

上海超高压输变电公司 编



超高压输变电操作技能培训教材

B 变电设备检修

LIANBIAN SHEBEI JIANXIU

(第二册)



首套500kV超高压输变电
操作技能指定培训教材



依据规范编写、只讲操作
技能、突出岗位技能鉴定



全国500kV超高压输变电系统
安全操作和技能考核题库



全国各网省市超高压输变电企业
运行维护、检修试验等生产人员



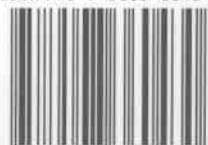
中国电力出版社
www.cepp.com.cn

推荐书目

- 《超高压输变电操作技能培训教材》（变电运行、变电设备检修、输电线路、
变电所自动化与监控、交直流电源与测量表计、继电保护、电力通信一套7册）
- 《〈电业安全工作规程〉考核培训教材和考核题库》（热力和机械部分、
发电厂和变电所电气部分、电力线路部分两套共6册）
- 《防止电力生产重大事故的要求与措施》（热力部分、电气部分、综合部分共3册）
- 《〈防止电力生产重大事故的二十五项重点要求〉辅导教材》
- 《电力工业技术监督规定汇编》（2002年版）、《电能计量技术手册》
- 《电力工业技术监督标准汇编》（环保监督、电能质量监督、金属监督、节能监督、
热工监督、绝缘监督、化学监督、继电保护监督、电测监督一套共13册）
- 《电力系统继电保护规定汇编》、《电力系统继电保护实用技术问答》
- 《电力系统继电保护测试考核复习题解》、《变电运行操作技能必读》
- 《供电企业电能损耗与无功管理手册》、《高压互感器技术手册》
- 《变电所安全与技术手册》、《电力供应与市场营销手册》
- 《10kV配电站工程图集》、《供用电实用手册》、《用电管理手册》
- 《10kV及以下配电装置工程图集》、《电力系统调频与自动发电控制》
- 《10kV及以下配电线路工程图集》、《电力系统二次回路技术手册》
- 《10kV配电工程设计手册》、《县局电业人员岗位培训教材》（共12册）
- 《配电技术手册》（低压部分、10~35kV部分、110~220kV部分一套共三册）
- 《乡镇供电营业所管理手册》、《乡镇供电营业所现场安全手册》
- 《农电安全技术培训教材》、《600MW火力发电机组培训教材》（第二版5册）
- 《高压直流输电工程技术》、《现代城市电网规划设计为建设改造》
- 《电气简图用图形符号标准汇编》、《电气制图及相关标准汇编》
- 《新旧电气简图用图形符号对照手册》、《2002年版新标准电气制图》
- 《发电厂和变电站电气二次回路技术》、《2002年版新标准电气识图》
- 《电力技术继续教育科目指南丛书》（15册）、《电气试验技能培训教材》
- 《发供电企业班组安全管理培训教材》、《电力系统微机保护培训教材》
- 《电力企业班组管理培训教材》、《变配电设备检修技能培训教材》
- 《电力企业班组建设培训教材》、《电能计量技能考核培训教材》
- 《供用电工人技师培训教材》（送电线路、变电站值班、变电检修、用电检查、
直流设备检修、抄表核算收费、装表接电、继电保护、电气试验等）
- 《变电运行（岗位）技能培训教材》（两套7册）
- 《架空送电线路岗位技能培训教材》（2册）
- 《用电检查资格考核培训教材》（一套5册）

责任编辑：杨元峰

ISBN 978-7-5083-6043-0



9 787508 360430 >

定价：44.00 元

销售分类建议：电力工程/输配电

超高压输变电操作技能培训教材

变电设备检修 (第二册)

上海超高压输变电公司 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内容提要

随着电力系统输变电容量不断增大,500kV及以上超高压已成为输变电网络的主要电压等级。为了满足全国联网和西电东送的战略决策以及超高压交直流输变电建设和运行的需要,根据国家标准、行业标准和《电力行业职业技能鉴定规范》以及有关输变电运行岗位规范等的要求,并结合500kV超高压输变电运行的实际情况,上海超高压输变电公司在总结多年来超高压输变电运行经验和教育培训的基础上组织编写了《超高压输变电操作技能培训教材》(一套7册),以满足全国超高压输变电企业为适应超高压输变电发展所需的队伍建设、岗位培训和技能鉴定的培训需要。

《变电设备检修》是本套教材的第二册,共分五篇18章,主要内容是:第一篇基本知识及工艺,介绍了电气主接线及运行方式、电气接触的基本知识、SF₆断路器的密封和SF₆气体处理、变压器油处理及变压器油运行。第二篇断路器,介绍了断路器的灭弧室、操动机构原理、常见故障大修以及相关试验。第三篇隔离开关和GIS,分别介绍了隔离开关的作用、结构、试验以及故障处理;GIS的基本结构、故障处理、试验以及大修项目和具体的工艺要求。第四篇变压器,介绍了各种类型变压器工作原理、内部结构以及参数;并重点介绍了变压器检修的周期、项目以及工艺。第五篇互感器,介绍电压互感器和电流互感器的原理、结构以及组装和检修的工艺要求。

本书既可作为全国超高压输变电企业变电设备检修、调试、设计、施工和制造等生产人员、技术人员和管理干部等新岗、上岗、转岗、再岗的岗位技能培训和职业技能鉴定的培训教材,也可作为电力职业专科学校和电力大本专科学校的专业课程教材。

图书在版编目(CIP)数据

变电设备检修/上海超高压输变电公司编. —北京:中国电力出版社, 2008

超高压输变电操作技能培训教材

ISBN 978-7-5083-6043-0

I. 变… II. 上… III. 变电所-电气设备-检修-技术培训-教材
IV. TM63

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第133268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>)
北京市同江印刷厂印刷
各地新华书店经售

2008年2月第一版 2008年2月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 23.5印张 627千字
印数0001—4000册 定价44.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《超高压输变电操作技能培训教材》

编 审 委 员 会



主任委员： 沈兆新

副主任委员： 林 锋

编委人员： 陈海波 邹 俭 乔卫东 吴 钧 刘新平

徐伯成 周 红 戴春怡 金红核

主 编： 陈海波

主 审： 邹 俭

统 筹： 陶象雯

策划编辑： 杨元峰

• 第二册 变电设备检修 •

编 审 人 员

分册主编： 吴 钧

编 写： 吴 钧 叶洪波

审 核： 邹 俭

责任编辑： 杨元峰 朱 锋

序



当前,由于全国联网和西电东送的国家战略决策以及超高压交直流输变电的迅速发展,电力系统输变电容量不断增大,电压等级逐步升高,500kV及以上超高压已成为输变电网络的主要电压等级。因此,在500kV超高压输变电生产人员、技术人员和管理干部等的培训领域迫切需要一套完整而又贴近生产实际情况的超高压输变电操作技能培训教材,以加快500kV超高压输变电各专业岗位技能和职业技能人才的培养步伐。

为此,根据原国家电力公司、中国电力企业联合会、国家电网公司、中国南方电网有限责任公司等对超高压输变电岗位技能、职业技能等提出的培训要求,从2001年开始,在上海市电力公司的领导下,上海超高压输变电公司组织了500kV超高压输变电各专业领域、多年运行经验的30多位技术人员和专家,根据国家标准、行业标准和《电力行业职业技能鉴定规范》以及有关输变电运行岗位规范等的要求,并紧密结合500kV超高压输变电运行维护的实际情况,精心编写了这套由七个专业组成的《超高压输变电操作技能培训教材》(一套7册),以充分反映我国当前500kV超高压输变电实际运行技术水平和最新发展状况,并以满足全国超高压输变电企业为适应超高压输变电网发展所需的队伍建设、岗位培训和技能鉴定的需要。

《超高压输变电操作技能培训教材》分册是:第一册 变电运行;第二册 变电设备检修;第三册 变电所自动化与监控;第四册 输电线路;第五册 直流电源与测量表计;第六册 继电保护;第七册 电力通信。

由于这套教材是针对岗位技能和职业技能培训而编写的,因此在内容安排上突出了操作技能的特点,除了专业原理和结构的讲解外,更加侧重实际运用和运行操作的介绍,在培训功能上具有较强的针对性和实用性,既可作为超高压输变电岗位技能培训和职业技能鉴定的必读教材,也可作为电力专业大专院校学生的课程教材,尤其能为新进输变电企业的大中专毕业生尽快适应本职岗位工作提供了帮助和学习教材。本书的编写出版得到了同行业技术专家和中国电力出版社的热情支持,在此,我谨代表编委会向他们表示衷心感谢。

上海超高压输变电公司总经理

沈尧新

2007年10月

前 言



变电一次设备是变电所设备的核心，其运行状况对电网安全运行至关重要。近年来，随着电网建设投入的不断加强，一次设备的结构和制造工艺也发生了较大的变化，变电设备越来越趋于集成化、小型化和智能化，同时对变电设备检修人员也提出了更高的要求。新技术、新设备的推广运行除了需要不断地学习新的知识外，更要不断地总结和积累变电运行中的实际经验。因此，上海超高压输变电公司组织有关专家和变电设备检修专业人员编写了《超高压输变电操作技能培训教材》（变电设备检修）一书。

本书结合超高压电网中常用的变电一次主设备，从基本原理到维护检修，由浅入深地进行了全面介绍，以满足广大超高压输变电运行和检修人员对变电设备检修了解的需要，为做好变电设备检修和一次设备维护提供了学习和培训资料。同时本书还对变电设备检修所使用的一些特殊工器具也作了相应的介绍。

本书共有五篇 18 章：第一篇基本知识和工艺，第二篇断路器，第三篇隔离开关和 GIS，第四篇变压器，第五篇互感器。

变电设备的检修必须结合各相关专业的技术和知识，在变电设备制造技术和变电设备检修技术也正处于蓬勃发展的进程中，加之编者的水平有限，书中难免会出现一些不当和谬误之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2007 年 10 月

上海超高压输变电公司技术部编

陈武毅

夏志山

目 录



序
前言

第一篇 基本知识和工艺

第一章 电气主接线及运行方式	1
第一节 电气主接线基本要求	1
一、供电可靠性(1) 二、运行上安全性和灵活性(1) 三、接线简单操作方便(1)	
四、建设及运行经济性(1) 五、电气主接线应考虑将来扩建的可能性(2)	
第二节 主接线基本形式	2
一、单母线接线(2) 二、双母线接线(2) 三、3/2断路器接线方式(3/2接法)(3)	
四、线路—变压器组接线(4) 五、桥形接线(4) 六、多角形接线(4) 七、电	
气主接线运行方式编制(5)	
第三节 变电所电气主接线	6
第二章 电气接触基本知识	8
第一节 影响接触电阻因素	8
一、影响接触电阻主要因素(8) 二、接触电阻计算公式(10)	
第二节 电接触和电气触头	10
一、电化学腐蚀(10) 二、电接触通过短路电流(11) 三、电气触头分类、结构和应用	
(14) 四、接触面处理工艺要求(15)	
第三章 SF ₆ 断路器密封和SF ₆ 气体处理	16
第一节 SF ₆ 断路器密封措施和工艺要求	16
一、选择材质好的“O”形密封圈(16) 二、密封脂选用(16) 三、法兰密封结合面和密封	
槽精加工(16) 四、利用瓷套端面作为密封面(16) 五、在活动密封处加装双套密封	
(17)	
第二节 SF ₆ 气体水分控制原理	17
一、SF ₆ 设备水分控制方法(17) 二、吸附剂应用(21)	
第三节 SF ₆ 气体管理工艺要求	22
一、SF ₆ 气体管理和生物毒性试验(22) 二、SF ₆ 电气设备分解检修气体管理工艺要求(23)	
三、SF ₆ 电气设备中含水量测定及含水量超标处理(26) 四、SF ₆ 电气设备泄漏试验	

- (27) 五、SF₆ 电气设备分解检修时安全技术措施(28) 六、GIS 组合电器发生故障造成气体外逸时安全技术措施(29)

第四章 变压器油处理与变压器油运行

30

第一节 真空干燥	30
一、真空干燥的目的(30) 二、加热—真空干燥原理(30) 三、真空泵及其使用(30) 四、油泵及其使用(34)	
第二节 现场干燥处理	37
一、在油箱内抽真空干燥法(37) 二、在油箱内不抽真空干燥法(39) 三、在油箱上使用涡流和热风加热真空干燥法(39) 四、返修干燥处理后绝缘鉴定(40)	
第三节 变压器油净化原理及方式	40
一、概述(40) 二、变压器油净化方式(41) 三、净油设备及其使用(42) 四、变压器油净化处理工艺(48)	
第四节 变压器注油、试漏及充氮运输	51
一、变压器注油(51) 二、热油循环(53) 三、变压器成品试漏(54) 四、变压器充氮和充氮运输(55)	
第五节 变压器油运行维护	57
一、定期取样化验(57) 二、运行中对油的保护(57) 三、变压器油气相色谱分析(58)	

第二篇 断 路 器

第五章 断路器概述

60

第一节 高压断路器要求	61
第二节 高压断路器组成及种类	61
第三节 高压断路器基本技术参数	62
第四节 高压断路器操动机构	64
第五节 高压断路器使用的环境条件	64
第六节 高压断路器的发展	65

第六章 断路器灭弧室

67

第一节 SF ₆ 灭弧室	67
一、SF ₆ 气体特性(67) 二、SF ₆ 断路器灭弧室结构(69) 三、SF ₆ 断路器布置方式(73)	
第二节 真空断路器	73
一、真空灭弧室(73) 二、真空断路器结构特点(76) 三、真空断路器操作过电压(78)	
第三节 油灭弧室	79
一、简单开断油断路器和油灭弧室产生(79) 二、多油断路器和少油断路器(80) 三、油断路器灭弧室(81)	

第四节 压缩空气灭弧室	84
一、横向气吹方式(84) 二、纵向气吹方式(84) 三、气流吹弧作用(85)	
第七章 断路器结构	86
第一节 对操动机构的要求	86
一、合闸(86) 二、保持合闸(86) 三、分闸(86) 四、自由脱扣(86) 五、防跳跃(87) 六、复位(87) 七、连锁(87) 八、缓冲(87)	
第二节 断路器与操动机构组合	87
一、提升机构(87) 二、传动机构(88)	
第三节 电磁式操动机构	89
一、合闸操作(90) 二、分闸操作(90) 三、自由脱扣(91)	
第四节 弹簧式操动机构	91
一、弹簧式操动机构组成(91) 二、CT2-XG型弹簧式操动机构(91) 三、CT6-X型弹簧式操动机构(94) 四、CT4型弹簧式操动机构(94) 五、CT14型弹簧式操动机构(95) 六、CRR型弹簧式操动机构(99) 七、BLG型弹簧式操动机构(100) 八、BLK型盘簧式操动机构(102) 九、FKF型盘簧式操动机构(105) 十、BLRM型弹簧式操动机构(106) 十一、3AP1型SF ₆ 断路器弹簧式操动机构(107)	
第五节 气动式操动机构	111
一、概述(111) 二、气动操动机构阀门(111) 三、CQ型气动式操动机构(114) 四、FLF型SF ₆ 断路器PKA型气动式操动机构(115) 五、AM型气动式操动机构(116) 六、OFP型SF ₆ 断路器气动式操动机构(118) 七、MHMe-2Y型SF ₆ 断路器气动式操动机构(120)	
第六节 液压操动机构	122
一、液压操动机构特点(122) 二、液压油基本性质(123) 三、液压操动机构组成(123)	
第七节 液压操动机构典型结构	129
一、CY3型液压式操动机构(129) 二、3AQ1型SF ₆ 断路器液压式操动机构(131) 三、3AT(3AS)型SF ₆ 断路器液压式操动机构(133) 四、FX型SF ₆ 断路器液压式操动机构(134) 五、AHMA型弹簧储能液压式操动机构(135)	
第八章 断路器部分部件原理和结构	138
第一节 电磁铁	138
一、磁通、磁阻和磁路(138) 二、分、合闸线圈电流(139)	
第二节 缓冲器	140
一、弹簧缓冲器(140) 二、油缓冲器(140) 三、橡皮缓冲器(142) 四、气体缓冲器(143)	
第三节 压力表和密度继电器	143
一、压力表(143) 二、密度继电器(温度补偿压力开关)(143)	
第九章 断路器常见故障和大修	145
第一节 断路器常见故障及其处理	145

一、SF ₆ 气体中含水量超标(145)	二、SF ₆ 气体泄漏(148)	三、绝缘不良发生闪络(149)	
四、断路器本体内部卡死某相完全不能动作(149)	五、并联电阻故障(149)	六、断路器触头烧损(149)	
七、操动机构拒合、拒分和误动(149)	八、无信号自分现象(149)		
第二节 SF₆断路器大修			150
一、灭弧室部分(150)	二、操动机构部分(150)	三、SF ₆ 气体系统(151)	四、二次元器件(151)
五、辅助系统(气动机构空压机系统)(151)			

第十章 断路器试验 152

第一节 SF₆气体湿度检测			152
一、检测方法(152)	二、判断(154)	三、影响SF ₆ 含水量测量准确度的因素(155)	四、注意事项(158)
第二节 SF₆气体泄漏试验			158
一、检漏仪(159)	二、测试方法(159)		
第三节 现场耐压试验			162
一、试验目的与要求(162)	二、试验方法(162)	三、试验装置(162)	
第四节 测量导电回路电阻			163
一、直流压降法(163)	二、微欧仪法(163)		

第三篇 隔离开关和 GIS

第十一章 隔离开关 164

第一节 隔离开关作用与要求			164
一、隔离作用(164)	二、换接作用(164)	三、关合与开断作用(165)	
第二节 隔离开关分类、结构形式及其发展			165
一、隔离开关主要分类及其特点(165)	二、高压隔离开关发展方向(167)		
第三节 常见隔离开关结构			167
一、GN2型户内式隔离开关(167)	二、GW5型户外式隔离开关(168)	三、GW4型户外式隔离开关(169)	四、GW6型户外式隔离开关(169)
五、GW7型户外式隔离开关(170)			
第四节 隔离开关现场试验			171
一、测量绝缘电阻(171)	二、交流耐压试验(171)	三、测量导电回路电阻(171)	四、检查操动机构动作情况(172)
第五节 隔离开关常见故障及其处理			172
一、触头发热烧损现象(172)	二、瓷柱电气和机械性能不良(175)	三、锈蚀现象(177)	
四、传动系统故障(178)	五、电动操动机构故障(180)		
第六节 隔离开关安装与运行注意事项			181
一、安装方式应符合制造厂规定(181)	二、运行维护应注意事项(181)		
第七节 隔离开关检修工艺要求			182

第十二章 SF₆全封闭组合电器 GIS 184

第一节 SF₆全封闭组合电器 GIS 基本结构	184
---	-----

一、断路器(184) 二、隔离开关(186) 三、接地开关(186) 四、电流互感器(187) 五、电压互感器(187) 六、母线(187) 七、避雷器(188) 八、连接件(188) 九、电缆终端盒(188)	
第二节 SF ₆ 全封闭组合电器 GIS 内部绝缘结构	189
一、SF ₆ 气体间隙绝缘(189) 二、支柱绝缘子(189) 三、引线绝缘(190)	
第三节 SF ₆ 全封闭组合电器 GIS 常见故障及其处理	192
一、故障分类(192) 二、常见特有故障(192) 三、产生故障原因分析(192) 四、处理对策(193)	
第四节 SF ₆ 全封闭组合电器 GIS 现场试验	195
一、现场常规试验(195) 二、测量主回路导电电阻(197) 三、主回路耐压试验(198)	
第五节 SF ₆ 全封闭组合电器 GIS 大修项目及工艺技术要求	203
一、大修概述(203) 二、大修项目确定(203) 三、大修项目(203) 四、大修环境条件(204) 五、大修前准备(205) 六、气体回收装置保管使用(205) 七、SF ₆ 等气瓶存放(205) 八、吸附剂干燥(206) 九、解体大修后组装(206) 十、润滑脂及密封脂选择和使用(206) 十一、密封面拆装技术要求(207) 十二、抽真空技术要求(207) 十三、充 SF ₆ 气体技术要求(207) 十四、大修后试验应特别注意的事项(208)	

第四篇 变 压 器

第十三章 变压器原理 209

第一节 变压器原理及额定参数	209
一、额定容量和容量比(209) 二、额定电压和电压比(变比)(210) 三、额定电流(210) 四、额定频率(210) 五、相数(210) 六、接线组别(210) 七、额定冷却介质温度(213) 八、额定温升(214) 九、冷却方式(214) 十、空载损耗(214) 十一、空载电流(214) 十二、负荷损耗(短路损耗或铜损耗)(214) 十三、阻抗电压百分数(215) 十四、零序阻抗(216) 十五、变压器的型号及其含义(216) 十六、绕组绝缘水平(217) 十七、承受短路能力(217)	
第二节 特殊变压器	217
一、三绕组变压器(218) 二、自耦变压器(219) 三、并联电抗器(225) 四、接地变压器(226) 五、消弧线圈(227) 六、并联电容器用串联电抗器(228)	

第十四章 变压器内部结构 229

第一节 变压器绝缘结构	229
一、主绝缘结构(229) 二、主绝缘(229) 三、纵向绝缘(233)	
第二节 变压器绕组结构	234
一、圆筒形绕组(234) 二、螺旋形绕组(234) 三、换位导线绕成绕组(235) 四、连续式绕组(236) 五、纠结式绕组(237) 六、绕组散热油道(237)	
第三节 变压器铁芯结构	238

一、芯式铁芯(238)	二、铁芯材料(239)	三、铁芯截面(240)	四、铁芯紧固(242)	五、全斜接缝硅钢片(245)	六、铁芯固定(247)	七、铁芯接地(248)			
第四节	变压器分接开关	.....					250	
一、变压器调压(250)	二、无励磁分接开关(251)	三、有载调压分接开关(252)							
第十五章	变压器现场检修	.....					261	
第一节	变压器检修目的、周期和项目	.....					261	
一、变压器检修目的(261)	二、变压器检修周期(261)	三、变压器小修项目(261)	四、变压器吊心大修项目(262)	五、故障变压器检修项目(262)					
第二节	变压器吊心检修	.....					263	
一、吊心前准备(263)	二、吊心拆卸步骤(263)	三、吊心注意事项(264)	四、吊心时轻度受潮处理方法(264)	五、绕组检查及绝缘老化状态诊断(265)	六、变压器引线选择及绝缘距离确定(265)	七、铁芯检修(268)			
第三节	储油柜和吸湿器检修	.....					272	
一、储油柜检修(272)	二、吸湿器检修(275)								
第四节	净油器和油位计检修	.....					276	
一、净油器检修(276)	二、油位计检修(277)								
第五节	温度计和安全气道检修	.....					278	
一、温度计检修(278)	二、安全气道(喷油管及压力释放阀)检修(280)	三、安全气道常见故障(282)							
第六节	气体继电器检修	.....					282	
一、气体继电器检修方法(282)	二、气体继电器二次接线安装要求(284)								
第七节	变压器冷却装置及检修	.....					285	
一、散热器概述(285)	二、冷却器概述(288)	三、冷却装置所用油泵和风扇技术数据和结构(289)	四、散热器检修(290)	五、冷却器检修(291)	六、冷却装置改造(291)	七、冷却装置安装要求(292)	八、潜油泵检修(293)		
第八节	绝缘瓷套管检修	.....					294	
一、瓷套管用途及常用类型(294)	二、1kV复合瓷绝缘导杆式套管(295)	三、10~20kV级单体瓷绝缘导杆式套管(295)	四、35~40kV级有附加绝缘导杆式套管(296)	五、10~20kV级单体瓷绝缘穿缆式套管(297)	六、35~40kV级有附加绝缘穿缆式套管(298)	七、35kV级油纸绝缘防污型电容式套管(299)	八、20kV油纸绝缘大电流电容式套管(299)	九、63kV级及以上油纸电容式套管(299)	十、变压器套管检修(300)
第九节	分接开关检修	.....					303	
一、无励磁分接开关检修(303)	二、有载调压分接开关检查及故障处理(307)								
第十节	变压器渗漏油处理	.....					309	
一、变压器渗漏油原因及分布点(309)	二、密封件渗漏油原因分析及消除(309)	三、焊接处渗漏油原因及消除办法(310)	四、螺栓或管子扣渗漏油原因及消除办法(311)	五、铸铁件渗漏油原因分析及消除办法(311)	六、法兰连接渗漏油原因分析及消除办法(311)	七、阀杆与填料函处密封方法(311)	八、厌氧胶密封工艺(311)	九、散热器渗漏油原因分析及消除办法(311)	十、隔膜式储油柜法兰渗漏油原因分析及消除办法(312)

第五篇 互 感 器

第十六章 电流互感器	313
第一节 电流互感器工作原理和用途	313
一、电流互感器工作原理(313) 二、电流互感器用途(315)	
第二节 电流互感器分类及型号	316
一、电流互感器分类(316) 二、电流互感器型号组成(317)	
第三节 电流互感器电气性能	319
一、基本名词术语(319) 二、电流互感器误差特性(320) 三、电流互感器绝缘特性(323)	
四、电流互感器热特性和力学特性(326)	
第四节 电流互感器结构	327
一、一般干式和浇注绝缘互感器结构(328) 二、油浸式电流互感器和金属膨胀器(328) 三、SF ₆ 气体绝缘电流互感器结构(331)	
第十七章 电压互感器	332
第一节 电压互感器工作原理	332
一、单相双绕组电压互感器工作原理(332) 二、单相三绕组电压互感器工作原理(336) 三、串级式电压互感器工作原理(337)	
第二节 电压互感器分类及型号	339
一、电压互感器分类(339) 二、电压互感器型号(339)	
第三节 电压互感器电气性能	340
一、基本名词术语(340) 二、电压互感器误差特性(340) 三、电压互感器绝缘特性(342)	
四、电压互感器热特性和机械力特性(344)	
第四节 电压互感器结构	345
一、浇注式电压互感器结构(345) 二、油浸式电压互感器结构(345) 三、串级式电压互感器结构(346) 四、SF ₆ 气体绝缘电压互感器结构(347) 五、电容式电压互感器结构(348)	
第十八章 互感器组件结构与安装	350
第一节 互感器具体组件结构及装配检修工艺	350
一、电流互感器一次绕组(350) 二、油箱及底座(351) 三、储油柜和膨胀器(353) 四、瓷箱紧固与限位密封(356)	
第二节 互感器安装与反事故措施	357
一、互感器安装(357) 二、互感器反事故措施(358)	
复习思考题	360

基本知识和工艺

第一章

电气主接线及运行方式

电气主接线是汇集和分配电能的通路,它决定了配电装置设备的数量,并表明以什么方式来连接发电机、变压器和线路,以及怎样与系统连接,来完成输配电任务。

主接线的确定对电力系统的安全、经济运行,对系统的稳定和调度的灵活性,以及对电气设备的选择、配电装置的布置、继电保护及控制方式的拟订都有密切关系。在确定发电厂、变电所的一次系统接线方式时要结合系统和用户的具体要求,同时还要考虑施工和检修是否方便。因此,研究各种不同电气主接线方式的运行特点,具有十分重要的意义。

第一节 电气主接线基本要求

在选择发电厂或变电所的主接线时,应注意发电厂或变电所在系统中的地位、回路数、设备特点及负荷性质等条件,并考虑下列基本要求。

一、供电可靠性

当个别设备发生事故或者需要停电检修时,应能保证对重要用户连续供电。

二、运行上安全性和灵活性

电气主接线的布局要求尽可能适应各种运行方式。不但在正常运行时能很方便地投入或切换某些设备,而且在其中一部分电路检修时,应能尽量保证未检修的设备继续供电,同时又要保证检修工作的安全进行。

三、接线简单操作方便

电气主接线的布局要求在各种切换操作时操作步骤最少。过于复杂的接线,会使运行人员操作困难,容易造成误操作而发生事故。电气设备增多,也增加了事故点,同时复杂的接线也给继电保护的选择带来很大困难。

四、建设及运行经济性

设计主接线除了考虑技术条件外,还要考虑经济性,即基建投资和年运行费用、年电能损耗

的多少。一般要对满足技术要求的几个方案，进行技术经济比较，然后从中选定。

五、电气主接线应考虑将来扩建的可能性

以上对于电气主接线的五个基本要求，要具体情况具体分析，进行综合考虑。

第二节 主接线基本形式

常用的主接线形式可分为有母线和无母线两大类。

有母线的主接线方式，包括单母线接线和双母线接线。单母线接线又分为单母线无分段、单母线有分段、单母线分段带旁路等多种形式。双母线接线又分为单断路器双母线、双断路器双母线、3/2 断路器双母线以及带旁路母线的双母线接线等多种形式。

没有母线的主接线方式主要有单元接线、桥形接线和多角形接线。

鉴于电气主接线在很多专业书籍上均有详细介绍，在此仅就上海地区常用电气主接线进行简单介绍。

一、单母线接线

如图 1-1 所示，单母线接线的优点是：接线简单明显，建造费用低，操作方便。其缺点是：供电可靠性低。不仅母线故障和断路器故障会引起变电所全停，而且母线隔离开关检修时也必须将变电所全部停电。因此，单母线接线方式一般只在变电所建设初期无重要用户或出线回路不多的单电源小容量变电所中采用。

二、双母线接线

为了避免单母线在母线或母线隔离开关故障或检修时引起长时间停电，可采用双母线接线，这种接线两条母线可同时运行，电源和引出线可适当分配在两组母线上。由于继电保护的要求，一般引出线以固定连接方式运行，以保证用户供电的可靠性（见图 1-2）。

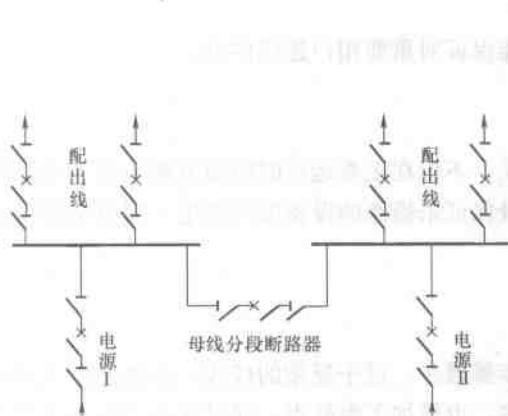


图 1-1 单母线接线

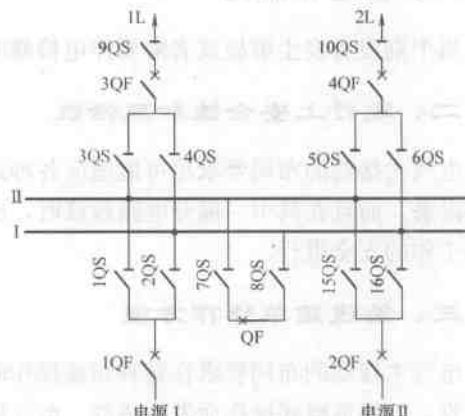


图 1-2 双母线接线

1. 双母线接线

如图 1-2 所示，这种接线方式每回引出线经一台断路器和两组隔离开关分别接到两组母线

上，并装有一组母线联络断路器，简称母联。

单断路器双母线接线方式的优点如下：

(1) 需要检修工作母线时，可利用母联断路器 QF 把工作母线上的全部负荷倒换到备用母线上，不中断供电。以图 1-2 为例，其操作步骤如下：

- 1) 首先合上隔离开关 7QS、8QS；
- 2) 合上母联断路器 QF，向备用母线 II 充电；
- 3) 合上备用母线各隔离开关：1QS、3QS、5QS、15QS；
- 4) 拉开工作母线（母线 I）的各隔离开关：2QS、4QS、6QS、16QS；
- 5) 最后断开母联断路器 QF 及其两侧隔离开关 7QS、8QS。

因此，工作母线退出运行后，可进行检修工作。

(2) 检修任一组母线隔离开关时，只需断开此隔离开关所属的一条回路和与此隔离开关相连的母线。其他电路均可通过另一组母线继续运行。

(3) 工作母线在运行中发生故障时，可利用备用母线迅速恢复对各配出线的供电。

(4) 任一断路器，如出现拒动或因故不允许操作时，可利用母线联络断路器来代替该回路的断路器进行操作。

由上所述，图 1-2 所示的双母线接线较单母线接线提高了供电可靠性和运行灵活性。但也存在一些缺点，具体如下：

(1) 在切换母线操作时，隔离开关的操作次数频繁，容易因误操作而引起重大事故。

(2) 工作母线故障时，该母线上的全部出线仍出现短时间停电。

(3) 检修引出线断路器时，该电路仍必须停电。

(4) 双母线接线方式使用的隔离开关比单母线多，使结构复杂，投资增加。

为了消除以上缺点，可采取以下措施：

(1) 在隔离开关和对应的断路器之间安装连锁装置，以防止带负荷切合隔离开关造成事故；

(2) 正常工作时，可使两组母线同时运行，各带一部分负荷，母联断路器投入。当母线发生故障时，母联断路器首先跳开（解列），故障母线停电，没有故障的母线照常运行；

(3) 当检修出线断路器时，为不使线路停电，可装设旁路母线。

2. 有旁路母线的双母线接线

为保证断路器检修（包括保护定检）时不中断对用户的供电，可装设旁路母线。有专用旁路断路器的旁路母线接线，如图 1-3 所示。

当检修线路断路器 1QF 时，首先接通旁路断路器 QFP，使旁路母线带电。再接通旁路隔离开关 3QS，然后断开 1QF 及两侧隔离开关，线路断路器 1QF 即可检修。旁路断路器设有保护装置，以便及时切除线路故障。

为节省投资，尽量不设专用旁路断路器，而以母联兼旁路断路器代替。这样做的缺点是增加了隔离开关操作和保护更改的次数，并使双母线连接方式变更为单母线，降低了可靠性。

三、3/2 断路器接线方式（3/2 接法）

两条回路使用三台断路器的双母线接线方式，如图 1-4 所示。正常双母线运行，所有断路器都投入。任何一条引出线故障，其两侧断路器自动断开，其他回路继续运行。当检修断路器时，只需将该断路器断开，并拉开其两侧的隔离开关。3/2 断路器接线具有双母线双断路器接线的优点，但使用的断路器减少了 1/4。国外超高压大容量变电所已广泛采用，在我国 500kV 系统中，这种接法也是可供选择的主接线方式之一。