

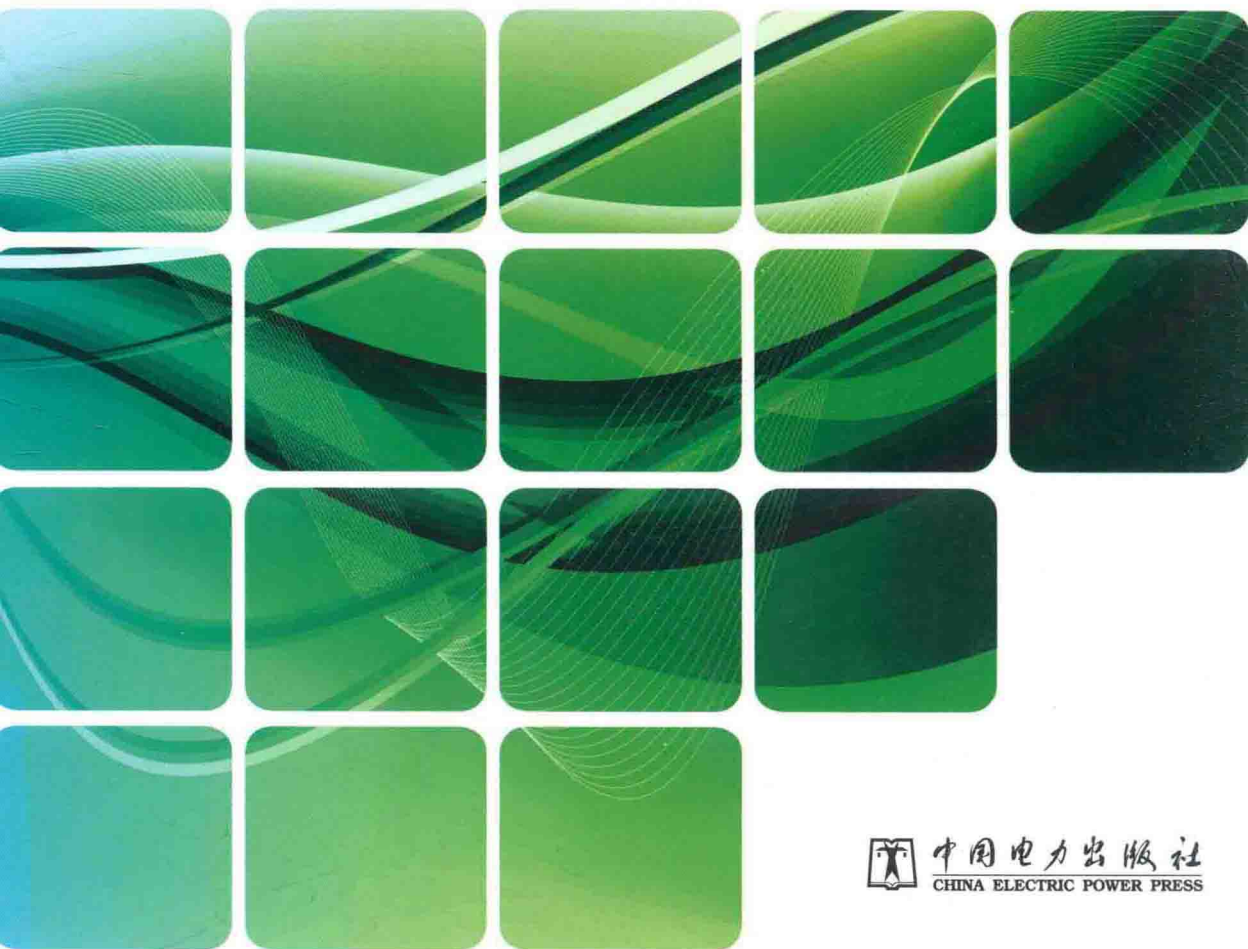


全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

配电设备

(第三版)

马定林 马晖 马晔 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

配电设备

(第三版)

马定林 马 晖 马 晔 编

邵家瑾 主审



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS



内 容 提 要

本书为全国电力职业教育规划教材。

全书共分十章，主要包括：配电网络和配电设备，配电变压器，异步电动机，配电网络的短路电流计算，电弧理论和开关设备，母线、绝缘子及其他设备，常用电工仪表与测量，配电设备的常用保护，成套配电装置和配电设备预防性试验。本书主要讲述 10kV 及以下的常用配电设备的结构、工作原理、设备选择、安装、运行维护及故障的判断和预防性措施，并简述有关 35kV 配电设备的结构、工作原理和运行维护知识。

本书可以作为电力职业院校电力技术类专业教材，也可以作为电工进网作业培训教材及有关科技人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

配电设备/马定林，马晖，马晔编. —3 版. —北京：中国电力出版社，2013. 7

全国电力职业教育规划教材

ISBN 978-7-5123-3552-3

I. ①配… II. ①马…②马…③马… III. ①配电装置-高等职业教育-教材 IV. ① TM642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 228209 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市铁成印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1982 年 7 月第一版

2013 年 7 月第三版 2013 年 7 月北京第十一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22 印张 539 千字

定价 38.50 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

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

前言

进入 21 世纪以来,电力工业技术飞速地发展,应用范围更加广泛,它改变着人类社会的面貌,同时也深刻地影响着广大人民的生活水平和生活质量,为全社会的和谐、发展奠定了基础。

《配电设备》第一版于 1982 年 7 月出版,第二版于 2007 年 9 月出版,在 30 年实际应用过程中,得到许多同行们的褒贬,也得到很多读者的支持和建议、意见,对此,编者表示衷心感谢。电力工业 30 年来,配电技术和配电设备更新换代的速度非常快,国内外生产配电设备的厂家越来越多,新产品、新技术及时得到应用和推广,品种式样不断改变。但是在全国各地的应用情况参差不齐,新旧设备仍在交替使用,所以编者把握住“万变不离其宗”的原则,坚持以基本概念、基本理论、基本技能为主,同时介绍一些新知识,使本书尽量符合各方面的需要。

本书内容繁杂,知识广泛,基本上做到了面面俱到,望广大读者根据所学专业的需要,删繁就简地选择全部或部分学习内容。

本书在改编过程中,曾得到浙江华通机电集团有限公司、大连信德电器有限公司、牡丹江电网公司、牡丹江华能电力设备制造有限公司和牡丹江特种变压器厂等同行们的支持和帮助,在此一并表示谢意。

书中仍不免有很多不妥和错误之处,恳请读者继续批评指正。

编者

2012 年 5 月

第一章 配电网络线路的一般概念	1
第一节 配电网络的负荷电度计算	1
第二节 配电网络的负荷电度计算	1
第二章 电弧理论和开关设备	107
第一节 电弧的形成和熄灭	107
第二节 新断路器	114
第三节 新断路器的启动机构	135
第四节 断路器	145
第五节 负荷开关	153
第六节 熔断器	155
第七节 自动开关	167
第八节 熔断器	179
第三章 母线、绝缘子及其他设备	182
第一节 母线	182
第二节 绝缘子	194
第三节 绝缘子	215
第四节 避雷器	219

目 录

前言	
第一章 配电网络和配电设备	1
第一节 配电网络	1
第二节 配电设备	5
第二章 配电变压器	8
第一节 变压器的基本原理和结构	8
第二节 变压器空载运行	14
第三节 变压器有载运行	21
第四节 三相变压器	28
第五节 变压器并联运行	35
第六节 变压器的运行和事故处理	39
第七节 互感器	57
第三章 异步电动机	65
第一节 三相异步电动机	65
第二节 单相异步电动机	83
第四章 配电网络的短路电流计算	88
第一节 配电网络短路的一般概念	88
第二节 配电网络的短路电流计算	90
第五章 电弧理论和开关设备	107
第一节 电弧的形成和熄灭	107
第二节 断路器	114
第三节 断路器的操动机构	135
第四节 隔离开关	146
第五节 负荷开关	153
第六节 熔断器	155
第七节 自动开关	167
第八节 热继电器	179
第六章 母线、绝缘子及其他设备	182
第一节 母线	182
第二节 电缆	194
第三节 绝缘子	215
第四节 避雷器	219

第五节 电力电容器	229
第七章 常用电工仪表与测量	238
第一节 常用电工仪表的基本知识	238
第二节 电工仪表的结构及工作原理	241
第三节 万用表	249
第四节 电磁式仪表的应用	254
第五节 感应式电能表及电能测量	256
第六节 兆欧表	269
第七节 接地电阻的测量	271
第八节 数字仪表	275
第八章 配电设备的常用保护	279
第一节 常用保护的基本概念	279
第二节 几种常用的电磁式继电器	280
第三节 过电流保护	289
第四节 小电流接地系统的接地信号	296
第五节 低电压电器保护	300
第六节 低压漏电断路器	302
第九章 成套配电装置	308
第一节 高压开关柜	308
第二节 低压配电屏	313
第三节 成套配电柜(屏)的装配要求	316
第四节 动力和照明配电箱	321
第五节 箱式变电站	322
第十章 配电设备预防性试验	325
第一节 试验方法	325
第二节 试验的项目、标准和接线	336

配电网和配电设备

第一节 配电网

一、配电网在电力系统中的地位

电能是现代工农业、交通运输、科学技术、国防建设和人民生活等方面的主要（二次）能源。由发电厂、输配电线路、变电设备、配电设备和用电设备等组成的有机联系的总体，称为电力系统，如图 1-1 所示。发电厂生产的电能，除一小部分供给本厂厂用电及附近用户外，大部分要经过升压变电站将电压升高，由高压输电线路送至距离较远的用户中心，然后经降压变电站降压，由配电网分配给用户。因此，配电网是电力系统中的一个重要组成部分，它由配电线路和配电变电站组成，其作用是将电能分配到工厂、矿山、城市和农村的用电器具（如电动机、电灯、电热设备等）中去。电压为 $3\sim 10\text{kV}$ 的高压大功率用户可以从高压配电线路直接取得电能； $380/220\text{V}$ 的低压用户，需经配电变压器将 $3\sim 10\text{kV}$ 再次降压后由低压配电线路供电。

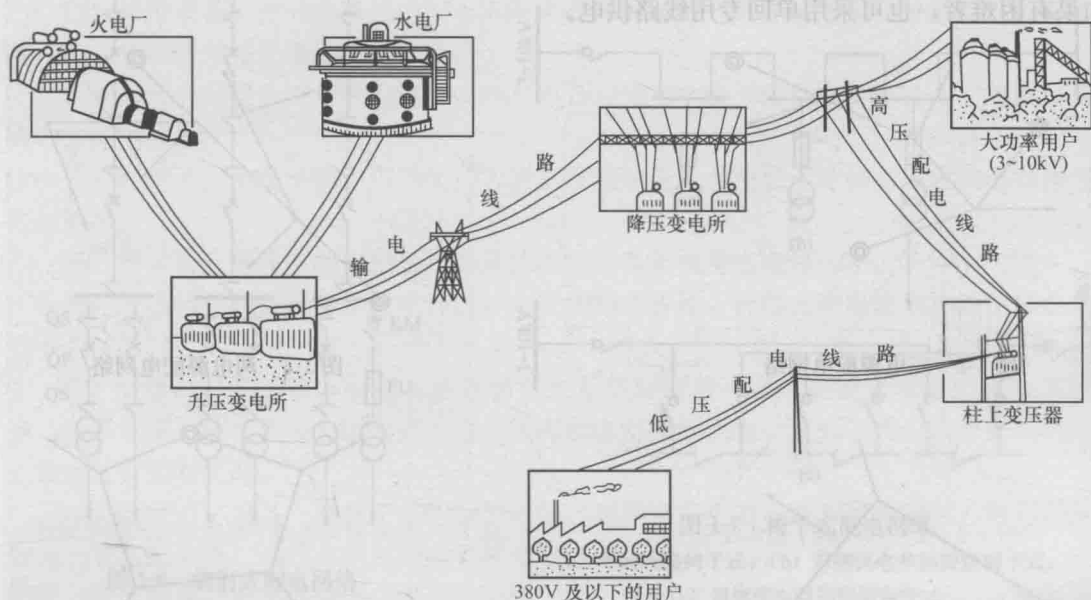


图 1-1 电力系统示意图

配电线路分为架空线路和电缆线路两种。架空配电线路，由于造价便宜、取材方便、容易施工、也容易发现故障点，而且便于检修，所以得到广泛应用。但在大城市中采用架空配电线路时，既会影响行人和交通安全，又影响市容的美观，尤其在多雷地区易遭雷害，所以在城市房屋密集的地方或风景区可采用电缆线路。

配电变电站一般分为配电室和柱上变压器两种。对于 30kVA 及以下的变压器，宜采用单柱式变压器台； $40\sim 315\text{kVA}$ 的变压器宜采用双柱式变压器台； 315kVA 以上的变压器，

宜采用落地式变压器台；更大容量的变压器可设配电室。所以配电室是设在用电量较大的工矿企业和事业单位中；而柱上变压器适用于用电量较小的用户，他可以同时供给几个单位使用。

配电室中安装的电气设备除配电变压器外，还有 $3\sim 10\text{kV}$ 高压和 0.4kV 低压配电装置。高压配电装置通常采用定型的高压开关柜，其中分别装有断路器、隔离开关、互感器和避雷器等高压设备。低压配电装置通常采用多种低压配电屏和动力配电箱，其中分别装有隔离开关、熔断器、低压断路器、互感器和计量表计等低压电器。

二、几种常用的配电网络接线

配电网络的接线均应满足供电的安全可靠、操作方便和运行经济等要求。

根据用户对供电可靠性的要求，用电负荷一般分为三级。

I 级负荷：突然停电会造成人身伤亡或引起设备严重损坏且难以修复，或给国民经济造成重大损失者。这种负荷要求网络接线能保证有很高的供电可靠性，应由两个及以上的独立电源供电，如图 1-2 所示。

II 级负荷：突然停电将使大量产品和原材料报废，或可能发生重大设备损坏事故，但采取适当措施又能够避免的负荷。这种负荷对网络接线的要求较 I 级负荷为低，在条件允许的情况下采用两电源（见图 1-3）、双回线路（见图 1-4）或环形（见图 1-5）配电网络供电；如果有困难者，也可采用单回专用线路供电。

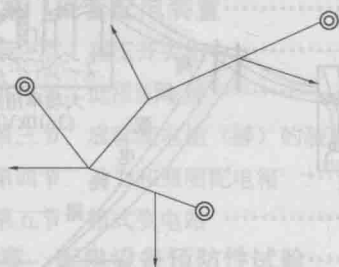


图 1-2 三电源配电网络

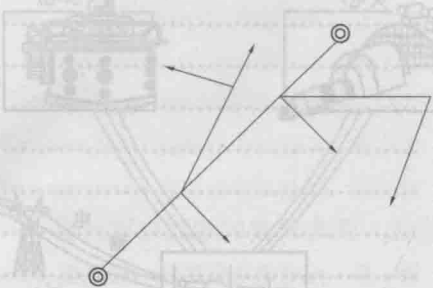


图 1-3 两电源配电网络

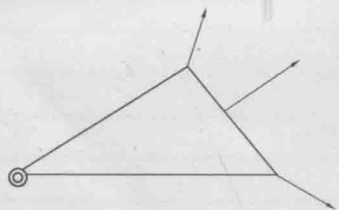


图 1-4 双回线路配电网络

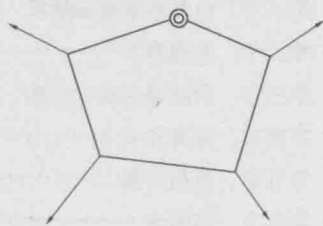


图 1-5 环形配电网络

III 级负荷：所有不属于 I 级和 II 级负荷的用电设备，一般由单电源供电。

单端供电通常称为开式配电网络，两端供电和环形供电通常称为闭式配电网络。

总之，配电网络的接线方式，一般可根据配电变电所的位置、用电容量、负荷等级、投资费用以及附近用户的合理分配等情况来确定。下面介绍几种常用的配电网络接线。

1. 放射式配电网络

这种网络主要由降压变电所 $3\sim 10\text{kV}$ 侧引出许多单独线路组成。每一单独线路均向一个或几个配电变电所供电，如图 1-6 所示。配电变电所的进线可根据配电变压器 T 的容量、负荷等级等，配备安装断路器、隔离开关、负荷开关和高压熔断器等电气设备。

放射式配电网络的特点是维护方便、保护简单、便于发展，但可靠性和灵活性较差，线路及设备发生故障或检修时，就要中断供电。

2. 树干式配电网络

这种网络是由降压变电所 $3\sim 10\text{kV}$ 侧引出一条或几条主干线路，每条主干线路可供给几个配电变电所，如图 1-7 所示。

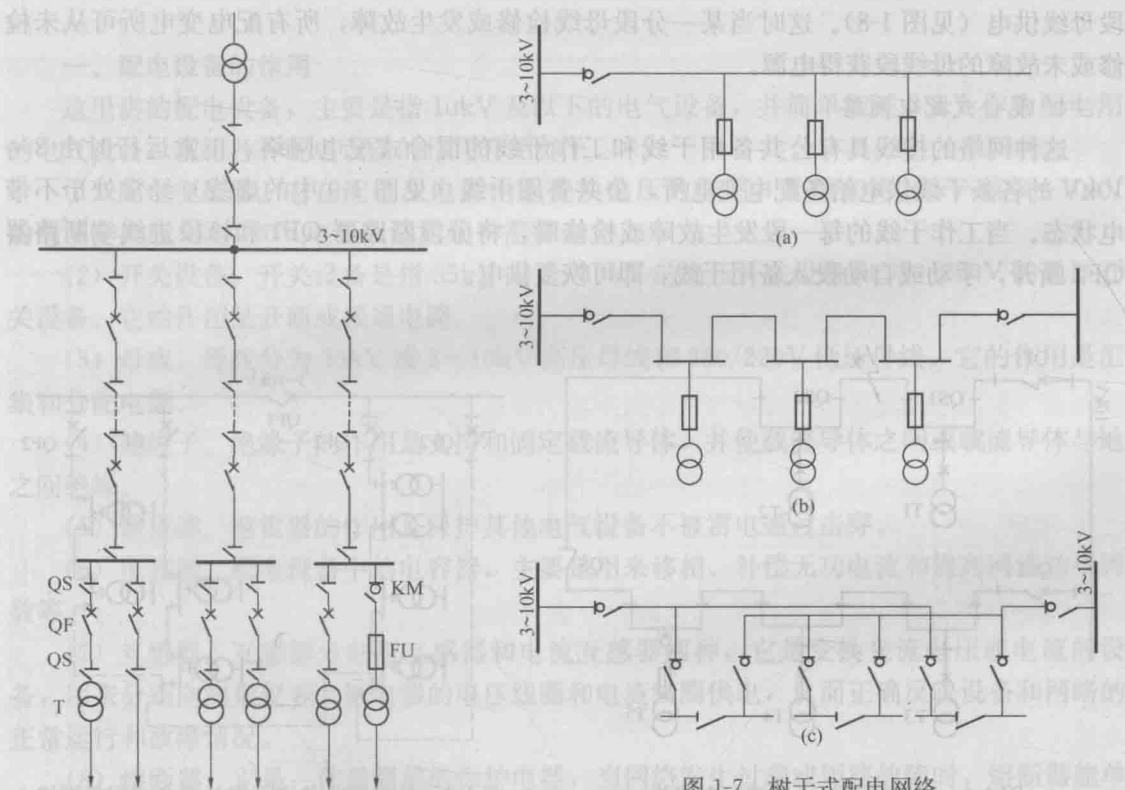


图 1-6 放射式配电网络

图 1-7 树干式配电网络

(a) 单回线路树干式；(b) 双侧供电单回线路树干式；

(c) 双侧供电双回线路树干式

树干式配电网络的特点是接线比较灵活，易于增加或减少配电变电所的数目，比放射式网络使用设备少，可使网络简化。任何一个配电变电所中的变压器均有切断设备，当某一台配电变压器故障时，并不影响其他配电变电所的供电。当主干线上发生故障时，连接这条主干线上的负荷均要停电。通常用来配电给Ⅲ级负荷，每条干线上安装的变压器约 5 台以内，总容量不超过 2000kVA 。

3. 断开的环状干线式配电网络

环状干线式（简称环形）配电网络，一般分为两种运行方式，一种是开环运行，另一种是闭环运行。闭环运行形成两端供电，当任一线段故障时，将使两干线进线端的断路器

QF1、QF2 均跳闸,造成全部停电,所以环形配电网络一般均采用开环运行方式,如图 1-8 所示。这种网络在正常运行时分支点 QS 断开,使环状干线分为两部分单独运行。此时当某一干线发生故障时,先使该干线进线端断路器 QF1 或 QF2 跳闸,然后打开故障处最邻近的两侧隔离开关,合上分支点处隔离开关 QS,最后把进线端断路器合上,所有的配电变电所即可恢复正常运行。

分支点 QS 的选择原则是,正常运行时,分支点 QS 的电压差最小。通常要使两干线所担负的容量尽可能地相接近,干线所用的导线截面也要相同。

断开的环状干线式配电网络的特点是供电的可靠性较高,当干线某处发生故障时,只需使所有配电变电所短时停电(约 30~40min)。但这种网络要求操作水平较高,否则易发生误操作。为了提高这种网络的供电可靠性,两干线的电源最好由降压变电所 3~10kV 侧分段母线供电(见图 1-8)。这时当某一分段母线检修或发生故障,所有配电变电所可从未检修或未故障的母线段获得电源。

4. 混合式配电网络

这种网络的接线具有公共备用干线和工作干线的混合式配电网络。正常运行时由 3~10kV 的各条干线供电给各配电变电所,公共备用干线(见图 1-9 中的虚线)经常处于不带电状态。当工作干线的每一段发生故障或检修时,将分段断路器 QF1 和该段进线端断路器 QF2 断开,手动或自动投入备用干线,即可恢复供电。

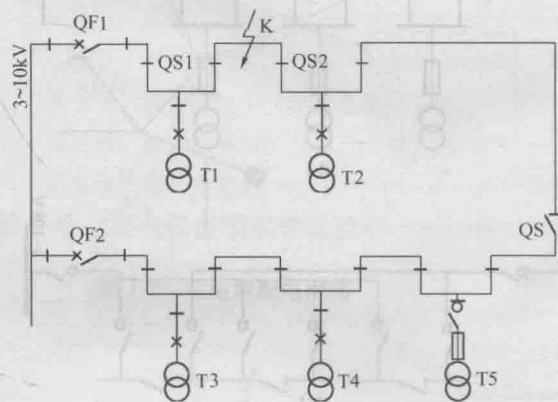


图 1-8 断开的环状干线式配电网络

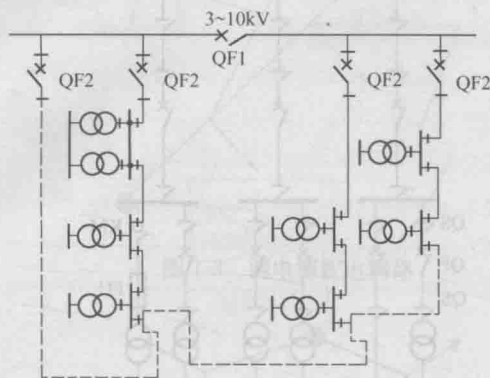


图 1-9 具有公共备用干线的混合式配电网络

具有公共备用干线的混合式配电网络的特点是供电可靠,可满足Ⅱ级负荷的需要,如果备用干线由另一电源供电,而且采用自动投入装置时,可满足Ⅰ级负荷的需要。其缺点是敷设线路和建造配电变电所需要的投资很大,所以在选择这种网络接线时,一定要进行经济技术方面的比较。

以上四种配电网络的选择原则是:

- (1) 凡是负荷围绕电源分布,负荷等级为Ⅱ、Ⅲ级时,可采用放射式配电网络;
- (2) 凡是负荷集中分布在电源同一方向,负荷等级为Ⅱ、Ⅲ级时,可采用树干式配电网络或采用断开的环状干线式配电网络;
- (3) 凡是因停电,可能造成人身伤亡或重大经济损失的特殊用户,应考虑采用混合式配

电网络。

此外,在我国曾经推广过“四合一”环形配电网络,即工厂与工厂之间用电合一、工厂与居民用电合一、工厂的动力与照明用电合一和工厂的电网与地方电网合一。它的特点是可提高现有系统的供电能力,减少电能损耗,供电网络简单合理,安全可靠,并能简化网络接线,节省电气设备;但因维护和管理的工作量大,所以现在保留下来的“四合一”环形配电网络很少。

“四合一”环形配电网络的接线特点是可以在高压侧(即 $3\sim 10\text{kV}$)接成环形,也可以在低压侧(即 $380/220\text{V}$)接成环形,采用哪种环形接线,这要看实际情况而定。

第二节 配 电 设 备

一、配电设备的作用

这里讲的配电设备,主要是指 10kV 及以下的电气设备,并简单叙述 35kV 作为配电用的电气设备,现将各种配电设备的作用介绍如下。

(1) 配电变压器。它在配电变电所内起变换电压的作用,常用来将 35kV 或 $3\sim 10\text{kV}$ 的电压变换成 $380/220\text{V}$ 电压以适应用户需要。

(2) 开关设备。开关设备是指 35kV 或 $3\sim 10\text{kV}$ 的高压开关设备和 $380/220\text{V}$ 的低压开关设备。它的作用是开断或接通电路。

(3) 母线。母线分为 35kV 或 $3\sim 10\text{kV}$ 高压母线和 $380/220\text{V}$ 低压母线。它的作用是汇集和分配电能。

(4) 绝缘子。绝缘子的作用是支持和固定载流导体,并使载流导体之间或载流导体与地之间绝缘。

(5) 避雷器。避雷器的作用是保护其他电气设备不被雷电通过击穿。

(6) 电容器。配电设备中的电容器,主要是用来移相、补偿无功电流和提高网络功率因数等。

(7) 互感器。互感器分电压互感器和电流互感器两种,它是变换交流电压或电流的设备,用来分别向测量仪表、继电器的电压线圈和电流线圈供电,从而正确反映设备和网络的正常运行和故障情况。

(8) 熔断器。它是一种最简单的保护电器,当网络发生过载或短路故障时,熔断器能单独地自动断开电路,从而达到保护电气设备的目的。

(9) 电抗器。电抗器的作用是限制短路电流,使电抗器后面的电气设备可采用轻型电器,以降低设备的投资。

此外,还有计量用的电工仪表、保护网络设备的保护装置以及做预防性试验的设备等。

二、配电设备的几个主要额定值

配电设备的额定值,是指制造厂对该设备所规定的工作制下工作的,并指示在设备铭牌上的值,称为该种设备的额定值,一般有电流、电压、频率和功率等。

(1) 额定电压值。电气设备的额定电压是指该设备在长期正常运行时获得最佳经济效果所规定的电压,即标在设备铭牌上的电压。所有的电气设备应根据额定电压设计,以便统一生产用电器具。配电设备规定的额定电压,如表 1-1 和表 1-2 所示。

表 1-1 低压配电设备额定电压表

用电设备的额定电压 (V)			发电机的额定电压 (V)		变压器的额定电压 (V)			
直 流	三相交流		直 流	三相交流	三相交流		单 相 交 流	
	线电压	相电压		线电压	一次绕组	二次绕组	一次绕组	二次绕组
110	—	—	115	—	—	—	—	—
	127	127	—	(133)	(127)	(133)	(127)	(133)
220	220	220	230	230	220	(230)	220	230
	380	—	—	400	380	400	380	—
440	—	—	460	—	—	—	—	—

注 括号内电压只适用于矿井下或其他保安条件要求较高的场所。

表 1-2 高压配电设备额定电压表

受电设备额定电压 (kV)	发电机线电压 (kV)	变压器线电压 (kV)	
		一 次 绕 组	二 次 绕 组
3	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3
6	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6
10	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11

- 注 1. 变压器一次绕组栏内 3.15、6.3、10.5kV 适用于和发电机直接连接的升压变压器及降压变压器；
2. 变压器二次绕组栏内 3.3、6.6、11kV 适用于短路电压值在 7.5% 及以上的降压变压器。

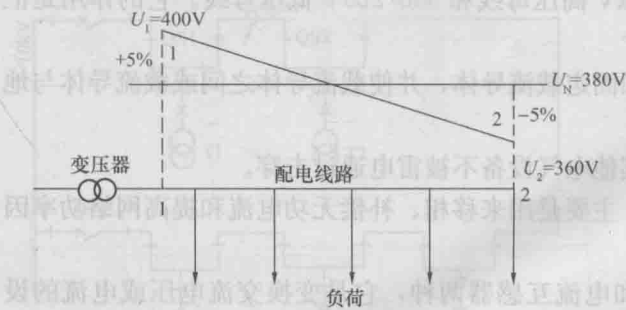


图 1-10 配电线路的额定电压示意图

在三相电气设备中，一般均取线电压为额定电压。

一般要求配电线路应按用电器具的额定电压供电，但由于线路中有电压损失，所以接在线路中的用电器具不可能恰好得到额定电压值。以电灯负荷为例，接在电源附近的灯就比离电源远的灯电压高、亮度大。当在均布负荷情况时，线路电压的变化可用图 1-10 中的直线 1—2 表示。由图 1-10

可见，线路的始端电压 U_1 比其额定电压 U_N 高 5%，线路末端电压 U_2 比额定电压 U_N 低 5%。由于用电设备工作电压与线路额定电压相差越小，它们的工况也会越好，所以用电设备的额定电压应按配电线路始、末两端电压的算术平均值来制造。这个算术平均值，也就是

线路的额定电压，即 $U_N = \frac{U_1 + U_2}{2}$ 。

例如图 1-10 中， $U_1=400V$ ， $U_2=360V$ 时，则

$$U_N = \frac{400 + 360}{2} = 380(V)$$

一般线路中的电压损失约为 10%。因此，发电机的额定电压比线路的额定电压高 5%。例如在额定电压为 10kV 的线路中，发电机的额定电压为 10.5kV，所以线路始端电压是 10.5kV，比线路的额定电压高 5%。而线路末端电压则是 9.5kV，比线路额定电压低 5%。

因而,在线路电压损失为 10% 时,可以保证线路中任何点的用电设备都能得到与线路额定电压非常接近的电压。

(2) 额定电流值。它是指在一定周围媒质计算温度下,允许长期通过的最大电流值。此时设备的绝缘和载流部分的长期发热温度不应超过国家标准规定的允许值。

(3) 额定容量。发电机、变压器等各种电器均规定有额定容量或额定功率,通常将变压器的额定容量以单相或三相视在功率表示,单位为 VA 或 kVA。旋转电机则以有功功率表示,单位为 W 或 kW。

事实上一般电气设备的功率因数几乎不可能等于 1,通常小于 1。这是因为电气设备中存在电感负荷以致产生一个滞后的电流所引起的。在确定某些交流设备的参数时,除考虑额定容量外,还必须说明功率因数。额定容量乘以功率因数,通常表示为额定功率。

(4) 额定频率。设备的额定频率是指设备运行在最佳状态的工作频率。我国电力系统的额定频率是 50Hz。

电压和频率是衡量电力系统电能质量的标准,一般对用户的供电电压是:低压供电为单相 220V,三相 380V;高压供电的三相线电压为 3、6、10kV 和 35kV 几种。通常要求供电电压与设备额定电压的偏差值应不超过下列范围:

1) 高压配电线路始末端的压降不大于额定电压的 5%;

2) 低压配电线路始末端的压降不大于额定电压的 4%。

电压偏离额定值的原因是:①通过线路、变压器输送电力时,由于存在阻抗,将产生电压降,使距离电源远的用户电压偏离值超过允许范围;②用户的有功和无功负荷对电压有影响;③无功负荷在网络中形成的电流经各级变配电设备时,也会产生较大的电压降,造成用户的电压偏低。

大多数国家规定的频率允许偏差值,一般在 $\pm 0.1 \sim 0.3\text{Hz}$ 间。频率偏离额定值的原因是:①当负荷超过或低于电厂出力时,系统频率要降低或升高引起频率偏差;②当电厂出力变动时,也会引起频率偏差。

(5) 温升和极限允许温升。设备被测量部分的温度与周围介质温度之差称为温升。例如,变压器绕组对油的温升为 25°C ,油对空气的平均温升为 40°C 。在额定工况下,设备的一定部分所允许的最大温升称为该部分极限允许温升。例如,变压器的上层油对周围空气极限允许温升为 55°C 。

(6) 稳定温度和极限温度。设备在长期及间断长期工作制下,其温升在 1h 内不超过 1°C 时的温度称为稳定温度。在额定工作制下,设备的任何一部分的最高稳定温度称为极限温度。



配电变压器

第一节 变压器的基本原理和结构

一、变压器的用途和分类

1. 变压器的用途

变压器的用途是很广泛的，以电力系统而言，变压器是一个主要设备。在电力系统中，要将大功率的电能输送到很远的地方去，利用低电压大电流传输是有困难的。这是因为，一方面由于电流大会引起输电线路电能的极大损耗，另一方面输电线路的电压降也致使电能输送不出去。为此，需要用升压变压器将电源的电压升高，当输电距离越远，输送功率越大时，要求输电电压越高。当电能输送到用户附近时，又必须将这种高电压降低到配电网的电压，这就需要利用配电变压器（或称降压变压器）来实现。

此外，在工矿企业事业单位中，各种电气设备的电能利用，以及在其他各种场合，如通信广播、自动控制等，变压器都得到广泛的应用。因此，为了不同的目的而制造的变压器差别很大，它们的容量范围可从几伏安至几百兆伏安，电压可从几伏至几百千伏。

2. 变压器的分类

变压器的种类很多，可按不同的依据予以分类。

(1) 根据变压器的用途可分为：①电力变压器，主要用在电力系统内，作变换电压用；②特殊用途变压器，包括电炉变压器、整流变压器、电焊变压器等；③调压变压器；④测量用变压器，包括电压互感器、电流互感器；⑤试验变压器；⑥控制变压器，用于自动控制系统。

(2) 根据变压器本身的绕组数，可分为双绕组变压器、三绕组变压器和自耦变压器。

(3) 根据变压器的相数，可分为单相变压器和三相变压器。

(4) 根据变压器的绝缘材料，可分为油浸变压器和用塑料树脂浇注作为主绝缘的干式变压器。

此外，还可以根据冷却方式、工作频率等进行分类。本书讨论的配电变压器，通常是指三相油浸式循环自冷式电力变压器。这种变压器在电力系统中的地位是很重要的，不仅需要的数量多，而且要求性能好、运行安全可靠。

二、变压器的基本工作原理

变压器是根据电磁感应原理工作的。如图 2-1 所示，在构成闭合回路的铁芯上绕有两个绕组 1 和 2，绕组 1 接到交流电源，称一次绕组（或原绕组）；绕组 2 接负荷 Z ，称二次绕组（或副绕组）。将变压器的一次绕组接在交流电源上，于是在一次绕组中就通过交变电流 i_1 ，由于 i_1 的激磁作用，将在铁芯中产生交变主磁通 Φ 。又因为一次、二次绕组在同一

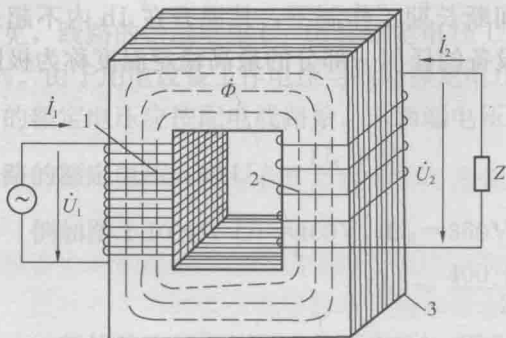


图 2-1 单相变压器工作原理图

1—一次绕组；2—二次绕组；3—铁芯

个铁芯上，所以铁芯中的主磁通 Φ 同时穿过一次、二次绕组。根据电磁感应原理，这个主磁通 Φ 分别在两个绕组中产生感应电动势。这时在二次绕组中接上负荷便有电流 I_2 流出，负荷端电压即为 $\dot{U}_2$ ，因此就有电能输出。显然，这时在二次绕组中感应的电动势，对于负荷而言，即是电源电动势。根据负荷不同，它可以将电能转变为机械能，也可以将电能转变为光能和热能等。

由于主磁通 Φ 同时穿过一次、二次绕组，每一匝绕组中感应出的电动势 $\dot{E}$ 应该是相等的。但因为一次、二次绕组的匝数不相等，所以感应电动势 $\dot{E}_1$ 和 $\dot{E}_2$ 的大小也不相同。若忽略内阻抗的压降不计，感应电动势就等于端电压。所以，变压器一次、二次绕组的端电压不同。这就是变压器能变换电压的原理。

综上所述，负荷所消耗的电能是通过变压器铁芯中交变磁通获得的。根据电磁感应原理，铁芯中的磁通是传递能量的桥梁，把能量从一个绕组传递到另一个绕组。根据能量守恒定律，变压器只能传递能量，而不能产生能量，如果不考虑变压器的损耗，二次绕组输出的功率等于一次绕组输入的功率。这样，二次侧电压和电流的乘积就等于一次侧电压和电流的乘积。因此，电压高的一侧，电流就小；电压低的一侧，电流就大。故变压器在变换电压的同时，电流大小也随着改变。

三、变压器的结构

油浸式配电变压器的外形和结构如图 2-2 所示。由图可见，配电变压器是由油枕（储油柜）1、加油栓2、低压套管3、高压套管4、温度计5、调压分接开关6、油位计7、吊环8、散热器9、放油阀10、绕组11、铁芯12、油箱13 和变压器油14 等组成。变压器的铁芯和绕组是变压器的主要部分，称为变压器的器身。

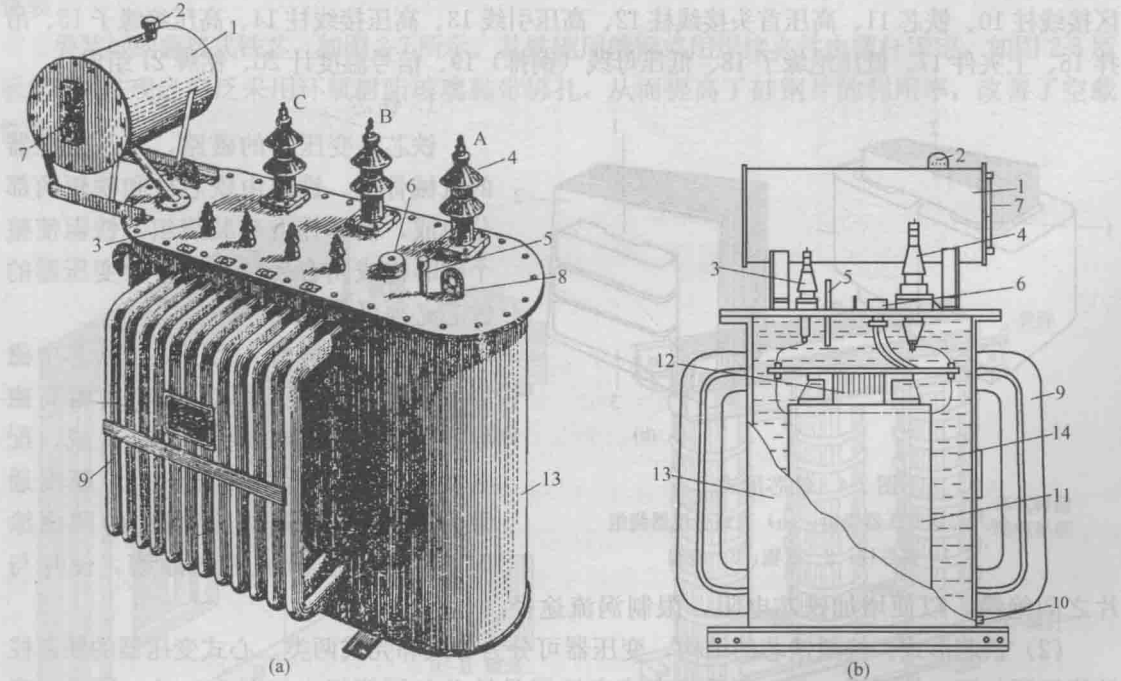


图 2-2 油浸式配电变压器外形和结构图

(a) 外形；(b) 结构

树脂浇注绝缘干式变压器外形和结构如图 2-3 所示。变压器由分接连片1、风机2、接地

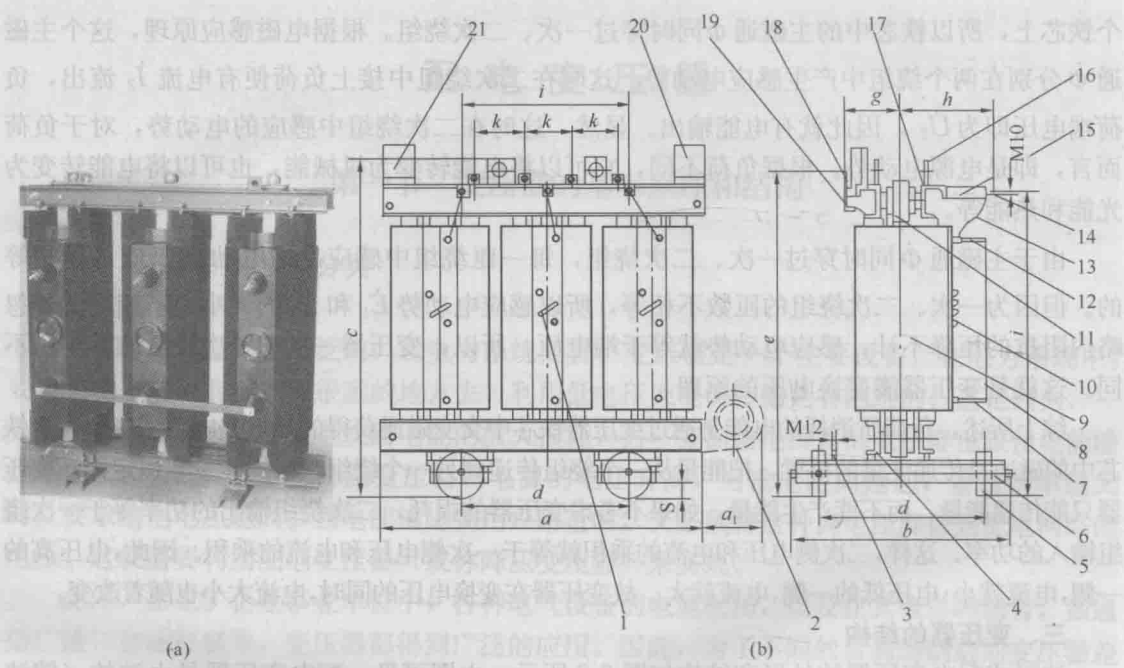


图 2-3 树脂浇注绝缘干式配电变压器外形结构图

(a) 外形; (b) 结构

螺栓 3、下夹件 4、小车滚轮 5、小车架 6、高压尾头接线柱 7、高压连线 8、绕组 9、高压分接区接线柱 10、铁芯 11、高压首头接线柱 12、高压引线 13、高压接线柱 14、高压绝缘子 15、吊拌 16、上夹件 17、低压绝缘子 18、低压母线(铜排) 19、信号温度计 20、铭牌 21 组成。

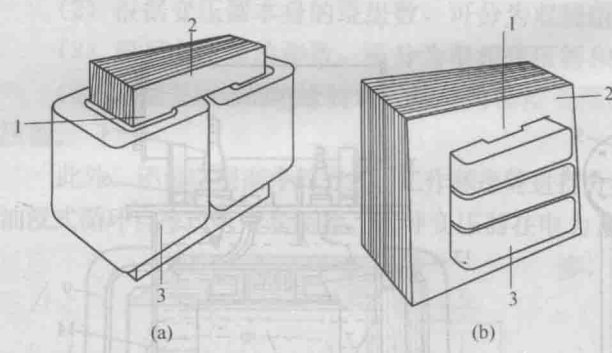


图 2-4 铁芯形式

(a) 心式变压器绕组; (b) 壳式变压器绕组

1—铁芯柱; 2—铁轭; 3—绕组

1. 铁芯

铁芯是变压器的磁路, 又是变压器的机械骨架。铁芯由铁芯柱和铁轭两部分组成, 铁芯柱上套装绕组, 铁轭使整个铁芯构成闭合回路。运行时变压器的铁芯必须可靠接地。

(1) 铁芯材料。为了减少铁芯中磁滞和涡流的损耗, 铁芯通常采用高磁导率的磁性材料(硅钢片)叠成。配电变压器铁芯所用的硅钢片, 厚度通常为 0.3~0.5mm, 硅钢片的两面涂以 0.01~0.13mm 厚的漆膜, 使片与

片之间绝缘, 以便增加铁芯电阻, 限制涡流途径。

(2) 铁芯形式。按照铁芯的结构, 变压器可分为心式和壳式两类。心式变压器的铁芯柱被绕组所包围, 如图 2-4 (a) 所示。壳式变压器是铁芯包围绕组, 如图 2-4 (b) 所示。壳式变压器的机械强度较好, 但制造复杂, 铁芯用料较多。心式变压器比较简单, 绕组的装配及绝缘处理也比较容易。因此, 国产电力变压器的铁芯多采用心式结构。图 2-5 所示为国产

三相心式变压器器身结构图。

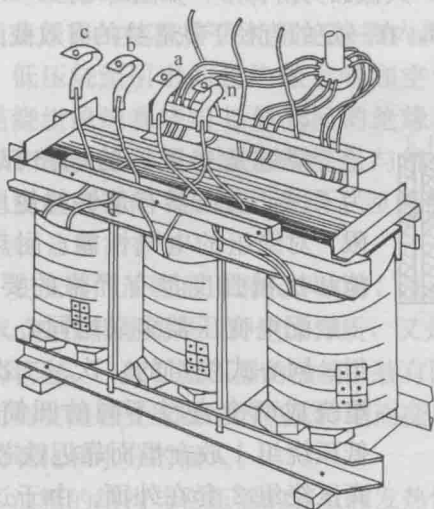


图 2-5 三相心式变压器器身结构

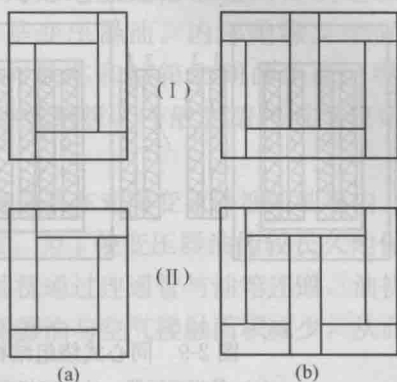


图 2-6 叠接式铁芯的叠片装法

(a) 单相铁芯; (b) 三相铁芯

(3) 铁芯叠装。一般先将硅钢片裁成条形,然后按一定格式叠装而成铁芯。在叠片时,为了减小接缝间隙(以减小激磁电流),通常采用叠接式,如图 2-6 所示。为了将上层和下层叠片接缝错开,减少叠装工时,通常采用 3、4 片作一层。1、3、5…层按(I)叠装,2、4、6…层按(II)叠装。

叠装好的叠接式铁芯,如图 2-7 所示。其铁轭用槽钢或用焊接夹件由螺杆固定,如图 2-8 所示。铁芯柱现已广泛采用环氧树脂玻璃黏带绑扎,从而提高了硅钢片的利用率,改善了空载性能。

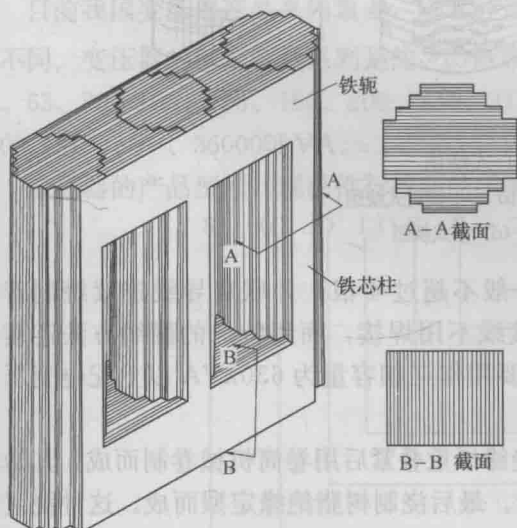


图 2-7 已叠装好的叠接式铁芯

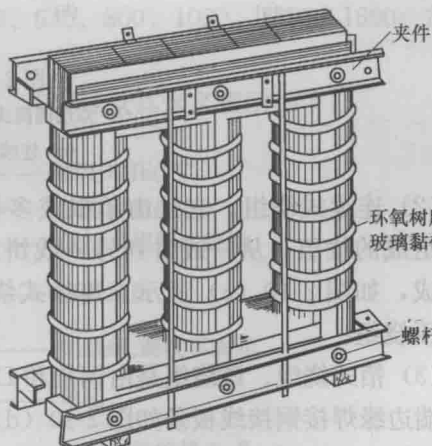


图 2-8 铁轭和铁芯柱装配图