

电子管与电光源制造工艺

张庆海 主编

王明恕 主审

内 容 提 要

本书是为培训中、高级技术工人而编写的，也可供中等专科学校、技工学校、职业高中师生和有关技术人员参考。

书中介绍了电子管与电光源制造中的各种新工艺和新技术。如零件加工中，着重叙述电解加工、电铸、光刻、超声加工、数控线切割和等离子技术等新工艺。也重点介绍了显象管与电光源的工艺。

本书工艺原理叙述清晰，以物理概念为主，同时结合一些操作经验，启发读者，加深理解。

电子管与电光源制造工艺

张庆海 主编

王明恕 主审

责任编辑 姬楚

电子工业出版社出版（北京海淀区万寿路）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

妙峰山印刷厂印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张：11 字数：245 千字

1986年10月第一版 1986年10月第一次印刷

印数：5000册 定价：2.15元

统一书号：15290·386

出 版 前 言

为了加速企业智力开发,提高职工素质,受电子工业部的委托,由中国电子器件工业总公司组织,编写了这套中级技术理论教材,包括:《显象管与其它光电器件》、《电光源与离子器件》、《微波管与发射管》、《电子管与电光源制造工艺》、《真空电子器件测试》、《真空电子器件新材料》、《真空技术》、《公用动力工程》、《电真空玻璃》和《现代班组管理》共十本书。这套书是电真空企业中级技术培训的必修教材,并可供有关中专学校、技工学校和职业学校作为教学用书,也可作为企业管理干部以及工程技术人员学习和工作的参考。

全套书的编审工作,由中国电子器件工业总公司教育处组织成立的“真空电子器件专业中级技术教材编委会”负责。聘请了772厂、774厂、776厂、741厂和4400厂担任主编审工作,并请773厂、777厂、4401厂、杭州电子管厂参加了部分章节的编写。

编委会成员如下:

刘大全为主任委员,赵钟祺、陈遥邰、王仁道、徐承浩、王明恕、张省德、盛定、李廷高为委员,李廷高为秘书长,侯文秀、钱云庆为常务秘书。

《电子管与电光源制造工艺》由张庆海主编,王明恕主审,其中第1~10和12~15章由张庆海编写,第11章由顾荣初编写,第16章由张福民和张庆海编写。另外,赵钟祺同志

同志对整个编写工作给予了指导，徐文卿同志审阅了全书初稿。

北京显象管厂、新安江电子管厂、上海电子管二厂为最后的审定工作给予了支持，齐燕、赵世昌和孙瑞英等同志在审定会上提出了宝贵意见，在此一并感谢。

为了能及时提供企业开展中级技术培训工作，整个编审过程比较仓促，加之水平有限，错漏之处在所难免，请读者给予批评指正。

真空电子器件专业中级技术教材编委会

目 录

第一章 绪论	1
§ 1.1 电子管与电光源的生产过程	3
§ 1.2 工艺卫生	4
第二章 零件的制造	9
§ 2.1 零件加工新工艺	9
§ 2.2 一些特殊零件的制造	24
第三章 零件的净化	31
§ 3.1 去油	32
§ 3.2 浸蚀	38
§ 3.3 化学和电化学抛光	41
§ 3.4 超声波清洗	42
§ 3.5 蒸馏水和离子交换水	45
第四章 零件的热处理	46
§ 4.1 热处理原理	46
§ 4.2 空气中热处理	49
§ 4.3 烧氢	49
§ 4.4 真空热处理	51
§ 4.5 热处理规范	57
第五章 零件的涂覆	58
§ 5.1 物理涂覆法	58
§ 5.2 化学涂覆法	69
§ 5.3 电化学涂覆法	77
第六章 零件的连接	86

§ 6.1	焊接	88
§ 6.2	粘接	116
第七章	玻璃封接	119
§ 7.1	玻璃的通性	119
§ 7.2	玻璃与玻璃的封接	122
§ 7.3	玻璃与金属的封接	125
第八章	陶瓷与金属的封接	141
§ 8.1	陶瓷与金属的封接机理	141
§ 8.2	陶瓷与金属的封接结构	144
§ 8.3	钼锰法陶瓷与金属封接	146
§ 8.4	活性金属法陶瓷与金属封接	152
§ 8.5	其他的金属化方法	158
§ 8.6	压力扩散封接	159
第九章	阴极	161
§ 9.1	纯金属阳极	162
§ 9.2	原子膜阴极	164
§ 9.3	氧化物阴极	179
§ 9.4	硼化物阴极	187
§ 9.5	氧化钍阴极	191
§ 9.6	光电阴极	192
§ 9.7	次级发射阴极	202
第十章	热子的制造	206
§ 10.1	热丝的处理和成形	207
§ 10.2	绝缘层的涂覆和烧结	208
§ 10.3	热子的改进	209
第十一章	荧光屏的制造	214
§ 11.1	荧光屏的概念及基本要求	214
§ 11.2	涂屏方法	218
§ 11.3	单色荧光屏的制造	222

§ 11.4	彩色荧光屏的制造	227
§ 11.5	其他荧光屏的制造	238
第十二章	装架	240
§ 12.1	装架的技术要求	243
§ 12.2	装架的特点	245
§ 12.3	装架工艺	247
第十三章	封口和检漏	251
§ 13.1	玻璃封口	251
§ 13.2	检漏	253
第十四章	排气和老炼	258
§ 14.1	排气的物理化学过程	258
§ 14.2	充气	265
§ 14.3	吸气剂及其处理	273
§ 14.4	封离	281
§ 14.5	老炼	282
第十五章	测试	287
§ 15.1	测试设备	288
§ 15.2	常见的测量项目	289
§ 15.3	测量误差及数据处理	298
§ 15.4	测试中的安全	303
第十六章	质量检验和质量控制	304
§ 16.1	产品质量	304
§ 16.2	检验标准	305
§ 16.3	例行试验	308
§ 16.4	寿命试验	312
§ 16.5	质量控制	315
习题		329
附录		335

第一章 绪 论

电子管与电光源的门类繁多，诸如静电控制电子管、微波电子管、示波管、显象管、摄象管、光电管、光电倍增管、变象管、象增强管、离子管、计数管、X射线管、电光源、激光管及真空开关管等；每类器件又可以分成若干种，例如微波电子管可分成速调管、磁控管、行波管、返波管及天线开关管等；电光源中又有白炽灯、荧光灯、高压水银灯、钠灯、氙灯及霓虹灯等。每一种里又有许多规格，结构迥然不同。制造如此众多的器件，需要各种各样的材料，要综合运用多种多样的技术，具有很强的专业性，对生产环境和工艺操作有着严格的要求。

电子管与电光源所用的材料十分广泛，几乎有70%以上的元素被用到。金属材料有钨、钼、铜、镍、铁、金、银、铂、钛、锆、铝、钴、钽、钽、钽、钽等各種金属及其合金；电介质材料如玻璃、陶瓷、云母和非金属晶体材料；特殊材料有发射材料、发光材料、磁性材料、吸气材料、衰减材料和放射性同位素；气体材料如氢、氮、惰性气体等；辅助材料包括各道生产工序上用的材料，例如各种酸、碱、盐、去油剂、酒精、粘结剂、焊剂、干燥剂、煤气、氧气、压缩空气等。由于器件处在加热和真空的特定环境，对材料有一些特殊的要求。例如管内受热的零件，不仅要有良好的机械加工性能，而且要求材料有较高的熔点，不易蒸发、真空性能好等。又如用做氧化物阴极基金属的镍及其合金，要求低熔点易

挥发的金属元素（如锌、铅、镭、锡、铋、镉等）及硫、磷、氧和卤族元素等非金属元素的含量低于0.005%，因为上述杂质会造成蒸发和阴极中毒。在生产过程中，为了保证零部件或器件的净化、涂覆和焊接的质量，对水、高压空气、保护性气体等要进行净化，例如氢气的露点要求在 -40°C 以下，含氧量不允许超过0.01%。

电子管与电光源的生产中，应用多种技术，涉及物理、化学、真空、机械、冶金、电工、无线电等多种专业。扩大知识面，有助于掌握电子管与电光源的制造工艺。例如零件烧氢，不仅要知道烧氢有净化、除气和退火的作用，还应运用物理、化学和热处理等方面的知识，掌握净化、除气和退火的机理，使操作经验提到理性的高度。

电子管与电光源的生产，对工艺操作和生产环境有严格的要求。工艺规范和设备的操作程序不得随意改变，否则会造成事故，影响产品的质量。关于工艺卫生，本章第二节中将作专门的叙述。

随着器件的发展和生产规模的扩大，新材料、新技术、新工艺不断出现。例如彩色显象管对玻璃、荧光粉、阴极及吸气剂提出了新的要求，其荧光屏和荫罩制造工艺更具特点；生产设备和制造技术也向大生产的方向发展；工艺流程和生产组织形式也随之改变一新。

尽管电子管与电光源门类繁多，结构迥然不同，各有许多特殊的制造工艺，但是它们又有许多共同的特点。零件的净化、涂覆、连接、热处理等工艺，尽管具体的工艺规范多种多样，但具有共同的工艺原理。在学习电子管与电光源的制造工艺中，要善于将个别与一般结合起来，用自己的实践经验去充实学到的理论。

§ 1.1 电子管与电光源的生产过程

图1-1表明了电子管与电光源生产的一般过程。零件与部件的制造是装管前的准备阶段，称为准备工序，相应的车间称为准备车间。从装架开始以后的工序称为装管的总成工序，相应的车间称为装配车间。另外还有工具、机修、动力等单位，对生产起着后勤保障作用。

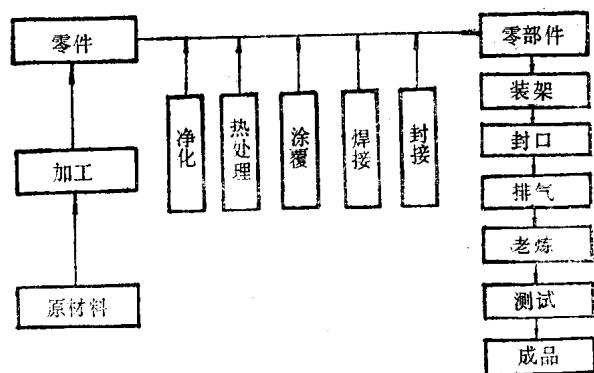


图 1-1 真空电子器件生产流程图

器件的生产过程是一个复杂的运动形态。成千上万的零件、几十道工序、上千名工人和数百台设备组成了这一复杂的生产运动。实践表明，空气中的灰尘、潮湿的天气等，也在影响着这个过程，使其更复杂。生产中的人员、材料、机器、方法和环境都可能发生异常，由此造成各种各样的质量问题。为了控制产品质量，工厂应设立理化分析室，对原材料进行分析，每道工序设立工艺卡，使各人的操作统一，自动检测和设立专职检验员，保证每道工序的加工质量，定期维修设备，使其正常运行，采取严格的工艺卫生措施，保

证产品质量不受环境污物的影响；改进设计等等。先进的工艺和完善的工艺管理制度，是产品质量的重要保证。

§ 1.2 工艺卫生

1.2.1 工艺卫生的重要性

用手去拿清洗后的零件一定要戴橡皮手套或指套，这是为什么呢？因为人的手上有汗，汗水中含有水份、盐份、脂肪酸和油污。如果用手去拿清洗好的无氧铜零件，沾留在零件上的水份、盐份会和铜起化学反应形成褐色的氧化铜，而油污还牢牢地沾在表面上，这样就在零件上留下了指印。氧化层和油污会影响焊接质量，使焊料和被焊零件难以互相熔融，形成不致密的焊接层；有时还会形成肉眼不能发现的小漏孔，容易造成器件含气或漏气。

装架焊阴极的时候还需要戴口罩。因为呼吸时会呼出二氧化碳和水汽，尤其是预烧结后的阴极遇到水汽，会起化学反应，使阴极涂层附着强度降低，容易掉粉。人身上的头屑、空气中的灰尘等也是对器件有害的。它们在管内就像一个放气源，影响真空度；它们掉到阴极或其他电极的表面，会引起高压打火；它们放出的气体还对阴极起有害的作用。

生产实践一再证明：生产过程不清洁是器件不能长寿命、高可靠工作的一个重要原因。灰尘和油污的存在，往往造成焊接漏气，金属与玻璃的封接面上出现气泡，电镀层在烧氢后出现气泡或脱皮等；还会造成高压器件的跳火、击穿，栅控电子管的栅极发射，显象管和摄像管图像质量降低，放大管的噪声增加和阴极寿命的缩短等。所以真空电子器件的生产环境一定要清洁，清洁的程度一般用净化等级来

表示。我国电子工业洁净室等级如表1.1所示。

表 1.1 我国电子工业洁净室等级表

净化等级	洁 净 度		温 度 (°C)		相 对 湿 度 (%)		正 压 (帕) 逐级相差	噪 声 (分贝)	相当美 国等级
	尘埃 粒径 (微米)	颗粒数 (颗/升)	最高	最低	最高	最低			
1级	≥ 0.5	≤ 1	27	20	60	40	≥ 66.5	≤ 65	
10级	≥ 0.5	≤ 10	27	20	60	40	≥ 66.5	≤ 65	300
100级	≥ 0.5	≤ 100	27	20	60	40	≥ 66.5	≤ 65	3000
1000级	≥ 0.5	≤ 1000	27	20	60	40	≥ 66.5	≤ 65	30000
10000级	≥ 0.5	≤ 10000	27	20	60	40	≥ 66.5	≤ 65	

以制造光导摄像为例采用洁净室后的废品率下降到未采用洁净室的百分之二十。同样,在制造彩色显像管荫罩时,在100级洁净室内制造的成品率是普通房间内制造的成品率的九倍。由此可见搞好生产环境工艺卫生的重要性。

1.2.2 脏物的来源和分类

影响工艺卫生的脏物可以分成五类。第一类是环境脏物,例如来自空气、地板、墙壁、天花板、衣服、身体等地方的灰尘、棉绒、烟灰、头皮、风沙等。第二类是可以溶解于水的水溶性脏物,例如汗渍中的盐份。第三类是不溶解于水的非水溶性脏物,例如烟雾中的油质成份、皮肤上的脂肪酸。第四类是氧化物、硫化物、氮化物、硼化物和硅酸盐这样一些不可溶的化学脏物。第五类是对阴极和真空度有害的气体脏物。这样脏物中环境脏物是主要的,其他脏物通过清洗和除气是很容易除去的。

通常在城市里，空气中0.5微米以上的尘粒每升达30000~80000个，有些灰尘的直径大到20微米以上（人眼能分辨的最小尘粒的直径是10微米）。特别是小于0.5微米的尘粒数目更多，而且它们能长期悬浮于空气中，由于碰撞或带电产生静电吸附的原因，就会聚集起来，形成较大的尘粒，随时落在零件上。经验证明，工作室内的污染程度与室内工作人员的数量和他们的活动量成正比。如果在100平方米的洁净室内没有人，每立方米空气中粒径为0.2微米的尘粒约有1000颗；当此房间内有20人工作，则可达3500万颗之多。又如进入洁净室前20分钟内吸过烟的操作者与没有吸过烟的操作者相比，将使空气中的尘粒数增加2~5倍。除此以外，工艺设备、传送带、建筑物的内表面、各种工作气体所带进的灰尘等，均是环境脏物的来源。

1.2.3 工艺卫生的实施

建立洁净室是净化工艺环境的措施。按气流的形式分类，洁净室可分为垂直层流式、水平层流式和非层流式三种。无论那种型式的洁净室，为了防止室外空气的侵入，均需保持室内为正压，使室内压力略高于室外环境的压力。送入洁净室的空气需逐级经粗过滤器、中效过滤器和高效过滤器的净化系统过滤。洁净室内部的装修材料应选用表面光滑平整、不易磨损脱落、吸湿小、吸音性能好、具有防火和防静电性能的材料。常用的材料为塑料贴面板和金属贴面板等，地面材料则以聚氯乙烯板使用较多。建设超净厂房周期长、投资大、运行费用高，所以老厂房的改造多采用局部的空气净化措施，例如采用装配式洁净室和净化工作台。

除了空气净化以外，房间里还要进行温度和湿度的调

节，使相对湿度保持在50%以下。室内装上负离子发生器保持空气新鲜。进入洁净室的工作人员必须经过清洁手续，人员的净化程序通常如图1-2所示。

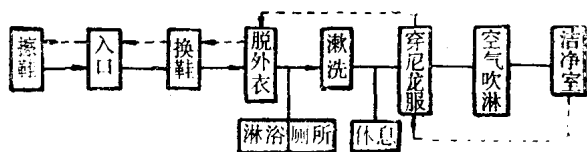


图 1-2 工作人员的净化程序

→上班路线；----->下班路线

洁净间的工作服必须用不起毛的材料（例如尼龙或涤纶）制成。涤纶应加抗静电剂，以便克服静电吸尘的缺点。操作者用的手套可用单丝尼龙制成，手套的表面覆盖一层乙烯基薄膜，以阻止手汗的渗透。橡皮指套的表面不可带滑石粉。空气吹淋是工作人员净化的一项主要措施。此外必须严格控制洁净室内的人数，限制内部人员的活动和临时人员的来往，谢绝参观者入内。

洁净技术已经达到可以把100升空气处理到只有一颗0.3微米尘粒的超净水平，但是洁净技术投资很大，维护与管理应十分严格。首先应确定洁净生产的工艺流程，合理安排零部件的运送路线和人员的出入路线，仔细考虑各生产过程之间的相互关系，以便将不要求洁净条件的工序严格地安排在非洁净间内完成，在洁净室四周建立技术走廊，放置某些设备、管道、电器和气体钢瓶等，还可作为参观人员的走道；所有送入洁净室的物品都必须经过清洗或空气吹淋；禁止与生产无关的物品带入室内；洁净室内的工艺卡片应装入塑料袋内密封，对于必须记录的工序，最好使用圆珠笔和不掉纤维的纸；建立定期检测与清扫制度等。定期测量洁净室内的

空气含尘量，能及时发现尘源和监视空气净化系统的工作质量，以确保生产所必须的洁净环境。含尘量的测量有沉降法、过滤法和光学法。应用光学法制成的尘埃粒子计数器，使用较为普遍。

第二章 零件的制造

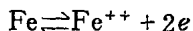
电子管与电光源的门类繁多，制造这些器件的零件更是五花八门，采用了多种材料，应用了各种各样的加工方法。这些零件大多数是金属的，所以主要讲金属零件的加工。金属零件的加工方法，除了常规的车、铣、刨、磨、冲压、冷挤压及绕制外，还有电火花加工、电解加工、电铸、光刻等技术。超声加工是非金属零件加工中的新技术。本章阐述零件加工的新工艺及特殊零件的加工方法。

§ 2.1 零件加工新工艺

2.1.1 电解加工与电铸工艺

电解加工和电铸都是以电化学为基础发展起来的工艺技术。电解加工与电抛光相似，研究的重点在于“阳极溶解”，电铸与电镀相似，研究的重点在于“阴极沉积”。

电解池中金属的溶解或沉积，实际上是金属原子氧化或金属离子还原的结果。金属体浸入电解液以后，如果金属原子失去电子而成为正离子，称为氧化反应，这时正离子会从金属体溶入溶液，出现所谓溶解的现象；如果溶液中的金属离子获得电子成为金属原子，称为还原反应，这时原子会从溶液中析出，沉积在电极上。例如，把铁棒插入氯化亚铁溶液中，将会有如下的可逆反应：



正反应是氧化反应，阳极溶解；逆反应是还原反应，阴极析出。如果铁棒接到电解池的负极，由于铁离子被吸向负极，浓度增加，逆反应加快出现沉积；相反，如果接正极，由于铁离子被推向负极，浓度降低，所以正反应加快出现溶解。

由于铁棒中的铁原子和溶液中的铁离子所带的电量不同，所以铁棒和溶液之间必然有电位差存在，这个电位差称为电极电位。比较各种元素电极电位的大小，可以判断出哪种材料容易溶解，哪一种不易溶解；哪一种材料容易析出，哪一种不易析出。

一、电解加工

利用金属在电解液中因电极反应而出现阳极溶解的原理，把材料加工成所需零件的方法称为电解加工。

电解加工和电抛光都是应用阳极溶解。但是在电抛光液中，两电极（其中之一为被加工的工件）间的距离较大，电解液不流动，电流密度比较小（约 $0.01 \sim 5$ 安/厘米²），所以溶解速度极低，只能起到表面抛光的作用，不能改变工件的形状。而在电解加工中，工件接电源的正极，工具（其形状与工件所要加工的形状相对应）接电源的负极。电极间的距离较小，一般为 $0.02 \sim 1$ 毫米；极间电压为 $5 \sim 20$ 伏；电解液以 $5 \sim 20$ 公斤/厘米²的压力从电极间隙中快速流过；电流密度高达十至几百安/厘米²。这样，工件材料将迅速溶解为工具阴极的形状，溶解部分被高速流动的电解液冲走。在加工过程中，工具阴极不断地向工件进给，工件被连续溶解，直到加工尺寸和形状符合要求为止。

电解加工有许多优点。它能对特硬、特韧、特脆的金属