

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;引入先进设计技术与工具,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与合理性做出精准、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.