

文章编号: 1000-0550(2005) 03-0447-07

山东安丘古近纪冲积层中的地震记录

田洪水¹ 王金光² 吕明英¹ 王立法²

1(山东建筑工程学院 济南 250014) 2(山东省地质调查院 济南 250013)

摘要 在山东安丘市沂沭断裂带分布区,发现古近纪朱壁店组冲积相沉积中发育一些震积岩层,它们是一套以振动液化砂岩墙、液化砂岩脉、裂隙充填砂砾岩墙、震塌岩、震成小断裂及塌陷构造等为震积特征的震积岩组合。这些古近纪震积岩表明,沂沭断裂带在新生代早期是一个构造活动强烈、强地震频繁发生的时期。由这些震积岩所记录的地震灾变事件,是该地区继燕山构造旋回结束后进入喜马拉雅构造旋回的响应。安丘古近纪朱壁店组震积岩的发现,为研究沂沭断裂带的活动史及区域地层调研提供了新的实际资料。

关键词 古近纪 朱壁店组 震积岩 冲积层 沂沭断裂带

第一作者简介 田洪水 男 1956年出生 副教授 地质学
中图分类号 P588.2 文献标识码 A

破坏性地震往往发生于板内活动构造带及其附近。在地史中强地震发生的同沉积盆地内,必然形成具有地震成因结构和构造的沉积岩层——震积岩。因此,震积岩是记录地震灾变事件的主要物质载体。研究震积岩不仅为了解地震的强度和分布、对盆地的沉积相分析具有重要价值,而且对研究板内重大构造的活动历史,分析活动构造带两侧的陆块聚散旋回过程具有重要意义^[1~5]。

安丘市位于山东的中东部,处在沂沭断裂带(下文简称沂沭带)的北段(图 1)。沂沭带是郯庐断裂带(下文简称郯庐带)在山东境内延伸部分。郯庐带作为中朝板块东部最大的一条 NNE 向板内活动构造与地震带,早在新元古代就留下了地震灾变事件的记录,乔秀夫等^[1]于上世纪末在沂沭断裂带的震旦纪石旺庄组中,首次识别出以碳酸盐岩震动液化泥晶脉、震褶岩及层内阶梯状微断裂等震积岩组合。此后,山东通过第二轮区域地质调查,在沂沭断裂带近区发现了寒武纪馒头组地震事件层^[6]。近年来,陈世悦等和袁静据石油钻探岩心资料,发现沂沭带西侧的济阳凹陷(图 1 S₂分布区)古近纪沙河街组也发育震积岩^[7,8]。笔者近年来通过开展区域地质调查及震积事件的专题研究,在安丘地区朱壁店组中识别出了地震沉积成因的砂岩墙、砂岩脉、砂砾岩墙、震塌岩、震成小断裂与微断裂及塌陷构造等震积岩构造,

它们都是强地震事件的记录。

1 地质概况

五图群朱壁店组发育于安丘市辖区内呈 NEE 向延伸的安丘—夏庄单斜断陷中,主要分布在傅家庙村一带、牟山水库大坝北东侧附近及红沙沟村东一带(图 1)。安丘—夏庄单斜断陷是由沂沭断裂带中间两条 NNE 向主干断裂与 NE 向纪家屯—永乐官庄断裂,以及南侧汞丹山凸起所挟持的中—新生代小型断陷盆地。盆地外围分布着大面积的前寒武纪变质花岗岩;盆地边部分布着早白垩世莱阳群、青山群、大盛群、王氏群及新近纪临朐群等基性火山岩相与山麓洪积相—河流冲积相中生代地层;古近纪五图群(朱壁店组、李家崖组和小楼组)和第四系分布在断陷盆地的中部。朱壁店组的主要岩性为河漫滩相砖红色—紫红色厚层—块状层泥质粉砂岩、泥质砂岩及砂质泥岩夹河床相浅灰红色—绿灰色中厚层—厚层中粗粒复成分砂砾岩及砂岩(图 2);其中所含砾石及砂粒呈次棱角状—次圆状;河漫滩相粉砂岩与泥岩中含姜状钙质结核。在古近纪地层中发育三组构造节理或小断层,内填白色结晶方解石质或长英质细脉,走向分别为 285°、320 和 40°,它们切穿各种震积岩构造。

研究地区第四系覆盖广泛,基岩多在盆地边部及

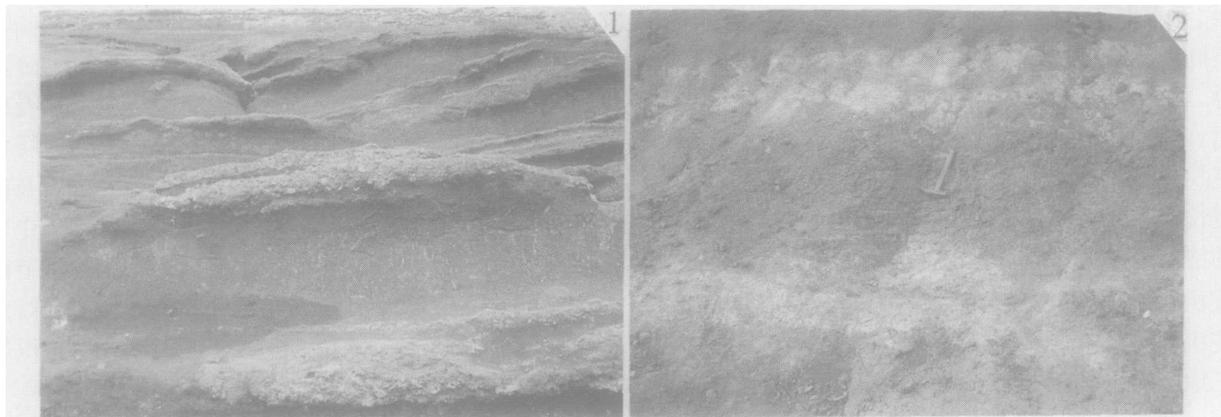
注:本文为 1:25 万潍坊幅(J50C04004)区调项目(项目编号:200213000022)及山东建筑工程学院“沂沭带震积岩专题研究”项目部分成果。
山东省地质调查院。1:5 万安丘幅区域地质调查报告。2002。
收稿日期:2004-10-14 收修改稿日期:2004-12-24



1 一般地质界线; 2 不整合接触界线; 3 断层; 4 朱壁店组震积岩 (S_1) 分布区; 5 沙街街组震积岩 (S_2) 分布区; 6 地层分区界线; Q-第四系; N1- 临朐群; $E_{2,w}$ - 五图群; $K_{1-2,w}$ - 王氏群; K_1,d - 大盛群; K_1,q - 青山群; K_1,l - 莱阳群; $\epsilon-o$ - 寒武~奥陶系; Z- 震旦系; $\lambda\pi$ - 流纹斑岩; ηr_2^2 - 二长花岗岩; ξr_2^2 - 正长花岗岩; V_4^8 - 华北地层分区; V_4^{10} - 鲁西地层分区; YSZ- 沂沭断裂带

图 1 山东两个古近纪地震事件层 (S_1 , S_2) 的分布及安丘地区地质略图

Fig 1 Distribution of two Paleogene seismic event beds in Shandong and geological sketch map of Anqiu area



1—厚层泥质粉砂岩及砂质泥岩夹中层砂砾岩; 2—厚层泥质砂岩及砂质泥岩夹砂岩

图 2 安丘地区朱壁店组主要冲积岩层

Fig 2 Main alluvial layers of Zhubidian Fm. in Anqiu area Shandong

断陷内河流沟谷中出露。震积岩层以牟山水库溢洪河谷谷底出露最好, 露头连续, 出露震积岩层总厚度为 58 m, 属朱壁店组中上部。在红沙沟村以东的路堑、采土场及排水沟内, 可见到液化砂岩脉、砂岩墙等震积岩露头, 但出露零散, 露头连续性差, 震积地层发育厚度约 200 m 左右, 属朱壁店组的下部。

2 震积岩构造的特征与识别

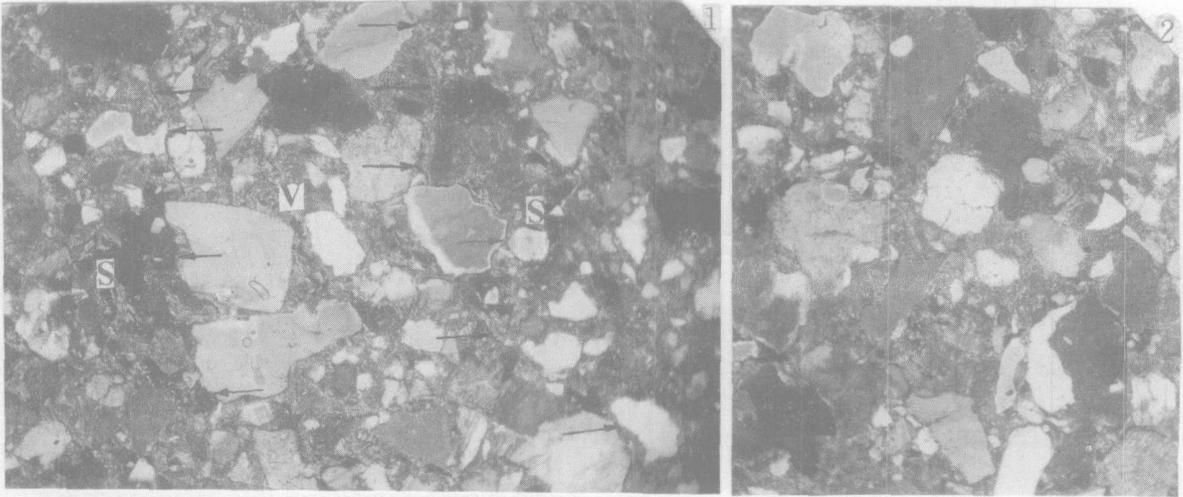
2.1 地震成因砂岩墙、砂岩脉

2.1.1 液化砂岩墙、液化砂岩脉

液化砂岩墙及砂岩脉呈浅绿灰色, 多与同颜色、同矿物成分砂母岩层相连接, 而与围岩在宏观上构成明显的边界 (图版 -1~ 4)。墙与脉密切共生 (图版 -1), 墙或脉也有单独发育的情况 (图版 -2~ 3)。在平面上, 液化砂岩墙具软塑性弯曲特征 (图版 -4)。纵剖面上, 它们下宽上窄, 端部多收敛变尖, 向上侵入砖红色—紫红色厚层泥质砂岩及粉砂质泥岩中。砂岩脉除尺度规模及砂粒粒径较小外, 其颜色、成分等与共生砂岩墙基本相同。在纵剖面上, 砂岩墙一般宽 4 cm~ 8 cm, 长 30 cm~ > 70 cm; 而砂岩脉一般宽 1 mm~ 15 mm, 长 2 cm~ 20 cm。墙或脉中的砂粒粒径主要随母岩层中的沉积颗粒大小而变化, 即母岩层中的砂粒愈粗或愈细, 墙和脉中的砂粒直径相应地增大或变小。在墙或脉中, 砂粒呈次棱角状—次圆状, 并由浅灰色斜长石、灰白色石英、肉红色钾长石、花岗质岩屑、灰绿色玄武质岩屑、云母及极少的方解石组成; 一般较粗的砂粒含量约占 70%~ 85%; 粉—细砂粒及泥质含量约占 15%~ 30%, 并呈杂基充填在较大砂粒之间。

显微镜下观察(图 3), 脉或墙与围岩(红色泥质砂岩)的砂粒形态相同, 但脉中的粒度结构、物质成分与围岩(图 3-1-V、S)存在明显差别, 而与脉的浅绿灰色砂母岩(图 3-2)相近。图 3 显示: 脉和母岩以粒径范围 0.31~0.89 mm 的中—粗砂粒为主, 粉—细砂粒次之; 而围岩以粒径 < 0.25 mm 粉—细砂为主, 含少量粒径 0.25~0.40 mm 的中粒砂; 脉与围岩物质成分的最大差别是泥质含量及其颜色不同, 脉的泥质含量占 15% 左右, 而围岩含泥质 25%~30%, 两者

颜色不同, 反映了泥中铁离子的价位不同, 因它们并非同源。镜下脉与围岩的界线清楚, 其特征是, 脉中的较大砂粒的外边沿构成了脉与围岩的大部分边界, 另一部分边界是杂基边界, 边界处多保留有与大砂粒边界相衔接的微裂隙(图 3-1 箭头所指处), 因为脉源于砂粒较粗大的液化砂母岩, 脉是液化砂沿围岩裂隙侵入形成的。与显微镜下的液化灰岩脉边界比较, 液化砂脉的边界不整齐、曲折程度大, 是由本身的粒度和围岩的性质决定的。



1. 砂岩脉(V)及其围岩(S); 箭头指向脉的边界; 2 砂岩脉的母岩

图 3 显微镜下的液化砂岩脉及其围岩和母岩(正交偏光 × 25)

Fig 3 A liquefied sandstone vein its host rock and parent rock under microscope(cross polarized × 25)

2.1.2 裂隙充填砂砾岩墙及砂岩墙

图版 5 中所示的规模宽大的岩墙及中间较小者分别为裂隙充填砂砾岩墙、砂岩墙。它们的倾斜方向一致, 很可能是沿同一组地震裂隙充填而成。它们上宽下窄, 其基部与其上砂砾岩层相连, 向下插入泥质粉砂岩中。其中, 最大的岩墙在剖面上长达 1.5 m, 宽 0.15~0.35 m, 属罕见的地震事件记录景观, 其物质成分与相连的砂砾岩层完全相同, 由基部向下, 碎屑粒径变小; 碎屑的长轴大致与墙的纵向延伸方向一致; 而较短砂岩墙, 明显呈肠状弯曲, 为浅灰色, 主要由粗砂粒、砾石及少量钙质胶结物组成。

2.1.3 对比及生成机理

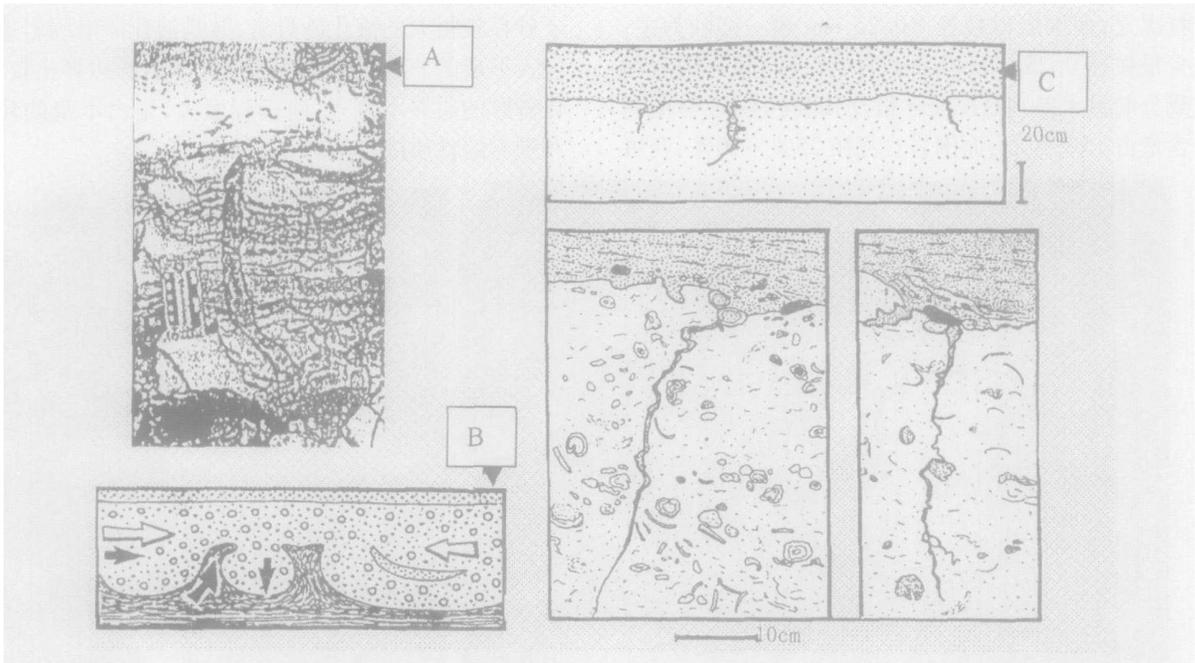
Pratt 所建立的模型^[9]表明: 水饱和的泥质与粉砂互层, 在浅埋条件下, 强地震作用使泥质泄水而形成纵向的收缩裂隙, 随即液化粉砂喷射入裂隙而形成小岩墙或砂脉, 这与本文中的多数液化砂岩墙和砂岩

脉(图版 1~3)在剖面中呈纵向延伸的产出情况相吻合。冯先岳曾做过饱和砂土受强震液化生成砂脉的实验^[10]; 这为确定砂岩脉或砂岩墙为地震液化成因提供了实验依据。

国外地质学家将由下部砂母质层向上侵入上覆岩层而形成的砂岩墙(脉)或类似变形构造, 确定为地震液化成因; 而将向下插入下伏岩层的各种岩墙(脉)认定为地震裂隙充填构造。液化砂岩墙在西班牙东南部、红海西北海岸等地震区都可见到, 图 4-A 所示的砂岩墙, 发育在西班牙新近纪 Las Minas 盆地的中新世湖积物中^[11]。图 4-B 为红海西北海岸中新世沉积物中, 强地震振动液化砂向上侵入到砾岩中, 形成了数米规模的舌状变形构造^[12~14]。Rodriguez-Pascual 等阐述了此类岩墙的成因模式^[11]: 地震振动引起下部饱和砂层的液化, 液化砂受振动获得动力而向上侵入那里上覆的钙质粉砂岩和泥灰岩中, 液化砂

生成砂岩墙的地震强度为 5~8 级。Cojan 等和 Guiraud 等认为液化粗砂岩墙与枕状构造形成时的震级 ($M = 5.5 \sim 8$) 十分接近^[15, 16]。图 4-C 所示的弯曲墙状或脉状地震变形构造, 产于红海海岸的埃及,

Plazalet 等认为这些地震变形构造是那里的中新世、潮下带沉积的泥质碳酸盐在未固结成岩条件下, 受强震形成系列裂隙, 上覆的长石砂粒在地震应力作用下充填裂隙, 后经沉积压实而发生弯曲^[12]。



A—液化砂岩墙 (西班牙); B—数米规模的液化岩舌 (埃及); C—系列裂隙充填构造 (埃及)

(A 据 Rodriguez 等, 2000; B 和 C 据 Plazalet 等, 1990)

图 4 西班牙东南部和埃及新生代沉积物中的地震成因砂岩墙及岩墙状变形构造

Fig 4 Seismo-genesis sand dyke and dyke-like deformation structure in the Cenozoic sediments of the SE Spain and Egypt

综合分析本文所述震积岩构造, 并与国内外相关研究成果文献对比, 笔者认为: 安丘朱壁店组中的向上侵入上覆岩层的砂岩墙、砂岩脉属强地震液化的产物; 而向下插入于下伏沉积物中的砂砾岩墙、砂岩墙, 主要是松散的水饱和砂砾在地震振动和重力的作用下, 充填地震成因裂隙而成, 但在其形成过程中, 充填物也曾发生过振动液化分异作用。其证据是下插砂岩墙与砂砾岩相连, 主要充填物是砂粒, 而不是砾石 (图版 -5 中规模较小者); 下插砂砾岩墙内砂粒粒度也呈现上粗下细有序的变化; 这些现象证明下插于下伏岩层的砂岩墙、砂砾岩墙之形成中曾发生过软沉积物液化分异作用。

2.2 震塌岩——不协调岩块

指颜色和物质成分与砂砾层相同、发育在砂砾层之下附近的震塌落体 (图版 -6), 其围岩为红色砂质泥岩, 与围岩的界限清楚, 形态不规则, 属地震成因的

不协调岩块^[1-6]。

2.3 震成小断裂及微断裂

震成小断裂是地震成因小断裂的简称。在朱壁店组震积地层中, 发育一种断裂面陡且无擦痕、横向延伸短、垂直断距为 0.1~0.2 m、内填泥砂质、被上覆岩层掩埋的层内小断裂 (图版 -7F)。这种小断裂的上述特征表明: 其形成时, 沉积物处于松散状态, 是由地震应力作用形成的同沉积小断层^[5], 与前述形成时期较晚、截切震积岩构造的三组小断裂的特征 (内填结晶方解石或长英质脉、有擦痕、横向延伸较长) 明显不同。微断裂发育在薄层砂岩与砂质泥岩的互层中, 可与塌陷构造共生 (图版 -8 单箭头所指处), 其规模较震成小断裂小得多, 断距一般 < 2 cm, 断裂面较陡, 属地震形成的同沉积微断裂, 因朱壁店组绝大多数冲积层呈中厚层—厚层产出, 所以, 震成微断裂发育较少。

2.4 塌陷构造

强烈地震导致饱和砂土液化造成地震灾害, 其宏观表现: 除喷砂冒水 (生成砂岩脉、砂岩墙) 而破坏地基、岩土坡失稳产生滑坡及岩块坠落 (生成震塌岩) 而危及建筑物之外, 震陷也是砂土液化灾害的宏观表现^[17]。塌陷构造就是震陷的记录, 所谓塌陷构造是由地震引起的地面塌陷 (图版 1-8)。饱和砂土液化的深度下限为地面之下 20 m, 地面下砂土液化时喷砂冒水带走大量砂粒, 从而使地面或地基产生沉陷——震陷^[17], 即形成了塌陷构造。

3 讨论及研究意义

3.1 相关问题的讨论

首先, 在朱壁店组中未见到液化卷曲变形构造的原因。液化卷曲构造 (震褶岩) 是地震液化作用形成的、上下岩层面平直的小尺度层内褶皱构造, 其轴面和枢纽无一定方向, 这种震积岩构造一般由纹层状或微薄层软沉积物受强震作用发生液化弯曲而成^[1~7]。然而, 据区调资料和有关文献^[18]以及本项目野外研究, 安丘地区朱壁店组主要由中厚层—厚层的快速冲积的碎屑岩层 (图 2) 组成, 不发育纹层状或微薄层岩层, 加之第四系覆盖严重, 致使难以见到液化卷曲构造。

第二, 济阳凹陷古近纪沙河街组地震事件层 (图 1-S₂) 与安丘古近纪朱壁店组地震事件层 (图 1-S₁) 的关系: 前者发育在沂沭带的西侧邻区, 由岩心识别出来, 沉积物具微薄层—纹层构造, 以液化砂脉及震成微断裂为主, 另有卷曲变形构造; 后者发育在沂沭带内, 直接出露在地表, 沉积层以中厚层—厚层为主, 前者的层位高于后者; 两者的地震记录都反映了新生代早期沂沭带及其邻近区强烈的构造活动与地震作用。但二者形成的时期及沉积环境不同, 济阳拗陷震积岩发育在济阳群沙河街组四段和三段^[7], 属始新世中晚期—渐新世早期湖泊相夹非正常海相沉积; 而后者属始新世早期山间冲积相沉积^[18, 19]。

第三, 谈到脉的母岩, 有必要讲清楚水饱和泥质砂岩、砂质泥岩为什么不能液化, 而成为脉的母岩。根据土力学的原理和研究, 粘土颗粒极细, 粘粒间存在着静电力、范德华力 (分子引力) 及胶结力, 从而产生极大的粘聚力, 因此, 不仅粘性土受强地震作用不会产生液化, 含粘土颗粒较高 (粘粒含量 > 15%) 的粉土、砂土等无粘性土受强震也不会发生液化^[17]。

第四, 砾岩不能液化, 但由于砾岩中的孔隙大、连

通性好, 具有上侵动能的下伏液化砂层易直接经砾岩中的大孔隙穿过, 而侵入砾岩之上的泥质砂岩的裂隙中, 砾岩起到了“筛”的作用, 液化砂穿过的部分砾岩成分被改造, 构成了砂砾岩墙 (图版 1-1)。

3.2 研究意义

朱壁店组是直接沉积在安丘地区中生界之上的厚度达千米以上的冲积碎屑岩地层, 该组震积岩层的形成不仅是其所在的安丘—夏庄断陷盆地强烈沉陷时盆地周边断裂强烈活动而引发罕见的强地震事件记录, 而且也表明当时研究区所在的沂沭带发生着强烈的构造活动和地震作用。朱壁店组震积岩形成于新生代古近纪始新世早期, 这一事件是沂沭带于新生代早期进入喜马拉雅构造运动旋回的响应。

郯庐带、美国圣安德列斯断裂及红海裂谷等都是世界著名断裂带, 国外著名断裂带的新生代震积岩的研究已十分深入。因此, 在郯庐带中断 (沂沭带) 发现新生代震积岩, 并进行深入研究, 是郯庐断裂研究的一个重要课题。

致谢 本文起草中山东地勘局张成基和苏守德教授级高级工程师, 山东省地质调查院总工程师王世进研究员、高级工程师李庆平、许克民等同志进行了多次有益的讨论, 并提出了宝贵的修改意见, 特此致谢。

参考文献 (References)

- 1 乔秀夫, 宋天锐, 高林志, 等. 碳酸盐岩振动液化地震序列. 地质学报, 1994, 68(1): 16~29 [Qiao Xiufu, Song Tianrui, Gao Linzhi, et al. Seismic sequence in carbonate rocks by vibrational liquefaction. Acta Geologica Sinica, 1994, 68(1): 16~29]
- 2 乔秀夫, 高林志. 华北中新元古代及早古生代地震灾变事件及与 Rodinia 的关系. 科学通报, 1999, 44(16): 1753~1758 [Qiao Xiufu, Gao Linzhi. Earthquake event in Neoproterozoic and Early Paleozoic and its relationship with supercontinental Rodinia in North China. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(16): 1753~1758].
- 3 乔秀夫, 高林志, 彭阳. 古郯庐带新元古界——灾变·层序·生物. 北京: 地质出版社, 2001. 1~122 [Qiao Xiufu, Gao Linzhi, Peng Yang. Neoproterozoic in Paleo-Tanlu-Lujiang Fault Zone Catastrophe·Sequences·Biostratigraphy. Beijing: Geological Publishing House, 2001, 1~122].
- 4 乔秀夫, 高林志, 彭阳, 等. 古郯庐带沧浪铺阶地震事件、层序及构造意义. 中国科学 (D) 辑, 2001, 31(11): 911~918 [Qiao Xiufu, Gao Linzhi, Peng Yang, et al. Seismic events sequence and significance in Canglangpu Stage in Paleo-Tanlu Fault Zone. Science in China (Series D), 2001, 31(11): 911~917]
- 5 杜远生, 韩欣. 论震积作用和震积岩. 地球科学进展, 2000, 15(4): 389~394 [Du Yuansheng, Han Xin. Seismic deposition and seis-

- mites. *Advance in Earth Sciences*, 2000, 5(4): 389~394]
- 6 田洪水, 万中杰, 王华林. 鲁中寒武系馒头组震积岩的发现及初步研究. *地质论评*, 2003, 49(2): 123~131 [Tian Hongshui, Wan Zhongjie, Wang Hualin. Discovery and preliminary study on seismites of the Cambrian Miantou Formation in the central Shandong area. *Geological Review*, 2003, 49(2): 123~131]
 - 7 陈世悦, 袁文芳, 酆继华. 济阳拗陷早第三纪震积岩的发现及意义. *地质科学*, 2003, 38(3): 413~424 [Chen Shiyue, Yuan Wenfang, Yan Jihua. Discovery and significance of earthquake event deposits of Early Tertiary in the Jiyang depression. *Chinese Journal of Geology*, 2003, 38(3): 413~424]
 - 8 袁静. 山东惠民凹陷古近纪震积岩的特征及其地质意义. *沉积学报*, 2004, 22(1): 41~46 [Yuan Jing. The property and geological significance of seismites of Paleogene in Huimin sag, Shandong Province. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 22(1): 41~46]
 - 9 Pratt R. Syneresis cracks—subaqueous shrinkage in argillaceous sediments caused by earthquake-induced dewatering. *Sedimentary Geology*, 1998, 117: 1~10
 - 10 冯先岳. 地震振动液化变形研究. *内陆地震*, 1989, 3(4): 209~307 [Feng Xianyue. Study on the deformation caused by seismic vibrational liquefaction. *Inland Earthquake*, 1989, 3(4): 209~307]
 - 11 Rodriguez-Pascua M A, Calvo J P, De Vicente G, Gomez-Dras D. Soft-sediment deformation structures interpreted as seismites in lacustrine sediments of the Prebetic Zone, SE Spain, and their potential use as indicators of earthquake magnitudes during the Late Miocene. *Sedimentary Geology*, 2000, 135: 117~135
 - 12 Plazaiz J C, Purser B H, Philibbos E. Seimite deformation structures (seimite) in the syn-rift sediments of The NW Red Sea (Egypt). *Bulletin of Society Geology France*, 1990, (8): 419~434
 - 13 Plazaiz J C, Ahmed E. Diversity of the sedimentary expressions of major earthquakes: An example from the Pliocene sandy seimites of the Egyptian Red Sea coast. *Geologists Society of Egypt Special Publishing*, 1993, 1: 277~294
 - 14 Purser B H, Plazaiz J C, Philibbos E. Stratiform breccias and associated deformation structures recording Neogene earthquake in syn-rift sediments of the Egyptian Red Sea coast. *Geologists Society of Egypt Special Publishing*, 1993, 1: 189~204
 - 15 Cojan I, Thiry M. Seismically induced deformation structures in Oligocene shallow-marine and eolian coastal sands (Paris Basin). *Tectonophysics*, 1992, 206: 79~89
 - 16 Guiraud M, Plazaiz J C. Seimite in the fluvial Bina sandstones: identification of their magnitudes in a Cretaceous synsedimentary strike-slip basin (Upper Benue, Nigeria). *Tectonophysics*, 1993, 225: 493~522
 - 17 赵明华, 俞晓. *土力学与基础工程*. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2003. 36~37 [Zhao Minghua, Yu Xia. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Wuhan: Wuhan University of Science and Technology Press, 2003. 36~37]
 - 18 张增奇, 刘明渭. *山东省岩石地层*. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996. 264~269 [Zhang Zengqi and Liu Mingwei. *Stratigraphy (lithostratigraphy) of Shandong Province*. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996. 264~269]
 - 19 山东省地质矿产局. *山东省区域地质志*. 北京: 地质出版社, 1991. 97~103 [Bureau of Geology and Mineral Resources of Shandong Province. *Regional Geology of Shandong Province*. Beijing: Geology Publishing House, 1991. 461~504]

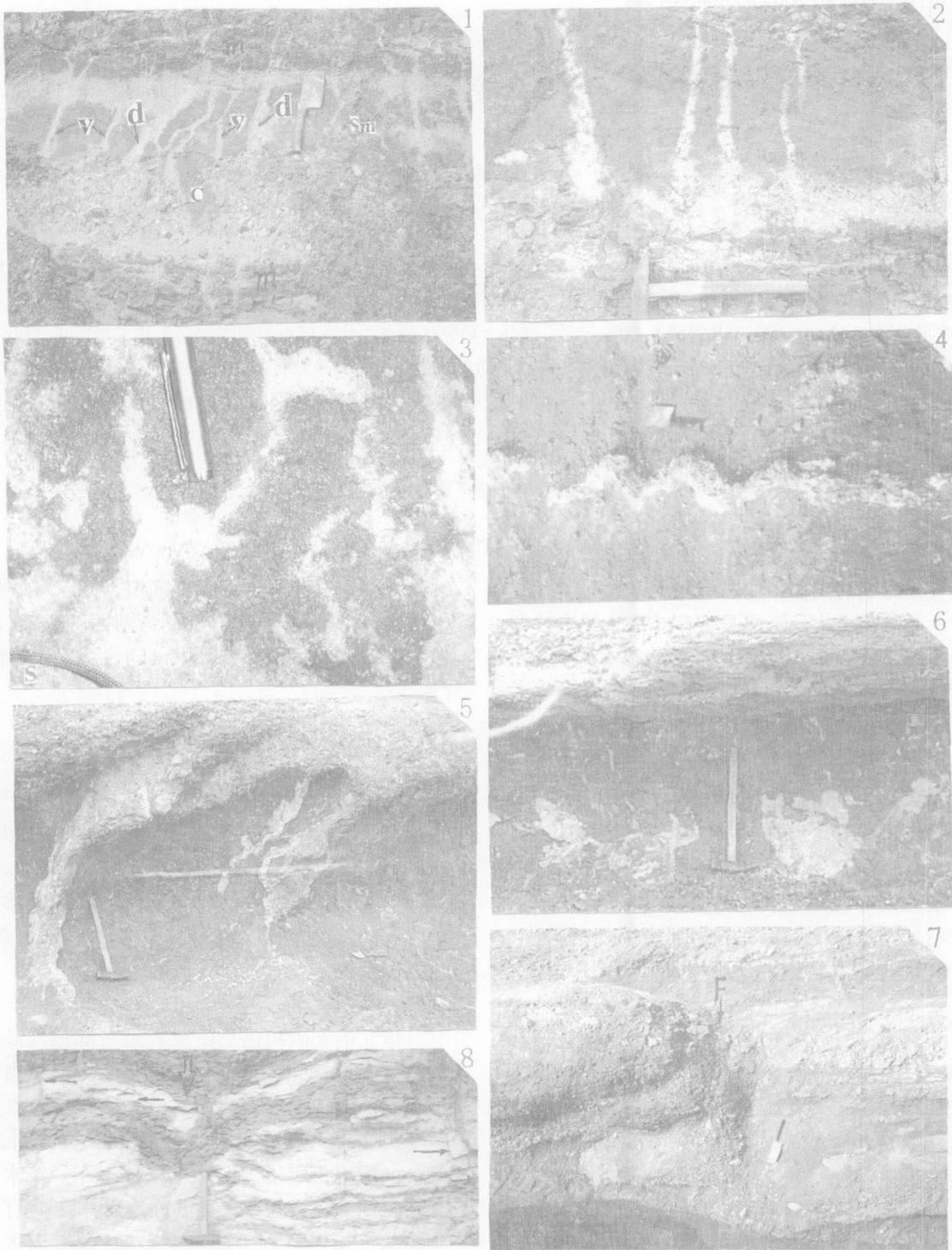
Seismic Records in Paleogene Alluvial Layers in Anqiu, Shandong

TIAN Hong-shui¹ WANG Jin-guang² LU Ming-ying¹ WANG Li-fa²

1(Shandong Institute of Architecture and Engineering, Jinan 250014) 2(Shandong Geological Survey Institute, Jinan 250013)

Abstract Some seismo-depositional layers are discovered in the alluvial facies of the Paleogene Zhubidian Formation in Yishu fault zone area of Anqiu City, Shandong. They are a set of seimites with seismo-depositional characteristics such as vibration liquefied sand dykes, liquefied sand veins, sandy conglomerate dykes caused by fissure filling, seismic fall masses, seismic small-scale fractures and collapse structures and so on. These Paleogene seimites indicate that tectonic activity was intense and strong earthquakes were frequently in Yishu Fault Zone during the Early Cenozoic Era. Seismic events recorded by these seimites are the responses to the Himalayan Tectonic Cycle after the Yanshan tectonic cycle. The discovery of seimites in the Paleogene Zhubidian Formation of Anqiu gives some new materials for studying the active history of Yishu Fault Zone and regional stratigraphy.

Key words Paleogene, Zhubidian Formation, seimite, alluvial layer, Yishu fault zone



图版 I 说明 1. 以浅色液化砂岩层为母岩的液化砂岩墙 (d) 与砂岩脉 (v), 岩墙和岩脉穿越红色砾岩层 (C)、泥质砂岩 (Sm) 及泥岩 (m), 墙穿越砾岩 (C) 部分构成宽度较大的砂砾岩墙。2. 浅色砂岩墙侵入位于上覆泥质砂岩层中, 照片清楚地显示砂岩墙与液化母岩层相连接。3. 与液化砂岩母岩层的顶部 (S) 相连的液化砂岩脉。4. 液化砂岩墙在平面上呈软塑性弯曲状延伸。5. 以砂砾岩为母体的、沿裂隙充填的巨大砂砾岩墙和砂岩墙。6. 与砂砾岩层成分相同的不协调岩块——震塌岩。7. 被上伏砂岩层掩埋的震成小断层 (F)。8. 塌陷构造 (震陷现象), 双线箭头示震沉方向, 单箭头所指处为共生的地震成因微断裂。(各标尺物的长度: 锤 39 cm; 取样刀 25 cm; 钢笔帽 5.5 cm)