

从长江三峡东段地震与构造关系 探讨弱震区的地质构造标志*

李安然

(国家地震局地震研究所)

提 要

本文通过对长江三峡东段发震构造特征, 新构造环境和深部构造条件等与地震活动相关性的分析给出了识别弱震区的地质构造标志。

一、引 言

长江三峡东段(即鄂西秭归至宜昌附近的峡谷区域, 简称峡东)是一个弱震活动地区。自公元前179年迄今尚未发现大的破坏性地震^[1]。1959年建台20多年来记录的最大地震也只有5级左右, 一般多是3级以下的单发小震, 而且活动频度很低。其震源深度为8—15公里, 属浅源地震, 震中主要集中分布在黄陵背斜两侧大断裂带上。

如果我们对研究区地震活动的特点和它们与地质构造的内在联系, 能从中得出一些规律性的认识, 则对地震预测抑或工程建设显然是不无裨益的。基于这一思路, 本文从地震地质角度剖析了地震活动与地质构造之间的成因联系, 即地震构造关系(Seismotectonic relationship)^[1], 在此基础上试就如何寻找和识别弱震区, 提出了一些地质构造标志。

二、峡东地区发震构造及其特征

长江三峡东段位于华中地洼区大巴地穹系内^[2]。区内发育北西—近东西向和近南北向两组大断裂。近南北向(主要是北北西向)一组, 即仙女山大断裂和远安大断裂等, 据其新构造期以来的活动表现及其对地震震中分布和极震区等震线延伸方向的控制, 被确认为是主要的一组发震构造^[1](图1、2)。它们在中生代燕山运动时原系南北向挤压作用形成, 现今活动则似乎以张剪性为主^[8], 因而造成了地堑地垒相间的地壳条块结构。

这一组大断裂在地表呈斜列带状分布, 但总体连贯性较差, 延伸长度仅百公里左右。在

*1972年以来先后参加三峡地区野外地质工作的还有于品清、王清云、古成志、李学伟等同志。

1) 李安然, 1979年, 长江三峡东段活动发震构造, 中国活动断层和古地震专题讨论会论文摘要汇编。

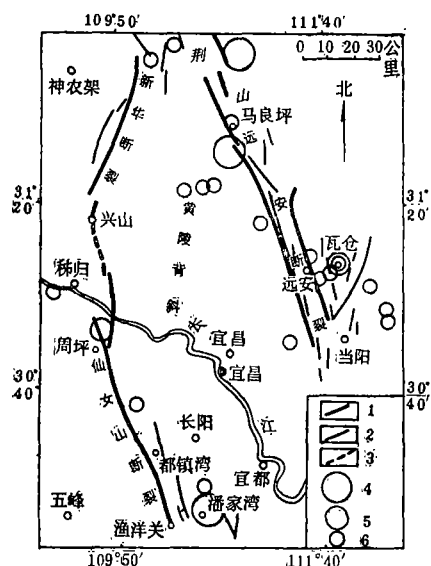


图1 峡东活动断裂与震中分布略图

1. 大断裂(带); 2. 一般断裂; 3. 推测隐伏断裂;
4. $4.7 \leq M < 5.5$; 5. $5.8 \leq M < 4.7$;
6. $2 \leq M < 8$.

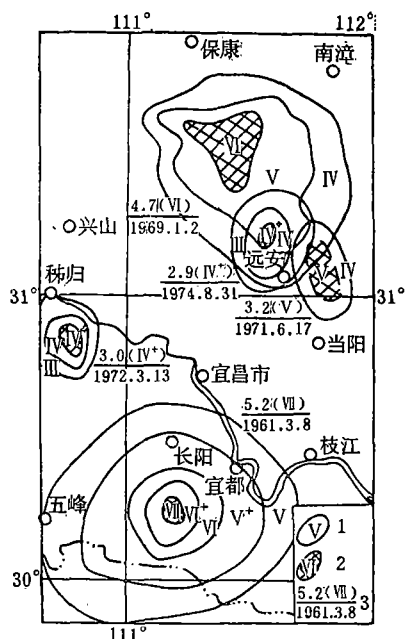


图2 长江三峡东段地震等震线图

1. 等震线及烈度值; 2. 极震区等震线及烈度值;
3. 震级(烈度)
发展时间(年、月、日)。

大断裂形成和强烈活动的中生代两侧地层发育情况是一致的。黄陵背斜两侧盆地(秭归盆地、当阳盆地)中都有侏罗系分布, 受断裂控制的地堑洼地(仙女山地堑、远安地堑等)中均有岩相、岩性、建造类型完全相同的白垩纪红层堆积。并且中生代以来断裂两侧构造发展和构造型相也几近相似, 以致远安断裂带两侧构造线方向和构造型态完全一样, 即属同一构造区—宜昌—一种祥块断带内^[8]。研究表明, 这一构造区自中生代以来一直是在统一的构造应力场作用下, 现今地震活动也有着一致的规律性¹⁾。可见, 这组大断裂并未造成区域性的大地构造分异。

沿着这组活动断裂尚未发现深部火成岩浆物质的分布或充填, 也很少见有上升的岩浆热液产生的接触变质现象。以前有人根据仙女山断裂附近的杨溪、五岑山等地辰砂矿^[4]和远安断裂的铜矿认为断裂下切较深, 事实上这两种矿分别是由中上寒武系含汞层²⁾和三迭系巴东组含铜层³⁾经次生富集作用形成的, 因此不能作为大断裂切入深部的依据。这组大断裂既是发震构造, 故利用震源深度资料也可以推测断裂下切深度。前已述及, 断裂带上的震源深度是8—15公里, 它与震旦—第四系累计厚度(8—13公里)^[8]相近。据此可以认为断裂切穿了沉积盖层, 大致终止于结晶基底顶面附近。

对比这组发震构造的延伸方向与区域重力场分布特征, 可以看出两者没有明显的一致关

1) 见第104页注1)。

2) 宜昌地质矿产研究所唐贵智工程师面述。

3) 湖北省地质七队资料。

系,并且沿断裂带地壳厚度也未出现显著的线型突变¹⁾。但在航磁上断裂带显示了次一级磁场线型变化带或局部弱小异常带²⁾,磁性体最小埋藏深度也呈现有规律性变化³⁾。

综上所述,本区发震构造特点可归纳为:断裂长度近百公里,下切深度至基底顶面附近,沿线缺少深部岩浆物质分布,地球物理场(尤其是重力场)异常表现不甚明显,因而似属区域性的地壳浅(上)部断裂或一般大断层^[5、6]。区内地震活动之所以表现出强度小、震源浅等特点,显然是受发震构造条件(规模)制约的。

三、峡东地区地震活动的新构造环境

长江三峡地区新构造运动主要表现为大型拱曲上升^[8]。在这样一个统一的背景上,局部地段尚出现次一级断块构造型式,但整个新构造拱曲面还是连续的。

本区新构造期以来这种拱区隆起,在时间上发展是间歇性的,而在空间上其上升幅度又是不均等的。就整个三峡地区来说,上升幅度最大处是在巴东、奉节一带,向东向西逐渐递减,因而峡东地段是作为拱曲隆起的东翼而表现为倾斜上升。长江三峡地区有三期夷平面(鄂西期、山原期和云梦期)^[7]和十级阶地⁴⁾,这些层状地形均自隆起中心向两侧渐次降低(图2)。在峡东地段,地势自西向东下降,即由中山依次变为低山、丘陵乃至盆地。山坡西陡东缓,水系向西南东流,亦说明隆起幅度由中心向东递减。

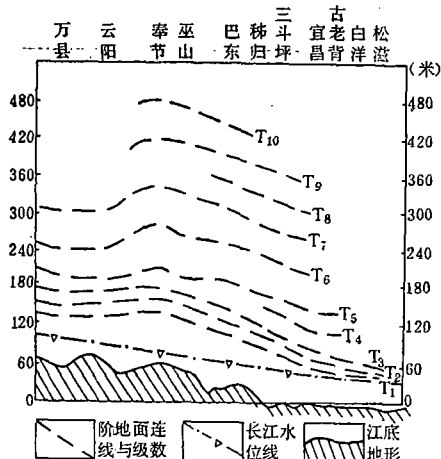


图3 长江三峡阶地高程变化示意简图

(据湖北省第二水文地质大队资料)

在整个长江三峡拱曲隆起的背景上,峡东几条活动大断裂的作用使新构造运动形成的景观复杂化。大断裂把地表切割成条条块块形成块断结构,各断块之间至今仍有差异升降运动表现。例如据形变测量资料,黄陵背斜相对于西侧秭归盆地总的趋势是上升的,两者形变年速率分别为8—10毫米和6毫米⁵⁾。

需要强调的是,三峡地区新构造运动中的断块运动并不是主要的,它只是在整体拱曲隆起背景上局部出现的次级块断构造型式。因此,区内发育的夷平面及河谷阶地未见解体、断错^{6)、7)、8)},亦未出现明显的地貌梯度带,这说明长江三峡地区新构造差异

运动并不是很强烈的。

- 1) 成福元等, 1980, 湖北及邻近区域地壳厚度的研究。
- 2) 国家计委地质局航空物探大队909队, 1974, 长江三峡地区航空磁测结果报告。
- 3) 据航测大队904队资料。
- 4) 中国科学院地理所等, 1959, 长江三峡发育史的研究。
- 5) 武汉地震大队, 1977, 湖北河南地震危险区划和地震烈度区划图说明书。
- 6) 中国科学院地球物理所、地质所、地理所, 1960, 三斗坪坝区新构造运动的研究。
- 7) 中国科学院地质所701队, 1960, 从区域构造讨论坝区的稳定问题。
- 8) 武汉地震大队, 1974, 湖北河南地震危险区划工作报告。

由于地壳长期隆升,致使新构造期沉积物(本区主要指第四系)在峡区很少停积而基本上分布在东侧盆地中。本区第四纪沉积基本上保持原始产状,很少见有褶曲、断层等新构造变动^[8],这与强震活动区最新沉积物的变形特点^[9、10]明显不同,因而也是三峡地区新构造运动的特征表现之一。

长江三峡地区新构造运动的上述特点,即整体拱曲隆起、局部次级块断型式、层状地形面完整连续以及新地层无明显的构造变动等,表示本区至少自第四纪以来一直处于相对稳定的构造环境中,这就是该区发生弱震的地质构造背景。

四、峡东地区深部的孕震构造条件

在鄂西三峡地区,有一条很明显的重力异常梯级带。这条重力梯级带以北北东方向纵贯我国大陆东部,它从大兴安岭东坡经华北太行山前缘延入湖北境内,在襄樊、宜昌一线通过。该梯级带中段的太行山地带地震很多,其中6—8级强震就有近30次。因此这一重力梯级带在长江三峡东段的地震地质意义及其与地震活动的关系就一直成为令人关注和争论的问题。

已有的工作表明,重力场的异常分布与地震活动之间的关系是很复杂的。两者在空间上确实存在着某些相关性,但也有不一致的情况。究其原因乃在于地球重力场的形成及其所反映的深部构造型式是各不相同的。在华北太行山前缘顺重力梯级带延伸的山前大断裂深切岩石圈层。现今强烈活动,以致成为不同地质—地貌单元(山西高原、华北凹陷)的分异边界,并且地壳厚度、地形地貌、第四纪沉积、地壳形变等出现同步突变,使之具备有孕育和发生强震的深部构造条件¹⁾。而在鄂西三峡地段,地质构造与地震活动则表现出如下特点:

1. 地表不存在与重力梯级带同方向延伸的深大断裂或巨型破碎带,中生代以来东西两侧无明显的地质构造分异而归属同一构造(应力)单元—宜昌—种祥块断带内²⁾; 2. 现代地壳运动作为大型拱曲的一侧主要表现为连续的、掀斜式的上升,山地、平原逐渐过渡,很少出现明显的地形拐点(线)和强烈的地貌反差; 3. 循重力梯级带侧缘不发育如同太行山地带那样狭长而深陷的山前洼(槽)地,第四纪沉降中心已渐趋东移至鄂中云梦一带(距梯级带200多公里),并且江汉平原第四纪沉积等厚线作近东西向伸长而与梯级带走向近乎直交³⁾; 4. 据成福元等(1980)计算,重力梯级带两侧地壳厚度并不存在规律性地显著变异⁴⁾,莫霍面基本上连续⁵⁾,地球重力场是相对均衡的⁶⁾; 5. 地震震源浅、震级小,震中分布及等震线长轴主要受近南北向一组断裂制约,它们与重力梯级带之间没有明显的相关性显示。上述这些地震构造迹象表明,在长江三峡地段这条重力梯级带当不应反映其下有深切岩石圈层的活动大断裂存在,它很可能只是地壳深部界面的陡倾拗折、大型挠曲或山根等所造成的。显然,这种类型的重力异常场与地震活动在成因上是不相同的,但它与地质构造、地震活动之间这种不一致的关系亦可作为判别弱震发生区的一种辅助标志。

1) 李安然、成福元、古成志、徐永建, 1981, 大陆强震发生带的重力场标志问题—以中国东部重力梯级带为例。

2) 见104页注1)。

3) 国家地震局武汉地震大队, 1974, 湖北省新构造图(1/100万)。

4) 见106页注1)。

5) 刘国昌等, 1979, 长江三峡坝区的地壳稳定性。

6) 国家地震局物探队, 1974, 重力场与地震活动。

五、弱震活动标志的认识和讨论

从以上长江三峡东段的发震构造特征,新构造环境及深部构造条件分析,可以看出该地震活动的上述表现是受特定的构造条件控制的,概括起来即是:主要发震构造切入地壳不深,并且处在大范围的整体新构造运动背景上以及缺乏深部孕震构造条件等,致使本区出现强度小、频度低、震源浅的弱震活动特征。由此,我们认为可以归纳出如下几点作为识别弱震区的地质构造标志:

1.发震构造属地壳浅层断裂,一般只切穿沉积盖层,断裂沿线缺少深部岩浆物质分布或充填,通常无重力异常表现,其他地球物理场异常也不明显。并且区域内只有一组构造发震(即单一断滑型)^[8],亦不具备深部孕震构造条件。

2.沿发震构造或其他区域性活动断裂两侧中新世代没有明显的大地构造分异,第四纪以来在水平方向或垂直方向上均未产生显著的错动位移。

3.新构造期地壳运动主要表现为大面积的整体性质,差异性很小。因此河谷阶地、夷平面不发生折断和解体,也不出现强烈的构造地形反差或地貌梯度带。

4.新构造期沉积物普遍未经受显著的构造变动,区域内很少见有第四纪(尤其是全新世)的褶曲和断层。

以上诸点显然与强震发生的地质标志^[11]不同,它们基本上反映了一般弱震区所共有的地质构造特征。

本文在撰写过程中得到徐卓民、周坤根同志的帮助,图件由张飞飞同志绘制在此一并致谢。

(本文初稿1981年4月4日收到,修改稿1982年5月12日收到。)

参 考 文 献

- [1] Allen, C.R., 1975, Geological criteria for evaluating seismicity, Geological Society of America Bulletin, V.86, No. 8.
- [2] 国家地震局广州地震大队等, 1977, 中国大地构造概要, 地震出版社。
- [3] 李安然, 1981, 长江峡东的地震构造浅析, 地壳形变与地震, 创刊号。
- [4] 湖北省水文地质大队一分队, 1978, 黄陵背斜周边几条大断裂的活动性及其对评价区域地壳稳定性的意义, 地质力学通讯, 4期。
- [5] 张文佑等, 1977, 中国断裂构造体系的发展, 地质科学, 3期。
- [6] 陈国达, 1978, 成矿构造研究法, 地质出版社。
- [7] 李坪等, 1965, 对长江三峡东段新构造的几点新认识, 构造地质问题, 科学出版社。
- [8] 李安然, 1980, 峡东地区地震构造及地震活动强度问题的探讨, 湖北省地质学会第三届会员代表大会暨学术年会论文选集, 194—201。
- [9] Allen, C.R., 1978, Quaternary geology—an essential clue to evaluating seismicity, Earthq. Inf. Bull., V.10, No. 1.
- [10] 李坪、汪良谋, 1975, 云南川西地区地震地质基本特征的探讨, 地质科学, 4期。
- [11] 李祥根, 1977, 川滇高原新构造特征、运动类型和强震区地质标志的探讨, 西南地区地震地质及烈度区划探讨, 地震出版社。

DISCUSSION ON THE GEOLOGICAL STRUCTURE SIGNS OF THE WEAK EARTHQUAKE FROM THE SEISMOTECTONIC RELATIONSHIP IN THE EASTERN GORGE OF THE YANGTZE RIVER

Li Anran

(*Institute of Seismology, State Seismological Bureau*)

Abstract

Based on studying the feature of seismogenic structure and the neotectonic setting as well as on analysing deep-seated structure conditions of the Easter Yangtze Gorge, some geological structure signs of the weak earthquake are discussed in this paper.

The Yangtze Gorge is referred to a weak earthquake area in accordance with data up to now. The seismic activities in the region mainly occurred on the surface of East Gorge, so the dependence of relations between them is close and obvious in space. As these seismogenic structures are located in the neotectonic background of the whole upheaval and merely dissect the upper crust, there are features of weak earthquake with small intensity, low frequency and shallow focus.

In accordance with the seismotectonic relations mentioned above, the signs of geological structure of the weak earthquake in this area may be summarized as follows:

1. The seismogenic structures belong to a fault lying in a shallower layer of the crust, which has had no evident dislocation since Quaternary Period.

2. The regional neotectonic movements are mainly characterized by continual uplift and subsidence of arched flexures as a whole. Usually the broken river terrace, the dismembered denudation surface and the geomorphic gradient belt do not appear.

3. The tectonic deformation in the newly-formed sediments is not obvious. It is generally short of Quaternary fold and fault.