

硫磺回收酸水汽提装置中 氨压机的配管设计

孙学敏

中石化南京工程有限公司

摘要: 本文围绕氨压机的配管设计包括工艺流程、管路布置、应力分析以及材料选择等内容, 结合某硫磺回收酸水汽提装置的实际工程案例, 为相关领域的工程设计提供有益参考。

关键词: 硫磺回收; 酸水汽提; 氨压机; 配管设计; 应力分析; 材料选择

高硫原油加工过程中, 硫磺回收装置已成为中国炼油行业不可或缺的关键环节。随着环保要求的日益严格, 高效回收硫资源不仅可以减少环境污染, 还能带来显著的经济效益^[1]。该工艺通过特定化学反应脱除酸性气体中的硫, 并利用酸水汽提装置回收氨, 为后续工序提供原料。在此过程中, 氨压缩机对再生氨的压缩及输送至关重要。

配管设计直接影响硫磺回收装置的运行稳定性和处理效率，是连接各设备与工艺系统的核心环节。合理的设计可确保酸性气体及溶剂再生过程中气液相流体的顺畅流动，从而提高装置处理能力和产品质量。若管道设计不当，可能导致气体泄漏、压力波动甚至设备损坏，严重影响装置正常运行并增加环境风险。因此，在硫磺回收装置的设计与实施中，需科学规划管道布局，合理选材，以确保装置高效、安全、环保运行。

作为核心设备之一，氨压缩机承担着将低压氨气增压并输送至下游工序的关键任务，其配管设计的合理性直接关系到装置的整体运行效率。

1 氨压机工艺流程概述

氨压机的工艺流程主要有吸入、压

缩、排出氨气等工艺过程。装置上游的低压氨气经管道输送至氨压机，其压力和温度通过多级压缩逐步升高，随后氨气由管道输送至氨气缓冲罐。接着，再经由排出管将高压氨气送往后续工序继续加工。在此过程中，氨压机的配管设计需在满足安全、稳定、高效要求的同时，保障氨气的顺畅流动。氨气从吸入

到排出的全流程以及各关键装置、阀门如图 1 所示。

2 氨压机的配管设计基础以及管道布置方案探讨

2.1 氨压机的配管设计基础

为了保证安装计算的合理性和可靠性,在设计氨压机配管时,一定要遵

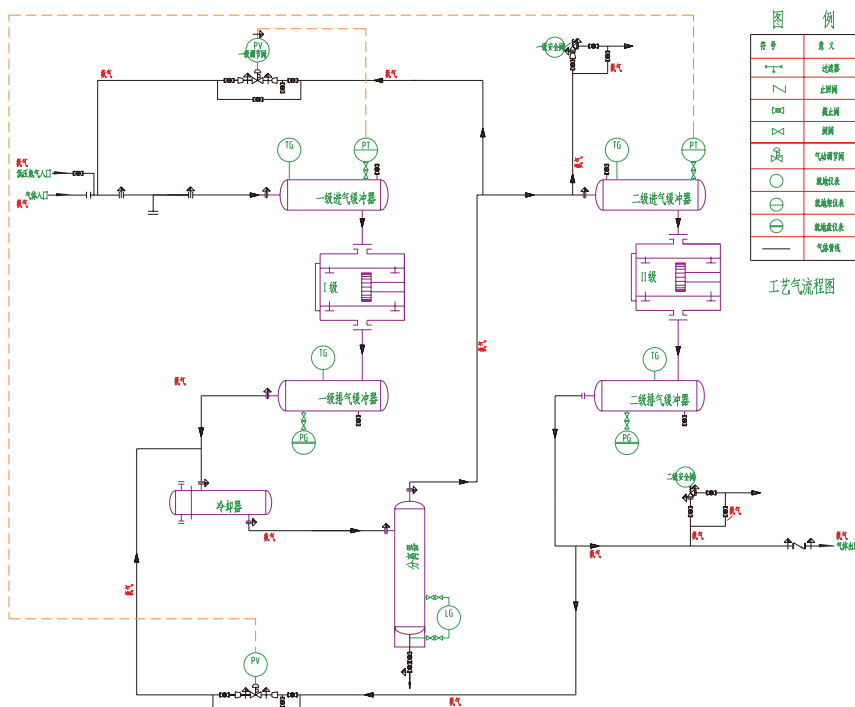


图 1 氨压机工艺流程

守设计的基本原则和注意事项。

2.1.1 明确压缩机进出口管规格

设计人员需先确定压缩机进出口管的规格,涵盖内径、管壁厚度等参数。这些参数直接影响气流效率与管路容量,可依据压缩机的流量、压力等参数确定符合生产要求的管路规格。

2.1.2 严格遵循国家或行业标准

配管设计必须依照国家或行业相关标准^[2]执行,以确保设计符合技术要求与安全要求。设计过程中,需严格遵守管材选用、连接方式、支架吊架设置等相关标准。

2.1.3 考虑管材的柔韧性

由于压缩机运转时会产生振动,为避免管道对压缩机正常运转造成破坏或干扰,管路必须具备一定的柔韧性以吸收振动。可通过选用适当管材、设置合理悬挂装置来提高柔韧性。

2.1.4 结合生产现场实际规划管线

管线设计需充分考虑生产现场实际情况,合理规划管线走向与布局。在管材配置过程中,设计人员需综合考虑管材的支护、紧固、防腐和绝缘等方面,以保障管材的稳定性与安全性。

2.1.5 注重管道清洁与养护的便捷性

为保证压缩机正常运转并延长其使用寿命,需定期对管路进行清洗与保养。设计时应预留足够空间与接口,便于日常清洁与维护操作。

2.1.6 强化安全设计考量

配管设计需满足相关规范标准,避免因设计瑕疵引发安全事故。设计时应着重考虑管材的强度、密封性、防爆性等安全性能,做好预防性设计。总体来说,氨压机配管设计需遵循基本原理,注重各项注意事项,通过明确管材规格、遵循技术规范与标准、考虑管材柔韧性与维护便捷性、强化安全设计等措施,为氨压机稳定运行、提高生产效率提供可靠保障,确保设计的合理性与可靠性。

2.2 管道布置方案探讨

管道布局是氨压机配管设计中的

关键要素。合理的管道布置不仅可以减少能量损失,还可以确保工厂的安全运行。在本次工程案例中,我们参考了厂家提供的建议三维模型,并结合现场实际情况,对管道布置进行了优化设计。图2所示厂家提供的原始管道布置三维模型,为后续的实际布置提供参考。

2.2.1 厂房平面布置

厂房平面布置是确保氨压机及其配套设备合理布局的关键。在设计过程中,我们充分考虑了设备的尺寸、质量、操作维修空间等因素,对厂房内的设备进行了合理布局。同时,为了便于管道的安装和维护,我们在厂房内设置了必要的支架和平台。图3所示厂房内的平面布局,包括氨压机、管道支架、平台等设备的相对位置。

2.2.2 厂房立面布置

厂外立面设计主要从管线走向、支撑方式等方面考虑。我们在设计的过程中尽量把管路做到最好把弯头、支线减少。同时采用合适的管架支撑形式和固定结构确保管材的稳定性和安全性。图4所示厂外立面布置以氨压机、平台相互位置为重点,以设备支承方式为

主要管线走向。

2.2.3 管道布置实际三维模型

为了让管路位置图更直观我们创建了一个3D管路位置图模拟模型。该机型能对管线的空间走向和连接进行清晰地识别对后续管线的安装和维护也有一定的帮助。图5所示3D管线布局模型是根据现场实际情况经过优化设计将管线的空间方向清晰地展现出来并连接起来的。

2.3 氨压机进出口管道设计

2.3.1 进口管道设计要点

保证压缩机顺利起动、高效运转的关键环节是氨压机的进口管路设计。

管道规格选择:需根据压缩机流量和入口压力要求确定合适的管道内径与壁厚,确保管路具备足够的流通面积,以减少进口部位的流阻和压损^[3]。

进口过滤装置:在进气管上安装滤清器,用于去除气体中的杂质、微粒,避免压缩机内部遭受磨损,起到保护作用。过滤器应便于拆卸和清洗,以利于维护。

进口直管段要求:进口管材需设置一定长度的直管段,一般建议不小于管

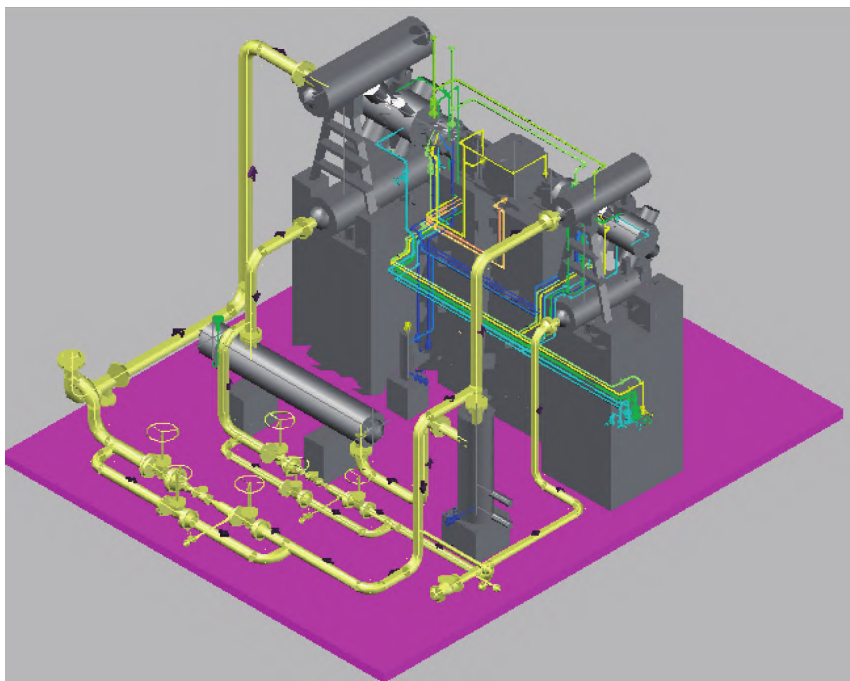


图2 管道布置厂家建议三维模型

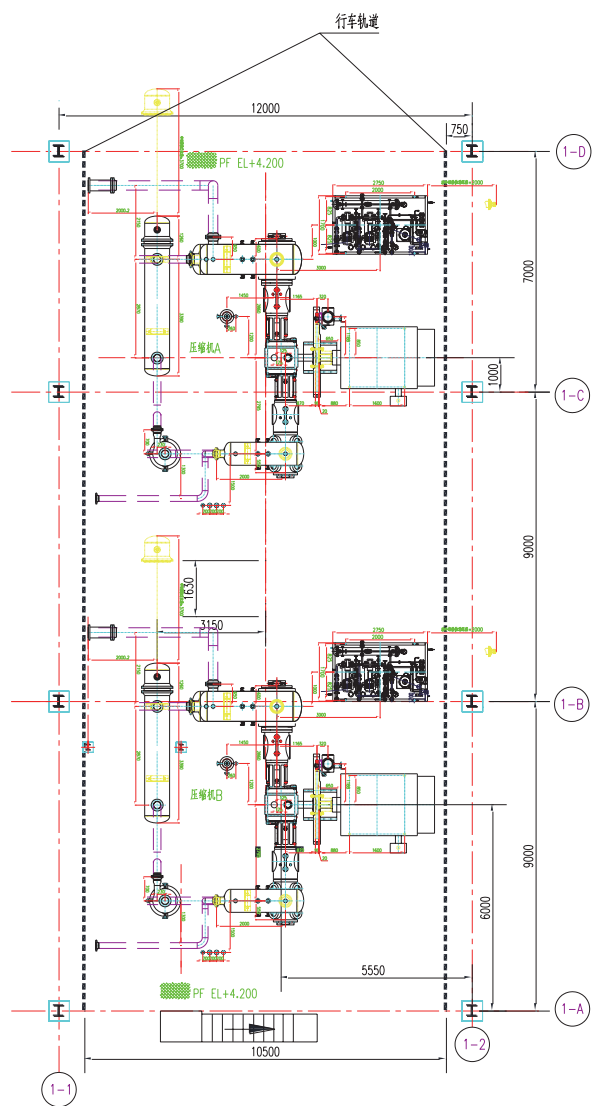


图3 厂房平面布置

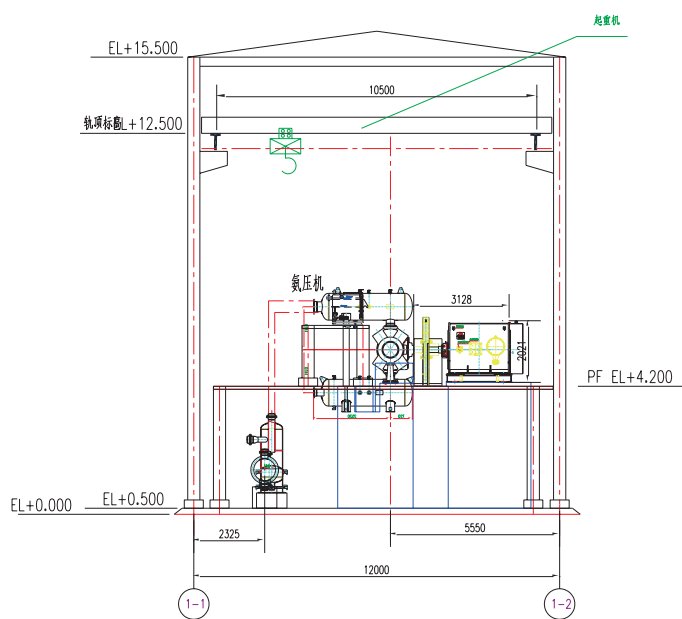


图4 厂房立面布置

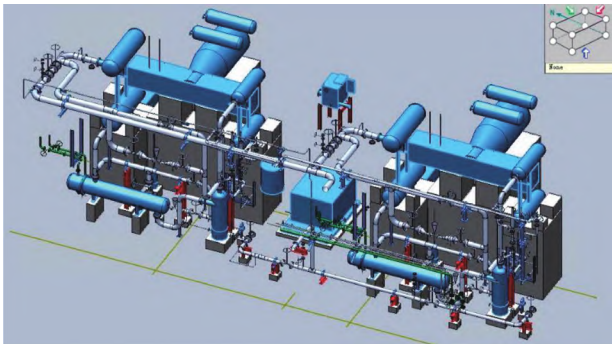


图5 管道布置实际三维模型

径的3倍，以保证气流畅通。直管段可提高压缩机效率，减少入口处的涡流和流体扰动。

管道材料选择：根据氨气的腐蚀性和工作温度，选择合适的管道材料（如不锈钢、合金钢等）。设计人员应确保所选材料具有良好的耐蚀性和足够的强度。

管道连接方式：采用焊接、法兰连接等方式，保证管路 with 压缩机接口之间的密封性，避免使用易泄漏的连接方式，以降低安全风险。

管道的支撑和固定：设计人员应合理设计管路支座、紧固件等，以减少管路运行时的振动与变形。加强件和紧固件需在承受管道及所含介质的重量和压力时，具备足够的强度和刚性。

2.3.2 出口管道的设计要素

氨压机出口管路设计对压缩机排气效果及系统安全稳定运行至关重要，具体设计要点如下。

管道规格与流量：设计人员需根据压缩机流量和排气压力选择合适的管道规格，确保管道规格留有足够余量，避免因管径过小或压力过大导致管路流通不畅。

管道走向与布局：合理规划出口管道的走向和布局，避免管道过度曲折或存在死角。管路走向应尽量平直，以减少液体流动阻力，降低能量损耗。

安全阀与爆破片设置：为满足压力过大时的泄压需求，设计人员应在出口管道上安装安全阀或爆破片等安全装置。安全阀的选择需符合相关标准要求，并便于定期检查与维护。

管道柔性设计：考虑到压缩机运转时的振动问题，出口管路须具备一定的柔韧性。可采用柔性接头、波形补偿器等部件，以吸收振动并减小管线受力。

管道保温防腐：根据氨气的温度和腐蚀特性，对出口管道进行保温与防腐处理。保温材料应具备良好的绝缘性和耐热性，防腐材料需有效控制氨气的腐蚀作用。

管道监测和检测：在出口管路上安装压力、温度等仪表控制单元，对管线运行状况进行实时监控。同时，定期

对管道进行检测与检验，及时发现并处理潜在的安全隐患。

综上所述，氨压机进出口管路设计需综合考虑管路规格选择、过滤装置设置、直管段要求、材料选择、连接方式、支撑固定以及安全装置设置等方面。通过合理的设计与优化，可确保氨压机高效稳定运转，提升生产效率并保障生产安全。

3 压缩机设计参数和管道材料选择

3.1 压缩机设计参数

决定其工作特性的设计参数。压缩机的流量、压力、温度等参数的合理确定需要在设计过程中考虑设备的实际需求。同时必须考虑压缩机的结构、材质等才能保证其在长时间内保持稳定地运转。表1氨压机设计参数包括流量、压力、温度等同时还包括口径、温度、压力、进出口管壁厚度等参数。

3.2 管道材料选择

由于氨气具有一定的腐蚀性，因此在选择管道材料时需要充分考虑其耐腐蚀性能。在本工程中，我们选用了不锈钢材质的管道，其具有良好的耐腐蚀性能和力学性能，能够满足氨压机的使用要求。

4 管道应力分析

管道应力分析是确保管道安全运行的重要手段。通过对管道进行应力分析，可以及时发现并处理潜在的安全隐患。

4.1 应力分析模型建立

为了准确分析管道的应力分布情况，我们建立了详细的应力分析模型。该模型包括了氨压机的进出口管道、弯头、三通等关键部位。通过输入相应的边界条件和载荷数据，可以对管道进行全面的应力分析。

4.2 应力分析结果及讨论

通过对管道在不同工况下受力情

况的分析得出了受力分布的关键部位。分析结果表明部分管线应力集中现象明显需要优化处理。针对这些问题我们采取了增加管壁厚度、优化管线走向等措施确保管线安全运行。

5 脉动分析

在氨压机运行过程中，由于往复式压缩机的间歇性吸气与排气，管道中的空气流速会周期性变化并形成脉动。强烈的脉动会导致管道振动增加，甚至损坏设备。因此，对氨压机进行脉动分析至关重要。

在分析气流脉动时，合理计算管道压力的不均匀度，并将其控制在可接受的范围内，从根本上解决了管道振动的问题。由于直管段不会产生，仅在弯管处发生激振力，异径管会产生强迫振动，因此以下分析仅关注弯管和异径管处的压力脉动。

5.1 脉动分析模型

我们模拟建立了一个脉动分析模型以准确模拟氨压缩机的脉动。该机型兼顾压缩机运行特性和管路结构等因素基于流体动力学原理设计而成。管道内

的脉动可以通过输入实际的运行参数来进行模拟和分析。一级进气管路的应力分析模型，包括管道结构、边界条件如图6所示。一级排气至二级进气管路的应力分析模型，分析该管路的应力分布情况如图7所示。二级排气管路的应力分析模型，评估该管路的应力状况如图8所示。

5.2 脉动分析结果及讨论

脉动分析结果表明，部分管道存在较大的脉动幅度，可能对管道的安全运行造成威胁。为了降低脉动对管道的影响，我们采取了相应的措施，如在关键部位设置脉动衰减器、优化管道支撑结构等。这些措施有效地降低了管道内的脉动幅度，提高了设备的安全性和稳定性。

API618中7.9.4.2.5.2.2.2.节规定了压缩机中的侧线管法兰的最大允许压力脉动值：在0.35～35 MPa绝对管道压力范围内的操作系统中，每个脉动分量的峰-峰值控制在式(1)的计算范围内。对于低于0.35 MPa的绝对压力，每个脉动分量的峰值压力按0.35 MPa的绝对压力进行计算。

表1 压缩机设计参数，进出口口径温度压力壁厚

	操作 温度/℃	设计 温度/℃	操作 压力/MPa	设计 压力/MPa	口径/DN	壁厚/ mm	材质
氨气(进口)	-5～0	-15	0.2	0.43	250	6.35	20 [#]
氨气(出口)	130	150	1.8	2.16	150	7.112	20 [#]

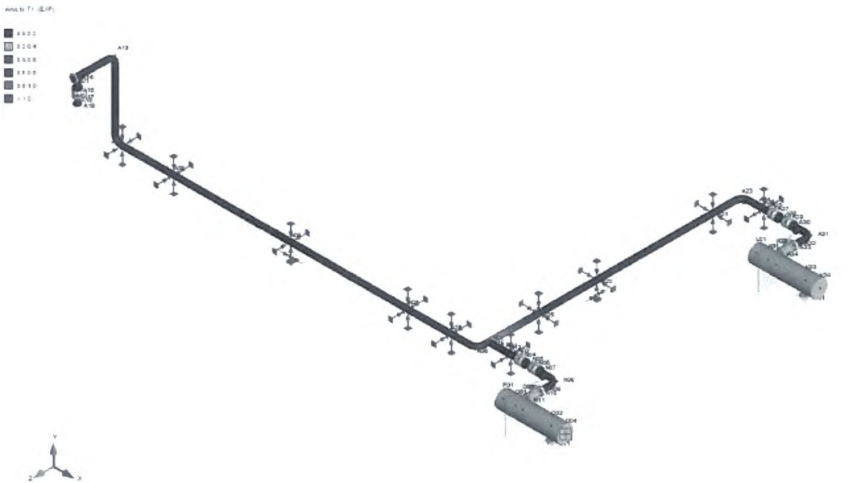


图6 一级进气管路应力分析模型

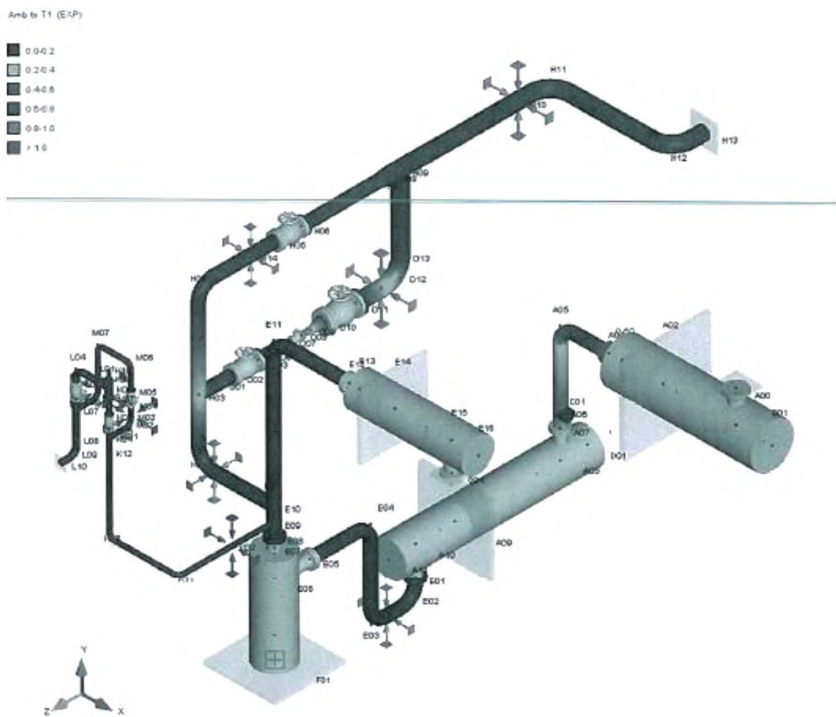


图7 一级排气至二级进气管路应力分析模型

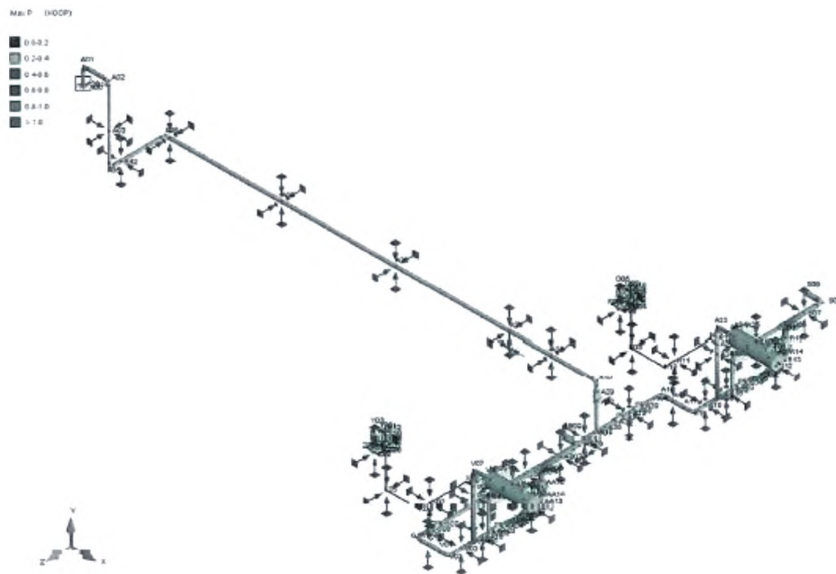


图8 二级排气管路应力分析模型

$$P_1(\%) = \sqrt{a/350} \cdot \left[\frac{400}{(P_L D_{r-f})^{1/2}} \right] \quad (1)$$

计算结果表明，各级脉动抑制装置的侧线管法兰处的脉动峰-峰值均在API618的允许范围内，符合API618的要求。

脉动分析包括进排气支架载荷（动载+静载荷）。所有支架均为防振支架，

支架需生根地面做水泥基础；且进排气支架不可共用，支架不可在厂房柱子、梁上生根。

6 结论与展望

本文基于设计案例与实践经验，从工艺流程、管路布局、应力分析及材料选用等方面展开详细介绍。通过

建立应力分析与脉动分析模型，全面分析管道的应力和脉动情况，及时识别并排除潜在安全隐患。同时，结合现场实际状况及生产厂家技术参数，对管道进行优化设计，确保氨压机高效稳定运行。

在实践中，我们还必须注意以下几点：氨压机配管设计需随着技术进步与工程实践不断优化完善。未来可借助先进的电脑建模技术与人工智能算法，对管道系统进行更精准的建模与优化，以实现更高设计水平与更优性能。氨压机配管设计涉及机械工程等多个学科，跨专业合作交流至关重要。通过整合各方资源优势，合力攻克复杂难题，推动氨压机配管工作创新发展。在氨压缩机管材设计中，始终秉持环保理念，坚持可持续发展。在材料与工艺选择上，优先选用环保、低碳、可循环利用的替代方案，以降低对环境的负面影响；同时关注设备能效与生命周期成本，追求经济与环境的双赢。

总而言之，氨压缩机配管设计是硫磺回收酸水汽提装置中一项复杂且关键的工作。通过持续优化设计、加强跨学科协作、注重环境保护与可持续性、增强安全意识、对专业人员进行培训以及应用智能化、自动化技术，可确保硫磺回收装置高效稳定运行，不断提升氨压缩机配管的设计水平与质量。先进的传感器、控制系统和数据分析技术，能够实现对管道系统的实时监控，并自动调整和执行紧急报警功能。

参考文献：

[1] 王丹. 关于氨压机的工艺应用及其布置与配管设计的研究[J]. 化肥设计, 2016, 54(2): 14-18.

[2] 张德姜, 赵勇. 石油化工工艺管道设计与安装[M]. 3版. 北京: 化学工业出版社, 2013.

[3] 华洪基. 氨压机吸气管道的改造[J]. 压缩机技术, 1994(3): 46-59.