引文格式：刘烜,杜浩强,欧念坤. 基于FME的地下市政基础设施普查单元面构建方法[J]. 地理空间信息, 2023, 21(9): 18-21. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2023.09.005

基于FME的地下市政基础设施普查单元面构建方法

刘　烜[1,2]，杜浩强[1]，欧念坤[1,2*]
（1. 浙江省测绘科学技术研究院，浙江 杭州 310023；2. 浙江省国土勘测设计有限公司，浙江 杭州 310030）

摘　要：普查单元面作为地下市政基础设施普查成果之一，在后续城市安全运行管理中具有重要作用。根据地下市政设施普查相关要求，提出了一种基于FME的普查单元面快速构建方法。以道路中心线为基础数据源，结合大比例尺DLG数据中的道路边线，通过道路中线缓冲生成单元范围面、边线构建Delaunay三角网修正单元面边线、叠加已有管网数据扩展单元面、道路交叉口切割单元面等方法，快速构建全测区普查单元面，可操作性强，大幅提升了普查单元面的准确性和构建效率。

关键词：地下市政基础设施；普查单元；自动化构建；地下空间；FME
中图分类号：P258　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）09-0018-04

Census Unit Surface Construction Method of Underground Municipal Infrastructure Based on FME

LIU Xuan[1,2], DU Haoqiang[1], OU Niankun[1,2]
(1. Zhejiang Academy of Surveying and Mapping, Hangzhou 310023, China;
2. Zhejiang Land Surveying and Planning Co., Ltd., Hangzhou 310030, China)

Abstract: As one of the results data of underground municipal infrastructure census, the census unit surface plays an important role in public security management. Aiming at the relevant requirements, we proposed a census unit surface fast construction method based on FME. Taking the road centerline as the data source, combining with the road edge lines in large scale DLG data, we used the methods of road centerline buffer generating unit range surface, edge line constructing Delaunay triangulation network to modify unit surface, overlaying existing pipe data to expand the unit surface and cutting unit surface by road intersections to quickly construct the whole survey area census unit surface, which was highly operable and could greatly improve the accuracy and construction efficiency of census unit surface.

Key words: underground municipal infrastructure, census unit, automated construction, underground space, FME

地下市政基础设施普查以地下交通、管线和地下空间工程为主要对象，根据城市规模选择合适的普查区域，再以各级城市道路合理划分区域范围即为普查单元[1]。城市道路信息变化周期短、时效性强，采用何种方式高效合理地划分普查单元，是后续普查工作开展和成果管理应用的前提，也是研究人员急需解决的关键问题。浙江省以建设部《城市市政基础设施普查和综合管理信息平台建设工作指导手册》为基础，编制了地下市政基础设施普查技术规范，对普查单元的编号方式进行了统一[2]，并从类型上划分为道路普查单元、街区普查单元和普查区外针对长输管线的其他普查单元。普查单元面的划分需考虑多种因素，道路是关键因素之一，因此道路网数据资料至关重要。传统人工构建处理方式是通过人工闭合道路边线分段构建普查单元面，工作量大且效率低，后续单元面的调整也费时费力，很难满足大批量道路自动化快速更新的需求。本文结合舟山市域约1 000 km道路范围普查单元面划分生产需求，以FME为基础平台，利用基础地理信息空间数据库的道路中线数据和灾害普查数据，结合1∶1 000DLG道路边线以及历史管线数据进行分区自动构面，并阐述了快速构建道路普查单元面的流程[3]。

1　普查单元划分要求

1.1　普查单元划分的必要性

1）开展城市地下市政基础设施普查工作的技术要求。建设部《指导手册》有关普查实施步骤的章节中明确要求在普查工作开展前，通过调绘、查阅道路

收稿日期：2022-04-02；修回日期：2022-07-28。
项目来源：浙江省自然资源厅科技资助项目（2022-58）。
第一作者简介：刘烜（1981—），硕士，研究方向为地下空间信息数字化应用、地球物理探测与软件开发，E-mail：e0971@qq.com。
通信作者：欧念坤（1978—），工程师，研究方向为地下管线探测、地下市政基础设施智慧化监测与运维，E-mail：617389738@qq.com。

权属单位和档案部门资料，以道路网建立立体的地下空间模型，并要求标有全部普查单元编号的普查区域图是展开普查工作的依据性技术文件。一个普查单元面对象包括道路管理信息，路幅形式、宽度、车道数等道路信息，路面病害、周边环境等隐患信息以及范围内所有地下市政设施空间信息[4]。

2）编制普查基本信息报告的信息需求。普查通过资料调绘、现场踏勘、探测实施等环节逐步完成普查单元内所有类别地下市政基础设施的信息采集，为各普查单元内全部地下市政基础设施信息表建立空间链接关系，并根据各普查单元的具体情况补充必要的图纸作为辅助材料。各类设施与道路属性信息、隐患信息、空间信息和辅助材料共同组成该普查单元的基本信息报告。其目的是将数据接入综合管理信息平台，为平台的共享应用、信息管理提供数据支持。

1.2　普查单元的划分要求

普查单元划分主要从可操作性出发，《指导手册》未做全国性统一要求，可根据普查区域的面积、道路密度、复杂程度等确定，城市建设重点区域以及地下市政设施容量大、类型复杂区域的普查单元道路长度可相应短一些。

1）沿道路分布。明确以道路、街区为单元进行划分的基本原则，根据道路长度和内含地下市政基础设施容量相对均匀地划分道路普查单元，并由道路普查单元合围区域形成街区普查单元，确保不漏不重、全面覆盖。

2）可操作性强。地下市政基础设施普查区域集中在城市建成区，道路分布集中，由表1可知，建成区道路分布集中，特别是老城区范围内道路密集、道路数量庞大，人工划分工作量巨大[5]。

表1　普查区域内道路网里程统计表

城市	建成区道路里程/km	建成区面积/km^2
北京	5 232	912
上海	4 082	565
广州	2 704	381
深圳	1 731	181

3）与内部设施紧密联系。普查单元内分布的各类设施是地下市政空间的重要元素，与普查单元面在空间上是包含关系；其要素编码与普查单元编号绑定，全省范围内唯一；基于普查单元基本信息开展地灾、结构缺陷等隐患排查，完成安全隐患排查报告，也是城市安全监测预警平台的基本需要。

4）构建快速准确。目前城市建设快速发展，中国城市规划设计研究院持续跟踪监测了全国36个主要城市道路网密度发展情况，对中心城区建成区平均道路网密度进行了统计[6]，截至2020年第4季度，全国36个主要城市道路网总体平均密度为6.2 km/km^2。因此，根据密集城市道路的特点，划分普查单元网，宜避免人工勾勒、采用软件工具批处理生产的方式。

2　普查单元面构建方法

2.1　FME概述

FME是一个支持多元数据提取、转换、加载、处理的空间数据转换处理工具，是完整的空间ETL解决方案，用户也可根据自身需求建立具有不同功能的数据处理、转换模型，从而大大提高数据处理效率[7]。FME基于OpenGIS组织提出的数据转换理念“语义转换”，提供在转换过程中重构数据的功能，为快速、高质量、多需求的数据转换应用提供了手段[8]。

2.2　普查单元和图幅的异同

1）信息表达不同。地形图图幅信息除图廓和少量管理信息外，不含地表地物属性信息，普查单元不仅是个面，而且承载着道路面的附属信息（表2）。

表2　道路普查单元调查信息分类表

信息类别	信息内容
一般信息	单元编号、道路名称、行政区划、普查日期、普查单位
管理信息	权属单位、建设单位，勘察、设计、施工单位等
道路信息	道路等级、路幅形式、路幅宽度、设计时速、机动车道数
隐患信息	路面结构、路面病害、地质构造、不良地质等
空间信息	降水措施、道路两侧既有重要场所信息等，空间形状、起点、终点名称、红线宽度、地下管线等

2）划分方式不同。地形图分幅是指按一定方式将一定区域的地图划分为尺寸相同的若干单幅地图；而普查单元划分主要以道路为单元，便于根据市政设施管理部门、道路权属单位、路幅形式变化等建立单元内设施相对独立的空间对象，单元面积不一，形状具有不规则性[9]。

3）编号方式不同。国家基本比例尺地形图分幅和编号是由比例尺代码、图幅行列号，共10位代码组成；地下市政基础设施普查单元编号采用3层11位层次码结构（图1）[10]。

4）与范围内要素对象间的关系不同。地形图分幅图在图廓线处将地物对象切割成标准规格的小图形文件，存在同一面状要素在不同图幅的情形；而普查

单元划分时需确保同一地下空间设施落在同一普查单元内，避免了面状设施跨单元[11]。

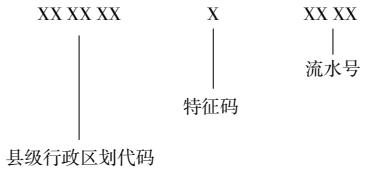
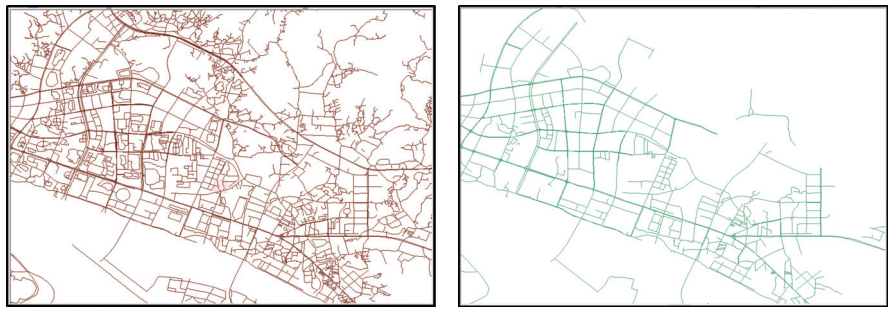


图1 地下市政基础设施普查单元编号结构

2.3 普查单元构建流程

根据已有道路网DLG道路交通数据，普查单元面构建过程为：①对源数据进行预处理；②提取道路交叉口信息点，构建“道路普查单元”和“道路交叉口普查单元”框架，并结合DLG数据对道路边线节点点集构建Delaunay三角网，进一步调整单元面；③根据构建的主干网范围面，叠加融合形成新单元面；④对道路交叉口和路幅变化处进行单元面切割，形成路口区间以及路段区间组成的道路普查单元面；⑤提取街区普查单元面。

1）数据预处理。通过资料收集，以1∶500、1∶2 000基础地理信息数据库为基础源数据，对交通相关图层进行分析预处理，包括冗余筛除、干扰数据清除、数据分类、断线连接等内容，其中冗余筛除是指筛除道路网数据中无需构建道路单元面的线类数据，主要包括一般铁路、城市轻轨、电车轨道、小区内部道路、天桥阶梯、地道地表出入口和其他交通附属设施线类；干扰数据清除是指设置查询条件清除独立于整个交通路网外、道路宽度小于4 m且细碎不完整的无名交通线，这些交通线在数据构建时不能构成有效普查单元面；数据分类是指根据道路等级编码和类型对交通线数据进行分类，筛选出城市道路（城区主次干道和街巷），包括高架、立交桥等，过滤小区内部道路和建设中道路，采用Tester工具去除碎线、极短线；断线连接是为了确保整个道路网连续相接，提高后期构面处理的质量，对相邻断线进行连接处理，借助FME的LineCombiner、Snapper转换器，通过设置从小到大的连接参数值进行循环连接断点，形成连续完整的道路网。预处理前后的城区道路边线对比见图2。



a 处理前 b 处理后

图2 预处理前后的城区道路边线图

2）构建道路单元面。以道路交叉口点为基点，根据交叉口形式和方向，生成交叉口面；以道路中心线为基线，道路宽度为属性生成缓冲参数，形成初步道路缓冲区网。对已有管线进行缓冲，并与初步道路缓冲区网进行叠加，修正扩展普查单元面，使普查单元覆盖管线设施。基于FME的Dissolves转换器，通过设定参数，删除相邻接多边形的公共边界，将具有相邻边界的对象相互融合合并，形成一张整体的普查区道路面网（图3）。

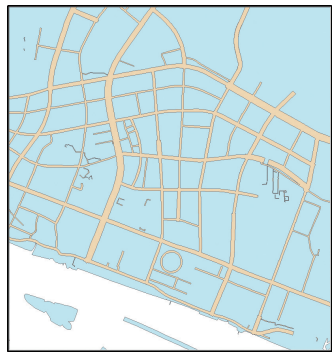


图3 普查单元道路面网

3）交叉路口切割。利用线叠加转换器在道路相交处创建交叉节点对象，并使该节点对象包含道路宽度（FWidth）等属性信息。需要注意的是，对于两条道路宽度相差较大的丁字路口、道路长度过长等情况，需灵活设置FWidth属性值。道路线交叉口范围面，以交叉口点为数据源，采用交叉道路宽度信息Buffer转换器缓冲生成不同宽度的道路交叉口切割面，并切割道路普查面网形成由道路交叉口面和道路区间段面组成的道路普查单元网（图4），区块1表示道路交叉口普查单元，区块2表示道路段普查单元，区块3表示街区普查单元。在道路边线上，不同道路连接处以及道路与其他地物要素衔接处不可避免地存在

凸起的锐角毛刺现象，这种现象会干扰道路面构建效果，因此本文利用FME的SpikeRemover转换器，通过角度设定参数消除道路边线中的毛刺、修复平滑道路边线。

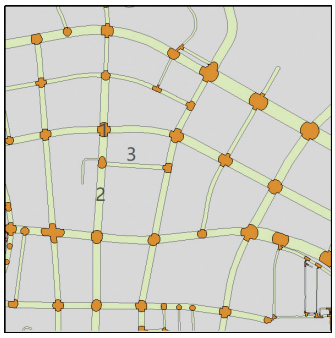


图4　普查单元面示意图

4）构建街区单元面。街区普查单元面的定义为普查区范围内由道路普查单元合围形成的面。从空间上街区普查单元面与道路普查单元面无缝邻接，街区普查单元面内只包括地下空间工程，不含管线。利用面叠加转换器，通过输入道路普查单元面和普查区域面，分析计算得到不相交的多边形区域并输出，从而创建街区普查单元面。

3　构建结果与性能分析

1）准确性分析。普查单元构建准确性包括3个方面：①单元面之间的拓扑关系，在构建道路交叉口面单元、道路单元、街区单元等工序通过融合、切割等空间分析算法，避免了面与面之间产生间隙的可能性，评测结果显示，实验区110 km^2范围内普查单元划分达到了无缝拼接全覆盖的要求；②通常市政道路地下管线分布于道路普查单元，地下人行通道分布于道路交叉口普查单元，人防工程和地下停车场分布于街区普查单元，但实地可能发生管线、人行通道等超出道路单元面的情况，该情况可通过调整道路缓冲宽度，修改道路宽度，与地下主干管线、人行通道等设施进行范围叠加融合，调整扩展单元面等方式解决；③道路单元面范围相对均匀，要求道路普查单元长度不得过长，本文首先在道路交叉口自然分割，再限定最大阈值，通过超长道路临界点打断的方式，避免后期构建单元面过长，从而确保单元面构建相对均匀。

2）构建性能分析。结合舟山市本岛全域1 000 km道路普查单元划分情况，在不考虑前期数据预处理工作的情况下，采用本文方法耗时仅几分钟，相对人工划分巨大的工作量，效率得到很大提高。其优势主要体现在：①随着普查工作的进行，普查单元内新增的地下市政设施要素将影响普查单元的准确性，这时采用自动划分方法，调整相关参数，即可随时重新划分；②不会出现单元面之间的拓扑错误；③操作方法简单，输入输出对象调整方便，参数配置灵活。

4　结　语

相较于手工绘制构建普查单元，本文提出基于FME的普查单元面快速构建方法，完成了县区级普查单元面的快速构建。在道路宽度取值准确、大小路交叉口参数设置合理的情况下，构建效率具有较大提升，道路单元、街区单元无缝邻接，构建的道路单元面较理想。由于道路拓扑结构和实地情况的复杂性（如主干道、支路相交的丁字路口），为保持连续性，有时需保持主路不切断，则不可避免地需要进行人工修整；部分管线敷设在道路周边绿化带中，已超出道路红线，管线分布在道路普查单元外，类似情况需调整道路普查单元；部分支线需通过算法迭代剔除自由端（末端）支管线，保留主干管线，经缓冲叠加融合处理，确保管线在空间上包含在道路普查单元内。

参考文献

[1] 住房和城乡建设部. 城市市政基础设施普查和综合管理信息平台建设工作指导手册[Z].

[2] 浙江省自然资源厅. 浙江省地下市政基础设施普查数据库建设规范[S].

[3] 刘美兰,杨珩,蔡忠亮. 超大城市空间信息普查技术体系研究与应用[J]. 地理空间信息,2021,19(12):103-105

[4] 龚其琛,李磊,邹威. 一种利用FME完善道路拓扑的方法[J]. 地理空间信息,2021,19(5):99-100

[5] 中国城市规划设计研究院. 中国主要城市道路网密度与运行状态监测报告[R].

[6] 陈玉敏,龚健雅,史文中. 多尺度道路网的距离匹配算法研究[J]. 测绘学报,2007,36(1):84-90

[7] 任俊儒. FME在GIS数据处理中的应用[J]. 测绘与空间地理信息,2018,41(11):129-130

[8] 吴国华. 基于大比例尺DLG的电子地图道路面快速构建方法研究[J]. 城市勘测,2021(6):22-27

[9] 刘杰,张雯. 语义与几何相结合的道路网融合研究与实现[J]. 测绘与空间地理信息,2017,40(7):62-64

[10] 赵东保,盛业华. 全局寻优的矢量道路网自动匹配方法研究[J]. 测绘学报,2010,39(4):416-421

[11] 李志刚,宫丽玮,刘玉. 市政管线信息模型自动化构建关键技术研究[J]. 地理空间信息,2019,17(6):85-88