

电子工程师手册

ELECTRONICS ENGINEERS' HANDBOOK

上册

第17篇 电子产品的工艺、结构与可靠性

主 编 林 青

副主编 何铁刚

执 笔 林 青

何铁刚

程少军

王玉俊

主 审 郑尔章

电子工程师手册

电子工程师手册编辑委员会 编

下 册



机械工业出版社

(京) 新登字054号

本手册系统地概括了电子技术基础及其应用领域的主要技术内容，有一定的深度和广度。

全书按其内容，大体上可分为如下三个部分：

1. 基础知识部分，包括：常用符号、物理化学常数、单位、标准和数学公式；电磁学与电路基础；信号与系统分析等。
2. 技术基础部分，包括：电子材料；电子元器件；模拟电路；数字电路；微波、电波传播与天线；电子产品的工艺、结构、电磁兼容与可靠性。
3. 技术应用部分，包括：电力电子技术；电子测量与电子仪器；机械量的电子测量；电子计算机与人工智能；自动控制系统与控制仪表；数控技术与机器人；广播、电视与声像处理技术；通信、雷达、导航与电子对抗；医疗电子技术。

本书在编写上，力求简明扼要、深入浅出、直观易懂、归类便查。注意理论阐述的严谨和采用数据、图表和公式的准确可靠。努力做到既反映我国电子技术近年来的主要成就，也介绍国外的先进技术和发展动向。

本手册主要供机电工业系统和其他行业系统的工程技术人员在处理专业工作中涉及电子技术问题时查阅使用，也可供大专院校有关专业师生参考。

电子工程师手册

电子工程师手册编辑委员会 编

责任编辑：贾 馨 版式设计：霍永明
封面设计：姚 毅 责任校对：肖新民
责任印制：路 琳

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码：100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京房山区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₁₆·印张 182¹/₂·插页 8·字数 5756 千字

1995年4月北京第1版·1995年4月北京第1次印刷

印数 00,001—10 000 定价：上、下册共198.00元

ISBN 7-111-04178-X/TM·523

发展电子技术促
进经济繁荣与社
会进步

孙俊人

一九八二年六月

中国电子学会理事长孙俊人为本书题词

电子工程师手册编委会

主任委员	吴咏诗					
副主任委员	胡健栋	邹洵	罗命钧(常务)			
委	翁瑞琪(常务)	秦起佑(常务)	张长生			
员	黄仕机	周孝琪	阚石	俞斯乐	丁润涛	
	郭维廉	徐苓安	张国雄	朱梦周		
总编辑	吴咏诗					
副总编辑	秦起佑	翁瑞琪				
秘书	尹明丽					

序

电子技术是一门发展迅速，应用广泛的技术。它的发展可以说是日新月异，新技术层出不穷。它的应用则已遍及工业、农业、国防、科技、文教和人民日常生活的各个领域，对于经济发展和社会进步有着重要的促进作用。当前第三次新的技术革命正在兴起，如果说第一次技术革命是以机械化为标志，第二次技术革命是以电气化为标志的话，那么，第三次新的技术革命就应该说是以电子化作为标志。前两次技术革命主要都是人类体能的延伸，而第三次新的技术革命则主要是人类智能的扩展，其基础就是电子技术。也有人说目前已是信息时代，而信息的获取、处理、传输也是要依赖于电子技术的。所以为了加速我国的现代化建设，体现“科学技术是第一生产力”的伟大作用，在各个领域，尤其是机电工业系统中推广与普及电子技术是十分重要的。在这种情况下，编写和出版这部《电子工程师手册》是很有必要的。

这部手册是为机电工业系统和其他行业系统中具有中等以上技术水平的工程技术人员在处理专业工作中涉及电子技术问题时查阅而编写的，是以应用为主的、综合性的电子技术手册。它是一部工具书，主要为工程技术人员在研究、处理电子技术问题时起备查、提示和启发的作用。它也可为高等学校有关专业师生及其他有关人员提供参考。

这部手册系统地概括了电子技术及其主要应用领域的基本技术内容。在内容取舍上力求做到：科学性、实用性和先进性。科学性是要体现现代电子科学技术的基本内容，介绍必要的基础知识，注意理论阐述的严谨，采用数据、图表的准确可靠；实用性是要从实用出发建立自己的体系，主要提供一些结论性的技术内容以及这些结论的应用，在编写上简明扼要，深入浅出，直观易懂，归类便查；先进性则是既要反映我国电子技术近年的主要成就，也要介绍国外的先进技术和发展动向，注意反映电子技术的时代特征。

整个手册共17篇，按其内容大体上可分为以下三个部分：

(1) 基础知识 共2篇，分别是：常用资料（符号、常数、单位、标准和数学公式）；电磁学与电路基础。

(2) 技术基础 共6篇，分别是：电子材料；电子元器件；模拟电路；数字电路；微波技术、电波传播与天线；电子产品的工艺、结构与可靠性。

(3) 技术应用 共9篇，分别是：电力电子技术；电子测量与电子仪器；机械量的电子测量；电子计算机；自动控制与控制仪表；电子技术在机械制造方面的应用；广播、电视与声像技术；通信、雷达、导航与电子对抗；医疗电子技术。

这部手册的编写方式也是一种改革的尝试。过去一部综合性手册的编写一般是组织全国各地的有关专家分头编写，然后集中统稿编辑的。由于专家分散在全国各地，联系讨论不便，统稿、编辑过程中也要往返于各地进行讨论、修改，这就不能不拖延时日，往往要5~6年，大型的甚至要8~10年才能出版。电子技术发展非常迅速，如果从编写到出版要花这样长的时间，那么，手册出版之日可能已是内容陈旧之时。因此，这部手册是主要聘请天

津、北京两地的有关专家编写、审稿，而且由机械工业出版社委托天津大学承担了具体的组织工作。由于编写人员居住相对集中，便于交流与讨论，主编与主审也能及时交换意见，除出版社外，还有一个专业面较宽的学术单位负责组织工作，这就使整个手册的编写、审稿和定稿工作在两年之内顺利完成，而且保证了质量，基本上达到了预定的目标和要求。应该说这种做法是成功的，不足之处则可能是未能充分反映其他各地有关专家的经验与成就，这就希望各位专家和广大读者对本手册多提宝贵意见，以便今后能予以修改和补充。

这部手册能以顺利地完成和出版，我愿诚挚地感谢编委会各位委员、各篇的主编、主审以及全体编者所付出的辛勤劳动，感谢他们认真负责的态度和友好合作的精神。我还要特别感谢机械工业出版社的罗命钧、秦起佑、贾馨三位同志和天津大学的翁瑞琪教授，他们为本手册的组织编写、统稿定稿、编辑出版做了大量的工作，为保证手册的质量做出了重要的贡献。

我希望，这部手册的出版，能为有关专业的工程技术人员和高等学校的师生，在从事电子技术应用与推广工作中提供一本实用的工具书。如果它能为我国电子技术的广泛应用起到一些促进作用的话，这将使我们所有这些参加手册编写、出版工作的同志感到荣幸和欣慰。

吴泳诗

目 录

第1章 电子产品工艺	
1 印制电路板制造工艺	17-1
1.1 印制电路板分类	17-1
1.2 印制电路板材料的选择	17-1
1.3 印制电路板的制造工艺	17-1
2 油漆涂覆工艺	17-2
2.1 油漆的基本分类和油漆涂料的选择	17-2
2.2 油漆涂覆的施工	17-3
3 电镀及化学涂覆	17-4
3.1 金属镀覆和化学处理的分类	17-4
3.2 金属镀覆和化学处理的选择、特性和应用范围	17-4
3.3 准备工序的特性及应用范围	17-5
4 胶合工艺	17-5
4.1 常用粘合剂的性能和用途	17-5
4.2 一般的胶合工艺	17-5
4.3 表面组装粘合剂	17-5
4.4 导电粘合剂	17-9
5 焊接工艺	17-9
5.1 常用焊接方法	17-9
5.2 波峰焊、再流焊	17-10
5.3 焊接材料	17-10
6 装连工艺	17-12
6.1 整机装连工艺	17-12
6.2 常用导线、电缆的用途及使用条件	17-12
7 环境试验	17-14
7.1 电子测量仪器的温度试验 ((B6587.5—86)	17-14
7.2 电子测量仪器的湿度试验 (GB6587.3—86)	17-15
7.3 电子测量仪器的振动试验 (GB6587.4—86)	17-15
7.4 电子测量仪器的冲击试验 (GB6587.5—86)	17-16
第2章 电子设备结构	
1 电子设备的热设计	17-18
1.1 电子设备热设计要解决的根本问题	17-18
1.2 传热方式	17-18
1.3 电子设备的自然冷却	17-19
1.4 电子设备的强迫风冷	17-22
1.5 液体冷却	17-26
1.6 电子设备的其他冷却方法	17-27
2 电子设备振动与冲击的隔离	17-29
2.1 机械环境条件	17-29
2.2 振动和冲击对电子设备的危害	17-30
2.3 隔振措施	17-30
2.4 冲击隔离	17-32
2.5 常用隔振器的种类及性能	17-32
3 电子设备机箱机柜	17-32
3.1 电子组装级	17-32
3.2 铝型材机箱的种类及特点	17-33
3.3 典型机箱结构介绍	17-33
3.4 机箱、插箱的基本尺寸系列	17-39
3.5 机柜、机架的种类及特点	17-40
3.6 电子设备机柜基本尺寸系列	17-43
3.7 电子设备机箱、机柜的附件	17-43
3.8 面板	17-44
3.9 人机系统	17-44
第3章 电子设备电磁兼容设计	
1 概述	17-46
1.1 电磁兼容性定义	17-46
1.2 电磁干扰的危害	17-46
1.3 电磁兼容性设计	17-46
2 干扰源及其特性	17-47
2.1 自然干扰源	17-47
2.2 人为干扰源	17-47
2.3 干扰源的特性	17-48
3 干扰波的传播	17-48
3.1 传导耦合通道形成的传导干扰	17-48
3.2 辐射耦合通道形成的辐射干扰	17-49
4 电磁屏蔽原理与屏蔽效能计算	17-50
4.1 电磁屏蔽效能表示法	17-50
4.2 电屏蔽	17-51

4.3 磁屏蔽·····	17-52	5.1 串联系统的可靠度·····	17-85
4.4 电磁屏蔽·····	17-55	5.2 并联系统的可靠度·····	17-86
5 接地系统·····	17-62	5.3 旁联系统的可靠度·····	17-87
5.1 电子设备接地·····	17-62	6 不可修复网络的可靠性·····	17-88
5.2 安全地线·····	17-63	6.1 真值表法·····	17-88
5.3 电子设备的接地方式·····	17-63	6.2 分析法·····	17-88
5.4 地线干扰的形成和抑制·····	17-65	6.3 概率图法·····	17-88
6 滤波技术·····	17-67	6.4 最小路集法·····	17-89
6.1 电源滤波·····	17-67	6.5 最小割集法·····	17-89
6.2 信号电路滤波·····	17-68	7 可修复系统的可靠性·····	17-90
7 电磁兼容试验·····	17-69	7.1 串联系统·····	17-90
7.1 有关名词术语·····	17-69	7.2 并联系统·····	17-90
7.2 电磁兼容性试验项目·····	17-69	7.3 冷贮备系统·····	17-90
7.3 电磁兼容性试验一般要求·····	17-69	8 可靠性分配·····	17-90
第4章 电子元件与系统的可靠性		8.1 根据可靠性严苛度进行分配·····	17-91
1 可靠性的基本概念及产品的寿命特征·····	17-72	8.2 有一定继承性的产品的可靠性分配·····	17-91
1.1 可靠性的基本概念·····	17-72	9 电子元器件与系统的可靠性预测·····	17-92
1.2 产品的寿命特征·····	17-73	9.1 元器件应力分析预测·····	17-92
1.3 广义的可靠性·····	17-74	9.2 系统可靠性预测·····	17-94
2 电子元器件失效分析·····	17-74	10 可靠性增长·····	17-95
2.1 目的与内容·····	17-74	10.1 可靠性增长试验·····	17-95
2.2 失效分析的一般程序·····	17-75	10.2 Duane模型的定时截尾试验·····	17-95
2.3 常见的失效模式·····	17-75	10.3 Duane模型的定数截尾试验·····	17-97
2.4 失效分析技术及设备·····	17-75	10.4 $\theta(T)$ 的置信区间·····	17-97
3 电子元器件失效率试验方法·····	17-76	10.5 Duane模型的检验·····	17-99
3.1 失效率等级·····	17-76	11 故障的模式、效应及后果分析·····	17-100
3.2 失效率试验的一般要求·····	17-76	11.1 故障的模式、效应及后果分析的意义·····	17-100
3.3 失效率试验程序·····	17-77	11.2 FMEA的工作程序·····	17-100
4 电子元器件的可靠性筛选·····	17-80	12 可靠性评估·····	17-102
4.1 常用可靠性筛选的项目及方法·····	17-80	12.1 可靠性评估的方法·····	17-102
4.2 可靠性筛选条件的选择·····	17-81	12.2 单元产品的可靠性评估·····	17-102
5 不可修复系统的可靠性·····	17-85	12.3 系统产品的可靠性综合评估·····	17-104
		参考文献 ·····	17-107

第1章 电子产品工艺

1 印制电路板制造工艺

1.1 印制电路板分类

印制电路板有如下三种:

- (1) 单面板 仅一面有导电图形的印制电路板。
- (2) 双面板 两面均有导电图形的印制电路板。
- (3) 多层板 由三层以上的导电图形层与中间的绝缘材料层相隔,层压结合而成的印制电路板,其层间导电图形按要求互连。

1.2 印制电路板材料的选择

1.2.1 选择原则

印制电路板用覆箔层压板制成(常用的是覆铜箔层压板),它的种类很多,选用时应遵循以下原则:

- (1) 必须满足电气性能,力学性能的设计指标和结构要求;
- (2) 必须保证在工作条件下的可靠性;
- (3) 必须适应加工工艺的要求;
- (4) 应考虑其经济性。

1.2.2 常用印制电路板材料的选择

1. 常用印制电路板材料

(1) TF2-62、TF2-63 覆铜箔酚醛纸质层压板,是由绝缘浸渍纸(TF 2-62)或棉纤维纸(TF 2-63)浸以酚醛树脂热压后制成的层压制品。其一面覆以铜箔,主要用于制造一般电子设备中的印制电路板。

(2) THFB-65 覆铜箔环氧酚醛玻璃布层压板,是由电工用无碱玻璃布浸以环氧酚醛树脂经热压而成的层压制品。其一面或双面覆以铜箔,具有较好的冲剪、钻孔等机械加工性,透明度好,适用于无线电、电子设备及其他电气设备中的印制电路板。

(3) 聚四氟乙烯玻璃布覆铜箔层压板,是由无碱玻璃布浸渍聚四氟乙烯分散乳液作为基板,覆上氧化处理过的铜箔,经高温、高压而成的板状材料。它具有优良的介电性能及化学稳定性,是一种耐高温的高绝缘型材料。其介质损耗小、介电常数

低、参数随高温变化波动较小,工作温度范围较宽,可从 $-230\sim+260^{\circ}\text{C}$,在 200°C 下可以长期使用,在 300°C 下间断使用。对于所有酸、碱化学试剂为惰性,聚四氟乙烯具有低的摩擦系数、不粘性、机械强度高等优良性能,适用于国防尖端产品和高频微波设备等。

2. 选用注意事项 在选用覆箔板时应考虑电性能、机械性能及外观等要求,如板料的厚度和公差、板料的抗剥强度、即铜箔的附着力、板料的机械加工性,即覆铜板是否加工后开裂或分层,故板料应有良好的冲剪性。为防止印制电路板插头和插座的接触不良和防止损坏元器件和金属化层,还要考虑覆箔板的翘曲度等诸多因素。

1.3 印制电路板的制造工艺

由于我国电子工业的飞速发展,电子科技的不断进步,元器件发展为小型化、整机组装高密度,故要求印制电路板制造技术水平向高密度、高精度、高可靠性及批量生产方向发展。

目前,我国印制电路板生产工艺,由于印制电路板种类和技术要求不同而有多种,但广泛采用的印制电路板生产工艺,以铜箔腐蚀法为主。

铜箔腐蚀法即“减法”,其工艺特点是把覆箔板上的不需要的金属箔腐蚀掉,使未腐蚀掉的金属箔构成所需要的设计电路。下面简介单面印制电路板、双面印制电路板、多层印制电路板的工艺流程:

1. 单面印制电路板 通常在要求不高的一般电子设备中使用,其材料一般选用覆铜箔酚醛纸质层压板。其工艺流程简介如下:

下料→丝网漏印→腐蚀→除去印料→孔加工→印标记→涂助焊剂→成品。

2. 双面印制电路板 一般使用在高温、高频等性能要求较高的通信机、电子计算机等电子设备中。其材料通常选用覆铜箔环氧酚醛玻璃布层压板。其工艺流程简介如下:

下料→孔加工→孔金属化→预镀铜→贴(或涂)膜→双面曝光→显影→镀耐蚀可焊金属→去膜→腐蚀→插头电镀→外形加

工→热熔→印阻焊层→印制标记→成品。

3. 多层印制电路板 多层印制电路板,一般用以焊接集成电路器件,使其整机高密度、小型化,提高信号传输速度等。其工艺流程简介如下:

内层材料→定位孔加工→表面清洁处理→制内层图形→腐蚀→层压前处理→外内层材料层压→孔加工→孔金属化→制外层图形→镀耐腐蚀可焊金属→除去感光胶→腐蚀→插头镀金→外形加工→热熔→涂焊剂→成品。

2 油漆涂覆工艺

油漆涂覆在电子产品中已广泛应用,其涂层具有防腐保护作用。涂覆表面光亮,也可加工多种纹饰,色彩明快,并能调制多种颜色,起到表面装饰作用。在不同条件和环境要求下,如防污、防蛀、绝缘等起到特殊作用。故在电子设备中油漆和油漆材料的选择使用是非常重要的。以下概括地介绍电子设备中常用油漆涂覆工艺。

2.1 油漆的基本分类和油漆涂料的选择

2.1.1 油漆的分类

1. 基本分类

(1) 按用途分为金属、保护及装饰方面用漆,船舶漆,绝缘漆等。

(2) 按施工方法分为刷漆、喷漆、烘漆、电

泳漆等。

(3) 按作用分为底漆、防锈漆、防腐漆、耐高温漆等。

(4) 按外观特色分为有光漆、半光漆、无光漆、皱纹漆、锤纹漆、斑纹漆等。

2. 按成膜物质分类 酚醛树脂漆、醇酸树脂漆、氨基树脂漆、硝基漆、环氧树脂漆、聚氨酯漆等。

2.1.2 涂料的选择

1. 涂料的作用

(1) 油漆涂覆的重要作用之一是防护作用。油漆涂覆膜将外界环境与基材隔绝,从而保护基材不受外界潮湿、腐蚀性大气等环境影响,保护基材。

(2) 油漆涂覆表面光亮,并可加工多种纹理。色彩明快,并能根据使用环境和需要,调制各种颜色。油漆膜层还可覆盖机械加工金属零部件的腐损部分和划痕等,起到美化和装饰作用。

2. 在电子产品中,使用油漆的环境范围较广,为适应特殊的环境要求,经常使用防污漆、防腐漆、耐热漆、绝缘漆等。

3. 油漆涂料的选择 油漆涂料品种繁多,选用者首先要了解各种油漆涂料的性能和用途,在选材及工艺、施工合理的前提下,才能得到理想的油漆涂覆效果(见表17-1-1)。

表17-1-1 常用油漆涂料的性能和用途

类别	名称	牌 号	性 能 和 用 途
清 漆	氨基清漆	A 01 A 02	漆膜光亮、坚硬、色泽淡,具有优良的附着力、耐水、耐油及耐摩擦性
	醇酸酚醛清漆	F 01	有良好的防潮性和绝缘性,用于粘层压制品及绝缘零件的表面处理
	硝基电缆清漆	Q 01-11、Q 01-12 Q 01-13、Q 01-14	专用于涂覆防霉电缆线;Q 01-12硝基电缆漆专用于涂覆低压电缆线;Q 01-13硝基电缆漆专用于涂覆高压电缆线;Q 01-14硝基电缆漆专用于涂覆防霉高压电缆线
	硝基清漆	Q 01-1	漆膜具有良好的光泽与耐久性,可作外硝基磁漆罩光用,也可涂饰木质零件、木器及金属表面
	醇酸清漆	C 01-7	自然干燥性能好,附着力强,适用于铝和铝合金表面罩光用,但防霉、防潮、防盐雾性能差
磁 漆	各色醇酸磁漆	C 04-42	有较好的附着力和户外耐久性,但干燥时间长,适用于涂覆户外的钢铁表面
	各色醇酸无光磁漆	C 04-43	漆膜平整无光,常温或100℃以下干燥时,耐久性好。若烘干耐水性更好,用于涂装车箱、船舵、车辆外表面及仪表盘

(续)

类别	名称	牌 号	性 能 和 用 途
磁 漆	各色醇酸半光磁漆	C04-44	具有不刺眼的柔和光泽,漆膜坚韧,附着力好,户外耐久性较好。用于涂覆各种车辆内壁及其他金属及木材表面。不宜用于湿热环境
	各色环氧硝基磁漆	H04-2	漆膜坚硬,较一般硝基外用磁漆的耐环境性好,在潮湿的海洋和湿热气候的条件下,更能显示其优越性。其耐油性也好,可涂覆于已涂有环氧底漆的金属制品表面,作为防大气腐蚀的涂层
	各色硝基外用磁漆	Q04-2	漆膜干得快,外观平整光亮,耐环境性较好,通常涂于各种运输车辆、机床、机器设备及工具上作保护装饰
	各色硝基半光磁漆	Q04-32	漆膜反光小,在阳光下对人的眼睛刺激性较小。漆膜易粉化。用于交通运输车辆、航空仪表及黄铜刻度盘的金属表面涂覆
烘 漆	各色氨基烘漆	A05-9	漆膜颜色鲜艳、光亮、丰满,具有优良的附着力,有耐水、耐汽油、耐机油及耐磨性,可达到防霉、防潮、防盐雾的要求,涂于仪器、仪表、自行车等金属表面作装饰保护用
	各色氨基半光烘漆	A05-10	漆膜反光较弱,涂于仪表、测量工具等各种金属表面作保护装饰用
	各色氨基无光烘漆	A05-11	漆膜颜色鲜艳,色彩柔和,附着力较强,可涂于仪器仪表、计算机、打字机、表牌等要求不反光的各种金属表面
绝 缘 漆	酚醛绝缘漆	F30-3	具有耐水性、防潮性,是A级绝缘材料,但漆膜柔韧性差。可烘干,用于浸渍和喷涂要求耐水、防潮和绝缘的塑料及金属表面
	环氧绝缘漆	H30-2	具有优良的附着力,耐油性和柔韧性也较好,并可耐强烈的化学气体,符合湿热地带及防化学腐蚀的电机、电器使用要求,三防性能好,它是B级绝缘材料,适用于浸渍使用于湿热地带的变压器及电机的绕组和电信器材,在施工得当,漆层干透的条件下击穿电压 $>100\text{kV/mm}$
锤 纹 漆	锤纹漆	A10-1	漆膜呈类似锤击铁板所留下的锤纹花纹,并可配成各种颜色,具有坚韧耐久,色泽调和等特点。涂于仪器仪表、医疗器械等金属表面作装饰用
	铁红酚醛防锈漆	F53-3	附着力强,但漆膜较软。主要涂于要求不高的钢铁结构表面,作为打底用
	灰酚醛防锈漆	F53-2	该漆防锈性能好,适用于涂刷钢铁表面

选择涂料时应注意以下事项:

(1) 根据油漆涂料的作用和使用环境选择不同的油漆涂料。如在环境较好的机房使用的电子设备,机壳的外涂覆可选用装饰性较好的油漆涂料。在海上作业使用的电子设备,则需使用三防(防霉菌、防潮湿、防盐雾)油漆涂料。

(2) 油漆涂料使用在不同的基体材料上,有时会出现不同的效果,所以选用涂料应考虑基体材料。基体材料应和底漆、面漆有很好的附着力,不应出现不良作用。

(3) 从经济角度考虑,在不影响油漆涂覆层

质量要求的前提下,应本着节约的原则选择相应的油漆涂料。

2-2 油漆涂覆的施工

2-2-1 油漆涂料施工工艺

1. 油漆涂覆常用的施工工艺

1) 刷涂 由人工用刷子涂漆。对于简单的和质量要求不高的涂层普遍采用。其特点为:简单,适应性强,对施工场地要求不严,工具简单,并能节省油漆涂料;但生产效率低,外观质量不高,装饰性差。

2) 浸漆 将涂漆件放入漆中浸渍后取出。其

特点是工艺简单,生产效率高,节省油漆涂料;但外观质量不高,装饰性差。

3) 空气喷涂 利用喷枪将油漆涂料喷成雾状,均匀喷涂到被涂物上。其特点是漆膜平整、均匀,装饰性好,工作效率高;但油漆涂料损耗大。

4) 静电喷涂 利用高压电场的作用,将油漆涂料喷涂到被涂物体上。其特点是漆膜平整、均匀,装饰性好,并可组成流水作业线。

2.2.2 油漆涂覆的典型施工工艺流程

油漆涂覆施工程序一般为:涂覆前预备处理→涂底漆→填刮腻子→干燥→打腐→涂二道漆→涂面漆→干燥→清理、修补。

以上为一般的施工工序,根据不同技术要求及场地、设备、材料等条件可增减其中的工序项目。

3 电镀及化学涂覆

电子设备广泛应用于各种领域,既可工作在条件良好的机房,也可工作在恶劣条件下的海上、湿热地区、野外作业工区,故电子设备要经得住温度、湿热、盐雾、霉菌及化学腐蚀性大气等的气候、环境影响。电子设备一般都应采用相应的防护措施,通常采用电镀和化学涂覆。

3.1 金属镀覆和化学处理的分类 (SJ42—77)

1. 按不同的镀覆和处理方法分为

(1) 金属和非金属的电化学镀覆。

(2) 金属和非金属的电化学处理(包括金属的电化学处理)。

(3) 金属的热浸镀覆。

(4) 金属和非金属的化学镀覆。

(5) 金属和非金属的热喷镀覆。

(6) 金属和非金属的真空镀覆。

2. 按不同用途分为

(1) 防护性镀覆或化学处理 用于防止金属零件在各种使用条件下发生腐蚀。

(2) 防护装饰性镀覆或化学处理 需要进行装饰加工的零件,同时也为了防止金属零件在各种使用条件下发生腐蚀。

(3) 特种镀覆或化学处理 用于赋予零件表面以某种特性,如采用镀银以提高零件表面的导电率,采用镀硬铬以提高零件表面的硬度和耐磨性,采用局部镀铜以防止渗碳等。

3.2 金属镀覆和化学处理的选择、特性和应用范围

3.2.1 金属镀覆和化学处理的选择

1) 基本材料 按不同的基本材料选择镀覆或处理方法。

2) 使用条件 为了合理选择镀覆或化学处理,必须熟悉整机使用的环境条件,零件在整机中安装的位置,并须充分了解在这种环境下腐蚀介质(工业气体、海洋盐雾等)的性质和侵入机器内部的可能性以及在使用中相对湿度的变化等。使用条件分类(见表17.1-2)。

表17.1-2 使用条件分类

条件分类	条 件 特 性
良 好	相对湿度 $\leq 80\%$,没有工业、锅炉及其它有害气体,例如有空气调节装置的实验室内,密封装置内部
一 般	相对湿度 $\leq 95\%$,有少量工业、锅炉和其它有害气体,例如不受太阳、雨、雪、海雾等直接影响的室外,无空气调节装置的室内及车厢内部
恶 劣	相对湿度经常达98%,有较多的工业、锅炉及其它有害气体,例如受太阳、雨雪等直接影响及接近有害气体源的室外环境
海 上	直接受到海水的周期影响或处于海雾饱和的大气中工作的仪器和设备
特 殊	各种特殊情况所决定的条件,例如需良好导电情况或经常受压、受磨等情况

3) 金属的保护特性 金属镀层或化学处理的保护性与该金属在一定介质中离子化(氧化)的能力有关。这种金属的电化学特性可以用电化学电位(伏特)表示(见表17.1-3)。金属在一定介质中的电化学电位值越负,则离子化(氧化)能力越大。如果在一定电介质中,镀层金属电化学电位负于基体金属的电化学电位,则镀层为阳极,反之如镀层金属的电化学电位正于基体金属的电化学电位则镀层为阴极。二者电位值差数愈大,损坏就更快更易,其耐久性主要取决于镀层厚度。

4) 金属电化偶 当两种不同金属偶合(机械联接或组合)并处在一定的介质(如酸、碱、盐或周围含水份、工业气体、盐雾的大气)所构成的系统中,很可能引起接触腐蚀。在设计整机和零部件结构及选择镀覆或化学处理方法时应慎重考虑零件

表17.1-3 金属标准电化学位系列 (温度为25°C)

元 素	化学符号	标准电位(V)	元 素	化学符号	标准电位(V)
镁	Mg	-2.34	氢	H	0.00
钛	Ti	-1.75	碳	C	+0.17
铍	Be	-1.70	锑	Sb	+0.21
铝	Al	-1.67	锗	Ge	+0.25
锌	Zn	-0.76	铜	Cu	+0.34
铬	Cr	-0.71	铈	Rn	+0.68
铁	Fe	-0.44	硒	Se	+0.78
镉	Cd	-0.40	银	Ag	+0.80
镉	la	-0.34	钯	Pd	+0.83
钴	Co	-0.28	汞	Hg	+0.86
镍	Ni	-0.25	铂	Pt	+1.20
锡	Sn	-0.14	金	Au	+1.42
铅	Pb	-0.13			

与零件之间, 镀层金属与基本金属之间的接触电化偶, 机器零件在一般条件下使用时允许和不允许的电化偶参见表17.1-4。

5) 对于铆接、焊接的零件, 以及不同金属的组合件、用型砂或硬模法等铸造的金属零件, 原则上不允许电镀或化学处理, 因为这种零件和组合件进行镀覆或化学处理后的耐腐蚀性是不可靠的。

6) 金属零件的表面粗糙度凡是设计上提出的表面粗糙度要求, 应在电镀和化学处理后由机械加工来达到。

7) 增加金属镀层的光亮度, 可提高产品的装饰性能, 这与加工前底层的表面粗糙度有关, 应由机械加工保证零件加工前的表面粗糙度等级。

8) 一般不采用局部镀覆。因为局部镀覆是一种不可靠不经济的加工方法, 只有在必需的情况下, 才能采用。

3.2.2 金属镀层的特性及应用范围 (见表17.1-5)

3.2.3 化学处理层的特性及应用范围 (见表17.1-6)

3.3 准备工序的特性及应用范围 (见表17.1-7)

在很多情况下, 准备工序都可能成为最后的加工工序。

4 胶合工艺

4.1 常用粘合剂的性能和用途 (见表17.1-8)

4.2 一般的胶合工艺

一般胶合工艺过程为:

胶液准备 → 胶合零件准备 → 施胶。

胶合零件的准备: 对金属、塑料、有机玻璃、橡胶等材料加以清洗、去油, 并根据要求打毛。对于布料、纸板、毛毡、呢绒、皮革、木材、陶瓷等材料表面, 不需要打磨, 只要使其表面清洁即可。

施胶: 根据不同粘合剂的工艺性能要求施胶。

4.3 表面组装粘合剂

表面组装粘合剂在波峰焊过程中用来把分立元件、小外型晶体管和小外型集成电路等固定在电路板底面, 以避免在焊波作用下造成元器件的丢失和移动。一旦焊接完成粘合剂就失去作用。

4.3.1 环氧树脂粘合剂

环氧树脂粘合剂有单成分和双成分两种系统, 双成分粘合剂在室温下固化, 需按适当的比例仔细混合, 但不适用于生产情况。单成分粘合剂在升高温度下固化, 固化时间随温度而定, 存储期短。通常环氧树脂为热固化, 适合于所有不同的应用方法, 热固化粘合剂的催化剂就是环氧树脂。

4.3.2 丙烯酸粘合剂

丙烯酸像环氧树脂一样, 也是一种热固化粘合剂, 分单成分和双成分两种系统。粘合剂固化是用

表17-1-5 常用金属镀层的特性和应用范围

零件材料	镀覆用途	镀覆种类	镀覆特性和应用范围
钢	防护	镀锌	<p>锌镀层在一般条件下, 镀层具有良好的保护性能</p> <p>锌镀层能承受弯曲, 扩展, 但经受不住压, 刚电镀的镀层可以熔接和锡焊</p> <p>锌镀层的装饰性不高, 但经过彩虹色或军绿色钝化后, 可以提高其耐蚀性</p>
	防护和特殊	镀镉	<p>镉镀层在一般大气条件下使用时其保护性能不如镀锌层, 但在海上条件或海水中使用时, 它比镀锌层的性能好</p> <p>镉镀层性柔软, 弹性好, 具有润滑性能, 并易焊接镉镀层为白色, 可采用钝化成彩虹色, 零件经彩虹钝化镀层, 可在潮湿气候条件下工作</p> <p>不钝化的镉镀层, 适用于连接部件, 并可用于在电流接触条件下使用的零件和部件, 亦可用于低温下工作的焊接零件</p>
	防护和特殊装饰	镀镍	<p>镍镀层的硬度低于铬层, 接近于钢退火后的硬度, 而在经常弯曲、铆压或扩孔时, 镀层有脱落的可能, 耐磨性较锌、镉为高, 镍镀层的颜色为银白色稍带淡黄, 可以进行钎焊</p>
	特殊装饰	镀铬	<p>铬镀层能与底层金属牢固结合, 并具有很高的硬度。铬镀层的耐磨性及耐热性好。铬镀层的颜色为银白色, 稍带淡青色</p> <p>因为单层镀铬的防护性能是不可靠的, 一般都采用多层镀铬</p> <p>铬镀层较脆, 故在冲击条件下工作的零件不能镀铬</p>
	特殊	镀锡铅合金后热熔	<p>镀锡铅合金后热熔, 其热熔后的合金呈银白色, 有光泽。它的孔隙率低, 易于焊接, 其保护性和耐蚀性高于锡铅合金镀层, 适用于需有一定装饰或要求钎焊零件的镀覆</p>
铜和铜合金	防护	镀镉	参照钢零件镀镉
	防护装饰	镀镍	不需要特别装饰的零件可采用镀镍, 不受冲击和弯曲的零件可采用光亮镀镍, 半光亮镀镍或化学镀镍, 以提高其防护、装饰性
	防护装饰	镀黑镍	镀层呈深黑色, 性脆、不耐冲击、不耐磨。在一般大气条件下性能比较稳定, 可用于需要黑色装饰铜件的镀覆
	防护装饰	镀铬	<p>多层镀铬适用于需要无光泽装饰要求及防锈零件的镀覆</p> <p>多层光亮镀铬和多层半光亮镀铬适用于需要一般及较高反光性要求零件的镀覆</p> <p>多层全光亮镀铬适用于需要特殊装饰要求且需要高度反光性零件镀覆</p>
	特殊	镀锡铅合金后热熔	参照铜件镀锡铅合金后热熔
	特殊	镀银	<p>镀银层具有较高的化学稳定性和优良的导电率, 但在含有硫、砷化合物的大气中使用的零件不应采用银镀层</p> <p>全光亮镀银可用于高频及钎焊零件的镀覆</p> <p>镀银黑化用于防止零件在大气中变色或用于零件的装饰加工</p>
	特殊	银上镀钯	钯镀层在潮湿大气中性能极稳定, 不易与硫化物作用, 故可保护银层不易变色, 适用于精密电器元件的镀覆
	特殊	镀氢氧化铱	银镀层上镀氢氧化铱的目的是为了防止银镀层在大气中发黄变色。氢氧化铱为无色透明能导电的膜层, 机械强度较差, 不易钎焊, 适用于不需钎焊的装饰镀银零件
	特殊	镀金	<p>金与其它金属比较, 可以更长时间保持它的物理化学性能。适用于要求镀层的性能长期稳定的零件的镀覆</p> <p>硬金层的硬度和耐磨性都比金镀层好, 电气参数和化学稳定性与金镀层同, 适用于摩擦频繁, 负荷较大的电接触零件的镀覆</p>