



建筑施工安全技术培训丛书

建筑施工用电 安全技术

主编 王志来

JIANZHU SHIGONG ANQUAN JISHU



中国劳动社会保障出版社

建筑施工安全技术培训丛书

建筑施工用电安全技术

主 编 王志来

编写人员 韩 宇 张银国 高志建

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工用电安全技术/王志来主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2008

建筑施工安全技术培训丛书

ISBN 978-7-5045-7333-9

I. 建… II. 王… III. 建筑工程-施工现场-用电管理-安全技术 IV. TU731.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 148686 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

新华书店经销

北京地质印刷厂印刷 三河市华东印刷装订厂装订
850 毫米×1168 毫米 32 开本 8.375 印张 191 千字

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

定价: 18.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

内 容 简 介

本书共分8章，主要内容有：用电基础知识、施工现场临时用电安全管理、现场配电及其线路防护设计、接地与接地装置的装设、防雷设计、手持电动工具、施工现场照明、案例分析。本书力求以简明扼要、深入浅出、通俗易懂的语言，针对建设工程施工现场安全生产管理人员、现场电工、电气设备操作工人以及其他工人的需求，以实用知识为主、兼顾基础知识，以技术知识为主、兼顾管理知识。此外本书给出了大量事故案例，并对事故案例逐一进行了详细分析。

本书是“安博士建筑施工安全技术培训系列丛书”之一，既可作为建筑施工企业负责人、项目负责人、专职安全生产管理人员的安全生产培训用书，也可作为土木工程技术人员、监理人员的必备参考书。

进一步提高对安全生产工作重要性的认识*

党中央和国务院高度重视安全生产工作。党的十六届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》(以下简称《建议》)将安全生产工作作为重要方面加以强调。胡锦涛总书记、温家宝总理多次就安全生产工作作出重要批示,要求我们以对人民群众高度负责的态度做好安全生产工作。

建筑安全生产直接涉及建筑劳动者的生命安全,与人民群众的根据利益息息相关。做好建筑施工安全生产工作,是建筑系统各级领导认真践行“三个代表”重要思想的直接体现,也是贯彻落实科学发展观和构建社会主义和谐社会的内在要求。党的十六届五中全会指出,必须坚持“节约发展、清洁发展、安全发展,实现可持续发展”,安全发展是科学发展观的重要内涵之一,科

* 本文摘自国家建设部黄卫副部长于2005年11月24日《在部分地区及有关城市建设行政主管部门负责人安全生产约谈会上的讲话》,在此作为“安博士建筑施工安全技术培训系列丛书”的代前言。本丛书共计七册:①土方工程施工安全技术;②脚手架工程安全技术;③建筑施工起重、吊装、拖运安全技术;④高处作业安全防护技术;⑤模板工程安全技术;⑥建筑施工用电安全技术;⑦建筑施工电气焊安全技术。在此,我们谨代表丛书作者对黄卫副部长给予的大力支持致以衷心的感谢。编者注。

学发展首先需要安全发展，各个经济领域和各行各业的发展都必须以安全为前提和保障。建筑业的健康、持续、快速发展，决不能以损害劳动者的生命安全和身体健康为代价。建筑业在为国民经济做出重要贡献的同时，必须保障安全生产，这样才能与全面建设小康社会的要求相适应。安全的发展还是构建社会主义和谐社会的重要内容，有能力切实保障社会成员的生命财产安全，正是一个社会文明、进步、和谐、发展的基本标志。

我们一定要认真贯彻落实党的十六届五中全会精神，贯彻落实党中央、国务院领导的重要指示，以科学发展观统领安全工作全局，科学认识和正确把握建筑安全生产的特点和规律，自觉履行法定职责，用好人民赋予的权力，警钟长鸣，常抓不懈，兢兢业业，求真务实，切实保障人民生命财产安全，为全面建设小康社会创造安全稳定的社会和经济环境。

中华人民共和国住房和城乡建设部副部长 黄卫

目 录

第一章 用电基础知识.....	(1)
第一节 电工基础知识.....	(1)
第二节 电气工程识图.....	(5)
第三节 电流和电压的测量.....	(23)
第四节 测量仪器.....	(28)
第二章 施工现场临时用电安全管理	(36)
第一节 临时用电安全管理概述.....	(36)
第二节 临时用电施工组织设计	(45)
第三节 安全用电措施.....	(54)
第四节 电气防火措施.....	(59)
第三章 现场配电及其线路防护设计.....	(61)
第一节 变配电所及自备电源.....	(61)
第二节 供电线路.....	(80)
第三节 配电箱与开关设计	(90)
第四节 外电线路防护.....	(104)
第四章 接地与接地装置的装设.....	(109)
第一节 接地及其分类.....	(109)

第二节	接地装置的装设及要求·····	(113)
第三节	接地电阻的测量·····	(122)
第五章	防雷设计·····	(125)
第一节	雷电的种类与危害·····	(125)
第二节	防雷装置·····	(129)
第三节	防雷措施·····	(135)
第六章	手持式电动工具·····	(139)
第一节	基本分类与结构·····	(139)
第二节	安全性能要求·····	(143)
第三节	安全技术措施·····	(148)
第四节	工具管理·····	(153)
第七章	施工现场照明·····	(156)
第一节	照明技术的基本概念·····	(156)
第二节	现场照明的一般要求·····	(163)
第三节	常用照明器的选择与安装·····	(164)
第四节	室内照明装置·····	(168)
第八章	案例分析·····	(171)
案例一	河南省新乡市某彩印厂工程触电事故·····	(171)
案例二	江西省赣州市某商住楼工程高压架空线路触电 事故·····	(174)
案例三	汕头市建安集团公司触电事故·····	(177)
案例四	河南省某化工厂触电事故·····	(179)
案例五	山东省滨州私人建筑工程高压触电事故·····	(181)

案例六 地坑照明未采用安全电压造成的触电死亡事故	(183)
案例七 临时线安装不规范造成的触电死亡事故.....	(184)
附录一 施工现场临时用电安全技术规范 (JGJ 46—2005).....	(186)
附录二 临时用电施工组织设计设计实例.....	(240)
参考文献.....	(258)

第一章 用电基础知识

第一节 电工基础知识

一、电路的作用及组成

电路是由电源、中间环节和负载组成的。中间环节是指导线、各种控制设备、保护设备、电缆等。电源是指发电机或电池等。负载是指各种用电设备。所以电路是由一些元件和设备组合起来为了完成某种功能的整体。

在电力及一般用电系统中，电路起着传输、分配和转换电能的作用。

平常所谓电，是指一种特殊的能量，称为电能，它能很方便地转换成其他形式的能量，如机械能、热能、光能、化学能等。欲进行电能的转换、传输和分配，必须把电气设备用导线连接起来，组装成电路才能实现。

应该注意，在电路的分析和计算中，开始时直接对象不一定是实际设备，而是理想化了的模型（如电阻、电感和电容等），然后再落实到实际的电气设备，这样可以用较少的精力获取较系统的知识，也有利于提高分析其他同类问题的能力。

二、电路的基本物理量

1. 电流

电路中的带电粒子（电子和离子）受到电源电场力的作用，

形成有规则的定向运动称为电流。为了衡量电流的大小，引用电流强度这一物理量，在工程上简称电流。

一般情况下，电流的大小是随着时间变化的，它是时间的函数，用符号 $i(t)$ 表示， i 是瞬时电流。如果在一段时间内电流的大小不变，就称为恒定电流，简称直流。直流电流用 I 表示，单位 A（安）。

2. 电位

电位是表征电场能量的一个物理量。静电场中某点的电位，等于单位正电荷在该点所具有的位能。用 φ 表示，单位 V（伏）。要确定电位能的大小，必须选择一个参考点作为比较的标准，通常把电路中的接地点或线路公共点定为 0 V，称为参考电位。电荷在电场内某点所具有的电位能也可以用电荷从该点到参考点时，电场力所做的功来表示。

电流方向的规定：在外电路是从高电位指向低电位时，方向为正，反之为负；在电源的内部则是电流的方向从低电位指向高电位时，方向为正，反之为负。

3. 电压

在电场中，电源电场力对运动的电荷做功，当电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功称为 ab 两点间的电压。用 U 表示，单位 V（伏）。辅助单位有 kV（千伏）、mV（毫伏）、 μ V（微伏）等。

对于参考点零电位来说，a 点的电位为 φ_a ，b 点的电位为 φ_b ，所以，ab 两点之间的电压，也就是 ab 两点电位之差。因此，电压也称电位差。电压的方向规定为从高电位指向低电位为正方向，所以电压也称作电压降。

4. 电动势

为了表征在电源的内部外力做功的本领，引入电动势这一物

理量。电动势定义为：在电源内部，外力把单位正电荷从电源负极移向正极所做的功，用 E 表示，单位 V。如果外力把 1C（库仑）电荷从负极移到正极，所做的功就是 1 V。电动势的方向在电源内部从负极指向正极，在电源外部从正极指向负极。

电动势的大小和方向都不随时间而变化的电源是直流电源，电动势的大小和方向随时间而做周期性变化的电源称为交流电源。

5. 电能

当电流通过电路时，电路内将发生能量转换。在电源内部，外力不断地克服电场力驱使正负电荷分别向电源两极移动而做功，从而把其他形式的能转换成电能。在外电路，电荷不断地通过负载，把电能转换成其他形式的能，如光能、热能和机械能等。

6. 电功率

在单位时间内电路中产生的或者消耗的电能，称为电功率，简称功率，用 P 表示，单位 W。

7. 电阻

电荷在导体内流动必然受到导体内离子的阻力，这种阻力称为电阻，用 R 表示，单位为 Ω 。

实验证明，在一定温度下，对某一种材料，电阻 R 与其长度 L 成正比，与其截面积 S 成反比。

三、电路的工作状态

电路在运行中只要导体内有电流通过，导体就会发热，若导体电阻是 R ，电阻所消耗的电能全部变为热能 Q ，经过时间 t 秒，其热量为 $Q = I^2 R t$ 。

建筑工程中有些负载是利用导体热效应工作的，如电焊和白炽灯等，但是多数情况发热是有害的，影响设备的使用寿命。为此，对电路的三种工作状态分析如下：

1. 开路状态

电路的开关断开的状态，称为开路。其特征是电流为零，电源端电压值就是电源两端的电动势。一般应在开路状态检修线路，这种状态电路不工作也不发热。

2. 短路状态

当电路中有电压的两点被没有负载的导线连接时，称为短路。其特征是：电流很大，根据电流的热效应，导体所消耗的电能为

$$A = IUt = I^2 Rt$$

若电阻消耗的电全部转换成热能 ($Q = I^2 Rt$ 焦耳)，会烧坏绝缘，损坏设备。可利用短路电流发出的高温进行金属焊接等。

3. 额定工作状态

用电设备一般都规定有额定电流，额定电流是电气设备长时间工作所容许通过的最大电流。用 I_N 表示。当实际电流小于 I_N 时称为轻载，大于 I_N 时称为超载，等于 I_N 时称为满载。

在满载时，也就是额定工作状态。有些设备不标出额定电流而标出额定电压，即 U_N 或标出额定功率，即 P_N 。

四、基本定律

1. 欧姆定律

导体中电流 I 的大小与加在导体两端电压 U 成正比，而与导体的电阻 R 成反比。这个关系称为欧姆定律。欧姆定律是进行电路计算的最基本定律。

2. 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫第一定律——电流定律

基尔霍夫电流定律是用来确定连接在同一节点上的各支路电流间的关系的定律。由于电流的连续性和电荷不可能在电路中的任何一点上堆积或漏失，因此，在任一瞬间，对电路中任一节点，流入节点的支路电流之和必等于流出节点的支路电流之和。换句话说，任一节点上的支路电流的代数和恒等于零。

(2) 基尔霍夫第二定律——电压定律

基尔霍夫电压定律是用来确定一个回路中各段电压降和电动势间平衡关系的定律。如果从回路中任意某点出发，沿回路任一方向循行一周，则在这个方向上的电位升之和应该等于电位降之和。

利用上面的几个定律，可以分析供电线路中出现的一些现象和问题。综合应用基尔霍夫两定律可以计算复杂电路的电流或电压。

五、交流电源

大小和方向随时间做周期性变化的电压或电流，分别称为交流电压或交流电流，统称为交流电。以交流电的形式产生电能或供给电能的设备，称为交流电源。交流电源的应用极为广泛，例如土建施工中照明与动力所用的电源，工农业生产、工厂车间以及我们日常生活中所用的电源，几乎全都采用的是交流电源。电能的产生、输送、分配和使用绝大部分都采用交流电。如果有的地方需要使用直流电，就需要通过整流设备把交流电整流成为直流电。交流电最重要的特征是电流、电压或电流和电压的大小及方向随时间做周期性的变化。实用电网中使用的是电流和电压按正弦规律变化的交流电。

第二节 电气工程图识图

电气工程图是根据国家颁发的有关电气技术标准和通用图形符号绘制而成的。它是电气安装工程的“语言”，可以简明而直观地表达设计意图。有了它，施工技术人员就可以按设计意图编审工程概预算、编写施工组织设计，以便组织设备、材料的购置和指导施工；工人就可以按照图样进行安装、接线、运行、维修和检查电气设备。

电气工程图种类繁多，本节按照常见的工程项目，将电气工

程图分为电气系统图、二次接线图、动力和照明施工图等，分别介绍其表达方式、特点以及阅读的方法与步骤。

一、阅读电气工程图的基本知识

电气工程图种类很多，各有其特点和表达方式，各有规定画法和习惯画法，但有一些规则是共同的，如图形符号的应用和选择连接线的画法、项目代号和端子代号的标注等。还有许多基本的规定和格式是各种图样都应共同遵守的。

1. 图纸的幅面

图纸的幅面是指图纸短边和长边的尺寸。一般分为6种，即0号、1号、2号、3号、4号和5号。具体尺寸见表1—1。

表 1—1 图纸幅面

幅面代号	0	1	2	3	4	5
宽×长 (B×L)	84×1189	594×841	420×594	297×420	210×297	148×210
边宽 (c)	10	10	10	5	5	5
	(20)	(20)	(20)	(10)	(10)	(10)
装订测边宽 (a)	25	25	25	25	25	25

表1—1括弧中的数字为图纸不需装订时的边长尺寸 c 的数值。这时图纸的四个边宽尺寸均相同，即 a 和 c 一样。

2. 标题栏 (图标)

用以标注图纸名称、图号、比例、张次、日期及有关人员签署等内容的栏目，称为标题栏。

标题栏的方位一般是在图纸的下方或右下方。

标题栏中的文字方向为看图方向，即图中的说明、符号均以标题栏的文字方向为准。说明图中某项内容的位置，如在图纸的右上角或左下角，也应以标题栏为准，而不是相对图纸的装订边而言。

3. 图线

绘制电气工程图所用的各种线条统称为图线。为了使图形清

晰、含义清楚、绘图方便，国标中对图线的型式、宽度和间距都作了明确规定。对图线的宽度，国标推荐了以下系列：

0.25 mm、0.35 mm、0.5 mm、0.7 mm、1.0 mm、1.4 mm，其宽度是按 $\sqrt{2}$ （根号 2）的倍数递增的。它与绘图工具标准系列相适应。

通常，在同一张图上，只选用其中两种宽度的图线即可，并且粗线为细线的两倍。但在某些图中，可能需要两种以上宽度的图线，在这种情况下，线的宽度应以 2 的倍数依次递增。例如，选用 0.35 mm，0.7 mm 和 1.4 mm 三种图线。

对于图线的间距，考虑到复制和缩微的需要，建议平行线间的最小间距不小于粗线宽度的两倍，且不得小于 0.7 mm。

4. 字体

汉字、字母和数字是图的重要组成部分，因此要求字体端正、笔划清楚、排列整齐、间距均匀。汉字采用长仿宋体。字母和数字可以用正体，也可以用斜体。字体的高度（单位为毫米）分为 20、14、10、7、5、3.5 等几种。字体的宽度约等于字体高度的 $2/3$ 。

二、电气系统图

电气系统图是表示电能输送路径的图，所以又称为电能输送图。电能亦可理解为主电流或称一次电流，主电流或一次电流流经的各元件，如发电机、变压器、导线、控制和保护设备以及用电设备亦称为一次设备（注意，这里的一次不是指变压器的一次侧）。因此，电气系统图是指一次设备按一定顺序连成的电路图，也称为电气主接线图。

电气系统图只表示各元件的连接关系，不表示元件的形状、安装位置和具体接线方法。为了简明起见，电气系统图往往采用单线图，只有 380/220 V 低压配电系统图才部分地采用三线图或

三相四线图。

电气系统图应集中反映动力及照明设备的安装容量、计算容量、计算电流、配电方式、导线与电缆的型号和数量及截面积、导线与电缆的敷设方式和穿管的管径及材料、开关与熔断器的型号规格等。

电气系统图是作为供电规划设计、进行有关电气计算、选择主要电气设备、拟定配电装置的布置和安装位置的主要依据。它在整套图纸中占有重要的地位，所以它也是一整排电气工程图的首张图纸。

电气系统图中常出现“母线”，母线又称汇流排，变压器与各用户的馈电线之间为保证工作可靠、灵活，常采用母线制方式连接。在原理上母线只相当于电路中的一个电气节点，但它起着集中变压器的电能并分配给各用户的作用。母线结线有分段和不分段之分，又有单母线结线和双母线结线之分。

电气系统图可以反映一项大工程的供电关系，也可以反映一小区域，一项小工程，甚至是某一用电设备的供电关系。所以，电气系统图所包含的内容多少不一。

为了使读者能由浅入深地阅读电气系统图，我们按高压配电系统、10/0.4 kV 配电变压器电气系统、低压电气系统和综合供电电气系统图的顺序加以介绍。

1. 6 kV、10 kV 高压配电电气系统图

在一些用电量很大的工程中，高压线必须接入现场中，采用 6 kV、10 kV 高压配电。其配电电压一般为 10 kV，当证明 6 kV 确有显著优越性时也可采用。在个别情况下，也可同时采用 6 kV 和 10 kV 两种不同电压配电。

常见的高压配电系统如图 1—1 所示。图 1—1a 所示为架空线路的单回路树干式供电系统。它适用于三级负荷配电。每条线