



航天型号 可靠性守则

许达哲 主编



中国宇航出版社

014031983

V417
06

航天型号 可靠性守则

许达哲 主编



中国宇航出版社



北航

C1720083

V417
06

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

航天型号可靠性守则 / 许达哲主编;马志伟等编著
·--北京:中国宇航出版社, 2013.12
ISBN 978 - 7 - 5159 - 0570 - 9

I. ①航… II. ①许… ②马… III. ①航天器可靠性
—研究 IV. ①V417

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 289659 号

责任编辑 王立莉 黄 苹 装帧设计 文道思
责任校对 牟宁宁 漫画创作 丁华元 禹石柱

出 版 中国宇航出版社
发 行

社 址 北京市阜成路 8 号 邮 编 100830
(010)68768548

网 址 www.caphbook.com

经 销 新华书店

发行部 (010)68371900 (010)88530478(传真)
(010)68768541 (010)68767294(传真)

零售店 读者服务部 北京宇航文苑
(010)68371105 (010)62529336

承 印 北京画中国画印刷有限公司

版 次 2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

规 格 850 × 1168 开 本 1/32

印 张 4 字 数 68 千字

书 号 ISBN 978 - 7 - 5159 - 0570 - 9

定 价 28.00 元

本书如有印装质量问题, 可与发行部联系调换

《航天型号可靠性守则》

作者名单

主 编 许达哲

编著人员 许达哲 马志伟 徐福荣 卿寿松

夏 泓 汪 玲 王晓明 刘春立

李文钊 遇 今 刘志全 谷 岩

周正伐 周炽九 尚 超 贾成武

李 胜 刘正高 角淑媛 肖正航

张铁钧

前 言

中国航天在五十多年的发展历程中，积累了大量的航天型号可靠性工作经验，这是一笔非常宝贵的财富。2006年，中国航天科技集团在系统总结经验教训的基础上，编写、发布了《航天型号可靠性守则》（以下简称《守则》），对航天型号可靠性工作起到了很好的指导作用。

近年来，集团公司面临多型号并举、研制批产任务并重、发射密度和试验强度明显提高的新形势，这对航天型号可靠性工作提出了新的挑战 and 更高要求。同时，航天型号可靠性工作也在实践中形成了一些新技术、新方法。为了提高航天型号研制和管理人员可靠性工作的能力和水平，我们对2006版《守则》进行了修订和完善。

新《守则》借鉴可靠性技术研究及应用成果，按照全面性、严谨性、通俗性、可操作性

和实效性的原则，紧密结合航天型号科研生产实际，力求用简明、通俗、准确、规范的语言，系统总结、归纳中国航天五十多年来，特别是集团公司成立以来航天型号可靠性工作的经验和教训，重点指出在管理、设计分析、试验、元器件、软件和材料零件工艺等方面，航天型号可靠性工作该做什么、怎么做。

新《守则》以GJB450A《装备可靠性工作通用要求》和QJ1408A《航天产品可靠性保证要求》规定的可靠性工作项目为主线，在2006版《守则》的基础上，增加了2006年以来新发布标准、文件的相关工作项目及要求，明确了可靠性基础与航天型号工作的关系，提炼了可靠性工作的精细化分析、量化控制、单点故障模式识别与控制、技术风险分析与控制、禁限用工艺等最佳实践经验，强调了通用产品及外包产品的可靠性管理，以适应新的航天型号研制需求。《守则》分为六篇，包括管理、设计分析、试验、元器

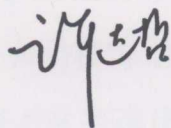
件、软件和材料零件工艺，共116条，涵盖了航天型号可靠性工作的主要内容，明确了广义可靠性的内涵，倡导了产品可靠性应由元器件、材料、工艺等基础作为保证的理念。为了便于读者学习和掌握，每个“条目”都分为技术要点和内容解释两部分。

《守则》作为航天型号可靠性工作的基本方略，对航天型号可靠性工作具有很强的指导意义。它与现行的可靠性法规、标准、规范相辅相成，配套实施，构筑了集团公司较为完整的可靠性工作行为规范体系。它的出版和实施，将会促进航天型号研制队伍更好地掌握可靠性工作的理念、规则和方法，进一步提升航天型号可靠性工作的水平。

希望航天型号全体研制和管理人员，结合自身工作实际，认真学习、掌握和遵守《守则》，并在工程实践中贯彻执行，不断提高航天型号可靠性水平，确保航天型号不断取得成功，在续航

天梦、铸强军梦、圆中国梦的伟大征程中，推动我国由航天大国向航天强国迈进。

在本书编写过程中，得到了集团公司质量与可靠性专家组、元器件可靠性专家组、软件专家组和工艺专家组及有关专家的大力支持。在此，一并致以诚挚的谢意！



2013年11月30日

目 录



第一篇 管理 / 1



第二篇 设计分析 / 25



第三篇 试验 / 49



第四篇 元器件 / 57



第五篇 软件 / 67



第六篇 材料零件工艺 / 81



附录一 可靠性基本术语 / 99



附录二 航天型号质量、
可靠性标准 / 108



第一
篇

管
理





第1条 可靠性工作必须从用户需求出发，以提高产品使用效能为目标，贯彻“从源头抓起、预防为主、全过程控制、系统管理”的原则，系统策划，规范实施，注重早期投入，力求事半功倍。

用户需求实际上就是用户对于交付产品应完成任务的需求，主要包括使用、维护、保障三方面的需求，也就是产品应体现安全可靠、维护简捷、保障完备。可用性、任务成功性和固有能力和三者综合最终保证与提高产品使用效能，为此，产品研制一开始就应做好研制全过程可靠性（包括维修性、安全性、保障性等）工作的策划，并加以规范实施。

从研制过程看，源头是设计，设计决定固有可靠性，设计是重中之重，必须从设计抓起；从型号管理看，源头是人，人是第一因素，必须提高全员的可靠性素质。可靠性工作必须防字当头，工作做在前头，防患于未然。早期投入包括人力、财力、时间上的投入，实践表明投入越早，可靠性收效越大。

全过程控制是指对产品全寿命周期各个阶段实施质量与可靠性控制，控制的重点是实时纠正与控制各种会引起任务失败的随机性故障，并根除与预防各种会引起任务失败的系统性故障。

可靠性工作客观上受到资源条件以及其他诸因素

防范在先，清除隐患



的约束，必须加以科学、全面的策划并规范实施，以最小的代价达到事半功倍的效果。

第2条 牢固树立“可靠性是设计出来的、生产出来的、管理出来的”理念，在产品研制、生产全过程中，有效实施可靠性技术与管理活动，做到精细、量化控制。

可靠性是通过设计确立、生产保证、试验验证、使用中体现的一种产品固有质量属性。在设计、生产、管理的各个过程应针对产品特点，提出可量化的控制目标，做到要求量化、设计量化、验证量化、过程控制量化和结果量化。



可靠性首先是设计出来的。高的可靠性源于良好的设计。设计一旦确定，设计所赋予产品的可靠性水平就随之确定。因此，必须树立可靠性从设计源头抓起的理念，从可靠性要求出发，开展设计关键特性分析，将可靠性要求量化为产品的设计指标，有效应用各种工程、可靠性技术与方法，确保把可靠性设计到产品中去。

可靠性又是生产出来的。设计过程决定了产品的固有可靠性，生产过程决定了产品实际能够达到的可靠性水平。良好的设计可靠性必须依靠稳定可靠的生产过程才能实现到产品中去，生产过程中的不可靠因素（如元器件、原材料、工艺过程、质量控制措施、环境条件、生产人员等）可能导致产品可靠性远低于设计赋予的固有可靠性。在生产过程中必须对元器件、单机/设备进行筛选和老练，开展制造过程（特别是工艺）故障模式及影响分析（FMEA）工作，进行工艺关键特性分析，量化工艺参数，提高工艺可靠性，促进工艺的稳定和成熟；加强对生产人员的培训，控制人员因素带来的差异；强化生产过程质量控制，保证生产环境条件，量化过程控制参数，确保设计所赋予的固有可靠性在生产过程中得以实现。

可靠性也是管理出来的，是对产品进行科学、

精细、量化管理的产物，应贯穿产品研制全过程。航天型号研制是复杂的系统工程，导致产品失效的原因可能来自于从设计到生产的某个细微环节，也可能来自于零部件供应商至总装生产、使用、维护全寿命周期的某个过程。可靠性管理应对产品的可靠性工作以及进度、费用等进行综合权衡，开展可靠性工作策划，实施有效的管理和全过程控制，确保可靠性技术与管理活动系统、规范、有效地进行，确保可靠性要求的实现。

第3条 型号研制全过程应按照技术风险分析与控制的程序和方法，做到系统策划、识别全面、分析准确、措施有效、风险受控。

航天型号具有高风险性。技术风险是指造成型号技术指标不能满足、危害型号任务目标实现或导致型号任务失败的不确定性，一般采用发生可能性和后果严重性进行综合度量。可靠性工作是技术风险分析与控制工作的重要内容之一。应全面辨识可靠性技术风险，并在设计、工艺、生产、试验、贮存、运输、使用等各环节采取有效措施消除或降低技术风险。

技术风险分析与控制工作要按照预定的程序，采用科学的技术方法，识别型号技术风险项目，在分析

风险可能性与严重性的基础上确定风险综合等级，进而采取必要的应对措施，并随着型号研制工作的推进而迭代开展，最终消除风险或将风险降低到可接受水平。

开展技术风险分析与控制工作应做到“系统策划、识别全面、分析准确、措施有效、风险受控”。要围绕型号全研制阶段，针对全型号配套产品，系统开展风险策划，策划内容应完整、全面，形成的工作计划应与型号研制各项计划相协调。要面向型号配套产品，从设计、生产、试验、贮运、使用等各环节识别技术风险源。对风险发生可能性、风险严重性的分析和评价要以历史故障、理论分析、仿真计算、实物试验结果及有关标准规范为基础，保证所确定风险综合等级的准确性。针对每一项技术风险，应提出消除、降低、转移或接受的应对措施，并验证其有效性。提出的风险应对措施要在相关环节真正落实，最终使各项技术风险受控。

技术风险识别与控制工作程序一般分为策划、识别与评价、应对、监控四个步骤。方案、初样、正（试）样、定型、批产等阶段应迭代进行。常用的技术风险识别与分析方法包括故障模式、影响及危害性分析（FMECA），故障树分析（FTA），概率风险评

估（PRA），可靠性预计，设计裕度分析，飞行时序动作/事件保证链分析，质量交集分析等，应根据产品特点 and 所处研制阶段选择使用。

第4条 型号两总对型号可靠性工作负全责。充分发挥设计师系统的主体作用，做到全员参与、分级负责、层层落实、各尽其责。

各型号必须明确和落实可靠性工作的岗位和职责，做到可靠性工作有人做、有人管、有人监督。

型号总指挥（项目经理）对本型号可靠性工作负全责；型号总设计师（项目技术经理）对本型号可靠性技术工作负责；各级设计师是可靠性工作的主体，应按可靠性设计准则、规范进行设计；按可靠性大纲要求和可靠性工作计划，完成好可靠性分析、试验和评价工作，并及时收集、传递可靠性信息，编写可靠性技术报告；各级可靠性专业人员应为型号可靠性工作提供技术支持并行使监督职能，参与可靠性相关评审，审查有关技术文件，收集、整理、分析可靠性信息与数据。

型号总体负责落实用户对型号的可靠性要求，组织制定型号可靠性大纲和可靠性工作计划并监督落实；系统、分系统研制单位负责本级产品的可靠性工



作，落实型号总体对系统、分系统的可靠性要求，提出对下一级产品的可靠性要求并监督落实；单机/设备研制单位负责本单位的可靠性保证工作，落实系统、分系统对单机/设备的可靠性要求。

第5条 型号研制必须制定可靠性大纲，并将可靠性工作纳入型号研制计划，确保与其他研制工作协调推进。

航天型号总体部门，在型号论证阶段、方案阶段，应根据型号可靠性要求和研制费用、进度等约束条件，针对型号特点（如新研制或改进型号）和面临的实际情况（如“九新”状况），对型号可靠性工作进行系统策划，剪裁相关标准要求，确定型号可靠性目标、工作体系和应开展的工作项目等，并形成可靠性大纲或计划。为保证大纲或计划的正确性、符合性、可操作性，应组织相关单位与人员，进行专项评审与确认。

型号分系统及以下层次单位，应根据上述大纲或计划，细化成各自产品的可靠性工作计划。

产品可靠性大纲、计划应纳入型号研制计划与流程，切实加以实施；并随着研制工作的进展，及时予以迭代完善。