

城市工业节水问题与对策研究

路美芳

石家庄市藁城区水资源管理中心

摘要：作为仅次于农业部门的第二大用水户，工业部门的节水效果直接关系到中国总体节水成效，因此，该目标的提出对中国整体以及工业节水具有战略指导作用。准确识别工业用水量演变的驱动因素，并据此选择科学可行的节水路径从而制定相应的节水政策，是中国工业顺利实现节水的必要条件。本文首先说明了城市工业节水产业的背景，然后分析了工业节水技术进展及城市工业节水存在的问题，最后详细阐述了城市工业节水的对策。

关键词：工业；节水；钢铁行业；废水回用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.04.009

一、城市工业节水产业的背景

中国城市供水严重不足，城市和工业的发展表明对水的需求。2012年，实施了最佳水管理系统，人们记得中国开始控制各地的用水总量。2016年，启动了国家水资源管理行动计划，建立了工农业、城镇和农村社区和家庭服务、生产和消费等行业，引导社会各界深入开展水资源管理行动。近年来，纪念“世界水日”和“中国水周”的主题一直是关于水资源枯竭、制定应对水资源枯竭的国家行动以及普及创建水资源枯竭型社会。2016年4月，国家发展和改革委员会和水利部发布并实施的《国家水资源管理行动计划》表明，对水资源管理的影响可能在2020年发生；到2022年，社会节水意识增强；到2035年，水安全、水保护和爱水将成为全社会的自觉行动，水资源保护和研究将达到世界先进水平。

二、工业节水技术进展

近年，工业节水技术取得长足进步，成为工业节水的极大助力。工业节水技术进步经历了几个阶段：最初是由直流用水向循环用水转化阶段，提高了水的重复利用率，减少了用水量和排水量；之后进入工艺用水节水改造阶段，采用少用水、不用水的源头用水减量技术，减少了用水量；然后进入污水回用和资源化利用阶段，进一步提高了水的重复利用率，并实施了污水资源化利用，减少了用水量和排水量；近期进入废水零排放和智能用水阶段，采用污水深度处理技术、蒸发结晶和提质分盐技术、数字化信息化智能化技术等，全面升级用水精细化管控。重点行业主要节水技术介绍如下。

（一）钢铁行业

钢铁行业主要采用干熄焦、转炉干法除尘、高炉干法除尘等“三干”技术，烟道汽化冷却、高炉炉体空冷、精炼机械抽真空等用水减量技术；密闭式、敞开式循环用水技术，废水回用、水再用、串联用水、串联用水等重复用水技术，提高重复利用率；城市中水、雨水、海水、矿坑水等非常规水源的利用技术。

（二）火电行业

火电行业主要采用汽化冷却、空冷技术，干法脱硫、干储灰、干除灰、干排渣等用水减量技术；凝汽器敞开式循环用水技术、废水回用技术；水量、水质检测及优化，水务智能管控等智能用水技术。

（三）纺织染整行业

纺织染整行业主要采用超低/低浴比染色、半缸染色、全自动筒子纱染色、数码喷墨印花、高效废瓶或瓶片清洗等用水减量技术；梯级用水，冷凝水回收、冷却水循环，废水深度处理及回用，喷水织机废水回用等重复用水技术。

（四）造纸行业

造纸行业主要采用网毯喷淋水高压洗涤、透平机真空系统、纸机湿部化学品混合添加、纸机真空冷凝等用水减量技术；纸机白水分级与回用、纤维原料洗涤水循环使用、碱回收及蒸发站污冷凝水分级及回用等重复用水技术。

（五）制药行业

近年来，中国医药行业经历了空前的高增长，各类药品被普遍大量使用。中国生产的抗生素占世界产量的20%-30%，已成为世界抗生素制剂的主要生产国之一。目前抗生素生产中还存在许多问题，如原料利用率低、提取纯度低、废水中抗生素残留浓度高等，这些问题都会对环境造成严重的污染。石家庄某药厂最终经过“微电解—改进型A/O—耦合沉淀”组合工艺的工程应用，证明了该工艺的有效性。本工艺技术简单、运行稳定、安全，并且通过合理的工艺设计降低了处理能耗，达到了良好的处理效果和经济效益。

三、城市工业节水存在的问题

（一）检查水问题

在中国，老工业城市较早地形成了完善的工业体系，但在社会的发展中，老工业基地的基础设施不断增加，由于软硬件条件和技术问题的限制，生产能力已知，环境污染更严重。为了解决这个问题，各地都在缓慢地改变城区的老工业，重点发展新工业，保护和再利用工业，加强政府管理，恢复环境生态，并没有对用水做具体指示和要求。由于中国不公平的天气和水能的空间差异，不同地区的供水能力和未来对水能的需求存在巨大差异，中国东北地区的供水明显不平衡。华北是中国人均水资源最低的地区，水资源短缺严重阻碍了经济发展。中原经济区、山东半岛和京津冀等重要城市群需要经济发展。我们需要从节约用水和控制用水效率入手。在中国中部，水资源丰富，但水资源短缺和水污染严重。华东地区水资源丰富，技术水平居全国之首。该计划设定了旧中国主导产业在现代化、变革和变革方面

取得成功的目标。由于其自身的特点，老水行业存在着巨大的问题，如生产能力不足导致的水效率低下、基础设施陈旧导致的水资源管理不舒适、低用水量导致的水环境污染等。实现老工业改造目标，调整产业结构，实现新工业和新型城镇化，重新启动工业耗水，提高我国老工业区的生活水平。

（二）工业用水问题

1. 有效用水需要改进

目前，主要工业生产过程用水普遍，水效低。但城市用水的力量是显而易见的。中国行业在提高用水效率方面的最大领导者是高效技术。

2. 水监测平台尚未开发

一些行业的节水项目还不够，回到可持续技术，没有水平衡测试，节水工具总是回来。据统计，85%以上的企业缺水，没有合适的水平衡平台，没有水表系统，没有足够的水信息平台，没有历史数据，智能水资源管理平台的建立有助于提高水资源管理水平，对水产业研究的发展具有重要作用。

3. 研究水的潜力并不是很快

在传统行业中，没有关于用水过程的微观分析，整个系统的定量分析是在水所有权期间的用水期间在广泛的层面上进行的，每个生产环节都没有水统计。由于工业用水过程复杂，使用宏观水的政府为用水过程提供了便利，而缺乏对细节的理解使得工业过于保守，无法潜水，也无法利用潜水的潜力，水务企业意识不强，使用水务企业不活跃。企业对自身的节水重视不够，节水意识缺乏动力，节水空间没有得到重视。

4. 对水工业的保护调整不足

目前，我国水资源管理的主要矛盾发生了变化，水利产业缺乏维持力量已成为矛盾的主要方面。与农业节水的监管投资相比，工业节水的重要性有待提高；节水、用水和证明节水效果的价值仍然不足，系统需要改进；行业中对水安全规则、规范和法律的严格壁垒必须继续存在。

四、城市工业节水的对策

（一）聚焦重点行业实施再生水循环利用和技术改造

1. 钢铁行业

钢铁企业通过成立节水管理领导小组，制定完善的取水、用水管理制度和考核办法，严格节水管理制度，增强节水意识，提升管理水平；开展水平衡测试与用水审计工作，强化节水目标；通过建立水系统数据中心、管控平台等方式，实现对取水、用水、中水回用、中水排放等环节的实时监控、运营管理和优化，推动用水管理系统智能化升级；通过收集利用雨水、海水、城市中水等非非常规水源，加强非常规水源开发利用；通过采用先进节水工艺技术改造，实现高效节水和废水循环利用。

2. 纺织染整行业

纺织染整企业重视节水管理，形成长效机制；提高废水处理数字化水平；实施节水技术改造，应用先进节

水设备及生产工艺；采用冷堆平幅高效水洗前处理技术、染缸降温冷却水蒸汽冷凝水回用技术、气流染色机、免复练免出水染色一浴法工艺、高效数字印花水洗机、低浴比气流染色设备、印染废水深度处理回用技术等，实现节水减污。

如某家纺有限公司建立系列用水管理制度，节水管理责任落实到人，创造性提出不用水、少用水、回用水、循环水、替代水等节水管理“五水”工作法，并用印染废水处理全流程在线集控系统实现对废水处理过程实时监测，通过废水在线集控与历史数据分析，优化处理工艺。

3. 造纸行业

造纸企业重视节水管理，实施白水回收、纸机蒸汽冷凝水回收、网毯喷淋水净化回用、纸机白水多圆盘分级与回用、纸浆中高浓筛选与漂白、多段逆流洗涤封闭筛选、新型烘干干部干网高压水装置、污水处理回用等先进节水工艺技术改造，实现节水减污。

4. 石油炼制行业

石油炼制企业重视节水管理，推动用水管理数字化；应用先进节水工艺技术和装备，提升水的利用效率；采用蒸汽冷凝水回收、乏汽回收、污水处理回用、高效冷却器、干式空冷器等技术，加强水的循环利用；推动非常规水源利用。

如某炼化分公司由公司主要领导直接管理节水工作，严格实施用水计划管理，通过开发水平衡测试软件，实现实时监控全公司水资源使用情况和异常报警。对一、二、三级表按介质分类创建可视化供水计量网络，开发应用智能仪表和计量健康平台，全天候不间断巡检确认仪表状态，对流量显示故障和超出工艺工况流量范围的异常情况，短信及时通知相关人员检查处理。

5. 制药行业

化工合成制药废水处理过程中要能结合不同的废水类型，在了解废水的特性基础上采用相适应的处理技术，为生态环境保护起到积极作用。化工合成制药废水处理技术科学应用下，有效提高废水处理的效率，这对化工合成制药企业在市场中可持续发展也能起到积极作用，也能对社会经济健康发展起到积极作用。

石家庄某药业有限公司建有污水处理站1座，位于企业北部，采用“气浮+水解酸化+厌氧+A/O+MBR+臭氧氧化（备用）工艺，设计进水能力为5000m³/d。”

该药业公司进行了水平衡测试工作，本次水平衡测试采用逐级平衡法。首先对企业总供水安装的一级计量水表进行比对校测，在确保水表准确可靠的前提下，用读表法进行测量；对安装的二级水表先进行抽样校对，误差范围内的采用读表法进行测量，该企业各二级水表均运行完好。对未安装水表且用水量较大的三级用水点采用超声波流量计代替水表进行测量。

测试结果显示，该药业公司日取水量1033m³，年总取水量338970m³，重复利用率89%，间接冷却水循环率99%，化学水制取系数0.57，综合漏失率0，废水回用率

0, 排水率78%, 万元工业增加值取水10.49m³/万元, 普鲁卡因青霉素单位产品取水123m³/t, 氨卡西林钠单位产品取水86m³/t, 头孢唑林钠单位产品取水414m³/t, 美罗培南单位产品取水2767m³/t, 单位绿化面积用水量0.48m³/m²·a。

企业应安装三级计量水表, 及时更换制水系统反渗透膜, 车间蒸汽冷凝水回用于制水系统, 代替自来水。制水系统尾水用于绿化, 在主要的用水点张贴节水宣传牌, 提高员工节水意识。

6. 乙烯行业

乙烯企业采用闭路循环水系统、污水处理回用、城市中水利用、高盐污水处理回用、清净废水(雨水)回用、超声波在线除垢、多重水循环利用等先进节水工艺技术, 有效降低新水用量; 建立水系统数据中心和一体化管控平台, 加强用水智能化管理。

如某石油化工有限公司对全厂工艺冷凝水和透平冷凝水进行回收, 经固定阳床去除水中的阳离子, 再经过混床去除水中的阴阳离子, 制成合格的脱盐水供给热电和各化工用户。某分公司通过实施“四供水一循”装置“智能化样板水厂”改造工程, 远距离传输流量、压力、温度等运行参数以及机泵状态参数, 在线监控关键水质数据, 全面提升用水智能化、信息化水平。

7. 工业园区

工业园区加强园区企业节水管理, 强化水污染防治, 实施雨污分流、园区污水深度处理及回用。组织节水宣传活动, 推动节水技术改造, 推动园区企业精细化管理, 加强园区污水资源化利用和非常规水利用, 节水控水成效显著。

(二) 全面实施节水管理新机制

严格实行计划用水监督管理, 加快推动水务经理管理制度, 推进节水规范化和精细化管理, 指导科学制定用水计划, 确保用水报告制度落实落细。全面推行非居民用水超定额(计划)累进加价制度, 严格执行累进加价水费征收, 实现应收尽收。通过采用差别水价、定额管理以及水务经理负责等措施, 推动高耗水行业水资源循环利用和节水增效。

制定企业用水精细化管理方案, 全面优化管控用水系统网络, 实施生产过程高效用水和污染控制, 确保用水高效化、清洁化和无害化。研发、推广、应用工业节水新技术, 突破节水技术瓶颈。重点推广应用工艺节水、供水管网漏损检测、循环水运行管理智能化、水处理污泥处理处置和利用、浓盐水减量和资源化利用、高浓高盐重污染废水处理回用、废水零排放、非常规水利用等先进节水工艺技术和装备。

(三) 严格用水强度控制

聚焦工业生产用水, 特别是高耗水行业, 严格执行用水定额标准体系管理, 开展用水定额对标达标专项行动。结合省、市级节水监督检查, 对国家、省、市三级重点监控用水单位进行全面核查, 规范用水计划申报、用水计量、用水定额执行、节水载体建设、节水管理等

环节。

(四) 强化水资源论证中的节水评价

在开展规划和建设项目水资源论证时, 将节水评价作为重要内容, 科学论证分析涉及区域的用水水平、节水潜力, 评价取水的必要性、可行性, 分析节水指标的先进性, 评估节水措施的实效性, 合理确定取用水规模。按照水利部和省水利厅要求, 进一步规范节水评价编制内容, 健全节水评价台账, 为规划和建设项目做好节水评价技术指导。

(五) 研究建立节水激励机制

研究出台节水激励政策, 逐步建立完善集约节约用水促进机制。重点围绕表彰奖励、资金投入、金融支持、税收优惠、价格调节等关键问题, 强化政策集成, 推进改革创新, 确保国家和省激励节约用水各项规定全面落实、见到实效。充分发挥公共财政作用, 强化资金保障, 加大奖补力度, 建立稳定有效的节水工作投入机制。增强价格、政策、税收等调控手段, 强化各类用水主体节水内生动力, 促进各领域各行业提升节水水平。

(六) 加强再生水利用

按照“规划先行、刚性约束、建设生产、激励引导”的总体思路, 一体推进再生水利用, 优化全市水资源配置格局。一是编制再生水利用规划。确定不同水平年再生水利用指标和不同用水主体, 科学谋划再生水厂及配套管网布局。二是强化刚性约束。将再生水纳入全市水资源统一配置, 从严水资源论证, 限制取水许可审批, 核减年度用水计划。三是加快再生水基础设施建设。依托污水处理厂提标改造, 加快推进再生水基础设施建设, 提升再生水生产和输配能力。四是强化再生水利用机制建设。明确相关部门职责分工, 积极争取上级部门支持力度。

结语

综上, 随着我国工业化不断发展, 工业用水比例日益提高, 导致我国工业水资源浪费现象越来越严重, 所以, 工业水系统存在着诸多问题, 对此, 工业厂区的水设计师需要采取各种措施将节水节能理念贯彻落实到工作中去。加大宣传力度, 确保工厂坚持节约和可持续发展理念, 实现经济和环境双效益发展。

参考文献

- [1] 熊溢威, 陈毅敏, 李峻毅. 制造业城市工业节水问题与对策研究[J]. 水资源开发与管理, 2020(11): 28-33, 13.
- [2] 工业和信息化部, 水利部. 国家鼓励的工业节水工艺、技术和装备目录(2021年)[Z]. 2021.
- [3] 赵家祥, 韩宪猛. 煤化工、高新制造业工业园区取用水情况及存在问题分析[J]. 水资源开发与管理, 2020(01).
- [4] 李泽华. 佛山市工业节水存在问题及对策研究[J]. 广东水利水电, 2018(03).
- [5] 孙友文, 张东旭, 陈强. 降低工业循环水浊度的改造[J]. 氮肥与合成气, 2022(11).