

“国家重点研发计划”

基于钢铁余热利用的海水淡化技术研发与示范

李 杨

(首钢集团有限公司, 北京 100041)

首钢是国内引入热法工艺进行海水淡化的较早企业之一, 已建成4套单机日产1.25万吨的低温多效海水淡化装置, 并已经稳定运行8年以上, 且热法海水淡化装置的负荷率和作业率均在国内名列前茅。在海水淡化相关领域, 首钢已申请国家专利10余项, 编写行业标准和国家标准3部, 具备大型低温多效海水淡化工程自主设计、自主制造、自主建设、自主运营的系统化能力。

基于多年海水淡化的研发和运行经验, 为了发挥国内在科研、材料、制造、工程等领域各个领先单位的优势, 积极推动“产、学、研、用”产业链联合攻关、协同创新, 2016年由首钢集团有限公司牵头, 联合首钢京唐钢铁联合有限责任公司、北京首钢国际工程技术有限公司、北京首钢机电有限公司、钢铁研究总院、哈尔滨工大金涛科技股份有限公司、天津渤化永利化工股份有限公司、中国船舶重工集团公司第七二五研究所、华东理工大学、天津大学、北京科技大学、北京交通大学等12家单位, 共同承担了“基于钢铁流程余热利用的海水淡化技术研发及示范”项目, 该项目被国家科技部列为国家重点研发计划“水资源高效开发利用”重点专项。本项目将在钢铁流程低品位余热回收、关键传热设备优化、浓盐水资源化利用、关键设备制造、核心材料开发等方面进行系统性研究和技术攻关, 最终建设运行单机规模大于3.0万 $\text{m}^3/\text{天}$ 的示范工程。

1 目的与意义

我国淡水资源贫乏, 已成为经济社会可持续发展的重大瓶颈, 海水淡化是当前我国非常规水资源开发利用的重要途径, 但海水淡化的能源成本依然是影响海水淡化推广使用的关键因素。目前, 沿海地区的钢铁企业需水量巨大, 该类企业的低品位余热种类多, 但回收利用效率低, 更没有充分与海水淡化进行有针对性的系统对接研究。本项目针对钢铁企业低品位余热的特点, 并结合低温多效蒸馏海水淡化工艺, 系统提出了能够充分利用钢铁工业低品位余热的海水淡化技术路线, 使余热高

效应用于海水淡化的生产过程, 进而降低海水淡化的运行成本, 减少环境热污染, 拓展海水淡化的应用领域。

2 总体目标

本项目紧密结合首钢京唐钢铁联合有限责任公司即将建设的基于钢铁余热利用的海水淡化工程(二期)开展针对性的研发工作, 最终目标是攻克低品位余热利用于海水淡化的技术路线, 实现余热回收利用率 $>90\%$; 创新性地建设余热利用低温多效机组, 单机规模 $>3.0\text{万}\text{m}^3/\text{天}$; 建设10万吨/年浓盐水综合利用示范工程, 主要产品满足国家标准; 建成系统性示范工程, 工程国产化率 $\geq 95\%$; 项目知识产权: 申报专利20项以上, 形成标准2项以上。

3 研究内容

本项目共分为五个课题, 分别从钢铁低品位余热高效利用、大型低温多效机组设计优化、浓盐水资源化利用、关键设备加工制造、耐腐蚀材料研发以及工程项目示范等重大问题及关键技术方面开展系统研发, 技术路线图见图1。

课题1: 钢铁流程低品位余热高效利用技术开发与研究

针对钢铁流程低品位余热尚存在数量大、回收率低、回收难度大、应用领域窄等系列问题, 本项目将低品位余热资源与热法海水淡化低温低压蒸汽热源需求相结合, 将分散的低品位工业余热资源(如冲渣水、热风炉烟气、锅炉烟气等余热)以洁净介质(除盐水)换热回收并用于海水淡化, 形成低品位余热高效换热及余热供应自稳定自平衡技术。

课题2: 大型低温多效海水淡化机组优化设计及示范

针对低温多效关键设备的高效换热工艺及结构优化问题, 本项目将通过换热过程进行试验和模拟研究, 掌握影响换热效率的关键工艺参数和设备结构参数, 开

作者简介: 李杨(1965—), 男, 教授级高级工程师, 现任首钢集团有限公司副总工程师兼总工程师室主任,

E-mail: Ly@mail.shougang.com.cn.

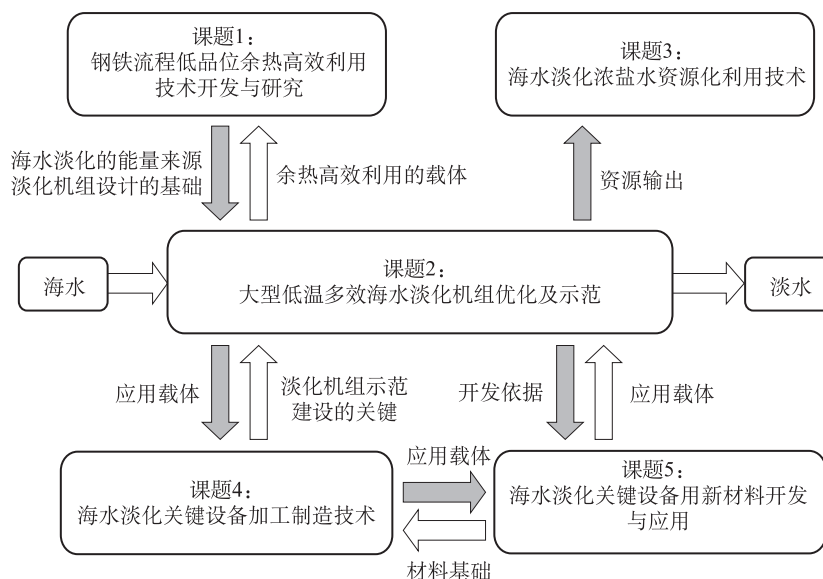


图1 技术路线图

展大型蒸发机组的结构优化研究,提高过程换热效率,为大型低温多效海水淡化装置的工程建设提供直接支撑,设计以低品位余热为热源的大型低温多效蒸馏海水淡化成套装置。

课题3: 海水淡化浓盐水资源化利用技术

针对海水淡化浓盐水缺乏有效利用、淡水回收率偏低的问题,本项目将开发海水有价元素梯级分离及资源化利用、海水二次淡化/深度浓缩等关键技术及装备,构建钠、镁、钙、溴素等有价元素整体利用系统,防止环境污染,分摊海水淡化成本,并大幅提高淡水回收率,形成以“脱硬软化-二次淡化”为核心的海水淡化浓盐水综合利用技术。

课题4: 海水淡化关键设备加工制造技术

针对大型低温多效海水淡化设备高精度高效加工、双相不锈钢焊接工艺及焊接变形控制、现场总成安装等技术难题,开展大型低温多效海水淡化机组中的蒸发器、内部冷凝器、补给水加热器、上下游冷凝器、上下游喷射器、热压缩机等关键设备的加工制造技术研究,形成大型低温多效海水淡化关键设备的设计、加工、焊接及组装技术。

课题5: 海水淡化关键设备用新材料开发与应用

针对海水淡化关键设备采用进口双相不锈钢成本高昂的问题,项目将开发低成本的新材料和特种防腐技术,以替代进口双相不锈钢等关键耐蚀材料。建立和完善腐蚀评价标准体系,开展海水淡化关键设备用耐蚀合金复合板的全轧制复合理论、生产技术和服役性能研究,开发长效特种防腐涂层的制备及应用技术,形成具有良好技术经济性的耐蚀复合板和特种防腐涂料。

4 预期效果

项目实施将在钢铁流程低品位余热回收、关键传热

设备优化、浓盐水资源化利用、关键设备制造、核心材料开发等方面形成具有自主知识产权的系列核心技术。预期申报专利20项以上,发表学术论文63篇以上,形成标准2项以上。目前国内制造的低温多效海水淡化装置最大单机规模为2.5万吨/天,本项目预期建设>3.0万吨/天的海水淡化装置,标志着我国热法海水淡化单机规模将实现新的突破。该项目的工程示范作用明显,将直接为曹妃甸百万吨海水淡化进京项目奠定重要的技术基础,对探索解决京津冀地区严重的淡水资源短缺问题也具有积极意义。

项目实施将取得显著的经济、社会和环境效益。利用钢铁流程余热可制得蒸汽量合计约240万吨/年,折合节约燃煤约1.5亿元/年(按当地价格),通过钢铁流程余热制取淡水来替代地表水资源合计约1200万吨/年,折合约1.44亿元/年(按当地价格),两者合计每年可为企业节约成本2.94亿元/年。项目开发的核心技术、核心材料、核心装备,可推广应用到海水淡化、海洋工程、余热回收、含盐废水综合利用等多个产业领域。在环境保护方面,通过余热回收可减少CO₂排放77.86万吨/年,SO₂排放0.25万吨/年,氮氧化物排放0.22万吨/年,一氧化碳排放0.68万吨/年;通过构建钢铁-盐化工新型循环经济产业链,可节省滩晒盐占地面积,有效保护海洋生态环境,实现海水淡化产业的绿色和可持续发展。

通过“基于钢铁流程余热利用的海水淡化技术研发及示范”项目所涉及的工艺、设备、制造、材料及产业链延伸等一系列关键技术研发及示范工程建设,将增加和提高钢铁流程低品位余热利用的途径和效率,大幅度降低海水淡化的制水成本,突破低温多效海水淡化大规模推广应用的瓶颈,对于促进钢铁企业的节能降耗、全面提升我国大型低温多效海水淡化工程技术水平,具有重要的理论研究和工程应用意义。