

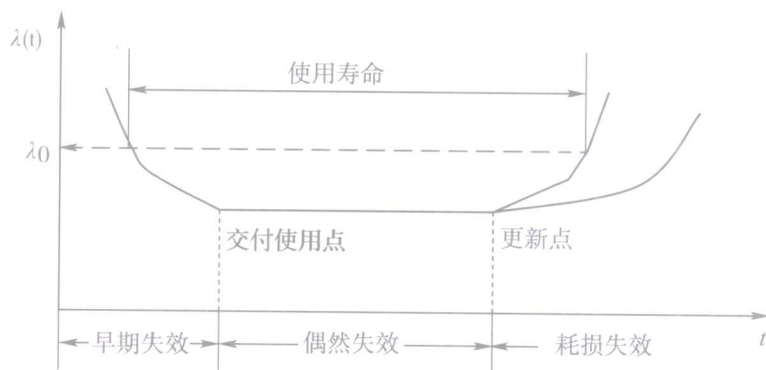
普通高等教育汽车服务工程专业规划教材

汽车可靠性

QICHE

KEKAOXING

● 肖生发 郭一鸣 主 编
● 张存中 副主编
● 明平顺 主 审



7

QICHE FUWU GONGCHENG



人民交通出版社

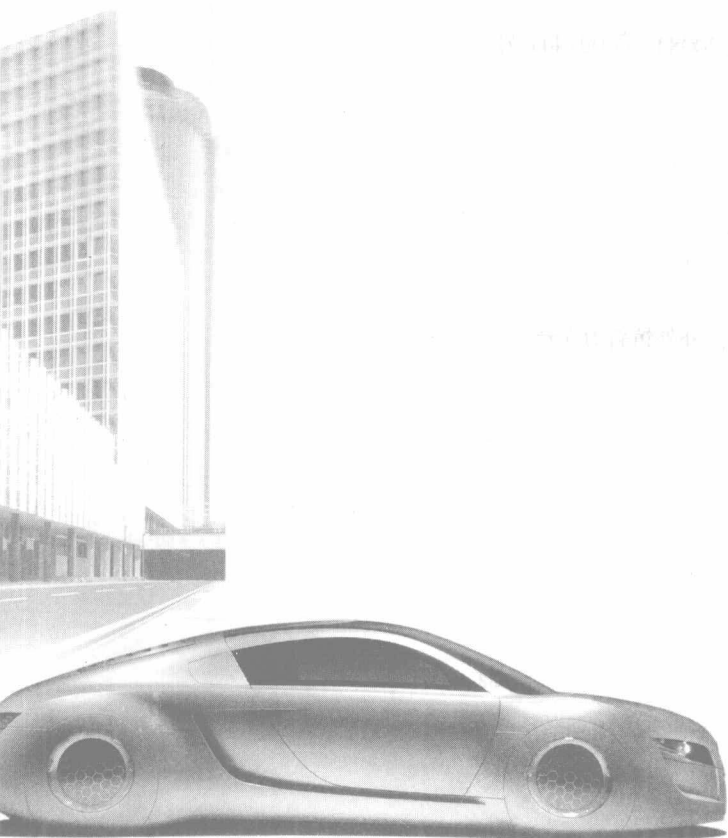
China Communications Press

普通高等教育汽车服务工程专业规划教材

U461.7
C4

汽车可靠性

● 肖生发 郭一鸣 主 编
● 张存中 副主编
● 明平顺 主 审



内 容 提 要

汽车可靠性作为汽车的主要性能,直接影响着汽车的品质与产品信誉。

本书较系统地介绍了汽车可靠性的相关知识,主要包括汽车可靠性的基本概念、汽车系统可靠性分析、汽车可靠性设计、汽车可靠性试验、汽车失效分析和汽车可靠性管理等内容。

本书注重普及性及应用性,内容上侧重基础知识和新技术的介绍,文字上简练通俗。本书可作为高等院校汽车服务工程专业、汽车类相关专业课程的教学用书,也可以作为汽车业内人士的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

汽车可靠性 / 肖生发等主编. —北京: 人民交通出版社,
2008.8

ISBN 978-7-114-07256-7

I. 汽… II. 肖… III. 汽车-可靠性理论 IV. U461.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 097441 号

书 名: 汽车可靠性

著 作 者: 肖生发 郭一鸣

策划编辑: 智景安

文字编辑: 贾秀珍

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市吉祥印务有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 11.25

插 页: 1

字 数: 275 千

版 次: 2008 年 8 月第 1 版

印 次: 2008 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07256-7

印 数: 0001-3000 册

定 价: 23.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言

Qianyan

进入 21 世纪以来,伴随国家汽车产业发展政策的调整,我国汽车产业进入健康、持续、快速发展的轨道。在汽车工业大发展的同时,汽车消费主体日益多元化,广大消费者对高质量汽车服务的渴求日益凸现,汽车厂商围绕提升服务质量的竞争业已展开,市场竞争从产品、广告层面提升到服务层面,这些发展和变化直接催生并推进了一个新兴产业——汽车服务业的发展与壮大。

当前,我国的汽车服务业正呈现出“发展快、空间大、变化深”的特点。“发展快”是与汽车工业本身的发展和社会汽车保有量的快速增长相伴而来的。“空间大”是因为我国的汽车普及率尚不够高,每千人拥有的汽车数量还不及世界平均水平的 1/3,汽车服务市场尚有很大的发展潜力,汽车服务业将是一个比汽车工业本身更庞大的产业。“变化深”一方面是因为汽车后市场空前繁荣,蓬勃发展,大大拉长和拓宽了汽车产业链,汽车技术服务、金融服务、销售服务、物流服务、文化服务等新兴的业务领域和服务项目层出不穷;另一方面是因为汽车服务的新兴经营理念不断涌现,汽车服务的方式正在改变传统的业务分离、各自独立、效率低下的模式;向服务主体多元化、经营连锁化、运作规范化、业务集成化、品牌专业化、技术先进化、手段信息化、竞争国际化的方向发展。特别是我国加入 WTO 后汽车产业相关的保护政策均已到期,汽车服务业实现全面开放,国际汽车服务商快速进入,以上变化必将进一步促进汽车服务业向纵深发展。

汽车工业和汽车服务业的发展,使得汽车厂商和服务商对高素质的汽车服务人才的需求比以往任何时候都更为迫切,汽车服务业将人才竞争视作企业竞争制胜的关键要素。在这种背景下,全国高校汽车服务工程专业教学指导委员会(筹)顺应时代的呼唤,组织全国高校汽车服务工程专业的知名教授,编写了汽车服务工程专业规划教材。

本套教材总结了全国高校汽车服务工程专业的教学经验,注重以本科学生就业为导向,以培养综合能力为本位。教材内容符合汽车服务工程专业教学改革精神,适应我国汽车服务行业对高素质综合人才的需求,具有以下特点:

1. 本套教材是根据全国高校汽车服务工程专业教学指导委员会审定的教材编写大纲而编写,全面介绍了各门课程的相关理论、技术及管理知识,符合各门课程在

教学计划中的地位 and 作用。教材取材合适,要求恰当,深度适宜,篇幅符合各类院校的要求。

2. 教材内容努力做到由浅入深,循序渐进,并处理好了重点与一般的关系;符合认知规律,便于学习;条理清晰,文字规范,语言流畅,文图配合适当。

3. 教材努力贯彻理论联系实际的原则。教材在系统介绍汽车服务工程专业的科学理论与管理应用经验的同时,引用了大量国内外的最新科研成果和具有代表性的典型例证,分析了发展过程中存在的问题,教材内容具有与本学科发展相适应的科学水平。

4. 教材的知识体系完整,应用管理经验先进,逻辑推理严谨,完全可以满足汽车服务行业对综合性应用人才的培养要求。

汽车可靠性与汽车安全、环境保护、节约能源等,同属于影响一部汽车品质最重要的指标。而可靠性却越来越备受关注,因为可靠性无论是对于汽车生产企业,还是对于汽车销售企业以及汽车用户,其影响都是最直接的。汽车生产企业为占领市场需提升产品可靠性,汽车销售企业拥有高可靠性的汽车才能搭建宽广的销售平台,用户需要从高可靠性汽车品质中受益。对于汽车业内人士来说,熟悉和掌握汽车可靠性方面的知识是很有必要的。虽然可靠性理论作为一门独立的学科是 20 世纪 60 年代出现的,但可靠性知识的推广和普及还有许多工作要做。在汽车类相关专业大学生中加大汽车可靠性学科的教学力度,强化汽车可靠性知识的学习,便于在今后的工作中开展汽车可靠性方面的实践,以利于我国汽车新产品可靠性水平的提高。

《汽车可靠性》教材注重普及性及应用性,内容上侧重基础知识和新技术的介绍,文字上力求简练通俗。主要介绍汽车可靠性的基本概念、汽车系统可靠性分析、汽车可靠性设计、汽车可靠性试验和汽车失效分析、汽车可靠性管理等内容。本书可作为高等院校汽车服务工程专业、汽车类相关专业课程的教学用书,也可以作为汽车业内人士的参考资料。

《汽车可靠性》教材由湖北汽车工业学院肖生发、郭一鸣主编,河北省交通规费征收稽查局的张存中任副主编,武汉理工大学明平顺教授主审。肖生发编写第一章、第二章和第五章;郭一鸣编写第六章至第八章;张存中编写第三章和第四章。全书由肖生发统稿。

由于时间仓促,本套教材定有许多不足之处,敬请广大读者和同仁使用后批评指正,以便教材再版时修正。

全国高校汽车服务工程专业教学指导委员会(筹)

2008 年 5 月

目 录	
	Mulu

第一章 绪论	1
第一节 可靠性研究的重要性	1
一、航空航天的历史悲剧	1
二、日本汽车的退货事件	2
三、汽车可靠性调研	2
四、中国市场汽车可靠性调查	4
第二节 可靠性与产品质量	6
一、质量与可靠性的关系	7
二、质量管理与可靠性	7
第三节 可靠性工程的发展	8
一、可靠性工程的形成与发展	8
二、汽车可靠性工程	9
第四节 可靠性的研究内容	10
复习思考题	11
第二章 可靠性基本概念及其主要数量指标	12
第一节 可靠性的定义	12
第二节 可靠性和维修性	13
第三节 可靠性的概率指标及其函数	13
一、可靠度 $R(t)$	13
二、失效概率 $F(t)$	14
三、失效率 $\lambda(t)$	15
四、失效率与可靠度、失效密度函数的关系	16
五、产品的失效规律和类型	17
第四节 可靠性寿命指标	18
一、平均寿命	18
二、可靠寿命 t_r 、中位寿命 $t_{0.5}$ 、特征寿命 t_{e-1}	20
第五节 维修性及其主要数量指标	21
一、维修度 $M(t)$	21
二、平均修复时间 MTTR	21
三、有效度 A	21
复习思考题	22



第三章 可靠性常用分布函数	23
第一节 二项分布	23
第二节 泊松分布	24
第三节 指数分布	24
第四节 正态分布	26
第五节 对数正态分布	27
第六节 威布尔分布	29
一、威布尔分布函数	29
二、威布尔分布的参数	29
三、威布尔分布的数值特征	31
第七节 威布尔概率纸及其参数估计	32
一、威布尔概率纸构成原理	32
二、参数估计	34
三、 t 尺的数据变换	36
四、寿命特征的估计	36
五、威布尔概率纸应用实例	38
复习思考题	39
第四章 汽车系统可靠性分析	41
第一节 系统可靠性的基本概念	41
一、系统与单元	41
二、可靠性逻辑框图	41
第二节 简单系统的可靠度计算	43
一、串联系统的可靠度计算	43
二、并联系统的可靠度计算	44
三、串并联系统的可靠度计算	45
第三节 系统可靠度分配	45
一、等分配法	46
二、按比例分配法 (ARINC)	46
三、按重要度和复杂度的分配方法	47
复习思考题	49
第五章 汽车可靠性设计	51
第一节 可靠性设计原理	51
一、概述	51
二、可靠性设计原理 (应力—强度干涉理论)	52
三、常用分布的可靠度计算	54
四、可靠性与安全系数	58
第二节 可靠性设计要求	61
一、可靠性设计在可靠性工程中的地位	61
二、可靠性设计的内容	62
三、可靠性的设计原则	63

四、汽车可靠性设计的基本要求	64
第三节 汽车零部件可靠性设计	64
一、可靠性设计的统计基础	64
二、拉杆的可靠性设计	68
三、连杆的可靠性设计	69
四、半轴的可靠性设计	70
第四节 零部件疲劳强度的可靠性设计	72
一、疲劳载荷的形式与统计	72
二、给定寿命下的材料强度分布	72
三、疲劳极限线图	73
复习思考题	75
第六章 汽车可靠性试验	76
第一节 可靠性试验概述	76
一、可靠性试验的含义	76
二、可靠性试验的目的	76
三、可靠性试验的分类	77
四、可靠性试验的发展历程	78
第二节 汽车可靠性试验理论基础	79
一、可靠性试验抽样	79
二、快速可靠性试验	82
第三节 特殊条件下的汽车可靠性试验	83
一、特殊环境下的可靠性试验	83
二、极限条件下的可靠性试验	85
第四节 汽车可靠性行驶试验	85
一、试验条件	85
二、试验车辆准备	91
三、试验仪器准备	92
四、汽车可靠性行驶试验规范	92
五、试验数据处理	97
六、汽车可靠性评价指标及其计算方法	99
七、试验报告的编写	101
第五节 汽车可靠性室内试验	102
一、可靠性室内试验概述	102
二、可靠性室内试验的一般步骤	103
三、载荷谱的编制	103
四、可靠性室内试验方法	108
五、典型的汽车室内可靠性试验系统	111
第六节 汽车可靠性试验注意事项	114
一、制定科学完善的可靠性试验规范	114
二、重视零部件可靠性试验	114

三、正确选择试验载荷	114
四、试验样品的质量检查	115
五、试验数据的完整与准确	115
六、试验结果失效与可靠性分析	115
七、确保试验安全	115
复习思考题	116
第七章 汽车失效分析方法	117
第一节 汽车失效分析概述	117
一、失效的含义	117
二、汽车的失效模式	120
三、失效分析方法	122
第二节 失效模式及影响分析 FMEA	126
一、FMEA 概述	126
二、DFMEA(设计 FMEA)介绍	130
第三节 故障树分析 FTA	139
一、故障树分析 FTA 概述	139
二、故障树的建立	141
三、故障树的分析方法	146
复习思考题	150
第八章 汽车可靠性管理	151
第一节 概述	151
一、可靠性管理的含义	151
二、可靠性管理的目标与方针	152
三、可靠性管理的职责和工作方法	152
四、可靠性管理的组织机构	153
第二节 汽车可靠性管理的内容	154
一、整车方案设计阶段	155
二、整车详细设计阶段	155
三、产品试制与试验阶段	156
四、生产及使用阶段	157
五、可靠性信息系统管理	158
第三节 一体化汽车可靠性管理	160
复习思考题	161
附录	162
附录 1 泊松分布表	162
附录 2 标准正态分布表	163
附录 3 威布尔概率纸	插页
附录 4 调质结构钢疲劳极限的均值和标准差	167
附录 5 $\Gamma(1 + \frac{1}{m})$ 及 $\Gamma(1 + \frac{2}{m})$ 值	171
参考文献	172



第一章 绪 论

教学提示：可靠性是产品的重要性能，是衡量产品质量优劣的评价指标，是产品质量的核心。可靠性是人们在长期的生产实践中不断探询和发现，并长期为之努力的课题。可靠性研究发展成为一门学科的历史是一部“教训史”。只有提高对可靠性的认识，深入开展可靠性研究，用可靠性理论指导生产实践，才能使产品的可靠性不断提高。

教学目标：要求学生能深刻认识可靠性研究的重要性；了解可靠性与产品质量的关系；了解可靠性工程的形成与发展；了解可靠性工程的研究内容。

可靠性问题既是个古老的问题，又是个新颖的课题。人类在设计、制造和使用产品的过程中，可靠性问题就一直与之相伴。在长期的生产实践中，人们不断地探询和发现可靠性问题，开展可靠性研究，提高对可靠性的认识，建立可靠性理论，形成可靠性学科，从而指导生产实践，使可靠性工作不断地开展下去。

第一节 可靠性研究的重要性

在日常生活和生产实践中，可靠性的概念被人们自觉或不自觉地应用着。如买东西的时候，除了关心该产品的价格、性能外，还要询问产品是否易坏，坏了是否易修。对于汽车产品更是如此，不但要功率大、速度高、样式好；而且汽车是否经常出故障，驾驶这样的车是否有一种安全感，是用户关心的主要内容。虽然所关心的内容中并没有直接提到可靠性，但已包含了可靠性的概念，只不过是一种主观感觉罢了，是定性的。

衡量产品的质量优劣，最有发言权的是用户。也就是说，产品的质量主要表现在使用性能。就汽车而言，其使用性能包括两个方面：基本性能（动力性、燃料经济性、行驶平顺性、操纵稳定性、防止公害性）和可靠性能。可靠性能是质量的核心。试想，一辆故障多、无安全保障的汽车有谁愿意驾驶。因而必须把产品的可靠性提高到质量问题的首位，即只有达到了产品可靠性指标，然后谈论其他性能指标才是有意义的。不承认可靠性的重要这一客观事实，工作中就要受惩罚。

产品的可靠性在一定程度上影响到企业的信誉。在“用户是上帝”的今天，企业离开了购买和使用产品的用户，就意味着失去市场，将使企业的社会性大大削弱或不存在。企业发展的关键可以说是信誉，有了信誉，企业才具有生命力。因此，对于一个企业来说，注重产品的可靠性，就可以使其在激烈竞争的市场中立于不败之地。

一、航空航天历史悲剧

随着科学技术的发展，航空航天产品的结构日益复杂，使用环境更加严峻。航空航天产



品在实际使用中,由于设计、工艺、使用等因素所引起的产品失效(故障)不断发生,造成人力、时间和经济上的严重损失。

1. 二次世界大战期间的飞行事故

美国空军在二次世界大战期间由于飞行事故而损失的飞机达 21 000 架,比被击落的飞机多 1.5 倍。在侵朝战争中,美国空军又因飞行事故而损失飞机 460 架,死亡的飞行人员达 180 人。前西德空军仅 F-104 型飞机,在 1961~1971 年的 10 年间因事故就损失 135 架,死亡飞行人员 65 人,当时给前西德的飞行人员造成了十分恐惧的心理,把 F-104 型飞机称作“活棺材”。造成飞机飞行事故的主要因素有:工厂制造质量不佳、使用维护不良等。

2. 民航飞机事故

在全世界民航飞机的飞行事故中,飞机全毁事故占 23%。从发生事故的飞行阶段来看,飞机全毁的事故总数中,在离地上升阶段所发生的全毁事故占 27%;在巡航阶段所发生的全毁事故占 12%;在进场着陆阶段所发生的全毁事故占 53%。

3. “挑战者”号航天飞机失事

1986 年 1 月 28 日,美国第二架航天飞机“挑战者”号在进行第 10 次飞行时,从卡纳维拉尔角航天基地发射架上升空 73s 后发生爆炸,价值 12 亿美元的航天飞机化作碎片,坠入大西洋,7 名机组人员全部遇难,造成了世界航天史上最大的惨剧。这是美国进行 25 次载人航天飞行中首次发生在空中的大灾难。“挑战者”号的爆炸,使美国举国震惊,华盛顿和其他各地均下半旗志哀。导致这场灾难的原因是火箭助推器的 O 形橡胶密封圈,因天气寒冷气温低而密封失效,致使火箭助推器的燃料发生泄露,火箭助推器爆炸。

二、日本汽车的退货事件

现代汽车作为交通工具在社会上已经普及,因此要求它在任何条件下都能可靠使用,这对汽车产品的声誉影响很大。1969 年 6 月日本出口到美国的汽车遭到退货的危机,其结果影响很坏。这不是说日本的汽车故障增加了,而是说明美国的用户对汽车可靠性要求提高了。

虽然已经退回汽车的实际故障率并不太多,且日本退货情况在世界上也是比较低的国家,但对汽车出故障的那些用户来说,却处于 100% 的困境中。为使用户信得过,就必须向社会提供能够满足用户要求的高可靠性汽车。

三、汽车可靠性调研

VDS 是汽车可靠性调研 Vehicle Dependability Study 的英文缩写。VDS 由美国最具权威性的汽车评级机构 J. D. Power 公布。J. D. Power 公司自 20 世纪 80 年代末开始发表此类调查报告。J. D. Power 是其创始人名字 J. D. Dave Power 的简称。1968 年, J. D. Dave Power 创办了自己的公司,专门从事调查研究工作,事业的起点是汽车行业。由于他坚持原则、不断创新,这种基于美国市场消费者的调查,对各企业的产品质量起到了一定的监督作用,同时,也使 J. D. Power 质量调查的权威性越来越高。J. D. Power 公司汽车可靠性调查采用每百辆车的故障数(Problems Per 100 Vehicle,缩写为 PP100)作为指标。

1. J. D. Power 2004 年日本汽车可靠性调研

丰田汽车公司在“2002 年购买的汽车(使用 15~26 个月)可靠性调研”中,每 100 辆车的质量问题数是 89 个。“2001 年购买的汽车(使用 17~38 个月)可靠性调研”中,每 100 辆

车的质量问题数是 110 个,“2000 年购买的汽车(使用 39 ~ 50 个月)可靠性调研”中,每 100 辆车的质量问题数是 133 个。

本田汽车公司在“2002 年购买的汽车(使用 15 ~ 26 个月)可靠性调研”中,每 100 辆车的质量问题数是 91 个。2001 年和 2000 年质量问题分别为 144 个和 161 个。

在对购买日产汽车公司 2002 年、2001 年和 2000 年汽车的可靠性调研中,每 100 辆车的质量问题数分别是 108 个、132 个和 155 个。

在对购买马自达汽车公司 2002 年、2001 年和 2000 年汽车的可靠性调研中,每 100 辆车的质量问题数分别是 130 个、160 个和 179 个。

在对购买三菱汽车公司 2002 年、2001 年和 2000 年汽车的可靠性调研中,每 100 辆车的质量问题数分别是 134 个、180 个和 186 个。

调研结果显示,日本 2002 年购买的汽车平均可靠性调研(VDS)是 104 PP100(每 100 辆车的质量问题数是 104),2001 年购买的汽车平均 VDS 则上升到 135 个,2000 年购买的更是上升到了 157 个。

随着车辆使用时间的增加,驾驶、操控和制动类别的质量问题数增加得特别多。另外,在此次调查所涉及的 147 个质量问题中,消费者大多对制动噪声以及空调系统发出的难闻气味有所抱怨。使用 1 万 km 及以下的车辆 VDS 得分是 79 PP100。而使用 5 万 km 以上的车辆 VDS 得分则剧增到 206 PP100。

根据 J. D. Power 以前曾做的消费者满意度调研表明,消费者反映的问题越多,对车辆的满意度也就越低。消费者是否向朋友推荐自己使用过的车辆品牌,也取决于他们在使用过程中所碰到的问题。对生产商来说,尽可能地减少质量问题数是非常必要的,确保汽车的长期可靠性是一个非常重要的挑战。

2. J. D. Power 2005 年美国市场汽车可靠性调查

2005 年 J. D. Power 公司对美国市场的汽车可靠性进行了调查,使用 3 年后的汽车 PP100 如表 1-1 所示,2005 年新车的 PP100 如表 1-2 所示。

2005 年 J. D. Power 汽车可靠性调查统计表(使用 3 年后的部分品牌汽车) 表 1-1

序号	汽车品牌	PP100	序号	汽车品牌	PP100
1	别克	187	9	福特	276
2	林肯	194	10	日产	280
3	凯迪拉克	196	11	马自达	285
4	本田	209	12	奥迪	295
5	丰田	216	13	奔驰	327
6	雪佛莱	262	14	三菱	327
7	通用	262	15	现代	375
8	宝马	264	16	路虎	472



2005 年 J. D. Power 新车质量调查统计表(部分品牌汽车) 表 1-2

序号	汽车品牌	PP100	序号	汽车品牌	PP100
1	宝马	95	9	通用	113
2	别克	100	10	林肯	113
3	凯迪拉克	104	11	日产	120
4	奔驰	104	12	雪佛莱	127
5	丰田	105	13	福特	127
6	奥迪	106	14	三菱	129
7	现代	110	15	路虎	149
8	本田	112	16	马自达	149

从表 1-1 和表 1-2 中可以看出:一些品牌汽车,如别克、凯迪拉克等,无论是新车还是使用了 3 年的汽车,始终故障数较低,可靠性较高;一些品牌汽车,如现代,新车排在前列,故障数低;但是使用 3 年后故障数排序靠后,可靠性不够高;还有一些品牌汽车,如马自达,虽然新车故障数排在后面,但使用 3 年后显示出故障数低、可靠性高。

美国用户满意指数是通过电话访问全美 5 万个用户,调查顾客的期望质量、感受到的质量、感受到的价值、顾客抱怨和顾客忠诚度等。表 1-3 为 2003 年美国市场部分汽车生产企业用户满意指数。

2003 年美国市场部分汽车生产企业用户满意指数 表 1-3

汽车生产企业	凯迪拉克	宝马	丰田	别克	奔驰	马自达	本田
用户满意指数	87	85	85	84	83	82	82

四、中国市场汽车可靠性调查

至 2007 年 6 月我国机动车保有量已达 1.5 亿辆,私人购车占整个市场份额的 75.43%,北京的汽车已突破 300 万辆。汽车的购买主体已完成了由集团向家庭的转变。我国已成为全球第二大汽车消费国。表 1-4 是对中国市场主要车型新车故障数的调查结果。

2003 年中国市场各车型新车故障数(行业平均 328) 表 1-4

序号	汽车品牌	PP100	序号	汽车品牌	PP100
1	丰田佳美	82	9	一汽红旗	304
2	别克 GL8	101	10	菲亚特西椰娜	334
3	马自达 6	104	11	神龙富康	346
4	本田雅阁	140	12	中华晨风	384
5	日产风度	177	13	奇瑞风云	409
6	上海大众桑塔纳 2000	183	14	昌河铃木	483
7	现代索纳塔	204	15	吉利豪情	496
8	福特嘉年华	282	16	天津夏利	499

可以看出,中国市场各车型新车的行业平均故障数和美国市场各车型新车的行业平均故障数之比为 328/118,即 2.78 倍,差距还是比较大的。

中国汽车用户满意指数(CACSI)是中国用户满意指数(CCSI)测评体系的重要组成部分,这种测评方法根据用户在购买和使用产品过程中的具体感受,利用统计模型将用户对产品质量印象、预期、感知质量、感知价值等诸多因素进行系统分析,得到测评结果。2004 年中国轿车用户满意指数统计如表 1-5 和表 1-6 所示。

2004 年中国轿车用户满意指数(CACSI)模型计算结果 表 1-5

品牌形象	质量预期	感知产品质量	感知服务质量	感知价值	满意度	抱怨	忠诚度
77.8	80.2	75.1	70.6	68.1	72.2	27.0	54.4

2004 年 10 万 ~ 20 万元中国轿车用户满意指数 表 1-6

品牌	Polo	威驰	宝来	福美来	索纳塔	爱丽舍	捷达	桑塔纳 2000
指数	77.5	76.0	75.8	74.7	74.5	74.2	69.7	68.6

我国客车制造业经过几十年尤其是近十几年的发展,制造水平不断提升,尤其是各大总成技术逐渐成熟,质量日趋稳定;但是,中国的客车制造水平与国外知名汽车企业相比还有一定的差距,与客户的期望值还有不小的距离。据 2003 年底的统计资料,在山东西部某地区注册运营的客车调查,包含 10 多个国内品牌,车龄为 0 ~ 6 年不等,共计 3 143 辆,归纳出客车在使用过程中各种故障出现的频率,如表 1-7 所示。

在用客车故障发生频率 表 1-7

部 位	故 障	发生频率(次/月·百车)		占总故障数的百分比(%)
车容车貌	碰刮伤、脱漆	8	0.65	1.71
	门窗、玻璃、座椅、车辆装备等损伤	13	1.06	
发动机	发动机异响、低中高速性能不良	24	1.96	20.45
	附件失效	29	2.37	
	漏油、漏水、漏电、漏气	155	12.68	
	离合器故障	42	3.44	
转向系	转向系松旷、漏油	6	0.49	8.43
	转向臂及拉杆有裂纹,球头、接头松旷	97	7.94	
制动系	系统连接松旷	17	1.39	10.63
	行车制动性能差	84	6.87	
	驻车制动性能差	11	0.90	
	系统漏油、漏气	18	1.47	
传动系	传动轴螺栓、半轴螺栓松旷	126	10.31	13.01
	变速器、减速度器异响,掉挡、乱挡	33	2.70	

续上表

部 位	故 障	发生频率(次/月·百车)		占总故障数的百分比(%)
行驶系	轮胎缺气	168	13.75	24.46
	轮胎硬伤、爆破、非正常磨蚀	61	4.99	
	轮毂松旷、车轮异响	40	3.27	
	钢板弹簧螺栓松旷、断裂、移位	30	2.45	
灯光、 仪表、 空调、 加热器等	仪表失准	8	0.65	13.34
	灯光不亮、线路故障	142	11.62	
	蓄电池缺电、发电机不发电	9	0.74	
	空调制冷剂泄漏、制冷效果差、加热器工作不良	4(季节性)	0.33	
其他	上述以外的故障	97	7.94	7.94
合计		1 222	100	100

由表 1-7 可以看出客车可靠性的几个薄弱环节:

(1)从发生的部位看,发动机、行驶系和灯光电气是故障发生的“重灾区”。这 3 个系统(总成)的故障率之和占到了总故障数的 58.25%。其中最常见的故障是发动机漏油、漏气、漏水、漏电(12.68%),轮胎缺气(13.75%),灯光线路故障(11.62%)。这些系统(总成)的工作条件差、强度大,汽车厂家应为客户提供质量稳定可靠的产品。

(2)从车辆档次看,普通客车、车龄较长的客车故障率较高。普通客车故障发生率是 757 次/(月·百车),比中高级客车的 289 次/(月·百车)明显偏高。从车龄看,车龄较长的客车故障明显偏多。

(3)从故障发生的原因看,“小毛病”故障多是由基础件质量标准低引起的。诸如“四漏”(漏油、漏气、漏水、漏电)、传动系统螺栓连接及转向节球头松旷、轮胎缺气、灯光不亮等故障层出不穷,这些“小毛病”故障数之和占到了总数的 59.65%。

(4)从引发的后果看,还需进一步强化安全零部件的可靠性。车辆的技术状况不佳,尤其是安全零部件损坏会导致很多行车事故,如前轮胎爆破会引起翻车或撞车,转向系故障会引起转向失控,制动系故障会引起制动不灵,灯光不全会导致后方车辆的错误判断等。这些故障数之和占总故障数的 38.94%。据统计,在交通事故总数中,因为机械或与机械有关的故障引发的交通事故占总交通事故的近 10%。

第二节 可靠性与产品质量

产品的真正价值主要体现在使用过程中,而产品质量是产品使用的重要保证。汽车已成为现代社会的主要交通工具,人们都希望购买自己满意的汽车,在购买汽车时,有随意选择的自由。用户的要求是多方面的,不仅要求汽车坚固耐用,而且要故障少、维修方便。

一、质量与可靠性的关系

产品质量的一般含义包括:基本性能(动力性、经济性)、可靠性、有效性、外观等。就是说,可靠性是产品的一种质量指标,并且可以说可靠性就是产品性能的稳定性。

和一般的质量指标不同,可靠性指标有自身的特点:一是必须明确3个规定的条件(时间、条件、功能);二是一般产品的性能,只要产品制成就能测定,可以在出厂前加以检验和考核,称作使用时间 $t=0$ 时的质量,也称作狭义质量。可靠性的评定则要待用户使用后,或者模拟使用试验后才能进行,要到使用现场去考核,故称作使用时间 $t>0$ 时的质量;三是可靠性并不笼统地指寿命长,而是指在对应的规定使用时间内能否充分发挥其功能的可能性。其意义在于,保证在规定时间内产品不发生故障或少发生故障,而发生故障后又能很快修复;四是产品的可靠性是从设计到使用的全过程加以保证而获得的,因此产品发生故障的时间是个随机变量,就是说发生故障的可能性或何时发生故障难以预料。但另一方面,一批产品的可靠性是符合一定的统计规律的,即发生故障的时间服从一定的概率分布规律,因而发生故障的可能性可用概率表示。

可靠性是个可以度量(定量)的质量指标,是个硬指标,可以进行考核。

二、质量管理与可靠性

质量管理是科学管理(其创始人是美国人泰勒)的一个重要组成部分。质量管理大致分为这样几个阶段:

(1)事后检验阶段。产品检验从制造过程中分离出来,成为一道独立的工序,设立专门的检验机构及专职人员。

(2)统计质量控制(SQC Statistical Quality Control)。20世纪初,因流水线生产的发展,事后检验已不能充分保证产品的高质量。一个环节出问题,将导致大批产品报废。全检(每个环节检查)不可能,应用“抽样检查”、“管理图”及统计原理,统计产品的检验结果,控制产品质量。

(3)全面质量管理(TQC)。把质量管理扩展到规划、设计和销售等领域,实行全过程、全员质量管理。20世纪60年代后期,质量管理目标转向质量保证(QA)和可靠性。

(4)以可靠性为主的全面质量管理阶段。20世纪后期,随着新型复杂产品的发展,特别是航天事业的发展,可靠性成为质量的主要矛盾。以工厂为主的质量管理已经不再能保证产品的高质量。因此进入了以可靠性为主的全面质量管理阶段。包括4个全面:可靠性工作贯彻到企业的各个部门;可靠性工作贯彻到科研设计、生产、使用的整个产品生存周期中;从企业的最高领导到所有职工都应尽力抓好产品的可靠性;强调人的因素。

可靠性被引入质量管理中,产品质量的概念从狭义的“减少次品,杜绝不合格品”的消极质量管理,发展为满足市场需求的积极质量(魅力质量)管理;产品质量的概念也从单纯的“符合性”质量扩展到“适用性”质量,即从产品自身的功能性质量,扩展到产品的可靠性、品种、价格、交货期和售后服务等广义的质量概念。质量管理活动点也向可靠性、市场需求与产品开发研究方向转移。在诸多的质量指标中,产品可靠性是用户最为关心的质量指标。因而可靠性成为现代质量保证的核心。

第三节 可靠性工程的发展

一、可靠性工程的形成与发展

1. 可靠性工程的准备及萌芽时期(20世纪30~40年代)

可靠性概念的建立,起源于航空业。二次世界大战期间,飞机作为主要交通、作战的工具,飞行事故频繁,要求计算一台发动机失效的概率以及在一段飞行时间内不失效的概率,这就是初始的可靠性概念。

1939年,英国航空委员会出版《适航性统计学注释》,首次把飞机安全性及可靠性作为概率的概念提出。

二次世界大战的1944年,德国在研制VI型火箭中,最早提出了系统可靠性的基本理论,即可靠性乘积定律。德国战败,终止研制,专家流落美国。

二次世界大战中,美国有60%的机载电子设备运到远东后不能使用,50%的电子设备在储运期间失效。美国于1943年成立了电子管研究委员会,主要开展电子管的可靠性问题研究。

1949年,美国无线电工程师学会成立了可靠性技术组,这是第一个可靠性专业学术组织。

2. 可靠性工程的兴起及形成阶段(20世纪50年代)

20世纪50年代初期,美国侵略朝鲜。由于电子设备不可靠,影响了战争,并增加了维修费用(每年维修费用是成本的两倍)。1955年,举行美国第一届质量控制及可靠性年会。1957年发表了第一份可靠性研究报告《军用电子设备可靠性》。

美国在这一时期,组织了可靠性研究力量,制定了可靠性管理大纲,在可靠性设计、试验的方法和程序、失效数据的收集及处理系统等方面对可靠性工程作出了贡献。

同时,前苏联、日本也在20世纪50年代后期着手开展可靠性研究工作。

3. 可靠性工程迅速、全面发展阶段(20世纪60年代)

20世纪60年代是美国经济发展较快的时期,航空航天业迅速发展。此时期称为美国的“航宇年代”。1963年美国一颗同步卫星SYNCOM I因高压容器壳体破裂而在空间消失。“水手III”航天飞行器也因机械部件失效而坠毁。

在这个阶段,美国主要做了如下研究工作:改善可靠性管理;建立可靠性研究中心;制定可靠性实验标准,发展新的可靠性试验方法;开辟失效物理研究新领域,发展新的失效模式分析技术;并重视机械部件的可靠性研究。建立起一种新的设计理论——“应力—强度干涉理论”,其相应的设计方法,就是机械概率设计;注意人与可靠性、安全性以及维修性的研究;创建可靠性教育课程,起初只有几所学校开设可靠性课程,到20世纪60年代后期,美国40%的大学设有可靠性课程,并开办研究生班,设立硕士、博士学位。

此间,前苏联、日本、英国、法国等相继全面开展可靠性研究。

日本从美国引进可靠性技术,把美国在航空、航天及军事工业的可靠性研究成果应用于民用工业。

4. 可靠性工程深入发展的阶段(20世纪70年代以后)

一些发展中国家也开展了可靠性研究,重视可靠性教育。此时,日本产品的可靠性研究