

分类号_____

密级_____

UDC _____

编号_____

中国科学院研究生院

硕士学位论文

北京市第三产业节水潜力研究—以高校为例

王莹

指导教师 陈远生 副研究员

中国科学院地理科学与资源研究所

申请学位级别 硕士 学科专业名称 自然地理学

论文提交日期 2008.3.25 论文答辩日期 2008.6.1

培养单位 中国科学院地理科学与资源研究所

学位授予单位 中国科学院研究生院

答辩委员会主席 _____

Master.D.Thesis

Study on Water Saving Potential of Tertiary Industry in Beijing
——Take colleges and universities as a case

Wang Ying

Academic Degree Applied for: Master of Science
Major: Physical Geography
Date of Oral Examination: May,2008
Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research,
Chinese Academy of Sciences
Beijing, China
March, 2008

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得中国科学院或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生签名：

时间： 年 月 日

关于论文使用授权的声明

本人完全了解中国科学院有关保留、使用学位论文的规定，即：中国科学院有权保留送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。同意中国科学院可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容。

(保密的学位论文在解密后应遵守此协议)

研究生签名：

时间： 年 月 日

导师签名：

时间： 年 月 日

摘 要

北京是一个缺水城市，水资源短缺已成为制约北京经济社会可持续发展的瓶颈，节约用水也成为北京市建设节水型社会的首要任务。城市用水以工业、公共生活以及居民生活用水为主。近年来，随着北京市产业结构调整步伐的加快以及工业节水管理政策的跟进，工业行业的取水量已经有大幅下降并逐渐趋于稳定。第三产业将逐渐成为城市节水潜力研究的重点以及城市用水管理的重心。本文就北京市第三产业节水潜力开展了以下研究工作：

(1) 系统梳理国内外节水潜力研究进展。本文在综述国内外节水潜力研究文献的基础上，系统梳理了节水潜力研究的理论基础与主要研究方法，探讨了节水潜力的涵义及特点。

(2) 全面刻画北京市第三产业用水特点。本文基于问卷调查，用户访谈等研究方法收集了北京市第三产业用水数据。在此基础上，首先对北京市第三产业整体发展趋势及用水特征进行全面分析；进而对机关、学校等第三产业主要行业用水状况进行剖析，把握其用水特点以及用水行为特征，指明节水实践中应重视的重点行业。最后，对北京市第三产业节水工作进展进行了回顾与总结。

(3) 定量揭示北京市高校的节水潜力。本文提出了定额差值分析、管理效应分析、用水终端分析、分质供水效用分析等节水潜力分析计算方法。在此基础上，基于问卷调查与用户访谈等一手数据，定量计算了北京市高校节水潜力，从微观到宏观，多层次深入地探讨了北京市高校的节水潜力。提出了北京市高校节水对策与建议。

论文在实地调研的数据支持下，提出了高校节水潜力的分析与评估方法，对北京市高校节水潜力进行了定量计算，为制定科学全面的城市用水管理政策提供了科学依据和数据支持，对保障北京市城市用水安全具有重要的现实意义。论文应用水资源需求管理等理论对第三产业用水特征进行了全面系统地分析，拓展了国内学术界水资源管理研究的领域。

关键词：节水潜力，第三产业，高校，北京市

Abstract

Beijing, is a city which is seriously short of water which has already become the bottleneck of social-economic sustainable development. Water saving is the primary task in building water-saving society. Over the city, there are three main categories of water consumption: industrial water use, domestic water use and water use for public life. According to the adjustment of industrial structure and the enhancement of industrial water management, the quantity of water intake for industry obtain a high shrinkage and trended be stable recently. The tertiary industry gradually turns out to be not only an important role of urban water saving potential research but a key point in urban water management. This paper carried out research in water saving potential of tertiary industry in Beijing:

(1) Summarized the water saving potential research domestic and abroad systematically. Based on literature review, this paper systematically summarized the principles and methods in water saving potential. And discussed the meaning of water saving potential and pointed out its the characters. Within the study of water saving potential, this paper also respectively explored the water saving potential both theoretically and practically.

(2) Depicted a comprehensive characteristic of water use of tertiary industry in Beijing. Data is collected by questionnaire survey, interview method, and so on . With this foundation, firstly, a comprehensive analysis of trends and characteristic of the entire water use of tertiary industry. And a further analysis of the main departments of tertiary industry, such as management body and school. What's more, a retrospect of the development of saving water in the Tertiary industry of Beijing was established.

(3) The quantity study of water saving potential of colleges and universities in Beijing. This paper put forward several calculation methods in water saving potential, such as quota difference analysis, water conservation production analysis, management effectiveness analysis and separate quality water supply analysis. From microscope to macroscope, author study the water potential of colleges and universities in Beijing with a profound understanding of different levels. And provided countermeasures and suggestions of water saving.

This paper brought forward a analysis and evaluating method of tertiary industrial water use. And calculated the water saving potential of colleges and universities. By this means, it can provide scientific evidence and data support of water policy and security. By using water demand management theory in tertiary industrial water use, it extended the scope of domestic water resource management research.

Key words: water saving potential, tertiary industry, colleges and universities, Beijing

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究目的和意义	1
1.1.1 社会需求	1
1.1.2 科学意义	2
1.2 国内外节水潜力研究进展	3
1.2.1 国外节水潜力研究进展	3
1.2.2 国内节水潜力研究进展	5
1.2.3 北京市第三产业节水潜力研究意义	7
1.3 论文的研究内容、技术路线与创新	8
1.3.1 研究内容	8
1.3.2 研究技术路线	9
1.3.3 创新点	10
1.3.4 数据来源	10
第二章 第三产业节水潜力研究的理论与方法	13
2.1 节水潜力的涵义	13
2.1.1 节水定义	13
2.1.2 节水潜力的涵义	15
2.1.3 节水潜力的特点	16
2.2 理论基础	16
2.2.1 管理学	16
2.2.2 水资源需求管理理论	17
2.2.3 资源科学理论	20
2.2.4 经济学理论	20
2.2.5 产业生态学理论	21
2.3 研究方法	22
2.3.1 社会学统计法	22
2.3.2 情景分析法	23
2.3.3 需求管理分析	24
2.4 政策支持	25
2.5 小结	25
第三章 北京市第三产业用水现状分析	27
3.1 北京市第三产业发展与用水	27
3.1.1 北京市第三产业发展	27
3.1.2 北京市第三产业用水特点	29
3.2 北京市第三产业用水行业特征分析	34
3.2.1 北京市第三产业主要用水行业构成及特点	34
3.2.2 北京市第三产业用水行为分析	35
3.2.3 机关用水特点	36
3.2.4 学校用水特点	36
3.2.5 饭店用水特点	37
3.2.6 医院用水特点	38
3.2.7 餐饮用水特点	39
3.2.8 商场用水特点	41
3.3 北京市第三产业的节水工作	43

3.3.1	北京市第三产业节水回顾	43
3.3.2	应当强化节水措施挖掘第三产业节水潜力	44
3.4	小结	45
第四章 北京市高校节水潜力分析		47
4.1	高校的用水特征	47
4.1.1	高校的发展	47
4.1.2	高校用水特点	48
4.1.3	北京市高校的用水构成	49
4.1.4	高校节水存在的问题	50
4.1.5	国内外高校节水措施对比	51
4.1.6	国外节水经验	54
4.2	高校节水潜力估算方法初步探讨	56
4.2.1	定额差值分析	56
4.2.2	管理效应分析	58
4.2.3	用水终端效用分析	58
4.2.4	分质供水效用分析	59
4.2.5	节水潜力不同估算方法比较	59
4.3	北京市高校节水潜力分析	60
4.3.1	管理效应节水潜力分析	60
4.3.2	用水终端节水潜力分析	62
4.3.3	分质供水潜力分析	65
4.3.4	定额差值节水潜力分析	79
4.4	北京市高校节水潜力未来情景	81
4.4.1	情景 1——基础情景	81
4.4.2	情景 2——节水技术改造与管理并重	82
4.4.3	情景 3——分质供水的使用	82
4.5	小结	83
第五章 北京市高校节水对策与建议		85
5.1	加强学校用水管理	85
5.1.1	政府和教委管理部门的节水管理	85
5.1.2	学校内部用水管理	85
5.1.3	学生、教工参与管理	86
5.2	节水器具、设施的改造和维护	86
5.3	规范日常用水行为, 形成良好的节水生活习惯	86
5.4	通过环境控制节约用水	87
5.5	广泛开展节水宣传教育	87
5.6	小结	87
第六章 结论与展望		89
6.1	主要结论	89
6.2	问题与展望	90
参考文献		93
致 谢		96
作者简历		98

图 表 索 引

图 1-1 水服务循环过程.....	3
图 1-2 研究技术路线框图.....	10
图 2-1 木桶理论原理.....	17
图 2-2 产业生态学视角的水资源流动.....	22
图 2-3 第三产业用水研究的政策支持.....	25
图 3-1 北京市三次产业 GDP 比较.....	28
图 3-2 第三产业与公共生活用水行业关系示意图.....	30
图 3-3 北京市三次产业取水量变化.....	31
图 3-4 北京市三次产业万元 GDP 取水量对比.....	31
图 3-5 北京市总用水量和生活用水量变化.....	32
图 3-6 北京市公共生活取水量变化 (不含郊县城区).....	32
图 3-7 北京市第三产业 GDP 及万元 GDP 取水量变化.....	33
图 3-8 城市第三产业用水行为组成.....	35
图 4-1 北京市高校在校人数变化.....	48
图 4-2 管理模式比较.....	52
图 4-3 学生志愿队伍.....	52
图 4-4 新墨西哥州立大学绿地景观用水.....	52
图 4-5 宿舍用水量和学生月均用水量变化.....	61
图 4-6 学校年用水总量变化.....	61
图 4-7 食堂年用水量变化.....	61
图 4-8 某高校宿舍楼用水情况.....	64
图 4-9 喷灌、滴灌.....	65
图 4-10 铺设透水砖.....	65
图 4-11 中水补充景观用水.....	65
图 4-12 中水处理设施.....	65
图 4-13 中水利用在高校中的三种模式.....	66
表 3-1 2004 年北京第三产业用水行业构成.....	34
表 3-2 城市公共生活主要行业用水部位分析.....	35
表 3-3 某机关主要用水构成.....	36
表 3-4 高等院校主要用水构成.....	37
表 3-5 4~5 星级饭店主要用水构成.....	38
表 3-6 某医院用水构成.....	39
表 3-7 某餐饮企业用水部位构成.....	40
表 3-8 商场主要用水部位结构.....	42
表 3-9 超市主要用水部位结构.....	42
表 4-1 高校主要用水部位的用水构成.....	50
表 4-2 两所高校节水情况对比.....	51
表 4-3 北京服装学院管理节水潜力计算表.....	62
表 4-4 高校浴室改造前后单位人次用水量变化.....	63
表 4-5 高校中水利用情况统计表.....	66
表 4-6 高校分质供水节水潜力计算表.....	67
表 4-7 2002 北京邮电大学各用水部位用水量.....	68
表 4-8 2002 北京师范大学各用水部位用水量.....	68
表 4-9 北京交通大学各用水部位用水量.....	69
表 4-10 北京服装学院各用水部位用水量.....	69
表 4-11 各用水部位构成比例.....	70
表 4-12 北京邮电大学按用途计算的排水量.....	71

表 4-13	北京师范大学按用途计算的排水量	72
表 4-14	北京交通大学按用途计算的排水量	73
表 4-15	北京服装学院按用途计算的排水量	74
表 4-16	北京邮电大学理论中水量	75
表 4-17	北京师范大学理论中水量	76
表 4-18	北京服装学院理论中水量	77
表 4-19	北京邮电大学理论中水量	78
表 4-20	各学校中水理论需求量与理论中水量	79
表 4-21	各学校中水理论节水潜力分析表	79
表 4-22	2005 年北京市用水先进学校用水情况	80
表 4-23	学校取水定额值	80
表 4-24	定额差值法计算的节水潜力	80
表 4-25	分部位用水平均水平、标准定额及先进水平对照	81
表 4-26	分部位节水潜力计算	81
表 4-27	分部位节水潜力情景	82

第一章 绪论

水者，地之血气，如筋脉之通流者；水者，经流不息，如此周而复始也；水者，涤浊纳污，乃万物本源者也。故云：水最为大。

1.1 研究目的和意义

《老子》：“上善若水，水利万物而不争。”水泽被万物而不争名利，历来被认为是上天的恩泽。川流不息、循环不止的水，在时过境迁的今日对于人类而言已经不再是取之不尽，用之不竭。污染、超采诸多人类的无度索取使得上天恩泽的神话破灭，严重的水资源问题困扰着人类。

在全球范围内，水资源管理的失误、对淡水资源的开采过度以及由于水污染所导致的水资源退化问题几乎无处不在（赛度·马克斯毛维克，约瑟·阿伯塔·特加大-古波特，2006）。区域环境恶化以及水资源危机的现象随处可见。伴随城市化的进程加快，各种城市综合性问题频现，这使得水资源问题更为深重、复杂，更具有挑战性。

穷则求变，变乃至通。审视过去，城市用水管理仍停留在 20 世纪中的水平，管理者仍在使用传统技术模式进行管理。然而该模式已经越来越难以适应快速发展的城市用水需求，新方法与新模式呼之欲出。新的模式从强调水的处理和排放转变到以节水和水资源的回用，这种模式上的改变体现了人类对水资源管理的认识的深入与当前技术的进步。从开源到节流，这种理念上的转变，昭示人类对自身行为的反思以及对循环经济、可持续发展观点的领悟。

节约用水是人类实现可持续发展的必经之路。盘点我国用水现状，浪费、使用效率低下、污水随意排放、管理粗放无序的现象比比皆是，其严重程度触目惊心，节约用水任重而道远。据水利部统计，我国 669 座建制城市中，有 400 多座城市缺水，110 座城市严重缺水，年缺水量达 60 多亿 m^3 ，未经处理直接排放的污水使得 90% 以上的城市水域污染严重。据预计，2050 年前后，城市人口达到高峰时，城市需水量也会同时达到高峰（钱易，刘昌明，邵益生，2002）。面临如此严重的形势，建设节水型社会的目标已经树立，节约用水的研究势在必行。

对节约用水进行研究的根本目的就是提高水的利用效率。节水潜力的分析是节约用水的基础。发现节水重点部位，为制定城市水资源法律法规提供科学依据，为调整水资源管理提供理论支持，为行业用户提供准确指导。

1.1.1 社会需求

北京市的天然水资源量十分有限，尤其在 1999 年之后，北京出现连续 9 年的干旱，水库蓄水入不敷出。在官厅、密云水库来水减少，地表水严重不足的情况下，为满足人口急剧增长和城市规模不断扩大的用水需求，北京市不得不超采地下水。2006

年地下水在总供水量中所占比例上升为 71%。水资源短缺已成为制约北京经济社会可持续发展的瓶颈，节约用水也成为北京市建设节水型社会的首要任务。

城市用水以工业、公共生活以及居民生活用水三个方面为主。近年来，随着北京市产业步伐结构调整的加快以及工业节水管理的政策跟进，工业行业的取水量已经大幅下降并逐渐趋于稳定。目前，北京市产业结构已经开始转向以第三产业为主导的发展模式，2005 年第三产业 GDP 达到了 4764.3 亿元，占全市 GDP 比重也上升到了近 70%，第三产业在区域国民经济中所占比重越来越高。随着产业结构调整进一步深化，第三产业对水的需求日益加大。第三产业用水在支持城市经济发展、承载不断增加的就业人口以及满足广大人民生活需求、提供公共事业服务等方面起着不容忽视的基础性作用。北京市在“十一五规划”中提出“可持续发展能力显著提升，资源利用效率明显提高，全市万元地区生产总值水耗比‘十五’期末分别降低 20%”的任务。在《节水型目标城市导则》中还提出了“非居民城市公共生活用水重复利用率 $\geq 30\%$ ”的要求。2005 年《北京市建设节水型社会规划》中提出了全市“万元三产增加值取水量达到 17m^3 ；城镇节水器具普及率达到 100%”的具体指标任务。

由此，全面刻画北京市第三产业用水特征，定量估算北京市第三产业节水潜力。系统模拟未来节水潜力空间，对保障北京市城市用水安全、维护城市水环境平衡、制定科学全面的城市用水管理政策，以及顺利完成北京市规定的第三产业节水指标任务，具有重要的现实意义。

1.1.2 科学意义

节水潜力的研究是一种基于多种理论的综合性的研究。基于需求管理理论的节水潜力研究是对于用水环节的需求端的研究，是为抑制不合理的水资源需求，保证合理的水资源需求，从需求端为水资源供需平衡作贡献，并最终实现水资源的持续开发和永续利用应运而生的。它的核心任务是消除不合理的水资源需求，保证每一份用水都产生足够的效益。从其研究过程来看，节水潜力的研究可以分为理论可能性到现实节水能力，并注重研究理论上先进水平与现实的差异，以及在理论情景下能够达到节约用水的可能性。其中包括了节水器具使用效率、人员节水水平等不同方面的定性或定量研究。而在其实现过程中，则更需要考虑各种因素在现实条件约束下的综合效应与特征，应用整合的方法使节约用水效益最大化。

开展第三产业节水潜力研究，在第三产业范围内应对各行业用水户进行深入调查，总结科学的微观管理模式，调整综合管理模式，有利于进一步完善“正在由传统单一、粗放型管理方式向水资源综合、微观管理逐步转变和过渡”的水资源需求管理的理论体系。第三产业节水潜力的研究实践为需求管理在第三产业领域范围内的研究提供了良好的现实基础。

水资源需求是价格与其它经济变量的函数，水资源需求变动依赖于价格和收入的变化。在研究需求曲线时，解释变量（例如收入、用水设施等）决定了它的形状和位

置。本次研究包含了第三产业各大产业用水设施、行为等解释变量的研究，为第三产业水资源需求规律的探索作铺垫。

第三产业节水潜力的研究内容涉及水资源学、管理学、经济学、社会学等多学科。第三产业节水潜力研究有利于水资源管理框架体系进一步完善，尤其是水资源需求管理理论的补充和发展，也丰富了国内学术界相对单一的水资源管理方法以及具体案例的研究。

1.2 国内外节水潜力研究进展

1.2.1 国外节水潜力研究进展

1) 对节水潜力研究视角的简要评述

当前日益增长的人口与产业发展对水资源的需求使得全球水资源压力越来越大，已经到了审视人类对于水资源利用的态度的时候了（M. A. Yurdusev，2008）。虽然目前以节水潜力为名的研究并不多，但世界各国在认识到水资源胁迫的紧要形势之后也纷纷展开了相关节水潜力的研究，水资源潜力、水资源需求研究、节水技术等等研究均以发掘节水潜力、实现水资源节约为目的。

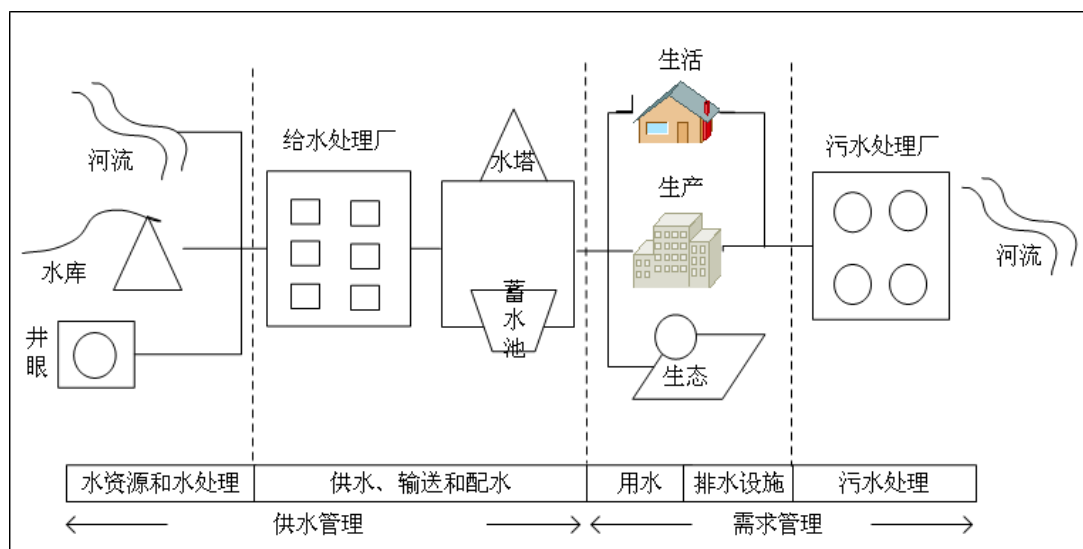


图 1-1 水服务循环过程

与节水潜力相关的研究是一个全方位、多视角的科学探索。不同学科背景的学者，由于处于不同的国情与文化之中，对于节水潜力的理解各不相同。因此，进行节水潜力研究的出发点也各不相同。但是各种研究的终极目标就是达到高效利用水资源，节约每一个用水环节的用水。城市用水服务是一个有序循环的体系（如图 1-1 所示），从水源和供水处理环节开始，水资源经由给水处理厂处理加工，由水塔、蓄水池等存储传输设备送达具体用水地点从事生产、生活、生态用水活动。其后排放的污水通过污水处理厂的处理重新排入河道，回归自然。依据不同环节，人们应用不同的技术进行节水潜力研究。

2) 节水潜力评估方法的发展与应用

当前,对于水资源的循环前端——供水环节的节水潜力研究主要是在技术方面的提高以及做好供水计划的优化。其研究领域涉及到非传统水源的开发,提高水生产设备的生产效率以及用水审计。在替代水源的研究,目前以海水淡化、再生水利用为主要领域。在提高水生产设备的生产效率方面,美国主要采用控制供水系统的渗漏损失率等方法。此外,用水审计在国外已经得到开展并收到良好效果。然而,即便在用水审计开展较好的美国,也缺乏对于用水审计公认的界定。美国供水协会(AWWA)出版的《用水审计与渗漏监测》一书,认为用水审计就是损失水量和供水企业增加成本的核算。而1998年,美国环保部门出台的《节水规划指南》中指出:用水审计包括用户审计和系统用户用水审计。用户用水审计就是对用水户(生活、商业和工业用水户)其中系统用水审计是指对供用水系统的生产、输送、销售的水的系统核算。

配水环节的节水潜力研究主要针对提高输水效率。以色列就是通过减少输水过程中的损失来提高输水效率的。为防止在输送过程中的损失,主要采用管道输水。国家输水工程实现了水资源在国家范围内的统一调配和系统管理。管道输水运行灵活方便,并实行了地上水和地下水的联合运用。其管道所用管材是高强度工程塑料。其质轻,抗腐蚀,安装方便,管壁光滑,水利损失小,造价低于钢管,且抗老化性能好(李赞堂,李贵宝,祁鲁梁,2007)。该环节从国家管理和设施技术两个层面出发,全面地控制了水资源浪费的因素,也实现了全面的节水。

需水环节开展的节水潜力研究目前最为广泛。在该环节,水分别流向不同部门,用途也出现分化,节水潜力的发掘方法呈现多样化;同时,由于这个环节受到人为因素以及社会经济因素的影响也最为广泛深入,这使得节水潜力研究的对象较为复杂,研究形式也各有所长。

从社会学角度开展的研究有基于调查问卷的节水潜力研究(M. A. Yurdusev, 2008)。M. A. Yurdusev & A. A. Kumanlioğlu在对土耳其的马尼萨的城市居民生活用水的节水潜力研究中主要使用了调查问卷的方法。首先对城市生活用水的各种形式的用水进行了分析评估,然后对每种节水措施在实施之后进行检验,并提出一些易于采用的方法,最后通过一个问卷的实际测试来检验该方法的可操作性,进而计算出区域节水潜力。

从需求管理学角度,基于需求的节水潜力研究是作为需求管理规划中的一个重要方法来进行探讨的。其节水潜力的评估可以通过多种理论或经验方法获得。根据实用性、技术可行性和社会可接受性的筛选之后,通过估计实施节水措施能够预期获得的节水潜力是其中的一种。这种评估方法从两个方面开展。第一个方面为机械评估。机械评估的费用低、容易获得数据,又被称为工程方法,即采用实验室评估或者已公布的每个已安装的节水装置的节水数据(或者采纳规定的节水方法)来比照现有的装置与用水方式进行对比。该方法是在现场无法进行实地测量的情况下进行的相对适宜的

方法。另一个方面就是经验评估，该方法是对项目结果的精练，从而获得节水规划引起的用水变化的准确度量。

此外，还有应用随机试验这一统计学理论的统计比较法进行的节水潜力评估。统计比较法是通过对比节水规划的参与群体和对照群体在用水方面的比较，（或通过计划实施前与计划实施后用水量的比较）而得到节水潜力的评估结果。其评估结果就是参与群体与对照群体在用水水平上的差别。在美国佛罗里达的坦帕（Tampa）实施的居民用水设备改造计划中就采取了统计比较方法进行节水潜力评估（Hanemann, 1997）。利用多元回归模型对大量外在因素进行对照时，比较不同用户组群或时间序列用水数据的方法是多元回归法。该方法可以根据现有数据类型和评估复杂性的可接受程度选择多元回归模型。多元回归法评估能够在一些计划中提供对实际节约水量的确切评估结果，尤其是在居民用水评估时效果好。但是其成本高耗时多，同时需要大量的数据资料 and 样本以及在分析学方面较为专业的水平。该方法对于非居民用水不太适用。美国菲尼克斯市给水排水局开展的关于卫生器具改造计划中成功地应用了该方法。

联合评估法也是一种较为常用的节水潜力评估方法，是统计学方法和工程方法的结合。实践证明，只用一种方法进行评估是很难得到较高精确度的节水评估结果的。充分利用各种方法的优点，联合评估能够取长补短得到较为精确的评估结果。

1.2.2 国内节水潜力研究进展

随着我国日益告急的水资源态势，在发展经济的同时，人们已经逐渐认识到了节约用水的重要性。众多学者从不同的角度、采用各种方法对区域节水潜力进行了研究。按研究对象划分，主要对国民生产的工业、农业以及生活用水进行分析；从采用的方法来看，主要包括横向比较分析方法、取水定额比较法等等。

1) 按研究对象来划分

● 工业节水潜力分析

1998年，陈建耀、刘昌明在《城市节水潜力估算与用水管理水平评定》一文中，分析了工业节水潜力的大致计算方法，通常可以依据各行业的定额计算，将定额服从一定的衰减函数得出t阶段的定额 $U_t = U_0 * e^{-t}$ ，然后按行业或企业进行汇总得出工业节水潜力。此方法在应用时存在一定的局限性。因为定额是要在一定社会、经济、自然、技术条件稳定的情况下才可以进这样的推测，如果有重大技术进步与产业结构的重大转型，会使定额发生很大变动。

● 生活节水潜力分析

周鑫根等，提出了使用节水指标与国内外先进节水指标对比分析的方法探讨节水潜力。储俊英，陈吉宁等，则基于终端用水分析方法建立城市公共用水模型(MWUM)，

进而考察不同行业、不同终端的节水率进而分析节水潜力。此外还从分质供水角度进行探讨。陈建耀、刘昌明同时也提出了区域生活用水节水潜力的计算方法。该方法综合考虑各种相关因子，相关因子在某一阶段内较为稳定，所得到的分析结果可大致反映这个阶段的城市生活用水水准。由于不是实际制定的定额，称此水准为拟定额。如果一定阶段水平的城市生活用水拟定额 $RL_{拟}$ 能以上述因子的线性方程 $PT=(RL_{实}-RL_{拟})/RL_{实}\times 100\%$ 描述，那么基于此方法的节水量就是实际生活用水 $RL_{实}$ 与 $RL_{拟}$ 的差值即为该方案节水潜力。

此外，有些学者从产业结构调整的角度出发，参照区域规划对未来需水量的预测。先确定三大产业的规划用水水平，再分别根据各产业进行节水潜力计算，然后探讨产业结构调整和行业结构调整的区域节水潜力。

2) 按研究角度划分

● 横向比较分析方法

同国内外先进节水指标比较分析的方法。把当前某用水指标为标准与先进地区进行对比，计算所得水量的差值即为节水潜力。缺陷在于仅仅指出了存量的潜力未考虑增量的节水潜力。同时直接与先进地区进行比较也欠妥，只有在产业结构、水资源条件、文化生活习惯相近的地区才能有可比性。此外，把单位产品取水量与先进地区对比来分析差距的方法计算节水潜力虽然简单明确，但该方法的应用因行业的不同而变化很大，往往导致工作量很大而欠缺可操作性。

● 取水定额比较法

假设实现按取水定额的先进取水水平与现状年的取水水平相比，得到的先进取水水平下该行业的取水量与现状取水量的差值。这种方法简便明确，是目前节水潜力计算的主要方法。但该方法需要制定能够代表先进水平且在一定时期内可以实现的定额值。并要适时对定额值进行修订。例如新节水技术的出现使得取水量大幅下降的时候，或产业结构与行业结构调整，取水量大的行业逐渐退出，节水型行业所占比重大幅扩大的情况下，都需要对定额进行全面调整。这种方法容易受到阶段性的局限，适合对短期的节水潜力进行评估计算。

● 工程评估法

采用实验室评估或者已公布的每个已安装的节水装置的节水数据，考虑各种评估节水措施的节水潜力的参数，进行的评估方法。这种方法，对于基本假设和内在联系十分敏感，且这些假设的正确性易受冲击，多数情况下包含大量分析人员的主观结论和专业性判断，无法取代现场测量。

● 再生水利用分析法

从节水技术提高的途径和污水回用分析节水潜力。但是这种方法在计算节水潜力时，假设其他要素不变或者按某种线性规律变化，这种方式欠缺综合因素考虑。

● 经验评估法

在工程评估法的基础上，经过实际测量检验后的精炼。但这种方法只有在评估影响因素越细致，方法越加复杂，成本越高的时候，结果才越可靠。

此外，节水潜力还有许多综合考虑多方因素的定性与定量分析方法，虽然都还不成熟，但也是对节水潜力计算分析方法的可贵探索。例如，郑在洲在已有节水潜力计算方法的研究基础上提出了定额需求计算法和给用排分别计算法。霍雅勤（2003）等对节水潜力进行了定性分析，主要从提高工业重复利用率提高着手，并指出用新技术和新设备来代替用水量大的老旧用水设施，是工业节水的根本性措施之一。在生活节水潜力方面，作者认为厕所与洗浴用水占家庭生活用水的 2/3，因此要从这两处下手，把节水器具改造作为主要手段。张会艳（2004）在分析生活用水节水潜力是对节水器具与国外进行了比较，定性指出节水潜力在于减少大量的生活洗涤用水。程普云（2005）通过对重点行业节水潜力分析、不同水平年工业节水潜力分析、工业不同水平年节水潜力分析，从不同方面进行了工业节水潜力的研究。采用的方法也是假设重复利用率以一定的速率提高，从而得到万元产值取水量，也是依据取水量计算节水潜力。

在进行节水潜力分析的时候，如何选择恰当的物理量来表达潜力尚无定论。目前各界在计算节水潜力时主要使用节水量的概念来衡量潜力的大小。中国工程院院士，武汉大学教授茆智提出在研究农业节水潜力的时候需要注意尺度问题，实际上在工业、第三产业以及生活用水的节水潜力挖掘上面也应该注意用水户、行业、产业不同尺度的问题。节水潜力的分析对象可以从个体到群体再到全行业；计算方法有局部分析，也有综合考虑；在挖掘潜力时可以从微观尺度到宏观尺度进行多层次挖掘。

综上所述，虽然目前国内的节水潜力研究在建设“节约型”社会的号召下已经蓬勃地开展起来，但仍处于初级的水平。其研究所涉及领域大多集中在农业、工业，对于生活用水为对象的节水潜力研究开展的较少，尤其是第三产业范围内的节水研究工作尤为薄弱。

1.2.3 北京市第三产业节水潜力研究意义

首都北京是处于快速发展中的国际大都市。因而，其对于经济社会发展、生态化建设、居民生活质量以及城市综合环境质量的要求都远远高于一般特大城市。此外，还要同时面对水资源、能源和土地资源紧缺的现实（北京市人民政府，2004）。水资源匮乏造成的供需矛盾已成为制约经济、社会可持续发展及生态环境稳定的关键因素。

社会事业的发展和公共服务设施的建设是体现北京国际大都市综合实力的重要部分。当前北京社会事业的发展及公共服务设施的建设在全国处于领先地位。北京总体规划中指出,今后北京将进一步适应政府职能转变要求,全面履行政府的社会管理、公共服务职能,统筹经济社会发展,更加重视科技、教育、文化、卫生、体育等社会事业发展,满足人民群众物质、文化、精神和生命健康的需要。

第三产业是承担北京市社会管理与公共服务的产业,北京历来把发展第三产业作为最重要的工作之一。但客观地说,北京第三产业发展在过去总体上走的是一条粗放型规模扩张的道路。无论结构水平还是管理水平都不高,这使得第三产业的研究及数据积累相对较少,尤其在用水管理方面的工作基础更为薄弱。2005年北京全市第三产业用水量约为7.6亿 m^3 ,高于当年工业用水量,在城市生活用水量中约占55%,相当于北京城市用水总量的22%。为了实现循环经济、可持续发展,在建设节水型社会的框架下,北京市的节水管理重点逐渐转向了城市公共生活。开展公共生活用水所涉及的第三产业用水行业研究势在必行。

由此,基于国内外节水潜力研究现状以及水资源在区域社会发展中的重要地位和作用,本研究拟以北京市为案例,系统开展“北京市第三产业节水潜力研究”,拟采用调查问卷的方法,对北京市机关、学校等第三产业各行业的用水行为特点进行系统地刻画;在此基础上,采用标准定额差值分析、终端节水分析、管理效应分析与分质供水潜力分析等方法,定量计算北京市第三产业的节水潜力,揭示第三产业节水空间;并以北京市高校为重点研究对象,采用情景分析法,模拟不同技术与管理水平下,北京市高校的未来节水潜力。最后,提出北京市高校节水措施与方案,试图为北京市水资源的优化配置和高效利用,提供科学依据和决策支持。

1.3 论文的研究内容、技术路线与创新

1.3.1 研究内容

本论文在进行过第三产业用水情况第一手资料与数据积累之上,对第三产业用水特点及节水进展工作进行总结。提出第三产业节水潜力的评估方法,并对第三产业节水潜力从微观尺度到宏观尺度多个层面展开分析。以高校为实例具体分析了其节水潜力。在理论上,应用需求管理理论分析实际问题,初步探讨了需求管理在第三产业领域的应用。

1) 系统梳理国内外节水潜力研究的理论与方法

探讨节水潜力的含义,阐述节水潜力的特性。对国内外节水潜力研究的有关理论及方法进行归纳,对各种节水途径进行分类。

2) 全面分析北京市第三产业用水特点

对北京市第三产业的主要用水行业进行整体的研究分析,把握其用水特点以及用水行为特征,并对其进行高度归纳,同时指出节水实践中应重视的重点行业。此外,对北京第三产业节水工作进展进行了回顾总结。

3) 定量评估北京市高校节水潜力

借鉴各行业技术人员实际工作经验,参考工业农业节水潜力计算分析方法,对第三产业节水潜力估算方法进行初步探讨。计算第三产业各行业取水定额,将预期实行定额后的用水水平与现状水平进行动态比较,依据估算方法对北京市第三产业一定时期内的节水潜力进行初步估算。选择北京市第三产业中的高校行业进行系统的节水潜力分析评估。

在此基础上,同时根据国内外高校的对比以及国内节水经验的总结,提出高校的节水对策与建议。

1.3.2 研究技术路线

本论文的研究技术路线,详见图 1-2。

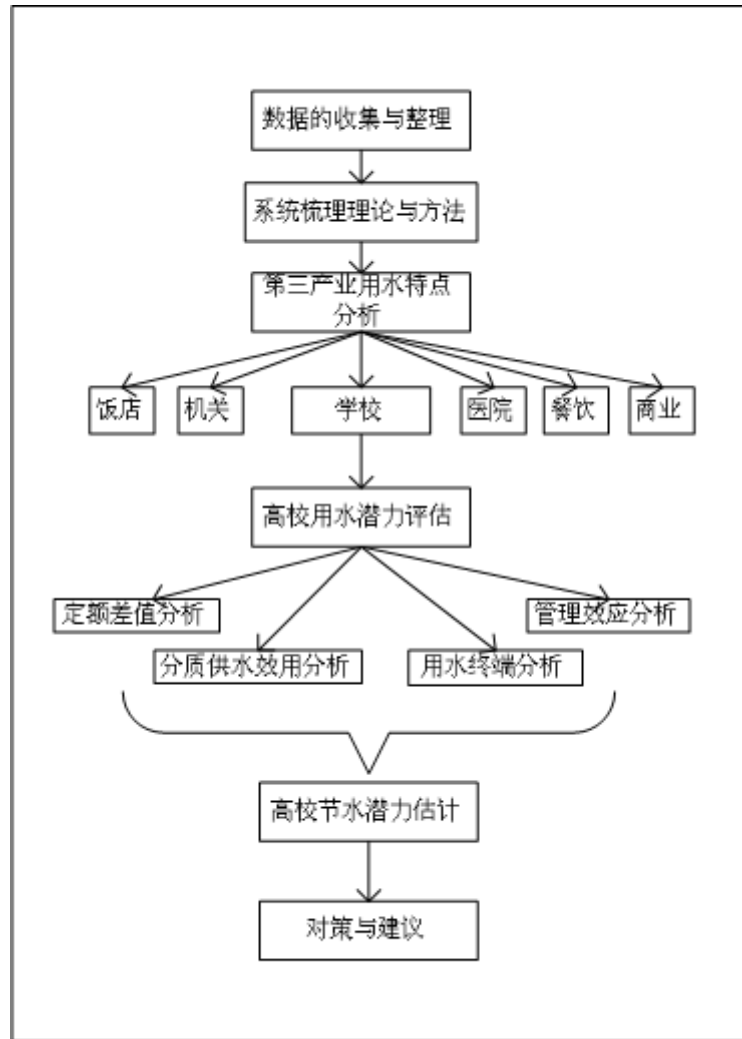


图 1-2 研究技术路线框图

1.3.3 创新点

本论文研究的主要创新点是：

- 1) 论文在实地调研的数据支持下，提出了高校节水潜力的分析与评估方法，对北京市高校节水潜力进行了定量计算，为制定科学全面的城市用水管理政策提供了科学依据和数据支持，对保障北京市城市用水安全具有重要的现实意义。
- 2) 论文应用水资源需求管理等理论对第三产业用水特征进行了全面系统地分析，拓展了国内水资源管理研究的领域。

1.3.4 数据来源

本论文主要依托 2007 北京市水务局科研项目“《北京市第三产业节水指南》研究”和 2006 年“《北京市公共生活取水定额系列地方标准》研究编制”项目展开研究，作为项目组主要成员之一，作者参与了相关的调查研究和数据整理与分析工作，

撰写了《北京市第三产业节水指南》的部分研究报告，并负责起草了《北京市公共生活取水定额系列地方标准》的部分行业取水定额标准和编制说明报告。

同时，本文也参考借鉴了项目组于 2001~2002 年进行的“北京市典型工业企业用水定额的调查研究”和 2003~2004 年进行的“北京市公共生活用水定额研究”的相关研究经验与研究成果。

第二章 第三产业节水潜力研究的理论与方法

节水潜力研究涉及经济、社会、技术、制度等多方面因素。从城市水循环系统到用水微观环节，从产业层面到单个用水户，无不受到包含了多因素全方位的影响。这使得节水潜力研究既复杂又有规律可循，即具有一般特性又具有特殊性。尤其在第三产业，其用水行为特征随行业的变化差异很大，因而认识这种现象，研究其节水潜力需要诸多理论与方法的支持。本章在系统论述节水潜力内涵的基础上，就节水潜力研究的理论基础与主要方法进行了全面阐述。

2.1 节水潜力的涵义

在进行节水潜力探讨之前，有必要对节水做出定义。节水与节水潜力本来就是相生的概念。有了节约用水的目的，才有节水潜力的提出；只有节水潜力的存在，节水才有具体的目标和措施。

2.1.1 节水定义

节约用水本身就是一个模糊的概念。国内外许多学者都对这个概念进行了探讨，尝试对节约用水制定一个准确的定义。

美国水资源委员会对节约用水进行过详细的阐述：节水包括对水资源进行更好的、更高效地利用。但是节水的目的应该被扩展到包括供水的优化管理——准确的水文预测、地下水的高效使用、更具灵活性的设备，例如系统互联和储备水量的调配。

杜安·戴维·鲍曼和约翰·J·波朗特在《Urban Water Demand Management and Planning》一书中认为：节水就是任何用水和水损耗的有益减少。

建设部、国家经贸委、国家计委联合颁布的《节水型城市目标导则》（建城[1996]593号）中指出：节约用水指通过行政、技术、经济等管理手段加强用水管理，调整用水结构，改进用水工艺，实行计划用水，杜绝用水浪费，运用先进的科学技术建立科学的用水体系，有效地使用水资源，保护水资源，适应城市经济和城市建设持续发展的需要。

全国节约用水办公室颁布的《全国节水规划纲要（2001—2010年）》中指出，节水是指采取现实可行的综合措施，减少水的损失和浪费，提高用水效率，合理和高效利用水资源。

中国水网也给出了节约用水的内涵：在合理的生产力布局与生产组织的前提下，为实现一定的社会经济目标，通过采取多种措施，对有限的水资源进行合理分配与优化利用（其中也包括节省用水）；提高用水效率，减少水的无效损耗。

《北京市节约用水规划研究（2006~2020年）》认为，节约用水是在确保合理用水，不降低经济社会发展能力和人民生活质量的前提下，以提高水资源利用效率、降

低在使用过程中的浪费和减少污水排放为目的所采取的工程、技术和管理等各项综合措施的行为。

上述概念，仅仅是节约用水概念的部分有代表性的探讨。在许多文献中，都阐述过很多类似的定义。定义的形式可以多样，但是出发点主要是在于水资源的有效利用，落脚在水资源的合理减少上。只有把握了这两点，才被称为是真正意义上的节水。

近些年来有部分学者提出了节制用水。建设部科技司在组织编写的《水健康循环原理与应用》中定义了节制用水：节制用水首先是一种水资源利用观，或者是水资源利用的指导思想。在水资源开发利用过程中，不仅要节省、节约用水，更要在宏观上控制社会水循环的流量，减少对自然水循环的干扰，从这个意义上看，节制用水不是一般意义上的节约用水，它是为了社会的永续发展、水资源的可持续利用以及水环境的恢复和维持，通过法律、行政、经济与技术手段，强制使社会合理有效的取用有限的水资源。它除了包含节约用水的内容外，更主要在于根据地域的水资源状况，制定、调整产业布局，促进工艺改革，提倡节水产业、清洁生产，通过技术、经济等手段，控制水的社会循环量，合理科学的分配水资源。节制用水的概念与未来社会的发展要求更符合，更利于从宏观角度综合考虑节水管理的角度。

节制用水反映了人们要实现水资源的高效利用的目的，该提法更偏重于可持续发展的意味。它体现了全社会对生态平衡、可持续发展投入更多的注意力，对节约用水有了进一步认识，同时也给节约用水提出了更高的要求。广义的理解节约用水应该包含节制用水在内。其内涵可以从多方面理解，用通俗的话来描述就是：

能少用水时就少用水。特别是在干旱地区或者城市，诸如在沙尘天气不洗车，减少洗车次数，或保洁的次数。虽然这会在一定程度上降低清洁程度，但是在达到卫生标准的前提下这样做是一种合理的节约。做到这一点因人而异，且与文化背景有关。不同的国家民族能采取的方式不同，但是对于力所能及的减少用水需求，无疑是有益于节水的。

提高用水效率就是节约用水。用水效率是一个重要的节水因素，工业用水的大幅下降就是由于其用水效率的迅速提高。在其他行业、在生活中也是同样的原理，用水效率提高了，在同等产出或者效用的情况下总量是降低的。

约束个人的行为，按需求优化用水。人的行为对于用水量大小的影响是毋庸置疑的。使个人形成得当用水的习惯对于节水十分有意义。例如，在刷牙的时候关闭水管，正确使用两档式坐便器，绿化浇灌使用适量的水保证绿地存活即可。

用其他的媒介、或者过程来替代用水。例如空气等资源。举例说明，在空调冷却使用空气冷却，或者使用无水厕所等。

回收利用或者循环利用是一个有效的潜力循环。例如灰水的回收利用和雨水收集等。

上述 5 个层次从不同的角度理解节水，同时也指出了节水的途径。总之，节约用水是一个含义颇广的概念。即包含了对人类自身行为的要求，也容纳了技术水平的提高，同时还兼顾到了可持续发展要求。

2.1.2 节水潜力的涵义

潜力，是潜在的能力和力量。节水潜力是对于在一定经济技术条件下节约用水可能性的一种描述。直观的可以把节水潜力理解为潜在的节水能力。在《全国水资源规划大纲》实施的技术细则中对节水潜力的内涵释义为：一是节水潜力是以各部门、各行业（或作物）通过综合节水措施所达到的节水指标为参照标准，分析现状用水水平与节水指标的差值，并根据现状发展的实物量指标计算的最大可能节水数量；二是在现状各项用水水平分析的基础上，分析各部门和各行业（或作物）用水水平及实物量指标，结合各部门和各行业（或作物）节水指标，计算各部门和各行业（或作物）用水指标与节水指标之差，估算节水潜力。节水潜力也可以理解为以各部门和各行业(或作物)通过综合节水措施所达到的节水指标为参照标准，分析现状用水水平与节水指标的差值，并根据现状发展的实物量指标计算可能最大的节水数量（刁希全，王昕，迟小军，2007）。

由于面向的对象层次、尺度不同，节水潜力又可以划分为狭义节水潜力与广义节水潜力。段爱旺从农业节水角度将节水潜力分为狭义节水潜力和广义节水潜力。通过一定的节水技术措施，直接减少农业用水过程中的水量损失，从而减少对水资源的直接消耗量，这是节水的第一层次，可定义为狭义的节水潜力。在此基础上，通过施加其它的节水措施，提高作物用水向社会需求的农产品的转化效率，使单位用水所产出的农产品数量有明显增加，从而通过提高单位土地的农产品生产能力来减少区域内对水资源的总需求量，起到节水作用，这是节水的第二层次，可定义为广义的节水潜力。狭义的节水潜力主要是通过总量的减少来体现，而广义的节水潜力则主要是从利用效率的角度体现的。把这个农业节水潜力定义，也可以演绎到第三产业的节水潜力。我们也可以从这广义、狭义这两个层次考虑。通过一定的节水技术措施，直接减少第三产业用水过程中的损失，从而减少对水资源的直接消耗量，这一层次可以定义为第三产业狭义的节水潜力。而第三产业广义的节水潜力则可以定义为，通过其他的节水措施，提高行业用水向产值的转化率，使得单位用水所产出的产值有明显增加，从而通过提高水利用效率来减少区域内对水资源的总需求量，起到的节水作用。

此外，《北京市节约用水规划研究》中则结合水潜力从规划角度考虑了静态节水潜力和动态节水潜力。静态节水潜力是在规划水平年采取节水措施与不采取节水措施所对应的需水量的差值；而动态节水潜力，则是指从规划基准年至规划水平年，每一年相比上一年的新增节水潜力之和。两种潜力的区别在于，静态节水潜力是采用 2020 年非强化节水的规划用水水平和与强化的规划用水水平之差与规划末期规模的乘积确定的。而动态节水潜力是每一年相比上一年非强化节水的规划用水水平差，与强化

节水水平的规划用水水平差的差值，与当年规划规模的乘积，在逐年加和确定的。这种定义假设每年的节水效果是相同的，认为节水水平呈等差数列排布，并与规模相关，存在线性关系。而实际生活中，节水水平受到多方因素的制约而不可能以现行方式提高。因此这种定义缺乏通用性，只有在特定的情景之下使用才是合理的。

节水潜力的内涵十分丰富，目前对节水潜力的描述大多数尚停留在定性表达层面上。一部分尝试用定量的方法来定义节水潜力的概念仍存在较大的局限性。随着节水潜力研究的进一步深入，相信会有更加科学合理的概念提出。

我国是一个水资源短缺的国家，水资源时空分布不均匀。由于城市人口激增与经济的发展，人均拥有水量已从 1949 年的 4800m^3 降至在 20 世纪 80 年代末的 2400m^3 左右，居世界第 84 位；城市人口与城市数量快速增加，工业迅猛发展，用水浪费现象加剧，使得城市缺水日益成为一个普遍的全国性问题（《中国自然资源手册》）。随着改革开放的深化，产业结构演进，水管理水平的相对滞后使得水短缺问题恶化。尽管政府推行了很多节水措施，但是由于对于问题产生的机理不够了解，执行方法欠妥当，使得政策实行的效果欠佳。随着需求的不断增长，缺水的形势也更加严峻。水资源短缺问题的出现引起了社会各界的广泛关注，节水的呼声也越来越高，节水潜力的研究也逐渐提上日程。

2.1.3 节水潜力的特点

把节水潜力看作一个数量的度量单位，相对性与动态性是节水潜力最为显著的特点。

首先，潜力本身就是一个相对的概念，是以某种参照物为标准的。当选取的参照对象有所变化的时候，节水潜力也会发生变化。在当前社会发展条件下，行业的节水潜力相对于该行业的平均水平是一个固定值；而当参照物为全社会的平均水平时，节水潜力又将是另一种情况。

其次，随着社会的进步、技术水平以及人的节水意识的提高，节水潜力也会出现动态变化，即动态性是节水潜力的另一特点。

节水潜力大小随尺度的变化而变化也是一个特点。

2.2 理论基础

2.2.1 管理学

木桶原理是一个源于经济学与管理学的概念。其核心内容为：一只木桶盛水的多少，并不取决于桶壁上最高的那块木板，而恰恰取决于桶壁上最短的那块。根据这一核心内容，“木桶理论”还有两个推论：其一，只有桶壁上的所有木板都足够高，那木桶才能盛满水。其二，只要这个木桶里有一块不够高度，木桶里的水就不可能是满的。如图 2-1 所示为一个由不同高度木板组成的木桶。水面高度永远不能达到最高的

那块木板（C，2005）。这就意味着个人的最优选择与整体的最优选择是不一致的，这种现象被称为“最高木板效应”。而水面则只能达到最低木板的高度，这就意味着相对较弱的个人将会限制整体的水平。同时，木桶只有在没有缝隙的时候才可以储存水，如果任何一个木板与其他的木板有了缝隙，水都会流走。这就意味着整体的另一个限制性因素是合作，这种现象被称之为“木板缺失效应”（Chuang-lin Fang, 2007）。

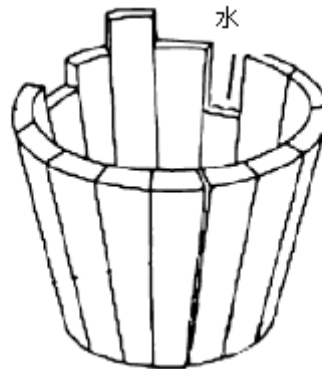


图 2-1 木桶理论原理

在节水潜力研究当中，决定一个行业的节水潜力大小的决定性因素就是当前的该行业最难以达到的节水要求，这个要求可能是技术因素、经济因素或者是制度因素。例如，在技术已达到最高水平的情况下，即便经济、制度因素再好也不能逾越当前技术条件下能产生的最大节水潜力，此外，行业与用户之间的不一致性体现在“最高木板效应”。从行业管理角度而言，要求每个用户都采用先进的节水技术以及管理制度来实现全行业节水潜力的最大化，但是某些用户则往往受到其他因素的影响（例如经济因素，这主要体现在用户在投资节水技术经济效益不合算的时候。）而使得整个行业难以实现应有的节水潜力。

行业间以及行业的合作显然对于节水潜力挖掘也是很重要的。尤其是指在一些大型节水设施建设的时候更需要的多用户的融资与风险共担。当然这种想法只能在区域聚集性的行业间开展。例如，沐浴业可以产生大量优质排水，但其自身无法使用。如果实现了行业间合作，把沐浴行业的排水经过适当处理作为周边其他企业的杂用水或者景观用水，这就可以使得节水潜力得到极大的提高。反之，缺少了合作，这种节水潜力则不能存在。

2.2.2 水资源需求管理理论

1) 水资源需求管理的基本概念与由来

当前，不少国家和地区面临供水发展落后于需水的增长，而供水能力开发程度在当前的环境、技术、经济条件下有限的情况，这使得人们不得不从水资源的需求端通过合理抑制用水需求来解决水资源短缺问题。目前，随着全球性水问题的出现和对淡

水资源认识的深入,水资源需求管理已被世界各国普遍承认是未来水资源管理的核心(贾绍凤,2006)。

水资源需求管理的核心内容是以最小的水资源成本,取得最大的经济、社会和环境利益(A.S.Mohamed,2000)。基本观点和理论形成于20世纪50年代的美国芝加哥大学和哈佛大学。芝加哥大学教授Gilbert F. White,早期从事洪水灾害的研究工作,通过国家财政计划、灾区管理等传统的结构化的方法降低洪水带来的损失,减少发生洪灾的潜在危险。他的学生Robert W. Kates将这种管理拓展到了城市水资源管理领域,尤其在城市干旱研究方面有所突破。从1956年到20世纪60年代初期,哈佛大学水资源研究计划,在Arthur Mass领导下,初步建立了需求分析方法体系、经济学模型以及城市水资源系统的需求和计划优化理论。Arthur Mass组建了一支较强的科研队伍,包括Robert Dorfman, Otto Eckstein, Maynard Hofschmidt, John Krutilla, Stephen A. Marglin, Gordon Maskew, and Harlod A. Thomas等一大批科研人员。他们的研究成果对后来的研究者和水资源管理者产生了深远的影响。在同一时期,兰德公司对水资源需求管理的研究工作提供了支持,重点探讨促进城市水资源的高效利用和提高水资源的经济价值的重要性,以及不同城市水资源规划与管理的需求分析。

霍普金斯大学的John Geyer, F. Pierce Linaweaver, Jerome B. Wolff等人首先完成了城市居民生活、商业和机关事业单位用水的全面分析。Linaweaver和Charles W. Howe继续在这一领域进行了科学的研究,建立了居民生活用水Howe-Linaweaver生长模型,这一模型在30年后仍然得到广泛的应用。

20世纪70年代,美国陆军工程兵团水资源研究所(IWR)启动了城市水资源需求管理的研究项目,城市水资源需求管理的研究开始升温。初期的研究主要是水资源规划,很快IWR将研究的领域扩大到了流域的用水分析,模型建立和应用等,通过十多年的研究取得了很大的成功(Duane D. Baumann,2005)。

在城市需求管理体系中,存在多个角色。其中“水行政管理者”是指政府决策者、政策制订和执行人、代表政府行使职能的规划和管理者;“用水户”是指水的终端用户以及对问题关注的公众,包括具有经济效益的经济各行业用水部门、具有社会效益的生活及公共用水者、具有生态环境效益的生态环境用水要求;“水经营者”是指水服务提供者,包括水利工程开发者、各级供(售)水经营管理者(非终端用户)、废水处理经营管理者等。因此,所有受水资源开发利用有利或不利影响的群体,即所谓利益相关者,都是水资源需求管理行为的主体(甘泓,王浩,罗尧增,2002)。

水资源需求管理涵盖了水资源综合管理与需水管理,即在水资源综合管理的基础上将重点加强需水管理,强调从整个流域的观点出发,从源头到终端用户全过程对需水的管理,达到可持续的供需平衡。

在传统的水资源管理理念中,是以必须满足用户需求来进行用水管理以及供水系统设计的。这一理念忽视了用户需求的现实性与合理性。为了充分保障城市用水安全,

在规划设计中往往把人均或者每个用户的需水量定的偏高，对于生产、消费以及损失各个因素缺乏可靠的度量，使得供水端存在某种盲目性，造成了水和资金的巨大浪费（A.S.Mohamed, 2000）。面临经济与环境的双重压力，加之由于污染严重带来的水资源减少，使得水资源管理不得不寻求新的理念，水资源需求管理应运而生。从水资源综合管理的概念进行引申，水资源需求管理一般来说可以理解为：为了抑制由于水资源需求增长所造成的用水矛盾加剧、生态系统破坏和水环境容量衰减，促进水资源的公平合理配置与高效可持续利用，综合运用法律、行政、经济、科技、宣传等一系列手段，而进行的涉及水行政管理者、用水户及水经营者三大群体的综合系统性行为。

2) 水资源需求管理与节约用水的关系

“现代水利”或“资源水利”，是以水资源需求管理为基础对水资源进行统一管理，达到水资源的可持续利用。“现代水利”和水资源“需求管理”分别与“传统水利”和水资源“供给管理”相对应。过去，为了解决缺水问题，人们一般倾向于开发新水源、扩大供水，尽最大可能满足用户要求，总的来说需求不受约束，即所谓的“供给管理”。但随着人口的继续增长以及经济的不断发展，这种方法日益显露出其不可持续性，具体表现为：资源渐趋枯竭，环境日益恶化。例如，在黄淮海平原地下水资源过度开采、黄河断流、水土流失严重，一些北方城市水资源严重短缺、水污染严重、生态环境恶化、荒漠化面积扩大、沙尘暴危害加剧等等。人们开始认识到水资源承载能力和水环境容量是有限的，不能无节制地开发利用，否则就会造成严重的后果，于是开始把目光转向水资源的需求方面，即所谓的“需求管理”。

需求管理对水资源管理提出了新的要求，例如，要求有广大利益相关者的参与和公众介入，有足够透明度的决策和管理，科学的水行业战略规划，以及强调水资源配置的合理性、公正性与有效性等。供给管理强调征服自然、改造自然，反映了人类从畏惧、崇拜自然的远古洪荒时代进入文明社会后，随着科学技术的日益发达及生产力水平的不断提高，强烈要求主宰自己命运的思想；而需求管理则侧重于人与自然和谐相处的思想，倾向于抑制人类过多地向自然界索取，尽量约束人类本身过度膨胀、只顾眼前利益、损害环境与生态系统的种种不适当需求。在从“传统水利”向“现代水利”转变的过程中，做好水资源需求管理是关键。只有约束人类对水资源无限制的需求，对有限水资源进行合理配置和科学管理，才能从根本上解决当前面临的主要水问题，真正实现水资源可持续利用。

水资源需求管理强调对人们“欲望”的控制与引导，目的是实现更大的社会效益与经济效益，实现水资源的可持续健康利用。经济学中的理论如供求理论、弹性理论、成本理论、经济增长理论等为水资源需求管理的理论发展提供了支持，另外，经济学中的分析方法和经济模型对水资源需求管理的实践具有重要指导意义。

2.2.3 资源科学理论

资源科学是研究资源的形成、演化、质量特征与时空规律及其与人类社会发展之相互关系的科学(封志明, 2004), 其研究对象是资源, 既包括自然资源, 又包括社会资源。其主要研究内容是: 研究资源复合系统的形成、演化、结构、功能及其物质转化与能量传递的原理, 研究资源的调查、分类、评价的原理和方法, 研究资源开发利益、保护、有效配置和科学管理的原理及工程技术措施等等(石玉林, 2006)。我国的资源所有权为国家所有, 贯穿已久的集权行政管理思想使得我国资源管理系统中仍采用自上而下的决策机制。资源管理系统主要包括资源登记、核算、检查、监督、组织和管制等环节(石玉林, 2006), 在法制、行政、经济、技术等方面重点开展专项管理。由于资源关系到国家的发展方向和未来的国际竞争能力, 为了充分体现国家的意志, 资源行政管理便成为我国行使资源管理的主要形式。

水是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础, 同时也是维系地球上生态系统平衡、决定环境质量状况最活跃的自然要素之一(封志明, 2004)。其维持人类生命、维持工农业生产和维持良好环境的作用是不可替代的。以水资源持续利用为核心的水资源研究是现代资源科学研究的主要领域之一。水资源的可利用量在一定的社会经济条件下是有限的。要实现有限水资源的持续利用, 无非是从提高水资源承载力与减少水资源使用量两个方面而言, 二者是相辅相成的。提高用水效率无疑是既提高承载力又有助于减少水资源量的上策。为达到提高用水效率的节水潜力研究, 必须依据水资源科学理论, 遵从其自然、社会发展规律合理的展开实践活动。

水资源是重要的自然资源之一, 水资源学也是资源科学研究的重点分支。随着经济的发展, 我国的水资源问题越来越尖锐。近期, “水资源合理调控与高效利用规律”成为水资源学在应用研究领域的重点(陈传友, 2006)。开展适当控制水量需求和调整水量需求结构, 推进对社会用水进行需求管理的研究和实践已经全面铺开; 并重点研究在宏观上调节水资源在部门、行业之间的分配, 在微观上充分考虑取水定额管理, 调节水资源在用水者之间的分配, 促使水资源在人类社会活动中的再分配朝着可持续发展的方向移动。在以取水定额为基础, 实现向“科学用水、科学管水”方向转变的水资源科学管理理论和方法的探索中, 基础资源学中资源管理学的公共管理与业主(私人、企业)管理、部门管理与属地管理、计划管理与市场管理的相关理论和方法; 以及资源管理主体——政府, 逐步调整的管理职能、管理理念、管理方式为取水定额管理理论研究及实践的提供了丰富的基础理论和研究背景。

2.2.4 经济学理论

稀缺的资源, 无限的欲望是经济学研究的主要内容。由于欲望是无限的, 社会总是希望能充分利用所有的现有资源。现有资源的充分利用是宏观经济学关注的焦点之一; 有效地使用资源是微观经济学的主题(McConnell, 2000)。

“需求与供给”是唱响经济学乐章的主旋律。对于需求供给的观察与研究经济学的根本出发点。《管子》曰：水具财也。在经济学理论中，水作为在一定时空条件下的稀缺资源，具有商品性。而对水这种商品的需求具有两种形式：制成品（final goods）和生产原料。当水作为一种制成品的時候，其用户就是消费者，消费者对水的需求就被称为最终需求（a final demand）。如果水被视作原料，那么用户就是生产者，他们对水的需求就被称为引致需求（a derived demand）。

“选择”是关联“稀缺性”与“欲望”的桥梁，也就是协调供给与需求的方式。“选择”是将稀缺的资源配置于哪一类产品与劳务的生产，满足人们哪一方面的“欲望”。把稀缺的水资源配置于哪个行业来满足人们的需求，使其得到最优利用，这也是节水潜力研究关注的重要方面。只有理解了水资源效益与供需之间的关系，才能充分理解节水潜力的经济效益，对于分析节水潜力的综合效益也具有重要作用。

2.2.5 产业生态学理论

产业生态学（industrial ecology），也有人翻译为工业生态学。目前，产业生态学的译名较为常用，在此也采用产业生态学的说法。产业生态学的提法始于1989年，最先由美国通用汽车公司的研究部副总裁 Robert Frosch 和负责发动机研究的 Nicolas Gallopoulos 提出，他们认为“在传统的工业体系中，每一道投靠工序都独立于其他，通过消耗原料生产出即将被销售的产品和相应的废料；我们完全可以动用一种更为一体化的生产方式来代替这种过于简单化的传统生产方式，那就是工业生态系统。”（Frosch, E.Gallopoulos, 1989）

产业生态学的基本概念可以简要描述为：产业生态学是人类在经济、文化和技术不断发展的前提下，游牧的、合理的探索和维持可持续发展的方法。产业生态学要求不是孤立而是协调地看待产业系统与其周围环境的关系。这是一种试图对整个物质循环过程——从天然材料、加工材料、零部件、产品、废旧产品到产品最终处置——加以优化的系统方法。需要优化的要素包括物质、能量和资本（T.E. Graedel, 2003）。产业生态学强调“有目的”（deliberate）与“合理”（rational），这一点与经济学的初衷十分接近。产业生态学的实践是具有支持一个让每个人都能享受较高生活质量的可持续世界的潜力的，而并非其他具有破坏性的手段或者代价极其高昂的方法。

产业生态学理论对水资源流的描述见图 2-2。农业工业生产、城市基础设施建设与改革服务等人类生产活动对水资源的利用，理想上应该与生物的物质能量循环相似。但是，这种水资源利用系统在利用模式上起初并没有计划性，因而人类也为此付出了巨大的经济代价。透过产业生态学的视角，优化各种相关因素把水资源利用系统理想的概括为一个循环的生态系统。这有助于我们清醒的审视各个环节，使系统有效的节约和再利用资源；在受到外部压力的时候应如何及时调整系统，使其发生针对外界需要的有利变化。

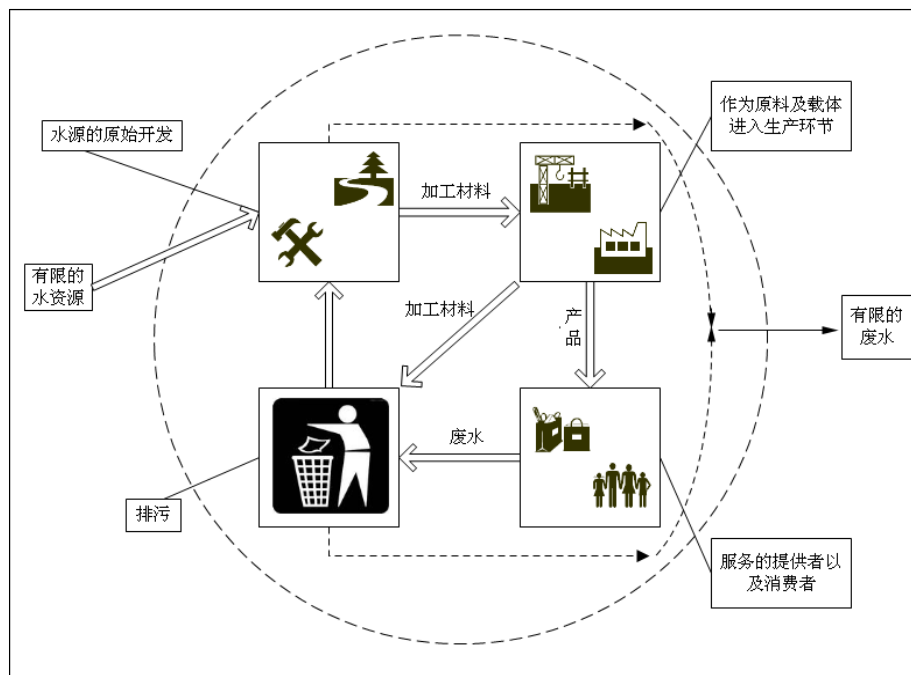


图 2-2 产业生态学视角的水资源流动

水资源最初通过水泵提取、打井等原始开发手段而为人类利用得以从自然界进入人类社会系统中。随着社会经济的进步，水不再仅仅作为维持生命的资源，而是作为生产原料或者生产过程中的载体进入工业生产程序和人的生活当中。接下来，水被固化在工业的产品进一步服务于人类的生活的各个方面。无论在生产中，还是在生活中都会有废弃的水排放，这些废水被处理厂收集起来，进行无害化处理一部分重新利用，另一部分则排放到环境中。同时，在生产与生活中，也并非所有的废水都可以收集，其中也有一部分排入了环境。在整个城市水资源循环系统中，可以看出，城市水资源循环并非一个理想的三级生态系统，能够实现物质的循环流动。在目前经济技术水平前提下，城市水资源得以高效利用的时候，城市水资源系统可以假设为物质半循环的二级生态系统。在这个系统中，水的生产开发是初级消费者，工业为次级消费者，人类消费者或服务的提供者同时可以作为次级消费者或顶级消费者。处理厂相当于分解者。只有协调好处于不同“生态位”的要素，才能使人类社会系统和谐、可持续的运行。

2.3 研究方法

2.3.1 社会学统计法

社会统计学是以搜集、处理和分析个人家庭生活和执行生活职能的社会活动及其实现条件的数量方面的方法论体系。其内容体系包括：在一定的生产方式条件下社会主体状况，人的物质文化生活，社会参与活动以及与此有关的社会环境、社会保障、社会管理等方面的数量表现、数量关系和数量特征。

节水潜力的研究通过应用社会统计学方法，对相关的数据进行统计分析，并对水资源管理进行特征分析，得到决策支持。

1) 专家咨询法

这种指标赋权的方法，又叫做“德尔菲法”、“老手法”。其具体做法是：召集或挑选同行业的一批专家，先让他们分别根据个人的经验和主观感受给每个指标确定一个权数，经过处理后，将第一轮的赋权结果反馈给各位专家，并进行第二轮评估，如此反复几次，直至专家们的评定意见比较吻合时为止。在社会问题的综合评价中，专家咨询法使用得比较广泛。但是，我们也需要注意到，如果评价指标数量比较多，有可能会不好把握分寸。

2) 趋势分析法

趋势分析(Trend Analysis)最初由 Trigg's 提出，采用 Trigg's 轨迹信号(Trigg's Tracking Signal)对测定方法的误差进行监控。此种轨迹信号可反映系统误差和随机误差的共同作用，但不能对此二者分别进行监控。其后，Cembrowski 等单独处理轨迹信号中的两个估计值，使之可对系统误差和随机误差分别进行监控，其一即为“准确度趋势”（均数）指示系统—Trigg's 平均数规则，其二即为反映随机误差的“精密度趋势”（标准差）指示系统—Trigg's 方差卡方规则。趋势分析与传统的 Shewhart 控制图在表面上有类似之处，即用平均数来监测系统误差，而用极差或标准差来监测随机误差。然而，在趋势分析中，平均数(准确度趋势)和标准差(精密度趋势)的估计值是通过指数修匀(exponential smoothing)方法获得的。指数修匀要引入权数来完成计算，而测定序列的每一次测定中，后一次测定的权数较前一次为大，因此增加了对刚刚开始趋势的响应，起到了“预警”和“防微杜渐”的作用。

趋势分析法总体上分为纵向分析法、横向分析法、标准分析法和综合分析法四大类：按过去的趋势进行简单外推的分析方法，它可以采用与过去行为的发展趋势曲线相拟合的方法，也可以按人口平均的经济活动水平和人均能耗发展趋势曲线进行拟合，或者用历史平均数据外推。是一种常用的预测方法。此法使用简单快捷，但是因为历史演变未必反映未来的趋势，按此预测往往发生偏离。

2.3.2 情景分析法

“情景”（Scenario）是对未来情形以及能使事态由初始状态向未来状态发展的一系列事实的描述(岳珍, 2006)。基于“情景”而引入的“情景分析”(Scenario Analysis)最早应用于军事分析而后作为研究未来不确定状况的一种管理决策工具，逐渐引起人们的广泛关注。情景分析方法是对系统未来发展的可能性和导致系统从现状向未来发展的一系列事件进行的详细描述和分析。

1967年 Herman 和 Wiener 在合著的《2000年》一书中提出情景和情景分析，情景是指未来状况以及能使事态由现在向未来发展的一系列状态，情景分析就是采用科学手段对未来的状态进行描述和分析，由于未来发展存在不确定性，因此情景分析描述的是某种事态未来几种最可能的发展轨迹。Heijden 指出，由于不确定性随着时间增加，可预见性随着时间减少，因此在时间轴上，情景分析是介于预测和期望之间的区域。

情景分析方法具有以下本质特点：1.承认未来的发展是多样化的，由多种可能发展的趋势，其预测结果也将是多维的。2.承认人在未来发展中的“能动作用”，把分析未来发展中决策者的群体意图和愿望作为情景分析中的一个重要方面，并在情景分析过程中与决策者之间保持畅通的信息交流。3.在情景分析中，特别注意对组织发展起重要作用的关键因素和协调一致性关系的分析。4.情景分析中的定量分析与传统趋势外推法的定量分析区别在于其在定量分析中嵌入了大量的定性分析，以指导定量分析的进行，所以是一种融定性分析与定量分析于一体的新预测方法。5.情景分析方法是一种对未来研究的思维方法，所使用的技术方法手段大多来源于其他相关学科，重点在于如何有效获取和处理专家的经验与知识，这使其具有心理学、未来学和统计学等学科特征（赖茂生，2006）。

根据水资源利用现状，分析当前的用水结构以及设施技术水平，估计出未来的基础情况。然后根据该基础情况设计出多种可能的情景。在节水潜力估计中，根据各种措施能够达到的节水量估计个部分的节水潜力就是情景分析应用的一种方式。

2.3.3 需求管理分析

国际或者国家法律的制定者往往基于用水效率来制定相关法律法规。但是有时候实践经验对解决水相关法律发布时造成的问题是很有必要的。这些法律就需要通过需求管理方法进行用水效率的检验。需求管理是一种先于节水的预操作。该方法中，必须的消费才被认为是需求而不是一般需要（Makropoulou CK, 2004）。需求管理也可以被描述成通过某种方法，例如计量、定价等措施，使得在用水服务过程中减少某些用水的产生（F, 1984）。通过使用节水器具、制定政策法律引导合理用水，以及防止在供水系统中漏失。加强在家庭中以及上述诸环节中的人员教育（ML, 1997）。

需求管理可能是在现有供水系统产出水量中供给用户安全用水最廉价的选择。因为这是我们节省了抽取、运输以及处理等各个环节的成本。更重要的是，水资源需求管理节省下来的处理以及处置费用可以用在其它更有意义的方便，因此，要求处理优先于排放。并非所有的方法用于管理用水需求都是无偿的活动，引进、推广以及应用这些措施都需要成本（Makropoulou CK, 2004）。然而，需求管理并非一个在现有经济基础上我们可以进行选择的选项。

2.4 政策支持

开展第三产业节水潜力的研究存在诸多问题与障碍，多层次、多方面的支持是很必要的。来自各方面的政策法规是其中一个重要组分（见图 2-3），它为第三产业节水潜力研究的顺利开展铺平道路。而相应展开的节水行政管理则为节水潜力研究奠定了基础。行业内节水相关标准与环保部门的相关标准则为把握第三产业节水潜力研究规律、拓宽思路提供参考依据。在全球化的今天，开展第三产业节水潜力还应置身于国际大环境中，学习国际标准与规范来指导认识本地现状。

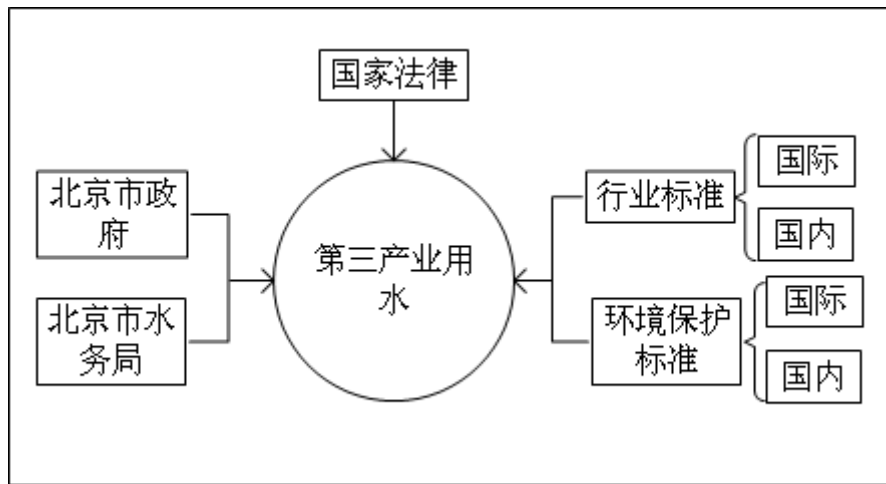


图 2-3 第三产业用水研究的政策支持

节水型社会是水利部为贯彻落实《水法》，加强水资源管理，提高水的利用效率，向全社会提出的要求与倡导，是建设节约型社会的基础。为响应政府号召，缓解水资源压力，北京市政府依据国家各项政策法规，相继出台了《北京市实施〈中华人民共和国水法〉办法》、《北京市节约用水办法》以推动节水型社会建设。

行业标准与其他部门（如环保部门）的相关标准都是在本领域内多年经验的积累，有助于认识第三产业用水的特征与规律。

2.5 小结

从节水潜力本身而言，并没有系统的理论对节水潜力进行研究。实际上节水潜力可以理解为人类为达到某种优化情景的可能性，是各种理论的在为实现人类意愿在实践中的应用。其结果又可以用来指导人类的生产实践活动。

节水与节水潜力的概念界限模糊，随着人的出发点不同，对其概念存在不同的理解，目前仍无统一认识。本文在综述各种观点的基础上对节水潜力的特点进行了归纳。

节水潜力研究是基于多种理论与方法的综合研究，它不断发展探索中不断引入新的理论和研究方法。可以用来研究节约用水相关技术、评价方法的较多，但是目前多局限于定性分析，定量估算从数据与方法上都有难度。本文试图从一个较为全面的视

角观察节水潜力，进行定量的探索。

第三章 北京市第三产业用水现状分析

2005年,北京市第三产业用水量达7.6亿 m^3 ,占全市总用水量的22%。“十一五”规划预期2010年北京城市第三产业用水量将达到8.2亿 m^3 。北京市第三产业用水在城市用水(除农业外)构成中与工业用水、居民生活用水成鼎立之势。第三产业同时也是北京市未来经济社会发展的主导产业。主导产业发展使得水需求量发生变化,这一影响是不容忽视的。本章在对北京市第三产业发展特点与用水趋势进行分析的基础上,采用调查问卷、用户访谈、专家咨询等方法,对北京市机关、学校、餐饮等7个行业,800多家单位的用水现状进行了调查,刻画了北京市第三产业主要行业用水特征与变化趋势。

3.1 北京市第三产业发展与用水

北京市第三产业发展迅速,尤其是进入20世纪90年代以后更是步入了新的蓬勃发展时期。作为一个水资源短缺的城市,北京市产业发展与水资源矛盾形势日益严峻。为适应社会主义市场经济的要求和加入世贸组织后的新形势,北京在解决用水与产业发展之间的问题上必须进一步解放思想,转变观念,深化改革。为了实现经济社会可持续发展,缓和用水供需矛盾,创建节水型社会的工作被提上了议程。北京第三产业不仅具有一般第三产业的基本特点,也带有明显的地方特色。就目前情况而言,改造节水设备,提高用水效率是节约用水的基本出发点。

3.1.1 北京市第三产业发展

研究北京第三产业用水的发展,首先要对北京第三产业的自身发展特点有清楚的认识。在涉及第三产业发展的理论与实际探讨中,往往会出现服务业、现代服务业等概念,就需要明确这些概念,以及它们与第三产业之间的关系。

1) 第三产业、服务业以及现代服务业

服务业就是我们通常所说的第三产业。第三产业与服务业是同一对象的不同讲法,内涵与外延完全相同,可当作同义词使用(何德旭,2007)。第三产业的概念是相对于第一产业和第二产业而言的,而服务业则是相对于农业和工业而言的。尽管近年来我国政府文件常以服务业概念代替第三产业概念,但中国统计年鉴迄今只有第三产业概念而无服务业概念,外国统计年鉴则反之。第三产业是指以生产非实物产品为主的统称。在我国是指国民经济中除第一产业(种植业、林业、牧业、渔业)、第二产业(采掘业、制造业、电力、煤气及水的供应业和建筑业)以外的所有行业。在统计上,我国第三产业划分为以下行业:农林牧渔服务业,地质勘查业、水利管理业,交通运输、仓储及邮电通信业,批发和零售贸易、餐饮业,金融、保险业,房地产业,

社会 服务业，卫生、体育和社会福利业，教育、文化艺术及广播电影电视业，科学研究和综合技术服务业，国家机关、党政机关和社会团体以及其他行业。

根据国际通用的服务业分类标准，传统服务业是指运用传统的生产方式经营，并且在工业化以前就已存在的服务业。传统服务业一般是指餐饮等与吃、穿、住、行相关的为人们生活提供服务的行业。而现代服务业，通常是指其需求主要受工业化进程、社会生产分工的深入影响而加速发展的服务业和应用现代科学技术、新型服务方式及新型经营形态对传统服务业进行改造的服务业。如金融保险、商务服务、计算机和信息服务、教育和保健服务、通讯服务等高增长和占主导性的服务部门。因此，现代服务业与传统服务业主要从生产经营方式来区分，现代服务业既包括新兴服务业，也包括对传统服务业的技术改造和升级。

2) 北京市第三产业的发展现状

20 世纪 80 年代初，北京市就提出加快第三产业的发展的目标。市委市政府多次下发专项文件，大力发展多种所有制、多种形式的第三产业，这使得第三产业蓬勃地发展起来。进入 20 世纪 90 年代以后，特别是 1992 年《中共中央、国务院关于加快发展第三产业的决定》发布后，北京第三产业进入了一个全面发展的新时期（唐少清，2004）。第三产业规模急剧膨胀，如图 3-1 所示。1995 年北京市第三产业 GDP 为 789.7 亿元，占全市 GDP 的 52.38%。到 2005 年，第三产业 GDP 则达到了 4764.3 亿元，占全市 GDP 比重也上升到了近 70%。北京市第三产业在全市国民经济中的比重很快超过了第一、二产业的总和，成为北京市的主要产业类型。

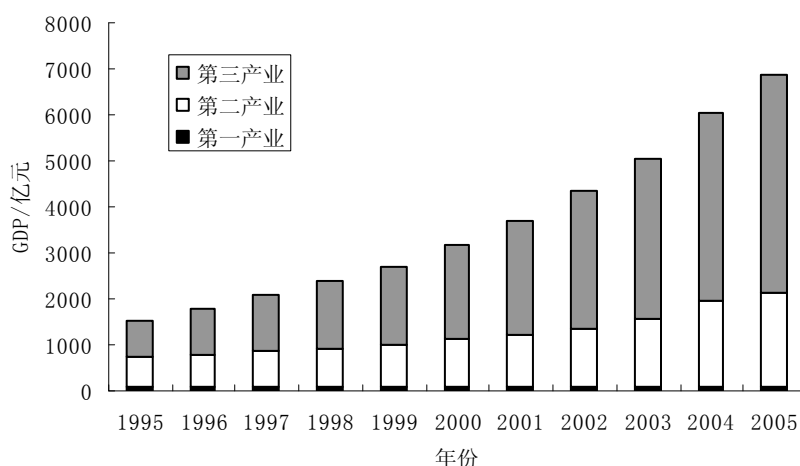


图 3-1 北京市三次产业 GDP 比较
(数据来源: 北京统计年鉴: 1996-2006 年)

北京市在“十一五”规划中明确提出了推进产业优化升级的总方向和要求：走高端产业发展之路，把现代服务业发展放在优先位置。加快发展现代服务业，要注重发展知识型服务业，积极承接国际服务业转移，增强服务功能和辐射力。稳定提升具有

比较优势的金融、文化创意、房地产等支柱产业，积极培育发展空间较大的旅游会展、现代物流等潜力产业。未来，现代服务业将是第三产业的重点发展方向，但是作为人民生活服务基础的餐饮业、商业等传统服务业不会因为现代服务业的发展而消失。它们将随着产业经营方式改变与理念革新转型成为现代服务业，从而继续成为经济增长点。

3.1.2 北京市第三产业用水特点

在明确了第三产业与服务业的关系之后，对第三产业用水情况进行分析之前，还需要把用水分类体系与经济分类体系之间的关系加以理顺。第三产业范围很广，各行业正常运行都离不开水。在对第三产业用水进行研究时，根据不同的用水分类方法，所涉及到的国民经济行业各有不同。从城市各种用水分类体系中可以总结出一个现象：第三产业用水与公共生活用水并不是一一对应的。因此，文中对公共生活用水与第三产业用水加以区分。

1) 第三产业行业用水分类与公共生活用水分类

按现行城市用水统计方法，城市用水分为城市用水和工业用水两大类。其中生活用水又称为大生活用水，由居民家庭生活用水和市政公共生活用水两部分组成(钱易，刘昌明，邵益生，2002)。也有学者把生活用水中居民家庭生活用水以外的部分称做公共用水(public water use)。其定义为城市用水中除工业和家庭用水以外的所有用水，包括市政环境、政府机关、学校、事业单位等的市政用水和宾馆、商店等商业机构的商业用水(贾绍凤，姜文来，沈大军，等，2006)。本文中采用的公共生活用水说法，是指公共管理部门、社会组织以及社会服务行业的用水。“公共生活”一词是一个现代术语，来源于社会学。它是对公共领域中人们活动的一种归纳(张康之，张乾友，2007)。公共生活的概念强调了与居民生活的差异性，同时也具有鲜明的时代特征，因而将其引入用水分类的命名。

既然公共生活用水与第三产业用水并不是一一对应的关系，在文中需要对公共生活用水与第三产业用水进行必要的解释。本文的产业用水包括第一产业、第二产业和第三产业用水，分别对应农业用水、工业用水、生活用水中的公共生活用水。按照国民经济的产业分类，公共生活用水所涉及行业类型都属于第三产业，因而公共生活用水也属于第三产业用水。

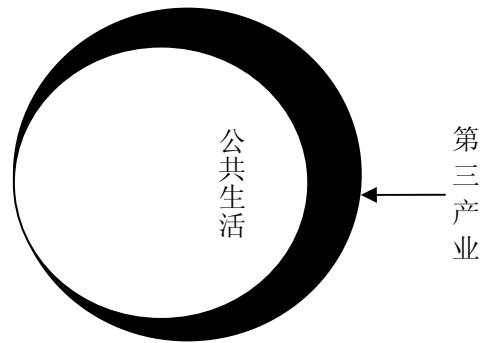


图 3-2 第三产业与公共生活用水行业关系示意图

文中公共生活用水分类中所涉及到的行业不包含国民经济行业中的 F 大类：即交通运输、仓储和邮政业。它们主要是在从事生产运营的过程中用水，因而被归入了生产运营型用水。综上所述，公共生活用水范围内包括了第三产业大多数用水行业，这些同时也是第三产业中的主要用水行业，见图 3-2

由于第三产业范围较大，限于人力物力以及现有统计资料不足，在短期内对所有行业进行全面的现实研究是不现实。文中以第三产业中用水量大且节水潜力较容易挖掘的行业进行有选择的重点研究，对城市第三产业中的主要用水问题进行深入探讨是具有代表性的。本文把研究范围限制在第三产业用水范畴内的公共生活用水范围之内。

2) 历年北京三次产业用水量情况

在北京向现代化迈进的同时，三次产业的构成以及产业内部的结构都在发生着重大的变化。这些转变促进了国民经济不断增长的同时，不同部门、行业间的取水量发生了变化。由北京市三次产业 1988~2005 年取水量变化情况（图 3-3）可以看出，近年来，北京市农业、工业取水量呈现逐步下降的趋势，而生活取水量则逐年增加，2005 年第三产业用水 7.6 亿 m^3 (含机关事业单位 0.7 亿 m^3)，约占全市用水总量的 22%。北京市十一五规划中预测，考虑到三产比重增加，2010 年第三产业用水量为 8.2 亿 m^3 。

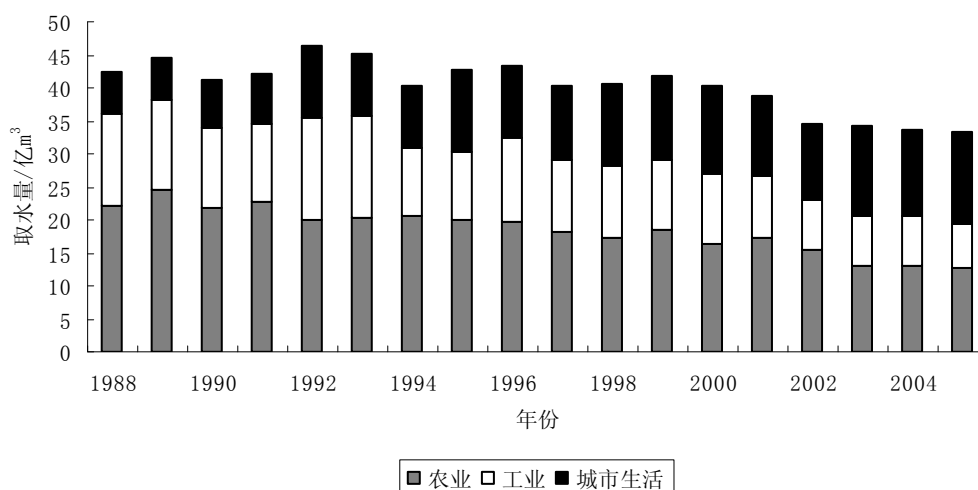


图 3-3 北京市三次产业取水量变化
(数据来源:《北京市统计年鉴 1999-2006》)

就三次产业的万元 GDP 取水量而言, 第三产业的万元 GDP 取水量最小, 其单位用水经济产出是最高的。2005 年, 农业万元 GDP 取水量约为 1329 m³, 工业万元 GDP 取水量约为 34 m³, 第三产业万元 GDP 取水量则约为 29m³ (图 3-4)。

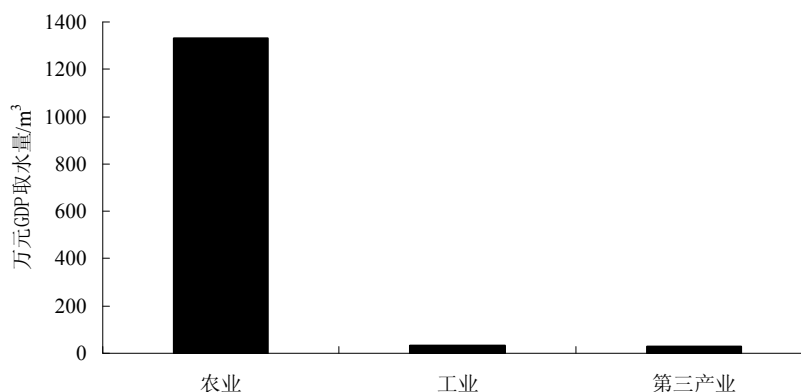


图 3-4 北京市三次产业万元 GDP 取水量对比
(数据来源:《北京市统计年鉴 1999-2006》)

3) 第三产业用水总量变化

由于公共生活用水量占第三产业用水量的大部分, 而第三产业全行业用水量又缺乏可靠的统计数据, 本文根据公共生活用水的变化趋势, 定性的分析第三产业用水变化趋势。20 世纪 90 年代, 北京市总用水量呈现小幅波动的状态, 这期间全市总用水量平均值为 42.67 亿 m³; 2000 年以后, 全市总用水量进一步下降, 维持在 34.5~38.93 亿 m³ 范围内波动。尽管北京市总用水量在减少, 伴随经济社会的发展与人民生活水平的提高, 生活用水量却有所增加。从 1990 年开始, 北京城市生活用水量就开始逐渐升高, 其间也出现过小幅波动。1990 年到 1995 年是北京城市生活用水量增长最快的阶段, 1995 年生活用水量为 12.46 亿 m³, 比 1990 年的 7.04 亿 m³ 增加了 177%。

在此之后到 2005 年 6 年期间，北京城市生活用水量增长速度逐渐放缓。2005 年北京城市生活用水量为 13.9 亿 m^3 ，仅比 1995 年增长了 11.56%（图 3-5）。

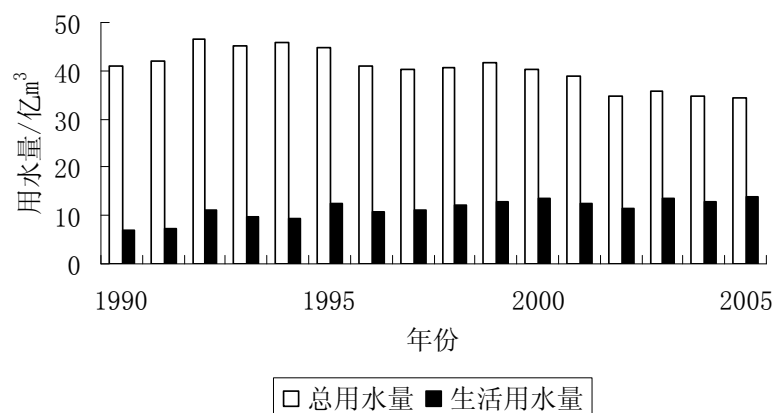


图 3-5 北京市总用水量和生活用水量变化
(数据来源: 北京水资源公报)

北京市城市公共生活用水在城市生活用水中所占比重很大，是城市生活用水的重要组成部分（左建兵，陈远生，2006）。2005 年北京全市第三产业用水量约为 7.6 亿 m^3 ，高于当年工业用水量，在城市生活用水量中约占 55%，相当于北京城市用水总量的 22%（国家发展与改革委员会、水利部、建设部，2006）。

图 3-6 为 2001 年~2005 年北京市(由除市辖县以外城区的集中供水设施供水量推算)城市公共生活用水量变化。可见，在 2001 年~2005 年 5 年中，北京城市公共生活用水量在 4~4.4 亿 m^3 范围内变动。2005 年北京城市公共生活用水量(除市辖县以外城区的)约为 4.1 亿 m^3 ，而比 2001 年的 4.4 亿 m^3 下降了 7.5%。虽然北京第三产业在快速发展，但随着城市第三产业用水整体效率的不断提高，其用水量将继续保持平稳态势。因此，可以定性的推测第三产业用水量在未来一段时间内也应当相对稳定，不会有较大的增长。

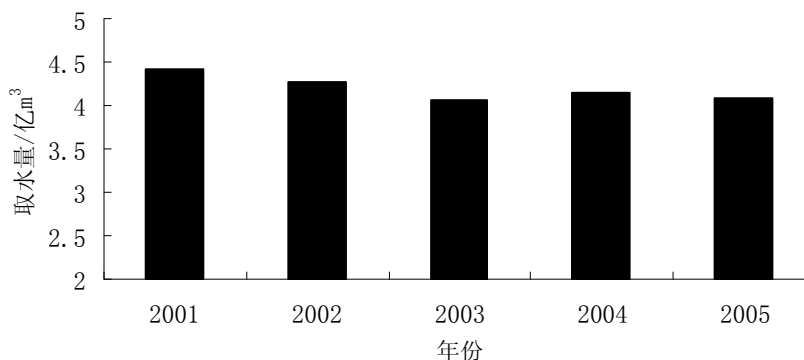


图 3-6 北京市公共生活取水量变化 (不含郊县城区)
(数据来源: 城市建设统计年报 1998~2005)

4) 第三产业用水效率明显提高

近年来，北京市第三产业的 GDP 总量稳步提高（消除物价因子影响后），而城市公共生活用水总量有所下降。第三产业用水效率的提高是出现这种现象的主要原因（贾绍凤，张士锋，杨红，2004）。

第三产业用水效率可以用万元 GDP 取水量来表示。（此处，以公共生活用水量代替第三产业用水量参加计算。文中采用这种方法仅对第三产业用水效率进行趋势分析，不做数值估计，因而是可行的。）从 2001 年到 2005 年，北京市第三产业 GDP 从 2489.5 亿元增长到 4764.3 亿元，增长了 190%。同期北京市第三产业万元 GDP 取水量却从 49.6m³ 下降到 29.2m³，下降了 41.1%，图 3-7 北京市第三产业 GDP 及万元 GDP 取水量变化。由图可知，北京市第三产业万元 GDP 取水量从 2001 年到 2005 年持续下降，标志着城市第三产业用水效率有了大幅提高。

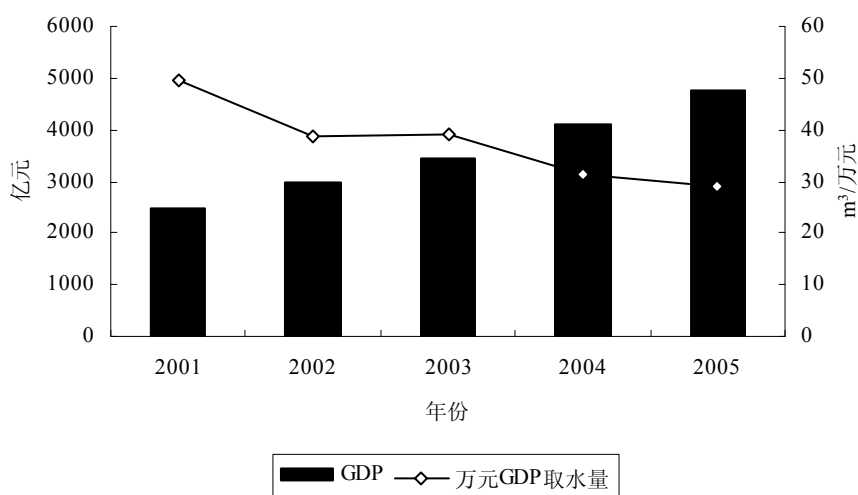


图 3-7 北京市第三产业 GDP 及万元 GDP 取水量变化
（数据来源：《北京水资源公报 2006》及《北京市统计年鉴 2006》）

5) 第三产业用水水质要求不同

第三产业用水随着用途不同，对水质的要求不同。用于绿化、冲厕的水对水质要求较低，在适当的条件下应当优先考虑使用中水、再生水或雨水等。而饮用、洗浴、盥洗则对水质要求较高，用于这些用途的水与人直接接触，密切关系人的身体健康，应选用优质水。

在不同的行业中，受到行业自身的要求以及各种客观条件的约束，并非所有行业都可以使用中水或者再生水。例如，医院排放的污水中含有大量病原体，中水回用系统处理难以达到相关卫生标准。为保障医院工作人员与病人的健康，在医院不推荐使用中水回用系统。而餐饮企业个体规模相对较小，没有大量排水，且排出的污水有机污染程度高，作为中水水源较差。这使得中水回用系统难以在餐饮业中使用。根据不同用水行为对水质的要求，合理利用不同水质的水源是当前节约用水的一个重要切入点。

3.2 北京市第三产业用水行业特征分析

3.2.1 北京市第三产业主要用水行业构成及特点

北京市节约用水规划数据显示：2004年机关（包括写字楼）、科研、饭店、学校、商场、医院、餐饮7个行业的用水量约占北京城市公共生活用水量的82%，是北京市第三产业用水的主要行业，见表3-1。

表 3-1 2004年北京第三产业用水行业构成

行业	用水量	占城市生活用水量比例	占城市公共生活用水量比例
	(亿 m ³ /a)	(%)	(%)
机关（含写字楼）	1.33	10.74	19.91
学校	1.09	8.80	16.32
饭店	0.89	7.19	13.32
商业	0.77	6.22	11.53
餐饮	0.56	4.52	8.38
医院	0.42	3.39	6.29
科研	0.42	3.39	6.29
其他*	1.20	9.71	17.96
总计	6.68	53.96	100

*：规模较小及性质特别的行业。

（数据来源：北京市节约用水规划研究：2006—2020年）

如上表所示，年用水量超过城市公共生活用水量10%的行业共有四个，机关（含写字楼）、学校、饭店、商业。这四个行业的年用水量之和可达城市公共生活用水量的61.08%。其中机关年用水量最大，为1.33亿m³，占城市公共生活用水量的19.91%；学校年用水量次之，为1.09亿m³，占城市公共生活用水量的16.32%；饭店年用水量为0.89亿m³，占城市公共生活用水量的13.32%；商业年用水量为0.77亿m³，占城市公共生活用水量的11.53%。

把第三产业用水各行业按照性质来分：非营利性的机关、学校、医院、科研及其他行业年用水量之和占城市公共生活用水量的比重为63.02%；而商业、餐饮、饭店等营利性行业年用水量之和仅为总量的36.98%。非营利性行业中，机关用水量最大；而在营利性行业中，商业用水量最大。北京市作为国家首都，是服务全国并具有极强综合性功能的城市。围绕服务功能产生的服务业十分发达。尤其是非营利性行业如高校、机关、科研等行业高度密集，使得非营利性行业用水量特别大，在城市公共生活用水中所占比重特别高。非营利性行业的用水主要以事业拨款为主，而且其水价相对较低；多数非营利性行业的水费并未纳入成本核算。这导致这类行业对水价因素不敏感，用水浪费现象相对较多（袁宝招，陆桂华，李原园，郦建强，2007）。因此，非营利性的第三产业用水行业既是节水管理研究的重点，也是节水潜力挖掘的主要对象。

3.2.2 北京市第三产业用水行为分析

第三产业各行业具有直接和间接给人提供用水的基本性质。其用水目的与行为主体是在服务过程中发生水消费的职工或顾客。这使得第三产业各行业的用水行为存在共性。一般地说，第三产业用水可以从三个方面分析，如图 3-8 所示。第一，用于顾客和员工的人员用水，包括饮用、洗手间、洗浴、保洁等用水。第二，在建筑或运营过程中设备的用水，包括空调、暖气、绿化等用水。第三，具有各行业自身特点的特色用水。如餐饮企业的烹饪用水等。

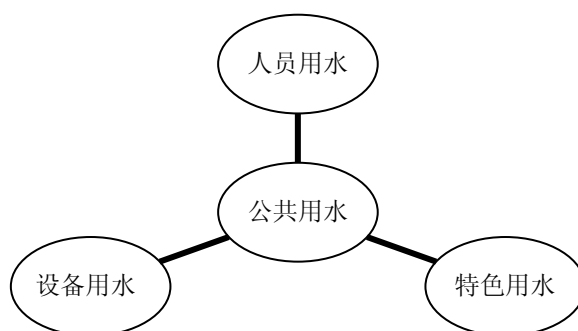


图 3-8 城市第三产业用水行为组成

第三产业用水行为在整体上具有共性同时，各行业的用水行为构成仍存在有较大差别。这主要源于不同行业所提供的服务具有较大差异性。随着行业的变化，人员用水、设备用水及其特色用水量所占比重发生变化。例如，机关用水主要是人员用水和设备用水，但没有特色用水；而餐饮业的烹饪用水量则能达到其总用水量的 65%，而人员用水与设备用水相对较少。

根据上述三个方面把各个行业的用水部位依次归纳，见表 3-2。这无论对认识各行业用水行为的共性与差异，还是对于不同层次水资源管理都是很有必要的。

表 3-2 城市公共生活主要行业用水部位分析

行业类别	人员用水 (%)	设备用水 (%)	特色用水 (%)
机关（含写字楼）	70	30	-
学校	80	10	10
医院	83	12	5
商业		80	20
饭店	71	11	18
餐饮	30	5	65

上表所示各行业中，人员用水、设备用水、特色用水的构成差异还是很大的。机关是用水行为最为简单的一个行业，不具备特色用水。餐饮业是本次研究中唯一的特色用水超过人员用水与设备用水之和的行业，最高可达到 65%。这说明餐饮业的用水行为除了人员用水影响很大之外，其特色用水，即烹饪用水对餐饮企业的影响也很大。机关、学校、饭店、医院的人员用水占很大比重，分别为 70%、80%、71%、83%。

3.2.3 机关用水特点

机关用水量在北京城市公共生活用水总量中所占比重最大。但机关不具备其特色用水，是第三产业用水行业中用水类型较为简单的一个。一般来讲，机关用水部位主要分布在办公楼的卫生间、食堂、浴室以及供冷或供暖使用的空调或锅炉处。此外，还有少量绿化用水。表 3-3 为 2004 年，对北京市某部级机关用水调查结果。由表可以看出，办公楼、食堂、浴室主要是以为机关职工服务用水为主，其总量占该机关用水量的 70%。而设备用水则占 30%。

表 3-3 某机关主要用水构成

用水部位	比例 (%)
办公楼	35
食堂	20
浴室	15
供暖供冷	20
其他	10

(数据来源: 北京市节约用水规划研究: 2006—2020 年)

并非所有机关都具有上述用水类型。机关随着规模与性质的不同，其用水构成也有差别。一般来说，机关的行政级别越高，建筑面积越大，职工人数越多，用水量越大，用水部位越多，用水构成越复杂。人数少，面积小，级别低的机关单位有可能没有食堂、浴室以及中央空调用水；人数多，面积大，级别高的机关单位则可能包含有各种用水类型，不仅有食堂、浴室、中央空调，也可能还有其他类别的附属用水，如景观用水。

北京市机关涉及国家机构、政党机关、群众团体、社会团体和宗教组织、企业管理机构等多种行业类型。1999 年机关用水量占城市公共生活用水量的 17.7%，比 1995 年增长了 21%；而 2004 年机关用水量则占城市公共生活用水量的 19.9%，比 1999 年增长了 2.2%（翁建武，蒋艳灵，陈远生，2007）。这是由于在 20 世纪 90 年代初，机关的数量迅速增加，使得机关用水量快速增长。目前，机关节水管理制度仍不完善，节水器具普及程度不高（左建兵，陈远生，2006）。加强节水管理，提高节水器具的普及率是当前机关的基本节水方法。在本次研究中发现这些措施的效果较为明显，机关用水量有显著下降。

3.2.4 学校用水特点

学校在北京城市第三产业中用水量所占比重较大，约占第三产业也用水量的 16.32%。其构成十分复杂。是一个集教学生活于一身的“微型社会”。以高等院校的用水量最大且最为典型，用水结构也最为复杂（蒋艳灵，陈远生，2007）。教学区、生活区和附属区域是三个主要区域，每个区域又有各自不同的内部结构。通常意义上讲，在高校用水管理中，生活区与附属区这两个区域的用水属外供用水范畴，其用水不纳入本文的高校用水构成分析之中。根据项目组 2003~2006 年对北京市 80 所高校

的调查,分析结果显示,教学、办公楼、图书馆、宿舍、食堂、浴室是北京市高校用水的主要部位,见表 3-4,其用水总量之和最高可以达到整个学校用水量的 80%。其中,宿舍用水量最大,占 36~44%。该部位的用水行为以盥洗、冲厕为主。在这些部位的用水过程以学生与教师的用水为主体,人数的变动是该部分用水总量变化的主要影响因素。

表 3-4 高等院校主要用水构成

用水部位	比例(%)
教学、办公楼和图书馆	9~12
试验	4
体育场地	5
供暖	4~6
宿舍	36~44
浴室	6~12
食堂	10~12
其它	5

高等院校是北京市学校用水中的主要组成部分。北京统计年鉴 2007 数据显示,从 20 世纪末开始的全国高校扩招,使得北京的高校人数迅速增加。调研中发现,高等院校浴室用水量占用水总量的 6~12%,是高校的一个重要用水部位。为了节约用水,大多数学校开始安装使用智能卡淋浴系统。安装了该系统后的洗浴用水量可以比原洗浴用水量减少 20~30%。安装中水回用系统的高校把中水作为绿化和教学、办公楼、图书馆、宿舍冲厕的替代水源,每年可以节省自来水 5~6 万 m³。因此浴室是学校重点节水潜力挖掘部位。

3.2.5 饭店用水特点

2004 年,北京饭店行业用水量占北京市公共生活用水量的 13.32%,占北京城市生活用水的 7.19%。饭店是为旅客提供住宿、饮食的地点。饭店随着星级不同,提供的服务也不相同。四星级以上饭店为顾客提供了除住宿以外更多的其他服务,例如游泳、休闲、商务服务等。正是由于各级饭店在经营定位、保洁程度、环境设施、餐厅档次等的差异,造成饭店的用水行为有所区别,使得用水结构的不同。

表 3-5 为对北京市 92 家星级饭店主要用水部位进行调查的结果。由表可以看出,客房用水在饭店用水总量中的比例最高,占 32.52~50.44%;浴室、餐厅、洗衣房、中央空调所占比重也较大,这些部位用水量所占比重,随着企业的个体差异而有所不同。

客房用水很大并且以旅客洗浴用水为主。而饭店的浴室用水量所占比重也很大。同时,客房和浴室这两个部位的用水区域相对集中便于收集且为优质杂排水,因此具有良好的中水利用系统的客观条件(翁建武,蒋艳灵,陈远生,2007)。

表 3-5 4~5 星级饭店主要用水构成

用水部位	比例(%)
客房	33~50
食堂	3~4
浴室	8~18
餐厅	14~17
洗衣房	10~11
锅炉房	3~9
中央空调	6~12
绿化	1~1.5
游泳池	0.8~1.2
其他	6~8

北京市的一项重要城市功能是旅游中心,是其在历史上长期作为政治中心而结出的硕果(胡兆量,2007)。每年北京都吸引着大量的国内外游客前来观光游览。随着北京市鼓励发展第三产业的推动,北京的旅游业迅速发展。北京统计年鉴 2007 数据表明:近 10 年以来北京的饭店接待人数在迅速增长,2006 年接待游客人次数达 13590 万人次,比 10 年前增加了 60%。2006 年北京 4~5 星级饭店合计 114 家。伴随 2008 奥运会的召开,饭店接待人数必将继续增高。未来北京市饭店行业的用水将随着饭店数量和接待人数的增加而增加。但由于饭店具有较好的中水利用条件,提倡饭店安装中水系统对于控制饭店用水总量的上升较为有效。据统计,有中水设施的饭店综合床位用水量比无中水设施的饭店综合床位用水量少 16.5%。

3.2.6 医院用水特点

1) 北京医院发展概况

随着社会的进步、人民生活水平的逐步提高,北京市的医院、卫生机构有了很大的发展,卫生事业用水也随之有了大幅增长。2006 年,北京市有医院 541 个(不包括部队医院、社区卫生服务中心、诊所、卫生所、医务室等),其中综合医院 352 家。

2) 医院用水特点

医院取水量约占整个城市生活用水比例为 6%。医院用水行为相对复杂,这与医院所提供的服务是密切相关的。

对北京市某典型 3 级甲等医院用水情况调查的结果表明,北京市医院主要的用水部位在病房、门诊、洗衣房、食堂、锅炉、浴室,占总用水量的 80%以上。表 3-6 为该医院实地调研数据,其门诊及病房用水占 46.18%,是该医院的主要用水部位。在这两个部位以人员用水为主,人员用水是医院的主要用水行为方式。在该单位,设备用水则以在锅炉、供暖供冷设备为主。其中锅炉用水是在供热、消毒两种用水行为过

程中消耗，占整个医院用水量的 2.66%。医院的特色用水为透析水以及医院内部的制药厂和实验室，但是这些部位用水量相对较小。在表 3-6 所示医院中没有制剂厂和透析用水的计量，所以在该表中没有体现出来。

表 3-6 某医院用水构成

用水部位	比例 (%)
门诊及病房	46.18
浴室	26.61
食堂	14.81
绿化	9.57
锅炉	2.66
供暖供冷	0.16

医院是救死扶伤的公益事业窗口单位。医院本身就是人员流动性大的场所。每日卫生用水、淋浴等用水量高于机关、学校等用水行业。尤其在北京这个首都城市，是高水平医疗技术人员与设备的聚集地，三级甲等医院数量远远超过其他城市，其日接待量与病床使用率也特别高。同时，随着社会医疗体系的不断完善，北京医院的规模也有了很大发展。北京统计年鉴显示，从 1978 年到 2006 年医院增加了 316 家，数量增长约 81%；病床数与千人拥有病床数更是增幅甚猛，病床数量与 1978 年相比增加了近两倍。而千人拥有病床数也增加了一倍以上。综合上述原因，北京市的医院用水量相对较高，是符合客观事实的。

3.2.7 餐饮用水特点

1) 北京市餐饮行业概况

北京市统计局统计，2004 年北京市餐饮业实现零售额 190.2 亿元，同比增长 56.6%。2006 年，北京餐饮业持续稳步发展，全年共实现零售额 287.2 亿元，同比增长 7.2%。北京餐饮业市场规模不断扩大，在全国大城市餐饮业零售额排名中仅次于上海和广州，位居第三。当前，从北京餐饮业整体来看，呈现出网点数量剧增，企业规模不断扩大，市场迅速扩张的态势。

北京的餐饮业作为首都经济的一个重要组成部分。它不仅肩负着供应每日 1000 多万北京市民、国内外宾客、在京务工人员的饮食需求，而且也是向全国、全世界展示首都精神文明、物质文明和悠久的历史文化的窗口。

2) 餐饮用水基本特点

目前，餐饮行业是北京主要的高用水行业，这主要是由于该行业既经营又生产的行业特性，以及劳动密集型的产业类型决定的。统计表明，“九五”期间全国服务业吸纳 85% 的社会就业人员，其中餐饮业在新增就业中占了很大比重。餐饮业在第三产业的贡献率也在逐年攀升（宋则，郭东乐，荆林波，2006），未来其用水量势必随着

该行业的扩大而增加。此外，餐饮行业属于高效用水行业，其用水经济产出率相对较高（汪党献，王浩，倪红珍，马静，2005）。

● 用水结构和部位

餐饮业是为大众提供饮食服务的行业，其生产经营要对群众的健康负责。在 JGJ 64—89《饮食建筑设计规范》以及餐饮业开业的专业条件和技术要求中对所有餐饮企业都做出了要求。凡是正式开业经营的餐饮企业都具备符合要求的建筑结构。因此，餐饮企业的用水部位具有相似的建筑结构。

餐饮业是在服务业各行业中单位面积用水量最高的行业。2007年北京市某餐饮业调查的结果显示，北京市餐饮业用水以烹饪和卫生为主（表 3-7）。其中烹饪过程主要在操作间进行，其中包括了粗加工间、炒菜间、冷荤间、开生间、清洗间等部位。以烹饪加工过程中用水，以及清洗厨具、餐具用水为主。卫生保洁用水也占有相当大的比例，主要包括餐厅、操作间保洁，洗手间浴室用水。此外，还有少量饮用水。由于餐饮行业规模不一，布局各异，在不同的用水部位安装水表的情况差别很大。尤其在操作间部分难以细分，即便细分出来，在同类企业中也不具有可比性。因此，把操作间整体作为一个用水部位来计量，便于比较分析。

表 3-7 某餐饮企业用水部位构成

用水部位	比例 (%)
卫生保洁	30
操作间用	63
饮用	2
洗浴	3
洗衣房	2

从表 3-7 可以看出，餐饮行业的用水绝大部分集中在卫生保洁用水以及操作间用水上。其中操作间包括了烹饪全过程的清洗、烹调、消毒等过程使用的水；卫生保洁用水包括了洗手间洗手、冲厕、餐厅的保洁等用水。

● 影响用水量因素

对一个餐饮企业用水量大小产生影响的，除了企业的规模大小、经营的好坏、用水管理水平的高低、员工顾客的节水意识之外，还会因为企业经营的菜系、档次不同，从而使不同企业用水量产生较大差异。这使得餐饮的用水管理存在较大难度。

3) 节水现状及问题

餐饮业用水存在的问题具有其行业独特性，其用水问题主要有以下几个方面。

● 用水管理水平参差不齐

餐饮业是服务业中最具活力的行业之一。餐饮业作为中小企业占多数、投入较少、见效较快、劳动力成本相对较低的行业，市场准入门槛很低。目前饮食业自身经营方式落后，管理手段、管理技术还没有摆脱传统模式，经验式的管理较为普遍。这给行业用水管理带来很大的困难。基础计量数据缺乏、经营过程中水的浪费严重、人员节水意识薄弱、不合理的行为现象丛生。调查显示，餐饮企业浪费最多的四大资源之一就是水。

此外，在调查中发现，规模越大的企业在用水管理方面的水平越高。其中，用水指标的控制，以及加价收费的制度产生了很大正面效果。大部分企业，尤其是集团化管理的企业都有较为详细的水量记录。但是，由于企业的水费核算只是总量核算，所以用水从不分部位计量。即便是安装了分表的企业，保证定期计量统计的也很少。

餐饮企业的用水管理主要是由餐饮企业内部的人员来进行管理，因为餐饮企业的整体用水规模还是相对较小，难以实现后勤公司化统管。通常情况下，管理人员身兼多职，管理用水仅仅是其工作的一小部分。餐饮企业的更迭频率很高，经营缺乏稳定性，用水管理历史资料的保存困难。

- 计量统计不完善

大部分餐饮企业的计量设施较为简陋，往往只有一块总表或者厨房，餐厅两块分表。对于其内部的不同部位用水缺乏统计。

- 节水器具改造不及时

由于不同的企业，财力与意识上的差距，节水器具的安装与使用方面有较为明显的差异。大部分较大规模的餐饮企业都安装了节水型器具。采用了感应式水龙头和6L坐便。但是，部分小企业则仍在螺旋升降式龙头和高位水箱式便器。

总之，餐饮企业之所以用水量大与其本身的运营特点有着密切联系，减少其用水环节是餐饮业节水的另一条出路。当前，由于市场发育不完全，社会分工细化的优势在餐饮业还未能得到充分体现。但是在部分环节已经出现端倪。例如，餐厅台布的集中外洗，取消餐厅的清洗桌布的环节，使得用水有了很大减少。此外，连锁企业在此方面也迈出了第一步。连锁业的原料配送体系，成功地将传统清洗步骤转向社会化。社会分工细化使得清洗具有规模效益，同时节约了用水。但是，当前配送机制与净菜入店的机制还有待完善，这需要政府的大力推动以及行业的规范。

3.2.8 商场用水特点

1) 北京商场概况

商场，是人们日常生活中对百货零售的统称。在国民经济行业分类中，俗称的商场是综合零售的一部分。综合零售包括百货零售，超级市场零售，其他综合零售。在

商务部的零售业态分类标准中，定义零售业(retail business)是向消费者销售商品为主，并提供相关服务的行业。在本次研究中的商场主要是指综合零售业。

根据《北京统计年鉴 2007》的数据，北京市共有零售企业 2407 家，综合零售企业 222 家，占全部零售企业数目的 9%。此外，零售业中连锁零售业共有总店 124 家，所属门店 5301 个；其中连锁百货商店总店 5 个，所属门店 45 个；连锁超级市场总店 24 个，所属门店 1309 个。

零售业在国民经济行业分类中的大型企业为：年销售额 15000 万元以上，从业人员 500 人以上；中型企业：年销售额 1000~15000 万元，从业人员 100~500 人；小型企业：年销售额 1000 万元以下，从业人员 100 人以下

2) 商场用水基本特点

商场在北京发展十分迅速，2004 年其用水量在城市公共生活用水中占 11.53%，仅次于机关、学校，位居第三。

商场作为企业，对于每项支出都比较重视，其节水积极性要高于对于成本关注较少的非营利机构（袁宝招，陆桂华，李原园等，2007）。在对北京市 29 家商场调查结果显示，商场用水部位主要集中在卫生保洁、餐饮、中央空调，见表 3-8。商场中卫生保洁用水约占总用水的 30%~50%。超市用水中，食品加工业和卫生、保洁用水约占总用水量的 85%左右。其中食品加工用水中包括生鲜、豆腐房、熟食等，这些部位在加工、保存食品的过程中用水量相对较大（表 3-9）。

表 3-8 商场主要用水部位结构

用水部位	比例(%)
卫生保洁	30~50
餐饮	20
中央空调	20

表 3-9 超市主要用水部位结构

用水部位	比例(%)
卫生保洁	43
食品加工	42
职工食堂	5
其它	10

3) 商场节水现状及问题

商场随着规模的不同，其营业范围的综合程度也各异。在零售业日益迈向多元化综合性的时代，商场在不断调整其营业范围。营业范围的多元化使得其用水部位分散复杂，难于管理。加之商场过去的用水管理台帐体系不完善，商场用水管理还存在很多问题。

● 用水计量薄弱

不少商场没有分表计量，就是安装分表的企业也很少做到按时计量，用水记录数据不准确。此外，部分商场没有进行水平衡测试或没有按期进行新的水平衡测试。据统计，商场用水成本仅占其销售成本很小的比例，水费支出难以对商场运作行为产生明显约束。

● 节水器具更新较慢

在北京市节水部门的要求下，大部分商场也进行了节水器具的改造。但是器具的改造由于缺乏统一标准规范，节水水平参差不齐。政府应当将先进的节水器具进行推广宣传，并制定相应规范。

3.3 北京市第三产业的节水工作

3.3.1 北京市第三产业节水回顾

北京市面临严重的缺水问题，这个问题日益受到各方面的广泛关注与空前的重视。20世纪80年代以来，城市用水与节约用水问题，得到社会各界、报刊媒体的频频呼吁；国家、政府领导人多次就水资源和城市、工业用水问题发出指示。召开了一系列有关城市用水、节水重要会议，研究解决城市缺水的办法。北京城市节水工作在全国节水工作的号召下率先展开。1980年，国务院召开京津用水紧急会议，北京的节水工作进入全面开展时期。后来相继召开的“北京建设节水型城市学术讨论会”、“城市工业用水定额制定研讨会”等都对北京市节水工作的开展起到了促进作用。

在国家有关主管部门颁发了大量关于水资源和城市节约用水的文件、通知与法规的带动下，北京市也出台了一系列法律法规，如《北京市城镇节约用水奖励办法》（1986）、《北京市城镇用水浪费处罚规则》（1986）、《北京市中水设施建设管理试行办法》（1987）、《北京市用水单位水量平衡测试管理规定》（1988）和《北京市超计划用水加价水费征收管理办法》（1989）、《北京市城市节约用水条例》（1991）、《北京市城镇用水浪费处罚规则》（1994）、《北京市节约用水若干规定》（2000）等，有效的推动了北京市的节水工作。

按照依法节水的指导思想，2004年以来，建立以《北京市实施〈中华人民共和国水法〉办法》和《北京市节约用水办法》为核心的节水法规体系，为本市节水工作，提供政策法规依据。

北京市还制定多项节水规范性文件：《关于进一步加强用水器具监督管理工作的通告》；《关于加强中水设施建设管理的通告》等。

2005年，市政府有关部门制定了一系列节约用水规定：《关于加强建设项目节约用水设施管理的通知》；《关于加强小区中水设施管理的通知》；《关于进一步加强滑雪场用水管理的通知》；《关于严格执行〈节水型生活用水器具〉标准加快淘汰

非节水型生活用水器具的通知》；《关于加强高尔夫球场用水管理工作的通知》；《关于做好节水型用水器具推广工作的通知》等，为新时期节水工作提供了保证。

在管理机构建设上，1981年6月北京市节约用水办公室成立，隶属于北京市公用局。1984年后，18个区县陆续成立了区县节约用水办公室，城近郊区各街道办事处设立了节水员；各局（总公司）明确节水主管部门，各用水单位均设有专、兼职节水管理人员，形成了市、区（县）、街道办事处和局（总公司）、用水单位两个三级管理网。2004年，北京市节约用水办公室更名为北京市节约用水管理中心。中心的主要职责是：负责本市节约用水管理的相关事务工作；负责节约用水、计划用水的统计工作；负责节约用水技术、设备推广应用以及相关宣传工作；负责自备井供水水质监测工作，依法收取水资源费、超计划加价水费和污水处理费；参与制订本市再生水、雨洪开发利用规划和计划，指导再生水、雨洪开发利用工作。

3.3.2 应当强化节水措施挖掘第三产业节水潜力

虽然北京市节水工作已经开展了相当长的时间，使得城市用水供需矛盾得到了暂时缓解，但是要使得城市用水可持续发展，就必须充分挖掘公共生活的节水潜力。从第三产业用水的现状和问题中可以看出，公共生活节水仍大有潜力可挖。

当前，第三产业用水管理基础计量系统良莠不齐，水表损坏率高。同时，各用水行业中普遍没有建立用水管理信息平台，缺乏历史用水数据，用水管理没有规范化，技术水平十分落后，致使管理难度非常大。此外，用水户缺少专业人员主管用水，现在多数管理人员缺乏相应的水管理知识。

节水器具的普及率仍需提高，节水设施改造是可以使得第三产业用水更加节约。跟工业企业不同，在公共生活各行业中没有特殊的设备或者工艺产生大量用水。大部分第三产业用水通过各种用水终端，如大便器、小便器、水龙头、淋浴、锅炉、空调、绿化等部位而消耗。不同的行业用水是由各种终端用水按不同的比例组合而成的。

中水、雨水的利用取代部分冲厕用水、景观用水以及绿化用水。学校、饭店洗浴、盥洗用水量较大、排量稳定并且方便收集，适合建设中水利用设施；而餐饮行业个体用户用水量较小，且污水含有大量油脂难于处理，因此不宜利用中水；虽然医院浴室、盥洗用水量也很大，但是由于其排放水中多含有病毒细菌等高危险物质，因而不宜利用中水；多数商场自建中水系统难以获得稳定水源，采取中水利用系统需要谨慎。

人文因素对用水量影响大。节水意识、道德观念、生活习惯、行为习惯等因素无法量化评估，但是对用水量的影响却很大。人在洗手的时候，如果水管持续流水，必然会造成浪费。如果人在涂洗手液的时候把水管关闭，这段时间的水就节省下来了。

此外，目前国内外对第三产业用水研究开展的时间短，经验少，对第三产业的底细没有摸清。而不同用水行业的用水结构差异很大，行业之间欠缺对比依据。对于节水缺乏实际的激励机制，目前尚停留在口号宣传上。这需要政府与社会来共同努力。

各行业用水特征具有整体的相似性和个体差异性。发现用水问题后，要从重点抓起及时解决。首先，要加强行业用水管理，实现统计数据电子化管理。其次，合理利用中水、雨水。在适宜建设中水的行业，例如饭店、学校，按适当规模修建中水、雨水收集处理设施，以供冲厕、景观、绿化。第三，要加强节水器具的改造与更新。把握这三个方面仅仅是公共生活节水的基本要求，要全面挖掘第三产业用水的潜力需要从每个行业的细节做起，逐步完善。

3.4 小结

北京市第三产业作为主导产业在快速发展，2005 北京第三产业用水已占城市用水 22%，而工业仅占 20%。第三产业已经成为北京城市用水的重要组成部分，对城市用水量变化产生着较大影响。但随着各主要行业如机关、学校、饭店等节水潜力的不断挖掘，城市第三产业用水整体效率也在不断提高。

第三产业用水作为北京城市生活用水的重要组成部分之一，不同行业的用水量占总量比重有明显差别。其中，用水量最大的 4 个行业分别是机关（含写字楼）、学校、饭店、商业，其用水量之和可达总量的 61.08%。其中，非营利性行业对水价不敏感；同时用水管理也较为松散，浪费现象较为严重。

第三产业用水行为存在整体的相似性与个体的差异性。通过对公共生活用水主要行业机关、学校、饭店等行业的用水分析，人员用水及设备用水是公共生活用水的两个主要方面。部分行业还具有本行业独有的特色用水，如餐饮业的烹饪用水等。在北京城市公共生活用水中，根据不同用途对水质的要求进行实行分质供水，是提高城市公共生活用水效率、实现节约用水的重要途径之一。

北京市节水工作在政府以及社会各界的大力支持下，已经开展多年并取得了显著成效。这使得北京市水供需矛盾暂缓，但是为来城市的发展速度进一步加快，节水工作仍需加强。

第四章 北京市高校节水潜力分析

2003年起,北京市节水管理中心和中国科学院地理科学与资源研究所受北京市水务局的委托,共同承担了“北京市公共生活用水定额研究”的项目。高校是其中重点研究行业之一。在参照2002年课题组在工业用水调研的成果基础上,根据研究目的、任务与内容,收集相关资料制定了高校用水调查表。在发放用水调查表之前,又选取了典型高校进行实地调查,同时根据各单位的用水管理人员对调查表的意见和建议,对调查表重新进行了修改和完善。然后以北京市节水多年来的管理经验为基础,确定调查单位的名单,寄发用水调查表。

调查表发放共经历4个月,从2003年11月发放公共生活用水调查表到2004年2月回收。其间共发出792份调查表,收回476份,回收率60.1%。学校共回收43份调查表,共有23份调查表可供分析研究,其它20份调查表因数据不全或是中专学校而无参考价值。同时对15所具有代表性的传统重点大学进行典型调查。

根据调查表中所反映的各个单位的用水现状,对典型单位进行了二次调查。其中包括实地调查61家,电话回访调查220家。调查表回收后,首先进行数据有效性、完整性和合理性检查分析,并将数据录入到自行开发的用水定额管理信息系统中,作为基础数据保存。在进行用水分析的过程中,以回收到的用水调查表为基础数据,以颁布的行业用水定额为参考,坚持机理分析与实证分析相结合,理论分析与应用条件相结合,综合运用分析、模拟、咨询等手段研究各行业用水的特点和规律,分析其用水的合理性。

2006年,根据北京市质量技术监督局2006年6月2日发布的《关于印发2006年北京市地方标准制修订项目计划的通知》中第35项《北京市公共生活取水定额》的要求和北京市水务局关于开展北京市地方标准《公共生活取水定额 第2部分:学校》(以下简称《学校取水定额》)编制的计划,北京市节约用水管理中心与中国科学院地理科学与资源研究所组建了《学校取水定额》编制组,编制组充分利用已有的工作累积,在原有23所典型高校2002年用水信息分析的基础上,选择全市880所典型学校作为样本进行数据分析,其中高等学校80所。编制组通过发放调查表、实地调研、数据监测等手段对高校进行调查与研究。

在此工作基础上,本文选取用水量较大、资料数据较为详细的高校作为主要分析对象,对其用水特征进行研究并探讨其节水潜力。

4.1 高校的用水特征

4.1.1 高校的发展

北京市作为首都,是全国文化教育中心,人才之聚集地,教育事业十分发达。“十五”期间,北京市的教育结构随着科技进步得到了进一步的调整。基础教育特别是农

村义务教育得到了加强,高等教育率先进入了普及化阶段,职业技能培训加快发展(北京市教育委员会,2007)。

北京的高等教育在“十五”期间成功实现了两次跨越式发展,先后于2000年和2003年在全国率先实现了区域高等教育大众化和普及化,基本满足了首都人民接受高等教育的需求,为首都经济社会发展和现代化建设做出了巨大的贡献。

随着高等教育的普及化,高等教育学校在校人数迅速增长。2001年,北京市高等学校在校人数为41.98万人,2006年则达到73.28万人,增加了1.75倍,见图4-1。

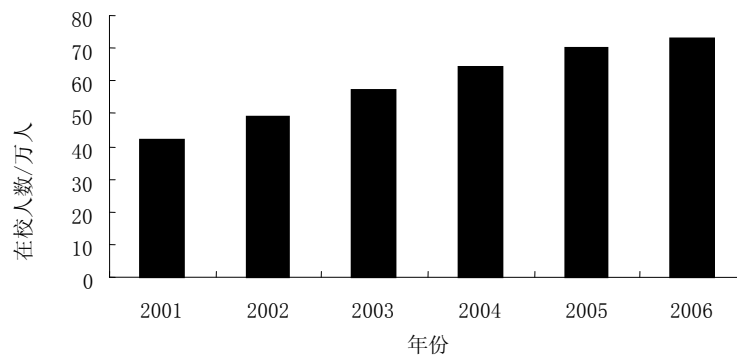


图 4-1 北京市高校在校人数变化

4.1.2 高校用水特点

据统计,2005年底北京市共有学校3782所,其中高等教育学校(包括普通高等教育学校、成人高等学校、民办的其他高等教育机构)162所,仅占学校总数4.3%。在校学生数约135.3万人,却占全市在校学生总数的46.2%;其教职工数约12.7万人,占全市教职工数的40%。据北京市节水管理部门统计,高等院校使用了全市各级学校总用水量的78%。因此,高等学校的人均用水量高于全市学校人均用水的平均值。北京的高校人均取水量为151 L/(人·d),而北京城八区的人均居民生活取水量则为104.14 L/(人·d)(王英,2004)。高校人均取水量要比人均居民生活用水量高出45%,同时也高于机关、写字楼等其他事业单位。实际上,全国各地的高校用水标准也高于当地一般事业单位用水。

在2002年调查的28家普通高等学校中60%以上的普通高等学校安装了智能卡淋浴系统,在学生洗浴管理中实现了刷卡洗浴的方式。仍有40%的学校采用脚踏板方式的淋浴系统。同时,调查中发现有50%的普通高等学校安装了中水回收系统,尚有近50%未安装中水回收系统。

高等学校在国家整个创新体系中扮演着特殊的角色。它不仅直接参与知识创新、科学创新和技术创新,更重要的是它承担着培养创造性人才的任务,为建设创新型国家提供人力支撑是中国高等学校的历史使命和义不容辞重任。然而,在调查中发现,在培养高层次人才的高等学校中,学生的节水意识却并不是很高。2005年,在中国

地质大学举行的“今天，你节约了吗”北京青年先锋论坛上公布了首都大学生评出的校园八大浪费现象，依次为：用水浪费、用电浪费、食物浪费、纸张浪费、一次性物品浪费、塑料浪费、电池浪费、用笔浪费。其中，高等学校的用水浪费居于首位。高校的浴室、学生宿舍用水的浪费现象尤为严重。严重缺乏节水道德意识的现象是与高等教育学校这种高层次人才聚集的环境严重不符的。学校，尤其是高等教育学校作为面向社会的示范性窗口之一，对于全社会的节水意识的提高起着不容忽视的作用，应当作为节约用水的表率。

4.1.3 北京市高校的用水构成

北京市是全国学校数量最多，学生人数最密集的城市之一。学校是北京市第三产业用水量较大的行业之一。2004年，学校用水量在城市公共生活用水中所占比例为16.32%。其中高等教育学校、中等学校有大量住宿生，用水量相比小学、幼儿园较大。尤其是高等教育学校所提供的服务更为全面，基础设施更为完善，使得高等教育学校成为学校中用水量最大的类型。在北京市2003年用水总量超过200万 m^3 的用水大户统计中，全市共有14家用水大户。其中3户是高等教育学校，分别为清华大学、北京科技大学、北京大学。它们用水总量之和占用水大户总水量的15.87%，其用水量相当可观。本次研究的基础也以普通高等学校的数据为主要参考依据。

高等学校人员构成主要可分为：学生、教职工两大类。教职工人数一般是在校学生人数的1/8~1/3，部分知名高校的教职工人数较多，如北京大学的教职工人数可达到在校生人数的1/2。高等学校的人员文化水平整体较高，对于教育规范和先进节水技术的接受相对容易，在这个方面有利于节水工作的开展。学校的用水主要是围绕着以学生、教职工用水为核心而展开的。根据不同用水行为的差别，又可以将学生、教职工用水分为三种类型，不同类型的人员人均月用水量差别很大，走读生人均月用水量仅相当于住宿学生的0.2左右。

高校在用水器具的配置上也具有自己的特点。由于学生数量大，厕所使用频率高，采用的多为便器冲洗阀。而在盥洗室则多采用陶瓷片密封水龙头。一般高校没有中央空调。

学校中以高等院校的用水量最大，用水结构也最为复杂，是一个集教学生活于一身的“微型社会”。用水主要分布在教学区、生活区和附属区三个主要区域，其中每个区域又有各自不同的内部用水结构。根据典型调查和对已有资料的分析归纳，现有高校内的主要用水部位大致可分为10个部分：（1）教学、办公、图书馆；（2）学生宿舍；（3）学生食堂；（4）学生洗浴；（5）饮用水；（6）公寓、招待所；（7）供暖补水；（8）体育用水；（9）绿化用水；（10）实验用水和其它用水。通过调查，结合实践经验，大致计算出各用水部位的用水比例：其中宿舍最高，占总用水量的36-44%，教学、办公、图书馆用水占9-12%，食堂占10-12%，浴室占6%（插卡式）

或 12%（脚踏式），体育场地用水占 5%，招待所占 5-6%，供暖占 4-6%，实验用水和其它用水分别为 4%和 5%。其中以住校学生的宿舍用水和洗浴用水量最大，接近 50%，因此住校外的学生与住本校宿舍的学生在用水量上相差很大，应分别对待。特别是最近扩招的学生有很大一部分住在校外，有的甚至有一半多的学生住大学生公寓。

通常意义上讲，在高校用水管理中，生活区与附属区这两个区域的用水属外供用水范畴，其用水不纳入本文的高校用水构成分析之中。根据多个样本数据的平均水平，对高校主要用水部位构成做出判定与比例计算，见表 4-1。

从表 4-1 可以看出，教学、办公楼、图书馆、宿舍、食堂、浴室是北京高校用水的主要部位。其用水总量之和最高可以达到整个高校用水量的 80%。其中，宿舍用水量最大，占 36~44%。该部位的用水行为以盥洗、冲厕为主。在这些部位的用水过程以学生与教师的用水为主。

表 4-1 高校主要用水部位的用水构成

用水部位	比例(%)
教学、办公楼和图书馆	9~12
试验	4
体育场地	5
供暖	4~6
宿舍	36~44
浴室	6~12
食堂	10~12
其它	5

4.1.4 高校节水存在的问题

在北京市水资源紧张的情况下，高校反应积极，在取水定额管理的约束下总用水量得到了有效的控制。在建设节约型学校工作的带动下，虽然节水工作取得了很大进展，但目前还存在一些问题有待解决。

1) 节水管理

行业主管部门市教委参与并辅助市节水管理部门对学校用水进行监督，利用行政手段积极地推动高校节水管理。部分学校进行后勤化改革，将学校水费收取和器具维护交与物业管理，节水管理的职能被大大弱化。开展取水定额管理的初期，各类学校普遍暴露出用水基础资料、相关属性以及设施信息资料的缺乏。日常用水及相关资料积累不足，直接影响节水目标确定和具体节水工作的开展。个别学校为了多获取计划用水，还存在虚报用水人数规模的问题。

2) 基础设施和计量系统

在高校中，几乎包含了教学、生活、商业在内的所有的用水类型。大部分学校因缺乏完备的用水计量系统，难以在相应部位开展精确的计量管理。例如，家属楼与学生宿舍用水合用水表计量，商业用水（外租办公、商店、餐饮等）与学校教学用水无法剥离的现象甚为普遍。而且越是大型综合性的高校，该部分用水量所占比例就越大。学校无法掌握内部用水构成，难以开展实际有效的微观取水定额管理，更加大了节水管理的难度；另外，对于建校时间久远的学校，由于管道使用时间长、破损重，院内管线长且复杂，难以及时更换，因此造成管道跑、冒、漏水现象严重。

3) 节水器具的安装和使用

各校对节水的重视程度不同，节水器具安装使用情况不一，反映出各校之间同一用水部位的用水水平差距很大。如学生洗澡用水，使用改装成插卡式智能型淋浴系统，用水最低可达 69L/人·次，而脚踏式一般都在 130L/人·次以上，用量相差一倍。绿化用水多数学校已安装喷滴灌设备，灌溉定额小于 $0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{年}$ ；部分学校使用中水和雨水浇灌完全替代新鲜水的浇灌；而仍旧使用大水漫灌绿化的学校，绿化部分则将消耗大量的新鲜水。

4.1.5 国内外高校节水措施对比

高校用水在国内外都受到了广泛的关注，下文将以美国新墨西哥州的新墨西哥州立大学与北京师范大学的节水范例进行比较。

1) 气候条件

美国新墨西哥州阿尔伯克基市是格兰德河上游的一个城市，位于圣菲西南方，气候干旱炎热，水资源短缺。阿尔伯克基市也是美新州最大的城市，地处美国西部地区，人口 60 多万，其城市规模在全美占第 44 位。创办于 1889 年的新墨西哥州立大学（UNM）正是位于这座城市中的一所当地知名大学。

北京师范大学也是一所历史悠久的知名高校。北京为暖温带半湿润大陆性季风气候，夏季炎热多雨，冬季寒冷干燥，春、秋短促，年平均气温 $10-12^\circ\text{C}$ ，也是水资源短缺的城市。

同是两个缺水城市的高校，在应对缺水的现状与响应城市节水管理要求时，分别采取了积极的对策。因地制宜的调控学校内用水，提高用水效率，成为城市节水的典范，见 4-2 表。

表 4-2 两所高校节水情况对比

项目	新墨西哥州立大学	北京师范大学
----	----------	--------

总量节水百分比(%)	39	37
节水主要部位	地面、高尔夫球场、教学楼	绿化景观、学生宿舍、浴室

新墨西哥州立大学 1994 年用水量为 389 万 m^3 。节水工作开展到 1998 年时，全校用水量则为 236 万 m^3 。能够在五年中达到 39% 的节水效率，主要来源于操场和高尔夫球场外水收集利用，此外则是通过减少建筑用水和设备用水实现的。

2) 节水管理体制

分析两所高校的节水管理模式，发现它们在管理体制的整体构架上是十分相似的，所采用的管理思路是一致的，见图 4-2。



图 4-2 管理模式比较

两所高校的均设有专门的用水管理部门，且直属学校管理系统。在进行用水管理时具有较大管理权，使得节水措施易于推广。在用水管理部门之下又分别安排了专项节水管理人员分别负责不同用水部位，对于用水量较大的部位实现了专人专管，其对用水行为的监督以及节水政策的推行力度很大。新墨西哥州立大学的高尔夫球场用水就是在一名专项节水管理人员的精心管理下实现了大幅节约。此外，在用水管理过程中的用水审计制度是很值得借鉴的。北京师范大学则不仅有专项节水管理人员，而且还聘请了经验丰富的节水管理人员作为顾问，保障用水管理水平的可持续提高。



图 4-3 学生志愿队伍



图 4-4 新墨西哥州立大学绿地景观用水

此外，全校除了专项节水管理人员之外，还有 4 个约 190 人的学生志愿队展开节水宣传与监督工作，辅助节水管理。见图 4-3。

3) 绿化景观用水

为给学生、教师提供一个优良的学习、科研的环境，高校普遍注意校园景观建设，拥有较大的绿化面积。用于绿地与景观的用水量很大的，但是良好的用水制度能够使得这部分用水大大下降。新墨西哥州立大学就有大片的绿地与景观，见图 4-4，此外，该学校还有两块高尔夫球比赛场地。因此该校的绿化景观用水量是很大的。该校主要从减少渗漏、过度浇灌，选择种植耐寒型植物等方面入手挖掘节水潜力。在耐旱植物选择上，新墨西哥州立大学采用的是当地草种与牛茅草混种的方法，在原有用水基础上节约了 10~15%。在节水技术上不仅使用了喷灌技术，还在全校的喷灌点通过集中控制系统对环境进行实时监控，从而对灌溉时间、灌溉周期进行及时调整。同时，还可以及时发现设备损坏予以更换，这套系统使该校绿化用水减少了 25~35%。

北京师范大学没有安装集中控制系统，对绿地灌溉主要是通过节水管理人员的人工监控。在 2004 年，北京师范大学投资近 100 万元，对全校 10 万 m^2 的草坪进行微喷改造，据估算该工程实现节水 40%。相比新墨西哥州立大学，北京师范大学虽然收到了良好的节水效果，但是在技术水平上还有待于进一步完善，能够实现节水水平向更高层次的提高。

4) 中水利用收集

中水利用属于再生水回收的范畴，是高校一项重要的节水措施。其节水效果最为直接、明显。2002 年，北京师范大学投资 430 余万元筹建了中水处理站，主要收集浴室的洗浴用水和学生宿舍盥洗间的洗漱水，设计能力为日处理污水 500 m^3 。经过处理的中水用于全部学生宿舍楼冲厕、景观、操场喷洒、洗车和部分绿化。中水站于 2003 年 1 月正式投入使用，回用率达到 100%，年节水量 10 万 m^3 以上。中水站污水收集面广，污水处理能力强和自动化程度高，在技术上和利用效率均达到了较高水平，成为同行中的模范。而新墨西哥州立大学则在此方面未进行相应的工作。

5) 中美高校的优势与劣势

对中美两所高校进行节水潜力对比分析表明，在不同的经济社会条件下，为达到节水目的，中美高校采用的对策是不同的。新墨西哥州立大学主要是通过利用技术与管理水平提高来减少使用量，从而来达到节约用水的目的。通过基于环境的集中控制系统，优化灌溉点的布局与数量，使用合理的水压和流量，因时因地进行最优化浇灌；而北京师范大学则把节水潜力的发掘推进一步，不仅强调了管理与技术的改造，还在

替代水源上获得了更高的节水效益。两所高校在节水潜力发掘方面各具思路，各有所长。

4.1.6 国外节水经验

1) 开展“水资源教育”，提高人们的节水意识

当前，世界各国采用各种方式宣传节水的重要性、迫切性，以提高人们的节水自觉性。日本东京为了抓好节水工作，建立了一整套宣传体系，通过新闻、广播、报纸及分发专门编制的宣传手册等形式进行宣传，并通过组织参观城市供水设施等活动来教育群众。此外，还将节水内容编入课本，从学校教育入手提高公民节水意识。美国政府从 20 世纪 70 年代就很重视节水的宣传工作。政府认为，只有不断增强广大公众的爱水、惜水、节水意识，才能加快全国节水工作的前进步伐。为此，美国联邦政府要求州以下各级政府要切实抓好对广大公众的宣传教育。他们充分利用现代传媒手段，以及各种会议大力宣传节水对促进美国经济和社会可持续发展的重要性。洛杉矶为了增强公众的节水意识，曾动员 100 人一连作了 188 次节水报告，并让 7 万多名中学生观看了有关方面的电影。由于宣传发动有方，有效地增强了广大公众的节水意识。目前，美国人普遍将节水看成是一种良好的修养，是个人素质的一部分，而浪费水是一种不道德的表现。尽管水费在美国非常便宜，普通人家每月的水费甚至低于中等工资收入者一个小时的工资，但极少有人因水价低而不拧紧水龙头。公共场所如车站、机场、政府办公大楼等，几乎看不到任何用水的地方有漏水现象。

2) 中水、再生水回收利用，开辟新水源

世界上大多数城市，已修建有汇集城市居民和公共设施污水的管道，城市污水经二级或三级处理净化后可回收利用。美国 1926 年首次回收水，1971 年已有 358 家工厂企业利用处理后的城市污水，回收量 5.1 亿 m^3 。美国加利福尼亚每年利用净化污水 2.7 亿 m^3 ，相当于 100 万人口一年的用水量。1985 年德国城市污水二级处理率达 75%~80%。而同年，莫斯科市污水处理率更是高达 98%。

3) 采用节水型器具是城市节约用水的重点

城市生活用水增加一方面是因为城市人口增加，另一方面是因为第三产业的发展和生活水平的提高。冲厕、洗澡、洗衣制冷采暖等用水是第三产业主要的用水方式。1985 年美国加州的法律规定，要求 1988 年每家都装上新节水装置。美国抽水马桶制造者协会推荐的节水型产品平均只需 13L，与当时普通马桶相比能够节约近一倍用水。而当时，德国一般的厕所冲洗一次只耗水 9L，更堪称节水典型。日本福冈市在 1979 年制定了《关于福冈市节水型用水措施纲要》。

在设备上方面,采用空气冷却器,不仅可节省用水量,而且采用气冷还可以减少废气排放量。但是此方法耗能较高的缺点限制了其广泛应用。

4) 加强管道检漏工作,避免城市不必要的供水损失

节水的前提是防止漏损。最大的漏损途径主要是管道,自来水管管道漏损率一般都在 10%左右。为了减少管道漏损,在铺设管道时,需选用质量好的管材并采用橡胶柔性接口。另外还须加强日常的管道检漏工作,如美国洛杉矶供水部门中有 1/10 人员,专门从事管道检漏工作,使漏损率降至 6%。东京自来水管的漏水比较严重,为了进行维修,自来水局建立了一支 700 人的“水道特别作业队”,其主要任务是早期发现漏水并及时进行修复。东京为了从根本上防止漏水,从 1980 年起,开始逐步以不锈钢管道代替旧有的铸铁管道。根据美国东部、拉丁美洲、欧洲和亚洲许多城市的统计,供水管路的漏水量占供水量的 25%~50%。维也纳降低供水管道漏水,每天可以减少损失 64000 m³ 的新鲜水,足够满足 40 万居民生活用水的需要。目前各国均把降低供水管网系统的漏损水量作为供水企业的主要任务之一来对待。

5) 采用经济措施实行计划用水管理,加强法律法规建设

当今世界各国已颁布了许多种法规,严格实行限制供水,对违者实行不同程度的罚款处理。目前,以色列、意大利以及美国的加利福尼亚、密执安和纽约等州分别制定了法律,要求在新建的住宅、公寓和办公楼内安装的用水设施必须达到一定的效率标准方可使用。德国早在上世纪 50 年代就制定了《水资源法》,后来又增加了《废水收费法》,这部法规经过多次修正补充,细则多达 35 项,它的严厉之处在于,不管是家庭还是企业,都必须按照用水量的多少和水污染物含量的高低交纳排污费。

另外,许多城市通过制定水价政策来促进高效率用水,偿还工程投资和支付维护管理费用。目前,国外普遍采用的水价政策为累进制水价和高峰水价。日本东京采取了“抑制需要型”的收费方法,即东京都内一般用户水费分为“基本水费”和“超量水费”两种。对供水管在 13~25mm 的用户,耗水量不超过 10m³ 时,每月只收“基本水费”800~1320 日元。超过这一标准,增收“超量水费”,按每 10 m³ 为一单位递增,超过水量越大,收费标准就越高。对供水管直径为 100mm 以上的用户,除基本水费较高外,超量部分每立方米一律增收 375 日元。20 世纪 80 年代,加拿大颁布了《联邦水政策》,重点是运用经济杠杆来调节全社会对水资源的需求量。通过回扣、减税和提供信贷等刺激性措施,以及高价、罚款等抑制性措施,来调节水资源市场的需求。在市政和居民用水方面,加拿大也通过经济杠杆促进节水。

同时,有效水资源管理体制也是实现节水的基础之一。日本在 20 世纪 90 年代末开展“一龙管水,多龙配合”的水资源管理改革取得了明显成效。日本在原国土厅水资源部水资源规划处处长的倡导下,成立了由原 6 个有关部级机构的 9 个相关处为成

员的“构筑健全的水循环体系相关省厅联络会议”。该机构变过去多龙管水为一龙管水，以构建健全的水循环体系为目标，展开了各部门之间的信息沟通和意见交换，开辟了各部门之间相互合作和协调的节水管水新途径。改革后的水资源管理机构，无论在科学决策方面，还是在协调治水方面，都比以前有了显著的改观，较好地适应了国民经济和社会发展的需要。

4.2 高校节水潜力估算方法初步探讨

4.2.1 定额差值分析

取水定额管理是当前北京城市用水管理的主要手段。根据不同管理目标，取水定额又可划分为取水设计定额、取水规划定额和取水管理定额。在第三产业范围内，取水定额就是根据某个行业相应核算单元所核定的，城市公共生活各行业合理取水的单位取水量。取水定额是第三产业行业用水多少的一种数量标准，是指在一定的技术和管理条件下，第三产业各行业在正常运行中的合理用水的水量标准。标准取水定额就当前政府正式公布的取水定额。

取水定额是在一定条件下制定的，它与具体的技术条件和用水设施相联系。也就是说，单位核算单元（如面积、人数等）和它所需要的水量之间的依附关系受到服务性质和设备、用水结构、生产规模和条件、用水管理、用水人员节水意识水平等各种主、客观因素的影响，而集中体现在用水量的变化上。

此外，第三产业取水定额的大小随着城市的区域范围、经济条件、用水习惯、卫生条件及时间序列等不同而不同。

在进行定额差值分析的时候存在的假设为：1.在一定时间内，定额保持稳定性。2.经济结构、技术、政策因素在这段期间内不会发生重大变化。

1) 定额与本地当前平均水平的比较

利用标准取水定额与本地该行业的平均水平进行比较计算出差值。是评估该地方节水潜力的最基础的模式。这体现了该地方该用水行业用水水平与定额存在的差异。这个差值体现出了节水潜力的空间，也表明在实施定额管理后能够达到的基本效果。

节水潜力表达公式如下：

$$V = \frac{\sum_{n=i} (q_i - Q)}{\sum_{n=i} q_i} \quad (4.1)$$

当 Q 大于该行业平均用水水平 q 时，公式可以简化成为：

$$V = \frac{(q - Q)}{q} \quad (4.1)$$

式中:

V , 为节水潜力,
 Q , 为当前某行业的标准取水定额,
 q_i , 为低于标准取水定额的用水水平,
 q , 则为某行业的平均用水水平。

2) 先进水平与平均水平的比较

一个地区行业发展是不平衡的, 行业的优势企业往往会在整体水平上高于行业平均水平。以该行业的先进企业用水水平作为参照物与之进行比较, 计算出的差值体现了同行业企业之间的能够达到的节水潜力。

行业的先进水平用 $q_{\text{先进}}$ 表达。节水潜力表达公式如下:

$$V = \frac{(q - q_{\text{先进}})}{q} \quad (4.2)$$

式中:

V , 为节水潜力,
 $q_{\text{先进}}$, 为某行业的先进用水水平,
 q , 则为某行业的平均用水水平。

3) 其他先进国家或地区水平与本地当前平均水平的比较

在进行节水潜力计算的时候不能仅仅参照本地的定额和先进水平, 由于受到本地诸多因素的限制, 可能存在本地节水水平普遍不高的现象。因此, 引进先进国家或者地区的用水水平进行比较, 找到差距, 计算节水潜力也是有必要的。

其他先进国家或地区的用水水平用 $q_{\text{其他先进}}$ 来表达。节水潜力表达公式如下:

$$V = \frac{(q - q_{\text{其他先进}})}{q} \quad (4.3)$$

式中:

V , 为节水潜力,
 $q_{\text{其他先进}}$, 为某行业的先进用水水平,
 q , 则为某行业的平均用水水平。

4) 先进国家或地区与标准定额之间的比较

比较标准定额与先进用水水平(包括本地先进水平和其他国家、地区的先进水平)的差距, 可以推算出在强化了定额管理之后, 在现有基础上还有多少节水潜力可控。这为未来节水管理以及节水规划提供依据。

先进用水水平用 $q_{\text{其他先进}}$ 来表达。该节水潜力表达公式如下:

$$V = \frac{(Q - q_{\text{其他先进}})}{Q} \quad (4.4)$$

式中:

V , 为节水潜力,
 $q_{\text{其他先进}}$, 为某行业的先进用水水平,
 Q , 为当前某行业的标准取水定额。

4.2.2 管理效应分析

管理手段不仅在城市管理层面广泛使用,在用户内部进行有效的管理也对节水工作产生极大的促进。比较节水管理之前与节水管理之后的用水量会发现节水管理在挖掘节水潜力方面的重要作用。同时,节水管理也是配合定额管理、以及器具改造来实现节水的一个重要方面。管理效应节水潜力可表达为:

$$V_{\text{内部}} = \frac{(q_{\text{器具}} - q'_{\text{器具}})}{q_{\text{器具}}} \times a_{\text{器具}} + \frac{(q_{\text{绿化}} - q'_{\text{绿化}})}{q_{\text{绿化}}} \times a_{\text{绿化}} + \dots \quad (4.5)$$

其变型式:

$$V_{\text{内部}} = \left(1 - \frac{q'_{\text{器具}}}{q_{\text{器具}}}\right) \times a_{\text{器具}} + \left(1 - \frac{q'_{\text{绿化}}}{q_{\text{绿化}}}\right) \times a_{\text{绿化}} + \dots \quad (4.6)$$

式中:

V , 为管理节水潜力;

V , 为各用水部位节水潜力加和, 即总终端节水潜力;

$a_{\text{器具}}$, 为器具用水量在全校用水量中的比重;

$a_{\text{绿化}}$, 为绿化用水量在全校用水量中的比重;

$q_{\text{器具}}$, 为加强管理之前的用水水平;

$q'_{\text{器具}}$, 为加强管理之后的用水水平;

$q_{\text{绿化}}$, 为加强管理之前的用水水平;

$q'_{\text{绿化}}$, 为加强管理之后的用水水平;

4.2.3 用水终端效用分析

用水终端在本文是指水龙头、便器、淋浴喷头等用水设备。由于用户对水的需求是通过终端的使用来实现的,用水终端是挖掘节水潜力的重要部位。用水终端作为一种设备,要对人的用水行为进行约束,减轻人的行为对其使用的干扰,可以通过客观技术改进来实现。例如,红外线感应式水龙头及阀门,在无人使用的时候会自动关闭,它有效地避免了长流水。此类技术在当前是可以实现且能够推广的。

但是,终端技术措施潜力只有在正常条件下才可以达到,不能排除人为故意的行为。当前由于技术水平的不足,还不能完全避免刻意的浪费现象。在进行终端效用分析的时候,这种现象在国内以及国外都有发生。出现这种现象的原因主要是因为有些节水器具在使用的时候存在障碍。例如,节水便器出现冲不干净的问题,又如感应节水水龙头损坏率高,维修费用过高。还有部分技术高,耐用设备价位偏高,用户难以接受。

在本文对节水潜力估计的时候,不考虑主观影响因素,也不采用不适于当前社会经济发展阶段的高科技水平。主要计算在正常使用的时候可能实现的潜力:

$$V = \sum_{i=1}^n a_i V_i \quad (4.7)$$

展开,

$$V = \frac{(q_{\text{器具}} - q'_{\text{器具}})}{q_{\text{器具}}} \times a_{\text{器具}} + \frac{(q_{\text{绿化}} - q'_{\text{绿化}})}{q_{\text{绿化}}} \times a_{\text{绿化}} + \frac{(q_{\text{浴室}} - q'_{\text{浴室}})}{q_{\text{浴室}}} \times a_{\text{浴室}} + \dots \quad (4.8)$$

式中:

V_i , 为各用水部位节水潜力;
 i , 可为器具、绿化、浴室等用水终端部位;
 V , 为各用水部位节水潜力加和, 即总终端节水潜力;
 a_i , 为各部位用水量在全校用水量中的比重;
 $a_{\text{器具}}$, 为器具用水量在全校用水量中的比重;
 $a_{\text{绿化}}$, 为绿化用水量在全校用水量中的比重;
 $a_{\text{浴室}}$, 为浴室用水量在全校用水量中的比重;
 $q_{\text{器具}}$, 为节水器具改造前的用水水平;
 $q'_{\text{器具}}$, 为节水器具改造后的用水水平;
 $q_{\text{绿化}}$, 为绿化使用喷滴灌等节水灌溉方式前的用水水平;
 $q'_{\text{绿化}}$, 为绿化使用喷滴灌等节水灌溉方式后的用水水平;
 $q_{\text{浴室}}$, 为浴室改造为智能卡节水系统前的用水水平;
 $q'_{\text{浴室}}$, 为浴室改造为智能卡节水系统后的用水水平。

4.2.4 分质供水效用分析

分质供水 (Separate Quality Water Supply) 即“根据用户对水质的不同要求, 将不同水质标准的水供给用户的一种分系统供水方式, 又称分质给水”。“优水优用, 劣水劣用”是分质供水的主要原理, 其所供水源不仅包括直饮水、自来水, 还包括再生水、中水, 也包括海水、苦咸水、矿井水等非传统水资源。分质供水就是指根据生活中人们对水质的不同需要, 来分配不同水质的水, 使得水资源得到高效利用, 同时也减少了污水排放量, 从而达到节约用水和废水减量的双重目的。

分质供水对于充分发掘节水潜力发挥着极大的作用。北京城市范围内, 中水供水系统、再生水供水系统和雨水供水系统的运行, 取代了大量的诸如景观、便器冲洗、绿化等对水质要求较低部位的用水, 使得节约用水迈上了一个新台阶。

计算分质供水带来的节水潜力, 应当依据现有条件下能够使用中水的用水部位, 统计其可被中水取代的用水量, 得到其节水潜力。在第三产业中, 这些部位分别为绿化、便器冲洗、景观。即

$$V = \sum_{i=1}^n V_i = V_{\text{绿化}} + V_{\text{器具}} + V_{\text{景观}} + V_{\text{洗车}} + \dots \quad (4.9)$$

展开,

$$V = \frac{m_{\text{绿化}}}{m_{\text{总}}} + \frac{m_{\text{便器}}}{m_{\text{总}}} + \frac{m_{\text{洗车}}}{m_{\text{总}}} + \frac{m_{\text{景观}}}{m_{\text{总}}} + \dots \quad (4.10)$$

式中:

V_i , 为各可以使用非常规水源替代的用水部位节水潜力;
 V , 为各用水部位节水潜力加和, 即总分质供水节水潜力;
 $m_{\text{总}}$, 为总用水量;
 $m_{\text{绿化}}$, 为绿化使用非传统水源的水量;
 $m_{\text{景观}}$, 为景观使用非传统水源的水量;
 $m_{\text{便器}}$, 为便器使用非传统水源的水量;
 $m_{\text{洗车}}$, 为洗车使用非传统水源的水量。

4.2.5 节水潜力不同估算方法比较

上述四类节水潜力估算方法是从不同的角度来对节水潜力进行估计。大致可以把定额差值分析看作宏观把握, 用水终端效用分析与管理效用分析看作微观尺度上的潜

力估计。而分质供水潜力则是从水源替代的角度审视节水潜力，在当前的条件下是介于宏观与微观尺度之间的方法。

4.3 北京市高校节水潜力分析

4.3.1 管理效应节水潜力分析

管理的作用在于对人的行为机制进行约束，从而实现一种高效的秩序。形成一种水资源高效率使用的秩序对节水起着至关重要的作用。据美国 Artesian's 公司对某地区居民夏季用水高峰的调查报告显示，人们对于节水信息的认知是影响到节水的一个重要因素（Bureau, 1999）。在该研究的观测时段内，较为关注节水信息的那组观测对象的用水量减少了 3%，而不了解节水信息的观测对象的用水量则上升了 3%。此外，在一项针对喷灌行为约束的调查中还发现，政策约束对于喷灌用水的增长有明显影响。对喷灌政策较为了解的一组用户用水量的增长速率在 1992~1993 年减慢了 3%。反之，不了解政策的用户用水量的增长速率却加快了 5%。政策、宣传教育只是管理的一个方面，但其对行为的影响是很显著的。

管理是对各种手段的综合运用。北京服装学院是一个用水管理效果明显的节水先进单位。1996 年开始该学校在校内实施了水指标定额管理工作。其初期的定额管理只是针对个别独立核算单位。从 1998 年下半年开始，特别是 1999 年以来，逐步加大了定额管理的范围和力度。据该学校节能办的观测数据，管理对于该学校的节水工作起到了明显推动作用。

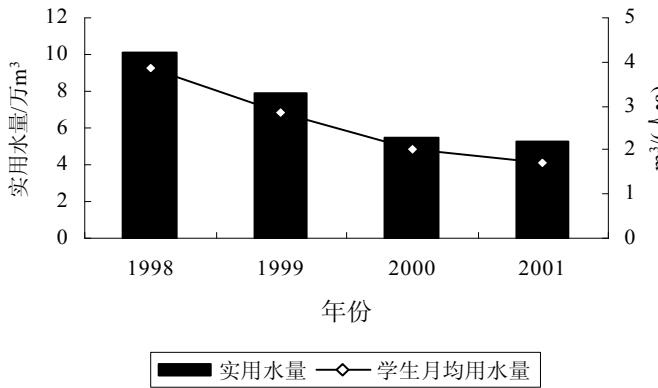


图 4-5 宿舍用水量和学生月均用水量变化

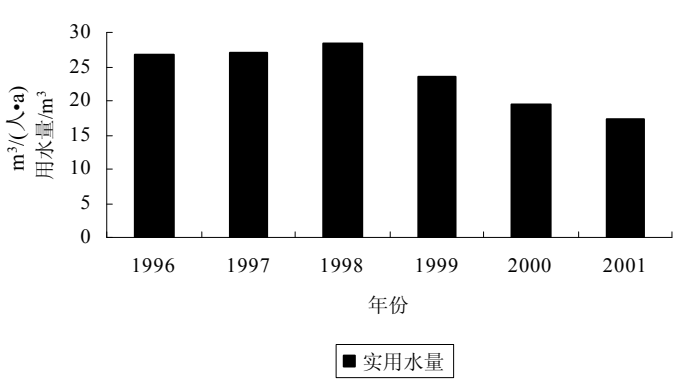


图 4-6 学校年用水总量变化

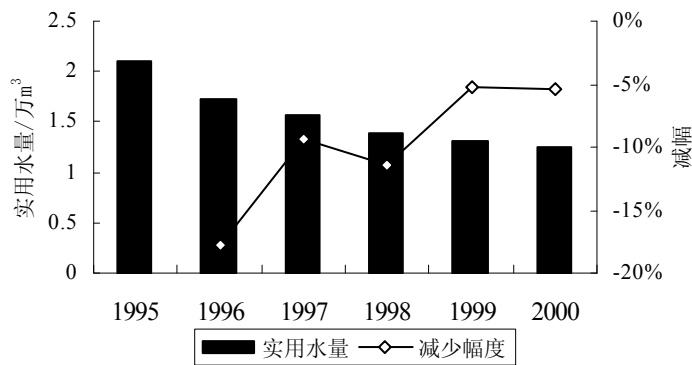


图 4-7 食堂年用水量变化

图 4-5、图 4-6、图 4-7 显示的是北京服装学院从开始实行内部定额管理以来，学校用水总量以及宿舍、食堂用水量的变化。宿舍、食堂用水量都有显著的下降，学校用水总量在起伏中下降。这说明，管理节水的效果很好，应该坚持实行并进行推广。

要分析节水管理的节水效应，则需先排除其他会带来节水效应的因素影响，如节水器具、中水回收利用等措施的影响。1998 年北京服装学院在全校已经全部安装了远红外节水器，绿化也使用了微喷浇灌；而 2001 年之后才进行了新的节水器具改造以及中水回收系统的建设。因此，可以假设在 1998~2001 年之间，主要使用管理手段进行节水。

北京服装学院在 1998 年没有加强用水管理的时候宿舍年用水量为 10.11 万 m³，而到了 2001 年的年用水量则仅为 5.26 万 m³，总量减少了 48%。从图中可以看出，2000 年与 2001 年水量相近，这说明用水管理产生的效用是有一定极限的。在一定时期内，采用某种用水管理手段达到了目前所能达到的极值节水效应后，用水量不会持续下降，其节水效应是有限的，也是可以估计的。若要进一步节水，则至少需要采取新的方法或者措施。

将加强节水管理之前的全校用水水平 5.85 m³/人·月、宿舍用水水平 3.85 m³/人·月、食堂用水水平 9.9m³/人·月，和加强管理之后的各自对应的用水水平 3.15 m³/人·月、1.73m³/人·月、8.7 m³/人·月代入管理效应节水潜力计算公式，得到管理节水潜力计算结果，见表 4-3。

表 4-3 北京服装学院管理节水潜力计算表

用水部位	用水比例(%)	部位节水潜力(%)	总节水潜力(%)
全校	100	47~48	47~48
宿舍	36~44	55	19~24
食堂	10~12	11~12	1~1.5

上表显示，宿舍与食堂不仅是高校用水的重要部位，而且是节水潜力的重要挖掘点。尤其是在宿舍对学生用水加强管理能够有效的节约用水。如果人数不变的话，至少可以减少一半的宿舍用水量。

食堂仅依靠节水管理的加强就可以节省用水 11~12%，为全校节省了至少 1%的用水。

综上，学校依靠管理的节水潜力是大有发展前途的。在完全不采用器具改造条件且其他条件不变的情况下，采取管理措施能够达到节水 47~48%的效果。在学校这个用水系统中，对人为行为约束，形成一种有序的用水秩序是管理实现节水的根本方法。

管理手段带来的效果需要经过一定的时间才能够完全体现出来，这与人对管理体系的适应以及相关的管理执行是否到位存在着密切关系。通过采用管理手段来加强节水是基于一定的技术条件与人们的道德意识水平之上的，不断加强管理在一定阶段也只能实现有限的节水潜力。

4.3.2 用水终端节水潜力分析

1) 浴室潜力分析

浴室一般面积不大，其用水量却能占全校用水总量的 6~12%，具有用水量大且集中的特点。过去浴室总采用售票制，由于使用人员缺乏节水意识，常常出现浴室中随意浪费水的现象。如，在不使用淋浴的时候，喷头仍在喷水；在浴室中清洗衣物等，这也降低了浴室的周转率。智能卡节水管理系统是解决这个问题行之有效的手段。该方法主要依靠浴室智能管理淋浴喷头的出水量，按照每分钟的出水量进行收费，多用多收。这项举措使得浴室的浪费现象迅速消失，周转率低的问题也得到了解决，洗浴秩序大大改善。各学校安装智能淋浴系统之后的效果，见表 4-4。

表 4-4 高校浴室改造前后单位人次用水量变化

高校名称	未使用智能卡 (L/人·次)	使用智能卡 (L/人·次)
中国青年政治学院	233	80
北京服装学院	100	64
北京交通大学	193	106
北京师范大学	-	129
北京邮电大学	-	77
人民大学	-	83
对外经贸大学	218	-
中华女子学院	115	-
北京第二外国语学院	226	-
北京信息工程学院	206	-
中央戏剧学院	-	173
中国戏曲学院	-	67
北京商业干部管理学校	162	-
中央民族大学	-	84
北京工业大学	240	-
北京化工大学	-	69
平均值	188	93

比较采用智能卡淋浴管理系统前后各学校的每人每次用水平均值,将其代入用水终端效用节水潜力计算公式(4.8),计算出浴室的节水潜力约为40~50%。

2) 室内用水器具改造潜力分析

室内用水器具主要包括盥洗用的水龙头,大便器和小便器,此外可能还有开水炉用水和少量的洗衣机用水。在本文重点分析前三个主要器具改造的节水潜力。这三种器具主要集中分布在洗手间。由于洗手间器具用水量大小的统计数据较少。在此仅采用北京交通大学一家单位的数据进行部位分析。

通过对北京交通大学某学生宿舍楼2002~2003年的4、6、10、1月份不同日期共20天的统计,得到该宿舍楼各类用水情况,见图4-8。其中以小便池用水量最大,占宿舍用水的45.81%。该宿舍楼的12个小便池均为槽式小便池,每个小便池平均每天用水量 $5.35\text{m}^3/\text{d}$;60个大便池为虹吸式高位水箱,每个大便池平均每天用水量 $0.56\text{m}^3/\text{d}$ 。同时,该学校的宿舍楼的水龙头为陶瓷芯水龙头、手压式水龙头和隔膜式水龙头。这类水龙头与红外感应式水龙头相比节水效果较差。

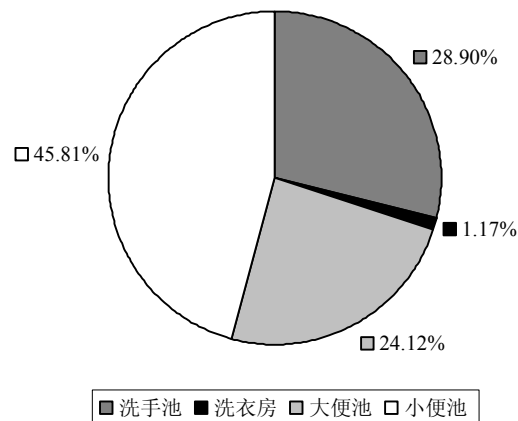


图 4-8 某高校宿舍楼用水情况

器具改造是发掘节水潜力的一个重要途径。通过把老旧的设备更换成新型节水型设备，防止了跑冒滴漏以及长流水的现象，起到较为明显的节水作用。根据北京服装学院的实验楼统计，其未进行节水改造之前的日均用水水平为 $80\sim 90\text{ m}^3/\text{d}$ ，进行了安装红外感应式节水器具之后该楼的日均水平达到 $37\sim 43\text{ m}^3/\text{d}$ ，比改造前降低了 50%以上。之后，该校又将该楼的地板采用无水保洁技术，在地面的清洁过程中不再使用水。这使得实验楼的用水进一步减少到 $23\sim 27\text{ m}^3/\text{d}$ ，下降了 38%。虽然无水保洁技术并非在所有高校建筑中都适用，但是无疑这是一种有效节约用水的替代方式。因而，在高校的建筑中，仅依靠器具的改造就能够使其用水量比原来降低 50%以上。通过代入公式 (4.7)，计算结果显示北京交通大学某学生宿舍楼还有 49%的节水潜力。

3) 绿化与景观用水技术改造节水潜力分析

绿化与景观是高校的一道亮丽风景，菁菁校园因此而著称。维持优美的校园环境需要大量用水，这项用水量的支出往往可达近万吨，尤其是在园林式的高校用水量之大更是惊人，着手绿化与景观的节水也成为高校节水的重要组成部分。其节水技术改造可以从以下几个方面：（1）由管灌改为喷灌、滴灌，见图 4-9。（2）选择种植耐旱植物。（3）中水替代新鲜水。（4）辅助节水设施。如铺设透水砖增加雨水渗透，见图 4-10。



图 4-9 喷灌、滴灌



图 4-10 铺设透水砖

多家学校的统计数据以及管理经验显示,把管灌的粗放式浇灌改为喷滴灌可以节水 30~40%。目前北京大多数高校都全部或者部分采用了喷灌、微喷或者滴灌,使得绿化用水大大减少。更有一部分高校已经开始采用中水来替代新鲜水,这部分将在 4.3.3 文中讲到。

4.3.3 分质供水潜力分析

随着科技与经济的发展,再生水的利用越来越成为一种经济可行的手段;随着政府的政策推动,高校带头在校园开展了中水回收利用与雨水利用项目。分质供水的理念在高校中的利用使得城市的节水工作向前迈进了一大步。图 4-11 和图 4-12 所示为某高校的中水利用情况。



图 4-11 中水补充景观用水



图 4-12 中水处理设施

在高校中,不同的部位对于水质的要求是不同的。在冲刷、绿化、景观用水等对水质要求较低的部位都可以考虑选择使用中水来替代。随着中水收集、利用技术的完善与经济可行性的提高,中水在越来越多的高校中得以使用。

高校中水利用大致可以总结为以下三种模式,见图 4-13。

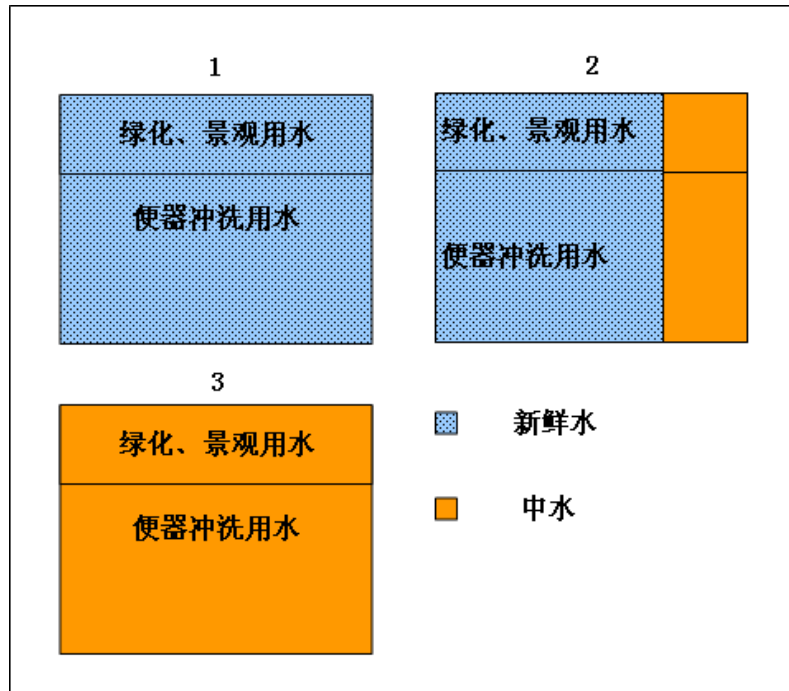


图 4-13 中水利用在高校中的三种模式

模式 1 的高校没有使用中水，这可能由于中水利用系统在目前利用不经济或没有利用中水条件，也可能与学校的节约意识有关；模式 2 的学校则是部分使用中水的学校，这可能是由于回收生产的中水量不足，难以在可以利用中水的所有部位使用。模式 3 则是具有充分的中水水源，所有的低质用水部位都使用了中水来替代新鲜水。

表 4-5 高校中水利用情况统计表

高校名称	年中水生产量 (万 m ³)	占总水量比例 (%)
北京服装学院	1.152	6
北京交通大学	3	3
北京师范大学	20	15
中华女子学院	2.2	13
北京工业大学	5	7
北京化工大学	4.02	5
北京体育大学	4.3	14
北京林业大学	4.5	7
首都师范大学	3	3

目前，北京市已有不少高校安装了中水利用系统。在 2002 年问卷调查的 23 家高校中有 9 家已经使用中水利用系统，还有 3 家已经正在筹备建设。从表 4-5 的统计中可以看出，中水利用程度最高可达到全校用水总量的 15%，最低为 3%。

高校的中水利用系统的水源可以来自多方面：雨水、浴室排水、盥洗排水的水质都符合作为中水的原水标准。但是，由于各高校情况不同，不同的高校在收集中水水源的时候存在不同程度的障碍。在早期的建筑中一般为混合排污，因此盥洗水难于收

集；同时，由于雨水收集需要建设规模相对较大的工程，对于不少高校往往不经济，所以采用雨水的高校不多见。而浴室排水水质尚好，排放量稳定且地点集中便于收集，所以大部分高校中水利用多以收集浴室用水为主。一般的高校洗浴用水占全校总用水量的 6~12%。

分质供水潜力可分为两种：现实潜力与理论潜力。本文计算分质供水潜力的时候，均假设高校没有进行中水回收利用系统的建设，在此前提之下的节水潜力。

首先对现实潜力进行计算。这是基于现实情况短期内，高校还将以收集浴室用水为主，下文计算只考虑收集浴室排水的再生水回收量的情况下潜力的大小。同时，由于浴室用水过程中消耗掉的水较少且难于估计，本次计算中暂不考虑浴室耗水与收集过程中的耗水。假设浴室用水 100%排放，且 100%被收集，据此浴室用水量就相当于中水原水量。一般情况下，中水的生产随着处理环节的增加而造成一定的水量损失，在高校中水利用过程中的损失率约为 5~10%。将其代入分质供水计算公式（4.10），得到高校分质供水节水潜力结果，见表 4-6。

表 4-6 高校分质供水节水潜力计算表

浴室用水量占总用水量比例 (%)	损失率 (%)	高校分质供水节水潜力 (%)
6~12	5~10	5.7~10.8

前文分析了当前高校分质供水的情况，随着节水技术的进步以及经济的发展，分质供水还有进一步潜力可挖。鉴于对未来节水潜力的估计有利于城市节水有序地进行，在前文分析的基础上，以下对分质供水的理论潜力也加以计算。

本文选取了北京交通大学、北京师范大学、北京服装学院、北京邮电大学 4 家典型高校 2002 年各用水部位统计进行理论节水潜力计算。通过对高校用水的构成的分析，计算各个部位的水量。要把高校各用水部位水量按用途再加以细分计量，需要得到该部位不同用途用水的构成比例，由于数据统计缺失，本文对不同用途的用水在各部位的比例进行理论估计。然后，根据排水系数，计算得到不同部位的排水量。依据不同用途选择适合作为中水原水的排水部位并计算其排水量。最后在排水量计算的基础上，考虑中水回收利用率得到理论中水量。

（1）分析用水构成及其用途。把各高校用水按不同的部位用水计算取水量和比例，并按照用途分类，见表 4-7、表 4-8、表 4-9、表 4-10。

表 4-7 2002 北京邮电大学各用水部位用水量

用水部位	取水量 (m ³)	取水比例 (%)	用途
教学楼	139600	21.53	盥洗、冲厕
图书馆	40896	6.31	盥洗、冲厕
办公楼	7962	1.23	盥洗、冲厕
男生宿舍	81250	12.53	盥洗、冲厕
女生宿舍	46510	7.17	盥洗、冲厕
食堂	109760	16.93	烹饪
开水房	2968	0.46	饮用
浴室	112600	17.37	洗浴
校医院	7968	1.23	医疗卫生
洗车用水	396	0.06	其它
游泳池	3675	0.57	其它
喷洒场地	1896	0.29	其它
环境绿化	69876	10.78	绿化
留学生公寓	11369	1.75	洗浴、盥洗、冲厕
招待所	11680	1.80	洗浴、盥洗、冲厕

表 4-8 2002 北京师范大学各用水部位用水量

用水部位	取水量 (m ³)	取水比例 (%)	用途
教学楼、办公楼	83567	7.10	盥洗、冲厕
图书馆	11893	1.01	盥洗、冲厕
男生宿舍	204246	17.36	盥洗、冲厕
女生宿舍	248101	21.08	盥洗、冲厕
食堂	142372	12.10	烹饪
浴室	141531	12.03	洗浴
开水房	22000	1.87	饮用
实验室	45964	3.91	实验
实验工厂	46174	3.92	生产
校医院	7193	0.61	医疗卫生
喷洒场地	20000	1.70	其它
环境绿化	23040	1.96	绿化
留学生公寓	94835	8.06	洗浴、盥洗、冲厕
招待所	85844	7.29	洗浴、盥洗、冲厕

表 4-9 北京交通大学各用水部位用水量

用水部位	取水量 (m ³)	取水比例 (%)	用途
教学楼	81590	10.51	盥洗、冲厕
图书馆	8713	1.12	盥洗、冲厕
办公楼	42247	5.44	盥洗、冲厕
男生宿舍	282083	36.33	盥洗、冲厕
女生宿舍	67978	8.75	盥洗、冲厕
食堂	46259	5.96	烹饪
浴室	48027	6.19	洗浴
开水房	2643	0.34	饮用
实验室	34441	4.44	实验
实验工厂	2178	0.28	生产
校医院	13753	1.77	医疗卫生
洗车用水	2315	0.30	其它
游泳池	15000	1.93	体育
喷洒场地	35722	4.60	体育
环境绿化	29700	3.82	绿化
留学生公寓	14201	1.83	洗浴、盥洗、冲厕
招待所	49621	6.39	洗浴、盥洗、冲厕

表 4-10 北京服装学院各用水部位用水量

用水部位	取水量 (m ³)	取水比例 (%)	用途
教学楼、办公楼	77487	47.41	盥洗、冲厕
图书馆	2527	1.55	盥洗、冲厕
男生宿舍	12198	7.46	盥洗、冲厕
女生宿舍	20935	12.81	盥洗、冲厕
食堂	14520	8.88	烹饪
浴室	14021	8.58	洗浴
开水房	3023	1.85	饮用
洗车用水	260	0.16	其它
喷洒场地	200	0.12	体育
环境绿化	10611	6.49	绿化
留学生公寓	2826	1.73	洗浴、盥洗、冲厕
招待所	4820	2.95	洗浴、盥洗、冲厕

(2) 从上述各表中, 可以看到能够作为中水水源的用水部位很多, 如宿舍、教

学楼、图书馆、办公楼、以及公寓楼和招待所。在这些部位的用水有多种用途，如盥洗、冲厕等。由于缺乏现实的计量数据，冲厕用水量和盥洗水量无法精确地估计。目前，居民冲厕用水量按照每户 3 人家庭计算，每人每天冲厕用水 30~50L。而学生或教职工都不会全天在同一地点用水，上课时间主要在教学楼、办公楼、图书馆而休息时间则在宿舍、公寓。因此，其用水量应当小于居民每人每天冲厕用水量。在此，以 25L(居民每人每天冲厕用水量最大的 1/2)作为学生每人每天冲厕用水量，相当于 $0.75 \text{ m}^3 / (\text{人}\cdot\text{月})$ 。据数据资料统计，学生宿舍人均用水量为 $2\text{m}^3 / (\text{人}\cdot\text{月})$ ，则宿舍的冲厕用水约占宿舍用水的 40%，盥洗用水约占 60%。以下宿舍盥洗用水与冲厕用水量的计算均依照此系数。

而教学楼、图书馆、办公楼用水构成类似，其盥洗用水与冲厕用水的比例据经验分别为 40%和 60%。留学生公寓楼和招待所的用水构成和特点与饭店相似，在此采用饭店的用水构成，即盥洗用水、冲厕用水、洗浴用水分别为 10%、20%、70%。根据上述分析高校各用水部位用水构成比例，详见表 4-11。

表 4-11 各用水部位构成比例

用水部位	盥洗用水 (%)	冲厕用水 (%)	洗浴 (%)
教学楼、办公楼	40	60	-
图书馆	40	60	-
男生宿舍	60	40	-
女生宿舍	60	40	-
留学生公寓	10	20	70
招待所	10	20	70

(3) 依据上表中用水构成的理论比例以及相应的排水系数，计算可得到各高校不同用途的排水量表，见表 4-12、表 4-13、表 4-14、表 4-15。

表 4-12 北京邮电大学按用途计算的排水量

用水部位	用途	取水量 (m ³)	取水比例 (%)	排水系数	排水量 (m ³)
教学楼	盥洗	55840	8.61	0.9	50256
图书馆	盥洗	16358.4	2.52	0.9	14723
办公楼	盥洗	3184.8	0.49	0.9	2866
男生宿舍	盥洗	48750	7.52	0.9	43875
女生宿舍	盥洗	27906	4.30	0.9	25115
留学生公寓	盥洗	1136.9	0.18	0.9	1023
招待所	盥洗	1168	0.18	0.9	1051
教学楼	冲厕	83760	12.91	1	83760
图书馆	冲厕	24537.6	3.79	1	24538
办公楼	冲厕	4777.2	0.74	1	4777
男生宿舍	冲厕	32500	5.01	1	32500
女生宿舍	冲厕	18604	2.87	1	18604
留学生公寓	冲厕	2273.8	0.35	1	2274
招待所	冲厕	2336	0.36	1	2336
食堂	烹饪	109760	16.93	0.8	87808
开水房	饮用	2968	0.46	0.5	1484
浴室	洗浴	112600	17.37	1	112600
校医院	医疗卫 生	7968	1.23	0.85	6773
洗车用水	其它	396	0.06	1	396
游泳池	其它	3675	0.57	0.9	3308
喷洒场地	其它	1896	0.29	0	0
环境绿化	绿化	69876	10.78	0	0
留学生公寓	洗浴	7958.3	1.23	1	7958
招待所	洗浴	8176	1.26	1	8176
合计	-	648406			536201

表 4-13 北京师范大学按用途计算的排水量

用水部位	用途	取水量 (m ³)	取水比例 (%)	排水系数	排水量 (m ³)
教学楼、办公楼	盥洗	33427	2.84	0.9	30084
图书馆	盥洗	4757	0.40	0.9	4281
女生宿舍	盥洗	148861	12.65	0.9	133975
男生宿舍	盥洗	122548	10.42	0.9	110293
留学生公寓	盥洗	9484	0.81	0.9	8535
招待所	盥洗	8584	0.73	0.9	7726
教学楼、办公楼	冲厕	50140	4.26	1	50140
图书馆	冲厕	7136	0.61	1	7136
女生宿舍	冲厕	148861	2.84	1	148861
男生宿舍	冲厕	122548	0.40	1	122548
留学生公寓	冲厕	18967	12.65	1	18967
招待所	冲厕	17169	10.42	1	17169
食堂	烹饪	142372	0.81	0.8	113898
浴室	洗浴	141531	0.73	1	141531
开水房	饮用	22000	4.26	0.5	11000
实验室	实验	45964	0.61	0.8	36771
实验工厂	生产	46174	8.43	0.8	36939
校医院	医疗卫生	7193	6.94	0.85	6114
喷洒场地	其它	20000	1.61	0	0
环境绿化	绿化	23040	1.46	0	0
留学生公寓	洗浴	66385	12.10	1	66385
招待所	洗浴	60091	12.03	1	60091
合计	-	1267229	100	-	1132442

表 4-14 北京交通大学按用途计算的排水量

用水部位	用途	取水量 (m ³)	取水比例 (%)	排水系数	排水量 (m ³)
教学楼	盥洗	32636	4.204	0.9	29372
图书馆	盥洗	3485	0.448	0.9	3137
办公楼	盥洗	16899	2.176	0.9	15209
男生宿舍	盥洗	169250	21.798	0.9	152325
女生宿舍	盥洗	40787	5.25	0.9	36708
留学生公寓	盥洗	1420	0.183	0.9	1278
招待所	盥洗	4962	0.639	0.9	4466
食堂	烹饪	46259	5.96	0.8	37007
浴室	洗浴	48027	6.19	1	48027
开水房	饮用	2643	0.34	0.5	1322
教学楼	冲厕	48954	6.306	1	48954
图书馆	冲厕	5228	0.672	1	5228
办公楼	冲厕	25348	3.264	1	25348
男生宿舍	冲厕	112833	14.532	1	112833
女生宿舍	冲厕	27191	3.5	1	27191
留学生公寓	冲厕	2840	0.366	1	2840
招待所	冲厕	9924	1.278	1	9924
实验室	实验	34441	4.44	0.8	27553
实验工厂	生产	2178	0.28	0.8	1742
校医院	医疗卫生	13753	1.77	0.85	11690
洗车用水	其它	2315	0.3	1	2315
游泳池	体育	15000	1.93	0.9	13500
喷洒场地	体育	35722	4.6	0	0
环境绿化	绿化	29700	3.82	0	0
留学生公寓	洗浴	9941	1.281	1	9941
招待所	洗浴	34735	4.473	1	34735
合计	-	776471	100	-	662645

表 4-15 北京服装学院按用途计算的排水量

用水部位	用途	取水量 (m ³)	取水比例 (%)	排水系数	排水量 (m ³)
教学楼、办公楼	盥洗	30994.8	18.96	0.9	27895
图书馆	盥洗	1010.8	0.62	0.9	910
男生宿舍	盥洗	7318.8	4.48	0.9	6587
女生宿舍	盥洗	12561	7.69	0.9	11305
留学生公寓	盥洗	282.6	0.17	0.9	254
招待所	盥洗	482	0.30	0.9	434
食堂	烹饪	14520	8.88	0.8	11616
浴室	洗浴	14021	8.58	1	14021
开水房	饮用	3023	1.85	0.5	1512
教学楼、办公楼	冲厕	46492.2	28.45	1	46492
图书馆	冲厕	1516.2	0.93	1	1516
男生宿舍	冲厕	4879.2	2.98	1	4879
女生宿舍	冲厕	8374	5.12	1	8374
留学生公寓	冲厕	565.2	0.35	1	565
招待所	冲厕	964	0.59	1	964
洗车用水	其它	260	0.16	1	260
喷洒场地	体育	200	0.12	0	0
环境绿化	绿化	10611	6.49	0	0
留学生公寓	洗浴	1978.2	1.21	1	1978
招待所	洗浴	3374	2.07	1	3374
合计	-	163428	100	-	142937

(4) 中水水源对水质是有一定要求的。在高校，冲厕与食堂用水的排水成分较复杂、污染程度高、水质差，不宜作为中水原水；实验室、实验工厂、医院的排水的污染物成分更加复杂、有可能存在剧毒物质、病菌等，必须经过专门处理，因此也不宜作为中水原水；由于洗车、绿化、喷洒场地的用水难于收集，且单个用水量不大，在此暂不记入中水水源回收范围。其余各种用途的用水均可作为中水原水。根据以上各高校不同用水部位的排水水质，按中水原水标准的要求，并参考中水可回收利用率一般为 0.9 的经验值，可以计算出各学校的中水理论产量。见表 4-16、表 4-17、表 4-18、表 4-19。

表 4-16 北京邮电大学理论中水量

用水部位	用途	取水量 (m ³)	排水量 (m ³)	中水可回收利 用率	理论中水量 (m ³)
教学楼	盥洗	32636	29372	0.9	26435
图书馆	盥洗	3485	3137	0.9	2823
办公楼	盥洗	16899	15209	0.9	13688
男生宿舍	盥洗	169250	152325	0.9	137092
女生宿舍	盥洗	40787	36708	0.9	33037
留学生公寓	盥洗	1420	1278	0.9	1150
招待所	盥洗	4962	4466	0.9	4019
食堂	烹饪	46259	37007	0	0
浴室	洗浴	48027	48027	0.9	43224
开水房	饮用	2643	1322	0.9	1189
教学楼	冲厕	48954	48954	0	0
图书馆	冲厕	5228	5228	0	0
办公楼	冲厕	25348	25348	0	0
男生宿舍	冲厕	112833	112833	0	0
女生宿舍	冲厕	27191	27191	0	0
留学生公寓	冲厕	2840	2840	0	0
招待所	冲厕	9924	9924	0	0
实验室	实验	34441	27553	0	0
实验工厂	生产	2178	1742	0	0
校医院	医疗卫生	13753	11690	0	0
洗车用水	其它	2315	2315	0	0
游泳池	体育	15000	13500	0.9	12150
喷洒场地	体育	35722	0	0	0
环境绿化	绿化	29700	0	0	0
留学生公寓	洗浴	9941	9941	0.9	8947
招待所	洗浴	34735	34735	0.9	31261
合计	-	776471	662645	-	315017

表 4-17 北京师范大学理论中水量

用水部位	用途	取水量 (m ³)	排水量 (m ³)	中水可回收利 用率	理论中水量 (m ³)
教学楼、办公楼	盥洗	33427	30084	0.9	27076
图书馆	盥洗	4757	4281	0.9	3853
女生宿舍	盥洗	148861	133975	0.9	120577
男生宿舍	盥洗	122548	110293	0.9	99264
留学生公寓	盥洗	9484	8535	0.9	7682
招待所	盥洗	8584	7726	0.9	6953
教学楼、办公楼	冲厕	50140	50140	0	0
图书馆	冲厕	7136	7136	0	0
女生宿舍	冲厕	148861	148861	0	0
男生宿舍	冲厕	122548	122548	0	0
留学生公寓	冲厕	18967	18967	0	0
招待所	冲厕	17169	17169	0	0
食堂	烹饪	142372	113898	0	0
浴室	洗浴	141531	141531	0.9	127378
开水房	饮用	22000	11000	0.9	9900
实验室	实验	45964	36771	0	0
实验工厂	生产	46174	36939	0	0
校医院	医疗卫生	7193	6114	0	0
喷洒场地	其它	20000	0	0	0
环境绿化	绿化	23040	0	0	0
留学生公寓	洗浴	66385	66385	0.9	59746
招待所	洗浴	60091	60091	0.9	54082
合计	-	1267229	1132442	-	516510

表 4-18 北京服装学院理论中水量计算

用水部位	用途	取水量 (m ³)	排水量 (m ³)	中水可回收利 用率	理论中水量 (m ³)
教学楼、办公楼	盥洗	30994.8	27895	0.9	25106
图书馆	盥洗	1010.8	910	0.9	819
男生宿舍	盥洗	7318.8	6587	0.9	5928
女生宿舍	盥洗	12561	11305	0.9	10174
留学生公寓	盥洗	282.6	254	0.9	229
招待所	盥洗	482	434	0.9	390
食堂	烹饪	14520	11616	0	0
浴室	洗浴	14021	14021	0.9	12619
开水房	饮用	3023	1512	0.9	1360
教学楼、办公楼	冲厕	46492.2	46492	0	0
图书馆	冲厕	1516.2	1516	0	0
男生宿舍	冲厕	4879.2	4879	0	0
女生宿舍	冲厕	8374	8374	0	0
留学生公寓	冲厕	565.2	565	0	0
招待所	冲厕	964	964	0	0
洗车用水	其它	260	260	0	0
喷洒场地	体育	200	0	0	0
环境绿化	绿化	10611	0	0	0
留学生公寓	洗浴	1978.2	1978	0.9	1780
招待所	洗浴	3374	3374	0.9	3037
合计	-	163428	142937	-	61443

表 4-19 北京邮电大学理论中水量

用水部位	用途	取水量 (m ³)	排水量 (m ³)	中水可回收利 用率	理论中水量 (m ³)
教学楼	盥洗	55840	50256	0.9	45230
图书馆	盥洗	16358.4	14723	0.9	13250
办公楼	盥洗	3184.8	2866	0.9	2580
男生宿舍	盥洗	48750	43875	0.9	39488
女生宿舍	盥洗	27906	25115	0.9	22604
留学生公寓	盥洗	1136.9	1023	0.9	921
招待所	盥洗	1168	1051	0.9	946
教学楼	冲厕	83760	83760	0	0
图书馆	冲厕	24537.6	24538	0	0
办公楼	冲厕	4777.2	4777	0	0
男生宿舍	冲厕	32500	32500	0	0
女生宿舍	冲厕	18604	18604	0	0
留学生公寓	冲厕	2273.8	2274	0	0
招待所	冲厕	2336	2336	0	0
食堂	烹饪	109760	87808	0	0
开水房	饮用	2968	1484	0.9	1336
浴室	洗浴	112600	112600	0.9	101340
校医院	医疗	7968	6773	0	0
洗车用水	其它	396	396	0	0
游泳池	其它	3675	3308	0.9	2977
喷洒场地	其它	1896	0	0	0
环境绿化	绿化	69876	0	0	0
留学生公寓	洗浴	7958.3	7958	0.9	7162
招待所	洗浴	8176	8176	0.9	7358
合计	-	648406	536201	-	245192

根据上述各表，得到了各高校的中水理论总产量 TTP (Total Theoretical Production)，而高校各部位的中水理论总需求量 TTD (Total Theoretical Demand) 则可由可以用中水替代的低质用水部位的取水量计算得到。 α 为中水理论需求量 TTD 与理论中水产量 TTP 的比值，见公式 (4.11)。

$$\alpha = \frac{TTD}{TTP} \quad (4.11)$$

当 $\alpha \geq 1$ 时，表明该高校的中水理论总产量 TTP 不能满足其中水理论总需求量 TTD。由于前提假设是基于高校没有使用中水的情况下，此时 TTP 即为其中水理论节水潜力。

当 $\alpha < 1$ 时，表明该高校的中水理论总产量 TTP 富余，此时 TTD 的值即其为中水

理论节水潜力。

经过统计与计算得到表 4-20。

表 4-20 各学校中水理论需求量与理论中水量

学校名称	TTD (m ³)	TTP (m ³)	α (%)
北京邮电大学	240957	245192	0.98
北京师范大学	407860	516510	0.78
北京交通大学	300056	315017	0.95
北京服装学院	73862	61443	1.20

从上表可以看出，北京师范大学 α 值为 0.78，说明该高校理论上的中水生产量能够满足自身的需求其节水潜力为 407860m³。而北京服装学院的 α 值为 1.2，说明其理论上的中水生产量难以满足其需求，其节水潜力应为 61443 m³。

同时，从表 4-19 中，经过 α 值的计算可以判断各学校可利用中水量。计算可利用中水量与各学校取水量的比值，具体各项数值见表 4-21。

表 4-21 各学校中水理论节水潜力分析表

学校名称	中水的理论节水潜力 (m ³)	取水量 (m ³)	理论节水潜力占取水量的比例 (%)
北京邮电大学	240957	648406	37.16
北京师范大学	407860	1267229	32.19
北京交通大学	300056	776471	38.64
北京服装学院	61443	163428	37.60
平均	-	-	36.40

从上表分析得出各个学校的中水的理论节水潜力。上述各学校虽然规模有所不同，但其中水的理论节水潜力在全校取水量中所占比重十分接近。因此对于没有进行中水回收利用的高校而言，理想状态的中水利用应当能够在原有基础上节水 36% 左右。

4.3.4 定额差值节水潜力分析

1) 定额差值分析

“总量控制，定额管理”是北京市管理城市用水的主要原则。定额管理是当前用水管理的主要方式。定额是综合反映了节水管理措施的信息，体现用水户综合用水水平的取用水量的数量标准。定额是在充分调查、分析、计算的基础上通过行业讨论、用户座谈、定额验证、专家评审等评议过程，最终形成的。北京市高校定额是作为地方标准通过公布的，既具有代表性又具有一定先进性。

根据调查数据得到，目前北京市高校平均标准人数用水为 $4.68 \text{ m}^3/\text{人}\cdot\text{月}$ （表 4-22）。而北京市节水先进高校的平均水平则仅为 $3.39 \text{ m}^3/\text{人}\cdot\text{月}$ 。

表 4-22 2005 年北京市用水先进学校用水情况 (m³/人·月)

先进单位	人均用水量	高校平均水平	节水程度(%)	高校先进水平
北京师范大学	3.07		34	
人民大学	3.8		19	
对外经贸大学	2.58	4.68	44	3.39
北京邮电大学	3.5		25	
北京大学医学院	3.69		21	
北京服装学院	1.66		64	

(数据来源：高校节水模式及典型单位)

表 4-21 中的用水先进高校通过加强用水管理、分解用水指标，责任到人；改造节水器具、安装中水回用系统；推广节水宣传教育等方法使得本校用水水平得到全面的提高。这些高校中节水先进除了服装学院规模相对较小，余者都属规模很大的全国知名综合性高等教育学校。根据这些高校的人均用水水平，可以大致的估算高校用水的平均先进水平为 $3.39 \text{ m}^3/\text{人}\cdot\text{月}$ 。

高校的定额的地方标准见表 4-23。

表 4-23 学校取水定额值 (m³/人·月)

学校类别	取水定额值
高等学校	4.60

将平均水平、定额值、先进水平值分别代入公式(4.1)、(4.2)、(4.4)，利用定额差值法计算不同情况下的节水潜力，见表 4-24。

表 4-24 定额差值法计算的节水潜力

节水潜力类型	节水潜力(%)
平均水平与定额	1.7
平均水平与先进水平	27.6
定额与先进水平	26.3

北京市在 20 世纪末实施了定额管理制度，作为用水大户的高等学校是北京市的重点管理对象。调查结果表明，大部分高校都已经改造了节水器具、不同程度的加强了节水管理，其收效也是很明显的。高校的用水水平与定额差距不大，这既说明了定额在当前北京市高校用水上具有相当的代表性。此外定额管理也为近期未来高校进一步提高用水管理提供了动力，具有重要的现实意义。在高校整体的节水潜力还是很大的，在现有用水水平上至少还应有 38.1% 的提升空间。高校一般用水水平与先进用水水平体现出了明显的差异。当前，不少高校与先进水平相比还存在较大差距，其原因不一。经济条件没有达到，学校管理制度的遗留问题以及学校的建筑年代过久等为主要影响因素。

定额与先进用水水平的差距说明了定额管理的阶段性与动态性，同时也表明定额适宜在短时期内保持稳定。随着时间的推移，定额值应当适作调整，以与当时的用水水平相适应，并保持一定的先进性。目前，北京市高校实现用水定额管理要求之后，仍有 35.7% 的节水潜力，这意味着北京定额管理的开展还有很大的潜力空间。

2) 分部位标准定额潜力分析

高校的主要用水部位是教学楼、宿舍、食堂、浴室。这些部位的器具以便器、淋浴系统、水龙头为主。此外，由于高校的绿化用水也相对较大，绿化也是节约用水的主要部位之一。表 4-25 显示了当前高校各个部位用水的平均水平、细部定额值以及先进水平。

表 4-25 分部位用水平均水平、标准定额及先进水平对照

用水部位	平均水平	定额	先进水平	单位名称
教学、办公楼和图书馆	1.36	1.0	1.0	m ³ /m ² ·月
宿舍	2.1	2	1.3	m ³ /人·月
浴室	106~117	60	60	L/人·次
食堂	0.71	0.5	0.5	m ³ /人·月
绿化	-	0.5	0.41	m ³ /m ² ·年

将各部位的平均水平、定额值、先进水平值分别代入公式(4.1)、(4.2)、(4.4)，通过定额差值计算分部位的节水潜力，见表 4-26。

表 4-26 分部位节水潜力计算

单位：%

用水部位	平均与定额比	定额与先进比	平均与先进比
教学、办公楼和图书馆	26.4	-	26.4
宿舍	3.4	34	36.2
浴室	48.7	6.7	45
食堂	30	-	30
绿化	-	18	-

4.4 北京市高校节水潜力未来情景

高校自身用水情况存在不确定性，通过不同节水措施的实施，使得高校产生的节水潜力不同。下文中综合考虑节水措施、管理效应以及分质供水等三个方面因素，在理论上分析一所高校节水潜力的不同情景。

4.4.1 情景 1——基础情景

在情景 1 中，假设某高校没有进行节水器具的改造，未实施节水管理，也没有中水回收利用系统。其用水量表达式为：

$$P_{\text{高校}} = P_{\text{器具}} + P_{\text{浴室}} + P_{\text{绿化}} + P_{\text{其他}} \quad (4.12)$$

转换成百分比形式:

$$1 = \frac{P_{\text{器具}}}{P_{\text{高校}}} + \frac{P_{\text{浴室}}}{P_{\text{高校}}} + \frac{P_{\text{绿化}}}{P_{\text{高校}}} + \frac{P_{\text{其他}}}{P_{\text{高校}}} \quad (4.13)$$

式中:

$P_{\text{高校}}$, 为高校用水总量;

$P_{\text{器具}}$, 为所有使用水龙头、厕所等部位的用水量。如教学楼、图书馆、实验楼、宿舍、食堂等部位;

$P_{\text{浴室}}$, 为浴室用水量;

$P_{\text{绿化}}$, 为绿化用水量;

$P_{\text{其他}}$, 为其他用水量, 如饮用水, 消防用水等。

情景 1 是作为下面各情景分析的基础情景。以下各情景是通过不同节水措施综合作用产生的不同节水潜力。

4.4.2 情景 2——节水技术改造与管理并重

节水技术的提高无疑将带来用水的节约。每一次技术的进步都能带来一次节水水平的飞跃。各部位用水水平的提高给整体带来相应的节水效应可以表达为:

$$1 \times a = \frac{P_{\text{器具}}}{P_{\text{高校}}} \times a_{\text{器具}} + \frac{P_{\text{浴室}}}{P_{\text{高校}}} \times a_{\text{浴室}} + \frac{P_{\text{绿化}}}{P_{\text{高校}}} \times a_{\text{绿化}} + \frac{P_{\text{其他}}}{P_{\text{高校}}} \times a_{\text{其他}} \quad (4.14)$$

式中:

a , 为高校节水潜力。

$a_{\text{器具}}$, 为器具的节水潜力。

$a_{\text{浴室}}$, 为浴室的节水潜力。

$a_{\text{绿化}}$, 为绿化的节水潜力。

则情景 2 的高校节水潜力为 26%~36%, 节水管理在其它部位带来的节水量很小也难以统计, 因此在此忽略不计。由于这是情景 1 基础上进行的计算, 但北京市高校用水水平普遍高于情景 1 的水平, 因此该潜力值偏高。所以应该对各项分指标潜力的实现程度进行讨论, 见表 4-27。

表 4-27 分部位节水潜力情景

器具改造	浴室	灌溉方式	等级	节水程度(%)
红外感应式	智能卡式	全部使用滴灌、微喷、喷灌	A	100
部分使用	-	部分使用管灌	B	50
未使用	未采用智能卡	全部使用管灌	C	0

A 等级情况下, 已达到目前节水技术的先进水平。在当前条件下不具有节水潜力。

B 等级情况下, 已经进行了部分技术改造, 因而其节水潜力应该仍有 13~18%。

C 等级情况下, 完全没有进行任何节水技术改造, 因而这种情况的节水潜力应该最大, 为 26%~36%。

4.4.3 情景 3——分质供水的使用

当全校的绿化、操场以及冲厕用水等对水质要求较低的用水部位均使用了非传统水源之后, 则其节水量则应为被替代的新鲜水量:

$$P_{\text{分质}} = P_{\text{器具}} \times b + P_{\text{绿化}} + P_{\text{景观}} + P_{\text{其他}} \approx P_{\text{浴室}} \quad (4.15)$$

式中:

$P_{\text{分质}}$, 为高校分质供水总量;

$P_{\text{器具}}$, 为所有使用非传统水源的部位用水量, 如厕所等部位的用水量;

$P_{\text{其他}}$, 为其他用水量, 如洗车饮用水等;

$P_{浴室}$, 为浴室用水量;
 b , 为盥洗用水所占百分比。

由于当前技术条件下, 大部分学校还是以收集浴室用水为主。因此, 分质供水节水量约等于浴室的用水量, 其节水潜力为 5.7~10.8%。

4.5 小结

在节水潜力分析中主要对各个部位的节水潜力进行分析估算, 确定以百分数的相对概念来进行表达节水潜力的大小。文中对 2005 北京市市管 80 所高校(不含民办高校和民办高等教育机构)可能实现的节水潜力值进行估计。

从分质供水节水潜力角度来看, 可以分为理论分质供水潜力和现实分质供水潜力。本文重点以中水的节水潜力展开讨论。2005 年, 北京市管 80 所高校中有 35 所高校建设了中水系统, 占高校总数的 44%; 未建设中水系统的高校 45 家, 占 56%。如果这些学校的全部建设中水系统并投入使用, 即便仅收集其浴室用水也可以节省用水 13~32 万 m^3 , 相当于全部高校用水的 1~4%。

定额管理潜力是从综合角度分析北京市高校节水潜力的。本文在计算定额管理潜力的时候, 进行了以下假设: 1.所有的器具已经改造成为节水型器具。2.绿化灌溉使用喷滴灌。3.节水管理体制健全, 措施严格。4.用水户实现内部分解定额管理, 责任到人。定额管理潜力为在此假设前提的基础上应该能够达到的节水量。2005 年, 北京市市管 80 所高校中共有 76 所高校的用水资料为有效数据。在有效数据中, 共有 11 所学校还没有达到高校定额管理标准。如果这些学校均达到取水定额的用水水平, 经计算则至少节省用水 280 万 m^3 , 相当于全部高校用水总量的 8%。

定额管理潜力是一个融会技术、管理、分质供水节水潜力于一体的综合潜力。在目前的经济社会条件下, 定额管理潜力具有对未来高校整体潜力估计有更为明确的现实意义。因此在对高校进行现实节水潜力估算的时候, 本文采用了定额管理潜力的结果。

在分析了北京市节水潜力之后, 本章又对北京师范大学与墨西哥州立大学的节水情况进行了对比分析。从气候条件、节水管理体制、绿化景观用水、中水的利用与收集各方面进行了优势与劣势的比较。墨西哥州立大学在节水技术上十分先进, 其基于环境的集中控制系统优化了用水分配, 减少了人力成本。而北京师范大学则在中水利用上发掘了较大的节水潜力。总结国外节水先进经验, 对北京高校解决当前节水存在的问题提供参考。

第五章 北京市高校节水对策与建议

在计算北京市高校节水潜力的基础上，本章参考国外节水经验，对比国内外高校节水措施，提出了北京市高校节水的对策与建议，以期为北京市水资源的高效管理和节水型社会的建设，提供科学依据和决策支持。

分析高校节水潜力，其最终目的是为了推动高校的节水工作开展。以下分别从管理、宣传、技术等方面对高校提出节水对策。在不同方面又分为多个层次进行了详细阐述。

5.1 加强学校用水管理

5.1.1 政府和教委管理部门的节水管理

节水行政主管部门对高校新建、改建、扩建项目的主体工程与用水过程、节水设备、节水器具的选用和用水量的“三同时”管理进行严格审核把关。改革目前用水考核体系，实现鼓励节水先进高校、促进落后高校。

政府在节水工作上给高校以指导和政策鼓励。加强节水器具标准的规范化，让高校在开展节水工作时有据可依。加强市政工程建设，提供配套的公共设施服务，例如市政中水管线的铺设。或者对中水富余的学校，引导其向周边供给中水，提高利用率。

联合水行政主管部门定期开展学校用水户节水大检查，进行“节水型学校”和“绿色校园”的评比活动，将检查结果在行业内部公布，将学校用水和完成指标情况纳入校领导工作考核内容。

5.1.2 学校内部用水管理

加强学校内部用水管理队伍建设。设置用水管理部门和专职管理员，编制和修订本校的节水规章制度，明确管理人员的任务和职责范围，科学、有计划地开展学校内部节水工作的组织、协调和实施，将节水成效与校领导绩效考核进行挂钩。

按照规定完成学校水平衡测试。根据水平衡测试数据分析学校用水结构并科学地分解取水定额，形成各细部取水定额和部门节水指标，并进行考核；将节水任务层层落实，责任到人，在定期检查中，根据目标执行情况，进行节奖超罚；学校管水部门设立并向全校公布用水监督举报电话，并对建设性的意见及时反映给予奖励。确立定期的巡检制度，安排专人对学校各主要用水环节进行检测、统计、评价，检查。对已实施节水项目的投资费用、运行情况、节水效果进行评估和跟踪记录，并根据学校历年的用水变化和未来用水规模的预测，制定节水项目投入改造的规划。

在公共取水处、开水房、洗手池张贴节水标志和标语，附加报损、报漏电话。鼓励学生和教工发现漏水、器具损坏以及严重浪费用水的行为及时向学校用水管理部门

报告，并进行公开表扬和物质奖励。

对学校家属区、商店、外租办公区、宾馆等附属用水部位安装独立水表，并按户按月计量收费，取消用水包费制。依据北京市取水定额标准和相应规模，学校为附属区不同用水部位核定计划用水量，根据年内实际用水节水情况施行超罚节奖。

5.1.3 学生、教工参与管理

发动全校师生共同参与管理。高校由学校用水管理部门组织，委托学校环保社团或班级，每周轮流负责周内教学楼及图书馆的日常用水及保洁员的正确用水的监督；教师办公楼安排青年教师志愿者轮岗监督，宿舍楼由每栋楼的宿舍协管员或推选学生代表负责。监督员或协管员发现问题立即上报，认真记录和填报《巡检结果记录》、《周监督情况记录》，由学校用水管理部门进行汇总和归档，形成重点解决问题和未来计划解决问题，入编用水整改方案或节水项目改造规划，按照轻重、主次分步解决。高校宿舍楼由每栋楼的宿舍协管员或推选学生代表负责检查本宿舍楼的日常用水并监督保洁员的正确用水。

5.2 节水器具、设施的改造和维护

根据学校建筑使用特点，设计独栋建筑中水循环系统或学校及生活区综合污水处理循环系统。建设污水处理设施，收集水房和浴室污水，经处理达标后用于冲厕、保洁和绿化。有条件的学校应建设屋面和操场雨水收集系统。浴室和开水房安装智能 IC 卡，学校可依据细部取水定额为学生和单身教工分配一定量的基础用水额，超出的部分根据个人需要购买使用。检查和测试各用水部位器具的漏损，并及时补漏、堵漏或更新，达到用水设施损失率（包括自备供水设施）小于 4%；用水器具、设备的漏水率（漏水件数/用水器具设备总件数 $\times 100\%$ ）小于 2%的要求。在各用水部位安装用水计量设备，达到一级水表计量率 100%，二级水表计量率达到 90%，三级水表计量率达到 85%。根据《学校取水定额地方标准》中“学校取水定额信息表”进行年取水信息和用水属性信息以及年内变化的定期记录和统计，完善计量台账。

将教学楼等公共场所的洗手间螺旋全转式水龙头换装成 1/4 转或红外感应控制自动水龙头。厕所设施上尽可能地安装新型 6 升的标准水箱或 3/6 升双键水箱，或利用供水管道中的压力来压缩内部积攒的空气，提高水的冲力的新型洁具，同时采用陶瓷芯片密封式水龙头(不容易产生滴漏)。

5.3 规范日常用水行为，形成良好的节水生活习惯

良好的用水习惯是节水管理的目标之一。在高校节水的工作中对用水的主要人群——学生要加强教育和管理。提高节水意识、规范用水行为要从日常生活的点滴抓起。将垃圾（剩饭菜）倒入指定的垃圾桶，或从专用垃圾道清除，禁止将垃圾（尤其是烟

头和碎细废物)倒入便池或水池用水冲掉。刷牙、取洗手液、抹肥皂时要及时关掉水龙头,提倡使用面盆洗脸;洗衣时应先用洗衣粉浸泡15分钟左右再用手揉搓,把搓揉过的衣服先把水挤干,然后再用水进行漂洗,可减少洗涤时间和漂洗次数,有效减少漂洗耗水量。漂洗时不要开大水龙头直接冲洗,应使用容器接水漂洗。这些既是生活中的细节,也是节水的技巧。既能够塑造个人修养,也可以带来用水的节约。

5.4 通过环境控制节约用水

绿化用水主要使用屋顶收集装置收集的雨水或学校中水处理系统收集经处理后的再生水。铺设绿化微灌系统,禁止使用自来水大水漫灌。在无雨水储备和再生水富余情况下,用滴嘴向个别植物施水、以喷雾器浇灌绿化带。园林绿化尽量选择耐旱的植物,有条件的可按植物需水性分区栽种,按不同栽种区域调整浇灌水量。改良绿化土壤,添加湿润介质或保水聚合物,如蛭石、木屑、泥炭土等提高土壤的透水与蓄水能力。提高校园绿化覆盖率,尽量减少裸露地面。对于行人穿越较多的绿化带可设立告示牌,或根据需要因地制宜顺势铺设小径。人行道或绿化带边缘铺设透水性地砖。

5.5 广泛开展节水宣传教育

学校是教书育人的阵地,高校是高级知识分子的聚集地,更应当是节水先锋。现代人缺乏节水意识,多数是因为没有“缺水体验”。选适当的时间开展“无水日”,让师生有缺水的体验,真正做到自觉珍惜用水。

利用多种媒体进行宣传。利用校园网络、广播、宣传栏和板报进行节水主题的宣传,播报和张贴有关国家和城市节水法规和政策,利用电视或屏幕循环播放节水小窍门,倡导节约光荣,浪费可耻的观念。

在大学校园里充分发挥环教经验丰富的大学生绿色协会、环保协会的宣传作用。开展知识讲座,户外学习、主题活动,使参与者掌握用水、节水基本知识,提高观察、记录、思考能力;建立研究性学习小组,组织进行多元化活动。在暑期组织学生开展以宣传节水型社会建设为主题的夏令营和社会实践活动。深入社区向居民宣传和提供更多节约用水、保护水资源的活动,以唤起更多的人保护水资源的意识,带动整个社会节水的热潮。

5.6 小结

本章在对北京高校节水潜力的分析基础上,进一步为北京市高校节约用水提出相应的对策与建议。当前高校仍必从管理、宣传、技术、规章制度多个方面同时入手。其中应重点着手用水管理,包括政府和教委管理部门的节水管理、学校自身内部管理水平的提高、学生和教职工对节水管理的参与以及器具的改造与维护。

此外,高校还应当重视对日常用水行为的规范,敦促学生与教职工形成良好的节

水习惯。同时利用学校是教书育人阵地的优势进行广泛的宣传和教育。

高校往往建有大面积的绿化景观，通过采取喷滴灌、选择耐旱植被或改良绿化土壤等环境控制措施也是实现节水的一个方面。

第六章 结论与展望

6.1 主要结论

1) 北京市第三产业用水在城市用水中所占比重很大，用水效率最高

随着北京市的经济结构调整，第三产业成为目前经济发展的主导产业。其用水量也随着产业规模的扩大而有所增加。2005 年北京市第三产业用水量已超过工业，占城市总用水量的 22%。在北京三次产业中第三产业的万元 GDP 取水量却是最小的，其单位用水经济产出也是最高的。2005 年，农业万元 GDP 取水量约为 1329 m³，工业万元 GDP 取水量约为 34 m³，第三产业万元 GDP 取水量则约为 29m³。从北京市第三产业自身发展来看，其万元 GDP 取水量从 2001 年到 2005 年持续下降，标志着城市第三产业用水效率有了显著提高。

2) 加强北京市第三产业节水工作，应分析行业用水特征，主抓非营利性行业用水。

从北京第三产业用水的行业构成来看，不同行业的用水量占总量比重有明显差别。其中，用水量最大的 4 个行业分别是机关（含写字楼）、学校、饭店、商业，其用水量之和可占总量的 61.08%。第三产业中的非营利性行业对水价不敏感；同时用水管理也较为松散，浪费现象较为严重，应是今后抓节水工作的重点。

第三产业用水行为存在整体的相似性与个体的差异性。人员用水及设备用水是两个主要用水方面。部分行业还具有本行业独有的特色用水，如餐饮业的烹饪用水等。

3) 加强节水管理、节水器具改造与更新等基础节水工作，分质供水是第三产业节水的重要途径之一。

首先，要加强行业用水管理，实现统计数据电子化管理。其次，合理利用中水、雨水是提高城市第三产业用水效率、实现节约用水的重要途径之一。根据第三产业用水的不同用途，在适宜建设中水的行业，例如饭店、学校，按适当规模修建中水、雨水收集处理设施，以供冲厕、景观、绿化。第三，要加强节水器具的改造与更新。

4) 北京市高校用水特点

高等学校的人均用水量高于全市学校人均用水的平均值。北京的高校用水定额为 151 L/(人·d)，而北京城八区的人均居民生活用水量则为 104.14 L/(人·d)。高校用水定额要比人均居民生活用水量高出 45%。同时，高校定额也高于机关、写字楼等其他事业单位。此外，调查中还发现，在培养高层次人才的高等学校中，学生的节水意识却不很高。教学楼、办公楼、图书馆、宿舍、食堂、浴室是校用水的主要部位。其用水

总量之和最高，约占整个高校用水量的 80%。其中，宿舍用水量最大，占 36~44%。该部位的用水行为以盥洗、冲厕为主。根据不同用水行为的差别，又可以将学生、教职工用水分为三种类型，不同类型的人员人均月用水量差别很大，住宿学生人均月用水量约是走读生的 5 倍。

5) 北京市高校节水潜力

通过各种估算方法对高校节水潜力作出评估。高校潜力最大的部位在学生宿舍楼与浴室，进行节水器具改造后，其用水量将会有大幅度的降低。分质供水潜力在北京高校还有较大的潜力，但其实现需要一定的经济与技术条件。

在北京市的高校中，仍有不少高校未进行适当的节水改造。管理松散的情况还在一定范围内存在，短期内加强定额管理仍有 8%左右的节水潜力。

6) 北京市高校节水对策

当前高校仍需从管理、宣传、技术、规章制度多个方面同时入手。其中应重点着眼于用水管理，包括政府和教委管理部门的节水管理、学校自身内部管理水平的提高、学生和教职工对节水管理的参与以及器具的改造与维护。

高校往往建有大面积的绿化景观，通过采取喷滴灌、选择耐旱植物或改良绿化土壤等环境控制措施也是达到节水的一个方面。此外，高校还应当重视对日常用水行为的规范，敦促学生与教职工形成良好的节水习惯。同时利用学校是教书育人阵地的优势进行广泛的宣传和教育。

6.2 问题与展望

1) 基础数据不足

当前，对于第三产业节水潜力的研究刚刚开始。在第三产业领域内在用水管理的数据积累相对较少，管理经验尚未系统化。因此，大部分行业都还无法获取较为确切的数据。此外，不少行业内部的用水没有专人管理，用水户自身情况的历史资料不完整。这些都给第三产业节水潜力的研究带来一定困难。

在城市统计体系中，并没有对第三产业用水的专项统计，对于第三产业的用水的整体情况缺乏定量的统计数据描述，暂时只能定性描述其发展趋势而难以进行定量预测。

2) 研究方法有待进一步深入探讨

本文仅对第三产业节水潜力中的计算方法进行了初步探讨，并应用于高校行业中。由于数据资料不足，该方法仅应用了差值的原理。待统计资料完善后，还可采用其他数学方法，建立计量模型，进行深入探讨。

3) 第三产业节水潜力研究仍需要进一步的理论探讨

由于时间等各方面条件限制，缺乏对第三产业各行业用水及节水潜力的深入分析研究。这方面的研究工作有待今后在实施建设节水型城市的过程中进一步开展。

参考文献

- [1] 赛度·马克斯毛维克, 约瑟·阿伯特·特加大-古波特, 城市水管理中的新思维——是僵局还是希望. 2006, 化学工业出版社: 北京.
- [2] 钱易, 刘昌明, 邵益生. 中国城市水资源可持续开发利用 [M]. 1. 北京: 中国水利水电出版社, 2002.
- [3] A. A. Kumanlioglu M. A. Yurdusev . Survey-Based Estimation of Domestic Water Saving Potential in the Case of Manisa City [J]. Water Resource Management, 2008, 2215.
- [4] 李赞堂, 李贵宝, 祁鲁梁. 节水型社会知识问答 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.
- [5] Duane D. Baumann, John J. Boland, W. Michael Hanemann. Urban Water Demand Management and Planning [M]. 1. New York: McGraw-Hill, 1997: 200.
- [6] 北京市人民政府. 北京城市总体规划 [R]. 北京: 北京市人民政府, 2004.
- [7] Wang C. Supply management of enterprises - a view of "Wooden Barrel Principle" [J]. Enterprises and Market , 2005 (5): 2.
- [8] Chao Bao Chuang-lin Fang, Jin-chuan Huang. Management Implications to Water Resources Constraint Force on Socio-economic System in Rapid Urbanization:A Case Study of the Hexi Corridor [J]. Water Resource Management, 2007 (21): 20.
- [9] 贾绍凤. 水资源经济学 [M] 水科学前沿学术丛书. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [10] A.S.Mohamed. Water Demand Management in Egypt: Policy Objectives and Strategy Measures [J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2000, 3 (25): 6.
- [11] John J. Boland Duane D. Baumann, W. Michael Hanemann. Urban Water Demand Management and Planning [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [12] 甘泓, 王浩, 罗尧增. 水资源需求管理---水利现代化的重要内容 [J]. 中国水利, 2002 (10): 3.
- [13] 封志明. 资源科学导论 [M] //黄荣辉. 中国科学院研究生教学丛书. 北京: 科学出版社, 2004.
- [14] 石玉林. 资源科学 [M] 中国工程院院士文库. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [15] 陈传友. 资源科学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [16] Bruce McConnell. Economics: Principles, Problems and Policies [M]. 14. Columbus, OH : Irwin/McGraw-Hill, 2000.
- [17] Robert A. Frosch, Nicholoas E. Gallopoulos. Strategies ofr Manufacturing [J]. Scientific American, 1989144-152.
- [18] B. R. Allenby T.E. Graedel. Industrial Ecology [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [19] Butter D Makropoloulos CK. Planning site - specific water demand management strategies [J]. Water environment, 2004, 18 (1): 6.
- [20] Millerd F. The role of pricing in managing demand for water [J]. Water Resource, 1984, 9 (3): 9.
- [21] Froukh ML. Decision-support system for domestic water demand forecasting and management [J]. Water Resource Management, 1997, 15 (6): 19.
- [22] 何德旭. 中国服务业体制改革与创新 [M] //何德旭. 中国服务业发展报告. 北京: 社会科学文献出版社, 2007.
- [23] 唐少清. 北京第三产业结构调整与发展规律研究 [J]. 中国集体经济, 2004 (5): 22~23.
- [24] 贾绍凤, 姜文来, 沈大军, 等. 水资源经济学 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [25] 张康之, 张乾友. 从共同生活到公共生活 [J]. 探索, 2007 (4): 7.
- [26] 曹型荣. 北京城市生活用水发展趋势分析 [J]. 北京水利, 2004 (1):
- [27] 左建兵, 陈远生. 城市水资源需求管理初探---以北京市公共生活用水为例 [J]. 水科学进展, 2006 (5): 9~12.
- [28] 国家发展与改革委员会、水利部、建设部. 节水型社会建设“十一五”规划 [R]. 北京: 国家发展与改革委员会、水利部、建设部, 2006.
- [29] 贾绍凤, 张士锋, 杨红. 经济结构调整的节水效应 [J]. 水利学报, 2004, 3111~116.

- [30] 袁宝招, 陆桂华, 李原园, 郦建强. 水资源需求驱动因素分析 [J]. 水科学进展, 2007 (5): 404~409.
- [31] 翁建武, 蒋艳灵, 陈远生. 北京市公共生活用水现状、问题及对策 [J]. 中国给水排水, 2007 (23): 6.
- [32] 左建兵, 陈远生. 城市水资源需求管理初探——以北京市公共生活用水为例 [J]. 水科学进展, 2006 (5): 3.
- [33] 蒋艳灵, 陈远生. 北京市高校用水定额管理的探索 [J]. 给水排水, 2007 (33): 5.
- [34] 胡兆量. 北京城市功能综合化的深层原因 [J]. 城市问题, 2007 (10): 5.
- [35] 宋则, 郭东乐, 荆林波. 中国流通理论前沿 [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2006.
- [36] 汪党献, 王浩, 倪红珍, 马静. 国民经济行业用水特性分析与评价 [J]. 水利学报, 2005, 2167~173.
- [37] 北京市教育委员会. 首都教育 2010 发展纲要 [R]. 北京: 2007.
- [38] 王英. 北京市居民收入和水价对城市用水需求影响分析 [J]. 北京水利, 2004 (1): 49~50.
- [39] Water Use and Conservation Bureau. A Water Conservation Guide for Commercial, Institutional and Industrial Users [R]. New Mexico: New Mexico Office of the State Engineer, 1999.
- [40] 贾绍凤, 张士锋, 杨红. 工业用水与经济的关系——库兹涅茨曲线 [J]. 自然资源学报, 2006 (1): 51~59.
- [41] R. MARTINEZ-ESPIÑEIRA . Residential Water Demand in the Northwest of Spain [J]. Environmental and Resource Economics, 2002 (21): 161~187.
- [42] CHRISTOPHER TIMMINS . Demand-Side Technology Standards Under Inefficient Pricing Regimes [J]. Environmental and Resource Economics, 2003 (26): 107~124.
- [43] 刘俊萍, 畅明琦. 生活用水定额的变化对需水量预测的影响 [J]. 水利发展研究, 2007 (1): 40~43.
- [44] 褚俊英, 王灿, 陈吉宁, 等. 城市节水和污水再生利用潜力的政策框架 [J]. 中国给水排水, 2007, 23 (2): 65~71.
- [45] 黄明聪, 解建仓, 阮本清, 等. 基于支持向量机的水资源短缺风险评价模型及应用 [J]. 水利学报, 2007, 38 (3): 255~258.
- [46] 刘森林, 杨向荣. 公共生活与理性 [J]. 200688~92.
- [47] 刘树芳. 北京城市变迁与水资源开发的关系 [J]. 北京社会科学, 2003 (2): 80~88.
- [48] 成升魁 闵庆文. 全球化背景下的中国水资源安全与对策 [J]. 资源科学, 2002, 24(4): 49~56.
- [49] 倪红珍, 王浩, 汪党献, 等. 基于水资源绿色核算的北京市水价 [J]. 水利学报, 2006 (37): 210~218.
- [50] 韩宇平 阮本清, 王浩, 等. 水资源短缺风险的模糊综合评价 [J]. 水利学报, 2005, 36 (8): 906~913.
- [51] 陈雯 沈大军, 罗健萍. 城镇居民生活用水的计量经济学分析与应用实例 [J]. 水利学报, 2006, 37 (5): 593~598.
- [52] 王慧. 城市“新经济”发展的空间效应及其启示——以西安市为例 [J]. 地理研究, 2007, 26 (3): 577~590.
- [53] 王艳萍. 凯恩斯需求管理理论的启示与借鉴 [J]. 太原师范学院学报 (社会科学版), 2003, 2 (1): 44~46.
- [54] 肖立见. 论社会统计学的研究对象和内容体系 [J]. 财经理论与实践, 1992 (3):
- [55] 薛必春. 浅谈高校水资源管理 [J]. 节能, 2003, 251 (6): 36~38.
- [56] 甘泓 袁鹰, 汪林, 等. 水资源承载能力多层次评价指标体系研究 [J]. 水资源与水工程学报, 2006, 17 (3): 13~18.
- [57] 张康之, 张乾友. 从共同生活到公共生活 [J]. 探索, 2007 (4): 70~74.
- [58] 赵京兴. 北京的城市功能与首都经济的基本特点 [J]. 社会经济发展, 15~21.
- [59] 左建兵. 城市水资源需求管理理论与信息系统的研究--以北京市城八区公共生活用水为例 [J]. 硕士学位论文, 2005
- [60] 节约型饭店 100 招 [J]. 中国机关后勤, 2006 (9):
- [61] MIKE BONNELL ERIC CRASWELL, DEBORAH BOSSIO, etl. Integrated Assessment of Water

- Resources and Global Change [J]. Water Resources Management, 2007, 21 (1):
- [62] MARGARET A. MOOTE HANNA J. CORTNER. Trends and issue in land and water resources management: Setting the Agenda for Change [J]. Environmental Management, 1994, 18 (2): 167~173.
- [63] K.J. Col-long R.R. Tan a, D.C.Y. Foo, S. Hul, D.K.S. Ng . A methodology for the design of efficient resource conservation networks using adaptive swarm intelligence [J]. Journal of Cleaner Production, 2008 (16): 822~832.
- [64] A. S. Mohamed, H. H. G. Savenije. Water demand management Positive incentives, negative incentives or quota regulation [J]. Phys. Gem. Earth (B), 1999, 25 (3): 251-258.
- [65] Dajun Shen. Integrate Urban and Rural Water Affairs Management Reform in China: Affecting Factors [J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2007: 1~19.
- [66] UNESCO. The United Nations World Water Development Report 2 Water, a shared responsibility [R]. Paris, New York: 2006.
- [67] Frits W. T. Penning de Vries. Learning Alliances for the broad implementation of an integrated approach to multiple sources, multiple uses and multiple users of water [J]. 2007 (21): 79~95.
- [68] 江莹 邓涌涌. 英国水管理状况与启示 [J]. 2006, 37 (8): 123~127.
- [69] 杨敏 黄廷林. 宾馆饭店分散式中水回用系统模拟预测及情景分析 [J]. 供水技术, 2007, 1 (4): 45~48.
- [70] 陈献 柳长顺, 乔建华. 国外用水审计对我国建设节水型社会的启示 [J]. 中国水利, 2005 (13): 128~131.
- [71] 刘俊良 王鹏飞, 臧景红. 城市节水设施综合效益分析 [J]. 中国给水排水, 2002, 18 (11): 82~85.
- [72] 余迟 杨子江. 校园水资源浪费及节水型校园建设初探 [J]. 节水灌溉, 2007 (3): 88~90.
- [73] 周刚炎. 以色列水资源管理实践及启示 [J]. 水利水电快报, 2007, 28 (5): 9~15.
- [74] Robert C. Wilkinson. 终端用水综合管理战略的多项利益 [J]. UNEP 产业与环境, 2005, 27 (1): 44~47.
- [75] L.S. Pereira J.M. Goncalves, S.X. Fang, B. Dong. Modelling and multicriteria analysis of water saving scenarios for an irrigation district in the upper Yellow River Basin [J]. Agricultural Water Management, 2007 (94): 93~108.
- [76] 王昕 刁希全, 迟小军. 山东省节水潜力分析与计算 [J]. 山东水利, 2007 (11): 16~19.
- [77] 丁惠英, 丁民. 国外城市水务管理经验分析 [J]. 中国水利, 2003 (A): 47~50.
- [78] 杨芳, 韩鹏飞. 开封市城市节约用水潜力分析 [J]. 河南科技, 2008 (1): 11.
- [79] 霍雅勤, 姚华军, 王瑛. 中国水资源危机与节水潜力分析 [J]. 资源产业, 2003, 5 (1): 10~15.
- [80] 李静, 曾祥. 对滇中地区城镇生活节水的分析和规划 [J]. 水资源研究, 2006, 98 (1): 18~22.
- [81] 李永根. 运用经济标准分析工业节水潜力 [J]. 河北水利水电技术, 2002 (6): 21~24.
- [82] 王浩, 马滇珍, 张象明, 等. 我国的用水效率和节水潜力 [J]. 水利规划, 1998: 37~46.
- [83] 茆智. 节水潜力分析要考虑尺度效应 [J]. 中国水利, 2005 (15): 14~16.
- [84] 夏骋翔. 水资源短缺的定义及其测度 [J]. 水资源保护, 2006, 22 (4): 88~92.
- [85] 李春晖, 杨志峰. 水资源评价进展与存在的几个问题 [J]. 水土保持学报, 2004, 18 (5): 189~193.

致 谢

时光是那样的匆匆！从踌躇满志的踏入玉泉的那一日，到薄薄一本论文写下了这三年的耕耘。怀抱着的理想至今仍未曾荏苒，仍有绚烂的光芒引我负笈而行。

首先感谢我的导师陈远生副研究员，能够来到地理科学与资源研究所里开始我的学业，这个机会是陈老师给的。我非常幸运能够跟随陈老师学习做人做事，他的谆谆教导总在耳畔。每逢遇到失败、怠懈的时候，陈老师总能够给我提醒、开导，感激之情难于言表。由于资质拙劣，有负老师期望，仍深感惭愧与自责。

同样也要感谢课题组的三位老师，何希吾研究员、顾定法研究员、唐青蔚研究员。三位既是德高望重的老师也是慈祥和蔼的长辈，他们给予我的指导与关怀，是我难以用一句话来表达谢意的。还记得到何老师家请教问题，何老师亲手剥好的桔子；顾老师倒两班公交车，给我们带来的笋干烧肉；唐老师常常带给我们核桃、麻花；还记得那次为了给我们批阅报告，何老师操劳过度而失眠，还记得为了赶工作，顾老师不顾自己白内障的眼睛，长时间的帮我们修改……老师们为我们树立了勤勉奉献的榜样。

同时，感谢同门师兄左建兵在学习生活上的指点；师兄翁建武文档格式的纠正；师姐蒋艳灵在学习经验的分享，生活上点点滴滴的帮扶；师妹李立群，师弟郝泽佳，师妹蒋蕾在工作上的协助。

感谢资源中心的成升魁老师、封志明老师、李丽娟老师、谷树忠老师、谢高地老师、沈镭老师、黄河清老师、姚治军老师、贾绍凤老师、姜亚东老师、程晓凌老师；图书馆的王捷老师；感谢研究生部舒晓明老师、王凤仙老师、王淑强老师、谭寨璐老师、陈力老师、储小红老师。他们为我们研究生三年的学习顺利进行付出了许多心血。

808班集体班是一个温暖的大家庭，班主任宋现锋老师平易近人，班长刘迎春严肃认真，同学们团结向上、友好和谐。在研究生院，学习上还得到了封志明老师、石敏俊老师、黄河清老师、宋献方老师、李丽娟老师、谷树忠老师、甄霖老师等授课老师的点滴教会，他们严谨的治学态度与朴实的科研风范让我深受熏陶。

科研工作开展过程中，得到了北京市节约用水管理中心的刘红主任、何建平副主任、张玉森副主任以及孟光辉工程师、张琪工程师、王秀芳工程师、徐洁工程师、陈征工程师，北京市节能中心的赵志军工程师的大力支持，对于他们提供的数据支撑以及技术问题上的指点和帮助深表感谢。

研究生三年间，经历了很多。有尝试的新鲜，有挫折的痛苦，感谢每一个陪我一起经历这些同学、朋友。无论这段日子是苦是甜，对于我都是成长的丰富经历。可能以前的我很懵懂，三年的收获，让我成熟了许多。谢谢晶晶，从不曾相识到形影不离。这三年没有你的陪伴，我不知道自己是不是现在还能够在这里坚强的写致谢。谢谢陈寨伟同学，不仅是合唱团的团友、学习的技术支持还是生活中的好朋友，他给了我多少帮助，我也实在不记得有多少了。感谢师姐杨艳昭、张晶。从生活到学习每一个细

节都投下了你们的影子，为我分担着来自各个方面的压力与失落。尤其杨师姐帮我修改论文、陪我看病、周末烧菜如同家人一般地照料着我。

感谢大学的好友阎建革，一路来到地理所，让我在陌生的地方却没有感到孤独。感谢 1310 宿舍的舍友周小燕、陈力，我生病的时候是你们陪着我。感谢志同道合的登山好友李云锦、黄跃峰。感谢书记带领下的 509 寝室全体成员。感谢每一次我电脑中了病毒的时候我都会去麻烦的张伟科师兄、安玉明同学、颜勋同学。

从第一次到所里参与课题我就在 3327 办公室学习工作。时光流逝，人员几经流动，一些师兄师姐毕业，新同学们到来，而 3327 室始终保持着和谐友好的气氛。感谢曾在 3327 办公室的张晶、曹淑艳师姐，刘登伟师兄，感谢现在同处一室师姐刘晓洁、郑华玉，师兄唐焰，以及同学李昂达、余小东、刘东、孙小舟、代涛，师妹张丹以及德国同学 Mario。

还要感谢合唱团的所有成员，尤其是一起参加中科院青歌赛的两位姐妹。这三年来我们一起唱歌一起演出，那些闪亮的日子是多么的难忘。

找工作期间还得到了游珍师姐、刘剑师姐、好友朱利娜、王莉、徐丽娟、王婷、白云翔等诸多同学帮助与安慰，在此也难以尽数每一个人。

感谢所有的帮助我、关心我的人，在此更想向我的父母表达我的感激之情。20 余载的养育之恩，我无以为报，谨祝你们身体健康！你们教会了我分享与感恩。今后我会用自己的努力来报答你们。

论文成稿与其说是个人的作品，不若说是集体的成果。撰稿期间老师们的指教、同学的帮助与鼓励、家人的关心与支持等等是我能够完成论文的基石。离开任何一个方面，我想我都无法顺利完成论文。在此向大家致谢、鞠躬！

匆匆成稿，可能会遗漏曾给予我帮助、并让我受益匪浅的人们，对有可能出现的纰漏先致歉意。即便我不曾把你们的名字写在文字里，但是我会记住你们的帮助。衷心的感谢你们！

祝福所有的人！

王莹

2008 年 5 月于地理所 3327, 北京

作者简介

王莹，女，汉族，1983年10月出生于河南省郑州市

学习经历

2005.9~2008.7 中国科学院地理科学与资源研究所，资源科学研究中心，自然地理学（水资源需求管理方向），硕士

2001.9-2005.7 河南大学环境与规划学院，资源环境与城乡规划管理，理学学士

参与科研工作

2007.3-至今 中科院地理科学与资源研究所，北京市第三产业节水指南——北京市水务局委托课题

2007.3-至今 中科院地理科学与资源研究所，《北京市工业及生活用水地方标准制定》研究

2006.7-2007.6 中科院地理科学与资源研究所，北京市生活用水系列地方标准——全国第一个强制性生活用水地方标准

2005.7-2005.8 中科院地理科学与资源研究所，北京市工业取水定额编制

发表论文情况

1. 王莹，陈远生，翁建武，蒋艳灵. 北京市城市公共生活用水特征分析，给水排水，2008，11：（已录用）