

An International Comparison of China's Urban Water Resource Strategies*

Ning Song¹, Minghua Tian², Hengyun Ma^{1#}

¹College of Economics and Management, Henan Agricultural University, Zhengzhou

²School of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing

Email: [#]h.y.ma@163.com

Received: May 4th, 2013; revised: May 21st, 2013; accepted: Jun. 2nd, 2013

Abstract: Water is the most fundamental resource that human survival and social development must rely on. At present, the global water resource shortage is increasingly serious along with the rapid development of social economy. Because of the rising water consumption and increasing pollution, the urban water resource is also faced with severe challenges. This paper first introduces the strategies of urban water resource management and utilization home and overseas from the following three aspects: the water resource supply-demand balance, water saving measures, and the relevant laws and policies. After the analysis and comparison of global urban water resource strategies, the paper has then identified the existing issues of urban water resource management in China. They are: 1) weak citizen water saving conscious; 2) the lagged theory research on urban water management; 3) insufficient laws and technical regulations; 4) weak urban underground drainage system. Finally, the paper proposes some policy suggestions for China's urban water resource strategies: 1) carry out water-saving education and vigorously promote the water-saving appliances to establish a water-saving society; 2) enhance the theory study and technology innovation in water resource management; 3) perfect the laws and the specific technical regulations; 4) encourage the treated wastewater used in agricultural irrigation; 5) reconstruct the urban underground drainage system.

Keywords: Urban; Water Resource; Rainwater; Recycled Water; Fiscal and Taxation Policy

中国城市水资源战略的国际比较研究*

宋宁¹, 田明华², 马恒运^{1#}

¹河南农业大学经济与管理学院, 郑州

²北京林业大学经济与管理学院, 北京

Email: [#]h.y.ma@163.com

收稿日期: 2013年5月4日; 修回日期: 2013年5月21日; 录用日期: 2013年6月2日

摘要: 水是人类赖以生存和发展最基础的自然资源, 然而随着社会经济的快速发展, 目前国际上水资源短缺问题日益严重。而且由于城市用水量和污染排放量急剧增加, 城市水资源面临严峻挑战。文章从平衡水资源供给、节水措施和法规政策等方面, 介绍了国内外城市水资源管理和利用战略, 通过比较分析国内外城市水资源战略差别, 找出中国水资源管理存在的问题是: 国民节水意识不足, 城市水管理理论研究滞后, 相关法律法规和技术规范薄弱, 城市地下排水系统落后等。同时, 对中国城市水资源战略提出建议: 加强节水教育, 推广节水器具, 建立节水型社会; 引导水资源管理理论和技术创新; 完善法律法规和具体技术规范; 鼓励废水处理用于农业灌溉; 重建城市地下排水系统。

*基金项目: 国内外大型城市水资源战略研究(30600319), 华北平原水资源与农业适应气候变化研究(30600280)。

作者简介: 宋宁(1989-), 女, 硕士生, 从事农业经济与水资源管理研究。

[#]通讯作者。

关键词: 城市; 水资源; 雨水; 中水; 财税政策

1. 引言

随着城市化进程的加快和经济的迅速发展,能源消耗量急剧增加,我国乃至全世界范围内许多城市普遍存在着水资源短缺的现象,因此,如何合理开发和利用水资源成为全球关注的重大问题之一。目前,世界各国正在积极采取各种措施合理开发和利用城市水资源,为改善生态环境、缓解水资源供需矛盾和促进城市可持续发展寻找有效途径。

2. 国外水资源战略

2.1. 平衡水资源供给

目前许多国家为解决水资源的供给问题,都很重视水资源的开发利用和优化配置。20世纪以来,为控制地表径流和解决水资源的季节分布不均等问题,世界各国修建了大量的拦水蓄水工程和引水工程,将水资源相对丰裕地区的水引到严重缺水地区;对于较大范围的区域性缺水,则通过区域间的水资源调配,来解决其水资源的短缺问题^[1]。

澳大利亚的雪山工程是世界著名的跨流域调水工程之一。该工程于1949年10月开工,到1974年全线竣工,投资8.2亿澳元^[2]。通过利用大坝水库和隧道网,在雪山山脉的东坡建库蓄水,再将东坡斯诺伊河丰富的水资源引入西坡缺水地区,解决了澳大利亚内陆严重的水资源缺乏问题,也成为其他国家学习的典范。

美国西部以山地高原为主,大部分地区年降水量低于500毫米,属于干旱缺水地区。为解决西部水资源不足的问题,仅1933~1943年,联邦政府就投资兴建了34个灌溉与调水工程,这些工程的建成,为美国西部的发展与繁荣提供了重要基础。美国加州年径流量为870亿 m^3 ,其中75%集中于北部山区,而需水量达80%的南部地区仅占年总降水量的25%。政府为了解决南部地区的缺水问题,从1959年开始修建“北水南调”工程,1985年建成^[3],从而重新配置了该州的水资源,将北部丰富的水资源引入南方缺水地区,解决了供需矛盾,为南加州的发展提供了有力的支持和保障。

以色列属于地中海亚热带气候,水资源极度贫乏,历来以干旱缺水著称,但其在水资源开发和管理方面却有一套行之有效的办法,尤其是北水南调工程更是令世人瞩目。该工程于1953年开始,起始水源位于以色列东北部的太巴列湖,将北部水源引到南部和中部缺水地区,年均抽水量为4.0~5.0亿 m^3 。这一措施改善了以色列国家的水资源配置,同时缓解了制约南部发展的主要限制因素,是以色列中南部的用水命脉和生命线^[2]。

德国在水资源管理方面也取得了显著成绩。20世纪70年代初,德国为确保北部工业发达区用水,投巨资开凿了莱茵河-多瑙河运河,实施南水北调工程,从水源丰富的多瑙河向莱茵河调水。运河沿岸因此在农业、工业、旅游业都获得了长足的发展,带来了很大的社会效益和经济效益^[4]。

2.2. 节水保护措施

自古以来,水资源的利用和保护都非常注重“开源”和“节流”,然而在当今的资源条件下,“开源”的难度已经越来越大,各国都开始把重心转移到“节流”上来^[5]。目前,许多国家在农业灌溉、工业用水、城市用水和生态用水等各个领域都推广了一大批先进的节水技术,并取得了十分显著的成效。总体来看,城市节水保护主要体现在雨水利用、城市中水回用及水资源循环利用等方面。

2.2.1. 雨水利用

近年来,雨水收集和利用已经迅速成为水资源管理不可分割的一部分,各国进行了大量的研究,并建立模型来评估雨水收集(RWH)系统的可行性和利用率^[6]。在一些发达国家,通过一系列的雨洪问题研究及实践,已经形成了比较完整的城市雨水资源化利用与管理体制^[7]。例如,美国的最佳管理措施(Best Management Practices, BMP)和低影响开发(Low Impact Development, LID)、英国的可持续排水系统(Sustainable Discharge System, SDS)、澳大利亚的水敏感性城市设计(Water Sensitive Urban Design, WSUD)等,都在很大程度上解决了本国生态环境和城市供水紧张等问题,并被逐渐运用到其他国家的城市雨水资

源化利用与管理体系中。

日本降雨量十分充沛,其城市居民在屋顶修建的雨水浇灌的“空中花园”,既减少了城市地表径流和自来水消耗,又美化了城市环境,是日本雨水利用措施带来的一道独特的风景。上世纪80年代初,日本就开始推行雨水渗透计划,将公园、广场、停车场、城市道路等公共场所的路面,全部修建为透水性沥青混凝土铺面和透水性水泥混凝土铺面,严格实施“雨水的地下还原对策”。既缓解了暴雨径流对城市排水系统的压力,又减少了降水在地表的快速蒸发,同时,还有利于雨水对地下水层的补给,对日本的雨水利用和城市建设作用十分显著。此外,日本要求住宅区建筑要设有“雨水沉淀槽”,收集的雨水经处理后供冲厕所用^[8]。上世纪90年代,日本政府就规定,在城市下水道建设规划时,必须把雨水下渗设施作为城市排水系统的重要组成部分^[9]。

被称为“欧洲走廊”的德国,在上世纪初就颁布了“对未受污染雨水的分散回灌系统的建设和测量”,充分、科学地利用雨水进行农业灌溉。德国利用公共雨水管对城市雨水进行收集,经过简单的处理,达到城市杂用水水质标准后,用于居民厕所冲洗用水和庭院浇洒,最高节约了50%的饮用水。

德国Knonsberg的城区,公共街道的雨水会自动流入设置在路边的“MR系统”(水洼-渗水沟系统)中去,经过一段时间的保留后,逐步渗透入地下,多余的雨水则通过排水管排放出去;建筑区域屋顶和路面的雨水也通过各种方式被收集,并逐渐释放或引入池塘,解决了城市雨水排放问题,形成了良好的生态环境。另外,为推广节约用水,城区所有的用水设备上都安装有节水器。

美国的雨水利用以提高天然入渗能力为宗旨,从20世纪70年代初就开始了雨水利用方面的研究。波特兰市进行绿色街道改造,形成一个集雨水收集、滞留、净化、渗透等功能于一体的生态处理系统^[7]。据统计,在1971~1980年间,加州弗雷斯诺市的“Leaky Areas”地下水回灌系统,回灌总量为1.338亿 m^3 ,年回灌量达到该市年总用水量的1/5。芝加哥市为解决城市雨洪问题,兴建了著名的地下隧道蓄水系统。各州还普遍推广屋顶蓄水和由入渗池、水井、草地、透水路面组成的地表回灌系统,甚至每家每户的院子

里都放有雨水收集罐,真正做到收集每一滴雨水^[9]。Amin and Han (2009)^[10]为达到雨水转变为饮用水的目的,对太阳能集水器消毒(SOCO-DIS system)进行了研究,证明了该系统可在阳光强烈及温和的天气状况下实现雨水的完全消毒,对于小规模饮用水供给尤其适用,也为雨水大规模转变为饮用水提供了可能。

丹麦政府为了促进雨水的资源化利用,鼓励企业使用雨水作为替代水源。从城市屋顶收集的雨水,经过过滤以后,储存在贮水池备用。每年丹麦从居民屋顶收集的雨水达645万 m^3 ,占居民冲洗厕所和洗衣用水的68%,占居民年用水总量的22%^[11]。

在城市修建雨水调蓄池也是利用雨水资源的一项重要措施^[12]。一般是将其建成与城市居民生活相关的公共设施,如利用凹地建造停车场、游乐园、公园、绿地等,这些场所的底部采用透水材料,平时作为休闲场所,当雨水过多时可以将高地的雨水贮存起来并渗入地下或外排。这种措施不仅有效缓解了城市水涝,充分利用了城市雨水,还为城市居民提供了优美的环境。另外,还可将污水处理厂深度处理的水贮存到这些调蓄池中,以备旱季或冬季使用,成为“城市水库”。如日本埼玉县的雨水调蓄池高2.9m,面积为31.6万 m^3 ,存储量高达70万 m^3 ;名古屋的若宫大通调蓄池,建在城市的街道下面(与地面仅一层混凝土板相隔),长约316m,宽度为47~50m,最大驻留量约为 $10 \times 10^3 m^3$ 。

德国柏林广场建有雨水调蓄池3500 m^3 ,人工湖12 hm^2 ,人工湿地1900 m^2 。雨水进入调蓄池后,经过沉淀,去除较大颗粒的污染物,再用泵将水输送至人工湿地和人工湖,利用基层、绿色植物和藻类等来净化雨水,达到天然净化的目的。德国的公路、停车场、庭院和广场等城市路面都将陆续被更换为透水地面。此外,这些场所还设有自动控制系统对水质进行连续监测和控制,保证水质安全和生态平衡^[12]。

2.2.2. 中水回用及水资源循环利用

随着世界各国的发展,水资源需求和污染同时增加,因此,废水回收再利用已经成为应对水资源短缺和水污染的一个重要途径。在欧洲和地中海地区,废水重用项目不仅在干旱和半干旱地区实施,而且在许多温带气候地区也得到应用和推广。在地中海一些国家,再生水已经成为唯一重要的低成本替代灌溉用水

[13]。相对于远距离调水和开发有限的水资源,废水再利用在很多方面都被认为是一个可靠、实用且经济的替代水源[14]。

日本是中水回用最典型的代表,早在1962年就开始回用污水[15],经过50多年的发展,日本的中水回用系统已经十分完善,目前形成了三大基本系统:建筑中水系统、建筑小区中水系统和城市中水系统。1980年,日本的中水利用工程开始快速发展起来。1991年,日本发布了“造水计划”,明确指出要将污水再生回用技术作为最主要的资助对象,建立起了许多“水再生工厂”。到2002年,日本共建设了各种中水利用设施2789处,城市用水中,污水集中处理回用和分散处理回用的再生水所占的比例很大[16]。政府规定新建的政府机关、企业办公楼、学校、公园等公共建筑物内都必须建设“中水道”系统[8]。随着回用技术的不断发展,再生成本不断下降、水质不断提高,已经逐渐成为缓解水资源短缺的重要措施之一。

众所周知,以色列水资源缺乏十分严重,甚至影响到了其社会及经济的发展。但是,在国家范围内进行了统一调控水资源的节约使用和循环利用以后,其水环境有了极大的改观,已把再生水作为国家水量平衡的重要组成部分,成为在中水回用方面最具特色的国家。1960年以色列就把回用所有污水列为国家的基本政策,规定城市的每滴水至少回用一次,污水若没有用尽,就不能采用海水淡化等。截至1987年,以色列已经建成210个市政再生水利用工程,100%的生活污水和72%的市政污水得到回用,100多座再生水库和其他水库受统一的支配和调控,更好的服务于工农业生产和生活。1996年纳米比亚温得和克市污水回用量达到 $21,000\text{ m}^3/\text{d}$ [15]。

而在南非,作为世界上知名的缺水国家之一,年降水量仅为44毫米。对于传统水资源利用模式的反思,促成了世界上第一座再生水饮用水厂在纳米比亚温德霍克市的建立[9]。在这里,城市污水经过二级处理后进入熟化塘、再经除藻、加氯、活性炭吸附后与水库的水源混和,成为自来水的取水源,这使得再生水在城市供水系统中的比例高达20%~50%。同时在南非广泛推广的双重水质供水系统也得到了广泛认可。再生水厂的一部分再生水直接通过再生水输送管道供城市中的灌溉用,因为水中含有营养盐,为植被

灌溉节省了肥料。

美国也是世界上采用污水再生利用最早的国家之一,早在60年代末就采用膜生物反应器进行废水处理,70年代初便开始进行大规模污水处理。目前美国300多座城市已经实现了污水处理后再利用。特别地,美国的水资源利用理念已从水回用(Water Reuse)发展到水再利用(Water Reclamation),进而又发展到现在的水循环(Water Recycling),从要领的演变体现了战略目标的调整,必将促进治水的技术路线和工艺流程的升级换代[15]。在佛罗里达州的圣彼得斯堡,上世纪80年代就已经实现了污水收集、深度处理、再生利用,并且修建了当时世界上最庞大的城市饮用水和非饮用水分质供水系统。该系统使城市居民既能得到安全健康的饮用水,又能以低廉的价格购买再生水用来灌溉花草、浇洒庭院。20年来,依靠再生水,虽然该城市的需水总量一直在增加,但是从自然水体的取水量却没有变化,真正实现了水资源的循环利用[9]。

法国气候湿润,降水丰富,有卢瓦河、罗纳河、塞纳河等六条主要河流,人均水资源量约为 3400 m^3 [17]。但是法国仍然十分重视水资源的合理、充分、循环利用,很早就专门建立了水文系统,指导和支持雨水浇灌农作物。随着膜生物反应技术的发展,法国也开始将其投入到废水的利用中去。目前利用净化后的工业废水,经过复杂的加工处理,充当冷却用水、洗涤用水甚至是工艺用水在法国已经相当普遍[18]。

2.3. 政策管理

国外有相当完善的政策措施来保障水资源的有效利用和保护,主要体现在法律法规约束和财税政策等方面。

2.3.1. 法律法规约束

德国以联邦水法、建设法规和地区法规等法律条文形式,要求加强对自然环境的保护和水资源的可持续利用[19]。1986年和1996年德国对联邦水法进行了两次修改,分别提出“每个用户有义务节水,保证水供应的总量平衡”和“水的可持续利用”理念,并特别强调“排水量零增长”。目前,德国政府还规定,在新建小区时,无论是工业、商业还是居住区,都要规划建设雨洪利用设施,否则政府就将征收雨洪排放设施费和雨水排放费[8]。考虑到不透水地面对地下水

资源的负面影响,有些城市也提出了要达到城市地面80%透水的计划。

在美国,早在1965年,美国国会就通过了“水资源规划法”,并建立国家水资源委员会,分析国家水资源状况及变化趋势,制定水资源管理原则及实施方案。之后,在保护和合理利用水资源的基础上,开始重视雨水资源的开发利用。1972年颁布的联邦水污染控制法(FWPCA)、1987年通过的水质法案(WQA)和1997年的清洁水法(CWA)都在雨水利用和污染控制方面做出了明确规定。1945年堪萨斯州颁布了《优先占用权法》,是该州水框架的基础,要求除家庭生活用水外,所有地表水和地下水取用必须申请取水许可,用水的优先顺序按照取水许可批准的时间确定。此外,建设项目获得取水许可后,还必须通过环境影响评价、水污染、环境污染、废弃物排放等许可,保证水资源不受侵害^[20]。

以色列设有专门的水利委员会,负责制定水利政策、用水计划、水资源开发与发展规划、废水治理及重用等。以色列建国不久就先后制定了《水法》、《量水法》、《水井控制法》等法规,对用水量、水权、水费征收等各个方面做出了详细规定。此外,以色列对地表水和地下水实行联合调度和统一使用,实行取水许可证制度,在开发地下水前必须经过政府批准^[1]。

推动中水回用方面,国外也有完善的相关法律的支持。例如,美国国家环保局要参与中水系统建设的全过程,包括处理工艺、水质要求、监测项目与频率、安全距离等水回用的各个方面,保证了中水回用工程的技术和实施。另外,一些州也针对中水回用制订了相关的法规、指导方针或设计标准。1978年,日本从中央到地方均制定了中水利用的指导计划。以色列的法律规定,优先以中水回用的方式来缓解城市供水紧张的问题。俄罗斯、沙特等许多国家则在法律政策上规定市民如何强制利用中水^[15]。

2.3.2. 财税政策

世界各国水资源保护的财税政策,基本上是在20世纪80~90年代中期陆续开征以水资源税和水污染税为代表的税收,辅之以产品收费、使用者收费、排污交易等多种经济手段相互配合,同时运用税收优惠、差别税率等政策,营造出一个积极有效的水资源保护的社会环境^[21]。

俄罗斯、法国向所有的水资源使用者征收水资源税。对向水资源设施排放含有超标有害物的,俄罗斯将按较高比例征收污染税。法国则实行地区差别税率,税率由抽取和消费的水资源的数量以及水质类型和地理位置决定。法国同时开征水污染税,税收收入用于改造和完善污水处理厂,以解决污染问题。另外,法国对环保投资支出,允许给予税前扣除的优惠。

波兰对上百种污染物征收污染税,其税率根据污染物的有害程度确定,并按照一定比例酌情调增。美国对市政污水处理厂给予免税的优惠待遇。新加坡征收污水费,并规定对于循环用水设备的投资,可以从缴纳的其他产品所得税中给予补偿。加拿大联邦税法规定,纳税人出于节约能源、减少水污染和空气污染目的而进行的设备投资,采用加速折旧法来减少企业所纳税金。日本政府对利用和建设中水工程的项目提供税金减免、补贴等政策,促进城市节水。

3. 国内水资源战略

新中国成立以来,我国城市水资源战略经历了由开源节流向污染治理的转变,目前实行的是节流为先、治污为本、多渠道开源的城市水资源可持续利用战略。在满足经济建设、城市发展和人民生活对水资源需求的同时保证城市生态环境的良性循环,达到长期稳定持续可利用的目的^[22]。

在平衡水资源供给方面,我国特别重视缺水城市和发展,先后建立了数十个大型跨流域调水工程。将水资源从相对丰裕地区调到城市水资源稀缺和污染严重的地区。比较典型的有引滦入津、江水北调和引黄济青等调水工程,取得了良好的经济效益和生态效益。

我国在城市雨水利用方面也开始很早:秦汉时期就已经修建涝池、塘坝等对雨水进行收集和利用,故宫、传统园林、庙宇的地面都是透水的。民间对于雨水的利用也由来已久,从新疆地区的坎儿井,到北京北海团城的“倒梯形方砖、集水涵洞”雨水利用工程,都是古代雨水利用的典范。但这种利用只是民间小范围的自发行为,难以形成规模效应^[23]。近年来,随着雨洪问题的严重和城市水资源短缺,城市雨水的资源化利用研究逐渐成为热点。北京、上海、大连、哈尔滨、西安等缺水城市都在雨水利用方面进行了探索。

1998年,北京建筑工程学院开始对城市雨水利用技术的系统性研究;2003年,中国科学院生态环境研究中心,开始对国家水专项城市面源污染的控制进行研究;2005年,中国建筑设计研究院,开始对建筑与小区雨水的利用进行研究^[7]。

北京市政府2000年66号令明确规定要开展市区的雨水利用工程建设,目前北京的城市和小区雨水利用已经进入了示范和实践阶段。奥运会的主场馆——“鸟巢”就安装了雨洪利用系统,该系统利用分布在场馆顶部及地面等的近千个雨水收集装置,将雨水收集起来后,通过管道流入地下蓄水池,经过处理后,再用于园林浇灌、道路清洗等。此外,曲棍球场、射箭场、网球中心等,都设有雨水收集系统和污水处理设备,因此,这些场馆正常的水资源需求均能实现自给自足,而不用依赖外界的水源补给^[23]。

上海浦东机场将周边的围场河作为天然蓄水池,收集的雨水经简单处理,就解决了附近冲洗厕所和洗车用水的问题,而且还可以补给绿化浇灌、道路冲洗甚至冷却塔的用水。上海虹桥机场在这方面也很有特色,据统计,虹桥机场日用水量的60%都来自雨水回用。2010年世博会期间,演艺中心采用先进的雨水利用系统,将屋面雨水和空调凝结水收集起来,经过处理后,采用喷灌或滴灌方式用作绿化灌溉和道路冲洗用水,充分展现了我国水资源高效利用的技术和实践。另外,世博中心、中国馆和主题馆等,均对屋面雨水进行收集和利用,收集量达到10.97万 m^3 ^[24]。

我国第一部针对城市雨水利用的国家规范——GB 50400-2006建筑与小区雨水利用工程技术规范于2007年4月1日正式实施。该规范对我国城市雨水的收集、入渗、回用以及建筑施工安装、工程验收等各个方面提出了较为具体的技术要求。这为我国实现城市节约用水、雨水资源化、缓解洪涝灾害和修复生态环境等各个方面提供了管理指标和技术保障^[7]。另外,《中国生态住区技术评估手册》和GB/T 50378-2006绿色建筑评价标准等,也对推进我国城市雨水利用、技术规范应用和工程有效实施起到了积极的作用。

我国再生水利用起步比国外晚^[9]。1992年,第一座污水深度处理回用示范工程——大连春柳污水厂的技术改造工程投产运行,为我国城市污水再生利用树立了里程碑。该工程投产后取得了非常有效的成果,

使得大连市在再生水利用、提高工业用水循环利用率、海水利用等方面都取得了显著成绩。目前,在许多水资源紧缺地区,非常规水源已经成为新建设项目优先利用水源选择^[25]。

北京市作为我国较大的缺水城市之一,十分重视水资源的再生利用。从1987年开始,先后制定了一系列再生水回用标准和城市建设相关的再生水设施管理方法和政策。2003年北京开始大规模地利用再生水,到2010年,全市再生水回用总量已经达到6.8亿 m^3 ,成为城市用水的重要供给水源之一。按照“十二五”规划的发展目标,再生水的用量将在2015年达到10亿 m^3 ^[16]。

天津市的再生水利用已经较为普遍,无论是市区还是县区,都建立了污水处理厂和污水回用工程。比较著名的有天津市经济开发区的再生水厂和纪庄子污水回用工程,其处理规模分别为2.5万 m^3/d 和5万 m^3/d ,而且根据处理工艺及程度的不同,分别用于热源厂工业锅炉、生产工艺用水、工厂冷却循环以及居民区冲厕、园林浇灌、景观水体补给等。2007年,市中心区域污水处理率已达80%,再生水深度处理能力为17万 m^3/d ,1500万 m^2 居民住宅区实现了双水入户^[26]。

随着我国水资源战略的推广,我国南方城市也逐渐开始重视再生水的开发与利用^[16]。昆明市出台了《昆明市城市中水设施建设管理办法》和《昆明市城市节约用水管理条例》,对中水利用和建设设施,提出了具体的要求和管理办法,使该市再生水的回用工作得到迅速推进。

我国现行的水资源保护相关的法律主要有《环境保护法》、《水污染防治法》、《水法》、《水土保持法》等基本法。作为联合国认定的“水资源最为紧缺”的13个国家之一,我国却没有将水资源纳入征税范围,仅有小部分的税收优惠政策,水资源保护仍然主要依赖于收费。具体地,我国对从事符合一定条件的环保、节水等项目的所得收益,可以免征或减征企业所得税;企业综合、高效利用资源,生产某些符合国家政策规定的产品所得收入,在计算应纳税额时可在收入项扣除;增值税方面,对由政府及相关部门委托自来水公司随水费收取的污水处理费,予以免税;企业购买用于节能节水、环境保护等专用设备的投资,按照一

定比例进行税额抵免。此外,由国家财政部门直接拨付经费的环保单位及部门的公共设施的房产和土地,如垃圾站、污水处理站、公厕等,免征房产税和土地使用税^[27]。

4. 我国水资源利用战略国际差距

由国内外水资源战略综述可以看出:第一,目前,我国水资源利用战略还处于初期探索阶段,雨水利用、中水回用及水资源循环利用等,各个方面的技术手段都不如国外先进,普及政策不如国外广泛;第二,虽然国内不少城市在建设雨水利用和节水工程的示范工程,但是,这些措施仅限于北京、上海等特大城市,甚至是一些城市的某些特殊区域;第三,尽管有些技术已经很先进,但是实际上并没有像国外那样普及到城市所有居民,结果,我国水资源整体利用效率仍然偏低。

总体来说,我国水资源利用战略的国际差距较大,在节水技术及利用、推广、管理评价制度、法律保障及财税政策等方面,都存在着很大差别。究其原因,主要包括以下几方面:

4.1. 国民缺乏水资源意识

长期以来,中国“地大物博,水资源丰富”的观念仍然影响着国人对水资源的认识,加上我国对于城市供水优先解决的政策,实际上间接造成了城市水资源的严重浪费^[28]。不论是工业用水还是城市居民生活用水都是粗放型的,仅工业方面,由于设备陈旧、相关工艺配套差、技术落后及管理不善等,城市管网和卫生设施的漏水现象十分普遍,用水量就高出发达国家的10倍以上^[29]。另外,我国的污水利用率很低。许多城市至今仍为一次性用水,完全没有采用中水利用设施,大量的循环水、冷却水没有得到重复利用就被废弃。据报道,我国82%的企业基本不用污水处理设备,水资源的重复利用率还不到发达国家的1/3^[30]。

4.2. 城市建设法律法规滞后

目前,我国在城市扩张建设时,首先考虑的是政治和经济方面的需求,而很少考虑生态环境和水资源保护的责任。因此城市规划布局建设不合理,造成城市水资源浪费和短缺。如我国在城市房屋和道路建设指标中,并没有将节水措施列入规划范围,城市地面

透水计划也仅在少数大城市试点应用。另外,近年来我国城市为发展经济,纷纷建设工业园区、开发区等,却忽视了生态环境能否承载如此大的压力,结果是以牺牲环境、资源为代价获得短期的收益;某些小城镇,为了取得眼前利益,违规建造冶金化工等重污染企业,严重破坏了当地生态环境^[31]。

4.3. 管理体制不完善方法落后

目前,国际上水资源需求管理(Water Demand Management, WDM)方法已经十分普遍,它强调水资源管理“以供定需”,通过法律、经济、政策、技术、宣传、教育等措施,提高用水效率,降低用水需求,实现水资源的合理利用和分配^[32]。澳大利亚的提伟群岛,是第一个根据本土文化来制定该岛自身水资源分配规划的地区,这是对水资源分配管理方面有意义的尝试^[33]。新加坡设立“环境与水资源部”来管理与水有关的所有事务,下设多个部门联合治水,得到世界水务方面的一致认可^[34]。而目前我国对水资源实行的是流域管理与行政区域管理相结合的管理体制,对水资源污染控制,采取分级管理和分部门管理^[35]。这种部门切割式的管理方式,容易造成各管理部门权责不清、水务管理政出多门又缺乏协调的局面,导致市政管理的难度被人为增加。如早在1985年,上海市就颁布了《黄浦江上游水源保护条例》,并专门设立保护区,来保护黄浦江上游的水源地。但经过十几年后,该水源的水质仍没有得到明显改善,究其原因,就在于保护区周边地区的发展带来的污染与上游水流影响了水源保护的有效性^[36]。

4.4. 理论研究滞后城市扩张

目前,随着水资源的日益短缺,各种矛盾逐渐突出,已经严重影响到社会的稳定和发展,因此有关水资源的理论研究越来越成为国际上各领域学者研究的热点,如荷兰的水资源一体化管理(IWRM)提出后,得到了世界各国的广泛认可^[37]。虽然我国水资源方面的研究在上世纪80年代就已开始,但是,早期的研究主要是针对具体的实际问题,为解决现有的已经出现的问题而采取应对措施,并没有从理论的高度来关注水资源问题,对水资源利用和管理提出系统性框架和体系。少有的部分理论研究也仅是停留在单个地区或小规模的范围内,不能形成一种共性并得出一般

性结论,供政府做出决策。

4.5. 法律约束机制不健全

迄今为止,我国还没有全国性的雨水收集、处理和回用方面的法律法规,仅在《生态小区及生态住宅技术导则》中提到关于雨水径流调节的内容;在中水回用方面,也没有一部国家级的法律或法规,指导和规范中水的使用对象、使用范围以及中水与其它水的关系,更没有对企业和居民是否使用中水做出要求,间接纵容了水资源的浪费现象;另外,我国城市水资源管理实际上只是靠相关部门的规章制度来规范的,缺乏法律强制性作为保障,执法力度较低,这种缺陷在跨区域、跨行业执法过程中表现尤为明显^[38]。总之,我国水资源利用和管理的法律约束机制还不够健全,惩罚和奖励机制也不够完善,有待进一步提高。

4.6. 地下排水系统亟需改善

城市排水系统是排除和处理城市污水和雨水的工程设施系统,通常由排水管道和污水处理厂组成,是水资源管理的重要环节。国外城市在初期规划时就考虑到排水问题,建立起比较完善的地下排水管网系统^[39],城市排水标准普遍偏高,一般是抵御8~15年一遇的暴雨。如德国修建的地下管道,长宽高各4米多,极大缓解了洪涝灾害,再经过污水处理,城市废水得到了完整的利用。而在我国,70%以上的新城建设时,设计排水系统的暴雨重现期都小于一年,90%的老城区现有的排水系统指标甚至不到半年。据有关资料,仅2004年一年,雨水就给我国带来2600亿 m^3 的水资源^[40]。然而,由于城市建设时仅注重地上的形象工程,而忽视了地下的保障措施,导致雨后污水在城市街道横流,既给城市排水增加了难度,又影响城市形象,同时也不利于水资源的充分合理利用。

5. 我国城市水资源利用战略建议

5.1. 提高用水科学意识

长久以来,对水资源“取之不尽,用之不竭”、“无偿或低价使用”的观点一直影响着国人的用水习惯,正是这种错误的认识导致我国城市水资源价值体系很难建立,从而引发一系列水资源问题。然而,建立科学的价值体系并非一朝一夕可以完成的。政府应在

宣传、普及、引导、教育等方面多管齐下,积极作为。如在学校、城市生活区以及公共场所,利用各种方式宣传节水知识和具体的节水措施,提高城市居民的节约用水意识。大力推广清洁生产和节水器具,同时开展再生水安全知识普及,消除人们对再生水安全性方面的顾虑,早日建立起科学的可持续发展的水资源价值体系。

5.2. 制定技术规范体系

完善和清晰的法律规范是保护水资源的重要保证^[41]。要想从根本上解决我国城市水资源可持续发展的问题,必须从水资源利用的各个环节入手,制定严格的技术规范体系,保证水资源保护不仅“有法可依”,更“有技术可循”。因此,政府部门应尽快组织专业人员,根据我国实际情况,建立起详细的城市水资源利用技术规范和指标体系,并加大执行力度,保证规范的实施。同时适当采取惩处措施,真正使我国城市的水资源管理工作持续、健康、科学、规范的发展下去。

5.3. 技术创新持续利用

政府应从城市水资源循环利用技术、清洁生产技术、节约用水技术等各个方面入手,加大投资力度,鼓励节水技术的研发、推广与应用,走“绿色水利”之路^[42]。工业生产方面,坚持技术创新,学习国外先进技术和经验,不断改革生产工艺,提高用水效率和重复利用率,降低万元GDP耗水量。在城市居民中提倡使用节水器具,节约生活用水,实现水资源的可持续利用。

5.4. 城市废水用于农业灌溉

建立专门用于农业灌溉的城市污水重用厂,是水资源综合管理的一个特殊途径和机遇,它不仅可以增加农业产量、节约地表水,而且能抵消很大一部分的化肥需求,同时因为在污水处理时一部分化学营养成分的保留,又减少了污水处理成本^[43]。研究表明,废水重用于农业,每年可以增加2000万美元的利润。我国作为农业大国,城市污水处理后用于农业灌溉,将是一个非常有利的措施。政府应加强技术引导和资金支持,鼓励城市污水重用于农业,促进污水处理和农业灌溉的同步发展。

5.5. 健全法律规范和财税政策

完善的水资源法律规范和健全的执法监督体制,是实现水资源可持续利用的必要前提^[44]。首先应建立起完善的水资源法律法规体系,明确规定水资源利用相关的各项要求;其次,要建立健全城市水务管理的执法监督体制,做到分工明确、权责分明,并对其进行严格的监督管理,保证水资源的健康发展。财税政策方面,应借鉴外国经验,在税收中性的前提下,配合现有的税收方式,逐渐开征水资源税和水污染税,并取消部分不利于水资源保护的税收形式,形成以绿色税收为主的综合调控体系^[21]。同时,结合我国国情,对企业的中水回用和其他节水工程,采取税收减免、费用扣除、加速折旧等国际通用的税收形式,并对生产节水器具的企业进行补贴,以降低居民购买节水器具的成本,加大城市水资源的保护力度。

5.6. 重建城市地下排水系统

我国城市排水的主要问题是管道网络长度不够,政府应提高排水标准,加强排污管道建设,重建城市地下排水系统。继续加大城市排水工程的投资力度,新城区建设时要强制按照标准建立完善的排水系统,老城区则要对现有的排水系统进行升级改造,定期清理排水设施,提高排水能力,实现城市的排水通畅和污水的合理利用。

参考文献 (References)

- [1] 郭玮. 国外水资源开发利用战略综述[J]. 农业经济问题, 2001, 1: 58-62.
GUO Wei. The strategic review of water resource development and utilization in foreign countries. *Issues in Agricultural Economy*, 2001, 1: 58-62. (in Chinese)
- [2] 段潇潇, 范雨晴. 国外跨流域调水工程建设及运营模式概述[J]. 城市建设理论研究, 2012, 23: 3-6.
DUAN Xiaoxiao, FAN Yuqing. An introduction of inter-basin water transfer project construction and operation models in foreign countries. *Urban Construction Theory Research*, 2012, 23: 3-6. (in Chinese)
- [3] 郑连弟. 世界上的跨流域调水工程[J]. 南水北调与水利科技, 2003, 1: 8-9.
ZHENG Liandi. Interbasin water transfer projects in the world. *South-to-North Water Diversion and Hydraulic Science and Technology*, 2003, 1: 8-9. (in Chinese)
- [4] 徐凛伶. 德国水资源管理与生态保护可持续发展战略初探[J]. 珠江现代建设, 2011, 3: 6-9.
XU Liling. Study on the strategy of sustainable development and ecological protection of water resources in Germany. *Modern Construction of the Pearl River*, 2011, 3: 6-9. (in Chinese)
- [5] 姜文来. 应对水短缺, 节流重于开源[J]. 绿叶, 2007, 5: 22-23.
JIANG Wenlai. Coping with water scarcity: Decreasing expenditure is more important than increasing income. *Greenery*, 2007, 5: 22-23. (in Chinese)
- [6] WARD, S., MEMON, F.A. and BUTLER, D. Performance of a large building rainwater harvesting system. *Water Research*, 2012, 46(16): 5127-5134.
- [7] 杨劲松, 彭湃, 赵芳. 国内外城市雨水资源化利用与管理体系统比较[J]. 山西建筑, 2012, 38(11): 123-125.
YANG Jinsong, PAI Peng and FANG Zhao. A comparison of rainwater resource utilization and management systems between foreign and domestic cities. *Shanxi Architecture*, 2012, 38(11): 123-125. (in Chinese)
- [8] 王春华. 看看日本人如何节水[J]. 水资源研究, 2012, 2: 46-47.
WANG Chunhua. Look at how the Japanese save water. *Journal of Water Resources Research*, 2012, 2: 46-47. (in Chinese)
- [9] 彭澄瑶. 城市水资源可持续规划与水生态环境修复[D]. 北京工业大学, 2011: 3-6.
PENG Chengyao. Sustainable urban water resource planning and water ecological environment restoration. *Beijing University of Technology*, 2011: 3-6. (in Chinese)
- [10] 翟晓燕, 叶琰. 面向节水型社会建设的城市雨水利用研究[J]. 水资源研究, 2009, 2: 19-21.
ZHAI Xiaoyan, YAN Ye. A study of urban rainwater utilization geared to the needs of the water-saving society construction. *Journal of Water Resources Research*, 2009, 2: 19-21. (in Chinese)
- [11] AMIN, M. T., HAN, M. Y. Roof-harvested rainwater for potable purposes: Application of solar collector disinfection (SOCO-DIS). *Water Research*, 2009, 43(20): 5225-5235.
- [12] 王健, 周玉文, 刘嘉, 宋鸽. 雨水调蓄池在国内外应用简况[J]. 北京水务, 2010, 3: 6-9.
WANG Jian, ZHOU Yuwen, LIU Jia and SONG Ge. Application of rainwater storage tanks at home and abroad. *Beijing Water*, 2010, 3: 6-9. (in Chinese)
- [13] LAZAROVA, V., LEVINE, B., SACK, J., CIRELLI, G., JEFFREY, P., MUNTAU, H., SALGOT, M. and BRISSAUD, F. Role of water reuse for enhancing integrated water management in Europe and Mediterranean countries. *Water Science and Technology*, 2001, 43(10): 25-33.
- [14] CHU, J. Y., CHEN, J. N., WANG, C. and FU, P. Wastewater reuse potential analysis: Implications for China's water resources management. *Water Research*, 2004, 38(11): 2746-2756.
- [15] 甘立波. 国内外城市中水回用经验启示[J]. 城市建设理论研究, 2011, 34.
GAN Libo. Experience and enlightenment of urban reclaimed water reuse at home and abroad. *Urban Construction Theory Research*, 2011, 34. (in Chinese)
- [16] 李燕群, 何通国, 刘刚, 古广华, 王彬, 但德忠. 城市再生水回用现状及利用前景[J]. 资源开发与市场, 2011, 12: 1090-1100.
LI Yanqun, HE Tongguo, LIU Gang, GU Guanghua, WANG Bin and DAN Dezhong. Current situation and prospect of reclaimed wastewater reuse utilization. *Resource Development & Market*, 2011, 12: 1090-1100. (in Chinese)
- [17] 韩瑞光, 马欢, 袁媛. 法国的水资源管理体系及其经验借鉴[J]. 中国水利, 2012, 11: 39-42.
HAN Ruiguang, MA Huan and YUAN Yuan. Experience and reference of water management systems in France. *China Water Conservancy*, 2012, 11: 39-42. (in Chinese)
- [18] ANGELAKIS, A. N., MARECOS DO MONTE, M. H. F., BONToux, L. and ASANO, T. The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: Need for guidelines. *Water Research*, 1999, 33(10): 2201-2217.
- [19] 程江, 徐启新, 杨凯, 刘兰岚, 范群杰. 国外城市雨水资源化利用管理体系的比较及启示[J]. 中国给水排水, 2007, 12: 68-72.
CHENG Jiang, XU Qixin, YANG Kai, LIU Lanlan and FAN Qianjie. Comparison of foreign urban rainwater resource utilization management systems and some inspirations. *China Water*

- & Wastewater, 2007, 12: 68-72.
- [20] SOPHOCLEOUS, M. The evolution of groundwater management paradigms in Kansas and possible new steps towards water sustainability. *Journal of Hydrology*, 2012, 414: 550-559.
- [21] 李信. 国外水资源保护的财税政策经验及其借鉴[J]. *经济研究导刊*, 2009, 34: 23-24.
LI Jie. Experience and reference of finance and taxation policy of foreign water resource protection. *Economic Research Guide*, 2009, 4: 23-24. (in Chinese)
- [22] 马平生, 完颜华, 杨先味. 关于我国城市水资源可持续发展利用的战略 [J]. *环境与可持续发展*, 2009, 4: 22-25.
MA Pingsheng, WANYAN Hua and YANG Xianwei. The strategy of sustainable development of urban water resources. *Environment and Sustainable Development*, 2009, 4: 22-25. (in Chinese)
- [23] 户玉印, 钱先强, 刘杰. 国内外城市雨水资源化利用措施分析[J]. *华章*, 2011, 21: 318.
HU Yuyin, QIAN Xianqiang and LIU Jie. Analysis of the comprehensive utilization of urban rainwater resource measures at home and abroad. *Huazhang*, 2011, 21: 318. (in Chinese)
- [24] 赵文玉, 潘永刚. 乌鲁木齐城市雨(雪)水资源利用探讨[J]. *山西建筑*, 2011, 25: 184-185.
ZHAO Wenyu, PAN Yonggang. Discussion of rainwater (snow water) utilization in Urumqi city. *Shanxi Architecture*, 2011, 25: 184-185.
- [25] 陈红卫. 提高水资源论证法律效力的理论探讨[J]. *水资源研究*, 2012, 33(1): 44-46.
CHEN Hongwei. The discussion of improving the legal effect of water argumentation. *Journal of Water Resources Research*, 2012, 33(1): 44-46. (in Chinese)
- [26] 刘杰, 郭晶晶, 马云霞. 天津市非常规水资源利用现状分析[J]. *海河水利*, 2011, 1: 11-14.
LIU Jie, GUO Jingjing and MA Yunxia. Analysis of present situation of unconventional water resources in Tianjin. *Haihe Water Resources*, 2011, 1: 11-14. (in Chinese)
- [27] 徐红霞. 论水资源保护法律制度的完善[J]. *湖南科技大学学报*, 2010, 13(4): 51-53.
XU Hongxia. Discussion on the improvement of the legal system to protect water resources. *Journal of Hunan University of Science and Technology*, 2010, 13(4): 51-53. (in Chinese)
- [28] 李钊. 对我国城市雨水利用的思考[J]. *水资源研究*, 2011, 2(2): 4-6.
LI Zhao. Reflection on urban rainwater utilization of our country. *Journal of Water Resources Research*, 2011, 2(2): 4-6. (in Chinese)
- [29] 邱立勇. 城市水资源利用存在问题及控制对策研究[J]. *水资源研究*, 2011, 2.
QIU Liyong. Existing problems and control countermeasures of urban water resources. *Journal of Water Resources Research*, 2011, 2. (in Chinese)
- [30] 姚倩倩, 王伟锋, 邓爱丽, 鹿新高, 庞清江. 城市水资源利用现状及对策[J]. *水科学与工程学报*, 2010, 2: 3-5.
YAO Qianqian, WANG Weifeng, DENG Aili, LU Xingao and PANG Qingjiang. Present situation and countermeasure of urban water resources. *Water Sciences and Engineering Technology*, 2010, 2: 3-5. (in Chinese)
- [31] 邓履翔. 城市水资源可持续利用研究[D]. 中南大学, 2011: 23-26.
Deng Lvxiang. A study on sustainable utilization of urban water resources. *Central South University*, 2011: 23-26. (in Chinese)
- [32] BROOKS, D. B. An operational definition of water demand management. *Water Resources Development*, 2006, 22(4): 521-528.
- [33] HOVERMAN, S., AYRE, M. Methods and approaches to support Indigenous water planning: An example from the Tiwi Islands, Northern Territory, Australia. *Journal of Hydrology*, 2012, 474: 47-56.
- [34] 宋颖慧. 新加坡水资源管理模式概览[J]. *城市观察*, 2011, 1: 104-110.
SONG Yinghui. Overview of urban water resource models in Singapore. *City Insight*, 2011, 1: 104-110. (in Chinese)
- [35] 李静. 论如何完善我国水资源保护的法制制度[J]. *资源节约与环保*, 2011, 1: 58-60.
LI Jing. Discussion of how to perfect the legal system of protecting water resources in our country. *Resources Economization & Environment Protection*, 2011, 1: 58-60. (in Chinese)
- [36] 车越, 杨凯, 吴阿娜, 袁雯. 上海城市水源战略与水源地保护: 格局、问题与展望[J]. *自然资源学报*, 2005, 5: 651-658.
CHE Yue, YANG Kai, WU Ana and YUAN Wen. Water supply development strategy and source water protection in Shanghai: Patterns, problems and prospect. *Journal of Natural Resources*, 2005, 5: 651-658. (in Chinese)
- [37] 陈献耘, 杨立信. 水资源管理在世界各国面临的挑战[J]. *水资源研究*, 2012, 33(2): 8-10.
CHEN Xianyun, YANG Lixin. The challenges in water resources that all countries are faced with. *Journal of Water Resources Research*, 2012, 33(2): 8-10. (in Chinese)
- [38] 郇际. 中国和以色列水资源战略比较分析[J]. *人民黄河*, 2010, 32(7): 36-37.
XUN Ji. Comparison and analysis of water resources strategy between China and Israel. *Yellow River*, 2010, 32(7): 36-37. (in Chinese)
- [39] 郑小瑶, 徐盛帅, 蔡竹聪. 浅议国内外大型城市地下排水设计与排涝对策[J]. *浙江建筑*, 2012, 29(11): 59-63.
ZHENG Xiaoyao, XU Shengshuai and CAI Zhucong. A preliminary discussion on the design of urban under drainage systems and the countermeasure of flood drainage at home and abroad. *Zhejiang Construction*, 2012, 29(11): 59-63. (in Chinese)
- [40] 张杰, 王文华. 城市雨水资源化系统模式探讨[J]. *水资源研究*, 2010, 31(4): 3-5.
ZHANG Jie, WANG Wenhua. Exploration of urban rainwater resources system models. *Journal of Water Resources Research*, 2010, 31(4): 3-5. (in Chinese)
- [41] TAN, P.-L., BOWMER, K. H. and BALDWIN, C. Continued challenges in the policy and legal framework for collaborative water planning. *Journal of Hydrology*, 2012, 474: 84-91.
- [42] 姜文来. 应对我国水资源问题适应性战略研究[J]. *科学对社会的影响*, 2010, 2: 24-29.
JIANG Wenlai. Research on adaptive strategy to dealing with the water resources problems in our country. *Impact of Science on Society*, 2010, 2: 24-29. (in Chinese)
- [43] MURRAY, A. and RAY, I. Wastewater for agriculture: A reuse-oriented planning model and its application in peri-urban China. *Water Research*, 2010, 44(5): 1667-1679.
- [44] 王倩, 白露芳. 城市水资源的可持续利用研究[J]. *科技信息*, 2010, 19: 793-793.
WANG Qian, BAI Lufang. Study on sustainable utilization of urban water resource. *Science & Technology Information*, 2010, 19: 793-793. (in Chinese)