

测绘地理信息在城市地下空间管理中的应用

彭 亮

江西省勘察设计研究院有限公司 江西南昌 330000

摘 要:随着城市化进程的加快,城市地下空间的开发利用越来越受到重视。测绘地理信息作为城市规划和管理的重要基础,其在城市地下空间管理中的应用也日益广泛。本文首先介绍了城市地下空间管理的现状和挑战,然后详细阐述了测绘地理信息在城市地下空间管理中的具体应用,包括地下空间资源调查、地下管线管理、地下空间规划与设计、以及地下空间的动态监测等方面。最后,文章对测绘地理信息在城市地下空间管理中的应用前景进行了展望。

关键词:测绘地理信息;城市地下空间;地下管线;空间管理

引言

随着城市人口的不断增长和土地资源的日益紧张,城市地下空间的开发利用成为解决城市空间不足的有效途径。地下空间的开发涉及地铁、地下商场、地下停车场、地下综合管廊等多种形式,其复杂性和隐蔽性要求我们必须采用先进的技术手段进行科学管理。测绘地理信息作为一种重要的空间信息资源,为城市地下空间的规划、建设和管理提供了强有力的技术支持。

一、测绘地理信息获取城市地下空间数据的技术手段

(一) 数据获取概述

获取精确、全面的城市地下空间数据,是实施有效城市地下空间管理、保障工程安全、优化城市规划和提升应急响应能力的基础前提。没有可靠的数据支撑,任何关于地下空间利用和管理的决策都如同无源之水。测绘地理信息领域凭借其多样化的技术体系,为这项基础性工作提供了多种可行的技术手段,能够针对不同深度、不同介质、不同目标的地下空间要素进行探测、测量和信息提取,为构建清晰的城市“地下地图”提供了可能^[1]。

(二) 主动探测技术

主动探测技术是指利用专门的探测设备,主动向地下发射特定形式的能量(如电磁波、声波或人工场源),然后接收并分析这些能量与地下介质相互作用后返回的信号,以此来推断地下空间的结构、物质属性以及其中存在的目标物。例如,地质雷达(GPR)通过向地下发射高频电磁波,当电磁波遇到不同介电常数的界面时会

发生反射,接收器捕捉这些反射波,通过分析其走时、幅度和波形,可以绘制出浅层地下介质分布和目标物的图像,常用于探测地下管线、空洞、浅层地质结构等。探地磁法则是通过人工建立或利用天然存在的磁场,测量地下不同磁性物质引起的磁场异常,以此推断地下地质构造或金属目标物的位置和分布。电阻率法通过向地下供入电流,测量地表的电位差,计算得到地下介质的电阻率分布,对于探测地下水体、不同岩土分界面、空洞等具有一定效果。这些主动探测技术能够穿透地表,直接获取地下信息,尤其适用于对未知地下空间进行初步勘探和目标搜索,是获取深层或隐蔽地下空间数据的重要手段^[2]。

(三) 被动测绘技术

被动测绘技术指不主动向地下发射能量,通过接收地下空间要素自身信号或地面测量间接反演地下信息。地下管线探测仪是典型代表,利用地下金属管线电流感应电磁场或注入信号,在地表接收来追踪定位管线走向与埋深。对于已暴露的地下空间界面,三维激光扫描技术可快速高精度获取点云数据、生成三维模型。传统测绘方法如结合钻孔资料绘制剖面、利用物探异常点定位等也属此类。该技术精度高、结果直观,适用于精确测量和详细记录已知或部分已知地下要素,对特定目标精确定位和现状调查效果显著。

(四) 数据集成与融合

实际工作中获取城市地下空间数据需综合多种技术,导致数据来源多样,在格式、精度、坐标系、语义定义等方面存在差异,形成数据碎片化问题,限制了数据综合应用价值。因此,数据集成与融合很关键,要将主动

探测、被动测绘及历史存档资料按统一标准规范整合,包括统一坐标系、转换数据格式、建立拓扑关系、标准化语义等。通过建立统一地下空间数据库,将分散孤立的数据组织成全面连贯的信息网络,融合后的数据能全面反映地下实际情况,解决信息壁垒,为城市规划、建设、管理及应急决策提供可靠一致的数据基础。

二、测绘地理信息支撑下的地下空间基础数据库构建

(一) 数据库构建必要性

建立统一、准确且能够动态更新的地下空间基础数据库,是进行现代化城市地下空间管理的核心基础平台。这个数据库如同一个中央信息枢纽,能够整合来自不同来源、不同时期的地下空间数据,为城市规划、建设、运维和应急管理各项活动提供一致、可靠的信息支撑。没有这样一个统一平台,各部门掌握的数据往往是孤立和碎片化的,导致信息无法有效共享,决策缺乏全面依据,甚至可能因为信息不匹配而引发工程事故或管理混乱。因此,构建这样一个数据库,能够从根本上提升城市地下空间管理的科学性、系统性和协同性,是实现精细化、智能化城市治理的关键一步^[3]。

(二) 数据标准与规范

在构建地下空间基础数据库的过程中,建立统一的数据标准、编码体系和元数据规范具有基础性作用。数据标准规定了数据的格式、内容、精度要求等,确保不同来源、不同时期的数据在进入数据库时具有一致性。编码体系则对地下空间中的各类要素进行唯一标识,便于计算机识别和管理。元数据规范则描述了数据本身的信息,如数据的来源、采集时间、精度、更新状态等。这些标准的建立,能够确保不同系统、不同部门之间的数据具有兼容性,使得数据可以在不同平台和应用之间顺畅地交换和共享,避免因标准不一导致的数据壁垒和信息孤岛,极大地提高了数据资源的利用效率和共享水平。

(三) 数据库内容与结构

地下空间基础数据库通常需要包含城市地下空间中各类关键要素的详细信息。主要信息类别包括但不限于:各类地下管线,如给水、排水(雨水、污水)、燃气、热力、电力、通信等,记录其位置、埋深、管径、材质、建设年代、权属单位等属性;地下建(构)筑物,如地铁车站、地下商业街、人防工程、地下车库等,记录其空间位置、结构形式、用途、权属等;地质信息,包括土壤类型、岩层分布、地下水位、工程地质与水文地质参数等,这对于评估地下工程风险至关重要;以及地下

交通设施,如地铁线路、隧道等,记录其线路走向、结构参数等。数据库的基本结构设计通常采用空间数据库模式,将空间位置信息(通过坐标系统表达)与各类属性信息关联起来。这种结构能够有效地组织和管理具有空间特征的数据,支持空间查询、分析和可视化表达,为上层应用提供结构化的数据基础。

(四) 空间索引与管理

面对海量、复杂的地下空间数据,如何高效地进行管理和查询是一个关键问题。测绘地理信息技术提供了成熟的空间索引方法来应对这一挑战。空间索引通过建立特定的数据结构(如R树、四叉树等),对地理空间数据进行组织,使得系统能够快速定位和访问位于特定空间区域内的数据要素。例如,当需要查询某个施工区域内的所有地下管线时,空间索引可以迅速筛选出该区域内的相关管线数据,而无需扫描整个数据库,从而显著提高了查询速度。这种高效的空間管理能力,使得数据库能够承载和快速响应大量的空间查询和分析请求,保证了地下空间信息服务的实时性和可用性,为基于数据的快速决策提供了技术保障^[4]。

三、测绘地理信息在城市地下空间管理中的具体应用

(一) 规划与设计支持

测绘地理信息为城市地下空间的规划布局、管线综合设计以及地下工程选址等关键环节提供了不可或缺的精确基础数据和分析工具。在规划布局阶段,高精度的地下空间现状数据,包括现有管线的分布、埋深、材质,以及地下建(构)筑物的位置和结构信息,能够帮助规划师全面了解地下空间资源的利用现状和限制条件,从而更科学地确定新的开发区域和功能分区,避免规划冲突。在进行管线综合设计时,测绘地理信息可以叠加显示不同权属、不同类型的地下管线,分析它们之间的水平和垂直间距,识别潜在的交叉碰撞或安全间距不足的问题,为管线合理排布提供依据,优化设计方案,减少后期施工中的变更。对于地下工程选址,如地铁站点、地下管廊或人防工程,详细的地质勘察数据、地下水位信息以及周边既有地下设施的位置和状况,都是评估场地适宜性、预测施工风险的关键因素。测绘地理信息平台能够整合这些多源数据,进行空间叠加分析和三维可视化展示,使决策者能够直观地评估不同选址方案的优劣,从而做出更符合实际、风险更低的决策。

(二) 施工与安全监控

在地下工程施工过程中,利用实时或近实时的测绘

地理信息数据,如通过自动化监测设备获取的基坑或结构物的变形数据、采用管线探测仪进行的实时管线定位等,能够为施工提供精准的指导,并进行有效的风险预警,从而保障施工安全。例如,在基坑开挖或盾构推进过程中,持续监测地表和周边建筑物的沉降、位移,并与预设的安全阈值进行比较,一旦发现异常变化,可以立即采取加固或调整施工参数等措施,防止事故发生。同样,在施工前和施工中精确探测并定位地下既有管线的位置和埋深,能够避免施工机械误挖导致管线破裂、泄露等严重事故,保障施工人员和周边环境的安全。这些实时或近实时的数据监控和分析,将传统的被动应对风险转变为主动预防和控制,显著提升了复杂地下工程施工的安全性和可控性^[5]。

(三) 运营与维护管理

利用建立好的地下空间基础数据库和地理信息系统(GIS)平台,可以实现对地下设施的日常巡检、状态评估、维修养护等工作的精细化管理,从而提高整体运营效率。GIS平台能够整合地下管线的属性信息(如材质、管径、建设年代、维护记录)和空间位置信息,支持制定科学的巡检计划和路线。巡检人员可以通过移动终端实时记录设施状态,并将数据回传至数据库。系统可以根据管线的材质、使用年限、历史故障记录等自动生成风险评估,识别出需要优先关注的重点设施。在进行维修养护时,系统能够快速定位故障点,调取相关图纸和资料,规划最优的维修路径和方案,记录维修过程和结果。这种基于数据的精细化管理,不仅提高了巡检和维修工作的效率,减少了盲目性,还能延长地下设施的使用寿命,降低全生命周期的运维成本。

(四) 应急响应与决策

在地下管线泄漏、爆炸、坍塌等突发事件发生时,测绘地理信息能够快速提供事发地点周边详细的地下空间状况信息,为应急指挥和救援决策提供关键支持。当接到报警后,应急指挥中心可以利用GIS平台,迅速调取事故点精确的位置坐标,并查看该区域所有相关地下管线的类型、材质、走向、埋深,以及周边地下建(构)筑物、交通设施等信息。这些信息对于判断事故影响范围、确定危险源、制定初步的抢险方案至关重要。例如,了解泄漏管线的材质和压力有助于评估泄漏量;明确周边其他管线的位置可以避免救援作业中造成二次破坏;了解地下空间结构有助于规划救援人员的进入路

径。快速、准确地掌握这些地下空间信息,能够显著缩短应急响应时间,提高救援决策的科学性,最大限度地减少人员伤亡和财产损失。

结语

测绘地理信息在城市地下空间管理的各个环节都发挥着至关重要的作用。从数据获取的多种技术手段,到地下空间基础数据库的构建,再到在规划设计、施工监控、运营维护以及应急决策等具体应用场景中的实践,测绘地理信息为城市地下空间的科学管理提供了坚实的支撑。随着城市的不断发展和地下空间利用的日益复杂,测绘地理信息技术也需要不断创新和完善。未来,应进一步加强不同技术手段之间的协同与整合,提高数据获取的精度和效率,确保地下空间数据库的实时性和准确性。同时,要加强测绘地理信息与其他领域技术的融合,如大数据、人工智能等,以更好地挖掘数据价值,为城市地下空间管理提供更智能、更高效的决策支持。此外,为了推动测绘地理信息在城市地下空间管理中的广泛应用,还需要加强相关人才的培养和队伍建设,提高从业人员的专业素质和技术水平。政府和相关部门也应加大对测绘地理信息产业的支持力度,完善相关法律法规和标准规范,营造良好的发展环境。相信在测绘地理信息技术的持续发展和广泛应用下,城市地下空间管理将更加科学、高效、安全,为城市的可持续发展和居民的生活质量提升做出更大的贡献。

参考文献

- [1]李效超,王智,孙晓丽,等.手持式移动三维激光扫描仪在地下空间普查中的应用研究[J].城市勘测,2020(2):4.DOI:CNKI:SUN:CSKC.0.2020-02-020.
- [2]DING Zhigang.城市地下空间信息化建设实现路径的探讨[J].测绘与空间地理信息,2019(001):042.
- [3]刘娜.测绘地理信息技术在城市地下空间规划中的应用研究[J].数字化用户,2021(51):140-142.
- [4]潘雅静.三维地理信息数据在智慧城市服务中的应用[C]//中国城市规划协会地下管线专业委员会2020年年会.中国城市规划协会,2020.
- [5]丁志庆,周文,郭燕燕,等.城市地下空间信息管理关键技术研究与应用[J].测绘与空间地理信息,2021.DOI:10.3969/j.issn.1672-5867.2021.08.034.