

# 数字化管道系统及其在西部管道工程中的应用研究

李超, 刘剑

(中国石油西部管道公司, 新疆 乌鲁木齐 830012)

**摘要:** 结合西部管道工程开展“数字化管道”建设的实践经验, 阐述了数字化管道建设依据和理论基础, 分析了数字化管道建设过程中建立标准、系统开发、数据采集、数据应用等方面的管理和技术特点, 为长输管道建设工程和管道完整性管理的数据采集探索出一套新的理念和方法。

**关键词:** 数字化; 系统开发; 数据采集

中图分类号: TP319

文献标识码: A

## Research and application of digital pipeline based on the western pipeline project

Li Chao, LIU Jian

(China Petroleum West Pipeline Company, Urumqi 830012, China)

**Abstract:** On the basis of the practical experience of building “digital pipeline” of the western pipeline project, the paper describes the basis and theoretical foundation of the digital pipeline construction, analyses the management and technical characteristics of the establishment of standards, systems development, data collection and data application, etc, explores a series of new ideas and methods of the pipeline construction and integrity management for long-distance pipelines.

**Key words:** digital pipeline; systems development; data collection

“数字化管道”的概念起源于“数字地球”。1998年美国前副总统戈尔提出了“数字地球”(Digital Earth)的概念, 即一种可以嵌入海量地理数据、多分辨率和三维地球表示, 成为世界科学技术界的发展热点之一。“数字化管道”就是在“数字地球”这一概念的基础上产生的, 是“数字地球”在管道行业中的具体应用。

### 1 数字化管道建设背景

#### 1.1 国内外数字化管道技术现状

美国 BUCKEYE 管道公司利用地理信息系统(GIS)技术建立了管道管理系统; Enron Transportation Services 公司利用 GIS 技术建立了管道应急响应系统; 美国管道安全局已建立 NPMS (National Pipeline Mapping System) 国家管道地图系统, 将北美近 1 900 000 km 的管道数据输入系统, 已在网上分发、销售管道图形和相关数据; 意大利 SNAM 公司开发了 SIGAS 天然气管道工程地理信息系统, 用于管线信息的收集和管理, 制作全国的天然气输送管线的地图, 目前其管网长度已超过 28

000 km; 北美联盟管道(ALLIANCE Pipeline)建立了地理信息系统, 将所有资料连接到 Oracle 的数据库中, 并向用户提供 GIS 数据。

在国内, 西气东输管道工程及京沈大输气管道工程可研工作都利用了卫星遥感技术; 冀宁联络线工程、济青管道工程、西部原油成品油管道工程开展了数字管道的研究与实践。

#### 1.2 数字化管道涉及的技术发展分析

##### 1.2.1 管道完整性管理技术

管道完整性是指管道始终处于完全可靠的服役状态。其内涵包括 3 个方面: (1) 管道在物理和功能上是完整的; (2) 管道始终处于受控状态; (3) 管道运营商已经并将不断采取措施防止失效事故发生。管道的完整性管理是指管道运营商持续地对管道潜在的风险因素进行识别和评价, 并采取相应的风险控制对策, 将管道运行的风险水平始终控制在合理的、可接受的范围之内。

某一著名管道完整性评价专业公司的评价流程如

## 技术与方法 Technique and Method

图 1 所示,从中可了解国外管道完整性评价的程序和内容<sup>[1]</sup>。

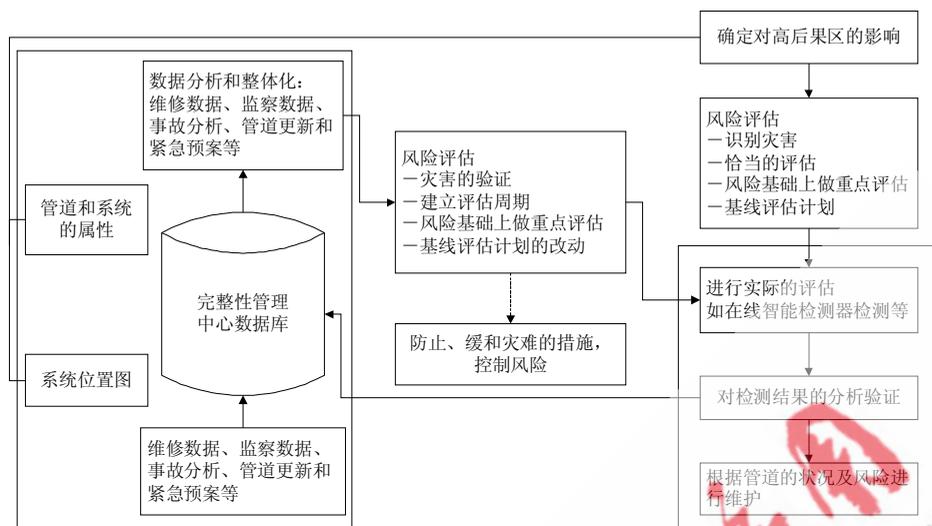


图 1 管道完整性管理与计划流程图

从图 1 可以看出,完整性管理需要大量真实、详尽的管道本体(包括线路、站场、附属工程等)及周边环境(如交通、水源、居民地等)的数据作为分析评价的基础。数据涵盖管道可研、勘察、设计、施工和运营的全生命周期的数据,以及管道周边自然、地理、人文环境数据。运用先进的技术手段(如 GIS 等)实现管道与环境相互影响的模型,并建立统一标准的内外腐蚀、第三方破坏、地面和基础位移、设计和材料、操作系统和运营过程、应力腐蚀开裂等基本失效模式为特征的统计分析和安全监控管理信息系统,建立可以适应未来评价需要的数据库结构和基本程式,搭建数据共享平台。

数字化管道系统就是按照管道完整性管理的要求,将管道从可研、勘察、设计、施工、竣工到运营的数据进行采集、存储和管理,并且在运营阶段及时更新管道属性数据和运营维护数据,在系统内记录所有管道本身的变化过程,为完整性管理的分析评价提供数据基础。

### 1.2.2 GIS 技术

地理信息系统(GIS)是一种利用计算机技术实现采集、处理、存储、管理、查询、分析和描述地球表面与空间地理分布有关数据的空间信息系统,是一门涉及测绘学、环境学、计算机技术等多学科交叉的学科。地理信息系统具有地理信息数据的管理、地图制图、空间分析、图形的可视化、空间数据查询和分析等功能。目前国内外已有许多成熟的商业化 GIS 软件工具,这些产品可以用计算机实现复杂的地理学模型,形成操作效率高、功能强大、易于扩充的平台产品。利用 GIS 软件可以提高建立应用系统的速度、降低风险、提高应用系统的质量,使用户可以更专注于研究其专业问题。在国际市场上,占据市场主导地位的国外 GIS 软件有 ArcGis、GeoMedia、

MapInfo、SmallWorld、MGE、MICROSTATION 等,国内的 GIS 软件有 MAPGIS、SuperMap、GeoStar 等。

## 2 系统需求分析及方案设计

### 2.1 西部管道工程简介

西部原油成品油管道西起新疆乌鲁木齐,东至甘肃兰州,经过近 3 年的紧张建设,成品油管道于 2006 年 7 月投产,原油管道于 2007 年 8 月投产。该工程建成后,对构建我国西部地区的石油管网,打通陆上进口石油通道,合理利用新疆地区的原油资源和中亚地区原油资源,带动西部经济的发展都具有十分重要的战略意义。

### 2.2 数字化管道建设的需求分析

由北京油气调控中心远程集中控制的西部原油成品油管道具有跨越距离远、沿线地形地貌复杂、双管并行同沟敷设、合并建站、全密闭顺序输送、与西气东输管道并行等多项鲜明特色。全线站场实现“有人值守,无人操作,远程控制”。如何使这样一个工艺复杂、技术先进、设备精良的长距离管道系统高效运转,将是运营期面临的严峻课题。

管道建设属于隐蔽工程,承接工程项目的单位分布在全国各地,工程实施人员流动性较高。如果在施工过程中不对管道施工数据和属性数据进行及时采集,待管道建成投产后,按照传统的资料管理方式,项目竣工后为业主方提供的竣工资料多为“回忆录”,很多重要的现场施工数据将永远无法补救,资料的准确性难以得到有效保证。即使后期采用探测手段对部分数据进行补录,与施工阶段同步采集数据相比,不仅数据的准确性和完整性将大打折扣,同时耗费的人力、物力成本也将成倍增加。

近几年,管道完整性评价与完整性管理逐渐成为世界各大管道公司普遍采取的一项重要管理内容,而完整性管理需要大量真实、详尽的管道本体(包括线路、站场、附属工程等)及周边环境(如交通、水源、居民地等)的数据作为分析评价的基础。数字化管道系统就是要按照管道完整性管理的要求,将管道从可研、勘察、设计、施工、竣工到运营的数据进行采集、存储和管理,并且在运营阶段及时更新管道属性数据和运营维护数据,在系统内记录所有管道本身的变化过程,为完整性管理的分析评价提供数据基础。

建设数字化管道是满足管道运营阶段生产管理的迫切需要,是管道完整性评价与完整性管理的数据基础,是提高管道运营管理水平的有效手段。

## 技术与方法 Technique and Method

### 2.3 数字化管道系统方案设计

#### 2.3.1 基础构架

由于长输管线的特点及数字管道的全生命周期管理的要求,系统用户在时间及空间的跨度非常大,并且需要多人的协同作业,所以系统的整体架构必须使用网络化的解决方案。根据不同层次用户的需求,系统采用B/S和C/S相结合、B/S为主C/S为辅的模式进行建设。

#### 2.3.2 系统构架

西部管道数字化系统贯穿管道建设运营的全生命周期,可以分为:管道模型、可研管理、勘察管理、设计管理、数据采集、竣工资料、设备管理、地理信息及系统管理构架如图2所示。

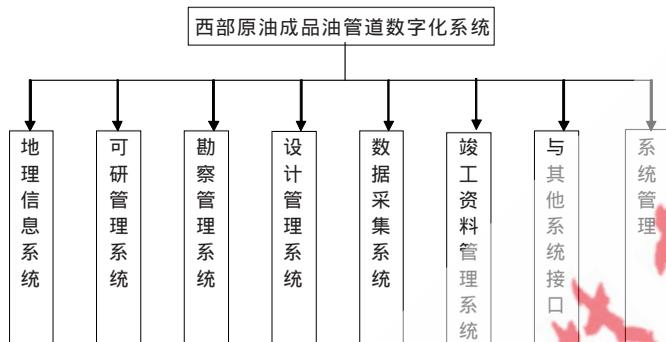


图2 西部原油成品油管道数字化系统构架

各子系统的主要功能如下:

(1)地理信息系统:具有航拍图的数据处理和地图发布功能,将管道施工数据与地形地理数据结合,实现管道空间走向图和地下纵断面图的自动生成和相互对照。

(2)可研管理系统:管理可研、评估报告电子资料的数据入库和查询检索。

(3)勘察管理系统:管理勘察电子资料的数据入库和查询检索。

(4)设计管理系统:管理设计说明书、图纸等电子资料的数据入库和查询检索。

(5)数据采集系统:对管道施工过程中的线路工程、穿越工程、站场工程、通信工程、外电工程、伴行路工程、阴极保护工程、水工保护工程等各类工程进行数据采集、上报、校验、审核与发布。

(6)竣工资料管理系统:管理竣工资料的电子资料数据入库和查询检索。

(7)与工程信息平台、工程计划管理项目管理系统建立接口,为工程进度、质量、安全等过程控制提供辅助支持。

(8)系统管理:用户、权限、角色及组织机构的安全配置与设置。

### 3 数字化管道系统的建设成果及应用分析

#### 3.1 数字化管道取得的主要成果

##### 3.1.1 编制标准规范的数字化管道数据字典

组织工程承包商、储运技术专家和信息技术专家共

同制定“数字化管道”建设方案。从满足管道运营管理的要求出发,依据管道设计、施工和竣工验收规范,参考国际APDM管道数据模型,确定数字化管道数据采集的内容、范围和流程,编制数据采集表格,建立数据模型,编制了标准规范的数字化管道数据字典,为今后管道工程建设开展数字化采集工作打下了坚实基础。

##### 3.1.2 建立完整的数字化管道管理体系

制定了数字化管道管理制度、程序文件和技术规程,明确了数据采集流程和各参建单位在数字化系统建设的职责及权利,建立了数据检查、核对和审批的质量保证体系,实现了数据采集、管理、维护和服务的全过程一体化管理,保证数据真实、准确、及时、完整地进入数据库,为长距离输送管道的勘察设计和生产运营管理探索出一套新的理念和方法。

##### 3.1.3 开发功能完善、先进实用的数字化系统

针对施工单位现场数据采集的特点,组织中油龙慧公司设计开发了数字化系统,以数据采集系统为核心,完成了可研管理系统、勘察管理系统、设计管理系统、竣工资料管理系统、设备前期管理系统等8个子系统的建设,实现了数据录入、检查、审批、查询、统计以及可视化展示等多项功能,较好地满足了业主、工程承包单位、施工单位、监理等各方不同的使用需求。

##### 3.1.4 建成覆盖管道可研、勘察、设计及施工等各阶段的数据库

利用数字化系统对施工过程中产生的线路工程、穿越工程、站场工程、通信工程、外电工程、伴行路工程、阴极保护工程、水工保护工程等各类重要数据进行采集和录入,以高精度电子地图及数字航空摄影航拍图为基础,采集了管道周边环境的地理、交通、人文的数据。

### 3.2 数字化管道应用分析

#### 3.2.1 数字化管道在管道业务应用情况

(1)在勘察设计方面,利用卫星遥感与航拍数字摄影测量技术进行选线,形象、直观地体现西部管道空间走向、管道埋地情况及管道周边环境等综合信息,综合分析线路长度、征地、施工难度、施工赔偿等因素,多角度进行管道线路优化和施工图设计,减少由于设计不合理造成的施工困难,有利于确保施工进度、降低施工成本。

(2)在资料管理方面,可研、初步设计及施工图设计的成果全部入库,通过数字化系统进行发布,便于检索、查询和访问,提高了资料利用效率,更好地体现了管道建设上一阶段成果为下一阶段服务的原则。

(3)在现场施工方面,施工单位和检测单位对施工现场的线路、穿越、站场、通信、外电、伴行路、阴极保护、水工保护等各类重要数据进行采集和录入,通过数字化系统的数据校验及自动比对功能,检查施工单位上

(下转第65页)

表 1 异常事件元数据表示

数据项	子项	子元素	描述
一般性描述	事件标识		ID, 数据库表中唯一
	事件类别		网络、系统
	事件历史		相同事件统计次数
	事件评级		事件紧急程度
	事件来源		传感器标识
事件主体	位置节点	节点名称	网络节点(外部,内部)
		节点地址	IP 地址或域名
	身份鉴别	身份名称	攻击者、嗅探者等
		身份描述	上述身份描述
事件目标	文件对象	文件标识、文件属性描述、文件位置节点	建立各类事件目标对象 ID, 并进行属性描述(通常为对象定义), 其位置节点复用事件主体中的位置节点(Node)
	进程对象	进程标识、进程属性描述、进程位置节点	
	应用程序对象	程序标识、程序对象描述、程序位置节点	
	用户对象	系统用户标识、用户属性描述、用户帐户位置节点	
	网络对象	网络对象标识、网络对象属性描述、网络对象位置	
	信息资源对象	资源标识、资源属性描述、资源位置节点	
事件时间	事件起始时间		采用国际通用标准时间, 精度随应用而定
	事件结束时间		
	事件检测时间		
	事件报告时间		
	.....	.....	.....
事件操作	文件对象操作		复制、移动、删除等
	进程对象操作		执行、暂停、中断、终止等
	网络对象操作		扫描、连接、断开等
	应用程序操作		打开、关闭等
	用户权限操作		登录、退出、修改等
事件复合关联	关联事件集合		相关事件 ID
	事件关联类别		顺序关联、因果关联等
	事件关联描述		关联表达式
	.....	.....	.....

描述结构上的完整性。

元数据是一种基本信息组织方法,是信息的标准化表示,它能够为信息系统各个层次的内容提供规范的定义、描述、交换和解析,能够为分布的、复杂的信息系统提供互操作和整合平台,可以为计算机智能识别、处理、集成各种信息提供工具。

采用计算机证据元数据对计算机证据进行统一描述有利于计算机证据的组织、分析、融合和提交,有利于计算机证据链的形成。

#### 参考文献

- [1] 殷联甫.计算机取证技术[M].北京:科学出版社,2008.
- [2] 宁勇.电子证据的基本问题与取证初探[D].北京:清华大学,2004.
- [3] 许永涛.基于 E-R-P 建模体系的政务信息资源元数据模型与应用研究[D].大连:大连理工大学,2008.
- [4] HILLMANN D.Using Dublin Core [EB/OL]. (2001-04-12) [2008-12-20]. <http://www.dublincore.org/documents>.
- [5] A common intrusion specification language [EB/OL]. (1999-6-11) [2008-8-12]. <http://gost.isi.edu/cidf/drafts/language.txt>.
- [6] RFC5070: The incident object description exchange format [EB/OL]. (2007-12-1) [2009-3-11]. <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5070.txt>.

(收稿日期:2009-06-10)

(上接第 62 页)

报的各项数据的准确性、完整性及一致性,防止出现竣工资料与实际不符、管道线位不准、管道技术数据错误等问题,为西部管道的运营管理提供真实准确的数据资料。管理者可以通过网络查看不同比例管道及其沿线周边环境的直观信息,每根钢管都有完整的数据记录,可查看某一天、某一道工序环节的进度,甚至每道焊口的坐标值及埋深、焊工信息、无损检测影像等基本信息。这些数据全过程地记录在“数字化管道”系统中,一旦出现问题,即可进行可逆性数据跟踪,查出源头。

(4)在工程管理方面,实现对工程参建队伍、各标段基本情况、施工计划、施工进度等整体管理,发布工程建设的重要信息。公司内部及与参建单位之间实现电子公文收发和无纸化办公。自动汇总生成工程进度、质量等过程控制报表,并用地理信息系统等图形化的方式展示。通过设计数据与施工过程数据的对比查询功能,保证施工单位严格按照设计线路走向施工,数字化系统协助建设单位有效控制工程变更。

(5)在管道巡检方面,运用 GPS 巡线系统,结合管道坐标数据,设定科学合理的巡检路线和计划,实现对巡线人员的实时监督管理,准确及时地定位发现事故点位置,提高维抢修反应效率。

(6)在数据应用方面,分别为西部原油成品油管道 LMS 系统、西气东输二线设计、永登支线设计、新疆自治区地震局等提供管道中线成果、里程、高程等数据。为加快工作进度提供了有力支持。

“数字化管道”是应用信息技术提升管道工程建设和运营管理水平的大课题,本文仅是结合西部管道工程开展“数字化管道”建设的实践经验,进行了一些总结和思考。随着信息技术在管道建设和运营阶段应用的不断深入,对传统管道建设和管理方法将带来一次深层次的变革。

#### 参考文献

- [1] 杨祖佩,王维斌.油气管道完整性管理体系研究进展[J].油气储运,2006,25(8).

(收稿日期:2009-06-04)