

中等专业学校教学用书

电 工 学 教 程

矿山机电专业用

本 溪 鋼 鉄 学 院 合 編
沈 阳 冶 金 专 科 学 校

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

电 工 学 教 程

(矿山机电专业用)

本溪钢铁学院

辽宁冶金学院

合 編

冶金工业出版社

內 容 提 要

本書是按照中等专业学校矿山机电专业普通电工学教学大纲(232学时, 包括实验在内)编写的。内容包括电工基础和电工测量、电机学、电工材料、蓄电池、工业电子学、电焊电热和发电站部分, 共18章。章末附有必要的习题, 在满足大纲要求的前提下, 篇幅力求减少, 以免学习负担过重。

本書可作中等专业学校有关专业四年制的教材或参考书, 如經节略, 也适用于三年制的有关专业。

电工学教程(矿山机电专业用)

本溪钢铁学院 合 編
辽宁冶金学院

1961年2月第一版 1981年二月北京第一次印刷30,080册

本350×1163·1/32 字数470,000印张181 7/32 定价2.10元

統一書号: 15062·2302

外文出版社印刷厂印

新华书店科技发行所发行

各地新华书店經售

冶金工业出版社出版(地址: 北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第093号

序 言

普通电工学是矿山机电专业的主要专业基础课之一。教材内容对于提高教学质量有着重要意义,但是在过去几年中,这门课程一直没有合适的教科书,致使教学产生不少困难,教材编写已成为急需解决的任务。我们根据冶金工业部工业教育司的指示,集体编成此书,以满足当前的需要。

在编写中,参考了非电专业与电专业的有关教科书,并结合过去的教学经验,使内容符合中专矿山机电专业普通电工学教学大纲的要求(232课时,包括实验)。为了减轻学生学习负担,力求篇幅精减,重点突出,并着重物理意义的阐述以及与矿山企业生产方面的联系。书中各章附有较多的例题和一定数量的习题,以帮助学生对课程内容的消化、巩固和运用。书中所用各种电机的技术数据和型号,尽量采用我国产品。

本书定名为“电工学教程”,这是为了与非电专业的“电工学”或“普通电工学”的书名有所区别。

本书由本溪钢铁学院关百成、任雪竹、吕东岳、刘肖楚、吕生复和辽宁冶金学院范振铨六人集体编写,并经集体审阅后定稿。由于编者水平有限,时间仓促,内容欠妥与错误之处可能不少,欢迎同志们批评,以便今后改正。

编者

目 录

緒論	12
第一章 電場	1
1—1 物質的電的構造	14
1—2 庫倫定律	15
1—3 電場的基本概念	19
1—4 電壓和電位	2
1—5 電容、電場中的電介質	25
1—6 電容器的联接	2
1—7 電場能量	28
1—8 高斯定理及其應用	30
習題 一	33
第二章 直流電路	36
2—1 電流	36
2—2 電勢、電源	38
2—3 電路	39
2—4 歐姆定律、電阻、電導	42
2—5 電阻和溫度的關係	45
2—6 電阻器和電流的热效應	46
2—7 无分支電路的計算	50
2—8 简单的分支電路的計算——克希荷夫第一定律	53
2—9 复杂電路的計算——克希荷夫第二定律	57
2—10 用网孔電流法計算复杂電路	61
2—11 非綫性的直流電路	63
習題 二	64
第三章 電磁	68
3—1 磁場	68

3—2	磁感应.....	70
3—3	磁通.....	73
3—4	比奥—沙瓦定律.....	73
3—5	磁场强度与导磁系数.....	75
3—6	全电流定律.....	76
3—7	带有电流的直线导体的磁场.....	78
3—8	两载流平行导体间的相互作用力.....	80
3—9	环形线圈的磁场.....	82
3—10	铁磁体的磁化.....	85
3—11	铁磁体的反复磁化.....	87
3—12	在导磁系数不同的两种物体的分界面上的磁场.....	88
3—13	磁路及其计算.....	90
3—14	永久磁铁.....	92
习题 三.....		94
第四章	电磁感应.....	97
4—1	在直线导体中的电势.....	97
4—2	回路中的感应电势.....	99
4—3	机械能变为电能.....	103
4—4	电能转换为机械能.....	104
4—5	涡流.....	106
4—6	电感.....	107
4—7	自感电势.....	111
4—8	磁场能量.....	112
4—9	电磁铁.....	115
4—10	互感应.....	118
习题 四.....		122
第五章	无分支交流电路.....	124
5—1	各种电流的概念.....	124
5—2	正弦电势的产生.....	125

5—3	相位与相位差	129
5—4	正弦量的图示法	132
5—5	正弦量的加、减法	134
5—6	交变量的平均值	137
5—7	交变量的有效值	139
5—8	电阻电路	141
5—9	电感电路	144
5—10	具有电阻和电感的电路	148
5—11	有效电阻、趋表效应及邻扰效应的概念	153
5—12	电容电路	155
5—13	具有电阻和电容的电路	158
5—14	具有电阻、电感和电容的串联电路	161
5—15	具有电阻和电感电路接通恒定电势时的暂态过程	166
5—16	具有电阻和电感电路接通正弦电压时的暂态过程	169
	习题 五	174
第六章	有分支交流电路	177
6—1	符号法的概念	177
6—2	复数的加法、减法、乘法和除法	181
6—3	正弦量的符号表示法	186
6—4	欧姆定律的符号形式、复数功率	188
6—5	克希荷夫定律的符号形式、并联电路	191
6—6	阻抗的混联电路	195
6—7	功率因数的改进	198
6—8	圆图	200
6—9	非正弦电路	203
6—10	具有铁心的交流电路	213
	习题 六	218
第七章	三相电路	221
7—1	三相电势的产生	221

7-2	三相发电机繞組的星形联接	223
7-3	三相发电机繞組的三角形联接	225
7-4	負載的星形联接	223
7-5	負載的三角形联接	244
7-6	三角形变换成星形	248
7-7	三相正弦电流电路中的功率	254
7-8	不对称三相制的对称分量	257
习题	七	262
第八章	电工仪器和測量	267
8-1	概述	267
8-2	电工測量的一般知識	268
8-3	直讀仪器的分类	270
8-4	直讀仪器的原理	275
8-5	电流的測量	283
8-6	电压的測量	289
8-7	功率的測量	291
8-8	電能的測量	296
8-9	电阻的測量	298
8-10	頻率和功率因数的測量	302
8-11	示波器	304
习题	八	306
第九章	直流电机	309
9-1	直流电机的原理和构造	309
9-2	电枢繞組概念	313
9-3	直流电机的电势	320
9-4	电枢反应	321
9-5	换向及其改善方法	323
9-6	发电机的功率和轉矩	326
9-7	直流电机的种类	329

9—8	他激发电机的特性	331
9—9	并发电机的特性曲线	338
9—10	复发电机的机械特性	335
9—11	直流发电机的并联运行	336
9—12	电机的可逆性原理和直流电动机	338
9—13	电动机的启动和电动机的转速	340
9—14	并激电动机	341
9—15	串激电动机	344
9—16	复激电动机	346
9—17	直流电机的损耗与效率	347
9—18	我国制造的直流电机	348
习题	九	349
第十章	变压器	351
10—1	变压器的类别和构造	351
10—2	变压器的工作原理	358
10—3	变压器的向量图	362
10—4	变压器的等值电路	365
10—5	三相变压器	367
10—6	变压器绕组的标志方法及联结组	369
10—7	变压器的空载	374
10—8	变压器的短路	377
10—9	电压调整率	380
10—10	变压器的效率	383
10—11	变压器的调节	385
10—12	变压器的并联运行	386
10—13	变压器的发热和冷却	390
10—14	特殊类型的变压器	393
10—15	我国制造的变压器	397
习题	十	397

第十一章 异步电机.....400

11-1 异步电机的类别和构造.....400

11-2 线圈中的感应电势.....403

11-3 单层全距绕组及其电势.....404

11-4 双层短距绕组及其电势.....414

11-5 绕组的磁势.....419

11-6 异步电动机作用原理和能量图.....426

11-7 异步电动机的运行.....429

11-8 异步电动机的等值电路和向量图.....433

11-9 异步电动机的转矩.....436

11-10 异步电动机的工作特性.....442

11-11 异步电动机的圆图.....443

11-12 异步电动机的起动.....452

11-13 双鼠笼及深槽电动机.....462

11-14 异步电动机速率的调节.....467

11-15 单相异步电动机.....472

11-16 换流机.....476

11-17 我国制造的异步电动机.....479

习题 十一.....481

第十二章 同步电机.....483

12-1 同步电机的类型和结构.....483

12-2 同步发电机的电枢反应和特性.....488

12-3 同步发电机并联运行的概念.....493

12-4 同步电动机.....494

12-5 同步电动机的性能.....500

12-6 我国制造的同步电机.....505

习题 十二.....509

第十三章 电机的维护和检修.....511

13-1 电机的维护.....511

13-2 电机绕组故障及检查法	513
13-3 异步电动机的运行故障	515
习题 十三	517
第十四章 化学电源	518
14-1 电解液	518
14-2 原电池	519
14-3 蓄电池	521
14-4 铅蓄电池的工作原理及其构造	522
14-5 硷性蓄电池的工作原理及其构造	523
习题 十四	531
第十五章 工业电子学	532
15-1 概述	532
15-2 电子发射	532
15-3 二极管真空管	533
15-4 三极管	534
15-5 多极管	535
15-6 放大器	537
15-7 气体介质中的电流	541
15-8 充气管	542
15-9 闸流管	542
15-10 光电管	544
15-11 电子管整流电路	545
15-12 汞弧整流器	545
15-13 引燃管	549
15-14 半导体整流器	550
习题 十五	553
第十六章 电焊与电热	554
16-1 电焊与电焊机	554
16-2 电热及其在工业中的应用	556

习题 十六	559
第十七章 电工材料	560
17-1 电工材料的种类和用途	560
17-2 绝缘材料的主要性质	562
17-3 变压器油	571
17-4 导体材料	573
17-5 磁性材料	578
习题 十七	58
第十八章 发电厂	583
18-1 概述	583
18-2 水电站	583
18-3 火力发电站	583
18-4 原子能发电站	589
习题 十八	590

緒 論

在已知的各种能量的形态中，电能占有重要的地位。任何形式的能（机械能、热能、光能、化学能、原子能等）很容易轉变成电能；同样的，电能也很容易轉变成其它形式的能（机械能、化学能、热能等）。能量的轉換过程只有很少的损失。电能可以輸送到遙远的地方去，分配給各种不同的用电設備，而且較方便的被控制、测量和調整，便于管理；电能也可以电磁波的形式在空中传播，能在很短時間把信号傳送很远，使远距离的无线电通訊得以实现。所以在現代的工业、农业、运输业、通訊、国防以及日常生活中广泛地应用电能。

将电能广泛而普遍的应用在工业、农业、运输业以及日常生活中去，称为电气化。自动化是现代技术的特点，而电气化是自动化的基础。电气化不但革新了国民經济所有的各技术部門，提高了劳动生产率，同时也改善了人类的劳动条件和生产状况。

在資本主义制度下，資本家发展生产只是为了增加剩余价值和利潤，增加对劳动者的剝削。生产的电气化只会增加少数人的財富，却給工人階級带来了失业和貧困。同时，生产过程的社会性和生产資料的私人資本主义占有形式間的矛盾，給技术的发展造成不可克服的障碍，因而資本主义制度下无法实现有計劃的电气化。

我国远在战国末年（公元前300年），我們的祖先已发现了磁石和它的吸鉄性。但近百年来，由于处在封建主义、帝国主义和官僚資本主义压迫之下，电工学和其他科学技术一样得不到发展和提高。解放前，我国电力工业的基础是非常薄弱的，发电設備数量很少，布置杂乱，管理腐敗，在电机制造方面只有装配工厂。

解放以后，在党的正确领导下，我国电力工业以史无前例的

高速度发展着。经过三年的恢复，到1953年每年发电量就达到1949年的二倍多。到1957年，发电量已达193亿度。

② 1958年大跃进以来，由于认真贯彻执行了党的鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线和一整套两条腿走路的方针，掀起了全民办电的群众运动。电力工业得到了更加迅速的发展，仅在1958年一年内，新增的发电设备就相当于第一个五年计划新增发电容量的80%。1959年的发电量，和发电设备，都提前实现了第二个五年计划的指标。

电工只是研究电磁现象及其应用的科学，它在矿山企业生产过程中逐步实现全盘机械化、全盘自动化和远距离操纵中，占有重要地位。电工学包括：1. 电工基础，2. 电工仪 远距高操纵电机，3. 电工材料。在第一部分中叙述电场、磁场、电路及电磁理论的基本问题。第二部分中叙述电工仪器、电机工作原理及其特性。第三部分叙述电工材料的性质及运用。

③ 电工学是一门有趣的科学，然而在学习电工学时需要顽强的意志和毅力。在学习电工学时，时刻要联系到物理、数学、化学上的一些问题。对于矿山机电专业的学生，要理解电工原理的理论，熟练地掌握有关电工问题的计算方法，初步的掌握电机及电工仪器的运用原理，并通过实验、实习、生产劳动来培养自己成为又红又专的社会主义的建设人材。

第一章 电 場

§1-1 物質的电的构造

古时候，人們就发现了用毛皮摩擦过的琥珀，能够吸取輕小的物体。后来，经过进一步研究，又发现物質的这种性質，并不是琥珀所独有的，象用毛皮摩擦过的硬橡胶棒、用絲絹摩擦过的玻璃等都能够发生这种现象。

当时就把物体具有吸取輕小物体的这种性質，叫做物体带了电，或有了电荷。

带电的物体，就叫做带电体。

实验証明，一切物体都能由摩擦而带电。

物体为甚么能带有电荷呢？原来，自然界中的所有物体都是由原子构成的，原子并不是物質的最小顆粒，原子是由原子核和圍繞着它的按照一定軌道运动着的电子构成。好象行星繞着太阳运行那样。

原子核有着較大的質量，而电子的質量則比原子核的質量小得多。

每一种原子的原子核和外围电子，都帶有等量的但符号相反的电荷。原子核帶有正电荷，而电子則帶有負电荷。

拿氢原子为例：它只有一个外围电子，質量約为原子全部質量的1840分之一，帶有 1.59×10^{-19} 庫仑的負电荷；而原子核則具有等量的正电荷。又如鋁原子，具有13个外围电子；銅原子具有29个外围电子。

物質的原子，既然由帶有等量的正电荷和負电荷的微小顆粒所构成，那么物体所以能够带电，自然就是由于物体內的正电荷和負电荷不相等所造成。

按照物体的电的性質，可以把所有的物体分成导体和絕緣体

(或叫电介質)。

导体又可分为两种，而它们的特性都是带电质点(电子或离子)可以在其内部自由移动。

第一类导体的特点是：原子的外层电子和原子核之间的吸引力较小，因而电子容易脱离本身的轨道，跑到另一个原子核的外围电子的轨道上去。这种电子就叫做自由电子。自由电子象气体那样，充满在原子间的空间，从围绕一个原子核运转变到围绕另一个原子核运转。但是，构成这类导体的原子核却不很活泼，它们只是在自己所处的位置上做微小的振动，这些原子核，就构成了物体的骨架。

属于第一类导体的，有金属和碳。

第二类导体叫做电解液。就是酸、碱和一些盐类的溶液。电解质在溶剂的作用下，能分解成正离子和负离子。例如氯化钠溶解在水中，就分解成带正电的钠离子和带负电的氯离子。正负离子就象金属内的自由电子那样，能够在整个导体(即电解液)内自由移动。

如果物体内只有少数的自由电子或离子，则这类物体内就不会有显著的电荷移动。这类物体就叫做绝缘体或电介質。

属于绝缘体的有：气体，一部分液体(石油、漆、树脂等)和除了金属与碳以外的几乎所有的固体(关于导体和绝缘体可参看本书第十七章)。

另外还有介于导体和绝缘体之间的一些物体叫做半导体。属于这类物体的，如用做避雷器的碳化硅、用做整流器的氧化亚铜和硒，用做晶体管的锗等。近年来，半导体的理论和应用已有飞跃的发展，并且逐渐显示出它的优越性。

§1-2 库仑定律

由实验可知，两个带电体间有互相作用的力。带同性电荷的物体互相排斥，带异性电荷的物体互相吸引(图1-1)。

如果物体的大小，远小于两者之间的距离 R ，则它们所带的电荷可以看做集中于一点。这种带电体就叫做点电荷。

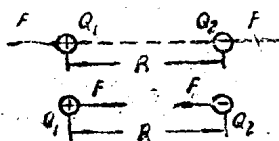


图 1—1 点电荷间的相互作用

1785年，库仑对点电荷进行实验，确定了电荷相互作用的定律：两个电荷之间的作用力的方向，在两个电荷的连接线上；每个点电荷所受的作用力的大小和电荷之间的距离 R 的平方成反比、和两个点电荷上所带有的电量 Q_1 和 Q_2

之积成正比，并且与充满此等电荷周围的电介质有关。

考虑到各物理量的单位，库仑定律可以用下式表示：

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \epsilon R^2} \quad (1-1)$$

* 式中的 ϵ 是考虑到介质的影响而引入的值，叫做介电系数。各种电介质有着不同的 ϵ 。 4π 是为了使单位合理化而引入的值。

在本书中，我们选取合理化绝对电磁单位制（简称 MKCA 制——拉丁字母为 MKSA）。在这一单位制内，采用：

米为长度单位；

公斤为质量单位；

秒为时间单位；

牛顿（简称牛）为力的单位（使 1 公斤质量产生 1 米/秒² 加速度之力）；

焦耳（简称焦）为功的单位（1 焦 = 1 牛 × 米）；

库仑（简称库）为电量单位。

各单位的符号及其与绝对静电制和绝对电磁制的关系，列在表 1—1 和表 1—2 中。

设两个带有相等电量的点电荷在真空中相距为 1 米，若互相