

管道固定支架受力分析在工程中的应用

陈智勇

中铁建工集团建筑安装有限公司, 北京 100070

[摘要] 在当今现代工程领域, 广泛应用于空调水及给排水系统、电力工程、制造业等多个行业的管道系统, 在面对高温、高压、地形复杂等复杂工况时, 其支撑和固定显得尤为关键。特别是对于大型管道, 其水平推力较大, 使得管道系统在设计固定支架时需要更加精细的考量。固定支架的设计必须充分考虑到管道受到的各种力的特性, 包括外部环境引起的风荷载、地震荷载, 以及内部介质流动引起的压力等。通过对这些因素进行科学分析, 我们能够更准确地预测管道系统在各种工况下的响应, 进而提高其承载能力和适应性。因此, 管道固定支架受力分析在工程实践中的应用, 不仅直接关系到设备的正常运行, 同时也对工程结构的安全性和可维护性提出了严格的要求。鉴于此, 深入研究管道固定支架受力分析的理论和应用, 对于工程设计和运维的成功实施具有重要意义。

[关键词] 管道系统; 固定支架; 受力分析

DOI: 10.33142/aem.v6i3.11298

中图分类号: TU995

文献标识码: A

Application of Force Analysis on Pipeline Fixed Supports in Engineering

CHEN Zhiyong

China Railway Construction Engineering Group Construction and Installation Co., Ltd., Beijing, 100070, China

Abstract: In today's modern engineering field, pipeline systems are widely used in various industries such as air conditioning water and drainage systems, power engineering, and manufacturing. When facing complex working conditions such as high temperature, high pressure, and complex terrain, their support and fixation are particularly crucial. Especially for large pipelines, their horizontal thrust is large, which requires more careful consideration when designing fixed supports for pipeline systems. The design of fixed supports must fully consider the characteristics of various forces acting on the pipeline, including wind loads caused by external environment, seismic loads, and pressure caused by internal medium flow. By scientifically analyzing these factors, we can more accurately predict the response of pipeline systems under various working conditions, thereby improving their load-bearing capacity and adaptability. Therefore, the application of force analysis of pipeline fixed supports in engineering practice not only directly affects the normal operation of equipment, but also puts forward strict requirements for the safety and maintainability of engineering structures. In view of this, in-depth research on the theory and application of force analysis of pipeline fixed supports is of great significance for the successful implementation of engineering design and operation.

Keywords: pipeline system; fixed bracket; force analysis

引言

管道作为工业和基础设施中不可或缺的组成部分, 承担着输送液体、气体等介质的关键任务。在各行各业的工程应用中, 管道固定支架的受力分析是确保管道系统正常运行和安全性的重要环节。通过深入研究管道在复杂工况下受到的各种外部和内部荷载, 以及固定支架对其承载的影响, 我们能够更好地理解管道系统的力学行为, 提高其稳定性、可靠性, 为工程设计和运营提供科学依据。

1 管道受力分析基础

1.1 管道荷载计算原理

管道荷载计算的原理基于静力平衡和流体动力学的基本原理。在考虑外部环境和内部介质作用下, 管道所受的荷载主要分为静荷载和动荷载。首先, 静荷载的计算涵盖了风荷载、地震荷载和温度荷载。风荷载可由以下公式表示:

$$W_{\text{wind}} = 0.625 \times C_d \times P \times A \quad (1)$$

其中, C_d 为风阻系数, P 为大气压力, A 为管道截面积。地震荷载的计算依赖于管道质量 M 和地震加速度 a

$$W_{\text{seismic}} = M \times a \quad (2)$$

而温度荷载考虑了管道的热膨胀, 计算公式为:

$$W_{\text{thermal}} = \alpha \times \Delta T \times L \times E \quad (3)$$

其中, α 为材料的热膨胀系数, ΔT 为温度变化, L 为管道长度, E 为弹性模量。其次, 动荷载主要由流体在管道内引起的轴向力、剪力和弯矩组成。轴向力的计算公式为:

$$F_{\text{axial}} = \rho \times A \times v^2 \quad (4)$$

剪力的计算可通过雷诺数公式得到:

$$F_{\text{shear}} = \frac{\rho \times v \times D}{Re} \quad (5)$$

弯矩的计算则依赖于动量定理:

$$M_{\text{moment}} = \rho \times A \times v \times r \quad (6)$$

其中, ρ 为流体密度, A 为管道横截面积, v 为流体流速, D 为管道直径, Re 为雷诺数, r 为流体流速方向上的距离。

1.2 弯矩、剪力和轴力的基本概念

管道在运行过程中会受到多种力的作用, 其中包括弯矩、剪力和轴向力。这些力是描述管道受力情况的基本概念, 对管道设计和结构分析至关重要。首先, 弯矩是指在管道横截面上由外部力或负载引起的转动效应。弯矩的大小取决于加载的位置、大小以及管道的几何形状。数学上, 弯矩 (M) 可通过下述公式表示: $M = F \times d$ 其中, F 为施加在管道上的力, d 为力点至管道轴线的距离。其次, 剪力是指沿管道截面平行于其长度方向的力。这种力使得管道横截面发生形变, 不改变其旋转状态。剪力 (V) 的计算公式为: $V = F$ 其中, F 为施加在管道上的剪切力。最后, 轴向力是指沿着管道轴线方向的拉伸或压缩力。这种力直接影响着管道的伸缩性能。轴向力 (N) 的计算公式为: $N = A \times \sigma$ 其中, A 为管道的横截面积, σ 为单位面积上的正应力。这些基本概念的理解对于管道结构的合理设计和稳定运行至关重要。在实际工程中, 合理考虑弯矩、剪力和轴向力的分布情况, 对管道的强度、稳定性和安全性进行准确评估, 有助于确保管道在各种工况下都能够正常运行, 从而满足工程需求。

1.3 材料力学基础

材料力学是管道工程设计中不可或缺的基础, 它关注材料在受到外部荷载作用下的力学性能。在管道设计中, 对材料力学的深刻理解是确保管道结构稳固可靠的核心。首先, 弹性模量是描述材料刚度的关键参数。它定义了材料在受力时的变形程度, 即应力 (Stress) 与应变 (Strain) 的比值。弹性模量 (E) 的表达式为: $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ 其中, σ 表示应力, ϵ 表示应变。其次, 屈服强度是指材料在受到一定程度的荷载后开始发生塑性变形的能力。这个特性对于管道在实际工况下的可靠性至关重要。屈服强度 (Y) 可通过应力-应变曲线中的比例极限点确定。最后, 抗拉强度是材料在拉伸过程中最大能够承受的应力。它是评估管道材料强度的重要参数, 通常表示为 UTS (Ultimate Tensile Strength)。综合考虑这些材料力学的基本概念, 工程师能够更好地选择适用于管道设计的材料, 并合理评估在不同工况下的结构性能。这对于确保管道系统在各种工作条件下都能够保持稳定、安全地运行, 具有重要的指导意义。因此, 对于材料力学的深入理解在管道设计中是至关重要的。

2 管道固定支架设计原则

2.1 强度设计

强度设计在管道工程中是确保管道结构能够承受各

种荷载并保持结构完整性的核心方面。这一设计原则旨在使管道在运行过程中具备足够的强度, 以抵御外部环境和内部介质引起的各种力的作用。首先, 强度设计考虑到管道所受外部荷载, 如风荷载、地震荷载和温度变化引起的热膨胀。对于这些荷载, 设计工程师会采用适当的计算方法和标准, 确保管道能够承受这些荷载而不发生破坏或失稳。其次, 强度设计涉及到管道材料的选择和性能评估。工程师需要考虑材料的弹性模量、屈服强度和抗拉强度等关键参数, 以确保所选材料具有足够的强度应对运行中的力学挑战。此外, 强度设计还包括对管道的结构形式和连接方式的合理选择。这涉及到管道的几何形状、支架设计以及焊接或螺栓连接等细节设计。通过精心的结构设计, 可以有效地提高管道的整体强度和稳定性。

2.2 稳定性设计

稳定性设计在管道工程中是确保管道结构在各种工作条件下保持稳定和可靠的核心原则。该设计方面关注管道系统对外部和内部力的稳定响应, 以防止结构的破坏或失稳。首先, 稳定性设计考虑管道在不同环境条件下受到的外部力, 如风荷载、地震荷载等^[1]。通过合适的支撑和固定方式, 工程师确保管道在面对这些外部力时能够保持平衡, 不发生倾斜或偏离设计位置。其次, 稳定性设计关注管道在运行中产生的内部力, 特别是涉及到液体或气体流动的情况。通过优化管道的几何形状和支撑结构, 以及采用适当的阻尼和减震措施, 确保管道系统在运行中不受到振动的影响, 提高稳定性。此外, 对于长距离管道, 地形和地质条件也是稳定性设计考虑的因素。工程师需要评估管道在不同地形条件下的稳定性, 采取合适的措施, 如埋地或悬吊等方式, 以确保管道在地形变化的情况下保持结构稳定。

2.3 刚度设计

刚度设计在管道工程中是确保管道结构对外部和内部变形具有适当刚度的关键设计原则。该设计方面关注管道系统的刚度, 使其在各种工作条件下都能够保持结构的稳定性和可靠性。首先, 刚度设计考虑到管道在受到外部力作用下的变形, 如风荷载、地震荷载和温度变化引起的热膨胀。通过合理的管道截面设计和支撑结构, 工程师确保管道在外部荷载作用下的弯曲和变形受到适当的限制, 以维持整体刚度。其次, 刚度设计还关注管道内部介质流动引起的变形。通过考虑管道的弹性和柔性, 工程师能够优化管道的几何形状和材料选择, 以减小内部流体对管道结构的影响, 提高整体刚度。此外, 对于长距离管道系统, 特别是跨越不同地形条件的管道, 刚度设计还需要考虑到地形变化对管道的影响。通过采用合适的支持结构、悬吊方式或埋地设计, 确保管道在地形变化的情况下仍能够保持适当的刚度。

3 固定支架受力分析方法

3.1 静力分析方法

静力分析方法在管道工程中是一种关键的结构分析

手段,用于评估管道系统在静止状态下受力情况。这种分析方法主要关注管道结构的平衡和稳定,确保在外部荷载和内部介质作用下,管道能够保持结构完整性。首先,静力分析方法考虑外部荷载的作用,包括风荷载、地震荷载和温度引起的热膨胀等。通过应用平衡方程,工程师可以精确计算管道在这些荷载下的受力情况。例如,对于管道的轴向力、弯矩和剪力,可以利用力矩平衡和力的平衡等基本原理解进行计算。其次,静力分析方法关注内部介质的静力作用,特别是液体或气体在管道中的流动引起的力。通过使用流体力学理论和静力学原理,工程师可以推导出管道内的压力分布、轴向力、剪力等参数,从而全面了解管道系统在静止状态下的内部受力情况。此外,静力分析方法还考虑到管道支架、连接和管道自身的结构特性。通过细致地考虑这些因素,工程师可以更准确地评估管道系统在静态条件下的稳定性和刚度。

3.2 动力分析方法

动力分析方法在管道工程设计中是用于研究管道在动态荷载作用下的响应和行为的关键手段。这种分析主要关注外部力如地震、爆炸、水击等引起的管道振动,以及内部流体运动引起的液体脉动等动态效应。首先,对于地震荷载引起的动态响应,管道系统的振动特性是关键的研究对象。地震力引起的管道振动可以通过运动方程进行建模和分析^[2]。管道的自振频率和阻尼比等参数对振动响应至关重要,可通过结构动力学的方法得到。其次,对于爆炸等冲击荷载引起的动力响应,管道系统的变形和应力分布需要详细的分析。通过应用冲击动力学理论,可以研究管道在爆炸荷载作用下的瞬时响应,并考虑到动力荷载的非线性效应。此外,考虑到内部介质流动引起的液体脉动,动力分析方法需要关注管道系统的共振和自激振动等现象。通过流体动力学和结构动力学的耦合分析,可以研究管道系统在流体运动引起的动力响应,从而预防共振和振动失稳的问题。

4 管道固定支架在不同工程领域的应用

4.1 空调水及给排水系统中的支架设计

在空调水及给排水系统中,管道固定支架的设计至关重要,直接关系到系统的稳定性和运行效能。首先,在给排水系统中,管道固定支架需要考虑水的流动特性,如阻力、流速等因素,以确保管道在正常运行过程中不产生振动、漏水等问题。对于空调水系统,固定支架设计则需要考虑水的冷却和循环过程中的温度变化,以及系统可能面临的外部环境因素。强度设计方面,需要确保支架结构足够强大,能够承受系统运行过程中的各种力,包括管道自身的重力、水流引起的压力以及可能的外部冲击力。稳定性设计则涉及到支架的整体结构,以防止在系统运行中发生不稳定或倾斜的情况。刚度设计考虑到支架的刚性,使其在各个方向上都能够有效地支持和固定管道保证系统

的可靠性。固定支架受力分析方法需根据具体情况选择,静力分析可考虑管道自身重力、水流引起的压力等因素;动力分析则需关注系统可能面临的外部冲击、地震等动力因素,确保支架结构的耐久性和抗震能力。在实际工程中,成功的空调水及给排水系统中的管道固定支架设计需要工程师全面理解系统的运行环境,充分考虑水流、温度、外部荷载等多种因素,通过科学的受力分析方法,确保支架设计符合系统运行的要求,提高系统的可靠性和稳定性。

4.2 电力工程中的支架应用

在电力工程领域,管道固定支架受力分析的应用具有关键性的意义。电力工程涉及庞大的输电、变电和发电系统,其中管道系统承载着冷却介质、冷却水或其他流体。固定支架受力分析在此背景下发挥着重要的作用,确保管道系统能够在高温、高压等复杂工况下保持结构的稳定性和安全性。首先,电力工程中的发电厂通常需要大量的冷却水用于散热。管道固定支架受力分析通过考虑管道在运行中承受的水压、流速和温度变化等因素,确保冷却水管道在高流量和高温差的条件下能够稳定地运行。这有助于防止由于水压变化和温度波动引起的管道变形和损坏。其次,输电线路附近的管道系统,如冷却和维护用的液体管道,需要经过多种地形和结构的地方。固定支架受力分析通过适当设计支架结构,确保管道能够适应电力线路附近的各种地形变化,保障输电线路和管道系统的共存和协同运行。此外,电力工程中的变电站等设施也涉及大量管道系统,其中可能包括冷却管道、油管道等^[3]。通过对这些管道系统进行受力分析,工程师可以优化管道支架的设计,确保在设备运行和维护过程中不会发生过大的振动和变形。

4.3 制造业中管道固定支架的应用

在制造业领域,管道固定支架受力分析的应用对于保障生产设备的正常运行和安全性至关重要。制造业涵盖了众多的生产工序和设备,其中涉及到冷却、加热、液体输送等多种液体或气体流体的管道系统。首先,生产设备通常需要通过冷却系统来维持正常的工作温度。固定支架受力分析通过考虑冷却水管道在高温环境下的承载能力和热膨胀等因素,确保冷却系统能够稳定、高效地运行,防止由于温度变化引起的管道损坏。其次,制造业中常见的液体或气体输送系统,如液压管道、气动管道等,需要在高压和高流量的情况下保持结构的稳定性。固定支架受力分析通过综合考虑管道的内部压力、流速以及外部支撑结构,确保输送系统在不同工作条件下不发生振动、位移或破坏,从而保障了生产线的正常运转。此外,在制造业中,生产设备和管道系统通常需要布局合理、紧凑,因此对支撑结构和管道的设计要求较高。固定支架受力分析可以帮助工程师优化支架的布局和设计,确保在有限的空间内最大程度地提高系统的稳定性和效率。

5 结语

管道固定支架受力分析在空调水及给排水、电力工程和制造业等领域的应用都是至关重要的。通过深入研究和科学分析管道系统的受力情况,该技术手段确保了系统在各种工况下的稳定性、安全性和可靠性。在高温高压、输电、制造等复杂环境下,这一分析方法为工程师提供了关键的技术支持,推动了相关领域的工程设计和运行的科学进步。

[参考文献]

- [1]周双龙. 结构刚度对管道受力的分析论证[J]. 化肥设计,2021,59(2):21-23.
- [2]杨传宇,徐超,王磊,等. 浅谈一种压力管道焊缝检测固定支架的设计[J]. 特种设备安全技术,2023(6):36-37.
- [3]王静波. 石油化工管道支架设计分析[J]. 云南化工,2023,50(6):132-135.
- 作者简介:陈智勇(1996.2—),毕业院校:山东农业大学,所学专业:给排水科学与工程,当前就职单位:中铁建工集团建筑安装有限公司,职务:技术员,职称级别:初级工程师。