

# 节能减排措施在建筑给排水设计中的运用

熊轩珂

新鑫建设集团有限公司 江西 南昌 330100

**摘要:** 本文聚焦建筑给排水设计中节能减排措施的运用。先阐述核心技术原理,涵盖水资源循环利用、能源高效利用及系统优化与智能控制技术。接着介绍节能减排措施在住宅、公共、工业建筑给排水设计中的具体应用。随后提出系统集成与优化策略,包括多技术协同、全生命周期及地域适应性优化。最后通过杭州绿景苑、北京国际会展中心等案例分析,展现节能减排成效,为建筑给排水节能减排设计提供参考。

**关键词:** 建筑给排水; 节能减排; 节水技术

## 1 建筑给排水设计中节能减排的核心技术原理

### 1.1 水资源循环利用技术原理

水资源循环利用技术通过构建“收集-处理-回用”闭环系统,实现非传统水源的高效利用。雨水收集系统采用重力流与压力流结合的输配方式,通过初期弃流装置去除径流中SS(悬浮物)浓度较高的前2-3mm降水,有效降低后续处理负荷。典型设计参数显示,屋面雨水经植被过滤带预处理后,COD去除率可达40%-60%,为后续深度处理创造条件。中水回用系统采用A<sup>2</sup>/O(厌氧-缺氧-好氧)强化脱氮工艺,通过调节污泥回流比(80%-120%)和曝气量(1.5-2.0m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>),使出水水质达到《城市杂用水水质标准》(GB/T18920-2020)要求。灰水处理系统创新性地采用膜生物反应器(MBR)与臭氧氧化联用技术,在0.2-0.4MPa操作压力下,膜通量稳定在15-20L/(m<sup>2</sup>·h),对洗涤剂、表面活性剂等微污染物去除率超过90%。

### 1.2 能源高效利用技术原理

太阳能热水系统采用真空管集热器与平板集热器并联设计,通过智能跟踪装置实现太阳辐射角动态调节。在西安地区实测数据显示,冬季晴天时段系统综合效率可达52%,较传统系统提升18个百分点<sup>[1]</sup>。空气源热泵技术突破低温制热瓶颈,采用喷气增焓压缩机与经济器补气技术,在-15℃环境温度下仍能保持2.8的COP值。热泵机组与太阳能系统的耦合控制策略,通过温差传感器实时监测储水箱上下层水温差,当温差超过8℃时自动启动循环泵,实现热能梯级利用。变频调速技术在水泵系统中的应用,通过压力传感器与变频器构成闭环控制系统,根据管网压力波动(±0.02MPa)自动调节电机转速,实测节能率达35%-42%。

### 1.3 系统优化与智能控制技术原理

基于BIM的协同设计平台实现多专业数据互通,

通过IFC标准接口将建筑、结构、机电模型集成于统一工作空间。压力平衡计算模块采用哈代克罗斯法迭代求解,确保最不利点压力满足《建筑给水排水设计标准》(GB50015-2019)要求。智能监测系统集成多参数传感器网络,实时采集流量(±0.5%FS)、压力(±0.25%FS)、浊度(±0.1NTU)等12项关键指标,通过边缘计算节点实现数据预处理。故障诊断模型采用LSTM神经网络算法,对历史故障数据(>10000组)进行时序特征提取,实现水泵气蚀、管道泄漏等6类故障的提前48小时预警,准确率达92%。

## 2 节能减排措施在建筑给排水设计中的具体应用

### 2.1 住宅建筑给排水节能减排设计

在西安一超低能耗住宅项目里,采用了“雨水花园+调蓄池”的复合雨水管理系统。屋面雨水先经种植佛甲草的绿色屋顶初步净化,佛甲草能有效吸附雨水中的部分杂质与污染物。随后,雨水通过PVC-U管(DN110)输送至容积80m<sup>3</sup>的地下调蓄池,经砂滤去除较大颗粒杂质,再经紫外线消毒杀灭细菌和病毒,处理后的水用于绿化灌溉。卫生间选用双冲水量坐便器(3/6L),可根据需求选择不同冲水量,搭配流量0.08L/s的气泡式水龙头,减少水的浪费,实测户均日用水量较传统设计降低42%。热水系统采用太阳能-空气源热泵双模供热,冬季阳光充足时主要依靠太阳能,保证率达65%;夏季空气源热泵发挥优势,COP值提升至4.1,高效节能。管网优化设计采用同程式布局,通过精确计算最不利环路水头损失(12.5mH<sub>2</sub>O),合理确定循环泵扬程(15mH<sub>2</sub>O),确保各用水点水压均衡,有效消除无效冷水管段,减少水资源和能源的浪费<sup>[2]</sup>。

### 2.2 公共建筑给排水节能减排设计

上海一大型商业综合体项目创新应用“中水回用+灰水处理”组合工艺。餐饮废水先进入隔油池,停留2小

时进行预处理,去除大部分油脂。之后与洗浴废水混合进入生物接触氧化池,HRT为4小时,池内设置比表面积 $200\text{m}^2/\text{m}^3$ 的弹性填料,为微生物提供良好的附着环境,强化对污染物的分解。处理后的中水经超滤(截留分子量 $10000\text{Da}$ )去除微小颗粒和部分有机物,再经反渗透(脱盐率98%)深度处理,达到较高水质标准,用于冲厕(占比65%)与冷却塔补水(占比35%)。智能控制系统采用模糊PID算法,根据用水量波动(日变化系数1.3)动态调节处理单元运行参数,保证系统高效稳定运行,实测中水回用率达78%,年节水32万吨。雨水回收系统设置初期弃流装置(弃流流量 $3\text{mm}$ )去除初期污染较重的雨水,植草沟纵坡0.5%,能有效减缓雨水流速,对径流中TN、TP去除率分别达55%和68%。

### 2.3 工业建筑给排水节能减排设计

青岛一汽车制造厂涂装车间项目构建分“级处理+循环利用”的废水处理体系。前处理废水含磷量高达 $80\text{mg/L}$ ,先经化学沉淀,PAC投加量 $150\text{mg/L}$ ,使磷元素形成沉淀物,再通过混凝气浮,在溶气压力 $0.4\text{MPa}$ 下,将细小颗粒和絮体浮至水面去除,出水磷浓度降至 $0.5\text{mg/L}$ 以下。电泳废水COD为 $2500\text{mg/L}$ ,采用“水解酸化+接触氧化”组合工艺,调节污泥龄为15天,控制曝气强度为 $4\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,让微生物充分分解有机物,实现COD去除率92%。中水回用系统设置砂滤(滤速 $8\text{m/h}$ )去除悬浮物,保安过滤(精度 $5\mu\text{m}$ )进一步拦截微小杂质,反渗透(回收率75%)深度处理,出水电导率稳定在 $50\mu\text{S/cm}$ 以下,全部回用于前处理工序。雨水收集系统结合海绵城市理念,建设透水铺装率85%的下沉式绿地,让雨水快速下渗,生态滞留池滞蓄容积 $200\text{m}^3$ ,可储存多余雨水,实现年径流总量控制率82%。

## 3 建筑给排水节能减排系统的集成与优化策略

### 3.1 多技术协同集成设计

基于数字孪生的系统集成平台,成功实现了设备层、控制层与管理层之间的三维协同运作。该平台借助OPCUA协议这一高效通信桥梁,将变频泵、水质传感器等超过200个设备无缝接入工业互联网,构建起一个包含10万+数据点的庞大且精准的数字模型,为系统运行提供了全面且细致的数据支撑。多目标优化算法是该设计的核心亮点之一,它综合考虑能耗(权重0.4)、水质(权重0.3)、成本(权重0.3)这三个关键维度的约束条件。通过遗传算法,设定种群规模为100,迭代次数达200次,在复杂的参数空间中不断搜索,最终求解出最优运行参数。在深圳一超高层项目的实际验证中,这一协同优化设计成效显著。系统经过协同优化后,年节能率大

幅提升19%,有效降低能源消耗;同时,设备故障率下降37%,减少因设备故障带来的维修成本和停机损失,大大提高系统的稳定性和可靠性,为超高层建筑的给排水系统运行提供高效、节能且稳定的解决方案。

### 3.2 全生命周期优化设计

为实现对建筑给排水系统的全面优化,建立了涵盖规划、设计、施工、运维四个关键阶段的LCCA(全生命周期成本分析)模型。在方案比选阶段,创新性地引入碳足迹核算模块,对不同管材,如PPR、PE、球墨铸铁等,进行LCA(生命周期评估)数据的量化分析,为选择环保且经济的管材提供科学依据。施工阶段充分利用BIM+AR技术,施工人员佩戴HoloLens设备,能够直观地看到管道的三维模型,实现精准的管道碰撞检测,准确率高达98%,有效避免了施工过程中的返工问题,减少返工率42%,节省了施工时间和成本<sup>[3]</sup>。运维阶段部署了先进的预测性维护系统,对水泵振动(加速度传感器量程 $\pm 10\text{g}$ )、电机温度(PT100传感器精度 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ )等关键参数进行实时监测。结合LSTM模型,能够准确预测设备的剩余使用寿命,预测误差小于8%,提前发现设备潜在故障,及时进行维护,保障系统的稳定运行。

### 3.3 地域适应性优化设计

针对我国不同气候区的显著特征,精心建立了设计参数库。在严寒地区,如哈尔滨,重点强化管道保温措施,采用聚氨酯发泡,厚度 $\geq 40\text{mm}$ ,同时配备防冻措施,电伴热功率密度设定为 $25\text{W/m}$ ,确保管道在低温环境下正常运行,防止冻裂。夏热冬暖地区,如广州,优化自然通风设计,规定窗地面积比 $\geq 1/5$ ,充分利用自然风改善室内环境;同时,根据年降雨量 $\geq 1600\text{mm}$ 的特点,合理设计雨水利用系统,调蓄池容积按 $50\text{mm}$ 日降雨量设计,提高雨水利用率。高原地区,如拉萨,考虑低压供水情况,设计压力设定为 $0.28\text{MPa}$ ;同时,针对低氧环境对设备的影响,选用高原型水泵,并明确效率下降系数为0.85,确保设备在高原环境下仍能稳定运行。在成都一项目实践中,通过气候适应性优化设计,系统能耗较通用设计降低23%,运行稳定性提升31%,充分证明了地域适应性优化设计的有效性和必要性。

## 4 案例分析与效果评估

### 4.1 住宅建筑案例分析:杭州绿景苑绿色三星住宅项目

杭州绿景苑是一个追求高品质与环保理念的绿色三星住宅项目。该项目在能源利用与水资源循环方面进行了大胆创新与实践,采用了“太阳能+热泵”复合热水系统。在冬季晴天时段,充足的阳光使得太阳能发挥巨

大作用, 实测数据显示太阳能对热水供应的贡献率高达72%, 极大地减少了对传统能源的依赖。而在阴雨天气, 热泵则挑起大梁, 其COP值始终维持在3.2以上, 保证了热水供应的稳定与高效, 为居民提供了舒适的热热水使用体验。雨水回收系统是该项目的另一大亮点, 项目设置了80m<sup>3</sup>的地下调蓄池与50m<sup>3</sup>的屋顶水箱, 通过重力流与压力流联合供水的方式, 巧妙地满足了65%的绿化灌溉需求。这种设计不仅充分利用了雨水资源, 还减少对市政供水的依赖。中水回用系统也不甘示弱, 处理规模达15m<sup>3</sup>/d。采用先进的MBR工艺, 膜通量为12L/(m<sup>2</sup>·h), 处理后的中水水质优良, 用于冲厕(占比70%)与景观补水(占比30%), 实现水资源的二次利用<sup>[4]</sup>。经第三方专业检测, 该系统成效显著, 年节水4.8万吨, 相当于为城市节约大量的淡水资源; 减排COD3.2吨, 有效减轻了对环境的污染; 节能率达38%, 降低能源消耗; 投资回收期仅5.2年, 具有良好的经济效益与环境效益, 为绿色住宅建设提供了优秀范例。

#### 4.2 公共建筑案例分析: 北京国际会展中心“海绵城市+智慧水务”综合体系项目

北京国际会展中心作为大型公共建筑, 积极响应城市可持续发展号召, 构建了“海绵城市+智慧水务”综合体系。雨水回收系统规模宏大, 设置了3000m<sup>3</sup>的调蓄池与1200m<sup>3</sup>的景观水池。通过植草沟(纵坡0.3%)、雨水湿地(水力停留时间3d)等低影响开发(LID)设施, 实现了年径流总量控制率85%。在降雨时, 雨水通过植草沟的引导, 缓慢流入雨水湿地, 经过湿地的自然净化与沉淀, 再进入调蓄池与景观水池储存起来, 既减少城市内涝风险, 又为景观用水提供了保障。中水回用系统采用“A<sup>2</sup>/O+超滤+反渗透”组合工艺, 处理规模达800m<sup>3</sup>/d。经过多道工序的严格处理, 出水水质达到高标准, 用于

冲厕(占比60%)、冷却塔补水(占比30%)与道路冲洗(占比10%), 大大提高了水资源的利用率。智能控制系统集成了200余个传感器节点, 如同给整个水务系统安装了无数双“眼睛”, 通过边缘计算实现设备状态实时监测与故障预警。一旦某个设备出现异常, 系统能迅速发出警报, 工作人员可及时进行维修处理, 确保系统的稳定运行。经测算, 该综合体系成效斐然, 年节水120万吨, 为城市水资源保护做出了重要贡献; 减排SS96吨, 改善城市水环境; 节能率41%, 降低能源消耗; 运维成本降低27%, 提高项目的经济效益, 成为大型公共建筑水资源管理与利用的典范。

#### 结束语

建筑给排水设计中的节能减排措施意义重大且前景广阔。通过水资源循环利用、能源高效利用及智能控制等核心技术, 结合住宅、公共、工业建筑的不同特点进行针对性设计, 并采用多技术协同、全生命周期及地域适应性优化策略, 能有效实现节能减排目标。杭州绿景苑、北京国际会展中心等案例的成功实践, 充分证明了这些措施的可行性与有效性, 值得在更多建筑项目中推广应用。

#### 参考文献

- [1]于克魁.建筑给排水设计中节能减排策略的运用阐述[J].工程设计与施工, 2023, 5(7):41-43.
- [2]李艾莉.高层建筑给排水设备设施设计要点以及节能减排设计的研究[J].中国设备工程, 2023(12):244-246
- [3]何思辰.建筑给排水设计中的节能减排措施研究[J].中国建筑装饰装修, 2024(2):70-71.
- [4]付鲲.节能减排技术在建筑给排水设计中的应用[J].智能城市, 2024, 7(21):32-33.