

地震预警原理新思路分析及探索

蔡春生

青龙一中

DOI:10.12238/gmsm.v8i1.2114

[摘要] 文章聚焦地震预警原理,先阐述现阶段地震预警基本原理及缺陷,其基于地震波传播速度差异预警,存在数据单一、算法局限、动态适应性差等问题。进而探索新思路,包括多源数据融合,整合地质、气象等多源数据丰富预警信息;人工智能算法优化,利用深度学习等提升预警精度;实时动态调整,依据实时监测数据快速调整预警模型与参数,使预警系统能灵活精准应对复杂地震情况,降低地震灾害损失。

[关键词] 地震预警; 原理; 新思路; 多源数据融合

中图分类号: P315 **文献标识码:** A

Analysis and exploration of new ideas on the principle of earthquake early warning

Chunsheng Cai

Qinglong No.1 Middle School

[Abstract] The article focuses on the principles of earthquake early warning systems. It first outlines the basic principles and limitations of current earthquake early warning systems, which rely on differences in seismic wave propagation speeds. These systems face issues such as single data sources, algorithmic limitations, and poor dynamic adaptability. The article then explores new approaches, including multi-source data fusion to integrate geological, meteorological, and other multi-source data for richer early warning information; optimization of artificial intelligence algorithms using deep learning to enhance early warning accuracy; and real-time dynamic adjustments based on real-time monitoring data to quickly update the early warning model and parameters. This ensures that the early warning system can flexibly and accurately respond to complex seismic situations, thereby reducing earthquake disaster losses.

[Key words] earthquake early warning; principle; new idea; multi-source data fusion

地震是地球内部能量释放的一种现象,其发生具有突发性和不可预测性。强烈的地震往往会导致房屋倒塌、道路中断、山体滑坡等严重灾害,给人类社会带来巨大的损失。因此,如何有效地减轻地震灾害一直是地震科学领域的重要研究课题。地震预警系统作为一种减轻地震灾害的有效手段,通过在地震发生后,利用地震波传播速度与电磁波传播速度的差异,在破坏性地震波到达之前向可能受灾的区域发出警报,为人们争取宝贵的避险时间,减少人员伤亡和财产损失。

1 现阶段地震预警的基本原理及缺陷

地震发生时,会伴随产生纵波与横波两种地震波。其中,纵波的传播速度显著快于横波,且其携带能量相对较小,通常不会引发严重的破坏性后果。当地震纵波抵达预警系统后,预警中心可基于其信号特征,迅速估算出地震的相关参数(如震中位置、震级等),并在破坏性更强的横波到达之前,向受影响区域发布预警信息,从而为横波尚未波及的地区争取宝贵的避险时间。地震预警系统通常由智能化的信号处理系统与高效的信息发布系统

共同构成。然而,该系统亦存在显著局限性:对于距离震中较近的区域,由于地震波的传播时间极为短暂,预警信息可能无法在破坏性横波抵达之前及时发布,进而形成预警盲区。在此情况下,震中地区的人们将难以获得足够的避险时间。

2 分析震前地下裂口与地磁变化的关系

假如一整块磁铁沿中线断裂为两部分,依据电磁转化原理,断裂面两端必然形成相互排斥的同极磁性区域。由此类比,地球内部因板块的挤压与拉伸作用,局部区域会形成暂时性裂隙,导致该区域呈现同极磁性相互排斥的状态。在此情况下,原本能够顺畅通过该区域的磁感线,因磁极间的排斥作用而无法正常通过,转而向垂直于原方向的方向偏转并穿透地表,形成新的地磁场。这一新磁场能够对具有磁感应能力的动物产生影响,使其表现出躁动不安、行为异常等反应。鉴于板块开裂区域的长度可能达到数公里、数十公里甚至更长,此类裂隙的形成并非瞬间完成,而是经历了一个渐进的过程,直至未断裂区域的板块结构无法继续支撑,进而发生快速断裂、抬升或俯冲,最终引发地震。这

意味着,自裂隙初始形成之时,震中区域便已产生向四周发散的磁感线(磁化区域生成相互排斥的磁场,形成磁感线;即使非磁化区域的裂隙,也能加速新磁场的穿透)。而地震的实际发生,尚需经历一段时间。这解释了为何许多动物在地震发生前数小时乃至一天前便已出现异常反应。因此,基于磁感线探测原理设计地震监测仪器具有科学依据。鉴于磁感应现象在板块裂隙形成的初期即已产生,相较于当前利用地震波与电磁波速度差异进行预警的方法,磁感应原理可显著提前预警时间(地震波的产生标志着地震已实际发生)。地表磁场的异常变化表明,地表之下已出现裂隙。

3 震前动物异常进一步证明地磁变化

在绵竹市西南镇檀木村及江苏省泰州市东风路东风桥等地,曾出现数十万只蟾蜍大规模迁徙、成群穿越公路的异常现象,此现象极有可能由地磁变化引发。地震发生当日,有农民观察到自家猪只拒绝进入猪圈,反而向相反方向逃窜,表明磁场变化对猪只行为产生了影响。唐山地震前,唐山周边地区收音机出现调频异常、信号时断时续的情况,说明地磁的不稳定变化干扰了无线电波的传输。汶川地震前,天空出现白鳞状云及地光异常现象,推测亦为地磁变化所致,即变化的磁场产生变化的电场,进而电离空气,形成地光与地震云等自然现象。唐山大地震前,天空出现大量蜻蜓、蝴蝶、蝗虫等飞行动物聚集,油轮周围海蜇数量激增,小鱼群表现出急促游动等异常行为,均表明这些动物受到了地磁场变化的影响,其机制与鸽子受磁场影响导航类似,但目前针对其他动物受磁场影响的研究尚未形成科学结论。上述事实均证明,地磁变化在地震前客观存在,且时间上均早于地震实际发生,为震前预测地震提供了新思路,即利用地磁变化监测地震。然而,如何有效探测地磁变化?仅依赖动物行为观测存在局限性,尤其在冬季部分动物活动减少时,且长期观察动物以捕捉几年、几十年甚至更长时间尺度上的变化极不现实。因此,亟需研发科学仪器以精确监测地磁变化。

4 利用测地磁实现震前预测

4.1 地磁监测原理与候风地动仪的改良设想

地震预测作为防灾减灾领域的关键环节,其准确性与时效性直接关系到人民生命财产的安全。笔者认为,地震预测应基于地磁监测方法实现,因为地表地磁变化始于地下板块初始开裂阶段,通过监测这一变化可显著提前地震预警时间,为防灾准备争取宝贵时间。回顾古代候风地动仪的设计理念,“候”蕴含探测、探究之意,“风”则喻指难以捉摸的磁场变化,因此“候风”可理解为对磁场的探测。传统罗盘通过中心指南针探测磁场,而候风地动仪的设计或许可以借鉴这一原理,但并不一定依赖地震波。基于此,笔者提出一种改良设想:地动仪的八条龙应设计为八个独立腔室,整体采用铜等阻磁材料构建,以确保各腔室磁感应互不干扰。每个腔室内置一枚小磁针,正对磁针处开设小孔(如龙鼻位置),以便于磁针感知外界磁场变化。当板块撕裂引发磁场变化时,正对震中方向的磁针会发生偏转,而其余腔室因阻磁材料特性保持稳定。偏转的磁针通过联动装置触发龙嘴开

关,释放小球至下方蛤蟆口中,从而指示震中方向。若在全国各县政府广场部署此类改良地动仪并配备摄像头,震时可将地动仪显示的震中方向数据传输至预警中心,通过大数据分析整合各方向信息,最终确定震中位置。此外,在地震仪上增设指南针,当板块开裂初期产生磁场时,指南针即发生初步偏移,提示地震可能发生;随着板块开裂加剧,磁场增强,指南针偏移角度增大,数据中心可据此发出警报,实现地震前的预警。为确保地动仪的精准性,需联合磁学专家研发高灵敏度磁针,并与钟表匠等协作设计精密的磁针联动装置,以实现地震预警的准确性和及时性。

4.2 指南针-摄像头-大数据简易测磁法

传统地动仪虽具备地震监测功能,但其内部结构精密复杂,导致维修成本居高不下。同时,地动仪多采用铜材等贵重金属制造,材料成本高昂,在全国范围内大规模部署此类设备,无疑将面临巨大的资金压力与资源消耗。鉴于此,笔者提出一种基于指南针、摄像头与大数据分析技术的简易测磁法,旨在以更低的成本实现地震前的地磁监测与预警。单个指南针在地震引发的复杂磁干扰环境下,确实难以精确指示震中方向。然而,地磁场具有显著的震中发散特性,即距离震中越近的区域,磁场强度越大,指南针的偏转角度也相应增大。基于这一科学原理,我们可以在各监测点配备高精度摄像头,利用摄像头的高精度成像技术,实时读取并记录指南针的偏转角度。随后,通过无线传输技术,将这些关键数据迅速发送至指挥中心。在指挥中心,借助先进的大数据分析技术,对来自各监测点的指南针偏转数据进行整合与分析。通过对比各监测点的偏转角度差异,可以精准确定震中位置(偏转角度最大的指南针所在位置最接近震中)。此外,指南针结构简单,仅由磁化钢制小指针及外壳构成,造价低廉,且具备自动复位功能,便于重复使用,有效降低了维护成本。在实际应用中,只需确保各监测点的指南针灵敏度一致,即可实现高效、准确的地震预警,为防灾减灾工作提供有力支持。

5 地震预警原理新思路探索

5.1 多源数据融合

多源数据融合作为地震预警领域突破传统局限、提升预警效能的关键新思路,正展现出巨大的应用潜力与科学价值。在传统地震预警模式中,地震波监测数据长期以来占据主导地位,然而,这种单一数据源的依赖模式犹如在复杂多变的地震现象面前“单腿行走”,存在诸多难以忽视的局限性。监测设备自身的精度误差、外界环境的信号干扰等因素,都可能使地震波监测数据出现偏差,进而影响预警的准确性和可靠性^[1]。

多源数据融合则宛如为地震预警系统打造了一副“全方位、多视角”的“智慧之眼”,通过整合地质构造信息、地下水位变化、电磁场异常以及卫星遥感数据等不同类型的丰富数据源,构建起一个全面、立体的地震前兆信息网络。地质构造数据,作为地球内部结构与活动的重要记录者,蕴含着区域地壳应力分布与活动规律的“密码”。通过对地质构造数据的深入分析,科学家们能够了解地下岩层的断裂、褶皱等情况,推断出地壳应力的积累与释放过程,从而为预测地震的发生提供关键的地质

背景信息。地下水位变化和电磁场异常数据,看似微小却可能隐藏着地震孕育过程中微观环境变化的蛛丝马迹。在地震发生前,地下岩石的应力调整可能会导致地下水的流动和分布发生变化,地壳中的电磁场也可能出现异常波动。这些细微的变化虽然难以直接观测,但通过高精度的监测设备和先进的数据分析技术,能够被敏锐地捕捉到,为地震预警提供重要的前兆信息。

5.2 人工智能算法优化

人工智能算法的出现,恰似一把锋利的钥匙,为解开这些难题提供了可能。它具备超强的数据处理能力,如同一个高效的数据处理工厂,能够快速、准确地处理海量的地震数据。其自适应学习能力更是让算法具备了自我进化的能力,能够根据不同的数据特征和任务需求,自动调整自身的参数和结构,挖掘出数据中深层次的特征和规律。以深度学习模型为例,它就像是一位经验丰富的地震学家,通过对大量历史地震数据的深度学习,能够“洞察”地震波传播的复杂模式。地震波在地球内部的传播过程犹如一场神秘的舞蹈,受到地质结构、岩层性质等多种因素的影响,其传播规律复杂多变。深度学习模型通过对这些历史数据的分析和学习,能够建立起地震波传播的数学模型,准确预测地震波的传播路径、速度和强度等参数。另外,它还能捕捉到地震前兆的细微特征,如地下岩石的微小形变、电磁场的微弱变化等,这些细微的前兆信号往往是地震即将发生的预警信号。通过对这些前兆信号的准确识别,深度学习模型能够实现对地震的快速、准确预警,为人们争取宝贵的应急响应时间^[2]。

5.3 实时动态调整

地震预警系统作为应对地震灾害的关键技术手段,实时动态调整策略是其适应复杂多变地震情况的核心支撑。地震,这一自然界中极具破坏力的现象,其发生与发展过程充满了高度的不确定性和动态性。从地震孕育的初始阶段,到能量释放、地震波传播,再到最终影响地表,每一个环节都受到地质构造、地壳应力状态、地下介质特性等多种复杂因素的交织影响,这些因素时刻处于变化之中,使得地震波的传播速度并非一成不变,它会

因地壳内部结构的不均匀性而出现波动;地震波的强度也难以精准预估,不同区域的地质条件差异会导致地震波在传播过程中发生衰减或增强;而地震的影响范围更是难以简单划定,它不仅取决于地震本身的能量大小,还与当地的人口分布、建筑物抗震能力等社会因素密切相关,并且这些因素会随着时间的推移和空间的变化而不断改变^[3]。

传统的地震预警系统在设计时,往往基于一定的假设和历史数据,采用固定的预警模型和参数设置。这种静态的设计方式在面对地震这种复杂多变的自然灾害时,显得力不从心。由于无法实时适应地震过程中的各种变化,传统的预警系统可能会在地震波传播速度与预期不符、地震活动特征发生异常变化等情况下,出现预警不准确、预警时间偏差较大等问题,从而影响预警的效果,无法充分发挥其应有的减灾作用。

6 结语

地震预警作为防灾减灾重要手段,虽现阶段原理已发挥一定作用,但缺陷明显。多源数据融合、人工智能算法优化、实时动态调整等新思路的探索,为地震预警带来新希望。多源数据融合丰富信息维度,人工智能算法挖掘数据深层规律,实时动态调整增强系统适应性。这些新思路有望突破传统局限,提升预警精度与时效性,为地震灾害防范提供更可靠支持,推动地震预警技术迈向新高度。

[参考文献]

- [1]朱亮.地震预警:科技创新助力防震减灾[J].安徽科技,2023,(11):53-55.
- [2]彭钰翔,刘鹏飞,安小伟,等.云南地震预警基准站双链路设计与应用[J].华南地震,2023,43(03):70-78.
- [3]肖武军.国家地震烈度速报与预警工程[J].防灾博览,2023,(01):18-23.

作者简介:

蔡春生(1985--),男,满族,河北省秦皇岛市青龙满族自治县人,高中,研究方向:地震预测。