

供用电工人技能手册

装表接电

中国电机工程学会城市供电专业委员会 组编
上海久隆电力科技有限公司 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

供用电工人技能手册

装表接电

中国电机工程学会城市供电专业委员会 组编
上海久隆电力科技有限公司 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

为满足供用电人员职业技能鉴定及日常工作的需要,依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》和相关规程标准的规定,并结合供用电生产实际情况,中国电机工程学会城市供电专委会和中国电力出版社共同组织编写了一套《供用电工人技能手册》。本套手册以简明扼要的形式,对职业技能鉴定所必备的知识 and 技能要求予以精炼,以便供用电人员在工作中查用,以增强操作技能,提高技术素质。

本分册是《供用电工人技能手册》之一,全书共8章,主要内容包括电工基础知识,电工仪表及测量、基本操作技能,供用电知识、量配电装置、用户接电、电能计量表、计量装置接线分析与故障检查。

本分册是装表接电工的职业技能鉴定和日常工作的必备工具书,也可作为装表接电专业技术人员和管理人员等参考工具书。

图书在版编目(CIP)数据

装表接电/上海久隆电力科技有限公司编. —北京:
中国电力出版社, 2004

(供用电工人技能手册/中国电机工程学会城市供电专
业委员会组编)

ISBN 7-5083-2235-5

I. 装… II. 上… III. 电工-基本知识 IV. TM05

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第026803号

中国电力出版社出版、发行

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

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

2004年10月第一版 2004年10月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 8.75印张 259千字

印数0001—3000册 定价20.00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)

《供用电工人技能手册》

编 委 会

主任委员：宗 健

副主任委员：朱良镞（常务） 刘铭刚 陈效杰

孙秉正 杨元峰

编委委员：蒋晓华 尹庆福 程亚平 陈延宁

姜 芸 陈海波 王宏毅 郭宏山

关 城 肖 兰 张 涛

为了配合全国供电企业的职业技能鉴定工作,满足供用电人员职业技能鉴定及日常工作的需要,中国电机工程学会城市供电专委会和中国电力出版社根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》和相关规程标准的规定,并结合供用电生产实际情况,组织编写了一套《供用电工人技能手册》。这是一套全国供用电企业生产人员在日常工作和现场作业时必备的工具书。

本套手册是经供电专家的充分酝酿和集体推荐,确定了由一批业内有影响的企业单位推举的约20多位有扎实理论基础、有丰富实践经验的专家担任各分册的主编。同时,在各有关单位的支持下,经过编写和审查人员的共同努力,认真完成了本套手册的编写和审查工作。

本套手册包括了职业技能鉴定规范中线路运行与检修、变电运行与检修、营业用电三个专业约十个主要工种,具体有:送电线路工、配电线路工、电力电缆工、内线安装工、变电带电检修工、变电检修工、变压器检修工、直流设备检修工、变电站值班员、继电保护工、电气试验工、电测仪表工、用电检查员、装表接电员、电能表修理工、电能表校验工等。

本套手册的内容,大部分是与相应工种的《职业技能鉴定规范》内容要求直接相对应,是以《职业技能鉴定规范》中的中级工鉴定内容为切入点,延伸到初级工、高级工、技师的鉴定内容,而且也充分注意到《职业技能鉴定规范》以外的、现场人员经常查用的重要知识,以及新设备、新技术、新工艺的推广应用。因此本套手册的内容定位,体现了符合现场量大面广的工作实际需要。

本套手册突出了“手册”的特点,对技能鉴定规范的知识要求内容进行了浓缩、精炼,对技能要求内容注意提炼出要点和关键内容,一方面力求易查、易懂,便于现场使用,另一方面力求在日常工作中能够夯实职业技能鉴定的基础,提高生产人员技术素质。

本套手册的编写工作得到了河北省电力公司、北京电力公司、上海久隆电力科技有限公司、太原供电局、郑州电业局、上海电缆输配电公司、上海超高压输变电公司、上海电力公司表计厂、上海电力变压器修造厂有

限公司等单位的大力支持，在此表示衷心的感谢！

《供用电工人技能手册》编委会
2004年1月

本书为《供用电工人技能手册》装表接电分册，结合《职业技能鉴定规范》和工作实践编写，侧重于装表接电工的操作技能和应用知识，内容包括电工基础、电工仪表及测量、基本操作技能、供用电知识、量配电装置、用户接电、电能计量表、计量装置接线分析及故障检查等方面，以便于装接工及其他相关人员工作时查阅对照，帮助装接工掌握《职业技能鉴定规范》中要求的部分知识和技能。

本手册内容以中高级装表接电工为主要适用对象，兼顾初级和技师装表接电工的需要。

本手册主要由罗佑娥老师编写，其中第一章由冯国庆老师编写，第四章第七节及第五章中有关高压开关部分由倪景浩同志编写。他们均有一定实践经验并长期从事装接工职业技能鉴定和培训工作。本手册还得到郑正仪及陈效杰两位高级工程师的支持和参与，在此表示衷心感谢！

由于水平有限，经验不足，本手册在内容取舍、表达方式、系统组织等方面必定存在不足乃至谬误之处，敬请读者批评指正。

上海久隆电力科技有限公司

2004年7月20日

前言

第一章 电工基础	1
第一节 简单直流电路	1
一、电路的组成 (1) 二、电路的状态 (1) 三、电路图 (1) 四、电流 (1) 五、电压 (2) 六、电阻和电导 (2) 七、电源电动势 (3) 八、欧姆定律 (3) 九、电阻的连接 (4) 十、电功和电功率 (5) 十一、焦耳—楞次定律 (6)	
第二节 复杂直流电路	6
一、基尔霍夫定律 (6) 二、复杂直流电路的一般解法 (7) 三、星形电阻网络与三角形电阻网络的等效变换 (8) 四、电压源、电流源及其等效变换 (9) 五、叠加原理 (11) 六、戴维南定理 (11)	
第三节 电容器	12
一、电容器和电容 (12) 二、电容器的连接 (13)	
第四节 磁场和电磁感应	14
一、磁场的基本知识 (14) 二、电流的磁场效应 (14) 三、磁场对电流的作用 (15) 四、铁磁性材料 (16) 五、电磁感应 (17)	
第五节 正弦交流电	17
一、表征交流电的物理量 (17) 二、交流电的表示法 (19) 三、纯电阻电路 (19) 四、纯电感电路 (20) 五、纯电容电路 (21) 六、电阻、电感和电容的串联电路 (21) 七、电阻、电感和电容的并联电路 (23)	
第六节 三相交流电	23
一、三相交流电的产生 (23) 二、三相电源的连接 (24) 三、三相负载的连接 (25) 四、三相负载的功率 (27)	
第七节 电子技术基础知识	27
一、半导体元件 (27) 二、整流稳压电路 (34)	

第二章 电工仪表及测量..... 40

第一节 电工仪表的分类及标设..... 40

一、电工仪表的分类 (40) 二、电工仪表的盘面常见符号 (41) 三、电测量指示仪表的误差及准确度 (41)

第二节 万用表..... 43

一、万用表的结构 (45) 二、万用表的测量原理 (45) 三、万用表的使用 (50)

第三节 钳形表与兆欧表..... 51

一、钳形表 (51) 二、兆欧表 (52)

第四节 功率表..... 55

一、功率表的结构 (55) 二、功率表的量限和示值 (55) 三、功率表的接线 (56) 四、三相有功功率的测量 (57)

第五节 相序的测量..... 58

一、相序的测量 (58) 二、SMC2000 型数字双钳位相位伏安表简介 (62)

第三章 基本操作技能..... 65

第一节 常用工具及使用..... 65

一、常用的电工工具 (65) 二、常用的登高工具 (67) 三、绝缘工具及登高工具的试验 (68) 四、接线鼻子 (69) 五、导线压接钳 (69)

第二节 导线的连接..... 70

一、导线的种类 (70) 二、导线截面的选择 (71) 三、导线线头的切削 (73) 四、导线的连接 (75)

第三节 线路电压降及电压损耗的计算..... 80

一、导线电阻的计算 (80) 二、导线感抗的计算 (81) 三、电力线路的等值电路和功率损耗 (81) 四、线损率的计算 (83) 五、线路电压损失的计算 (83)

第四章 供用电知识..... 85

第一节 电力系统知识..... 85

一、电力系统和电力网 (85) 二、电力生产的特点 (86) 三、对电力生产的要求 (86) 四、电力系统的电压 (87) 五、工

厂供电系统采用的电压等级及电力网的相色标志 (88)	
第二节 电力系统的运行方式	88
一、中性点不接地的电力系统 (89)	
二、中性点经消弧线圈接地的电力系统 (90)	
三、中性点直接接地的电力系统 (90)	
第三节 接地与防雷保护	91
一、接地 (91)	
二、接触电压与跨步电压 (92)	
三、零线与接零 (92)	
四、保护接地与保护接零 (92)	
五、配电系统接地方式的字母含义 (93)	
六、防雷保护 (93)	
第四节 电气安全	95
一、保证电气安全的组织措施与技术措施 (95)	
二、电流对人体的作用 (96)	
三、人体的触电方式 (96)	
四、触电的急救处理 (96)	
第五节 电力负荷	99
一、电力系统负荷 (99)	
二、用电负荷的分类 (99)	
三、电力负荷的估算 (100)	
第六节 电价与电费	101
一、电价的分类 (102)	
二、各类电价的实施范围 (102)	
三、两部制电价 (104)	
四、用户变更后的电量计算 (105)	
第七节 负荷监控装置	105
一、概述 (105)	
二、负荷控制终端的接线 (106)	
三、JSY-1B 失压计时器 (116)	

第五章 量配电装置 124

第一节 低压设备	124
一、低压熔断器 (124)	
二、低压刀开关 (126)	
三、空气断路器 (129)	
四、交流接触器 (132)	
第二节 高压设备	133
一、高压熔断器 (133)	
二、高压隔离开关 (134)	
三、高压负荷开关 (135)	
四、高压断路器 (136)	
第三节 电能计量柜	136
一、概述 (136)	
二、产品分类和型号 (136)	
三、用途 (137)	
四、计量方式 (137)	
五、安装前的检查 (137)	
第四节 电压互感器	138
一、电压互感器的结构及工作原理 (138)	
二、电压互感器的	

变比误差及相位差 (139)	三、电压互感器的误差特性 (140)
四、电压互感器的接线 (142)	五、电压互感器的主要技术参数 (144)
六、电压互感器的型号 (144)	七、电压互感器的选择 (145)
八、电压互感器使用注意事项 (146)	
第五节 电流互感器	146
一、电流互感器的结构及工作原理 (146)	二、电流互感器的变比误差及相位差 (147)
三、电流互感器的误差特性 (148)	四、电流互感器的接线 (148)
五、电流互感器的选择 (149)	六、电流互感器使用注意事项 (151)
第六节 特殊结构互感器的原理	152
一、双级电压互感器 (152)	二、零磁通电流互感器 (153)
第七节 量电与配电装置	153
一、量电装置 (153)	二、低压配电装置 (153)
三、NDR 型熔丝箱 (155)	四、电能表的安装 (156)
第八节 量电装置的原理图、展开图及安装图	159
一、看图的基本方法 (159)	二、原理接线图 (163)
三、展开接线图 (165)	四、安装接线图 (167)
第六章 用户接电	169
第一节 供电方式	169
一、供电方式 (169)	二、供电方式的确定 (169)
三、低压用户的计量方式 (169)	
第二节 电能计量装置分类及技术规范	170
一、电能计量装置分类 (170)	二、电能计量装置技术规范 (170)
第三节 接户线与进户线	172
一、接户线 (172)	二、进户线 (173)
三、进户点的选择 (174)	四、进户方式的选择 (175)
五、进户管 (175)	
第四节 电业与用户电气设备的责任分界点	176
一、380/220V 低压供电用户 (176)	二、高压供电用户 (176)
第七章 电能计量表	178
第一节 感应式电能表的结构及工作原理	178
一、感应式电能表的结构 (178)	二、感应式电能表的工作原

理 (179)	三、电能表常数 (181)	
第二节	电能表的型号含义和铭牌标志	182
一、	型号含义 (182)	
二、	铭牌标志 (183)	
三、	电子式电能表型号 (184)	
第三节	电能表的误差特性	185
一、	电能表的误差 (185)	
二、	电能表的负荷特性 (185)	
三、	影响电能表附加误差的因素 (186)	
四、	电能表的误差调整装置 (186)	
五、	电能表的灵敏度与潜动 (188)	
第四节	有功电能的测量	189
一、	单相有功电能的测量 (189)	
二、	三相三线电路有功电能的测量 (193)	
三、	三相四线电路有功电能的测量 (196)	
第五节	无功电能的测量	201
一、	无功功率对电力系统经济运行的影响 (201)	
二、	正弦型无功电能表 (202)	
三、	90°型无功电能表 (203)	
四、	60°型无功电能表 (204)	
第六节	损耗电能表	205
一、	铁损电能表 (205)	
二、	铜损电能表 (206)	
第七节	电子式电能表	208
一、	机电脉冲式电能表 (208)	
二、	全电子式电能表 (212)	
第八章	计量装置接线分析与故障检查	217
第一节	电能表的接线	217
一、	电能表的联合接线原则 (217)	
二、	高压供电、高压计量的三相三线有功、无功电能表的联合接线 (217)	
三、	高压供电、高压计量的三相四线有功、无功电能表的联合接线 (219)	
四、	高压供电、低压计量的有功、无功电能表的联合接线 (221)	
五、	低压供电、低压计量的有功电能表接线 (222)	
六、	全电子式电能表的接线 (222)	
第二节	电能表的错误接线分析	225
一、	计量单相电路有功电能的错误接线 (225)	
二、	计量三相四线电路有功电能的错误接线 (226)	
三、	计量三相三线有功电能的错误接线 (228)	
四、	计量三相四线电路无功电能的错误接线 (231)	
五、	计量三相三线电路无功电能的错误接线 (232)	
第三节	电量的抄读及差错电量的计算	233
一、	电量的抄读 (233)	
二、	退、补电量的计算 (234)	

第四节 计量装置的现场检查	238
一、电能计量装置现场检查的内容 (238)	
二、计量装置停电检查的内容及方法 (239)	
三、带电检查电压回路的接线 (242)	
四、带电检查电流回路的接线 (249)	
第五节 电能表的接线检查	251
一、实负荷比较法检查电能表接线 (251)	
二、电能表接线的检查 (252)	
第六节 电能表的现场校验	260
一、校验接线图 (260)	
二、校验步骤 (260)	
第七节 违章用电与窃电分析	263
一、盗窃电能 (263)	
二、违章用电 (263)	
三、窃电及违章用电方法分析 (263)	
四、反窃电措施 (265)	



电工基础

第一节 简单直流电路

一、电路的组成

1. 电源

提供电能的设备叫做电源，常见的直流电源有干电池、蓄电池和直流发电机等。

2. 负载

负载又称为电器，它是消耗电能的设备。

3. 连接导线

连接电源和负载的金属线称为连接导线，常用铜、铝材料制成。

4. 开关

它的作用是把电源与负载接通或断开。

二、电路的状态

1. 通路

通路又叫闭路。此时电路中有电流通过。

2. 开路

开路又叫断路。此时电路断开，无电流通过。

3. 短路

电路或电路的一部分被导线短接，电流直接从短接导线上通过。

三、电路图

用规定的符号表示电路连接情况的图称为电路图。其图形符号见国家标准。常见的几种标准图形符号如图 1-1 所示。

四、电流

1. 电流的形成

导体中自由电子在电场力的作用下，做有规则的定向运动，在闭合电路中，就产生了连续不断的电流。习惯上认为正电荷移动的方向是电流 I



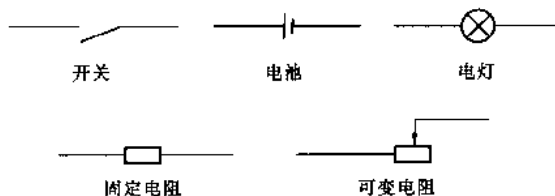


图 1-1 常用图形符号

的方向，如图 1-2 所示，就是说电流的方向与电子移动的方向相反。

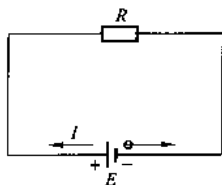


图 1-2 电流的形成

2. 电流强度

电流 (I) 的大小用电流强度来表示，它在数值上等于单位时间内通过导体横截面的电量。对于直流电流有：

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

电流强度的单位是安培 (A)，如果在 1s 内通过导体横截面的电量是 1 库仑 (C)，则导体中的电流强度为 1 安培 (A)。

$$1\text{mA} = 10^{-3}\text{A} \quad 1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

五、电压

当电流流过电阻 R 时，在电阻两端产生电压。规定从高电位到低电位是电压的方向，如图 1-3 所示。A 点是高电位，B 点是低电位。电压的单位是伏特 (V)。

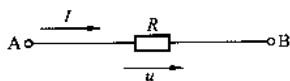


图 1-3 电压的大小和方向

$$1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$$

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}$$

六、电阻和电导

1. 电阻

电流在导体中流动时所受到的阻力，叫做导体的电阻，常用符号 R 表示。电阻的单位是欧姆 (Ω)。

$$1\text{k}\Omega = 10^3\Omega \quad 1\text{M}\Omega = 10^6\Omega$$

当温度不变时，导体电阻跟它的长度成正比，跟它的横截面积成反比，还与导体的材料有关，用公式表示为

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-2)$$

式中 R ——导体的电阻, Ω ;
 L ——导体的长度, m ;
 S ——导体的横截面积, m^2 ;
 ρ ——导体的电阻率, $\Omega \cdot m$ 。

电阻率又称电阻系数, 通常是指在 $20^\circ C$ 时, 长 $1m$, 横截面积为 $1m^2$ 导体的电阻值。电阻的温度系数: 导体每增高 $1^\circ C$, 其电阻值增大的百分数为电阻的温度系数, 常用材料的电阻率及温度系数见表 1-1。

表 1-1 常用材料的电阻率及温度系数

材料名称	20°C时的电阻率 (ρ) ($\Omega \cdot m$)	电阻温度系数 (α) ($1/^\circ C$)
银	16000	0.00361
铜	17200	0.0041
金	22000	0.00365
铝	29000	0.00423
钨	47700	0.00479
钨	49000	0.0044
铁	97800	0.00625

2. 电导

电导表示导体通过电流的能力。它等于电阻的倒数, 用 G 表示。即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-3)$$

电导的单位是西门子, 简称西 (S)。

七、电源电动势

非静电力在电源内把正电荷从负极移到正极是一个做功的过程。所做的功跟被移动的电荷电量之比, 叫做电源的电动势, 用字母 E 表示。

即
$$E = \frac{W}{Q} \quad (1-4)$$

W ——非静电力做的功;

Q ——非静电力移动电荷的电量。

电动势的单位是伏特 (V), 其方向规定由负极 (低电位端) 指向 (高电位端) 正极。

八、欧姆定律

1. 部分电路的欧姆定律

电流 I 与电压 U 、电阻 R 之间的关系为:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-5)$$



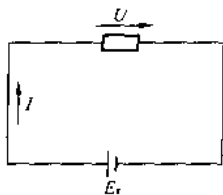


图 1-4 闭合电路

2. 全电路欧姆定律

图 1-4 闭合电路中电流强度 I 与电动势 E 成正比，与外电路的电阻和电源内电阻之和 ($R + r$) 成反比，这个关系叫全电路（即闭合电路）欧姆定律。用公式表示为

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1-6)$$

式 (1-6) 可改写成：

$$IR = E - Ir \quad IR = u$$

$$u = E - Ir \quad (1-7)$$

九、电阻的连接

1. 电阻的串联

把两个或两个以上电阻依次连接起来，中间无分支，电流只有一条通路，这种连接方式叫做电阻的串联。如图 1-5 所示为三个电阻的串联。串联电路有以下 4 个特点：

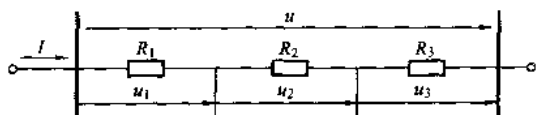


图 1-5 三个电阻的串联

- (1) 在串联电路中，流过每个电阻的电流都相同；
- (2) 在串联电路中，总电压等于各个电阻上电压之和；
- (3) 串联电路的等效电阻 R 等于各串联电阻之和；
- (4) 各串联电阻上电压分配与电阻的阻值成正比。

2. 电阻的并联

把若干电阻一端连接在一起，另一端也连接在一起，这样的连接方法叫做并联。

并联电路有以下 4 个特点：

- ① 并联电路总电流等于各并联支路电流之和。
- ② 各并联电阻两端电压相等，并等于外加电压 U 。

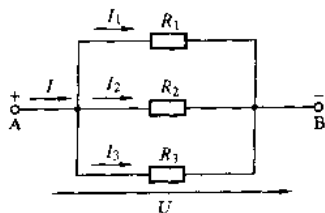


图 1-6 三个电阻的并联