

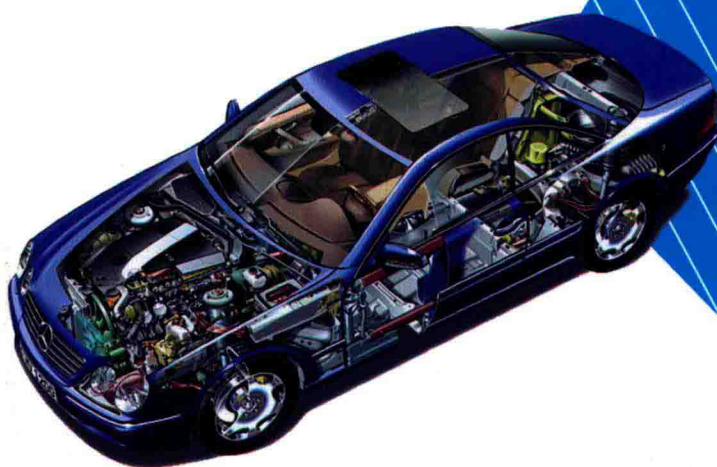
应用型本科院校汽车服务工程专业“十三五”规划教材
YINGYONGXINGBENKEYUANXIAOQICHEFUWUGONGCHENGZHUANYESHISANWUGUIHUAJIAOCAI

汽车服务工程专业教学指导委员会 张国方 总主编

汽车维修工程

◎ 主编 徐立友

QICHE WEIXIU GONGCHENG



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

汽车维修工程

主 编 徐立友
副主编 吴静波 张静云 崔永刚 王俊昌



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

汽车维修工程/徐立友主编. —长沙:中南大学出版社,2017.1

ISBN 978-7-5487-2611-1

I. 汽... II. 徐... III. 汽车-车辆维修 IV. U472.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 008377 号

汽车维修工程

徐立友 主编

☐责任编辑 刘 辉

☐责任印制 易红卫

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市宏发印刷有限公司

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 22.75 ☐字数 579 千字

☐版 次 2017 年 1 月第 1 版 ☐2017 年 1 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-2611-1

☐定 价 52.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

应用型本科院校汽车服务工程专业“十三五”规划教材

学术委员会

主 任

张国方

专 家

(按姓氏笔画排序)

邓宝清	孙仁云	孙立宇	张敬东
李翔晟	苏铁熊	胡宏伟	徐立友
简晓春	鲍 宇	倪骁骅	高俊国
廖 明			

应用型本科院校汽车服务工程专业“十三五”规划教材

编委会

主 任

张国方

副主任

(按姓氏笔画排序)

于春鹏	王志洪	邓宝清	付东华
汤 沛	邬志军	李军政	李晓雪
胡 林	赵 伟	高银桥	尉庆国
龚建春	蔡 云		

前 言

汽车行业作为我国的支柱产业，汽车产销量和保有量与日俱增，对汽车相关专业人员特别是汽车维修技术人员的需求旺盛，高校培养的汽车服务工程方向的人才更是供不应求。为此，根据高等教育关于汽车维修专业的教学基本要求，以理论教学为主，结合维修工艺及技术的实践，特编写本书。

本书主要用于本科院校汽车类专业的教学和参考，并兼顾高职高专的教学需求和汽车行业的职业需求。在组织本书内容时，重点阐述理论知识，同时以常见车型为例，介绍大量维修技术实践的内容，融“教、学、做”为一体，尽量做到理论与实践的紧密联系，既满足教学的需要，又能指导维修实践。

本书共分为九章。第一章主要介绍汽车可靠性理论基础，包括汽车可靠性设计和汽车可靠性数据的采集与分析；第二章主要介绍汽车零部件失效理论，包括零部件失效形式和失效分析方法；第三章主要介绍汽车维护与修理工艺，包括汽车维护工艺规范和维修方法；第四章主要介绍汽车零件修复，包括零件修复方法及修复方法的选择；第五章主要介绍发动机维修，包括发动机机体组、曲柄连杆机构、配气机构、润滑系统、冷却系统及电子控制系统的检修；第六章主要介绍汽车底盘维修，包括离合器、变速器、万向传动装置以及悬架、转向、制动系统的维修；第七章主要介绍汽车车身维修，包括车身主要零部件和车身表面的维修；第八章主要介绍汽车电子电器维修，包括汽车电子点火系统、启动系统、照明和信号装置以及电子控制装置的维修；第九章主要介绍汽车维修质量及评价，包括维修质量的分析方法与评定。

本书由河南科技大学徐立友任主编，河南科技大学吴静波、张静云，沈阳工学院崔永刚及安阳工学院王俊昌任副主编。徐立友、崔永刚编写第一、二、三章，吴静波编写第五、六章，张静云编写第七、八章，王俊昌编写第四、九章。

本书在编写过程中参考了大量的图书资料和图片资料，在此，编者向参考资料被引用的原著作者以及对本书的编写提供过帮助的同事和研究生表示深深的谢意。

由于作者的水平和经验有限，编写时间仓促，书中难免有纰漏之处，敬请广大读者和同仁批评指正，更欢迎广大读者对我们的工作提出宝贵意见。

编者

2016年6月

目 录

第一章 汽车可靠性理论基础	(1)
第一节 汽车可靠性概述	(1)
第二节 汽车故障类型及其分布规律	(4)
第三节 汽车系统可靠性	(7)
第四节 汽车可靠性设计	(12)
第五节 汽车可靠性数据的采集与分析	(14)
第二章 汽车零部件的失效理论	(21)
第一节 汽车零部件失效概述	(21)
第二节 汽车零部件的磨损失效	(25)
第三节 汽车零件的疲劳断裂失效	(28)
第四节 汽车零件的变形失效	(33)
第五节 汽车零件的腐蚀失效	(34)
第六节 汽车零部件其他失效	(36)
第七节 汽车零部件失效方法分析	(38)
第三章 汽车维护与修理工艺	(42)
第一节 汽车维护工艺	(42)
第二节 汽车修理工艺	(61)
第四章 汽车零件的修复	(102)
第一节 汽车零件的修复方法	(102)
第二节 零件修复方法的选择	(148)
第五章 汽车发动机维修	(152)
第一节 发动机维修概述	(152)
第二节 曲柄连杆机构的检修	(157)
第三节 配气机构的检修	(174)
第四节 润滑系统的检修	(189)

第五节 冷却系统的故障诊断与检修	(191)
第六节 汽油发动机电子控制系统维修	(197)
第七节 发动机的装配与调试	(224)
第六章 汽车底盘维修	(230)
第一节 离合器的维修	(230)
第二节 变速器维修	(237)
第三节 主减速器和差速器的维修	(255)
第四节 悬架系统的维修	(269)
第五节 转向系统的维修	(277)
第六节 制动系统的维修	(281)
第七章 汽车车身的维修	(297)
第一节 汽车车身常见的损伤形式	(297)
第二节 车身尺寸的测量	(301)
第三节 轿车车身的校正	(304)
第四节 车身钣金的修复	(309)
第五节 车身表面的漆工修复	(316)
第八章 汽车电子电器维修	(321)
第一节 汽车电子点火系统故障诊断	(321)
第二节 汽车启动系统故障诊断	(328)
第三节 汽车照明与信号装置的维修	(330)
第四节 汽车电子控制装置故障检测	(333)
第九章 汽车维修质量及评价	(346)
第一节 维修质量概述	(346)
第二节 维修质量保证体系	(346)
第三节 维修质量检测与评定	(348)
参考文献	(355)

第一章 汽车可靠性理论基础

第一节 汽车可靠性概述

随着汽车工业的发展,汽车向着高性能、多功能、智能化方向发展,人们对汽车可靠性的要求越来越高。汽车可靠性也是用户最为看重的汽车性能,汽车使用者在选择汽车时,在价格、性能、可靠性等因素中总是把汽车可靠性作为重要因素考虑。

一、可靠性含义

可靠性是指产品在规定条件下、在规定时间内完成规定功能的能力。对汽车而言,汽车可靠性包含四个要素:汽车产品、规定的使用条件、规定的时间和规定的功能,各自的含义如下:

(1)汽车产品。汽车产品包括整车、总成和零部件,它们都是汽车可靠性研究的对象。

(2)规定的使用条件。规定条件包括工作条件、运用条件、维修条件和管理条件。

①汽车产品的工作条件包括气候情况、道路状况、地理位置等环境条件。

②汽车产品的运用条件包括载荷性质、载运种类、行驶速度等因素。

③汽车产品的维修条件包括维修方式、维修水平、保养制度等因素。

④汽车产品的管理条件包括存放环境、管理水平、驾驶员技术水平等。

(3)规定的时间。规定的时间是指汽车使用量的尺度,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。汽车行驶的保用期、第一期大修里程、报废期等都是重要的特征时间。

(4)规定的功能。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、性能和要求。不能完成规定功能就是不可靠,称为发生了故障或失效。

二、可靠性的评价指标

汽车可靠性是汽车所具有的寿命质量方面的一种能力。它可以从不同角度、用不同的评价指标来描述,常用的可靠性评价指标主要有可靠度、失效度、故障概率密度、故障率、平均寿命、可靠寿命等。

1. 可靠度

汽车可靠度是指其在规定的条件下和规定的时间内,完成规定功能的概率,用 R 表示。

例如有 n 个某种汽车零件,在规定的工作条件下和规定的时间内,有 r 个失效,其余 $(n - r)$

仍在继续工作,那么这批零件的可靠度为:

$$R = \frac{n-r}{n} = 1 - \frac{r}{n} = 1 - F \quad (1-1)$$

式中: F 为累积故障概率、失效度或不可靠度, $F = \frac{r}{n}$ 。

设产品的规定时间为 t_0 , 产品从开始到发生故障的连续工作时间为 T , 现有 n 个汽车零件, 从开始使用到出现故障时的数目为 $r(t)$, 则产品的可靠度就是连续工作时间 T 超过产品的规定时间 t_0 的概率, 由下式表示:

$$R(T) = P(T > t_0) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n - r(t)}{n} \quad (1-2)$$

图 1-1 所示为可靠度函数 $R(t)$ 的曲线。由图 1-1 可以看出: 在产品使用初期, 可靠性最高(为 1), 随着时间的推移, 产品的可靠度逐渐降低, 直至最终完全失效。

2. 失效度(又称累积故障概率)

产品在规定条件下, 在规定时间内丧失规定功能的概率, 记为 $F(t)$ 。

$$F(t) = P(t \leq t_0) = 1 - R(t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{r(t)}{n} \quad (1-3)$$

由于出现故障与不出现故障是两个对应的事件, 故失效度和可靠度的关系可以表示为:

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (1-4)$$

在可靠性研究中, 通常以 $F(t)$ 为主要研究对象。因为 $F(t)$ 的大小直接反映故障的概率, 反映了在 t 时刻以前累积故障的情况, 也反映了故障与时间 t 的函数关系, 故又称 $F(t)$ 为累积故障概率, 也称为故障分布函数。图 1-2 所示为失效度函数 $F(t)$ 曲线, 可靠度 $R(t)$ 与失效度 $F(t)$ 的关系如图 1-3 所示。

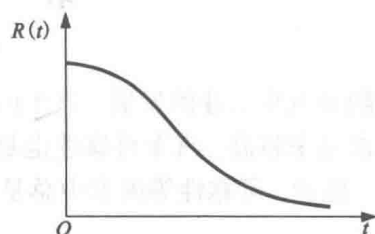


图 1-1 可靠度随时间的变化曲线

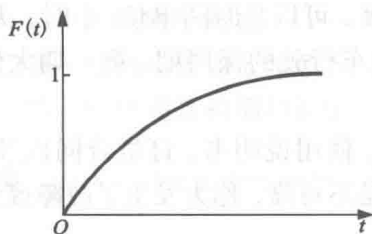


图 1-2 失效度随时间的变化曲线

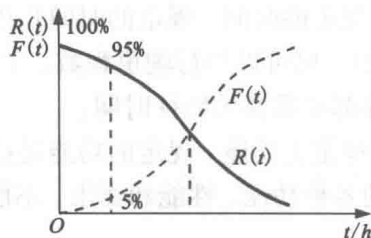


图 1-3 可靠度与失效度的关系曲线

3. 故障概率密度

故障概率密度是指在规定的时间内发生失效的概率。由于产品发生失效是随机的, 不同的产品、不同的工作条件, 产品的寿命不同, 通常用故障概率密度函数来表示失效率的分布情况。

4. 故障率

(1) 定义：故障率是指工作到 t 时刻尚未失效的产品，在该时刻后单位时间内发生故障的概率，用 $\lambda(t)$ 表示，可以表述产品在整个寿命期内出现故障的可能性。在实践中，故障率是评价产品可靠性的重要指标，很多产品的可靠性等级就是用故障率的大小来确定的。

假设在规定条件下产品的寿命为 T ，规定的工作时间为 t ，其累积故障概率为 $F(t)$ ，故障概率密度函数为 $f(t)$ ，则用“ $T > t$ ”表示“产品工作到 t 时刻尚未发生故障”事件，用“ $t < T \leq t + \Delta t$ ”表示“产品在 $(t, t + \Delta t)$ 内失效”事件。

则产品工作到 t 时刻后，在 $(t, t + \Delta t)$ 内发生故障的条件概率为 $P(t < T \leq t + \Delta t / T > t)$ ，将此条件概率除以 Δt 就可得到 Δt 时间内产品的平均故障率。当 Δt 趋向于0时，就可得到 t 时刻的失效率：

$$\begin{aligned}\lambda(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t} \cdot \frac{1}{1 - F(t)} \\ &= \frac{dF(t)/dt}{1 - F(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}\end{aligned}\quad (1-5)$$

(2) 故障率函数和其他函数的关系：

① 与失效分布密度函数 $f(t)$ 的关系：

$$f(t) = \lambda(t) \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right) \quad (1-6)$$

② 与可靠度函数 $R(t)$ 的关系：

$$R(t) = f(t) / \lambda(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right) \quad (1-7)$$

③ 与失效概率分布函数 $F(t)$ 的关系：

$$f(t) = 1 - R(t) = 1 - \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right) \quad (1-8)$$

故障率函数曲线也称寿命曲线或浴盆曲线(如图1-4所示)，描述了失效率随时间而变化的规律，由于该曲线如同浴盆故称为浴盆曲线，从曲线的变化趋势可将失效曲线划分为三个阶段，即失效的三个时期：早期故障期、偶然故障期和损耗故障期。

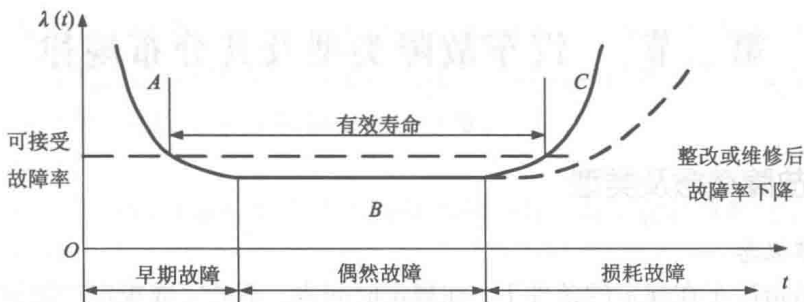


图 1-4 故障率函数曲线

① 早期故障期(Decreasing Failure Rate, DFR)。开始时失效率较高，随着时间推移，失效率逐渐降低，是产品的磨合阶段(见图1-4中A段)。失效原因：产品本身存在着某种缺陷，如各摩擦副间的配合间隙不得当；加工精度不符合要求；材料存在内部缺陷；设计不够完善；加工工艺不当；检验差错致使次品混于合格品中等，一般可以通过强化试验或者磨合

加以排除。

② 偶然故障期(Constant Failure Rate, CFR)。失效率与时间无关,近似等于常数,失效率低且性能稳定,在这期间失效是偶然发生的,何时发生无法预测,是产品的正常使用期(见图1-4中B段)。失效原因:由于各种失效因素或承受应力的随机性,所以故障发生具有偶然性,用户可以通过对汽车维护和修养(日常维护、一级维护、二级维护)使这一时期延长。

③ 耗损故障期(Increasing Failure Rate, IFR)。产品失效率随着使用时间的增长急剧加大(见图1-4中C段)。失效原因:产品在长期使用后出现老化、磨损、疲劳等现象引起的。这一阶段汽车产品通常会出现油耗增大、性能下降、维修费用增加、汽车运行成本升高等问题,由于汽车属于可维修性产品,在损耗期开始之前,通过调整发动机工作状态,提前维修、保养和更换即将损耗的零部件,可以延长汽车的有效寿命,推迟进入耗损故障期的时间,而汽车一旦进入耗损故障期,应以报废为上策。

5. 平均寿命

平均寿命是表示一个标志产品平均能工作多长时间的量,它是对整批产品而言的一个指标。

对于可维修产品,平均寿命是指产品的平均无故障工作时间,记为 MTBF (Mean Time between Failure)。对于不可维修产品,平均寿命是指产品的平均寿终时间,记为 MTTF (Mean Time to Failure)。

6. 可靠寿命

可靠度是工作寿命 t 的函数,用可靠度函数 $R(t)$ 表示,若给定时间 t 就确定了可靠度,反之若确定了可靠度,即可求出相应的寿命,即为可靠寿命,用 t_R 表示。

若用 $t_{0.99}$ 表示可靠度 $R(t) = 99\%$ 时产品的寿命,在可靠寿命中有如下三种特殊情况:

① 特征寿命:可靠度 $R = \exp(-1) = 36.8\%$ 的可靠寿命,称为特征寿命。

② 中位寿命:可靠度 $R = 50\%$ 的可靠寿命称为中位寿命,记为 $t_{0.5}$ 。

③ 额定寿命:可靠度 $R(t) = 90\%$ 的可靠寿命称为额定寿命,记为 $t_{0.9}$ 。

对于可靠度有一定要求的产品,工作到了可靠寿命 t_R 时就要更换,否则就不能保证其可靠度。

第二节 汽车故障类型及其分布规律

一、汽车故障概念及类型

1. 汽车故障概念

汽车故障是指汽车在规定的条件下,在规定时间内,不能完成规定功能的现象。

2. 汽车故障类型

1) 按故障模式分类

故障模式是指由失效机理所显示出来的各种失效现象或失效状态,是故障的表现形式。汽车上常见的故障模式如下。

(1) 损坏型故障模式:如断裂、碎裂、开裂、点蚀、烧蚀、变形、拉伤、龟裂、压痕等。

(2) 退化型故障模式:如老化、变质、剥落、异常磨损。

- (3) 松脱型故障模式：如松动、脱落。
- (4) 失调型故障模式：如压力过高或过低、行程失调、间隙过大或过小、干涉、卡滞。
- (5) 堵塞与渗漏型故障模式：如堵塞、气阻、漏油、漏水、漏气。
- (6) 性能衰退型或功能失效型故障模式：如功能失效、性能衰退、公害超标、异响、过热。

2) 按故障率函数特点分类

早期故障型：产品在使用初期故障发生的可能性很大，但随时间的延长而逐渐下降，此类故障多是由于设计、制造、管理、检验的差错及装配不佳而致。

偶然故障型：故障发生的可能性较小，一般处于正常使用期，此类故障多是由于操作疏忽、润滑不良、维护欠佳、材料隐患、工艺及结构缺陷等原因所致。

耗损故障型：这种故障一般是产品长期使用后出现老化衰竭引起的，并且故障率随时间的延长而逐渐增加，因此一般在故障率开始上升前更换或维修将要耗损的零部件，可以减少故障，延长汽车的使用寿命。

3) 按汽车故障定性分类

按照汽车行业中《汽车产品质量检查评定办法》(即所谓蓝皮书)，把汽车故障分为致命故障、严重故障、一般故障和轻微故障4种。

(1) 致命故障：危及人身安全，引起主要总成件报废，造成重大经济损失，对周围环境造成重大损害。

(2) 严重故障：引起主要零部件、总成严重损坏或影响行车安全，不能用易损备件或随车工具在较短时间内排除。

(3) 一般故障：不影响行车安全的非主要零部件故障，可用易损备件或随车工具在较短时间内排除。

(4) 轻微故障：对汽车正常运行基本没有影响，不需要更换零部件，可用随车工具比较容易地排除。

二、汽车可靠性常用故障分布

汽车故障分布能很好地描述随机变量的性质，揭示失效、维修随时间变化的分布规律，能为产品可靠性评价和改进提供依据。汽车可靠性研究中所用的理论分布类型很多，常用的有指数分布、正态分布、对数正态分布和威布尔分布。

1. 指数分布

指数分布是连续型随机变量分布形式中最基本的一种，由于它计算简便，因而在可靠性工程中获得广泛应用。

2. 正态分布

正态分布又称高斯分布，是一种最常用的连续型分布，它可以用来描述许多自然现象和各种物理性能，也是机械制造、科学实验及测量技术进行误差分析的重要工具。在可靠性工程中，它对强度和应力的分布、磨损件的失效分布、可靠性设计等方面都起着重要作用。

正态分布的故障密度函数曲线如图1-5所示，正态分布的不可靠度函数曲线如图1-6所示。

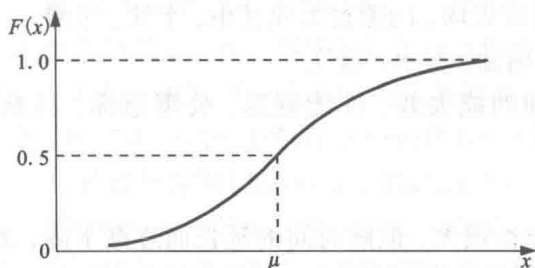


图 1-5 正态分布的故障密度函数

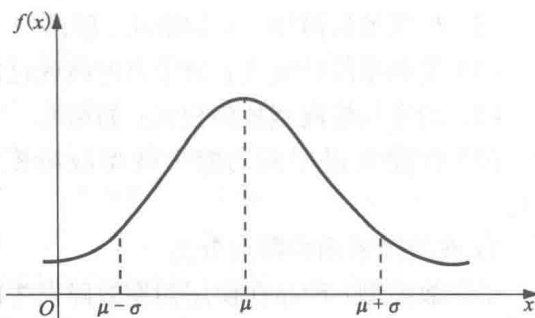


图 1-6 正态分布的不可靠度函数

3. 对数正态分布

正态分布虽然应用比较普遍，但其分布规律对于均值有对称性这一特性，在一些场合的使用过程中受到一定限制，如汽车零件的疲劳寿命，属于不对称性的分布。另外，理论上在 $t \rightarrow \infty$ 时，正态分布的失效率为零，或者说当 $t = 0$ 时，表明有的试样未经使用就失效了，显然与实际不符。对数正态分布是一种不对称分布，该分布函数是用来描述零件寿命的一种较好的分布函数。

4. 威布尔分布

在汽车零部件可靠性的数据处理中，一般都采用威布尔分布，这已在美国、日本得到了普遍应用。威布尔分布的三个参数 m 、 t_0 、 r 在数学上有其明显的几何意义。在物理意义上，它们代表了产品不同的性能(不同的失效模式)。

(1) 形状参数 m 。形状参数 m 的大小决定 $f(t)$ 和 $\lambda(t)$ 的曲线形状，如图 1-7 和图 1-8 所示。 $\lambda(t)$ 随时间的变化反映了产品的寿命变化规律，如图 1-9 所示。

m 取不同的值，其威布尔分布曲线的形状也随之变化。当 $m < 1$ 时，失效率随时间增加而递减，反映了产品早期失效过程的特征，称 DFR 型。当 $m = 1$ 时，失效率等于常数($\lambda = -1/t_0$)，反映了随机失效过程的特征，即 CFR 型。当 $m > 1$ 时，失效率随时间增加而递增，反映了耗损失效过程的特征，即 IER 型。根据求得的 m 的大小，可以判断造成该零件失效的原因。

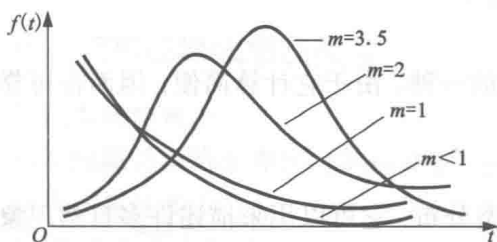


图 1-7 m 对 $f(t)$ 的影响

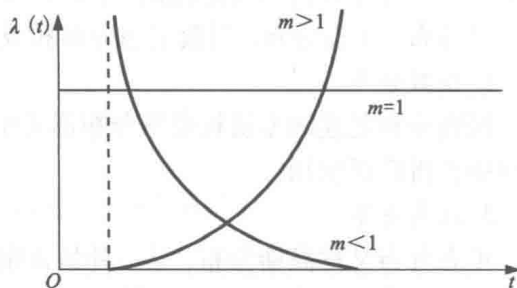


图 1-8 m 对 $\lambda(t)$ 的影响

(2) 尺度参数 t_0 。尺度参数不影响曲线变化的形状和位置，只是改变曲线纵横坐标的标尺，如图 1-10 所示。

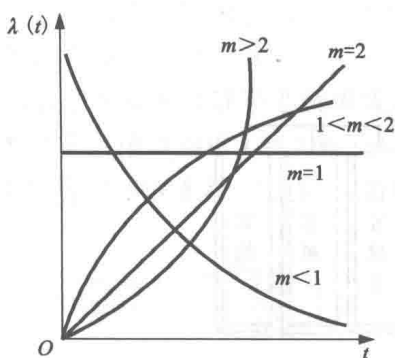


图 1-9 威布尔分布的失效率曲线

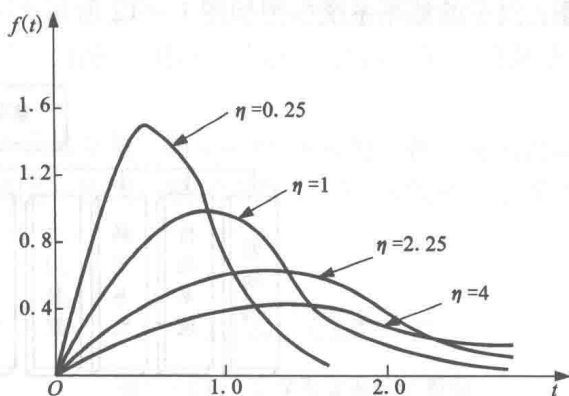


图 1-10 尺度参数对 $f(t)$ 的影响

(3) 位置参数 r 。当参数 r 不同时，威布尔分布的概率密度曲线形状不变，只是曲线起点的位置发生变化。参数 r 增大，曲线沿着横轴正方向平行移动，如图 1-11 所示。

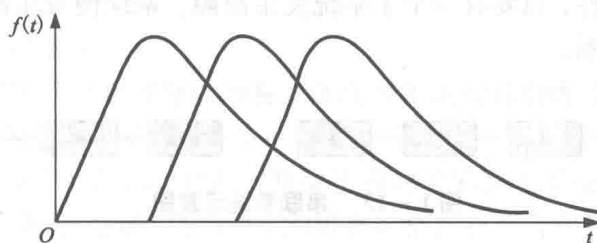


图 1-11 位置参数对 $f(t)$ 的影响

第三节 汽车系统可靠性

一、系统可靠性

一般将能完成某一特定功能，由若干个彼此有联系的且又能相互协调工作的单元组成的综合体，称为系统，所有组成系统的单位称为单元。系统的可靠性是建立在组成系统的单元所具有的可靠性基础上的，也就是系统可靠性为其组成单元可靠性的函数。

系统可分为可修复系统和不可修复系统两大类。系统一旦发生故障，不能或不值得再修复，则系统处于报废状态，这样的系统称为不可修复系统。不可修复的原因很多，如结构上不允许，技术上不过关，经济上不值得或者认为不必要等。若系统发生故障后是可以修复的，则称为可修复系统，如汽车发动机等。

对系统进行可靠性分析时，必须了解各总成、零部件的功能，了解各单元在可靠性功能上的联系，了解这些单元的功能、失效模式对汽车整车功能的影响，就其功能来研究系统的可靠性。通常使用系统功能逻辑框图来表达系统工程与单元功能间的逻辑关系，这种图用方框表示单元功能，用短线连接来表示单元与系统功能的关系，简称系统逻辑框图或系统功能

图。汽车的整车系统框图如图 1 - 12 所示。

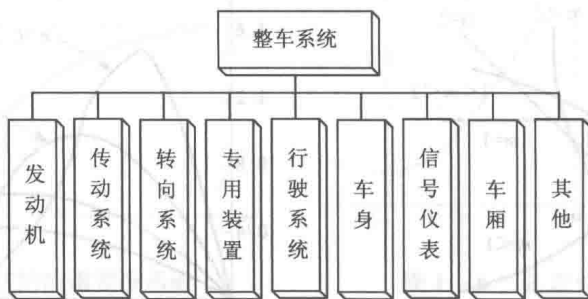


图 1 - 12 整车系统示意图

根据系统的分类不同，系统可靠度计算方法有串联系统可靠度计算、并联系统可靠度计算、混联系统可靠度计算三种。

1. 串联系统可靠度计算

若组成系统的各零件，只要有一个子系统发生故障，系统便发生故障，则该系统称为串联系统，如图 1 - 13 所示。



图 1 - 13 串联系统示意图

汽车及其所包含的绝大多数总成都属于串联系统，比如发动机、离合器、变速器、传动轴、主减速器、半轴等零部件之间的可靠性关系都属于串联系统。串联系统中的各个子系统在可靠性框图中更换顺序，系统可靠性关系不变。串联系统的任意一个子系统失效，会导致整个系统失效，系统可靠度等于各个子系统可靠度的乘积。

对于可靠性系统，当故障间隔时间服从指数分布时，串联系统的故障率为各子系统故障率之和。

从以上分析可知：串联系统的可靠度总是不高于各个子系统中最小的可靠度，系统的失效率不低于各子系统中最高的失效率。因此，在串联系统中要尽可能避免有特别薄弱的环节。在串联系统中，零件数目愈多，系统可靠度就愈小。所以，从可靠性观点来说，对于一个串联系统，应尽量用较少的总成或零件来组成。同样，若系统可靠度已确定，其组成的零件愈多，则对每个零件的可靠度要求也愈高。

2. 并联系统可靠度计算

若组成系统的各个子系统中，只要其中还有一个子系统在起作用，就能维持整个系统完成规定功能，则称该系统为并联系统，如图 1 - 14 所示。

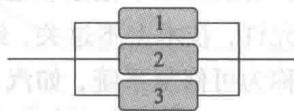


图 1 - 14 并联系统示意图

并联系统的系统可靠度总是大于系统中任何一个子系统的可靠度。因此，并联的零件愈多，系统可靠度就愈大，或每个零件所要求的可靠度愈低。由于并联系统具有如上特征，故为完成系统的功能，可附加一些并联的

零件, 以此做到即使其中之一发生故障, 整个系统仍可正常工作, 这种系统常称为有贮备系统。如汽车的双管路制动系统, 一个管路失效, 另一管路照样工作仍能保证汽车的有效制动。

3. 混联系统可靠度计算

由串联子系统和并联子系统组成的系统称为混联系统。图 1-15 所示为一种常见的混联系统, 为计算系统可靠度, 将 2 和 3 两个子系统相连, 构成并联子系统 2-3, 然后再与子系统 1 串联组成等效串联系统, 如图 1-16 所示。

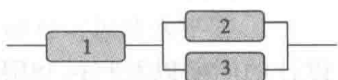


图 1-15 混联系统示意图



图 1-16 等效串联系统示意图

对图 1-15 所示混联系统进行逻辑运算, 则系统可靠度为:

$$R_s = R_1 R_2 + R_1 R_3 - R_1 R_2 R_3 \quad (1-9)$$

二、汽车系统可靠性分配

1. 汽车可靠性分配的定义

根据系统设计所确定的汽车可靠性指标, 合理地将该指标分配于系统各组元(总成、零部件)的设计过程, 称为汽车可靠性分配。

在开发、研制汽车新产品之前, 对汽车期望达到的可靠性水平应有明确的指标。汽车系统的可靠性指标与各子系统(总成、零部件)的可靠性指标有着密切的关系。为了提高汽车系统的可靠性水平, 必须根据汽车子系统的重要程度、本身的失效率、使用环境、工作模式、实际要求, 进行可靠性分配。由此可见, 可靠性分配是汽车系统可靠性设计的一个重要环节。

2. 汽车可靠性分配的目的和作用

(1) 通过可靠性分配, 确定汽车系统的可靠性指标。汽车产品的可靠性水平, 除制造、材料原因以外, 很大程度上依赖于汽车的设计水平, 它是构成汽车固有可靠性的基础, 应在兼顾生产成本和经济效益的同时, 及时、合理地调整系统的可靠性。

(2) 通过可靠性分配, 确定各子系统的可靠性指标。汽车是一个十分复杂的机械电子产品, 实现整体的可靠性指标, 必须依靠各子系统、零部件的可靠性加以保证。没有子系统、零部件的可靠性指标, 系统的可靠性目标再高也是徒劳的。

(3) 通过可靠性分配, 有利于加强设计部门间的联络和配合。帮助设计者了解汽车总成及零部件的可靠性与汽车系统可靠性之间的关系, 使之心中有数, 减少盲目性, 明确设计的基本问题; 通过可靠性分配, 容易暴露汽车系统的薄弱环节, 为改进设计提供途径和依据。

(4) 通过可靠性分配, 有利于增强设计者的全局观念。全面衡量汽车系统的质量、费用及性能等因素, 以获得汽车系统设计的全局效果。

3. 汽车系统可靠性分配原则

通常可靠性分配应考虑下列原则:

(1) 技术水平。对技术成熟的单元, 能够保证实现较高的可靠性, 可分配给较高的可靠度。

(2) 复杂程度。对较简单的单元, 组成该单元的零部件数量少, 组装容易保证质量或出