

城市节水技术的发展与应用

□ 国家城市给水排水工程技术研究中心 郑兴灿



城市节水的重要性和迫切性

水是人类生存的基础、经济社会发展的战略资源。近 20 多年来,随着城市化水平的不断提高、建成区面积的显著扩张和城镇人口的快速增长,城市工业和服务业的快速发展,许多地区和城市的原有水资源已不能满足城市生产、生活和环境改善的用水量需求,接连出现资源型和水质型缺水,部分城市的饮水安全受到威胁,制约城市经济社会的可持续发展。据估计,全国每年因城市缺水影响产值达 2000 ~ 3000 亿。要促进城市的健康和稳定发展,解决城市“水困境”是一个不容忽视的重大命题,而建设节水型社会,尤其是节水型城市,全面实现节水减排和非传统水资源的开发利用,无疑是解决这一问题最根本、最有效的战略举措之一。

党中央、国务院历来十分重视节约用水工作。温家宝总理曾在 2005 年 6 月 30 日全国建设节约型社会电视电话会议上指出,建设节约型社会近期需要抓好“大力节约用水,积极推广节水设备和器具,加快供水管网改造,推进污水处理及再生利用”。“大力实施高耗水行业节水技术改造,推进沿海缺水城市海水淡化和海水直接利用。加强地下水资源管理,严格限制超采、滥采地下水”。“依靠科技进步和创新,构建节约资源的技术支撑体系。加大对资源节约和循环利用关键技术的攻关力度,组织开发和示范有重大推广意义的资源节约和替代技术,大力推广应用节约资源的新技术、新工艺、新设备和新材料”。

城市节水在节约型城市建设中具有非常突出的地位。城市节水的意义不仅在于节约水资源本身,同时还具有节能、节材、减

污和保护环境的三重功能。城市节水的内涵和外延十分丰富,一是通过法规、技术、经济、行政等手段加强全社会的用水管理,约束人们的用水行为;二是通过规划的指导作用和标准的限定作用来促进用水结构的调整、用水工艺的改进,实行定额用水、杜绝用水浪费;三是运用先进的科学技术建立科学的用水体系、开辟新的水源,充分考虑再生水、雨水、海水和低质水的开发利用,鼓励节水行为,使有限的水资源得到高效利用、有效保护和充分再生,以满足经济社会长远健康发展的需要。

城市节水是全社会节水的核心组成部分,经济效益、社会效益和环境效益非常显著,但同时具有涉及面广、政策性强和技术密集度高的特征,是一项非常复杂的系统工程。这就需要政府部门按照法律法规和规划的要求,全面统筹,密切配合,形成合力;需要综合运用法律、经济、行政、技术等手段全力推动各方面节水工作的开展,尤其是节水设施的建设和管理、节水技术与器具的开发和应用;需要统筹考虑城市水资源的开发、利用、节约和保护;切实改进生产工艺,严格限制高耗水高污染项目;需要高度重视城市再生水和雨水的利用,实现由单一的污水处理达标向污水综合利用转变;需要建立严格的节水制度,加强用水定额管理,大力推广应用节水产品和器具;需要加快城市供水管网的改造步伐,减少水的漏失和供水系统耗水量。

国外城市节水技术的发展与应用

节水已经成为一个全球性的主题,即使水资源相对丰富的国家也时常发生供水不足的问题。目前我国每年除了因缺水造成工业产值的损失外,农业损失更是不计其数。另外,全球范围内的气候异常及水体污染,特别是人为造成的水污染,更加剧了水资源的紧缺程度。在此情况下,开展以“开源、节流、减污”为核心环节的城市节水成为必然的选择。

美国是节水研究最多的国家之一。起初,节水作为应对干旱和意外缺水的应急措施。20 世纪 70 年代受节约用电的影响,节水硬件设备和公众教育等方面得到很大发展并成为水管理的基本措施。80 年代各州纷纷开展节水运动。1990 年“CONSERV90”节水会议对节水的诸多问题进行了讨论,节水由此成为供水管理的永久组成部分。各地普遍将节水和用水管理视为水资源总体规划的组成部分,再生水利用也达到相当高的水平。美国环保署从改变不良用水习惯和使用节水产品着眼提出了各种措施。

欧洲国家大范围施行节水要晚一些,1988 年英国建立“节水者”公司,旨在促进节水和环境管理的发展,但直到 1996 年才正式规定将节水纳入供水规划中,后来英国各地的公共供水公司纷纷对其用水量 and 给水规划进行评估,节水工作全面展开。20 世

纪90年代末,德国家庭人均用水量已经降低到130L/d,但政府认为仍然存在相当大的节水潜力,德国环境部专门通过互联网等形式,向公众介绍节水小窍门,倡导改变个人用水习惯,建议公众注意选择节水型产品。除了制定有关节水的政策外,法国政府和专门负责节水的部门想出各种办法来减少用水。

阿拉伯海湾地区的国家是众所周知的缺水国家,自1978年以来,海湾合作委员会成员国采用了诸如城市污水再生利用和海水脱盐等替代技术,以满足不断增长的需水量,沙特、科威特、卡塔尔和巴林等国由于长期、过量取用地下水,已导致了地下水源的过分开采和水质变坏。饱受缺水之苦的这些阿拉伯海湾国家都一致在寻求以节约用水为指导原则的给水规划和管理途径,节水已涉及到农业、生活和工业等领域。

以色列人均水资源仅380m³左右,然而,就是在这片贫瘠的土地上,以色列仅用一代人的时间就建成了现代农业,创造了令世界惊叹的奇迹。水资源管理和使用权归国家所有,严格执行《水法》等一系列法规,国家输水工程调整水资源分布格局,滴灌节水技术造就沙漠农业神话,价格杠杆鼓励节约用水,污水回用、海水淡化开发非常规水源——多管齐下的节水措施构成了以色列开源节流、高效用水的系统工程。

城市用水中工业用水通常占50%以上,节水潜力大。发达国家的工业节水主要集中在清洁生产、循环利用和冷却水系统改进等方面。清洁生产是最重要的节水途径之一,体现为少用水,甚至不用水;循环用水,将工艺过程中的用水加以回收和循环利用,或者在排放下水道前经有效处理后回收利用;冷却水系统的改进主要表现为水源的替代,尤其是再生水的利用。已经有很多工厂通过改进生产工艺和生产设备达到节约用水的目的,例如改进冷却塔给水系统、改进洗涤系统、改进和更新工艺设备、空调用水或其它轻度污染水再生利用等。

城市用水中生活用水占有较大份额,其节水技术也比较成熟。国外城市生活节水主要注重用水监测和用水量估计、推行节水型家庭卫生器具、家庭草坪浇灌节水技术、水价结构调整和漏水控制,以及供水厂节水、供水系统漏水控制、用水审计、雨水管理、再生水利用、节水经济激励、立法、公众宣传、水资源一体化规划等方面。水厂用于滤池和沉淀池冲洗以及厂区生活用水的自用水量一般为5%~10%,可以通过适当方法加以回收利用或控制其用量。漏水位置一般位于主干管、蓄水池、配水管、连接管、卫生器具,同时管网压力也是一个重要因素,通常由专门培训的技术人员进行漏水的管理和控制。再生水和雨水则可以用于景观和杂用。

我国城市节水技术的发展与应用

我国《水法》指出,国家厉行节约用水,大力推行节约用水措施,推广节约用水新技术、新工艺,发展节水型工业、农业和服务业,建立节水型社会。单位和个人有节约用水的义务。地方各级人民政府应当结合本地区水资源的实际情况,按照地表水和地下水统一调度开发、开源与节流相结合、节流优先和污水处理

再利用的原则,合理组织开发、综合利用水资源。

国内的节水工作始于20世纪80年代初期,经过20多年的努力,取得了较大的进展。工业方面主要注重重复用水技术,包括冷却水的循环节水、一般循环水节水和工艺节水等方面,这些技术在火电、钢铁、石化、化工、印染、造纸等行业都有成功应用的案例。城市生活节水的主要技术措施包括:用水计量与节水型器具;城市绿化节水、无水洗车;降低漏失;再生水利用;海水利用;调整水价、节水教育等方面。

国务院已经将《节水条例》列入了立法计划,许多地区出台了地方《节水条例》,城市节水工作取得明显成效。根据建设部对660个城市的统计,近3年来平均每年城市节水量约35亿m³。城市用水重复利用率提高到65.9%,其中城市工业用水重复利用率达到75.7%。在我国城镇化进程加快、经济持续发展、居民生活质量和卫生条件不断改善的情况下,城市的供水量基本保持稳定,体现了城市用水结构优化和节水工作的成效,城市用水人口增加约15%,而综合生活用水量仅增长12.4%。

建设部一直大力推动创建“节水型城市”活动,以点带面,提高全社会的节水意识和水的忧患意识,推动了全国的城市节水工作。各地以创建节水型城市为目标,综合运用行政、经济、技术等手段,不断提高城市用水效率。

建设部要求各地要进一步提高认识,切实加强领导,把节约用水纳入经济社会发展统计和评价体系,结合本地实际情况,制定具体的工作目标、任务和措施,建立健全节水责任制,层层抓落实,力争新增工业用水量的一半靠节约用水解决,2007年底基本完成对运行超过50年及老城区严重漏损的供水管网改造工作,“十一五”期末缺水城市实现再生水利用达到20%以上。

国家发展改革委、科技部、建设部等部委于2005年4月发布的《中国节水技术政策大纲》,作为涵盖农业、工业和城市生活节水的政策性文件。强调采取法律、经济、技术和工程等切实可行的综合措施,全面推进节水工作。要求节水工作要实现“三个结合”,即工程措施与非工程措施相结合,先进技术与常规技术相结合,强制节水与效益引导相结合。

“十五”期间开展的“水安全保障技术研究”,在污水再生利用和非常规水资源开发利用方面取得了较大的进展,制定了一系列水质标准,提出了成套工艺技术,在天津经济技术开发区等地建立了示范工程项目;同期开展的“863”研究项目,在全国范围内选取十个代表性的城市进行了水环境质量改善研究。这些科技开发项目及其研究成果将为城市节水技术的发展提供了可供借鉴的经验、技术移植和集成应用的基础。与此同时,生物技术、软件开发水平、数学模型建模技术的不断发展和进步,也为城市节水工艺技术的开发和集成提供了条件、新成果与新手段。

2002年以来,建设部会同有关部门制定发布了包括居民生活用水、用水器具、供水管网漏损控制和污水再生利用等方面的8项标准规范,对节水的技术指标、漏损率和用水量做了一些强制性规定。2002年10月发布了《坐便器节水产品认证实施规则》和《水嘴节水产品认证实施规则》。2004年批准发布了电力、钢铁、石油石化、纺织、造纸、啤酒、酒精等七大行业取水定额的

国家标准,煤炭、水泥、电解铝、医药、味精、合成氨等行业取水定额标准正在制订中。《节水型产品技术条件与管理通则》(GB/T18870-2002)对灌溉设备、冷却塔、生活洗衣机、卫生间便器系统和水嘴(水龙头)等五大类产品的技术性能和产品要求做了规定。

在城市供水系统节水方面,北京市第九水厂排泥水处理厂于1997年6月建成投产,运行证明设计工艺对净水厂排泥水处理是适用的,脱水后泥饼含水率达到50%~60%。此外石家庄、保定、大连等地的水厂通过技术引进也应用了先进的排泥水处理工艺技术。针对配水管网存在的问题,国内供水部门积极引进和研究开发先进技术,并加强运行管理工作,取得了一定的成效,积累了大量的工程经验。部分城镇的供水部门有计划、分步骤地改造供水管网,更换和修复材质差、年代久、渗漏情况比较严重的管道;或者加强对管网的维修管理和漏水监测,研究开发不断水情况下或非开挖条件下的管道补漏、堵漏新技术。

在城市污水再生利用方面,“十五”期间开展的“城市污水再生利用政策、标准和技术研究示范”,为我国的城市污水处理再生利用政策、标准的建立和再用工程的设计、建设和运行提供了有力的技术支撑。近年来,随着一些新型技术的出现,一些处理效率高、安全性好、运行稳定的关键技术已经开始引入污水再生利用领域。随着人们对生活质量和居住环境要求的提高,将再生水用于城市景观环境,并与景观环境的建设相协调也成为我国污水再生利用技术发展的重要方向之一。

我国城市节水的社会与技术发展需求

1. 经济社会发展对城市节水的需求分析

据有关部门统计,全国有400多座城市供水不足,110多座城市严重缺水;在32个百万人口以上的特大城市中,有30个长期受缺水困扰。在46个重点城市中,有45.6%水质较差,14个沿海开放城市中,有9个严重缺水。北京、天津、青岛、大连等城市缺水最为严重;地处水乡的上海、苏州、无锡、重庆等出现水质性缺水。目前我国城市的年缺水量已远远超过60亿 m^3 。整个华北地区的城市供水主要靠超采地下水获得,而地下水水位的逐年下降已经达到极其严重的程度。

在我国全面建设小康社会的进程中,社会经济要有大的发展,城镇化水平要继续提高,城市供水、节水和水污染防治将面临更加严峻的形势,预计2010年前后我国将开始进入严重的缺水期,水安全保障问题会更加突出并有可能影响国家的安全格局。据统计,到2004年底,我国已建城市661座、县城1636座、县以下建制镇18247个,城镇总人口5.428亿,占全国总人口的41.76%;到2020年全面建成小康社会时,预计城镇人口的比重将达到55%,城镇人口增加到7.93亿,在采取有效节水措施的前提下,仍然要比2004年增加供水量50%左右。而到了2030年,人均水资源量将下降到1700 m^3 ,接近国际公认的警戒线。

目前,我国的城市水问题突出表现在缺水和水污染的并存与

叠加,一方面,水资源短缺与不合理利用并存,传统水资源过度开采与非传统水资源缺乏利用并存,供水设施不足与相对过剩并存,水资源有效利用率有待提高;另一方面,污水处理设施明显不足,江、河、湖、库、近海海域普遍污染,水质富营养化问题日益突出,导致水资源可利用率不断降低,供需矛盾进一步加剧,使生产、生活的供水安全性和水质水量得不到有效保证,而且对人民群众的基本生存条件构成严重威胁。因此,贯彻落实科学发展观,加快建设节水型社会,走循环经济道路,全面加强供水、节水和水污染防治工作,已经成为我们必然的选择。

2. 城市节水对科技发展的需求分析

近年来,我国城市节水工作取得了非常可喜的成就,但节水工作是与社会经济、科技发展、产业调整和管理体制密切管理的综合性工作,城市节水工作任重道远,远未达到令人满意的程度,当前迫切需要加紧解决的问题主要有:

(1)水资源和水业管理体制相对滞后,法规政策的研究和制定比较薄弱,难以形成切实有效的长远节水机制。管理体制和运营机制方面,往往出现政策矛盾、管理职能重叠、权责不清、政企不分、政事不分等问题。这些问题的存在明显影响水资源的优化配置和合理利用,明显影响水业效能的发挥和服务水平,明显影响政府对自身节水责任的认识,明显影响节水工作的切实推进和技术水平的全面提高。

(2)节水规划指导作用不够,缺乏适应新的水源和用户要求、体现综合节水的系统规划。有些地方和部门对节水工作的重要性和紧迫性认识不足,一些地区不顾自身的水资源条件,盲目发展高耗水、高污染项目;一些缺水城市热衷建设高耗水景观项目;有的城市甚至认为推进节水会影响投资环境,把低水价作为招商引资的优惠条件;有些水资源相对丰富的地区没有充分重视节水问题,缺乏居安思危的意识。

(3)节水技术经济政策不完善,投融资体制不完善,水价体系不够合理。目前没有形成稳定的节水投资渠道和运营经济支付体系,节水投入仍然明显不足;当前水价尚不足以激励全面节约用水;水费仅占工业生产成本和经费开支的一小部分,难以引起高度重视,使得节水器具和技术难以全面推广,再生水利用缺乏市场条件;供水企业存在核算管理粗放、缺乏节水降耗内在动力等弊端,成本和水价相互攀升。

(4)节水设施投入严重不足,工业和城镇生活节水潜力大。节水设施工程建设的资金、技术和成本问题比较突出,节水设施建设缓慢;非传统水资源的开发利用程度仍然处于很低的水平;已建成的设施中有相当一部分不能正常运行。

(5)城市供水基础设施老化,管网漏损严重。根据2002年408个城市的统计,全国城市公共供水系统的管网漏损率平均达21.5%,城市供水年漏损量近100亿 m^3 。

(6)节水执法不严,难以杜绝水资源浪费现象。由于政出多门,法律法规执行的不到位,以罚代管的现象比较严重,节水的法律法规在一些地方走了形,变了样,节水的效果不明显。

这些问题无疑需要从思想认识、法规建设、制度建设、规划

制定、技术进步、科学管理等方面加以解决,也需要从节水指导思想、节水目标、节水规划、节水标准、节水政策、节水技术、节水管理、节水信息网络等方面进行更加深入细致的全面研究,研制、开发节水新技术、新途径、新产品,尤其是非常规水资源的开发利用技术,并通过示范城市的综合示范作用,以点带面,依靠科技进步,全面推进城市节水的发展。

城市节水技术的重点发展方向及建议

1、城市节水规划与政策体系。城市综合节水支撑体系构建是涉及管理体制、政策法规、总体规划、标准规范、技术、工程等方面的系统工程。这就需要从系统性和集成化的角度出发,以系统规划、管理体制、政策体系为重点,研究建立城市综合节水的规划与政策支撑体系。针对地表水、地下水、再生水、雨水、苦咸水、跨流域调水、海水等多水源和工业、生活、生态等多用户,开发区域水量水质平衡模型、设计区域水资源配置多情景方案、建立城市综合节水规划模型和方法,系统分析城市节水的管理体制和法规政策并提出改进建议,研究制订引导技术和产业有效发展的城市节水技术政策和产业发展政策。

2、城市节水的技术指标与标准。目前我国已发布的节水标准,无论在种类上和数量上都难以满足实际需求,不能全面覆盖节水的各个领域;缺少有关的共性及指导性标准,欠缺引领行业提高节水效率的先进技术标准;标准的系统性和协调性较差,内容交叉重复,技术要求和指标不统一;标准的前期科研相对滞后,影响标准的质量和可操作性。国家标准化管理委员会等14个部门联合发布的《2005-2007年资源节约与综合利用标准发展规划》,提出了节水重点项目150项,计划围绕工业、农业、城镇生活以及海水利用等四大领域开展标准的制修订。因此,加强标准的前期科学研究,建立标准与科研协调发展机制是规划实施的重要保障措施之一。

3、城市供水与生活节水技术发展。城市生活用水与人民群众的日常生活密切相关,城市生活用水包括城市居民、商贸、机关、院校、旅游、社会服务、园林景观等用水。目前城市生活用水已占城市用水量的55%左右,今后还将继续增加;目前城镇人均生活用水量212L/d,其中设市城市为228L/d。因此,城市生活节水对于促进节水型城市的建设具有重要意义。需要重点发展和应用的节水技术包括节水型器具、供水管网检漏和防渗技术、公共建筑节能节水技术、市政环境节水技术、供水企业自用水节水技术、再生水利用技术、雨水和其他低质水利用技术等方面。

4、城市工业节水技术的发展。工业用水主要包括冷却用水、热力和工艺用水、洗涤用水等。其中工业冷却用水量占工业用水总量的80%左右,取水量占工业取水总量的30%~40%。火力发电、钢铁、石油、石化、化工、造纸、纺织、有色金属、食品与发酵等八个行业取水量约占全国工业总取水量的60%,节水潜力很大。当前需要重点发展和应用的工业节水技术包括用水重复利用技术、冷却节水技术、热力和工艺系统节水技术、洗涤节



水技术、工业给水和废水处理节水技术、非常规水资源利用技术、工业输水管网与设备的防漏和快速堵漏修复技术、工业用水计量管理技术、重点节水工艺或清洁生产工艺等方面。

5、城市再生水利用技术发展。再生水作为城市景观环境用水、市政杂用水、工业用水以及居住小区杂用水等,是城市节约用水、高效用水的有效措施,是城市开源节流的重要途径,可缓解城市水资源紧缺的供需矛盾。近几年,我国在再生水处理技术方面开展了一些相关研究,取得了较大的进展,但再生水用水环节的许多问题有待解决,再生水应用过程的安全性、可靠性和稳定性需要做深入的研究和跟踪监测分析。因此,有必要应用现代高新技术与管理技术,借助工程实践,形成保障再生水用于城市景观水体与园林绿化等用途的水质安全保障技术和安全利用体系。

6、城市雨水综合利用技术发展。作为城市水循环的重要组成部分,城市雨水利用与生态环境的保护紧密结合,对建设资源节约型和环境友好型社会,建设生态城市具有重大意义。近年来,北京等城市出台了一系列关于城市雨水利用的政策规定,一些城市已经或正在编制城市雨水利用规划,加之示范工程和节水宣传使企业和建设单位对雨水利用观念的转变,雨水利用的理念已被社会和更多的开发商所接受。但城市雨水利用的技术和设备在许多方面都还不够成熟,需要进行系统和深入的研究,使之形成完善的技术体系。

专家简介:郑兴灿,国家城市给水排水工程技术研究中心总工程师,教授级高工、博士生导师,国家级有突出贡献中青年专家、享受国务院特殊津贴专家。1983年毕业于厦门大学,一直从事给排水领域的技术研究、工艺设计和咨询服务,主持完成了30多个项目。主编和参编学术专著5部、论文50多篇。国际水环境联合会(Water Environment Federation, WEF)理事,中国城镇给水排水协会理事,建设部市政公用行业专家委员会委员。