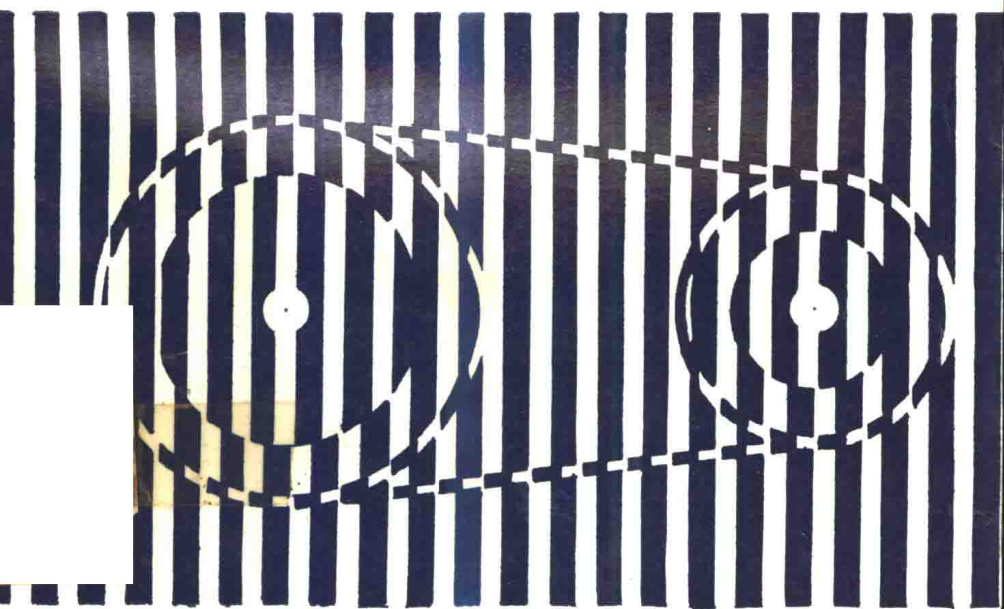




带传动可靠性设计

李玉盛 编著



● 重庆大学出版社 ●

V带传动可靠性设计

李玉盛 编著



重庆大学出版社

V带传动可靠性设计

李玉盛 编著

责任编辑 吴长青

•

重庆大学出版社出版发行

新华书店重庆发行所经销

重庆印制一厂印刷

•

开本: 787×1092 1/32 印张: 8 字数: 170千

1993年6月第1版 1993年6月第1次印刷

印数: 1—3000

标准书号: ISBN 7-5624-0642-1 定价: 4.20元

TH·30

(川)新登字020号

内 容 简 介

本书系统介绍V带传动可靠性的理论和设计方法,包括V带传动系统的可靠性计算,V带传动系统的可靠性设计,V带传动失效模式的统计分析,汽车V带和普通V带的R—S—N曲线,疲劳极限和可靠性指标等,为V带传动可靠性设计提供了简便可靠的方法。书中给出的V带失效数据是依据全国胶带定点试验组历时6年收集到的5400余条失效数据,经过统计整理所得,数据准确规范。为便于读者自学,书中还简略介绍了相关的基础知识。

本书可供机械行业的工程技术人员和大专院校师生阅读。

欢迎你使用——中渝燃料公司液化石油气

我公司系重庆大渡口区计经委主管,经市危化办、工商行政管理局核准及公安、商业、城乡建委领导部门同意建立的具有法人资格的企业单位,注册资金188万元。

我公司得到石油及铁路部门的支持,落实了目前月供气量达500吨以上,并拥有进出站两条铁路专用线。每月自备火槽车灌装批量气源,按时送到片区。若我公司中断供气或供气不足,皆由我公司承担赔偿责任。

我公司使用的钢瓶,绝对是获国家金质奖产品,并由保险公司保险。其配套灶具,器材均属优质产品,在保修期内,包修,包退,包换。

我公司的宗旨:“信誉第一,优质服务,保证供应,尽职尽责。”

开户办法:

一、长期户:五年至十年

全开户:年供气量15瓶,总费用:1430元

半开户:年供气量7瓶,总费用:830元

二、短期户:一年

全开户:年供气量14瓶、总费用:660元

半开户:年供气量7瓶、总费用:460元

三、议价用气:

钢瓶押金200元/只,摊销费每月6元,器材押金50元/套。

摊销费每月2元/套。议价气费55元/瓶。

公司名称:重庆大渡口 中渝燃料公司

公司地址:重庆大渡口钢花路107号

电话:623725, 邮码:630050

法定代表人:何宝丰(总经理)

前 言

可靠性理论是近几十年发展起来的一门综合性边缘学科。它对现代军事、航空、电子等工业的发展起着重要的作用。近年来,随着科学技术的飞速发展,对机械产品的可靠性的要求也日益提高。因此,机械零件和系统的可靠性设计,作为现代设计方法已经在机械设计中得到应用。

可靠性工程研究的主要内容是产品的可靠性设计、试验和验证。可靠性试验的数据是可靠性设计的基础,但是试验不能提高产品的可靠性,只有合理设计才能解决产品固有的可靠性。国内外的实践经验表明:产品的可靠性是由设计决定的,最终由制造和管理来保证。在产品的整个寿命期内,从设计、制造、装配、调试、使用、维修直到报废,都必须进行可靠性管理。只有这样,才能保证产品有满意的可靠性。

目前,国内关于V带传动可靠性的专著尚难找到,其主要原因是由于取得大量V带失效数据是很困难的。本书所拥有的V带失效数据,是全国胶带定点试验组(化工部领导下的专业性科学试验组织)——华北组,华东组,东北一、二组,中南组和西南组在全国十九个省、市定点,历时6年多(1985.4—1990.11),按国家标准进行试验,在现场收集5400多条(全子样)V带传动失效数据,经过统计整理所得。在占有大量、丰富而规范的现场失效数据的基础上,较全面、系统地对V带传动系统可靠性进行了研究。由于数据准确、规范、可靠、符合国家标准,所以,

对工程技术人员及大专院校学生均有较大的参考和实用价值。

本书除对V带传动和可靠性方面所需要的基础知识作了简略介绍以外，着重对V带传动系统的可靠性计算和可靠性设计作了较详细的论述。其中，对V带传动失效模式进行了统计分析，对常规V带传动系统本身固有的可靠性进行了计算，制作了目前国内汽车V带和普通V带的R—S—N曲线，给出了汽车V带和普通V带的疲劳极限及有关可靠性指标，为V带传动可靠性设计提供了简便的方法和可靠的数据。对V带传动失效服从威布尔分布的三个参数与可靠度及可靠寿命之间的关系作了定性和定量分析。尽管对V带传动的可靠性作了一些总结性的研究工作，但是，仍然缺乏一些必要的统计数据，如V带的扭曲疲劳失效数据等。所以，本书存在一些不尽如人意之处。

限于作者水平，书中的错误和不当之处，恳请读者批评指正。本书承重庆大学机械零件教研室杨玉鼎副教授审阅和指导，全国胶带定点组提供试验数据和资料，谨此深表谢意。

李玉盛

1991年11月30日

于重庆渝州大学

目 录

前言	1
第一章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 可靠性简史	1
1.1.2 可靠性学科研究的内容	2
1.1.3 机械可靠性研究的现状	3
1.1.4 机械零件可靠性设计的基本概念	4
1.2 可靠性定义及其尺度	5
1.2.1 可靠性定义	5
1.2.2 可靠性尺度	6
第二章 可靠性特征量与分布	10
2.1 随机变量	10
2.1.1 离散型随机变量	10
2.1.2 连续型随机变量	10
2.1.3 随机变量的数字特征	12
2.2 可靠性工程常用的几种概率分布	13
2.2.1 正态分布	14
2.2.2 对数正态分布	17
2.2.3 威布尔分布	18
2.2.4 指数分布	24
2.2.5 概率分布的确定和应用	25
第三章 V带传动概述	27
3.1 V带传动的发展和特点	27

3.2 V带传动的分类标准及特性	27
3.2.1 分类	27
3.2.2 标准	28
3.2.3 特性	28
第四章 V带传动	29
4.1 V带传动概述	29
4.1.1 结构分类	29
4.1.2 型号规格和截面尺寸	29
4.1.3 技术要求, 验收规则, 标志, 包装, 贮藏, 使用及保养条件	30
4.2 V带传动理论	35
4.2.1 V带传动工作原理	35
4.2.2 V带传动受力分析	36
4.2.3 V带工作时的应力分析	42
4.2.4 V带传动的弹性滑动	43
4.2.5 V带传动轴的受力	45
4.2.6 V带传动功率	46
4.2.7 V带传动的效率	46
第五章 V带传动可靠性设计特点及方法	48
5.1 概述	48
5.2 V带传动可靠性设计特点	49
5.3 V带传动可靠性设计原则	50
第六章 V带传动系统的失效模式, 影响及致命度分析(FMECA)	51
6.1 什么叫FMEA	51
6.2 什么叫FMECA	51
6.3 应用举例	52

第七章 V带传动可靠性计算	54
7.1 概述	54
7.2 V带传动可靠性计算步骤	54
7.2.1 可靠性数据采集	54
7.2.2 失效分布函数的确定	55
7.2.3 分布函数的参数估计	59
7.2.4 V带可靠性函数特征量	64
7.3 应用举例	64
7.3.1 解放汽车气泵带的可靠性计算	64
7.3.2 A512细纱机V带传动可靠性计算	72
第八章 V带传动疲劳强度可靠性设计	83
8.1 概述	83
8.2 疲劳强度基本概念	84
8.2.1 载荷与应力分类	85
8.2.2 $R-S-N$ 曲线	87
8.3 确定V带传动的合成应力分布	90
8.3.1 确定V带传动的失效模式	90
8.3.2 V带失效模式统计分析及巴雷特曲线	92
8.3.3 普通V带失效分析	95
8.3.4 V带传动应力分析	99
8.3.5 求合成应力分布	100
8.4 确定V带传动的合成强度分布	101
8.4.1 汽车V带的 $R-S-N$ 曲线	101
8.4.2 普通V带的 $R-S-N$ 曲线	117
8.4.3 V带的疲劳极限及有关可靠性指标	117
8.5 应力—强度分布干涉理论	138
第九章 V带传动中带及带轮的可靠性设计	143

9.1	V带可靠性设计的基本方法	143
9.2	V带传动可靠性设计举例	148
9.2.1	V带传动应力为正态分布,强度为对数正态分布时的可靠性设计	148
9.2.2	V带传动应力为正态分布、强度为威布尔分布时的可靠性设计	151
9.3	带轮设计	155
9.4	带的张紧	157
9.5	小结	160
9.5.1	概述	160
9.5.2	普通V带失效服从威布尔分布,其参数及时间 t 与可靠度的关系	161
9.5.3	普通V带失效服从威布尔分布,其参数与可靠寿命 $t(R)$ 的关系	164
第十章	V带传动轴的可靠性设计	167
第十一章	V带传动中平键的可靠性设计	174
第十二章	V带传动联轴器的可靠性设计	177
附表 1	正态分布数值表	183
附表 2	X^2 分布表	187
附表 3	t 分布表	191
附表 4	$\Gamma(\beta)$ 数值表	195
附表 5	1985—1990年V带失效数表	196
附表 6	符号表	230
参考文献		232

第一章 绪 论

1.1 概 述

1.1.1 可靠性简史

可靠性技术出现于第二次世界大战期间。当时,美国的军用雷达装置和德国的V-II型火箭的诱导装置已经达到相当高级和复杂的程度。但是,这些电子设备在运输、储存和实践中因大量出现故障而失效,造成了重大战役的失败。当时,他们动用了大量的技术人员,对整个设计过程从头到尾进行复查,查不出任何错误。于是,人们不得不意识到,常规设计在某些条件下是行不通的,这就促使人们去研究可靠性问题。随后,日本、法国、德国和苏联也都进行了可靠性方面的研究工作。

近些年来,可靠性研究得到了很大发展,这是因为设备越来越复杂,不可靠性随之增加,由于故障所带来的损失也越来越大。如1957年,美国先锋号卫星坠毁,是由于一个价值两美元的零件发生故障,结果造成220万美元的损失。

美国阿波罗飞船总共710万个零件,在采用可靠性技术后(可靠度达99.999999%),于1969年成功登上月球。

从60年代起,在工业发达的国家内,由于产品的复杂化和工作环境的严酷,对产品的可靠性要求越来越高。于是,除了航空、航天、尖端武器和电子等工业以外,可靠性工程技术和管理逐步推广应用到许多工业部门,包括机械、电气、冶金、化工、铁道、船舶、电站设备、建筑、食品加工、通讯、医药等。从最复杂的

宇宙飞船到日用的洗衣机、冰箱、复印机、乃至细小到可置于人体内的心脏起搏器，都应用了可靠性设计。

可靠性工程能带来巨大的经济效益。例如日本从美国引进可靠性工程技术以后，在民用工业中应用和推广取得成功。日本的汽车、工程机械、发电设备、彩电、照相机等产品能够畅销全球，原因在于其可靠性高，日本由此也获得了巨额利润。美国人曾预言，今后只有那些具有高可靠性指标的产品及其企业，才能在日益激烈的国际贸易竞争中幸存下来。而日本人则断言，今后产品竞争的焦点是可靠性。

目前，可靠性理论已经成为一门比较完善的综合性边缘学科。同时，可靠性理论的重要性及重要意义也越来越被人们所认识，把产品的可靠性看得与产品性能同样重要，有的部门甚至规定，没有可靠性指标，未进行可靠性设计的产品不得投产，我国机电部已将可靠性技术列为三大工程技术之一。

1.1.2 可靠性学科研究的内容

可靠性学科是一门多元性跨行业交叉的边缘学科，是系统工程的一部份。它包括下述内容：

1. 可靠性技术理论基础

1) 可靠性数学——它是以概率和数理统计为基础而发展起来的一个数学分支。研究可靠性理论和数量规律，计算可靠性指标，并提出改善产品可靠性的方法。

2) 可靠性物理——它是研究元件失效原因，运用基础自然科学和有关专业知识理论，建立元件随机失效过程物理模型。弄清引起零部件原始质量指标发生变化的物理过程，是解决可靠性问题的关键，因为只有掌握失效规律，才能提出有效的针对性防范对策。

3) 可靠性工程——包括设计技术，预测技术，实验技术 数

据处理, 环境技术, 维修策略, 软件可靠性, 可靠性优化, 可靠性专家系统等。

2. 可靠性技术

1) 零件(元件)可靠性技术——原材料质量, 失效分析, 故障诊断, 新技术和新工艺应用, 筛选, 数据采集和反馈, 可靠性强度设计(包括静强度、疲劳、断裂、磨损、腐蚀、刚度、蠕变等的可靠性设计), 可靠性认证与评价、质量和可靠性控制、可靠性增长技术等。

2) 整机(或系统)可靠性技术——FMECA分析, 可靠性分配, 可靠性与维修性设计, 元件合理选择, 可靠性预测评价, 整机老化处理, 数据采集, 反馈处理, 寿命等。

3) 可靠性试验技术——环境界线试验、筛选、寿命试验、认证试验、数据分析等。

4) 使用可靠性技术——使用条件的保证、人因保证、维修策略与维修技术的制订、备份工作、数据的采集和反馈制度等。

5) 可靠性标准——基础指标、试验方法标准、认证标准、管理标准、设计标准、产品标准等。

3. 可靠性管理

1) 国家职能管理——制订规划和政策, 下达协调任务, 基础研究工作, 认证制, 数据交换网, 可靠性标准, 可靠性教育宣传, 国际交流协作。

2) 企业级可靠性管理——管理体制设置制定, 企业可靠性纲要, 管理规范, 反馈制度, 审查执行情况与成果评定等。

1.1.3 机械可靠性研究的现状

人们对可靠性技术的研究, 才不过半个世纪, 但已得到很大的发展, 主要表现为理论和应用方面。在理论方面: 除计算机环境科学以外, 70年代没有一个应用学科比可靠性和安全性学科

的发展更快。在应用方面：机械产品、电子产品和零部件可靠度水平迅速提高，所有产品的性能、功能、精度等指标以及销售量等均与年俱增。以航空交通的发展为例。1903年莱特兄弟首次模型试飞成功，1957年苏联把第一颗人造卫星送入太空，1969年美国阿波罗飞船登月成功，被誉为可靠性技术成功的典范，1980年已进入超音速运输时代。1989年日本的超导悬浮列车已达517公里/小时。科技迅速发展要求高可靠性，而可靠性技术的发展促成了高科技的实现。

我国机械可靠性研究的现状可用“刚刚起步，差距很大”八个字来加以概括。

我国在航空方面应用可靠性理论对飞机进行定寿、延寿，其研究工作起步较早，由50年代的台架试验定寿和60年代的常规安全寿命定寿法，现已进入可靠性损伤容限设计定寿和应变定寿阶段；我国建筑行业的主要建筑设计规范，已逐步过渡到以近似概率设计法为基础的可靠性设计体系；我国机电部提出了对机械工业要加强以可靠性为中心的质量管理，并下达了几批可靠性指标产品。更值得一提的是，近两年来我国国家自然科学基金开始资助可靠性技术的研究，在我国2000年科研规划中，要求在2000年整机的可靠性研究达到实用化程度，整机的可靠性管理和指标达到国际先进水平。

1.1.4 机械零件可靠性设计的基本概念

在常规设计中，它的判据是：

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] = \frac{\lim}{S}$$

式中： $\sigma_{\max}$ ——零件工作时所受到的最大工作应力；

$\sigma_{\lim}$ ——材料的强度极限；

S ——安全系数。

上式中把 $\sigma_{\max}$ 和 $\sigma_{\lim}$ 看成常量。实际上它们都是随机变量,受载荷波动、尺寸变化、材质不均匀和热处理差异等因素的影响,而这些随机因素在常规设计中是没有考虑的,只用安全系数 s 来加以考虑。而安全系数的取值是一个范围,且带有经验性和盲目性。

在常规设计中,为了安全可靠往往采用加大安全系数的办法,这样就造成了零件的尺寸和重量增加。有时,加大安全系数并不一定能够提高产品的可靠性。由于常规设计存在着这些致命弱点,所以设计者就不能回答:①该产品在设计的条件和寿命下,是否因为可靠度太高而造成成本不必要的加大,或者因为可靠度太低而造成不应有的破坏。②该产品在整个使用过程中,任何一个时刻的失效概率到底有多大?

在可靠性设计中,把 $\sigma_{\max}$ 和 $\sigma_{\lim}$ 看成是一个随机变量,且服从自己的分布规律,然后,利用概率和数理统计理论加以定量计算,这就更接近于事物的本质。所以,用可靠性设计就能圆满解决:①所设计的产品在规定的条件下,在规定的运行时间内,其失效情况及破坏概率都一清二楚。②可以根据零件的重要程度来决定可靠度的大小,从而得到更合理的设计参量。

1.2 可靠性定义及其尺度

1.2.1 可靠性定义

GB3187—82规定的可靠性定义是:产品在规定的条件下和规定的时间内,完成规定功能的能力。当使用“概率”来量度这一“能力”时,就是可靠度。

可靠性定义的要点如下:

1. 首先要弄清可靠性问题研究的对象,是零件、设备,还是

系统；如果是系统，要明确故障是由于什么原因而引起的，因为有时系统的故障不是由于设备而是由于人为因素而引起的，在这种情况下，需要从人一机系统的观点出发去观察和分析问题。

2. 规定的条件。包括运输条件、储存条件和使用条件。如载荷、温度、压力、湿度、振动、磨损等。此外，使用方法、维修方法、操作人员的技术水平等对设备的可靠性也有很大影响。

3. 规定时间。可靠性是时间性的质量指标，产品只能在一定的时间范围内达到目标可靠度，不可能永远保持目标可靠度不下降。因此，对时间的规定一定要明确。它是广义的，有时可能是应力循环次数、转数、或里程数。

4. 规定功能。要弄清规定的功能是什么，因为失效(故障)的概念是“产品丧失规定的功能，对可能修复产品通常称为故障”。因此，规定功能与失效密切相关。为了正确判断产品是否失效，合理地确定失效判据非常重要。

5. 概率。作为可靠性量度的概率(可靠度)是条件概率，其值在0~1之间，而且是在一定置信度下的条件概率。

1.2.2 可靠性尺度

常用的可靠性尺度有：

1. 可靠度 $R(t)$ ，它是时间的函数。 $0 \leq R(t) \leq 1$ 。

产品的可靠度与失效概率(不可靠度)互逆，因此，

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - P_f \quad (1-1)$$

式中： $F(t)$ 等于 P_f ， P_f ——失效概率。

2. 失效率 $\lambda(t)$

它表示产品工作到某一时刻，尚未失效在该时刻后单位时间内发生失效的概率。即在某个时刻后，单位时间内失效的产品数与工作到该时刻尚未失效(幸存)的产品数之比。其表达式为