

数字化管道技术在在役输气管道上的应用研究

周 昊¹, 王 磊², 王晓刚², 陈 军³, 徐阳初⁴

(1. 江苏工业学院油气储运省重点实验室, 江苏 常州 213000; 2. 中石油西南油气田公司, 四川 成都 610051;
3. 中国凯盛国际工程公司, 上海 200000; 4. 中国燃气控股有限公司, 广东 深圳 518033)

摘 要: 我国在役输气管道自动化, 数字化管理水平普遍偏低, 数字化管道技术可以大大提高管道的管理效率。通过介绍数字化管道的概念及包含的内容, 将数字化管道技术引入在役输气管道。指出数字化管道技术应用于在役输气管道主要是建立管理信息系统(MIS 系统)、SCADA 系统、仿真系统相结合, 集自动化控制、仿真模拟及信息管理于一体的管道运行管理系统。介绍了各系统的组成和功能; 讨论了构建系统所需的支撑技术, 证明了数字化管道技术应用于在役输气管道的可行性。针对我国现役输气管道的现状, 指出数字化管道技术具有广阔的应用前景。

关键词: 数字化; 技术; 输气管道; 应用; 系统

文章编号: 1006-5539(2007)01-0003-04

文献标识码: A

0 概述

数字化管道源于“数字化地球”的概念。数字化管道是对管道本身的属性、沿线相关环境要素统一的数字化重视和认识。其表现形式是一个管道综合信息系统^[1]。输气管道系统连接气田和下游万千用户, 管道经过万水千山, 建立一套完整的数字化信息系统, 将管道空间布局、各种基础统计数据、环境要素、经济要素等信息进行建库管理, 已是势在必行。

数字化管道包括了管道勘查设计系统、管道建设项目管理系统、管道生产运营管理系统三个组成部分^[2], 涵盖了管道设计、建设和生产运营三个阶段。其核心是管道信息数据库。而对于在役输气管道, 管道勘查设计和管道建设阶段已经完成, 因此数字化管道技术应用于在役输气管道主要是建立管道信息系统(MIS 系统)、SCADA 系统、仿真系统相结合, 集自动化控制、仿真模拟及信息管理于一体的数字化管道运行管理系统。

1 管道运行管理系统构成及功能

管道运行管理系统由管道信息系统(MIS 系统)、SCADA 系统、仿真系统三大系统构成。三大系统实现数据共享, MIS 系统提取并保存 SCADA 系统中的生产实时数据进行统计和分析, 为管理信息系统提供数据基础、业务管理需要和决策支持, MIS 系统还可以根据业务需要调用仿真系统运算后的仿真结果, 接收并保存从在线仿真系统中提取的实时数据进行统计和分析; 仿真系统可提取 SCADA 系统生产实时数据作为仿真、预测、检测等仿真操作的数据基础。

1.1 SCADA 系统

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) 系统, 即数据采集与监视控制系统。它可以对现场的运行设备进行监视和控制, 以实现数据采集、设备控制、测量、参数调节以及各类信号报警等各项功能^[3]。结构上 SCADA 系统包括调度系统、站控系统及相应的通信系统。从内容上看 SCADA 系统, 由工

收稿日期: 2006-03-20

作者简介: 周 昊(1979-), 男, 四川自贡人, 助教, 硕士, 主要从事油气储运工程教学科研工作。电话: 13616125790。

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

程定义文件、组态软件、控制设备三个方面构成。工程定义文件,是关于 SCADA 系统监控界面、数据映射、设备定义和连接、体系结构的综合性描述;控制设备由 PLC、RTU、智能仪表、多功能板卡等构成,是 SCADA 系统的采集和执行终端;而软件平台,则是工程定义和运行的环境,它的性能和功能,本质上决定了 SCADA 系统的性能和功能。

1.2 仿真系统

天然气管道仿真系统用天然气管道系统模型对真实管道系统进行模拟,并借助于专家经验知识、统计数据等对模拟结果进行分析研究,为系统的设计和管理提供支持。该系统具有如下功能^[4]: a. 可以模拟管道和设备的运行操作,显示管路纵断面图和管道设备的流量、压力、温度等运行参数随时间的变化,同时也可以实时显示管道、设备状况,并对仿真数据进行管理和多种形式的输出; b. 可以预测诸如爆管、设备故障或其他的事故时所采取的不同的控制策略; c. 模拟参数为管道优化运行和调峰提供依据; d. 还可应用于在线操作人员的培训,大大缩短培训时间,节约大量经费。

1.3 MS 系统

管理信息系统具有如下几方面特点: a. 统一的综合业务平台,可以与其他业务系统紧密集成,并实现真正的信息共享; b. 采用组件式功能设计,具有良好的接口和方便的二次开发工具; c. 提供多种接入方式及终端系统的移动业务平台; d. 结合地理信息系统(GIS)先进的地图处理及空间分析功能; e. 可靠、开放的数据库管理结构。

1.3.1 MS 系统主要构成及功能

1.3.1.1 管线 GIS 系统

通过矢量化的管线电子地图,实现管道、设备信息的空间定位、搜索、查询和分析,分为四个工作子系统:地图管理、管道管理、设备管理、动态监视和综合查询统计。其中地图管理和综合查询统计两个模块是本系统的基本工作子系统。

a. 地图管理子系统。地图管理子系统是在整个系统中负责基础地理信息的管理,是其他系统建立的根本基础。它以帧为单位来管理图形数据并实现图幅漫游,为用户提供灵活直观的数据入库手段,具有对地理底图库空间数据和图形属性进行编辑的功能,提供多种强有力的数据查询手段和方便的图幅

接边及图幅校正功能,能够灵活高效地实施图库管理和方便的数据转换与输出,是一个强大的地理图形编辑管理系统。

b. 管道管理子系统^[5~7]。依靠详尽的包括管道基本情况、走向图、纵断面图、沿线自然概况、交通情况、穿跨越工程、附属物情况等信息的管道信息数据库,对管道检测、管道工程、日常巡线等进行管理,提高管道安全性,保证正常生产,结合地图管理子系统可以对管线进行图上精确定位。管道管理系统具有管道数据输入与编辑、检索查询、数据统计、管道分析和纵横断面图成图分析等功能,并将虚拟现实技术运用到管线系统管理中,根据管线三维坐标和管径等属性信息,自动生成真实的三维渲染场景来表现管线分布及其相互位置关系。并能够在这场景中自由变换观察角度,能沿着管线飞行,实现对管线的可视化管理。如果发生泄漏事故,管道管理系统可以结合 SCADA 系统的监测数据和地图管理子系统,对事故地点进行迅速定位,并且能够找到预先确定的最近控制点和处理措施^[8]。

c. 设备管理子系统。以设备维护管理为核心,建立标准、统一、完备的包括阀门、压缩机等设备的设备信息数据库,以预防性维修和预测性维修为主,结合地图管理子系统,实时掌握设备运行和安全情况。并根据管线的业务特点,提供除计算机有线网络接入之外的智能手机平台和无线网络的接入方式,随时随地实现设备信息化管理。

d. 动态监视和综合查询统计子系统。动态监视的数据来源于 SCADA 系统,综合查询统计子系统可以按照空间位置或属性种类进行区域查询与检索,也可以根据用户列出的条件进行条件查询,还能实现图形与属性的交互式查询,并可针对某个区域管线管点或设备进行各种形式的统计,统计结果可以以各种统计图或表格的形式输出。

1.3.1.2 管道完整性管理系统^[9]

对运营中面临的风险因素进行不断识别,制定相应的控制对策。管道完整性管理系统包括管道数据资料的收集和整合子系统,风险性评价和完整性评价子系统。管道数据资料的收集和整合子系统需达到的要求是: a. 储存管道寿命期内大量的在线检测和离线检测的数据、资料,有过滤、搜索并将它们与各种评价技术相结合的功能; b. 较容易的跟踪参考点数据的变化并升级,能够比较容易的找到并识别风险评价所需要的数据; c. 能输入事件、照片、图

纸、影像等,让使用者直观地发现异常点位置,可将异常点储存并排序;d.完整性数据可以与其他数据管理系统兼容。风险性评价子系统通过定性或定量的风险评价,进行管段和站场的风险识别、按风险程度排序,确定重大风险的性质并定位,寻求降低风险的措施,在有效分配资源的前提下,将风险降低到可以接受的水平。完整性评价子系统主要用于风险排序结果表明需要优先和重点评价的管段。其内容包括:a.对管道设备进行检测,评价检测结果;b.评价故障类型及严重程度,分析确定管道的承载能力及管道允许最大操作压力;c.根据缺陷的性质和严重程度,评价该管道能否继续使用及如何使用并确定再次评价的周期。

1.3.1.3 安全系统

完成对质量健康安全环境文档的分类、维护、索引和查询,通过网络实现公司总部、各级作业单位QHSE(质量健康安全环境)管理体系的在线查询和全文检索,方便的下达包括作业指导书在内的各类质量文档,实现QHSE部门对各级单位的质量管理和控制。同时提供安全防范、安全检查、安全操作流程及事故分析的功能,为长输管线安全生产提供有力保障。

1.3.1.4 项目管理系统

对管道及管道设备的重大技术改造与大修工程项目进行专门化管理,包括立项管理、设计咨询管理、工程招投标、资金计划管理、施工合同管理、施工过程管理、采购计划、工程预决算管理、竣工验收、保修、固定资产建档、工程档案管理等。

1.3.1.5 管道资源管理系统

对管道运行所需的各种资源进行数字化管理,包括能耗管理(电力、自耗气用量,用油,用水量等的统计分析、优化调度)、物资资源管理、人力资源管理等等。

1.3.1.6 排污及环保管理系统

对管道、站场的清管排污及管线放空进行数据收集和监测,根据QHSE管理体系实时调整使之符合环境保护要求。

1.3.1.7 销售计量管理系统^[10]

对管道输量实时采集、显示保存当日流量、昨日流量、本月流量、上月流量等各种结果,可查看、打印温度、压力、差压、流量的实时趋势图及历史趋势图进行销售数据统计分析,同时还具有合同管理、输量分配、计量交接、财务结算和用户档案管理等功能。

该系统能够同财务系统等进行良好的集成。

综上所述,数字化管道运行管理系统由管道信息系统(MIS系统)、SCADA系统、仿真系统三大系统构成(其结构图见图1),三大系统实现真正的数据共享,对管道运行实行数字化、信息化、网络化管理。

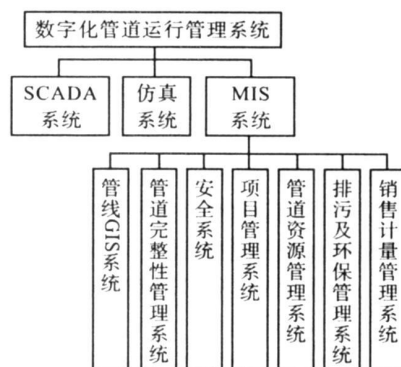


图1 数字化管道运行管理系统结构图

2 构建数字化管道运行管理系统的关键技术

构建数字化管道运行管理系统需应用数字、网络、通信、自动控制等大量的新兴技术,其主要的支撑技术有:

2.1 新一代SCADA技术^[3]

采用开放式结构使用户不受专用硬件、软件、网络的限制,根据不断变化的需要配置用户所需要的系统。采用现场总线技术(field bus)结合高速数据传输网络,电子信息公报栏,改进的自控系统和通信系统为管道管理者提供更为及时准确的实时数据,并具有更高的数据处理能力,更快的时钟速率和更大的内存,同时应用多媒体技术实现可视化操作。

2.2 地理信息系统(GIS)

该系统就是在计算机软、硬件支持下,通过系统建立、操作与模型分析,对空间相关数据进行采集、操作、分析、管理、模拟和显示,并采用地理模型分析方法适时提供多种空间的动态的地理信息,为地理研究和地理决策服务而建立起来的计算机系统。

2.3 仿真技术^[4]

采用能够更加准确、全面的描述管道流动过程和管道控制系统并能高效求解的仿真模型结合高速

发展的计算机技术编制功能更加全面且具有较高开放性和扩展性的仿真模拟软件。模拟软件采用离线模拟和在线模拟两种方式。离线模拟可预测未来运行情况并对多种设想的运行方案进行分析和调整, 优选出较为合适的运行方案。在线模拟的主要目的是跟踪运行工况, 实际工况与在线模拟结果的偏差超出合理范围, 则表明系统发生了意外情况, 如管道泄漏或设备故障等^[11]。

2.4 虚拟现实技术^[12]

利用计算机生成一种模拟环境(如天然气输送管道系统)通过多种传感设备使计算机用户“投入”到该环境中, 实现用户与该环境直接进行自然交互的技术。

2.5 基于管道性能评价的完整性管理技术^[9]

即按照数据收集、整理, 风险评价, 安全评价, 完整性评价, 确定响应完整性评价的维护措施, 措施再评价的流程完成管线完整性管理的技术。

3 数字化管道技术在在役输气管道上的应用前景

数字化管道是信息化的管道, 它把有关管道上每一点的所有信息, 按地理坐标加以整理, 然后构成整条管道的信息模型。从数字管道所包含的主要内涵来看, 它是一个扩展了的、全方位的、高速的、网络化的管道综合信息系统。

我国在役输气管道从整体上来看普遍存在自动化、数字化水平偏低的问题。且由于大多管线建设年代较早, 管道设计与施工的数据、图纸散乱不全, 管道以往的运行、清管、腐蚀检测、设备维护数据也未较全地进行统计整理, 这就对保证管线的安全运行造成了极大的困难, 因此, 对老管线进行数字化改造, 建立管线完整的综合信息数据库, 对于延长管道寿命, 安全经济运行具有重要的作用。而对于新近几年投产的管线, 应用数字化管道技术, 在管道综合

信息系统的基础上, 对管线实行数字化管理, 将大大提高管线的管理效率。可见, 数字化管道技术在我国在役输气管道上具有广阔的应用前景。数字化管道系统构成较为复杂, 技术含量高, 建设周期长, 投入大。因此在实际应用中, 我们可以采取总体规划、分期建设的策略, 根据管线的实际情况, 逐步建设数字化管道运行管理系统的各个分系统, 循序渐进最终将所有子系统整合在统一的平台上。

数字化管道技术是管道技术发展的趋势, 也是我国油气管道建设和管理的必由之路。

参考文献:

- [1] 孙 齐. 数字管道的技术与应用[J]. 油气储运, 2005, 24(4): 1-2.
- [2] 陈 静, 秦兴述. 数字化管道在勘察领域的应用[J]. 石油工业技术监督, 2005, 21(5): 59-61.
- [3] 吴爱国, 何 信. 油气长输管道 SCADA 技术综述[J]. 油气储运, 2000, 19(3): 43-46.
- [4] 李长俊, 汪玉春. 输气管道系统仿真技术发展状况[J]. 管道技术与设备, 1999, 14(5): 32-34.
- [5] 邢延炎, 袁国斌, 苏 红. 面向 WEB 的上海石化管网管理系统的开发研究[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2002, 27(3): 349-352.
- [6] 曹 斌, 谭建荣. 面向图形对象的管线信息管理系统设计与研究[J]. 中国机械工程, 2001, (12): 145-148.
- [7] 韩 勇, 陈 戈, 李海涛. 基于 GIS 的城市地下管线空间分析模型的建立与实现[J]. 中国海洋大学学报, 2004, 34(3): 506-511.
- [8] 佚 名. GIS 在管道运行和紧急计划中的应用[J]. 王国芬译. 新疆石油科技信息, 2000, 21(2): 70-71.
- [9] 严大凡, 翁永基, 董绍华. 油气长输管道风险评价与完整性管理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005. 11-20.
- [10] 张 欣, 张少仲. 外输天然气计算机管理系统[J]. 自动化仪表, 2002, 23(11): 57-58.
- [11] 王爱玲, 王海山, 程晓春. 管道生产信息系统的发展趋势[J]. 石油规划设计, 2003, 14(9): 67-68.
- [12] 汪玉春, 汤 林, 赵 胜. 灵境技术在油田地面工程中的应用展望[J]. 石油规划设计, 1998, 8(5): 27-29.