

高海拔露天矿山测量技术研究

——以新疆火烧云铅锌矿为例

祁育德

新疆火烧云铅锌矿有限责任公司 新疆维吾尔自治区和田地区 848000

摘 要: 随着对矿产资源的需求持续增长,高海拔地区的露天矿场开发逐渐受到重视。在高海拔区域,独特的自然条件以及地理环境使得传统的矿山测绘技术面临着不少困难。以新疆火烧云铅锌矿为研究案例,探讨了在高海拔露天矿山进行测量技术的相关问题,分析了高海拔环境对测量结果的影响,介绍了一些先进的测量设备和方法,并结合具体实例讨论了高海拔露天矿山测量所需掌握的关键技术与解决方案。通过本次研究,目标是提升高海拔露天矿山测量的准确性与效率,从而为矿山的安全与高效生产打下坚实的技术基础。

关键词: 高海拔; 露天矿山; 测量技术; 效率

1. 引言

在高海拔区域进行测绘的工作时,遇到了多种难题,例如氧气稀薄、气压低、温度较低、天气条件恶劣以及地形复杂等因素,这些都使得露天矿山的测量任务面临严峻的考验。

2. 研究的目的、意义

对高海拔露天矿区进行测绘技术的探索与研究具有深远的意义与目标。其目标是解决高海拔环境下矿山测量的挑战,准确获取与矿山相关的地形、矿体位置以及开采边界等信息。在意义上,这将为矿山的科学规划和合理的资源开采提供重要的参考,确保开采的效率和资源的有效回收,并为同类高海拔矿区的测量工作提供理论支持和实践经验,促进行业科技的发展。

3. 高海拔露天矿山测量的特点与挑战

3.1 气候条件恶劣

寒冷的气候:在海拔较高的地区,气温往往异常低,这有可能导致测量设备的运行效率下降,例如,电池的使用时间可能会缩短,测量的精确度可能会受到影响等。强烈的风力会对测量设备的稳定性产生负面影响,可能导致测量结果的不准确,同时也给操作者的安全带来了潜在风险。

3.2 地形地貌复杂

在某些高海拔地区,冰川和冻土的现象普遍存在,这使得对测量标志的稳固性及其持久性提出了更为严格的要求,这些现象可能对测量标记及测量线路造成损害,进而

影响到测量作业的安全。

3.3 氧气稀薄

在高海拔环境中,氧气浓度较低,这会导致测量人员出现高原反应,进而使身体疲惫,工作表现受到影响。此外,这种环境变化对测量工作人员的健康状况也构成了一定的风险。

4. 高海拔露天矿山测量技术

4.1 全球定位系统(GPS)测量技术

原理与优势:GPS测量技术通过接收卫星信号,测量信号传播时间,利用距离交会的方法,计算出接收机与多颗卫星之间的距离,进而解算出接收机所在测量点的三维坐标(经度、纬度、高程),以此实现对露天矿山不同点位的定位与测量。具有精度高、速度快、全天候等优点。

在选择控制点时,应基于露天矿山的边界和周围的地形特征,合理挑选多个具备优良视距和稳定地基条件的地点。通过高精度的全球定位系统接收设备,在选择的控制点上进行长时间的静态监测进行数据处理,解算出每个控制点的精确三维坐标,这为矿山的GPS控制网奠定了基础框架,进而支持后续的测量任务。

4.2 全站仪测量技术

全站仪的工作原理及其优势在于,它将测角、测距以及高差的测量功能整合到一个设备中,能够高效且精确地确定目标点的三维坐标。

方法的实施：在设定的基准点上安置全站仪，以便进行角度和距离的测量，进而计算出目标点的坐标。采用全站仪可实现对边坡监测和建筑物形变的观察与记录等任务。

4.3 无人机航测技术

无人机激光测绘技术利用搭载的摄像头等设备，对地表进行全面扫描，以获取高质量的图像信息。该技术展现出迅速、高效及灵活的特点，能够在短时间内收集到广泛的地形信息。在高海拔环境中，利用无人机可以有效应对地形的复杂性和交通的不便，从而提升测绘工作的效率。

应用方法：对高海拔露天矿山实施地形测量，以创建数字高程模型（DEM）与数字正射影像图（DOM），并基于这些模型进行矿山的开采区域划定及运输通道的设计，通过高精度的地形数据来优化开采策略。

4.4 三维激光扫描技术

原理及其优势在于：该三维激光扫描技术通过激光束照射到目标物体上，进而获得关于该物体的三维点云信息。该技术拥有极高的精确度与效率，通过非接触式的方式迅速而精准地捕捉复杂物体的三维轮廓及其结构特征。

方法应用：借助三维激光扫描仪对高海拔的露天矿山进行扫描，以获得该矿山的三维点云数据。对获取的点云数据进行分析 and 处理，以创建矿山的三维模型和对应的地形图。利用收集的边坡点云数据，进行不同时间段的对比，以此评估边坡的变形与位移，及时识别滑坡等地质灾害的潜在风险并发出预警。

5. 高海拔露天矿山测量的关键技术要点

5.1 测量仪器的选择与校准

选择适合在高海拔地区使用的测量设备，比如具备抗寒、抗风能力以及高精度的卫星定位接收装置、全站仪和无人飞行器等。定期对测量设备进行校正，以保证数据的精准度。

5.2 控制点的布设与维护

根据高海拔露天矿山的地形特征，合理设置控制点，以确保其稳定性和视距良好。应定期对控制点实施检查和保养，并迅速修复遭到破坏的部分。

5.3 测量人员的培训与安全保障

为提高测量人员的专业能力和身体素质，开展针对高原环境的适应训练及专业技术的提升课程。制定有效的安全防护措施，确保测量人员在高海拔环境中的安全性。

6. 实际案例分析

以新疆火烧云铅锌矿为例，探讨测量技术的实际应用。

6.1 工程概况

火烧云铅锌矿坐落于新疆的西南角，位于喀喇昆仑山脉的中部，距和田县以南西方向约 197° ，直线距离大约 300 公里。矿区的海拔通常在 5455 米至 5748 米之间，平均海拔为 5600 米，地形起伏一般在 100 米到 300 米之间，属于高原与低山交错的地貌区域。矿区的山脉整体呈现出西北至东南的走向，两侧的北东部分和南西部分则相对平坦，且气候条件十分严酷。

6.2 任务目的

此次地形勘测是为满足相应工程设计及施工测量要求，以适应自治区和田县火烧云铅锌矿区的实际情况而开展的。(1)为矿区建立基础控制网络，采用 C 级 GNSS 测量技术作为地理空间定位的基础。(2)通过开展矿区工程的坐标系建立、基础控制测量以及低空数字化航空摄影等活动，制作矿区的 1:2000 比例现状地形图。(3)借助构建“时空信息数字基底”，为矿区的设计、施工及矿产开采、智慧矿山建设、环境保护和地质环境监测提供地理信息的测绘支持与保障服务。有效整合矿区的现有信息，以便为随后的矿山设计和建设活动提供参考数据。

通过 E 级 GNSS 技术构建测量基础控制网络，并运用卫星定位的 RTK 方法对图根进行测控，以获得数字摄影测量所需的基础数据。通过低空数字航空摄影技术，获得高分辨率的地面影像，进而利用数字测绘方法绘制矿区的 1:2000 比例数字地形图，以支持矿山建设、施工及后续开采过程中的地理空间数据需求。

6.3 测量技术方案

6.3.1 控制测量方案

6.3.1.1 采用 GNSS 控制网布设：

鉴于作业区域为高海拔且无人区的特殊困难环境，埋设点的位置将依据现场的土壤条件及人员可及性进行合理选择，且不同点位之间不必保证相互可视；依据 GB/T18341-2021 标准，对于岩石区域的三、四类标石或普通标石柱，采用现场浇灌的方式，确保标石埋设稳固并具备长期使用的条件。由于作业区环境具有特殊性，在现场进行普通标石柱石的浇灌时，需确保标石顶部位置略低于地面，且在标石埋设的不同阶段，应进行现场照片的拍摄并加以整理。

运用高精度的 GNSS 接收设备,通过静态测量的方式对 C 级 GNSS 基点进行联测。通过多台 GNSS 接收机进行同步观测,形成一个同步观测网络,并以边缘连接的方式进行布设。每个测点在两个时段进行同步观测,每个观测期间的长度均超过 4 小时,现场将记录外业观测的数据,并填写 GNSS 观测手册。旨在建立涵盖整个矿区的高精度 GNSS 控制网络,以便为后续的测量工作奠定一致的坐标基准。

6.3.1.2 控制网精度评估与优化:

在完成 GNSS 控制网络观测之后,使用专业的平差软件对获得的观测数据进行处理,通过精细的平差计算,评估控制网的精确度指标,例如点位的中误差和边长的相对中误差等是否符合矿山测量的精度标准。如果发现某些精度参数未达到标准,则需对相关控制点进行重新观测、位置调整等措施,以优化控制网,从而确保其准确性和可靠性。

6.3.2 无人机地形测量技术方案

6.3.2.1 技术路线

①对收集到的信息进行深入探讨,综合作业区域的实际情况,明确操作方式,并撰写相关的技术方案。②根据矿区的范围及地形特征,按照相关规范要求来设置和安置控制点标志。③确定合适的作业方案以建立平面和高程控制网络,并对控制结果进行核查,确保合格后才能投入使用。④进行无人机航拍控制点的布设,借助无人机进行地形数据的摄影测量,经过数据后处理、绘图、调绘和质量检查等步骤,最终形成所需比例的地形图。⑤使用 GNSSRTK 绘制工程点坐标。⑥在完成二次审核后,依据初次验收流程,若成果符合标准则进行整理和汇总,然后编撰技术总结文档,并提交相关资料。

6.3.2.2 地形图测量

无人机低空摄影测量技术用于获取 1:2000 比例尺的地形图,该项目使用大疆经纬 M350RTK 无人机,并配备禅思 P1 进行数据采集,确保通过采用高精度 GNSS 实时差分技术来实现 6.0cm 的地面分辨率。航测获得的影像数据通过后期处理,利用 DOM 和 OSGB 模型数据在 EPS 三维立体测图软件以及南方 CASS 成图系统内完成 DLG 的制作与输出。绘制比例尺为 1:2000 的地形图由技术人员在绘图软件内进行。

①控制点测量:为了确保航空摄影测量的准确性,在确认测区位置的情况下,技术团队将会在地面上布设一定数量的高精度像控点。

②无人机航空摄影:本次航空摄影测量是通过使用大疆的经纬 M350RTK 型无人驾驶飞行器来完成的。该无人机具备航拍平台,包括飞行控制设备、遥感通信传输系统、飞行控制系统、GNSS 实时动态差分技术以及地面站的数据处理系统。

此次 1:2000 的航空摄影工作涵盖了测区外部控制点的布局与测量、影像资料的采集与匹配、影像数据的后续处理,以及资料成果的生成与发布。测量精度为:地面分辨率 3.5cm。在对高山地区的飞行安全性和测量精度进行综合考虑后,决定将飞行高度设定为 282 米,以模拟地面飞行的状态。

在进行 GNSS-RTK 测量的像控点时,每个观测点的测量时间需超过 15 秒,并且对每个点进行两次观测。仅在获取 RTK 固定解并且结果趋于稳定后,才会开始记录数据,平面坐标的测量误差需小于 2.0 厘米,而高程的测量误差则要求小于 4.0 厘米。最终的像控点测量结果是通过两次测回的成果进行平均得到的,平面坐标及高程精确记录到 0.001m。

该项目航拍区域的飞行任务进展良好,获取的影像质量优秀且信息完整,各航线的航向重叠达到 80%,旁向重叠达到了 70%,航拍质量的精度指标也均符合相关标准。所有最终提交的航摄数据均符合设计标准,能够支持后续的数据处理工作。在大疆制图软件中完成对获取影像资料和 POS 信息的后期处理,生成了 DOM 影像、DSM 和 OSGB 呈现数据。

6.3.2.3 技术问题和处理方法

①在实际进行航拍作业的过程中,当达到 5800 米的海拔时,无人机无法如预期升至所需的飞行高度。通过分析,结果显示这是由于 5800 米的位置空气密度过低,导致了无人机的升力不足。之后,团队决定更换设备,采用了大疆 M350 无人机,并根据高原环境调整了桨翼,顺利完成了航拍任务。

②在进行空三加密的过程中,该项目发现像控点的位置存在明显偏差。经过深入分析,确定这是由于项目地处高海拔区域,以及所采用的工程坐标系所致。随后,团队将无人机的定位数据进行七参数转换,以适应工程坐标系,并与相关照片进行匹配,这一过程显著提高了像控点的定位精度,从而显著提升了空三加密的整体准确性。

7. 结论与展望

7.1 结论

本文深入探讨了在高海拔露天矿区实施测量技术的关键，分析了在这一特殊环境下测量面临的诸多困难与特征，同时介绍了适应于此类矿山的相关测量方法，归纳了技术要点与相应解决策略。通过对实际案例的研究，论证了在高海拔露天矿山中应用这些测量技术与方法的现实意义和有效性。

7.2 展望

随着科技的持续演进，针对高海拔露天矿山的测绘技术将不断得到提升与优化。与此同时，数据的智能化与自动化处理与分析将显著提升，为高海拔露天矿山的开发和管理提供更加精确和高效的支持。

参考文献:

- [1] 工程测量中的数字技术应用 – 魏增. 工程测量中数字技术的运用 [J]. 山西建筑, 2024, 50(18): 191-194.
- [2] 对于测绘工程测量中新兴测绘技术的研究 – 马振中. 关于测绘工程测量中现代测绘技术的研究 [J]. 中华建设, 2024, (09): 67-69.
- [3] 关于利用无人机倾斜摄影技术进行露天矿区生态恢复的研究 – 闻彩焕, 王文栋. 该研究探讨了使用无人机倾斜摄影测量技术在露天矿区进行生态恢复的可行性与成效 [J]. 煤炭科学技术, 2020, 48(10): 212-217.
- [4] 针对高海拔地区露天矿场, 无人机移动测量的适用性进行了研究 – 黄皓中. 该研究依托无人机所采集的数据, 对露天矿的三维时空变化及微地貌进行了分析 [D]. 北京: 中国地质大学 (北京), 2018.