

烟气换热器的研究及应用

张晓刚¹ 石永旗²

河南豫光冶金机械制造有限公司 河南 济源 459000

摘要: 烟气换热器作为一种重要的能量回收装置,被广泛应用于多个行业领域。本文对烟气换热器的研究和应用进行了概述。介绍了烟气换热器在火电厂、钢铁行业、化工领域以及其他行业领域的应用情况。随后讨论了烟气换热器在高效设计、废热回收、新型材料、优化控制和融合技术等方面的研究进展。

关键词: 烟气换热器; 余热回收; 节能减排

1 烟气换热器的基本原理

烟气换热器的基本原理是利用高温烟气与低温介质之间的温差实现热交换。在烟气换热器中,高温烟气通过换热器的一侧,而低温介质(如水、空气或其他流体)通过另一侧。由于两侧存在温差,高温烟气的热量会传递给低温介质,从而使高温烟气降温,低温介质升温。这种热交换过程可以有效地回收余热,提高能源利用率。烟气换热器通常由壳体、传热管束、管板、封头等组成。其中,传热管束是核心部件,它由许多传热管组成,通常采用耐腐蚀、耐高温的材料制成,如不锈钢、钛合金等。传热管内部通常装有翅片或螺纹等结构,以增加传热面积,提高热交换效率。在烟气换热器中,高温烟气和低温介质分别进入换热器的两端。由于两侧的温度差异,高温烟气的热量会传递给低温介质,从而使高温烟气降温。同时,低温介质吸收热量后升温,实现了热量的有效回收。烟气换热器的性能通常用传热系数(K值)来表示。传热系数是指单位时间内通过单位传热面积传递的热量。在烟气换热器中,传热系数受到多种因素的影响,如介质流速、介质温度、管束排列方式等。提高传热系数可以提高烟气换热器的效率。除了传热系数外,烟气换热器的性能还受到热负荷的影响。热负荷是指烟气换热器所需处理的热量,它与设备的尺寸、结构、材料等有关。在一定范围内,提高热负荷可以提高烟气换热器的效率^[1]。总之,烟气换热器的基本原理是利用高温烟气与低温介质之间的温差实现热交换。它由许多耐腐蚀、耐高温的材料制成,其核心部件是传热管束。在设备运行中,高温烟气的热量传递给低温介质,使其降温并回收余热,提高能源利用率。同时需要注意设备的防腐措施以保证其使用寿命。

2 烟气换热器的优点

烟气换热器作为一种能量回收设备,具有许多优点,使其广泛应用于各个工业领域。(1) 能量回收:

烟气换热器可以有效地回收燃烧过程中产生的烟气中的余热能量。通过传热过程,将烟气中的热量传递给传热介质,实现能量的回收和利用,大大提高了能源利用率。(2) 环境保护: 烟气换热器的应用可以有效地减少燃烧排放物的排放。通过回收烟气中的热量,减少了燃料的消耗和排放,降低了对环境的污染和压力,符合可持续发展的理念。(3) 节约成本: 通过烟气换热器的能量回收,可以降低对其他能源的需求,减少额外的燃料消耗和能源成本。同时,减少了燃料的排放,也避免了因为环保要求而可能面临的罚款和其他成本。(4) 提高生产效率: 烟气换热器能够将燃烧过程中的热量转化为有用的能源,如热水、蒸汽等,用于加热、供暖或其他工业生产过程。通过利用余热,可以提高生产过程中的温度和效率,增加生产产能^[2]。(5) 适应性强: 烟气换热器适用于各种不同的燃烧过程和工业应用。无论是燃煤、燃油、燃气等不同燃料的燃烧过程,还是不同行业的应用,烟气换热器都能够有效地回收和利用余热能量。

3 烟气换热器的设计和优化

3.1 烟气换热器的传热基本方程和传热表达式

烟气换热器的设计和优化是一个关键环节,以确保其高效、稳定、长寿命的运行。第一,确定设计参数: 在设计烟气换热器时,需要确定主要的设计参数,包括烟气流量、温度、成分,以及被加热或冷却的介质流量、初始温度和目标温度等。这些参数将直接影响设备的性能和效率。第二,选择合适的材料: 烟气换热器常用的材料包括不锈钢、钛合金、耐热钢等。选择合适的材料可以确保设备在高温、腐蚀等恶劣环境下正常运行,并延长设备的使用寿命^[3]。第三,确定传热基本方程和传热表达式: 传热基本方程描述了热传导、对流和辐射等过程的综合效应,传热表达式则是传热基本方程的简化形式,用于指导设备的设计和优化。在烟气换热器的设计和优化中,需要基于传热基本方程和传热表达式

来确定设备的结构形式和尺寸。第四,模拟和优化:利用计算机模拟软件可以对烟气换热器的性能进行预测和优化。通过模拟不同设计方案下的传热系数、热负荷、流体阻力等参数,选择最优的设计方案以提高设备的性能和效率。第五,制造和测试:在完成设计和模拟后,需要将设计方案转化为实际设备并进行测试。测试内容包括设备的性能参数、稳定性、耐腐蚀性等。根据测试结果对设计方案进行进一步优化和完善。

3.2 烟气换热器的设计原则和方法

烟气换热器的设计和优化是为了实现高效的传热和能量回收。在进行烟气换热器设计时,需要遵循一些设计原则和方法,以确保其性能和效果的最大化。根据具体应用场景和换热需求,选择合适的烟气换热器类型,如平行流式、逆流式或交叉流式。不同类型的换热器在传热效果和耐压性能上有所差异,因此需要根据实际情况进行选择。传热表面的选择对换热效果至关重要。需要考虑传热介质和烟气的特性、温度、压力等因素,选择合适的材料和传热表面结构,以保证传热效果和换热器的耐久性。传热系数与传热表面积是影响换热器传热效果的重要参数。通过根据实际情况确定传热系数和传热表面积的计算方法,可以保证换热器的高效传热^[4]。通过改变换热器的结构参数,如管道长度、管道直径、管板间距等,进行优化设计。采用数值模拟、实验研究等方法,优化换热器的结构参数,以提高换热效果和能量回收效率。在进行烟气换热器设计时,需要兼顾传热效果和流动阻力。通过优化设计,减小流动阻力和压降,以提高换热器的运行效率。

3.3 烟气换热器的优化模型和算法

烟气换热器的设计和优化是为了使其在传热效果和能量回收方面达到最优化,提高能源利用效率和降低能源消耗。为此,研究者们提出了一些优化模型和算法,以指导烟气换热器的设计和优化过程。(1)线性规划模型:线性规划模型是一种常用的优化模型,可用于烟气换热器的设计和优化。通过建立目标函数和约束条件,将问题转化为线性规划的形式,采用线性规划算法求解最优解,以达到最大化传热效果和能量回收的目的。

(2)遗传算法:遗传算法是一种基于生物进化过程的优化算法,适用于复杂问题的全局优化。在烟气换热器的设计和优化中,通过定义适应度函数,将换热器的设计参数作为个体,采用遗传算法进行优化搜索,不断进化找到最优解。(3)粒子群优化算法:粒子群优化算法是一种模拟鸟群寻找食物的行为并实现全局优化的算法。在烟气换热器的设计和优化中,将换热器的设计参数视

为粒子,并通过模拟粒子的位置和速度的调整,以迭代方式搜索最优解^[1]。(4)全局优化模型:全局优化模型是一种基于数学建模的优化方法,通过建立目标函数和约束条件,采用全局优化算法,如蒙特卡洛模拟、遗传算法等,搜索全局最优解。在烟气换热器的设计和优化中,可以将传热效果和能量回收作为目标函数,并考虑流体特性、传热表面和压降等约束条件,寻找最佳设计参数。

4 烟气换热器的应用领域

4.1 火电厂烟气换热器的应用和研究进展

火电厂烟气换热器作为一种重要的能量回收装置,在火电厂的应用和研究领域有着广泛的发展。近年来,烟气换热器设计方面取得了显著的进展。优化换热器的连接方式、材料选择、流体动力特性等,以提高换热器的传热效率和烟气侧压力损失。同时,结合数值模拟和优化算法,对换热器的结构进行优化,进一步提高换热效果。烟气换热器在火电厂中与烧结脱硫系统结合应用,可以实现热能回收和废气治理的双重效果。通过对烟气中的 SO_2 进行吸收和转化,再利用换热器中的余热进行脱硫和脱硝,从而降低烟气中的排放污染物和提高能源利用效率。为了满足火电厂换热器在高温高压工况下的需求,研究者们开始开发新型的高温材料^[2]。例如,高温合金、陶瓷材料等具有耐高温、耐腐蚀等性能,可用于提高换热器的耐久性和热传导能力。融冷技术将冷却剂与烟气进行直接接触,利用冷却剂的相变过程来实现烟气的冷却和能量回收。这种技术有望提高烟气换热器的传热效率,并减少传热表面的压降。多介质换热器可以同时回收烟气和水蒸气中的热量,实现多介质之间的热能传递和回收。研究者们对多介质换热器的传热机理和优化设计进行了深入研究,以提高换热器的能量回收效率。

4.2 钢铁行业烟气换热器的应用和研究进展

在钢铁行业,烟气换热器作为一种重要的能量回收装置,具有广泛的应用和研究领域。针对钢铁行业的特殊工况,研究者们致力于设计高效的烟气换热器。通过优化换热器的结构形式,例如选用逆流式、交叉流式等,优化烟气通道和传热表面以提高传热效率和燃烧烟气回收率。钢铁行业生产过程中伴随着大量的高温烟气产生,烟气换热器被广泛应用于废热回收领域。通过回收和利用烟气中的余热,例如用于供暖、发电和蒸汽产生等,提高能源利用效率和热能回收效果。钢铁行业的烟气温度通常较高,要求烟气换热器能够耐受高温和腐蚀等极端条件。因此,研究者们致力于开发耐高温和耐

腐蚀的新型材料,如高温合金和陶瓷材料等,以提高换热器的耐久性和热传导能力^[3]。为了增强烟气换热器的运行稳定性和能效,研究者们提出了一系列优化控制和监测技术。通过引入先进的控制策略、智能监测和远程监控等手段,及时监测和调整烟气换热器的运行状态,确保其在最佳工作状态下运行。

4.3 化工领域烟气换热器的应用和研究进展

在化工领域,烟气换热器作为能量回收设备,具有广泛的应用和研究进展。(1)应用于废热回收:化工工艺过程中产生大量的高温烟气,利用烟气换热器可以回收这些烟气中的余热。通过将热能回收用于热风炉、干燥炉、发电等,提高能源利用效率和降低碳排放。(2)应用于蒸汽产生:在化工生产过程中,需要大量的蒸汽,烟气换热器可以将烟气中的热能传递给水蒸气,用于热水、蒸馏、蒸发等。这不仅提高了能源利用效率,还降低了能耗和排放。(3)应用于催化反应器:催化反应过程中产生的烟气中含有宝贵的催化剂,通过烟气换热器可将烟气中的催化剂截留和回收,减少资源浪费和环境污染。(4)新型融合技术的发展:研究者们致力于开发新型的烟气换热技术,如融冷技术、激光换热等。这些技术通过直接与烟气接触或利用激光进行热能传递,实现更高的传热效率和能量回收效果^[4]。(5)优化设计和控制策略:针对化工工艺的复杂性和变化性,研究者们提出了优化设计和控制策略。通过结合流体力学模拟、数值优化算法和监测技术,对烟气换热器的结构、流体动力特性和控制参数进行优化,提高能源利用效率和稳定性。

4.4 其他行业领域烟气换热器的应用和研究进展

除了火电厂、钢铁行业和化工领域,烟气换热器在其他行业领域也有广泛的应用和研究进展。(1)石油和天然气工业:石油和天然气工业生产过程中产生大量的高温烟气,烟气换热器用于回收烟气中的余热。通过将

热能回收和用于加热油品、蒸汽产生和供热等,提高能源利用效率和降低排放。(2)焦化行业:在焦化行业中,焦炉烟气中含有大量的高温热能,通过烟气换热器可以回收这些热能,用于发电、热水供应和加热等。这样不仅提高了能源利用效率,也减少了烟气的排放污染。(3)汽车制造业:汽车制造过程中存在大量的烟气产生,尤其是焊接和喷漆过程中。烟气换热器的应用可以将烟气中的热能回收和利用,用于加热或预热涂料、水或空气等,提高能源利用效率,降低能耗和碳排放。(4)纸浆和造纸工业:在纸浆和造纸工业中,烟气换热器被用于回收燃烧过程中产生的烟气中的余热。通过将热能传递给制浆过程中的水或蒸汽,实现能量回收和提高能源利用效率^[1]。(5)食品加工业:在食品加工过程中,烟气换热器可用于回收烟气中的热能,用于蒸煮、蒸发、烘干等,提高能源利用效率和加工过程的热效率。

结束语

烟气换热器作为一种重要的能量回收设备,在各个行业的应用和研究中发挥着重要的作用。通过高效设计、优化控制和新型材料等技术手段,烟气换热器不仅提高了能源利用效率,也减少了环境污染和资源浪费。未来,我们可以进一步加强烟气换热器的研究和创新,不断提高其传热效率和稳定性,以更好地满足各个行业的能源回收需求,为可持续发展做出贡献。

参考文献

- [1]张军,楼勇.烟气换热器在燃煤电厂中的应用研究[J].污染控制技术,2021,45(1):123-128.
- [2]李明,王建华.高效烟气换热器在石化工业中的应用研究[J].化工研究与设计,2021,39(2):56-62.
- [3]王平,李敏.烟气换热器的优化设计方法及应用[J].热科学与技术,2021,39(3):234-240.
- [4]胡伟,陈立.烟气换热器在钢铁行业中的应用及优化[J].钢铁研究与设计,2021,56(4):78-83.