

化工行业板式换热器传热效率优化技术研究与经济性分析

李连明 武德强 (山东鲁北企业集团总公司, 山东 滨州 251900)

摘要: 板式换热器在化工行业中具有重要作用, 通过技术创新和设计改进, 可以显著提高传热效率, 减少能源消耗, 进而降低运营成本, 提高经济效益。本文从化工行业板式换热器传热效率优化的必要性、关键技术研究、优化技术实施分析、板式换热器经济性分析等方面进行深入探讨, 提出了通过提高传热效率来降低企业的生产成本、能源开支, 并提升整体经济效益的方法。结合市场发展前景的分析, 本文为化工行业板式换热器的经济性能优化提供了理论依据和实践指导, 具有较高的经济价值和应用潜力。

关键词: 化工行业; 板式换热器; 传热效率, 经济性

中图分类号: TQ051.5 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 017-0078-03

Research on Heat Transfer Efficiency Optimization Technology and Economic Analysis of Plate Heat Exchangers in the Chemical Industry

Li Lianming, Wu Deqiang (Shandong Lubei Enterprise Group General Company, Binzhou Shandong 251900, China)

Abstract: Plate heat exchangers play a crucial role in the chemical industry. Through technological innovation and design improvements, their heat transfer efficiency can be significantly enhanced, reducing energy consumption and operational costs while improving economic benefits. This paper conducts an in-depth exploration of the necessity of optimizing heat transfer efficiency in plate heat exchangers, key technological research, implementation analysis of optimization techniques, and economic evaluation of plate heat exchangers in the chemical industry. It proposes methods to lower production costs and energy expenditures while enhancing overall economic efficiency by improving heat transfer efficiency. Combined with an analysis of market development prospects, this study provides theoretical foundations and practical guidance for optimizing the economic performance of plate heat exchangers in the chemical industry, demonstrating significant economic value and application potential.

Keywords: Chemical industry; Plate heat exchanger; Heat transfer efficiency; Economic analysis

板式换热器是一种新型的高效换热设备, 广泛应用于化学、化工等行业的液-液、液-汽热交换。它因具有换热效率高、热损失小、使用寿命长等优点, 成为了企业提升生产效率、降低能源消耗的关键设备之一。^[1-2]随着能源成本日益上升, 优化板式换热器的传热效率不仅能显著降低生产成本, 还能提高企业的经济效益和市场竞争力。^[3-4]进一步研究和开发板式换热器的优化技术, 尤其是在化工行业中, 对于实现能效提升、节能降耗、推动绿色生产及可持续发展具有重要的战略意义。

1 化工行业板式换热器传热效率优化的必要性

在众多换热设备中, 板式换热器是换热性能较好的一种, 因其具有传热系数高、结构紧凑、易拆洗等优点, 在化学、化工、医药等领域中得到了广泛应用。尤其是在化工行业, 被应用于原料预热、产品冷却、余热回收、废热利用等多个流程环节。随着化工行业的不断发展, 企业对换热器传热效率的要求也越来越高。在化工生产中, 高效的传热效率意味着更低的能源消耗、更高的生产效率以及更强的市场竞争力。因此, 优化板式换热器的传热效率显得尤为重要。

尽管板式换热器有很多优点, 但由于板式换热器

的流道形状复杂, 叠放方式多种多样, 且板体、横梁及螺栓的强度直接影响换热器的工作范围和使用寿命, 导致板式换热器在工艺优化提升方面也面临着诸多困难。比如, 其流道形状复杂, 不像一些传统换热设备的流道那样规整, 这给热量传递的精确计算和优化带来了挑战。板式换热器的叠放方式多种多样, 不同的叠放方式会影响其传热性能。并且, 板体、横梁及螺栓的强度对换热器的工作范围和使用寿命有着直接的影响。板体如果强度不足, 可能在高压等工况下出现变形甚至损坏; 横梁和螺栓的强度不够, 会影响整个换热器的结构稳定性, 从而限制其工作范围。多个因素相互交织, 使得我们对板式换热器进行工艺优化提升的难度大大增加。在未来, 需要深入研究板式换热器的工作原理和结构特性, 攻克这些难题, 以更好地满足化工行业日益增长的需求。

1.1 流体的流动状态会影响板式换热器的传热效率

湍流能够增强流体与板片之间的热量交换, 是最理想的流动状态。但是, 在实际工作过程中在流体的雷诺数较低时容易形成层流, 从而导致传热系数下降。为了提高板式换热器的传热效率, 可以通过优化板式换热器的流道设计、增加扰流元件及调整流体流量等

方式促使产生湍流。流体的进出口温差过大或流量不稳定也会导致板式换热器传热不均匀，从而影响整体换热效率和性能。

1.2 流体的物理性质对板式换热器传热效率有着直接影响

流体的黏度、密度、比热容和导热系数等物理性能参数对板式换热器传热效率和效果有着直接的影响。比如，高黏度的流体会使流动阻力增加，导致流速大幅降低，从而减少了湍流的力度，减弱了对流传热效果；流体中的悬浮颗粒或杂质也可能会在板式换热器的板片表面形成沉积层，增加板式换热器的热阻，导致传热效率降低。

1.3 板片的结构和材料是影响板式换热器传热效率的关键因素

板式换热器板片的波纹形状、厚度和排列方式直接影响着流体的流动路径和接触面积。合理的波纹设计可有效增加湍流强度，减少边界层厚度，提高板式换热器的传热效率。同时，板片材料的导热性能也对板式换热器传热效率有着直接的影响。一般来说，不锈钢、钛合金等常用的金属材料具有较高的导热系数，但不同材料的抗压能力和耐腐蚀性是存在差异的，选择合适的材料可以一定程度上延长设备使用寿命并保持高效的传热效率。

2 化工行业板式换热器传热效率优化关键技术研究分析

2.1 板式换热器板片制造关键技术研究



图 1 板式换热器结构图

板式换热器是由换热板片、密封垫片、固定板、活动板、立柱和夹紧螺栓等重要零部件构成。^[4] (板式换热器结构图如图 1 所示) 其中，板片是板式换热器的核心部件，是决定板式换热器换热能力的重要组成部分。板片的制造工艺水平决定着板片成形质量，板式换热器板片是由金属薄板冷冲压而成形，如果制造工艺流程不达标就容易导致板片出现起皱、破裂和回弹等质量问题。通过深入研究出现起皱、破裂和回弹等质量问题的成因，通过先进制造技术预防和解决

质量缺陷问题，有利于保障板片的优良品质。比如，在成型阶段，通过优化模具设计，确保模具的几何形状和尺寸与板料的变形特性相匹配，以减少应力集中和不均匀变形。

2.2 板式换热器结构优化关键技术研究

板式换热器的结构设计和材料选择对板式换热器的传热性能有着决定性影响。传统的平板式结构虽然简单易制，但由于平滑的表面容易导致流体形成层流边界层，阻碍热量的有效传递，使得板式换热器传热效率上难以达到理想状态。通过改进板片的几何结构，可有效提高换热器的传热系数。比如，增加波纹、凸起、凹槽等扰流结构可有效破坏流体的层流边界层，促进湍流发展，提高传热效果。在优化过程中，研究人员可凭借先进的计算流体力学 (CFD) 技术和实验手段，对板片上的扰流结构进行细致的分析和调整。

2.3 流体动力学关键技术研究

深入研究流体在板式换热器中的流动特性，特别是湍流和层流的转换机制，有助于工作人员找到提升传热效率的最佳流体动力学条件。通过数值模拟和实验研究相结合，可精确分析流体的温度场、速度场和压力场的分布，发现板式换热器传热过程中存在的问题。在实际操作中，流体的雷诺数 (Re) 是衡量流动状态的重要指标参数。当雷诺数较低时，流体呈现层流状态，板式换热器的传热效率较低；而当雷诺数较高时，流体进入湍流状态，板式换热器的传热效率会有显著提高。

2.4 智能控制系统关键技术研究

传统的换热器通常依赖人工调节，不能实时响应工况变化。而基于传感器技术和自动化控制系统的智能换热器，能够实时监测温度、压力、流量等关键指标参数，并根据反馈信息自动调整换热器的运行状态，确保其始终在最佳工况下工作。研究智能控制系统的关键技术的核心在于算法的设计。通过引入模糊控制、神经网络、自适应控制等先进的控制算法，可实现对复杂工况的精准控制。^[5] 比如，神经网络控制可以通过学习历史数据，预测未来的工况变化，提前做出调整，进一步提高系统的稳定性和响应速度。

2.5 板式换热器与热回收再利用关键技术研究

在化工行业中，大量的废热被直接排放到环境中，造成了一定的能源浪费。通过使用板式换热器，积极研究和应用废热回收技术，将废热转化为有用的能源，进一步提高企业整体能源利用效率，是化工行业提高能源利用效率、降低生产成本的有效手段之一。热能的再利用还可以结合余热发电、热电联产等其他能源管理系统，通过将废热转化为电能或蒸汽，可以使化

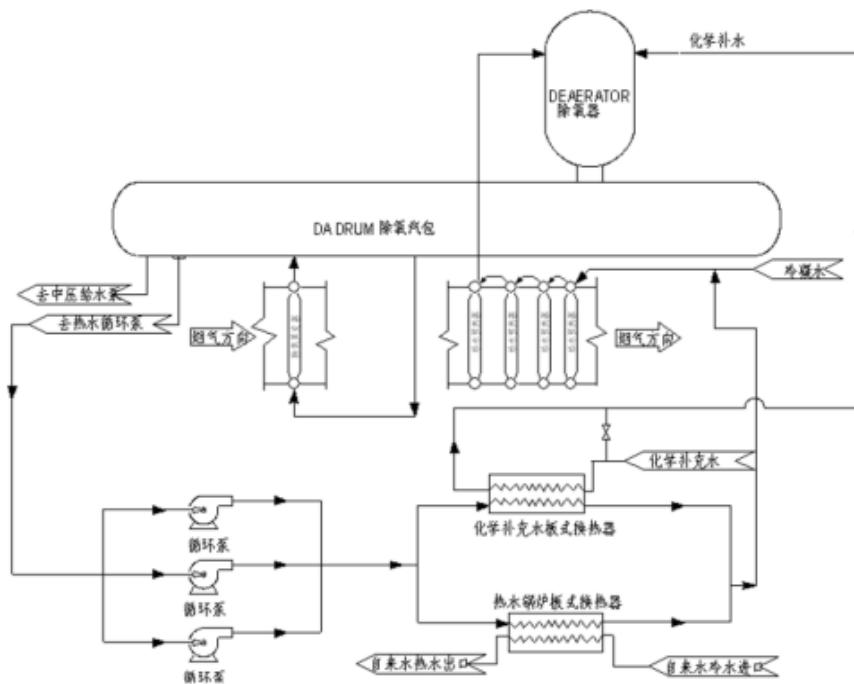


图 2 某化工企业余热锅炉除氧系统水循环图

工行业减少对传统能源的依赖，减排降碳成效显著。比如，某化工企业为了能够对化工生产过程中产生的余热进行充分利用，安装了一套自动化的余热锅炉除氧系统水循环系统。该余热锅炉除氧系统水循环系统的余热锅炉是无补燃、卧式、双压、自带除氧系统的水-汽自然循环余热锅炉。在自除氧系统中，公司额外配置了两台高品质的板式换热器，一台板式换热器主要是为自来水系统（热水锅炉）提供换热，给企业职工提供生活用水；另一台板式换热器主要是为企业化学补水提供换热，并设置了旁路，参与余热锅炉除氧系统水循环的运行（如图 2 所示）。^[6]

3 化工行业板式换热器经济性分析

在化工行业的生产运作中，换热器作为关键设备，对于整个生产流程的效率、能耗以及成本控制都起着至关重要的作用。其中，板式换热器以其独特的性能优势，在化工企业中逐渐得到广泛应用。板式换热器有着较高的传热效率，能够快速地实现热量的传递，从而提高整个化工生产流程的运行速度。在能耗方面，其紧凑的结构设计减少了热量的散失，有助于降低能源消耗。并且，板式换热器的成本相对较低。这一系列的优势使得板式换热器在化工行业的众多生产环节中脱颖而出，成为提高生产效益、降低成本的有力工具。比如，在山东某大型化工企业的合成氨车间的冷凝器中，板式换热器的应用展现出了卓越的效果。板式换热器的结构设计独特，其特殊之处在于极大地增加了传热面积。这一特性使得热量传递的基础条件得

到极大优化。流体在板片间能够形成湍流状态，这种湍流状态对于传热系数的提升有着显著的作用。传热系数的提高直接促使氨气的冷凝效果产生了质的飞跃。在化工生产中，氨气冷凝效果的提升不仅仅确保了产品质量达到更高的标准，而且在能耗方面实现了大幅的降低。与此同时，在有机化工产品的精制过程中，该企业将板式换热器用于回收反应热，成功将废热转化为有用能，进而为后续的生产环节提供所需的热量，有效地减少了企业对外部能源的依赖程度，使得企业的能源利用效率得到显著的提升。

4 结束语

随着化工行业的快速发展和国家环保政策要求的不断提高，板式换热器在化工行业的市场需求将继

续保持增长。随着新材料、新工艺和智能化技术的不断进步，板式换热器的性能和工作效率也将得到进一步提升。未来，随着化工生产规模的不断扩大，对板式换热器的需求也日益增加。特别是在大型石油化工、精细化工等领域，高效的板式换热器对于提高化工行业企业生产效率、减排降碳具有重要推进作用。

参考文献：

- [1] 张文毓. 钛制板式换热器在海水淡化中的应用 [J]. 钛工业进展. 2009,26(01):31-35.
- [2] 张长民. 板式换热器泄漏原因及防护措施 [J]. 化学工程与装备. 2016,(08):250-252.
- [3] 杨崇安, 李宜全. 板式换热器氦质谱检漏技术应用 [J]. 科技视界. 2017,(01):329-330.
- [4] 吴军. 板式换热器传热与流动分析 [J]. 内燃机与配件. 2018,(02):87-89.
- [5] 赵柳达. 重介选煤自动化控制系统存在问题及优化方案 [J]. 内蒙古煤炭经济. 2024,(01):34-36.
- [6] 刘芹莉. 板式换热器在余热锅炉系统的应用 [J]. 工程技术研究. 2016,(08):96-97.

作者简介：

李连明 (1975-)，男，汉族，山东滨州人，助理工程师，大学本科，毕业于中国石油大学（北京），研究方向：化工工程、化学分析、化工机械设计及质量管理。
武德强 (1976-)，男，汉族，山东滨州人，大学本科，毕业于北京理工大学，助理工程师，研究方向：化工工程、化学分析、化工机械设计及质量管理。