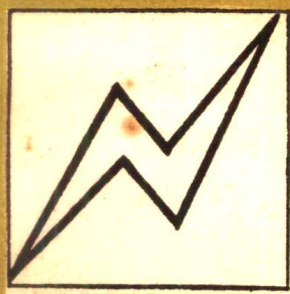
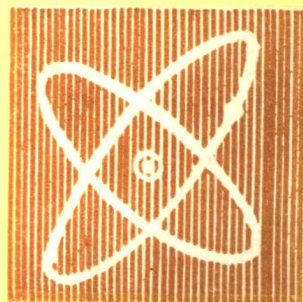
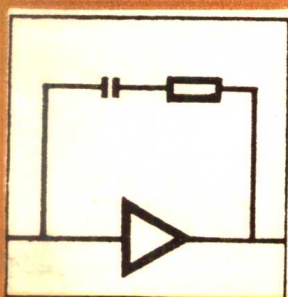
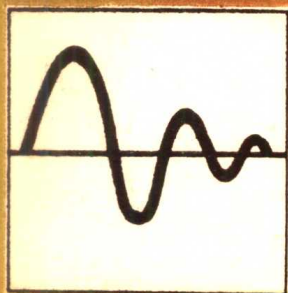
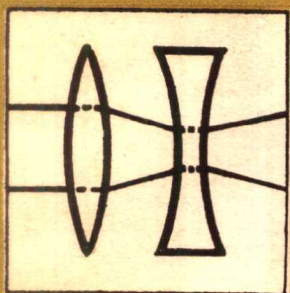


高等学校试用教材



电器制造工艺学

河北工学院孟庆龙 主编



机械工业出版社

高等学校试用教材

电器制造工艺学

河北工学院孟庆龙 主编



机械工业出版社

电器制造工艺学

河北工学院孟庆龙 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

沈阳市第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本787×1092 1/16·印张 21 ·字数 513千字

1982年4月沈阳第一版·1982年4月沈阳第一次印刷

印数 0,001—6,500·定价2.15元

*

统一书号: 15033·5090

前 言

本书是根据1978年4月在天津召开的高等院校一机部对口专业座谈会的精神以及同年6月在山东泰安召开的全国高等院校电器专业教材会议上制订的《电器制造工艺学》编写大纲编写的。

《电器制造工艺学》着重介绍了电器产品的典型零部件制造工艺和常用的专业工艺。内容侧重于低压电器制造工艺，并兼顾了高压电器制造工艺。书中对最近十几年在电器制造中应用的新工艺和新材料，如精冲、冲压自动化、精铸、挤压、热固性塑料注射、无氰电镀、超声波搪锡、电泳涂漆，以及工程塑料、粉末冶金触头材料等做了适当的介绍；并用数理统计的概念论述了工艺过程的质量控制和抽样检查；还对电子技术在电器制造工艺过程中的应用作了介绍。

本书的任务是使电器制造专业学生在校学习期间能获得初步的电器制造工艺的基本理论知识；培养学生具备产品结构工艺性的概念，在电器产品设计时能够考虑到各种工艺方法的特点，设计出结构工艺性好的零部件和产品；并且对电器制造工艺在我国电器制造业的重要作用有一个较全面的正确认识。

本书可作为高等院校电器专业的试用教材，也可作为业余大学的教材或从事电器制造和运行维修的工程技术人员参考书。

本书由孟庆龙副教授主编。参加编写的有：河北工学院金克遑（第二、三、四、五章）北京开关厂陆首群和马淑琴（第七章）以及孟庆龙（第一、六、八、九、十、十一、十二章）等同志。本书由北京开关厂总工程师陆首群和北京低压电器厂副总工程师郭淳主审。编者对他们在审阅过程中的辛勤劳动表示深切的谢意。该书由贡克勤同志担任责任编辑。

初稿写成后，于1980年7月在北京召开的审稿会上讨论通过。参加审稿会的有一机部电工局张居猷；上海电器科学研究所洪志诚、薛恩德；西安高压电器研究所赵帆；一机部第七设计院欧阳科才；北京开关厂王炳芹、张作茹、戴超衡；北京低压电器厂朱湘梅、石憬林、李太基、章菊生；沈阳高压开关厂虞恬；沈阳低压开关厂林应扬；沈阳机电学院刘增广；河北工学院陆俭国、杨乐玉等同志。大家在讨论过程中，对书稿提出了许多宝贵意见，编者对与会代表的支持和帮助表示衷心的感谢。

在编写过程中还得到哈尔滨工业大学、阿城继电器厂、沈阳低压开关厂、沈阳高压开关厂、上海无线电八厂、上海机床电器厂、天津低压开关厂和一〇五厂等单位很多同志的帮助，提供了不少宝贵资料，在此表示衷心感谢。特别应对北京开关厂和北京低压电器厂工艺的许多同志在编写和审定稿过程中给予的热情支持，表示谢意。

由于本书编写仓促和编者水平所限，书中不当和错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

1980年10月

目 录

第一章 绪论..... 1	
§ 1-1 我国电器制造业的发展..... 1	
§ 1-2 电器制造工艺的特点..... 5	
§ 1-3 电器制造工艺的发展方向..... 7	
第二章 电器制造工艺的一般概念..... 11	
§ 2-1 工艺过程的组成及定义..... 11	
§ 2-2 设计工艺过程应有的基本知识..... 12	
§ 2-3 用统计法控制工艺过程的质量..... 31	
第三章 冷冲压工艺..... 45	
§ 3-1 冷冲压工艺的概述和分类..... 45	
§ 3-2 冲裁工艺..... 49	
§ 3-3 弯曲工艺..... 51	
§ 3-4 拉伸工艺..... 53	
§ 3-5 挤压工艺..... 56	
§ 3-6 冷冲压零件的结构工艺性..... 57	
§ 3-7 模具..... 60	
§ 3-8 冷冲压设备及其自动化..... 68	
第四章 铸造工艺..... 77	
§ 4-1 铸造工艺的特点..... 77	
§ 4-2 金属型铸造..... 78	
§ 4-3 压力铸造..... 83	
§ 4-4 离心铸造..... 94	
§ 4-5 熔模铸造..... 95	
第五章 弹簧与热双金属元件..... 103	
§ 5-1 概述..... 103	
§ 5-2 弹簧的几何尺寸和工作图..... 106	
§ 5-3 制造弹簧的材料..... 109	
§ 5-4 弹簧的绕制工艺..... 111	
§ 5-5 弹簧的热处理、老化和表面处理..... 116	
§ 5-6 影响弹簧制造精度的因素..... 117	
§ 5-7 弹簧的检验..... 120	
§ 5-8 热双金属..... 123	
§ 5-9 热双金属元件的制造工艺..... 127	
第六章 塑料零件的制造工艺..... 131	
§ 6-1 塑料的分类及性能..... 131	
§ 6-2 塑料成型工艺..... 136	
§ 6-3 塑料制件的结构工艺性..... 144	
§ 6-4 塑料模具设计要点..... 150	
§ 6-5 塑料压制设备及其自动化..... 158	
第七章 绝缘零件加工及处理..... 164	
§ 7-1 绝缘介质和绝缘材料..... 164	
§ 7-2 绝缘材料的加工..... 166	
§ 7-3 绝缘零件的浸漆处理..... 170	
§ 7-4 电容套管装配工艺..... 173	
§ 7-5 环氧树脂浇注..... 175	
§ 7-6 瓷瓶的水泥浇灌..... 179	
§ 7-7 高压电器灭弧室制造工艺..... 180	
§ 7-8 密封..... 182	
第八章 导磁体制造和热处理工艺..... 185	
§ 8-1 常用磁性材料及其性能..... 185	
§ 8-2 影响软磁材料磁性能的因素..... 194	
§ 8-3 磁性材料热处理..... 200	
§ 8-4 软磁材料的时效现象..... 207	
§ 8-5 导磁体零件制造工艺..... 208	
§ 8-6 交流电磁系统导磁体制造工艺..... 210	
第九章 线圈制造工艺..... 218	
§ 9-1 线圈的种类、用途及技术要求..... 218	
§ 9-2 线圈中常用的导线和绝缘材料..... 221	
§ 9-3 线圈的绕制..... 226	
§ 9-4 线圈的绝缘处理..... 229	
§ 9-5 线圈的质量检验方法..... 234	
§ 9-6 绕线机及其自动化..... 239	
§ 9-7 电磁线圈的结构工艺性..... 241	
第十章 接触系统的制造工艺..... 244	
§ 10-1 概述..... 244	
§ 10-2 常用触头材料及其性能..... 245	
§ 10-3 小容量电器银触头的铆制..... 255	
§ 10-4 电器触头的封结工艺..... 258	
§ 10-5 触头组件的连接工艺..... 263	
第十一章 金属零件的表面防护工艺..... 273	
§ 11-1 金属腐蚀现象与腐蚀条件..... 273	
§ 11-2 金属镀层的作用、分类与选择..... 276	
§ 11-3 金属零件镀前预处理..... 281	

§ 11-4	电镀工艺.....	285	§ 12-2	电器装配方式.....	310
§ 11-5	铝导线搪锡.....	292	§ 12-3	装配工艺规程的编制.....	315
§ 11-6	金属接触偶的选用.....	295	§ 12-4	装配的组织形式.....	317
§ 11-7	油漆涂层的作用与选择.....	297	§ 12-5	装配自动化和自动检验.....	318
第十二章	电器装配工艺.....	303	§ 12-6	产品的抽样检查.....	324
§ 12-1	装配工艺特点和装配尺寸链.....	303			

第一章 绪 论

§ 1-1 我国电器制造业的发展

高低压电器在电能的生产、输送、分配和应用的各个过程和环节中,起着开关、控制、保护与调节的重要作用。因此,所谓《电器》就是电能的控制设备(或装置)。各种电器元件和电器成套装置是发电厂、电力网、工矿企业、农业、城市建设、交通运输、国防和尖端技术等部门实现电气化与自动化的重要技术装备。据统计,每新增加发电容量1万千瓦,电力系统就需要大小高压断路器约100多台,相应地要有各种低压电器元件约4万件与其配套。所以,高低压电器及其装置在国民经济中占有十分重要的地位。

解放前,我国电器制造工业和其他工业一样,基础薄弱,技术落后,根本谈不上有独立的电器制造工业,只能生产一些简单的刀开关,曾经生产过的几台高压开关的电压也不超过一万伏。当时,全国包括电机和无线电在内的电工制造业的职工人数也不超过二万人。

解放后三十年来,在党和毛主席的英明领导下,我国电器制造工业从无到有、从小到大、从仿制到自行设计地发展起来,电器制造工业已初具规模,自成体系,到目前为止从事高低压电器制造业的职工人数近二十万人,大小工厂近一千多个。电器产品的品种和质量都基本上满足了社会主义建设的需要。

从第一个五年计划开始到1959年,先后试制成220千伏5000兆伏安的高压油断路器、4000安低压自动开关、断流能力可以达50千安的有填料熔断器及接触器等几百种新产品。高压电器可以成套供应220千伏的高压输电设备;低压电器成套供应1150毫米的轧钢机设备。同时,也开始建立起高、低压电器研究所和试验基地。电器科学技术的发展和专业人材的培养也取得了一定的成绩,为我国电器制造业和电器技术的进一步发展,奠定了坚实的基础。

六十年代前后,由于仿制产品存在的问题,对电器产品进行了整顿和改型,分别对各个系列的电器产品组织了全行业的统一设计。在统一设计过程中,有选择地参考了当时具有先进水平的国外样品,结合我国的材料和工艺水平,并考虑了三化(标准化、系列化和通用化)的要求。仅对低压电器就组织了交直流接触器和自动开关等17个系列104个品种的统一设计,如图1-1、图1-2和图1-3所示,高压开关也组织了少油断路器SN10系列的统一设计,如图1-4所示。从此,我国电器制造和产品设计开始从仿制向自行设计的道路迈出了第一步。

七十年代初,半导体和可控硅电子技术的普遍应用,有力地推动了电器产品的设计革命和技术改造。半导体继电器、可控硅开关、真空开关、SF₆断路器等电器新品种相继问世,并逐步推广应用,如图1-5、图1-6所示。高压电器为我国第一条330千伏输电线路提供了成套的高压电器设备,如图1-7所示是我国制造的330千伏高压空气断路器。最近两年,又相继试制成功500千伏高压电器设备,如图1-8和图1-9所示。许多电器制造厂,不但采用新材料,而且广泛应用了数字程序线切割机床、热固性塑料注射机、电泳涂漆、静电喷漆、无氰电镀、精铸、精锻、精冲和冷挤等新设备和新工艺。目前,我国高低压电器、继电器制造

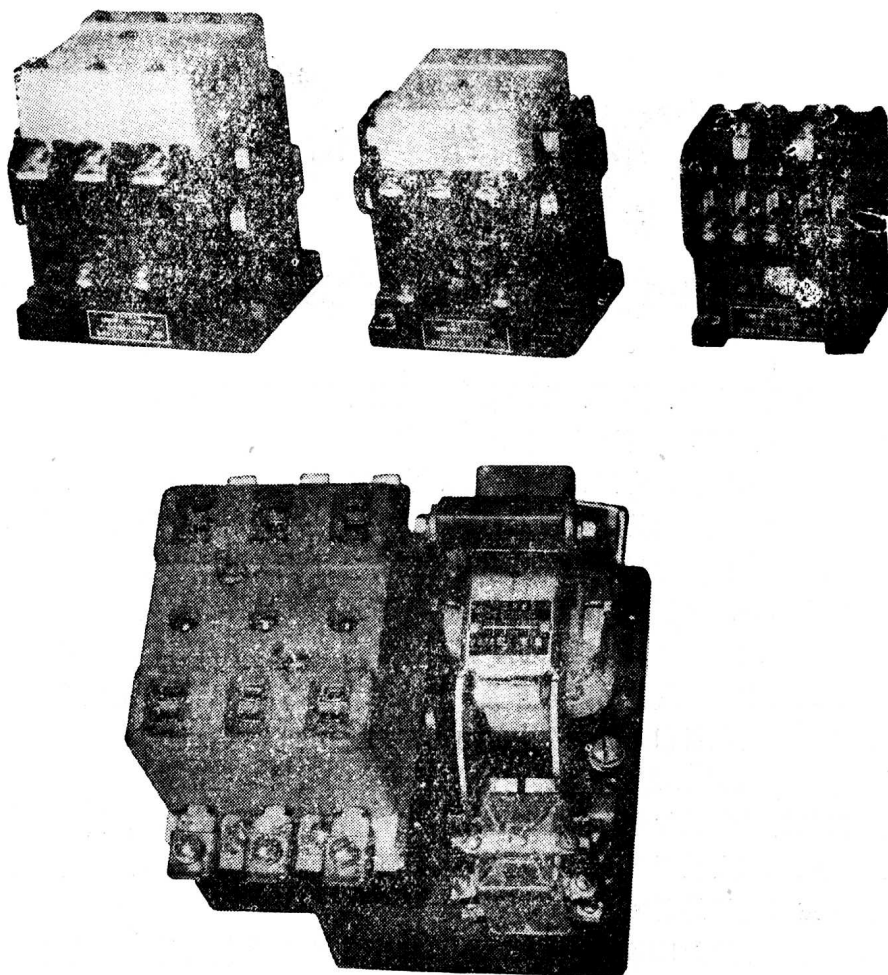


图1-1 CJ10型交流接触器 (样品: 10A, 20A, 40A, 60A)

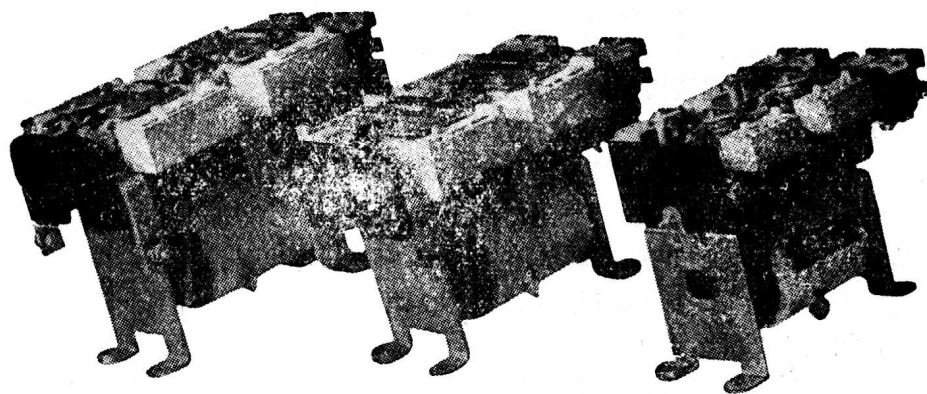


图1-2 CZ0型直流接触器 (样品: 150A, 100A, 40A)

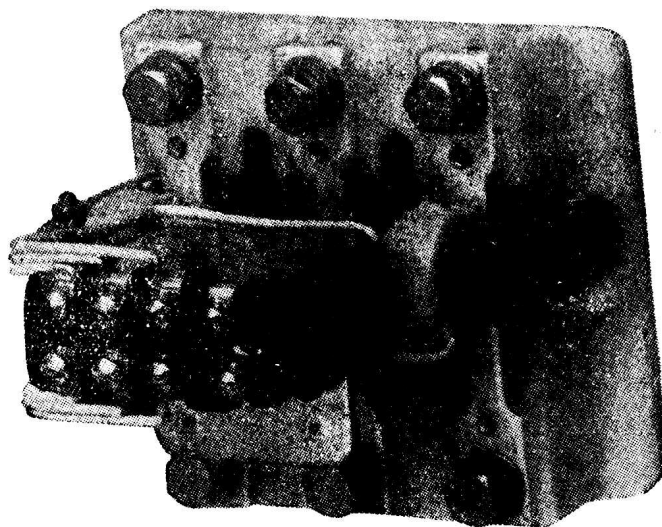


图1-3 JR14-150型热继电器

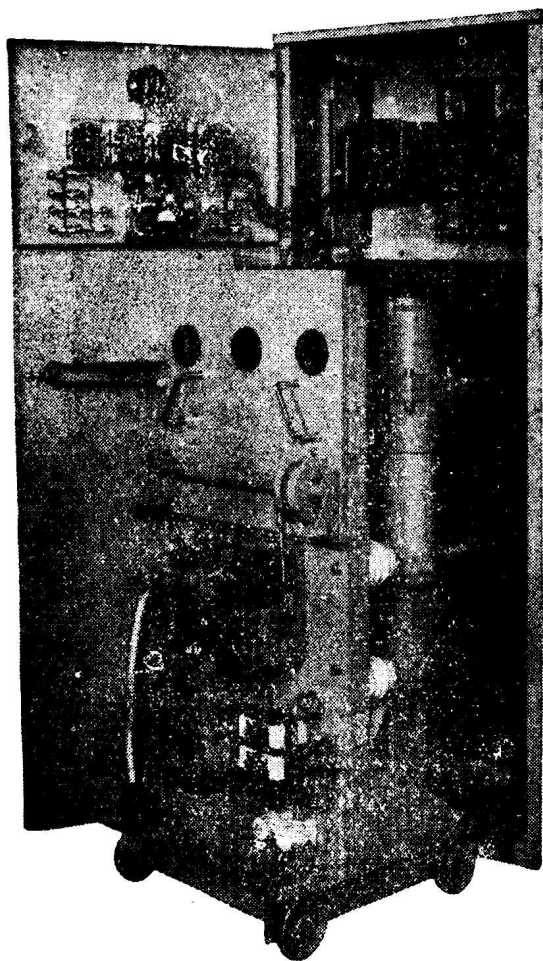


图1-4 GFC-3A少油断路器手车
(装有SN10型, 10kV, 1000A, 500MVA)

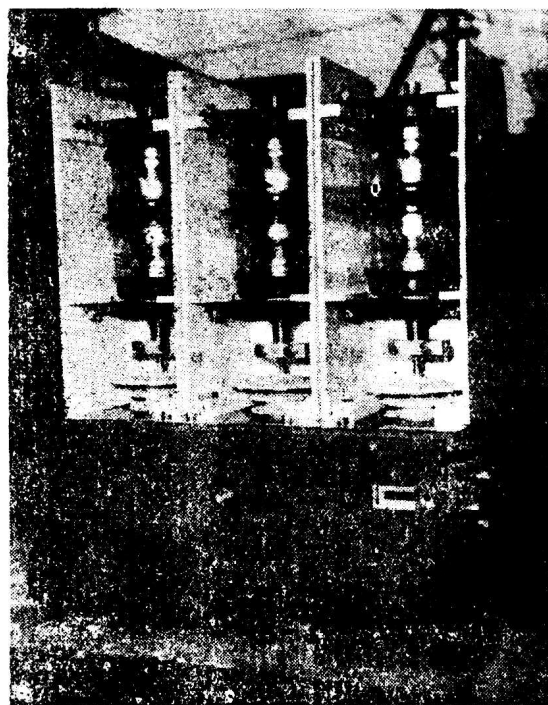


图1-5 高压真空开关
(ZN-10/300型, 10kV, 1000A, 300MVA)

业已经提高到新水平，并有部分产品进入国际市场。但是，必须看到当前我国电器制造业还存在着许多急待解决的问题。产品质量不高，有许多产品技术经济指标低，可靠性差，品种规格也不齐全，材料、设备和制造工艺水平与国外先进的电器工业比较，还存在着相当大的差距。为此，应认真总结我国三十年来电器制造业发展的丰富经验，并借鉴国外的先进技术，争取在最短时间内把我国电器制造业提高到国际先进水平。



图1-6 LW1-220型高压SF₆断路器



图1-7 KW5-330型高压空气断路器
(380kV, 15000MVA)

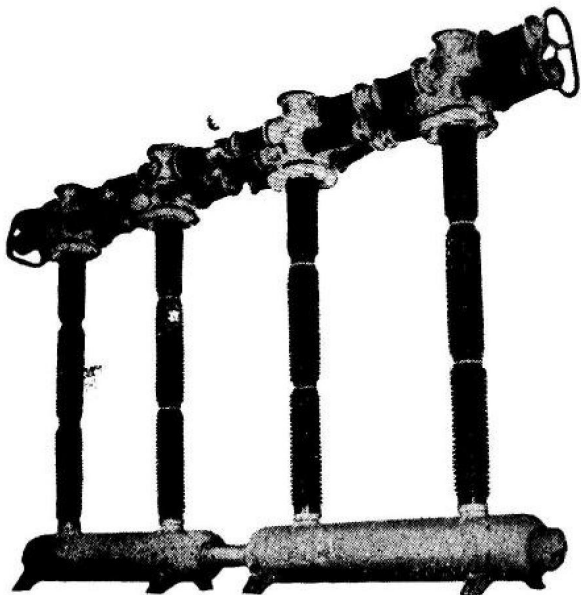


图1-8 KW5-500型高压空气断路器
(500kV, 3150A, 分断40kA)

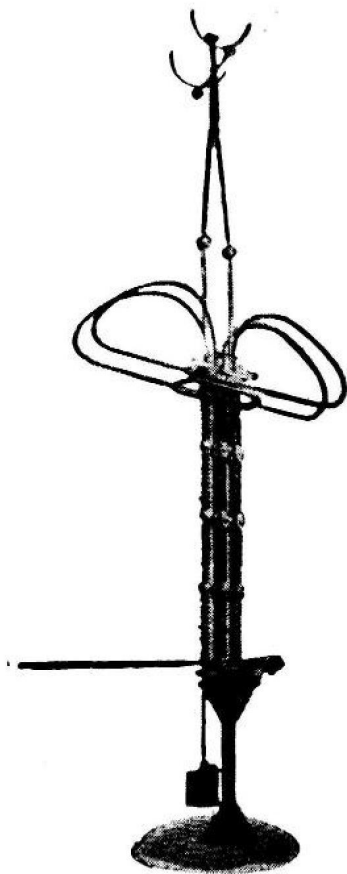


图1-9 GW6-500型高压隔离开关
(500kV, 2000A)

§ 1-2 电器制造工艺的特点

电器制造工艺学是研究电器零部件制造和装配过程的科学，它是人们长期生产实践和科学实验的总结。工艺是在零部件或产品生产过程中，为保证达到设计标准所需的技能、方法和手段，也是进行加工操作、计划调度、质量检查、劳动组织、材料供应和工具准备的技术依据。先进和合理的产品设计必须采用先进的工艺才能制造出来，这是尽人皆知的事实，但是，在现阶段却往往被电器产品设计人员所忽略。

电器制造从某种意义上说是属于机械制造的范畴，但也有它本身的特点。它和机械制造行业最显著的共同点有二：第一，电器的主体结构也是由金属材料制成的机械结构，用以完成支承、传动等机械功能。很多电器产品中有色金属和黑色金属的比重很大，约占总重量的70~80%；第二，很多电器零件的加工方法主要是采用切削加工和压力加工等金属加工工艺，而冷冲压工艺在电器制造中又占有十分重要的地位。

电器根据其性能要求、结构型式和体积大小等因素，又有其自己的制造工艺特点，即工艺涉及面广、工艺装备多、材料品种规格多和精度要求复杂等。

一、工艺涉及面广

众所周知，冷冲压工艺在电器制造中占有十分重要的地位。尤其是低压电器、继电器和各种自动化元件，由于其结构的特点，绝大部分零件是由薄板冲压成型的。此外，塑料压制、绝缘处理、线圈绕制、喷漆和电镀等特殊工艺在电器制造中也占有重要的地位。真空开关、SF₆开关和小型密封继电器的不断发展，使封结工艺也日益成为电器制造工艺的一个重要方面。

弹性零件的制造十分重要，它直接影响到产品性能的稳定性，弹性元件、双金属元件常采用回火和稳定处理。磁性材料除了采用一般退火工艺外，还采用氢气退火和真空退火等特殊的热处理工艺。各种模具的热处理工艺也是电器制造厂的关键工艺之一。

高压电器箱体广泛采用焊接工艺。电器触头的连接、部件的组合和电器装配也常常采用保护焊、钎焊和点焊等焊接工艺。

为了防止金属零件的腐蚀，几乎电器中所有铁质零件都要经过以电镀为主的各种表面被覆工艺处理。有些有色金属零件为了改善导电性能，提高耐磨性也要进行电镀。

二、工艺装备多

工艺装备是指除主要加工机床以外，还包括工、卡、量具和模具。一般说来，用的工艺装备越多，劳动生产率越高，从而使产品成本降低，也容易保证零件和产品的加工质量。但是，采用工艺装备的多少，要根据生产规模的大小和产品性能要求来决定。例如，一般工业用的低压电器的生产批量都比较大，采用的工艺装备也多；有些特殊用途的电器，生产批量虽小，但为了保证质量，也采用大量的工模具。

工艺装备的多少，常用工艺装备系数K来表示，其表达式如下：

$$K = \frac{c}{n}$$

式中 n ——产品专用零件种类；

c ——产品用工模具的套数。

低压电器是属于大批量生产的产品，它的工艺装备系数比其他机械制造行业高，通常低压电器取 $K = 1.6 \sim 3.0$ 的范围内。

在低压电器中，冲压模是主要工艺装备，约占整个工模具数量的46~80%，其次是塑料压模。例如，分析中间继电器DZ-50的生产过程可以知道，应用冲压模56套，占工模具总数的79%，而冲孔落料模又占冲压模总数的46.5%，弯曲模次之，占27%。

三、材料品种规格多

在电器制造中采用的材料品种规格可达数千种。电器对材料性能有多方面的要求，有些材料不仅要有良好的机械性能，还应有良好的导磁、导电和导热等性能；对另一些材料又要求有较高的绝缘强度和耐电弧性能；有的还对材料提出耐磨损、耐化学腐蚀的要求；当然，各种材料都应有良好的工艺性。

在电器制造中，采用了大量的有色金属、贵重和稀有金属。银和铜的用量最多，是必不可少的材料。继电器制造中常采用金、铂、铑、镍、钯等贵重金属做触头导电材料。在高低压电器中，常用黑色金属制造结构件，用工程纯铁、硅钢片和铁镍合金制成各种导磁零件。弹簧零件多用碳素弹簧钢丝制成，继电器簧片大都采用磷青铜、德银和铍青铜。工程塑料不仅给电器产品提供了优良的绝缘零件，同时，还可以制成耐磨损和耐腐蚀的结构件。例如，

用它制成轴套和齿轮零件等。

电器中用的各种金属材料,大部分以压延型材供应。例如,自动开关中压延型材约占金属材料的55%以上。

如上所述,电器制造中用了大量的有色、贵金属、绝缘材料、电工钢等特殊材料,其价格都比较贵,在产品成本中材料费用要占60~80%。因此,在电器制造中,节约和采用代用材料是一项十分重要的任务。

四、精度

电器工作过程中,不仅有简单的机械运动,同时还伴随着一系列光、电、热、磁等能量转换。因此,电器产品的许多零件,不仅要求有一定的尺寸、几何形状和相互位置精度,还应考虑材料的导电、导热、导磁和灭弧等性能对产品特性的影响。而且,零部件的精度等级也必须满足技术参数的要求,如触头压力、接触电阻、动作和释放参数、动作时间、允许温升等。否则,可能由于这些参数不合格而造成严重的故障。例如,继电器触头接触不良会导致导弹发射的失败;也可能由于接触器剩磁过大,释放参数不合格引起严重的矿爆事故。因此,在电器制造中,有些情况下零件尺寸精度并不一定是主要问题,但对影响产品电磁特性的零件相互间位置、几何形状精度以及热处理规范等却提出较高的要求。在电器制造中,精度的概念,应在广义的基础上理解。因此,在选择各种工艺方案时,还应考虑各种工艺方案对零件导电、导磁、绝缘以及产品动作性能的影响程度如何等。

§ 1-3 电器制造工艺的发展方向

最近十余年,国内外电器制造技术水平发生了很大变化。新技术、新工艺和新材料在电器制造工业中得到了广泛的应用。为了加速我国电器制造工业现代化,我们应当密切注视和研究国内外电器制造技术发展的新动向,以取其精华,为我所用,有所创造。

随着国民经济用电和生活用电的迅速增长,电力系统容量日益提高,高低压电器的需求量增长也十分迅速。但是,产品设计和制造中涉及的技术领域十分广泛,迫切要求迅速采用新技术来提高和改造现有电器企业的制造水平。生产专业化、技术现代化、管理科学化是现代化企业发展的三大标志,电器行业各企业正在向这个方向前进。专业化生产有典型零部件专业化、典型工艺专业化以及产品专业化等很多形式。采用那种专业化生产形式,应当因时、因地、因厂而异,以达到提高产品质量、降低产品成本、提高劳动生产率之目的。我国有许多工厂都是小而全、大而全,专业化生产水平低,阻碍着我国电器制造业发展。按专业化组织生产有利于采用新技术、新工艺,提高加工设备的机械化和自动化水平,以及实现装配作业的自动化。国外,电器产品的专业化生产,甚至打破了国与国之间的界限。资本家为了最大限度的榨取利润,提高竞争能力,在组织专业化生产基础上,各工厂竞相采用自动化生产装置,如数控机床、计算机无人操作自动生产线,以及能执行各种任务的机械手等。

最近二十年,国外在机械加工设备方面大力发展数控机床,到七十年代已经发展到采用计算机进行直接控制,即群控(或称DNC)。随着群控技术的发展,计算机不仅控制机械加工系统中的加工信息,还可以进一步控制工件和刀具的传送,这样就能形成一条由计算机控制的数控自动线,也就是所谓计算机控制加工系统。

从七十年代开始,我国有些电器工厂开始采用数控机床和冲床等自动化设备。后来有的

工厂由单机数控发展成为计算机集中控制的群控机加工车间，如图 1-10 所示。

图中群控系统是由中央处理机（计算机）、接口、单机数控箱和机床组成，如图 1-11 所示。

数控机床的优点之一是能解决单件与小批生产问题，也能加工那些用传统方法难以加工的大型和复杂工件；另一个特点是极大地提高劳动生产率，也提高了加工精度。但是，数控机床造价高，比一般机床要高三、四倍，甚至十倍以上。不过，投资在 2~3 年内即可收回。数控机床总的发展方向是能达到自动装卸零件、自动更换刀具；同一个机床不仅能完成钻、镗、铣、磨等多种工序，还能进行焊接、铆接、装配等工序。

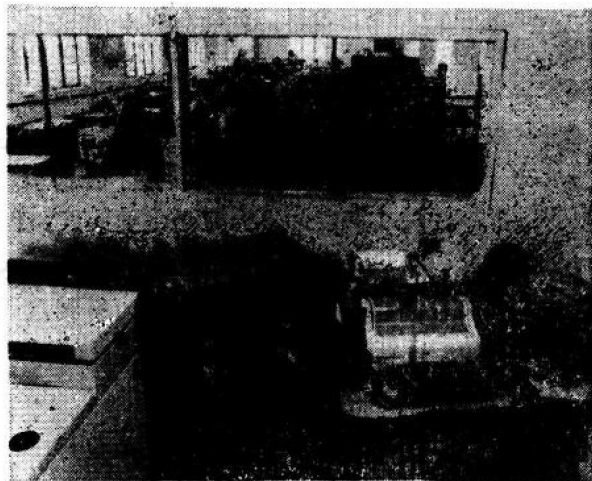


图1-10 群控机加工车间

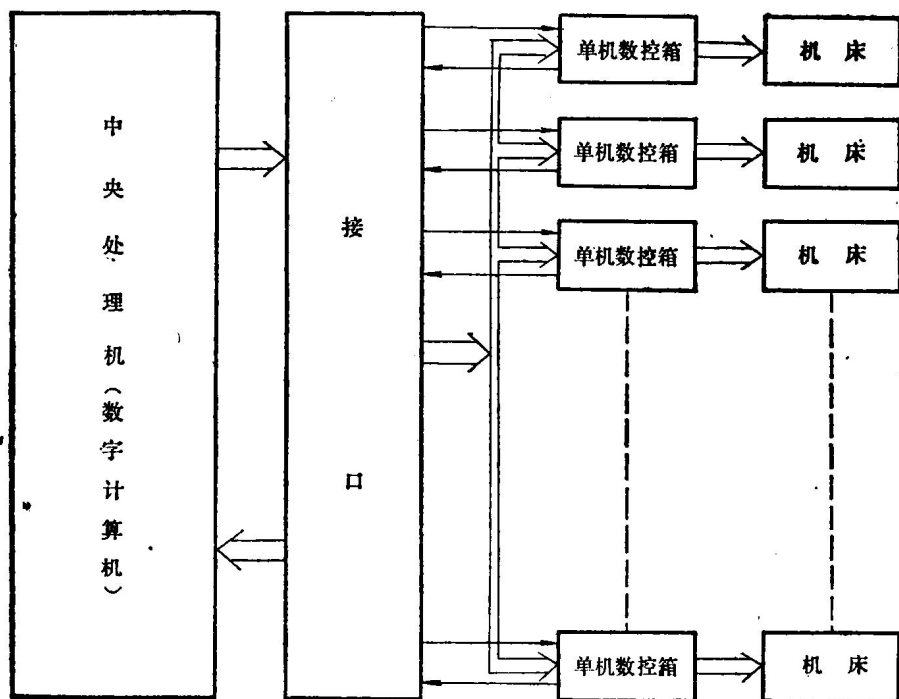


图1-11 群控系统框图

计算机控制加工系统进一步发展，还被用来控制质量检查、生产管理、仓库管理。用以

实现计算机控制的生产系统，称为计算机辅助制造系统（即CAM）。如果计算机辅助制造系统和计算机辅助设计系统（即CAD）结合起来，就可以实现从产品设计直至产品制造、装配和检验的全过程计算机自动控制，这被定义为集成生产系统（即IMS）。

随着大规模集成电路的迅速发展，微处理器的诞生，使电子计算机从昂贵而庞大的成套设备变成廉价而轻便的装置。现在以微处理机代替数控系统中的计算机，这就是所谓的微处理机数控系统（即MNC）。微处理机数控系统的发展虽仅五年多的时间，但已有取代各种数控系统的趋势。

在产品结构设计工艺性方面，从减少零件加工工时、减少材料消耗、提高质量和效率出发，应尽量采用少切削或无切削加工，而冲压加工正是一种最好的少切削加工工艺。采用哪种工艺更好，要因时因地制宜，但应尽可能采用先进工艺。国外在低压电器产品制造中，正向着结构零件的冲压化、塑料化和装配自动化方向发展。

目前，国外冲压机床的发展趋势是高速化、自动化、数控化、精密化、多品种小批量生产适应化和安全化等。

在七十年代，国内有些电器工厂也已开始采用底传动高速冲床、数控冲床等先进加工设备，并利用精密冲裁新工艺提高了零件制造精度。在实现冲压自动化过程中，应考虑适应品种多而批量小的要求，满足这种要求的关键是如何缩短更换模具和材料的时间。

在国外有些国家，在工艺设计中考虑把冲压加工和装配作业结合起来。这种结合存在着一个问题，零件表面处理工序难于安排进去。为解决这种问题，可采用表面处理过的材料，或采用不易锈蚀的材料，如不锈钢和黄铜等。

塑料零件在电器制造中占有十分重要的地位。由于最近十多年，塑料工业的飞速发展，在电器中不仅用它制做良好的绝缘零件和耐弧零件，也用它制做耐磨抗拉的结构零件。从六十年代开始发展起来的热固性塑料注射成型机，在电器制造中得到了广泛应用。在国外，配合热固性塑料注射成型机，还采用工业机械手，进一步提高了塑料注射工艺的自动化水平。

电器触头连接方式，国外也是采用铆接、钎焊、电阻焊、储能焊和气体保护焊等方法，但在许多方面都实现了自动化。例如，国外有些国家制成接触器静触头自动铆接机，接触器动触头自动装配线，以及小型继电器触头自动焊接机等。在高压电器中成型烧结的铜基合金触头发展很快，取消了焊接工序，提高了可靠性。

国外，有些电器制造公司，采用程序数控绕线机，可以同时绕8~12个线圈，纸带程序系统控制着绕线机的所有功能。英国公司曾用注射玻璃填充塑料包封线圈的新工艺，省去了人工的包扎工序，并提高了线圈的电气和机械性能。我国有些电器厂也制成各种功能的数控绕线机。

在喷漆工艺方面，国外除广泛采用静电喷漆和电泳涂漆外，近年来还采用了一种粉末喷漆新工艺，由于漆的性能和喷漆过程的自动化，用这种方法喷出的漆面颜色一致，漆膜厚度和边缘的覆盖层很均匀；又由于无稀释剂挥发，也不会污染环境，使工作条件得到改善。

电镀、喷漆、热处理等车间尽可能采用机械化自动化装置，实现各种电镀自动线，增设近代化的污水处理装置，从而达到完全消除污染保护环境的目的。

具有一定生产批量的低压电器产品，装配工艺普遍采用传送带式的流水装配线。有些产品连检验和包装也在传送带上进行，传送带两旁配备有足够数量的电动或气动工具。所有被测试的机械电气参数都是自动记录的。较大型的电器及开关柜是把柜身装在专用脚轮上装

配；自动控制装置是在输送滚道上装配，或者用一种装配架进行装配。

从装配流水线已发展到自动装配机，部件自动装配机，或者由各种自动装配机连接成自动装配生产线。在国外，最近十余年相继出现了有填料管式熔断器的自动化装配机、自动开关、接触器和继电器自动装配生产线。装配自动线正向着由计算机控制的方向发展。

在实现装配自动化的同时，还必须考虑产品检验自动化的问题。自动检验要求快速、准确、可靠地完成，试验数据可以用数字显示，并能自动显示出不合格产品的毛病。

为了同装配与检验自动化协调起来，还应考虑包装自动化的问题。产量不高时，包装自动化是不经济的，此时可采用手工作业和自动包装相结合。

全面实现工艺过程自动化时，应解决装配车间与成品库之间的运输问题。可把包装好的产品，集中由无人车运至高层仓库（即立体仓库），产品出入库全部由堆积式起重机完成。

在国外，比较重视装配场地的整洁。超小型密封继电器、真空开关和SF₆开关的发展，对产品性能和可靠性提出更高的要求，相继出现了超净化装配车间，即对车间每立方米空气具有的尘埃微粒有严格的规定。

国外，在工厂管理中，也十分注意材料堆放场地的科学管理，因它会直接影响到生产效率和文明生产。

参 考 文 献

- 〔1〕河北工学院，《低压电器制造工艺学》（讲义），1976年。
- 〔2〕《电工制造快报》，《全国工业交通展览会电工展品简介》1959年9月。
- 〔3〕一机部西安设计院一室，《国外低压电器生产技术的发展》（资料），1976年3月。
- 〔4〕上海无线电八厂，DJS14-8群控机床，1979年。

第二章 电器制造工艺的一般概念

§ 2-1 工艺过程的组成及定义

电器工艺学是研究电器零件的制造过程和产品的装配过程的科学。研究工艺学时经常遇到如下的一些术语：

1. 生产过程 把原材料或毛坯变成产品的全部劳动过程，称生产过程。经常把生产过程划分为基本生产过程（即制造零件和装配产品的过程）和辅助生产过程（生产准备、器材供应、检验、设备维修、储运等）。

2. 工艺过程 改变材料或毛坯的形状、尺寸、性能、使之转变为产品的过程，称工艺过程。它是工艺学研究的主要内容。

3. 工序 工序是工艺过程的基本单元，是工艺过程的组成部分。在生产过程中一个（或一组）工人，在一个工作地点，对一个零件（或同时对几个零件）或装配单元做连续不断地工作，称为一道工序。加工一个零件往往需要几道工序才能完成。

4. 工位 零件或装配单元在一次固定时对于设备的每一不同位置称为工位。如图2-1所示，当铣削完零件台阶面Ⅰ以后，不卸下零件，仅转动夹具，使Ⅱ面转到Ⅰ面的位置进行加工，即为一次安装中分成两个工位进行加工。

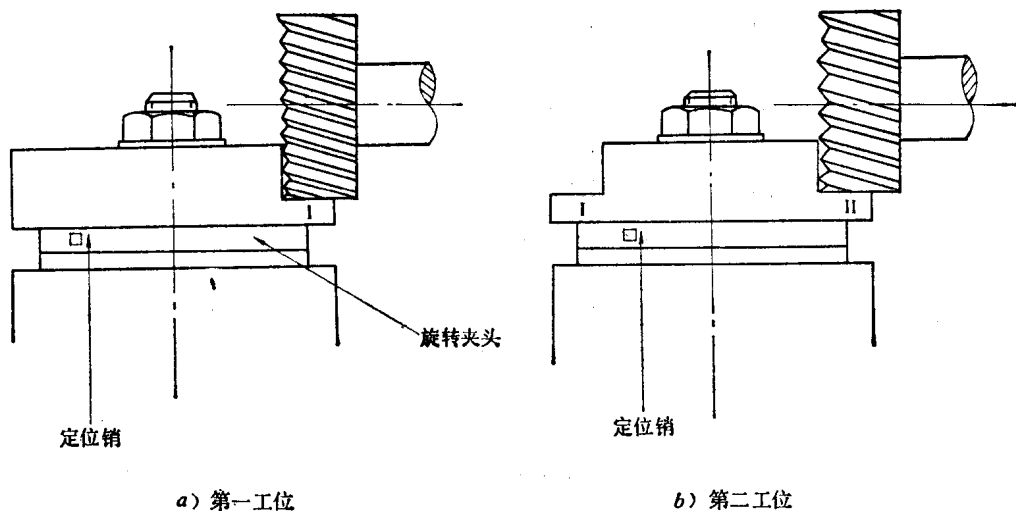


图2-1 分成两个工位铣削零件

5. 工步 工步是工序的一部分。在工具（或同时工作的一组工具）加工用量不变的情况下，加工零件的一个表面（或一组表面）的过程称为一道工步，如改变加工表面、工具、