

低压供用电设备的安装·使用·维修

何志汉 编著

安徽科学技术出版社

(皖)新登字 02 号

责任编辑:曹天建

封面设计:邵 杰

低压供用电设备的安装·使用·维修

何志汉 编著

安徽科学技术出版社出版

地址:合肥市九州大厦八楼

邮政编码:230063

新华书店经销 铁四局印刷厂印刷

开本:787×1092 1/32 印张:10.25 字数:22 万

1994 年 6 月第 1 版 1994 年 6 月第 1 次印刷

印数:5 000

ISBN7-5337-0943-8/TM·8 定价:6.90 元

前 言

我国是一个农业大国，农村人口众多。我国亿万农民所
要的电气化事业，是一个伟大的事业。当前，在全国人民
齐心协力进行四个现代化建设奔小康的进程中，发展我国农
村电气化事业，具有极为重要的意义。

笔者长期在电力生产第一线从事电气技术工作，经常到
农村支援农电事业，在支农工作中，接触过不少农电工，因
而对他们渴求得到实用易懂的科技书籍的心情非常理解。基
于这样的考虑，笔者编写了这本书，奉献给农电工朋友们。

本书主要介绍异步电动机、10 千伏配电变压器、低压配
电设备、常用电工仪表及低压电力线路等供用电系统与设备
的选择、安装、运行与维修等方面的实际知识，以及一些常
用技术数据，同时还介绍了安全用电知识及电力安全工作方
法。电学是一门理论性和实践性都极强的科学技术，为了使
读者能够很好地掌握各章节的内容，在本书第一章，对
“电”的基本理论知识作了一些简单的介绍。

笔者在编写此书过程中，一方面参考了有关技术规程及
资料，另方面也总结了自己的实际工作经验，但由于水平所
限和时间仓促，书中不当之处恳请读者批评指正。

编 者

1994 年 4 月

目 录

第一章 电工基础知识	(1)
第一节 直流电路的概念.....	(1)
一、物质的电结构	(1)
二、电流、电压、电动势和电阻	(2)
三、导体、半导体和绝缘体	(6)
四、欧姆定律	(7)
五、电功率、电能及电流的热效应	(7)
第二节 电磁和电磁感应	(9)
一、磁场及磁场强度	(9)
二、电动机左手定则	(11)
三、发电机右手定则	(12)
四、磁路	(14)
第三节 单相交流电路	(15)
一、交流电的产生	(15)
二、周期、频率和角频率	(16)
三、正弦交流电的三要素	(17)
四、正弦交流电的有效值及其矢量表示法	(18)
五、正弦交流电路	(21)
六、交流电路的功率计算	(24)
七、功率因数	(26)
第四节 三相交流电路	(27)
一、三相交流电的产生	(27)
二、三相交流电源的接线及其矢量表示法	(29)

三、三相负载的接线方式	(32)
四、三相交流电路的功率计算	(32)
第二章 三相异步电动机	(36)
第一节 三相电动机的铭牌规范与结构原理	(36)
一、电动机的铭牌规范	(36)
二、电动机的结构	(39)
三、电动机的工作原理	(41)
第二节 电动机的选择与安装接线	(42)
一、电动机的选择	(42)
二、电动机的安装接线	(44)
第三节 电动机的起动运行与故障处理	(57)
一、电动机起动前的检查	(57)
二、电动机的起动	(57)
三、电动机运行中的监视	(58)
四、电动机的故障处理	(60)
五、电动机的运行值班记录	(60)
第四节 电动机的维护与检修试验	(62)
一、电动机的日常维护	(62)
二、电动机的定期检修与试验	(63)
第三章 配电变压器	(71)
第一节 配电变压器的铭牌规范及结构原理	(71)
一、变压器的铭牌规范	(71)
二、变压器的结构与工作原理	(74)
第二节 配电变压器的容量选择	(78)
第三节 配电变压器的安装与保护元件配置	(79)
一、配电变压器的安装	(79)
二、保护元件配置	(81)
第四节 配电变压器的运行监视、电压调整和	

故障分析处理	(85)
一、配电变压器在运行中的检查监视	(85)
二、电压调整	(85)
三、变压器的故障分析处理	(87)
第五节 配电变压器的定期维护与检修试验	(89)
一、配电变压器的定期维护	(89)
二、变压器的解体吊芯检修	(91)
三、变压器的干燥	(93)
四、变压器及其绝缘油的电气试验与油质化验	(99)
第四章 低压配电设备	(107)
第一节 低压配电装置	(107)
一、BSL-1 型低压配电屏	(107)
二、BDL-1 型低压配电屏	(112)
三、自制配电盘	(114)
第二节 低压电器设备	(116)
一、刀开关	(116)
二、开启式负荷开关 (胶盖闸刀开关)	(118)
三、负荷开关 (铁壳开关)	(120)
四、自动空气开关	(123)
五、交流接触器	(126)
六、磁力起动器	(131)
七、星—三角起动器	(136)
八、自耦减压起动器	(140)
九、熔断器	(143)
十、仅用互感器	(149)
第三节 低压电器设备的选择	(154)
第四节 低压电器设备的故障消除和维护修理	(156)
一、低压电器设备常见故障及其消除方法	(156)

二、低压电器设备的维护	(160)
三、低压电器设备的修理	(161)
第五章 常用电工仪表及测量	(164)
第一节 电工测量仪表的一般知识	(164)
一、电工仪表的分类及有关符号	(164)
二、电工仪表的组成和工作原理	(166)
三、电工仪表的主要技术要求	(170)
第二节 电流的测量	(170)
一、直流电流的测量	(170)
二、交流电流的测量	(172)
第三节 电压的测量	(177)
一、直流电压的测量	(177)
二、交流电压的测量	(178)
第四节 电功率的测量	(182)
一、电功率表的结构原理	(182)
二、单相交流电功率的测量	(183)
三、三相交流电路电功率的测量	(185)
第五节 交流感应系电度表	(193)
一、单相有功电度表	(193)
二、三相三线有功电度表	(197)
三、三相四线有功电度表	(200)
四、三相无功电度表	(202)
五、电度表接线注意事项	(206)
六、电度表的读表计度方法	(207)
第六节 频率表	(208)
第七节 功率因数表(相位表)	(212)
第八节 钳形电流表	(214)
第九节 万用电表	(217)

一、万用电表的结构及工作原理	(217)
二、万用表的使用方法及注意事项	(220)
三、常用万用表的主要技术数据及特点	(221)
第十节 兆欧表	(224)
一、兆欧表的结构原理	(224)
二、兆欧表的使用方法	(226)
第十一节 电工仪表的选用与维护保管	(229)
一、电工仪表的选用	(229)
二、电工仪表的维护和保管	(230)
第六章 低压电力线路及室内配线	(232)
第一节 低压电力线路网络设置	(233)
一、线路的分布、走向及路径选择	(233)
二、线路电压损失	(234)
三、线路功率及电能损失	(235)
四、整个配电网熔丝保护	(238)
第二节 架空电力线路	(239)
一、导线	(239)
二、绝缘子、横担及铁附件	(240)
三、导线排列	(241)
四、电杆、拉线和基础	(242)
五、对地距离和交叉跨越	(244)
六、电力线路的交接和预防性试验	(247)
第三节 地埋电力线路	(247)
一、低压地埋线的型号和性能	(247)
二、地埋线的选择与埋设	(248)
三、地埋线的接头连接与绝缘包扎	(251)
四、回填土上注意事项	(252)
五、地埋线的运行管理	(253)

第四节 接户线和进户线	(254)
一、接户线的技术要求	(254)
二、进户线的技术要求	(259)
第五节 室内配线	(260)
一、一般要求	(260)
二、导线的敷设	(261)
三、管内配线	(262)
第六节 照明装置	(264)
一、照明装置的使用与安装	(264)
二、常用照明电光源	(265)
第七节 低压电力线路及绝缘导线的运行与 维修	(276)
一、运行巡视与检查	(276)
二、维护与检修	(277)
第七章 安全用电与防雷接地	(279)
第一节 触电概述	(279)
一、触电方式	(279)
二、电流对人体的伤害和影响伤害的因素	(281)
第二节 接地、接零和防雷保护	(283)
一、部颁规程对电气设备接地与接零的要求	(283)
二、保护接地和保护接零的原理分析	(284)
三、接地装置和接零装置	(288)
四、防雷保护	(290)
第三节 漏电自动开关与漏电继电器	(293)
一、漏电自动开关	(293)
二、漏电继电器	(296)
三、漏电自动开关和漏电继电器的选择	(298)
四、漏电开关和漏电继电器的安装与维护	(299)

第四节 电业安全工作方法	(300)
一、一般要求	(301)
二、保证安全的技术措施	(303)
三、运行与检修工作中的安全要求	(305)
四、事故处理	(308)
第五节 触电急救	(309)
一、脱离电源的具体方法	(309)
二、伤员脱离电源后的处理	(310)
三、呼吸、心跳情况的判断	(310)
四、心肺复苏法	(311)
五、抢救过程中的再判定	(313)
六、抢救过程中伤员的移动与转院	(314)
七、伤员好转后的处理	(314)
八、现场触电抢救	(314)

第一章 电工基础知识

“电”已经不是很神秘的东西了，在现代日常生活中，几乎处处都要用上电，如电灯、电话、电视、电风扇、电冰箱等都是人们所熟悉的电器，至于发电机、电动机和变压器等更是工农业生产不可缺少的电力设备。而电学又是一门复杂的科学技术，电看不见，又不能摸。它有严密的理论规律与特性。为了使读者能对它有所了解，为学习与掌握低压供用电设备的安装运行与维修技术打下基础，现在本章中对电的基础知识作简单扼要的介绍。

第一节 直流电路的概念

一、物质的电结构

自然界的一切物质都是由分子组成，而分子又由原子组成。每一个原子由原子核和围绕它作高速旋转的电子组成。原子核带正电荷，电子带负电荷。在正常不受外来条件影响下，原子核所带正电荷与电子所带负电荷在数量上相等，因而对外不显电的特性，当物体受外来条件影响而使其内部失去一些电子时，正电荷多于负电荷，物体就带正电；当物体得到一些电子时，负电荷多于正电荷，物体就带负电。由此可见，

物体带电是失去一些电荷或得到一些电荷的结果。带电物体所带电荷的多少称为电量。电量的符号为“ Q ”，电量的单位为“库仑”。1库仑的电量相当于 6.25×10^{18} 个电子所带的电量。

电荷具有“同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引”的基本特性。

二、电流、电压、电动势和电阻

1. 电流

电灯之所以会发光，电动机之所以会转动，这是因为有电流流过的缘故。那么什么是电流呢？

在物体（如金属）内部，虽然存在着大量的电荷，但由于正电荷和负电荷之间相互吸引，因而正常情况下，电子受到原子核的束缚，只有少量自由电子作杂乱无章的运动。而当人们给予一定的外加条件（如接通电源）时，才能迫使金属中的自由电子进行有规则的定向移动，这就是电子的流动，所以电流就是大量电荷的有规则的定向移动。

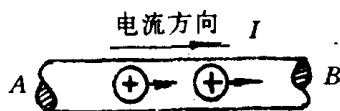


图 1·1 电流方向

由于电流是电子的定向移动，所以电流是有方向的。人们规定：正电荷流动的方向是电流的正方向，如图

1·1所示。而实际是自由电子从B端流向A端，也就是自由电子运动的方向，而不是正电荷的运动方向，因正电荷是不移动的。由于历史条件的限制，误认为金属中的电流是正电荷在移动，如今已成为习惯。

如果电流的大小和方向不随时间的变化而变化，即为直流电流。如干电池、蓄电池和直流发电机等产生的电流都是

直流电流。

电流有强弱之分，同一盏电灯，流过的电流强就亮一些，而流过的电流弱就暗一些。电流的强弱用电流强度表示，电流强度在数值上等于1秒钟内通过导体横截面的电量。电流强度简称电流，用符号 I 表示。若在时间 t 秒内通过导体横截面的电量为 Q 库仑，那么电流强度为：

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{若 } t = 1 \text{ 秒} \quad \text{则 } I = Q \quad (1 \cdot 1)$$

电流的单位是安培（简称安），用符号 A 表示。如果1秒钟内有1库仑的电量通过导体的横截面，这时导体内的电流强度就是1安培，即：

$$1 \text{ 安培} = \frac{1 \text{ 库仑}}{1 \text{ 秒}} \quad (1 \cdot 2)$$

电流很小时，常用毫安（mA）或微安（ μA ）为单位，其换算关系如下：

$$1\text{mA} = \frac{1}{1000}\text{A} = 10^{-3}\text{A}$$

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

电流很大时，则用千安（kA）为单位，其换算关系如下：

$$1\text{kA} = 1000\text{A} = 10^3\text{A}$$

2. 电位与电压

前面讲过，要在导体中产生电流，只靠导体本身的自由电子是不行的，还必须有一定的外界条件，这就是电位差。

带电体是有电位高低的，电位的高低决定于物体所带电荷的多少，以及电荷本身的正负性。我们规定大地的电位是零，并以它作为比较电位高低的标准。带正电物体的电位叫正电位，所带正电荷越多，电位越高。带负电物体的电位叫

负电位，所带负电荷越多，电位越低。正电位比大地电位高，负电位比大地电位低。当导体两端之间有电位差时，产生电场力，在电场力的作用下，迫使自由电子在导体内朝着一定方向运动。电位差又叫电压，用符号 U 表示。在图 1·2 中，正负两个带电体之间存在电位差，将它们接通后，在电压 U 作用下，电荷就会从电位高的带电体通过电流表 A，流到电位低的带电体，使电流表的指针发生偏转，当两个带电体的电位相等之后，电压就消失，电流也同时消失。这像水的流动一样，有水位差就会产生水流，并从水位高的地方流向水位低的地方。

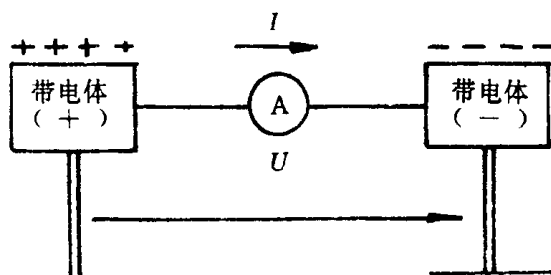


图 1·2 两个带电体的电位差

电压也是有方向性的物理量，规定从高电位指向低电位为电压的正方向。图 1·2 中用 U 表示电压及其方向。

电压的单位是伏特（简称伏），用符号 V 表示。通常用千伏（kV）作为测量高电压的单位；用毫伏（mV）作为测量低电压的单位，1 千伏 = 1000 伏，1 伏 = 1000 毫伏。

3. 电势

我们知道，水泵的作用是把水从低处送往高处。干电池、

蓄电池的作用和水泵很相似，它把电子从一个极转移到另一个极，积累正电荷的一极叫正极，积累负电荷的一极叫负极，若接通电池外端的正负极，正极的电荷就通过连接导线源源不断地流向负极（实质上是负极的电子流向正极，与正极的电荷中和）。这样一来，正极的电荷就少了，电位降低了。而负极的电子少了，正电荷多了，电位升高了，这样，正负极间的电位差变小了。为了维持正负极之间的电压，就必须想办法克服电场力的作用（即正负电荷间的相互吸引作用），在电池内，将负极的正电荷再源源不断地运送到正极，使得正极的电位和负极的电位仍保持常数，那么，这种在电源内部转移电荷的能力，就叫做电源的电动势。而这一转移电荷的能力又是从何而来的呢？对于干电池及蓄电池来说，则是利用化学作用来达到，即将化学能变为电能。同样，对于火力发电厂及水电站中的发电机，火电厂是利用高压蒸汽冲动汽轮机，再带动发电机来达到，水电站中是利用水压流动冲动水轮机，再带动发电机来达到的，可简述为热能（水能）变为机械能，再由机械能变为电能。

电动势简称电势，用符号 E 或 (e) 表示，电势的单位和电压一样，也是伏。

4. 电阻

电子在作定向移动的过程中，会受到原子核的吸引力及与其它电子和原子相碰撞所产生的阻力。这些阻力的总和就叫电阻，用符号 R 表示。电阻的大小与导体本身的粗细、长短及材料性能有关。通常一根导体的电阻与其截面面积成反比，而与其长度成正比，与其电阻率（即材料性能）也成正比，以式（1·3）表示：

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1 \cdot 3)$$

式中 R ——导线电阻，单位是欧姆，用符号“ Ω ”表示；

ρ ——导线的电阻率（即长度 1 米，截面积 1 平方毫米的导线 20℃ 时的电阻值。不同材料的导线 ρ 值不同）。又称电阻系数，单位为欧·毫米²/米；

l ——导线的长度（单位为米）；

S ——导线的截面积（单位为平方毫米）。

铜、铝都是较好的导电材料，因此广泛利用它们来制造电气设备的导体部件及高低压导线。同时我们也可知道，一个导体的电阻大小还与其温度有着密切关系，一般来说，导体的电阻随着温度的升高而增大。

三、导体、半导体和绝缘体

1. 导体

导体是指在外界电场力作用下，由于有自由电子的存在而能很好传导电流的物体。如铜铝是良好导体。含有杂质的水、人体、潮湿的土壤及钢铁等物体也能导电，但导电性能较差。

2. 半导体

指比导体导电性差，但比绝缘体导电性能好的物体。某些半导体还具有方向性的导电性能。

3. 绝缘体（亦称非导体）

它具有良好的电绝缘性能。如空气、木材、玻璃、陶瓷、橡胶、电木、塑料、石蜡等都是绝缘体。它们体内的自由电子很少。绝缘体用来制造绝缘材料。但须指出，任何事物都不是绝对不变的。绝缘体、半导体、导体之间也可能由于外

界条件的变化而互相转化。

四、欧姆定律

所谓电路，即指电流流过的回路，如图 1·3 所示。当电路中流过电流 I 时，在电路的电阻 R 上产生一个电压 U ，它们三者之间有式 (1·4) 的关系：

$$\left. \begin{array}{l} U = IR \\ \text{或} \quad I = \frac{U}{R} \\ \text{或} \quad R = \frac{U}{I} \end{array} \right\} \quad (1 \cdot 4)$$

式中 I ——电流 (安)；

U ——电压 (伏)；

R ——电阻 (欧)。

这就是欧姆定律。即：通过电阻的电流大小与电阻两端的电压高低成正比，而与电阻的大小成反比。

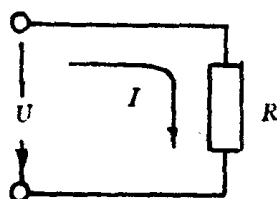


图 1·3 无源支路欧姆定律

五、电功率、电能及电流的热效应

1. 电功率

我们知道，用大水泵抽水比用小水泵抽水抽得多，抽得快。大灯泡的光比小灯泡亮。这都是因为它们的功率不同所致，也就是在同样时间内它们所做的功不同。在 1 秒钟内电流所做的功叫做电功率。计算电功率的公式有 3 种形式，见式 (1·5)–(1·7)。

$$P = UI \quad (1 \cdot 5)$$

式中 P ——电功率 (瓦)；