

是土地利用监测中对细节的需求。通过这些技术手段，能够增强影像的有效信息，使得土地利用变化分析更加精确和可

靠，图1为高分辨率卫星遥感影像融合技术的应用原理的细化分析。

技术	数据类型	主要应用	优势	挑战	应用效果
图像配准与几何校正	高分辨率遥感影像数据	确保不同影像的几何一致性	精确对齐不同影像，提高数据融合准确性	配准误差、控制点选择影响精度	提升影像融合的空间精度，改善后续分析效果
多时相影像融合	多时相卫星影像	捕捉土地利用变化，监测动态变化	提高变化监测的时效性和准确性	季节性和大气条件变化影响融合精度	增强土地利用变化的检测能力，准确识别变化
小波变换	多频率遥感影像	多尺度影像增强与细节保留	有效保持空间细节，突出重要特征	计算复杂度较高，处理时间较长	在高分辨率影像中保留重要地物信息，提升监测精度
主成分分析(PCA)	多源遥感数据	降低数据维度，突出主要变化特征	降低冗余信息，提高数据处理效率	需选择合适的主成分，避免信息丢失	提高变化检测精度，提取关键变化特征
卷积神经网络(CNN)	多时相和多源遥感影像	自动学习影像间关联，进行复杂模式识别	自主学习，提高融合和分类的精度	需要大量标注数据，训练时间较长	提升土地利用变化分类和动态变化预测能力

图1 高分辨率卫星遥感影像融合技术的应用原理的细化分析

## 5 高分辨率卫星遥感影像融合技术在土地利用变化监测中的应用

### 5.1 土地利用类型提取与变化分析

土地利用类型的提取是通过遥感影像分析确定不同区域的土地利用状况。高分辨率影像能够清晰地分辨出城市、农业用地、森林等不同的土地利用类型。通过影像融合技术，将来自不同时相和不同来源的影像进行融合，可以更好地保留不同地物的空间信息，使得分类结果更加准确。常用的分类方法包括监督分类和非监督分类，监督分类通过训练样本来建立分类模型，而非监督分类则通过算法自动划分地物类别。在变化分析中，影像融合技术能够帮助识别土地利用类型的变化，特别是在短时间内发生的细微变化。通过比较不同时间点的影像，分析变化区域的土地利用类型变迁，有助于进行土地利用变化监测、城市扩展、农业发展等的研究。结合高分辨率影像数据与影像融合技术，能够有效提高土地利用变化的监测精度，提供准确的决策支持。

### 5.2 土地覆盖变化检测中的影像融合应用

土地覆盖变化检测是指通过遥感技术监测地表覆盖物的变化过程。在高分辨率影像融合的支持下，能够更精确地监测和分析土地覆盖的动态变化。传统的单时相影像可能会因季节、天气等因素的影响而导致检测结果的误差，而通过多时相影像融合，可以消除这些影响，获得更准确的变化信息。多时相影像融合技术能够结合不同时间点的影像数据，提取变化的区域和程度，帮助识别由城市扩张、农业开发或自然灾害引起的土地覆盖变化。基于影像融合的技术还可以通过增强影像的细节和信息，使得变化区域更加清晰，尤其是在高分辨率影像数据的支持下，可以实现精细的土地覆盖变化检测，为环境保护、资源管理等提供精准的基础数据<sup>[4]</sup>。

### 5.3 基于影像融合的动态变化监测与趋势预测

影像融合技术在动态变化监测与趋势预测中的应用，能够实时跟踪土地利用及其变化趋势。通过将多时相遥感影像数据进行融合，可以提高对地面动态变化的反应速度和监

测精度。结合高分辨率影像和融合技术，能够实现对土地利用变化的长期监测，并预测未来的变化趋势。这种技术方法通常包括时间序列分析、变化检测算法以及趋势预测模型等。在动态变化监测中，影像融合技术可以高效地提取地表变化信息，跟踪土地利用的变化过程。通过构建时间序列数据模型，可以预测未来一段时间内土地利用类型的变化趋势。这对于资源管理、环境保护以及城市规划等具有重要的参考价值。影像融合技术与动态变化监测相结合，能够为政策制定者提供准确的决策支持，并有效提升土地资源的管理水平。

## 6 结语

高分辨率卫星遥感影像融合技术在土地利用变化监测中的应用具有重要意义。通过将不同时间、不同来源的影像数据进行融合，能够有效提升监测精度，捕捉细微的土地利用变化。影像配准、几何校正、多时相数据融合以及细节增强等技术，极大地优化了土地利用类型的提取与变化分析过程，为土地资源管理和环境保护提供了可靠的数据支持。然而，尽管该技术在监测精度和时效性方面展现了明显优势，但在实际应用中，仍面临数据处理效率、算法优化和大规模应用等方面的挑战。未来，随着遥感技术的不断进步和计算能力的提升，影像融合技术将在土地利用监测领域发挥更大潜力，为可持续发展提供更加精准的决策支持。

## 参考文献

- [1] 曹增增.高分辨率卫星遥感影像在土地利用分类中的应用[J].农村科学实验,2025,(15):41-43.
- [2] 谭宝琳,杨盼,林璐,付姣菊.高分辨率卫星遥感影像在土地利用分类中的应用[J].科技与创新,2025,(12):225-228.
- [3] 董娟.基于高分辨率卫星遥感的西沙群岛活珊瑚覆盖率估算与分析[D].导师:马毅.自然资源部第一海洋研究所,2021.
- [4] 秦绪文,唐壮,陈伟涛.基于高分辨率卫星遥感技术的风化层厚度制图方法[J].地质科技通报,2020,39(03):195-201.

# Design and Implementation of Smart Surveying and Mapping System Based on Internet of Things

Jianqiang Kang

China Shaanxi Nuclear Industry Group Surveying and Mapping Institute Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

## Abstract

With the rapid advancement of IoT, 5G communication, edge computing, and AI technologies, traditional surveying systems face challenges such as data silos, poor timeliness, excessive manual operations, and low accuracy, failing to meet the demands of modern natural resource monitoring and smart city development for high-precision, real-time, and fully intelligent surveying. This paper addresses the digital transformation trends in the surveying industry by designing and implementing an IoT-based smart surveying system. By integrating core technologies like multi-source sensor fusion, wireless communication, and intelligent data processing, it establishes a closed-loop architecture covering "sensing, transmission, processing, and application." Through analyzing the significance of system design and the current state of industry development, the paper defines design principles and core objectives, aiming to provide reliable technical support and practical references for the intelligent upgrading of the surveying industry.

## Keywords

Internet of Things; Smart Surveying and Mapping; System Design; Multi-source Sensors; Data Fusion

## 基于物联网的智慧测绘系统设计与实现

康健强

中陕核工业集团测绘院有限公司, 中国·陕西 西安 710000

## 摘要

随着物联网、5G通信、边缘计算、人工智能技术的迅速发展,传统的测绘系统存在着数据孤岛、时效性差、人工操作多、精度低等各方面的不足,不能满足现代自然资源监测、智慧城市创建等场景下高精度、实时化、全流程智能化测绘的要求。本文立足测绘行业数字化转型趋势,设计并实现一种基于物联网的智慧测绘系统,把多源传感器融合、无线通信、智能数据处理等核心技术结合起来,创建起“感知-传输-处理-应用”全闭环架构。通过对系统设计意义、行业发展现状的分析,确定设计原则和核心目标,希望给测绘行业智能化升级提供可靠的技术支持和实践借鉴。

## 关键词

物联网; 智慧测绘; 系统设计; 多源传感器; 数据融合

## 1 引言

测绘是数字中国建设的“时空底座”,是自然资源管理、城市规划、工程建设、灾害预警等领域的基础性工作,测绘技术水平决定着各种应用场景决策的科学性、实施的可行性。传统的测绘方式依靠人工操作和单一的测量仪器,存在作业时间长、数据采集不实时、环境适应性差、成果精度易受人为因素影响等缺点,在复杂地形、偏远地区或者危险环境当中,不但作业效率低,还存在着很大的安全隐患。伴随着物联网技术的普及,各种智能传感器、无线传输设备同测绘技术深度融合,产生了智慧测绘这一新的领域。本文以物联网技术为基础,创建智慧测绘系统,对测绘数据开展自

动采集、实时传输、智能处理以及高效应用,破解传统测绘的诸多问题,促使测绘行业由“数字化”向“智能化”迈进,契合国家数字中国、智慧城市创建的战略要求,具备明显的实际价值和市场前景,本文将对系统的设计思路与实现过程做详细的阐述。

## 2 基于物联网的智慧测绘系统设计意义

### 2.1 推动测绘行业技术转型升级

传统的测绘行业由于人工操作和单一技术手段的限制,存在技术落后、效率低等问题,不能满足现代社会对测绘服务高质量的要求。基于物联网的智慧测绘系统,把物联网技术同测绘核心技术深度融合起来,达成测绘作业由“人工主导”向“智能自主”的转变,冲破了传统测绘的技术壁垒。多源传感器协同工作,无需人工现场值守就可以完成数据采集,采用无线传输技术将数据实时上传,大大减少了人工投

【作者简介】康健强(1999-),男,中国陕西西安人,本科,助理工程师,从事测绘工程研究。

人,降低了人为操作误差,使测绘技术由数字化向智能化、自动化转变,推动测绘行业高质量发展,符合行业技术迭代的必然趋势<sup>[1]</sup>。

## 2.2 拓展测绘技术的应用场景边界

传统的测绘技术由于受到环境条件以及设备性能等方面的限制,因此应用范围比较小,不能很好地满足在复杂地形或者极端条件下进行作业的要求。测绘在高山、荒漠和水域等特殊环境里会遇到诸多技术难题和安全隐患。物联网赋能的智慧测绘系统利用空天地水一体化感知网络,把无人机、无人船和手持移动终端等多种监测设备融合起来,并且依靠物联网泛在连接的特性,完成对复杂场景的全方位、无死角的精准测绘。该系统创建以后,测绘作业的时空范围被大大拓展,同时技术在高难度场景中的应用效能也被大大提高,测绘服务也朝着多元化、智能化的方向前进<sup>[2]</sup>。

## 3 基于物联网的智慧测绘系统发展现状

### 3.1 技术融合应用持续深化

目前物联网技术在测绘领域的应用也渐渐朝着规模化迈进,智慧测绘代替了传统的测绘方式成为测绘行业的发展方向。由于物联网的高度互联性,传统的测绘设备已经从原来的独立运作模式变成了现代测绘技术的重要组成部分。高精度传感器、无人机、无人测量艇等众多设备依靠物联网实现协同工作,进而形成空天地一体化的数据采集网络。在此基础上,物联网同5G、边缘计算、人工智能等前沿技术深度融合,使测绘数据处理的由原来的“事后分析”变为实时动态监测,大大提高了多源数据融合、地物特征提取、三维模型重建能力,提高了作业效率和成果精度。该技术已经被用来在自然资源动态监测、智慧城市建设和重大工程规划等各方面取得明显的效果,是促进测绘行业数字化转型的主要动力。

### 3.2 行业发展仍存在诸多短板

尽管智慧测绘技术取得了很大的进步,但是就整个产业来说,还存在着许多需要解决的问题。核心技术自主化程度低,高端测量传感器、核心算法芯片等主要部件依靠进口,自主研发的技术精度、稳定性、集成度等同国际先进水平相比还存在着差距。近些年来,国内的部分企业已经对高精度传感器的研发取得了技术上的突破,其产品性能开始符合中高端测绘应用场合的需求,为实现智慧测绘系统自主可控奠定了硬件根基。另一方面没有形成统一的行业标准体系,物联网技术、数据格式、设备接口等各方面标准不健全,造成各厂商之间设备兼容性差、数据无法互通。应用普及程度也有明显的差别,大型企业和科研机构由于具备较强的技术创新能力和资金支持,可以实现智慧测绘技术的规模化使用,中小企业由于资金不足、人才缺乏等各方面原因不能进行相关研发工作,导致技术应用领域的马太效应更加严重。

## 4 基于物联网的智慧测绘系统设计策略

### 4.1 硬件系统选型与部署设计

作为智慧测绘系统的主要承载平台,硬件平台负责地理空间数据的获取、加工和传递等工作,硬件平台的性能好坏直接影响到系统的运行是否可靠,精度高低以及整体效能如何。根据系统设计目标和应用场景的要求,硬件方案的选择要符合高精度、低能耗、高稳定性、模块化兼容这几点的设计思想。数据采集环节采取多源异构设备联合作业方式,高性能GNSS接收机(BD-980系列,北斗三号全频段信号,定位精度厘米级),固态激光雷达(RS-LiDAR-128,测距精度 $\pm 2\text{cm}$ ,功耗 $< 5\text{W}$ ,比传统机械雷达成本低约30%),倾斜摄影相机等专业设备可以对复杂的地形地貌和环境参数进行全方位的感知和精确的记录。通信子系统根据不同的场景需求灵活配置无线通信模块,偏远地区使用LoRa技术构建低功耗广域网,城市中心用5G网络保证数据传输速率和实时性。针对终端计算和存储单元使用工业级高性能服务器和边缘计算节点(Intel Core i7-12700处理器),实现实时数据预处理、压缩、本地存储等功能,提高系统的响应速度以及能耗水平;另外还加入了冗余备份功能,进一步增强了数据的安全防护能力<sup>[3]</sup>。

### 4.2 软件系统架构设计

智慧测绘系统软件架构属于其主要部分,它主要是完成数据的采集、处理、分析、可视化展示和应用支持等工作。该系统采用感知层、网络层、平台层、应用层四个层次的结构设计,各个层次的功能模块是相对独立的,但是又通过紧密的协作来达到整体性能的优化。感知层用各种传感器、终端设备对地理空间数据和环境信息进行采集,然后对采集到的数据做初步的预处理和格式转换;网络层负责数据高效传输,使用不同的通信协议实时将采集的信息发送到平台层,并保证设备之间互相通信的安全性,传输过程中使用AES-256加密算法来保证数据的安全,防止数据泄露或者被篡改的风险。平台层属于系统的中心处理部件,把数据存贮、融合、智能剖析和设备治理这些功能融合在一起,借助云计算同边缘计算相互配合来加强大规模测绘数据的处理速度以及存储水平,依靠AI算法完成地物识别、三维建模以及异常检测之类繁杂分析任务。应用层根据实际需求提供测绘成果管理、实时动态监测、三维虚拟仿真、成果发布等多种服务接口,可以以Web端和移动端等各种方式来实现用户之间的互操作性,从而满足不同行业、领域下用户的需求。本系统用模块化的设计思想,各个子系统的更新、扩展等功能彼此独立,使系统更灵活、更适应、也大大提高了系统维护和兼容的能力。

### 4.3 核心功能模块设计

根据测绘行业的具体需求,本文设计出一个以物联网技术为依托的智慧测绘系统框架,分为数据采集、数据传输