

城市地下管线测绘内外业一体化方法研究

陈晓谢

合肥合燃华润燃气有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i9.8381

[摘要] 随着城市地下管线日益复杂且管理难度剧增，传统人工测绘方式因效率低、风险高已难以满足需求。本文聚焦城市地下管线测绘内外业一体化技术，旨在提升管线数据的准确性、时效性与管理效率。研究指出，当前管线测绘面临资料缺失、标准不一、数据共享平台缺乏及后期维护不足等问题，导致施工事故频发与规划受阻。针对此，论文系统阐述了内外业一体化技术的核心流程：通过充分收集既有资料，建立高精度控制网；在野外探测环节，利用物探仪器结合开井调查，并借助 PDA 数字化记录管线属性及空间位置（替代传统纸质草图），配合 RTK、全站仪进行精确坐标测量；内业则依托计算机技术处理数据，自动构建管线连接关系并成图入库，实现全流程数字化。该技术的关键在于消除了内外业信息传递壁垒，确保了数据从采集、处理到入库的实时性与一致性。最后，研究强调需强化数据质检、建立统一标准、完善动态更新机制，并推动资源共享平台建设，以充分发挥一体化技术的效能，为智慧城市地下空间科学管理与安全运维提供坚实的数据基础。

[关键词] 城市地下管线；测绘；一体化技术

Research on the Integrated Method of Internal and External Operations in Urban Underground Pipeline Surveying and Mapping

Chen Xiaoxie

Hefei HeRan China Resources Gas Co., Ltd.

[Abstract] With the increasing complexity and management difficulty of urban underground pipelines, traditional manual surveying methods are no longer able to meet the demand due to low efficiency and high risks. This article focuses on the integrated technology of urban underground pipeline surveying and mapping, aiming to improve the accuracy, timeliness, and management efficiency of pipeline data. Research has pointed out that current pipeline surveying faces problems such as data loss, inconsistent standards, lack of data sharing platforms, and insufficient maintenance in the later stage, leading to frequent construction accidents and hindered planning. In response to this, the paper systematically elaborates on the core process of integrated internal and external technology: by fully collecting existing data, establishing a high-precision control network; In the field exploration stage, geophysical instruments are used in combination with well opening surveys, and PDA is used to digitally record pipeline attributes and spatial positions (replacing traditional paper sketches), in conjunction with RTK and total station for accurate coordinate measurement; The internal business relies on computer technology to process data, automatically construct pipeline connection relationships and create maps for storage, achieving full process digitization. The key to this technology lies in eliminating barriers to internal and external information transmission, ensuring real-time and consistent data collection, processing, and storage. Finally, the study emphasizes the need to strengthen data quality inspection, establish unified standards, improve dynamic update mechanisms, and promote the construction of resource sharing platforms to fully leverage the effectiveness of integrated technology and provide a solid data foundation for scientific management and safe operation and maintenance of underground spaces in smart cities.

[Key words] urban underground pipelines; mapping; integrated technology

引言

城市地下管线作为维系现代城市运转的“生命线”，其空间位置与属性数据的精准性直接关乎公共安全与城市韧性。随着我国城镇化率突破 65%（2022 年数据），地下管网规模呈指数级增长，系统复杂度持续攀升。传统人工测绘模式因效率低下、安全风险高、数据时效性差等缺陷，已难以应对多源异构管网动态管理的需求，由此引发的施工破坏事故年均超万起，直接经济损失逾百亿元[6-7]。在这一背景下，地下管线测绘内外业一体化技术凭借其全流程数字化优势，成为破解管理困境的核心路径。

国内外研究表明，该技术的演进始终围绕三大矛盾展开：数据断层问题：外业纸质记录与内业数字化处理的割裂，导致 30%以上管线属性信息传递失真^[3]；动态管理滞后：75%的城市未建立管线数据更新机制，竣工资料入库率不足 40%^{[2][10]}；标准体系缺失：管线数据格式、测绘精度指标的区域差异率达 68%，阻碍跨部门协作^{[11][9]}。

针对上述挑战，我国通过技术融合与机制创新加速转型：技术层面融合物探定位（RTK/VRS）、移动 GIS（PDA）与全站仪测绘，实现空间坐标与属性信息的同步采集^{[4][8]}，数据传递时延从小时级压缩至分钟级；流程重构方面建立“外业电子草图—内业自动成图—云端动态入库”闭环，消除人工转录环节，数据错误率下降 90%^{[5][11]}；标准建设领域出台《城市地下管线探测技术规程》，首次明确管线点唯一编码规则及拓扑关系建模规范^{[3][9]}。

然而，当前技术推广仍面临三重壁垒：跨部门数据共享机制缺位、动态更新责任主体模糊、BIM/GIS 深度融合不足^{[2][8]}。本研究立足技术实施全链条，系统解析一体化 workflows 的核心环节，结合上海世博园区、广州智慧管网^[2]等工程实践，提出“采集-处理-应用”协同优化路径，为构建全域覆盖、实时更新的数字管网体系提供方法论支撑。

1 城市地下管线测绘现状和存在问题

过去，受限于较低的需求认知与落后的探测设备，地下管网信息获取主要依赖权属单位提供的施工资料，辅以开井检查或局部试挖。然而，伴随经济腾飞与城市扩张，管网系统日益呈现出多元、复杂、隐蔽、系统且动态的特征，其管理难题随之凸显，具体表现为：

（1）管线敷设资料的缺失与误差频发导致施工破坏，引发断水、断气、断电或通讯中断；（2）资料匮乏迫使工程中途变更方案；

（3）数据来源杂乱、统计不清严重制约城市规划与管网施工。因此，地下空间的精准探测、测量与测绘工作愈发受到重视。

（4）当前行业实践中普遍存在“竣工即终结”现象，导致管网后期维护与管理缺失，进而造成统一数据标准缺位。这使得技术管理难以获取稳定、可靠、实时的依据，阻碍了相关技术的升级与创新。

（5）亟需统一管网测绘的技术数据指标，确保其随科技发展持续优化。标准化且科学的数据将有力支撑测绘评估、工程监理及归档工作，最终构建契合时代特征的一体化标准体系，促进城市科学化发展。

管网探测涵盖探查、数据处理、测量、成图输出及数据入库五大环节。探查与测量通常在野外实施：外业人员使用 PDA 或电子草图（已取代传统纸质记录）实时录入管线属性、点位及其拓扑关系；随后借助 VRS、RTK 或全站仪精准测定各点坐标及井盖高程。数据处理阶段，需将采集信息导入 CAD 平台，依据唯一管点号匹配并赋值属性，确保拓扑正确。成果输出指经质检后生成报表与数字管线图；数据入库则需转换格式并导入数据库。当前主流技术通过全站仪与 PDA 的协同，高效整合了探查与测量流程，实现了内外业一体化作业及空间、属性信息的数字化采集与传输。

2 地下管线测绘一体化技术流程

管线一体化技术以数字测绘为基础，整合现状调绘成果并充分调用城市测绘部门及权属单位既有资料。专业探测队伍通过融合物探设备与开井核查，精准定位管线的平面位置、高程及其属性信息，并利用 PDA 实时录入属性数据。随后，依托全站仪数字测绘技术，同步采集邻近地物及管线点的空间地理坐标。内业环节则借助计算机处理上述信息，生成最终成果，此模式彻底取代了外业纸质记录，实现了全流程自动化。具体而言：

探查记录：PDA 用于绘制管线连接图、记录点位属性，并存储为 DAT 文件。

空间定位：GPS-RTK 建立控制基准，全站仪精确测定管线及管点空间位置，测量数据存储为 TXT 格式文件。



图1 一体化工作流程

2.1 收集与处理资料

开展地下管线测量前，需系统收集三类基础信息：测绘成果、管线档案及规划文件。

测绘成果：涵盖测区既有地形图、测量控制点等。

管线档案：需向各权属部门查询获取，内容涵盖如专业管

线分布图、红线图、设计图、竣工图、管径与管材规格等关键文件。

规划文件：主要指测区内已批复的路网规划资料。

该阶段工作完成后，测绘人员应对获取的信息进行系统整理与分类，为后续测量任务奠定坚实依据。

2.2 建立并健全地下管线控制网

资料收集完成后,应优先核查测区内既有的管线控制基准点信息。

利用现有控制点:若测区已具备大比例尺地形图,应充分检验并优先使用原有合格控制点,达标后方可施测管线特征点。

新建控制网:当控制点缺失或密度不足时,需预先建立满足精度、密度要求且不易损毁的平面与高程控制网:

平面网建设:采用GPS技术或全站仪光电测距导线布设。

高程网建设:高等级网必须通过水准测量建立。

规范遵循:所有布设工作,包括流程与精度控制,均须严格依据《城市测量规范》及《城市地下管线探测技术规程》执行。

2.3 外业探测

外业探测涵盖管线探查与测量两项核心任务。探查需识别管线的明点与暗点,并调查其属性;测量则需依据管线性质及调查目标,选用适配的探测技术。记录要求如下:

管线点信息:性质、探测方法、道路位置、权属单位、坐标。

管线信息:埋设方式、规格、流向、材质、压力、套管材质。

外业制图方面,传统纸质草图已被淘汰。当前采用笔记本电脑绘制电子草图,其优势在于操作简洁、修改便捷、效率显著提升,可现场高效记录管线空间关系及属性信息,并直接支撑坐标测量。

2.4 内业成图

电子草图和管线标注信息是内业成图的重要程序,对电子草图进行相关的修改完善,并完成管线的属性标注对管线进行正确构建连接。另外管线标注必须按照相关规范进行,加强重视成图工作中一些特殊标志,必须严格注明。

2.5 数据质检

数据质检是保证数据正确的手段,在实际工作中必须加强数据质检工作。质检工作要进行施工方的自检。施工方要成立质检小组,定期讨论测绘中存在的问题及解决方案,并检查相关设备及测量数据,成图完成后要抽查管线的相关数据,发现问题及时指出并进行改正。另外甲方或者甲方委托方也要加强过程管理,并严格抽查管线数据,确保测绘质量可靠。

2.6 更新入库

质检合格的数据须及时入库更新,核心信息尤需优先处理以确保后续应用。更新内容分为两类:

新测数据集:涵盖新建管线或已存在但尚未入库的管线信息。

修测数据集:指对数据库内已有管线进行动态维护补测后产生的变更数据。

为提升城市管线数据库管理效能,必须健全相关机制,实施定期更新与存储,最终达成高效实用的管理目标。

3 结语

城市地下管线测绘内外业一体化技术的推广与应用,标志着地下空间管理从传统粗放模式向数字化、智能化方向的根本性转变。本研究系统论证了该技术在提升数据时效性、保障作业安全性以及优化管理效能方面的核心价值:通过融合物探设备、RTK/全站仪高精度定位与PDA实时录入构建的数字化采集

链条,彻底取代了低效的纸质记录模式,实现了从外业探查、空间定位到内业成图的全流程闭环管理。这种“采集-处理-入库”的实时联动机制,不仅有效解决了因资料缺失引发的施工事故与规划滞后问题,更为城市地下管网建立了动态更新的数字底座。

然而,技术落地仍面临三重挑战:其一,跨部门数据壁垒导致资源共享平台建设滞后,制约了一体化效能的充分发挥;其二,管线数据标准与测绘规范的区域性差异,阻碍了全域化数字管网体系的构建;其三,“重建轻维”的行业惯性,使得动态更新机制尚未形成常态。未来突破方向需聚焦于三个层面:技术层面深化BIM/GIS与物联网技术的融合应用,开发具备AI分析能力的智能诊断系统;机制层面推动国家级管线数据标准出台,建立权属单位协同更新责任制;平台层面构建政府主导的分布式管线数据库,打通规划、施工、运维全生命周期数据链。

智慧城市建设浪潮下,地下管网作为“城市生命线”的数字化映射,其科学管理水平直接关乎城市安全与可持续发展。唯有通过技术创新、标准统一与机制完善的三维联动,才能使一体化技术真正成为城市地下空间精细化治理的核心引擎,最终实现“全域感知、实时预警、智慧管控”的现代化管网体系目标。

[参考文献]

- [1]夏芳.基于EPS地下管线测量内外业一体化技术的研究[J].科技创新导报,2020,17(09):35-37.
- [2]向卫国,向红梅.基于数据库的地下管线探测内外业一体化和动态更新方法研究[J].城市勘测,2019,(02):47-50.
- [3]张小刚.城市地下管线测绘一体化技术探析[J].冶金与材料,2018,38(06):104-106.
- [4]洪晓毅.地下管线竣工测量内外业一体化的应用[J].资源信息与工程,2018,33(04):118-119+122.
- [5]唐新肇.城市地下综合管线内外业一体化测量技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2018,(02):112.
- [6]肖维彬.城市地下管线的测绘及数据管理研究[J].黑龙江科技信息,2015,(15):191.
- [7]侯振国.城市地下管线测绘一体化技术发展探析[J].城市建筑,2013,(24):330.
- [8]夏月晖,邹国政,郑小明.世博园区地下管线信息化一体化测绘建库技术[J].建设科技,2013,(02):50-52.
- [9]梁金华.城市地下管线测绘一体化技术探究[J].科技创新导报,2012,(32):89.
- [10]林超峰,丁建勋,万志刚,等.基于VB的地下管线竣工测量内外业一体化的设计与实现[J].测绘通报,2012,(S1):647-649.
- [11]廖国良.浅谈地下管线的调查、测绘及处理方法[J].广东科技,2011,20(16):231-232.