



实景三维中国建设的基本定位与技术路径

陈 军^{1,2} 刘建军^{1,2} 田海波^{1,3}

1 国家基础地理信息中心,北京,100830

2 自然资源部时空信息与智能服务重点实验室,北京,100830

3 自然资源部全球地理信息工程技术创新中心,北京,100830

摘 要:当前国家大力推动数字化发展,推进数字经济、数字社会、数字政府建设,驱动生产、生活和治理方式的全面深入变革,对基础测绘产品与服务提出了新的更高要求。针对这一重大需求,自然资源部提出实景三维中国建设,研制能客观真实地反映人类生产、生活和生态空间的实景三维信息产品,构建能与现实三维空间实时互联互通的数字三维空间,为数字中国提供新一代的三维时空信息框架,提供高质量时空信息产品与高水平时空信息服务。这既是今后一个时期国家和地方基础测绘的重大任务,也是一项涉及因素复杂、技术难度极大的科技工程。要切实做好这项重要工作,应深化科学认知,厘清技术逻辑,明确基本定位,做好顶层设计。分析了实景三维中国建设的发展背景,讨论了其基本定位和总体技术逻辑,提出了主要的技术实现路径。

关键词:基础地理信息;实景三维;新型基础测绘;基本定位;技术路径

中图分类号:P208

文献标志码:A

20世纪90年代以来,中国大力构建数字化测绘技术体系,全面开展基础测绘工作,建立了国家和省市基础地理信息数据库系统,向广大用户提供尺度多元、内容丰富、更新较快、覆盖较全的4D数据产品,有力地支撑了经济建设、社会发展、信息化建设及国防建设,促进了地理信息及相关产业的蓬勃发展^[1-5]。这些4D数据产品主要是采用矢量或栅格数据模型,对具有鲜明多维、动态特征的现实世界进行数字化抽象、描述与表达,所形成的数字地理空间框架在本质上是2(或2.5)维的,虽在各项工程建设与管理决策中发挥了重要作用,但难以完全满足在真三维数字空间中观察、量测、分析、研判及模拟的实际需要^[6]。

面对这一重大需求,国际学术界开展了GIS(geographic information system)三维空间数据建模与应用的相关研究^[7-9]。2000年,国际摄影测量与遥感学会(international society for photogrammetry and remote sensing, ISPRS)将三维数据模型设计、建模及可视化纳入优先研究领域,鼓励开展基于新型多传感器数据的自动表面重建、顾及几何-语义-时态的三维目标建模、模拟、可视化和动画技术等研究^[10-11];其后,逐步扩展至多维、

复杂的时空动态建模与数字孪生、自动更新以及场景化表达等^[12]。在国家自然科学基金委员会支持下,中国的武汉大学、国家基础地理信息中心、香港理工大学等高校和科研院所也开展了多维动态GIS空间数据处理、GIS三维数据建模与更新等研究,并自1997年起连续举办了7届多维动态GIS国际学术研讨会^[13-16],为国内GIS三维空间建模与应用奠定了基础。

与之同时,不少国家政府测绘机构开始了三维地理空间数据库建设与服务的研究与探索,如瑞士测绘部门研发了三维地形景观模型,荷兰开展研制全国的三维信息产品^[17-19]。近年来,中国加大了这方面的研究与应用力度,武汉、重庆、广州、上海、北京、青岛、天津、杭州、哈尔滨、宁波、德清等中小城市开展了试点或实验,取得了一批可喜的研究成果与经验^[20-21]。2022-02-24,自然资源部办公厅发出通知,要求全面推进实景三维中国建设,研发能真实、立体、时序化反映生产、生活和生态空间的实景三维信息产品,实现数字空间与现实空间的实时互联互通^[22]。这是新时期基础测绘工作转型升级的一项重大举措,旨在将以往4D数据产品提升为实体信息产品,

收稿日期:2022-09-13

项目资助:国家自然科学基金重点项目(41930650);自然资源部实景三维中国建设专项。

第一作者:陈军,博士,教授,中国工程院院士,现从事时空信息建模、更新与服务方向研究。chenjun@ngcc.cn

通讯作者:刘建军,博士,研究员。liujianjun@ngcc.cn

从二维数字地理空间框架走向三维时空信息框架,更好地支撑数字中国建设和赋能国家与地方的高质量发展。要切实做好这项重要工作,应该深化科学认知,厘清技术逻辑,明确基本定位,做好顶层设计^[23]。

本文首先根据实景三维中国的基本概念和内涵,讨论了“建什么”“谁使用”“怎么建”“谁去建”和“怎么用”5个基本问题,以明晰实景三维中国建设的基本定位;然后以摸清主体需求、打造应用场景、做好顶层设计、研发实现技术、推动协同建设为主线,讨论了实景三维中国建设的总体技术逻辑;最后讨论了实景三维中国建设的主要技术实现路径。

1 基本定位

顾名思义,实景三维是指多维动态现实世界体结构与表观的数字化描述与表达,具有立体化、真实化、实体化三大基本特征。实景三维中国建设则是针对这三大特征,采用立体化重构、实体化建模、真实化描述等专门技术手段,将国土空间范畴内的有关地理空间实体数字化,研发多尺度、时序化、关联化的实景三维信息产品,构

建实景三维数字空间,实现“人机兼容、物联感知、泛在服务”,支撑数字中国建设与应用。从技术的角度看,这是一项涉及因素复杂、技术难度极大的时空信息工程。要做好全面建设与深入应用,需深化科学认知,厘清技术逻辑,明确基本定位,回答好“建什么”“谁使用”“怎么建”“谁去建”和“怎么用”5个基本问题,如图1所示。

首先,“建什么”是指要科学定义实景三维信息产品的内涵、外延、形式与内容,明确其建设的目标与任务。与传统4D数据产品不同的是,实景三维信息产品具有鲜明的实体化、立体化、真实化等特征。实体化是指按照客观存在性、可相互区分性等要求,将现实世界的要素、事物或现象划分成具有不同类型和粒度的地理空间实体,赋予唯一的标识,对其空间分布、属性、相互关系、生命周期等进行数字化描述与表达;立体化特征是指要描述和反映地理空间实体的立体形态、各类实体的地上、地下、室内、室外等三维结构及时空关系;而真实化是指要通过天空地感知等技术手段,获取地理空间实体的表观纹理、物理材质等,确保实景三维信息产品与现实世界保持一致,形成高度逼真的场景。

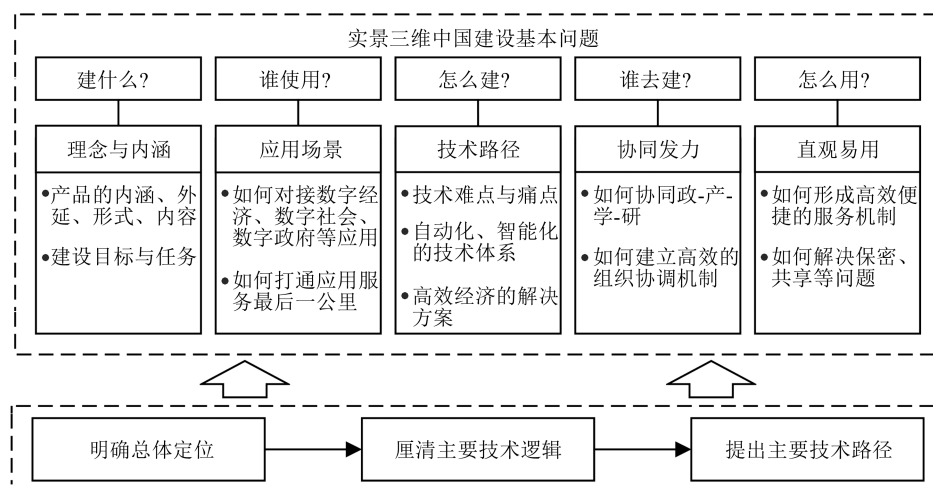


图1 实景三维中国建设的基本问题

Fig.1 Key Issues Related to Building China's 3D Realistic Geospatial Scene

其次,要对接数字经济、数字社会、数字政府重要应用领域,摸清实景三维的主体需求,构建丰富多彩的应用场景,打通应用服务的最后一公里,解决“谁使用”的问题,做到既好看,又好用。由于人们生活在真实的三维空间,今后将有越来越多的数字经济、数字社会、数字政府活动需要在三维数字空间中进行,在三维数字空间观察、量测、分析、研判,是数字化发展的必然趋势。实

际上,实景三维中国就是构建统一的三维时空信息框架,为各行各业的数字化发展与应用提供时空基底,使广大用户能够便捷地关联和整合各类社会、经济和行业专题信息,更好地开展时空演变、知识挖掘等高层次时空分析,有效地支撑赋能业务管理、科学决策。

此外,由于国土范围广袤、地域差异较大,实景三维的立体化、真实化、实体化往往要因地而

异,表现出显著的多尺度、时序化、关联化等特性,直接影响着实景三维中国的分级建设内容、技术实现路径、产品形式与服务方式。因此,“怎么建”是指要厘清实景三维中国建设、更新、服务等方面的技术难点和痛点,发展智能化技术手段,提高自动化水平,形成以立体化重构、真实化描述、实体化建模为核心的实景三维技术体系,提供经济高效的解决方案。“谁去建”是指要设计建立高效协同的共建机制,充分发挥政府、事业单位、科研院所和企业的作用与积极性,有效整合各方资源,协同推进国家和地方的实景三维建设。而“怎么用”是指要解决产品服务、数据共享、安全保密等问题,构建形成新一代的国家基础地理信息系统,提供软件和平台化模式、信息和知识化内容的新服务,形成高效便捷的服务机制与模式,将实景三维中国打造成数字中国的新型时空信息基础设施、数字经济的重要战略性数字资源和生产要素,使之在国家和地方的数字化发展与高质量发展中发挥不可或缺的重要支撑作用。

2 总体技术逻辑

为切实做好实景三维中国建设与应用,应充分借鉴国内外的先进经验与做法,加强需求分析,厘清实景三维的服务对象与赋能对象,构建各种具体的应用场景,开展对标主体应用需求的顶层设计,提出技术实现路径与协同建设模式,形成相应产品与服务模式(图2)。

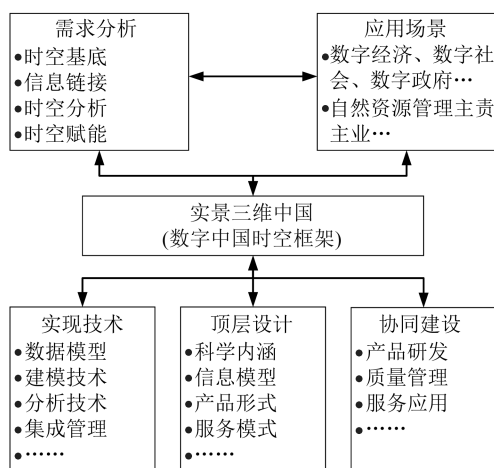


图2 实景三维中国建设的总体技术逻辑

Fig.2 General Technical Logic for Building China's 3D Realistic Geospatial Scene

1)摸清主体需求。就总体而言,实景三维的应用需求可分为时空基底、时空关联、时空分析以及时空赋能等四类应用。时空基底是指实景

三维信息产品作为各行业应用的统一时空框架,承载和支持各类业务应用^[24-25];时空关联是指利用实景三维产品提供的地理实体,链接或关联各类社会、经济、生态等专题信息,实现多源时空数据融合,更好地直接支撑具体的应用场景^[26];时空分析是指利用实景三维产品提供的丰富时空信息,通过数据挖掘、知识发现、过程模拟等高层次的加工处理,获得和提供有关空间格局、演变过程等方面的规律性知识^[27];时空赋能则是依托实景三维提供的数字空间与现实空间实时互联互通条件,开展基于时空数据的监测、反馈、调控与服务,在数字空间发现问题,提出解决方案,再回馈至现实世界的“物理空间”及人类活动的“社会空间”,实现信息化条件下的智能化应用^[28]。

2)打造应用场景。服务自然资源管理和国家数字化发展是实景三维中国的两个重要应用场景。前者是对接国家和地方自然资源部门“两统一、一加强”的主责主业,以实景三维数据库为基础,整合调查监测数据和泛在数据,实现自然资源、自然资源资产、地理环境、人口经济等多维信息的融合,形成自然资源三维立体时空数据库,支撑耕地保护、资源监管、生态修复、国土规划等各类自然资源监管应用场景需要^[27];后者是面向数字经济、数字社会、数字政府等的需要,在实景三维建设成果的基础上,集成有关行业的数据、知识与模型,支撑智慧城市、数字乡村、智慧交通等行业应用^[28]。

3)做好顶层设计。在摸清主体需求和应用场景的基础上,开展顶层设计,从整体出发,明确实景三维中国的科学内涵与基本问题,构建实景三维的总体知识体系,开展实景三维信息模型、产品及服务模式等设计,提出总体发展目标与任务,设计技术实现路径。为此,需采用实践-理论-再实践的循环往复,总结凝练可重复、可复制的普遍性知识,形成具有内在逻辑和结构,且有解释力和说服力的实景三维知识体系,促进知识和应用融通。其中要根据现实世界的多维动态特征,以地理空间实体的对象化描述与建模为主线,从概念、逻辑、物理建模三个不同层次,构建实景三维的概念数据模型,开展逻辑建模与物理建模,实现对多维动态现实世界的描述与表达,形成覆盖多层级、多类型数据的数据模型体系;在信息模型的基础上,根据共性和个性应用需求,设计数据-信息-知识三类产品,形成可定制的产品体系;而实景三维服务模式设计则要针对政

府、企业、大众等不同用户群体的需要,设计数据、软件、平台等多种形式的服务^[29]。

4)研发实现技术。为了有效地组织实施国家和地方的实景三维建设,需要本着先进性与实用性相结合的原则,研究和发展实景三维实体建模、数据采集处理、集成管理和服务应用等实现技术。例如,应借助三维重建、人工智能等相关研究成果,研发实景三维数据的自动化采集与建模技术^[30]。虽然目前实景三维信息提取、处理及更新的技术研究取得了较大进展,但自动化程度依然不高,急需发展智能化测绘的理论与技术方法,研发和提供高效经济的技术解决方案,提升生产技术体系的自动化程度^[31-32]。

5)推动协同建设。应坚持系统观念,推动政-产-学-研各界协同发力,形成统一设计和分级建设相结合、国家和省市县协同实施的“全国一盘棋”格局。为此,要在自然资源部的领导下,面向实景三维建设的工程实际,整合全国专家的智慧 and 力量,发挥好部属事业单位的业务支撑,形成教授(研究员)与工程师有机结合的强强合作模式;要注意做好理论与实践的结合,既要提出实景三维建设与应用的新理念、新思路、新技术、新方法,形成高水平的调研分析、技术评估、战略咨询报告,也要配合国家和地方重大工程的组织实施,做好总体设计方案的编制、试点试验,切实支撑实景三维的工程设计、产品研发、质量控制、服务应用等组织实施。

3 主要实现路径

根据基本定位和总体技术逻辑,加强国内外研究现状的分析评估,开展关键技术研发,构建核心产品与服务,是推动实景三维中国建设的重要实现路径。

3.1 加强国际发展状况调研

2016年,ISPRS 发表了其历史上首篇综合性科学展望论文,指出提供高质量的时空信息、先进的地理空间计算能力和协同决策支持,是当前和今后一段时期的主体技术需求,而泛在/集成感知、高阶实时信息提取、数字-物理空间孪生建模以及地理空间知识服务是未来四大发展方向^[12]。最近,ISPRS 发布了 2022—2026 年度鼓励研究领域,强调要加强对多维和语义化数据建模、空间分析与先进可视化等的研究探索^[13]。此外,世界各国对三维地理空间数据库的建设与应用方兴未艾^[15],但总体上看,核心关注点不一,技

术路径也多有差异,概念模型与标准仍尚待统一,技术交流也需加强。因此,今后应加强国内外研究状况的调研分析,通过文献分析综述、国际相关技术调研、参加或组织多种类型的研讨交流等形式,了解和分析梳理国内外技术发展现状与趋势,开展实体建模、采集处理以及管理服务等关键技术的评估分析,研究提出技术攻关、试点实验、软件测评等方面的行动对策与建议。同时,要开展多种形式的国际学术交流,与国际同行共同推进实景三维知识体系的建设,并在国际上讲好实景三维中国的故事。

3.2 推动关键技术研发

地理空间实体建模是实景三维中国建设的一个关键技术问题,其涉及到地理空间实体的定义与描述、几何与属性、语义关系以及数据规格等内容。就实体描述而言,应借助语义化技术对传统要素模型进行封装与拓展,建立面向基元实体的基本时空对象模型,记录相应实体的时空参照、空间位置、空间形态、组成结构、关联关系、外观实景、属性特征等基本信息以及不同实体间关系信息^[33];实体的几何与属性方面,应综合考虑基元实体、要素实体以及场景实体的编码体系,以支撑不同尺度、精度实体几何与属性的统一管理;实体的语义关系方面,应能够借助语义建模、知识图谱等技术,准确记录并管理各类型、各尺度实体间语义关系信息;实体的数据规格方面,应统一开展多级、多尺度实体数据的数据结构、数据交换格式以及数据字典研究,以支撑多级、多尺度、不同组合模式实体数据的有机组织与协同管理。就总体而言,目前面向单一尺度的基础性地理空间实体建模研究已有较丰富的成果,但多粒度的地理空间实体一体化建模、结合业务场景的专题化实体建模,以及支持自动链接社会、经济、人文和物联感知数据的地理空间实体建模技术尚未成熟,后续应大力发展解决。

实景数据采集是实景三维中国建设的又一个技术难点,主要包括 4 种途径:(1)基于原始数据的直接采集,即依据数据模型设计要求,直接采集实体数据、场数据;(2)基于非实体化数据的重构,即借助语义化、实体化技术,针对传统 4D 数据以及多源时空数据,进行实体属性、实体关系的标准化生成,并进行实体数据与场数据自动匹配,形成多源数据融合的地理实体数据生产成果;(3)基于尺度变换的实体信息提取,以基元实体为基础,按不同尺度、精度级别要求进行基于

基元实体、细粒度实体的动态组合与跨尺度转换,派生形成粗粒度级别实体数据;(4)动态信息的关联融合,即通过融合物联网感知、众源数据等非结构化数据,借助语义处理、三维重建等技术,实现基于多源时空大数据的实体数据自动采集^[20-22]。总体上看,目前实景三维信息源数据的快速获取与自动化处理技术已比较成熟,但三维实体数据采集提取的自动化率还较低,仍需大量人工处理工作,多源、多粒度三维实体模型的自动化匹配与融合技术也尚未成熟,后续应大力发展解决。

实景三维成果的高效组织与服务应用也面临着诸多技术问题。其中要针对各类产品的建库、维护与更新等环节,开展多尺度、多时态三维地理实体数据、地形数据以及三维场景数据的一体化组织与管理技术研究,应能协同全国各级建立统一的数据库管理模式、数据库运行维护机制、数据库生命周期管理机制、数据库安全保障机制以及数据库更新技术,实现全国各级数据成果协同管理^[23];针对数据提供、软件集成、在线调用等分层次服务需求,设计数据、软件、平台三种服务模式,实现定制化、智能化的时空信息服务,为实景三维产品对接场景应用提供技术保障。总体上看,目前面向较小数据量的城市级实景三维数据管理技术和产品较多,但面向大数据量的省区级实景三维数据管理技术尚未成熟,普遍存在效率较低、稳定性较弱、功能有限、以看为主、难以实用等问题,后续应大力发展面向大数据量、轻量化、低门槛、好看能用的实景三维数据管理服务技术和相应产品。

3.3 研发核心产品与服务

在需求分析和技术研究的基础上,进一步开展实景三维信息产品与服务体系的研究与设计,确保在面向不同用户需求时,可通过不同的服务形式提供用户所需各类型的产品,真正对接专题应用需求。

首先,要研发数据-信息-知识的多层级产品。其中,数据产品为基础产品,主要面向时空数据直接应用的需要,动态组织并提供地形、影像、实体等不同原始数据,并通过提供专题信息链接接口,建立基于多源信息动态融合的综合地理信息时空数据产品;信息产品为派生产品,主要是基于数据产品,面向时空数据分析应用的需要,借助统计分析、过程模拟、数据挖掘等时空技术,形成分析结果与分析报告,以支撑专题应用;知识

产品为高级产品,主要面向专题领域时空知识服务的需要,以实景三维数据为基础,开展时空知识抽取、融合、建模、表达等工作,构建时空知识中心,形成专题领域的知识地图、知识服务系统、分析决策报告等知识产品,提供描述、诊断、预测及方案型知识服务^[29]。

其次,要研发和提供数据-软件-平台的多形式服务。其中,数据服务模式旨在直接提供应用所需原始数据,应能依据用户需求动态组织数据内容,并通过数据下载、服务接口、在线/离线(涉密)数据申请等形式提供具体数据产品,以支撑专题应用;软件服务模式是通过部署软件的形式提供相应产品,具体依据用户应用需求,部署移动端、PC端等应用程序,进而通过本地或远程调用形式,动态组织时空基底数据、专题信息数据以及业务分析模型,以支撑相关领域专题性数据管理、分析与应用;平台服务模式是提供开放的、通用的实景三维服务平台,满足主流用户的通用性需求,并以API(application program interface)、SDK(software development kit)等形式提供实景三维数据、信息与知识服务的调用接口或开发套件,支撑面向专题应用的定制化平台搭建与专业性应用。

4 结 语

近年来,以对地观测、地理信息、空间定位为主体的时空信息技术迅猛发展,并与大数据、云计算、人工智能等相关技术深度融合,极大地提升了人们感知、认识和管理生产、生活和生态空间的能力。运用时空信息与技术支撑数字化发展,赋能高质量发展,已成为时代潮流。实景三维中国建设正是顺应这一时代潮流,针对数字中国和生态文明建设的迫切需要,通过观念更新、产品创新及技术升级,从静态2(或2.5)维4D产品走向实时(准实时)动态、实体化的实景三维信息产品,提供高质量的时空信息服务,支撑高层次时空分析,助力高水平时空赋能。可以预见,实景三维中国将成为新一代的国家基础地理信息系统和时空信息基础设施,并将在国家数字化发展和高质量发展中发挥不可替代的重要作用。

为进一步做好实景三维中国的建设与应用,今后尚需从以下方面继续努力:一是应本着继承与发展的精神,进一步深化实景三维中国的科学认知,创新科学理念,做好实景三维中国的概念解析与信息建模,构建实景三维中国的知识体系

与技术体系,实现技术逻辑对行政逻辑的有机支撑;二是应积极开展国内外技术研讨,交流新理念、新技术,在国际上讲好实景三维中国建设与应用的故事,提供具有中国特色的新理论、新方法;三是积极发展专家团队的群体智慧,为国家和地方的重大项目立项、方案设计、标准制定、产品研发、技术开发等做好技术支撑与服务。

致谢:本文研究得到自然资源部国土测绘司的大力支持;自然资源部实景三维中国建设专家组有关专家和国家基础地理信息中心等单位有关人员提供了宝贵意见,在此一并表示感谢!

参 考 文 献

- [1] Ning Jinsheng, Chen Jun, Cao Dingbo. Digital Earth and Surveying/Mapping[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001 (宁津生, 陈军, 晁定波. 数字地球与测绘[M]. 北京:清华大学出版社有限公司, 2001)
- [2] Ning Jinsheng, Wang Zhengtao. Progresses from Surveying and Mapping to Geomatics[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2017, 46(10): 1213-1218 (宁津生, 王正涛. 从测绘学向地理空间信息学演变历程[J]. 测绘学报, 2017, 46(10): 1213-1218)
- [3] Chen Jun. Discussing the Development and Application of Digital Geo-Spatial Framework[J]. *Engineering of Surveying and Mapping*, 2002, 11(3): 1-6 (陈军. 论数字化地理空间基础框架的建设与应用[J]. 测绘工程, 2002, 11(3): 1-6)
- [4] Chen Jun, Wang Donghua, Shang Yaoling, et al. Master Design and Technical Development for National 1:50 000 Topographic Database Updating Engineering in China[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2010, 39(1): 7-10 (陈军, 王东华, 商瑶玲, 等. 国家1:50 000数据库更新工程总体设计研究与技术创新[J]. 测绘学报, 2010, 39(1): 7-10)
- [5] Wang Donghua, Liu Jianjun. Key Techniques for Dynamic Updating of National Fundamental Geographic Information Database[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2015, 44(7): 822-825 (王东华, 刘建军. 国家基础地理信息数据库动态更新总体技术[J]. 测绘学报, 2015, 44(7): 822-825)
- [6] Chen Jun. Developing Dynamic and Multi-Dimensional Geo-Spatial Data Framework[J]. *Geo-Information Science*, 2002, 4(1): 7-13 (陈军. 多维动态地理空间框架数据的构建[J]. 地球信息科学, 2002, 4(1): 7-13)
- [7] Li R X. Data Structures and Application Issues in 3-D Geographic Information Systems[J]. *Geo-Information Science*, 1994, 48(3): 209-224
- [8] Koehl M, Grussenmeyer P. 3-D Data Acquisition and Modelling in a Topographic Information System [C]//ISPRS Symposium on GIS-Between Visions and Applications, Stuttgart, Germany, 1998
- [9] Zlatanova S, Rahman A A, Shi W Z. Topological Models and Frameworks for 3D Spatial Objects[J]. *Computers & Geosciences*, 2004, 30(4): 419-428
- [10] Jiang Jie, Chen Jun. International State-of-the-Art of Photogrammetry and Remote Sensing[J]. *Geomatics World*, 2003, 10(1): 16-19 (蒋捷, 陈军. 摄影测量与遥感的国际研究动向: 国际摄影测量与遥感学会(ISPRS)的结构与主题[J]. 地理信息世界, 2003, 10(1): 16-19)
- [11] Yang Kai. The 20th Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) [J]. *Engineering of Surveying and Mapping*, 2005, 14(1): 1-4 (杨凯. 国际摄影测量与遥感学会(ISPRS)第二十届大会情况[J]. 测绘工程, 2005, 14(1): 1-4)
- [12] Chen J, Dowman I, Li S N, et al. Information from Imagery: ISPRS Scientific Vision and Research Agenda[J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2016, 115: 3-21
- [13] Chen Jun, Jiang Jie. Some Issues of Multi-Dimensional and Dynamic GISs[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2000, 25(3): 189-195 (陈军, 蒋捷. 多维动态GIS的空间数据建模、处理与分析[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2000, 25(3): 189-195)
- [14] Chen J, Sun M, Zhou Q M. Expression and Visualization of Cloverleaf Junction in a 3-Dimensional City Model [J]. *GeoInformation Science*, 2000, 54(4): 375-386
- [15] Sun Min, Chen Jun. Research on Data Modeling for 3D Landscape Entities Based on Geometry Primitives[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2000, 25(3): 233-237 (孙敏, 陈军. 基于几何元素的三维景观实体建模研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2000, 25(3): 233-237)
- [16] Chen Jun, Li Zhilin, Jiang Jie, et al. Dynamic and Multi-Dimensional Spatial Data Modeling: Models and Methods[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2004, 29(10): 858-862 (陈军, 李志林, 蒋捷, 等. 多维动态GIS空间数据模型与方法的研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2004, 29(10): 858-862)
- [17] Wong K, Ellul C. User Requirements Gathering for

- a National 3D Mapping Product in the United Kingdom [J]. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2018, IV-4/W6: 89-96
- [18] O' Sullivan L, Bovet S, Streilein A. TLM—The Swiss 3D Topographic Landscape Model [J]. *ISPRS Proceeding*, 2008, 37: 1715-1719
- [19] Stoter J E, Streilein A, Pla M, et al. Approaches of National 3D Mapping: Research Results and Standardisation in Practice [J]. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2013, II-2/W1(1): 269-278
- [20] Gu Jianxiang, Dong Zhen, Guo Wang. New Surveying and Mapping for the Urban Digital Transformation of Shanghai [J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2021(7): 131-134 (顾建祥, 董震, 郭王. 面向上海城市数字化转型的新型测绘[J]. 测绘通报, 2021(7): 131-134)
- [21] Xiao Jianhua, Li Haiting, Li Pengpeng, et al. Connotation, Classification and Grading of 3D Real Scene [J]. *Urban Geotechnical Investigation & Surveying*, 2021(5): 5-10 (肖建华, 李海亭, 李鹏鹏, 等. 实景三维的内涵与分类分级[J]. 城市勘测, 2021(5): 5-10)
- [22] General Office of the Ministry of Natural Resources. Notice on Comprehensively Promoting the Construction of China's 3D Realistic Geospatial Scene [EB/OL]. [2022-05-20] http://gi.mnr.gov.cn/202202/t20220225_2729401.html (自然资源部办公厅. 全面推进实景三维中国建设的通知[EB/OL]. [2022-05-20] http://gi.mnr.gov.cn/202202/t20220225_2729401.html)
- [23] Zhang Fan, Huang Xianfeng, Gao Yunlong, et al. Interpretation and Reflection on Technology Outline of National 3D Real Scene (2021 Edition) [J]. *Journal of Geomatics*, 2021, 46(6): 171-174 (张帆, 黄先锋, 高云龙, 等. 实景三维中国建设技术大纲(2021版)解读与思考[J]. 测绘地理信息, 2021, 46(6): 171-174)
- [24] Chen Jun, Chen Xinhui. Digital Latitude and Longitude: The Geospatial Basic Framework of National Informatization [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002 (陈军, 陈新湖. 数字经纬国家信息化的地理空间基础框架[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002)
- [25] Chen Jun, Wu Lun. Basic Framework of Digital Geospatial in China [M]. Beijing: Science Press, 2003 (陈军, 邬伦. 数字中国地理空间基础框架[M]. 北京: 科学出版社, 2003)
- [26] Jiang Jie, Huang Wei, Lu Weihua, et al. Research on Entity-Based Data Modeling for National Geospatial Information Service Platform [J]. *Geomatics World*, 2009, 7(4): 11-18 (蒋捷, 黄蔚, 卢卫华, 等. 地理信息公共服务平台地理实体数据建模研究[J]. 地理信息世界, 2009, 7(4): 11-18)
- [27] Chen Jun, Wu Hao, Liu Wanzeng, et al. Technical Connotation and Research Agenda of Natural Resources Spatio-Temporal Information [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2022, 51(7): 1130-1140 (陈军, 武昊, 刘万增, 等. 自然资源时空信息的技术内涵与研究方向[J]. 测绘学报, 2022, 51(7): 1130-1140)
- [28] Guo Renzhong, Luo Tingwen. Intelligent Management and Control for Land Resources [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2019, 64(21): 2166-2171 (郭仁忠, 罗婷文. 土地资源智能管控[J]. 科学通报, 2019, 64(21): 2166-2171)
- [29] Chen Jun, Liu Wanzeng, Wu Hao, et al. Basic Issues and Research Agenda of Geospatial Knowledge Service [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2019, 44(1): 38-47 (陈军, 刘万增, 武昊, 等. 基础地理知识服务的基本问题与研究方向[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2019, 44(1): 38-47)
- [30] Li Qingquan, Shao Chengli, Wan Jianhua, et al. Optimized Views Photogrammetry and Ubiquitous Real 3D Data Acquisition with the Application Case in Qingdao [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, DOI: 10.13203/j.whugis20220079 (李清泉, 邵成立, 万剑华, 等. 优视摄影测量与泛在实景三维数据采集: 以实景三维青岛为例[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2022, DOI: 10.13203/j.whugis20220079)
- [31] Chen Jun, Liu Wanzeng, Wu Hao, et al. Smart Surveying and Mapping: Fundamental Issues and Research Agenda [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2021, 50(8): 995-1005 (陈军, 刘万增, 武昊, 等. 智能化测绘的基本问题与发展方向[J]. 测绘学报, 2021, 50(8): 995-1005)
- [32] Liu Jianjun, Chen Jun, Zhang Jun, et al. Geographic Information Dynamic Monitoring in Intelligent Era [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2019, 44(1): 92-96 (刘建军, 陈军, 张俊, 等. 智能化时代下的地理信息动态监测[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2019, 44(1): 92-96)
- [33] Hua Yixin, Zhang Jiangshui, Cao Yibing. Research on Organization and Management of Spatio-Temporal Objects in Pan-Spatial Digital World Based on Spatio-Temporal Domain [J]. *Journal of Geo-Infor-*

mation Science, 2021, 23(1): 76-83 (华一新, 张江水, 曹一冰. 基于时空域的全空间数字世界时空对

象组织与管理研究[J]. 地球信息科学学报, 2021, 23(1): 76-83)

Basic Directions and Technological Path for Building 3D Realistic Geospatial Scene in China

CHEN Jun^{1,2} LIU Jianjun^{1,2} TIAN Haibo^{1,3}

1 National Geomatics Center of China, Beijing 100830, China

2 Laboratory of Spatial-Temporal Information and Intelligent Service, Ministry of Natural Resources, Beijing 100830, China

3 Engineering Technology Innovation Center for Global Geospatial Information, Ministry of Natural Resources, Beijing 100830, China

Abstract: Digital development has been vigorously promoted in China to drive a comprehensive and in-depth change in production, life and governance through the construction of digital economy, digital society and digital government. It has put forward new and higher requirements for basic surveying and mapping products and services. Recently, the Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China issued a notice to promote the construction of 3D realistic geospatial scene of China, aiming to develop new 3D geo-spatial information products which can describe and represent the real 3D spaces of industrial production, living environment and ecological development. The construction of such 3D realistic geospatial scene of China will lead to a 3D digital space which can be well connected with the real geo-spatial space through real-time inter-connection, and will provide a new generation of spatiotemporal information framework for the development of digital China. It is not only a major task for national and local basic surveying and mapping agencies in the next few decades, but also a challenging scientific and technological initiative where several complex factors and technical problems remain to be solved. This paper analyzes the background and problems, discusses the development directions and general technical logic, and conducts the major technological path.

Key words: fundamental geographic information; 3D realistic geospatial scene; new surveying and mapping; basic directions; technological path

First author: CHEN Jun, PhD, professor, Academician of Chinese Academy of Engineering, specializes in data modeling, updating and service of geospatial information. E-mail: chenjun@ngcc.cn

Corresponding author: LIU Jianjun, PhD, professor. E-mail: liujianjun@ngcc.cn

Foundation support: The Key Program of the National Natural Science Foundation of China (41930650); 3D Realistic Geospatial Scene in China Project of Ministry of Natural Resources.

引文格式: CHEN Jun, LIU Jianjun, TIAN Haibo. Basic Directions and Technological Path for Building 3D Realistic Geospatial Scene in China[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, 47(10): 1568-1575. DOI: 10.13203/j.whugis20220576 (陈军, 刘建军, 田海波. 实景三维中国建设的基本定位与技术路径[J]. *武汉大学学报·信息科学版*, 2022, 47(10): 1568-1575. DOI: 10.13203/j.whugis20220576)