

何柏茂 编著



电气设备的安装与选择



黑龙江科学技术出版社

内 容 简 介

本书简明、系统地介绍了高级维修电工方面的基础知识。全书共分为三篇十三章，包括：直流电路、电子基础、微型计算机原理及使用、测量仪表、直流电机、变压器、异步电动机、同步电机、控制电机、晶闸管整流及触发电路、自动控制系统的概念、晶闸管——直流电动机可逆调速系统及数控机床与自动化生产线等，每章末附有复习题，书末附有复习题答案选摘。

本书供参加考评技师的工人复习使用，也可供技师考评工作人员参考。

本书由秦皇岛机电技工学校宋玉春、张沙萨、张欣平编写，宋玉春主编；由山海关桥梁厂吴章凯主审，由秦皇岛机电技工学校和念之参审。

维 修 电 工

机电工业考评技师复习丛书编审委员会 编

责任编辑：边 萌 责任校对：马志正
封面设计：方 芬 版式设计：霍永明
责任印制：张俊民

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $10^{1/4}$ · 字数225千字

1990年7月北京第一版·1990年7月北京第一次印刷

印数00,001—10,500 · 定价：5.00元

ISBN 7-111-02052-9/TM·278

前 言

本书介绍了发电厂及变电所主要电气设备的选择、运行和维护等方面的基本知识，并重点讲述了主要电气设备的安装技术。书中对各种电气设备在安装过程中常见的故障作了具体的分析，同时提出了故障处理方法。

全书共分十章。其主要内容包括：变压器、电动机及同步发电机的分类、结构、工作原理、安装及故障的分析与处理；发电厂与变电所的主要电气设备及中性点的接线方式；高、低压电器的结构、工作原理及安装；电气主接线和动力车间用电接线的接线方式；短路电流的估算；主要电气设备的选用举例。

本书作者结合多年从事现场工作的经验，从电气工人的实际文化程度和要求出发，以浅显易懂的文字，较多的实际例子对上述内容作了具体的阐述。书稿曾请黑龙江省电力局张稼昌同志、东北电力学院鄢慎行同志及哈尔滨电力学校郑文谨同志进行审校。本书既可供具有初中以上文化程度的电气专业工人自学参考，也可作技工学校的培训教材。

封面设计：阎志刚

电气设备的安装与选择

何柏茂 编著

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街 35 号)

黑龙江新华印刷厂附属厂印刷·黑龙江省新华书店发行

787×1092 毫米 32 开本 10.25 印张 1/4 插页 210 千字

1986 年 5 月第 1 版·1986 年 5 月第 1 次印刷

印数：1—6,850 册

书号：15217·195 定价：2.00 元

目 录

第一章 概 述	1
第二章 变压器	5
第一节 变压器的分类	5
第二节 变压器的结构	6
第三节 变压器的工作原理	15
第四节 变压器的主要技术参数	18
第五节 变压器的安装	24
第六节 变压器常见故障的分析与处理	59
第三章 电动机	62
第一节 电动机的分类	62
第二节 交流电动机的工作原理与结构	63
第三节 交流电动机的主要技术参数	66
第四节 直流电动机	68
第五节 电动机的安装	73
第六节 特殊电动机	78
第七节 电动机的常见故障及处理	82
第四章 同步发电机	99
第一节 同步发电机的分类	99
第二节 同步发电机的结构	99
第三节 同步发电机的工作原理与特性	103
第四节 同步发电机的主要技术参数	108

第五节	同步发电机的并列与功率的调整	110
第六节	同步发电机的安装与检修	115
第七节	特殊故障处理	128
第八节	同步发电机的试运行	132
第五章	发电厂与变电所	135
第一节	电气设备	135
第二节	中性点接线方式	142
第六章	低压电器	150
第一节	熔断器	150
第二节	低压开关	154
第三节	磁力起动器和自动空气开关	166
第四节	低压电器的安装	184
第七章	高压断路器	191
第一节	概述	191
第二节	少油式断路器	195
第三节	多油式断路器	202
第四节	断路器的安装与调整	205
第八章	电气主接线和动力车间用电接线	216
第一节	单母线接线	220
第二节	双母线接线	223
第三节	桥式接线与单元接线	225
第四节	电动机的供电方式	227
第九章	短路电流的估算	230
第一节	短路的一般概念	230
第二节	电力系统各元件的电抗	233

第三节	相对值 (标么值)	238
第十章	主要电气设备的选用	253
第一节	短路电流的电动力效应	253
第二节	短路电流的热效应	257
第三节	电气设备的选用原则	268
第四节	电气设备的选用举例	285
附录		293
参考文献		318

第一章 概 述

我国电力基本建设事业的大规模发展是从五十年代初开始的。1949年刚解放时，发电总容量仅185万千瓦，1978年底增加至5211万千瓦，到1982年底已增加至7000万千瓦，年均增加约450万千瓦左右。但在国外，如美国1982年底发电总容量已达66673万千瓦，年增加量为1500万千瓦；苏联1982年底发电总容量达28760万千瓦，年增加1100万千瓦。可以看出，我国电力事业发展速度还是很缓慢的。原因当然是多方面的，但电力基本建设队伍的技术素质差，施工方法落后，也是一个重要原因。

电气设备的安装技术是一门较新的科学技术。六十年代初，一些电力建设单位以贯彻《电力工业技术管理法规》与《电力施工及验收暂行技术规范》为目的，在总结施工经验的基础上，编写了一些有关施工操作工艺的规程或规定。这些规程或规定，在统一施工工艺、提高施工技术、保证施工质量和培训施工人员等方面起到了很重要的作用。所以进一步总结、概括这些经验，编写出较系统的、较全面论述电气设备安装工艺的技术参考书，乃是培训电力建设人才，进一步提高电力建设队伍的技术水平，实现四化的迫切需要。本书将从这一指导思想出发着重讲述发电厂、变电所及一般工矿企业内配电装置、动力车间的电气设备的安装与选用等方面的知识。

发电厂是生产电能的工业企业，其主要生产过程是能量转换的过程。它把各种形式的能量转换为电能后经过主变压器送到电力系统。一般工矿企业用电是由一个独立的变电所将来自电力系统的高电压变为厂用电压，再经配电装置（配电室）提供各种用电设备的用电。

发电厂、变电所及工矿企业的电气设备，一般可分为一次设备和二次设备。一次设备主要包括发电机、励磁机、电力变压器、母线、隔离开关、断路器、电抗器、支持绝缘子、套管绝缘子、消弧线圈、电压互感器、电流互感器、避雷器、电容器、电力电缆以及刀闸开关、自动空气开关、接触器、磁力起动器等；二次设备主要包括配电盘（控制盘和保护盘等）、蓄电池、硅整流直流电源系统、各种继电器、仪表、二次接线、控制电缆及各种信号系统等。本书着重介绍一次电气设备的简单原理、结构及检修、安装、调整、试运行等基本知识和主要设备的选用原则。

电气设备的安装过程是指从电气设备运到安装现场后直到投入生产的全部过程。其内容主要包括：开箱检查、清点、搬运入库保管、领用、解体检查、组装就位、干燥、调整、试验及试运行等。为了使发电厂、变电所以及一般工矿企业的用电设备能安全、可靠、持续、满载地运行，电气设备的安装必须按有关规定或规程进行。安装质量的好坏，直接影响电力系统运行的安全。

一般，发电厂、变电所及一般工矿企业的主要电气设备都由制造厂成套供应。所以安装人员必须与制造厂密切联系，派专人深入到制造厂的车间，做好技术资料的收集工作，

并应了解厂家所装配的设备是否符合设计要求，是否便于安装施工、运行和维修等。在设备装箱等待发运时，还要检查设备是否缺件。对大型电力变压器，应派专人到厂配合组装、装箱及发运到现场。为了使广大读者能详细了解各种电气设备的安装方法及注意事项，本书将对此作详细介绍。

电气设备的安装必须以设计院(室)的施工图纸为依据，设备的组装检查必须以制造厂提供的制造图纸为标准。此外，应做细致的设备安装前施工准备。施工准备包括以下几点：

- (1) 劳动组织和进度安排；
- (2) 施工场地的布置；
- (3) 设计图纸的审查；
- (4) 设备材料的准备；
- (5) 施工方案的拟制；
- (6) 与土建工程的配合。

本书详细介绍了安装施工前的各项准备工作，并指出设计图纸的审查是一个重要环节。审查设计图纸，主要是审核电气主接线的合理性，核对原理图与安装图是否相符、设计图纸能否满足机务要求，核对与土建、机务的交叉配合是否存在问题等。审查图纸的过程也是熟悉图纸的过程，具体施工人员如能直接参加，一定能加快安装进度。当然，电气设备的安装进度是与土建施工进度及其它机械设备的安装密切配合的，因此，本书对此也作了详细的介绍。

本书根据笔者从事电力专业安装 30 多年的经验，讲述了在电气设备安装过程中，常常遇到的现场所备小型设备和材

料不能满足设计要求情况下的设备的安装，特别是对于容量较小设备较少的发电厂、变电所以及一般工矿企业的用电设备的安装工作，以及在没有设计院(室)代表的条件下，现场技术人员或施工人员应具有的独立解决简单设备和安装材料的代用问题的能力。此外，笔者还根据实践经验说明了主要设备、材料及各种零部件的选用原则及代用办法。

目前电气设备的安装技术越来越被广大电气工作者所重视，相信在不久，一种现代化的安装技术，将会取代我们这里所叙述的安装方式。

第二章 变 压 器

我们知道，各种电气设备需要接在不同电压的电源上，如三相交流低压电动机用三相 380 伏电压，照明设备用 220 伏电压，发电厂厂用电设备使用 3 千伏、6 千伏、10.5 千伏电压，送电线路采用 35 千伏、60 千伏、110 千伏、220 千伏、330 千伏及以上的电压。为了得到各种不同等级的电压，就得使用变压器。变压器除了可以将交流电压变换成各种不同等级的电压外，还可以用来改变电流（如变流器、大电流发生器等）、变换阻抗（如电子电路中输入、输出变压器）、改变相位〔如利用改变线圈的联接方式（Y/Y₀-12、Y/△-11、Y/△-5）来改变变压器的极性和组别〕等。

第一节 变压器的分类

传输电能的变压器称为电力变压器。根据电力变压器的相数、线圈数（绕组数）、冷却方式以及铁芯结构等，可以分成各种类别。

1. 按相数分类

根据变压器相数的不同可分为：单相电力变压器和三相电力变压器。

2. 按线圈数分类

根据变压器线圈数量的不同可分为：双卷电力变压器，

三卷电力变压器和自耦电力变压器。

3. 按冷却方式分类

根据变压器冷却方式的不同可分为：油浸自冷式电力变压器、油浸风冷式电力变压器和油浸强迫油循环冷却式（风冷式和水冷式）电力变压器。

4. 按铁芯结构分类

根据变压器铁芯结构的不同可分为：内铁型电力变压器和外铁型电力变压器。

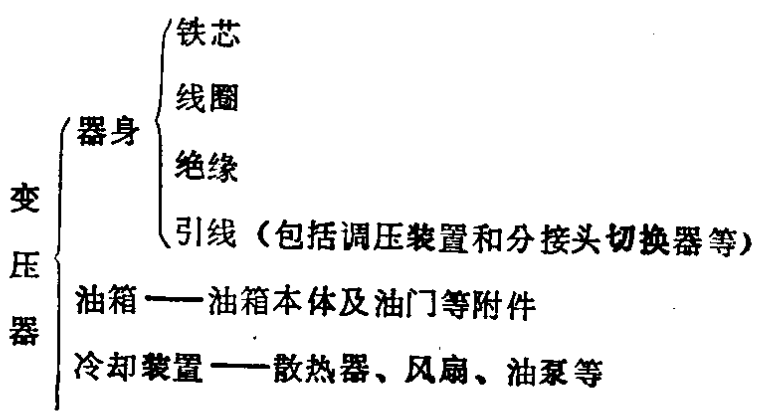
5. 按调整电压方式分类

根据变压器调压方式的不同可分为：不带负荷调压电力变压器和带负荷调压电力变压器。

除此之外，变压器分类的依据还有很多，上面所介绍的的是最常见的几种。在各种分类中，通常把铁芯的结构作为基本的分类方式。这样，电力变压器的分类便有内铁型和外铁型两大类。

第二节 变压器的结构

变压器的结构组成如下：



出线装置——包括套管等

保护装置——油枕、呼吸器、油再生装置瓦斯继电器等

测量装置——测温元件和油位计等

变压器的结构概况如图 2—1 所示。

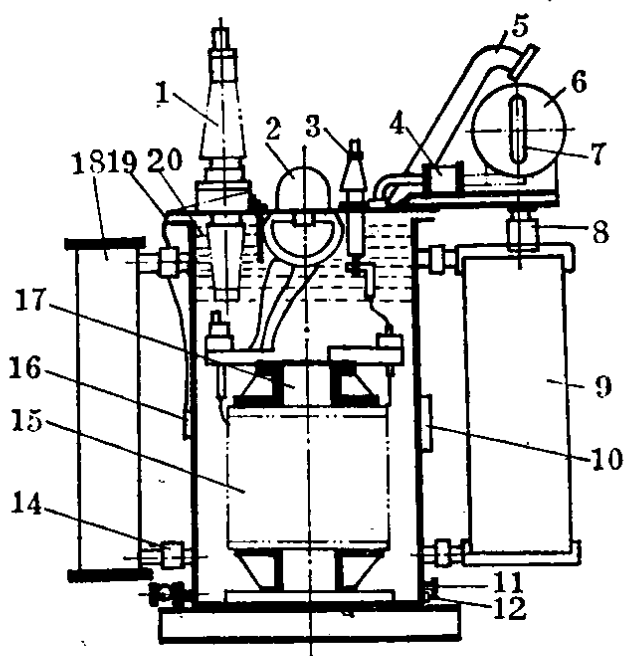


图 2—1 变压器结构概况

- 1—高压套管 2—分接开关 3—低压套管 4—瓦斯继电器
5—防爆管 6—油枕 7—油表 8—呼吸器 9—散热器
10—铭牌 11—接地螺栓 12—采油样活门 13—放油阀门
14—活门 15—线圈 16—信号温度计 17—铁芯
18—油再生装置 19—油箱 20—变压器油

下面简单介绍变压器主要部件的结构和作用。

一、铁芯

铁芯一般用含硅 5% 左右，厚度为 0.35 毫米或 0.5 毫米的硅钢片叠成，硅钢片两面涂有绝缘漆。电力变压器铁芯结构见图 2—2 和图 2—3。

为了防止变压器在运行或试验时，由于静电感应而在铁

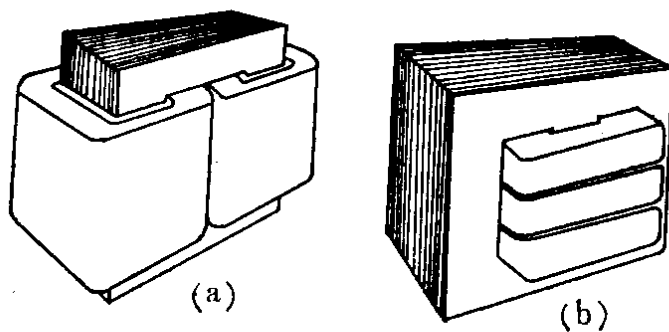


图 2—2 内铁型电力变压器铁芯结构

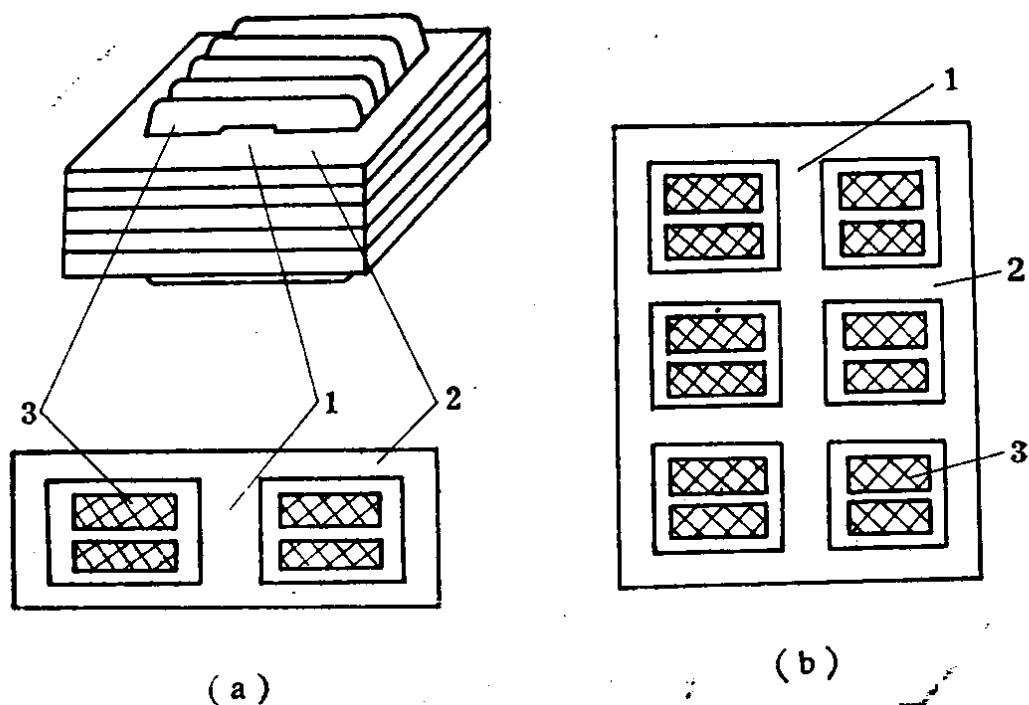


图 2—3 外铁型电力变压器铁芯结构

(a) 单相 (b) 三相

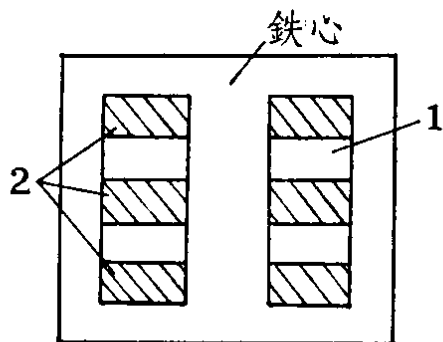
1、2——铁芯 3——绕组

芯或其他金属构件上产生高电位，造成对地放电，除穿心螺丝外，铁芯所有部件均应接地（接外壳）。

二、线圈

变压器的线圈用绝缘的铜线或铝线绕制，常绕成圆筒

形，套在变压器的铁芯柱上。低压绕组由于电压较低，故直



接套在铁芯外侧，高压绕组则套在低压绕组的外侧。高低压绕组之间需用绝缘纸筒隔开。变压器绕组也可绕成盘形，这时高低压绕组交错套装，如图 2—4 所示。

三、冷却系统

图 2—4 盘形线圈

1—高压线圈 2—低压线圈

变压器在工作时要产生铁损

和铜损，因而使铁芯和线圈发

热。为了不致因温度升高而烧坏线圈绝缘，必须采用适当的冷却方式。冷却方式可分为自冷式和油冷式两种。自冷式是把热量依靠空气的对流和辐射、直接散失到周围的空气中的一种方式。这种方式效果不好，只适用于小容量的变压器。油冷式则是将变压器的铁芯和线圈全部浸在变压器油中，热量通过油的自然循环传递给箱壁而散失到周围空气中去。为了增加散热量，可将箱壁做成波纹形或在箱壁上装散热器以增加其冷却面积，促进热量的快速散发。大容量的变压器则采用强迫油循环和加风扇（或水冷）等冷却方式来散热。

四、保护装置

（一）油枕和呼吸器

为了使油箱内的油能自由膨胀同时又要缩小油与空气的接触面，通常在油箱顶上装一个与油箱相联通的油枕。油枕内的空气，经呼吸器与外界相联。为吸收潮气，在呼吸器内放置变色硅胶（氯化钴浸渍过的硅胶）或氯化钙。变色硅胶在干燥时呈蓝色，当吸收潮气后，渐渐变成淡红色，即表示

硅胶已失去吸潮效能。为恢复变色硅胶的功能，应把它取出并在 140℃ 高温下烘焙 8 小时，使水分蒸发掉。当硅胶又恢复蓝色时，即可继续使用。呼吸器的构造如图 2—5 所示；隔膜密封式油枕如图 2—6 所示；油枕的构造如图 2—7 所示。

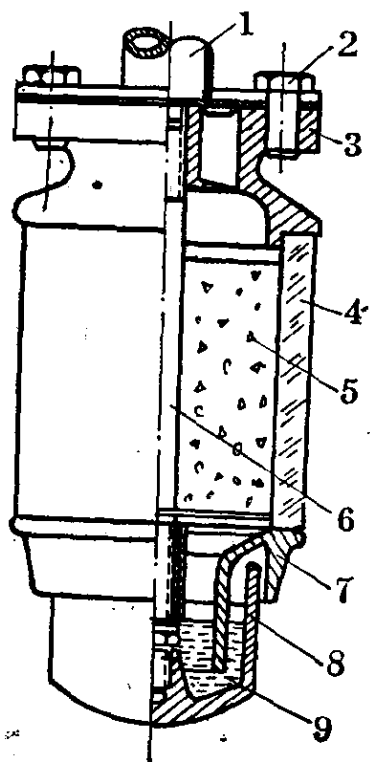


图 2—5 呼吸器的构造

- 1—连接管 2—螺钉 3—法蓝盘 4—玻璃管 5—硅胶 6—螺杆 7—底座 8—底罩 9—变压器油

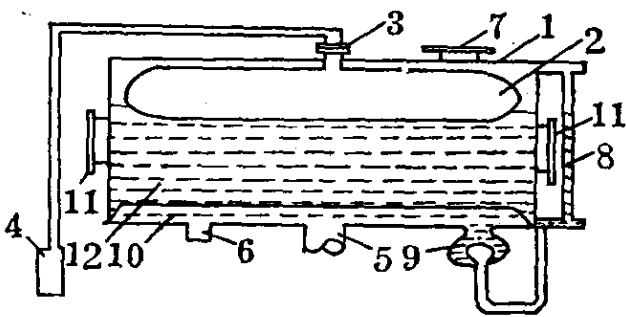


图 2—6 隔膜密封式油枕

- 1—油枕 2—隔膜袋 3—呼吸口 4—呼吸器 5—油箱联管 6—沉积器 7—注油孔 8—油位计 9—压油袋 10—护架 11—安装孔 12—变压器油

(二) 防爆管

防爆管安装在变压器的油箱盖上，用来防止因发生内部故障而在油箱内产生过高的油气压力引起的爆炸事故，所以又称为安全气道。防爆管的高度总是高于油枕（管内的油与