

水损失控制

WATER LOSS CONTROL

(第二版)(下)

Reinhard Gum, Georg G. G. G.

局 彬 马



黄河水利出版社

水 损 失 控 制

(第二版)

(美) Julian Thornton Reinhard Sturm George Kunkel 著

陈 华 张 琪 周 彬 马奕仁 译

(下)

黄 河 水 利 出 版 社

· 郑 州 ·

Thornton, Julian

Water loss control/Julian Thornton, Reinhard Sturm, George Kunkel—2nd ed.

ISBN:978-0-07-149918-7

Copyright © 2008, 2002 by McGraw-Hill Education

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) and Yellow River Conservancy Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan. Copyright © 2013 by McGraw-Hill Education (Asia), a division of McGraw-Hill Education (Singapore) Pte. Ltd. and Yellow River Conservancy Press.

版权所有。未经出版人事先书面许可,对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播,包括但不限于复印、录制、录音,或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和黄河水利出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内(不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾)销售。

版权© 2013 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与黄河水利出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签,无标签者不得销售。

著作权合同登记号:图字 16-2013-195

图书在版编目(CIP)数据

水损失控制:第2版/(美)桑顿(Thornton, J.), (美)斯图姆(Sturm, R.), (美)孔克尔(Kunkel, G.)著;黎爱华等译. —郑州:黄河水利出版社, 2013. 12
书名原文:Water loss control, second edition

ISBN 978-7-5509-0689-1

I. ①水… II. ①桑… ②斯… ③孔… ④黎… III. ①给水处理—研究 IV. ①TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 309450 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940, 66020550, 66028024, 66022620(传真)

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:890 mm × 1 240 mm 1/32

印张:23.875

字数:690 千字

版次:2013 年 12 月第 1 版

印数:1—1 500

印次:2013 年 12 月第 1 次印刷

定价(上、中、下):60.00 元

目 录

译 序	翁立达
译者的话	
前 言	
致 谢	
第 1 章 引 言	(1)
1.1 背景	(1)
1.2 本书的编写目的和结构	(2)
参考文献	(4)
第 2 章 水损失控制:一个 21 世纪的话题	(5)
2.1 正在损失的水量	(5)
2.2 对水的需求和关于水资源的基本事实	(7)
2.3 历史上水供给和水损失控制的里程碑	(8)
2.4 损失水的发生和影响	(9)
2.5 驱动水损失的审视和管理方式改变的力量	(11)
2.6 全球范围内正在为减少水损失所做的事情	(12)
2.7 需要水损失控制和水损失控制项目	(15)
参考文献	(19)
第 3 章 了解水的损失类型	(20)
3.1 供水损失定义	(20)
3.2 结论	(31)
参考文献	(31)
第 4 章 美国和其他国家的水损失管理	(33)
4.1 简介	(33)
4.2 美国的水损失管理	(34)
4.3 国际上的水损失管理	(43)
4.4 需要有意义的法规	(49)

4.5 总结	(50)
参考文献	(52)
第5章 水损失控制计划的步骤和组成	(54)
5.1 简介	(54)
5.2 自上而下和自下而上的水损失评估——有多少水正在 损失？在哪里损失？	(54)
5.3 确定的最优经济损失量	(59)
5.4 设计正确的干预计划	(59)
5.5 实施阶段	(61)
5.6 评估结果	(61)
5.7 北美水损失控制计划的成本费用举例	(62)
5.8 结论	(63)
参考文献	(63)
第6章 源表精度的有效性	(64)
6.1 源表精度对水审计与水损失控制计划的重要性	(64)
6.2 合理水平衡的关键源表设置地点	(65)
6.3 源表类型	(71)
6.4 源表精度与测试程序	(74)
6.5 对在关键计量地点没有安装水表的情况的处理方法	(77)
6.6 小结——源表精度	(77)
参考文献	(78)
第7章 水损失审计评价	(79)
7.1 简介	(79)
7.2 水损失管理的 Rosetta 石头	(81)
7.3 国际水协会和美国供水工程协会的标准水审计与特性 指标的效益	(82)
7.4 国际水协会和美国供水工程协会推荐的标准水审计	(83)
7.5 不可避免的年真实损失(UARL)量——不可避免的损	

失水量与发现的损失水量和溢流量	(88)
7.6 采用什么特性指标? 用百分比有哪些缺点?	(93)
7.7 国际水协会和美国供水工程协会推荐的无收益水和 真实损失特性指标	(96)
7.8 采用 95% 可信限和方差进行水审计分析	(98)
7.9 结论	(101)
参考文献	(101)
第 8 章 数据采集、格式化及管理	(103)
8.1 简介	(103)
8.2 数据收集工作表	(104)
8.3 数据校准格式	(108)
8.4 小结	(109)
第 9 章 识别水损失的经济干预手段	(110)
9.1 简介	(110)
9.2 定义	(110)
9.3 短期经济渗漏水平	(112)
9.4 长期经济渗漏水平	(116)
9.5 供水可靠性欠缺	(120)
9.6 历史和经验	(123)
9.7 实际应用	(125)
9.8 小结	(126)
参考文献	(127)
第 10 章 水损失模拟	(129)
10.1 简介	(129)
10.2 自上而下的水审计表格模型	(131)
10.3 表观损失分量的分析及模拟	(137)
10.4 利用爆管和背景估算概念模拟真实损失水量	(141)
10.5 使用爆管及背景渗漏模拟概念对各项活动设定优先 次序	(143)
10.6 背景损失模拟	(147)

10.7 总结	(162)
参考文献	(163)
第 11 章 表观损失控制	(164)
11.1 简介	(164)
11.2 表观损失是如何发生的	(165)
11.3 用户水表不准	(166)
11.4 数据传输和系统数据处理错误	(167)
11.5 非法用水	(169)
11.6 表观损失的影响	(170)
11.7 表观损失控制的经济手段	(171)
11.8 制订表观损失控制的收入保护计划	(176)
11.9 总结	(180)
参考文献	(181)
第 12 章 表观损失控制	(183)
12.1 用户水表功能及精度	(183)
12.2 用户水表统计及用水记录	(184)
12.3 用户水表流量测量能力	(186)
12.4 用户水表大小的确定	(190)
12.5 开发用水水表精度测试程序	(195)
参考文献	(214)
第 13 章 使用高级读表设施控制数据传输误差导致的表观损失	(216)
13.1 用户用水量数据传输过程	(216)
13.2 用户用水量档案——从定期用户读表转换为点消费数据	(230)
13.3 小结:数据传输误差导致的表观损失	(240)
参考文献	(240)
第 14 章 用户计费系统中系统数据处理误差导致的表观损失控制	(242)
14.1 统计用户计费系统中的收费水量	(242)

14.2	使用用户计费系统导出用户用水量数据	(248)
14.3	调整用户读表数据中延迟时间	(249)
14.4	确定用户计费系统中系统数据处理误差导致的表观 损失量	(252)
14.5	收费政策和程序缺点	(260)
14.6	量化水监管中系统数据处理误差并解决损失问题	(265)
第 15 章	表观损失控制	(267)
15.1	未许可用水以多种形式出现	(267)
15.2	通过用水审计确定未许可用水量	(268)
15.3	控制未许可用水	(269)
	参考文献	(278)
第 16 章	实地真实损失控制	(279)
16.1	简介	(279)
16.2	绘图	(280)
16.3	渗漏基础要素	(285)
16.4	检漏仪器	(290)
16.5	检漏技术	(296)
16.6	分区制和独立计量区	(303)
16.7	水库渗漏测试	(315)
16.8	小结	(317)
	参考文献	(317)
第 17 章	真实损失控制	(318)
17.1	简介	(318)
17.2	缩短渗漏持续时间	(319)
17.3	渗漏维修的质量	(322)
17.4	小结	(323)
	参考文献	(323)
第 18 章	控制真实损失	(324)
18.1	介绍	(324)

18.2	实行水压管理方案的原因	(325)
18.3	水压管理的多种型式	(334)
18.4	漏水量控制——水压漏水量理论	(336)
18.5	溢流控制	(339)
18.6	基本监测点	(340)
18.7	流量测量	(340)
18.8	水压测量	(341)
18.9	利用水力计算机模型确定理想的安装位置	(341)
18.10	在执行之前先了解的水力情况	(342)
18.11	利用统计模型计算方案的可能利益	(342)
18.12	计算费用与利益的比值	(343)
18.13	自动控制阀的工作原理	(343)
18.14	降低水压	(344)
18.15	在现场确定安装点	(345)
18.16	多阀供水区	(346)
18.17	水塔和水箱的控制	(347)
18.18	阀门选择及尺寸计算	(352)
18.19	利用控制器使液压阀更有效	(359)
18.20	监控和数据采集	(361)
18.21	阀门安装	(362)
18.22	维护事宜	(368)
18.23	阀室	(369)
18.24	非液压的水压控制	(369)
18.25	结语	(370)
	参考文献	(370)
第 19 章	控制真实损失	(371)
19.1	简介	(371)
19.2	管道腐蚀	(371)
19.3	管道修复和更换	(373)
19.4	结语	(377)

第 20 章 用水效率计划	(378)
20.1 简介	(378)
20.2 为什么要编制一个用水效率计划	(379)
20.3 系统需求量分量及它们与用水效率计划的关联 ..	(379)
20.4 节水目标	(387)
20.5 实施计划	(390)
20.6 监测和跟踪	(393)
20.7 收入损失	(396)
20.8 结论	(397)
第 21 章 利用内部员工或承包商与设计招标文件	(398)
21.1 简介	(398)
21.2 利用内部员工或承包商	(398)
21.3 设计招标文件	(400)
21.4 小结	(409)
21.5 检查表	(409)
参考文献	(409)
第 22 章 基本水力学	(410)
22.1 简介	(410)
22.2 管道糙率	(410)
22.3 C 系数的现场测试	(411)
22.4 消防法规	(412)
22.5 流量	(413)
22.6 压力	(417)
22.7 小结	(422)
参考文献	(422)
附录 A 案例研究	(423)
A.1 费城经验	(423)
A.2 哈利法克斯市减少供水管网损失水量的措施	(444)
A.3 美国田纳西州纳什维尔市供水系统的漏水控制	(449)
A.4 意大利 IWA WLTF 方法的使用情况	(454)

参考文献	(465)
A.5 巴西圣保罗市供水管网漏水控制项目	(466)
A.6 水表的合适尺寸	(469)
A.7 加拿大哈利法克斯市减少供水损失的措施——大用 水户取水管理	(479)
A.8 气体示踪技术测试管网漏水的过程与方法	(481)
A.9 雷达探测管道漏水点	(489)
A.10 塞弗恩特伦特公司漏水处理过程	(495)
A.11 每年节水减少 2 400 万美元的损失	(499)
A.12 根据水温预测管道维护的高峰期	(501)
A.13 巴西圣塔那港口城市——圣保罗市控制漏水的成功 经验	(503)
A.14 贝利亚 - 亚力山大公园供水区先进的水压管理 ...	(508)
A.15 在巴尔干西部国际水协会水损失控制特别工作组 对水压管理的事例分析	(512)
参考文献	(527)
A.16 拉马拉、巴勒斯坦的艾雅拉宗难民营供水管网减少 漏水事例分析	(527)
A.17 使用在杂散电流环境中的球墨铸铁管	(534)
参考文献	(545)
A.18 漏水量——能降到多低？契德尔水务工程——唯一 达到最低漏水量的机会	(545)
A.19 以性能为依据减少无收益水合同	(556)
参考文献	(567)
附录 B 设备与技术	(569)
B.1 绪言	(569)
B.2 移动式测量设备	(569)
B.3 永久测量设备	(591)
B.4 输出读数	(602)
B.5 校准、检测、自重测试	(607)

B.6	水压测量设备	(609)
B.7	压力控制设备	(620)
B.8	设备维护	(626)
B.9	小结	(627)
附录 C	水表容量优化的需求分析	(628)
C.1	简介	(628)
C.2	记录仪设计	(631)
C.3	记录数据	(634)
C.4	建立报表和图表	(641)
C.5	根据需求分析确定水表容量和维修	(644)
	参考文献	(647)
	术语列表	(648)
	重要词语中英文对照表	(656)

附录 A 案例研究

A.1 费城经验

(George Kunkel, P. E.)

A.1.1 费城供水——历史上的多个第一

费城在供水技术方面在美国处于领先地位已有 200 多年。1801 年,这座新兴城市在年轻的美国首次用 2 台蒸汽驱动的水泵将水从 Schuylkill 河抽到位于“城市广场”的木制水箱,然后通过管道将水送给 63 户居民、4 家酒厂和 1 家炼糖厂。1815 年,一座更大和改进了的供水系统投入运行,向这座日益增长的城市供水。这个供水系统在“Fair Mount”建有沉淀水池。到 1822 年,建设了 Fairmount 水利工程,这座工程包括大坝、水轮机和希腊复兴建筑。工程所在地吸引了大量游客,普遍认为这不仅是一座令人称奇的工程,也是一处具有辉煌建筑艺术和风景美丽的地方。

这些早期系统开始的配水管道为开孔的原木,端头连接处用铁皮包裹并用麻丝堵塞。这些管道水损失严重,当时就很快意识到水损失问题。不久后,费城开始进口英国铸铁管扩建其配水系统,到 1832 年,这种水管材料成为配水系统的标准材料。铸铁管寿命长——在欧洲用了数百年,在费城也得到了印证,19 世纪 20 年代安装的数千英尺管段至今还在可靠地使用。

费城因其在建国期间为政府中心所在地的历史而闻名,实际上,其成为美国主要城市是在 19 世纪工业革命期间,在此期间,还成为了重要的制造中心和繁荣的港口。但到 1900 年,这座城市人口达约 130 万,其两条主要水源河 Schuylkill 河和 Delaware 河,开始受到污染。费城成为美国大型城市之一后,实行了革新,建设了过滤水厂,1903 ~ 1911 年,有 5 座不同规模的水厂投入运行。那时的费城过滤系统是当

时世界上最大的系统。费城不断应用新技术,采用了主干管清洗与水泥衬修复(1949),并使用模拟计算机、McIlroy 管网分析器(McIlroy Fluid Network Analyzer,1956),应用泵站遥测控制——现代监控和数据采集系统的先驱(1958)。近年,费城市内安装了美国最大的自动读表系统(AMR),1997~1999年覆盖了40万个居民点单元,至2007年,差不多覆盖了48.7万个居民点单元。

费城继续迎接当今复杂的挑战,正在向挑剔的市民提供全方位的供水和废水处理服务,而同时又保持与自然环境的和谐相处。面临着提高水质和调蓄暴雨洪水,费城水务局(PWD)与水费税务局(WRB)因与用户签订合同而面临更多问题,对基础设施要求越来越高,这座城市的水损失被认为是历史上较高的。该市已编制了综合投资计划和修复计划,重点是优化其资产,并采用最好的管理方法有效运行供水系统。在新千年伊始,费城继续其首创的传统,在20世纪90年代,探索采用与时俱进的水损失管理方法和国家发展的技术,成为美国居首位的供水单位。费城水务局在美国第一个采用由国际水协会和美国供水工程协会于2000年公布的水审计方法。2004年,费城水务局采用其自动读表系统在独立计量区收集夜间用户用水监测数据以协助水损失管理,成为知名的供水企业。费城水务局在推广新技术为其用户改进系统运行和服务方面继续扮演着先锋角色。

A.1.2 费城水损失

在美国早期的社区中,技术人员注重建设和开发工业潜力,这在这个年轻的国家十分重要。水对这些发展中的工业是十分重要的,在美国这个第一州的沿海地区有着丰富的水资源。技术人员开发这些水资源,成功建设了供水基础设施。随着社区的增加或工业的发展,对水的需求量也随之增加,为此建设了新的水井或泵站。但早在1898年,费城水务局局长John C. Trautwine根据商业或家庭管道设备而不是实际用水量评价水的变化。他对这座城市巨大的废水量十分关注,认识到安装水表是鼓励节水的最好做法。为强调公众用水量之大,作为示范,他兴建并展示了一个“Trautwine(梯形双)水箱”,这个水箱容积为

250 gal,这是那时每个费城人每天的用水量。第二次世界大战后,通过为用户安装水表,再次推广了水的计量。且不论这些早期的节水示范是否明智,费城这座城市在历史上用水水平似乎不高。由于水较丰富且水价低,费城水务局的主要供水目标是为工业、居民和消防提供安全和充足的水,并且,在 200 年的时间里这座城市一直实现着这一目标。在 20 世纪 60 年代中期费城完成了其配水系统的扩展和水处理厂现代化,其基础设施每天能很轻易地提供 4 亿 gal 的高质量水量。

在 20 世纪 50 年代中期费城人口达到峰值约 210 万,1957 年为平均供水能力最大的一年,供水量达 377 mgd。此后,由于城市用水行为和人口数量有细小变化,供水能力下降。由于重工业从美国东北部主要城市迁出,工业逐步减少;加之居民向郊区搬迁,进一步减少了市区人口,2005 年市区人口普查估算的人口为 146 万。但其基础设施的规模(3 个水处理厂和 3 100 mi 的管道)仍然保持不变。年供水量中 7.5% 是向系统外供水,能增加的售水量并不多,用户规模变化使供水保持在最好的平稳水平,或者说在近期一直在缓慢下降。城市向配水系统供应的水量已经下降,截至 2006 年 6 月 30 日的会计年度(FY2006),日供水量为历史记录最低,为 254 mgd。相对来讲,费城的水价并不高,据新的人口统计,城市中大部分人口贫穷,这样就带来政治压力,水价必须维持在可承受的水平。

在 1975 年和 1980 年分别进行的研究中,费城在有限范围以详细方式评估了其水损失状况。据对 1975 年的供水与计费数据的初步研究,全市“未计量”水量很大,警示该城市需要进一步关注。1980 年未计量水委员会开展了一年的综合研究,确定了城市的水损失源并提出了采取措施减少水损失和恢复收入。此后的一些年里,采取了包括主水表校准、扩大损失探测和更换水表等在内的措施。但是,无收益用水(定义为供水量与用户计费用水间的差值)在采取这些措施后仍然保持在 100 mgd 的水平。

1993 年市政府面临的水损失问题,在提出水价提高 30% 之后,受到严厉批评,最终水价仅增加 7%,于三年内实施。市政府仔细审视城

市水损失情况后,组建了常设机构水计量委员会,以寻求减少水损失。在此之后的短时间内,进一步扩大了主水管更换和损失探测计划范围,收费从每季度改为每月。这些措施在将城市过大的水损失降到控制要求的水平以下起到了作用。由图 A. 1. 1 可知,1994 年后无收益水量明显下降。无收益水量在 1990 ~ 1994 年的平均值几乎达 126 mgd,之后稳定下降,截至 2006 年 6 月 30 日的会计年度,下降到 77 mgd。水损失减少量中包括真实损失(损失)量和表观损失量(未计费、计量误差、非法用水)。一般认为,应用几项新技术(独立计量分区、在线损失探测器)后,并通过进一步的损失探测、改进流失维修计划和水管更换(安装自动读表系统)、合理选择大水表、恢复遗漏的计费和市所属单位的用水计量与记账等综合措施,减少了水损失量。计划在 2008 年实行的新的用户计费系统将增强该市在监测用水趋势和确定水损失方面的能力。这些改进工作是有意义的,城市管理人员也知道,还有 77 mgd 的无收益水量和大约 10% 的基础设施水损失量,这是一笔没有解决的大水量。

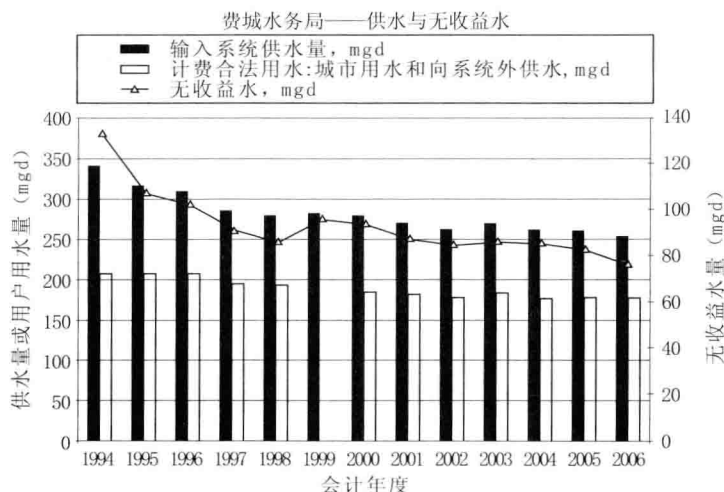


图 A. 1. 1 费城水务局无收益水减少趋势

(资料来源:费城水务局)

A. 1.3 寻求最好的水损失控制管理

20 世纪 90 年代,费城水计量委员会倾力研究了发生在费城供水系统的大量水损失的性质。该委员会确定了当时做得最好的工业企业,并在 1995 年开始参与美国供水工程协会水损失控制(损失探测与水计量)委员会的工作。费城水计量委员会在编制水审计方案时遵循了美国供水工程协会委员会的建议,审计方式与美国供水工程协会发布的 M36《水审计与漏损探测》第一版推荐的方法接近。经过几年时间收集了详细资料后,该市第一次编制了截至 1996 年 6 月 30 日会计年度配水系统水审计方案。回顾一下,很基本的水审计工作应该提早 1~2 年做,对于首次参与水审计的审计人员,笔者推荐这样做,尤其是审计人员现在有机会使用美国供水工程协会的免费水审计软件。1999 会计年度该市继续采用改进的 M36 表格,但在 2000 年国际水协会和美国供水工程协会公布了其方法后,改为使用这一方法。

1998~2001 年,该市了解到了迅速发展的水损失控制技术和 20 世纪 90 年代国际上制定的方针政策。在这一时期,国际水协会和美国供水工程协会的一些有激情的研究人员和工程技术人员共同提出了对水损失的认识,并在北美探索应用国际水损失处理方法。国际水协会的水损失工作组于 2000 年出版了新的水审计方法。这个方法是水审计“最实用”的方法,是国际上水审计的一个里程碑。随着这些重要技术的发展,费城又展现了其应用新技术的意愿,于 2001 年与国际专家签署合同完成其损失管理评估项目。该年以来研究和开发工作一直在进行,费城在美国供水工程协会免费水审计软件(2006)开发中一直是积极主动的,有 2 个研究项目由美国供水工程协会研究基金会(AWWARF)赞助:“水损失评价与水损失减少战略规划”(项目 2811,2007)和“漏损管理技术”(项目 2928,2007)。

A. 1.4 年度水审计的重要性

作为水损失管理评估项目工作的一部分,咨询人员指导费城水务局将其水审计方式改为采用国际水协会和美国供水工程协会的方式,使其成为美国第一个应用这一方法的水务单位。该市最近的水审计报告中的水审计情况汇总于表 A. 1.1。