引文格式：李小雨, 郭功举. 面向智能化全息测绘要素符号化方法[J]. 地理空间信息, 2023, 21(4): 27-29. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.04.007

面向智能化全息测绘要素符号化方法

李小雨[1,2]，郭功举[1,2]
（1. 上海市测绘院，上海 200063；2. 自然资源部超大城市自然资源时空大数据分析应用重点实验室，上海 200063）

摘　要：智能化全息测绘利用激光扫描等传感技术获取的城市空间信息需要进行直观的符号化表达，但当前地图符号化模块大多与商业软件捆绑，使用不便且成本较高。因此主要针对智能化全息测绘中所需的符号化方法，设计了基于xml文件的符号描述格式，研究了符号信息解析方法，实现了三维场景下符号的绘制，并在开源软件CloudCompare中进行功能实现及方法验证，解决了不能灵活使用商业软件中符号化功能的问题，为自主研发软件提供了新思路。

关键词：智能化全息测绘；符号化；通用
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）04-0027-03

Symbolization Method for Intelligent Holographic Mapping Elements

LI Xiaoyu[1,2], GUO Gongju[1,2]
(1. Shanghai Surveying and Mapping Institute, Shanghai 200063, China; 2. Key Laboratory of Spatial-temporal Big Data Analysis and Application of Natural Resources in Megacities, MNR, Shanghai 200063, China)

Abstract: The urban spatial information acquired by intelligent holographic mapping using laser scanning and other sensing technologies needs to be intuitively symbolized. However, most of the current map symbolization modules are bundled with commercial software, which is inconvenient to use and costly. Therefore, aiming at the symbolization method required in intelligent holographicmapping, we designed the symbol description format based on XML file, studied the analysis method of symbol information, realized the drawing of symbols in 3D scene, performed the function realization and the method verification in the open source software CloudCompare, and solved the problem of inability to flexibly use the symbolization function in commercial software, which could provide a new idea for independent research and development of software.

Key words: intelligent holographic mapping, symbolization, universal

智能化全息测绘利用激光扫描、倾斜摄影等传感技术获取城市空间信息，借助深度学习等人工智能手段提取城市全要素地理实体的结构和语义信息，建立城市场景结构化语义模型[1-2]。在进行地物的自动或半自动化提取和采集时，对地物要素进行符号化可以清晰直观地区分不同地物，便于大规模、多要素数据生产，给用户以更好的体验。地图符号是地图三要素之一，是连接制图者与读者的图形化桥梁[3]。现有GIS软件和制图软件中均具备基本的地图符号化功能，但在一些特定专题或场景下，符号的表达存在一些不适用的情况[4]，很多学者在商业软件的基础上进行二次开发使其达到更好的效果，或针对特殊专题的使用对符号化方法进行了研究[5-14]。基于此，本文针对智能化全息测绘中的各类地物要素符号化的问题，设计了一种便于通用和共享的符号化方法，并基于开源软件CloudCompare进行实现，验证其可行性。

1　面向智能化全息测绘的要素符号化方法思路

智能化全息测绘要素的符号化是以地物编码作为唯一标识符，不同地物编码对应不同的符号，同一图层中可能包含若干编码的地物，要依据编码对一个图层中的不同要素分别进行符号化。智能化全息测绘所涵盖的地物要素众多，每种地物对应的符号均为固定样式，为便于对各个地物进行符号化，并考虑到后期对符号库的编辑工作，本文设计了xml格式的符号文件记录所有地物对应的符号信息，一个地物编码对应一个符号信息。本文设计的符号化方法的整体思路为：在软件启动时，读取符号文件中的全部地物编码与符号信息的对应关系，记录在内存中，之后系统自动为矢量要素匹配符号，用户无需自己设置；在第一

收稿日期：2021-10-25；修回日期：2022-01-08。
项目来源：社会发展科技攻关项目（21DZ1204100）。
第一作者简介：李小雨（1994—），硕士，主要研究方向为GIS开发与应用，E-mail：xiaoyu_lee@whu.edu.cn。

次加载点线面时，从记录中查找该要素对应的符号描述，将其解析为若干个基本形状元素（点、线段、圆、圆弧、曲线等）存储下来，然后将基本元素绘制在屏幕上，若该要素无地物编码，则以某种默认方式绘制在屏幕上，后续刷新屏幕时重新绘制存储的基本元素即可。

2 关键技术

2.1 符号信息描述

每类地物在软件中均以固定样式的符号显示，因此需以某种格式的文件形式记录所有地物编码对应的符号信息，包括组成元素、长度、关键点坐标等特征。考虑到文件层次结构，以及阅读、编辑和程序解析的难度，本文设计了xml格式的符号文件记录所有地物要素的符号信息，包括点、线、面3种类型的地物。根元素下包括point、polyline和polygon三大类元素，所有点、线、面要素符号信息分别罗列在其中，以地物编码为单位，一个编码对应一个符号，每个符号用一个xml元素表示，元素标签名称为改符号对应的地物编码，符号对象中记录该符号的特征信息。

点要素符号主要描述路灯、井盖等点状地物，通常由若干个基本形状组成，并按照一定的方向显示。每个点要素元素标签名称为该要素的地物编码，一般为六位数字；其中子元素是所有组成该符号的基本形状，每个字符串对应一个组成元素。本文规定了点、折线、圆、圆弧、曲线等基本形状元素，用于组成点要素符号，每个组成元素用一些属性描述其具体位置和形状特征。其中所有坐标值均以该点要素地物的坐标值为原点，以相对坐标表示。

线要素符号主要描述道路边线、道路标线等线状地物，主要通过不同线型来表达，包括实线、虚线、点画线等。每个线要素元素标签名称也是该要素的地物编码，实线仅有width一个属性，表示线宽大小；虚线有dotteddescribe和width两个属性，width表示线宽，dotteddescribe用于描述虚线的虚部和实部信息，以最小循环单元[15]的信息来描述，负数表示虚部的长度，正数表示实部的长度，单位为m，0表示画一个点。

面要素符号主要描述停车位、禁停区等面状地物，符号内容由边界线和填充内容两部分组成。边界线由outline和linewidth两个属性描述，分别表示虚线线型和线宽，与线要素符号的要求一致。填充内容的类型由innertype表示，值为1则是用斜线阴影填充，还需加distance和angle两个属性来表示斜线间的间距和斜线倾斜的角度；值为2表示由单个符号填充；值为3表示用某个符号排列填充，内部符号的信息与点要素描述方法一致，每个形状元素作为该符号元素的一个子元素来表示；值为4则为纯色填充，颜色按照地物所在图层的颜色进行填充。

2.2 符号信息解析

以xml文件格式记录的符号信息，需要经过解析才能在屏幕上绘制对应的符号，解析分为以下两步。

1）初步解析xml文件。在程序启动时读取解析xml文件，将每一个符号对应的xml元素以键值对的形式存储在map容器中，key为地物编码，value为对符号的详细描述信息字符串，便于后续根据地物编码从符号容器中快速查找相应符号信息。

2）解析符号描述信息。在加载矢量数据时，根据每个要素的地物编码从存放所有地物符号信息的map容器中获取对应的符号描述信息，然后对其进行解析。点要素符号信息的解析是将符号信息解析为若干个基本形状元素，包括点、折线、圆、圆弧、曲线等；线要素符号主要解析其线型，包括实线、虚线和点画线的虚部和实部；面要素符号包括轮廓线的解析和填充内容的解析，轮廓线与线要素解析方法一致，填充内容与点要素解析方法一致。点符号和面符号中各类形状使用频繁，为了简化对形状解析和绘制的代码，本文设计了Symbol类和Shape类，分别表示符号和形状，一个Symbol对象中包括若干个Shape，Shape类作为所有基本形状的父类，点、折线、圆、圆弧、曲线等形状分别由子类Dot、Line、Circle、Arc、Curve实现，子类都继承父类的draw函数。在symbol类的构造函数中实现将xml文本内容解析成相应的形状，每个形状的特征参数通过形状子类构造函数传入，每一个地物要素对象中有一个Symbol成员变量，用于存储解析好的符号信息。线要素主要解析其线型和线宽，面要素则拆分为线符号和点符号分别进行解析。

2.3 符号绘制

本文在QT框架下使用OpenGL进行符号绘制的实现，在矢量数据类的绘制函数draw（）中调用符号Symbol的绘制函数draw（），将该地物插入点的 *xyz* 值传入绘制函数中，用于在该坐标值的位置上绘制相应符号。点要素符号的高程值与其插入点的高程值一致；线要素符号是在三维空间计算虚线间隔等位置信息，确保线上每一节点的 *xyz* 坐标值准确且保持不变；面要素符号的边界线与线要素一样保持每个节点高程准确，填充内容的高程值选用边界线所有节点中

高程最低的节点高程值，保证在俯视状态下符号显示的正确性。对于有方向的点要素符号在加载时，例如箭头等，要读取方向信息，在绘制符号时根据方向对符号进行绘制。关于符号的颜色，需在绘制时获取地物所在图层的颜色，同一图层采用相同的颜色。符号在屏幕绘制渲染的速度是要考虑的重要问题，本文通过以下几项内容来提高符号绘制的速度。

1）减少解析次数。在第一次加载矢量数据时，将对应的xml文本内容解析好，点要素和面要素的填充内容的特征参数存放在Symbol对象中，线要素和面要素的轮廓线线型也计算好存放在矢量对象中，之后每一次刷新屏幕都直接对之前存放的符号进行绘制，不再进行第二次解析，以减少解析xml消耗的时间。

2）对圆、圆弧和曲线的绘制进行简化。OpenGL对圆的绘制是通过对多边形无限逼近实现的，因此，本文通过绘制30边形来近似表达圆，用多段线近似表达圆弧和曲线，简化对圆、圆弧和曲线的绘制，达到提高渲染速度的效果。

3　实现与应用

CloudCompare是一款开源软件，支持矢量数据、点云数据等多种格式的数据加载及浏览等功能，有助于验证本文方法的通用性和正确性。因此本文在开源软件CloudCompare框架下使用C++语言对上述方法进行了实现，从对xml符号文件的读取、xml文件的解析、符号与形状类的定义、到符号的绘制渲染，验证了其可行性，实现了对智能化全息测绘矢量数据的符号化显示。通过该方法，可以将智能化全息测绘矢量成果以符号化的方式呈现，每个矢量图层颜色均根据生产规范进行设置，符号颜色与所在图层颜色一致。

图1是将符号化的矢量数据与点云数据进行叠加的效果，符号的高程与插入点的高程值一致。通过对矢量数据的符号化显示，用户可以更清晰直观地看到各类地物的位置、分布等，可以快速区分地物。在智能化全息测绘地物提取、检查、制图等过程中，符号化都可以发挥重要作用。

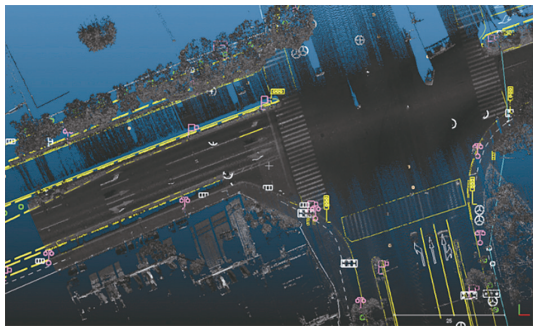


图1　矢量数据与点云数据叠加效果图

4　结　语

针对目前智能化全息测绘对于矢量数据须依据地物编码进行符号化显示的需求，本文设计了基于xml格式的符号信息描述方法，完成了符号信息解析及绘制，实现了通用的三维矢量数据符号化表达方法，具有完整性和独立性，不依赖于其他软件，解决了目前因各类软件捆绑无法自由实现符号化的问题。但目前复杂线要素符号的表达和绘制还没有更好的实现，后续还需深入研究。

参考文献

[1] 顾建祥,杨必胜,董震,等. 面向数字孪生城市的智能化全息测绘[J]. 测绘通报,2020(6):134-140

[2] 顾建祥,杨必胜,董震. 智能化全息测绘及示范应用[J]. 城市勘测,2019(3):10-14

[3] 王家耀. 关于信息时代地图学的再思考[J]. 测绘科学技术学报,2013,30(4):329-333

[4] 刘艳. GIS支持下的地图符号库系统的设计与研究[D]. 长春:吉林大学,2005

[5] 马京振,肖强,温伯威,等. 基于MicroStation的定向地图制图系统的研究与实现[J]. 测绘工程,2017,26(1):55-60

[6] 马帅. 铁路地理信息服务平台数据整理与符号配置[J]. 铁道勘察,2020,46(6):39-44

[7] 戴劲松,杨明. 模型驱动的土地调查要素符号库设计与实现[J]. 城市勘测,2021(1):79-83

[8] 谭金蓉,黄丽娜,肖屹,等. 面向室内地图多尺度表达的POI符号设计与实现[J]. 测绘地理信息,2021,46(1):83-87

[9] 吴泽权,陈蓉庄,覃涛. 基于VSTA的CorelDRAW二次开发在地图制图中的应用[J]. 测绘与空间地理信息,2020,43(10):216-219

[10] 吴先国,朱娟. 基于ArcGIS的1∶10 000地形图符号化模板制作研究[J]. 测绘与空间地理信息,2020,43(8):171-173

[11] 赵文宁. 一种基于OpenGL的态势符号标绘系统设计与实现[D]. 北京:中国科学院大学,2017

[12] 张标,陈楠. 应急专题符号库的设计与实现[J]. 测绘地理信息,2020,45(6):124-128

[13] 杨传波,徐乐,周冠男,等. 电子航道图图示符号库系统研究与开发[J]. 测绘地理信息,2018,43(2):87-89

[14] 张巨林,陈兆烟,谢刚生. 基于ObjectARX的用户地图符号库系统的设计与开发[J]. 测绘通报,2013(11):109-111

[15] 赵江洪,殷赣华. 通用地图符号库的算法设计及其实现[J]. 测绘通报,2002(4):41-42