

# 冷凝液罐乏汽再利用装置的应用

原亚军

(山西兰花科技创业股份有限公司新材料分公司)

**摘 要:**在化工行业生产过程中,蒸汽凝液系统往往伴随大量乏汽放空的现象。这类乏汽不仅携带大量可回收的热量,造成能源浪费的同时,冬季放空气的冷凝水易引发地面结冰、地面水泥粉化破坏等安全隐患。随着“双碳”目标推进及企业降本增效需求的日益迫切,乏汽回收已成为化工行业节能改造的关键方向。

**关键词:**乏汽利用;热水罐;蒸汽分布器

## 1 引言

本文以乏汽再利用装置为研究对象,结合兰花科创新材料分公司的应用实例,系统阐述装置的技术原理、工艺流程优化路径及应用成效。通过对比改造前后的工艺参数、能耗数据及环境状况,采用数据分析法与现场实证法,全面评估装置的技术可行性与经济社会效益。

## 2 对原始工艺的剖析

### 2.1 原始工艺流程

以兰花科创新材料分公司脞化反应装置冷凝液系统为例,工艺流程为:

(1)外界送来的0.45MPa、0.3MPa的蒸汽凝液送至冷凝液罐,冷凝液经泵送至脱盐水装置回收利用,冷凝液罐气相经放空冷凝器冷凝回收凝液,不凝气高点放空。

(2)热水罐热水经0.25MPa蒸汽加热至95℃,供各用户使用。

流程简图如图1。

### 2.2 原始工艺存在的弊端

(1)生产过程中,冷凝液罐乏汽经冷凝器冷凝,冷凝器不凝气放空量很大,导致大量蒸汽放空,造成能源浪费。

(2)冷凝器不凝气放空量很大,现场环境较差,冬季地面结冰导致安全隐患的同时又造成地面水泥粉化严重。

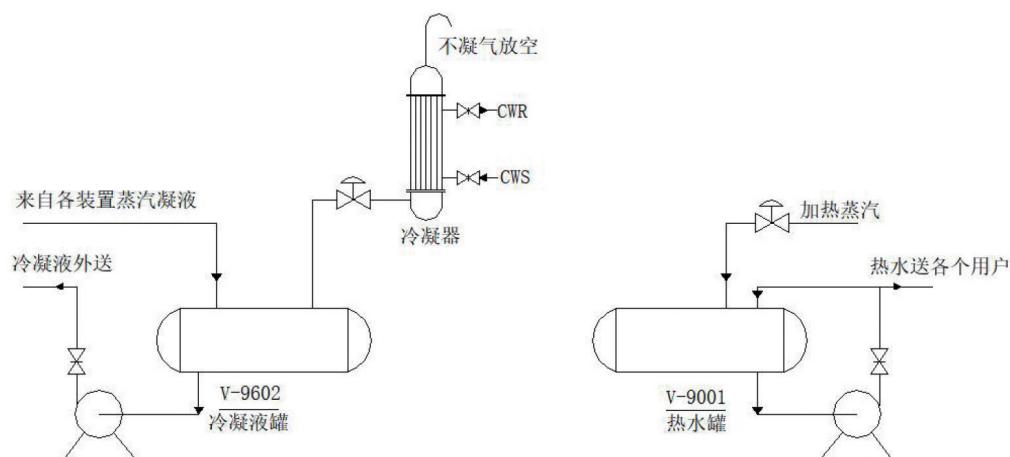


图1 新材料分公司脞化反应装置冷凝液系统流程简图

(3) 冷凝液罐乏汽经冷凝器冷凝, 造成循环水浪费的同时又导致乏汽热量的浪费, 造成能源浪费。

### 3 改造后冷凝液罐乏汽再利用装置的工艺流程

#### 3.1 用凝液罐放空乏汽替代热水罐蒸汽

将凝液罐放空乏汽的热量回收利用, 将凝液罐乏汽放空管线引至热水罐罐底, 并设计蒸汽分布

布器, 防止热水罐振动。正常生产时, 放空乏汽送至热水罐, 关闭原设计至冷凝器的流程, 流程简图如图2。

#### 3.2 使用自主设计的蒸汽分布器

蒸汽分布器形式为: 蒸汽总管直径 150mm, 蒸汽管线末端设计 3 根长 400mm、直径 50mm 的支管, 每根支管上又设 35 根长 100mm、直径 15mm 的分布管, 每根分布管上设数个直径 2mm 的细孔, 具体结构图如图 3。

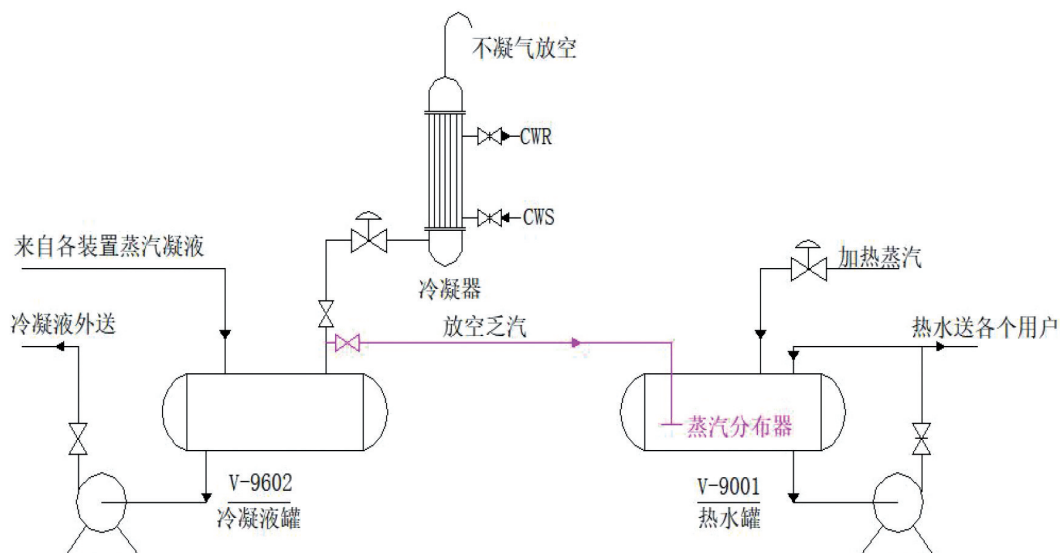


图2 改造后流程简图(紫色为改造内容)

### 3.3 调整工艺参数

将冷凝液罐压力由 40Kpa 提升至 70Kpa,热水罐压力由 40Kpa 降至 5Kpa,在确保外界冷凝液能送进冷凝液罐的同时,又保证冷凝液罐放空乏汽能够进入到热水罐;改造后,热水罐蒸汽阀门开度由 33% 减为 0%,每小时减少蒸汽消耗约 4t。

## 4 冷凝液罐乏汽再利用装置的应用成效与效益分析

### 4.1 技术运行效果

装置在兰花科创新材料分公司投用后,实现了预期目标:

(1)乏汽回收效率达到 100%,冷凝液罐放空现象完全消除,热水罐水温稳定维持在 95℃,满足生产用户需求;

(2)系统运行稳定,蒸汽分布器有效避免了热水罐震动问题,改造后设备故障率较之前下降为零;

(3)原放空冷凝器停运,减少了循环水消耗及相关设备维护的工作量。

### 4.2 经济效益核算

以蒸汽单价 120 元/吨、年运行时间 8000 小时计算,改造后经济效益显著:

(1)直接节能效益:热水罐新鲜蒸汽用量由 4t/h 降至 0t/h,年节约蒸汽 35040t,年节省蒸汽成本 384 万元;

(3)间接成本节约:减少地面维护、冷凝器运维等费用,每年额外节约成本约 5 万元;

(4)投资回报周期:整套装置改造投资约 80 万元,静态投资回收期约 3 个月。

### 4.3 社会与环境效益

(1)安全环境改善:现场乏汽放空量降至零,彻底解决冬季地面结冰隐患,地面水泥粉化问题得到遏制,作业环境安全性与整洁度显著提升。

(2)在能耗减排方面,该技术成效显著:蒸汽折标煤系数按 0.09 吨标煤/吨蒸汽计算,通过技术应用,企业每年可节约蒸汽能耗折合 2880 吨标准煤。这一节能成果直接减少了能源消耗与对应碳排放,为企业稳步推进“双碳”目标提供了有力支撑。

(3)资源利用优化:因冷凝器停运,循环水消耗减少约 15t/h,降低循环水生产负荷。

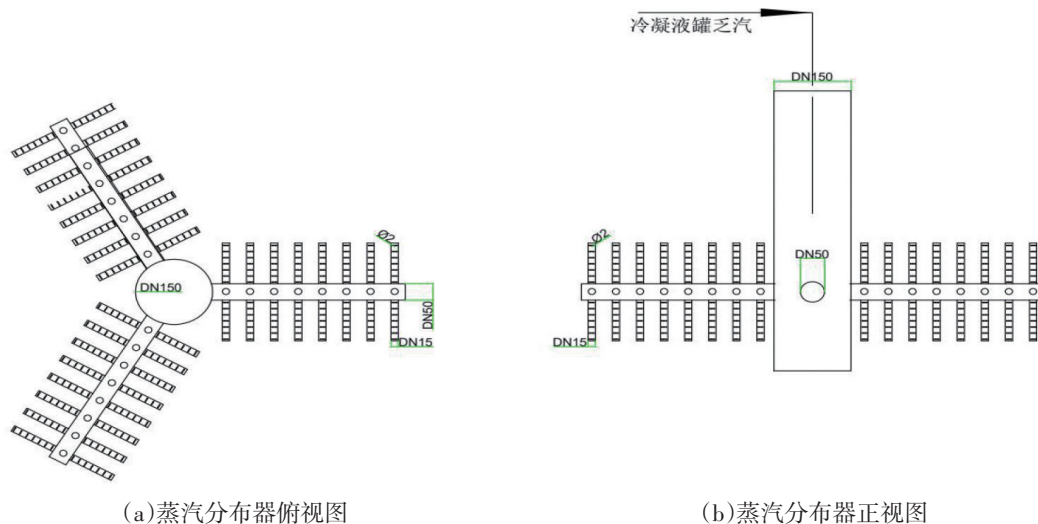


图3 蒸汽分布器结构图

## 5 装置推广价值与应用前景

### 5.1 适用范围

该装置具有“低投资、易操作、高适配”的特点,尤其适用于化工行业中采用低压蒸汽加热的水装置,包括但不限于:

(1)石油化工领域的肟化、硝化、加氢等反应装置配套热水系统。

(2)煤化工行业的原料预处理及产品分离工序热水加热系统。

(3)精细化工企业的溶剂回收与物料干燥用热水制备系统。

### 5.2 与同类技术的对比优势

相较于机械蒸汽再压缩(MVR)等高端乏汽回收技术,该装置的推广优势体现于:

(1)投资成本低:无需购置压缩机等大型设备,改造投资仅为MVR技术的1/10~1/5。

(2)操作难度小:仅通过管线改造与压力调控实现运行,无需专业运维团队。

(3)改造周期短:单套装置改造可在72小时内完成,对生产中断影响极小。

## 6 结论与展望

### 6.1 研究结论

冷凝液罐乏汽再利用装置通过工艺流程重构、专用分布器设计与压力参数优化,成功解决了传统凝液乏汽放空难题。在兰花科创新材料分公司的应用实践表明,该装置运行安全可靠,可实现乏汽热量100%回收,年节约蒸汽成本384万元,同时消除了现场安全隐患与环境问题,兼具显著的技术可行性与经济社会效益。

### 6.2 未来展望

未来可从两方面进一步优化装置性能:一是结合智能化控制技术,开发乏汽流量与热水温度的自动调节系统,提升变负荷工况下的适应能力;二是拓展应用场景,研究将该技术与低温余热回收系统结合,实现多品位热量的梯级利用,为行业节能降碳提供更有力的技术支撑。

(上接第34页)

[2] ZHAO C, JU S, XUE Y, et al. China's energy transitions for carbon neutrality: challenges and opportunities [J]. Carbon Neutrality, 2022,1(1): 7.

[3] LIU F, CAO W, ZHANG J, et al. The technological innovation progress and development direction of the 14th five-year plan period in Chinese coal industry [J]. Journal of China Coal Society, 2021,46(1): 1-15.

[4] 刘万波. “双碳”目标下煤炭企业高质量发展路径思考[J]. 中国煤炭工业, 2022(05): 12-14.

[5] 王利政, 陈慧. 践行“国家能源·责任动力”谱写煤炭行业可持续发展新篇章[J]. 中国煤炭工业, 2025(10): 6-8.

[6] 贾县民, 王喜莲, 翟桢桐. 碳达峰视阈下煤炭工业高质量发展内涵、评价及发展路径[J]. 西安科技大学学报, 2022,42(03): 589-599.

[7] LIN B, LAN T. The transmission of coal price shock to Chinese industry: Sub-sectors and regions heterogeneity [J]. Energy, 2025,316: 134471.

[8] DAVIDSON M R. Managing the decline of coal in a decarbonizing China [J]. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 2024,15(6): e918.

[9] 宫宇飞. 新时期煤炭企业成本管理的问题及对策[J]. 中国集体经济, 2025(26): 73-76.

[10] PERVUKHIN D A, TANG L. ENHANCING OPERATIONAL EFFICIENCY IN COAL ENTERPRISES THROUGH CAPACITY LAYOUT OPTIMISATION: A COST-EFFECTIVENESS ANALYSIS [J]. Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, 2024,7(3).