作循环示意图如图1-8所示。

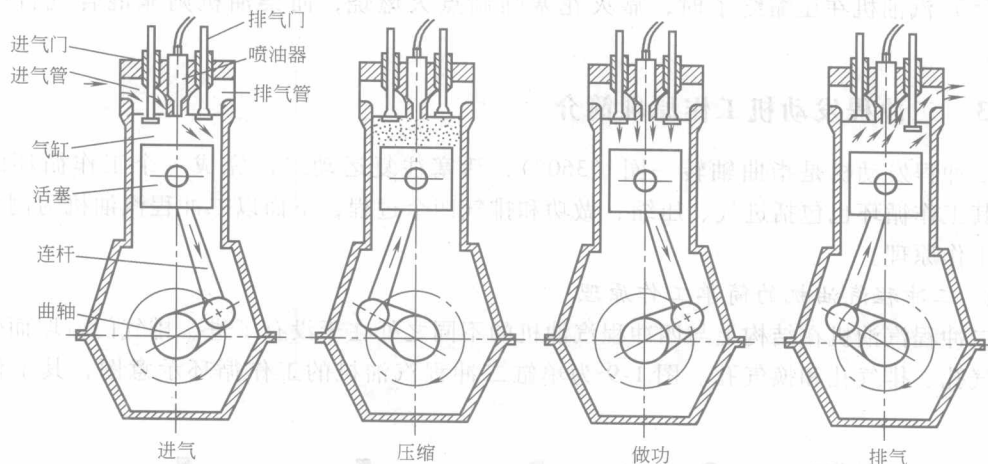


图 1-8 四冲程柴油机工作循环示意图

(1) 进气行程 进气行程不同于汽油机的是进入气缸的不是可燃混合气，而是纯空气。由于进气阻力比汽油机小，上一行程残留的废气温度也比汽油机低，进气行程终了的压力约为 $0.075 \sim 0.095\text{MPa}$ ，温度约为 $320\text{K} \sim 350\text{K}$ 。

(2) 压缩行程 压缩行程不同于汽油机的是压缩纯空气，由于柴油的压缩比大，压缩终了的温度和压力都比汽油机高，压力可达 $3 \sim 5\text{MPa}$ ，温度可达 $800\text{K} \sim 1000\text{K}$ 。

(3) 做功行程 此行程与汽油机有很大差异，压缩行程末，喷油泵将高压柴油经喷油器呈雾状喷入气缸内的高温高压空气中，被迅速汽化并与空气形成混合气，由于此时气缸内的温度远高于柴油的自燃温度（约 $500\text{K}$ 左右），柴油混合气便立即自行着火燃烧，且此后一段时间内边喷油边燃烧，气缸内压力和温度急剧升高，推动活塞下行做功。

做功行程中，瞬时压力可达 $5 \sim 10\text{MPa}$ ，瞬时温度可达 $1800\text{K} \sim 2200\text{K}$ ，做功行程终了时压力约为 $0.2 \sim 0.4\text{MPa}$ ，温度约为 $1200\text{K} \sim 1500\text{K}$ 。

(4) 排气行程 此行程与汽油机基本相同。排气行程终了时的气缸压力约为 $0.105 \sim$