

# 基于 ArcScene 平台的三维管网系统的研究

王星捷,李春花

(成都理工大学 工程技术学院,四川 乐山 614007)

**摘要:**目前二维管网系统较为成熟,但二维管网系统对于重叠的管网数据的表达有限,同样也无法真实地展示出管网的管径、材质信息与管点设备类型等信息。而三维管网技术发展较慢,成熟的系统并不多。大多三维管网系统缺乏地形数据,管网立体的空间效果较差。重点分析了二维管网数据和三维管网数据的相关性,三维管网数据与地形栅格数据之间高程的关系,设计了分层的三维空间数据库。通过 ArcScene 平台进行了数据整合和系统的实现,实现了二、三维管网数据以及地形栅格数据之间的无缝结合,实现了基础浏览、定位查询以及多种管网分析功能。系统整体空间性强,真实反映出管网的空间关系,且功能齐全。

**关键词:**三维管网;三维空间数据库;ArcScene;地形栅格数据

中图分类号:TP319

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2018)11-0217-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2018.11.047

## Research on 3D Pipe Network System Based on ArcScene

WANG Xing-jie, LI Chun-hua

(School of Engineering Technology, Chengdu University of Technology, Leshan 614007, China)

**Abstract:** The two-dimensional pipe network system is more mature but has limited expression for the overlapping pipe network data, and also cannot really display the information of pipe diameter, material information and pipe type equipment. The development of three-dimensional pipe network technology is slow, and mature systems are few. Most of the three dimensional pipe network systems lack terrain data, and the spatial effect of the pipe network is poor. In this paper, we emphatically analyze the correlation between two dimensional pipe network data and three dimensional pipe network data and the relationship between 3D pipe network data and terrain grid data. After that we design the layered three dimensional spatial databases. The data integration and realization of the system are carried out through ArcScene platform. The system realizes the seamless integration of two and three dimensional pipe network data and topographic grid data, as well as basic browsing, positioning query and several pipe network analysis. The whole system has strong space and truly reflects the spatial relationship of the pipe network with complete functions.

**Key words:** 3D pipe network; 3D spatial database; ArcScene; topographic grid data

## 0 引言

地下管网<sup>[1]</sup>设施是城市中核心的基础设施,由供水管网、排水管网、电网和燃气管网<sup>[2]</sup>等地下网络组成。它的特点有:涉及区域面积广、设施数量随城市发展每年递增且越来越快、种类各式各样<sup>[3]</sup>、空间关系复杂<sup>[4]</sup>等等。

在管网信息展示上,简单的二维展示已经不能反映各种层叠管网真实的空间关系。如果没有一个能够真实直观地反映地下网络环境的软件,那么不管是在管网建设、管网维护或是与管网建设无关的交通道路施工和楼房修建中,都会因为地下管网信息不精确导

致巨大的事故。文中通过对二、三维管网数据以及地形数据的分析,设计数据之间的逻辑关系。利用 ArcScene 平台技术,实现了二、三维数据与地形数据的无缝整合,清楚直观地展示了各个管线之间的空间关系以及与地形之间的关系。实现了三维管网<sup>[5-6]</sup>基础浏览、定位查询以及管网分析等功能。

## 1 系统架构设计

系统整体架构从下到上分别为:数据层、业务逻辑层、表现层。数据层按数据类型分为空间数据和属性数据。业务层就是根据系统的功能划分为不同的功能

收稿日期:2018-01-11

修回日期:2018-05-15

网络出版时间:2018-06-29

基金项目:2017年度四川省教育计划理科重点项目(17ZA0043)

作者简介:王星捷(1980-),男,硕士,副教授,研究方向为数字城市、智慧城市、三维空间数据处理、大数据应用。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20180629.1708.076.html>

模块,完成到达用户的不同目的。最终用户看到的就是表现层,表现层实现用户操作系统和获取系统反馈的信息。具体结构如图 1 所示。

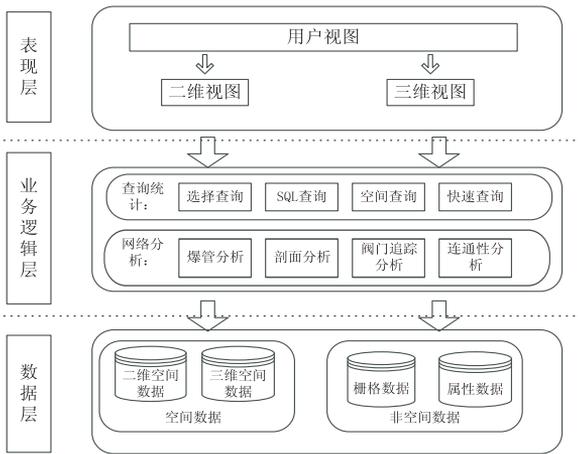


图 1 系统架构

### (1) 数据层。

数据层主要包括空间数据和非空间数据(属性数据)<sup>[7]</sup>。空间数据包括二维管网数据和三维管网数据:二维管网数据来源于探测成果表,三维管网数据<sup>[8]</sup>来源于二维管网数据三维化结果。非空间数据包含栅格数据和属性数据。栅格数据是通过管点数据用地面高程数据作为参数插值分析生成的地形数据。属性数据源于成果表导入,存储管网要素的属性信息。

### (2) 业务逻辑层。

各种业务功能主要由业务逻辑层实现,这个是由系统需求决定。该系统目前已经实现的业务功能有基本的操作功能、查询统计功能和数据分析功能。

### (3) 表现层。

表现层用于实现用户与系统的交互,是用户可以直观感受到的三维信息。该系统主要通过 ArcGIS Desktop 的 ArcGIS Scene 实现三维管网数据的展示和操作<sup>[9]</sup>。ArcGIS Scene 是一个用于有效表达三维数据信息的平台,可以实现在三维视图上的漫游和交互<sup>[10]</sup>。ArcGIS Scene 支持 TIN 数据展示,能够在平台中展示地形数据。

## 2 数据库设计

### (1) 管网数据的采集。

管网设备深埋于地下,需要测绘人员进行专业的管网勘测工作,其中主要工作是查明管网的设备类型、二维坐标、管径、流向、埋深、埋设方式、材质、权属单位、地址、安装日期、维护日期、壁厚等相关属性信息。并将探测结果导成 Excel 成果表,再根据成果表数据矢量化生成要素类,存入地理数据库。

管网探测数据表在矢量化后要对矢量化后的二维

数据进行连通性检查,避免探测的误差造成数据的连通错误。并且要对管网数据进行定期的更新检查。

### (2) 三维地下管网数据结构。

地下管网主要是由管点和管线构成<sup>[11]</sup>。管点数据包括阀门、调压设备、气源等。管道设施包括高压、中压和低压管道设施。管道与管道之间由管点连接。通过管点和管道数据的连通关系可以建立几何网络,几何网络是管网分析的基础。几何网络中的连通关系为一个管点可连接多条管线,而管线相连接的只有前后两个管点。在建立几何网络时,ArcGIS 会分析添加管线图层和管点图层要素的空间关系。如果管线与管线之间有管点要素连接,该管点就会成为这两条管线的连接节点。如果两个管线之间没有管点要素连接,系统会自动生成一个逻辑节点,该节点要素会存储到节点图层中。

### (3) 三维地下管网空间数据库。

三维地下管网地理数据库<sup>[12]</sup>包括二维数据集、三维数据集和栅格数据集,如图 2 所示。二维数据集分为二维管线矢量数据、二维管点数据和几何网络数据。二维管道、管点数据是由外业探测成果表导入。二维几何网络由二维管线矢量数据和二维管点矢量数据通过 ArcGIS 平台几何网络创建功能生成。三维管线矢量数据和三维管点矢量数据由二维管线矢量数据和二维管点矢量数据,通过 ArcGIS 平台工具箱的“依据属性实现要素转 3D”功能实现。栅格数据集中包含地形图数据,地形图数据通过已有的管点数据的地面高程信息,使用“反距离权重法”功能生成。

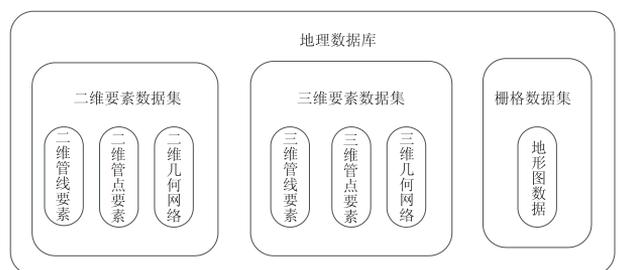


图 2 三维地下管网空间数据库

### (4) 三维地下管网地理数据关系。

二维数据通过高程信息、材质信息和管径信息等属性字段,实现数据三维化,并将这些特征效果展示在三维图层上。下面分别列举了二、三维管点,管线的几个主要字段,描述了它们的作用和相互之间的关系,如图 3 所示。

#### ① 管点数据字段。

管点材质分为 PE 管和钢管。不同管点设备对地下环境的要求不同,所以为了增加设备的安全性和降低成本,应选用不同的材质。该字段设计时考虑到了管点的维护,方便系统用户确定管点设备管材。可以

依据材质对管点进行分类统计。

管点埋深和管点高程。管点埋深是管点顶部到地面的深度,管点高程是管点相对于大地水准面的高度。通过这两个字段数据可以分析出当前管点的地面高程,并通过该字段分析出地形数据。管点埋深通过剖面分析将结果反映在折线图上,实现对管网的深度变化的观察。管点高程作为“依据属性实现要素转 3D<sup>[13-14]</sup>”功能的属性参数,给二维要素矢量数据附上高程值,实现二维矢量数据转三维矢量数据。

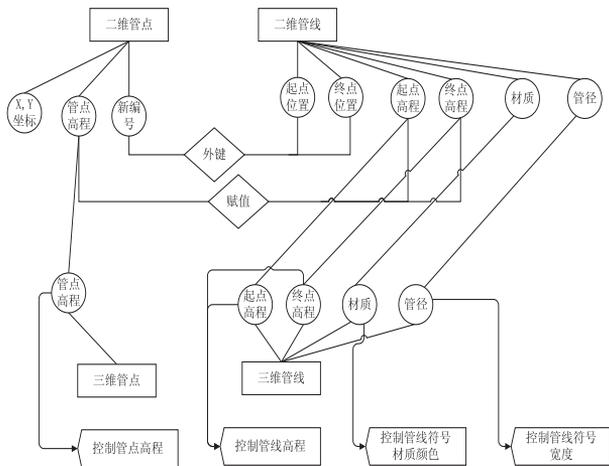


图 3 三维地下管网空间数据关系

管点横、纵坐标。管点横、纵坐标在探测成果表导入并矢量化时,根据横、纵坐标字段来创建管点要素。横、纵坐标赋予了管点要素的空间信息。

### ② 管线数据字段。

管线材质分为 PE 管和钢管。不同管线设备对地下环境的要求不同,所以为了增加设备的安全性和降低成本,应选用不同的材质。管线的管径也与其燃气输出量有关,不同管线压力不同所设计的管径也不同。材质、管径字段设计时考虑到了管线的维护,方便系统用户确定管线设备管材、管径。可以依据材质和管径对管线进行分类统计。并且材质和管径会以不同的颜色和粗细展示在三维图层上。

管线起点位置和终点位置。起点位置和终点位置字段记录了管线连接于两端的管点设备的新编号字段数据。在通过成果表矢量化管线数据时,根据已矢量化的管点数据结合起点位置和终点位置字段信息,确定管线数据的空间位置,来创建管线要素。通过这两个字段能够判断管线设备在管网中的连通关系,在后期的管网连通性检查和管网分析<sup>[15]</sup>中,作为设备连通的依据。

管道起点高程和终点高程。起点高程和终点高程,通过起点位置和终点位置对应的管点设备的高程字段获取。通过这两个字段数据赋予二维管线要素高程信息,实现二维管线三维化。

## 3 系统实现

### (1) 三维管网实现。

二维管网要素和三维管网要素在非空间数据上并无差别,其主要区别在于空间数据不同。空间数据的不同主要在于有无高程信息。在 ArcScene 展示要素时,如果要素存在高程信息,系统会自动反映出它的高程信息。

通过工具箱中的“依据属性实现要素转 3D”功能设置参数,参数包括输入要素、输出要素类、高度字段和终止高度字段。在要素设置高程信息三维化后,创建几何网络的过程中,由于管网设备缺少高程字段数据,经常出现相邻管线与管点不连通的问题。为了避免该类问题的存在,需要对管网连通性进行检查。检查方法是通过显示几何网络的流向来实现。通过流向显示查找无流向的管段并追踪未连通的管点,接着使用几何网络编辑工具,将未连通管点添加进管段。根据这个方法依次解决几何网络中所有无流向的管段。

### (2) 地形实现。

地形图数据在一般方法无法获取时,可通过现有管点数据的地面高程字段数据来生成。其实现方法分为两步:第一,通过插值分析实现数据栅格化;第二,将栅格数据转换成 TIN 数据。

数据栅格化是通过工具箱插值分析中的反距离权重法实现。反距离权重法通过已经设置完成的一系列已知值的矢量点结合权重来生成像素并设置像素的值。设置的幂值越大,单位距离范围内的插值越趋近于最近采样点的值。

栅格数据转 TIN 数据,栅格数据不能在 ArcScene 展示三维立体效果,要将栅格数据转换成 TIN 数据。TIN 数据是矢量数据的一种,是不规则三角网模型。TIN 数据由三角形、边和顶点构成。在 ArcScene 可视化控件中能够展示三维效果,并且根据设置在不同高程上还能展示不同效果。ArcGIS Desktop 分析算法中支持栅格数据转 TIN 数据。

三维管网与地形叠加具体实现的效果如图 4 所示。

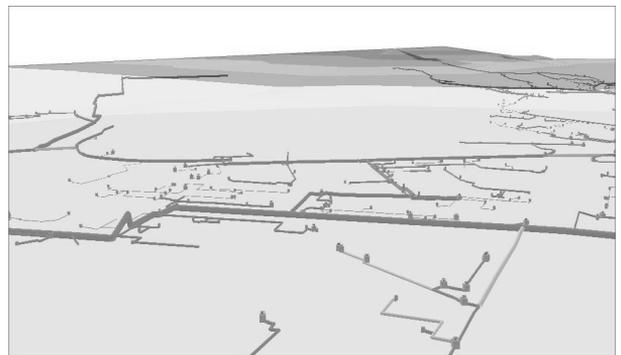


图 4 三维管网系统效果

### (3) 分析功能。

分析功能包括爆管、阀门追踪、连通性、横纵剖面分析和缓冲分析等。

爆管分析实现通过点选一段管网模拟该管网发生爆管,就会根据该管段附近的网络流向,分析出该管段上游最近的阀门设施,该阀门设施为待关闭的阀门,还会分析出下游受影响的所有管段和调压设施。使用者可以根据分析结果来判断待关闭的阀门并预测出爆管事故所影响的范围,如图 5 所示。



图 5 爆管分析

阀门追踪分析是只针对于阀门的追踪查询。该功能根据选择的管线查询出其附近的最近阀门,操作人员在检修管线时就可以通过这个功能来实现。连通性分析首先要选择两条管道设施,然后计算出连接两条管道设施的最优化途径路线,如图 6 所示。横、纵剖面分析,分析出管线的横向和纵向的埋深变化,对于地面施工建设极大的帮助。缓冲分析则是通过手动绘制点线根据输入距离参数进行缓冲,缓冲过后还能够查询到与缓冲几何相交的要素。

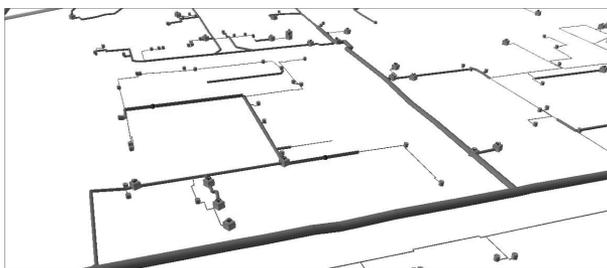


图 6 连通性分析

## 4 结束语

文中分析了管网的二维、三维数据以及地形栅格数据之间的关系和特征,设计了二维数据和三维数据之间的逻辑关系、各数据之间的分层关系,建立了三维地下管网地理数据库,依据 ArcScene 平台进行了系统架构的设计和数据库技术的实现,实现了三维管网系统。

实现结果中可以看出地形数据、二维管网数据和三维管网数据无缝的结合,显示效果好;在功能上实现了多种分析功能、基本浏览和查询功能,证明该技术的可行性。为三维管网系统的实现提供了一种技术路线和方法。

### 参考文献:

- [1] 毕天平,周京春.昆明三维地下管线系统应用与研究[J].测绘通报,2014(2):93-96.
- [2] 黄玲,吴明,王卫强,等.基于 ArcGIS Engine 的三维长输管道信息系统构建[J].油气储运,2014,34(6):615-618.
- [3] 陶迎春,郑国江,杨伯钢.三维城市地下管网规划辅助系统研究[J].测绘通报,2013(10):95-98.
- [4] 周源,周志雄,童成彪.物联网形式的供水管网压力控制管理系统[J].计算机工程与应用,2017,53(14):257-262.
- [5] 李景丽,高玲.三维虚拟现实技术在煤炭分布远程网络监控系统设计[J].科技通报,2017,33(1):97-100.
- [6] 郑文青,王亚巍.真三维地下管网信息系统建设的研究[J].测绘通报,2013(s1):230-232.
- [7] 李莹,林宗坚,苏国中,等. Smart3D 数据的三维模型重建[J].测绘科学,2017,42(9):88-93.
- [8] 卢丹丹,谭仁春,郭明武,等.城市地下管线三维建模关键技术研究[J].测绘通报,2017(5):117-119.
- [9] 王国牛.城市三维管网建库及高效可视化[J].测绘科学,2015,40(4):67-70.
- [10] 王乾坤,乔实,刘思伦,等.三维 GIS 在地铁车站综合管网设计中的应用研究[J].地下空间与工程学报,2016,12(5):1150-1156.
- [11] DANIELEWICZ J, SNIECHOWSKA B, SAYEGH M A, et al. Three-dimensional numerical model of heat losses from district heating network pre-insulated pipes buried in the ground[J]. Energy, 2015, 108:172-184.
- [12] WEI Dong, TIAN Minghai, GUO Hao, et al. The design and implementation of the 3D pipelines network aided design system based on arc engine[C]//2015 international conference on computer science and mechanical automation. Hangzhou, China: IEEE, 2015:340-343.
- [13] CHEN Yun, MA Guowei, LI Tuo, et al. Simulation of wormhole propagation in fractured carbonate rocks with unified pipe-network method[J]. Computers and Geotechnics, 2018, 98:58-68.
- [14] VANDENBOER K, BEZUIJEN A, BEEK V M V. 3D character of backward erosion piping: small-scale experiments[C]//International conference on scour & erosion. [s. l.]: [s. n.], 2017:81-86.
- [15] REN Feng, MA Guowei, WANG Yang, et al. Unified pipe network method for simulation of water flow in fractured porous rock[J]. Journal of Hydrology, 2017, 547:80-96.