

文章编号: 1000-8241(2014)06-0599-05

油气管道站场完整性管理数据模型

李振宇¹ 黄保龙² 周利剑¹ 贾韶辉¹ 张新建¹ 张冬梅³

1. 中国石油管道科技研究中心中国石油天然气集团公司油气储运重点实验室, 河北廊坊 065000;
2. 河北中油销售有限公司, 河北保定 072550; 3. 中国石油管道公司沈阳输油气分公司, 辽宁沈阳 110031

摘要: 站场完整性数据管理所需的数据种类不断发展, 数据模型作为数据管理的基础, 采用针对每种具体对象建模的传统建模方式, 数据要素之间关联性弱, 且频繁变化的数据项造成模型不稳定, 导致管理中各业务之间无法形成有效的闭环。以油气长输管道数据模型为基础, 结合我国站场管道完整性管理的业务需求, 提出了一种满足站场完整性管理业务需求的空间数据模型。该模型以几何网络为基础, 建立管网和站场设备设施的空间拓扑关系, 同时考虑定制和扩展性能, 以满足对新技术、新方法的支持。结合该模型在某大型油气管道站场的应用, 论述了其应用效果, 具有较强的实际指导意义。(图 5, 表 3, 参 17)

关键词: 站场完整性管理; 数据模型; 数据管理

中图分类号: TE89

文献标识码: A

doi: 10.6047/j.issn.1000-8241.2014.06.006

Data model for the station integrity management along oil and gas pipelines

LI Zhenyu¹, HUANG Baolong², ZHOU Lijian¹, JIA Shaohui¹, ZHANG Xinjian¹, ZHANG Dongmei³

1. CNPC Key Laboratory of Oil & Gas Storage and Transportation, PetroChina Pipeline R & D Center, Langfang, Hebei, 065000;
2. PetroChina Hebei Marketing Co. Ltd., Baoding, Hebei, 072550; 3. Shenyang Oil & Gas Transmission Sub-company, PetroChina Pipeline Company, Shenyang, Liaoning, 110031

Abstract: Data for stations (pump stations or gas compressor stations) integrity management are increasingly diversified. As a basis for the data management, data model employs traditional techniques which are specific for certain objects. However, the correlation between data elements is weak, and frequently changing data items result in the instability of model. Ultimately, an effective closed loop can not be formed among different operations in the management. In this paper, considering the demands for the domestic station integrity management, a corresponding spatial data model is proposed based on the data model of long-distance oil or gas pipeline. This geometric network-based model can be used to generate topological spatial relations between pipeline network and equipment/facilities at pump stations or gas compressor stations. Its functions may also be customized and extended as a response to new technologies or methods. The application in a large pipeline network-station of PetroChina has proved the effects of the model, providing valuable guidance for other cases. (5 Figures, 3 Tables, 17 References)

Key words: station integrity management, data model, data management

近年来,随着油气长输管道总里程的快速增长,对管道安全管理的要求日益提高。完整性管理作为一种基于风险的主动预防的管理方式^[1-3],经过多年发展,已在国内外管道公司迅速推广,并取得显著效果。油气长输管道线路完整性管理(PIM)的数据模型,经过多年研究与实践,国内外业已建立了比较系统的管理模型和支撑平台,并实现了现场应用^[4],其中国

上已发展成熟的有 PODS、ISAT、APDM 等,而国内已成功应用的有中国石油管道完整性数据模型^[5-7]。但对于站场完整性管理,由于业务种类繁多,业务流程复杂,且新技术不断应用,导致在应用传统建模方式的过程中,无法体现完整性各业务间的关联。油气管道站场通常指管道沿线的工艺操作场所,包括泵站、压气站、储油库、地下储气库及 LNG 接收终端等,站场

中包括众多设备,主要有压缩机、泵、罐等^[8]。对于油气管道所属站场和终端的完整性管理,国际管道会议(IPC)已经开辟了站场(设施)完整性管理技术领域,并认为是未来一个新的发展方向^[9-10]。但对于站场存在管理对象众多和相关体系缺乏的现实情况,国内外尚无系统的数据管理模型。为此,结合中国石油站场完整性管理的具体业务需求,提出了一种满足站场完整性管理业务的空间数据模型^[11-12]。

数据作为站场完整性管理所需的重要内容,在美国管道安全促进法案 2002 的 49CFR192(燃气输送管道)和 195(危害液体管道)中均提出了管理要求。为满足站场完整性管理的分析评价、应急决策等要求,管道运营商需开展如下工作:①站场管理中有效历史数据和完整性管理方案的整合;②多种站场应用系统数据的整合;③数据质量保证和数据的持续更新维护。国外主要数据模型 APDM 和 PODS 存在如下问题:①对站场设备不完全建模,因此在完整性管理中无法采集部分需要的数据;②对站场中的大型设备设施,采用与管道线路相同的实体建模方式,将站场中的设备和线路上的设备均作为单独的实体,然而对站场中的设备一般采用分块维护的方式,实体整体建模无法对实体内的组件部分进行管理;③国外主流数据模型对站场和线路采用相同的定位方式,国外站场多为无人值守且面积较小的场所,对其进行管理适合作为线路上的在线点建模,而国内大多为有人值守的大型站场,站内区域复杂、设备众多且无法采用统一的线性参考定位,因此不适宜作为线路上的在线点进行建模。因此,在站场完整性管理中,不能采用国外的数据模型,也不能采用线路数据模型进行数据管理。为此,采用面向对象的建模方式,以几何网络为基础,阐述了站场完整性概念模型、逻辑模型的建模过程,并以国内某站场为例,建立了站场工艺管网和设备设施的数据模型。

1 模型需求分析

1.1 分类需求

对于油气长输管道站场完整性数据模型,空间数据的查询、浏览应是其基本功能,但能满足站场风险评价和完整性评价是其最终目的。考虑站场工艺管网和设备特点,以及建模的实际需求,在模型中采用分类建模的方式。

站场完整性管理数据模型是通过分析站场内设备设施和工艺管网之间的对应关系,建立联系、几何网络、完整性管理共 3 种数据类型(图 1)。联系类实现了三维空间中具有联系的各个对象,或者是空间对象和非空间对象之间的关联建立;几何网络类以核心要素、简单和复杂边线、简单交点创建了工艺管网和站场设备设施的分析模型;完整性管理类基于站场完整性管理需求,包含设备部件及流程单元的风险管理和完整性管理。

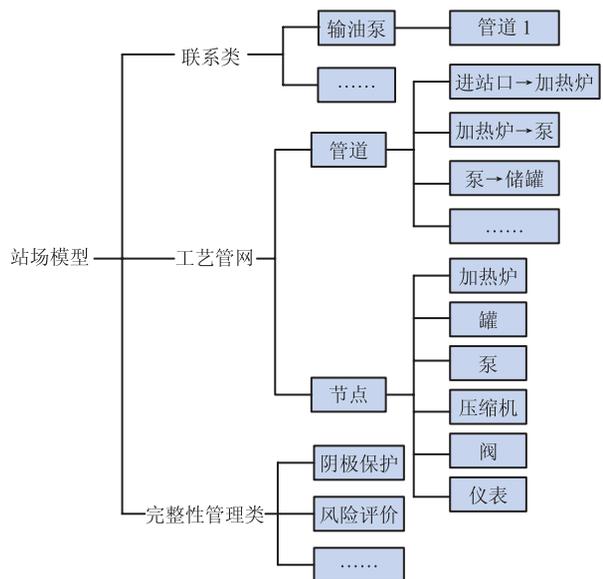


图 1 站场完整性管理数据模型分类图

1.2 网络分析需求

几何网络是一种图形拓扑,用于存储参与线性拓扑功能的一系列的线要素,体现增强型的线性拓扑功能^[13]。几何网络适用于使用跟踪分析的系统,如电力网络、河流网络、道路交通网络^[14]。一个几何网络可以由 4 种网络要素组成:简单点要素、复杂点要素、简单边要素以及复杂边要素。简单点要素对应可以抽象为单个点的简单设备;简单边要素对应可以抽象成一条边的简单线路;复杂边要素对应逻辑网络中成链式结构的一定数量的边,但在物理上是不可分的^[15]。例如在站场中,一条管道,从进入站场到某个设备,中间有出地点、变径点或开孔连接的仪器仪表,将管道分成若干段,此时可采用复杂边要素描述。复杂点要素是几何网络中的边和点的集合,这些边和点的集合以各种拓扑结构连接,且拓扑结构只是复杂节点的内部网络。例如站场中的储罐可采用复杂点描述,储罐上配套的各种线路组成一个微型网络,其具有自身的内部拓扑和联通规则。

在几何网络中,一般采用设施源、汇和要素运行状态建立网络边要素的流向。但与河流、电力和其他管网网络不同的是,在站场工艺管网的几何网络中,具有按照站场运行工艺流程周期性改变边要素流向的特性,需要按照工艺流程设置多个源和汇,以满足不同的路由。

1.3 站场完整性管理业务需求

站场完整性管理是设备完整性管理概念的延伸和拓展,隶属于资产完整性管理的范畴^[15-16]。资产完整性管理是站场完整性管理的技术基础,站场完整性管理技术是在资产完整性管理技术基础上的系统集成。因此,建立站场完整性管理数据模型,应满足对站场设备设施全生命周期的管理,基于风险的检测(RBI),以可靠性为中心的维护(RCM)以及安全完整性分级(SIL)等完整性管理专项评价技术^[17]的需求。

针对站场设备设施全生命周期建立数据模型,应实现资产信息和实时信息统一的数据模型。对设备设施以台套为分类单元,将每种分类单元分为基础信息、

安装信息、维修信息、运行信息和检测信息进行结构化。同时适应完整性管理信息化需求,确保站场的每个系统组成部分与完整性管理的各环节相一致,对各部分合理建模。

2 模型设计

作为现实世界和数据之间纽带的数据模型,既要满足现实世界的简化表达,又要从信息的角度实现数据的组织和管理。站场完整性管理数据模型,通过对相关业务进行需求分析得出模型的概念和抽象类,进而归纳整理最优的数据模型。

2.1 概念和抽象类设计

站场完整性数据模型的概念和抽象类设计,按照完整性管理要求并按照几何要素分类,以具有几何图形的要素类为继承对象,分为在线和离线两类要素,在线要素分为简单节点、复杂节点、简单边及复杂边,离线要素分为点、线、多边形(图2)。

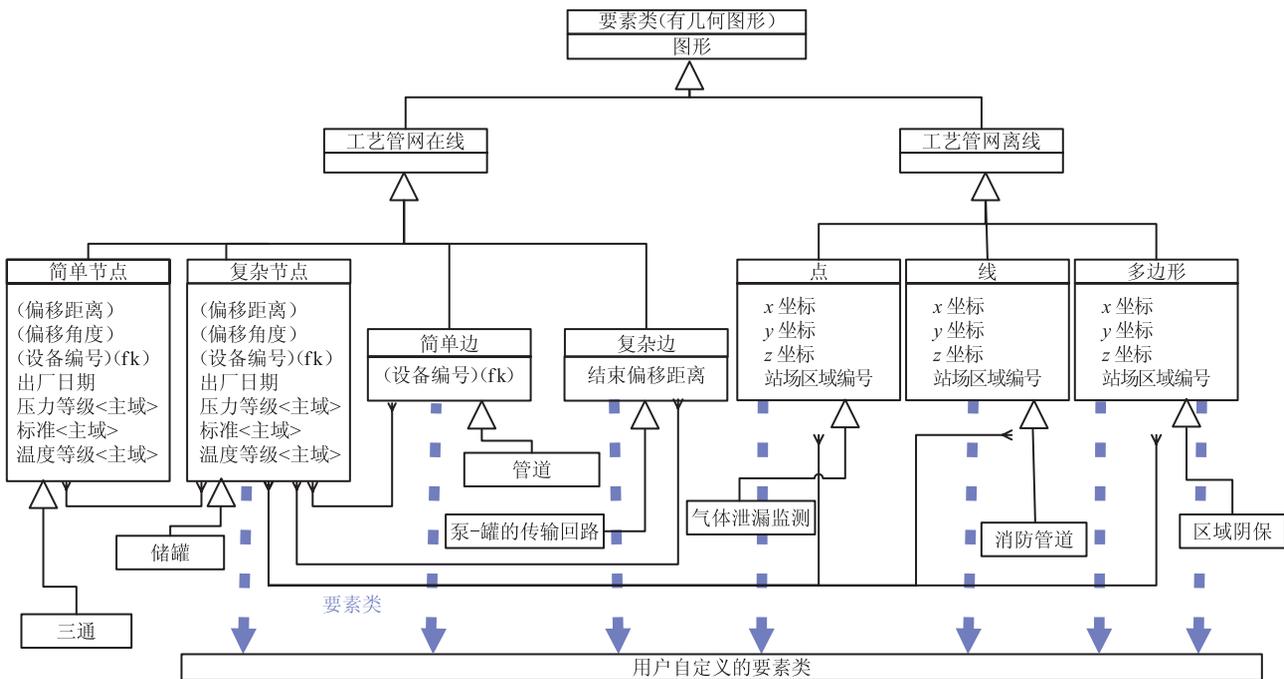


图2 站场完整性数据模型的概念和抽象类设计框图

2.2 模型设计

为了满足站场完整性管理中对站场设备设施的全生命周期管理,基于风险的检测(RBI),以可靠性为中心的维护(RCM)以及安全完整性分级(SIL)等完整性管理具体技术的需求,将站场完整性数据模型分为6类(图3),分别是核心要素、阴极保护、设备、风险、检测、运行、维护。

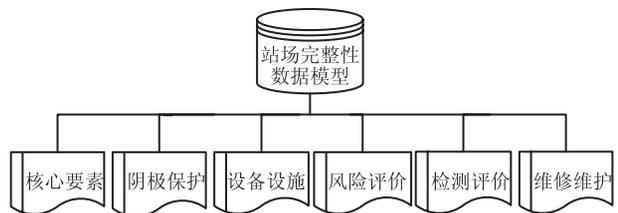


图3 站场完整性数据模型分类图

站场数据模型以工艺管网为基础来组织其他设备设施。通过属性的变化对工艺管道进行分段,建立站场内的管道系统,将现实中管道和设备设施的连接关系,抽象为几何网络中点和线的连接,满足网络分析的基本要求,从而实现在模型中对设备设施的管理。在区域阴保和设备设施数据方面,对相对静态的基础数据进行结构化处理,实现对物理实体建模,满足完整性管理对基础数据的需求。在风险评价数据方面,对与油气站场风险评价相关的技术,包括基于风险的检测(RBI)、以可靠性为中心的维护(RCM)以及安全完整性分级(SIL)等,实现风险计算结果和风险减缓措施的存储。在检测评价数据方面,对站场管道和设施的射线检测、超声波检测等方法、检测过程和检测结果进行管理。在维修维护数据方面,对管道和设备设施进行维修维护的过程和结果进行记录(表1)。

表1 站场完整性数据模型要素分类表

类别	子类
核心要素	管道、管道系统、管道等级、网络、网络节点、网络弧段、路径
区域阴保	阴保电位、阴保电缆、阴保通电点、阴保电源、阴保电流
设备设施	加热炉、储罐、压缩机、阀门、三通、输油泵、自动化仪表、热媒炉
风险评价	设施评级、储罐风险、工艺管道风险、地下储气库风险等
检测评价	储罐检测、工艺管道检测、加热炉检测、卸料臂检测和评价等
维修维护	储罐缺陷与修复、工艺管道缺陷与修复、阀门维修与改造、加热炉维修与改造、输油泵维修与改造、压缩机维修

3 应用实例

以某大型站场为例,利用GIS技术实现站场的完整性管理。根据站场竣工图纸进行数字化,以几何网

络对工艺管道中心线和设备设施进行建模(图4、表2、表3),实现了站场设备与工艺管道的管理,以及设备基础资料的维护。

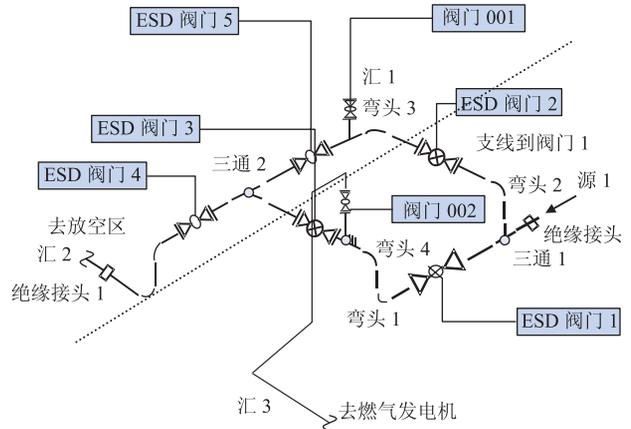


图4 某大型站场工艺管网几何网络建模示意图

表2 某大型站场几何网络要素表

要素类型	要素名称	ID	要素类型	要素名称	ID
简单节点	绝缘接头 1	-	边要素	绝缘接头 1 到三通 1	
简单节点	三通 1	-	边要素	三通 1 到 ESD 阀门 1	
简单节点	弯头 1	-	边要素	三通 1 到 ESD 阀门 2	
.....	-

表3 某大型站场几何网络路由表

节点	关联的边和节点
绝缘接头 1	绝缘接头 1 到三通 1; 三通 1
三通 1	绝缘接头 1 到三通 1、绝缘接头 1; 三通 1 到 ESD 阀门 1, ESD 阀门 1;
.....

在本系统中,通过几何网络对站内管网及设备设施建模,实现站内管网分段,并基于分段管网的评价,得到风险值(图5)。



图5 基于站场完整性数据模型的设备风险评价界面

4 结束语

基于油气长输管道数据模型,提出了一种站场完整性管理的空间数据模型。该模型以几何网络为基础,建立管网和站场设备设施的空间拓扑关系,满足站场空间数据分析及站场完整性管理的各种业务需求。但是,站场完整性管理作为一种新的发展方向,不断有新技术、新方法出现,数据模型也应考虑定制和扩展,以满足对新技术、新方法的支持。

总之,对站场完整性数据建模是一个较为复杂的系统工程,需要引入多方面的知识和成果,并考虑数据的组织和存储结构,只有不断在实践中检验,才能不断完善数据模型,使这一成果具有更好的使用价值,从而提升管道运行的整体管理水平,保证管道系统的本质安全。

参考文献:

- [1] 艾慕阳. 大型油气管网系统可靠性若干问题探讨[J]. 油气储运, 2013, 32(12): 1265-1270.
- [2] 黄维和, 郑洪龙, 吴忠良. 管道完整性管理在中国应用 10 年回顾与展望[J]. 天然气工业, 2013, 33(12): 1-5.
- [3] 关中原. 我国油气储运相关技术研究新进展[J]. 油气储运, 2012, 31(1): 1-7.
- [4] 王维斌. 长输油气管道完整性管理技术[D]. 北京: 北京工业大学, 2007.
- [5] APDM. APDM 技术资料[EB/OL]. 2014-01-20[2007-05-01]. http://www.apdm.net/html/about_apdm.html.
- [6] PODS. PODS 白皮书[EB/OL]. 2014-01-20[2011-06-01]. <http://www.pods.org/standards/>.
- [7] 杨祖佩, 艾慕阳, 冯庆善, 等. 管道完整性管理研究的最新进展[J]. 油气储运, 2008, 27(7): 1-6.
- [8] 中国石油管道公司. 油气管道完整性管理技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2010.

- [9] 税碧垣, 艾慕阳, 冯庆善. 油气站场完整性管理技术思路[J]. 油气储运, 2009, 28(7): 11-14.
- [10] 刘勇峰. 基于 Web GIS 的管道完整性管理技术研究[D]. 抚顺: 辽宁石油化工大学, 2012.
- [11] 张鹏, 姜云, 段永红, 等. 新建油气管道完整性管理系统模型设计与开发[J]. 天然气勘探与开发, 2010(4): 77-82.
- [12] 王扬, 万庆, 白俊波, 等. 输油气管道站场工艺管线数据模型研究[J]. 遥感信息, 2012(2): 112-119, 128.
- [13] ZEILER Michael. Modeling our world[M]. Redlands: ESRI Inc, 1999.
- [14] 龚建桥. 三维地下综合管线管理系统关键技术研究[实现][D]. 武汉: 华中师范大学, 2012.
- [15] 冯晓东, 赵忠刚, 白世武, 等. 站场完整性管理技术研究[J]. 管道技术与设备, 2011(4): 15-18.
- [16] 董绍华, 韩忠晨, 费凡, 等. 输油气站场完整性管理与关键技术应用研究[J]. 天然气工业, 2013, 33(12): 117-123.
- [17] 姚安林, 赵忠刚, 张锦伟. 油气管道风险评估质量评价技术[J]. 天然气工业, 2013, 33(12): 111-116.
- (收稿日期: 2014-01-21; 修回日期: 2014-02-26; 编辑: 关中原)



基金项目: 中国石油天然气与管道分公司科研项目“站场完整性管理技术应用研究”, 2012-3404-0501。

作者简介: 李振宇, 工程师, 1984 年生, 2009 年硕士毕业于武汉大学地图学与地理信息系统专业, 现主要从事管道完整性管理数据、信息化方面的研究工作。

LI Zhenyu, MS.D, engineer, born in 1984, graduated from Wuhan University, cartography and geographic information system, in 2009, engaged in the research of data of pipeline integrity management and information technology.

Tel: 15103268685, Email: kjlizy@petrochina.com.cn