

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.08.012

BIM+GIS在既有水务设施数字化交付项目中的应用

徐亚男¹, 刘纯甫², 姜天凌¹, 王晓杰³, 梁思尧¹

(1. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300074; 2. 中国天辰工程有限公司, 天津 300400; 3. 四川省生态环境科学研究院, 四川 成都 610041)

摘要: 深圳市龙岗区既有水务设施交付项目包括辖区内9座重要水质净化厂的全专业逆向建模及成果导入可视化城市空间数字平台工作,在项目实施过程中,融合了建筑信息模型(BIM)、地理信息系统(GIS)、城市信息模型(CIM)等多种技术。从项目前期资料收集与整理、实景模型搭建、BIM模型搭建、BIM数据融合至CIM平台多个方面,详细阐述如何运用BIM+GIS完成类似既有城市基础设施数字化交付的技术路径,助力数字化技术在城市发展中的应用。

关键词: BIM; GIS; CIM; 既有水务设施; 数字化交付

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2025)08-0071-06

Application of BIM and GIS in Digital Delivery of Existing Water Facilities

XU Ya-nan¹, LIU Chun-fu², JIANG Tian-ling¹, WANG Xiao-jie³, LIANG Si-yao¹

(1. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300074, China; 2. China Tianchen Co. Ltd., Tianjin 300400, China; 3. Sichuan Academy of Environmental Sciences, Chengdu 610041, China)

Abstract: The existing water facilities delivery project in Longgang District, Shenzhen, encompasses the professional reverse modeling of 9 critical water purification plants within the district, with the resultant data being integrated into a visual urban spatial digital platform. Throughout the project's implementation, an integration of multiple technologies including building information modeling (BIM), geographic information systems (GIS), and city information modeling (CIM) were employed. This paper elaborated on the approach for utilizing BIM+GIS technology to achieve similar digital delivery of existing urban infrastructure, thereby facilitating the application of digital technology in urban development. Specifically, it addressed pre-project data collection and organization, real-scene model construction, BIM model creation, and the integration of BIM data into the CIM platform.

Key words: BIM; GIS; CIM; existing water facilities; digital delivery

随着信息时代的深入,人类社会正在从以工业文明为中心向以信息文明为中心转变,而城市基础设施是城市赖以生存和发展的基石,其数字化信息模型也是城市数据资源的重要组成部分。打造城市基础设施建筑信息模型(BIM),以其为载体,以地

理信息系统(GIS)地理时空信息为框架,深化BIM技术的创新发展应用,推动水务工程的高质量建设、智能化运维、精细化监管,以水务信息化驱动水务治理体系和治理能力现代化。以深圳市龙岗区既有水务设施交付项目为例,详细阐述了运用BIM+

通信作者: 徐亚男 E-mail: 631024535@qq.com

GIS完成既有水务设施数字化交付的技术路径,以期为城市信息模型(CIM)建设添砖加瓦。

1 工程简介

1.1 实施背景

按照党中央的工作部署,以建设粤港澳大湾区、深圳先行示范区和实施综合改革试点重大历史机遇为契机,锚定数字政府、智慧城市建设“双一流”总体目标,深圳市龙岗区以《深圳市人民政府办公厅关于加快推进建筑信息模型(BIM)技术应用的

实施意见(试行)的通知》(深府办函[2021]103号)为抓手,对既有水务设施进行数字化资产创建工作,旨在构建城市级CIM平台,提高设施运行效率,优化资源配置。

1.2 项目简介

深圳市龙岗区既有水务设施交付项目需完成辖区内9座重要水质净化厂的全专业逆向建模及成果导入可视化城市空间数字平台工作,项目内水质净化厂的基本情况见表1。

表1 水质净化厂基本情况

Tab.1 Basic information of water purification plants

项目	设计规模/ (10 ⁴ m ³ ·d ⁻¹)	主体处理工艺	投运 年份	改扩建情况	构造型式
布吉水质净化厂(二期)	5	多级AO	2011	加药间	半地下式
埔地吓水质净化厂(一期)	5	氧化沟A/O+深度处理工艺(混凝沉淀池)	2011	2#变电站、中间提升泵房及混凝沉淀池	地上式
埔地吓水质净化厂(二期)	5	AAO+MBR膜池	2018	加药间	地上式
平湖水质净化厂	8	AAO+高密度沉淀池	1999	土建及设备均进行扩建	地上式
鹅公岭水质净化厂	5	AAO+深度处理工艺(混凝沉淀池)	2011	高密度沉淀池、加药间	地上式
横岗水质净化厂(一期)	10	SBR+纤维转盘滤池	2003	反硝化滤池、加药间、纤维转盘滤池	地上式
横岗水质净化厂(二期)	10	AAO+纤维滤池	2011	综合加药间	地上式
横岭水质净化厂(一期)	20	UCT+高效沉淀池+超滤膜	2006	中间提升泵房及磁混凝沉淀池	地上式
横岭水质净化厂(二期)	40	曝气生物滤池	2010	高效沉淀池、加药间	地上式

该项目作为全国第一批既有水务设施数字化交付项目,存在以下难点:①大部分水质净化厂修建时间早,经多次提标改造,原始及过程图纸均有缺失,增大了BIM建模难度;②工艺复杂多变,对单体和专业构件的配备样式及数量要求较高;③除不同格式的BIM模型数据外,还存在倾斜摄影、点云等数据,整合难度高;④水质净化厂数量多,对数据采集的要求不同,前期图模一致校核工作量大,统计数据量庞杂;⑤CIM平台对上传的BIM模型落位精度要求高,需与实景模型的平、立面位置误差值小,且水质净化厂BIM模型与GIS结合的技术尚不成熟;⑥全量审查中对模型、构件属性信息审查严格。针对上述难点,制定了一套项目从启动到交付的全过程工作流程,并首次融入BIM+GIS技术完成了项目交付工作。

2 项目实施过程

2.1 资料收集与整理

对于既有水务设施数字化交付项目,前期资料的勘察工作尤为重要,资料类型主要包括图纸、全景/普通照片、设备铭牌信息、倾斜摄影数据、点云数

据、数字线划图等。

在项目开展前期,设计人员深入水质净化厂获取相关资料,并按照项目级、单体级、专业级、文件级4个层级整理了9座水质净化厂所有现有资料,发现主要存在以下几种问题:①平湖水质净化厂由于建厂时间早,没有任何图纸资料;②其余水质净化厂的提标改造单体没有图纸资料;③现有设备运维信息少,无法满足交付要求;④有图纸项目需进行实模一致性查验。针对以上问题,制定了需采集的数据内容,其要求及作用见表2。

表2 项目数据采集

Tab.2 Collection of the project data

数据类型	要求	作用
图纸	竣工图	搭建BIM模型
全景/普通照片	分辨率应不低于5760×2880,可以清晰表达建(构)筑物外立面材质及设备摆放情况	补充设备铭牌信息,对建(构)筑物内部进行实模一致性自查
点云	拼接后的整体点云应配准到绝对坐标系需要的格式.las	搭建无图纸资料的单体模型;.las可导入Revit辅助建模

续表2(Continued)

数据类型	要求	作用
倾斜摄影	平面坐标系:采用2000国家大地坐标系(CGCS2000),高斯-克吕格投影,3°分带,中央子午线114°;高程基准:采用1985国家高程基准	校验 BIM 模型与实景模型的平面及高程偏差(均不应超过1 m),使其满足数据导入深圳CIM平台要求
数字线划图	平面坐标系:采用2000国家大地坐标系;标高:采用1985国家高程基准的绝对标高	搭建无图纸项目的厂区模型

2.2 实景模型搭建

实景模型的建立分为外业与内业两部分。外业即通过GPS、激光扫描仪、倾斜摄影无人机等设备进行外业测量并采集点云的原始数据;内业是使用相关软件,将外业采集的数据进行去噪、拼接。

2.2.1 基于倾斜摄影数据的实景模型搭建

倾斜摄影实景三维模型总体技术流程主要包括技术方案制定、控制测量、航空摄影、空中三角加密、实景三维制作、模型修饰、质量检查、单体化建模、模型整合和模型发布等工序。生成的倾斜摄影模型不仅能直观反映水质净化厂的外观、位置、高度等属性,为真实效果和测绘级精度提供保证,同时可校验BIM模型与实景模型的平面及高程偏差,使其满足数据导入深圳CIM平台要求。内业采用Context Capture Center软件生成模型,其模型搭建技术路线见图1。

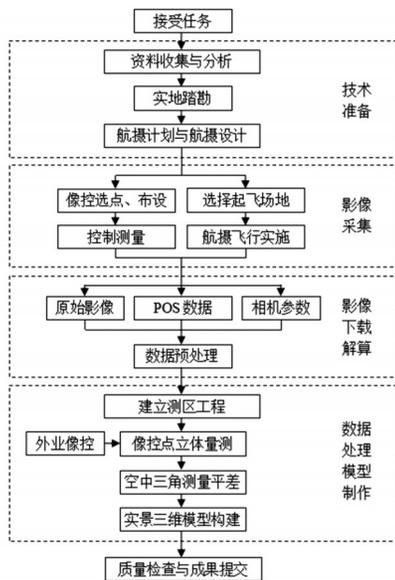


图1 倾斜摄影模型搭建技术路线

Fig.1 Technical route for oblique photogrammetry model construction

2.2.2 基于点云数据的实景模型搭建

激光点云是一种以海量点集合表示空间内物体坐标和分布的技术,通过在空绘制出大量的点,并以这些点形成数据集合,从而建立三维模型来表示空间的表面特性。项目中对没有图纸的单体,采用点云模型导入建模软件的方式辅助BIM建模工作。内业采用SCENE软件对外业扫描获取的数据进行自动拼接,其模型搭建技术路线见图2。

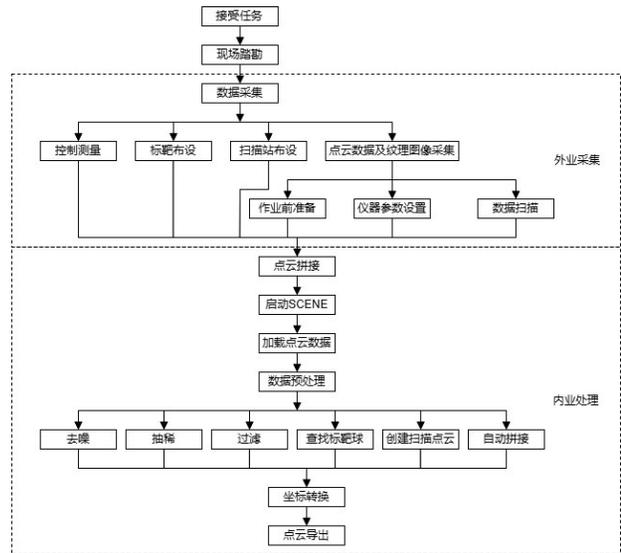


图2 点云模型搭建技术路线

Fig.2 Technical route for point cloud model construction

2.3 BIM模型搭建

2.3.1 模型坐标转换

该项目对空间定位要求严格,《深圳市既有水务基础设施信息模型交付技术指引》明确规定:模型平面坐标系应采用2000国家大地坐标系,高程基准采用1985国家高程基准。因此,在BIM建模前期需将参考点处坐标按照交付要求进行转换,从而实现与CIM平台的成功对接。

① 平面坐标转换

深圳项目的平面坐标转换分为有可参考总图图纸及无可参考总图图纸两种情况。

a. 有可参考总图图纸项目的坐标转换

对于有可作为建模参考总图的项目来说,采用由深圳独立坐标系转换得到的EPSG:4547投影坐标。

深圳独立坐标系是一种特定于深圳地区的本地坐标系,其优势在于为深圳地区的地理信息处理提供了极高的精度。然而,由于其特殊性和局限

性,当需要进行大范围、跨系统的数据交换和应用时,需将其转换为更通用的坐标系,即 EPSG:4547 投影坐标系^[1]。

在项目实施的过程中,首先获取了深圳独立坐标系的所有参数,包括基准点的大地坐标、比例因子和偏移量等,根据这些参数,采用坐标系转换公式对原始地理信息数据进行处理。以布吉水质净化厂为例,CAD参考点的深圳独立坐标为 $x=24\ 927.5\text{ m}$ 、 $y=119\ 889.07\text{ m}$,按照要求转换为 EPSG:4547 坐标,结果为 $X(\text{北/南})=2\ 499\ 629.655\text{ m}$ 、 $Y(\text{东/西})=510\ 536.642\text{ m}$ 。在进行 BIM 建模前,应将转换后的坐标输入软件原点坐标内。

b. 无可参考总图图纸项目的坐标转换

对于没有可作为建模参考总图的项目来说,通过读取倾斜摄影模型上参考点的经纬度,将其转换为 EPSG:4547 投影坐标。以项目中完全没有图纸的平湖水质净化厂为例,选择现状实景氧化沟西侧边点为坐标基点,通过倾斜摄影文件读取项目定位点的经纬度,其值如图3所示。通过 Helmert 七参数模型进行坐标转换,再通过投影转换公式将经纬度坐标转换为投影坐标,结果为 $X(\text{北/南})=2\ 512\ 379.689\text{ m}$ 、 $Y(\text{东/西})=513\ 666.148\text{ m}$,同样在进行 BIM 建模前应将转换后的坐标输入软件原点坐标内。



图3 倾斜摄影文件上读取参考点的经纬度值

Fig.3 Reading latitude and longitude values of the reference point on oblique photography file

② 高程转换

高程转换是一项涉及地球物理学、数学和地理信息技术的工作,其在地理信息系统的应用中起着重要作用,如地形分析、水文模拟、工程建设等。对

于有图纸项目,设计均采用黄海高程,其转换公式为 1985 国家高程基准高程=1956 年黄海高程-0.029 m,而后将偏差值输入建模软件的高程中;对于没有图纸的项目,可以直接读取已经转换为 1985 国家高程的倾斜摄影的绝对高程值,而后进行建模,无需进行高程转换。

③ 角度修正

在进行地理信息处理时,往往需要在建模软件中将项目北的角度转换为 CGCS2000 的角度,使其能与 CIM 平台的倾斜摄影模型角度一致。对于无图纸项目,可以在倾斜摄影文件中直接测量项目实际角度值;对于按照图纸构建模型的项目,需要进行角度修正计算。以布吉水质净化厂为例,简要介绍其转换过程:

a. 在总图上选取 A、B 两点,A 点为项目基点,A(24 927.50,119 889.07)、B(24 908.63,119 993.37),二者均为深圳独立坐标;

b. 将 A、B 两点进行 2000 国家大地坐标转换工作,得到 A'(2 499 629.655,510 536.642)、B'(2 499 612.567,510 641.248);

c. 通过计算得出角度修正值为 $-0.977\ 39^\circ$;

d. 图纸中项目北到正北的角度为 2.56° ,修正后到正北的角度为 $2.56^\circ-0.977\ 39^\circ\approx 1.58^\circ$;

e. 将修正后的角度输入建模软件中。

2.3.2 图库准备

图库分为通用设备构件库及常规工艺模型库,前者包括 1 000 余项水处理设备、管道及附件、井点,可满足水质净化厂工艺建模要求(见图4)。

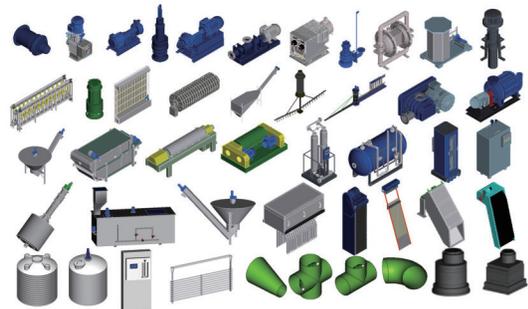


图4 通用设备构件库

Fig.4 Universal equipment and component gallery

常规工艺模型库包括 7 大类水处理工艺类型、29 个通用模型,均汇聚于公司自主研发的水处理工艺模型库平台中,可实时下载,提高水质净化厂工艺单体模型的构建效率(见图5)。

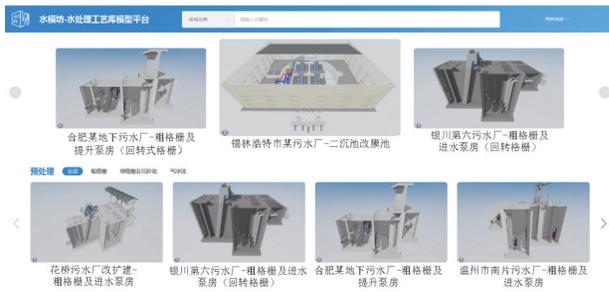


图5 常规工艺模型库

Fig.5 Conventional process model gallery

2.3.3 模型搭建及信息挂载

① 制作项目协同文件

制作项目协同文件有利于减少模型错误和冲突、提高工作效率、提高项目管理效果、提升模型质量、节省时间和成本,同时保证项目的安全性^[2]。

Revit作为BIM软件的代表,具有强大的三维建模能力和协同设计功能,同时深圳市提供的SZ-IFC是基于Revit平台进行二次开发的插件,因此选用Revit完成项目内容,协同文件配置流程见图6。

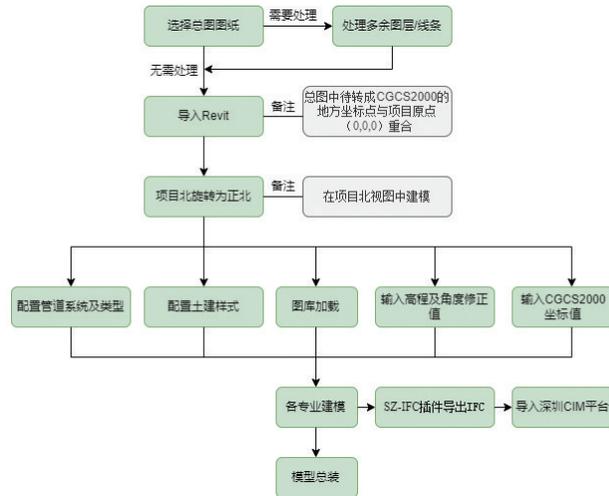


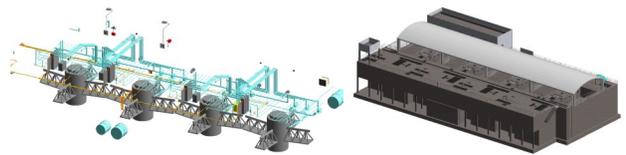
图6 协同文件配置流程

Fig.6 Collaborative file configuration process

② 专业建模

a. 有图纸项目的建模流程

在图纸较为齐全的情况下,各专业设计人员可将CAD图纸处理后作为底图进行建模,其中建(构)筑物外立面、电气设备、工艺设备表面纹理与材质可按照实景模型进行调整,电气、暖通、工艺专业的管道系统颜色可根据所在单位企标执行,如果无相应标准,可按照管道实际颜色设置,满足实模一致性要求。以微砂沉淀池为例,各专业建模效果见图7。



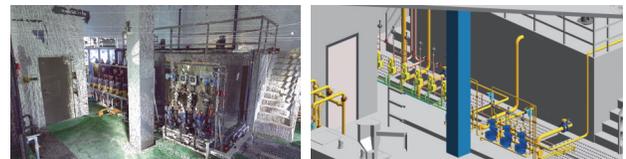
a. 工艺、暖通模型 b. 建筑、结构模型

图7 微砂沉淀池建模效果

Fig.7 Modeling effect of micro-sand sedimentation tank

b. 无图纸项目的建模流程

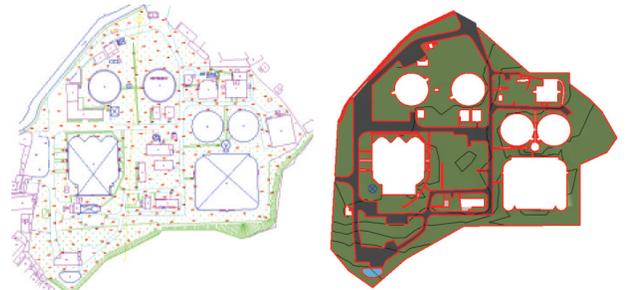
在无图纸的情况下,对于项目单体,各专业设计人员可通过将点云模型导入Revit中进行建模,因只有.rcs格式的数据可以导入Revit,故需将.las格式的点云数据通过Autodesk ReCap软件导出为.rcs格式才能使用。以加药间为例,其参考点云建模的效果见图8。对于项目总图文件,需制作数字线划图辅助厂区建模工作,以平湖水质净化厂为例,建立的总图模型见图9。



a. 点云模型 b. BIM模型

图8 加药间建模效果

Fig.8 Modeling effect of dosing room



a. 数字线划图 b. 总图BIM模型

图9 平湖水质净化厂总图模型

Fig.9 Overall model of Pinghu water purification plant

③ 插件开发及信息挂载

项目模型信息的交付要求分为3个层次:文件信息,每个文件均要有深圳项目标识及编码;空间、房间信息,每个构筑物均要有深圳空间标识、编码及标准要求的属性信息项;构件信息,每个构件的族类型按照交付指引进行命名,并且均要有深圳构件标识、编码及标准要求的属性信息项。

面对项目数据多、挂载要求严格、手动完成工作量大、容易遗漏信息的情况,通过对Revit进行二

次开发,形成了NCMERvit模型信息挂载插件(V1.0)。该插件可以通过数模分离的方式,实现以Excel批量修改族类型名称并贴附信息。

④ 模型总装

总装文件采用项目基点对项目基点的形式进行组装,保证各单体、各专业模型上传至CIM平台时空位置准确、相对位置无误,以埔地吓水质净化厂一、二期为例,其模型总装效果见图10。



图10 总装模型效果

Fig.10 Effect of final assembly model

2.4 BIM数据融合至CIM平台

Cesium具备在浏览器端展示大量模型及快速加载模型的能力^[3]。为使项目成果落位于深圳CIM平台,通过空间配置检查,首次尝试了将BIM、实景模型、GIS相结合的技术路线,自主研发了BIM+GIS融合展示平台。该平台以GIS为依托,以Cesium为底座,通过对BIM、倾斜摄影等模型进行3DTiles数据格式转换,可实现模型定位、信息展示、模型剖切、分类浏览等功能。

以布吉水质净化厂(半地下式)为例,其BIM与实景模型上传至CIM平台的效果见图11。

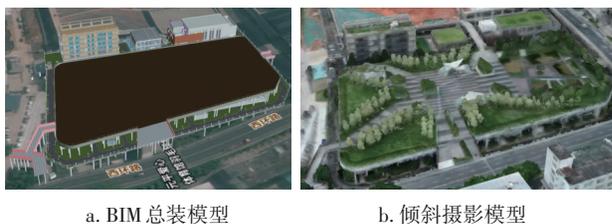


图11 BIM、倾斜摄影模型上传至CIM平台效果

Fig.11 Effect of BIM, oblique photogrammetry model uploading to CIM platform

由图11可知,可见模型地理空间位置准确、实模一致、坐标及高程换算正确,可成功与CIM平台对接,满足未来可视化展现及主要运维场景需求。

3 结语

通过整合BIM和GIS技术,成功完成了全国首批既有水务设施数字化交付项目,不仅有助于水务运营管理的智能化并提高效率,而且为智慧城市的基础设施建设提供了有力支撑。该项工作展示了数字化转型在城市基础设施管理中的巨大潜力,为未来类似项目提供了技术参考和实践指南。BIM+GIS技术的应用有效促进了水务设施的精准运维管理,并为进一步推动城市智能化、提升基础设施建设和管理水平奠定了坚实基础,预示着数字化技术在城市发展中的重要作用,助力城市实现更高效、可持续发展目标。

参考文献:

- [1] 罗家旺,莫才健,李玉宝.大地坐标系统转换问题分析[J].工程建设与设计,2019(10):31-32.
LUO Jiawang, MO Caijian, LI Yubao. Analysis of the geodetic coordinate system conversion problem [J]. Construction & Design for Engineering, 2019(10):31-32(in Chinese).
- [2] 徐亚男,刘纯甫,马放,等. BIM技术在污水处理厂设计中的应用[J].中国给水排水,2016,32(8):55-58.
XU Yanan, LIU Chunfu, MA Fang, et al. Application of BIM technology to sewage treatment plant design [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(8):55-58(in Chinese).
- [3] 谈琼,张涛,丁乐乐,等.基于Cesium的多源三维数据可视化与分析平台设计与开发[J].测绘与空间地理信息,2022,45(6):120-123.
TAN Qiong, ZHANG Tao, DING Lele, et al. Design and development of platform for multiple 3D data visualization and analysis based on Cesium [J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2022, 45(6):120-123(in Chinese).

作者简介:徐亚男(1987-),女,天津人,硕士,高级工程师,主要从事给水排水数字化设计及应用工作。

E-mail:631024535@qq.com

收稿日期:2023-12-28

修回日期:2024-02-04

(编辑:沈靖怡)