

化工工艺管道的伴热设计

陈雅婷 丰嘉颖

温州市工业设计院有限公司 浙江 温州 325000

摘要：本文深入探讨了化工工艺管道的伴热设计，概述了伴热技术的基本原理及蒸汽伴热、电伴热、热水伴热等常见方式。文章详细分析了伴热方式的选择、伴热管道的布置、保温材料的选择与应用以及伴热系统的控制与监测等设计要点。通过某化工厂的实际案例，展示了伴热设计在解决介质凝固、提高生产效率方面的显著效果。本文总结了伴热设计在化工工艺管道中的重要性，为化工企业的伴热系统设计与优化提供了有价值的参考。

关键词：化工工艺；管道；伴热设计

1 化工工艺管道伴热设计基础

1.1 伴热技术概述

伴热技术是一种广泛应用于工业领域的保温和加热手段，特别是在化工工艺管道系统中，其作用尤为显著。伴热的主要目的是防止管道内介质因环境温度过低而凝固或粘度增大，从而影响工艺流程的正常运行。伴热技术通过向管道外部提供持续、均匀的热量，维持管道内部介质的温度处于适宜的操作范围内。伴热技术主要分为蒸汽伴热和电伴热两大类；蒸汽伴热利用蒸汽作为热源，通过伴热管道将热量传递给工艺管道，适用于大规模、长距离的伴热需求。而电伴热则采用电能转换为热能的方式，通过安装在管道表面的电加热元件直接对管道进行加热，具有安装简便、温度控制精确、易于维护等优点。近年来，随着材料科学和自动化控制技术的不断进步，电伴热技术得到广泛的应用和发展。在选择伴热技术时，需要综合考虑化工工艺管道的具体需求、环境条件、经济效益以及安全因素。正确的伴热设计不仅能确保工艺流程的稳定运行，还能有效降低能耗，提高整体生产效率^[1]。

1.2 化工工艺管道的特点与伴热需求

化工工艺管道作为连接各个生产设备的关键纽带，在化工生产过程中承载着传输各种介质的任务。这些介质往往具有高温、高压、易燃、易爆、腐蚀性强等特点，因此对管道材质、结构以及伴热设计都提出了极高的要求。化工工艺管道的特点之一是介质种类繁多，不同介质的物理和化学性质差异显著。例如，某些介质在低温下容易凝固，导致管道堵塞；而另一些介质则需要在特定温度范围内才能保持稳定的化学反应速率。伴热设计需要根据介质的特性进行定制，以满足其特定的温度要求。另外，化工工艺管道还常常面临复杂多变的环境条件，如极端天气、湿度变化、腐蚀性气体等。这些

因素都可能对伴热系统的稳定性和耐久性产生影响。在伴热设计时，需要充分考虑环境因素，选择合适的伴热材料和保温措施，确保伴热系统在各种环境下都能正常运行。

2 化工工艺管道常见的伴热方式

2.1 蒸汽伴热

蒸汽伴热是化工工艺管道中最为传统且广泛应用的伴热方式之一。其原理是通过在需要保温的管道旁边平行铺设一条蒸汽管线，利用蒸汽的热量对工艺管道进行加热，从而维持管道内介质的温度。这种方法适用于大型装置和需要持续高温伴热的场合。蒸汽伴热系统通常由蒸汽供应源、伴热蒸汽管线、凝结水回收管线以及相应的控制阀门和仪表组成。它的优点是热效率高、运行稳定，特别是在一些极端气候条件下，蒸汽伴热能够提供稳定的热源。然而，蒸汽伴热系统也存在一些缺点，如安装和维护成本较高，且需要专门的凝结水处理系统，以避免对环境的污染。

2.2 电伴热

电伴热是一种现代化的伴热方式，它利用电能直接加热管道，具有安装简便、温度控制精确、维护成本低等优点。电伴热带通常缠绕在需要伴热的管道表面，通过电流的作用产生热量，对管道进行加热。电伴热系统可以根据管道的实际温度和环境温度自动调节加热功率，实现智能控温。另外，电伴热还具有环保、节能的特点，特别适用于一些小型装置或需要精确温度控制的场合。然而，电伴热也存在一些局限性，如在长距离管道伴热时，电能消耗较大，且在某些爆炸危险区域使用受限^[2]。

2.3 热水伴热

热水伴热是另一种常见的化工工艺管道伴热方式。它通过在管道旁边铺设热水管线，利用循环流动的热水

对管道进行加热。热水伴热系统通常由热水供应源、循环泵、伴热热水管线和相应的控制阀门组成。这种方法的优点是温度控制相对简单,且热水作为热源易于获取和处理。热水伴热对环境的污染较小,符合环保要求。热水伴热也存在一些不足之处,如系统较为复杂,需要专门的热水供应和处理设备;在严寒地区,热水可能容易结冰,影响系统的正常运行。因此,在选择热水伴热时,需要综合考虑工艺流程、环境条件以及经济成本等因素。

3 化工工艺管道伴热设计要点

3.1 伴热方式的选择

在化工工艺管道的伴热设计中,伴热方式的选择是至关重要的第一步。伴热方式的选择主要依据介质的特性、管道的运行条件以及经济性和维护便利性等因素综合考虑。首先,介质的特性是决定伴热方式的关键因素。不同的介质对温度的要求不同,有的介质在低温下会凝固或结晶,导致管道堵塞,因此需要选择能够提供足够热量的伴热方式。例如,对于高凝固点的介质,蒸汽伴热或电伴热可能更为合适,因为它们能够提供较高的加热温度。而对于一些对温度较为敏感的介质,如某些热敏性药物或生物制剂,则需要选择温度控制更为精确的伴热方式,如自控温电伴热带。其次,管道的运行条件也是选择伴热方式的重要考虑因素。管道的长度、直径、敷设方式以及环境条件等都会影响伴热方式的选择。例如,对于长距离输送的管道,可能需要采用分段伴热或循环伴热的方式,以确保管道各处的温度均匀。而对于敷设在复杂环境下的管道,如地下或高架管道,可能需要选择具有防爆、防腐等性能的伴热方式。另外,经济性和维护便利性也是选择伴热方式时不可忽视的因素。蒸汽伴热和电伴热在成本和维护方面存在显著差异。蒸汽伴热需要蒸汽供应系统,初期投资较大,但运行成本相对较低,且维护相对简单。而电伴热则无需蒸汽供应系统,安装更为灵活,但运行成本可能较高,且需要定期检查和更换电伴热带。因此,在选择伴热方式时,需要综合考虑各种因素,以找到最适合的伴热方案。在实际应用中,蒸汽伴热和电伴热都有广泛的应用。蒸汽伴热适用于需要高温加热的场合,如重质油品的输送管道。而电伴热则适用于对温度控制要求较高的场合,如精细化工产品的生产管道。还有一些特殊的伴热方式,如热水伴热、热载体伴热等,它们在某些特定场合下也具有独特的优势^[1]。

3.2 伴热管道的布置

合理的伴热管道布置可以确保热量均匀传递至主管道,提高伴热效率,同时减少热量损失和能源浪费。在

伴热管道的布置中,首先需要考虑的是伴热管道与主管道之间的相对位置关系。一般来说,伴热管道应紧密贴合在主管道的外壁上,以确保热量能够高效传递。同时,伴热管道与主管道之间的间隙应尽可能小,以减少热量损失。在实际操作中,可以通过使用专用的卡具或支架将伴热管道固定在主管道上,以确保其位置稳定;对于水平敷设的管道,伴热管道通常沿管道长度方向均匀布置,以确保管道各处的温度均匀。对于垂直敷设的管道,伴热管道则需要根据管道的高度和直径等因素进行合理布置,以避免因重力作用而导致的热量分布不均。在管道弯曲处或分支处,也需要对伴热管道进行特殊处理,以确保热量能够顺利传递至主管道的各个部分。在伴热管道的布置中,还需要注意避免一些常见的错误做法。例如,一些设计人员可能会将伴热管道直接缠绕在主管道上,这种做法虽然可以节省材料成本,但会导致热量传递不均,甚至可能损坏主管道。另外,一些设计人员可能会忽视伴热管道的固定和支撑问题,导致伴热管道在运行过程中发生松动或变形,影响伴热效果。

3.3 保温材料的选择与应用

在挑选保温材料时,需全面权衡其导热性、防火性、耐腐蚀性以及经济成本。首要考虑的是导热性能,优质材料能有效隔绝热量流失,提升伴热效率。诸如岩棉、玻璃棉及硅酸盐等材料,均展现出良好的导热特性。选择时,需结合管道运行温度及介质特性,确保材料满足保温需求。其次,鉴于化工生产中介质的易燃易爆性,防火性能至关重要。选用具有阻燃或难燃特性的材料,能显著降低火灾风险,保障人员与设备安全。再者,考虑到介质的腐蚀性,保温材料的耐腐蚀性同样不可忽视。若材料不耐腐蚀,将导致损坏加剧、热量损失增加及管道设备受损。因此,需根据介质特性,选择耐腐蚀性能优异的材料。另外,经济成本也是选择保温材料时需考虑的因素之一,包括材料成本、施工难度及维护费用等。在实际应用中,岩棉与玻璃棉因导热与防火性能出色,适用于高温管道;硅酸盐则因其耐腐蚀性,成为腐蚀性介质管道的理想选择;而聚氨酯泡沫以其轻质、高效保温的特点,适用于对重量有严格要求的场合。

3.4 伴热系统的控制与监测

在化工工艺管道伴热设计中,伴热系统的控制与监测是确保伴热效果、提高能源利用效率以及保障安全生产的重要环节。通过合理的控制与监测手段,可以实现对伴热系统的精确调节和实时监控,从而确保管道内介质的温度处于所需范围内,避免过热或过冷现象的发生。伴热系统的控制主要依赖于温度控制器和传感器等

元件。温度控制器可以根据预设的温度范围对伴热系统的加热功率进行调节,以确保管道内介质的温度稳定^[4]。传感器则用于实时监测管道内介质的温度,并将数据传输给温度控制器进行处理;通过温度控制器和传感器的配合,可以实现对伴热系统的精确控制,确保管道内介质的温度处于最佳状态。除了温度控制外,伴热系统的监测也是必不可少的环节。监测内容主要包括伴热系统的运行状态、加热功率、管道内介质的温度以及保温层的完好性等。通过监测这些数据,可以及时发现伴热系统存在的问题,如加热功率不足、温度波动过大、保温层损坏等,并采取相应的措施进行处理,以避免对生产造成不利影响。在伴热系统的控制与监测中,还需要注意以下几点:首先,要确保温度控制器和传感器的准确性和可靠性,避免因元件故障而导致的控制失误;其次,定期对伴热系统进行维护和检查,及时发现和处理潜在的问题;最后,建立完善的应急预案和处置流程,以应对可能出现的突发事件。

4 伴热设计案例分析

某化工厂在生产过程中,其输送介质(如各种化学品溶液)在低温环境下容易凝固或粘度增大,影响管道的流畅性和生产效率。因此,该厂决定对关键管道进行伴热设计,以确保介质在低温环境下也能保持适宜的流动状态。在伴热方式选择上,考虑到该厂管道布局复杂且介质种类多样,最终决定采用自控温电伴热带。这种伴热带能够根据管道内介质的实际温度自动调节加热功率,实现精确的温度控制,同时避免了传统蒸汽伴热可能带来的能耗高、维护复杂等问题。

在管道布置方面,伴热带紧密贴合在主管道上,并通过专用的卡具进行固定,确保了热量的高效传递。在管道弯曲处和分支处,也进行了特殊处理,避免了热量分布不均的问题,确保了整条管道的伴热效果。保温材料方面,该厂选择了高性能的聚氨酯泡沫作为保温层。聚氨酯泡沫具有良好的保温性能和防火性能,能够有效地阻止热量向外传递,减少热量损失。另外,聚氨酯泡

沫还具有轻质、易施工等优点,方便在实际应用中进行铺设和固定。控制系统方面,该厂采用了先进的智能控制系统,能够实时监测管道内介质的温度和伴热带的运行状态。当介质温度低于预设值时,系统会自动启动伴热带进行加热;当介质温度达到预设值时,系统会自动关闭伴热带,避免了不必要的能耗。同时,系统还能够提供报警和故障诊断功能,及时发现并处理潜在的问题^[5]。

通过实施伴热设计,该化工厂成功解决了低温环境下介质凝固或粘度增大的问题,提高了管道的流畅性和生产效率。自控温电伴热带和智能控制系统的应用也大大降低了能耗和维护成本。然而,在实际应用过程中也发现了一些问题,如部分管道在极端低温下仍出现轻微的凝固现象。针对这一问题,该厂计划进一步优化伴热设计,提高伴热带的加热功率和保温层的保温效果,以确保管道在极端低温下的正常运行。

结束语

综上所述,化工工艺管道的伴热设计是确保生产流程稳定运行、提高生产效率的关键环节。通过合理的伴热方式选择、管道布置、保温材料应用以及系统控制与监测,可以有效解决介质在低温环境下的凝固问题,保障化工生产的顺利进行。未来,随着材料科学和自动化控制技术的不断进步,伴热设计将更加注重智能化、高效化和环保化,为化工行业的可持续发展贡献更多力量。

参考文献

- [1]吴金明.化工工艺管道蒸汽伴热系统的设计与优化[J].造纸装备及材料,2022,51(04):96-98.
- [2]何峰,余玉翔.化工工艺管道蒸汽伴热管的设计[J].造纸装备及材料,2021,50(06):147-148.
- [3]徐清华.化工工艺管道的伴热设计与伴热改造设计[J].当代化工,2021,50(04):996-999.
- [4]郝培波.石油化工工艺管道伴热管设计[J].化工管理,2021,(08):154-155.
- [5]吕高锋,孟元甲,李新艳.化工工艺管道蒸汽伴热管线的设计[J].化工设计通讯,2021,47(03):16-17.