

基于全生命周期理论的商业燃气管道工程 新装设计质量管控

杨竣然（重庆燃气集团股份有限公司南岸分公司，重庆 400060）

摘要：本文聚焦商业燃气管道工程新装设计质量管控，从全生命周期视角提出系统性管控策略。研究通过标准化与规范化建设、数字化工具应用及人员能力提升三大路径展开：构建覆盖设计全流程的标准化体系，明确各阶段输入输出标准与审核要点清单；推动BIM技术、智能化设计平台及大数据分析在碰撞检测、效率提升及质量预警中的应用；建立分级培训与资质认证制度，强化质量管控意识并营造创新文化。研究表明，标准化可减少设计返工率，数字化工具能提升设计效率，人员能力提升可降低安全风险，行业规范化成为企业发展重要支撑。

关键词：商业燃气管道工程；设计质量管控；标准化建设；数字化工具；人员能力

中图分类号：TU996.7 文献标识码：A 文章编号：1674-5167（2025）028-0112-03

Quality control of new installation design for commercial gas pipeline projects based on the theory of the entire life cycle

Yang Junran(Nan'an Branch, Chongqing Gas Group Co., Ltd., Chongqing 400060, China)

Abstract: This article focuses on the quality control of new installation design for commercial gas pipeline projects and proposes systematic control strategies from a full life cycle perspective. The research is carried out through three major paths: standardization and normalization construction, application of digital tools, and improvement of personnel capabilities. It aims to establish a standardized system covering the entire design process, clearly defining the input and output standards and review key points list for each stage. Promote the application of BIM technology, intelligent design platforms and big data analysis in collision detection, efficiency improvement and quality early warning. Establish a hierarchical training and qualification certification system, strengthen quality control awareness and foster an innovative culture. Research shows that standardization can reduce the rate of design rework, digital tools can enhance design efficiency, the improvement of personnel capabilities can lower safety risks, and industry standardization has become an important support for enterprise development.

Keywords: Commercial gas pipeline project; Design quality control; Standardization construction; Digital tools; Personnel capability

伴随城市化进程加速，商业燃气工程的新装需求持续增高，其设计质量对燃气供应安全及运行效率有直接联系，设计过程里普遍有流程不规范、技术标准落实不到位、协同效率不高等问题，引起施工返工、安全隐患等一系列后果。本研究旨在从设计前期规划、实施过程把控直至后期验收的整个链条，寻找标准化、数字化与人员能力协同上扬的管控渠道，依靠打造覆盖全流程的质量管控体系，处理设计缺陷蔓延、信息孤岛化及技术更新滞后等痛点，对于保障燃气工程的安全、提升行业设计水平、推动智慧燃气建设的意义非凡。

1 商业燃气工程新装设计质量管控的阶段划分与核心要素

1.1 设计前期需求分析与规范制定

在商业燃气工程新装设计的前期，应把用户需求作为核心展开系统分析，设计单位应采用现场勘查、跟用户访谈以及负荷计算的手段，明确燃气使用场景相关的基本参数，含有用气设备的类型、个数、功率及运行规律，

保障设计基础数据的精准性，同时需配合区域燃气供应规划实施，评估气源的稳定性以及管网的承载能力，防止因供需不协调引发后期运行麻烦。规范制定阶段要严格遵照国家及地方燃气工程设计标准，涉及管道材料、压力范畴、安全距离等主要指标，还需参照行业技术导则，对特殊场景制定补充要求，设计任务书作为前期工作成果的体现载体，应清楚界定设计目标、技术要求及验收标准，为后续的设计工作提供明确的指引，该阶段质量管控的核心是需求识别的全面性以及规范引用的权威性，通过多轮复核保证设计输入既完整又合规，为项目的顺利实施筑牢基础。

1.2 设计实施中技术方案与细节把控

设计实施阶段要把前期需求转变为可施工的技术方案，关键工作是管道系统布局设置、设备选型选定及施工图的深化，管道布局需按照最短路径以及最小弯头数量的原则，同时需符合安全间距以及检修空间要求，凭借三维建模技术提前识别空间矛盾。设备选

型应依照用气设备参数进行匹配性验证，着重核实流量、压力及温度等关键指标的相容程度，防止因设备性能不契合而造成运行效率降低，施工图设计应把细节细化到管件规格、连接模式及防腐处理等要点，标注尺寸偏差的允许范围以及施工工艺要求，保证图纸有直接指导施工操作的实际效能，该阶段的质量管控得建立分级审核体系，由专业负责人来对关键节点进行技术审核复查，主要检查管道应力分析、支吊架布置及防雷接地等隐蔽工程内容，依靠标准化检查清单覆盖所有设计成分，杜绝因细节差错引发的安全隐患。

1.3 设计后期验收与持续改进

设计的后期阶段把验收当作关键节点，应借助多维度审查核实设计成果的合规情况，合规性审查应囊括图纸完整性、规范的符合状况及计算书准确性，由第三方机构或是专家组对关键技术参数做独立核验，保证设计契合强制标准规格，建立标准化渠道以进行用户反馈收集，采用现场走访、问卷调研等方式收集运行初期的问题情况，重点审视设计缺陷与实际需求的偏差情形。针对在验收与反馈阶段发现的问题，应设置闭环管理流程，搞清楚整改责任人、限定时间及验证规范，采用设计变更单形式对改进措施进行固化，设计档案开展数字化归档需含有全生命周期技术文件，依托电子标签达成快速检索与版本追溯，为后续类同项目提供数据后盾，持续改进机制需依靠验收数据跟用户反馈，定期去更新设计标准与审核的要点，带动设计质量管控体系的动态升级，打造“设计-实施-反馈-改进”的良性循环圈。

2 商业燃气工程新装设计质量管控的协同机制与风险防控

2.1 跨部门协同机制设计

商业燃气工程新装设计牵扯到设计单位、燃气企业、施工方等多个主体，需借助清晰的职责界定保障协同水平，设计单位承担制定技术方案、输出图纸的工作，需保证设计成果符合规范标准及用户期望；燃气企业作为此项目的业主角色，负责规划项目进度、协调资源供给并监督设计是否合乎规范；施工方参与到设计可行性的论证里，反馈施工条件里的限制信息。三方职责的界面凭借合同条款与管理制度予以明确，杜绝权责模糊造成的推诿扯皮现象，协同工作流程把项目节点当作基准，设计阶段须定期召集三方联席会议，同步设计的进度状态、探讨技术方面分歧并确认变更申请，信息共享平台作为协同的依托载体，归集设计图纸、审批记录、沟通日志等相关数据，使多方可实时调阅及批注，降低信息传递所产生的延迟。按照阶段性成果联合确认机制，设计文件需由燃气企业

技术部门与施工方技术负责人共同签字后，方可进入下一环节，未通过评审者需返工修正后再次报送，动态调整机制以现场条件变化或用户需求更新为调整依据，准许设计单位在燃气企业的组织下迅速修改方案，修订内容须同步更新至信息共享平台，同时通知施工方，让各方都能掌握最新的设计资讯。

2.2 设计风险识别与分类管理

技术风险围绕燃气系统的安全性与可靠性展开，涉及管道材料耐压性能不足、设备选型跟用气规模不匹配、安全间距未符合规范标准等问题，此类风险直接对工程投运后的运行安全构成威胁，需借助设计阶段严格审查去规避掉，管理风险涉及到设计变更流程把控失效与责任追溯不足，囊括变更申请未核实就进行实施、变更记录未完整存档保管、变更责任方未明确界定等情形。此等风险易引起成本超出计划或工期延误情况，需要建立标准化变更管理流程实施约束，环境风险源自地质条件复杂以及周边设施的干扰，诸如地下管线密集让施工空间变得狭小、邻近建筑热辐射缩短管道寿命等，该类风险需于设计初期利用现场勘查与数据收集预先判别，而且在方案当中预留应对办法。风险分类管理要求依照风险发生概率及其影响程度划分等级，高风险项被归入设计任务书强制管控的条款里，对中风险项拟定专项应对方案，低风险项目归入日常监控范畴，把分类结果作为设计审查的核心重点，高风险内容要经过燃气企业总工程师审批，中风险内容要技术部门进行再次审核，项目负责人针对低风险内容进行抽查。

2.3 风险防控措施的落地实施

风险预警指标体系主要采用定量参数，有管道设计压力与实际工况压力之比、设备负荷率上限、安全间距最小值等，若指标临近阈值范围，触发预警并启动核查工作，预警信息借助信息共享平台自动推送至相关方，设计单位要在既定的时限内提交分析报告，燃气企业技术部门要验证报告合理性，再决定是否调整设计。应急预案的编制把管道泄漏、设备故障、第三方破坏等场景纳入其中，厘清应急组织构架、处置程序、资源调配手段及事后恢复办法，预案需由燃气企业安全管理等部门审批，接着报地方政府备案，每年实施一次全员演练，设计质量的考核依据有演练记录。风险防控效果评价采用将过程指标与结果指标结合起来的方式，过程指标囊括预警响应的时间效果、预案启动的准确概率、变更处理的合规比例，结果指标囊括工程一次验收合格率、投运以后的故障率、用户的投诉比例，评价数据源自信息共享平台自动采集与人工填报，按季度生成分析报告并反馈至设计单位，当设计团队连续两次评价未达标，要暂

停承接新项目，直至整改落实到位，持续优化机制规定按照评价结果修改预警指标阈值、替换应急预案内容、健全风险分类标准，形成“识别-防控-评价-改进”的闭环管理回路。

3 商业燃气工程新装设计质量管控的效能提升路径

3.1 标准化与规范化建设

商业燃气工程新装设计质量管控的标准化建设需从流程分解与节点控制入手。设计流程应按阶段划分为需求确认、方案编制、图纸绘制、审核验证四个环节，每个环节设置明确的输入输出标准与责任主体。需求确认阶段需明确用户用气规模、设备类型及安全要求，形成书面任务书作为后续设计依据；方案编制阶段需依据国家规范完成管道走向、设备选型及安全间距的初步设计，输出技术可行性报告；图纸绘制阶段需采用统一图例与标注规则，确保管线连接关系、管径参数及阀门位置清晰可辨；审核验证阶段需建立多级审核机制，由专业负责人、技术总工及安全监管人员分别对合规性、技术可行性和安全性进行独立审查。规范化建设的核心在于设计文件模板化与审核要点清单化，通过制定标准化的设计任务书模板、施工图模板及变更申请模板，减少因格式差异导致的信息遗漏；通过编制审核要点清单，明确各阶段需核查的关键参数与合规条款，避免人为疏漏。行业最佳实践的引入需结合本土化改造，优先采纳国家及地方标准中强制条款，同时参考行业协会发布的技术导则，对国际先进标准进行适应性转化，确保设计成果既符合法规要求又具备实际可操作性。

3.2 数字化工具的应用与创新

商业燃气工程新装设计中，数字化工具的应用已从单一辅助功能迈向全流程集成，BIM技术的核心价值体现为三维可视化与碰撞检测方面，借助建造燃气管道、建筑结构及机电设备的三维模型，可以预先找出管线交叉、间距不够等设计矛盾，在设计阶段把传统二维图纸里难发现的隐蔽问题处理好。智能化设计平台以集成计算模块和知识库为依托，可自动实现管径选型、水力计算及材料统计等重复性事项，设计人员仅需输入用气设备的相关参数与建筑布局信息，平台即刻生成符合规范要求的设计方案及材料清单，极大提升设计的效率，在设计质量管控中应用大数据分析技术时，可对历史项目的数据展开挖掘，判别高频设计缺陷类别及其分布规律，为设计标准修订给予数据方面的支撑；依靠建立设计质量指标体系，对管道压力等级、设备冗余度等关键参数进行实时动态监测，及时察觉偏离标准值的设计成果并启动预警。数字化工具的创新途径包含开发针对燃气工程的专业化插件，如支持异形空间里管道自动布局的算法模块，

进而构建依托云平台的协同设计环境，达成设计单位、燃气企业与施工方的实时数据共享及版本管理工作，减少信息传递滞后所引发的设计返工现象。

3.3 人员能力与组织文化的支撑

设计人员的专业能力是商业燃气工程新装设计质量管控的基础依仗，专业培训体系要覆盖燃气工程基础常识、设计软件运用以及安全规范解析这三个维度，培训内容需随技术标准更新实施动态调整，保障设计人员掌握最新的管材性能参数、阀门密封要求和智能化设备接口的相关标准。资质认证须创建分级管理模式，初级设计人员要拿下国家注册公用设备工程师（动力专业）考试，且完成指定项目历练，中级设计人员应具备独立完成大型商业综合体燃气设计的本领，高级设计人员须在技术创新、标准制定等方面发挥引领意义，质量管控意识的渗透要借助制度约束与文化引导两种方式来实现，制度范畴要把设计质量和绩效考核直接挂上钩，就因设计疏漏引发施工返工或安全事件的现象，追究设计人员责任；文化层面需借助定期举办质量分析会、开展优秀设计成果评比等形式，强化全体成员对“零缺陷”目标的认同度。在企业内部形成“发现问题—给出对策—验证落实—推广应用”的闭环管理机制，持续促进设计质量管控水平上扬。

4 结语

本研究从标准化、数字化、人员能力等三个层面，提出商业燃气工程新装设计质量管控策略，证实全生命周期视角下系统性管控的有效性，标准化建设凭借流程分解及模板化操作，有效降低了设计的合规风险；数字化工具仰仗BIM技术与大数据分析，达成设计效率跟精准度的双重增进；人员能力提升为质量管控赋予持续动力。研究成果对于规范行业设计流程、降低安全事故出现几率以及促进燃气工程高水平进步具有重要实践价值。

参考文献：

- [1] 吕振国,王加哲,武煦.燃气类特种设备的全生命周期管理[J].化工管理,2024(17):106-111.
- [2] 王凡,王佩广.管道燃气运营安全与措施[J].城市管理与科技,2022(03):60-61
- [3] 李刚.管道燃气的安全隐患和解决对策分析[J].现代物业(中旬刊),2020(01):177
- [4] 谈昊岷.燃气企业工程项目成本管控研究[J].装备维修技术,2021(26):433.
- [5] 沈浩.燃气三联供复合系统运行能效及经济性分析[D].重庆:重庆大学,2022.

作者简介：

杨竣然（1989-），男，汉族，重庆人，本科学历，助理工程师，主要从事商业、民用拆迁改工作。