

# 昆山经济技术开发区节水潜力评估及先进水效技术推广对策

文 / 汤 磊 昆山市水事综合管理中心

**摘要:** 昆山经济技术开发区(以下简称昆山开发区)节水潜力评估及先进水效技术推广研究需解决区域内水资源供需矛盾和资源高效利用的问题。本研究以昆山开发区水资源现状为基础并结合翔实的数据分析和模型测算,系统评估区域节水潜力来明确水资源利用效率低下的关键环节与制约因素。借助建立节水潜力评估指标体系,综合分析了工业、农业和生活用水的资源分配与节约空间并提出了适用于不同场景的先进水效技术方案,涵盖高效循环冷却系统、节水型灌溉技术以及智能化供水调控平台等。结合经济效益与环境效益评估,验证了这些技术在提升水资源利用效率和降低水耗方面的可行性与适应性。

**关键词:** 节水潜力评估; 先进水效技术; 水资源利用效率; 技术推广策略; 昆山开发区

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.05.065

## 引言

昆山开发区在产业升级和城镇化进程中对水资源的需求快速增长,供需矛盾日益突出。区域内工业、农业和生活用水的分配及利用效率存在明显差异,高强度的水资源开发与利用已对生态环境造成较大压力同时限制了区域经济的高质量发展。基于开发区水资源现状,亟需构建系统化的节水潜力评估模型,明确各行业用水效率的关键影响因素,为优化水资源配置和节水技术推广提供数据支撑。研究聚焦于评估节水潜力,还讨论了先进水效技术在区域内的应用适用性,从高效工业用水技术、节水型农业灌溉系统到智能化水资源管理平台,并全面分析了不同技术的经济性和可操作性。结合政策激励和管理机制创新,提出技术推广的系统解决方案,为昆山开发区构建节水型社会提供实践路径并推动区域水资源的高效管理与可持续发展。

## 一、昆山开发区水资源供需分析

### (一) 水资源现状及利用模式

昆山开发区多年平均降雨量为1119.8毫米,多年平均降雨总量为10.43亿立方米。全区地表水资源量为3.491亿立方米,其中地表水可利用资源量为3.351亿立方米,地下水资源量为0.140亿立方米。近年来,城市快速发展导致水资源需求不断上升,生活、工业和农业用水量呈现不同的增长趋势。2023年全区总供水量为3.17亿立方米,其中工业用水占50.43%,生活用水占41.10%,农业和生态用水分别占4.28%和4.18%。结合多年的用水统计数据发现,工业和生活用水量占比显著高于农业和生态用水,但工业用水的循环利用率偏低,生活用水的节水技术推广不足<sup>[1]</sup>。以多年平均地下水资源量1.013亿立方米为例,其中可直接计算量为0.523亿立方米,地下水开采的可利用量已接近警戒线,未来水资源调配将面临更大压力。

### (二) 水资源供需矛盾与压力评估

水资源供需矛盾主要体现在区域内用水总需求增长快于水资源可供能力的提升速度,在丰枯水期之间的时间和空间分布差异明显。2023年丰水期(5-9月)降水量占全年降水总量的78.0%,集中降水导致洪涝风险上升而枯水期则面临供水紧张问题。利用供需平衡模型计算全区供需压力指数I:

$$I = \frac{Q_d}{Q_s} \times 100\%$$

其中,  $Q_d$  为全区用水总需求,  $Q_s$  为可利用水资源总量。根据2023年数据,供需压力指数为93.7%,接近供需平衡的临界值。工业用水总需求为5473.94万立方米,其中循环利用率仅达到45.3%,远低于发达地区普遍达到的70%标准,显示节水技术应用仍有较大改进空间。生活用水总需求为4461.03万立方米,单位家庭用水量超过平均水平,节水意识不足是主要原因之一。农业和生态用水资源分配不足,长期对环境生态系统的可持续性构成威胁。

### (三) 水资源利用效率的关键问题

水资源利用效率的提升需要从技术应用、管理模式和政策支持多方面入手。当前,昆山开发区的工业用水重复利用率低于全国平均水平,主要原因包括水处理设施陈旧、缺乏先进技术支持以及企业节水意识不足。生活用水领域,管网漏损率为12%,远高于国际标准的5%-8%,管网优化和老化管道更换是提升用水效率的关键环节<sup>[2]</sup>。农业灌溉用水效率偏低,传统灌溉方式耗水量高,灌溉效率为0.45-0.50,明显低于国际先进水平。为此,提出以下改进措施:工业用水领域推广高效循环冷却系统,并引入工业废水深度处理技术;生活用水领域需加强智能化管网监控系统的建设,以降低漏损率;农业领域建议使用滴灌和喷灌等节水型灌溉方式,提高

水分利用率。结合节水潜力分析模型，利用效率提升潜力公式计算节水贡献率：

$$P = \frac{Q_p}{Q_t} \times 100\%$$

其中， $Q_p$ 为节水量， $Q_t$ 为当前用水总量。昆山开发区2023年水资源供需数据，见图1。

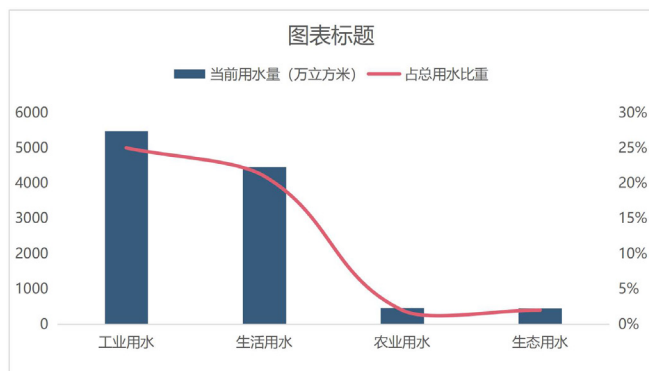


图1 昆山开发区2023年水资源供需数据

昆山开发区总用水量中工业用水占比最大，为25%，约5473.94万立方米；生活用水占比为21%，约4461.03万立方米；农业用水占比为2%，约464.93万立方米；生态用水占比为2%，约453.97万立方米。总用水量约为10853.89万立方米。该地区以工业和城市生活为主的用水特征，说明提升工业用水循环利用率和居民生活用水效率是实现节水的重点方向。

## 二、节水潜力分析与先进技术适配性研究

### (一) 节水潜力的测算方法与指标

节水潜力的测算是评估水资源利用效率和节水技术优化的重要基础，使用定量化模型结合实际用水数据进行评估。在测算过程中引入节水潜力指标体系，包括总用水量、单位产值耗水量、重复利用率等核心指标，并分为工业、生活、农业和生态用水四大类别<sup>[3]</sup>。以节水潜力计算公式为核心，具体如下：

$$P = (Q_b - Q_a) / Q_b \times 100\%$$

其中， $Q_b$ 为现有用水量， $Q_a$ 为技术优化后用水量， $P$ 为节水潜力百分比。2023年昆山开发区工业用水量为5473.94万立方米，工业重复利用率为45.3%。假设优化至65%，则潜在节水量为：

$$Q_p = Q_b \times \left( 1 - \frac{\eta_a}{\eta_b} \right)$$

其中， $\eta_a$ 为优化后利用率， $\eta_b$ 为现有利用率，行业节水潜力，见表1。

表1 行业节水潜力

用水类型	当前用水量 (万立方米)	优化后用水量 (万立方米)	节水量 (万立方米)	节水潜力 (%)
工业用水	5473.94	3819.94	1653.91	30.2
生活用水	4461.03	4237.98	223.05	5
农业用水	464.93	371.94	92.99	20

工业用水当前用水量为5473.94万立方米，通过优化后降至3819.94万立方米，节约了1653.91万立方米，节水潜力高达30.2%，是节水空间最大的领域。生活用水优化前为4461.03万立方米，优化后降至4237.98万立方米，节水量为223.05万立方米，节水潜力仅为5%，显示其节水提升空间较小。农业用水优化后从464.93万立方米减少至371.94万立方米，节约92.99万立方米，节水潜力为20%，表现出一定的节水优化潜能。

### (二) 先进水效技术的适配性分析

先进水效技术的引入需要结合区域特点和行业需求开展适配性分析。工业领域适用的技术包括高效冷却循环系统、零排放工业废水处理设备等。以零排放废水处理技术为例，其设计需满足排放标准并降低能耗，核心工艺为膜分离与蒸发浓缩组合技术，系统运行后可将工业用水循环利用率提升至70%以上。生活用水领域建议使用智能化漏损监测系统和高效水龙头改造方案，利用实时监测设备捕捉管网漏损点，结合压力调控实现漏损率降低，预计单年节水效率提升5%~8%。农业用水重点推广精准灌溉技术，包括滴灌和喷灌系统，结合土壤湿度传感器和远程控制系统，实现农业灌溉用水的精准供应，避免过量灌溉<sup>[4]</sup>。生态用水需综合考虑区域自然环境，借助引入湿地修复和生态蓄水技术，增加自然水循环能力，同时保障区域内水资源平衡。为验证技术适配性，需建立实验模型并开展实地测试，明确技术适配性的经济性和稳定性。

### (三) 不同行业节水技术潜力分类评估

节水技术潜力分类评估需基于具体行业的用水特性和技术可行性，结合现有水资源供需结构进行分级分类。工业用水方面，针对高耗水行业如电子制造和精密加工行业，优先引入高效循环系统和零排放技术。以电子制造企业为例，每万吨产值的单位水耗可从25立方米降低至18立方米，总体节水潜力达到30%以上。生活用水领域重点面向居民区实施管网优化和智能化管理，每年可减少约3%的无效用水。农业用水以稻田和经济作物种植为主，精准灌溉技术的节水效率较传统灌溉方式提高30%以上，总体灌溉效率从45%提升至60%。生态用水主要集中在湿地补水和湖泊调节方面，需优先考虑湖泊生态系统稳定性的需求，节水潜力可达10%。

### 三、节水技术推广的机制设计

#### (一) 技术推广的政策激励框架

技术推广的核心在于构建多层次的政策激励框架，以有效提升企业和社会对节水技术的接受度和实施积极性。政策激励框架可分为财政支持、税收优惠、技术认证和绩效考核四个层面。在财政支持方面，建议设立专项节水基金，优先资助高耗水行业的技术改造项目，并提供低息贷款支持企业实施节水技术改造工程。税收优惠政策可针对节水设备的采购与使用提供增值税减免和所得税抵扣，进一步降低企业引入节水技术的成本。在技术认证层面，建立节水技术准入标准与行业认证体系，明确技术适用条件和节水效果评价标准，为企业技术选择提供规范指导。绩效考核机制可将节水技术推广与企业节水指标挂钩，将年度用水量和节水效果纳入绩效评估体系，对达到目标的企业给予奖励<sup>[5]</sup>。政策框架需要与区域水资源管理和经济发展战略相结合，确保各级政府部门、企业和技术服务机构之间的协同合作，提高政策实施效果。

#### (二) 节水技术推广的资金与成本效益分析

节水技术推广需要系统的资金规划与成本效益分析，确保资源投入与节水成效的平衡。资金需求可借助建立专项基金、引入社会资本和拓展绿色金融渠道等多元化方式解决。以工业用水节水技术为例，假设企业引入高效冷却循环系统，总成本为800万元，年运行成本100万元，循环利用率从45%提升至70%，年节水量为120万立方米，按水价每立方米3元计算，年节约成本为360万元。回收期为：

$$T = \frac{C}{S}$$

其中，C为总投资，S为年节约成本，资金投入与成本效益分析数据，见表2：

表2 资金投入与成本效益分析数据

项目类型	总投资(万元)	年运行成本(万元)	年节水量(万立方米)	年节约成本(万元)	投资回收期(年)
工业用水技术	800	100	120	360	2.22
农业用水技术	600	50	300	150	4
生活用水技术	1200	200	200	600	2

工业用水技术总投资为800万元，年运行成本为100万元，年节水量为120万立方米，年节约成本为360万元，投资回收期为2.22年。工业技术以相对较低的投资实现了较高的节水效益和快速的投资回报，适合对高耗水行业进行重点推广。农业用水技术的总投资为600万元，年运行成本为50万元，年节水量为300万立方米，年节约成本为150万元，投资回收期为4年。农业技术的节水量最高，但节约成本较低，回收期相对较长，更适合长远规划和资源有限的农业区域应用。生活用水技术

总投资为1200万元，年运行成本为200万元，年节水量为200万立方米，年节约成本为600万元，投资回收期为2年。生活用水技术在节约成本和投资回报上表现最佳，适合在城市居民区和公共设施中快速推广。

#### (三) 推广模式的区域适应性设计

节水技术推广模式需要充分考虑区域差异性，根据昆山开发区的用水特性和产业结构设计差异化推广策略。工业用水技术推广宜使用政府主导、企业实施、技术服务机构协助的模式，由政府推动节水政策落实，鼓励企业引入先进设备并联合技术服务机构提供技术支持和培训。针对高耗水行业可制定行业专项推广计划，以工业园区为单位集中开展技术改造，形成集约化管理效果。生活用水推广重点在居民区，建议采取社区为主体的推广模式，由社区引入智能用水管理系统和节水器具并借助居民水费优惠政策鼓励节水行为，配合宣传和培训提升节水意识。

#### 结论

本研究围绕昆山开发区水资源利用现状、节水潜力评估及先进技术推广展开分析，结合区域数据和模型测算，明确了不同用水类型的节水潜力及关键问题。工业用水存在重复利用率偏低的问题并借助引入高效冷却循环系统和零排放技术，循环利用率可提升至70%以上，节水潜力显著。生活用水方面管网漏损率偏高是主要限制因素，智能化监控系统可有效降低漏损率，年节水量可达到200万立方米以上。农业灌溉用水效率低下，精准灌溉技术能够显著提高水资源利用效率，节水潜力达20%以上。政策激励框架、资金规划与区域适配性设计进一步强化了节水技术的推广效果，结合财政支持、税收优惠和绩效考核机制，为企业与居民提供了技术实施的经济动力。

#### 参考文献

- [1] 宋瑞丽, 万占伟. 河南沿黄城市水资源利用与经济社会发展耦合协调时空演变分析[J]. 中国农村水利水电, 1-14 [2024-11-20].
- [2] 范红艳, 薛宝琪, 李玉英, 等. 南水北调中线受水区水资源利用效率及影响因素[J]. 人民黄河, 2024, 46(11): 80-85.
- [3] 于栩. 节水全过程减碳量计算与价值评估研究[D]. 重庆交通大学, 2024.
- [4] 程雪. 水价对工业企业用水效率的影响机制研究[D]. 山东理工大学, 2023.
- [5] 党平, 邹体峰. 深入开展灌区水效领跑者引领行动促进农业用水效率不断提升[J]. 中国水利, 2021, (17): 24-26.

作者简介：汤磊（1986年3月），男，汉族，江苏昆山，本科，中级工程师，主要从事：水利工程建设、运行管理、质量安全监督、水资源管理、水土保持、节约用水管理、科技信息工作。