

# Application of 3D Geographic Information System in Urban Underground Space Development

Xi Zhang

The Second Institute of Surveying and Mapping of Hebei Province, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

## Abstract

With the acceleration of the urbanization process, the development and utilization of the urban underground space is becoming more and more important. As an advanced spatial information technology, 3D geographic information system (3D GIS) provides strong support for the planning, design, management and maintenance of urban underground space. This paper discusses the key application of three-dimensional geographic information system (3D GIS) in the development of urban underground space. Detailed analysis of its technical characteristics and significant advantages, comprehensively elaborated the important role of 3D GIS in underground space planning, design, construction and management. By combining the actual cases to carry out in-depth exploration, the future development trend and broad prospects.

## Keywords

3D geographic information system; urban underground space; development application

## 三维地理信息系统在城市地下空间开发中的应用研究

张希

河北省第二测绘院, 中国·河北 石家庄 050000

## 摘要

随着城市化进程的加速, 城市地下空间的开发与利用变得越来越重要。三维地理信息系统(3D GIS)作为一种先进的空间信息技术, 为城市地下空间的规划、设计、管理和维护提供了强有力的支持。论文深入探讨了三维地理信息系统(3D GIS)在城市地下空间开发中的关键应用。细致剖析其技术特点和显著优势, 全面阐述了3D GIS在地下空间规划、设计、施工以及管理等多维领域的重要作用。通过结合实际案例展开深入探究, 精准展望了其未来的发展趋势和广阔前景。

## 关键词

三维地理信息系统; 城市地下空间; 开发应用

## 1 引言

随着城市化进程的迅猛推进, 城市土地资源愈发稀缺, 地面空间开发逐渐趋于饱和。为满足城市可持续发展的需求, 提升城市综合承载能力, 城市地下空间的开发利用日益受到重视。城市地下空间的合理开发能够有效缓解交通拥堵、优化城市功能布局、增强城市防灾减灾能力, 并促进土地资源的高效利用。深入研究 3D GIS 在城市地下空间开发中的应用, 对于推动城市现代化建设、提高城市空间利用效率具有重要的现实意义。

## 2 三维地理信息系统概述

3D GIS 是一种融合了地理信息科学、计算机图形学、数据库管理等多学科知识的技术系统。其定义在于能够对地

理空间中的三维对象进行采集、存储、管理、分析和可视化展示。3D GIS 采用了多种数据模型, 如体元模型、表面模型和混合模型等, 以准确描述三维空间对象的几何形状、拓扑关系和属性信息。功能特点包括强大的三维空间数据处理能力、逼真的可视化效果、灵活的空间分析功能以及高效的数据管理机制。传统二维地理信息系统主要以平面地图的形式呈现地理信息, 在表达空间信息的深度和立体感方面存在明显不足。相比之下, 3D GIS 在表达空间信息方面具有显著优势<sup>[1]</sup>。它能够真实地展现地下空间的三维形态和结构, 使决策者和规划者更直观地理解和把握地下空间的特征。

## 3 城市地下空间开发的需求与挑战

近年来, 城市地下空间开发在多个领域取得了显著进展, 特别是在地下交通、地下商业和地下管廊建设方面表现尤为突出。地铁网络的不断扩展和地下停车场数量的增加, 使得城市交通更加便利和高效, 地下商业蓬勃发展, 大型地下购物中心和商业街相继涌现, 成为城市商业的重要组成部分

【作者简介】张希(1986-), 女, 中国河北石家庄人, 本科, 助理工程师, 从事测绘与地理信息研究。

分。与此同时，地下综合管廊的建设也在逐步推进，整合了各类市政管线，提升了城市基础设施的管理水平<sup>[2]</sup>。尽管取得了这些进展，城市地下空间的开发仍处于初级阶段，未来将向规模化、智能化和综合化的方向迈进，逐步形成更为复杂多元的地下空间体系。

在开发过程中，城市地下空间面临着诸多复杂的问题和严峻的挑战。首先，复杂的地质条件是首要难题，各地区的地质结构差异巨大，存在地下水、断层、溶洞等多种复杂地质因素，给施工带来了极大的风险。其次，地下空间的规划难度较大，开发过程中需要协调地上与地下、不同功能区域之间的关系，确保地下空间布局合理、高效利用。最后，法律法规不完善、技术标准不统一、资金投入不足以及管理体制不健全等问题也在一定程度上制约了城市地下空间的开发进程。

## 4 3D GIS 在城市地下空间开发中的应用

### 4.1 地下空间规划

地下空间规划的核心任务是搜集全面且精确的数据。这涉及运用地质雷达、钻孔探测等技术来获取地质结构信息，使用地下管线探测仪来搜集管线分布数据，以及通过卫星遥感和实地测量来采集地形地貌数据。这些多源数据的融合至关重要，将地质结构数据与地形数据相结合，可以更清晰地揭示地下空间的承载力和稳定性。借助 3D GIS 的高级分析功能，我们能够对地下空间进行多方面的分析<sup>[3]</sup>。基于空间分析和模拟的结果，我们可以对规划方案进行针对性地优化。

### 4.2 地下工程设计

使用专业建模软件，如 Autodesk Revit 或 SketchUp，可以创建详细的三维模型，这些模型不仅包括建筑物的结构，还涵盖了内部的各种设备、管道和其他细节。通过这些三维模型，设计师可以准确地呈现地下工程的整体布局和各个细节，确保设计的完整性和准确性。此外，借助虚拟现实（VR）和增强现实（AR）等可视化技术，相关人员能够沉浸式地体验设计方案，从而在施工前提前发现潜在问题。这种沉浸式体验使得设计团队能够在施工开始前就进行调整，避免后期因设计问题引发的变更和延误。在复杂的地下工程中，构件之间的碰撞和冲突是常见的问题。3D GIS 技术可以自动检测这些潜在冲突，如管道与梁柱的碰撞、设备与通道的冲突等。一旦发现这些问题，设计人员可以通过调整构件的位置、尺寸或重新规划布局，有效解决冲突，从而确保施工顺利进行，减少因设计缺陷导致的时间和成本浪费。在设计评估过程中，还需要从多个维度对方案进行全面分析。安全性方面，需要对地下结构在地震、洪水等自然灾害下的稳定性进行详细分析，以确保结构的安全可靠。功能性方面，需要评估空间的使用效率、舒适度和便捷性，以满足使用需求。经济性方面，则需要详细计算材料成本、施工难度以及

未来的运营维护费用。通过综合考虑这些因素，设计团队能够在多个方案中选择最优的设计，确保地下工程在安全性、功能性和经济性之间达到最佳平衡。这一过程不仅提高了设计的科学性和合理性，也为项目的成功实施奠定了坚实的基础。

### 4.3 施工管理

将施工计划转化为 3D GIS 中的进度模型，从而能够与实际施工情况展开实时对比。具体来说，通过在关键位置安装传感器和监控设备，可以获取诸如挖掘进度、混凝土浇筑量等施工进度数据。接着在 3D 模型中会以不同颜色或标记来显示进度的快慢，进而直观地呈现施工的整体状况。不仅如此还需基于地下工程的特性和施工工艺来建立安全风险评估模型。实时监测地下水位的变化、土体的位移情况以及支撑结构的应力等关键参数。一旦监测数据超过预先设定的安全阈值，系统会立即发出预警信号，及时提醒施工人员采取诸如加强支护、暂停施工等相应措施<sup>[4]</sup>。根据施工进度和任务需求，充分利用 3D GIS 来模拟不同的资源调配方案。合理地安排施工人员的工作区域和时间，优化机械设备的调度以及材料的供应路线。通过这样优化资源调配，不仅能够提高施工效率、降低成本，还能同时确保施工顺利地进行。

### 4.4 地下空间运营与管理

地下空间的运营与管理是确保其长期稳定运行的关键环节。借助 3D GIS 技术，管理者可以实现对地下空间的实时监控和智能化管理。通过在地下空间安装各类传感器，可以实时监测环境参数，如温度、湿度、空气质量等，确保地下空间的舒适度和安全性。此外，3D GIS 系统可以集成视频监控系統，对地下空间进行全方位的实时监控，及时发现并处理突发事件。在运营管理方面，3D GIS 技术可以实现对地下空间内各类设施的智能管理。通过集成的智能照明系统，可以根据地下空间的使用情况自动调节照明强度，节约能源消耗。同时，3D GIS 系统还可以与地下空间内的通风、排水等系统进行联动，确保地下空间的环境质量。为了提高地下空间的使用效率，3D GIS 技术还可以实现对地下空间资源的优化配置。通过分析地下空间内的人员流动数据，可以优化商业布局、交通组织以及公共服务设施的设置，从而提升地下空间的整体使用价值。3D GIS 技术在地下空间的应急响应中也发挥着重要作用。在发生紧急情况时，如火灾、地震等，3D GIS 系统可以迅速生成地下空间的三维模型，为救援人员提供准确的地理信息和空间布局，帮助他们制定有效的救援方案，提高救援效率和成功率。

## 5 实际案例分析

以某城市核心区域的大型地下商业综合体开发项目为例。该项目占地约 5 万平方米，地下空间分为三层，集商业店铺、停车场、人防设施于一体。项目团队运用了先进的 3D 激光扫描技术，精确获取了地下空间数据，并通过地

理信息系统软件进行深入的数据处理与分析。此外,移动终端设备的使用实现了现场数据的实时采集与更新。在规划阶段,3D GIS的空间分析技术被用来合理规划商业布局 and 人流通道,从而提升了商业空间的利用效率。设计阶段中,三维建模和可视化技术帮助设计师优化了结构设计,减少了施工过程中的不确定性。施工阶段,实时进度监控和安全预警系统确保了项目的按时、安全完成。运营阶段,设施管理和应急响应系统的引入,进一步提升了运营的安全性和便捷性。该项目不仅提前完成了建设,还节省了约10%的建设成本。得益于规划和设计的优化,商业空间的租金收益提升了15%。高效的应急响应系统有效降低了事故损失,确保了人员和财产的安全。项目实施过程中,跨部门的沟通协调显得尤为关键,它确保了数据的及时共享和决策的一致性。同时,技术人员的专业培训和持续学习,有助于更好地发挥3D GIS技术的潜力。建立一体化的3D GIS平台,实现从规划到运营的全生命周期管理,是项目成功的关键。制定标准化的数据采集和管理流程,以确保数据质量和可用性。加强与人工智能等先进技术的融合,特别是在数据分析和预测方面的应用,也是提升项目效率和效果的重要途径。

## 6 3D GIS 应用的技术难点与解决方案

地下环境的错综复杂性以及探测技术的局限性,导致我们获取的地下数据常常带有一定程度的误差。这些误差可能源自多种因素,包括地质结构的微妙变化、地下水位的波动,以及地下介质的非均质性等,这些因素可能难以通过单一探测手段精确捕捉。在地质探测过程中,地层的微小变化可能无法被现有探测设备精确捕捉,从而导致数据偏差。此外,探测设备的精度限制、环境噪声的干扰,以及操作人员的经验水平等,都会对数据的准确性产生影响。为了提高地下数据的精度,可以采取多种高精度探测技术相结合的策略。微重力测量技术能够对地下密度变化进行高精度检测,而高密度电阻率法则能够通过测量地下不同深度的电阻率变化,揭示地下结构的细节。通过这些技术的结合使用,可以实现相互验证和补充,弥补单一技术的不足。进行多次重复测量,以消除偶然误差,并通过对比不同测量结果,进一步提高数据的可靠性。在数据处理方面,利用数学模型对采集到的数据进行修正和优化也是必要的。通过应用地质统计学、反演技术等数学模型,可以对原始数据进行误差修正,

从而得到更为准确的地下结构信息。这些模型能够结合已有的地质知识,对数据进行合理推断和补偿,最大限度地降低误差带来的影响。在一些历史悠久或技术条件受限的区域,地下数据可能存在缺失情况。

为应对这一挑战,首先必须强化对历史数据的整理与挖掘工作。通过审阅档案资料、历史地图以及旧工程记录等,我们能够最大限度地充实现有的地下数据。应充分利用尖端探测技术,对数据空白区域进行补充探测。如采用地质雷达(GPR)技术,对地下管线及其他设施执行非侵入性检测,以获取缺失的位置信息和状态数据。此外建立一个数据更新机制是至关重要的。该机制应确保新数据一旦获得,便能迅速补充至地下数据管理系统中,以维护数据的时效性和完整性<sup>[5]</sup>。通过定期更新和维护数据,可以防止数据陈旧或不精确的问题,为地下空间的规划、施工和管理提供坚实的基础数据支持。最终通过这些措施,我们能够逐步完善地下数据系统,提升地下空间开发和管理的科学性和安全性。

## 7 结语

随着3D GIS技术的不断发展和完善,地下空间的开发和管理将变得更加高效和安全。通过精确的三维模型和实时数据处理,我们能够更好地规划和利用地下资源,为城市可持续发展提供有力支持。然而,技术的应用并非一帆风顺,仍面临诸多挑战,地下环境的复杂性、探测技术的局限性以及数据的不完整性等问题,都需要我们不断探索和解决。只有通过跨学科合作、技术创新和数据共享,才能充分发挥3D GIS技术在地下空间管理中的潜力,实现城市地下空间的科学开发和高效利用。

## 参考文献

- [1] 赵宁,张磊.物企供应商精细化管理探索及思考——以亦庄城市服务集团为例[J].城市开发,2023(8):96-97.
- [2] 顾心怡.健康中国视域下超大城市社区健康精细化治理研究[J].住宅与房地产,2023(22):65-67.
- [3] 刘贵文,黄若鹏,符馨月.城市更新破局之思——从“大修大改”到“空间精细化管理”[J].城市发展研究,2023(7):73-78.
- [4] 姜芸汐,王玉军,许俊涛.城市公园精细化管理模式浅谈[J].未来城市设计与运营,2023(7):33-35.
- [5] 陈睿智,何强,侯利钦,等.“双碳”目标下城市自生植物立体绿化精细化管控方法研究[J].低碳世界,2023,13(7):70-72.