

电子管与 真空技术手册

F. Rosebury 著

第一四一三所 合译
第七七二厂

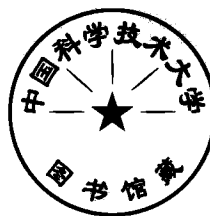
微波管技术编辑部

除。原书书末附有作者索引和主题索引，现删去作者索引而将主题索引分成汉语索引（按汉字笔画，部首排列）和英语索引（按英文字母顺序排列），两者均附于书末以利查阅。

在此，我们对领导的关怀和重视，同志们的合作和支持，尤其是各车间科室参加本书翻译、校对的有关同志，以及印刷厂的有关同志一并表示深切的谢意。

微波管技术编辑部

一九七九年十月



毛主席语录

外国有的，我们要有，外国没有的，
我们也要有。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

前 言

遵照伟大领袖毛主席“洋为中用”的教导，现将“电子管与真空技术手册”一书翻译出版，供有关人员参考。

原书是美国麻省理工学院 Fred Rosebury 所著，在“电子管实验室手册”的基础上经补充、整理，于1965年印刷出版。本书从实用的角度搜罗了有关电子管制造工艺、材料及真空技术等方面的资料，其内容对电子管制造厂具有一定的参考价值。全书共分两部份，第一部份（即第212页以前的内容）已由第1412所翻译出版，刊载在“电子器件”1966年的第9、10合期上；第二部份（即第212页以后内容）由第772厂组织有关人员进行翻译，当时因故未能及时出版。这次将第二部份内容重新校对，并征得第1412所的同意，决定将两部份内容合在一起刊印。本书中收有数百条术语及其解释，内容有新有旧，解释有详有略，其中关于电子管制造的材料、工艺及真空技术方面的术语，解释较为详细，有时还给出具体的数据、图表等可供查考。由于原书引用资料来源庞杂，未经统一处理，故有前后单位、术语、符号不统一的现象，请读者注意。凡原书存在的各种错误，业经发现的均已予以更正，且在页下注脚中标有译、校者注等字样。原书中很多纯系商业性的广告、致谢的客套用语等均予以删

目 录

电子管和真空零件的清洗.....	(1)
清洗工艺.....	(4)
电抛光.....	(26)
电镀和腐蚀.....	(34)
电镀概述.....	(34)
电镀和腐蚀液.....	(37)
腐蚀程序.....	(49)
热处理和焊接.....	(52)
氢焊概述.....	(52)
焊接工件的准备.....	(57)
钟罩焊.....	(58)
不锈钢.....	(60)
奥氏体不锈钢在干氢中的热处理、去气、净化和 焊接.....	(60)
高频感应加热.....	(72)
玻璃与金属封接.....	(76)
金属与陶瓷封接.....	(92)
电子管实验室程序.....	(104)
热丝的设计和制造.....	(111)
钨丝阴极——直热式发射体.....	(119)

敷钍钨发射体.....	(123)
氧化物阴极用的镍基金属.....	(127)
其他阴极材料.....	(128)
氧化物阴极概论.....	(133)
飞利浦阴极.....	(142)
吸气剂和吸气离子泵.....	(146)
钛离子泵.....	(148)
冷凝泵.....	(154)
超高真空.....	(155)
真空工艺、设计程序和真空管与容器的结构.....	(159)
真空系统结构所用的金属.....	(165)
台阶式可拆金属真空接头.....	(166)
管子的充气.....	(171)
扩散法充氢.....	(172)
金属波纹管.....	(178)
电子管装配工艺.....	(186)
检漏.....	(193)
蒸汽压.....	(199)
各种元素的蒸汽压.....	(201)
术语辞典.....	(212)
附录 1 汉语部首索引.....	(889)
附录 2 英语索引.....	(909)

电子管和真空零件的清洗

一般认为，真空管和真空容器设计师及工艺师所面临的最大问题是清除或减少零件的沾污。周围环境中的微粒、气体以及蒸汽能够而且的确已经有害地影响了真空系统的处理和工作及电子管的寿命和性能。因此，一开始就强调必须尽可能地找出仅仅表面纯净和消毒的清洁法所不能得到的另一种清洁法。

沾污体大致可以分成五类，其中某几种可变成其它类：下面给出的A类和C类沾污物通常经加热分解可变成B、C和E类，而在某些条件下，B类和D类的沾污物可进一步递降分解为气体和蒸汽(E)。

A. 环境沾污物：来自空气、地板、墙壁、天花板、家具、衣服、身体（例如头发和皮肤）的灰尘、棉绒、烟灰。

B. 水溶性盐：矿物盐之类的电解质（氯化钠等等）和非电解质（各种有机物质）。

C. 非水溶性的有机物质：油脂之类的碳氢化合物；直接接触沾上的或在空气中呈雾状存在的润滑剂和切削减热剂。凡是有机油味的地方，就会受到该源的沾污。来自烟囱和烟叶的烟雾中的油质成份以及各种工业蒸汽也都是沾污源。必须避免来自皮肤和肥皂等的脂肪酸——油酸、硬脂酸、棕榈酸以及甾醇。

D. 非可溶性的化学化合物：氧化物、硅酸盐、硫

化物、氮化物、硼化物以及其它的这类沾污物。这些沾污物经常牢固地粘附在物质的表面上。

E. 气体沾污：通常在氢气中或真空中加热驱除这些气体。

严格的管子装架和零件处理必须在封闭良好的房间里进行。房间里的墙壁和天花板都用高质量的半光泽的韧性油漆涂复，地面用干净且打上蜡的沥青合成物或磨砂瓷砖铺盖。空气必须经过两级或多级的过滤，使最小的尘粒也不能通过；相对湿度保持在50%以下。在某些条件下静电沉积是有用的，但不是万能的。

为了检查和计算尘粒，把一块干净的玻璃板放在被检查的大气中，然后用一台低放大倍数的显微镜检查玻璃板。某些金属零件上的尘粒在清洁的水中会浮离开零件表面，然后利用低放大倍数的显微镜检查水表面。房间里的灰尘可利用非常灵敏的廷德耳 (Tyndall) 效应来检验。

水溶性盐（见 B 类）可使用大量洁净的冷水或热水来洗掉（这些沾污物会改变超纯水的导电性能，因而利用这点可进行检验）。软水比蒸馏水好，在清洗的第一阶段可用自来水。

C 类中的物质以及 D 类中的某些沾污物在加热期间有可能在金属零件上产生带色斑点。这些斑点常借助氢气的还原作用来去除。C 类中列出的沾污物能通过试验检验。即用喷雾器⁽¹⁾（例如美术用的喷雾器）在样品上喷溅非常细的雾滴作检验。在清洁的表面上形成均匀连续的水膜，而不是一滴滴的水珠，于是外来物（指印）能清晰地显示出来，就好象在光敏表面上产生的图象一样。在被称作“水膜破裂”的试

验中⁽¹⁾，试验灵敏度稍低，样品浸入清洁的水中，流淌着的水在真正干净的表面上形成连续的水膜，直到形成完全均匀的或匀称的干涉色带为止。沾污物会使水膜破裂，或者在色带上出现非常不规则的色纹，犹如“小岛”一样。

要对喷雾试验或水膜破裂试验作检验，可在新劈开的、表面非常清洁的云母片上打上指印，并迅速送交测试。如果未显示出沾污面积，则表明喷雾器的水雾可能太粗，因而测试是不灵敏的。尘埃飞扬沾污或环境沾污，可以把一片新劈开的云母暴露在工作区域的大气中，然后用喷雾法进行检验。

在进行精密装架的房间里，人员往来应尽可能少。零件和其它用品通过滑动橱门送入⁽²⁾。除非有紧急事务，参观者一律谢绝入内。精密装架的房间与空调的大房间隔开，里屋的空气要进一步过滤。静电除尘器和减湿器是有用的。制造氧化物阴极的房间内的相对湿度不应超过40%。里屋的气压应比外屋稍高，从而有可能排斥污染微粒。除空调器和过滤器开口外，墙壁、地板、天花板以及门必须尽可能封闭严

(1) "Detection, Removal and Control of Organic Contaminants in the Production of Electron Devices," D. O. Feder and D. E. Koontz, ASTM Special Publication No. 246, p. 40, 1959; "Generation of Clean Surfaces in High Vacuum," R. W. Roberts, Br. J. Appl. Phys., 14, pp.537~543, 1963; "Adsorption and Decomposition of Hydrocarbons on Clean Metal Films," R. W. Roberts, *ibid.*, pp. 485~487, 1963.(系第2页和本页注脚)

(2) "Planning and Operating a Clean Shop," W. T. Dyall and L. C. Herman, Br. J. Appl. Phys., p. 13. "Measuring and Controlling Dust," P. R. Pondy and G. E. Helmke, *ibid.*, p. 3. "Operation Snow White-An Approach to Higher Reliability in Receiving Tubes," K. D. Johnson, *ibid.*, p. 32.

实。墙上灰泥、建筑板、木板以及水泥等建筑材料都均匀地涂上光泽的或半光泽的高级油漆。

对于有特殊要求的工作，可以用所谓的“干燥箱”⁽¹⁾来防止用其它方法所未能阻挡的沾污物（操作者的呼吸、头皮等）。当需要时，如在处理激活的阴极表面时，干燥箱也能使用特定的惰性气体。

在管子精密加工的整个区域内，建议操作者穿上尼龙或奥伦 (Orlon) 罩衫，并且把头包起来，必要的参观者在进门以前也必须穿戴同样的衣帽。可以使用橡皮指套，但操作者必须防止暴露在外面的手掌或脸与橡皮指套接触。使用尼龙手套也得同样小心。比较好的尼龙手套戴起来很舒服而且很漂亮，最好用单根尼龙丝编织，以减少开线的可能性。尼龙手套可以在蒸馏水中彻底洗净。一旦发现有起毛或磨损的任何迹象，应立刻换掉。避免尼龙手套与丙酮以及类似的溶剂接触。

清 洗 工 艺

要保证完全清除脏物单靠化学清洗（下面给出）是不够的。可以采用超声清洗法⁽²⁾，但是，只要与其它方法配合使用。所有金属零件都必须采用下列的一种工艺进行焙烧或热处理。

作为管子实验室中用的特殊清洗工艺的典型例子，征得了 A. F. Amos (Tube Project Engineer of the

(1) 参阅 Reference 2, K. D. Johnson, p. 2.

(2) "An Ultrasonic System for Eliminating Physical Contaminants from Electron Devices," D. E. Koontz and I. Amron, ASTM Special Publication No. 246, p. 22, 1959. (参阅第 858—859 页)

Owen Harries Consulting Engineers, Ltd., Devonshire, Bermuda)的同意, 在这里发表以下的私人通信。

清洗电子管零件的原始记录:

1. 金属零件放在适宜的溶剂, 如全氯乙烯中进行蒸汽脱脂。
2. 所有的零件 (包括玻璃以及运输或储存用的容器) 在有 0.05% 表面活性 (湿润) 剂溶液的去离子水中进行超声波搅动, 去离子水是用自来水, 或最好用蒸馏水, 通过混合层去离子塔而得。所有的自来水都必须定期地用硝酸银来检验, 看是否存在氯化物。
3. 把所有的零件和容器 (金属或玻璃的) 放在满得外溢的去离子水中洗 15 分钟。
4. 把所有的零件和容器放在 1% 分析纯过氧化氢中煮 30 分钟。注意: 如果零件有钨引线封入玻璃中, 那么只要封接处熔凝得不好, 在这道工序中就可能产生漏气。
5. 对于镍零件, 与工序 4 的处理不同的是, 在空气中以 400℃ 焙烧, 以获得轻微氧化; 对于不锈钢零件, 以 900℃ 焙烧 5 分钟即可。
6. 如果选用工序 4, 则继而把所有的零件和容器放在流动的去离子水中冲洗 15 分钟。然后用装有干燥氮气喷嘴的喷枪把留在零件上的水吹干。在气体管道里 [最好用梯贡 (Tygon) 管] 使用了过滤器。然后, 零件在干燥氮气中以 200℃ 烘烤 15 分钟, 使之完全干燥。使用了不锈钢无缝烘箱, 其内部氮气有小的正压力 (若采用工序 5, 就可省去工序 6)。
7. 此时玻璃零件可认为是干净的, 可以准备装架。金属零件在干燥的氢气中加热去氧: 镍和铜镍合金以 900℃ 加热, 不锈钢以 1175℃ 加热。

注 1: 在适当的阶段用水膜破裂或喷雾法检验零件的清洁度。在水膜破裂测试时, 把零件浸入倒满去离子水的烧杯中, 再取出来。在喷雾法测试时, 零件被细粒喷雾器喷上水雾。在这两种情况下, 如果在零件上附有均匀、完整的水膜, 那就不存在疏水物的沾污。喷雾法测试比较灵敏。

注 2: 如果零件中有需要在大静电场下工作的电极, 那么在完成工序 7 以后必须进行电抛光。电抛光是为了去掉加热过程中

所产生的结晶表面。电抛光后，重复工序 2、3 和 6，以便在用于真空之前把零件洗净。

下面按照英文字母顺序给出有用的配方。

A-1 铝（未沾污的）的清洗

1. 如果有油脂，去脂（参阅下面去脂一节）。
2. 使用 2~8 盎司/加仑氢氧化钠、碳酸钠或磷酸钠，180°~200°F。
3. 如果形成污点，就在下述浸亮液中浸几秒钟。

硫酸	2 加仑 ⁽¹⁾
硝酸	1 加仑
水	1 夸脱 ⁽¹⁾
盐酸（或氯化钠）	1/2 盎司 ⁽¹⁾

在室温下使用

A-2 铝（因热处理等沾污的）的清洗

1. 如果有油脂，去脂（参阅下面去脂一节）。
2. 在下述溶液中浸 1 分钟：

氢氟酸	1 份
硝酸	1 份
水	98 份

在室温下使用

3. 然后按照上述 A-1 进行处理。

B-1 银铜焊料的清洗

1. Matawan *48W (Hanson-Van Winkle-Munning

(1) 1 加仑(美制)等于 3.7853 公升；1 夸脱等于 1/4 加仑；
1 盎司等于 28.3495 克。——译者注

公司) 8 盎司/加仑 (水)。

2. 以 $180^{\circ}\sim 210^{\circ}\text{F}$ 处理 5 分钟或更多一些时间。

3. 在冷水中冲洗。

4. 在热蒸馏水或去离子水中浸洗。

5. 在试剂纯的甲醇中浸洗。

6. 在烘箱中烘干。

(可以把零件放在镍铬合金、镍或不锈钢的金属笼里，再在清洗液中浸洗。)

阴极：参阅 第17—18页 N-1A。

C-1 铬酸-硫酸清洗液

将铬酸或三氧化铬饱和溶液溶于比重为 1.84 的热浓硫酸中。

该溶液对于电子管零件比较好，因为不存在可能残留在缝隙中的碱性盐。

当溶液变成绿色或变淡时，必须倒掉。如果要倒进排水沟，溶液必须用大量的水稀释。

a. 在使用时，仅仅把零件浸没在没有结晶体的清洗液表层中。

b. 在加热板上加热到 $80^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{C}$ ；停止加热，任其冷却 5 分钟。

c. 倒去酸，在热的流动水中冲洗 10 分钟。

d. 在去离子水中漂洗 5 分钟，更换 5 次水。

e. 在洁净的去离子水中煮沸 5 分钟。

f. 在 80°C 的烘箱中干燥零件。在干燥以前，金属零件可以在试剂纯的甲醇中浸洗以便加快这一过程。注意：陶瓷⁽¹⁾

(1) 对于氮化硼不要使用这道工序 (参阅第253页)。

零件在完成工序 d 后必须立即烘干。

C-2 铜和黄铜用的浸亮液

水	1960毫升
硫酸	1730毫升 (比重1.84)
硝酸	285毫升 (浓的)
盐酸	10毫升 (浓的)

C-2A 铜的清洗

1. 去脂 (参阅D-1 去脂一节)。
2. 在50% (体积) 的硝酸中浸渍 10 秒钟。
3. 在冷自来水中漂洗, 免除发生反应。
4. 如果需要, 重复进行酸处理, 以获得均匀的表面。
5. 在冷自来水中冲洗 10 分钟。
6. 在蒸馏水或去离子水中漂洗, 更换两次水。
7. 用热吹风机吹干。

C-3 铜的清洗 (Becco 工序: Food Machinery and Chemical Corp., Becco Division, Buffalo 7, New York)

这道工序不是进行浸亮, 而是去掉氧化物, 获得纯净的表面。溶液配制如下:

1. 过硫酸铵(Becco) 20~25克

温热的 (不烫的) 自来水 100 毫升

2. 铜在浸渍前, 应彻底去脂 (参阅D-1 去脂一节)。
3. 在溶液中浸渍10~60秒钟 (在难洗的情况下延长 2 分钟), 并需轻轻的搅动。

4. 在冷的自来水中彻底冲洗, 接着用冷的蒸馏水或去离子水水洗。在室温下吹干 (可使用风扇或吹风机)。注意: 不使零件受热。

在室温下把零件相继浸入下面的溶剂中。所有溶剂均为试剂纯并且是未使用过的。1.丙酮，2.三氯乙烯脱脂溶剂，3.三氯乙烯脱脂溶剂（第二次），4.三氯乙烯脱脂溶剂（第三次），5.甲醇，6.丙酮（第二次），7.用热吹风机或在80℃的烘箱中烘干。

D-2 杜美 (Dumet) 丝⁽¹⁾的清洗和去氧化物

在下列溶液中进行超声波搅动：

甲酸(HCOOH)	60% (体积)
过氧化氢(H ₂ O ₂)	10% (体积, 原浓度为30%)
去离子水	30% (体积)

接至杜美丝引线上的镍延伸线也可在上述溶液中清洗。

G-1 玻璃清洗溶液

氢氟酸(HF)	4 (体积) (浓的)
硝酸	33 (体积) (浓的)
水	60 (体积)

Dreft (或者是无杂质的合适的去污剂) 2 体积

溶液在室温下使用。某些操作者认为该溶液在清除油脂和含碳物质方面比一般的铬酸-硫酸清洗液 (C-1) 更有效。

根据 R. H. A. Crawley 的“清洗玻璃器皿和二氧化硅用的通用试剂” (Chemistry and Industry, 45, pp. 1205~1206, 1953.) 一文, 上述酸的比例可有很大的改变。

G-1A 玻璃和云母的清洗液⁽²⁾

(注: 如果出现金属沾污, 使用上述溶液 C-1 或 G-1)。

(1) 同 C-5 的注脚。

(2) 参阅 C-5 的注脚。

下列溶液适合于清洗准备与组件封接的新玻璃。

1. 在 5% (30%的) 过氧化氢中煮沸。加上足够的氢氧化铵使 pH 值达 11.0。
2. 在流动的去离子水中彻底冲洗。
3. 在清洁的空气中干燥。

如果玻璃上有少量的金属沾污，则在溶液 G-1A 中加入 75% 的甲酸。

使用过氧化氢、甲酸和水的溶液，对玻璃没有侵蚀的危险。

I-1 铁和钢的电解清洗

配制下列溶液：

Matawan *48W (Hanson-VanWinkle-Munning Co.
Matawan, New Jersey)

自来水 8 盎司/加仑

在 180°~210°F 下使用

电流密度 40~200 安培/英尺² ⁽¹⁾。工件作为阳极。

电极：钢或铅。

时间：对于轻微沾污的工件，电解 1~2 分钟，对于严重沾污的工件，时间更长一些。

(注：每周换一次溶液，并彻底洗涮阴极和容器。)

I-1A 铁和钢的腐蚀⁽²⁾

按下列配方配制溶液：

甲酸(HCOOH)	45%(体积)
过氧化氢	45%(体积)

(1) 安培/英尺² = 1.075 毫安/厘米²。——译者注

(2) 参阅 C—5。