

R134a 生产中的余热回收与综合利用技术研究

邓建强

(乳源东阳光氟有限公司, 广东 韶关 512600)

摘要: R134a 作为汽车空调的常用制冷剂, 在其生产过程中会释放大量的热量, 为了进一步提高能源利用效率, 需要引入余热回收与综合利用技术。对 R134a 生产中的余热进行了分析, 在此基础上, 分别探讨了 R134a 生产中的余热回收和综合利用技术, 为 R134a 生产中余热资源的高效利用提供了参考, 有助于推动化工行业的绿色生产与可持续发展。

关键词: R134a; 生产; 余热回收; 综合利用

在工业化日益深入的背景下, 制冷剂 R134a 的生产作为化工产业的重要组成部分, 其能耗和环境影响备受关注。R134a(1,1,1,2-四氟乙烷)作为一种高效且相对环保的制冷剂, 广泛应用于工业制冷系统中。然而, R134a 的生产过程涉及复杂的化学反应, 尤其是在氟化和加氢脱氯反应中, 产生大量的反应热, 如果不加以回收和利用, 不仅会造成能源浪费, 还可能增加生产成本和环境负荷。因此, 进行 R134a 生产中的余热回收与综合利用技术研究具有十分重要的现实意义。

1 R134a 生产中的余热分析

1.1 氟化反应的热量产生情况

在氟化反应中, 如三氯乙烯或四氯乙烯等原料与氟化氢反应, 通过氟化过程将碳氯键转化为碳氟键, 整个过程本质上是一个放热反应, 伴随着化学键的断裂和新键的形成, 产生大量的反应热。

由于氟原子的高电负性, 氟化氢与有机氯化物反应时, 氟化氢的氢氟键断裂, 氟原子与碳形成稳定的碳氟键, 这一键能的差异导致了明显的放热效应。该反应释放的热量不仅在反应器内部显现, 还通过热传导影响周围设备的热平衡状态。如果不对余热进行有效管理和利用, 这部分热量将会使反应器内的温度迅速升高, 导致反应失控, 影响产品的产率和质量, 同时增加设备的热应力, 缩短设备的使用寿命。

1.2 加氢脱氯过程中的热量释放

加氢脱氯过程涉及氢气与氯代氟化物的化学反应, 通过氢原子取代氯原子生成最终产品 R134a, 反应热主要来自于氯原子与氢原子之间的键能差异以及氯

原子被氢原子取代后形成的碳氢键的较高稳定性。

在工业生产中, 加氢脱氯反应通常在高温高压条件下进行, 化学反应速率较高, 同时伴随着大量热量的释放。然而, 由于反应速率的增加, 放热量也会随之增大, 导致反应器内部温度迅速上升。热量的持续释放对于加氢脱氯反应的稳定性构成了挑战, 如果反应器内部的温度得不到有效控制, 过高的温度可能引发副反应的发生, 生成副产物, 影响 R134a 的纯度^[1]。

2 R134a 生产中的余热回收技术

2.1 余热回收系统设计

2.1.1 适用于 R134a 生产的余热回收系统框架设计

在 R134a 生产过程中, 余热回收系统的设计是提高能源利用效率、降低生产成本的关键环节。为达到最佳的余热回收效果, 系统框架的设计需要充分考虑生产工艺的热量分布特性, 反应器热源的集中与分布情况, 以及不同工艺单元之间的热量传递与交换。

余热回收系统框架设计应从热源分析入手, 识别出生产过程中主要的放热单元, 如氟化反应和加氢脱氯反应。这些单元通常是整个生产流程中的主要热量来源。在确定主要热源位置后, 系统需要通过设置高效的热交换设备, 将反应中产生的余热从高温区迅速移除, 并将其转移至有热量需求的工艺段, 如物料预热或反应器加热。这一设计不仅能够维持反应器的温度稳定, 还能够有效利用余热, 减少对外部能源的依赖。

余热回收系统的核心组件通常包括换热器、余热锅炉以及热量储存装置。在 R134a 生产中, 换热器的选型和布置尤为关键。应选择耐腐蚀性强、换热效率

作者简介: 邓建强(1988—), 男, 本科, 工程师, 研究方向为化学工程。

高的设备,以适应氟化工艺的特殊需求。换热器应布置在氟化反应和加氢脱氯反应后的高温气体出口处,利用气体中的高温余热对低温进料进行预热,从而减少进料的外部加热需求。余热锅炉可利用高温余热进行蒸汽或热水的生产,为其他工艺单元提供热能支持。而热量储存装置则可以在生产需求不平衡的情况下,将多余的热量存储起来,用于生产高峰期或加热需求较大的工段。在整个系统中,还需要通过控制系统对余热回收过程进行实时监控与调节,以保证余热的最大化回收与合理利用。系统控制应具备自动调节功能,根据生产负荷和工艺需求变化,动态调整热量分配,避免过度回收或热量浪费。

2.1.2 反应器冷却系统的优化

通过对冷却系统的优化设计,可以实现对反应温度的精确控制,避免因过热导致副反应的发生,同时有效利用反应产生的余热,提升整体能源利用率。

(1) 考虑冷却介质的选择与流动路径的设计。合适的冷却介质不仅要具有高效的热传导性能,还要具备化学稳定性,能够在高温和反应环境中长期使用。常用的冷却介质包括水、油类或特定的热传导流体。流动路径的设计则应结合反应器的结构与反应过程中的热量分布情况,通过优化介质的流动速度与流量,确保冷却介质能够迅速吸收反应过程中产生的热量,避免局部过热现象。

(2) 冷却系统中换热设备的配置与布局直接影响冷却效率与反应稳定性。反应器外部通常设置有夹套式或盘管式换热器,这类换热设备能够提供均匀的冷却效果。通过调整换热器的传热面积与流动方式,可以进一步优化冷却效率。为减少热量损失,换热设备应尽可能靠近热源,并在必要时设置多级冷却系统,逐步降温,以实现精准的温度控制。

(3) 在冷却系统的优化过程中,自动化控制系统的引入也起到至关重要的作用。通过引入温度传感器与流量调节阀,控制系统能够实时监测反应器内部的温度变化,并根据生产需求动态调节冷却介质的流速与流量。这样的反馈控制机制有助于维持反应器内的温度稳定,使反应始终处于最佳温度范围内,进而提高反应效率与产品纯度^[2]。

2.2 关键设备与技术

2.2.1 热交换器的选择与布置

热交换器的选择需要考虑工艺流程中的温度、压力以及介质的性质。对于 R134a 生产中涉及的高温高

压条件,换热器材料必须具备优异的耐高温、耐腐蚀性能。常见的材料选择包括不锈钢、镍基合金以及其他耐腐蚀合金,以应对氟化反应中生成的腐蚀性介质。壳管式换热器由于其良好的耐压能力和传热效率,在高压反应器的冷却过程中表现出色,而板式换热器则因其紧凑的结构和高效的传热性能,适用于空间受限的工艺段和较低压的换热需求。选用何种类型的换热器,需要根据具体工艺条件、换热需求以及安装空间进行综合评估。

在热交换器布置方面,优化布置不仅能提高换热效率,还能减少热损失,保证整个系统的稳定运行。热交换器应尽可能布置在反应器或热源的附近,减少传热过程中热量的损失。对于多级反应工艺,可以采用串联和并联相结合的方式,将热交换器布置在反应产物流出和新鲜物料的输入之间,通过逐级传递热量实现能量的有效利用。多级热交换器的布置还可以通过调节各级换热器的流量和温度差,进一步优化余热的回收和利用。为了最大限度地利用热交换器的换热能力,还需合理设计换热器的流道布置。采用逆流换热方式可以显著提高热量传递的温差驱动力,从而增强传热效率。流道设计应尽量减少死角和滞流区,保证流体的均匀流动,防止局部过热或过冷现象的发生。

2.2.2 余热锅炉和余热利用设备

余热锅炉的设计应充分考虑 R134a 生产过程中产生的余热特性,尤其是热源的温度、流量和压力。高温高压的反应尾气是余热回收的主要来源,锅炉的结构设计需要能够承受这些苛刻条件,并高效转化余热为蒸汽。一般而言,水管式锅炉因其良好的耐压性能和换热效率,适用于处理高温高压余热。同时,锅炉的受热面积和换热表面积也是影响其效率的关键因素。通过合理的传热表面设计,可以增加换热效率,最大限度地回收余热。

余热锅炉产生的蒸汽或热水可以用于多种用途,如为其他反应器提供热能、驱动蒸汽涡轮发电机进行电能生产,或用于厂区的供暖系统。这些蒸汽或热水通过管道输送至不同的用能单元,实现能量的梯级利用,提高整个生产系统的能源利用效率。为了优化余热的利用效果,还需配置适当的余热利用设备。热电联产设备是余热利用的一个重要组成部分,通过将锅炉产生的蒸汽用于发电,同时利用发电过程中产生的废热进行进一步的加热或供暖,可以实现能源的高效综合利用。此外,吸收式制冷设备也可与余热锅炉联

动,通过利用低品位余热进行冷却水或空调的制冷,大幅减少电力消耗,提升整体生产工艺的能效。

余热利用设备的选择与配置应与工厂的整体能源需求和工艺流程紧密结合。在设计过程中,应充分考虑余热来源的稳定性和利用设备的能效匹配,避免能源的浪费和设备的低效运行。同时,余热利用系统的自动化控制也至关重要,通过智能控制系统可以实现余热锅炉与用能设备的动态调节和负荷平衡,确保整个系统在不同生产负荷下都能保持高效运行^[3]。

3 R134a 生产中的余热综合利用技术

3.1 余热的直接利用

通过合理的技术和工艺安排,生产过程中产生的余热可以被有效地用于加热反应物料和提供厂区供暖或工业用热水,从而实现资源的高效循环利用。

(1)应用于加热反应物料。R134a 的生产涉及多个化学反应步骤,这些反应往往需要在较高温度下进行,以保证反应速率和产物的选择性。通过将反应过程中产生的余热回收并引入到原料的预热系统中,能够显著降低原料预热所需的外部能源投入。具体而言,反应后的高温气体或液体可以通过热交换器与原料进行热量交换,直接将余热传递给原料,提升其温度。这种预热过程不仅可提高反应效率,还可减少对外部能源的依赖,优化生产过程的能量流动。在这种设计中,预热系统的热交换器应尽量靠近反应器出口布置,减少热量在传输过程中的损失,确保余热能够充分传递给反应物料。

(2)应用于厂区供暖和工业用热水。生产过程中产生的高温余热,可以通过余热锅炉转换成热水或蒸汽,供给厂区的供暖系统,维持厂区办公区域和生产车间的适宜温度。这种热源的利用不仅满足厂区的采暖需求,还减少传统供暖系统中的燃料消耗,实现能源的二次利用。同时,余热也可以用于提供工业用热水,通过将高温废气或余热蒸汽导入热水加热器中,产生供生产和生活使用的热水。这种热水可以用于设备清洗、工艺加热和员工洗浴等多个环节,大大降低工厂的整体能源消耗^[4]。

3.2 余热的间接利用

余热发电技术是将生产过程中产生的高温余热转换为电能的一种有效方式。这种技术通常通过余热锅炉产生的高压蒸汽驱动蒸汽轮机来发电。R134a 生产过程中,化学反应尤其是加氢脱氯反应释放出大量的高温气体,这些气体经过余热锅炉后生成高压蒸汽,蒸

汽再经过蒸汽轮机转化为机械能,最终通过发电机转化为电能。这种余热发电不仅能够满足部分厂区用电需求,还能将多余的电力回馈到电网中,实现能源的二次利用,减少对传统电力的依赖。在设计和运行余热发电系统时,需要充分考虑余热的温度和流量稳定性,确保系统能够持续高效运行。此外,余热发电系统的运行也需要与生产工艺紧密结合,通过智能化的控制系统实时调节发电机组的负荷,以适应生产波动,维持系统的整体效率。

除了用于发电,余热还可以用于其他工艺流程的辅助加热,进一步实现能源的梯级利用。在 R134a 的生产过程中,如物料的蒸发、蒸馏或精制等工艺步骤需要大量的热能。通过将反应产生的余热引入这些工艺流程,可以减少外部加热源的需求,提高整体能效。例如,高温反应气体可以通过热交换器直接加热进入蒸馏塔的物料,使其提前达到所需温度,可减少蒸汽或电加热的使用量。对于需要较低温度的工艺流程,可以利用经过余热发电后温度较低的废热,进行预热或辅助加热,使能量得到充分利用。在此过程中,关键在于合理设计热交换器的配置和热流分配,确保不同温度余热的有效分配和利用^[5]。

4 结语

综上所述,R134a 生产中的余热回收与综合利用技术不仅为节能降耗、提升生产效益提供了可行路径,也为推动化工行业的绿色转型奠定了重要基础。未来,随着技术的不断进步和应用经验的积累,余热回收与综合利用技术将在提高 R134a 生产效率、降低环境影响方面发挥更为重要的作用,为实现绿色化工生产提供坚实的技术支持。

参考文献

- [1] 李丕永,王瑞英,王永千,等. 1,1,2,2-四氟乙烷的制备和应用[J]. 化工设计通讯,2021,47(11):84-85.
- [2] 汪云,张文霞,宋建冬,等. Cr_2O_3 催化剂催化氟化 2-氯-1,1,1-三氟乙烷合成四氟乙烷[J]. 有机氟工业,2018(2):5-10.
- [3] 张丹妮,毛利敢. 制冷剂 1,1,1,2-四氟乙烷 HFC-134a 的合成工艺研究进展[J]. 山东化工,2016,45(5):40-41,44.
- [4] 关皓月,闫中天,孙会敏. 1,1,1,2-四氟乙烷国内外质量比对研究[J]. 中国新药杂志,2015,24(18):2153-2156.
- [5] 雷俊,张彦,龚海涛. 一种同时生产 1,1,1,2-四氟乙烷和二氟甲烷的方法[J]. 有机氟工业,2014(2):5-7.