

# 运用 GIS 技术研制石化管线管理系统

曾文, 乔炜, 强晓春

(中国地质大学信息工程学院, 湖北武汉 430074)

**摘要:** 石化企业中运输各类原料和产品的管道种类繁多、空间关系复杂、安全管理要求高, 因而需要应用 GIS 技术对石化管线实施信息化管理。于是研制了一个专门用于大型石化企业的管线管理系统。该系统在 MAPGIS 上开发, 运用层次化的数据模型, 包括图库管理、管网输入编辑、管网维护、WEB 发布、辅助设计等多个子系统, 采用了三维空间数据分析、虚拟现实、基于 ASP 和组件的管线信息 WEB 发布、断面图自动实时生成等新技术。该系统已在上海石化安装运行, 并被证明稳定可靠。同时还介绍了系统的数据模型和总体结构、关键技术及应用前景。

**关键词:** 地理信息系统; MAPGIS; 石油化工; 管线管理。

**中图分类号:** TP311.52

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-2383(2002)03-0353-04

**作者简介:** 曾文(1969—), 男, 讲师, 1994 年毕业于暨南大学计算机系, 获硕士学位, 主要从事地理信息系统及计算机图形学的教学科研工作。E-mail: zengwenjack@sina.com

## 1 现状分析

石化企业的管道与市政管线或其他行业厂区管线相比, 具有其特有的性质<sup>[1]</sup>: (1) 管线种类繁多, 特性各异。石化的物料管道按照用途可分为蒸汽、氢气、氨气、汽油、重油、火炬气、乙烯等 70 余种, 有的还有伴热管和覆盖层。系统必须将各类型的管道放置在不同的数据层, 并且针对不同数据层的特点和要求提供不同处理和分析模式。(2) 管线多在地面以上的周边架设了各类支撑结构。石化企业的物料管道一般都在空中架设, 离地面 5 m 以上, 沿线必须由管架、弦、横梁、斜撑等共同伴随支撑。管道支撑结构是石化企业重要的基础设施, 也是进行管道设计施工时要重点考虑的因素, 所以要准确完整地管理管网, 必须将复杂的支撑结构作为重要的数据加以管理。(3) 管线重叠覆盖、缠绕交错, 空间关系复杂。支撑管道的管架一般分成 2~5 层, 在管架上架设的管道也是分层的, 在某一个层次上, 不同类型的管道并列排布, 从俯视的角度来看, 管道的平面图是重叠的。很多管道并不是始终处在一层, 而是上下转折, 在层间起伏, 有的管道中途转向, 从而形成管道复杂

的缠绕。这种状况要求管线管理系统有很强的三维处理能力, 能有效地区分平面上重叠、高程不同的管道, 能在任意地点自动生成断面图, 以体现管道在管架上的实际情况, 能以虚拟现实的方法生成三维虚拟漫游场景。(4) 管道相关资料纷繁复杂。管线的资料库包括管线卡片、价值增减记录、焊接施工记录、管线运行检修数据库、检测记录、事故记录、缺陷登记、竣工资料数据库等。一条管线与这些资料库中记录的对应关系有时是一对一, 但大多数时候是一对多。例如, 一条管线只有一张卡片, 但可能会有多个事故记录、多个检测记录等。管线管理系统必须有效地建立管线和各类资料库间的联系, 可以自由查询检索某一管线在各个资料库中的记录数据, 并能添加资料库记录。另外, 管线还有相关的图片、声像、文字资料需要管理。例如, 管线事故处理预案就是以 Word 文档的形式存放的。(5) 管道实时性、安全性要求高。如果管道的运行状态不正常, 会直接影响石化企业的生产而造成重大的经济损失; 另外, 不少管道内容物是易燃、易爆或剧毒物品, 一旦发生爆管或泄露, 将造成严重的后果。因此石化企业普遍重视管道安全, 建立了实时的测压、测温、测流系统及管道安全评估体系, 并针对不同的管道订立了事故处理预案。管线管理系统必须提供与实时系统和安全评估系统的数据接口, 接收处理相关数据, 提供预警机制, 并

且在事故发生时能迅速提供准确的处理预案,便于应急事故处理。

在系统设计和实现时,必须充分研究这些特点并提供相应的方案,才能使系统真正满足企业需求。

2 数据模型

系统将所管理的全部数据分为若干层次<sup>[2]</sup>:(1)基础地形图库作为整个系统数据的第一层,在显示时作为背景。地形图库进一步细分为马路、居民地、水系等要素层。(2)对各专业管线分层管理。在每一管线数据层中,同时记录的有管点、管段和管线三类要素。管点主要记录坐标信息和一些特殊的管件信息,如阀门信息等。管段记录管点之间的连接关系。管线为系统的重点管理对象是管段构成的序列,用来记录大部分专业信息,如编号、名称、规格、材质等,此外还包括实时数据及安全评估数据。(3)管架、管架基础、横梁、斜撑和弦都以线要素形式存放,管架桩以点要素形式存放,各自作为单独的数据层,从空间位置上与管线扣合。(4)阀门、法兰等管件设备分为 16 种,每种管件设备都以点要素形式作为单独的一层来管理,各管件设备通过编号与它所依附的管线相联系。(5)检修记录等与图形无关的数据作为

单独的数据库存放,以管线编号为关键字,与管线保持挂接对应关系。(6)文档资料、多媒体数据作为单独的管线资料库存放。

3 系统设计

石化管线管理系统总体结构如图 1 所示。整个系统分成 5 个子系统,分别是地形图库管理、管网输入与编辑、管网管理与分析、管网信息 WEB 发布和管网辅助设计。各子系统由数个模块组成。系统基于 MAPGIS 管网开发平台,根据管线内容物的不同将管线分成多类专业管线分层管理。各层分别建立自己的管线信息库,具有统一的信息分类与编码标准。对各层管线提供完善的查询、分析及属性条件检索等基本功能;通过管线设计子系统实现对工业管网的设计工作,并可依据管道、管架的空间关系及属性自动给出新铺管线的最佳路径;通过实时数据接口,实现对工业管道实时管理和监测的要求;通过各管线管点处的高程数据或底图高程数据,针对管线制作标准制作横断面图、纵断面图;通过三维数据库和三维模型库实现对管网的三维真实漫游功能;通过网络数据库权限和系统操作人员的身份管理,实现系统的安全管理机制;通过对标准数据库文件和标准数据

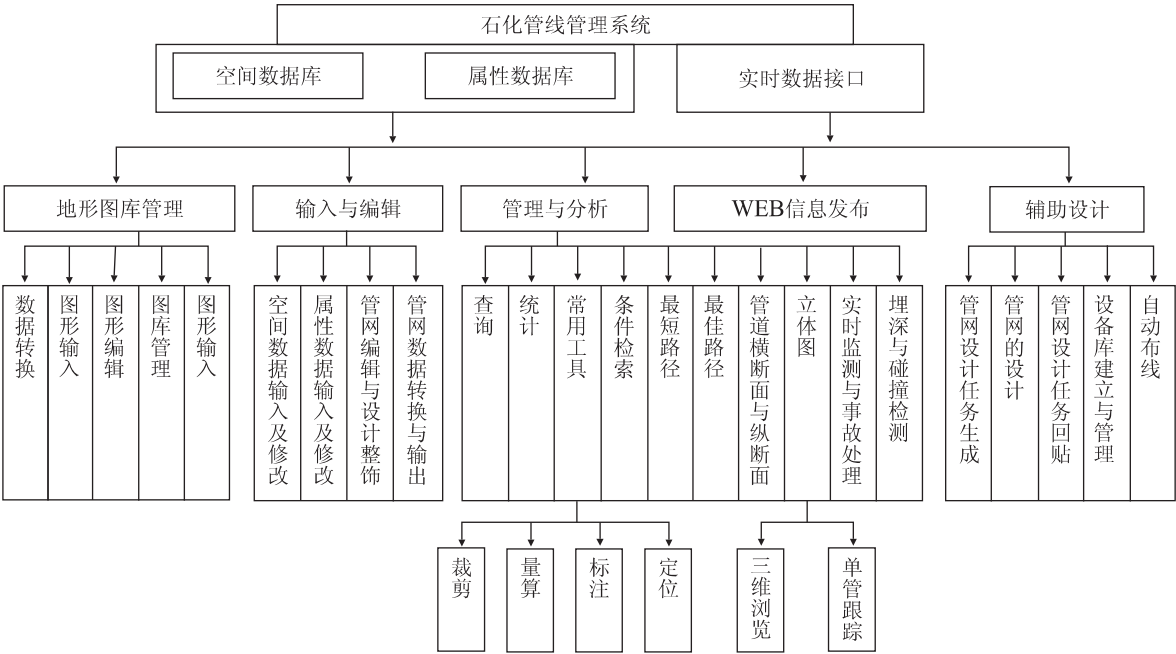


图 1 石化管线管理系统的总体结构

Fig. 1 Architecture of petrochemical pipeline management system

格式的输入输出支持,实现系统的开放数据接口。

## 4 若干关键技术

(1)三维数据组织和分析.与常见GIS系统不同,石化管线管理系统对三维数据的组织管理特别注重,这是由石化管线自身的特殊性所决定的。MAPGIS平台提供了三维点、线实体数据管理功能。在三维实体中,所有的坐标不再是二维,而是三维的,包括横坐标、纵坐标和高程。MAPGIS提供一整套开发接口,允许应用系统存储和访问这些三维数据。以此为基础,笔者对MAPGIS管网开发平台也作了扩展,更完整地支持管网三维数据的存取和分析<sup>[3]</sup>。在系统研发过程中,笔者实现了一系列三维空间求解算法,如三维管长计算、碰撞分析、横断面求解等。

(2)规范断面图生成.石化行业经常要依靠管线断面图来查看管架、管线位置和它们之间的相互关系,因而对于管线断面图非常重视,并有严格的制图规范。在这一规范中,要求对管线的断面高程、管径、颜色和管架管桩进行真实的表现,要表现伴热管;要对管线进行大量标注;要生成图框<sup>[4]</sup>。综合管线管理系统运用MAPGIS在制图上的优势,自动生成符合规范的断面图,并提供丰富的编辑、标注和量算工具,允许用户修编断面图。

(3)虚拟现实技术的应用.由于管线、管架、弦、横梁、斜撑等实体相互关系非常复杂,使用者仅凭平面图和断面图难以直观地理解它们的位置和相互关系,为此,系统将虚拟现实技术运用到GIS中<sup>[5]</sup>,自动生成真实的三维渲染场景来表现管线及其周围环境,并能够在这场景中自由变换观察角度,能沿着管线飞行。此外在大数据量三维变换和快速显示方面<sup>[6]</sup>,本系统取得了技术上的重要突破。

(4)多源数据管理和查询.管线、管件除了记录基本信息的卡片资料之外,还记录许多相关数据,例如运行检修记录、检测记录、事故记录、缺陷登记、竣工资料、焊接施工记录、价值增减纪录、抢修预案等,如何将每一根管线或每一个管件的种种相关数据有效地管理起来,同时为用户提供简捷方便的界面和操作模式,是本系统的另一个技术重点。为此,笔者专门开发了一个管线管件数据配置模块,运用这一模块,用户可以自由地在管件或管线上挂接数据。在系统主界面中,用户选中一根管线或一个管件后,管

线管件所挂接的全部数据的名称就会以树状形式在查询面版中列出,在树中选取一项,相关的详细数据就会显示给用户。

(5)探测成果自动入库的内外业一体化模式.一般说来,石化管线管理系统的建立是与管线外业探测同时展开的。外业测量所涉及的对象很多,情况复杂,数据量大,为了避免在外业测量完成后又要手工将数据录入管线系统,也为了外业数据能迅速及时成图,以便于查找错误、实施补测,笔者探索出了一条石化管线内外业一体化的工作模式,订立了《石化管线外业探测成果表格式》。外业单位只要遵循这个格式形成外业成果表,系统就可以读取成果表,自动形成管线、管件、管架、弦、横梁、斜撑等的图形和属性数据,自动建立拓扑关系<sup>[7]</sup>,于是极大地节省了手工输入工作量。

(6)基于国际互联网的管线信息发布.石化管线管理系统使用组件化方法构造,在组件的基础上结合使用ASP技术,综合运用HTML、VB Script、JAVAScript、Java Applets等多种手段<sup>[8]</sup>,实现了石化管线信息互联网发布系统。用户可以在任何位置使用WEB浏览器(如IE, Netscape Navigator),登录管线信息WEB服务网站,依据自身权限查看管网、地形等各项图形,并检索相关属性。浏览网页的客户端无需安装其他软件。

## 参考文献:

- [1] 吴沛林. 上海石化企业数字化工程的研究与建设[A]. 教育部21世纪高校GIS发展战略研讨会论文集[C]. 武汉:[s. n.], 2001. 152—157.  
WU P L. Research and construction of Shanghai petrochemical enterprise's digitization project [A]. Proceeding of high school attached to Education Ministry GIS processing stratagem in 21st century [C]. Wuhan: [s. n.], 2001. 152—157.
- [2] 袁国斌,刘修国. 城市地下管线信息管理系统的引入及其建立途径[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(4): 430—433.  
YUAN G B, LIU X G. Introduction and establishment of the urban underground pipeline information management system [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1998, 23(4): 430—433.
- [3] 曾文,樊文有. MAPGIS网络管理分析系统的设计及实现[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(4): 383—385.  
ZENG W, FAN W Y. Design and implementation of

network management and analysis sub-system of MAPGIS [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 1998, 23(4): 383—385.

[4] 刘刚,韩志军,罗映娟,等. 资源勘查信息系统中参数化图形设计方法的应用框架研究[J]. *地球科学——中国地质大学学报*,2001, 26(2): 197—200.

LIU G, HAN Z J, LUO Y J, et al. Research into application framework of parametric design method of computer-aided map generation in resources exploration information system [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2001, 26(2): 197—200.

[5] 张忠忠,马小虎,张明敏,等. 微机二、三维图形和动画程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,1996. 2—4.

ZHANG Z Z, MA X H, ZHANG M M, et al. Programming of 2D, 3D graph and animation [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1996. 2—4.

[6] 田宜平,袁艳斌,李绍虎,等. 建立盆地三维构造—地层格架的插值方法[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 2000, 25(2): 191—194.

TIAN Y P, YUAN Y B, LI S H, et al. Interpolation method for establishing 3-D tectonic-stratigraphic basin framework [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2000, 25(2): 191—194.

[7] 宋小冬,叶嘉安. 地理信息系统及其在城市规划与管理中的应用[M]. 北京:科学出版社,1995. 54—55.

SONG X D, YE J A. Geographic information system and its application in urban planning and urban management [M]. Beijing: Science Press, 1995. 54—55.

[8] 刘仲. WEB 系统开发技术[M]. 长沙:国防科技大学出版社,1999. 6—10.

LIU Z. Developing technology of WEB system [M]. Changsha: National University of Defense Technology Press, 1999. 6—10.

Development of Petrochemical Pipeline Management System Based on GIS

ZENG Wen, QIAO Wei, QIANG Xiao-chun

(Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Pipelines which transmit materials and products in petrochemical enterprises are classified into many categories and have complicated spatial relationships. They require highly safe management, so it is necessary to apply GIS technology to manage petrochemical pipeline information with computers. Hence, a pipeline management information system was specially designed for large-scale petrochemical enterprises. Based on MAPGIS, this system adopts multi-layer data model and includes several sub-systems such as map library management, pipeline inputting and editing, pipeline maintenance, WEB issuing, design aiding, etc. It also adopts some new technologies, such as analysis based on 3D spatial data, virtual reality, pipeline information WEB issuing via ASP and COM, automatically creating real-time profile, etc. Used in Shanghai petrochemical company, this system proves to be steady and reliable. This paper introduces data model of the system, its architecture, its implementation technique and application perspective.

**Key words:** geographic information system (GIS); MAPGIS; petrochemistry; pipeline management.