

文章编号: 1000-0550(2009) 05-0872-08

古地震记录与岩相古地理¹

宋天锐 刘燕学

(中国地质科学院地质研究所 北京 100037)

摘要 本研究概括了古地震记录三方面的主要特征,即宏观构造、微观构造和地球化学异常。提出了不同沉积岩相古地理环境下古地震记录的差异性,指出了地震泄水充填脉构造在潟湖、潮坪、浅海碳酸盐岩和缓坡碳酸盐岩等相带中形成的特点,以及臼齿构造(molar-tooth)出现在缓坡碳酸盐岩相带的原因。根据在地震事件层内发现火山晶屑和火山玻璃假象的事实,指出采取同位素测年样品的必要性。

关键词 古地震记录 岩相古地理 火山活动

第一作者简介 宋天锐 男 1931年出生 研究员 博士生导师 沉积学 E-mail songtianne@cags.net.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 前言

1978年作者在新疆温宿县发现新近系中新统中包含大型的层内对称褶皱,上下为平行的红色砂岩,其中夹一层对称褶皱的灰色泥灰岩波浪状褶皱,泥灰岩厚约 40 cm,全波长约 10 m(图 1-1),认定是古地震造成的记录;1982年在北京十三陵中元古界雾迷山组中见到不对称的层内褶曲(图 1-2),说明古地震的记录可出现在不同时代的沉积地层中。1983年在徐道一等发起并主持下由黄汲清先生致开幕词的《天文、地质、气象、地震》全国学术会议上,作者宣读了“关于沉积地层中的地震记录及其意义”一文^[1],以后继续在此领域进行研究,得到国家自然科学基金委员会的资助,并取的一些成果^[2,3]。

1 古地震记录

古地震记录常见到的是宏观构造,但在具有明显宏观构造的沉积岩层中,一般都可见到相应的微观构造出现在岩石内部,并可进一步对宏观构造的成因加以解释。古地震记录还与沉积环境和岩相古地理有联系^[4-6],也受大地构造、火山活动以及沉积速度以及沉积物通量有关^[7-9]。本文中 also 提到古地震记录与地球化学异常的例子,应该说目前只是处于探索阶段,尚有待更多的统计结果加以验证。

1.1 宏观和微观构造

1.1.1 层内褶曲

层内褶曲是指在上下平行的两套岩层中出现有相当厚度的对称或不对称的褶曲岩层,如前所述新疆新近系中新统的大型对称波浪状褶曲为 40 cm 厚的泥灰岩,上下均为中—厚层状砂岩,北京十三陵雾迷山组中白云岩上下层位平展,其中夹有不对称泥质白云岩褶曲层;沿着这些层内褶曲层走向,可见到其他古地震宏观构造,均可说明古地震记录发生的同时性。层内褶曲构造被认为是受地震的纵波(P波)和横波(S)影响而成^[10]。

1.1.2 龙皮构造

龙皮构造是由小型交叉的层内褶皱构成的(图 1-3),表面很像干涉波痕,但不同的是龙皮构造为厚约 3 cm 的叠置的白云岩薄层构成,是由地震发生时勒夫波(L波)和瑞雷波(R波)的共轭作用形成的^[11]。

1.1.3 筑丘构造

筑丘构造的起因是地震—海啸引起的近岸地带的巨浪冲刷作用,由碎屑和内碎屑堆积而成,在北京十三陵元古界雾迷山组见到叠置的两个筑丘构造,颗粒都具向上变细的粒序层,在上面一个筑丘的顶部出现臼齿构造(molar tooth),是由其下部碳酸盐内碎屑所含水份受泄水作用上涌而成的脉状充填物^[8](图 1-4)。

1.1.4 震积角砾构造

地震造成的塌坍角砾或各式各样的层内角砾层,在不同时代的地层中都可见到。大致可以分为三类,

¹ 国家自然科学基金项目(批准号:49772121,40672082)资助。

收稿日期:2009-02-22 收修改稿日期:2009-06-27

第一类是局部垮落堆积角砾, 其角砾大小不均, 而且多数角砾为棱角状; 第二类为层内断裂角砾一般都包含在上下两个平行岩层之间 (图 1-5); 第三类为地震—海啸形成的板刺状角砾, 板的厚度由 2~ 1 cm, 有的可能硅化 (图 1-6)^[8]。一般见到的第一类角砾存在于局部地层内, 而第二类和第三类角砾层构造可延续较远, 特别是板—刺状角砾构造可在几十至几百千米的同时代地层中作为层位对比标志, 例如北京十三陵中元古界雾迷山组的板—刺角砾层, 可延续到天津蓟县元古宙剖面的相当层位。值得注意的是大规模的同生断裂角砾层在河北兴隆—承德一带也出现,

包括高于庄组在内非常普遍, 也认为是与地震有关的事件层^[9]。

1. 1. 5 碎屑岩砂体液化充填构造

碎屑岩砂体液化充填构造比较普遍, 认为是地震泄水作用引起, 从元古宙到新近纪以及第四纪沉积物的研究中都有报道。但是以前也曾被认为是与泥质岩的层面干裂痕, 北京十三陵串岭沟组发现的地震砂体液化充填构造, 可揭示地震泄水现象的两阶段过程 (图 2-1), 第一阶段 (a) 为液化涌动阶段, 可看到液化砂分层次发展以及粒序层的出现; 第二阶段为顺层液化充填阶段, 其充填方向是沿层内薄弱方向贯入, 既

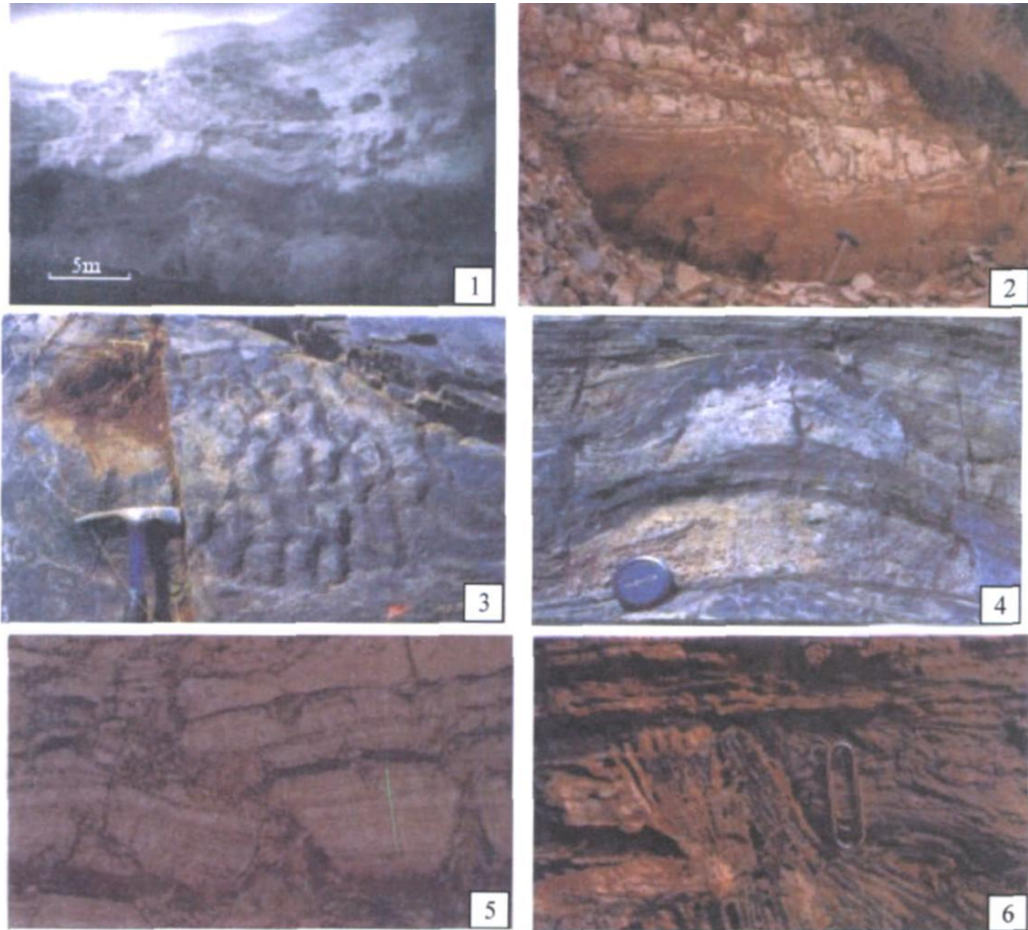


图 1 古地震造成的若干宏观构造

Fig 1 Some macro-structures caused by ancient earthquakes

1. 波状巨型层内褶皱: 一层 40 cm 厚的灰色泥灰岩由古地震造成的对称状褶皱, 上下为平行的红色砂岩层 (1978 年摄于新疆温宿县新近系中新统); 2 不对称的层内褶曲: 一层约 35 cm 厚的红灰色白云质泥质灰岩, 由古地震造成不对称层内褶曲, 上下为平行的灰白色中晶状白云岩层 (1982 年摄于北京十三陵中元古界雾迷山组); 3. “龙皮状构造”: 由厚度为 3 cm 的薄层白云岩受古地震勒夫波和瑞雷波共振作用形成“龙皮状构造”, 表面与干涉波痕相似; 4. 筑丘构造: 由古地震—海啸引发的两次津浪形成上下两个叠置的内碎屑丘体, 在上面一个丘体顶部出现泄水脉充填的臼齿构造 (molar-tooth); 5. 层内角砾构造: 由古地震引发的岩层碎裂为角砾状, 包含在上下平行的白云岩层中, 角砾大小不均并保存砾间空隙, 有的层内角砾构造可保持数百米厚; 6. 板刺状角砾构造: 由古地震—海啸影响, 大量遭击碎的薄层白云岩碎片挺立在上下平行的白云岩层中, 板刺厚度可由数毫米至 1 cm, 有的部分保留空隙, 有的可呈菊花瓣状排列, 也有局部硅化的, 横向延展数百米, 有的甚至可与几百千米以外的相同层位的地层对比。 (图 1-3 4, 5 6 均摄自雾迷山组)

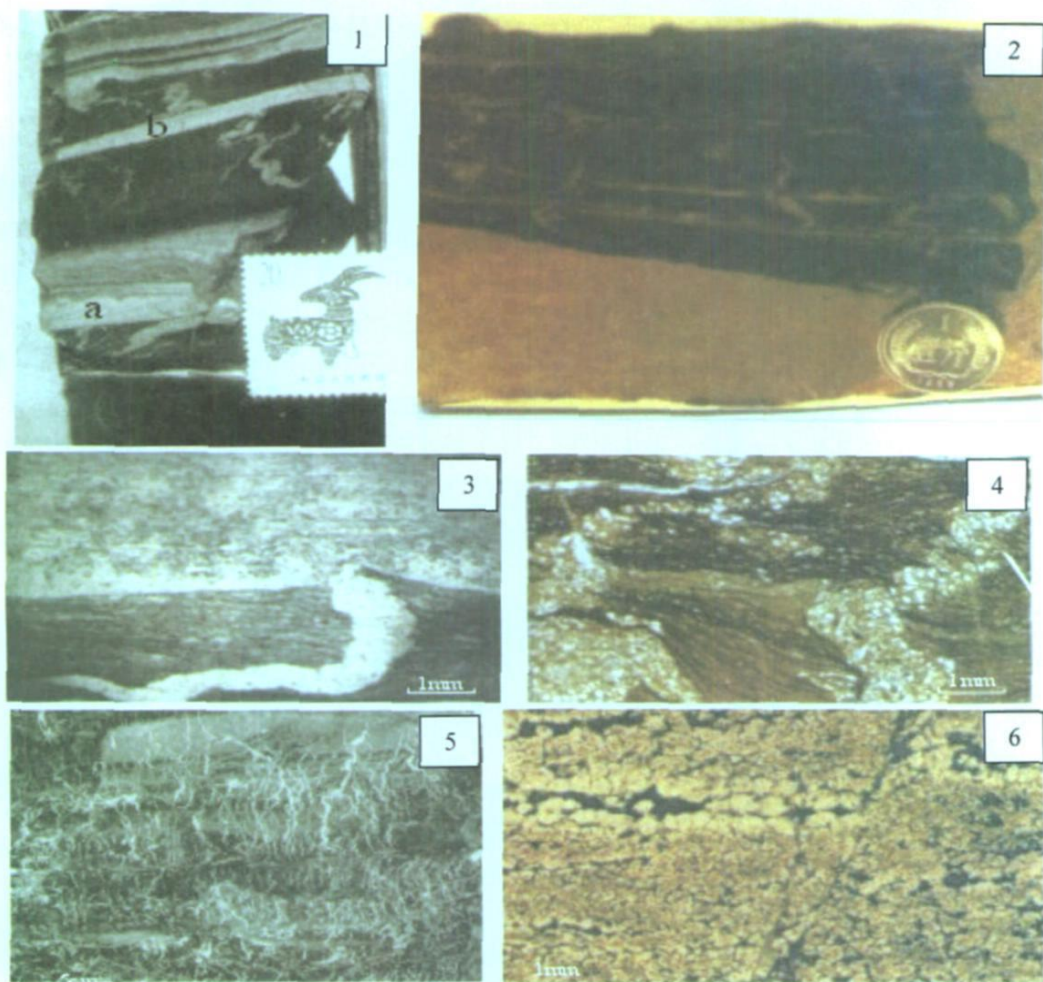


图 2 部分古地震形成的宏观和微观构造

Fig 2 Some macro-micro-structures caused by ancient earthquakes

1 古地震引发砂体液化: a 第一阶段古地震引发泄水作用的砂体液化涌流现象,也反映纹层状流体位移; b 第二阶段为顺层扩展的液化砂体形成弯曲的充填脉,有的向上充填有的向下充填(北京十三陵串岭沟组)。2 砂体液化脉上下充填构造:古地震形成的砂体液化不同于岩层表面干裂充填,液化充填脉既可向下充填,也可能向上充填,而且其形态极不规则(串岭沟组地震事件层段)。3 管状充填构造:古地震形成的微观构造形状与遗迹化石的虫管相似,三维观察为管状(常州沟组)。4 砂体液化与宿主岩石的微观构造:宿主岩石为泥质岩石而充填物为粗粉砂质,古地震发生时,粗粉砂质含水较多易液化形成充填脉(串岭沟组)。5 古地震形成的臼齿构造:在缓坡的碳酸盐岩相带中,包含风暴岩互层,其中内碎屑颗粒间含水份较多,古地震发生时液化并上下充填,臼齿状充填脉一般由亮晶方解石组成(大连震旦系兴民组)。6 阶梯状断层构造:受古地震影响在上下平行的岩层内形成层内错动,在碎屑岩中的错动面一般由微晶硅质充填,也可由碳酸盐充填(北京十三陵大红峪组事件层段)。

有向下充填的,也有向上充填的(图 2-2)。特别值得指出的是在震害事件层段内,发现了火山晶屑和火山玻屑的假象,被认为是地震伴随有火山活动,因此在该层位采取同位素测年样品是非常有必要的^[2]。

1.1.6 碎屑岩砂体液化充填的微观特征

碎屑岩砂体液化的管状充填很像显生宙地层中的遗迹化石,其三维剖面观察都证明是管状的^[4,5](图 2-3),早先也曾怀疑它是一种遗迹化石,但当时在同层位中见到小型层内断层相伴出现,认为可能是地震引发的^[11]。奇怪的是在常州沟顶部发现了类似

Planolites sp 的遗迹化石^[6],据杜汝霖说 *Seilacher* A. 看了以后也确认为是遗迹化石,为什么在其上部的串岭沟组没有看到这些化石?作者等认为可能与古地震造成的毁灭性灾害有关^[2]。碎屑岩中的管状充填如现代洪水期堤坝中的“管涌”,通常的充填物是粗粉砂而被充填物是较细的粉砂—泥质层,这是因为粗粉砂中含有较多水分(图 2-4),这些构造与层内断层构造相伴,因而认为是与地震有关的^[12]。

1.1.7 碳酸盐岩中的臼齿构造(molar tooth)

在大连震旦系—兴民村组中臼齿构造十分发育,

被认为是由地震引起的强烈振动的泄水脉充填物^[13-14],但是这种臼齿构造在北京十三陵雾迷山组地震带中并不发育,只是在筑丘构造的顶部少量出现,经研究认为大连震旦系兴民村组中包含有大量风暴岩 (tempsite) 夹层,其中有含大量水分的内碎屑层,在地震时水分外泄而成臼齿状脉^[15]。臼齿构造的振动液化脉一般是由亮晶方解石组成,这与碳酸盐矿物在水化过程中易受改造有关(图 2-5)。

1.1.8 层内断层构造

在上下两个平行层之间的断层或错动都被认为是地震引起的,从一套岩层的小规模层内断层,能够显示区域性大地构造的特点,例如在宽城一带元古界常州沟组砂岩中大量层内断层为正断层,可反映燕山裂陷槽的拉张特点^[11]。显微构造中层内错动和断层更为常见,也是由地震诱发,其断面可由微晶硅质充填,铁质脉充填,也可由碳酸盐脉充填(图 2-6)。

1.1.9 枕状构造和球状构造

在海相碳酸盐岩地层中出现的枕状构造,被解释为地震引起岩层局部塌陷角砾化受海水涌流所致,连

续或断续的枕状构造,都是在上下平行的岩层内出现,枕状构造层与同时期发生的其他层内地震构造层位是一致的。最近乔秀夫等在新疆乌恰地区早侏罗世沼泽相砂岩地层中,发现了古地震形成的球枕构造,认为是由砂体液化后负载体下沉造成的^[16],完全可以用 Kuenen P 在 1958 所做的实验结果来解释^[17]。

1.1.10 火焰构造

由于地震波激荡使未固结的泥砂质振起呈火焰状,但是后续的冲刷作用往往使火焰构造很少在宏观构造带内保留,然而在微观构造中比较常见,常常出现在一系列粒序韵律层的上部^[15]。

Seilacher A 将具有地震构造的沉积岩称作地震岩 (seimite)^[18],目前在国内的文献中引用的比较普遍,作者认为从严格意义上讲,具有地震构造的岩层,能以岩石的定义命名的范围较小,多数应称为地震构造层,华北元古宙地层中的地震构造很丰富,规模也很大,可以包含几种岩性,都将其称为地震岩未免太笼统,还是叫做地震系列较为符合实际情况^[8](图 3)。

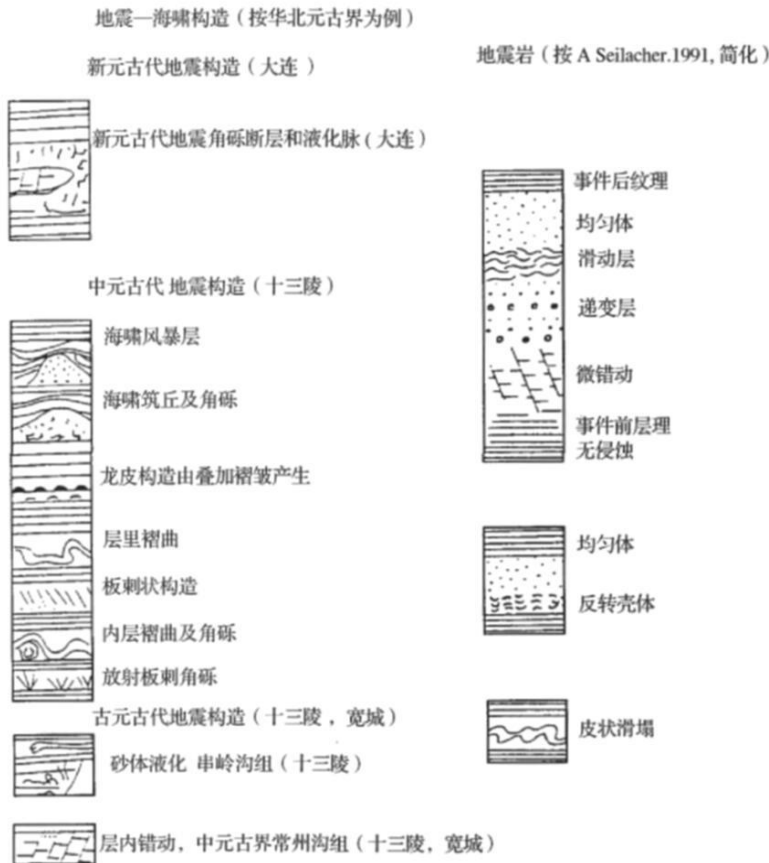


图 3 华北元古宙古地震构造与地震岩对比

Fig. 3 Comparison between ancient earthquake structures and seimites

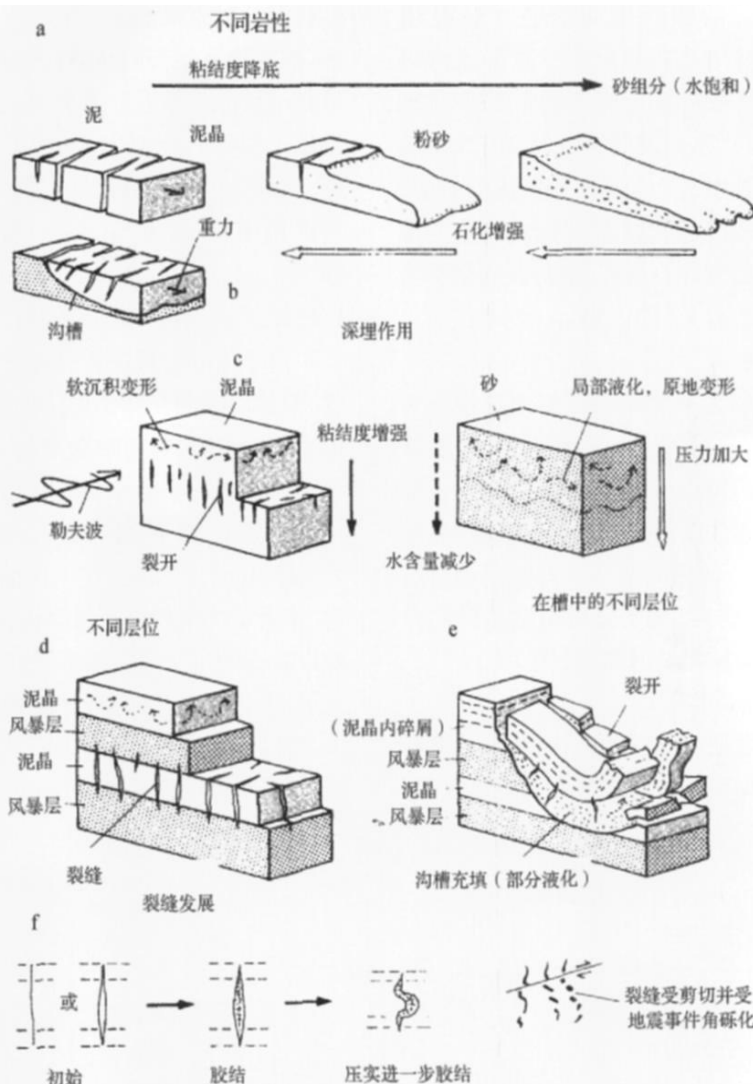


图 4 臼齿构造 (molar tooth) 形成机理 (按 Fairchild I J 1997)^[19]

Fig 4 Factors related to the formation of molar tooth structures (according to Fairchild I J, 1997)^[19]

大连金石滩震旦系兴民村组碳酸盐岩中臼齿构造很发育, 乔秀夫等一直认为是地震成因的^[13]; 本文指出地震构造与沉积环境有关联, 例如 molar tooth (臼齿构造) 国内外对其成因有不同的解释, Fairchild I J 等^[19]对大连震旦系兴民村组中 molar tooth 的地震成因释最为合理。认为可分为三个阶段: 第一是重力滑动拉张, 第二是地震勒夫波影响, 第三是液化充填, 最终形成臼齿构造 (图 4)。

2 地球化学异常

近代地震点出现氡气 (Rn) 异常已有报导, 但是对于古代事件地层中的地球化学异常却鲜有记述, 作者等以北京十三陵中元古界大红峪组的事件层的三

种岩石比较, 事件层段为受到熔弯的角砾硅化岩, 角砾形态极不规则, 而且大小不一, 其上部层位由具表面干裂痕的黑色粉砂质页岩覆盖, 再其上为具有滨海缓角度斜层理的长石—石英砂岩, 前者是事件岩层而后二者都不是事件岩层 (表 1)^[3], 三者对比可看出, ^{232}Th ^{226}Ra ^{40}K ^{238}U 四项核素的比活度和含量是有差异的, 其中 ^{232}Th ^{226}Ra 和 ^{238}U 在角砾硅化岩中明显升高, 而最上部的长石—石英砂岩层明显偏低, 另有 ^{40}K 在粉砂质页岩中最高, 可能与火山灰的加入有一定的关系^[3]。另一个由地震引起地球化学异常的例子, 出现在北京十三陵中元古界串岭组的事件层段内, 其中的页岩受到古地震影响产生层内褶皱和砂体液化 (见图 2-1), 该岩层 Rn 含量比未受到地震影

表 1 北京十三陵大红峪组事件层段地球化学异常

Table 1 Geo-chemical anomaly in the Dahongyu Formation event stage of the Proterozoic Strata, the Ming Tombs District Beijing

岩石	能量	核素	比活度 / $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$	含量
角砾硅化岩 (事件层段)	583	^{232}Th	73.7	18.08×10^{-6}
	609	^{226}Ra	49.3	1.35×10^{-9}
	1460	^{40}K	1581	5.10% K
		U	49.3	4.1×10^{-6}
粉砂凝灰页岩 (受影响)	583	^{232}Th	60.8	14.9×10^{-6}
	609	^{226}Ra	21.1	0.58×10^{-9}
	1460	^{40}K	3188	10.29% K
		U	21.1	
长石石英砂岩 (非事件层)	583	^{232}Th	7.3	1.7×10^{-6}
	609	^{226}Ra	7.4	0.20×10^{-9}
	1460	^{40}K	1065	3.44% K
		U	7.4	0.6×10^{-6}

表 2 北京十三陵串岭沟组古地震层段地球化学异常

Table 2 Geo-anomaly in ancient stage of the Chuanglingou Formation of the Ming Tombs District Beijing

岩性	$\text{Re}/10^{-9}$	$\text{Os}/10^{-9}$	$^{187}\text{Re}/^{186}\text{Os}$	$^{187}\text{Os}/^{186}\text{Os}$
黑色粉砂质页岩 (无)	12.4 ± 0.5	8.66 ± 0.10	56.2 ± 3.4	1.29 ± 0.08
黑色泥质粉砂岩 (有地震液化)	33.2 ± 1.8	2.57 ± 0.04	548 ± 31	7.5 ± 0.14
深灰泥质砂岩 (无)	9.99 ± 0.15	6.43 ± 0.13	60.8 ± 15	1.70 ± 2.06
黑色砂质泥岩 (无)	6.26 ± 0.30	2.86 ± 0.19	85.6 ± 5.0	2.50 ± 0.07

响的岩石高出 3 至 6 倍, 而 $^{187}\text{Re}/^{186}\text{Os}$ 的测定值比未受地震影响的岩石高出 6 至 10 倍, 同时 $^{187}\text{Os}/^{186}\text{Os}$ 也比正常岩石高 3 至 6 倍 (表 2)^[2]; 最近作者等又采用不同仪器对地震层段和非地震层段重复测试, 确认 $^{187}\text{Os}/^{186}\text{Os}$ 指标的可置信度。

3 岩相古地理

地震的发生并不受地理位置的限制, 但是古地震记录的保存却与古地理环境有关, 遭受冲刷和剥蚀的地方, 古地震的记录很难保存下来, 接受沉积的环境中往往局部或大部份古地震记录得以保留在地层中。

3.1 陆相盆地—泻湖—潮坪碎屑岩相带

在岩相古地理广义理解中, 这是一类比较局限的沉积环境, 尽管有些盆地分布面积也很可观, 但是比起在沉积地层中相对稳定的海相碳酸盐岩, 前者的分布范围小得多; 因此, 陆相盆地—泻湖—潮坪碎屑岩相带中, 古地震记录常表现为滑塌角砾、滑塌褶曲、砂体液化脉穿插、层内断层和火焰构造等。

3.2 陆表海碳酸盐岩相带

在此分布广泛层位稳定的沉积环境中, 古地震记录同样也是相对保存较完整的, 因此, 古地震记录可

作为地层对比的标志之一, 值得注意的是发生在震源区和边缘区的古地震记录可能有差别。例如燕山一带的元古宙地层, 高于庄组在裂陷槽中央位置的兴隆—承德一带, 大量发育由地震事件引发的盆内角砾岩堆积^[9], 而在西部的相当地层中并不发育; 同时, 在北京十三陵的雾迷山组, 古地震形成板刺状角砾层十分发育并且稳定, 这种板刺角砾层在天津蓟县的元古宙地层中也很发育, 最近乔秀夫等在涞源一带也发现板刺状角砾岩出现在雾迷山组的相当层位, 可见这种地震角砾构造可延长几百千米。

3.3 浅海碳酸盐岩缓坡相带

大连震旦系兴民村组是缓坡碳酸盐岩相带的典型, 碳酸盐岩地层是由中层—中厚层状泥晶—粉晶石灰岩和白云质石灰岩组成, 并且相间互层的有风暴岩→浊积岩→砂屑和砾屑石灰岩; 地震发生时, 含较多水分的岩层产生泄水液化脉—臼齿构造 (molar tooth); 事实上其形成机理与碎屑沉积物的地震砂体液化脉是相同的, 只是因为方解石易于再结晶, 臼齿构造表现为亮晶充填脉^[20, 21]。

3.4 海底泥质碳酸盐岩或泥岩相带

Seilacher A 研究认为海底介壳体反转扣置是与

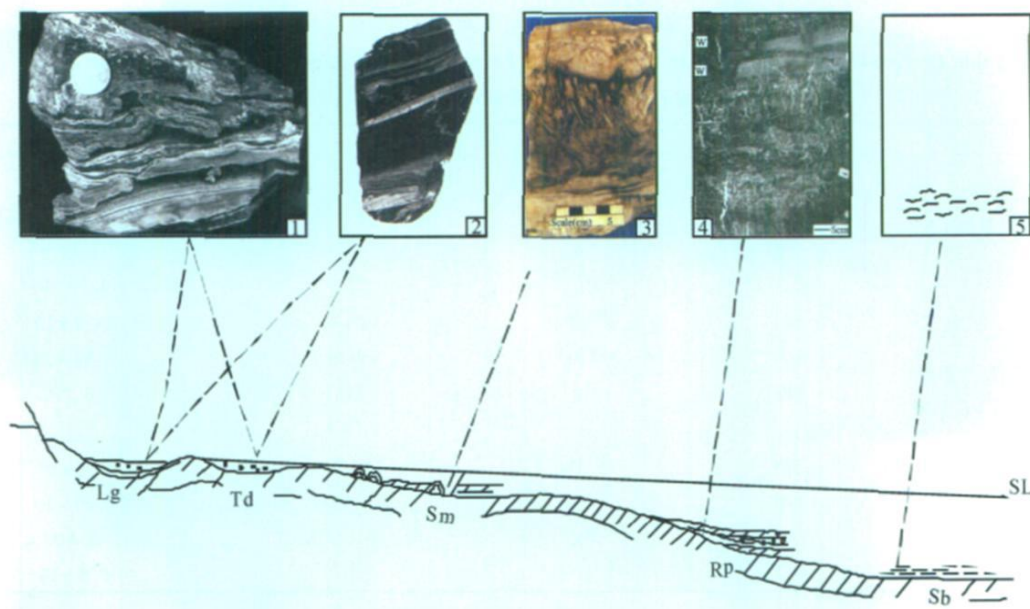


图 5 古地震记录与岩相古地理关系示意图

Fig 5 Sketch figure for relationship of ancient earthquake records and litho-palaeogeography

Lg- 潟湖, Td- 潮坪, Sm- 浅海, Rp- 缓坡, Sb- 海底

1 滑塌构造, 2 泄水构造, 3 板刺角砾构造, 4 臼齿构造, 5 壳体反置构造

古地震有关^[22], 在该领域我们还没有更多的研究。

4 结论

古地震记录包括在各个时代形成的地层中, 近年来多有报导和发现, 值得指出是石油天然气和煤层气的研究学者, 将古地震记录与储层研究联系起来^[23-24], 这将拓展古地震研究的理论和应用价值; 此外, 有些古地震和火山活动有联系, 在相邻层位和区域内, 火山岩、火山灰和火山晶屑与古地震记录相伴出现, 对古地震发生的时代和地层的同位素定年有重要意义。近年来人们对 2004 年 12 月 26 日在印尼苏门答拉岛附近海域发生里氏 7.9 级地震引发的大海啸印象很深; 北京地区在中元古代也发生过这样的地质事件, 例如在雾迷山组中所见到的现象^[8-25]。

参考文献 (References)

- 1 宋天锐. 关于沉积地层中的古地震信息 [C]// 张勤文, 徐道一主编. 天文地质学进展. 北京: 海洋出版社, 1986: 95-104
- 2 宋天锐, 和政军, 丁孝忠, 等. 北京十三陵中元古代串岭沟期地质事件的探索 [J]. 地质论评, 2000, 46(4): 400-406
- 3 宋天锐, 和政军, 丁孝忠, 等. 北京十三陵元古宙大峪组含事件信息的沉积岩研究 [J]. 岩石矿物学杂志, 2000, 19(4): 323-332
- 4 Song Tianrui, Gao Jian. Tidal sedimentary structures from Upper Precambrian rocks of the Ming Tombs District, Beijing (Peking), China [J]. Precambrian Research, 1985, 29: 98-107
- 5 宋天锐, 高健. 最古老的后生动物痕迹化石——对北京十三陵前寒武纪常州组充填管构造的探讨 [J]. 沉积学报, 1985, 3(2): 85-96
- 6 宋天锐, 高健. 这些是中国发现的最古老的后生动物痕迹化石吗? [J]. 科学通报, 1985, 12: 926-928
- 7 宋天锐. 关于岩石钾肥、古-新地震和人造甲烷水合物的思维启迪 [C]// 王华, 李忠, 陆永潮主编. 现代沉积学研究的若干思路与方法. 武汉: 中国地质大学出版社, 2002: 168-179
- 8 宋天锐. 北京十三陵前寒武纪碳酸盐岩地层中的一套可能的地震-海啸序列 [J]. 科学通报, 1988, 8: 609-611
- 9 和政军, 宋天锐, 丁孝忠, 等. 燕山中元古代裂谷早期沉积断裂活动及其对沉积事件的影响 [J]. 古地理学报, 2000, 2(3): 83-91
- 10 宋天锐, 高健. 北京前寒武系沉积岩 [M]. 北京: 地质出版社, 1987: 1-193
- 11 宋天锐, 赵震, 王长尧, 等. 华北元古宙沉积岩 [M]. 北京: 科学技术出版社, 1991: 1-192
- 12 宋天锐. 沉积地层中的地震记录及其意义 [C]// 北京大学国际地质科学学术研讨会论文集. 北京: 地震出版社, 1998: 212-221
- 13 乔秀夫, 宋天锐, 高林志, 等. 碳酸盐岩振动液化地震序列 [J]. 地质学报, 1994, 68(1): 16-134
- 14 宋天锐. 北京十三陵地区中元古界长城系沉积相标志及其古地理模式 [J]. 古地理学报, 2007, 9(5): 461-472
- 15 Song Tianrui, Gerhard Einsele. Proterozoic sedimentary facies and their depositional environments in the Ming Tombs District, Beijing [C]// Proceedings of 30th International Congress, Field Trip Guide, Beijing Geological Publishing House, 1996: 201-222
- 16 乔秀夫, 李海兵, 王思恩, 等. 新疆境内塔拉斯费尔干纳断裂早侏罗世走滑的古地震证据 [J]. 地质学报, 2008, 82(6): 721-730
- 17 Kuenen P. Experiments in geology [J]. Trans. Geo. Soc. Glasgow,

- 1958, 23: 1-28
- 18 Seilacher A. Fault-graded bedding interpreted as seismicites[J]. *Sedimentology*, 1969, 13(1/2): 155-159
- 19 Fairchild I J, Einsele G, Song Tianru. Possible seismic origin of molar tooth structures in Neoproterozoic carbonate ramp deposits north China[J]. *Sedimentology*, 1977, 24: 611~ 636
- 20 乔秀夫, 宋天锐, 李海兵, 等. 辽东半岛南部震旦系一下寒武统成因地层—大连市金石滩海岸国家级风景旅游导游[M]. 北京: 地质出版社, 1996: 1-174
- 21 乔秀夫, 宋天锐, 高林志, 等. 地层中地震记录(古地震)[M]. 北京: 地质出版社, 2006: 1-255
- 22 Seilacher A. Sedimentary structure tentatively to seismic event[J]. *Marine Geology*, 1984, 55 (1/2): 1-12
- 23 杨剑萍, 查明, 牟雪梅, 等. 山东惠民凹陷古近系基岩砂体地震作用成因新论[J]. *沉积学报*, 2006, 24(4): 488-495
- 24 杨剑萍, 聂玲玲, 张琳璞, 等. 柴达木盆地西南缘乌南油田新近纪古地震记录及储集性能研究[J]. *地质学报*, 2008, 82(6): 805-812
- 25 梁定益, 聂泽同, 宋志敏, 等. 北京房山世界地质公园中元古界雾迷山组地震—海啸序列及地质特征[J]. *地质通报*, 2009, 28(1): 30-37

Ancient Earthquake Records and Litho-Paleogeography

SONG Tian-ru LIU Yan-xue

(Institute of Chinese Academy of Geological Sciences Beijing 100037)

Abstract Three main characteristics of ancient earthquakes are demonstrated in this paper. They are macro-structures, micro-structures and geo-chemical abnormal. There are differences of earthquake records in various litho-geographic environments. It is recognized that the formation factors caused by water escape fillings so called molar tooth structures either in clastic rocks or in carbonate rocks, such as sand liquefaction and sand bed slump structures so common in lacustrine, lagoon and tidal flats but molar tooth structures widely distributed in carbonate rocks related with marine ramp environment due to tempsite beds always containing more water. Besides, volcanic crystals, tuffs or pseudomorph volcanic glasses could be company with earthquake records beds need pay attention to collection of samples for geo-age determination.

Key words ancient earthquake records, litho-geography, volcanic activities