



The Foundation of  
Components Quality  
and Reliability Engineering

# 元器件质量 与可靠性工程基础

■ 黄姣英 高成 编著



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

# 元器件质量 与可靠性工程基础

黄姣英 高 成 编著

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了元器件质量与可靠性工程的相关内容,围绕型号工程元器件质量与可靠性工程这一主线,从元器件质量与可靠性基本概念、标准体系、质量等级等内容入手,引出元器件全寿命周期质量与可靠性保证体系的内容,包括元器件质量保证大纲的编制、优选目录的制定、选用、采购、监制与验收、筛选、贮存、质量评审、3A 和应用验证等,详细介绍了元器件可靠性试验技术、分析技术、评价技术、塑封器件质量与可靠性保证技术、认证体系、应用验证技术、信息管理技术、制造工艺过程质量保证技术和使用风险管理等技术与方法,最后对当前元器件质量与可靠性最新技术、发展趋势等进行了综述。

本书可作为高等院校元器件质量与可靠性工程相关专业本科、硕士研究生教学参考书,也可作为从事元器件质量与可靠性工作的相关技术人员学习和培训的参考资料。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

元器件质量与可靠性工程基础 / 黄姣英, 高成编著.

— 北京: 国防工业出版社, 2018. 4

ISBN 978 - 7 - 118 - 11546 - 8

I. ①元… II. ①黄… ②高… III. ①军品—元器件—质量控制②军品—元器件—可靠性工程 IV. ①E144

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 051279 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市天利华印刷装订有限公司

新华书店经售

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 22 $\frac{3}{4}$  字数 500 千字  
2018 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 98.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777  
发行传真: (010) 88540755

发行邮购: (010) 88540776  
发行业务: (010) 88540717

# Preface 前言

元器件是确保武器装备性能和质量的战略性基础资源，对武器装备建设具有至关重要的作用，“一代器件、一代装备、一代能力”。随着武器装备系统性能和可靠性水平的不断提高，应用环境的不断拓展，元器件扮演着越来越重要的角色。毫不夸张地说，所有武器装备功能、性能的实现和提高，都依赖元器件的不断改进和提升，元器件已成为型号工程发展的最重要推动力。

型号工程用元器件是元器件家族的特殊群体，性能要求高、品种多，但用量又不大，同时，还存在型号寿命周期长与元器件更新换代快、元器件应用方与生产方各自分散等矛盾，造成型号工程用元器件在质量、成本、进度、维修保障等方面存在诸多的困难，元器件已成为制约型号发展的最关键因素之一。随着武器装备向电子化、自动化、智能化的发展，型号工程对元器件的可靠性也提出了越来越高的要求。

高等院校工科学生的教育目标是培养应用型、创新型、复合型、高层次工程技术和研究人才，作为质量与可靠性工程专业本科、硕士研究生，掌握电子系统最基本的单元——元器件的质量与可靠性相关知识和内容，对其学习、工作都将具有重要意义。本书编写的目的是给质量与可靠性工程读者建立完整的元器件质量与可靠性工程的知识体系结构，内容涵盖元器件质量与可靠性的基本概念、标准体系、质量等级、寿命全过程质量保证体系、质量认证体系、试验技术、分析技术、质量与可靠性评价技术、应用验证技术、信息管理技术、风险管理等，以及元器件制造过程质量与可靠性管理、元器件质量与可靠性新技术及发展趋势等相关内容，有助于读者全面了解和掌握型号工程元器件质量与可靠性基本知识和技术体系，具有系统性、基础性和工程实用性的特点。

全书围绕型号工程元器件质量与可靠性工程这一主题，共有 14 章内容，第 1 章从元器件的定义与分类入手，引出元器件质量与可靠性的基本概念及其可靠性表征等；第 2 章综述性介绍了我国军用元器件标准体系、质量等级、质量保证等级，以及国外军用元器件标准体系与质量保证等级等；第 3 章详细讲解了型号元器件全寿命周期元器件质量与可靠性保证体系中每个工作项目的目的、必要性、工作内容和注意事项等；第 4 章重点对我国军用元器件质量认证体系——QPL 和 QML 两种认证方式的要求、程序、标准制定、认证的实施以及典型案例进行了深入阐述；第 5 章分别介绍了 3 种定量评价元器件生产过程质量控制技术，即 PPM、 $C_{pk}$  和 SPC 的定义、工作内容及应用案例等；第 6 章对各类元器件可靠性基础试验技术，从试验原理、试验方法、针对的缺陷以及注意事项等方面进行了详

细探讨；第7章给出元器件补充/二次筛选试验技术，包括筛选的目的及意义、试验项目及顺序、应力确定方法以及筛选过程质量管理和控制等相关内容；第8章讨论了元器件破坏性物理分析、失效分析、结构分析技术的定义、目的、技术内容、发展状况及应用注意事项等；第9章详细介绍了元器件可靠性评价相关技术、包括寿命试验、加速寿命试验、加速退化试验技术等；第10章讨论了元器件应用验证的定义、必要性和国内外开展元器件应用验证的情况，以及元器件应用验证工作的内容、思路和实施等内容；第11章从塑封器件高可靠性应用的优势和不足入手，引出塑封器件高可靠性应用在可靠性试验、分析、评价以及质量保证体系等工作中应注意的问题及解决途径；第12章给出了元器件使用全寿命过程中各类风险的定义、分类、内容、评估、后果及管理，并针对型号工程用无/有铅元器件混用和假冒伪劣元器件的风险给出了应对策略；第13章讨论了元器件使用全寿命过程中信息管理的工作内容；第14章对新型元器件可靠性技术、失效物理分析技术、集成电路可靠性评价新方法进行了综述。

全书14章的内容，由北京航空航天大学可靠性与系统工程学院元器件质量工程研究中心组织编写，黄姣英编写第1、3、6、14章，高成编写第2、4、5、8、9章，王香芬编写第10章，鹿靖编写第13章，傅成城编写第12章，中国航天科工集团二院201所张虹编写第11章，梅亮编写第7章。最后由黄姣英进行全书统编。

本书的编写过程得到了北京航空航天大学可靠性与系统工程学院领导、老师、同事和同学们的热心帮助，在此致以衷心感谢。特别感谢北京航空航天大学王自力教授、康锐教授、曾声奎教授、郑鹏洲教授等学院领导给予的支持与帮助；感谢西安电子科技大学张德胜教授，中国航天科技集团五院夏泓研究员、张延伟研究员，中国航天标准化与产品保证研究院江理东研究员、王敬贤研究员等对本教材编写的指导与帮助；感谢刘孝章、郭伟、王宇飞、张承、武荣荣、孙悦、江敏、胡林江、赵冬、杨达明、高会壮、刁胜龙、崔灿、熊园园、张明杰、万永康、张芮、赵鹏等对本书的编写所做的工作。

由于编者水平有限，元器件质量与可靠性内容涉及的知识面较广、技术层次较深，书中可能存在不妥之处，恳请广大读者不吝赐教（[huangjy@buaa.edu.cn](mailto:huangjy@buaa.edu.cn)）。

编者

2017年2月

# Contents 目 录

## 前言

第 1 章   元器件质量与可靠性概述 .....	1
1.1 元器件的定义及分类 .....	1
1.2 军用元器件的分类 .....	1
1.3 元器件的质量与可靠性 .....	4
1.3.1 质量与可靠性的定义 .....	4
1.3.2 元器件的质量 .....	5
1.3.3 元器件的可靠性 .....	5
1.4 元器件的可靠性分类 .....	7
1.5 元器件的可靠性表征 .....	7
本章小结 .....	10
习题 .....	10
第 2 章   军用元器件标准体系与质量等级 .....	11
2.1 我国军用元器件标准体系 .....	11
2.1.1 概述 .....	11
2.1.2 军用元器件标准体系 .....	11
2.1.3 军用元器件标准发展过程 .....	14
2.1.4 我国军用元器件标准化工作现状 .....	16
2.2 国外军用元器件标准体系 .....	17
2.2.1 国外军用元器件标准体系概述 .....	17
2.2.2 美国军用及宇航元器件标准体系 .....	17
2.2.3 欧空局宇航元器件标准体系 .....	19
2.3 我国军用元器件标准的水平控制 .....	22
2.3.1 标准和规范 .....	22
2.3.2 军用元器件标准的水平控制 .....	22
2.3.3 元器件标准和规范的水平确定 .....	23
2.3.4 元器件标准和规范的水平控制 .....	24
2.3.5 元器件企军标详细规范水平控制 .....	25

2.4	军用元器件质量等级 .....	26
2.4.1	质量等级的定义 .....	26
2.4.2	我国军用元器件质量等级体系 .....	26
2.4.3	国外军用元器件生产保证质量等级 .....	32
2.4.4	进口元器件可靠性预计质量等级 .....	33
2.5	元器件质量等级的应用 .....	34
2.5.1	质量等级的应用 .....	34
2.5.2	质量等级的评定 .....	36
2.5.3	军用质量等级与工业质量等级 .....	36
2.5.4	高可靠元器件质量等级与升级筛选 .....	37
2.5.5	元器件质量等级使用中的误区 .....	38
	本章小结 .....	41
	习题 .....	42
<b>  第3章  </b>	<b>军用元器件质量认证体系 .....</b>	<b>43</b>
3.1	引言 .....	43
3.2	军用元器件质量认证体系 .....	43
3.2.1	军用元器件质量认证机构 .....	43
3.2.2	军用元器件质量认证方式 .....	43
3.2.3	军用元器件生产线质量认证的程序 .....	44
3.2.4	军用元器件贯标产品质量认证的程序 .....	46
3.2.5	军用电子元器件质量认证的维持 .....	46
3.3	军用元器件质量认证贯标文件的标准化工作 .....	46
3.4	军用元器件质量认证依据的标准和文件 .....	47
3.5	军用元器件质量认证检验 .....	48
3.5.1	筛选检验 .....	48
3.5.2	鉴定检验 .....	49
3.5.3	质量一致性检验 .....	56
	本章小结 .....	57
	习题 .....	57
<b>  第4章  </b>	<b>元器件使用全过程质量保证体系 .....</b>	<b>58</b>
4.1	元器件使用可靠性保证简介 .....	58
4.2	元器件质量保证大纲 .....	60
4.3	元器件质量保证机构体系要求 .....	60

4.4	元器件优选目录或选用目录的编制与管理 .....	61
4.5	元器件选用控制 .....	63
4.5.1	元器件选用控制的基本原则 .....	63
4.5.2	元器件选用的依据 .....	64
4.5.3	元器件选用工作要求 .....	64
4.5.4	元器件选用的工作程序 .....	64
4.5.5	元器件选用重点关注要素 .....	65
4.5.6	元器件选用时对生产厂应关注的要素 .....	65
4.5.7	国产元器件选用顺序 .....	65
4.5.8	进口元器件选用顺序 .....	65
4.5.9	质量等级选择 .....	66
4.5.10	环境适应性选择 .....	66
4.5.11	元器件选用控制 .....	66
4.6	元器件的采购管理与控制 .....	67
4.6.1	元器件采购管理与控制要求 .....	67
4.6.2	元器件合格供应方质量认定 .....	70
4.6.3	进口元器件采购管理 .....	71
4.6.4	国产元器件采购管理 .....	72
4.6.5	注意事项 .....	72
4.6.6	采购风险控制流程图 .....	72
4.7	元器件监制质量管理与控制 .....	73
4.7.1	元器件监制管理一般要求 .....	73
4.7.2	元器件监制工作主要内容 .....	74
4.7.3	元器件监制工作实施 .....	74
4.7.4	元器件监制过程质量管理 .....	75
4.8	元器件验收质量管理 .....	75
4.8.1	元器件下厂验收 .....	75
4.8.2	元器件到货检验 .....	78
4.9	元器件补充/二次筛选 .....	78
4.10	元器件贮存保管管理 .....	78
4.10.1	引言 .....	78
4.10.2	元器件贮存环境 .....	79
4.10.3	元器件贮存有效期 .....	80
4.10.4	元器件超期复验 .....	83
4.11	元器件质量评审管理 .....	86
4.11.1	元器件质量评审目的 .....	86



4.11.2	元器件质量评审内容	86
4.11.3	元器件评审方式和要求	87
4.11.4	注意事项	89
4.12	元器件3A管理	90
4.13	元器件应用验证管理	90
	本章小结	90
	习题	90
<b>第5章   元器件生产过程质量控制体系</b>		<b>91</b>
5.1	引言	91
5.2	数理统计相关基础	92
5.2.1	术语概念	92
5.2.2	正态分布	92
5.3	工序能力指数 $C_{pk}$	95
5.3.1	工艺参数分布规律的定量描述	95
5.3.2	工序能力的定量表征和工艺成品率	97
5.3.3	工序能力指数的常规计算方法	104
5.3.4	6 $\sigma$ 设计技术	105
5.4	统计过程控制SPC技术	107
5.4.1	SPC的定义	107
5.4.2	SPC的发展和应用	109
5.4.3	SPC技术流程	110
5.4.4	SPC技术的内容	110
5.4.5	SPC的步骤	111
5.4.6	SPC的焦点——关键过程节点和关键工艺参数	112
5.4.7	SPC的关键——控制图	113
5.4.8	工艺过程受控的判断规则	120
5.4.9	控制图应用注意事项	121
5.4.10	SPC应用实例	122
5.5	PPM技术	123
5.5.1	PPM的基本含义、标准及分类	123
5.5.2	PPM的计算方法	124
5.5.3	PPM的应用	126
5.6	军用元器件生产中实施统计质量控制技术的有关问题	127
5.6.1	几点认识	127
5.6.2	工序能力指数的计算问题	128

本章小结 .....	130
习题 .....	130
<b>第 6 章   元器件可靠性试验技术 .....</b>	<b>131</b>
6.1 元器件可靠性试验方法 .....	131
6.1.1 元器件可靠性试验的定义与分类 .....	131
6.1.2 元器件可靠性试验方法的国内外标准 .....	132
6.2 元器件可靠性基础试验与方法 .....	135
6.2.1 可靠性基础试验的分类 .....	135
6.2.2 气候环境应力试验 .....	139
6.2.3 机械环境应力试验 .....	147
6.2.4 与封装工艺有关的试验 .....	149
6.2.5 与密封有关的试验 .....	156
6.2.6 老炼试验 .....	157
6.2.7 与外引线有关的试验 .....	160
6.2.8 特殊试验 .....	161
6.2.9 与标识有关的试验——耐溶剂性试验 .....	167
6.2.10 与辐射有关的试验 .....	167
6.2.11 塑封器件可靠性基础试验方法 .....	168
6.3 元器件可靠性试验的设计 .....	169
本章小结 .....	172
习题 .....	172
<b>第 7 章   元器件筛选试验技术 .....</b>	<b>173</b>
7.1 元器件筛选试验技术概述 .....	173
7.2 元器件筛选试验的目的、特点与意义 .....	173
7.3 元器件筛选试验工程分类 .....	175
7.4 元器件筛选试验技术 .....	175
7.4.1 元器件筛选试验方案 .....	175
7.4.2 元器件筛选试验项目的确定 .....	176
7.4.3 元器件筛选试验项目条件的确定 .....	176
7.4.4 元器件筛选试验测试参数 .....	178
7.5 元器件筛选试验的实施 .....	179
7.5.1 型号元器件筛选试验过程 .....	179
7.5.2 筛选试验过程质量管理 .....	181

7.6 批允许不合格率 (PDA) .....	183
7.6.1 PDA 定义 .....	183
7.6.2 PDA 实施 .....	183
7.6.3 实施 PDA 需要注意的问题 .....	183
7.7 常用的元器件筛选试验项目 .....	184
7.7.1 外部目检 .....	184
7.7.2 X 射线检查筛选 .....	184
7.7.3 密封性筛选 .....	184
7.7.4 高温贮存 .....	184
7.7.5 老炼筛选 .....	185
7.7.6 温度循环筛选 .....	186
7.7.7 恒定加速度筛选 .....	186
7.7.8 颗粒碰撞噪声检测 .....	187
本章小结 .....	188
习题 .....	188
<b>  第 8 章   元器件可靠性分析技术 .....</b>	<b>189</b>
8.1 引言 .....	189
8.2 破坏性物理分析 .....	189
8.2.1 破坏性物理分析的定义 .....	189
8.2.2 国内外破坏性物理分析现状 .....	189
8.2.3 破坏性物理分析工作适用范围及时机 .....	190
8.2.4 破坏性物理分析工作方法和程序 .....	190
8.2.5 破坏性物理分析的结论和不合格处理 .....	194
8.2.6 元器件进行破坏性物理分析需要注意的问题 .....	195
8.3 失效分析 .....	195
8.3.1 失效分析概述 .....	195
8.3.2 失效的分类 .....	196
8.3.3 失效模式与失效机理 .....	197
8.3.4 失效分析的思路、原则与方法 .....	199
8.3.5 失效分析基本要求 .....	201
8.3.6 元器件失效分析程序 .....	202
8.3.7 失效分析过程质量的判断标准 .....	210
8.3.8 开展失效分析工作的关键点 .....	211
8.3.9 失效分析基本技术 .....	212

8.3.10 失效分析案例 .....	220
8.4 结构分析 .....	221
8.4.1 结构分析的定义与作用 .....	221
8.4.2 结构分析的技术流程 .....	222
8.4.3 结构分析的工作流程 .....	225
8.4.4 结构分析的分析技术 .....	227
8.5 FA、CA、DPA 的技术对比 .....	228
8.5.1 CA 和 DPA 的关系 .....	228
8.5.2 CA 和 FA 的关系 .....	228
8.5.3 CA、FA、DPA 比较 .....	229
本章小结 .....	230
习题 .....	230
<b>第 9 章   元器件可靠性评价技术 .....</b>	<b>231</b>
9.1 引言 .....	231
9.2 元器件寿命试验 .....	231
9.2.1 元器件寿命试验的定义和分类 .....	231
9.2.2 指数分布寿命特征元器件寿命试验技术 .....	232
9.2.3 寿命试验中应注意的问题 .....	235
9.3 元器件加速寿命试验技术 .....	237
9.3.1 加速寿命试验的定义 .....	237
9.3.2 加速寿命试验的分类 .....	238
9.3.3 加速寿命试验的理论依据 .....	239
9.3.4 恒定应力加速寿命试验方案的设计与实施 .....	242
9.3.5 加速寿命试验的数据处理 .....	245
9.3.6 加速寿命试验举例 .....	247
9.4 元器件加速退化试验技术 .....	253
9.4.1 加速退化试验定义 .....	253
9.4.2 加速退化试验数据分析方法 .....	253
9.5 元器件 ALT 与 ADT 的区别与联系 .....	256
本章小结 .....	256
习题 .....	257
<b>第 10 章   元器件工程应用验证技术 .....</b>	<b>258</b>
10.1 引言 .....	258

10.2	元器件应用验证与其他质量保证工作的关系 .....	259
10.3	元器件应用验证技术流程 .....	260
10.3.1	元器件应用验证工作技术思路 .....	260
10.3.2	元器件应用验证工作内容 .....	260
10.3.3	元器件应用验证工作流程 .....	261
10.4	元器件应用验证评价指标的确定方法 .....	262
10.4.1	应用数据充分性评价指标确定方法 .....	262
10.4.2	应用失效模式及频数覆盖性评价指标确定方法 .....	263
10.4.3	应用可靠性指标的全面性评价指标确定方法 .....	263
10.5	元器件应用验证工作实施 .....	264
10.5.1	元器件应用验证工作流程 .....	264
10.5.2	元器件应用验证工作实施技术 .....	265
10.6	元器件应用验证综合评价 .....	266
10.6.1	元器件应用验证综合评价方法 .....	266
10.6.2	元器件应用验证综合评价 .....	267
	本章小结 .....	268
	习题 .....	268
<b>第 11 章   塑封器件的质量与可靠性 .....</b>		<b>269</b>
11.1	引言 .....	269
11.2	塑封器件的封装结构及工艺 .....	269
11.3	塑封器件的优势与局限 .....	271
11.4	塑封器件典型的失效机理 .....	272
11.5	塑封器件可靠性试验与评价技术 .....	279
11.5.1	标准寿命试验 .....	279
11.5.2	加速评价试验 .....	281
11.6	塑封器件质量保证体系 .....	282
11.6.1	引言 .....	282
11.6.2	筛选技术 .....	283
11.6.3	DPA 技术 .....	284
11.6.4	鉴定检验 .....	285
11.7	影响塑封器件可靠性的主要因素及对策 .....	286
11.7.1	影响塑封器件可靠性的主要因素 .....	286
11.7.2	提高塑封器件可靠性的措施 .....	287
11.8	塑封器件高可靠性应用 .....	292

11.9	美军标及相关文件中有关塑封器件的内容 .....	294
11.10	与塑封器件可靠性有关标准、文件 .....	296
	本章小结 .....	296
	习题 .....	297
<b>第 12 章</b>	<b>军用元器件使用风险管理 .....</b>	<b>298</b>
12.1	元器件使用风险管理概述 .....	298
12.2	元器件使用风险内容 .....	300
12.2.1	元器件使用风险分类 .....	300
12.2.2	元器件使用一般性风险 .....	300
12.2.3	型号工程进口元器件使用特殊风险 .....	302
12.3	元器件使用过程风险管理 .....	304
12.3.1	元器件风险管理计划 .....	304
12.3.2	元器件使用过程中的风险管理 .....	305
12.3.3	元器件使用过程中不需要管理的风险 .....	306
12.4	型号用进口元器件特殊风险管理 .....	307
	本章小结 .....	308
	习题 .....	308
<b>第 13 章</b>	<b>元器件质量与可靠性信息管理 .....</b>	<b>309</b>
13.1	引言 .....	309
13.2	元器件信息收集与分析 .....	310
13.2.1	元器件信息的分类 .....	310
13.2.2	元器件信息的收集 .....	310
13.2.3	元器件信息的分析 .....	311
13.3	元器件信息数据库 .....	312
13.3.1	元器件信息数据库概述 .....	312
13.3.2	元器件信息数据库建立的原则 .....	313
13.3.3	元器件信息数据库的构成 .....	313
13.4	元器件信息管理系统 .....	314
13.4.1	元器件信息管理系统的必要性 .....	314
13.4.2	元器件信息管理系统的特点 .....	315
13.4.3	元器件信息管理系统建立原则 .....	316
13.4.4	元器件信息管理系统数据库 .....	317
13.4.5	元器件信息管理系统的功能 .....	318

本章小结 .....	320
习题 .....	320
<b>  第 14 章   元器件可靠性技术的发展 .....</b>	<b>321</b>
14.1 引言 .....	321
14.2 元器件可靠性新技术 .....	321
14.3 元器件失效物理分析技术 .....	323
14.3.1 元器件失效物理分析概述 .....	323
14.3.2 失效物理分析技术的发展 .....	323
14.3.3 失效物理分析的作用 .....	324
14.3.4 失效物理分析方法分类 .....	325
14.3.5 失效机理分析 .....	325
14.3.6 失效时间数学模型 .....	327
14.3.7 失效再现试验 .....	333
14.4 集成电路可靠性评价新方法 .....	334
14.4.1 晶片级可靠性评价方法 .....	334
14.4.2 微电子测试结构可靠性评价的方法 .....	334
14.4.3 结构工艺质量认证可靠性评价方法 .....	335
14.4.4 敏感参数可靠性评价方法 .....	335
14.5 计算机辅助集成电路可靠性评价技术 .....	336
14.5.1 计算机辅助集成电路可靠性评价技术概要 .....	336
14.5.2 计算机辅助集成电路可靠性评价系统的构成 .....	337
14.5.3 电迁移失效计算机模拟技术 .....	337
14.5.4 热载流子退化计算机模拟技术 .....	339
14.5.5 氧化层击穿失效计算机模拟技术 .....	341
14.6 MEMS 可靠性评价技术 .....	341
14.6.1 MEMS 的定义 .....	341
14.6.2 MEMS 的可靠性 .....	342
14.6.3 MEMS 机械可靠性评估方法 .....	342
14.6.4 MEMS 硅材料可靠性评价 .....	344
14.6.5 小结 .....	345
本章小结 .....	345
习题 .....	345
<b>参考文献 .....</b>	<b>346</b>

# 第1章 元器件质量与可靠性概述

## 1.1 元器件的定义及分类

元器件是电子电路、系统的基础部件,是能够完成预定功能且不能再分割的基本单元。GJB 8118—2013《军用电子元器件分类与代码》中3.1定义:元器件是在电子线路或电子设备中执行电气、电子、电磁、机电和光电等功能的基本单元,该基本单元可以由一个或多个零件组成,通常不破坏是不能将其分解的。

需要注意的是,英文的 Parts 和 Components 都可译为元器件,也可译为机械结构的零、部件,为了避免混淆,一般在 Parts 和 Components 前加上 Electronic 以便与机械零、部件区分,但 Electronic Components 或 Electronic Parts 译成中文就是电子元器件,字面上又不能覆盖电气、机电元器件,因此在具体的使用中最好将所有类别的元器件称为元器件。

在参考英文文献时,一般将用于电子线路或系统中具有执行电气、电子和机电功能的 Parts 或 Components 理解为元器件,而在机械产品中将 Parts 或 Components 理解为零、部件更合适。

国际上,如美国或欧洲空间局(ESA)的标准中将元器件分为电子、电气和机电元器件,简称 EEE 元器件或 3E 元器件。

## 1.2 军用元器件的分类

元器件早期分为元件和器件两大类,随着技术的进步,新型器件不断出现,元器件门类不断扩展,分类也越来越困难,至今没有一个统一的分类方法。尤其目前元器件在向系统级发展,包括片上系统、微机电系统以及微光机电系统等,已经很难界定这些元器件到底归为哪类。

我国当前标准机构、认证机构等行业管理部门都有各自的分类标准。如 GJB/Z 299C—2006《电子设备可靠性预计手册》中将元器件分为 18 大类;2009 年版中国军用电子元器件质量认证委员会颁布的《军用电子元器件合格产品目录(QPL)》,包括微电路、半导体分立器件、真空电子器件、光电子器件、电阻器、电容器、敏感元件及传感器、开关、电连接器、隔振器、继电器、磁性元件、频率元件、微波元件、微特电机、光纤光缆、光学互连元件、电线电缆、电声器材、电池、外壳、材料等 22 大类。

GJB 832A—2005《军用标准文献分类》将元器件分为 34 类,见表 1-1。



表 1-1 军用电子元器件标准分类

分类号	名 称	分类号	名 称
6101	电阻器	6118	光纤
6102	电容器	6119	光缆
6103	滤波器	6120	光缆组件
6104	频率元件	6121	纤维光学互连器件和无源元件
6105	继电器	6122	纤维光学有源器件
6106	开关	6123	纤维光学传感器
6107	电连接器	6124	半导体光电子器件
6108	波导和同轴元件	6125	平板显示器
6109	电线电缆	6126	激光器件
6110	电缆组件	6127	红外器件
6111	微特电机	6128	集成光学器件
6112	变压器、电感器和磁性元件	6129	真空电子器件
6113	电池	6130	半导体集成电路
6114	印制电路板	6131	半导体分立器件
6115	熔断体和熔断器	6132	电子模块
6116	电声器件	6133	外壳
6117	敏感元件和传感器	6134	电子材料

GJB 8118—2013《军用电子元器件分类与代码》中规定了军用电子元器件的分类原则和方法、分类代码结构和编码方法。该标准分类的第一层，遵循 GJB 7000—2010 中有关电子元器件的分类规定。

GJB 8118 元器件分类原则如下。

(1) 唯一性原则：该标准将一种军用电子元器件归入唯一的一个类目，同一类目的相同层次尽可能按一种方式（功能、结构、材料等）划分。多功能的军用电子元器件，按其主要功能归类，没有合适类目的，归入“其他（99）”类。

(2) 实用性原则：不统一各类目的分类层数，从实际使用出发，按各类元器件特性适当确定层数。对于类目内涵容易产生歧义之处，在“说明”栏中注明包括范围或不包括范围。

(3) 扩展性原则：在各层中设置“其他”类。对于没有合适类目归类的新技术产品，归入“其他（99）”类。

GJB 8118 的分类方法采用层级分类法，最多为五层。第一层为四位数，与 GJB 7000—2010 中的代码保持一致，其余每层为两位数，如图 1-1 所示。