

# 基于地理信息系统的给水管线数据融合研究

张蕾

南京水务集团有限公司

**摘要:** 规划部门与各地下管线产权单位管理的管线数据普遍存在差异,对地下管线数据管理、共享及应用产生了较大影响。本文以南京主城区公共区域管线为对象,对规划部门管理的给水管线与给水管线权属单位GIS管线数据进行差异分析、研究匹配关系建立及数据融合的方法,完善和修正两种来源管线数据质量。

**关键词:** 城市地下管线; 给水管线; GIS; 数据融合

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.17.060

2014年国务院办公厅、住建部等部门相继出台《国务院办公厅关于加强城市地下管线建设管理的指导意见》(国办发〔2014〕27号)、《关于开展城市地下管线普查工作的通知》(建城〔2014〕179号),明确要求各城市及管线行业主管部门和权属单位在2015年底前完成城市地下管线普查,建立、完善城市地下管线综合管理信息系统和专业管线信息系统<sup>[1]</sup>。力争用5年时间,完成城市地下老旧管网改造,将管网漏失率控制住国家标准以内,显著降低管网事故率,避免重大事故发生。用10年左右时间,建立较为完善的城市地下管线体系,使地下管线建设管理水平能够适应经济社会发展需要,应急防灾能力大幅提升<sup>[2]</sup>。

目前国内各大型城市地下管线数据管理普遍存在以下问题:规划部门每年投入资金进行地下管线探测,其数据成果空间位置精度搞,但隐蔽点和专业属性信息存在缺漏,不能直接被管线权属单位使用,应用受限;而权属单位专业管线数据拥有齐全的设备设施类型、专业属性具体详细,但受管线设备设施的空间位置精度、及时性都无法满足城市规划部门的使用要求。面对两类管线数据的现状,如何改善二者差异造成的共享困难、综合应用受限制等问题具有重大研究意义。

本文将城市地下管线的重要组成部分给水管线作为研究对象,以南京水务集团有限公司管理的给水管线数据(以下简称权属单位专业管线)与南京市规划局下属地下管线数字化维护中心(简称市管线中心)维护的地下给水管线数据(以下简称规划管线)为研究对象,探讨如何利用GIS(Geographic Information System,地理信息系统)技术建立两种管线数据中相同管网要素的匹配关系,对两种管网数据的空间位置和属性信息进行有效整合,使其成果保留各自优势。

## 一、技术流程

匹配融合一般用于对不同来源的数据进行合并和更新,主要技术流程如下图1所示。

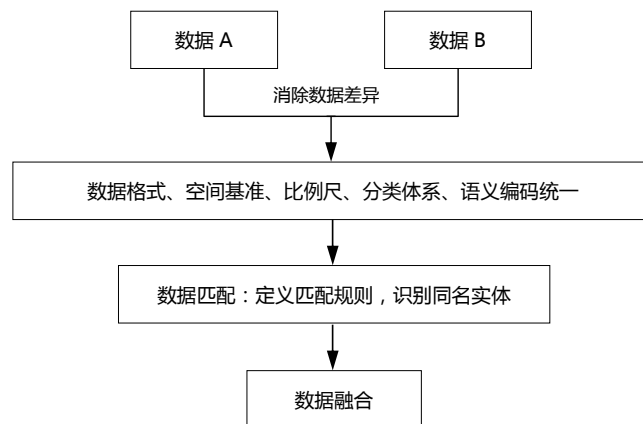


图1 匹配融合技术流程

## 二、数据分析

权属单位专业管线和规划管线同是对现实世界客观存在的地下给水管线或设备设施在GIS系统中的表达,融合要求两种数据库经过形式一致化和逻辑规范化<sup>[3]</sup>,消除差异是数据匹配融合的基础。

### (一) 数据概况

南京水务集团2017年完成了给水管网GIS系统平台由MapGIS到ArcGIS的升级,与南京地下管线综合管理信息系统的软件平台及数据格式一致;同期按照《DB3201/T 257 南京市管线数据标准》对数据结构组织、要素分类代码体系进行升级完善,基本达到数据融合要求;管网数据使用2008南京地方坐标系、1985国家高程基准,空间基准和比例尺均符合市管线中心要求。

### (二) 差异成因

#### 1. 数据来源及探测精度不同

南京水务集团管网GIS系统数据主要来源于竣工图、查勘单等纸质资料档案的数字化,设备设施丰富、专业属性详细,探测精度和误差无法达到《DB3201/T 257 南京市管线数据标准》《DB 3201/T 258 南京市管线探测技术规程》要求。规划管线由市管线中心组织管线普查、竣工测量、管线修测等方式获得,测量精度采集内容符合《DB 3201/T 258 南京市管线探测技术规程》要求,空间位置精确度高。

#### 2. 更新时效不一致

地下给水管线新建、移改、拆废,原位换管等工程完工后,数据、资料更新速度不同,直接形成两类管线数据在现势性上的差异。

#### 3. 应用目的及使用需求不同

市管线中心综合地下管线(含给水)空间数据主要应用于管线项目的设计、审批、监督施工和竣工审查等

业务环节，因此管线的布局、空间位置、特征点和权属单位等信息至关重要；权属单位专业管线数据则面向给水管网日常管理维护、管网分析等专业需求，因此需要详细的设备设施属性信息<sup>[4]</sup>。

(三) 差异类型

1. 探测范围差异

市管线中心按照《南京市管线探测技术规程》管线探测取舍标准的规定，给水管线探测范围为管径≥50mm；而南京水务集团给水管线数据覆盖DN15mm至DN1800mm全口径。由此造成管线中心给水管线缺少管径DN50mm以下管线资料和管网数据。

2. 数据结构差异

为满足日常管理维护的需求，权属单位要求管线、设施和设备的属性详细完整，不同类型的管网要素填写不同的专业属性。市管线中心的规划管线注重管网数据组织和基本信息，如管点和管线的X坐标、Y坐标，高程、埋深、附属物、特征点、探测信息等，对专业属性不做探测要求。权属单位则会对管线内防腐、外防腐，各类管点的口径规格、式样类别、埋设方式、安装日期、设备生产厂家，甚至用户信息等也都进行采集和录入。

3. 语义差异

语义差异指不同的数据源在描述相同或相关的现实世界实物时，在表达方式、逻辑结构、分类体系、命名习惯、数据内容等方面的差异和不一致<sup>[5]</sup>。

权属单位专业管线阀门类设施分类远多于综合管线，且表达方式也存在差异。例如，专业管线中的大口径卧式阀门、大口径人孔等，在规划管线中，通常表达为主管开T后连接偏心井，如下图2所示。

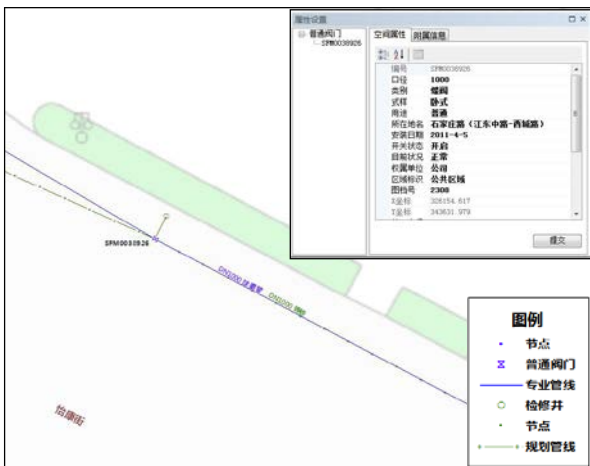


图2 卧式阀门表达差异

消防栓在南京水务集团管线数据中用属性字段埋设方式里区分是地上或是地下，而在规划管线给水管点则分为地上消防栓和地下消防栓两种不同的管点类型，对应不同的要素代码。

《南京市管线探测技术规程》给水管线材质属性值规定为：铸铁/塑料/钢/砼；权属单位专业管线中的材

质分类则更为细致，包含铸铁管、球墨、钢管、PE管、UPVC管、预应力管、自应力管、镀锌钢管、衬塑钢管等多种。

4. 形态差异

两类管线数据由于采集要求、探测方式及时效等方面存在差异而造成的拓扑连接关系不同，如图3。



图3 拓扑连接关系差异

三、数据匹配

管线数据匹配，可以理解为在分析不同来源的管网数据库差异的基础上，通过一系列的管网要素相似度指标或规则定义，识别出两种管网数据库中表达现实世界同一管网设施实体的空间要素记录（即同名实体）的过程，从而建立两个管网数据库之间同名实体的对应连接关系或映射关系<sup>[6]</sup>。

(一) 匹配关系整理

对规划管线和权属单位专业管线的设备类型、属性值等差异情况进行梳理，建立二者之间的语义对照关系。

设备类型差异主要表现在管点上：综合管线的阀门或阀门井对应专业管线普通阀门、停止塞（口径小于50mm的阀门）、止回阀三种设备；综合管线的泄气设备，在专业管线中表达为带阀泄气、不带阀泄气两种；综合管线的检修井，在专业管线有可能是人孔、也有可能是阀门等等。根据梳理出的管点设备类型进行一对一、一对多、多对多对应关系梳理，通过管点要素代码编写查询语句进行相互匹配。

属性值差异主要表现在管线材质字段：综合管线材质铸铁对应专业管线灰口铸铁、球墨铸铁两种；综合管线材质塑料对应专业管线ABS、PE、PPR、UPVC四种管材；综合管线材质砼对应专业管线自应力、预应力两种管材等等。满足上述材质对应关系的管线，可以建立相应的匹配关系。

(二) 数据匹配

结合3.1生成的对照表，进行数据匹配。当综合管线、专业管线相同空间位置的一对管线，其起止管点设备类型一致、管线口径一致且材质一致、与相邻管线拓扑连接关系一致、空间位置基本吻合（空间位置误差≤5米）时，可判断为二者相互匹配。

以上任一条件不满足，均须标记未匹配的问题区域并做出说明和描述。

**(三) 问题清单处理**

**1. 问题清单梳理**

内业人员进行人工校核的过程中，需要标注出无法匹配的问题区域，并按照表1所示问题类型，梳理问题清单列表，用于后续的图纸资料核查和外业核实及修补测。

表1 问题分类表

问题类型	图形示例
管径、管材等属性不一致	
管点特征不一致	
数据缺失：由于两类数据采集方式、管理范围以及数据的现状情况等方面的不同，导致出现一方有管线、管点数据而另一方没有的情况。	
形态不一致：由于数据采集、探测方式等问题造成的拓扑连接关系不同。	

**2. 图纸资料核查**

收集权属单位专业管线图纸资料，逐一处理核查无法匹配的问题区域，修正匹配关系。权属单位管线资料主要包括以下几类：竣工图档案、接水查勘单、万分图、千分图、阀门卡、表具系统水表信息等。通过图纸资料核查，可以对管线口径、材质不一致的情况进行验证；确认规划管线是否缺少变径、变材等隐蔽管点；判断管线是否存在废弃或移改等。

**3. 外业核实**

图纸资料核查仍无法解决的问题，组织安排外业核实，根据外业核实结果再次完善匹配关系。通过现场核查井位或给水设施，可以对数据缺失、管点特征不一致等情况进行核实。

**4. 外业修补测**

针对外业核实和专业管线资料核实后仍不能解决的问题，将问题面反馈给市管线管理中心，由市管线中心组织数据的修补测工作。修补测完成后，成果返回再次修正匹配关系。

**四、数据融合**

数据融合可以理解为“两种数据通过消除差异性，合并为一体”<sup>[7]</sup>，指在同名实体匹配的基础上，对已建立匹配关系的权属单位专业管线数据库和规划管线数据库进行图形及属性的合并。

按照匹配关系，以规划管线作为位置基准，使用权属单位专业管线数据进行设备完善和属性信息补充。

**(一) 位置校正**

两类管线数据库存在匹配关系的管网要素，用ArcGIS空间校正工具进行局部配准，使权属单位专业管线的空间位置与规划管线保持一致，如图4所示。

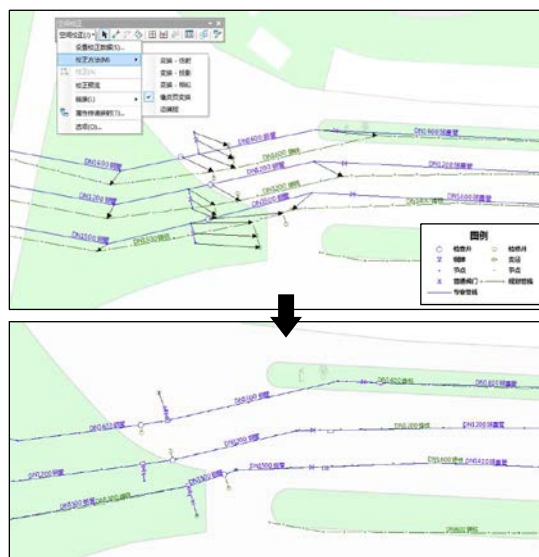


图4 ArcGIS空间校正

**(二) 属性修改**

两类管线数据空间上存在匹配关系但是属性不一致的，结合图纸资料核查意见和外业核实情况，修改管线属性，并向南京市地下管线数字化管理中心提交综合管线修正意见。

**五、成果与结论**

目前，南京水务集团基于上述方法完成南京市主城四区给水管线的匹配融合近1700公里，校正了1133.113公里给水管线空间位置偏移，补充新增了25.02公里因竣工资料缺漏等原因造成的缺失管线，完善8.7公里管线拆废信息更新，明显提升了权属单位专业管线和规划管线双方的数据质量。

**(一) 大幅提升权属单位专业管线空间位置准确性**

对权属单位专业管线和规划管线的空间位置进行分析比对，筛选与规划管线位置完全一致的专业管线长度，并用匹配率表征二者吻合程度，匹配率越高，专业管线空间位置越准确。

$$\text{匹配率} = \frac{\text{与规划管线空间位置、管径、管材均吻合的权属单位专业管线长度 (km)}}{\text{权属单位专业管线总长度 (km)}} \times 100\%$$

融合成果处理过程的匹配率变化情况如图5所示，权属单位专业管线通过匹配融合大大提高了空间位置的准确程度。

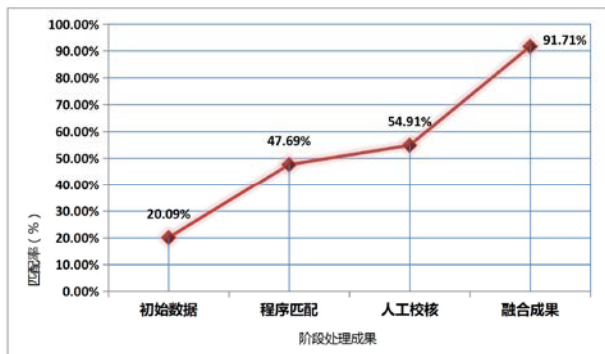


图5 匹配率变化情况

### (二) 完善补充两类管线数据缺失信息

融合成果补充了南京水务集团给水管线数据库缺失的高程信息以及竣工资料缺失导致数据无法更新修正等问题。对于市管线中心给水管线因覆土后管线探测造成的变径、变材、转折点等隐蔽点缺失；探测要求不同造成的DN50以下小口径管线数据缺失等情况进行补充和完善。

### (三) 修正两类管线数据连接关系及属性错误

融合过程中筛查梳理出了两类管线无法匹配的疑难问题，在后期重点核查后，修正了双方管线连通关系有误和属性错漏的情况。对于规划管线塑料管材难以探测造成的管线属性缺失错漏；给水管线权属认定错误等情况进行纠正和完善。

### (四) 更新管线标准规程

基于本次给水管网数据融合研究，整理编制了《给水管网要素分类代码》《给水管网要素数据字典》《给水管网融合技术规程》《给水管网外业探测技术规程》《给水管网更新建库技术规程》等文件，将被用作于权属单位专业管线新建工程的测量工作标准和指导。

### (五) 分析问题区域分布情况

对3.4中分析出的问题区域进行密度分析，如图6所示，可知问题主要集中在城区的老旧街道，路面狭窄、管网连接关系复杂且密集，探测易受到其他管线类型干扰，准确性低，导致了数据差异大，问题多，复核难。

### (六) 存在问题

融合后仍然无法匹配的遗留问题数量庞大，需要权属资料核实、外业核实、闭水试验、道路开挖等途径对这些问题进行逐一核实确认。核实工作量大，效率低，处理周期长，很可能出现当前处理区域的现状管网已经发生了移改、拆废、新建，已融合的成果则将与现状管网再次出现偏差。合理高效安排外业解决存量问题的同时，更需要新增管线工程的数据符合融合成果的标准和规范。

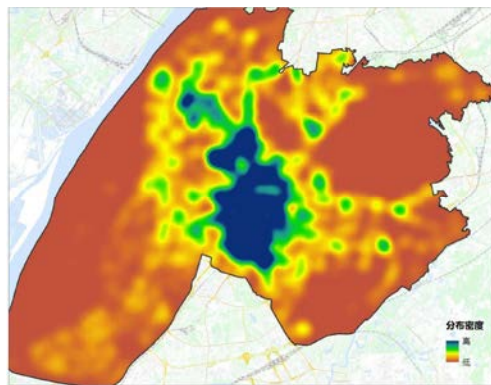


图6 问题区域分布密度图

### 展望

城市建设的快速发展带来了地下管线信息的迅速变化，为确保管线数据成果的准确性和现势性，地下管线信息系统的工作重心已经由数据生产向信息更新与现势性维护方向转移。数据匹配融合被作为对优化存量数据质量的有效手段之外，严格把控增量数据更新的质量更将成为当前及今后的常态化工作的重中之重。只有落实新建工程进行覆土前竣工测量，确保测量成果在符合《DB3201/T 257 南京市管线数据标准》《DB 3201/T 258 南京市管线探测技术规程》要求的基础上，同时满足专业管线需求，才能以数据匹配融合和竣工测量成果汇交同步实施，推动给水管线数据“一张图”的最终实现。

### 参考文献

[1] 住建部等 《关于开展城市地下管线普查工作的通知》 建城〔2014〕179号，2014-12-1，[http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201412/t20141216\\_219789.html](http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201412/t20141216_219789.html)

[2] 国务院办公厅 《国务院办公厅关于加强城市地下管线建设管理的指导意见》（国办发〔2014〕27号），2014-06-14，[http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-06/14/content\\_8883.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-06/14/content_8883.htm)

[3] 李德仁，龚健雅，张桥平. 论地图数据库合并技术[J]. 测绘科学，2004，29（1）.

[4] 张书亮，储征伟，何源等. 城市综合与专业地下管线空间数据的差异性分析[J]. 测绘通报，2013，12：58-62.

[5] 王育红，牛亚辉，林艳. 顾及语义差异的基础地理信息客户数据库更新实施模型[J]. 地理与地理信息科学，2011，27（1）：1-6.

[6] 王育红. 面向更新信息提取与集成的空间实体匹配方法[J]. 测绘科学，2011，36（001）：128-130.

[7] 侯绪华. 供水管网系统数据融合技术研究[D]. 大连：大连理工大学，2016.

作者简介：张蕾（1987—），女，学士，地理信息系统，工程师，南京水务集团有限公司管线管理所信息技术科科长。