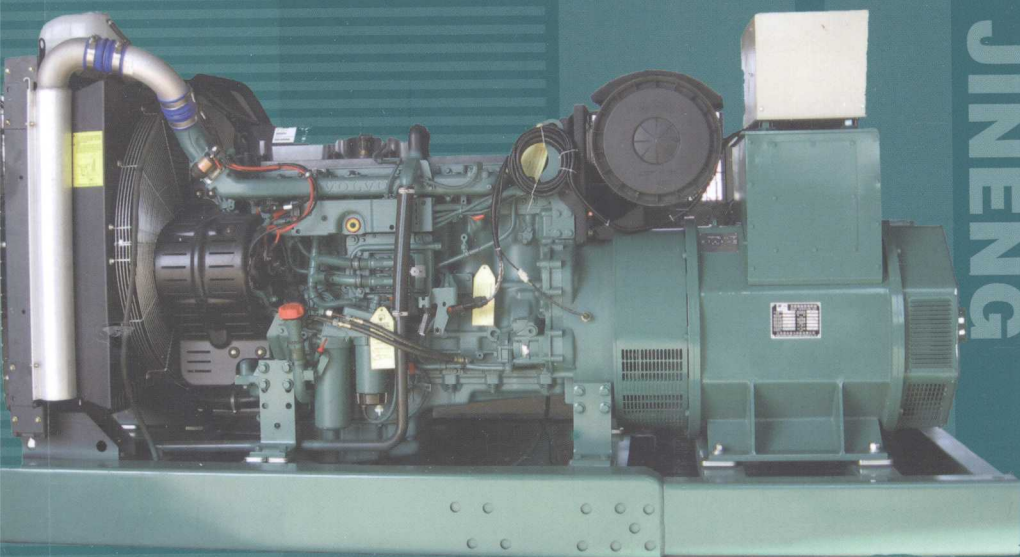


CHAIYOU  
FADIANJIZU  
SHIYONG  
JISHU JINENG



# 柴油发电机组 实用技术技能

巨 张海呈 张寿珍 钟进 编著



化学工业出版社

SHAIYOU  
DIANJIJUZU  
SHIYONG  
SHU JINENG



# 柴油发电机组 实用技术技能

杨贵恒 张海呈 张寿珍 钟进 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

## 图书在版编目(CIP)数据

柴油发电机组实用技术技能/杨贵恒等编著. —北京: 化学工业出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-122-15374-6

I. ①柴… II. ①杨… III. ①内燃发电机-机组-技术手册  
IV. ①TM314-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 221957 号

---

责任编辑: 高墨荣  
责任校对: 徐贞珍

文字编辑: 徐卿华  
装帧设计: 王晓宇

---

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: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 25 字数 657 千字 2013 年 1 月北京第 1 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: 78.00 元

版权所有 违者必究

# | 前言 | | FOREWORD |

柴油发电机组是一种机动性很强的发电设备，因其使用基本不受场所条件的限制，能够连续、稳定、安全地提供电能，所以被通信、金融、建筑、医疗、商业和军事等诸多领域作为备用和应急电源。特别是近年来，由于经济快速发展和资源分布不均衡而造成的中国部分地区电力紧缺现象，使柴油发电机组在国民经济发展中的作用更为显现。

由于各行业对供电保障和柴油发电机组的使用与维护的要求越来越高，因此，迫切需要一支有经验、懂技术的专业使用与维修队伍。笔者根据多年的教学和修理柴油发电机组的实际经验和心得体会，结合必备的理论知识，在参考相关文献的基础上，编写成本书出版，以满足广大读者的需求。读者通过本书的学习，能了解柴油发电机组的组成、主要电气性能指标与性能以及柴油发电机组的选择，掌握柴油发电机组三大组成部分（柴油机、交流同步发电机、控制屏）的结构、工作原理以及常见故障检修技能，学会柴油发电机组的安装使用与调试、拆卸与装配、维护保养以及常见故障检修技能。

全书共分为9章，第1章主要讲述柴油发电机组的组成与分类、技术条件与性能以及柴油发电机组的选择；第2章主要讲述柴油机、交流同步发电机、励磁系统及其调节器的构造与工作原理以及柴油发电机组维修基础；第3章~第7章主要讲述柴油机各机构与系统（机体组件与曲柄连杆机构、配气机构与进排气系统、燃油供给与调速系统、润滑系统、冷却系统、启动系统）的构造、工作原理与检修技能；第8章主要讲述控制屏（箱）的结构及其工作原理、控制屏（箱）内主要设备与仪表以及控制屏（箱）的使用与维修技能；第9章主要讲述柴油发电机组的安装使用与调试、拆卸与装配、维护保养以及常见故障检修技能。另外，在本书的附录部分还详细讲述了柴油机喷油泵试验台和喷油器测试仪的使用与维护方法及 KC120GFBZ 型自动化柴油发电机组使用与维护。

本书由 75706 部队网管办钟进和重庆通信学院杨贵恒、张海呈、张寿珍、龙江涛、强生泽、向成宣、任开春、刘扬、袁春、王建红、叶奇睿、张传富、潘小兵、蒲红梅、金丽萍、李世刚、朱真兵、杨波、赵英和詹景君等共同编写，最后由杨贵恒统稿。另外，余江、温中珍、蒋王莉、李光兰、刘嫣婷、杨贵文、杨芳、杨胜、杨蕾、付保良、汪涛和吴伟丽等在本书编写过程中搜集了大量资料。在本书出版过程中得到了重庆通信学院教保科和电力工程系全体同仁的大力支持与帮助，并提出了许多修改意见，在此一并致谢。

本书图文并茂、通俗易懂、重点突出、针对性强、理论联系实际、具有较强的实用性和可操作性，是一本专门介绍柴油发电机组实用技术技能的图书。可作为柴油发电机组使用与维修人员的培训教材，也可作为通信电源、发电与供电、电力工程及自动化等专业师生的教学参考书，同时还可供柴油发动机、电机维修技师以及相关专业技术人员参考。

由于编著者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。如有修改建议，请直接与编辑（gmr9825@163.com）或作者（ygh700912@163.com）联系。

杨贵恒

## 化学工业出版社电气类图书推荐

书号	书 名	开本	装订	定价/元
06669	电气图形符号文字符号便查手册	大 32	平装	45
06935	变配电线路安装技术手册	大 32	平装	35
10561	常用电机绕组检修手册	16	平装	98
10565	实用电工电子查算手册	大 32	平装	59
07881	低压电气控制电路图册	大 32	平装	29
03742	三相交流电动机绕组布线接线图册	大 32	平装	35
05678	电机绕组接线图册	横 16	平装	59
05718	电机绕组布线接线彩色图册	大 32	平装	49
08597	中小型电机绕组修理技术数据	大 32	平装	26
13422	电机绕组图的绘制与识读	16	平装	38
07126	电动机维修	大 32	平装	15
07436	电动机保护器及控制线路	大 32	平装	18
02363	防爆防腐电机检修技术问答	大 32	平装	23
03224	潜水电泵检修技术问答	大 32	平装	27
03968	牵引电动机检修技术问答	大 32	平装	28
03779	变电运行技术问答	大 32	平装	19
05081	工厂供配电技术问答	大 32	平装	25
07733	实用电工技术问答	大 32	平装	39
00911	图解变压器检修操作技能	16	平装	35
12806	工厂电气控制电路实例详解(第二版)	16	平装	38
04212	低压电动机控制电路解析	16	平装	38
04759	工厂常见高压控制电路解析	16	平装	42
08271	低压电动机控制电路与实际接线详解	16	平装	38
01696	图解电工操作技能	大 32	平装	21
08051	零起点看图学——电机使用与维护	大 32	平装	26
08644	零起点看图学——三相异步电动机维修	大 32	平装	30
08981	零起点看图学——电气安全	大 32	平装	18
09551	零起点看图学——变压器的使用与维修	大 32	平装	25
08060	零起点看图学——低压电器的选用与维修	大 32	平装	25

续表

书号	书 名	开本	装订	定价/元
09150	电力系统继电保护整定计算原理与算例	B5	平装	29
09682	发电厂及变电站的二次回路与故障分析	B5	平装	29
05400	电力系统运动原理及应用	B5	平装	29
04516	电气作业安全操作指导	大 32	平装	24
06194	电气设备的选择与设计	16	平装	29
08596	实用小型发电设备的使用与维修	大 32	平装	29
10785	怎样查找和处理电气故障	大 32	平装	28
11454	蓄电池的使用与维护(第二版)	大 32	平装	28
11271	住宅装修电气安装要诀	大 32	平装	29
11575	智能建筑综合布线设计及应用	16	平装	39
11934	全程图解电工操作技能	16	平装	39
12034	实用电工电子控制电路图集	16	精装	148
12759	电力电缆头制作与故障测寻(第二版)	大 32	平装	29.8
13862	电力电缆选型与敷设(第二版)	大 32	平装	29
12759	电机绕组接线图册(第二版)	横 16	平装	68
14184	手把手教你修电焊机	16	平装	39.8
09381	电焊机维修技术	16	平装	38
13555	电机检修速查手册(第二版)	B5	平装	88
13183	电工口诀——详解版	16	平装	48
12880	电工口诀——插图版	大 32	平装	18
12313	电厂实用技术读本系列——汽轮机运行及事故处理	16	平装	58
13552	电厂实用和技术读本系列——电气运行及事故处理	16	平装	58
13781	电厂实用技术读本系列——化学运行及事故处理	16	平装	58
	电厂实用和技术读本系列——热工仪表及自动控制系统	16	平装	48

以上图书由**化学工业出版社 电气出版分社**出版。如要以上图书的内容简介和详细目录, 或者更多的专业图书信息, 请登录 [www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)。

地址: 北京市东城区青年湖南街 13 号 (100011)

购书咨询: 010-64518888

如要出版新著, 请与编辑联系。

编辑电话: 010-64519265

投稿邮箱: [gmr9825@163.com](mailto:gmr9825@163.com)

# | 目录 |

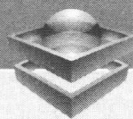
# | CONTENTS |

<b>第1章 绪论</b> .....	1	2.3.2 励磁系统的分类	41
1.1 柴油发电机组的组成与分类	1	2.3.3 半导体励磁调节器	44
1.1.1 柴油发电机组的组成	1	2.3.4 微机励磁调节器	46
1.1.2 柴油发电机组的分类	1	2.4 柴油发电机组维修基础	49
1.1.3 柴油发电机组的性能等级	4	2.4.1 柴油发电机组维修基本 概念	49
1.1.4 柴油发电机组的型号含义	4	2.4.2 柴油发电机组维护基础 知识	49
1.2 柴油发电机组的技术条件与 性能	5	2.4.3 柴油发电机组修理基础 知识	50
1.2.1 柴油发电机组的主要电气性 能指标	5	2.4.4 柴油发电机组故障诊断基础 知识	51
1.2.2 柴油发电机组的工作条件	8	<b>第3章 机体组件与曲柄连杆机构</b>	54
1.2.3 柴油发电机组的功率标定与 修正	9	3.1 机体组件	54
1.2.4 柴油机与发电机的功率 匹配	11	3.1.1 机体组件构造	54
1.3 柴油发电机组的选择	12	3.1.2 气缸体与气缸盖检修技能	60
1.3.1 选购柴油发电机组的依据	12	3.1.3 气缸检修技能	65
1.3.2 选购柴油发电机组的标准	12	3.2 活塞连杆组	72
1.3.3 常用柴油发电机组的选择	14	3.2.1 活塞组构造	72
1.3.4 应急柴油发电机组的选择	16	3.2.2 活塞组检修技能	76
1.3.5 柴油发电机组的订货要求	17	3.2.3 连杆组构造	83
<b>第2章 柴油发电机组总体构造与维修   基础</b>	18	3.2.4 连杆组检修技能	86
2.1 柴油机总体构造与工作原理	18	3.3 曲轴飞轮组	92
2.1.1 柴油机工作原理	18	3.3.1 曲轴飞轮组构造	92
2.1.2 柴油机总体构造	21	3.3.2 曲轴检修技能	97
2.1.3 柴油机的分类	23	3.3.3 轴承检修技能	102
2.1.4 柴油机型号编制规则	23	<b>第4章 配气机构与进排气系统</b>	108
2.1.5 柴油机功率和燃油消耗率的 标定及其修正	25	4.1 配气机构与进排气系统的 构造	108
2.2 同步发电机基本结构与工作 原理	27	4.1.1 配气机构的结构形式及工作 过程	108
2.2.1 同步发电机工作原理	27	4.1.2 配气机构的主要零件	109
2.2.2 同步发电机的特点及其基本 类型	32	4.1.3 配气相位和气门间隙	115
2.2.3 同步发电机的基本结构	33	4.1.4 进排气系统	116
2.2.4 同步发电机的额定值及其 型号	37	4.1.5 柴油机的增压系统	119
2.3 励磁系统简介	40	4.2 气门组零件检修技能	124
2.3.1 励磁系统的组成与要求	40	4.2.1 气门的检验与修理	124
		4.2.2 气门导管的检验与修理	127
		4.2.3 气门座的检验与修理	128
		4.2.4 气门的研磨	132

4.2.5	气门弹簧的检验与修理	134	5.5.2	PT燃油系统的拆装与 调试	195
4.2.6	气门弹簧锁片和弹簧座的检验 与修理	135	5.5.3	PT燃油系统常见故障 诊断	201
4.3	气门传动组零件检修技能	136	<b>第6章 润滑与冷却系统</b>		203
4.3.1	气门挺杆和导孔的检验与 修理	136	6.1	润滑系统	203
4.3.2	推杆和摇臂的检验与修理	136	6.1.1	润滑系统构造	204
4.3.3	凸轮轴和正时齿轮的检验与 修理	136	6.1.2	润滑系统的维护与保养	210
4.4	废气涡轮增压器检修技能	139	6.1.3	机油泵检修技能	215
4.4.1	废气涡轮增压器的拆卸	139	6.1.4	润滑系统常见故障检修 技能	217
4.4.2	废气涡轮增压器的清洗和 检查	140	6.2	冷却系统	220
4.4.3	废气涡轮增压器的装配	141	6.2.1	冷却系统构造	221
<b>第5章 燃油供给与调速系统</b>		143	6.2.2	冷却系统的维护与保养	230
5.1	燃油供给与调速系统的构造	143	6.2.3	冷却系统主要机件检修 技能	234
5.1.1	喷油器	143	6.2.4	冷却系统常见故障检修 技能	236
5.1.2	喷油泵	146	<b>第7章 启动系统</b>		238
5.1.3	调速器	155	7.1	启动电机	240
5.1.4	喷油提前角调节装置	164	7.1.1	启动电机的构造	240
5.1.5	其他辅助装置	166	7.1.2	启动机使用与维护	244
5.2	燃油供给与调速系统的拆装与 检查	169	7.1.3	启动机常见故障检修	246
5.2.1	喷油泵和调速器的拆装及 检查	169	7.2	硅整流发电机及其调节器	248
5.2.2	喷油器的拆装和检查	174	7.2.1	硅整流发电机的构造与工作 原理	248
5.2.3	输油泵的拆装及检查	176	7.2.2	硅整流发电机调节器工作 原理	250
5.3	燃油供给与调速系统的试验和 调整	177	7.2.3	硅整流发电机检修技能	252
5.3.1	喷油泵和调速器总成的试验 和调整	177	7.2.4	硅整流发电机调节器检修 技能	256
5.3.2	喷油器的试验和调整	179	7.3	蓄电池	257
5.3.3	输油泵的试验	180	7.3.1	普通铅蓄电池的构造与工作 原理	257
5.4	燃油供给与调速系统常见故障 检修	181	7.3.2	蓄电池的电压和电容量	263
5.4.1	喷油泵的故障	181	7.3.3	铅蓄电池的型号	264
5.4.2	调速器的故障	184	7.3.4	阀控式密封铅蓄电池的 结构	265
5.4.3	喷油器的故障	185	7.3.5	蓄电池的日常维护与 检查	267
5.4.4	输油泵的故障	187	7.4	启动系统辅助装置	269
5.5	PT燃油系统及其常见故障检修 技能	188	7.4.1	减压机构	269
5.5.1	PT燃油系统的构造与工作 原理	188	7.4.2	预热装置	269



7.4.3 电流表 .....	271	事项与原则 .....	328
<b>第8章 控制屏(箱) .....</b>	<b>272</b>	9.3.2 4135柴油发电机组的装配 步骤 .....	329
8.1 控制屏(箱)结构及其工作 原理 .....	272	9.3.3 柴油机与发电机中心线的 校正 .....	333
8.1.1 常见型号控制屏结构及其工作 原理 .....	272	9.4 柴油发电机组的维护保养 .....	335
8.1.2 常见型号控制箱结构及其工作 原理 .....	277	9.4.1 柴油机的维护保养 .....	335
8.1.3 机组保护系统 .....	287	9.4.2 发电机的日常维护与保养 .....	337
8.2 控制屏(箱)主要设备与 仪表 .....	288	9.4.3 发电机绕组的维护保养 .....	338
8.2.1 自动空气开关 .....	288	9.4.4 蓄电池的维护保养 .....	339
8.2.2 电压互感器和电流互感器 .....	290	9.5 柴油发电机组常见故障检修 .....	345
8.2.3 主要测量仪表的选用、接法 与读数 .....	293	9.5.1 柴油机常见故障检修 .....	345
8.3 控制屏(箱)的使用与维修 .....	295	9.5.2 同步发电机常见故障 检修 .....	350
8.3.1 控制屏(箱)的使用与 维护 .....	295	9.5.3 励磁调节器常见故障 检修 .....	358
8.3.2 控制屏(箱)常见故障检修 技能 .....	296	<b>附录 .....</b>	<b>363</b>
8.3.3 控制屏(箱)主要设备 (仪表)常见故障 .....	304	附录1 喷油泵试验台的使用与 维护 .....	363
<b>第9章 柴油发电机组使用与维修 .....</b>	<b>307</b>	一、喷油泵试验台的结构 .....	363
9.1 柴油发电机组的安装使用与 调试 .....	307	二、喷油泵试验台的使用 .....	366
9.1.1 柴油发电机组的安装 .....	307	三、喷油泵试验台的维护 .....	368
9.1.2 柴油发电机组的使用 .....	310	附录2 喷油器测试仪的使用与 维护 .....	370
9.1.3 柴油发电机组的调试 .....	318	一、喷油器测试仪的结构 .....	370
9.2 柴油发电机组的拆卸 .....	324	二、喷油器测试仪的使用 (固定式) .....	371
9.2.1 拆卸前的准备工作 .....	324	三、喷油器测试仪的维护 .....	372
9.2.2 拆卸的一般原则与注意 事项 .....	324	附录3 KC120GFBZ型自动化柴油发电 机组使用与维护 .....	372
9.2.3 4135柴油发电机组的拆卸 步骤 .....	325	一、基本组成 .....	372
9.3 柴油发电机组的装配 .....	328	二、主要技术指标 .....	380
9.3.1 柴油发电机组装配的注意 事项 .....	328	三、操作使用 .....	380
		四、维护保养 .....	385
		<b>参考文献 .....</b>	<b>389</b>



柴油发电机组是以柴油机作动力，驱动交流同步发电机而发电的电源设备。柴油发电机组是目前世界上应用非常广泛的发电设备，主要用作电信、金融、国防、医院、学校、商业、工矿企业及住宅的应急备用电源；移动通信、战地及野外作业、车辆及船舶等特殊用途的独立电源；大电网不能输送到的地区或不适合建立火电厂的地区的生产与生活所需的独立供电主电源等。随着科学技术的不断发展，一些新技术和新成果的应用，柴油发电机组逐渐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，以满足现代社会对柴油发电机组的更高要求。

## 1.1 柴油发电机组的组成与分类

### 1.1.1 柴油发电机组的组成

柴油发电机组是内燃发电机组的一种，由柴油机、交流同步发电机、控制箱（屏）、联轴器和公共底座等部件组成，如图 1-1 所示。

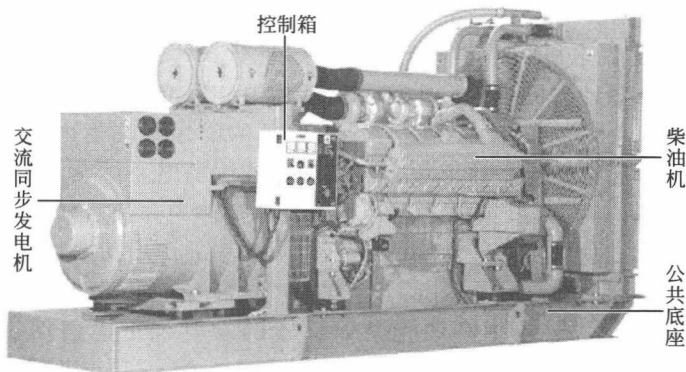


图 1-1 柴油发电机组组成示意图

一般生产的成套机组，都是用一公共底座将柴油机、交流同步发电机和控制箱（屏）等主要部件安装在一起，成为一个整体，即一体化柴油发电机组。而大功率机组除柴油机和发电机装置在型钢焊接而成的公共底座上外，控制屏、燃油箱和水箱等设备均需单独设计，便于移动和安装。

柴油机的飞轮壳与发电机前端盖轴向采用凸肩定位直接连接构成一体，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、控制箱和水箱等主要组件与公共底座的连接处，通常装有减振器或橡皮减振垫。有的控制箱还采用二级减振措施。

### 1.1.2 柴油发电机组的分类

柴油发电机组的分类方法很多，按照发动机转速的高低可分为高、中、低速机组；按照

功率的大小可分为大、中、小型机组。按照发电机的输出电压频率可分为交流发电机组（中频：400Hz、工频：50Hz）和直流发电机组，当电压频率为50Hz时，中小型发电机的标定电压一般为400V（三相）或230V（单相），大型发电机的标定电压一般为6.3~10.5kV。但更常用的分类方法是根据柴油发电机组的控制方式、用途和外观构造进行分类。

#### （1）按控制方式分类

① 手动机组 这类机组最为常见，机组具有电压和转速自动调节功能，操作人员在机房现场对机组进行启动、合闸、分闸和停机等操作。此类机组通常作为主电源或备用电源。

② 自启动机组 自启动机组是在手动机组的基础上，增加了自动控制系统。当市电突然停电时，机组具有自动启动、自动调压、自动调频、自动进行开关切换和自动停机等功能；当机组机油压力过低、机油温度和冷却水温过高时，能自动发出声光报警信号；当机组超速时，能自动紧急停机保护机组。自启动机组的优点是大大减少了对操作人员的依赖性，缩短了市电中断至由机组供电之间的间隔时间。此类机组通常作为备用电源。

③ 微机控制自动化机组 机组由性能完善的柴油机、同步发电机、燃油（机油、冷却水）自动补偿装置和自动控制屏等组成。自动控制屏采用可编程自动控制器（PLC）控制，除了具备自启动机组的各项功能外，还可按负荷大小自动增减机组、故障自动处理、自动记录打印机组运行报表和故障情况，对机组实行全面自动控制。由串行通信接口（RS232、RS422 或 RS485）实现中心站对分散于各处的机组进行实时的遥控、遥信和遥测（俗称“三遥”），从而达到无人值守。机组的自动化程度可按实际需要配置。此类机组特别适合作为应急电源。

#### （2）按用途分类

① 常用机组 这类发电机组常年运行，一般设在远离电力网（或称市电）的地区或工矿企业附近，以满足这些地方的施工、生产和生活用电。目前在经济发展比较快的地区，由于电力网的建设跟不上用户的需求而设立建设周期短的常用柴油发电机组来满足用户的需要。这类发电机组一般容量较大，对非恒定负载提供连续的电力供应，对连续运行的时间没有限制，并允许每12h内有1h过负载供电时间，过负荷能力为额定输出功率的10%。这类机组因其运行时间较长、负载较重，相对于本机极限功率的许用功率被调至较低点。

② 备用机组 在通常情况下用户所需电力由市电供给，当市电限电拉闸或其他原因中断供电时，为保证用户的基本生产和生活而设置的发电机组为备用机组。这类发电机组常设在电信部门、医院、市电供应紧张的工矿企业、机场和电视台等重要用电单位。这类机组随时保持备用状态，能对非恒定负载提供连续的电力供应，对连续运行的时间没有限制。

③ 应急机组 对市电突然中断将造成较大损失或人身事故的用电设备，常设置应急发电机组对这些设备紧急供电，如高层建筑的消防系统、疏散照明、电梯、自动化生产线的控制系统、重要的通信系统以及正在给病人做重要手术的医疗设备等。这类机组应能在市电突然中断时，能迅速启动运行，并在最短时间内向负载提供稳定的交流电源，以保证及时地向负载供电，这种机组自动化程度要求较高。

#### （3）按外观构造分类

① 基本型机组 基本型机组的外观如图1-2所示。基本型机组是平时见得最多的柴油发电机组，它可能是手动机组，也可能是自启动机组或微机控制自动化机组。

② 静音型机组 静音型机组的外观如图1-3所示。静音型机组与基本型机组的本质区别是机组外部安装了隔声罩，消声器内置，降低了机组的噪声。这种机组适用于要求噪声低的特殊场合，如学校、医院和高级电梯公寓等。

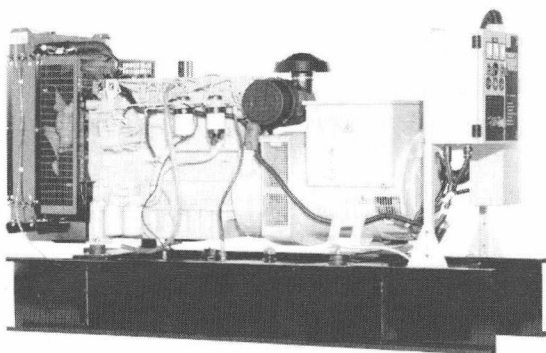


图 1-2 基本型机组外观

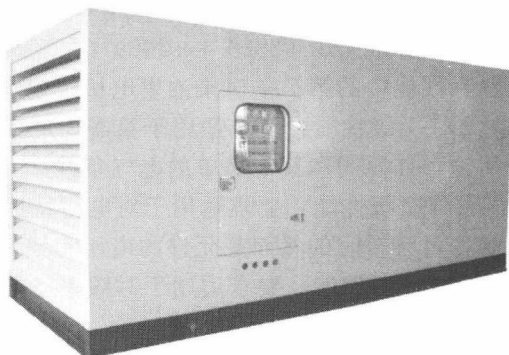


图 1-3 静音型机组外观

③ 车载机组 车载机组的外观如图 1-4 所示。车载机组是将整台柴油发电机组安装在汽车车厢内，通常其箱体要作静音降噪处理，是专门为应急供电而设计制造的机组。



图 1-4 车载机组外观

④ 拖车机组（电站） 拖车机组（电站）的外观如图 1-5 所示。通常拖车机组是在静音型机组的基础上加装了拖卡，实现了机组的便捷式移动，适用于城市范围内的短距离应急供电。



图 1-5 拖车机组外观

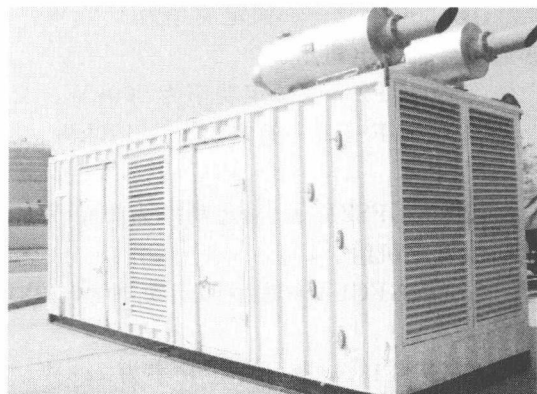


图 1-6 方舱（集装箱）式机组外观

⑤ 方舱（集装箱）式机组 方舱式机组的外观如图 1-6 所示。方舱式机组是将整台柴油发电机组安装在方舱内，是专门为野外工程建设供电而设计制造的机组，机组功率一般在 500kW 以上。

### 1.1.3 柴油发电机组的性能等级

国家标准 GB/T2820.1—2009《往复式内燃机驱动的交流发电机组》第1部分：用途、定额和性能中的第7条对柴油发电机组规定了四级性能。

① G1级性能：要求适用于只需规定其基本的电压和频率参数的连接负载。主要作为一般用途，如照明和其他简单的电气负载。

② G2级性能：要求适用于对电压特性与公用电力系统有相同要求的负载。当其负载变化时，可有暂时的然而允许的电压和频率偏差。如照明系统、风机和水泵等。

③ G3级性能：要求适用于对频率、电压和波形特性有严格要求的连接设备。如电信负载和晶闸管控制的负载。

④ G4级性能：要求适用于对频率、电压和波形特性有特别严格要求的负载。如数据处理设备或计算机系统。

### 1.1.4 柴油发电机组的型号含义

大部分国产柴油发电机组的型号如图1-7所示。其中符号及数字代表的型号含义如下。



图 1-7 柴油发电机组的型号

1——机组输出的额定功率（kW），用数字表示。

2——机组输出电流的种类：G—交流工频；P—交流中频；S—交流双频；Z—直流。

3——机组的类型：F—陆用；FC—船用；Q—汽车电站；T—挂（拖）车。

4——机组的控制特征：缺位为手动（普通型）；Z—自动化；S—低噪声；SZ—低噪声自动化。

5——设计序号，用数字表示。

6——变型代号，用数字表示。

7——环境特征：缺位为普通型；TH—湿热带型。

举例：

① 150GF8-2——额定功率为150kW、交流工频、陆用、设计序号为8、第2次变型的普通型柴油发电机组。

② 500GFZ——额定功率为500kW、交流工频、陆用、自动化柴油发电机组。

③ 120GFS5——额定功率为120kW、交流工频、陆用、低噪声、设计序号为5的柴油发电机组。

④ 200GFSZ1——额定功率为200kW、交流工频、陆用、低噪声、设计序号为1的自动化柴油发电机组。

⑤ 300GFC1——表示额定功率为300kW、交流工频、船用、设计序号为1的柴油发电机组。

⑥ 75PT1——表示额定功率为75kW、中频400Hz、挂（拖）车式、设计序号为1的柴油发电机组（电站）。

⑦ 200GT1——额定功率为200kW、交流工频、挂（拖）车式、设计序号为1的柴油发电机组（电站）。

⑧ 150GQ1——额定功率为150kW、交流工频、汽车式（车载）、设计序号为1的柴油发电机组（电站）。

⑨ 24ZQ1——额定功率为 24kW、直流输出、汽车式（车载）、设计序号为 1 的柴油发电机组（电站）。

注意：有的柴油发电机组型号含义与上述型号含义有所不同，尤其是进口或合资企业生产的机组是由机组生产企业自行确定的。例如威尔信柴油发电机组：机组型号前面都带有字母“P”，是 Perkins（伯琼斯）的缩写；机组型号后面有带“E”和不带“E”之分，带“E”的机组为备用功率，不带“E”的机组为常用功率；机组型号中的数字代表机组的容量（kV·A）。如 P900E 型威尔信柴油发电机组的基本含义为：发动机采用伯琼斯柴油机，机组备用功率为 900kV·A（720kW）。若机组装配手动控制屏，则机组只能在手动状态下工作。若机组装配任意一种自动控制屏，则机组可选择在手动或自动状态下工作。

## 1.2 柴油发电机组的技术条件与性能

### 1.2.1 柴油发电机组的主要电气性能指标

柴油发电机组的电气性能指标不仅是衡量机组供电质量的标准，也是正确使用和维修机组的主要依据。柴油发电机组的主要电气性能指标包括稳态指标和动态指标两类。

#### 1.2.1.1 稳态指标

发电机组在一定负载下稳定运行时的电气性能指标称作稳态指标。

(1) 额定值 对发电机组而言，额定值就是指机组铭牌上所标示的数据。

① 相数 (Phase)：发电机组的输出电压有单相和三相两种。

② 额定频率 (Rated Frequency)：柴油发电机组以额定转速运行时的电压频率，叫额定频率。在我国，一般用电设备要求的额定频率为 50Hz，特殊用电设备要求的额定频率为 400Hz 或 800Hz（中频），普通发电机组只能发出一种频率的交流电；特殊发电机组可同时产生两种不同频率的交流电。

③ 额定转速 (Rated Speed)：目前，中小型柴油发电机组的额定转速一般为 1500r/min。随着柴油机结构的改进和制造工艺水平的提高，机组的额定转速会逐步提高。

④ 额定电压 (Rated Voltage)：柴油发电机组以额定转速运行时的空载电压称为其额定电压。通常，单相柴油发电机组的额定电压为 230V（220V），三相柴油发电机组的额定电压为 400V（380V）。

⑤ 额定电流 (Rated Current)：发电机组输出额定电压和额定功率（或额定容量）时的输出电流称为额定电流。单位为安培（A）。

⑥ 额定容量/额定功率 (Rated Capacity/ Rated Output)：柴油发电机组的额定电压和额定电流之积称为机组的额定容量。单位为伏安（V·A）或千伏安（kV·A）。发电机组铭牌上通常标出的是额定功率，额定功率等于额定容量与额定功率因数之积，或者等于额定电压、额定电流和额定功率因数三者之积，单位是瓦（W）或千瓦（kW）。

⑦ 最大输出容量/最大输出功率 (Max Capacity/Max Output)：允许发电机组短时间超载运行时的输出容量（输出功率），一般为额定输出容量（输出功率）的 110%。

⑧ 额定功率因数 (Rated Factor)：机组的额定输出功率（有功功率）与额定容量（视在功率）之比称为机组的额定功率因数。当机组容量一定时，其功率因数越高，则其输出的有功功率就越多，机组的利用率也越高。一般情况下，机组的功率因数不允许低于 0.8。

(2) 空载电压调整范围  $u_z$  机组稳定运行时，其空载电压应能在一定范围内调整，这是由于机组与用电设备之间有一定的电缆电压降，机组应保证在一定的负载下，输出电缆末

端仍具有正常的工作电压。一般情况下，空载电压调整范围为额定电压的 95%~105%。例如：一台机组的额定电压为 400V 时，其空载电压调整范围为 380~420V。空载电压调整范围的计算公式为：

$$u_z = \frac{u_{\max}(u_{\min})}{u} \times 100\%$$

式中  $u$ ——额定电压，V；

$u_{\max}(u_{\min})$ ——电压整定装置确定的最高（最低）电压，V。

(3) 电压热偏移 当环境温度和发电机组本身的温度升高时，发电机铁芯的磁导率下降，绕组的直流电阻增加，电路元件参数会发生变化，从而引起发电机组输出电压的变化，这种现象叫作电压热偏移。通常，用温度升高所引起的机组电压变化量占额定电压的百分数来表示机组的电压热偏移，一般不允许超过 2%。

(4) 电压波形畸变率 发电机组输出电压的理想波形应为正弦波，但其实际波形不是真正的正弦波，它既含有基波，又含有三次及三次以上的高次谐波，三次谐波励磁的发电机组尤为严重。各次谐波有效值的均方根值与基波有效值的百分比叫作电压波形畸变率。一般情况下，发电机组空载额定电压波形畸变率应小于 10%。电压波形畸变率过大，会使发电机发热严重，温度升高而损坏发电机的绝缘，影响发电机组的正常工作性能。

(5) 稳态电压调整率  $\delta_u$  稳态电压调整率是指机组在负载变化后的稳定电压相对机组在空载时额定电压的偏差程度，用百分比来表示。即：机组输出电压与额定电压之差与额定电压之比的百分数。其数学表达式如下：

$$\delta_u = \frac{u_1 - u}{u} \times 100\%$$

式中  $u_1$ ——发电机组在负载渐变后，稳定电压的最大值（最小值），V；

$u$ ——发电机组的（空载）额定电压，V。

稳态电压调整率是衡量发电机组端电压稳定性的重要指标，稳态电压调整率越小，说明负载的变化对机组端电压的影响越小，机组端电压的稳定性越高。

稳态电压调整率在不同负载情况下各不相同。在感性负载时，负载变化后的稳定电压低于空载额定电压；在容性负载时，负载变化后的稳定电压高于空载额定电压。而这种相对于空载额定电压的偏差大小取决于励磁调节器的调节能力，调节能力愈强则其偏差值愈小，稳态电压调整率也越小，机组的端电压越稳定。

(6) 稳态频率调整率  $\delta_f$  稳态频率调整率是指负载变化前后，机组稳定频率的差值与额定频率之比的百分数，其数学表达式如下：

$$\delta_f = \frac{f_1 - f_2}{f} \times 100\%$$

式中  $f_1$ ——负载渐变后稳定频率的最大值（最小值），Hz；

$f_2$ ——负载为额定值时的稳态频率，Hz；

$f$ ——额定频率，Hz。

稳态频率调整率越小，说明负载变化时频率越稳定。稳态频率调整率与发动机的调速性能有关，调速器的调节能力越强，则负载变化时频率越稳定。

(7) 电压波动率  $\delta_{uB}$  在负载不变时，由于发电机励磁系统不稳定和发动机转速的波动，使机组的输出电压也要产生波动。因此，相应地提高发电机励磁调节器和发动机调速器的调节性能，可以减小机组电压的波动。电压波动率计算公式：

$$\delta_{uB} = \frac{u_{B\max} - u_{B\min}}{u_{B\max} + u_{B\min}} \times 100\%$$

式中,  $u_{Bmax}$  和  $u_{Bmin}$  为同一次观测时间内, 电压的最大值和最小值, V。

(8) 频率波动率  $\delta_{f_B}$  在负载不变时, 由于机组内部原因, 机组的频率也要产生波动。机组频率的波动主要是由发动机调速器的不稳定和发动机曲轴的不均匀旋转造成。因此, 相应提高发动机的性能及其调速器的调节性能, 可以减小机组频率的波动。频率波动率计算公式:

$$\delta_{f_B} = \frac{f_{Bmax} - f_{Bmin}}{f_{Bmax} + f_{Bmin}} \times 100\%$$

式中,  $f_{Bmax}$  和  $f_{Bmin}$  为同一次观测时间内, 频率的最大值和最小值, Hz。

(9) 三相负载不平衡度  $\delta_{u_L}$  三相不对称负载在机组运行中有可能会出现, 特别是负载中有较多的单相负载时, 由于接线不合理, 也会造成三相负载不对称。不对称负载将导致发电机三相绕组所供给的电流不平衡, 使发电机线电压间产生偏差, 同时使发电机发热和振动, 对用电设备也是不利的, 例如对三相异步电动机, 将产生对转子起制动作用的反向旋转磁场。因此规定机组在一定的三相对称负载下, 在其中任一相上再加 25% 标定相功率的电阻性负载, 但该相的总负载电流不超过额定值时, 应能正常工作; 线电压的最大 (或最小) 值与三相线电压平均值之差应不超过三相线电压平均值的 5%。线电压不平衡度计算公式:

$$\delta_{u_L} = \frac{u_L - u_{Lave}}{u_{Lave}} \times 100\%$$

$$u_{Lave} = \frac{u_{AB} + u_{BC} + u_{CA}}{3}$$

式中  $u_L$ ——在不对称负载下, 线电压中的最大值或最小值, V;

$u_{Lave}$ ——在不对称负载下, 三个线电压的平均值, V。

### 1.2.1.2 动态指标

(1) 电压和频率稳定时间 机组负载突变时, 其电压和频率会产生突然下降或升高的现象, 从负载突变时起至电压或频率开始稳定所需要的时间为电压或频率稳定时间, 以秒 (s) 为单位计算。电压和频率稳定时间通常用示波器测量。

电压的稳定时间与自动调压系统的性能有关。频率的稳定时间与发动机的调速器的调速性能有关。一般情况下, 电压稳定时间应小于 3s, 频率稳定时间应小于 7s。

(2) 瞬态电压调整率  $\delta_{u_s}$  和瞬态频率调整率  $\delta_{f_s}$

机组在负载突变时, 发动机端电压和频率都会出现瞬间变化。当突加或突减负载时, 由于受柴油机输入功率的突增 (减) 及发电机电枢反应等因素的影响, 发动机端电压和频率会产生突然下降或升高的现象。电压 (频率) 的瞬态变化值与负载突变前的数值之差与额定值的百分比, 称为机组的瞬态电压 (频率) 调整率。瞬态电压调整率计算公式:

$$\delta_{u_s} = \frac{u_s - u_3}{u} \times 100\%$$

式中  $u_s$ ——负载突变时瞬时电压的最大值或最小值, V;

$u_3$ ——负载突变前的稳定电压, V;

$u$ ——额定电压, V。

瞬态频率调整率计算公式:

$$\delta_{f_s} = \frac{f_s - f_3}{f} \times 100\%$$

式中  $f_s$ ——负载突变时的瞬时频率的最大值或最小值, Hz;

$f_3$ ——负载突变前的稳定频率, Hz;

$f$ ——额定频率, Hz。



(3) 直接启动空载异步电动机的能力 机组直接启动异步电动机时, 由于启动电流很大以及异步电动机低功率因数的影响, 使机组输出电压显著下降, 这时发电机的励磁系统必须进行强励磁, 才能补偿机组输出电压的下降。异步电动机容量愈大, 强励程度就愈高。同时, 因为启动电流很大, 有可能损伤绕组的绝缘。柴油发电机组因其特性上的差别, 启动空载异步电动机的容量不得超过其额定容量的 70%; 而启动有载异步电动机时, 异步电动机的容量不得超过其额定容量的 35%, 当异步电动机启动后, 由机组输出的剩余功率还可供其他电气设备使用。

(4) 机组的并车性能 型号规格相同和容量比不大于 3:1 的机组在 20%~100% 额定功率范围内应能稳定地并联运行, 且可平稳转移负载的有功功率和无功功率, 其有功功率和无功功率的分配差度应不大于表 1-1 的规定; 容量比大于 3:1 的机组并联, 各机组承担的有功功率和无功功率分配差度按产品技术条件的规定。

表 1-1 有功功率和无功功率的分配差度

参 数		单位	性 能 等 级			
			G1	G2	G3	G4
有功功率分配 $\Delta P$	80%~100% 标定定额之间	%	—	$\leq \pm 5$		按制造厂和用户之间的协议
	20%~80% 标定定额之间			$\leq \pm 10$		
无功功率分配 $\Delta Q$	20%~100% 标定定额之间					

说明: 当使用该容差时, 并联运行发电机组的有功标定负载或无功标定负载的总额按容差值减小。

(5) 无线电干扰允许值 根据 YD/T 502—2007《通信用柴油发电机组》, 用于通信电源的柴油发电机组对无线电干扰有要求时, 机组应具有抑制无线电干扰的措施, 其干扰允许值应不大于表 1-2 和表 1-3 中规定的限值。按照 GB 3907—1983《工业无线电干扰基本测量方法》进行测量考核, 特殊情况可提出更严格的要求。

表 1-2 传导干扰限值

频率/MHz		0.15	0.25	0.35	0.6	0.8	1.0	1.5	2.5	3.5	5~30
端子电平允许值	$\mu V$	3000	1800	1400	920	830	770	680	550	420	400
	dB	69.5	65.1	62.9	59	58	58	56.7	54.8	54	52

表 1-3 辐射干扰限值

频段 $f_d$ /MHz		$0.15 \leq f_d < 0.50$	$0.50 \leq f_d < 2.50$	$2.50 \leq f_d < 20.00$	$20.00 \leq f_d < 300.00$
干扰场强	$\mu V/m$	100	50	20	50
	dB	40	34	26	34

## 1.2.2 柴油发电机组的工作条件

机组的工作条件是指在规定的运行环境条件下能输出额定功率, 并能可靠连续地进行工作。国家标准规定的电站(机组)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。

确定机组的额定功率应采用标准的工作环境条件。由于组成发电机组的柴油机、交流同步发电机和控制装置在国家标准中都有各自的规定和标准, 所以在选择确定发电机组的工作环境条件时, 应综合考虑这些因素, 重点应以发动机的标准环境条件为基础。

根据 GB/T 2819—1995《移动电站通用技术条件》的规定, 电站输出额定功率的环境