

现代柴油 发电机组技术



电源系列

现代柴油发电机组技术

姚俊琪 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

现代柴油发电机组由柴油机、发电机及 AVR、DVR、专用控制器、配套设备 UPS、ATS 及附件等组成。本书根据我国市场进口或引进柴油发电机组产品的现状,以进口系列柴油发电机组为主体,兼顾引进系列产品,介绍了现代柴油发电机组各组成部分的结构、原理及新技术应用的情况。同时,比较系统地介绍了常见主要机型的结构原理、操作使用、维护保养、故障排除、修理检测等方面的新技术、新方法和成熟经验。本书图文并茂、通俗易懂。

本书可供从事电源研制、设计、生产、使用、维护、修理和管理的人员阅读,也可作为相关专业大中专学生的教材或参考书。

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

现代柴油发电机组技术/姚俊琪编著. —北京:电子工业出版社,2007.2
(电源系列)

ISBN 978-7-121-03691-0

I. 现... II. 姚... III. 内燃发电机-机组 IV. TM314

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 158925 号

责任编辑:张 榕(010-88254455 zr@phei.com.cn) 特约编辑:王银彪

印 刷:北京智力达印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

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

开 本:787×1092 1/16 印张:34 字数:868 千字

印 次:2007 年 2 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:55.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,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;邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

《现代柴油发电机组技术》

读者调查表

尊敬的读者：

欢迎您参加读者调查活动，对我们的图书提出真诚的意见，您的建议将是我们创造精品的动力源泉。为方便大家，我们提供了两种填写调查表的方式：

1. 您可以登录 <http://yydz.phei.com.cn>，进入右上角的读书栏目，填好本调查表后直接反馈给我们。
2. 您可以填写下表后寄给我们（北京海淀区万寿路 173 信箱应用电子技术图书事业部 邮编：100036）。

姓名：_____ 性别： 男 女 年龄：_____ 职业：_____

电话（寻呼）：_____ E-mail：_____

传真：_____ 通信地址：_____

邮编：_____

1. 影响您购买本书的因素（可多选）：

- 封面封底 价格 内容简介、前言和目录 书评广告 出版物名声
作者名声 正文内容 其他_____

2. 您对本书的满意度：

- 从技术角度 很满意 比较满意 一般 较不满意 不满意
从文字角度 很满意 比较满意 一般 较不满意 不满意
从排版、封面设计角度 很满意 比较满意 一般 较不满意
不满意

3. 您最喜欢书中的哪篇（或章、节）？请说明理由。

4. 您最不喜欢书中的哪篇（或章、节）？请说明理由。

5. 您希望本书在哪些方面进行改进？

6. 您感兴趣或希望增加的图书选题有：

邮寄地址：北京海淀区万寿路 173 信箱应用电子技术图书事业部 张榕 收 邮编：100036
编辑电话：(010) 88254455 E-mail: zr@phei.com.cn

前 言

现代人工作、生活的各种场所都需要连续可靠的供电,如购物中心、商务中心、大型国际国内展览中心、金融中心、广播电视中心、网络数据中心、大型会议中心、股市;无线电通信局站、有线电通信大楼、卫星地面站;交通指挥中心、交通枢纽如长江大桥、黄河大桥、高速公路、机场指挥系统及生活保障、航空管制、飞行导航、电气化列车、铁路系统、地铁、国际贸易交易系统、货物运输海轮、内陆船只等;供水站、宾馆、医院;大型国际国内体育比赛场馆、大型文化演出场所;火电厂控制系统、核电厂控制系统、水电如三峡大坝等水电发供电控制系统、海上石油平台;科学实验室;“西气东送”等各能源工作系统、公路建设、在建工程,矿山等;索道、列车照明、影视拍摄、电视台、食品冷藏、抢险救灾等。在军事上,部队雷达、火炮、通信、测量、军舰等,现代化的国防指挥系统及各军兵种军事设备更是一刻也不能离开电。这些场所日常用市电,但市电检修,或自然灾害或人为或设备自然故障因素造成停电,这都需要良好的备用电力系统,即配备发电机组。试想上述场所如果停电,后果如何?可以想像,其政治影响、经济损失是不可估量的。

特别重要场所,需增加 UPS 系统,形成交流不间断供电系统。

现代柴油发电机组因其使用燃料经济安全、热效率高、性能可靠稳定、排放对环境污染小等特性,广受欢迎。因而,得到了广泛的运用。

柴油发电机组技术作为一门实用技术,也是一门极为综合的技术,相关工程人员需要通过专门的学习和训练才能满足实际工作需要。20 世纪末、本世纪初以来,主用或备用柴油发电机组用户急剧增加。市场急需大量发电机组专业技术人员。

通常机械工程技术人员或电气工程技术人员只对机械或电气有相当的研究,但既了解电气,又了解机械的工程技术人员很少。机电一体专业人员通常又不能达到对这一技术的实用状态。而发电机组需要对动力及电气,甚至负载都十分了解,才能实际解决工程机械可能发生的各种问题。为此,我们特编写出版《现代柴油发电机组技术》一书,以满足广大机组维护技术人员需要。

本书综合我国市场国产、引进、进口柴油发电机组产品的技术现状,以常见系列柴油发电机组为主体,兼顾各种型号产品,详细介绍了柴油发电机组的柴油机各系统、发电机及 AVR、专用控制器、配套设备及附件等的结构、原理及维护技术。并且比较系统地介绍了常见主要机型的选购、环保技术、安装规范、操作使用、维护保养、故障排除、修理检测等方方面面的实用技术、实用方法和经典做法。

本书图文并茂、通俗易懂,特别适合初学者学习柴油发电机组这一实用技术。

该书可供从事电源研制、设计、生产、使用、维护、修理和管理人员阅读,也可作为相关专业大中专学生的教材或参考书。

全书由业内资深专家姚俊琪(E-mail: junqi2068@yahoo.com.cn)编著,参加编写的人员





有:杨新征、宋永生、贺宝财、王运合、郭建龙、杨想利、张俊玲、翟建立、崔文峰、易先军等。

本书得到多所大学、公立或民营研究所、技术学院、职业教育学院、柴油机、发电机及OEM厂等从事应急供电技术生产及研究单位的支持,并提供了许多有价值的意见和资料,在此一并表示感谢。相关网站如下:

郑州众智电子设备有限公司 <http://www.smartgen.com.cn>

柴油发电机组热线 <http://www.gensetonline.com>

清华泰豪科技发展有限公司 <http://www.tellhowbj.com>

中国发电机信息网 <http://www.cnbess.com>

中美合资上海马拉松一革新有限责任公司 <http://www.shmgec.com>

中国无锡电机有限公司 <http://www.baifapower.com>

由于本书对柴油发电机组的技术介绍难尽其详,读者在依据该书践行之时,请对书中不妥之处加以指正。

编著者



反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

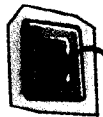
通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

| | |
|--------------------------------|-----|
| 第 1 章 机组动力之源——柴油机 | 1 |
| 1.1 柴油发电机组基本情况 | 1 |
| 1.2 内燃机的特点及发电用内燃机性能要求 | 4 |
| 1.3 内燃机总体构造与分类 | 5 |
| 1.4 柴油机各部件的名称 | 10 |
| 1.5 柴油机各部件的功能 | 11 |
| 1.6 内燃机的几个基本概念 | 15 |
| 1.7 四冲程汽油机工作原理 | 20 |
| 1.8 四冲程柴油机工作过程 | 23 |
| 1.9 二冲程发动机的结构 | 26 |
| 第 2 章 曲轴连杆机构 | 30 |
| 2.1 曲轴连杆的机构运动及受力 | 30 |
| 2.2 机体零件 | 30 |
| 2.3 活塞组 | 39 |
| 2.4 活塞环 | 44 |
| 2.5 连杆组 | 49 |
| 2.6 曲轴飞轮组 | 51 |
| 第 3 章 配气机构 | 61 |
| 3.1 配气机构的组成和工作过程 | 61 |
| 3.2 汽缸盖的结构与燃烧室 | 63 |
| 3.3 气门组 | 67 |
| 3.4 凸轮轴 | 77 |
| 3.5 气门传动机构 | 82 |
| 3.6 可变气门正时 | 89 |
| 3.7 配气机构的常遇故障 | 93 |
| 3.8 配气机构大修方法 | 98 |
| 第 4 章 柴油机燃料系统 | 103 |
| 4.1 柴油及燃料系统 | 103 |
| 4.2 低压燃料供给系统 | 107 |
| 4.3 高压燃油供给系统 | 115 |
| 4.4 喷油器 | 130 |
| 4.5 进、排气系统 | 135 |



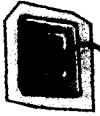
| | | |
|------------|---------------|------------|
| 4.6 | 柴油机燃料系统的维护特点 | 140 |
| 4.7 | 机械式调速器 | 143 |
| 4.8 | 燃油系统及调速器的调整 | 146 |
| 4.9 | 电子调速器 | 149 |
| 第5章 | 增压器 | 157 |
| 5.1 | 废气涡轮增压器的工作原理 | 157 |
| 5.2 | 涡轮增压发动机 | 160 |
| 5.3 | 罗兹式增压机 | 164 |
| 5.4 | 废气涡轮增压器实例 | 165 |
| 5.5 | 故障、诊断和维修 | 170 |
| 第6章 | 润滑系统 | 173 |
| 6.1 | 润滑系统的组成与润滑方式 | 173 |
| 6.2 | 润滑油特性 | 176 |
| 6.3 | 润滑油分类 | 178 |
| 6.4 | 机油泵 | 183 |
| 6.5 | 机油滤清器 | 187 |
| 6.6 | 机油冷却器 | 193 |
| 6.7 | 机油压力表 | 197 |
| 6.8 | 润滑油路 | 199 |
| 第7章 | 冷却系统 | 204 |
| 7.1 | 冷却系统概述 | 204 |
| 7.2 | 防冻液 | 209 |
| 7.3 | 水泵 | 213 |
| 7.4 | 散热水箱 | 216 |
| 7.5 | 节温器 | 223 |
| 7.6 | 风扇 | 228 |
| 7.7 | 空气冷却系统 | 232 |
| 7.8 | 冷却系统的维护 | 234 |
| 第8章 | 起动充电系统 | 238 |
| 8.1 | 概述 | 238 |
| 8.2 | 电起动系统 | 239 |
| 8.3 | 压缩空气起动系统 | 240 |
| 8.4 | 蓄电池 | 243 |
| 8.5 | 起动电机 | 248 |
| 8.6 | 起动电机故障实例 | 253 |
| 8.7 | 直流充电发电机 | 257 |
| 8.8 | 交流充电发电机 | 263 |





| | | |
|-------------|--------------------------------------|------------|
| 8.9 | 充电发电机与发电机调节器保养 | 270 |
| 8.10 | 充电发电机故障实例 | 273 |
| 第9章 | 无刷同步发电机结构、原理及励磁系统 | 280 |
| 9.1 | 发电机结构及原理 | 280 |
| 9.2 | 现代发电机 | 289 |
| 9.3 | 发电机的应用 | 291 |
| 9.4 | 电压调节器 AVR | 294 |
| 9.5 | 发电机性能检测方法 | 300 |
| 9.6 | 谐波励磁发电机的励磁调压器 | 303 |
| 9.7 | 发电机维护保养 | 305 |
| 9.8 | 发电机故障排除 | 308 |
| 9.9 | 拆卸与安装 | 312 |
| 9.10 | 发电机结构实例 | 314 |
| 第10章 | 柴油机的使用、调整与检修 | 322 |
| 10.1 | 柴油机的使用与调整 | 322 |
| 10.2 | 汽缸盖和配气机构检修 | 331 |
| 10.3 | 凸轮轴及轴承检修 | 338 |
| 10.4 | 机体和汽缸套检修 | 339 |
| 10.5 | 曲轴与主轴系检修 | 343 |
| 10.6 | 活塞及连杆检修 | 349 |
| 10.7 | 传动机构检修 | 353 |
| 第11章 | 机组专用控制器 | 359 |
| 11.1 | DSE550 控制器 | 359 |
| 11.2 | ACCESS4000 控制器 | 364 |
| 11.3 | TA3000 系列控制器 | 367 |
| 11.4 | 全自动化机组控制器 | 379 |
| 11.5 | 众智(Smartgen)机组控制器及其应用 | 380 |
| 11.6 | 众智(Smartgen)HGM6300 自动化控制器及其应用 | 417 |
| 11.7 | 众智(Smartgen)双电源转换开关(ATS) | 437 |
| 11.8 | 众智(Smartgen)HTA220 双电源开关(ATS)控制器及其应用 | 444 |
| 11.9 | 众智(Smartgen)HAT300 双电源开关(ATS)控制器及其应用 | 448 |
| 11.10 | 众智(Smartgen)HAT400 双电源开关(ATS)控制器及其应用 | 456 |
| 第12章 | VE 分配泵结构原理与维修 | 476 |
| 12.1 | 概述 | 476 |
| 12.2 | VE 分配泵结构与原理 | 488 |





| | |
|-----------------------|-----|
| 12.3 VE 分配泵拆卸步骤 | 507 |
| 12.4 装配方法 | 512 |
| 12.5 VE 分配泵静态定时 | 526 |
| 12.6 故障排除 | 528 |

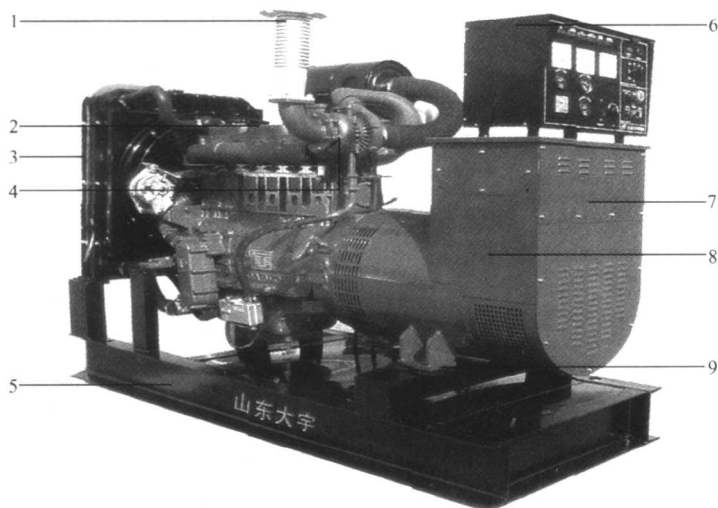


第 1 章 机组动力之源——柴油机

1.1 柴油发电机组基本情况

1. 柴油发电机组

一台柴油发电机组 (Diesel Generator Set) 硬件主要由柴油发动机、同步交流发电机及电压调节装置、机组控制器三部分组成, 如图 1-1 所示。并三个主要标牌标示本台机组的相关常用数据。另有一标牌标示整个机组参数, 通常由机组总装商 (OEM) 出示。通过这些标牌能基本了解一台发电机组的情况。需要说明的是, 通常各制造商有不同的出厂编制规则, 这些数据对机组维护保养、修理检测十分重要, 有些制造商对所产销全球各机组各零部件都有数据编号。软件主要有监测控制专用软件。



1—排气波纹管 2—柴油发动机 3—冷却水箱 4—涡轮增压器 5—底座兼油箱
6—机组控制器 7—内置发电机电压调节 8—发电机 9—机组减震连接

图 1-1 柴油发电机组正侧面图

柴油发电机组通常要标示: 机组型号 (Genset model)、持续功率 (Continuous output)、备用功率 (Standby output)、额定负载燃油耗 (kg/h) (Rated loading fuel consump)、额定电压 (V) (Rated voltage)、额定电流 (A) (Rated current)、频率 (Hz) (Frequency)、相数 (Phase)、重量 (kg) (Weight)、编号 (Serilal NO:)、制造商 (Factory)。

柴油机 (Diesel engine) 通常要标示如下基本内容:



形式 (Type): 直列、四冲程、水冷、干式缸套、直喷 (In line, four-stroke, water-cooled, dry cylinder liner, direct injection)。

缸数 (Cylinder Numbers)、缸径 (mm) (Cylinder Diameter Bore)、行程 (mm) (Jaunt stroke)。

进气方式 (Air Intake method): 自然吸气、增压、增压中冷 (Nature aspirated, turbocharged, or turbocharged inter cooled)。

总排量 (L) (Displacement)。

最低燃油消耗率 (高性能柴油小于 $197 \text{ g/kW}\cdot\text{h}$) (Min fuel consumption)、最低机油消耗率 (高性能柴油机小于 $0.5 \text{ g/kW}\cdot\text{h}$) (Min oil consumption)。

额定转速 (r/min) (Rated speed): 1500 r/min 、调速方式 (Governing method)、怠速 (r/min) (Idle speed) (通常为 $600 \text{ r/min} \pm 50 \text{ r/min}$)。

起动方式 (Starting method): 电起动 (Electric starting), 冷却方式 (Cooling method): 闭式水冷 (Closed water cooling), 润滑方式 (Lubricating method): 压力润滑 (Forced lubricating)。

出厂日期 (Date)、噪声平均值 db (A) (Noise) 等。

同步交流发电机通常标示如下内容: 型号 Type、额定功率 Output、额定频率 Frequency、额定转速 Speed、额定电压 Voltage、额定电流 Current、绝缘等级 Insulation、功率因数 Factor、相数 Phase、接线方式 Connection、电压调整率 Voltage Rrg.、额定励磁电压 Exciting Voltage、额定励磁电流 Exciting Volt.、励磁方式 Exciting Method、重量 Weight、出厂编号 Serial NO:、发电机生产厂 Alternate manufacturer 等。

机组发电频率, 我国均为 50 Hz , 功率因数为 0.8 (滞后), 接线方式为三相四线制 (Above listed generating sets are all 50 Hz , power factor is 0.8 (lag), and the connecting method is three phase & four-wire.)。

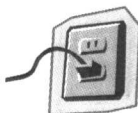
2. 机组功率定额

GB/T2820.1—1997《往复式内燃机驱动的交流发电机组》第1部分: 用途、定额和性能 (Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets Part 1: Application, ratings and performance.)。第13条作了规定。

(1) 持续功率 (COP)。持续功率是指发电机组在规定的维修周期内和规定的环境条件下每年的持续供电时数不受限制的功率, 其维修方法按制造厂的规定进行。

(2) 基本功率 (Prime Power PRP)。基本功率是指在规定的维修周期内和规定的环境条件下每年可能运行的时数不受限制的某一可变功率序列内存在的最大功率。维修方法按制造厂的规定进行 (It is the maximum available power during a cycle with variable power, it is possible to use for an unlimited hours per year, between provided maintenance periods. The available medium power during 24 hours period must not exceed the percentage fixed from endothermic engine supplier. It is possible to read this percentage from suppliers data sheets and it is between 70% and 80% of PRR.)

(3) 限时运行功率 (LTP)。限时运行功率是指发电机组在规定的维修周期内和规定



的环境条件下能够连续运行 300 h、每年供电达 500 h 的最大功率。其维修方法按 RIC 发动机制造厂的规定进行。按该定额运行对机组寿命的影响是允许的。

3. 国际标准中有关柴油发电机组功率的说明

机组功率在国际标准 (ISO 8528) 中有明确规定。进口机组所标示的功率通常指基本功率 (PRP) 和限时功率 (LTP)。摘要有关机组型号及功率的说明供大家参考。国外资料其主要意义如下 (Power Ratings) (according to ISO 8528)。如图 1-2 至图 1-4 所示。

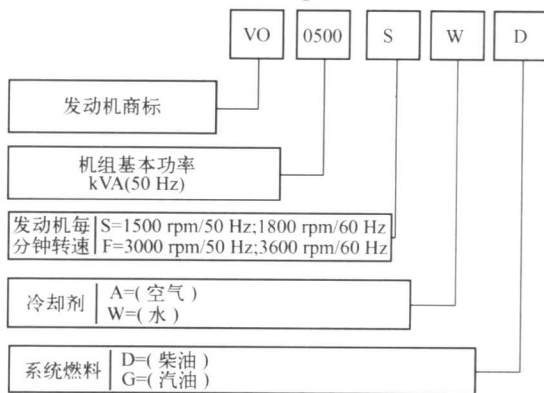


图 1-2 进口机组型号说明

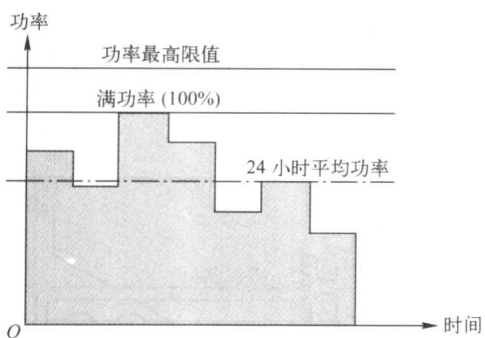


图 1-3 基本功率

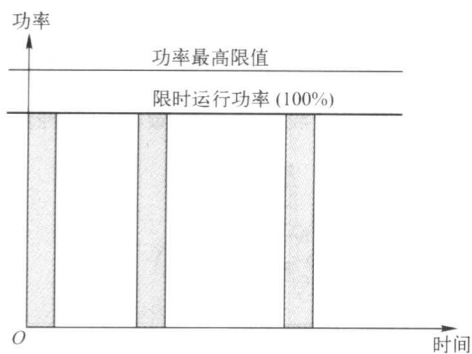


图 1-4 限时功率

机组型号说明 (Key for Reading Codes)

机组代码表示发电机组的基本技术情况, 参照图 1-2 可直接辨识机组的基本性能 (The codes have been chosen to represent generating sets basic technical features allowing an immediate identification of the same according to the diagram).

(PRP) (基本功率) (略)

Limited-Time Running Power (LTP) (限时功率)

It is the maximum power that the genset is able to do for 500 hours per year, with a maximum of 300 hours continuous operation between provided maintenance periods. It is accepted that the operation using this power affects the engine life.



在我国通常就机组的功率理解为如下两种情况。

备用功率：指紧急状态时，机组在变动负载工况下的连续运行功率，此功率不允许超载（Backup output: The generating set used as standby mode. Over loading is not permitted at this mode）。

持续功率：指变动负载工况下连续运行功率，每 12 小时允许 1 小时超载 10%，通常机组功率标定按持续功率标定（Permanent output: The output at which the generating set runs continually under fluctuant load. Overloading of 10% is permitted for 1 hour every 12 hours. Rated output of the generating set made in it is same as the permanent output）。

1.2 内燃机的特点及发电用内燃机性能要求

在人类历史的发展中，利用了自然界各种丰富的能源，如风力、水力、各种燃料（如煤、石油、天然气等）的热能、原子能等，创造出各种动力机械为人类服务，促进了工业、农业和国防工业的迅速发展。动力机械根据能量来源不同有下列几种类型：热力机械、水力和风力机械和原子能机械。

凡是把燃料燃烧时所放出的热能转化为机械能的机器称为热力发动机（简称热机）。内燃机是热机的一种，燃料直接在汽缸内燃烧，靠燃气膨胀推动活塞对外做功，如图 1-5 所示。如带动发电机组的内燃机，燃油在汽缸内部燃烧后，产生高温、高压的燃气，燃气膨胀时推动活塞使曲轴旋转，通过传动装置带动发电机工作。柴油机和汽油机是产生动力的机器，因此称之为发动机。

除内燃机外，还有另外一种热机，燃料在锅炉内燃烧，将水加热成高温、高压的蒸汽，再送至蒸汽轮机内膨胀做功。这种热机称为外燃机，如图 1-6 所示。

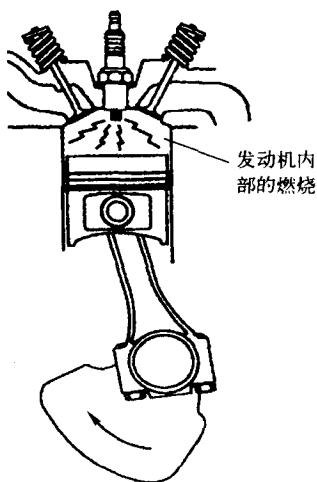


图 1-5 内燃机

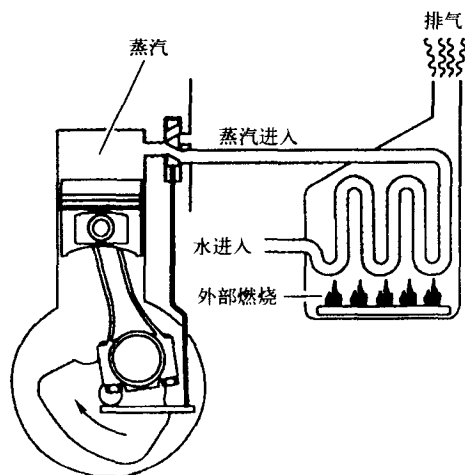


图 1-6 外燃机

内燃机与外燃机比较，精简了一些设备，也减少了热能的损失。因此，内燃机具有结构紧凑、轻巧、功率范围广、适应性能好、运行安全、热效率高、燃料和水的消耗少、操





作使用简便、易起动等特点。但是，内燃机结构比较复杂、精密度高、制造费用高、操作维修技术要求比较高。

尽管如此，由于内燃机具有上面这些优点，所以它在国民经济各个部门如工业、农业、交通运输和国防领域中都得到广泛的应用，成为现代重要的动力设备。在通信系统中，所处的工作环境是比较复杂的，对于动力设备既要求有足够大的功率，又要求结构紧凑、轻巧、便于搬运和安装、燃料和水的消耗量也要少，因此选择内燃机作为动力设备就比较适宜。所以，目前内燃机在通信系统中也得到了广泛应用。

发电设备用内燃机，对动力设备的性能要求比较高，除了要驱动发电机外，还要克服发电机的传动损失和励磁损失，并适当留有一定的功率储备，以适应短期超负荷的需要。同时，为了保持发电机电流频率的稳定性，一般要有高性能的调速装置。

发电机组对发动机的基本要求如下：

- (1) 要求有足够的功率范围。现在发电设备用内燃机功率要求在 0.5 ~ 2500 kW。
- (2) 负荷、转速范围宽，有适当的超载能力。
- (3) 要求经济、可靠、持久耐用。
- (4) 使用性能良好的全制式调速器，保证柴油机在任何转速下均能稳定运转，从而保证工作机械在速度和负荷急速变化的情况下能很好地工作。

1.3 内燃机总体构造与分类

1. 内燃机总体构造

柴油机是内燃机的一种，它是将燃料在汽缸内部燃烧得到的热能转变为机械功的热力发动机。要实现这种转变，柴油机应具备以下基本组成部分：

(1) 欲得到热能，必须供给一定量的燃料在燃烧室燃烧，所以必须有燃料系统。它包括：油箱、输油泵、喷油泵、喷油器等。

(2) 为了将得到的热能转变为机械功，需要通过曲轴、连杆机构来完成。主要包括：汽缸体、曲轴箱、汽缸盖、活塞、连杆、曲轴和飞轮等。燃料在汽缸中燃烧时，燃气膨胀作用在活塞上的压力借助于连杆转变为曲轴旋转力矩，使曲轴带动工作机械做功。

(3) 要连续实现热转变为机械功，还应有配气机构来保证定期吸入新鲜空气和排出废气。主要包括：进气门、排气门、凸轮轴及其驱动零件等。

(4) 为了减少柴油机中摩擦损失和保持机件的正常温度，应有润滑系统和冷却系统。

① 润滑系统包括：机油泵、机油滤清器、润滑油路等。

② 冷却系统包括：水泵、散热器、风扇和水套等。

(5) 为了起动柴油机，需有起动装置。如电起动机、气动马达、起动用汽油机等。

汽油机由于可燃混合气的形成和燃烧方式与柴油机不同，其燃料供给系统与柴油机有很大的不同。汽油机的汽油与空气是在缸外混合的，所以有化油器等装置。此外，可燃混合气在汽缸内经压缩后由电火花点燃，所以汽油机还有点火装置，包括：火花塞、点火线



圈、分电器及电源设备等。

一般内燃机的总体构造都包括以上几大系统。但由于汽缸数、汽缸的排列方式和冷却方式等不同，其构造上有些差异。

2. 内燃机分类及型号

内燃机按照它们的工作原理和构造的不同可分为往复式内燃机（如图 1-7 所示）、旋转式内燃机。通信用的柴油机与汽油机都属于往复式内燃机。具体分类如下。

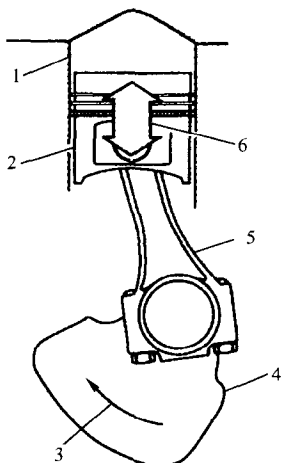
按所用的燃料不同分为：柴油机、汽油机；

按完成工作过程的冲程数不同分为：四冲程、二冲程内燃机；

按点火方式不同分为：压燃式、点燃式内燃机；

按汽缸数目不同分为：单缸、多缸内燃机；

按汽缸排列不同分为：直列式、V 形内燃机，如图 1-8、图 1-9 所示；



1—汽缸 2—活塞 3—旋转运动 4—曲轴 5—连杆 6—往复运动

图 1-7 往复式内燃机

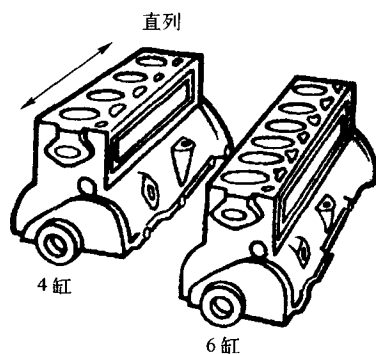
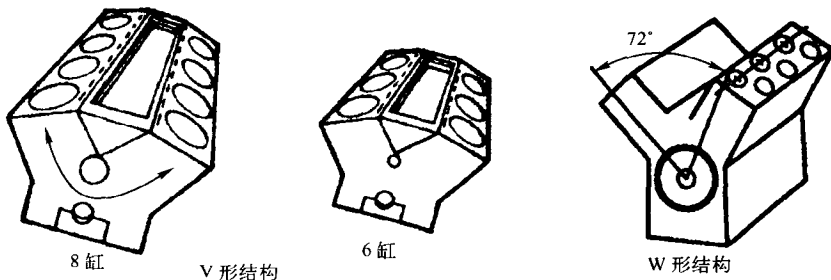


图 1-8 直列式内燃机



W 形结构与 V 形结构相似，但在每侧有双倍的活塞

图 1-9 V 形内燃机

按冷却方式不同分为：水冷式、风冷式内燃机；