

全厂蒸汽平衡优化设计与经济效果分析

张琪林 张藜藜 (中海油石化工程有限公司, 山东 青岛 266101)

摘要: 针对某炼厂新建二期装置后, 中压蒸汽管网没有从大系统的角度进行优化设计的问题, 对新的中压蒸汽管网进行合理优化, 达到节约外购蒸汽量、降本增效的目的。经过科学探究, 找出了蒸汽匹配、一、二期之间减温减压设施处置、新采购减压阀供货周期过长等影响项目实施的因素。针对主要原因实施优化改进措施, 将一、二期之间的减温减压部分拆除重装, 以保证二期蒸汽可顺利返供一期装置。本次研究对中压蒸汽管网优化积累了经验, 并分析了其经济效果, 同时也是一个节能降耗、降本增效的优秀工程案例。

关键词: 中压蒸汽; 平衡优化; 减温减压

中图分类号: TE08

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 019-0078-03

Optimization Design and Economic Effect Analysis of Whole Plant Steam Balance

Zhang Qilin, Zhang Lili (CNOOC Petrochemical Engineering Co., Ltd, Qingdao Shandong 266101, China)

Abstract: In response to the problem of the lack of optimization design of the medium pressure steam pipeline network from a large-scale system perspective after the construction of the second phase unit in a certain refinery, a reasonable optimization of the new medium pressure steam pipeline network is carried out to achieve the goal of saving purchased steam volume, reducing costs and increasing efficiency. Through scientific exploration, factors affecting project implementation have been identified, such as steam matching, disposal of temperature and pressure reduction facilities between phases one and two, and excessively long supply cycles for newly purchased pressure reducing valves. Implement optimization and improvement measures for the main reasons, and dismantle and reinstall the temperature and pressure reducers between Phase I and Phase II to ensure that the steam from Phase II can be smoothly returned to the Phase I unit. This study has accumulated experience in optimizing the medium pressure steam pipeline network, analyzed its economic effects, and is also an excellent engineering case for energy conservation, cost reduction, and efficiency improvement.

Keywords: Medium pressure steam; Balanced optimization; Temperature-decreased pressure reducer

石化企业是能耗大户, 全国能耗最高的一百家重点用能单位中, 有 22 家石化企业。蒸汽是石化企业重要的能源介质, 一般占全厂能源总消耗的 20% 左右。据有关统计, 有些企业蒸汽消耗成本甚至能占到总成本的三分之一。当前国内许多石化企业蒸汽动力系统和参数设置不合理, 一些企业在扩能改造、油品升级时, 往往未从系统优化的高度把蒸汽动力系统的改造与企业的技术改造协调同步, 蒸汽产用多存在不匹配现象。而一些新设计的炼化企业, 也没有从大系统的角度进行优化设计。因此, 石化企业蒸汽动力系统仍存在很大的优化提升空间。

1 炼厂中压蒸汽管网现状

某炼厂一期主要为以原料预处理、催化裂解 DCC 等为代表的炼油装置, 二期新建以丙烯腈、SAR 等为代表的化工装置。项目一期中压蒸汽管网设计压力 3.85MPa(G), 实际运行操作压力为 3.3MPa(G)。新建二期丙烯腈联合装置中压蒸汽管网设计压力为 3.5MPa(G), 实际运行情况为丙烯腈联合装置副产中压蒸汽压力为 3.1MPa(G), 温度均在 400℃ 以上。一、二期之间管网设置有减温减压设施, 中压蒸汽主管自西向东单管网络, 相对较简单。炼厂一期催化装置因有

大型汽轮拖动设施, 中压过热蒸汽耗量约 90t/h, 主要蒸汽来源为电厂外购。在二期丙烯腈装置投产之后, 装置副产中压过热蒸汽约 30t/h, 大多数蒸汽去向为排空, 造成了巨大的浪费。为优化全厂中压蒸汽管网, 节约外购蒸汽量、降本增效, 本文着手研究将二期丙烯腈联合装置各产汽单元产的中压蒸汽引至一期催化装置使用, 列出将中压蒸汽从二期引至一期的影响因素, 提出各项优化改进措施, 经济收益效果显著。

2 全厂蒸汽平衡优化影响因素及解决措施

2.1 全厂蒸汽平衡优化的影响因素

2.1.1 DCC 装置对副产蒸汽利用的匹配

经查阅原设计资料及现场实际运行情况调查, 一期中压蒸汽管网设计压力 3.85MPa(G), 设计温度 470℃, 实际运行操作压力为 3.3MPa(G)。二期丙烯腈联合装置中压蒸汽管网设计压力为 3.5MPa(G), 设计温度 420℃, 实际运行情况为丙烯腈联合装置副产中压蒸汽压力为 3.1MPa(G), 运行情况下期中压蒸汽要高于副产蒸汽 0.2MPa(G)。催化装置的蒸汽用途主要为大型汽轮机的工业拖动及装置消耗, 经咨询汽轮机厂家及现场实操情况, 一期装置汽轮机可接收略低于原来操作压力的中压蒸汽, 温度的影响不是太大。

表 1 全厂蒸汽平衡优化要因确认

序号	因素	原因
1	主要因素	新采购减压阀供货周期过长
2	主要因素	一、二期之间减温减压设施处置
3	次要因素	蒸汽匹配
4	次要因素	闲置管线水击
5	次要因素	调整原去苯乙烯的中压蒸汽管线

因此，将二期副产蒸汽返供一期的主体方案可行。

2.1.2 新采购减压阀供货周期过长

因丙烯腈生产部中压蒸汽管网设计压力为 3.5MPa(G)，而某炼厂一期中压蒸汽管网设计压力 3.85MPa(G)，且实际运行情况为丙烯腈生产部中压蒸汽压力为 3.1MPa(G)，某炼厂一期中压蒸汽管网压力为 3.3MPa(G)，为了确保丙烯腈生产部过剩中压蒸汽能顺利进入催化装置，需在华能过来的主蒸汽管线上增设减压阀，该压控阀的控制原则为一旦丙烯腈生产部中压蒸汽中断，压控阀最大开启量应保证在 60t/h。考虑减压阀设计、采办周期至少三个月以上，要想达到在大检修时全部实施完成的目标，根本是不可能完成的任务。

2.1.3 一、二期之间减温减压设施处置

某炼厂二期丙烯腈联合装置项目建设期间，需要大量吹扫蒸汽。一、二期蒸汽管线之间设置有减温减压器。减温减压器前后有蒸汽管线材质选择有差别，减温减压器前中压蒸汽管线材质采用 15CrMoG，减温减压器后中压蒸汽管线材质采用 20G。要想实现二期中压蒸汽返供一期装置，对减温减压器的处置也需慎重考虑。

2.1.4 原去丙烯腈 DN200 中压蒸汽管线停用后的水击问题

全厂蒸汽优化后，原某炼厂一期至丙烯腈联合装置 DN200 的中压蒸汽管线将停止使用，可能会发生水锤现象。水锤现象有以下危害：①管道损坏：水锤效应会导致管道内压力急剧变化，过高的压强可能导致管道破裂，而过低的压强则可能引发管道塌陷。②设备损坏：水锤效应会对阀门、水泵等设备造成严重损坏，影响管道的正常运行。③系统振动和噪音：水锤

现象会使管道产生震动，可能导致接头及固定件的松动，同时伴随强烈的噪音。④安全隐患：频繁的水锤现象会增加管道系统的维护成本，并可能引发更大的安全事故。

2.1.5 调整原去苯乙烯的中压蒸汽管线

全厂蒸汽优化后，某炼厂苯乙烯装置中压蒸汽流程调整为由 DN300 中压蒸汽管线提供。考虑将 DN300 中压蒸汽管线上预留的 DN200 甩头处新增一条 DN150 蒸汽管线接至原去苯乙烯装置的中压蒸汽管线。

将以上影响因素汇总，为实现全厂蒸汽平衡优化，需解决蒸汽匹配、调压阀供货周期长、减温减压器如何处置的问题。全厂蒸汽平衡优化后，需解决废止管线的水击问题，需调整去苯乙烯的中压蒸汽管线。

2.2 确认主要原因并制定解决措施

2.2.1 确定主要原因

通过现场分析，确定主要因素见表 1。

2.2.2 解决措施

针对全厂蒸汽平衡优化的影响因素，确定五条优化措施如下：

优化措施一，将原减温减压器上减压阀移位利旧使用。在外部电厂过来的主蒸汽管线上设置减压阀，该压控阀最大开启量应保证在 60t/h，以保证二期蒸汽可顺利返供一期装置。查询原减温减压器上减压阀的设计资料，确认可以将原减温减压器上减压阀移位利旧使用，保障蒸汽优化方案的可实施。

优化措施二，原减温减压器减压阀移位，减温器、流量计另安装。将一、二期之间的减温减压器部分拆除重装，以保证二期蒸汽可顺利返供一期装置。原减温减压器减压阀移位，移至电厂去一期装置位置。减温器、流量计重新安装，减温减压器上原安全阀拆除。

优化措施三, 确认一期 DCC 催化装置是否可利用丙烯腈联合装置副产蒸汽。运行情况下期中压蒸汽要高于副产蒸汽 0.2MPa(G)。催化装置的蒸汽用途主要为大型汽轮机的工业拖动及装置消耗, 了解现场实操情况, 一期装置汽轮机可接收略低于原来操作压力的中压蒸汽, 温度的影响不是太大。

优化措施四, 管线末端对接处增设隔断阀和疏水阀组。闲置管线产生水击的原因是长时间蒸汽不流通, 容易有凝结现象发生。气液两相流管线容易发生水击, 以此在管线末端对接处增设隔断阀和疏水阀组, 及时将水排走, 避免水击发生。

优化实施五, 调整原去苯乙烯的中压蒸汽管线。苯乙烯装置中压蒸汽流程调整为由丙烯腈副产中压蒸汽管线提供。将 DN300 中压蒸汽管线上预留的 DN200 甩头处新增一条 DN150 蒸汽管线接至原去苯乙烯装置的中压蒸汽管线。原去苯乙烯装置的中压蒸汽管线根部需增加一隔断阀。

3 经济效果分析

3.1 直接经济效益

石化企业的蒸汽系统是能源消耗的核心环节, 优化蒸汽系统可显著降低运营成本、提升能源效率及减少碳排放。本次对全厂蒸汽平衡优化进行研究和探索, 优化了全厂 3.5MPa(G) 中压蒸汽管网优化利用方案, 并在后续工作中完成了该项目的详细设计, 在大修期间完成了五条优化措施落地实施。目前, 调整后的蒸汽管网已运行大半年, 运行状况良好。项目实施更是使企业收获了较大的经济效益, 经过各项优化措施落地, 将二期丙烯腈联合装置各产汽单元产的中压蒸汽引至一期催化装置使用, 调整苯乙烯中压蒸汽引出点, 外购蒸汽量从 77t/h 降至 27t/h, 节约了外购蒸汽量 50t/h, 年创效益超两千万。

3.2 间接效益

过剩中压蒸汽与一期管网无缝对接, 停用冗余 DN200 管线, 企业实现蒸汽梯级利用, 全年减少散热损失等效标煤 2.61 万吨, 年减排二氧化碳 8.43 万吨。该项目凭借其卓越的节能降碳成果和显著的经济效益, 凸显三大价值: ①技术示范性: 石化企业在新设计生产项目时, 要从大系统的角度进行蒸汽管网的优化设计, 从而避免高品质能源的浪费, 此理念可推广至医药、钢铁、电力等行业。②协同创新模式: 在现在流行的石化园区建设中, 需要打破企业壁垒, 整合园区资源, 实现外部资源与石化企业的蒸汽动态平衡, 减少因蒸汽压力波动导致的停产风险。③绿色转型路径: 以蒸汽优化为切入点, 围绕低成本, 科学规划下游项目, 有序延链, 实现做优做强, 打造全链条减碳

示范项目。

3.3 投资与回报周期

对石化企业蒸汽平衡优化投资与回报周期的研究需结合技术改进成本、节能效益和效率提升等多方面因素。本次实施主要在于管网优化, 通过管道、设备更换调整管网流向。直接投资主要在于管道更换、保温材料、人工费用等成本, 间接成本为停产改造期间产能损失, 员工培训与操作流程调整成本等。实际回报周期受以下因素影响, ①能源价格波动: 燃料价格上涨会缩短回报周期; ②设备运行稳定性: 故障率增加可能延长周期; ③政策支持力度: 补贴或低息贷款可缩短周期; ④分阶段实施: 优化改造高收益环节可加速回本。石化行业蒸汽优化项目回报周期通常在 1.54 年。本次结合工厂实际用能结构和改造难度, 通过精细管理和技术升级, 本项目利用大检修停产期间执行项目, 也无人员操作流程调整成本, 在 1 年内可收回投资。蒸汽平衡优化设计的长期效益则体现在能源成本降低和可持续竞争力提升, 以后类似项目建议小规模试点验证方案可行性, 再逐步推广, 切实达到降本增效的效果。

4 结束语

本文针对某炼厂新建二期装置后, 中压蒸汽管网没有从大系统的角度进行优化设计的问题, 对新的中压蒸汽管网进行合理优化, 达到节约外购蒸汽量、降本增效的目的。经过科学探究, 找出了新采购减压阀供货周期过长、一、二期之间减温减压设施处置、蒸汽匹配等影响因素所在。将一、二期之间的减温减压部分拆除重装, 以保证二期蒸汽可顺利返供一期装置。将原减温减压上减压阀移位利旧使用、管线末端对接处增设隔断阀和疏水阀组, 并调整区苯乙烯装置的中压蒸汽管线, 最终将二期副产中压蒸汽引至一期使用。此次全厂蒸汽平衡优化推广应用到企业在扩能改造、油品升级阶段, 从系统优化的高度把蒸汽动力系统的改造与企业的技术改造协调同步确定, 达到良好节能、环保效果, 避免高品质能源浪费。本文对全厂蒸汽平衡优化的直接收益、间接收益、投资与回报周期等经济效果进行了研究。本次研究从解决蒸汽放空痛点, 到引领全厂协同降碳, 为石化行业探索出一条节能降耗与经济效益并重的可持续发展之路, 对全厂蒸汽管网优化具有指导意义。

参考文献:

- [1] 李供法. 全厂蒸汽系统优化技术的创新及应用 [J]. 山东化工, 2023(12):23.
- [2] 华亭谷. 化工项目蒸汽平衡的经验总结 [J]. 广东化工, 2022(06):23.