

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.10.005

基于市政管线规划信息的排水管网模型数据转换方法研究

刘江涛, 杨伟明, 魏 杰, 陈如波
(深圳市规划国土发展研究中心, 广东 深圳 518034)

摘 要: 排水管网模型数据的有效转换是构建排水管网水力模型的基础, 管网模型基础数据的存储形式多样, 其模型化方法各不相同, 传统的模型数据转换方法主要为手工录入, 占用了模型建设的大部分时间。为有效提高排水管网模型数据转换的效率和质量, 分析了目前排水管网模型数据转换方法研究现状, 根据 CAD 排水管网规划图纸信息和市政排水管线“一张图”信息的存储特点, 分别研究了基于 ArcGIS 和基于 ArcGIS + InfoWorks ICM 的排水管网规划图纸信息, 以及市政排水管线“一张图”信息的模型化方法。该方法可大幅提高模型数据的转换效率和质量, 为排水管网模型的建设提供经验。

关键词: 市政管线; 规划图; 一张图; 排水管网模型; 数据转换

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2021)10-0028-06

Research on Data Conversion Methods of Drainage Network Modeling Based on Municipal Pipeline Planning Information

LIU Jiang-tao, YANG Wei-ming, WEI Jie, CHEN Ru-bo

(Shenzhen Urban Planning & Land Resource Research Center, Shenzhen 518034, China)

Abstract: The effective conversion of drainage network model data is the basis of constructing drainage network hydraulic models. The basic data of the pipe network models are stored in various forms, and the modeling methods are varied. The traditional method of model data conversion is mainly manual entry, which takes up most of the time of model construction. To improve the efficiency and quality of data conversion of drainage network modeling, this paper discusses the current research of data conversion methods of drainage network modeling. According to the storage characteristics of CAD drainage network planning drawing information and municipal drainage pipeline “one map” information, we study the modeling methods of drainage network planning information and municipal drainage pipeline “one map” information based on ArcGIS and ArcGIS + InfoWorks ICM, respectively. This study can greatly improve the conversion efficiency and quality of model data, and provide experience for the establishment of drainage network model.

Key words: municipal pipeline; planning drawing; one map; drainage network model; data conversion

我国近年来频繁遭遇强降雨内涝灾害, 给城市运行造成一定程度上的影响, 因此保障城市排水防

涝安全, 已成为当前城市发展的重要问题之一。针对城市内涝顽疾, 国家和行业有关部门相继出台了

一系列文件、规范,提出了结合排水管网水力模型评估管网排水能力和城市内涝风险等方面的要求。模型数据是模型的血液,研究模型数据的有效转换对于模型的建设意义重大。

1 排水管网模型数据转换方法研究现状

近年来关于排水防涝模型的应用研究越来越多,《城镇内涝防治系统数学模型构建和应用规程》(T/CECS 647—2019)的发布将进一步规范模型的构建和应用^[1]。当前,对排水管网模型基础数据的转换研究相对较少,排水管网模型数据转换的重点是进行排水管网模型图形数据和属性数据的有效转换,通过探讨给排水管网图形数据和属性数据从 CAD 到 ArcGIS 的转化过程,周玉文等^[2]提出了逻辑组织、图形转化和属性设计等方面的一些实用的解决方案。陈淑珍等^[3]利用 ArcEngine 的二次开发功能,编写排水管网数据检查程序,用于解决城市排水管网建设中的数据收集和整理问题。基于 Geodatabase 地理数据库,何国富等^[4]将基础地形图和规划要素数据在库中分层设计和属性设计,实现了图形属性数据一体化。基于 CAD 排水管网工程图纸信息的存储特点,周玉文等^[5-6]研究了应用 TureTable 软件进行排水管网数据转换的方法,提出了基于 CAD 工程图纸信息自动构建 SWMM 水力模型的方法。基于雨水管网设计计算表的管网信息存储特点,杨伟明等^[7]提出了基于 CADTableConvert 和雨水管网设计计算表构建 SWMM 雨水管网模型的方法,通过 CADTableConvert 软件将管网图形数据和属性数据进行同步自动 GIS 转化。排水管网模型基础数据的存储格式不同,其模型化转换方法不同,为此重点研究基于市政管线规划信息的排水管网模型数据转换方法。

2 基于规划图纸信息的排水管网模型数据转换

排水管网规划图纸信息通常以 AutoCAD 文件格式存储,分图层通过多段线存储管网图形数据,以满足视觉美观为原则,通过文本就近标注形式表达管径、标高、坡度、流向等属性,通过箭头就近标注形式表达管道的流向信息,标注形式并无统一规律和标准,缺少对管网空间属性与属性数据之间拓扑关系的描述。CAD 排水管网规划图纸信息如图 1 所示。ArcGIS 模型数据以点、线、面的形式存储排水管网模型图形数据,有效记录管网属性数据、表达排水管网复杂的拓扑关系,并方便将数据导入 DHI MIKE、

InfoWorks ICM 等模型软件系统,在搭建排水管网模型时,有必要重点研究如何高效地将 AutoCAD 排水管网规划图纸信息转换到 ArcGIS 模型数据库。

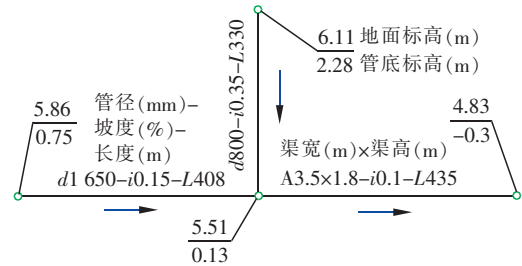


图 1 CAD 排水管网规划图纸信息示意

Fig. 1 Schematic diagram of drainage network planning drawing information in CAD

2.1 基于 ArcGIS 的转换方法

基于 ArcGIS 的排水管网规划图纸信息数据转换过程见图 2。

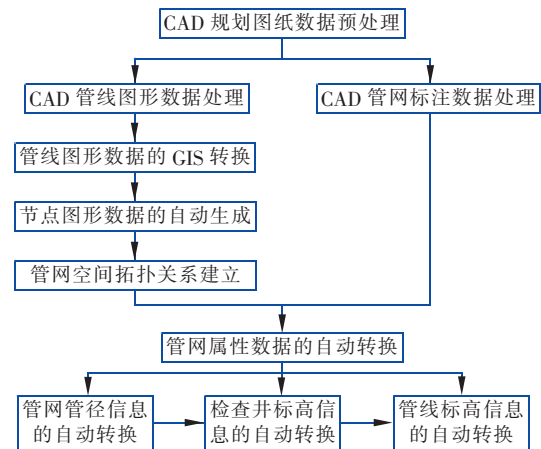


图 2 基于 ArcGIS 的排水管网规划图纸信息数据转换步骤

Fig. 2 Data conversion steps of drainage network planning drawing information based on ArcGIS

2.1.1 CAD 规划图纸数据预处理

AutoCAD 排水管网规划图纸数据预处理包括管线图形数据处理和标注数据处理。管线数据处理需将规划图中管线统一在同一图层,将相连管线的端点连接于一点。标注数据处理需将各管段管径标注文字的插入起点移至各管段的中间位置,分别将各管段端点处地面标高、管底(井底)标高标注文字的插入起点移至端点位置,并分别将处理后的管线和管径标注数据、地面标高标注数据、管底标高标注数据各自另存为一张新的 CAD 图纸,可命名为“管径图”“地面标高图”“管底标高图”。

2.1.2 管线 GIS 转换和节点自动生成

在 ArcGIS 中将 2.1.1 节处理后的管线转化为 Shapefile 格式文件,命名为“管线数据”。通过“Feature Vertices To Points”工具在管线端点处自动生成节点数据图层(Shapefile 格式),此时在管线连接处会生成多个节点,为删除多余的节点,首先可通过“Add XY Coordinates”工具,为“节点数据”自动添加 X、Y 坐标字段并自动计算各节点的 X、Y 坐标,然后通过“Delete Identical”工具基于节点的 X、Y 坐标将重复的节点删除。

2.1.3 管网空间拓扑关系的建立

在“节点数据”属性表中增加节点编号字段并对节点进行编号,编号不能重复;在“管线数据”属性表中增加管线编号和上、下游节点编号字段,根据排水管网规划图纸中管网流向信息和节点编号,在“管线数据”属性表中对管线进行编号并输入上、下游节点编号,管线编号不能重复。

2.1.4 管网属性数据的自动转换

管网属性数据转换的重点包括管径、渠宽、渠高、地面标高、井底标高、管底标高等信息,针对传统手工录入效率低而且易出错等问题,基于排水管网属性信息的存储特点,实现了管网主要属性数据的自动转换。

① 管网管径信息的自动转换

在“管线数据”属性表中分别增加管道类型、管径、渠宽、渠高和上下游管底标高字段。通过 ArcGIS 的“Spatial Join”工具将“管径图”的管径文本标注信息和“管线数据”图层进行空间连接,此时在“管线数据”属性表中将自动生成 Text 字段并将管径信息自动存储到该字段下。排水管网规划图中对圆管和渠的标注形式不同,如直径为 800 mm 的圆管标注为 $d800$,宽 3.5 m、高 1.8 m 的渠标注为 $A3.5 \times 1.8$ 。为将管径信息转换为数字形式,可在 Excel 中打开后缀为“.dbf”的“管线数据”文件并通过 Excel 的“分列”功能对管径文字信息进行拆分,如 $d800$ 拆分为 d 和 800, $A3.5 \times 1.8$ 拆分为 A 、3.5、 x 和 1.8,基于 FID 字段或管线编号字段的唯一性原则,将圆管管径、渠宽和渠高数据批量转换至对应的字段中,完成管径信息的自动转换。

② 检查井标高信息的自动转换

在“节点数据”属性表中分别增加地面标高和井底标高字段,通过 ArcGIS 的“Spatial Join”工具依

次将管底标高图、地面标高图中的井底标高、地面标高文本标注信息和“节点数据”图层进行空间连接,此时在“节点数据”属性表中将自动添加 Text 字段和 Text1 字段并依次将井底标高信息和地面标高信息自动转换到 Text 字段和 Text1 字段下。通过“Field Calculator”工具,分别将 Text 字段和 Text1 字段信息转换到井底标高和地面标高字段中,完成节点标高信息的自动转换。

③ 管线标高信息的自动转换

在 ArcGIS 中通过“Join”工具依次将“管线数据”属性表的上、下游节点编号字段和“节点数据”属性表的节点编号字段进行连接,然后通过“Field Calculator”工具分别将管底标高数据自动转换至上、下游管底标高字段中,从而完成所有排水管网模型数据的转换。

2.2 基于 ArcGIS + InfoWorks ICM 的转换方法

InfoWorks ICM 是当前国内外应用较广的排水管网模型软件之一,在模型数据处理方面,具有灵活的数据接口,包括 ArcGIS、CAD、Excel 等。ICM 在导入 CAD 多段线数据时,可自动在线层数据两端生成点层数据,自动进行编号并初步构建排水管网拓扑关系,为图形数据的转换提供便利,但属性数据的录入仍需人工操作。基于 ArcGIS + InfoWorks ICM 的排水管网规划图纸信息数据转换方法可同时实现图形数据和属性数据的自动转换,转换过程如图 3 所示。

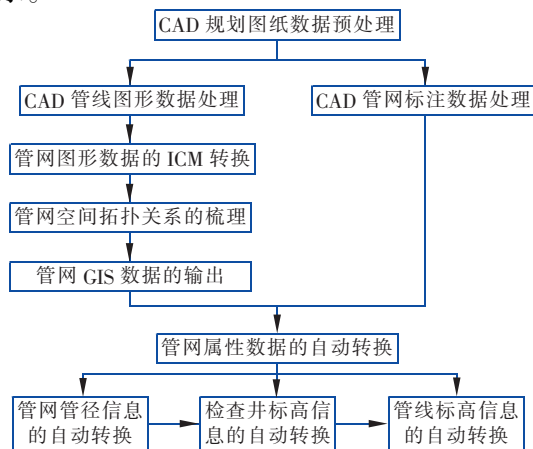


图 3 基于 ArcGIS + InfoWorks ICM 的排水管网规划图纸信息数据转换步骤

Fig. 3 Data conversion steps of drainage network planning drawing information based on ArcGIS + InfoWorks ICM

① 管网图形数据 ICM 转换和拓扑关系梳理

在 InfoWorks ICM 模型网络中,通过“网络-导入-更新自 AutoCAD dwg 文件”功能,导入预处理后的“管线图”,可将管线图形数据自动转换至 ICM 中,同时在管线两端自动生成节点图形数据,并自动为节点和管线上、下游节点进行编号,初步构建管网的拓扑关系。但系统自动编号存在部分管线的上下游节点编号与实际管网流向相反的问题,需要进行调整。此时可通过 ICM 的“反向所有选定连接”功能和“跟踪并选择上(或下)游连接”功能,基于排水管网规划图纸中的管网流向信息,对反向的管段进行流向的调整。

② 管网 GIS 数据的输出

在 ICM 中通过“数据导出中心”工具,将管线数据和节点数据分别输出为 ArcGIS 可以读取的 Shapefile 文件,其中节点数据图层的字段包括 node_id、node_type、x、y、ground_lev、chamber_fl,管线数据图层的字段包括 us_node_id、ds_node_id、shape_l、conduit_wi、conduit_he、conduit_le、us_invert、ds_invert。输出后即可在 ArcGIS 中开展管网属性数据的自动转换工作。

3 基于“一张图”的排水管网模型数据转换

城市市政管线“一张图”是反映城市最新现状和规划成果的可持续动态更新的市政管线信息系统,是规划国土“一张图”的重要组成部分。市政排水管线“一张图”由现状排水管线数据和规划排水管线数据两部分组成,如深圳市市政排水管线“一张图”现状管线数据以深圳市现状管线勘测数据为基础,规划管线数据以最新编制审批的专项规划、法定图则中的市政工程技术文件等为基础进行整合^[8-9]。

市政排水管线“一张图”以 Shapefile 格式存储排水管线信息,包括管线的起始地面标高(QSDM)、终点地面标高(MDDM)、起始管底标高(QSBG)、终点管底标高(MDBG)、坡度(PD)、管长(LEN)、管径/宽度(WIDTH)、高度(HEITH)、流向(LX)等信息。但市政排水管线“一张图”未单独建设节点信息数据库,也没有构建管网空间拓扑关系,无法直接应用于排水管网模型的建设,仍需进行排水管网模型数据的有效转换。

3.1 基于 ArcGIS 的转换方法

基于 ArcGIS 的排水管线“一张图”信息模型化

转换过程如图 4 所示。

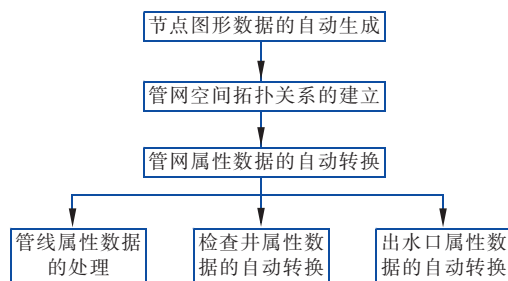


图 4 基于 ArcGIS 的排水管线“一张图”模型化转换步骤

Fig. 4 Modeling transformation steps of “one map” of drainage pipeline based on ArcGIS

① 管线属性数据的处理

根据排水管线“一张图”数据的存储特点,高度字段值为 0 的管段为圆管,其他的管段则为渠。在“管线数据”图层属性表中创建管线形状字段,对于高度字段值为 0 的管线,通过 ArcGIS 的“Field Calculator”工具将管线形状设置为“圆管”,对于高度字段值不为 0 的管线,将管线形状设置为“渠”。

② 检查井和出水口属性数据的自动转换

在“节点数据”属性表中分别创建节点类型、地面高程和井底高程字段。通过 ArcGIS 的“Join”工具连接“节点数据”属性表的节点编号字段和“管线数据”属性表的上游节点编号字段,此时“Join Options”选择“Keep only matching records”,通过“Field Calculator”工具将节点类型设置为检查井并自动转换检查井的地面高程和井底高程值。然后再通过“Join”工具连接“节点数据”属性表的节点编号字段和“管线数据”属性表的下游节点编号字段,对于其中节点类型值为空的节点,通过“Field Calculator”工具将节点类型设置为出水口并自动转换对应的地面高程和井底高程值。

3.2 基于 ArcGIS + InfoWorks ICM 的转换方法

InfoWorks ICM 在导入 ArcGIS 线层数据时,在不进行字段匹配的情况下,可以自动在线层数据两端生成点层数据,并自动进行编号,初步构建管网的拓扑关系,为模型数据的转换提供一定的便利,但是排水管网的拓扑结构和属性数据仍需要进一步的处理。

基于 ArcGIS + InfoWorks ICM 的排水管线“一张图”信息模型化转换过程如图 5 所示。

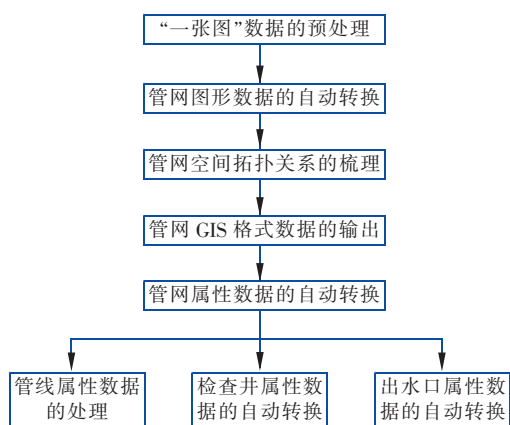


图5 基于 ArcGIS + InfoWorks ICM 的排水管线“一张图”模型化转换步骤

Fig.5 Modeling transformation steps of “one map” of drainage pipeline based on ArcGIS + InfoWorks ICM

① “一张图”数据的预处理

在 ArcGIS 中加载“一张图”管线数据,在其属性表中创建管线编号字段并进行编号,管线编号不能重复。

② 管网图形数据的转换和拓扑关系的梳理

在 InfoWorks ICM 中通过“数据导入中心”工具,选择处理后的管线“一张图”数据,将“管线编号”字段与 ICM 的“资产编号”字段匹配,此时可将管线图形数据自动转换至模型网络中,同时在管线两端自动生成节点图形数据,并为节点和管线上、下游节点进行自动编号,初步构建管网的拓扑关系。但系统自动编号存在部分管线的流向与实际管网流向相反的问题,需要调整。此时可通过 ICM 的“反向所有选定连接”功能和“跟踪并选择上(或下)游连接”功能,基于排水管线“一张图”的管网流向信息,对反向的管段进行流向的调整。

③ 管网 GIS 格式数据的输出

在 ICM 中通过“数据导出中心”工具,将管线数据和节点数据分别输出为 ArcGIS 可以读取的 Shapefile 文件,其中节点数据图层的字段包括 node_id,管线数据图层的字段包括 us_node_id、ds_node_id、asset_id。输出后即可在 GIS 中开展管网属性数据的自动转换工作。

④ 管网属性数据的自动转换

在 ArcGIS 中加载上一步骤导出的“管线数据”,通过“Join”工具将其属性表的 asset_id 字段和排水管线“一张图”的管线编号字段进行连接,然后

再通过数据导出工具将其导出,此时可将排水管线“一张图”的属性信息转换至导出的“管线数据”图层中。其他属性数据的转换过程详见 3.1 节。

4 结语

排水管网水力模型基础数据转换的重点是实现图形数据和属性数据的有效转换,基于排水管网施工图、设计图、规划图、“一张图”、EXCEL 表格等基础数据的不同存储特点,相应的模型化方法各不相同。从构建排水管网水力模型的需求出发,提出的排水管网水力模型数据转换方法可同步提高排水管网水力模型数据转换的效率和质量,为管网模型的建设提供经验。

参考文献:

- [1] 吕永鹏,莫祖澜,谢胜.《城镇内涝防治系统数学模型构建和应用规程》解读[J]. 给水排水,2020,46(5): 149-153.
LÜ Yongpeng, MO Zulan, XIE Sheng. Interpretation of Technical Specification for Construction and Application of Mathematical Model of Urban Flooding Prevention and Control System[J]. Water & Wastewater Engineering, 2020,46(5):149-153(in Chinese).
- [2] 周玉文,张红旗,张晓昕,等. 给排水管网数据从 AutoCAD 至 ArcGIS 转换的研究[J]. 给水排水,2009, 35(10):115-117.
ZHOU Yuwen, ZHANG Hongqi, ZHANG Xiaoxin, et al. Data conversion of water and wastewater pipe network from AutoCAD to ArcGIS[J]. Water & Wastewater Engineering, 2009,35(10):115-117(in Chinese).
- [3] 陈淑珍,赵树旗,王中正,等. 基于 ArcGIS 的排水管网数据转换及检查方法[J]. 水电能源科学,2014,32(11):168-171.
CHEN Shuzhen, ZHAO Shuqi, WANG Zhongzheng, et al. Data conversion and checking of drainage network based on ArcGIS[J]. Water Resources and Power, 2014, 32(11):168-171(in Chinese).
- [4] 何国富,张善发,彭海琴,等. 基于 Geodatabase 的排水管网 CAD 数据转换到 GIS 数据的探讨[J]. 给水排水,2012,38(增刊):481-484.
HE Guofu, ZHANG Shanfa, PENG Haiqin, et al. Drainage network CAD data to GIS database design on the basis of Geodatabase[J]. Water & Wastewater Engineering, 2012,38(S):481-484(in Chinese).
- [5] 周玉文,杨伟明,刘子龙,等. TrueTable 在管网水力模型数据转换中的应用[J]. 人民长江,2016,47(13):

- 113-116.
- ZHOU Yuwen, YANG Weiming, LIU Zilong, *et al.* Application of TrueTable in data conversion of drainage network hydraulic model [J]. Yangtze River, 2016, 47 (13): 113-116 (in Chinese).
- [6] 周玉文, 杨伟明, 王正吉, 等. 基于CAD图纸信息自动构建SWMM水力模型方法研究[J]. 给水排水, 2016, 42(3): 125-128, 129.
- ZHOU Yuwen, YANG Weiming, WANG Zhengji, *et al.* Research on automatic construction of SWMM hydraulic model based on CAD drawing information [J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42(3): 125-128, 129 (in Chinese).
- [7] 杨伟明, 刘子龙, 周玉文, 等. 基于CADTableConvert和雨水管网设计计算表的自动SWMM水力模型构建方法研究[J]. 给水排水, 2016, 42(4): 124-127.
- YANG Weiming, LIU Zilong, ZHOU Yuwen, *et al.* Research on automatic SWMM hydraulic model construction method based on CADTableConvert and rainwater pipe network design calculation table [J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42(4): 124-127 (in Chinese).
- [8] 刘江涛, 傅晓东. 深圳市市政管线“一张图”的建设方法与实践[C]//中国城市规划学会. 2014中国城市规划年会论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014: 1-7.
- LIU Jiangtao, FU Xiaodong. Construction method and practice of “one map” of municipal pipeline in Shenzhen [C]//Urban Planning Society of China. Proceedings of the Annual National Planning Conference 2014. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014: 1-7 (in Chinese).
- [9] 陈如波, 傅晓东. 探讨深圳市市政管线电子报建数据标准制定[J]. 测绘通报, 2016(增刊): 45-48.
- CHEN Rubo, FU Xiaodong. Discuss the data standards of Shenzhen municipal pipelines electronic construction approval [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2016 (S1): 45-48 (in Chinese).
- 作者简介:**刘江涛(1979-),男,河北无极人,硕士,高级工程师,深圳市规划国土发展研究中心副总规划师,主要研究方向为水务规划和评估系统建设,主要研究成果包括深圳市内涝防治完善规划、深圳市污水系统专项规划、深圳市排水防涝数学模型整合及年度维护等,主要获得全国优秀城乡规划设计奖4项、华夏建设科学技术奖1项、广东省优秀城市规划设计奖2项、深圳市优秀城乡规划设计奖6项。
- E-mail:**ljtbluesky@163.com
- 收稿日期:**2020-11-02
- 修回日期:**2021-01-19

(编辑:丁彩娟)

**全面推进水生态环境保护和修复
打造水清岸绿、河畅湖美的美丽家园**