引文格式：王怀军,刘丹,王立刚. 实景三维中小学智慧校园建设实践探索[J]. 地理空间信息, 2026, 24(7): 115-119. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2026.07.022

实景三维中小学智慧校园建设实践探索

王怀军[1]，刘　丹[2]，王立刚[2*]
（1. 宁夏平罗中学，宁夏 石嘴山 753400；2. 宁夏自然资源信息中心，宁夏 银川 750002）

摘　要：为解决数据割裂、空间维度缺失等问题，整合数字孪生、5G等核心技术，构建了一套“空间—数据—业务”一体化的空间驱动型智慧校园框架。重点优化了空天地一体化高精度实景三维建模技术，提出了基于区域—建筑—楼层—房间—设备5级编码的时空立方体数据管理方法，通过时空编码关联技术实现了多源数据在三维场景中的精准落地，并创新引入轻量化与自适应检索深度耦合的协同调度技术。以宁夏平罗中学为实证对象，从信息集成展示、校园资产管理、应急保障分析3个方面验证了该框架的可行性、实用性。研究结果为构建中小学智慧管理平台提供了一套可复制、可验证的技术路径与实践范式，也为教育数字化转型中不同学段的技术差异化应用提供了有益参考。

关键词：实景三维；智慧校园；数据融合；数字孪生；时空立方体
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）07-0115-05

Practical Exploration of 3D Real Scene Smart Campus Framework Construction for Primary and Secondary Schools

WANG Huaijun[1], LIU Dan[2], WANG Ligang[2]
(1. Pingluo Middle School of Ningxia, Shizuishan 753400, China;
2. Ningxia Natural Resources Information Center, Yinchuan 750002, China)

Abstract: To address bottlenecks such as data fragmentation and a lack of spatial dimensionality, we integrated core technologies including digital twin and 5G to construct a spatial driven smart campus framework featuring the integration of “space-data-business”. We focused on optimizing high-precision, 3D real scene modeling technology with space-sky-land integration, proposed a spatio-temporal cube data management method based on a region-building-floor-room-equipment five-level coding system, and used spatio-temporal encoding association technology to accurately anchor data within 3D scenes. Additionally, we introduced a collaborative scheduling technology that couples lightweight design with adaptive retrieval. Taking Pingluo Middle School in Hui Autonomous Region as a case study, we validated the framework’s practicality from integrated information visualization, campus asset management, and emergency support analysis three perspectives. This research provides a reproducible and verifiable technical pathway and practical paradigm for building smart management platforms in primary and secondary schools, while also offering references for the differentiated application of technologies across different educational stages in the context of digital transformation in education.

Key words: 3D real scene, smart campus, data fusion, digital twin, spatio-temporal cube

在教育数字化转型向纵深推进的背景下，智慧校园已成为破解传统教育治理瓶颈、推动教育现代化的核心载体。《中国教育现代化2035》《“十四五”国家信息化规划》等政策文件明确提出，要综合运用互联网、物联网、大数据和人工智能等技术，统筹建设一体化智能化教学、管理与服务平台，实现数据伴随式收集、信息自动化分析、资源最优化配置[1]。中小学作为基础教育数字化转型的主要阵地，其智慧化建设直接关系到教育公平落地与育人质量提升。然而，当前中小学智慧化管理平台建设大多沿袭传统管理信息系统或分散数据库的模式，普遍存在空间维度缺失、数据割裂等问题，难以充分适配中小学在微观尺度空间管理、低龄学生安全保障、管理轻量化等方面的特有需求。随着实景三维、5G等技术的突破性发展，利用实景三维构建立体化管理场景，为智慧校园建设提供了新的技术路径。国内外应用实践[2-5]表明，技术与

项目来源：宁夏中小学人工智能教育实验学校发展计划资助项目。
第一作者简介：王怀军（1974—），本科，高级工程师，主要从事智慧校园建设及管理相关工作，E-mail：407326449@qq.com。
通信作者：王立刚（1984—），正高级工程师，主要从事自然资源信息化和时空信息赋能相关工作，E-mail：wangligang@nxgis.ntesmail.com。

校园场景的精准适配、数据与业务的深度融合，是智慧校园建设的核心逻辑。现有研究多以BIM模型为基础支撑，在应对低龄学生安全管控、教学资源均衡配置、室内场景精细化管理等核心需求时，支撑能力尚显不足[6-8]，尤其缺乏对“空间—数据—业务”闭环的系统性设计，成为制约中小学智慧校园高质量发展的关键瓶颈。鉴于此，本文立足于中小学智慧校园建设痛点，聚焦微观尺度空间精细化建模、教育类数据一体化管理与融合、数据高效调度3大核心问题，整合数字孪生、实景三维轻量化、5G等核心技术，通过构建统一空间底座与时空关联、强化数据治理，建立中小学场景的“空间—数据—业务”一体化框架，打造校园时空立方体，解决中小学智慧校园的场景适配难题、数据割裂困境与服务落地障碍，为中小学智慧校园建设提供了兼具技术可复制性与模式可推广性的实践方案。

1 空间驱动的智慧校园框架设计

1.1 核心设计理念

借助实景三维技术的空间表达优势，秉持“空间为统一基底、数据为服务核心”的设计理念，构建基于实景三维的智慧校园运行体系。将高精度实景三维模型打造为校园数据整合与业务联动的核心载体，为校园内的人员、设备、建筑、区域等要素赋予唯一的空间标识，通过编码实现人、物、事、空间的深度绑定，打破传统业务系统的边界限制，构建基于实景三维的中小学智慧校园管理平台。

1.2 系统架构设计

本文采用四层两体系的总体架构，以实景三维模型为统一空间基底，通过深度融合多源异构数据，实现从高效传输到智能应用的完整闭环，成功将核心设计理念转化为一套可工程落地的系统框架。

1）网络层作为架构的底层基础与数据通道，整合了感知采集与网络传输双重功能，负责校园多源数据的全面感知、实时采集与安全传输。在感知采集方面，部署适配中小学场景的各类智能终端与传感器，主要包括烟雾传感器、门禁传感器等低成本物联网传感设备，校园一卡通读写终端、高清网络摄像头、智能考勤机等智能终端，音频采集麦克风、环境噪声检测仪、实验设备状态监测终端等多模态数据采集设备。通过这些设备，全面捕捉校园物理环境、设备运行状态等全要素数据。在网络传输方面，构建“5G+WiFi6+物联网专网”的融合网络体系，实现数据的低延时、高可靠传输，为上层模块提供高质量、高安全性的原始数据支撑，保障智慧校园数据闭环。

2）数据层是智慧校园的核心中枢，负责多源数据的整合、治理与存储。以统一的三维空间坐标系为基准，引入空间立方体的概念，构建标准化的数据治理框架。在数据整合方面，全面汇聚实景三维数据、业务管理数据、感知监测数据、师生信息数据和互联网教育资源；在数据处理方面，通过数据清洗、格式标准化、分级分类存储等手段构建安全可控、互联互通的校园数据资源池，为上层应用提供精准、规范的数据服务支撑，确保智慧校园各业务系统的协同运转。

3）平台层作为架构的核心支撑引擎，集成数据融合编码、空间计算分析、轻量化调度和智能服务等引擎，辅以标准规范与安全保障两大体系，共同构建智慧校园的技术底座。数据融合编码引擎采用区域—建筑—楼层—房间—设备5级编码的时空立方体技术框架，结合LoRa、ZigBee、5G多协议适配技术，实现多源异构数据的标准化处理与空间精准关联；空间计算分析引擎依托GeoSence三维平台，为各类业务场景提供空间计算与分析能力；轻量化调度引擎运用几何精简、纹理压缩技术，遵循3D Tiles数据格式规范，实现数据轻量化并保障三维场景的高效加载。通过统一接口协议与技术标准，实现底层数据与上层应用的无缝对接，提供数据处理、智能分析、资源调度等基础技术功能，同时构建全流程安全防护，为应用层功能的稳定落地与灵活扩展提供坚实技术底座。

4）应用层是技术与业务的融合载体，聚焦中小学教学、安全、管理核心需求，构建三维可视化指挥中心、智慧教学辅助、智能安防与应急、资产与后勤精益管理、虚拟校园导览5大功能模块。通过整合数字孪生、实景三维轻量化等技术，实现校园安全实时预警、资产全生命周期管理、虚拟空间漫游等场景化应用，直接解决教育教学与校园管理中的实际痛点。

5）用户层作为架构的交互终端，面向学校管理者、教师、学生、运维保障人员4类核心角色，提供差异化服务入口。针对不同用户的职能需求，定制专属功能界面与操作流程：为管理者提供数据驾驶舱与

决策支持功能辅助校园科学治理；为教师提供教学辅助工具，提升教学效率；为学生打造个性化学习服务，助力综合素质提升；为运维人员提供设备管理与系统监控功能，保障校园设施稳定运行。通过精准适配用户角色，用户层确保各类用户都能便捷、高效地获取智慧校园服务，实现“一人一端、按需所用”的交互体验。

6）标准与安全体系是确保系统可信、可靠、可持续运行的基石。通过制定空间数据编码标准、数据接口协议、模型制作规范、业务流程规范等技术标准，确保不同设备、不同系统的数据能够无缝对接、互认互通，从源头规避信息孤岛问题；构建覆盖网络、数据、应用全层面的安全防护机制，为系统与数据的安全可靠运行提供全方位保障。

2　系统实现

2.1　研究区域与实验环境

基于上述框架和技术，本文构建了宁夏平罗中学智慧校园管理平台。平台覆盖总面积为0.12 km^2的校区，涵盖教学楼、实验楼、体育场馆和地下管网等核心要素；接入328台各类感知设备和65套智慧教学终端，实现了校园全场景的数据采集与智能服务；配置了2台高性能服务器（Intel Xeon Gold处理器、512 GB内存、NVIDIA A10 GPU），采用PostgreSQL、MongoDB与Redis混合存储；以GeoSence三维引擎为核心进行空间可视化呈现，实现实景三维模型的实时渲染与多源数据的融合处理；构建了全流程、全场景的智能管理与服务体系，验证了本文框架的实用性与有效性。

2.2　信息集成展示

本文以空天地一体化高精度实景三维模型为空间基底，融合多源感知数据即时汇聚技术与时空立方体管理技术，构建校园信息“一张图”展示平台。在三维场景中对全校人流、安防、课程等12类关键指标进行时空对齐与可视化呈现，实现校园运行态势的一图统览（图1）。在安全管理方面，通过时空立方体编码将实验室危险源信息（如化学品存储位置）、消防设施分布（灭火器、消防栓坐标）、安全责任人信息、应急通道布局等多类安全数据精准关联至三维空间，并引入生成式AI技术，提供智能问答交互与安全内容智能生成功能，提升安全管理的智能化水平。同时，平台结合数据高效调度技术，支持校园全域以及各建筑、楼层、设备情况的详细信息快速浏览和查询[9-10]，为日常管理与应急响应提供便捷的信息支撑。

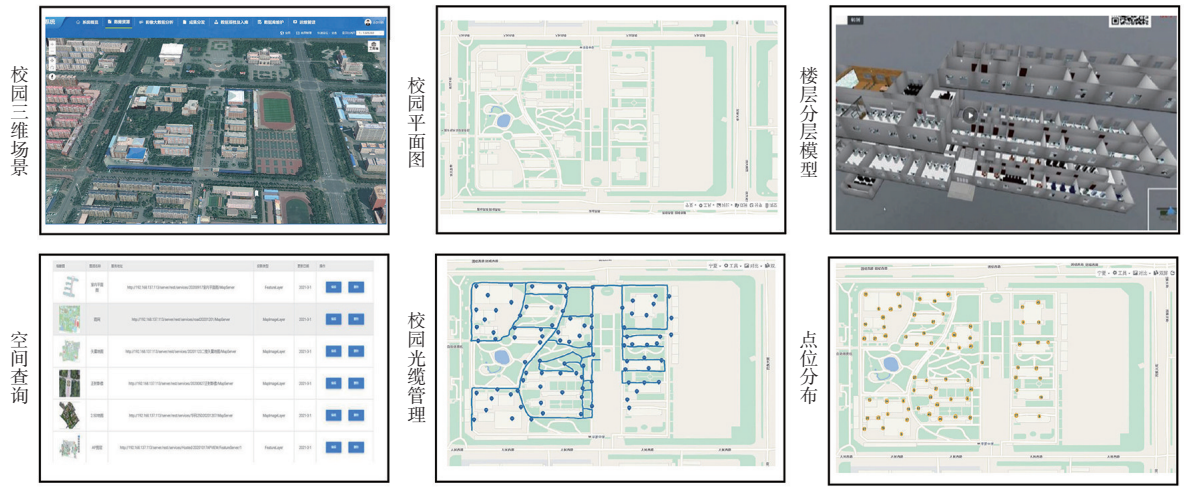


图1　三维可视化系统界面

2.3　校园资产管理

基于时空立方体的5级层级编码体系，构建校园资产一体化管理系统，实现资产从入库、部署、运维到报废的全生命周期追踪管理（图2）。在资产入库环节，赋予每件资产唯一时空立方体编码，如QY02-JZ03-05-502-08对应实验楼3栋5楼502室8号显微镜，部分设备还可通过感知数据即时汇聚技术接入资产状态传感器，实时监测运行数据。在三维场景中，管理人员可实时查看资产的空间位置、使用状态（闲置/占用）、维护记录等信息，支持资产快速定位与库存核对。当资产发生转移时，系统自动更新其时空编码对应的层级信息，同步生成转移台账；并结合数据高效调度技术，快速加载资产所在区域的三维模型与关联运维数据，辅助管理人员制定维护计划[11]。

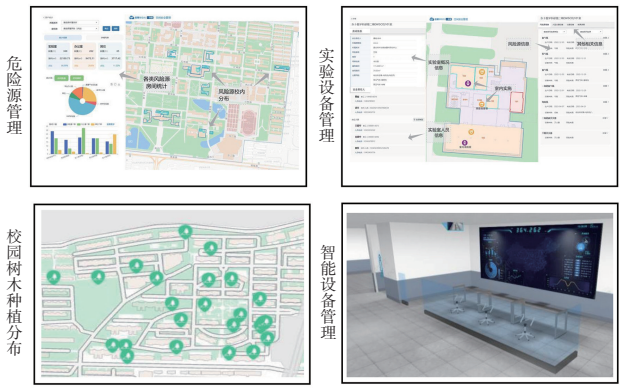


图2　校园资产管理系统界面

2.4　应急保障分析

针对突发事件处置需求，本文融合多源感知数据即时汇聚技术、时空立方体管理与高效调度技术，实现应急数据的快速获取与传输，为应急响应提供数据与空间分析支撑（图3）。以教学楼火灾报警为例，当某教学楼发生火灾报警时，烟雾传感器与温度传感器数据通过LoRa协议即时上传，经汇聚技术标准化处理后，精准绑定至对应时空立方体单元，系统随即快速加载该区域高精度三维模型，自动分析火灾影响范围，识别受影响的教室、实验室、危险源和人员分布[12]；再基于建筑拓扑关系和人员数据，生成应急处置方案和最优疏散路径，通过三维动画与广播系统同步引导人员撤离，并联动消防设施位置信息，辅助救援人员快速定位灭火设备与应急通道。

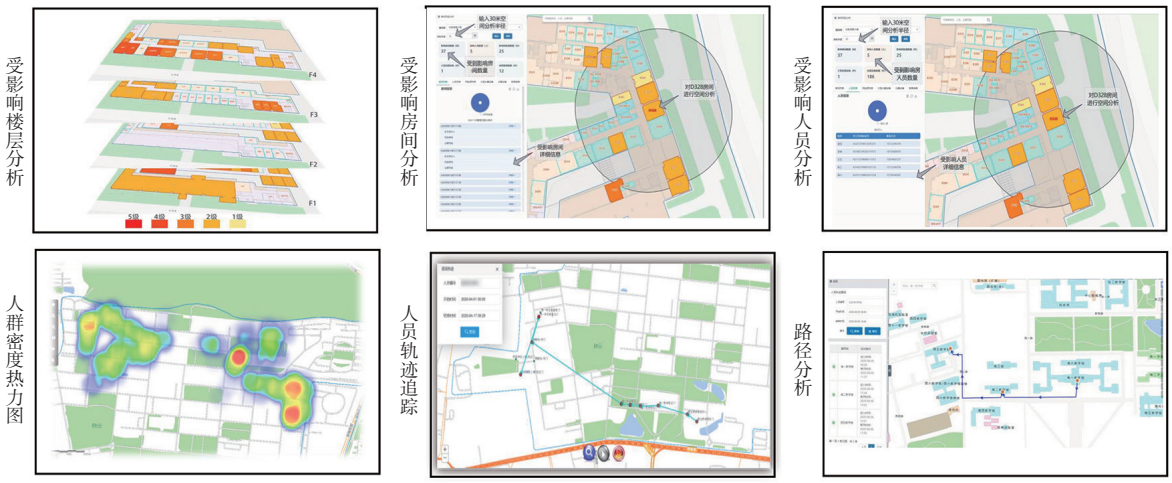


图3　智能应急保障系统界面

3　关键技术方法

1）微观尺度空间精细化建模技术。本文提出并实践了一套“空—地—室”多源数据协同采集与融合的实景三维建模方法，解决了传统建模中室内外衔接不畅、细节精度不足的问题。在数据采集层面，空中采用无人机倾斜摄影技术结合空三加密算法，快速获取校园建筑外轮廓与地形数据，生成厘米级精度的区域鸟瞰模型；地面通过移动测绘车与激光扫描设备补充近地景观、道路细节数据，有效弥补空中采集盲区；室内依托BIM模型轻量化转换，精准还原建筑内部结构与设备布局，通过改进迭代最近点算法实现室内外模型无缝衔接。在数据处理层面，融合DEM数据、纹理映射技术与语义建模方法，对建筑、道路、绿化等要素进行单体化处理与属性关联，最终形成覆盖全域、高精度、可交互的实景三维模型，为智慧校园数字孪生底座提供高保真空间载体。

2）基于时空立方体的校园多源数据一体化管理技术。智慧校园运行过程中产生的数据具有来源广泛（教务、安防、物联、资产）、格式异构、时空属性模糊等特点，本文引入时空立方体的概念，实现数据在统一空间维度上的关联与融合，为实景三维智慧校园的动态孪生与智能应用提供核心数据支撑。具体而言，以校园物理空间为原型，按照区域—建筑—楼层—房间—设备5级逻辑，将校园全域划分为规则的三维立方体单元，每个单元赋予唯一的时空立方体编码，形成覆盖校园全域的三维空间网格；在此基础上，基于时空立方体编码构建统一数据索引体系，将教务、安防、后勤、教学等8类异构数据精准关联至对应的立方体单元，实现校园全要素数据的结构化组织与空间化集成（表1）。

表1　5层10位混合编码表

层级	编码用途	编码实例
区域编码	标识校园功能区域	QY01
建筑编码	对应具体建筑实体	JZ01
楼层编码	定位建筑内楼层	02
房间编码	定位具体房间	101
设备编码	区分房间内各类设备	01

3）多源感知数据即时汇聚融合技术。针对校园物联网感知终端类型多样、通信协议异构、数据产生频率高等问题，本文基于智慧城市感知基站的异构接入与边缘协同管理技术，构建了“全域接入—标准处理—实时传输—空间关联”的全链路技术体系。在接入层面，整合ZigBee、LoRa等低功耗协议[13]与WiFi6、5G等高速传输协议，实现对环境传感器、人员定位标签等终端和大容量数据设备的全面适配；在数据处理环节，搭建中心化适配引擎，完成格式归一化与量纲统一，将异构原始数据转化为标准、高可靠的结构化数据；在传输优化方面，引入边缘计算技术，在接入端完成数据滤波、压缩、筛选等预处理，大幅降低数据量，并结合MQTT协议与优先级调度，实现应急数据毫秒级响应；在空间关联层面，依托校园空间统一编码规范，为每条数据赋予精确空间坐标与唯一标识，实现环境、设备、视频等多源数据的跨维度关联，使数据能精准落地到三维空间场景中。

4）数据高效调度技术。在有限的网络带宽与客户端计算资源下，实现三维场景的流畅加载、实时渲染与快速交互，是影响系统可用性的关键技术瓶颈。针对该问题，本文创新地提出了一种轻量化与自适应检索深度耦合的协同调度技术。在数据轻量化方面，采用几何精简和纹理压缩相结合的方法减少模型数据量和要素数量；在调度优化方面，根据用户访问需求，优先加载目标立方体单元和关联单元的核心数据，并结合时空过滤算法快速筛选指定时间范围、空间区域的数据资源，大幅降低数据传输与存储压力[14]。通过预处理降冗余与动态适配资源的双重优化，实现数据高效流转与快速响应。

4　结　语

本文针对中小学智慧校园长期存在的信息孤岛与空间维度缺失两大核心挑战，构建并验证了一个以实景三维为统一时空底座的新框架。该框架为校园内所有人、物、事件赋予唯一的空间坐标，并与实景三维数据进行关联融合，构建覆盖校园全域的空间立方体，使原本分散在垂直业务系统中的数据，得以在统一的水平空间维度上关联、碰撞与融合，从而将实景三维从传统的可视化背景，提升为数据组织与业务融合的核心枢纽。然而，本文侧重于感知融合与态势呈现，在认知理解与预测干预层面的深度尚显不足；虽实现了数据的空间化汇聚，但对数据背后模式的挖掘能力有限。这些局限在一定程度上影响了系统从感知智能向认知智能的演进，也是后续研究需重点突破的方向。

参考文献

[1] 付苏豪,马凡,张志祯,等. 学校教育数字化何以突破性发展？基于B市智慧校园示范校实践图景的透视[J]. 中国远程教育,2025,45(10):84-96

[2] Chen Y,Huang M,Chang H,et al. Digital Twin Technology in Smart Campus: Application and Evaluation[J]. Automation in Construction,2021,129:103789

[3] Davis K, Miller S, Wilson T, et al. Curriculum-driven Smart Campus Construction: Experiences from Canadian Primary and Secondary Schools[J]. International Journal of Educational Technology in Higher Education,2021,18(1):36-54

[4] 李婷娜,田冬迪,董明泽. 基于Cesium实景三维共享服务的研究[J]. 智能建筑与智慧城市,2022(6):46-48

[5] 刘虎. 基于实景三维的智慧校园平安治理预警系统建设[J]. 城市勘测,2023(2):73-75

[6] 苏小明,章思宇,姜开达. AI赋能智慧校园的探索与实践[J]. 通信学报,2024,45(增刊2):270-276

[7] 党彬彬. 协同体系下智慧校园业务系统与档案系统一体化对接现状与优化策略[J]. 档案管理,2025(4):88-91

[8] 李璐颖,陈平,王兴建,等. 面向数字孪生的智慧校园研究与设计[J]. 通信学报,2024,45(增刊2):215-223

[9] 刘朝晖,周建军. 智慧校园文化生态的功能嵌构与困境纾解[J]. 教学与管理,2024(27):39-43

[10] 黎志生,陈瑛. 三维仿真地图的地理空间信息数据构建技术研究[J]. 地理空间信息,2020,18(7):30-33

[11] 崔团团,高永涛,唐凝,等. 基于无人机实景建模技术的化工园区数字孪生模型构建[J]. 粘接,2025,52(11):268-271

[12] 刘金福,豆耀鹏,孙浩勋. 基于数字孪生的校园安防智能决策系统研究[J]. 电脑知识与技术,2025,21(26):65-67

[13] 陈栋. 城市时空信息感知基站构建关键技术研究[D]. 武汉:武汉大学,2023

[14] 刘乔阳,刘丹,王立刚,等. 实景三维数据调度优化方法研究[J]. 地理空间信息,2025,23(8):114-117