



航空制造工程手册

《航空制造工程手册》总编委会 主编

· 电子设备装配 ·

航空工业出版社

技术编辑：罗 犇
封面设计：霍振源

ISBN 7-80046-868-2



9 787800 468681 >

ISBN 7-80046-868-2

FN · 029

定价：60.00 元

航空制造工程手册

电子设备装配

《航空制造工程手册》总编委会 主编

航空工业出版社

1995

(京)新登字 161 号

内 容 提 要

本手册是一部总结航空电子设备实际工艺操作经验并吸收国外部分先进电装装配工艺的工具书。对军民飞机航空电子设备装配有实用价值,且有指导生产的作用。

本手册以表格形式为主,图文并茂,具有查阅、使用方便的特点。全册共有 18 章。第 1~3 章简要说明了航空电子设备装配方法和要求,分别介绍了印制板、元器件的分类、识别、维护、检验及其装配环境条件。第 4、5 章说明了元器件引线和套管的成形和使用要求。第 6~11 章详细说明了印制板组插件插装、焊接、清洗、涂覆和返修的操作工艺规程和注意事项。第 12~16 章说明了航空电子设备接线装配、绕接装配、部组件装配和整机装配工艺要点。第 17 章介绍了印制板制造工艺并提供了有关数据。第 18 章介绍了航空电子设备检验与试验的要求和方法。

本手册是从事航空电子设备装配人员、工程技术人员、管理人员的实用参考书,也可供设计人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

航空制造工程手册:电子设备装配/《航空制造工程手册》总编委会主编;严世能分主编. —北京:航空工业出版社,1995. 1

ISBN 7-80046-868-2

I. 电… II. 严… III. ①航空器-制造-工艺-手册②航空器-电子设备-装配程序-手册 IV. V 26-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 11485 号

责任编辑 丛选超

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

煤炭工业出版社印刷厂印刷 全国各地新华书店经售

1995 年 1 月第 1 版

1995 年 1 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 36 字数: 945 千字

印数: 1—1000

定价: 60.00 元

序

我国航空工业已走过了四十余年的历程,从飞机的修理、仿制到自行研制,航空制造工程得到很大的发展。在航空高科技产业的大系统中,航空制造工程是重要的组成部分之一。航空工业,就其行业性来讲,属于制造业范畴。航空制造工程的技术状况,是衡量一个国家科学技术发展综合水平的重要标志。航空制造工程的发展水平,对飞机的可靠性和使用寿命的提高、综合技术性能的改善、研制和生产成本的降低、甚至总体设计思想能否得到具体实现等均起着决定性作用。

航空制造工程已成为市场竞争的重要基础,要发展航空工业、并有效地占领市场,不仅要不断地更新设计,开发新产品,更重要的是要具备一个现代化的航空制造工程系统。在发达国家中,均优先发展航空制造工程,很多新工艺、新材料、新设备、新技术都是在航空制造工程中领先使用的,因此必须从战略高度予以重视,并采取实际而有效的措施加速它的发展。编写《航空制造工程手册》,就是为实现航空制造工程现代化的战略目标,在制造工程领域进行的基础性工作。

四十年来,我国航空工业积累了大量经验,取得了丰硕的成果,特别是改革开放以来,开扩了视野并有可能汲取更多的断科技信息。但是如何将这容量浩繁、层次复杂、学科众多的科学技术和经验汇集起来,使之成为我国航空工业、乃至国家的珍贵财富,是一项具有重大实用价值和长远意义的任务,为此航空航天部决定组织全行业的力量,统一计划、统一部署完成这项极其复杂的规模巨大的系统工程。大家本着继往开来的历史责任感和紧迫感,从1989年开始组织航空工业全行业制造工程方面造诣至深的专家、教授、学者,经过几年的努力陆续编写出版了这套基本覆盖航空制造工程各专业各学科的包括三十二个分册、几千万字的《航空制造

工程手册》。

编好这套手册是一项十分艰巨的工作。大家始终坚持求实、求新、求精、求是的原则,在确保鲜明航空特色的前提下,在总体内容上强调实用性、综合性、成套性;在表达形式上,以技术数据、图形表格、曲线公式为主;阐述扼要,结论严谨,力求使手册成为一部概念准确、数据可靠、文字简洁、编排合理、查阅方便,能为广大从事航空制造工程的科技人员提供有益指导和参考的工具书。

首次组织编纂大型手册,缺乏经验,还由于过去资料积累基础比较薄弱,新技术发展迅速和深度广度不断增加,使这项工作带有相当程度的探索性,因之错误与不足之处实为难免,恳切希望广大读者给予指正。对在这套手册编写过程中给予支持的单位和付出辛勤劳动,提供资料,参与编写,评审,出版的同志们表示衷心感谢。由于我国航空制造工程与世界水平尚存在较大差距,这套手册出版之后,还有不断求新、完善的必要,《航空制造工程手册》总编委会及其办公室是常设机构,将努力收集新的科技信息及这套工具书使用的情况和意见,为今后的修订提供依据,以求进一步完善和提高。

何文治

1992年8月28日

目 录

第 1 章 航空电子设备装配

1.1 航空电子设备发展和装配工艺	1
1.2 航空电子设备装配特点	2
1.3 航空电子设备装配要求	3
1.4 航空电子设备装配分类	3
1.5 航空电子设备装配工艺	4
1.5.1 电装装配工艺	4
1.5.2 机械装配工艺	5
1.5.3 其他装配工艺	5
1.6 印制板组装置件装配	5
1.6.1 通孔安装元器件在印制板上的安装 ..	6
1.6.2 表面安装元器件在印制板上的安装 ..	6
1.6.3 印制板组装置件手工装配一般操作步 骤	6
1.6.4 印制板组装置件装配中应注意的特殊 问题	7
1.7 电气组(部)件装配	8
1.7.1 电气组(部)件手工装配一般操作 步骤	8
1.7.2 电气组(部)件装配中应注意的问 题	9
1.8 机械结构组(部)件装配	10
1.8.1 机械结构组(部)件手工装配一般 操作步骤	10
1.8.2 机械结构组(部)件装配中应注意 的问题	10
1.9 整机(单元体)装配	11
1.9.1 整机(单元体)装配一般操作步 骤	11
1.9.2 整机装配中应注意的问题	12
1.10 环境条件与装配的关系	13
1.10.1 气候环境对产品的影响及应采取 的装配措施	13
1.10.2 机械环境对产品的影响及应采取 的装配措施	13

1.11 装配用技术文件	14
1.11.1 装配图分类	14
1.11.2 装配图应表达内容	15
1.11.3 工艺文件的组成	16
1.11.4 工艺文件编制要求	17

第 2 章 装配用印制板、元器件和材料

2.1 印制板	19
2.1.1 印制板的分类	19
2.1.2 印制板的外形特征及识别	20
2.1.2.1 刚性印制板的外形	20
2.1.2.2 刚性印制板的识别	20
2.1.3 印制板储存和保管要求	20
2.1.4 印制电路用覆铜箔层压板的识别	20
2.2 阻容器件	21
2.2.1 电阻器	21
2.2.1.1 电阻器的类别	21
2.2.1.2 图纸上电阻器的识别	23
2.2.1.3 电阻器实物的识别	23
2.2.1.4 电阻器储存和保管要求	25
2.2.2 电位器	25
2.2.2.1 电位器的类别	25
2.2.2.2 图纸上电位器的识别	27
2.2.2.3 电位器实物的识别	27
2.2.2.4 电位器储存和保管要求	27
2.2.3 电容器	27
2.2.3.1 电容器的类别	27
2.2.3.2 图纸上电容器的识别	31
2.2.3.3 电容器实物的识别	31
2.2.3.4 电容器储存和保管要求	31
2.3 半导体分立器件	32
2.3.1 半导体二极管	32
2.3.1.1 半导体二极管类别	32
2.3.1.2 图纸上半导体二极管的识别	33
2.3.1.3 半导体二极管实物的识别	34
2.3.2 半导体三极管	35

2.3.2.1 半导体三极管类别	35	2.10.1 紧固件的分类	87
2.3.2.2 图纸上半导体三极管的识别	36	2.10.2 紧固件的识别	88
2.3.2.3 半导体三极管实物的识别	36	2.10.2.1 紧固件在图纸上的标记方法	88
2.3.2.4 半导体三极管引脚的识别	37	2.10.2.2 紧固件实物的识别	88
2.3.3 半导体晶体管储存和保管要求	37	第3章 装配前的准备	
2.4 半导体集成电路	38	3.1 装配环境控制及工艺布置	90
2.4.1 半导体集成电路类别	38	3.1.1 环境洁净度要求	90
2.4.2 国内外同类产品型号对照	39	3.1.2 洁净车间(厂房)使用要求	90
2.4.3 集成电路封装形式	62	3.1.3 污染物和剩余物的控制	91
2.4.4 图纸上集成电路的识别	65	3.1.4 静电防护要求	91
2.4.5 集成电路实物的识别	65	3.1.4.1 静电敏感器件	91
2.4.6 半导体集成电路储存和保管要求	66	3.1.4.2 静电防护操作要求	91
2.5 表面安装元器件(SMD)	67	3.1.4.3 静电敏感器件装配要求	94
2.5.1 SMD 的类别	67	3.1.4.4 测试和试验设备	95
2.5.2 SMD 外形特征及引脚类型	68	3.1.4.5 防静电器材	96
2.5.2.1 SMD 外形特征	68	3.1.5 工艺布置要求	97
2.5.2.2 引脚类型	69	3.2 产品设计工艺性审查	98
2.5.3 SMD 在图纸上的表示方法	70	3.2.1 工艺性审查的目的	98
2.5.4 表面安装元器件储存和保管要求	70	3.2.2 工艺性审查的内容	98
2.6 电连接器	70	3.2.2.1 初步设计阶段工艺性审查的内容	98
2.6.1 电连接器类别	70	3.2.2.2 技术设计阶段工艺性审查的内容	99
2.6.2 XKE 型压接电连接器	71	3.2.2.3 工作图设计阶段工艺性审查的内	99
2.6.3 DK-621 型总线电连接器	74	容	99
2.6.4 53 系列焊接式印制板电连接器	74	3.2.3 工艺性审查的基本要求	99
2.6.5 ATR 机箱后连接器	74	3.2.4 工艺性审查的方式和程序	100
2.6.6 38999 系列耐环境快速分离高密	76	3.2.5 产品设计工艺性主要指标项目	100
度小圆形电连接器	76	3.2.6 可靠性设计工艺性审查	102
2.6.7 耐环境快速分离圆形电连接器	78	3.2.6.1 总则	102
2.6.8 电连接器的储存和保管	80	3.2.6.2 电子产品可靠性设计的工艺性审	102
2.7 开关	80	查	102
2.7.1 开关的分类与识别	80	3.3 元器件和材料的备料	104
2.7.2 开头的储存和保管	81	3.3.1 备料原则	104
2.8 密封继电器	81	3.3.2 备料方法	104
2.8.1 密封电磁继电器的类别	81	3.4 元器件的入库检验与复验	104
2.8.2 继电器储存和保管	84	3.4.1 元器件入库检验	104
2.9 电线和电缆	84	3.4.2 库存元器件的复验	106
2.9.1 电线和电缆的分类	84	3.5 元器件的老化筛选	107
2.9.2 绝缘电线、电缆的型号与结构特征	85	3.5.1 半导体分立器件老化筛选	108
2.9.3 电线和电缆的识别	86	3.5.2 钽电容老化筛选	112
2.9.3.1 电线、电缆在图纸上的识别	86	3.5.3 继电器老化筛选	113
2.9.3.2 电线、电缆实物的识别	87	3.5.4 电阻和电位器老化筛选	115
2.9.4 电线、电缆的储存和保管	87	3.5.5 元器件老化筛选试验报告和结果处	
2.10 紧固件	87		

理	116	5.5 电连接器导线端头套管安装特殊要求及捆扎	143
3.6 装配用零件、紧固件的表面处理	117	5.5.1 电连接器套管的固定	143
3.6.1 表面处理要求	117	5.5.2 单根导线套管的固定	143
3.6.2 清洗方法	117	5.6 热缩绝缘套管的安装要求	144
3.6.2.1 手工清洗	117	5.7 整体套管使用场合的规定	145
3.6.2.2 自动化清洗	117	5.7.1 导线、电缆的整体套管	145
3.6.2.3 印制板组装件焊接面的清洗	118	5.7.2 元器件的整体套管	146
3.6.2.4 机械零、部件清洗	118	5.8 套管在装配操作中的维护	146
3.7 工具和设备的选用	118	5.9 套管安装后的检验	147
3.7.1 手工装配工具	118	第6章 通孔元器件在印制板上安装	
3.7.2 印制板通孔安装设备	120	6.1 一般要求	148
3.7.3 印制板表面安装设备	121	6.2 操作元器件时应注意的事项	150
第4章 元器件引线、导线端头的成形和连接		6.3 通孔元器件安装	151
4.1 元器件引线成形	122	6.3.1 轴向引线元器件水平安装	151
4.1.1 分立元器件引线成形要求	122	6.3.1.1 安装形式	151
4.1.2 扁平封装集成电路引线成形要求	124	6.3.1.2 安装要求	151
4.1.3 元器件引线成形方法	124	6.3.2 轴向引线元器件垂直安装	152
4.1.4 元器件引线的矫直	125	6.3.2.1 安装条件	152
4.1.5 元器件引线成形中应注意事项	126	6.3.2.2 安装要求	152
4.2 元器件引线在接线端子上的连接	126	6.3.3 径向引线元器件的安装	152
4.2.1 连接形式	126	6.3.3.1 安装形式	152
4.2.2 缠绕连接方法	126	6.3.3.2 安装要求	152
4.2.3 钩绕连接方法	126	6.4 集成电路的安装	154
4.2.4 插接连接方法	127	6.4.1 扁平封装器件的安装	154
4.2.5 连接要求	127	6.4.1.1 安装方式	154
4.3 导线端头与接线端子连接	127	6.4.1.2 安装要求	154
4.3.1 连接形式	127	6.4.2 双列直插器件的安装	154
4.3.2 连接要求	128	6.4.2.1 安装方式	154
4.3.3 导线端头与各种接线端子连接	128	6.4.2.2 安装要求	154
4.4 工序检验	131	6.5 元器件的粘接安装	155
第5章 套管的使用和安装		6.5.1 粘接安装适用范围	155
5.1 套管的使用	133	6.5.2 粘合剂	155
5.2 套管的合理选用	133	6.5.2.1 粘合剂的性能	155
5.2.1 套管的材料及其特性	133	6.5.2.2 粘合剂的类型	155
5.2.2 套管的选用	137	6.5.3 元器件粘接安装形式	156
5.2.2.1 套管材料的选择	137	6.5.4 元器件粘接安装工艺	157
5.2.2.2 套管尺寸的选择	137	6.5.4.1 粘接安装步骤和操作要点	157
5.3 元器件引线套管的安装	139	6.5.4.2 粘合剂的使用	158
5.3.1 安装方法	139	6.5.4.3 粘合剂施加方法	158
5.3.2 色标套管	140	6.6 元器件的钳装安装	158
5.3.2.1 套管颜色的表示	140	6.6.1 钳装安装适用范围	158
5.3.2.2 套管颜色的代用色	140	6.6.2 安装用机械零件	158
5.4 导线套管的安装	141	6.6.3 元器件钳装安装的形式	159

6.6.4	钳装中紧固件连接	159	7.3.3.2	实际生产线上的设备配置	187
6.6.4.1	紧固件连接要求	159	7.3.3.3	生产线组建时应考虑的因素	187
6.6.4.2	螺钉的松动和防松措施	160	7.3.3.4	生产线的布局	187
6.7	铆接件的安装	160	7.4	涂布材料	188
6.7.1	铆接要求	160	7.4.1	焊膏	188
6.7.2	铆接方法	160	7.4.1.1	焊膏的组成	189
6.7.3	铆接缺陷	161	7.4.1.2	焊膏参数的选择	191
6.7.4	铆接件的拆卸与重铆	161	7.4.1.3	对焊膏的基本要求	193
6.8	插装机插装	162	7.4.2	胶粘剂	193
6.8.1	插装工序	162	7.4.2.1	胶粘剂的类型	194
6.8.2	插装设备	163	7.4.2.2	胶粘剂的基本性能	194
第7章 表面安装元器件在印制板上			7.4.3	国内外生产涂布材料的主要厂商	194
安装			7.5	涂布	195
7.1	表面安装技术	165	7.5.1	基本涂布方法	195
7.1.1	概念	165	7.5.2	焊膏涂布	196
7.1.2	SMT的内容	165	7.5.2.1	焊膏涂布方法	196
7.1.3	表面安装技术与传统插装技术的区别	165	7.5.2.2	影响焊膏涂布的参数	197
7.2	SMD概况	166	7.5.2.3	焊膏涂布参数值	198
7.2.1	常用SMD的特征	166	7.5.3	胶粘剂涂布	198
7.2.1.1	电阻器	166	7.5.3.1	胶粘剂涂布方法	198
7.2.1.2	电容器	169	7.5.3.2	胶粘剂涂布中应注意的事项	198
7.2.1.3	电感器	171	7.5.4	丝网印刷机	199
7.2.1.4	片式机电元件	171	7.5.4.1	丝网印刷机的基本结构和操作	199
7.2.1.5	片式二极管与三极管	172	7.5.4.2	国内外丝网印刷机生产厂商	200
7.2.1.6	集成电路	173	7.6	贴装	201
7.2.1.7	其他元件	175	7.6.1	贴装位置精度要求	201
7.2.2	常用SMD的工艺性	175	7.6.2	组装精度	204
7.2.3	SMD质量检查与试验	176	7.6.3	贴片机	205
7.2.3.1	外观质量检查	176	7.6.3.1	贴片机分类	205
7.2.3.2	可靠性及物理特性试验	177	7.6.3.2	贴片机主要技术指标	206
7.2.4	SMD包装、标记及国内生产厂商	181	7.6.3.3	自动贴片机的结构	207
7.2.4.1	SMD包装	181	7.6.3.4	贴片机的编程与操作	210
7.2.4.2	SMD国内生产厂商	182	7.6.3.5	国内外贴片机主要生产厂商	211
7.3	SMT组装工艺及生产线	183	7.7	再流焊	212
7.3.1	组装方式	183	7.7.1	再流焊的特点及工作原理	212
7.3.2	基本工艺流程	184	7.7.1.1	再流焊机理及特点	212
7.3.2.1	全部SMD组装工艺流程	184	7.7.1.2	再流加温曲线	212
7.3.2.2	混合组装工艺流程	184	7.7.2	几种再流焊方法比较	213
7.3.2.3	底面贴装工艺流程	185	7.7.3	红外再流焊	213
7.3.2.4	其他工艺流程	186	7.7.3.1	红外再流机	214
7.3.3	生产线的组建	186	7.7.3.2	红外再流焊时应注意的事项	214
7.3.3.1	生产线上的基本设备	186	7.7.3.3	红外再流机国内外产品概况	214
			7.7.4	汽相再流焊	215
			7.7.4.1	汽相再流焊原理	215

7.7.4.2 汽相再流焊中应注意的事项	215	8.1.3.1 焊接中应注意的事项	243
7.7.4.3 汽相再流焊机	215	8.1.3.2 插装(通孔)元器件的焊接	243
7.7.5 激光再流焊	216	8.1.3.3 贴装(表面安装)元器件的焊接	244
7.7.5.1 激光再流焊原理	216	8.1.4 导体与接线端子焊接	244
7.7.5.2 激光再流焊应用场合	216	8.1.4.1 导体与片状接线端子的焊接	245
7.7.6 热板式再流焊	216	8.1.4.2 导线与柱状接线端子的焊接	246
7.7.6.1 热板式再流焊原理	216	8.1.4.3 导线与管状接线端子的焊接	246
7.7.6.2 工作过程与应用场合	217	8.1.5 焊点标准	246
7.8 波峰焊	217	8.1.5.1 印制板组装件焊盘上的焊点标准	246
7.8.1 SMD波峰焊接时的主要缺陷	217	8.1.5.2 接线端子上的焊点标准	247
7.8.2 三种SMT波峰焊接法	218	8.1.6 焊点缺陷	248
7.8.3 SMT波峰焊的特点	219	8.1.7 焊点的修正和重焊	251
7.8.4 SMT波峰焊机国内外生产厂商	219	8.1.7.1 焊点缺陷的可修复性	251
7.9 清洗、检测与返修	220	8.1.7.2 清除焊点上焊料的方法和步骤	251
7.9.1 清洗	220	8.1.7.3 焊点缺陷修正(重焊)方法和步骤	252
7.9.2 检测及返修	220	8.1.8 焊接质量工序检验	253
7.10 SMT组件的焊点	220	8.2 自动焊接	254
7.10.1 SMD焊点标准	220	8.2.1 自动焊接工艺流程	254
7.10.1.1 矩形无引线焊端的焊点	220	8.2.1.1 一次焊接工艺流程	254
7.10.1.2 圆柱形无引线焊端的焊点	221	8.2.1.2 二次焊接工艺流程	254
7.10.1.3 L形引线焊端的焊点	221	8.2.1.3 工艺特点比较	254
7.10.1.4 J形、V形引线焊端的焊点	222	8.2.2 焊接前的准备	254
7.10.1.5 I形引线焊端的焊点	223	8.2.2.1 元器件引脚可焊性处理	254
7.10.1.6 底部焊端的焊点	223	8.2.2.2 元器件引脚的成形	255
7.10.1.7 无引线LCC的焊点	223	8.2.2.3 元器件插装	256
7.10.2 焊接缺陷、产生原因及改进措施	224	8.2.3 自动焊接	257
7.10.2.1 常见SMD焊接缺陷	224	8.2.3.1 涂覆助焊剂	257
7.10.2.2 再流焊接缺陷及改进措施	224	8.2.3.2 焊接前的预热	257
7.10.2.3 波峰焊接缺陷及改进措施	227	8.2.3.3 流动焊焊接	258
		8.2.3.4 冷却	259
第8章 手工焊和自动焊		8.2.4 波峰焊焊接参数及注意事项	259
8.1 手工烙铁焊接	230	8.2.4.1 焊接参数	259
8.1.1 焊接前的准备	230	8.2.4.2 波峰焊中应注意事项	260
8.1.1.1 焊接材料的准备	230	8.2.5 波峰焊常见故障及排除方法	260
8.1.1.2 电烙铁的选择	233	8.2.6 波峰焊机的类别及结构	262
8.1.1.3 元器件引线和导线端头的搪锡	234	第9章 印制板组装件的清洗	
8.1.2 焊接操作	239	9.1 印制板组装件的污染	263
8.1.2.1 电烙铁的握法	239	9.1.1 污染的种类	263
8.1.2.2 电烙铁的操作方法	239	9.1.2 污染的危害	263
8.1.2.3 松香芯焊锡丝的使用方法	240	9.2 印制板组装件的清洁度要求	264
8.1.2.4 焊接中的热分流	240	9.3 清洗工艺方法的选用	264
8.1.2.5 焊接基本步骤	240		
8.1.2.6 正确操作与不正确操作实例	242		
8.1.3 印制板组装件焊接	243		

9.3.1 清洗剂的分类及选用	264	10.6 掩蔽层去除方法	287
9.3.1.1 清洗剂的分类	264	10.7 涂覆的检验及合格标准	287
9.3.1.2 清洗剂的选用	264	10.7.1 检验要求和方法	287
9.3.2 清洗工艺方法的选用	265	10.7.2 合格标准	287
9.4 溶剂基的清洗工艺操作方法	266	10.8 涂覆修正操作工序	288
9.4.1 溶剂基清洗工艺方法说明	266	第 11 章 印制板组装件返修	
9.4.2 印制板组装件清洗工艺操作步骤	267	11.1 印制板组装件缺陷及检查	290
9.5 水基清洗工艺操作方法	269	11.2 返修时应注意的事项	290
9.5.1 水基清洗工艺方法说明	269	11.3 通孔安装元器件印制板组装件返修	291
9.5.2 国外印制板组装件清洗工艺操作	271	11.3.1 元器件的更换	291
9.5.2.1 实例一 水清洗与半水清洗	271	11.3.1.1 拆卸元器件方法	291
9.5.2.2 实例二 美国 ECD620mp 型清洗	271	11.3.1.2 更换元器件步骤	291
9.5.2.3 F-113 的替代产品	273	11.3.1.3 更换元器件应注意事项	292
9.6 清洗后的包装和保管	273	11.3.2 元器件上固定物的更换	292
9.7 清洗中产生的缺陷类别及预防	274	11.4 表面安装元器件印制板组装件返修	293
9.8 印制板组装件清洁度检验	274	11.4.1 返修步骤	293
9.8.1 目视检查	274	11.4.2 拆卸(重装) SMD 方法	293
9.8.2 离子污染度测试	274	11.4.3 重新涂布焊膏方法	294
9.8.2.1 萃取熔液法	274	11.5 装配后印制板缺陷的返修	295
9.8.2.2 “离子污染度测定仪”测试法	275	11.5.1 印制板缺陷及修复限制	295
第 10 章 印制板组装件的涂覆		11.5.2 修复工艺方法	295
10.1 涂覆材料	276	11.6 表面涂覆层的清除	296
10.1.1 涂覆材料的性能	276	11.6.1 表面涂覆层的判别	297
10.1.2 涂覆材料的类别	276	11.6.2 表面涂覆层的清除方法	297
10.1.3 涂覆材料的储存	277	11.6.3 清除表面涂覆层应注意事项	298
10.1.4 涂覆材料分装	278	第 12 章 接线装配	
10.1.5 涂覆材料的环境适应性	279	12.1 导线端头加工	299
10.2 涂覆材料制备中应注意的事项	279	12.1.1 一般导线端头加工	299
10.2.1 配比与混合	279	12.1.1.1 下料要求	299
10.2.2 混合中的气泡排除	280	12.1.1.2 导线剥头	299
10.3 涂覆前的准备	280	12.1.1.3 捻头	303
10.3.1 待涂印制板组装件的准备	280	12.1.1.4 搪锡	303
10.3.2 不涂覆部位的掩蔽	281	12.1.1.5 导线拼接	303
10.4 印制板组装件敷形涂覆工艺	282	12.1.2 屏蔽导线及同轴电缆的端头加工	304
10.4.1 工艺方法比较	282	12.1.2.1 不接地屏蔽导线	304
10.4.2 刷涂工艺	282	12.1.2.2 有接地端屏蔽导线	305
10.4.3 浸涂工艺	283	12.1.2.3 屏蔽导线端头加工注意事项	306
10.5 涂覆工艺质量控制要点	285	12.1.2.4 同轴电缆的加工	306
10.5.1 涂覆材料存放时间的控制	285	12.1.3 导线标记	308
10.5.2 涂料厚度控制	285	12.1.3.1 导线标记的种类	308
10.5.3 涂覆层易产生的缺陷及其防止方法			

12.1.3.2 标记的方向和位置	308	14.1.4.1 压接连接的特点	332
12.1.3.3 标记检验	309	14.1.4.2 压接操作	333
12.1.4 导线端头加工常见缺陷	309	14.1.4.3 压接检查	334
12.2 布线	310	14.1.4.4 接触偶的装配	335
12.2.1 布线原则	310	14.1.4.5 压接工具	335
12.2.2 布线的注意事项	310	14.1.4.6 工具的校正	337
12.2.3 布线方法	311	14.1.5 双屏蔽层电缆装配	337
12.2.3.1 两种布线方法的比较	311	14.1.6 电缆打标记	339
12.2.3.2 布线作业顺序	311	14.1.6.1 电连接器打标记	339
12.2.4 布线检验	312	14.1.6.2 电缆打标记	339
12.3 线束的扎制	312	14.1.6.3 细电缆打标记	339
12.3.1 线束图	313	14.1.6.4 电缆标记检验	339
12.3.2 线束卡	317	14.2 变压器装配	339
12.3.3 扎线板	318	14.2.1 概述	339
12.3.4 钉扎线钉	318	14.2.2 铁芯和绕组制造	341
12.3.5 放线	319	14.2.3 变压器装配工艺的特点	347
12.3.6 绑扎	320	14.2.4 脉冲变压器装配的操作方法	347
12.3.7 线束包扎	322	14.2.4.1 准备	347
12.3.8 线束检验	323	14.2.4.2 连线	347
第 13 章 导线与接线端绕接		14.2.4.3 配装灌封模	347
13.1 绕接工艺特点	324	14.2.4.4 清洗检查	348
13.2 绕接工具	324	14.2.5 电源变压器装配的操作方法	348
13.2.1 绕接工具的分类	324	14.2.5.1 准备	348
13.2.2 绕接工具简介	325	14.2.5.2 打包	348
13.3 绕接分类	326	14.2.5.3 连线	349
13.4 绕接前的准备	326	14.2.6 变压器的标记	349
13.4.1 绕接导线要求	326	14.2.6.1 标记的意义	349
13.4.2 接线端子要求	327	14.2.6.2 标记方法	349
13.4.3 接线端子的检查	327	14.2.7 变压器的检验	350
13.4.4 缠绕圈数的确定	327	14.2.7.1 外观	350
13.4.5 绕接导线端头绝缘层剥除	328	14.2.7.2 电气连续性	350
13.5 绕接器绕接	328	14.2.7.3 通电检查	350
13.5.1 绕接步骤	328	14.3 传动控制机构的装配	350
13.5.2 绕接操作中注意事项	328	14.3.1 齿轮传动	351
13.6 绕接工序质量控制要求	329	14.3.1.1 航空电子设备齿轮传动的特点	351
13.7 绕接操作工序返修	330	14.3.1.2 齿轮传动机构的装配要求	353
13.7.1 可返修的缺陷	330	14.3.1.3 齿轮传动机构装配的主要步骤	353
13.7.2 返修工序操作步骤	330	14.3.1.4 直齿圆柱齿轮传动机构的装配调整	358
第 14 章 整、部件装配		14.3.1.5 圆锥齿轮传动机构的装配	364
14.1 连接电缆装配	331	14.3.1.6 蜗杆传动机构的装配	365
14.1.1 连接电缆装配要求	331	14.3.2 滚动轴承的装配	366
14.1.2 装配步骤	331		
14.1.3 连接电缆检验	332		
14.1.4 压接连接	332		

14.3.2.1 航空电子设备用滚动轴承的特点	366	15.5 环氧粉末的硫化包封	405
14.3.2.2 滚动轴承的选配与修配	368	15.5.1 简单的工艺过程	405
14.3.2.3 滚动轴承的装配工艺及注意事项	368	15.5.2 流化设备简介	405
14.3.3 对其他一些控制机构的装配要求	372	15.5.3 工艺流程	405
14.4 微波器件的装配	374	15.5.4 流化包封工艺说明	406
14.4.1 微波器件的结构与工艺特点	374	15.6 灌封工序质量检验	406
14.4.1.1 微波器件的结构特点	374	15.6.1 检验方法	406
14.4.1.2 微波器件的装配工艺特点	375	15.6.2 灌封质量标准	406
14.4.2 微波器件装配工艺要求及注意事项	375	第 16 章 航空电子设备整机装配	
14.4.2.1 装配前的准备	375	16.1 概述	407
14.4.2.2 典型微波器件的装配工艺要求	375	16.1.1 外场可更换单元	407
14.4.2.3 微波器件装配注意事项	378	16.1.2 航空电子设备安装架	408
14.5 电气部件的装配	379	16.2 LRU 与安装架的装配定位基准体系	410
14.5.1 开关类器件的安装	379	16.2.1 LRU 和安装架的定位基准体系	410
14.5.2 大功率晶体管的安装	380	16.2.2 定位基准体系特点与基准顺序	411
14.5.3 电连接器的安装	381	16.2.2.1 定位基准体系特点	411
14.5.4 其他电子器件的安装	384	16.2.2.2 基准顺序的确定	411
14.5.5 其他零组件的安装	385	16.3 LRU 与安装架的前紧定装置	411
第 15 章 电子组部件灌封		16.3.1 前紧定装置的类型	411
15.1 电子组部件灌封的一般要求	386	16.3.2 前紧定装置装配注意事项	413
15.1.1 灌封操作间的配置	386	16.4 导向件、后紧定装置与电气接口	413
15.1.2 操作间污染的控制	387	16.4.1 导向件	413
15.1.3 灌封模具	387	16.4.2 后紧定装置的几种类型	413
15.1.4 灌封材料	388	16.4.3 电气接口	415
15.1.5 灌封质量保证条件	395	16.4.3.1 线缆连接接口	415
15.1.6 灌封中的特殊问题	395	16.4.3.2 微波接口	418
15.2 灌封方法和用料控制	396	16.4.4 导向件、后紧定装置及电连接器 装配	419
15.2.1 灌封方法	396	16.4.4.1 后紧定装置装配精度及误差因素	419
15.2.1.1 静态浇铸法	396	16.4.4.2 导向件和后紧定装置的装配方法	422
15.2.1.2 压力注射浇铸法	396	16.4.4.3 电连接器的装配	424
15.2.1.3 真空浇铸法	396	16.5 航空电子设备通风接口装配	424
15.2.1.4 真空压力浇铸法	397	16.5.1 LRU 底部通风	424
15.2.2 灌封中用料量的缺陷和控制	398	16.5.2 LRU 后部通风接口	425
15.3 电子组部件灌封	399	16.5.3 橡胶密封环的安装	426
15.3.1 电子组部件灌封流程	399	16.6 LRU 内部结构	426
15.3.2 电子组部件灌封操作步骤	399	16.7 印制板在 LRU 内的装配	428
15.4 灌封产品的修整和返修	405	16.7.1 印制板在 LRU 内的装配方式	428
15.4.1 灌封产品的修整	405	16.7.2 印制板导轨的形式和锁紧	428
15.4.2 灌封产品的返修	405	16.7.3 导轨装配工艺注意事项	428
		16.8 LRU 的密封装配	429

16.8.1 LRU 的密封方式	429	17.2.7.3 碱性氯化铜蚀刻液	488
16.8.2 密封机箱装配工艺要点	429	17.2.7.4 硫酸——双氧水蚀刻液	491
16.8.3 密封试验	430	17.3 多层板制造	493
16.9 保险链缠绕	430	17.3.1 多层板定位	493
16.9.1 对保险链缠绕的要求	430	17.3.2 内层板	495
16.9.2 螺栓、螺钉的保险链	431	17.3.3 层压前的准备	497
16.10 航空电子设备接地、搭接和屏蔽结构	431	17.3.4 层压	499
16.10.1 航空电子设备的接地	431	17.3.5 多层板的金属化孔	505
16.10.1.1 接地方式与接地点	431	17.3.5.1 钻孔	505
16.10.1.2 航空电子系统的接地	433	17.3.5.2 去环氧沾污	505
16.10.2 搭接工艺	433	17.3.5.3 多层板的孔金属化	508
16.10.3 屏蔽结构装配工艺	434	17.4 裸铜覆阻焊工艺 (SMOBC)	509
16.11 航空电子设备装配工艺要求	435	17.4.1 SMOBC 实施方式	509
第 17 章 印制板制造		17.4.2 工艺方式说明	509
17.1 印制板生产的准备	436	17.4.2.1 退除锡铅法	509
17.1.1 印制板的设计图纸	436	17.4.2.2 退除金属抗蚀层法	510
17.1.2 印制板用的材料	437	17.4.2.3 掩蔽法	510
17.1.2.1 覆箔板	437	17.4.2.4 加成法	510
17.1.2.2 多层板用的粘结片	437	17.4.3 阻焊涂层	510
17.1.2.3 阻焊剂	439	17.4.3.1 阻焊干膜	510
17.1.3 印制板制造环境要求	440	17.4.3.2 阻焊油墨	511
17.2 印制板制造工艺	441	17.4.3.3 液态光致成像阻焊油墨	513
17.2.1 印制板制造工艺技术动向	441	17.4.4 热风整平	516
17.2.2 各类印制板制造工艺	442	17.5 印制板的计算机辅助设计、制造和测试	518
17.2.3 照相底图、照相原版、照相底版	442	17.5.1 印制板的计算机辅助设计	518
17.2.3.1 照相底图	442	17.5.1.1 设计输入	519
17.2.3.2 照相原版和照相底版	444	17.5.1.2 库和建库	519
17.2.4 图形印制	448	17.5.1.3 自动/交互布局	519
17.2.4.1 抗蚀干膜工艺	449	17.5.1.4 自动/交互布线	519
17.2.4.2 电沉积光敏抗蚀剂 (ED) 工艺	456	17.5.1.5 设计规则检查	520
17.2.4.3 丝网漏印法	458	17.5.1.6 设计分析	520
17.2.5 钻孔	469	17.5.1.7 设计输出	520
17.2.6 化学镀和电镀	473	17.5.1.8 数据库	521
17.2.6.1 孔金属化工艺	473	17.5.2 印制板的计算机辅助制造	521
17.2.6.2 电镀铜	477	17.5.3 印制板的计算机辅助测试	522
17.2.6.3 电镀锡铅	480	第 18 章 检验与测试	
17.2.6.4 电镀金	483	18.1 印制板检验	523
17.2.6.5 电镀镍	484	18.1.1 工序检验	523
17.2.7 蚀刻	484	18.1.2 质量合格检验	526
17.2.7.1 概述	484	18.1.3 印制板成品合格与不合格准则	528
17.2.7.2 酸性氯化铜蚀刻液	486	18.2 印制板组装件的检验	531
		18.2.1 安装质量的检验	531
		18.2.2 印制板组装件焊接质量检查	531

18.2.2.1 焊点术语	531	A1 焊点可焊性测试方法	542
18.2.2.2 合格焊点准则	532	A2 可焊性测试方法比较	542
18.2.2.3 不合格焊点	533	A3 目前国内外常用的测试方法	542
18.2.2.4 焊接质量检验	536	A4 温度为 235℃ 的焊槽测试方法	542
18.2.2.5 焊接质量的判断	537	A5 温度为 350℃ 的烙铁测试方法	543
18.3 组件和整机的环境应力筛选试验	537	A6 温度为 235℃ 的焊球测试方法	544
18.3.1 环境应力筛选概念	537	A7 国内外常用测试设备	544
18.3.2 环境应力筛选的应用	539	附录 B 焊料纯度的维持	546
18.3.2.1 受试产品的选择	539	附录 C 清洗设备简介	547
18.3.2.2 应力量值的选择	540	附录 D 印制板用材料	549
18.3.3 环境应力筛选大纲的制订	540	参考文献	553
18.3.4 环境应力筛选试验	541		
附录 A 可焊性测试	542		

第1章 航空电子设备装配

1.1 航空电子设备发展和装配工艺

随着数字化电子技术的发展,航空电子设备沿着数字化、微机化和综合化方向迅速发展,逐步实现由模拟/机械式设备向数字/综合化设备更新换代。随着航空电子设备的更新换代,用户对航空电子设备使用观念的认识,从只注意设备性能发展到注重设备效能。故航空电子设备的更新换代和用户对设备使用观念的转变,促进了设备可靠性提高和维修费用降低。如果在航空电子设备生产过程中不采用先进制造技术,不能自始至终地保持良好的工艺质量,就不能制造出先进的航空电子设备;提高航空电子设备可靠性和降低维修费用的目标也不能实现。为此,航空电子设备制造技术和装配工艺已成为发展航空电子设备的重要因素,它对设备性能和可靠性的影响,与精心设计以满足设备性能和效能要求所起的作用同样重要。

航空电子设备制造(装配)技术的发展已经历了四代,目前我国航空电子设备的设计与制造正处于第三代(主要装配工艺见本手册各章所述)。航空电子设备发展过程与装配工艺概况,见表1.1。

表 1.1 航空电子设备发展过程与装配工艺概况

发展阶段	航空电子设备特点	装配工艺概况
第一代航空电子设备	航空电子设备制造处于早期阶段,以采用分离式电子元器件(或真空器件)为主,印制板尚未被采用,故设备体积大,重量重,故障率高,维修困难	由于设备采用真空电子管和分立阻容器件,故设备装配工艺以手工接线装配和机械装配为主。装配工艺简单,装配要求不高
第二代航空电子设备	各种设备按独立整机进行设计、采购和维修。每个整机对应一个特定功能,这些设备之间没有共同特性,即尚未形成分系统概念 各种设备主要采用半导体晶体管和中小规模集成电路;单双面印制板已被采用到设备中,印制板组装件装配密度不高 由于设备中仍以采用分立器件为主,设备可靠性较低、维修不方便	装配工艺和工具、设备有了很大发展,元器件引线成形工艺、器件插装工艺及锡焊工艺已趋成熟;由于元器件成形、插装、焊接等设备的使用,已形成半自动装配生产线,但手工装配仍是常用装配方式