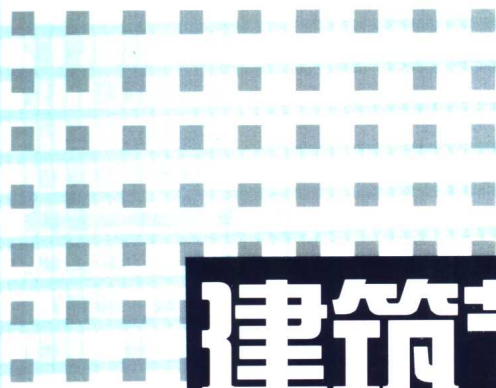




建筑节能技术与中水回用



付婉霞 主编 吴俊奇 副主编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

建筑节能技术与中水回用

付婉霞 主 编

吴俊奇 副主编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑节水技术与中水回用/付婉霞主编. —北京: 化学工业出版社, 2003. 12
ISBN 7-5025-5060-7

I. 建… II. 付… III. ①建筑-给排水系统-节约用水-技术②建筑工程-生活污水-污水处理 IV. ①TU82②X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 124912 号

建筑节水技术与中水回用

付婉霞 主 编

吴俊奇 副主编

责任编辑: 董 琳

责任校对: 李 林 靳 荣

封面设计: 关 飞

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市管庄永胜印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 17 $\frac{3}{4}$ 字数 440 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5060-7/X·360

定 价: 42.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

水是生命之源泉，城市之命脉。水是人类生活和社会生产活动中不可或缺的重要资源。然而，城市缺水却已成为我们不得不面对的严重问题。早在 1972 年联合国召开的“人类环境会议”上，许多国家的报告中就强调了城市缺水问题，而且随着时间的推移，这一问题越来越严重。城市缺水不仅严重地影响到整个国民经济的可持续发展，限制了城市的发展规模，同时也影响到人民生活的安定。水问题已经成为一个全球性的严重的社会问题。

我国水资源总量为 $2.8 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，人均水资源量为 2238.6m^3 ，仅相当于世界人均占有量的 $1/4$ ，是世界人均水资源极少的 13 个贫水国之一。在全国 600 多个建制市中，有近 400 个城市缺水，其中 130 多个严重缺水。缺水每年给城市工业产值造成的损失在 1200 亿元以上，而且供水缺口还在继续扩大。与此同时，水环境污染日趋严重。全国 7 大重点流域地表水有机污染普遍，特别是流经城市的河段有机污染较重，主要湖泊富氧化问题突出。多数城市的地下水受到了一定程度的污染。水资源短缺和水环境污染已成为制约我国经济和社会发展的重要因素。为解决这一问题，必须坚持“节流、开源与保护水源并重”的方针，不断挖掘节水潜力，在城市中广泛深入地开展节约用水工作，以缓解城市水资源的紧张状况。

城市用水包括城市生活用水和工业用水。随着产业结构和工业布局的调整以及政府加大了对工业用水和节水的管理力度，许多城市的工业用水量从 20 世纪 70 年代后期起开始逐步回落，进入 20 世纪 90 年代后处于比较平稳的状态。而城市生活用水量自建国以来基本上是逐年递增的，20 世纪 90 年代后递增速率有所加快，最近几年许多城市的生活用水量已经超过了工业用水量。以北京市为例，1995 年城市生活用水量约占城市总用水量的 52%，1997 年约占 61%，最近几年约占 68%。这些数字表明，城市生活用水正在成为城市用水的主要部分，因此加大城市生活用水的节水力度，是城市节水工作向纵深发展的必然选择。

城市生活用水包括居民用水、公共设施（包括机关、部队、大专院校、中小学、幼儿园、科研单位、宾馆、饭店、医院、商店等）用水、城市建设用水和城市环境卫生用水等。这几部分水的使用过程绝大部分是在建筑物中完成的。随着我国经济和城市建设的迅速发展、人民生活水平的不断提高以及我国申办奥运会、申办世界博览会的成功，我国的建筑业再次进入了大发展时期。建筑业的蓬勃发展，必然导致建筑生活用水量的不断增加，因此全面深入地开展建筑节水工作是缓解城市水资源紧张状况的重要措施。

建筑节水是一个系统工程，应从法律法规、宣传教育、日常管理、经济手段、技术措施等多个方面全面开展工作。我国各级政府已在前4个方面做了大量工作，取得了较好的节水效果。但总体而言，建筑节水工作的发展并不平衡，尤其在建筑节水技术的研究和推广使用上还未得到足够重视。本书以建筑给水排水系统为一个整体，从建筑给水排水系统的各个相关环节提出建筑节水技术措施，并详细介绍节水效果显著的中水处理技术、中水管道系统设计和中水处理工程实例，以促进建筑节水工作全面深入的开展。

本书中引用的有关规范条文摘自最新实施的规范，有些数据摘自正在修改或制定的相关规范。

本书第一、二、三、四、六章及第五章第一～第二节由付婉霞撰写；第五章第三～第五节由曹秀芹撰写；第七章～第十一章由许萍撰写；第十二章由吴俊奇撰写。

由于作者水平有限，敬请读者对本书中存在的缺点、错误和不足之处给予批评指正。

编 者

2003年10月

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 建筑节水技术

第一章 建筑给水系统超压出流的防治	4
第一节 我国建筑给水系统超压出流现状	4
第二节 超压出流的防治技术	7
第二章 建筑热水系统的节水技术	13
第一节 建筑热水供应系统无效冷水的产生原因	13
第二节 建筑热水供应系统节水的技术措施	16
第三章 建筑给水系统二次污染控制技术	24
第一节 水质标准与建筑给水系统的二次污染	24
第二节 建筑给水系统二次污染的原因	28
第三节 建筑给水系统二次污染的控制技术措施	33
第四章 节水器具的应用及水表的合理配置	43
第一节 大力推广使用节水型生活用水器具	43
第二节 合理设置和使用水表	48
第五章 生活污水及雨水的资源化应用	55
第一节 我国目前生活污水资源化应用的方式	55
第二节 生活污水资源化应用的技术措施	56
第三节 雨水利用现状及方法	68
第四节 建筑屋面雨水与建筑中水系统收集利用比较	69
第五节 雨水利用设计要点及设计示例	73
第六章 利用价格杠杆及有效的管理促进节水工作	83
第一节 水价	83
第二节 宣传教育和管理	86

第二篇 建筑中水回用技术

第七章 水质与水量	89
第一节 中水水源与回用对象	89
第二节 原水水质与水量	91
第三节 回用水水质标准与水量	99
第八章 中水系统的类型和水量平衡	113
第一节 系统的组成和基本类型	113
第二节 水量平衡	116

第九章 中水原水系统	121
第一节 原水系统的集流方式与组成	121
第二节 原水系统管道的布置与敷设	125
第三节 原水管网的设计流量与水力计算	130
第十章 中水供水系统	138
第一节 中水供水系统的类型与组成	138
第二节 中水供水管网的给水方式	141
第三节 中水供水管网的布置与敷设	147
第四节 生活杂用供水管网的水力计算	152
第五节 建筑内部消火栓供水系统的水力计算	161
第十一章 中水处理系统	167
第一节 中水处理方法及工艺流程	167
第二节 中水处理设施设计要点	175
第三节 中水处理站	176
第十二章 中水回用工程实例	178
第一节 生物接触氧化法工程实例	178
第二节 物化处理法工程实例	191
第三节 生物转盘法工程实例	202
第四节 其他处理方法工程实例	205
附录	208
附录1 城市居民生活用水量标准	208
附录2 卫生器具的给水额定流量、当量、连接管公称管径和最低工作压力	208
附录3 超压出流实测数据	209
附录4 卫生器具用水定额及水温	216
附录5 铸铁排水管道横管水力计算表 ($n=0.013$)	219
附录6 塑料排水管道横管水力计算表 ($\eta=0.009$)	220
附录7 给水管道设计秒流量计算表	220
附录8 建筑给水硬聚氯乙烯管道 (PVC-U) 水力计算图	227
附录9 建筑给水聚丙烯管道 (PP-R) 水力计算表	227
附录10 建筑给水氯化聚氯乙烯管道 (PVC-C) 水力计算表	234
附录11 建筑给水铝塑复合管 (PAP) 水力计算图 (10°C)	257
附录12 建筑给水钢塑复合管水力计算表	257
主要参考文献	275

绪 论

世界上许多国家都非常重视节约用水工作,在解决城市供水紧张的问题上,大都实行“开源与节流并重”的方针,并在城市节约用水的技术与管理上取得了很大进展。

一、国外对建筑节能措施的研究及应用

主要集中在以下几个方面。

1. 依法治水,加强水资源的管理

节水管理先进的国家都很重视“依法治水”。

以色列政府立法将水资源作为战略资源统一管理。根据水资源管理法,以色列将水作为最重要的资源严格按计划使用,由国家水资源管理机构统一管理水的开发、分配、收费及污水处理、地下水开采、水源保护等。

在美国,各州政府在联邦环保署的敦促和协调下,都制定出针对本地区的有效利用水资源的计划。盛夏缺水时,华盛顿市就出台过临时法律,禁止人们在某一时间段内给自家草坪浇水,一旦发现立即罚款。

英国早在1944年就颁布了水资源保护法等法律,并于20世纪60年代建立了国家水资源委员会。

日本、意大利、匈牙利、罗马尼亚、法国、荷兰等国家也都制定了水法并建立了全国性或地区性水资源管理机构,以加强水资源的管理,保障水资源利用的可持续性。

2. 开展“水资源教育”,提高人们的节水意识

为强调日益严重的水资源短缺问题,使人们真正提高节水意识,世界上很多国家采用各种方式宣传节约用水的重要性、迫切性,以提高国民节约用水的自觉性。如日本将“6·1”定为“节水日”,在这一天,以市长为首的政府官员都到大街上,向市民宣传节约用水的重要性。以国际儿童节作为节水日,培养儿童的节水意识是保证子孙后代不为水所困的长远之计。东京、横滨等市建立了一整套节水宣传体系,通过电视、广播、报纸、专门编制的宣传手册和宣传电影及组织市民参观城市供水设施等活动教育群众,还将节约用水内容编入教学课本。通过这些活动,“水是宝贵的资源”已在日本深入人心。美国洛杉矶市为了节水,曾动员100人做了188次节水报告,并让7万名中学生先后看了有关节水方面的电影;纽约市长在1981年水资源紧张时发出号召:委派全市儿童担任该市的“副市长”,监督他们的父母兄弟节约用水。新加坡的淡水主要从邻国进口,因此,他们在中小学课本上都设置了节水的内容和相关的节水知识。此外,新加坡还有定期的“水危机演习”,全国停水一两天,让国民体会没水的滋味。韩国提出了“爱水就是爱国”的口号,从1990年就已经把每年的7月1日(1995年后改为3月22日)定为“水日”。

3. 污、废水的资源化利用

污、废水的资源化利用,是解决水资源短缺、缓解供水量不足的一项有效措施,世界上许多国家如日本、美国、以色列、韩国等都对此进行了研究,并取得了令人满意的效果。

污、废水资源化利用的方法之一是将建筑或建筑小区的污、废水就地处理后作为中水回用。日本研究、开发中水回用技术已有40多年的历史,其技术和设备居世界先进水平。20

世纪 80 年代初期,日本 40%~60% 的办公楼和 10%~20% 的住宅区设置了中水道系统。日本的一些大学还将学校的实验室废水进行处理后回用。目前仅东京地区的中水日供水能力已达 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上。

方法之二是将城市污水集中处理后统一回用,如用于城市绿化。埃及决定用经过处理的城市污水建设 10 个人工森林;阿联酋和沙特一些城市的绿化灌溉系统都在使用经处理后的城市污水。

方法之三是进行雨水收集和利用。德国和日本等国在这方面做了许多研究和应用工作,如日本东京最大的室内棒球馆在圆形屋顶上安装了集雨和净化水质的循环利用装置,把收集到的雨水净化处理后在馆内循环使用。

4. 采用节水型家用设备

随着世界经济的发展和科学技术的不断进步,近年来节水型家用设备的开发和应用也发展很快,极大地促进了建筑节能用水工作。

1985 年美国加州的法律就规定,到 1988 年每家要装上新节水装置,每次冲厕水量不得大于 5.7L。近年来,美国许多厂家已研制出多种节水装置,如用于厨房和浴室的气水混合龙头、淋浴喷头等,一般可节约生活用水 20% 左右。

在欧洲,节水型大便器的开发受到广泛重视。自 1975 年以来,在斯堪的纳维亚国家,便器冲洗用水量一直是 6L,而且瑞典在 20 世纪 80 年代就推出了每次冲洗水为 3L 的大便器。

日本各城市普遍推广使用节水阀芯,并可在一些城市水道局或水厂免费得到。水龙头配上这种阀芯后,一般可节水 50% 以上。两档便器冲洗水箱在日本广泛应用,即使是使用杂用水冲洗的大便器,使用的也是两档水箱。日本还开发了多种浴室节水型淋浴器,如带恒温装置的冷热水混合栓,按设定好的温度,开启扳手,即可迅速地调节至合适的温度;带定量停止水栓,预先调好需要的热、冷水量,如用完已设定好的水量,即可自动停水,防止浪费热水和冷水。

5. 采用经济手段促进节水工作

当今世界许多国家已颁布了多种法规和条例,用经济手段调控用水量。美国的一项研究认为:通过计量和安装节水装置,家庭用水量可降低 11%,如果水价增加一倍,家庭用水可再降 25%。国外比较流行的水价计量方法是采用累进制水价和高峰用水价。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。供水管在 13~25mm 内,每月耗水量不超过 10 m^3 时,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 m^3 为 1 单位递增,超量越大,收费标准越高。

二、我国所采取的建筑节水措施

近年来,我国各大城市生活用水量呈逐年递增趋势,因此节约建筑生活用水已引起了社会各界越来越广泛的关注。在建筑节水工作方面,我国也采取了与国外类似的措施,如 1998 年我国颁布了《城市节约用水管理规定》。很多城市根据本市实际情况制定了相关的法规、条例,如北京市从 1981 年至 1994 年间先后颁布了 13 项有关节约用水的法规,1998 年颁布了《北京市建设项目节约用水设施与主体工程同时建设管理办法》,2000 年 12 月 20 日起施行《北京市节约用水若干规定》;目前,我国每年都举行节水宣传周活动,每年的 5 月 15 日所在的周为节水宣传周,通过报刊、广播、电视等新闻媒体及发放节水宣传材料、

张贴节水宣传画、举办节水知识竞赛等手段进行节水宣传；绝大多数住宅和公共建筑用水实现了按表计量的收费方式，全国各地的统计数字表明这一措施取得了巨大的节水效果。近年来，节水型卫生器具新产品不断问世，为建筑节水工作的开展提供了一定的硬件环境。在推广节水型卫生器具方面，北京市做了大量工作。自1999年7月1日起，在公共场所淘汰螺旋升降式铸铁水龙头，全部改用陶瓷阀芯水龙头，并向单位和居民家庭免费赠送这种水龙头，2000年下半年市政府就向居民发放了200万个。自1999年7月起北京市对建设工程所使用的水嘴、阀门、水箱配件和冲洗阀等用水器具实施准用证管理，防止不节水器具进入新建工程。

我国很多地区根据当地的实际情况探索了一些建筑废水回用的方法，如杭州市和四川省的一些高校把学生宿舍的盥洗废水经简单处理后用于下一层厕所的便器冲洗。北京市政府则主要抓了建筑中水设施的建设和运转。1987年北京市颁发了《北京市中水设施建设管理试行办法》，规定了应建中水设施的建筑范围，到目前为止，北京市建设的中水设施已接近200套。

调整水费，计划用水。我国水价长期以来严重偏低，这对节水工作造成了很大的负面影响。近年来我国各地水价都做了不同程度的调整，如北京市自2000年至2003年1月间对水价进行了几次调整，居民用水价格从1.3元/m³调整为现在的2.9元/m³（含排污费），非居民用水根据行业性质也做了不同程度的调整，如旅游饭店从2.7元/m³调整为4元/m³（含排污费）。北京市从1987年起已对非居民户实行了计划用水，超量加价收费，但对居民用水还未进行定额限制。由于水资源的日益紧张，2000年夏季起我国的一些城市已实行居民定额用水，超量加价收费，超量部分的水价从10元/m³到40元/m³不等，有效地提高了人们的水资源意识和节水意识，缓解了供水紧张的局面。北京市对新建建筑在方案设计和初步设计阶段进行用水量计划和节水措施的审查，较好地控制了用水量的增加。北京市从1997年起在全市广泛开展创建节水型单位的工作，并从1998年起在部分居民小区进行创建节水型居民小区的试点工作，取得了一定的节水效果。

近年来我国的建筑节水工作取得了很大成绩，但建筑节水工作发展并不平衡，一些基层用水单位并未很好地贯彻落实节水法规，对建筑节水工作不够重视，管理缺乏力度，浪费水的现象仍很严重，如有些大学的个别学生宿舍用水量有时达8~10m³/(人·月)，有的两口之家一个月用水竟达25m³。节水器具的安装使用率还较低。虽然有些城市目前公共场所基本都换成了节水龙头，但居民住宅中普通水龙头的使用率仍然很高。尤其值得注意的是很多单位和个人对建筑节水缺乏全面认识，片面认为建筑节水仅指防止卫生器具漏水，而对建筑给排水系统中存在的水的浪费问题没有认识到。鉴于此，本书将系统地介绍建筑节水的技术措施和中水回用技术，以使人们对建筑节水工作有一个系统、全面的认识，使我国的建筑节水工作更加深入和普及。

第一篇 建筑节水技术

本篇从目前常用的建筑给水排水系统出发,根据调研和科研试验结果,结合我国现有的与建筑给水排水有关的设计规范和相关标准,重点从以下几个方面介绍建筑生活用水浪费的原因及建筑节水的技术措施。

- (1) 建筑给水系统压力过高造成的水的浪费及防治技术。
- (2) 建筑热水系统由于温度不能保证所造成的水的浪费及防治措施。
- (3) 水在管道输送或加压供水过程中受到二次污染所造成的浪费及防治措施。
- (4) 水表和节水器具的合理配置和使用。
- (5) 建筑污、废水及雨水的资源化应用技术。
- (6) 节水管理和宣传教育。

第一章 建筑给水系统超压出流的防治

建筑给水系统是将城镇给水管网或自备水源给水管网的水引入室内,经室内配水管送至生活、生产和消防用水设备,并满足各用水点对水量、水压和水质要求的冷水供应系统。

自 20 世纪 70 年代后期起,我国开始逐步调整产业结构和工业布局并加大了对工业用水和节水工作的管理力度,工业用水循环率稳步提高,单位产品耗水量逐步下降。近些年来,我国的国民经济产值逐年增长,但工业用水量并未随之增加,而是处于比较平稳的状态。

相对于工业用水来说,我国的生活用水量呈逐年递增趋势,这虽然受到人口增长和人民生活水平提高等因素的影响,但也存在着水量浪费问题。目前我国已开始重视和规范生活用水,如 2002 年 1 月 1 日起实施国家标准《城市居民生活用水量标准 GB/T 50331—2002》(见附录 1),该标准作为考核城市居民生活用水量的指导性标准。历经几年讨论,《建筑给水排水设计规范 GB 50015—2003》于 2003 年 4 月 15 日发布,并于 2003 年 9 月 1 日起实施。新的设计规范中,根据近年来我国建筑标准的提高、卫生设备的完善和节水要求,对住宅、公共建筑、工业企业建筑等生活用水定额都做了修改,定额划分更加细致(各种生活用水定额见本书第 7 章表 7-12、表 7-13、表 7-15),在卫生设备更完善的情况下,有的用水定额稍有增加,有的甚至略有下降,这样就从设计用水量的选用上贯彻了节水要求,为建筑节水工作的开展创造了条件,但要全面搞好建筑节水工作,还应从建筑给水系统的设计上限制超压出流。

第一节 我国建筑给水系统超压出流现状

一、超压出流现象及危害

按照卫生器具用途和使用要求而规定的卫生器具给水配件单位时间的出水量称为额定流量。为基本上满足卫生器具使用要求而规定的给水配件前的工作压力称为最低工作压力。我国从 2003 年 9 月 1 日起实施的《建筑给水排水设计规范 GB 50015—2003》中规定的各种卫生器具的给水额定流量等值见附录 2。

超压出流就是指给水配件前的压力过高, 使得其流量大于额定流量的现象。如按照《建筑给水排水设计规范 GB 50015—2003》的规定, 一个洗涤盆水龙头在管径 15mm 时, 额定流量为 0.15~0.2L/s; 若在上述相同条件下, 因水压过高导致其出流量大于 0.2L/s 时, 即为超压出流。此时的出流量与 0.2L/s 的差值为超压出流量, 这部分流量未产生正常的使用效益, 是浪费的水量。由于这种水量浪费不易被人们察觉和认识, 因此可称之为“隐形”水量浪费。这种“隐形”水量流失并不亚于“显形”的漏水量。

超压出流除造成水量浪费外, 还会带来如下危害。

(1) 水压过大, 水龙头开启时, 水成射流喷溅, 影响人们使用。

(2) 超压出流破坏了给水系统流量的正常分配。当建筑物下层大量用水时, 由于其给水配件前的压力高, 出流量大, 必然造成上层缺水现象, 严重时可能导致上层供水中断, 产生水的供需矛盾。

(3) 水压过大, 水龙头启闭时易产生噪声和水击及管道振动, 使得阀门和给水龙头等磨损较快, 使用寿命缩短, 并可能引起管道连接处松动漏水, 甚至损坏, 造成大量漏水, 加剧了水的浪费。

为避免超压出流造成的“隐形”水量浪费, 并保证给水系统的正常工作, 对超压出流造成的危害应引起足够重视。

二、建筑给水系统超压出流的实际测试

为全面了解建筑给水系统超压出流状况, 北京建筑工程学院建筑节水科研课题组对 11 栋不同高度、不同供水类型的建筑进行了螺旋升降式铸铁水龙头 (简称“普通水龙头”) 和陶瓷片密封水嘴 (简称“节水龙头”) 的超压出流实际测试。实测建筑包括居民住宅楼、高等学校学生宿舍楼、办公大楼等; 楼体最高 18 层, 最低 6 层; 5 栋建筑由外网直接供水, 其余建筑分区供水, 高区的供水方式有 3 种: 水泵-水箱联合供水、变频调速泵供水、变频调速泵供水但在压力较大的支管上安装减压阀。

1. 测试装置及测试方法

(1) 测试装置 由于测试是在已投入使用的建筑中进行, 为不妨碍用户的正常用水并能简单操作, 以用户已有洗涤盆或污水盆为测试水源, 使用 DN15mm 塑料软管与一新加装的 DN15mm 试验水龙头相连, 试验水龙头前安装压力表。塑料软管、试验水龙头及压力表组成一套试验装置 (装置实物见图 1-1), 测试时只需将软管的一端与测试水源水龙头紧密相连即可。测试中采用了两套试验装置, 一套装置中的试验水龙头为普通水龙头, 另一套装置的水龙头为节水龙头。

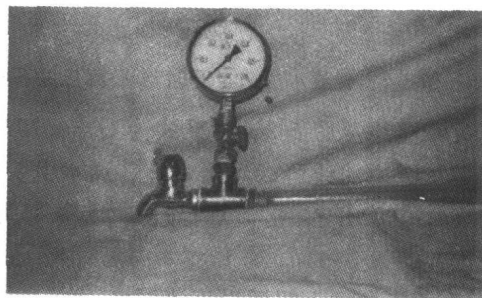


图 1-1 超压出流的测试装置实物

(2) 测试方法 对每个楼体中测试点的选择一般为: 从第一层开始, 隔层入户测试, 测试点水源为室内洗涤盆水龙头或污水盆水龙头。每个测试点均进行普通水龙头和节水龙头的超压出流测试。

实际测试时间一般为上午 9:00~10:30, 不属用水高峰, 也不是用水低谷, 属一般情况。

测试内容为建筑内普通水龙头和节水龙头在半开 (即水龙头的开启度为 1/2) 和全开状

态下的出流量及相应的动压（工作压力）和静压值。

流量测定采用体积法，即通过测定一定时间 T 内水龙头流出的流量 V ，计算出单位时间内的出流量 $Q(Q=V/T)$ 。测试时，水源水龙头全开，测试用水龙头分为半开和全开两种状态。记录普通水龙头和节水龙头在两种开启状态下水的出流时间 T 及相应的出流量 V 。每个测点同一开启状态下测试三次，取三次的平均值作为此状态下的最终测定值。

压力测定与流量测定同时进行。在每次测试用水龙头开启前，读压力表值，此值为该测点静压值；测试用水龙头开启后，在记录流量的同时，记录压力表读数，此值为该状态下的动压值，也即工作压力。

2. 普通水龙头超压出流测试

由于螺旋升降式铸铁水龙头使用稍久后容易出现漏水现象，故一些城市在公共场所已逐步淘汰这种水龙头，但许多家庭（在有些城市中是大部分家庭）仍在使用的。为全面了解建筑给水系统超压出流现状，对普通水龙头也进行了超压出流的实际测试。

我国新实施的《建筑给水排水设计规范 GB 50015—2003》中对给水配件产生额定流量的条件并未加以说明。但在以前实施的《建筑给水排水设计规范 GBJ 15—88》条文说明中，对各种给水配件获得额定流量时的开启度有所规定，如对洗涤盆或污水盆水龙头来说，在配水支管管径 15mm、开启度为 1/2 时，额定流量为 0.2L/s。参照上述条件，在普通水龙头和节水龙头的测试中，测试装置采用的配水支管管径和水龙头的口径均为 15mm，水龙头的开启度分为 1/2（半开状态）和全开状态两种，并将洗涤盆或污水盆水龙头在 1/2 开启状态下，流量超过 0.2L/s 视为超压出流。

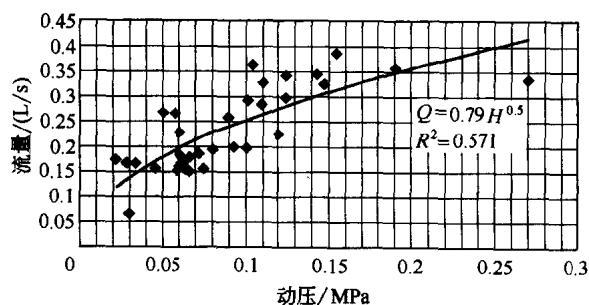


图 1-2 普通水龙头半开时动压-流量关系曲线

其关系曲线见图 1-2，关系式为 $Q=0.79H^{0.5}$ 。

从图中曲线可以看出，在普通水龙头半开，出流量为 0.2L/s 时，水龙头前的工作压力约为 0.065MPa，出流量超过 0.2L/s 即为超压出流。

3. 节水龙头超压出流测试

测试水源与普通水龙头相同。测试采用的配水支管管径和水龙头的口径均为 15mm，在水龙头的开启度为 1/2（全开为 90 度，半开为 45 度）时，各测点的节水龙头出流量 Q 和相应的动压 H 的测试数据及回归曲线见图 1-3（具体测试数据见附录 3），曲线关系式为 $Q=0.53H^{0.5}$ 。

由于水龙头内部结构的变化，节水龙头在相同条件下的全开、半开流量均小于普通水龙头全开、半开流量。节水龙头虽然出流量

将 1/2 开启状态下，各测点的普通水龙头出流量 Q 和相应的动压 H 的测试数据在直角坐标系上描点（具体实测数据见附录 3），并用可化为一元线性回归的非线性回归计算法求 H 、 Q 间的幂函数关系，

将 1/2 开启状态下，各测点的普通水龙头出流量 Q 和相应的动压 H 的测试数据在直角坐标系上描点（具体实测数据见附录 3），并用可化为一元线性回归的非线性回归计算法求 H 、 Q 间的幂函数关系，

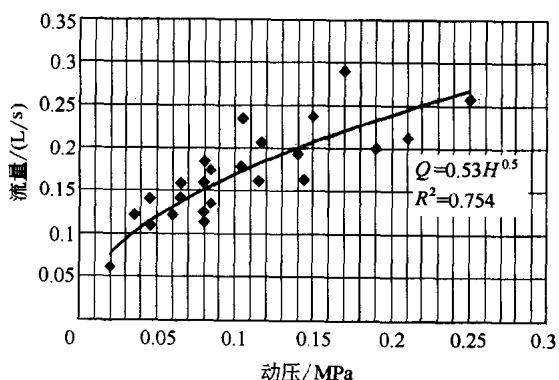


图 1-3 节水龙头半开时动压-流量关系曲线

小,但水流急,在较小流量下就可满足人们的用水需求,因而节水龙头的额定流量应适当小于普通水龙头的额定流量。我国新实施的《建筑给水排水设计规范 GB 50015—2003》中规定:连接管管径在 15mm 时,洗涤盆、拖布盆、盥洗槽单阀龙头的额定流量为 0.15~0.2L/s。考虑到节水龙头水流急的特点,节水龙头的额定流量可初步按 0.15L/s 考虑,并以此作为判别现有建筑水龙头是否超压出流以及新建建筑是否应采取控制超压出流措施的依据。

从图 1-3 中看出,节水龙头出流量为 0.15L/s 时,对应的工作压力为 0.08MPa,与普通水龙头出流量 0.2L/s 对应的工作压力 0.065MPa 非常相近,这进一步说明将 0.15L/s 作为节水龙头额定流量的参考值是比较合理的。

三、建筑给水系统超压出流现状

上述超压出流试验共对 67 个用水点进行了测试,测试结果表明,配水支管管径为 15mm 的普通水龙头,若以半开状态、流量为 0.2L/s 作为额定流量时,有 37 个测点的流量超过此标准,超标率达 55%;节水龙头若以半开状态、流量为 0.15L/s 作为额定流量时,有 41 个测点的流量超标,超标率达 61%。实际上以水龙头在半开状态下的出流量是否超过额定流量作为判断水龙头超压出流的标准是最保守的方法,水龙头出流量的实际超标率远大于以上数值,因在全开状态下,水龙头的出流量远大于半开状态下的出流量。如在全开状态下,有 60 个测点普通水龙头的出流量超过 0.2L/s,超标率达 90%。节水龙头在全开状态下,有 61 个测点的出流量超过 0.15L/s,超标率达 91%;即使以 0.2L/s 作为额定流量时,也有 50 个测点的流量超标,超标率达 75%。

实测中,普通水龙头半开和全开时最大流量分别为 0.42L/s 和 0.72L/s,对应的实测动压值分别为 0.24MPa 和 0.05MPa,静压值约为 0.37MPa;节水龙头半开和全开时最大流量分别为 0.29L/s 和 0.46L/s,对应的实测动压值分别为 0.17MPa 和 0.22MPa,静压值分别为 0.3MPa 和 0.37MPa。两种水龙头在半开状态时,最大出流量约为额定流量的 2 倍;在全开状态时,最大出流量约为额定流量的 3 倍以上(普通水龙头和节水龙头分别以 0.2L/s 和 0.15L/s 作为额定流量的标准)。

综合以上分析可以看出,我国建筑给水系统中超压出流现象是普遍存在而且是十分严重的,由此造成的水的浪费问题是不可低估的。

第二节 超压出流的防治技术

为减少超压出流造成的“隐形”水量浪费,应从给水系统的设计、安装减压装置及合理配置给水配件等多方面采取技术措施。

一、在设计中合理限定配水点的水压

1. 目前我国有关设计规范中对给水水压的规定

由于超压出流造成的“隐形”水量浪费并未引起人们的足够重视,因此在我国现行的有关给水排水设计规范中,仅对防止消防给水超压问题做出了明确严格的规定(《高层民用建筑设计防火规范 GB 50045—95》中规定:消火栓栓口的静水压力不应大于 0.80MPa,……消火栓栓口的出水压力大于 0.50MPa 时,消火栓处应设减压装置)。而在 2003 年 9 月 1 日前一直执行的《建筑给水排水设计规范 GBJ 15—88》中,对建筑给水系统只要求高层建筑分区最低卫生器具配水点处的静水压宜为 0.30~0.45MPa,静水压超过此规定时,宜采取减压限流措施。由于在执行规范条文时,用“应”来表示严格执行,而用“宜”来表示在条件许可时,首先应这样做,因而,在原有设计规范中并没有对防止建筑给水系统超压出流做

出严格规定,因此建筑给水系统各配水点的设计压力普遍过高,从而导致水量浪费。

在刚刚开始实施的《建筑给水排水设计规范 GB 50015—2003》中,对给水系统的水压做出了如下规定。

(1) 卫生器具给水配件承受的最大工作压力,不得大于 0.6MPa。

(2) 高层建筑生活给水系统应竖向分区,竖向分区应符合下列要求:

① 各分区最低卫生器具配水点处的静水压不宜大于 0.45MPa,特殊情况下不宜大于 0.55MPa。

② 水压大于 0.35MPa 的入户管(或公共建筑配水横支管),宜设减压或调压设施。入户管是指住宅内生活给水管道进入住户至水表的管段。

在上述条款中,虽然第(1)条对卫生器具给水配件承受的最大工作压力做出了不得大于 0.6MPa 的严格规定,但这只是从防止给水配件承压过高会导致配件损坏的角度考虑的,并未从防止超压出流的角度考虑,因为如此大的工作压力将会产生严重的超压出流问题,造成巨大的水量浪费。因此这一条对防止超压出流没有任何意义。第(2)条第①款的主要作用是防止给水配件压力过高造成损坏,并使高层建筑分区比较经济合理。第②款对防止超压出流具有积极作用,但也存在一定的问题。一是要求对水压超过 0.35MPa 的入户管,“宜设”减压或调压设施,并没有做出“必须设置”或“应设置”的严格要求;二是根据本书第一节超压出流试验的实测结果,水压大于 0.35MPa 的入户管才设减压设施过于宽松,仍会造成水量的浪费。

根据以上分析和我国许多城市严重缺水的实际情况,在缺水城市应制订《建筑给水排水设计规范》的地方性补充条款,或在不违反设计规范的前提下,对新建建筑给水系统的压力设计做出合理限定,以便从系统设计这一根本问题上解决超压出流造成的水量浪费。

2. 配水点的工作压力限值分析

从图 1-2 和图 1-3 中已经得出:普通水龙头额定流量为 0.2L/s 时,工作压力为 0.065MPa;节水龙头额定流量为 0.15L/s 时,工作压力为 0.08MPa。若以 0.065~0.08MPa 作为给水系统设计时超压出流的界限值,则有 55%~60%以上的配水点处于超压状态,需要设置减压装置,增加了建筑成本。此外若系统的供水压力或室内用水量发生较大变化,则有可能导致配水点压力不足。鉴于以上原因,为保证安全供水,在普通水龙头额定流量 0.2L/s 的基础上附加 30% 的流量,即以 0.26L/s 作为普通水龙头是否超压出流的判别标准,其相应的工作压力值为 0.11MPa。据实测数据统计,有 24 个测点的流量超过 0.26L/s,约占 35%。为统一标准,节水龙头超压出流的工作压力限值也定为 0.11MPa,其相应的出流量为 0.17L/s,实测中约有 1/3 的测点流量超标,与普通水龙头的超标率基本相同。

以水龙头超压出流的工作压力限值 0.11MPa 为基础,考虑到淋浴器的位置标高(一般比水龙头约高出 1m)及每户住宅或公共建筑用水房间内部给水管道和水表的水头损失,住宅入户管(或公共建筑配水横支管)超压出流的压力限值应为 0.15MPa 左右。考虑到大便器延时自闭式冲洗阀所需要的阀前工作压力较大,一般比水龙头大 0.05~0.10MPa,因此若大便器采用延时自闭式冲洗阀冲洗,则住宅入户管(或公共建筑配水横支管)超压出流的压力限值应为 0.25MPa 左右。

3. 配水点的静水压力限值分析

按照住宅入户管(或公共建筑配水横支管)的工作压力限值控制给水系统的超压出流,具有一定的理论基础;并且是比较准确的,但计算比较麻烦。利用静水压力去控制系统的超

压出流则比较简单,在设计中也比较实用,但静压与出流量之间没有直接的数学关系,其压力限值主要通过实测数据的分析得到。

在上述所做建筑给水系统超压出流试验中,67个配水点普通水龙头和节水龙头在半开状态下,静水压力和出流量的实测数据见图1-4和图1-5。

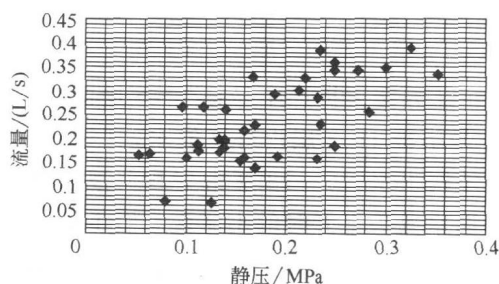


图 1-4 普通水龙头半开时静压-流量关系

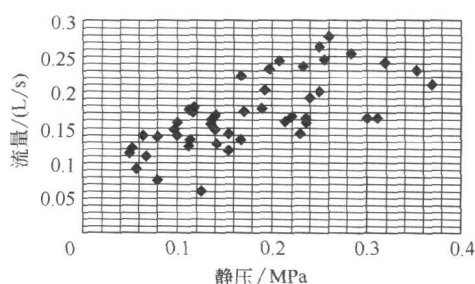


图 1-5 节水龙头半开时静压-流量关系

从图中看出,同一静水压力下,水龙头的出流量可能差别很大,有的相差一倍以上。这是因为建筑物的规模、建筑给水系统布置及管道长度、阀门开启度、管道使用年限等不同,使得建筑给水系统的水头损失不同所致。

经过对实测数据的分析,可以得出,无论是何种供水形式,普通水龙头和节水龙头在静压小于0.09MPa和0.10MPa时,都不会产生超压出流现象;静压大于0.25MPa时,所有测点都产生超压出流现象。结合前述住宅入户管的工作压力不应大于0.15MPa的规定,考虑到整栋建筑物内部管道水头损失一般不会超过0.10MPa,因此入户管(或公共建筑配水横支管)超压出流的静水压力限值为0.25MPa是比较合理的。若大便器采用延时自闭式冲洗阀冲洗,则住宅入户管(或公共建筑配水横支管)超压出流的静水压力限值应为0.35MPa。

4. 建议设计中采用的压力限值

综合以上分析,作者认为住宅入户管(或公共建筑配水横支管)的工作压力应限制在0.15~0.25MPa以内;静水压力应限制在0.25~0.35MPa以内。建议在《建筑给水排水设计规范》(地方性补充条款)中规定“住宅入户管(或公共建筑配水横支管)水表入口端的工作压力大于0.15MPa(采用延时自闭式冲洗阀冲洗大便器时大于0.25MPa)或静水压力大于0.25MPa(采用延时自闭式冲洗阀冲洗大便器时大于0.35MPa)时,应采取减压措施”。有条件时,应按工作压力的大小确定是否需要设置减压装置,这种方法比较准确。

由于确定上述压力限值时已经考虑了安全因素,因此按照上述压力限值进行给水系统设计时,不会出现配水点水量过小,不能满足人们使用要求的现象。为进一步确保安全供水,防止采取减压措施时将压力减得过小,低层建筑或高层建筑各分区最不利点的水压还应满足使用要求,即满足最不利点卫生器具给水配件的最低工作压力要求(最低工作压力见附录2)。为做到这一点,可以按照建设部工程质量安全监督与行业发展司、中国建筑标准设计研究所编写的、自2003年3月1日起执行的《全国民用建筑工程设计技术措施(给水排水分册)》中的规定,住宅入户管(或公共建筑配水横支管)水表入口端的水压,一般不宜小于0.10MPa(当卫生器具对供水压力有特殊要求时应按产品样本确定)。

按照上述确定的住宅入户管(或公共建筑配水横支管)压力限值进行建筑给水系统的压力设计,既可保证安全供水,又可减少由于超压出流造成的水量浪费,同时也可满足《建筑给水排水设计规范 GB 50015—2003》的要求。

二、采取减压措施，控制超压出流

对于新建建筑，在设计中对住宅入户管（或公共建筑配水横支管）的压力有了限制性要求后，就要在设计给水系统的同时考虑减压措施。对于已有建筑，按照节水要求，也应在水压超标处逐步配置减压装置。因而减压装置的合理配置和有效使用，是控制超压出流的技术保障。主要减压措施如下。

1. 设置减压阀

上述超压出流实测建筑中有3栋18层住宅楼：北方交大拆迁1号楼1~6层由外网供水，7~18层由变频调速泵供水；北京西直门外24号塔楼1~3层由外网供水，4~18层由屋顶水箱供水；北京建工学院新宿舍楼1~4层由外网供水，5~18层由变频调速泵供水，在5~13层住户支管上设减压阀。3栋楼各楼层普通水龙头半开时的出流量见图1-6。从图中看出，北京建工学院新住宅楼由于入户支管上设置了减压阀，各楼层出水量明显较小，且各层配水点水压、流量较均匀。在所测9个楼层中，普通水龙头半开状态下的平均出流量为0.17L/s，最大流量为0.22L/s，没有一层处于超压出流状态。可见，减压阀具有较好的减压效果，可使出流量大为降低。

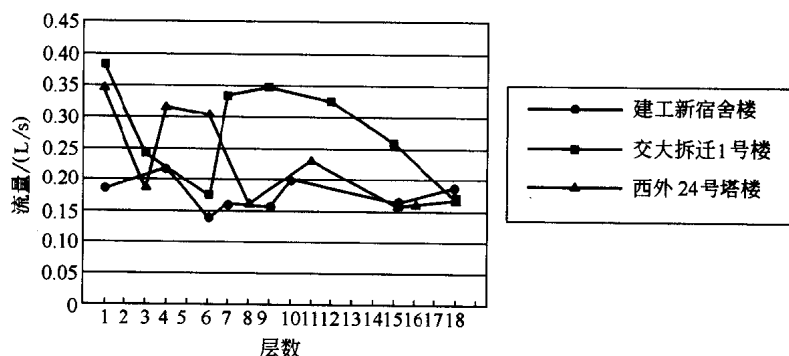


图 1-6 3 栋 18 层住宅楼普通水龙头半开时出流量对比

(1) 减压阀的安装形式

① 支管减压。即在各超压楼层的住宅入户管（或公共建筑配水横支管）上安装减压阀。

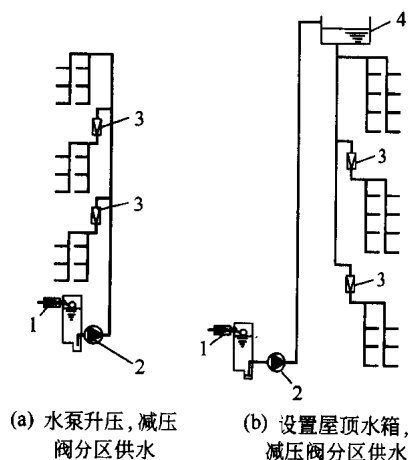


图 1-7 减压阀分区供水方式

1—水表；2—水泵；3—分区减压阀；4—屋顶水箱

这种减压方式可避免各供水点超压，使供水压力分配更加均衡，在技术上是比较合理的，而且一个减压阀维修，不会影响其他用户用水，因此各户不必设置备用减压阀。缺点是压力控制范围比较小，维护管理工作量较大。

② 高层建筑设置分区减压阀。当高层建筑的中间层不允许设置水箱时，可采用减压阀分区供水，如图1-7所示。这种减压方式的优点是减压阀数量较少，且设置较集中，便于维护管理；其缺点是各区支管压力分布仍不均匀，有些支管仍处于超压状态，而且从安全的角度出发，各区减压阀往往需要设置2个，互为备用。减压阀组宜设置报警装置，以便在处于工作状态的减压阀失效后能及时切换到备用减压阀。这些都增加了设备投资。