

工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术及应用丛书

海洋工程腐蚀损伤数据库 与数字仿真技术

童小燕 吕胜利 姚磊江 编著
李 正 高 翔 刘红军



科学出版社

海洋工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术及应用丛书

海洋工程腐蚀损伤数据库 与数字仿真技术

童小燕 吕胜利 姚磊江 编著
李 正 高 翔 刘红军

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是《海洋工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术及应用丛书》系列专著之一,涉及材料、结构、腐蚀、疲劳、数据库、软件工程、数字仿真等专业知识。全书共分六章,内容包括海洋工程结构腐蚀损伤数据规范和数据质量评价技术、腐蚀损伤数据库的设计方法与应用、软件项目管理、腐蚀损伤数字仿真与应用以及可视化技术在海洋工程结构腐蚀仿真中的应用设想。

本书介绍的成果可为海洋工程结构腐蚀剩余强度和剩余寿命评估、在役海洋工程结构腐蚀寿命管理和维修以及新型海洋工程结构防腐设计提供参考。本书也可用作从事海洋结构设计、维护等领域的工程设计人员、科研人员和管理人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

海洋工程腐蚀损伤数据库与数字仿真技术 / 童小燕等编著. —北京:科学出版社,2012

(海洋工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术及应用丛书)

ISBN 978-7-03-034847-0

I. ①海… II. ①童… III. ①海洋工程-工程结构-海水腐蚀-水文数据库②海洋工程-工程结构-海水腐蚀-数字仿真 IV. ①P75-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 127359 号

责任编辑:周 强 / 责任校对:包志虹

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 6 月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2012 年 6 月第一次印刷 印张:23 3/4

字数:474 000

定价:78.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《海洋工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术及应用丛书》

编 委 会

顾 问 肖纪美 徐滨士 梁应辰 苏纪兰 金翔龙

主 任 侯保荣

副主任 韩恩厚 童小燕 张 盾 乔利杰

编 委 (按姓氏拼音排序)

韩恩厚 侯保荣 林昌健 吕胜利 乔利杰

宿彦京 孙明先 童小燕 熊天英 张 盾

《海洋工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术的应用丛书》

序

海洋是蓝色的国土,大力开发海洋资源、发展海洋经济,和平利用和保护海洋是我国的重要国策。我国在“十二五”及今后更长的一段时期,将进行更为广泛的海洋资源开发和海上交通运输基础设施建设,涉及港口码头、采油平台、跨海大桥、滨海电厂、大型船舶等广阔的海洋工程设施领域,这些设施通常都是由钢铁结构或钢筋混凝土结构构成的。由于海洋是一个十分苛刻的腐蚀环境,这些重大工程设施如果不能得到很好的腐蚀控制,将可能导致巨大的腐蚀破坏和经济损失。为了保证各种海洋工程的耐久性和安全性,实现经济效益和社会效益的最大化,防腐蚀保护工作迫在眉睫。

腐蚀造成的损失是巨大的。据世界各国的统计,每年因腐蚀所造成的经济损失占国内生产总值(GDP)的3%~5%。根据2002年美国发布的第7次本国腐蚀损失调查报告数据,美国每年的直接腐蚀损失为2760亿美元,约占其GDP的3.1%。按最低比例3%计算,我国在2009年的腐蚀损失超过10 000亿元。根据国内外经验,如果采用有效的控制和防护措施,25%~40%的腐蚀损失就可以被避免。因此,研究腐蚀与控制技术对国家经济建设和国防建设具有重大意义。

从腐蚀的角度,海洋环境分为海洋大气区、浪花飞溅区、海洋潮差区、海水全浸区和海底泥土区五个不同的腐蚀区带。国内外科学研究实践表明,各种钢铁和钢筋混凝土工程设施在海洋浪花飞溅区部位的腐蚀破坏最为严重,为海水全浸区腐蚀速度的3~10倍。一旦在这个区域发生严重的腐蚀破坏,整个设施的承载能力就会大大降低,使用寿命就会缩短,从而影响安全生产,甚至导致设施提前报废。

切实做好海洋工程设施的腐蚀防护工作,可以提高工程结构的耐久性和安全性,有利于环境保护和资源节约,是利国利民的大事。海洋工程结构浪花飞溅区的腐蚀控制、监测和维护工作的优劣直接关系到我国海洋工程建设的百年大计。针对这一问题的严重性和迫切性,2006年,中国工程院侯保荣院士联合中国科学院肖纪美院士和苏纪兰院士,中国工程院梁应辰院士、徐滨士院士和金翔龙院士,通过中国科学院向国家有关部门提出了“我国浪花飞溅区的海洋钢铁设施保护工作亟待加强”的院士建议,得到曾培炎副总理和陈至立国务委员的重要批示:“海洋工程设施防腐蚀问题有一定普遍性,建议科技部立题开展研究,提出有效办法。”

2007年1月,“海洋工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术及应用”项目被科技部列入支撑计划,中国科学院海洋研究所侯保荣院士作为首席科学家承担这一项目的研究工作。四年来,该项目于在役和新建钢结构、钢筋混凝土结构设施的浪花飞溅区腐蚀、防护与修复关键技术,腐蚀监测、检测技术,腐蚀安全性评价技术,腐蚀数据库和仿真技术及相关防腐蚀新材料、新方法等方面取得了一批具有自主知识产权的显著成果,并开展了大量的工程示范应用,许多成果具备很好的产业化应用前景。

为进一步推动海洋防腐蚀技术的发展,推广海洋浪花飞溅区的防腐蚀技术,在总结科技支撑计划项目的基础上,经过项目组人员的共同努力,将有关工作成果梳理后,决定出版《海洋工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术及应用丛书》。希望通过丛书的出版,让人们了解和认识海洋浪花飞溅区腐蚀的严重性及其危害,推动先进的浪花飞溅区防腐蚀科研成果的转化和产业化,为国家建设服务。

在此,感谢科技部的立项支持和中国科学院、山东省科学技术厅的严格管理,以及中国科学院海洋研究所等各课题承担单位在多方面给予的条件保障,使本项目取得了十分丰硕的成果;感谢丛书各位作者所做的辛勤工作和科学出版社工作人员的辛勤努力,本丛书才得以顺利出版。



2010年12月

前 言

海洋工程腐蚀损伤所造成的经济损失巨大,因而受到广泛重视。我国在长期开展海洋工程结构腐蚀与防护的研究实践中,积累了大量的基础数据和经验方法,为海洋工程结构的防腐设计、寿命预测、安全评价等奠定了坚实的基础。

然而,缺乏合理的共享机制,大量珍贵的数据被闲置,导致了大量重复性的数据生产的工作,造成资源的极大浪费。利用现代信息技术,通过信息资源的有效整合,构建数据库和数据共享平台,基于合理的共享机制,促进数据资源的积累、完善和有效利用,是解决这一问题的有效途径。基于共享理念的数据库建设,不仅能够促进数据的有效利用,同时能够最大限度地避免重复性的工作,对节约能源、资源和保护环境起到重要的积极作用。

数字仿真技术由于其可控、形象直观、经济、可重复以及不受空间、时间等限制的诸多优点,成为科学研究和工程应用的重要手段。随着腐蚀科学技术的发展,相关理论体系的完善,为开展腐蚀损伤数字仿真提供了坚实的技术基础。海洋工程结构腐蚀损伤数字仿真是在构建集成化的仿真系统框架的基础上,考虑海洋环境的腐蚀与力学效应,基于腐蚀损伤和寿命预测的工程化模型,探讨图像渲染、环境建模技术与海洋工程结构腐蚀预测和评价的结合,推进数字仿真技术在海洋工程结构腐蚀的全寿命周期评价中的应用。

在国家科技支撑计划项目“海洋工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术及应用”之课题六“海洋工程结构腐蚀损伤数据库与数字仿真系统”的研究过程中,来自西北工业大学、北京科技大学、中国科学院金属研究所的科研工作者针对数据采集、梳理、清洗、转化、装载以及建库、共享、管理等环节,制定了海洋工程结构腐蚀损伤数据质量管理规范;对我国海洋工程结构在浪花飞溅区的腐蚀状况和相关资料进行了调查和收集,建立了海洋工程结构腐蚀损伤数据库;搜集了海洋工程结构浪花飞溅区的服役环境、腐蚀损伤等模型,并对其进行数字化建模,建立了海洋工程结构腐蚀损伤数字仿真系统。

本书是《海洋工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术及应用丛书》系列专著之一,是在对国家支撑计划课题研究成果进行系统总结,结合作者多年来的研究经验的基础上编著的。书中涉及材料、结构、腐蚀、疲劳、数据库、软件工程、数字仿真等专业知识,详细介绍了海洋工程结构腐蚀损伤数据规范和数据质量评价技术、腐蚀损伤数据库的设计方法与应用、软件项目管理、腐蚀损伤数字仿真与应用以及可视化技术在海洋工程结构腐蚀仿真中的应用设想。

全书由童小燕主编。各章节主持编写人员如下:第1章,童小燕;第2章,李正;第3章,姚磊江;第4章,高翔;第5章,吕胜利;第6章,刘红军。参加本书研究工作的还有北京科技大学俞宏英、中国科学院金属研究所王海涛、厦门大学程璇、西北工业大学张伟、李斌、杨广珩等。

本书的研究成果可为海洋工程结构腐蚀损伤剩余强度和剩余寿命评估、在役海洋工程结构腐蚀损伤的寿命管理和维修,以及新型海洋工程结构防腐设计提供参考。本书也可用作从事海洋结构设计、维护等领域的工程设计人员、科研人员和管理人员的参考资料。

感谢国家科技支撑计划课题“海洋工程结构腐蚀损伤数据库与数字仿真系统(2007BAB27B06)”的资助。

由于作者水平所限,书中难免存在不足和疏漏之处,敬请读者批评指正。

作 者

二〇一二年五月四日

目 录

《海洋工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术及应用丛书》序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 数据规范与数据质量评价技术	1
1.2 海洋工程结构腐蚀损伤数据库	4
1.3 海洋工程数字仿真软件项目管理	7
1.3.1 项目开发模型	7
1.3.2 基于模型的开发构架	8
1.3.3 开发制品集	9
1.3.4 工作流	9
1.3.5 开发过程的考查	9
1.4 海洋工程结构腐蚀损伤数字仿真及应用	10
1.5 海洋工程腐蚀损伤数字仿真可视化技术	11
1.5.1 可视化技术背景、涵义与研究的重要意义	12
1.5.2 科学计算可视化关键技术	12
1.5.3 科学计算可视化的应用领域及在我国的应用状况	13
1.5.4 可视化硬件设备	13
1.5.5 可视化软件系统的开发工具	13
1.5.6 可视化技术的重要内容——虚拟现实技术	13
1.5.7 集仿真可视化技术与虚拟现实技术于一体的海洋工程结构服役安全 腐蚀损伤数字仿真平台项目介绍	14
第 2 章 数据规范与数据质量评价技术	15
2.1 数据	15
2.1.1 数据与信息	15
2.1.2 数据类型	16
2.1.3 数据来源	24
2.2 数据质量	26
2.2.1 数据质量定义	27
2.2.2 数据质量特性	28
2.2.3 数据质量问题	29

2.3 数据质量管理	32
2.3.1 数据管理与数据质量管理的关系	32
2.3.2 控制数据质量风险的主要对策	32
2.3.3 数据质量管理框架	33
2.4 数据规范与标准	35
2.4.1 数据收集过程的规范	35
2.4.2 数据处理过程的规范	41
2.4.3 数据使用过程的规范	55
2.5 数据质量评估与控制	59
2.5.1 数据质量评估指标	59
2.5.2 数据质量评估框架	60
2.5.3 数据固有特性的分析与评估	62
2.5.4 数据处理阶段的质量控制	79
2.5.5 数据质量评估体系	89
参考文献	91
第3章 海洋工程结构腐蚀损伤数据库	94
3.1 数据库的基本概念	94
3.1.1 数据库系统的定义	95
3.1.2 数据库系统的目标	95
3.1.3 数据库语言	97
3.1.4 数据库管理系统	98
3.1.5 Oracle 数据库简介	98
3.2 数据库系统的设计	101
3.2.1 数据抽象与模式	101
3.2.2 数据库模型	104
3.2.3 数据库体系结构	113
3.2.4 数据库系统的设计过程	114
3.3 海洋工程结构腐蚀损伤数据库设计	119
3.3.1 总体设计	119
3.3.2 逻辑模型	126
3.4 海洋工程结构腐蚀损伤数据库应用	163
3.4.1 海洋工程结构腐蚀损伤数据库门户网站	163
3.4.2 数据服务	168
3.4.3 智能选材	179
参考文献	180

第 4 章 海洋工程数字仿真软件项目开发管理	182
4.1 海洋工程软件的开发模型	182
4.1.1 软件生命周期	182
4.1.2 软件开发模型	183
4.1.3 开发模型量化选择方法	187
4.1.4 海洋工程数字仿真软件项目的阶段划分	191
4.2 海洋工程数字仿真软件的构架	193
4.2.1 软件构架的定义	193
4.2.2 软件构架的结构	194
4.2.3 软件构架的开发	195
4.2.4 软件构架的评估	196
4.3 海洋工程数字仿真软件的开发制品	198
4.3.1 制品集	199
4.3.2 工程制品集	199
4.3.3 管理集	203
4.4 开发过程的工作流	209
4.4.1 工作流的定义	209
4.4.2 基于工作流的软件配置管理	211
4.4.3 工作流的划分	212
4.4.4 迭代的工作流	214
4.5 开发过程检查	216
4.5.1 创建框架	217
4.5.2 收集数据	218
4.5.3 可视化进展	219
4.5.4 优先级控制	220
4.5.5 确保项目稳定	221
4.5.6 过程的检查点	222
参考文献.....	225
第 5 章 海洋工程结构腐蚀损伤数字仿真及应用	227
5.1 概述	227
5.1.1 国外发展现状和趋势	227
5.1.2 国内现状和差距	230
5.2 海洋工程结构腐蚀损伤数字仿真系统	232
5.2.1 软件结构	233
5.2.2 程序描述	244

5.2.3	接口设计	301
5.2.4	测试计划	301
5.2.5	出错处理设计	302
5.2.6	安全保密设计	303
5.3	腐蚀损伤数字仿真应用	303
5.3.1	基于草图特征的参数化曲面建模原理	303
5.3.2	点蚀损伤区实体模型的建立	304
5.3.3	点蚀对应力影响的有限元分析	311
5.3.4	小结	313
	参考文献	313
第6章	海洋工程结构腐蚀损伤数字仿真可视化技术	315
6.1	可视化技术背景、涵义与研究的重要意义	315
6.1.1	背景	315
6.1.2	涵义	316
6.1.3	研究的重要意义	318
6.2	科学计算可视化关键技术	319
6.2.1	可视化参考模型	320
6.2.2	可视化工具研究	324
6.2.3	可视化过程研究	326
6.3	科学计算可视化的应用领域及在我国的应用	328
6.3.1	科学计算可视化的应用领域	328
6.3.2	科学计算可视化技术在我国的应用	331
6.4	可视化硬件设备	332
6.4.1	视觉显示系统	332
6.4.2	三维声音系统	338
6.4.3	虚拟物体操作设备	339
6.5	可视化开发软件工具	343
6.5.1	WTK	343
6.5.2	CDK	344
6.5.3	MRTK	344
6.5.4	MultiGen Creator/Vega	346
6.5.5	OpenGL 软件	349
6.6	可视化技术的重要内容——VR 技术	351
6.6.1	VR 技术的基本特征	352
6.6.2	VR 系统技术组成	354

6.6.3 VR 技术发展现状	354
6.7 集仿真可视化技术与虚拟现实技术于一体的海洋工程结构服役 安全腐蚀损伤数字仿真平台项目	356
6.7.1 项目提出背景及必要性	356
6.7.2 项目研究内容	357
6.7.3 技术经济效益分析	363
参考文献	364

第 1 章 绪 论

随着海洋高新技术的发展,人类对海洋的开发日益加剧。海洋产业日渐成为国民经济的支柱产业。世界各国都将 21 世纪的发展重点瞄向了海洋,联合国《21 世纪议程》已将海洋视作“全球生命的支持系统和人类社会可持续发展的资源宝库”。

20 世纪 90 年代以来,我国把海洋资源开发作为国家发展战略的重要内容,把发展海洋经济作为振兴经济的重大措施,对海洋资源与环境保护、海洋管理和海洋事业的投入逐步加大。2006 年,《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》在环境、制造业、交通运输业等多个重点领域中提出了多个相关的发展海洋技术。其中,将研制大型海洋工程技术与装备,开发跨海湾通道、离岸深水港、大型桥梁等高难度交通运输基础设施建设与养护设备作为优先主题。

“十一五”期间,我国的海港、码头、桥梁、大坝、隧道、海洋平台以及海岸工程建设蓬勃发展,腐蚀成为海洋工程设施开展自主创新研究和实现重点跨越所面对的主要问题。

在国家科技支撑计划“海洋工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术及应用”项目中,对海洋工程结构在浪花飞溅区的腐蚀预测和防护问题开展了较系统的研究。其中在“海洋工程结构腐蚀损伤数据库与数字仿真系统”中,较全面地收集了浪花飞溅区腐蚀损伤数据,构建了相关的数据库,并开展了数字仿真技术的研究。然而,海洋工程结构的实际服役环境包括大气区、浪溅区、潮差区、全浸区、海泥区等不同区域,且不同区域服役的构件之间存在相互的作用和影响。此外,我国也在尝试积极利用全球的海洋资源,然而相关的数据积累和评价方法尚不够完善,难以适应我国海洋资源开发快速发展的需求。因此,非常有必要开展全海域的海洋工程结构的腐蚀数据积累、腐蚀损伤评价技术和数字仿真技术的研究。本书的主要内容是系统地介绍海洋工程数据库和数字仿真技术。结合国家科技支撑计划研究实践和当今数据库开发关键技术,本书将侧重论述数据规范与数据质量评价技术、海洋工程结构腐蚀损伤数据库、海洋工程数字仿真软件项目开发管理、海洋工程结构腐蚀损伤数字仿真及其应用和数字仿真可视化技术。

1.1 数据规范与数据质量评价技术

海洋工程结构腐蚀损伤数据是进行腐蚀损伤科学研究的主要依据。海洋工程

结构的腐蚀是一个漫长的过程,从拟建、在建到投入使用,在选材、选址、设计、建造、运行和管理等各个环节的数据都是海洋工程结构寿命信息的具体记录,因此腐蚀数据来源于海洋工程结构的全寿命周期。而在数据从产生、收集、加工整理、存储到发布的每个寿命环节中,都要经历人员交互、计算、传输等操作步骤,每一项参与数据的事物都可能对数据的质量产生影响,导致数据质量问题。因此从数据产生的全过程考虑,数据质量应该是由多因素、多关联模式组成的复杂的逻辑关系系统。此外,随着研究领域和研究深度的不断深入,积累的数据量越来越多,产生的数据质量问题也会越来越突出。数据的质量受到管理水平、处理技术以及工作质量等多方面因素的综合影响,如果能够在数据积累的同时,针对数据本身的特点,明确数据质量的影响因素,采用科学的数据分析方法对数据进行系统梳理、分析和评估,开展数据质量规范与数据质量评价技术的探讨,并对数据产生的全生命周期进行规范化的质量管理,将会对保证数据质量,进行数据的有效管理和科学共享起到积极的推动作用。

第2章内容主要包括数据与数据质量基础知识、数据质量管理规范、数据质量评估与控制技术三个方面。

首先介绍数据及数据质量的基础知识,即按照数据定义、数据属性与类型、数据用途与来源、数据质量定义、数据质量问题的来源、数据质量的影响因素介绍数据与数据质量的基本概念;其次从数据、数据质量与数据质量管理之间的关系,探讨数据质量管理的基本框架。

数据质量问题并不会突然之间显现出来,很多是历史遗留问题,加上一些主观或客观因素所造成的,如原始数据的准确性和可靠性不足、系统平台不一致、开发工具有技术缺陷、缺乏规范的操作流程和标准、数据处理人员水平的差异、设计时没有提供有效、合理的数据更新维护途径、组织缺乏数据质量监督管理措施等。基于上述基础的了解以及数据全生命周期的划分(可以划分为数据的产生、收集、加工整理、存储和发布),从数据库和数字仿真系统的建设需要出发,第2章将详细讨论从数据收集、数据库设计、数据库开发、仿真系统设计开发以及数据库和仿真系统的服务等主要环节,避免数据质量问题的质量管理规范。具体包括两项数据收集过程的规范、两项数据处理过程的规范、一项数据录入过程的元数据规范和一项数据使用过程的规范。

(1) 数据收集过程的规范。有效的数据质量战略开始于数据采集,因为数据产生的时间、数据的来源、数据的最初获取方式以及数据的记录形式是影响数据可信度的主要因素。一旦错误的数字进入系统,再想把它修正过来,代价十分巨大。因此,在数据库与数字仿真系统规划阶段,从对录入数据的真实性、唯一性、全面性、准确性和可靠性出发,针对本项目可能产生的文献资料数据、各课题研究过程中产生的测量实验数据以及历史实验数据等,对项目数据来源、收集、录入填写、提

交汇总等记录数据的全过程进行规范要求,明确规定收集信息的种类、渠道、格式和职责,形成《项目数据填写格式规范》和《项目数据提交格式要求》两个数据收集过程的规范性要求。

(2) 数据处理过程的规范。数据在正确性、一致性、完整性、可靠性上存在的问题普遍存在于各应用系统中,数据清洗技术是解决数据质量问题的主要方法之一。结合海洋工程材料与结构的实际应用背景,针对通过各个渠道获得的各式各样的海洋工程材料和结构的相关数据,按照从数据实例层的角度来提高数据质量的思路,在此对数据质量、数据清洗原则、数据清洗步骤以及数据清洗的分类及算法进行规范化要求,形成《数据清洗规范》。规范对所有可能存在问题的入库数据,实现对异常数据、录入错误数据、过期数据以及错误数据等按特征分算法自动清理或人工判定,甄别问题数据,从而为保证准确、可靠的信息服务奠定坚实的基础。海洋工程结构腐蚀损伤数据模型是实现数字化建模的基础,为了保证模型的质量,该模型从其描述的腐蚀类型、模型构建背景、模型输入参数、模型特点描述、建模过程描述(含原理、数学表述、物理化学变化过程描述、算法实现流程、图形及框图等)、模型输出参数及输出结果等进行规范化要求,形成《海洋腐蚀数据模型规范》。

(3) 数据录入过程的规范。腐蚀损伤资料描述元数据规范对于统一、规范地描述海洋工程结构腐蚀损伤资料的内容和外观特征,建立规范和通用的数据库系统具有重要指导意义。对照“期刊论文描述元数据规范”,从可能收集到的关于海洋工程结构腐蚀行为及其控制手段的数据出发,在此建立包括海域、腐蚀区域、试验材料及化学成分、海水环境、腐蚀结果等科学数据,以及收集人、文献资料名称、数据产生机构等与数据相关的数据资源类型,定义 16 个元数据规范术语、17 个元数据及 54 个元素修饰词,建立详细的规范术语定义属性、元素内容编码原则、元数据管理原则以及本课题已收集海水腐蚀数据的元数据格式示例,形成《海洋工程腐蚀损伤元数据规范》。

(4) 数据使用过程的规范。海洋工程结构腐蚀损伤数字仿真系统主要是通过收集、研讨、甄别现有的腐蚀损伤与寿命预测模型以及服役环境模型,借助计算机编程实现数字化、规范化来得到所需的仿真结果,并根据获得的结果,实现腐蚀损伤及其过程的可视化表达。为了实现分析流程中各模块的数据传递和连接,该系统对其模块及模块接口给出详尽的输入输出项以及数据交换的准则和格式定义,形成《数据接口规范》指导软件系统的设计,帮助开发人员按照约定的接口规范进行项目开发、集成和测试。

其次,数据质量控制与数据质量评估是解决数据质量问题的一个源头性手段,是准确了解数据质量状况制定进一步的改进措施的主要依据。从数据本身的可信性和数据的可用性两个方面介绍数据质量评估的重点以及广大企业和政府机构普遍使用的数据质量框架,重点讨论数据固有质量的分析与评估措施、数据处理阶段

的质量控制方法。

(1) 数据固有特性的分析与评估。从数据的固有特性来看,数据本身的质量主要受观测误差和数据表现规律的影响。因此,对数据固有特性的分析与评估主要包括误差的分析评估与数据规律的分析与评估。对于数据固有特性的分析,本章主要从具体的随机误差、偶然误差和系统误差的具体种类和来源,精度、偏移和准确率的定义,不同种类误差与精度估计的标准,以及偶然误差和系统误差合成的理论与方法详细讨论数据误差的具体分析与评估的方法及公式。通过多次观测可减少偶然误差的影响,但只有尽量减少和削弱系统误差的影响,才能提高观测结果的准确度。对于数据规律性的分析与评估,考虑到实验结果的分散性通常较大,通常采用有限数据的统计分析 with 分布规律的拟合确定数据的规律性,以便从分散性较大的实验数据中分清和判断各种因素的影响,做出客观的推论和判断。依此思路,第2章主要讨论腐蚀数据常用的统计分析方法与寿命规律、数据的插值与预测方法、数据拟合方法,以及一定规律下分布参数的分析与确定方法,以针对不同数据分析的需求,获得未观察点的数据特征,预测后续点的数据特征或获得最佳的特征曲线及规律。

(2) 数据处理阶段的质量控制。借鉴全面数据质量管理的观点,第2章提出海洋工程结构数据质量管理的主要环节包括数据采集管理、数据存储管理、数据变更管理、数据应用管理和数据维护,并对各环节的管理重点进行分析。第2章还详细讨论异常数据的类型,分析单属性数值型数据与多属性关联型复合数据中异常数据的数据清洗算法,包括剔除明显异常数据、缺失数据清洗、噪声数据清洗、不一致数据清洗和重复数据清洗等分析与评估的具体方法。

最后对三种比较典型的数据质量评估体系进行了简要描述和对比。这三种数据质量评估方法包括国际货币基金组织提出的数据质量评估框架(Data quality assessment frame, DQAF)、美国麻省理工 TDQM 项目组所提出来质量评估与改进方法(Assessment and improvement methodology of quality, AIMQ)以及数据质量评估方法(Data quality assessment, DQA)。不论哪种评估体系,都是针对某项研究和注意的重点提出来的,需要针对具体数据的质量问题开展深入研究。

1.2 海洋工程结构腐蚀损伤数据库

由于海洋环境的复杂性,海洋工程结构的腐蚀问题受到广泛重视。据统计,我国每年因腐蚀造成的经济损失约为 6000 亿元,占到国民生产总值的 2%~4%,其中海洋工程结构腐蚀占 1/10 以上。为了解决海洋工程结构的腐蚀控制与防护、腐蚀寿命预测与安全评价等工程问题,大量的基础研究和试验工作得以开展,生产和积累了极为庞大的海洋工程结构与材料腐蚀及腐蚀防护与控制的数据体系,成为