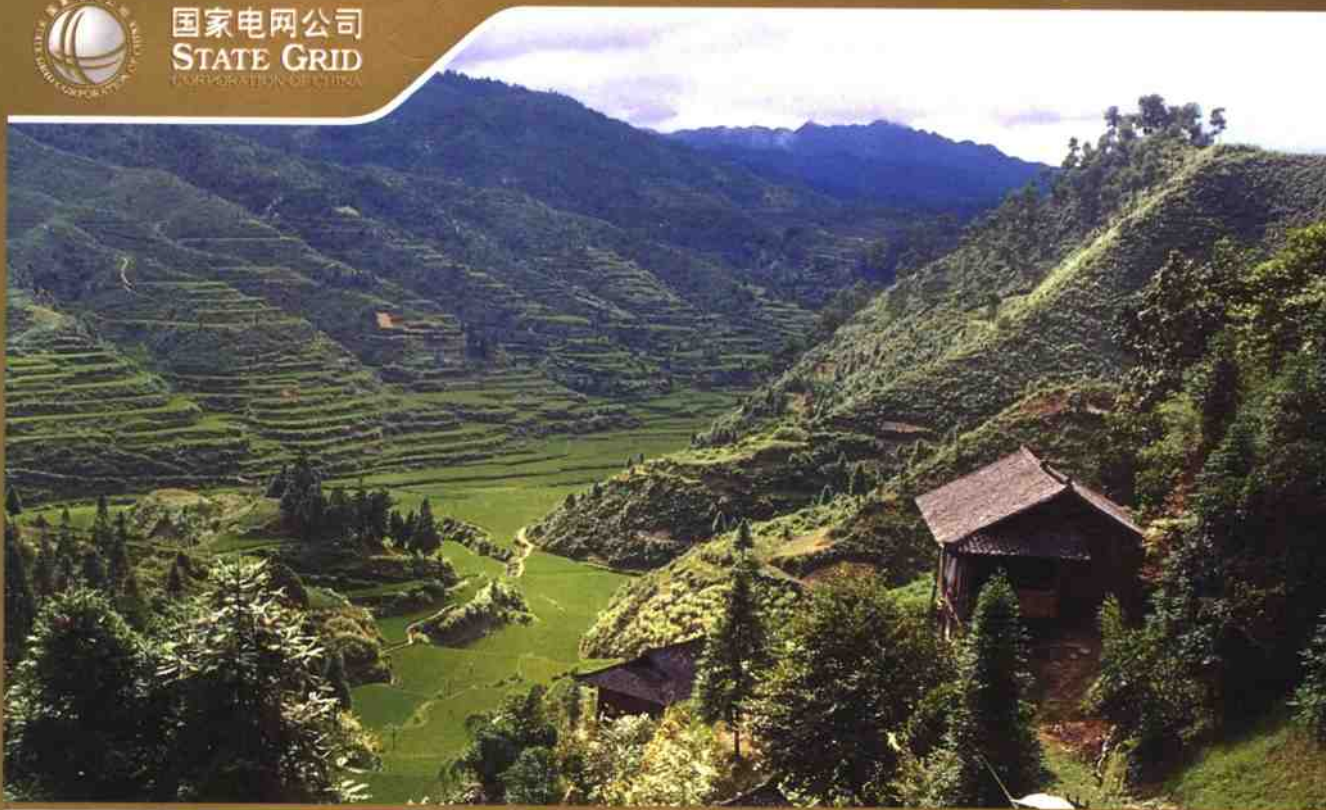




国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA



农村供电所人员

岗位技能培训教材

(下册)

山东电力集团公司农电工作部 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

农村供电所人员

岗位技能培训教材

(下册)

山东电力集团公司农电工作部 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书包括电磁学基础、电气识图、国际单位制、电工仪表以及计算机应用技术等基础理论,供配电系统及电气设备、电能计量与电费电价等专业基本知识,全面地介绍了常用电工器具与基本操作技能、电力线路、变配电装置、用电装置、农电安全技术、接地与电气防火及防爆等方面的专业技能知识,重点讲解了电力营销知识的实践与应用,同时对法律知识、职业道德、优质服务和供电企业社会责任等进行了简要讲解。本书既可以是农村供电所人员的岗位技能培训教材,也可作为工、矿、建筑等企业电工的培训教材,还可作为有关技术及管理人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

农村供电所人员岗位技能培训教材. 下册/山东电力集团公司农电工作部编. —北京:中国电力出版社, 2007. 1

ISBN 978-7-5083-4792-9

I. 农... II. 山... III. 农村配电-技术培训-教材
IV. TM727. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 141031 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 1 月第一版 2007 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 37.5 印张 930 千字

印数 00001—28000 册 上、下册定价 59.80 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)

农村供电所人员岗位技能培训教材 编辑委员会名单

编委会主任 李作锋

副主任 赵宝光 卢 刚

成 员 赵庶英 李明燕 赵 军 张 健 郑西乾
寇存信 姜良民 周秀梅 宫 皓 王 熠
李 民 王海涛 徐 民 涂圣辉 李 东
陈维军 王孟杰 吴绍军 宋士瞻 田道凯

主 编 宋文军

副 主 编 刘丰俭 张 驰

主 审 赵宝光

编写人员 张 涛 赵云乾 郁胜利 韩 峰 段健鹏
黄 涛 侯风华 梅盛旺 崔沂水 陈 键
郭继海 殷乔民



序

为适应社会主义新农村建设，进一步强化农电管理，国家电网公司适时提出“新农村、新电力、新服务”的农电发展战略，要将农电事业作为公司事业的重要组成部分，将农电工作作为公司工作的重要内容，将农电队伍作为推动农电事业发展的重要力量。为推动农电事业快速发展，加强农电队伍建设，最近，国家电网公司又决定在“十一五”期间组织开展“农电队伍素质工程”活动，并印发了《“十一五”农电队伍素质工程实施纲要》（以下简称纲要），对实施农电培训工作提出了具体要求。

为全面落实纲要精神，加强农电管理，提高培训质量，我们组织了部分具有丰富实践经验和理论知识的专业人员编写了《农村供电所人员岗位技能培训教材》一书。本教材结合农村供电所人员的实际状况，用简单清晰的语言，深入浅出地阐述了农村供电所人员常用基础理论知识和技能操作方法，阐释了常用操作规范、质量标准和制度规程，穿插了大量图片及详尽的文字说明，适合农村供电所人员培训与自学使用。

希望广大农村供电所人员结合实际工作需要，理论联系实际，加强业务知识学习，不断提高自身业务能力和技术水平，为社会主义新农村建设贡献力量。

吕春泉

2006年12月5日

目 录

序

上 册

第1章 电磁学基础	1
1.1 恒流电路	1
1.2 磁与电磁感应	10
1.3 单相交流电路	14
1.4 三相交流电	24
第1章 复习题	33
第2章 电气识图与国际单位制	34
2.1 电气识图	34
2.2 国际单位制与SI词头	69
第2章 复习题	71
第3章 电工仪表	72
3.1 概述	72
3.2 电流和电压的测量	78
3.3 功率和功率因数的测量	83
3.4 携带式仪表	87
第3章 复习题	98
第4章 供配电系统	99
4.1 供配电系统基本知识	99
4.2 电力系统的电能质量	101
4.3 电力系统中性点运行方式	104
4.4 用电负荷与配电系统的接线方式	109
第4章 复习题	112
第5章 供配电系统的电气设备	113

5.1 概述	113
5.2 变压器	115
5.3 电动机	123
5.4 高压电器设备	130
5.5 低压电器	141
5.6 防雷设备	155
5.7 电力电容器	159
5.8 低压成套配电装置	163
第5章 复习题	166

【第6章 电能计量与电费电价

6.1 电能表	167
6.2 互感器	171
6.3 电能计量二次回路与电能计量柜	174
6.4 电能计量装置的倍率计算	176
6.5 电能计量装置的接线方式	176
6.6 电费电价	179
第6章 复习题	184

【第7章 常用电工器具与基本操作技能

7.1 常用电工器具	185
7.2 电工基本操作技能	192
第7章 复习题	212

【第8章 电力线路

8.1 电力线路基本知识	214
8.2 架空配电线路	220
8.3 电力电缆线路	245
8.4 低压埋地电力线路	257
8.5 接户线和进户线	263
8.6 室内外配线	266
8.7 电力线路运行维护	277
第8章 复习题	287

下 册

【第9章 变配电装置

9.1 配电变压器	289
9.2 高压电器	302

9.3 低压电器	316
9.4 配电屏(盘、箱)	335
9.5 无功补偿装置	340
第9章 复习题	345
第10章 用电装置	346
10.1 动力装置	346
10.2 照明装置	367
第10章 复习题	381
第11章 防雷、接地与电气防火、防爆	382
11.1 过电压及防雷	382
11.2 防雷装置的检查与维护	388
11.3 电气接地装置	389
11.4 电气防火和防爆	398
第11章 复习题	401
第12章 电力营销	402
12.1 业务扩充	402
12.2 装表接电	410
12.3 抄表与收费	443
12.4 低压线损管理	450
第12章 复习题	460
第13章 农电安全技术	462
13.1 防电击技术	462
13.2 农电安全工作措施	471
13.3 农电工保证安全的常见措施	484
13.4 劳动防护	489
13.5 常用电工安全用具	490
第13章 复习题	494
第14章 计算机实用技术简介	495
14.1 计算机及其发展情况	495
14.2 文字处理系统 Word 2000	498
14.3 电子表格 Excel 2000 应用	503
14.4 计算机网络(Internet)应用知识简介	510
第14章 复习题	519
第15章 电力法律法规	520

15.1 法律基础知识	520
15.2 电力法规体系	522
15.3 供用电合同	524
15.4 常见法律问题及处理	534
15.5 安全生产法	546
第15章 复习题	547
【第16章 职业道德与优质服务.....	548
16.1 职业道德	548
16.2 优质服务	551
16.3 供电服务的“三个十条”	560
第16章 复习题	561
【第17章 强化社会责任,积极投入“爱心”、“平安”活动,服务新农村建设	562
17.1 企业的社会责任	562
17.2 开展“爱心活动”,实施“平安工程”	563
17.3 服务社会主义新农村建设	565
第17章 复习题	567
附录.....	568
参考文献.....	576
后记.....	577



农村供电所人员岗位技能培训教材

变配电装置

9.1 配电变压器

9.1.1 配电变压器的选择与安装

一、配电变压器容量的选择

农村用电的特点是负荷小，负荷分散，供电半径长，用电季节性强，最大负荷利用率低；农业用电设备主要是中、小容量的三相异步电动机，负荷率低，无功需求量大，电压质量差。因此，必须正确选择配电变压器的合理容量。具体的选择方法有下面几种。

(1) 按经济容量选用配电变压器。一般油浸式配电变压器的负荷率在 0.5~0.6 之间，其铁损近似于铜损时，效率最高，这时变压器的容量称为经济容量。因此，在负荷比较稳定、连续生产的情况下，可按经济容量选用变压器。即

$$S_{jj} = \frac{A}{\cos\varphi_2} \sqrt{K_S \times \frac{1}{T_f T_{jd}}} \quad (9-1)$$

式中 S_{jj} ——变压器经济容量，kVA；

A ——年用电量，kWh；

$\cos\varphi_2$ ——负荷的年平均功率因数；

K_S ——变压器的损耗比（额定短路损耗与空载损耗的比值）；

T_f ——变压器全年带负荷时间（按负荷率大于 10% 的负荷时间计算），h；

T_{jd} ——变压器全年接电时间，h。

(2) 排灌专用配电变压器容量的选择。排灌专用配电变压器容量的选择，因异步电动机铭牌上所标的功率是电动机轴上输出的有功功率，这时供给电动机的功率需要考虑电动机的效率和功率因数，一般可按异步电动机铭牌功率总和的 1.2 倍选用配电变压器的容量。

(3) 综合用配电变压器容量的选择。对于照明、农副业产品加工等综合用电配电变压器容量的选择，要考虑用电设备的同时率，一般可按实际可能出现的高峰负荷总千瓦数的 1.25 倍选择配电变压器的容量。

(4) 照明用配电变压器容量的选择。主要向照明负荷供电的变压器容量的选择，可取接近照明总和千瓦数的变压器容量。

(5) 感性负载配电变压器容量的选择。选择感性负载变压器容量时，如有全压启动的异步电动机，还应考虑变压器能否承受电动机启动的冲击。一般单台全压启动电动机的功率不宜超过配电变压器容量的 30%；同时应保证同一台配电变压器供电范围内，在容量最大一台全压启动电动机启动时，其他用电设备端的剩余电压不能低于额定电压的 75%，否则，全压启动的电动机应采用降压启动。

(6) 其他需注意的事项。

1) 为了减少电能损失,除选用标准的低耗变压器外,排灌专用配电变压器不应接入其他负荷,以便在非排灌期及时停运。

2) 实际选用变压器容量,还应考虑 3~5 年内生产和生活用电发展的需要。因此,在计算出的变压器理论容量的基础上,查变压器产品目录,选用铭牌容量较接近的变压器时,应求大舍小。

3) 考虑近期发展需要,负荷无特殊要求仅设一台变压器的用电单位,应按计算容量加大 15%~25% 来确定变压器容量。

4) 用电单位单台变压器(低压侧为 0.4kV)的容量不宜大于 1000kVA,但当用电设备容量较大,负荷集中且运行合理时,也可选用较大容量的变压器。

5) 确定变压器容量时,应考虑到变压器的经济运行,对昼夜或季节性负荷变化较大的用电单位,可采用母子变压器供电。

二、安装地点的选择

配电变压器安装地点的选择是否恰当,对配电变压器本身的安全运行、低压线路的合理布局、减少线损、节约材料都有很大的影响,其安装地点的选择应注意以下原则:

(1) 尽量靠近负荷中心,以减少电能损耗、电压损失及有色金属消耗量。

(2) 选择无腐蚀性气体、运输方便、尽量靠近公路、易于安装的地方。

(3) 避开易燃易爆、交通和人畜活动中心,以确保用电安全。

(4) 避开低洼、污秽地区。

(5) 便于高压进线和低压出线,方便运行和维护,配电电压为 380V 时,其供电半径不应超过 500m。

(6) 安装位置必须安全、可靠,并符合农村发展规划要求。

三、变压器的安装形式

农村配电变压器的安装,一般应根据变压器容量大小、装设地点、吊运条件及当地的发展情况等因素来确定安装方式。常用的安装方式有杆架式、台墩式和室内落地安装式等。

(1) 杆架式。杆架式是将配电变压器安装在电杆的构架上,多用单杆式和双杆式两种。

1) 单杆式。它将变压器、跌开式熔断器和避雷器都固定在一根电杆上,如图 9-1 所示。适用于安装 50kVA 及以下的变压器。变压器台架对地距离一般不小于 2.5m,变压器高压引下线、低压引出线及母线均用多股绝缘线,绝缘线下端对地距离不应小于 3m;高压跌开式熔断器对地距离不应小于 4m,相间距离不应小于 0.5m。此方式结构简单、组装方便、用料少、占地面积少、比较安全。

2) 双杆式。适用于安装 50~315kVA 的变压器,双杆式变压器台架如图 9-2 所示。它是在距离高压电杆 2.5m 处,再立一根约 8m 高的副电杆,在距地面 2.5m 高处用两根槽钢或角钢搭成安放变压器的台架,台架上方再装设两层横担,用来安装避雷器、跌开式熔断器和引线。此种安装方式比较坚固、安全,且不占地上面积,在街道、马路两侧安装较为普遍。

(2) 台墩式。又称地台式,是用砖或石砌成地台,将变压器安置于地台上。如图 9-3 所示。其台高为 2~2.5m,台面每边至少应大于变压器外壳 0.3m。一般地台兼作配电室,用于放置配电盘。台墩式结构简单,基础牢固,造价低廉,农村采用较多。采用此方式安装的变压器在运行中应注意安全,为防人畜接近触电,台墩周围最好装设围栏,并悬挂“高压危险”警示牌。

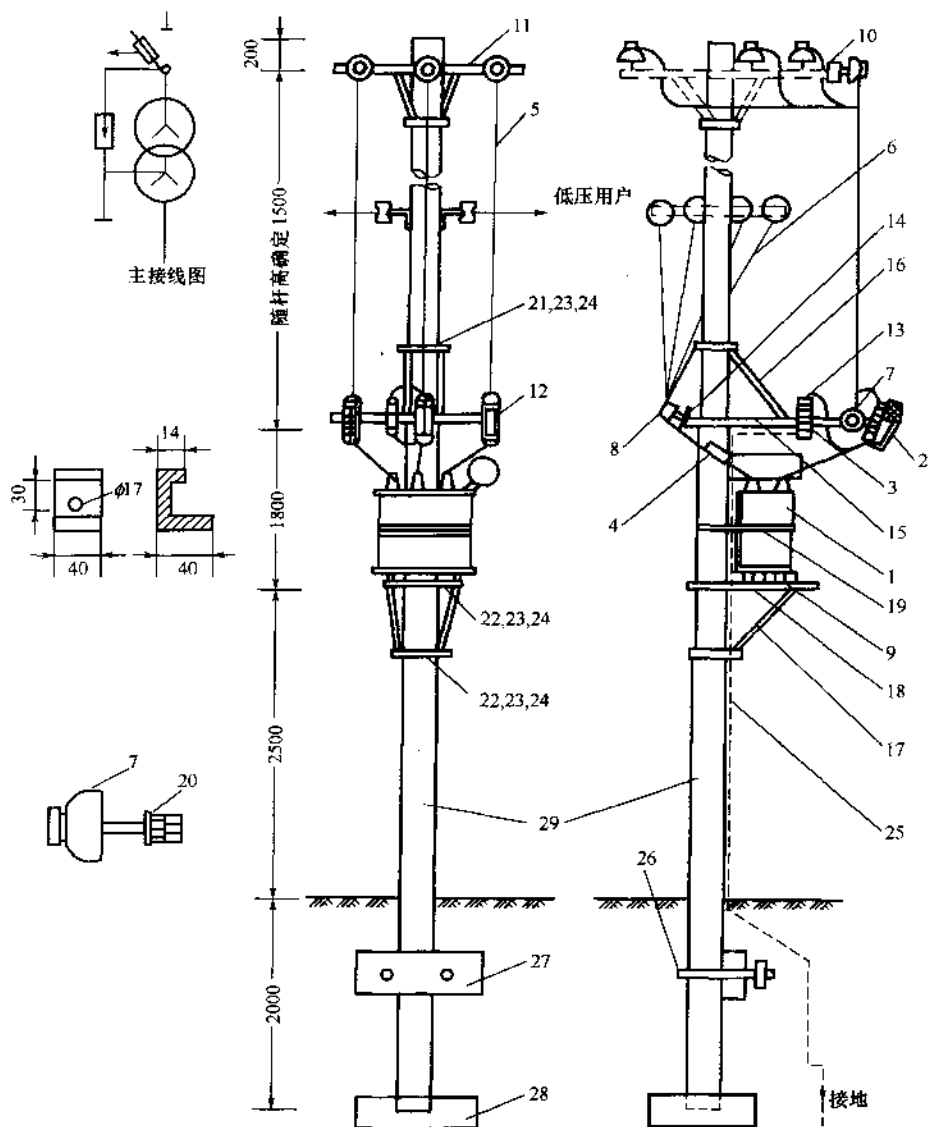


图 9-1 单杆式配电台安装图 (mm)

- 1—变压器；2—户外高压跌开式熔断器；3—高压避雷器；4—低压熔断器；5—高压引下线；6—铝芯橡皮绝缘线；7—高压针式绝缘子；8—低压针式绝缘子；9—木板；10—高压引下线支架；11—高压引下线横担；12—户外高压跌开式熔断器安装横担；13—避雷器安装横担；14—低压引出线横担；15—户外高压跌开式熔断器支持横担；16、17—单面斜支撑；18—变压器台架；19—镀锌铁丝；20—铁垫板；21、22—螺栓；23—垫圈；24—螺母；25—接地引下线；26—卡盘抱箍；27—卡盘；28—底盘；29—钢筋混凝土杆



1—变压器; 2—户外高压跌开式熔断器; 3—高压避雷器; 4—低压熔断器; 5—钢筋混凝土杆; 6—高压引下线; 7—铝芯橡皮绝缘线; 8—高压针式绝缘子; 9—低压针式绝缘子; 10—高压引下线支架; 11—高压引下线横担; 12—户外高压跌开式熔断器安装横担; 13—避雷器、母线横担; 14—低压引出线横担; 15—单面斜支撑; 16—变压器台架; 17—变压器台架支持抱箍; 18—变压器固定压板; 19、20—螺栓; 21—垫圈; 22—螺母; 23—接地引下线; 24—钢管

(3) 室内落地安装式。室内落地安装式是将配电变压器和配电盘等设施一起安装在室内。一般要求配电变压器室的高度不低于 4.5m，其大小可根据具体情况而定。室内要求通风良好，且有防止小动物进入的措施。变压器置于室内时一般采用落地或平台安装，平台应高出地面 0.3~0.4m，其尺寸要比变压器外廓大出 0.15m，变压器外廓距墙壁净距离：距后墙壁、侧墙壁应不小于 0.6m；距门应不小于 0.8m。此种安装方式的缺点是

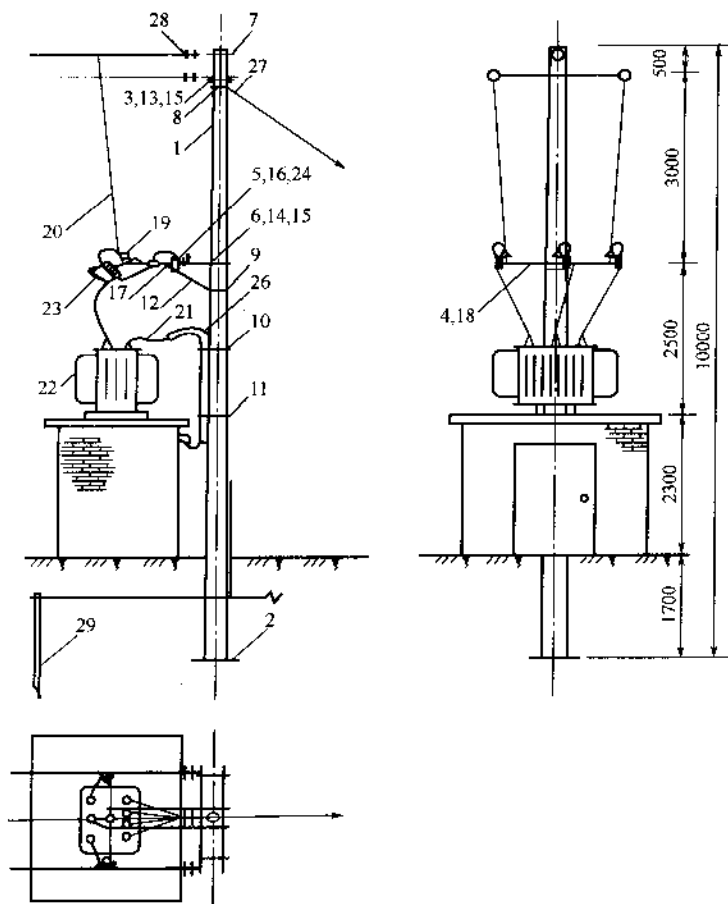


图 9-3 台墩式配电台安装图 (mm)

1—钢筋混凝土杆；2—底盘；3—高压横担；4—下电气横担；5—避雷器安装横担；6—电气支架；7—抱箍；8—抱箍；9—抱箍；10—抱箍；11—抱箍；12—掌铁；13—垫铁；14—垫铁；15—双头螺栓；16—螺栓；17—螺栓；18—螺栓；19—针式绝缘子；20—高压引线；21—低压引线；22—配电变压器；23—跌落式熔断器；24—阀型避雷器；25—设备线夹；26—保护钢管；27—拉线；28—绝缘子串；29—接地装置

绝缘子串；29—接地装置

一次性投资大，占地较多。但除此之外，其他运行条件均优于前两种方式。图 9-4 给出了一种室内落地安装式的示意图；图 9-5 给出一种配电室高压架空引入线的穿墙安装示意图，供参考。

四、变压器的安装要求

配电变压器的跌落式熔断器、穿墙套管及避雷器相间距离不应分别小于 0.5、0.25、0.35m，带电部位对地距离不应小于 0.2m，室外带电部位与地面的垂直距离不应小于 3.5m。跌开式熔断器的安装倾斜角应为 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，跌开式熔断器安装在变压器的对侧。引线与跌开式熔断器或避雷器的连接应使用铜铝过渡线夹，穿墙套管应安装的稍有些里高外

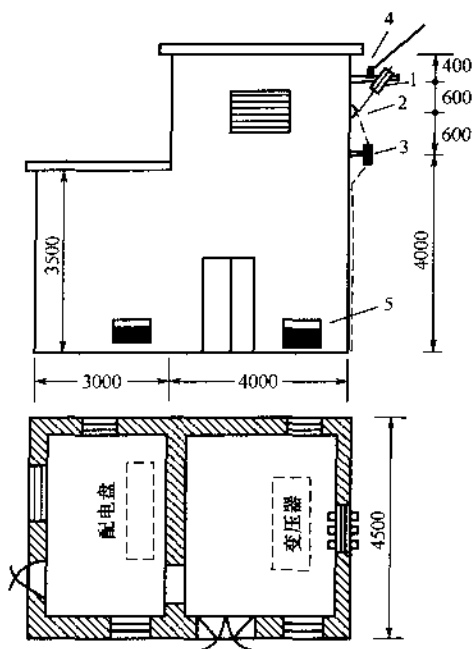


图 9-4 配电室电气安装示意图 (mm)

1—熔断器；2—穿墙瓷套；3—避雷器；

4—悬式绝缘子；5—配电室

低，外端应用玻璃胶封堵。露天安装的变压器四周应装设安全围栏，围栏高度不低于 1.8m，栏条间净距不大于 0.1m，围栏距离变压器的外廓净距不应小于 0.8m，并挂警示牌。100kVA 以上的变压器宜装设无功自动补偿装置。室内安装的变压器周围应设遮栏并悬挂标示牌，两台及以上变压器在同一室内安装，中间应设隔离墙。母线的安装顺序应符合相序要求。其排列顺序为：面对负荷侧从左到右依次为 A、B、C 相，与其对应的相色为黄、绿、红。

农村低压配电系统绝大多数是中性点接地系统。在这种系统中，配电变压器高压侧避雷器接地端、低压绕组中性点和配电变压器外壳共用一套接地装置。规程规定：当配电变压器容量为 100kVA 及以下时，接地电阻不得大于 10Ω ；当配电变压器容量大于 100kVA 时，接地电阻不得大于 4Ω 。

配电变压器供电网络内的电压偏差应满足如下要求：三相供电电压；允许偏差为额定电压的 $\pm 7\%$ ；220V 单相供电电压允许偏

差为 $+7\%$ 、 -10% ；全网必须实施漏电保护、包括漏电总保护、漏电中级保护和漏电末级保护。配电变压器低压侧及各出线回路，均需装设过电流保护，包括短路保护和过负荷保护。

9.1.2 配电变压器的运行

一、配电变压器投入运行前的检查

配电变压器投入运行前，除应检测绝缘电阻并吊芯检查外。还应检查的其他项目，包括：

- (1) 变压器的铭牌是否与要求的相符。
- (2) 油位计是否完好，油位、油色是否正常，有无渗油、漏油，呼吸孔是否畅通。
- (3) 高低压套管和引线是否完整、良好。
- (4) 分接开关位置是否正确。
- (5) 变压器高、低压侧熔断器是否按要求选择，接触是否良好。
- (6) 防雷保护是否齐全，接地电阻是否合格。
- (7) 在保证安全运行方面是否采取了相应的安全措施。

二、配电变压器的运行方式

(1) 空载运行。空载运行是变压器的一种极限运行状态，是指变压器一次绕组接通电源，二次绕组开路的一种运行状态，此时，二次绕组中无电流流过，无电能输出，但一次绕

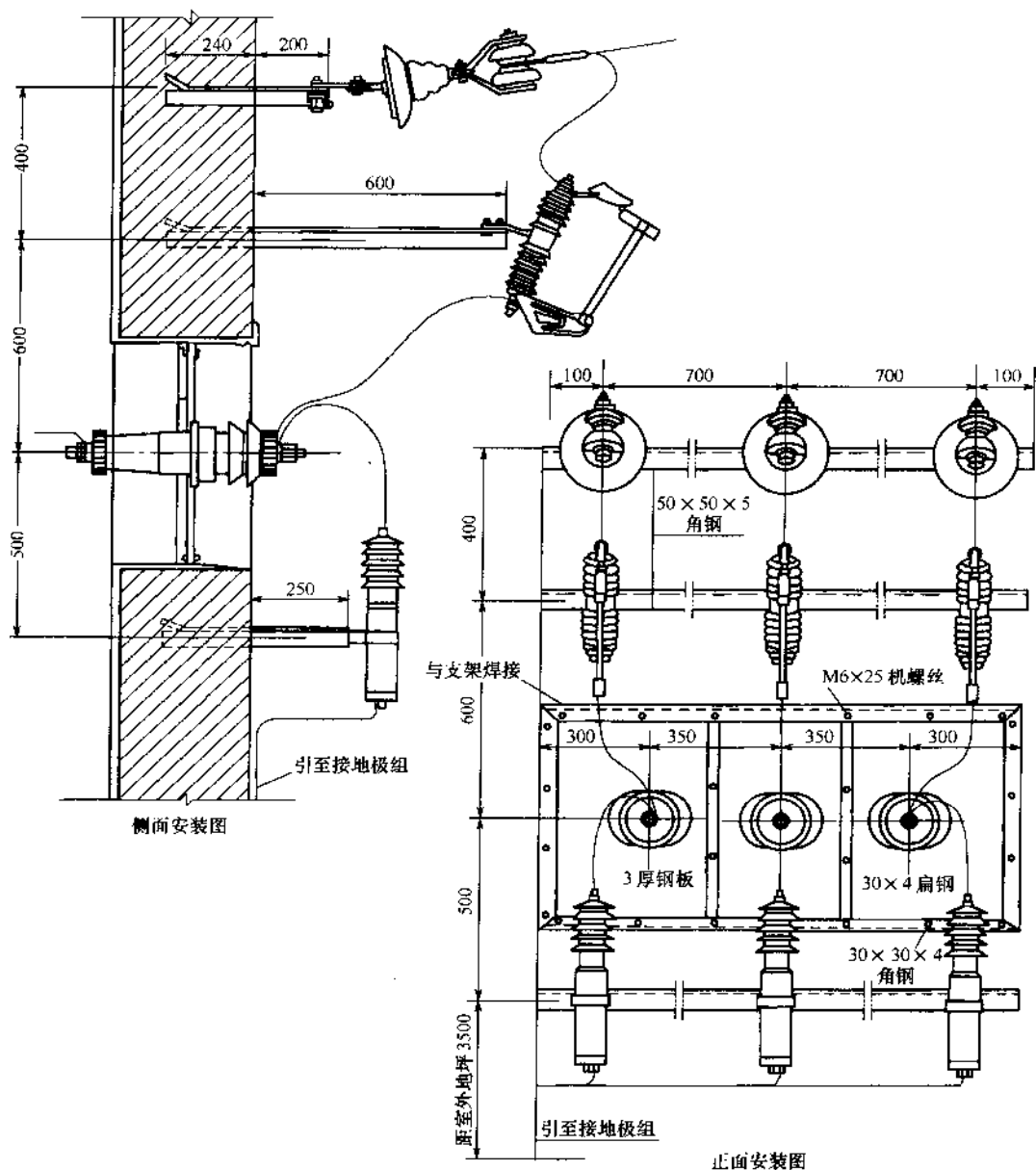


图 9-5 配电室高压架空引入线穿墙安装示意图
(有避雷器、跌落式熔断器) (mm)

组中有空载电流流过，也消耗电能。

(2) 负荷运行。负荷运行是变压器的最基本运行状态。此时变压器二次侧接上了负荷，变压器有电能输出。

(3) 过载运行。变压器所带负荷超过其额定容量即为过载运行。变压器一般不允许过载运行，但在特殊情况下允许短时间内（如几个小时）过载 15% 左右，最大不得超过 30%，

过载值越大,允许过载的时间则越短。

(4) 并列运行。将两台或多台变压器的一次侧接到共同的电源上,二次侧接到共同的母线上的运行方式称为变压器的并列运行,如图 9-6 所示。

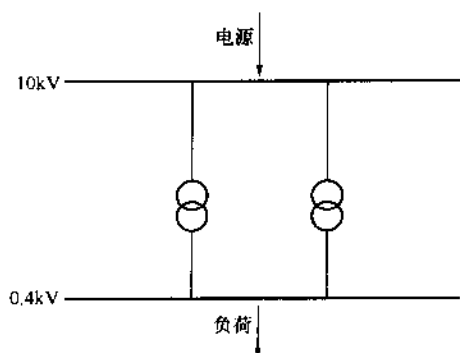


图 9-6 配电变压器的并列运行

并列运行的变压器必须满足以下条件:

1) 接线组别相同。若接线组别不相同,并列运行的变压器二次线电压间将存在一定的相位差,会产生一个很大的电压差,而变压器的内阻抗很小,这个电压差将在变压器绕组中产生几倍于变压器额定电流的环流,使变压器严重损伤,甚至烧坏。

2) 变比相等。并列运行的变压器,其一、二次额定电压必须分别相等,电压比的误差不应超过 $\pm 0.5\%$ 。如果变比不相等,相应的二次电压就会产生一个电压差,从而在变压器绕组中也将有环流存在,环流会增加变压器的损耗,减少变压器的输出容量,甚至烧毁变压器。

3) 阻抗电压相等。并列运行的变压器其他条件相同,阻抗电压不相等时,会使所带负荷不能按其容量比分配。即阻抗电压大的变压器负荷分配少,当这台变压器达到满载时,另一台阻抗电压小的变压器就要过载,影响变压器的经济运行。所以要求并列运行的变压器阻抗电压应尽量相等,其允许偏差不得超过 $\pm 10\%$ 。

此外,由于变压器容量越大,其阻抗电压值也越大,所以并列运行变压器的容量不宜相差过大,一般要求不能超过 3:1。

三、配电变压器的停、送电操作

配电变压器的高压侧一般采用跌开式熔断器进行控制,跌开式熔断器既可作为高压线路和配电变压器的短路保护,又可用于接通或断开小容量的空载变压器和小负荷电流。

(1) 停电操作。正确操作的顺序是,先停低压侧,后停高压侧。在停低压时,也必须是先停分路开关,再停总开关。在停高压侧跌开式开关时,为防止风力作用造成弧光短路,应先拉中相,再拉背风相,最后拉迎风相。

(2) 送电操作。送电操作的顺序与停电时的相反,即先送高压侧,后送低压侧。合高压侧跌开式开关时,先合迎风相,再合背风相,最后合中相;在合低压侧开关时,应先合低压侧总开关,后合低压侧分路开关。

停送电操作都必须注意以下几点:

要使用合格的安全操作工具,操作过程中要有人监护。

变压器只有在空载状态下才允许操作高压侧跌开式开关。

尽量不要在雨天或大雾天操作高压侧跌落开关,以免发生大的电弧。

四、配电变压器无载调压开关的调压原理及切换

(1) 调压原理。配电变压器分接开关的调压原理,是根据变压器工作原理(电压比等于匝数比 $K = U_1/U_2 = N_1/N_2$),依靠改变一次绕组的匝数来完成的。其接线如图 9-7 所示,图中 X1、X2、X3、Y1、Y2、Y3、Z1、Z2、Z3 分别表示高压绕组 A、B、C 三相的三个抽头,此抽头接线