

汽车可靠性工程方法

王秉刚 编著



机械工业出版社

前 言

汽车的可靠性是用户最为关心的质量问题之一。随着世界科学技术的发展包括可靠性技术的发展与应用,当今世界的许多汽车产品可靠性已经达到相当完美的程度,其用户可以不用担心汽车因故障造成事故和停驶。这是汽车产品得以大量普及的重要因素之一。

与先进国家相比,我国汽车产品的可靠性水平较低。汽车的故障给用户带来巨大损失。提高与改善我国汽车产品的可靠性已是当务之急。为此,必须普及可靠性知识,广泛推广应用可靠性技术方法,培养从事可靠性工作的人才,开展可靠性的科学研究工作。

本书从汽车工业推广可靠性技术工作的需要出发,根据作者从事汽车可靠性研究和推广应用工作中取得的结果、资料和实例,阐述可靠性的基本原理和具体应用方法。力求概念清晰,举例实际,便于应用。本书在内容上包括了可靠性的基本概念、故障的模式及其分级,不可修零部件与可修系统的可靠性评价,威布尔分布的应用,可靠性设计和分析的基本方法,可靠性试验的主要方法,汽车维修性与耐久性的评价及汽车生产过程可靠性管理的有关问题,为便于学习,每章只讨论一个专题,并附有思考题,供读者自我检查学习效果。

在本书编写中,作者参考了一些国内外资料,限于篇幅,在参考文献目录中只列出其中的一部分,并只附上部分可靠性数学用表。

在本书编写过程中,得到中国汽车工业总公司质量监督部和科学技术部的热情鼓励和指导。魏学颜、张红伟、蒋涛、王丽霞、霍树军等同志参加了本书中有关章节的编写工作。常文宣同志也给予了很大的帮助。在此,向他们致以衷心感谢。

王秉刚

(京)新登字 054号

内 容 简 介

本书从可靠性基本概念出发,叙述了可靠性基本原理,通过有代表性的实例详细说明了各种可靠性方法在汽车工程中的应用。全书共23章,涉及可靠性的基本概念、故障的模式及其分级、不可修零部件与可修系统的可靠性评价方法、威布尔分布的应用、可靠性设计及分析的基本方法,可靠性试验的主要方法、汽车维修性与耐久性的评价及汽车生产过程的可靠性管理等重要内容。

本书各章之间既相互关联又彼此独立。每章讨论一个专题,并附有思考题。由于书中引用大量汽车可靠性工程的实例,使读者易于掌握概念和实际应用方法,理论叙述深入浅出。

本书既可供从事汽车设计、研究、试验、工艺制造、质量管理、销售服务、维修使用等方面的技术人员与管理人员学习掌握可靠性方法之用,也可作为高等院校汽车专业及相近专业师生参考。

汽车可靠性工程方法

王秉刚 编著

*

责任编辑:贾馨 吕光源 版式设计:冉晓华
封面设计:常允

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

对外经济贸易大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 15·插页 / ·字数 337千字

1991年11月北京第1版·1991年11月北京第1次印刷

印数 0,001—2,500 ·定价: 15.00元

*

ISBN 7-111-03012-5/U·91 (x)

目 录

第一章 绪论·····	(1)	四、指数分布时平均寿命的区 间估计·····	(29)
一、可靠性的历史·····	(1)	思考题·····	(31)
二、可靠性与质量管理·····	(2)	第六章 可修系统的可靠性度量·····	(32)
三、可靠性的定义·····	(5)	一、累计故障数曲线 $N(t)$ ·····	(32)
四、我国汽车可靠性工作的状 况与展望·····	(6)	二、汽车运行过程的可靠性评 价指标·····	(41)
思考题·····	(8)	三、“蓝皮书”的可靠性加权 评分法·····	(44)
第二章 汽车可靠性工作大纲·····	(9)	思考题·····	(45)
一、为什么要制定汽车可靠性 工作大纲·····	(9)	第七章 威布尔分布的应用·····	(47)
二、汽车可靠性工作大纲的初 步构想·····	(9)	一、威布尔分布的兼容性·····	(47)
思考题·····	(15)	二、威布尔概率纸的使用·····	(49)
第三章 故障的模式及分级·····	(16)	三、威布尔分布的应用·····	(53)
一、故障(失效)的模式·····	(16)	四、威布尔分布的区间估计·····	(56)
二、故障的危害·····	(17)	五、三参数威布尔分布及其参 数估计·····	(59)
三、故障的分级·····	(18)	六、复合型威布尔分布·····	(62)
思考题·····	(20)	七、混合型威布尔分布·····	(64)
第四章 不可修零部件可靠性的 度量·····	(21)	思考题·····	(67)
一、可修与不可修的概念·····	(21)	第八章 可靠性与维修性设计 概述·····	(68)
二、直方图与常用统计量·····	(21)	一、可靠性设计的内容与 方法·····	(68)
三、累计失效率与残存率 曲线·····	(23)	二、维修性设计的内容与 要求·····	(70)
四、可靠度函数·····	(23)	思考题·····	(72)
五、不可修产品“浴盆曲线”·····	(24)	第九章 可靠性分配与预测·····	(73)
思考题·····	(25)	一、为什么要进行可靠性 分配·····	(73)
第五章 点估计与区间估计·····	(26)	二、可靠性目标值的制定·····	(73)
一、参数估计·····	(26)	三、可靠性模型·····	(74)
二、成败型试验可靠度区间 估计·····	(27)	四、可靠性分配方法·····	(77)
三、正态分布均值的区间 估计·····	(28)		

思考题·····	(81)	一、线外质量管理·····	(121)
第十章 设计中随机变量的组合···	(83)	二、参数设计·····	(122)
一、工程设计中的随机变量···	(83)	三、容差设计·····	(133)
二、设计变量和与差的组合···	(83)	思考题·····	(138)
三、随机变量函数的均值和方		第十六章 可靠性试验概述·····	(139)
差的近似计算·····	(85)	一、可靠性试验的分类·····	(139)
四、常见函数的均值与标		二、可靠性试验应注意的	
准差·····	(86)	问题·····	(140)
五、应用举例·····	(86)	三、整车可靠性试验规范的编	
思考题·····	(88)	制要点·····	(144)
第十一章 产品设计与工艺设计中		四、海南汽车试验场可靠性试	
的FMEA·····	(90)	验场规范简介·····	(145)
一、什么是FMEA·····	(90)	五、极限条件可靠性试验·····	(149)
二、FMEA实施步骤·····	(90)	六、特殊环境可靠性试验·····	(149)
三、产品设计与工艺设计过程		七、可靠性增长试验·····	(150)
FMEA举例·····	(93)	思考题·····	(153)
思考题·····	(93)	第十七章 可靠性抽样试验·····	(154)
第十二章 故障树分析 (FTA) ···	(101)	一、什么是可靠性抽样试验···	(154)
一、什么是FTA·····	(101)	二、抽样试验的基本原理·····	(154)
二、故障树的建立·····	(101)	三、汽车零部件威布尔分布计	
三、汽车系统故障树举例·····	(103)	量一次抽样·····	(157)
思考题·····	(106)	四、汽车指数分布计量一次抽	
第十三章 设计评审·····	(107)	样试验·····	(159)
一、为什么要进行设计评审···	(107)	五、指数分布序贯抽样试验···	(160)
二、设计评审工作的内容·····	(107)	思考题·····	(162)
三、设计评审的实施·····	(108)	第十八章 快速可靠性试验·····	(163)
四、开展好设计评审工作需要		一、快速可靠性试验的基本	
解决的几个问题·····	(109)	原则·····	(163)
思考题·····	(109)	二、浓缩应力法快速可靠性	
第十四章 概率工程设计方法·····	(110)	试验·····	(164)
一、应力强度干涉·····	(110)	三、增加样品数量法·····	(166)
二、强度与应力的分布类型及		四、分组最小值法·····	(167)
参数确定·····	(111)	思考题·····	(168)
三、可靠性概率设计举例·····	(113)	第十九章 试验设计常用方法·····	(169)
思考题·····	(119)	一、正交试验设计的基本	
第十五章 田口“三次设计”方		方法·····	(169)
法·····	(121)	二、交互作用的正交试验	

设计·····	(173)	三、改善发动机耐久性的 措施·····	(206)
三、直接应用混合型表设 计法·····	(177)	思考题·····	(207)
四、正交试验设计常用方法 概述·····	(177)	第二十三章 外协件的质量保证···	(208)
第二十章 失效分析·····	(178)	一、外协件质量保证的重要性 及质量责任·····	(208)
一、失效分析的目的和意义···	(178)	二、对协作厂质量能力的调查 与评价·····	(208)
二、失效分析的方法与步骤···	(178)	三、首批样品鉴定·····	(212)
三、典型的失效模式及其 分析·····	(181)	四、协作厂成批生产产品的接 收检验·····	(212)
思考题·····	(186)	思考题·····	(214)
第二十一章 汽车的维修性评价与 试验·····	(187)	附表1 汽车故障模式及分级 举例·····	(215)
一、维修性与广义可靠性·····	(187)	附表2 成败型分布90%置信度 的可靠度单侧区间下 限值表·····	(219)
二、维修的分类·····	(187)	附表3 求置信下限时 $\hat{MTBF}$ ($\hat{MTTF}$) 应乘的 系数表·····	(220)
三、维修性的度量·····	(188)	附表4 中位秩表(%)·····	(222)
四、有效度·····	(191)	附表5 百分比等级表·····	(228)
五、维修性试验·····	(191)	参考文献·····	(232)
思考题·····	(197)		
第二十二章 汽车发动机耐久性 评价·····	(198)		
一、汽车发动机磨损变化 规律·····	(198)		
二、发动机的耐久性评价·····	(202)		

第一章 绪 论

一、可靠性的历史

人类从制造最简单的工具开始,就知道工具应该耐用、少出毛病,如遇故障,容易修好再用的道理,这就是可靠性最初的概念。但是,可靠性发展成为一门科学并应用到工业生产上还是近代的事,其历史大约可以追溯到40多年前。为便于叙述,把可靠性的发展过程分为四个时期。

1. 摇篮期

可靠性的研究始于第二次世界大战。美军因飞行故障事故而损失的飞机为21 000架,比被击落的数字多1.5倍。运往远东作战飞机上的电子设备有60%不能使用。这些惊人的数字引起了对可靠性的高度重视,可靠性研究工作首先在电子领域开展起来,并取得初步成果。

2. 奠基期

50年代起,可靠性问题愈加突出。美国军用雷达因故障不能工作时间占84%,陆军的电子设备在规定时间内有65%~75%因故障而不能使用。1952年美国国防部设立了“电子设备可靠性咨询小组(AGREE)”,1957年发表了著名的“军用电子设备的可靠性”报告,提出了在研制、生产过程中对产品可靠性指标进行试验、验证和鉴定的方法,以及包装、储存、运输过程中的可靠性问题及要求。这个报告被认为是电子产品可靠性工作的奠基性文件。可靠性理论的研究开始起步。FMEA、FTA等方法在50年代末进入了实用阶段。美国成立了可靠性管理机构,制定了可靠性工程大纲和可靠性标准,出版了可靠性手册,建立了可靠性数据中心,举行了各种可靠性学术会议。可靠性工程开始形成一门独立的工程学科。

3. 普及期

1960年以后,可靠性工程从电子工业向其它工业部门迅速推广。从最复杂的有720万个元件的阿波罗登月飞船,到洗衣机、汽车、电视机、心脏起搏器等,都应用了可靠性设计、可靠性管理技术,且有了明确的可靠性指标。从1959年开始实行汽车保用里程制度。在质量管理(QC)活动中,提出了质量保证(QA)的概念,既要管 $t=0$ 的质量(出厂质量),又要保证 $t>0$ 的质量(可靠性)。威布尔概率纸的应用盛行起来。

1969年7月,阿波罗11号飞船登月成功时,美国防部长施莱辛格说:“归根结底,可靠性是工程最实际的形式。”美国宇航局(NASA)在总结此项工程经验时认为,可靠性工程技术是其三大技术成就之一[⊖]。

1962年,肯尼迪提出的消费者保护政策,给予消费者四项权利,那就是:①要求安全;②产品要交底;③产品要有选择性;④要听取用户意见。由此,出现了消费主义的

⊖ 另两个成就是日程管理和形态管理。

高潮，促使把可靠性置于质量保证活动的核心位置。

4. 成熟期

进入70年代，人们在消费主义思想的支持下，提出了大量产品责任（PL）的问题。它是指因产品缺陷而使消费者受到损失，从而引起在法庭上进行赔偿损失的争议问题。因此，使企业高度重视产品责任预防（PLP）工作，而可靠性技术是解决PLP的重要手段。

1975年，美国质量管理学会（ASQC）的月刊《质量进展》中预测，美国当年度因PL问题而请求赔偿的金额达500亿美元。为此，企业采取了以下措施：①依靠设计评审（DR）工作来防止重大故障；②建立质量保证体系，尽快取得故障信息；③经营者加强质量意识。这一时期，可靠性工作已成为质量保证的一个重要环节。

在此时期，日本产品的可靠性工作取得了很大的成就。1978年在日本召开的第四届国际质量管理会议（ICQC）上，成立了可靠性分委员会，会上对日本的可靠性研究工作给予了很高的评价。可靠性研究工作在世界范围内已达到了成熟期。

二、可靠性与质量管理

1. 质量管理的形成与发展

最初的质量管理，即所谓的统计质量管理（SQC），首先由休哈特（W.A. Shewhart）于1927年提出，它是以统计学原理为基础的。约从1930年起开始在美国普及。随着大批量生产系统的产生，要求制造出来的产品质量稳定，从而产生了质量管理方法。由于美国机械工程师学会（ASME）和美国材料试验学会（ASTM）等学会的大力推广，到1940年SQC在美国广泛普及。

50年代，SQC在日本普及并得到发展。1960年，由日本人首先提出全面质量管理（TQC），把质量管理扩展到规划、设计、制造、销售等领域，实行全过程、全员质量管理。

60年代后半期，质量管理的目标又转向到质量保证（QA）和可靠性方面，或者说形成了以TQC为基础的质量保证。它是指在质量管理活动中建立起科学的方法与管理体制，建立能组织全员协作的管理机构，最有效地发挥质量保证的功能。

1970年以后，质量保证有了新的发展。提出了“源流管理”（有如治理江河必从源头开始之意），即在生产准备阶段，甚至比生产准备阶段更早的设计阶段，就采取质量保证措施。朱兰将这种思想称为“早期警戒方式”，认为是推进质量保证的重要策略。为了实现这种管理，必须采用可靠性的方法和管理，从而将可靠性引入了质量管理。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，发展为满足市场需求的积极的质量，或者称为魅力质量。质量保证活动的重点向市场情报搜集与产品开发研究方面转移。

2. 质量保证（QA）的内容

质量保证可以由以下七个阶段的活动组成：

（1）市场调查 包括市场需求、现场使用工况和环境条件。

(2) 规划 1) 将市场需求转化为具体的设计要求, 利用所谓的质量展开图和质量表(如表 1-1、表 1-2 所示)的分析方法; 2) 故障的事前分析, 应用FMEA 和FTA方法对新产品进行事前分析, 预测可能发生的故障, 并采取预防措施。

表 1-1 需求质量展开图

I	II	III
(1) 故障少	(11) 耐 磨	(111) 干涉少 (112) 材质好
	(12) 承载强度高	(121) 尺寸合适 (122) 偏差小
	(13) 耐腐蚀	(131) 环境气氛好 (132) 表面处理适宜
	(14) 机械干涉少	
(2) 使用方便	(21) 操纵性好	(211) 回转稳定 (212) 视野良好
	(22) 操作简便	(221) 操作盘 (222) 操作控制板
	(23) 不易疲劳	

表 1-2 质量表

需求质量 (展开)	特性	车 厢		照 明		规格
		进深	宽度	顶棚位置	照度	
明亮	窗户位置	○		○		
	壁面颜色				○	
	电 灯				◎◎	
宽敞	顶棚高度			◎		○
	车厢形状	○	◎			
	大 小	◎				

顾客的需求

○ 关系紧密 ◎ 关系特别紧密

(3) 开发和设计 进行图纸设计, 运用FMEA和FTA等方法进行可靠性分析, 进行包括设计评审等内容的质量保证活动, 进行样品的质量与可靠性试验验证。

(4) 生产准备 经常用 4 M1E (4M系指机器、人、材料、方法; 1 E系指环境) 表示质量方面的五要素。对机器进行工序能力指数 C_m 评定, 保证机器工序能力满足设计规格的要求。同时考虑人的技能和工艺方法两因素, 工序能力指数 C_m 转变为总的工序能力指数 C_p 。用 C_p 是否超过1.33来判定是否满足

设计要求，即：

$$C_p = \frac{S_u - S_L}{6\sigma} \geq 1.33$$

(1-1)

式中 S_u, S_L ——设计要求的公差上、下限； 6σ ——工序能力。

- (5) 生产 通过管理图进行保持工序稳定状态的质量保证。
- (6) 售后服务 建立维修服务网点，提供充足的备件，进行使用培训等。
- (7) 外协、外购 保证外协、外购件产品的入厂质量，不如对制造该产品的工厂的制造工序进行保证更为重要，这就是外协、外购件的质量保证。也就是说，不仅要保证优质的外协、外购件，而且要将外协厂的经营、管理、技术能力都作为质量保证的对象。

3. 质量保证与可靠性的关系

质量保证和可靠性是为同一目的而发展起来的，两者同属一个范畴。据上所述，它们之间有许多共同点。1970前后，质量保证和可靠性还没有统一到一条轨道上，这是因为两者的起源不同。1970年以后，逐渐将可靠性与质量保证融合在一起。

从表 1-3 中可以看出，狭义的质量管理与可靠性的区别。但狭义的QC发展到质量保证（QA）之后，可靠性便同质量保证统一起来。可以说，可靠性已经成为现代质量保证中的核心。在日本，自1970年之后已把可靠性作为质量管理教育中的内容之一。

表 1-3 质量管理与可靠性比较

对 比 项 目		质 量 管 理	可 靠 性
故 障	故 障 项 目	产生次品，工艺不稳定 性能不稳定	发生故障，寿命短 维修性差，安全性差
	故障发生 的场合	大多在工厂内	一般在使用现场
	故障发生 的时间	在制造和性能试验时	制造后数月或数年后
数据的数量 n		一般 n 在10以上，方可进行数据分析	$n = 1 \sim 10$ ， 有些场合 $n = 0$
方 法		管理图，实验计划，巴列特分析	FMEA, FTA, 失效分析
分布规律		正态分布	指数分布，威布尔分布

三、可靠性的定义

目前世界上公认的可靠性定义是：产品在规定的条件下，在规定的时间内，完成规定功能的能力。

上述定义中包括四个因素，即：产品、条件、时间与功能。

汽车产品包括整车、部件和零件，它们都是可靠性研究的对象。

规定的条件是指汽车产品工作的条件，包括气候、道路等的环境条件；载荷性质、种类、行驶速度等的运行条件；维修方式、水平、制度等的维修条件；还有存放、运输等条件。人的因素也是重要的条件，例如人的驾驶水平、维修技能、使用管理水平等。这些条件都对汽车的可靠性有影响。

可靠性同一般的质量指标的区别在于它是一种时间质量指标。一般质量指标在产品出厂时可以考核，而可靠性是要经过一定的工作时间后才能评定。规定的时间（用符号 t 来表示）可以是时间单位（小时、天数、月数、年数），也可以是行驶里程数、工作循环次数等。在汽车工程中，保用期、第一次大修里程、报废周期等都是重要的特征时间。

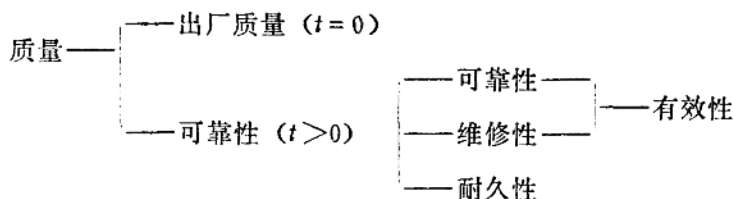
规定的功能是指汽车设计任务书、使用说明书、订货合同以及国家标准规定的各种功能与性能要求。不能完成规定功能就是不可靠，称之为发生了故障或失效。故障包括使汽车停驶的完全性故障（或称硬故障），及汽车不能正常工作的间隙故障，或汽车性能逐渐下降到最低规定限度而不能正常使用的衰退性故障（或称软故障）。例如汽车制动性能逐渐衰退，超出交通法规限值范围，影响汽车的安全行驶，并为交通监理所不容许，这就属于一种重要的衰退性故障。

汽车的可靠性含义除由上述四种因素构成外，还可以从其内容上考虑，由下述的三大要素所构成，即可靠性、维修性与耐久性。

产品发生故障后，能很快修复，花费很少，这就是维修性好。它的严格定义是：产品在规定的条件下，在规定的时间内，完成维修的能力。好的维修性，使汽车停驶时间最少，提高了汽车的有效性，降低了使用费用。它与可靠性相辅相成，构成了产品的广义可靠性。

汽车的耐久性，没有过明确的定义。通常把汽车第一次大修里程的长短和汽车报废的寿命看作是汽车的耐久性。在很多文章中，常常把可靠性与耐久性两个术语混用。我们认为二者是有区别的。我们定义汽车的耐久性是：汽车产品在规定的使用与维修条件下，在规定的时间内，完成规定功能的能力。

综上所述，可以把汽车产品的广义质量的含义表示如下：



四、我国汽车可靠性工作的状况与展望

1. 我国汽车可靠性工作的状况

从1983年开始到1984年,汽车行业组织了空前规模的汽车可靠性试验;试验车辆数为53台,总试验里程为36万km。结合可靠性试验开展了以“汽车可靠性考核与试验方法研究”为中心的科学研究活动,取得了如下成果:

(1) 初步摸清了国产汽车可靠性状况,指出了国产汽车的 MTBF 仅为500~1000 km,问题相当严重。同时也指出了早期故障率高是一个突出的问题,在2 500km 之前,故障甚多,90%的问题属于生产管理中的原因。已投产多年的车型与新开发的车型在进入稳定期后,暴露出许多设计中的问题。其中,固有可靠性问题是影响产品可靠性的最根本问题,协作件的故障也十分突出。

(2) 试验研究结果引起汽车企业领导的高度重视,第一汽车厂、第二汽车厂等骨干汽车企业在全厂发动了大规模的质量攻关活动。汽车早期可靠性有了明显的改善,MTBF成倍增长。

(3) 在汽车行业开始普及可靠性知识。在质量系统举办了可靠性学习班。把可靠性评价方法列入“汽车产品质量评定办法”(即所谓“蓝皮书”)中,在全行业贯彻实施。原来很陌生的可靠性术语和概念,如MTBF、有效度等为各企业的领导和工程技术人员所接受。在汽车工程学会中成立了可靠性专业委员会,开始了可靠性的学术交流活动;发表了一批汽车可靠性方面的文章、著译作;在吉林工业大学、长春汽车研究所开始招收可靠性研究生。

1985年以后,汽车可靠性活动继续在汽车行业各企事业深入开展。中国汽车工业公司通过质量监督检验,继续对骨干企业的汽车产品可靠性进行考核。1988年在海南汽车试验场组织了四个轻型汽车骨干厂的 25000km可靠性试验。同时,根据原国家机械委“关于公布机械工业第二批限期达到可靠性指标的产品的通告”要求,中国汽车工业联合会对包括上述四个轻型车产品在内的12种汽车产品进行了可靠性考核。

经过几年的努力,汽车产品的可靠性水平逐年提高。表1-4列出了1983~1988年国产汽车主要产品可靠性水平的增长情况。

2. 我国汽车可靠性工作的展望

从表1-4中可以看出,国产汽车的可靠性水平逐年有所提高,尤其是四个轻型车骨干企业的产品MTBF已达到 3276km。但总的来说,国产汽车可靠性水平仍然是很低的,与国外先进水平(MTBF可达1万km以上)相距甚远。此外,还可以看出自1987年以来,可靠性水平提高速度较慢。

总的来说,同世界汽车的可靠性先进水平比较,我国汽车可靠性仍处于初期阶段。可靠性管理体系尚未在汽车行业和大中型企业中建立起来;可靠性设计技术基本上没有在设计部门推广;还没有形成全行业重视可靠性工作的局面。汽车工业的可靠性工作

表 1 - 4 1983~1988年国产汽车MTBF值(km)

年份	重 型 车	中 货 车	轻 型 车	微 型 车	轿 车	客 车	旅 行 车	越 野 车	总 体
1983									560
1984		1410							
1985			733						
1986	742	739	970	1111		1146	1078	883	932
1987	1490	2118	1676	1425	5000	2232	2167	2679	1984
1988	2589	2206	2228	1621	1250	1668	2465	2005	2058
1988①	1875	2083	3276	2000					2576

① 为原机械委考核可靠性达标的数

已经走出了重要的第一步。而第二步将更为重要，那就是从根本上采取措施，使我国汽车可靠性工作有大幅度的进展。为此，应重点抓好以下几项工作：

1) 提高对可靠性重要性的认识，而首先是各级领导要把可靠性作为治理整顿汽车工业的重要内容。近年来，汽车工业有了很大发展，“缺重少轻”的局面有所好转，轿车工业引起了重视并正在起步。但是，汽车产品的质量，尤其是固有质量提高幅度不大，实际上已经成为进一步提高企业的经济效益、引进产品国产化、出口创汇等诸项任务完成的严重障碍。有的企业因为产品可靠性差，每年损失数千万元乃至数亿元的利润。有的引进产品，随着国产化程度的增长，产品质量及信誉也随之下降。出口产品可靠性差的问题反映严重，有些很不容易才打开的出口渠道，由此而又被堵上。可靠性已经成为中国汽车工业发展与技术进步道路上的重要议题。

2) 大力普及可靠性知识。可靠性工程基本内容与方法在汽车行业中普及程度很差。尤其在各级领导层与设计部门，这是今后普及可靠性知识的重点。

3) 组织制定汽车行业或汽车企业的可靠性工作大纲及系列标准，使可靠性管理规范、标准化，通过行政渠道贯彻实施。可靠性管理体系应与质量保证体系统一起来，把质量工作中的先进经验应用到可靠性工作中去，推动可靠性工作的开展。

4) 在设计（产品设计与工艺设计）工作中，推行可靠性方法。如设计评审制度、FMEA、FTA、可靠性分配、概率设计等。

5) 建立用户信息反馈网络，加强可靠性试验与检测工作。由于可靠性研究的是 $t > 0$ 时的质量，因此用户信息及可靠性试验结果是对产品可靠性的最终评定，是沟通整个可靠性工程的纽带，是搞好可靠性活动的动力。

6) 抓好、抓紧汽车零部件的可靠性工作，是提高整车可靠性的基础。要制订外购、外协件的可靠性管理办法，制订或修订零部件的可靠性标准。还要通过相关工业部门，共同解决材料、原器件等的质量保证。

思 考 题

1. 叙述QC、SQC、TQC、QA及可靠性工程在概念上的区别与联系。
2. 何谓“源流管理”？
3. 可靠性定义的四因素是什么？
4. 构成可靠性的三要素是什么？
5. 质量的广义概念是什么？
6. 叙述可靠性工作对汽车工业和企业发展的重要性，最好举例说明。
7. 你了解你厂产品可靠性状况及主要问题吗？
8. 你认为汽车行业和你厂的可靠性工作应该从哪里入手？
9. 可靠性设计对可靠性工作的重要性是什么？
10. 如何普及可靠性知识？

第二章 汽车可靠性工作大纲

一、为什么要制定汽车可靠性工作大纲

可靠性是一项包括管理和技术两个方面，涉及许多领域、部门，贯穿汽车产品由开发到生产、销售、售后服务的全过程。它是一项集中了人类社会智慧与经验的现代系统工程。这项工作必须在科学、周密的组织下才能取得成效。它是不可能由少数人在有限范围内所能完成的。可靠性工作必须是有组织、有计划、有纲领地进行。所有与可靠性有关的部门都必须在一个统一的方针指导下，齐心协力，可靠性的目标才能实现。任何环节的疏忽，都可能导致整个工作与总体目标的失败。

把人们长期积累起来的各种可靠性工作经验教训、各种为实践证明有效提高与保证可靠性技术与方法总结起来，上升为各种规范性文件和标准，指导整个可靠性工作的进行，这就是制定可靠性工作大纲的目的。

汽车可靠性工作大纲规定了汽车产品从研制、生产、销售到使用过程应进行的可靠性设计、试验、生产、售后服务和管理的工作项目及基本要求，以确保汽车产品达到预期的可靠性要求。

大纲是一个提纲性的文件（或标准），由它出发，还要制定出一系列技术与管理文件，从而形成一套指导汽车可靠性工作的规范，使可靠性工作规范化。

大纲要根据我国汽车行业的具体情况，并吸取国外汽车行业及国内其它行业可靠性工作的经验来制定。

前几年我国汽车行业编制、贯彻实施的《汽车产品质量检查评定办法》（即所谓“蓝皮书”），取得了卓有成效的成果。这是一条很好的经验，对为什么要制定可靠性工作大纲和如何组织制定大纲有重要的参考价值。

制定可靠性工作大纲及一系列技术、管理文件的工作难度很大，贯彻实施工作也更艰巨，但它确实是一项十分重要的工作。

可靠性工作大纲可以由汽车行业组织制定。各个企业也可以根据行业大纲进一步制定本企业的大纲。

二、汽车可靠性工作大纲的初步构想

在图2-1中，构思了整个汽车可靠性工作的流程。围绕这一流程的各个环节，提出了大纲的主要内容（图2-1见书末插页）。

1. 可靠性工作领导与管理机构

汽车行业或企业应建立可靠性工作领导与管理机构，统一领导与组织可靠性工作大纲的制定与实施。这一机构的主要任务有：

- 1) 制定可靠性工作方针；
- 2) 制定可靠性目标与规划；
- 3) 组织实施可靠性工作；
- 4) 协调相关部门的产品可靠性工作；
- 5) 制定可靠性标准及管理文件；
- 6) 管理信息反馈系统；
- 7) 组织可靠性教育工作；
- 8) 组织可靠性科研活动。

可靠性工作领导与管理机构应由行业或企业的主要技术（生产）负责人领导，并有产品开发、生产管理、工艺管理、质量管理、协作配套供应、销售、使用等部门的主要技术负责人参加；同时设有日常工作机构；应制定严格的工作责任与会议制度。

各部门主要技术负责人负责本部门的可靠性工作，建立本部门的责任制，完成所规定的本部门的目标。

2. 可靠性方针与目标的制定

（1）制定的根据

- 1) 行业规划；
- 2) 用户（或合同）要求；
- 3) 竞争对手同类型产品可靠性水平；
- 4) 本企业同型（或原型）现生产车型可靠性资料；
- 5) 国家有关技术标准与法规；
- 6) 投入费用、技术能力、引进技术的可能性。

（2）可靠性指标

- 1) 平均故障间隔里程（MTBF）；
- 2) 致命故障与严重故障数；
- 3) 当量故障率；
- 4) 平均首次故障里程（MTTFF）；
- 5) 保用期与索赔率；
- 6) 大修里程；
- 7) 报废周期；
- 8) 平均维修费；
- 9) 有效度（或完好率）。

（3）可靠性方针

- 1) 杜绝致命故障；
- 2) 防止严重故障；
- 3) 不断提高MTBF、MTTFF，降低故障率；
- 4) 延长保修周期，降低索赔；
- 5) 减少易损件数量；

- 6) 减少维修, 延长预防性维修周期, 改善维修性, 降低维修时间与费用;
- 7) 提高大修里程;
- 8) 合理确定车辆报废周期;
- 9) 以社会效益和市场竞争能力为主, 在确保可靠性目标的前提下降低生产成本。

3. 可靠性设计

(1) 可靠性设计的基本要求

产品设计中, 应将可靠性要求与其它技术要求(性能、法规、重量等)、效益及开发投产周期作综合权衡, 以构成合理的设计方案, 并按以下要求提高产品的固有可靠性。

- 1) 应尽可能采用经过实际考验、技术成熟的结构, 在满足性能、重量、成本要求的情况下, 尽量多的采用可靠、耐用、维修性好的老结构;
- 2) 采用新结构时, 必须有充分的试验数据证明其符合可靠性要求;
- 3) 提出对安全性、可靠性、耐久性有重要影响的零部件和关键项目, 在设计阶段采取必要的措施(安全系数、降额使用、冗余设计、极限试验等), 确保其可靠性;
- 4) 系统设计(总布置设计)中要确保联接零件的可靠性;
- 5) 结构设计中应同时进行维修性设计, 在统一的维修方针下确定维修方案;
- 6) 要制定各零部件及整车(整机)的可靠性设计规范, 进行应力强度计算分析和寿命估算;
- 7) 应充分考虑各种使用环境(温度、湿度、腐蚀、日照、高原、盐雾等)的因素;
- 8) 防止误操作造成故障的可能;
- 9) 防止误装配、漏装, 便于检测故障。

(2) 可靠度分配

所谓可靠度分配, 是指将系统的各项可靠度指标分配到各个子系统、部件中去。在可靠度分配中应考虑以下因素:

- 1) 各个子系统的重要性;
- 2) 现有同类车(老原车型)各个子系统的可靠性资料;
- 3) 解决可靠性问题的难易程度(技术、费用、周期等)。

为进行可靠度分配, 需建立可靠性模型, 即子系统的划分与可靠性框图。经过认真研究与协调后确定的可靠度分配方案, 同设计任务书一同下达到各个子系统的设计部门(总布置设计也是其中一个部门)。

(3) 设计过程的FMEA(故障模式及危害度分析)

对关键项目及易产生故障的零部件, 要在设计阶段进行FMEA。在以后的设计修改时, 要重新审定。

FMEA是可靠性工作计划的重要组成部分, 应由主管设计人员负责进行, 试验人员(或可靠性专业人员)参加(或会签)。

(4) 关键项目的确定

在设计中要制定关键项目的确定原则, 确定关键项目, 列出系统、子系统、部件的