

8803

中等专业学校教学用书

电子管制造工艺

修訂本

南京无线电工业学校
北京无线电工业学校 合編



国防工业出版社

中等专业学校教学用书

电子管制造工艺

修訂本

南京无线电工业学校 合編
北京无线电工业学校



国防工业出版社

1961

內 容 簡 介

本书系根据中等专业学校电子管制造工艺課程教学大綱的內容而編写的。

书中叙述了現代电子管制造技术方面的基本制造工艺,并且对特殊电子管的工艺特点也作了一般介紹。全书共分二十一章:第一章叙述电子管生产的基本知識;第二章到第六章叙述电子管零件的淨化、热处理、被复以及連接等方法。第七章至第十五章叙述电子管的零件阴极、栅极、彈簧及热絲、阳极、引出綫、吸气剂、絕緣零件、玻壳、芯柱等的制造方法。第十六章到二十一章叙述电子管的装架、封口、排气、老练等工艺过程以及电子管的測試和檢驗。

本书可作中等专业学校电真空器件专业学生的教材,亦可供高等学校电真空器件专业学生及工厂技术人員作参考。

本书由孙天章、金紹焄两同志編写。

國防工业出版社

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号
北京新华印刷厂印刷
新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

787×1092¹/₃₂ 印張 15¹⁰/₃₂ 372 千字

1959 年 3 月第一版

1961 年 1 月第二版第二次印刷

印数: 15,001—31,000 册 定价: (9-3) 1.45 元

NO. 2782

前 言

新中国成立以来，电子管制造工业也和其他工业一样，在党和政府的英明领导下，在建设社会主义总路线的光辉照耀下，得到了飞跃的发展。并在发展电子管工业的同时，在高等学校和中等专业学校相应的设立了电真空器件制造专业。

“电子管制造工艺”是电真空器件制造专业的专业课程之一。

本书主要是参考苏联奥尔金编著的电子管制造工艺和其他电子管制造有关的书籍，并结合我国目前的生产情况而编写成的。由于与此课程一样作为电真空器件制造专业的专业课程还有“电子管设计基础”、“电真空材料”、“真空技术”、“电真空制造电气装备”和“电真空制造机械装备”，因此，在本教材中，有关电子管的理论、电子管的材料、真空的获得与测量、以及电子管制造上所用的电气装备和机械装备均未作详细的叙述。

本教材虽经三年的实际教学和两次修改，但由于编者的理论水平 and 实际工作经验不足，因此书中错误和遗漏之处在所难免，望读者不吝指正为感。

孙天章、金绍焰

1958.12.

目 录

前 言	3
緒 論	9
第一章 电子管生产的基本知識	11
§ 1-1 电子管的典型結構	11
§ 1-2 电子管生产的特点	12
§ 1-3 电子管生产的技术准备	13
§ 1-4 电子管生产过程的組織	21
§ 1-5 电子管符号的命名	23
第二章 电子管零件的机械加工	30
§ 2-1 电子管零件机械加工的特点	30
§ 2-2 电子管零件加工时所用的潤滑剂	32
§ 2-3 金屬零件的冲压加工	33
§ 2-4 金屬絲料的鍛拉加工	46
§ 2-5 金屬零件的切削加工	49
第三章 电子管零件的淨化	51
§ 3-1 电子管零件淨化的目的	51
§ 3-2 电子管零件的机械淨化法	51
§ 3-3 电子管零件的化学及电化学淨化法	53
§ 3-4 电子管零件的物理淨化法	60
§ 3-5 金屬絲料的淨化处理	64
第四章 电子管金屬零件的热处理	66
§ 4-1 电子管金屬零件热处理的目的	66
§ 4-2 金屬零件热处理的工艺規範	67
§ 4-3 金屬零件在氬气中进行热处理	70
§ 4-4 金屬零件在燃燒不足的气体中进行热处理	75
§ 4-5 金屬零件在真空中进行热处理	76
§ 4-6 金屬零件在空气中进行热处理	78
§ 4-7 金屬絲狀材料的热处理	78
§ 4-8 測量温度的仪表	82
第五章 电子管材料及零件的修复	88
§ 5-1 电子管材料及零件修复的目的	88
§ 5-2 电子管零件的机械修复法	89

§ 5-3	电子管零件的物理被复法	23
§ 5-4	电子管零件的化学被复法	25
§ 5-5	电子管零件的电化学被复法	29
第六章	电子管金属零件的连接	109
§ 6-1	连接方法的分类	109
§ 6-2	电阻焊接	110
§ 6-3	熔融焊接	120
§ 6-4	焊料焊接	124
§ 6-5	冷压焊接	127
§ 6-6	机械连接	128
第七章	阴极制造	131
§ 7-1	阴极的种类及其结构形式	131
§ 7-2	钨阴极制造	135
§ 7-3	钨钨阴极制造	136
§ 7-4	氧化物阴极的制造	143
§ 7-5	其他类型阴极的制造	165
第八章	吊丝、弹簧及热丝的制造	170
§ 8-1	吊丝、弹簧及热丝的结构形式	170
§ 8-2	吊丝及弹簧的制造	172
§ 8-3	折叠形热丝的制造	173
§ 8-4	螺旋形热丝制造	182
第九章	栅极制造	189
§ 9-1	栅极的种类及其结构形式	189
§ 9-2	制造栅极的材料	191
§ 9-3	在绕栅前的材料处理	194
§ 9-4	栅极绕制	195
§ 9-5	栅极在绕栅后的加工	203
第十章	阳极制造	208
§ 10-1	阳极的种类及其结构形式	208
§ 10-2	制造阳极的材料	213
§ 10-3	自然冷却式阳极的制造	217
§ 10-4	强迫冷却式阳极的制造	221
第十一章	引出线的制造	223
§ 11-1	引出线的作用及其材料	223
§ 11-2	引出线的结构形式	223
§ 11-3	引出线的制造	226
第十二章	吸气剂制造	232

§ 12-1	使用吸气剂的目的	232
§ 12-2	常用的吸气剂材料	232
§ 12-3	吸气剂制造	233
§ 12-4	吸气剂的应用和装置	240
第十三章	絕緣零件加工	243
§ 13-1	絕緣零件的作用及材料	243
§ 13-2	云母絕緣片的加工	244
§ 13-3	陶瓷絕緣零件的加工	248
第十四章	玻璃零件的制造及加工	251
§ 14-1	电子管中所用的玻璃制品	251
§ 14-2	玻管和玻杆的制造	251
§ 14-3	玻壳的制造	255
§ 14-4	玻璃零件的压制	264
§ 14-5	玻璃的应力及其消除方法	264
§ 14-6	玻璃表面的净化	272
第十五章	玻璃与金屬及陶瓷的封接	274
§ 15-1	玻璃与金屬封接的分类	274
§ 15-2	玻璃与金屬的封接材料	276
§ 15-3	玻璃与金屬封接的結構	279
§ 15-4	玻璃与金屬封接的技术	280
§ 15-5	玻璃与金屬封接的实际应用	285
§ 15-6	陶瓷与玻璃的封接以及陶瓷与金屬的封接	302
第十六章	电子管的装架	304
§ 16-1	电子管装架的意义和特点	304
§ 16-2	电子管装架的技术要求	304
§ 16-3	大量生产中电子管的装架組織	307
§ 16-4	装架所用的设备及工具	308
§ 16-5	装架的一般方法	310
§ 16-6	装架的废品及檢驗	314
§ 16-7	装架工作的机械化	315
第十七章	电子管的封口	320
§ 17-1	封口的意义和形式	320
§ 17-2	封口的方法	320
§ 17-3	封口时所产生的废品	327
第十八章	电子管的排气	329
§ 18-1	排气的意义和目的	329

§ 18-2	排气过程中的物理和化学现象	330
§ 18-3	排气的工艺与设备	338
§ 18-4	充气管排气法	350
§ 18-5	排气时所产生的废品	352
第十九章	电子管的装头	354
§ 19-1	装头的意义和目的	354
§ 19-2	管基的形式及制造	354
§ 19-3	装头用的焊泥	357
§ 19-4	装头的工艺过程	359
§ 19-5	装头时所产生的废品	362
第二十章	电子管的老练	364
§ 20-1	老练的意义和目的	364
§ 20-2	老练的过程及其规范	365
§ 20-3	老练的装备	373
§ 20-4	老练时可能发生的现象	376
第二十一章	电子管的测试与检验	378
§ 21-1	测试与检验的意义和目的	378
§ 21-2	电子管电性参量的测试	379
§ 21-3	电气测试的设备	405
§ 21-4	寿命试验	406
§ 21-5	特殊试验	408
附 录		416

緒 論

我們的時代是電子器件飛速發展的時代。在近代科學研究以及生產技術的各個領域中，都在採用着各種類型的電子管。可是電子管從發明到現在還僅僅只有五、六十年的歷史，遠在1873年俄國科學家羅特金首先發明了電燈，為電子管的發明創造了條件。到1881年時發現了愛迪生效應，即電流能夠在真空中通過，這現象立即引起了當時科學家們的興趣。直到1904年，第一只電子管——最簡單的二極管，才被製造出來；以後在短短的數十年中，電子管由二極到多極、由簡單形式到複雜形式、由接收到發射、由小功率到強大功率、由低頻到超高频，它的發展速度是極其驚人的。到了現在各種各樣的電子管已經在國民經濟各個部門廣泛地被應用着。如在無線電收音、無線和有線通訊、有聲電影、電視等這些我們所熟知的技術領域中大量地應用着電子管；不僅如此，在近代工廠企業中，也採用着各種電子管用來操縱複雜而巨笨的機器，用來控制時間和使生產自動化，用於測量和安全保護，以及用於大功率整流等等。此外，由於利用了電子管才使無線電導航真正成為可能，使飛機能在黑夜或雲霧天亦可起飛和降落。在工業上和醫療事業上所廣泛使用的X光技術也是使用電子管的一例；近代的電子顯微鏡、電子計算機以及對原子能的研究上都少不了應用電子管。必需指出，電子管在國防軍事上的特殊重要性，利用無線電操縱，就能控制火箭和導彈，使用雷達我們能在百里以外探索敵機的方向和數量，利用它再和無線電技術相結合，便可能使槍炮作出正確的射擊，而近代作戰的軍事聯系更少不了電子管。

關於電子管的應用還可以敘述很多，例如測量人腦微弱“電流”波形的心理儀器，探掘地下礦藏的探索器等。由此即可看出電子管對國民經濟各部門的重要性。

由於各方面對電子管的需要，現在每年在世界上生產的各種電子管的數量是極為驚人的，據不完全統計，全世界的年產量約在10000

亿个以上，由于数量这样之多，而类型又是那样的复杂，因此随着电子管制造技术的日益发展和需要，就建立了一个新的工业部门——电子管工业。

但是，在解放前的旧中国不仅没有从事电子管制造的工厂，而且也没有培养这方面的专门人材。只有在解放后的新中国，电子管工业也和其他工业一样，得到了应有的发展，不仅设立了培养这方面专门人材的学校，而且还在苏联的无私援助下建立了近代化的电子管工厂。目前随着祖国社会主义经济建设的高涨，电子管工业亦有很大的发展。

要制造出大批高质量的电子管，就必须研究电子管的制造工艺，而所谓电子管的制造工艺，就是指电子管的整个加工、处理和装配的过程。由于近代各种技术的发展，目前电子管的制造工艺也就逐渐摆脱了以前那种手工操作的生产状况，而接近于机械化和自动化的生产方法了。但是这并不是意味着电子管的制造工艺无须要改进，恰恰相反，在现代制造电子管的许多工序上还存在着许多需要解决或改进的问题，诸如阴极制造、电子管老练等工艺，迄今还没有确定地获得一套完整的、有规律的方法；在零件装配工序上还是很多用手工进行操作等问题。此外，由于电子管制造工艺的特殊复杂性和高度精确性，以及需要极度的清洁和卫生，以致使得电子管的废品与其他器件相比显得较为惊人，在一般工厂里制造的电子管往往仅能保证80~90%的产品合格或能维护所规定的寿命。所以指出这些问题，就是为了促使我们注意，从而不断地加以改进它的制造工艺过程。

由于电子管的种类繁多，因此在本书中只能着重于叙述典型的制造工艺，亦即叙述一般电子管的制造过程。叙述将按照这样的次序进行：先从有关电子管生产的基本知识开始，接着讨论零件的各种加工及处理方法，然后研究各种结构元件如阴极、栅极、阳极等的制造方法，最后再研究装架、封口、排气、老练及试验工艺，并且在叙述典型制造工艺的同时，还指出某些器件的制造特点和研究一些主要的装备。

第一章 电子管生产的基本知識

§ 1-1 电子管的典型結構

电子管是一种利用在真空中或稀薄气体中放电现象的器件，因此也广义地称“电真空器件”。

电子管的制造到目前为止其种类型式有数千种。这里先介绍一下典型的电子管结构。图 1-1 所示为小型玻壳四极管的结构，它主要由接受电子的阳极、发射电子的阴极以及控制电子的栅极所组成。电极的相对位置的固定依靠云母片来完成。为了使电极能处于真空或稀薄气体状态中，将整个电极封闭于玻璃或金属的管壳中。利用引出线穿过管壳以便与外电路相联接，通常引出线穿过管壳的那部分称为芯柱。在某些电子管中，由于引出线是软的，为了便于将管子插入电路，在电子管的引出线端还装有管基和管帽。管内真空度的形成，是借排气管来达到，排气完成后即将它封闭，此后依靠吸气剂将管内真空度再行提高。由此可知，电子管也是由许多的结构元件——零件和组件所组合起来的器件。

所谓零件就是指那些未经过装配工序而制造成的结构元件，如栅极、阳极、云母片、管壳等；而组件即是由二个以上零件所组合而成的结构元

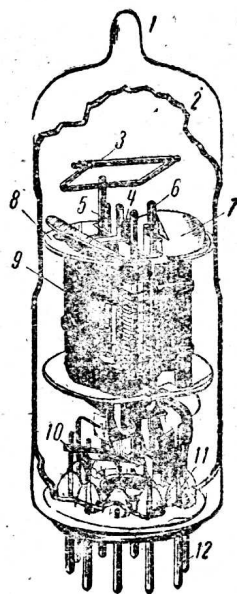


图1-1 小型玻壳四极管结构:

1—排气管封高端；2—玻壳；3—吸气剂；4—阴极；5—第一栅极；6—第二栅极；7—隔离片；8—云母片；9—阳极；10—芯柱屏蔽片；11—芯柱；12—管脚（引出线）。

件，如裝架好的電子管管芯。如果將這些零件和組件再組合起來而成為有使用價值的結構，那就稱為器件了，如制成後的電子管。

電子管的各種類別和型式就其內部結構和外形而言，差別很大，但所有這些電子管均為由一些零件和組件所組合而成。在電子管中，主要的零件或組件是陰極、柵極、陽極、芯柱、管殼等。我們研究電子管的製造，也就是先從研究這些元件的結構形狀，所用材料，製造工藝開始，然後研究整個電子管的裝配及處理的過程。

§1-2 電子管生產的特點

電子管工業生產和其他工業生產比較起來，它有很多特有的性質：

（一）電子管的生產可說是多種技術的綜合，它需要應用下列各項專門技術：

1）真空技術：高真空的獲得和測量、真空系統的裝置、使用及維護等。

2）玻璃技術：玻璃與玻璃的封合；玻璃零件的吹制、拉制和壓制，玻璃與金屬及陶瓷的封接等。

3）機械技術：模具及工具的設計和製造，各種零件的沖制及加工等。

4）化學技術：零件的清潔處理，零件的塗敷，碳酸鹽、吸氣劑及其他化學藥品的配制等。

5）無線電技術：電子管的設計和改良，電子管的測試及測試所用裝備維護等。

6）冶金技術：金屬及合金材料的冶煉、製造及分析等。

（二）在電子管生產時，需要用到種類繁多的材料，其應用的材料大致有這樣幾類：

1）金屬材料：如鎢、鈮、鉭、銅、鎳、鐵、汞、鉛、鈦等以及鎢鉬、鎳鎢、鐵鎳、鐵鎳鈷等合金。

2）化學材料：如酒精、三氯化乙烯、醋酸戊酯、苛性鈉、硝酸鉍、蒸餾水等等。

3）絕緣材料：如雲母、陶瓷、膠木、石英以及玻璃等。

4) 气体：如氫气、氧氣、氮氣、煤氣、水蒸汽、壓縮空氣等。

并且对于材料的要求亦往往很高。对于金属材料一般要求金屬的蒸汽压低，在高温时的机械性能好，易于去气等。对于所用的化学材料，一般总要求有很高的純度，特别是硫、磷、神等含量要很少。

(三) 在电子管生产时，要求有良好的真空卫生环境和制度。

电子管在制造时要求高度的清洁，这是保证电子管产品质量的首要条件，特别是阴极制造車間和装架間。因此在選擇厂房地址、厂房設計时均須充分考虑这要求。要求厂房最好不要建立在化学工厂或炼油厂附近，并且为了使車間內有淨洁的空氣，要求送入某些車間的空氣經過过滤。

除此以外，为了保证經常有良好的清洁，还必須訂出全面的真空卫生制度，并促使全厂工作人員严格遵守真空卫生制度。例如要求电子管工厂的工作人員在每天进厂前，应用肥皂仔細洗手，并冲洗后用电气吹干。进車間时，应着規定的整齐工作服，不得穿外鞋入內等等。

§ 1-3 电子管生产的技术准备

为了保证均衡地完成国家生产和掌握新产品的任务，保证工作的最高經濟指标以及使工厂技术能够經常不断的进步，就必须合理地把生产中各个組成部分配合起来，为了达到这样的目的，就必须要有生产技术准备。

生产技术准备工作包括設計准备和工艺准备两部分。

(一) 生产的設計准备

1) 設計准备的任务 生产設計准备的任务就是要拟訂出产品的結構，并制定出所有的必須文件（圖紙、說明書、技术条件、参数一覽表等），同时根据最新的科学技术成就，尽量地来改进产品的結構（如改进电子管的耐震性，耐热性，提高工作頻率及延長运用寿命等）和降低产品成本。

2) 設計准备的步驟 可以这样认为，拟定产品的設計是任何生产的开始阶段，产品的結構拟定由生产性质决定，因为器件的制造方法，也即工艺是决定于构造的，因而生产的組織及計劃也决定于結構。

現在將設計一新產品所需的步驟分述于下：

1. 寫出新器件的技術任務書——根據訂戶的要求，在技術任務書中寫出該器件的用途、使用範圍、結構特點、主要參數和特性等等。

2. 根據技術任務書，在設計科進行器件的結構設計，初樣製造，並進行試驗。

3. 初樣成功後，在試制車間少量試制，觀察生產的情況 and 結果，與理論推算偏差程度，和技術任務書要求是否符合，並作必要修正。

4. 在以上各步驟都成功後，那麼就進行編寫和擬定總結的工作，總結必須詳細，還需繪出全部必要的圖紙，以後就轉入生產。

3) 設計時應考慮的問題 為了使設計工作完全符合生產的要求，在進行設計時，必須從這樣兩個觀點出發：第一、應該從使用觀點出發，這就是說要保證管子的壽命達到所規定的時間，應該使器件在使用期間內保持給定參數在規定的公差值範圍內。應使器件的尺寸、耐震性等等都合乎要求。第二、應該考慮到結構的工藝性。這就是指在設計器件或設計某一零件時，設計者不僅要以成品的用途及工作條件為前提，而且還應該考慮到零件的製造及裝配的方法是否經濟及方便，如果忽視了這一點，往往會浪費人力和物力，使產品的工藝過程複雜，成本提高。

舉例言之，譬如某種型號的束射輸出四極管，原先設計的電極形狀如圖 1-2 所示，在此設計中，束射屏的尖角和陽極間距離很小，只有 0.5 毫米。在小量生產時，這樣的距離尚可控制，改為大量生產後，就發生很多碰極短路的現象，後來把陽極形狀改成如實線所示的形狀，結果缺點改正了而特性卻並沒有什麼影響。

因此，如果從這一工藝上的觀點出發，就應該在設計時盡量滿足以下要求：

1. 所設計電子管燈絲電壓、陽極電壓等最好是根據標準

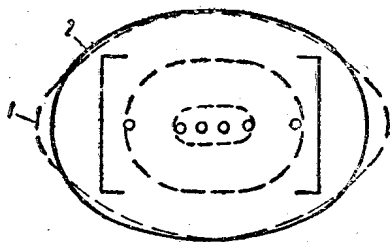


圖 1-2 束射四極管結構：
1—改前之陽極；2—改後之陽極。

的規定值，或者按照其一般的技术条件。

2. 在不降低管子质量的前提下，尽可能地选用标准通用的金属材料。

3. 在不影响管子的特性情形下，所选用的结构零件尽量应用工厂中或部屬中規格化的零件。

4. 所设计的电子管零件应该简单，且有互换性，使制造简单，装配方便，便于用自动化或半自动化的装备。

5. 零件的公差应该设计得适当，不宽亦不严。如果太宽，零件不准确，太严则制造麻烦。

为了简化生产，缩短技术准备时间以及降低产品成本，因此电子管的零件在设计及制造时常考虑到零件的通用化、规格化、标准化。

所谓零件的通用化，就是用一种零件或组件代替一些其他毫无必要的各种零件和组件。也就是说最好在设计零件时选择一些“通用性”的零件，用它来代替其他构造尺寸不同但用途相同的零件，如接收放大管中高放大系数五极管的阳极、间热式阴极套管、玻壳、管帽等。零件采用通用化后能够简化生产和降低成本，但这样做必须在技术上有依据。

零件或材料的规格化也是为了减少用途相同的零件或材料的种类，它和通用化不同之处在于：规格化是拟定的，而通用化是根据实际要求选择的。例如现在有甲、乙、丙、丁、戊五种在结构上有些差异而用途相同的零件，我们如果适当地规定两种零件为规格化的零件，则以后在用上列零件时，即可采用已规格化了的零件，如电子管中有的管壳、管座、管帽等。又例如电子管中所用的材料种类和尺寸要求很多，我们也可设法限制它的种类，规定几种适宜的规格化的种类，以后就在这几种中选用。如对于钨钼合金丝的规格化则有 MB-50 和 MB-20 的两种钨钼合金丝等。前者是含钨钼各为 50%，后者为含 20% 的钨和 80% 钼的合金丝。

所谓标准化是对在实际生产中已经证实为最适合使用的材料、零件和组件的性质、结构形状以及参量的数值和检验方法等所拟定的标准。标准化的范围很大，有部属标准，也有国家标准。因此标准化的

拟定必須經過詳細的研究，而且尚須得到实际的証实，它一經国家局批准后，就具有法律的效力。

采用通用化、规格化和标准化的零件或材料后，这样設計的工作量就减少，縮短了設計准备时间，并且亦减少了工艺准备工作，因此加速了生产技术准备工作，也降低了产品的成本。

(二) 生产的工艺准备

1) 工艺准备的任务 工艺准备的任务就在于如何将已設計好的电子管根据設計結構图紙，来拟定管子的制造工艺，并且根据最新的科学技术成就，不断地改进管子的制造工艺。从这观点出发，生产的工艺准备是生产技术准备的第二个阶段。

2) 工艺准备的内容 生产工艺准备的内容大致包括下列几类：

1) 檢查設計图紙中的工艺性問題。

2) 根据最新的科学技术成就拟定零件、組件以及整个管子的制造工艺。

3) 設計和制造材料加工、零件制造及管子装配所需的冲模、工具及装备等。

4) 拟訂工艺过程中的各种定額（机时、工时、材料消耗及各种动力等定額）。

5) 采用合理的技术檢查和先进的生产組織形式。

此外，工艺装备的設計和制造是新产品生产准备中最繁重、時間最长的工作，并且經濟耗費往往也最多。因此在設計和制造工艺装备时，應該尽量利用原有的装备或設計提高装备的負荷，同时也須和設計准备相配合。在零件、組件的通用化、规格化和标准化的基础上，来力求工艺装备的通用化、规格化和标准化。

3) 工艺文件 工艺文件就是記載工艺过程的技术文件。它是工艺准备中的主要内容。这种文件为了閱讀方便起見往往以卡片的形式編制。常用的工艺文件有下列几种：

一、工艺过程卡——工艺过程卡是按每一零件来編制的，用来指出零件制造时各工艺工序完成的順序，并指出由哪些車間来完成这些工序，同时也附有解釋怎样进行这些工序的工艺卡。除此以外，在工