

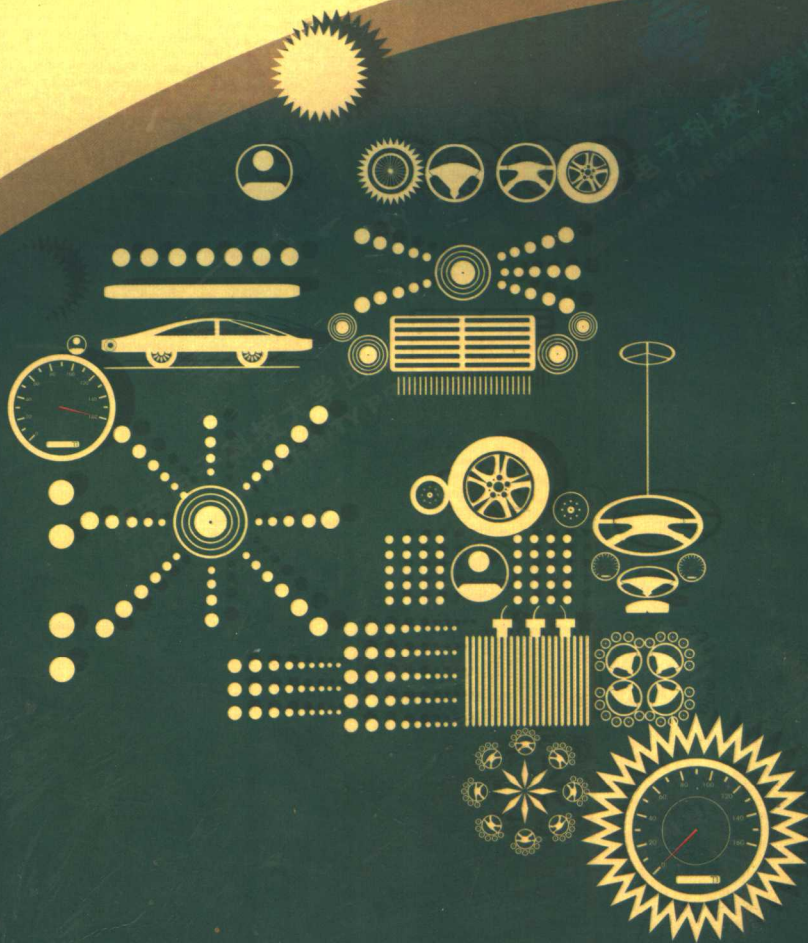
面向
21
世纪

中国高等职业技术教育研究会推荐
机电类专业高职高专规划教材

发动机构造与维修

主编 王正键 卢若珊

主审 汤定国



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

中国高等职业技术教育研究会推荐

面向 21 世纪机电类专业高职高专规划教材

发动机构造与维修

主 编 王正键 卢若珊

主 审 汤定国

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介

本书以目前轿车发动机新技术为主,全面介绍了发动机基本知识、曲柄连杆机构、配气机构、冷却系、润滑系、化油器式汽油机燃料供给系、电子控制汽油喷射系统、柴油机燃油供给系、电子控制柴油喷射系统、排气净化装置、发动机装配与试验、发动机维护与修理的有关规定等内容。

本书可作为高职高专院校汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车技术服务与营销专业的教材,也可作为汽车维修行业有关人员的参考书。

★本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

发动机构造与维修/王正键,卢若珊主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2007.5

面向21世纪机电类专业高职高专规划教材

ISBN 978-7-5606-1801-2

I. 发… II. ①王… ②卢… 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(2007)第 039208 号

策 划 马乐惠

责任编辑 王 瑛 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2007年5月第1版 2007年5月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 24.25

字 数 570千字

印 数 1~4000册

定 价 29.00元

ISBN 978-7-5606-1801-2/TM·0037

XDUP 2093001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

进入 21 世纪以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,必须重视内涵建设,不断深化教育教学改革。根据市场和社会的需要,不断更新教学内容,编写具有鲜明特色的教材是其必要任务之一。

为配合教育部实施紧缺人才工程,解决当前机电类精品高职高专教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种的基础上,又联合策划、组织编写了“数控、模具及汽车类专业”系列高职高专教材共 60 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业(数控、模具和汽车)的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职高专教材的特点。第一轮教材共 36 种,已于 2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,且大都已重印,有的教材出版一年多的时间里已重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。本轮教材预计 2006 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校基本建设的一项重要工作,多年来,各高职高专院校都十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高职高专教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,为不断推出有特色、高质量的高职高专教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2005 年 10 月

李宗尧

面向 21 世纪

机电类专业高职高专规划教材

编审专家委员会名单

主任: 刘跃南 (深圳职业技术学院教务长, 教授)
副主任: 方 新 (北京联合大学机电学院副院长, 教授)
刘建超 (成都航空职业技术学院机械工程系主任, 副教授)
杨益明 (南京交通职业技术学院汽车工程系主任, 副教授)

数控及模具组: 组长: 刘建超 (兼) (成员按姓氏笔画排列)

王怀明 (北华航天工业学院机械工程系主任, 教授)
孙燕华 (无锡职业技术学院机械与汽车工程系主任, 副教授)
皮智谋 (湖南工业职业技术学院机械工程系副主任, 副教授)
刘守义 (深圳职业技术学院工业中心主任, 副教授)
陈少艾 (武汉船舶职业技术学院机电工程系主任, 副教授)
陈洪涛 (四川工程职业技术学院机电工程系副主任, 副教授)
钟振龙 (湖南铁道职业技术学院机电工程系主任, 副教授)
唐 健 (重庆工业职业技术学院机械工程系主任, 副教授)
戚长政 (广东轻工职业技术学院机电工程系主任, 教授)
谢永宏 (深圳职业技术学院机电学院副院长, 副教授)

汽车组: 组长: 杨益明 (兼) (成员按姓氏笔画排列)

王世震 (承德石油高等专科学校汽车工程系主任, 教授)
王保新 (陕西交通职业技术学院汽车工程系讲师)
刘 锐 (吉林交通职业技术学院汽车工程系主任, 教授)
吴克刚 (长安大学汽车学院教授)
李春明 (长春汽车工业高等专科学校汽车工程系副主任, 教授)
李祥峰 (邢台职业技术学院汽车维修教研室主任, 副教授)
汤定国 (上海交通职业技术学院汽车工程系主任, 高讲)
陈文华 (浙江交通职业技术学院汽车系主任, 副教授)
徐生明 (四川交通职业技术学院汽车系副主任, 副教授)
韩 梅 (辽宁交通职业技术学院汽车系主任, 副教授)
葛仁礼 (西安汽车科技学院教授)
颜培钦 (广东交通职业技术学院汽车机械系主任, 副教授)

项目策划: 马乐惠 **策 划:** 马武装 毛红兵 马晓娟

前 言

我国改革开放以来,国民经济快速、稳步、持续地发展,人民生活水平逐年提高,汽车拥有量飞速增加,特别是家庭轿车越来越普及。汽车维修服务的车辆数和工作量近年来显著增加,但从事汽车维修专业人员的数量却不能满足汽车维修服务的需要。从事汽车维修专业的人员已成为目前最为紧缺的技能型人才。中国高等职业技术教育研究会和西安电子科技大学出版社根据教育部等六部门关于职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知精神,联合策划和出版了高等职业技术教育的系列精品教材。

本书以目前常见的轿车发动机为主,全面系统地介绍了现代汽车发动机的构造原理、维护修理、故障诊断与排除方面的新产品、新技术、新材料、新工艺。全书内容深入浅出,举一反三,图文并茂,言简意赅,内涵丰富。本书编写从汽车维修企业的需求和汽车维修工国家职能与技能鉴定的要求出发,以学生素质为基础,以能力为本位,以就业为导向,内容力求实用性、先进性、科学性和前瞻性。

本书由广东交通职业技术学院的王正键和卢若珊老师编写,其中王正键老师编写了第1~3、6、7、10章,卢若珊老师编写了第4、5、8、9、11、12章,上海交通职业技术学院的汤定国老师任主审。本书在编写过程中得到了中国高等职业技术教育研究会和汽车制造、汽车维修企业的关心和支持,借此机会,表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2007年2月

目 录

第 1 章 发动机基本知识	1	2.1.1 曲柄连杆机构的功用与组成	34
1.1 发动机的基本工作原理	1	2.1.2 曲柄连杆机构的工作条件及 受力简析	35
1.1.1 四冲程汽油机的工作原理	1	2.2 机体组	37
1.1.2 四冲程柴油机的工作原理	3	2.2.1 气缸体	37
1.2 发动机的总体构造与型号编制规则	5	2.2.2 气缸套与气缸的排列形式	38
1.2.1 发动机的总体构造	5	2.2.3 气缸盖与气缸盖衬垫	40
1.2.2 发动机的型号编制规则	7	2.2.4 油底壳	42
1.2.3 国外发动机型号的含义	9	2.2.5 发动机的支承	43
1.3 发动机的性能指标与热平衡	10	2.3 活塞连杆组	44
1.3.1 发动机的性能指标	10	2.3.1 活塞	44
1.3.2 发动机的热平衡	12	2.3.2 活塞环	48
1.3.3 机械损失	13	2.3.3 活塞销	52
1.4 四冲程发动机的换气	14	2.3.4 连杆	53
1.4.1 四冲程发动机的换气过程分析	14	2.3.5 连杆轴承	55
1.4.2 充气系数	16	2.4 曲柄飞轮组	57
1.4.3 可变进气管控制系统	17	2.4.1 曲轴	57
1.4.4 增压技术及其作用	18	2.4.2 平衡机构	63
1.5 汽油机可燃混合气的形成与燃烧	20	2.4.3 飞轮	64
1.5.1 车用汽油	20	2.4.4 曲轴扭转减振器	64
1.5.2 可燃混合气的形成过程	21	2.5 曲柄连杆机构的检修	65
1.5.3 可燃混合气的浓度表示方法	21	2.5.1 气缸体与气缸盖的检修	65
1.5.4 发动机工况对可燃混合气浓度 的要求	22	2.5.2 气缸的磨损与修理	69
1.5.5 正常燃烧过程	23	2.5.3 活塞连杆组的修理	73
1.5.6 不正常燃烧	24	2.5.4 曲轴与轴承的检修	79
1.5.7 使用因素对燃烧过程的影响	25	2.6 曲柄连杆机构的故障诊断	84
1.6 柴油机可燃混合气的形成与燃烧	26	2.6.1 常见异响的人工诊断法	84
1.6.1 柴油的主要性能与选用	26	2.6.2 发动机异响诊断仪的使用	87
1.6.2 柴油机混合气的形成过程	27	复习思考题	88
1.6.3 柴油机的燃烧过程	27	第 3 章 配气机构	90
1.7 发动机特性	29	3.1 配气机构概述	90
1.7.1 速度特性	29	3.2 配气机构的主要机件	94
1.7.2 负荷特性	30	3.2.1 气门组	94
1.7.3 发动机功率的测定	31	3.2.2 气门驱动组	95
复习思考题	33	3.3 电子控制的可变配气机构	98
第 2 章 曲柄连杆机构	34	3.3.1 本田 VTEC 可变配气机构	98
2.1 曲柄连杆机构概述	34	3.3.2 丰田 VVT-i 可变配气机构	102

3.3.3 丰田 VVTL-i 可变配气机构	106	5.3.1 润滑系的维护	157
3.3.4 大众车系发动机可变配气机构	107	5.3.2 机油泵及其附件的检修	157
3.3.5 电磁控制气门机构	109	5.3.3 机油冷却器的检修	158
3.4 配气机构的检修	109	5.3.4 机油和机油滤清器或滤芯 的更换	159
3.4.1 配气机构技术状况的变化及其 影响因素	110	5.4 润滑系的故障诊断	159
3.4.2 气门组零件的检修	113	复习思考题	162
3.4.3 气门传动组的检修	119	第 6 章 化油器式汽油机燃料供给系	163
3.4.4 VTEC 和 VVT-i 可变配气机构 的检修	123	6.1 化油器式汽油机燃料供给系概述	163
3.5 配气机构的故障诊断	127	6.1.1 汽油机燃料供给系的作用	163
3.5.1 异响诊断	127	6.1.2 化油器式汽油机燃料供给系 的组成	163
3.5.2 VTEC 故障诊断	128	6.2 化油器	164
复习思考题	132	6.2.1 简单化油器	164
第 4 章 冷却系	133	6.2.2 现代化油器的基本结构	165
4.1 冷却系概述	133	6.2.3 加浓装置	168
4.1.1 冷却系的功用与冷却方式	133	6.2.4 加速装置	169
4.1.2 冷却系的组成及工作情况	133	6.2.5 启动装置	171
4.1.3 冷却液	135	6.3 典型化油器	171
4.2 冷却系主要机件的构造	135	6.4 供给系统的其他装置	173
4.2.1 水泵	135	6.4.1 空气滤清器	173
4.2.2 风扇	136	6.4.2 进气管与排气管	175
4.2.3 散热器	138	6.4.3 排气消声器总成	175
4.2.4 节温器	139	6.4.4 汽油箱	176
4.2.5 百叶窗	140	6.4.5 汽油滤清器	176
4.3 冷却系主要机件的检修	140	6.4.6 汽油泵	177
4.3.1 水泵的检查与修理	141	6.5 供给系的故障诊断	178
4.3.2 散热器的检修	141	复习思考题	187
4.3.3 节温器的检查	142	第 7 章 电子控制汽油喷射系统	188
4.3.4 风扇的检修	143	7.1 电子控制汽油喷射系统概述	188
4.3.5 冷却液的检查	144	7.1.1 电子控制汽油喷射系统的分类	188
4.4 冷却系的故障诊断	144	7.1.2 电子控制汽油喷射系统的组成与 工作过程	189
复习思考题	146	7.2 电子控制汽油喷射系统主要部件的结构 与工作原理	193
第 5 章 润滑系	147	7.2.1 汽油供给系统主要部件的结构与 工作原理	193
5.1 润滑系概述	147	7.2.2 空气供给系统主要部件的结构与 工作原理	199
5.1.1 润滑系的作用、润滑方式 及组成	147	7.2.3 电子控制系统主要部件的结构与 工作原理	211
5.1.2 机油	151	7.3 电子控制汽油直接喷射系统	218
5.2 润滑系主要机件的构造	153		
5.2.1 机油泵	153		
5.2.2 机油滤清器	155		
5.2.3 机油散热器	156		
5.3 润滑系的维修	157		

7.3.1 电子控制汽油直接喷射系统的组成与工作原理	218	8.7.2 分配式喷油泵的调试	293
7.3.2 电子控制汽油直接喷射系统的主要部件的结构与工作原理	220	8.8 柴油机燃油供给系的故障诊断	295
7.4 电子控制汽油喷射系统的故障诊断	222	8.8.1 柱塞式喷油泵调速器总成及喷油器的故障诊断	295
7.4.1 故障诊断的注意事项	222	8.8.2 VE 分配式喷油泵的常见故障及排除方法	299
7.4.2 故障诊断的基本程序与方法	223	复习思考题	301
7.4.3 自诊断系统	229	第 9 章 电子控制柴油喷射系统	302
7.4.4 故障代码的读取与清除	230	9.1 电子控制柴油喷射系统概述	302
7.5 电子控制系统主要部件的故障检修	238	9.1.1 电子控制柴油喷射系统的优点	302
7.5.1 空气供给系统的检修	238	9.1.2 电子控制柴油喷射系统的类型	303
7.5.2 燃油供给系统的检修	239	9.1.3 电子控制柴油喷射系统的基本原理	303
7.5.3 电子控制系统的检修	241	9.2 高压共轨电子控制柴油喷射系统	303
复习思考题	253	9.2.1 高压共轨电子控制柴油喷射系统的组成	303
第 8 章 柴油机燃油供给系	254	9.2.2 高压共轨电子控制柴油喷射系统主要部件的结构与工作原理	304
8.1 柴油机燃油供给系概述	254	9.3 丰田汽车公司的电控式柴油机	308
8.1.1 柴油机燃油供给系的功用	254	9.4 柴油机电子控制系统的故障诊断	313
8.1.2 柴油机燃油供给系的组成	254	9.4.1 故障自诊断	313
8.1.3 燃油供给油路	255	9.4.2 德国大众宝来轿车电控柴油机故障代码的读取与清除	317
8.1.4 柴油机的燃烧室	255	9.4.3 失效保护	319
8.2 喷油器	257	9.4.4 电子控制柴油喷射系统常见故障的诊断	320
8.2.1 轴针式喷油器	257	9.4.5 电子控制柴油喷射系统常见故障分析	320
8.2.2 孔式喷油器	259	复习思考题	324
8.3 喷油泵	261	第 10 章 排气净化装置	325
8.3.1 喷油泵的功用与分类	261	10.1 排气净化装置概述	325
8.3.2 柱塞式喷油泵	262	10.1.1 汽车废气中的主要有害物质	325
8.3.3 分配式喷油泵	271	10.1.2 排气净化方法	325
8.4 调速器	276	10.2 废气再循环系统	326
8.4.1 调速器的功用	276	10.2.1 废气再循环系统的功用与要求	326
8.4.2 调速器的种类	276	10.2.2 废气再循环系统的组成与基本工作原理	326
8.4.3 机械式调速器的基本工作原理	276	10.3 汽油蒸气回收控制系统	327
8.5 柴油机燃油供给系的辅助装置	278	10.3.1 汽油蒸气回收控制系统的功用	327
8.5.1 输油泵	278	10.3.2 汽油蒸气回收控制系统的组成与基本工作原理	327
8.5.2 滤清器	280		
8.6 柴油机燃油供给系的检修	280		
8.6.1 喷油泵总成的检修	280		
8.6.2 分配式喷油泵的检修	284		
8.6.3 喷油器的检修	285		
8.6.4 调速器的检修	286		
8.6.5 喷油泵及调速器的装合	287		
8.6.6 输油泵的检修	288		
8.7 柴油机燃油供给系的调试	289		
8.7.1 柱塞式喷油泵及调速器的调试	289		

10.4 三元催化反应器	328	11.2 气缸密封性的检测	349
10.4.1 三元催化反应器的功用	328	11.2.1 气缸压缩压力的检测	350
10.4.2 三元催化反应器的组成与基本 工作原理	328	11.2.2 曲轴箱窜气量的检测	351
10.4.3 三元催化反应器在使用过程中 的注意事项	329	11.2.3 气缸漏气量的检测	352
10.5 二次空气喷射系统	330	11.2.4 气缸漏气率的检测	353
10.5.1 二次空气喷射系统的功用	330	11.2.5 进气管真空度的检测	354
10.5.2 二次空气喷射系统的组成与 基本工作原理	330	11.3 发动机的磨合	356
10.5.3 二次空气喷射系统 的主要部件	331	11.3.1 发动机磨合的意义	356
10.6 曲轴箱强制通风系统	333	11.3.2 磨合规范	357
10.6.1 曲轴箱强制通风系统的功用	333	11.4 发动机总成修理竣工技术条件	358
10.6.2 曲轴箱强制通风系统的组成与 基本工作原理	333	复习思考题	359
10.7 排气净化装置的检修	334	第 12 章 发动机维护与修理的有关 规定	360
10.7.1 EGR 系统的检修	334	12.1 发动机的维护	360
10.7.2 汽油蒸气回收控制系统 的检修	339	12.1.1 发动机维护种类	360
10.7.3 三元催化反应器的检修	340	12.1.2 发动机维护作业内容	360
10.7.4 二次空气喷射系统的检修	342	12.2 发动机的修理	365
10.7.5 曲轴箱强制通风系统的检修	343	12.2.1 发动机修理种类	365
复习思考题	344	12.2.2 发动机大修送修标志	365
第 11 章 发动机装配与试验	345	12.2.3 车辆和总成的送修规定	365
11.1 发动机的装配、调试与磨合	345	12.2.4 修竣车辆和总成的出厂规定	366
11.1.1 发动机装配注意事项	345	12.2.5 车辆及发动机维修保证制度	366
11.1.2 装合顺序与调整	345	复习思考题	366
		附录 汽车维修工职业技能鉴定国家 题库简介及复习要求	367
		参考文献	375

第1章 发动机基本知识

1.1 发动机的基本工作原理

国标(国家标准的简称)GB/T 725—1991 规定,内燃机产品名称均按所采用的燃料命名,如柴油机、汽油机、煤气机、沼气机、双(多种)燃料发动机。汽车的动力来源于内燃机(俗称发动机)。发动机是将燃料的化学能转变为机械能的机器。随着计算机技术、自动控制技术、电子技术在汽车上的广泛应用,按燃料供给与控制方式可将汽油机分为化油器式和电子控制汽油喷射式。柴油机分为机械高压油泵-喷油器式与电子控制喷射式。我国从2001年7月起已禁止生产化油器类轿车和5座客车。

发动机通过热功转换向汽车提供动力,每实现一次热功转换,都必须经过进气、压缩、作功及排气四个连续的过程,而每一次这样的工作过程称为一个工作循环。

凡是曲轴旋转两周,活塞往复四个行程完成一个工作循环的,称为四冲程发动机;曲轴旋转一周,活塞往复两个行程完成一个工作循环的,称为二冲程发动机。目前,汽车发动机是四冲程发动机。

1.1.1 四冲程汽油机的工作原理

1. 基本结构

如图1-1所示,单缸四冲程汽油机由油路、进气门、火花塞、排气门、凸轮轴、气门弹簧、气缸盖、排气管、氧传感器、活塞、气缸、连杆、曲轴、曲轴箱、喷油器、空气滤清器等组成。

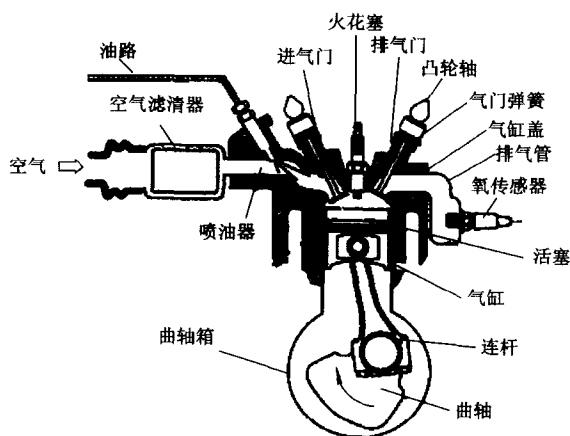


图1-1 单缸四冲程汽油机构造示意图

2. 常用术语

(1) 上、下止点：如图 1-2 所示，活塞顶部离曲轴回转中心最远的位置称为上止点；活塞顶部离曲轴回转中心最近的位置称为下止点。

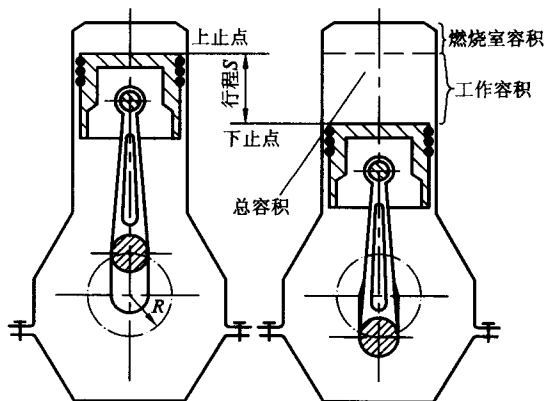


图 1-2 发动机常用术语示意图

(2) 活塞行程：指上、下止点间的距离 S 。曲轴的回转半径 R 称为曲柄半径（见图 1-2），显然 $S=2R$ 。曲轴每转一周，活塞移动两个行程。

(3) 气缸工作容积：指上、下止点间所包容的气缸容积（见图 1-2），用 V_h 表示，其单位是升(L)。

多缸发动机的各缸工作容积的总和称为发动机工作容积（俗称发动机排量），用 V_L 表示。若发动机的气缸数为 i ，则

$$V_L = iV_h$$

(4) 燃烧室容积：指活塞在上止点时，活塞顶部上方的容积（见图 1-2），用 V_c 表示。

(5) 气缸总容积：指活塞在下止点时，活塞顶部上方的整个空间（见图 1-2），用 V_a 表示。气缸总容积等于气缸工作容积与燃烧室容积之和，即

$$V_a = V_h + V_c$$

(6) 压缩比：指气缸总容积与燃烧室容积之比，用 ϵ 表示。它表示活塞由下止点运动到上止点时，气缸内气体被压缩的程度。压缩比越大，则压缩终了时气缸内气体的压力和温度就越高。

汽油机的压缩比一般为 8~10，柴油机的压缩比一般为 16~22。

3. 工作原理

四冲程汽油机的工作循环是由进气、压缩、作功和排气四个行程组成的。图 1-3 为单缸四冲程汽油机的工作循环示意图。

1) 进气行程

活塞在曲轴带动下从上止点向下止点运动，此时，进气门开启，排气门关闭，如图 1-3(a)所示。在活塞移动的过程中，气缸内容积逐渐增大，形成一定真空度，将可燃混合气吸入气缸。由于进气系统有阻力，进气终了时，气缸内气体存在一定压力（约为 0.08~0.09 MPa）。可燃混合气被气缸壁、活塞等高温零件及前一个循环留下的高温残余废气加热，其温度可升高到 370~400 K。

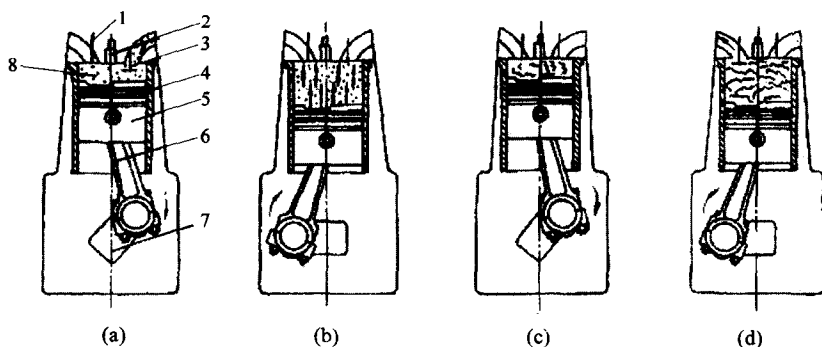


图 1-3 单缸四冲程汽油机的工作循环示意图

(a) 进气行程; (b) 压缩行程; (c) 作功行程; (d) 排气行程

1—排气门; 2—火花塞; 3—进气门; 4—气缸; 5—活塞; 6—连杆; 7—曲轴; 8—可燃混合气

2) 压缩行程

进气行程结束后, 活塞在曲轴的带动下, 从下止点向上止点运动。此时, 进、排气门均关闭, 如图 1-3(b) 所示。随着活塞的移动, 气缸容积不断减小, 气缸内的可燃混合气不断被压缩, 其温度、压力同时升高。压缩终了时, 气缸内的压力约为 $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$, 温度可达 $600 \sim 700 \text{ K}$ 。

3) 作功行程

压缩行程接近终了时(见图 1-3(c)), 安装在气缸盖上的火花塞产生电火花点燃可燃混合气, 可燃混合气迅速燃烧, 气体的温度、压力迅速升高并膨胀, 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并输出机械能。此时, 进、排气门仍然关闭。

在作功行程中, 燃烧气体的最高压力可达 $5 \sim 9 \text{ MPa}$, 最高温度可达 $2200 \sim 2800 \text{ K}$ 。随着活塞向下止点移动, 气缸容积不断增大, 气体压力和温度逐渐下降。在作功行程结束时, 压力约为 $0.35 \sim 0.5 \text{ MPa}$, 温度约为 $1300 \sim 1600 \text{ K}$ 。

4) 排气行程

作功行程终了时, 排气门打开, 进气门仍然关闭, 曲轴通过连杆推动活塞从下止点向上止点运动(见图 1-3(d)), 废气在自身剩余压力和活塞的推动下, 被排出气缸。当活塞到达上止点时, 排气过程结束, 排气门关闭。

排气行程结束时, 在燃烧室内残留少量废气, 称为残余废气。因为排气系统有阻力, 所以此时残余废气的压力比大气压力略高, 约为 $0.105 \sim 0.12 \text{ MPa}$, 温度约为 $900 \sim 1200 \text{ K}$ 。

排气行程终了表示一个工作循环的结束, 即下一个工作循环的开始。

1.1.2 四冲程柴油机的工作原理

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、作功和排气四个行程组成的。但由于柴油机使用的燃料是柴油, 其粘度比汽油大, 不易蒸发, 其自燃温度却比汽油低, 故可燃混合气的形成及着火方式等与汽油机有很大区别。单缸四冲程柴油机的工作原理如图 1-4 所示。

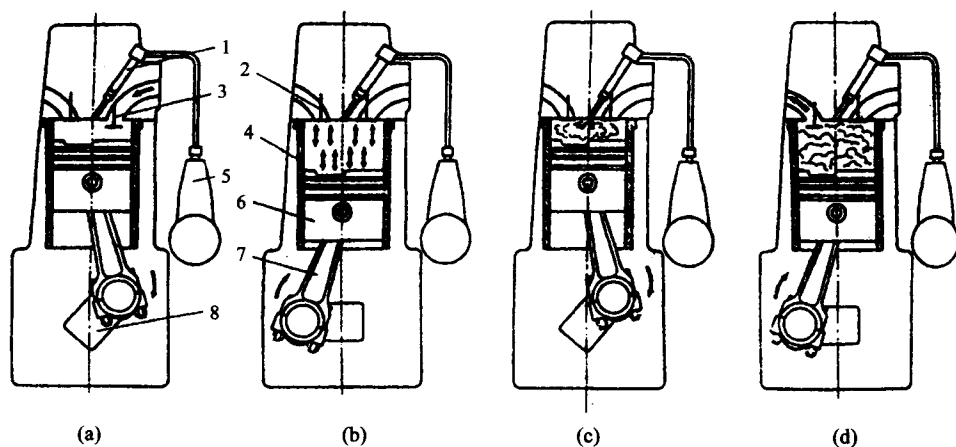


图 1-4 单缸四冲程柴油机的工作原理

(a) 进气行程；(b) 压缩行程；(c) 作功行程；(d) 排气行程

1—喷油器；2—排气门；3—进气门；4—气缸；5—喷油泵；6—活塞；7—连杆；8—曲轴

1) 进气行程

在柴油机进气行程中，进入气缸的是纯空气。由于柴油机进气阻力较小，残余废气的温度较低，因此进气行程结束时气缸内气体的压力较高，约为 $0.085 \sim 0.095 \text{ MPa}$ ，温度约为 $310 \sim 340 \text{ K}$ 。

2) 压缩行程

柴油机压缩的是纯空气，且由于柴油机压缩比高，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 $800 \sim 1000 \text{ K}$ 。

3) 作功行程

作功行程与汽油机有很大不同，在柴油机压缩行程接近终了时，喷油泵将高压柴油经喷油器呈雾状喷入气缸内的高温空气中，迅速汽化并借助于空气的涡流运动，与空气形成可燃混合气。此时，气缸内的温度远高于柴油的自燃温度（约 500 K ），柴油立即自行着火燃烧，且此后一段时间内边喷油边燃烧，气缸内的压力、温度急剧升高，推动活塞下行作功。

此行程中，瞬时压力可达 $6 \sim 10 \text{ MPa}$ ，瞬时温度可达 $1800 \sim 2200 \text{ K}$ ；作功行程终了时，压力约为 $0.2 \sim 0.4 \text{ MPa}$ ，温度约为 $1200 \sim 1500 \text{ K}$ 。

4) 排气行程

柴油机的排气行程与汽油机的基本相同。排气终了时，气缸内的压力约为 $0.105 \sim 0.12 \text{ MPa}$ ，温度约为 $800 \sim 1000 \text{ K}$ 。

从上述两种发动机的工作循环可知：在四个行程中，只有作功行程产生动力，其他三个行程是为作功行程做准备工作的辅助行程。在发动机进行第一个工作循环时，必须有外力使曲轴旋转完成进气、压缩行程。发动机完成作功行程后，可依靠曲轴和飞轮储存的能量自行完成三个辅助行程，使发动机工作循环不断地持续下去。

1.2 发动机的总体构造与型号编制规则

1.2.1 发动机的总体构造

汽油机通常由两大机构五大系统组成,柴油机通常由两大机构四大系统组成。

1. 曲柄连杆机构

曲柄连杆机构主要由气缸体、曲轴箱、气缸盖、活塞、连杆、曲轴和飞轮等组成。其功用是将燃料燃烧时产生的热能转变为活塞的往复运动的机械能,再通过连杆将活塞的往复运动的机械能转变为曲轴的旋转运动而对外输出动力。

2. 配气机构

配气机构主要由进气门、排气门、摇臂、推杆、凸轮轴和凸轮轴正时齿轮等组成。其功用是使可燃混合气或空气适时充入气缸并及时从气缸排出废气。

3. 燃料供给系

化油器式汽油供给系主要由汽油箱、汽油泵、汽油滤清器、化油器、空气滤清器、进排气歧管、排气消声器等组成。

电子控制汽油喷射系统主要由汽油箱、电动汽油泵、汽油滤清器、压力调节器、喷油器、空气滤清器、空气流量计或进气压力传感器、水温传感器、进气温度传感器、曲轴位置传感器、节气门位置传感器、氧传感器、电子控制单元(ECU)、怠速控制阀、进排气歧管、排气消声器等组成。

高压油泵-喷油器的柴油机燃料供给系主要由柴油箱、柴油滤清器、输油泵、喷油泵、喷油器、空气滤清器、进排气歧管、排气消声器等组成。

柴油机电控燃油喷射系统分为位置控制式(第一代)、时间控制式(第二代)和共轨控制式(第三代)三种类型。共轨控制式主要由加速踏板位置传感器、油泵压力传感器、电子控制单元(ECU)、燃油压力传感器、共轨管、三通阀、高压油泵、发动机转速传感器等组成。

燃料供给系的功用是根据发动机的工作要求,定时、定量、定压提供最佳浓度的可燃混合气。

4. 润滑系

润滑系主要由机油泵、集滤器、限压阀、润滑油道、机油滤清器、油底壳等组成。其功用是减小摩擦力,减缓机件磨损,并部分地冷却摩擦零件,清洗摩擦表面。

5. 冷却系

冷却系主要由散热器、风扇、水泵、水套等组成。其功用是将机件多余的热量散发到大气中,以保持发动机正常的工作温度。

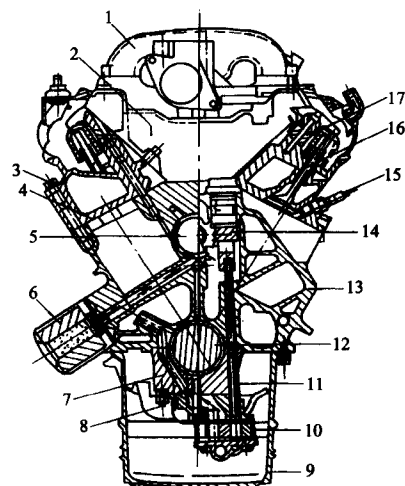
6. 点火系

点火系由火花塞、点火线圈、电子点火控制器或分电器、电子控制单元、高低压电路等组成。其功用是根据发动机的工作要求,定时点燃可燃混合气。柴油机无点火系。

7. 启动系

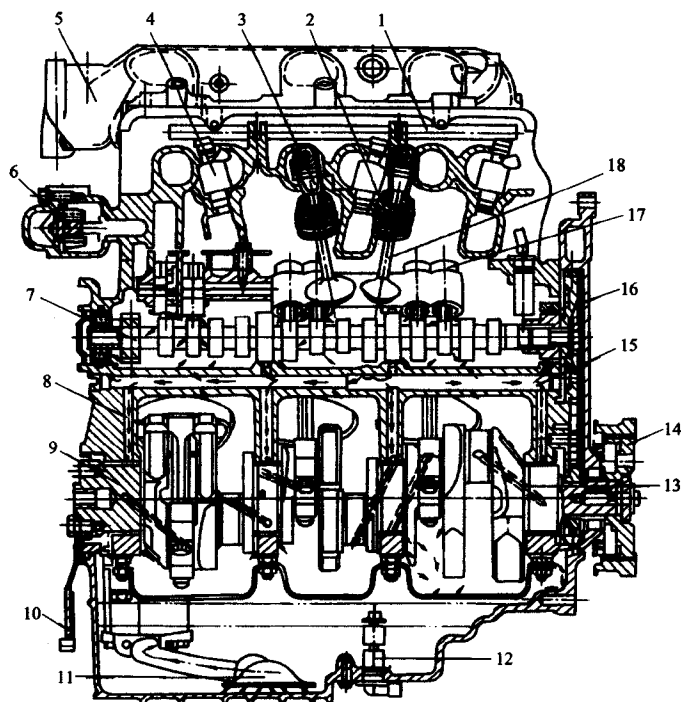
启动系主要由起动机及其附属装置组成。其功用是使静止的发动机启动并转入自行运转。

图 1-5 和图 1-6 分别为上海别克君威轿车 2.5 L 发动机前剖面图和侧剖面图。



- 1—上进气歧管；2—下进气歧管；
- 3—缸盖螺栓；4—气缸盖；
- 5—凸轮轴；6—机油滤清器；
- 7—主轴承盖；8—挡油板；
- 9—油底壳；10—机油泵；
- 11—机油泵驱动轴器；
- 12—曲轴；13—缸体；
- 14—机油泵轴驱动齿轮；
- 15—火花塞；16—气门；
- 17—摇臂

图 1-5 上海别克君威轿车 2.5 L 发动机前剖面图



- 1—燃油管；2—气门弹簧；
- 3—摇臂；4—喷油器；
- 5—上进气歧管；6—节温器；
- 7—凸轮轴；
- 8—曲轴主轴承油道；
- 9—曲轴；10—飞轮；
- 11—集滤器；
- 12—机油液面传感器；
- 13—连杆轴承油道；
- 14—曲轴带轮；15—主油道；
- 16—前端盖；17—液压挺杆；
- 18—气门

图 1-6 上海别克君威轿车 2.5 L 发动机侧剖面图

图 1-7 为 WD615 增压中冷柴油机的构造图。

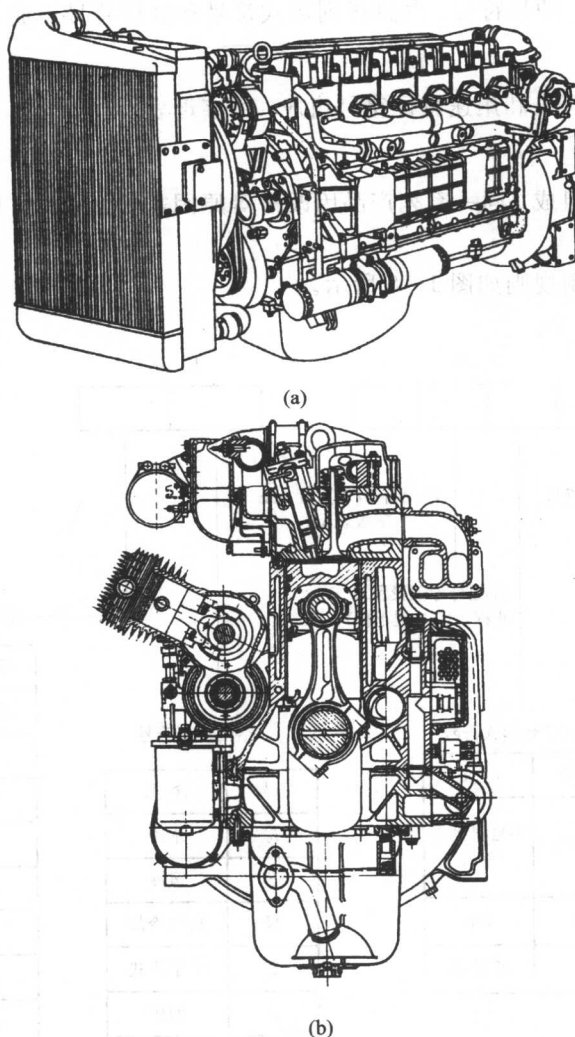


图 1-7 WD615 增压中冷柴油机构造图
(a) 总体构造图；(b) 横剖面图

1.2.2 发动机的型号编制规则

国标 GB/T 725—1991 规定，发动机的型号由阿拉伯数字(以下简称数字)、汉语拼音字母(以下简称字母)和 GB 1883 中规定关于气缸布置所规定的象形字符号组成。发动机的型号依次包括下列四部分。

1. 首部

首部由产品系列符号、换代标志符号和地方及企业代号组成，它由制造厂根据需要自选相应的字母来表示，但需主管部门或由主管标准化机构核准。