

# 基于多源空间数据融合的工程测绘精度控制方法研究

赵本安 程达康

河南北辰勘测有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i2.18926

**[摘要]** 随着工程测绘技术的快速发展,多源空间数据融合技术已成为提升测绘精度和工作效率的重要手段。本文针对基于多源空间数据融合的工程测绘精度控制方法展开研究,首先从工程测绘精度的概念与重要性入手,分析了精度控制的关键因素,并阐述了多源空间数据融合的基本原理。通过与传统精度控制方法的比较,本文指出了数据融合在提升测绘精度方面的优势。最后,提出了针对多源数据融合的精度控制方法,包括前处理与校正技术、精度评估与监控方法,以及融合结果的质量控制机制。研究成果为工程测绘精度提升提供了科学依据和技术支持。

**[关键词]** 多源空间数据; 数据融合; 工程测绘; 精度控制; 误差分析

中图分类号: P2 文献标识码: A

## Research on Precision Control Method of Engineering Surveying and Mapping Based on Multi-source Spatial Data Fusion

Ben'an Zhao Dakang Cheng

Henan Beichen Surveying Co., Ltd.

**[Abstract]** With the rapid development of engineering surveying and mapping technology, multi-source spatial data fusion technology has become an important means to improve surveying accuracy and work efficiency. This paper focuses on the precision control methods for engineering surveying and mapping based on multi-source spatial data fusion. First, it starts with the concept and importance of engineering surveying precision, analyzes the key factors for precision control, and elaborates on the basic principles of multi-source spatial data fusion. By comparing with traditional precision control methods, the paper highlights the advantages of data fusion in improving surveying accuracy. Finally, it proposes precision control methods for multi-source data fusion, including preprocessing and calibration techniques, precision evaluation and monitoring methods, as well as quality control mechanisms for the fusion results. The research provides scientific basis and technical support for improving engineering surveying accuracy.

**[Key words]** Multi-source spatial data; Data fusion; Engineering surveying and mapping; Precision control; Error analysis

## 引言

工程测绘是现代工程建设中不可或缺的重要环节,其精度直接影响着工程设计与施工的质量。随着信息技术的发展,传统的测绘方法已难以满足精度和效率的双重要求。多源空间数据融合技术作为一种新兴的测绘手段,通过将来自不同数据源的信息整合,能够显著提升测绘数据的精度和可靠性。在此背景下,如何通过多源空间数据融合优化精度控制,成为当前工程测绘领域的研究热点。本文结合多源数据融合的基本原理,分析了其在工程测绘中的应用现状和面临的挑战,探讨了精度控制的方法和策略。通过系统研究,本文旨在为进一步提升工程测绘的精度控制能力提供理论支持和技术指导。

## 1 工程测绘精度控制的理论基础

### 1.1 工程测绘精度的概念与重要性

工程测绘精度是指在测量与绘制过程中,所得到的地理空间数据与实际地理环境之间的符合程度。在工程建设中,测绘精度直接影响着设计与施工的质量,因此,精度控制成为工程测绘的重要任务。精度的高低不仅关乎工程数据的可靠性,还影响着项目的建设周期、成本和安全性。高精度的测绘成果能够有效指导施工,避免因数据误差引发的设计错误和施工不当,确保工程按计划顺利进行。此外,精度控制是法律和技术规范要求的重要组成部分,尤其在涉及土地利用、城市规划以及基础设施建设等项目中,精度问题的疏忽可能导致重大损失。因此,提高工程

测绘的精度水平,对提高工程质量、减少后期纠纷以及提升项目整体效益至关重要。

### 1.2 精度控制的关键因素

工程测绘的精度控制受多种因素的影响。首先,测量仪器的精度是决定测量结果准确性的基础。高精度的测量设备能够有效减少误差来源,提升数据的可靠性。其次,测量方法与技术的选择也是影响精度的重要因素。不同的测量方法适用于不同的测绘任务,合理的选择能够在保障精度的同时提高工作效率。第三,环境因素对测绘精度有着不可忽视的影响。例如,气象条件、地形地貌等因素在测量过程中可能引入偏差,尤其在复杂的地理环境中,环境变化更容易对测量结果产生干扰。此外,操作人员的经验与技术水平同样会影响精度控制,熟练的操作能够有效减少人为误差的产生<sup>[1]</sup>。最后,测量数据的处理与分析环节也至关重要,合理的数据处理方法能够有效滤除噪声,提高精度。

## 2 多源空间数据融合在工程测绘中的应用

### 2.1 多源空间数据融合的技术方法

多源空间数据融合技术方法主要包括基于算法的融合方法和基于模型的融合方法。算法方法通常涉及加权平均、最小二乘法、卡尔曼滤波等,通过对多个数据源的权重进行优化,得到综合的测量结果。例如,加权平均法通过计算各数据源的权重,综合考虑各个数据的可靠性,得出融合后的数据。卡尔曼滤波则通过迭代计算对数据进行优化,尤其适用于动态数据的融合。在工程测绘中,采用这些方法能够显著提高空间数据的精度,特别是在涉及大范围地理数据融合时,能够有效减少由于不同测量技术和数据来源造成的精度差异。此外,随着深度学习和人工智能的发展,越来越多的基于模型的融合方法也开始应用于空间数据融合。这些方法能够通过学习数据的特征和规律,实现自动化的数据处理和优化,进一步提升融合结果的精度和效率。

### 2.2 常见数据源与其特点

在工程测绘中,常见的空间数据源包括卫星遥感数据、激光雷达数据、无人机航拍数据和地面测量数据。卫星遥感数据具有覆盖范围广、数据获取方便的优点,适用于大规模区域的测绘。其缺点在于分辨率较低,且受气候和大气条件影响较大。激光雷达数据具有较高的精度,能够提供高分辨率的三维空间数据,广泛应用于地形地貌的详细测量。无人机航拍数据能够提供高分辨率的图像,特别适用于较小区域和复杂地形的精确测量,但其覆盖范围有限,且受飞行高度和天气影响较大。地面测量数据具有最高的精度,能够为其他数据源提供精确的校准和验证,但由于其工作强度大、成本高,适用范围较为局限<sup>[2]</sup>。各类数据源有其独特的优势和局限性,在实际工程测绘中,常常需要根据具体的需求选择适合的数据源,并进行合理的数据融合,以充分发挥不同数据源的优势。

### 2.3 多源数据融合在实际工程测绘中的应用分析

在实际工程测绘中,多源数据融合技术被广泛应用于地形测绘、城市规划、灾害监测等领域。例如,在地形测绘中,卫星

遥感数据与激光雷达数据的融合能够弥补各自的不足,卫星遥感数据提供了大范围的地面覆盖信息,而激光雷达数据则提供了精确的三维地形数据,二者融合后能够生成高精度的地形模型。此外,在灾害监测中,利用不同来源的遥感数据、激光雷达数据以及地面监测数据的融合,可以实现对灾区的快速评估和精确监控,为灾害救援提供准确的数据支持。通过多源数据的融合,能够有效提高数据的综合精度和空间表达能力,满足各类工程测绘的需求。

## 3 多源空间数据融合对测绘精度的影响

### 3.1 数据融合对空间数据质量的提升作用

多源空间数据融合技术通过整合不同来源的数据,显著提高了空间数据的整体质量。在数据融合过程中,传统的单一数据来源的精度往往受到限制。例如,卫星遥感数据的空间分辨率通常为10 m,而激光雷达数据虽然精度高,但覆盖范围较小。当这些数据源进行融合时,可以利用它们各自的优势,最终达到更高的精度。例如,卫星遥感数据的分辨率为10 m,而激光雷达数据的分辨率可达0.1 m,二者融合后,空间精度大大提高。数据融合的另一个优势是提高数据的完整性。激光雷达数据能够提供详细的三维地形信息,而遥感数据能够覆盖更广泛的地理区域,二者融合后,最终数据不仅在空间精度上得到了提升,而且在地面特征表达上更为全面。在实际应用中,数据融合通常能够将精度提升15%-25%,尤其是在复杂地形测绘中,精度的提升更为显著。综合考虑不同数据源的优缺点,通过精确加权融合,可以有效减少噪声,提升数据质量,为工程测绘提供可靠的数据支持。

### 3.2 数据融合中的误差分析与控制

数据融合过程中,误差的产生是不可避免的,因此,如何有效分析与控制误差非常关键。数据融合中的误差主要来自于测量误差、传感器误差、环境因素的影响以及数据匹配误差。例如,激光雷达数据的误差通常为2-3 cm,而卫星遥感数据的误差可能达到5 m。为了有效控制这些误差,必须进行精确的误差分析。首先,可以采用最小二乘法或卡尔曼滤波等技术对融合前的数据进行预处理,以消除系统误差和随机误差。其次,在数据匹配过程中,采用迭代加权法,根据各数据源的可靠性赋予不同权重,从而减少误差对最终融合结果的影响。通过误差建模和误差传播分析,可以评估误差对测量结果的影响,进而采取措施进行误差控制与优化。在一些实际应用中,采用这些方法后,数据融合的总误差可以降低10%-20%,显著提高了数据的精度和可靠性<sup>[3]</sup>。

### 3.3 多源数据融合与传统测绘精度控制方法的比较

与传统的单一测绘方法相比,多源数据融合在精度控制方面具有明显的优势。传统测绘通常依赖于单一的数据源,例如地面测量设备,但这种方法受到现场条件的限制,数据采集范围较窄,且需要大量人工干预,效率低且容易发生人为误差。而多源数据融合通过整合卫星遥感、激光雷达、无人机航拍等多种数据源,能够显著提升测绘的覆盖范围和数据精度。例如,传统地面测量的误差通常为5-10 cm,而通过多源数据融合后,误差可

以减少到2-3 cm,同时测量效率提高了30%-50%。此外,传统方法在复杂地形或恶劣天气条件下的适应性较差,而多源数据融合通过遥感与激光雷达等手段,能够在不受现场条件限制的情况下完成高精度测量。在实际应用中,通过融合不同数据源的优势,不仅能够提高测量精度,还能够降低成本和时间消耗,因此在各类工程项目中具有更广泛的应用前景。

#### 4 多源空间数据融合的精度控制方法

##### 4.1 数据融合前处理与校正技术

在进行数据融合之前,对不同来源的数据进行预处理和校正正是提高精度的关键步骤。预处理的主要任务是解决不同数据源之间的格式差异和坐标系统不一致问题。例如,卫星遥感数据和地面测量数据可能使用不同的坐标系统,因此必须进行坐标转换与投影配准<sup>[4]</sup>。此外,由于不同传感器的误差特性不同,数据在融合前需要进行校正,以保证数据的可比性和一致性。常见的校正方法包括基于地面控制点的几何校正和辐射校正,以减少传感器误差对数据的影响。在一些实践中,通过使用高精度的地面控制点,能够将数据误差控制在3cm以内,提高数据融合后的精度。此外,通过卡尔曼滤波等方法,可以进一步优化数据的精度。经过这些预处理与校正后,数据在融合过程中能够更加精准地匹配,从而提高最终结果的准确性。

##### 4.2 精度评估与监控方法

精度评估与监控是确保数据融合质量的必要环节。精度评估主要通过已知标准或真实值进行对比,来衡量数据融合的精确程度。在空间数据融合中,常用的评估方法包括RMSE(均方根误差)和MAE(平均绝对误差)。例如,在地形数据的融合中,通过将融合结果与地面测量数据进行对比,计算RMSE,能够量化融合精度,并确定是否满足工程需求。同时,监控方法则侧重于对数据融合过程的实时监控,确保数据处理过程中没有出现不符合预期的误差。通过建立监控机制,及时发现问题并进行调整,能够有效提高数据融合的精度。例如,在大规模区域测绘中,通过引入实时监控系統,可以将误差控制在1-2cm之间,显著提升数据融合的质量。

##### 4.3 融合结果的质量控制机制

融合结果的质量控制机制是确保数据融合成果符合精度要求的核心。质量控制的主要方法包括结果验证、误差分析与反

馈调整。在工程测绘中,常采用多源数据交叉验证的方法,通过对比不同数据源的融合结果,检查其一致性与合理性。如果发现数据存在明显的偏差,可以通过反馈机制调整融合算法或加权策略,以提高最终结果的精度<sup>[5]</sup>。例如,通过将激光雷达和无人机航拍数据的融合结果进行交叉验证,若发现误差超过规定范围,则通过调整算法参数来优化融合效果。在实践中,融合结果的质量控制机制能够有效降低融合误差,通常可将误差控制在2-5 cm之间,从而满足大多数工程测绘项目的精度需求。

#### 5 结语

多源空间数据融合技术在工程测绘中的应用为精度控制提供了有效的解决方案。通过整合来自不同数据源的信息,不仅能够显著提升数据的空间精度和完整性,还能有效克服传统测绘方法中的局限性。在数据融合过程中,预处理、误差分析和精度评估等技术手段的合理应用,使得测量结果更加可靠,满足了高精度测绘的需求。尽管存在误差控制和数据匹配等挑战,但通过优化融合算法与技术手段,精度误差得到了有效控制。未来,随着新型数据源和智能化算法的不断发展,多源数据融合技术将进一步提升工程测绘的精度和效率,为各类工程项目提供更为精准的数据支持。总体而言,数据融合为现代工程测绘领域带来了巨大的变革,推动了测绘技术的不断进步与创新。

#### [参考文献]

- [1]刘键,王庆,朱理想.多源空间数据一张图移动端设计与应用研究[J].城市勘测,2023,(03):22-24.
- [2]易茹兰,赵生兵,熊一.多源空间数据构建地理实体数据库研究[J].江西测绘,2022,(03):53-56.
- [3]胡琳.基于WebGIS的多源空间数据资料服务系统设计与实现[D].导师:刁明光;王彦佐.中国地质大学(北京),2018.
- [4]万紫,刘江,徐庆华.基于多源空间数据的河道水域变化监测方法研究[J].测绘工程,2014,23(05):37-41+45.
- [5]陈焕新,孙群.空间数据融合技术在空间数据生产及更新中的应用[J].武汉大学学报(信息科学版),2014,39(1):117-122.

#### 作者简介:

赵本安(1990--),男,汉族,河南省濮阳市濮阳县文留镇人,本科,助理工程师,研究方向:测绘。