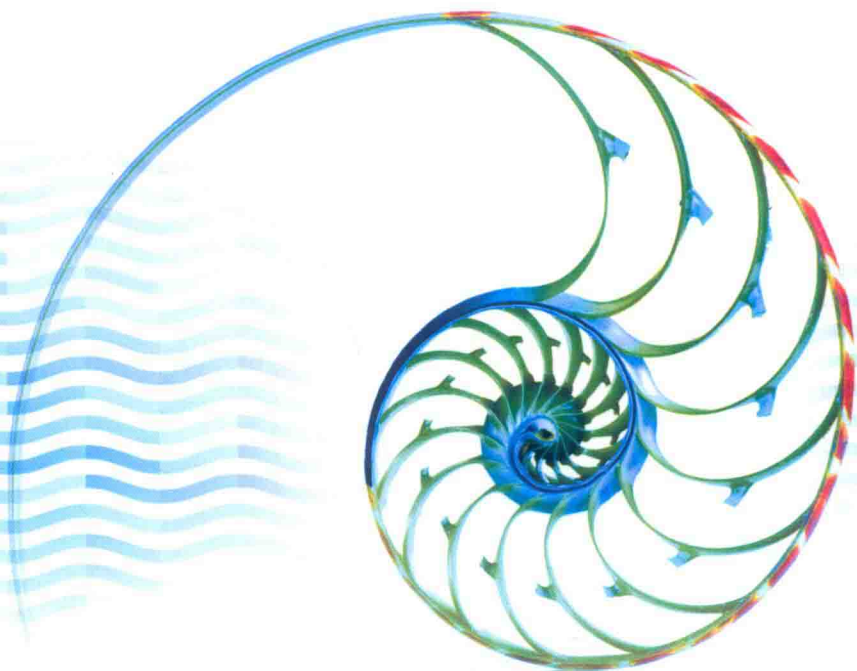


可靠性技术丛书

工业和信息化部电子第五研究所
珠海格力电器股份有限公司

组编



变频空调 可靠性技术研究

◎ 谭建明 杨 林 肖 彪 彭 琦 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

可靠性技术丛书

变频空调可靠性技术研究

工业和信息化部电子第五研究所 珠海格力电器股份有限公司 组 编
谭建明 杨 林 肖 彪 彭 琦 编著

编写组成员：何 林 范建波 张志刚 卢浩贤 唐继秋
黄允棋 曾 奕 刘群兴 徐华伟 舒 宏
张 威 罗建飞 夏 江 陈 军 张 磊
李 彬



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书编者在长期从事变频空调可靠性研究的基础上,以“可靠性工程”和“变频空调技术”为理论基础,系统地阐述了变频空调可靠性设计与分析、可靠性试验、可靠性核心零部件控制方法。全书共10章:第1章论述可靠性工程概述;第2章和第3章分别论述变频空调系统可靠性设计与分析、变频空调系统可靠性试验技术;后7章分别论述变频空调系统核心部件压缩机原理及可靠性控制概述,变频空调系统核心部件压缩机回油可靠性、压缩机回液可靠性、压缩机过热可靠性、四通阀的可靠性、电子膨胀阀的可靠性和电机可靠性控制与评价。

本书可供从事空调、制冷研究与开发的专业技术人员,可靠性研究与应用领域的技术人员,压缩机、电机、电子膨胀阀及四通阀相关设计开发技术人员,空调、制冷应用相关专业的本科生、研究生等参考使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

变频空调可靠性技术研究 / 谭建明等编著;工业和信息化部电子第五研究所,珠海格力电器股份有限公司组编. —北京:电子工业出版社,2019.1

(可靠性技术丛书)

ISBN 978-7-121-34870-9

I. ①变… II. ①谭… ②工… ③珠… III. ①变频空调器—系统可靠性—研究 IV. ①TM925.12

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第179934号

责任编辑:牛平月(niupy@phei.com.cn)

印 刷:三河市华成印务有限公司

装 订:三河市华成印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:12.25 字数:313.6千字

版 次:2019年1月第1版

印 次:2019年1月第1次印刷

定 价:59.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254454, niupy@phei.com.cn。

序 言

以可靠性为中心的质量问题是推动经济社会发展的永恒主题，关系到国计民生和发展大局。把质量发展放在国家经济发展的战略位置全面推进，是国际社会普遍认同的发展规律。加快实施制造强国建设，必须牢牢把握制造业这一立国之本，突出质量这一关键内核，把“质量强国”作为制造业转型升级、实现跨跃式发展的战略选择必由之路。

质量是建设制造强国的生命线。作为未来 10 年引领制造强国建设的行动指南和未来 30 年实现制造强国梦想的纲领性文件，《中国制造 2025》将“质量为先”列为重要的基本指导方针之一。在建设制造强国的伟大进程中，必须全面落实产品质量基础，不断提升质量品牌价值和“中国制造”综合竞争力，坚定不移地走以质取胜的发展道路。

高质量是先进技术和优质管理高度集成的结果。提升制造业产品质量，要坚持从源头抓起，在产品的设计、定型、制造的全过程中按照先进的质量管理标准和技术要求去实施。可靠性指的是产品性能随时间的保持能力。作为衡量产品质量的重要指标，可靠性管理也充分体现了现代质量管理的特点。《中国制造 2025》提出要加强可靠性设计、试验与验证技术开发应用，使重点实物产品的性能稳定性、质量可靠性、环境适应性、使用寿命等指标达到国际同类产品先进水平。就是要将可靠性技术作为核心应用于质量设计、控制和质量管理，在产品全生命周期各阶段，实施可靠性系统工程管理。

珠海格力电器股份有限公司是一家集研发、生产、销售、服务于一体化的国际化家电企业。从 2005 年至今，格力家用空调产销量连续 12 年领跑全球，2006 年荣获“世界名牌”称号。2015 年 11 月，公司获批建设“空调设备及系统运行节能国家重点实验室”，成为制冷空调行业在此领域获批的唯一一家国家重点实验室。格力电器一直以来以“追求完美质量”为使命，以“质量第一、顾客满意”为核心价值观，目前拥有 24 项国际领先技术，引领空调行业的发展。

工业和信息化部电子第五研究所（简称电子五所）是国内最早从事电子产品质量与可靠性研究的权威机构，在我国的质量可靠性领域开创了许多“唯一”和“第一”：唯一一个专业从事质量可靠性研究的技术机构；开展了国内第一次可靠性培训；研制了国内第一套环境试验设备；第一个将“质量认证”概念引入中国；建立起国内第一个可靠性数据交换网；发布了国内第一个可靠性预计标准；第一个研发出国际先进、国内领先水平的可靠性、维修性、保障性工程软件和综合保障软件。电子五所始终站在可靠性技术发展的前沿。

随着质量强国战略的实施，可靠性工作在我国得到空前重视，在新时期的作用日益凸显。为推进工业和信息化部 2017 年工业转型升级（中国制造 2025）重点任务“智能家电及高端消费类电子产品可靠性设计技术推广应用项目”的执行，电子五所和珠海格力电器股份有限公司的科研工作者们经过详细讨论，系统地梳理了变频空调可靠性技术的要素、方法和途径，使其能够指导该领域的可靠性发展方向，并广泛应用于工程实践，在制造强国和质量强国建

设中发挥应有的作用。鉴于此，电子五所和珠海格力电器股份有限公司组织专家学者编写了《变频空调可靠性技术研究》。这既是历史责任，又是现实需要，具有重要意义。

质量发展依赖持续不断的技术创新和管理进步。以高可靠、长寿命为核心的高质量是科技创新、管理能力、劳动者素质等因素的综合集成。在举国上下深入实施制造强国战略之际，希望该书的出版能够广泛传播先进的可靠性技术与管理方法，大力推动可靠性技术进步及实践应用，积极推进专业人才培养建设。帮助广大的科技工作者和工程技术人员落实好《中国制造 2025》发展战略，为新中国成立 100 周年时建成世界一流的制造强国贡献力量。

前言

《《《《 PREFACE

近年来,节能问题逐渐受到世界各国的关注,节能型消费类产品的需求持续上涨,尤其是空调等白色家电。在现有的空调市场中,基于空调智能化及舒适性的要求,变频空调已逐步取代定频空调。2016年,变频空调的市场占有率达到66.1%。ZDC调研报告显示,2017年第一季度,变频空调的市场关注比例为77.6%,市场占有率逐渐提高。变频空调高速发展,但是在其节能性、舒适性和智能性得到改善的同时,所带来的可靠性问题也相对突出,消费者对产品的要求也逐渐从以往的高性能转变为高可靠性,变频空调由于售后故障所带来的维修成本、劳动成本已经成为国内外空调厂商需要迫切解决的问题。本书希望能够以可靠性工程的相关技术理论为基础,对变频空调系统核心部件的原理、可靠性核心控制参数、主要失效模式、可靠性试验技术和设计改进等方面进行系统阐述,为相关人员进行可靠性设计和分析、可靠性验证提供一些指导和帮助。

全书共10章:第1章介绍可靠性基本概念并对可靠性工程进行概述;第2章介绍变频空调的工作原理及特点,针对其工作原理介绍变频空调可靠性的控制要点及可靠性设计原则,并介绍变频空调的故障模式及影响,作为本书后续各章的基础;第3章介绍变频空调系统的可靠性试验技术,详细介绍变频空调的可靠性研制试验、可靠性验证试验、寿命试验及加速寿命试验的方法,并介绍相关案例;第4章介绍变频空调系统核心部件压缩机的运行原理,并基于该原理提出压缩机的可靠性控制思路及评价指标;第5章针对变频空调系统核心部件压缩机的回油可靠性问题,系统介绍回油循环机理、回油可靠性的控制参数及回油可靠性的验证方案,并介绍系统回油控制技术及方法;第6章针对变频空调系统核心部件压缩机的回液问题,系统介绍回液产生机理及回液可靠性验证方法,并介绍回液控制技术及方法;第7章针对变频空调系统核心部件压缩机的过热问题,系统介绍压缩机过热机理及失效模式,并提出过热可靠性的核心控制参数及验证方法;第8章系统介绍变频空调系统核心部件四通阀的工作原理及失效模式,提出四通阀可靠性的核心控制参数及可靠性验证方法;第9章系统介绍变频空调系统核心部件电子膨胀阀的可靠性控制与评价方法,提出电子膨胀阀的核心控制参数及可靠性验证方法;第10章介绍变频空调系统核心部件电机的可靠性控制及评价方法,提出电机的核心控制参数及可靠性验证方法。

本书基于可靠性工程理论,总结变频空调系统及其核心部件的失效原理、可靠性核心控制参数及可靠性验证方法,并结合实际应用案例进行阐述,以方便读者更好理解和科学应用。笔者长期从事变频空调的可靠性技术研究,积累了丰富的变频空调系统失效研究素材和试验数据,为本书的编写奠定了基础。

本书由谭建明、杨林、肖彪、彭琦负责整体策划和审定,由何林进行统稿。本书共10章:

第1章、第2章、第3章和第4章由谭建明、杨林、肖彪、彭琦、何林、范建波、夏江、卢浩贤撰写；第5章、第6章和第7章由黄允棋、何林、唐继秋、张志刚撰写；第8章、第9章和第10章由舒宏、曾奕、罗建飞、刘群兴、徐华伟、张威、张磊、李彬、陈军撰写。本书的出版是集体智慧的结晶，感谢工业和信息化部电子第五研究所及珠海格力电器股份有限公司同事提供的可靠性文献及相关资料。

限于水平，本书难免有不妥之处，恳请读者指正。

编者

2018年5月 于珠海

目录

CONTENTS

第 1 章 可靠性工程概述	(1)
1.1 可靠性工程的发展及其重要性	(1)
1.2 产品质量与可靠性的关系	(3)
1.3 可靠性定义及故障的分类	(4)
1.4 可靠性特征量	(6)
1.5 产品故障率浴盆曲线	(10)
1.6 可靠性从何入手——与故障做斗争	(11)
1.7 可靠性设计概述	(11)
1.8 可靠性设计经验	(12)
1.9 可靠性设计辅助措施	(13)
1.10 失效物理技术研究和机械可靠性设计方法	(14)
1.10.1 失效物理的研究内容	(14)
1.10.2 安全系数法	(14)
1.10.3 机械可靠性设计方法	(15)
1.10.4 机械可靠性设计方法分类	(15)
参考文献	(17)
第 2 章 变频空调系统可靠性设计与分析	(18)
2.1 变频空调的工作原理和控制特点	(18)
2.1.1 变频空调的工作原理	(18)
2.1.2 变频空调的控制特点	(18)
2.1.3 变频空调的电路基本原理及结构	(21)
2.2 变频空调系统可靠性的控制要点	(26)
2.3 变频空调可靠性设计应遵循的原则	(27)
2.4 变频空调主要系统部件故障模式及影响分析 (FMEA) 表	(31)
参考文献	(35)
第 3 章 变频空调系统可靠性试验技术	(36)
3.1 可靠性试验技术概述	(36)
3.1.1 可靠性试验的目的	(36)
3.1.2 可靠性试验的分类	(36)
3.2 变频空调系统可靠性研制试验	(38)
3.2.1 可靠性增长摸底试验的目的	(38)

3.2.2	与可靠性增长试验的区别	(38)
3.2.3	试验验证思路	(39)
3.2.4	试验对象选取	(39)
3.2.5	试验应力	(39)
3.2.6	试验剖面	(41)
3.2.7	试验时间	(42)
3.2.8	试验台的建设或选取	(42)
3.3	变频空调的可靠性验证试验	(43)
3.3.1	统计试验分类	(43)
3.3.2	统计试验方案选取原则	(45)
3.3.3	试验前应具备的基本条件	(45)
3.3.4	参数确定原则	(45)
3.4	寿命试验和加速寿命试验	(46)
3.4.1	寿命试验	(46)
3.4.2	加速寿命试验	(50)
3.4.3	常见加速模型	(52)
3.4.4	加速寿命试验类型及恒定应力加速寿命试验分布	(53)
3.4.5	变频空调系统加速寿命试验流程	(55)
3.4.6	变频空调系统加速寿命试验方案设计	(56)
3.4.7	变频空调系统加速寿命试验研究案例	(60)
	参考文献	(65)
第4章	变频空调系统核心部件压缩机原理及可靠性控制概述	(68)
4.1	制冷压缩机工作原理及分类	(68)
4.1.1	压缩机工作原理	(68)
4.1.2	压缩机分类	(68)
4.2	滚动转子压缩机工作原理、结构、特点	(70)
4.2.1	工作原理	(70)
4.2.2	小型全封闭式压缩机主要结构形式	(71)
4.3	涡旋压缩机工作原理、结构、特点	(72)
4.3.1	工作原理	(72)
4.3.2	结构组成	(72)
4.3.3	涡旋压缩机总体特点	(73)
4.4	双级增焓压缩机工作原理、结构、特点	(73)
4.4.1	工作原理和结构组成	(73)
4.4.2	双级增焓压缩机的特点	(74)
4.4.3	双级增焓压缩机的优势	(74)
4.5	制冷空调系统压缩机可靠性控制思路	(74)
4.5.1	变频压缩机可靠性核心控制点	(75)
4.5.2	压缩机在制冷空调系统中的核心可靠性评价指标	(76)

参考文献	(76)
第5章 变频空调系统核心部件压缩机回油可靠性控制与评价	(77)
5.1 变频空调系统压缩机回油循环机理	(77)
5.1.1 润滑油在压缩机中的作用	(78)
5.1.2 压缩机内部润滑循环要求	(78)
5.1.3 变频系统回油循环机理	(80)
5.2 压缩机回油核心可靠性控制参数	(81)
5.2.1 压缩机回油核心控制中润滑油的关键特性	(81)
5.2.2 压缩机内回油状态判断的核心参数	(84)
5.2.3 压缩机回油核心参数油温过热度的判断依据	(86)
5.2.4 新制冷剂润滑油选用	(87)
5.2.5 压缩机回油控制核心设备设计要求	(89)
5.3 变频空调系统压缩机回油失效模式	(91)
5.4 压缩机在变频空调系统中回油可靠性验证	(94)
5.4.1 变频空调系统回油临界点的确定	(94)
5.4.2 变频空调临界点的试验剖面设计验证	(94)
5.5 系统回油控制技术方法应用指引	(96)
5.5.1 润滑油选用案例	(97)
5.5.2 气液分离器优化	(99)
5.5.3 压缩机机构改良	(102)
5.5.4 系统回油控制方法	(103)
参考文献	(105)
第6章 变频空调系统核心部件压缩机回液可靠性控制与评价	(106)
6.1 制冷空调系统回液的产生因素及机理	(106)
6.1.1 液击产生机理	(106)
6.1.2 润滑油稀释的产生及机理	(107)
6.2 压缩机回液可靠性核心控制参数	(108)
6.2.1 液击的核心控制参数及方法要求	(109)
6.2.2 混合回液的核心控制参数及方法要求	(109)
6.2.3 润滑油稀释的核心控制参数及方法要求	(110)
6.3 变频空调压缩机回液失效模式	(111)
6.3.1 液击	(111)
6.3.2 带液启动	(112)
6.4 压缩机在变频空调系统中回液可靠性验证	(112)
6.4.1 变频空调系统测试中液击的判断方法	(113)
6.4.2 变频空调系统回液临界点确定	(115)
6.4.3 变频空调回液临界点的试验剖面设计验证	(116)
6.5 变频空调系统回液控制方法应用指引	(118)
6.5.1 系统参数调节控制	(119)

6.5.2	气液分离器的改良	(120)
	参考文献	(123)
第7章	变频空调系统核心部件压缩机过热可靠性控制与评价	(124)
7.1	压缩机过热的产生因素及机理	(124)
7.1.1	压缩机过热的表现及影响	(124)
7.1.2	过热对润滑油的影响	(125)
7.2	压缩机过热可靠性核心控制参数	(125)
7.2.1	压缩机绕组温度	(126)
7.2.2	压缩机电流	(128)
7.2.3	系统参数	(129)
7.3	变频空调压缩机过热失效模式	(130)
7.3.1	压缩机电机烧毁	(131)
7.3.2	压缩机过载	(131)
7.3.3	压缩机电机过热	(132)
7.4	压缩机在变频空调系统中过热可靠性验证	(134)
7.4.1	变频空调系统测试中过热的判断方法	(134)
7.4.2	变频空调系统过热方案的确定	(134)
7.4.3	变频空调临界点的试验剖面设计验证	(134)
7.5	压缩机过热控制方法应用指引	(135)
7.5.1	系统参数调节控制案例	(135)
7.5.2	功能保护的增加	(136)
7.5.3	过载保护的装配与设置优化	(138)
	参考文献	(139)
第8章	变频空调系统核心部件四通阀的可靠性控制与评价	(140)
8.1	四通阀的结构与原理	(140)
8.1.1	基本结构	(140)
8.1.2	工作原理	(140)
8.2	四通阀核心控制参数	(141)
8.2.1	基本参数	(141)
8.2.2	中间流量	(142)
8.2.3	四通阀换向条件	(142)
8.3	四通阀的主要失效模式	(144)
8.3.1	串气	(144)
8.3.2	换向不良	(146)
8.3.3	液击	(146)
8.3.4	四通阀振动、异响	(147)
8.4	四通阀在变频空调系统中的可靠性验证	(148)
8.4.1	四通阀选型基本条件确认	(148)
8.4.2	四通阀在整机中失效点的试验验证	(148)

8.4.3	变频空调四通阀的试验剖面设计验证	(149)
8.5	四通阀在变频空调系统中的应用指引	(150)
8.5.1	四通阀结构本体优化——基于螺纹防松原理的四通阀结构优化	(150)
8.5.2	四通阀在整机中的安装要点	(150)
8.5.3	基于增加中间流量的四通阀结构优化	(152)
8.5.4	四通阀控制优化	(153)
	参考文献	(155)
第9章	变频空调系统核心部件电子膨胀阀的可靠性控制与评价	(156)
9.1	电子膨胀阀的结构和原理	(156)
9.2	电子膨胀阀在变频空调上的应用	(157)
9.3	电子膨胀阀可靠性核心控制参数	(157)
9.3.1	泄漏量	(157)
9.3.2	流量特性	(157)
9.3.3	全开脉冲数	(158)
9.3.4	转折点脉冲数	(158)
9.3.5	基本参数	(158)
9.4	电子膨胀阀的主要失效模式	(158)
9.4.1	消磁	(158)
9.4.2	阀体泄漏	(158)
9.4.3	内泄漏	(160)
9.4.4	卡死	(160)
9.4.5	噪声	(161)
9.4.6	失步	(161)
9.5	电子膨胀阀及其在变频空调系统中的可靠性验证	(162)
9.5.1	尺寸的测量方法	(162)
9.5.2	气密性试验方法	(162)
9.5.3	开阀脉冲(针对全闭无流量阀)试验方法	(162)
9.5.4	最大动作压差试验方法	(163)
9.5.5	转折点脉冲数试验方法	(163)
9.5.6	空气流量试验方法	(164)
9.5.7	压力试验方法	(164)
9.5.8	破坏强度试验方法	(164)
9.5.9	噪声试验方法	(164)
9.5.10	耐高温试验方法	(165)
9.5.11	耐低温试验方法	(165)
9.5.12	耐温度变化试验方法	(165)
9.5.13	耐振动试验方法	(165)
9.5.14	整机性能、噪声及可靠性试验方法	(165)
9.5.15	寿命试验方法	(166)

参考文献	(166)
第 10 章 变频空调系统核心部件电机可靠性控制与评价	(167)
10.1 电机的种类和原理	(167)
10.1.1 电机的种类及频率控制原理	(167)
10.1.2 直流变频电机工作原理	(168)
10.2 直流电机可靠性的核心控制指标	(169)
10.2.1 电机温升	(169)
10.2.2 高温和低温环境运行	(170)
10.2.3 启动	(171)
10.2.4 过流	(171)
10.3 直流电机在变频空调系统中的失效模式	(171)
10.3.1 运行中报风机故障	(171)
10.3.2 电机烧毁	(172)
10.3.3 轴承卡死	(173)
10.3.4 噪声	(173)
10.4 直流电机在变频空调系统中的可靠性验证	(174)
10.4.1 转速与耐压试验方法	(174)
10.4.2 风档转换试验方法	(175)
10.4.3 断/上电冲击试验方法	(175)
10.4.4 最低工作电压和电压波动试验方法	(175)
10.4.5 恶劣环境尘土试验方法	(175)
10.4.6 跌落和耐振动试验方法	(176)
10.4.7 极端温度波动循环试验方法	(176)
10.4.8 噪声变大试验方法	(176)
10.4.9 电机保护动作试验方法	(176)
10.4.10 模块高温试验方法	(176)
10.4.11 整流桥温度试验方法	(177)
10.4.12 变负载启动试验方法	(177)
10.4.13 低环境温度启动试验方法	(177)
10.5 电机在变频空调系统中的可靠性验证案例	(177)
参考文献	(180)

第1章

可靠性工程概述

1.1 可靠性工程的发展及其重要性

1. 可靠性的准备及萌芽期

20 世纪三四十年代可靠性概念开始形成，这一阶段的相关活动主要集中在德国和美国。

2. 可靠性理论的兴起及形成

20 世纪 50 年代初，美国在朝鲜战争中发现不可靠的电子设备不仅影响战事的进行，还需要大量的维修费用。可靠性理论的兴起以 1957 年第一份可靠性研究报告《军用电子设备可靠性》的发表为标志。

3. 可靠性理论迅速发展阶段

20 世纪 60 年代是美国航空及航天工业迅速发展的年代，故被称为“宇航年代”，以《电子设备可靠性预计手册》的颁布为标志。

4. 可靠性工程深入发展的阶段

从 20 世纪 70 年代开始，随着航空、航天及军事装备的需求及其技术的深入发展，可靠性工程得到广泛的应用和发展。

5. 可靠性技术在我国的发展

我国的可靠性技术在 20 世纪 70 年代初开始发展起来，首先开展了电子产品的可靠性研究；1972 年，中国电子产品可靠性与环境试验研究所（现工业和信息化部电子第五研究所）对我国可靠性工程的发展起到积极的促进作用；70 年代中期，可靠性工程相继在航天、核能及通信领域得到应用；80 年代以后，可靠性工程得到全面、迅速发展；1982 年制定了可靠性基本名词术语及国家标准，并成立了专门的研究机构，建立了可靠性数据交换网，制定了



各种可靠性标准，可靠性学术交流及可靠性教育也蓬勃发展起来。在产品的开发过程中，开始系统地贯彻可靠性技术，取得了较大成效。可靠性新理论和新方法方兴未艾（“九五”期间开始进入预先研究计划）。我国可靠性技术研究起步虽慢，发展却很迅速。可靠性技术广泛应用于航空航天工业、汽车轮船工业、轨道交通行业等。可靠性技术的发展历程如图 1-1 所示。

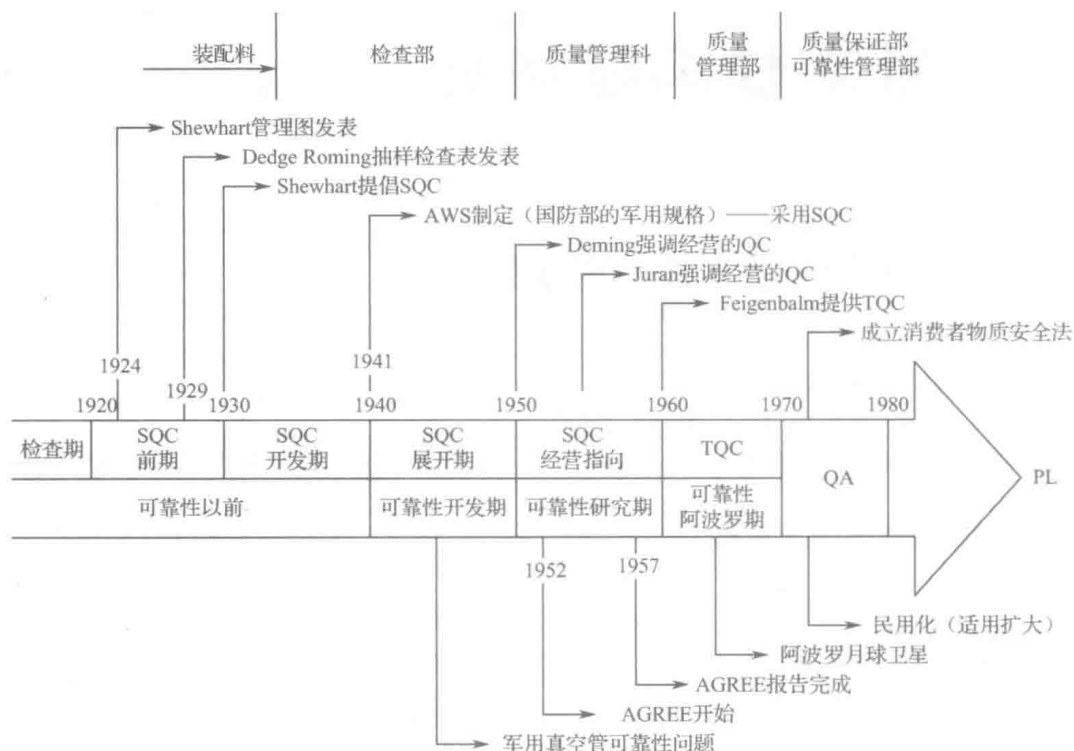


图 1-1 可靠性技术的发展历程

6. 可靠性工程在变频空调上的应用

现有专著对变频空调的研究主要集中在如何提高系统性能，对变频空调可靠性及加速寿命的研究相对较少。绝大多数的现有研究文献针对制冷空调系统部件的一些失效问题和原理进行的分析较多，而针对空调系统进行的可靠性设计分析、可靠性试验技术分析等研究相对较少。近年来，世界各国持续关注节能问题，节能型消费类产品的需求持续上涨，尤其是空调等白色家电。在现有的空调市场中，基于用户对空调智能化和舒适性的要求，变频空调已逐步取代定频空调。2016 年，变频空调的市场占有率达到 66.1%。ZDC 调研报告显示，2017 年第一季度，变频空调的关注比例为 77.6%，变频空调市场占有率将逐渐提高。变频空调的高速发展，在节能性、舒适性和智能化方面得到改善的同时，所带来的可靠性问题也相对突出。消费者对产品的要求也逐渐从以往的高性能转变为高可靠性要求。变频空调由于售后故障所带来的维修成本、劳动成本已经成为国内外空调厂商需要迫切解决的重要问题。

1.2 产品质量与可靠性的关系

1. 概述

20 世纪 90 年代,世界著名的质量管理大师朱兰博士曾经预言,21 世纪将是质量的世纪。进入 21 世纪,这一伟大的预言正在变为事实。质量一词以前所未有的频率被人们重复着。本书重点是应用可靠性工程理论对变频空调进行可靠性技术研究。因此,明确产品质量与可靠性的关系非常重要。

2. 质量的概念

ISO 9000 定义质量为“一组固有特性满足要求的程度”。固有特性就是产品本来就有的,尤其是那些永久性的特性。

3. 可靠性的概念

可靠性是指产品在规定的条件和时间内,完成规定功能的能力。

4. 维修性的概念

维修性是指产品在规定的条件下和规定的时间内,按照规定的程序和方法维修时,保持或恢复到规定功能的能力。

5. 产品的固有特性和生命周期内质量与可靠性的关系

产品本身就有的固有特性包含众所周知的顾客十分关心的产品性能、功能特性,如制冷空调的能效等级是一级还是二级,一级的能效比二级的能效要节能等。但是千万要注意,固有特性还应包含顾客十分关心的可靠性、维修性、测试性、保障性和安全性,此外,还应包括产品的环境适应性、电磁兼容性、经济性和美观性等。从这个意义上来讲,可靠性等特性是质量特性中的重要特性。产品的质量本身包含可靠性、维修性等特性。

为了更加直观地理解产品的质量,我们按照生命周期的不同阶段来讨论产品的质量和和管理。生命周期的三个阶段:产品研发阶段、量产的生产制造阶段和使用至报废的阶段,于是就有了对应着产品研发过程的设计质量、生产过程的质量和顾客使用产品过程中表现出来的使用质量。

质量与可靠性的关系如图 1-2 所示,把产品的生命周期作为横坐标,用时间 t 表示,以产品的合格水平作为纵坐标,于是就有 $t=0$ 的质量、 $t>0$ 的质量和 $t<0$ 的质量三种情况。在传统的质量管理中, $t=0$ 的质量一般都是用合格品率进行度量的,用百分比表示,合格品率越高,内部质量损失越小。因此,质量关注的焦点是降低不合格品率;质量管理工作的重点是



提高制造过程的一致性和稳定性。

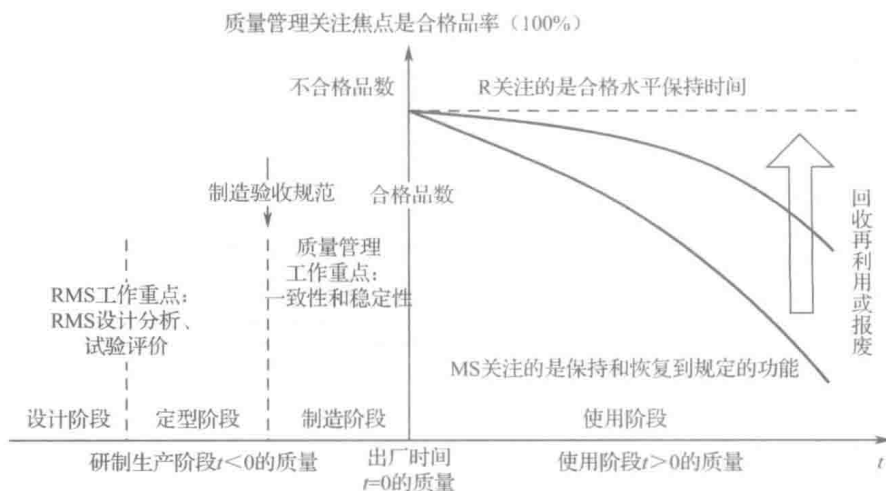


图 1-2 质量与可靠性的关系

$t < 0$ 的质量体现在按照设计与开发时确认的或研制产品时的设计定型，以及对所确定的制造与验收规范进行的严格质量管理，对产品制造阶段的质量管理体现在出厂前进行严格检验，质量检验的结果，即合格品率。

$t > 0$ 的质量体现在产品在用户使用过程中其合格水平的保持能力。其本质就是产品可靠性，即合格产品在规定的条件下，规定的时间内，完成规定功能的能力，通俗来说，也就是产品在用户使用过程中无故障或保持正常工作状态不发生故障的时间。因此，可靠性关注的是产品合格水平随着时间的保持能力。

本书中可靠性研究的是如何保持和提高变频空调系统在 $t < 0$ 和 $t > 0$ 时整个生命周期的可靠性水平，需要我们在变频空调系统设计时就预先考虑系统关键零部件在实际使用过程中可能遇到的各种应力条件、材料和器件本身随时间的退化性，使用过程中的非正常安装和操作等情况，从而在设计上进行可靠性的预防性设计，通过完善可靠性设计规范、结合可靠性工程的试验技术和制冷空调原理进行可靠性验证，保持和提高制冷空调系统的可靠性水平。

总之，质量是一个含义广泛的概念，可靠性、维修性等质量特性的若干重要特性是质量特性中性能和功能得以发挥的基础和前提。若产品不可靠，则再好的性能也无法发挥。在制冷空调逐渐普及的时代，其性能指标已经是用户最基本的需求，而在实际使用过程中如何保持性能，不出现故障，是用户最为关心的。

1.3 可靠性定义及故障的分类

1. 可靠性的定义和四要素

可靠性是产品在规定条件下、规定时间内完成规定功能的能力。产品的可靠性包含以下