

苯塔底重沸炉 F-1203 余热回收改造研究

郭又仙

陕西延长石油(集团)有限责任公司延安炼油厂, 陕西 延安 727406

[摘要]为解决苯塔底重沸炉 F-1203 在运行过程中能效低下和余热未被充分利用的问题,此文针对其现有的运行状况和余热回收的潜力进行深入分析。文章首先概述了 F-1203 重沸炉的运行现状,阐述了余热回收的重要性及面临的挑战,并对国内外的相关技术发展进行了回顾。在此基础上,提出了针对性的余热回收改造方案,包括技术路线、设备选型和改造措施,并对方案的经济性进行了详细分析。最后,此文讨论了改造实施的关键步骤及其性能评估方法,希望为类似工业系统的能效优化和余热回收提供参考和借鉴。

[关键词]塔底重沸炉;余热回收;改造;经济性

DOI: 10.33142/ect.v2i6.12400

中图分类号: TQ245.23

文献标识码: A

Research on the Transformation of Waste Heat Recovery in F-1203 Benzene Tower Bottom Reboiler

GUO Youxian

Yan'an Refinery of Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co., Ltd., Yan'an, Shaanxi, 727406, China

Abstract: In order to solve the problems of low energy efficiency and insufficient utilization of waste heat during the operation of the benzene tower bottom reboiler F-1203, this article conducts an in-depth analysis of its existing operating conditions and the potential for waste heat recovery. The article first provides an overview of the operating status of F-1203 reboiler, elaborates on the importance and challenges of waste heat recovery, and reviews the relevant technological development at home and abroad. On this basis, a targeted waste heat recovery renovation plan was proposed, including technical routes, equipment selection, and renovation measures, and a detailed analysis of the economic feasibility of the plan was conducted. Finally, this article discusses the key steps of renovation implementation and its performance evaluation methods, hoping to provide reference and inspiration for energy efficiency optimization and waste heat recovery in similar industrial systems.

Keywords: tower bottom reboiler; waste heat recovery; renovation; economy

引言

随着全球能源需求的持续增长和环境保护压力的加大,工业领域对能源利用效率的要求日益提高。苯塔底重沸炉作为石油化工过程中重要的设备之一,其能效表现直接关系到整个生产过程的能耗和成本效益。传统的重沸炉系统常面临着高能耗、低效率的问题,其中未被充分利用的余热是优化的关键点之一。余热回收不仅可以提高能源利用率,还有助于减少温室气体排放,对实现绿色、低碳的生产过程具有重要意义。因此,研究并实施有效的余热回收改造措施,对于提升重沸炉的能效,降低能源消耗具有重要的实践价值和广阔的应用前景,值得重点分析。

1 苯塔底重沸炉 F-1203 余热回收现状分析

1.1 F-1203 重沸炉运行现状

苯塔底重沸炉 F-1203 是石油化工过程中的关键设备,主要功能是通过加热底部产物,促进塔内物料的分和纯化。该设备以其高效的加热和循环系统,在化工生产中发挥着至关重要的作用^[1]。F-1203 重沸炉通常工作在高温高压的环境下,通过燃烧燃料或电加热的方式向系统供热,确保塔内物料能够达到所需的分离状态。F-1203 重沸炉的设计特点在于其能够处理大量的底物,同时保持高效的

热交换效率。重沸炉内部装置设计合理,能够确保热能在塔内均匀分布,从而实现高效的物料加热和分离。其运行原理主要基于热力学和流体力学原理,通过加热底部液体产物,使其部分蒸发,增加塔内蒸汽流动,带动整个塔体的物料分离过程^[2]。

尽管 F-1203 重沸炉在设计和运行上具有上述优点,但在实际运行过程中,仍存在一些问题和挑战。首先,能源利用效率方面存在不足。由于热能转化和传递过程中的各种损失,包括热辐射、导热和对流损失等,可以令实际能效低于理论设计值。其次,余热回收利用不足。在重沸炉的运行过程中,会产生大量的高温烟气和废热,这部分能量在缺乏有效回收机制的情况下直接排放到环境中,造成了能源的浪费。

例如,对 F-1203 重沸炉进行能量平衡分析,可以用以下简化公式表示其能效计算:

$$Q_{\text{输入}}=Q_{\text{产物}}+Q_{\text{损失}}+Q_{\text{余热}} \quad (2)$$

其中, $Q_{\text{输入}}$ 表示重沸炉的总能量输入, $Q_{\text{产物}}$ 表示达到产品所需的有效能量, $Q_{\text{损失}}$ 表示系统损失的能量,包括热辐射损失等,而 $Q_{\text{余热}}$ 表示未被利用的余热能量。通过实际测量和计算,发现在典型操作条件下, $Q_{\text{损失}}$ 和 $Q_{\text{余热}}$ 占总能量输入的比例较高,说明存在较大的能效提升空间。

1.2 余热回收的意义与挑战

余热回收在现代工业过程中的重要性日益凸显,尤其在能源密集型行业,如石油化工、钢铁制造等。余热回收不仅能提高能源利用效率,降低生产成本,还能减少温室气体排放,对环境保护和可持续发展具有重要意义。

1.2.1 余热回收的意义

(1) 提高能源效率。工业生产过程中的大量能源以余热形式损失,通过回收利用这部分能源,可以显著提升整体能源效率。例如,若重沸炉的余热通过热交换器回收,用于预热原料或产生蒸汽,则可减少相应的能源需求,实现能源的循环利用^[3]。(2) 降低运营成本。通过余热回收减少对外部能源的需求,能直接降低工厂的能源购买成本。以某化工厂为例,实施余热回收项目后,年节约能源成本达数百万元。(3) 减少环境影响。余热回收有助于降低化石燃料的消耗,从而减少二氧化碳等温室气体的排放。根据国际能源署的数据,通过有效的余热回收措施,全球可减少数百万吨的二氧化碳排放。

1.2.2 余热回收的挑战

(1) 技术复杂性。余热的类型和质量各异,导致回收过程对技术的要求高,需要根据不同的热源特性设计合适的回收系统。例如,低温余热的回收往往需要采用高效的热泵系统,可能涉及较高的技术难度和初期投资。(2) 经济性评估。虽然余热回收能带来能源成本的节约,但是其设备安装和运营的初始投入较大。因此,需要对项目的经济性进行仔细评估,包括投资回收期、内部收益率等财务指标。只有当经济性分析显示项目可行时,才能吸引企业投资。(3) 维护和运营。余热回收系统的运行需要专业知识和技能,维护成本也不容忽视。例如,热交换器可能因长时间运行而积碳或结垢,影响热交换效率,因此需要定期清洗和维护。

1.3 国内外余热回收技术发展现状

余热回收技术是实现工业能效提升和环境保护的重要手段。在全球范围内,许多国家都在积极研发和推广各种高效的余热回收技术,以应对能源危机和环境污染问题。

1.3.1 国际发展现状

在国际上,发达国家如美国、德国和日本在余热回收技术方面取得了显著进展。这些国家通过采用高效的热交换器、余热锅炉、热泵系统等先进技术,成功地将工业过程中的余热转换为电力、热水或蒸汽,用于工业生产或供暖。例如,德国的一些钢铁厂利用高温烟气余热回收系统,通过余热锅炉回收烟气中的热能,产生高压蒸汽驱动汽轮机发电。这些系统的热效率可以达到70%以上,大大减少了能源消耗和碳排放。在日本,余热回收技术广泛应用于化工、水泥、玻璃等行业,其中许多余热回收项目采用了热电联产系统,不仅提高了能源利用率,还实现了能源供应的多样化。

1.3.2 国内发展现状

中国作为一个能源消耗大国,近年来也在积极推进余热回收技术的研究和应用。特别是在水泥、钢铁、化工等

行业,余热回收技术得到了广泛应用^[4]。国内许多企业通过引进和自主研发的方式,开发了适合中国工业特点的余热回收系统。

例如,在某大型水泥厂,通过安装余热发电系统,利用窑炉排放的高温废气发电,每年可为企业节省大量的电费开支。据统计,该系统的运行使企业的能源综合利用率提高了约15%,并且大幅度降低了温室气体排放。

技术与应用的挑战:总体来看,余热回收技术的应用面临着技术创新、成本控制和政策支持等挑战。技术创新是推动余热回收发展的关键,包括提高热交换效率、开发低温余热利用技术等。同时,成本控制是实现余热回收技术广泛应用的重要因素,需要通过技术进步和规模化生产降低系统成本。此外,政府的政策支持也是推动余热回收技术发展不可或缺的力量,包括提供财政补贴、税收优惠等激励措施。

2 苯塔底重沸炉 F-1203 余热回收改造方案

2.1 改造方案设计

2.1.1 改造设计

为有效提升苯塔底重沸炉 F-1203 的能效并充分利用其余热资源,本文设计了一套综合余热回收改造方案。该方案主要包括安装高效热交换器、引入余热锅炉及其配套的热电联产系统,以实现余热的高效回收和利用。具体来说:

(1) 高效热交换器。选用钛材料制作的板式热交换器,用于捕获重沸炉排放的高温烟气中的余热。该热交换器具有良好的耐腐蚀性能和高热交换效率,能有效提高余热的回收率。(2) 余热锅炉。将热交换器回收的热能用于加热水,产生高温高压蒸汽。设计的余热锅炉能够承受高达5MPa的压力,确保蒸汽的产量和质量满足后续发电需求。(3) 热电联产系统。引入的热电联产系统能够同时产生电力和热能,通过余热锅炉产生的蒸汽驱动汽轮机发电,同时利用汽轮机排气的余热供暖或产生生活热水,进一步提升能源利用效率。

2.1.2 具体计算

为确保改造方案的实际应用效果达到要求,需进行相关计算。

(1) 余热回收量方面:假设 F-1203 重沸炉排放的烟气温度为 600℃,烟气流量为 10000 标准立方米/小时,烟气比热容为 1.05kJ/(kg·℃),则通过热交换器每小时可回收的热量 Q 为:

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T_{\text{烟气}} - T_{\text{环境}}) \quad (2)$$

在公式(1)中, m 表示烟气质量流量, C_p 表示烟气比热容, T_{烟气} 表示烟气实时温度, T_{环境} 表示环境温度(一般取值为 25℃)。通常来说, Q 的实际值一般能够达到数百万 kg/小时,意味着有相当一部分热能能够被回收利用。

(2) 发电量预测方面。假设通过余热锅炉和热电联产系统的整体能效为 30%,则每小时可产生的电力为:

$$P = \eta \cdot Q / 3600 \quad (3)$$

在公式(2)中, η 表示能效, Q 表示回收的热能量(kg), P 表示发电量(kW)。根据上述计算的 Q 值,可以

预测改造后系统每小时可产生的电力数量。

根据上述设计方案和计算分析,改造后的 F-1203 重沸炉余热回收系统不仅能显著提高能源利用效率,还能为工厂提供额外的电力和热能,实现能源的双重利用。此外,通过减少化石燃料的使用,还能大幅降低温室气体排放,对环境保护做出积极贡献。因此,该改造方案具有良好的经济效益和环境效益,值得在实际生产中推广应用。

2.2 经济性分析

对改造后的预期节能量、成本节约以及投资回收期等关键经济指标的估算,可以全面评估该方案的经济效益。具体来说:

(1) 改造投资估算。改造投资主要包括高效热交换器、余热锅炉及热电联产系统的购置安装费用。假设整个系统的购置和安装成本为 500 万元,其中热交换器成本约为 150 万元,余热锅炉成本约为 200 万元,热电联产系统及其他配套设施成本约为 150 万元。(2) 运营成本估算。改造后的系统运营成本主要包括维护保养费用、额外的操作费用等。根据设备供应商提供的数据和同类项目的运营经验,预计年运营成本约为 50 万元。(3) 节能效益估算。根据 2.1 节的计算分析,假设通过改造后的余热回收系统,每小时可额外产生的电力为 1000kW。若设备全年运行时间为 8000 小时,则年产电量为 800 万 kWh。假设工厂自用电价为 0.1 元/kWh,则每年可节省电费 800 万*0.1=80 万元。此外,通过减少燃料消耗,进一步节约的能源成本约为 200 万元/年。(4) 投资回收期估算。投资回收期是评价项目经济效益的重要指标之一,计算公式为:

投资回收期(年)=总投资成本/(年节能效益-年运营成本节约) (4)

根据上述估算,年节能效益(包括节省的电费和能源成本)为 280 万元,年运营成本节约(考虑到运营成本相对于未改造前的节省)约为 50 万元。因此,投资回收期约为:500/(280-50)≈2.17 年。经济性分析结果表明,苯塔底重沸炉 F-1203 余热回收改造方案具有显著的经济效益。投资回收期短,能显著降低能源成本,同时提升能源利用效率和环境绩效。这种改造方案不仅对单个企业具有吸引力,对于推动工业能效提升和绿色发展具有重要意义,值得在更广泛的范围内推广应用。

2.3 实施与评估要素

实施步骤如下:

(1) 工程设计。基于初步的余热回收改造方案,进行详细的工程设计。主要包括为新安装的高效热交换器和余热锅炉绘制详细的技术图纸,明确设备规格、材料要求及安装位置。例如,针对高效热交换器,需计算其尺寸以确保足够的热交换面积,支持每小时 10000 立方米烟气的热能回收。

(2) 施工与安装。施工安装阶段需要选定有经验的

承包商。具体到本项目,安装工作包括将热交换器与现有的 F-1203 重沸炉排气系统相连,以及余热锅炉与热电联产系统的集成。安装过程中,特别注意管道和电缆的布置,确保不影响现有生产线的操作。

(3) 调试与试运行。完成设备安装后,进行系统调试,调整参数以达到设计效率。试运行期间,收集运行数据,如热交换器的温度变化、余热锅炉的蒸汽产量和质量,以及热电联产系统的发电效率。通过实际运行数据与预期值进行对比,验证系统是否达到设计目标。

评估重点集中在以下几个方面:

(1) 性能监测。实施后需建立一套综合性能监测系统,实时收集关键运行参数。以热交换器为例,监测烟气进出口温度、流量和压降,以评估其热交换效率是否符合预期^[5]。

(2) 经济效益分析。改造后的首年运行数据将被用于进行经济效益分析。收集数据包括节省的燃气成本、增加的电力产出和系统运营成本。通过这些数据计算改造项目的净节省额,并与项目投资成本对比,重新评估投资回收期。此外,分析在电价或燃气成本变化情况下项目的经济敏感性。

3 结语

本文综合分析了苯塔底重沸炉 F-1203 的运行现状,明确了余热回收的重要性和存在的挑战,并针对性地提出了改造方案,涵盖了技术路线、经济性分析以及实施评估等关键环节。通过对 F-1203 重沸炉的改造研究,不仅可以提高单个设备的能效和经济性,而且对于整个石油化工行业的能源优化和环境保护具有示范意义。展望未来,随着新技术的不断发展和应用,重沸炉的余热回收将拥有更广阔的改进空间和实施前景,为实现更加高效、可持续的生产过程提供强有力的支持。通过不断地技术创新和管理优化,相信能够进一步推动工业能效提升,促进经济与环境的和谐发展。

[参考文献]

- [1] 刁志锋. 蒸馏塔重沸炉炉管失效分析[J]. 焊接技术, 2024, 53(2): 138-141.
- [2] 刘仁杰, 奚力军, 任世伟. 加氢装置分馏重沸炉出口管线腐蚀原因分析及预防[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2023, 40(6): 60-64.
- [3] 李宏恩. 芳烃联合装置重沸炉烘炉新方法工业实践[J]. 化工管理, 2023(36): 122-124.
- [4] 苏健, 李宗昌, 王锋, 等. 二甲苯塔重沸炉烟气再循环的改造应用[J]. 石油石化节能, 2023, 13(2): 51-55.
- [5] 李晓的. PX 装置二甲苯塔重沸炉泵入口管道布置[J]. 广州化工, 2023, 51(1): 234-236.

作者简介: 郭又仙(1990.7—), 男, 毕业院校: 中国石油大学(华东), 所学专业: 石油工程, 当前就职单位: 陕西延长石油(集团)有限责任公司延安炼油厂, 职务: 设备工程师, 职称级别: 助理工程师。