

城市水资源优化配置与高效利用路径研究

李明星

淄博市水利事业服务中心 山东 淄博 255020

摘要: 城市水资源对城市发展意义重大,本文分析城市水资源系统,指出其存在供需不平衡、水质保障难、利用效率低等问题。阐述优化配置理论与方法,包括基本概念、模型构建及求解方法。提出供水、用水、排水系统高效利用技术路径,如水源适度开发、推广节水技术等。给出管理策略与保障措施,涵盖管理体制创新、监测信息化、公众参与宣传教育等,为城市水资源合理利用提供参考。

关键词: 城市水资源;优化配置;高效利用;管理策略;保障措施

引言:城市发展依赖水资源,其合理配置与高效利用至关重要。当前城市水资源面临诸多挑战,供需矛盾突出,部分时段区域供水缺口大;水质受污染威胁,达标处理成本上升;利用效率不高,浪费现象存在;管理机制有短板,部门协同不足。在此背景下,深入研究城市水资源优化配置与高效利用路径,提升水资源利用效能,保障城市可持续发展,成为亟待解决的关键问题。

1 城市水资源系统分析

1.1 城市水资源的构成与特点

城市水资源来源具有多元性,地表水是重要组成部分,涵盖天然流动的河流、静态储存的湖泊等,受区域气候与地理条件影响较深^[1]。地下水依托地下含水层形成,补给速度缓慢但供水稳定性较强,是许多城市备用或常规水源。再生水通过对生活、工业废水的深度处理获得,可实现水资源循环利用,缓解供需压力。海水淡化水则适用于沿海城市,通过技术手段去除海水中盐分,转化为可利用水源。城市水资源时空分布差异明显,时间上受降水季节变化影响,枯水期与丰水期供给量波动较大;空间上取决于城市所处水文流域位置,不同区域水源禀赋差距显著。水质状况受自然与人为因素共同作用,天然水源可能存在矿物质超标问题,人为活动产生的污染物易造成水质下降。可利用性方面,各类水源需经过处理达到对应用水标准,处理难度与成本直接影响实际利用范围与规模。

1.2 城市水资源供需关系分析

1.2.1 需求侧分析

城市用水部门需求各具特征,居民生活用水围绕日常起居展开,需求相对稳定且受用水习惯影响较大。工业生产用水与产业类型、生产工艺密切相关,高耗水产业需求总量大,技术升级可推动需求结构优化。公共服务用水覆盖市政绿化、环境卫生、教育医疗等领域,需

求随城市发展规模逐步增长。生态环境用水聚焦河道补给、湿地养护等,是维持城市生态平衡的重要支撑。用水需求变化趋势与人口增长、经济发展、生活方式改变紧密关联。人口规模扩大直接带动生活用水总量上升,经济增速加快尤其是工业扩张会拉动生产用水需求,居民生活水平提高、节水器具普及等生活方式调整则会改变用水强度与结构。

1.2.2 供给侧分析

城市各类水源供水能力需结合水源本身特性评估,地表水供水能力受降水、径流影响易出现波动,地下水供水能力受含水层储量与补给速度限制,再生水供水能力依赖处理设施规模与技术水平,海水淡化水供水能力则与淡化工艺、设备产能相关。水源可靠性体现在应对极端天气、污染事件的抗干扰能力,稳定性关乎长期供水保障,可持续性要求供水活动不破坏生态平衡与后续补给。供水设施是水源转化为可用水的关键载体,水库承担蓄水调峰功能,水厂负责水质处理,管网负责输水配送。当前部分城市供水设施存在老化问题,运行效率偏低,部分区域管网覆盖率不足,影响供水稳定性与安全性。

1.3 城市水资源系统存在的问题与挑战

城市水资源供需平衡难以精准把控,需求增长速度与供给提升幅度不匹配,部分时段、区域易出现供水缺口。水质保障面临多重压力,污染物排放超出水体自净能力,水质达标处理成本不断攀升,部分水源受污染后难以快速恢复。水资源利用效率整体偏低,不同部门用水浪费现象存在,节水技术推广与应用不够充分,重复利用率有待提升。管理机制存在短板,部门协同配合不足,水资源调配缺乏统筹规划,监管力度与执行效果存在差距。水资源短缺已成为制约城市发展的重要因素,水源禀赋不足与需求持续增长形成突出矛盾。水污染加剧

破坏水资源循环,进一步压缩可利用水源空间。气候变化引发降水模式改变、极端天气增多,既影响水源补给稳定性,又增加供水设施运行风险,给城市水资源系统带来严峻考验。

2 城市水资源优化配置理论与方法

2.1 水资源优化配置的基本概念与原则

水资源优化配置是基于城市水资源系统特征与供需格局,对各类水源进行科学分配与调度的过程。核心价值体现在合理协调各用水部门诉求,提升水资源利用效能,保障水资源长期稳定供给,为城市经济社会发展与生态保护提供支撑^[2]。优化配置需遵循多项核心原则,公平性侧重不同区域、不同用水部门间的均衡分配,兼顾基本用水需求与发展需求。效率性追求以最少水资源消耗产出最大综合效益,推动节水技术应用与用水结构升级。可持续性要求配置过程兼顾当代需求与后代发展,避免过度开发导致生态失衡。系统性强调立足水资源系统整体,统筹水源供给、水质保障、设施运行等多环节,实现各要素协同运转。

2.2 水资源优化配置的模型构建

水资源优化配置模型种类丰富,线性规划模型适用于目标与约束条件呈线性关系的配置场景,计算逻辑简洁且运算效率较高。非线性规划模型可适配复杂非线性关系,更贴合实际水资源系统的动态特征。动态规划模型擅长处理多阶段配置问题,能逐步优化各阶段水资源分配方案。多目标规划模型可同时兼顾经济、社会、环境等多重诉求,契合综合效益最大化的配置目标。结合城市水资源系统特点构建模型时,目标函数需明确核心导向,可设定为综合效益最大化,融合经济产出、社会保障与生态保护等维度。约束条件需覆盖多方面限制,水资源量约束依据各类水源可利用总量划定,水质约束对应不同用水部门的水质标准,供水能力约束结合供水设施实际运行水平确定,用水需求约束立足各部门基本用水与合理发展需求设定,决策变量则聚焦各类水源向不同用水部门的分配量。

2.3 水资源优化配置的求解方法

求解水资源优化配置模型需结合模型类型与实际需求选择适配方法,单纯形法是线性规划模型的经典求解方法,迭代过程清晰且求解精度较高。内点法适用于大规模线性或非线性规划问题,收敛速度快且能有效处理复杂约束。遗传算法属于智能优化算法,无需依赖函数连续性,可应对多目标、非线性的复杂配置问题。粒子群算法运算流程简便,收敛速度较快,适合处理动态变化的配置场景。不同方法各有优劣,单纯形法在非线性

场景中适用性有限,内点法对初始参数设置较为敏感,遗传算法易出现局部最优解,粒子群算法在复杂约束下精度可能受影响。实际应用中需结合模型复杂度、数据可得性与求解精度要求,选择最适配的求解方法,确保配置方案科学可行。

3 城市水资源高效利用技术路径

3.1 供水系统高效利用技术

3.1.1 水源开发与保护技术

地表水与地下水的开发需遵循适度原则,匹配水源补给能力与生态承载范围。水源保护需多措并举,开展水源地生态修复工作,改善周边生态环境以增强水源自净能力,完善水质监测与预警体系,实时掌握水质变化并及时处置风险^[3]。非常规水源开发利用是拓宽供水渠道的关键,深耕再生水处理工艺升级,提升出水水质以适配更多用水场景,优化海水淡化技术流程,降低能耗与成本,逐步提高非常规水源在总供水量中的占比。

3.1.2 供水设施优化与改造技术

针对水库、水厂、泵站等核心供水设施,精准研判运行现状与瓶颈,制定差异化优化调度方案,结合用水峰谷变化合理调配供水资源,提升设施整体运行效率。供水管网漏损是水资源浪费的重要源头,推广管网精准检测技术,快速定位漏损点位,应用高效修复技术及时处置破损管网,建立常态化管网维护机制,持续降低管网漏损率,保障供水过程高效可控。

3.2 用水系统高效利用技术

3.2.1 工业用水高效利用技术

工业领域聚焦节水技术推广与应用,普及循环用水、串联用水模式,实现工艺废水内部复用,减少新鲜水取用,升级废水回用处理技术,推动废水资源化再利用,大幅提升工业用水重复利用率。强化用水定额管理,结合产业特性与工艺水平,制定科学合理的用水定额标准,强化定额执行监管,倒逼工业企业主动优化生产工艺、提升节水水平。

3.2.2 生活用水高效利用技术

加大节水器具普及力度,替代传统高耗水器具,从源头降低居民生活用水消耗。探索生活污水回用路径,通过针对性处理工艺使污水达到非饮用水标准,广泛应用于冲厕、绿化等场景,实现生活用水循环利用,减少对传统水源的依赖。

3.2.3 公共服务用水高效利用技术

结合不同公共建筑用水特征,优化供水系统设计,根据公共建筑的规模、功能和使用频率等因素,合理规划供水管道布局和设备选型,完善用水计量与管理体系,强

化用水过程管控,通过安装智能水表等计量设备,实时监测用水情况,及时发现并解决用水异常问题。城市绿化与景观用水推行节水灌溉方式,替代传统漫灌,优先采用再生水进行补水,根据绿化植物的种类和生长需求,合理确定灌溉量和灌溉频率,兼顾节水与生态效益,提升公共服务领域用水效率,实现公共服务的可持续发展与水资源的合理利用的有机统一。

3.3 排水系统高效利用技术

3.3.1 污水处理与回用技术

引入先进污水处理工艺,优化生物处理、膜分离等核心技术应用,提升污水处理效率与出水水质,满足不同回用场景需求。拓展污水回用渠道,推动处理后污水用于工业生产、城市杂用、生态环境补水等领域,构建污水资源化利用体系,实现污水变废为宝。

3.3.2 雨水收集与利用技术

挖掘城市雨水资源化潜力,科学设计雨水收集系统,根据城市的地理环境、气候条件和建筑布局等因素,合理规划雨水收集设施的位置和规模,建设雨水池、雨水花园等收集设施,高效汇集地表雨水。优化雨水利用方式,经处理后用于冲厕、洗车、绿化灌溉等场景,根据雨水的水质特点和回用场景需求,选择合适的处理工艺和设备,完善雨水收集、处理、回用全链条流程,缓解城市供水压力,促进城市水资源的可持续利用和生态环境的改善。

4 城市水资源管理策略与保障措施

4.1 水资源管理体制与机制创新

现行城市水资源管理体制存在部门分割、权责不清等问题,影响管理效能与资源统筹调配。改革需聚焦体制整合,建立统一的水资源管理机构,整合各部门管理职能,实现水资源统一规划、统一调配、统一管理,打破分散管理造成的壁垒^[4]。管理机制创新需依托制度建设,建立清晰的水资源产权制度,明确水资源归属与使用权限,为资源合理分配奠定基础。推行水权交易制度,允许用水主体在合规范围内流转水权,通过市场调节优化水资源配置格局。落实水资源有偿使用制度,合理制定水资源使用价格,通过经济杠杆调节用水需求,引导各部门主动节水,平衡供需关系。

4.2 水资源监测与信息化管理

构建全方位水资源监测体系,覆盖水质、水量、水

位等核心指标,布设监测站点实现全域覆盖,实时捕捉水资源动态变化,为管理决策提供数据支撑。监测数据需确保精准可靠,定期校准监测设备,规范数据采集与传输流程,及时预警水质异常、水量短缺等风险。推进水资源信息化建设,融合物联网、大数据、云计算等技术,搭建一体化水资源管理信息平台,整合监测数据、供水数据、用水数据等多源信息。通过平台实现水资源动态监管、智能调度与科学决策,提升管理数字化、智能化水平,破解传统管理模式效率低下、响应滞后等难题。

4.3 公众参与与宣传教育

公众参与是提升水资源管理成效的重要支撑,能凝聚社会共识,形成节水护水合力。需拓宽公众参与渠道,开展公众听证会吸纳民意,建立公众监督机制鼓励社会力量参与水资源管理,及时反馈违规用水、污染水源等问题,形成多元共治格局。制定系统性水资源宣传教育计划,依托电视、广播、网络等媒体平台广泛传播节水知识与保护理念,走进学校开展专题教育活动,培养青少年节水意识与习惯。通过多样化宣传引导公众树立正确的水资源观念,了解水资源短缺现状与保护重要性,主动践行节水行为,从日常生活与工作中减少水资源浪费,营造全社会共同参与节水护水的良好氛围。

结束语

城市水资源优化配置与高效利用是系统性工程,涉及技术、管理、宣传等多方面。通过合理开发保护水源、优化供水设施、推广节水技术、创新管理体制、加强监测信息化、引导公众参与等措施,可提升水资源利用率,缓解供需矛盾,保障城市用水安全。各部门应协同合作,落实各项举措,推动城市水资源可持续利用,为城市经济社会发展筑牢水资源根基。

参考文献

- [1]章梅娟,翟卫萍,张靓,等.基于多目标模型的城市水资源优化配置研究[J].中国新技术新产品,2025(24):128-130.
- [2]高嵩.城市节水工作中污染物动态监测与水资源优化配置研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(12):41-42,66.
- [3]刘靖文.英德市城市需水量预测及水资源优化配置研究[J].陕西水利,2023(7):53-55.
- [4]杨志杰.基于供需平衡计算的城市水资源规划动态优化配置研究[J].水利科技与经济,2025,31(1):103-108,118.