

地球物理勘探在活断层探测中的应用

姚琳

(宁夏回族自治区地震局, 宁夏 银川 750001)

摘要: 本文简要叙述了活断层的概念和活断层的分段性, 从静态和动态性两方面阐述了活动断层的物探特征, 并扼要的举例了几种常见的地球物理勘探方法在活断裂勘测中的应用。

关键词: 天然地震; 地球物理; 活断裂; 重力勘探; 磁法勘探; 电法勘探; 浅层地震勘探; 放射性测量

DOI: 10.3969/j.issn.1671-6396.2010.25.026

1 引言

活动断层^[1]是诱发地震的主要原因, 也是破坏城市建筑设施的主要因素。随着经济的高速发展, 大城市及中心城市的建设规模越来越大, 人口密集程度在迅速增长。在这种形势下, 如何使人们居住的环境更加安全, 已经成为当今社会高度关注的问题。而城市的地震和地质体的活动成为重要的危险因素之一。地震和地质体活动的直接原因是活动断层的作用。我国许多大城市开展活动断层的探测与地震危险性的评价意义重大。事实证明, 城市的建设物或城市结构物, 能不能有效地避开活动断层, 也决定着这个城市或建筑物, 能不能有效地避开地震灾害。通过地球物理综合方法和技术, 把所得的数据、参数进行系统地分析, 从而得到活动断层的空间分布, 为活动断层活动性的研究提供基础资料。

2 活断层

2.1 活断层的定义

活断层^[1], 这一术语在上世纪由 A.C.Lawson(1908), H.Q.Wool(1916), B.Willis(1923)和李四光等先后提出。1956年中国科学院第一次新构造运动座谈会上, 提出用新断层和第四纪断层来描述, 使新生代地层或第四纪地层发生错断或有明显地貌显示的新断层。我国不同的研究者给予活动断层以不同的年代含义, 长到200万年, 短至10万年、5万年, 有的1.1万年。当活动断层研究与地震预报及工程抗震防震相联系时, 尽量按短期包含的年代范围。1973年美国原子能委员会提出了能动断层, 并对其规定: (1) 在3.5万年内有过一次或多次活动的断层; (2) 它们和能动的断层有联系; (3) 沿该断裂带仪器记录到小震活动和多次的历史地震事件, 或该断层发生过蠕动。国际原子能机构(IAEA)除上述三条外, 并增加了两条规定: (1) 晚第四纪它们有过活动; (2) 沿该断裂有地面破裂证据。自80年代以来, 美、日等国在活动断层研究方面进展很快。我国对活动断层理解也不完全一致, 1989年国家地震局震害防御司规定: “活动断层是指第四纪期间, 尤其是晚更新世(10万年)以来活动过的, 并在今后仍有可能活动的断层。”

2.2 活断层的分段性

断层活动在时间上、空间上的不均匀性反映为地震事件的丛集性, 反映为不同时间尺度的期、幕、段。断层活动的分段性是客观存在的, 是断层本身固有的属性。认识了这种属性, 对进行地震危险性评价及测报地震灾害是非常重要的。然而, 这一问题正是国际上最热门的公关研究。地震发生在活动断层上, 又在弹性介质中。因为, 断层活动反映受有应力, 弹性介质才能储存大量弹性能。所以, 构造地震是构造应力与岩体强度矛盾斗争的结果, 构造应力无时不存在。岩体的强度取决于岩体成因及其以后的变化, 当岩体承受的应力超过岩体破裂的极限强度时, 岩体就会突然破坏, 释放能量, 产生地震。但是, 也有只产生蠕变而不发震或只造成许多微震的, 因蠕变会同时释放应力。所以, 地震发生在活动断层上, 而活动断层不一定都发震。

3 活动断层的物探特征

3.1 活动断层的静态特征

由于断层的存在和断裂的活动, 使断裂带岩石发生变形, 并使断层周围物质的性质发生变化, 这些变化所产生的地球物理性质差异而表现出的特征, 称为形态特征。其中包括反映断层空间分布, 如走向、规模及倾向、倾角等地质特征。如在断裂带重磁异常的平面走向与断裂走向的一致性特征, 电阻率异常的平面延长也常与断裂走向相符, 电阻率剖面的分布特征与断裂的剖面特征相吻合; 浅层地震、探地雷达等能较准确地反映断层的形态。沿断裂带地热异常, 地热数值偏高; 沿断裂带重力异常, 地电、地磁或各种气体数值一般偏高, 在不同地段差异显著。

3.2 活动断层的动态特征

活动断层的活动特征实际是断层的形态特征的一种, 是活动断层的具体体现, 是断层更加精细的一类特征。形态特征表征了断层的存在, 但断层的活动性或活动的年代需要进一步的特征表述。将反映断层活动性的地球物理特征, 称之为活动性特征。如高分辨率地震勘探方法非常精细地勾画近地表地层分布, 在有地层年代控制的情况下, 能获得断层的活动年代; 探地雷达作为一种高分辨率地球物理手段, 与反射地震法的原理类似, 也具有研究断层活动性的能力。还有, 如活动断层上方常表现出放射性异常, 如马翔(1996)总结的放射性方法探测活断层的主要判断依据有: 核辐射异常

收稿日期: 2010-07-25 修回日期: 2010-08-19

作者简介: 姚琳(1980-), 女, 宁夏固原籍, 本科, 助理工程师, 从事地震监测工作。

与新构造断裂活动有十分密切的联系;不再活动的老构造断裂带天然放射性没有增强的反映,而近期有活动的新构造断裂带天然放射性有明显的增强反映。

4 物探方法

根据活动断层探测和评价工作的不断加深,物探工作可分为以下几个阶段进行:(1)断层位置、形态参数的探测与确定;(2)断层活动性探测与研究;(3)活动断层分段性研究和危险性评价。

在活动断层的探测研究中,不同探测阶段采用的地球物理方法也不尽相同。比如,在物探探测的第一阶段,一般可以采用重磁、电法、放射性和浅层地震等方法进行探测,这些方法一般能够大致确定断层或隐伏断层的空间赋存状态;在物探探测的第二阶段,一般采用人工源地震、探地雷达、放射性和井中地球物理等方法,这些方法可以活动断层的活动性进行分析研究;在物探探测的第三阶段,一般是利用深部物探资料——深部人工源地震或天然地震、大地电磁测深等。

对活动断层的地球物理探测目的是准确查明地表附近活动断层的空间分布确定其深部延伸情况,探测可能存在的隐伏活动断层,揭示地下介质的特性和深部构造环境,为活动断层的地震危险性评价提供依据。本文主要针对不同的目的任务,选择不同的物探方法组合对龙门山地震断裂带活动断层进行探测。常用的物探方法有:重力测量^[3]、高精度磁测^[4]、电法勘探^[7]、电磁法^[8](主要是大地电磁和音频大地电磁法)、浅层地震法^[9]。

4.1 重力测量

随着高精度重力仪的出现,微伽级高精度重力测量在小断层探测方面得到了越来越多的应用。地震活动断层探测的总体设计时,应充分利用本地区现有的重力资料,对工区重力异常进行分析,研究该地区主要断裂构造与重力异常的关系,推断可能存在的隐伏断层,为地震活动断层探测总体设计提供基础资料。利用长期的重力场测量资料,通过重力反演还可以对孕震体密度场变化、断层对地震发生与迁移的作用和流体对断层活动的作用等进行研究。

4.2 高精度磁测

磁法勘探在大地构造分区,断裂带、接触带、破碎带和基岩构造的探测,沉积岩、侵入岩、喷出岩以及变质岩的分布范围划分等方面有着广泛的应用。断裂带的磁异常因不同的构造作用以及其后发生的地质过程而具有不同的特征。其异常特征包括岩石在经受外力作用,尤其是因岩石破碎后出现的磁性降低引起的负异常;因深断裂内伴有岩浆活动或热液侵入带来的磁场增强所表现的正异常;或因热退磁作用引起的负异常等。另外,由于断裂切断了地质构造的连续性,使与构造有关的磁场形态出现不连续变化,从而表现出异常走向改变以及磁场陡变等特征。通过磁测,查明磁异常分布特征即可判定断层位置、走向及断层性质。根据不同的研究对象,磁法勘探既可探测从地表到数百米深度的浅部构造,也可研究深部地质构造,估算居里点深度。

4.3 电法勘探

电法勘探的种类比较繁多,其中在地震活动断层探测中应用广泛的方法主要有联合剖面法、高密度电法、大地电磁测深、瞬变电磁等。电法勘探主要是利用地下介质的电性差异(主要是电阻率),对活动断层不同深度地下结构和构造进行研究。电法勘探的主要缺点是分辨率低,但可以利用其宏观电性特征和结构特征进行研究。电法勘探在活动断层探测中(特别是城市活动断层探测)需要注意外界干扰,主要包括高压电网,地下电缆等,以取得高质量的原始资料。

高密度电阻率法,可对地表以下百米深度范围以内的断层进行调查,提供活动断层的浅部电性特性和电性结构。该方法与浅层地震相互配合,可提高浅层地震某些特殊位置解释的可靠性。

音频大地电磁法(AMT)可对地表以下1.5Km范围以内的断层进行探测,提供活动断层中部深度范围的地下电性特征和电性结构。该方法对100m以内的地下介质情况分辨率不高,可以配合高密度电阻率法进行分析解释,提高AMT方法的处理精度和解释可靠性。大地电磁法(MT)是对地表以下几公里、甚至几十上百公里范围内的活动断层进行探测,该方法可以配合AMT和高密度电阻率法进行处理和解释。

4.4 浅层地震勘探

浅层地震勘探是城市活动断层浅部探测中分辨率最高、最为有效的物探方法之一,可以提供断层或隐伏断层的位置,几何形态,断层带宽度、断层活动和在资料完整的条件下研究地层形变时代等有关参数,对了解构造活动历史,研究强震发生的可能性等具有重要作用。

山区地区的浅层地震勘探主要受山地地形的影响,难以获得高质量的数据。而城市地区的浅层地震勘探主要受到交通和机械振动的干扰,必须采取切实可行的针对性措施,通过选择合适的震源、合理的技术方案和资料处理手段,最大限度地抑制干扰,提高信噪比。

4.5 放射性测量

新构造断裂带有微弱的天然放射性表现。从物探角度来看,它是新构造断裂中某些反射性物质的储存和逸出造成的。再活动的老构造断裂带的天然放射性与新构造断裂带的天然放射性一样有增强显示,而非活动的构造没有这样的异常产生。

研究表明,重磁方法和直流联合剖面法能直观地确定断层的地表位置;高密度电法、电磁法、浅层地震、地质雷达、井间层析成像、放射性方法等能提供断层的形态特征、近地表的规律,还能为活动断层的分段性研究提供依据。刘宝金等利用可控震源和高精度的地震反射勘探方法,对四川彭州隐伏断裂进行了高分辨率地震反射成像,结果表明该断层向上错断了第四纪沉积层,具有明显的第四纪活动,为评价断裂的活动性和灾后重建提供了地震学证据。崔国柱、李恩泽、曾昭发^[1]用浅层地震、高密度电阻率法、可控源音频大地电磁等对城市活动断层进行探测,取得了一定的成果。

5 结束语

(下转第43页)

3 系统功能设计

该系统是基于网络平台的评价系统,系统的用户主要有系统管理员、学生、教师、教学专家(教学督导),各自完成相应的管理和使用功能。系统包括课程库维护、评价参数设定、评价监控、评价数据采集、评价统计、评价结果等功能,系统功能结构如图2所示。

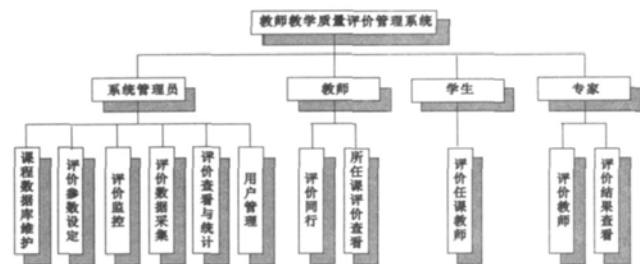


图2 教学质量评价管理系统功能结构

(1) 系统管理员平台：此子系统基于C/S模式。管理员作为教师教学质量评价管理系统中权限最高的用户,可对系统数据库进行管理、维护和更新,主要功能包括课程数据库维护,评价指标、评分等级等评价参数设定,评价监控管理,评价数据的采集,评价结果的查看、统计与反馈等。

(2) 教师管理平台：此子系统基于B/S模式。教师可以在输入用户名和密码后,进入教师管理平台,查询学生、专家对本人的评价。教师用户由系统自动生成并给出统一的初始化密码,学校所有专职任课教师或兼课的行政管理干部都是教师用户。教师用户可以修改自己的密码,

可以对自己当前学期所任课程进行自评,可以对同行教师当前学期所任课程进行评价,可以查询自己当前学期所任课程被评结果。

(3) 学生管理平台：此子系统基于B/S模式。该系统根据登录时输入的用户名,将列出该生的当前学期的任课教师的姓名、所任课程,并列出当前测评类型中的所有测评项目,以及每个子项目的可选分值或比例,学生可通过单击相应的分值或比例为每个子项目打分。学生对于一门课程和教材只能评价一次,一旦确认提交,则不能再对该门课程或教材进行重复评价,同时所有学生的评价结果任课老师和管理人员均不可见。

(4) 专家管理平台：此子系统基于B/S模式。专家用户由评价系统管理员设置,专家以用户身份登录系统后,可以评价全校课程或某学院课程的课堂教学质量,其权限由评价系统管理员授予;同时专家还可查看所有教师的教学评估排名情况,查看某位老师详细的评价结果。

4 结束语

教学质量评价体系的建设和完善是教育教学中十分重要的工作。将网络的优势引入到教学质量评价体系,弥补了传统教学质量评价体系的不足,对提高高等学校教育教学质量起到积极的作用。

参考文献:

- [1] 王武礼,杨华.基于B/S与三层C/S混合模式的MIS构建[J].青岛理工大学学报,2007,28(3):101~104.
- [2] 曹晨,蔡自兴.基于C/S和B/S混合软件体系结构的封闭式管理系统的设计[J].计算机工程与应用,2004,5:224~226.

(上接第58页) 重磁监测能够对大震、余震前后重力场、地磁场的变化提供参考。重力监测结果表明:强余震前后的重力段差值随时间的变化表现出明显的震前上升-下降的变化过程。例如:1976年5月29日在云南省龙陵地区相继发生了7.3级、7.4级强烈地震。7月21日、8月2日、8月4日,在老震区又相继发生了一次6.6级、两次4~5级强余震,该余震的重力场响应就表现出上述变化过程。地磁监测的结果主要表现为大震前的地磁低点位移异常。例如:2001年1月14日昆仑山口西8.1级大震前,2001年10月8日出现地磁低点位移。我国大陆地区地磁垂直分量日变低点时间为两大区域:东部为北京时间13时左右,西部为15时左右,两大区域之间有一条明显的突变分界线,属于少见的低点位移现象。

目前,对活动断层的研究更多的还是停留在探测阶段,在具有一定研究基础的同时,更应该注重断层的活动性分析和断层活动性对城市稳定性评价等问题的探讨。

参考文献:

- [1] 崔国柱,李恩泽,曾昭发.活动断层与地球物理方法[J].世界地

质,2003,2,2(2):185~190.

- [2] 董顺利,李勇,乔宝成等.汶川特大地震后成都盆地内隐伏断层活动性分析[J].沉积与特提斯地质,Vol.28 No.3, Sep.2008.
- [3] 李清林,李天生等.地震前后重力场变化的典型震例分析[Z].东北地震研究.2006,Vol.22.No4:14~24.
- [4] 丁鉴海,刘杰等.地磁日变化异常与强震的关系[J].地震学报,2004,Vol.26(增刊):79~87.
- [5] 马钦忠,尹京苑,顾学章.崇明异常电磁扰动与台湾7.5级强震[J].地震,2003,Vol.23,No.4:49~55.
- [6] 祝意青,王双绪等.昆仑山西口8.1级地震前重力变化[J].地震学报,2003,Vol.25,No.3:291~297.
- [7] 江玉乐等.地球物理数据处理教程[M].地质出版社,北京,2006.7.
- [8] 王绪本,朱迎堂,赵锡奎等.青藏高原东缘龙门山逆冲构造深部电性结构特征[J].地球物理学报,Vol.52,No.2, Feb.,2009.
- [9] 贺振华.反射地震资料——偏移处理与反演方法[M].重庆:重庆大学出版社,1989.
- [10] 许志琴,李海兵,吴忠良.汶川地震和科学钻探[J].地质学报,Vol.82,No.12,Dec.,2008.