电子产品设计宝典

可靠性原则2000条

张赖　编著

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电子产品设计宝典
可靠性原则 2000 条

张　赪　编著

机 械 工 业 出 版 社

本书从设计总则、结构材料及电子元器件的选用、电磁兼容设计、热设计、抗振设计、三防设计、维修性设计、测试性设计、安全性设计、电路可靠性设计、结构可靠性设计、人机设计、标识及包装设计、软件设计等14个方面系统归纳总结了在电子产品研发的全过程中，研制人员（包括总体、软硬件、结构设计师等）在设计过程中如何保障产品可靠性实现的基本原则，其中既包括强制性原则，也包括非强制性原则；既有总体性原则，也有实施细则，还有一些推荐采用的方法、建议等。

本书特别适合于工作在科研生产一线的广大设计工程师阅读，也可作为大、中专学校相关专业学生在踏入社会工作之前的参考读物。

图书在版编目（CIP）数据

电子产品设计宝典可靠性原则2000条/张赫编著. —北京：机械工业出版社，2013.5

ISBN 978-7-111-41985-3

Ⅰ.①电… Ⅱ.①张… Ⅲ.①电子产品-设计 Ⅳ.①TN602

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第062409号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：任 鑫 责任编辑：任 鑫 版式设计：霍永明

责任校对：张 力 封面设计：陈 沛 责任印制：张 楠

北京京丰印刷厂印刷

2013年5月第1版第1次印刷

169mm×239mm · 12.25印张 · 234千字

0001—3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-41985-3

定价：33.80元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务 网络服务

社服务中心：（010）88361066 教材网：http://www.cmpedu.com

销售一部：（010）68326294 机工官网：http://www.cmpbook.com

销售二部：（010）88379649 机工官博：http://weibo.com/cmp1952

读者购书热线：（010）88379203 **封面无防伪标均为盗版**

前　言

在工作中经常发现产品规划得非常好，各项要求也非常严格，各种产品规范、可靠性大纲、保障性大纲等要求也编制得很完善，但生产出来的产品总是不断重复许多这样或那样的问题。其实细细分析一下，有很多问题在设计之初（方案设计阶段）或设计过程中（详细设计阶段）是完全可以避免的，究其原因很大一部分在于我们编制的产品规范、可靠性要求等如何切实地落实到每个设计人员所设计的每一块电路板、每一个零件、每一台设备、每一套系统之中去。因为产品可靠性的实现，并非是把冠冕堂皇的字眼和要求载入规范、大纲之类的文件，便可自动兑现、一劳永逸、万事大吉，它需要根植到每个设计者的心中。

产品的可靠性是通过设计、生产和管理而实现的，而产品的设计，它决定着产品的固有可靠性。电子产品可靠性设计技术包括许多内容，主要有可靠性分配、可靠性预测、冗余技术、漂移设计、故障树分析和故障模式、效应和致命度分析、元器件的优选和筛选、应力-强度分析、降负荷使用、热设计、潜在通路分析、电磁兼容和设计评审等。设计失误是指导致产生性能、过应力、测试性和危险性等问题的设计缺陷。实验室及环境试验只能暴露一部分在特定环境下的问题，长期的生产、运行和维护才能暴露出所有问题。而提高设计可靠性的唯一途径就是改进设计，故对设计进行早期严格检查和实施指导是减少设计失误的最有效方法。

现在的电子产品设计包含着相当广泛的技术内容，它是包括电学、力学、机械学、材料学、热学、化学、光学、声学、美学、工程心理学、环境科学等多门学科的综合应用。由于产品的设计是综合考虑各种因素、条件，并结合各专业知识而形成的能满足产品设计输入要求的实物的过程。故在此过程中各方面的要求肯定存在矛盾和冲突的地方，而我们的设计希望在这错综复杂的各项限制条件中折中取舍，以形成最佳方案。特别要强调的是，产品的研发是个综合性的工程，这也要求每个设计师应更多的站在他人的立场去考虑问题，如软硬件设计师应要了解一些结构设计方面的知识和要求，结构设计师应能懂一点电气设计方面的知识。同时一个好的设计师也应该是一个好的工艺师，而工艺工作是电子设备制造的基础工作，贯穿于产品研制与生产的全过程，是实现产品设计、保证产品质量、降低消耗、降低成本，提

高劳动生产率、发展生产的重要手段，大家设计时多考虑一点制造工艺方面的问题，则大家的合作更会事半功倍。

本书主要根据电子产品特点并参考相关国际、国内标准，在广泛学习前人的经验及结合个人在工作心得的基础上，综合总结了一些项目设计中如何切实落实可靠性的基本原则，其中既包括强制性原则，也包括非强制性原则，还有一些推荐采用的方法和建议等。本书主要供广大从事电子产品设计的工程技术人员学习、参考，也可作大、中专院校师生的参考读物。尤其为广大在校大、中专学生踏入社会后应对社会工作、更快地适应并符合实际工作的要求提供了帮助。

本书在编写过程中得到了袁献章老师、苏桦老师、暴国栋老师、张景全老师及秦玉宝老师的大力支持，他们均提出了相当宝贵的意见和建议，在此表示深深的感谢！

由于作者水平有限，书中存在不少错漏的地方，希望广大读者对书中错漏之处批评指正，不胜感激！同时由于现代电子产品千变万化，要求各不相同，本书所列原则不能尽述，同时这些原则亦需在现实工作中灵活运用，所以也希望并欢迎各位读者与我联系，一起将大家工作中的心得体会、好建议、好方法共同分享，与各位同仁共同探讨，共同提高，这也是为提高电子产品的质量贡献力所能及的力量。我的邮箱是：wit882@ sina. com。

张　赪

目　　录

前言

第一章　总则 …… 1

第二章　结构材料及电子元器件的选用 …… 3

第一节　结构材料的选用 …… 3

一、通用原则 …… 3

二、金属材料的选用 …… 3

三、非金属材料的选用 …… 5

第二节　电子元器件的选用 …… 7

一、通用原则 …… 8

二、半导体集成电路 …… 9

三、半导体分立器件 …… 10

四、电阻器和电位器 …… 11

五、电容器 …… 12

六、继电器 …… 15

七、A-D、D-A 转换器 …… 16

八、连接器 …… 16

九、熔丝 …… 18

十、其他 …… 19

第三章　电磁兼容设计 …… 21

第一节　通用设计原则 …… 21

第二节　接地与搭接 …… 22

一、接地 …… 22

二、搭接 …… 26

第三节　屏蔽与隔离 …… 28

一、屏蔽 …… 28

二、隔离 …… 30

三、缝隙处理 …… 31

第四节　布线设计 …… 32

第五节　滤波和抗干扰措施 …… 32

一、滤波 …… 32

二、抗干扰措施 …… 33

第六节　降低噪声与电磁干扰 …… 36

第七节 应用示例 …… 37
第四章 热设计 …… 39
第一节 总体设计原则 …… 39
第二节 空气冷却 …… 41
一、自然冷却 …… 41
二、强制风冷 …… 41
第三节 液冷 …… 43
第四节 冷板、热管、散热器 …… 43
第五节 热布局、热安装 …… 44
第六节 PCB 热设计 …… 48
第七节 应用示例 …… 49
第五章 抗振设计 …… 52
第一节 结构抗振设计 …… 52
第二节 电路抗振设计 …… 55
第三节 应用示例 …… 57
第六章 三防设计 …… 59
第一节 结构三防设计 …… 59
一、结构设计 …… 59
二、材料选用及接触防护 …… 61
三、表面防护 …… 63
第二节 电路三防设计 …… 68
第七章 维修性设计 …… 70
第一节 总体原则 …… 70
第二节 简化设计 …… 71
第三节 模块化设计 …… 72
第四节 布局设计 …… 74
第五节 可达性设计 …… 76
第六节 便捷性、安全性 …… 78
第七节 应用示例 …… 79
第八章 测试性设计 …… 81
第一节 一般原则 …… 81
第二节 测试点 …… 84
第三节 电路设计 …… 86
一、元器件选用及电路结构设计 …… 86
二、模拟电路设计 …… 87
三、数字电路设计 …… 88
四、LSI、VLSI 和微处理机 …… 89
五、射频电路设计 …… 90

第四节　BIT 设计 …… 91
第五节　自动测试设备（ATE）设计 …… 95
第六节　应用示例 …… 96
第九章　安全性设计 …… 98
第一节　总体原则 …… 98
第二节　环境安全设计 …… 99
第三节　结构安全设计 …… 101
第四节　电气安全设计 …… 103
第五节　应用示例 …… 108
第十章　电路可靠性设计 …… 109
第一节　通用设计原则 …… 109
第二节　降额设计 …… 112
第三节　冗余设计 …… 113
第四节　容差设计 …… 115
第五节　防静电设计 …… 116
第六节　PCB 设计 …… 118
一、印制板要求 …… 118
二、布局 …… 119
三、地线 …… 122
四、布线 …… 122
五、专门措施 …… 126
第七节　与软件设计有关的硬件设计要求 …… 127
第十一章　结构可靠性设计 …… 129
第一节　构造性设计 …… 129
第二节　工艺性设计 …… 131
第三节　装配设计 …… 133
第四节　紧固件的选用 …… 135
第五节　应用示例 …… 137
第十二章　人机设计 …… 139
第一节　一般原则 …… 139
第二节　视觉系统 …… 140
第三节　听觉系统 …… 142
第四节　人体协调性 …… 143
第五节　操作习惯 …… 144
第六节　把手 …… 145
第七节　应用示例 …… 146
第十三章　标识及包装设计 …… 148
第一节　标识设计 …… 148

一、通则 …… 148
二、说明性标识 …… 149
三、警告标识 …… 150
第二节 包装设计 …… 151
第三节 应用示例 …… 155
第十四章 软件设计 …… 157
第一节 总则 …… 157
第二节 计算机系统设计 …… 157
第三节 软件需求分析 …… 158
第四节 文档编制要求 …… 159
第五节 具体软件设计 …… 163
一、通则 …… 163
二、安全关键功能的设计 …… 164
三、冗余设计 …… 165
四、接口设计 …… 166
五、软件健壮性设计 …… 169
六、简化设计 …… 170
七、裕量设计 …… 171
八、数据要求 …… 171
九、防错程序设计 …… 171
第六节 编程要求 …… 173
第七节 多余物处理及软件更改要求 …… 177
一、多余物处理 …… 177
二、软件更改要求 …… 177
第八节 测试要求 …… 178
参考文献 …… 185

第一章　总　　则

1. 可靠性工作必须遵循预防为主、早期投入的方针，应把预防、发现和纠正设计、制造、元器件及原材料等方面的缺陷和消除单点故障作为可靠性工作的重点。在研制阶段，可靠性工作必须纳入产品的研制工作，统一规划、协调进行。

2. 必须遵循采用成熟设计的可靠性设计原则，控制新技术在新型装备中所占的比例，尽量不采用不成熟的新技术。应在原有成熟产品的基础上开发、研制新产品，逐步扩展，形成系列。在一个型号上不要采用过多的新技术，采用新技术要考虑继承性，新产品的继承性系数一般应在 85% 以上。如必须使用新技术，则应对其可行性及可靠性进行充分论证，并必须有良好的预研基础，进行各种严格试验。

3. 在确定设备结构整体方案时，除了要考虑技术性、经济性、体积、重量、耗电等外，可靠性是首先要考虑的重要因素。在满足体积、重量及耗电等条件下，必须确立以可靠性、技术先进性及经济性为准则的最佳结构整体方案。

4. 在方案论证时，一定要进行电气和结构可靠性论证。

5. 在确定产品技术指标的同时，应根据需要和实现可能确定可靠性指标与维修性指标。应对可靠性指标和维修性指标进行合理分配，明确分系统、部件，以及元器件的可靠性指标。

6. 对已投入使用的相同（或相似）的产品，应考察其现场可靠性指标、维修性指标和对这两种指标有影响的因素，以确定提高当前研制产品可靠性的有效措施。

7. 在确定方案之前，应对设备将投入使用的环境进行详细的现场调查，并对其进行分析，确定影响设备可靠性最重要的环境及应力，以作为采取防护设计和环境隔离设计的依据。

8. 设计设备时，必须符合实际要求，提出局部过高的性能要求，必将导致可靠性下降。

9. 在设计初始阶段就要考虑小型化和超小型化设计，但要以不妨碍设备的可靠性与维修性为原则。

10. 实施统一化设计。统一规划，凡有可能均应选用通用零件、标准元器件，以保证全部相同的可移动模块、组件和零件都能互换。

11. 实施简化设计。在满足技术性能要求的情况下，尽量简化方案和结构、

电路设计，减少整机元器件数量及机械结构零件。记住：简单就是可靠。

12. 实施集成化、模块化设计。采用单元设计可以把一个小系统的各元器件或完成一种功能的各零件组合成一个可以拆卸的部件，并具有互换性。在设计中，尽量采用固体组件，使分立元器件减少到最低程度。其优选顺序为大规模集成电路→中规模集成电路→小规模集成电路→分立元器件。

13. 实施降额设计。根据经济性及重量、体积、耗电约束要求，确定设备降额程度，使其降额比尽量减小，不要因为选择过于保守的组件和零件，导致整个系统体积和重量过于庞大。

14. 实施容错设计。容错设计就是在出现故障时，仍能为系统提供工作能力。它也许原功能水平有所降低，但必须是在可接受的水平之上。

15. 实施冗余设计。当用其他技术（如降额、简化或采用更好的部件）不能提高可靠性或当产品改进所需费用比重复配置更多时，冗余技术就成为唯一可以采用的方法。在确定方案时，应根据体积、重量、经济性、可靠性及维修性确定设备的冗余设计，应尽量采用功能冗余。记住：采用冗余技术要付出代价。它会使重量、体积、复杂度、费用和设计时间增加。故在系统设计中采用冗余设计之前既要考虑冗余的优点也要考虑它的缺点。一种好的冗余设计应该是既能提高可靠性又能降低成本。简单的备件储备不一定是最经济的。

16. 根据设备的设计文件，建立可靠性框图和数学模型，进行可靠性预计。随着研制工作深入地进行，预计预分配应反复进行多次，以保持其有效性。

17. 系统设计时应保证系统各单元之间、单元内各零部件之间兼容性良好，能可靠地工作，而不应产生互为干扰或对其中的设备造成损害或降低其使用性能。

18. 如果有容易获得且行之有效的普通工艺就能够解决问题，就不必要过于追求新工艺。因为最新的不一定是最好的，并且最新的工艺没有经过时间的考验。此外，还应从费用、体积、重量、研制进度等方面权衡选用，只有为了满足特定的要求时才宜采用。

19. 在产品研制的早期阶段应进行可靠性研制试验。在设计定型后大批投产前应进行可靠性增长试验，以提高产品的固有可靠性和任务可靠性。

20. 尽量采用通用件、标准件。设计设备时应尽可能采用现有通用的零部件、工具和附件。应尽量使用标准的零部件（或元器件），并用标准的命名方法来标记。

21. 提出整机的元器件限用要求及选用准则，编制元器件优选手册（或清单）。

22. 关键、重要零部件应列出清单，严格规定使用操作规程、制作工艺，严格控制公差（指标）准确度，并要在设计图样和文件上进行标识。在产品实现过程中，应对关键件和重要件进行标识，确保关键件、重要件的可追溯性。

23. 尽量采用计算机辅助设计（CAD）和（或）计算机辅助制造（CAM）。

第二章　结构材料及电子元器件的选用

第一节　结构材料的选用

电子设备经常要在各种不同的环境条件下使用，其中除了需承受恶劣的气候环境，复杂的机械环境，还有各种电、磁环境等，故电子设备的结构设计除了应保证结构材料及形式具有足够的强度和刚度外，还需考虑恶劣的气候条件会引起的电子设备中金属和非金属材料的腐蚀、老化、霉烂、性能显著下降等。所以应根据设备所处环境条件的性质、影响因素的种类、作用强度的大小来合理选择相应的结构材料并采取相应的防护措施和防护性结构设计，以有效保障设备的可靠性。

一、通用原则

24. 材料包括防护材料的选择，应由设备体系—整机—分机—部件—零件等由大至小的方式系统地进行，层层考虑材料之间的相容性。在整机设计制造过程中，应处理好元器件材料、装联材料、结构材料和防护安全材料之间的相容性及彼此间的组合匹配关系，并结合维修性、寿命周期、综合成本等因素进行系统优化选择。

25. 全面考虑材料的综合性能和性价比（性能价格比）。除应考虑材料的力学性能（强度、硬度、弹性），物理性能（导电性、导热性、磁性、光学性能、密度等），冷、热加工性能和性价比等因素外，还要考虑材料的耐蚀性能和可表面处理特性。在允许范围内，有时宁可降低一些材料的其他性能要求，也要满足材料的耐蚀性能和表面处理性能要求。

26. 不应选用在产品使用环境下及产品有效期内易发生虫蛀、腐蚀、脱皮、龟裂的材料，必须使用时，应采取防护措施。

27. 尽量避免选用在工作时或在不利条件下可燃或会产生可燃物的材料，必须采用时应与热源、火源隔离。

二、金属材料的选用

28. 选择耐腐蚀金属材料，如不锈钢、铝合金等，也可以考虑选用非金属材料代替金属材料。

29. 容易产生腐蚀而不容易维修的部位，应选择高耐蚀性的材料。例如，湿热带海洋性气候地面电子整机的天线管系等易腐蚀部位，应优选钛合金、奥氏体

不锈钢（0Cr18Ni，12Mo2Ti 等）、海军黄铜（锡黄铜）等材料，弹簧应优先采用耐蚀的奥氏体不锈钢材料，组合件尽量使用同寿命材料。

30. 选择腐蚀倾向小的材料和热处理状态。在可用硬铝，也可以用防锈铝的情况下，优先选用防锈铝；在应使用硬铝合金时，优先选用 2A12-T4（LY12-CZ）而不用 2A12-H112（LY12-R）。

31. 选择杂质含量低的材料。应选择氮、磷、硫、硅等有害杂质含量低的钢材；在强度满足设计要求的情况下，也应尽量选用含碳量低的钢材。铝材中应优先选铜、铁、镍、硅、镁等杂质含量低的铝合金；在青铜中铅的含量应低于 0.02%。

32. 金属材料的耐腐蚀性。

1）在恶劣使用条件下，应选择耐腐蚀性能好的材料。这些材料有金、钯、铂、铑、铬、镍、钛及钛合金、锡、锡铅合金、奥氏体型不锈钢（如 0Cr18Ni9，1Cr18Ni9，1Cr18Ni9Ti，00Cr18Ni10）等。

2）在一般使用条件下，应选择耐腐蚀性能较好的材料。这些材料有铁素体和马氏体型不锈钢、铜和铜合金、纯铝、铝镁合金、铝锰合金、铝镁硅合金、银、铅及铅合金等。

3）在良好使用条件下，可选择耐腐蚀性能较差的材料。这些材料有碳钢、低合金钢、灰铸铁、不耐腐蚀铝合金、锌和锌合金、镁和镁合金等。

33. 选择可镀、涂且防护性能好，工艺稳定的材料。为了选用可镀、涂工艺性能好的材料，铝合金尽量避免使用 H112（R）状态 2A12 硬铝合金；铸造铝合金应选用针孔级别为 1 级、2 级的，针孔级别不要超过 3 级，它是可镀覆处理的最高级别铸造铝合金。注意：同一牌号、不同批次的金属材料，其镀覆性能和转化膜的外观与质量可能有所不同；采购时一定要明确材料的名称、牌号、状态、规格尺寸和技术条件（标准编号），而且要选择质量信誉高、制造工艺稳定可靠的生产厂商定点供货。进货时，应检验，必要时要检测材料的可镀覆性能。

34. 材料的选择应与其邻近的元器件或设备的材料具有相容性，如电偶腐蚀的相容性，非金属材料与金属材料气氛或接触腐蚀相容性等。

35. 材料应在热膨胀系数，受外热或自发热时的补偿反应以及化学性质等方面和被密封零件互不抵触。

36. 金属材料的选择应尽量避免易产生应力腐蚀开裂的材料。

37. 碳钢在各种环境中的耐腐蚀性都较差，所有碳钢零件都应进行有效的表面防护处理；合金钢的耐腐蚀性得到改善，但仍需要较好的表面防护。对于抗拉强度在 1300MPa 以上的高强度合金钢零件，应特别注意其应力腐蚀和氢脆的敏感性。

38. 除马氏体不锈钢经钝化处理后，需涂敷防腐蚀覆盖层外，其他不锈钢都

可经钝化处理后直接使用。

39. 铝合金的选择应考虑合金的抗应力腐蚀和剥蚀性能，尽可能地选用对应力腐蚀和剥蚀敏感度低的合金和热处理工艺。

40. 钛及钛合金有优良的抗蚀性，一般可经钝化处理后直接使用。但钛合金与铝合金或合金钢等接触时，会引起与之接触的其他合金产生电耦腐蚀，应对与钛合金接触的合金进行表面处理，必要时钛合金也应表面处理（阳极氧化）。

41. 钛合金对磨蚀有较高的敏感性，在钛合金之间或钛合金与其他金属界面之间易产生磨蚀。在结构设计中，应尽可能采取使磨蚀减至最小的结构方案。

三、非金属材料的选用

42. 非金属材料与金属材料一样，除了要具有所需的功能特性外，还应具有相应的环境适应性（如耐霉性，耐高低温、耐光老化的特性，耐水，耐油性，润滑剂、润滑脂的耐氧化性等），以及良好的抗降解、抗老化、抗疲劳等性能。

43. 选用非金属材料应不会造成邻近或接触材料的腐蚀，如对金属材料的接触腐蚀和其他非金属材料溶胀、变质等。

44. 选用非金属材料时，不但要注意抗霉性能，而且要考虑材料所散发的气体对周围金属及镀层的影响。

45. 使用有机纤维材料要考虑防霉和缩水处理。

46. 当镀银发热元件与含硫材料接触时，应采取有效的防护措施。

47. 在密封装置或狭小空间内应尽量避免使用聚氯乙烯、氯丁、酚醛、多硫化物等类聚合物。

48. 高频电路中不得使用吸水性绝缘材料，亲水性材料应进行憎水处理。

49. 电绝缘材料的选用应满足下列一般要求：耐高温、低温；吸湿性低、透湿性小；较高的介质强度；较小的介电常数；介质损耗角正切值小；一定的机械强度；防臭氧性能好；防燃烧等。

50. 应根据使用条件选用下列电绝缘材料：陶瓷、陶瓷浸渍纤维制品、绝缘层压制品、云母制品、绝缘薄膜、绝缘漆。

51. 不应选用电工胶带、纺织品胶带或塑料压敏胶带或木材作电气绝缘。

52. 选择工程塑料应该考虑以下因素：

1）机械：受应力的形式和大小，负荷的形式和时间，抗疲劳要求，允许的变形，超负荷和意外受力情况，抗冲击要求等。

2）温度：正常的工作温度，最高和最低的工作温度，使用环境温度。

3）环境：接触溶剂和各种蒸发情况，与酸、碱等的化学反应，吸水情况，受紫外线和环境（氧化）影响，受砂、雨侵蚀，受霉菌、细菌、微生物影响等情况。

4）毒性：阻燃性，助剂或分解产物的毒性。

5）外观：透明度，表面光度，色泽的一致和持久性。

6）一般：允许误差和尺寸稳定性，重量因素，空间限制，制品期望寿命，助剂的析出，蒸汽和气体的透过性，磨损要求，阻燃性等。

7）制造：加工工艺的选择，装配方法，修剪和二次加工（装饰等），质量控制和监督。

8）成本：材料成本、加工成本。

9）回收：加工废料及该产品报废后能否回收利用。

10）法规：安全法规（阻燃、食品级、医用等），工业规定（汽车工业、电子工业等）。

53. 选用塑料时还应注意以下几个方面的问题：

1）塑料的导热性一般较低。

2）塑料的线膨胀系数一般较金属大，有的易吸水，因此尺寸变化较大，设计选用时需考虑配合间隙和公差范围。

3）有的塑料有应力开裂的倾向，设计选用时要避免应力集中或做适当的后处理，并严格要求加工工艺。

4）有的塑料有蠕变或变形的倾向，选用时需注意。

5）任何塑料都有一定的使用强度范围以及能承受的压力和速度极限，选用时最好先查阅相关材料手册。

6）尽可能选用阻燃无烟类塑料。塑料在燃烧时往往释放大量的烟雾，这些烟雾一般都有毒性，是导致火灾中人员伤亡的主要元凶。故除了阻燃还要抑制烟雾。如POM、PA6、PMMA、LDPE、HDPE、PP、PTFE、PVDC等塑料一般可作为无烟塑料直接使用，而PET、PC、PS、ABS及PVC等塑料需经过消烟处理后才能使用。

54. 不宜选用塑料材料的场合如下：

1）超高的材料强度：如拉伸强度超过300MPa时，建议选用高强度金属材料或超级陶瓷材料。

2）耐热要求高：塑料的最高使用温度一般在300℃左右，大多数塑料的使用温度为100～260℃。在使用环境温度超过400℃时几乎无合适塑料材料可选。

3）尺寸准确度要求高：塑料材料的成型收缩率大且不稳定，因此塑料制品的尺寸准确度不高。建议选用金属或高级陶瓷。

4）高绝缘性：在超高压电力环境下，要求绝缘材料的耐电晕性要特别突出。塑料材料中耐电晕性好的有PE、PI及XLPE，它们也只可用于550kV以下的高压电力环境。对于超过550kV的高压电力环境建议选用云母等其他绝缘材料。

5）高导电性材料，高磁性材料：塑料材料向来以绝缘性好而著称，传统的

磁性材料一般为铁氧体和稀土两类。虽然近年来也开发出了一些导电塑料和磁性塑料，但仍有许多不足。建议在高导电性和高磁性要求的场合不要选用塑料材料，还是选用传统的导电金属材料和磁性材料较为稳妥。

55. 建议选用塑料材料的场合如下：

1）轻：塑料的相对密度一般为 0.83 ~ 2.2，仅比木材稍高。因此在制品特别要求轻重，而木材又不能满足需要时，一般选择塑料或泡沫塑料。

2）比强度高：在各种材料中，塑料具有最高的比强度，比特种合金铝还高。在既要求轻质又要求高强度的中、低载荷使用环境中，塑料是最合适的材料。

3）形状复杂：塑料的易加工特点使其能成型形状复杂的产品。对于形状复杂的产品，用塑料材料用注射方法成型相比金属结构件加工既简化了加工工艺要求，又能大大节省成本费用的支出。

4）耐腐蚀：塑料具很高的耐腐蚀性，仅次于玻璃和陶瓷。尤其是聚四氟乙烯，它能耐各种强酸、强碱及强氧化剂，连“王水”（浓硝酸和浓盐酸按 1∶3 的比例混合而成）都有一定的抗腐蚀性。

5）自润滑性好：在很多摩擦接触的结构中禁止使用润滑剂，以防止污染，具有良好自润滑性的塑料材料则成为最佳选择。

6）防振、隔热、隔声性能好：塑料尤其泡沫塑料具优异的防振、隔热、隔声性能。软质 PU、PE、PS 泡沫塑料常用在防振上，如 PE、PS 常用于防振包装；硬质 PU、PS、PF 和脲醛等泡沫塑料常用于隔热应用；隔声时，PS 泡沫塑料最常用。

7）综合性能高：在所有材料中，塑料的综合性能最高。如 PC，其在具有刚、韧、硬的性能的同时还具有耐磨、耐腐蚀、电绝缘性优异等优点。

56. 应根据粘接强度、工作温度、固化条件、电气性能、耐膨胀性、被粘接材料的特性和所承受的载荷等优先选用性能优异的热固性胶粘剂；所选用的胶粘剂不应对被结合件或附近的零部件产生有害影响。

57. 所用的粘合剂应防水，在使用环境条件下，粘合应牢固，并具有一定的耐久性。耐候性较好的胶粘密封剂有硅橡胶胶粘密封剂、聚氨酯胶粘密封剂、环氧-丁腈胶胶粘剂等。胺固化环氧胶粘密封剂不宜在海洋大气环境暴露使用。

第二节　电子元器件的选用

电子元器件是电子产品最基本组成单元，电子设备的故障有很大一部分是由于元器件的性能、质量或选用的不合理而造成的，故电子元器件的正确选用是保障电子产品可靠性的基本前提。可靠性设计就是选用在最坏的使用

环境下仍能保证高可靠性的元器件的过程。

一、通用原则

58. 元器件和接插件应选用符合国家标准和专业标准元器件，不用或少用非标准件。如果必须采用非标准的元器件，则该元器件应相当或优于类似的标准元器件，且应确定生产厂商共同进行质量控制，并对其进行环境实验。

59. 在选用元器件时，不仅要考虑满足电气性能要求，而且应经可靠性筛选，选择能满足可靠性要求的元器件。

60. 尽量减少元器件规格品种，增加元器件的复用率，使元器件品种规格与数量比减少到最低程度。

61. 电子元器件在选择时应考虑降额使用。

62. 采用的外购产品应是经过生产定型或转厂鉴定，且应是成批生产的产品。

63. 在电路设计中应尽量选用无源器件，将有源器件减少到最低程度。

64. 在设计时应选用其主要故障模式对电路输出具有最小影响的部件及元器件。

65. 选择元器件时应考虑其失效模式，尽量不用已知的易失效的元件。元器件在经过长期应用和环境条件的变化时，会引起其特性参数发生变化，在选用元器件时应考虑其变化的极限。

66. 非经主管部门批准或客户同意不得选用高失效率的元器件。如简便电源插头、香蕉插头、电池、套筒式轴承等。

67. 正确选用那些电参数稳定的元器件，避免设备和电路产生漂移失效。

68. 在选用元器件时，除按加到元器件上的电应力性质及大小选用外，还应注意尽量降低环境影响的灵敏性，以保证在最坏环境下，元器件仍能正常工作选用。

69. 在脉冲工作下的元器件应有较大的电流裕量和良好的频率特性。

70. 经常使用在潮湿环境条件下的电子设备，选用元器件时要特别注意其密封性和耐潮性。

71. 在选择元器件时应考虑电磁兼容性要求，应选择噪声系数小和电磁干扰影响迟钝的元器件。

72. 尽可能选用密封元器件。选用密封元器件时应采用陶瓷、金属、玻璃封装的密封器件。

73. 应优先选择高集成度的微电子器件。优先选择小功率的元器件。优先选择功能强、体积小、重量轻的元器件。

74. 应选择能满足设备要求，但不一定是最好的元器件。

75. 所选用的半导体器件应采用玻璃、金属、金属绝缘膜、陶瓷或用这些材