

# Innovative Application of UAV Technology in Local Railway Engineering Site Survey from the Perspective of Intelligent Survey

Siqi Zhu

Chengdu Chengtie Engineering Project Management Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610081, China

## Abstract

As the critical link between railway networks and local transportation infrastructure, the design quality and safety management of regional railway-related projects fundamentally depend on the accuracy and comprehensiveness of on-site surveys. Traditional manual survey methods, constrained by the enclosed nature of railway-related sites, complex terrain, and multi-disciplinary coordination barriers, often face challenges such as low efficiency, coverage gaps, weak data traceability, and insufficient participation from station and segment management. Against the backdrop of digital transformation in transportation infrastructure and the development of smart survey systems, this paper focuses on the core pain points of on-site surveys during the design phase of regional railway-related projects. From the perspective of smart survey, it systematically explores the innovative application framework, practical approaches, and effectiveness of drone live-streaming technology in railway-related engineering surveys, providing practical references for upgrading smart survey practices in similar projects.

## Keywords

Intelligent survey; UAV technology; Local railway-related projects; On-site investigation

## 智慧勘察视角下无人机技术在地方涉铁工程现场踏勘中的创新应用

朱泗奇

成都成铁工程项目管理有限公司, 中国·四川成都 610081

## 摘要

地方涉铁工程作为铁路路网与地方交通基础设施衔接的核心载体,其设计质量与安全管控的核心源头在于现场踏勘环节的精准性与全面性。传统人工踏勘模式受限于地方涉铁场景的封闭性、地形复杂性、多专业协同壁垒等因素,普遍存在效率低下、覆盖盲区、数据追溯性弱、站段参与度不足等痛点。在交通基础设施数字化转型与智慧勘察体系建设的行业背景下,本文聚焦地方涉铁工程设计阶段现场踏勘的核心痛点,从智慧勘察的核心视角出发,系统研究无人机直播技术在涉铁工程踏勘中的创新应用体系、实践路径与应用成效,为同类工程的智慧勘察升级提供实践参考。

## 关键词

智慧勘察; 无人机技术; 地方涉铁工程; 现场踏勘

## 1 引言

随着交通强国建设纲要的深入实施,铁路工程建设领域正加速向数字化、智能化、智慧化转型,智慧勘察作为工程建设全链条数字化的首要环节,已成为行业发展的必然趋势。智慧勘察的核心内涵,是依托现代信息技术实现勘察过程的全域感知、实时协同、数据闭环、智能决策,彻底打破传统勘察模式的时空限制与技术壁垒。无人机技术凭借其高空全域感知、灵活机动作业、实时数据传输、远距离精准观

测等技术优势,成为智慧勘察体系建设中不可或缺的核心技术支撑。

## 2 地方涉铁工程传统现场踏勘的不足之处

### 2.1 作业效率低下,人力与时间成本高

传统踏勘需协调业主、设计、设备管理站段等多方人员现场集中参与,人员召集、跨区域流动耗时较长,单次踏勘往往需要耗费大量时间与人力成本,比较复杂的项目,易出现重复踏勘的问题。加之铁路封闭管理要求下的入网审批流程复杂,参建各方参与深度不足,直接影响踏勘工作的专业深度与判断精度。

【作者简介】朱泗奇(199—),男,中国四川眉山人,硕士,工程师,从事工程技术与管理研究。

## 2.2 空间覆盖存在盲区，观测精度难以保障

地方涉铁工程现场大量存在铁路封闭区域、桥梁上部结构、高陡边坡、复杂地形等人员难以抵近或存在安全风险的区域，人工踏勘无法实现有效观测，极易形成调查盲区。同时，人工采集的影像资料普遍存在视角偏移、覆盖不全、细节缺失等问题，难以完整还原铁路设施与拟建工程的空间位置关系，为后续设计遗漏埋下隐患。

## 2.3 多方协同壁垒突出，站段专业参与度不够

地方涉铁工程踏勘需要多专业、多单位的协同配合，但传统模式下，受日常运维任务制约，站段技术科专业人员难以全程参与现场踏勘，多以车间或工区代表参加，导致专业指导意见缺位。同时，部分站段对地方涉铁工程权责认知存在偏差，主观认为踏勘的核心责任在于建设与设计单位，参与积极性不高，最终导致踏勘结果无法全面覆盖各专业的安全管控要求<sup>[1]</sup>。

# 3 智慧勘察视角下无人机踏勘技术的应用体系构建

## 3.1 “硬件+平台”一体化技术架构体系

该体系以无人机设备为感知终端，以高清直播传输为数据链路，以线上会议平台为协同载体，以信息化管理平台为数据底座，形成了完整的技术闭环。硬件层面，搭载高清变焦镜头的工业级无人机，可实现远距离精准拍摄、全域动态观测，满足地方涉铁场景的高清影像采集需求；传输层面，依托稳定的无线传输技术，可实现无人机拍摄画面的实时、低延迟传输；协同层面，通过钉钉等线上会议平台，将实时画面与多方语音交互相融合，实现跨单位、跨专业的实时会商。

## 3.2 全流程标准化作业流程体系

结合地方涉铁工程踏勘的核心要求，制定标准化的无人机直播踏勘作业流程，实现了踏勘工作的规范化管控，核心分为五大环节：

一是前期准备环节，成铁工管公司项目主管工程师提前发布踏勘通知，预约线上会议并同步参会信息；设计单位提前确认空域放飞条件与气候状况，提前完成无人机、直播设备、线上会议平台的调试，准备以卫星图片为底图的项目示意图，完成相关报备工作。

二是项目交底环节，由成铁工管公司项目主管工程师主持线上会议；设计单位以卫星示意图为基础，对项目总体情况、交叉点里程、结构形式、施工方式、对铁路设施设备的影响及迁改、防护方案进行全面交底，让所有参会人员全面掌握项目核心情况。

三是现场直播踏勘环节，在完成项目交底后，现场操作人员在铁路安保区外完成无人机放飞，按照“全貌总体介绍—沿线走向观测—局部专项拍摄—重点细节特写”的思

路，完成项目现场的全维度拍摄；设计人员同步结合直播画面进行讲解，通过鼠标指针精准标注讲解位置，确保讲解内容与画面同步。（见图1）



图1 现场360°拍摄，实现视频会议直播

四是多方协同会商环节，各参会单位结合直播画面依次提出专业意见，明确需要重点拍摄确认的事项，无人机同步完成重点区域的针对性拍摄，设计单位现场完成答疑，铁路设备管理单位同步提出铁路设施设备迁改、防护方案的专业建议，实现踏勘与会商的同步完成。

五是现场记录环节，全程完成线上会议录屏与无人机现场视频录制，同步拍摄项目全景照片、关键点位特写照片，为后续成果整理留存完整的原始素材<sup>[2]</sup>。

## 3.3 地方涉铁场景专属安全管控体系

针对铁路营业线施工的安全管控要求，结合《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》，制定涉铁场景无人机飞行的专属安全管控体系，核心包括：人员资质方面，要求无人机操作员必须通过专业技能培训，熟练掌握飞行操作与应急处置流程，每架无人机配置1名操作员与1名专职安全员；飞行管控方面，无人机起飞与降落点必须设置在铁路安保区范围外，飞行过程中与铁路设施设备保持5m以上安全距离，严禁在铁路正上方悬停，列车通过时必须及时飞离铁路安保区投影范围；现场盯控方面，无人机放飞前需向属地站段报备，飞行过程中需专职安全员全程盯控，并与相关站段人员保持联系。

## 3.4 标准化成果输出与数字化管理体系

为匹配智慧勘察的数据闭环管理要求，明确无人机直播踏勘的标准化成果输出要求，设计单位需在踏勘完成后15个工作日内完成成果整理与提交，核心包括四大类成果：线上会议全程录屏文件、项目交叉位置空中360°全景照片、3-5分钟标准化项目现场视频、影响范围生成项目三维模型（见图2）。所有成果文件均作为设计现场调查附件与图纸同步报审、归档，依托信息化管理平台实现电子化存储、快速检索、便捷调阅与全流程追溯，彻底打破了传统踏勘的数据孤岛问题，实现了勘察数据的全生命周期共享应用<sup>[3]</sup>。



图2 项目三维模型

## 4 无人机直播踏勘模式的核心创新点

### 4.1 感知维度创新

实现了从平面人工踏勘到全域三维立体感知的升级。通过无人机高空视角与变焦镜头的结合，突破了人眼观测的空间限制，实现了对项目区域地形地貌、既有铁路构筑物、周边环境的多维动态观测，既能够通过全景拍摄掌握项目整体情况，也能够通过远距离变焦完成关键设施细节的精准捕捉，彻底解决了传统踏勘的覆盖盲区问题。同时，通过高清影像与三维模型的同步生成，实现了现场空间关系的数字化还原，为智慧勘察的三维可视化设计提供了核心基础数据。

### 4.2 协同模式创新

实现了从线下单点踏勘到线上多方实时协同的升级。依托“无人机直播+线上会议”的模式，打破了踏勘工作的时空限制，原本需要多方各级人员赶赴现场的踏勘工作，如遇工作冲突，各参建单位及站段的专业技术人员均可通过线上平台全程参与，实现了跨地区、多专业的实时协同。该模式既大幅降低了多方协同的时间与人力成本，也让各专业技术人员能够全程深度参与踏勘过程，实时反馈专业意见，彻底解决了传统踏勘模式下站段参与度不足、专业意见缺位的核心问题。

### 4.3 数据管理创新

实现了从离散化记录到全流程数字化闭环管理的升级。无人机直播踏勘模式实现了踏勘过程的全流程录制、成果的标准化输出、数据的系统化归档，所有踏勘数据均实现电子化存储，既能够便捷地完成历史数据回溯与信息共享，也能够为设计方案调整、工程变更、施工图审查、竣工验收等后续环节提供完整的数据支撑。该模式彻底解决了传统踏勘数据离散化、可追溯性弱的问题，实现了勘察数据从采集、存储、应用到追溯的全流程数字化闭环，是智慧勘察数据体系建设的核心实践<sup>[4]</sup>。

## 5 应用成效与综合价值分析

### 5.1 实现源头管控，筑牢工程安全根基

通过无人机直播踏勘模式的应用，设计现场调查的全

面性与精准性得到了本质提升，设计单位能够在项目初期全面掌握现场情况，精准识别潜在风险并及时优化设计方案，从源头规避了因现场调查不充分导致的设计缺陷。从2024年至今，所有应用该模式的地方涉铁工程，均未发生因设计现场调查不充分而导致的变更设计或安全事故，铁路设施设备的安全性与施工质量得到了全面保障。

### 5.2 实现降本增效，提升项目实施效率

无人机直播踏勘模式大幅压缩了现场踏勘的人员投入与时间成本，单次踏勘的现场人员从传统的多层级人员缩减至主要人员参与，既避免了多方人员跨区域流动产生的交通、差旅成本，也兼顾了各单位人员的工作；同时，将复杂项目踏勘的工作周期从2-3天压缩至一天以内，踏勘效率提升50%以上。

### 5.3 实现协同升级，提升工程系统化管理水平

该模式的应用，彻底打破了传统踏勘模式的多方协同壁垒，参建单位、站段技术人员的参与程度与深度得到了显著提升，跨专业、跨单位的协同效率大幅提高，实现了多方责任的同步压实。同时，依托数字化的数据管理体系，实现了踏勘数据的高效共享与追溯，为工程设计、施工、验收、运维全流程提供了完整的数据支撑，推动了地方涉铁工程全生命周期的数字化、系统化管理<sup>[5]</sup>。

## 6 结语

在铁路工程建设智慧化转型的行业背景下，无人机直播踏勘技术的创新应用，彻底破解了地方涉铁工程传统人工踏勘模式的核心痛点，全面契合了智慧勘察全域感知、实时协同、数据闭环、智能管控的核心发展要求。本文构建的应用体系，实现了该技术在地方涉铁工程场景的标准化、规范化、可复制应用，在实践中实现了工程安全质量、实施效率、管理水平、行业发展的全方位提升，为地方涉铁工程智慧勘察体系建设提供了坚实的实践支撑。

### 参考文献

- [1] 王元楚,陈媛,龚波,等. 无人机遥感技术在航道整治建筑物踏勘中的应用[J].中国水运,2025,(18):89-91.
- [2] 李莉莉,王学兵,木合塔尔·马合木提,等. 无人机技术在项目前期工作中的应用[J].中国电力企业管理,2024,(24):46-47.
- [3] 邱焕翔,翟虎,王冀鹏,等. 基于无人机航拍的地质踏勘及风险评估[J].科学技术与工程,2024,24(18):7905-7912.
- [4] Zhao X ,Qin D ,Wang Z . Effectiveness evaluation on UAV reconnaissance based on AHP grey-fuzzy comprehensive evaluation model[J].Journal of Physics: Conference Series,2025,3069(1):012008-012008.DOI:10.1088/1742-6596/3069/1/012008.
- [5] Stodola P ,Nohel J ,Horák L . Dynamic reconnaissance operations with UAV swarms: adapting to environmental changes[J].Scientific Reports,2025,15(1):15092-15092.