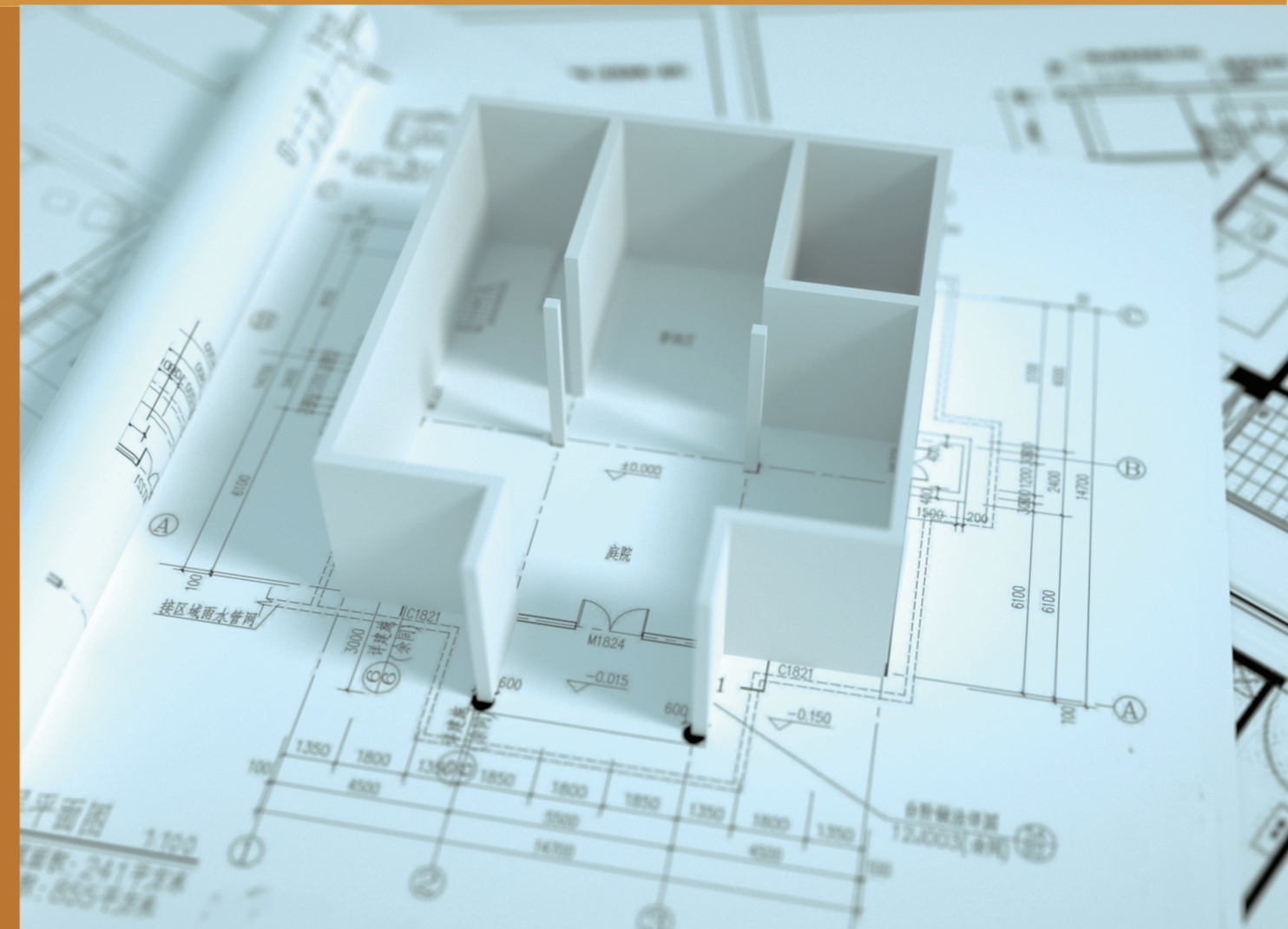


现代测绘工程

Volume 5 Issue 1 · June 2022 · ISSN 2705-0521



现代测绘工程

Modern Surveying & Mapping Engineering

Volume 5 Issue 1 · June 2022 · ISSN 2705-0521

《现代测绘工程》是一本开放获取的国际学术期刊，旨在反映现代高新技术发展在测绘领域的应用情况，推动测绘科技成果向生产力转化，促进测绘行业的科技进步，为广大测绘科技工作者提供一个广泛交流测绘理论研究、应用技术、生产经验的平台，期刊使用语言是华文。

为满足广大科研人员的需要，《现代测绘工程》期刊文章收录范围包括但不限于：

- 测绘技术研究与应用
- 测绘生产与管理
- 测绘经济与管理
- 测绘技术与可持续发展
- 测绘教育理论
- 测绘仪器开发研制
- 地理信息技术研究与应用

SYNERGY PUBLISHING PTE. LTD.

12 Eu Tong Sen Street

#07-169

Singapore 059819

版权声明/Copyright

协同出版社出版的电子版和纸质版等文章和其他辅助材料，除另作说明外，作者有权依据Creative Commons国际署名—非商业使用4.0版权对于引用、评价及其他方面的要求，对文章进行公开使用、改编和处理。读者在分享及采用本刊文章时，必须注明原作者及出处，并标注对本刊文章所进行的修改。关于本刊文章版权的最终解释权归协同出版社所有。

All articles and any accompanying materials published by Synergy Publishing on any media (e.g. online, print etc.), unless otherwise indicated, are licensed by the respective author(s) for public use, adaptation and distribution but subjected to appropriate citation, crediting of the original source and other requirements in accordance with the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license. In terms of sharing and using the article(s) of this journal, user(s) must mark the author(s) information and attribution, as well as modification of the article(s). Synergy Publishing Pte. Ltd. reserves the final interpretation of the copyright of the article(s) in this journal.

About the Publisher

Synergy Publishing Pte. Ltd. (SP) is an international publisher of online, open access and scholarly peer-reviewed journals covering a wide range of academic disciplines including science, technology, medicine, engineering, education and social science. Reflecting the latest research from a broad sweep of subjects, our content is accessible worldwide – both in print and online.

SP aims to provide an analytics as well as platform for information exchange and discussion that help organizations and professionals in advancing society for the betterment of mankind. SP hopes to be indexed by well-known databases in order to expand its reach to the science community, and eventually grow to be a reputable publisher recognized by scholars and researchers around the world.

SP adopts the Open Journal Systems, see on <http://ojs.s-p.sg>

Database Inclusion



Asia & Pacific Science
Citation Index



Creative Commons



Wanfang Data



Google Scholar



Crossref



MyScienceWork

Modern Surveying & Mapping Engineering

现代测绘工程

June 2022 | Volume 5 · Issue 1 | ISSN 2705-0521

主编

申冲

中北大学，中国

编委

郭斐

武汉大学测绘学院，中国

涂锐

国家授时中心，中国

纪元法

桂林电子科技大学，中国

张伟

深圳大学，中国

郭稳

北京工业大学，中国

叶文

中国计量科学研究院，中国

张且且

北京航空航天大学，中国

张鹏飞

中国科学院国家授时中心，中国

史俊波

武汉大学，中国

宫晓琳

北京航空航天大学，中国

- | | | | |
|----|--|----|---|
| 1 | 无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用 / 胡德斌 邓亚洲 | 1 | Application of UAV Aerogrammetry in Topographic Map Mapping / Debin Hu Yazhou Deng |
| 4 | 数字地质三维模型的数据处理方法研究 / 吴晓玲 | 4 | Research on Data Processing Method of 3D Model of Digital Geology / Xiaoling Wu |
| 7 | 大型场馆 GPS-RTK 定位测量施工技术的研究与应用 / 刘峻宏 | 7 | Research and Application of GPS-RTK Positioning and Surveying Construction Technology for Large Venues / Junhong Liu |
| 10 | 基于 MATLAB 交通标志识别系统的设计与实现 / 张九龙 张潮 张俊霞 | 10 | Design and implementation of Traffic Sign Recognition System Based on MATLAB / Jiulong Zhang Chao Zhang Junxia Zhang |
| 13 | SLAM 三维激光扫描仪在矿山测量中的应用分析 / 宋英伦 | 13 | Application Analysis of SLAM 3D Laser Scanner in Mine Survey / Yinglun Song |
| 16 | 新型测绘技术在高标准基本农田建设中的应用 / 李伏军 | 16 | The Application of New Surveying and Mapping Technology in the Construction of High-standard Basic Farmland / Fujun Li |

Application of UAV Aerogrammetry in Topographic Map Mapping

Debin Hu¹ Yazhou Deng²

1. Hebei Geological Surveying and Mapping Institute, Langfang, Hebei, 065000, China

2. Hebei Provincial Geophysical Exploration Institute (Hebei Provincial Tablet Geothermal Energy Research Center), Langfang, Hebei, 065000, China

Abstract

With the continuous improvement of science and technology level, UAV aerial photogrammetry technology has been further optimized and upgraded, and the application effect of riding in the field of topographic map mapping has been further improved, which has promoted the further development of China's surveying and mapping industry. However, due to the interference and influence of some uncertain factors, there are still some defects and deficiencies in the process of technology application. In practice, it is also necessary to optimize the management of the operation process according to the requirements of surveying and mapping to ensure that it plays an ideal role in the field of topographic map mapping. In view of this, the paper focuses on the application of UAV aerial photography in topographic mapping for reference and reference.

Keywords

UAV aerial photography; measurement technology; topographic map mapping; application

无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用

胡德斌¹ 邓亚洲²

1. 河北省地质测绘院, 中国·河北 廊坊 065000

2. 河北省地球物理勘查院(河北省浅层地热能研究中心), 中国·河北 廊坊 065000

摘要

随着科学技术水平的不断提高, 无人机航空摄影测量技术得到了进一步的优化和升级, 其在地形图测绘领域的运用效果也进一步提高, 促进了中国测绘行业的进一步发展。但是受到一些不确定因素的干扰和影响, 技术运用过程中仍然存在一些缺陷和不足, 实际当中还需要结合测绘要求, 对作业流程实施优化管理, 确保其在地形图测绘领域发挥出理想的作用效果。鉴于此, 论文重点就无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用进行研究分析, 以供参考和借鉴。

关键词

无人机航空摄影; 测量技术; 地形图测绘; 应用

1 引言

中国开展城市基础设施建设, 促进地方经济发展。社会建设的保障是土地资源, 因此中国需要充分利用土地资源, 有效开展社会建设工作。在城市建设测量中广泛利用无人机航空摄影测量技术, 可以提高基础设施测量精确性, 可以减少测量工作的成本。在地形图测绘中利用无人机航空摄影测量技术, 可以提高城市现代化建设速度, 推动城市建设发展。

2 无人机航空摄影测量技术概述

2.1 技术概念

随着信息化技术的发展, 无人机也在诸多领域得到了

应用, 其中就有地形图测绘领域, 通过将无人机测量技术引入其中, 不断提升数据信息的准确性与及时性。与此同时, 其他领域信息技术也在很大程度上推动了无人机技术的发展, 促进无人机测量技术的广泛应用。

2.2 技术特点

2.2.1 数据分辨率高

在地形图测绘中运用无人机航空摄影测量技术, 主要集 GPS 定位、航空摄影测量等多种技术于一身, 具备技术的各自优势和特征, 在获取影像数据信息方面具备分辨率极高的特点。据相关调查研究显示, 无人机航空摄影测量获取的影像分辨率最高可达到厘米级, 并且相对比传统的载人飞行测量系统, 无人机航空摄影测量系统的灵活性更高, 不需要人员的直接参与, 特别适用于一些特殊复杂的地形区域测量作业当中, 不仅有效确保了人员的自身安全, 同时也避免了人工测量误差问题的出现, 有效确保了测量

【作者简介】胡德斌(1990-), 男, 中国河北廊坊人, 本科, 工程师, 从事地籍测绘研究。

结果的可靠性和精准性。

2.2.2 反应速度快

就目前而言，无人机航空摄影测量技术在地形图测绘中的运用主要以低空摄影测量为主，这种作业方式很大程度上避免了环境、气候等因素的干扰，一般只需要对区域道路、地形等参数进行确定，保证无人机最基本的起飞和降落要求，便可以达到理想的测绘效果。不仅如此，在利用该技术实施地形图测绘过程中，对于一些人员无法深入的区域也可以开展工作，并测量效果可以得到根本性的保障。

2.2.3 社会经济效益好

不同于其他测绘技术手段，无人机航空摄影测量虽然在功能方面具备显著的优势，但是造价成本却相对低廉，这也成为其被广泛普及推广的原因之一。对于该项技术来说，其包括了网络技术、通信技术等多种新型信息化技术手段，在信息数据获取方面十分快速准确，加之成本投入较低，所以具备良好的社会经济效益。与此同时，无人机航空摄影测量技术的作业周期比较短，并且可以实现大区域范围的航空测量目的，有效促进了中国地形图测绘行业的更进一步发展。

2.2.4 结构稳定

无人机设备本身比较轻便小巧，所以整体结构比较安全稳定，同时对于起飞和降落的要求比较低，所以在很多复杂特殊的地形环境中同样可以发挥出理想的测量效果。通常而言，技术人员只需要在远程进行无人机系统的操控，即可确保实现目标区域的影像资料获取，不仅保证了测绘作业的安全性和可靠性，同时也能最大程度的提高测绘结果准确性。

2.3 技术影响因素

虽然无人机航空摄影测量技术在地形图测绘中运用可以满足多方面的效益和要求，但是实际当中受到多方面因素的影响和干扰，仍然会使得测绘结果出现一定偏差，详细体现如下：第一，由于无人机设备自身的体积比较小巧，所以内部配置的航拍设备及仪器会受到一定的限制，无论是专业性还是性能都可能存在一定的缺陷，导致航空摄影测量数据传输受到影响，最终导致测绘结果精准度受到干扰；第二，虽然该技术在实际开展作业中只需要技术人员远程实施控制即可完成，但是人员操作规范性仍然可能对测绘结果产生影响，严重的甚至导致设备自身出现损坏，造成巨大的经济损失；第三，当利用无人机航空摄影测量技术实施高空作业时，可能受到天气等自然因素的干扰，导致测量数据质量出现隐患，最终降低了整体的测绘效果，详细的技术误差如表 1 所示。

表 1 无人机航空摄影测量技术误差分析

| 检查图幅数量 | 检查点数 | 平面位置 | | 高程位置 | | 小于 2 倍中误差数量 | 小于 1 倍中误差数量 |
|--------|------|---------|----------|---------|----------|-------------|-------------|
| | | 中误差 (m) | 最大误差 (m) | 中误差 (m) | 最大误差 (m) | | |
| 2 | 66 | 0.071 | 0.158 | 0.069 | 0.129 | 10 | 56 |

3 无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用探究

3.1 DOM 工艺

该工艺主要在完成目标区域影像资料采集后，对数据信息层面存在失真问题进行纠正处理，以达到提高影像数据分辨率和质量目的。一般而言，DOM 工艺主要结合无人机航空摄影系统进行数据采集，并且完成三种形式的定向操作，包括内定向、相对定向以及决定定向等，然后对相关数据信息实施正射纠正处理以及影像数据镶嵌，最后输出 DOM 成果。就目前而言，无人机航空摄影测量技术当中的 DOM 工艺最强大的功能优势便是实现对影像数据信息的控制和处理，在此过程中结合空中三角测量技术，实现对地形图测绘结果的分析处理，明确地形图测绘区域的具体特征参数，最终完成区域相关信息的反馈以及处理。在 DOM 工艺运用过程中，需要重点明确基本控制点的位置选择，最大程度上避免因控制点位选择不合理而出现的测绘结果质量问题，具体操作流程如图 1 所示。

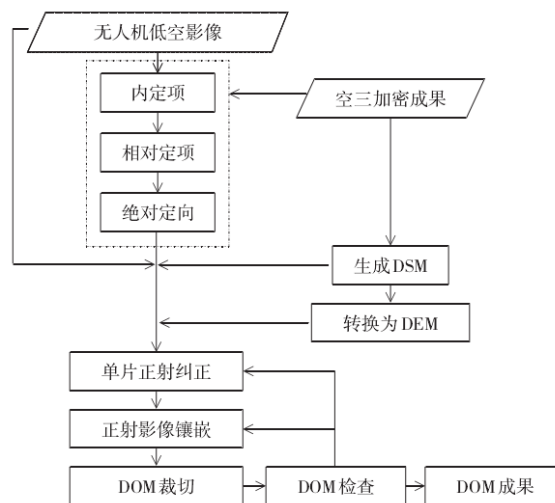


图 1 DOM 工艺流程

3.2 空中三角测量技术

该技术作为无人机航空摄影测量中常见的一项工艺手段，主要结合航空数码摄像机完成相应的采集和处理工作。通常来说，空中三角测量技术运用时可能会受到一些因素的限制和干扰，如此为了测绘作业整体的质量水平，必须要强化对空中三角测量技术的运用和管理，详细如下：第一，该技术运用的主要目的是确保地形图测绘具备显著的科学性和合理性要求，实际当中需要结合地形图测绘实际要求，在此基础上需要对测绘工作流程实施优化和改善；第二，每一步测绘工作完成之后，需要强化对于单一步骤细节的管控，同时保证测量数据与地点逐一对应，满足地形图测绘的实质性要求。

3.3 数字划线图技术

该技术主要以全数字摄影测量为前提，在此基础上完

成相应的测量作业,详细包括以下几点:第一,技术运用过程中需要最大程度地保证数据测量结果的可靠性和准确性,通过构建数据模型的方式来确保数字划线图整体质量不存在问题;第二,对技术运用当中可能存在的人为干扰因素进行逐一分析和处理,一方面避免人为因素对测量结果产生影响,另一方面也能确保数据与图像的一致性;第三,在测绘作业流程运用过程中,需要通过自动交互模型确保流程的规划运行,同时也能有效降低误差问题出现的概率;第四,数字划线图技术运用对于人员素质要求极高,实际开展这项作业之前,需要对相关技术人员实施专业化培训,确保素质过关以后方可上岗操作,提高测量结果的质量水平。

3.4 无人机补测技术

除了上述涉及的无人机航空摄影测量技术以外,还包括无人机补测技术,其同样是确保地形图测量结果准确性的关键。一般而言,在开展区域地形图测绘作业中,需要对测绘区域实施规划处理,接着对内部各项参数实施调整和优化,对于部分环节无法人员直接参与的情况,利用无人机航空摄影系统实施处理,确保测绘结果的准确性和可靠性。需要注意的是,在此过程中如果对测量结果实施检测处理,发现影像数据信息存在一定的误差或质量问题,此时盲目开展作业不仅会造成资源的浪费,同时也会导致测量结果受到干

扰。而通过运用无人机补测技术,可以有效避免这些问题的出现,大幅降低误差问题以及测量精准度低等问题隐患,并且也避免了数据资源方面的浪费。

4 结语

综上所述,无人机航空拍摄测量技术的应用对推动地形测绘领域发展起到了至关重要的作用,显著提升数据信息的准确性与时效性,该技术凭借其效率高、成本低、反应速度快等优势得到了越来越多的关注。因此在日后使用的过程中,应不断加强对无人机航空拍摄测量技术的研究,同时针对当前在地形测绘过程中存在的问题提出相应的解决措施,最大限度地为提升测量数据准确性与技术应用效率奠定基础。

参考文献

- [1] 王志新,张琪.无人机航空摄影测量技术在地形图测绘中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2021(16):182-183.
- [2] 刘静.无人机航空摄影测量技术在地形图测绘中的应用探讨[J].西部资源,2021(4):150-152.
- [3] 孙俭文.无人机倾斜摄影测量在1:500地形图测绘中的应用[J].科学技术创新,2021(17):35-36.
- [4] 马海政,李旺平,强德霞.无人机航空摄影测量在大比例尺地形图测绘中的应用[J].甘肃科技,2021,37(1):20-21.

Research on Data Processing Method of 3D Model of Digital Geology

Xiaoling Wu

Shenzhen Industrial Exploration Group Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

We undertake the rock and technical characteristics and building pile foundation construction theory and method, establish fault zone geographic information data and digital 3D geological model, mainly used to analyze and show the fault zone research results, to realize the fault zone soil characteristics, hydrological characteristics and engineering geological survey results, exploration point data, regional geological geotechnical spatial distribution analysis.

Keywords

digital geology; 3D model; data processing; fault zone; data interpolation

数字地质三维模型的数据处理方法研究

吴晓玲

深圳市工勘岩土集团有限公司, 中国·广东 深圳 518000

摘要

我们在承担深圳市科技创新委员会科技研发基金项目《断裂带的岩土特性及建筑桩基施工关键技术研发》中应用地理信息系统的理论和方法, 建立断裂带地理信息数据库和数字地质三维模型, 主要用来分析和表现断裂带研究成果, 实现对断裂带岩土特性、水文特性和工程地质勘察成果、勘探点数据、区域地质岩土空间分布进行分析。

关键词

数字地质; 三维模型; 数据处理; 断裂带; 数据内插

1 引言

一般来讲, 野外地质勘察和勘探获得的各类地形、地质信息都是一些离散的数据, 面对这些地形、地质信息, 地质工程师必然提出这样的问题, 如何运用这些资料来推断其在研究区内的发育分布规律, 即使能够预测地质信息在区域的分布情况, 面对大量的数据, 地质人员仍然会难于想象和分析, 图形、图像是最直观的数据解释, 且地质人员又习惯于用图件来反映地质信息, 自然会希望利用计算机来显示结构面等在地质体中的分布情况。因此, 空间地质模型及可视化系统的研究和应用是工程地质和地质灾害勘察评价领域计算机应用的必然趋势, 目前各类地学活动产生了大量不同总类、不同格式的地理数据, 如何充分利用这些数据、将这些数据在一个统一的平台下进行管理、应用, 是 GIS 工程师们必须面临和解决的一个问题, 尽量

【基金项目】深圳市科技创新委员会科技研发基金项目研究成果(项目编号: JSGG20180504170317195)。

【作者简介】吴晓玲(1989-), 女, 中国广东梅州人, 本科, 工程师, 从事测绘与GIS研究。

做到多源数据的融合和利用。

三维地质可视化模型研究是当前数字地质、石油地质、物探化探、水文地质与工程地质等研究的前沿和热点, 也是快速、及时地再现地质体三维信息及综合分析的有效途径, 本项目的研究和开发对解决以上问题做出了一些尝试。

2 工程地质勘察数据利用分析

该研究项目区域为深圳市前海地区约 12km², 该区域主要为填海区域, 根据区域地质调查资料在该地区有两条明显的断裂带, 但断裂带的范围、走向和深度不是很明确。本项目最大资源是我们在该地区 30 余年从事地质工程工作积累的区域地质调查、工程地质勘探资料, 为此我们收集了 100 余项工程勘察资料, 其中在研究区域及其附近的有效工程项目 58 项, 该 58 项工程资料主要包括工程勘察数据库、钻孔柱状图、水文资料、工程勘察报告、各风化层等值线图, 涉及的工程种类包括城市建设工程、填海软基工程、区域地质调查等。最早的工程勘察资料为本世纪初, 时间跨度 20 年, 由于不同时期、不同工程种类采用的技术标准不统一, 钻探深度也不一致, 采集的数据类别和数据格式也有所差别, 有些项目的中间数据缺失, 如大部分项

目都缺失工程勘察数据库, 钻孔柱状图和各风化层等值线图也不完整, 后海区域填海软基处理勘察钻孔深度较浅等, 因此对收集来的资料必须逐个进行分析和再采集, 统一技术标准、统一数据格式并建立本项目地理数据库。

3 工程地质数据标准化处理

通过对收集到的 58 个有效工程勘察资料分析, 少数年代较近的项目有工程勘察的过程数据如勘察数据库 (Microsoft Access 数据库), 由于该数据库是为工程勘察制图系统服务的, 系统包含了很多系统表, 真正对工程有用的表主要有: 《标贯表》《动探表》《波速表》《风化层表》《剖面线表》《取样表》《水位表》《土层表》和《钻孔表》等 9 个表, 数据库表及字段名以汉语拼音首字母简化组成, 且每个工程项目独立建库, 我们的数据集成工作必须建立统一的数据库并将众多的数据库合并。

为此, 我们在本项目开始之初, 就着手开发《地质钻探 GIS 数据处理系统 (GeoInvesGIS)》, 统一数据标准和数据库, 该系统是一款按照 GIS 理论和方法系统对地质钻探外业数据进行处理的工具软件。可用于工程勘察、地质勘探、地质调查和地质灾害勘查等领域, 为建立地质专业地理信息系统提供标准 GIS 数据。

此外, 通过对收集到的工程数据分析, 约 80% 工程数据都没有找到中间数据的数据库, 但每个项目的数据都包含了钻孔柱状图 (Auto CAD 格式), 对这部分数据我们在 Auto CAD 进行了二次开发, 用于读取钻孔柱状图上每个钻孔的地面坐标和高程、填 (土) 石层、淤泥层、强风化层、中风化层和微风化层标高, 最后建立钻孔土层参数数据库, 用于建立各地层模型和断裂带研究分析。

针对不同的工程勘察数据采用多种数据录入手段, 我们共录入了研究区域内 58 个有效项目 3817 个勘察钻孔的土层和其它参数, 这些数据构成了断裂带研究项目对地层分析的重要依据。

4 数据内插研究

由于 58 个程勘察项目的 3817 个钻孔点并不是均匀分布在研究区域 (约 9km²), 且不是每个钻孔都采样到微风化层, 为使得建立各风化层模型更合理和光滑, 需对部分没有钻孔的区域进行数学内插加密钻孔点, 内插方法主要有曲线内插和曲面内插两种方法。

本项目对比较常用的曲线内插和曲面内插方法进行了研究, 编写了计算机程序对研究区域内的钻孔点进行了内插计算, 比较了各种内插方法及边界条件, 最后采用最合理的内插方法进行计算并建立各风化层数字空间模型 (DSM)。

4.1 曲线内插

本项目中采用通过给定三个离散型已知点的二次样条曲线内插方法, 按一定的间距加密内插点, 已知不在同一高度上的三点 P₁、P₂、P₃, 通过给定的这三点定义一条空中抛

物线 (Z 值), 见图 1。

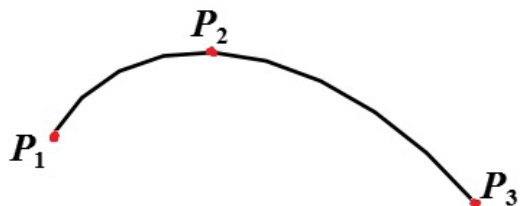


图 1 二次样条曲线图形

软件开发在 AutoCAD 上采用二次开发方式, 其最大的好处是直接 AutoCAD 选取图上近似直线上的三个点按照 $Y = AX^2 + BX + C$ 曲线方程, 系统计算出 A、B、C 三个参数, 然后按照一定的间距计算该直线上内插点的 X、Y、Z 值, 加密部分特征点。点击“二次曲线内插”, 在 ACAD 图上捕捉点取近似直线上的三个点, 系统根据三个点的 X、Y、Z 值进行曲线内插并生成内插数据文件和内插图形, 同时在 AutoCAD 上绘出内插点, 系统默认内插点间距为 20m, 内插点的曲线效果见图 2。

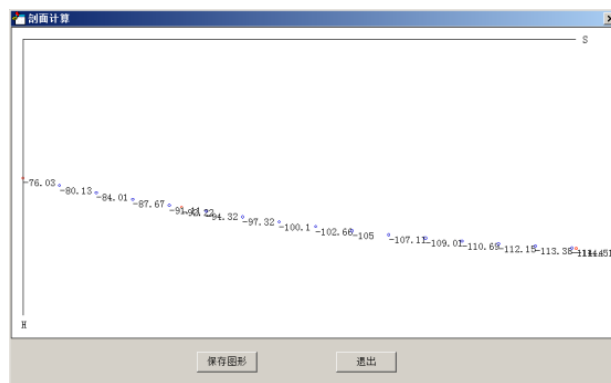


图 2 曲线内插图形

4.2 距离加权内插

由于工程勘察项目并不是每个钻孔都采样到微风化层, 为获取该钻孔点的微风化层标高, 我们通过周边相邻点的微风化层顶部标高, 采用距离加权内插的方法计算出该钻孔微风化层顶的内插值。一般的距离加权内插阈值为 100m, 即选取该点 100m 范围内的钻孔点微风化层标高, 并根据与内插点的距离进行距离权倒数加权计算内插点的微风化标高值, 计算公式为:

$$Z = \frac{\frac{1}{d_1} Z_1 + \frac{1}{d_2} Z_2 + \dots + \frac{1}{d_n} Z_n}{\left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \dots + \frac{1}{d_n}\right)}$$

其中, Z₁, Z₂, ..., Z_n 为已知点微风化层顶标高; d₁, d₂, ..., d_n 分别为已知点距内插点的距离。这种内插方法也是在 AutoCAD 上二次开发来实现的, 其目的就是直接在 AutoCAD 框选周边距离内插点小于 100m 的所有钻孔点, 然后按距离加权计算出内插点的微风化标高值。

4.3 曲面内插

曲面内插比较复杂, 不同的内插方法对已知点的总数

和分布以及对边界条件要求不一样,本项目中我们主要研究了六种内插方法及其算法。TIN 二次和高幂次内插方法在理论上是一致的,工程上一般都采用拉格朗日内插法进行插值计算,也是目前计算机编程插值计算最常用的方法。工程中最常用的方法是在现场采集数量有限的离散样本点,根据样本点求解拉格朗日内插多项式的系数,从而获得内插函数,求解任意点的解。用高幂次(≥ 2)内插方法内插的曲面,不但能保证曲面的连续,还能保证不同三角形边界处的光滑(见图3)。

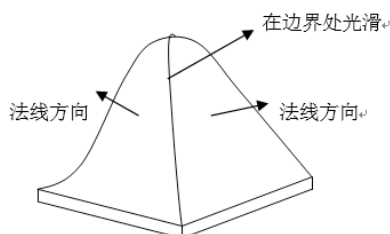


图3 采用2次以上的高幂次内插的TIM模型

5 不同内插方法比较结果

本项目共采集了3817个有效钻孔点,经过曲线内插加密后,总钻孔数达到了约26000余点,最后再通过对钻孔的不同风化层数据进行曲面内插。我们研究了TIN内插、二次TIN内插、高幂次TIN内插、距离加权内插、方位加权内插和趋势面拟合内插等六种不同内插方法并开发相应的内插软件,将各种内插计算的结果与ESRI Arc/Info 5次TIN

内插模型进行了比较,包括边界条件和地貌失真。通过对比我们发现,内插幂次越高内插曲线越平滑。失真最小、边界条件最简单的方法为高幂次TIN曲面内插,TIN内插对边界数据的要求最低,边界处的变形最小。最终采用TIN高幂次内插方法计算风化层数字空间模型(DSM),取得了比较好的效果,各种内插方法的比较见图4(ArcScene下)。

用该内插方法在该研究项目中我们建立了地面、填(土)石层、淤泥层、强风化层、中风化层和微风化层等6个层的数字高程模型,为本项目其它子课题研究提供了完整的基础数据。

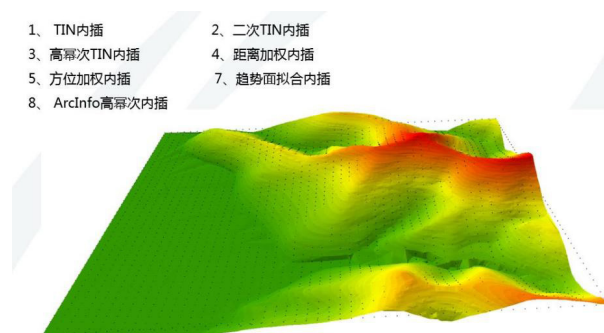


图4 ArcScene 数字空间模型(非断裂带模型)

参考文献

- [1] 何光渝. Visual Basic常用数值算法集[M].北京:科学出版社,2002.
- [2] 李胜乐,陆远忠,车时,等. MapInfo地理信息系统二次开发实例[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [3] ArcGIS帮助文件[Z].

Research and Application of GPS-RTK Positioning and Surveying Construction Technology for Large Venues

Junhong Liu

Ningxia Construction Engineering Group Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract

In the alien building construction layout through the full station (or theodolite) and BIM software coordinate auxiliary method, according to the original floor control point coordinates, find observable alien building edge measurement point, determine the arc plane position, establish the coordinate system, with the BIM technology, quickly mark the spatial coordinates of the control point, and then using RTK to quickly complete the alien building positioning layout quickly and accurately.

Keywords

engineering measurement; alien structure; control network; elevation

大型场馆 GPS-RTK 定位测量施工技术的应用

刘峻宏

宁夏建工集团有限公司, 中国·宁夏 银川 750000

摘要

在异形建筑物施工放线中通过采用全站仪(或经纬仪)和BIM软件坐标辅助法,根据地勘原始地坪控制点坐标,寻找可观测异形建筑边线的测量点,确定弧线平面位置,建立坐标系,借助BIM技术强大的运算功能,快速标出控制点的空间坐标,再采用RTK快速完成点定位,从而快速准确地完成异形建筑定位放线。

关键词

工程测量; 异形结构; 控制网; 高程

1 成果背景

当今建筑业科技发展日新月异,人们对建筑物的要求已经不仅仅局限于其坚固性、实用性和经济性,还将其作为一种建筑艺术,使其符合不同的美学要求。因此,在建筑工程施工中,我们经常会遇到一些平面、立面设计较为复杂的建筑物,如扇形、曲线、曲面等,其中曲线或曲面在大型公建的平面及立面中颇为常见。

2 大型场馆 GPS-RTK 定位测量工艺特点及适用范围

①根据地勘原始地坪控制点坐标,确定曲线平面位置,建立坐标系,借助 BIM 模型快速标出曲线轨迹上控制点的坐标,再采用 RTK 快速完成轴线点平面定位,并做好高程定位,从而降低了曲线放线的难度,提高了放线工作的速度和精准度^[1]。

②适用于解决大型场馆、公共建筑物的曲线或异形部

【作者简介】刘峻宏(1990-),男,中国陕西榆林人,本科,工程师,从事土木工程研究。

分测量定位。

3 大型场馆 GPS-RTK 定位测量工艺原理

使用 Revit 软件建立异形建筑模型,在待放样平面中采用折线成弧的方法定位弧线。通过贯穿弧线的定位轴线,截取与弧线相交的两点连线为基准线,并等分基准线,通过等分节点向弧线作垂线,将圆弧与垂线交点作为圆弧定位点。运用 Revit 标注命令,获得定位点空间坐标。现场测量时,通过将定位点空间坐标导入 GPS-RTK,根据仪器指令可准确定位弧线及定位点空间位置^[2]。

4 大型场馆 GPS-RTK 定位测量施工工艺流程及操作要点

4.1 工艺流程

施工准备→交接桩与校测→建立控制网→放样点导入 RTK→放样画线。

4.2 操作要点

4.2.1 施工准备

第一,建立模型:建立异型建筑模型,将 CAD 图纸导入 revit 中,利用各构件创建的拾取线功能画出图纸中的次

轴线及曲线形构件。

第二，建立测量数据表。

①打开管理标签中的坐标菜单点击在点上指定坐标。依据图纸中所提供的已知点，先进行手算复核，确保电子版准确性。后通过管理标签中的坐标菜单点击“在点上指定坐标”，在模型对应位置输入坐标值，建立与图纸相符的坐标系。

②设置基准线，通过贯穿弧线的定位轴线，截取与弧线相交的两点连线为基准线，并等分基准线（等分间距不大于4m），通过等分节点向弧线作垂线，将圆弧与垂线交点作为圆弧定位点。圆弧与基准线焦点及基准线中点作为内控点。

③建成后拾取圆弧定位点坐标，利用软件中的“高程坐标点”分别标注出各点的坐标值。

④将特征点按照顺序编写序号，按序列导出明细表格写明坐标值，供现场测量人员测设使用。

第三，现场平整。

现场的场地完成平整，临时水电管线尚未敷设，其场地测量允许误差为：平面位置50mm，高程 $\pm 50\text{mm}$ 。

4.2.2 交接桩与校测

接收规划部门提供的平面控制点及高程点，附有正规的拨地定桩书及点标记，对规划提供的首级GPS控制点及精密水准点进行复核，保证上述各控制点相邻点的精度分别小于 $\pm 10\text{mm}$ 和 $\pm 8\text{mm}$ 。

4.2.3 建立控制网

第一，首级控制网。

①根据总平面图结合现场情况选择合适的主控制点位，将控制点布设在土质稳固安全、易保护，高差相差不大的建筑物周围，相邻控制点间保证通视良好不受旁光折射影响，埋设地方应避开室外管线施工作业面。

②选择首级控制点位置时，除了考虑通视条件及稳定程度外，还应根据GB50026—2020《工程测量规范》中关于GPS观测的相关规定，考虑网型及边长。由业主提供的市政二级控制点（至少2个），根据设计院提供的坐标点与轴线的关系放轴线并设置相应控制点，并经二级控制点复核。其他主控轴及控制点依次形成。主控制桩按规定进行埋设并长期保存。由主控制桩放测各个控制点与主控制桩共形成主控轴。各条建筑轴线依据主控轴逐条放出（说明：该控制点为根据现场情况和总平面图布设的理想位置，施工时可根据甲方提供的拨地控制桩点结合施工现场的具体情况进行调整）^[3]。

③观测路线的选择，首级控制网采用GPS-RTK静态加密原有控制网。采用附和路线法从一个起算点通过一条由GPS导线推算另一个起算点的坐标，将此坐标与已知值比较，控制点相邻点的精度应 $\leq \pm 10\text{mm}$ 。

④首级网的观测：根据GPS作业调度表的安排进行观

测，采取静态相对定位，观测时用三台同步观测一个三角形，直至测完所有三角形。观测时清空内存，设置点号、时段、卫星高度角和采样间隔，开始测量。

⑤连接电脑传输数据处理：采用HDS2003软件进行基线处理，进行自由网平差，计算出各未知点的平面坐标。

第二，二级控制网的布设。

①二级网的设计：二级控制网即为轴线控制网，为保证建筑物的垂直度及坐标统一性，内控点要尽量布设在建筑物最底层。为保证控制点精度、方便检核，每施工段控制点不少于三个。为避免施工时结构柱绑扎钢筋对视线的阻挡，轴线控制桩点平行偏移出轴线4m的距离。

②二级网的测设：根据设计的二级网布设图，采用Revit提取内控点坐标，采用GPS-RTK定位出内控点位置，在地下结构顶板浇筑前，根据定出的点位，将预埋件固定在顶板的钢筋上浇筑混凝土。

第三，放样点导入RTK。

①数据格式转换。将Revit导出的测量数据表另存为RTK可读取的CSV格式。将数据线把刚才CSV文件导入到手薄软件的安装目录中，记住所在位置。

②求解参数。打开手薄软件Hi-RTK Road，选择测量放样点库，打开待导入文件，找到传到手薄中的CSV文件。出现自定义格式导入，将符号添加到导入内容框中依次填上Name、x、y、h。从而解算RTK中X平移、Y平移、旋转角和比例。

第四，放样画线。

①画线。根据投测小钉位置，再用石灰洒出圆滑曲线。各曲线间应相切，过渡顺滑。

②轴线及高程的竖向传递。采用全站仪天顶测距，标线仪引线的方法传递标高。将仪器架设在内控点上方，利用激光标线仪发射出一条水平激光射线，调整标线仪高度将水平线对准仪器中心。旋转标线仪将此条水平线投测到标有结构标高的墙面上，利用钢尺量取两条直线的高差，从而确定仪器高。

制作强制对中棱镜，安放在顶板预留洞，接收全站仪测距信号。采用全站仪照准天顶角，测量到顶部的强制对中棱镜的距离。引测上层标高控制线，根据测算出的棱镜板的高程引测本层结构50mm线^[4]。

5 质量控制

5.1 首级控制网观测控制措施

①GPS网中每个附和线路中的边数 ≤ 10 ，避免削弱影响整网的精度。

②关于各点观测次数的确定，通常应遵循“网中每点必须至少独立设站观测两次的基本原则。即网平差中跟一测点连接的独立基线至少要有两条，避免会形成孤点。

5.2 平面测量误差的控制措施

测量完成后利用钢尺及全站仪对施工层放样误差进行

测量,允许误差值见表1。

表1 施工层上放线测量的允许误差表

| 项目 | 允许误差 (mm) | |
|---------------|-------------|------|
| 外廓主轴线长度 L (m) | L ≤ 30m | ± 5 |
| | 30 < L ≤ 60 | ± 10 |
| | 60 < L ≤ 90 | ± 15 |
| | 90 < L | ± 20 |
| 细部轴线 | ± 2 | |
| 承重墙、梁、柱边线 | ± 3 | |
| 非承重墙边线 | ± 3 | |
| 门窗洞口线 | ± 3 | |

5.3 竖向控制轴线的误差控制措施

5.3.1 轴线内控点的竖向传递

①在施工过程中,在每层的楼板与内控点相对应的位置预留 200×200 的预留孔。

②轴线的内控点利用激光铅垂仪通过预留孔向上传递。

③为提高点位精度,减少分阶段引测累计误差制作激光捕捉辅助工具。

5.3.2 轴线投测传递的允许误差表

轴线投测传递的允许误差表见表2。

表2 轴线投测传递的允许误差表

| 项目 | 允许误差 mm | 企业标准 |
|------|---------------|--------|
| 每层 | ± 3mm | ± 2mm |
| 总高 H | H ≤ 30m | ± 5mm |
| | 30m < H ≤ 60m | ± 10mm |

5.4 测量平差

每次放线结束后,在网格点上分别进行边角测量,角度和边长各测量3回,观测值用平差法进行平差,并在实地修正至设计位置。测所使用的仪器为全站仪(1", 1+1ppm),测距相对中误差小于1/30000,测角中误差小于2.5",精度符合规范要求。

5.5 桩点质量保证措施

①应加强每个定位桩点的保护,护坡及土方开挖转运及材料堆码过程中,务必让开所有测量控制桩点。并设置明显的标记和防护栏。

②根据建筑物的平面、立面结构情况,在建筑物零米结构施工完成后,上部结构施工采取激光铅垂仪竖向垂直控制,并结合建筑物外围控制网点进行检测。

6 安全措施

①不得使用无证人员放线,上岗前必须经过测量培训,并经考核合格取得上岗证。

②各种测量桩点均应布置在视野开阔、通视良好、土质坚实的地方,在确认其稳定、可靠后方可以进行测量作业。在作业时注意环境情况,采取针对性措施,戴好防护用品。

③在基坑边放样基础轴线时,确保架设的仪器稳定性,并随时检查有无塌方危险,若有须采取安全措施。

④防止雷电击伤和铝合金塔尺触电。在雷电天气野外

测量作业时,不得使用移动电话。

⑤使用钢尺测距须使尺带平坦,不能扭转折压,测量后应立即卷起,严防钢卷尺接触电线、电焊把线、以免损坏卷尺或触电。标尺、立花杆不得触及架空电线,更不得靠在电线上,不得用标尺、花杆抬物,也不得坐、靠在上面。钢尺使用后表面如有污垢要及时擦净,长期贮存时尺带涂防锈漆。

⑥在测量过程中有交通机械设备从旁边通过时,须通知司机减速行驶并有人在仪器旁边看护。

⑦前视测量人员打木桩时要确保锤头安装牢固,除掉锤头飞刺,锤把应用活腊木杆。打锤应注意前后人员和障碍物,被打的木桩或钢钉如有人扶持,打锤人与扶持人不准对面站立。禁止打飞锤。打锤时严禁戴手套。

⑧搬运仪器必须装箱上锁,并检查提环、背带背架及运输工具是否牢固,确实牢固方能搬运。搬运安在三脚架上的仪器时,严禁平杠横抱,行走要谨慎,严防仪器碰撞脚手架、钢丝绳以及建、构筑物等。

⑨仪器使用完毕后需立即入箱上锁,由专人负责保管,存放在通风干燥的室内。

7 结语

①经济效益:采用异形建筑GPS-RTK定位测量施工方法,相比较传统测量的数据提取与复核方式,利用先进的计算机软件高效准确完成数据提取与复核,减少技术人员的手工内业计算量,降低误差发生概率,大大提高工作效率与测量精度。

②社会效益:相较传统的测量方式,采用异形建筑GPS-RTK定位测量施工方法可以直接测算曲线上坐标点。缩短工期,优化施工,降低施工难度,提高建筑成型质量。通过计算机的模型模拟,推动施工的智能监控和信息化管理,提高数据资源利用水平和信息服务能力。增强企业信誉和核心竞争力。推广了新工艺、新技术在建筑业的发展,更有利于提高施工质量。

③环境效益:相较传统的测量方式,采用异形建筑GPS-RTK定位测量施工方法可以直接测算曲线上坐标点。减少了现场布点数量,节约了制桩材料。利用电脑信息技术预先模拟,避免现场多次返工造成的浪费,有较好环境效益。

参考文献

- [1] 王先法,刘庆宇,史阳,等.浅议异形结构房屋建筑测量放线的技巧[J].百科论坛电子杂志,2018(12):289-290.
- [2] 周育军.异形结构建筑施工测量定位控制技术的运用[J].广东土木与建筑,2020(5):92-94.
- [3] 李建平.用城市测量网坐标进行建筑施工放线[J].城市建设理论研究(电子版),2014(27):2.
- [4] 孙锡勇.浅谈土建工程测量的方法和应用[J].城市建设理论研究(电子版),2014(10):43.

Design and implementation of Traffic Sign Recognition System Based on MATLAB

Jiulong Zhang Chao Zhang Junxia Zhang

Xihua University, Chengdu, Sichuan, 610039, China

Abstract

With the continuous improvement of Internet technology and people's living standards, private cars are popular in every household. Many traffic accidents have brought misfortune to people's lives. With the deepening of research, the practicality of driverless cars has gradually attracted people's attention. However, in driverless driving, traffic sign recognition is an important task. This paper designs and simulates the traffic sign recognition system based on MATLAB. The main content is to carry out five modules of image reading, color component extraction, interference removal, image segmentation and image recognition of traffic signs based on the principles of traffic sign recognition and positioning, morphological operation principle and template matching algorithm, and recognize the traffic signs in the images through MATLAB simulation. The traffic sign recognition system greatly reduces the frequent occurrence of traffic accidents, and also lays a certain theoretical and practical foundation for the future of unmanned driving, unmanned aerial vehicle navigation and guide crutches.

Keywords

traffic signs; image segmentation; morphology; template matching

基于 MATLAB 交通标志识别系统的设计与实现

张九龙 张潮 张俊霞

西华大学, 中国·四川成都 610039

摘要

随着互联网技术的不断提高,人民生活水平也不断提高,私家车在每家每户都流行起来,众多的交通事故给群众生活带来了不幸,伴随着研究的深入,无人驾驶汽车的实用性逐渐备受人民关注。然而,在无人驾驶中,交通标志识别是一项重要的任务。论文基于MATLAB设计并仿真交通标志识别系统,主要内容为基于交通标志识别定位、形态学操作原理、模板匹配算法等原理对交通标志进行图像读取、颜色分量提取、去除干扰、图像分割、图像识别五大模块,通过MATLAB仿真识别图像当中的交通标志。交通标志识别系统很大程度上减少了交通事故频发现象,也为未来的无人驾驶、无人机导航以及导盲拐杖奠定了一定的理论基础和实践依据。

关键词

交通标志; 图像分割; 形态学; 模板匹配

1 引言

由于科技的发展趋势,全球汽车工业生产迅猛发展,交通运输道路网不断扩大和健全,为经济社会发展带来了重要保障,却也增添了一些缺点,不仅仅是环境污染、电力能源消耗和道路拥挤,并且道路交通事故高发,严重危害了大家的幸福生活。交通标志包括关键的道路标示信息。因为道路和各种标志的多元性,交通标志的检验和鉴别成为智慧交通和自动驾驶科学研究的热点话题。因为天气原因,交通标志被毁坏,房屋建筑很有可能被挡住,都是会导致检验和鉴别效果的偏差。无法满足驾驶人员对辅助驾驶信息的要求。交通标志识别技术能够合理处理这种情况,

【作者简介】张九龙(1998-),男,中国四川南充人,在读本科生,从事交通运输研究。

不仅仅能够提升各种各样交通设施的交通出行安全系数,可以降低电力能源应用和环境污染,给世界和人类社会产生众多益处。

2 交通标志识别系统的设计

2.1 图像处理与识别系统的构成

在使用微机图像处理系统的过程当中,可以将其总结为以下三个部分。

2.1.1 采集部件

我们在进行采集的过程当中,就是通过将原始的图像数据来进行加入计算机整体的内部因素当中,并且在整体的采集中也将其中所存在的信号转换为对应的数字,在计算机接收之后再整体进行运算操作。

2.1.2 图像处理部件

我们相聚于危机的图像处理过程当中,图像处理工作

室由微信来进行完成的危机的扩展,汤也具有对应的采集卡,我们再进行处理的过程当中,主要将其储存到计算机的内存中来,实现各项步骤能够通过直接使用的内存采集卡来进行交换工作,提高图像处理过程中的速度所在。

2.1.3 识别结果的输出部件

图像能够实现输出和处理的过程是最终的目的,并且我们从广义的角度来讲,对图像进行输出,我们可以表现为以下两种模式,第一种就是能够根据图像处理的结果来做出对应的预判,比如说在进行质量检测的过程当中可能会存在合格和不合格的现象,在输出的过程当中,我们一定要以其作为最终的形式来进行表达,而这种提示就可以根据计算机屏幕的信息或者是电频信号的高低来进行输出和运作。

2.2 基于颜色特征的目标提取

本设计是采用基于颜色的方法,以红色的禁令标志为例,在图像中需要找出红色分量明显的区域。基于一幅读取的交通标志图像,彩色图像上面的每一个像素点,它的是有R、G、B三个通道分别取一个数字,也就是灰度直方图0~255组成。因为世界上的任何颜色都是由这三个颜色按照不同的比例组成的。所以对于图像上面的每一个像素点,先求出每一个像素点的R、G、B三个灰度值。只要这三个灰度值的关系满足对应的关系,那么这个像素点就会变成白色,不符合这个关系的像素点就会变成黑色。

在进行图像的二值化处理的过程当中,就是将图像上所显示的灰度值来进行测定,表现出整体所呈现的黑白效果,也就是其中所体现的各种亮度的等级进行展示的图像模式。

2.3 基于颜色模型的图像分割

我们下去图像进行分割之后,图像当中可能会出现一些杂散的噪点,我们需要对这些噪点来进行过滤,再进行反应的过程当中,使对应的目标进行缩小,其中,可以消除小于结果元素所在的噪声点,能够对上一节当中图像当中的目标进行标记和追踪工作,所以我们很容易得到所有轮廓去的长度和面积方面的信息,并且进行标识。

2.4 图像模式识别

基于目标的匹配首先提取感兴趣的目标,然后与计算机存储的标准模板进行匹配,最终建立对输入的解释。先训练交通标志,对应是TrainBpm,论文定义每个交通标志的标签。

对每个图片进行必要的预处理,如imresize统一成统一的大小,灰度化,二值化。最后二维向量变为一维向量。

方便数据的对比。即对每一个交通标志进行模板匹配识别,得到一个特征值即切割到的字符。识别的时候,将上图得到的交通标志的彩色图像,进行预处理,也同样得到一个特征值,将特征值和样本库里面的字符进行对比,最小差值即为结果。

3 交通标志识别系统的实现

3.1 GUI设计与制作

在进行界面的设计过程当中,我们通过找出其中所存

在的图形用户来进行整体的设计工作,其中,在进行设计的过程中,更加方便和快捷再进行使用时,就可以一起对应的工具和方法进行采用,比如设计,一个设计优秀的图像能够更加直观,可以熟知应该怎样去进行操作。

GUI制作与设计主要有几大模块:图片读取模块、颜色分量提取模块、去除干扰及分割模块、图片识别模块。

3.1.1 图片读取

在图像进行模式识别之前,首先就是要从模板库中读取模板,之后才可以进行匹配识别。在进行图片读取时,点击按钮,选择对应识别的交通标志颜色类型,同时为后面的颜色分量提取进行下一步研究,中国的交通标志颜色主要为红、黄、蓝,本课题设计依照红、黄、蓝三种颜色标识进行设置选择检测按钮。

表1就是测试图片读取算法的部分实现代码。

表1 图片读取的核心代码

```
if filename
    cd(cd1);
    d = imread(filename);
    cd(handles.cd0);
    handles.I = d;
    axes(handles.axes1);
    imshow(d);
    title('原图');
    handles.filename = filename;
    box on;
end
```

3.1.2 特征提取

其中所体现的图像特征就包括形状特征和颜色特征,而颜色特征当中就具有一定的旋转和尺度的不变性所在,所以我们在进行采取的过程当中,一定要招惹其中所存在的特性来进行分析和使用。

RGB图像读入之后,获取感兴趣的目标区域,交通标志是红色的,需要在该图像中需要找出红色分量明显的区域。

3.1.3 图片分割

由于旁边建筑物的遮挡,会出现较多的噪声和杂志,存在误差,需要将干扰给去除。论文通过先膨胀后腐蚀的设计方法实现,用来填充物体内部细小空洞、连接与物体相粘连的物体、同时可以平滑其边界,但是并不改变其面积大小。标记连通区域,去除小面积的误差(这里指噪声),通过形态过滤,去除干扰后保留下来的作为目标区域。调用函数bwareaopen,表2为去除小面积干扰的部分实现代码。

3.1.4 图片识别

交通标志识别是将检测后特征提取的图像具体的标识内容识别出来,运用计算机智能处理技术输入到控制器,控制整车的运行状态,或者通过语音或其他方式供驾驶员了解

道路场景状况规范自己驾驶行为。

表 2 去除干扰的核心代码

```
d = handles.GI;
se = ones(3);
d = imdilate(d,se);
d = imerode(d,se);
d = bwareaopen(d,100);
L = bwlabel(d,8);
```

将 RGB 原图分割出来之后,再将其灰度化、二值化、反色处理,之后将其大小调整至和模板大小一样,因为模板匹配的时候,两幅二值化图片的大小要一样才能够进行模板匹配,之后再读取模板,同样对模板库里的图片取特征值,调用识别函数,切割的字符与模板库里的字符做差值对比,输出最小值,就可以得出该图片和模板库里面哪一幅图片相似度最大了(见表3)。

表 3 模板匹配核心代码

```
for j=1:18
Template=imread(strcat('模板库\',num2str(j),' .jpg' ));
Template=rgb2gray(Template);
Template=im2bw(Template);
Differ=Im-Template;
Compare(j)=sum(sum(abs(Differ)));
end
index=find(Compare==(min(Compare)));
index=num2str(index);
```

3.2 GUI 界面系统测试

MATLAB GUI 为图形用户界面(Graphical User Interface,简称 GUI,又称图形用户接口)是指采用图形方式显示的计算机操作用户界面,是 MATLAB 用户可视化交互式的工具,运用 GUI 生成的操作界面用户不用浏览烦冗的代码而进行操作。

图 1 就是用 MATLAB 里面的图形用户界面的各种控件来设计的交通标志识别系统界面。

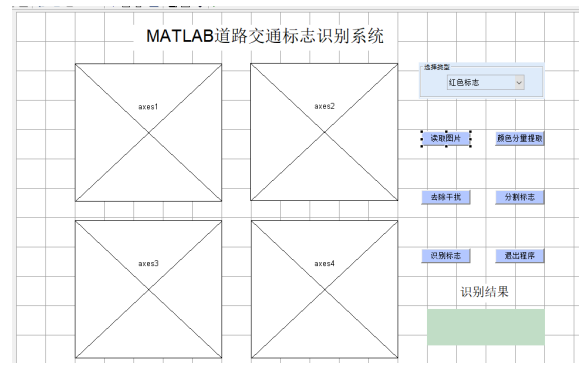


图 1 道路交通标志识别系统运行前界面

4 结语

在当今时代发展过程当中,科技越来越发达,并且有伴随着自动化的现象也越来越提高了,整体的发展要求,并且,有的国家在进行驾驶的过程当中,通过将各项交通工具进行投入和使用来进行表达,其中就包括中坚力量的存在。而我们在进行研究的过程当中,也取得了一定的研究成果。学到了很多相关的知识理论算法。但是在过程中遇到过不少难题。在实验分析过程中仍有许多不足与干扰影响系统的准确实现。

随着学术发展的研究,国际智能化技术的发展十分迅猛,在各个方面也是逐步突破,相信无人驾驶汽车也会很快被带入现实生活中,逐渐地流行起来,这对于交通安全事故是具有重大意义的。

参考文献

- [1] 张淑芳,朱彤.基于残差单发多框检测器模型的交通标志检测与识别[J].浙江大学学报(工学版),2019,53(5):940-949.
- [2] 蒋刚毅,郑义.基于数学形态学的交通标志自动识别[J].汕头大学学报:自然科学版,1998,13(1):90-96.
- [3] 沙莎,肖学钢.一种多通道融合的交通标志检测方法[J].计算机工程,2009,35(6):202-204.
- [4] 朱淑鑫.基于颜色特征的交通标志图像分割研究[J].考试周刊,2012(81):111-112.

Application Analysis of SLAM 3D Laser Scanner in Mine Survey

Yinglun Song

The Fourth Geological Brigade of North China Geological Survey, Qinhuangdao, Hebei, 066000, China

Abstract

Ordinary measurement methods and means have certain limitations in fast, efficiency and safety in mine measurement, especially the measurement of dangerous areas, such as goaf, cannot be satisfied. Loose is artificial mining, underground formation of a large irregular space, mine mining, design, management often because of the existence of goaf and form certain hidden factors, mining personnel, mining equipment in the case of paralysis, have fall into the goaf and the risk of injury, at the same time because of the structure is not stable, support is difficult, improper handling is the risk of collapse. Therefore, the use of 3D laser scanning equipment to mine roadway, goaf and other accurate and efficient data collection, and then form the spatial position, form, volume and other 3D data of mining engineering, science department management of underground mining engineering.

Keywords

three dimensional laser scanning; convergence analysis; copy of real; quadratic convergence; mode building

SLAM 三维激光扫描仪在矿山测量中的应用分析

宋英伦

华北地质勘查局第四地质大队, 中国·河北 秦皇岛 066000

摘要

普通测量方法与手段在矿山测量中快速高效安全方面已经有了一定的局限性,特别是对危险区域,如采空区的测量,更是无法满足。采空区是人为采矿挖掘后,地下形成的一个较大的不规则空间,矿山的开采、设计、管理往往因为采空区的存在而形成一定的隐患因素,矿山开采人员、开采设备等在麻痹大意的情况下,有掉入采空区而受到伤害的风险,同时采空区因为结构不稳定,支护比较困难,存在处理不当存在坍塌危险。因此,利用三维激光扫描设备对矿山巷道、采空区等进行精确且高效的数据采集,进而形成采掘工程的空间位置、形态、体积等三维数据,科学管理地下采掘工程。

关键词

三维激光扫描;融合分析;实景复制;二次融合;模型构建

1 引言

矿山开采后期往往是在地下进行,随着地下采掘工程的逐步深入,这就容易造成地下采空区和空间分布规律不明显,具有较强的随意性和隐蔽性,进而造成大的采空区位置点不明确、采空区风险隐患点不易排查。而矿山的开采和技术勘探、安全管理又必须对矿上的安全隐患进行排查,全面了解矿山存在的风险因素,就必须要对矿山采空区分布情况进行全面掌握,为后期的矿山开采和、治理、勘探和隐患排查等,提供基础数据。

2 三维激光扫描系统应用背景分析

传统的测绘手段往往是局部测量一些点,再将点连接

【作者简介】宋英伦(1987-),男,满族,中国河北秦皇岛人,工程师,注册测绘师,从事工程测量、矿山测量、不动产测量、航空摄影测量、海洋测量等研究。

形成线,再由多线构成面,可见所测的点是单点式和抽查式的,不能避免重要数据的缺失,造成图件特征部位不明显,不能突出重点,这就不利于矿山安全生产评估与矿山安全排查隐患的排除,不能为其提供更好的依据作用。而这样的问题正是摆在矿山管理者、开发者、安全评估者、找矿勘探者面前的最为迫切需要解决的问题,在这样的背景下,三维激光扫描仪以传统测量仪器不可比拟的优越性应运而生,其高效、优质、安全、便携等特点是传统测量仪器和手段无法相比的,这也是激光三维扫描仪技术得到广泛应用的重要原因之一。

2.1 SLAM 三维激光扫描系统的构成

三维激光扫描技术是近年新兴的技术,又被行业称为实景再现技术,是一种全新的测量技术,它突破了传统的单点测量方法,具有高效率、高精度、实时信息反馈的独特优势,三维激光扫描技术的关键在于能够提供扫描物体表面的三维点云数据,将数据进行融合分析后,可以用于获取高精度高分辨率的数字模型。具体的工作原理是:三

维激光扫描仪发射器每当发出一个激光脉冲信号，在物体表面形成反射后，会沿着同样的路径返回到仪器，仪器对信号进行接收处理后，仪器就可以通过分析确定仪器至物体的距离，仪器中有控制编码器装置，会测量出每个激光脉冲的横向和纵向观测值，与距离共同构建整个物体的模型，进而对物体进行真实而实时的反映。

SLAM 三维激光扫描系统，与传统的扫描系统又有新的不同，在适应环境能力和操作人性化方面也有了大大提升，其主要特点是可以便于携带在测量身上，对周边环境和物体进行实时移动测量，在进行采空区测量时，能快速进行采空区形成的硐室进行数据采集，形成准确数据，这主要归结于 SLAM 算法。

SLAM 三维激光扫描系统中的硬件装置虽然很重要，但是 SLAM 算法却是这三大主要要素中的重中之重，其算法的合理与否，直接影响着其移动轨迹的准确性和数据的精度，其算法的好与坏直接作用在最终数据的准确程度，进而对整个工作的精细化程度造成重要影响。SLAM 算法根据激光测距仪所获得三维数据中时间轴上共同的特征点加上 IMU 获取的姿态数据，对测量的数据进行实时解算，获取从起始点至开始进行的移动距离和角度数据，形成三者的对应关系，最终在仪器中进行再次解算，在经过计算分析后，构建连续的直接的空间场景，并在仪器上实时动态反应。可见，周边场景再现在仪器看来是场景被动实现的，经过数据分析后可以获得详尽的连续的空间数据，最终形成系统的模型。

2.2 三维激光扫描系统模型分析

根据扫描仪的主要部件和在测量中的应用分析，发射的激光作用在物体表面，物体表面被漫反射后，仪器采集漫反射的物体表面的激光条纹图像，经过仪器收集、分析、融合数据后，对其充分处理后获得像素的坐标，对坐标数据进行保存后，再经过激光扫描仪的固有的模型，通过该像素坐标计算后，得到位于激光测头内系统的测量坐标，所得到的坐标经过二次变换，最终变换至原有定位器坐标系内，形成内部的一一对应转换关系，最后融入定位器姿态数据后进行分析，获得全局整体坐标，至此完成了坐标的从外部至内部的转换。

3 应用案例

3.1 项目概述

项目区内有多个废弃平硐，且经矿区相关人员介绍，巷道内部有几处规模较大采空区，因年久失修，支撑及维护系统多不完整，存在安全隐患。根据此情况，我项目部经过技术人员及相关专家共同研究论证后，如何采用高效、快捷且人员参与少的测量系统对巷道内部进行三维成图及采空区现状进行分析，实为本项目的重难点，经过多方比对，最终拟对巷道及采空区进行便携式激光三维扫描设备实时测量，最终为下一步工作开展提供基础数据。

3.2 技术流程

根据测区实际情况，特别是结合巷道及采空区的分布特点，依据绝对坐标控制点，规划行走路径，避免重复扫描。测量人员通过缓慢匀速的前行，扫描采空区及周边的地物数据，根据仪器顶端旋转的激光发射装置，在设备的前方将会形成 360° 无死角地扫描区域，这就为完整获取采空区数据提供有力保障，这也是激光三维扫描仪器能够承担具体工作项目的重点所在。

3.3 数据采集

对仪器进行设置并检查初始化运行状态，对巷道及采空区内气温、气压、湿度、空气条件等进行自动检测，利用设备传感器自动记录周围环境要素，用以对不利数据出现时进行详细分析。

在数据采集过程中要注意以两点：

①测量技术人员行进的稳定性，前文公式不难看出，尽管设备的行进速度能够被设备识别并速度进行补偿，最终获得外部坐标数据。但是良好匀速的行进对数据的采集质量有重要影响，可以避免因为速度补偿过程中细微误差的不完全分配，以影响数据质量。

②采集过程中避免扫入多余物体，特别是其他跟随人员、废弃的堆积物以及其他影响数据真实情况的物体，以减少后期数据降噪处理的运行负担。

3.4 数据处理

对仪器设备形成的数据进行下载后，利用 Cyclone 软件进行处理，通过软件对数据进行平滑去噪和匹配拼接，最终对数据进行综合分析，形成点云三维模型。

3.4.1 二三维联动查看点云数据

根据初步形成的三维数据并做详细的分析，进行数据分析前，对所形成的数据进行二三维联动查看，发现其规律性，以及能够映射出数据的针对性，并对存在问题的数据进行有效识别。

在此过程中，通过二三维联动查看功能，能显示出来扫描行进的轨迹，有利于对巷道和采空区进行整体把握。

3.4.2 匹配拼接

项目地下巷道和采空区的工程量很大，短短数天是无法完成全部的采集工作，不可避免地会多天采集数据，这就需要仪器设备要有数据交互拼接功能。结合开展同类项目的经验，在系统上开发了数据融合功能，可将第一天与第 N 天的数据相互融合，但前提是要有部分公共区域，这样可以提高数据融合的准确度，匹配得更加完美，提高作业效率。但在匹配的过程中要对数据进行分析，特别是有特征点位置的数据，要结合现场实际情况，做好拍照记录工作。

3.4.3 采空区绝对坐标转换

根据事先在项目区外布设的 3 个控制点，把采集数据的相对坐标转成绝对坐标，根据全站仪和 RTK 进行后期验核，一定条件下可将误差控制在 3cm 左右，满足本次测量

精度要求。

3.4.4 巷道和采空区三维量测分析

形成的数据,可实现对线路上巷道或采区进行任意点距离量测、面积量测、角度测量等,能够直接精确测量出各点的坐标、高程、任意两点间空间距离、任意点高程等,所形成的数据方便后期应用。

3.4.5 模型构建

根据软件提供的自动建模功能,在对所形成的点云数据进行分析的基础上,进行数据二次融合,融合后进行综合分析,并利用建模功能进行模型构建,可以实现巷道及采空区立体化重现,为整个巷道及采空区进行三维可视化构成提供有力支撑,实现了三维模型的构建。

3.5 数据应用

采集的巷道及采空区数据在处理,可直接利用处理好的数据进行相应数值计算,巷道和采空区体积计算可用于生产验收、矿山安全管理、采空区回填设计等,所形成的数据与3DMine软件能进行相互兼容,能实现快速计算等功能。同时,所有计算操作的可视化、人性化强,适合在工程领域的应用。

4 结语

随着测量手段的推陈出新及科技含量日益加强,三维

激光扫描技术的出现,与传统的测量仪器和方法相比,能够大大地提高测量效率,特别是SLAM三维激光扫描仪在矿山等不利环境中的应用,在提高效率的同时减少了技术人员自身的安全风险,同时这种测量方式在其短短数秒就可以获得百万的空间点位,除了三维空间信息,丰富了空间展现形式以及三维效果的辨识度。结合本次项目的开展不难看出,三维扫描仪所提供的系统在理论上可行,在实际操作过程中,对数据进行的一系列分析研究,为以后的项目的开展提供了系统直观的数据,进而能更好地为矿山开采等领域服务。

参考文献

- [1] 明镜.三维地质建模技术研究[J].地理与地理信息科学,2011,27(4):14-18.
- [2] 李青元,张丽云,魏占营,等.三维地质建模软件发展现状及问题探讨[J].地质学刊,2013,37(4):554-561.
- [3] 袁夏.三维激光扫描点云数据处理及应用技术[D].南京:南京理工大学,2011.
- [4] 周华伟.地面三维激光扫描点云数据处理与模型构建[D].昆明:昆明理工大学,2011.

The Application of New Surveying and Mapping Technology in the Construction of High-standard Basic Farmland

Fujun Li

Shanxi Huabang Times Technology Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030000, China

Abstract

The development of modern new technology, make the management of farmland more intelligent, automation, but how to make good use of modern technology management farmland work is worth thinking about, farmland management information, is conducive to synchronous farmland land development, in the farmland surveying and mapping management also has a positive influence, the article will combine modern science and technology on farmland management construction work.

Keywords

new surveying and mapping technology; high standard; basic farmland construction

新型测绘技术在高标准基本农田建设中的应用

李伏军

山西华邦时代科技有限公司, 中国·山西太原 030000

摘要

现代新技术的发展,使农田的管理更加智能化、自动化,然而人们如何利用好现代技术管理好农田工作是值得思考的,农田管理工作实现信息化,有利于同步农田的土地开发工作,同时在对农田的测绘管理工作方面也具有积极的影响,论文将结合现代科学技术对农田管理建设工作进行具体的论述。

关键词

新型测绘技术;高标准;基本农田建设

1 引言

随着科学技术的发展,数字化测量工作逐渐走向最新的阶段,新技术的诞生有利于各部门对农田管理工作的开展,同时也有利于农村土地的进一步规划。现阶段高标准的农田工程越来越受人们的欢迎,赢得了社会的大量需求。为了能够使农田测绘工作更加标准和有效,需要对测绘工作进行精益求精,这样才能满足大众的需求和农业市场的发展。

2 高标准基本农田的概述

所谓的高标准基本农业指的是在特有土地特性和自然条件下,通过改善农村的生产条件,从而使农村的生态环境得到进一步的改善,这样有利于农村的基本建设。除此之外,农村建设中也包含防灾、防旱等工作的完善,因此高标准基本农田也要求农村建设需要配备完善的设备和机械,这样才能符合农村建设高稳定,高效率的发展。之外,部门在设置一些高标准设备性能的规格,设备或要求时,

【作者简介】李伏军(1983-),男,中国山西吕梁人,从事新型测绘技术在高标准农田建设项目的研究。

需要按照科学的制定标准严格执行,例如,配备科学的调查技术、配套方案以及辅助技术等,除此之外,现阶段发展的高科技也是作为高标准基本农田高速发展的后盾,这样不仅在满足技术符合要求的前提下,对农田全面发展作出贡献,同时还有利于农田建设中的测绘工作进行高效率的发展。

3 测绘技术概述

所谓的测绘技术是应用于土地规划或测量管理工作中,主要包含土地统计,土地登记等相关的工作。测绘技术在施工阶段,在导线网和水准网的测量方面也具有积极的影响,它可以进一步保证数据的科学性和有效性,并且在施工的后阶段,可以对土地的现状进行科学的检测或补查,有利于利用高标准基本农田建设工作,进而推动土地资源的合理分配问题,帮助我国实现土地动态分配的工作,另外,测绘技术应用在高标准基本农田建设中,有利于合理分配土地资源,完善了稳定长期发展的生态系统。

4 高标准基本农田建设的重要性

以往的土地利用管理工作方面,由于土地分布较为零散,布局相对也较为凌乱,因此不利于机械设备开展工作,

这使得农业市场的经济大幅度下降,为了能够解决这一问题,相关部门建立起了高标准的农田工作,这一举动不仅推动了我国农业现代市场的发展,同时也提高了农业管理的水平。实现高标准农田建设工作,使农田建设工作从传统工作中脱离出来,迈向了现代农业的发展行列,同时也带动了农村经济的快速发展,使得高标准农田建设工作开展得更加有效。另一方面也有利于保障我国粮食的长久安全,农田建设高标准的要求使得农业发展水平的综合地位大幅度提升。在以往的农田建设工作中,对于农田产量的收入情况一般是依靠于天气的,自从高标准农田建设工作开展以来,有效地解决了因旱涝问题造成的农业产量低下。

5 测绘技术在高标准基本农田建设中的应用

5.1 GPS 在高标准基本农田建设中的应用

全球定位系统在多个领域都有涉及,而且所展现出的作用是非常积极的,将全球定位系统应用在高标准农田建设工作中,不仅能够保障工作人员测绘工作的合理性,科学性和有效性,同时使测绘结果更加准确和科学,避免出现土地测绘时不合理的数据产生。除此之外,全球定位系统可以精准定位到位置信息,工作人员可以利用GPS系统将精准的位置发送到后期系统并且产生相应的数据,将这些数据通过进一步的分析和总结,可以有效地得出测绘工作中存在的不良影响,使测量人员有时间做出补救措施。从GPS技术的使用作用中分析,它可以对农田的所有情况进行定位,并根据相应的数据分析,农田工作中存在的问题,进一步提高了工作人员对农田情况的详细了解,例如农作物的种植、化肥以及生产等情况,帮助我国的农业市场经济发展得更加迅猛。

5.2 RS 技术在高标准基本农田建设中的应用

由于遥感技术本身存在较高的分辨率和传感系统,它可以精准地探析到农作物的详细情况。操作人员通过对数据的进一步评估和分析,从而对农作物的生长情况作出长时间的调研,并根据实际的情况对农作物生长的精准度和高效度做出有效的调整。另外通过遥感技术,管理人员可以提前预知农作物的产量情况。由于遥感系统具有提前预知的功能,工作人员可以利用该技术对农作物进行科学具体的分析,例如分析农作物的生长土壤环境,以及农作物将要发生的自然灾害等,通过农作物与土地信息之间的进一步交互和信息交换,工作人员可以提前对农田建设工作进行预防处理,进一步降低因自然灾害对农业市场带去的危害。

5.3 地理信息系统在高标准基本农田建设中的应用

地理信息系统涵盖的数据来源和信息面较广,如农田土地的污染情况,水质情况以及农作物的跟踪监控等都可以在该系统中查询到。另外地理信息系统可以自动地采集农作物的地理信息以及搜索地质情况,通过遥感技术和GPS技术的合理使用,从而使地理信息系统独立工作,这不仅降低了工作人员对大量数据的操作,同时也降低了工作人员因大

量数据而出现的错误。最后,地理信息系统拥有较广阔的空间,而且探索的能力也具有较高的精准度,因此相关的管理人员可以根据该系统作出农田建设的决策情况,并根据所分析的数据制定出数据模型,从而使得到的数据,农业数据更加直观和科学。这给高标准的农业建设工作减少了大量的人力,财力和物力的投入,使得管理工作更加简便,快捷和高效。

5.4 无人机航空摄影测量在高标准基本农田建设中的应用

传统的航空摄影测量,按照相关技术规范需要布设很多的像控点。内置RTK和PPK功能的无人机在航空摄影测量中,地面布设无需像控点,外业人员不需要根据测区地形特点布设像控点,减少了大部分外业工作量,配合无人机航空摄影后处理软件各种软件,比如大疆智图、Pix4D等数据图像处理软件,内业人员不需要太强的专业知识。软件运行过程无需人工干预,即可全自动、快速将轻松数千张影像快速制作成专业精确的正射影像图和三维模型,大大提高工作效率。

以下项目就是典型案例,山西省某市某县2022年高标准基本农田建设项目中,共像控点布设若干个,平均每个测区布设50~80个,参考GB/T 7931—2008《1:500 1:1000 1:2000航空摄影测量外业规范》和CH/Z 3004—2010《低空数字航空摄影测量外业规范》;像控点的测量执行CH/T 2009—2010《全球定位系统实时动态测量RTK技术规范》,利用求取的七参数自行解算像控点坐标。

6 像控点布设要求

①应选在线状地物的交点、明显地物拐角顶点处、影像大于0.2mm点状地物中心(如:小灌木中心),交角必须良好。电杆、弧形地物、不固定的地物(如:阴影、活动门、汽车)、点状目标影像大于0.2mm不得作为刺点目标。

②应选在高程变化不大的地方,不应选在狭沟、尖山头或高程急剧变化的斜坡上。

③像控点刺点目标的影像必须清晰、明显。

④应满足GPS观测的要求:点位上应便于安置接收设备和操作,对空视野开阔,无较大遮挡。

7 像控点测量、解算

相片控制点按区域网布设,为提高像控加密的精度,要求在区域网的两端中部位置各增加一个平高点。像控点平面采用网络RTK技术。

根据CH/Z 3004—2010《低空数字航空摄影测量外业规范》中P3 6.1和GB/T 7931—2008《1:500 1:1000 1:2000地形图航空摄影测量外业规范》中P10 6.1精度要求的规定:“平面控制点和平高控制点相对于邻近基础控制点的平面位置中误差不应超过地物点平面位置中误差的1/5。高程控制点和平高控制点相对于邻近基础控制点的高

程位置中误差不应超过基本等高距的 1/10”。则平面中误差不应超过 0.75m，高程中误差不应超过 0.2m。因此像控点测量采用 RTK(SXCORS) 方法测量，使用华测 I70 GPS-RTK 接收机，利用已有资料控制点解算成果求取的转换参数测量 3 测回，每个测回观测三组数据；各测回观测成果平面较差 $\leq 2\text{cm}$ ，高程较差 $\leq 3\text{cm}$ ，测回间平面较差 $\leq 2\text{cm}$ ，高程较差 $\leq 1.5\text{cm}$ ，最后取 3 个测回的平均值作为最终成果。

8 无人机航线设计

8.1 航摄技术设计

严格按照技术要求和相关规范、标准进行摄区的技术设计，按照 ISO9001 的程序进行审批，确保方案准确，可行。

8.2 组织实施

检查飞机及航摄设备：飞行之前对无人机、相机等主要设备进行检查，使其始终处于良好工作状态，保证项目能够按期完成；采用 CHCCommander 地面站软件，导入测区范围线进行航摄任务规划；利用测区范围线规划“航摄飞行计划”，框出测区范围；设置相机参数、重叠率、成图比例尺及分辨率、基准面高程、最小盘旋半径，即可生成飞行计划；飞行质量控制措施：采用 GPS 导航，飞行中经常查看 GPS 导航仪的工作状况，防止因卫星失锁造成 GPS 导航失效；摄影质量控制措施：利用飞行管理系统软件控制飞行，保证飞行数据准确；航摄结束后，摄影员检查航飞数据质量，若有不合格航线立即组织补飞；补摄与重摄：漏洞补摄按原设计航迹进行，补摄航线的长度满足用户区域网加密布点要求。

9 无人机航飞设计方案

①在航摄设计时，利用无人机搭载高分辨率数码相机拍摄。基于飞行器自带的卫星地图高程进行飞行设计，航线采用蛇形航线加构架航线的方式，确保整个区域高程精度，航摄成果满足 1 : 500 地形图测图精度要求。

②采用全数字摄影测量工作站测量加密点，用光束法加密软件对区域网进行平差，将加密和定向成果存入计算机，供测图时直接调用。在进行航空摄影时，严格按照航线设计的 GPS 导航数据进行航摄工作，保障实际航迹线与设计航迹线的偏离小于 1/5 图廓长度；选择在能见度不低于 500m，光照条件良好，摄影当天的 08:00—18:00 进行航空摄影，确保航摄影像清晰、层次丰富、反差适中、彩色色调柔和鲜艳、色调均匀，相同地物的色彩基调基本一致。完成航摄工作，及时下载数据，并进行航摄质量的质检工作。若出现相对漏洞、绝对漏洞及其他缺陷时，应及时补摄或重摄，漏洞补摄按原设计航迹线进行，并采用同一主距的数字航摄仪进行补摄工作。

③准备工作期间要按照航摄技术设计的要求，利用一切有利天气，抓紧时间飞行。在航空摄影过程中进行了摄影质量控制，包括：

第一，姿态控制。

按设计航迹导航，由自动驾驶系统保持飞行姿态，确保了各项技术指标符合要求。在指定地点进行降落。

第二，覆盖控制。

飞行结束后，对旁向重叠、范围保证等元素应进行了逐一检查，确保各项指标符合要求。

对航迹进行分析，通过相应的质量控制标准进行控制。航飞影像获取之后进行备份，使用 Flycheck 软件对摄影数据进行检查，影像无云影、清晰，航线弯曲度、旁向重叠以及摄区范围等均符合技术要求。

第三，POS 数据处理及检查。

检查 POS 设备初始化保持正常，在整个航摄飞行过程中时刻观察系统工作情况，GPS 信号无失锁现象，飞行正常。

第四，摄影质量的检查。

航摄影像清晰、层次分明、色彩饱和、色调均匀、反差适中，能辨别出地面上最暗处的影像细节，没有色斑及曝光过度等情况。

④航摄资料控制与保证。

整个航空摄影实施过程实行严格的资料控制流程，确保航摄资料保密、安全。飞行完毕后，及时进行数据下载和数据备份，并移交资料室进行保管。

⑤航摄成果质量检查。

在整个航空摄影作业完成后，实行了“两级检查制度”，保证了飞行和影像质量满足航摄规范的要求。为了保证项目的工期，飞行完成后，飞行部门及时安排人员对成果进行检查，技术部对航摄成果进行质检，确定没有缺陷和需要补摄的内容。

10 结语

综上所述，农田的发展市场越来越广阔，加上科学技术的发展速度远远超过人们的预料，因此这使农业的发展更加有效和稳定。相关管理人员通过对农田数据的进一步收集，分析和优化，从而使得农田的经济效益发展更具有前景，这也给推动了农业现代化的进一步发展和研究。

参考文献

- [1] 苏瑞坤.测绘技术在高标准基本农田建设中的应用[J].企业技术开发,2016(3):50-52.
- [2] 齐旭阳.高标准基本农田建设测绘技术的应用[J].农民致富之友,2019(2):122.
- [3] 冯晶煜.高标准农田建设测绘技术的应用分析[J].中国高新区,2018(4):25.