引文格式:应申,叶腾,郭仁忠,等.三维地籍支撑的土地混合利用立体治理框架[J].武汉大学学报(信息科学版),2026,51(10):2229-2238.DOI:10.13203/j.whugis20260242

Citation: YING Shen, YE Teng, GUO Renzhong, et al. A 3D Cadastre-Supported Spatial Governance Framework for Mixed Land Use[J].Geomatics and Information Science of Wuhan University,2026,51(10):2229-2238.DOI:10.13203/j.whugis20260242

三维地籍支撑的土地混合利用立体治理框架

应 申[1] 叶 腾[1] 郭仁忠[1,2] 赵志刚[2] 胡渝清[3]

1 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079

2 深圳大学智慧城市研究院,广东 深圳,518060

3 重庆市规划和自然资源调查监测院,重庆,401120

摘 要:针对二维地籍难以支撑城市土地混合利用中权属叠合与空间分层的现实困境,探索三维地籍支撑土地混合利用及其立体治理的路径与机制。采用理论分析与案例阐释,构建由复合功能协同治理、立体空间产权表达和三维RRR(rights, restrictions, and responsibilities)配置组成的立体治理框架。结果表明:(1)三维地籍可为兼容性、容量、外部性等要求的识别、表达和核验提供依据;(2)通过三维空间单元、界面关系与连通网络,形成边界清晰、关系明确、可核验的产权对象;(3)支撑形成由权利配置、公共限制与治理责任构成的RRR配置体系,使治理要求落实到具体空间和主体。三维地籍不仅承担立体权属表达的技术功能,更为复杂立体空间资源的精细化治理提供了空间信息基础和产权表达基础,能够有效支撑平面土地管理向立体空间治理的转变。

关键词:三维地籍;土地混合利用;三维产权;空间治理

中图分类号:P208;P273 **文献标识码**:A **收稿日期**:2026-06-24

DOI:10.13203/j.whugis20260242 **文章编号**:1671-8860(2026)10-2229-10

A 3D Cadastre-Supported Spatial Governance Framework for Mixed Land Use

YING Shen[1] *YE Teng*[1] *GUO Renzhong*[1,2] *ZHAO Zhigang*[2] *HU Yuqing*[3]

1 School of Resources and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China

2 Research Institute for Smart City, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China

3 Chongqing Institute of Surveying and Monitoring for Planning and Natural Resources, Chongqing 401120, China

Abstract: **Objectives**: Urban land development is shifting from horizontal expansion toward integrated use of above-ground, ground-level, and underground spaces. This transformation has produced mixed-use projects in which functions, property rights, shared interfaces, circulation systems, and governance responsibilities overlap in three-dimensional (3D) space. Conventional two-dimensional cadastre mainly describes parcel boundaries and land-use attributes in plan view, making it difficult to represent vertical stratification, cross-layer connections, public restrictions, and differentiated responsibilities. This paper aims to construct a 3D cadastre-supported spatial governance framework for mixed land use and to clarify how 3D cadastre can evolve from a tool for spatial representation and registration into a foundation for refined governance. **Methods**: This paper combines theoretical analysis with case-based interpretation. Governance requirements are decomposed into compatibility, capacity, and externalities. A spatial property-right representation framework is then constructed through 3D spatial units, interface relations, and connectivity networks. On this basis, a configuration system of rights, restrictions, and responsibilities (RRR) is developed to associate spatial objects with right holders, public constraints, and governance duties. Cases of rail-transit over-build development, vertically differentiated land supply, and underground transport hubs are used to explain the framework. **Results**: The framework consists of three dimensions. First, at the functional level, 3D cadastre provides a spatial basis for identifying and verifying compatibility, capacity, and externalities.

基金项目:国家自然科学基金(42071366)。

第一作者:应申,博士,教授,主要研究方向为地图学、3DGIS与三维地籍以及高精地图、空间智能等。shy@whu.edu.cn

Compatibility is assessed through the extents, interfaces, shared areas, and connections of different uses. Capacity control is linked to spatial units, corridors, vertical transport facilities, and transfer nodes, while professional assessment results are attached to identifiable spatial objects. Externalities such as noise, vibration, lighting, traffic impacts, and pedestrian spillover are related to impact sources, transmission paths, and affected objects. Second, at the spatial level, 3D spatial units define the horizontal and vertical extents, the interface relations describe adjacency, support, attachment, separation, and shared use, and the connectivity networks organize corridors, entrances, transfer nodes, and emergency routes into a traceable topological structure. The Suzhou East Railway Station case illustrates the conversion of vertically differentiated functions into 3D land-supply units, while the Shenzhen Gangxia North Transport Hub case demonstrates the representation of shared interfaces and multi-level circulation relationships. Third, at the institutional level, the 3D RRR system links rights allocation, public restrictions, and governance responsibilities to specific property objects. Rights can be associated with explicit 3D extents, while public-access requirements, facility-protection conditions, maintenance duties, and operational responsibilities can be recorded through registration notes, planning conditions, contracts, or management rules. These objects can be associated with right holders, right types, uses, public-access requirements, facility-protection conditions, maintenance duties, and operational responsibilities. **Conclusions**: The framework integrates functional governance, spatial property-right representation, and RRR configuration within a unified cadastral logic. The contribution lies not only in adding vertical geometry, but also in organizing functions, spatial relationships, public constraints, and responsibilities around common 3D objects. It supports consistent links among planning control, construction verification, cadastral survey, property registration, and operational management. Future research should address quantitative governance evaluation, lifecycle data-conversion standards, and legal procedures for 3D registration and spatial representation of easements.

Key words: 3D cadastre; mixed land use; 3D property rights; spatial governance

随着城市发展由外延扩张转向存量提效,传统以单一使用功能为基础的用地分类与管制方式难以充分适应土地立体利用和空间复合配置的管理需求。高质量发展要求国土空间治理从单一资源管控转向资源、功能、权利和主体关系的综合协调[1],这要求土地管理在技术与制度层面由“二维划分”转向“立体治理”。

我国已明确了土地混合利用的政策导向,“十五五”规划纲要提出,要推进土地混合开发、空间复合利用和土地用途依法合理转换,这表明土地利用政策已由单一用途配置进一步转向面向存量优化和立体开发与复合利用的弹性调适。国家将土地混合利用纳入土地制度改革重点,强调优化工商业用地结构、提高要素产出效率与用途转换弹性[2]。自然资源部提出以区域统筹、混合开发与空间复合利用为抓手,推动低效与存量用地的再开发与功能重组[3]。三维地籍成为破解二维宗地“平面管制”局限的重要技术和制度工具,其核心在于以三维权属界址面围合形成的产权体作为管理单元,对地上、地下与空中等复合空间的权利边界、邻接关系与利用方式进行一体化表达,从而为立体开发、混合利用与多权利配置提供支撑[4]。

围绕三维地籍,国内外学界已开展多维度研究,涵盖概念界定[5-7]、概念模型构建[8-12]、产权体数据建模[13-15]、登记方法[16-20]、法律界定[21-23]、制度设计[24-25]以及三维不动产表达[26-28]等领域。与此同时,土地混合利用也涉及分层设权、并存权利协调和公共限制附着等制度问题[29]。国内土地制度研究从三维产权范式、建设用地使用权分层设立和土地分层利用中的权利冲突等角度展开讨论,强调土地权利客体需要由平面宗地进一步转向可分层、可界定、可登记的立体空间[21,30]。当前国土空间规划背景下的城市发展要求对城区范围、功能和空间管控边界进行精细识别,推动城市空间认知由平面范围划定转向面向空间开发利用、公共服务和治理需求的综合表达[31-32]。这进一步强化了对立体空间权属表达、公共约束记录和多主体关系协调的地籍支撑需求。深圳、南京等地的实践以及三维地籍建设试点进一步表明,三维地籍正由技术表达走向业务应用[33-35]。但既有研究仍较少从土地混合利用全过程出发,系统解释复合功能治理、立体空间产权表达与RRR(rights, restrictions, and responsibilities)配

置之间的内在联系。

本文聚焦土地立体开发与混合利用过程中的空间利用、权属组织与管理协同问题,系统探讨三维地籍在其中的应用路径,构建由复合功能协同治理、立体空间产权表达和三维RRR配置组成的治理框架,以揭示三维地籍由权属表达工具向立体空间管理支撑工具拓展的作用机制。

1　土地混合利用

1.1　土地混合利用的特征

土地混合利用是一种在特定时空范围内结合两个及以上土地用途或空间使用功能的土地利用方式[36]。在同一地块、建筑单元或相邻空间范围内,依据规划管控和空间组织要求,将两种及以上土地用途或空间使用功能在水平、垂直或时序维度进行组合配置[37]。其目标在于通过功能复合与空间整合,促进土地的集约化利用以及运行效能提升[38]。

土地混合利用具有以下特征:(1)功能复合性:复合用地通常将两种或两种以上不同的土地用途组合在同一空间单元内,使多种用途之间形成互补性与协同性;(2)空间立体性:不同功能通过水平邻接、垂向叠置、跨层连接与空间共享形成复杂的三维组织关系,传统二维宗地难以准确表达其实际占用范围、接触界面与连通路径;(3)权责复杂性:混合利用往往涉及多个权利主体、管理主体及公共利益要求,权利边界、使用限制和维护责任相互交织,并贯穿规划、供地、建设、登记与运营等业务环节。

1.2　土地混合利用对土地管理的需求

土地混合利用中,多种功能在水平、垂向及时序上的耦合,使二维用途分区和单一权属登记难以准确表达空间边界、相邻关系与治理责任。现代地籍已成为支撑规划、审批、供地、登记和权益管理的基础信息来源[39],三维地籍则应进一步承担立体空间范围、权属边界、相邻关系以及限制责任的表达、核验与关联功能。需要说明的是,土地混合利用中的用途组合、开发强度、建筑形态和交通组织等内容仍应由规划设计、建筑设计及相关专项审查确定,而三维地籍主要承担空间范围、权属边界、相邻关系以及限制责任的三维表达、核验与关联功能。

应对土地混合利用,土地管理需完成3个方面的转变:(1)从单一用途管制与刚性边界约束的传统范式转向功能组合兼容、开发容量管控与外部性调节相协同的治理模式;(2)从基于二维地块边界的平面分区表达转向面向立体开发单元的空间划分与三维界址表达;(3)将RRR嵌入规划许可、建设实施与登记管理的全流程,使权利配置、公共限制与治理责任在制度安排与数据结构层面同步固化。

2　三维地籍支撑土地混合利用

基于土地管理3个方面的转变,本文构建的三维地籍支撑土地混合利用治理框架如图1所示。三维地籍作为记录三维空间范围、权属边界和空间关系的基础工具,从3个层面提供支撑:(1)在功能层面,主要关注三维地籍如何为多功能共置、多主体参与和持续运行的需求提供空间支撑,构建回应开发利用全过程的协同治理机制;(2)在空间层面,适应立体开发的空间组织特征,建立相应的产权表达方法,将空间范围、相邻关系和使用规则转化为清晰、稳定且可核验的表达对象;(3)在制度层面,围绕三维产权体形成相应的RRR配置体系,将权利、限制与责任落实为可登记、可核验、可执行的治理对象。

2.1　复合功能的协同治理机制

2.1.1　兼容性:功能共置的可行性与协同基础

土地混合利用的兼容性指不同功能在同一管理单元内有序共置和持续协同的适配状态。其内涵主要包括两个相互关联的层面:一是混合利用单元内不同功能之间的协调性与布局合理性;二是不同功能之间的联动机制、互补效应与冲突抑制能力。兼容性良好时,复合功能可通过协同运行提升空间利用效率与综合效益。

通过关联权利空间、功能空间和实体空间,三维地籍将功能共置的定性判断转化为对空间共存关系的对象化识别。以图2所示重庆市大礼堂站轨道交通上盖立体开发单元为例,轨道交通、商业、公共服务和开放空间在同一宗地内形成垂向叠置与水平关联。二维宗地难以区分不同功能空间在垂直方向上的实际占用范围,进而无法针对其中复杂的邻接与转换关系进行精细化管理。该类项目的兼容性判断不仅需要判断功能类型是否符合规划要求,更需要识别不同功能空间之间的接触关系、运行联系和影响范围。

在三维地籍管理框架下,首先将混合利用中的不同功能转化为具有明确边界的三维空间对象。依据功能范围、高程区间和使用属性,将交通空间、商业空间、公共服务空间以及开放空间划分

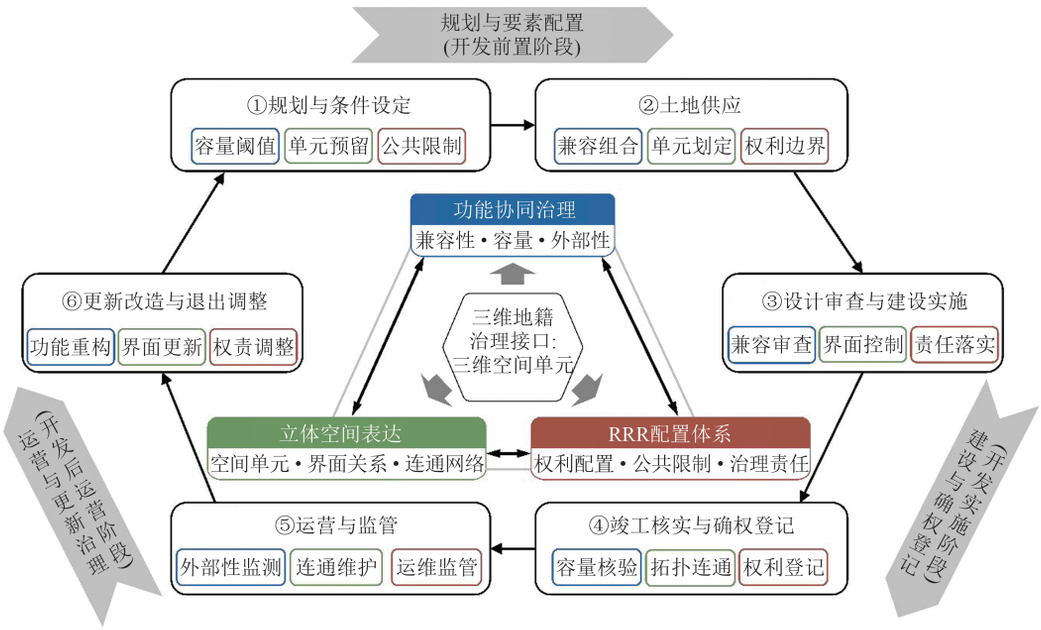


图1 三维地籍支撑的土地混合利用治理框架

Fig. 1 3D Cadastre-Supported Governance Framework for Mixed Land Use

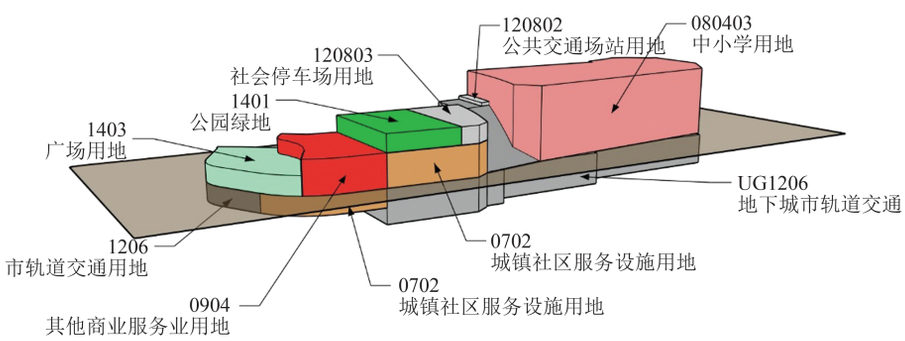


图2 重庆市大礼堂站轨道交通上盖游客中心案例功能布局示意图

Fig. 2 Functional Layout of Tourist Center Development Above Rail Transit at Chongqing People's Auditorium Station

为相应的三维空间单元,明确各类功能在立体空间中的实际占用范围。在此基础上,结合三维空间拓扑检查方法,进一步识别不同空间单元之间的邻接、穿越、包含和连通关系,借助三维地籍"六至"等表达方法,转化为具有明确位置和语义属性的空间关系对象,从而将空间规划文本中对功能协调性的描述落实到空间层面的可识别关系。

2.1.2 容量:承载强度与通行能力的双重约束

在土地混合利用语境中,容量是指不同功能在同一立体空间中叠加运行时,土地、设施与交通系统所能够承受的综合负荷水平。容量要解决的核心问题是在提高空间利用效率的同时,保障开发单元的可持续运行。传统基于面积和容积率的容量管理主要针对整体开发强度,难以识别不同功能空间在三维布局中的承载差异。例如,商业空间的客流集散、轨道交通换乘以及公共空间通行均依赖特定的入口、廊道和转换节点,其运行能力取决于空间位置、连接关系和使用强度的综合作用。

在三维地籍的管理模式下,容量控制对象可进一步落实到具体空间三维对象。一方面,通过三维空间单元表达不同功能空间的范围、高度和体量关系,明确各类功能的空间承载边界;另一方面,通过三维体模型表达入口、通道、竖向交通设施和转换节点之间的连接关系,识别影响整体运行能力的关键空间节点。同时,可将交通分析、设施评价等专业模型产生的容量指标直接落实到三维空间对象,实现从"整体容量控制"向"具体空间对象的容量管理"的转变。

在规划阶段,三维地籍可辅助判断功能布局与空间组织是否匹配;在建设阶段,通过规划模型与竣工模型对比,核验关键承载空间的位置和尺度;在运营阶段,结合空间对象变化记录,识别商业扩展、设施调整等行为对通行网络和公共空

间承载能力的影响。因此,三维地籍支撑的容量治理并非替代专业评价,而是为容量约束提供统一的空间表达和全过程管理基础。

2.1.3　外部性:邻域影响与区域效益

复合功能外部性反映的是复合开发利用单元在组织运行过程中对周边空间、相邻单元及公共环境所产生的溢出效应,例如噪声、光照、景观遮挡、交通诱增与客流外溢等。治理重点在于将外部性显性化并可度量化,通过空间组织与管理措施进行吸收、缓冲或再分配,避免局部收益以区域成本为代价,进而保障区域层面的净效益与功能完整性。

针对混合利用单元与周边区域之间的相互作用,三维地籍可将边界范围、接触界面及影响路径表达为三维产权体、界面关系与拓扑联系,从而为空间外部性分析提供更明确的空间参照基础。立体开发中,内部活动往往向相邻空间延伸,其溢出效应须结合三维空间划分予以识别。以日照遮挡与视廊阻断为例,其影响范围由规划评价与专项技术分析确定后,三维地籍通过建筑外围盒、功能单元与相邻关系的表达,为影响范围的空间对应、权属关联及后续核验提供依据。交通网络承载、公共设施负荷与景观廊道保护等公共利益约束,亦可依托三维地籍与具体空间对象建立关联,为外部性影响的识别、记录与管理衔接提供空间数据支撑。

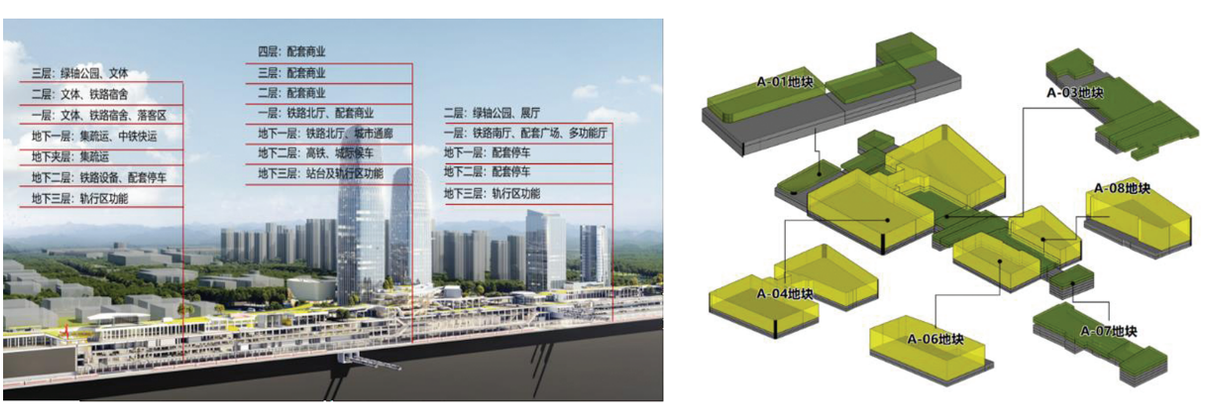
2.2　立体空间的产权表达框架

在功能治理提出复合开发的适配要求之后,框架中的空间表达层进一步回答这些要求如何落到具体空间对象之上。立体划分的关键在于把混合利用中的空间范围、相邻关系与使用规则转化为可表达、可核验且可登记的对象体系,以空间单元奠定三维边界与几何基准,通过界面关系处理跨单元的附连与共用,最终以连通网络组织多单元之间的通行与疏散,并使其在法理边界、工程实体与运行管理之间保持一致。

2.2.1　空间单元:三维边界下的基本对象与几何基准

空间单元是三维产权体生成的对象基础。空间单元通过三维边界精确界定空间范围、层位关系与邻接关系,形成边界清晰、属性明确且可进入管理程序的立体空间对象;在确权登记环节,空间单元进一步转化为具有权利属性和登记效力的三维产权体。空间单元既是权属界定的几何基准,也是工程实施与竣工核实的控制依据,使权属设定、面积量算与施工放样能够共享同一空间基础,并实现从规划控制、建设落地到登记确权的闭环衔接。苏州东站复合供地的垂向功能分层与三维供地单元划分如图 3 所示(图片来源:https://m.mnr.gov.cn/gk/tzgg/202601/t20260129_2913595.html)。苏州东站综合开发案例突破单一平面地块承载模式,将轨道交通、商业配套与文体公园等复合功能依高程带进行立体化剥离,并通过多区段三维地块细分,将总体性的立体布局转化为对象化、单元化的产权表达。

空间单元是三维地籍前置介入空间规划控制与产权构造的基础机制。在规划与土地供应前端,三维地籍将各层位的开发边界及控制高程转化为立体出让基准,支撑空间资源的精准匹配与精细化供应;在建设实施中端,空间单元为规划审批、施工放样与竣工核实提供空间核验依据,确保各高程带空间的实际落位与设计参数高度吻合;在确权登记与运营后端,其为各类空间提供权属清晰的制度载体。空间单元作为混合利用的基本空间框架,兼具几何精度与管理指向,将立体开发条件落实于具体空间对象。



(a) 苏州东站复合供地垂向功能分层示意图　　(b) 苏州东站三维供地单元划分示意图

图 3　苏州东站复合供地的垂向功能分层与三维供地单元划分

Fig. 3　Vertical Functional Stratification and 3D Land-Supply Unit Delineation at the Suzhou East Railway Station

2.2.2 界面关系:跨层附连与共用边界的表达

在确定分层边界之后,界面关系用于刻画跨层穿越、附连与共用等情形,重点解决“空间相接但权利不等同”的治理问题。在立体开发场景中,应明确不同功能和不同权属设施之间的界面关系,以及相应的功能属性、边界条件与使用规则,并将其作为可记录、可查询和可关联的空间关系对象纳入地籍信息体系。通过界面语义与几何边界的一致化,可降低跨层使用带来的权属争议风险,并为维护责任与通行权配置提供清晰依据。

在土地空间的混合利用中,物理空间的复杂性源自单元间的界面接触、跨层穿越与边界共用。通过三维地籍表达,此类物理相接但权属相异的模糊地带,可进一步明确为实体界面对象。深圳市岗厦北交通枢纽空间结构如图4所示(图片来源:https://m.mnr.gov.cn/gk/tzgg/202601/t20260129_2913595.html)。岗厦北交通枢纽的站厅、商业空间、城市环廊及各区地下空间通过多类连接口和转换节点形成复合界面,其空间组织的难点在于大量界面持续承担多种复合功能。例如,站厅公共区域与商业空间直接接触,既需要保持公共换乘与集散秩序,又存在经营性服务嵌入的现实需求;夹层城市环廊与地下核心区之间既是地上地下转换界面,也是公共开放联系界面;东、西、南区地下空间与核心区之间的连接口和转换节点,则同时涉及空间接驳、流线组织和管理边界。因此,岗厦北的界面并非简单边线,而是承载不同功能转换和不同主体关系的复合空间部位。

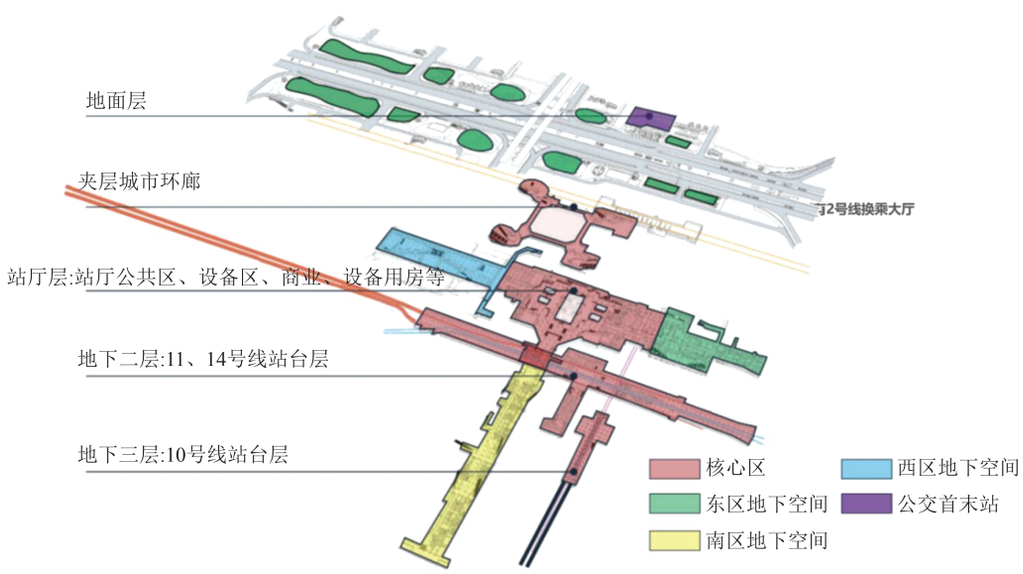


图4 深圳市岗厦北交通枢纽空间结构示意图

Fig. 4 Spatial Structure of the Shenzhen Gangxia North Transport Hub

此类复合界面情形中,三维地籍的核心功能在于将界面关系对象化。建筑结构层面的相邻或连通关系,经界定后,通过三维地籍的管理单元和数据库登记,可转化为相对应的界面对象,并支持进一步的拓扑关系查询以及数据字段管理;不同区域、层级及转换节点之间的接触关系,由此获得可确认的空间语义。经营、通行联系与维护等管理要求也可借助三维地籍数据库与具体界面部位建立对应。

2.2.3 连通网络:通行与连通关系的拓扑组织

当跨单元的界面边界与规则得以明确后,需重点解决多单元如何被组织为可运行系统这一问题。连通网络以室内外一体的通行、无障碍与消防系统为核心,将功能性通道作为独立空间对象进行表达,并在几何上与权属边界对齐。网络的层级、节点与联络关系服务于换乘组织、人流调度与应急切换,并为运营阶段的责任落实与合规核验提供可追溯的拓扑基础。

在高强度土地混合利用中,不同层级与区段之间的连续可达是复合功能稳定运行的重要条件。三维地籍可将连通路径、转换节点和竖向联系设施纳入统一的空间表达基准,为连通关系的核验与追溯提供依据。如图4所示,岗厦北交通枢纽包含多个相互连接的空间层级,其运行依赖多线站台、城市环廊及竖向通道之间的协同;在关键节点或联络通道受到压缩时,可能削弱局部通行能力,并影响整体网络的连续性。规划初期,经规划设计确定的核心通行廊道、竖向联系设施和转换节点,可在三维地籍中以拟设空间对象或控制性空间要素的形式记录,内容包括平面位置、竖向高程、空间范围、连接对象、通行属性和使用限制等。进入建设核实阶段,建成实体可

与上述空间对象进行比对,以核验通道位置、节点尺度和连通关系是否与规划许可要求一致。在运营更新阶段,可依据既有路径、节点和关联空间,识别业态调整、设施增设或局部改造对公共通行及责任边界的影响。连通网络将通行设施及其管理要求关联到具体空间对象,为土地混合利用项目的全过程核验与管理提供空间基础。

2.3　三维RRR配置体系

RRR的引入旨在将权属关系与公共性要求从原则性规定转化为数据对象。在三维产权治理中,RRR具有清晰的内在递进逻辑:首先完成权利配置,明确可支配与可流转的权利边界;继而嵌入公共限制,将公共利益约束转化为可审查的规则边界;最终落实治理责任,使日常运营与风险处置具备明确的责任主体与履约依据。三维RRR的实施以三维产权体为载体,支撑空间边界、语义规则与管理责任的一体化表达。

在土地开发利用的过程中,土地使用权应构成后续空间权利生成的基础。开发前期应依据规划条件、供地方案和立体开发边界,先行明确不同层位、不同功能空间所对应的土地使用权范围及其使用条件,使后续开发建设受到既定空间使用权的约束。建筑物及其附属设施所对应的三维产权体,应在该空间权利边界和规划许可条件内形成,并在竣工核实、权籍测绘和不动产首次登记过程中明确空间范围、权属边界和附属关系。由此,土地使用权划定复合开发的基础权利边界,建筑物三维产权则对实际建成空间进行进一步确认,从而形成“以地定界、依权建设、建成确权”的递进流程。限制与责任并不必然均以不动产登记中的物权形态呈现,也可通过规划条件、许可文件、合同约定或管理规则等来源加以表达。

2.3.1　权利配置:权能界定与流转基础

权利配置面向功能属性与期限进行精准匹配,明确区分建设用地使用权、房屋所有权、地役权以及租赁使用等不同权利或利益安排,明确其空间边界、期限与使用条件,并将权能范围与使用条件落实到具体三维产权体。对于共有部位,应明确份额结构、表决机制与使用秩序,同时细化收益分配与费用承担规则,从而为登记、公示与交易流转提供稳定的权利结构与清晰的权利边界。

权利配置的关键除了确定权利归属,更在于明确其边界。许多权属冲突并非源于权利类型本身,而是源于空间范围不清、附属关系模糊和使用条件界定不足。三维地籍通过将权利客体锚定于具体三维产权体,使占有、使用、收益等权能与明确的边界、高程和功能属性建立对应关系,从而增强设权结果的确定性,也为登记、公示和后续流转提供稳定基础。对经营性空间而言,这种配置有利于支撑投资开发、租赁经营和交易转让;对交通设施、公共服务和开放空间而言,则有助于维持其公共属性和可持续运行要求。

对于共享通行、转换和设备附属空间,还应明确共有范围、使用秩序、成本分担和收益归属。三维地籍可通过表达共有空间边界及其服务关系,使共有部位与相关产权体建立对应,为公共限制和治理责任的进一步配置提供基础。

2.3.2　公共限制:公共约束与时序条件

公共限制是指将公共性约束转化为能够被记录、核验与执行的限制性规则,并使其与具体三维空间单元及其联系部位建立稳定对应关系。对于土地混合利用而言,公共限制的重点在于承接规划和安全管制要求,并对跨宗地通行、设施附设和空间连通等持续性使用关系进行处理。对于地下联系通道、共享出入口和公共开放界面等空间,可依据具体情形通过地役权、通行规则或其他使用限制,明确受益空间、负担空间、行使范围和维护义务。依托三维地籍对空间边界和联系关系的表达,上述公共性要求能够与具体空间对象相关联,从而为后续建设核验、登记记载、运营管理和更新调整提供边界依据。

2.3.3　治理责任:责任清单与履约机制

治理责任的核心在于将空间权属和使用限制进一步关联到具体管理义务。在明确空间权属与公共限制的前提下,设施维护、安全保障、开放管理和应急处置等责任,可通过登记记载、合同约定、管理规约或运营文件等形式加以明确,并将其记录在三维产权体对象中。依托三维地籍对空间单元、共有部位和联系界面的表达,相关责任可进一步落实到具体部位和责任主体,为日常管理、成本分担、更新调整和责任追溯提供空间依据。对于跨主体共享空间而言,这种对象化表达有助于明晰责任边界,保障立体空间持续运行中的管理协同。

3　结论与讨论

3.1　结论

本文面向土地混合利用中多用途叠加、多层空间衔接和多主体权责交织的管理需求,构建了三维地籍支撑的土地混合利用治理框架。该框

架形成了由功能判断、空间对象化和权责配置递进展开的治理链条:兼容性、容量与外部性提出治理需求,三维产权体、界面关系与连通网络承接空间表达,权利配置、公共限制与治理责任最终完成制度落位。三维地籍是现代地籍在立体空间中的延伸,其作用不局限于三维产权表达,还可通过对空间范围、权属边界、相邻关系及限制责任的关联记录,为土地混合利用管理提供统一的空间信息基础。

在空间表达层面,三维地籍确立了空间单元、界面关系与连通网络相互衔接的产权表达框架。一方面,空间单元将住宅、交通、商业与公共服务等异质功能所占据的空间切割为具有独立三维边界的权利客体,为确权与审批提供稳定的几何基准;另一方面,跨层结构与共享设施被进一步对象化为界面关系,通行与疏散等运行逻辑被组织为连通网络,使物理空间中隐性的依附、穿越与共享关系能够以可计算的拓扑结构呈现。在此基础上,空间重叠可以被精确拆解为可管理的单元、界面与网络,为后续规则嵌入奠定实体基础。

在制度配置层面,三维RRR体系将权利、公共限制和治理责任关联到具体三维产权体及其联系部位,使权利边界、使用条件、公共通行、设施维护和安全责任获得明确的空间指向。在此基础上,兼容性要求可通过功能分层与界面关系落实,容量要求可与承载空间、通行路径及关键节点建立对应,外部性影响则可通过影响源、作用路径、受影响对象和责任主体之间的空间关联进行识别与记录。总体上,三维地籍推动土地管理由平面权属记录转向面向复杂立体空间的精细化治理,为土地混合利用提供了具有连续性和可推广性的治理逻辑。

3.2 讨论

本文的理论贡献在于将三维地籍从单纯的三维建模和权属表达工具,进一步置于土地混合利用的管理情境中加以讨论。与既有研究多关注三维产权体构建、三维登记方法和数据模型不同,本文强调三维地籍在土地混合利用中的作用机制主要体现为对象化表达和关系化支撑:一方面,通过三维空间单元、界面关系和连通网络,使复合空间中的边界、邻接、穿越和连通关系具有稳定的地籍表达;另一方面,通过RRR配置,使权利、公共限制和治理责任能够与具体空间对象建立对应关系。这一认识有助于将三维地籍研究从“能否表达三维空间”推进到“如何服务混合利用管理”。

从适用场景看,不同土地混合利用项目的核心矛盾并不相同,三维地籍应据此确定差异化的治理重点:(1)在单宗地竖向功能高度叠合型项目中,对于多种功能在同一范围内垂向叠置的场景,主要问题在于各功能实际占用空间及其相互影响难以区分,治理重点应放在三维空间单元划分,在供地和规划前置阶段明确不同功能的平面范围、垂向区间及邻接界面,并将对应权利和责任落实到相应空间单元。(2)在多主体共享界面类型的复合利用项目中,关键需要解决连通关系及跨主体使用规则不清的问题,治理重点应放在界面关系和连通网络表达,明确连接范围、通行条件、共有设施使用规则以及运维和安全责任。(3)在跨宗地网络连通型项目中,治理难点是规划空间、供地范围与登记权利客体之间难以保持一致,因此需要明确三维产权体的分层设权边界、附属关系及使用条件,并严格与规划控制、土地供应和不动产登记环节进行衔接。因此,三维地籍不宜在不同场景中采用统一的全要素建模模式,而应根据实际开发项目的特点,选择重点表达对象,形成“场景识别—空间对象化—RRR配置—业务衔接”的差异化实施路径。

本文研究主要进行框架构建与案例解释,后续可从3个方面深化:(1)当前尚未形成可量化的应用效果评价,后续可从权属争议减少、审查一致性提高、公共通行保障和责任追溯效率等方面构建评价指标。(2)三维地籍与规划许可、竣工核实、不动产登记、合同管理和运营监管之间的数据衔接规则仍需进一步细化,特别是拟设空间对象、建成空间对象和登记空间对象之间的转换关系,需要在标准和作业流程层面加以明确。(3)探索法制与技术衔接,进一步明晰地役权对象化、登记附项规则在既有法规与标准体系中的具体落位路径,形成可复制的作业规范。

参 考 文 献

[1] 刘经南, 刘耀林, 刘殿锋, 等. 服务高质量发展的国土空间治理学科体系构建探讨[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2023, 48(10): 1566-1573.
LIU Jingnan, LIU Yaolin, LIU Dianfeng, et al. Subject Framework Design for Territory Spatial Governance Towards High-Quality Development [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2023, 48(10): 1566-1573.

[2] 新华社. 中共中央关于进一步全面深化改革推进中国式现代化的决定[EB/OL]. (2024-07-21)[2026-

03-01]. https://www.gov.cn/zhengce/202407/content_6963770.htm? 1sRedirectHit=11454859.
Xinhua News Agency. Decision of the Central Committee of the Communist Party of China on Further Comprehensively Deepening Reform to Advance Chinese Moder-nization [EB/OL]. (2024-07-21) [2026-03-01]. https://www.gov.cn/zhengce/202407/content_6963770.htm? 1sRedirectHit=11454859..

[3] 自然资源部办公厅. 自然资源部办公厅关于印发《支持城市更新的规划与土地政策指引(2023版)》的通知[EB/OL]. (2023-11-10)[2026-03-01]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202311/content_6916516.htm.
General Office of the Ministry of Natural Resources. Notice of the General Office of the Ministry of Natural Resources on Issuing the Planning and Land Policy Guidelines for Supporting Urban Renewal (2023 Edition)[EB/OL]. (2023-11-10)[2026-03-01]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202311/content_6916516.htm.

[4] MADSEN M D, PAASCH J M. 3D Real Property in Vertical Mixed-Use Developments. A Comparative Analysis of Common Property and Management Aspects in Selected Jurisdictions: The Case of British Columbia, Denmark and Sweden [J]. *Land Use Policy*, 2023, 134: 106905.

[5] BILLEN R, ZLATANOVA S. 3D Spatial Relationships Model: A Useful Concept for 3D Cadastre [J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2003, 27(4): 411-425.

[6] VAN DER MOLEN P. Institutional Aspects of 3D Cadastres[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2003, 27(4): 383-394.

[7] STOTER J E. 3D Cadastre[D]. Delft: Delft University of Technology, 2004.

[8] 林亨贵, 郭仁忠. 三维地籍概念模型的设计研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2006, 31(7): 643-645.
LIN Henggui, GUO Renzhong. Design of 3D Cadastre Conceptual Model[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2006, 31(7): 643-645.

[9] 郭仁忠, 应申. 三维地籍形态分析与数据表达[J]. 中国土地科学, 2010, 24(12): 45-51.
GUO Renzhong, YING Shen. Morphological Analysis and Data Representation of 3D Cadastre[J]. *China Land Science*, 2010, 24(12): 45-51.

[10] 应申, 郭仁忠, 李霖. 三维地籍[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
YING Shen, GUO Renzhong, LI Lin. 3D Cadastre [M]. Beijing: Science Press, 2014.

[11] 应申, 史云飞, 贺彪. 三维地籍建模技术[M]. 北京: 科学出版社, 2023.
YING Shen, SHI Yunfei, HE Biao. 3D Cadastral Modeling Technology[M]. Beijing: Science Press, 2023.

[12] YING S, GUO R Z, LI L, et al. Construction of 3D Volumetric Objects for a 3D Cadastral System [J]. *Transactions in GIS*, 2015, 19(5): 758-779.

[13] AIEN A L, KALANTARI M, RAJABIFARD A, et al. Towards Integration of 3D Legal and Physical Objects in Cadastral Data Models [J]. *Land Use Policy*, 2013, 35: 140-154.

[14] BRYANT B, AGHA KARIMI A, ATAZADEH B, et al. Modelling 3-Dimensional Cadastral Boundaries in a BIM Environment: A Case Study Using Volumetric Format Plans in Queensland, Australia [J]. *International Journal of Digital Earth*, 2025, 18: 2518578.

[15] ATAZADEH B, KALANTARI M, RAJABIFARD A, et al. Extending a BIM-Based Data Model to Support 3D Digital Management of Complex Ownership Spaces[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2017, 31(3): 499-522.

[16] PAULSSON J, PAASCH J M. 3D Property Research from a Legal Perspective[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2013, 40: 7-13.

[17] DROBEŽ P, FRAS M K, FERLAN M, et al. Transition from 2D to 3D Real Property Cadastre: The Case of the Slovenian Cadastre[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2017, 62: 125-135.

[18] DIMOPOULOU E, KARKI S, ROIĆ M, et al. Initial Registration of 3D Parcels[M]//3D Cadastres Best Practices. Copenhagen: International Federation of Surveyors, 2018: 67-94.

[19] PAASCH J, PAULSSON J. 3D Property Research from a Legal Perspective Revisited [J]. *Land*, 2021, 10(5): 494.

[20] KIM S, HEO J. Registration of 3D Underground Parcel in Korean Cadastral System [J]. *Cities*, 2019, 89: 105-119.

[21] 杜茎深. 土地产权三维界定的技术路线及其评论[J]. 中国土地科学, 2023, 37(11): 11-18.
DU Jingshen. Technical Route for Three-Dimensional Delineation of Land Property Rights and Its Review[J]. *China Land Science*, 2023, 37(11): 11-18.

[22] ONSRUD H. Making a Cadastre Law for 3D Properties in Norway[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2003, 27(4): 375-382.

[23] SØRENSEN E M. Three Dimensional Property Rights in Denmark: 3D Property Design and Regis-

tration is Working-Visualization not[C]//The 2nd International Workshop on 3D Cadastres, Delft, The Netherlands, 2011.

[24] KALOGIANNI E, DIMOPOULOU E, THOMPSON R J, et al. Development of 3D Spatial Profiles to Support the Full Lifecycle of 3D Objects[J]. *Land Use Policy*, 2020, 98: 104177.

[25] HO S, RAJABIFARD A, STOTER J, et al. Legal Barriers to 3D Cadastre Implementation: What Is the Issue?[J]. *Land Use Policy*, 2013, 35: 379-387.

[26] 全国地理信息标准化技术委员会(SAC/TC 230). 城市不动产三维空间要素表达: GB/T 40771—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
National Technical Committee on Geographic Information of Standardization Administration of China (SAC/TC 230). Expression of 3D Spatial Elements of Urban Real Estate: GB/T 40771—2021[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.

[27] 应申, 陈乃镔, 李威阳, 等. 三维房产群集对象可视化方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2020, 45(1): 81-88.
YING Shen, CHEN Naibin, LI Weiyang, et al. Visualization method for 3D Real Estate Group Objects[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2020, 45(1): 81-88.

[28] YING S, XU Y F, LI C P, et al. Easement Spatialization with Two Cases Based on LADM and BIM[J]. *Land Use Policy*, 2021, 109: 105641.

[29] 杜茎深, 王向东. 基于公私互促视角的土地产权范式转变——从二维产权范式到三维产权范式[J]. 中国土地科学, 2025, 39(4): 20-28.
DU Jingshen, WANG Xiangdong. Paradigm Shift of Land Property Rights from the Perspective of Public-Private Mutual Promotion: From Two-Dimensional Property Rights Paradigm to Three-Dimensional Property Rights Paradigm[J]. *China Land Science*, 2025, 39(4): 20-28.

[30] 于凤瑞. 土地分层利用中权利冲突的协调[J]. 中国土地科学, 2026, 40(1): 35-43.
YU Fengrui. Coordination of Rights Conflicts in Layered Land Use[J]. *China Land Science*, 2026, 40(1): 35-43.

[31] 刘春, 张尚武, 冯健, 等. 国土空间规划背景下"城区范围"的应用探讨与未来方向[J]. 自然资源学报, 2024, 39(10): 2497-2504.
LIU Chun, ZHANG Shangwu, FENG Jian, et al. Application and Future Directions of "Urban Area" Under the Background of Territorial Spatial Planning[J]. *Journal of Natural Resources*, 2024, 39(10): 2497-2504.

[32] 应申, 孙立, 王伟, 等. "城区"的内涵及空间界定[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2021, 46(9): 1370-1377.
YING Shen, SUN Li, WANG Wei, et al. Connotation and Spatial Delineation of "Urban Area"[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2021, 46(9): 1370-1377.

[33] GUO R Z, LI L, YING S, et al. Developing a 3D Cadastre for the Administration of Urban Land Use: A Case Study of Shenzhen, China[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2013, 40: 46-55.

[34] GUO R Z, LUO F, ZHAO Z G, et al. The Applications and Practices of 3D Cadastre in Shenzhen[C]//The 4th International Workshop on 3D Cadastres, Dubai, 2014.

[35] 刘咏梅, 李谦, 江南. 三维地籍与城市立体空间开发的信息技术应用分析——以南京市为例[J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(3): 392-398.
LIU Yongmei, LI Qian, JIANG Nan. Application Analysis of Information Technology in 3D Cadastre and Urban Three-Dimensional Space Development: A Case Study of Nanjing[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2010, 12(3): 392-398.

[36] HU Q Y, SHEN W C, YAN J M, et al. Does Existing Mixed Land Development Promote the Urban Spatial Composite Function? Evidence from Beijing, China[J]. *Land Use Policy*, 2024, 143: 107212.

[37] 刘斌, 岳文泽. 存量更新阶段的土地混合利用治理框架[J]. 城市规划学刊, 2026(1): 42-48.
LIU Bin, YUE Wenze. Governance Framework for Mixed Land Use in the Stage of Stock Renewal[J]. *Urban Planning Forum*, 2026(1): 42-48.

[38] 刘芳, 谭荣, 刘成明, 等. 城市土地混合利用的精细化治理:空间生产视角下的逻辑重构与实践路径[J]. 中国土地科学, 2025, 39(11): 30-40.
LIU Fang, TAN Rong, LIU Chengming, et al. Fine-Grained Governance of Urban Mixed Land Use: Logic Reconstruction and Practical Path from the Perspective of Spatial Production[J]. *China Land Science*, 2025, 39(11): 30-40.

[39] 自然资源部. 自然资源部关于进一步做好地籍调查工作的通知: 自然资发[2023]195号[EB/OL]. (2023-10-12)[2026-06-08]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202310/content_6908606.htm.
Ministry of Natural Resources. Notice of the Ministry of Natural Resources on Further Improving Cadastral Survey: Natural Resources Development [2023] No. 195[EB/OL]. (2023-10-12)[2026-06-08]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202310/content_6908606.htm.