

# 石油化学工艺系统中蒸汽管道设计要素的分析研究

孙海艳 李继浩 (山东瀚华工程设计有限公司 山东 济南 250000)

**摘要:** 本研究旨在深入探讨石化工艺系统中蒸汽管道的设计和配管工作。经过综合考虑标准化图纸设计、重视管道材料质量控制、优化管道工作等关键要素,能够提高蒸汽系统的稳定性、安全性和能效。标准化的图纸设计为系统建设提供了准确的参考,质量控制保证了管道材料的可靠性,优化的管道工作能够帮助提高系统效率和降低能耗。这些研究成果为石化行业蒸汽系统的设计和运行提供了科学指导和实践经验。

**关键词:** 石油化学工艺; 蒸汽管道设计; 配管材质; 质量控制

## 0 引言

在石化工艺系统中,蒸汽管道是能量传输和工艺应用的核心部件,其设计和管道工作直接关系到系统的稳定性、安全性和能效水平。随着工业技术的不断进步和石化行业的发展,对蒸汽系统的需求变得越来越复杂和多样化。

## 1 蒸汽管道的设计要素

### 1.1 蒸汽管径设计

在蒸汽管径的选取中,蒸汽管径的设计直接影响系统的能效和输送能力。在选取蒸汽管道直径的时候,需要考虑蒸汽流量、压力损失、管道长度和系统要求。蒸汽流量的设计必须保持在适当的范围内,保证足够的输送能力,同时避免因流量过大而造成的能量损失和管道磨损。合理的流量设计能够有效降低系统能耗,提高整个工艺系统的效率。对于蒸汽管道的压力损失,需要综合考虑管道摩擦阻力、弯头、阀门等部件对流体流动的影响。准确的压力损失计算能够帮助确定最佳管径,降低系统能量损失,保证系统正常运行。就管道长度而言,较长的管道会导致更大的摩擦阻力和压力损失。所以,在设计中,有必要综合考虑系统布局,最大限度地缩短管道长度,提高系统效率。设计要素还需要充分考虑系统的具体要求,包括工艺参数、操作条件等。

### 1.2 蒸汽配管设计

蒸汽管道的设计需要考虑系统的蒸汽产量,并经过准确的蒸汽产量数据来确定管道的尺寸,来保证足够的输送能力。在确定管道尺寸的时候,有必要综合考虑蒸汽流速、压力和特定的系统要求。考虑到系统的安全性,在管道设计中需要考虑防止过热的措施。使用适当的隔热材料对管道进行隔热,以防止蒸汽期间的过度能量损失,并防止人员接触高温表面并造成安全隐患。防止冷凝水积聚也是一个重要的设计要素,能够经过设置适当的排水装置来保证这一点,以防止

蒸汽输送期间冷凝水导致管道堵塞或腐蚀。

在蒸汽管道设计期间,对管廊设计的分析非常重要。注意蒸汽管道的相关信息和数据,并将这些数据应用于设计,来保证系统的可靠性和安全性。一般情况下采用设置固定支架的方法,固定支架之间的间距约为40—50m,最大为70m,来保证管道的稳定性。在固定架中间安装一个自然补偿装置,间距适当,以消除蒸汽管道中的应力。在自然补偿的两侧设置导向架能够帮助保持蒸汽管道的正确方向。在DN(16~40)之间设置一个导向架,来保证系统在运行期间不会产生过大的应力。使用补偿器的时候,导架与补偿器之间的距离应控制在 $\leq 4DN$ 的范围内,来保证补偿器的有效运行。导向架的设置位置需要避开弯头和支管的位置,以保证蒸汽管道的顺利输送。在管廊设计中,关键是保证蒸汽管道的方向合适,管廊布局合理,补偿装置到位。经过上述设计原则,能够有效降低蒸汽管道的应力,提高系统的稳定性和可靠性,保证蒸汽在管廊中的安全输送。

### 1.3 蒸汽支管设计

第一,设计一个截止阀。截止阀的选取需要考虑支管的直径、工作压力和系统的操作要求。保证切断阀的性能满足系统的需要,以便在维护、紧急情况或其他需要切断蒸汽流量的情况下可靠地实现系统切断。

第二,支管的设计要求涉及支管的直径、长度、材质等方面。经过设计合理的支管,保证其具有足够的强度和稳定性,以满足蒸汽的运输需求。支管直径的选取需要考虑所需的流量、蒸汽压力和系统的运行条件,来保证支管在运行期间不会出现高压或流速快的问题。

第三,支管出口的要求。引入支管的要求包括支管的连接方式、位置和角度。合理的分支出口设计能

够降低系统阻力,降低蒸汽损失,有利于维护和运行。支管的出口位置需要考虑系统的整体布局,保证支管的出口不会对其他设备和管道造成干扰。

第四,根据计算结果设计补偿器。补偿器的设计需要考虑蒸汽输送期间的热膨胀和管道中的热应力等因素。经过合理设置补偿器,能够有效地吸收管道的热膨胀,降低系统应力,保证系统的安全运行。

#### 1.4 凝液管设计

##### 1.4.1 排水阀的安装设计

排水阀的选取和布置需要考虑冷凝水在管道中的积聚,以及防止空气和不凝气体进入。正确设置疏水阀,特别是在冷凝水管道的低点和弯头处,能够帮助在第一时间排出冷凝水,保持系统的稳定运行。

##### 1.4.2 止回阀设计

止回阀的主要功能是防止冷凝水流回蒸汽系统,避免影响系统的正常运行。合理设置止回阀的位置,一般情况下在冷凝水管道和蒸汽管道的连接处,能够有效防止冷凝水的回流,提高系统的可靠性。

##### 1.4.3 冷凝管排水设计

经过设置合理的排水装置,能够有效地引导冷凝水从系统中排出,防止冷凝水被截留和堵塞在管道中。排水系统的设计需要考虑冷凝水的流向、管道的坡度和排水装置的类型等因素,来保证冷凝水能够顺利排出,而不影响系统的正常运行。

##### 1.4.4 冷凝水管径的设计

- ①正常情况下是根据经验进行选取,主管凝液管
- $$DN \leq 80DN15$$
- $$80 < DN \leq 200DN20$$
- $$200 < DN \leq 400DN25$$

②因为经验值凝液管应该综合考虑多种状况都要达到标准,所以当管道  $DN \geq 400$  的时候,此时管道太大,没有经验选取,那么就需要计算凝液水管径,计算公式如下所示:

$$G = nG_{cal} = n \frac{W_1 C_1 \Delta T_1 - W_2 C_2 \Delta T_2}{\Delta I}$$

按照一般流速计算出管径的具体长度。

## 2 蒸汽管道的应力分析

在蒸汽输送期间,管道受到温度变化、压力波动和介质流动等多方面的应力。所以,需要进行详细的应力分析,来保证系统的正常运行。温度变化引起的热应力会影响应力分析。蒸汽在运输期间会经历温度波动,导致管道材料的热膨胀和收缩。经过合理的计算和模拟,能够确定管道在不同温度下的变形,并选取适当的补偿措施,如热膨胀节或膨胀节,来降低热应力对管道的影响。压力波动引起的应力会影响应力分析。蒸汽系统中存在压力变化,这可能导致管道偏转和应力集中。经过在系统中正确设置支架、减震器和其他设备,能够有效减轻压力变化对管道的影响,降低应力集中的风险。最后,介质流动引起的流体动应力也会影响应力分析。当蒸汽在管道中流动的时候,可能会引起管道中的振动和共振,导致疲劳应力的积累。

常规管廊上蒸汽管道  $\pi$  型补偿器的设置方案如图 1 所示,充分考虑了管道运行期间的热膨胀和位移问题,保证了系统的稳定性和安全性。一般情况下,相邻固定点之间的距离在 50—120m 之间。根据管道直径和温度,能够调整间距大小以满足实际操作需要。对于大直径、高温的蒸汽管道,由于热位移大,能够适当减小相邻固定点之间的间距,而对于小直径、低温的蒸汽管道能够适当增加间距。为了防止管道失稳,在  $\pi$  型补偿器的两侧安装导向支架,如节点 30 和 70 所示。导向支架与  $\pi$  型补偿器之间的距离应大于 40DN,即管道的公称直径,来降低弯管处的弯曲应力。 $\pi$  型补偿器延伸段上的管支架采用滑动承载支架,如节点 40、50 和 60,使管支架在管廊上自由滑动,有效吸收管道的热位移,提高系统的稳定性。在管廊上为蒸汽管道设置合理的坡度是非常重要的。建议沿蒸汽流动方向设置不小于 0.3% 的坡度,以保证管道内蒸汽冷凝水的顺利排出,防止管道内积聚。然而, $\pi$  型补偿器横臂上的管道必须水平设置,不得设置斜坡以维持补偿器的正常运行。该设计方案充分考虑了管

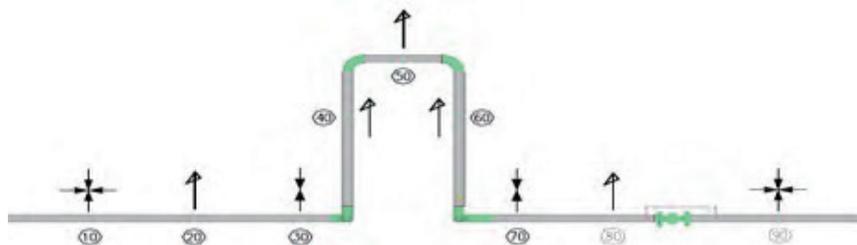


图 1 管廊上蒸汽管道  $\pi$  形补偿器的典型布置

道的热特性,经过合理设置补偿器、导向支架、滑动承载支架等装置,有效解决了蒸汽管道运行期间的热膨胀问题,保证了管道系统的可靠性和稳定性。

### 3 石油化工工艺装置蒸汽管道配管设计措施

#### 3.1 规范图纸设计工作

石油化工工艺设备蒸汽管道设计的主要设计措施是规范图纸设计工作。经过严格遵守法规和标准,保证蒸汽管道的图纸设计符合工程要求和行业标准。需要绘制蒸汽管道的详细平面图、截面图和三维图,包括管道直径、长度、支架、阀门、附件等详细信息。图纸需要准确地指示蒸汽管道的起点和终点、方向、坡度等,来保证施工期间的准确性和效率。

在设计标准化图纸的期间,需要充分考虑蒸汽管道的材料选取,来保证其满足所需的耐压、耐温等性能要求。同时,需要注意图纸的注释和图例的制定,使施工人员能够清楚地理解和遵循设计要求。规范图纸还需要包括与管道相关的支架、补偿器、阀门和其他附件的详细设计信息,来保证整个蒸汽系统的协调运行。

在图纸设计工作中,有必要综合考虑蒸汽管道系统的工艺参数、运行条件和特殊要求。标准化的图纸设计能够帮助降低施工期间的错误和失误,提高项目的可维护性和可操作性。标准化图纸还为后续维护、保养和更新提供了可靠的参考,保证了蒸汽系统的长期可靠运行。

#### 3.2 重视配管材质的质量控制

在石化工艺系统中,必须保证所选管道材料符合相关标准和规范,并具有足够的耐压、耐温、耐腐蚀等性能。质量控制围绕材料的原材料、制造工艺、机械性能和其他方面,来保证蒸汽管道的整体质量和可靠性。

对于高温高压环境中的蒸汽系统,选取合适的合金材料或高温合金钢具有重要意义。在原材料采购期间,需要对这些材料的质量控制进行检查,来保证原材料的质量和完整性。同时,有必要对制造期间的各个环节进行监控,包括管道的生产、热处理和成型,来保证最终产品的稳定性和一致性。管道材料的质量控制需要重点监控焊接部分。焊接是蒸汽管道安装中连接管道的主要方法。质量控制需要包括焊接工艺的标准化、焊接人员的资格认证和焊缝的无损检测。只有经过精确的焊接质量控制,才能保证焊接部件的牢固性和密封性。对于蒸汽管道系统中的附件,如阀门、弯头、法兰等,也需要严格的质量控制。选取合格的

附件,并在安装期间进行检查和测试,来保证附件的性能和耐用性。

#### 3.3 优化配管工作

在石化工艺系统中,蒸汽管道的优化是提高系统效率、降低能耗的关键措施。经过综合考虑蒸汽系统的工艺参数、运输要求和运行条件,能够优化管道布局,来降低系统阻力和压降。合理设计管道的走向、弯头的数量和位置,最大限度地降低蒸汽在管道中的摩擦损失,提高系统的输送效率。优化配管工程需要注意管径的选取。经过准确计算蒸汽流量、压力损失等因素,选取合适的管径,既可以满足系统的输送需求,又可以降低管道阻力和系统能耗。合理的管径设计还能够降低蒸汽流量,减缓管道磨损,延长系统的使用寿命。考虑到热能传递的效率,能够在系统中安装隔热层或保温层,来降低蒸汽传输期间的能量损失。经过合理选取保温材料 and 结构,能够降低系统的热损失,提高蒸汽输送的能效。优化管道工程还需要充分考虑支架和补偿装置的设置。经过科学合理地设置支架,能够减轻管道的重量,防止管道偏斜和变形,保证系统的稳定性。同时,经过适当的补偿装置,能够吸收蒸汽在运行期间的热膨胀,降低管道应力,延长系统的使用寿命。合理设置阀门、检修口和排气装置,使系统更加灵活,方便操作人员进行检修工作。

### 4 结论

科学合理的石化工艺装置蒸汽管道设计和配管规范是保证系统高效稳定运行的重要保证。经过规范图纸设计,强调管道材料的质量控制,优化管道工作,不仅能够提高蒸汽系统的安全性和可靠性,而且能够帮助降低系统能耗,延长设备的使用寿命。这些措施综合考虑了工艺、热力学和运行的多个因素,为蒸汽系统的设计和运行提供了全面有效的解决方案,为石化行业的生产提供了可靠的基础。

#### 参考文献:

- [1] 杜云川. 浅谈蒸汽管道振动在线监测系统设计的关键点 [J]. 流程工业, 2022, (10): 39-41.
- [2] 荆瑞静. 浅析中压蒸汽管道保温层厚度的设计计算 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(19): 100-102.
- [3] 唐智亮. 煤化工项目管廊蒸汽管线自然补偿器设置研究 [J]. 管道技术与设备, 2022, (04): 59-62.
- [4] 周帆. 超高压蒸汽并网管道配管设计方案的探讨 [J]. 乙烯工业, 2023, 35(03): 35-39+66.
- [5] 莫刚. 浅议蒸汽管道直埋敷设中的几个要点 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022, (34): 115-117.