

# 从层间滑动探讨长江峡东地区小震成因

古成志

(湖北省地震局)

## 1. 区域地质概貌

峡东地区，指长江西陵峡段、巴东至宜昌的范畴（见图1）。

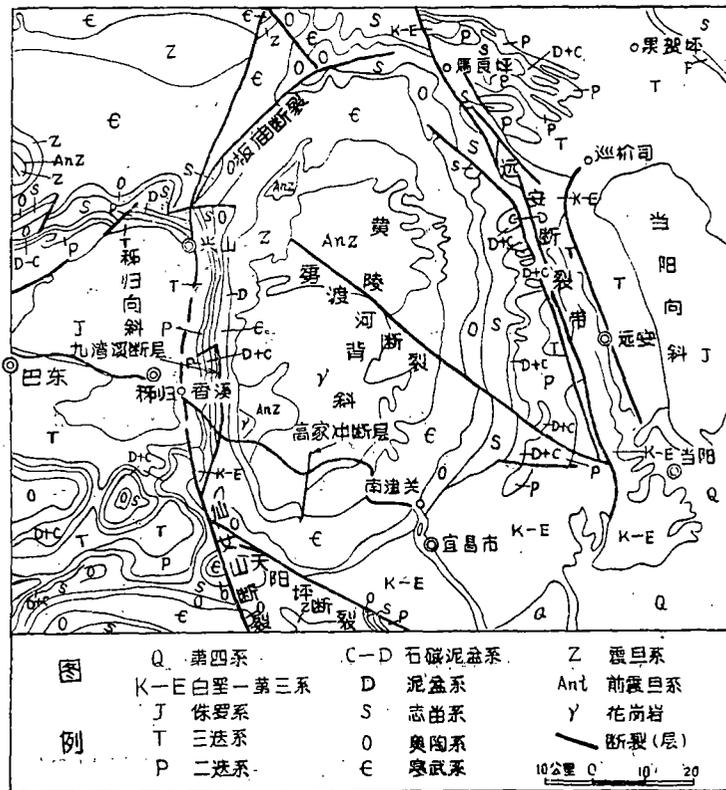


图1 黄陵背斜周邻地区地质图

区内以黄陵背斜为主体，东、西与当阳向斜和秭归向斜相牵。地表断裂发育。黄陵背斜是一个东缓西陡、长轴近南北向展布的穹形隆起。核部出露的是前震旦系结晶杂岩及火成岩

侵入体。周翼为三迭系—震旦系的沉积盖层所复。侏罗系仅见于当阳向斜，秭归向斜，白垩—第三系则分布在仙女山一带及南津关东南大片地区。盖层（第四系—震旦系）累计总厚度近14000米，是我国南方地层出露比较齐全的地区。

2. 本区小震的成因探讨

峡东一带，历史上是一个少震的地区，亦无强震记载。近代，虽然发生过一些地震，但仍然有弱震区之震源浅、强度小、频率低的特点。另外，地震无一定的迁移规律，无前震序列和余震序列的孤立型爆发，也是本区地震的特点之一。但最明显的特点是地震在平面上的分布，是沿黄陵背斜周翼成面状或者片状分布，此与该背斜的构造形态和地层分布形式密切相关（图2）。

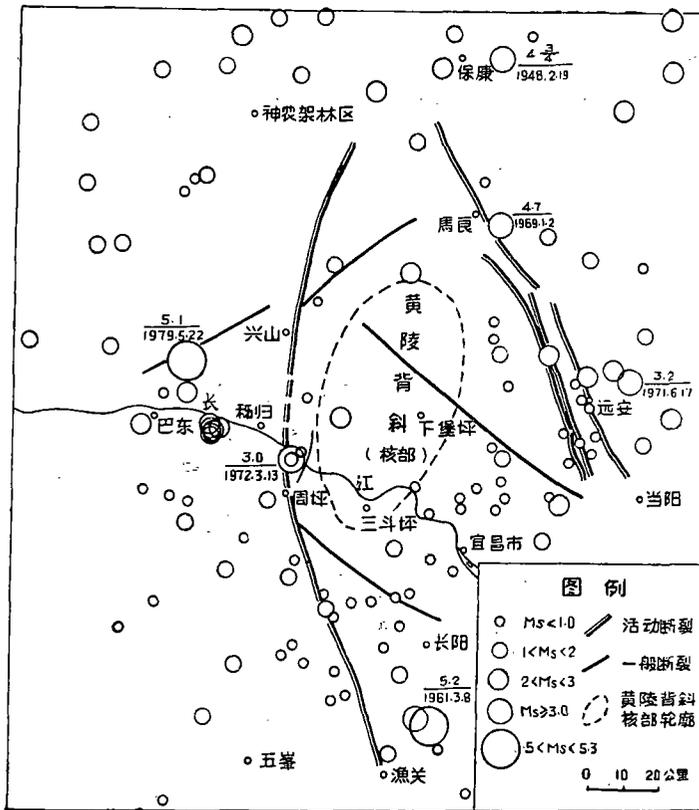


图2 黄陵背斜周缘地区震中分布图

从上图可见，在黄陵背斜核部地震的空白区中，即使有相当规模和多期活动的并在卫星影象上有一定宽度白色亮带显示的雾渡河大断裂上，也无地震出现。南北向的高家冲破碎带上亦如此。从几次 $M_s \geq 3$ 地震的宏观等震线图来看，震中区长轴方向皆与背斜核部周缘局部岩层（基底顶面）走向大致接近。表明本区小震震源的空间分布，是受一定的地层层位控制的。前已提及，黄陵背斜核部是结晶杂岩，可见在无盖层掩复的基底岩层中，地震是极少的。

本区几次 $M_s \geq 3$ 的地震，震源深度在8—16公里内，据三峡台网资料，1977年秭归泄滩及其它地方的微震震源深度也都在8—15公里内。这个深度与本区盖层（第四系至震旦系）的总厚度（8000—14000米）相近。

黄陵背斜是一个穹形隆起，东、西侧的当阳向斜和秭归向斜相对下陷，其基底顶面必然在垂直方向上呈一正二负的波状弯曲。从背斜南、北两翼上褶皱轴呈近东西延伸的趋向来看，基底在南、北两侧亦应有相应的起伏。还因受各种复杂地质作用的影响，这种拗折不平的波状面上会出现许许多多不同方向、不同幅度的次一级起伏。因此，在同一层面上，视震源位置的不同，震源深度出现小的差异是不足为怪的。

既然震源在水平方向、垂直深度的二度空间，一致地显示出这一特点的存在——地震发生在基底与盖层的接触面上。那么，黄陵背斜周翼地震震中的面状或者片状分布特征，就应该考虑到层间滑动所起的作用。

层间滑动不只限于基底与盖层的接触面上，盖层中任何软弱夹层、不整合面均有可能出现。因为在软硬岩石相间的分隔面上或者岩层的不连续面之间，常常会有地下水的赋存、运行，从而构成地下水的富集，致使其本身强度降低而软化，形成形态多变的软弱带。在构造应力的作用下，岩层往往易于沿其产生滑移。

此外，在黄陵背斜本体东翼，弱震震中的连线与志留系、寒武系地层的走向线一致；南翼，震中则呈近东西向分布，又大致与长阳复式背斜的轴面平行；西翼在秭归盆地的南缘亦有类似的特点，这些特点又反映了峡东一带地震的分布与岩层的产状密切相关。

这种小震震源在平面上的面状、片状分布和在垂直方向上受一定层位控制的特点，国内外尚有较多的类似例子。如我国的新丰江水库地震区，地震在垂直方向上表现出明显的分带特征（新丰江地区地震地质资料汇编，1973）。国外典型实例是苏联费尔干纳盆地，在该盆地地震剖面中，浅源地震震源多数是分布在基底与盖层的分界面上。

### 3. 本区层间滑动的地震地质条件

层间滑动是层状块断沿软弱层面运动的一种方式。

本区的最大的特点是岩层在垂直方向上的成层性和岩石软硬交互的不均一性。根据岩层的岩相变化及岩石的物性特征分三大构造层。第一构造层（上复盖层）为白垩——第三系以河湖相沉积为主的砂砾岩及薄层粘土。因多为钙质胶结而显得质地坚硬，但岩化程度低，岩相厚度变化十分明显。此层主要分布在南津关以东大片地区及仙女山一带。总厚度3000—4000米。第二构造层（盖层）为三迭系—震旦系。厚约8000—10000米（累计厚度）。由于岩相差异甚大，侏罗系—三迭系中统可划分出一个亚层。亚层以内陆湖相沉积为主，多是一些紫红色或灰绿色的砂、泥岩。侏罗系底部有煤系地层。三迭系下统至震旦系为海相沉积，以灰岩为主，砂页岩次之。岩相厚度稳定但岩石的成层性及软硬岩层相间产出是其突出的特征。由于碳酸盐类岩石比例大，故岩溶发育，深部尚有多层古岩溶地形存在。此外，各个时代的地层之间多以假整合形式接触，形成了许多不连续的构造面。此层塑性较好。第三构造层（基底）以结晶杂岩为主。为完整性较好的刚性块体。但顶面因遭受先期剥蚀、风化，岩石异常破碎，普遍发育有10—30米厚的古风化壳，最厚处可达70余米。三大构造层皆以不整合关系接触。基底与盖层之接触面、上复盖层与盖层之接触面是易于引起滑动的。而以前者最易引起滑动。因为盖层与基底之不整合面上，风化物最厚，岩石强度最低，抗剪能力最差而应力又易于集中。除此而外，黄陵背斜核部的裸露，不但使周缘盖层普遍除去了一个方向上

的应力而且有利于地表水及地下水沿盖层与基底的不整合面向深部渗漏,从而使这个软弱带更加软化,滑动更多。这或许是本区地震大多数分布在基底顶面上的原因。

当然,并不是所有的层间滑动都会形成地震。它需要有一定的能量积聚和释放,这就与层面起伏的陡缓有关。峡东地区 $M_s > 3$ 的地震,都分布在黄陵背斜外缘——构造变形差异十分明显,并从盖层变形特征上显示基底顶面有着一定起伏的部位。

另外断裂在层间滑动时所起的作用也不容忽视。本区有些小震震中是沿北西西向断裂带分布的。这组断裂处在背斜边缘部位,断裂切入基底较浅。由于断裂的活动,基底顶面上的裂痕应有所错移,形成小的陡坎,当盖层顺沿基底顶面滑动时,就会因受阻而积聚能量。

至于力源问题,本区层间滑动的动力来源,一是黄陵背斜块断式隆升;二是在区域应力场的作用下,南北向侧压的驱动力。

基于上述,本人认为黄陵背斜东南翼及西翼的秭归向斜一带,是今后应该加强研究工作,注意监视的地段。黄陵背斜东南缘即当阳以西至南津关、土城一线,是江汉湖盆西缘的局部边界。红层在此以不整合与老岩层接触。历史上,这一带曾有一些 $M_s = 3$ 的地震。近年来沿此界面两侧弱震较多。

层间滑动作为地震的一种机制,层面起伏的陡缓与地震强度有着相关联系。据前人资料(李坪,1965),黄陵背斜整体向东倾斜 $10^\circ - 15^\circ$ ,基底顶面亦如此。红层倾角也都在 $10^\circ$ 左右。据此,本文认为背斜东南缘虽不能构成较强地震的地震地质环境,但应考虑到此处与330工程近在咫尺,且震源很浅,须慎重对待烈度增值的影响,更应注意在大坝落成后,水库蓄水对局部应力场的改变,拟或库水沿层面渗漏而诱发地震或增高小震频次的可能性。

对于处在黄陵背斜西翼的秭归向斜,则是另一种背景。背斜在西翼以 $30^\circ - 40^\circ$ 的俯角插入秭归向斜底部,使其有如悬在一个大倾角滑动面上的滑动体。滑动面显刚性,滑动体则是易于变形的软弱块体。从1954年—1972年的五次重复水准测量资料的分析中表明\*,秭归向斜与黄陵背斜呈明显的交替升降运动。1979年5月22日秭归核桃坪5.1级地震之前两个多月的时间内,周坪台跨断层短水准测量的高差值出现急剧变化\*\*。表示秭归向斜一侧,在短期内的快速升降活动所引起的滑动,肇成了这次地震。此次地震震中区的长轴方向呈北东—南西分布,与秭归向斜的一条边(北西边)的岩层走向完全一致( $45^\circ$ )\*\*。

鉴于黄陵背斜西翼秭归向斜一侧的升降变化,笔者认为这种变化是与向斜本体沿基底顶面的滑动相关的,与地震的发生有直接的因果联系。所以从层间滑动的观点来看,秭归向斜一带,是具备有发生较强地震的地震地质环境的。但在现有的构造应力条件下,还没有或者缺少一个能够引起更大幅度滑动的驱动力。

层间滑动的力源主要来自地球内部的热力膨胀和重力作用引起的收缩。但外力的触发也是很重要的。

(本文1980年9月10日收到)

### 参 考 文 献

[1] 张文佑等,从块断错动和层间滑动初步探讨震源空间分布和震源力学状态的关系,地质

\* 鄂豫两省烈度区划报告第二部分第二节长江三峡地区。

\*\* 参见“1979年6月22日秭归—兴山地震宏观调查报告”之等震线图。

科学, № 4, 1973.

[2]李珏等, 对长江三峡东段新构造的几点认识, 中国地质学会第32届学术年会论文选集(构造), 1963.

[3]马宗晋, 鄂西中生代地质构造的力学分析, 地质科学, № 1, 1963.

[4]时振梁等, 我国强震活动和板块构造, 地质科学, № 4, 1973.

**A STUDY OF GENESES OF SMALL EARTHQUAKE IN CHANGJIANG XIADONG  
AREA ON THE SLIP BETWEEN STRATA**

Gu Cheng-zhi

*(The Seismological Bureau of Hubei Province)*