引文格式：陈可蕴,柳翠明,赵林峰,等. 地理信息时空数据中台的构建与应用[J]. 地理空间信息, 2023, 21(11): 32-35. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.11.008

地理信息时空数据中台的构建与应用
——以南沙新区为例

陈可蕴[1]，柳翠明[1]，赵林峰[1*]，韩珊珊[1]，夏小科[1]
（1. 广州市城市规划勘测设计研究院，广东 广州 510060）

摘　要：南沙新区作为粤港澳大湾区的几何中心，在“三区一中心”的发展格局下，城市快速发展建设累积了海量多源异构地理信息数据。综合大数据、云计算、物联网等技术，基于中台的架构理念，从数据模型、存储管理、空间索引、轻量化和制图引擎等方面构建了面向南沙新区的地理信息时空数据中台，并作为智慧南沙的地理信息数据底座，挖掘当前累积的多源异构地理数据的应用价值，实现“一处建设、多处应用”，为南沙新区建设提供持续全面的数据服务支撑。

关键词：数据中台；时空数据；地理信息；数据模型；南沙新区
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）11-0032-04

Construction and Application of Geographical Information Spatio-temporal Data Middle Platform: A Case Study of Nansha New Area

CHEN Keyun[1], LIU Cuiming[1], ZHAO Linfeng[1], HAN Shanshan[1], XIA Xiaoke[1]
(1. Guangzhou Unban Planning and Design Survey Research Institute, Guangzhou 510060, China)

Abstract: As the geometric center of Guangdong-Hong Kong-Marco Greater Bay Area, under the development pattern of “three districts and one center”, the rapid development and construction of Nansha New Area has accumulated a large amount of multi-source heterogeneous geographical information data. Based on the architecture concept of middle platform, we integrated big data, cloud computing and IoT technologies to build a geographical information spatio-temporal data middle platform for Nansha New Area in terms of data model, storage management, spatial index, lightweighting and mapping engine. As the geographical information data base of Smart Nansha, the platform fully exploits the application value of accumulated multi-source heterogeneous geographical data, realizes “one construction, many applications”, and provides continuous and comprehensive data service support for the construction of Nansha New Area.

Key words: data middle platform, spatio-temporal data, geographical information, data model, Nansha New Area

近年来传感器、物联网、云计算、5G通信、人工智能、大数据、智能制造等新一代信息技术蓬勃发展，已广泛应用于城市规划、建设、管理、治理和服务中[1]，并产生和积累了大量地理信息数据。党的十九届四中全会首次将数据列为一种生产要素，并提出“构建以数据为关键要素的数字经济”。2021 年 3 月发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035 年远景目标纲要》反复强调了数据资源的规划蓝图，包括激活数据要素潜能，构建城市数据资源体系，推进数据跨部门、跨层次、跨地区汇聚融合和深度应用等。由此可见，数据资源在国家层面的重要性。因此，时空数据的建设研究在政策层面上顺应数据资源深度融合应用和共享的发展趋势。南沙新区作为粤港澳大湾区的几何中心，在国家、省、市发展大局中形成了“三区一中心”的发展格局。南沙新区当前快速、高标准的发展建设水平对地理信息数据的现势性、覆盖率和空间精度等方面提出了更高的要求；且在区域发展建设过程中累积了海量多源异构地理信息数据。

通常数据建设主要是针对某一应用需求建立相应的数据库和信息化系统，但存在如下问题：①各应用系统独立运行，产生了严重的数据壁垒；②数据利用率低，未形成统一有效的积累和更新；③数据分析指

收稿日期：2022-05-06。
项目来源：广州市资源规划和海洋科技协同创新中心资助项目（2023B04J0301、2023B04J0191）；广东省重点领域研发计划资助项目（2020B0101130009）；广东省城市感知与监测预警企业重点实验室基金资助项目（2020B121202019）；广州市城市规划勘测设计研究院科技基金资助项目（RDI2210201071）。
第一作者简介：陈可蕴（1983—），硕士，高级工程师，主要从事地理信息系统开发和工程测量工作，E-mail：chenkeyun@gzpi.com.cn。
通信作者：赵林峰（1997—），硕士，助理工程师，主要从事地理信息系统开发、时空大数据挖掘应用等工作，E-mail：gislfzhao@gzpi.com.cn。

标多而散、数据价值未有效体现，系统价值低。数据中台是一个集采集、加工、管理、存储、共享功能于一体，并将标准统一化的数据提供给应用层的服务平台[2]，可作为解决上述数据信息系统共性问题的一种手段。数据中台的概念是阿里在2015年根据自身业务需要提出的[3]，随后各大互联网公司纷纷提出中台战略并进行组织架构调整，由此中台技术蓬勃发展。中台的核心是抽象和组件化共性的能力，目的是降低成本、避免重复建设导致资源浪费[4]。随着物联网、大数据、云计算等新型信息技术的发展，中台技术迅速拓展到各行业。数据中台通常包含数据仓库、数据中间件、数据资产管理和数据应用[5]，数据仓库是存储数据的容器；数据中间件包括数据计算、分析、可视化等；数据资产管理包括时空信息数据、公共基础数据等；数据应用则是面向具体的业务场景和需求，为数据资产搭建相应的应用体系架构。基于此，本文设计了面向南沙新区的地理信息时空数据中台，基于大数据、云计算、物联网技术，充分挖掘当前累积的多源异构地理数据的应用价值，提高各类数据的共享和复用程度，提升数据服务的支撑能力，实现数据的精细化和高效化管理。

1　数据中台设计

1.1　总体架构设计

数据中台是使用数据技术对海量数据进行采集、计算、存储、管理、分析和应用的服务平台[6]。不同于传统的时空数据平台，数据中台以应用场景需求为出发点，对数据资源进行抽象、封装和标准化，为前台业务提供可复用的数据服务。本文构建的南沙新区地理信息时空数据中台，包括设施层、数据层、平台层、应用层和用户层（图1），设施层是中台的物质基础，包含计算、存储、网络、观测传感器的基础设施设备；数据层是中台的核心，按照《广东省自然资源一体化数据库设计》标准构建时空数据架构，结合分布式集群技术，分门别类建立各类数据库服务器，对于不同类型的数据，采用本地文件、地理数据库、数据库管理系统等形式进行数据的组织、管理与维护；平台层承接数据资源的管理、查询、表达和计算分析，通过资源管理中心，利用最新的时空大数据、云计算技术，实现多元服务集成管理、运维管理、共享交换、制图可视化和模型分析；应用层是对中台的应用表达，具备在线服务和定制开发能力，能面向不同类型、不同行业、不同目标的应用提供数据和服务支撑；用户层是中台的

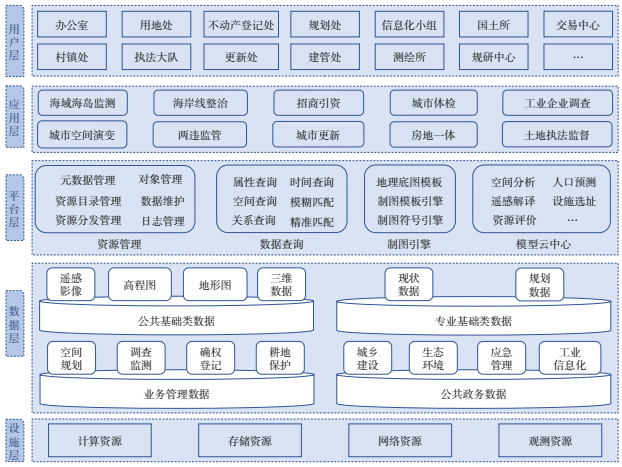


图1　数据中台总体架构图

使用者，主要面向自然资源系统内的政务部门。

1.2　中台应用流程设计

不同的业务和应用场景对数据的需求不同，如小区管理关注小区内部的全部要素、交通管理关注道路上的要素。数据中台不仅需要涵盖类型丰富、格式多样的数据，还需满足数据应用的多样性、精细化和个性化。为实现数据中台从数据到产品的组装、从产品到应用的赋能，本文以“按需服务”为导向，设计了可组装、参数可调整的数据分析模型，进而形成了一套灵活多样的数据分析模型库。在数据库和模型库的基础上，本文设计了“数据+模型=产品”的流程（图2），用户设定目标需求，从数据中台中选择相应的数据和模型，并进行排列组合，即可组装生产满足需求效果的数据产品。

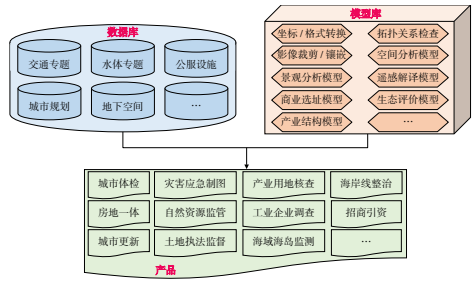


图2　中台组装应用流程图

2　关键技术研究

2.1　时空数据模型构建技术

基于南沙新区现有的数据时空语义特征和自然资源部建设规则，本文构建“向上满足建设要求、向下符合区域特点”的南沙新区时空数据模型。该模型不仅需准确表达地理数据时间与空间属性，还需反映地理数据时态、位置、数量、质量、生态的时空属性关系，实现各类数据在空间上的分层、在时间上的分期、在位置上的分区、在业务上的逻辑关联[7]。

CityGML是用于表达三维城市模板的通用数据模型，从数据适宜程度、精度、对象简化程度等方面规范了城市三维模型的细节层次（LOD）[8]。本文利用CityGML构建南沙新区三维时空数据模型的表达层次，包括区域、城市、城市区域、建筑外观、建筑内部5个LOD（图3），模型LOD越高，对应的数据精度越高，语义信息越丰富。



图3 三维时空数据模型的细节层次

2.2 时空数据存储管理技术

数据中台面向的业务复杂，涉及的数据类型多、体量大，常规数据库无法满足其数据存储需求。根据南沙新区不同业务和应用场景下的多源异构数据特征，本文设计了基于Redis的时空数据库，以实现多源异构数据的高效存储、表达和管理。三维模型数据被设计为三级存储结构[9]，第一级为三维时空数据库，包含一个区域集列表和描述该数据库的元数据信息；第二级为区域集，将三维模型按照区域划分到不同的集合中，包含区域内建筑要素集合和描述该区域建筑要素的元数据信息；第三级为建筑要素，包含三维模型的空间信息和语义信息。

2.3 时空数据索引技术

由于二三维一体数据中台的数据库量级较大，采用高效的索引方法尤为重要。空间目标排序需要一个排序的规则，空间填充曲线即为对目标排序规则的一种直观表现。空间填充曲线一般通过行列号进行顺序索引，不能顾及地物的空间聚类特征；而Hilbert曲线具有优异的空间聚类性，采用递归定义的方法，有显著的规律可寻，即通过不断的复制翻转即可得到更高阶的曲线。Hilbert曲线构建的空间索引对于空间相邻的瓦片在索引序列中也是相邻的，因此加载时能快速获取场景周边的瓦片数据。将二阶和三阶的Hilbert曲线扩展至四阶，使曲线从二维扩展至三维，以快速构建空间数据的索引结构。

2.4 三维模型轻量化技术

三维模型数据往往数据量较大，在Web端加载缓慢且易导致浏览器卡顿崩溃[10]，一直以来是三维模型加载面临的瓶颈，严重影响了用户体验，限制了三维模型的应用；同时对于移动端三维模型加载可视化的需求也越来越迫切。因此，本文针对三维空间数据的结构优化、数据纹理压缩和组织方式，设计了一种三维模型数据轻量化方法，首先对模型瓦片进行合并；再利用变分近似方法拆分模型，得到模型的每个面；然后删除每个面内部的三角格网，只保留轮廓线；最后对模型面进行重组，并将纹理映射到相应的面，得到简化后的轻量化模型。

2.5 快速制图表达引擎技术

地图产品是空间数据和统计分析数据的可视化方式之一，能在直观表达数据内涵和逻辑的基础上，引导用户发现数据规律、挖掘潜在知识，从而成为辅助决策的常用手段。本文通过事先预设多风格多尺度的底图模板、丰富的制图模板和符号库等，将快速制图加工封装为类似于工厂车间的“生产线”流程式服务，使用户能根据流程向导制定多专题地图产品，高效快速，特别适用于应急场景下的产品组装；支持地图的增、删、改、查和服务共享等操作，可实现快速迭代和持续优化。快速制图流程操作步骤为：①加载或上传专题数据，可加载平台中数据目录内的数据或单独上传与平台数据目录相同空间坐标的矢量数据；②底图选择，选择底图区域范围、适宜相应专题内容和使用需求的底图风格；③符号设置，为加载的专题数据设置符号、注记等；④模板设置，根据地图产品用途、需求、内容等，选择和编辑布局整饰模板；⑤导出地图，组装完毕后，选择导出格式、分辨率等参数，一键导出地图。

3 典型应用案例

根据“边建设、边应用”的原则[2]，本文以地理信息时空数据中台为支撑，开展多行业的应用服务，以不断提高中台应用能力，促进中台共性需求建设。

1）在城市空间演变中的应用。数据中台助力回溯南沙发展历史，研究城市空间增长特征和时空演变规律，为南沙未来城市建设和空间规划提供科学参考。从数据中台中提取多时相遥感影像数据和多时序土地利用现状数据，在数据采集和分析上节约了较大的人力和时间成本，高效完成了南沙城市扩张时空演变特征和空间增长模式的定量分析。

2）在“两违”监督中的应用。利用地理信息时空数据中台和二三维一体化技术，构建“两违”监督管理二三维一体平台（图4），汇聚全景图、视频、统

计图表等多源强现势性数据，满足违法用地监管和违法建筑证据留存的需求，实现农用地、建设用地、未利用地全域“两违”变化识别追踪能力，提高储备用地的视频模型协同证据留存能力，减少外业巡查人员的人力成本和视角局限，人力和时间成本降低70%。



图4　“两违”监督管理二三维一体平台

3）在工业企业摸查中的应用。数据中台助力南沙新区工业企业现状调查，开展工业企业发展与产业用地现状摸查，支撑南沙新区工业高质量发展。基于时空数据中台，对企业数据进行逻辑划分，建立工业企业分析模型，形成了“目标、数据、模型、产品”的应用体系（图5）。通过迅速提取和挖掘工业企业摸查中需要的时空数据，对全区规上工业企业和规下样本企业的地理、社会、经济等属性进行摸查和快速制图表达，节约了近100 d的工业企业地理属性采集时间，制图时间缩短了58%。

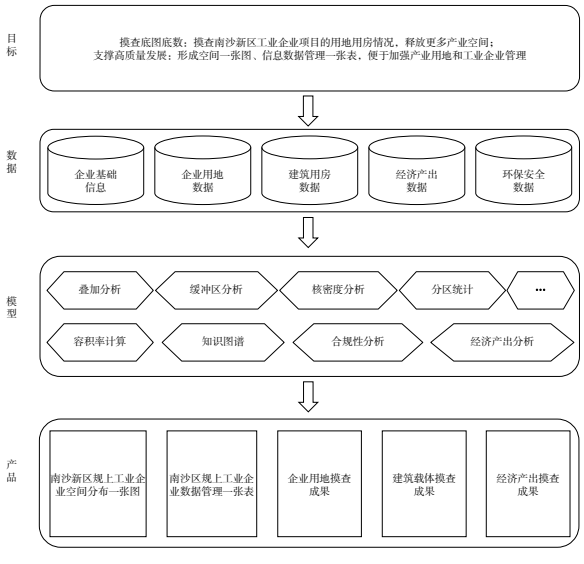


图5　数据中台助力南沙新区工业企业摸查应用模式

4）在城市体检中的应用。数据中台支撑城市体检评估，面向南沙新区全域约803 km^2范围，开展南沙新区城市人居环境评价，查找城市问题并提出政策建议。基于数据中台数据构建面向城市体检指标评价的分析模型，形成“目标、数据、模型、指标、产品”的应用体系（图6），产品制图时间缩短了65%。

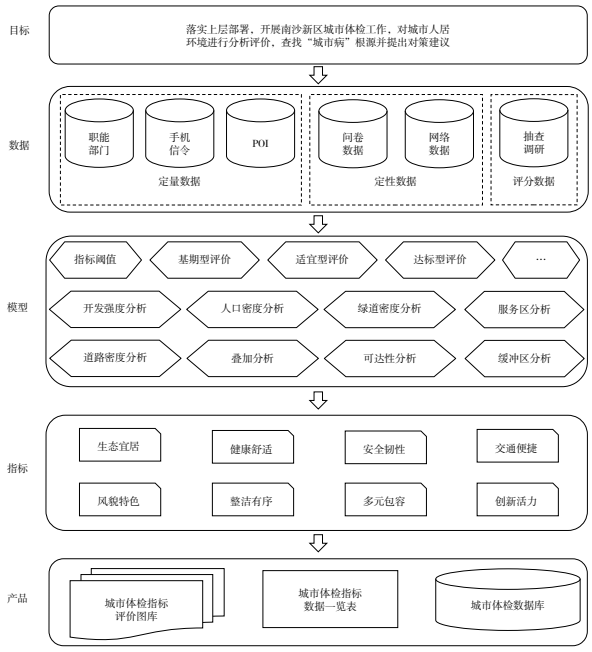


图6　数据中台支撑城市体检应用模式

5）在招商引资中的应用。综合采用地理信息、移动互联网和数据库技术，以数据中台为载体，对地理空间数据进行集中管理与分布使用，支撑招商引资系统建设。系统包括地图浏览、基础地理图层切换、距离与面积测量、功能规划区识别、地图标注、位置点搜索查询和720°全景图浏览等功能，可辅助城市发展战略规划落图、产业用地可视化核查、重点片区可视化宣传、重点楼宇可视化推介，全方面、多角度展示南沙新区各大区块的地理环境，有利于在短时间内快速考察多个区块的区位、交通、产业、周边设施等情况，节约单次现场考察的时间和交通成本，在一定程度上提高了招商引资的资金引进率。

4　结　语

地理信息时空数据中台作为智慧南沙的地理信息数据底座，落实“两服务、两支撑”的要求，聚焦自然资源空间管控需求，面向资源统筹、安全底线、要素配置，提供了丰富的数据、产品与功能服务，高效支撑智慧应用建设，全面提升南沙新区时空地理信息数据的服务和共享能力，在解决信息孤岛、数据壁

（下转第45页）