北京市住房和城乡建设行业专业人员岗位考核培训教材

电 气 施 工 员

DIAN QI SHI GONG YUAN

岗 位 实 务

付正信 主编

北京市建设教育协会

《北京市住房和城乡建设行业专业人员岗位考核培训教材》编委会

编 委 会 顾 问　王宗礼　朱和平　林　　寿

编 委 会 主 任　涂克保

编委会副主任　甄兰琼　史爱武

编 委 会 委 员（按姓氏笔画排列）

于　扬　文孔越　王玉恒　王建民　冯小川

付正信　纪士斌　刘小军　刘哲生　李　冬

李　坚　庄俊文　汪小英　杨纯仪　郑学中

张建红　张宏鹏　国麟岩　郭继武　谭　祺

教材修订说明

为进一步提高北京市建设行业专业人员的业务水平，确保工程质量和安全生产，北京市建设教育协会根据北京市住房和城乡建设委员会公布的“北京市住房和城乡建设行业专业人员培训考核大纲”，结合我市建设行业的现状和发展，牵头组织修订了《北京市住房和城乡建设行业专业人员岗位考核培训教材》。

该教材的修订，本着“结合实际、科学管理、突出实用”的指导原则，紧紧围绕专业人才培养目标，以胜任职业岗位需要为出发点，突出理论知识的应用，重视职业能力的培养。

该教材内容符合《建筑与市政工程施工现场专业人员职业标准》和北京市建设行业施工现场实际情况的要求。其修订特点是引进了真实的工作流程和任务，援引真实的企业案例，使学员通过学习，能够对新知识、新技术、新工艺、新方法等有进一步的认识。该教材除了可作为岗位考核培训教材外，也可作为施工现场专业人员的学习参考用书。

该教材在修订过程中，得到了北京建筑业人力资源协会、北京市政工程行业协会、北京市建筑装饰协会、北京市城建科技促进会、北京市建设监理协会、北京建设工程质量检测和房屋建筑安全鉴定行业协会和本市有关建筑施工企业集团的帮助和支持，在此一并致谢。

由于修订时间紧迫，该教材难免有不妥或疏漏之处，恳请各位学员和广大读者多提宝贵意见。

北京市建设教育协会

2013 年 4 月

前　　言

根据住房和城乡建设部颁布的《建筑与市政工程施工现场专业人员职业标准》（JGJ/T 250—2011）要求，结合北京市建设行业实际情况，为做好北京市住房和城乡建设行业专业人员的岗位培训工作，提高从业人员的职业素质和专业技能水平，参照最新颁布的新标准、新规范，新大纲，以岗位所需的专业知识和能力编写了本教材。本教材为北京市住房和城乡建设行业专业人员岗位考核培训教材之一，适用于电气施工员岗位培训。

本教材紧扣北京市住房和城乡建设行业专业人员新编培训考核大纲，以够用、实用为目标，教材内容浅显易懂，采用丰富的图片、图样，使表达直观化。本教材主要内容包括：电路基础知识、电气识图基础知识、电气工程测量仪表、建筑供电、建筑电气设备、建筑电气工程施工与管理、安全用电。

本教材特点：从专业人员职业培训需要出发，以相关培训考核大纲为依据，力求体现行业特点，既重视专业基础理论，更注重职业能力培养，内容强调科学性、先进性和实用性。

本教材在编著过程中，得到了参编人员徐第的大力帮助，在此表示衷心的感谢。

编　者

2013 年 4 月

目　　录

第一章　电路基础知识 …… 1
第一节　直流电路 …… 1
一、静电 …… 1
二、电流 …… 1
三、直流电 …… 1
四、电路 …… 1
五、电位和电压 …… 2
六、电阻 …… 2
七、电功率 …… 3
八、电能 …… 3
九、电路基本规律 …… 3
第二节　交流电路 …… 5
一、交流电 …… 5
二、正弦交流电的三要素 …… 5
三、交流电的有效值 …… 6
四、基本交流电路 …… 6
五、实际交流电路 …… 7
六、三相交流电 …… 8
七、三相四线制供电 …… 9
八、三相三线制供电 …… 9
九、负载的三角形连接 …… 9
十、负载的星形连接 …… 10
十一、三相电功率 …… 10
第三节　电子电路基本知识 …… 11
一、半导体材料 …… 11
二、P-N 结的单向导电性 …… 11
三、半导体二极管 …… 11
四、半导体三极管 …… 11
五、晶闸管 …… 12
六、集成电路 …… 12
第二章　电气识图基础知识 …… 13
第一节　电气工程图分类 …… 13
一、电气工程图的分类 …… 13
二、照明工程施工图 …… 14
三、外线与动力工程施工图 …… 15

四、建筑电气工程二次接线图 …… 16
第二节　常用图形符号 …… 17
第三章　电气工程测量仪表 …… 33
第一节　分类及选择 …… 33
一、仪表的分类 …… 33
二、仪表的符号、标记 …… 33
三、电工仪表的选择 …… 34
第二节　仪表的工作原理及使用 …… 35
第四章　建筑供电 …… 44
第一节　供电电压 …… 44
一、有关电压定义 …… 44
二、电压等级 …… 44
三、供电质量 …… 44
四、电压选择 …… 46
五、额定电压 …… 47
第二节　配电系统接线 …… 48
一、供配电系统的组成 …… 48
二、配电系统的接线方式 …… 49
第三节　电源中性点运行方式 …… 52
一、高压中性点运行方式 …… 52
二、低压中性点运行方式 …… 54
第四节　负荷分级与供电要求 …… 56
一、负荷 …… 56
二、负荷的分类 …… 57
三、负荷分级 …… 57
四、供电要求 …… 58
第五节　负荷计算 …… 59
一、负荷计算的目的 …… 59
二、负荷曲线 …… 59
三、用“需要系数法”进行负荷计算 …… 61
四、选择变压器容量（S_e） …… 63
五、无功功率补偿 …… 64
第六节　高压系统主结线 …… 66
一、主结线 …… 66
二、单母线结线 …… 66
三、双母线结线 …… 67
四、变压器-线路单元结线 …… 68
五、桥式结线 …… 68
第七节　变配电所 …… 69
一、概述 …… 69

二、电气设备 …… 70
三、变压器 …… 71
四、操作电源 …… 72
五、布置 …… 72
六、备用电源及不间断电源 …… 73
七、对建筑的要求 …… 74
第八节　高压电气设备 …… 74
一、高压开关设备 …… 74
二、互感器 …… 79
三、高压开关柜 …… 82
四、箱式变电站 …… 83
第九节　短路故障 …… 84
一、短路的原因及后果 …… 84
二、短路种类 …… 84
第十节　继电保护 …… 85
一、概述 …… 85
二、常用的继电器 …… 86
三、线路保护 …… 89
四、变压器保护 …… 97
五、高压电动机保护 …… 99
第十一节　备用电源自动投入装置 …… 99
一、概述 …… 99
二、基本形式 …… 99
三、对 BZT 装置的基本要求 …… 100
四、低压交流电源 BZT 接线 …… 100
五、自动重合闸 …… 101
第十二节　低压开关柜 …… 102
第五章　建筑电气设备 …… 104
第一节　光学的基本知识 …… 104
一、物理量 …… 104
二、灯具参数 …… 105
第二节　电气照明 …… 106
一、电光源 …… 106
二、照明方式 …… 109
三、照明种类 …… 109
四、灯具的选择和分类 …… 110
五、照明设计要求 …… 111
六、照明灯具的安装 …… 112
七、其他照明设备的安装 …… 114
第三节　导线、电缆的选择 …… 115

一、选择原则…… 115
二、导线、电缆选择的计算方法…… 115
第四节　架空线路…… 118
一、架空线路的组成…… 118
二、导线的选择…… 120
三、架空线路的敷设…… 121
四、架空线路的型号及规格…… 121
五、杆上电器设备安装…… 122
第五节　电缆线路…… 122
一、电缆选择的原则…… 122
二、电缆的敷设…… 123
三、电缆型号…… 128
第六节　母线装置…… 129
一、母线的型号…… 129
二、母线安装…… 130
第七节　配管…… 131
一、配管型号…… 131
二、一般规定…… 131
三、配管敷设…… 132
第八节　配线…… 133
一、导线型号…… 133
二、一般规定…… 134
三、敷设方式…… 135
四、安全净距…… 137
五、导线的连接…… 138
第九节　插接式母线槽…… 139
第十节　防雷保护…… 139
一、过电压…… 139
二、名词解释…… 140
三、防雷措施…… 141
四、防雷设备…… 143
五、过电压保护装置…… 144
第十一节　接地系统…… 146
一、名词解释…… 146
二、接地种类…… 146
三、接地装置…… 146
第十二节　低压电器…… 148
一、配电箱…… 148
二、低压电器…… 150
三、低压保护设备…… 159

第十三节　电动机的起动与保护…… 162
一、笼型电动机起动方式的选择…… 162
二、绕线型异步电动机起动设备的选择…… 163
三、电动机保护电器的选择…… 163
第十四节　施工临时供电…… 164
一、临时供电设计…… 164
二、电源变压器容量的选择…… 165
三、临时供电平面设计…… 165
四、施工配电箱和开关箱…… 166
五、动力系统图的特点…… 169
六、施工电气设备…… 169
第六章　智能建筑…… 172
第一节　建筑智能化技术…… 172
一、建筑智能化…… 172
二、智能建筑（Intelligent Building）…… 172
三、智能建筑的构成…… 172
第二节　信息设施系统…… 173
一、电话系统…… 173
二、有线电视及卫星电视接收系统…… 174
三、综合布线系统…… 175
第三节　建筑设备管理系统…… 176
第四节　公共安全系统…… 178
一、火灾自动报警与联动控制系统…… 178
二、安全技术防范系统…… 179
第七章　建筑电气施工与管理…… 182
第一节　施工组织设计…… 182
一、施工组织与管理概述…… 182
二、施工组织设计…… 184
第二节　施工现场的技术管理…… 190
一、施工现场技术管理的含义、任务与内容…… 190
二、施工现场的技术基础工作…… 191
三、施工现场的重要技术工作…… 193
第三节　现场的工程质量管理…… 202
一、质量及质量管理的基本概念…… 202
二、全面质量管理（TQC）简介…… 203
三、北京市建筑安装工程质量的管理与监督…… 204
四、施工现场质量管理的基本制度…… 207
五、施工现场的质量管理…… 209
一、建筑工程质量验收要求…… 215
二、检验批合格条件…… 215

三、分项工程质量合格条件…… 217
四、分部（子分部）工程质量合格条件…… 218
第四节　现场安全与消防管理…… 222
一、安全生产的基本方针、法规与基本原则…… 222
二、工长（施工员）的安全生产职责…… 223
三、作业班组长及操作工人的安全生产职责…… 223
四、施工现场安全管理的基本工作…… 224
五、施工现场电气安装工程安全生产的六项纪律和应掌握的基本安全技术知识…… 225
六、建筑施工现场、电气安装工程及临时用电工程安全生产与安全用电的一般要求…… 226
七、电焊、汽焊作业的安全技术要求…… 228
八、建筑电气火灾的发生原因及预防措施…… 229
九、施工现场安全用火要求及防火措施…… 230
第五节　工程竣工验收…… 230
一、工程竣工的基本概念…… 230
二、竣工验收阶段的几项重要准备工作…… 231
三、工程竣工验收的程序步骤…… 234
四、工程的交付使用…… 235
第六节　电气工程预算管理…… 235
一、建筑安装工程定额的概念、性质与作用…… 235
二、建筑安装工程预算的编制…… 240
第八章　安全用电…… 245
第一节　触电及救护…… 245
一、触电形式…… 245
二、影响触电严重程度的因素…… 246
三、触电的规律…… 247
四、触电的救护…… 247
第二节　安全电压与电流…… 250
一、安全电流…… 250
二、安全电压和人体电阻…… 250
第三节　安全用电技术…… 252
一、触电防护基本措施…… 252
二、电气作业的安全措施…… 254
三、低压电气作业的安全措施…… 254
四、电气安全用具…… 255
五、建立完善的安全管理制度并严格执行…… 256
第四节　接地、接零和重复接地…… 256
一、保护接地…… 256
二、保护接零…… 259
三、工作接地…… 259

四、重复接地…… 260
第五节　漏电保护装置…… 261
一、种类及工作原理…… 261
二、漏电开关保护…… 261
三、安装与接线…… 262
四、漏电开关的选型…… 263
附录：北京市建筑工程电气施工员培训考核大纲（法律法规） …… 264
参考文献…… 269

第一章　电 路 基 础 知 识

第一节　直　流　电　路

一、静电

自然界的物体由物质组成，代表不同物质的最小粒子是原子，而原于是由原子核和核外电子组成。原子核带有一定量的正电荷，核外电子带有等量的负电荷，正电荷与负电荷相互中和，原子不显电性，物体也不显电性。

当核外电子受外部作用脱离了原子核，运动到其它原子上时，失去电子的原子显正电性，得到电子的原子显负电性，则物体带电。物体相互摩擦就会产生带电现象，称为静电。冬天穿脱化纤衣物时就会产生静电。

二、电流

电子不断受外部作用就会不断运动，电子有规则的定向运动，称作电流。

我们用电流强度来衡量电流的大小。电流强度简称电流。电流的基本单位是：安培（A），简称安。电流的符号为 I。

电流的派生单位有；千安（kA）、毫安（mA）、微安（μA）。

1 千安＝1000 安

1 安＝1000 毫安

1 毫安＝1000 微安

电流发生时，首先会发热，电流越大发热量越大。我们需要用电发热取暖就是利用了电流发热的作用。

电流发生时，电流的周围会产生磁场，电流越大磁场越强，我们所使用的用电作动力的机器设备，就是利用了电流与磁场的相互作用。

电流发生时还会有化学效应，利用电流的化学效应我们可以给各种充电电池充电。

三、直流电

我们规定正电荷的运动方向为电流的正方向。如果电流的大小和方向都不随时间变化，则称这种电流为直流电流。简称直流电。

直流电分正负极，使用时一定要分清。

四、电路

电流所经过的路径叫做电路。

电路由三个基本部分组成：电源、负载、导线，如图 1-1 所示。

1. 电源

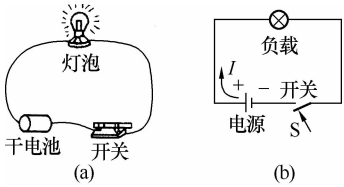

图 1-1　电路

（a）实物图；（b）电路图

电源是提供电能的装置。电源将其他形式的能量转变为电能，如发电机把机械能转变为电能，而干电池则是把化学能转变为电能。直流电源要分正负极。

2. 负载

负载是消耗电能的装置。负载将电能转变为其他形式的能量，如电动机把电能转变为机械能，而电炉则把电能转变为热能，电灯泡把电能转变光能。有些负载也分正负极，称为直流负载。

3. 导线

导线连接电源和负载，使其成为闭合回路，这样电荷才能在电源作用下，通过导线→负载→导线回到电源，进行定向运动形成电流。如果导线断开，电路中就没有电流。

在电路中还会出现开关、保险丝等电器，这些电器所起的作用和导线是相同的，是一段可以操作的导线，可以在需要的时候方便地切断或接通电路。

直流电源与直流负载连接时，电源的正极接负载的正极，电源的负极接负载的负极。这样的电路为直流电路。

五、电位和电压

电位反应了电荷在电路中运动时所处的位置，电源的正极为高电位，负极为低电位。正电荷从高电位向低电位运动，这恰好就是我们规定的电流的方向，也就是电流从高电位流向低电位。

如果电路两点间电位不同，这个电位的差值叫做电路两点间的电压。电压的单位是：伏特（V）。电压的符号为 U。

电压的派生单位有：千伏（kV）、毫伏（mV）、微伏（μV）。

1 千伏＝1000 伏

1 伏＝1000 毫伏

1 毫伏＝1000 微伏

在直流电路中，电压与电流的方向永远是一致的。但电路中电压是永远存在的，电路断开时，电源的两端和与电源连接的导线上都有电压，而电流的存在是有条件的，只有电路连通成为闭合电路时，电路中才有电流。所以在电路中没有电流时，不能说电路中没有电。例如我们把开关断开，电灯熄灭，电路中没有电流，但这时电路中是有电的。

六、电阻

电阻是电荷在物体中运动所受到的阻力，是物质本身具有的导电特性。自然界的物质按其导电特性分为容易导电的导体，如各类金属；不容易导电的绝缘体，如木材、橡胶、塑料；和介于二者之间的半导体，如硅、锗。

电阻的单位是：欧姆（Ω），简称欧。电阻的符号为 R。

电阻的派生单位有：千欧（kΩ），简称 k；兆欧（MΩ），简称兆。

1 千欧＝1000 欧姆

1 兆欧＝1000 千姆

七、电功率

负载在电路中要消耗电能，一个负载在单位时间内所消耗的电能，叫做电功率。

电功率的单位是：瓦特（W），简称瓦。电功率的符号为 P。

电功率的派生单位有：千瓦（kW）。

$$1\text{ 千瓦}=1000\text{ 瓦}$$

八、电能

负载工作一段时间所消耗的电能量叫做电能。

电能的单位是：千瓦·小时（kW·h），1 千瓦·小时电能就是平常所说的 1“度”电。

要想知道一个负载在工作一段时间以后所消耗的电能，可以用下式计算：

$$W=P\times t$$

九、电路基本规律

1. 电阻的串联电路

把两个或两个以上电阻首尾相接连成一串，中间没有分支，称电阻的串联电路。两个电阻串联的电路，如图 1-2 所示。

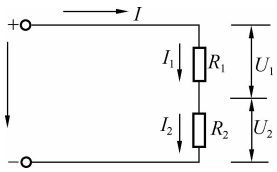

图 1-2　电阻串联电路

电阻串联电路的特点：

（1）串联电路中流过各个电阻的电流为同一个电流。

即：$I=I_1=I_2$

（2）串联电路的总电阻等于各串联电阻之和。

即：$R=R_1+R_2$

（3）串联电路两端的总电压等于各串联电阻上分电压之和。

即：$U=U_1+U_2$

（4）各串联电阻上分电压的大小与各电阻值的大小成正比。大电阻上电压高，而小电阻上电压低。

电阻串联电路的用途：

（1）希望增大电路的总电阻时，可以串联电阻。串得电阻越多，电路的总阻值越大。

（2）要从高电压中分出所需的低电压，可以串联大小比例适当的电阻，从小电阻的两端获得低电压。

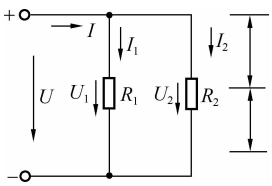

图 1-3　电阻的并联电路

2. 电阻的并联电路

把两个或两个以上电阻的首端接在一起，尾端接在一起，然后接在电路的两个端点上，称电阻的并联电路。两个电阻并联的电路，如图 1-3 所示。

电阻并联电路的特点：

（1）并联电路中各个电阻上所接的电压为同一个电压。

即；$U=U_1=U_2$

（2）并联电路中的总电流，等于各个电阻上的电流之和。

即：$I=I_1+I_2$

（3）并联电路总电阻的倒数，等于各并联电阻倒数之和。

即：$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$

（4）各个并联电阻上的电流的大小，与各个电阻的阻值的大小成反比。大电阻上的电流小，而小电阻上的电流大。

电阻并联电路的用途：

（1）希望减小电路的总电阻，可以在电路上并联电阻。并联的电阻越多，总电阻的阻值越小。

（2）希望各个电阻接在同一个电压上，各个电阻采用并联方式连接，生活中的电灯相互间就是并联关系。

（3）要从大电流中分出所需要的小电流，可以并联大小比例适当的电阻，从大电阻的电路中获得小电流。

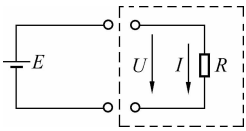

图 1-4　部分电路

3. 部分电路欧姆定律

部分电路是指不含电源的一段电路，如图 1-4 所示。

部分电路欧姆定律：流过一段导体中的电流，与加在这段导体两端的电压大小成正比，与这段导体的电阻大小成反比。

用数学式表示为：$I=\frac{U}{R}$

也可以变形为：$U=IR$；$R=\frac{U}{I}$

使用欧姆定律时必须注意公式中的 I、U、R 必须是同一段电路上的电量。

4. 功率公式

电功率是一个间接电量，它的值等于负载两端电压与负载中电流的乘积。

即：$P=UI$

与欧姆定律结合，可以得到下面形式的公式：

$$P=I^2R;P=\frac{U^2}{R}$$

5. 电路的状态

（1）额定工作状态

任何电器设备在设计时为了保证电器设备能正常运行，都规定了一些额定值，最主要的有额定电压、额定电流和额定功率。电器设备按照设计的额定值条件运行是最经济合理、最安全可靠的，这时的工作状态就称作电器设备的额定状态。

三个额定值中起决定作用的是额定电压，电器设备一经制造完成后，它的电阻值是不会改变的，电器在额定电压下工作，他的电流就是额定电流，这时的功率就是额定功率。这时的工作状态就是额定工作状态。

（2）正常工作状态

在实际使用中，电器设备所承受的实际电压允许在一定范围内波动，这时的电流将是实际电流，而功率也将是实际功率，它们与额定值会有一定的偏差。

可以通过额定电压和额定电流，计算得出电器设备的电阻值。然后根据实际电压计算实际电流和实际功率。

（3）过载

如果电路中的电流超过额定工作电流允许的波动范围，这种状态称作过载。电路过载时