



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校汽车运用与维修专业教学用书

柴油机维修技术

◎ 曾小珍 主编 ◎ 张普国 主审



<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

技能型紧缺人才培养

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校汽车运用与维修专业教学用书

柴油机维修技术

曾小珍 主编
张普国 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材, 内容主要包括柴油机的构造、拆装和试机, 柴油机主要零部件的检修技术, 柴油机的使用与维护保养, 柴油机故障诊断与排除, 以及电控柴油机的构造与原理等。

本书为中等职业学校汽车运用与维修专业选修科目中的“柴油机维修专门化”教学用书, 亦可作为柴油机快速维修技术培训班学员的教学用书, 以及高职高专相关专业学生实训指导参考用书。

本书还配有教学指南、电子教案和习题答案(电子版), 详见前言。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

柴油机维修技术 / 曾小珍主编. —北京: 电子工业出版社, 2005.12

教育部职业教育与成人教育司推荐教材·中等职业学校汽车运用与维修专业教学用书

ISBN 7-121-01880-2

I. 柴… II. 曾… III. 汽车—柴油机—车辆修理—专业学校—教材 IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 124588 号

责任编辑: 李 影 刘真平

印 刷: 北京季峰印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.5 字数: 499.2 千字

印 次: 2005 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 24.40 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。
联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlls@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

中等职业学校教材工作领导小组

- 组 长：**陈贤忠 安徽省教育厅厅长
- 副组长：**李雅玲 信息产业部人事司技术干部处处长
尚志平 山东省教学研究室副主任
陆 平 江苏省教育厅职社处副处长
苏渭昌 教育部职业技术教育中心研究所所长
王传臣 电子工业出版社副社长
- 组 员：**（排名不分先后）
- 唐国庆 湖南省教科院
张志强 黑龙江省教育厅职成教处
李 刚 天津市教委职成教处
王润拽 内蒙古自治区教育厅职成教处
常晓宝 山西省教育厅职成教处
刘 晶 河北省教育厅职成教处
王学进 河南省职业技术教育教学研究室
刘宏恩 陕西省教育厅职成教处
吴 蕊 四川省教育厅职成教处
左其琨 安徽省教育厅职成教处
陈观诚 福建省职业技术教育中心
邓 弘 江西省教育厅职成教处
姜昭慧 湖北省职业技术教育研究中心
李栋学 广西自治区教育厅职成教处
杜德昌 山东省教学研究室职教室
谢宝善 辽宁省基础教育教研培训中心职教部
安尼瓦尔·吾斯曼 新疆自治区教育厅职成教处
- 秘 书 长：**李 影 电子工业出版社
- 副秘书长：**蔡 葵 电子工业出版社

前 言



教育部关于《中等职业学校汽车运用与维修专业教育指导方案》将柴油机维修列入专门化选修课程。2004年，教育部等六部委又把汽车运用与维修专业列为技能型紧缺人才培养培训专业，而在该专业现有的各种版本教材中，专门介绍柴油机维修技术的教材为数不多，尤其是针对维修操作技能的教材更是凤毛麟角。为适应教学形势的需要，我们在广西玉柴机器股份有限公司相关技术部门的大力协助下，组织编写了《柴油机维修技术》，供各学校使用。

环保和节能是当今全球汽车行业无法回避的两大主题。针对节能和环保的双重目的，柴油动力型车辆将成为未来世界的主力车型。

近十年来，柴油机已经在机动车排放法规实施最严格的欧洲和美国取得了很大成功。不仅如此，国外轿车对柴油机的使用也日益普遍，奔驰、宝马、大众、雷诺、沃尔沃等欧洲名牌车都有柴油机的车型。而卡车和大型客车则大部分采用了柴油作为动力。在美国，尽管汽油价格相对便宜，但由于柴油机具有卓越的动力性和良好的经济性，美国55%的国内货运是通过柴油卡车完成的。

柴油机的工作特点决定了它本身就是低排放的发动机。现代先进的柴油机一般采用电控喷射、共轨、涡轮增压中冷等技术。在降低重量、噪声及烟度控制等方面已经取得了重大突破，达到了汽油机的水平，而且尾气中HC、CO、CO₂含量低于汽油机和天然气发动机。造成中国部分城市禁止使用柴油机的祸首——炭烟，现在已经通过提高喷油压力的方法得到了有效解决。新型柴油机的微粒排放减少到原来的10%，柴油机的热效率远远大于汽油机，同时油耗是汽油机的80%左右，CO₂排放与汽油机相比也低得多。

《柴油机维修技术》是以广西玉柴机器股份有限公司的主导产品YC6105、YC6108、YC6112、YC4112、YC6L、YC6M等系列车用柴油机，以及工程机械用柴油机、船舶、矿山及农用柴油机为主，将柴油机的构造、使用、维修保养、常见故障的诊断与排除及修理技术五个部分的内容有机地结合起来，编写成书。其中，柴油机主要零部件的拆装、检修技术部分，按模块式教学思路，拟订若干课题，规范操作技能和技术要求，具有较强的针对性和可操作性。同时，书中还介绍了电控柴油机的构造、工作原理和检测技术，柴油机增压技术。

本书可供中等职业学校开设柴油机维修专门化课程和高职高专学校相关专业作为实训指导用书，亦可作为柴油机维修技术短期培训班教学用书。

本书是中等职业学校汽车运用与维修专业技能型紧缺人才培养培训教材之一。本书内容包括：柴油机的构造、拆装和试机，柴油机主要零部件的检修技术，柴油机的使用与维修保养，柴油机故障诊断与排除，电控柴油机的构造与原理，共五章。

参加本书编写工作的有：广西柳州市第一职业技术学校曾小珍（编写前言、第1章）、何川（编写第5章），柳州市工交公司方歆渊（编写第2章），玉柴机器股份有限公司黄宁（编

写第3章)、胡国启(编写第4章)。全书由曾小珍担任主编,张普国担任主审。最后又约请吉林大学关文达、山东威海市交通学校高幸绪对全书进行审阅,经过教育部审批,列为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。

由于作者水平有限,书中疏漏之处在所难免,如果读者在阅读过程中产生疑问或存在其他意见,请与作者联系。

本书还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版),请有此需要的教师登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)下载,或与电子工业出版社联系(E-mail:ve@phei.com.cn),我们将免费提供。

编者
2005年10月



读者意见反馈表

书名: 柴油机维修技术

主编: 曾小珍

责任编辑: 李影 刘真平

感谢您关注本书! 烦请填写该表。您的意见对我们出版优秀教材、服务教学, 十分重要。如果您认为本书有助于您的教学工作, 请您认真地填写表格并寄回。我们将定期给您发送我社相关教材的出版资讯或目录, 或者寄送相关样书。

个人资料:

姓名_____ 年龄_____ 联系电话_____ (办)_____ (宅)_____ (手机)_____
学校_____ 专业_____ 职称/职务_____
通信地址_____ 邮编_____ E-mail_____

您校开设课程的情况为:

本校是否开设相关专业的课程 是, 课程名称为_____ 否
您所讲授的课程是_____ 课时_____
所用教材_____ 出版单位_____ 印刷册数_____

本书可否作为您校的教材?

是, 会用于_____ 课程教学 否

影响您选定教材的因素(可复选):

内容 作者 封面设计 教材页码 价格 出版社
是否获奖 上级要求 广告 其他_____

您对本书质量满意的方面有(可复选):

内容 封面设计 价格 版式设计 其他_____

您希望本书在哪些方面加以改进?

内容 篇幅结构 封面设计 增加配套教材 价格
可详细填写: _____

您还希望得到哪些专业方向教材的出版信息?

感谢您的配合, 请将该反馈表寄至以下地址。如果需要了解更详细的信息或有著作计划, 请与我们联系。

通信地址: 北京市万寿路173信箱 中等职业教育教材事业部

邮编: 100036

<http://www.hxedu.com.cn>

E-mail: ye@phei.com.cn

电话: 010-88254600 88254591

目 录



第 1 章 柴油机的构造、拆装和试机	(1)
1.1 柴油机的总体构造	(1)
1.1.1 柴油机的构造和工作过程	(2)
小结	(8)
实训	(8)
习题	(9)
1.1.2 曲柄连杆机构	(10)
小结	(31)
习题	(31)
1.1.3 配气机构	(32)
小结	(42)
实训	(42)
习题	(42)
1.1.4 进、排气系统的构造	(43)
小结	(47)
实训	(47)
习题	(47)
1.1.5 燃料供给系统	(48)
小结	(60)
实训	(61)
习题	(61)
1.1.6 润滑系统的构造	(61)
小结	(67)
实训	(67)
习题	(67)
1.1.7 冷却系统的构造	(68)
小结	(73)
实训	(74)
习题	(74)
1.2 柴油机的解体	(74)
1.2.1 柴油机解体前的准备工作及注意事项	(75)
1.2.2 柴油机各部件的拆卸解体	(77)
小结	(96)

实训	(97)
1.3 柴油机的安装	(98)
1.3.1 柴油机安装前的准备工作及注意事项	(98)
1.3.2 机体的安装	(100)
1.3.3 曲轴的安装	(106)
1.3.4 活塞连杆组的安装	(110)
1.3.5 机油泵和机油散热器的安装	(115)
1.3.6 齿轮室盖板、凸轮轴、惰轮轴及正时齿轮、齿轮室的安装	(117)
1.3.7 空气压缩机的安装	(120)
1.3.8 喷油泵的安装	(121)
1.3.9 减振器的安装	(125)
1.3.10 曲轴箱内部件及油底壳的安装	(126)
1.3.11 飞轮、离合器及飞轮壳的安装	(126)
1.3.12 汽缸盖的组装	(127)
1.3.13 外部附件的安装	(135)
1.4 柴油机装复后的检查与试机	(137)
1.4.1 外部各附件完整性及紧固情况的检查	(137)
1.4.2 柴油机的试机	(138)
1.4.3 整机技术指标的测定	(140)
小结	(141)
实训	(142)
第2章 柴油机主要零部件的检修技术	(145)
2.1 汽缸体、汽缸盖的检修	(145)
2.1.1 汽缸体裂纹的检修	(145)
2.1.2 汽缸体、汽缸盖工作平面变形的检修	(146)
2.1.3 汽缸的检修	(148)
2.1.4 缸盖的检修	(150)
2.2 曲柄连杆机构的检修	(156)
2.2.1 曲轴的检修	(156)
2.2.2 连杆的检修	(160)
2.2.3 活塞与活塞环的选配	(165)
2.3 配气机构的检修	(172)
2.3.1 凸轮轴的检修	(172)
2.3.2 气门组主要零件的检修	(173)
2.4 柴油机供油系统主要零部件的检修	(175)
2.4.1 喷油器的检修	(176)
2.4.2 输油泵的检修	(180)
2.4.3 喷油泵的解体	(181)
2.4.4 喷油泵主要零件的检修	(182)

2.4.5	喷油泵的装复	(186)
2.4.6	调速器的解体与检修	(187)
2.4.7	供油角度提前器的检修	(188)
2.4.8	喷油泵装复后的检测与调试	(188)
2.4.9	柴油滤清器的检修	(191)
2.5	润滑系统主要零部件的检修	(193)
2.5.1	机油泵的试验	(193)
2.5.2	转子式机油泵主要零部件的检修	(194)
2.5.3	齿轮泵主要零件的检修	(196)
2.5.4	机油滤清器的检修	(197)
2.5.5	机油道的清洗	(199)
2.6	水冷却系统主要零部件的检修	(201)
2.6.1	水泵的检修	(201)
2.6.2	节温器的检修	(202)
2.6.3	散热器的检修	(202)
2.6.4	水垢的清除	(204)
2.7	柴油机电气设备的检修	(204)
2.7.1	柴油机电气系统的组成	(204)
2.7.2	蓄电池的组成和容量的检测	(205)
2.7.3	启动机的组成和检修	(208)
2.7.4	发电机的组成和主要零部件的检修	(217)
2.8	柴油机增压装置的检修	(222)
2.8.1	废气涡轮增压器的检修	(223)
2.8.2	中冷器的检修	(224)
	习题	(224)
第3章	柴油机的使用与维护保养	(226)
3.1	柴油机的正确使用	(226)
3.1.1	柴油机的用油	(226)
3.1.2	柴油机的运行	(230)
3.2	柴油机的维护保养	(231)
	小结	(234)
	实训	(235)
	习题	(235)
第4章	柴油机故障诊断与排除	(236)
4.1	柴油机故障信息的收集和分析原则	(236)
4.1.1	柴油机故障的类别	(236)
4.1.2	柴油机故障信息的收集	(237)
4.1.3	柴油机故障分析及排除的原则	(237)

小结	(238)
习题	(238)
4.2 柴油机启动困难	(238)
4.2.1 柴油机冷机启动困难而热机启动不困难	(239)
4.2.2 柴油机冷机启动困难, 热机启动同样困难	(240)
小结	(241)
实训	(241)
习题	(241)
4.3 柴油机功率不足	(242)
4.3.1 供油系统引起柴油机功率不足故障的诊断与排除	(242)
4.3.2 机械部分引起柴油机功率不足故障的诊断与排除	(244)
小结	(244)
实训	(245)
习题	(245)
4.4 柴油机转速不稳	(245)
4.4.1 柴油机的振抖	(246)
4.4.2 柴油机游车	(247)
4.4.3 柴油机飞车	(247)
小结	(249)
实训	(249)
习题	(249)
4.5 柴油机排气烟色不正常	(249)
4.5.1 柴油机冒黑烟	(250)
4.5.2 柴油机冒白烟	(251)
4.5.3 柴油机冒蓝烟	(252)
小结	(253)
实训	(253)
习题	(253)
4.6 机油压力偏低	(254)
4.6.1 现象	(254)
4.6.2 原因	(255)
4.6.3 诊断与排除	(255)
小结	(256)
实训	(256)
习题	(257)
4.7 柴油机水温过高	(257)
4.7.1 现象	(257)
4.7.2 原因	(258)
4.7.3 诊断与排除	(258)

小结	(259)
实训	(259)
习题	(260)
4.8 柴油机异响	(260)
4.8.1 柴油机异响现象	(260)
4.8.2 原因	(260)
4.8.3 诊断与排除	(261)
小结	(263)
实训	(263)
习题	(263)
4.9 几种柴油机故障应急处理方法	(263)
小结	(265)
实训	(265)
第5章 电控柴油机的构造与原理	(266)
5.1 电控柴油机概述	(266)
5.2 电控单体泵燃油喷射系统的基本工作原理	(273)
5.3 电控系统的主要零部件	(278)
5.4 故障自诊断系统	(291)
5.5 日常使用与维护	(293)
小结	(296)
习题	(296)
参考文献	(298)

第1章 柴油机的构造、拆装和试机



本章任务:

通过本章的学习,使学生了解柴油机的总体构造及新型柴油机的结构特点;掌握柴油机整机的拆装工艺过程和试机的方法。

学习目标:

使学生掌握柴油机的解体、装复及试机等操作技能。

知识要点:

- 柴油机的总体构造;
- 柴油机的解体;
- 柴油机的安装;
- 柴油机装复后的检查与试机。

1.1 柴油机油总体构造

本节任务:

通过本节的学习,使学生了解柴油机的总体结构,以及柴油机的新结构、新技术;了解柴油机主要部件的构造和工作原理。

学习目标:

掌握柴油机的构造和工作原理,为拆装实习和修理打下基础。

知识要点:

- 柴油机的作用和基本工作原理;
- 曲柄连杆机构的构造;
- 配气机构的构造;
- 进、排气系统的构造,以及增压器和中冷器的构造;
- 燃料供给系统的构造;
- 润滑系统的构造;
- 冷却系统的构造。

柴油机是压燃式内燃机,因其使用的燃料是柴油,故而得名。



常用的柴油机多为水冷式四冲程发动机。它的一个工作循环经历了进气、压缩、燃烧膨胀做功和排气四个连续过程，如图 1.1 所示。

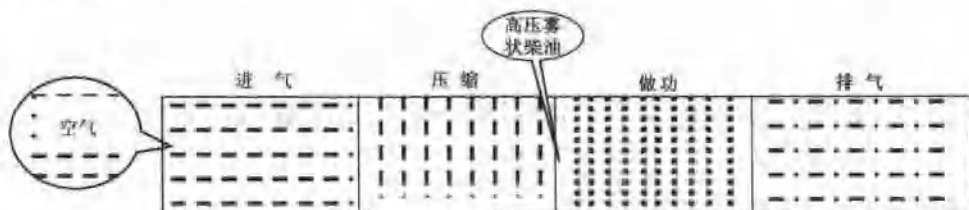


图 1.1 柴油机的一个工作循环过程

在每一个过程中，活塞都从一个止点向另一个止点运动，人们把这个运动叫“行程”或“冲程”。每一个工作循环，进、排气门都会按一定规律开闭，配合活塞、连杆和曲轴有序地运动，使空气与燃料得以混合、燃烧、膨胀做功，最终完成能量转换。

1.1.1 柴油机的构造和工作过程

1. 水冷式四冲程柴油机的构造

单缸四冲程柴油机的结构简图如图 1.2 所示。它由汽缸、曲轴箱、活塞、活塞销、连杆、曲轴、进气门、排气门、喷油泵、喷油器、正时齿轮和凸轮机构等组成。

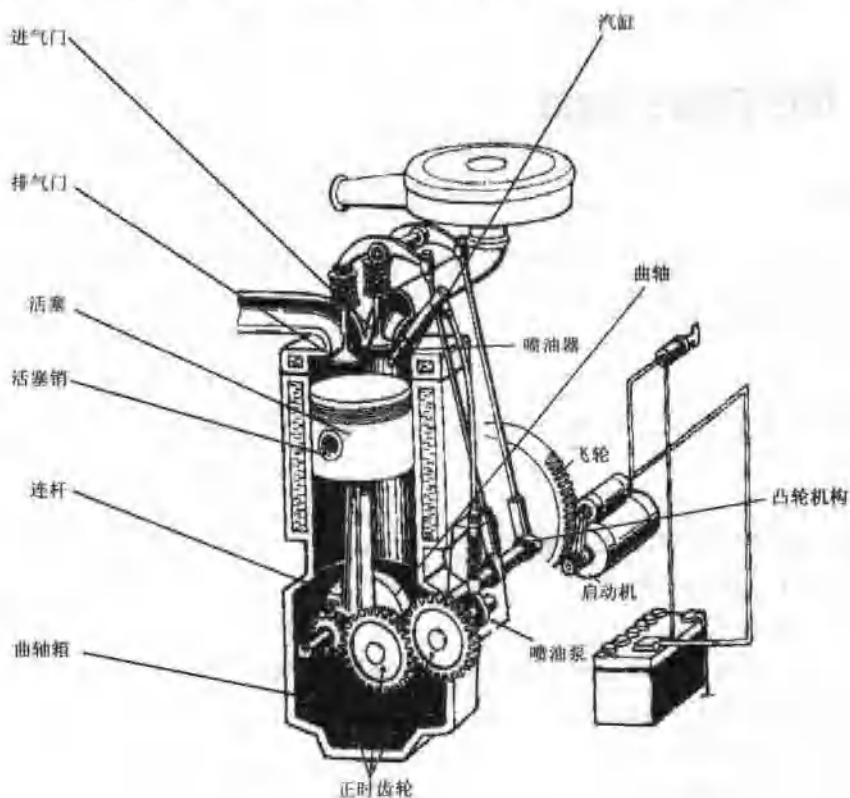


图 1.2 单缸四冲程柴油机的结构简图



常用的水冷式四冲程柴油机是多缸自然吸气式柴油机。近年来，废气涡轮增压柴油机亦获得广泛应用。

多缸柴油机通常由两大机构、四个系统组成，即由曲柄连杆机构、配气机构，以及燃料供给系统、冷却系统、润滑系统和启动系统组成。废气涡轮增压柴油机在排气管上串联了废气涡轮增压装置。

2. 柴油机的基本术语

柴油机的基本术语示意图如图 1.3 所示。

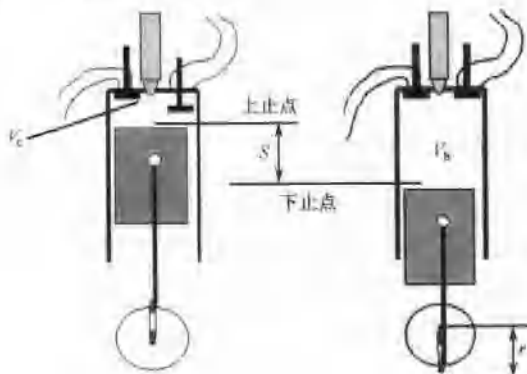


图 1.3 柴油机的基本术语示意图

(1) 上止点

上止点为活塞离曲轴旋转中心的最远位置。

(2) 下止点

下止点为活塞离曲轴旋转中心的最近位置。

(3) 曲柄半径 (r)

曲柄半径为从曲轴旋转中心到曲柄销中心的距离 (单位为 mm)。

(4) 活塞行程 (S)

活塞行程为上、下止点间的距离 ($S = 2r$)。

(5) 燃烧室容积 (V_c)

当活塞位于上止点位置时，活塞顶上面的汽缸空间容积叫做燃烧室容积 (V_c)。

(6) 汽缸工作容积 (V_h)

汽缸工作容积为活塞从上止点移动到下止点，它所扫过的容积， $V_h = \pi D^2 S \times 10^{-6} / 4$ (L)；汽缸直径用 D 来表示，单位为 mm。

(7) 汽缸总容积 (V_a)

汽缸总容积为当活塞位于下止点时，活塞顶上面的全部汽缸容积，即 $V_a = V_c + V_h$ 。

(8) 柴油机的排量 (汽缸总排量 V_L)

柴油机的排量为多缸柴油机所有汽缸的工作容积之和 (若汽缸数为 i ，则 $V_L = i \cdot V_h$)。

(9) 压缩比 (ϵ)

压缩比为汽缸总容积与燃烧室容积的比值，即 $\epsilon = V_a / V_c = 1 + V_h / V_c$ 。



3. 四冲程自然吸气式柴油机的工作过程

柴油机将热能转变为机械能，要经过进气、压缩、做功和排气四个连续的过程。每进行一次这样的过程叫做一个工作循环。无数个工作循环连续不断，使柴油机曲轴得以连续旋转，对外输出功率。每个工作循环的工作过程如下。

① 进气行程：进气门打开，排气门关闭，活塞从上止点移动到到下止点，吸入新鲜空气。

② 压缩行程：进、排气门都关闭，活塞从下止点移动到上止点，空气被压缩，温度升高。

③ 做功行程：进、排气门都关闭，喷油器喷入汽缸的柴油在高温的空气中着火燃烧，汽缸内压力升高，推动活塞往下运动，通过连杆带动曲轴旋转，对外做功。

④ 排气行程：进气门关闭，排气门打开，活塞从下止点移动到上止点，排出汽缸内的废气。

4. 废气涡轮增压柴油机的工作过程

废气涡轮增压柴油机的工作过程是在自然吸气机的基础上，在排气管上串接一个涡轮机。当柴油机的废气流经涡轮叶片时，涡轮旋转起来，带动同一根轴上的压气机一起旋转，旋转的压气机把新鲜空气吸入并加压，将一定压力的空气连吸带压送入汽缸内，增加了柴油机的进气量，使柴油机功率提高。废气涡轮增压柴油机的每个工作循环过程，如图 1.4~图 1.7 所示。

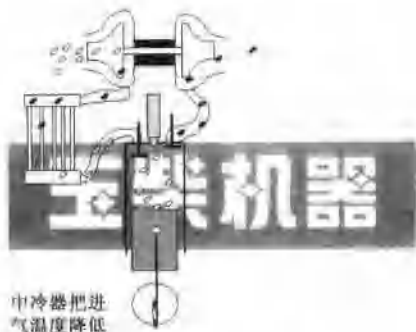


图 1.4 柴油机的进气行程

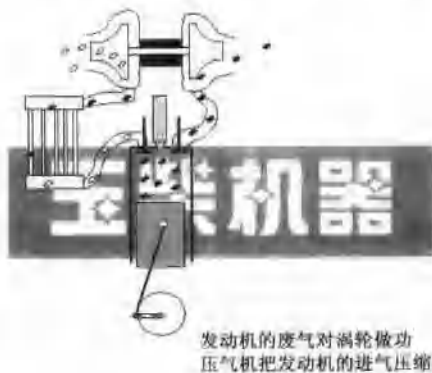


图 1.5 柴油机的压缩行程

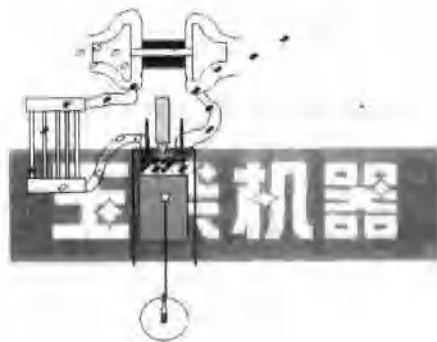


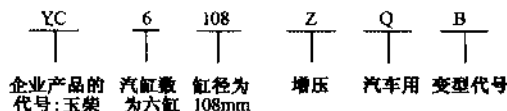
图 1.6 柴油机的做功行程



图 1.7 柴油机的排气行程

5. 柴油机型号

按照国家标准 GB725—91 规定, 以玉柴机器股份有限公司 (以下简称玉柴) 产品 YC6108ZQB/ZLQB/ZGB 为例, 说明柴油机的型号含义。



若在“6”之后有“E”, 则表示该机为二冲程, 否则为四冲程; “F”为风冷机, 四冲程和水冷无须用字母表示。在“Z”之后有“L”, 则表示该机为中冷式增压机; “G”表示该机与工程机械配套; “C”表示船用主机或辅机; “T”表示拖拉机用。

6. 柴油机的主要性能指标和特性

(1) 柴油机的主要性能指标

柴油机的主要性能指标有动力性指标 (有效扭矩、有效功率及转速等) 和经济性指标 (燃油消耗率)。

① 有效扭矩 (T_{iq}): 柴油机通过飞轮对外输出的扭矩, 称为有效扭矩, 单位为 $\text{N} \cdot \text{m}$ 。

有效扭矩与外界施加在柴油机曲轴上的阻力矩相平衡。柴油机的扭矩是气体作用在活塞上的力通过连杆推动曲轴而产生的。因此, 对于一台柴油机来说, 有效扭矩的大小主要取决于气体作用在活塞上的平均压力, 而平均压力与充气量和各种内部损失 (热量损失、漏气及摩擦等因素) 有关。

② 有效功率 (P_e): 柴油机在单位时间内对外做功的量, 又叫做功的速率, 单位为 kW 。它等于有效扭矩与曲轴转速的乘积。

$$P_e = 2\pi n T_{\text{iq}} \times 10^{-3} / 60 = T_{\text{iq}} \cdot n / 9550$$

式中, n 为转速 (单位为 r/min)。

柴油机产品铭牌上标明的功率及相应转速称为标定功率和标定转速。按内燃机台架试验国家标准规定, 发动机的标定功率分为 15min 功率、1h 功率、12h 功率和持续功率四种。鉴于汽车发动机经常在部分负荷下, 即在较小的功率下工作, 仅在克服上坡阻力和加速等情况下才可短时间地使用最大功率, 为了保证发动机有较小的结构尺寸和质量, 汽车发动机经常用 15min 功率作为标定功率。

③ 燃油消耗率 (b_e): 为柴油机每发出 1kW 有效功率, 在 1h 内所消耗的燃料质量, 单位为 $\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。

$$b_e = B \times 10^3 / P_e$$

式中, B 为每小时的燃油消耗量 (单位为 kg/h)。

(2) 柴油机的特性

柴油机的有效性能指标随调整情况和使用工况而变化的关系称为柴油机特性。通常用曲线表示它们之间的关系, 这条曲线称为特性曲线。当柴油机的加速踏板踩到底时所得到的总功率特性, 称为柴油机的外特性。柴油机外特性代表了柴油机所具有的最高动力性能。以下对外特性曲线进行分析。

YC6105ZLQ (140kW) 柴油机的外特性曲线图如图 1.8 所示。