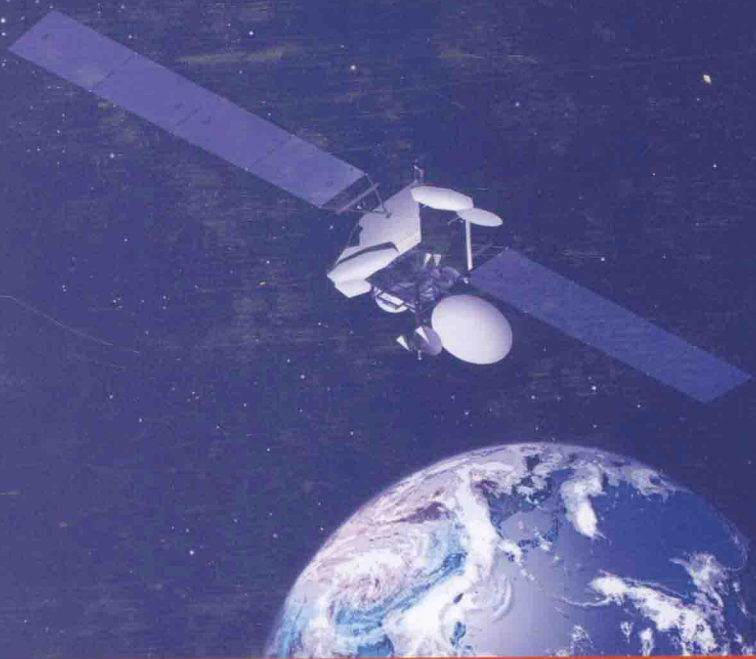




航天科技图书出版基金资助出版

航天电子产品 常见质量缺陷案例

范燕平 高伟娜 著



中国宇航出版社

014056985

V443
07

航天科技图书出版基金资助出版

航天电子产品 常见质量缺陷案例

范燕平 高伟娜 著



中国宇航出版社

·北京·



北航

C1742058

V443

07

2882010

版权所有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

航天电子产品常见质量缺陷案例/范燕平, 高伟娜
著. --北京:中国宇航出版社, 2014. 7

ISBN 978-7-5159-0735-2

I. ①航… II. ①范… ②高… III. ①航天器—电子
器件—质量管理 IV. ①V443

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 131111 号

责任编辑 马 航

封面设计 文道思

出 版
发 行

中国宇航出版社

社 址 北京市阜成路 8 号
(010)68768548

邮 编 100830

网 址 www.caphbook.com

经 销 新华书店

发行部 (010)68371900
(010)68768541

(010)88530478(传真)
(010)68767294(传真)

零售店 读者服务部
(010)68371105

北京宇航文苑
(010)62529336

承 印 北京画中国画印刷有限公司

版 次 2014 年 7 月第 1 版

2014 年 7 月第 1 次印刷

规 格 880 × 1230

开 本 1/32

印 张 6

字 数 172 千字

书 号 ISBN 978-7-5159-0735-2

定 价 50.00 元

本书如有印装质量问题, 可与发行部联系调换

序

航天电子产品是航天型号产品的重要组成部分，与地球表面环境下使用的电子产品最大的不同在于：航天电子产品需要经历的环境条件比较严酷，包括发射升空阶段的超重与振动、空间环境下的高真空、严酷的高低温循环条件、空间电磁辐射、高能宇宙射线等。同时航天电子产品一般不可维修，这些因素综合起来，就要求我们的航天电子产品必须具有极高的可靠性。

随着世界电子技术的发展，我国航天电子产品朝着小型化、高密度、高可靠等方向发展，航天电子产品制造技术从通孔插装发展到表面贴装、从低密度组装发展到高密度组装，达到了世界先进水平。但是随着航天任务需求的不断提高，电子产品的寿命、可靠性等指标也不断提高，这要求电子产品的设计和制造质量真正达到零缺陷的目标。为了提高电子产品的质量，本书总结了以往型号用电子产品研制过程出现的质量问题，包括设计缺陷、工艺缺陷、电子装联操作缺陷、调试与测试质量问题、静电防护薄弱环节等五个方面的经验教训，促进了航天型号研制经验的积累与传承。

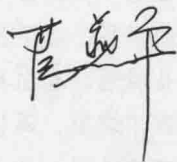
本书是面向航天电子电气产品的设计师、工艺师、操作人员和检验人员的工作参考书，并且已列入中国空间技术研究院精品教材系列。全书共分为3章，第1章电子产品设计缺陷和质量问题分析，主要总结了常见的印制板、印制板组装件、整机等方面的设计缺陷；第2章电子产品工艺缺陷和质量问题分析，主要总结了常见的通孔插装元器件装联、表面贴装元器件装联、印制板组装件装联、整机装联、覆形涂覆、粘固与固封、清洁、产品修复与改装等方面的工艺缺陷；第3章电子产品操作缺陷和质量问题分析，主要总结了常

见的导线端头处理、元器件搪锡、元器件引线成形、通孔插装元器件的安装、表面贴装元器件的安装、印制板组装件的安装、紧固件的安装、焊装、压接型电连接器端子的压接、清洁、印制板组装件基板制作、覆形涂覆、粘固与固封、调试测试与试验、静电防护等方面的操作缺陷。

在本书的编写过程中，王国栋、潘宇新、徐伟玲、杨猛等参加了全书的策划，杨猛、陈雅容、张彬彬等参与了第1章的编写，杨猛、张彬彬、杨福京等参与了第2章的编写，何宗鹏、杨猛、张振明等参与了第3章的编写，在此表示衷心的感谢。

感谢中国空间技术研究院组织本书的策划与编写，感谢中国航天电子技术研究院的华苇和周德祥同志，以及中国宇航出版社等单位在本书撰写和出版过程中给予的大力支持。

本书在撰写过程力求做到概念准确、阐述清晰、图文并茂、结构完整，但由于航天电子产品制造技术的飞速发展和不断进步，本书的内容难免有疏漏之处，恳请关心和关注我国航天事业的各级领导、专家、学者、工程师和广大读者们给予批评指正。



高伟娜

2013年10月

目 录

第 1 章 航天电子产品设计缺陷和质量问题分析	1
1.1 印制板设计缺陷	1
1.1.1 通孔插装元器件装联设计缺陷	1
1.1.2 表面贴装元器件装联设计缺陷	11
1.2 印制板组装件设计缺陷	18
1.2.1 座垫（支座）设计缺陷	18
1.2.2 印制板绑扎孔、穿线孔设计缺陷	19
1.2.3 导线走线设计缺陷	21
1.2.4 元器件间距设计缺陷	23
1.2.5 元器件应力释放（消除）设计缺陷	24
1.2.6 元器件或印制板加固设计缺陷	26
1.2.7 元器件布局设计缺陷	28
1.2.8 印制板组装件边距设计缺陷	30
1.2.9 紧固件设计缺陷	31
1.2.10 装配顺序设计缺陷	34
1.2.11 元器件引线伸出印制板长度缺陷	35
1.3 整机设计缺陷	37
1.3.1 整机加固设计缺陷	37
1.3.2 整机接插件装联设计缺陷	38
1.3.3 整机各组装件之间间距及布局设计缺陷	39

1.3.4	接触电阻设计缺陷	40
1.4	其他设计缺陷	41
1.4.1	功能错用设计缺陷	41
1.4.2	调试、测试焊盘设计缺陷	42
1.4.3	印制板外形设计缺陷	43
1.4.4	印制导线布局设计缺陷	44
1.4.5	丝印层设计缺陷	45
1.4.6	印制板组装件基板标识设计缺陷	46
1.4.7	COMS 器件无电气连接引线设计缺陷	47
第2章	电子产品工艺缺陷和质量问题分析	48
2.1	通孔插装元器件装联工艺缺陷	48
2.1.1	通孔插装元器件安装高度缺陷	48
2.1.2	搪锡或焊接工艺参数工艺缺陷	50
2.1.3	装配顺序错误	50
2.1.4	引线剪切工具缺陷	51
2.2	表面贴装元器件装联工艺缺陷	52
2.2.1	焊锡珠	52
2.2.2	焊点焊料未熔化	53
2.2.3	镀金引线或焊盘在焊接前未去金	54
2.2.4	元器件金属化端帽缺失或溶蚀	55
2.2.5	元器件“立碑”	55
2.2.6	元器件“爆米花”	56
2.2.7	陶瓷封装元器件本体裂纹	57
2.2.8	元器件引线成形缺陷	58
2.3	印制板组装件装联工艺缺陷	59
2.3.1	多引线插装元器件安装工艺缺陷	59

2.3.2	二次绝缘工艺缺陷	60
2.3.3	导线走线无应力释放	62
2.3.4	再流焊接后印制板白斑、分层	63
2.3.5	多根导线堆叠焊接在同一表贴焊盘	63
2.3.6	接线端子搪锡工艺缺陷	64
2.4	整机装联工艺缺陷	65
2.4.1	导线或导线束二次绝缘工艺缺陷	65
2.4.2	导线束中无用导线端头处理工艺缺陷	66
2.4.3	导线束绑扎用材料工艺缺陷	67
2.5	覆形涂敷工艺缺陷	68
2.5.1	覆形涂敷层缺陷	68
2.5.2	覆形涂敷保护材料工艺缺陷	69
2.5.3	覆形涂敷喷涂方法工艺缺陷	69
2.6	粘固与固封工艺缺陷	70
2.6.1	气密性固封工艺缺陷	70
2.6.2	环氧材料直接粘固在玻璃封装元器件本体上	71
2.6.3	大跨度轴向引线元器件没有进行固封	72
2.6.4	粗线束(大于 $\Phi 8\text{ mm}$)粘固工艺缺陷	73
2.6.5	抬高安装轴向引线元器件固封工艺缺陷	73
2.7	清洁工艺缺陷	75
2.7.1	白色残留物及白色结晶	75
2.7.2	脱脂棉纤维残留	76
2.7.3	元器件标识缺损	77
2.7.4	镀银多股软导线或镀银光线清洗工艺缺陷	78
2.8	产品修复、改装工艺缺陷	78
2.8.1	印制板新增通孔工艺设计缺陷	78

2.8.2	修复或改装总数不符合工艺规范的规定	79
2.8.3	附加连线走线工艺缺陷	80
2.8.4	元器件引线、附加连线与印制导线搭接工艺缺陷	80
2.8.5	过孔直径与附加连线线径不匹配	81
2.8.6	表贴器件与印制导线或焊盘宽度不匹配	82
2.8.7	附加连线影响最小电气间隙	82
2.9	静电防护工艺缺陷案例分析	83
2.9.1	无法靠传导消除静电时,未采取防静电措施	83
2.9.2	购买的操作工具、设备未采取防静电措施	83
2.9.3	防静电鞋套不符合防静电要求	84
第3章 电子产品操作缺陷和质量问题分析		85
3.1	导线端头处理操作缺陷	85
3.1.1	导线芯线损伤	85
3.1.2	导线芯线绞合缺陷	86
3.1.3	导线绝缘层剥除缺陷	87
3.1.4	导线绝缘层热损伤	88
3.2	元器件搪锡操作缺陷	89
3.2.1	搪锡长度过长	89
3.2.2	搪锡长度不足	90
3.2.3	未去金或去金不彻底	91
3.2.4	导线搪锡量过少	92
3.2.5	导线毛细芯吸	92
3.2.6	搪锡量过多	93
3.2.7	搪锡后清洗不彻底	94
3.3	元器件引线成形操作缺陷	95
3.3.1	引线成形非垂直	95

3.3.2	引线根部硬折弯	95
3.3.3	引线弯曲半径不足	96
3.3.4	引线非对称成形	97
3.3.5	引线划痕或损伤变形	98
3.3.6	插装元器件表贴操作缺陷	99
3.4	通孔插装元器件的安装缺陷	100
3.4.1	接线端子安装缺陷	100
3.4.2	通孔插装元器件引线双面焊接	103
3.4.3	元器件安装倾斜	104
3.4.4	元器件包封端进入焊点	105
3.4.5	元器件标识不可见或关键标识不可见	106
3.4.6	极性及无极性元器件安装缺陷	107
3.5	表面贴装元器件的安装缺陷	108
3.5.1	表贴元器件贴装标识不符合要求	108
3.5.2	元器件安装定位缺陷	109
3.5.3	表贴元器件安装后受外力影响	110
3.5.4	表贴器件在焊接后被二次重熔	111
3.6	印制板组装件安装缺陷	112
3.6.1	绝缘套管安装缺陷	112
3.6.2	支座安装缺陷	113
3.6.3	接线端子导线安装缺陷	114
3.6.4	导线安装缺陷	116
3.6.5	压接型电连接器压接件插装不到位	118
3.6.6	导线绝缘层受损伤	118
3.6.7	导线走线缺陷	119
3.6.8	导线走线余量过大	120

3.6.9	导线表面贴装焊接缺陷	121
3.6.10	插装元器件先焊后剪	122
3.6.11	元器件安装后受外力	122
3.6.12	元器件绑线绑扎缺陷	124
3.7	紧固件的安装缺陷	125
3.7.1	紧固件损伤	125
3.7.2	紧固件装配不到位,漏装平垫或弹垫	125
3.7.3	紧固件装配损伤周围元器件	126
3.8	焊点缺陷	127
3.8.1	焊点焊料不足	127
3.8.2	焊点焊料过多	128
3.8.3	焊点润湿不良	129
3.8.4	焊点有划痕	130
3.8.5	焊点孔洞	131
3.8.6	过热焊点	131
3.8.7	冷焊点	132
3.8.8	焊点拉尖	133
3.8.9	焊点裂纹	134
3.8.10	元器件引线伸出印制板高度不合格	135
3.8.11	插装元器件引线顶部未搪锡	136
3.8.12	鸥翼形引线手工焊接缺陷	136
3.8.13	镀通孔焊点透锡缺陷	137
3.8.14	元器件引线剪切缺陷	138
3.8.15	扰动焊点	140
3.8.16	焊点异物	141
3.8.17	高压焊点缺陷	142

3.8.18 电连接器杯形或管形接线端子的焊点缺陷	143
3.9 压接型电连接器压接端子压接质量缺陷	145
3.10 O型裸端子压接质量缺陷	147
3.11 导线束的固定与绑扎缺陷	148
3.11.1 导线束绑扎没有应力释放	148
3.11.2 导线束绑扎缺陷	149
3.11.3 绑扣位置或间距缺陷	150
3.11.4 在线束的弯曲区域存在导线搭接	151
3.11.5 导线束导线的搭接集中放置	152
3.11.6 线束的绑扎位置在导线的搭接位置	152
3.11.7 导线束内导线相互交叉不平行	153
3.12 清洁缺陷	154
3.12.1 印制板表面指纹	154
3.12.2 焊点助焊剂残留	154
3.12.3 焊锡珠残留	155
3.12.4 固封胶残留	156
3.12.5 其他多余物	157
3.13 印制板组装件基板缺陷	158
3.13.1 印制板组装件基板热损伤	158
3.13.2 印制板组装件基板外力损伤	159
3.13.3 变色基材桥连非共用导体	160
3.13.4 印制板组装件基板阻焊膜脱落	161
3.13.5 印制板翘曲变形	162
3.14 覆形涂敷缺陷	163
3.14.1 覆形涂敷层失去粘接力	163
3.14.2 多组分覆形涂敷材料搅拌缺陷	164

3.14.3	覆形涂敷材料超出规定的涂敷区域	165
3.14.4	覆形涂敷层削弱应力释放	166
3.15	粘固与固封缺陷	167
3.15.1	轴向引线元器件的粘固高度不足	167
3.15.2	线束的粘固宽度及高度不足	168
3.15.3	固封材料粘固相邻元器件	169
3.15.4	固封材料覆盖元器件标识	169
3.15.5	粘固与固封材料削弱应力释放	170
3.15.6	粘固材料与被粘表面分离	172
3.15.7	环氧胶粘接在焊盘和引线上	173
3.15.8	粘固材料在固化过程中受力损伤	173
3.16	产品调试测试、试验缺陷案例分析	174
3.16.1	产品调试测试过程不符合防静电要求	174
3.16.2	调试测试人员操作不规范	175
3.16.3	产品滞留调试测试期间未按规定进行存放	176
3.16.4	调试测试结束未按规定及时将整机电连接器防尘罩盖严	176
3.16.5	整机试验过程导致整机外壳镀层划伤, 粘接材料多余物残留	177
3.17	静电防护操作缺陷案例分析	177
3.17.1	操作台面防静电措施不足	177
3.7.12	静电放电敏感元器件拿取方式错误	178
3.17.3	容易引起静电损伤的不良习惯	179
后记	180

第1章 航天电子产品设计缺陷和质量问题分析

1.1 印制板设计缺陷

印制板设计缺陷是电子产品形成开路、短路、元器件损坏等问题的根源。其主要原因是，在印制板布局设计过程中，没有遵守相关印制板设计规范及相关管理要求就开展设计工作，这样易于发生设计错误、设计要求不全面、设计工艺性差等问题。还有部分问题产生的原因是，在印制板设计过程中，没有与电子机箱结构设计人员之间进行有效沟通与协调，造成印制板设计与机箱结构设计之间失配。另外，设计师在元器件封装选型上，没有考虑元器件封装材料与印制板基材在线膨胀系数上带来的热失配效应对焊点及封装材料潜在的不良影响，造成元器件封装开裂及焊点疲劳开裂等问题。设计工艺性差带来的安装过程损耗大，影响产品质量的问题也不可忽略。在实际产品制造过程、试验过程或工作过程中发生的开路、短路、封装损坏等问题，究其根源，或多或少地能追溯到设计这个源头。

1.1.1 通孔插装元器件装联设计缺陷

(1) 元器件安装孔与元器件引线不匹配

问题描述

印制板元器件安装孔孔径与元器件引线直径不匹配，导致元器件引线无法安装或间隙过小，容易导致安装孔损伤或透锡不良，影响焊点的可靠性，见图1-1所示。

缺陷案例照片、图片

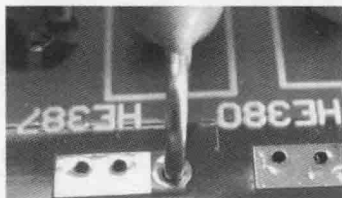


图 1-1 元器件引线直径与印制板元器件安装孔直径间隙过小，容易损伤元器件安装孔

正确方法

印制板元器件安装孔成孔公称直径与元器件引线公称直径之间应有 0.2~0.4 mm 的径向间隙。

依据文件、标准或规范

QJ 3012-98 第 5.5.1 节规定：印制板元器件安装孔径与元器件引线之间，采用手工焊接工艺时应保持 0.2~0.4 mm 的合理间隙，采用波峰焊工艺时应保持 0.2~0.3 mm 的合理间隙。当孔径与线径失配时，不允许采取扩孔和修配线径的办法。

QJ 3013-99 第 5.3.4.4 节规定：印制板钻孔公称直径与元器件引线公称直径的差值取 0.2~0.4 mm，对于金属化孔，差值取 0.3~0.4 mm。对于矩形引线，引线直径为矩形横接面的对角线，并且孔与矩形引线的间隙不大于矩形引线厚度方向尺寸的 0.7 mm。

GJB 4057-2000 第 6.4.1.2 节规定：镀覆孔的直径应比元器件引线的最大尺寸大 0.2~0.4 mm。

ECSS-Q-70-08A 第 8.4.2 节规定：镀通孔直径比元器件引线直径大 0.3~0.65 mm。元器件非镀通孔的直径比元器件引线直径最大不应超过 0.2 mm。

(2) 轴向元器件安装孔的中心距设计缺陷

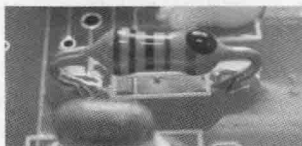
问题描述

1) 轴向元器件安装孔中心距设计过大导致元器件本体两侧引线

过长,使得元器件抗力学性能降低。

2) 元器件安装孔中心距设计过小导致元器件引线根部硬折弯,影响元器件的可靠性,见图1-2。

缺陷案例照片、图片



- (a) 元器件安装孔间距小于元器件的本身长度,导致元器件引线非正常成形,减弱引线对本体的支撑作用,从而影响其抗力学性能,还可能影响焊料的正常透锡



- (b) 元器件安装孔间距过小,引线根部硬折弯,可能引起元器件引线根部损伤

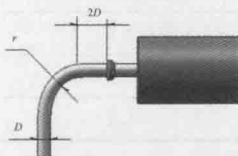
图1-2 元器件安装孔中心距设计缺陷

正确方法

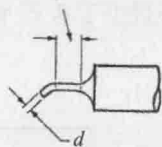
1) 一般元器件安装孔的孔距设计应保证元器件安装后从元器件本体两侧到两端焊盘的总长度不超过25.4 mm;见图1-3(a)。



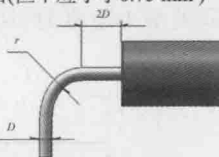
- (a) 引线从本体伸出的总长度; X 与 Y 之和不应超过25.4 mm



- (b) 熔接引线成形—将熔焊点看作是元器件本体的一部分,从熔焊点到弯曲起点之间的最小距离为引线直径的2倍(但不应小于0.75 mm)



- (c) 元器件本体与引线之间有过渡部分的元器件引线成形—过渡部分看作是元器件本体的一部分,从过渡区结束到弯曲起点之间的最小距离为引线直径的2倍(但不应小于0.75 mm)



- (d) 圆形引线成形—元器件的弯曲起点到终端密封处的最小距离为引线直径的2倍(但不应小于0.75 mm)

图1-3 元器件安装孔的孔距设计要求

2) 对于引线上有熔焊点、元器件本体与引线之间有过渡部分的元器件, 元器件安装孔孔距设计时, 应将元器件本体到引线熔焊点之间的长度及元器件本体与引线之间的过渡部分计入元器件本体的长度。见图 1-3 的 (b) 和 (c) 所示。

3) 元器件安装孔中心距 (最小值) = 元器件本体长度 + 2 倍引线直径 $\times 2 + 3$ 倍引线直径。

考虑到弯曲成形操作误差, 在轴向元器件安装孔中心距最小值的基础上再增加 2~3 mm 的长度。

依据文件、标准或规范

QJ 3012-1998 第 4.3.8.6 节规定: 元器件引线弯曲内侧半径应不小于引线的直径, 见表 1-1。元器件的弯曲起点到终端密封处的距离, 对于圆形引线来说, 其最小距离为引线直径的 2 倍 (但不小于 0.75 mm)。如图 1-3 (d) 所示。

表 1-1

引线直径 D/mm	r
< 0.6	1 倍引线直径
$0.6 \sim 1.2$	1.5 倍引线直径
> 1.2	2 倍引线直径

QJ 3012-1998 第 4.3.8.7 节规定: 凡有熔焊点的引线 (如钽电容器), 不允许在熔接点和元器件终端密封处之间弯曲。从熔接点到弯曲起点之间的最小距离为引线直径的 2 倍 (但不得小于 0.75 mm), 如图 1-4 所示。

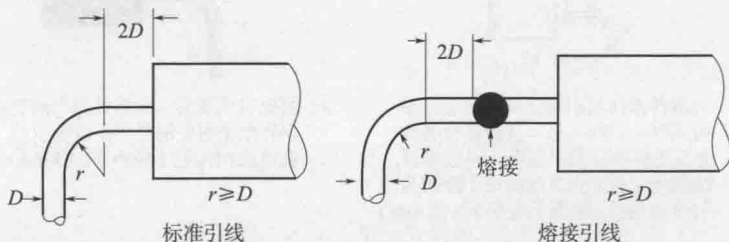


图 1-4 元器件引线成形要求