

油气站场工艺管道完整性管理技术与实践

张华兵，周利剑 燕冰川 程万洲，王新，刘硕

（中国石油管道科技研究中心）

摘 要：油气站场的工艺管道是站场的重要组成部分，其安全运行是站场正常工作的前提。由于站场上的工艺管道与干线管道的风险具比较类似，因此工艺管道的完整性管理可以借鉴部分干线完整性管理的做法。

完整性管理以风险为核心，以检测为主要手段，最终通过维修维护来削减风险。站场工艺管道的风险以腐蚀为主，在开展检测前，采用定量方法对腐蚀泄漏的风险进行定量评价，然后针对性的制定检测计划。目前针对工艺管道，已经有比较成熟的检测技术可以应用。针对检测结果进行分析，可以明确需要修复的缺陷及其它需要采取的措施，最终保证工艺管道的安全运行。

以某公司在过去一年的站场工艺管道完整性管理实践，进行了详细的案例分析。

关键词：站场 工艺管道 完整性管理 风险评价

1 引言

长输油气管道系统一般由管道线路和站场组成。而站场的重要组成部分则是连接输油泵、阀门与储罐等各个设备的工艺管道。工艺管道的安全运行是站场安全运行的基础前提。

站场工艺与管道干线相比，具有很多相似性，因此长输管道的完整性管理做法可以借鉴。但工艺管道最大的不同之处是其不可以内检测，从而无法准确探知其缺陷情况。但目前已经有一些外检测手段可以实现工艺管道缺陷的检测，如超声导波技术^[1]。但该技术所采用的设备昂贵，且检测花费时间较长。当有多个站场需要进行检测时，还需按照风险对站场工艺管道风险进行排序，从而实现检测资源的科学合理分配。

本文对工艺管道的风险进行了研究，针对其风险特性，提出了工艺管道的完整性管理体系，并针对具体案例进行了研究应用。

2 工艺管道完整性管理体系与流程

工艺管道完整性管理以风险为核心，包含了工艺管道的风险识别评价和针对性的风险控制等核心内容及相关支撑性内容。工艺管道完整性管理体系如下图 1：

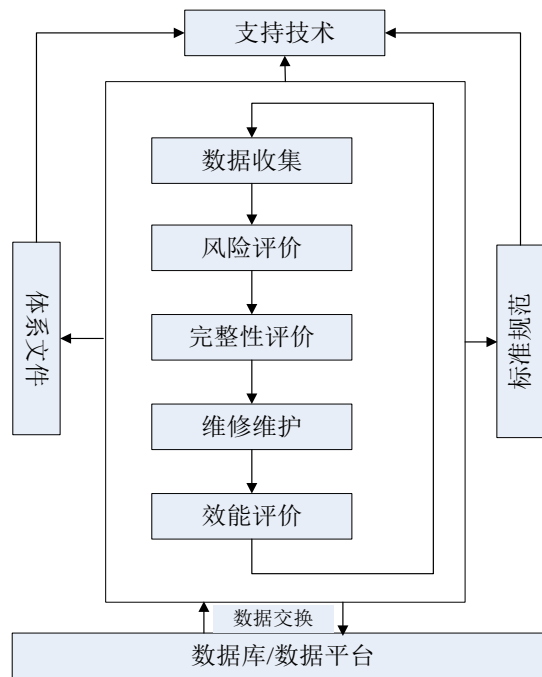


图 1 工艺管道完整性管理体系框架图

上图中，框内为工艺管道完整性管理的主要内容：数据收集、风险评价、完整性评价（含检测）、维修维护和效能评价。数据收集将收集整理和存储储罐后续完整性管理需要的各种数据，数据收集也一直在其后的步骤中持续进行。风险评价环节内将对工艺管道运行过程中的各种风险进行识别和评价，并提出针对性的风险控制措施。完整性评价环节内将对工艺管道进行检测和监测，并根据结果进行评价，提出针对性的维修建议。维修维护环节将根据风险评价和完整性评价的建议实施维修维护。效能评价环节将回顾之前工作，提出改进建议。

框外为在用工艺管道完整性管理的四个要素：数据平台、支持技术、体系文件和标准规范。其中数据收集步骤将完成。数据平台实现工艺管道完整性数据的存储和利用。支持技术为完整性管理 5 个环节形成的核心技术。体系文件为 5 个环节的管理流程和职责的文件化。标准规范对 5 个环节提出技术要求及指导。

3 工艺管道数据管理与风险评价

工艺管道的完整性管理以数据为基础，以风险为核心。

工艺管道的完整性数据可以分为以下三类：

- 1) 基础数据，包括基础台帐和设计施工资料等；
- 2) 运行数据，包括日常巡检、失效/故障数据、阴保测试数据和风险评价结果等；
- 3) 检测数据，工艺管道的在线检测结果等；
- 4) 维修数据，工艺管道及其防腐层的维修数据。

这些数据一般应通过企业数据管理平台进行管理。

工艺管道的风险可以分为以下三种：

- 1) 管体腐蚀、裂纹等缺陷；
- 2) 自然与地质灾害；

- 3) 外力损坏;
- 4) 运行与误操作等。

其中以管体腐蚀风险最为突出, 本文也将重点讨论腐蚀风险的评价与管控。对于工艺管道的腐蚀风险, 可以采用以下模型进行风险评价, 对多个站场的工艺管道腐蚀风险进行排序。

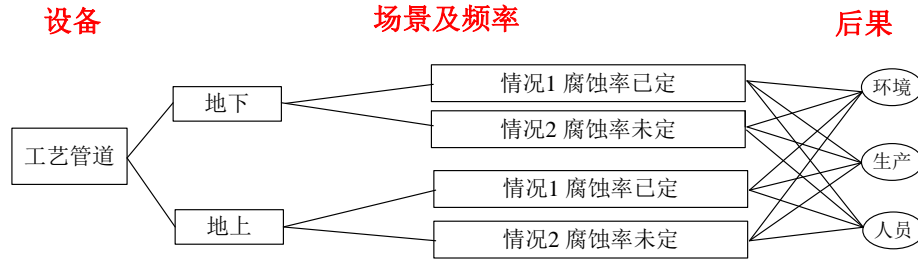


图2 工艺管道风险评价模型

工艺管道腐蚀风险将考虑工艺管道的泄漏频率及泄漏后果。其计算公式如下^[2]:

$$R = F_a \times \prod M_i \times \sum C_j \quad (1)$$

其中: R—风险;
 F_a --基础泄漏频率;
 M--修正因子;
 i—修正因子编号;
 C—后果;
 j—后果因子编号。

泄漏频率通过统计得到的基础泄漏频率及实际工艺管道情况修正因子连乘得到, 泄漏后果综合考虑对环境、生产和人员的影响。评价方法的核心是修正因子的确定。以工艺管道的土壤电阻率调整因子为例进行说明:

表1土壤电阻率修正因子

电阻率 (欧姆-厘米)	潜在腐蚀程度	修正因子
<500	腐蚀性非常大	2.25
500-1000	腐蚀性很大	1.6
1000-2000	中度腐蚀	1
2000-10000	腐蚀性较小	0.7
>10000	腐蚀性非常小	0.46

对计算得到的风险值, 按照其值大小划分等级。泄漏频率的等级划分标准如下:

表2 泄漏频率等级

频率值	归一化数值	等级
<10 ⁻⁵	0.1	1
≥10 ⁻⁵ ~<10 ⁻⁴	0.3	2
≥10 ⁻⁴ ~<10 ⁻³	0.5	3
≥10 ⁻³ ~<10 ⁻²	0.7	4
≥10 ⁻²	0.9	5

对于最终的风险等级, 需要采取相应的管理策略, 见下表。

4 应用实例

某公司运营十多条长输管道，所辖站场近 200 个，对所有站场选取典型的工艺管道作为评价对象进行评价，对其腐蚀风险进行排序。收集了腐蚀风险评价数据。收集的工艺管道数据有管道壁厚、防腐层类型、管道使用年限、土壤腐蚀率、管道阴保类型、阴保电位、管道检测情况、最近一次管道修复情况等。

采用上述方法，开发了专业的评价软件 SiteRBI，见下图。

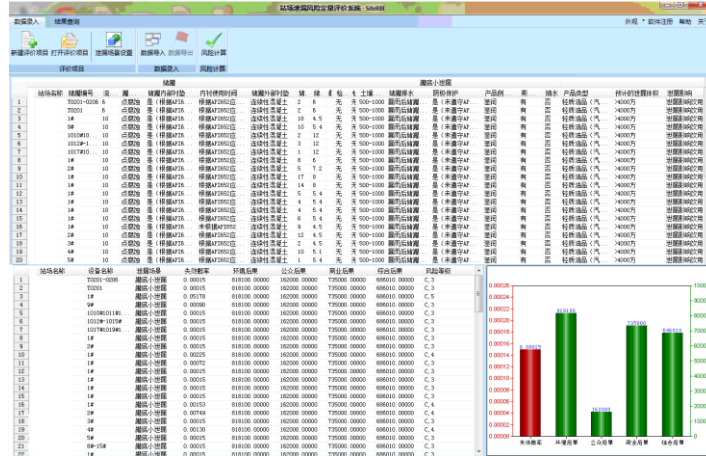


图 3 工艺管道风险评价软件

录入所有站场工艺管道收集的数据，进行计算。得到其泄漏频率对比图如下图（一部分站场的工艺管道）：

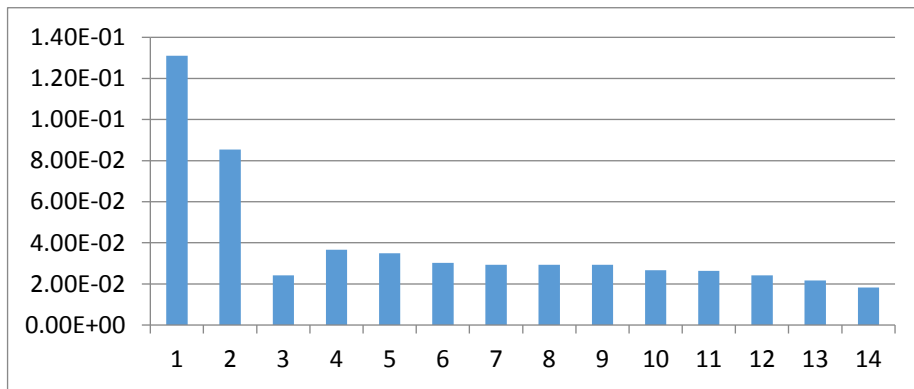


图 4 工艺管道泄漏频率对比图

最终对所有站场工艺管道的风险等级进行统计，得到如下饼图：

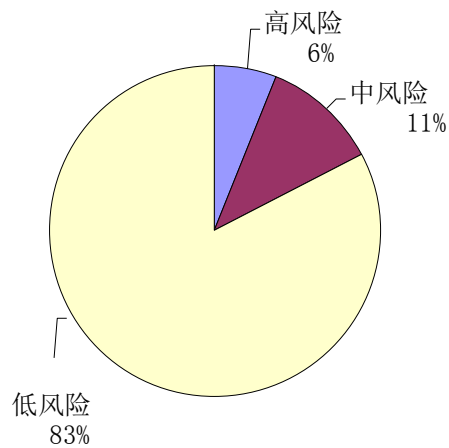


图5 工艺管道风险等级分布图

该公司对各风险等级管道采取了以下管控措施：

表 3 风险等级对应的管理策略

风险区域	采取的风险对策
高	重点管理维护，尽快检测、维修。
中	制定检测计划，计划检测、维修。
低	暂不检测、维修。

最终公司对高风险的工艺管道，采用超声导波检测技术进行了检测。超声导波检测原理图如下：



图 6 超声导波检测原理图

并对发现的缺陷进行了开挖维修，腐蚀坑进行了套袖修复，腐蚀严重的管段进行了换管，防腐层破损严重的管段进行了重新防腐，最终消除了工艺管道意外泄漏隐患。

5 结束语

本文提出了系统的工艺管道完整性管理解决方案，确定了工艺管道完整性管理体系与内容。通过风险评价，确定站场的检测计划。最终通过超声导波检测及随后的修复，消除工艺管道腐蚀泄漏隐患，保障工艺管道的安全运行。

参考文献：

- [1] 王禹钦; 王维斌; 陈长坤等, 输气管道超声导波检测技术[J], 无损检测, 2008.09;
- [2] API PUBL 353(2006) Managing Systems Integrity of Terminal and Tank Facilities / Managing the Risk of Liquid Petroleum Releases[S]. *Washington: API Publishing Services*, 2006.

原发表于 CIPC 2013 中国国际管道会议论文集, 国际会议, 2013 年廊坊