引文格式：金健,黄景金,郭伟立,等. 基于实体的耕地资源统一调查监测关键技术探讨[J]. 地理空间信息, 2024, 22(4): 80-84. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2024.04.018

基于实体的耕地资源统一调查监测关键技术探讨

金　健[1,2]，黄景金[1,2*]，郭伟立[1,2]，李新东[1]，陈湘楠[1]，韦忠扬[1,2]，杨郑贝[1]，黄　妤[1,2]
（1. 广西壮族自治区自然资源调查监测院，广西　南宁 530023；2. 北部湾经济区自然资源监测评价工程技术创新中心，广西　南宁 530219）

摘　要：针对此前耕地资源调查监测存在分头独立组织、指标重复矛盾、先进技术支撑不足、结果共享难等问题，提出基于实体的耕地资源统一调查监测关键技术研究。从耕地资源本质、耕地实体属性出发，探讨耕地资源属性分类的继承与创新、耕地实体统一调查监测的分工与协同，提出基于实体的分层分类时空数据组织管理模式、调查监测设备及人员的多维协同信息采集技术应用。结合广西的实践与探索验证了其可行性。下一步还应提高内外业协同自动化处理水平，加快基于实体的实景三维精细化成果管理研究，提供知识图谱智能化服务，最终契合生态文件建设背景下的耕地资源统一调查监测。

关键词：耕地资源；耕地实体；统一调查监测
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）04-0080-05

Discussion on Key Technologies of the Unified Investigation and Monitoring of Cultivated Land Resource Based on the Entity

JIN Jian[1,2], HUANG Jingjin[1,2], GUO Weili[1,2], LI Xindong[1], CHEN Xiangnan[1],
WEI Zhongyang[1,2], YANG Zhengbei[1], HUANG Yu[1,2]
(1. Guangxi Institute of Natural Resources Survey and Monitoring, Nanning 530023, China;
2. Technology Innovation Center for Natural Resources Monitoring and Evaluation of Beibu Gulf Economic Zone, Ministry of Natural Resources, Nanning 530219, China)

Abstract: In view of the previous problems such as independent organization, repeated contradiction of indicators, insufficient support of advanced technology and difficult sharing of results in the investigation and monitoring of cultivated land resource, we researched the key technologies of unified investigation and monitoring of cultivated land resource based on entity. Based on the nature of cultivated land resource and the physical attribute of cultivated land, we discussed the inheritance and innovation of the attribute classification of cultivated land resource, the division of labor and coordination of the unified investigation and monitoring of cultivated land entities, and proposed the organization and management mode of hierarchical and classified data, the multi-dimensional collaborative information acquisition technology application of investigation and monitoring equipment and personnel. Combined with the practice and exploration of Guangxi, we verified its feasibility. The next step should also improve the level of internal and external collaboration, accelerate the research on 3D refined results management based on entities, provide intelligent service of knowledge graph, and fit the unified investigation and monitoring of cultivated land resource under the background of ecological document construction.

Key words: cultivated land resource, cultivated land entity, unified investigation and monitoring

新中国成立以来，我国涉及耕地资源调查监测工作主要由2个部门负责（见表1），一是国土资源主管部门开展的以资源管理为目的的耕地（土地）调查监测工作；二是农业主管部门开展的以服务农业生产为目的的耕地（土地）调查评价工作[1-2]。耕地资源的调查监测始终存在分头独立组织、指标重复矛盾、先进技术支撑不足、结果共享难等困境。

为解决上述问题，2018年机构改革后，自然资源部提出构建自然资源统一调查监测体系，逐步明确以自然资源实体为单元构建自然资源三维立体时空数据库模型，并论述自然资源的实体模型、粒度、尺度、语义等理论和整合转换方，同时以地理场景支撑三维立体时空数据建设；并正式提出使用自然资源实体概念，通过构建相关模型实现数据自动化处理、知识图

收稿日期：2022-11-22。
项目来源：广西重点研发计划资助项目（桂科 AB22080077）；广西科技基地和人才专项资助项目（桂科 AD20238044）；广西空间信息与测绘重点实验室基金资助项目（191851011）；广西壮族自治区自然资源调查监测院资助项目（JBGS2022009）。
第一作者简介：金健（1990—），硕士研究生，工程师，研究方向为自然资源调查监测，E-mail：523901806@qq.com。
通信作者：黄景金（1988—），博士研究生，高级工程师，主要从事自然资源调查监测和遥感影像实时处理工作，E-mail：jingjin_huang@tju.edu.cn。

表1　我国涉及耕地资源的调查监测工作开展基本情况

序号	起始年份	组织部门	项目名称	依据/拟定的技术标准（规程）
1	1981	农牧渔业部、农业区划委员会	全国第二次土壤普查	全国第二次土壤普查技术规程
2	1995	中国农科院农业自然资源和农业区划	耕地分区评价	县级单位的耕地质量指数
3	1996	农业部	全国耕作类型区、耕地地力等级划分	NY/T309–1996全国耕地类型区、耕地地力等级划分
4	1984	农牧渔业部土地管理局	土地资源评价试点	县级土地评价技术规程（试行草案）
5	1984	国土资源部	全国土地利用现状调查（土地详查）	全国国土调查技术规程
6	1986	国家土地管理局	农用地分等定级	农用土地分等定级规程
7	1996	国家土地管理局	土地变更调查	土地变更调查技术规程
8	1998	国土资源部	全国耕地质量等级调查与评定	农用地分等规程/用地定级规程/农用地估价规程
9	2000–2003	国土资源部	耕地后备资源调查	TD/T 1007–2003 耕地后备资源调查与评价技术规程
10	2001–2006	国土资源部	耕地质量等级调查与评定	GB/T 33469–2016 耕地质量等级
11	2007–2009	国土资源部	第二次全国土地调查	TD/T 1014—2007第二次全国土地调查技术规程
12	2017–2019	国土资源部、自然资源部	第三次全国国土调查	TD/T 1055–2019 第三次全国国土调查技术规程

谱职能分析，将调查监测成果数据在实景三维场景下进行展示、分析和评价，这为耕地资源统一调查监测指明了方向，提供了技术指导[3–5]。

许多专家学者也在积极地开展耕地资源统一调查监测的实践和探索，如苗前军[6–8]等提出目前耕地及各类自然资源统一调查监测技术体系中要集中攻关解决的关键技术。这些前沿的技术发展水平及政策理论研究给耕地资源管理带来了变革的可能性，也为今后耕地的实体统一调查监测指明了方向。

1　耕地实体基本概念

耕地资源的核心本质是孕育作物生长的土壤，其自然属性（空间位置、质量水平等）、经济属性（稀缺性、区域性等）、社会属性（融入社会劳动）、生态属性（生态环境功能）等随着人口不断增多，耕地逐渐减少，其内涵也愈加明晰[2–3]。而“实体”是对特定对象的一切属性信息的集合体，具有属性相对稳定、边界明确且可识别等特征[9–11]。

因此耕地实体可初步概括为：在继承了传统耕地资源管理涉及的必要属性的同时，以点、线、面、体等组合模式，依照可唯一识别的编码规则（分类规则、位置规则等），按照一定尺度粒度（目前以同一权利人、相同种植属性、相同质量的最小范围来划分）及一定三维立体空间排序的数据组织模型，以土壤物理结构、化学性质、社会属性等信息为核心，同时包括所处生态环境质量等多维属性特征信息的集合体，能最直观、最精简、最大程度地满足多部门、多对象的应用需求[9–11]。

2　基于耕地实体的调查监测关键方法讨论

2.1　属性分类的继承与创新

构建耕地实体，就是要重构耕地资源调查监测的属性分类，从辩证的角度出发，在原有成果的基础上，着力解决概念不统一、内容有交叉、指标相矛盾等问题。

首先，继承传统各类耕地资源调查监测的基础共性属性（如空间位置、坡度坡向、耕层厚度等），并根据属性内涵进行合理的合并、统一，最大限度地去除数据采集的重复投入及相互矛盾。同时，根据实际管理需求，筛选耕地资源的各类相异的特征属性项，进行整合、完善。

其次，根据耕地资源产生、发育、演化和利用的全过程，创新以立体空间位置作为组织和联系耕地资源实体的基本纽带，以基础测绘成果为框架，以数字高程模型为基底，以高分辨率遥感影像为背景，对耕地资源实体的属性信息进行重构，形成一个完整的支撑生产、生活、生态的耕地资源分层分类立体时空模型[3]。同时在耕地资源属性分类理论、分类维度、分类方法、技术手段等方面通过继承、创新，不断迭代，从源头上保障耕地资源属性信息的逻辑性和统一性，实现多源数据精细化管控和数据价值最大化。

2.2　调查监测的分工与协同

在耕地实体概念、属性信息组织模型逐渐明晰的基础上，针对耕地资源调查监测的多样化业务需求，通过统筹组织各级各部门，以符合一定编码规则、尺度粒度的实体为基本单元，从三维立体时空的整体角度出发，形成耕地资源统一调查监测技术手段的分工

协作：共性化属性由自然资源主管部门采用航天航空遥感观技术、借助地面各类观测技术进行实时采集与智能测量，实现统一组织调查；专业化属性由各相关专业部门借助地面各类专业观测技术，并整合各级专业团队、检测仪器，实现多部门协作开展；同时，由各相关部门利用地面实时采集与智能测量、公众协同采集APP、互联网协同数据获取等主要技术手段，整合各级专业团队力量、社会大众资源协作开展耕地资源监测、更新[12]。

基于耕地资源属性分类，针对目前耕地资源管理的各类需求，设计“逻辑统一，物理分散”的属性信息共享模式，形成耕地资源调查监测成果应用服务的分工协同。通过多元属性项的抽取、组合等方式，共性信息采取本地实体化存储，差异的专业性调查成果通过挂接、调用查询；通过信息快速索引链接，建立耕地实体信息共享模式；最终将管理对象、调查成果、自然资源管理有机衔接，将各类属性信息、管理信息与实体目标一一对应[13-14]。

3 耕地资源统一调查监测的关键技术支撑

3.1 耕地实体时空数据组织管理

近年，虽然在土地、测绘等方面建立了一批基础数据库与业务数据库，但其属性信息的组织管理仍存在标准不统一、尺度多样、成果矛盾等问题。经不完全统计，自然资源部门、农业部门、林草部门等所开展的各类项目共涉及耕地资源属性72项，涵盖了耕地资源的理化属性、管理属性、经济属性等。其中，重复调查的属性达30余项，需各部门二次处理（等级划分或质量评定）的属性23余项。

本研究充分收集自然资源部门、农业农村部门、林草部门等涉及各类耕地资源调查监测的属性信息，从法理、行政、技术逻辑等角度提炼耕地实体的深层内涵，对耕地资源属性进行优化与重构。按照自然界客观三维立体空间对耕地资源属性项进行分层分类，依次建立管理层、地表覆盖层、地表基质层及其他层[3]。

同时进行合理分类，将各部门各项目间进行调整：①将调查内容相同的属性项进行合并；②将调查内容一致，而分级标准、调查技术手段不一致的属性内容进行区分、标定；③将调查内容相异的属性项进行整合。

主要以农业农村部门、地调部门等专业团队的专项调查技术方法、专业仪器设备为依据，仅保留实地调查的客观情况及检测数值。各级应用部门可根据实际要求对各类属性值进行分级分等，最大限度地去除数据采集的重复投入及相互矛盾，提高耕地资源调查成果数据的流通性、复用率。

优化后的耕地实体属性共38项，比优化前减少34项。包括：管理层属性7项，地表覆盖层属性9项，

表2 耕地实体地表覆盖层属性表

序号	属性项	释义	属性来源
1	所有权信息	国家土地所有权、集体土地所有权	国土调查
2	耕地资源利用管理范围	永久基本农田范围；高标准农田范围等	
3	自然区划分	按照《中国生态地理区域》的49个自然区来填写	
4	耕地质量等级	根据《耕地质量等级划分区域范围》文件要求查写等级	
5	耕地利用等别	根据GB/T 28407开展耕地分等调查评价	
6	熟制复种及轮作情况	根据实际积温条件，通过实地调查，判断作物熟制	土壤普查、农用地质量分等调查等
7	产量比	通过实地调查，计算实际种植作物单位面积产量与指定作物单位面积实际产量之比	农用地质量分等调查、耕地地力等级调查等

表3 耕地实体管理层属性表

序号	属性项	释义	来源
1	农田林网化/%	现场调查农田四周林带保护面积及农田总面积，计算农田林网化率	耕地质量等级调查评价、土壤普查等
2	灌溉能力	现场调查水源类型、位置、灌溉方式、灌水量、灌溉面积	耕地质量等级调查评价、土壤普查等
3	排水能力	现场调查排水方式（明沟排水、暗管排水、竖井排水、生物排水等）、排水设施现状等	耕地质量等级调查评价、土壤普查等
4	田块破碎程度		农用地质量分等调查、土壤普查
5	田间道路条件	通过实地调查，记录田间道路建设情况	农用地质量分等调查、土壤普查等
6	年积温	通过实地调查，结合每日温度记录，把作物生长期间所需的平均气温按实际累加	耕地后备资源
7	种植类型	耕地的种植类型，包括：水田、水浇地、旱地	国土调查、耕地质量分类等
8	种植情况	耕种；休耕；临时种植园木；临时种植林木；临时种植牧草；临时坑塘；林粮间作；观赏园艺；速生林木；绿化草地；未耕种	国土调查、耕地质量分类

表4　耕地实体地表基质层属性表

序号	属性项	释义	来源
1	田面坡度/（。）	按外业实地农田坡面与水平面的夹角度数。	国土调查、耕地质量分类、耕地后备资源、高标准农
2	坡向	阳坡；半阳坡；半阴坡；阴坡。	农用地质量分等调查
3	地表岩石露头度/%	通过实地调查，岩体在地表的直接出露率（按垂直投影计算）	农用地质量分等调查
4	耕层厚度/cm	按外业实地调查样地经耕种熟化而形成的土壤表土层厚度，精确到小数点后1位	耕地质量分类、土壤普查
5	有效土层厚度/cm	按外业实地调查样地障碍层以上的土层厚度	耕地后备资源、耕地质量等级调查评价、农用地质量分等调查
6	地下水埋深/m	在查阅地下水埋深及水文地质图表资料基础，根据外业实地调查样地的土壤剖面，记载地下水埋深（潜水而至地表面的距离）。	耕地质量等级调查评价、土壤普查、农用地质量分等调查
7	土壤剖面构型	通过实地调查，从地面向下挖掘所裸露的一段垂直切面，深度1~2 m。通过土壤剖面挖掘，重点普查1 m土壤剖面中沙漏、砾石、黏磐、砂姜、白浆、碱磐层等障碍类型、分布层次等	土壤普查、耕地地力等级调查、农用地质量分等调查
8	土壤质地	按外业实地取样检测填写：轻壤、中壤、重壤、砂壤、砂土、黏土等含量百分比	土壤普查、耕地质量分类等等
9	土壤容重/（g/cm3）	按外业实地调查记录田间自然垒结状态下单位容积土体（包括土粒和孔隙）的质量或重量	耕地质量等级调查评价、土壤普查、耕地土壤碳汇估算等
10	碳排放量/（106 t）		耕地土壤碳汇估算
11	有机质含量/（g/kg）–衡量土壤肥力	按外业实地检测的单位体积土壤中所含有机物质的量氮（N）、磷（P）、钾（K）；碳（C）、氧（O）、氢（H）、硫（S）：硒（Se）	耕地质量分类、耕地质量等级调查评价等
12	土壤含盐量/（mol/L）、（g/kg）	根据土壤水溶性含盐总量，主要包括：氯盐、硫酸盐、碳酸盐、氮化物盐含量占干土质量的百分数，按外业实地取样检测结果填写	耕地后备资源、耕地质量等级调查评价等
13	土壤含水量/（g/kg）	干土中所含水的重量	农用地质量分等调查
14	土壤PH值	按外业实地检测土壤溶液的酸碱性强弱程度，以PH值记录。	耕地质量分类、耕地质量等级调查评价等
15	土壤生物量/（J/m²）、（g/m²）、（个/m²）	通过实地取样调查，检测土壤中单位面积内生活的主要有机体(包括动物、植物、微生物)的总量	土壤普查
16	土壤有机污染物比例/（%）	通过实地取样调查，检测“六六六、滴滴涕、多环芳烃”等有机污染物含量占比	土壤污染状况详查
17	土壤重金属污染物比例（无机污染物）/%	通过实地取样调查，检测镉、汞、砷、铜、铅、铬、锌、镍8种无机污染物含量占比	土壤污染状况详查、耕地质量分类等

表5　耕地实体其他层属性表

序号	属性项	释义	来源
1	耕作方式	人力耕作，畜力耕作，机械耕作	土壤普查
2	作物病虫害	稻飞虱、白粉病、玉米螟、棉铃虫、小麦锈病、棉蚜、稻纹枯病、稻瘟病等	
3	农田小气候条件	温度、湿度、辐射、光照、风速、二氧化碳浓度；各种作物播种和收获日期、月均降水量等	农用地质量分等调查、耕地土壤碳汇估算
4	种植栽培技术	露天栽培、大棚温室栽培	
5	物料投入使用情况	肥料、农药、农膜等物品投入使用情况	土壤普查、农用地质量分等调查
6	农田输配电情况	通过实地调查，记录农田设施用输配电建设情况	高标准农田建设

地表基质层属性16项，其他层属性6项。如表2~5所示。

3.2　多维协同信息采集技术应用

传统的耕地资源调查监测通常只由某一部门

采用单一感知技术、单一平台，基于二维图斑，按照不同的尺度及技术标准对耕地资源进行土壤理化性质、地表种植情况、位置面积等割裂式的信息采集，往往复用率低，存在重复采集、采集有漏洞、设备资源闲置、数据采集成本高、成果数据汇交不彻底等情况。

本研究提出各级各部门协同组织、各类调查监测设备协同应用的模式，通过光学、高光谱等遥感卫星观测网，结合多载荷航空协同以及无人机组网对耕地的种植类型、种植情况等地表覆盖属性进行大范围、快速调查监测[4]；利用地面定点专项观测站（网）、各类样点（样地、样方、样带）、车载移动测量、专业仪器装备、移动终端等地面采集手段精准地获取田块破碎程度、田间道路条件、水源补给情况、灌溉能力、排水能力、年积温等属性信息调查；通过专业团队现场问巡耕作方式、种植栽培技术、物料投入使用情况、产能、产量比等属性信息，并采用专业设备调查地表岩石露头度、耕层厚度、有效土层厚度、地下水埋深、土壤剖面构型等属性；同时结合“互联网+”、移动终端等公众资源进行作物病虫害、农田小气候条件、农田输配电等情况收集。

耕地资源涉及的土壤质地、土壤容重、碳排放量、有机质含量、土壤含盐量、土壤含水量、土壤PH值、土壤生物量、土壤有机污染物比例、土壤重金属污染物比例等理化属性由自然资源主管部门负责，联合地调部门等专业团队，通过观测台站、定点观测传感网、专业检测仪器等手段实施调查，并统一计量单位，记录真实检测值。

自然资源部门、农业农村部门、林草部门可根据实际管理需求，对土壤质地、土壤有机质含量、土壤含盐量、土壤含水量、土壤PH值等进行等级划分或质量评定。

4 总结与展望

本研究在提出耕地实体时空数据组织管理模式、多维协同信息采集技术的同时也对时空数据的处理能力、时效性等方面提出了更高的要求。但受技术条件限制，利用大数据、人工智能等技术开展基于耕地实体的统一调查监测仍处于初级阶段，定量化处理精度、自动化处理速度与应用要求仍不匹配，大范围工程自动化组织实施依然耗时耗力。同时，对于耕地资源的基础调查监测、专项调查监测之间的数据集成整合、综合分析评价等工程技术梳理不够透彻，应进一步厘清各项业务之间的技术边界与衔接关系，通过整合分析与重构研究，提出一体化耕地实体调查监测的工程化方法与生产型技术，有效支撑耕地实体统一调查监测的生产实践[15-17]。

下一步将继续提高内外业协同自动化处理水平，充分利用云存储、高性能计算、人工智能等新技术，提升信息处理的效率与水平，实现调查监测的自然资源要素自动分类和变化智能提取、自然资源统一数据质量检查和真实性验证等。

参考文献

[1] 崔巍. 对自然资源调查与监测的辨析和认识[J]. 现代测绘，2019,42(4):17-22

[2] 宋马林，崔连标，周远翔. 中国自然资源管理体制与制度：现状、问题及展望[J]. 自然资源学报，2022,37(1):1-16

[3] 自然资源部. 自然资源调查监测体系构建总体方案[S].

[4] 自然资源部. 自然资源统一调查监测技术体系总体设计方案(试行)[S].

[5] 黄景金，唐长增，李毅，等. 广西自然资源调查监测体系构建[J]. 国土资源遥感，2020,32(2):158-165

[6] 苗前军. 自然资源统一调查监测的赋能与升维[J]. 测绘科学(专辑文章)，2022(8):20-26

[7] 陈军，武昊，张继贤. 自然资源调查监测技术体系构建的方向与任务[J]. 地理学报，2022,77(5):1 041-1 055

[8] 闫保银，崔立. 基于土地资源调查的自然资源统一调查方案[J]. 现代农业科技，2018(22):291-292

[9] 穆增光，刘慧慧. 基于自然资源管理的新型基础测绘研究[J]. 北京测绘，2020,34(2):151-154

[10] 王琳，郭功举，刘一宁. 面向智慧城市建设的地理实体构建方法[J]. 测绘通报，2022(2):20-24

[11] 闾国年，俞肇元，周良辰，等. 地理实体分类与编码体系的构建[J]. 现代测绘，2019,42(1):1-6

[12] 李成名. 印洁，刘晓丽，等. “实体中国”与新型基础测绘的思考[J]. 测绘科学，2019,44(6):230-234

[13] 郭黎，姜晶莉，李豪，等. 多源地理空间矢量数据关联模型设计[J]. 测绘通报，2020(7):97-102

[14] 曹文涛，姚垚，陈莎，等. 存量数据转换基础地理实体技术实现[J]. 城市勘测，2021(5):24-30

[15] 刘敏，王国良. 1:10 000地形图数据的地理实体改造方法研究[J]. 测绘通报，2021(增刊):58-60

[16] 林木棵，郭功举，刘一宁. 面向新型基础测绘的地理实体数据模型实现与应用[J]. 测绘通报，2021(增刊):80-83

[17] 张翼然，贾光军，陶迎春，等. 地理实体的空间组织与多态特征及其应用[J]. 测绘通报，2020(8):135-138