



“工学结合、校企合作”课程改革成果系列教材
电工电子类专业教学用书

企业供电系统 与安全用电

朱照红 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“工学结合、校企合作”课程改革成果系列教材
电工电子类专业教学用书

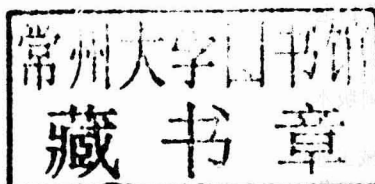
企业供电系统与安全用电

主 编 朱照红

副主编 叶 琳

参 编 马 平 陈月新 肖永刚

主 审 李红光



机械工业出版社

本书是在多年“工学结合、校企合作”人才培养模式的教学改革经验的基础上,以职业能力培养为目标,以理实一体化为内容组织形式编写的。集中体现了学校教学和企业实践的有机统一,传统工艺和现代技术的有机融合,并严格贯彻最新标准、规范、工艺和规程要求,淘汰了落后的工艺和电气设备。编写过程中注重特定教学对象的认识能力和认知规律,以生动的图片、简洁的描述和丰富的经验取代传统企业供电教材的理论分析和数学公式,以期达到教得会、学得进、用得上的教学目标。

全书共分10个课题,包括:认识电力系统;电力变压器;高压电器;低压电器;继电保护及二次回路;企业变配电所设计、运行和管理;电力线路;触电和急救;电气安全管理;防雷与接地等内容。

本书可作为中职中专、五年制高职、技校、职工大学、职工培训等层次电工电子类专业的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

企业供电系统与安全用电/朱照红主编. —北京:机械工业出版社, 2009. 10

(“工学结合、校企合作”课程改革成果系列教材)

电工电子类专业教学用书

ISBN 978-7-111-28320-1

I. 企… II. 朱… III. ①工业用电-供电-高等学校:技术学校-教材
②工业用电-用电管理-安全技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TM727.3
TM92

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第164930号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王娟 责任编辑:王娟 责任校对:姜婷

封面设计:路恩中 责任印制:杨曦

北京富生印刷厂印刷

2010年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11.25印张·266千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-28320-1

定价:21.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面防伪标均为盗版

前言

本书是在广泛总结“工学结合、校企合作”人才培养模式的教学改革成果基础上编写的。通过对职业院校电工电子类专业学生就业岗位群的深入分析,确定了该类专业“工厂供用电”课程的主要内容,并按照职业院校学生生源的具体情况和认知规律分为10个理实一体化课题,包括认识电力系统、电力变压器、高压电器、低压电器、继电保护及二次回路、企业变电所设计、运行和管理、电力线路、触电与急救、电气安全管理、防雷与接地等。

本书的主要特色如下:

1. 坚持以职业能力培养为目标,以理实一体化为主线,体现了学校教学和企业实践的有机统一,传统工艺和现代技术的有机融合,并严格按照最新标准、规范、工艺和规程要求,淘汰了落后工艺和电气设备。

2. 坚持以宜教、易学、够用为编写原则。结合职业院校的生源特点和认知规律,以生动的图片、简洁的描述和丰富的经验取代传统企业供电教材的理论分析和数学公式,以期达到教得会、学得进、用得上的教学目标。

3. 坚持以面向工作岗位、利于学生职业可持续发展为最终目的,结合生产生活中供用电知识的具体应用,让学生尽快熟悉相应的行业标准和规范以及相应表格,为其顺利走向工作岗位打下坚实的基础。

本书可作为高职高专、五年制高职、中等职业学校及技工学校、职工大学、职工培训等层次电工电子类专业的教材或教学参考书。

朱照红任本书主编,并负责课题一~七的编写及全书统稿工作。参加编写还有叶琳、马平、陈月新和肖永刚等。其中,叶琳编写了课题八、十,肖永刚编写了课题九,马平和陈月新为本书的编写提供了大量素材。常州铁道高等职业技术学校李红光担任本教材的主审,并对编写大纲和部分章节内容的修订提出宝贵意见。本书在编写过程中还得到江苏联合职业技术学院领导、专家的大力支持,并对相关企业工程技术人员的关心一并表示衷心感谢!

由于编写时间紧迫,加之水平有限,书中不足和疏忽之处恳请读者不吝赐教,本人不胜感谢。

编者

目 录

前言

课题一 认识电力系统	1
知识解读	1
一、电力系统组成	1
二、工业企业配电接线	4
三、电力系统中性点运行方式	8
实践指导	11
实践一 参观变配电所（站）	11
实践二 绘制所在单位（学校）配电中心的低压配电网络图	11
知识拓展	12
新能源发电系统	12
复习思考	14
课题二 电力变压器	15
知识解读	15
一、电力变压器分类	15
二、电力变压器结构	16
三、电力变压器的电气试验项目	17
四、电力变压器选择和运行	20
五、电力变压器维护	23
实验指导	24
实验一 变压器绝缘电阻和吸收比的测量	24
实验二 电压比的测量	26
实验三 空载和短路试验	27
实验四 联结组标号试验	29
知识拓展	30
电力变压器等效电路	30
复习思考	31
课题三 高压电器	33
知识解读	33
一、高压电器概述	33
二、高压电器中的电弧现象	33
三、高压隔离开关	35
四、高压负荷开关	37



五、高压断路器	39
六、高压熔断器	42
七、高压真空接触器	43
八、高压开关柜	44
实践指导	45
实践一 高压隔离开关的安装与调试	45
实践二 断路器的安装与调整	48
实践三 真空断路器的安装与调试	51
知识拓展	52
电气“五防”功能	52
复习思考	54
课题四 低压电器	55
知识解读	55
一、低压电器概述	55
二、低压断路器	56
三、刀开关	60
四、转换开关	61
五、交流接触器	63
实验指导	65
实验 交流接触器调整与校验	65
知识拓展	67
低压电器的发展与智能化	67
复习思考	68
课题五 继电保护及二次回路	69
知识解读	69
一、继电保护概述	69
二、常用保护继电器和电流互感器	71
三、典型继电保护方式	77
四、电气二次回路接线和分析	81
实验指导	84
实验一 重合闸继电器试验	84
实验二 差动保护装置系统整组试验	85
知识拓展	87
微机继电保护测试系统	87
复习思考	87
课题六 企业变配电所设计、运行和管理	89
知识解读	89
一、变电所设计	89
二、变电所布置	91



三、变电所值班	94
四、变配电操作	95
五、变配电设备巡视	99
六、变配电所常见事故处理	101
实践指导	102
实践一 电力线路送电操作	102
实践二 变压器过负荷故障分析和排除	103
知识拓展	104
变电站综合自动化	104
复习思考	105
课题七 电力线路	106
知识解读	106
一、低压架空线路	106
二、电缆敷设	115
实践指导	119
实践一 电力架空线路施工	119
实践二 直埋电缆	123
实践三 电缆桥架	124
知识拓展	127
DGZ—1 型电缆故障精密诊断仪	127
复习思考	127
课题八 触电和急救	128
知识解读	128
一、触电基本知识	128
二、触电预防	130
三、触电急救	134
实践指导	134
实践 人工呼吸和胸外按压	134
知识拓展	136
智能心肺急救复苏模拟人的应用	136
复习思考	137
课题九 电气安全管理	139
知识解读	139
一、电气安全操作用具	139
二、电气安全技术管理	142
三、电气安全组织管理	142
四、企业三级安全教育	146
实践指导	148
实践一 正确使用低压验电器	148



实践二 停电安全技术措施	148
知识拓展	151
电力运行管理软件介绍	151
复习思考	152
课题十 防雷与接地	153
知识解读	153
一、雷电形成和危害	153
二、防雷措施和防雷装置	154
三、人工接地装置	159
实践指导	160
实践一 接地体的安装及维护	160
实践二 接地电阻的测量	164
知识拓展	167
办理新建建筑物防雷装置审核验收程序	167
复习思考	168
附录	169
参考文献	170

课题一

认识电力系统

教学目标

1. 熟悉电力系统的组成,了解我国电力系统发展现状。
2. 了解供配电系统的基本接线形式,熟练掌握电力企业高压配电系统和低压配电系统的典型结构形式。
3. 掌握电力系统中性点运行方式的结构图、特点及适用范围。

知识解读

一、电力系统组成

电力是以电能作为动力的能源,发明于19世纪70年代。电能由于具有便于输送、分配、使用、控制等优点,被广泛应用于现代工农业、交通运输、科学技术、国防建设及人民生活中。电力工业的发展水平已成为衡量一个国家综合国力和现代化水平的重要标志。

20世纪出现的大规模电力系统是人类工程科学史上最重要的成就之一。目前,我国已经建成的跨省电力系统有华东系统、东北系统、华北系统、西北系统、华南系统和华中系统共六个,独立的省属电力系统有山东、福建、海南、新疆和台湾共五个。由于水力、石油、原煤等自然资源分布不均衡,长期以来我国的能源供应决策一直是“北煤南运,西电东送”。近年来,由于我国经济的蓬勃发展和交通运力的矛盾日益突出,才把这一决策改成了“北电南送,西电东送”,于是,一个全国性的联合电力系统正在建成。

电力系统主要由发电厂、电力网及电能用户组成,如图1-1所示。下面逐一介绍电力系统电能传输的各个环节。

1. 发电

把其他形式的能量转换成电能的过程称为发电。担任发电任务的工厂称为发电厂。

按所用能源不同,发电厂可分为火力发电厂、水力发电厂、核动力发电厂、风力发电厂、潮汐发电厂和地热发电厂等。我国电力的生产主要来源于火力发电和水力发电。

1) 火力发电通常以煤或油为燃料,使锅炉产生蒸汽,以高温(500℃以上)、高压(9.8MPa以上)蒸汽驱动汽轮机,由汽轮机带动发电机而发电。

2) 水力发电是利用自然水资源作为动力,通过水库或筑坝截流的方法提高水位,利用

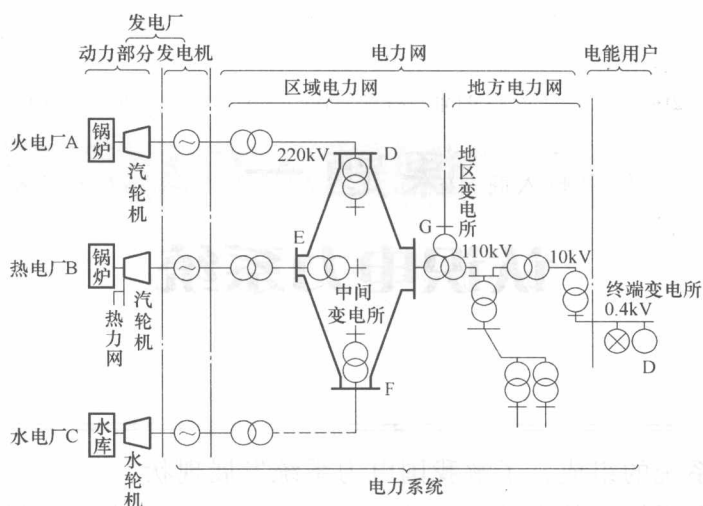
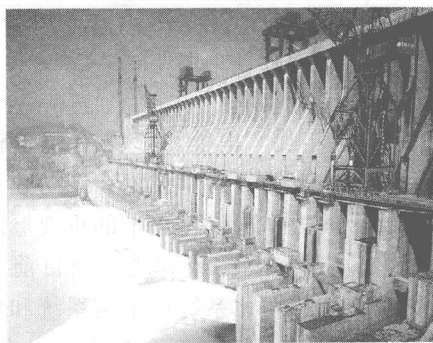
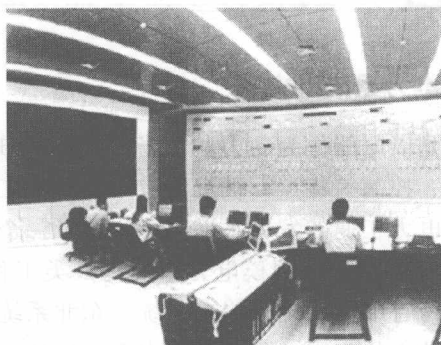


图 1-1 电力系统示意图

水流的位能驱动水轮机，带动发电机发电。举世瞩目的三峡水电厂如图 1-2 所示，水库坝高 185m，水头 175m，装设水轮发电机组 26 台，每台额定容量 700MW，总装机容量 18.2GW ($1\text{GW} = 10^3\text{MW}$)，预计年发电量可达 $86.5\text{TW} \cdot \text{h}$ ($1\text{TW} \cdot \text{h} = 10^6\text{MW} \cdot \text{h}$)，建成后将为经济发达、能源不足的华东、华中和华南地区提供可靠、廉价、清洁的可再生能源。



a)



b)

图 1-2 三峡水电厂

a) 三峡大坝 b) 三峡水电厂控制中心

3) 核动力发电是由核燃料在反应堆中的裂变反应所产生的热能来产生高温高压蒸汽，驱动汽轮机，带动发电机发电。核电厂一般建在自然资源匮乏的缺电地区。核机组与普通火力发电机组不同的是以核反应堆和蒸汽发生器替代了锅炉设备，而汽轮机和发电机部分则基本相同。核电厂发电过程如图 1-3 所示。原子核反应堆是核电厂的核心部分，它是一个可以被控制的核裂变装置，以铀-235 或铀-238（或铀-239）为燃料。核反应堆又分为压水堆、重水堆、石墨堆等类型。

我国现有的四个主要核电站是：秦山核电站、大亚湾核电站、岭澳核电站和田湾核电站。

浙江嘉兴的秦山核电站位于杭州湾畔，一期工程是中国第一座依靠自己的力量设计、建



造和运营管理的 300MW 压水堆核电站, 1991 年 12 月首次并网发电, 1994 年 4 月投入商业运行, 1995 年 7 月通过国家验收。二期工程 $2 \times 600\text{MW}$ 商用压水堆核电站于 1996 年 6 月开工, 第一台机组于 2002 年 4 月投入商业运行。秦山三期(重水堆)核电站采用加拿大成熟的坎杜 6 重水堆核电技术, 建造两台 700MW 级核电机组。1 号机组于 2002 年 11 月首次并网发电, 并于 2002 年 12 月投入商业运行。2 号机组于 2003 年 6 月首次并网发电, 并于 2003 年 7 月投入商业运行。

广东深圳的大亚湾核电站 1987 年 8 月正式开工, 1994 年 2 月和 5 月两台单机容量为 984MW 压水堆反应堆机组先后投入商业营运。

岭澳核电站一期工程于 1997 年 5 月开工建设。它位于广东大亚湾西海岸大鹏半岛东南侧。岭澳核电站是“九五”期间我国开工建设的基本建设项目中最大的能源项目之一。岭澳核电站(一期)拥有两台百万千瓦级压水堆核电机组, 2003 年 1 月全面建成投入商业运行, 2004 年 7 月通过国家竣工验收。

田湾核电站位于江苏省连云港市连云区田湾, 厂区按四台百万千瓦级核电机组规划, 并留有再建二至四台的余地。一期建设两台单机容量 1.06GW 的俄罗斯 AES—91 型压水堆核电机组, 设计寿命 40 年, 年平均负荷因子不低于 80%, 年发电量为 14TWh 。工程于 1999 年 10 月正式开工, 单台机组的建设工期为 62 个月, 分别于 2004 年和 2005 年建成投产。

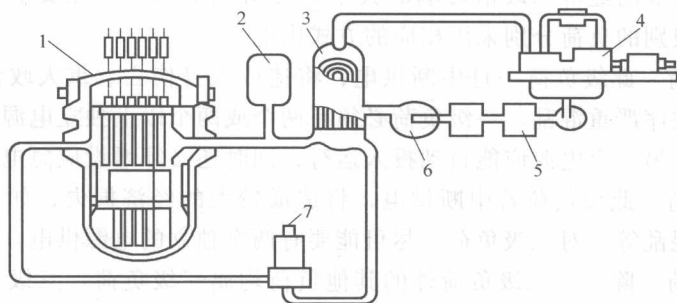


图 1-3 核电厂发电过程

1—核反应堆 2—稳压器 3—蒸汽发生器 4—汽轮发电机组 5—给水加热器 6—给水泵 7—主循环泵

2. 电能的传输

为了安全和节约, 通常都把大发电厂建在远离城市中心的能源产地附近。如水力发电厂就是建在远离城市的江河上。因此, 发电厂发出的电能还需要经过一定距离的输送, 才能分配给各用户。

由于发电机的绝缘强度和运行安全等因素, 发电机发出的电压不能很高, 一般为 3.15kV、6.3kV、10.5kV、15.75kV 等。为了减少电能数十、数百公里输电线路上的损失, 还必须经过升压变压器升高到 35~500kV 后再进行远距离输电。目前, 我国常用的输电电压等级有 35kV、110kV、220kV、330kV 及 500kV 等。输电电压的高低, 要根据输电距离和输电容量而定, 其原则是: 容量越大, 距离越远, 输电电压就越高。我国也已采用高压直流输电方式, 把交流电转化成直流电后再进行输送。

电力输电线路一般都采用钢芯铝绞线, 通过架空线路, 把电能送到远方变电所。但在跨越江河和通过闹区以及不允许采用架空线路的区域, 则需采用电缆线路。电缆线路投资较大



且维护困难。

3. 变电所

变电所有升压与降压之分。升压变电所通常与大型发电厂结合在一起,在发电厂电气部分装有升压变压器,把发电厂发出的电压升高,通过高压输电网络将电能送向远方。降压变电所设在用电中心,将高压的电能适当降压后,向该地区用户供电。

根据供电的范围不同,降压变电所可分为一次(枢纽)变电所和二次变电所。一次变电所是从110kV以上的输电网受电,将电压降到35~110kV,供给一个大的区域用电。二次变电所大多数从35~110kV输电网络受电,将电压降到6~10kV,向较小范围供电。

4. 配电线路

“配电”就是电力的分配,从配电变电站到用户终端的线路称为配电线路。配电线路的电压简称为配电电压。电力系统电压高低的划分有不同的方法,但通常以1kV为界限:额定电压在1kV及以下的系统为低压系统;额定电压在1kV以上的系统为高压系统。常用的高压配电线的额定电压有3kV、6kV和10kV三种。常用的低压配电线的额定电压为380V/220V。

5. 用户

电力系统中的所有用电部门均为电力系统的用户。根据用户的重要程度(主要指对其中断供电后,所造成的经济和政治影响的大小)和对供电的可靠性要求,用电负荷可分为三个级别,且各级别的负荷分别采用相应的方式供电。

(1) 一级负荷 此级负荷一旦中断供电,将造成人身伤亡、重大政治影响、重大经济损失或公共场所秩序严重混乱。一级负荷必须有两个或两个以上独立电源供电。当其中一个电源发生故障时,另一个电源应能自动投入运行,同时还必须增设应急电源。

(2) 二级负荷 此级负荷若中断供电,将造成较大的经济损失,如大量产品报废、造成公共场所秩序混乱等。对二级负荷,尽可能要有两个独立的电源供电。

(3) 三级负荷 除一、二级负荷外的其他负荷均属三级负荷。三级负荷对供电没有什么特别要求。

根据用户用电容量的大小和规模,用户可以接在电力系统的各个电压等级中。目前,我国对大多数企业的供电电压为10kV、110kV和220kV受电的用户不多。居民的生活用电则多采用380V/220V系统供电。

二、工业企业配电接线

1. 基本接线形式

在电力系统中,根据网络所承担的任务可分为系统联络网与供配电网两类。系统联络网用于联系电力系统中的发电厂和枢纽变电所;供配电网用于联络负荷,担负供给用户电能的任务。供配电网的接线形式随用户的要求而异,基本接线形式有无备用接线方式和有备用接线方式两大类。

无备用接线方式又可分为单回路放射式、树干式、链式几种,其结构如图1-4所示。这类接线的用户主要优点在于接线简单,运行方便;但由于只能从一个方向取得电源,因而主要缺点是供电可靠性差。

有备用接线方式又可分为双回路放射式、双回路干线式、环式、两端供电式和多端供电

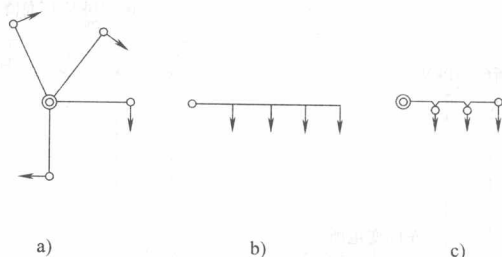


图 1-4 无备用接线方式的结构

a) 单回路放射式 b) 树干式 c) 链式

式等几种，其结构如图 1-5 所示。这类接线的用户主要优点在于供电可靠性高，缺点是操作复杂、继电保护复杂、经济性较差。

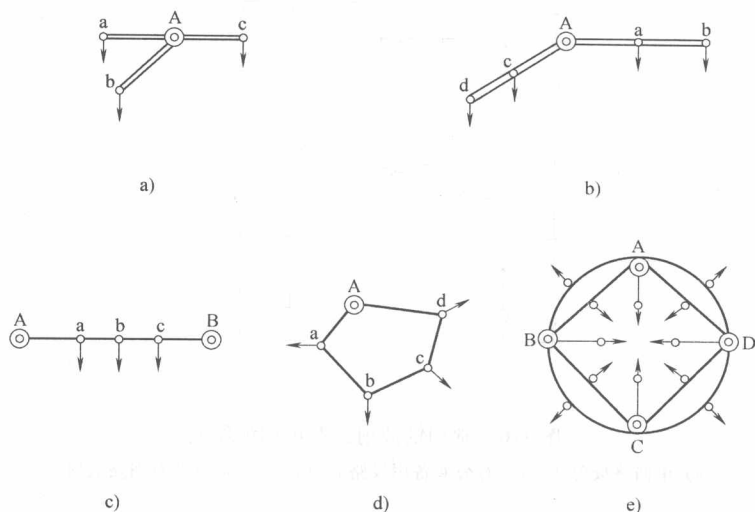


图 1-5 有备用接线方式的结构

a) 双回路放射式 b) 双回路树干式 c) 两端供电式 d) 环式 e) 多端供电式

2. 工业企业配电网接线形式

工业企业负荷集中，对供电可靠性要求很高，为了提高运行维护的安全一般都要求简化接线和减少供电电压等级，并应尽量采用 10kV 的高压线路直接向车间供电以提高运行的经济性。企业配电网按电压等级不同可分为高压配电网和低压配电网两类，二者结构形式相似。具体选择时高压配电网接线还需要根据它与低压配电网的连接情况进行综合考虑。

(1) 高压配电网接线形式 由厂区总降压变电所引出的 6 ~ 10kV 高压配电线路承担向各个车间变电所输电的任务。高压配电网的接线形式通常有放射式、树干式、链式和环式四种。

1) 放射式配电网。常用的放射式配电网有单回路放射式、有公共备用线路放射式和双电源双回路放射式三种，其结构如图 1-6 所示。

单回路放射式配电网的优点是线路敷设简单、维护方便、保护装置简化，主要缺点是

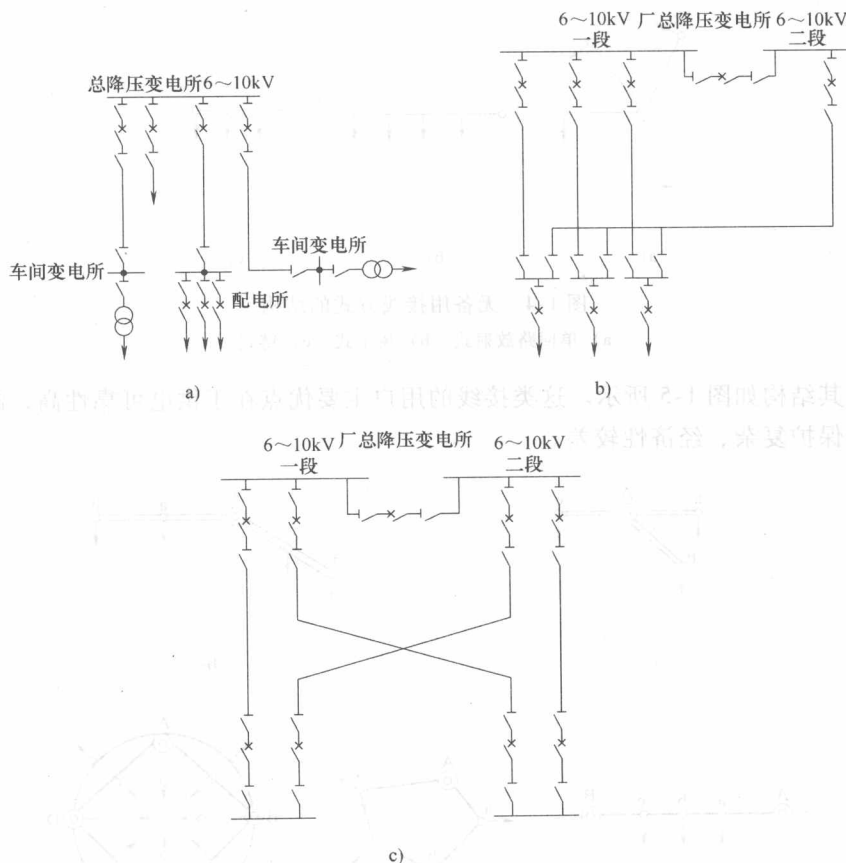


图 1-6 常用的放射式配电网的结构

a) 单回路放射式 b) 有公共备用线路放射式 c) 双电源双回路放射式

供电可靠性差。它只适用于三级和部分次要的二级负荷。

有公共备用线路放射式配电网在任一条线路故障或停电检修时，另一条线路可继续供电，适用于对二、三级负荷供电。

双电源双回路放射式配电网的电源互为备用，供电可靠性最高，适用于对一级负荷供电。

2) 树干式配电网。树干式配电网的结构如图 1-7 所示，各车间变压器沿干线敷设，接线简单、投资较少、节约有色金属，但由于干线故障导致各车间停电，为此一般将分支数限制在 5 个以内。

3) 链式配电网。链式配电网的结构如图 1-8 所示。干线中某一段故障时，在电源端的断路器分断后，可拉开故障段隔离开关，恢复前段干线的供电，缩小了停电范围。这种接线最适用于电缆

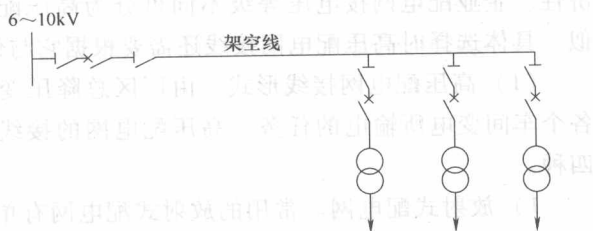


图 1-7 树干式配电网的结构



线路。

4) 环式配电网。环式配电网的结构如图 1-9 所示。它可以开环或闭环运行,其可靠性和灵活性较高。闭环运行时,保护装置较复杂,短路电流也较大。为简化继电保护及降低短路电流,一般采用正常情况开环运行。若环式配电网任何一段故障,在该段切除、闭合原开环点后,仍能保持对各负荷供电。这种配电网的缺点在于导线截面积按总负荷考虑,有色金属消耗量和投资费用较大。

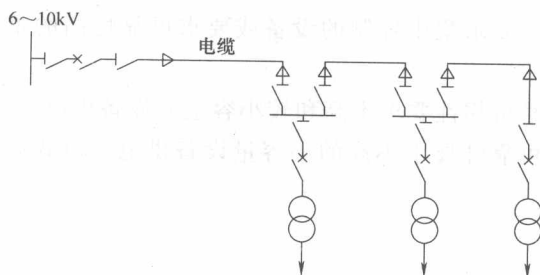


图 1-8 链式配电网的结构

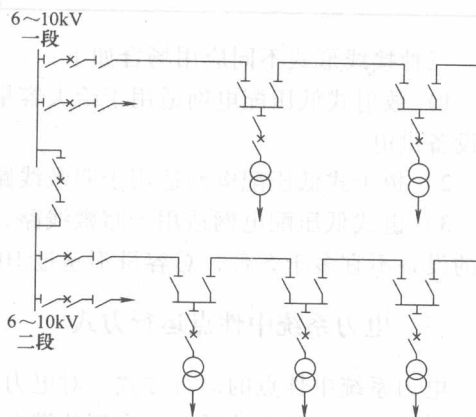
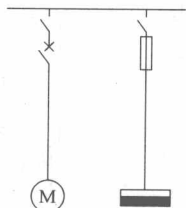
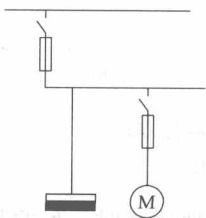


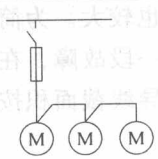
图 1-9 环式配电网的结构

(2) 低压配电网接线形式 低压配电网基本接线形式有放射式、树干式和链式三种,其结构特点及优缺点见表 1-1。

表 1-1 低压配电网接线形式

接线形式	结构特点	优缺点
放射式		1. 优点: 电路故障时影响范围小, 可靠性较高; 控制灵活, 易于实现集中控制 2. 缺点: 线路多, 有色金属消耗量大; 不易适应发展
树干式		1. 优点: 线路少, 有色金属消耗量小, 投资省; 易于适应发展 2. 缺点: 干线故障时影响范围大, 供电可靠性较低



接线形式	结构特点	优缺点
链式		1. 优点: 线路上无分支点, 适合穿管敷设或电缆线路; 节省有色金属消耗量 2. 缺点: 线路检修或故障时, 相连设备全部停电, 因此供电可靠性较低

三种接线形式不同应用场合如下:

- 1) 放射式低压配电网适用于给大容量设备、要求集中控制的设备或要求可靠性高的重要设备供电。
- 2) 树干式低压配电网适用于明敷线路, 可给可靠性要求不高和较小容量的设备供电。
- 3) 链式低压配电网适用于暗敷线路, 可给可靠性要求不高的小容量设备供电。链式相连的设备不宜多于 5 台, 总容量不超过 10kW。

三、电力系统中性点运行方式

电力系统中性点的运行方式, 对电力系统的运行特别是在系统发生单相接地故障时有明显的影响, 而且将影响系统二次侧的继电保护及监测仪表的选择与运行。电力系统按中性点运行方式不同可分为中性点不接地系统、中性点直接接地系统、中性点经消弧线圈接地系统和中性点经电阻接地系统四种。

1. 中性点不接地系统

中性点不接地系统的中性点对地绝缘, 它结构简单、运行方便, 不需任何附加设备, 投资省, 适用于农村 10kV 架空线路为主的放射式或树干式的供电网络。中性点不接地系统的运行方式如图 1-10 所示。

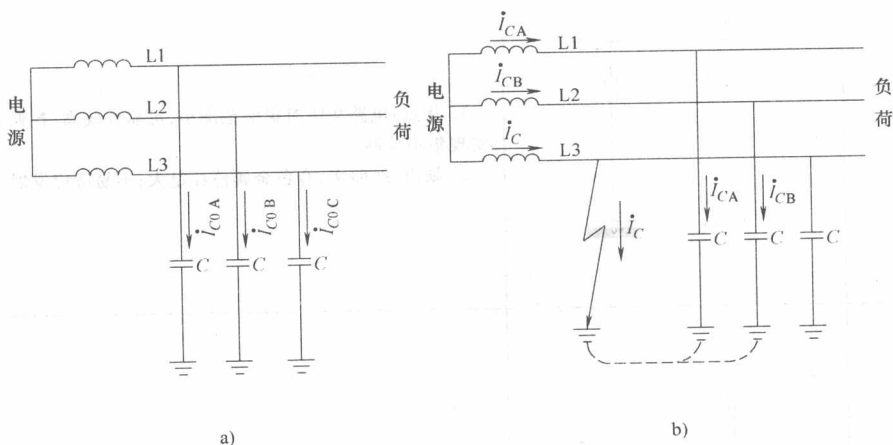


图 1-10 中性点不接地系统的运行方式

a) 正常运行 b) 单相接地

系统正常运行时, 电压、电流对称。当发生单相接地故障时, 另两相对地电压升高为原来的 $\sqrt{3}$ 倍。单相接地电容电流为正常运行时相线对地电容电流的三倍。



可见,该接地方式在运行中若发生单相接地故障,流过故障点电流值很小,需装设绝缘监测装置,以便及时发现单相接地故障,并迅速处理。

中性点不接地系统发生单相接地故障时,其接地电流很小,仅为电网对地的电容电流。若是瞬时故障,一般能自动熄弧,非故障相电压升高不大,不会破坏系统的对称性,故可带故障连续供电 2h,从而获得排除故障的时间,相对地提高了供电的可靠性。

中性点不接地系统在发生弧光接地时,电弧的反复熄灭与重燃,给电容反复充电。由于电网对地电容中储存的能量没有释放通路,造成电压升高,从而产生弧光接地过电压或谐振过电压,对设备绝缘造成严重威胁。

此外,由于电网存在电容和电感元件,在一定条件下,因倒闸操作或故障,容易引发线性谐振或铁磁谐振,这时馈线较短的电网会激发高频谐振,产生较高的谐振过电压,导致电压互感器击穿。对馈线较长的电网却易激发起分频铁磁谐振,电压互感器呈较小阻抗,其通过电流将成倍增加,引起熔丝熔断或电压互感器过热而损坏。

2. 中性点直接接地系统

中性点直接接地系统的运行方式如图 1-11 所示。

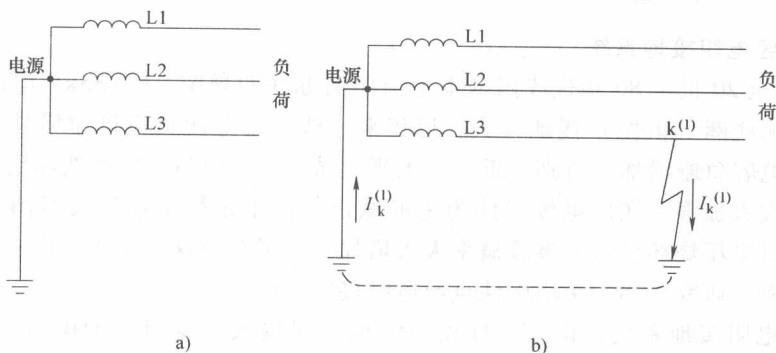


图 1-11 中性点直接接地系统的运行方式

a) 正常运行 b) 发生单相接地故障

中性点直接接地系统正常运行时三相电压、电流对称;当发生单相接地故障时,另外两相对地电压不变,单相接地后即通过接地中性点形成单相短路。单相短路电流比线路的正常负荷电流大得多,因此在此系统发生单相短路时保护装置应动作跳闸,切除短路故障。110kV 以上的超高压采用该系统很有经济价值。

我国 220V/380V 低压配电系统,广泛为中性点直接接地系统。

3. 中性点经消弧线圈接地系统

中性点经消弧线圈接地系统正常运行时三相电压、电流对称;发生单相接地时另两相对地电压升高为原来的 $\sqrt{3}$ 倍,减小了接地电流。在单相接地电容电流大于一定值的电力系统中,电源中性点必须采取经消弧线圈接地的运行方式。

中性点经消弧线圈接地系统发生单相接地故障时如图 1-12 所示。

一种自动跟踪补偿消弧线圈装置可以自动适时地监测跟踪电网运行方式的变化,快速地调节消弧线圈的电感值,以跟踪补偿变化的电容电流,使失谐度始终处于规定的范围内。自