

凝汽器循环水余热回用于电厂制水系统的工程实践

徐新果¹, 李强¹, 徐浩然^{2,3}, 章通行^{1*}, 冯向东^{2,3}, 成沛金^{2,3}, 张雅琴^{2,3}, 娄宝辉^{2,3}

(1. 浙江浙能绍兴滨海热电有限责任公司, 浙江 绍兴 312073;

2. 工业新水源技术浙江省工程研究中心, 浙江 杭州 311121;

3. 浙江浙能技术研究院有限公司, 浙江 杭州 311121)

摘要:针对火电厂冬季制水系统进水温度低、反渗透依赖蒸气加热导致能耗高的问题,依托某电厂一期工程开展凝汽器循环水低品位余热回用于制水系统的工程化研究。通过将凝汽器回水引入预处理单元作为补水源,实现对反渗透进水的直接加热,并对系统运行效果进行连续监测与分析。结果表明,余热回用后冬季制水进水温度提高 6.3~7.8℃,日均节汽 200~300 t;余热利用量与机组负荷变化保持稳定对应关系,可在连续运行条件下长期替代蒸气加热负荷。该技术实现了电厂冷端排热向制水系统的内部转移,提高了能源梯级利用效率,在不增加复杂设备与动力消耗的条件下获得稳定节能效果。研究结果表明,凝汽器循环水直接回用于制水系统具有良好的工程适用性与推广价值,可为大型火电厂制水系统节能运行提供参考。

关键词:凝汽器回水;余热回用;制水系统;反渗透;运行效果

中图分类号:TK11+5

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2026)S2-0367-06

DOI: 10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2026.S2.061

Engineering practice of condenser circulating water waste heat recovery in power plant water treatment system

XU Xin-guo¹, LI Qiang¹, XU Hao-ran^{2,3}, ZHANG Tong-xing^{1*}, FENG Xiang-dong^{2,3},
CHENG Pei-jin^{2,3}, ZHANG Ya-qin^{2,3}, LOU Bao-hui^{2,3}

(1. Zhejiang Zheneng Shaoxing Binhai Thermal Power Co., Ltd., Shaoxing 312073, China;

2. Engineering Research Center for New Industrial Water Resources of Zhejiang Province, Hangzhou 311121, China;

3. Zhejiang Energy R&D Institute Co., Ltd., Hangzhou 311121, China)

Abstract: To address the high energy consumption caused by low feedwater temperature and steam heating demand in winter operation of power plant water treatment systems, an engineering application of condenser circulating water waste heat recovery was conducted in a full-scale desalination system of a thermal power plant. The condenser return water was introduced into the pretreatment unit as a makeup source to directly heat the reverse osmosis influent, and long-term operational performance was monitored and analyzed. The results show that after waste heat recovery, the influent temperature increased by 6.3–7.8℃ during winter, with an average daily steam reduction of 200–300 tons. The recovered heat exhibited a stable correlation with unit load and continuously replaced steam heating demand under normal operation. The technology enabled internal transfer of low-grade condenser heat from the power plant's cold end to the water treatment system and improves the efficiency of cascade energy utilization, achieving stable energy-saving effects without adding complex equipment or extra power consumption. The study demonstrates the direct reuse of condenser circulating water in water treatment systems has good engineering applicability and promotion value, providing a reference for the energy-saving operation of water treatment systems in large-scale thermal power plants.

Key words: condenser return water; waste heat recovery; water treatment system; reverse osmosis; operational performance

火电厂在长期运行过程中形成了规模庞大的热能与水量流动体系^[1],其中制水系统作为保障机组运行的基础单元,而供热机组通常具有制水规模大、运行连续性强的特点^[2]。在大型燃煤或热电联产电厂中,反渗透制水系统设计产水量往往达到数百至上千吨每小时,冬季运行期间需长期维持稳定出

力,以满足锅炉补给水及热力系统用水需求^[3],而反渗透系统进水温度要求 25℃左右^[4]。在此运行背景下,即使单位水量的加热温升需求不高,其对应的总热负荷和蒸气消耗仍十分可观,使制水系统成为电厂冬季用汽的重要组成部分之一。因此,从系统能量平衡角度出发,制水系统具备开展余热回用

收稿日期:2026-03-04;修回日期:2026-07-10

基金项目:中国博士后科学基金(2022M712738);国家自然科学基金青年项目(22108241);浙江省自然科学基金探索项目(LQ22B060006);浙江省能源集团有限公司科技项目(ZNKJ-2025-015)

作者简介:徐新果(1975-),男,本科,高级工程师,研究方向为火电机组的检修改造及运行优化,xuxg@oamail.zhenergy.com.cn;章通行(1970-),男,本科,高级工程师,研究方向为火电厂热能与动力及自动化,通讯联系人,402806637@qq.com。

研究的典型规模基础和工程意义。

凝汽器循环水系统在火电厂中承担着冷源功能^[5],其回水虽属于低品位热能,但在冬季工况下仍普遍高于制水系统原水温度,具有稳定、连续的余热特性^[6]。从能源梯级利用角度出发,将凝汽器循环水余热用于制水系统进水加热,在理论上具备较高的能效合理性和工程可行性。相较于传统采用蒸气作为热源的制水进水加热方式,利用凝汽器循环水余热替代部分蒸气加热,可在不增加额外高品位能源消耗的前提下,实现制水系统运行温度条件的改善,有效降低蒸气系统负荷。这种以“大流量低品位余热”匹配“大规模制水需求”的利用方式,能够在整体能量利用效率上形成显著优势,尤其适用于制水规模大、冬季运行时间长的电厂^[7]。与传统换热器间接回收方式相比,直接引入凝汽器回水作为制水系统补水源,可减少换热环节与设备投资,降低系统复杂度和运行阻力,更有利于在既有电厂条件下实施工程改造。然而,需要指出的是,凝汽器循环水与制水系统在水质组成、运行工况及控制目标等方面存在差异^[8]。循环水系统长期处于开放运行环境,水质受浓缩倍率、颗粒物及微生物等因素影响较大,直接引入制水系统后,可能对预处理及反渗透单元的运行稳定性产生影响。因此,凝汽器循环水余热回用于制水系统不仅是热量回收问题,更涉及水质适应性与管理合理性,需要通过工程化运行进行系统验证。

目前,针对凝汽器循环水余热回用于制水系统的研究多集中于原理分析或局部工艺讨论,系统性的工程实施方案、运行调试过程及长期运行效果报道相对有限,尤其缺乏在实际电厂连续运行条件下,对制水系统运行特性和节能效果的综合评价。基于此,本文中依托某电厂一期工程,开展凝汽器循环水余热回用于制水系统的工程实践研究,系统分析余热回用条件下制水系统的运行特性、水质控制及节能效果,为火电厂制水系统低品位余热利用提供工程依据和运行参考。

1 工程概况及余热回用方案

1.1 原制水系统运行条件

某电厂一期工程设置集中式反渗透制水系统,用于机组锅炉补给水及厂内用水保障。制水系统设计产水规模为 900 t/h,系统运行具有制水量大、连续性强的特点,全年运行时间长,冬季期间需维持较高稳定出力以满足机组运行需求。制水系统原水取

自曹娥江,经混凝沉淀、过滤等常规预处理单元后进入反渗透系统。受区域冬季气候条件影响,原水温度在低温时段显著下降,制水系统进水温度偏低,直接导致反渗透膜水通量降低、系统运行压差升高。为保障反渗透系统设计产水能力及运行稳定性,原运行工况下需通过蒸气加热方式将制水进水温度提升至约 24℃。在上述运行条件下,制水系统冬季用汽量随制水负荷长期维持在较高水平。由于制水规模大,即使单位水量所需温升有限,其对应的总热负荷和蒸气消耗仍十分可观,制水系统成为冬季厂内蒸气消耗的重要组成部分之一。同时,蒸气加热装置在低温季节需长期连续运行,不仅增加了系统运行能耗,也对蒸气系统的调度与经济性产生一定影响。

1.2 凝汽器循环水系统概况

某电厂一期 1 号、2 号机组采用开式循环水冷却系统,用于凝汽器乏汽冷却。循环水及制水系统概况见表 1。循环水系统运行规模大、流量稳定,是机组运行过程中重要的热量交换与排放环节。循环水补水水源为曹娥江水,系统长期连续运行,与机组负荷变化保持较高匹配度。

表 1 某电厂循环水及制水系统概况

水处理单元	当前现场工艺参数	参数指标
循环水系统	浓缩倍率	3~4 倍
	进出凝汽器水温差	冬季温差 5℃ 左右
	阻垢剂加药方式及加药量	连续加药
	杀菌剂加药方式及加药量	次氯酸钠,冲击加药,每次 2~3 t
	除高密外其他水源类型	反渗透浓水、锅炉排水
制水系统	阻垢剂加药方式及加药量	连续加药, 2×10^{-6}
	杀菌剂加药方式及加药量	次氯酸钠,超滤产水箱余氯 0.2×10^{-6}
	保安过滤器滤芯更换频率	20 d 左右
	超滤反洗频率	1 h 一次反洗
	反渗透清洗频率	10~15 d 一次

在正常运行工况下,凝汽器循环水承担着将汽轮机排汽冷凝所释放的大量热量带出系统的功能,凝汽器进出水温度统计见表 2,回水中蕴含的低品位热量总量较大。尽管单次循环的温升有限,但由于循环水流量巨大,对应的可回收热量在系统层面具有显著规模效应,尤其在冬季运行期间表现更为明显。

表 2 某电厂凝汽器进出水温度统计 $^{\circ}\text{C}$

	凝汽器 回水 温度 1	凝汽器 回水 温度 2	凝汽器 进水 温度 1	凝汽器 进水 温度 2	凝汽器 进出 水温差
最高值	34.9	35.3	26.9	27.0	13.0
最低值	12.5	14.4	6.9	7.0	4.0
平均值	22.6	23.2	15.8	15.9	7.1

凝汽器进出水温度由表 2 所示,2022 年冬季凝汽器进水平均温度为 15.9°C 、回水平均温度为 23.0°C ,平均凝汽器进出水温差约 7.1°C 。由于循环水池有余热,凝汽器进水温度较曹娥江江水温度平均高约 4.3°C ,计算得到用凝汽器回水作为化补水水源有 11.4°C 的可利用温差。运行监测结果表明,受季节变化影响,冬季循环水回水温度整体高于制水系统原水温度区间,且温度波动相对平缓,具备稳定性特征。在机组稳定运行条件下,循环水回水温度随负荷变化呈现规律性变化,未出现剧烈波动,为作为制水系统进水热源提供了可靠的运行基础。从运行方式看,循环水系统属于开放式运行体系,水质受浓缩倍率、冷却塔运行状况及环境条件等因素影响,水中颗粒物和微生物含量相对较高。这一特性决定了循环水余热回用过程中需重点关注水质适应性及对制水系统预处理单元的影响,但并不改变其作为稳定低品位热源的工程属性。

1.3 余热回用系统实施方案

基于制水系统制水规模大、冬季进水温度低以及凝汽器循环水系统余热总量充足、运行稳定的运行特征,本项目采用凝汽器循环水回水直接回用于制水系统进水加热的技术路线,通过工程化改造实现低品位余热的高效利用。余热回用系统在设计过程中遵循“流程简化、运行可靠、水质可控”的原则,重点兼顾热量利用效果与制水系统运行安全性。

在原系统中 3 号、4 号、5 号高密沉淀池出水自流进入一期制水系统空擦滤池,再经由空擦滤池进入蒸气加热器,升温后的水进入脱盐系统制得除盐水。原系统 1 号和 2 号高密沉淀池出水自流进入地埋清水池,再通过泵输送至 1 号冷却塔和 2 号冷却塔。如图 1 所示,改造将在原有设备的基础上,增设 3 号、4 号、5 号高密沉淀池至 1 号冷却塔的管路(高差约 5 m ,可以自流),并增设 1 号凝汽器回水(1 号冷却塔附近)至空擦滤池的管路(高差约 4.8 m ,不需要设置输送泵),并设置阀门供切换。在冬季运行时,可将 3 号、4 号、5 号高密池停运,使用 1 号凝

汽器回水(带有余热)作为一期空擦滤池的补水,减少或停止蒸气加热器的蒸气使用。为匹配 1 号凝汽器回水量与一期制水系统处理水量,保留 1 号凝汽器至二期制水系统的输送管路,必要时将部分 1 号凝汽器回水用作二期制水系统补水。

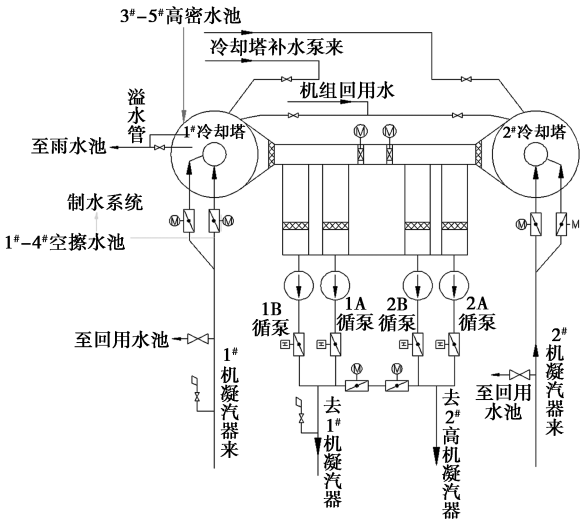


图 1 余热回用系统示意图

在系统流程设计上,余热回用工程通过新建保温输送管线,将 1 号机凝汽器循环水回水引入一期制水系统预处理单元空擦进水母管,并预留后续系统扩展接口。循环水回水在满足制水系统补水需求的同时,直接作为制水系统原水来源之一,实现余热对制水进水的直接加热。该方案避免了设置独立换热器所带来的设备投资增加和系统阻力损失,适用于制水规模大、连续运行时间长的工程场景。

在运行切换与调节方面,余热回用系统设置了必要的切换阀门和运行调节装置,可根据机组运行工况、制水负荷及季节变化,在余热回用工况与原运行方式之间灵活切换。当循环水回水温度或水质条件不满足制水系统运行要求时,可及时退出余热回用工况,确保制水系统运行的安全性和可靠性。

在水质适配与运行保障方面,充分考虑循环水系统开放运行特性及其水质波动风险,余热回用系统与既有制水预处理流程相衔接,通过原有混凝、过滤及超滤单元对回用水进行水质调节。同时,针对余热回用可能引起的水质变化,在系统设计和调试阶段同步开展阻垢缓蚀及杀菌控制策略评估,为后续稳定运行提供技术支撑。

在运行能耗控制方面,余热回用系统利用凝汽器回水与制水系统之间的水位差及系统原有泵组运行条件,实现回用水的自流或低能耗输送,减少新增

动力消耗。通过合理布置保温管线和优化运行方式,降低输水过程中的热损失,确保低品位余热得到有效利用。

总体来看,该余热回用系统通过直接引入凝汽器循环水回水作为制水系统补水源,在满足制水系统水质与运行安全要求的前提下,实现了低品位余热与大规模制水需求之间的有效耦合,具备结构简单、运行灵活和工程适用性强等特点,为后续运行调试与效果评估奠定了系统基础。

2 余热回用系统投运效果及经济性

余热回用系统投运后,对制水系统进水温度、蒸气消耗量及运行稳定性进行了连续监测与统计分析。通过对不同时间段运行数据对比可以看出,凝汽器循环水回水所携带的低品位热量能够稳定传递至制水预处理进水端,显著改善冬季低温工况下反渗透系统的运行条件。运行期间制水系统未发生异常停运或处理能力下降情况,说明该热源具有连续性与可调节性特征,满足工程运行要求。

余热回用系统投运后温升情况如图2、图3所示,在12月1日—12月6日投运期间,系统平均温升达到6.3℃,累计节约蒸气约1 237 t,折算平均每日节约蒸气约206 t;在12月21日—12月26日运

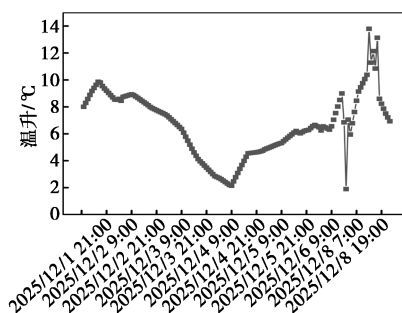


图2 2025年12.2—12.6余热回用系统投运后温升情况

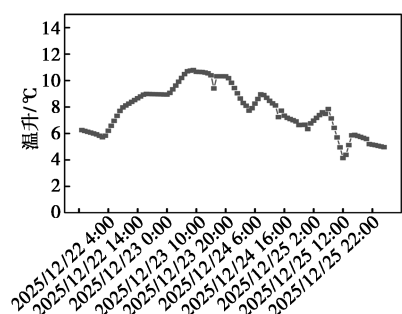


图3 2025年12.21—12.26余热回用系统投运后温升情况

行阶段,受机组负荷与循环水温度条件影响,系统平均温升进一步提高至7.8℃,累计节约蒸气约1 370 t,平均每日节约蒸气约304 t。温升幅度与循环水回水温度变化趋势基本一致,说明余热利用量与机组排汽热负荷呈正相关关系,符合凝汽器冷端热量释放规律。

从工艺运行角度分析,反渗透系统对进水温度较为敏感,低温条件下水黏度升高会导致膜通量下降并引起运行压差升高。余热回用后进水温度提升,使膜通量恢复至设计区间,同时降低高压泵负荷波动,减少频繁调节现象,系统运行趋于稳定。运行记录显示,在余热工况下反渗透压差增长速率未出现明显加快,保安过滤器及超滤反洗周期维持原有水平,说明循环水回用未对预处理造成额外污染负担,水质适配性满足要求。从热力学角度看,该工程本质上实现了电厂内部冷热源的能级匹配:原系统使用蒸气对低温原水加热属于高品位能源降级利用,而凝汽器循环水属于必然排放的低品位热量,其温度高于冬季原水温度区间,具备直接利用价值。通过直接引入作为补水源,实现热量在系统内部梯级转移,使蒸气从“加热水处理”用途转移至发电或供热用途,从而提高整体能量利用效率。

经济性方面,以蒸气成本为主要评价指标进行估算。余热回用后蒸气消耗显著下降,在典型冬季运行周期内可持续替代蒸气加热负荷。为便于对节能与减排效益进行量化评价,依据余热回用工况下日均替代蒸气200~300 t的运行统计结果,可进一步估算折标煤量及CO₂减排量。工程上通常将“替代蒸气量”折算为等效供汽热量,再按标准煤低位发热量换算折标煤。标准煤当量换算采用1 tce = 29.307 6 GJ。考虑制水加热一般使用低压饱和蒸气,凝结放热量按约2.3 GJ/t蒸气进行工程估算,则单位替代蒸气折标煤量约为0.078 tce/t蒸气。由此计算,日均折标煤节约量为15.7~23.6 tce/d;若按冬季连续运行约120 d计,则折合节约标准煤 $1.88 \times 10^3 \sim 2.83 \times 10^3$ tce。CO₂减排量采用IPCC《2006温室气体清单指南》固定燃烧默认排放因子(以煤为主的固定燃烧CO₂排放因子,按t/TJ量纲取值)并与标准煤能量当量换算得到,折算结果约为2.77 t/tce。据此,本项目余热回用工况下日均可减排CO₂43.5~65.2 t/d,冬季运行期累计减排CO₂ $5.22 \times 10^3 \sim 7.83 \times 10^3$ t。上述结果为基于替代蒸气量的工程估算值,实际减排量将随蒸气参数、供汽系统边界及锅炉/供汽效率等因素变化,但可反映该技

术路径在电厂内部梯级利用低品位余热、减少高品质蒸气消耗方面的显著减排效益。

同时该改造未新增大型换热设备及动力设备,仅通过管路改造与阀门切换实现,投资规模小、维护工作量低,具备较短的投资回收期 and 较高的工程推广价值。此外,系统运行表明余热回用并未增加水处理药剂消耗,也未引起膜污染加剧或清洗周期缩短,说明节能效果并非以牺牲运行稳定性为代价获得,而是在保持水处理安全性的前提下实现。综合能耗降低与运行维护成本变化,余热回用属于典型的“低投入、高收益”节能技术路径。

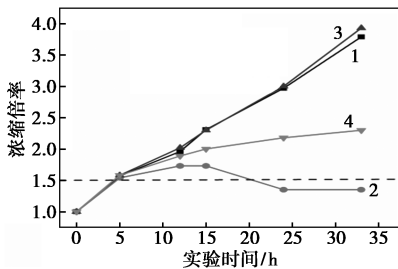
3 余热回用系统投运后加药量调整试验

3.1 阻垢剂浓度对循环水极限浓缩倍率的影响

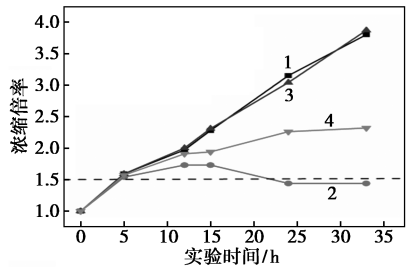
静态阻垢法是一种快速有效评价药剂阻垢性能的方法,按照 GB/T 16632—2019《水处理剂阻垢性能的测定 碳酸钙沉积法》分别对模拟配制水和现场水进行阻垢性能评价实验。将试验样水和空白试液分别置于洁净的锥形瓶中,在试验样水中投加阻垢剂,80℃水浴温度条件下放置至指定浓缩倍率,分别测定加热前后的钙含量,计算药剂对水样的阻垢率,评价阻垢剂的缓蚀阻垢性能。本试验将试验用水分为 4 组,第一组不投加任何药剂;第二组投加牌号为 WL-5007B 低磷阻垢缓蚀剂(控制剂量 0.5 mg/L);第三组投加牌号为 WL-5007B 低磷阻垢缓蚀剂(控制剂量 1.0 mg/L);第四组投加牌号为 WL-5007B 低磷阻垢缓蚀剂(控制剂量 2.0 mg/L);在实验室分析测定 pH、电导率、全碱度、钙硬度、氯离子,并计算循环水浓缩倍率。

当监测到循环冷却水全碱度由升高趋势变为下降趋势,或者用钙硬度浓缩倍率与氯离子浓缩倍率差(ΔA)不小于 0.2,或者直接观察到结垢现象,则试验停止并记录数据,此时的浓缩倍率即为该试验条件下循环水极限浓缩倍率。

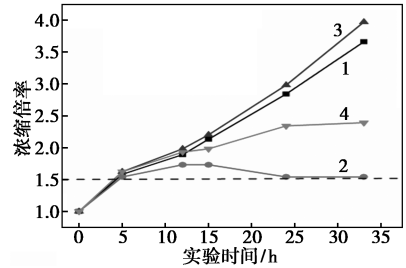
如图 4 和表 3 所示,目前阻垢剂投加量对提高循环水的极限浓缩倍率提升效果并不明显,在目前



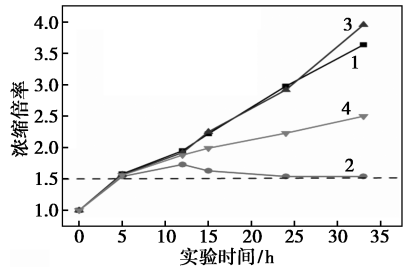
(a) 阻垢剂加药量 0



(b) 阻垢剂加药量 0.5×10^{-6}



(c) 阻垢剂加药量 1.0×10^{-6}



(d) 阻垢剂加药量 2.0×10^{-6}

1—电导浓缩倍率;2—碱度浓缩倍率;3—Cl⁻浓缩倍率;
4—Ca²⁺碱度浓缩倍率

图 4 不同阻垢剂浓度条件下的静态模拟试验

表 3 阻垢性能静态模拟试验结果

阻垢剂量/ (mg·L ⁻¹)	补水全碱度/ (mmol·L ⁻¹)	极限全碱度/ (mmol·L ⁻¹)	极限总硬度/ (mmol·L ⁻¹)	极限氯离子浓度/ (mmol·L ⁻¹)	极限浓缩倍率
0	1.30	1.73	6.99	352.5	2.02
4	1.30	1.73	6.83	348.9	2.00
6	1.30	1.73	6.34	345.7	1.98
8	1.30	1.73	6.94	335.1	2.25

余热回用工况下循环水浓缩倍率低于 1.5,可不投加阻垢剂。

3.2 缓蚀剂浓度对腐蚀速率的影响

采用旋转挂片腐蚀试验方法,对阻垢缓蚀剂的缓蚀性能进行评价。以 1.5 倍浓缩倍率的循环水为试验溶液,将 316L 和 20 号碳钢材质挂片用乙醇冲洗后烘干称重,分别置于不同阻垢缓蚀剂加药量溶液中静置 48 h,试验结束后,取下旋转腐蚀挂片,对

挂片的腐蚀情况进行实验室分析,利用失重法计算腐蚀速率如表 4 所示。

表 4 1.5 倍浓缩倍率及余热回用前条件下
循环水腐蚀模拟试验数据汇总

阻垢剂量/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	20 号碳钢挂片 V_{corr} 腐蚀速率/($\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$)	316L 挂片 V_{corr} 腐蚀速率/($\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$)
0.0	0.1168	0.0009
0.5	0.1150	0.0009
1.0	0.1159	0.0009
2.0	0.1014	0.0009
2.0(余热回用前 2.1 倍)	0.1279	0.0017

试验以高密出水作为循环水进水,针对此进水,目前阻垢剂投加量对提高循环水的极限浓缩倍率提升效果并不明显。挂片材质为 316L 时,当浓缩倍率为 1.5 倍时腐蚀速率无明显差异。挂片材质为 20 号碳钢时,当浓缩倍率为 1.5 倍时腐蚀速率无明显差异,且比余热回用前腐蚀速率稍低。

4 结论

基于某电厂工程实践,依托高供热机组制水系统开展的凝汽器循环水余热回用工程运行结果表明,在冬季低温工况下通过将凝汽器回水直接作为预处理补水源,可持续提升反渗透进水温度 $6.3\sim 7.8^{\circ}\text{C}$,有效削减蒸气加热负荷,累计替代蒸气 $2\ 600\ \text{t}$

以上,日均节汽 $200\sim 300\ \text{t}$,显著降低制水系统运行能耗。余热利用量随机组负荷变化呈稳定对应关系,能够在连续运行条件下长期保持稳定供热效果,使制水系统在低温季节仍可维持设计出力并减少蒸气系统调节压力,实现冷端排热向生产用能的内部转移,提高厂内能源梯级利用水平。整体运行表明,该技术在不断增加复杂设备和运行成本的前提下取得持续节能效果,具有良好的工程稳定性与经济性,适用于制水规模大、冬季运行时间长的火电厂推广应用。

参考文献

- [1] 员盼锋,丹慧杰,牛国平,等.火电厂源侧综合能源系统集成及性能评估研究[J].制冷技术,2024,44(1):24-30.
- [2] 张龙明,侯海军,刘玮,等.某供热机组水汽氢电导率异常波动及超标原因分析[J].工业水处理,2021,41(4):134-138.
- [3] 周新乐,薛昊栋,周永钢.600 MW 湿冷机组利用热泵回收余热供热措施优化[J].内蒙古电力技术,2022,40(6):89-93.
- [4] 仲惟雷,罗勇,刘枫,等.反渗透技术在菲律宾 ILIJAN 电厂水处理系统中的应用[J].工业水处理,2010,30(10):89-91.
- [5] 刘欣,刘玮,龙国军,等.发电厂冷却工艺用水发展现状与展望[J].工业水处理,2024,44(4):46-57.
- [6] 孔祥强,马殿群,李瑛.循环冷却水余热回收供热节能分析[J].热力发电,2013,(6):9-12.
- [7] 蔡世军,赵新义,王莹莹.循环冷却水节水技术研究进展[J].工业水处理,2009,29(3):4-8.
- [8] 于学斌,胡大龙,方立,等.某火电厂水资源利用及污染防治改造方案和经济分析[J].工业水处理,2023,43(10):179-184.■

工信部等七部门联合发布《新型电池产业发展“十五五”规划》

9月28日,工业和信息化部、国家发展改革委、交通运输部等七部门联合制定的《新型电池产业发展“十五五”规划》正式发布(以下简称“《规划》”)。

面向“十五五”时期,《规划》以推动新型电池产业高质量发展为主线,通过强化产业发展指引,破解产业原始创新能力不足、锂电池领域供需结构矛盾等突出问题。

《规划》提出,到2030年,我国新型电池产业规模实现稳步增长。全链条创新能力持续增强,先进电极材料、新型电解质、高端辅材等取得新突破,新体系电池研发取得重大进展,全固态电池初步实现规模化应用,长寿命锂电池循环寿命达到15000次,头部企业产品缺陷率达到了

PPB级别。全场景应用生态加速构建,国际贸易投资一体化深入推进。

围绕主要目标,《规划》聚焦加快全链条创新发展、推动产业转型升级、完善产业体系建设、提升产业科技服务能力、提升贸易投资合作质量和水平等五个方面提出19项重点任务。

《规划》要求,强化专项资金渠道统筹,推动新型电池关键技术攻关突破。支持符合条件的新型电池产业链骨干企业融资。深化新型电池领域产教融合,构建高端人才培养网络。推动建立公平竞争、健康有序的市场环境。

(中国化工报)