

化工管道支吊架设计要点分析

刘春晓¹ 王 密²

1. 河南心连心化学工业集团股份有限公司 河南 新乡 453000

2. 华北水利水电大学 河南 郑州 450045

摘要: 本文聚焦化工管道支吊架设计, 先阐述其基础条件, 涵盖管道系统参数、运行工况要求及设计核心目标。接着介绍承重、导向、限位等支吊架类型及设计要点。分析管道工况、环境条件、材质与结构设计等关键影响因素。最后提出优化措施, 包括优化支吊架选型以适配工况需求, 精准优化设计参数提升设计精度, 以及优化材质与结构增强可靠性。通过全面探讨, 为化工管道支吊架设计提供系统指导, 有助于提升设计质量, 保障化工管道系统安全稳定运行。

关键词: 化工管道; 支吊架; 设计要点分析

引言: 在化工生产中, 管道系统是物料传输的关键脉络, 其安全稳定运行至关重要。而支吊架作为管道系统的重要支撑部件, 承担着承载管道重量、控制管道位移、缓解管道应力等关键任务, 其设计质量直接影响管道系统的安全性和稳定性。化工管道运行工况复杂, 涉及高温、高压、腐蚀性介质等多种因素, 这对支吊架设计提出了极高要求。因此, 深入研究化工管道支吊架设计, 明确设计基础条件、掌握各类支吊架设计要点、分析关键影响因素并提出优化措施, 具有重要的现实意义。

1 化工管道支吊架设计的基础条件

化工管道支吊架设计要充分掌握管道系统基础信息、运行工况及核心目标, 明确前提与约束条件。其基础条件涵盖管道系统参数、运行工况要求及设计核心目标, 三者共同决定设计方案与技术选型。(1) 管道系统参数是核心依据, 包括管道规格(直径、长度)、材质、壁厚、输送介质特性及布置方式。规格与壁厚影响管道自重及承载能力, 关乎支吊架承载设计; 材质力学性能决定支吊架适配性与材质选择; 输送介质温度、压力、腐蚀性等特性, 影响支吊架耐热、耐压、耐腐蚀设计, 防止性能衰减与损坏; 布置方式决定支吊架布置位置、支撑形式及约束方向。(2) 运行工况要求有正常、启停和异常工况。正常工况下, 管道因介质温度变化热胀冷缩, 支吊架需导向、限位控制位移; 启停工况时, 温度骤升骤降产生热应力冲击, 支吊架要有缓冲能力; 异常工况(如介质压力波动、设备振动传递)下, 支吊架要稳定承载, 限制异常位移, 避免管道损坏。(3) 支吊架设计核心目标是保障管道系统在各工况下的安全性与稳定性。具体为承载管道自重及介质重量, 防止管道变形; 控制热胀冷缩、振动等产生的位移, 避免管道与

周边碰撞; 缓解管道应力集中, 防止断裂、泄漏; 确保支吊架自身结构稳定, 防止因失效导致管道失稳^[1]。

2 化工管道支吊架的类型及设计核心要点

2.1 承重支吊架设计要点

承重支吊架是化工管道支吊架中最基础、最常用的类型, 核心功能是承载管道自重、介质重量及管道附件重量, 确保管道在垂直方向上的稳定性, 避免管道因自重产生下垂、变形。承重支吊架主要包括滑动支架、固定支架、滚动支架等形式, 其设计核心要点围绕承载能力、支撑稳定性及适配性展开。(1) 承重支吊架的设计首先需精准计算承载载荷, 载荷计算需涵盖管道自重、介质重量、管道附件(阀门、法兰、仪表)重量, 同时考虑管道热胀冷缩产生的附加载荷、风载荷等, 确保支吊架的承载能力满足设计要求, 避免因载荷计算不足导致支吊架过载、变形、失效。其次, 需合理选择支吊架的支撑形式, 滑动支架适用于水平管道, 允许管道沿轴向自由热胀冷缩, 设计时需保证滑动面光滑, 减少管道滑动时的摩擦力, 同时设置限位装置, 防止管道横向位移; 固定支架适用于管道需要固定的部位, 需能够承受管道的垂直载荷、水平载荷及热应力, 设计时需确保支架与基础连接牢固, 具备足够的刚度与强度, 防止支架松动、位移。(2) 承重支吊架的布置间距需合理设计, 间距过大易导致管道下垂量超标, 产生应力集中; 间距过小则会增加支吊架数量, 造成成本浪费, 需根据管道规格、材质、壁厚及载荷情况, 通过力学计算确定合理的布置间距, 确保管道在支撑范围内的下垂量控制在允许范围内, 同时避免管道出现应力集中现象^[2]。

2.2 导向支吊架设计要点

导向支吊架的核心功能是限制管道的横向位移, 引

导管道沿轴向自由热胀冷缩,避免管道因热胀冷缩产生不规则位移,防止管道与周边设备、结构发生碰撞,同时辅助承载管道的部分垂直载荷。(1)导向支吊架主要适用于水平管道、垂直管道的转向部位及设备接口附近,其设计核心要点是导向精度、约束强度及适配性。

(2)导向支吊架的设计需明确管道的热胀冷缩方向与位移量,根据管道的热膨胀系数、运行温度变化范围,计算管道的轴向位移量,以此确定导向支架的导向长度、导向间隙及约束方式。导向间隙需合理控制,间隙过大无法起到有效的导向作用,间隙过小则会限制管道的正常热胀冷缩,产生附加应力,需根据管道规格与位移量精准设计。(3)导向支吊架的约束强度需与管道的位移力相匹配,既能有效限制管道横向位移,又不会阻碍管道的轴向自由伸缩,设计时需选择合适的导向结构,确保导向支架的刚度与强度满足要求,避免因约束不足导致管道横向位移超标,或因约束过强产生附加应力。此外,导向支吊架的布置位置需合理,优先布置在管道热胀冷缩位移较大的部位、管道转向部位及设备接口附近,确保导向效果,保护管道与设备接口不受损坏。

2.3 限位支吊架设计要点

限位支吊架核心功能是限制管道特定方向位移,防止其在异常工况(如压力波动、振动、地震)下产生过大位移,保护管道接口、阀门等关键部位,并辅助承载管道载荷。它主要有轴向、横向、双向限位支架等形式,设计要点在于限位方向、限位行程及承载能力。

(1)设计时,要依据管道运行工况与布置特点,明确需限制的位移方向(轴向、横向或双向)。结合管道热胀冷缩位移量、异常工况最大位移量,合理设计限位行程,保证既能限制异常位移,又不影响正常热胀冷缩。限位行程需精准把控,过大无法有效限位,过小会产生附加应力。(2)限位支吊架承载能力要满足管道异常工况下的载荷需求,涵盖冲击载荷、振动载荷等。通过力学计算确定其结构尺寸、材质及连接方式,确保支架有足够刚度与强度,能承受异常载荷,避免变形、失效。

(3)限位支吊架布置要结合管道关键部位,优先设置在管道与设备连接处、阀门附近、管道弯曲部位等,重点保护这些易受位移影响的部位,保障管道系统的稳定性。

3 化工管道支吊架设计的关键影响因素

3.1 管道工况因素

管道工况是影响支吊架设计的核心因素,主要包括介质温度、介质压力、介质腐蚀性及管道振动,其中介质温度与压力的影响最为显著。(1)介质温度直接决定管道的热胀冷缩量,温度越高,管道的热膨胀系数越

大,热胀冷缩位移量越大,对支吊架的导向、限位功能要求越高,同时高温环境会影响支吊架材质的力学性能,需选择耐热性能良好的材质,避免支吊架因高温出现性能衰减、变形。(2)介质压力影响管道的受力状态,高压管道会产生较大的径向应力与轴向应力,支吊架需具备足够的承载能力与约束强度,避免管道因压力作用产生变形、泄漏;(3)介质的腐蚀性会侵蚀支吊架与管道的连接部位,导致支吊架锈蚀、损坏,影响其承载能力与稳定性,设计时需根据介质腐蚀性等级,选择耐腐蚀材质或采取防腐处理措施。(4)管道振动会增加支吊架的疲劳载荷,长期振动易导致支吊架连接部位松动、结构疲劳损坏,设计时需考虑振动因素,采取减振措施,提升支吊架的抗振动能力^[3]。

3.2 环境条件因素

化工生产现场的环境条件对支吊架设计具有重要影响,主要包括环境温度、湿度、腐蚀性介质及空间布局。(1)环境温度的变化会影响支吊架的材质性能,极端高温或低温环境会导致支吊架材质脆化、老化,降低其强度与韧性,设计时需选择适配环境温度的材质,必要时采取保温、防冻措施。(2)环境湿度较高或存在腐蚀性介质(如酸碱雾气、粉尘)时,易导致支吊架锈蚀、腐蚀,影响其结构稳定性与使用寿命,设计时需采取防腐处理措施,如涂刷防腐涂层、采用不锈钢等耐腐蚀材质。(3)现场空间布局限制支吊架的布置位置与结构形式,若现场空间狭小,需设计紧凑型支吊架,合理利用空间,同时确保支吊架的安装与维护便捷,避免因空间限制导致支吊架设计不合理,影响管道运行。

3.3 材质与结构设计因素

支吊架的材质选择与结构设计直接决定其承载能力、稳定性及使用寿命。(1)材质选择需与管道工况、环境条件相适配,优先选择力学性能良好、耐热、耐腐蚀、抗疲劳的材质,避免因材质选择不当导致支吊架失效。例如,高温工况下需选择耐热合金钢,腐蚀性环境下需选择不锈钢或防腐处理后的碳钢,确保支吊架材质能够承受相应的工况条件。(2)结构设计的合理性直接影响支吊架的受力状态,设计时需避免结构存在应力集中部位,合理设计支吊架的截面尺寸、连接方式,确保支吊架的刚度与强度满足要求。支吊架的连接部位(如与管道的连接、与基础的连接)需设计牢固,避免出现松动、脱落等问题;同时,结构设计需考虑安装与维护的便捷性,便于支吊架的安装、调整与检修。此外,支吊架的结构形式需与管道布置方式、位移需求相适配,避免结构与管道运行需求不符,影响支吊架的功能

发挥^[4]。

4 化工管道支吊架设计的优化措施

4.1 优化支吊架选型, 适配工况需求

支吊架选型的核心是结合管道工况、布置方式及功能需求, 选择适配的支吊架类型与形式, 避免选型不合理导致支吊架功能无法发挥。(1) 对于水平管道, 若需要允许轴向热胀冷缩、承载垂直载荷, 优先选择滑动支架; 若需要固定管道、承受水平载荷与热应力, 选择固定支架; 对于管道转向部位、设备接口附近, 需要限制横向位移、引导轴向伸缩, 选择导向支吊架; 对于易受振动、压力波动影响的管道部位, 需要限制异常位移, 选择限位支吊架。(2) 需根据管道的载荷大小、位移量、振动情况, 合理选择支吊架的规格与型号, 确保支吊架的承载能力、导向精度、限位行程满足设计要求。对于高温、高压、腐蚀性工况下的管道, 需选择专用支吊架, 适配工况特性, 避免常规支吊架因无法承受极端工况而失效。此外, 需结合管道布置的复杂性, 采用组合式支吊架设计, 兼顾承载、导向、限位功能, 提升支吊架的适配性与可靠性。

4.2 优化设计参数, 提升设计精度

结合管道工况与现场条件, 对支吊架的核心设计参数进行精准优化, 确保设计参数合理适配, 提升支吊架的设计精度与使用效果。(1) 载荷计算参数优化方面, 需全面考虑管道自重、介质重量、附件重量、热胀冷缩附加荷载、风荷载、振动荷载等各类荷载, 采用精准的力学计算方法, 避免载荷计算遗漏或偏差, 确保支吊架的承载能力满足要求。(2) 位移与间隙参数优化方面, 根据管道的热膨胀系数、运行温度变化范围, 精准计算管道的热胀冷缩位移量, 合理设计导向间隙、限位行程, 确保支吊架既能限制管道异常位移, 又不会阻碍管道正常热胀冷缩, 避免产生附加应力。布置间距参数优化方面, 根据管道规格、材质、壁厚及载荷情况, 通过力学计算确定合理的支吊架布置间距, 平衡管道下垂量与支吊架数量, 避免间距过大导致管道应力集中, 或间距过小造成成本浪费。

4.3 优化材质与结构, 提升可靠性

优化支吊架的材质选择, 根据管道工况、环境条

件, 选择力学性能良好、适配性强的材质, 提升支吊架的使用寿命与可靠性。(1) 对于高温工况, 选择耐热合金钢、耐高温合金等材质, 确保支吊架在高温环境下具备足够的强度与韧性; 对于腐蚀性环境, 选择不锈钢、防腐涂层处理的碳钢等材质, 防止支吊架锈蚀、腐蚀; 对于振动工况, 选择抗疲劳性能良好的材质, 减少振动对支吊架的损伤。(2) 优化支吊架的结构设计, 避免结构存在应力集中部位, 合理设计截面尺寸、连接方式, 提升支吊架的刚度与强度。优化支吊架与管道、基础的连接结构, 采用牢固的连接方式, 确保连接部位稳定可靠, 避免松动、脱落; 设计紧凑式结构, 适配现场空间布局, 便于安装与维护; 对于振动管道, 在支吊架结构中增加减振装置, 吸收管道振动, 减少振动对支吊架的疲劳损伤。此外, 需对支吊架的关键结构部位进行力学验算, 确保结构强度满足设计要求, 避免结构失效^[5]。

结束语

化工管道支吊架设计是一个复杂且关键的系统工程, 涉及多方面因素。从基础条件的精准把握, 到各类支吊架设计要点的细致考量, 再到关键影响因素的全面分析, 每一步都关乎管道系统的安全稳定运行。通过优化支吊架选型、设计参数以及材质与结构等措施, 可有效提升支吊架设计的科学性与合理性, 增强其适配性与可靠性。在实际工程中, 设计人员需充分结合化工管道的具体工况与环境条件, 灵活运用设计方法与优化策略, 确保支吊架能够充分发挥功能, 为化工管道系统的安全运行提供坚实保障, 推动化工行业的持续稳定发展。

参考文献

- [1] 贾占举, 刘文磊, 杨静洁等. 管道支吊架布置优化方法[J]. 管道技术与设备, 2022, (04): 53-58.
- [2] 张世伟, 黄闪闪. 管道设计中应力管线的柔性分析[J]. 化工管理, 2022, (19): 151-154.
- [3] 王峰. 基于应力分析的化工管道柔性设计分析[J]. 盐科学与化工, 2022, 51(09): 51-54.
- [4] 曹传胜, 唐畅. 管道及支吊架间距选择差异研究[J]. 中国设备工程, 2022, (18): 107-111.
- [5] 秦华丽. 化工管道支吊架设计要点分析[J]. 化工设计通讯, 2023, 49(11): 89-92.