

新加坡水管理战略对策与经验借鉴

马东春^{1,2} 范秀娟² 冯雁³ 欧阳志云¹

(1 中国科学院生态环境研究中心 城市与区域生态国家重点实验室 100085

2 北京市水科学技术研究院 100048 3 北京市水利规划设计研究院 100048)

摘要 新加坡水资源匮乏,但其先进的水务技术和管理手段,特别是水管理领域的理念和经验,为缺水城市提供经验借鉴。总结了新加坡水管理5个特点和3项水资源管理战略对策,并以北京市为例进行了适用性分析,最后提出新加坡水管理战略对策与经验,对缺水城市在强化水资源管理、加强精细化管理、技术创新和管理创新、公众教育和宣传、水管理战略对策与经验等方面提供了很好的启示。
关键词 新加坡 水管理 北京 水资源可持续管理战略

DOI: 10.19671/j.1673-4637.2018.01.015

中图分类号 TV213.4

文献标志码 A

文章编号 1673-4637(2018)01-0057-06

Strategy and experience of water management in Singapore

MA Dongchun^{1,2} FAN Xiujuan² FENG Yan³ OUYANG Zhiyun¹

(1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China;

2 Beijing Water Science and Technology Institute, Beijing 100048, China;

3 Beijing Institute of Water, Beijing 100048, China)

Abstract Singapore's water resources are scarce, but its advanced water-conservancy technology and man-

6 结束语

(1) 昌平区温榆河亲水栈道平台工程中,采用螺旋钢桩绿色新技术解决了工程难题,大大缩短了工期,也降低了造价,为类似工程提供了实践经验与参考。

(2) 水利工程大多处于涉水环境,施工条件复杂,尤其是基础施工十分困难;螺旋钢桩是一种新型预制桩,具有施工快捷、绿色环保、安全可靠和造价较低等特点,适合复杂的涉水施工条件,值得在类似水利工程中推广使用。

(3) 螺旋钢桩技术在国内应用时间较短,工程实践不多,应加大这项新技术的理论研究和应用推广。

参考文献

- [1] 戴海新,姜大荣.上海徐汇滨江亲水平台设计[J].水运工程,2013(1):96-100.
- [2] 王达麟.螺旋钢桩竖向承载机理实验研究[D].天津:天津大学,2012.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.太阳能发电站支架基础技术规范:GB 51101-2016[S].2016.
- [4] 王达麟,肖大平,吴春秋,等.螺旋钢桩抗拔特性的现场试验研究[J].港工技术,2013,50(4):24-27.
- [5] 田彦德.螺旋钢桩冻胀融沉特性实验研究[D].北京:北方交通大学,2017.

(责任编辑:侯德)

收稿日期:2017-09-15

第一作者简介:马东春(1972—),女,高级工程师(教授级)。

基金项目:北京市社会科学基金项目(16JDYJA034);北京市水生态环境保护与发展路径研究。

agement methods, especially the concept and experience of water management field, can be used for reference by other water shortage cities. The five characteristics and three water management countermeasures of Singapore were summarized in this paper. As an example, the its applicability in Beijing was analyzed. Finally, useful inspiration for the water shortage cities was put forward in terms of water resources intensive management, strengthening the refined management, technical and management innovation, public education and publicity, information management etc.

Keywords Singapore; water management; Beijing; strategy for sustainable management of water resources

新加坡自1965年独立以来持续致力于水资源的规划、管理、开发、治理和利用。独立之初,领土面积 580 km^2 ,年均降水量不足 $2\ 340\text{ mm}$,供水几乎完全依赖马来西亚。通过坚持不懈地制定与实施水资源可持续管理战略与对策,从根本上改变了水资源状况,确保了水资源能够满足日益增长与多样化的需求,而成为水资源管理创新典范,这些经验和做法值得缺水国家和城市学习和借鉴。

1 新加坡水管理概况

新加坡共和国位于东南亚马来半岛最南端,由1个大岛(新加坡岛)和60多个小岛屿组成,总面积 719 km^2 。多年平均降雨量 $2\ 400\text{ mm}$ 。新加坡是一个高度城市化的国家。2016年人口561万,人均国内生产总值为5万4 517.6美元。现状平均用水需求 $182\text{ 万 m}^3/\text{a}$,自来水普及率100%,自来水管网漏损率4.6%,污水管网覆盖率100%。

新加坡因其国土面积有限,不足以收集全部降水,本土自产水资源有限,50%水资源依赖从马来西亚进口,人均水资源量排名世界倒数第2,是严重缺水的国家^[1]。为改变这种状况,新加坡政府因地制宜制定开发和管理水资源的发展战略,完善水资源管理体制,修订水资源相关法规政策,开发海水淡化技术和废水深度再利用技术等,并不断推进各项管理制度、措施和技术实施,成效显著。

2 新加坡水资源可持续管理战略和对策

新加坡水资源管理特点总体上概括为以下五方面:(1)清晰的目标;(2)长远的规划;(3)有效的立法;(4)政府部门与机构内部及政府与私营企业间的制度协调;(5)广大市民的合作。早期发展阶段,新加坡试图通过加强本地的生产能力和水体清洁实现水资源自给自足。通过集水区域和水库建设与扩张实现了在城市发展的同时,最大限度地促进对雨水和内陆水的保护。将水视为宝贵财富,通过保

护稀有资源及促进社会凝聚力和归属感,使水资源与民众生活息息相关^[2]。目前,新加坡制定的水资源的可持续管理战略和对策,主要包括以下几点。

2.1 国家“四大水喉”供水规划

供水作为新加坡整体发展战略的重要部分和多重议题,包括清洁可靠的供水对事关城市国家安全的集水区的保护、发展和多样化开源。按照“收集每一滴雨水、收集每一滴污水、多次回收每一滴水”的持续供水原则,实施长期供水策略——国家“四大水喉”,即四大水源长期供水规划,包括外购水,本地雨洪水、新生水及淡化海水。实现供水水源的多元化,以确保新加坡的水资源能够满足日益增长和多样化的需求。

外购水主要是指新加坡从马来西亚购水。新马之间签订的2份正式购水协议:(1)1961—2011年;(2)1962—2061年,具备日供水 110 万 m^3 能力^[3]。

雨洪水主要是本地水集水区水源。现有17个蓄水池和1个能在暴雨时防洪的暴雨收集池系统,其集水区已扩大到国土面积的 $2/3$,计划到2060年新加坡集水区面积增至90%。

新加坡目前已建成4座新生水厂,总供水规模约 $53.5\text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。新生水厂采用微过滤、反渗透及紫外消毒技术,出水水质完全符合国际饮用水标准。目前仅有1%的新生水输送至蓄水池,和天然水混合后输往自来水厂,经进一步处理后成为饮用水;其余新生水直接通过专用管线向工业园区及商业大厦等供水,主要用于圆晶制造、电子业、电力发动及冷气冷却等。

新加坡从1998年开始实施“向海水要淡水”计划^[4]。2005年9月新加坡第1座海水淡化厂——新泉海水淡化厂启用,生产能力 $13.6\text{ 万 m}^3/\text{d}$;2013年第2座海水淡化厂——大士海水淡化厂竣工,生产能力 $31.85\text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。淡化海水可直接进入自来水供水蓄水箱,能够满足25%的供水需求。新加坡正在开展全面广泛的研发工作,寻求更具成本效益的海水淡化方案,计划到2060年淡化海水可满足新加坡

至少30%的供水需求。

目前, 新生水、淡化海水的利用量占总用水量需求的55%, 2020年将达到65%, 2060年达到80%, 将成为新加坡的主要供水水源。

2.2 活跃优美清洁的ABC水计划

2006年, 新加坡公用事业局以营造“活跃 Active、优美 Beautiful、清洁 Clean 的水域”为目标, 推出了“ABC”水计划。其主要内容包括: (1) 开发水利工程的水娱乐功能, 通过清淤疏浚、建设湿地、美化河道两岸环境及配套建立休闲娱乐设施等措施, 实现新加坡17座蓄水池、32条主要河道和7 000 km 排水渠道在发挥防洪及收集雨水等功能的同时, 也为居民提供亲水乐园, 变成居民旅游休闲场所; (2) 全民共享水源设计, 通过雨水花园、生态水源净化系统、生态净化槽及人工湿地等设计, 实现将净化雨水的元素融入建筑设计, 使建筑在为社会提供活动场所的同时, 也具有减缓雨水流速、净化雨水及促进生态多样化等功能。

为保障“ABC”水计划顺利推进, 公用事业局推出了相关设计指南, 每月举办以绿色建筑设计师为主要培训对象的课程, 深化对水源设计理念及原则等的认识, 指导公共和私人建筑项目的环境设计, 以提高开发商建造全民共享水源设计的能力。2010, 公用事业局推出了“ABC”水域认证计划。62个项目已被认证, 其中14个项目颁发了证书。2011年开始推出“ABC”水域专业培训计划, 以培训专业人士实施该地区的“ABC”的水域设计。已有超过400名工程师、建筑师和景观建筑师参加了培训, 到目前为止, 其中50人已经完成了必要的模块培训, 并成为获得“ABC”认证的专业人员。

2016年, “ABC”水计划已实施10年, 由于“ABC”水计划实施的卓越成效, 如今这个概念已经变成现实。不仅与周围景观相结合美化横跨新加坡的水道, 同时改善水质, 创造新的滨水公共空间。最重要的是, 向公众展示了清洁水的价值, 使他们成为管理水的主体。在2016年第7届新加坡国际水周, 公用事业局持续不断积极推进这项计划, 把“ABC”作为一种理念、一种哲学和一种生活方式。

2.3 节水教育和信息战略

新加坡一直在节水基础上寻找和探索非传统的方法以提高用水效率。新加坡节水管理包括民用领域的

节水管理、非民用领域的节水管理和其他新举措。

(1) 民用领域的节水管理。节水型家庭计划自2003年开始实施, 帮助家庭节约用水。作为节水型家庭计划的一部分, 将人均耗水量下降至每天160 L, 公用事业局和基层志愿者分发了超过33万3 000个节水套装。2006年公用事业局推出10 L挑战计划, 鼓励每个人减少日常用水。公用事业局和志愿者还组成了水志愿团体进行家访, 记录水消耗, 帮助安装节水设备和共享节水窍门。为了不断提高理性用水认识的重要性, 公用事业局推出更多有针对性的活动来教育不同阶层的民众, 包括电视广告、由学生进行用水审核项目、通过就业机构培训招聘家政人员、改造节水套件和开展巡回展览并通过社交媒体传播信息。公用事业局一直负责高效的媒体管理, 比如新生水2002年一经推出, 不仅定期进行传媒简报会, 记者还应邀参观成功运行的水回用项目现场, 说服宗教领袖信服有关先进技术的可靠性等。

(2) 非民用领域的节水管理。2004年公用事业局推出“节水大厦”计划, 鼓励建筑管理者和所有者提高他们的房产用水效率。2008年推出商业节水10%挑战计划, 这项计划为机构用水提供平台, 对机构用水进行基准测试, 进行审核以寻求改进的机会, 并针对不同建筑类型列出一系列提高用水效率的措施。此外与酒店、学校和医院共同编制并自愿提交用水效率管理计划。

(3) 公用事业局开发了很多创新举措, 促进教育、提高认识、宣传节约用水和提高用水效率, 包括用水效率标识计划、强制水效率标识计划、节水基金、水用户计划和水枢纽, 并成立新加坡水协会有以促进私营企业的动态协作等。

通过上述措施, 使居民人均日生活用水量持续下降, 从1994年的176 L/人·d降低至2009年的155 L/人·d, 有望实现2030年人均日生活用水量下降至140 L/人·d的目标。

3 新加坡水管理的经验启示

3.1 制定整体可持续的战略及规划统领发展是水资源可持续发展的前提

构建具有创新、创意和前瞻性的水资源发展的顶层设计, 因地制宜地制定开发和管理水资源战略和实施计划。这些计划具有创新、创意、前瞻性和

长期协调持续性,并且作为明确的国家愿景和总体目标去实现,得到来自新加坡国家政治生活最高级别的显著而持续的支持,以确保新加坡的水资源能够满足日益增长和多样化的需求,即不断增长的人口、助力经济发展和创造就业机会,并确保一个健康舒适的自然环境。不难看出,追求水资源自给自足对土地有限的新加坡而言确实是具有相当大的压力。这个目标的追求通过设想、规划和执行已转化为综合性、协调性和前瞻性的社会发展方式,也对新加坡的城市发展产生了重大影响。在新加坡,发展等同于城市化,水是其发展成功的关键因素。新加坡的经验使新加坡水管理成为有价值的典范,包括了新加坡如何能够制定长期规划,如何及时和低成本有效地实施这些规划,并作为整体增长策略在发展过程中保持不断的可持续发展⁹。

3.2 连续完整的公共政策、管理实践和技术革新解决方案,量身定制,推进落实是水资源可持续发展的关键

新加坡给予世界水管理的最重要的经验:(1)其领导层的模范政治意愿及领导的作用;(2)机构内和机构间协调的重要性。在20世纪60年代,李光耀总理指出制定综合性、整体性的长远政策促进不同部委、机构和实施者之间协调是实现新加坡人民经济、社会和环境发展目标的唯一途径。这个实施过程是非常复杂的,不同部委、机构和实施者之间纵向和横向的协调、合作及交流系统落实到位,并且这些年一直在持续运作。新加坡的经验告诉我们这是解决问题和进行决策的首选规则。

同时结合不懈地技术探索和革新,通过因地制宜、量身定制,持续不断地应用新技术,推进落实,保障了规划的有效实施。

3.3 公众参与和行为改变是水资源可持续发展的基础

1971年新加坡经历干旱之后,特别20世纪80年代,水需求管理扮演重要角色,在20世纪90年代,新加坡开始利用经济手段和社区为基础的方式管理用水需求。新加坡推进多个节水计划以鼓励人民享用水并发展与水的关系,即民众 People、政府 Public 和私人企业 Private 的3P方式这一方式的基本依据是通过建立民众与水的亲密关系,使他们保持

水的清洁并逐步进行节水管理,从而控制水资源需求。鼓励开展公共项目以促进政府和公民之间的共同责任感。这种基于“以公民为中心”的合作关系,有助于公民参与、实践并将节约用水理念作为生活方式而被接纳。同时也有助于在个体和水之间建立一种个人关系,以此作为可持续发展的支柱之一。

3.4 制度完备和机制完善是水资源可持续发展的保障

新加坡法律体系完备,覆盖了社会经济生活的方方面面,是现代化的法治国家。为了有效保护及利用水资源,新加坡政府先后制定了一系列水资源法律法规,主要包括:《水源污染管理及排水法令》《废水和排水系统法》《公共设施(供水)条例》《公共设施(中心集水区和集水区公园)条例》《畜牧法令》《毒药法令》及《公共环境卫生法令》等。同时,新加坡政府还采取了多种措施保护水源,推出了节水标记计划、节水建筑及强制性控制各类供水器具的最高水流量等政策。在完善的法律法规保障下,建立了一套严格的执法机制和执法程序,以硬性的执法主体和多样化的执法手段构成有效监管体系,从根本上杜绝了水资源浪费和水污染事件的发生¹⁰。

新加坡负责水资源管理的主要行政管理部门是公用事业局。1963年成立之初由总理办公室负责监管,1964年移至律政部,1971年转回至总理办公室,20世纪80年代隶属于贸易和工业部。2001年成为环境部下属的法定机构,并将环境部污水处理和污水处理系统的管理职能与公用事业局原有职能整合到一起,使得新的公用事业局职能涵盖了供水及供水系统管理、污水及污水处理系统管理、雨水收集利用、海水淡化、公共教育和宣传等多个方面¹¹,成为新加坡综合性水管理机构。2004年将环境部更名为环境和水资源部,对全国水资源工作统一管理,大大提高了行政管理效率。

4 结论与政策建议

总结新加坡水管理战略思路与经验,作为高度城市化的缺水国家,新加坡的做法具有鲜明的特色,也具有共性的经验。新加坡的水务管理体制仍在不断深化、不断创新和不断完善,不是一成不变的。以华北地区特大型缺水城市北京为例,进行经验借鉴的适用性分析。

基于适用性分析。在充分考虑自然条件、经济社会发展状况、人口、水资源禀赋和管理情况等方面的异同的基础上,对新加坡经验进行因地制宜地吸纳,特别是新加坡系统的水资源规划、高效的水资源管理体制,完善的法律法规政策,先进的水资源利用技术及节水手段,广泛的公众和社会参与,为缺水城市水资源管理及利用提供借鉴和参考。

4.1 强化水资源规划在城市可持续发展中的统领地位,在决策、规划、管理、治理和发展中真正严格水资源的管理

对于严重缺水的特大城市,例如北京(北京与新加坡的水资源管理及相关情况对比见表1),是时候将水资源发展等同于城市发展,是时候将水资源可持续发展作为由最高政治层面支持、领导和推动的旨在促进城市可持续发展的目标之一。在决策、规划、管理、治理和发展中,水资源可持续发展是实现城市可持续利用的关键。(1)决策优先。遵循“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”的城市发展原则,全力围绕城市发展功能定位、加强水务现代化能力建设。(2)规划先行。在推动京津冀一体化进程中,应立足京津冀城市群,以水的资源禀赋为约束,做好顶层设计,推动首都科技、产业、

文化及公共服务资源延伸到周边地区,实现优势互补、良性互动,推动经济社会协调均衡发展。

(3)建立健全体制。完善涉水行政管理部门内部和部门间统筹管理体制,在对涉水行政管理主体及其机构设置、职责权限及协调机制等做出明确规定,形成部门内部层层夯实责任、部门间协调联动的工作格局,实现供水、节水、污水处理以及水资源保护的集成化管理。(4)完善运行机制。建设以市场为导向的水资源运行机制,借助市场的力量,不断完善水价形成机制,调节水资源的供需关系。(5)建立健全监管机制。充分发挥各级纪检监察、审计等专业部门的监督作用,积极推进信息公开和诚信体系建设,加快水务行政监督机制和执法能力建设,加强水务行业监管,并提高应对突发性水环境事件、水事纠纷的能力。

4.2 加强精细化管理,完善相关法规政策

加强水资源精细化管理,要突出抓重点、补短板 and 强弱项,以智慧水务为引领,推进水资源管理机制长效化、管理手段信息化和管理业务系统化,精准计量、精准监控、精准掌握和预判各环节的动态变化,实现水资源从源头到龙头的全过程精细化管理。完善相关法规政策和加强执法体系建设是实现水资源可持续利用的必要前提。(1)要严格立法,填补政

表1 北京与新加坡的水资源管理及相关情况对比

城市	北京	新加坡
自然条件	面积:16 410.54 km ² ;降水:多年平均降雨量585mm	面积:719 km ² ;降水:多年平均降雨量2 400 mm
人口	2 172.9万人(2016年)	561万人(2016年)
经济指标	人均国内生产总值:1万7251.6美元(2016年)	人均国内生产总值:5万4517.6美元(2016年)
用水需求	38.2亿m ³ /a	182万m ³ /a
水务管理机构	市水务局、区水务局、流域水务站及农民用水协会	公用事业局,综合性水管理机构
水务法规	《北京市取水许可制度实施细则》《北京市主要行业用水定额》《北京市节水型企业(单位)、节水型居民小区建设考核办法》《关于加强建设工程用地内雨水资源利用的暂行规定》《实施缓解本市水资源紧缺状况对策任务》和《北京市雨洪利用技术导则》等水政策法规和技术标准	《北京市主要行业用水定额》《北京市节水型企业(单位)、节水型居民小区建设考核办法》《关于加强建设工程用地内雨水资源利用的暂行规定》《公共设施和(供水)条例》《公共设施和(中心集水区和集水区公园)条例》《畜牧法令》《兽药法令》《公共环境卫生法令》及《公共事业法》等
水务管理体制	建立了市水务局、区水务局、流域水务站、农民用水协会四级水务管理体制,实现对涉水政务、事务、业务的全面管理和全过程管理	公用事业局全面负责水资源统一调度及管理,与其他政府部门在水资源管理领域相配合,协调一致,并积极鼓励私人部门参与水资源管理事务

策和制度空白,并根据水资源管理新形势调整相关政策,不断完善水资源管理的法规政策和标准体系,规范水资源保护、管理和开发利用行为。(2)要加强节水执法体系建设,健全监督检查机制,推进执法规范化,加大执法力度,严肃查处违法取用水、破坏水资源等行为,做到有法必依、执法必严和违法必究。

4.3 加大投入,开展技术创新和管理创新

借鉴新加坡在解决水资源问题中研发和应用科学技术的经验,要加大在水资源保护及开发利用、水环境治理、水生态修复及水政策研究等领域的科研投入,以技术创新性研究和管理创新性研究为重点开展水资源重大专题研究,并加强应用技术集成和推广,夯实水资源管理科技支撑。借鉴新加坡在解决水资源问题中“节流开源”理念,要在合理开发地表水和地下水等传统水资源的基础上,大力提倡开发利用再生水、雨水及海水等非传统水资源;要加强重点行业和关键环节的供用水管理,推进工业节水技术应用,普及生活节水器具,推广农业节水灌溉设施,减小输配水管网的漏损率,提高水资源利用效率。

4.4 加强宣传教育

增强公众水危机意识和节水意识,提高自觉参与与力度,发挥公众的创造力、制衡作用,弥补政府管理不足,对建设资源节约型、环境友好型社会具有重

要意义。通过制定节约用水政策、节水技术标准等措施,引导社会公众节约用水行为更加标准化和规范化。建立节水宣传教育基地,创新节水教育及宣传形式,深化青少年对水资源知识的理解,加强节水意识培养。利用世界地球日、世界环境日等纪念日,开展主题多样的活动,使水资源保护和循环利用深入人心。充分发挥媒体作用,在宣传形式、方式及内容等方面进一步挖潜,加大水资源保护、节约用水、再生水及雨水利用等方面的宣传力度,加强水务重大工程宣传与公众参与,积极营造公众关心、支持、参与水务建设与管理的的良好氛围。通过政府的宣传教育,培育公众水危机和参与意识,使公众清楚地了解到有效污水系统对于保护生活和保护环境的重要性。

参考文献

- [1] 廖日红,陈铁,张彤.新加坡水资源可持续开发利用对策分析与思考[J].水利发展研究,2011(2):88-91.
- [2] 王碧桀.新加坡水资源管理政策与实践[J].水利水电快报,2010(7):6-9,12.
- [3] 张玉梅.基于自给的新加坡水资源战略[J].再生资源与循环经济,2011,4(2):40.
- [4] 郑飞.新加坡水资源管理措施对天津市的启示[J].绿色科技,2013(5):254-256.
- [5] 屈强,张雨山,王静,等.新加坡水资源开发与海水利用技术[J].海洋开发与管理,2008(8):44.

(责任编辑:尤洋)

(上接第47页)

时段内发生同等强度的降雨,永定河流域产生的径流量减小、汇流也减小,洪峰沿程传播时间延长,增加了洪水预报和洪水调度的时间。

(2)官厅山峡区间的洪水,仍是永定河防汛的重点工作,也是最有可能对下游河道形成冲刷、改变下游河道下垫面的重要因素。永定河生态发展带建设除优化永定河生态环境外,也将继续改变永定河下垫面现状,有效地增加了永定河平原段的蓄水能力,进一步增加永定河中小洪水利用概率。

(3)永定河平原段(卢沟桥以下)河道河床纵剖面起伏变化较大,平均底坡沿程变化较大,受到河底坡和漫滩等多种因素的影响,发生较大洪水时,洪水波将随时间充分展开,有可能归槽缓慢,造成局部冲刷,

产生溃口,危险性较大。为避免上述情况发生,整治永定河卢沟桥下游河道,继续开展永定河生态发展建设,有效控制下游河道洪水流向,改善下游河道下垫面情况,减小降雨对流域所产生的影响十分必要。

参考文献

- [1] 北京市永定河管理处.北京市永定河管理资料[A].2002.
- [2] 北京市永定河管理处.北京市永定河水旱灾害[M].北京:中国水利水电出版社,2002:28-30.
- [3] 卢金忠,顾斌杰.永定河建设管理四十年成就回顾与展望[J].水利建设与管理,2015(7):70-74.
- [4] 北京市水利局.洪水调查资料:海河流域[A].1989.
- [5] 水利部发展研究中心调研组.加强统一管理 维持永定河健康生命[J].北京水利,2005(3):5-6.

(责任编辑:张少文)