



小煤矿技术丛书

电工技术基础

陈 功 主编



煤 炭 工 业 出 版 社

小煤矿技术丛书

电工技术基础

陈 功 主编

煤炭工业出版社

655350

内 容 提 要

本书深入浅出地介绍了电工技术方面的基础知识及实用技术资料。其主要内容有：电的基本概念、直流电路及电容器的充放电、磁和电磁感应、交流电路、变压器、三相异步电动机、电工材料、煤矿常用电工测量指示仪表、晶体管电路基础、小型煤矿常用的电子设备。书中注重实用，并结合现场的实际情况，介绍了很多电气设备的使用和维修方法，对提高地方煤矿技术管理干部、电气工人和技术人员的基础理论和实际技能有较大的帮助。可作为培训教材，供电工学习之用；供电气技术人员在工作中参考，亦可作为技工学校和中专相应专业学生的参考书。

责任编辑：陈 锦 忠

小 煤 矿 技 术 丛 书

电 工 技 术 基 础

陈 功 主 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $850 \times 1168 \text{mm}^1/32$ 印张15

字数390千字 印数1—4,600

1989年8月第1版 1989年8月第1次印刷

ISBN 7-5020-0175-1/TD·165

书号 3024 定价 7.50元

前 言

近些年来，我国煤炭工业在“放开搞活”和坚持“两条腿”走路，即重点发展国家统配煤矿的同时，在有条件的地区积极发展地方小煤矿的方针指引下，地方小煤矿得到了迅猛发展。当前，地方煤矿和乡镇煤矿的产量已占我国煤炭总产量一半以上，这对于改善煤炭工业布局，缓和煤炭供需矛盾，促进地方工农业发展起了很大作用。

发展地方小煤矿具有初期投资少，建井容易，成本低，出煤快的优点。但由于发展速度快，即在短时间内兴办起几万个煤矿，致使有的小煤矿不同程度地存在着地质情况不清，开采方法不合理，安全条件差，产量不稳定，技术力量薄弱等问题，为了巩固和发展地方小煤矿，加强行业管理，统一规划合理利用资源，提高小煤矿的企业素质和技术管理水平，加速技术改造，保障安全生产，预防事故发生，煤炭部地方局和煤炭工业出版社委托山东矿业学院部分教师，编写了一套《小煤矿技术丛书》。

这套丛书包括《矿山地质》，《小矿区控制测量》，《小煤矿测量》，《小煤矿开采方法》，《通风与安全》，《开采设计》，《矿山压力与支护》，《巷道掘进》，《小煤矿技术改造》，《电工技术基础》，《矿山供电设备》，《矿井电气安全技术》，《小煤矿运输》，《通风、压气、排水设备》和《小煤矿企业管理》15个分册。它们是在调查研究、总结地方小煤矿和乡镇煤矿安全生产技术经验的基础上编写成的，并经过了地方煤矿一些有经验的工程技术人员审阅，内容上反映了小煤矿的特点，文字通俗易懂，适合具有初中文化程度的工程技术人员和管理干部自学使用，也可作为培训教材或供中等技术学校师生参考。

《小煤矿技术丛书》由于编写时间仓促，缺点和错误在所难免，恳切希望读者批评指正。

目 录

第一章 电的基本概念	1
第一节 电的来源	1
一、物质的结构	1
二、电荷的产生	1
三、导体和绝缘体	2
第二节 电流、电阻和电压	3
一、电流及其种类	3
二、电阻	5
三、电压	8
第三节 电路及其基本定律	9
一、电路及其表示方法	9
二、欧姆定律	10
三、克希荷夫定律	11
第四节 电功和电功率	14
一、电功和电功率	14
二、电功率和机械功率的换算	17
三、电流的热效应	17
第二章 直流电路及电容器的充放电	18
第一节 电阻的串联、并联和混联	18
一、电阻的串联	18
二、电阻的并联	20
三、电阻的混联	21
第二节 电动势和端电压	24
第三节 短路和熔断器	25
一、短路	25
二、熔断器	26
第四节 电容器	28

一、电容器	28
二、电容量的计算	28
三、国产电容器的种类	29
四、电容器的额定值	31
第五节 电容器的充电和放电	33
一、电容器的充电	33
二、电容器的放电	34
三、电容器中流过的电流	35
第三章 磁和电磁感应	37
第一节 磁的基本特性	37
一、磁体	37
二、磁极	37
三、磁场	38
四、磁通线	38
五、磁通和磁通密度	39
第二节 电流产生的磁场	40
一、直导线通电流时所产生的磁场	40
二、螺旋线圈通电流时所产生的磁场	41
第三节 电磁感应和发电机右手定则	42
第四节 电动力效应和电动机左手定则	43
第五节 磁通势、磁阻及磁性材料	44
一、磁通势和磁路	44
二、磁阻及磁导率	45
第六节 自感与互感	46
一、自感	46
二、互感	48
第四章 交流电路	49
第一节 单相交流电路	49
一、交流电的基本概念	49
二、交流电动势的产生	52
三、交流电的初相角及相位差	54
四、交流电的有效值、最大值和平均值	57
五、单一参数的交流电路	59

第二节 三相交流电路	76
一、三相四线制交流电源	76
二、三相交流电的产生	77
三、星形联接方法	80
四、三角形联接方法	83
五、三相功率的计算方法	87
第五章 变压器	90
第一节 概述	90
一、变压器的用途	90
二、变压器的结构	90
三、变压器的工作原理	92
四、变压器的效率	94
五、变压器的冷却	94
第二节 几种常用变压器	95
一、三相变压器	95
二、自耦变压器	96
三、三绕组变压器	97
第三节 变压器的接线与试验	98
一、变压器的接线法	98
二、变压器的试验	102
三、变压器的并联运行	109
第四节 变压器的维修、故障与处理	110
一、变压器的日常维护与检修	110
二、矿用变压器的主要故障	111
三、矿用变压器的一般故障现象、原因及处理方法	113
第六章 三相异步电动机	114
第一节 概述	114
一、电动机分类	114
二、用途	114
第二节 感应电动机的结构	115
一、定子部分	115
二、转子部分	116
第三节 三相异步电动机的工作原理	118

一、旋转磁场的产生	119
二、转子是如何转起来的	121
第四节 三相异步电动机的铭牌	122
一、型号	123
二、容量	124
三、额定电压	125
四、额定电流	125
五、接线方式	126
六、定额	126
七、温升	127
第五节 三相异步电动机的工作特性	129
一、鼠笼式异步电动机的特性	129
二、绕线式异步电动机的特性	133
三、鼠笼式和绕线式异步电动机的比较	133
第六节 三相异步电动机的起动	134
一、起动时存在的问题	134
二、鼠笼式电动机的起动方法	135
三、绕线式电动机的起动方法	138
第七节 三相异步电动机的制动	138
一、能耗制动（动力制动）	138
二、反接制动	139
第七章 电工材料	140
第一节 导电材料	140
一、金属的导电性能	140
二、高导电材料	141
三、电线与电缆	146
四、高电阻合金	153
五、其它导电材料	154
第二节 绝缘材料	158
一、绝缘材料的特性与类型	158
二、气态绝缘材料	159
三、液体绝缘材料	160
四、固体绝缘材料	161

五、耐热硅绝缘材料	162
第三节 磁性材料	162
一、软磁材料	162
二、硬磁材料	162
第八章 煤矿常用电工测量指示仪表	165
第一节 电工测量仪表的基本知识	165
一、电工测量指示仪表的分类	165
二、测量仪表的误差及准确度	166
三、对仪表的主要技术要求	169
四、测量仪表的结构形式和性能比较	171
五、电工测量指示仪表和附件的符号	171
六、电工仪表产品的型号标志方法	175
第二节 电流表和电压表	181
一、电流表	181
二、电压表	183
三、钳形电表	185
四、常用的电流表、电压表型号规格	189
第三节 功率表	189
一、单相功率表	189
二、三相有功、三相无功功率表	194
三、常用的单、三相功率表的型号规格	195
第四节 电度表	195
一、单相电度表	195
二、三相有功电度表	199
三、三相无功电度表	199
四、常用的单、三相电度表型号规格	202
第五节 电桥	202
一、直流单臂电桥	202
二、直流双臂电桥	205
三、常用直流电桥的型号规格	207
四、交流电桥	207
第六节 兆欧表	213
一、兆欧表的构造原理	213

二、兆欧表的使用方法和注意事项	213
三、常用兆欧表的型号规格	216
第七节 接地电阻测量仪	216
一、接地电阻测量仪的结构原理	216
二、接地电阻测量仪的使用方法和注意事项	217
三、常用接地电阻测量仪的型号规格	218
第八节 功率因数表	219
一、单相功率因数表	219
二、三相相位表	220
三、常用的单、三相相位表型号规格	223
第九节 万用表	223
一、万用表的一般原理	223
二、万用表使用的注意事项	223
三、常用的万用表型号规格	225
第十节 各类仪表的常见故障及其排除方法	227
一、磁电系仪表的常见故障及其排除方法	227
二、电磁系仪表的常见故障及其排除方法	229
三、电动系仪表的常见故障及其排除方法	229
四、万用表的常见故障及其排除方法	230
第九章 晶体管电路基础	234
第一节 半导体和PN结	234
一、原子的价电子	234
二、半导体的特点	236
三、半导体的导电方式	237
四、N型半导体和P型半导体	240
五、PN结的组成	242
六、PN结的单向导电性	244
第二节 晶体二极管	246
一、晶体二极管的结构	246
二、晶体二极管的伏安特性	247
三、晶体二极管的主要参数	250
四、用万用表辨别二极管的极性	251
第三节 晶体三极管	252

一、晶体三极管的放大作用实验	252
二、晶体管的结构	253
三、晶体管中三个电流的关系	254
四、电流的放大作用	258
五、晶体管的特性曲线	259
六、电流放大系数和极间反向电流	265
七、温度对晶体管参数的影响	268
八、晶体三极管的极限参数	271
九、晶体管的粗测	273
十、使用晶体管时应注意的事项	277
第四节 放大器的基本分析方法	278
一、放大器的基本电路	279
二、用图解法分析放大器的静态工作点	281
三、偏置电流的作用	285
四、放大器的输出电压及其波形	291
五、电路参数对静态工作点的影响	296
六、静态工作点的位置与波形失真的关系	298
七、交流负载线	300
八、温度对放大器工作点的影响	305
九、电压负反馈偏置电路	306
十、分压式电流负反馈偏置电路	309
第五节 交流放大器	314
一、阻容耦合放大电路	316
二、阻容耦合放大器的通频带	318
三、放大器的输入电阻和电压放大倍数	323
四、放大器的输出电阻和负载能力	328
五、放大器的阻抗匹配	330
六、单管功率放大器	334
七、功率放大器的效率	338
八、推挽式功率放大器	340
九、大功率晶体管的散热问题	345
第六节 放大器中的负反馈	347
一、什么是反馈	347

二、放大器中的负反馈类型	348
三、负反馈对放大倍数的影响	352
四、负反馈为什么能使放大器工作稳定	354
五、负反馈对波形失真的改善	355
六、负反馈可变换输入阻抗和输出阻抗	356
七、并联负反馈电路	360
八、串联负反馈电路	361
九、射极输出器	364
十、怎样判断负反馈的类型	367
十一、反馈放大器的自激振荡	371
第七节 正弦波振荡电路	375
一、什么是振荡	375
二、怎样使电磁振荡不衰减	379
三、从 LC 选频放大器到 LC 自激振荡器	382
四、振荡器的起振和振幅的稳定	385
五、三点式 LC 自激振荡器	386
六、 RC 移相式振荡器	389
七、采用 RC 选频网络的正弦波振荡器	391
第十章 小型煤矿常用的电子设备	395
第一节 放炮器	395
一、MFB-80型多谐振荡器式发爆器	395
二、间歇振荡器式发爆器	396
第二节 晶体管电缆探伤仪	399
一、工作原理	399
二、调试方法	404
第三节 可控硅充电机	405
一、单相可控硅矿灯充电机	405
二、三相可控硅充电机	409
第四节 晶体管信号继电器	414
一、煤位信号继电器	414
二、水位信号继电器	415
三、JS-1型无触点闪光继电器	416
四、无触点接近开关	419

第五节 煤电钻综合保护装置	421
一、使用条件	421
二、性能指标	422
三、结构特点	422
四、线路的工作原理	422
五、安装、使用与维修	427
附录	428
一、中华人民共和国法定计量单位	428
二、有关电学、磁学常用物理量符号及其法定计量单位	431
三、电工基本公式	435
四、常用电气线路图的图形符号及文字符号	440
五、电器产品型号编制办法	451
六、常用化学元素符号表	461
七、三相每kW功率在不同功率因数下的线电流 I_x (A)	461
八、材料的电阻率	461
九、金属的电阻温度系数	463
十、绝缘材料按耐热程度的分级表	464

第一章 电的基本概念

第一节 电的来源

一、物质的结构

宇宙中所有的物质都是由很小的粒子（分子、原子等）组成的。分子是由更小的原子组成。而原子是由带负电的电子和带正电荷的原子核组成的，原子核又是由中子和质子组成的（氢原子除外）。中子不带电，质子带有正电荷，如图1-1所示：

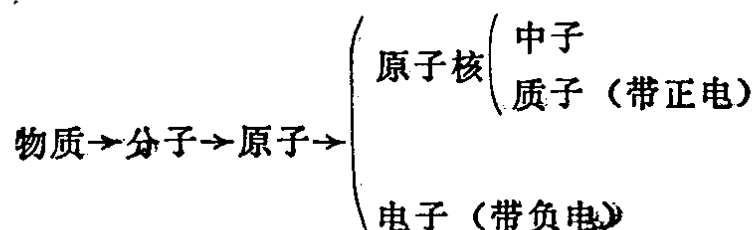


图 1-1 物质组成示意图

各种不同的物质有不同的原子，它们所具有的电子数目也是不一样的。例如：氢原子有1个电子，铝原子有13个电子，它们的结构如图1-2所示。这些电子环绕在原子核的周围按一定的轨道不停地运动着，正象行星绕着太阳运动一样。在正常情况下，正电荷量与负电荷量相等，所以物体不呈现出带电的现象。

二、电荷的产生

如果由于两种不同的物质相互摩擦或其他原因，使一种物体上的电子转移到了另一种物体上，这样就使失去电子的这种物体带了正电荷，而使获得了电子的那种物体带了相同数量的负电荷。物体失去或获得的电子越多，那么，物体所带的正电荷量或负电荷量也就越多。摩擦生电这是大家所熟悉的一种生电方法。例如，用丝绸摩擦玻璃棒后，玻璃就能吸引较小的纸屑。这是因

为用丝绸摩擦玻璃棒时，玻璃棒表面的一部分电子就转移到丝绸上去，所以丝绸有了过多的负电荷，就带负电。同时，玻璃棒失去了一部分电子后，就剩余了过多的正电荷，而带正电，这样，较小的物体（如纸屑等）就能被玻璃棒所吸引。

一个带电体所带电荷的多少可以用电子电量表示，不过在实用上这个单位太小，所以常以“库仑”作为电量的单位。

$$1\text{库仑}(\text{C}) = 6.25 \times 10^{18} \text{个电子电量}$$

电量的符号用 Q 表示。当电荷积聚不动时，称为静电，如果电荷处在运动状态，称为动电。

带电的物体在周围存在着电场，电场也是物质存在的一种形式。实践证明，带同号电荷的两物体之间有互相排斥的力，反之，带异号电荷的两物体之间互相吸引的力，这种相互的斥力或吸力就是电场的作用力。

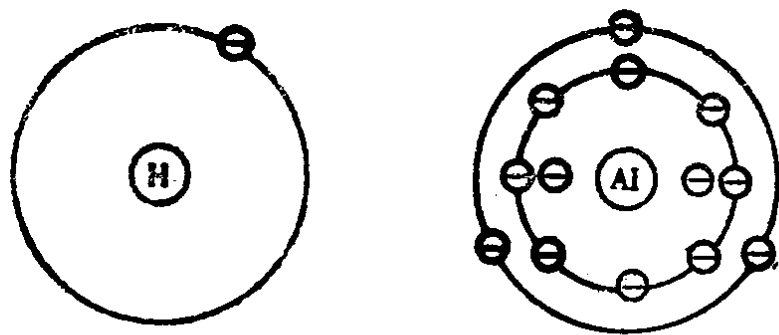


图 1-2 原子结构图

三、导体和绝缘体

我们把内部有大量自由电子，因而善于传导电流的物体叫做导体。所有金属都是导体。因铜、铝、钢导电性能较好，所以导线的芯线多由铜、铝、钢制成。此外，大地、人体、石墨以及酸、碱、盐溶液也都是导体。

在通常情况下内部自由电子很少，导电能力非常差，电流几乎不能通过的物体，称为绝缘体。橡胶、塑料、虫胶、玻璃、云母、棉纱、石棉、纸以及干燥的木材等都是绝缘体。常用的绝缘

材料都是用绝缘体加工而成的。如导线的外皮就是用橡胶、塑料等绝缘材料制成的。

介于导体和绝缘体之间的物体叫做半导体。如锗、硅、硒以及金属氧化物、硫化物等。

在实际应用中，导体除易受腐蚀性气体影响外，还存在一个锈蚀和氧化问题。绝缘材料使用时间久了就会老化，温度过高或湿度增大时，绝缘性能要变差，我们常见的电气设备的漏电现象就是绝缘性能下降所造成的。有时绝缘材料可能突然失去绝缘能力而导电，我们把这种现象称为击穿或者绝缘损坏。

第二节 电流、电阻和电压

一、电流及其种类

电荷有规则的定向运动称为电流。

导体内的电流是由于导体内部的自由电子在电场的作用下规则地运动而形成的。此外，在有些液体或气体中由于存在带正、负电荷的离子^{*}，它们在电场作用下分别朝着一定的方向运动，因此也能形成电流。象电镀设备就是利用液体中的电流进行工作的，而日光灯则是利用管内气体中的电流使之发光的。不论是固态导体或是液体、气体中的电流，均是带电质点（电子或正、负离子）的有规则的运动。

电流的大小取决于在一定的时间内通过导体横截面的电荷量的多少。拿导线中的电流来说，在同一时间以内，通过导线截面的电荷量越多，就表示导线中的电流越大。我们把单位时间（ t ）内通过导体横截面的电荷量（ Q ），叫做电流强度（简称电流）可以用符号 I 表示。根据定义：

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

习惯上人们都把正电荷流动的方向作为电流的方向。在金属导线中，电流实际上是带负电的电子的流动所形成的，但其效果

^{*} 离子就是带电荷的原子或原子团。