

压力管道设计中常见问题及对策

张 玲

博思特能源装备(天津)股份有限公司 天津 301712

摘 要: 压力管道设计常见问题包括材料选择不合理、结构设计有缺陷、安全附件配置不当。原因在于设计人员专业能力欠佳、对工况考虑不充分、审核机制不完善。解决对策为规范材料选择管理、优化管道结构设计、科学配置安全附件。保障措施包括提升设计人员专业素养,通过培训、交流、考核等实现;完善审核流程,分初步、专业、最终审核;引入先进设计与工具,如CAD、应力分析、三维建模软件等,并建立设计数据库。

关键词: 压力管道;设计;常见问题;对策

引言:压力管道作为工业领域的关键基础设施,其设计质量直接关系到生产安全与运行效率。然而,当前压力管道设计存在材料选择不合理、结构设计有缺陷、安全附件配置不当等常见问题,背后原因涉及设计人员专业能力不足、工况考虑不充分以及设计审核机制不完善等。为有效解决这些问题,需从规范材料选择与管理、优化管道结构设计、科学配置安全附件等方面入手,同时采取提升设计人员素养、完善审核流程、引入先进技术工具等保障措施,全面提升压力管道设计质量。

1 压力管道设计中常见的问题

压力管道设计涉及多个环节,任何一个环节的疏忽都可能导致设计缺陷。(1)材料选择不合理是较为突出的问题。部分设计人员对介质特性、运行工况了解不够深入,选择的管道材料与实际需求不匹配。例如,在输送腐蚀性较强的介质时,选用了普通碳钢管道,导致管道在短时间内发生腐蚀穿孔;在高温高压工况下,未选用耐高温高压的合金材料,造成管道强度不足。此外,材料的规格型号选择不当,如壁厚不足、管径不合理等,也会影响管道的安全运行。(2)结构设计存在缺陷。管道的布置、支撑、弯头、三通等结构设计不合理,会导致管道受力不均、振动过大或局部应力集中。例如,管道布置过于紧凑,缺乏必要的柔性,在温度变化时产生较大的热应力,易引发管道连接处泄漏;管道支撑间距过大或支撑方式不当,导致管道下垂变形,影响介质输送效率,甚至造成管道断裂;弯头、三通等管件的选型或布置不合理,导致局部阻力增大,产生湍流和振动,加剧管道的磨损和疲劳。(3)安全附件配置不当。安全阀、压力表、温度计、爆破片等安全附件是保障压力管道安全运行的重要装置,但在设计中常存在配置不足、选型不当或安装位置不合理等问题。例如,未根据管道的工作压力和介质特性选择合适起跳压力的

安全阀,导致安全阀无法在超压时及时起跳卸压;压力表量程选择过大或过小,无法准确监测管道内的压力变化;安全附件安装在管道的死角或振动较大的位置,影响其正常工作和测量精度^[1]。

2 压力管道设计问题产生的原因

2.1 设计人员专业能力不足

设计人员的专业素养,无疑是左右压力管道设计质量的核心要素。然而,当前部分设计人员专业能力欠佳的问题较为突出。(1)其专业知识体系不够系统完备,实践经验也相对匮乏。这使得他们在面对复杂的压力管道设计任务时,难以从宏观与微观层面进行全面、精准的考量。对压力管道设计所涵盖的各类规范、标准,理解不够深入透彻,无法将其充分融入设计实践中,在设计流程中难以严格遵循科学合理的设计原则与方法。(2)部分设计人员责任意识淡薄,对待设计工作缺乏严谨细致的态度。在设计过程中,对数据计算、图纸标注等关键细节不够重视,时常出现数据计算偏差、图纸标注模糊等状况,这些看似细微的失误,却可能像多米诺骨牌一样,引发一系列连锁反应,最终对压力管道设计质量造成严重损害。

2.2 对工况条件考虑不充分

压力管道的运行工况具有高度的复杂性与多变性,涵盖介质特性、温度、压力、流速等诸多关键因素。设计人员若在方案设计阶段未能全面、深入地考量这些工况条件,必然会使设计方案与实际运行需求严重脱节。具体而言,若对介质的腐蚀性、毒性、易燃性等特性缺乏精准认知,未针对性地采取有效的防腐、防爆及防毒措施,管道在长期运行过程中极易遭受腐蚀破坏,甚至引发泄漏、爆炸等严重安全事故。同时,若对管道运行过程中的温度变化、压力波动等动态工况考虑不周,未进行科学合理的应力计算和柔性分析,管道在实际运行

中就可能出现应力超标、过度变形等问题,影响管道的安全性与稳定性,缩短其使用寿命,给整个系统的正常运行带来极大隐患^[2]。

2.3 设计审核机制不完善

完善且严谨的设计审核机制,是确保压力管道设计质量的关键防线。然而,部分企业在这一环节存在明显短板,缺乏一套严格规范的设计审核流程与制度体系。在设计完成后的审核阶段,审核人员未能秉持高度负责的态度,对设计方案、计算书以及图纸等核心资料展开全面且细致的审查,致使诸多设计问题被遗漏,未能及时暴露并解决。审核过程形式化严重,部分审核人员专业能力参差不齐,对压力管道设计所涉及的专业知识和规范标准掌握不足,难以对设计的安全性、合理性做出精准、有效的判断。另外,设计变更管理混乱无序,缺乏规范的审批流程,未经严格审核的设计变更随意实施,这不仅破坏了原有设计的完整性与协调性,还极易引发新的设计缺陷,为压力管道的安全稳定运行埋下诸多隐患。

3 解决压力管道设计问题的对策

3.1 规范材料选择与管理

科学合理地选择管道材料,是保障压力管道安全稳定运行的首要基础。(1)设计人员必须全面且深入地了解介质的各项性质,涵盖腐蚀性、温度、压力以及粘度等关键参数,同时充分考量管道的运行工况。在此基础上,严格依据相关规范和标准,精准挑选适配的材料。(2)针对具有腐蚀性的介质,应优先选用耐腐蚀性能卓越的材料,例如不锈钢、玻璃钢、衬塑钢管等。并且,要综合评估介质的浓度、温度等因素对材料腐蚀速率的影响,确保材料在长期使用过程中能保持良好性能。对于处于高温高压工况的管道,则需选用具备足够强度和韧性的合金材料,同时开展高温强度校核,以应对极端工况的考验。(3)建立一套严格且完善的材料管理流程至关重要。在材料采购环节,要精心挑选具备相应资质的供应商,并要求其提供详尽的材料质量证明书。材料进场后,需对其规格、型号、材质等进行严格细致的检验,必要时进行抽样试验,从源头上把控材料质量。在材料使用前,还应实施标识管理,清晰标注材料信息,防止出现错用、混用等情况,为压力管道的安全运行提供坚实保障。

3.2 优化管道结构设计

优化管道结构设计是提升压力管道性能与安全性的关键举措,需从管道布置、支撑设计、管件选型等多个关键维度精准发力。(1)在管道布置环节,要严格遵循

柔性设计原则,确保管道具备充足的柔性来有效吸收热胀冷缩引发的位移,进而降低热应力对管道的影响。可巧妙设置补偿器,如波纹管补偿器、套筒补偿器等,或合理调整管道走向,增加管道柔性。例如,某化工企业蒸汽管道设计时,通过科学设置波纹管补偿器,成功吸收热膨胀位移,避免了管道连接处泄漏问题。(2)合理设计管道支撑同样重要。需依据管道重量、介质温度、振动状况等因素,精准选择合适的支撑类型,如固定支架、滑动支架、导向支架等,并确定合理的支撑间距。支撑安装必须牢固,与管道接触均匀,防止局部应力集中。(3)在管件选型与布置方面,要严格选用符合标准的弯头、三通等管件,确保其曲率半径、壁厚等参数满足设计要求。同时,管件布置应避免直角转弯、突然变径等情况,以减少局部阻力与湍流,保障管道内介质流动顺畅,提升管道整体运行效率与安全性^[3]。

3.3 科学配置安全附件

科学合理地配置安全附件,是保障压力管道安全稳定运行不可或缺的重要环节,其配置需严格遵循安全性、可靠性与实用性的核心原则。(1)在配置过程中,要紧密结合压力管道的工作压力、介质特性以及工艺要求等关键因素,精准且合理地选定安全阀、压力表、温度计、爆破片等安全附件的类型、规格与参数。以安全阀为例,其起跳压力必须依据管道的设计压力和工作压力科学确定,确保在管道超压的紧急时刻能够迅速起跳卸压,避免压力持续升高引发安全事故。压力表的量程应选取工作压力的1.5 - 3倍,同时精度等级需严格符合相关标准要求;温度计则要安装在能够精准反映管道内介质温度的位置。(2)安全附件的安装位置同样不容忽视,应充分考虑便于观察、操作和维护。安全阀宜安装在管道的最高处或易积聚气体的部位,以及压力来源的上游;压力表应安装在直管段上,远离弯头、阀门等阻力部件;爆破片可安装在安全阀的入口或出口侧,也可与安全阀并联使用,以增强安全保障能力。此外,还需定期对安全附件进行校验和维护,确保其始终处于良好的工作状态,为压力管道安全运行保驾护航。

4 强化压力管道设计质量的保障措施

4.1 提升设计人员专业素养

提升设计人员的专业素养是保障压力管道设计质量、推动行业技术进步的核心要素。为此,需构建系统且全面的培训与教育体系,强化设计人员的专业能力与业务水平。(1)定期组织设计人员深入学习压力管道设计领域的规范、标准及前沿技术知识,确保其精准掌握并熟练运用各项设计准则。同时,引导设计人员密切关

注行业最新动态,及时吸纳先进的设计理念与方法,拓宽设计视野,提升设计思维的创新性与前瞻性。(2)通过开展多样化的案例分析、技术交流等活动,为设计人员搭建经验分享与问题研讨的平台。在案例分析中,剖析成功与失败的设计案例,总结经验教训;在技术交流中,促进设计人员之间的思想碰撞与知识互补,从而有效积累设计经验,增强解决实际问题的能力。(3)建立科学合理的设计人员考核机制至关重要。将设计质量、工作业绩等关键指标纳入考核范围,以量化评估设计人员的工作成效,并依据考核结果实施相应的激励与奖惩措施,充分调动设计人员的积极性与主动性,激励其不断提升自身专业素养,为压力管道设计行业的高质量发展贡献力量。

4.2 完善设计审核流程

完善设计审核流程是确保压力管道设计质量的关键防线,需构建一套严谨且完备的设计审核制度,清晰界定审核人员的职责范畴与审核内容要点。(1)在设计工作完成后,应严格遵循初步审核、专业审核和最终审核三个递进环节有序推进。初步审核由设计人员自主开展,着重检查设计图纸的完整性,确保各类图纸要素齐全、标注清晰;同时,仔细核对数据的准确性,避免因数据误差导致设计偏差。(2)专业审核则由经验丰富的专业工程师负责实施,其审核重点聚焦于设计方案的安全性、合理性与合规性。专业工程师需凭借深厚的专业知识和丰富的实践经验,对设计中的结构布局、材料选用、工艺流程等进行全面审查,确保设计方案符合相关规范标准与实际运行需求。(3)最终审核由企业技术负责人或外部权威专家进行,对设计成果进行全方位、深层次的评估,从宏观层面把控设计质量。审核过程中一旦发现问题,应第一时间反馈给设计人员,要求其及时修改完善,并建立跟踪机制,密切关注整改情况,确保所有问题得到彻底解决,为压力管道设计质量提供坚实保障^[4]。

4.3 引入先进设计技术与工具

为提升压力管道设计的效率与质量,需积极引入各类先进设计技术与工具。(1)计算机辅助设计(CAD)软件是基础且关键的工具,借助其进行图纸绘制,能极大提高绘图的精度与速度,有效规避传统手工绘图可能出现的误差,减少人为错误,让设计图纸更加规范、准确。(2)管道应力分析软件(如 CAESAR II)也必不可少。通过该软件对管道开展应力计算和柔性分析,能够精准评估管道在不同工况下的受力情况,据此优化管道结构设计,确保管道在运行过程中受力合理,避免因应力超标等问题引发安全隐患。(3)三维建模软件(如 PDMS)可实现管道的可视化设计,设计人员能直观地查看管道的空间布局,及时发现管道布置中可能存在的干涉问题,提前进行调整优化,提升设计的合理性。此外,建立设计数据库,将过往设计经验与数据进行系统积累,可为后续设计提供有力的参考依据,推动设计水平不断提升。

结束语

压力管道设计质量关乎工业生产安全与稳定运行。针对设计中常见的材料、结构、安全附件等问题,需从规范材料选择、优化结构设计、科学配置附件等多方面着手解决。同时,强化设计质量保障措施至关重要,通过提升设计人员专业素养、完善审核流程、引入先进技术与工具,构建全方位质量管控体系。唯有如此,才能不断提升压力管道设计水平,确保设计成果科学合理、安全可靠,为工业领域的高质量发展筑牢坚实基础。

参考文献

- [1]郭盼盼,窦晶.压力管道设计中常见问题及对策[J].化学工程与装备,2022(03):181-182.
- [2]柳斐斐.化工压力管道设计中的安全问题研究[J].化工设计通讯,2022,48(02):160-162.
- [3]孟杰.压力管道工艺设计中的安全隐患及优化措施[J].山东化工,2022,51(01):237-239.
- [4]郭传军.压力管道安装中材料存在问题及预防措施[J].辽宁化工,2020,49(08):962-963.