

# 城市中水应用于电厂除盐水和循环水可行性研究

杜浩成

宁夏巨元乳业有限公司 宁夏 吴忠 751100

**摘要:** 本文探讨了城市中水在电厂除盐水和循环水系统中的应用及其经济性, 尽管面临水质波动、成本和监管等问题, 但利用可行的技术和管理方法可以解决这些问题。成功案例显示, 城市中水在电厂循环系统中的应用具有显著环保和经济效益, 然而其经济性分析表明, 引入城市中水可降低运行成本, 但也因此增加了现场设备的维护成本。因此, 电厂在决策时需全面经济分析和风险评估, 并根据国家政策的支持推动可持续发展。

**关键词:** 城市中水; 电厂; 除盐水; 循环水; 经济性分析

## 1 城市再生水回用的目的和意义

在经济全球化的今天, 我国经济发展日新月异, 但在经济发展的同时随之而来的固废、水污染等问题日益严重, 使得我国的城市面临缺水问题异常突出, 据统计, 我国所包含的城市共有668个, 其中存在水资源缺乏问题的城市就有400多个, 约占我国城市的60%, 存在严重缺水的城市有136个, 约占我国城市的20%, 它们的日均缺水量为1600万 $m^3$ , 年缺水量为60亿 $m^3$ , 因而, 将目光转向城市污水的再利用可以为缓解城市水资源的短缺提供新方向。

再生水又称为中水, 主要是指城市污水或生活污水经处理后达到一定的水质标准、可在一定范围内重复使用的非饮用杂用水, 其水质介于自来水与污水之间, 是水资源有效再利用的一种形式。城市污水厂二级处理后并经深度处理达到《生活杂用水水质标准》的出水是城市再生水的主要来源, 可作为城市绿化、冲厕、冲洗道路、洗涤水、工业冷却水和补充河流水体等用水<sup>[1]</sup>。

## 2 城市污水再生利用现状

面对日益严峻的水资源短缺问题, 全世界都在积极地探索新途径以获取足够的淡水资源, 在众多的方案中, 城市污水的再生回用成为首选方案, 它既能减少水环境污染, 又可以缓解水资源紧缺矛盾, 是贯彻可持续发展战略的重要措施, 也是城市污水处理厂节能减排的重要途径。但因种种原因, 城市污水厂的再生水未能充分发挥其潜力, 产出与需求不一致, 很少能真正实现再利用, 从城市污水厂出来的中水大多没有重复利用, 出现了中水“不中用”的现象, 也阻碍了污水厂再生水的进一步发展。主要原因如下:

### 2.1 重视程度不够, 主动意识欠缺

目前, 相对于水资源紧缺程度, 再生水利用水平有较大的差距, 从政府、污水厂的业主或经营者到再生水

的潜在使用者对再生水的认识和重视普遍不够。城市污水厂的再生水基本没有纳入到相关规划中, 有的远远滞后于污水厂的建设和运行, 使污水厂的再生水完全游离于城市基础设施建设的规划之外。

### 2.2 厂外管网不通, 回用率偏低

再生水回用率总体低下的主要原因是再生水的输送问题, 城市污水厂出来的再生水必须通过厂外专用的再生水管网才能提供给更多的用户, 而管网投资和使用均超越了城市污水处理厂的管辖范围。管网建设投资庞大, 且要协调各级政府部门, 污水处理厂本身是无力承担的。管网不到位, 相关的环保、园林部门要使用再生水成本很高, 且效率很低。

### 2.3 成本无优势, 使用前景不明

再生水成本与自来水价格之间的比较直接影响到城市污水厂再生水的需求, 目前由于技术和规模问题使得污水厂再生水的处理成本偏高, 一些规模偏小的再生水回用工程的运行成本甚至超过了自来水的价格, 再生水在污水厂没有任何竞争的优势, 再加上使用再生水的后续处理工艺成本增加, 设备寿命减少, 给用户造成加大压力<sup>[2]</sup>。

### 2.4 监管措施不足, 水质不够稳定

由于城市污水厂的再生水系统只是污水处理流程的工序之一, 而且所产的再生水基本回用于厂区内部, 很少对社会造成直接影响, 故往往导致了监管的松懈。污水厂的尾水排放, 虽然有每天的取样化验、环保部门的定期与不定期抽样, 还有在线监测等多种方式的监控。但来水量和参数的大幅度变化都会导致水质不稳定, 部分非检测项目的变化将直接影响用户的生产生活。

## 3 电厂除盐水与循环水系统分析

### 3.1 电厂除盐水系统的原理与要求

电厂除盐水系统是确保电厂锅炉安全、高效运行的

关键部分。其原理基于水的离子交换、反渗透等物理或化学方法，以去除水中的硬度、悬浮物、有机物、微生物等杂质，确保进入锅炉的水质满足特定的水质指标要求。这些水质指标包括电导率、pH值、溶解氧、二氧化硅等，以保证锅炉不出现结垢、腐蚀和积盐等问题，电厂除盐水系统通常包括预处理、主要处理和后处理三个阶段。预处理主要是去除水中的大颗粒物质、悬浮物和胶体等，通常采用混凝、沉淀、过滤等方法。主要处理阶段则通过离子交换、反渗透或电渗析等工艺，进一步去除水中的离子和微量杂质。后处理阶段主要是对水质进行精细调节，确保水质满足电厂锅炉的特定要求。对于电厂除盐水系统，其运行和维护要求十分严格，水质监控是必不可少的，需要定期对水质进行化验和分析，确保水质的稳定和达标。此外，系统的设备维护和保养也非常关键，需要定期对设备进行清洗、检修和更换，以保证其长期稳定运行。

### 3.2 电厂循环水系统的构成与功能

电厂循环水系统是电厂中的重要组成部分，其主要功能是确保电厂各种设备的冷却和散热，保证设备的正常运行。该系统通常由冷却水系统、闭式水系统和开式水系统三部分组成。冷却水系统主要负责冷却发电机的定子和转子线圈，通常采用循环水冷却方式。闭式水系统则负责冷却汽轮机的凝汽器和各种辅机设备，其循环介质通常为除盐水或软化水。而开式水系统则主要用于冷却循环水泵、工业水泵等设备，其循环介质通常为自然水体或经过简单处理的工业用水。电厂循环水系统的设计和运行必须充分考虑到设备的冷却需求和散热效率，以确保电厂在各种运行工况下都能保持稳定和高效。此外，系统的节能和环保性也是当前电厂循环水系统设计和运行的重要考虑因素。通过优化系统设计、提高设备运行效率、合理利用自然水体等方式，可以有效降低电厂的能耗和污染物排放，实现电厂的可持续发展。

## 4 城市中水在电厂的应用研究

### 4.1 城市中水在电厂除盐水系统中的应用可行性

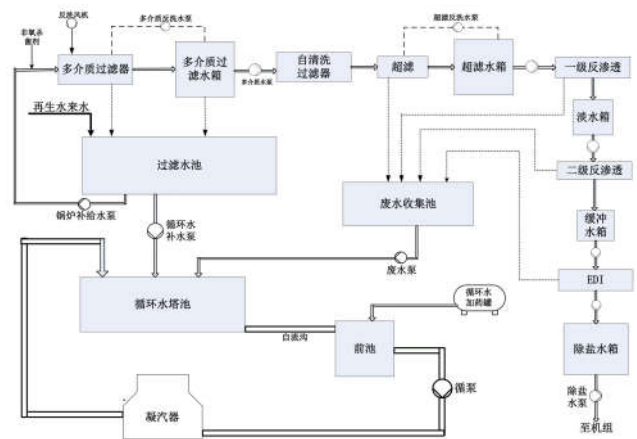
城市中水，即经过适当处理的再生水，其在电厂除盐水系统中的应用可行性近年来得到了广泛的关注和研究。从理论上讲，城市中水经过深度处理后，其水质指标可以达到或接近电厂除盐水系统的进水要求，因此具有替代部分新鲜水源的潜力。实际上，一些先进的电厂已经开始尝试将城市中水引入除盐水系统，通过适当的预处理和主要处理工艺，成功地将其应用于锅炉补给水。

经检测，我厂再生水来水 PH 值、浊度、色度、化学需氧量、生化需氧量、铁、锰、氯离子、二氧化硅、

总硬度（以  $\text{CaCO}_3$  计）、总碱度（以  $\text{CaCO}_3$  计）、硫酸盐、氨氮（以 N 计）、总磷（以 P 计）、溶解性总固体、阴离子表面活性剂、粪大肠杆菌、余氯、石油类等检测结果均符合废水执行《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T 199233-2005）标准。

### 4.2 工艺流程

根据我厂循环水利用现状和除盐水制水工艺流程，将原来使用的自来水水源改为再生水，改造完成后我厂循环水将由两部分组成（如下图所示）：



由上图可知，循环水一路由市政再生水管道进入中水过滤水池，由循环水补水泵直接输送至循环水塔池；另一路为除盐水制水过程中，多介质过滤器、超滤、一级反渗透、二级反渗透和 EDI 相应的冲洗水、反洗水、浓水排放等通过自流槽全部汇入废水收集池，再通过废水泵打至循环水塔池。两路水汇集于循环水塔池后，通过自流沟进入前池，通过加药系统加入缓蚀阻垢剂、杀菌剂、粘泥剥离剂及硫酸等化学药剂，调整循环水的各项参数指标达到标准后，通过循泵为整个生产过程提供冷却水源，并配合塔池排污等手段，控制循环水的浓缩倍率在 2.5-3.0 之间。

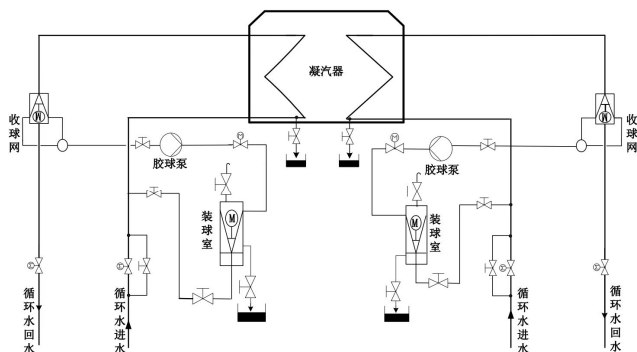
### 4.3 循环水加药方案

循环水加药处理的任务是防止凝汽器及管道结垢、腐蚀以及微生物的滋生，结合电厂现有生产工艺、设备及场地，选用硫酸+复合阻垢剂+杀菌剂+粘泥控制剂的组合，通过改造我厂原有加硫酸设备，改造原有阻垢剂加药设备，添加新的加药设备，并通过科学的药剂组合配比和加药周期，从而使循环水的水质负荷机组生产的指标要求。

### 4.4 凝汽器胶球清洗系统

循环水采用城市再生水后，为了清除凝汽器冷却管内壁的污垢和浮游生物等垃圾，以保证凝汽器热交换效

率, 机组凝汽器两侧水室各配置一套胶球清洗系统, 工艺流程见下图:



凝汽器胶球清洗是借助水流的作用将大于冷凝管内径的海绵胶球挤进凝汽器冷凝管, 对冷凝管进行擦洗, 根据机组运行情况, 定期投入凝汽器胶球清洗系统, 维持冷凝管内壁清洁, 保证凝汽器设计换热效率不下降, 从而维持凝汽器的端差和汽轮机背压; 同时避免冷凝管内壁腐蚀, 改善运行条件, 延长机组寿命。

#### 4.5 城市中水应用对电厂运行成本的影响分析

城市中水的应用对电厂运行成本具有显著的影响。引入城市中水可以减少电厂对新鲜水源的依赖, 从而降低取水、处理和输送等环节的成本。由于城市中水通常具有较低的价格或免费供应的特点, 因此可以降低电厂的水费支出。城市中水的应用也会带来一些额外的成本。例如, 为了确保城市中水满足电厂的水质要求, 可能需要进行额外的处理和监测, 这将增加电厂的运营成本。由于城市中水的水质波动较大, 可能会对电厂的设备造成损害, 从而增加维护和修理的费用。因此, 在决定是否引入城市中水时, 电厂需要进行全面的经济分析和风险评估, 以确保决策的合理性和经济性。同时, 政府和相关部门也应该提供相应的政策和资金支持, 以鼓励电厂采用环保、经济、可持续的水资源利用方式<sup>[4]</sup>。

#### 5 城市中水应用的经济风险与对策

城市中水的应用在经济层面虽然展现出了显著的潜力和优势, 但同时也伴随着一定的经济风险。这些风险主要来自于水质的不稳定性、处理成本的波动、市场价格的变化以及供应的不确定性。第一, 城市中水的水质变

化可能导致电厂需要增加额外的处理费用或采取更为复杂的水质管理措施, 这无疑增加了运营成本。第二, 处理成本的波动可能受到原材料、能源、人工成本等多种因素的影响, 这些因素的市场变动都可能对电厂的财务稳定性造成冲击。第三, 随着市场供求关系的变化, 城市中水的价格可能会发生变动, 这对电厂的长期运营计划和预算构成挑战。第四, 城市中水的供应稳定性也可能受到各种外部因素的影响, 如水源环境问题、处理设施故障等, 这些都可能导致电厂出现生产中断的风险。

为了应对这些经济风险, 电厂需要采取一系列的对策。(1) 电厂需要建立与水源供应方的长期合作关系, 确保稳定的水质和水量供应。同时, 电厂也需要加强对水源质量的监控, 及时发现并应对可能出现的水质问题。(2) 电厂应建立灵活的成本管理机制, 通过提高运营效率、引入先进技术等方式降低处理成本。此外, 电厂还应关注市场价格动态, 制定合理的采购策略, 以应对价格波动带来的风险。(3) 电厂需要建立完善的应急响应机制, 以应对可能出现的供应中断等突发情况, 确保电厂生产的安全稳定。

#### 结束语

随着全球水资源日益紧缺, 城市中水在电厂中的应用将成为一个越来越重要的议题。通过深入研究和实践经验的积累, 可以不断完善城市中水在电厂除盐水和循环水系统中的应用技术和管理策略, 从而更好地实现水资源的可持续利用。同时, 这也需要政府、企业和社会各界的共同努力和合作, 共同推动电厂水资源管理的创新和发展。

#### 参考文献

- [1] 张伟, 李晓明. 城市中水在电厂除盐水系统中的应用研究[J]. 给水排水, 2019, 55(S1): 151-155.
- [2] 刘洋, 王晓昌. 城市中水回用于电厂循环水系统的技术经济分析[J]. 水资源与水工程学报, 2020, 31(2): 72-77.
- [3] 陈华, 胡明. 再生水在电厂循环水系统中的应用研究[J]. 水力发电, 2018, 44(8): 82-85.
- [4] 王晓宇, 韩振中. 城市中水作为电厂水源的经济性分析[J]. 环境保护与循环经济, 2021, 41(1): 74-77.