

管道公司管道风险评价实践

张华兵^{1,2} 程五一² 周利剑¹ 冯庆善³ 郑洪龙¹ 戴联双¹ 项小强¹ 曹涛¹ 刘悦¹

(1.油气管道输送安全国家工程实验室·中国石油管道科技研究中心, 河北廊坊 065000; 2.中国地质大学(北京), 北京 100083; 3.中国石油管道公司, 河北廊坊 065000)

张华兵等.管道公司管道风险评价实践.油气储运, 2012, 31 ():

摘要: 为保证所辖油气管道的运行安全, 中国石油管道公司持续推行完整性管理, 对在役管道实施风险评价。肯特法是目前使用最广的半定量管道风险评价方法, 因此针对国内管道的实际情况, 对肯特法加以改进, 对腐蚀指标、制造和施工缺陷、土体移动、误操作、泄漏影响系数等指标进行调整, 提高了其对国内管道的适用性。采用改进后的肯特法, 确定了所辖管道的高风险管段, 汇总后统一排序, 针对性地提出风险减缓建议措施, 进行立项治理, 包括管理、检测与修复、地质灾害治理和其他 4 种类型。同时, 通过风险排序确定项目投资的优先级, 提高了费用分配的科学性和管道运行的安全性。

关键词: 管道; 风险评价; 肯特法; 指标调整; 完整性管理

油气管道输送高压易燃易爆危险介质, 一旦泄漏, 可能造成人员伤亡、环境污染、财产损失、上下游生产生活干扰等恶劣影响。中国石油管道公司(以下简称管道公司)是国内主要的管道运营企业之一, 为保证管道安全、可靠运行, 管道公司逐步推行管道完整性管理, 而管道风险评价是管道完整性管理的核心环节之一, 旨在对管道风险进行识别和评判, 按照风险高低实现分轻重缓急的治理。管道公司于 2010 年完成了所辖所有在役管道的风险评价, 为管道的风险预控奠定了良好的基础。

1 管道概况

管道公司目前下属 19 家属油气分公司, 管辖长逾 1×10^4 km 的油气管道, 输送介质包括原油、成品油和天然气。管道主要分布在东北、华北、西北和西南地区, 穿越十多个省、市、自治区, 包括多种地形地貌, 有高山、中低山、丘陵、平原、水网等。管道建造时间主要集中在上世纪 70 年代和本世纪初两个时段, 因此有已经运行近 40 年的老管道, 也有投入运行不久的新建管道。管径从 219 mm 到 720 mm 不等, 防腐层类型有石油沥青、煤焦油瓷漆和 3PE 等。管道周边环境复杂, 一旦发生泄漏, 可能造成严重的安全和环境后果, 且上下游用户众多, 联系密切, 一旦停输, 上下游企业和居民的生产、生活将产生连锁反应, 带来诸多不利影响。

2 评价方法

2.1 肯特法

美国管道完整性管理方面的标准明确要求管道运营公司对管道开展风险评价工作^[1-2]。管道风险评价技术按照结果的量化程度分为定性、半定量和定量 3 种类型。定性评价技术的评价结果一般为风险等级或其他定性描述; 半定量评价技术一般是指标体系法, 结果为一相对数值, 用其高低来表示风险的相对高低, 无量纲; 定量评价技术的评价结果是具有实际意义的数值, 有量纲^[3], 用其绝对大小表示风险的高低。

肯特法是半定量评价技术的典型代表^[4], 其简单易懂、可操作性好, 在国际上得到广泛应用。基本计算公式:

$$RRV = \frac{SI}{LIC} = \frac{TPDI + CI + DI + MOI}{LIC}$$

式中: RRV 为相对风险值; SI 为指数和; LIC 为泄漏影响系数; TPDI 为第三方破坏指数; CI 为腐蚀指数; DI 为设计指数; MOI 为误操作指数。

其中 4 项指数满分均为 100 分, 0 分为最危险情况。泄漏影响系数涉及输送介质的危险性, 可能的泄漏量和扩散范围, 以及周围受影响的人员与环境, 其结果为三者分值的乘积。

2.2 方法改进

基于国内油气管道的实际运营情况，对肯特法评价指标进行了修改和完善，遵循原则：①腐蚀、第三方破坏、设计、误操作 4 项指标，得 100 分时引起管道泄漏的概率为 0，得 0 分时引起管道泄漏的概率为 1，基于此，只需理顺各指标内的相关因素，调整好其权重，直接结合得到风险中的发生可能性部分，无需再考虑权重；②对肯特法中未涵盖的国内特有风险因素进行补充添加；③对肯特法中不适合国内的指标予以删除；④对肯特法中在国内较难收集、可操作性差的指标进行调整。

对肯特法第三版的调整内容：①在腐蚀指标中，因国内管道采用埋地敷设方式，故大气腐蚀指标在国内管道并不适用，予以删除。②对钢管的制造缺陷和施工缺陷，肯特法是通过计算缺陷处管道承压的安全裕量，并在安全系数指标中予以反应。然而其计算处理过程需要的内检测和缺陷剩余强度评价结果等详细数据，很难获取，而且违背了肯特法快速评价的原则。因此，通过降低安全系数分值，在设计指标中增加制造缺陷和施工缺陷指标，定性判断其严重程度。③在肯特法中，管道自然与地质灾害风险通过土体移动来体现，国内西部地区管道地质灾害一直是管道运营的第一风险，因此，增加了土体移动指标的权重。④部分误操作指标数据较难获取，且为不可变指标，即使获取后，对管道运营期的风险控制也帮助不大，因此将其删除或整合，包括材料选择、安全检查、接头、吊管、回填、防腐等。⑤肯特法中的泄漏影响系数，管输介质危险性的得分差异主要体现在泄漏后的慢性影响上，但是，对于实际管道事故，基本只考虑泄漏后的即时影响。因此，泄漏影响系数只考虑管输介质的可燃性、反应性和毒性影响，以减小由此引起的输油管道与输气管道之间的风险值差距，增加输油管道与输气管道评价结果的可比性。

此外，管道公司没有采用预先分段，而是采用动态分段技术对管道划分评价单元。其优点在于：简化了管道各属性数据的收集工作，不受制于预先划分的管段起始点，当属性数据有分段时，才增加分段；提高了管道各属性数据的精确程度，全面反应了属性沿管道里程的变化，从而更加精确地反应管道沿线风险的变化情况；减小了管道属性数据处理的工作量，各种来源的管道数据，只需整理成对应管道里程的格式，就可参与计算评价，无需按照预先分段的起始点进行对照判断。

3 评价结果

基于对肯特法的改进成果，编制了管道风险评价软件 RiskScore，具有数据管理、风险计算、结果展示和报告生成等功能（图 1），大大简化了管道风险评价工作。

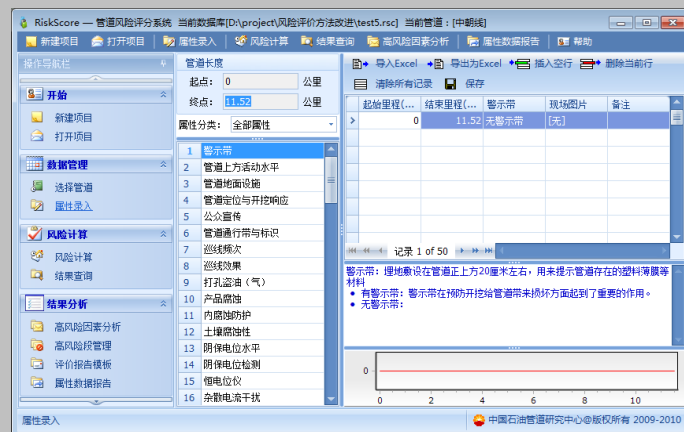


图 1 管道风险评价软件 RiskScore 系统界面

采用该软件，对所辖在役管道进行风险评价，量化了管道风险，因风险值越小，管道风险越大，故将纵坐标的标值倒置（图 2）。对各个风险管段进行排序，分析高风险管段的主要致因，针对性地提出风险减缓措施（表 1）。

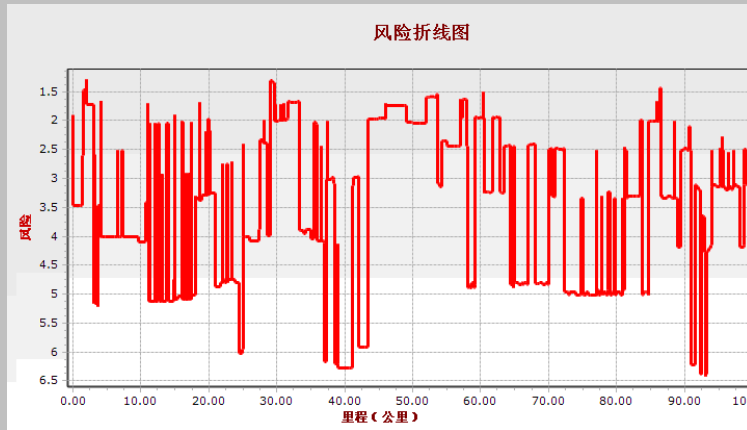


图2 管道量化风险评价折线图

表1 评价管道的高风险管段

管段序号	起始里程/km	结束里程/km	风险值	风险致因	风险减缓建议措施
1	2.2	2.5	1.30	电气化铁路杂散电流干扰严重	加装排流设施
2	28.9	29	1.35	道路穿越,大量重车碾压	修筑管涵,对管道进行保护
3	87.2	87.5	1.40	穿过不稳定边坡	修筑挡土墙,对边坡进行支护

由于在风险评价过程中,综合考虑了管输介质的危险性、管道基本参数、管道运行情况和管道周边环境,因此,最终的风险值能够全面反映运行管道的风险水平,可以将不同管道的风险值进行对比分析。基于此,对管道公司所辖管道的1066个高风险段,按照风险高低排序,并实施相应的风险控制项目(图3),其中管理类主要是管道通过典型高后果区段,需要采取加强巡线、公众宣传、地方沟通和地企联防等管理措施;地质灾害治理类中包含水工保护项目;其他类包括加强管道标识、改线、增加埋深、进行杂散电流排流等。

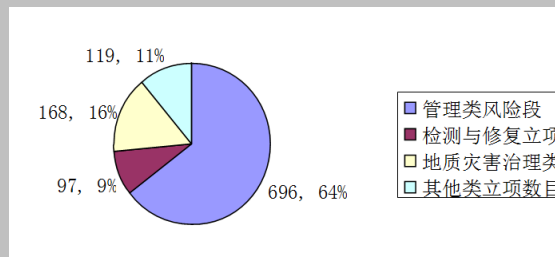


图3 管道风险控制项目类型实施数量分布图

4 结束语

结合管道公司所辖管道的实际情况,对肯特法进行改进,提高了方法在国内的适用性。采用改进后的肯特法,对管道公司所辖在役管道进行了风险评价。通过此次风险评价,全面识别和量化了管道风险,确定了需要关注和采取措施的高风险段,将所有管道的高风险段汇总后进行排序,作为确定维修、维护等风险控制项目投资优先级的重要参考,明确了管道公司投资治理立项的轻重缓急,提高了投资费用分配的科学性和管道运行的安全性。此外验证了评价方法具有较好的科学合理性、实用性和可操作性。

其后,管道公司将通过定期或不定期的管道风险评价,关注实施风险控制措施后管道风险的变化情况,从而有针对性地实施风险控制措施,对管道风险实现量化的动态管理,

持续保证管道的安全性。

参考文献:

[1] 中国石油天然气股份有限公司管道科技中心、中国石油大庆油田有限责任公司储运销售分公司、中国石化储运分公司. SY/T 6648—2006 危险液体管道的完整性管理[S]. 北京: 石油工业出版社, 2006.

[2] 中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司、中国石油天然气股份有限公司管道科技中心、中国石油北京华油天然气有限责任公司. SY/T 6621—2005 输气管道系统完整性管理[S]. 北京: 石油工业出版社, 2005.

[3] 张华兵. 油气长输管道定量风险评价[J]. 中国安全科学学报, 2008, , 18 (3) : 161-165.

[4] W. Kent Muhlbauer. 管道风险管理手册[M]. 3 版. 2004: 594.

作者简介: 张华兵, 工程师, 1981 年生, 2006 年硕士学位毕业于中国地质大学(北京)安全技术及工程专业, 现主要从事管道风险评价专业技术方向的研究工作。

电话: 0316-2072018; Email: modify78@gmail.com

原发表于《油气储运》2012.2