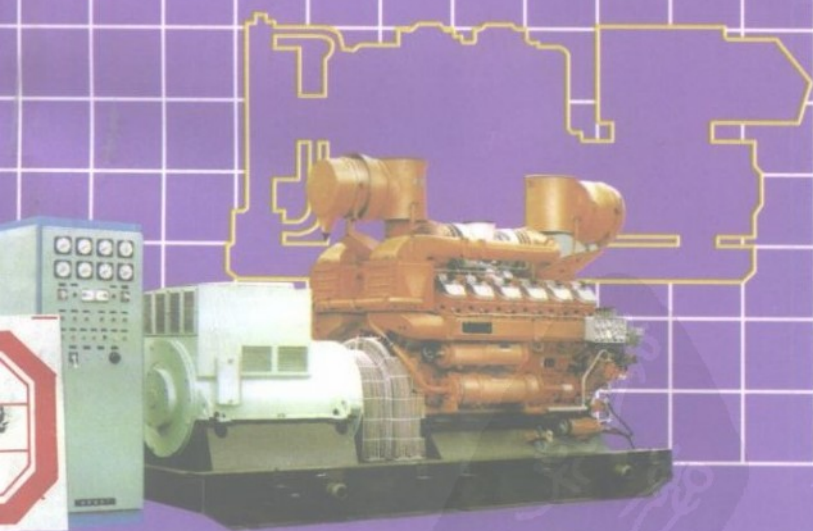


蔡进民 贺正岷 戚毅男 编

柴油电站设计手册



中国电力出版社

496907

TM64-62
C02

柴油电站设计手册

蔡进民 贺正岷 戚毅男 编



中国电力出版社

EA15/06

图书在版编目 (CIP) 数据

柴油电站设计手册/蔡进民等编. -北京: 中国电力出版社, 1997

ISBN 7-80125-374-4

I. 柴… I. 蔡… Ⅲ. 柴油机-发电厂-设计
N. TM611.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 09231 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 邮政编码 100044)

北京通州区建新印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1997年10月第一版 1997年10月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 32开本 13.25印张 291千字
印数 0001—2190册 定价 20.00元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前 言

柴油电站是以柴油机为动力的工频交流同步发电机组组成的电站，具有结构紧凑、热效率高、燃料储存容易、占地小、能快速起动供电等优点，适用于负荷波动较大的电站。柴油发电机组的单机容量可以从几千瓦至几万千瓦，中间有上百种容量规格，能满足各种类型的工程及工艺流程的供电要求，因此柴油电站在国民经济各部门得到广泛应用。

柴油发电机组按使用场合不同可分为船用和陆用两大类。轮船、军舰上使用的柴油发电机组，一般是供给船舰上的照明、控制设备、仪表、通风、给水等辅助动力设备用电，是船舰的重要设备。冷却系统直接从江、河、湖、海中取水进行机组冷却。陆用柴油发电机组在工业、农业、国防和民用建筑工程中应用十分广泛，有的中小型柴油发电机组还可设计成可移动式的。柴油发电机组一般用作临时供电设备，更多的柴油发电机组是固定安装的，用作常用或备用的供电设备。本手册主要论述由陆用柴油发电机组组成的电站。

柴油电站一般装有一台以上固定安装的柴油发电机组，各类工程的柴油电站按运行和使用情况不同，大致可分为应急电站和基本电站两类。应急电站的连续供电时间短，一般不超过12h，机组平时为备用不运行，处于准备运行状态。一旦工程的常用电源故障断电后，应急电站的机组能迅速紧急起动运行，保证工程应急负荷的连续供电。例如某些石油化工厂的自动生产线，医院，机场，星级宾馆、高层建筑的消防设备、事故照明、电梯等，商业区、群众集合场所的疏散

照明,人防工程、某些军事工程的柴油电站都属于应急电站。基本电站的柴油发电机组要求长期运行供电,连续运行时间超过12h,有的基本电站平时是运行的,例如远离公用电力网的工厂、矿山、油田、海岛、农村等的柴油电站;有的基本电站平时不运行,作为备用电站,当常用电源故障或被破坏以后,要求电站长期运行,不间断地给负荷供电,例如某些通信台站、军事基地、广播电台等。

随着工厂、医院、高层建筑、旅游宾馆、人防工程、军事设施等工程建设的发展,新建柴油电站的数量不断增加,新品种、新型号的国产柴油发电机组不断推出。但是,目前专门论及柴油电站工程设计的出版物还很少,为满足广大读者的需要,确定以陆地固定式柴油电站设计为中心,编写出版这本设计手册,供有关科研、设计和运行人员参考。

本手册前三章简要阐明柴油发电机组的基本构造、工作原理及特性参数。发电机部分侧重介绍了与柴油机配套的同步发电机的各种自动励磁调压装置,虽然有些励磁装置目前已经是被淘汰的产品,如:碳阻式自动电压调节器、直流励磁机系统等,但在已建成的柴油电站中还有使用,所以也作了简要的叙述。第四至七章重点介绍了50kW以上陆地固定安装的柴油电站的设计程序、设计内容、总体设计、辅助系统和电气系统设计。由于电力工业的发展,基本柴油电站的建设相对较少,而应急柴油电站的建设则越来越多。应急柴油电站要求机组具有各种自动化功能,初期的自动化机组是采用继电器组成的电路实现的。继电器组成的逻辑控制系统,电路复杂、使用元件多、体积大、可靠性差。近年来自动化柴油发电机组逐步采用可编程序控制器(PC)实现自动化控制。第八章至十章介绍了自动化柴油发电机组的研制发展概

况，可编程序控制器的工作原理及应用，自动化柴油电站的设计，并列举了一个应用实例。第十一章和附录汇集了最新的柴油发电机组技术资料和有国家标准目录。

本手册由蔡进民编写第一、三、四、六章和第五章的三、四、五节；贺正岷编写第二、七、十一章和第五章的一、二、六、七节及附录；戚毅男编写第八、九、十章。本手册由谢承鑫高工和杨麟德高工审稿。

本手册内容若与国家标准、规范、规程条款有不一致之处，应以已公布的现行国家标准为准。由于编者水平有限，本手册中谬误之处在所难免，衷心希望读者给予指正。

编 者

1996. 11

目 录

前言

第 1 章 柴油机	1
第一节 柴油机的分类和工作原理	1
第二节 柴油机的特性参数	6
第三节 柴油机的调速装置	11
第四节 柴油机的增压	15
第 2 章 同步发电机及控制屏	19
第一节 同步发电机的基本构造及分类	19
第二节 柴油发电机的励磁系统概述	21
第三节 柴油发电机自动励磁调节装置	25
第四节 各类自动励磁装置的性能比较	50
第五节 发电机控制屏	53
第 3 章 柴油发电机组	57
第一节 柴油发电机组的优缺点	57
第二节 柴油发电机组的成套设备型号	59
第三节 柴油发电机组的功率修正	76
第 4 章 柴油电站的建设	87
第一节 柴油电站的类型及优缺点	87
第二节 柴油电站的建设原则	89
第三节 柴油电站的设计程序及设计内容	90
第 5 章 柴油电站总体设计	93
第一节 应急电站柴油发电机组的选择	93
第二节 基本电站柴油发电机组的选择	96
第三节 电站设备布置及对建筑设计的要求	99

第四节	电站的布置形式和要求	104
第五节	柴油发电机组基础设计	109
第六节	电站通风降温设计	112
第七节	电站给排水设计	131
第6章	柴油电站辅助系统设计	138
第一节	燃油系统	138
第二节	润滑系统	143
第三节	冷却系统	146
第四节	起动系统	152
第五节	排烟系统	154
第六节	其它辅助系统	157
第7章	柴油电站电气系统设计	159
第一节	高级宾馆及重要高层建筑的应急 电站电气设计	159
第二节	基本电站主接线	170
第三节	柴油发电机组的并联运行	173
第四节	发电机与电网的非同期并车法	184
第五节	发电机与电网的准同期并车法	189
第六节	发电机冲击短路电流计算	211
第七节	防雷与接地	216
第8章	自动化柴油电站概述	224
第一节	自动化柴油电站的优越性	224
第二节	自动化柴油电站的自动控制方式	225
第三节	自动化机组的性能与分级	228
第9章	可编程序控制器	230
第一节	概述	230
第二节	硬件	231
第三节	用户程序	237
第10章	自动化柴油电站设计	246

第一节	概述	248
第二节	起停控制过程	251
第三节	总体逻辑控制系统	257
第四节	自动化机组控制程序实例	281
第 11 章	柴油发电机组产品技术参数	291
第一节	华北柴油机厂	294
第二节	武汉内燃机厂	296
第三节	潍坊柴油机厂	296
第四节	首钢吉林柴油机厂	300
第五节	山东省汶上机电厂	302
第六节	上海柴油机厂	302
第七节	郑州电气装备总厂	304
第八节	济南柴油机厂	307
第九节	红岩机器厂	322
第十节	重庆康明斯发动机有限公司	335
第十一节	福州发电设备厂	339
第十二节	兰州电机厂	346
第十三节	无锡柴油机厂	358
第十四节	上海新中动力机厂	363
第十五节	广州柴油机厂	364
第十六节	无锡万迪集团动力工程股份有限公司	370
第十七节	无锡市梁溪发电设备成套厂	380
第十八节	江苏泰州德锋动力设备有限公司	384
第十九节	康明斯发动机(北京)有限公司	392
第二十节	香港丰联企业有限公司	393
第二十一节	香港怡和机器有限公司	398
第二十二节	香港标定工程有限公司	402
第二十三节	美国美洲集团	404
附录		408

附录一	有关柴油机的国家标准及国家军用标准	408
附录二	柴油发电机组生产配套工厂(公司)通信录	410

柴 油 机

第一节 柴油机的分类和工作原理

柴油机是内燃机的一种，是往复式活塞发动机。燃油在气缸内部燃烧产生热量使燃气膨胀推动活塞对外做功，把燃油的热能转换为机械能。柴油机是压缩吸入的新鲜空气达到柴油的点燃温度，然后喷入柴油自燃做功的，不需要汽油机那样的电火花点火系统，因此结构比较简单。

一、柴油机的分类

柴油机的分类方法很多，它主要有下述几种。

1. 按工作循环的方法分类

(1) 四冲程柴油机。由四个冲程完成一个工作循环，目前国产的柴油机大部分采用四冲程工作方式。

(2) 二冲程柴油机。由两个冲程完成一个工作循环，目前国产柴油发电机组较少采用，其特点是公升马力大。

2. 按转速分类

(1) 高速柴油机。转速在 1000r/min 及以上。

(2) 中速柴油机。转速为 300r/min 至 1000r/min。

(3) 低速柴油机。转速在 300r/min 及以下。

低速柴油机主要用作船用主机，其低速性能好。柴油发电

机组一般采用中、高速柴油机。柴油机的转速愈高，体积愈小，单位功率重量愈轻，磨损也愈快。但机组的体积小，占地面积也小。因此备用电站和应急电站应优先选用高速柴油机。

3. 按进气方式分类

(1) 非增压柴油机。柴油机直接吸入周围空气运行。

(2) 增压柴油机。柴油机配有增压器，空气经增压器增压后再送入柴油机。柴油机增压后可提高气缸的单位容积功率，但一般用的废气涡轮增压器转速高（在 10000r/min 至几万 r/min），寿命短。

4. 按气缸的布置方式分类

(1) 单列式柴油机。柴油机的气缸垂直单列布置，6 缸以下柴油机常为这种形式，见图 1-1。

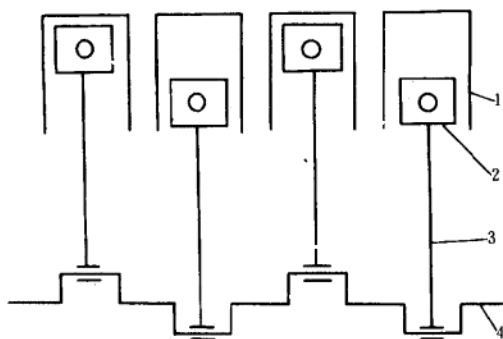


图 1-1 柴油机气缸单列式布置示意图

1—气缸；2—活塞；3—连杆；4—曲轴

(2) 双列 V 型柴油机。柴油机的气缸呈 V 型斜向双列布置，见图 1-2，8 缸以上的柴油机常为这种形式。

(3) 其它布置形式柴油机。柴油机气缸的其它布置形式

有卧式、星形和H型布置等。这些形式目前仅有卧式单缸柴油机用于手扶拖拉机等农用机械，其它形式已很少采用。

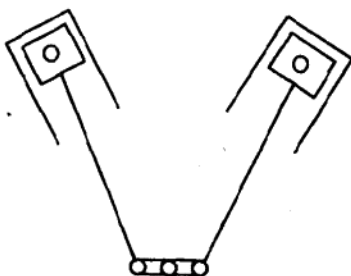


图 1-2 柴油机气缸双列
V 型布置示意图

5. 按冷却方式分类

(1) 水冷式柴油机。柴油机的气缸周围设有水套，用水来冷却

气缸。这类柴油机对冷却水的处理方式不同又可分为冷却水开式循环和冷却水闭式循环两种。柴油电站常用水冷式柴油机。

(2) 风冷式柴油机。柴油机的气缸周围设有许多肋片，用外部空气流动来冷却气缸。

6. 按控制方式分类

(1) 普通型柴油机。柴油机的运行操作就地手动进行。

(2) 自动化型柴油机。柴油机的运行操作可自动或隔室进行。

7. 按起动方式分类

(1) 电起动柴油机。用起动蓄电池使起动电动机运转带动柴油机起动。

(2) 气起动柴油机。用压缩空气通入气缸，推动活塞使柴油机起动。

8. 按使用场合分类

(1) 陆用柴油机。

(2) 船用柴油机。

二、柴油机的工作原理

柴油机由工作气缸和为保证柴油机正常工作的辅助系统组成。详细的工作原理请参见有关技术书籍，这里只作简要介绍。

1. 四冲程柴油机的工作过程

四冲程柴油机的每个缸都由四个冲程完成吸气—压缩—喷油燃烧膨胀—排气的工作循环。柴油机一个气缸的结构见图 1-3，其主要部件有气缸 2、活塞 3、连杆 6、曲轴 5、进排气阀门 7、喷油嘴 1 和进排气管。活塞在气缸内由上至下或由

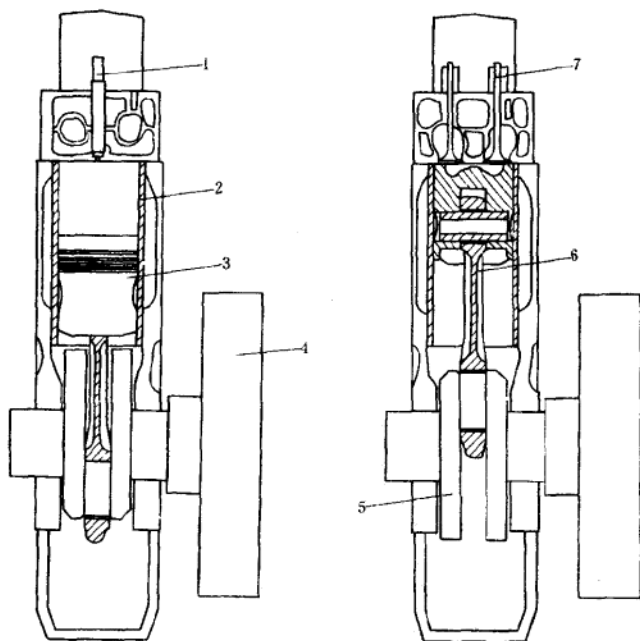


图 1-3 柴油机的结构示意图

1—喷油嘴；2—气缸；3—活塞；4—飞轮；5—曲轴；6—连杆；7—气阀

下至上运行四次完成一个工作循环，做一次功，柴油机曲轴转两转。为使转速平稳，在曲轴端头设一惯性飞轮，来消除脉动做功造成的转速波动。

柴油机进排气阀的开关和喷油嘴的喷油在一个工作循环中是按照严格的时序进行的，时序由柴油机的凸轮轴控制。多缸柴油机为了使柴油机运行平衡，各缸是顺序做功的，在曲轴旋转两转内各缸顺序发火做功一次，因此曲轴各曲臂之间存在一定的角度，如六缸柴油机为 120° 。

2. 柴油机的燃油系统

柴油机的燃油由外部输油管送入，经柴油滤清器，输油泵送至高压油泵，高压油泵按时序将燃油按一定油量加压经喷油嘴将燃油射入气缸呈雾化燃烧。高压油泵是柱塞式，每缸一个，由凸轮轴控制喷油时间，由调速器控制喷油量。喷油嘴设在气缸盖上，也是每缸一个。

3. 柴油机的润滑系统

柴油机的润滑油放置在柴油机曲轴箱的油底壳或机外的润滑油箱内，由机带的润滑油泵加压经粗滤器和精滤器送至柴油机需润滑的各部位，然后回流至油底壳或油箱。润滑油在各部位润滑的同时也被加热，需进行冷却，因此柴油机还设有润滑油风冷或水冷散热器将润滑油冷却。

4. 柴油机的冷却系统

柴油机气缸做功的同时也使气缸承受高热，为使这些部件正常工作，水冷式柴油机在缸体和缸盖周围设有水套，由冷却水循环冷却。柴油机的冷却水由轴带动水泵或外设水泵加压循环。冷却水冷却柴油机以后被加热，再经风冷或补充冷水等方法冷却后再送入柴油机。冷却水的冷却方式有多种，详细的设计方法在第六章内叙述。

5. 柴油机的起动系统

柴油机的起动方式有气起动和电起动两种。

气起动的柴油机是以 1.5~2.5MPa 的压缩空气经配气装置通入气缸推动活塞使柴油机旋转起动。压缩空气由柴油机配套带的空压机和储气瓶制备。

电起动的柴油机由起动蓄电池供电，使设在飞轮附近的起动电动机带动柴油机旋转起动。柴油机正常运行时，曲轴带动充电发电机经节电器给起动蓄电池充电。

6. 柴油机的监测和保护系统

为监视柴油机的运行情况，柴油机一般设有转速，润滑油压力、温度、液位，冷却水出水温度，排气温度，起动空气压力或起动蓄电池电压等参数的测试仪表。有的柴油机还设有超速和润滑油压力过低保护停机装置，以保证柴油机正常运行时的安全。

第二节 柴油机的特性参数

1. 平均有效压力 p_e

柴油机的平均有效压力是单位气缸工作容积每循环一次所发出的有效功。

$$p_e = \frac{L_e}{V_h \times 10^5} \quad (1-1)$$

$$V_h = F \cdot S \quad (1-2)$$

上两式中 p_e ——平均有效压力，kPa；

L_e ——柴油机每循环一次所做的功，J；

V_h ——气缸工作容积， m^3 ；

F ——活塞面积， m^2 ；

S ——活塞行程, m 。

平均有效压力是衡量柴油机动力性能的重要参数, 其值愈高说明柴油机气缸工作容积的利用率愈好。

2. 柴油机的有效功率 N_e 。

柴油机的有效功率 N_e 是柴油机的指示功率 N_i 减去机械损失功率 N_m , 也就是柴油机的输出功率。

$$N_e = N_i - N_m \quad (1-3)$$

式中 N_e ——有效功率, kW ;

N_i ——指示功率, kW ;

N_m ——机械损失功率, kW 。

有效功率计算式为

$$\begin{aligned} N_e &= \frac{p_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{22050Z} \quad (\text{HP}) \\ &= \frac{p_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30000Z} \quad (\text{kW}) \end{aligned} \quad (1-4)$$

式中 i ——气缸数;

n ——柴油机转速, r/min ;

Z ——每循环的冲程数;

V_h ——气缸工作容积, L 。

其余符号含义同上。

3. 柴油机的升功率 N_e 。

在标定工况下, 柴油机每升气缸工作容积所发出的有效功率, 称为升功率 N_e , 其计算式为

$$\begin{aligned} N_e &= \frac{N_e}{i \cdot V_h} = \frac{p_e \cdot n}{22050Z} \quad (\text{HP/L}) \\ &= \frac{p_e \cdot n}{30000Z} \quad (\text{kW/L}) \end{aligned} \quad (1-5)$$

式中符号含义同式 (1-4)。