

烷基化装置脱异丁烷塔重沸器的设计

李华楠

洛阳智达石化工程有限公司 河南 洛阳 471003

摘要：脱异丁烷塔重沸器在烷基化装置中扮演着至关重要的角色，其设计直接影响到装置的分离效率和运行稳定性。本文将从脱异丁烷塔重沸器的功能、类型、工作原理出发，详细阐述其设计要点，包括尺寸设计、热源选择、塔釜隔板设置以及稳定性设计等，并提出具体的优化方案，旨在为烷基化装置脱异丁烷塔重沸器的设计提供全面、具体的参考。

关键词：烷基化装置；脱异丁烷塔重沸器；设计

引言

脱异丁烷塔是烷基化装置中用于分离异丁烷的关键设备，而脱异丁烷塔重沸器则是脱异丁烷塔的核心部件。重沸器通过为塔底液相提供热量，使其部分汽化，形成气液混合物，从而在塔内实现混合物的高纯度分离。本文将深入探讨脱异丁烷塔重沸器的设计细节。

1 脱异丁烷塔重沸器的功能与类型

1.1 功能

脱异丁烷塔重沸器的主要功能是为塔底液相提供稳定的热量输入，使其达到汽化温度并部分汽化。这些气液混合物在塔内上升过程中，与从回流罐下来的轻组液相在塔板或填料层上进行多次部分汽化和部分冷凝，从而实现异丁烷与其他组分的高效分离。

1.2 类型

重沸器按循环方式可分为自然循环（热虹吸）和强制循环两种。自然循环重沸器依靠液体密度差形成的自然循环动力进行工作，无需外部泵送；而强制循环重沸器则需要外部泵来提供循环动力。按结构型式，重沸器可分为釜式、立式、卧式及内置式等。在烷基化装置中，立式热虹吸式重沸器因其结构简单、操作稳定、传热效率高等优点而得到广泛应用。

2 脱异丁烷塔重沸器的工作原理

脱异丁烷塔重沸器的工作原理基于热虹吸现象。在重沸器中，壳程介质（如导热油或蒸汽）被加热后密度降低，向上移动并从出口进入塔底，为塔底液相提供热量。同时，冷介质从入口进入重沸器壳程，吸收热量后部分汽化，形成气液混合物。这个过程中，热虹吸的起始动力来自于重沸器出入口的高位差（即液体介质的静压差），高位差越大，循环加热效果越好，温度控制越灵活。

3 脱异丁烷塔重沸器的设计要点

3.1 尺寸设计

重沸器的尺寸设计是确保其满足烷基化装置处理需求的基础。设计时需根据烷基化装置的规模和处理能力进行精确计算。以30万吨/年的烷基化装置为例，若选择导热油或低压蒸汽作为热源，重沸器壳体内径一般设计为1500mm左右。这一尺寸是基于流体流速、传热效率以及设备制造成本等多方面因素综合考虑的结果。随着装置规模的扩大，重沸器的尺寸也会相应增大，以满足更大的处理量。当单台重沸器无法满足需求时，可以采用多台重沸器并联使用的方式，以提高整体处理能力^[1]。在设计过程中，还需特别关注重沸器的换热面积和传热系数。换热面积的大小直接决定了重沸器的传热效率和处理能力，因此需要根据具体的工艺要求和操作条件进行合理设计。传热系数则与重沸器的结构、材料以及工作条件密切相关，设计时需选择具有合适传热系数的材料和结构形式，以确保重沸器的传热性能达到最佳。

3.2 热源选择

重沸器的热源选择是设计过程中的另一个重要环节。常见的热源包括导热油和低压蒸汽等。导热油具有热稳定性好、传热效率高等优点，但成本相对较高；而低压蒸汽则成本较低，但传热效率相对较低。在选择热源时，需要综合考虑成本、传热效率、操作稳定性以及热源的供应稳定性和可靠性等多方面因素。如果热源供应不稳定或不可靠，将直接影响到重沸器的正常工作和烷基化装置的运行稳定性。因此，在设计时，需要确保热源的供应稳定可靠，并设置相应的备用热源或应急措施。例如，可以采用双热源设计，当主热源出现故障时，可以迅速切换到备用热源，以确保重沸器的连续稳定运行。^[1]

3.3 塔釜隔板设置

在塔釜设置隔板是提高重沸器传热效率的有效手

段。隔板的作用是将塔釜分为两个区域：进料区和出料区。通过隔板将这两个区域隔开，可以避免冷热流体直接混合，从而提高传热温差和传热效率。具体来说，当重沸器进料进入塔釜时，首先进入进料区，与塔釜中的冷液体进行换热。由于隔板的存在，热流体无法直接进入出料区，而只能在进料区内循环加热。这样，进料区的温度会逐渐升高，而出料区的温度则相对较低。这种温度差异有助于提高传热效率，使重沸器能够更高效地加热和汽化液体。同时，出料区的冷液体也会通过隔板下方的开口进入进料区，继续与热流体进行换热。这样，就形成了一个稳定的循环加热过程，使重沸器能够持续、高效地工作。

3.4 稳定性设计

重沸器的稳定性设计是确保其长期稳定运行的关键。在设计时，需要考虑重沸器的结构强度、密封性能以及操作弹性等多方面因素。首先，重沸器的结构强度需要满足其承受高温、高压和腐蚀性介质的要求。为此，需要选择具有足够强度和耐腐蚀性的材料来制造重沸器，并确保其结构形式能够承受住恶劣的工作条件。其次，重沸器的密封性能也是至关重要的。如果密封性能不好，会导致介质泄漏和能量损失，甚至可能引发安全事故。因此，在设计时，需要采用可靠的密封结构和材料，如采用双道密封或金属石墨密封等，以确保重沸器的密封性能良好。最后，操作弹性也是重沸器稳定性设计的重要考虑因素^[2]。由于烷基化装置的操作条件可能会发生变化（如原料组成、操作压力等），因此重沸器需要具有一定的操作弹性来适应这些变化。为此，在设计时，需要考虑重沸器的调节范围和适应能力，如设置可调节的进料口和出料口、采用可变的传热面积等，以确保其在不同的操作条件下都能保持稳定的运行。

4 脱异丁烷塔重沸器的优化方案

4.1 提高传热效率

在结构设计方面，首先需要对管束排列方式进行改进。传统的管束排列方式往往存在管间死区，导致流体湍动程度不足，传热效率受限。因此，可以采用更紧密的管束排列方式，如错列与顺列相结合的方式，以减少管间的死区，提高流体的湍动程度。同时，为了进一步增大换热面积，可以考虑采用特殊形状的管束，如扁管或椭圆管。这些特殊形状的管束能够更有效地利用空间，提高换热效率。除了管束排列方式的改进，还可以在重沸器内部管壁上加工出翅片、螺旋槽或波纹等结构。这些结构能够增大流体与管壁之间的接触面积，增强换热效果。此外，还可以采用内插物，如扭曲带、螺

旋线圈等，来进一步提高传热效率。这些内插物能够引导流体在管束内形成更强烈的湍流，从而增强传热效果。在换热管束的选择上，也需要注重材料的传热性能。传统的换热管材料往往传热系数较低，导致传热效率受限。因此，可以选用具有更高传热系数的换热管材料，如铜合金、铝合金或高效不锈钢。这些材料具有优异的传热性能，能够显著提高重沸器的传热效率。同时，还可以考虑采用内表面经过特殊处理的管子，如内螺纹管、内翅片管或内螺旋槽管。这些特殊处理的管子能够进一步增大换热面积，提高传热效率。^[2]

在传热介质的选择方面，也需要注重其导热性能。传统的传热介质如水或蒸汽往往导热系数较低，无法满足高效传热的需求。因此，可以选择具有高热稳定性和良好传热性能的合成导热油作为传热介质。合成导热油具有优异的导热性能，能够更有效地传递热量，提高重沸器的传热效率。同时，如果条件允许，还可以采用高压或超高压蒸汽作为热源。通过优化蒸汽的压力和温度，使其与重沸器的操作条件相匹配，可以提供更多的热量，进一步提高传热效率。

在清洗维护方面，也需要制定详细的清洗计划和维护管理制度。由于重沸器在长期运行过程中容易结垢和积累污垢，这些垢物会严重影响传热效率。因此，需要根据重沸器的使用情况和介质特性，制定合理的清洗周期和清洗方法。可以采用化学清洗剂进行浸泡清洗，或者采用机械清洗方法如高压水射流清洗等，以彻底去除管束内外的结垢和污垢^[3]。同时，还需要加强日常维护管理，定期检查重沸器的管束、封头、法兰、垫片等部件的完好情况。及时发现并处理结垢、腐蚀、泄漏等问题，确保重沸器的正常运行和高效传热。

4.2 降低能耗

在热源选择和控制策略方面，需要根据烷基化装置的工艺要求和能源供应情况，选择最经济、高效的热源。可以考虑利用装置内的余热或废热作为热源，这样不仅可以降低能耗，还可以提高能源利用率。同时，还可以从外部引入高效蒸汽作为热源，通过优化蒸汽的压力和温度，使其与重沸器的操作条件相匹配，从而提供更多的热量并降低能耗。

除了热源的选择外，还需要对热源进行精确的控制。在热源进口处安装温度、流量和压力等传感器，实时监测热源的状态。采用先进的控制系统，如PID控制系统或模糊控制系统等，对热源的温度和流量进行精确调节。通过实时监测和精确控制，可以实现热量的有效利用和能耗的降低。

在节能设备和技术方面,可以选用具有更高传热效率和更低压降的换热器来代替传统的换热器。例如,板式换热器、螺旋板式换热器或热管换热器等都具有结构紧凑、传热效率高、压降小等优点。这些节能设备能够显著减少热量的损失和能耗,提高重沸器的运行效率。此外,还可以采用变频调速技术来降低重沸器的能耗。在重沸器的驱动设备上安装变频器,根据实际需要调整重沸器的运行速度。在低负荷时降低运行速度,减少能量的浪费;在高负荷时提高运行速度,满足生产需求。通过变频调速技术,可以实现重沸器的能耗与负荷的匹配,进一步降低能耗。^[3]

4.3 提高操作稳定性

在进料系统和控制系统方面,需要对进料系统进行改进和优化。采用稳定的进料方式,如采用流量控制阀与液位控制器相结合的进料系统,可以确保进料量的稳定。同时,为了缓冲进料量的波动,可以设置进料缓冲罐或储罐。这样即使进料量发生波动,也不会对重沸器的稳定运行造成影响。在控制系统算法上,需要采用先进的控制算法来提高控制系统的响应速度和准确性。例如,自适应控制算法或预测控制算法等都可以根据重沸器的运行参数和状态进行实时调整和控制。通过先进的控制算法,可以及时发现并处理异常情况,确保重沸器的稳定运行。此外,还需要加强实时监测与报警系统的建设。在重沸器上安装更多的传感器,如温度传感器、压力传感器、流量传感器和液位传感器等。这些传感器可以实时监测重沸器的运行参数和状态,并将数据传输到控制系统。一旦出现异常情况,如温度过高、压力过大或液位过低等,报警系统就会立即发出警报,提醒操作人员及时处理。

在设备维护和检修方面,需要制定详细的维护计划和维护管理制度。根据重沸器的使用情况和制造商的建议,确定合理的维护周期和维护内容。例如,定期更换密封件、清洗管束、检查法兰和垫片的完好情况等。同时,还需要加强检修管理,严格执行检修规程和安全规

范。对检修人员进行培训和教育,提高其检修技能和安全意识。建立检修记录和档案,以便追踪和分析设备的运行状况和维护历史。

除了日常的维护和检修外,还需要设置备用设备和应急措施来提高重沸器的操作稳定性。在设计中考虑设置备用重沸器,并确保其与主重沸器具有相同的性能和规格。这样当主重沸器出现故障时,可以迅速切换至备用重沸器,保证烷基化装置的正常运行。同时,还需要制定详细的应急预案和处置程序。针对可能出现的突发情况,如停电、停水、设备故障或火灾等,进行预先规划和准备^[4]。对应急人员进行培训和教育,提高其应急响应能力和处置技能。定期进行应急演练和评估,检验和完善应急预案的有效性和可行性。通过备用设备和应急措施的设置,可以进一步提高重沸器的操作稳定性。^[4]

结语

脱异丁烷塔重沸器的设计是烷基化装置中的关键环节之一。通过合理的尺寸设计、热源选择、塔釜隔板设置以及稳定性设计等措施,可以提高重沸器的传热效率和操作稳定性;同时,通过优化方案和先进技术的应用,可以进一步降低能耗和提高产品质量。未来,随着化工技术的不断发展和创新,脱异丁烷塔重沸器的设计将更加高效、可靠和智能化,为烷基化装置的发展提供有力支持。

参考文献

- [1]许步建,梁泽涛,刘春阳.烷基化装置脱异丁烷塔重沸器的设计[J].石油化工设计,2020,37(03):12-15+4-5.
- [2]张海科,陈浩,陈桂,等.气分装置脱异丁烷塔再沸器结焦原因分析及对策[J].化工技术与开发,2019,48(07):66-69.
- [3]王海.烷基化装置脱异丁烷塔节能优化研究[J].中外能源,2019,24(08):91-95.
- [4]王猛,成洁.异丁烷脱氢制异丁烯装置脱异丁烷塔工艺及设备优化模拟研究[J].精细与专用化学品,2019,27(06):12-15.