

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2017.06.06

华东沿海城市水资源安全概念及 未来战略示范研究

陈祖军¹, 李广鹏², 谭显英³

(1. 上海市水务(海洋)规划设计研究院, 上海 200233; 2. 南京工业大学生物与制药工程学院, 江苏 南京 211816;
3. 上海市市政工程设计研究总院(集团), 上海 200098)

摘要:开展了水资源及水资源安全的基础理论, 沿海城市水资源安全的内涵、外延及其特征等的研究与辨析, 综述了水资源安全保障或发展的相关理论、技术手段或方法、政策与对策等方面的研究与实践进展; 分析评估了华东沿海城市水资源特性、现状及安全保障问题; 以上海水资源安全保障为例, 研究提出了新时期及未来华东沿海城市水资源安全保障或发展的战略体系与框架, 该框架体系包括目标层、体系层、战略层、战术层和保障层等。

关键词:水资源; 安全保障; 可持续发展; 战略框架

中图分类号: TV213.4

文献标志码: A

文章编号: 1004-6933(2017)06-0038-09

Study on concept and future strategic demonstration of water resources security in East China coastal cities

CHEN Zujun¹, LI Guangpeng², TAN Xianying³

(1. Shanghai Water(Ocean) Planning & Designing Research Institute, Shanghai 200233, China;
2. College of Biotechnology and Pharmaceutical Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, China;
3. Shanghai Municipal Engineering Design Research Institute(Group) Co. Ltd, Shanghai 200098, China)

Abstract: Essential theory about water resources and its safety, the intension, extension and features of water resources safety in coastal cities are studied and analyzed. Progress in research and practice in terms of the relevant theories, technical means, methods, policies and countermeasures of water resources security and development are reviewed. Therefore, the characteristics, current situation and safety guarantee of water resources in East China coastal cities are analyzed and evaluated. Taking water resources security in Shanghai for an example, this study has put forward the strategic system and framework of water resources security guarantee and development in East China coastal cities in the new period and in the future, including the target layer, the system layer, the strategy layer, the tactical layer and the guarantee layer.

Key words: water resources; security guarantee; sustainable development; strategy framework

华东苏浙沪“两省一市”沿海地区是我国公认的经济社会发达与领先地位, 在当今现代化建设中更是起着率先和引领作用。该地区土地总面积 21.02 万 km², 仅占全国的 2.2%; 2014 年区域 GDP 达 12.88 万亿元(全国 63.65 万亿元), 占全国的

20.2%; 人口为 1.57 亿人(全国 13.68 亿人), 占全国的 11.5%。而华东沿海连云港、盐城、南通、上海、杭州、嘉兴、绍兴、宁波、舟山、台州、温州等城市, 又是该地区人口增长和经济社会发展、资源能源消耗和生态环境压力等高度集中区域, 尤其在水资源

和水生态环境需求与压力方面。相关资料显示^[1-5],华东沿海城市受区域气候变化、海平面上升及其他陆海交汇水文气象因素影响,区域水资源紧缺态势严重,水资源过度开发利用导致的区域水生态环境不佳状况等制约显著,多年来一直是城市快速、良性发展的瓶颈问题。21 世纪至今,《江苏沿海地区发展规划》《浙江海洋经济发展示范区规划》《浙江舟山群岛新区发展规划》《长江经济带发展规划纲要》《长江三角洲城市群发展规划》等对华东沿海城市及生态环境建设相继提出了新规划要求,《上海市城市总体规划(2015—2040)》(以下简称“上海2040”)^[6]业已上报国务院审批并拟实施,为此,未来华东沿海城市发展将陆续驶入快车道,不过,城市发展对区域水资源安全保障和水生态环境安全需求压力更大,沿海城市亟待结合国家和地区发展新形势,尽快加强水资源安全保障战略研究及其相关方案支撑,借此有力促进该类城市经济社会和生态环境协调、健康发展。

1 沿海城市水资源安全的基础理论及其研究或实践进展

1.1 水资源安全的概念

1.1.1 水资源

长期以来,受自然资源研究有关学科分类及所关注领域范围的不同,国内外相关研究者和工作者对于水资源有着不同的含义或界定^[7-9]。以往比较有共识的定义多认为^[7],水资源包括地表水和地下水,是在水循环过程中产生的地表、地下径流和由它们存留在陆地上的可再生水体,其补给来源为大气降水。21 世纪以来,随着人们对于资源环境与社会发展之间的相互作用与影响关系的新认识,有关水资源领域的学者、工作者或有关管理部门逐渐对水资源概念赋予了新内涵^[2-4],即水资源应有传统水资源和非传统水资源(也有称“非常规水资源”)之分。所谓传统水资源,为以往江河、湖库或塘坝、湿地以及地下水等范围内的天然淡水资源,较为正式的定义(法律形式)源自《中华人民共和国水法》,其权属明确为国家所有;按来源,水资源又分为本地水资源和过境水资源(一说“客水资源”),前者包括区域产生的地表径流水资源和地下水资源;过境水资源是指过境且有转输的江河渠管等水利工程中的水资源。所谓非传统水资源,是指除传统水资源之外的其他水资源,包括污水处理再生水资源(城镇或集中化村落地区)、矿井水资源(矿企单位或地区)、微咸水资源(沿海地区、咸碱化地区或城镇)、雨水资源、海水资源(近海地区)等,是随着现代经

济社会的发展与技术的进步,在传统水资源日趋紧张情况下,人们开始逐步关注开发利用此类水资源的结果。

从水资源在水循环过程中的存在形式及其与自然环境、人类经济社会活动等的关系,水资源不仅具有自然属性(参与大气、地表与地下自然水循环)和社会属性(参与社会工农业生产、生活全过程水循环)外,还具有比一般资源更重要的一些特性,包括:系统性(具有自然水系统和社会水系统两大分系统)、可更新性或可再生性(即大气降水补给)、不可替代性(即自然及人类社会等生命生态系统的必需品)、有限性及不均匀性(即资源非取之不尽、用之不竭且时空分布不均)、脆弱性(即水资源量质受气候变化、地球物理变化及人为因素影响大,受扰受损性大)、流动非稳态性(在自然循环和社会循环中处于非固定、非稳定状态)等^[7-9]。

1.1.2 水资源安全

一个国家、流域、区域或城市的水资源禀赋条件、特性及其可再生恢复或循环补给能力(或称可持续发展能力)直接影响和制约着相关主体对象的可持续发展潜力。有学者定义^[10],水资源安全是指一个国家、地区或城市无论是当代还是后几代人都可以稳定、及时和经济地获取水资源,同时又使人类发展赖以依存的水资源基础和生态环境处于良好或不遭受毁灭性破坏的状态。也有人认为其内涵应分为广义和狭义两种^[11],其中,广义的水资源安全是指国家利益不因洪涝灾害、干旱缺水、水质污染、水环境破坏等造成严重损失,水资源的自然循环过程和系统不受破坏或严重威胁,水资源能够满足国民经济和社会可持续发展需要的状态;狭义的水资源安全是指在不超出水资源承载能力和水环境承载能力的条件下,水资源的供给能够在保证质和量的基础上满足人类生存、社会进步与经济发展,维系良好生态环境的需求。

笔者认为,水资源安全是指针对水资源受纳主体即特定人群、区域(城市)、流域或国家而言的水资源可持续开发利用安全,是一种可再生战略资源要素安全,是由水资源特性及所在时期经济技术水平所决定的保障能力,是相对于国家军事、政治、经济诸传统要素安全的非传统要素安全。其安全风险主要源自区域水资源的系统性、有限性、时空不均性、脆弱性、不可替代性等特性。在水资源开发、利用、配置、节约、保护、管理的大系统中,一个国家、区域或城市的水资源系统是否安全,就取决于是否具有承受各种安全风险因素的条件和能力。在自然范畴内,水资源安全关系到水的自然循环及水环境和

水生态安全;在社会范畴内,水资源安全关系到人类生产、生活活动,关系到社会生存与社会和谐以及经济可持续发展。可见,水资源安全在本质及外延上事关国家政治安全、经济安全、社会安全及生态文明建设,是对应安全与建设的基础。

1.2 沿海城市水资源安全的基本特征

1.2.1 沿海城市水资源特性

沿海城市存在着有别于内陆城市或地区水资源的其他明显特征:①受到海洋性气候影响更为直接、强烈,导致其水资源时空分布不均更为严重;②过境水资源通常较为丰沛,但因其处于流域下游或末端,过境水体受流域水资源开发利用累积效应影响,水污染通常较为严重,导致过境水体质量不太乐观;③遭受近海水域水环境影响更为直接,海洋赤潮等对淡水资源的影响严重;④遭受咸潮或盐水入侵影响更为直接,尤其未来全球气候变暖及海平面上升导致咸潮或盐水入侵将更为加剧,影响风险将持续并长久。也正是沿海城市与内陆城市水资源特征的差异性、独特性、严重性,决定了沿海城市的水资源存在更大的安全风险性。

1.2.2 沿海城市水资源安全的基本内涵与外延

按照其水循环特性,沿海城市水资源安全的内涵包括4方面:①自然属性,即产生水资源安全问题的直接因子是天然水(即传统水资源)的质、量和时空分布特性;②社会经济属性,即水资源安全问题的承受体是市民及其活动所在的社会与各种城市资源相互作用关系的集合,包括对非传统水资源的相互作用;③生态环境属性,即水资源安全问题的另一承受体是生态环境与市民活动、水资源自然因素相互作用关系的集合;④人文属性,即安全载体对安全因子的感受,就是市民群体在安全因子作用到安全载体时的安全感。

沿海城市水资源安全的外延是该安全所涉及的范围,狭义上讲,就是指传统与非传统水资源的可持续足量分质安全供应,保障城市“三生(生产、生活、生态)”用水安全之需;广义上讲,是指与该安全所外延相关联的城市经济安全、社会安全、生态安全、国防或边(海)防安全等。

1.3 水资源安全保障研究与实践进展

进入21世纪,如何实现水资源可持续开发利用,充分保障水资源安全,实现水生态环境与人类和谐共处,不仅是自然科学问题,也是技术与经济问题,还是社会和伦理问题。为解决水资源及其发展问题,国内外诸多学者或区域相继开展过水资源承载能力^[12]、水资源安全评价^[13-15]、水资源开发利用^[16-17]、水资源节约与保护^[18-21]、水资源管理^[22]等

方面相关领域的诸多研究或实践,也提出过水资源可持续利用战略^[23-24]、水资源安全战略^[25-28]、虚拟水或水足迹战略^[29-32]、节水或节水型社会建设战略^[33-34]、水循环经济发展战略^[35-36]、水资源保护战略^[37-38]、非常规水源战略^[39-40]、水资源管理战略^[41-42]、水权水市场战略^[43-44]等,取得了丰富成果,为未来水资源发展做出了大量基础性贡献。

2 华东沿海城市水资源开发利用状况与问题简析

自20世纪80年代以来,尤其进入21世纪,华东沿海城市或地区城市规模不断扩大,水资源往往被过度开发利用且已超出原有水资源环境承载能力,导致沿海城市出现人口资源环境不协调的状况和不和谐发展态势,总体情况呈现如下特点:

2.1 水资源时空分布不均,紧缺矛盾日益突出

华东沿海地区受区域气候变化影响呈现水资源分布不均、时空变化大等特点,水资源供需很不平衡。该地区人均本地水资源量为774.90 m³,仅为全国平均水平的1/3,其中江苏沿海地区 and 上海市人均分别只有245.85 m³和457.55 m³,属于水资源紧缺地区^[44];但区域过境水资源丰沛,开发潜力大,不过由于水质状况、工程技术或经济条件限制,开发利用量却十分有限。如浙江沿海城市水资源紧缺矛盾也很突出,舟山市人均水资源量为582.9 m³,相当于全国平均水平的1/5,区域约30万人的饮用水存在不同程度的困难^[44]。上海市多年平均本地地表水资源25.28亿 m³(上海严控地下水开采);过境水资源虽充沛(长江干流、太湖流域多年平均来水量分别为9194亿 m³、120亿 m³),但年际年内变化巨大,尤其受长江口枯水期咸潮入侵及多年来太湖流域来水水质较差等因素影响,过境水资源开发受限,全市水资源保障一直存在较大安全风险^[45]。

2.2 水资源开发利用强度过大,水污染十分严重,咸水入侵威胁也常年存在

a. 陆域河湖水体。多年来,华东沿海地区河湖(库)水环境质量普遍不容乐观,水资源状况堪忧。据统计^[2,4],2014年太湖流域和上海市全年期水质评价的部分河流中,前者达到或优于Ⅲ类的河长比例仅为24.3%,后者水质优于Ⅲ类(含Ⅲ类)水河长也仅占42.2%。

b. 近海水域。自20世纪90年代以来,华东沿海河口及近海水域受陆域城市或地区大量工业废水、生活污水以及农业面源退水直接或间接排入影响,营养盐一直不断增加,造成一些水(海)域富营养化严重,赤潮现象频发。据资料^[46]显示,长江、甬

江等干流输送的营养盐(COD、N、P、NH₃-N、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N、TP等)情况见表1,2014年春、夏、秋季的东海海区富营养化海域分别占据全国富营养化海域的比例达到50.0%、55.7%和53.0%,而重度富营养化海域面积的比例竟然分别达到82.7%、82.2%和91.2%。

表2 2014年长江、甬江携带入海的污染物量统计

河流 名称	入海的污染物量				
	COD	NH ₃ -N	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	TP(以P计)
长江	7 332 015	140 359	1 548 760	11 021	158 040
甬江	62 172	2 175	9 085	502	1 290

c. 咸潮与盐水入侵^[47-51]。每年枯水期上海市长江口4大水库(宝钢、陈行、青草沙和东风西沙水库)及江苏太仓浏河水库都会周期性受到咸潮入侵的威胁,一般持续5~7 d,多则10~20余天,如2014年春季长江口就发生陈行水库建库以来最严重咸潮入侵,一度造成上海部分城区停水事件^[4]。

2.3 水资源利用效率不高,节水型社会建设参差不齐

华东沿海城市虽大多属水质型缺水,但区域水资源利用效率依然不高(相对于国内发达省份及多数发达国家同类水平),节水型社会(城市)建设进度不一,水平也参差不齐,其建设任务仍很繁重。据统计^[2],2014年华东沿海太湖流域和东南诸河部分的人均用水量分别为574 m³、420 m³;人均城镇居民生活用水量分别为150 L/(人·d)、154 L/(人·d),万元工业增加值(当年价)用水量分别为83 m³、49 m³(其中,江苏省93 m³,浙江省32 m³,上海市53 m³),农田灌溉亩均用水量分别为7 860 m³、6 900 m³。另外,舟山、温州(温岭)、南通和上海部分行政区(浦东新区等6区)等城市相继开展了国家级或省市级节水型城市(示范区)建设,水资源利用效率各有提高,但也各存在一定差距^[3-5]。

2.4 水资源保护举措缺乏统筹性,标本兼治力度不够强

“十二五”期间,华东沿海城市加大了水资源环境保护力度,水环境改善取得一定进展,但本地点源和面源水污染状况依然较重,中小河道黑臭现象相当普遍,市政截污纳管等水环境治理及水资源保护工作还很艰巨。上海虽多年来持续不断加强城市污水处理基础设施建设,全市日均污水处理量由2010年518.94万 m³/d增长为2014年570.26万 m³/d,全市城镇污水处理率由2010年的81.9%增长为2014年的89.8%^[4],但2014年全市水功能区达标率仅约三成多(含上游苏浙两省来水影响)。江浙

沿海城市或地区虽然通过“五水共治”等行动来综合治理河湖水环境^[3,5],但近年来区域水功能区达标率仍不高,甚至距离国家要求差距还很大。

2.5 水资源综合管理缺乏系统性、针对性,管理水平亟待进一步提高

“十二五”期间,华东沿海城市相继实施并不断推进辖区最严格水资源管理“三条红线”工作,取得一定绩效^[3-5],但与沿海城市努力打造“智慧城市”及水资源现代化管理或“智慧管理”尚存在不小差距。如上海市同期全面完成了水利部试点,实施最严格水资源管理制度建设有关任务,包括完成各类取水户水量控制指标的分解、建立年度绩效考核评价体系、完善与国网信息系统互联互通等^[4];苏浙沿海城市确定辖区用水总量、用水效率和水功能区水质达标率等管理目标,并同步建立起对应控制体系等^[3,5]。不过,各城市相关水资源管理工作还远非精细化、精准化、系统化,距离新时期的智能化、智慧化还有相当差距,深化提高沿海城市水资源管理能力和水平依然任重而道远。

3 华东沿海城市水资源安全战略体系研究

华东沿海苏浙沪3省、直辖市内沿海地级以上城市共11个,在地理位置上除连云港、盐城处于黄海之滨或黄海与东海交汇之处外,其余城市均处于东海之滨,且同处于亚热带范围,海洋气候较为接近。在水资源自然属性方面,城市沿海河湖库及湿地等水系(河口)受东海(黄海)或长江口、杭州湾潮汐、咸潮甚至赤潮影响显著^[46],且城市上游水系均受长江或太湖流域汇入水量质影响(舟山独立水系除外)突出^[2]。在水资源社会属性即开发利用上,具有城市取、供、用、节、耗、排水各环节的共性。在城市发展水资源需求方面,各沿海城市都迫切需要弥补水资源和水生态环境短板、加强水资源安全保障民生建设及水生态文明建设,都需要进一步完善水资源安全保障体系,为未来各城市远景发展目标的实现奠定良好基础。上海是特大型的国际大都市,其有关方面的发展定位和目标、发展战略或策略、发展方式或手段,在华东沿海城市、长三角城市群乃至全国都比较完善、先进,具有较好引领、示范作用,可借鉴意义显著;同时,该城市的水资源自然属性和社会属性均兼具华东沿海城市的普遍特性。基于此,本文即以上海市为例,结合近期配合上海城市总体规划即“上海2040”而开展的上海水资源保障规划工作,研究并建立城市水资源安全战略体系,借此作为华东沿海城市水资源安全战略的体系框架示范。

3.1 上海城市及水资源未来发展形势分析

目前及今后相当长时期,上海作为国家“一带一路”、长江经济带和长三角城市群等发展战略交汇点,肩负着为国家战略探路先行的排头兵、先行者的历史使命。“上海 2040”已展望未来 20~30 年城市发展性质及发展愿景^[6]:①城市性质为“卓越的全球城市,国际经济、金融、贸易、航运、科技创新中心和文化大都市”;②城市发展愿景为“卓越的全球城市,令人向往的创新之城、人文之城、生态之城”。另外,在城市发展关键要素上,上海将构建大都市区“网络化、多中心、组团式、集约型”的空间格局及其强化土地用途和空间、资源环境约束等的管制体系。

随着未来上海作为国家战略的长江经济带龙头城市、长三角城市群中心城市或核心城市及上海市“卓越的全球城市”等发展目标相继确定及迈上新征程,现有水资源情势已越来越不适应未来全市发展形势所需,加之应对全球气候变化、海平面上升、区域人类活动等因素对市域水资源的影响,上海

市亟待加强水资源安全战略研究,统筹与谋划未来全市水资源可持续发展策略和途径,借此强力支撑“上海 2040”规划目标的实现及未来城市可持续发展。

3.2 上海城市水资源安全战略研究

基于“上海 2040”对上海未来城市及生态文明建设重大部署,统筹“一带一路”国家战略及长江经济带、长江三角洲城市群及华东沿海发展相关规划,结合上海市域水资源及其开发利用现状与发展需求,未来全市水资源安全战略拟形成目标层、体系层、战略层、战术层、保障层等架构体系。2040 年上海城市水资源安全战略体系见图 1。

3.2.1 目标层

针对未来上海发展支撑的水资源环境紧约束瓶颈问题,按照国家民生保障、生态文明和智慧城市等建设要求,上海 2040 年水资源安全保障目标拟建立资源节约型、环境友好型、生态文明型、管理智慧型的“四型”城市水资源发展战略格局。

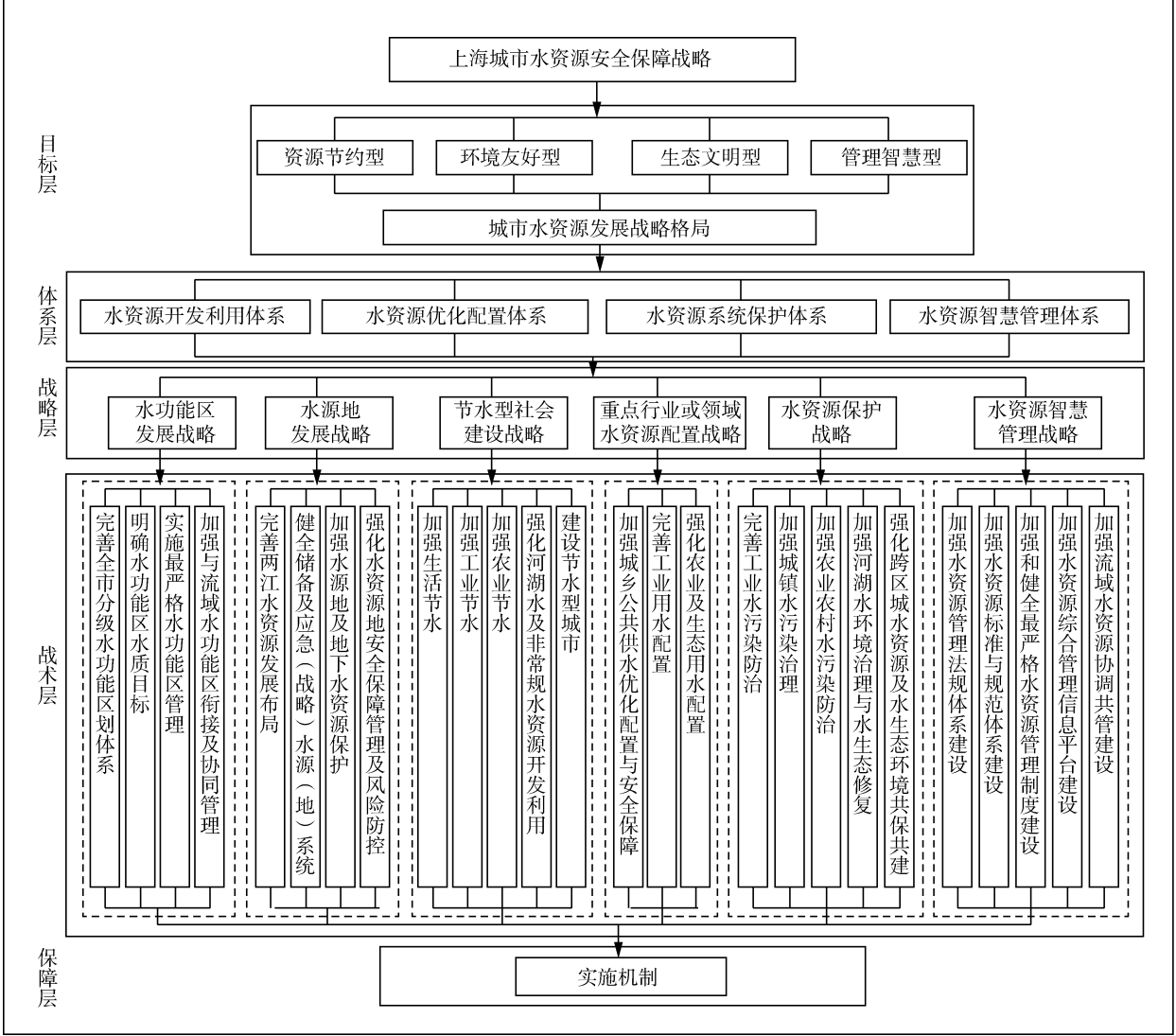


图 1 2040 年上海城市水资源安全战略体系

3.2.2 体系层

为实现上海“四型”城市水资源发展战略格局,对应水资源安全保障体系层拟构建水资源开发利用体系、水资源配置保障体系、水资源环境保护体系、水资源智慧管理体系等4大体系。

3.2.3 战略层

根据“上海2040”经济社会发展重点、生态文明建设布局及水资源需求分析,全市水资源安全保障重点拟定为水功能区发展、水源地发展、节水型社会建设、重点行业或领域水资源配置、水资源保护、水资源智慧管理等6大战略领域。

a. 水功能区发展战略。将全面统筹“上海2040”的市域空间格局、城镇体系、产业结构布局等,以及国家流(区)域发展战略下的长江和太湖两大流域的水系及水利发展格局、水资源和水生态环境发展态势,并结合上海市域河网水系水利(务)、水资源和生态环境发展需求,全面构建全市科学、绿色、协调的水功能区划体系,实施“全面统筹、功能明晰、动态管理”的水功能区发展战略。

b. 水源地发展战略。未来上海城市水源地拟立足市域、放眼区域(长三角地区),并积极应对气候变化,不断健全“两江(长江、黄浦江)并举、三域(流域、区域、市域)共保、多库(长江陈行等4大水库和黄浦江上游金泽水库)联动、急备(应急备用和储备水源地)兼顾”的水源地发展战略布局。

c. 节水型社会建设战略。作为华东地区典型的水质性缺水城市,基于国家关于加快推进生态文明建设、实施最严格水资源管理制度、实施海绵城市建设等意见或精神,统筹国家新“五化(即新型城镇化、工业化、信息化、农业现代化、绿色化)”等建设要求,结合未来上海城市建设目标,拟实施以水资源消耗总量和强度双控行动、全民节水行动和水效领跑者引领行动等“三大行动”为抓手的上海未来节水型社会(城市)建设战略。

d. 重点行业或领域水资源配置战略。为实现区域“三生”用水的水资源配置安全保障,上海市拟首要结合水资源禀赋条件、承载能力、取供水设施能力及其发展态势等,统筹区域经济社会发展和生态环境建设等相关行业发展规划的目标、导向与布局,以及“三生”行业或领域的未来用水需求,实施水资源“控量提质、优水优用”策略,即控制各行业或领域用水,重点提高城乡公共供水水质直至直饮水,实现不同水质不同用途,优化配置用水。

e. 水资源保护战略。基于国家生态文明建设、水污染防治行动计划、海绵城市建设等要求和“上海2040”总体布局,结合流域、区域和全市水生态环

境治理状况,拟实施“点面结合、源头防控、系统治理、共建共保”的治水护水方针,全面构建“山水田林湖”一体化的绿色基础设施(GI)和绿色低碳循环发展的生态弹性城市。

f. 水资源智慧管理战略。为实现上海城市水资源科学、高效地开发利用与管理,拟结合国家信息化发展要求和上海智慧城市建设目标,以及“上海2040”对水资源安全保障的需求,构建全市“互联网+”水资源智慧管理体系,实施“一套法规(涉水行业或领域),一套标准(规范),一个制度(即最严格水资源管理),一个平台(即综合信息管理系统或平台)”水资源智慧管理战略。

3.2.4 战术层

针对全市水资源安全保障6大发展战略,对应的战术布局包括26类发展重点举措。

a. 在水功能区发展方面,全市拟通过完善分级水功能区划体系、明确水功能区水质目标、实行最严格水功能区管理、加强与流域水功能区衔接及协同管理等4个方面举措,形成完善的水功能区划体系和布局,全市2040年水功能区水质达标率拟达到99%以上,实现水生态文明。

b. 在水源地发展方面,全市拟通过完善长江和黄浦江两江水源地发展布局、健全应急备用及储备水源战略保障体系、加强地表水源地及地下水资源保护、强化水源地安全保障管理及安全风险防控等4个方面举措,全面建成与全球城市相适应的水源地系统及原水配置保障格局。

c. 在节水型社会建设方面,全市拟通过加强生活、工业、农业节水和强化河湖水及非常规水资源开发利用、建设节水型城市等5个方面举措,各区全面建成节水型社会(城市),工业、城镇生活、农业等领域的节水水平达到同期国际先进水平。

d. 在重点行业或领域水资源配置方面,相关举措包括:①集约优化全市水厂及供水管网布局、强化制水供水工艺、完善智慧供水监管信息平台、加强供水风险管控与安全保障能力建设等,强化城乡公共供水优化配置;②加强火电工业和一般工业自备用水管理,优化工业自备用水体系;③加强“五片(即崇明三岛生态灌区、杭州湾北岸高标准灌区、黄浦江上游绿色涵养灌区、沪北远郊菜粮示范区和环城都市田园灌区)”农业用水保障、实施“多廊(吴淞江-苏州河、崇明环岛运河、金山区龙泉港、浦东新区大治河等10条骨干河道)”生态用水体系建设,完善农业及生态用水格局。为此,至2040年全市取用水量总量控制138亿m³以内^[52]。

e. 在水资源保护方面,全市拟着力于完善工业

水污染防治、加强城镇水污染治理、加强农业农村水污染防治、加强河湖水环境治理与水生态修复、强化跨区域水资源及水生态环境共保共建等 5 个方面举措,实现工业集聚区(工业区或园区)和企业水污染得到有效防治,城镇污水实现全收集处理且全市污水污泥处理处置达到国家或本市同期最严目标、标准或要求,农村生活污水处理处置得到全面防控,全市河网水系和河湖生态水域空间得到有效控制(全市河湖水面率不低于 10.5%),全市河湖全面消除劣于 V 类水体。

f. 在水资源智慧管理方面,全市拟通过加强水资源管理法律法规体系、水资源标准与规范体系、最严格水资源管理制度、水资源综合管理信息平台、流域水资源协调共管等 5 方面举措建设,完成全市“水之云”之“互联网+水资源(水资源综合信息智慧管理系统)”,全面建成国际先进的水资源智慧管理体系。

3.2.5 保障层

为实现上海市水资源战略发展,其实施保障包括组织与人才保障、用地及资金保障、体制与机制保障、政策与法规保障等内容。

4 结 语

水资源是基础性自然资源和战略性经济资源,也是生态环境的重要控制性要素。发展是人类社会永恒的主题,水资源安全及其发展战略事关国家、流域、区域或城市经济社会的可持续发展和生态文明建设。基于水资源安全保障内涵、国内外当前水资源安全保障相关技术与对策的研究与实践进展等,针对华东沿海城市水资源状况及其发展问题,以上海市为例,着力于支撑“上海 2040”全球城市发展目标实现的需要,研究提出了未来全市水资源安全保障或发展战略体系和框架,包括目标层、体系层、战略层、战术层和保障层,并分别就各层重点内容或布局进行了战略设计,其中,目标层将实现“四型”城市水资源发展战略格局;体系层将构建 4 大支撑体系;战略层与战术层构建了有关水功能区发展、水源地保障、水资源配置、水资源保护、水资源管理等相关领域的建设或保障策略或举措,包括 6 大重点发展战略 26 项战术举措等建议。

参考文献:

[1] 陈雷. 在纪念“世界水日”、“中国水周”主题活动暨中国水利博物馆开馆仪式上的讲话[EB/OL]. [2010-03-23]. http://www.gov.cn/gzdt/2010-03/23/content_1562387.htm.

[2] 水利部太湖流域管理局. 太湖流域及东南诸河水资源公报[R]. 上海:水利部太湖流域管理局,2014.

[3] 江苏省水利厅. 江苏省水资源公报[R]. 南京:江苏省水利厅,2014.

[4] 上海市水务局. 上海市水资源公报[R]. 上海:上海市水务局,2014.

[5] 浙江省水利厅. 浙江省水资源公报[R]. 杭州:浙江省水利厅,2014.

[6] 上海市城市总体规划编制工作领导小组办公室. 上海市城市总体规划(2016-2040)[R]. 上海:上海市城市总体规划编制工作领导小组办公室,2016.

[7] 闫桂玲,孙福德. 关于水资源概念界定的探讨[J]. 水利天地,2006(8):4-6. (YAN Guiling, SUN Fude. Discussion on conception of water resources[J]. Journal of Water Field,2006(8):4-6. (in Chinese))

[8] 刘效琴. 浅议城市水资源的概念及其特性[J]. 太原科技,2005,10(增刊2):29-33. (LIU Xiaoqin. Discussion on conception of city water resources and its characteristics[J]. Journal of Taiyuan Technology,2005,10(sup2):29-33. (in Chinese))

[9] 袁志彬,王占生. 我国城市水资源现状及对策[J]. 科技导报,2001(1):48-51. (YUAN Zhibin, WANG Zhansheng. The present situation and countermeasure for our country's city water resources[J]. Journal of Science and Technology,2001(1):48-51. (in Chinese))

[10] 畅明琦,刘俊萍. 水资源安全基本概念与研究进展[J]. 中国安全科学学报,2008,18(8):12-19. (CHANG Mingqi,LIU Junping. Then basic conception and research progress for water resources safety[J]. Chinese Journal of Safety Science,2008,18(8):12-19. (in Chinese))

[11] 郑通汉. 论水资源安全与水资源安全预警[J]. 中国水利,2003(6):19-22. (ZHENG Tonghan. Talk on water resources safety and its early warning[J]. Journal of China Water Resources,2003(6):19-22. (in Chinese))

[12] 夏军,朱一中. 水资源安全的度量:水资源承载力的研究与挑战[J]. 自然资源学报,2002,17(3):262-269. (XIA Jun, ZHU Yizhong. On magnanimity of water resources safety: study and challenge about the bearing capacity of water resources [J]. Journal of Natural Science,2002,17(3):262-269. (in Chinese))

[13] 贾绍凤,张军岩,张士峰. 区域水资源压力指数与水资源安全评价指标体系[J]. 地理科学进展,2002,21(6):538-545. (JIA Shaofeng, ZHANG Junyan, ZHANG Shifeng. The pressure index for regional water resources and the evaluating indicator system for water resources safety[J]. Advances in Geographical Science,2002,21(6):538-545. (in Chinese))

[14] 代稳,谌洪星,全双梅. 水资源安全评价指标体系研究[J]. 节水灌溉,2012(3):40-43. (DAI Wen, ZHAN Hongxing, TONG Shuangmei. Study on the evaluating indicator system for water resources safety[J]. Journal of

- Water-saving Irrigation,2012(3):40-43. (in Chinese))
- [15] 李泽红,汤尚颖,许志国. 水资源安全的内涵及其评价:以湖北省为例[J]. 安全与环境工程,2005,12(4):38-41. (LI Zehong, TANG Shangying, XU Zhiguo. The connotation of water resources safety and its evaluation [J]. Safety and Environmental Engineering,2005,12(4):38-41. (in Chinese))
 - [16] 马忠玉. 水循环经济与水资源合理开发利用研究[J]. 生态环境,2006,15(2):416-423. (MA Zhongyu. Study on water circular economy and water resources' reasonable developing and using [J]. Journal of Ecological Environment,2006,15(2):416-423. (in Chinese))
 - [17] 顾新洲,尹雅清,董晓敏. 天津市水资源现状及开发利用对策[J]. 海河水利,2008(6):5-6. (GU Xinzhou, YIN Yaqing, DONG Xiaomin. The present about Tianjing's water resources and its countermeasure for developing and using [J]. Journal of Haihe River Water Conservancy, 2008(6):5-6. (in Chinese))
 - [18] 褚俊英,王建华,秦大庸,等. 我国节水型社会建设的模式研究[J]. 中国水利,2006(23):36-39. (CHU Junying, WANG Jianhua, QIN Dayong, et al. Study on type for the water-saving-society's construction in our country [J]. Journal of China Water Resources,2006(23):36-39. (in Chinese))
 - [19] 陈祖军,周建国,阮仁良. 华东地区沿海城市的节水型社会建设[J]. 中国给水排水,2008,24(2):74-77. (CHEN Zujun, ZHOU Jianguo, RUAN Renliang. The water-saving-society's construction for coastal city in East China[J]. China Water & Wastewater,2008,24(2):74-77. (in Chinese))
 - [20] 陈祖军,周建国,阮仁良. 上海市节水型社会建设方向与对策[J]. 水资源保护,2008,25(3):92-94. (CHEN Zujun, ZHOU Jianguo, RUAN Renliang. The direction and construction of the water-saving-society's construction in Shanghai [J]. Journal of Water Conservation, 2008, 25(3):92-94. (in Chinese))
 - [21] 陈祖军. 后三峡工程时代长江口水源地盐水入侵规律及其应对措施[J]. 水资源保护,2014,30(3):19-24. (CHEN Zujun. Study on saltwater intrusion on Shanghai water source zone in Yangtze Estuary in the post-era of Three Gorges Engineering and its reaction [J]. Journal of Water Conservation,2014,30(3):19-24. (in Chinese))
 - [22] 陈雷. 实行最严格的水资源管理制度保障经济社会可持续发展[J]. 中国水利,2009(5):9-17. (CHEN Lei. Carrying out the strictest water management institution and ensuring sustainable development of our economic society [J]. Journal of China Water Resources,2009(5):9-17. (in Chinese))
 - [23] 钱正英. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告 [C]//中国水利学会. 中国水利学会 2001 学术年会论文集. 北京:中国水利学会,2001:3-18.
 - [24] 吴建,邱训平. 论长江口水资源利用的可持续发展策略 [J]. 上海水利,2010(3):25-28. (WU Jian, QIU Xunping. Discussion on strategy for sustainable development of water resources' using in Yangtze Estuary [J]. Journal of Shanghai River Water Conservancy,2010(3):25-28. (in Chinese))
 - [25] 姜文来. 中国 21 世纪水资源安全对策研究[J]. 水科学进展,2001,12(1):66-71. (JIANG Wenlai. Study on the countermeasure for water resources safety in China within the scope of 21 century [J]. Advances in Water Science, 2001,12(1):66-71. (in Chinese))
 - [26] 贾绍凤,何希吾,夏军. 中国水资源安全问题及对策[J]. 中国科学院院刊,2004,19(5):347-351. (JIA Shaofeng, HE Xiwu, XIA Jun. Study on the problem and its countermeasure for water resources safety in China [J]. CAS Bulletin,2004,19(5):347-351. (in Chinese))
 - [27] 刘佳. 我国水资源安全保障体系建设的四重维度[J]. 华北水利水电学院学报(社科版),2013,29(6):14-16. (LIU Jia. Study on the quadruple dimensions about construction for ensuring system of water resources safety in China [J]. Journal of North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power (Social Sciences Edition),2013,29(6):14-16. (in Chinese))
 - [28] 沈满洪. 中国水资源安全保障体系构建[J]. 中国地质大学学报(社会科学版),2006,6(1):30-34. (SHEN Manhong. Study on the construction for ensuring system of water resources safety in China [J]. Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition), 2006,6(1):30-34. (in Chinese))
 - [29] 程国栋. 虚拟水:中国水资源安全战略的新思路[J]. 中国科学院院刊,2003(4):260-265. (CHENG Guodong. The virtual water: new thinking about strategy of water resources safety in China [J]. CAS Bulletin,2003(4):260-265. (in Chinese))
 - [30] 钟华平,耿雷华. 虚拟水与水安全[J]. 中国水利,2004(5):22-23. (ZHONG Huaping, GEN Leihua. The virtual water and water safety [J]. Journal of China Water Resources,2004(5):22-23. (in Chinese))
 - [31] 邓晓军,谢世友,杨诗源,等. 水足迹分析法在山东省的应用研究[J]. 农业现代化研究,2007,28(2):232-234. (DENG Xiaojun, XIE Shiyu, YANG Shiyuan, et al. The applied research on analytical method of water footprint in Shandong Province [J]. Agricultural Modernization Research,2007,28(2):232-234. (in Chinese))
 - [32] 邓晓军,谢世友,王李云,等. 城市水足迹计算与分析:以上海市为例[J]. 亚热带资源与环境学报,2008,3(1):62-68. (DENG Xiaojun, XIE Shiyu, WANG Liyun, et al. The computation and analysis of city water footprint: an example of Shanghai [J]. Journal of Subtropical Resources and Environment,2008,3(1):62-68. (in Chinese))
 - [33] 陈志恺. 坚持科学发展观建设节水防污型社会保障水资源的可持续利用[J]. 中国水利水电科学研究院学

- 报, 2004, 2 (4): 247-250. (CHEN Zhikai. Ensuring sustainable using of water resources by holding up scientific outlook on development and setting up Water Conservation Society [J]. Journal of China Institute of Water Conservancy and Hydropower, 2004, 2 (4): 247-250. (in Chinese))
- [34] 曾献云, 李攻科, 孙振营. 节水是解决城市水资源安全的关键: 以天津市为例 [J]. 中国国土资源经济, 2010 (7): 24-26. (ZENG Xianyun, LI Gongke, SUN Zhenying. Saving water is the key to solve city water resources safety: an example of Tianjing [J]. Journal of China's Land and Resources Economy, 2010 (7): 24-26. (in Chinese))
- [35] 陈琨, 姚中杰, 姚光. 我国实施水资源循环经济模式的途径 [J]. 中国人口·资源与环境, 2003, 13 (5): 120-121. (CHEN Kun, YAO Zhongjie, YAO Guang. Study on way to carry out the type of water-resources' circular economy in our country [J]. China Population Resources and Environment, 2003, 13 (5): 120-121. (in Chinese))
- [36] 田岳林, 李汝琪, 李建娜, 等. 城市水循环经济发展思路及体系构建 [J]. 环境科学与管理, 2010, 35 (6): 157-162. (TIAN Yuelin, LI Ruqi, LI Jianna, et al. Study on developing outlook for city water circular economy and its system' s construction [J]. Environmental Science and Management, 2010, 35 (6): 157-162. (in Chinese))
- [37] 陈军, 谭显英, 陈祖军. 太湖流域省际边界河湖治理生态补偿机制研究 [J]. 水资源保护, 2012, 28 (2): 85-90. (CHEN Jun, TAN Xianying, CHEN Zujun. Study on eco-compensation mechanism for river or lake' s renovation on co-province border in Taihu Basin [J]. Journal of Water Conservation, 2012, 28 (2): 85-90. (in Chinese))
- [38] 陈祖军, 张海燕, 徐贵泉. 省际边界湖泊蓝藻防治联合治污机制的研究 [C]// 中国科学技术协会. 首届中国湖泊论坛论文集. 南京: 东南大学出版社, 2011: 161-166.
- [39] 董淑秋, 韩志刚. 基于“生态海绵城市”构建的雨水利用规划研究 [J]. 城市发展研究, 2011, 18 (12): 37-41. (DONG Shuqiu, HAN Zhigang. Study on planning an “eco-sponge city” for rainwater utilization [J]. Urban Studies, 2011, 18 (12): 37-41. (in Chinese))
- [40] 程江, 徐启新, 杨凯. 国外城市雨水资源利用管理体系的比较及启示 [J]. 中国给水排水, 2007, 23 (12): 68-72. (CHEN Jiang, XU Qixin, YANG Kai. The comparison and inspiration about the management system for city rain resources using in foreign country [J]. China Water & Wastewater, 2007, 23 (12): 68-72. (in Chinese))
- [41] 陈德敏, 乔兴旺. 中国水资源安全法律保障初步研究 [J]. 现代法学, 2003, 25 (5): 118-121. (CHEN Demin, QIAO Xingwang. The elementary study on law ensuring about water resources safety in China [J]. Modern Law Science, 2003, 25 (5): 118-121. (in Chinese))
- [42] 张俊栋. 环渤海经济圈四点一带水资源安全保障战略研究 [J]. 水资源与水工程学报, 2010, 21 (2): 167-170. (ZHANG Jundong. A strategy study on water resources' safety-ensuring within the scope of Bohai-Rim' s Four-Point-One-Belt zone [J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2010, 21 (2): 167-170. (in Chinese))
- [43] 王瑞萍, 李靖. 水权、水价对水资源管理的影响研究 [J]. 海河水利, 2007 (5): 63-66. (WANG Ruiping, LI Jing. Study on impact on water right and water price to water management [J]. Journal of Haihe River Water Conservancy, 2007 (5): 63-66. (in Chinese))
- [44] 王颖, 王腊春, 朱大奎, 等. 长江三角洲水资源现状与环境问题 [J]. 科技通报, 2010, 26 (2): 171-188. (WANG Ying, WANG Lachun, ZHU Dakui, et al. Study on the present situation and environmental problem about water resources in Yangtze River Delta [J]. Bulletin of Science and Technology, 2010, 26 (2): 171-188. (in Chinese))
- [45] 刘晓涛. 上海市第一次全国水利普查暨第二次水资源普查总报告 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
- [46] 国家海洋局. 中国海洋环境质量公报 [M]. 北京: 国家海洋局, 2014.
- [47] 孔兰, 陈晓宏. 珠江口咸潮影响因素分析 [J]. 水资源保护, 2015, 31 (6): 94-97. (KONG Lan, CHEN Xiaohong. Analysis on the influence factors of saltwater in Pearl River Estuary [J]. Water Resources Protection, 2015, 31 (6): 94-97. (in Chinese))
- [48] 陈祖军. 后三峡工程时代长江口水源地盐水入侵规律及其应对措施 [J]. 水资源保护, 2014, 30 (3): 19-24. (CHEN Zujun. Saltwater intrusion into water source zone in Yangtze Estuary in post-Three Gorges engineering era and countermeasures [J]. Water Resources Protection, 2014, 30 (3): 19-24. (in Chinese))
- [49] 陈妮, 唐建华, 蓝霄峰, 等. 北支咸潮倒灌对东风西沙水库取水水质的影响 [J]. 水资源保护, 2013, 29 (1): 37-40. (CHEN Wei, TANG Jianhua, LAN Xiaofeng, et al. Impact of salinity intrusion of north branch on water quality of intake water areas of Dongfengxisha Reservoir [J]. Water Resources Protection, 2013, 29 (1): 37-40. (in Chinese))
- [50] 方神光, 崔丽琴. 磨刀门水道枯季咸潮入侵特性及规律 [J]. 水利水电科技进展, 2015, 35 (4): 14-18. (FANG Shenguang, CUI Liqin. Characteristics and rules of seawater intrusion during dry season in Modaomen Waterway [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2015, 35 (4): 14-18. (in Chinese))
- [51] 左军成, 左常圣, 李娟, 等. 近十年我国海平面变化研究进展 [J]. 河海大学学报 (自然科学版), 2015, 43 (5): 442-449. (ZUO Juncheng, ZUO Changsheng, LI Juan, et al. Advances in research on sea level variations in China from 2006 to 2015 [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2015, 43 (5): 442-449. (in Chinese))
- [52] 陈祖军等. 上海城市水资源战略规划 (2016-2040) [R]. 上海: 上海市水务 (海洋) 规划设计研究院, 2016.

(收稿日期: 2017-03-06 编辑: 徐 娟)