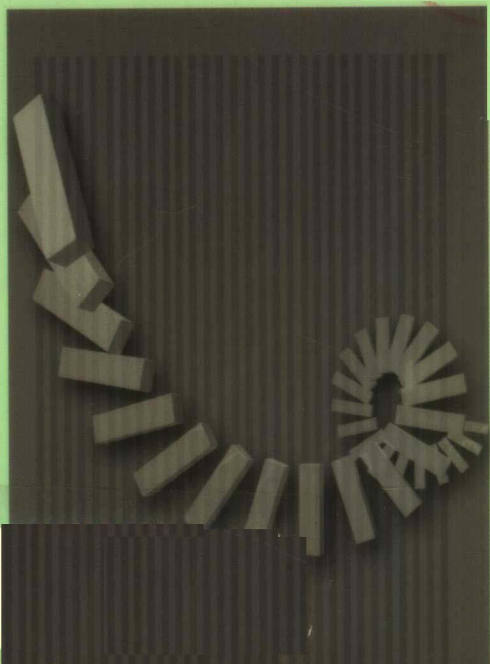


供用电工人职业技能培训教材

变压器检修

中国电机工程学会城市供电专业委员会 组编
郭清海 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

供用电工人职业技能培训教材

变压器检修

中国电机工程学会城市供电专业委员会管理体制和技能培训专家工作组 组编

郭清海 主编 曹建忠 副主编 陈叔涛 主审



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书是《供用电工人职业技能培训教材》丛书中的一册。全书分为十一章，分别介绍了基础知识，变压器检修相关知识与基本技能，变压器的原理、参数和运行，变压器的结构，主变压器检修技术管理及过程控制，主变压器检修工艺和质量控制标准，配电变压器的检修，变压器的干燥，变压器常用检修器具，变压器常见故障及处理，电力变压器技术的发展。本书有配套复习题与解答。

本书可作为变压器检修专业技术人员的职业技能鉴定考试培训教材或自学教材，也可供大专院校相关专业学生和工程技术人员学习、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

变压器检修/郭清海主编；中国电机工程学会城市供电专业委员会组编. —北京：中国电力出版社，2005

供用电工人职业技能培训教材

ISBN 7-5083-3173-7

I. 变... II. ①郭... ②中... III. 变压器-检修-技术培训-教材 IV. TM407

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 038411 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

*

2005 年 10 月第一版 2005 年 10 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 12.375 印张 325 千字

印数 0001—3000 册 定价 24.00 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)

《供用电工人职业技能培训教材》

编 委 会

主任委员：宗 健 曾德君 廖泽龙

副主任委员：朱良镞 秦继承 陈金玉 孙秉正

肖 兰

委 员：（按姓氏笔画排序）

王 炜 付迎拴 刘忠蒲 李天友

李兆华 李海星 徐景国 曹文华

黄奇峰 鲁 鹏

前 言

为配合供用电工人职业技能鉴定培训的需要,中国电机工程学会城市供电专委会管理体制和技能培训专家组和中国电力出版社组织编写了《供用电工人职业技能培训教材》。本套培训教材共14本,包括线路运行与检修专业5个工种,变电运行与检修专业10个工种,营业用电专业5个工种。《带电检修》一书包括“变电线路带电检修”。电能表修理工和电能表校验工合为《电能表修校》。总体涵盖了供用电职业的主要知识内容。

1. 本套教材的编写指导思想。1999年,劳动和社会保障部正式颁发施行电力行业《国家职业技能鉴定规范》(以下简称《规范》)。《规范》对职业培训从内容和要求上都有较大的改革。本套教材的编写指导思想就是按照《规范》和配套复习题与题解(14本)中对供用电职业技能鉴定培训的要求,以《规范》体现出的新的培训内容和新的模式体系为指导,以实际生产中成熟的规程、制度为依据,按《职业技能鉴定指导书》(以下简称《指导书》)中“职业技能培训”的要求编写。

2. 本套教材的编写要求。教材紧扣《指导书》中“职业技能培训大纲”来编写。体现模块技能培训法(MES)的基本模式,采用职业功能分析和职业工作分析相结合的理论方法,密切结合生产实际,突出实际操作技能,以本职业技能为主线,以实际操作步骤为序,理论知识为提高技能服务,确定模块——学习单元的教学文件体系。教材力求体现实用性、先进性,吸收新知识,介绍新技术、新工艺、新设备,符合现代电力工业的生产要求。

以技能培训大纲中的“职业技能模块”(MU)设章及章序。也可根据生产实际及培训的可操作性的需要,对模块进行调整设

章并调整章序。要将相关专业理论知识和工作标准融入技能要求的模块中。以培训大纲中的“学习单元”(LE)设节及节序。每节前要讲清本节的“学习目标”，应包括操作步骤、注意事项(含工作态度、安全环境等)、工作实例、相关知识等。

以培训大纲的“学习内容”分列的点作为培训的重点内容叙述，完整系统地涵盖了《指导书》中对各等级工的培训相应要求不再明确分割各等级的培训内容。各章后对本章的重点内容适应等级予以提示。

3. 各本教材的编写人员。为了保证本套教材的编写质量，根据中国电机工程学会城市供电专委会管理体制和技能培训专家组的推荐，由各编写单位挑选了有丰富实践经验的一线生活人员直接参加编写，编写单位给予了大力度的支持，编写提纲和初稿均由编写单位组织审定，又经全国性的专家审稿会审议，最后每本书均配合有丰富实践经验的专家作为主审，并组成了每本书的编写人员，从而保证了本书稿的技术质量和本套教材的权威性。

4. 本教材是《变压器检修》分册。主要内容包括基础知识，变压器检修相关知识与基本技能，变压器的原理、参数和运行，变压器的结构，主变压器检修技术管理过程控制，主变压器检修工艺和质量控制标准，配电变压器的检修，变压器的干燥，变压器常用检修器具，变压器常见故障及处理，电力变压器技术的发展。本书有配套复习题与解答。

5. 本套教材的读者对象。除作为供用电专业有关工种的培训使用外，还可供其他相关人员学习参考。

本书在编写过程中得到中国电机工程学会城市供电专委会与各级组织的领导、各编者所在单位、各主审所在单位的大力支持和热诚帮助，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在错误或不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2005年1月

编者的话

根据《职业技能鉴定指导书》中“职业技能培训”的要求，编写了这本《变压器检修》。

本书是在具有中级技师及以上专业知识水平的变压器检修工的基础上，根据“职业技能培训大纲”要求深入介绍了变压器检修所应具有的基础知识、专业知识、相关知识、基本技能、专门技能和相关技能，对变压器检修的一些新工艺、新技术也做了一定的介绍。通过本书的学习，变压器检修工就可以比较全面掌握变压器检修方面的工艺与技能。

《变压器检修》主编为郭清海，副主编为曹建忠，第一、二、三、四、五章的编者为管晓峰，第六、七、八、九、十、十一章及附录的编者为李璐。在编写过程中，许东升、张学众为本书提供了大量的资料及相关帮助，同时也得到了有关部门的领导和同志们的大力支持，在此致以衷心感谢。

由于编写时间仓促和编写水平所限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评、指正。

编者

2005年1月

目 录

前言

编者的话

第一章 基础知识	1
第一节 识绘图	1
第二节 常用公式	14
第二章 变压器检修相关知识与基本技能	21
第一节 钳工与焊工	21
第二节 起重、运输与搬运	33
第三节 电动机	44
第四节 安全生产知识	48
第五节 全面质量管理常识	58
第三章 变压器的原理、参数和运行	65
第一节 变压器的原理	65
第二节 变压器的技术参数	70
第三节 变压器的种类	85
第四节 变压器运行	103
第四章 变压器的结构	109
第一节 变压器的基本构造	109
第二节 变压器铁心	111
第三节 变压器绕组	122
第四节 变压器套管	133
第五节 变压器调压装置	141

第六节	变压器油箱和冷却装置	155
第七节	变压器油枕及保护装置	162
第八节	绝缘和变压器油	176
第五章	主变压器检修技术管理及过程控制	193
第一节	变压器检修总则	193
第二节	变压器小修	198
第三节	变压器大修	210
第四节	变压器安装	223
第五节	变压器试验	227
第六章	主变压器检修工艺和质量控制标准	241
第一节	变压器器身检修	241
第二节	变压器组件检修	245
第三节	调压装置的检修	267
第四节	变压器油处理	277
第七章	配电变压器的检修	291
第一节	配电变压器吊心检修	291
第二节	配电变压器的再生	295
第八章	变压器的干燥	305
第一节	概述	305
第二节	热油循环、热油循环排油真空干燥和 热油喷淋	306
第三节	其他干燥方法	312
第九章	变压器常用检修器具	317
第一节	滤油机	317
第二节	泵	321
第三节	其他检修器具	324
第四节	仪表	330

第五节 常用电工工具	334
第十章 变压器常见故障及处理	335
第一节 变压器故障	335
第二节 常见故障案例说明	342
第十一章 电力变压器技术的发展	361
附录	373
附录 A 变压器大修总结报告	373
附录 B 变压器检修相关规程、标准代号及名称	382
参考文献	384

第一章

基础知识

第一节 识绘图

一、一般机械零件图的识读

绘图时将零件的结构、形状、尺寸和各项质量要求表达在图纸上，作为制造零件时加工和检验的主要依据，这种图样就是零件工作图，简称零件图。

目前，工程设计和制造部门普遍采用按投影方法绘制成的图形来表达机件的形状。投影主要有中心投影法和平行投影法两种。

平行投影法的主要性质有不变性、等比性、积聚性、类似性。

三视图的位置关系主要是：俯视图在主视图下面，左视图在主视图右边。其投影对应关系为：“长对正、高平齐、宽相等”。视图和物体的方位对应关系如图 1-1 所示。

主视图反映物体的上、下和左、右。

俯视图反映物体的前、后和左、右。图的下边是前面，上边是后面。按“长对正”关系，左右应与主视图一致。

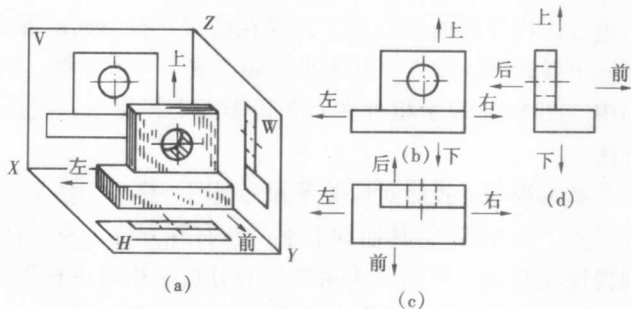


图 1-1 视图和物体的方位对应关系

(a) 物体与视图方位；(b) 主视图；(c) 俯视图；(d) 左视图

左视图反映物体的前、后和上、下。图的右边是前面，左边是后面。按“高平齐”关系，上下应和主视图一致。

总之，在俯视图和左视图上，远离主视图的那一边，都表示物体的前面。

当物体投影的画法不能完全满足生产用图的要求。从方便看图出发，既要把机件的形状表达得正确、完整，又要把图形画得清楚明了，视图数量适当。因此，《机械制图》国家标准规定了一系列的表达方法，可根据需要进行选用。如：六个基本视图，如图1-2所示。

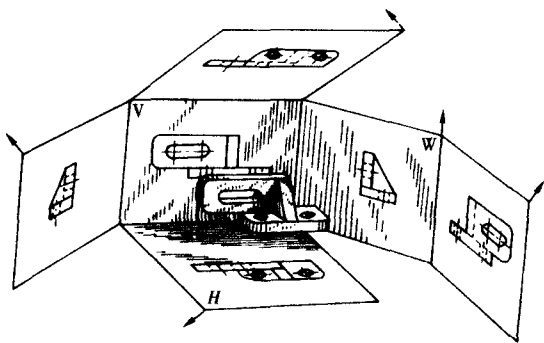


图1-2 六个基本投影面及其展开

当机件的形状比较复杂时，其六面的形状可能都不相同。为了清晰地表达机件各面的形状，便要在已有三投影面的基础上，再增加三个投影面。这六个基本投影面组成了一个方箱，把机件围在当中。图1-2表示机件在六个投影面上投影后，投影面展开的方法。

六个基本视图的投影对应关系和三视图一样，仍然是“长对正、高平齐、宽相等”，其他如上下、左右等方位关系，在视图上表现得比较明显，但前后关系要留心分析。相对主视图来说，除后视图外，“远离主视图是前面”也是适用的。关于这一点，只要想一想投影面展开前的投影情况就清楚了。应该指出：主视

图和后视图表现机件的上下方位关系是一致的。但左右方位关系恰好相反。

虽然机件可以用六个基本视图来表示，但实际上需画几个视图，要看具体情况而定。

二、一般电气图的识读

1. 电气图概述

电气图的主要作用是用来阐述电气设备及设施的工作原理，描述产品的构成和功能，提供安装和使用信息的重要工具和手段，因而电气图的种类很多。

电气图之所以能构成一大类专业技术图，是因为电气图与机械图、建筑图及其他专业技术图相比，具有一些明显的特点：

(1) 各种电气设备和导线用图形符号表示，而不用具体的外形结构表示。

(2) 各设备符号旁标注了代表该种设备的文字符号。

(3) 按功能和电流流向表示各电气设备的连接关系和相互位置。





(4) 没有标注尺寸。

一般而言，电气图分为四大类：表示功能信息的图、位置信息图、接线信息图、项目表及其他文字说明。

2. 电气图常用图线及其应用

电气图常用图线的型式和应用范围如表 1-1 所示。

表 1-1 电气图常用图线的型式和应用范围

序号	图线名称	图线型式	一般应用
1	实线		基本线，简图主要内容用线，可见轮廓线，可见导线
2	虚线		辅助线、屏蔽线、机械连接线，不可见轮廓线、不可见导线、计划扩展内容用线
3	点划线		分界线、结构围框线、功能围框线、分组围框线
4	双点划线		辅助围框线

3. 电气图的布局

一般机械图与简图在布局方法上的一个重要区别是：机械图必须严格按机件的位置进行布局，而简图的布局则可根据具体情况灵活运用。电气图基本上都属于简图，因此简图的布局是电气制图中要考虑的一个重要问题。要从对图的理解和使用方便出发，做到布局合理、排列均匀、图面清晰、便于看图。

4. 电气设备文字符号

在工作中，我们经常要查看图纸，在看图时就会遇到电气设备、常用仪器、仪表，它们在图中是用文字符号和图形符号表示的。

常用设备、仪器、仪表的文字符号表示如表 1-2 所示。

表 1-2 文字符号表示法

中文名称	文字符号	中文名称	文字符号	中文名称	文字符号
电力变压器	TM	光字牌	HL	电缆接头	X
自耦变压器	TA	白灯	HW	隔离开关	QS
变压器	T	交流继电器	KA	负荷开关	QL
电流互感器	TA	接地继电器	KE	低压断路器	Q
电压互感器	TV	中间继电器	KM	电力电路开关	Q
接地变压器	TE	接触器	KM	滤波器	Z
电抗器	L	电压继电器	KV	线路波阻器	Z
电感绕组	L	自动重合闸装置	AAR	电容器(组)	C
消弧绕组	L	电阻器	R	移相器	BP
断路器	QF	兆欧表	P	避雷器	F
灭磁装置	AD	电压表	PV	放电间隙	F
励磁调节器	AE	有功功率表	PW	发热器件	EH
照明灯	EL	导线	W	发光器件	E
蓄电池	GB	电力母线	WB	扬声器	B
电笛	HA	控制电缆	WC	声响指示器	HA

续表

中文名称	文字符号	中文名称	文字符号	中文名称	文字符号
蜂鸣器	HA	连接片	XB	绿灯	HG
红灯	HR	保护器件	F	继电器	K
黄灯	HY	调压器	AV	差动继电器	KD
电流继电器	KA	调节器	A	气体继电器	KG
频率继电器	KF	电源	G	阻抗继电器	KR
时间继电器	KT	发电机	G	温度继电器	KT
延时继电器	KT	异步发电机	GA	跳闸继电器	KOF
合闸继电器	KO	同步发电机	GS	限压保护器件	FV
熔断器	FU	直流发电机	GD	整流器	U
电位器	RP	励磁机	GE	电流表	PA
功率因数表	P	电动机	M	无功功率表	PV
频率表	PF	异步电动机	MA	时钟、操作时间表	PT
同步表	PS	同步电动机	MS	母线	W
电缆	W	自励电动机	MD	电力电缆	WP
直流母线	WD	电铃	HA	端子	X
信号母线	WS	指示灯	HL	接线柱	X

三、发电厂、变电所一次设备主接线图识读

电气主接线是由高压电气设备通过连接导线，按其功能要求组成接受和分配电能的电路，成为传输强电流、高电压的网络，故又称为一次接线或电气主系统。用规定的设备文字和图形符号并按工作顺序排列，详细地表示电气设备或成套装置的全部基本组成和连接关系的单线接线图，称为主接线电路图。

1. 电气主接线的基本要求

可靠性、灵活性、经济性。

2. 单母线接线

单母线接线如图 1-3 所示。

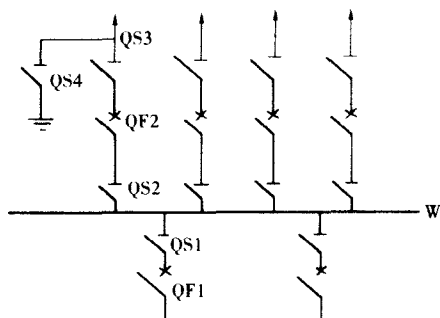


图 1-3 单母线接线

QF—断路器；QS—隔离开关；W—母线

单母线接线的优缺点：

优点：接线简单清晰、设备少、操作方便、便于扩建和采用成套配电装置。

缺点：灵活性和可靠性差，当母线或母线隔离开关故障或检修时，必须断开它所连接的电源，与之相连的所有电力装置在整个检修期间均需停止工作。此外，在出线断路器检修期间，必须停止该回路的供电。

3. 单母线分段接线

为了克服一般单母线接线存在的缺点，提高它的供电可靠性和灵活性，可以把单母线分成几段，在每段母线之间装设一个分段断路器和两个隔离开关。每段母线上均接有电源和出线回路，便成为单母线分段接线，如图 1-4 所示。

单母线分段接线的优缺点：

优点：①用断路器把母线分段后，对重要用户可以从不同段引出两个回路，有两个电源供电；②当一段母线发生故障，分段断路器自动将故障段切除，保证正常段母线不间断供电和不致使大面积停电。

缺点：①当一段母线或母线隔离开关故障或检修时，该段母线的回路都要在检修期间内停电；②当出线为双回路时，常使架

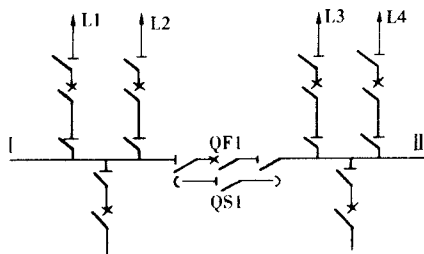


图 1-4 单母线分段接线

空线路出现交叉跨越；③扩建时需向两个方向均衡扩建。

4. 单母线带旁路母线的接线

断路器经过长期运行和切断数次短路电流后按规程规定都需要检修。为了检修出线断路器，不致中断该回路供电，可增设旁路母线 W2 和旁路断路器 QF2，如图 1-5 所示。

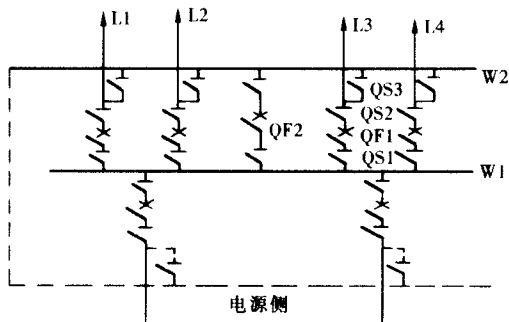


图 1-5 带旁路母线的单母线接线

W1—工作母线；W2—旁路母线

5. 双母线接线

为了避免单母线分段在母线或母线隔离开关故障或检修时，连接在该段母线上的回路都要在检修期间长时间停电而发展成双母线，如图 1-6 所示。这种接线具有两组母线 W1、W2。每回线路都经一台断路器和两组隔离开关分别与两组母线连接，母线