

# 数字化测绘技术在土地整理工程中的应用

赵林涛

中国建筑材料工业地质勘查中心新疆总队 新疆 乌鲁木齐 830000

**【摘要】**：土地整理工程是优化土地资源配置、提高土地利用效率、改善生态环境的核心手段。随着空间信息技术的跨越式发展，数字化测绘技术逐渐取代传统的人工测量方式，成为土地整理全生命周期管理的关键技术支撑。本文系统梳理了数字化测绘技术的体系构成，深入探讨了全球导航卫星系统实时动态定位（RTK）、无人机航测、数字高程模型（DEM）以及地理信息系统（GIS）在土地整理项目前期勘测、中期规划设计与施工量计算、以及后期竣工验收中的具体应用机理。研究表明，数字化测绘不仅大幅提升了地形地籍数据的采集精度与作业效率，更通过三维可视化手段与精准的土方算法，实现了工程成本的精细化管控与设计方案的科学化寻优。本文旨在为现代土地整理工程的全面数字化转型提供具有参考价值的理论框架与实践路径。

**【关键词】**：数字化测绘；土地整理；无人机航测；RTK 定位

DOI:10.12417/3083-5526.25.07.032

## 1 引言

土地是人类生存和发展所依赖的空间载体，土地整理属于盘活存量土地、达成耕地占补平衡、推进农业现代化和城乡统筹发展的重大系统工程，土地整理的科学性、规范性同国家土地资源战略的落实成效息息相关<sup>[1]</sup>。传统的土地整理项目中，地形图测绘、地籍边界划分、土方工程量计算等都依靠全站仪、经纬仪这些常规的光学测量仪器<sup>[2]</sup>。该种传统模式存在着野外作业劳动强度大、勘测周期长、受地形和气候条件影响大等物理上的限制，更致命的是它所获取的二维离散数据不能满足现代工程对复杂地形三维空间分析、方案动态比选、全要素信息协同管理的要求<sup>[3]</sup>。

## 2 数字化测绘技术概述及其核心优势

### 2.1 数字化空间数据获取与处理体系构成

现代数字化测绘技术不是单个技术的孤立使用，而是在卫星定位网、多源传感器和高性能计算平台等基础上形成的复杂的科技体系<sup>[4]</sup>。在空间数据获取端，它主要依靠北斗或者GPS等全球导航卫星系统给出绝对的空间基准坐标，借助实时动态差分（RTK）技术达成厘米级的单点精准定位，而且借助搭载高分辨率多光谱相机或者激光雷达的工业级无人机平台，开展大范围、高频次的“面状”地表数据快速采集，彻底摒弃了以往那种依靠点线结合的低效人工作业模式。在数据处理和分析端，采集到的海量点云、影像数据会导入到专业的数字摄影测量工作站或者地理信息系统（GIS）软件中<sup>[5]</sup>。

### 2.2 相比传统测绘手段的核心降本增效优势

将数字化测绘技术应用到土地整理工程当中，最直接的改变就是工程勘测效率实现了几何级的增长，作业精度也得到了本质性的提高。传统测绘在处理沟壑纵横的黄土高原或者水网密布的南方丘陵等地形地貌的时候，常常会遇到通视条件差、人员难以进入的状况，很容易造成地形图测绘盲区以及严重的高程插值误差。无人机航测和三维激光扫描技术完全打破了地

面通视条件的物理束缚，可以以无死角的“上帝视角”穿透复杂的地形，获得超高密度的地表坐标点，使最后的测量误差控制在亚米级甚至厘米级。另外，传统模式下图纸绘制和土方计算大多依靠人工在二维CAD图纸上提取特征点，这样既耗费大量的人力物力，又容易造成计算模型过于简化，不能很好地反映微小地形的起伏变化。

## 3 土地整理工程前期的数字化勘测与采集

### 3.1 基于无人机低空摄影的高精度地形图测绘

土地整理项目前期勘测是后续所有规划设计的基础，主要工作就是全面了解项目区真实的地形地貌现状、各类地物的分布规律、植被覆盖状况。该阶段无人机低空摄影测量技术起着不可替代的作用。外业测绘工程师首先要根据项目区的边界范围和地形起伏情况，用地面控制站专业软件来规划出最佳的无人机飞行航线，科学地确定好无人机的飞行相对高度、航向重叠度和旁向重叠度（一般重叠度不低于70%），保证影像数据的全面无缝覆盖以及后期三维重建的解算质量。飞行任务执行过程中，无人机搭载的高清定焦相机或者多镜头倾斜摄影设备会不间断地拍摄上千张高重叠度的照片。进入内业处理环节之后，技术人员用高性能的集群摄影测量软件对大量的照片进行特征点自动提取和空三加密解算，不仅可以迅速得到地面分辨率几厘米的数字正射影像图，还可以得到反映真实地表所有起伏信息的数字表面模型(DSM)。经过进一步的高级滤波算法处理后，就可以得到高精度的裸地地形图。直观、详实的影像和三维地形数据给规划设计人员准确判断原有沟渠走向、既有道路分布、田块真实高差提供最可靠、最可靠的环境基准，大大减少了传统盲人摸象式测绘造成的返工和严重的工程隐患。

### 3.2 依托RTK技术的地籍边界精准确权与权属调查

土地整理绝不是简单的物理空间的平整和重塑，它还牵涉到复杂的土地权属边界调整以及基层利益的重新分配，所以地籍边界的精确勘测和确权工作在项目前期工作中显得格外敏

感，也处于非常重要的位置。网络 RTK 技术的全面推广，给地籍界址点的准确获取赋予了革命性的便携式手段。不同于以前依靠控制网逐级繁琐布设的常规静态测量方式，网络 RTK 直接利用城市连续运行参考站系统（CORS），测绘外业人员只需要手持极其轻便的移动基准站设备，在空旷地带几秒钟内就可以得到厘米级的高精度绝对三维坐标。在实际的权属调查作业流程中，工作人员带着 RTK 设备和高清晰度的正射影像图到田间地头，可以非常方便地与当地的农户进行现场指界、现场打点、现场确认。采集到的界址点坐标数据可以实时通过无线网络直接回传到后方的地理信息数据库系统中，并立即与国土部门历史遗留的宗地数据进行空间几何叠加分析，从而快速、准确地对比出权属存在争议的区域和界限模糊的地段。该种高透明度、高效率的数字化确权作业模式，不但大大缩短了外业实地调查的时间成本，有效地避免了传统的人工抄写、录入造成的属性错误，而且用绝对的、不可篡改的数字坐标永久地固定了土地的权属边界，为之后的土地重新公平分配和确权发证打下了非常牢固的法律基础和数据基石。

## 4 土地整理工程中的三维建模与算量计算

### 4.1 依托数字高程模型的土地平整三维精细化规划

土地平整工程是土地整理项目中的一项重要内容，其主要目的就是根据现代农业机械化规模耕作和顺畅灌排的要求，在保证原有肥沃表土层的基础上尽量做到项目区内土方挖填平衡。决定工程成败的关键环节，用数字高程模型（DEM）的三维可视化规划技术完全改变了传统上二维手工设计的模式。规划工程师把前期无人机航测得到的高精度 DEM 地形数据直接输入到专业的土方计算和场地综合设计软件里。强大的系统引擎可以自动生成十分细致的等高线分布图和坡度坡向的空间分析图，使地表的任何细微起伏都能被直观地展现出来。根据这些高维数据，设计师可以在三维虚拟仿真的环境里自由、准确地设定目标田块的标高、倾斜坡度和田埂的物理边界，在不同的平整方案条件下模拟雨水水流走向和地表径流的聚集区。更重要的是，当引入 BIM 技术和 GIS 平台相结合的时候，软件系统可以对灌溉主干渠道、农田排水沟、田间机耕道路等各种线性工程设施进行全面的三维放样设计。当设计师在虚拟空间中对某段渠道的水力比降做微小调整的时候，系统可以马上给出这个变化对于周围所有关联田块高程的联动影响。该种“所见即所得”的三维全景设计机制，使土地整理规划方案可以在诸多复杂的约束条件之下进行无数次的快速模拟和寻优迭代，从而得到最符合区域生态效益和项目经济效益的最佳实施蓝图。

### 4.2 多算法融合的土方工程量精准算量与动态调配管理

由于土方工程的施工量一般占到整个土地整理项目总投资预算的大部分，所以土方工程计算的准确性直接影响到全周期工程造价控制的好坏和利润空间。传统的方格网法或者横断

面法，在处理形态非常复杂、不规则的自然地形的时候，很容易造成不可忽略的大估算偏差。随着数字化测绘新技术的广泛使用，土方量计算也进入了高保真度、多种算法并用、更加精确的时代。在前期工程设计阶段，专业工程软件直接以高密度三维点云为基础建立精细的不规则三角网（TIN）地表模型，用严密的微分体积法计算出设计基准面和原地形面之间的空间土方填挖绝对量。该高阶算法可以对自然地形上的每一个细微的坑洼、局部凸起都做出最灵敏的反应，把土方量计算的误差压低到目前技术所能达到的极限。在施工执行过程中，无人机平台除了进行初期的静态勘测外，还成了土方施工进度动态严密监控的神兵利器。施工承建单位可以按照周或月为一个固定周期，用无人机对大面积的施工现场进行定期的高效三维扫描复测，快速生成反映各个施工阶段时序变化的三维实景模型。利用空间布尔差分运算，将当前得到的实测模型与项目基期原貌模型或者最终的设计目标模型进行严密的空间布尔差分运算，在几分钟之内就能得到精确到立方米级别的当期实际完成土方量和剩余待挖掘工程量。在此数字的基础上，结合先进的运筹学优化算法，项目部可以对广阔施工现场内部的土方调配运输路径进行实时动态的智能优化，科学指导大马力推土机和重载自卸卡车群进行最短经济运距的土方内部高效倒运，在最大程度上有效地降低了昂贵的机械台班无效损耗和化石燃油消耗，取得了很好的绿色施工效果。

## 5 土地整理工程后期的数字化验收与信息管理

### 5.1 高频激光扫描在竣工精确测绘与工程质量审计中的应用

当庞大的土地整理工程最后进入竣工验收和交付阶段的时候，管理部门最核心的需求就是对最终施工成果进行客观、准确的评价，看它是否完全、无误地符合了前期总体规划设计的要求，现场是否存在任何偷工减料或者达不到标准的严重隐蔽工程缺陷。此时地面三维激光扫描技术和无人机近景微距摄影一起，给竣工验收审计工作赋予了几乎无可挑剔的技术验证手段。传统的工程验收一般只能用皮尺局部抽检、水准仪零星抽测等方式进行离散的点状验证，很难对动辄几百上千亩广袤项目进行全面的覆盖。现代激光扫描仪可以快速、大量地向四周广阔的区域发射激光脉冲，从而迅速形成一个施工现场非常逼真的、带有精确坐标系的全要素三维点云数字副本。验收专家团队只需要坐在电脑前，用现场扫描出来的竣工真实三维模型和前期规划设计 BIM 目标模型做严格的几何空间重合比对。

### 5.2 土地利用基础数据库的动态同步更新以及长效无缝移交

任何土地整理项目竣工之后，并不会意味着管理责任的结束，它的最终根本目的就是将经过高质量整理重塑的优质良田和完善的农业配套设施，完整清晰地移交给相应的属地部门进行长期科学经营和严格保护。这就客观上要求整理项目全生命周期中所有的珍贵时空数据都必须实现高度结构化、安全归档和跨部门无缝高速流转。在建立完善的数字化体系之后，在项

目的整个生命周期内，所积累起来的所有的核心数据，即高分辨原始航空影像、最终的数字高程模型、极其精确的权属边界坐标、各个专业的三维设计图纸和极其详细的竣工点云副本，都将被集中进行数据清洗，并且严格转换成符合国家统一标准的现代地理信息数据格式。经过规范化处理的大量数据群会被完整无损地直接导入到地方自然资源管理部门核心的“国土空间基础信息平台”或者“耕地保护一张图”动态智能监管系统中，从而完成对原有的陈旧土地利用现状数据库的精准备案和拓扑结构的即时更新。

## 6 结论

因此，数字化测绘技术在现代土地整理工程中的作用和比

例都很大，起着决定性的作用，远远不是简单的外业测绘工具的更新换代，而是一种更加深入、更加数字化、更加极致化的土地整治方式。从项目前期开展的全地形高精度三维实景数据采集、复杂地籍权属边界无争议明确确权、工程中期基于 BIM 和 DEM 技术的严密三维可视优化设计与土方量毫米级的精确核算、工程后期基于三维激光全景扫描和数字孪生理念的严格竣工验收和地理数据库的完美无缝移交，可以看出数字化测绘技术体系已经牢牢、紧密地串联起土地整理工程的全部生命周期脉络。它在全面提高基础勘测精度、大大缩短工程总体工期、几乎杜绝建设成本的浪费等方面有着不可比拟的优势，而且历史性地给土地资源管理工作赋予了前所未有的广阔时空分析视野和极其严格的决策科学性。

## 参考文献：

- [1] 马硕,石钰琳.数字化测绘技术在土地开发治理工程测量中的应用[J].信息技术时代,2025(13):108-110.
- [2] 郭光宁.数字化测绘技术在土地测量中的应用[J].农村科学实验,2025(6):48-50.
- [3] 陈卓政.数字化测绘技术在工程测量中的应用[J].中国科技纵横,2025(1):46-48.
- [4] 宋亚坤.GIS技术和数字化测绘技术在工程测量中的运用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(002):000.
- [5] 陈亚仙.数字化测绘技术在土地复垦项目中的应用[J].北斗与空间信息应用技术,2025(6).