

Water Loss Control Manual

供水漏损 控制手册

JULIAN THORNTON 著
周律 周玉文 邢丽贞 译

- 用水量审计方法
- 用水计量设备的检测和修复
- 漏损检测和修复
- 供水系统压力管理
- 供水系统管理、修复和更新
- 管网漏损模拟与分析
- 漏损控制的成本效益分析

Water Loss Control Manual

供水漏损控制手册

JULIAN THORNTON 著
周律 周玉文 邢丽贞 译

清华大学出版社
北京

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2004-3598

Julian Thornton

Water Loss Control Manual

EISBN: 0-07-137434-5

Copyright © 2002 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition is published and distributed exclusively by Tsinghua University Press under the authorization by McGraw-Hill Education (Asia) Co., within the territory of the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties. 本书中文简体字翻译版由美国麦格劳-希尔教育出版(亚洲)公司授权清华大学出版社在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)独家出版发行。未经许可之出口视为违反著作权法,将受法律之制裁。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

供水漏损控制手册/(美)森顿(Thornton,J.)著;周律,周玉文,邢丽贞译. —北京:清华大学出版社,2009. 11

书名原名: Water Loss Control Manual

ISBN 978-7-302-21009-2

I. 供… II. ①森… ②周… ③周… ④邢… III. 给水管道—水管防漏—技术手册
IV. TU991.61-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 165169 号

责任编辑: 柳 萍 赵从棉

责任校对: 王淑云

责任印制: 王秀菊

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 北京密云胶印厂

装 订 者: 北京国马印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 33.25 字 数: 804 千字

版 次: 2009 年 11 月第 1 版 印 次: 2009 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 68.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 015827-01

本书是为有效指导供水系统的水量审计和减少供水漏损的实践而编写的。除了旨在引起读者对供水漏损及北美乃至全世界许多供水系统目前运作问题的关注外,本书还涵盖了在理论和实践中进行水量审计所需要的基本工具的相关内容。本书探讨了在制水成本和售水成本变化的前提下,如何计算和评估漏损量以及成本效益比,并建立合理的可持续的现场水漏损控制计划。

使用者可针对不同供水系统的漏损问题,选取使用不同工具。本书可为各项工作选择正确的工具和方法提供帮助。

本书介绍了许多新技术。目前技术变化的速度非常快,一个供水公司、公用事业部门或用户所使用的新技术对另外的用户来说可能只是一个旧方法。本书的重点是保证读者对现有工具的有效使用,使读者学会如何评估通过改善现状带来的成本效益。

本书可作为初学者的学习工具或经验丰富的操作者的参考手册。全书注重那些我们学过但可能已经忘记或忽略了的真实细节并追根溯源。作为一个多年的现场工作者,我知道如果我们尝试从基础开始分别了解每个问题的各个侧面,复杂的问题常常会变得非常简单。

这本书涉及并运用了多种测量单位(以米为基础的、美制的、英制的),研究了多个国家提供的材料和实例。另外,也采用了 IWA 最近颁布的术语,如实际漏损和表观漏损等。实际漏损在过去通常被称为“物理漏损”,表观漏损通常被称为“非物理漏损”。

其他出版物可能有本书中的一些类似标题。但是,本书把诸多观点、技术、方法和世界各地的参考资料糅合在一起,对实际应用更具有广泛、灵活的指导意义。

本书主要内容为实际漏损管理计划的实例研究。实例研究是调整一项计划或做出适当改变的重要工具,可以作为工作开展的起点,它有助于了解其他人面对相同或相似的问题时所做出的有效的、经济的处理方法。一些实例研究根据编辑的需要进行了调整,因此有兴趣的读者可以参考原文进行更深入的学习。

本书中涉及的设备类型、技术和软件都为供水行业所普遍接受。这样的叙述不是为了提高某种特殊产品、咨询顾问、承包商或是技术的地位,而是旨在提高我们对供水漏损问题的关注程度和解决问题的热情,最终使供水系统更加高效。

声 明

由于本书的重点不在特殊制作或设备类型、咨询顾问、承包商、软件或技术上,作者和出版商不承担任何一种由于遗漏技术类型或是因提供了可选择的服务商而造成的经济问题的相关责任或义务。本书的唯一愿望是向有志于控制供水漏损的读者传授本领域的实际知识。

Julian Thornton

致 谢

特别感谢 George Kunkel 为该书做出了比其他合作者更多的工作,他为 AWWA LDWA 委员会提出了很多建设性的修改意见。也要特别感谢 Allan Lambert 对本行业工作至少 10 年以上的参与,他为本行业提供了许多新的改良的供水漏损管理工具。

还要特别感谢 Olinda Everret 对本书编写的协调;感谢编辑 Larry Hager、Colin Murcay 与他的 AWWA 小组,在这“第一本书”的编写过程中给了我非常多的支持。

感谢 Bill Gauley。当他的孩子出生时,他仍在不懈地准备第 15 章的内容,还有 Dave Southern、Jack Jackson、Brad Brainard 和 Rodney Briar,他们都为这本书的内容做出了很大贡献。

感谢 Allan Lambert、Ken Brothers、George Kunkel、Mark Shepherd 和 Tim Brown,他们花了很多时间校核编辑本书时采用的材料。

感谢所有提供本书原始实例和相关内容的作者。这些作者将在各自的章节中被大家所熟识。我还要感谢所有供水系统的所有者,他们允许直接或间接地发表自己的数据。(需要提醒读者的是,在阅读原始文献中的案例研究时,要注意本书作者在编辑时作了一些修改。)

特别要感谢 AWWA,允许本书一些具体章节引用了许多有版权的案例。

感谢所有我在 AWWA LDWA 委员会的同事,他们牺牲多年的休息时间为志愿者协会服务,来提高我们对供水行业的认识并迎接它带来的挑战。

感谢以下提供信息和允许使用数据的公司: BBL(巴西)、Restor(巴西)、健康咨询股份公司(美国)、Hetek Solutions 股份公司(加拿大)、Severn Trent Pipeline Services 股份公司、Pitometer 水服务分公司(美国)、Ductile 铸铁管研究协会(美国)、Invensys Metering 系统(前 Sensus Technologies 公司)(美国)、Invensys Metering 系统(南非)、BKS Pty 有限公司(南非)、Watts ACV(美国)、Ross 阀 Mfg. 有限股份公司(美国)、ADS 环境服务(美国)、Veritec 咨询股份公司(加拿大)、F. S. Brainard & 有限公司(美国)、有效流体工程(Effective Fluid Engineering,英国),以及所有其他本书直接或间接使用其数据的公司。

最后感谢我所有的客户、同事和同行,是他们成就了我们今天这个行业。

谨以此书献给我深爱的女儿和我的好友 Victoria。

译者序

本书全面地介绍给水系统中漏损控制的基本理论和方法。书中介绍了大量成功的给水系统漏损控制案例,同时介绍了国际水协会(IWA)和美国给水协会(AWWA)的相关漏损控制方法,是迄今为止国内外较为全面地介绍给水系统漏损控制的专业书籍。

本书的特点是不仅有比较深入的理论介绍,各章详细介绍了相关的方法的使用,同时提供了大量案例,使读者易于理解和学习书中介绍的内容。

中国是一个缺水的国家,目前全国年缺水量达 400 亿 m^3 ,近 2/3 的城市存在不同程度的缺水,且城市给水系统的漏损比较严重。因此如何有效地降低城市给水系统的漏损,是城市可持续发展、城市安全的重要内容。相信本书的出版对我国城市给水系统的漏损控制会有所帮助。

本书既可以作为给水排水工程、环境工程、城市规划和水资源管理等专业相关人员的工具书,也可以作为相关专业人员的学习教材。

参与本书第一稿翻译的主要人员有周律、周玉文、邢丽贞、邱靖国、茯苓、许兵、刘德钊、孙立国、王永、刁克功、李涛,全书由周律完稿并审核。李涛参与核对了书中相关内容。

中国城市建设研究院宋序彤教授、清华大学刘书明副教授审阅了本书翻译初稿,并提出了一些非常宝贵的修改意见,在此深表感谢。

原书作者 Julian Thornton 为中文版专门写了中文版序,在此深表感谢。

翻译工作是艰苦的再创作劳动,由于译者学识有限,虽然尽全力进行工作,但书稿中翻译错误在所难免,不当之处敬请读者指正。

译者

2009 年 2 月 18 日

中文版序言

《供水漏损控制手册》的中文版在中国出版,应感谢周律教授、周玉文教授和邢丽贞教授以及参与该书翻译的所有人员,该书的翻译工作是一项具有挑战性同时也是非常耗时的工作。同时也感谢清华大学出版社和 McGraw-Hill 出版公司有关人员对中国版出版的支持,正是他们的努力将此书带给中国读者。

中国是缺水的国家之一,水的漏损控制同样与其他国家一样任重而道远。有效的水漏损控制可以减少新鲜水的消耗,提高用水的效率,是可持续社会发展的需要。本书所介绍的北美和欧洲在水漏损控制中的相关方法和经验,希望会对中国的水漏损控制工作有所帮助。

Julian Thornton

2009 年 8 月 1 日

CONTENTS

目 录

前言	1
声明	3
致谢	5
译者序	7
中文版序言	9
第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 供水需求	2
1.3 我们的祖先如何获取用水	2
1.4 供水损失的产生和影响	3
1.5 导致对供水漏损的看法与管理方式变化的动因	4
1.6 目前世界上正采取何种措施减少水量漏损	5
1.7 供水漏损控制的要求和计划要求	5
1.8 如何使用本手册	8
1.9 供水漏损管理的任务	9
1.10 参考文献	9
第 2 章 供水漏损类型	10
2.1 供水漏损的定义	10
2.1.1 为什么会发生实际漏损	10
2.1.2 为什么会发生表观漏损	12
2.2 水量与水的价值	13
2.2.1 计量的重要性	13
2.2.2 水流量测量误差是如何发生的	14
2.2.3 计量误差如何产生	15
2.3 供水漏损的灾害	17
2.4 参考文献	17

第3章 控制供水漏损的传统方法和改良方法——美国和英国的经验	18
3.1 关于供水漏损的观点	18
3.1.1 美国对待供水漏损的态度	18
3.2 美国与英格兰和威尔士减少供水漏损措施的对比	21
3.2.1 美国漏损管理未来的可能发展	22
3.3 参考文献	23
第4章 利用水量审计和绩效指标对供水漏损进行评估	24
4.1 引言	24
4.2 北美提高供水漏损评估的必要性	25
4.3 供水漏损测量的罗塞塔石	26
4.4 国际水量审计标准	26
4.5 固有的供水漏损以及发现的漏损和溢流	28
4.6 绩效指标的选取	31
4.7 IWA 推荐产销差水量和实际漏损的绩效指标	33
4.8 一些已公布的北美供水漏损统计资料	34
4.9 小结	37
4.9.1 审计数据样本	37
4.10 参考文献	42
第5章 数据格式与数据管理	43
5.1 引言	43
5.2 数据收集工作表	43
5.2.1 水量平衡	45
5.2.2 压力平衡	45
5.2.3 水位平衡	46
5.2.4 将数据输入通用表格	46
5.3 数据校准表格	46
5.3.1 压力和水头(位)的设备校准表格	47
5.4 结论	47
第6章 用于流量计量、压力测量、控制和漏损探测的设备和技術	48
6.1 简介	48
6.2 便携设备	48
6.2.1 便携式插入流量计	48
6.2.2 便携式超声波流量计	54
6.2.3 便携式消防栓流量计	58
6.2.4 流量记录器	59

6.2.5	流量图表	60
6.2.6	分步测试器	61
6.3	永久设备	61
6.3.1	流量计的类型	61
6.3.2	流量计的类型和特点	68
6.4	输出读数	69
6.4.1	了解脉冲记录	69
6.4.2	了解模拟值	71
6.4.3	记录结论	72
6.5	流量设备的校准和测试	72
6.5.1	流量计测试结论	73
6.6	压力测量设备	73
6.6.1	便携式记录器	73
6.6.2	静压测试器	75
6.6.3	便携式图表	75
6.6.4	便携式压力传感器	76
6.6.5	传统声波检漏设备	76
6.6.6	新型的漏损探测设备	78
6.6.7	流量计测试设备	79
6.6.8	维护设备	80
6.7	压力控制设备	81
6.7.1	阀门类型	81
6.7.2	控制器类型	85
6.8	结论	86
第 7 章	管网漏损模拟	87
7.1	简介	87
7.2	用于审计的电子表格模型	88
7.3	用户水表尺寸选择模型	92
7.4	用水量分析模型	98
7.5	压力分析和 FAVAD 概念	100
7.6	用爆管和背景漏损估算(BABE)概念模拟实际漏损组成	105
7.6.1	使用 BABE 模拟概念优化排列要采取的行动	107
7.7	更详细的商业化模型	110
7.7.1	第一种情景	111
7.7.2	第二种情景	116
7.7.3	第三种情景	116
7.8	结论	120
7.9	参考文献	121

第 8 章 漏损控制的审计和成本效益分析	122
8.1 简介	122
8.2 可信度因子	122
8.3 灵敏度分析	122
8.4 供水漏损经济学	124
8.4.1 水价和用水量	124
8.4.2 经济分析中的成本和效益计算	124
8.4.3 计算一个 100%供水系统成本效益时需考虑的事项	125
8.4.4 考虑定时供水系统的成本效益计算	126
8.5 成本效益比分析表	126
8.5.1 水漏损控制经济学	126
8.6 小结	128
8.7 参考文献	128
第 9 章 控制供水漏损的方法	129
9.1 引言	129
9.2 实际漏损的解决方法	130
9.3 表观漏损的解决方法	131
9.4 实际漏损控制	132
9.4.1 进行漏损探测确定暗漏的位置	132
9.4.2 提高对已报告漏损的反应速度	132
9.4.3 采用持续、有效的分区方式确定漏损水量	132
9.4.4 进行水压控制管理以减少漏损水量和新漏损发生的频率	132
9.4.5 进行水位调节以减少蓄水池的溢流	133
9.4.6 控制腐蚀以减少新漏损发生的频率	133
9.4.7 更换干管	133
9.4.8 更换引入管	133
9.5 表观漏损控制	133
9.5.1 生产水表检测	133
9.5.2 销售水表检测	134
9.5.3 正确的水表尺寸	134
9.5.4 正确的水表规格	134
9.5.5 正确更换水表	135
9.5.6 改进水表读数	135
9.5.7 对计费方式的改进	135
9.5.8 非法或者未登记的连接用户的位置	135
9.5.9 在低支付地区采取水费追缴或者预付费	135
9.6 总结	136

9.7 参考文献	136
第 10 章 现场减少实际漏损——有效漏损管理	137
10.1 引言	137
10.1.1 漏损点的定位	138
10.2 漏损探测	142
10.2.1 直接观察	142
10.2.2 听漏法	142
10.2.3 消防栓检漏法	143
10.2.4 地音探测器检漏法	145
10.3 案例研究一：节水工程项目为公用事业部门节省了 2 440 万美元	147
10.3.1 项目介绍	147
10.3.2 相关仪检漏法	148
10.3.3 总结	151
10.4 案例研究二：利用听音技术进行漏损定位	152
10.4.1 背景	152
10.4.2 声波发射技术	153
10.4.3 总结	160
10.4.4 致谢	161
10.5 流量分析、分步测试与分区	161
10.5.1 流量分析	162
10.5.2 分步测试	166
10.5.3 利用噪声记录器进行勘测	167
10.6 案例研究三：塞文·特伦特漏损管理项目	168
10.6.1 综述	168
10.6.2 塞文·特伦特水务公司	168
10.6.3 背景	168
10.6.4 塞文·特伦特水务公司漏损管理策略	168
10.6.5 Permalog 漏水巡视仪	170
10.6.6 阶段成果	171
10.6.7 结论	171
10.7 技术文献一：探漏氦气对管道和封闭系统的试验——步骤和方法	172
10.7.1 摘要	172
10.7.2 设备和材料	172
10.7.3 先决条件	173
10.7.4 现场操作	174
10.8 技术文献二：通过探地雷达进行供水管道漏损探测	179
10.8.1 历史回顾	179
10.8.2 探地雷达使用的增长	180

10.8.3	现状	181
10.8.4	方法	182
10.8.5	雷达漏损探测的特长与限制	182
10.8.6	探地雷达在供水管道漏损探测中的前景	183
10.9	红外探测及其在蓄水池漏损探测中的应用	184
10.9.1	红外探测	184
10.9.2	探测蓄水池漏损	184
10.10	案例研究四：通过应用相关技术减少系统水量损失	185
10.10.1	未预见水量——相对于规范减少量的计量比率	186
10.10.2	案例研究	186
10.11	总结	188
10.12	参考文献	189
第 11 章	漏损修复的速度和质量	190
11.1	前言	190
11.2	案例研究一：漏损探测和修复的经济性	191
11.2.1	背景	192
11.2.2	研究目的	193
11.2.3	方法	193
11.2.4	漏损类型的分析	195
11.2.5	声波漏损探测的准确性	198
11.2.6	讨论	198
11.2.7	结论	200
11.2.8	致谢	201
11.3	案例研究二：由水温预测漏损维护的需求	201
11.3.1	校验运行观测资料	202
11.3.2	常年分析	203
11.3.3	结论	203
11.4	漏损类型	204
11.5	安全	205
11.6	总结	205
11.7	参考文献	205
第 12 章	压力管理	207
12.1	引言	207
12.2	为什么要采取压力管理措施	208
12.2.1	正面的原因	208
12.2.2	用户不付费	209
12.2.3	有效配水	209

12.3	可能需要关注的问题	211
12.3.1	消防流量的保障	211
12.3.2	收入损失	212
12.3.3	蓄水池充水	213
12.4	压力管理的类型	214
12.4.1	分区	214
12.4.2	水泵控制	215
12.4.3	节流阀	215
12.4.4	固定出口的自动控制阀	215
12.4.5	漏损控制：压力-漏损理论	216
12.4.6	溢流控制	218
12.4.7	监测点	218
12.4.8	流量测量	219
12.4.9	压力测试	219
12.4.10	运用水力模型确定安装地点	219
12.4.11	采用静态模型计算项目的潜在效益	220
12.5	案例分析一：南非约翰内斯堡市百瑞-亚历山大公园市政供水区域高级供水 压力管理	224
12.5.1	背景介绍	224
12.5.2	区域选择标准	224
12.5.3	区域及管道情况介绍	224
12.5.4	安装前的调查及初始压力管理计划	225
12.5.5	最终设计	226
12.5.6	结果	226
12.6	成本效益比的计算	227
12.7	自动控制阀	227
12.7.1	减压控制	228
12.7.2	确定安装地点	229
12.7.3	多阀控制地区	230
12.7.4	蓄水池和储水箱的控制	230
12.8	阀门选型及尺寸的确定	234
12.8.1	自动控制阀类型：隔膜阀、活塞阀、旋转隔膜阀、轴塞阀	236
12.8.2	阀门尺寸及其限定：最大流量、最小流量、气蚀、水头损失	236
12.8.3	并联安装：消防控制、大流量系统、流量多变系统	238
12.8.4	在压降很大的场合串联安装	239
12.8.5	控制器使阀门工作更有效	240
12.9	阀门安装	241
12.9.1	开挖地点	241
12.9.2	主干道或旁通管	242

12.9.3	水头损失	243
12.9.4	连接方式	243
12.9.5	加固方式	243
12.9.6	检修室或地面安装	243
12.9.7	阀门试运行	244
12.9.8	启动过程	244
12.9.9	空气	245
12.9.10	调节速度	246
12.9.11	稳定性	246
12.10	维护注意事项	246
12.11	案例分析二：拉马拉地区艾尔-扎拉戎贫民区供水系统漏损减少	
	案例分析	247
12.11.1	背景介绍	247
12.11.2	简介	247
12.11.3	明确问题	247
12.11.4	调查	248
12.11.5	调查结果	250
12.11.6	提出解决方案	251
12.11.7	融资	251
12.11.8	解决方案的实施	251
12.11.9	实施结果	251
12.12	总结	252
12.13	参考文献	252
第 13 章	管道维护、修复与更换	253
13.1	引言	253
13.2	管道腐蚀	254
13.3	案例分析一：杂散电流环境中的球墨铸铁管道	255
13.3.1	引言	255
13.3.2	球墨铸铁管的导电非连续性	255
13.3.3	阴极保护系统	256
13.3.4	与外加电流阳极相距较近的球墨铸铁管道	257
13.3.5	距离外加电流阳极较远的管道交叉点	259
13.3.6	管道安装之前的路线调查	259
13.3.7	杂散电流腐蚀的缓解	261
13.3.8	结论	262
13.4	管道更新与修复	262
13.4.1	管道更新方法	262
13.4.2	管道修复方法	263

13.4.3	更新或修复时机	264
13.5	案例分析二：漏损能够降低到何种程度？察都给水工程介绍	265
13.5.1	背景介绍	265
13.5.2	察都供水工程公司	266
13.5.3	工程组织机构	266
13.5.4	察都工程	267
13.5.5	至 1999 年 7 月的进展	270
13.5.6	预期效益	271
13.5.7	结论	272
13.5.8	致谢	272
13.6	总结	272
13.7	参考文献	272

第 14 章 表观漏损的解决 273

14.1	引言	273
14.2	总表的校准	274
14.2.1	总表的类型	274
14.2.2	总表的检验步骤	274
14.2.3	普通水表的检验与维修	275
14.3	水表	275
14.3.1	水表的检验原理	275
14.3.2	现场检验条件	276
14.3.3	检验设备	276
14.3.4	安全第一措施列表	277
14.4	大型水表的安装	277
14.4.1	制作旁通管	277
14.4.2	检验装置的出口	278
14.4.3	检验步骤	280
14.5	进一步阐述水表现场检验	285
14.5.1	水表的评价	285
14.5.2	计费水表的更换	288
14.5.3	水表安装方式不正确	289
14.6	案例一：合理地选取水表尺寸，增加水表的可计量性和收益	289
14.6.1	背景介绍	289
14.6.2	建立未计量水量工作组	290
14.6.3	过去选择水表尺寸的方法	291
14.6.4	研究方法介绍	292
14.6.5	水表尺寸缩减小结	294
14.6.6	结论	296