

# CAD 到 GIS 格式数据转换技术及其在地铁保护巡查系统中的应用

彭 达 高修强 张文国

(中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司,311122,杭州//第一作者,工程师)

**摘 要** 针对地铁建设过程中,CAD(计算机辅助设计)格式数据难以被二次处理或调用分析的问题,运用 FME(空间操纵引擎)数据转换思想,将 Shapefile 格式数据作为 CAD 格式数据与可在地图上直观展示的商用 GIS(地理信息系统)数据相互转换的中间媒介,同时结合 GIS 领域的渲染及空间分析技术,实现了 CAD 格式数据与 GIS 地图的融合处理。最终,研发了一套巡查管理系统,其功能包括:巡检人员实时作业轨迹记录、在建项目与地铁保护区的外轮廓范围相对位置展示、最近距离测算、地铁保护区范围在实景三维城市模型中的叠加展示。

**关键词** 地铁;数据转换技术;地铁保护巡查系统

**中图分类号** U29-39

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2023.01.041

## CAD to GIS Data Conversion Technology and the Application in Metro Protection Patrol System

PENG Da, GAO Xiuqiang, ZHANG Wenguo

**Abstract** In view of the problem that the CAD (computer-aided design) format data is hard to be reprocessed or analyzed during metro construction, by using the FME (feature manipulation engine) data conversion idea, the Shapefile format data is taken as an intermediate format for the conversion of CAD format data to commercial GIS (geographic information system) data that can be visually displayed on the map. At the same time, combined with the data rendering and spatial analysis technology in the GIS field, the fusion processing of CAD format data and GIS map is realized. Finally, a set of inspection management system is developed, with functions including real-time operation trajectory recording of inspection personnel, display of the relative position of the projects under construction and the outer contour of metro protection area, the closest distance measurement, and the superimposed display of the scope of metro protection area in 3D city realistic model.

**Key words** metro; data conversion technology; metro protection patrol system

**Author's address** Power China Huadong Engineering Corporation Limited, 311122, Hangzhou, China

目前,城市基础地理信息数据均以 CAD(计算机辅助设计)格式数据存储,随着 GIS(地理信息系统)技术的推广以及数字孪生城市概念的兴起,CAD 格式数据在图形表现形式以及图形对象属性的展现上难以满足城市建设运维期的需要,勘测设计方交付的 CAD 格式数据难以被二次处理或调用分析,无法实现除了信息存储以外更多的功能。如何高效便捷地将地铁建设期的 CAD 格式数据转换成 GIS 数据、如何完成指定场景的空间分析和数据融合、如何构建形象化的场景是目前地铁保护巡查工作的重点。CAD 格式数据与 GIS 数据均建立在空间坐标系中,可以描述图形间的拓扑关系。在图形的表现形式上,CAD 格式数据主要包含颜色、线型、符号等静态特征,不同图层对应的实体含义通常以图层命名区分,数据呈现非关系性,难以进行信息化、数字化抽象及计算机语义化处理。而 GIS 数据的属性内容灵活多样,可以便捷地区分不同地物,便于进行抽象化和信息化管理<sup>[1]</sup>。

针对地铁建设过程中,车站、线路、区间的 CAD 格式数据难以被二次处理或调用分析的问题,结合 FME(空间操纵引擎)数据转换技术与 GIS 空间分析技术,将 Shapefile 格式数据作为 CAD 格式数据与可在地图上直观展示的商用 GIS 数据相互转换的中间媒介,同时结合 GIS 领域的渲染及空间分析技术,实现了 CAD 格式数据与 GIS 地图的融合处理。最终,研发了一套巡查管理系统,其功能包括:巡检人员实时作业轨迹记录、在建项目与地铁保护区的外轮廓范围相对位置展示、最近距离测算、地铁保护区范围在实景三维城市模型中的叠加展示。本文研究可为地铁日常保护巡查工作提供

思路与实用价值。

# 1 基于 ArcGIS 平台的 CAD 数据到 GIS 数据的转换

## 1.1 数据转换

ArcGIS 是一个集成了众多高级 GIS 应用的 GIS 平台,为 GIS 相关从业者提供了许多地理要素处理功能。ArcGIS 平台可以实现 CAD 格式数据的直接读取,其 Toolbox 中的 Conversion Tools 模块能够将 CAD 地形图数据转换成 Geodatabase 模型中的地理数据。由于部分 CAD 图纸中的数据元素过多,转换过程中存在部分数据无法在 ArcMap 中正常显示的问题。针对该情况,利用 Data Interoperability Tools 中的导出工具,将其数据格式转换成 Shapefile 数据格式后能够解决该显示问题。

## 1.2 数据校验

由于勘测设计行业的 CAD 格式图纸通常是多行业的综合图纸,其图纸样式难以统一,存在图层较多、线条样式多样化等问题。有些图形实体数据结构在 GIS 软件中无法正常读取,在 CAD 格式数据向 Shapefile 格式数据转换过程中,可能存在部分格式的线条丢失现象,因此在数据转换完毕后需进行数据的基本校验<sup>[2]</sup>。对于丢失的点、线及未闭合的面,可采用 ArcGIS 平台的工具箱 Toolbox 中的编辑工具进行数据的补充、修剪及拼接等操作。

## 1.3 属性补充

CAD 格式数据以点、线、面 3 种类型格式存储,Shapefile 格式中 GIS 数据的注记信息格式为 Feature Class Annotation,图形几何属性为 Polygon 格式<sup>[3]</sup>。CAD 格式数据与 Shapefile 格式数据属性对比如表 1 所示。但对于空间面的交叉入侵分析,CAD 中看起来“闭合”的一些面用的其实是 Polyline 属性,对于此类数据需要先转换成 Polygon 属性,才能进行后续的闭合区域面积计算及入侵分析等操作。

表 1 CAD 格式数据与 Shapefile 格式数据属性对比  
Tab. 1 Attribute comparison between CAD format data and Shapefile format data

数据类型	CAD 格式数据属性	Shapefile 格式数据属性
标注	Point	Polygon
点	Point	Point
线	Polyline	Polyline
面	Polygon	Polygon
三维模型	Multipath	-

ArcGIS 中的自定义添加属性字段功能可以完成对 CAD 格式数据属性的自由拓展,解决了原始 CAD 格式数据以文字描述属性、无法进行信息化层面的逻辑抽象、无法进行计算机语义化的缺点,也为后期图形的属性编辑及前端渲染展示提供了基础。

# 2 转化后的 GIS 数据在地铁保护巡查系统中的应用

地铁保护巡查系统的主要功能是对地铁沿线 50 m 范围(以下简称“地铁保护区”)的施工项目进行巡视、检查及管控。距离地铁结构较近的工程施工项目,特别是涉及到基坑开挖类型的工程项目,容易对地铁结构的稳固性造成影响<sup>[4]</sup>。

但由于目前商用地图上没有地铁线路外边线经纬度具体轮廓、地铁车站具体轮廓以及地铁保护区范围的标识,造成了日常巡检人员无法判断施工项目是否处于地铁保护区范围。将 CAD 格式数据中的地铁线路外边线经纬度具体轮廓、地铁车站具体轮廓及地铁保护区范围的标识数据转换为 GIS 数据,以计算机语言抽象、加载后展示到地图上,同时辅以地图的自动测距功能,能够分析周边地铁工程项目范围与地铁保护区范围的空间关系,清晰直观地展示日常巡检人员所需标识。

依托北斗卫星定位、人员轨迹采集、GIS 闭合面入侵判断、面域叠加判断、三维倾斜摄影模型与 GIS 数据结合等技术,可以实现管理者对巡检人员的实时定位、巡检人员进出地铁保护区范围自动提醒、违建项目在地铁保护区范围的面积测算、在建项目距离地铁外轮廓的最近距离测算,以及三维可视化展示实际空间中地铁保护区范围的在建项目等功能。

## 3 实际案例应用

以南昌地铁保护巡查系统一期项目为例,CAD 修补完善前后的南昌地铁 2 号线线路、车站及地铁保护区轮廓图如图 1 所示。勘测设计单位提供的地铁保护区范围原始 CAD 格式数据中包含地铁线路、地铁车站、地铁保护区以及建筑、管网、地块等多个无用信息(见图 1 a))。在 CAD 软件中将除地铁线路、地铁车站、地铁保护区图层以外的其他无用图层剔除,同时将保护区线进行修补闭合(见图 1 b))。

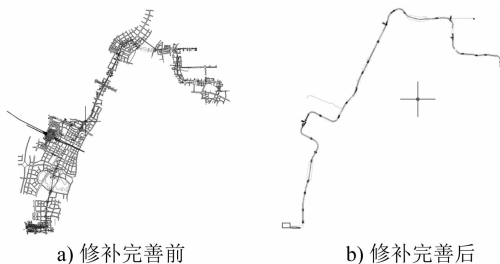


图 1 CAD 修补完善前后的南昌地铁 2 号线线路、车站及地铁保护区轮廓图

Fig. 1 Outline map of Nanchang Metro Line 2 routes, stations and metro protection area in CAD before and after patching and improvement

将修补完善后的地铁线路、地铁车站及地铁保护区轮廓图导入 ArcGIS 平台,依据表 1 中的对应关系,将地铁车站和区间中的线 (Polyline 属性数据)、地铁保护区中的面 (Polygon 属性数据) 导出为 Shapefile 格式数据。在 ArcGIS 平台中将地铁保护的 CAD 格式数据转换成 Shapefile 格式数据,其软件截图如图 2 所示。

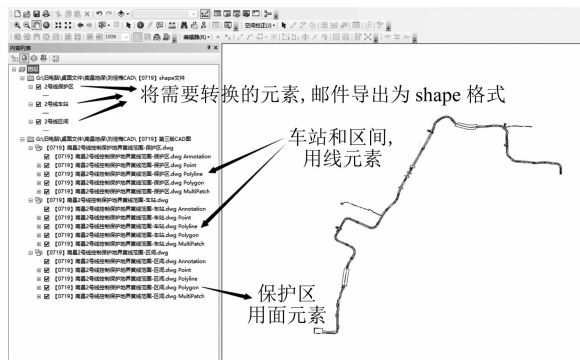


图 2 CAD 格式数据转换为 Shapefile 格式数据软件截图  
Fig. 2 Screenshot of the conversion software from CAD format data to Shapefile format data

导出的 Shapefile 格式数据通过 MapShaper 网站即可便捷地转换成计算机所需的 JSON (JavaScript 对象简谱) 格式数据。经转换后的文件是一系列的点集,通过前端开发可以直接与商用地图融合,并最终形成可用于地铁保护巡查系统的标识地图。南昌地铁 2 号线地铁保护巡查地图如图 3 所示。

CAD 格式数据与 GIS 地图融合后,结合北斗定位能够为现场巡查人员提供手持端软件,在地铁保护区地图上实时展示巡查人员的巡检轨迹,其软件截图如图 4 所示。引入 GIS 面域分析技术可以实现判断巡查人员进出地铁保护区范围的自动提醒功



图 3 南昌地铁 2 号线地铁保护巡查地图  
Fig. 3 Map of Nanchang Metro Line 2 metro protection inspection

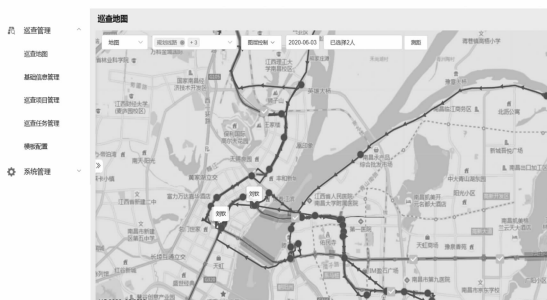


图 4 地铁保护区巡查人员轨迹展示软件截图  
Fig. 4 Screenshot of the display software of metro protection area inspection personnel trajectory

能,能够自动测算巡查人员的当前位置与地铁保护区外边线的最近距离,并以此精准判断周边地铁工程项目是否位于地铁保护区范围。GIS 面域分析及距离自动测算软件截图如图 5 所示。利用辅助倾斜摄影技术,通过 SuperMap GIS (北京超图地理信息系统软件) 将二维的地铁保护区边线与三维地面融合,可以将地铁保护区范围在城市三维实景模型中叠加展示出来,如图 6 所示。

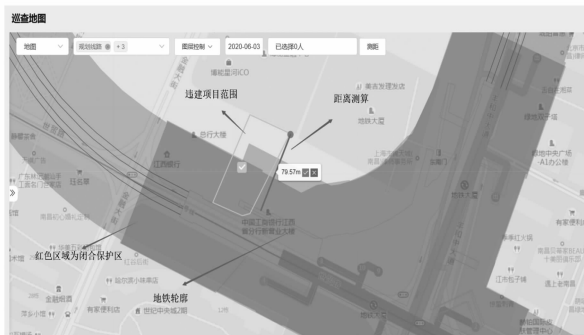


图 5 GIS 面域分析及距离自动测算软件截图  
Fig. 5 Screenshot of GIS area analysis and distance automatic calculation software



图6 地铁保护区范围在城市三维实景模型中的叠加展示

Fig. 6 Superimposed display of the scope of metro protection area in 3D city realistic model

## 4 结语

本文介绍了一种基于 ArcGIS 技术的 CAD 格式数据转换成 GIS 数据的方法。同时,将转换后的 GIS 数据与在线地图相结合,以地铁运营期间周边工程项目巡检人员的业务需要为出发点,打造了一套集巡检人员实时作业轨迹记录、在建项目与地铁保护区及外轮廓范围相对位置展示、最近距离测算、地铁保护区范围在实景三维城市模型中的叠加展示等功能的巡查管理系统,打破了 CAD 格式数据难以进行信息化和数字化抽象、计算机语义化编程、提取分析及业务功能展示的壁垒,提高了地理信息数据的综合利用率。通过该软件能够帮助管

(上接第 200 页)

平衡故障的分析,得出中压母线车端连接器缩针是导致该故障的根本原因。为尽可能减少线路造成的辅助逆变器封锁,针对列车辅助供电系统分为两个车辆单元分别控制并网的改进方案,进一步优化了网络系统并网供电控制逻辑和负载管理逻辑,从而解决了中压母线故障情况下列车无法运营的问题。此改进方案已装车验证,目前列车运行状况良好。对于今后的项目,可基于本文所提改进方案,在设计之初考虑中间车增加一个中压母线接触器,使整车 AC 380 V 中压母线经此接触器后贯穿全列。当中压母线出现相电流不平衡故障时,断开该接触器,从而将中压母线一分为二,这样既可提高辅助逆变器的冗余性,又可避免中压母线故障而造成的列车无法运营的情况。

## 参考文献

- [1] 杨超,尹毅.长沙地铁 1 号线列车辅助变流器过载故障分析及对策[J].机电传动,2019(4):141.  
YANG Chao, YIN Yi. Analysis and measure of overload fault of train auxiliary converter on Changsha Metro Line 1[J]. Elec-

tronic Drive for Locomotives,2019(4):141.

## 参考文献

- [1] 郝平,陆宝济. CAD 和 GIS 数据双向转换技术的研究[J]. 机电工程,2001,18(4):9.  
HAO Ping, LU Baoji. Research of two-way changing technology for databases of CAD and GIS[J]. Mechanical & Electrical Engineering Magazine,2001,18(4):9.
- [2] 蒋丽,邹时林. CAD 到 GIS 数据的属性匹配和转换的研究[J]. 测绘地理信息,2017,42(3):58.  
JIANG Li, ZOU Shilin. Attribute matching and conversion from CAD data to GIS data[J]. Journal of Geomatics, 2017, 42(3):58.
- [3] 吴聪聪,蓝贵文,耿继军,等. CAD 数据向 GIS 数据转换的方法比较[J]. 测绘科学,2017,42(2):183.  
WU Congcong, LAN Guiwen, GENG Jijun, et al. Comparison of the methods for converting CAD data to GIS data[J]. Science of Surveying and Mapping,2017,42(2):183.
- [4] 罗跟东. 浅议地铁保护区内施工的安全控制[J]. 中国水运(下半月),2011,11(6):267.  
LUO Gendong. Discussion on safety control of construction in metro protected area[J]. China Water Transport, 2011, 11(6):267.

(收稿日期:2020-09-23)

tric Drive for Locomotives,2019(4):141.

- [2] 许杰,杨川,李宇. 基于 TCMS 的列车辅助变流器启动及复位方法研究[J]. 铁路计算机应用,2018,27(2):11.  
XU Jie, YANG Chuan, LI Yu. Starting and resetting method of train auxiliary converter based on TCMS[J]. Railway Computer Application,2018,27(2):11.
- [3] 李铁斌. 中压交流并网供电技术在地铁列车上的应用[J]. 城市轨道交通研究,2012,15(6):121.  
LI Yibin. Application of medium voltage parallel-operated power supply on metro trains[J]. Urban Mass Transit,2012,15(6):121.
- [4] 李网生,陈爱林,芮国强,等. 地铁车辆辅助电源的设计[J]. 机电传动,2009(3):51.  
LI Wangsheng, CHEN Ailin, RUI Guoqiang, et al. The design of the auxiliary power supply of the metro vehicles[J]. Electric Drive for Locomotives,2009(3):51.
- [5] 沈坤,章兢,姚晓阳,等. 一种改进的逆变器并联列车辅助供电系统[J]. 电工技术学报,2013,28(5):250.  
SHEN Kun, ZHANG Jing, YAO Xiaoyang, et al. Research on an improved inverter parallel train auxiliary power system[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(5):250.

(收稿日期:2020-11-17)