

燃气阀门井渗水原因及防治对策探析

卓国穗, 梁壬午, 梁庚寅

(国泰通能源设备集团有限公司, 山东 德州 253000)

摘 要 燃气阀门井的渗水主要是由于设计缺陷和施工不当造成的, 其中涉及结构防水不到位和工艺不合格的影响。本文从新建成和已建成的阀门井两个方面提出预防和处理措施: 新建成的井需要优化防水设计、加强施工监管; 对已建井采取堵漏、结构修复、套管防水、防倒灌等处理措施。通过系统性防范和维修措施, 以期有效增强阀门井的防水性、确保燃气设施的安全运行提供有益参考。

关键词 燃气阀门井; 渗水原因; 内壁渗漏; 结构防水修复; 套管防水

中图分类号: TU996

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.02.016

0 引言

在城市地下空间环境日趋复杂的情况下, 阀门井渗漏现象逐渐突出, 已成为危及燃气输配安全、加快管道腐蚀、提高运维成本等方面的重大隐患。阀门井作为燃气管网中的重点构筑物, 渗水情况直接关系到管网的安全和使用寿命。渗水产生原因比较复杂, 大多与设计 and 施工环节不到位有关。本文对阀门井渗水主要成因进行系统分析, 有针对性地提出新项目防水优化措施和已建项目修复处理方法, 以期为加强阀门井防水可靠性研究提供参考。

1 阀门井渗水原因分析

1.1 设计因素

阀门井渗水源于设计环节中存在系统性缺陷, 这些缺陷是导致后继施工和运行阶段防水失效的根本原因。在结构体系方面, 部分阀门井设计对地下水位动态变化与周边土壤渗透特性评估不足, 导致井体埋深、壁厚及混凝土抗渗等级 (如 P6、P8) 选择不当, 不能有效地抵抗长期静水压力和土壤腐蚀介质等因素的综合影响。尤其在井室处于地下水位波动区或者回填土沉降活动区时, 如果刚性混凝土结构没有设置充分的变形缝或者后浇带, 就很容易由于不均匀沉降而出现结构性裂缝并形成贯穿性渗水通道^[1]。另外, 材料选型和构造设计不足是又一个重点诱因。传统砖砌井体虽成本较低, 但其砌体灰缝本身即为渗水薄弱环节, 若未在迎水面设置连续、封闭的柔性防水层 (例如: 聚合物水泥防水砂浆、渗透结晶型防水涂料等), 仅依靠结构自防水难以满足长期防水需求。对于预制混凝土井、拼接缝的防水设计至关重要, 若密封胶选型

不当 (例如: 抗老化、伸缩性能不够等) 或嵌缝构造设计不合理, 同样会成为渗漏隐患点^[2]。

1.2 施工因素

施工环节是设计意图向实体工程转换的关键步骤, 其实施质量直接决定了阀门井结构防水性能能否得以发挥。由施工因素引起的渗水问题一般体现在工艺执行偏差、材料运用失当以及过程管控欠缺等方面, 这几方面因素叠加在一起最终破坏甚至解体所设计防水体系。第一, 混凝土工程的施工质量是最核心的影响要素。如果对混凝土拌合物的配合比把关不严、水灰比过大或者振捣不够密实等都会使混凝土中产生连通孔隙、蜂窝麻面等缺陷, 从而使混凝土的抗渗性能严重下降。在浇筑过程中, 若施工缝留设位置不当 (如位于剪力最大处)、处理不规范 (没有去除浮浆、没有设止水钢板, 也没有遇水膨胀止水条), 或者养护时间和湿度不够, 导致混凝土出现早期收缩和开裂, 从而在结构内部形成渗水路径。第二, 以防水层施工工艺存在缺陷为直接诱因。无论是卷材防水还是涂膜防水, 基层处理 (如平整度、坚实度、干燥度等) 不达标, 会导致防水层空鼓、剥离; 搭接缝的宽度不够或结合不牢固, 容易成为薄弱环节; 在管道根部、阴角等细部节点未按规范做增强处理 (如附加层铺设), 则会因应力集中而破损。对预制井体安装来说, 如果接缝处密封材料填嵌得不够充实和连续, 或者基面干净不够而影响黏结时, 接缝防水就形同虚设^[3]。

2 阀门井渗水防治对策实施

2.1 燃气新建阀门井防水措施

2.1.1 优化防水设计, 提升结构合理性

对于新建成燃气阀门井渗水问题的预防和治理,

作者简介: 卓国穗 (1984-), 男, 专科, 工程师, 研究方向: 阀门类、燃气调压装置的研究。

从根本上说是要建设具有可靠性和耐久性双重特征的系统性防水体系。优化防水设计的核心是贯彻“以防为主、多道设防、刚柔结合、综合防治”的原则。第一，提升结构的合理性、密实性与抗裂性。在结构选型与计算阶段，应依据工程地质勘察报告与地下水位历史数据，科学确定阀门井的埋深、壁厚及混凝土的抗渗等级（建议不低于 P8），对高水位或者腐蚀性土壤环境可以考虑使用抗硫酸盐水泥或者掺有优质抗裂防水剂高性能混凝土。结构设计中需要充分考虑地基不均匀沉降所带来的危险，采用布置钢筋混凝土底板、强化井壁环向、纵向配筋率以及受力集中部位增加构造钢筋的方法，有效地遏制混凝土收缩裂缝和沉降裂缝^[4]。第二，要构筑多层次、相辅相成的复合防水层。在混凝土结构自防水的基础上，于井室外壁增设一道全包式的柔性防水层（例如厚度为 4 mm 的 SBS 改性沥青防水卷材，或者厚度为 2 mm 的聚氨酯防水涂膜等），这种防水层要从底板垫层到井口依次敷设，同时保证阴阳角和管道穿墙处为增强层的铺贴。同时，在井室内壁施作一道刚性防水层（例如：厚度为 20 mm 的聚合物水泥防水砂浆），形成“外柔内刚”的防护体系，以抵御外部水压并防止内部冷凝。对细部构造特别是管道穿墙节点的设计须特别细化。推荐采用带翼环的钢制预埋防水套管，套管与管道之间应预留 20 ~ 30 mm 空隙，并采用具有高弹性、耐老化和长期防水性的柔性密封材料（例如：聚氨酯密封膏或者遇水膨胀的橡胶复合体系）进行多道填充密封，套管中部可预设注浆管作为后期补救通道^[5]。

2.1.2 强化施工监管，确保工艺落实

优化设计为防水体系建设提供蓝图，严格施工监管和准确工艺落实是蓝图变为实体质量的关键保障。加强施工监管，其核心是建立涵盖全过程、全要素标准化质量控制体系，以保证各防水工序严格按照设计意图和技术规范进行施工。第一，要从源头上控制关键材料和进场复试。所有防水材料（由混凝土外加剂、防水卷材、密封膏组成）均需核查其合格证、型式检验报告，并按规定进行见证取样，着重对它们的耐水性、延伸率、粘接强度、耐久性指标进行测试，从根本上杜绝不合格的材料进入施工现场。第二，以混凝土工程为基础环节的精细化过程控制。需要对商品混凝土配合比和坍落度进行严格监督，在浇筑过程中应使用机械进行充分振捣，排除内部气泡和间隙，尤其注意施工缝的处理、对后浇带及其他薄弱处进行规范加工，保证止水钢板的稳固安装和接缝表面凿毛的清洁。混凝土浇筑后的养护是控制早期开裂的重中之重，必须制定并执行严格的保温保湿养护方案（如盖上薄膜、

定时喷水等），养护期不应少于 14 天。对防水层的建设，监督的重点应该是基层的处理、细部的加强和成品保护。基层要以结实、平整、干爽为准则，阴阳角都要做圆弧形；卷材或涂膜的铺贴（涂刷）方向、搭接宽度、厚度必须满足设计要求，管道根部、预埋件周边必须增设附加层；在施工中和竣工后要采取有效的措施，避免防水层在后续的工序中受到破坏。

2.2 已建阀门井渗水治理措施

2.2.1 内壁渗漏治理：先阻水源，再堵渗点

对于已经建成的阀门井出现的渗漏问题，治理应遵循“精准勘察，分清轻重缓急，标本兼治”的系统性原则，特别是针对内壁可见的渗漏问题进行治理，其核心策略在于贯彻“先阻水源，再堵渗点”的工序逻辑。具体来说，准确地诊断渗漏水源和路径并临时导排。条件许可、确保安全时，应先检查、切断明水流入主要途径，如堵塞不正确排水管道连通、修补断裂临近水管等；如果井内积水较多，需要用大功率水泵强排水，有条件的可以布置带有导流管的临时集水井，使水位下降到待建地区下方，给后续操作营造一个干燥作业面是“阻水源”之要诀。以此为基础才能进行永久性封堵渗漏点，称为“堵渗点”。对于混凝土结构中出现点状漏点或微小裂缝（宽度小于 0.2 mm），可以采用高压注浆法进行修复：使用电锤在裂缝的两侧斜向钻孔到结构的中部，埋设特制注浆嘴后，再经高压注浆设备在混凝土毛细孔和裂缝深处压注低粘度、高渗透性环氧树脂或者聚氨酯化学浆液；当浆液遇水胀大或凝固时，可有效地充填和封闭渗水通道，达到由背水面结构补强防水的目的。

2.2.2 结构防水修复：先固结构，再做内防

对已建阀门井的结构性渗漏治理，必须遵循“先固结构，再做内防”的根本原则，即优先恢复并增强混凝土承重结构的整体性、强度和稳定性，以此为基础再施做内部防水层。结构性修复要对损伤做出全面、准确的评估，需采用目视检查、敲击检测、裂缝测宽仪等方法，系统性地勘察井壁与底板，识别并标记出所有结构性裂缝（如贯穿缝、沉降缝）、混凝土剥落、钢筋锈蚀露筋及因强度不足导致的酥松区域，分析其成因（如过大的荷载、冻融循环、钢筋锈胀等）。评估结束后对不同类型的损伤进行加固。对于危及结构安全的宽大裂缝（宽度大于 0.3 mm）或局部承压不足区域，首要任务是进行结构补强。可采用沿裂缝开槽后嵌入“U”形钢筋并用高强无收缩灌浆料回填，或在井壁外侧（具备开挖条件时）增设钢筋混凝土扶壁柱、内贴抗拉补强碳纤维布或者钢板，从根源上遏制裂缝继续延伸、恢复承载能力。对混凝土表面由于碳化、

冻融、腐蚀等原因而产生的脱落、酥松等现象，一定要将其完全凿除到坚实的基层上，暴露出新鲜牢固的混凝土面和钢筋等，将锈蚀钢筋除锈防锈后，再采用高强聚合物修补砂浆或者环氧砂浆分层修补以恢复其断面尺寸和平整度。只有完成以上结构加固并保证承重体系的稳定性和基层牢固、干净、不存在可移动渗水点时，才能进入“内防”工程。在这一阶段，宜用对基层粘结力好、抗渗性高，并有一定韧性的防水材料来建造连续、密闭内防水层。推荐做法为：在加固修复后的整个井室内壁（包括底板）涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料，其活性成分可渗入混凝土毛细孔道，形成增水性结晶屏障；然后，将其整体抹压成厚度不少于 15 mm 的聚合物水泥防水砂浆，该防水砂浆层同时具有较好的抗渗、抗裂和对基面的粘结性，可有效地抵抗外界水压对其的穿透。对穿墙管根部及其他薄弱部位，应嵌设遇水膨胀止水条于防水砂浆层内，同时涂柔韧型防水涂料以作附加加强。

2.2.3 强化套管防水：重点处理柔性接口

已建成阀门井渗漏处理时，由于管道穿墙套管节点材质不同，相对位移较大以及服役环境较长等是导致渗漏高发的主要原因。治理工作需对既有套管接口状态进行彻底勘查，清除原有的失效密封材料（例如硬化沥青麻丝、已经剥落水泥砂浆等），并认真检查套管本体、翼环、管道外壁是否完好，保证基层牢固、干净、无油。具体强化修复工艺要围绕建设多层次、高弹性柔性密封系统进行。建议采用“刚性止水、柔性填充、注浆保障”的综合策略。第一，如果原有的套管翼环出现锈蚀或密封不严密的情况，可以在井壁内侧的套管根部，围绕管道挖掘环形槽，并嵌入高性能的遇水膨胀橡胶止水圈或丁基橡胶密封带作为第一道防线，利用其遇水自膨胀的特性，紧密填充微观缝隙。第二，主体密封层要使用专门用于动态接缝的单组或双组聚氨酯密封膏和硅酮密封胶，采用具有高弹性和高粘结力、耐老化柔性的材料分层填充并清洗环形间隙。在施工中要保证填塞充实致密、与管道和套管壁结合紧密，最后形成中间比两边稍高、有利于适应变形的鼓形断面。

2.2.4 防治倒灌措施：抬井或设防，避免淹没

预防和控制已建成阀门井由于地表径流或者洪水造成倒灌淹没是关系到设施内设备安全和长期运行可靠性的关键性治理措施。该策略是通过调整物理高程或建立主动的阻水屏障来阻止地表水进入井内，具体来说，可以遵循“抬井或者设防时切忌淹没”的双重路径。在场地条件许可、经济合理的情况下，“抬井”就是提高井口标高，这是一种根治性措施，一般涉及

既有井筒的接高处理问题：在保证原结构安全和牢固的前提下，在原井口以上部分浇筑新建钢筋混凝土井圈，建议将井口和井盖的最终完成面提高到周围地面的设计标高以上（通常建议高出 15 ~ 30 cm），并形成一个向外的缓坡散水。该方法将水力关系一劳永逸地改变，井口自身就变成一个永久性凸起结构来阻隔地表水。但在城区道路或者密集管网区域内，井口显著升高会对交通或者景观造成影响，“设防”也就是安装防倒灌装置就成一种更为灵活和普遍的选择。其主要表现为井口或井内关键通道上增设特殊机械式防水密封装置。例如：可以将高性能橡胶密封圈设置于井盖下，也可以使用具有旋扣锁紧结构防水淹密封井盖等，这类设备可以在闭合过程中形成严密密封。另一个方法是在井室的入口管道上装置防止倒流的阀门（或称为“拍门”），这是基于允许井内的气体在维修时少量排放的基础上，但在地面水位上升的情况下，当外部压力超过内部时会自动闭合，从而形成单向止逆屏障。

3 结束语

燃气阀门井内渗水问题是关系到管网安全和寿命的关键性隐患，对其预防和处理需要贯穿设计、施工、运维等整个过程。本文对渗水的主要原因进行系统分析，阐明设计缺陷和施工不当为防水失效的核心原因，从新建成和已建成阀门井两个方面有针对性地提出应对措施：新建工程需立足“多道设防，刚柔相济”，通过优化结构设计与严格施工监管构建可靠防水体系；已建工程应遵循“诊断为先、堵排结合、结构为本”的原则，采取堵漏修复、结构加固、细部防水强化及防倒灌等综合措施。未来，需将智能监测和新型防水材料技术进一步整合，形成以防为主、防重于治的长效管理机制，提高阀门井整体防水性能和燃气管网作业安全性。

参考文献：

- [1] 单龙. 城镇燃气阀门井渗水原因及对策[J]. 安防科技, 2021(24):21.
- [2] 王溢维, 白云鹏, 李爽. 燃气阀门井智慧一体化安全运营技术研究[J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(05):93-95.
- [3] 罗晨光. 基于物联网的燃气阀门井泄漏报警监测系统研究[J]. 中国设备工程, 2023(13):11-13.
- [4] 罗俊杰, 曹荀. 城市燃气阀门井泄漏风险评价及分类管理研究[J]. 城市燃气, 2023(12):37-42.
- [5] 李继奎. 一种防泄漏燃气阀门井: CN202420273544.4[P]. 2024-10-22.