

周敏, 叶文飞, 陈祖军, 等. 新发展阶段长江经济带城市供水业发展方式探索[J]. 净水技术, 2022, 41(8):47-54,80.

ZHOU M, YE W F, CHEN Z J, et al. Exploration of the development mode of urban water supply industries in the Yangtze River Economic Belt in the new development stage[J]. Water Purification Technology, 2022, 41(8):47-54,80.



扫我试试?

新发展阶段长江经济带城市供水业发展方式探索

周敏, 叶文飞, 陈祖军*, 刘海臣

(中国长江三峡集团上海勘测设计研究院有限公司, 上海 200335)

摘要 城市供水业对推动长江经济带高质量发展发挥重要作用。文中介绍了新发展阶段长江经济带城市供水发展概况及存在的问题;提出了城市供水业发展方式——供水管家的概念及内涵;构建了城市供水管家模式的框架结构体系,并对供水管家模式系统的各种基本属性进行了深入的分析;基于城市供水管家的服务内容和特点,搭建了城市供水管家模式下的供水技术体系和质量控制体系;最后,对长江经济带城市供水管家模式的实施路径提出了建议。

关键词 长江经济带 供水管家 框架结构体系 技术体系 实施路径

中图分类号: TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-0177(2022)08-0047-09

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2022.08.007

Exploration of Development Mode of Urban Water Supply Industries in the Yangtze River Economic Belt in the New Development Stage

ZHOU Min, YE Wenfei, CHEN Zujun*, LIU Haichen

(China Three Gorges Corporation, Shanghai Investigation Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200335, China)

Abstract Urban water supply industry plays an important role in promoting the high-quality development of the Yangtze River Economic Belt. The paper introduced the development situation and existing problems of urban water supply along the Yangtze River Economic Belt during the new development stage, and put forward the concept and connotation of urban water supply development mode (water supply stewardship). In this paper, the structural framework system of urban water supply stewardship mode was constructed, and various basic attributes of water supply stewardship system were deeply analyzed; based on the service content and characteristics of urban water supply stewardship, a water supply technology system and a quality control system under the mode of urban water supply stewardship were established. Finally, some suggestions on the implementation route of urban water supply stewardship model in the Yangtze River Economic Belt were put forward.

Keywords Yangtze River Economic Belt water supply stewardship frame structure system technical system implementation route

长江经济带城市供水系统在布局、总体建设、运维管理及智慧化等方面均有待完善。基于国家新发展阶段的形势以及对城市供水业新模式的需求,在此发展背景下社会或市场第三方如何以更好、更高

效的方式或形式服务于长江经济带沿线城市,迫切需要探索类似“管家”一样的服务模式,以便能够系统性、综合性、一体化、一条龙地服务于城市经济社会与生态环境的协调与可持续发展^[1-3]。“城市供水管家”旨在探索城市水务(供水)发展第三方服务模式,以现状问题为导向,区域统筹,总体规划,同时构建智慧供水平台,以提升运维管理水平,实现城市供水系统安全、经济、智慧、高效化运行。基于此,本文对长江经济带城市供水管家模式进行了探索与研究。

[收稿日期] 2021-12-27

[基金项目] 中国长江三峡集团有限公司科技创新基金(202003137)

[作者简介] 周敏(1995—),女,研究方向为饮用水处理技术,E-mail:1007124446@qq.com。

[通信作者] 陈祖军(1969—),男,博士,研究方向为城市水务与水资源、水环境规划,E-mail:519449451@qq.com。

1 长江经济带城市供水现状及问题

供水基础设施建设在长江经济带城市发展不平衡。长三角地区经济领先,政府财政实力较强,城镇化水平较高,供水管网及水厂的建设相对较为完善;中部城市稳步发展;而上游城市供水基础设施建设仍然处于较为落后的水平,供水管网覆盖率低,贵州、云南两大省的供水管网建设程度均远落后于国家平均水平。根据《中国城市建设统计年鉴》,2020

年长江经济带城市供水基础设施能力与状况如表 1 所示。分析发现全国建成区供水管网密度为 14.02 km/km²,长三角地区及中部城市的建成区管网密度均高于全国水平,而上游城市中只有重庆和四川高于此水平。此外,江苏、浙江单位面积供水量分别达到了 1 227 500、1 343 300 m³/km²,而云南和贵州单位面积供水量只有 828 500 m³/km² 和 798 200 m³/km²,差异显著。

表 1 2020 年长江经济带城市供水基础设施能力与状况

Tab. 1 Urban Water Supply Infrastructure Capacity and Status in the Yangtze River Economic Belt in 2020

地区	人口密度 /(人·km ⁻²)	建成区供水管网 密度/(km·km ⁻²)	水厂			
			座数/个	综合生产能力 /(m ³ ·d ⁻¹)	单位面积供水量 /(m ³ ·km ⁻²)	
全国	2 778	14.02	2 943	320 726 500	1 036 800	
长三角	上海	3 830	31.95	38	12 210 000	2 331 300
	江苏	2 240	18.33	130	34 904 100	1 227 500
	浙江	2 105	20.46	131	20 391 200	1 343 300
中部城市	安徽	2 655	14.67	77	10 790 400	988 100
	江西	4 426	14.74	74	6 463 300	840 200
	湖北	2 778	15.34	122	15 792 800	1 096 700
	湖南	3 677	15.26	96	11 547 900	1 155 700
上游城市	重庆	2 070	15.83	96	7 110 100	1 056 100
	四川	3 158	15.09	163	16 692 700	914 500
	贵州	2 262	8.70	86	4 327 400	798 200
	云南	3 138	10.87	114	4 607 800	828 500

此外,节水建设在长江经济带城市发展不平衡。2020 年我国长江沿线 11 省(直辖市)的节水投资额及节水量如图 1 所示,上海、湖南单位面积节水量较多,均超过 50 万 m³/km²,而江西、重庆、云南单位面积节水量较少,均低于 10 万 m³/km²;此外,上海、浙江的节水投资力度较大,均高于 10 万元/km²,而江西、重庆、四川等省节水投资力度较小,基本低于 5 万元/km²。这主要是由于经济发展不平衡以及规划实施程度存在差异,此外,节水制度体系还不完备、制度执行不够严格、节水经验尚未全面推广等均是节水建设在长江经济带城市发展不平衡的原因。

长江经济带城市供水业发展投资差异较大。长江沿线各城市的供水基础设施建设及供水事业发展基本投入主要为地方财政资金,少部分为合资或独资经营设计-采购-建造(engineering procurement

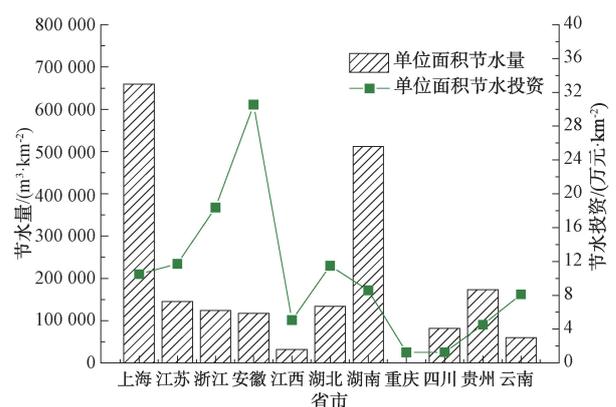


图 1 2020 年长江及经济带城市节约用水量及节水投资

Fig. 1 Urban Water Conservation and Investment in the Yangtze River Economic Belt in 2020

construction, EPC)、政府和社会资本合作(public-private partnership, PPP)模式^[4-5]。2020 年度具体

长江沿线 11 省(直辖市)的单位面积供水系统建设投资情况如图 2 所示,上海、江苏、重庆单位面积供水系统建设投资额分别为 224.5、226.6、231.5 万元/ km^2 ,而湖南、贵州两省单位面积供水系统建设投资额仅分别为 35.1、59.2 万元/ km^2 ,差异明显。

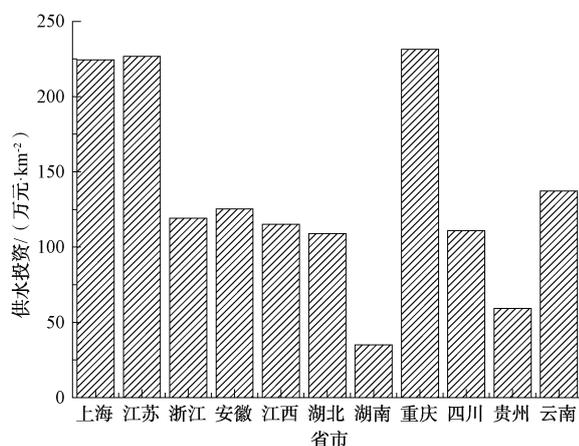


图 2 2020 年长江经济带城市单位面积供水系统建设投资

Fig. 2 Investment in the Construction of Water Supply System per Unit Area in the Yangtze River Economic Belt Cities in 2020

对供水行业现状进一步分析,长江经济带城市供水系统在规划、投融资、工程建设、设施运行、管理服务等方面均存在问题,具体如下。

(1)供水系统还不尽完善,布局还不尽合理。供水管网建设与发展不平衡、缺陷大、部分城市的供水设施设备能力已经不能够满足城市目前及未来的供水需求^[6]。长江沿线其他城市也或多或少存在类似问题,有待进一步加强规划调整或开展顶层设计加以完善。

(2)供水系统工程建设、运维管理水平和服务质量有待提高。目前大多数城市供水系统运维管理碎片化现象较为严重,且缺乏完整的体系标准统一管理。

(3)供水系统投融资力度有待加强。城市供水系统可持续发展资金需求大、投入不足、城市间投资力度差异明显且回报机制尚未建立,有待多种投融资模式加强经费保障^[7]。

(4)智慧化管理有待提高。目前,长江经济带城市供水业基础设施能力及运行相关基础数据不完善、缺失严重,且信息互联不互通,未能完全实现信息共享,存在信息“孤岛”问题,未能达到“智慧”运

行的目标。

2 城市供水管家的定义与内涵

2.1 城市供水管家概念的提出

借鉴“环保管家”的概念^[8-10],基于国家新发展阶段的形势及其对城市供水业高质量发展的新模式的需求,为能够一体化、一条龙地服务于城市经济社会与供水行业领域的协调与可持续发展^[1-2,10],提出“城市供水管家”服务模式。

狭义城市供水的范畴一般为城市公共供水系统,即城市自来水供水系统;广义城市供水的范畴则多为城市公共供水系统(城市自来水供水系统)与非传统水源供水系统(城市再生水供水系统+雨洪利用供水系统等)。所谓城市供水管家,即为社会第三方实体或单位依托其自身具备的供水行业或领域的的能力与资源,对某城市人民政府或其主管部门、城市水业公司、工业园区(经济技术开发区或自贸区)、大中型企事业单位所委托的全部或部分(含单项)城市供水领域的发展事务,为达到所约定的某种服务标而提供的系统性、综合性、一体化、一站式(一条龙式)全托管服务/咨询行为。

2.2 城市供水管家的内涵

城市供水管家是指对城市供水系统在规划、勘测设计、投融资、建设(监理)、运维管理全生命周期开展的第三方服务。该管家服务是新发展阶段城市供水行业综合服务的新模式,对资源进行调配、整合和优化,开展协同服务,统筹考虑,解决供水全流程(水源→原水管道→水厂→供水管网→用户端)中水源的监管、输配水管网的完善和提升、供水安全保障能力提升等重点问题。

2.3 城市供水管家的特征

城市供水管家是绩效式合同服务,实现政企职责分离,政府履行规则制定、监管考核等职责,供水管家作为社会第三方实施主体,实现市场资源(包括社会资本)整合,提供一体化产业链服务,实现城市供水系统安全、经济、智慧、高效化运行。

3 城市供水管家框架结构体系

鉴于长江经济带 11 省(直辖市)生产总值占全国的比重达 45%以上,且在我国发展全局中具有极其重要的地位和作用,是我国纵深最长、覆盖面最广、影响最大的黄金经济带。加之“十八大”以来实施的长江大保护战略,立足新发展阶段实施以长江

经济带城市供水业服务模式的创新探索,融合和助力支撑新发展格局中长江经济带高质量发展,具有重要示范与实践意义。故本研究选择长江经济带城市作为供水管家模式的先行示范研究,当形成可复制经验至全国推广。

城市供水管家模式的框架结构体系(图3),其关键要素包含服务对象、服务内容、技术体系、质控体系、服务平台、商业模式,其中以服务内容为核心,

由第三方服务企业作用于城市供水服务系统,并依托服务平台,实施城市供水管家服务,实现安全、经济、智慧、高效化的全系统全过程高质量服务。

3.1 服务对象

城市供水管家服务对象主要为城市人民政府或其主管部门、城市水业公司、工业园区(经济技术开发区或自贸区)、大中型企事业单位。



图3 城市供水管家模式的框架结构体系

Fig. 3 Framework System of Urban Water Supply Stewardship Mode

3.2 服务内容

服务内容按专业领域划分为水源、取水、净水、输配水、二次供水、节约用水等内容或系统^[11-12];按服务周期划分为全生命周期的涵盖规划、勘测设计、投融资、建设、运维管理。

根据系统治理的原则,本研究将城市供水系

统细分为水源及其取水系统、输配水管网系统、水厂系统、二次供水系统、节约用水系统 5 个服务系统,其中节约用水系统主要包含非传统水源利用和漏损控制等,此系统用于节水管理,贯穿于水源、取水、净水、输配水、二次供水等全过程,具体如图 4 所示。

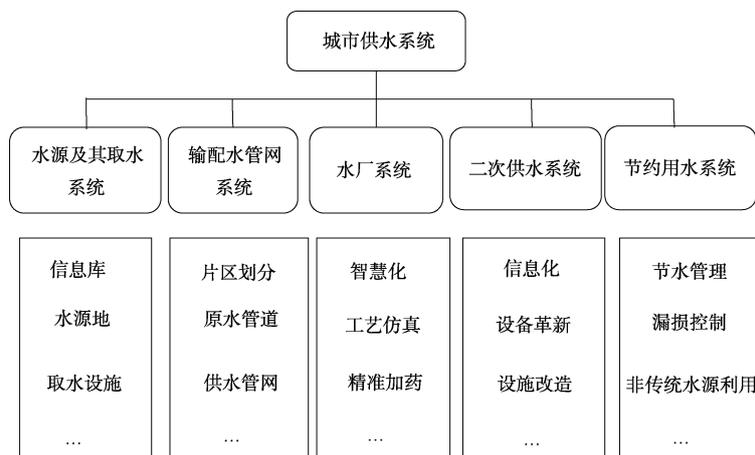


图 4 城市供水系统分支结构体系

Fig. 4 Branch Structure System of Urban Water Supply Stewardship System

3.2.1 水源及其取水系统

建立水源基本情况(水量、水质、水文特性等)和取水设施的信息库,因地制宜,根据拟定的供水方案进行水源地、取水点和取水构筑物的比选论证^[13],用智慧化的手段优化供水工程系统。

3.2.2 输配水管网系统

输配水管网系统分为原水管道和供水管网。对于供水管网来说,提质增效是关键^[14]。以饮用水处理系统服务片区为单元,全面排查管网等设施状况,绘制现状供水分区图,并制定供水系统现状问题清单,保障输配水安全。

3.2.3 水厂系统

从问题出发,因地制宜,以系统提升城市供水效能为重点,制定综合解决方案。同时水厂逐步实现从自动化到信息化和智慧化的转变,如工艺过程的仿真、精准加药的应用,实现运行过程的节能降耗。

3.2.4 二次供水系统

按照智慧供水相关标准建设二次供水信息化系统,同时进行设备革新以及二次供水设施常态化更新改造。

3.2.5 节约用水系统

以非传统水源(再生水、雨水)利用为切入点,根据丰水、缺水地区的不同需求,明确目标、供水水质,统筹规划,科学布局,选择成熟、经济的净水工艺,提高水资源的有效利用率。此外,通过控制管网漏损率以及健全节水管理体制等手段的综合应用来构建节约用水系统,因地制宜地开展节水管理工作。

3.3 城市供水技术体系

城市供水管家技术体系包含了工艺技术体系、供水调度技术体系、模型技术体系及应急技术体系。其具体的服务工具包如表 2 所示。

3.3.1 工艺技术体系

按照智慧供水相关要求建设工艺技术信息化系统,并应用智慧化的手段进行工艺过程的仿真,包含预处理技术、混凝、沉淀和澄清技术、过滤技术、除铁、除锰技术、消毒技术以及臭氧氧化技术等;因地制宜,根据原水情况及供水要求全面分析,选择合适的处理工艺。其中,进出水水质检测指标主要包含温度、pH、浊度、溶解氧、导电性、总溶解性固体、盐度等。

3.3.2 供水调度技术体系

供水调度技术体系包含信息采集、信息处理、控

表2 城市供水管家技术服务工具包
Tab. 2 Technical Service Toolkit for Water Supply Stewardship

一级	二级	三级	四级(主要技术)
工艺技术体系	饮用水处理	预处理技术	预沉处理、生物预处理、化学预处理、粉末活性炭吸附预处理
		混凝、沉淀和澄清技术	混合、絮凝、平流沉淀池、上向流斜管沉淀池、侧向流斜板沉淀池、高速澄清池、机械搅拌澄清池、脉冲澄清池、气浮池
		过滤技术	普通快滤池、V型滤池、虹吸滤池、重力式无阀滤池、翻板滤池
		除铁、除锰技术	除铁、除锰滤池
		除氟技术	混凝沉淀法、活性氧化铝吸附法、反渗透法
		除砷技术	铁盐混凝沉淀法、离子交换法、吸附法
		消毒技术	液氯消毒、二氧化氯消毒、次氯酸钠消毒、紫外线消毒
		臭氧氧化技术	臭氧接触池
		颗粒活性炭吸附技术	下向流颗粒活性炭吸附池、上向流颗粒活性炭吸附池
		中空纤维微滤、超滤膜过滤	压力式膜处理工艺、浸没式膜处理工艺
供水调度技术体系	供水调度阶段	信息采集	数据采集与监视控制(supervisory control and data acquisition, SCADA)系统,采集水文、水利、生态、气象等多部门基础数据
		信息处理	SCADA系统
		控制	SCADA系统
		调度	SCADA系统、自动发电量控制/经济调度控制(automatic generation control/economic dispatch control, AGC/EDC)系统
模型技术体系	模型工具	工艺仿真模型	
		三维协同模型	地理信息系统(geographic information system, GIS)、建筑信息模型(building information modeling, BIM)
		优化调度模型	MIKE、InfoWorks
		供水管网模型	BIM
		精准加药技术	/
应急技术体系	供水系统全流程	取水	原水调度、建设应急备用水源、
		输水	考虑增加抗震防护等级、事后尽快抢修恢复或切换备用输水管
		净水	分析常见的污染物种类及超标倍数、增设应急处理设施及药剂
		配水	建设应急连通干管、调配其他水厂

制和调度4个阶段。集结水文、水利、生态、气象等多部门基础数据,综合分析城市水情、雨情、旱情、水源保护区、取水口设置、调度目标等,实时分析水质水量,为供水调度管理提供支撑。

3.3.3 模型技术体系

建设模型技术库,通过工艺仿真模型(WEST仿真软件等)、三维协同模型、水量水质的优化调度模型(数学模型)、供水管网模型(可采用BIM技术等)等进行智慧化、可视化的全流程优化管理。

3.3.4 应急技术体系

在供水的全流程中,建立水源、净水和输配水应急技术。此外,做好防灾防冻等应急预案;针对突发

事件、重大、较重大事件以及特别重大事件构建不同部门分级响应的应急体系;按照水源和供水突发事件-事发地水司先期处置-应急指挥小组/办公室-分级预警、响应处置-应急救援行动-应急事态控制-应急结束的流程制定供水体系应急预案。

3.4 质量控制体系

服务质量是城市供水管家的立足之本。因而构建服务质量控制体系至关重要,主要包含法律法规、规范标准体系和考核指标体系。

3.4.1 法律法规体系

法律法规体系是城市供水管家模式下进行质量控制的重要约束,主要按照法律、行政法规、地方性

法规(范围是长江经济带省市)、规章(包括部门规章和地方政府规章)、规范性文件(包括部门规范性文件和地方政府规范性文件)梳理长江沿线城市(11省市)供水相关的法律。

3.4.2 标准规范体系

根据标准体系的内在联系特征,考虑城市供水管家的服务内容和特点,参考卢宁等^[15]的研究,提出城市供水管家标准体系框架,由专业门类、功能序列、层次构成(图5)。其中,专业门类是指与城市供水管家服务内容密切相关,反映了供水管家服务的主要对象、作用和目标,体现了供水专业特色的门类。标准体系包含通用、水源、取水、净水、输配水、其他6个专业门类。功能序列涵盖全生命周期,包含综合、规划、勘测设计、投融资、建设、运维管理6大类。层次是指一定范围内一定数量的共性标准的集合,反映了各项标准之间的内在联系。同时赋予每一项标准唯一的编码代号。

经梳理,本体系表共94项,具体按功能序列统

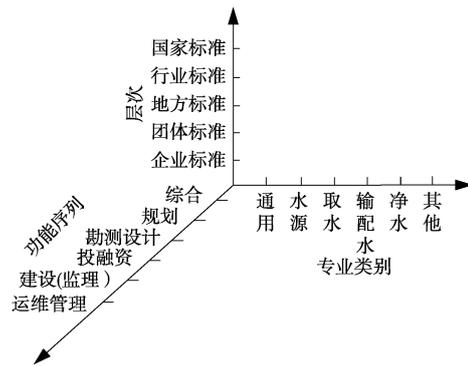


图5 城市供水管家标准规范体系三维结构图

Fig. 5 Three Dimensional Structure Diagram of Urban Water Supply Stewardship Standard Specification System

计如表3所示。统计结果表明供水行业标准体系表目前还不够完善,在有关取水的标准上尚存在空白领域。此外,针对智慧水务,在系统结构设计、功能设置、性能要求、设备配置、通信协议、数据等诸多方面也需制订统一的标准。

表3 城市供水管家标准统计总表(专业-功能)

Tab. 3 Statistical Summary of Urban Water Supply Stewardship Standards (Sepciality-Function)

功能序列	通用	水源	取水	输配水	净水	其他	合计
综合	11	5	0	7	4	2	29
规划	3	1	0	0	0	0	4
勘测设计	9	1	0	8	4	4	26
投融资	3	0	0	0	0	0	3
建设(监理)	3	0	0	5	0	0	8
运维管理	13	0	0	9	2	0	24

3.5 服务平台

基于三网(物联网、互联网、智联网),以云计算及大数据等技术手段为支撑,构建智慧供水平台。在感知和数据采集基础上,对净水、输水、供水、用水等各个环节进行可视化、动态化和精细化的全流程管理,并运用模型和仿真等先进技术手段“智慧化”支撑生产、管理、服务和决策等各经营环节,确保实现提质增效的目标。框架如图6所示。

3.6 商业模式

商业模式包含政企合作模式、托管服务(O&M)、资本+、企业共建模式。政企合作模式主要有ABO、PPP、EOD、EPCO等(表4)。其中,资本+模式以股权投资方式盘活存量资产,对存量资产进

行运维管理,逐步建立市场化机制;企业共建模式是构建产业联盟平台,整合市场资源,协同发展,促进产业链融合,推动行业协同发展。

4 长江经济带城市供水管家模式实施路径的建议

城市供水管家的服务模式需遵循全面统筹、系统治理、收益导向的3个原则,并在经验中不断探索与创新。具体实施路径建议分为以下6个阶段。

(1)初步洽谈。以建立合作、“城市供水管家”理念宣传、了解地方问题与需求为目标。参与人员包括领导层,市场投资部门、技术服务部门等人员参与。

(2)前期阶段。落实意向,编制服务方案,形成

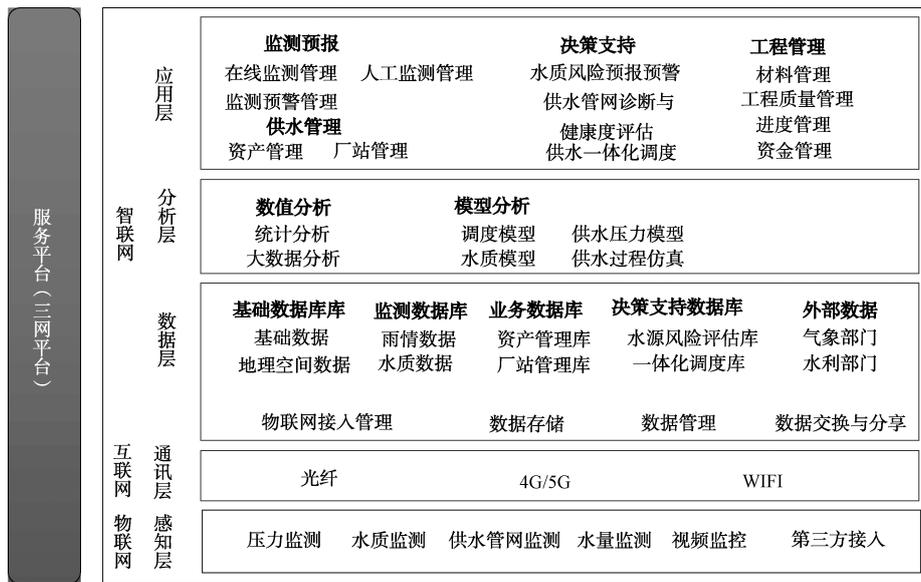


图6 城市供水管家服务平台总体框架

Fig. 6 Framework of Service Platform of Urban Supply Steward

表4 城市供水管家商业模式

Tab. 4 Business Mode of Urban Water Supply Stewardship

序号	商业模式	备注
1	PPP模式 委托运营(operation & maintenance, O&M)	/
2	管理合同(management contract, MC)	通常作为TOT的过渡方式
3	建造-运营-移交(build-operate-transfer, BOT)	/
4	建设-拥有-经营(build-own-operate, BOO)	/
5	转让-经营-移交(transfer-operate-transfer, TOT)	存量资产
6	改建-运营-移交(rehabilitate-operate-transfer, ROT)	存量资产,增加改扩建内容
7	ABO 授权-建设-运营(authorize-build-operate)	/
8	EPCO 设计-采购-建造-运营(engineering-procurement-construction-operate, EPCO)	/
9	EOD 以生态为导向的发展模式(ecology-oriented development, EOD)	/
10	EPC 设计-采购-建造(engineering-procurement-construction, EPC)	/
11	资本+ 股权转让	/
12	股权合作	/

主要合作内容。相关内容包括:专项资金支持供水管网资产产权、运营等方面调查、摸排及基础诊断;获取基础资料,并开展初步部门调研,补充资料,识别地方主要问题,制定管网排查方案等,识别主要问题;根据问题识别与诊断,结合城市发展的需求,明确城市供水管家的目标并提出服务方案。

(3)合同阶段。形成完整的“城市供水管家”服务技术方案与内容。与委托方协定合作形式并签订合作协议等,包括签订项目合同,合同谈判等内容。

(4)建设阶段。组建平台公司作为服务的实施主体,筹划以独资或合资、控股地方水务企业的方式组建城市供水管家平台公司,或根据需求,与其他涉水行业协同(如排水、水利、水环境)组建水务平台公司,并进行项目组织实施及项目验收。

(5)运营阶段。采用三网平台进行智慧化运营,主要为项目运营、辅助监管服务、信息化服务等。

(6)带动增量项目。编制项目实施方案,将项
(下转第80页)

能按照出水中的硝态氮浓度粗略计算,需要准确计算好氧池末端的硝态氮浓度,据此计算回流 R_2 。

(3) R_2 需根据实际水质计算调整,过大则会由于携带的溶解氧造成碳源浪费,同时多余回流量造成能源浪费;过小则缺氧池 A2 中反硝化作用不能充分利用进水中的碳源,同样造成碳源浪费。

(4) 本工艺运行中,可根据实际进水季节变化情况计算调整回流量等运行参数优化运行。

参考文献

[1] 于翔,李捷,罗凡. AAOA-MBR 工艺在工程中的应用分析

[J]. 水处理技术, 2021, 47(3): 133-136.

[2] 李捷,隋军,马振强,等. AAOA/MBR 工艺优化运行参数研究[J]. 中国给水排水, 2013, 29(5): 82-84.

[3] 刘纪成,张勇,陈春生,等. AAOA-MBR 工艺在超高污泥浓度下的运行[J]. 中国给水排水, 2018, 34(9): 1-5.

[4] 住房和城乡建设部. 室外排水设计规范: GB 50014—2021 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2021.

[5] 周元,金腊华,张一凡,等. AAOA-MBR 工艺污水脱氮特性及脱氮机制[J]. 环境工程学报, 2015, 9(8): 3739-3744.

[6] 李茂侨,陈志强,温沁雪. 硝态氮及碳源浓度对 A-AAO 工艺厌氧释磷影响的研究[J]. 环境科学与管理, 2018, 43(2): 107-111.

(上接第 54 页)

目实施及管理流程化和制度化,统一建设标准,并推动新项目的策划和实施。

5 结语

长江经济带城市供水管家模式是立足于我国新发展阶段的形势下对城市供水业高质量发展新模式的探索成果。本研究提出了城市供水管家的概念、内涵及其基本特性;构建了城市供水管家模式的框架结构体系,包括其供水技术体系和质量控制体系等;最后对该模式的实施路径进行了探索与建议。城市供水管家模式仍需在新形势下进行不断探索和经验总结,不断丰富与完善模式内涵及更有效的实施路线方案。

参考文献

[1] 赵原. 环保管家服务模式在工业园区的应用——以江西省某工业园区为例[J]. 环境与发展, 2020, 32(2): 246-247.

[2] 邓宇杰,郑和震,陈英健. 长江大保护时空大数据云平台建设需求分析[J]. 水利规划与设计, 2021(9): 12-15.

[3] 文传浩,林彩云. 长江经济带生态大保护政策: 演变、特征与战略探索[J]. 河北经贸大学学报, 2021, 42(5): 1-8.

[4] 贾琨. 国有企业城市供水项目投融资决策探析[J]. 管理观察, 2019(5): 175-177.

[5] 姜亦华. 江苏省实施长江大保护的成效与建议[J]. 长江技

术经济. 2021, 5(s2): 215-217.

[6] MAZIOTIS A, VILLEGAS A, MOLINOS-SENANTE M. The cost of reducing unplanned water supply interruptions: A parametric shadow price approach [J]. Science of the Total Environment. 2020, 719: 137487. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137487.

[7] 吕竹,罗轶,韦运明,等. 大规模供水管网并网的实践[J]. 净水技术, 2021(s1): 199-203.

[8] 郑秀亮. 环保管家, 环保服务业新热点[J]. 环境, 2020(10): 62-63.

[9] 郑鹏. 环保管家服务模式的分析与探讨[J]. 环境保护与循环经济, 2021, 41(1): 102-104.

[10] 乔俊杰. 全过程工程咨询服务能力提升路径研究[J]. 中国招标, 2021(11): 36-37.

[11] 曾颖. 降低供水管网漏损率的实践分析——以上海市嘉定区为例[J]. 净水技术, 2021(s1): 208-210, 220.

[12] PRECIADO C C, HUSBAND S, BOXALL J, et al. Intermittent water supply impacts on distribution system biofilms and water quality [J]. Water Research. 2021, 201: 117372. DOI: 10.1016/j.watres.2021.117372.

[13] 刘瑞. 飞毕联合供水工程取水设计关键点分析[J]. 陕西水利, 2021(2): 126-127, 130.

[14] 林晓丹,陈方亮,强志民,等. 供水管网水质模型的研究进展: 经验统计模型[J]. 中国给水排水, 2021, 37(14): 1-7.

[15] 卢宁,马娜,江平. 供水标准体系框架构建研究[J]. 中国标准化, 2017(6): 38-39.