引文格式：王哲,张君栋,吴文钊. 基于多源时空数据的基础地理实体自动化构建方法[J]. 地理空间信息, 2026, 24(4):117-121. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2026.04.024

基于多源时空数据的基础地理实体自动化构建方法

王　哲，张君栋*，吴文钊
（浙江省测绘科学技术研究院，浙江 杭州 310012）

摘　要：针对实景三维中国建设中基础地理实体的快速构建需求，提出了一种基于多源时空数据的基础地理实体自动化构建方法。该方法通过存量数据实体化处理技术，集成基础地理信息要素与基础地理实体图元自动化转换、基础地理实体自动化构建、语义关系自动化构建及自动化质检等关键技术，可显著提升构建效率。以浙江省丽水市为实验区进行方法验证，实验结果表明，基础地理实体构建效率可提升40%，该方法为基础地理实体构建提供了一条高效集约的技术路径。

关键词：基础地理实体；新型基础测绘产品；实景三维；时空数据；自动化构建
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）04-0117-05

Automated Construction Method of Basic Geographical Entity Based on Multi-source Spatio-temporal Data

WANG Zhe, ZHANG Jundong, WU Wenzhao
(Surveying and Mapping Science and Technology Research Institute of Zhejiang Province, Hangzhou 310012, China)

Abstract: An automated construction method of basic geographical entities based on multi-source spatio-temporal data was proposed in response to the demand for rapid construction of basic geographical entities in real scene 3D China construction. This method integrated key technologies such as automated conversion of basic geographical information elements and basic geographical entity graphics, automated construction of basic geographical entities, automated construction of semantic relationships, and automated quality inspection through the entity processing technologies of existing data, which could significantly improve construction efficiency. The method was validated taking Lishui City in Zhejiang Province as the experimental area. The experimental result shows that the efficiency of basic geographical entity construction can be improved by 40%. This method provides an efficient and intensive technical path for the construction of basic geographical entities.

Key words: basic geographical entity, new basic surveying and mapping product, real scene 3D, spatio-temporal data, automated construction

基础地理实体作为现实世界地理对象在数字空间中的映射，既是构建数字中国空间数据框架的核心要素，也是新型基础测绘的核心产品[1-2]。近年来，我国通过《全国基础测绘中长期规划纲要》《地理实体空间数据规范》等文件逐步确立了地理实体的标准化框架[3]。随着实景三维中国建设的深入推进[4-5]，地理实体逐渐成为时空枢纽，并通过空间身份编码实现多源信息的高效融合，从而为数字经济发展提供坚实的空间底座支撑[6-7]。

在实景三维产品的建设进程中，武汉、西安、银川等部分试点城市开展了关于基础地理实体的研究和实践[8]。如何能最大限度地发挥传统历史数据库的作用，以及最大程度地降低人工干预工作量，实现数据库的单体化、实体化、语义化的转换是试点城市在基础地理实体建设中遇到的共性问题[9-10]。针对上述问题，本文充分利用多源存量时空数据，研究了一种基础地理实体自动化构建方法，重点探索基于存量基础地理信息要素的实体化处理、实体自动化构建、语义关系自动化构建以及自动化质检等关键技术，以最大限度地降低人工干预工作量，提高实体构建效率。

1　技术流程

基于多源时空数据的基础地理实体自动化构建方法主要包括源数据收集、实体化处理、映射转换、实体构建、关系构建及自动化质检6个关键环节，该方

项目来源：浙江省测绘科学技术研究院院长科研资金资助项目（DFP2025C01）。
第一作者简介：王哲（1996—），硕士，工程师，主要从事新型基础测绘与实景三维研究等相关工作，E-mail：2501872728@qq.com。
通信作者：张君栋（1991—），硕士，工程师，主要从事新型基础测绘与实景三维研究等相关工作，E-mail：990417423@qq.com。

法的技术流程如图1所示。

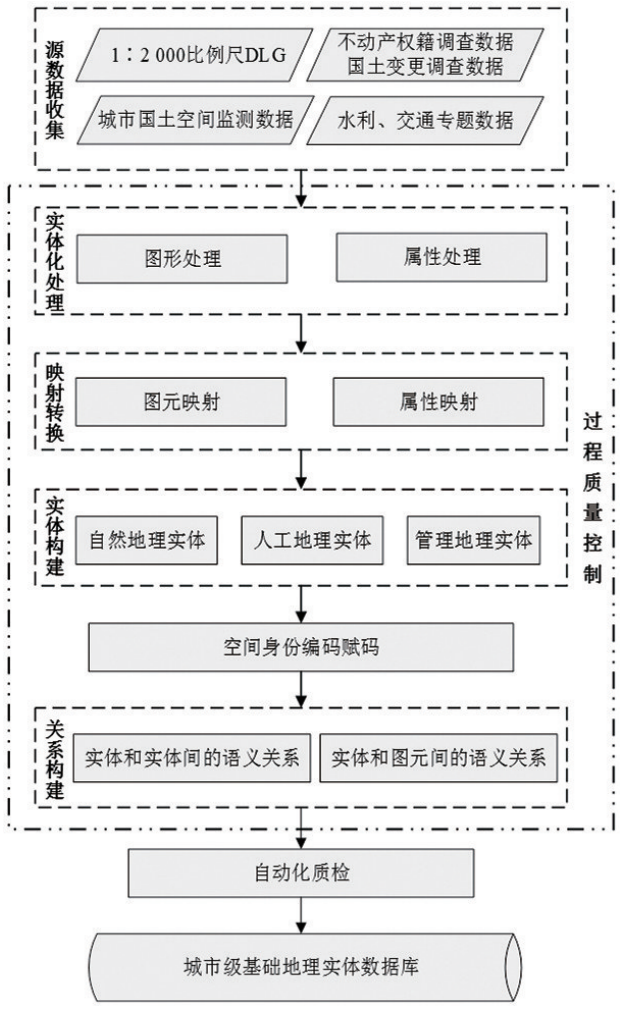


图1 基础地理实体构建技术流程

1）源数据收集阶段：收集用于基础地理实体生产的1∶2 000比例尺DLG数据、不动产权籍调查数据、城市国土空间监测数据以及水利、交通专题数据，并对数据源进行用途分析。

2）实体化处理阶段：该阶段的核心任务是将1∶2 000比例尺DLG数据（存量基础地理信息要素）处理为基础地理实体图元所需的几何表达形式。为实现这一目标，本文主要采用基于存量基础地理信息要素的实体化处理技术对DLG数据进行自动化补采、基于规则的自动化标识以及水系和交通的一致性处理等；同时，以专题数据为准对DLG数据进行核实修正。

3）映射转换阶段：分析现有基础地理信息的图形、属性等信息，基于基础地理信息要素与基础地理实体图元的自动化转换技术，建立基础地理信息要素实体图元的对应关系，制作映射表，进行图形和属性的自动化映射[11-12]。

4）实体构建阶段：根据基础地理实体构建要求，为每类实体设置构建规则，基于基础地理实体自动化构建技术完成自然、人工、管理实体的构建，并开展空间身份赋码。空间身份编码结构采用“专有标识域+标准域”两段划分的编码范式。专有标识域由2位根标识符码、4位基础地理实体专用码组成，用以基于MA国际标识体系进行基础地理实体的专有标识，标准域由26位位置码、6位分类代码、4位顺序码组成，用以实现对于基础地理实体的唯一标识[13]。

5）关系构建阶段：基于语义关系自动化构建技术，通过实体空间身份编码及图元标识码建立实体与图元间的对应关系，并以“三元组”（<实体，实体关系，实体>）形式记录实体间的语义关系[14]。

6）自动化质检阶段：基于基础地理实体自动化质检技术对实体成果数据库进行逻辑结构检查、语义关系检查、拓扑关系检查等，保证成果质量满足实景三维中国建设要求[15]。

2 关键技术

2.1 基于存量基础地理信息要素的实体化自动处理技术

1）自动化一致性处理技术：对于名称相同、编码相同且空间连通的水系、交通等要素需构建为一个实体。为保障实体构建正确性，在开展映射转换前需对基础地理信息要素开展一致性处理。水系及交通的自动化一致性处理主要利用ArcObject的空间关系运算接口（IRelationalOperator）和拓扑运算接口（ITopologicalOperator）进行要素关联分析，获取水系、交通线面空间位置不一致的要素，并通过表接口（ITable）和游标接口（ICursor）遍历属性表，对线面名称不一致和等级不一致的情况进行自动标注及核查。

2）自动化补充构面技术：地理实体图元多以面来表达，但在基础地理信息要素中，要素多以边线或范围线的形式表达，因此需补充构面。自动化构面技术主要利用FME的线连接（LineCombiner）、属性保留（AttributeKeeper）、面要素生成（Polygon Builder）等转换器对存量基础地理要素的边线或范围线进行自动化升维构面。如水利中的水闸、干堤、一般堤等要素，建（构）筑物中的台阶、门墩等要素均基于该技术进行补充构面。

3）基于规则自动化标识技术：在基础地理信息要素与基础地理实体图元的图形转换过程中，会面临同一个分类代码的基础地理信息要素需要参与转换为

多个实体图元的情况，以单层桥为例，单层桥要素需同时转换为铁路桥、公路桥、公铁两用桥实体图元，针对此类情形，在实体化处理阶段为DLG数据设置相应的标识规则：如铁路桥标识为“R”、公路桥标识为“H”、公铁两用桥标识为“B”，通过与对应要素的空间关联进行赋值标识，自动化标识可为下一阶段中图元的正确映射提供保障。

2.2　基础地理信息要素与基础地理实体图元的自动化转换技术

基础地理信息要素与基础地理实体图元的自动化转换技术主要利用FME的多条件输出（Test Filter）、要素过滤（Geometry Filter）、属性管理（Attributemanager）、条件判断（Tester）等转换器，通过建立基础地理信息要素与基础地理实体图元的几何映射表和属性映射表，进行图形和属性的映射。基础地理实体图元是从基础地理信息要素的点、线、面图形中一一映射得到，不进行额外的补充采集。在属性映射中，将图元和相关实体所需属性统一添加至属性映射表中，建（构）筑物中的房屋实体所需的最高层数（MAXSTOREY）、状态（STATE）等属性均从图元继承得到。

2.3　实体自动化构建技术

基础地理实体自动化构建融合了图形视图框架体系（Qt Graphics View Framework）、R树索引、四叉树空间分区及数据库管理关键技术，基于不同类型实体的构建规则，通过“多属性约束”+“多空间关系”双引擎驱动，研发了多线程地理实体自动化构建模型，从而实现实体的快速构建。

以国道实体构建为例，首先需提取出与国道结构线相交的道路面、以及国道与其他城市道路共享的信息，进行国道数据集的构建；其次，依据路线编码以及线面相交的规则约束，进行不同路线编码的国道实体的构建，最后自动获取实体的名称以及分类代码等信息来完成国道实体的最终构建。

2.4　基础地理实体语义关系自动化构建技术

基础地理实体语义关系自动化构建集成了空间分析、属性语义匹配、图数据库建模等技术，通过图元标识码和空间身份编码的“多对多”、“一对多”、“多对一”等关系对单图元实体、多图元实体的图元组成进行解析。基于实体语义关系规则，通过空间缓冲区分析、空间包含分析、空间方向分析构建空间索引，并基于属性匹配、层次编码匹配机制，自动计算获取实体之间依赖关系、整部关系等。利用图数据库以及“三元组”的数据组织方式，构建基础地理实体间的知识图谱模型[16]。在设定语义关系规则时，需结合数据特征，并在关系模板中设置相关参数，如国道、省道高速与收费站、服务区之间的拓扑容差设置为600 m国、省道高速600 m缓冲区以内的收费站以及服务区都需与其构建对应的依赖关系。

2.5　基础地理实体自动化质检技术

基于拓扑检查算法（Topology Checker相关算法），自动化进行拓扑重叠、拓扑相离等图属检查，拓扑检查主要构建了道格拉斯-普克（Douglas-Peucker）简化、平面图拓扑校验（Planar Graph Topology Check）等模型，通过R-tree加速空间查询，减少数学计算复杂度；同时基于逻辑结构遍历算法（Traversal）、深度优先搜索算法（DFS）、动态规划算法（DP），将质检规则转换为图查询语言算法，构建基础地理实体成果数据库的逻辑结构检查，与待检查的成果数据进行递归比对，实现逻辑一致性、数据完整性、数据正确性等自动化质检。

3　实验与分析

本文选取浙江省丽水市92 km^2的范围为实验区对上述技术路线开展实验论证。本次实验人员均分为两组，实验组一采用基于存量基础地理信息要素的实体化处理技术进行数据的预处理，实验组二采用人工处理的方式进行预处理。

3.1　源数据收集分析

多源数据是地理实体建设的数据基础[17]，本次实验收集了建设范围内的1∶2 000比例尺DLG数据作为实体转换生产的数据源；水利和交通专题资料作为水系和交通要素起讫点、名称等修正的参考；不动产自然幢数据作为房屋图元的参考；不动产宗地数据、城市国土空间监测数据、国土变更调查数据作为院落实体图元的参考。

3.2　实体化处理

1）基于专题数据核实修正。参考水利和交通专题数据，基于实体化处理中的自动化一致性处理技术对地面河流、运河、湖泊等要素的“类型”“名称”以及国道、省道、县道、乡道、专用公路、村道起讫点的“名称”“路线编码”等属性信息进行核实修正。

2）自动化补充构面及标识。山体、水利、建（构）筑物、农林用地与其他土地以及管线中需补充构面的要素基于自动化补充构面技术进行补充构面，地名、行政区划单元以及其他无需特殊处理要素

则直接基于1∶2 000比例尺DLG数据进行转换。本次实验需补充构面的要素涉及干堤、一般堤、台阶、门墩、通车水闸等，需进行自动化标识的要素涉及单层桥、双层桥、并行桥及建筑中街道等，实验组一基于本文上述实体化处理技术中的相关程序来完成自动化补充构面及标识，实验组二基于人工完成。

3）房屋及院落范围获取。房屋范围基于不动产权籍调查自然幢数据进行综合。院落范围首先从年度国土变更调查数据中提取生活居住、公共管理与公共服务、商业服务、工矿生产、农业生产、交通运输、特殊场所、其他院落等图斑作为院落的基底范围，并综合利用不动产权籍调查宗地、土地供应、城市国土空间监测等数据在基底范围内确定院落和其边界。

3.3 自动化实体构建

自动化实体构建首先通过图元及属性映射实现预处理数据与图元间的转换；其次通过设置基于名称的线面匹配规则、线落入面等规则来形成完整的实体构建方案；最后，根据基础地理实体构建方案生成基础地理实体数据库。

3.4 自动化语义关系构建

基于基础地理实体空间拓扑、属性语义等信息，自动计算获取基础地理实体之间的空间关系和类属关系。本次实验中实体语义关系构建类型主要有整部关系、依赖关系、空间连通关系，实体关系类型如图2所示。

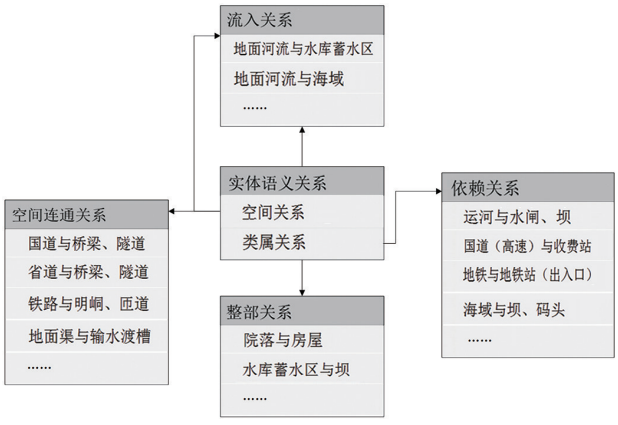
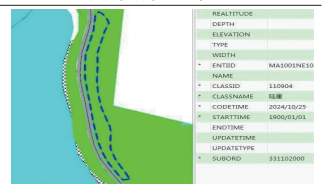
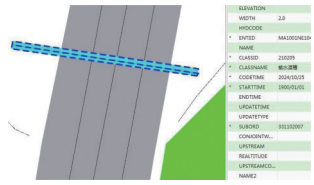
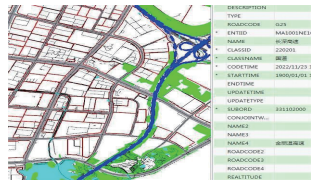
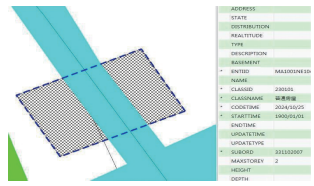
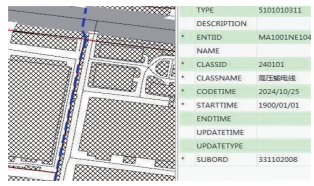
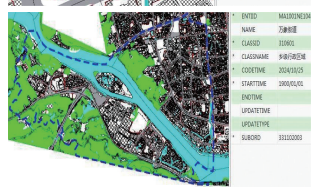
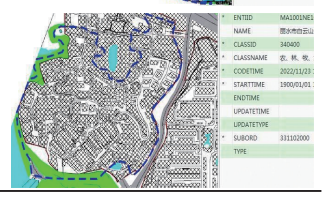


图2 实体语义关系构建类型

3.5 结果与分析

本次实验中的实体化处理、映射转换、实体构建、语义关系构建等环节均基于本文上述的自动化构建方法及关键技术来实现。实验区构建出的基础地理实体共计140 648个，成果要素统计及示例如表1所示。

表1 实验区基础地理实体成果统计

实体层	要素数量/个	实体示例
ZST（山体）	97	
ZSX（水体）	1 920	
ZNT（农林用地与其他土地）	16 858	
RSL（水利）	2 326	
RJT（交通）	6 704	
RJG（建（构）筑物及设施）	83 697	
RGX（管线）	27 877	
RYL（院落）	1 141	
GQH（行政区划单元）	18	
GQY（其他管理区域）	10	

根据实验区效率统计结果，实验组一在预处理阶段用时15 d，整个实体构建阶段用时21 d，组二在预处理阶段用时28 d，在整个实体构建阶段用时35 d，且预处理结果直接影响图元转换的效率。本文提出的基于存量基础地理信息要素的实体化处理技术在预处理阶段效率可提高46%，在整个实体构建过程中，效率可提高40%。

实验完成后，基于质检软件开展自动化质检，质检结果显示数据完整、逻辑正确、编码正确、实体构建及语义关系构建准确无误；同时该产品也同步提交至国家测绘产品质量检验测试中心，检验质量等级为“优”。该实验表明了基于多源数据的基础地理实体自动化构建方法切实可行，该方法可为其他省市基础地理实体构建工作提供案例参考。

为验证本文提出的基础地理实体自动化构建方法，设计了两组对照实验。实验组一采用本文实体化处理技术，实验组二采用传统人工方式。预处理阶段，实验组一用时15 d，实验组二需28 d；实体构建阶段，实验组一耗时21 d，实验组二用时35 d。数据表明，预处理效率提升46%，综合效率提高40%。这一差异源于两方面创新：一是通过智能识别算法实现地理要素自动化分类编码，减少人工判读时间；二是构建预处理与图元转换的动态关联机制，形成高效协同链条。高质量输出缩短迭代周期、降低返工率，是效率提升的核心驱动力。

质量管控方面，采用自主研发质检软件开展全自动化检查，涵盖数据完整性、逻辑一致性、编码规范性、实体准确性及语义关系五大指标，均达设计要求。产品同步提交国家测绘产品质量检验中心检测，获评质量等级“优”，达行业领先水平。

该实验表明，该方法在技术路线和工程实践上切实可行，实现效率与质量双重突破，解决了传统模式周期长、成本高、质量波动大等痛点，为海量地理信息数据实体化转型提供可复制范式，可为其他省市提供重要参考。

4　结　语

本文提出一种基于多源存量时空数据的基础地理实体自动化构建方法，通过存量数据的实体化处理技术，实现历史数据库向基础地理实体的高效转换，并集成实体自动化构建、语义关系构建及质检等关键技术，最大限度减少人工干预。实验结果表明，利用该方法进行基础地理实体构建，效率可提升40%，对其他省市基础地理实体构建工作具有一定的参考意义。后续研究将探索基础地理实体与地理场景的融合，通过空间身份编码关联管理要素，结合实景三维与自然资源业务，实现智能化综合管理。

参考文献

[1] 张周平,黄嫚,张春奎,等. 实景三维地理实体数据建设关键技术研究与实践[J]. 测绘科学,2024,49(6):161-168

[2] 陈向东,陈品详. 实景三维应用与发展(上册)[M]. 北京:中国电力出版社,2023

[3] 国务院关于全国基础测绘中长期规划纲要(2015-2030年)的批复[EB/OL].(2015-06-01)[2025-03-12]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2015-06/06/content_9830.html

[4] 自然资源部办公厅关于全面推进实景三维中国建设的通知[EB/OL].(2022-02-24)[2025-03-12]. https://m.mnr.gov.cn/gk/tzgg/202202/t20220225_2729401.html.

[5] 陈军,刘建军,田海波. 实景三维中国建设的基本定位与技术路径[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2022,47(10):1568-1575

[6] 刘纪平,刘坡,翟亮,等. 基础地理实体的特征分析与表达初探[J]. 测绘科学,2023,48(8):1-9

[7] 陈军,田海波,高崟,等. 实景三维中国的总体架构与主体技术[J/OL]. 测绘学报:(2024-04-18)[2025-03-12].https://link.cnki.net/urlid/11.2089.P.20240417.0946.002

[8] 肖建华,李鹏鹏,李海亭,等. 国家新型基础测绘建设武汉试点中期实践与思考[J].测绘通报,2022(1):164-167

[9] 邹磊,杨鹏,曹文涛,等. 从存量地形图到地理实体的自动化生产实践[J]. 测绘通报,2022(12):147-152

[10] 张号,杨新海,王炜,等. 现有数据转换生产基础地理实体问题处理与质量分析[J]. 地理空间信息,2024,22(11):105-108

[11] 新型基础测绘与实景三维中国建设技术文件-5-7[EB/OL].(2022-04-18)[2025-03-12].https://gi.mnr.gov.cn/202204/t20220422_2734615.html

[12] 新型基础测绘与实景三维中国建设技术文件-8-12[Z].北京市:中国测绘科学研究院,2023-09-19

[13] 新型基础测绘与实景三维中国建设技术文件-1-4[EB/OL].(2021-12-27)[2025-03-12]. http://gi.mnr.gov.cn/ 202112/t20211227_2715842.html

[14] 燕琴,翟亮,刘坡. 实景三维中国建设关键技术研究综述[J]. 测绘科学,2023,48(7):1-9

[15] 刘纪平,刘坡,翟亮. 实景三维中国标准体系框架和内容[J/OL].时空信息学报:(2025-01-19)[2025-03-12].https://doi.org/10.20117/j.jsti.202501006

[16] 陈年松. 基础地理实体关系的知识图谱构建方法研究[J]. 地理空间信息,2024,22(6):20-24

[17] 张向军,李茜楠,马强,等. 地理实体数据建设关键技术研究及应用探索[J]. 地理空间信息,2024,22(8):64-67