

甲醇预精馏过程塔釜温度控制系统应用研究

马少龙 杜蕊

陕西渭河煤化工集团有限责任公司 陕西 渭南 714000

摘要: 在甲醇预精馏过程中,塔釜温度控制至关重要。本文深入分析甲醇预精馏塔釜温度的影响因素,涵盖进料参数、加热介质参数及塔内操作条件。阐述塔釜温度控制系统设计原则,包括稳定性、快速响应与准确性原则。介绍系统组成,如温度检测元件、控制器等。探讨单回路、串级、前馈-反馈等不同控制策略在塔釜温度控制中的应用,为甲醇预精馏塔釜温度的精准控制提供参考。

关键词: 甲醇预精馏;塔釜温度;控制系统;控制策略;影响因素

引言:甲醇作为重要化工原料,在众多领域应用广泛。甲醇预精馏是甲醇生产关键环节,旨在分离甲醇与其他杂质,提升甲醇纯度。塔釜温度是影响甲醇预精馏效果的核心参数之一,精准控制塔釜温度对保障产品质量、提高生产效率、降低能耗意义重大。然而,实际生产中,多种因素影响塔釜温度,使温度控制面临挑战。研究甲醇预精馏塔釜温度控制系统应用,对优化甲醇生产过程具有重要现实意义。

1 甲醇预精馏塔釜温度影响因素分析

1.1 进料参数

进料参数在甲醇预精馏塔运行过程中扮演着关键角色,对塔釜温度有着直接且重要的影响。进料流量是影响塔釜温度的重要因素之一。当进料流量增大时,单位时间内进入塔内的低温物料增多,会吸收塔内更多热量,在加热介质流量不变的情况下,塔釜温度通常会降低;反之,进料流量减小,塔釜温度会相应升高。^[1] 进料温度同样不可忽视,较高的进料温度会为塔釜带来额外的热量,使塔釜温度升高;较低的进料温度则会吸收塔内部分热量,致使塔釜温度下降。进料组成的变化也会对塔釜温度产生影响,若进料中轻组分含量增加,由于轻组分沸点较低,更容易汽化,会使塔内上升蒸汽量增多,塔釜温度降低;若重组分含量增加,塔釜温度则会升高。例如,当进料中轻组分含量增加5%时,塔釜温度可能下降1°C~2°C;重组分含量增加5%时,塔釜温度可能上升1°C~2°C。

1.2 加热介质参数

加热介质参数对塔釜温度起着直接调节作用。加热介质流量大小决定了单位时间内向塔釜传递热量的多少。加热介质流量增大,传递到塔釜的热量增多,在塔内物料量和操作条件不变的情况下,塔釜温度会随之升高。反之,加热介质流量减小,传递热量减少,塔釜温度会降低。加热介质温度同样关键。较高的加热介质温

度意味着单位质量的加热介质能够携带更多热量进入塔釜。在加热介质流量一定时,加热介质温度升高,向塔釜传递的热量增加,塔釜温度上升。若加热介质温度降低,传递到塔釜的热量减少,塔釜温度也会相应下降。

1.3 塔内操作条件

塔压对塔釜温度影响显著。塔内压力变化会改变物料沸点,在甲醇预精馏塔中,塔压升高,物料沸点升高,为了使物料汽化分离,需要更高温度,塔釜温度会上升。塔压降低,物料沸点降低,塔釜温度可能随之下降。此外,预塔加入的萃取水量也会影响塔釜温度,即塔内介质组分中,水含量越高,在相同塔压条件下,塔釜温度就会越高。回流量大小影响塔内热平衡和物料平衡。回流量增大,从塔顶返回塔内的液相增多,这部分液相会吸收塔内上升蒸汽的热量,使塔内温度分布改变,塔釜温度可能因热量被回流液吸收而降低。回流量减小,吸收热量减少,塔釜温度可能上升。塔板效率反映了塔板上气液两相传质和传热效果。塔板效率高,气液两相接触充分,分离效果好,塔内温度分布更合理,对塔釜温度稳定有积极作用。塔板效率低,分离效果差,可能导致塔内温度波动,影响塔釜温度稳定性。

2 塔釜温度控制系统设计原则

2.1 稳定性原则

在甲醇预精馏塔釜温度控制系统的设计进程中,稳定性原则占据着至关重要的地位。该系统需在多种复杂且不断变化的工况下保持稳定运行状态,这是保障整个精馏过程顺利开展的基础^[2]。甲醇预精馏过程涉及众多物理和化学变化,工况的多样性体现在进料流量、组成、加热介质参数以及塔内操作条件等诸多方面随时可能发生改变。若系统缺乏稳定性,塔釜温度出现大幅波动,将会引发一系列严重后果。温度的大幅起伏会使甲醇与其他组分的分离效果大打折扣,导致产品质量不稳定,无

法满足后续生产环节或市场对甲醇纯度的要求。同时,温度剧烈波动还会对塔内设备造成较大冲击,加速设备的磨损和老化,缩短设备使用寿命,增加设备维护和更换成本。为确保系统稳定性,在设计时要充分考虑各种干扰因素。对进料参数的变化,需通过合理的传感器布局 and 信号处理,实时准确获取进料信息,并反馈给控制系统。对于加热介质参数的波动,要设置相应的缓冲装置和调节机构,保证加热量的稳定供应。此外,还应优化塔内结构,提高塔板效率,增强塔内热平衡和物料平衡的稳定性,从而减少外界因素对塔釜温度的干扰,使系统在各种工况下都能维持温度的相对稳定。

2.2 快速响应原则

快速响应原则要求塔釜温度控制系统能够对温度变化及时做出调整,有效缩短调节时间。在甲醇预精馏过程中,塔釜温度并非一成不变,会因多种因素影响而发生改变。当温度出现偏离设定值的趋势时,系统若不能迅速做出反应,温度偏差会逐渐扩大,影响精馏效果和产品质量。快速响应能力取决于系统的多个环节。检测环节要具备高灵敏度和快速性,能够及时捕捉到温度的微小变化,并将信号迅速传递给控制器。控制器作为系统的核心,需拥有高效的控制算法和强大的运算能力,在接收到温度信号后,快速分析并做出决策,输出合适的控制指令。执行机构要具备良好的动态性能,能够迅速响应控制器的指令,准确调节加热介质流量、回流量等参数,实现对塔釜温度的快速调整。

2.3 准确性原则

准确性原则强调精确控制塔釜温度在设定值,尽可能减少控制偏差。甲醇预精馏对温度控制精度要求较高,微小的温度偏差都可能导致产品质量的显著变化。精确的温度控制能够确保甲醇与其他组分在合适的温度条件下实现有效分离,提高产品的纯度和收率。为实现准确性控制,需选用高精度的温度检测元件,保证温度测量的准确性。同时,对检测信号进行精确的处理和传输,避免信号在传输过程中出现失真。控制器的控制算法要经过精心设计和优化,能够根据温度偏差的大小和变化趋势,准确计算出控制量,实现对温度的精确调节。此外,定期对系统进行校准和维护,确保各个部件的性能稳定,也是保证温度控制准确性的重要措施。

3 塔釜温度控制系统组成

3.1 温度检测元件

温度检测元件是塔釜温度控制系统获取温度数据的基础。在众多常用温度传感器类型中,热电偶凭借独特优势应用广泛^[3]。它基于热电效应,能将温度变化精准转

化为电势变化,测量范围跨度大,从低温到高温场景都能胜任,且精度较高、稳定性良好,在甲醇预精馏塔釜这种可能面临复杂温度变化的环境里,可有效监测温度动态。热电阻则依靠电阻随温度改变的特性来测量温度,像铂热电阻,测量精度出色、线性度佳,在对温度测量精度要求严苛的场合发挥着关键作用。传感器安装位置选择需谨慎考量。应安置在能真实反映塔釜整体温度的位置,通常选在塔釜液体出口周边或者塔釜底部相对均匀的区域。如此安排可避免局部温度异常对测量结果产生干扰,保证所获取的温度信号准确无误,为后续控制环节提供可靠依据。若安装位置偏差较大,测量温度与实际塔釜温度可能出现明显差异,进而影响整个控制系统性能。

3.2 控制器

控制器作为塔釜温度控制系统的核心枢纽,控制算法选择直接影响控制成效。PID控制是经典且实用的算法,通过比例、积分、微分三个环节协同作用,依据温度偏差大小、变化走向以及历史偏差状况,动态调整控制量,实现对温度的精准把控。比例环节能快速响应偏差,积分环节可消除稳态误差,微分环节能预判偏差变化趋势并提前调整。控制器参数整定方法关乎PID控制算法能否发挥最佳效能。经验法依据实际操作经验,结合系统特性初步设定参数,再经反复调试优化,逐步逼近理想参数值。临界比例度法则是让系统处于临界振荡状态,获取临界参数后计算得出合适的PID参数。合理参数整定能让控制器迅速且精准调节塔釜温度,提升系统稳定性。

3.3 执行机构

执行机构负责将控制器指令转化为实际操作动作,调节阀是常用执行部件。直通单座阀结构简洁,泄漏量小,在对泄漏控制严格的场景中表现出色;直通双座阀流通能力强,不平衡力小,适用于大流量、低压差的系统。调节阀流量特性选择要契合系统需求。等百分比流量特性下,阀门开度变化相同时,流量变化量与当前流量成正比,能较好适应负荷变化,在塔釜温度控制中可保障调节过程平稳。线性流量特性使流量与开度呈线性关系,在对流量调节线性度要求高的场景应用较多。

3.4 被控对象

对被控对象深入分析是设计控制系统的前提。塔釜热平衡分析需考量进入塔釜的热量,涵盖进料带入热量、加热介质提供热量,以及离开塔釜的热量,如塔釜产品带出热量、散热损失等。通过热平衡计算,可明晰塔釜温度变化与热量传递的关联。被控对象动态特性反映了塔釜温度随时间的变化规律,受干扰时温度不会瞬间改

变,存在滞后时间与过渡过程^[4]。了解这些特性,有助于合理设计控制系统,选取合适控制策略与参数,实现对塔釜温度的有效控制。

4 不同控制策略在塔釜温度控制中的应用

4.1 单回路控制策略

单回路控制策略是塔釜温度控制中较为基础且常用的一种方式。其基本原理是围绕塔釜温度这一被控变量构建一个简单闭环控制系统。通过温度检测元件实时测量塔釜温度,并将测量值与设定值进行比较,得出偏差信号。此偏差信号经控制器处理后,输出控制信号作用于执行机构,如调节阀,调节进入塔釜的加热介质流量或塔釜采出量等,从而改变塔釜温度,使其逐渐趋近于设定值。单回路控制策略优点明显。结构简单,构建成本较低,无论是设备投入还是系统调试难度都相对较小。操作维护也较为方便,运行人员易于理解和掌握控制逻辑,在日常运行中能快速进行故障排查和处理。然而,它也存在一定局限性。当塔釜温度受到的干扰因素较多且变化频繁时,单回路控制难以快速、有效地抑制干扰,温度波动可能较大,控制精度和稳定性欠佳。对于一些对温度控制要求较高的复杂工况,单回路控制策略往往无法满足生产需求。

4.2 串级控制策略

串级控制策略采用独特的串级控制结构。它由主、副两个控制回路组成,主回路针对塔釜温度这一主要被控变量进行控制,副回路则选取一个与塔釜温度密切相关且能快速影响的中间变量,如加热介质流量或塔釜压力等作为副被控变量。主、副回路设计需合理匹配。主控制器根据塔釜温度设定值与测量值的偏差,输出控制信号作为副控制器的设定值。副控制器根据此设定值与副被控变量测量值的偏差,控制执行机构动作。这种设计使得副回路能快速响应并消除进入副回路的干扰,减少这些干扰对主被控变量塔釜温度的影响。串级控制优势显著。由于副回路的存在,系统对干扰的抑制能力大大增强,能更快地克服二次干扰,使塔釜温度更加稳定。同时,副回路具有快速调节作用,可及时调整中间变量,减轻主回路负担,提高整个系统响应速度和控制精度,适用

于干扰因素多、变化快的塔釜温度控制场景。

4.3 前馈-反馈控制策略

前馈控制原理基于对干扰的提前感知与补偿。通过检测进入系统的干扰量,如进料流量、组成或加热介质温度等变化,在干扰还未对塔釜温度产生影响之前,根据干扰大小和方向,提前调整控制量,以抵消干扰对塔釜温度的影响。前馈-反馈结合方式是将前馈控制与反馈控制有机结合。反馈控制持续监测塔釜温度,当温度出现偏差时进行调节;前馈控制则针对可测量的干扰提前动作。二者相互补充,前馈控制可快速消除可测干扰影响,反馈控制能处理前馈控制未考虑到的因素以及不可测干扰,进一步提高控制精度^[5]。这种控制策略适用于工况复杂、干扰因素多且部分干扰可测量的塔釜温度控制场景。在这些工况下,单纯的前馈或反馈控制难以达到理想效果,而前馈-反馈控制策略能充分发挥各自优势,实现对塔釜温度的精确、稳定控制。

结束语

通过对甲醇预精馏塔釜温度影响因素的剖析,明确了各因素对温度的作用机制。依据稳定性、快速响应与准确性原则设计的塔釜温度控制系统,各组成部分协同工作,为温度控制提供硬件与软件支持。不同控制策略在塔釜温度控制中各有优劣,实际应用中需结合具体工况合理选择。深入研究和应用这些控制策略,能有效提升塔釜温度控制水平,保障甲醇预精馏过程稳定运行,提高甲醇产品质量与生产效益。

参考文献

- [1]鲁先顺,王雪晶,魏庆禹,等.甲醇预精馏过程塔釜温度控制系统应用研究[J].吉林化工学院学报,2023,40(11):65-68.
- [2]安磊.甲醇精馏装置多变量预测控制系统的应用[J].氮肥技术,2025,46(3):13-16,22.
- [3]宋诗瑶,李继文,姜丽燕,等.甲醇制烯烃级甲醇纯度及杂质的测定[J].石油化工,2024,53(3):397-401.
- [4]肖东彩,梁杨杨,周润兵,刘晓阳.甲醇精馏塔静态模型分析与仿真设计[J].广州化工,2022,50(24):156-159.
- [5]刘成佳.某甲醇装置精馏系统问题分析与改进[J].天然气化工(C1化学与化工),2021,46(5):118-120,128.