

# 自来水生产过程中的节能降耗与环保效益分析

周楚新

葛洲坝集团生态环保有限公司 湖北 武汉 430000

**摘要:** 本文围绕自来水生产过程, 深入分析节能降耗与环保效益。通过阐述生产工艺流程及能耗排放环节, 探讨高效混凝、节能过滤等技术的应用, 以及废水处理回用、废气固废处理等环保措施。采用层次分析法等评估方法, 构建指标体系。研究表明, 相关技术与措施显著降低单位产水能耗, 提高废水回用率, 减少污染物排放, 但部分企业仍存在设备老化、环保执行不足等问题, 为自来水行业可持续发展提供参考。

**关键词:** 自来水; 节能降耗; 环保效益

## 1 自来水生产过程概述

### 1.1 自来水生产工艺流程

自来水生产是将江河、湖泊、地下水等天然水源转化为符合饮用水卫生标准用水的复杂过程, 主要包含取水、混凝沉淀、过滤和消毒四大核心环节。取水作为生产起点, 其方式依水源类型而定。地表水通常通过水域设置的取水口, 利用水泵提升至水厂; 地下水则借助钻井抽取。原水输送至配水井后, 会进行水量调节与初步水质检测。混凝沉淀是去除悬浮物和胶体杂质的关键步骤, 向原水中投加聚合氯化铝、硫酸铝等混凝剂, 其水解产生的正电荷胶体与水中负电荷颗粒相互作用, 形成矾花, 经混合设备充分混合后, 在沉淀池完成固液分离。过滤环节利用石英砂、无烟煤等滤料, 进一步截留水中细小颗粒、微生物和有机物, 同时通过定期反冲洗恢复滤池效能。消毒作为最后保障, 常见方法有氯气、二氧化氯和紫外线消毒。氯气成本低但有副产物, 二氧化氯效果好但成本高, 紫外线杀菌快却缺乏持续效果, 常联合使用以杀灭致病微生物, 保障用水安全。

### 1.2 能耗与排放环节分析

自来水生产过程中, 多个环节存在显著的能耗与排放问题。能耗方面, 取水环节水泵提升原水消耗大量电能, 尤其在水源与水厂高差大时更为突出; 混凝沉淀中搅拌、混合及刮泥设备运行需消耗电能; 过滤环节反冲洗水泵与曝气设备能耗高, 且反冲洗耗水耗电; 消毒环节消毒剂制备与投加设备也需消耗能源<sup>[1]</sup>。排放层面, 废水是主要污染物。混凝沉淀产生的排泥水含大量悬浮物与混凝剂残余, 滤池反冲洗废水含杂质和微生物, 直接排放会污染环境。氯气消毒可能导致氯气泄漏, 水厂运行还会产生污泥、废弃滤料等固体废弃物, 若处置不当, 将对土壤和水体造成危害。

## 2 自来水生产过程中的节能降耗技术应用分析

### 2.1 高效混凝技术

高效混凝技术是自来水生产实现节能降耗的核心路径, 其效能提升依赖于新型混凝剂的革新与混凝工艺的优化。新型混凝剂中, 聚合硫酸铁凭借其水解产生的多核羟基络合物, 能快速吸附水中胶体颗粒, 形成密度大、沉降速度快的矾花; 聚硅酸铝铁结合了聚硅酸的强架桥作用与铝铁盐的电中和能力, 在处理低温低浊水时优势显著。实践数据显示, 使用这类复合型混凝剂, 投加量可减少20%-30%, 沉淀时间缩短15%-20%, 后续过滤环节的能耗也相应降低。混凝工艺的智能化升级同样关键。动态混合技术借助在线水质监测设备, 实时获取原水浊度、pH值、水温等参数, 通过PLC控制系统自动调整混凝剂投加量与搅拌强度。例如, 在雨季原水浊度波动大时, 系统可在5分钟内完成参数响应与投加量调整, 避免药剂浪费。新型混凝设备也在持续迭代, 折板絮凝池通过改变水流方向形成微涡流, 增强颗粒碰撞几率; 网格絮凝池利用网格的阻力作用, 使水流产生强烈紊动, 二者均能在降低搅拌能耗30%的同时, 提升矾花形成效率。这些技术的协同应用, 大幅降低了混凝环节的综合能耗。

### 2.2 节能过滤与反冲洗技术

节能过滤技术通过滤料创新与工艺优化, 显著提升水处理效率。纤维球滤料采用束状纤维制成, 其孔隙率可达96%, 比传统石英砂滤料高出40%, 能有效拦截微米级颗粒, 使过滤周期延长至传统滤池的1.5-2倍; 彗星式纤维滤料将纤维束与核芯结合, 兼具过滤精度与截污容量, 在处理高浊度水时, 单位面积处理量提升25%以上<sup>[2]</sup>。反冲洗技术的革新是节能关键, 气水联合反冲洗技术利用压缩空气在滤层中形成气泡, 气泡破裂产生的冲击波破坏滤料表面泥饼, 配合水流冲洗, 可将反冲洗水耗降低40%-50%。脉冲反冲洗技术则通过周期性改变冲

洗强度,模拟“波浪式”冲刷,在减少20%冲洗水量的同时,提升杂质剥离效果。某水厂应用气水联合反冲洗技术后,年节约反冲洗水量超80万吨,降低电耗约120万度,节能效果显著。这些技术不仅减少了水资源与能源消耗,还延长了滤料使用寿命,降低设备维护成本。

### 2.3 泵站与输配水管网的节能技术

泵站作为自来水输送的“动力心脏”,其节能改造聚焦于设备优化与系统规划。变频调速装置通过调节电机转速,使水泵流量与管网需求动态匹配。当夜间用水量下降时,水泵转速自动降低,能耗可减少30%-40%。结合地理信息系统(GIS)进行泵站布局优化,能精准计算不同区域的地形高差与用水需求。例如,某城市通过重新规划泵站位置,将输水管道总长度缩短12%,水头损失降低18%,年节省电费超200万元。输配水管网的节能则依赖于管材升级与智慧运维,球墨铸铁管采用离心铸造工艺,内壁涂覆水泥砂浆,摩阻系数较普通铸铁管降低25%;PE管凭借其柔韧性与抗腐蚀性,在长期运行中减少了30%的漏损风险。通过安装压力传感器与流量计构建智能管网系统,可实时定位漏损点。某供水公司利用该技术,将管网漏损率从12%降至6%,年减少水量损失超150万吨,同时降低了补水泵的运行能耗,实现节能与节水的双重效益。

### 2.4 智能化管理与监控系统

智能化管理与监控系统通过数据驱动实现生产全流程优化。在水厂关键节点部署pH传感器、浊度仪、流量计等物联网设备,每分钟可采集数万条数据。中央控制系统运用机器学习算法,建立水质预测模型,提前2小时预判原水水质变化,自动调整混凝剂投加策略。例如,在藻类爆发期,系统可精准控制二氧化氯投加量,避免过量消毒导致的成本增加与副产物风险。针对泵站运行,智能系统通过分析管网压力-流量曲线,自动生成水泵启停方案。某水厂应用后,水泵平均运行效率从65%提升至82%,年节约电约150万度。系统还具备能耗溯源功能,通过对设备能耗数据的聚类分析,定位高耗能环节。某水厂通过分析发现滤池反冲洗能耗占比过高,针对性优化反冲洗程序后,该环节能耗降低28%。智能化系统的深度应用,不仅实现节能降耗的精准管控,还为水厂的数字化转型与绿色发展提供技术支撑。

## 3 自来水生产过程中的环保效益分析

### 3.1 废水处理与回用

自来水生产过程中产生的大量废水若直接排放,不仅造成水资源浪费,还会对生态环境产生严重污染。因此对废水进行有效处理与回用,兼具环保与经济双重

效益。排泥水是自来水生产废水的重要组成部分,处理排泥水时,通常先采用浓缩工艺,通过重力沉降或机械浓缩设备,使污泥中的水分初步分离,大幅降低污泥体积。随后进行脱水处理,常见的脱水设备有带式压滤机、板框压滤机和离心脱水机等,这些设备能将污泥含水率从95%-99%降至60%-80%,便于后续处置与资源化利用。而浓缩后的上清液和脱水后的滤液,虽含有悬浮物和污染物,但经过混凝、沉淀、过滤、消毒等深度处理后,水质可达到特定标准,回用于滤池反冲洗、混凝剂配制等环节<sup>[1]</sup>。以某大型水厂为例,实施排泥水回用后,每年可节约新鲜水资源超50万吨,显著降低了生产成本与环境压力。滤池反冲洗废水同样具有回用价值,通过构建专门的处理系统,对废水进行收集,利用沉淀去除较大颗粒杂质,借助过滤进一步净化水质,再经消毒杀灭微生物,最终使水质满足回用要求。回用滤池反冲洗废水,不仅实现水资源循环利用,还减少废水排放,对保护周边水体环境意义重大。

### 3.2 废气与固废处理

在自来水生产中,废气与固废处理是实现环保目标的关键环节。氯气消毒过程中存在氯气泄漏风险,为保障环境与人员安全,水厂会配备先进的氯气泄漏监测装置。这些装置可实时监测氯气浓度,一旦检测到泄漏,吸收处理系统立即启动,通过喷淋碱性溶液等方式,快速吸收泄漏的氯气,将其转化为无害物质。例如,某水厂曾因管道老化发生氯气微量泄漏,监测装置迅速响应,吸收处理系统及时运作,避免了氯气扩散造成的危害。对于固体废弃物,水厂产生的污泥和废弃滤料需要科学处置,污泥经脱水处理后,可进行卫生填埋,但需做好防渗等防护措施,防止污染土壤和地下水;也可用于焚烧发电,实现能量回收;还能作为建筑材料原料,如制作砖、陶粒等,实现资源化利用。废弃滤料经过筛选,部分可修复后继续使用,其余则进行合理处置,避免其对土壤和水体造成污染。通过这些措施,自来水生产实现废弃物的减量化、无害化和资源化,降低对生态环境的负面影响。

### 3.3 环保政策与标准的遵循

自来水生产企业遵循环保政策与标准,是实现可持续发展的基础与前提。国家围绕饮用水卫生、废水排放、大气污染物排放等,制定了一系列严格的标准规范。如《生活饮用水卫生标准》对饮用水中各类有害物质含量作出明确限制;《城镇污水处理厂污染物排放标准》规范了废水排放要求。自来水生产企业需以此为依据,构建完善的环保管理制度和质量控制体系,从取

水、生产到供水的全过程,严格把控各项指标,确保生产符合环保要求。企业还需积极响应国家环保政策,加大环保投入。一方面,引入先进的环保技术和设备,如新型高效的废水处理设备、低能耗的消毒装置等,提升环保处理能力;另一方面,定期开展生产过程的环境影响评价,通过专业机构评估,及时发现潜在环境问题,并针对性地制定解决方案。以某知名水厂为例,通过持续加大环保投入,采用新技术升级改造,不仅各项环保指标优于国家标准,还成为行业环保示范企业,推动自来水生产行业向绿色、可持续方向发展,为保护生态环境和公众健康贡献力量。

#### 4 节能降耗与环保效益的综合评估

##### 4.1 评估方法与指标

自来水生产节能降耗与环保效益的综合评估,需构建科学且具有实操性的方法与指标体系,以准确衡量企业的绿色发展水平。在评估方法层面,层次分析法(AHP)凭借系统性优势被广泛应用。该方法将评估目标分解为目标层、准则层和指标层,例如将节能降耗与环保效益设为目标层,以技术应用、管理水平等作为准则层,细化到具体设备能耗、污染物减排量等指标层,通过专家打分等方式确定各指标权重,进而得出综合评价结果。模糊综合评价法则更适用于处理如公众满意度、环境改善感知等模糊性指标,通过建立隶属函数和模糊关系矩阵,对难以量化的指标进行科学评判。评估指标体系覆盖多元维度,节能降耗指标中,单位产水能耗直观反映生产耗能强度,某中型水厂引入变频调速技术后,单位产水能耗从 $0.35\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ 降至 $0.28\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ ;能源节约率用于衡量节能措施实施效果;设备运行效率则体现设备的利用效能。环保效益指标方面,废水回用率、废气达标排放率、固废处理处置率等数据,可精准量化企业的环境治理成效。此外,经济效益指标关注成本节约与收益增长,社会效益指标聚焦环境改善与居民健康保障,共同构建起全面、系统的评估框架,为企业优化升级提供明确方向。

##### 4.2 评估结果与分析

对自来水生产企业的综合评估结果显示,不同企业

在节能降耗与环保效益方面表现存在显著差异。在节能领域,采用高效混凝技术、节能过滤与反冲洗技术的企业成效突出。例如,某大型水厂通过应用新型混凝剂和动态混合技术,沉淀时间缩短20%,后续过滤环节能耗降低18%;另一水厂引入气水联合反冲洗技术,年节约反冲洗水量超100万吨,降低电耗约150万度,充分证明先进技术在降低能耗上的积极作用<sup>[4]</sup>。环保效益方面,实施废水处理与回用、废气固废处理措施的企业,环境改善效果显著。部分企业通过排泥水回用系统,每年节约新鲜水资源超60万吨;在氯气泄漏防控上,监测与吸收处理系统有效降低了大气污染风险。然而,评估也暴露出行业现存问题:部分中小水厂设备老化严重,导致取水、输水环节能耗高于行业平均水平30%;个别企业因环保投入不足,存在废水处理不达标、固废处置不规范等情况。这些问题亟待通过技术改造、政策引导和强化监管加以解决,推动自来水行业实现可持续发展。

#### 结束语

本研究系统梳理了自来水生产节能降耗与环保技术及措施,证实其在降低能耗、减少污染、提高资源利用率方面成效显著。然而,行业发展仍面临技术推广不均衡、部分企业环保意识薄弱等挑战。未来,需加强技术创新与推广,完善政策引导,推动企业落实环保责任,促进自来水生产向绿色、低碳、高效方向迈进,实现经济效益与环境效益的双赢。

#### 参考文献

- [1]陈辉明.自来水行业环境污染治理技术及可持续发展策略研究[J].皮革制作与环保科技,2023,4(24):173-174+183.
- [2]彭浩,王远玲,何宗莉,等.2017—2021年重庆市璧山区生活饮用水水质监测结果分析[J].职业卫生与病伤,2023,38(05):297-303.
- [3]刘春华等.新方法在自来水净化中的应用研究[J].环保科技,2021,44(4):54-57.
- [4]李婷婷等.一种海藻提取物在自来水生产工艺中的应用研究[J].环境科技,2021,40(7):147-150.