引文格式：张同全,唐固城,徐萌,等. 基于FME的地下市政管线设施普查数据质检方法[J]. 地理空间信息, 2025, 23(11): 120-123. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2025.11.026

基于FME的地下市政管线设施普查数据质检方法

张同全[1,2]，唐固城[1,2*]，徐　萌[3]，谢丽芳[1]
（1. 浙江省测绘科学技术研究院，浙江 杭州 310030；2. 浙江省国土勘测规划有限公司，浙江 杭州 310000；
3. 温州工程勘察院有限公司，浙江 温州 325006）

摘　要：城市地下市政管线设施成果检查面临着效率与开发成本的双重挑战。为提高数据检查效率和降低软件开发成本，提出了基于FME的地下市政设施普查成果质检项程序模型，研究了数据检查方法构建的关键技术，并通过浙江省某县普查成果检查对构建程序进行了验证。结果表明，基于FME的检查程序在提高地下市政管线设施成果检查效率和降低开发成本方面具有显著优势，可为地下市政管线数据管理的现代化提供强有力的支持。

关键词：FME；地下市政管线设施；高效性；自动化；数据检查
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）11-0120-04

Quality Inspection Method for Underground Municipal Pipeline Facility Census Data Based on FME

ZHANG Tongquan[1,2], TANG Gucheng[1,2], XU Meng[3], XIE Lifang[1]
(1. Zhejiang Research Institute of Surveying and Mapping Science and Technology, Hangzhou 310030, China;
2. Zhejiang Land Surveying and Planning Co., Ltd., Hangzhou 310000, China;
3. Wenzhou Engineering Investigation Institute Co., Ltd., Wenzhou 325006, China)

Abstract: The quality inspection of urban underground municipal pipeline facility achievement faces the dual challenges of efficiency and development costs. To enhance data quality inspection efficiency and reduce software development costs, we proposed a quality inspection program model for underground municipal facility census achievement based on FME, explored the key technologies of constructing data inspection methods, and verified the constructed program through the census results in a county in Zhejiang Province. The result shows that the inspection program based on FME significantly improves the inspection efficiency of underground municipal pipeline facility and reduces development costs, providing strong support for the modernization of underground municipal pipeline data management.

Key words: FME, underground municipal pipeline facility, high-efficiency, automation, data inspection

2020 年 12 月底住建部发布的建城[2020]111 号《关于加强城市地下市政基础设施建设的指导意见》明确指出，目前城市地下管线、地下通道、地下公共停车场和人防等市政基础设施仍存在底数不清、统筹协调不足、运行管理不到位等问题，要求到2023年底基本完成城市地下市政基础设施普查，摸清底数，掌握存在的安全隐患风险点并限期消除，地级及以上城市建立和完善综合管理信息平台；到2025年底基本实现综合管理信息平台全覆盖，健全建设协调机制，提高建设效率，降低安全隐患和事故发生率，提升城市安全韧性。2021年浙江省先后发布了浙建城[2021]21号《浙江省加强城市地下市政基础设施建设实施方案的通知》和浙自然资厅函[2021]431号《浙江省地下城市市政基础设施普查实施方案的通知》，标志着浙江省城市地下市政设施普查[1]的正式启动。2021年8月2日发布的浙自然资发[2021]4号《浙江省城市地下市政基础设施普查技术规程》明确了地下市政管线设施普查的主要技术规范。普查提交的数据库格式为GDB空间数据库，而外业数据多采用MDB非空间数据库格式[2]。为MDB数据库向GDB数据库的正确转换，必须

项目来源：院长科研资金“揭榜挂帅”项目（DFP2023A01）。
第一作者简介：张同全（1979—），本科，工程师，注册测绘师，主要研究方向为地理信息系统应用与地下空间测绘，E-mail：4292338@qq.com。
通信作者：唐固城（1993—），硕士研究生，工程师，注册测绘师，主要研究方向为测绘地理信息系统应用及管线数据处理，E-mail：tgc1071039574@163.com。

保证MDB数据库的数据质量。FME软件在搭建地下管线数据质检[3]模块方面具有支持多种格式[4]、自动化数据转换[5]处理、可扩展和定制化等优势。这些特点使其成为处理地下管线数据质检[6]的理想工具，能显著提高数据质量和工作效率。因此，本文提出了基于FME的地下市政设施普查成果质检项程序模型，研究了数据检查方法构建的关键技术，旨在提高质检效率并降低管线数据质检软件开发成本。

1　数据库结构与软件

浙江省地下市政设施普查外业数据采集采用MDB非空间数据库[7]，通过点、线表来记录地下管线设施的坐标、高程、特征、附属物、管径、材质等属性信息。根据《浙江省城市地下市政基础设施普查技术规程》等规范的要求，点表主要包含管线点点号、*X*坐标、*Y*坐标、高程、特征、附属物、井盖材质、井盖规格、井脖规格、井室规格、权属单位、建设年代、所在位置等属性项；线表主要包含起点点号、终点点号、管径、材质、埋深方式、电压、压力、孔数、根数、流向、权属单位、建设年代、所在位置等属性项。浙江省地下市政设施普查[2]管线点表包含28项属性、线表包含64项属性，涵盖了空间信息、技术信息、管理信息。

FME是由Safe Software公司开发的一款功能齐全的数据转换和处理工具，主要包括数据转换、数据集成和数据质量检查等功能，支持超过450种格式的数据，可对不同数据格式进行无缝转换。FME因操作灵活、功能全面等优势，被广泛应用于数据集成[8]、数据清洗[9]、数据转换[10]和空间分析[11]等GIS[12]工作中。用户可通过FME快速处理空间数据[13]，确保数据的一致性[14]和准确性[15]。

2　数据质量检查

2.1　检查项和检查内容制定

数据质检模块应充分收集地下管线普查中的逻辑查错规则和常见错误，并结合现行规范要求积极创新，全方位、多维度、有针对性地对重点和常见错误进行分析梳理，力求做到结构完整、条例清晰。逻辑规则包括10个大类、70多个子类。

2.2　质量检查方法

1）数据冗余与完整性检查。该类检查主要利用StatisticsCalculator、AttributeCreator、DuplicateFilter、Tester、FeatureJoiner等转换器。对于点记录重复检查，直接采用DuplicateFilter转换器过滤重复字段。对于线记录重复检查，不仅包括起止点完全相同的重复记录，还包括起止点互换的重复情况，首先通过AttributeCreator生成管段字段，再交换起止点的点号顺序重新生成管段字段，然后将两次生成的记录合并，最后通过DuplicateFilter转换器过滤出现次数大于等于两次的记录，即为重复的线记录。对于孤立的点和线记录（点表中的点号未在线表中出现或线表中的起点或终点点号未在点表中出现），将线表中的起点和终点点号组合为一列，再利用FeatureJoiner转换器与点表中的点号字段进行全连接，未关联的字段即为孤立点或孤立线。

2）必填字段与值域检查。该类检查主要利用Tester转换器，通过设置各种测试条件过滤不满足要求的记录，从而严格保障数据的完整性与准确性。必填字段包括必填字段和条件必填字段，管线点点号、*X*坐标、*Y*坐标以及此次普查要求的政府主管部门等字段均为必填字段；条件必填字段是在特定条件下必须填写的字段，如排水管线的流向字段和燃气管线的压力字段等。通过对字段的值域进行限定，可以最大限度地提高数据质量，减少人工录入时可能出现的错误。字段值域检查应充分利用正则表达式的功能，以确保数据在格式和内容上的一致性。

3）枚举字段正确性检查。针对管材、附属物、井盖性质、井盖材质、井材质以及是否有安全网等规程中设置的枚举类型字段，必须严格按照规范枚举的范围填写。该类检查主要通过Tester转换器进行验证。

4）井信息检查。根据规程要求，利用Tester转换器对井盖、井脖、井室、井深等井属性信息进行完整性和逻辑一致性检查。例如，当附属物为井时，需检查井盖、井室规格和井深是否填写完整；井脖及其尺寸是否成对出现；井盖形状和井盖尺寸是否符合逻辑关系等。

5）超长和超短管线检查。本次普查继续沿用CJJ 61–2017《城市地下管线探测技术规程》的要求，即直线管线段的长度不宜超过75 m。由于本次普查要求采用三维建模进行数据采集，因此对于管线的上下翻转，需测量相应的上下两点及其属性，以准确表达管线的三维走向。超长和超短管线段的检查基于三维长度进行计算。根据普查经验，长度小于0.1 m的管段被视为不合理。该类检查主要采用FeatureJoiner、AttributeCreator、AttributeRenamer、Tester和AttributeKeeper等转换器。首先采用AttributeCreator为管线生成起止点的坐标和高程字段；然后通过

FeatureJoiner连接点表，赋值新建字段；再利用AttributeCreator计算管道的三维长度；最后通过Tester输出长度大于75 m或小于0.1 m的记录。

6）排水流向检查。排水流向检查基于排水流向与管道起止点高程之间的逻辑关系，通过计算判断是否存在逆流、落差过大或无排出点等逻辑错误。根据实践经验，逆流条件设置为0.3 m，即如果A点流向B点，但A点高程比B点低0.3 m以上，则视为逆流，需现场核实；如果A点高程比B点高出2.5 m以上，通常被认为落差过大，也需现场核实；如果C点为管道末端点，但属性不是出水口、泵站或非普查点，则视为汇聚点，即水流无法排出。该类检查主要采用TestFilter、FeatureJoiner、AttributeRenamer、AttributeKeeper、Tester和AttributeCreator等转换器。在排水流向高差检查中，首先采用FeatureJoiner两次连接点表，获取管道起点与终点的高程信息；再通过AttributeCreator计算起止点高差；最后根据流向字段的内容，通过Tester输出存在逆流或落差过大的管段。在汇聚点检查中，首先通过TestFilter分离出流向为0和1的字段，并利用AttributeRenamer交换流向为1的记录的起点和终点，确保所有管段的流向均为0；然后通过FeatureJoiner匹配起点和终点，未能匹配到起点的记录即被认定为汇聚点，可有效确保排水系统逻辑的准确性与数据合理性。

7）井间距与同井高程不一致检查。根据《浙江省城市地下市政基础设施普查技术规程》的要求，本次普查需按权属类别进行调查，因此可能存在坐标完全相同但属性不同的通信管线。根据实践经验，若在通信井半径范围内存在点属性为井，则视为不合理。此外，对于坐标完全匹配的井进行高程对比，若高程不一致，同样被认为不合理。该类检查主要采用VertexCreator、PointOnPointOverlayer和Tester等转换器。首先利用VertexCreator生成空间点，再通过PointOnPointOverlayer判断点与点之间的空间关系，Tester设置过滤条件；最后筛选出不符合要求的记录，以确保通信管线坐标的一致性和数据的准确性。

8）管线连接度检查。针对三通、四通等特征的管线，需通过计算管线的连接度判断其特征是否匹配，从而有效检查管线是否存在遗漏。例如，当管线点表的特征字段属性为三通时，线表中该起点和终点对应的点号应累计出现3次，否则则存在问题。该类检查主要采用StatisticsCalculator、AttributeKeeper、AttributeRenamer、FeatureJoiner、DuplicateFilter等转换器。利用StatisticsCalculator统计点号出现的次数，AttributeKeeper和AttributeRenamer进行字段保留与重命名，FeatureJoiner连接表数据，DuplicateFilter过滤重复数据，从而确保管线连接特征的准确性，有助于发现并纠正数据中的遗漏问题。

9）埋深、管径、材质等检查。埋深检查包括埋深值域范围检查（通常最大限制设定为20 m）、埋深和井深的逻辑关系检查，如井各方向的最大埋深值（换算至管底）不能超过井深值，井脖深不能超过井深，隐蔽点各方向的埋深必须一致等。管径检查包括管径值域范围检查（通常根据各类管道的最大值设定）、管径与敷设方式的匹配性，如通信管道规格为400×300时，应采用管埋方式敷设。材质检查主要包括材质的值域范围检查以及材质与管线类别的匹配性检查。该类检查主要采用StatisticsCalculator、AttributeExposer、Counter、AttributePivoter、AttributeCreator和Tester等转换器，确保数据的准确性与逻辑一致性，从而提升普查数据的整体质量。

10）埋设方式、孔数、根数、电压、压力等检查。该类检查主要通过字段之间的逻辑关系判断字段填写的合理性。例如，若埋设方式为直埋，则管径字段不应是断面规格；总孔数应大于已用孔数；高压电力类管线的电缆根数应与占用孔数一致；有电压值的管线电缆根数应大于0；燃气管线的压力字段为必填项；非调压装置两端管段的压力应保持一致等。该类检查主要采用Tester和AttributeCreator等转换器，确保字段间逻辑关系的合理性，提升数据的准确性和一致性。

3 实例应用

3.1 实验数据

实验采用的软件版本为FME Workbench 2020.2，设备为Intel(R) Core(TM) i7-8550U CPU@1.80 GHz 1.99 GHz 8 GB的笔记本电脑。基于上述方法搭建管线数据检查模型，并以浙江省某县地下市政基础设施普查成果的初始MDB数据库为例进行程序测试。数据库包括给排水等各管类的点线表数据（表1、2）。

3.2 结果分析

待检数据为浙江省某县初步普查数据库，数据成果为mdb格式，包含建成区24 km^2范围内的水管线、排水管线（雨水、污水等）、电力管线（供电、路灯、交通信号）、通信管线（移动、联通等）、燃气管线、热力管线、工业管线7类管线。将准备好的mdb数据导入程

表1　MDB数据库（点表，部分字段）

ID	物探点号	X坐标	Y坐标	地面高程	特征	附属物	井盖形状	井盖材质	井盖尺寸	井材质	井尺寸	井深	井脖尺寸	井脖
1	16JS955	33 094.972	340.339	4.779	非普查									
2	16JS954	33 110.410	347.685	4.956		给水管线—检修井（点）	圆	铁	800	混合结构	1 800×1 800	2.78	700	0.80
3	16JS953	33 110.163	345.769	5.183		给水管线—检修井（点）	圆	铁	800	混合结构	1 800×1 800	2.82	700	0.82
4	16JS956	33 099.255	346.015	4.712	非普查									
5	16JS952	33 109.783	343.854	4.913	一般管线点									
6	16JS951	33 134.208	338.616	5.276		给水管线—检修井（点）	圆	铁	800	混合结构	1 800×1 800	2.70	700	0.56
7	16JS950	33 160.370	395.177	4.439	非普查									
8	16JS948	33 160.548	390.123	4.657		给水管线—检修井（点）	圆	复合	700	混合结构	1 800×1 800	3.20	600	1.35

表2　MDB数据库（线表，部分字段）

ID	起点点号	连接方向	起点埋深	终点埋深	管材	埋设类型	管径	道路名称
1	16JS955	16JS954	1.100	1.140	球墨铸铁管	直埋	200	环城西路
2	16JS954	16JS953	1.990	2.190	球墨铸铁管	直埋	400	环城西路
3	16JS953	16JS952	2.190	1.430	球墨铸铁管	直埋	400	环城西路
4	16JS956	16JS952	1.480	1.430	球墨铸铁管	直埋	1 000	环城西路
5	16JS952	16JS951	1.430	1.470	球墨铸铁管	直埋	1 000	环城西路
6	16JS951	16JS945	1.470	0.960	球墨铸铁管	直埋	1 000	环城西路
7	16JS950	16JS948	2.100	2.150	球墨铸铁管	直埋	800	环城西路
8	16JS948	16JS949	2.150	1.850	球墨铸铁管	直埋	800	环城西路

序中进行质量检查，并将检查结果以Excel表格的形式输出，供作业人员进行核实与修改。结果表明，质检耗时8 min48 s，生成错误记录30 789条，管线长度为1 387 km。

4　结　语

FME软件突破了地理数据之间的壁垒，成为数据与实际应用之间的理想桥梁。本文借助FME丰富的转换器组件，搭建了一套适合于城市地下市政管线普查成果的数据检查程序模型；并通过浙江省某县地下市政普查成果管线实际数据验证了本文程序模型的正确性与高效性，通过模块化设计与图形化界面减少了编程工作量与技术门槛，质检效率大幅提高，能迅速适应和响应实际应用中的新需求，进一步提升了经济效益和应用价值。地下市政设施普查成果还包括地下停车场、人防工程等各种地下空间数据，对于地下管线以外的地下空间类调查成果的处理和转换，仍存在一定程度的局限性，后续需有针对性地完善处理程序模型。

参考文献

[1] 方剑强. 浅谈浙江省城市地下市政基础设施普查的实施模式[J]. 浙江国土资源,2021(12):24-26

[2] 许国安,朱旭红,季超伦. 基于AutoCAD地下管线前端数据采集系统的开发[J]. 测绘工程,2011,20(3):70-73

[3] 李才,杨喆. 基于FME的地下管网数据转换及质量控制研究[J]. 城市勘测,2022(5):49-54

[4] 李刚,朱庆杰,张秀彦,等. 基于FME的城市GIS基础空间数据格式转换[J]. 测绘通报,2006(4):17-20

[5] 石善忠. 利用FME对CAD到GIS数据带属性的无损转换研究[J]. 测绘与空间地理信息,2022,45(11):236-237

[6] 宫林成. 城市地下管线数据质量检查规则与系统设计[J]. 地理空间信息,2020,18(6):106-108

[7] 欧念坤,刘烜,张同全. 基于FME的地下市政基础设施普查成果转换方法研究[J]. 现代测绘,2023,46(4):48-52

[8] 方鹏,罗名海,刘涛. 基于FME语义映射的数据转换及应用[J]. 地理空间信息,2009,7(6):18-21

[9] 苏建云,黄耀裔,陈文成. 基于FME的GIS数据格式转换研究[J]. 北京测绘,2009,23(1):36-39

[10] 李丞鹏,羊远新,张蕴明. 使用FME与VBA提取机场方格网高程数据[J]. 测绘通报,2021(8):129-134

[11] 陈继山. 利用FME实现分幅地下管线图快速建库的研究与应用[J]. 测绘与空间地理信息,2015,38(10):137-138

[12] 郭玉,罗研. 地下管线综合管理系统设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息,2015,38(5):134-136

[13] 郝璨,石丽红. 基于FME的OpenStreetMap数据分析提取[J]. 测绘与空间地理信息,2020,43(1):63-67

[14] 吴著群. 基于FME语义转换的CAD格式地下管线数据入库预处理[J]. 北京测绘,2018,32(4):432-436

[15] 陈影,程耀东,闫浩文. 利用FME进行GIS数据的无损转换[J]. 测绘科学,2007,32(2):75-77