DOI：10.19789/j.1004-9398.2026.01.013　　**Open Access**
文献引用：刘云飞，王涛，王全金，等．基于ArcGIS Pro的多源数据融合田野考古绘图体系研究：以山东莱州吕村遗址为例[J]．首都师范大学学报（自然科学版），2026，47（1）：114-120. LIU Y F，WANG T，WANG Q J，et al. Research on a multi-source data fusion system for field archaeological mapping based ArcGIS Pro：a case study of Lyucun Site，Laizhou，Shandong［J］. Journal of Capital Normal University（Natural Science Edition），2026，47（1）：114-120.

基于ArcGIS Pro的多源数据融合田野考古绘图体系研究：以山东莱州吕村遗址为例

刘云飞[1,2]，王　涛[1*]，王全金[3]，赵国靖[2]

（1. 首都师范大学历史学院，北京　100048；2. 山东省文物考古研究院，山东 济南　250199；
3. 济南市考古研究院，山东 济南　250014）

摘要：随着考古学数字化进程的加速，田野考古绘图的电子化转型已成为提升工作效率与数据整合能力的关键。本文以ArcGIS Pro为核心平台，整合RTK高精度测量、无人机倾斜摄影建模与传统手绘技术，构建了一套完整的田野考古电子化绘图体系。该体系依托ArcGIS Pro平台，通过多源数据融合实现了遗迹空间数据的精确获取与高效处理，进而完成遗迹总平面图的规范化绘制。本研究提出了“电子为主、手绘为辅”的混合绘图策略，并针对不同堆积单位构建了总体、简单、复杂3个层次绘图适配体系。同时，通过结构化属性表管理，为构建区域性考古地理信息系统奠定了数据基础。该技术体系可提升田野考古绘图的精度与效率，并为跨时空考古资料整合与分析提供了新的技术路径，对推动考古绘图的标准化与数字化转型具有重要的方法论意义和实践价值。

关键词：田野考古；电子化绘图；ArcGIS Pro；跨时空资料整合
中图分类号：P208　　**文献标志码**：A

Research on a multi-source data fusion system for field archaeological mapping based ArcGIS Pro：a case study of Lyucun Site，Laizhou，Shandong

LIU Yunfei[1,2]，WANG Tao[1*]，WANG Quanjin[3]，ZHAO Guojing[2]

（1. School of History，Capital Normal University，Beijing　100048；2. Shandong Institute of Cultural Relics and Archaeology，Jinan Shandong　250199；
3. Jinan Institute of Archaeology，Jinan Shandong　250014）

Abstract：With the accelerating digitization of archaeology，the electronic transformation of field archaeological mapping has become crucial for enhancing work efficiency and data integration capabilities. This study establishes a comprehensive electronic mapping system for field archaeology，centered on the ArcGIS Pro platform and integrating RTK high-precision measurement，drone oblique photogrammetry，and traditional hand-drawing techniques. By leveraging multi-source data fusion，the system achieves precise acquisition and efficient processing of spatial data for archaeological remains. Innovatively，this research proposes a hybrid mapping strategy of “digital-first，hand-drawn-assisted”

收稿日期：2024-12-10
*通信作者：wangtao@cnu.edu.cn

constructing a three-level mapping adaptation framework tailored to different deposition units:"overall - simple - complex". Additionally, structured attribute table management provides critical support for building regional archaeological geographic information systems. This system significantly improves the accuracy and efficiency of field archaeological mapping while offering a new technical pathway for integrating and analyzing cross-temporal archaeological data. It holds substantial methodological significance and practical value in advancing the standardization and digital transformation of archaeological mapping.

Keywords: field archaeology; electronic mapping; ArcGIS Pro; spatio-temporal data integration

CLC: P208　　**DC**: A

0　引　言

当前,多学科交叉融合已成为考古学研究的重要趋势。田野考古作为考古学的核心环节,其数字化进程面临从数据采集到成果输出的系统性革新需求[1]。全站仪、无人机和三维建模等现代测绘技术虽已逐步应用于考古工地,但田野考古现场遗迹绘图的电子化体系仍存在技术路径碎片化、标准不一等问题[2]。如何构建普适性强、兼容传统工作模式的数字化体系,成为提升田野考古效率与数据整合能力的关键突破口。

近年来,田野考古绘图电子化研究呈现技术路径多元融合的发展趋势,主要形成多源数据集成、智能测绘技术应用和系统平台构建3种模式。(1)多源数据集成模式指利用描图软件(如Adobe Photoshop、Adobe Illustrator、Auto CAD)处理不同来源的图像,实现考古遗迹绘图数字化的技术路径。以杨林等[3]学者为代表,通过数字近景摄影测量获取探方空间数据,经几何校正后利用SuperMap软件完成考古制图,该方法在壁线图绘制中展现出显著优势;张蕾和刘建国[4]进一步将航空影像与文物数字影像纠正技术结合,建立了高精度空间配准方法;还有一些学者分别利用多种数字化软件组合,生成了各式各样田野考古所需要的绘图资料[5-6]。此类研究侧重多源数据的标准化处理,但存在跨平台数据转换的兼容性及遗迹图的整合问题。(2)随着遥感技术进步,低空航拍与三维重建技术逐步普及[7],开启了以多视角三维重建方法为核心,由Agisoft Photoscan软件自动化生成考古现场出土遗迹的正射影像,并基于该影像实现考古遗迹绘图电子化的技术体系,即为智能测绘技术应用模式。刘建国[8]通过多视角影像三维重建技术,生成辽宁东大杖子墓葬的高精度;张春森等[9]结合控制点网络,利用数字近景摄影测量构建发掘现场数字高程模型(digital elevation model,DEM)和正射影像。这类方法虽能实现"非介入式"测量,当前也在各考古工地推广和应用起来,然而只有当遗迹复杂到无法通过手绘进行测绘时才会利用该技术手段。(3)系统性平台构建模式指以地理信息系统(geographic information system,GIS)软件为中枢,整合田野考古调查和发掘数据的技术框架。李安波等[10]提出的田野考古GIS系统,开创了空间数据管理的新范式;王海超[11]的考古勘探信息系统,通过属性表关联实现多层次数据整合,但受制于早期GIS功能限制,在实时数据更新和协同作业方面存在局限[12]。近年兴起的云端协同平台[13],虽在一定程度上提升了绘图规范性,但面临基层考古队应用门槛高的推广难题。

当前田野考古绘图的数字化转型面临3种矛盾:(1)测绘技术革新与绘图标准滞后的结构性矛盾,表现为不同工地采用差异化的数据格式与绘制规范[14];(2)高效数据采集与低效资源整合的实践矛盾,多数电子化成果未有效接入GIS,难以支撑跨时空资料整合与分析[15];(3)技术复杂性与操作简易性的功能矛盾,现有方案或需专业测绘背景,或依赖高昂设备投入,制约其普及应用[16]。

本文针对当前田野考古绘图电子化进程中存在的技术路径碎片化、标准不一等突出问题,旨在提出一套以ArcGIS Pro为核心平台,整合实时动态差分(real-time Kinematic,RTK)高精度测量、无人机倾斜摄影建模与传统手绘技术的综合解决方案。研究拟采用"电子为主、手绘为辅"的混合绘图策略,并构建针对不同堆积单位的"总体-简单-复杂"的多层次绘图适配体系,该方案旨在解决考古遗迹测绘数据获取、多源信息整合与跨时空资料管理的

关键技术难题。从而为田野考古提供了标准化、高效率的电子化绘图方法,所生成的格式结构化数据将为构建区域性考古GIS奠定基础,本研究有望对推动考古资料的系统性整合与人地关系研究产生重要的方法论意义和实践价值。

1 研究区域

吕村遗址位于烟台市莱州市,位于胶东半岛北部王河流域南岸的二级阶地上,属低山丘陵向滨海平原过渡的生态交界带[17]。遗址主体文化堆积厚度为30~120 cm,地表高程为27~34 m。平面呈方形,边长约为840 m,总面积约为70万m²,是目前胶东地区发现规模最大的史前聚落,也是近年山东地区发现最大的环壕聚落。据吕村遗址考古工作队初步判断,典型器物组合与层位关系显示其主体年代应属大汶口文化晚期至龙山文化中期。2023年度发掘中,T31发掘区共揭露遗迹37处,其中简单遗迹26处(灰坑等),复杂遗迹11处(井、壕墙和房址等)。该区域文化层整体较浅,但环壕遗迹深度达2.9 m,其剖面清晰展现了壕沟结构、与填土分层。本文选取T31发掘区为研究重点,该区域揭露的层位叠压关系完整,包含环壕与柱洞组群,为验证本文提出的电子化绘图方法提供了理想的测试案例。

2 研究方法

2.1 多源数据采集

本研究通过整合多源数据采集技术,构建了一套完整的田野考古电子化绘图体系。该体系采用3种关键技术手段获取不同类型的考古空间数据,并通过GIS平台实现数据的统一处理与可视化表达,最终形成支持跨时空分析的考古GIS。

(1)RTK高精度空间定位技术获取遗迹特征点坐标数据。采用华测M9双频RTK系统建立遗址独立坐标系,以厘米级精度获取探方四角及重点遗迹特征点的三维坐标数据。该技术主要用于采集简单遗迹(如灰坑、灰沟等)的平面形态特征点数据,每个遗迹至少采集6~8个特征点,形成遗址空间定位框架的基础数据。

(2)无人机倾斜摄影技术获取遗迹三维建模数据。使用大疆Mavic 3E RTK无人机搭载2 000万像素5镜头云台,通过多角度拍摄(20~60张照片)获取复杂遗迹(如房址、环壕等)的高分辨率影像数据。这些影像数据经Agisoft Metashape软件处理后可生成不同角度平、剖面的正射影像,为复杂遗迹测绘提供了重要数据支撑。

(3)传统考古手绘技术获取剖面形态特征数据。针对简单堆积单位的剖面。通过5H铅笔配合网格法进行1∶20比例尺的剖面图框架绘制,记录遗迹剖面的细微形态特征(如弧线转折、质地变化等),这些手绘数据经扫描数字化后可与电子数据整合。

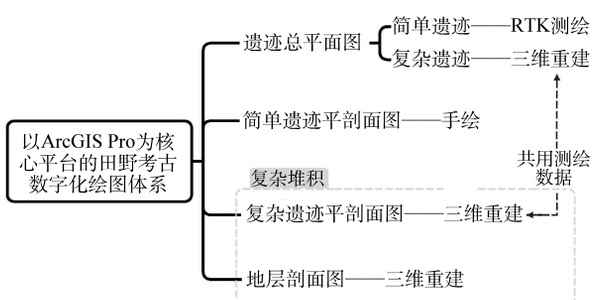
2.2 GIS驱动的数据处理与可视化

在GIS技术驱动下,本研究通过ArcGIS Pro平台实现了考古数据的集成处理与可视化表达。首先,对RTK坐标与无人机正射影像进行多源空间数据整合,构建了统一的遗迹地理空间底图;其次,运用矢量绘图技术创建“莱州吕村遗址”地理数据库,分层绘制探方及遗迹轮廓线,通过编辑工具链将原始测量数据转化为标准矢量图形,规范化生成遗迹总平面图(1∶50)、位置图;再次,采用属性管理技术对遗迹单元实施结构化处理,设置遗迹类型、层位归属、打破关系和年代分期4个核心字段,依托结构化查询语言查询实现遗迹空间分类与历时性分布模式的提取,为考古分析提供多维数据支持;最后,通过RTK与无人机协同作业的动态更新技术,实时采集发掘过程的空间信息,建立“发掘区-探方-遗迹”三级数据组织模式,确保新发现遗迹及时纳入系统,形成全遗址时空数据库。

在田野考古绘图中,根据其测绘对象和表达目的主要分为3种绘图类型:(1)遗迹总平面图。其测绘对象是一个发掘区内的所有揭露遗迹(如一个探方或一组相邻探方)。旨在展示这些遗迹的整体平面分布、相对位置和空间关系,提供宏观布局信息。通常采用1∶50的比例尺以兼顾范围和基本形态。(2)地层剖面图。其测绘对象是考古堆积的垂直序列(如探方壁、关键柱的堆积)。旨在记录和展示地层的叠压关系、厚度、包含物以及遗迹在剖面上的形态(如坑壁弧度、基槽深度等),揭示堆积的纵向信息。通常采用1∶50的比例尺以适应具有一定高度信息的堆积单位。(3)遗迹平剖面图。其测绘对象是单个遗迹(如灰坑、房址、环壕)。旨在详细描绘该遗迹的精确形状、结构特征和内部细节,关注单个遗迹的微观形态。通常采用1∶20的比例尺以获得更高的精度。平面图因空间数据的结构化特征,适合通过ArcGIS Pro平台进行标准化处理,以

实现多源数据整合与高效制图,尽管其数字化过程仍面临数据整合困难和制图标准不一等突出技术瓶颈。而剖面图则因其形态复杂性和精度要求,仍需依赖传统手绘与多视角三维重建技术辅助完成。依据不同遗迹类型和复杂度分层匹配最优技术路径,成为解决绘图难题的核心逻辑。

基于上述多源数据采集技术,本文构建了一套完整的田野考古电子化绘图体系(图1)。该体系的核心流程包括:利用RTK厘米级定位采集简单遗迹的空间数据;利用无人机多视角三维重建技术采集复杂、大遗迹和地层等堆积单位的空间数据;基于ArcGIS Pro平台实现多源数据的空间整合、矢量绘图与考古数据的标准化存储。这一体系不仅解决了传统测绘中精度不均、数据碎片化的问题,更通过"电子为主、手绘为辅"的混合绘图策略,在提升效率的同时,保障了考古绘图的形态学准确性,为构建区域性考古GIS提供可靠技术支撑。



注:RTK为动态差分。

图1　以ArcGIS Pro为核心平台的田野考古数字化绘图体系

Figure 1　digital mapping system for field archaeology based on ArcGIS Pro platform

3　电子化绘图体系设计与实现

3.1　简单遗迹测绘技术方案

在简单堆积单位的测绘中,RTK技术与传统手绘方法协同应用,适配灰坑、灰沟等遗迹。

(1)RTK测绘简单遗迹。对于灰坑、灰沟等简单遗迹的总平面图(比例尺为1∶50),RTK高精度测量提供了高效可靠的技术路径。具体流程包括建立测量工程组并设置坐标系(采用高斯克吕格投影,国家2000坐标系,3°带,中央子午线120°E),启动"测量绘图"功能后,配置代码和点名参数。当RTK设备显示"固定解"状态时,操作人员手持测量杆,将尖部对准遗迹特征点,在水平气泡居中稳定的条件下逐点采集数据。关键技术要点涉及:项目命名与坐标系设置,如2023年莱州吕村遗址发掘,以最小化投影形变;代码与点命名规范,代码直接使用遗迹编号如"H8",点名采用自动增量如H8_1、H8_2,便于后期ArcGIS Pro数据分类;特征点采集数量,圆形遗迹至少6点,复杂遗迹需8点以上,确保曲线拟合精度并减少手动调整;数据导出为shp格式后,ArcGIS Pro可自动按代码分类点群,为遗迹平面图提供基础空间框架。

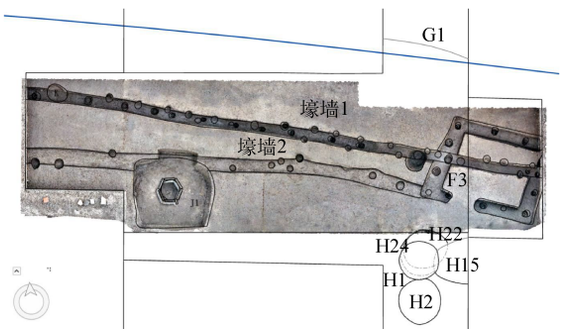
(2)手绘简单遗迹。针对简单堆积单位的剖面绘制,传统手绘技术展现出不可替代的优势。在操作层面上仅需基础绘图工具(如5H铅笔、直尺、基线、卷尺和水平泡等工具)即可快速完成1∶20比例尺的剖面图,并通过描图软件将挑选的重要遗迹数字化。手绘是表达简单遗迹形态最高效的绘图手段,效率总体上大于通过RTK和多视角三维重建采集数据及后期描绘工作。不仅如此,手绘能精准捕捉遗迹剖面的细微形态特征(如弧线转折或质地变化),避免数字化工具可能产生的几何拟合误差。

3.2　复杂遗迹三维重建

对于空间尺度较大或结构复杂的堆积单位(如房址、壕墙和地层等),无人机倾斜摄影技术结合三维重建实现非介入式的高精度测绘。

(1)复杂遗迹的三维重建。以房址(F3)、壕墙等复杂遗迹为例,采用大疆Mavic 3E RTK无人机搭载五镜头云台进行多角度拍摄(通常20~60张照片)。依据刘建国[7]的研究成果,制定不同尺度的拍摄方案,务必确保影像重叠率满足建模需求。照片导入Metashape软件后,通过高精度对齐生成密集点云,经裁剪去除干扰信息,再创建瓦片模型并生成纹理。若使用带RTK模块的无人机,可省略地面控制点布设步骤;否则需预先用RTK测量控制点坐标并导入模型。模型构建完成后,"创建正射影像"功能生成遗迹正射影像图(投影平面选择"当前视图"),导出为TIFF格式文件(图2),为后续ArcGIS Pro中的精确描图提供底图支持。

(2)地层剖面的三维重建。地层作为典型的大范围堆积单位,其剖面绘制同样依赖多视角三维重建技术。通过上述无人机拍摄与Metashape处理流程,获取地层的高分辨率正射影像,并通过描图软件数字化(图3)。该技术不仅能非介入式记录地层的整体形态,还能精确解析复杂的遗迹层位叠压关



注:H为灰坑;F为房址;G为探沟;数字为编号。

图2　通过正摄影像描绘平面图

Figure 2　drawing a plan based on orthophoto images



图3　通过正摄影像描绘地层剖面

Figure 3　stratigraphic section illustrated through orthophotography

系。相较于传统手绘方法,其在宏观连续性表达方面具有显著优势,简化了绘图程序。

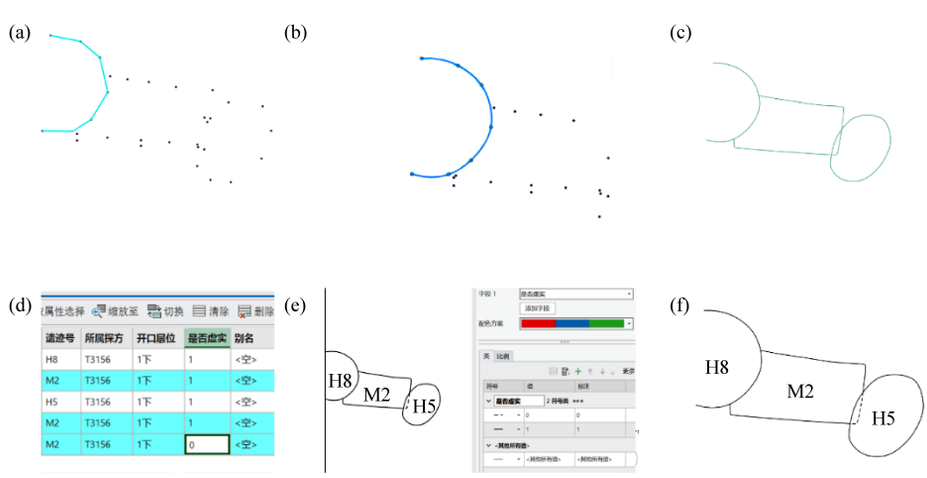
3.3　遗迹总平面图的GIS集成与输出

ArcGIS Pro作为专业的GIS软件,在考古遗迹绘图中具有较高的灵活性和功能性,但其操作相对复杂,需要一定的实践经验才能熟练掌握。在考古绘图中,本文主要利用其数据编辑、地图制作和布局设计等核心功能,而空间分析等功能应用较少。

在具体操作中,首先通过编辑模块的创建功能绘制探方,并基于RTK测量点或正射影像底图勾勒遗迹轮廓;随后利用修改功能对遗迹线条进行平滑处理和细节调整(图4(a~c))。对于遗迹间的打破关系,可通过"分割"功能处理线条,并在属性表中设置虚实显示。图层管理方面,按数据类型(如遗迹、探方等)分层创建,便于后续的符号化展示和属性管理。属性表的灵活运用是ArcGIS Pro的特色优势,可通过设置遗迹类型、层位归属、打破关系和年代分期等字段实现分类管理,并利用符号系统的"唯一值"功能实现不同属性遗迹的可视化区分(图4(d~f))。

制图输出阶段,通过标注功能添加遗迹名称,并将其转换为可自由编辑的注记。在布局视图中设置合适比例(通常为1:50),添加指北针、比例尺和图例等要素,最终导出为PDF或图像格式(图5)。对于单个遗迹的位置图,可采用传统方法将打印的遗迹总图与纸质探方图叠加透绘。值得注意的是,软件坐标系需与RTK测量保持一致,以确保数据匹配精度;同时建议在绘图前规划好图层结构,将显著提升后续工作效率。

基于ArcGIS Pro平台的田野考古绘图技术,通过多源技术协同实现了绘图策略的优化:在数据采集阶段,RTK测量与无人机倾斜摄影相结合,确保空间数据的精确获取;在数据处理阶段,ArcGIS Pro的编辑工具链实现了从原始数据到标准图件的转



注:M为墓葬。

图4　在ArcGIS Pro中描绘遗迹步骤

(a)描线;(b)平滑线条;(c) 绘制所有遗迹线条;(d)编辑遗迹属性;(e)显示打破关系;(f)标注遗迹

Figure 4　steps for delineating relics in ArcGIS Pro

(a) drawing lines (b) smoothing lines (c) drawing all relic lines (d) editing relic attributes (e) displaying stratigraphic relationships (f) labeling relics

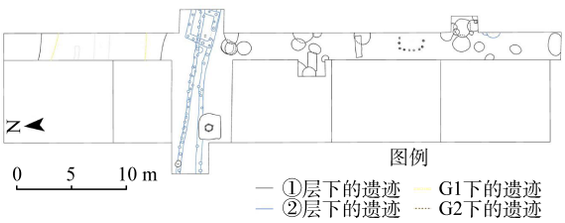


图5　导出遗迹总平面图

Figure 5　export of the site map

化；在成果输出阶段，属性管理系统与符号化表达系统共同保障了考古信息的规范化呈现。这种“采集-绘制-输出”的田野考古现场全流程遗迹总平面图绘图技术程序，不仅显著提升了田野考古绘图的工作效率，更为构建区域性考古GIS奠定了坚实的技术基础。

4　平剖面图的技术协同策略

尽管ArcGIS Pro在平面图绘制中展现出显著优势，但剖面图的生成需结合其他技术手段。目前，考古绘图中剖面图的绘制主要依赖传统手绘法和多视角三维重建技术2种成熟的技术路径。

（1）手绘技术在简单堆积单位绘图的不可替代性。针对灰坑等形制相对简单的遗迹平、剖面图的绘制，传统手绘技术展现出独特的应用价值。其技术优势主要体现在：操作层面，仅需基础绘图工具即可快速完成符合1∶20比例尺要求的专业图件，在简单线划表达方面具有显著的效率优势；表现力层面，能够精准捕捉遗迹剖面的细微形态特征（如弧线转折、质地变化等），避免数字化工具可能产生的几何拟合误差；方法论层面，已有学者系统总结了手绘技术在表现遗迹间打破关系等方面的复杂性和科学性，在这种情况下，通过任何一种电子绘图方面均不适合[18-19]。不仅如此，在实际工作中，无法做到便捷地管理。需要强调的是，手绘图需通过数字化校准流程与ArcGIS Pro数据建立空间关联，确保多源数据的逻辑一致性。

（2）三维建模技术在复杂、大堆积单位绘图的高效应用。针对结构复杂的遗迹和大范围地层堆积单位的平或剖面图，采用多视角三维重建技术构建高精度数字模型俨然成为当下流行的绘图方式[20]。该技术路径通过RTK（或者无人机自带RTK模块）控制点实现空间坐标校准，具有双重技术价值：在形态记录方面，能够非介入式获取遗迹的整体三维形态；在层理分析方面，可精确解析复杂的叠压关系。相较于传统测绘方法，该技术显著提升了宏观连续性表达的质量，简化了绘图程序，为复杂考古堆积单位的绘图提供了新的技术支撑。

针对田野考古绘图工作中面临的多样化技术需求与操作场景，本文提出了一套基于多源技术协同的适配方案。该方案通过系统整合数字化制图与传统手绘技术的优势，构建了“总体-简单-复杂”绘图适配体系，旨在实现考古绘图效率、精度与可操作性的最优化平衡。

5　结束语

本研究以山东莱州吕村遗址为实践对象，构建了一套以ArcGIS Pro为核心平台、融合RTK高精度测量、无人机倾斜摄影建模与传统手绘技术的田野考古电子化绘图体系。该体系通过多源数据协同采集与空间配准技术，实现了遗迹空间数据的厘米级精度获取与高效整合，显著提升了田野考古绘图的标准化程度与工作效率。核心创新点在于提出“电子为主、手绘为辅”的混合绘图策略，并针对不同堆积单位建立了总体-简单-复杂绘图适配框架，有效解决了传统绘图中精度不均、数据碎片化的问题。实践表明，该体系在田野考古实践中可实现所有遗迹相关绘图的数字化，同时通过结构化属性表管理（涵盖遗迹类型、层位归属、打破关系、年代分期等关键字段），为构建区域性考古GIS提供了可扩展的数据基础，对推动考古资料的跨时空整合与人地关系研究具有重要方法论价值。

未来研究需进一步探索遗迹平、剖面图更加便捷的绘制、整合方式，降低多手段进行考古绘图带来的潜在风险。随着5G与GIS技术的深度集成，本体系有望推动考古学研究范式从静态记录向动态监测转型，为区域性文化遗产的数字化保护与系统性研究提供更高效的技术支撑。

©The editorial department of Journal of Capital Normal University（Natural Science Edition）2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license（https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/）.

参 考 文 献

[1]　刘建国.数字考古的理论与实践[J].南方文物，2007（1）：2-8+141. DOI：10.3969/j. issn. 1004-6275.2007.01.001.
LIU J G. Digital archaeology：theory and practice[J]. Southern Cultural Relics，2007(1)：2-8+141.

[2] 刘建国,王清山.考古遥感研究综述[J].测绘通报,2006(12):32-36. DOI:10.3969/j.issn.0494-0911.2006.12.009.
LIU J G, WANG Q S. Review of archaeological remote sensing[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2006(12):32-36.

[3] 杨林,闾国年,盛业华,等.基于SuperMap的田野考古制图[J].地球信息科学,2006(1):121-126. DOI:10.3969/j.issn.1560-8999.2006.01.023.
YANG L, LYU G N, SHENG Y H, et al. Field archaeological mapping based on SuperMap[J]. Geo-Information Science, 2006(1):121-126.

[4] 张蕾,刘建国.数字影像纠正与考古绘图[J].考古,2009(7):68-73.
ZHANG L, LIU J G. Digital image rectification and archaeological mapping[J]. Archaeology, 2009(7):68-73.

[5] 何凯.RTK、CASS及CorelDRAW在田野考古绘图中的应用[J].三代考古,2021(1):736-747.
HE K. Application of RTK, CASS, and CorelDRAW in field archaeological mapping[J]. Three generations of Archaeology, 2021(1):736-747.

[6] 焦中义.基于Metashape的田野考古三维重建流程及适配CorelDRAW绘图的一些应用方法:以三星堆遗址为例[J].西南文物考古,2024(2):176-188.
JIAO Z Y. 3D reconstruction process for field archaeology based on Metashape and its application in CorelDRAW mapping: a case study of Sanxingdui Site[J]. Southwest Cultural Relics and Archaeology, 2024(2):176-188.

[7] 刘建国.考古现场的多视角三维重建[J].东南文化,2017(增刊1):81-85+80.
LIU J G. Multi-view 3D reconstruction at archaeological sites[J]. Southeast Culture, 2017(S1):81-85+80.

[8] 刘建国.辽宁建昌县东大杖子M40的三维建模与探索[J].考古,2014(12):94-98.
LIU J G.3D modeling and exploration of Tomb M40 at Dongdazhangzi, Jianchang County, Liaoning[J]. Archaeology, 2014(12):94-98.

[9] 张春森,郭丙轩,吕佩育,等.数字近景摄影测量在秦始皇陵百戏坑考古中的应用研究[J].文物保护与考古科学,2014,26(2):90-96. DOI:10.16334/j.cnki.cn31-1652/k.2014.02.015.
ZHANG C S, GUO B X, LYU P Y, et al. Application of digital close-range photogrammetry in the archaeological excavation of the Acrobatics Pit of the Qin Shihuang Mausoleum[J]. Sciences of Conservation and Archaeology, 2014, 26(2):90-96.

[10] 李安波,毕硕本,裴安平,等.田野考古地理信息系统研究与建设[J].地理与地理信息科学,2004(1):39-42+72. DOI:10.3969/j.issn.1672-0504.2004.01.009.
LI A B, BI S B, PEI A P, et al. Research and development of a field archaeological geographic information system[J]. Geography and Geo-Information Science, 2004(1):39-42+72.

[11] 王海超.田野考古GIS数据整合研究[D].南京:南京师范大学,2010.
WANG H C. Research on GIS data integration in field archaeology[D]. Nangjing: Nanjing Normal University, 2010.

[12] 马鸿藻.考古绘图[M].北京:北京大学出版社,1993.
MA H Z. Archaeological mapping[M]. Beijing: Peking University Press, 1993.

[13] LINDSAY I, KONG N N. Using the ArcGIS collector mobile app for settlement survey data collection in Armenia[J]. Advances in Archaeological Practice, 2020, 8(4):322-336. DOI:10.1017/aap.2020.26.

[14] 国家文物局.田野考古工作规程[M].北京:文物出版社,2009.
National Cultural Heritage Administration. Field archaeology work procedures[M]. Beijing: Cultural Relics Press, 2009.

[15] KANSA E, KANSA W. Digital data and data literacy in Archaeology now and in the new decode[J]. Advances in Archaeological Protice, 2021, 9(1):81-85. DOI:10.1017/aap.2020.55.

[16] WANG D, LUTZ B, COBB P J, et al. Rascal: robotic arm for sherds and ceramics automated locomotion[PP/OL]. [2024-10-10]. https://sites.temple.edu/trail/files/2021/03/WangLutzCobbDameslCRA2021.pdf.

[17] 中国社会科学院考古研究所.胶东半岛贝丘遗址环境考古[M].北京:社会科学文献出版社,1999.
Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences. Environmental archaeology of shell mound sites in the Jiaodong Peninsula[M]. Beijing: Social Sciences Academic Press, 1999.

[18] 曹艳朋.田野考古中平、剖图绘制方法思考:以灰坑为例[J].华夏考古,2024(6):143-147.
CAO Y P. Reflections on methods for drawing plans and sections in field archaeology: a case study of ash pits[J]. Huaxia Archaeology, 2024(6):143-147.

[19] 秦让平,陈小春.田野考古坑状遗迹绘图原理及操作[J].华夏考古,2022(5):116-121+128.
QIN R P, CHEN X C. Principles and operations of mapping pit-shaped features in field archaeology[J]. Huaxia Archaeology, 2022(5):116-121+128.

[20] 付仲杨.Agisoft Photoscan和Adobe Illustrator软件在田野考古绘图中的综合应用[J].四川文物,2016(4):88-96.
FU Z Y. Integrated application of Agisoft Photoscan and Adobe Illustrator in field archaeological mapping[J]. Sichuan Cultural Relics, 2016(4):88-96.

(责任编辑:李拓宇)