

◎ 苏石川 刘炳霞 主编

现代柴油发电机组

的应用与管理

第二版

*XIANDAI CHAIYOU FADIANJIZU
DE YINGYONG
YU GUANLI*



化学工业出版社

◎ 苏石川 刘炳霞 主编

现代柴油发电机组

的应用与管理

第二版

*XIANDAI CHAIYOU FADIANJIZU
DE YINGYONG
YU GUANLI*



化学工业出版社

·北京·

本书主要以当今先进的现代化柴油发电机组为对象,系统地介绍了柴油发电机组的柴油机、发电机及其电气与控制系统的结构、工作原理;柴油发电机组的自动控制系统、柴油发电机组的环境污染与控制以及柴油电站的设计;柴油发电机组的安装、调试、使用与维修以及柴油发电机组并联运行的原理、解决方案及其自动控制等。

全书共分九章,书中内容简明实用,物理概念清楚,深入浅出,侧重于实际应用和发电机组的管理,是一本专门介绍现代柴油发电机组应用和管理的图书。本书适合通信、舰船、自备、移动和应急电站等技术人员阅读,也可作为内燃机发电、轮机管理及自动化、电力工程及自动化、通信电源等专业的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

现代柴油发电机组的应用与管理/苏石川,刘炳霞主编. —2版. —北京:化学工业出版社,2010.6
ISBN 978-7-122-08240-4

I. 现… II. ①苏…②刘… III. 内燃发电机-机组-基本知识 IV. TM314

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第068885号

责任编辑:陈丽 刘砚哲
责任校对:陈静

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张21 字数568千字 2010年8月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:58.00元

版权所有 违者必究

第二版前言

作为交流供电的常用、备用和应急发电用的主要形式的柴油发电机组以其灵活、方便、稳定的特点被广泛地应用于国防、船舶、通信等国民经济众多领域。近年来，随着科学技术的不断发展和“节能、环保”要求的不断提高，使现代柴油发电机组具备了更高的可靠性、稳定性、强化程度和自动操控性能等，实现了柴油发电机组的低油耗、低排放和低噪声，以满足供电更为及时和供电质量更高的要求。

本书在原高等学校教材《现代柴油发电机组的应用与管理》一书的基础上通过对原书中部分内容进行修改、重组和提炼，添加了部分实际应用的内容，使得本书的内容更加偏重于实际应用。在第一章中添加了柴油发电机组选择的相关内容；第四章与第七章的内容通过精简合为第四章一章的内容；添加了第六章柴油电站设计的相关内容；原第六章变为第七章，并添加了船舶电站的相关内容；第二章和第九章的内容进行了精简；与原书相比，本书更加侧重于柴油发电机组的应用，添加了柴油电站设计的相关内容，并对柴油发电机组的安装与调试的内容进行了完善。

本书由苏石川、刘炳霞主编，苏石川统稿。其他参编人员还有冯学东、王天荣、徐华平、王亮、郭霆等。

由于编者水平有限，书中难免出现不足之处，恳请广大读者多提宝贵意见。

编者
2010年8月

目 录

第一章 概述	1
第一节 柴油发电机组的组成和特点	1
一、机组的组成与分类.....	1
二、机组的特点.....	2
第二节 柴油发电机组的主要性能指标	3
一、机组的主要性能与指标.....	3
二、机组的功率标定与环境修正.....	4
三、柴油机和发电机的功率匹配.....	5
第三节 柴油发电机组的选择	7
一、选购柴油发电机组的依据和标准.....	7
二、柴油发电机组的选择.....	10
第二章 柴油发电机组的结构、原理	14
第一节 柴油机主要技术参数和构成	14
一、柴油机的主要技术参数.....	14
二、柴油机的主要构成.....	16
第二节 无刷同步发电机	78
一、无刷同步发电机的结构.....	78
二、同步发电机的运行原理.....	85
第三章 柴油发电机组电气及控制系统	94
第一节 电启动各部件的作用与结构	94
一、直流电动启动.....	94
二、压缩空气启动.....	100
三、同步发电机的继电保护.....	103
第二节 柴油发电机组常用传感器的结构和功能	112
一、传感器的组成.....	112
二、传感器的分类.....	112
三、传感器的名词术语.....	113
四、自动化柴油发电机组常用传感器.....	114
第三节 柴油机的电子管理系统	115
一、电子管理系统的特征.....	115
二、MDEC 控制系统的结构.....	116
三、控制功能.....	119
四、电控单元 ECU 信号输入电路.....	124
第四节 同步发电机恒压励磁系统	125
一、电抗器移相式相复励励磁装置.....	125
二、电容器移相式相复励励磁装置.....	127
三、磁耦合电抗移相式相复励自励恒压装置.....	127
四、可控相复励自励恒压装置.....	128
五、可控硅自励恒压装置.....	130
六、三次谐波励磁恒压装置.....	137

七、DVR2000E 型自动电压调节器	142
第四章 自动化柴油发电机组	150
第一节 自动化柴油发电机组的分级	150
一、机组的分级	150
二、自动化机组的特点	151
第二节 柴油发电机组自动控制理论概述	153
一、PLC 的组成与中央处理器	153
二、存储器	155
三、输入/输出接口	156
四、其他部件	158
五、PLC 的主要技术指标	159
第三节 柴油发电机组自动控制的应用	160
一、柴油发电机组的启动/停车的自动控制	160
二、典型调速系统的速度控制器 (DWC-2000 系列)	163
三、柴油发电机组的自动控制	170
四、基于多串口通信的柴油发电机组远程监控应用	173
第四节 几种典型自动化柴油发电机组简介	177
一、典型机组的特点	178
二、部分机组的主要性能数据	180
第五章 现代柴油发电机组排放与噪声控制	187
第一节 柴油机的排放与控制概述	187
一、有害排放物的生成及影响因素	188
二、柴油及其机组的排放标准概述	194
三、现代柴油机排放控制及其发展趋势	197
第二节 柴油发电机组的噪声及控制	200
一、柴油发电机组的主要噪声源	200
二、噪声及其评价	203
三、隔声与吸声	206
四、柴油发电机组的噪声控制方法	219
第三节 柴油发电机组的机房设计	223
一、柴油发电机组机房的设计指导原则	223
二、柴油发电机组机房降噪工程设计与应用	224
第六章 柴油电站设计	229
第一节 柴油电站的建设原则与设计程序	229
一、柴油电站的建设原则	229
二、柴油电站的设计程序及设计内容	229
第二节 柴油电站的布置形式与要求	230
一、柴油电站设备布置及对建筑设计的要求	230
二、柴油电站的布置形式与要求	232
第三节 柴油电站的通风降温与给排水系统设计	238
一、柴油电站的通风降温设计	238
二、柴油电站的排烟系统设计	243
三、柴油电站给排水设计	244
第四节 柴油电站的防雷与接地设计	247
一、柴油电站建筑物的防雷保护	247

二、发电机的防雷保护	247
三、燃油系统的防雷及防静电接地	249
四、接地与接零	249
第七章 柴油发电机组的安装与调试	251
第一节 发电机组的安装	251
一、总体布置	251
二、基础	252
三、机组的安装	252
第二节 机房设备的安装	254
一、机房的布置	254
二、柴油机管路的安装	254
三、控制屏的安装	257
四、船用柴油发电机组与控制箱的安装	257
第三节 柴油发电机组的调试	259
一、柴油机的启封	259
二、机组试机前的检查	259
三、新装柴油发电机组的磨合与调试	260
第八章 柴油发电机组的维护与管理	266
第一节 柴油发电机组的开机及运行操作规程	266
第二节 柴油机及增压系统的维护与管理	266
一、柴油机及增压系统的维护规程	266
二、柴油机及增压系统常见的故障诊断与排除	267
第三节 同步发电机的维护与管理	274
一、发电机及其绕组的维护与管理	274
二、发电机常见故障的诊断与排除	278
第四节 发电机组的维护与管理	281
一、机组的维护	281
二、机组常见故障与排除方法	282
第五节 并联运行机组运行不稳定的综合检查分析方法和调整	283
一、振荡原因检查	283
二、并联运行柴油发电机组不稳定性的主要改善措施	284
第九章 柴油发电机组并联运行	287
第一节 柴油发电机组并联运行的特点及主要问题	287
一、发电机组并联运行的特点	287
二、发电机组并联运行的主要问题	290
第二节 并联运行机组的有功功率和无功负载的分配	295
一、并联运行发电机组有功功率分配及其差度计算	296
二、并联运行发电机组的无功负载均衡分配	300
三、无功电流的自动分配	308
四、不可控自励恒压发电机的无功负载分配	311
第三节 柴油发电机组并联运行的自动控制	324
一、柴油发电机组的并车原理	324
二、自动准同步并车装置基本功能	325
三、基本环节介绍	326
参考文献	330

第一章 概 述

作为交流供电常用、备用和应急发电用的柴油发电机组被广泛地应用于船舶、通信等国民经济的众多领域。近年来,由于经济发展和资源分布不均衡而造成的电力紧缺,特别是南方沿海地区电力紧缺现象的突出,更加凸显了柴油发电机组在国民经济发展中的作用。从手启动和有人值守的普通机组向自动化(自启动、无人值守、遥控、遥信、遥测)、低排放和低噪声方向发展,柴油发电机组的技术装备水平正在不断地提高。现代柴油发电机组具有灵活、方便、自动化程度高、噪声小和排放低等特点。随着科学技术的不断发展,一些新技术、新成果的应用使得现代柴油发电机组具有更高的强化性、可靠性、稳定性及良好的排放特性等,不断满足现代社会更高的要求。

第一节 柴油发电机组的组成和特点

一、机组的组成与分类

(一) 组成

柴油发电机组是内燃发电机组的一种,由柴油机、三相交流同步发电机和控制系统(包括自动检测、控制及保护装置)三部分组成。

移动式柴油发电机组的柴油机、发电机和控制系统(箱)全部组装在一个公共底座上;而功率较大的固定式机组的柴油机和发电机装在由钢铁焊接而成的公共底座上,并固定在专门设计的钢筋混凝土地基上,这种机组的控制系统和燃油箱等设备通常与机组分开安装。

柴油机的飞轮壳与发电机前端盖轴向采用凸肩定位方式直接连接构成一体,并采用圆柱形的弹性联轴器由飞轮直接驱动发电机旋转。这种连接方式由螺钉固定在一起,使两者连接成一体,保证了柴油机的曲轴与发电机转子的同心度在规定范围内。

为了减小噪声,机组一般需安装专用消声器,特殊情况下需要对机组进行全屏蔽。为了减小机组的振动,在柴油机、发电机、水箱和电气控制箱等主要组件与公共底架的连接处,通常装有减振器或橡皮减振垫。

(二) 分类与功能

柴油发电机组类型很多,按其结构型式、控制方式和保护功能等不同,可分为下述几种。

1. 基本型机组

这类机组最为常见,由柴油机、封闭式水箱、油箱、消声器、同步交流发电机、励磁电压调节装置、控制箱(屏)、联轴器和底盘等组成。机组具有电压和转速自动调节功能。通常能作为主电源或备用电源。

2. 自启动机组

该机组是在基本型机组的基础上增加自动控制系统,它具有自动化的功能。当外部电源

(市电)突然停电时,机组能自动启动、自动进行开关切换、自动运行、自动送电和自动停车;当机油压力过低、机油温度或冷却水温过高时,能自动发出声光报警信号;当机组超速时,能自动紧急停机进行保护。

3. 微机控制自动化机组

机组由性能完善的柴油机、三相无刷同步发电机、燃油自动补给装置、机油自动补给装置、冷却水自动补给装置及自动控制屏组成。自动控制屏采用可编程自动控制器 PLC 控制。除了具有自启动、自切换、自运行、自投入和自停机等功能外,还配有各种故障报警和自动保护装置。此外,它通过 RS232 通信接口,与主计算机连接,进行集中监控,实现遥控、遥信和遥测,做到无人值守。

二、机组的特点

(一) 柴油发电机组的特点

柴油发电机组是集柴油机、发电机和自动控制等多个学科领域相交叉的技术。柴油发电机组是以柴油机为动力的发电设备,它与常用的蒸汽发电机组、水轮发电机组、燃气轮发电机组、原子能发电机组等发电设备相比较,具有结构紧凑、占地面积小、热效率高、启动迅速、控制灵活以及燃料储存方便等特点。

(1) 单机容量等级多。

柴油发电机组的单机容量从几千瓦至几万千瓦,目前国产机组最大单机容量为几千千瓦。用作船舶、邮电、高层建筑、工矿企业、军事设施的常用、应急和备用发电机组的单机容量,可选择的容量范围大,具有适用于多种容量用电负荷的优势。

采用柴油发电机组作为应急和备用电源时,可采用一台或多台机组,装机容量根据实际需要灵活配置。

(2) 配套设备结构紧凑、安装地点灵活。

柴油发电机组的配套设备比较简单、辅助设备少、体积小、重量轻。与水轮机组需建水坝、蒸汽机组需配置锅炉、燃料储备和水处理系统等比较,柴油发电机组的占地面积小、建设速度快、投资费用低。

常用发电机组通常采用独立配置方式,而备用发电机组或应急发电机组一般与变配电设备配合使用。由于机组一般不与外(市)电网并联运行,同时机组不需要充足的水源[柴油机的冷却水消耗量为 $34\sim 52\text{L}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,仅为汽轮发电机组的 $1/10$],且占地面积小,所以机组的安装地点灵活。

(3) 热效率高,燃油消耗低。

柴油机是目前热效率最高的热力发动机,其有效热效率为 $30\%\sim 46\%$,高压蒸汽轮机为 $20\%\sim 40\%$,燃气轮机为 $20\%\sim 30\%$ 。因此柴油发电机组的燃油消耗较低。

(4) 启动迅速,并能很快达到全功率。

柴油机的启动一般只需几秒钟,在应急状态下可在 1min 内达到全负荷运行;在正常工作状态下 $5\sim 30\text{min}$ 内达到全负荷,而蒸汽动力装置从启动到全负荷一般需要 $3\sim 4\text{h}$ 。柴油机的停机过程也很短,可以频繁启停。所以柴油发电机组很适合作为应急发电机组或备用发电机组。

(5) 维护操作简单,所需操作人员少,在备用期间的保养容易。

(6) 柴油发电机组的建设与发电的综合成本最低。

柴油发电机组中的柴油机一般为四冲程、水冷、中高速内燃机。燃用不可再生的柴油,或在柴油中掺加可再生能源,如乙醇、生物柴油、压缩天然气(CNG)和液化石油气(LPG)等,以节省能源和保护环境。柴油机燃烧后的排放物主要为 NO_x 、CO、HC、PM(颗粒),污染环境,而且排气噪声较大。尽管如此,柴油发电机组与水力、风力、太阳能等

可再生能源发电以及核能、火力发电相比较,具有非常明显的优势:柴油发电机组的建设与发电的综合成本是最低的。

(二) 柴油机的技术特点

用于发电的柴油机大多数为通用或其他用途柴油机的变型产品,它具有以下特点。

(1) 由于交流电频率固定为 50Hz,因此机组的转速只能是 3000r/min、1500r/min、1000r/min、750r/min、500r/min、375r/min 和 300r/min,以 1500r/min 居多。

(2) 柴油发电机的输出电压为 400/230V (大型机组为 6.3kV),频率为 50Hz,功率因数 $\cos\phi=0.8$ 。

(3) 功率变化范围较广。发电用柴油机的功率可以从 0.5kW 变化到数万千瓦。通常,移动电站、备用电源、应急电源或农村常用电源的发电用柴油机功率在 12~1500kW。固定或船用电站作为常用电源使用,其功率可达数万千瓦。

(4) 具有一定的功率储备。发电用柴油机一般在稳定工况下运行,负荷率较高。应急和备用电源一般标定为 12h 功率,常用电源标定为持续功率。机组配套功率应扣除电机的传动损失和励磁功率,并留有一定的功率储备,所以机组的配套功率应将柴油机功率除以匹配比,见式 (1.4)。

(5) 装有调速装置。为保证发电机输出电压、频率的稳定性,一般都装有高性能的调速装置。对于并联运行和并入电网的机组,则装有转速微调装置。

(6) 具有较高的供电可靠性和自动化功能。功能较完备的应急电站具有自启动、自动加载、故障自动报警和自动保护功能,发电机组可以全自动运行,不需要操作人员,能实现无人值守。

第二节 柴油发电机组的主要性能指标

一、机组的主要性能与指标

柴油发电机组的技术性能指标,是衡量机组供电质量和经济指标的主要依据。其主要技术性能通常指机组的功率因数从 0.8~1.0,三相对称负载在 0~100%或 100%~0 额定值的范围内渐变或突变时,应达到的性能。

(一) 稳定电压调整率 δ_u

$$\delta_u = \frac{U_1 - U}{U} \times 100\% \quad (1.1)$$

式中 U_1 ——负载变化后的稳定电压的最大值(或最小值);

U ——空载整定电压值。

I~III类机组 δ_u 为 $\pm(1\sim3)\%$; IV类机组 δ_u 不超过 $\pm 5\%$ 。

(二) 稳态频率调整率 δ_f

$$\delta_f = \frac{f_1 - f_2}{f} \times 100\% \quad (1.2)$$

式中 f_1 ——负载渐变后的稳态频率的最大值(或最小值);

f_2 ——额定负载时的频率;

f ——额定功率。

I~III类机组 δ_f 为 0.5%~3%; IV类机组 δ_f 不超过 5%。

(三) 电压稳定时间

从负载突变时算起到电压开始稳定所需的时间,通常用示波器来测量。

I~III类机组电压稳定时间为0.5~1s; IV类机组电压稳定时间为3s。

(四) 频率稳定时间

从负载突变时算起到频率开始稳定所需的时间, 通常也用示波器来测量。

I~III类机组频率稳定时间为2~5s; IV类机组频率稳定时间为7s。

(五) 空载电压整定范围

机组整定电压应能在额定值的95%~105%范围内调节和稳定工作。例如额定电压为400V的机组, 其空载电压可在380~420V之间调整。

(六) 在三相不对称负载下运行电压的稳定度

机组供电在三相不对称负载下运行时, 如果每相电流都不超过额定值, 而且各相电流之差不得超过额定值的25%, 则各线电压与三相电压平均值之差应不超过三相线电压平均值的5%。

(七) 机组的并机性能

两台规格型号完全相同的三相机组, 在额定功率因数下, 应能在20%~100%额定功率范围内稳定并联运行。为了提高有功功率和无功功率, 合理分配精度和运行的稳定性, 要求机组中柴油机调速器具有在稳态调速率2%~5%范围内调节的装置。在控制箱(屏)内的调压装置可使稳态电压调整率在5%范围内调整。

此外, 还有电压、频率波动率、超载运行时限、瞬态电压、频率调整率及直接启动空载异步电动机等性能, 随着技术的发展, 国产和引进的各类机组还具有其他特殊的性能, 这里不多介绍。

二、机组的功率标定与环境修正

柴油发电机组是柴油机和同步发电机的组合体。柴油机允许使用的最大功率受零部件的机械负荷和热负荷的限制, 因此, 需规定允许连续运转的最大功率, 称为标定功率, 也可以理解为柴油机可以发出最大功率的下限。柴油机的标定功率按国家标准分为15min、1h、12h和持续功率四类。

柴油机不能超过标定功率使用, 否则会缩短其使用寿命, 甚至可能造成事故。

(一) 柴油机的标定功率

(1) 15min功率 即内燃机允许连续运转15min的最大有效功率。是短时间内可能超负荷运转和要求具有加速性能的标定功率, 如汽车、摩托车等内燃机的标定功率。

(2) 1h功率 即内燃机允许连续运转1h的最大有效功率。如轮式拖拉机、机车、船舶等内燃机的标定功率。

(3) 12h功率 即内燃机允许连续运转12h的最大有效功率。如电站机组、工程机械用的内燃机标定功率。

(4) 持续功率 即内燃机允许长时间连续运转的最大有效功率。

对于一台机组, 柴油机输出的功率是指它的曲轴输出的机械功率。根据GB 1105—74规定, 电站用柴油机的功率标定为12h功率, 即柴油机在大气压力为101.325kPa, 环境气温为20℃, 相对湿度为50%的标准工况下, 柴油机以额定转速连续12h正常运转时, 达到的有效功率, 用 P_e 表示。

(二) 柴油发电机组的工作条件

发电机组的工作条件是指在规定的使用环境条件下所能输出的额定功率, 并且能可靠地进行连续工作。国家标准所规定的电站(机组)的工作条件, 主要是按海拔高度、环境温度、相对湿度、有无霉菌、盐雾以及放置的倾斜度等情况来确定的。根据GB/T 2819—1995国家标准规定, 电站在下列条件下应能输出额定功率, 并能可靠地进行

工作。

A类电站：海拔高度 1000m，环境温度 40℃，相对湿度 60%。

B类电站：海拔高度 0m，环境温度 20℃，相对湿度 60%。

电站在下列条件下应能可靠地工作，即海拔高度不超过 4000m，环境温度上限值为 40℃、45℃、50℃，下限值为 5℃、-25℃、-40℃，电站纵向前后水平倾斜度不大于 10° 或 15°，还有相对湿度、凝露和霉菌要求等。

(1) 综合因素 应按表 1.1 的规定。

(2) 长霉 机组电气零部件经长霉试验后，表面长霉等级应不超过 GB/T 2423.16—1999 国家标准中规定的 2 级。

表 1.1 发电机组工作条件的综合因素

环境温度上限值/℃		40	40	45	50
相对湿度/%	最湿月平均最高相对湿度	90(25℃时) ^①	95(25℃时) ^①		
	最干月平均最低相对湿度			10(40℃时) ^②	
凝露			有		
霉菌			有		

① 指该月的平均最低温度为 25℃，月平均最低温度是指该月每天最低温度的月平均值。

② 指该月的平均最高温度为 40℃，月平均最高温度是指该月每天最高温度的月平均值。

(三) 机组的额定功率和功率修正

交流同步发电机的额定功率是指在额定转速下长期连续运行时，输出的额定电功率，用 P_H 表示。根据机组的运行环境和技术要求，机组输出的额定功率由式 (1.3) 进行计算

$$P_H = \eta(K_1 K_2 P_e - N_P) \quad (1.3)$$

式中 P_H ——同步交流发电机输出的额定功率，kW；

P_e ——柴油机输出的额定功率，kW；

K_1 ——柴油机功率修正系数，见表 1.2；

K_2 ——环境条件修正系数，见表 1.3 和表 1.4；

η ——同步交流发电机的效率；

N_P ——柴油机风扇及其他辅助件消耗的机械功率，kW，工程上常用 hp（马力，1hp=745.7W）。

表 1.2 功率修正系数 K_1

连续工作时间	K_1
12h 以内	1.0
长期运行	0.9

通常把柴油机输出额定功率 P_e 与同步交流发电机输出的额定功率 P_H 之比，称为匹配比，用 K 表示，即

$$K = \frac{P_e}{P_H} \quad (1.4)$$

K 值的大小受当地大气压力、环境温度和相对湿度等多种因素的影响，对于在平原上使用要求一般的机组，通常 K 值取 1.6；对使用要求较高的机组 K 值应取 2。

三、柴油机和发电机的功率匹配

通常，与发电机进行配套的柴油机选用 12h 功率或持续功率作为标定功率。在柴油机与

表 1.3 环境条件修正系数 K_2 (相对湿度 $\varphi=50\%$)

海拔高度 /m	大气压力 /kPa	环境空气温度/°C									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
0	101.35	—	—	—	—	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.89
200	98.66	—	—	—	0.99	0.97	0.95	0.93	0.92	0.89	0.86
400	96.66	—	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	0.84
600	94.39	1.00	0.87	0.95	0.94	0.92	0.90	0.88	0.86	0.84	0.82
800	92.13	0.97	0.94	0.93	0.91	0.89	0.87	0.85	0.84	0.82	0.79
1000	89.86	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77
1500	84.53	0.87	0.85	0.83	0.82	0.80	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71
2000	79.46	0.81	0.79	0.77	0.76	0.74	0.73	0.71	0.70	0.68	0.65
2500	74.66	0.75	0.74	0.72	0.71	0.69	0.67	0.65	0.64	0.62	0.60
3000	70.13	0.69	0.68	0.66	0.65	0.63	0.62	0.61	0.59	0.57	0.55
3500	65.73	0.64	0.63	0.61	0.60	0.58	0.57	0.55	0.54	0.52	0.50
4000	61.59	0.59	0.58	0.56	0.55	0.53	0.52	0.50	0.49	0.47	0.46

表 1.4 环境条件修正系数 K_2 (相对湿度 $\varphi=100\%$)

海拔高度 /m	大气压力 /kPa	环境空气温度/°C									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
0	101.35	—	—	—	—	0.99	0.96	0.94	0.91	0.88	0.84
200	98.66	—	—	1.00	0.98	0.96	0.93	0.91	0.88	0.85	0.82
400	96.66	—	0.99	0.97	0.95	0.93	0.90	0.88	0.85	0.82	0.79
600	94.39	0.99	0.97	0.95	0.93	0.91	0.88	0.86	0.85	0.80	0.77
800	92.13	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.85	0.83	0.80	0.77	0.74
1000	89.86	0.93	0.91	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.78	0.75	0.72
1500	84.53	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77	0.75	0.72	0.69	0.66
2000	79.46	0.80	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71	0.69	0.66	0.63	0.60
2500	74.66	0.74	0.73	0.71	0.70	0.68	0.65	0.63	0.61	0.58	0.55
3000	70.13	0.69	0.67	0.65	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56	0.53	0.50
3500	65.73	0.63	0.62	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51	0.48	0.45
4000	61.59	0.58	0.57	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.41

发电机进行配套时，柴油机应有足够的功率以保证发电机在额定运行条件下输出标定功率。当发电机输出额定功率时，实际所需要的柴油机最小输出功率可按式 (1.5) 计算

$$N_f = \frac{P_H + P_e}{K_1 \eta} \quad (1.5)$$

由式 (1.5) 计算的柴油机功率应该调整到标准规定的值或出厂技术说明书规定的功率等级。表 1.5 为各类柴油发电机组的配套特点。

表 1.5 各类柴油发电机组的配套特点

类别	移动机组		固定机组	船用机组
配套容量/kW	≤200	200~1500	120~3×10 ⁴	60~1000
转速/(r/min)	1000、1500	1000、1500	430、500、750、1000、1500	500、750
成套型式	发电机组(包括柴油机、电机控制箱等), 汽车式、拖车式及列车式		固定式安装	固定式安装
应用场合	移动通信及流动式备用电源		边远地区及市电紧张地区的基础电源,重要部门的备用电源	船用辅机,控制和照明电源
持续工作时间/h	12~72		24~100	≥72
瞬时调速率/%	<7	<10	<10	<10
稳定调速率/%	<3	<5	<5	<5
转速波动率/%	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
温度/℃	-40~40		5~40	5~45
湿度/%	95		60	95
海拔/m	0~2000		0~1000	0
安装地点	车厢内、露天、坑道		室内	船舱
匹配功率	12h		12h或持续功率	持续功率
匹配比	1.32~1.50	1.18~1.32	1.03~1.10	1.10~1.18
负荷特点	①恒定转速、变负荷连续运行,短时间超负荷 ②迅速启动并投入负载运行(10~18s) ③有冲击负荷,如突加减100%、短期过电流50%~100%、短路、启动异步电机			

第三节 柴油发电机组的选择

一、选购柴油发电机组的依据和标准

(一) 选购的依据

市场上发电机组的品牌众多,在选择购买时要注意所选机组的性能和质量必须符合有关标准要求。

我国目前比较权威的发电机组的标准是 GB/T 2820 系列的《往复式内燃机驱动的交流发电机组》,共有 12 个部分。相当于国际标准的 ISO 8528 系列。另外还有 JB/T 10303—2001《工频柴油发电机组技术条件》和 GB/T 12786—2006《自动化内燃机电站通用技术条件》等。

具体到各个行业的标准有:邮电通信部门的 YD/T 502—2007《通信用柴油发电机组》、军事部门的 GJB 235A—1997《军用交流移动电站通用规范》以及船用部门的 GB/T 13032—1991《船用柴油发电机组通用技术条件》等。

作为通信用柴油发电机组,必须达到前面所述相关标准的要求,还有《通信用柴油发电机组的进网质量认证检测实施细则》规定的 24 项性能指标要求,同时还要通过我国行业主管部门所设立的通信电源设备质量监督检验中心的严格检测。

作为军事通信用柴油发电机组，必须达到前面所述相关标准的要求和部队有关部门制定的《通信电源设备的质量检测标准》的规定，并要通过有关组织部门对设备质量的严格检测。

作为船用柴油发电机组，必须达到前面所述相关标准中的要求，并要通过有关组织部门对设备质量的严格检测。

(二) 选购的标准

《通信用柴油发电机组的进网质量认证检测实施细则》对柴油发电机组规定的 24 项性能指标要求如下。

1. 外观要求

(1) 机组的界限尺寸、安装尺寸及连接尺寸均应符合规定程序批准的产品图样。

(2) 机组的焊接应牢固，焊缝应均匀，无焊穿、咬边、夹渣及气孔等缺陷，焊渣、焊药应清除干净；漆膜应均匀，无明显裂缝和脱落；镀层应光滑，无漏镀斑点、锈蚀等现象；机组紧固件应不松动。

(3) 机组的电气安装应符合电路图，机组的各导线连接处应有不易脱落的明显标志。

(4) 机组应有接地良好的端子。

(5) 机组标牌内容齐全。

2. 绝缘电阻和绝缘强度

(1) 绝缘电阻 各独立电气回路对地以及回路间的绝缘电阻应大于 $2M\Omega$ 。

(2) 绝缘强度 机组各独立电气回路对地及回路间应能承受交流试验电压 1min，应无击穿或闪烁现象。

回路电压 $<100V$ ，其试验电压为 $750V$ ；回路电压 $\geq 100V$ ，其试验电压为 $1440V$ 。

3. 相序要求

机组控制屏接线端子的相序从控制屏正面看应自左到右或自上到下排列。

4. 自动维持准备运行状态要求

机组应具有加热装置，保证其应急启动和快速加载时的机油温度、冷却介质温度不低于 $15^{\circ}C$ 。

5. 自动启动供电和自动停机的可靠性检查

(1) 接自控或遥控的启动指令后，机组应能自动启动。

(2) 机组自动启动后第 3 次失败时，应发出启动失败信号；设有备用机组时，程序启动系统应能自动地将启动指令传递给另一台备用机组。

(3) 从自动启动指令发出至向负载供电的时间应不超过 3min。

(4) 机组自动启动成功后，首次加载量应不低于 50% 标定负载。

(5) 接自控或遥控的停机指令后，机组应能自动停机；对于与市电网并用的备用机组，当电网恢复正常后，机组应能自动切换和自动停机，其停机方式和停机延迟时间应符合产品技术条件的规定。

6. 自动启动成功率

自动启动成功率不小于 99%。

7. 空载电压整定范围要求

机组的空载电压整定范围不小于 95%~105% 标定电压。

8. 自动补给功能要求

机组应能自动向启动电池充电。

9. 自动保护功能要求

机组应有缺相、短路（不大于 250kW）、过电流（不大于 250kW）、超速、水温（缸温）

高、油压低保护。

10. 线电压波形正弦畸变率

在空载额定电压和频率下, 线电压波形正弦畸变率 $<5\%$ 。

11. 电压稳态调整率

$\leq 250\text{kW}$	$> 250\text{kW}$
$\pm 3\%$	$\pm 2\%$

12. 电压瞬态调整率

$\leq 250\text{kW}$	$> 250\text{kW}$
$\pm 20\%$	$\pm 15\%$

13. 电压稳定时间

$\leq 250\text{kW}$	$> 250\text{kW}$
$\leq 2\text{s}$	$\leq 1.5\text{s}$

14. 电压波动率

$\leq 250\text{kW}$	$> 250\text{kW}$
$\leq 0.8\%$	$\leq 0.5\%$

15. 频率稳态调整率

$\leq 250\text{kW}$	$> 250\text{kW}$
$\leq 3\%$	$\leq 3\%$

16. 频率瞬态调整率

$\leq 250\text{kW}$	$> 250\text{kW}$
$\leq 9\%$	$\leq 9\%$

17. 频率稳定时间

$\leq 250\text{kW}$	$> 250\text{kW}$
$\leq 5\text{s}$	$\leq 5\text{s}$

18. 频率波动率

$\leq 250\text{kW}$	$> 250\text{kW}$
$\leq 0.8\%$	$\leq 0.5\%$

19. 三相不对称负载下的线电压偏差

机组在 25% 的三相对称负载下, 在任一相再加 25% 额定相功率的电阻性负载, 机组应能正常工作, 线电压的最大或最小值与三线电压平均值之差应不超过三相电压平均值的 5%。

20. 噪声

在距机组柴油机和发电机机体 1m 处的噪声声压平均值:

$\leq 250\text{kW}$	$> 250\text{kW}$
$\leq 102\text{dB (A)}$	$\leq 108\text{dB (A)}$

21. 燃油消耗率

机组额定功率在 $120\text{kW} < P_H \leq 600\text{kW}$ 范围内, 燃油消耗率 $\leq 260\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。

22. 机油消耗率

机组额定功率 $> 40\text{kW}$, 机油消耗率 $\leq 3.0\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。

23. 在额定工况下的运行试验

机组在所规定的工作条件下 (GB/T 2820 中的 4.2 节), 机组能以额定工况正常连续运行 12h (其中包括过载 10% 运行 1h), 且机组应无漏油、漏水和漏气现象。

24. 遥控、遥信和遥测性能

(1) 智能型机组 200kW 以上的机组应为智能型, 其监控内容和接口要求如下。

① 遥控: 开/关机、紧急停车、切换主备用机组。

② 遥信: 工作状态(运行/停机)、工作方式(自动/手动)、主备用机组, 过压、欠压、过流、频率/转速高、水温高(水冷)、缸体温度高(风冷)、皮带断裂(风冷)、润滑油油温高(风冷)、启动失败、过载、充电器故障。

③ 遥测: 三相输出电压、三相输出电流、输出频率/转速、冷却介质温度或缸体温度(风冷)、润滑油油压、润滑油油温(风冷)、启动电池电压、输出功率。

④ 接口: 应具有通信接口(RS232 和 RS485/422)并能提供完整的通信协议。

(2) 非智能型机组 200kW 及以下的非智能型机组无遥控、遥信和遥测要求。

二、柴油发电机组的选择

柴油发电机组按照用途不同分为常用发电机组、备用发电机组、应急发电机组和战备发电机组。在选择机组时, 应首先明确该机组的主要用途。在远离电力网(或称市电)的地区, 需要发电机组常年运行, 应选用常用发电机组。若机组只是在市电偶尔发生故障才启动运行向负载供电, 则使用备用发电机组或者应急发电机组。而战备发电机组是为人防和国防设施供电, 平时具有备用发电机组的性质, 而在战时市电被破坏后, 则具有常用发电机组的性质。

(一) 常用柴油发电机组的选择

某些柴油发电机组在某段时间或经常需要长时间连续地进行, 以作为用电负荷的常用供电电源, 这类发电机组称为常用发电机组。常用发电机组可作为常用机组与备用机组。远离大电网的乡镇、海岛、林场、矿山、油田等地区或工矿企业, 为了供给当地居民生产及生活用电, 需要安装柴油发电机组, 这类发电机组平时应不间断地运行。

国防工程、通信枢纽、广播电台、微波接力站等重要设施, 应设有备用柴油发电机组。这类设施用电平时可由市电电力网供给。但是, 由于地震、台风、战争等其他自然灾害或人为因素, 使市电网遭受破坏而停电以后, 已设置的备用柴油发电机组应迅速启动, 并坚持长期不间断地运行, 以保证对这些重要工程用电负荷的连续供电, 这种备用发电机组也属于常用发电机组类型。常用发电机组持续工作时间长, 负荷曲线变化较大。

1. 常用柴油发电机组容量的确定

按机组长期持续运行输出功率能满足全工程最大计算负荷选择, 并应根据负荷的重要性确定发电机组备用机组容量。柴油机持续进行的输出功率一般为额定功率的 0.9 倍。

船舶电站上常用柴油发电机组容量是根据船舶用电的需求, 并保证船舶的安全性和经济性而确定的。船舶电站容量既不等于全船所有用电设备的额定电功率的总和, 也不等于船舶某一运行工况下所用全部用电设备额定电功率的总和。因为船舶在不同运行工况下投入运行的用电设备不同, 用电量也不同; 即便在同一运行工况下各用电设备的运行时间长短不同, 负荷变化的情况也不同; 每一用电设备实际所需的电功率大多小于其额定电功率。电站发电机组数量的选择和单机容量的确定既与电站容量有关, 也与各工况的用电量大小和相对运行周期的长短有关。

若以高效率经济运行为原则, 针对电站容量和各工况的用电量及其相对运行周期等具体情况, 可选择小功率多机组, 或大功率少机组, 或不同功率的机组。一般船舶电站设置 2~3 台(包括备用机组)同型号、同容量的机组, 最多为 4 台。有些船舶在无作业停泊期间用电量少, 常设 1 台小容量的系泊发电机。船舶电站的实际容量综合考虑了船舶电动机的利用系数、负荷系数、同时性系数等因素。

2. 常用柴油发电机组台数的确定

常用柴油发电机组台数的设置通常为 2 台以上, 以保证供电的连续性及应用用电负荷曲