

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

建筑供配电工程

张凤江 主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

TU852
1

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

建筑供配电工程

主 编 张凤江
编 委 王善刚 王妍哲 高 峰
宋文彦 张维康 刘明会
主 审 张少军

内 容 提 要

本书是高职高专“十五”规划教材,全书共分十章,主要内容包括建筑供配电工程的基本知识、建筑供配电工程中的主要材料、低压供配电系统的组成、电力负荷的计算、供配电线路的选择、变配电站的主要设备与接线、安全用电知识等,每章后面附有思考题。本书根据新规范、新规程和新标准进行编写;基本概念清晰准确,基本理论简明扼要;设计计算方法及步骤齐全,举例详实,满足工程要求;符合现行国家标准,反映新材料、新技术、新设备;内容安排合理,图文并茂,主要章节均编入了与实践紧密结合的实例,方便读者学习。

本书可作为建筑电气、智能建筑、楼宇自动化及其他相关专业的高职高专教材,同时也可作为从事电气设计、施工的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑供配电工程/张凤江主编. —北京:中国电力出版社, 2005

高职高专“十五”规划教材

ISBN 7-5083-2091-3

I. 建... II. 张... III. ①房屋建筑设备-供电-高等学校:技术学校-教材②房屋建筑设备-配电系统-高等学校:技术学校-教材 IV. TU852

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 036779 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005年5月第一版 2005年5月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 13.5印张 308千字

印数0001—3000册 定价19.80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)

序

随着新世纪的到来,我国进入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。新世纪新阶段的新任务,对我国高等职业教育提出了新要求。我国加入世界贸易组织和经济全球化迅速发展的新形势,也要求高等职业教育必须开创新局面。

高职高专教材建设是高等职业教育的重要组成部分,是一项极具重要意义的基础性工作,对高等职业教育培养目标的实现起着举足轻重的作用。为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神,进一步推动高等职业教育的发展,加强高职高专教材建设,根据教育部关于通过多层次的教材建设,逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系的精神,中国电力教育协会会同中国高等职业技术教育研究会和中国电力出版社,组织有关专家对高职高专“十五”教材规划工作进行研究,在广泛征求各方面意见的基础上,制订了反映电力及相关行业特点、体现高等职业教育特色的高职高专“十五”教材规划。同时,为适应电力体制改革和电力高等职业教育发展的需要,中国电力教育协会筹备组建全国电力高等职业教育教材建设指导委员会,以便更好地推动新世纪电力高职高专教材的研究、规划与开发。

高职高专“十五”规划教材紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展编写工作。基础课程教材注重体现以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点;专业课程教材着重加强针对性和实用性。同时,“十五”规划教材不仅注重内容和体系的改革,还注重方法和手段的改革,以满足科技发展和生产实际的需求。此外,高职高专“十五”规划教材还着力推动高等职业教育人才培养模式改革,促进高等职业教育协调发展。相信通过我们的不断努力,一批内容新、体系新、方法新、手段新,在内容质量上和出版质量上有突破的高水平高职高专教材,很快就能陆续推出,力争尽快形成一纲多本、优化配套,适用于不同地区、不同学校、特色鲜明的高职高专教育教材体系。

在高职高专“十五”教材规划的组织实施过程中,得到了教育部、国家电力公司、中国电力企业联合会、中国高等职业技术教育研究会、中国电力出版社、有关院校和广大教师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务,不可能一蹴而就,需要不断完善。因此,在教材的使用过程中,请大家随时提出宝贵的意见和建议,以便今后修订或增补。(联系方式:100761 北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416237)

中国电力教育协会

前 言

在国民经济高速发展的今天，电能的应用越来越广泛，工业生产、科学研究、日常生活都对电能的供应提出了更高的要求，因此，确保良好的供电质量是十分必要的。

本书首先概述了建筑供配电工程的基本知识，然后依次讲述了建筑供配电工程中的主要材料，低压供配电系统的组成，电力负荷的计算，供配电线路的选择，变配电所的主要设备与接线，安全用电知识等，每章后面附有思考题。

全书共分十章，第一章由长春工程学院张凤江编写；第二、三章由长春工程学院王善刚编写；第四、五章由长春工程学院王妍哲编写；第六、七章由长春工程学院高峰编写；第八章由吉林医药设计院有限公司宋文彦编写；第九章由长春工程学院张维康编写；第十章由长春中日联谊医院刘明会编写。全书由长春工程学院张凤江主编。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免存在缺点和错误，敬请广大读者和同行批评指正。

编者

目 录

序
前言

第一章 建筑供配电工程概述	1
第一节 建筑供配电的作用与要求	1
第二节 电力系统组成	1
第三节 电力系统电压	2
第四节 电力系统中性点工作方式	3
第五节 电气设备接地接零系统基本方式	6
第六节 负荷分级及供电要求	10
第七节 建筑供配电工程设计与施工内容	11
思考题	14
第二章 建筑供配电工程中的主要材料	15
第一节 封闭母线	15
第二节 电力电缆	17
第三节 绝缘导线	22
第四节 裸导线	26
第五节 配电辅助材料	29
思考题	36
第三章 低压配电线路敷设	37
第一节 封闭母线敷设	37
第二节 电力电缆敷设	40
第三节 绝缘导线敷设	46
第四节 架空线路敷设	53
思考题	62
第四章 电力负荷计算	63
第一节 计算负荷与负荷曲线	63
第二节 单位指标法求计算负荷	68

第三节	需用系数法求计算负荷	68
第四节	尖峰电流计算	71
第五节	供配电系统中的能量损耗	72
第六节	供电系统中功率因数的提高	76
第七节	低压电网短路电流计算	79
思考题	.....	87
第五章	导线及电缆截面选择	88
第一节	按照发热条件选择导线截面	88
第二节	按照电压损失选择导线截面	95
第三节	按照机械强度要求选择导线截面	96
第四节	按照经济电流密度选择导线截面	97
第五节	导线及电缆截面选择的综合分析	97
思考题	.....	98
第六章	建筑供配电工程中的主要开关设备	100
第一节	电弧的产生和熄灭	100
第二节	高压断路器	104
第三节	高压负荷开关	108
第四节	高压隔离开关	110
第五节	高压熔断器	112
第六节	低压断路器	114
第七节	低压刀开关	117
第八节	低压熔断器	120
思考题	.....	123
第七章	建筑供配电工程中的主要变电设备	125
第一节	电力变压器	125
第二节	互感器	129
思考题	.....	136
第八章	变电所与配电所	138
第一节	变配电所的构成与布置	138
第二节	变配电所的主接线	144
第三节	变配电所主要设备的选择	148
第四节	箱式变电所	153
思考题	.....	155

第九章 接地保护装置与建筑物防雷	157
第一节 接地保护装置	157
第二节 漏电保护技术	161
第三节 建筑物防雷	166
思考题	176
第十章 建筑设备供配电要求	177
第一节 火灾自动报警系统供配电	177
第二节 电梯供配电	178
第三节 CATV 系统供配电	180
第四节 建筑通信系统供配电	181
思考题	181
附录 1 常用电气图形符号	182
附录 2 电气设备常用基本文字符号	199
参考文献	206

第一章

建筑供配电工程概述

第一节 建筑供配电的作用与要求

建筑供配电就是向建筑物内及小区供应和分配其所需电能。虽然现在生产和生活中可以利用的能源很多,如太阳能、地热能、风能、石油、天然气、煤炭等。但它们都没有电能应用广泛,这是因为:首先,电能易于转换,它可以方便地从热能、水能、光能、原子能等能量转换而来,又可以方便地转换成其他形式的能量,如机械能、热能、光能等;其次,电能可以方便经济地长距离输送,并且很容易进行控制,使用方便,受气候影响很小;第三,电是信息传递的重要手段,通信和自动控制都要通过电信号来完成。现代工业生产对产品质量和生产设备都提出了更高的要求。办公电气设备的增多,楼宇自控功能的完善,家用电器档次的提高都对建筑供配电提出了更高的要求。首先,要保证用电安全,在电能供应、分配和使用中,不能发生人身事故和设备事故。其次,要保证供电的可靠性,要连续、可靠地把电能送到用户。第三,要保证优质供电,在电能输送过程中,保证电压和频率的稳定、准确。第四,要经济,既要减少一次性投资,又要减少运行费用和维护维修费用。另外,在建筑供配电工作中,还应处理好局部与全局、当前与长远、质量与经济性等之间的关系。

第二节 电力系统组成

大多数发电厂建在能源基地附近,往往离用户很远,要经长距离输配电。为了减少输电损失,一般要经升压变压器升压,而用户使用的电压一般是低压,因此最后要经降压变压器降压,其输变电过程如图 1-1 所示。

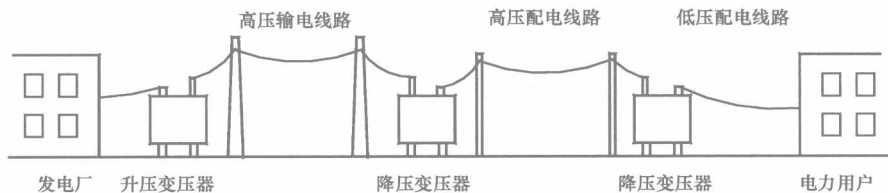


图 1-1 输变电过程示意图

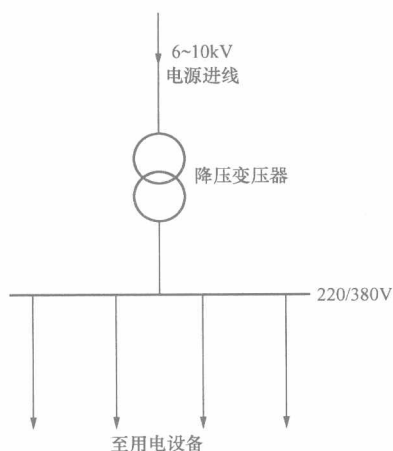


图 1-2 小容量降压变电所
配电系统图

一般在 1000kVA 左右，电源进线电压为 6~10kV，因此通常只设一个将 6~10kV 电压降为低压的降压变电所，其系统图如图 1-2 所示。

电能由发电厂的发电机产生，发电厂又称发电站，是将自然界蕴藏的各种一次能源如水力、煤炭、石油、天然气、风力、地热、太阳能和原子能等能源，转换为电能的工厂。按照所使用的能源不同，发电厂可分为水力发电厂、火力发电厂、原子能发电厂、风力发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂等类型。

由各种等级电压的电力线路将各种发电厂、变电所和电力用户联系起来的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体，叫做电力系统。电力系统中的各级电压线路及其所联系的变配电所，叫做电力网，电力网通常按电压等级来划分，比如 10kV 电力网、110kV 电力网等。

某些大中型用电单位电源进线电压为 35kV，要经过两次降压。对于中小型用电单位，由于所需容量一

第三节 电力系统电压

电力系统中的所有电气设备，都是规定有一定的工作电压和频率的。电气设备在其额定电压和频率条件下工作时，其运行的综合性能最好。例如电光源，如电压偏高，虽发光量增大，但电流也增大，温升增高，缩短使用寿命；如电压偏低，则发光量将按电压平方成比例减小，不能满足工作要求；如频率偏高或偏低，也都将严重影响发光量和使用寿命。因此，电压和频率被认为是衡量电力系统电能质量的两个基本参数。

我国采用的供电频率（简称工频）为 50Hz，频率偏差范围为 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。如电力系统容量达 3000MW 或以上时，则频率偏差不得超过 $\pm 0.2\text{Hz}$ 。但是频率的调整主要依靠发电厂。对于工厂供电系统来说，提高电能质量主要是提高电压质量问题。电压质量不不只是指电压高低，也包括电压波动以及电压波形是否含有高次谐波成分的问题。

按中国标准规定的三相交流电网和电力设备的额定电压，见表 1-1。

表 1-1 我国三相交流电网和电力设备的额定电压

分 类	电网和用电设备 额定电压 (kV)	发电机额定电压 (kV)	电力变压器额定电压 (kV)	
			一次绕组	二次绕组
低 压	0.22	0.23	0.22	1.23
	0.38	0.40	0.38	1.40
	0.66	0.69	0.66	0.69

续表

分 类	电网和用电设备 额定电压 (kV)	发电机额定电压 (kV)	电力变压器额定电压 (kV)	
			一次绕组	二次绕组
高 压	3	3.15	3, 3.15	3.15, 3.3
	6	6.3	6, 6.3	6.3, 6.6
	10	10.5	10, 10.5	10.5, 11
	—	13.8, 15.75, 18.20	13.8, 15.75, 18.20	—
	35	—	35	38.5
	63	—	63	69
	110	—	110	121
	220	—	220	242
	330	—	330	363
	500	—	500	550

1. 电网（电力线路）的额定电压

电网的额定电压等级是国家根据国民经济发展的需要及电力工业的水平，经全面的技术经济分析后确定的。它是确定各类电力设备额定电压的基础依据。

2. 用电设备的额定电压

由于用电设备运行时要在线路上引起电压损失，因而造成线路上各点电压略有不同，但是成批生产的用电设备，其额定电压是一致的，所以用电设备的额定电压应与供电电网的额定电压相同。

3. 发电机的额定电压

由于同一电压的线路一般允许的电压偏差是 $\pm 5\%$ ，即整个线路允许有 10% 的电压损耗，因此为了维持线路首端与末端的平均电压在额定值上，线路首端电压就应比电网额定电压高 5%，所以发电机的额定电压应高于供电电网额定电压的 5%。

第四节 电力系统中性点工作方式

在三相电力系统中，电源侧中性点有三种工作方式：第一种是中性点不接地系统，第二种是中性点经阻抗接地系统，这两种方式通常称为小接地电流系统；第三种是中性点直接接地系统，常称为大接地电流系统。

一、中性点不接地系统

中性点不接地系统如图 1-3 (a) 所示，三相导体对地都有分布电容。为讨论方便，认为均匀分布的电容，可用集中于线路中间的电容 C 来表示，且三相系统为对称的。在正常运行时，各相导体对地电压为相电压 $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ ，中点的电位为零，电源各相的电流 $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ 分别等于各相负荷电流 $\dot{I}_{FA}, \dot{I}_{FB}, \dot{I}_{FC}$ 与各相对地电容电流 \dot{I}_{CA} 的向量和。三相对地电容电流的向量和为零，故地中无电容电流流过。

当电网中发生单相接地时，各相对地电容发生变化，对地电压也随之变化，如图 1-3 (b) 所示。当 C 相完全接地时，C 相对地电容被短接，对地电压降为零。其他未发生故障两

相的对地电压值升高 $\sqrt{3}$ 倍,即为线间电压。此时中性点的电位不再为零,对地电压也不为相电压。各相对地电压的改变,可认为有三个与电压 \dot{U}_C 大小相等而方向相反的零序电压 \dot{U}_{A0} , \dot{U}_{B0} , \dot{U}_{C0} 相应地加在原有相电压 \dot{U}_A , \dot{U}_B , \dot{U}_C 上。这时各相对地电压 $\dot{U}_{A'}$, $\dot{U}_{B'}$, $\dot{U}_{C'}$ 分别等于原相电压与零序电压的相量和。

$$\dot{U}_{A'} = \dot{U}_A + \dot{U}_{A0}$$

$$\dot{U}_{B'} = \dot{U}_B + \dot{U}_{B0}$$

$$\dot{U}_{C'} = \dot{U}_C + \dot{U}_{C0}$$

可见,当发生单相接地时,由于三个线电压仍然不变,并且对称,对负荷的工作不会有任何影响。因此,中性点不接地的系统在发生单相接地时仍可继续工作,但不允许长期工作,因为长期运行下去,有可能引起未发生故障相绝缘薄弱的地方损坏而接地,造成两相接地短路,流过大电流而损坏设备。

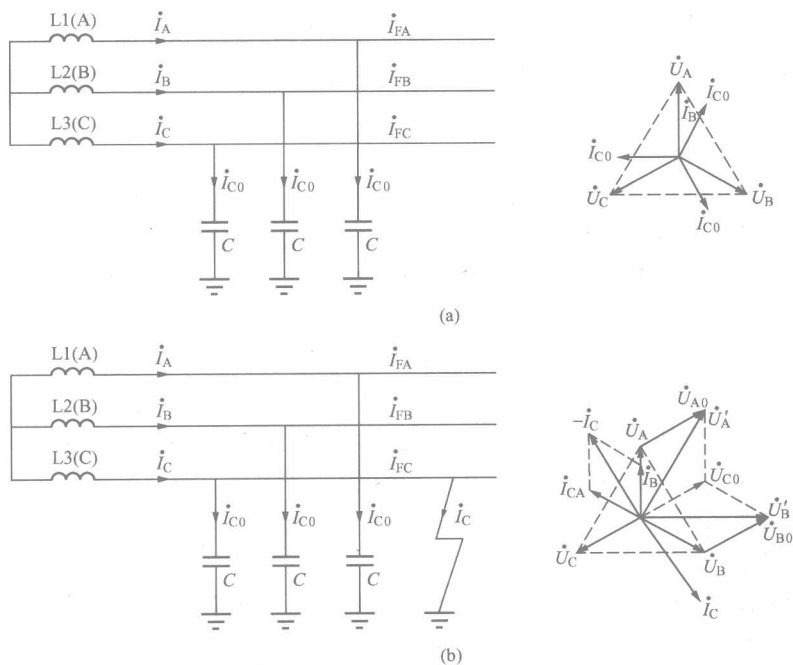


图 1-3 中性点不接地的三相系统图

在这种系统中,当发生单相接地时,允许继续工作时间至多不超过两个小时。在这个时间内运行维护人员应尽快地找出故障点,切离电源,力争在最短的时间内消除故障。在单相接地处,有可能出现持续电弧和间歇电弧。持续电弧的燃烧极易引起相间短路,间歇电弧会引起网络过电压,网络中绝缘薄弱的地方容易发生击穿而造成短路。在电压为 6~10kV 的电网中,间

歇电弧引起的过电压,危害性还不大,但其接地电流 I_C 不得大于 30A,否则单相接地产生的持续电弧较大,不易熄灭,容易造成相间短路。所以在电压 6~10kV, $I_C \leq 30A$ 的高压网络中,以及 1000V 以下的三相三线制网络一般常采用中性点不接地方式。

二、中性点经过消弧线圈接地的三相系统

在中性点不接地三相系统中，为了防止单相接地时产生间歇电弧，应采取减小接地电流的措施。为此通常在中性点与地之间接入消弧线圈，如图 1-4 所示。消弧线圈是一个具有铁心的电感线圈，铁心和线圈装在充有变压器油的外壳内，线圈的电阻很小，电感很大。消弧线圈的电抗值依靠改变其线圈的匝数或铁心空气隙的大小来调节。

正常工作时中性点的电位为零，没有电流通过消弧线圈。当发生单相接地时，如 C 相接地，此时消弧线圈处于原相电压之下，并有电感电流 I_L 通过，但接地故障点处的电流为接地电流 \dot{I}_C 和消弧线圈电流 \dot{I}_L 的向量合成。由于 \dot{I}_L 滞后 \dot{U}_C 90° ，而 \dot{I}_C 超前 \dot{U}_C 90° ，故 \dot{I}_L 与 \dot{I}_C 的相角差为 180° 。如果适当地选择消弧线圈，可使接地处的电流变得很小或者等于零，这样就不致产生电弧以及由它所引起的一些危害。

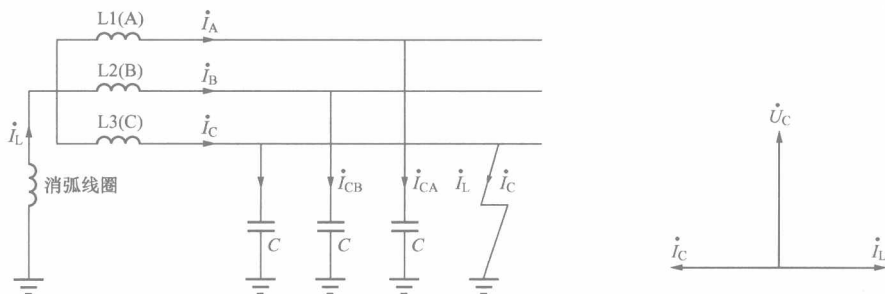


图 1-4 中性点经消弧线圈接地的三相系统图

依据消弧线圈电感电流对接地电流补偿程度，可有三种补偿方法：完全补偿 ($I_L = I_C$)、欠补偿 ($I_L < I_C$) 以及过补偿 ($I_L > I_C$)。完全补偿时，虽使接地处的电流为零，但因为 $X_L = X_C$ 正是电流谐振的关系，正常运行时，一旦中性点对地之间出现电压时，会在谐振电路内产生很大的电流，使消弧线圈有很大的压降，结果中性点对地电压升高，有可能造成设备损坏，故一般不采用完全补偿方式。欠补偿时使接地处出现容性电流 $I_L - I_C$ ，一旦电网中部分线路被断开，使接地电流减少并有可能使 $I_L = I_C$ 变成完全补偿，因此欠补偿方式一般也少用。过补偿时 $I_L > I_C$ ，不会有上述缺点，所以通常多用过补偿方式。

中性点经消弧线圈接地的系统，与中性点不接地系统一样，在单相接地时，接地相对地电压为零，其他未发生故障相对地电压升高到 $\sqrt{3}$ 倍，同时消弧线圈可使接地故障处的电流减小，易于迅速熄灭电弧。因而中性点经消弧线圈接地系统和中性点不接地的三相系统，统称为中性点不直接接地系统或小接地电流系统。

三、中性点直接接地系统

中性点直接接地系统如图 1-5 所示。当发生单相接地时，故障相由接地点通过大地形成单相短路，单相短路电流值很大，故又称其为大接地电流系统。为避免损坏设备，必须立即断开故障线路，使用户供电中断。

这种接地系统的主要特点是在单相接地时中性点电位不变。未发生故障相对地电压仍为

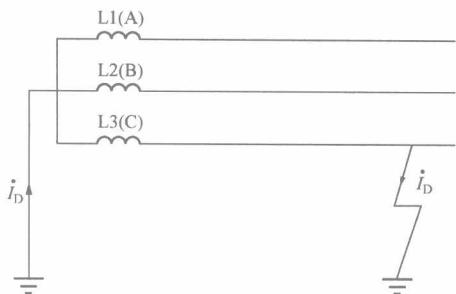


图 1-5 中性点直接接地的三相系统图

适用于城镇、农村居住区、工业企业和分散的民用建筑等场所。当负荷端和线路首端均装有漏电开关，且干线末端装有断零保护时，则可成为功能完善的系统。

相电压。目前广泛应用的 380/220V 低压配电系统就是采用中性点直接接地方式。如果 380/220V 的中性点不接地，当一相发生接地短路时，其正常相对地电压将变为 380V。必须指出，即使是低压系统、低压设备，当维护运行不当，违反安全操作规程时，也会发生故障，甚至造成人身伤亡。因此在运行维护中必须严格遵守安全操作规程。

这种系统适用于有较多单相 220V 用电设备，而线路敷设环境易造成一相接地或零线断裂，从而引起零位升高时。

第五节 电气设备接地接零系统基本方式

建筑工程供电的基本方式，按国家电工委员会（IEC）所作统一规定，分为 TT、TN、IT 系统三种，现分述如下。

一、IT 系统

第一个字母 I 表示电源侧没有工作接地，或经过高阻抗接地，第二个字母 T 表示负荷侧电气设备进行接地保护，如图 1-6 所示。

IT 方式供电系统在供电距离不是很长时，供电的可靠性高、安全性好。一般用于不允许停电的场所，或者是要求严格地连续供电的地方，例如电力炼钢、大医院的手术室、地下矿井等处。地下矿井内供电条件较差，电缆易受潮。运用 IT 方式供电系统，即使电源中性点不接地，一旦设备漏电，单相对地漏电流仍很小，不会破坏电源电压的平衡。

如果该系统中的电气设备一相碰壳，则接地电流为一相接地电容电流，通常不大于 5A，可带故障继续运行 2h。碰壳处外壳电位通常不大于 20V（即 $5A \times 4\Omega$ ），较安全。非故障相对地电位等于 380V，要求线路及电器绝缘水平较高，靠漏电保护开关来快速地切除故障回路；或装设绝缘监视及接地故障报警装置来发现故障。

二、TT 系统

TT 系统中，第一个符号 T 表示电力系统中性点直接接地；第二个符号 T 表示负荷设备

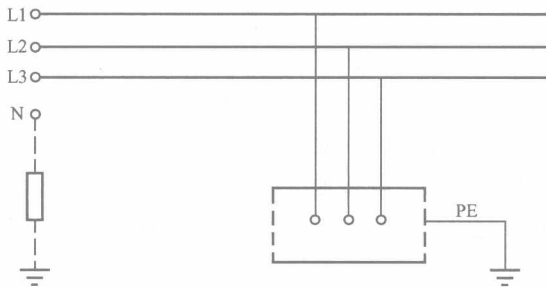


图 1-6 IT 系统示意图

外露，不与带电体连接的金属导电部分与大地直接连接，而与系统任何接地无关。在 TT 系统中，负荷的所有接地均称为保护接地，电器经保护接地后，当人再触及带电的电器金属外壳时，因有良好的接地并联电路存在，使通过人体的电流大为减少，选择适当接地装置的接地电阻值，就可以保护人身的安全，如图 1-7 所示。

当电器中某一相绝缘损坏，发生碰壳接地时，接地电流通过接地体向周围流散，如图 1-8 所示。如果土壤电阻率在各个方面都相同，则电流在各方向的分布也是均匀的，而散流截面则随着接地点的距离的平方增大，地中的电流密度和电压降均随之下降，距接地点愈近，单位长度上的电压降愈大，使地面上的电位分布如图 1-8 中的曲线所示。在距接地点 15~20m 处电位很低，可以认为等于零。

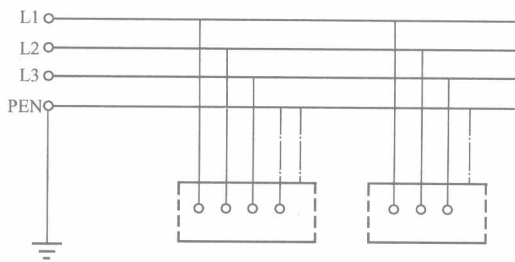


图 1-7 TT 系统示意图

由于电器的绝缘损坏发生碰壳接地后，在地面上形成了一个以接地点为中心的圆形电位分布区，处于这个地区的工作人员，仍可能承受两种称之为接触电压和跨步电压的电压。

(1) 接触电势、接触电压：当接地短路电流流过接地装置时，大地表面形成分布电位，在地面上离设备水平距离 0.8m 处与沿设备外壳、架构或墙壁垂直距离 1.8m 处两点间的电位

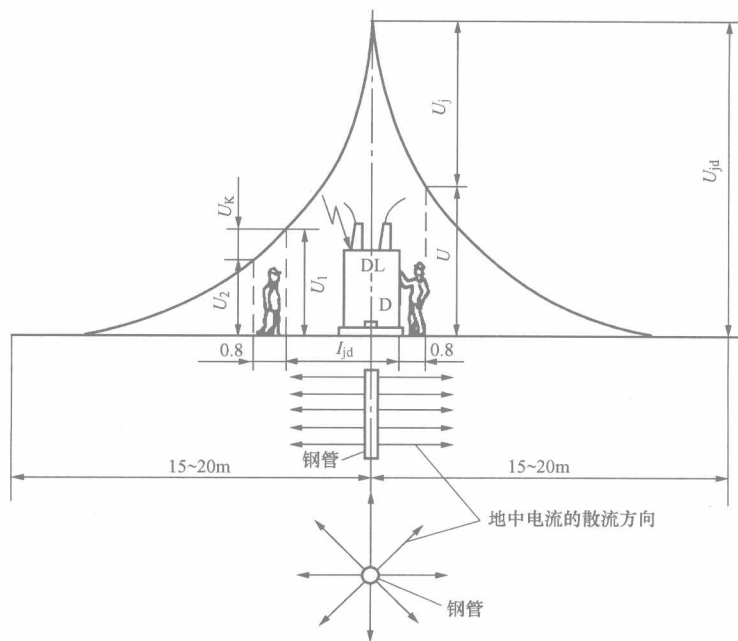


图 1-8 单管接地体接地电流流散及电位分布

差，称为接触电势 U_{tou} 。人体接触该两点时所承受的电压，称为接触电压 U_{step} 。

(2) 跨步电势、跨步电压：地面上水平距离为 0.8m 的两点间的电位差，称为跨步电势。人体两脚接触该两点时所承受的电压，称为跨步电压 U_k 。

人体所能耐受的接触电压和跨步电压的允许值，与通过人体的电流值、持续时间的长短、土壤电阻率及电流流经人体的途径有关。在设计接地装置时，应力求

使接触电压和跨步电压在允许值以下，以保证工作人员的安全。

三、TN 系统

TN 系统的电源端中性点直接接地，用电设备金属外壳用保护零线与该中性点连接，这种方式简称保护接零或接零制。按照中性线（工作零线）与保护线（保护零线）的组合情况，TN 系统又分以下三种形式。

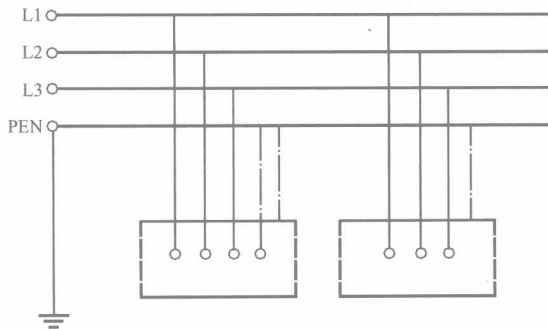


图 1-9 TN-C 系统示意图

1. TN-C 系统

在 TN-C 系统中，工作零线和保护零线共用（简称 PEN），系统示意图如图 1-9 所示。

2. TN-S 系统

在 TN-S 系统中，工作零线 N 和保护零线 PE 从电源端中性点开始完全分开，示意图如图 1-10 所示。

3. TN-C-S 系统

在 TN-C-S 系统中，工作零线同保护零线是部分共用的，系统示意图如图 1-11 所示。

图 1-11 所示。

TN-C 系统适用于设有单相 220V，携带式、移动式用电设备，而单相 220V 固定式用电设备也较少，但不必接零的工业企业。

TN-S 系统适用于工业企业，大型民用建筑。

TN-C-S 系统适用于工业企业。当负荷端装有漏电开关，干线末端装有端零保护时，也可用于新建住宅小区。

TN-C、TN-S、TN-C-S 系统在正常运行时，零线电位有时可达 50V 以上；TN-C 系统外壳电位等于工作零线电位，TN-S 系统外壳电位为零，TN-C-S 系统外壳电位不为零，等于工作零干线处电位。

当电气设备一相碰壳时，TN 系统的短路电流较大。碰壳处外壳电位大于 110V，在 TN-C 系统中，当相间短路保护装置灵敏度不够时，由于设备外壳接工作零线 N，而设备对地不绝缘，正常工作时，漏电开关通过剩余电流无法工作，所以不能装漏电开关，只能采用零序过流保护；在 TN-S 系统中，由于设备外壳接保护零线 PE，正常工作时，漏电开关无剩余电流，所以在相间短路保护装置灵敏度不够时，可装设漏电开关来保护单相碰壳短路；在 TN-C-S 系统中，PE、N 共用干线段不能采用漏电保护，PE、N 分开的线段可用漏电保护，用电设备可用漏电保护。

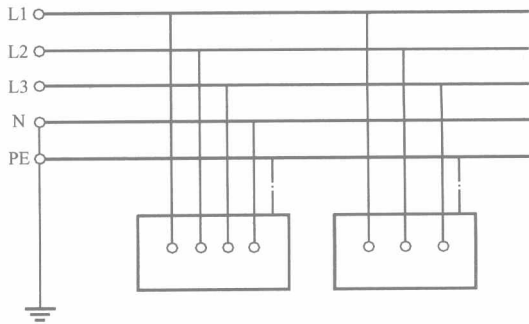


图 1-10 TN-S 系统示意图

当线路一相接地时, TN - C 系统接地短路电流较小, 通常不足以使线路相间短路保护及零序保护装置动作, 从而使变压器零位及全部接零设备外壳长期带电, 接地点电阻愈小愈危险。变电所接地装置应采用环形均压圈。干线首端不能装设漏电保护, 无法切除线路一相接地故障是 TN - C 系统的一大缺点, 在 TN - S 系统中, 除具有与 TN - C 系统相同的特点外, 可在各级线路首端装设漏电保护开关来切除故障线路; 在 TN - C - S 系统中, 除与 TN - C 系统有相同的特点外, 部分线路可装设漏电保护。

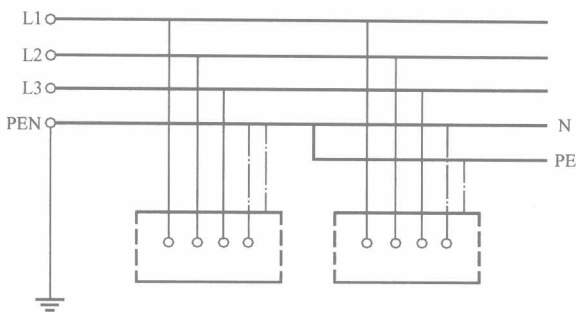


图 1-11 TN - C - S 系统示意图

当工作零线断开时, TN - C 系统断零点后由于三相负荷不对称, 零位偏移, 220V 单相设备可能烧毁, 且用电设备外壳接零, 使外壳带电, 危及人身安全。单相回路中零线断裂, 全部 220V 电压将加到设备外壳上。由于断零而引起的设备外壳电位升高, 漏电保护均不起作用; TN - C 系统三相回路零干线断开能烧设备, 但外壳不带电, 人身无危险。单相回路中零线断开, 对人身和设备安全均无危害; TN - C - S 系统 PEN 线断开, 人身有危险; N 线断开时人身无危险, 但工作零干线断开均能造成设备的烧毁。

关于重复接地的问题, TN - C 系统应将零线重复接地, 无论在线路一相接地、零线断开或一相碰壳等故障情况下, 还是各相负荷严重不对称的正常运行条件下, 均能降低零线和电气设备外壳电位, 但并不能消除触电的危险。TN - S 系统的工作零线不宜重复接地, 但必要时保护零线可以重复接地。因为工作零线重复接地对保护人身安全作用不大, 对断零后保护设备安全作用也不明显。工作零线接地后, 干线首端便不能采用漏电保护。保护零线重复接地, 可降低碰壳短路时外壳的电位。TN - C - S 系统中的 PEN 线应重复接地, N 线不宜重复接地。

在 TN 系统中, 装设断零保护装置, 其作用是: TN - C 和 TN - C - S 系统中可起多重保护作用, 能防止因零线断开而使用电设备外壳带电, 并烧毁单相 220V 用电设备; 能防止因线路一相接地而引起用电设备外壳长期带电; 能防止正常运行时, 由于负荷不对称和三次谐波的存在以及零线选择不合理, 引起零线压降过大和变压器零位偏移, 而使零线和接零设备外壳产生高电位; 当用电设备一相碰壳, 而短路保护灵敏度不够时, 能起后备保护作用, 防止大片用电设备外壳长期带电。对于 TN - S 系统, 能防止因工作零线断开而烧毁单相 220V 用电设备。当线路一相接地, 而引起用电设备带电时, 能起后备保护作用; 能防止正常运行时工作零线电位过高。

以上几种接地接零系统形式, 可根据建筑功能要求的不同, 选择合适的方案, 确保安全可靠、经济适用。

在以上讲的 IT 系统、TT 系统、TN 系统中, 应当推荐 TN - S 系统, 继续使用 TN - C - S 系统, 停止推广使用 TN - C 系统。TN 系统三种形式均有一定的危险性, 只是程度不同罢了,