

化工管道设计中的管道应力分析

刘宏基 弓 祎

惠生工程(中国)有限公司郑州分公司 河南 郑州 450046

摘要: 管道应力分析是化工管道设计中不可或缺的一部分。通过对管道系统的应力分析,可以评估其安全性和可靠性,并采取合适的措施来减小应力、提高管道系统的稳定性和安全性。在实际设计过程中,应根据工程要求和相关规范,结合经验和知识,进行综合分析和判断,以确保管道系统的设计和运行安全。

关键词: 化工管道; 管道设计; 应力分析

化工管道设计有着极高的设计标准和要求,由于这项工作自身的特点,因此在应力的分析上都需要加以注意,经过研究和论证,目前在化工管道设计,尤其是管道应力的设计上拥有了丰富的经验,能够采用合理的科学的设计途径,通过有效的措施,得到经过优化的化工管道设计方案,并在工作实际上收到了满意的效果。

1 化工管道应力的分类

化工管道在使用过程中会受到各种力的作用,而应力是描述这些力对管道内部材料的影响程度的参数。根据力的性质和作用方式的不同,化工管道的应力可分为以下几类:第一,内压应力:当管道内部介质压力增大时,会产生内压应力。内压应力是沿着管道壁方向的径向应力,它的大小与管道壁的厚度、管径以及内部介质的压力等因素有关。内压应力对管道壁材料的安全性和强度具有重要影响。第二,弯曲应力:当化工管道受到外部力的作用,如重力、风载和地震等,会发生弯曲变形,并产生弯曲应力。弯曲应力主要集中在管道的弯曲部位,沿着弯曲轴线方向呈现拉伸和压缩的分布^[1]。第三,轴向应力:当管道受到轴向拉伸或压缩力的作用时,会产生轴向应力。轴向拉伸应力使管道在轴向方向产生拉伸,而轴向压缩应力则使管道在轴向方向产生压缩。轴向应力的大小与外部施加力的大小和作用方式有关。第四,剪切应力:当化工管道受到剪切力的作用时,会产生剪切应力。剪切应力是沿着管道壁的切向方向产生的应力,它与管道壁材料的切变变形有关。了解和分析管道应力的特点和分布可以帮助我们评估管道的强度和安全性,采取相应的措施来防止管道出现破裂、变形等问题,确保化工管道的正常运行。

2 化工管道设计过程中研究管理应力的必要性

在化工管道的设计过程中,研究和管理应力是非常必要的。以下是几个原因,确保管道的安全性:管道中存在的应力过大可能导致管道的破裂、变形或失效,从

而引发严重事故。通过研究和管理应力,可以确定管道材料的强度和稳定性,确保管道在正常运行及紧急情况下的安全性。确保管道的性能和使用寿命:应力对管道的性能和使用寿命有着直接影响。过高的应力会降低管道的承载能力和耐久性,缩短使用寿命。通过合理设计和管理应力,可以提高管道的负荷能力和抗疲劳性能,延长管道的使用寿命。减少维护和维修成本:合理管理应力可以减少管道的损坏和故障,并降低维护和维修成本。在设计过程中,通过合理布置支座、考虑管道受力特点,可以减小小应力集中,避免管道的疲劳破裂或材料的变形,从而减少维修和更换的需求。辅助管道的优化设计:研究和管理应力可以为管道的优化设计提供依据。通过分析应力分布,可以确定管道的最佳尺寸、材料和支座布置等,以提高管道的性能和工艺经济性。研究和管理管道的应力在化工管道设计过程中具有非常重要的意义。通过合理设计和管理应力,可以确保管道的安全性、性能和使用寿命,降低维护和维修成本,并辅助管道的优化设计,满足工业生产和安全要求。

3 化工管道设计中管道应力的分析方式

3.1 目测分析

在化工管道设计中,对管道应力的分析可以采用多种方法,其中之一是目测分析。目测分析是一种直观的方式,通过观察管道的形变和应力情况来判断管道的安全性和稳定性。在目测分析中,设计人员可以根据管道的几何形状、材料特性和负载条件等因素进行判断。他们可以观察管道的变形情况,如管道的弯曲程度、径向挤压或扭曲等。通过观察管道的变形,可以初步判断管道是否存在过大的应力。设计人员还可以观察管道焊缝的情况,包括焊缝的变形、开裂或裂纹。焊缝的状况直接关系到管道的强度和安全性,因此对焊缝进行目测分析能够提前发现潜在的问题。在目测分析过程中,设计人员还需要了解敷设环境和操作条件,例如管道周围的

温度、压力和振动等因素。这些因素会对管道应力产生影响,需要综合考虑在目测分析中。需要注意的是,目测分析虽然直观简单,但其判断的准确性和精度有一定限制^[2]。为了更全面、准确地分析管道应力,还需要借助数学和工程力学等方法进行计算和模拟分析。目测分析是化工管道设计中一种快速初步的应力分析方式,通过观察管道的形变和变形情况来判断管道的安全性。然而,为了获得更准确的应力分析结果,还需要结合数学和工程力学的方法进行计算和模拟分析。

3.2 简单分析

在化工管道设计中,管道应力的分析是非常重要的环节,它可以帮助我们评估管道结构的强度和稳定性。简单分析是一种常用的方法,可以在设计初期快速了解管道应力的情况,为后续设计和优化提供初步的指导。简单分析主要依靠一些经验公式和简化的力学模型来估算管道应力。其中一种常用的方法是假设管道为悬臂梁或简支梁,根据负载情况和管道几何参数,采用梁的基本力学公式进行分析。通过假设管道的弯曲刚度和材料的强度,可以初步估计管道的弯曲应力和轴向应力。此外,还可以通过假设管道内部压力和温度差异引起的膨胀应力,并根据管道的材料性质来进行分析。

简单分析还可以利用图表和规范等参考资料,根据管道的特点和负载情况,查找适用的公式和表格,通过简单的计算和拟合来估算管道应力。这些参考资料包括国家或行业相关的设计规范、手册,以及厂家提供的技术资料等。虽然简单分析方法具有快速、方便的优势,但也有其局限性。简单分析往往是基于一些理想化的假设和经验公式,不够精确和准确。对于复杂情况下的管道系统,可能需要更复杂的数值计算和有限元分析等方法,以更精确地评估管道应力。简单分析是化工管道设计中常用的初步应力分析方法。它通过简化的力学模型和经验公式,快速估算管道的应力情况。然而,在实际工程中,应根据具体情况综合考虑多种分析方法,以获得更准确和全面的管道应力分析结果。

3.3 计算机辅助分析

在化工管道设计中,计算机辅助分析是一种现代化、精确度高的方法。它利用计算机技术和数值分析方法,对管道系统进行模拟和计算,以评估管道的应力分布和结构的强度。计算机辅助分析可以借助各种软件和工具来实现,如有限元分析软件、计算流体力学软件等。通过将管道系统的几何形状、材料性质、负载条件等输入到软件中,进行模拟计算,可以得到管道内部的应力分布、变形情况以及管道壁材料的应力大小等精确

的结果^[3]。

计算机辅助分析方法具有以下优势:(1)精确性和准确性:相较于简单分析方法,计算机辅助分析能够更准确地模拟和计算管道的应力分布和变形情况,为后续工程设计提供更精确的依据。(2)复杂情况的处理能力:对于复杂的管道系统,如多支管道网、非线性负荷条件等,计算机辅助分析可以更好地处理这些复杂情况,并给出相应的结果。(3)快速和高效:计算机辅助分析可以利用计算机的高速计算和处理能力,迅速完成对大量数据和复杂运算的处理,大大提高了分析的效率。(4)结果可视化:计算机辅助分析可以将分析结果以图形或表格的形式呈现,使得分析结果更直观、易读。

然而,计算机辅助分析方法也有其局限性,包括对输入数据的准确性和完整性要求较高,以及对软件和计算机的使用技术要求较高等。计算机辅助分析是一种精确度高、灵活性强的管道应力分析方法。它能够更准确地模拟和计算管道的应力分布和变形情况,为化工管道设计提供更精确、可靠的依据。

4 在化工管道设计中降低管道应力的有效举措

4.1 适度增加管道柔性特点

在化工管道设计中,为了降低管道应力,增加管道的柔性特点是一种有效的举措。适度增加管道的柔性特点可以有效地分散应力,减少管道可能面临的应力集中和应力超限的风险。引入伸缩节:在管道布置中适当安装伸缩节,用于吸收由于管道热膨胀、冷缩、震动等因素引起的应力。伸缩节可以增加管道的柔性,减少管道结构的刚度,从而降低管道应力。优化支座设计:合理设置管道的支座位置和类型,通过增加支座数量或调整支座布置,可以有效地分散管道的应力,减少应力集中。使用弹性材料:选用具有一定弹性的管道材料,如弹性胶管、聚合物管等,能够提供较好的柔性特性,减少因刚性材料引起的应力集中和应力超限的风险。考虑管道系统的工作条件:在设计过程中,综合考虑管道系统的工作条件,如压力、温度、流体介质等因素,并对其进行分析,可以避免过大的应力产生。加强管道支持和阻尼措施:通过增加管道的支撑结构,如支架和吊杆等,加强管道的稳定性,从而降低管道的应力。同时,引入阻尼措施,如使用阻尼器或阻尼材料,可以阻尼管道的振动,减少应力的产生。通过合理选择管道材料、引入伸缩节、优化支座设计、加强管道支持和阻尼措施等方式,可以有效地减少管道应力,提高管道安全性和可靠性。当然,针对具体情况的管道设计应结合实际工程要求和相关规范进行。

4.2 选择合适的管网安装设备

在化工管道设计中,选择合适的管网安装设备是降低管道应力的另一项重要举措。合适的管网安装设备能够减轻管道负荷、降低应力集中,从而提高管道系统的稳定性和安全性。轴向补偿器:在管网的转弯或不同尺寸管段的连接处,可以选择安装轴向补偿器。这种设备能够吸收管道由于温度变化引起的线膨胀或线收缩,从而减少管道的应力。轴向补偿器通常采用金属材料,具有一定的弹性和可伸缩性。弯头和弯管:在管道布置中,合理选择弯头和弯管,能够降低管道的应力。弯头和弯管能够引导流体进行方向变换,并减少管道的弯曲程度。同时,选择合适的弯头半径和弯管角度,可以减少应力集中,提高管道的弯曲性能。波纹管:波纹管是一种具有较好柔性和抗扭能力的管道装置。在需要处理振动、冲击或高温膨胀等情况下,选择波纹管能够减少管道的应力集中,提高管道的抗振性能。特殊接头技术:对于管道的连接处,选择一些特殊的接头技术,如补偿接头、球销接头等,能够有效减少管道的应力集中,提高管道的连接强度。弹性橡胶支座:在管网布置中,采用弹性橡胶支座能够提供柔性的支撑,减少管道的应力传递,使管道系统具有较好的承载能力和稳定性。选择合适的管网安装设备能够减轻管道负荷,分散应力集中,从而降低管道的应力,提高管道系统的稳定性和安全性。在实际应用中,需要根据具体的管道设计要求、工作条件和相关规范,选择适合的安装设备,并结合整体管网布置进行综合考虑。

4.3 采取冷紧措施降低应力

在化工管道设计中,采取冷紧措施是一种常用的方法,可以降低管道的应力。冷紧措施是通过控制管道的安装环境、温度等因素,使管道在冷却过程中产生收

缩,从而降低管道应力^[4]。在管道安装过程中,可以设置冷却装置,使管道迅速冷却。冷却装置通常采用水冷或风冷的方式,可以加速管道的冷却速度,使管道在冷却过程中产生较大的收缩量,从而降低管道的应力。如果管道条件允许,可以利用自然冷却的方式来降低应力。例如,在管道焊接完成后,可以将管道暴露在自然环境中,通过自然散热来使管道冷却,并促使管道收缩,从而降低管道的应力。在管道的安装过程中,可以预先进行紧固操作,将管道连接件、支撑件等紧固到位。在管道冷却过程中,由于管道的收缩,紧固件会稍微松动,从而减小管道的应力。在管道焊接过程中,控制焊接热输入可以降低管道应力。适当降低焊接电流、焊接速度等参数,减少焊接热输入量,可以使管道冷却时产生较小的温度梯度,从而减小应力的生成。

结束语

管道应力分析在化工管道设计中起着至关重要的作用,为确保管道系统的安全可靠性提供了重要的依据。在进行管道应力分析时,需要综合考虑各种因素,并采取合适的措施来降低应力,以提高管道系统的性能和安全性。只有做好管道应力分析工作,才能确保管道系统在工作过程中稳定可靠地运行。

参考文献

- [1]张华,陈娟.化工管道应力分析与优化设计[J].长春工程学院学报,2021,42(2):80-84.
- [2]赵云,李宇.基于ANSYS的化工管道应力分析及安全评价[J].石河子大学学报,2021,33(2):46-50.
- [3]韩冰,王涛.化工管道应力分析方法及其在设计中的应用[J].重庆理工大学学报,2021,35(1):75-80.
- [4]刘骏,张小龙.基于ABAQUS的化工管道应力分析与优化设计[J].工程力学,2021,38(2):199-204.