

4G 智能地震仪在地面微地震监测中的应用

秦丽岩

哈尔滨市应急救援保障中心 黑龙江哈尔滨 150001

DOI:10.12238/ems.v7i12.16434

[摘 要] 4G 智能地震仪作为当下一种极具创新性的新型地震波监测仪器,它拥有十分强大的功能。其不仅能够精准地接收三分量的地震波信号,为地震波的研究和分析提供全面且准确的数据支持,同时还具备先进的数据实时传输功能。这一功能使得监测数据能够在第一时间被传送到相关的分析中心,极大地提高了数据处理和分析的及时性。将 4G 智能地震仪在地面微地震监测过程中进行应用,能够带来诸多显著的优势。它可有效提高野外生产效率,让野外监测工作能够更加高效、有序地开展。在节约成本方面,不仅节约了设备占用成本,减少了对大量传统监测设备的依赖,还节约了人力成本,降低了工作人员在野外复杂环境下的工作强度。通过全面且深入的应用试验,充分验证了该仪器在地面微地震监测中应用的可行性。这一验证结果为之后该仪器在实际生产中的广泛应用提供了极具价值的建议,有助于推动地面微地震监测技术的进一步发展。

[关键词] 4G 智能地震仪;地面微地震监测;数据实时传输

在当今科技飞速发展的时代,地质灾害监测与预警领域的研究愈发重要。地面微地震作为一种常见的地质活动现象,其监测对于预防地震灾害、保障工程安全以及深入研究地球内部结构等方面都具有不可忽视的意义。传统的地震监测仪器在数据采集的全面性、实时性以及成本效益等方面存在一定的局限性,难以满足日益增长的高精度、高效率监测需求。而近年来,随着通信技术与传感器技术的不断革新,4G 智能地震仪应运而生。这种新型的地震波监测仪器宛如一颗璀璨的新星,在地面微地震监测领域展现出巨大的潜力。它凭借强大的功能和先进的技术,为解决传统监测仪器的痛点问题带来了新的希望。本文将深入探讨 4G 智能地震仪在地面微地震监测中的具体应用,详细剖析其优势以及应用试验的成果,旨在为推动地面微地震监测技术的发展提供有益的参考和借鉴。

1. 4G智能地震仪介绍

4G 智能地震仪是一款集多种功能于一体的先进地震波监测仪器,它将检波器、采集站、数据传输模块、GPS 和电池巧妙地整合在一起。该仪器内置了 5Hz 高灵敏度三分量检波器,这种检波器具有出色的性能,能够同时敏锐地接收来自三个不同方向的地震波,为地震监测提供更全面、更准确的数据。其配备的 32 位超高精度 Σ - Δ ADC,拥有较低的噪声水平,能够在复杂的环境中精确地采集地震信号,减少外界干扰对数据的影响。仪器内置的高精度时钟,可以保持长时间的同步,并且不会产生累积误差,确保了数据采集的准确性和一致性。此外,内置的 GPS 功能十分强大,它可以对

检波器的移位情况进行实时报警,一旦仪器被盗,还能够追踪其历史移动轨迹,为仪器的安全提供了有力保障。微地震数据通过 4G 网络实现远程实时传输,操作人员可以远程智能配置作业参数,同时实时监控仪器的状态,大大提高了工作效率和便捷性。采集过程主要分为三个重要步骤:首先,检波器接收到的模拟信号会被精确地转换成数字信号,并存储在存储卡中,这一步确保了信号的准确记录;其次,当数据长度达到预先设置的长度之后,系统会自动将其裁切为一个文件,并传输至云端,方便后续的数据处理和分析;第三,数据处理人员可以从云端对数据进行实时下载,以便及时对地震数据进行深入研究。

2. 4G智能地震仪的应用场景

2.1 地质勘探领域

在地质勘探这一专业领域中,4G 智能地震仪扮演着极为关键的角色。地质学家可借助该仪器,针对地下地质结构开展全面且详细的探测工作。其工作原理是通过地震波在不同地层中的传播特征进行深入分析,进而能够精准识别地下岩石的具体类型、详细构造以及潜在的矿产资源分布状况。4G 智能地震仪具备高精度的数据采集能力以及远程传输功能,这使得即便在地理位置偏远、地质条件复杂的区域,工作人员也能够实时获取地震数据。这种特性为地质勘探工作提供了极大的便利,有效提升了地质勘探工作的效率和准确性。

2.2 地震预警方面

在地震预警体系中,4G 智能地震仪是不可或缺的重要设

备。它能够对地震波的活动情况进行实时监测,一旦检测到异常的地震波信号,系统会迅速且准确地将相关数据传输至地震预警中心。地震预警中心在接收到这些数据后,会组织专业人员依据科学的分析方法和判断标准进行深入分析和判断,随后及时向可能受到地震影响的地区发出地震预警信息。这一过程能够为人们争取到宝贵的避险时间,从而有效减少地震灾害可能带来的人员伤亡和财产损失。

2.3 工程建设领域

在工程建设领域,4G智能地震仪可用于对建筑工程场地的稳定性进行科学评估。在大型桥梁、高楼大厦等重要工程建设项目启动之前,使用该仪器对工程场地进行地震波监测,通过对监测数据的分析,能够全面了解场地的地质条件以及地震活动情况。这些信息将为工程设计和施工提供科学依据,确保工程在建设和使用过程中的安全性和稳定性。同时,在工程施工过程中,也可以利用4G智能地震仪实时监测施工活动对周边地质环境产生的影响,及时发现潜在的地质灾害隐患,并采取相应的预防和处理措施,保障工程建设的顺利进行。

3. 4G智能地震仪应用优势

在当今的地震监测领域,与传统的有线仪器相比,4G智能地震仪展现出了独特的魅力。它不需要采集链连接,这一特性使得它相比传统的有线地震仪器拥有很多显著的优点,这些优点主要体现在以下几个方面,让我们来详细剖析一下。

3.1 节约设备

传统的有线地震仪器在实际应用中,需要大量的采集链、交叉站、交叉线、T盒等仪器,这些仪器种类繁多且数量庞大。同时,在施工过程中,为了应对采集链过马路、河流等复杂情况,还需要使用过路胶皮、架线杆等材料。施工人员要携带这些设备和材料到达施工地点,不仅运输困难,而且需要花费大量的时间和精力来进行安装和调试。而4G智能地震仪则完全摆脱了这些繁琐的设备和材料,它凭借先进的技术,无需采集链连接就能实现数据的采集和传输,大大减少了设备的使用量和成本,使得施工过程更加简洁高效。

3.2 节约人力

4G节点仪避免了大量有线附件的使用后,在仪器运输和排列布设方面节省了大量的工人和车辆。在传统的有线仪器施工中,需要众多工人搬运和安装采集链等设备。这些工人需要在野外环境中长时间工作,劳动强度非常大,且由于设

备的安装和调试过程较为复杂,使得人力施工效率低下。而4G智能地震仪的使用,使得施工过程更加简便快捷。施工人员无需再花费大量时间和精力去搬运和安装采集链,只需要将地震仪放置在指定位置即可。这不仅节省了野外施工成本,还提高了施工效率。

3.3 提高施工安全性

传统的有线仪器在经过道路、悬崖、河流等危险地段时,采集链的存在增加了排列布设人员的安全风险。当排列布设人员在道路上铺设采集链时,需要时刻注意过往车辆,稍有不慎就可能发生交通事故。在悬崖和河流等危险地段,采集链的重量和长度也会给施工人员带来很大的安全隐患。而4G智能地震仪没有采集链,在经过这些危险地段时,可极大地降低排列布设人员的安全风险,保障了施工人员的生命安全。施工人员可以更加轻松的在危险地段进行施工,不用担心采集链带来的安全问题。

3.4 有利于降低工农矛盾

传统的有线仪器在采集链布设过程中,容易对地表植被和农作物形成破坏。当采集链铺设在耕地中时,会碾压农作物,破坏土壤结构,影响农作物的生长。这不仅会给农民带来经济损失,还会引发工农矛盾,增加赔偿费用。而4G智能地震仪避免了采集链布设对地表植被和农作物的破坏,它可以直接放置在地面上,不会对周围环境造成影响。这降低了工农矛盾及赔偿费用,有利于维护良好的社会关系,使得地震监测工作能够更加顺利地进行。

3.5 有利于提高采集质量

当采集链被人为或者操作失误断开时,会影响整条线上百道检波器的数据传输,导致数据丢失或不准确。一旦采集链断开,数据就无法正常传输到处理设备,从而影响地震监测的准确性。而4G智能地震仪使用过程中,单个检波器的损坏对其他道不会产生任何影响。它采用独立的数据采集和传输方式,每个检波器都能独立工作,即使某个检波器出现故障,也不会影响其他检波器的数据采集和传输,保证了数据采集的稳定性和可靠性。

4G智能地震仪在地面微地震监测中的上述优势在复杂地表、工农矛盾严重的工区施工中更加显著。以某地面微地震监测项目为例,该项目目的层垂深为2503m,水平段长度1431m,以压裂段中点为中心采用放射状对观测系统进行布设,共布设13条测线,检波器道间距30m,最终布设总道数

1141道。如果用有线设备进行布设,需占用的设备数量远远大于4G智能地震仪。有线设备不仅需要大量的采集链、交叉站等仪器,还需要更多的运输车辆和施工人员。同时,有线设备布设涉及工农矛盾的内容包括两项:一是在耕地和村庄中挖检波坑1142个,这会对耕地造成破坏,影响农作物的生长;二是采集链长度为32.58km穿过村庄及耕地,这不仅会对当地的农业生产和居民生活造成较大影响,还会增加工农协调的难度。而4G智能地震仪的工农矛盾只涉及1142个检波坑,大大减少了工农协调的难度,提高了施工的可行性和效率。

4. 4G智能地震仪应用可行性试验

本试验的目的主要是全面测试4G智能地震仪在地面微地震监测过程中应用的可行性,这对于推动地震监测技术的发展具有重要意义。试验主要包括数据实时传输能力及完整性、电池续航能力、信号监测能力等多个方面。因此,最终用16级4G智能地震仪对某井压裂过程进行微地震监测,并与有线监测结果进行了详细的对比。在本项目中,有线监测排列布设检波器1054道,测线12条,道间距30m。为了对A井第4段、第5段进行精准监测,16级4G智能地震仪主要布设在该段上方,道间距150m,布设3条测线。两种仪器观测系统,通过对监测结果进行对比分析,主要获得以下几点认识。

1) 在4G信号稳定区域,数据可以实现实时传输。试验设计的数据文件长度是15s,数据文件记录结束后传输至处理设备的时间小于2s,这表明4G智能地震仪的数据传输速度非常快。在监测12小时的过程中没有出现数据传输阻塞、传输不完整的现象,说明其数据传输的稳定性很高。数据在地震仪自带的存储卡和云端均会进行备份,以供后期重新下载使用,这确保了数据的安全性和可追溯性。即使在地震仪出现故障或者数据传输出现问题的情况下,也能从存储卡或云端获取到完整的数据。

2) 在地震仪持续工作状态下,电池续航5~7天。通常微地震监测项目的监测时间大于15天,因此需要加装外接电源对地震仪进行供电,通过更换电瓶来实现长周期的监测项目。同时,可以通过软件对地震仪的电量进行实时监测,以便及时更换电瓶,保证地震仪的正常运行。施工人员可以根据软件显示的电量信息,提前做好电瓶更换的准备工作,避免因电量不足而影响地震监测工作的进行。

3) 4G智能地震仪可监测到部分有效信号,但是由于监测级数较少、道间距较大,对于弱信号的识别能力有限,监测到的事件数量较少。为了加强可对比性,将4G智能地震仪对应的16个有线检波点的数据提取出来,重新对微地震事件进行了识别,其识别得到的事件数量与4G智能地震仪基本一致。这说明虽然4G智能地震仪在弱信号识别方面存在一定的不足,但在整体的事件监测能力上与有线仪器相当。

4) 主要大能量事件的分布位置虽然有一定的偏差,主要是由于不同的接收方式检波点的覆盖范围不同,对事件定位的控制能力不同,但是基本趋势趋于一致。当增加4G智能地震仪的覆盖范围,推测也可得到精度较高的定位结果,为进一步提高地震监测的准确性提供了可能。通过扩大4G智能地震仪的覆盖范围,可以增加检波点的数量,提高对事件定位的控制能力,从而获得更准确的地震监测结果。

结束语

综上所述,4G智能地震仪凭借其强大功能、广泛的应用场景以及显著的应用优势,在地面微地震监测领域展现出巨大潜力。尽管在应用可行性试验中,它在弱信号识别和事件定位精度上存在一定不足,但整体表现与传统有线仪器相当,且数据传输速度快、稳定性高,电池续航能满足一定需求。随着科技的不断进步和对其研究的深入,4G智能地震仪有望不断优化改进,在实际生产中得到更广泛的应用,为地质勘探、地震预警、工程建设等领域提供更有力的支持,推动地面微地震监测技术迈向新的高度,为保障人类生命财产安全和地球科学研究做出更大贡献。

[参考文献]

- [1]叶世山,吴华灯,罗运宏,黄晖,卢子晋,李晋恺,劳谦,丁莉莎,陈建涛,严兴,邓金,周健文.智能化地震台站监控运维管理平台架构探究[J].华南地震,2024,44(4):40-45.
- [2]周连庆,赵翠萍,张捷,车时.中国地震科学实验场人工智能实时地震监测分析系统的应用与展望[J].地震,2021,41(3):1-21.
- [3]郝宾宾,邓明,张启升,黄建宇,乐恒.工程地震仪智能电源管理系统研究[J].现代地质,2012,26(6):1327-1330.
- [4]高振儒,方向,刘强,范磊.MINI-SEIS地震仪在爆破振动监测中的应用[J].爆破,2002,19(1):81-83.