

■ 陈芝涛 编



全国乡村电工 考核培训教材

(乡村电工安全技术部分)

- 乡村电工提高安全素质、安装工艺和技能考核全国性权威教材
- 乡村电工全国统一考核、择优录取、进网作业的指定培训教材
- 乡村电工知识技能比武、职业技能鉴定、运行维护的规范教材
- 农电企业电工、供电所电工、企业电工、乡村电工和进网电工



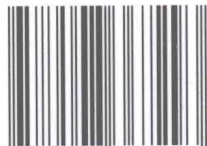
中国电力出版社
www.cepp.com.cn

责任编辑: 杨元峰

推荐书目

- 《全国乡村电工考核培训教材》(乡村电工安全技术、乡村电工安装工艺、乡村电工技术问答一套三册)、《电业营业管理》
- 《乡镇供电营业所安全生产和优质服务百问百查便携手册》
- 《供配电线路作业培训教材》、《供配电线路技术手册》、《路灯》
- 《农村低压电力技术规程》 DL/T499—2001 } 辅导培训教材
- 《农村低压电气安全工作规程》 DL 477—2001 } 辅导考核题库
- 《农村安全用电规程》 DL 493—2001 }
- 《〈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)
- 《乡镇供电营业所现场安全手册》、《乡镇供电营业所管理手册》
- 《农村供电所管理规定汇编》、《农村供电所标准规定汇编》
- 《乡镇供电营业所电工考核培训教材》、《供用电实用手册》
- 《乡镇供电营业所电工考核题库》、《乡镇供电营业所电工问答》
- 《乡镇供电营业所电工安装图册》、《电力供应与市场营销手册》
- 《乡镇供电营业所电工手册》(第二版)、《变电运行操作技能必读》
- 《农村低压电工知识操作技能读本》、《农电安全技术培训教材》
- 《配电技术手册》(低压部分、10~35kV部分、110~220kV部分一套共三册)
- 《10kV配电工程设计手册》、《电力系统继电保护实用技术问答》
- 《10kV配电线路工程图集》(第三版)、《10kV配电站工程图集》
- 《10kV及以下配电装置工程图集》、《电力系统二次回路技术手册》
- 《工业与民用配电安装手册》、《新旧电气简图用图形符号对照手册》
- 《电工进网作业考核培训教材》(一套5册)、《用电管理》(第三版)
- 《电能计量技术手册》、《发电厂和变电站电气二次回路技术》
- 《电能计量考核培训教材》、《供电企业电能损耗与无功管理手册》
- 《电能计量技术问答》、《电力企业管理岗位培训教材》(一套8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)
- 《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》辅导教材
- 《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、继电保护、装表接电、电气试验等)
- 《用电检查资格考核培训教材》(用电检查法律法规、知识技能与标准规范、安全供用电与营销、电能计量和防窃电技术一套5册)
- 《电力系统微机保护培训教材》(第二版)、《高压互感器技术手册》
- 《电力工业技术监督规定汇编》(2002年版)、《用电管理手册》
- 《电力工业技术监督标准汇编》(一套共13册)
- 《县局电业人员岗位培训教材》(一套12册)
- 《电力系统继电保护测试考核复习题解》

ISBN 978-7-5083-6729-3



9 787508 367293 >

定价: 35.00 元

销售分类建议: 电力工程 / 供用电



全国乡村电工 考核培训教材

(乡村电工安全技术部分)

陈芝涛 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

根据国家“新农村、新电力、新服务”、新农村电气化“百千万”和“户户通电”工程的发展战略,以及《“十一五”农电队伍素质工程实施纲要》的要求和现行标准规范、农电工培训大纲的规定,同时结合农村电网建设改造、农村低压供电工作和农村电工特别是乡村电工的运行维护、安装工艺与岗位技能低的实际情况,组织编写了一套《全国乡村电工考核培训教材》,分《乡村电工安装工艺部分》、《乡村电工安全技术部分》和《乡村电工技术问答部分》三册。

本书为《全国乡村电工考核培训教材》(乡村电工安全技术部分),共12章,主要内容有:农村低压电网特点、接线和供电要求;农村低压电网规划和实例;配电变压器安装和配电室设计;低压电网布线和线路、杆型、地埋线设计;低压电网电压质量以及电网、线路和变压器电压损失;低压电网熔断器、电容器、自动开关保护和过压保护、热继电器、起辉器和保护器,缺相和断线报警;低压电网无功补偿、功率因数、线路损失、降低电压损失措施;低压电网电能损耗计算及管理,低压配电及分析,降低损耗措施;低压三相负荷不对称及影响,中性线电流分析和截面选择,不平衡对损耗和电压影响,减少不对称措施;低压电网如变压器高低压熔丝熔断、断线、过电压等故障;低压电网短路及其危害、短路电流计算;低压电网如导体接头、绝缘子、变压器、线路、电容器、接地装置等运行和维护管理。最后附有低压电网规划实例、电能表接线检查、互感器倍率误差、电动机效率和相量加减法等。

本书可作为全国区县供电企业电工、农电企业电工、农村供电所电工、乡镇企业电工、乡村电工等广泛开展运行维护、安装工艺、安全考核和提高乡村电工技术素质、新电工上岗前培训的指定安全考核培训教材,也可作为工业企业进网电工培训、建筑企业进网电工培训、农村职业学校、工业职业学校的电工教材。

图书在版编目(CIP)数据

全国乡村电工考核培训教材. 乡村电工安全技术部分/陈芝涛编. —北京:中国电力出版社,2008
ISBN 978-7-5083-6729-3

I. 全… II. 陈… III. 农村-电工技术:安全技术-技术培训-教材 IV. TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第015464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>)
北京丰源印刷厂印刷
各地新华书店经售

2008年8月第一版 2008年8月北京第一次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 18.5印张 526千字
印数0001-3000册 定价35.00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

近年来,国家推进“新农村、新电力、新服务”和《新农村电气化建设实施纲要》的发展战略,加快实施“户户通电”工程和新农村电气化“百千万”工程,对农村电网建设与改造和低压供电工作的要求越来越高,尤其是广大农村低压供电网建设改造、安装施工、运行维护、检修试验、计量收费、营业管理、业务服务等发生了根本性的变化,需要对全国农村电工特别是乡村电工进行低压供电运行维护、安装工艺和岗位技能的培训和考核,以进一步提高农村电气化水平,提高农村低压供电网安全、经济、可靠运行,建立服务社会主义新农村建设的长效机制,满足广大农村、农业、农民对农村供配电的用电需求和农村低压电网的发展需要。

为此,根据《“十一五”农电队伍素质工程实施纲要》的要求和现行标准规范,如《供电系统设计规范》、《10kV以下架空配电线路设计技术规程》、《架空绝缘配电线路设计技术规程》、《架空配电线路及设备运行规程》、《架空绝缘配电线路施工及验收规程》、《电能计量装置技术管理规程》、《农村低压电力技术规程》、《农村低压电气安全工作规程》、《农村安全用电规程》、《国家职业技能鉴别规范(配电线路工)和(农网营业工)》、《农电工培训大纲》等规定,针对国家电网公司和南方电网公司农电工实施“农电工素质能力提高计划”以及编者20多年从事农村供配电技术工作、培训工作和管理工作的实际经验,组织编写了一套《全国乡村电工考核培训教材》,分《乡村电工安装工艺部分》、《乡村电工安全技术部分》和《乡村电工技术问答部分》三册。

本书为《全国乡村电工考核培训教材》(乡村电工安全技术部分),共12章,主要内容有:农村低压电网概述,介绍配电网、低压电网特点、接线和供电要求;农村低压电网规划,介绍低压电网、规划和实例;配电变压器安装和配电室设计,介绍变压器选择安装、配电室设计和进出线;农村低压电网及其架空线路设计,介绍低压电网布线、线路、杆型、地埋线;农村低压电网电压,介绍

电压质量、电压过低影响, 电网、线路和变压器电压损失; 低压电网保护, 介绍熔断器、电容器和自动开关保护、热继电器、起辉器和保护器、过压保护、缺相和断线报警; 低压电网无功补偿, 介绍功率因数与线路损失、降低损耗措施、无功补偿; 低压电网电能损耗计算及其管理, 介绍电能损耗计算、低压配电及分析、降低损耗措施; 低压三相负荷不对称, 介绍三相负荷不对称及影响、中性线电流分析和截面选择、不平衡对损耗和电压影响、减少不对称措施; 低压电网各种故障, 介绍变压器高低压熔丝熔断、断线、过电压等; 低压电网短路电流计算, 介绍短路及其危害、短路电流计算; 低压电网设备运行与维护管理, 介绍接头、绝缘子、变压器、线路、电容器、接地装置等运行和维护管理。最后附有低压电网规划实例、电能表接线检查、互感器倍率误差、电动机效率和相量加减法等。

本书涉及面广、通俗易懂、实用性强, 力求做到安装工艺和安全技术岗位培训规范化、标准化以及培训考核的方便。因此, 本套书特别适用于全国区县供电企业、农电企业、农村供电所、乡镇企业、工业企业、建筑企业等从事农村低压供配电安装施工、运行检修、用电计量等具有初中以上文化程度的农村电工、乡镇电工、乡村电工、进网电工和转业军人、辅业转主业等人员进行运行维护、安装和安全考核等的岗位培训教材。

本书在编写过程中, 得到了黄金凯、秦富昌、唐志德、李裕忠、陈保国等专家和技术人员的支持和帮助, 在此一并表示诚挚的谢意。

由于水平有限, 书中错误、疏漏之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 4 月

前言

第一章 农村低压电网概述	1
第一节 电力系统和配电网及其电压.....	1
第二节 农村低压电网及其电路.....	5
第三节 农村低压电网特点.....	8
第四节 农村低压电网要求.....	9
第五节 低压电网接线方式和输送距离	10
第六节 配电变压器低压侧中性点接地方式	12
第七节 电力负荷分类和对供电基本要求	22
第二章 农村低压电网规划	24
第一节 概述	24
第二节 农村电力负荷容量确定	29
第三节 无功负荷容量确定	43
第四节 低压电网规划	45
第五节 规划报告	49
第六节 低压规划实例	54
第三章 配电变压器安装和配电室设计	61
第一节 配电变压器铭牌技术数据	61
第二节 配电变压器容量选择	76
第三节 配电变压器安装位置选择	81
第四节 配电变压器安装设计	86
第五节 配电室土建设计.....	110
第六节 配电室外内进出线装置.....	124
第四章 农村低压电网及其架空线路设计	133
第一节 概述.....	133
第二节 农村低压电网布线的方式及其技术经济比较.....	133
第三节 农村低压电网及其架空线路基础知识.....	135
第四节 低压架空线路电杆各种杆型.....	148

第五节	低压架空线路各种构件(材料)·····	159
第六节	低压架空线路设计·····	179
第七节	塑料埋地线选择·····	208
第五章	农村低压电网电压 ·····	211
第一节	概述·····	211
第二节	电压质量标准及受电端电压变动范围·····	212
第三节	低压电网电压过低对电动机、 白炽灯等设备的影响·····	213
第四节	低压电网电压损失·····	217
第五节	架空线路和变压器电压损失计算·····	220
第六节	电压降查图法·····	226
第七节	配电变压器调压·····	235
第六章	低压电网保护 ·····	238
第一节	熔断器保护·····	238
第二节	自动开关保护·····	261
第三节	热继电器·····	275
第四节	电动机起动机·····	281
第五节	剩余电流动作保护器(漏电保护器)·····	293
第六节	过电压保护·····	309
第七节	低压电容器组保护装置·····	312
第八节	低压电网缺相警报装置·····	314
第九节	中性线断线报警装置·····	316
第七章	低压电网无功补偿 ·····	318
第一节	概述·····	318
第二节	功率因数与线路损失关系·····	318
第三节	功率因数低原因和后果·····	320
第四节	降低电气设备功率损耗的具体措施·····	323
第五节	安装无功补偿装置提高功率因数·····	334
第六节	移相电容器用于感应发电装置·····	347
第八章	低压电网电能损耗计算及其管理 ·····	349
第一节	电能损耗理论计算作用和意义·····	349

第二节	低压配电方式及其经济分析·····	349
第三节	低压配电线路电能损失计算·····	352
第四节	降低电能损耗技术与管理措施·····	362
第九章	低压三相负荷不对称·····	379
第一节	概述·····	379
第二节	三相负荷不对称形成·····	380
第三节	三相负荷不对称对低压电网及设备的影响·····	382
第四节	中性线电流分析·····	386
第五节	三相负荷不对称中性线电流计算·····	389
第六节	配电变压器不平衡负荷对变压器损耗影响的试验·····	396
第七节	三相负荷不对称引起中性点电压位移和各相电压变化·····	399
第八节	关于中性线截面选择及其他·····	403
第九节	减少三相负荷不对称运行的措施·····	410
第十章	低压电网各种故障·····	413
第一节	配电变压器高压侧一相熔丝熔断故障·····	413
第二节	配电变压器低压侧一相熔丝熔断故障·····	417
第三节	低压侧断线故障·····	421
第四节	中性线断线故障·····	426
第五节	配电变压器及低压电网过电压·····	436
第十一章	低压电网短路电流计算·····	441
第一节	短路故障种类及其危害·····	441
第二节	电路过渡过程·····	442
第三节	三相短路电流简析·····	447
第四节	三相短路电流计算·····	450
第十二章	低压电网设备运行与维护管理·····	464
第一节	导体接头·····	464
第二节	绝缘子·····	486
第三节	配电变压器·····	490
第四节	低压配电线路·····	513

第五节	低压电力电容器.....	530
第六节	其他电气设备.....	536
第七节	低压电网绝缘电阻值测量.....	555
第八节	接地装置.....	561
第九节	维护管理.....	564
附录一	电能表及接线故障检查.....	568
附录二	互感器倍率引起误差.....	578
附录三	电动机效率.....	580

农村低压电网概述

第一节 电力系统和配电网及其电压

一、电力系统

由发电厂、变电所、输电线、配电设备和用电设备联系起来组成一个整体，这个整体称为电力系统，图 1-1 为电力系统接线图。建立电力系统的优点如下：

（1）提高供电的可靠性。不会因个别发电机故障而导致用户停电，并能有计划地安排设备轮流检修，以确保安全运行。

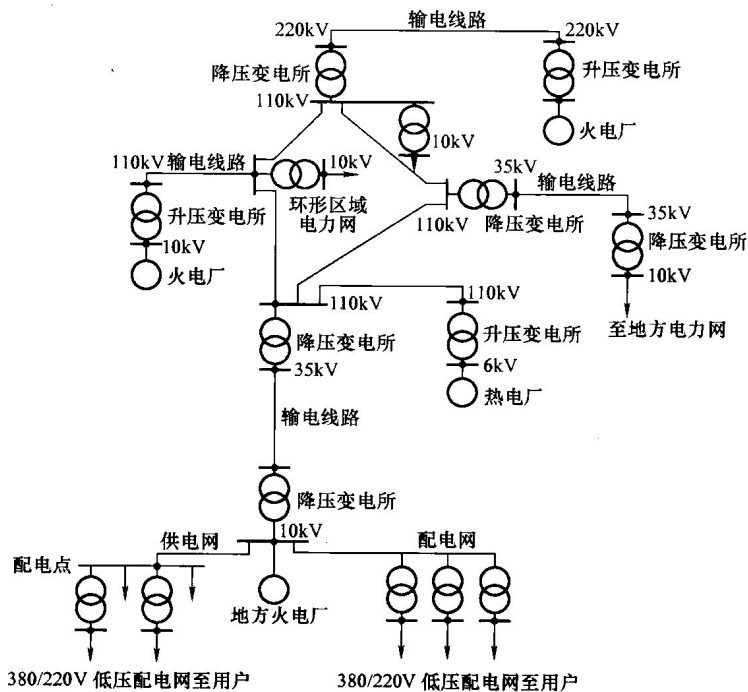


图 1-1 电力系统接线图

(2) 实现最经济运行。可以根据季节的不同,充分发挥水电、火电的作用,合理调配各发电厂的负荷,丰水季节尽量使水电厂多发电,节省火电厂的燃料,从而降低发电成本。同时,采用电力系统供电可以减少线路损失,使发电厂的负荷变化减少,效率提高,供电质量也可提高。

(3) 提高设备利用率,减少整个地区的总备用容量。

图 1-2 所示为从发电厂到电力用户的电力系统示意图。

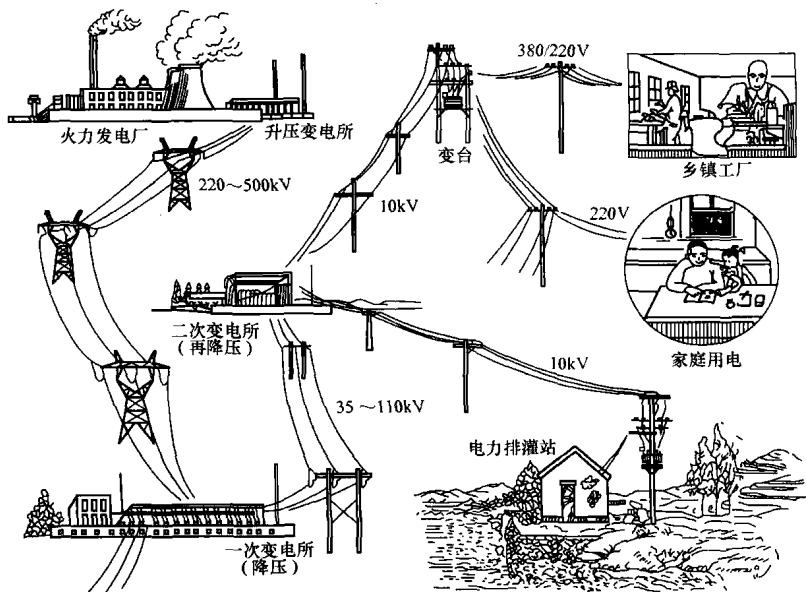


图 1-2 电力系统示意图

二、配电网

由各种不同电压的输配电线路和变电所、配电室所组成的电力系统的一部分,称为电网。电网的任务是输送和分配电能,即把由各发电厂发出的电能经过输电线、变压器、配电线路传送并分配给用户。因此,必须将不同电压的送电线路通过变电所、配电变压器、配电线路连接起来。

电网按其电压、用途和特征可分为直流电网和交流电网,低压电网和高压电网,城市、工矿电网和农村电网,户外电网和户内电

网，输电网和配电网等。

通常为了便于分析研究，把电力网分成区域电网、地配电网和用户电网。电压在 110kV 以上、供电区域较大的电网，叫区域电网；电压在 110kV 以下、供电范围不太大的电网，叫配电网；电压 0.4kV 系统，属于用户管辖，叫用户电网。

三、配电网电压

电网的电压等级是比较多的，不同的电压等级有不同的作用。从输电的角度看，电压愈高则输送的距离就愈远，传输的容量就越大，电能的损耗就愈小；但电压越高，要求绝缘水平也越高，因而投资造价也越高。从用电的角度看，考虑到人身安全和降低用电设备制造成本，希望电压低一些好。我国规定额定电压 1000V 及以下为低压，1000V 以下降 220/127V、380/220V、660/380V 三种外，还有 42V、36V、24V、6V 安全电压，对于供给用户直接使用的交流动力负荷及照明负荷电压，国家标准只列入了 380/220V 一种。

配电网额定电压的确定，是根据国民经济发展的需要、技术经济上的合理性以及电机电器制造工业的水平等因素。

公用低压负荷一般包括两个方面：①照明负荷、生活用小型动力负荷及街道小型工业负荷；②一般工业企业中的低压负荷包括照明负荷、中小型电动机负荷和一些特殊的用电设备等。照明和电动机负荷用电设备的性能和低压配电网的供电能力是确定低压配电网电压的主要因素。

四、在用电设备方面

我国生产的用电设备额定电压均为 380/220V。

1. 电动机

感应电动机的额定电压愈低，其效率就愈高，且价格也较低。

同容量的感应电动机用于 380V 时，比用于 3kV 时效率要高 1%；用于 3kV 时，比用于 6kV 时，效率要高 1%，而且电压低于 1kV 的电动机的技术性能和经济指标几乎和它的额定电压无关。因此，380V 电压的感应电动机能得到大批量生产和应用。就低压感应电动机负荷而言，它要求电网供给 380V 的额定电压，而 380/

220V 网压正好能满足该电动机需要的电压要求。

2. 照明设备

白炽灯是我国目前的主要照明灯具之一，它具有结构简单、价格低廉、使用方便、显色性好又无频闪效应等优点。因此，无论在城市还是农村，无论是矿山还是工厂，应用都极为广泛。从它的发光效率看电压是适宜的，荧光灯（日光灯）发光效率比白炽灯高得多。但其频闪效应突出，显色性不好，起动性也比较差。单纯采用单一的荧光灯照明，这在很多工作场合下是不适宜的。由于其频闪效应一般在有旋转机械的车间不宜采用。

总之，低压采用 380/220V 这种额定电压，既能满足动力（电动机）负荷的技术经济要求，又能满足照明负荷（白炽灯和日光灯）的技术经济要求，380V 低电压是比较理想的一种电压。

五、在供电方面

公用低压电力网的电压越高，虽然有色金属的消耗量和电能损耗降低，网络供电半径大，但采用 660/380V 的电压，低压仪表却不能直接测量（因国家标准规定，低压仪表的绝缘水平 500V），而要通过互感器，这将使网络复杂化。同时人接触的电压超过 250V 时，危险性增加。采用 380/220V 三相四线制的配电方式，照明和动力可以合用一台变压器供电。

综上所述，不难看出，无论从用电设备的技术经济性和供电网络的技术经济性能来说，我国的公用低压配电网和工业企业用低压配电网的额定电压选为 380/220V 仍是最符合我国国情的一种电压。

按照技术经济原则，根据我国国民经济的发展情况，国家对各级电压等级作了统一规定，作为国家的各级电压等级标准。

配电网的额定电压与该线路直接的受电设备的额定电压相等，配电网中电压的变化如图 1-3 所示。

发电机额定电压应高于电网额定电压 5%。如图 1-3 所示的上部，发电机 G 额定电压为 400V，高于配电网额定电压 380V 的 5%。因为电力线路允许电压偏移为 $\pm 5\%$ ，这样在线路电压落降 10% 之后，仍保持线路平均电压为额定值 380V。

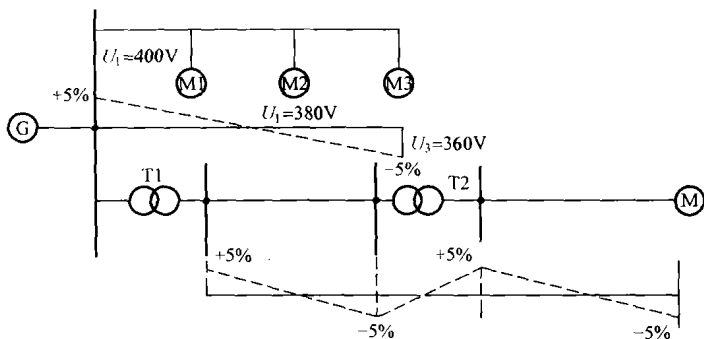


图 1-3 配电网中电压的变化

在图 1-3 中, 变压器 T1 的一次绕组与发电机直接相连, 其一次绕组的额定电压应等于发电机额定电压。变压器 T2 的一次绕组的额定电压应等于电网的额定电压, 变压器 T1 的二次绕组额定电压应高于电网额定电压的 10%, 因为变压器处于额定运行时, 其绕组内部约有 5% 的阻抗压降, 另外 5% 用以补偿线路上的电压降落。变压器 T2 的二次绕组额定电压, 如采用降压配电或直接供给用电设备, 低压线不长, 线路上电压降不大, 故只需考虑补偿变压器内部 5% 的阻抗压降即可。

第二节 农村低压电网及其电路

由 10/0.4kV 配电变压器低压侧以下所连接的配电室、母线、配电线路、用电户的用电设备组成的整体, 称低压配电网。图 1-4 为低压配电网示意图。

低压配电网电路包括以下三种。

一、单相两线制

单相两线制系统, 多用于居民户的生活照明用电, 电压为 220V。

二、三相三线制

三相三线制系统, 由于线与线之间电压都是 380V, 故多用于

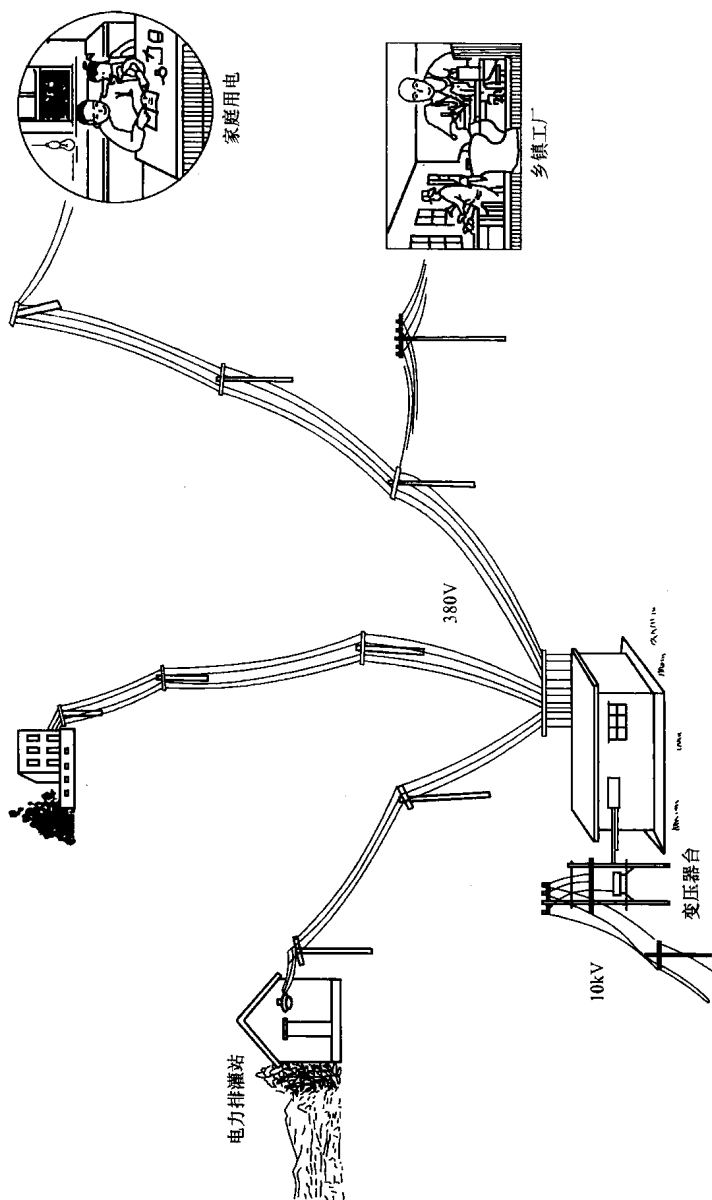


图 1-4 380/220V 低压配电网示意图