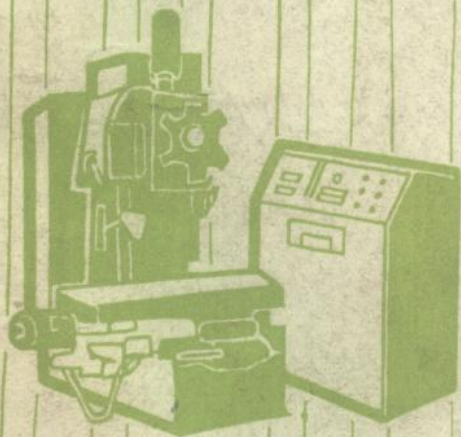


电 工 学

DIANGONGXUE

上 册

大连工学院机制专业《电工学》编写组



人 民 教 育 出 版 社

电 工 学

上 册

大连工学院机制专业《电工学》编写组

人 民 教 育 出 版 社

电 工 学

上 册

大连工学院机制专业《电工学》编写组

*

人 民 教 育 出 版 社 出 版

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

人 民 教 育 出 版 社 印 刷 厂 印 装

*

1977年4月第1版 1977年9月第1次印刷

书号 15012·025 定价 1.10 元

前 言

伟大的领袖和导师毛主席教导我们：“学制要缩短。课程设置要精简。教材要彻底改革，有的首先删繁就简。”遵照这一英明指示，无产阶级文化大革命中，我们机制专业通过调查研究，分析批判，将原有的物理学电学部分、电工学和机床电设备等三门课程改革成为一门课程，删除旧教材中陈腐、重复、繁琐的部分，增添针对专业急需的新内容，编写了《电工学》讲义，并在73届工农兵学员中试用。本书是在总结这次教学实践经验的基础上，又由工厂工人师傅、校内任课教师和工农兵学员组成的编写小组，将上述讲义重新进行修订而成的。

在修订过程中，我们努力按照“实践——理论——实践”的认识过程，运用矛盾对立统一的法则来提出问题，分析问题，并力求理论联系实际，文字通俗易懂。每章附有小结，以便学员自学；思考题和练习题则为培养学员分析问题、解决问题能力之用。为了适应教育与三大革命运动结合的需要，书中凡是加有“*”号的章节，可以根据教学过程的实际情况予以取舍。

本书分上、中、下三册：上册包括电和磁的基本知识、直流电路、交流电路、电磁铁、变压器、直流电动机以及异步电动机等内容；中册主要讨论用继电器—接触器控制的各种机床的电气设备；下册则将介绍晶体管的整流、放大、振荡、脉冲电路和机床的数字程序控制电路。

沈阳松陵机械厂、大连机床厂、大连工矿车辆厂、大连电机厂、大连低压开关厂、大连铁道学院等单位的工人师傅、技术员和教师审阅了本书初稿，提出了许多宝贵的意见，谨此表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限，书中一定存在着缺点和错误，殷切希望使用本书的教师和学员给予批评指正。

让我们高举毛主席的伟大旗帜，在华主席为首的党中央的领导下，为教育革命做出更大贡献。

大连工学院机制专业《电工学》编写组

1977年4月

关于本书所用文字符号下标的说明

本书所用文字符号下标,除国际通用者外,其余一律采用汉语拼音字母。为了便于区别起见,文字符号下标用两种字体排印:凡国际通用符号均排为斜体;凡汉语拼音字母则均排为小写正体。兹将本书所用汉语拼音字母下标的意义,按照书中出现的先后次序,列表说明如下:

下标符号	意义	汉语拼音	举 例	下标符号	意义	汉语拼音	举 例
y	电源	dianyuan	电源力所做的功 A_y	j	机械	jixie	机械功率 P_j
x	导线	daoxian	联接导线的电阻 R_x	zd	制动	zhidong	制动电阻 R_{zd}
	线	xian	线电压 U_x	b	并励	bingli	和并励绕组串联的电阻 R_b
fx	负载	fuzai	负载电阻 R_{fx}	e	额定	eding	额定电压 U_e
q	起动	qidong	起动电阻 R_q	cl	串励	chuanli	串励绕组电阻 R_{cl}
fl	分流	fenliu	分流电阻 R_{fl}	zl	直流	zhiliu	直流电压 U_{zl}
by	倍压	beiya	倍压电阻 R_{by}	d	灯	deng	灯管电阻 R_d
f	反抗	fankang	反抗转矩 M_f	z	镇流器	zhenliuqi	镇流器电阻 R_z
t	铁	tie	铁磁体的磁导率 μ_t	yg	有功	yougong	电流有功分量 I_{yg}
sc	剩磁	shengci	剩磁强度 B_{sc}	wg	无功	wugong	电流无功分量 I_{wg}
jw	矫顽	jiaowan	矫顽磁力 H_{jw}	cz	磁滞	cizhi	磁滞损失 P_{cz}
c	磁	ci	磁阻 R_c	wl	涡流	woliu	涡流损失 P_{wl}
	传动机构	chuandong jigou	传动机构效率 η_c	xa	相	xiang	相电压 U_{xa}
l	漏	lou	漏磁通 ϕ_l	d	电动机	diandongji	电动机相电压 U_{xa-d}
pj	平均	pingjun	平均直径 D_{pj}	lj	临界	linjie	临界转差率 s_{lj}
s	电枢	dianshu	电枢电流 I_s	rd	熔断器	rongduanqi	熔断器额定电流 I_{rde}
l	励磁	lici	励磁电流 I_l	g	工作	gongzuo	工作时间 t_g

目 录

绪论	1
第一章 基本知识	
1-1 机制专业用电的基本情况	3
1-2 物质的基本结构和电性能	7
1-3 电的几个基本物理量	9
第二章 直流电路	
2-1 电路的组成	17
2-2 欧姆定律	18
2-3 导体的电阻	20
2-4 电流的热效应	23
2-5 电路的几种状态	26
2-6 电路的基本联接方式	29
2-7 克希荷夫定律	32
2-8 直流电的测量	35
第三章 电流与磁场	
3-1 磁场	42
3-2 磁场对电流的作用	47
3-3 电磁感应	49
第四章 直流电磁铁	
4-1 电磁铁的用途和基本构造	59
4-2 导磁材料及其磁性能	60
4-3 磁路	64
4-4 直流电磁铁的吸力和励磁线圈	66
4-5 直流电磁铁的工作特性和参数	69
4-6 电磁工作台	69
4-7 电磁离合器	70
第五章 直流电动机	
5-1 直流电动机的作用原理	73
5-2 直流电动机的构造	74
5-3 直流电动机按励磁绕组联接方式的分类	76
5-4 并励电动机工作情况的分析	76
5-5 并励电动机的使用	80
*5-6 串励电动机	86
第六章 单相交流电路	
6-1 正弦交变电动势的产生	89
6-2 交流电路的实例——日光灯电路	93
6-3 电阻电路	95
6-4 电感电路	97
6-5 电容电路	102
6-6 正弦交流电的矢量表示法	107
6-7 一般的单相交流电路	110
6-8 功率因数的提高	114
6-9 交流电的测量	116
第七章 交流电磁铁	
7-1 交流电磁铁的基本构造	121
7-2 交流电磁铁的励磁电路和吸力	122
7-3 常用的交流电磁铁	125
第八章 变压器	
8-1 变压器的用途和基本构造	127
8-2 变压器的工作原理和特性	128
8-3 变压器的几种类型	131
*8-4 小型变压器的设计	134

第九章 三相交流电路

9-1 三相正弦交变电动势的产生.....143	9-4 三相电路的功率.....149
9-2 三相电路的星形接法.....145	*9-5 三相功率的测量.....152
9-3 三相电路的三角形接法.....148	9-6 三相电压的变换.....154

第十章 异步电动机

10-1 三相异步电动机的作用原理.....157	电动机工作的影响.....170
10-2 三相异步电动机的构造.....160	10-5 三相异步电动机的使用.....171
10-3 三相异步电动机工作情况的分析.....164	10-6 单相异步电动机.....178
10-4 定子电压和转子电阻的变化对异步电	10-7 电动机的选择.....180

附 录

1. 日光灯灯管.....187	9. BJZ 系列局部照明变压器.....189
2. 熔断器.....187	10. Z2系列直流电动机.....190
3. MQZ1 系列直流电磁铁.....188	11. J2系列三相异步电动机.....193
4. DLM0 系列摩擦片式电磁离合器.....188	12. JO2 系列三相异步电动机.....194
5. MQ1 系列牵引电磁铁.....188	13. JO3 系列三相异步电动机.....195
6. DG 系列单相干式变压器.....189	14. JO4 系列三相异步电动机.....196
7. TDG 系列自耦调压变压器.....189	15. JDO2 系列多速电动机.....197
8. BK 系列控制变压器.....189	

绪 论

“人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然界得到自由。”电工学就是一门研究自然界里电和磁的运动规律在工程上应用的自然科学。作为机制专业的课程来说，我们学习电工学的目的在于树立辩证唯物主义观点，掌握一定的电工基础理论，能够正确使用本专业中常见的各种电气设备，更好地为社会主义革命和社会主义建设服务。

电能由于具有转化容易、输送经济、控制方便等等优点，是现代工农业生产、国防建设以至日常生活所不可缺少的。电气化的程度，已成为衡量一个国家生产技术水平高低的主要标志之一。

我国是世界文明发达最早的国家之一。在与电工学有密切关系的电学和磁学方面，古代的劳动人民曾经作出过卓越的贡献。指南针、人造磁铁、地磁偏角、磁屏蔽等都是我国首先创造和发现的，并在天文学与航海方面有所应用。摩擦起电的现象，在汉代王充的著作《论衡》里早已有所记载。但是在漫长的封建社会里，由于社会生产力发展缓慢，这些发明也得不到进一步的发展。

在欧洲，希腊人虽然也很早就发现了摩擦起电的现象，同样由于在封建制度的统治下，电学的研究只停留在静电方面而没有进展。直到十八世纪后期，产业革命使封建时代所形成的工场手工业转变为资本主义的机器工业。资本主义社会初期，生产力的增长促进了电工技术的发展。但是在生产资料私人占有的资本主义制度下，科学技术“抓在资本家手里，不抓在人民手里，其用处就是对内剥削和压迫，对外侵略和杀人。”

旧中国曾经深受帝国主义侵略之害而处于半封建、半殖民地状态，虽在十九世纪末叶就已开始用电，但在帝国主义、封建主义和官僚资本主义三座大山压迫之下，电气工业和其它工业一样，十分落后，仅有的一点电力工业，大都掌握在外国资本家的手里，发电厂集中在几个大、中城市，设备简陋，机器陈旧，电能基本上只供当地有限的工业以及剥削阶级享乐之用。电机、电器制造工业几乎没有，一般是靠外国进口的原材料，进行一些修配工作和生产一些小型的产品。至于电子工业就更谈不上了。

新、旧社会两重天。中华人民共和国成立以后，劳动人民成了国家的主人，生产力得到了极大的解放。在以毛主席为首的党中央的英明领导下，坚持独立自主、自力更生的方针，依靠工人阶级和广大群众，在两个阶级、两条道路的激烈斗争中，战胜了帝国主义的封锁，顶住了社会帝国主义的壓力，排除了修正主义路线的干扰，使我们伟大的社会主义祖国初步繁荣昌盛，电工事业也发生了根本性的变化。发电量逐年增长，比较完整的电气工业体系已经建成，产品的品种和数量日益增多，质量普遍提高，有些已经达到或者接近世界先进水平，不

仅促进了国民经济的发展、为我国无产阶级专政提供了物质基础,而且支援了第三世界人民革命斗争的需要。无产阶级文化大革命以来,全国人民阶级斗争和路线斗争的觉悟普遍提高,社会主义积极性空前高涨,社会生产力得到进一步的解放,社会主义电气事业也继续飞跃地向前发展。30万千瓦双水内冷发电机的制成,装机容量122.5万千瓦的刘家峡大型水电站的竣工,330千伏超高压输电线的敷设,人造地球卫星的发射和返回地面,每秒运算一百万次的集成电路电子计算机的调试成功,各种数字程序控制机床和加工中心的生产,标志着我国的电工事业,在毛主席革命路线的指引下,正以雄健的步伐向着世界的先进行列迈进。

今后,我们一定要继承伟大领袖和导师毛主席的遗志,听从以华国锋主席为首的党中央的指挥,坚决执行抓纲治国的战略决策,深揭狠批王洪文、张春桥、江青、姚文元“四人帮”反党集团篡党夺权、复辟资本主义的滔天罪行,为全面贯彻毛主席制定的教育方针,把无产阶级教育革命进行到底,为实现敬爱的周恩来总理遵照毛主席的指示而在四届人大提出的宏伟目标,在本世纪内把我国建设成具有现代农业、现代工业、现代国防和现代科学技术的社会主义强国而努力奋斗。

第一章 基本知识

“学习不是容易的事情,使用更加不容易。”但是,“世上无难事,只要肯登攀。”在序言里,我们提出了学习电工学的目的,在于树立辩证唯物主义观点,掌握必要的电工基础理论,能够正确使用在机制专业范围内常见的电气设备,更好地为社会主义革命和社会主义建设服务。那么,机制专业究竟要用哪些电气设备?电磁运动又有哪些基本规律?本章就介绍机制专业用电的基本情况和电的基本知识,作为学习电工学的入门。

1-1 机制专业用电的基本情况

机器零件的加工,离不开金属切削机床,机床的使用又离不开用电。现在先就最常见的C620型普通车床来说明机制专业用电的基本情况。

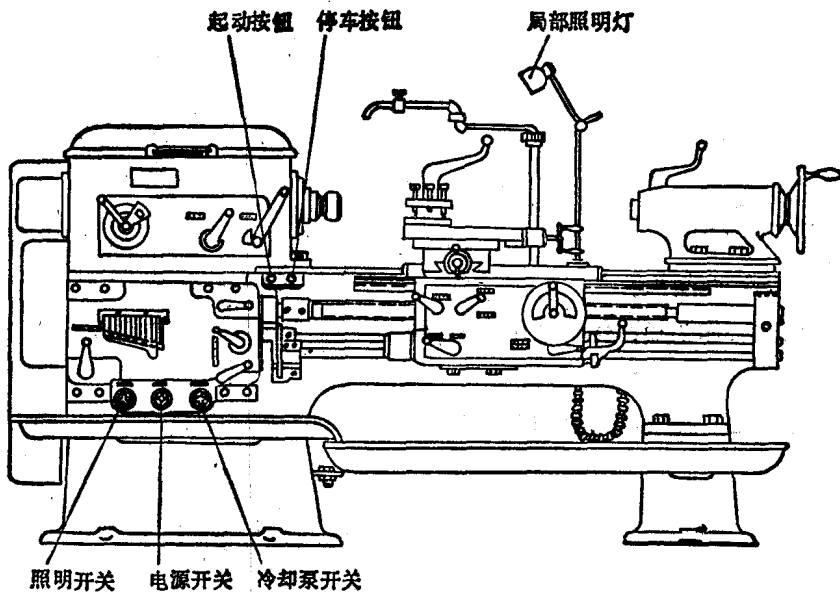


图 1-1 C620 型普通车床

图 1-1 是 C620 型普通车床的外形图。这种车床的电气设备有以下一些部件:

(一) **主电动机** 是一台额定电压 380 伏、额定功率 4 千瓦的交流三相异步电动机(图 1-2),装在床身前腿的后侧,用来拖动车床的主轴。

(二) **冷却泵电动机** 是一台额定电压 380 伏、额定功率 125 瓦的交流三相异步电动机,装在床身右方的后侧,用来拖动冷却泵。

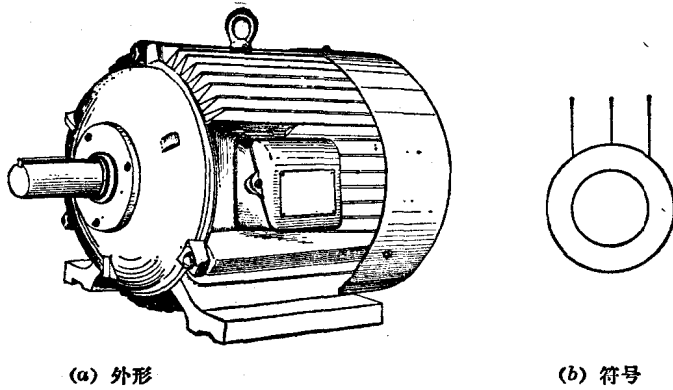


图 1-2 三相异步电动机

(三) 局部照明灯 是电压 36 伏的白炽灯, 装在溜板的后面, 可随溜板而移动。照明灯的图形符号如图 1-3 所示。

(四) 起动按钮和停车按钮 用来起、停主电动机。起动按钮有两个平时不接通的常开触头, 只有按下按钮时才将它们接通; 停车按钮则有两个平时接通的常闭触头, 只有按下按钮时才将它们断开。起、停按钮装在进给箱的右侧, 便于加工时操作。

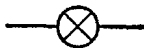


图 1-3 照明灯的图形符号

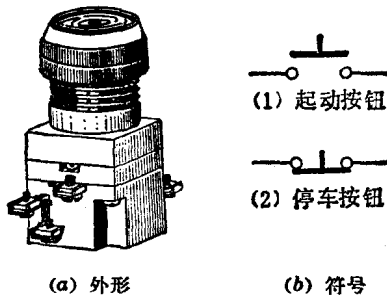


图 1-4 按钮

(五) 熔断器 作为短路保护之用。当通过熔断器内熔丝中的电流超过其允许的额定值时, 熔丝熔化, 自动切断电源。

(六) 热继电器 作为电动机的过载保护用。当通过热继电器发热元件的电流超过其

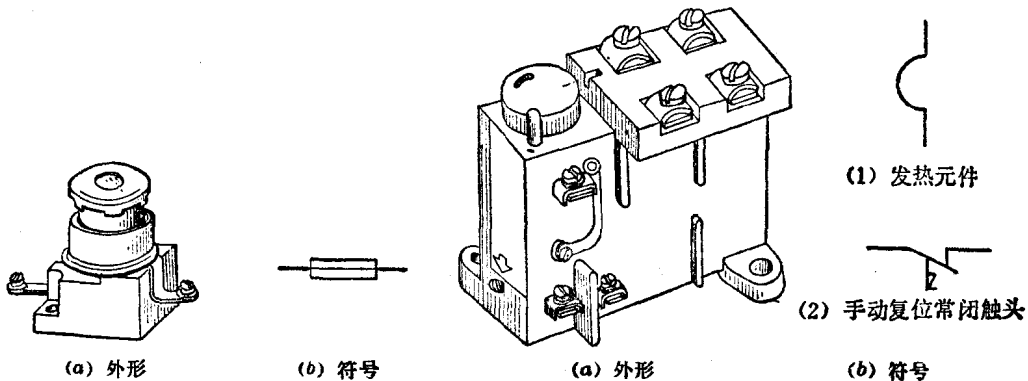


图 1-5 熔断器

图 1-6 热继电器

整定值时,发热元件将平时闭合的常闭触头断开,使控制电路断电,电动机停止转动。

(七) **交流接触器** 与起、停按钮配合,用来起、停主电动机。当接触器的线圈有电时,它的三个常开主触头闭合,使主电动机与电源接通而起动;线圈断电时,主触头打开,切断主电动机与电源的联系而使其停止转动。

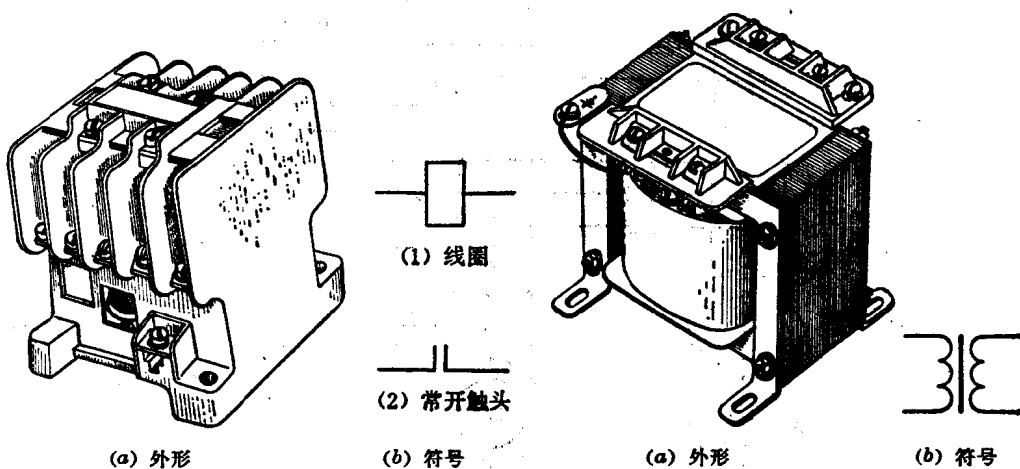


图 1-7 交流接触器

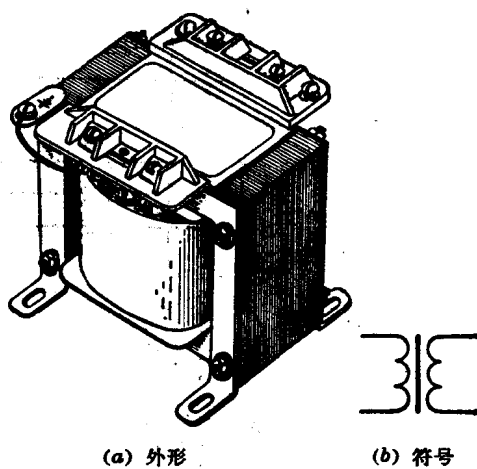


图 1-8 照明变压器

(八) **照明变压器** 用来将 380 伏的电源电压转变为 36 伏,以供局部照明灯使用。

(九) **组合开关** 共有三个。两个是三极组合开关,用来接通电动机的三相交流电源;一个是二极组合开关,用来接通照明变压器的电源。

组合开关、照明变压器、交流接触器、热继电器和熔断器都装在床身左后侧的电器箱内,组合开关的手把则装在进给箱的下侧,以便操作。

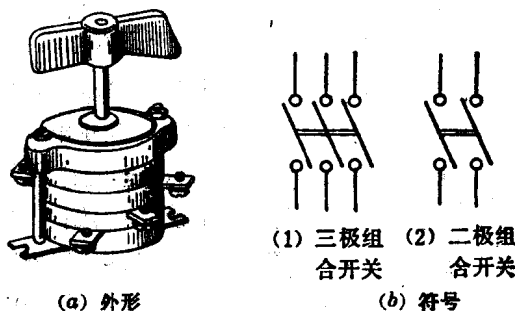


图 1-9 组合开关

上列这些电气元件,都用导线相互联接起来。整个线路,应该按照国家标准 GB312—64 规定的图形符号,画成如图 1-10 所示的电气原理线路图,以便分析。根据这个线路图,我们简要地说明一下 C620 型普通车床电气设备的工作情况。

转动三极组合开关 $1HK$ 的手把,就可把三相交流电源引入,再按下起动按钮 AQ ,将交流接触器 C 的线圈和电源接通,它的三个常开主触头闭合,使主电动机 $1D$ 与三相交流电源接通,于是主电动机起动。与此同时,并联在起动按钮两端的交流接触器的常开辅助触头也要闭合。这样一来,即使松开起动按钮,交流接触器的线圈仍然有电,保证主电动机能够正常运转。

车床在加工零件的过程中,需要冷却液时,可转动三极组合开关 $2HK$ 的手把,开动冷却泵电动机 $2D$;需要局部照明时,可转动二极组合开关 $3HK$,接通照明变压器 B 而点亮

照明灯 HD 。

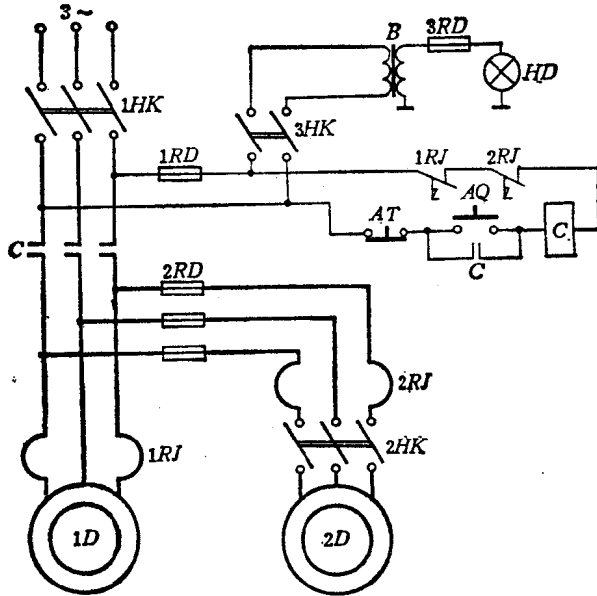


图 1-10 C620 型普通车床电气原理线路图

加工完毕后，按下停车按钮 AT ，使交流接触器 C 的线圈断电，因而它的三个主触头打开，切断主电动机 $1D$ 的电源，于是主电动机 $1D$ 就停止转动。同时交流接触器的辅助触头也开断，这样，即使松了停车按钮，交流接触器 C 的线圈也不再有电了。

在车床加工零件的过程中，如果主电动机 $1D$ 或冷却泵电动机 $2D$ 出现过载的情况，是通过热继电器 $1RJ$ 或 $2RJ$ 的发热元件的电流将超过它们的整定值而使发热元件的温度升高，因此它们的常闭触头自动开断，这样，交流接触器 C 的线圈就要断电，它的三个主触头开断，主电动机 $1D$ 和冷却泵电动机 $2D$ 都要停止转动。

如果电气设备某一部分发生短路（例如由于电动机 $2D$ 、接触器 C 、照明变压器 B 、照明灯 HD 或联接导线的绝缘损坏）而引起很大的电流时，那么相应部分的熔断器 $1RD$ 、 $2RD$ 或 $3RD$ 的熔丝就要熔化，切断电源，以免扩大事故。主电动机 $1D$ 的短路保护则安装在车间配电板上。

由于机床种类的不同，自动化程度的差异，机床的电气设备也是多种多样的。一般除了异步电动机和控制电动机起动、停车、正反转、制动以及保护用的电器以外，譬如 $M7120$ 型平面磨床，还有通入直流电而能吸住加工零件的电磁工作台， $C7620$ 型多刀半自动车床还有控制液压系统油路启、闭的直流电磁铁。它们所用的直流电是用半导体二极管将交流电整流而获得的。对于调速要求高的机床，如立式车床、坐标镗床、龙门刨床等，则都采用直流电动机来拖动。它们的直流电源，有用直流发电机的，也有用可控硅整流的。高度自动化的数字程序控制机床则由一台专用的电子计算机来控制，后者是用分立的半导体元件或集成电路组成。

从上面这些实例中可以看出,机制专业所使用的电气设备元件,种类是很多的,主要有作为动力用的各种交、直流电动机,作为控制和保护用的各种电器和半导体器件。此外,不仅在机械制造中要用电完成某些加工工艺,如电焊、电火花加工、电研磨、高频淬火、电镀、静电喷漆等;而且在近代化的生产装置和科研设备中广泛应用非电量的电测法,进行自动测量、自动记录和运算。由此可见,电和机械制造工业的关系是十分密切的。机制专业的电工学,将讨论电和磁的基本规律,交、直流电路的理论,各种电机、电器和半导体器件的作用原理、工作特性和使用方法以及它们在机床上的具体应用。

1-2 物质的基本结构和电性能

(一) 正电和负电

在上一节所讲的机制专业用电的实例中,我们知道,要使各种用电设备正常工作,必须将它们通电。人们经过长期的实践,认识到自然界存在着两种性质不同的电荷,即正电荷(或称阳电,以“+”表示)和负电荷(或称阴电,以“-”表示)。所谓通电,就是使电荷做定向的运动。毛主席指出:“事物发展的根本原因,不是在事物的外部而是在事物的内部,在于事物内部的矛盾性。”要认识物体电现象的根本原因,必须了解物质的内部结构。

近代的科学实验证明:固体、液体、气体都是由分子组成的,而分子是由原子组成的。每个原子又由一个带正电荷的原子核和一些电子组成,而每个电子都有等量的负电荷。这些电子有规律地分层分布在原子核周围,好象行星绕太阳运动一样,不停地一面自旋,一面绕原子核旋转。正电荷和负电荷是一对矛盾,双方共处于一个统一体中。在通常情况下,电子所带负电荷的总和与原子核所带正电荷相等,因此整个原子便显示为中性,物体便不显示出电性

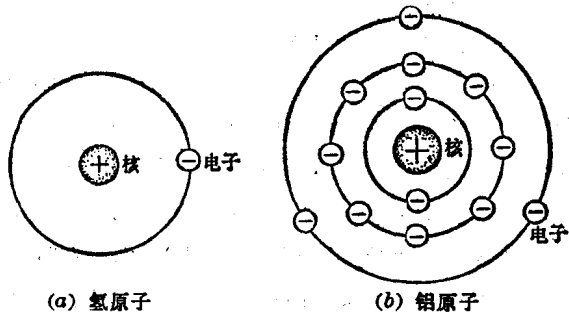


图 1-11 原子结构示意图

来。图 1-11 所示的就是最简单的氢原子和铝原子的内部情况。当原子失去一个或几个电子时,就显示出带正电。原子失去电子后形成的带正电的粒子叫正离子。反之,当原子获得额外的电子时,就显示出带负电。原子获得电子后形成的带负电的粒子叫负离子。因此,正、负电荷是物体所固有的,它既不能被创造,也不能被消灭,我们只能在一定的条件下,使物体内部原子中的正、负电荷分离,甚至将它们转移到另一物体上而成为带电体。电工技术上作为电源用的发电机就是利用电磁感应作用,使正、负电荷分离而分别聚集在两极上。用毛皮摩擦电木棒时,一些电子就从毛皮转移到电木棒上,毛皮显示出带正电,电木棒显示出带负电,这就是通常所说的摩擦起电。

大量的实验还表明：电荷与电荷之间有相互作用力。同性电荷互相排斥，异性电荷互相吸引。物体所带电荷越多，它们之间的相互作用力越大。

物体所带电荷的多少叫做电量。在实用单位制中，电量的单位叫做库仑。电子所带的一份电量，是目前自然界中所发现的最小的电量，它等于 1.6×10^{-19} 库仑，而 1 库仑的电量等于 6.25×10^{18} 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；处于运动状态时，称为动电。

(二) 导体、绝缘体、半导体

当电荷处于运动状态时，往往需要借助于某种物体来传导。机床上的电动机，就是通过金属导线来传导电荷而使电动机转动起来的。

自然界的各种物体，根据导电性能的不同，大致可以区分为导体、绝缘体和半导体等三大类。导体又分为第一类导体和第二类导体：银、铜、铝、锌、铁等金属以及人体、大地等为第一类导体；各种酸、碱、盐的水溶液，即电解液，属于第二类导体。

橡胶、塑料、云母、陶瓷、石蜡、胶木、纸、油类、绝缘漆、玻璃、干燥的木材和空气等，它们在一般情况下是不能导电的，称为绝缘体，又叫电介质。常用的导线，线心是由导电性能良好的金属铜或铝制成，外表的漆皮或塑料等，用来使在线心中传导的电荷与外界隔离，起着绝缘的作用。

此外，如硅、锗、硒以及氧化铜等材料，它们的导电性能介于导体和绝缘体之间，并且随着外界条件的不同而显著地变化。这类物体叫做半导体。常用来制做各种半导体元件。

物体的导电性能不同，是和它们内部的原子结构密切相关的。各种金属材料中，原子内的最外层电子很容易摆脱原子核的吸引，在金属内的原子之间自由地运动，这种电子称为自由电子。用金属联接带正电和带负电的物体时，金属中的自由电子就移动到带正电的物体上去补充电子的不足，而带负电的物体中的多余电子又跑到金属上来。这样金属就很容易导电。对于第二类导体，则由其内部存在着正、负离子，它们在导电时可以自由移动，因而成为导体。绝缘体由于它们的原子结构与金属不同，原子中的电子都被原子核紧紧地束缚住，几乎没有自由电子存在，所以一般情况下是不能导电的。

应当指出，导体和绝缘体之间并没有严格的界限，绝对不导电的物体是没有的，绝缘体只不过是导电能力非常微弱而已。导电和绝缘“矛盾着的双方，依据一定的条件，各向着其相反的方面转化”。当条件变化，例如在潮湿和高温等情况下，绝缘体的导电性能将会增强，而高温的金属导体的导电性能则会减弱。

一般的气体在通常情况下是不能导电的，因为其中无自由电子或正、负离子。但是可以用其它方法使气体分子分离成正、负离子（称为气体电离），例如用火焰燃烧或用伦琴射线、紫外线，各种放射性物质的射线照射气体，使气体电离，这时气体就成为导体。另外还可以用快速电子碰撞气体分子，使气体电离成为导体。日光灯、霓虹灯以及气体激光管的放电，就是利用这个道理制成的。

至于半导体的导电情况,我们将在下册里再行详细论述。

1-3 电的几个基本物理量

(一) 电源的电动势

要对用电设备通电,必须有电源。常用的电源有发电机、蓄电池和干电池等。它们的共同特点是能够使其内部的正、负电荷分离而分别聚集在两极上。发电机使正、负电荷分离的能力是由机械能经过电磁感应作用产生的〔参看 3-3 节(三)〕,蓄电池和干电池使正、负电荷分离的能力是由化学作用产生的。我们把电源这种能使正、负电荷分离的作用力叫做电源力。电源积聚正电荷的一端叫做正极,积聚负电荷的一端叫做负极。

电源力在把正电荷从负极移送到正极(或者把负电荷从正极移送到负极)时,电源力要对电荷做功,这和我们用力把一重物从低处搬到高处对重物做功极其相似。不同种类的电源,把一定量的正电荷从负极移送到正极时,电源力所作的功的大小是各不相同的。对于一定种类的电源来说,电源力把单位正电荷从负极移送到正极所做的功是一个恒量,我们用这个恒量来表示该电源的特性,称为电动势。如果用 q 表示被移送的电荷量, A_p 表示电源力移送这些电量时所做的功, E 表示电动势,则

$$E = \frac{A_p}{q} \quad (1-1)$$

式中功的单位用焦耳(J),电量的单位用库仑时,电动势的单位为伏特,简称伏,常用符号 V 代表。

但是电源力是否能够使电源内部的正、负电荷无限地分离而在两极上无限地积聚起来呢?事实并非如此。在正、负电荷分离的过程中,两者之间就出现了相互吸引的作用力。这个作用力企图使正、负电荷重新结合在一起,于是和电源力构成一对矛盾,当它们达到平衡时,电源的两极就不再积聚更多的正、负电荷。

(二) 电场和电场强度

前面提到,两个电荷之间或者两个带电体之间存在着相互作用的力。辩证唯物论认为,物体之间的相互作用不能脱离物质而发生,它或者是由直接接触而发生,或者通过其它物质作媒介而发生。例如摩擦力和压力就是由物体的直接接触而发生,地球对物体的吸引力则是通过一种特殊的物质——重力场而发生。电荷与电荷之间的相互作用力也是通过一种特殊的物质而发生的。这种特殊的物质不是由分子、原子组成,没有一定的体积,它始终存在于电荷的周围。我们把这种伴随电荷而同时存在的特殊物质叫做电场。一个电荷受到另一个电荷的作用力就是由另一个电荷的电场施加的。

静止电荷周围的电场称为静电场,它对置于其中的其它电荷所产生的作用力叫做电场力。

现在我们以一个带电的球体为例来讨论电场的性质。

设有一个带正电荷 Q 的球体(图 1-12), 为了察知它周围电场的情况, 我们用一个电量极微而集中在一个质点上的正电荷 q_0 作为检验电荷^①, 把它放到带电球体的电场中去, q_0 就要受到电场力 f 的作用。由于 q_0 和 Q 是同性电荷, 所以检验电荷 q_0 将受到电场力 f 的推斥作用, 电场力 f 的方向向外, 并且作用在球体中心与 q_0 的联接线上。将 q_0 放在电场中的不同点时, 受力的大小和方向是不一样的。离 Q 越近, 受力越大。这个现象表明在电场中的不同点, 电场的强弱程度和方向是不一样的。如果在电场中的同一点, 将试验电荷的电量 q_0 改变, 那么所受的电场力的大小也相应地成正比而改变。因此, 我们用检验电荷在电场中某点所受的电场力 f 跟它的电量 q_0 的比值来衡量该点的电场的强弱, 叫做该点的**电场强度**, 用符号 \mathcal{E} 表示, 即

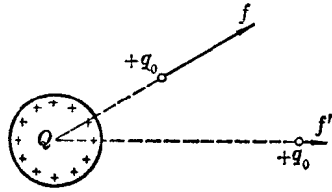


图 1-12 带正电球体的电场

$$\mathcal{E} = \frac{f}{q_0} \quad (1-2)$$

这个关系表明: 电场中任意一点的电场强度, 在数值上等于单位正电荷在该点所受的电场力的大小。我们知道, 力是矢量, 因此电场强度也是矢量, 于是式(1-2)可以写成

$$\vec{\mathcal{E}} = \frac{\vec{f}}{q_0} \quad (1-3)$$

这就是说, 电场强度的方向与正电荷受力的方向一致。

由此可见, 电场强度反映了电场强弱的特性, 因此它是描述电场性质的物理量。在实用单位制里, 力的单位用牛顿, 电量的单位用库仑, 电场强度的单位就是牛顿/库仑。

许多实际上应用的电场都是比较复杂的, 电场各处场强的大小和方向不能用简单的公式表示出来, 往往人为地用一系列曲线形象地来描绘电场。这些曲线上的任一点的切线方向都跟该点的电场强度方向一致, 与电场强度方向垂直的单位面积上的曲线数则与电场强度的大小成正比。这些曲线叫做**电力线**, 既表示了电场强度的方向, 也反映了电场强度的大小。

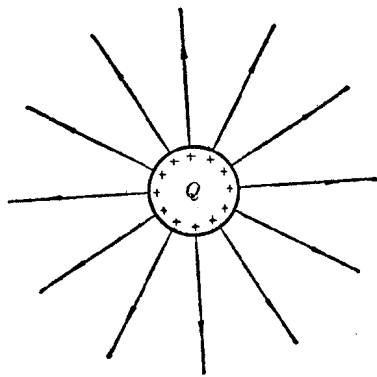


图 1-13 带正电球体的电力线

图 1-13 所示的是带正电荷的球体的电力线。

电力线还可以用实验的方法演示出来。将奎宁结晶悬浮在蓖麻子油中, 再把各种形状的电极浸入油内, 并使电极带电, 奎宁结晶便显示出电力线的图形。图 1-14(a) 和 (b) 分别为演示所得的两个带有等量异性电荷的球体和平行板的电力线图形。电力线是彼此不相交的曲线, 起始于正电荷, 终止于负电荷。

① 检验电荷由于电量极微, 体积很小, 所以把它放进电场, 几乎不改变原有电场的分布。