

# 矿山测量中的常见技术应用情况及展望

## Application Situation and Prospect of Common Technology Mine Surveying

严鑫 解晓婷

Xin Yan Xiaoting Xie

中化地质矿山总局浙江地质勘查院 中国·浙江 杭州 310002

Zhejiang Geological Prospecting Institute of CCGMB, Hangzhou, Zhejiang, 310002, China

**摘要:** 矿山测量是矿山储量动态监测的重要工作, 论文对3S、RTK、全站仪和无人机等新技术在矿山测量中的实际应用进行初步探析, 认为新技术的应用大幅提升了矿山测量工作的精度、效率, 为中国矿产资源开采的绿色发展提供了技术支持。

**Abstract:** Mine surveying is an important work of dynamic monitoring of mine reserves, this paper try to analyze application in mine surveying of some new technology, such as 3S, RTK, total station and UAV. The application of new technology greatly improved the accuracy and efficiency of mine surveying, provides technical support for the green development of mineral resources mining in China.

**关键词:** 矿山测量; 测绘技术; 矿产资源

**Keywords:** mine surveying; surveying and mapping technology; mineral resources

**DOI:** 10.12346/se.v4i1.6402

### 1 引言

矿山测量是矿山资源储量动态监测的主要技术手段, 有很强的综合性, 是需要综合运用包括测绘科技、空间信息技术、地质学、采矿工程技术以及土地、环境科学等多学科交叉的综合工作方法<sup>[1]</sup>, 可以在矿山勘查阶段、规划设计阶段以及后续整个开发开采阶段、经营管理阶段等全周期提供技术支持; 可以提供从地表到地下、从矿床整体的矿体到围岩的各种全面的三维地理空间动态变化关系; 同时, 目前矿山测量也服务于矿山的治理工程、土地复垦工程和绿色开发开采等多个方向, 应用面更广, 技术提升的需求也更大。

### 2 相关政策

中国各类矿产资源比较丰富, 为了及时掌握辖区内矿山地质情况和资源储量动态变化, 按照相关规定和国家文件要求, 目前自然资源部门对辖区内采矿权基本采取定期监测方式进行监管, 频率基本为每月巡检、每季度实测、年终实测、

定期复测等多种方式结合, 工作频率较高。中国矿山多位于较为偏僻的丘陵地带, 工作条件比较艰苦, 矿山测量的新技术应用, 有助于提高矿山资源储量动态监测工作的效率和准确性, 同时也可以提高人员工作时的安全性。

### 3 技术现状

根据中国知网中与“矿山测量”相关的主题词搜索结果来看, 2012—2022年相关文献为2366篇, 年发表数量变化见图1; 研究层次主要集中于技术开发和技术研究领域, 占比情况见图2; 主要技术关键词为RTK、全站仪、GPS、GIS和无人机等, 具体文献发表情况见图3。

从发表文献来看, 近年关注度高和利用较高的主要技术为RTK、全站仪、GPS、GIS和无人机等数字测量技术, 这些数字测量技术的应用, 主要工作重点是在矿山测量数据采集、数字化处理分析、构建数据库并建立三维模型等, 可以建立基础平台, 在数据查询阶段、访问期间及应用期间都能

【作者简介】严鑫(1985-), 男, 中国山东泗水人, 本科, 高级工程师, 从事固体矿产勘查、矿山测量、地质灾害防治、土地质量调查等研究。

提供服务,同时也是矿山生产建设的技术基础<sup>[2]</sup>。技术的不断提升,也有着很高的应用优势,能够有效提高矿山测量的时效性,能够更好地控制数据结果的质量,扩大矿山测量工作范围,在复杂地质地形环境中都有很好的应用,但测量人员工作时不用面对较高的安全风险,工作环境的安全能够进一步保障。



图 1 文献发表年度变化图 (2012—2021 年)

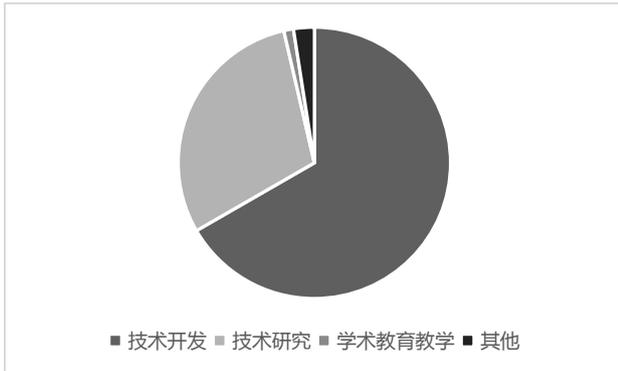


图 2 研究层次分布图 (2012—2022 年)

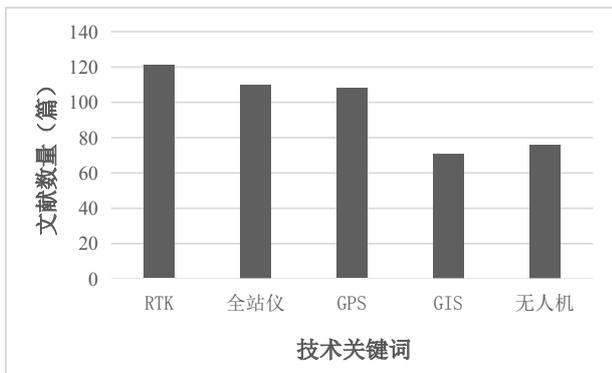


图 3 技术关键词文献情况 (2012—2022 年)

## 4 技术特点及应用分析

### 4.1 3S 技术

一般来讲,将 GPS 全球定位技术、GIS 地理信息技术

和 RS 遥感测量技术等三个技术统称为 3S 技术。GPS 是在全球定位系统支持下的测绘技术,通过在矿区测量时建立全面控制网,从而实现对矿山全区域、全天候的实时检测,检测过程可以不受气候变化影响;GIS 是在地理信息系统和计算机技术支持下的测绘技术,通过参考分析信息数据库中的大量数据,实现对矿区区域的高效、精确测量,进而通过三维形象显示出测绘范围直观的立体面貌;RS 是在遥感技术支持下的测绘技术,可以对矿区地面变化进行实时检测,让测绘工作人员对矿区整体的规模大小、面积大小更准确地掌握<sup>[3]</sup>。

3S 技术经过多年的应用和发展,目前已经形成基于计算机软件技术、大数据分析理念的一套集成技术体系。该项技术具有信息化水平比较高、自动化水平比较高、信息化水平比较高、时效性比较高等优点,操作起来也相对比较便捷,不需要一定让测点之间保持通视就可以开展测量工作,在复杂地形条件下也显示出了比较高的适应性。在信息化、大数据背景下,利用强大的计算机软件功能,对三种技术采集到的信息、数据、图像等进行处理,形成可视化、精细化、动态化的地理信息体系。其中,GPS 技术提供精确的位置、速度等信息,RS 技术提供图像、影像信息,再由 GIS 进行信息整合、处理,便于不同用户进行信息调取和使用。

### 4.2 RTK 技术

RTK 技术在矿山测量工程中应用的时间已经比较长,范围也比较广。GPS 技术已经相对成熟,在该技术基础上,RTK 技术是进一步发展,其原理主要是载波相位差分,能够实现对测点的动态测量。RTK 技术应用思路分为以下几个步骤:第一,在基准站位置设置 GPS 信号接收机,实现卫星定位与观测;第二,把信号信息传输到相关的传输设备中,同时也可以及时实时的发送至观测站;第三,在信息传输中,能够做到有效过滤相关可靠信息,保留下足够可靠的有意义、有价值的信息;第四,在对计算结果进行检测时,测量人员能够通过 GPS 接收机,开展科学计算数据信息的工作,同时实现将精准信息发送至显示设备,实现远程观测目标的实际效果<sup>[4]</sup>。

RTK 技术有比较全面的测绘功能,工作人员有时可以实现不参与实际的操作过程,自动化测量和测绘程度都较高,能够有效降低测绘工作中出现失误操作的概率;该项技术在一定程度上也能够克服包括天气条件在内的一些障碍,对矿山测量的地理信息进行精准定位的时间大幅减少,可以提高工作人员开展测量工作时的工作效率;也就缩短了观测时间,还能在观测中展开实时解算,全面提升工作效率。矿

山开采各项工程中合理利用 RTK 技术, 能够满足地质勘查工作。

### 4.3 全站仪

全站仪在中国现代矿山测量中也有着广泛的。全站仪免棱镜测量大多数时候都采用两个测量头, 即红外光 R 和可见激光 RL, 两个测量头通过同轴集成在小巧精致的照准部当中。其中对反射板或棱镜的常规测量时可以选用红外激光测量头, 而出现较难到达或无法到达安置棱镜的目标时, 可以用可见激光则进行测量<sup>[5]</sup>。测量信号选用激光的好处是, 测量目标距离比较近的时候, 可以不在目标点处设置全反射的棱镜, 可以利用经过物体漫反射回来的信号, 仪器就能够识别, 然后通过计算得到所测目标点的距离数据、坐标数据和高程数据。据调查, 全站仪测量技术的测距精度可达到  $31\text{nm}+2\text{ppm}$ , 目前现有技术最高测程可达上千米<sup>[5]</sup>。

一般在应用全站仪进行矿山测量工作的时候, 可以将全球定位系统安装在全站仪设备中, 在掌握矿山结构特点的情况下, 完成三维系统空间模型的构建, 进而绘制出合理的地形图。通过这一方法不仅能够提高测量工作的准确性, 还可以促进矿山生产活动的高效进行。该项测量工作能够实现对矿山的实时、较为全面、更为系统地监测。在数据存放安全方面, 也可以将监测的数据存放于计算机内部, 最大程度地保障了数据监测结果的安全性。

全站仪能够成为矿山测量必不可少的仪器设备, 除了上述同轴化和双轴自动补偿的优势外, 还包括光电编码度盘、免棱镜和全球定位技术 (GPS) 的应用射板距离测量、自动化测量程序设计等。使用时需要及时对棱镜位置和设置参数以及对自身轴线进行检验和校正。

### 4.4 无人机技术

无人机技术近几年发展比较迅速, 测量工作人员可以通过无线遥控设备和自备程序, 控制无人驾驶飞行器展开各项测量工作。在无人机航空摄影系统中, 无人驾驶飞行器是最重要的角色, 在机器上也可搭载 RS 技术完成拍摄任务, 充分体现实时调查和监测的功能。无人机航空摄影测量主要内容包括有外业航空摄影、数据预处理、平差处理、空三加密和数据输出等<sup>[6]</sup>。

在近年无人机技术使用场景不断扩大, 而且随着应用技术的积累, 技术更加成熟, 成本也较早期下降不少, 性价比也有所提升。无人机测绘技术目前也逐渐在矿山测量中成为应用的比较多和广的测绘方式, 通过将航空高分辨率摄影设备 (如红外扫描仪、磁测仪以及轻型光学相机等) 与遥感技术的结合, 对测绘目标区域进行适当的拍摄和记录, 得到较

为全面的测绘数据, 再将数据共享到计算机设备中, 集中进行数据处理。在使用该技术时, 也可以进行测绘数据预处理、加密等工作<sup>[6]</sup>。

综合来看, 无人机技术性价比较高、测绘精确度也相对较高、应用场景灵活等优点, 在矿山等较为复杂的环境中比较适用。以往在矿山建设初期利用传统测量方法工作, 可能因为道路设施不完善等因素导致测绘工作很难开展, 测绘工作效率整体很难提高, 可能出现测量数据误差大等问题, 同时大比例尺地形图测量工作展开的也会比较困难。推广使用无人机摄影技术, 能够在较复杂环境中发挥倾斜摄影的优越性。目前, 各地在矿山储量动态监测工作中都在加强推广和应用。

## 5 技术要点

### 5.1 数据安全性及保护

新技术使用提升了数字化水平, 但同时地质信息的保密性也有了更高的要求。地质地形信息具有极高的保密性, 各类相关数据访问权限应有明确规定, 对不同安全级别的机构 (包括各类企事业单位等) 或个人, 需要明确访问权限和有效期, 尤其要访问者提供真实有效的信息后才能获取查看和使用权限, 坚决杜绝地质资源信息的违法盗取和非法使用。

地理信息系统所在网络也需要极高的安全性保障, 设置安全警报, 做好安全防范预案, 一旦发现网络和系统受到攻击, 都应触发相关警示, 并由网络安全工作人员及时处理。

### 5.2 数据有效性检验

各类仪器的测量精度都会受到环境复杂程度的影响, 尤其在矿山测量工作中, 作业环境越复杂, 越需要外业工作的测量人员, 在外业数据采集时, 能够选择适当的仪器, 并在合适的时间开展工作。在数据采集完成后, 也需要及时对采集到的数据进行核验, 如果发现不合格或不合理的数据, 需要及时进行检测确认, 最大程度保证测量数据的准确性。

### 5.3 严控操作失误

测绘人员本身素质也对测量工作中仪器使用效果有很大影响, 需要注意的是, 要尽量避免人为因素引发的各类偏差, 测绘人员需要加强细节把控能力, 严格避免操作失误。在保障安全性的同时, 测绘人员增强自身责任意识也十分必要, 及时学习和掌握各项技术和仪器使用, 操作仪器设备前应熟悉仪器特点, 操作仪器设备时严格按照规范要求, 获得更加准确、可信、可靠的测绘数据信息, 将最大化发挥各项测绘新技术的价值。

## 6 展望

矿山动态监测推广应用矿山测量的各项新技术,通过综合运用各项技术,得到动态和有效的数据,应用场景相对稳定,积极提供研究样本,可以有效地促进新技术的发展。矿山测量新技术和仪器未来的发展和应用趋势,必然是更加自动化、智能化、内外业一体化,数据可视化也将实现,技术之间更多的整合与创新也将越来越广泛。在矿山测量工作中,能够体现出现代化科学技术的重要作用,扩大新技术的应用广度和深度。科学技术在未来还会往更高层次的方向发展,也会为测量技术带来产生更多的创新点,测量水平也会进一步提高。

综上所述,随着科技水平高速发展,矿山储量动态监测中应用的矿山测量技术的自动化、数字化、智能化水平也不断提高,对于矿山本身的开采规划和基础建设大有帮助,提升自然资源部门及时掌握资源变化情况的能力。新技术的应用提供了更全面、可靠的数据支持,可以加强矿山环境的

综合治理能力,矿山施工人员在施工阶段也有更高的安全保障。当然测绘新技术的应用,也要求测量人员具备更高的技术素养,促进中国矿山事业朝着绿色方向、数字化方向发展。

### 参考文献

- [1] 郭达志. 矿山测量学科的发展——回顾与展望[J]. 矿山测量, 2011(6):5-10.
- [2] 甘江宁. 数字化测量技术在矿山测量的应用[J]. 世界有色金属, 2020(12):19-20.
- [3] 原绍波, 陈其明. 测绘新技术在矿山测量中的应用分析[J]. 中国金属通报, 2020(11):43-44.
- [4] 任德勇. RTK结合全站仪在矿山测量工程质量中的应用研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021(16):140-141.
- [5] 张潜. 全站仪免棱镜测量在矿山中的应用及成果管理[J]. 新疆有色金属, 2021(4):91-92.
- [6] 吴松. 测绘新技术在露天开采金属矿山测量中的应用[J]. 世界有色金属, 2021(18):26-27.

(上接第 66 页)

三调调查平台。三调平台的搭建主要分为两个方面,一是Web端的审核分发系统,二是移动端调查APP。Web端系统主要实现影像查看和调查成果的核查。将图斑从网页端以任务的形式下发到相应的调查部门,层层分级,并严格控制权限,形成调查可追溯到人的工作机制,并且将“互联网+”应用到实际工作中,实现零距离审核,能够进一步增强管理控制力,提高调查工作效率,提升调查成果质量,降低调查工作成本<sup>[4]</sup>。

## 5 结语

第三次土地调查对于核定我国耕地实际保有量、新增建设用地及建设用地审批、土地利用总体规划修编以及土地整治工作具有重要的意义。三调的成果数据将成为土地各项管

理工作的依据,掌握翔实精准的土地资源利用情况,能够进一步提升国土管理的精准化水平,促进经济社会的可持续发展。

### 参考文献

- [1] 郑敏辉, 林良彬, 丁华祥. 移动地理信息服务动态巡查系统设计与实现[J]. 测绘地理信息, 2015, 40(2):77-79.
- [2] 叶思远. 关于CORS系统在国土测绘中的应用剖析[J]. 智慧城市, 2016, 7(28):34.
- [3] 魏国忠, 张省, 邹松柏. 省级像控点影像库的设计与应用[J]. 测绘通报, 2015(3):71-73.
- [4] 孟灵飞, 谢东祺, 白云. CORSRTK技术在土地利用数据调查中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2014, 37(11):199-201.