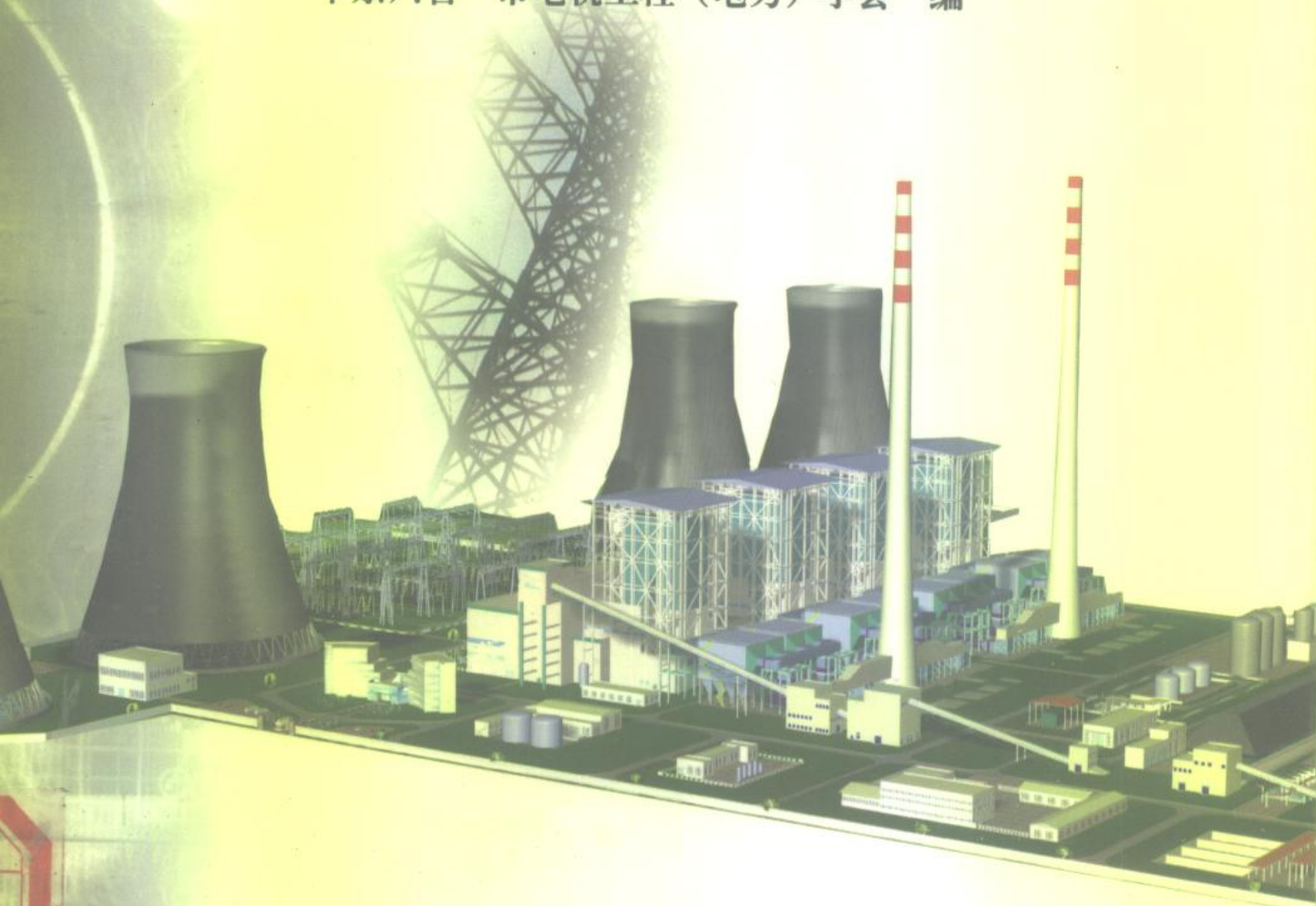


600MW 火力发电机组培训教材

600MW HUO LI FA DIAN JI ZU PEI XUN JIAO CAI

电气设备及其系统

华东六省一市电机工程（电力）学会 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

600MW火力发电机组培训教材

电气设备及其系统

华东六省一市电机工程（电力）学会 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

EA16/08

内 容 提 要

本书是《600MW 火力发电机组培训教材》之一,主要讲述大型发电厂中 600MW 汽轮发电机及相关的电气系统与电气设备,内容包括发电厂电气一次系统的构成和运行原理、600MW 汽轮发电机及励磁控制系统的特点、大型汽轮发电机的运行、大型变压器的主要结构部件与运行管理、高压开关电器的原理和性能、发电机变压器组和超高压线路的保护、发电厂的防雷与过电压保护以及发电厂的电气控制和调度通信等。

本书可作为从事 600MW 火力发电机组电气安装、运行、调试和维修人员的培训教材,也可作为从事 300~800MW 火力发电机组工作的电气人员、电力工程技术人员、管理干部和大专院校有关师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气设备及其系统/华东六省一市电机工程(电力)学会编.-北京:中国电力出版社,1999.11

600MW 火力发电机组培训教材

ISBN 7-5083-0127-7

I. 电… II. 华… III. ①火电厂-电气设备-技术培训-教材 ②火电厂-一次系统-技术培训-教材 IV. TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 43771 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2000 年 3 月第一版 2000 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23.25 印张 567 千字

印数 0001—3000 册 定价 50.00 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)

《600MW 火力发电机组培训教材》

编 委 会

组编单位：山东省电机工程学会
安徽省电机工程学会
江西省电机工程学会
浙江省电力学会
福建省电机工程学会
上海市电机工程学会
江苏省电机工程学会

联合编委会成员：

主任委员：	刘时中	江苏省电机工程学会
副主任委员：	林淦秋	上海市电机工程学会
	苏伯林	江苏省电机工程学会
委 员：	纪永遵	山东省电机工程学会
	王海秋	安徽省电机工程学会
	熊彭年	江西省电机工程学会
	陆桂婉	浙江省电力学会
	郭忠尧	福建省电机工程学会

前 言

大容量、高参数、高效率的大机组标志一个国家的技术装备水平。自改革开放以来,我国电力工业的技术装备水平得到了较大的提高,大型发电机组有了较快增长。据统计,1978年全国200MW及以上的发电机组只有18台共4.32GW,占全部装机容量的7.6%,到1997年则上升到424台共113.2GW,占全部装机容量的44.5%。目前在全国电力系统中200、300、600MW发电机组已成为主力机组,特别是人们认为最佳单机容量的600MW级的火力发电机组自1985年在我国开始出现以来,至今已有20多台投入了电网运行。

由于600MW发电机组具有容量大、参数高、能耗低、可靠性高、对环境污染小等特点,在我国《1994~2000~2010~2020年电力工业科学技术发展规划》和《电力工业技术政策》及《电力工业装备政策》中选定了在火电技术方面的发展重点包含了600MW机组的开发研究和积极推动其应用。可以预料,今后在全国电力系统内将会有更多的600MW级发电机组投入电网运行。

为适应这一形势发展的需要,使广大电业人员学习和掌握600MW发电机组的技术性能和特点,1996年5月华东地区六省一市电机工程(电力)学会第十次联席会议经过认真讨论研究,决定组织编撰《600MW火力发电机组培训教材》,并落实由六省一市电机工程(电力)学会联合编委会具体主持操作,联席会议在人、财、物上给予应有的支持。联合编委会根据联席会议的决定,在中国电力出版社的积极支持和指导下,于1996年正式启动,选组编撰专家和审稿专家,着手搜集资料,制订和审查编撰大纲等;1997年书稿开始编撰;1998年书稿陆续完成和主审人分头审稿;随即送中国电力出版社编辑加工、出版。整个教材的编审工作,前后共花去了两年多的时间,现在终于正式和读者见面了。

本教材共分五个分册,即第一分册《汽轮机设备及其系统》,由浙江省电力工业局丁有宇高级工程师主编,国家电力公司电力机械局王作宾教授级高级工程师主审;第二分册《电气设备及其系统》,由东南大学刘中岳教授主编,李扬副教授和陆于平副教授参编,安徽省电力试验研究所倪安华教授级高级工程师主审;第三分册《锅炉设备及其系统》,由上海电力学院章德龙教授主编,华东电力试验研究院乐长义教授级高级工程师主审;第四分册《热工自动化》,由江苏省电力试验研究所陈厚肇教授级高级工程师主编,江苏省电力工业局霍耀光高级工程师主审;第五分册《环境保护》,由山东省电力科学研究院曹长武高级工程师主编,南京电力环保研究所丁伟高级工程师主审。全套教材共约320万字。

本教材以600MW火力发电机组的设备及其系统的结构、原理、功能及性能为编撰重点,力求突出600MW机组的技术特点,在理论阐述深度方面,以普及为基础,并适当兼顾提高,在运用语言方面则力求通俗易懂,深入浅出。本教材属于600MW火力发电机组投运上岗培训、岗位技能培训和继续工程教育类培训的教材,适合于具有中专及以上文化程度的电力生产和技术管理人员培训之用,也可供高等院校热能和电力等专业的师生参考。

在教材编撰过程中,华东地区六省一市电力工业局、有关大专院校、厂局以及有关专家学者和科技人员给予了热情的支持和帮助;安徽平圩发电厂、浙江北仑港发电厂、山东邹县

发电厂、上海华能石洞口第二发电厂、江苏扬州第二发电厂提供了 600MW 机组的有关资料，我们在此一并表示衷心感谢。我们还要感谢中国电力出版社，在历次联合编委会会议上都派出编辑参加和指导，经常关心编撰工作，协助解决疑难问题，给予了极大的支持和鼓励。

限于编审人员的水平，这套教材的疏误之处一定不少，恳请广大读者提出宝贵意见，以便今后修订，提高质量，使之能更好地为我国电力工业的建设和发展服务，起到更大的作用。

华东地区六省一市电机工程（电力）学会

1999 年 8 月

编 者 的 话

目前我国已有 10 多台进口和国产化 600MW 火力发电机组投入运行。今后我国电力工业将大力发展大容量、高参数机组，600MW 机组将在我国电网中大量出现，成为电力系统的主力机组。

本书是由华东六省一市电机工程（电力）学会组织编写的，是《600MW 火力发电机组培训教材（锅炉设备及其系统、汽轮机设备及其系统、电气设备及其系统、热工自动化、环境保护）》中的一个分册。

本书主要讲述发电厂电气一次系统的构成和运行原理、600MW 汽轮发电机及其励磁控制系统的特点、大型汽轮发电机的运行、大型变压器主要结构部件的性能和运行管理、高压开关电器的原理和性能、配电装置的组成、发电厂电气设备的继电保护、发电厂的防雷与过电压保护，以及发电厂的电气控制和调度通信等，选材力求突出 600MW 机组及相关电气系统和电气设备的特点，介绍国内外新技术，同时力求概念清楚、便于自学。

本书共十七章，由刘中岳主编。其中李扬编写第九、十、十一、十六、十七章，陆于平编写第十三、十四章，刘中岳编写第一～八、十二、十五章。全书由倪安华主审。

本书在编写过程中，曾得到华东六省一市电机工程（电力）学会联合编委会的大力支持，编委会主任委员刘时中同志提供了大量的 600MW 机组和电厂的有关资料，包括平圩电厂、北仑港电厂、石洞口第二电厂、邹县电厂、扬州第二发电厂等以及国外有关 600MW 机组的资料，不少专家学者也提供了相关资料和建设性意见。对此一并表示衷心的感谢。

由于编写水平、资料来源和写作时间所限，不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1999 年 10 月

目 录

前 言

编者的话

第一章 电气主接线及大电流母线	1
第一节 电气主接线概述	1
第二节 主接线的基本接线形式	1
第三节 600MW 机组电厂主接线实例分析	5
第四节 大电流导体附近钢构件的发热	11
第五节 分相封闭母线	12
第二章 厂用电系统	16
第一节 厂用电及厂用负荷分类	16
第二节 厂用电电源和基本接线形式	17
第三节 厂用电系统中性点接地方式	22
第四节 厂用变压器的选择	24
第五节 厂用电机的选择	27
第六节 电动机自起动校验	30
第七节 厂用电源的切换	32
第八节 交流不停电电源系统 (UPS)	39
第三章 600MW 发电机结构及其冷却系统	42
第一节 600MW 发电机的技术参数	42
第二节 发电机的冷却	45
第三节 发电机定子的结构特点	47
第四节 发电机转子的结构特点	60
第五节 水氢氢冷 600MW 汽轮发电机的通风系统	67
第六节 发电机密封油系统	69
第七节 发电机的氢气系统	73
第八节 发电机定子绕组水冷系统	82
第九节 发电机的测温及工况监视设备	87
第四章 汽轮发电机的正常运行	89
第一节 额定参数下的运行与允许温度	89
第二节 冷却条件变化对发电机允许出力的影响	91
第三节 电压、频率不同于额定值的运行	93
第四节 发电机的功角特性与稳定概念	94
第五节 发电机的安全运行极限与 P - Q 曲线	99
第六节 发电机工作状态与励磁调节的关系	103

第七节 发电机工作状态与有功功率调节的关系	109
第八节 汽轮发电机的进相运行	110
第五章 发电机的非正常运行	114
第一节 发电机的短时过负荷能力	114
第二节 汽轮发电机的不对称运行	115
第三节 汽轮发电机的失磁运行	118
第六章 600MW 发电机的励磁系统	120
第一节 励磁系统的作用和要求	120
第二节 发电机的调压特性与机组间无功功率分配	122
第三节 600MW 发电机的励磁系统	126
第四节 QFSN-600-2 型汽轮发电机无刷励磁系统	135
第五节 自动励磁调节装置原理	141
第七章 大机组与大电网的协调	150
第一节 大机组与大电网协调若干问题	150
第二节 系统扰动与发电机组轴系扭振	152
第三节 线路故障重合闸对机组轴系扭矩的影响	162
第四节 快关汽门与电网稳定	167
第八章 电力变压器	171
第一节 变压器的分类与基本概念	171
第二节 变压器的主要结构部件	173
第三节 变压器的冷却系统	183
第四节 变压器的技术参数	188
第五节 变压器的允许温升	191
第六节 变压器的绝缘老化	192
第七节 变压器的过负荷能力	194
第八节 变压器本体的监测和保护装置	195
第九节 变压器油的气相色谱分析	202
第九章 互感器	206
第一节 概述	206
第二节 电磁式电流互感器	206
第三节 电压互感器	211
第四节 直流电流互感器概述	216
第十章 开关电器	218
第一节 概述	218
第二节 高压断路器的基本参数	219
第三节 油断路器	222
第四节 压缩空气断路器	225
第五节 六氟化硫 (SF ₆) 断路器	227
第六节 真空断路器	233

第七节	断路器的操动机构	235
第八节	隔离开关	238
第九节	低压开关	241
第十一章	配电装置	244
第一节	概述	244
第二节	屋内配电装置	246
第三节	屋外配电装置	247
第四节	成套配电装置	251
第五节	SF ₆ 全封闭组合电器 (GIS)	255
第十二章	发电厂防雷与过电压保护	265
第一节	雷电放电、雷电流及雷过电压	265
第二节	避雷针与避雷线的保护范围	266
第三节	避雷器	268
第四节	发电厂的接地装置	274
第五节	发电厂的防雷保护	280
第六节	操作过电压	281
第七节	谐振过电压	287
第十三章	发电厂电气设备的继电保护	290
第一节	变压器故障、不正常状态与保护方式	290
第二节	发电机故障、不正常状态与保护方式	291
第三节	600MW 发电机-变压器组的保护配置	294
第四节	发电机、变压器的差动保护	294
第五节	发电机单相接地保护	297
第六节	发电机负序过电流保护	298
第七节	发电机失磁保护	298
第八节	发电机匝间短路保护	301
第九节	发电机-变压器组其他保护介绍	302
第十节	母线保护和断路器失灵保护	304
第十一节	600MW 发电机组厂用电系统的保护	304
第十二节	600MW 发电机-变压器组保护配置实例	306
第十四章	高压输电线路保护	315
第一节	零序电流保护和方向性零序电流保护	315
第二节	线路距离保护	316
第三节	高频保护	318
第四节	自动重合闸	320
第十五章	直流系统	323
第一节	直流电源的设置	323
第二节	蓄电池组的运行方式	325
第三节	铅酸蓄电池的构造与特性	327

第四节	镉镍蓄电池的构造与特性	336
第十六章	发电厂电气的控制、测量与信号	341
第一节	发电厂的控制方式	341
第二节	断路器的控制	342
第三节	信号系统与测量系统	347
第四节	同期与同期装置	349
第五节	发电厂微机监控系统概述	350
第十七章	发电厂远动与调度通信系统	351
第一节	发电厂运行与系统调度中心的关系	351
第二节	电力系统远动通信	352
第三节	远动终端装置 (RTU)	355
第四节	厂内生产调度通信系统	357

第一章 电气主接线及大电流母线

第一节 电气主接线概述

电气主接线主要是指在发电厂、变电所、电力系统中，为满足预定的功率传送方式和运行等要求而设计的、表明高压电气设备之间相互连接关系的传送电能的电路。电路中的高压电气设备包括发电机、变压器、母线、断路器、隔离开关、线路等。它们的连接方式，对供电可靠性、运行灵活性及经济合理性等起着决定性作用。一般在研究主接线方案和运行方式时，为了清晰和方便，通常将三相电路图描绘成单线图。在绘制主接线全图时，将互感器、避雷器、电容器、中性点设备以及载波通信用的通道加工元件(也称高频阻波器)等也表示出来。

对一个电厂而言，电气主接线在电厂设计时就根据机组容量、电厂规模及电厂在电力系统中的地位等，从供电的可靠性、运行的灵活性和方便性、经济性、发展和扩建的可能性等方面，经综合比较后确定。它的接线方式能反映正常和事故情况下的供电情况。

第二节 主接线的基本接线形式

电气主接线是根据电力系统和发电厂或变电所具体条件确定的，它以电源和出线为主体。本节主要介绍装有 600MW 汽轮发电机组的电厂有关的基本接线形式。

一、双母线接线

1. 一般双母线接线

如图 1-1 所示，它具有两组母线：工作母线 I 和备用母线 II。每回线路都经一台断路器和两组隔离开关分别接至两组母线，母线之间通过母线联络断路器(简称母联) QF_b 连接，称为双母线接线。有两组母线后，使运行的可靠性和灵活性大为提高，其特点如下：

(1) 检修任一组母线时，不会停止对用户连续供电。例如，检修母线 I 时，可把全部电源和负荷线路切换到母线 II 上。

(2) 运行调度灵活，通过倒换操作可以形成不同的运行方式。当母联断路器闭合，进出线适当分配接到两组母线上，形成双母线同时运行的状态。有时为了系统的需要，亦可将母联断路器断开(处于热备用状态)，两组母线同时运行。此时这个电厂相当于分裂为两个电厂各自向系统送电。显然，两组母线同时运行的供电可靠性比仅用一组母线运行时高。

(3) 在特殊需要时，可以用母联与

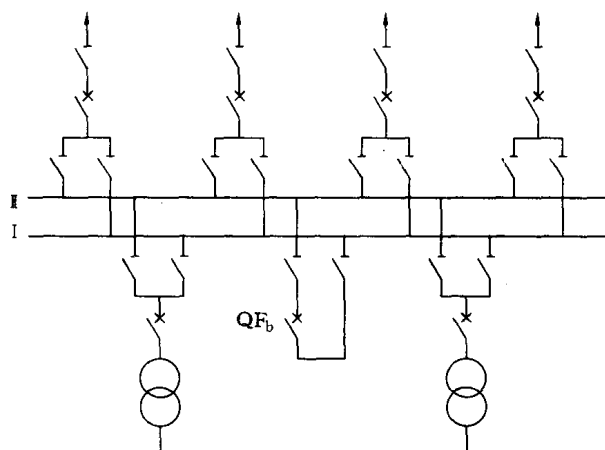


图 1-1 双母线接线

系统进行同期或解列操作。当个别回路需要独立工作或进行试验（如发电机或线路检修后需要试验）时，可将该回路单独接到备用母线上进行。

2. 带有旁路母线的双母线接线

一般双母线接线的主要缺点是，检修线路断路器会造成该回路停电。为了检修线路断路器时不致造成停电，可采用带旁路母线的双母线接线，如图 1-2 所示。在每一回路的线路侧装

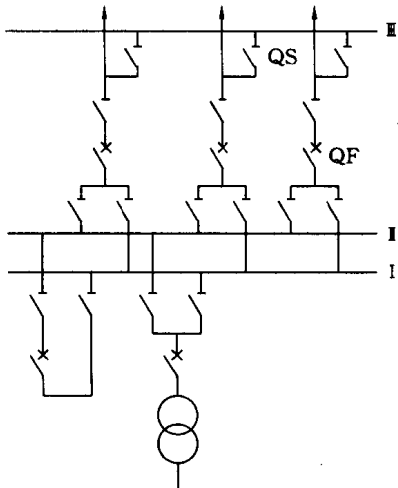


图 1-2 带有旁路母线的双母线接线

一组隔离开关（旁路隔离开关）QS，接至旁路母线 III 上，而旁路母线再经旁路断路器及隔离开关接至两组母线上。图 1-2 中设有专用的旁路断路器 QF。要检修某一线路断路器时，基本操作步骤是：先合旁路断路器两侧的隔离开关（母线侧合上一个），再合上旁路断路器 QF 对旁路母线进行充电与检查；若旁路母线正常，则待修断路器回路上的旁路隔离开关两侧已为等电位，可合上该旁路隔离开关；此后可断开待修断路器及其两侧隔离开关，对断路器进行检修。此时该回路已通过旁路断路器、旁路母线及有关旁路隔离开关向其送电。

3. 双母线分段接线

图 1-3 为双母线分段接线。用分段断路器 QF3 把工作母线 I 分段，每段分别用母联断路器 QF1 和 QF2 与备用母线 II 相连。这种接线比一般双母线接线具有更高的供电可靠性和灵活性。但由于断路器较多，投资大，一般在进出线路数较多（如多于 8 回线路）时可能用这种接线。

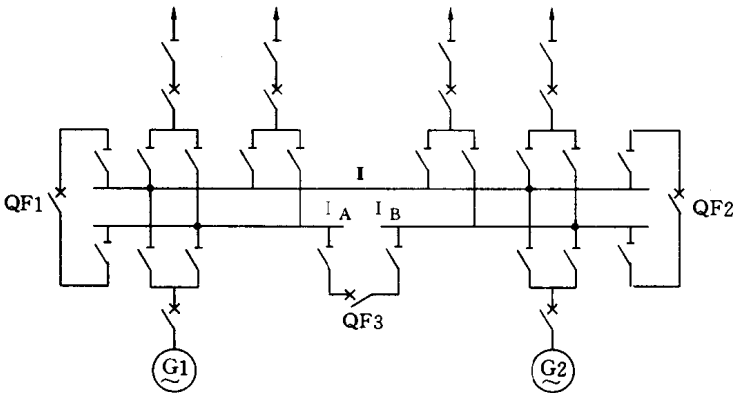


图 1-3 双母线分段接线

双母线接线具有供电可靠、检修方便、调度灵活及便于扩建等优点，在我国大中型电厂和变电所中广泛采用。但这种接线所用设备多，在运行中隔离开关作为操作电器，较易发生误操作。特别是，当母线系统发生故障时，需短时切除较多电源和线路，这对特别重要的大型发电厂和变电所是不允许的。

二、一个半断路器接线

如图 1-4 所示，每两个元件（出线或电源）用三台断路器构成一串接至两组母线，称为一个半断路器接线，又称 $\frac{3}{2}$ 接线。在一串中，两个元件（进线或出线）各自经一台断路器接至

不同母线，两回路之间的断路器称为联络断路器。

运行时，两组母线和同一串的三个断路器都投入工作，称为完整串运行，形成多环路状供电，具有很高的可靠性。其主要特点是，任一母线故障或检修，均不致停电；任一断路器检修也不引起停电；甚至于两组母线同时故障（或一组母线检修另一组母线故障）的极端情况下，功率仍能继续输送。一串中任何一台断路器退出或检修时，这种运行方式称为不完整串运行，此时仍不影响任何一个元件的运行。这种接线运行方便、操作简单，隔离开关只在检修时作为隔离电器。

在装设 600MW 机组的大容量电厂中，广泛采用 $\frac{3}{2}$ 接线。在电厂第一期工程中，一般是机组和出线较少，例如，只有两台发电机和两回出线，只构成只有两串的 $\frac{3}{2}$ 接线。在此情况下，电源（进线）和出线的接入点可采用两种方式：一种是交叉接线，如图 1-5 (a) 所示，将两个同名元件（电源或出线）分别布置在不同串上，并且分别靠近不同母线接入，即电源（变压器）和出线相互交叉配置；另一种是非交叉接线（或称常规接线），如图 1-5 (b) 所示，它也将同名元件分别布置在不同串上，但所有同名元件都靠近某一母线一侧（进线都靠近一组母线，出线都靠近另一组母线）。

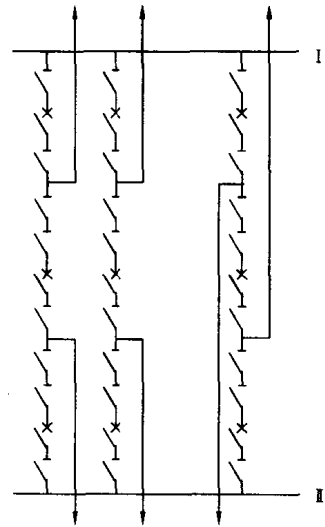


图 1-4 一个半断路器接线

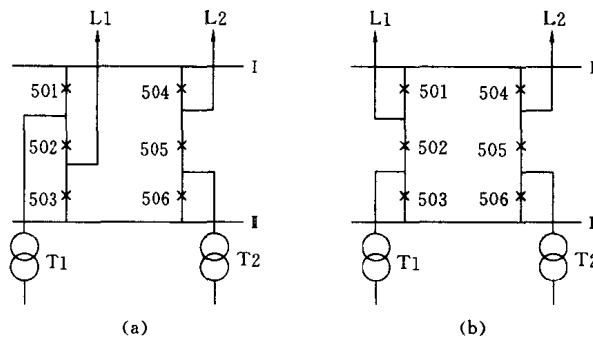


图 1-5 $\frac{3}{2}$ 接线配置方式

(a) 交叉接线；(b) 非交叉接线

通过分析可知， $\frac{3}{2}$ 交叉接线比 $\frac{3}{2}$ 非交叉接线具有更高的运行可靠性，可减少特殊运行方式下事故扩大。例如，一串中的联络断路器（设 502）在检修或停用，当另一串的联络断路器发生异常跳闸或事故跳闸（出线 L2 故障或进线 T2 回路故障）时，对非交叉接线将造成切除两个电源，相应的两台发电机甩负荷至零，电厂与系统完全解列；而对交叉接线而言，至少还有一个电源（发电机-变压器组）可向系统送电，L2 故障时 T2 向 L1 送电，T2 故障时 T1 向 L2 送电，仅是联络断路器 505 异常跳开时也不破坏两台发电机向系统送电。交叉接线的配电装置的布置比较复杂，需增加一个间隔。

应当指出，当 $\frac{3}{2}$ 接线的串数多于两串时，由于接线本身构成的闭环回路不止一个，一个串中的联络断路器检修或停用时，仍然还有闭环回路，因此不存在上述差异。

三、桥形接线

当只有两台变压器和两条输电线路时,采用桥式接线的断路器最少,如图 1-6 所示。依照

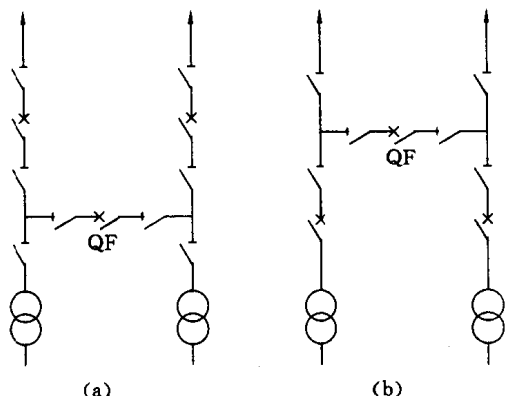


图 1-6 桥式接线

(a) 内桥; (b) 外桥

连接桥对于变压器的位置可分为内桥和外桥。运行时,桥臂上的联络断路器 QF 处于闭合状态。当输电线路较长、故障机率较多、两台变压器又都经常运行时,采用内桥接线较适宜;而在输电线路(以下简称线路)较短、且变压器随经济运行要求需经常切换或系统有穿越功率流经本厂(如两回线路均接入环形电网)时,则采用外桥接线更为适宜。

在内桥接线中,当变压器故障时,需停相应线路;在外桥接线中,当线路故障时,需停相应的变压器;而且在桥式接线中,隔离开关又作为操作电器,所以桥式接线可靠性较差。但由于这种

接线使用的断路器少、布置简单、造价低,往往在 35~220kV 配电装置中得到采用。

在 600MW 机组的发电厂中,桥式接线只可能在启动/备用变压器的高压侧使用,而不使用于主机。

四、单元接线

1. 发电机-变压器组单元接线

发电机出口,直接经变压器接入升高电压系统的接线,称为发电机-变压器组单元接线,如图 1-7(a)所示。实际上,这种单元接线往往只是电厂主接线中的一部分或一条回路。

关于发电机出口是否装设断路器的问題。目前我国及许多国家的大容量机组(特别是 200MW 以上的机组)的单元接线中,发电机出口一般不装设断路器,其理由是,大电流大容量断路器(或负荷开关)投资较大,而且在发电机出口至主变压器之间采用封闭母线后,此段线路范围的故障可能性亦已降低。甚至在发电机出口也不装隔离开关,只设有可拆的连接片,以供发电机测试时用。

发电机出口也有装设断路器的,其理由是:

(1) 发电机组解、并列时,可减少主变压器高压侧断路器操作次数,特别是 500kV 或 220kV 为一个半断路器接线时,能始终保持一串内的完整性。当电厂接线串数较少时,保持各串不断开(不致开环),对提高供电送电的可靠性有明显的作用。

(2) 起停机组时,可用厂用高压工作变压器供电厂用电,减少了厂用高压系统的倒闸操作,从而可提高运行可靠性。当厂用工作变压器与厂用启动变压器之间的电气功角 δ 相差较大(一般 $\delta > 15^\circ$) 时,这种运行方式更为需要。

(3) 当发电机出口有断路器时,厂用备用变压器的容量可与工作变压器容量相等,且厂

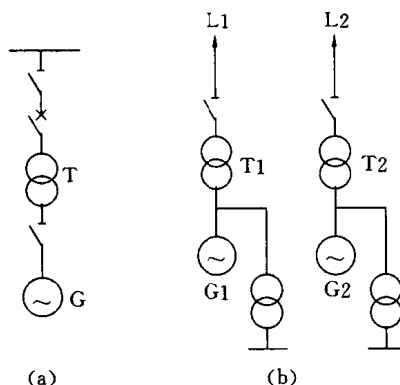


图 1-7 单元接线

(a) 发电机-变压器组单元接线; (b) 发电机-变压器-线路组单元接线

发电机出口装设断路器所带来的缺点是,在发电机回路增加了一个可能的事故点。但根据以往事故经验及世界发展方向,500MW及以上机组出口装设断路器有其突出优点。

图 1-7 (b) 为发电机-变压器-线路组成的单元接线。发电厂每台主变压器高压侧直接与一条输电线路相连接, 单独送电。发电厂内不设开关站。各台主变压器之间没有电气连接。厂内主变压器台数与线路条数相等。每台发电机-变压器组单元各自单独送电至一个或多个开关站或变电所。主变压器高压侧在厂内也可装设一台高压断路器, 作为元件保护和线路保护的断开点, 也可作为同期操作之用。

装设 600MW 机组的电厂，一般都将其发电功率直接输送至 500kV 系统，也有少数电厂输送至 220kV 系统。这些电厂在系统中占有极为重要的地位，往往是系统的主力电厂，因此对其电气主接线的可靠性和灵活性要求都很高，一般都采用一个半断路器接线；在国外也有采用一些较复杂的接线的。下面介绍国内几个电厂的电气主接线。

平圩电厂一期工程装设两台 600MW 汽轮发电机组,其简化的电气主接线如图 1-8 所示。

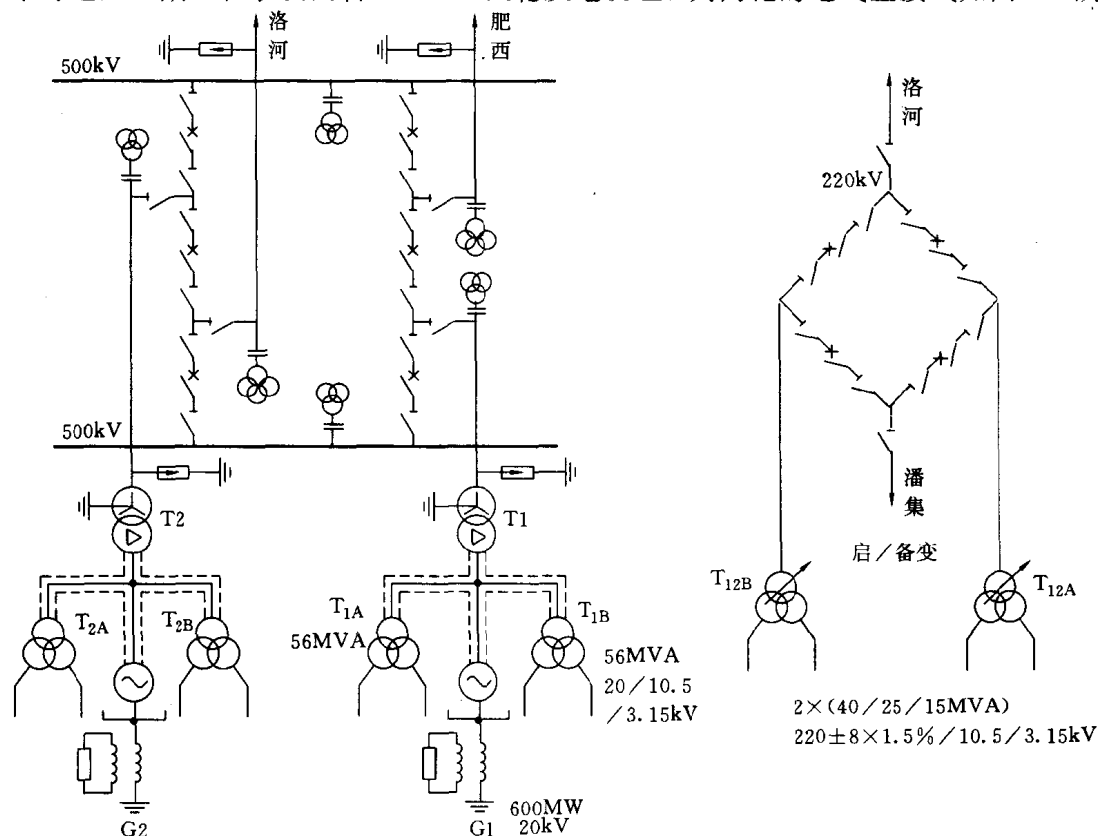


图 1-8 平圩电厂的电气主接线 (一期工程)

600MW 汽轮发电机 G 与主变压器 T 接成发电机-变压器组单元接线方式, 发电机出口不装断路器, 将额定电压为 20kV 的发电机经三台单相双绕组、总容量为 $3 \times 240\text{MVA}$ 的主变压器升高电压至 500kV。500kV 升压变电所 (亦称升压站) 采用一个半断路器接线。

美国 Ebasco 设计的一个半断路器接线, 不考虑线路退出时断路器成串运行, 出线上不装隔离开关, 也不考虑进出线交叉布置。因平圩电厂第一期工程为两台机组和两路出线, 只构成两个完整串, 为保持线路及变压器停役时能成串运行, 因此, 在第一期工程的两串出线上均装设隔离开关, 第二串的进出线也进行交叉 (见图 1-8), 但在今后扩建的几串中, 出线不再装设隔离开关, 进出线也不再进行交叉连接。

发电机至主变压器之间的主引出线采用分相封闭母线, 厂用变压器分支引出线和电压互感器分支引出线 (图 1-8 中未画出) 也采用分相封闭母线。

发电机中性点为高电阻接地系统, 目的是限制发电机电压系统发生弧光接地时所产生的过电压不超过额定电压的 2.6 倍, 以保证发电机及其他设备的绝缘不被击穿。接地电阻通过一台单相接地变压器用高压电缆接至发电机中性点。单相接地变压器额定容量为 30kVA、额定电压为 20/0.23kV, 二次侧接阻值为 0.542Ω 、抽头 0.408Ω 、1min 发热功率为 32.51kW 的接地负荷电阻。接地负荷电阻上并联接地检测继电器, 提供发电机定子绕组接地故障保护。接地负荷电阻功率是根据发电机定子绕组金属性接地故障时, 消耗在接地电阻上的功率千瓦数等于系统三相分布电容正常充电容量千伏·安数的 1.1 倍确定。

500kV 升压变电所配电装置采用中型布置, 断路器采取三列式布置。在母线和线路上三相装设电容式电压互感器, 在主变压器上为单相装设, 接线简单清晰。母线为铝合金管型硬母线, 间隔宽度为 32m, 基本冲击绝缘水平 1800kV。

升压变电所采用架空地线作直击雷保护, 避雷线引到主厂房 A 排柱接地。避雷器装在进线侧和变压器旁, 按美国的实践, 母线上不装避雷器。

500kV 升压变电所通过平肥 (平圩—肥西) 线路、平洛 (平圩—洛河) 线路接入 500kV 系统。平圩、洛河两个升压变电所和肥西变电所接成三角形环网, 由肥西变电所 500kV 双回线路送至繁昌变电所, 由繁窑 (繁昌—瓶窑) 线路、繁斗 (繁昌—斗山) 线路向华东电网输出电力。

平圩电厂还有 220kV 系统, 为电厂机组的启动与厂用备用电源, 采用四角形环形接线, 两回 220kV 进线由洛河电厂和潘集变电所引来, 第一期工程安装启动兼厂用备用变压器 T_{12A} 、 T_{12B} 两台, 分别接于四角环形接线的两对角上。启动/备用变压器 (简称启/备变) 电压为 $220 \pm 8 \times 1.5\% / 10.5 / 3.15\text{kV}$ 、容量为 40/25/15MVA。

220kV 配电装置采用中型布置, 各设备之间的连接采用硬铝管母线, 避雷器装在线路侧和启动/备用变压器侧。在线路侧三相装设电容式电压互感器。

启动/备用变压器同时作为厂用备用变压器。当汽轮机、发电机、主变压器和单元厂用变压器发生故障时, 厂用电系统自动地从单元厂用变压器供电切换到备用变压器供电。

每台发电机设置两台容量为 56MVA、电压为 20/10.5/3.15kV 的高压厂用变压器 (简称高压厂用变或厂总变) T_{1A} 、 T_{1B} 。厂用变压器的容量除满足预期最大负荷外, 余有 10% 容量供负荷扩充用。

二、北仑港电厂的电气主接线

北仑港电厂第一期工程的电气主接线如图 1-9 所示。电厂由 500kV 及 220kV 两级电压输