



夏新涛 章宝明 徐永智 著

滚动轴承性能与可靠性 乏信息变异过程评估



科学出版社

014006710

TH133. 33
20

河南科技大学学术著作出版基金资助出版

滚动轴承性能与可靠性 乏信息变异过程评估

夏新涛 章宝明 徐永智 著



科学出版社

北京



北航

C1693780

TH133.33

20

017800910

内 容 简 介

本书论述滚动轴承性能与可靠性乏信息变异过程评估方法,内容包括:乏信息过程的基本概念,滚动轴承性能数据序列的乏信息融合原理,滚动轴承性能的非线性动力学特征,滚动轴承性能变异过程乏信息评估与预测,滚动轴承性能变异过程乏信息假设检验,滚动轴承性能可靠性乏信息评估,滚动轴承性能可靠性变异过程乏信息预测,基于三参数威布尔分布的可靠性乏信息检验,缺陷深沟球轴承接触应力与动力学的有限元分析,以及具有制造与安装误差的圆柱滚子轴承接触应力有限元分析等。

本书可供从事滚动轴承研究或实验数据处理与信息分析等工作的研究、实验与测量人员以及高等院校相关专业的教师、研究生使用。

图书在版编目(CIP)数据

滚动轴承性能与可靠性乏信息变异过程评估/夏新涛,章宝明,徐永智著. —北京:科学出版社,2013

ISBN 978-7-03-038304-4

I. ①滚… II. ①夏… ②章… ③徐… III. ①滚动轴承-性能-研究 ②滚动轴承-可靠性-研究 IV. ①TH133.33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 185045 号

责任编辑:裴 育 / 责任校对:桂伟利
责任印制:张 倩 / 封面设计:蓝正设计

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

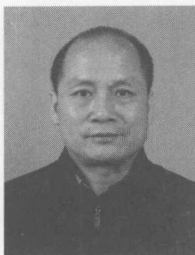
2013 年 9 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2013 年 9 月第一次印刷 印张:18

字数:347 000

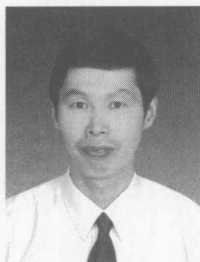
定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



夏新涛 男,1957年1月出生于河南省新乡县。1982年12月于洛阳农机学院(现为河南科技大学)本科毕业后留校,1985年9月~1987年1月于哈尔滨工程大学学习硕士研究生主要课程,2007年12月于上海大学博士毕业。现任河南科技大学教授和教学名师,西北工业大学博士研究生导师,中国轴承工业科技专家,河南省重点学科仪器科学与技术的学科带头人;兼任 *Measurement* 等多个国内外杂志的评论员以及《轴承》杂志编委等职。主要从事滚动轴承设计与制造理论、精密制造中的测量理论以及信息理论等教学与研究工作。负责和参与完成国家和省部级科研项目17项,获得省部级教育教学、自然科学与科学技术奖6项,著书12部,授权发明专利2项,发表论文200篇。

E-mail: xiact1957@163.com; xiact@haust.edu.cn



章宝明 男,1968年5月出生于浙江省新昌县。1991年7月于原杭州市法律学校毕业后进入新昌轴承总厂技术科工作,1997年8月~2000年7月在中国计量学院学习标准、计量与质量管理专业主要课程,2000年8月毕业至今一直从事轴承质量管理工作。现任新昌县产品质量监督检验所副所长、工程师,新昌县政府采购评标专家,国家中小型轴承质量检验中心(筹)技术专家,新昌县轴承行业管理新技术带头人。目前正参与从事滚动轴承设计与制造理论、精密制造中的测量理论的技术管理工作。负责和参与完成国家中小型轴承质量检验中心的筹建工作,参与完成省部级科研项目3项,获得省级先进个人奖1项,参与完成新型实用专利1项。

E-mail: xczbm@sina.com



徐永智 男,1974年4月出生于河南省洛阳市孟津县。1997年7月于洛阳工学院(现为河南科技大学)专科毕业后进入中国一拖集团从事技术开发工作,2008年7月于河南科技大学硕士毕业,2008年9月开始在三门峡职业技术学院机电系机电一体化专业从事教学工作,2012年3月至今在西北工业大学攻读博士学位。发表论文7篇。

E-mail: xxyyzhzh@163.com

前 言

乏信息即贫信息,是指研究对象呈现的特征信息不完备与不充分,缺乏先验知识。乏信息的典型表现有:小样本、事先概率分布未知、事先趋势未知等。基于变量与因变量历程的乏信息系统称为广义的乏信息过程,简称为乏信息过程。

在滚动轴承性能与可靠性的实验评估中有大量的乏信息问题亟待解决。长期以来,滚动轴承实验主要进行疲劳寿命及其可靠性的统计分析,并以威布尔分布为基本假设。随着航天、航空、新能源、新材料、静音装备、高速与重载交通运输等领域的快速发展,对滚动轴承摩擦、磨损、振动和温升等指标及其寿命与可靠性提出新要求,原因是滚动轴承在疲劳破坏前经常出现多种失效方式,如内部零件卡死、烧结、磨损、塑性变形、裂纹或断裂等。这些新的寿命及其可靠性概念使传统的轴承性能与可靠性评估理论面临新挑战,因为这些性能的概率分布未知、特征数据少,特别是轴承内部零件之间的非线性动态接触与碰撞,润滑介质的非线性黏温和黏压特性,以及精度/质量损失呈现不确定的、多变的非线性特征,使轴承性能与可靠性的变化趋势随时间和工况发生改变,很难建立全面、合理且有效的纯理论模型。

传统的轴承性能与可靠性评估以经典统计理论为依据,需要大量的数据、给定的趋势和概率分布。乏信息过程评估不满足这个苛刻要求,成为经典统计学的根本困难,形成现代轴承实验评估、确保其性能的瓶颈,成为轴承性能分析和信息分析领域的科学前沿论题,是相关学科发展和轴承工业应用基础研究中迫切需要解决的关键问题。

本书主要内容来自作者近三年的研究成果,论述滚动轴承性能与可靠性变异过程的乏信息实验评估方法,内容包括:乏信息过程的基本概念,滚动轴承性能数据序列的乏信息融合原理,滚动轴承性能的非线性动力学特征,滚动轴承性能变异过程乏信息评估与预测,滚动轴承性能变异过程乏信息假设检验,滚动轴承性能可靠性乏信息评估,滚动轴承性能可靠性变异过程乏信息预测,基于三参数威布尔分布的可靠性乏信息检验,缺陷深沟球轴承接触应力与动力学的有限元分析,以及具有制造与安装误差的圆柱滚子轴承接触应力有限元分析等。

本书的研究与出版工作得到了国家自然科学基金(51075123)和河南科技大学学术著作出版基金的资助,部分内容已经在 *Measurement*、*Journal of Testing and Evaluation*、*Quality and Reliability Engineering International*、*Journal of Failure Analysis and Prevention*、*The Journal of Grey System*、*Journal of Zhejiang University—Science C (Computers & Electronics)*、*Chinese Journal of*

Mechanical Engineering、*Journal of Computers*、*Modern Applied Science*、*Mechanical Engineering Research*、《机械工程学报》、《航空动力学报》与《农业工程学报》等国内外学术期刊与国际学术会议上公开发表。

本书由夏新涛(负责第1、4~6、8~10章与附录)、章宝明(负责第3、7章)和徐永智(负责第2章)撰写,并由夏新涛统稿。书中的部分内容来自河南科技大学硕士研究生的研究成果。

洛阳轴研科技股份有限公司朱孔敏、李建华与汤洁,上海大学陈晓阳,北京航空航天大学王中宇,上海理工大学朱坚民,洛阳LYC轴承有限公司张立红与刘静,河南科技大学陈龙等对作者的研究工作提供了很多帮助;科学出版社为本书的顺利出版付出了大量的心血。在本书出版之际,谨向他们表示衷心的感谢!

感谢家人在作者的学术研究和成书过程中所给予的理解与支持!

作者
2013年春

目 录

前言

第 1 章 乏信息过程的基本概念	1
1.1 乏信息过程及其特征	1
1.1.1 乏信息过程	1
1.1.2 乏信息过程的特征	3
1.2 滚动轴承性能与可靠性评估中的乏信息问题	4
1.3 乏信息系统理论的应用	5
1.4 主要研究内容	7
第 2 章 滚动轴承性能数据序列的乏信息融合原理	9
2.1 乏信息融合的概念	9
2.1.1 直接解法	9
2.1.2 定性融合	9
2.1.3 定量融合	10
2.1.4 本征融合	11
2.2 乏信息融合方法	12
2.2.1 加权逐步均值累加方法	12
2.2.2 模糊方法	13
2.2.3 自助方法	16
2.2.4 灰自助方法	17
2.3 滚动轴承性能影响因素的灰色定性融合分析	18
2.3.1 轴承性能影响因素分析的定性融合模型	19
2.3.2 解集获取的灰方法	20
2.3.3 圆锥滚子轴承振动加速度影响因素的实验研究	22
2.4 滚动轴承性能的灰自助本征融合评估	27
2.4.1 本征融合方法	27
2.4.2 实验研究	28
2.5 滚动轴承性能的模糊本征融合预测	34
2.5.1 摩擦力矩参数	34
2.5.2 摩擦力矩参数的模糊预测	34

2.5.3	置信水平与经验概率密度函数	36
2.5.4	实验研究与讨论	37
2.6	本章小结	39
第3章	滚动轴承性能的非线性动力学特征	40
3.1	概述	40
3.2	非线性动力学特征的表征	40
3.2.1	关联维数	40
3.2.2	动态波动范围均值	41
3.2.3	灰关系	42
3.3	实验研究	44
3.3.1	实验条件与实验数据	44
3.3.2	实验数据处理结果	45
3.4	本章小结	48
第4章	滚动轴承性能变异过程信息评估与预测	49
4.1	概述	49
4.2	滚动轴承性能变异过程的自助最大熵评估	50
4.2.1	正、反转启动摩擦力矩数据序列的灰关系	50
4.2.2	风力发电轴承启动摩擦力矩表征的统计量	51
4.2.3	风力发电轴承启动摩擦力矩表征的乏信息方法	53
4.2.4	实验方案与实验数据	56
4.2.5	实验数据序列的灰关系及其融合序列	59
4.2.6	风力发电轴承启动摩擦力矩特征演变分析的基本步骤	61
4.2.7	融合数据序列的生成数据模拟	61
4.2.8	启动摩擦力矩特征的演变	63
4.2.9	风力发电轴承启动摩擦力矩演变规律的统一表示与内在机制	71
4.3	滚动轴承性能变异过程的模糊混沌评估	71
4.3.1	数学模型	71
4.3.2	实验研究	74
4.4	滚动轴承性能变异的信息挖掘	80
4.4.1	实验方案与结果	80
4.4.2	信息挖掘参数	84
4.4.3	信息挖掘的结果与分析	86
4.5	滚动轴承性能变异过程的灰混沌预测	90
4.5.1	灰混沌评估模型	90

4.5.2 实验研究与讨论	96
4.6 本章小结	102
第5章 滚动轴承性能变异过程乏信息假设检验	103
5.1 概述	103
5.2 滚动轴承性能变异过程的贝叶斯假设检验数学模型	104
5.2.1 时间序列的概率密度函数	104
5.2.2 参考时间序列段	105
5.2.3 后验概率密度函数与方差比	106
5.2.4 重合度与假设检验模型	106
5.3 滚动轴承性能变异过程的实验研究	107
5.3.1 实验方案与实验数据	107
5.3.2 实验数据的时域分析	110
5.3.3 实验数据变异过程的时域假设检验	117
5.4 本章小结	117
第6章 滚动轴承性能可靠性乏信息评估	118
6.1 概述	118
6.2 小样本定时截尾下两参数威布尔分布可靠性置信区间的自助最大熵评估	119
6.2.1 基本思路	119
6.2.2 极大似然方法	119
6.2.3 自助最大熵法	120
6.2.4 寿命及其可靠性的自助最大熵评估	122
6.2.5 实验研究与讨论	122
6.3 三参数威布尔分布可靠性最优置信区间自助加权范数评估	128
6.3.1 参数评估准则及其数学描述	128
6.3.2 可靠性参数评估	131
6.3.3 案例研究	134
6.4 性能失效数据的可靠性灰自助评估	139
6.4.1 基于失效数据的灰自助概率密度函数	139
6.4.2 基于失效数据的可靠性函数	140
6.4.3 案例研究	140
6.4.4 估计结果的分析	146
6.5 滚动轴承性能实现可靠性的灰关系评估	146
6.5.1 滚动轴承性能实现可靠性模型	147

6.5.2 案例研究	150
6.6 本章小结	158
第7章 滚动轴承性能可靠性变异过程信息预测	159
7.1 概述	159
7.2 无失效数据的可靠性灰自助预测	160
7.2.1 失效数据累积分布的灰自助方法评估	160
7.2.2 基于估计累积分布的失效数据可靠性模型	161
7.2.3 案例研究	162
7.2.4 结果的讨论	168
7.3 伴随性能数据的可靠性变异过程自助混沌预测	169
7.3.1 滚动轴承产品性能的评估指标	169
7.3.2 性能未来运行信息的混沌预测	169
7.3.3 伴随性能数据的运行时间数据序列	172
7.3.4 伴随性能数据的产品可靠性预测	174
7.3.5 预测步骤	174
7.3.6 实验与讨论	176
7.4 本章小结	180
第8章 基于三参数威布尔分布的可靠性信息检验	181
8.1 可靠性假设检验问题的提出	181
8.2 三参数威布尔分布可靠性的自助最小加权相对熵假设检验	182
8.2.1 可靠性理论值向量和经验值向量	182
8.2.2 加权相对熵范数的定义与性质	183
8.2.3 最小加权相对熵范数的定理与证明	183
8.2.4 最小加权相对熵范数准则	184
8.2.5 威布尔参数的最优信息向量	185
8.2.6 三参数威布尔分布的评估	185
8.2.7 三参数威布尔分布可靠性假设检验	188
8.2.8 假设检验方法的步骤	189
8.2.9 案例研究与探讨	189
8.3 本章小结	196
第9章 缺陷深沟球轴承接触应力与动力学的有限元分析	197
9.1 概述	197
9.2 有限元分析关键技术及其在轴承中的应用	197
9.2.1 有限元分析的关键技术	197

9.2.2 最大承载钢球与内外圈接触问题的有限元分析	203
9.2.3 有限元分析过程中的若干思考	206
9.3 缺陷深沟球轴承的静力学分析	207
9.3.1 点缺陷轴承的静力学有限元分析	207
9.3.2 椭圆形沟道缺陷轴承的有限元分析	214
9.4 点缺陷深沟球轴承的动力学特性分析	216
9.4.1 显式动力学理论基础	216
9.4.2 基于正常轴承的动力学有限元模型的建立	217
9.4.3 正常轴承瞬态动力学有限元分析结果	218
9.4.4 基于点缺陷轴承的动力学有限元模型的建立与分析	220
9.4.5 点缺陷轴承运转过程中振动特性分析	222
9.5 点缺陷深沟球轴承振动数据分析	224
9.5.1 无缺陷轴承振动数据分析	224
9.5.2 缺陷轴承振动数据分析	225
9.6 本章小结	229
第10章 具有制造与安装误差的圆柱滚子轴承接触应力有限元分析	230
10.1 圆柱滚子轴承的有限元模型	230
10.1.1 问题的提出	230
10.1.2 N1015 型圆柱滚子轴承技术参数	231
10.1.3 有限元的基本模型	231
10.2 圆柱滚子母线圆弧修形长度区间对接触应力分布状态的影响	232
10.2.1 母线圆弧修形的圆柱滚子模型	232
10.2.2 计算结果分析	232
10.3 具有凸度偏移的对数母线圆柱滚子接触应力分布状态	236
10.3.1 具有凸度偏移的对数母线圆柱滚子	236
10.3.2 计算结果分析	238
10.4 外圈滚道锥度的圆柱滚子轴承接触应力分析	240
10.4.1 外圈滚道锥度模型	240
10.4.2 计算结果分析	240
10.5 具有凸度偏移和外圈滚道锥度误差的对数母线圆柱滚子轴承 接触应力分析	244
10.6 对数母线圆柱滚子相对滚道的法向偏斜对轴承接触应力的影响	248
10.6.1 对数母线圆柱滚子相对滚道的法向偏斜模型	248
10.6.2 计算结果分析	249

10.7 对数母线圆柱滚子相对滚道的切向偏斜对轴承接触应力的影响	254
10.7.1 对数母线圆柱滚子相对滚道的切向偏斜模型	254
10.7.2 计算结果分析	255
10.8 本章小结	257
参考文献	258
附录 A 基于区间映射的牛顿迭代法源程序	262
附录 B 滚子轴承零件参数测量仪主要技术参数	271
附录 C 30204 型圆锥滚子轴承的实验数据	272

第1章 乏信息过程的基本概念

本章介绍乏信息过程的基本概念,包括乏信息过程及其特征、滚动轴承性能与可靠性评估中的乏信息问题、乏信息系统理论的应用等。

1.1 乏信息过程及其特征

1.1.1 乏信息过程

实验是科学探索的必要环节,实验数据分析是获取研究对象特征信息的重要方法。近年来,信息理论已取得重大进展,并出现两个极端的研究方向:海量信息分析和乏信息分析^[1~5]。

定义 1-1 乏信息即贫信息,是指研究对象呈现的特征信息不完备与不充分,缺乏先验知识。

乏信息的典型表现有:小样本,小样本含量,事先概率分布未知或事先趋势未知等^[6~11]。

定义 1-2 基于变量(参数)与因变量(函数)历程的乏信息系统称为广义的乏信息过程,简称乏信息过程。

在定义 1-2 中,参数有两个含义,一是关于滚动轴承品质与工况等的技术参数;二是统计学上的统计量。乏信息系统理论将参数看作变量,将函数看作因变量。

乏信息系统理论的目的是抽象或采用某个参数,用于揭示研究对象的某种规律与运行机制。

从数学的观点看,因变量随着变量的变化而变化,呈现出某种趋势。对于乏信息系统,如果变量为时间,则因变量的取值就形成一个时间序列,就是乏信息过程;如果变量不是时间,则因变量的取值就形成一个数据序列,仍呈现出某种趋势,也称为乏信息过程。

案例 1-1 图 1-1 是某滚动轴承(内圈沟道损伤直径 $d=0.5334\text{mm}$)性能的时域信息,横坐标是序号,纵坐标是振动加速度值 $X^{[1,4,12,13]}$ 。这是一个时间序列。图 1-2 是该滚动轴承在不同损伤直径 d 时振动加速度的最优模糊等价关系测度 $u^{[1,4]}$ 。这是一个基于损伤直径 d 的数据序列。

案例 1-2 图 1-3 是某风力发电轴承倾覆力矩 M 与启动摩擦力矩估计真值 T_0 之间的关系图,属于一个数据序列,变量为倾覆力矩,因变量为启动摩擦力矩估计真值^[7,14]。

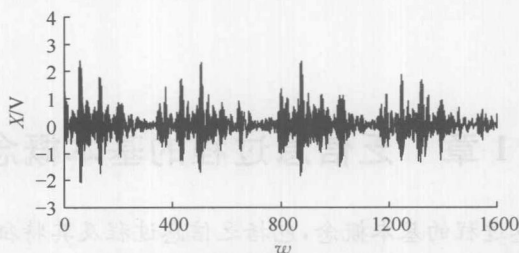
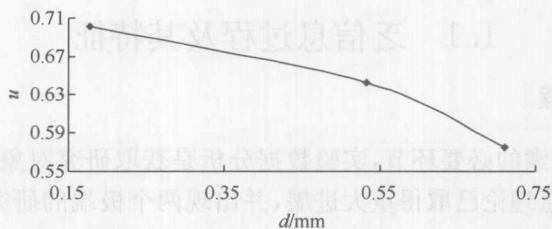
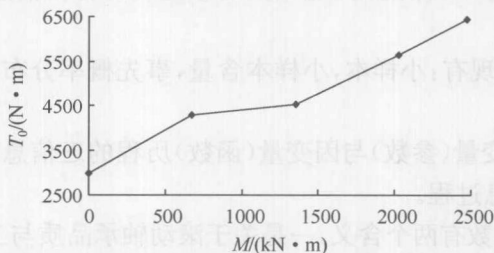
图 1-1 轴承振动数据 X (内圈沟道损伤直径 $d=0.5334\text{mm}$)图 1-2 不同损伤直径 d 时振动加速度的最优模糊等价关系测度 u 

图 1-3 启动摩擦力矩的估计真值 (轴承 B)

案例 1-3 图 1-4 是某航天轴承摩擦力矩均值 X_0 (摩擦力矩用电流 X 表示, 单位为 mA) 与估计关联维数 D_2 之间的关系图, 属于一个数据序列, 变量为摩擦力矩均值, 因变量为估计关联维数。

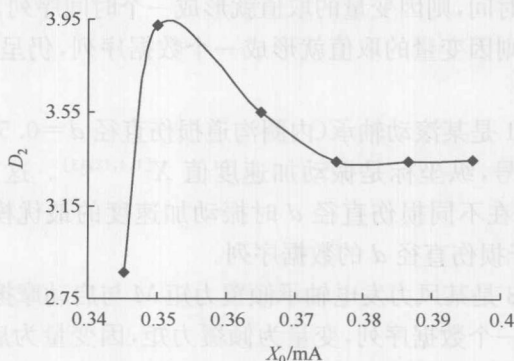


图 1-4 摩擦力矩均值与估计关联维数之间的关系

案例 1-4 图 1-5 是根据某滚动轴承摩擦力矩给定的当前时间获得的信息,预测出的在未来某时间摩擦力矩超过规定值(即性能失效)时的可靠性函数,变量是滚动轴承运行时间(一个时间单位为 0.00586s),因变量是预测可靠性函数等。

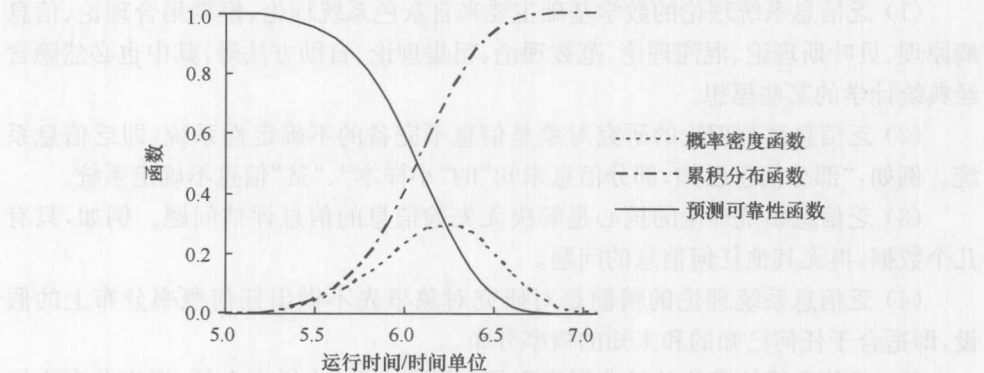


图 1-5 预测可靠性函数

在给定空间重构乏信息过程,通常可以得到很多重构的小样本时间序列,用于评估乏信息过程的特征、揭示乏信息过程的内在机制。

1.1.2 乏信息过程的特征

1. 乏信息的各种表现

乏信息主要表现在以下 11 个方面:

- (1) 大量生产实践已经证明概率分布被确知,但对特定的研究对象的实验数据很少;
- (2) 参考同类产品或实验,假设概率分布的先验信息已知,但实验数据很少;
- (3) 无任何概率分布的先验信息或确知的信息,但可以获取大量的实验数据;
- (4) 无任何概率分布的先验信息或确知的信息,也无法获取大量的实验数据,即数据很少;
- (5) 实验数据的样本个数很多,但每个样本的信息含量很少;
- (6) 实验数据的样本很少,但每个样本的信息含量很多;
- (7) 具有复杂的概率分布,实验数据很少;
- (8) 大量生产实践已经证明趋势项被确知,但对特定的研究对象的实验数据很少;
- (9) 趋势项的过去、当前和未来状态是未确知的、未知的或不确定的;
- (10) 可能有意外的瞬间干扰;
- (11) 变化未知的随机函数。

2. 乏信息系统理论的特征

乏信息系统理论的特征主要体现在以下 6 个方面:

(1) 乏信息系统理论的数学基础主要来自灰色系统理论、模糊集合理论、信息熵原理、贝叶斯理论、混沌理论、范数理论、粗集理论、自助方法等,其中也必然隐含经典统计学的某些思想。

(2) 乏信息系统理论的研究对象是信息不完备的不确定性系统,即乏信息系统。例如,“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本”、“贫”信息不确定系统。

(3) 乏信息系统理论的核心是解决无先验信息的信息评估问题。例如,只有几个数据,再无其他任何信息的问题。

(4) 乏信息系统理论的精髓是对研究对象事先不做出任何概率分布上的假设,即适合于任何已知的和未知的概率分布。

(5) 乏信息系统理论的最典型表现是小样本个数、小样本含量、概率分布未知以及变化趋势未知。

(6) 乏信息系统理论解决问题的主要方法是融合各种数学思想,扬长避短,灵活多样。

1.2 滚动轴承性能与可靠性评估中的乏信息问题

滚动轴承是工作主机的关键部件,是国家基础建设和国民经济运行的重要关节。轴承新产品研制涉及许多乏信息系统。目前,直升机轴承、大飞机轴承、歼击机轴承、核反应堆轴承、航天器轴承、新型主战坦克轴承、高速铁路轴承、新型风力发电轴承以及极端工况轴承等,几乎没有相关性能的概率分布与变化趋势的先验资料。

在滚动轴承性能与可靠性的实验评估中,有大量的乏信息问题亟待解决。长期以来,滚动轴承性能实验主要进行疲劳寿命及其可靠性的统计分析,并以威布尔分布为基本假设。随着航天、航空、新能源、新材料、静音装备、高速与重载交通运输等领域的快速发展,对滚动轴承摩擦、磨损、振动和温升等指标及其寿命与可靠性提出新要求,原因是轴承在疲劳破坏前经常出现内部零件卡死、烧结、磨损、塑性变形、裂纹或断裂等^[1,15~18]。这些新的寿命及其可靠性概念使传统的轴承性能评估理论面临新挑战,因为这些性能的概率分布未知,特征数据少,特别是轴承内部零件之间的非线性动态接触与碰撞,润滑介质的非线性黏温 and 黏压特性,以及精度/质量损失呈现不确定的和多变的非线性动力学特征,使轴承性能及其变化趋势随时间和工况发生改变,很难建立全面、合理且有效的纯理论模型。

从数学观点看,现代轴承的各种性能数据属于乏信息过程。因此,从上述背

景,可以提炼出一个科学问题:如何评估轴承性能与可靠性乏信息过程的非线性动力学特征演变。

为了具体说明这个问题,举一个直升机断/贫油返回时间的极端工况实例。目前,直升机断/贫油返回时间的国际先进水平是 100min;而国产直升机追求的目标是 30min,原因是轴承断/贫油寿命太短。通常,来自良好润滑轴承的温升、摩擦与振动等信息被认为是平稳过程,具有特定的趋势、概率分布和数字特征。从良好润滑到断油、再到贫油、直至失效,轴承性能将经历渐进变化、快速变化与剧烈变化等 3 个演化阶段,属于比较严重的非平稳过程。在此过程中,性能的趋势、概率分布和数字特征均发生比较大的、动态的和非线性的未知变化。这意味着虽然获取的数据可以很多,但真正有用的是当前时刻所获取的少量新鲜数据以及与它们有密切关系的少量历史数据^[1,16,19~21]。问题就是仅用这些少量数据,来评估当前和预报未来轴承性能非线性动力学特征、趋势、概率分布以及数字特征的变异历程。

传统的轴承性能与可靠性评估以经典统计理论为依据,要求大量的数据、给定的趋势和概率分布。乏信息过程评估不满足这个苛刻要求,是经典统计学的根本困难,形成现代轴承实验评估、确保其性能的瓶颈,成为轴承性能分析和信息分析领域的科学前沿论题,是相关学科发展和轴承工业应用基础研究中迫切需要解决的关键问题。

将滚动轴承作为研究对象,抽象出时间序列的乏信息过程,是站在更高的立足点面对新问题,而有效解决该问题的关键是理论上的突破。将乏信息系统理论的基本概念引入轴承性能特征的实验评估中,研究轴承性能实验分析的新理论和新方法,发现时空域中轴承各种性能的非线性动力学变异新特性,突破数据分析领域长期沿用的统计理论体系,不断深化轴承设计理论的应用基础科学问题研究,形成乏信息实验评估的新格局,对指导现代轴承系统的动态设计与性能分析具有重大的学术价值和科学意义,对提高轴承实验评估和机械计量与测试理论水平具有积极的推进作用和广泛的应用前景。

1.3 乏信息系统理论的应用

乏信息系统理论的应用可以涉及许多个领域^[8~10]。

1. 社会学领域

社会发展的因素分析、地方未来发展前景的预测与发展规划的评估、人群流动的去向与密集程度、城市建设与农村建设的协调发展程度、就业率与失业率的对比、家政服务人员的分布、社区服务质量评估、农业产品的污染程度对人类健康的危害程度、人类与大自然的密切性、各行业之间行为的相互促进与制约、重复建设