

高职高专教改系列教材

发动机构造与维修

主 编 郭 微 段 伟



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

高职高专教改系列教材

发动机构造与维修

主 编 郭 微 段 伟

副主编 耿道森 方俊芳 钱多德

主 审 余承辉



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材根据汽车维修技术领域和职业岗位的任职要求,提炼编写内容,简化繁琐的理论分析,突出结构、维修、检测以及故障诊断等内容的讲述,力求与职业资格标准相衔接,有较强的岗位针对性和实用性。

本书采用工学结合的项目化编写模式,以大众车系、丰田车系为例讲解,内容包括8大项目,30个学习任务,包括发动机的总体认识、曲柄连杆机构检修、配气机构检修、汽油机燃料供给系统检修、柴油机燃料供给系统结构认识与检修、润滑系统检修、冷却系统的结构与检修、发动机总装与调试,同时在检修的内容中还有机地嵌入职业标准、行业标准或企业标准。

本书适用于高职高专汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车制造与装配等专业的教学,也可作为其他相关专业的教材或参考书,还可供从事汽车维修的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

发动机构造与维修 / 郭微, 段伟主编. -- 北京 :
中国水利水电出版社, 2014. 1
高职高专教改系列教材
ISBN 978-7-5170-1658-8

I. ①发… II. ①郭… ②段… III. ①汽车—发动机
—构造—高等职业教育—教材②汽车—发动机—车辆修理
—高等职业教育—教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第008714号

书 名	高职高专教改系列教材 发动机构造与维修
作 者	主编 郭微 段伟
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 18印张 449千字
版 次	2014年1月第1版 2014年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	39.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

近年来随着汽车产业的迅猛发展,我国汽车专业职业教育也取得了长足的发展,为汽车行业输送了大量的人才。汽车新技术、新设备的不断应用,对汽车专业人才的培养提出了更高的要求:进一步深化人才培养模式、课程体系和教学内容的改革,不断提高办学质量和教学水平,为社会培养服务产业转型升级和企业技术创新需求的发展型、复合型、创新型的技术技能型人才。

本书是依据高职高专汽车维修专业教学要求编写的,贯彻了“以服务为宗旨,以就业为导向”的职业教育方针。在结构编排上,突出综合职业能力的培养;在内容选择上,注重汽车后市场职业岗位对人才的知识、能力要求,力求与相应的职业资格标准衔接,并较多地反映了新知识、新技术、新工艺、新方法、新材料的内容。

本书采用工学结合的项目化编写模式,内容包括:发动机的认识,曲柄连杆机构检修,配气机构检修,汽油机燃料供给系统检修,柴油机燃料供给系统检修,冷却系统的检修,润滑系统的检修,发动机总装与调试,其中检修内容是以市场上保有量比较大的大众车系、丰田车系为例讲解的,同时还有机地嵌入职业标准、行业标准或企业标准。

本书适用于高职高专汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车制造与装配等专业的教学,也可作为其他相关专业的教材或参考书,还可供从事汽车维修的工程技术人员参考。

本书由安徽水利水电学院余承辉教授主审,由安徽水利水电学院郭微、段伟担任主编,由江淮汽车厂钱多德、安徽水利水电学院王贤虎和方俊芳担任副主编。参编人员还有安徽水利水电学院陈阳、汤萍、盛丹丹、陶小川、黄皖、曹文霞、李玉琴、李媛媛,合肥小汽车修配厂石军和合肥众诚汽车修理厂赵贵斌。具体编写分工:陈阳编写项目1,段伟编写项目2中学习任务2.1~学习任务2.3、耿道森编写项目2中学习任务2.4和学习任务2.5,汤萍编写项目3中学习任务3.1和学习任务3.2,盛丹丹编写项目3中学习任务3.3~学习任务3.5,郭微编写项目4中学习任务4.1~学习任务4.3,陶小川编写项目4中学习任务4.4和学习任务4.5,王贤虎编写项目5中学习任务5.1和学习任务5.2,黄皖编写项目5中学习任务5.3~学习任务5.5,方俊芳编写项目6中学习任务

6.1 和学习任务 6.2, 曹文霞编写项目 6 中学习任务 6.3 和学习任务 6.4, 李玉琴编写项目 7, 李媛媛编写项目 8。江淮汽车厂钱多德参与了本书的大纲拟定和审稿工作; 合肥小汽车修配厂石军、合肥众诚汽车修理厂赵贵斌为本书编写提供了大量的素材和行业资料, 在此, 谨向以上编撰人员表示衷心的感谢。

在本书编写过程中, 参阅了一些国内外出版的同类书籍, 在此特向有关作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限, 书中在所难免会出现错误、疏漏之处, 敬请使用本书的师生和读者批评指正。

编者

2013 年 10 月

目 录

前言

项目1 发动机的总体认识

学习任务 1.1 汽车发动机的基本知识	1
1.1.1 汽车发动机总成的布置形式	1
1.1.2 汽车发动机分类及编号规则	2
1.1.3 发动机的常用术语及技术参数	5
1.1.4 发动机的工作原理	9
1.1.5 发动机附件	15
学习任务 1.2 发动机总成的吊卸	17
1.2.1 吊卸发动机专用工具的使用	17
1.2.2 常用工具的种类、使用方法	20
思考与练习	24

项目2 曲柄连杆机构检修

学习任务 2.1 曲柄连杆机构的基本知识	25
2.1.1 曲柄连杆机构的作用及结构	25
2.1.2 曲柄连杆机构受力情况分析	25
学习任务 2.2 机体组的检修	26
2.2.1 机体组件结构	26
2.2.2 机体组检修	32
学习任务 2.3 活塞连杆组检修	36
2.3.1 活塞连杆组的结构	36
2.3.2 活塞连杆组检修	44
学习任务 2.4 曲轴飞轮组检修	50
2.4.1 曲轴飞轮组件结构	50
2.4.2 曲轴飞轮组件检修	56
学习任务 2.5 曲柄连杆机构常见故障诊断与排除	60
2.5.1 曲轴主轴承响	60
2.5.2 连杆轴承响	61

2.5.3 活塞销响	62
2.5.4 活塞敲缸响	63
学习任务 2.6 典型发动机曲柄连杆机构的拆装	64
2.6.1 曲柄连杆机构的拆卸	64
2.6.2 曲柄连杆机构的检修	67
2.6.3 曲柄连杆机构的安装	70
思考与练习	73

项目3 配气机构检修

学习任务 3.1 配气机构的认识	74
3.1.1 配气机构的作用	74
3.1.2 配气机构的分类与组成	74
3.1.3 配气相位	77
学习任务 3.2 气门组件结构认识和检修	79
3.2.1 气门组件的组成、类型和作用	79
3.2.2 气门组件检修	82
学习任务 3.3 气门传动组件结构认识和检修	88
3.3.1 气门传动组件的组成工作原理	88
3.3.2 气门传动组件的检修	93
学习任务 3.4 配气机构的拆装、调整	95
3.4.1 配气机构的拆装	95
3.4.2 气门间隙检查与调整	99
学习任务 3.5 配气机构常见故障诊断与排除	100
3.5.1 气门间隙响（俗称气门脚响）	100
3.5.2 气门挺柱响	101
3.5.3 气门座响	101
3.5.4 正时齿轮响	102
3.5.5 凸轮轴异响	102
3.5.6 液力挺柱响	102
思考与练习	103

项目4 汽油机燃料供给系统检修

学习任务 4.1 汽油机燃料供给系统认识	104
4.1.1 电控喷射式燃油供给系可燃混合气的形成	104
4.1.2 可燃混合气浓度对发动机性能的影响	104
4.1.3 汽油机电控燃油喷射系统类型	106
4.1.4 燃油喷射系统组成	109
4.1.5 燃油喷射控制功能	111
学习任务 4.2 燃油供给系统结构认识和检修	117

4.2.1 燃油供给系统的作用和组成	117
4.2.2 燃油供给系统的主要部件	118
4.2.3 燃油供给系统的检修	128
学习任务 4.3 电子控制系统的组成和传感器的检修	130
4.3.1 电子控制系统的功用、组成及工作过程	130
4.3.2 电控单元 (ECU)	131
4.3.3 传感器及其检修	133
学习任务 4.4 进排气系统部件认识与检修	155
4.4.1 进气系统结构认识与检修	155
4.4.2 排气控制系统认识与检修	159
学习任务 4.5 汽油机燃料供给系统的故障诊断	161
4.5.1 发动机不能启动	161
4.5.2 发动机怠速不良	161
4.5.3 发动机动力不足	164
4.5.4 发动机耗油量大	164
思考与练习	165

项目 5 柴油机燃料供给系统结构认识与检修

学习任务 5.1 柴油机燃料供给系统的认识	166
5.1.1 柴油机燃料供给系统的功用与分类	166
5.1.2 柴油机的燃烧室与可燃混合气的燃烧过程	167
学习任务 5.2 普通柴油机燃料供给系统的结构认识	169
5.2.1 普通柴油机燃料供给系统的组成	169
5.2.2 普通柴油机燃料供给系统主要零部件的结构	170
学习任务 5.3 普通柴油机燃料供给系统的维护和检修	188
5.3.1 柴油机的性能、牌号与选用	188
5.3.2 柴油机燃料供给系统的维护	190
5.3.3 柴油机燃料供给系统主要部件的拆装	192
学习任务 5.4 电子控制柴油机燃料供给系统的结构认识	194
5.4.1 共轨技术电控柴油机的分类	194
5.4.2 电控柴油机的功能	194
5.4.3 共轨技术柴油机的组成	195
学习任务 5.5 柴油机燃料供给系统的典型故障	199
5.5.1 普通柴油机燃料供给系统的典型故障	199
5.5.2 共轨柴油机燃料供给系统的典型故障	203
思考与练习	207

项目 6 润滑系检修

学习任务 6.1 润滑系的认识	209
------------------------------	------------

6.1.1 润滑系功用与润滑方式	209
6.1.2 润滑系的组成	210
6.1.3 润滑系的油路	212
6.1.4 曲轴箱的通风	212
学习任务 6.2 润滑系主要零部件的结构	213
6.2.1 机油泵	213
6.2.2 机油滤清器	215
6.2.3 机油冷却器	217
学习任务 6.3 润滑系的维护和检修	219
6.3.1 润滑油相关知识	219
6.3.2 润滑系的维护	222
6.3.3 润滑系的检修	223
学习任务 6.4 润滑系常见故障及诊断	228
6.4.1 机油变质	229
6.4.2 机油消耗异常	229
6.4.3 机油压力过高	230
6.4.4 机油压力过低	230
思考与练习	231

项目 7 冷却系统的结构与检修

学习任务 7.1 冷却系统结构的认识	232
7.1.1 冷却系作用与分类	232
7.1.2 水冷却系的主要零件及作用	233
7.1.3 冷却系水循环	239
学习任务 7.2 冷却系统的维护与检修	240
7.2.1 冷却液的相关知识	240
7.2.2 冷却系统的维护	241
7.2.3 冷却系统常见故障及诊断	245
思考与练习	246

项目 8 发动机总装与调试

学习任务 8.1 零件的清洗和摆放	247
8.1.1 零件的清洗方式	247
8.1.2 零件的摆放	249
8.1.3 发动机零件清洗机的使用方法和注意事项	250
学习任务 8.2 发动机的总装	251
8.2.1 发动机装配工艺及规程	251
8.2.2 发动机装配过程检验项目、方法和技术要求	252

8.2.3 发动机装配竣工检验项目、方法和技术要求	258
思考与练习	262
附录 《发动机构造与维修》题库	263
参考文献	278

项目 1 发动机的总体认识

学习目标描述

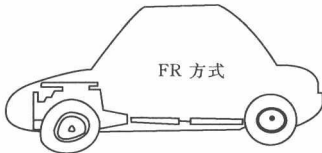
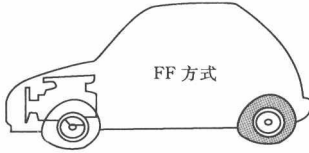
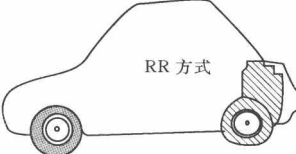
- (1) 能理解发动机分类、了解发动机的专业术语。
- (2) 能正确地理解发动机工作原理及结构组成。
- (3) 熟悉发动机的主要性能指标与特性。
- (4) 掌握发动机吊卸工具和常用工具的使用。
- (5) 认识发动机上的附件，了解其作用。

学习任务 1.1 汽车发动机的基本知识

1.1.1 汽车发动机总成的布置形式

发动机总成在汽车上的布置形式主要有发动机前置、发动机中置和发动机后置三种类型。见表 1.1。

表 1.1 发动机布置形式

类 型	说 明	图 示
发动机前置后轮驱动 (FR)	特点：是传统的布置形式，大多数货车、部分轿车和客车采用	
发动机前置前轮驱动 (FF)	特点：是轿车上逐渐盛行的布置形式，有结构紧凑、减小轿车的质量、降低地板的高度、改善高速时的操纵稳定性等优点	
发动机中置后轮驱动 (MR)	特点：目前大多数运动型轿车和方程式赛车所采用的布置形式	
发动机后置后轮驱动 (RR)	特点：目前大、中型客车盛行的布置形式，具有降低室内噪声、有利于车身内部布置等优点	



1.1.2 汽车发动机分类及编号规则

1.1.2.1 汽车发动机的分类

往复式活塞式汽车发动机分类方法很多,按照着火方式、使用燃料、冷却方式、进气状态等不同的分类方法可以把发动机分成很多不同的类型。

1. 按冲程分类

按照发动机完成一个工作循环所需的行程数,可分为四冲程发动机和二冲程发动机。

曲轴旋转两圈(720°),活塞上下往复两次,经过四个行程,完成一个工作循环的发动机,称为四冲程发动机。

曲轴旋转一圈(360°),活塞上下往复一次,经过两个行程,完成一个工作循环的发动机,称为二冲程发动机。

由于排放的限制,汽车发动机广泛采用的是四冲程发动机。二冲程发动机在助力车、摩托车上使用较多。

2. 按气缸数及布置分类

发动机按照气缸数的不同可分为单缸发动机、多缸发动机(两缸及以上)。

按布置形式的不同,可分为直列式发动机、V型式发动机、水平对置式发动机等。

(1) 直列发动机。是指气缸是按直线排列的,它所有的气缸均按同一角度肩并肩排成一个平面,如图1.1所示。现代汽车上主要有L3、L4、L5、L6型发动机。

1) 优点。结构简单,制造成本低,运转平衡性好,稳定性较好,低速扭矩特性好,燃料消耗少,尺寸紧凑,应用比较广泛。

2) 缺点。当排气量和气缸数增加时,发动机的长度将大大增加。

直列4缸发动机一般广泛应用在2.5升排量以下的发动机中。

(2) V型发动机。如图1.2所示。它是将所有气缸分成两组,把相邻气缸以一定的夹角布置在一起,使两组气缸形成一个夹角(一般为 90°),从侧面看气缸呈V字形,故称V型发动机。常见的V型发动机有V6、V8、V10、V12。

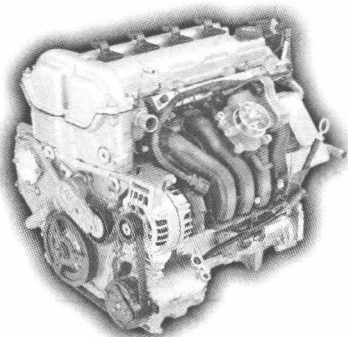


图 1.1 直列发动机

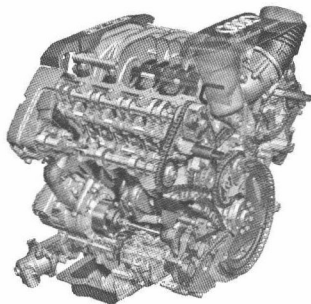


图 1.2 V型发动机

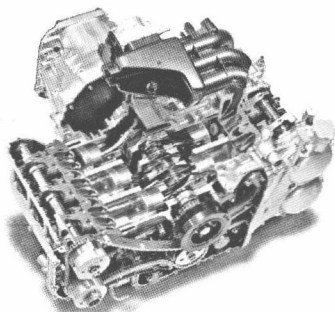


图 1.3 水平对置发动机

1) 优点。V型发动机的高度和长度尺寸小,在汽车上布置起来较为方便。



2) 缺点。结构比较复杂,不利于保养和维修,并且造价较高。

(3) 水平对置发动机。也可算是 V 型发动机的一种,只不过 V 型的夹角变成了 180° ,一般为 4 缸或 6 缸,如图 1.3 所示。

1) 优点。低重心,产生的横向振动易被支架吸收、将较重的发动机重心降低,更易达到整体平衡;低振动,活塞运动的平衡良好(180° 左右抵消)。相比直列式,在曲轴方面所需的平衡配重因素减少,有助转速提升。较为经济,油耗低。

2) 缺点。造价高,发动机太宽。

目前世界上只有“保时捷”和“斯巴鲁”两家汽车制造商生产水平对置发动机。

3. 按着火方式分类

发动机按着火方式的不同,可分为点燃式发动机和压燃式发动机。点燃式发动机,例如汽油发动机;压燃式发动机,例如柴油发动机。

4. 按使用燃料分类

发动机按照所使用的燃料不同可分为汽油机、柴油机、气体燃料(氢气、天然气)发动机、多种燃料发动机等。

5. 按冷却方式分类

发动机按照冷却方式的不同可分为水冷发动机、风冷发动机。如图 1.4 所示。

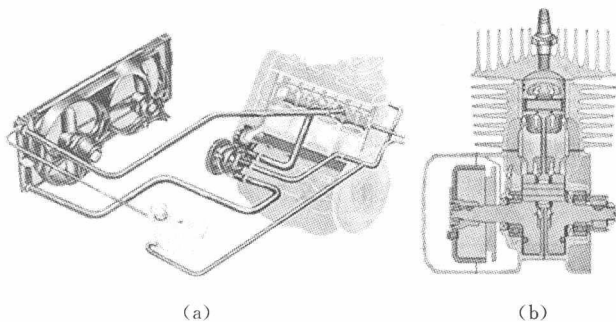


图 1.4 水冷式与风冷式发动机

(a) 水冷式; (b) 风冷式

水冷发动机利用在气缸体和气缸盖冷却水套中进行循环的冷却液作为冷却介质进行冷却。水冷发动机冷却均匀、工作可靠、冷却效果好,被广泛应用于现代车用发动机。

风冷发动机利用流动于气缸体和气缸盖外表面散热片之间的空气作为冷却介质进行冷却。

6. 按进气状态分类

发动机按照进气状态的不同,可以分为增压式发动机和非增压式(自然吸气式)发动机。

通常柴油机采用进气增压。为了降低油耗,提升发动机功率,目前很多汽油机也采用进气增压。

7. 按燃料供给方式分类

发动机按燃料供给方式可分为化油器式发动机、汽油喷射式(缸外喷射、缸内喷射)发动机、直接喷射式柴油机等。



由于排放的要求，化油器式的汽油机在现代汽车上基本已被淘汰。

柴油机均采用缸内燃料直接喷射的燃料供给方式。

汽油机采用缸外燃料喷射的燃料供给方式，但随着发动机技术的发展，目前很多新型汽油发动机也采用缸内燃料直接喷射。如大众公司采用FSI、TSI技术的发动机，通用公司采用SIDI技术的发动机，福特公司采用GDI技术的发动机。

1.1.2.2 国产汽车发动机的编号规则

为了便于发动机的生产管理和使用，国家标准（GB 725—82）中对国产发动机的名称和型号编制方法作了统一规定，该标准的主要内容如下：

发动机产品名称均按所采用的燃料命名，例如柴油机、汽油机、煤气机、沼气机、双（多种）燃料发动机等。

发动机型号由阿拉伯数字和汉语拼音字母组成。

1. 发动机型号

发动机型号包括以下四部分。

（1）首部。为产品系列符号和（或）换代标志符号，由制造厂根据需要自选相应字母表示，但需主管部门或部门主管标准化机构核准。

（2）中部。由缸数符号、行程符号、气缸排列形式符号和缸径符号组成。

（3）后部。结构特征和用途特征号，以字母表示。

（4）尾部。区分符号，同一系列产品因改进等原因需要区分时，由制造厂选用适当的符号表示。

2. 发动机型号的排列顺序及符号所代表的含义

发动机型号的排列顺序及符号所代表的含义如图 1.5 所示。

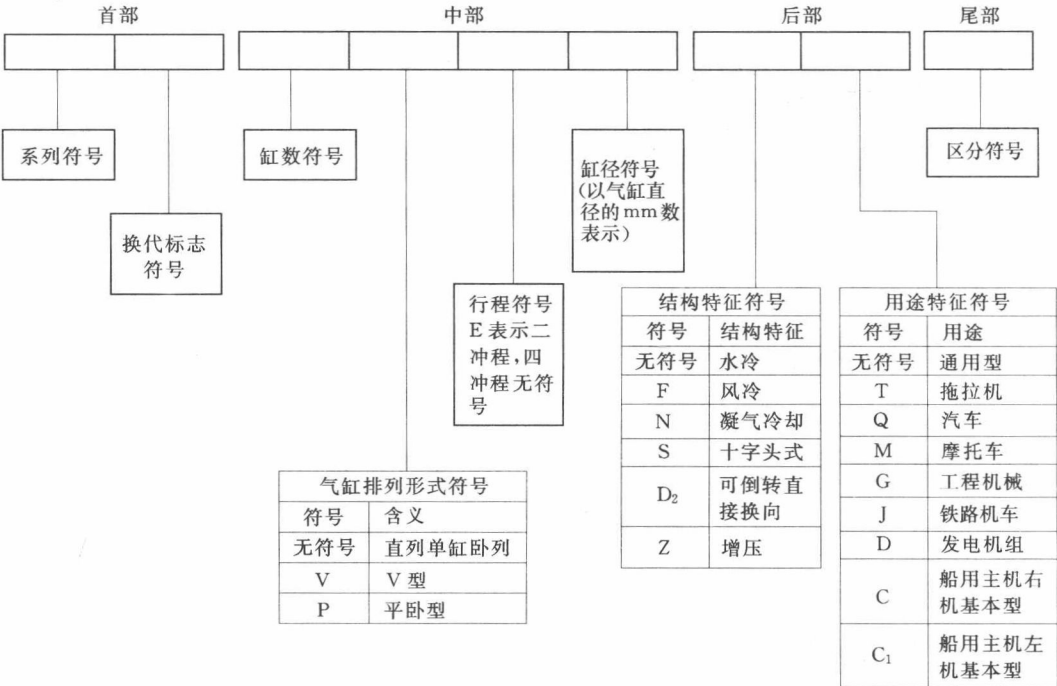


图 1.5 发动机编号的排列顺序及符号的含义



3. 型号编制示例

(1) 汽油机。

1E65F：表示单缸，二冲程，缸径 65mm，风冷，通用型。

6100Q：表示 6 缸，四冲程，缸径 100mm，水冷，汽车用。

CA6102：表示 6 缸，四冲程，缸径 102mm，水冷，通用型，CA 表示系列符号。

(2) 柴油机。

165F：表示单缸，四冲程，缸径 65mm，风冷。

R175：表示单缸，四冲程，缸径 75mm，水冷，通用型（这里取 R 表示 175 的换代标志符号）。

R175ND：表示单缸，四冲程，缸径 75mm，凝气冷却，发电用（R 含义同上）。

X4105：表示 4 缸，四冲程，缸径 105mm，水冷（这里取 X 表示系列代号）。

495T：表示 4 缸，四冲程，缸径 95mm，水冷，拖拉机用。

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

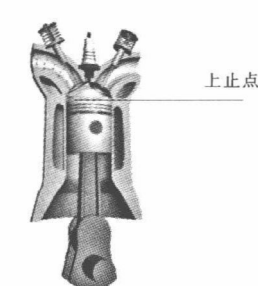
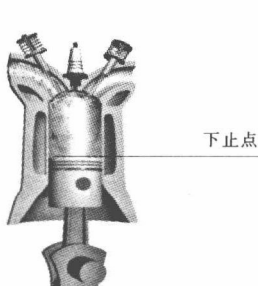
6E135C：表示 6 缸，二冲程，缸径 135mm，水冷，船用。

1.1.3 发动机的常用术语及技术参数

1.1.3.1 发动机的常用术语

发动机的常用术语见表 1.2。

表 1.2 发动机的常用术语

名 称	解 释	图 示
上止点	当活塞处于距离曲轴旋转中心最远处的位置，即活塞上行到最高位置，为上止点。一般用英文缩写 TDC 表示	
下止点	当活塞距离曲轴旋转中心最近处的位置，一般指活塞下行到最低位置，为下止点。一般用英文缩写 BDC 表示	



续表

名 称	解 释	图 示
活塞行程	活塞从一个止点到另一个止点移动的距离,即上、下止点间的距离。一般用 S 表示,对应一个活塞行程,曲轴旋转 180°	
曲柄半径	与连杆下端(即连杆大头)相连的曲柄销中心到曲轴回转中心的距离(mm)。显然, $S=2R$ 。曲轴每转一周,活塞移动两个行程	
气缸工作容积	活塞从上止点到下止点所扫过的空间容积(单位为:L)。一般用字母 V_h 表示	
发动机排量	对于多缸发动机而言,发动机所有气缸工作容积之和即为发动机排量(单位为:L)。一般用字母 V_L 表示	
燃烧室容积	活塞在上止点时,活塞上方的空间叫燃烧室,它的容积叫燃烧室容积。一般用字母 V_c 表示	
气缸总容积	活塞在下止点时,活塞上方的容积称为气缸总容积。一般用字母 V_a 表示,它等于气缸工作容积与燃烧室容积之和,即: $V_a=V_h+V_c$	



续表

名 称	解 释	图 示
压缩比	气缸总容积与燃烧室容积的比值称为压缩比，一般用字母 ϵ 来表示，即 $\epsilon = V_a/V_c = 1 + V_h/V_c$ ，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，压缩终了时气缸内的气体压力和温度就越高。通常汽油机的压缩比为 6~11，柴油机的压缩比较高，一般为 16~22	
工作循环	每一个工作循环包括进气、压缩、做功和排气行程，即完成进气、压缩、做功和排气四个行程叫一个工作循环	
工况	发动机在某一时刻的运行状况简称工况，以该时刻内燃机输出的有效功率和曲轴转速表示，曲轴转速即为发动机转速	
负荷	发动机在某一转速下发出的有效功率与相同转速下所发出的最大有效功率的比值称为负荷率，简称负荷，通常以百分数表示	

1.1.3.2 发动机的性能指标

发动机的性能指标即发动机的技术参数，是用来表征发动机性能特点，衡量发动机性能的标准。发动机的主要性能指标有：动力性能指标，经济性能指标和环境指标。

1. 动力性能指标

动力性能指标是表示曲轴对外做功能力的指标，包括有效扭矩、有效功率、发动机转速和平均有效压力。

(1) 有效扭矩。有效扭矩是指发动机通过曲轴或飞轮对外输出的扭矩，通常用 T_e 表示，单位为 $N \cdot m$ 。

(2) 有效功率。有效功率指发动机通过曲轴或飞轮对外输出的功率，通常用 P_e 表示，单位为 kW 。

(3) 发动机转速。发动机转速指发动机曲轴每分钟的转动圈数，单位为 r/min 。发动机产品铭牌上标明的功率及相应转速分别称为额定功率和额定转速。按照汽车发动机可靠性试验方法的规定，汽车发动机应能在额定工况下连续运行 300~1000h。

(4) 平均有效压力。单位气缸工作容积发出的有效功称为平均有效压力，记作 p_{me} ，单位为 MPa 。显然，平均有效压力越大，发动机的做功能力越强。

2. 经济性能指标

通常用燃油消耗率来评价发动机的经济性能。

燃油消耗率是指单位有效功的燃油消耗量，也就是发动机每发出 $1kW$ 有效功率在 $1h$ 内所消耗的燃油质量（以 g 为单位），燃油消耗率通常用 g_e 表示，其单位为 $g/(kW \cdot h)$ 。

显然，有效燃油消耗率越小，表示发动机曲轴输出净功率所消耗的燃油越少，其经济性越好，通常发动机铭牌上给出的有效燃油消耗率 g_e 是最小值。

3. 环境指标

环境指标用来评价发动机排气品质和噪声水平。由于它关系到人类的健康及其赖以生存