

职业院校机电设备安装与维修专业规划教材



企业供配电线路 安装与维修

◎ 主编 于淑华

QIYE GONGPEIDIAN XIANLU ANZHUANG YU WEIXIU



免费电子课件
www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



职业院校机电设备安装与维修专业规划教材

企业供配电线路 安装与维修

主 编 于淑华
副 主 编 宫照旭 秦翠萍
参 编 毛成彦 杨晓辉 杜 林 孙士英 张利锴
主 审 李德信



机械工业出版社

本书采用任务驱动模式,根据企业生产实际设置了5个学习任务。对于每一个学习任务均按照明确工作任务、学习相关知识、制订工作计划、任务实施和总结评价5个环节进行了系统讲解,让学生能够围绕引导问题主动思考,多动脑,多动手,实现理论与实践的零对接。本书主要包括:企业供配电系统保护装置的安装、输电线路的敷设、高压电气设备的安装与操作、低压进户线路的安装和车间配电线路的敷设。

本书可作为技工学校、技师学院、职业院校机电设备安装与维修专业高技能型人才培养的教学用书,也可供相关人员参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

企业供配电线路安装与维修/于淑华主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 8

职业院校机电设备安装与维修专业规划教材

ISBN 978-7-111-46802-8

I. ①企… II. ①于… III. ①工业用电—供电系统—安装—高等教育—教材②工业用电—供电系统—维修—高等教育—教材③工业用电—配电系统—安装—高等教育—教材④工业用电—配电系统—维修—高等教育—教材 IV. ①TM727. 3

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第162783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:陈玉芝 责任编辑:陈玉芝 王振国

版式设计:赵颖喆 责任校对:肖琳

封面设计:张静 责任印制:刘岚

涿州市京南印刷厂印刷

2014年10月第1版第1次印刷

184mm×260mm·12.25印张·295千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-46802-8

定价:29.80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 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

编审委员会

主 任	王 臣	孙同波			
副主任	盖贤君	张振铭	柳力新	于新秋	于洪君
委 员	任开朗	刘万波	周培华	王 峰	李德信
	王凤伟	张清艳	张文香	李淑娟	孟莉莉
	李伟华	于广利			

前言

为满足职业教育改革发展的需要，本书是依据《国家职业标准》对中、高级电气设备安装与维修人员的知识要求和技能要求，按照岗位需要的原则编写的。本书编写时从职业需求入手，以培养中、高级维修电工为目标，集中体现“以能力为本位，以就业为导向，以职业实践为主线”的特点，突出职业教育的特色，强化职业素质教育和实践技能培养。本书的编写思路是：

1. 根据机电专业所从事职业的实际需要，合理确定学生应具备的能力结构与知识结构，合理确定所学内容的深度、难度。
2. 合理更新内容，充实新知识、新技术、新设备等内容，还设有操作技能部分，使人才培养与岗位需求更好地对接。
3. 在内容编写上以任务引领模式编写，体现“以工作过程为导向、以典型任务为载体”。按照职业岗位的真实情况规划学习任务，以情景描述传达任务载体的实际生产信息。
4. 按照学生的认知心理和认知特点，由易到难组织学习任务和规划工作过程。
5. 突出职教的特色，使知识结构和能力结构达到有机结合，形成理论知识和技能训练一体化的模式。

本书的主要内容包括5个任务：企业供配电系统保护装置的安装、输电线路的敷设、高压电气设备的安装与操作、低压进户线路的安装、车间配电线路的敷设。

本书的编写得到了学院领导、系领导及企业专家、教师的大力支持，在此，我们表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正，并对本书提出宝贵的意见和建议！

编者

目 录

前言

学习任务一 企业供配电系统保护装置的安装	1
----------------------------	---

学习任务二 输电线路的敷设	25
---------------------	----

子任务一 架空线路的敷设	25
子任务二 电缆线路的敷设	48
子任务三 电缆线路的检修	62

学习任务三 高压电气设备的安装与操作	72
--------------------------	----

子任务一 高压进户线路的安装	72
子任务二 高压开关柜的操作	88
子任务三 电力变压器的安装	105
子任务四 电力变压器的检修	117

学习任务四 低压进户线路的安装	129
-----------------------	-----

学习任务五 车间配电线路的敷设	141
-----------------------	-----

子任务一 单台设备电源线路的敷设	141
子任务二 成组设备电源线路的敷设	163

附录	184
----------	-----

附录 A 用电设备组的需要系数和二项式系数及功率因数	184
附录 B 导体在正常运行与短路时的最高允许温度及稳定系数	185
附录 C 绝缘导线线芯的最小截面积	185
附录 D 裸铜铝及钢芯铝绞线的允许载流量	186
附录 E 架空裸导线的最小截面积	186
附录 F 绝缘导线明敷时的允许载流量（环境温度为 25 ~ 40℃）	186
附录 G 常用一次设备的图形及文字符号	187

参考文献	189
------------	-----

学习任务一

企业供配电系统保护装置的安装



学习目标

1. 能识读电力系统图。
2. 能掌握接地和雷电过电压的形式并正确应用接地方式。
3. 能讲述漏电保护器的基本工作原理。
4. 能正确选择防护直击雷、感应雷及雷电波的器件。



情景描述

企业变电所担负着从电力系统接收电能、变换电压和分配电能的任务，它是企业供电的枢纽。

某钢铁厂车间变电所进行整改，需要确定这一变电所的接地及防雷保护方案，我们承担这一任务，考察现场，确定其方案。

学习活动1 明确工作任务



学习目标

1. 能准确记录工作现场的环境条件。
2. 能正确选择接地、防雷保护方式。



学习过程

一、确定工作任务

进行实地考察，根据该钢铁厂 03 号变电所不同的进户线路（架空进线、电缆进线），确定变电所内部设备的接地及防雷保护方案（选择相应的保护装置），要求在 3 个工作日内完成，方案要能防护直击雷、感应雷及雷电波侵入三种雷过电压形式。

二、勘察施工现场

现场环境条件记录单（设备型号）

改造单位				改造负责人	
改造类别		改造时间		完工时间	
设备编号		设备名称		设备型号	
现场防雷保护项目					
现场设备接地系统					

学习活动2 学习相关知识



学习目标

- 1. 能识读电力系统图，并分析其工作原理。
- 2. 能掌握接地和雷电过电压的基本形式并正确选择接地方式。
- 3. 能描述漏电保护器的基本原理。



引导问题

- 1. 企业生产中对供电有哪些要求？
- 2. 学校、钢厂炼钢炉、家庭用电分别属于几级负荷？
- 3. 洗衣机、计算机和变压器的中性点接地分别属于工作接地还是保护接地？为什么？
- 4. 试分析 TN 系统三种形式，说明各适用什么场合？
- 5. 重复接地的作用是什么？
- 6. 雷电过电压有几种形式？分别是什么？用什么来防护？
- 7. 对变电所应该如何进行防雷？



咨询资料

一、电力系统概述

电能从发电厂生产出来后，需要供给用户进行使用，如图 1-1 所示。

因为电能是不能被大量存储的，即发即用，这就需要组成庞大的电力系统。这个系统是由发电厂内的发电机，各种电压等级的升压、降压变电所，各种电压等级的输、配电线路以及电力用户有机连接起来组成的整体。它主要由五大环节组成，即发电环节、变电环节、输电环节、配电环节、用电环节。

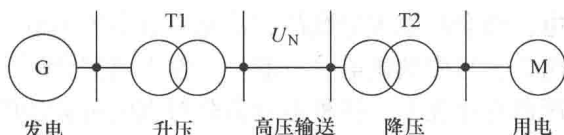


图 1-1 电力系统组成简图

G—发电机 T1—升压变压器 T2—降压变压器
 U_N —额定输送电压 M—电动机

电力系统中各发电厂之间以输电线路相连，称为并网发电。并网发电不但可以提高供电的可靠性，同时还可以调节各发电厂的用电负荷，发挥供电的经济效益。并网的各个发电厂和其所有的用户，通过变电所、输配电线路进行连接，可以组成一个庞大的供电电力系统。

动力系统是指电力系统加上发电厂的动力部分（如锅炉、汽轮机、核反应堆、水库、水轮机、热力装置等）所构成的整体。图 1-2 所示为典型的动力系统示意图。

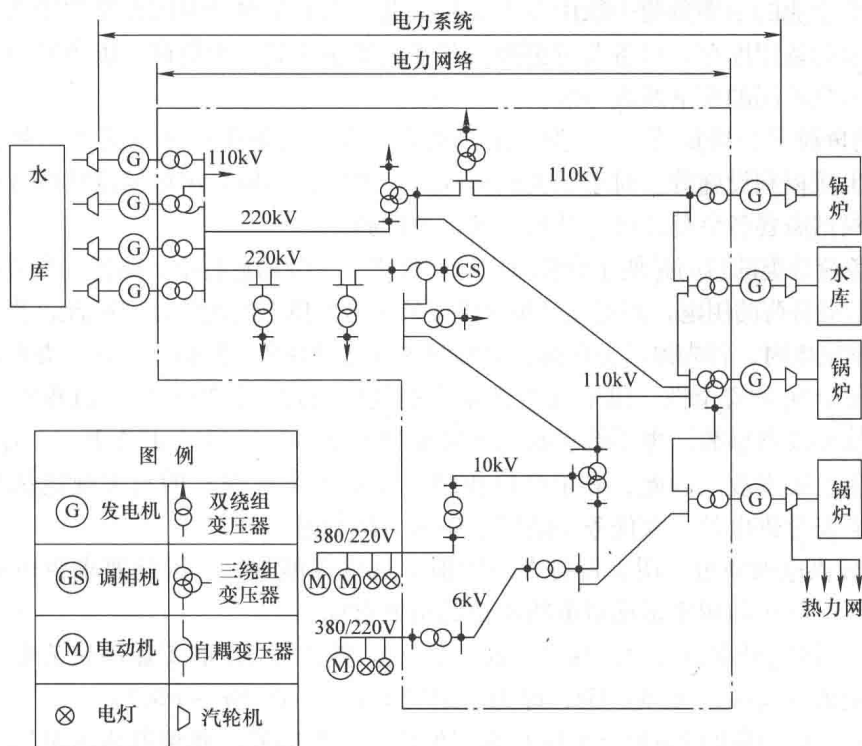


图 1-2 典型的动力系统示意图

1. 供电的基本要求

企业供电是指企业将所需要的电能进行供应和分配。

企业生产的主要能源是电力，对企业进行可靠、安全、经济、合理地供电，对提高产品质量、提高经济效益及保证安全生产等方面都有十分重要的意义。因此，对企业生产供电提出以下四点基本要求。

(1) 保证供电的可靠性 供电可靠就是要求供电不间断。供电中断时不仅会影响企业生产，而且可能损坏设备，甚至发生人身伤亡事故。例如，工厂某些生产车间一旦中断供

电,将会产生大量废品,甚至造成重大事故;矿井井下含有瓦斯等有害气体,并有水不断涌出,一旦中断供电,可能使工作人员窒息死亡和引起瓦斯爆炸,矿井也有被水淹没的危险。所以在企业中,各种电力负荷对供电可靠性的要求是不同的,为了能在技术经济合理的前提下满足不同负荷对供电可靠性的要求,通常把电力负荷分为三类。

1) 一类负荷(一级负荷)。凡因突然中断供电,可能造成人身伤亡事故或重大设备损坏,给国民经济造成重大损失的或在政治上产生不良影响的负荷,均属于一类负荷。如钢厂炼钢炉,若停电超过 30min,可能造成炼钢炉中的钢液报废;电解铝厂停电若超过 15min,电解槽就要遭到破坏;矿井的主通风设备一旦停电,可能导致瓦斯爆炸及井下人身伤亡等重大事故。

对于一类负荷,应由两个独立电源供电;对于有特殊要求的一类负荷,两个独立电源应来自不同地点,以保证供电的可靠性。

2) 二类负荷(二级负荷)。凡因突然停电,造成大量减产或生产大量废品的负荷,属于二类负荷,如矿井的集中提煤设备,空压机及采区变电所,工厂的主要生产车间等。

中、小型企业的二类负荷一般由专用线路供电。为了减少长时间停电的影响,供电设备应有一定数量的备用库存,以备及时更换。对于大型企业的二类负荷,也应有两个电源,而且要求尽量引自不同的变电所或母线段。

3) 三类负荷(三级负荷)。三类负荷是指除一类、二类负荷外的其他负荷,如企业的附属车间及生活福利设施等。对于三类负荷的用户供电,一般采用单回路供电方式,不考虑备用电源,根据需要各负荷还可以共用一条输电线路。

对电力负荷分类的目的是便于合理地供电。在供电系统的运行中,确保一类负荷的供电不间断,保证二类负荷的用电,而对三类负荷更多的是考虑供电的经济性。因此,当电力系统因故障必须拉闸限电时,首先停三类负荷,必要时再停二类负荷,但必须保证一类负荷的用电。

(2) 保证供电的安全性 供电安全就是在电能的分配、供应和使用过程中,不应发生人身触电事故和设备事故,也不致引起电火灾和爆炸事故。尤其是矿井下,工作环境特殊,特别容易发生上述事故。因此,必须严格按照《煤矿安全规程》的有关规定执行,确保安全生产。煤矿安全供电的三大任务是防爆、防火、防触电。

(3) 保证供电的质量 用电设备在额定值下运行性能最好,因此要求供电应具有稳定的频率和电压。电压和频率是衡量电能质量的重要指标。

1) 频率。供电频率由发电厂保证。对于额定频率为 50 Hz 的工业用交流电,其偏差不允许超过额定值 $\pm (0.2 \sim 0.5)$ Hz,即为额定频率的 $\pm (0.4\% \sim 1\%)$ 。

2) 电压。送到用电设备的端电压与额定值总有一些偏差,此偏差称为电压偏移,是衡量供电质量的重要指标。各种用电设备,都能够适应一定范围内的电压偏移,但是如果电压偏移超过允许范围,电气设备的运行情况将显著恶化,甚至损坏电气设备。例如,加在照明灯两端的电压低于额定电压时,其光通量将大大降低;电压高于额定电压较多时,会大大降低其使用寿命。因此,企业对一般工作场所照明灯的允许电压偏移范围规定为 $\pm 5\%$ 。又如异步电动机,当电压降低时,电动机转矩急剧下降,使电动机起动困难或发生堵转,并且运行温度升高,加速绝缘的老化,甚至烧毁电动机。因此,一般规定电动机的允许电压偏移范围为 $\pm 5\%$ 。

(4) 保证供电的经济性 供电经济一般考虑三个方面:尽量降低企业变电所与电网的基本建设投资;尽可能降低设备、材料及有色金属的消耗量;注意降低供电系统的电能损耗及维护费用。

2. 电力网

电力网是由各种电压等级的变配电所及各种不同电压等级的输配电线路组成的，是电力系统的重要组成部分，其任务是变换、输送和分配电能。

电力网按电流类型不同可分为交流电力网和直流电力网；按供电电压等级可分成低压网（1 kV 以下）、中压网（1~10kV）和高压网（35kV 及以上）；按负荷性质可分为照明电力网和动力电力网；按电力网中性点运行方式可分为中性点接地系统电力网和中性点不接地系统电力网；按接线形式可分为放射式电力网、树干式电力网和环式电力网。

（1）放射式电力网 放射式电力网又分为单回路放射式电力网和双回路放射式电力网，如图 1-3、图 1-4 所示。放射式电力网的主要优点是：供电线路相互独立，线路故障互不影响，供电可靠性高；继电保护简单，保护装置易于整定，且动作时间短。其主要缺点是：供电线路较多，在负荷不太大的情况下，将会造成有色金属的浪费。双回路放射式电力网比单回路放射式电网供电可靠性高，但所用设备多 1 倍，投资大，适用于一类负荷或重要的二类负荷。由于单回路放射式电力网任一线路或高压设备发生故障或检修时，都要造成这条线路停电，故其供电可靠性不高，一般用于三类负荷的用户。

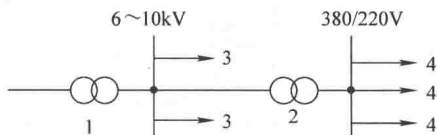


图 1-3 单回路放射式电力网

1—总降压变电站 2—车间变电站
3—高压用电设备 4—低压用电设备

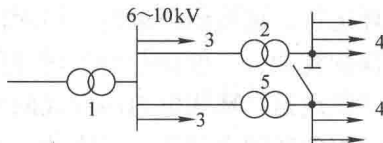


图 1-4 双回路放射式电力网

1—总降压变电站 2—车间变电站 3—高压用电设备
4—低压用电设备 5—隔离开关

（2）树干式电力网 树干式电力网可分为直接连接树干式（见图 1-5）、链串型树干式（见图 1-6）和低压链式（见图 1-7、图 1-8）三种。

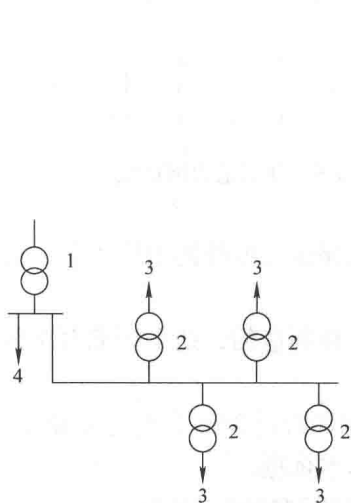


图 1-5 直接连接树干式接线

1—总降压变电站 2—车间变电站
3—低压用户 4—高压用户

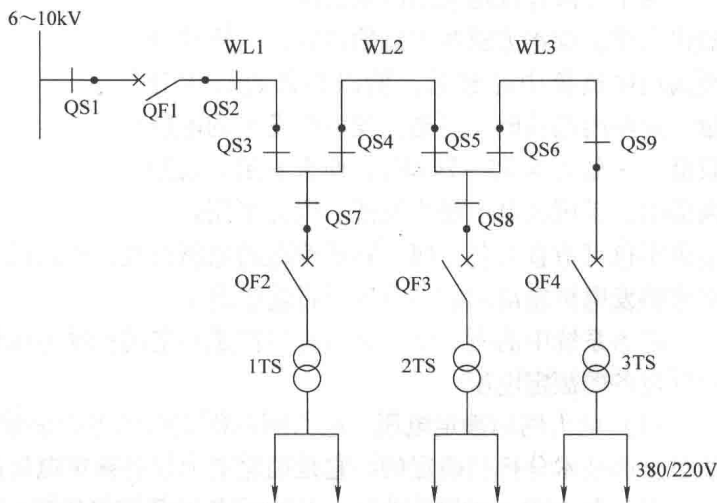


图 1-6 链串型树干式接线

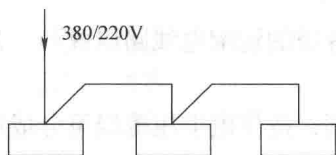


图 1-7 低压链式配电箱接线

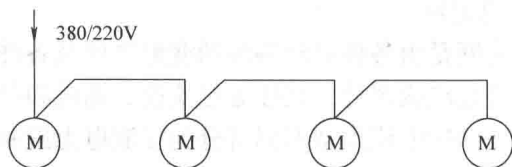


图 1-8 低压链式电动机接线

树干式电力网的主要优点是：用户供电线路总长度较短，造价较低，可节省有色金属；电源的出线回路数少，节省供电设备，降低投资成本。它的缺点是：多个用户共用一段线路，发生故障时容易相互影响，故停机会增大，降低了供电的可靠性；为了保证继电保护装置有选择性地切除故障线路，必须延长靠近电源侧线路保护装置的动作时间，在出现故障时，故障电流存在时间增长，加大了电气设备故障时的负担，一般用于三级负荷供电。

(3) 环式电力网 环式电力网接线如图 1-9 所示。它的主要优点是：所用设备少，投资少；对每一负荷，可从两个方向供电，其线路路径不同，不易同时发生故障，供电可靠性较高；可开环运行，也可闭环运行，但闭环运行时，继电保护复杂，一般企业均采用开环运行方式。它的缺点是：环式电力网导线的截面是按故障时担负环网全部负荷考虑的，当负荷容量相差悬殊时，将使有色金属消耗量增大。

环式电力网适用于向各负荷容量相差较小、彼此之间相距较近、离电源都较远且对供电可靠性要求较高的重要用户供电。

3. 电力系统的电压

为了经济合理地利用国家资源，发电厂一般建在煤炭或水力资源丰富的地方，这样往往距离用电负荷中心较远，所以必须进行大容量、远距离的输电。但是，发电厂发出的电压较低（一般为 3.15 ~ 26kV），而大容量、远距离输电，采用高电压较为经济。因为采用高压输电不仅可节省有色金属、降低线路的电能损耗，而且还可以保证受电端的电压水平。这就要求将发电机发出的电压升压后再输送出去。

电力系统中的所有电气设备都是按照一定的标准电压设计和制造的，这个标准电压称为电气设备的额定电压。

(1) 电力网的额定电压 电力网的额定电压等级是根据国民经济发展和电力工业水平，经过全面技术分析后确定的，它是确定电力设备额定电压的基本依据。

(2) 用电设备的额定电压 用电设备的额定电压规定与电力网的额定电压相同。

(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为 $\pm 5\%$ ，即整个线路允许有 10% 的电压损耗，为了维持线路首末两端的电压平均值满足额定值，线路首端电压应较电力网额定电压高 5%，如图 1-10 所示。发电机是接在线路首端的，因此规定发电机

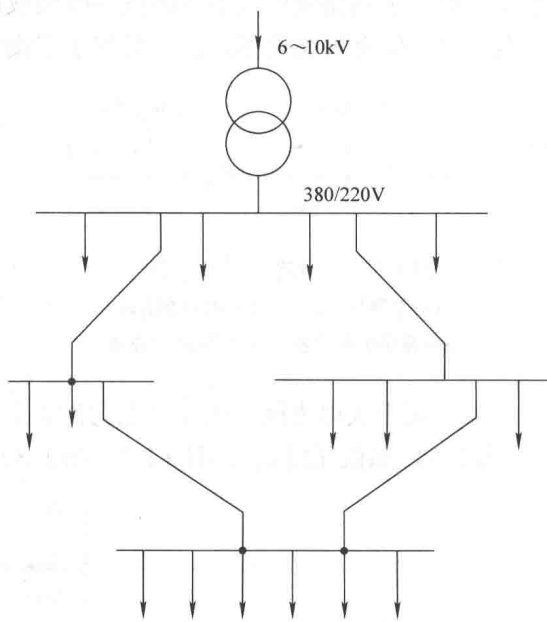


图 1-9 环式电力网接线

额定电压高于所供电力网额定电压 5%。

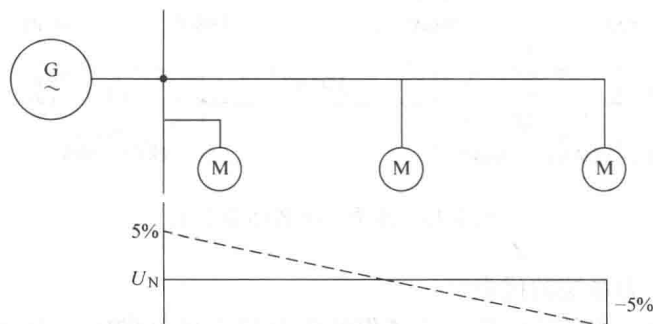


图 1-10 用电设备和发电机的额定电压

为了便于批量生产和统一供电，国家规定了标准的额定电压等级，见表 1-1。

表 1-1 国家标准额定电压 (单位: kV)

电力网和用电设备的额定电压			发电机的额定电压		变压器的额定电压			
直流	三相交流		交流	三相交流	交流			
	线电压	相电压		线电压	三相		单相	
					一次绕组	二次绕组	一次绕组	二次绕组
0.22	0.22	0.127	0.23	0.23	0.22	(0.23)	0.22	0.23
—	0.38	0.22	—	0.40	0.38	0.4	0.38	—
0.44	—	—	—	—	—	—	—	—
—	3.0	—	—	3.15	3.0, 3.15 *	3.15, 3.3 *	—	—
—	6.0	—	—	6.3	6.0, 6.3 *	6.3, 6.6 *	—	—
—	10	—	—	10.5	10, 10.5 *	10.5, 11 *	—	—
—	—	—	13.8, 15.75	—	13.8, 15.75	—	—	—
—	—	—	18, 20, 24, 26	—	18, 20, 24, 26	—	—	—
—	35	—	—	—	35	38.5	—	—
—	63	—	—	—	63	66	—	—
—	110	—	—	—	110	121	—	—
—	220	—	—	—	220	242	—	—
—	330	—	—	—	330	363	—	—
—	500	—	—	—	500	550	—	—

- 注：1. 本表括号内的数字只用于井下或其他安全要求较高的场所。
2. “*”号所标数据说明：一次绕组电压为 3.15kV、6.3kV、10.5kV 的变压器，适用于直接接于发电机出线上；二次绕组电压为 3.3kV、6.6kV、11kV 的变压器，适用于供电半径大的场合。

(4) 电力变压器的电压 电力系统各环节电压如图 1-11 所示。

电力变压器一次绕组的电压与所接电源的电压相同。二次绕组的电压，当接输电网时，比输电网额定电压高 10%；当接配电网时，比设备额定电压高 5%。

企业供电电压的选择，取决于企业附近电源电压、用电设备电压、用电设备容量及供电距离。从供电经济性考虑，供电距离越远、输送功率越大，采用的电压等级越高。

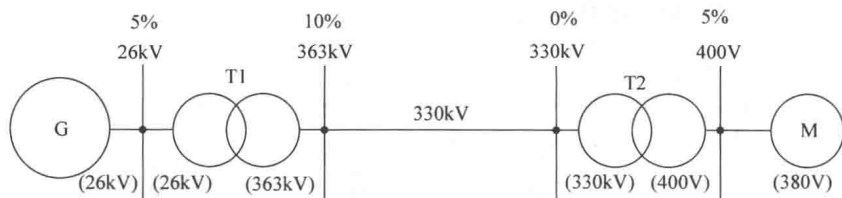


图 1-11 电力系统各环节电压

4. 庞大的供电电力系统的优点

(1) 能减少系统中的备用容量 为了保证能对用户可靠供电，无论是孤立电厂还是大型电力系统，都需要有检修备用容量和事故备用容量。在孤立电站中，备用容量不应小于电站最大机组容量（可能达到电站总容量的 30% ~ 40%）。在大型电力系统中，所有发电厂的发电机通过并网连接在一起并列运行，备用容量只需系统总容量的 20%，其中负荷备用容量占 2% ~ 5%，事故备用容量占 10% 左右，检修备用容量占 8% 左右。显然，并网运行时电力系统的备用容量比各孤立电站备用容量的总和明显减少。

(2) 能发展大容量机组 组成大型电力系统后，总负荷增大，因此可以装设大容量机组。大容量机组效率高，每千瓦投资和维护费用都比多台小机组经济。

(3) 能充分利用能源 建成大型电力系统后，就可以将发电站建造在能源丰富的地区，如在煤矿附近建立巨型坑口电站，在水能资源集中的地方建立大型水力发电站等。

(4) 能提高供电可靠性 在电力系统中，由于是多网络联合供电，并列运行的机组台数较多，即使个别机组或网络发生故障，其他机组或供电网络仍可以在出力允许的情况下多带负荷，因此提高了供电可靠性。

(5) 能提高电能质量 电能质量用频率和电压来衡量，其数值应根据规程要求保持在一定的允许变动范围内。构成大型电力系统后系统容量大，因此由于负荷波动引起的频率和电压波动就会减小，电能质量得以提高。

(6) 能提高运行的经济性 建立大型电力系统后，除了充分利用动力资源可以提高运行的经济性外，在系统中还可以经济合理地分配各发电厂或各机组的负荷，使运行经济、效率高的机组多带负荷，效率低、发供电成本高的机组少带负荷，从而降低生产电能的成本。

二、接地保护

电气装置的任何部分与大地作良好的电气连接，这种接线连接关系叫做接地。用来直接与土壤接触并具有一定散流电阻的一个或多个金属导体组，称为接地体、接地棒或接地极。电气设备接地部分与接地体之间连接用的金属导体，称为接地线。接地装置是埋在地下的接地体和与其相连的接地线的总称。

接地体与土壤接触时，接地体的对地流散电阻，称为流散电阻。而接地线电阻、接地体电阻及流散电阻之和，称为接地电阻。其中，接地体、接地线电阻甚小，可忽略不计，故可以认为接地电阻等于流散电阻。

1. 工作接地

为了确保电力系统中电气设备在任何情况下都能安全、可靠地运行，要求电力系统中某一点必须用导体与接地体相连接，称为工作接地。如电源中性点的直接接地或经消弧线圈的

接地、绝缘监视装置和漏电保护装置的接地等都属于工作接地。

各种工作接地都有各自的作用。例如,电源中性点的直接接地,能在运行中维持三相系统对地电压不变;电源中性点经消弧线圈的接地,能在单相接地时消除接地点的断续电弧,防止系统出现过电压。

2. 保护接地

为防止人触及电气设备因绝缘损坏而带电的外露金属部分造成人身触电事故,将电气设备中所有正常时不带电、绝缘损坏时可能带电的外露部分接地,称为保护接地。

3. IT 系统、TN 系统和 TT 系统

根据电源中性点对地绝缘状态的不同,接地系统可分为 IT 系统、TN 系统和 TT 系统。第一个字母为 I,表示配电网不接地或经高阻抗接地,如为 T 则表示配电网低压中性点直接接地。第二个字母为 T,表示电气设备外壳接地,如为 N 则表示电气设备在正常情况下不带电的金属部分与配电网中性点之间金属性的连接。

(1) IT 系统 IT 系统是在中性点不接地或通过阻抗接地的系统中,将电气设备正常情况下不带电的外露金属部分直接接地。矿井井下全部采用这种保护接地系统。

若系统中没有装设保护接地,如图 1-12a 所示,当电气设备发生一相碰壳接地故障时,若人体触及带电外壳,则电流经过人体流入大地,再经其他两相对地绝缘电阻和对地分布电容流回电源。当线路对地绝缘电阻显著下降,或电网对地分布电容较大时,通过人体的电流将远远超过安全极限值,对人的生命构成了极大的威胁。

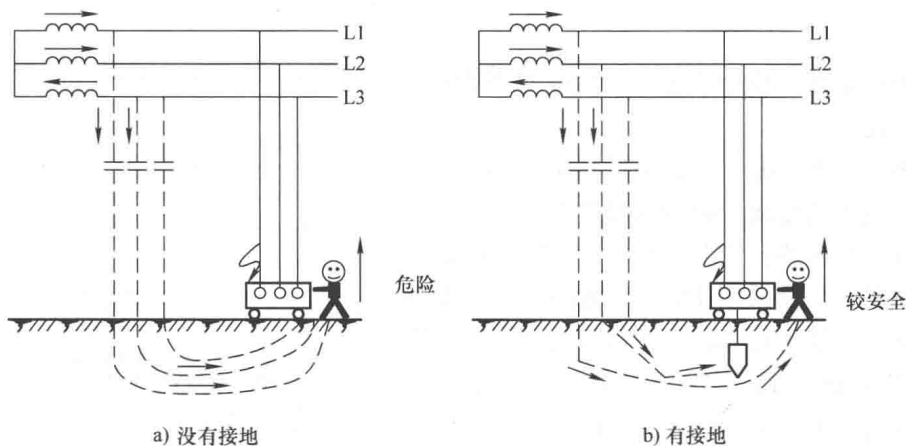


图 1-12 保护接地装置的作用

若装设保护接地装置,如图 1-12b 所示。当人触及碰壳接地的设备外壳时,接地电流将同时通过人体和接地装置流入大地,经另外两相对地绝缘电阻和对地分布电容流回电源。由于接地电阻比人体电阻小得多,所以接地装置有很强的分流作用,使通过人体的触电电流大大减小,从而降低了人体触电的危险性。

由于接地电阻与人体电阻是并联关系,所以接地电阻 R_E 越小,流过人体的电流也就越小。为了将流过人身的电流限制在一定范围之内,必须将接地电阻限制在一定数值以下。

当人体接触到带电的金属外壳时,人体接触部分与站立点之间的电位差叫做接触电压。人在接地电流流经的周围站立或行走,虽未接触设备,但由于两脚位置不同而使两脚之间存在的电位差,叫做跨步电压。接触电压和跨步电压均不能高于安全电压。

(2) TN 系统 TN 系统分为下面三种, 如图 1-13 所示。

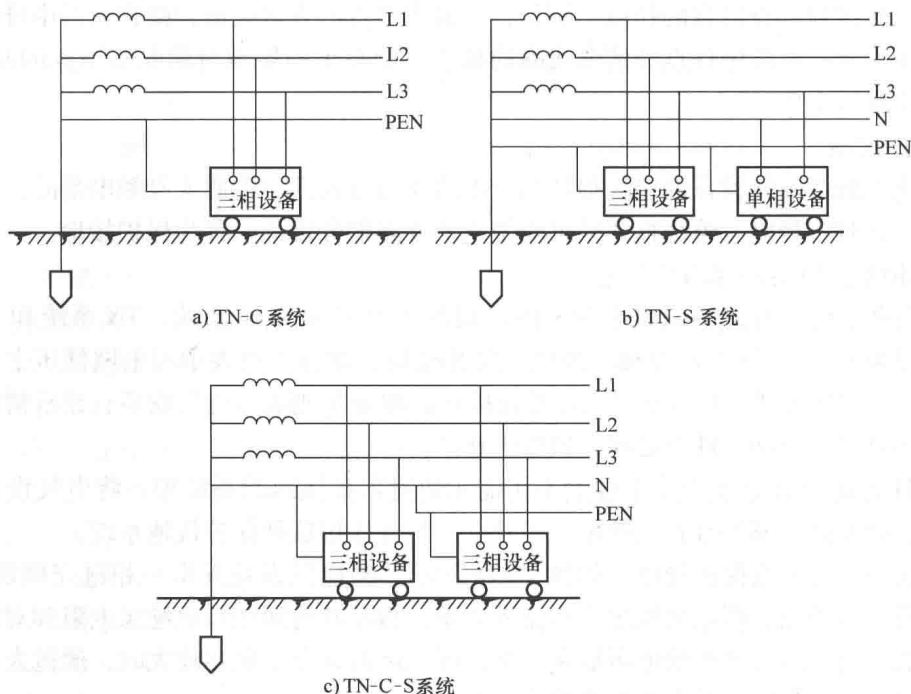


图 1-13 TN 系统

1) TN-C 系统: 整个系统的中性线 N 与保护线 PE 是合在一起的, 电气设备不带电金属部分与之相连。

2) TN-S 系统: 配电线路中性线 N 与保护线 PE 分开, 电气设备的金属外壳接在保护线 PE 上。

3) TN-C-S 系统: 它是 TN-C 和 TN-S 系统的综合, 电气设备大部分采用 TN-C 系统接线, 在设备有特殊要求场合局部采用专设保护线接成 TN-S 形式。

(3) TT 系统 TT 系统是在中性点直接接地系统中, 将电气设备金属外壳, 通过与系统接线装置无关的独立接地体直接接地, 如图 1-14 所示。

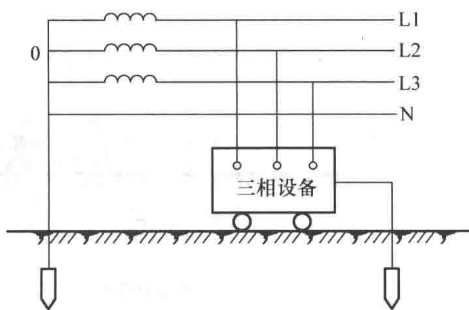


图 1-14 TT 方式保护接地系统

如果设备的外露可导电部分未接地, 则当设备发生一相碰壳接地故障时, 外露可导电部分就要带上危险的相电压。由于故障设备与大地接触不良, 这一单相故障电流较小, 通常不足以使电路中的过电流保护装置动作, 因而也就不能切除故障电源。这样, 当人体触及带电的设备外壳时, 加在人体上的就是相电压, 触电电流大大超过极限安全值, 增大了触电的危险性。

如果将设备的外露可导电部分直接接地, 则当设备发生一相碰壳接地故障时, 通过接地装置形成单相短路。这一短路电流通常可使故障设备电路中的过电流保护装置动作, 迅速切除故障设备, 从而大大减少了人体触电的危险。即使在故障未切除时人体触及故障设备的外露可导电部分, 也由于人体电阻远大于保护接地电阻, 因此通过人体的电流也比较小, 对人

体的危害性相对也较小。

但在这种系统中,如果电气设备的容量较大,这一单相接地短路电流将不能使线路的保护装置动作,故障将一直存在下去,使电气设备的外壳带有一个危险的对地电压。例如,保护某一电气设备的熔体额定电流为 30 A,保护接地电阻和中性点工作接地电阻均为 4Ω 时,当该设备发生单相碰壳时,其短路电流仅为 27.5 A (设相电压为 220 V),不能熔断 30 A 的熔体。这时,电气设备外壳的对地电压为 110 V,远远超出了安全电压。所以 TT 系统只适用于功率不大的设备,或作为精密电子仪器设备的屏蔽接地。为了克服上述缺点,还应在线路上装设漏电保护装置。

1) 漏电保护。在单相供电线路上,设有一个单相漏电保护器,其电源相线与中性线一起穿过保护器的零序电流互感器,因为相线与中性线的电流大小相等、方向相反,在零序电流互感器中产生的磁动势为零,不能使零序电流互感器输出信号,所以无动作;当漏电时,两电流不再相等,互感器中产生磁动势,线圈输出信号并放大,控制脱扣线圈动作,切断电源。如正常无故障,按下测试按钮,使电源电流与回路电流不再相等,也可使线圈动作脱扣,这样可以检测漏电保护是否能正常工作。其原理如图 1-15 所示。

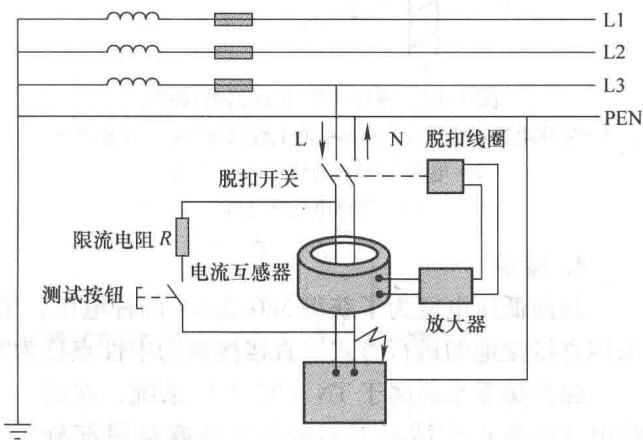


图 1-15 单相设备的漏电保护

三相漏电保护也是电源线路一起穿过零序线圈,当任一相漏电时使零序电流互感器产生磁动势,发生开关脱扣动作,保护电路及人身设备安全。

2) 零序电流保护。单相接地保护是利用系统发生单相接地时所产生的零序电流来实现的。

对于架空线路,一般采用有三个单位电流互感器同极性并联构成的零序电流过滤器,如图 1-16 所示。当三相对称运行时,流入继电器的电流等于零,只有当三相不对称运行时,零序电流才流过继电器,继电器动作并发出信号。

对于电缆馈出线,都采用专门的零序电流互感器,套在电缆头处,二次绕组在铁心上,并接到过电流继电器上,如图 1-17 所示。在正常运行及三相对称短路时,由于三相电流之和为零,在零序电流互感器二次侧不会感应出电流,继电器不动作;当发生单相接地时,产生零序电流,在互感器二次侧感应出电流,使继电器 KA 动作并发出信号。应注意的是,电缆头的接地引线必须穿过零序电流互感器后接地,否则将会使保护装置误动或拒动。采用零序电流互感器的零序电流保护原理接线图如图 1-18 所示。

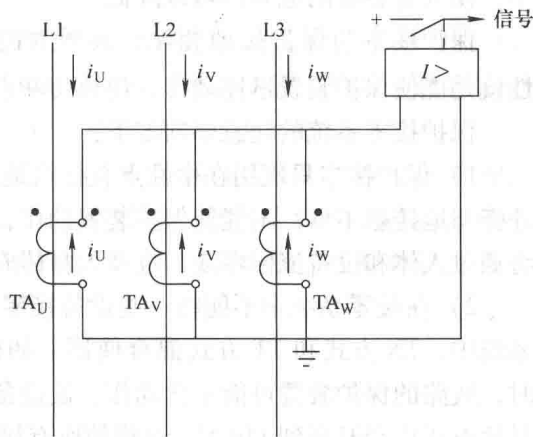


图 1-16 零序电流过滤器的接线