

地震成因与地震监测原理探析

龚庆贤

瑞丽市防震减灾局 云南 瑞丽 678600

摘要：本文深入探析地震成因与地震监测原理。在地震成因方面，阐述了板块构造学说下的地震成因，包括板块边界类型、板块运动驱动力，以及火山活动、地下岩洞塌陷、水库蓄水引发地震的情况。关于地震监测原理，详细介绍了从地震波感知、数据采集，到传输处理、震源定位、震级烈度判定，再到预警应急、结果发布及数据存储备份等一系列环节，为全面了解地震相关知识提供了理论依据。

关键词：地震成因；地震监测；原理探析

引言：地震，作为一种极具破坏力的自然现象，一直以来都对人类的生命财产安全构成严重威胁。深入研究地震成因，有助于我们从根源上理解这一灾害的发生机制；而明晰地震监测原理，则是实现有效预警、降低灾害损失的关键。本文旨在对地震成因与地震监测原理进行系统探析，梳理板块运动、火山活动等引发地震的因素，以及地震监测各个环节的运行原理，为地震灾害的预防与应对提供理论支撑。

1 地震的基本概念

地震，是一种在地球上时常发生的自然现象，指的是地壳快速释放能量时产生的振动，这个过程会产生地震波。板块运动是引发地震的主要原因，地球的岩石圈被划分为多个板块，它们在软流层上缓慢移动，当板块相互挤压、碰撞时，板块边缘和内部就会发生错动与破裂，进而引发地震。震级是衡量地震本身大小的尺度，用于表示地震释放能量的等级，常见的是里氏震级，用字母M表示。震级的变化与能量释放密切相关，震级每相差1.0级，释放的能量大约相差32倍；每相差2.0级，能量相差约1000倍。根据震级大小，地震可分为不同类型，小于1级的是超微震，通常难以察觉；1-3级为弱震或微震，人们一般也不易觉察；3-4.5级是有感地震，人们能够感觉到震动；4.5-6级为中强震，可能造成破坏；6-7级是强震；7级及以上属于大地震，8级及以上则是巨大地震，往往会带来毁灭性的灾难。烈度是衡量地震对地面及建筑物影响破坏程度的指标。一次地震只有一个确定的震级，但不同地区的地震烈度却不尽相同。影响烈度的因素众多，包括震级大小、震源深度、离震源的距离、地面条件和地层结构等。通常，震级越高、震源越浅、距离震源越近，地震烈度就越高，造成的破坏也就越大^[1]。

2 地震成因

2.1 板块构造学说下的地震成因

2.1.1 板块边界类型与地震

地球的板块边界主要分为三种类型，每一种都与地震的发生紧密相关。第一种是离散型边界，板块在此处相互分离，如大西洋中脊，地幔物质上涌形成新的地壳，在这个过程中会产生大量的小地震，虽然单个震级较小，但数量众多。第二种是汇聚型边界，又细分为俯冲边界和碰撞边界。在俯冲边界，如太平洋板块向亚欧板块俯冲，由于板块间的强烈摩擦和错动，往往引发深源和浅源地震，震级通常较大，破坏力强。碰撞边界则是两个大陆板块碰撞，喜马拉雅山脉的形成就是印度板块与亚欧板块碰撞的结果，这里的地震活动频繁，影响范围广。第三种是转换型边界，板块相互水平滑动，美国加州的圣安地列斯断层就是典型，板块间的应力积累和突然释放导致地震频发。

2.1.2 板块运动的驱动力

板块运动的驱动力主要有两个。一是地幔对流，地球内部的放射性元素衰变产生热量，使地幔物质受热膨胀上升，到一定高度后向四周扩散冷却下沉，形成对流循环。板块就像漂浮在对流之上的“木筏”，被带动着移动。二是板块自身的重力作用，在汇聚型边界，俯冲板块由于密度较大，会在重力作用下向下插入地幔，这种拖拽力也推动着板块的运动。此外，地幔柱的活动也对板块运动有一定影响，地幔柱是从地幔深部涌起的热物质流，它冲击岩石圈底部，对板块产生局部的推动作用，这些复杂的驱动力共同作用，造就了板块的持续运动，也引发了地震的发生。

2.2 火山活动引发的地震

火山活动与地震紧密相连。当火山喷发时，岩浆在地下涌动，其强大的压力使周围岩石发生变形和破裂。岩浆的上升和喷发过程，打破了地壳原有的应力平衡，引发地震波，导致地面震动。这种由火山活动引起的地

震,被称为火山地震。火山地震震级通常较小,但在火山喷发前夕或喷发过程中,其频次会显著增加。例如,日本的樱岛火山,它是一座活火山,周边区域频繁发生火山地震。在岩浆积聚、即将喷发的阶段,地震监测设备能捕捉到大量微小地震,这些信号是火山活动的重要预警^[2]。

2.3 地下岩洞塌陷引发的地震

地下岩洞的形成多源于可溶性岩石(如石灰岩)长期受地下水溶蚀。随着时间推移,岩洞顶部岩石因承受不住自身重力和上覆岩层压力,突然塌陷。这一塌陷过程瞬间释放大量能量,以地震波形式向四周传播,从而引发地震,即塌陷地震。塌陷地震一般震级较低,影响范围也相对有限,多发生在地下溶洞发育的地区,如中国广西、贵州等地。这些地区地下溶洞星罗棋布,当溶洞顶部岩石强度不足时,就容易发生塌陷地震。虽然单个塌陷地震危害不大,但长期来看,可能对地面建筑稳定性造成威胁。

2.4 水库蓄水引发的地震

水库蓄水后,大量水体增加了库区地壳压力。一方面,水渗透到岩石裂隙中,降低岩石抗剪强度;另一方面,水压改变了地下应力场分布,打破原有的应力平衡。当这种应力变化达到一定程度,岩石就会发生破裂错动,引发地震,即水库诱发地震。水库诱发地震震级差异较大,与水库规模、地质条件等因素相关。例如,中国新丰江水库建成蓄水后,库区地震活动明显增加,1962年还发生了6.1级强烈地震,对周边地区造成一定破坏。

3 地震监测原理

3.1 地震波感知

地震发生时,地球内部会产生两种主要的地震波:纵波(P波)与横波(S波)。地震波感知是地震监测的起始关键,其核心设备是地震检波器。地震检波器运用电磁感应原理工作。当P波和S波传播到检波器时,检波器内部的质量块由于惯性,会与周围随地震波运动的部分产生位移差。这种位移差使得质量块切割磁力线,从而产生与地震波运动特征一致的电信号。其中,垂直向检波器主要对垂直方向的地震波振动敏感,水平向检波器则专门捕捉水平方向的振动。在实际的地震监测工作中,为了能全面、准确地捕捉地震波信息,通常会将不同类型的检波器搭配使用。这些检波器协同工作,能够精确记录地震波的振幅、频率以及传播方向等关键信息。

3.2 数据采集系统

数据采集系统是地震监测流程中的关键环节,负责将地震检波器输出的模拟信号转化为便于后续处理和存

储的数字信号。它主要由高精度的模数转换器(ADC)构成,ADC能以极高的采样率工作,每秒可达数千次甚至更高,从而精准捕捉地震波信号的细微变化,确保地震数据的完整性和准确性。在数据采集过程中,系统会依据预设的参数对数据进行初步筛选和预处理。一方面,它会自动剔除那些因干扰或设备故障产生的异常数据,保证数据的可靠性;另一方面,还会对采集到的数据进行标准化处理,使其具备统一的格式和量纲,方便后续的分析与对比。此外,数据采集系统还具备强大的数据缓存功能。在数据传输遇到突发状况时,如网络故障或信号中断,系统可临时存储采集到的数据,待传输恢复正常后,再将缓存数据完整上传,避免数据丢失。通过高效的数据采集和预处理,为后续的数据传输、处理以及地震分析提供了坚实的数据基础^[3]。

3.3 数据传输与处理

完成采集的数据需迅速、准确地传输到处理中心,才能为后续地震分析提供支持。数据传输一般采用有线与无线结合的方式。有线传输中,光纤凭借其高带宽、低损耗和抗干扰能力强的优势,成为城市等监测点密集区域短距离传输的首选,能确保数据稳定、高速地传输。而在偏远地区,如海岛、深山等,卫星通信则发挥关键作用,突破地理限制,实现数据的远程回传。数据到达处理中心后,处理流程随即展开。首先是滤波处理,运用多种滤波器去除各类噪声干扰,像低通滤波器可滤除高频噪声,高通滤波器能去除低频干扰,从而突出地震波有效信号。接着进行频谱分析,通过傅里叶变换等算法,将时域信号转换为频域信号,确定地震波的主频、频带宽度等特征参数,为地震震级、震源深度等参数的计算提供依据。

3.4 地震震源定位

地震震源定位对于了解地震发生机制、评估灾害影响范围至关重要。其核心原理是利用地震波传播特性和各监测点接收地震波的时间差来确定震源位置。当地震发生,地震波会向四周传播,由于纵波(P波)传播速度比横波(S波)快,不同监测点记录到P波和S波的时间间隔存在差异。通过这个时间差,结合地震波在不同介质中的传播速度,运用数学方法就能计算出震源与各监测点的距离。实际定位中,常用三角测量法和双曲线定位法。三角测量法需要三个及以上监测点,以各监测点为圆心,以计算出的距离为半径画圆,这些圆的交点便是震源位置;双曲线定位法则是利用监测点接收到地震波的时间差,绘制双曲线,通过双曲线交点确定震源。

3.5 震级与烈度判定

震级是衡量地震释放能量大小的指标,通过测量地震波的振幅,结合地震波的衰减规律等因素,利用里氏震级公式等特定计算公式来确定。一般来说,地震波振幅越大,震级越高,释放的能量也就越大。例如,8级地震释放的能量约是7级地震的32倍。而烈度是衡量地震对地面及建筑物影响破坏程度的指标。它不仅与震级有关,还与震源深度、距离震源远近、地质条件等因素密切相关。判定烈度需综合考虑地震现场的破坏情况,如建筑物的损坏程度、地面裂缝状况、地形地貌变化等,通过现场调查和评估,对照烈度表来确定不同区域的地震烈度。在2011年日本东日本大地震中,震中附近区域因震级高、震源浅,烈度达到最高等级,大量建筑物倒塌,而距离震中较远地区烈度相对较低,破坏程度也较轻。

3.6 地震预警与应急处置

地震预警是在地震波到达之前,利用电波比地震波传播速度快的原理,向可能受影响地区提前发出警报。当监测系统检测到地震发生并初步确定震源参数后,迅速计算地震波传播到不同地区的时间,通过广播、电视、手机短信等多种渠道向公众和相关部门发布预警信息。在收到预警后,应急处置工作随即展开。工厂紧急停止危险生产作业,避免因地震引发爆炸、泄漏等次生灾害;医院提前做好手术应急准备,保障患者安全;交通部门对高铁等进行紧急制动或限速,防止脱轨事故。公众则可迅速采取避险措施,躲到安全地带。2019年宜宾地震时,地震预警系统提前数秒至数十秒发出预警,为当地居民争取了宝贵的避险时间。

3.7 监测结果发布

监测结果发布是将地震监测获取的信息及时传达给公众和相关部门。发布内容涵盖地震的基本参数,如发震时间、震级、震源深度、震中位置等,以及地震烈度分布、可能的影响范围等信息。发布渠道多样,政府官方网站、社交媒体平台、专业地震监测机构网站等会及时更新地震信息。同时,与媒体合作,通过电视、广

播等向公众广泛传播。例如,在地震发生后,央视等媒体第一时间播报地震相关信息。此外,还会向科研机构、工程建设部门等提供详细的监测数据,助力他们开展后续研究和制定应对措施,提高全社会对地震灾害的应对能力。

3.8 监测数据存储与备份

监测数据是地震研究和灾害预防的重要资源,因此需要进行妥善的存储与备份。通常采用大容量的磁盘阵列和专业的数据存储服务器,对地震监测数据进行实时存储。为确保数据安全,会建立异地备份中心,通过数据同步技术,将主存储中心的数据定期备份到异地。同时,对数据进行分类管理,按照地震发生时间、监测区域等进行归档,方便后续查询和调用。在数据存储过程中,还会进行数据加密,采用先进的加密算法,防止数据泄露和篡改,保证数据的完整性和可靠性^[4]。

结束语

地震成因复杂多样,板块运动、火山活动、岩洞塌陷及水库蓄水等都可能引发地震。而地震监测通过对地震波感知、数据采集处理、震源定位等一系列环节,为地震预警与应急处置提供关键支持。对地震成因与监测原理的研究,不仅能加深我们对地球内部活动的认识,更在防灾减灾方面意义重大。未来,随着科技不断进步,我们期待能更精准地预测地震,降低地震灾害对人类生命财产的威胁,守护美好家园。

参考文献

- [1]杜俊杰,汪涛涛.微地震监测技术应用现状[J].建筑理论,2023.124-125
- [2]陈绯雯.福建数字地震台网与模拟地震台网地震参数比较初探[J].地震学,2023.165-167
- [3]叶飞.探析地震监测预报的误区分析及处理对策[J].2023.189-197
- [4]段勇.依法保护地震监测设施和地震观测环境刻不容缓[J].建筑设计及理论,2022.210-212