引文格式：王大鹏,范攀峰. 未来社区实景三维地图系统设计与优化[J]. 地理空间信息, 2025, 23(11): 102-105. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.11.022

未来社区实景三维地图系统设计与优化

王大鹏[1]，范攀峰[1]
（1. 宁波市镇海规划勘测设计研究院，浙江 宁波 315200）

摘　要：以未来社区建设需求为导向，研究探索实景三维在未来社区中的应用。采用Cesium三维地理信息引擎开发未来社区实景三维地图系统。系统采用4层框架体系前后端分离技术。针对系统加载大量二三维多源异构数据缓慢的问题，重点研究了实景三维地图系统的性能优化方法，分别从实景三维场景初始化、实景三维动态单体化查询以及专题和物联网数据展示3个方面进行改进，有效提升了系统的初始化速度和渲染效率。该系统已广泛应用于宁波市镇海区未来社区数字化建设中。

关键词：Cesium；实景三维；动态单体化；聚合
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）11-0102-04

Design and Optimization of Future Community 3D Real Sense Map System

WANG Dapeng[1], FAN Panfeng[1]
(1. Zhenhai Urban Planning and Survey Institute, Ningbo 315200, China)

Abstract: Guided by the needs of future community construction, we explored the applications of 3D real sense in future communities. We used Cesium 3D geographical information engine to develop a 3D real sense map system for future communities, which adopted four layers framework system with front-end and back-end separation technology. In response to the problem of slow loading of a large amount of multi-source heterogeneous data in 2D and 3D, we studied the performance optimization methods of 3D real sense map system, and improved the system from the initialization of 3D real sense, dynamic monolithic query of 3D real sense, and display of thematic and IoT data three aspects, which could effectively improve the initialization speed and rendering efficiency of this system. The system has been widely used in the digital construction of future communities in Zhenhai District, Ningbo City.

Key words: Cesium, 3D real sense, dynamic monolithic, polymerization

未来社区建设是打造共同富裕示范区，实现高质量发展的重要举措。目前浙江省正在开展全域未来社区建设，数字化建设是其重要组成部分。未来社区数字化驾驶舱以实景三维地图系统为基础，整合社区管理应用的各项指标信息，为社区精细化、现代化治理提供重要支撑。实景三维地图系统不仅可以直观立体地呈现社区真实面貌，而且集成了社区范围内的“人、房、企、事、物”等信息资源，为社区万物实现三维一张图管理，充分发挥了其数字孪生空间底座的作用[1-2]。未来社区实景三维地图系统采用Cesium开源地理信息引擎开发，在加载大数据量时性能存在不足[3-4]，为提高系统性能和加载速度，本文重点研究了实景三维地图系统的优化问题，进而建设高效实用的未来社区实景三维地图系统。

1　系统设计与实现

1.1　系统框架和技术路线

未来社区实景三维地图系统采用4层框架体系，即基础设施层、数据层、服务层和应用层[5-9]。基础设施层包括服务器、网络、负载均衡和防火墙等安全设施，物联网数据通过接口的方式调用，物联网设备不在本项目的建设范围。数据层包括小区、人口、车辆、商家、事件等属性数据，按照全省统一要求存储在浙里未来社区省级数据仓，以及实景三维Mesh模型、地理实体数据（房屋实体、院落实体和分层分户）、社区管理范围（社区行政范围、未来社区实施范围、社区网格）、专题数据（邻里、健康、教育、治理、交通、服务等方面）、方案模型数据和室内场景数据等空间数据。实景三维Mesh模型根据社区范围裁剪后，通过Cesium Lab

项目来源：浙江省自然资源厅科技资助项目（2020-05）。
第一作者简介：王大鹏（1987—），硕士，工程师，注册测绘师，主要从事新型基础测绘、实景三维建设和地理信息研发等方面的工作，E-mail：582089373@qq.com。

转换处理为3DTiles格式；房屋实体数据需要赋值房屋统一编码与浙里未来数据仓的房屋属性表建立关联；专题数据主要为点要素数据，以兴趣点数据为基础整合社区提供的点位名称、简介、照片；室内场景数据为采用全景相机对重点场所进行采集处理形成360°全景数据。服务层除了项目需要发布的实景三维服务、地理实体服务和专题数据服务外，还包括物联网数据服务、属性数据服务等外部服务。应用层对应系统的功能模块。

系统后端采用PostgreSQL+PostGIS数据库存储未来社区空间数据[10]，采用GeoServer发布地理实体服务；前端采用Cesium三维地图框架二次开发，利用Vue3.0前端框架和Element UI组件，通过调用后端的服务接口实现相应的功能。

1.2　系统功能实现

系统包括实景三维地图基础功能、社区基础信息资源三维查询、场景专题数据展示与分析、物联网传感设备数据实时感知和室内场景360°全景展示查询6大功能模块。其中，实景三维地图基础功能包括实景三维浏览漫游、实景三维量测和图层控制切换功能，采用实景三维Mesh模型展示社区的整体风貌，叠加社区的行政范围界线、未来社区实施范围以及规划方案模型等信息，可展示社区现状和未来风貌，通过实景三维地图便于进一步实现社区的精细化管理和提供更好的公共服务；社区基础信息资源三维查询功能以“院落实体”和“房屋实体”为基础，通过“院落实体”关联小区信息和企业信息，实现小区和企业查询[11-12]，通过“房屋实体”关联房屋信息，实现房屋设施和人口查询，进一步分割到层户，实现每户的人口精确查询；场景专题数据展示与分析功能在三维地图中展示邻里、健康、教育、治理、交通、服务等九大场景专题数据的位置信息和基本信息，通过缓冲区分析和服务范围分析计算生成对应的5 min生活圈和10 min生活圈覆盖范围；物联网传感设备数据实时感知功能通过视频监控、烟感、水浸、消防、井盖、地磁等物联网传感设备，在实景三维地图中显示物联网传感器的空间位置，点击还可显示物联网设备的实时视频和感知数据；社区对于邻里中心、养老中心等公共服务设施，采用360°全景技术采集室内全景，并添加室内名称标注和语音播报信息，便于宣传介绍社区的配套服务设施，同时具备室内量测功能。

2　系统优化

虽然单个社区的面积通常较小，但未来社区实景三维地图系统中承载了社区范围内大量的二维、三维数据和外部接口数据，且项目建设中部分街道存在全域建设模式，若不进行优化处理则会导致系统等待时间长、卡顿等不友好的体验。实景三维地图系统初始化加载时间和浏览过程中的渲染帧率是评价实景三维地图系统性能的重要指标。参考实景三维浙江建设技术方案，三维时空大数据平台的平均渲染帧率要求不低于24 F/s，城市信息模型基础平台技术导则中对于CIM基础平台的要求为三维瓦片服务初始加载时间不应超过5 s、高精度等待时间不应超过5 s。由于初始化加载时间与网络、硬件、数据以及系统策略有关[13]，很多学者从实景三维数据轻量化方面进行了改进，以加快系统速度[14]。本文主要从系统方面进行优化，通过实景三维场景初始化优化、实景三维动态单体化查询优化以及专题和物联网数据展示优化等技术进行提升。

2.1　实景三维场景初始化优化

未来社区实景三维地图系统初始化主要加载实景三维和场景专题数据。实景三维数据是影响初始化加载时间的主要因素，本文研究的初始化加载时间将高精度等待时间合并计算在内。系统加载时间与初始化设置的地图范围以及相机的位置和方向有关。在Cesium中初始化定位通过相机的LookAt接口实现，初始化的加载时间主要与相机距离目标点的距离和相机的俯仰角有关。为验证二者关系，本文在系统中只加载1 km^2实景三维3DTiles数据进行测试，数据未做顶层重建，相机观察目标点为区域中心位置，采用Google Chrome浏览器124.0.6367.79版本，每次测试均清空浏览器缓存数据，测试电脑为Intel Core i5-9500 CPU，16 G内存，独立显卡Radeon RX550X。通过测试发现（表1），不同视角初始化的加载时间1~9 s（测试时间为3次加载时间的平均值），说明相机距离中心点位置很近时，场景范围小、需加载的瓦片数据较少、加载时间最短；随着位置变远，场景范围变大、加载时间逐步增加；而位置更远能查看整个社区范围时，场景范围虽变大但加载的瓦片精度降低，加载时间又开始减少；相机俯仰角从垂直视角到水平视角，初始化的加载时间逐步增加。因此，初始化三维场景时应尽量避免选择相机距离中间区域的峰值，同时俯仰角不易设置得过于水平，在满足客户需求和美观的条件下，选择加载时间最短的初始化视角。

当初始化显示社区全貌时，对于面积超过1 km^2

表1 不同相机距离和俯仰角系统的初始化加载时间/s

俯仰角	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m	600 m	700 m	800 m	900 m	1 000 m
−15°	7.786	8.464	8.628	7.752	8.019	7.903	6.990	6.461	6.020	5.263
−30°	2.838	3.778	6.771	7.758	8.019	7.214	6.586	6.224	5.529	4.639
−45°	1.253	2.221	2.732	4.965	5.982	6.758	5.926	5.455	4.197	3.602
−60°	1.196	2.289	2.696	4.017	5.348	6.303	6.665	6.258	3.273	2.184

的社区，可对实景三维数据进行顶层重建处理，初始化速度比没有顶层重建的数据略有提升，由于面积较小速度提升有限，但顶层重建的初始化体验感更好，初始加载直接呈现重建的顶层瓦片并逐步精细化，不会呈现逐个瓦片加载的状态。当初始化显示社区局部时，则无需进行顶层重建处理，由于顶层重建需从重建的根节点逐步找到局域区域对应的瓦片，因此数据加载时间会略有增加。

2.2 实景三维动态单体化查询优化

实景三维地图系统中的动态单体化主要用于房屋和分层分户查询功能[15]，本文主要通过在实景三维模型中叠加二维房屋面要素实现动态单体化[16]。房屋和分层分户查询时直接加载社区的全量房屋面GeoJSON，通过客户端实时渲染构造贴合实景三维的三维包裹盒，当鼠标移动到某幢房屋时高亮显示当前房屋和分层分户，该方法需绘制大量的三维包裹盒、效率较低，房屋和分层分户查询时能明显感觉到系统卡顿，系统的平均渲染帧率急剧下降。原始的二维房屋面主要来源于1∶500地形图数据，存在大量的邻近节点，本文通过删减合并相邻节点、只保留房屋主体轮廓的方式进行房屋化简，使得系统的流畅度和帧率有所提升。对于社区房屋和分层分户数量较多的情况，如房屋面超过1 000个时，本文通过后端发布房屋要素服务的方式，从客户端点击模型，将当前位置和模型高度传递到后台服务接口，后台服务仅返回当前点击位置对应的房屋和分户要素面，实现当前查询房屋和分层分户的实时渲染，能显著提高系统性能。3种方式的优缺点见表2，测试房屋范围面为1 600个。

表2 3种动态单体化查询方式的对比分析

方式	平均帧率/F·s^{-1}	优点	缺点
全量房屋客户端实时渲染	13~22	数据处理简单，无需服务端	渲染效率低
简化的全量房屋客户端实时渲染	18~30	无需服务端	需要数据预处理，渲染效率一般
服务端查询返回对应的要素	28~45	无需数据处理，渲染效率高	需要服务端提供接口

2.3 专题和物联网数据展示优化

专题和物联网数据主要为二维点要素，因此在实景三维地图系统中的优化借鉴二维地图系统。在地图显示方面，主要通过点位数据聚合和显示范围定义的方式进行性能提升。点位数据聚合主要针对有大量点要素且点要素位置邻近的情况，特别是视频监控点位数据，距离相机位置较远时通常采用聚合的方式进行显示优化（图1），随着相机距离的拉近才会显示所有视频监控点位。专题数据需在三维场景中符号化并标注名称，标注信息可设置显示的距离范围，只有相机距离拉近时才显示标注信息，从而降低大数据量的标注渲染。



a 点位聚合前 b 点位聚合后

图1 视频监控点位聚合前后对比

视频监控是系统中重要的物联网感知数据。视频监控在实景三维地图中有两种播放形式：①通用的弹窗播放，在地图上点击视频监控点位后直接弹窗播放实时视频；②将实时视频直接映射到实景三维地图，先在实景三维地图中添加视频区域多边形，再将实时视频作为纹理映射到对应的多边形，这种形式目前主要应用于室外的道路区域。未来社区实景三维地图系统中需要加载社区范围内全部的视频监控，因此以通用的弹窗播放形式为主，对于一些特殊区域，可采用视频映射到实景三维地图播放。实时视频的加载速度和流畅度是影响系统的重要因素，主要通过两个方面进行优化：①在视频播放窗口打开时即刻停止三维地图的实时渲染，通过将Cesium API中的渲染循环函数useDefaultRenderLoop属性设置为false来防止视频播放时的闪烁卡顿，待视频播放窗口关闭后再重新启动三维地图渲染；②在视频播放窗口关闭后及时销毁播放器对象，系统采用Video.js组件播放实时视频，可以更好地兼容主流浏览器且无需安装插件，减少过多的内存占用。

3 结 语

经过上述优化，未来社区实景三维地图系统性能明显提升，初始化加载时间约为3~6 s，平均渲染帧率在37 F/s以上。目前该系统已在镇海区未来社区数字化建设中得到广泛应用，同时未来社区已启动全域建设，将多个连片社区集中建设，数据集中存储，系统共享复用，不仅有效降低了建设成本，而且有利于后续的更新维护。该系统作为实景三维的数字孪生空间底座，还可应用于数字经济、数字乡村和城市治理等多个领域。

参考文献

[1] 燕琴,翟亮,刘坡. 实景三维中国建设关键技术研究综述[J]. 测绘科学,2023,48(7):1-9

[2] 贾泽露,朱毅,唐文武. 服务城市精细治理的数字底座关键技术研究[J]. 地理空间信息,2023,21(2):67-71

[3] 孙永祺,赵飞,沈克强,等. 基于Cesium的大规模场景三维瓦片模型优化方法[J]. 测绘通报,2024(增刊1):1-5

[4] 黄欣然,江文萍,刘一飞,等. Cesium环境中三维场景数据的加载优化策略[J]. 测绘地理信息,2022,47(增刊1):94-98

[5] 林勇军,梁瑞松. 自然资源三维分析系统框架研究与应用探索[J]. 地理空间信息,2024,22(6):74-76

[6] 李姗迟,蒋腾,戴雪峰,等. Web端实景三维注记可视化技术研究[J]. 地理空间信息,2023,21(5):84-87

[7] 高俊,柳春生,淦立琴,等. 面向城市更新的实景三维平台设计与实现[J]. 地理空间信息,2023,21(9):120-123

[8] 包楠楠,樊轩呈,曲欣然. 实景三维在数字乡村智慧管理平台中应用[J]. 测绘通报,2023(增刊1):84-86

[9] 曹宇,李冰,吴迪. 实景三维数据展示平台设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息,2024,47(增刊1):206-208

[10] 张广波. 面向倾斜实景模型的三维可视化平台建设技术研究[J]. 测绘通报,2021(增刊1):277-281

[11] 田梦然,康光清. 基于图数据库的三维地理实体关系查询系统[J]. 测绘与空间地理信息,2024,47(增刊1):102-103

[12] 黎慧斌,郭艳. 不动产三维模型构建粒度的技术研究[J]. 地理空间信息,2019,17(6):107-108

[13] 郭建雄,程朋根,晏启明,等. Web环境下三维复杂模型的简化与可视化方法研究[J]. 测绘工程,2019,28(2):45-51

[14] 王文凯,黄昆学,李梦,等. 倾斜摄影测量数据轻量化处理技术研究[J]. 测绘通报,2020(9):123-126

[15] 陈欣. 房屋倾斜摄影模型分层分户单体化方法研究[J]. 测绘与空间地理信息,2023,46(10):36-38

[16] 郭如宝,郝利娟,刘旭东,等. 基于倾斜摄影的实景三维单体化模型构建方法[J]. 测绘通报,2021(1):103-107

(上接第101页)

[5] 于学宁,曲宏辉,杨志军. 2020年林地“一张图”和“三调”界线融合的技术方法探讨[J]. 山东林业科技,2020,50(4):85-88

[6] 吴会环,王晓栋. 基于数据挖掘技术的自然资源大数据整合优化方法[J]. 自动化技术与应用,2021,40(8):100-104

[7] 程伟亚,张镯漫,王涵,等. 森林资源管理“一张图”与国土“三调”差异分析及整合探讨[J]. 林业资源管理,2021(6):6-11

[8] 韦忠扬,叶科峰,李新东,等. 自然资源统一调查背景下林业数据与草地数据衔接初探[J]. 测绘通报,2022(3):157-160

[9] 冯永玉,杨仕勇,王芳,等. 基于语义模型的国土调查数据与森林小班数据渐进精化的融合策略研究[J]. 河南理工大学学报(自然科学版),2022,41(2):57-66

[10] 赵小祥,熊克俊. 森林资源多源数据整合方法研究[J]. 测绘科学,2022,47(9):217-223

[11] 陈超,虞瑶,陶旸,等. 基于国土调查数据的湿地资源更新方法探索[J]. 地理空间信息,2024,22(4):99-101

[12] 石小华. 林草湿与国土三调数据对接融合软件设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息,2023,46(11):128-131

[13] 自然资源部. 国土变更调查县级数据库质量检查规则[Z]. 北京:自然资源部,2023

[14] 林青,任立欣,赵鹏飞. 涉及城镇村等用地的“三调”土地利用现状变更统计方法研究[J]. 测绘与空间地理信息,2023,46(增刊1):255-257

[15] 王华栋,姚瑾. 基于ArcPy的国土调查田坎图斑自动编号[J]. 测绘技术装备,2023,25(1):66-68

[16] 朱丽娜. 第三次国土调查中县级数据库建设研究[J]. 科技资讯,2023,21(5):13-16

[17] 谷雅琼,王金枝. 基于ArcGIS模型构建器的国土调查数据质量检查[J]. 北京测绘,2023,37(12):1 590-1 595

[18] 徐海勇,张寿雨. 基于ArcEngine的“变更调查”数据质检工具设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息,2024,47(1):120-122

[19] 自然资源部. 第三次全国国土调查技术规程:TD/T1055-2019[S].

[20] 自然资源部. 国土调查数据库标准(试行)[Z]. 北京:自然资源部,2023