

河南荥阳薛村商代前期(公元前 1500~1260 年)埋藏古地震遗迹的发现及其意义

夏正楷, 张小虎, 楚小龙, 张俊娜

北京大学城市与环境学院, 北京 100871;

河南省文物研究所, 郑州 450000

E-mail: Xiazk@urban.pku.edu.cn

2008-05-23 收稿, 2009-01-19 接受

国家自然科学基金(批准号: 40571168)和国家科技支撑计划(编号: 2006BAK21B02)资助项目

摘要 为配合南水北调工程建设, 2005~2006 年河南省文物考古研究所在荥阳市薛村附近的南水北调工地进行抢救性考古发掘, 在薛村遗址揭露出大量的古地震遗迹, 主要有地堑、地裂缝和古代文化遗迹的错位等。根据古地震遗迹与文化层(或灰坑)之间的相互关系, 初步判断古地震发生在商代前期, 大致时间在二里岗下层晚期到二里岗上层之间, 进而通过灰坑中木炭的 AMS¹⁴C 测年, 确定这次古地震发生在(2910 ± 35)~(3165 ± 35) a BP (或(3160 ± 35) a BP)之间, 亦即日历年龄 1260~1520 BC(或 1510 BC)之间。薛村史前地震遗迹迹象清楚, 年代确凿, 填补了中原地区这一阶段古地震记录的空白。这一发现不仅加深了对史前地震的了解, 拓宽了古地震研究的内容和方法, 而且也正在建设中的南水北调工程, 提供了重要的科学依据。

关键词
河南荥阳
薛村遗址
商代前期
古地震遗迹
南水北调

地震给人类的生命财产带来巨大的损失, 被视为威胁人类生存的重大自然灾害之一。史前地震作为地震研究的重要内容, 一直为人们所关注^[1]。我国属于地震多发国家之一, 根据历史文献记载, 自公元前 843 年以来, 我国发生过有感地震数千次, 丰富的文献资料为我国研究历史时期的古地震提供了丰富的素材^[2]。但对于史前阶段, 由于缺乏确切的文献资料, 古地震的研究还处于起步阶段, 尚有待进一步深入。国内外大量的工作证明, 在史前地震的研究中, 地震地质学和考古学可以发挥重要的作用^[3~10]。2005~2006 年, 河南省文物考古研究所为配合南水北调工程建设, 在河南省荥阳市薛村进行抢救性的考古发掘, 在属于商代前期(二里岗文化时期)的薛村遗址揭露出大量被埋藏的古地震遗迹。为查清古地震的性质和年代, 我们在考古发掘区进行了古地震的地质调查, 并根据地震遗迹与人类文化遗迹之间的

相互关系以及人类遗迹的测年数据, 对古地震发生的时代进行了精确的定年。薛村古地震的发现不仅加深了我们对古地震的认识, 而且也南水北调这一国家重大水利工程的实施提供了重要的科学依据。

1 古地震遗迹的地理位置

古地震遗迹发现于薛村文化遗址的范围之内, 该遗址位于河南荥阳市薛村北约 1 km 的邙山黄土塬南坡, 地理坐标: 34°52'N, 113°13'E, 北距黄河约 1 km, 东距郑州 40 km。遗址面积约 20000 m², 是一处从二里头文化晚期到二里岗文化上层时期的聚落遗址^[11]。

遗址所在地黄土塬面平坦, 由此向北, 塬面明显翘起, 形成一道 NEE 走向的黄土分水岭, 黄河紧靠分水岭北侧坡脚流过, 河岸陡立, 高达 100 m 左右, 全部由黄土组成(图 1)。

本次配合南水北调工程的考古发掘面积约 20000 m²。在发掘过程中,在地面以下 0.3~3 m 左右,出土了丰富的二里岗时期的文化遗存,同时还揭露出大量被埋藏的古地震遗迹,包括小型地堑、地裂缝等。

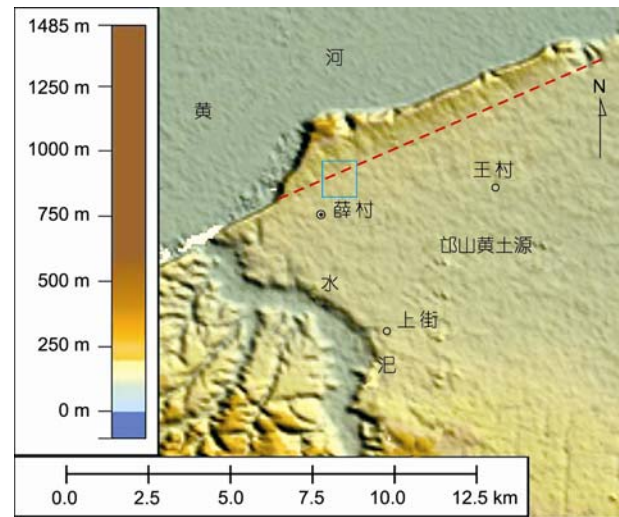


图 1 薛村地理位置图

图中蓝色方框为研究区,红色虚线为推测断层

2 古地震遗迹分布的层位

由于长期的农业活动,遗址区的原始堆积遭到严重的破坏,大部分地区地层保存不全,仅在遗址区的西南部剖面比较完整,其基本层序见表 1。

野外观察发现,古地震遗迹仅出现在第 7 层和下伏黄土层中,在第 6 层及其以上地层中均未发现古地震遗迹,说明古地震发生在第 7 层堆积之后,第 6 层堆积之前,大致在二里岗下层文化时期到二里岗上层文化时期之间。

3 古地震遗迹

薛村遗址考古发掘工地揭示的古地震遗迹主要有地堑、地裂缝和古代文化遗迹的错位等。至于薛村以北黄土塬的翘起是否指示这里存在有隐伏断裂,尚有待进一步的研究。

3.1 地堑

在发掘工地近 20000 m² 的范围内发现有两个并列的近东西向小型地堑,由于它们被厚 2~3 m 的后期堆积物所掩埋,因此地表没有显示,只是通过这次大面积的考古发掘才得以暴露,我们把它们分别称之为 1 号地堑和 2 号地堑(图 2)。

表 1

层位描述	厚度/cm
上部: 近现代及历史时期堆积	
(1) 耕土层, 灰褐色, 质地疏松, 有植物根系	约 12~24
(2) 灰黄色粉砂, 质地杂乱, 含有白灰粒、煤渣、碎砖块、瓷片等	约 40~75
(3) 黄褐色粉砂, 质地较硬, 含有炭粒、砖块、碎瓦片、瓷片等	约 35~95
中部: 二里岗时期上文化层	
(4) 灰褐色粉砂质黏土, 质地较坚硬, 杂有少量的黄土团块, 含有零星的红烧土颗粒、炭屑及少量的石块。此层出土有二里岗上层时期的碎陶片、石器	约 25~80
(5) 灰褐色粉砂, 质地较疏松, 杂有较多的灰褐色黏土和黄土团块, 含有少量的红烧土颗粒、炭屑、石块、动物骨骼等。此层出土有少量二里岗上层时期的鬲、盆等陶器残片	约 20~43
(6) 黄灰色粉砂质黏土, 局部杂有青灰色-灰白色黏土, 包含有零星的草木灰、少量的炭屑、红烧土粒、石块、动物骨骼等。此层出土有二里岗上层文化时期的鬲、深腹罐、小口瓮、大口尊、盆等陶器碎片	约 0~60
下部: 二里岗时期下文化层	
(7) 灰褐色粉砂质黏土, 质地较坚硬, 含少量的炭粒和红烧土粒。古地震遗迹集中分布在本层内。该层出土有二里岗下层文化时期的陶鬲、深腹罐、盆等器物残片	约 0~60
底部: 更新世晚期-全新世初黄土堆积	
(8) 黄色黏土质粉砂, 为黄土堆积, 其中夹有棕红色古土壤层, 不含文化遗物, 考古学上称生土层	出露厚度大于 100

1 号地堑位于遗址发掘区北部, 保存完整, 宽 20~25 m, 大致呈 50°~55°方向展布, 延伸长度大于 500 m(图 3), 2 号地堑位于 1 号地堑以南约 20 m, 地堑宽 20~30 m, 其走向与北地堑基本平行, 大致在 55°~73°左右, 延伸长度也在 500 m 以上(因地堑两端被黄土覆盖, 两个地堑的实际长度目前尚无法追索)。由于后期的人为破坏, 2 号地堑不如 1 号地堑保存完整。

在地堑的边缘, 控制地堑的断裂面十分清楚, 根据断裂面的产状和地层的拖曳现象, 可以确定断裂属于正断层。进而根据断层上盘文化层下伏黄土层中所夹棕红色古土壤层要比下盘同一层位高 2.5 m 左右, 推算地堑陷落的幅度大致在 2~3 m 左右。

3.2 地裂缝

区内地裂缝数目众多, 根据其分布的部位和规模可以分为大型地裂缝和小型地裂缝两类。

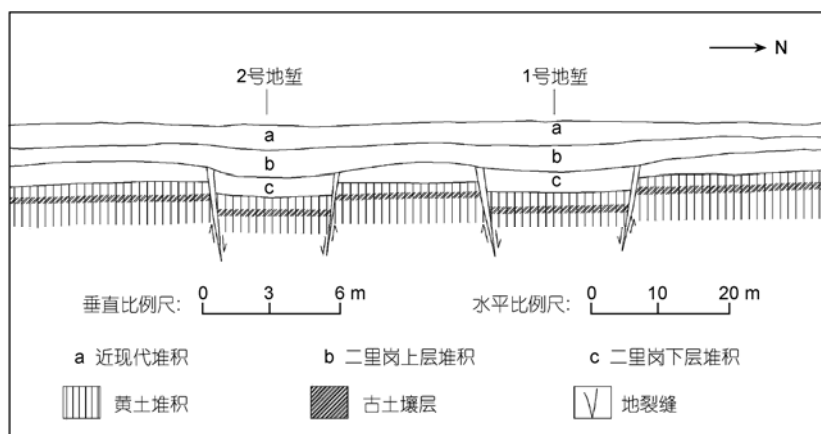


图 2 薛村古地震遗址南北地质断面示意图

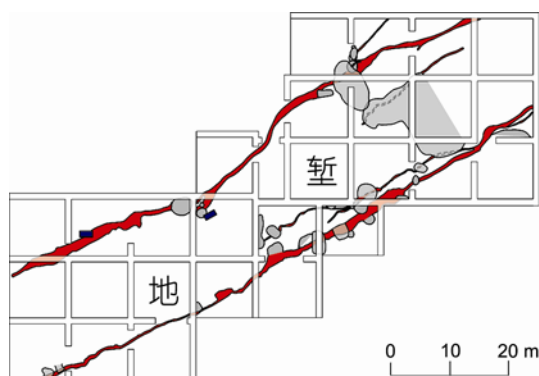


图 3 1号地堑局部平面图

图中红线为地堑两侧的地裂缝, 灰色图斑为灰坑, 方框为考古发掘的探方

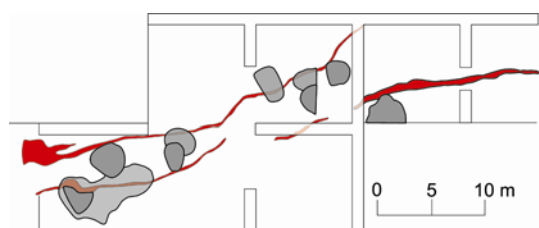


图 4 2号地堑北侧地裂缝局部平面分布图

图中红线为地堑北侧边缘断层, 灰色图斑为灰坑, 方框为考古发掘的探方

() 大型地裂缝。分布在地堑的边缘部位, 与地堑两侧的断层位置完全一致, 从北到南共有 4 道, 是地堑边缘断层拉张的产物(图 4)。

这些大型地裂缝宽 0.2~0.4 m, 最大宽度可达 1 m, 在平面上呈条带状延伸, 大致走向呈 50° ~ 55° 左右, 长度超过 500 m(图 5)。在断面上, 裂缝形态各异, 有的呈楔状向下逐渐尖灭, 有的时宽时窄, 有的底部还

出现分叉现象(图 6)。裂缝充填物主要为灰黑-灰褐色粉砂质黏土, 其中混杂有大量的灰土、红烧土和其他文化遗物。



图 5 1号地堑北侧被充填的大型地裂缝



图6 探方中所见的大型地裂缝断面

() 小型地裂缝. 在南北两个地塍的内部, 地裂缝十分密集. 据野外观察, 这些地裂缝规模较小, 一般开口宽 3~5 cm, 个别开口较大, 可达 10~20 cm, 延伸长度 1~10 m 不等, 裂缝方向大致有两组, 一组走向为 0° , 另一组为 35° , 其中以 35° 这一组最为发育, 两者在平面上往往彼此相交, 形成之字形或 X 形交叉网格(图 7). 在断面上地裂缝向下逐渐变细, 深度可达 1~2 m, 最深可达 4~5 m, 其中充填有颜色较浅的棕黄色粉砂质黏土.



图7 两组小型地裂缝交叉形成的之字型

3.3 文化遗迹错动

在遗址区分布有大量的文化遗迹, 如房址、灰坑、水井、墓葬等, 受地震影响, 文化遗迹的错动十分普遍.

() 灰坑错动. 灰坑是古代人类活动遗留下来的重要遗迹, 遗址区内灰坑众多, 它们在平面上大多呈圆形或近圆形, 直径大小不一, 从 1~4 m 都有出现, 断面上呈上平下凹的锅状, 厚 0.5~1 m.

在遗址范围内可以见到不少灰坑被地裂缝贯穿, 其中有的灰坑只是沿裂缝裂开, 灰坑本身没有发生错动, 有的灰坑则沿裂缝发生水平错动和垂直错动, 水平错动以右旋为主, 错动距离一般为 2~10 cm, 垂直错动距离一般为 2~5 cm.

() 古水井错位. 在发掘区还见到一口二里岗下层时期的古水井(J2)被一条近东西向的地裂缝切穿, 古井边长 2 m, 呈正方形, 裂缝与古井南壁斜交, 交角 5° 左右, 裂缝北侧水井西移, 南侧水井东移, 呈右旋, 平推距离约 10 cm(图 8).



图8 被地裂缝错开的古水井

() 人骨错位. 在 1 号地塍南侧的大型地裂缝中, 考古学家发掘出一具人类残骸和一具动物遗骸. 其中人类残骸不完整, 仅见到躯干, 呈俯卧状, 与地裂缝方向垂直, 未见头骨和下肢骨(图 9(a)). 但在裂缝北壁高于该残骸约 150 cm 的地方, 在一个被同一地裂缝破坏的残缺灰坑(T1019H551)中, 后来的考古发掘又发现了一具带有盆骨的人类下肢骨残骸(图 9(b)). 根据人骨的部位以及产出的相对位置, 可以推断两者属于一个个体, 在地震发生之时, 由于地裂缝的张开, 以致原灰坑中的完整人类尸骨被分离, 其中躯干部分坠落入地裂缝之中, 而下肢骨残骸还保留在裂缝之外. 动物遗骸则保存完好, 呈侧卧状, 躯体与断层裂缝方向基本保持一致(图 10), 推测可能与地震时家畜不慎坠入地裂缝有关, 也有人认为可能与地震发生之后古人的祭祀活动有关.

4 古地震震级的估算

震级计算是古地震研究的一项重要内容, 前人在这一方面已经做了大量的工作, 并根据震级与地震地表破裂参数之间的关系, 提出了各种不同的地



图 9 被地裂缝错断的人类骸骨
(a) 下肢骨部分(地裂缝外); (b) 躯干部分(地裂缝内)



图 10 地裂缝中的动物骸骨

震震级计算公式^[12~18]。受客观条件的限制,薛村古地震遗迹揭露面积有限,地震地表破裂参数,尤其是破裂长度很难掌握,这给古地震震级的计算带来很大的困难。根据地表地震破裂情况,薛村古地震可能反映了以正断层错动为主的同震运动。鉴于此,我们选择垂直错动量作为主要的地震地表破裂参数,并认为薛村古地震 2~3 m 的垂直错动量是由一次事件所完成,采用全球适用的、正断层的矩震级 M 与平均同震位错 AD 的经验公式或者矩震级 M 与最大同震位错 MD 的经验公式进行了薛村古地震震级的初步估算。

矩震级 M 与平均同震位错 AD 的关系式为

$$M = 6.78 + 0.65 \log (AD), \quad (1)$$

矩震级 M 与最大同震位错 MD 的关系式为

$$M = 6.61 + 0.71 \log (MD). \quad (2)$$

薛村古地震造成的垂直位移为 2~3 m, 由式(1)可估算出古地震的矩震级 M 在 6.98~7.09 之间(平均同震位错 AD 取 2.5 m), 由式(2)可估算出古地震的矩震级 M 在 6.82~6.95 之间(最大同震位错 MD 取 3.0 m)。根据这一计算结果,我们初步确定薛村古地震的震级大致在 6.8~7.1 级之间。

5 古地震年代的确定

确定史前地震的年代是一个相当棘手的难题。在古地震研究中,一般依据错断地层、覆盖层以及崩积楔、充填楔的时代来确定地震发生的年代^[16,17]。薛村古地震遗存与文化遗址共存,后者为史前地震年代的确定提供了一个更为可靠的考古学和年代学证据。

根据古地震遗迹分布的层位,前面已经说明古地震发生在商代前期二里岗上层文化与二里岗下层文化之间。进一步的考察发现,遗址区的灰坑与地裂缝之间存在有两种不同的关系(表 2):一种是地裂缝贯穿灰坑,表明这一类灰坑应形成于地震之前,还有一种是灰坑覆盖在地裂缝之上,裂缝没有贯穿灰坑,说明这一类灰坑应形成于地震之后。考古资料证实,被断裂打破的灰坑,其时代属于二里岗下层晚期,而覆盖在断裂之上的灰坑,其时代属于二里岗上层,根据断裂与灰坑之间的相互关系,我们可以判断地震活动发生的时限应该在二里岗文化下层晚期(1518~1425 BC)—二里岗文化上层(1429~1260 BC)之间^[19]。

表 2 薛村遗址地裂缝与二里岗时期的灰坑相互关系统计^{a)}

类型	1 号地堑	2 号地堑
覆盖在地裂缝之上的灰坑(二里岗文化上层)	H4, H16, H19, H26, H38, H39, H53, H57, H58, H59, H60, H61, H213, H312, H486, H513, H523	H224, H287, H363, H375, H381, H407, H422, H423, H427, H517, H519, H521, H522, H534
被地裂缝贯穿的灰坑(二里岗文化下层晚期)	H40, H508, H509, H510, H525, H527, H528, J2	H427, H534

a) 表中 H 代表灰坑, J 代表水井, 阿拉伯字代表灰坑和水井编号

为了进一步确定古地震的年代,我们选择开挖在 1 号地堑南侧断裂带上的探方(T1501), 进行了

相关的年代测定。在该探方第6层堆积(二里岗上层)之下,发现两条地裂缝,一条规模较大,另一条规模较小,两者彼此相连,可视为同期裂缝。在探方南壁的断面上可以明显见到其中规模较大的裂缝被一个二里岗上层早期的灰坑(H39)所打破,说明裂缝早于二里岗上层早期,而规模较小的裂缝切穿一个二里岗下层晚期的灰坑(H40),说明裂缝晚于二里岗下层晚期(图11)。由于这两个裂缝属于同期裂缝,上述现象表明裂缝的形成时代应介于灰坑(H40)和灰坑(H39)之间,即二里岗下层晚期到二里岗上层早期之间。在两个灰坑中我们分别采集了3个木炭样品进行AMS¹⁴C测年,结果表明,采自二里岗下层晚期灰坑(H40)的两个样品AMS¹⁴C年龄分别为(3165±35) a BP,日历年龄1520 BC(95.4%)1220 BC和(3160±35) a BP,日历年龄1510 BC(95.4%)1380 BC,推断该灰坑(H40)的年代在1520~1510 BC前后。采自二里岗上层灰坑(H39)的样品AMS¹⁴C年龄为(2910±35) a BP,日历年龄1260 BC(92.1%),推断该灰坑(H39)形成的年代在1260 BC前后。据此,我们断定引发地裂缝的古地震的日历年龄大致在1520~1510 BC到1260 BC之间,测年数据与考古学证据完全相符。

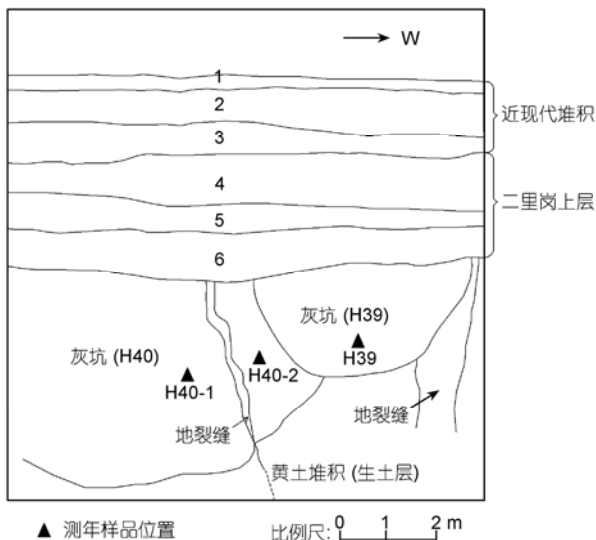


图11 探方T1501中所见地层、灰坑与地裂缝关系图

6 讨论

至今为止,我国最早的古地震文字记录开始于公元前843年,更早的地震活动一直缺乏确实的文字

记录,虽然在“竹书纪年”、“国语”、“墨子”、“太平御鉴”等古书中也有过一些关于史前地震活动的描述^[20,21],如“帝发七年(1831 BC),泰山震”,“帝癸十年(1809 BC),五星错行,夜中陨星如雨,地震,伊洛竭”等,但这些古书的著书年代都比较晚,并非是当事人的现场记录,因此其可靠性一直受到人们的质疑。

河南荥阳薛村遗址的考古发掘揭示了一个被埋藏的古地震现场。由于地震遗迹与人类遗址共存,为我们研究古地震发生的时代以及地震对古代人类社会的危害提供了一个难得的机会。通过古地震遗迹与人类遗址相互之间的地层学研究、可靠的考古文化证据以及来自文化遗存的年龄数据,我们确认这是公元前1500~1260年(商代前期)发生在我国中原地区的一次古地震,其震级可能达到7级左右。荥阳古地震的发现不仅填补了我国史前时期,尤其是夏商周三代古地震记录的空白,也为史前古地震的发现和定年开辟了一个新的途径。

由于黄土覆盖和人类后期的改造,目前我们还没有条件进一步追索这次地震活动的影响范围,但仅就考古发掘所揭示的古地震现场来看,这次地震所引发的地表破裂情况表明地震具有相当大的规模,而大量文化遗迹的错动说明地震给当地的人类居住环境造成了直接的破坏。由于这次古地震发生在我国华夏文明的发祥地——中原地区,而且发生的时代又恰恰处于华夏文明形成的早期——商代前期,因此它势必会给中原地区华夏文明的发展带来重大的影响。而覆盖在地裂缝之上的灰坑则进一步表明,在地震之后先民们又返回故土,在地震的废墟上重建自己的家园。

河南荥阳薛村古地震表明,这里在历史时期曾经是地震活跃地带,在公元前1500~1260年的商代前期还发生过强烈的7级地震,这无疑给我们一个重要的警示:这里今天仍存在发生地震的潜在危险性。由于古地震位于郑州附近,而且建设中的南水北调中线总干渠将从薛村通过,干渠穿越黄河的隧道入口处就在古地震遗迹分布区的范围之内。因此,查清薛村古地震的性质和发震机制,对于确保郑州这一特大城市的安全,确保南水北调这一国家重大水利工程的顺利进行和将来的可持续利用,具有重要的意义。

致谢 本文中 AMS¹⁴C 年龄由北京大学文博学院第四纪与考古学年代实验室完成, 古地震的震级计算得到四川地震局闻学泽教授的指导, 在此一并致谢。

参考文献

- 1 冉勇康, 邓起东. 古地震学研究的历史、现状和发展趋势. 科学通报, 1999, 44: 12—20
- 2 中国科学院地震工作委员会历史组. 中国地震资料年表. 北京: 科学出版社, 1956. 1—1540
- 3 Marco S. Recognition of earthquake-related damage in archaeological sites—Examples from the Dead Sea fault zone. Tectonophysics, 2008, 453: 148—156[doi]
- 4 Caputo R, Helly B. Archaeological evidences of past earthquakes: A contribution to the SHA of Thessaly, Central Greece. J Earthq Eng, 2005, 9: 199—222[doi]
- 5 Marco S, Hartal M, Hazan N, et al. Archaeology, history and geology of the 749 AD earthquake, Dead Sea Transform. Geology, 2003, 31: 665—668[doi]
- 6 师亚芹, 李晋, 冯希杰, 等. 渭河断裂带古地震研究. 地震地质, 2007, 29: 607—616
- 7 江娃利, 侯治华, 谢新生. 北京平原南口-孙河断裂带昌平旧县探槽古地震事件研究. 中国科学D辑: 地球科学, 2001, 31: 501—509
- 8 冉勇康, 王景铎, 彭斯震, 等. 河北宣化盆地南缘断裂的古地震遗迹. 地震地质, 1995, 17: 44—46
- 9 李红. 确定古地震时期的考古学方法. 国际地震动态, 1998, 28: 31—33
- 10 许年金, 江娃利. 古人类遗址中的古地震研究. 国际地震动态, 1993, 23: 32—33
- 11 孙新民, 楚小龙. 河南荣阳市薛村遗址2005年度发掘简报. 华夏考古, 2007, 3: 3—21
- 12 邓起东, 于贵华, 叶文华. 地震地表破裂参数与震级关系的研究. 见: 活动断裂研究编委会. 活动断裂研究(2). 北京: 地震出版社, 1993. 247—264
- 13 董瑞树, 冉洪流, 高静. 中国大陆地震震级和地震活动断层长度的关系讨论. 地震地质, 1993, 15: 395—400
- 14 Mark A, Hemphill-Heley, Ray J W. 根据地表破裂位移测量估计古地震的震级(摘要). 地震地质, 2000, 22: 96
- 15 龙铎, 闻学泽, 徐锡伟. 华北地区地震活动断层的震级-破裂长度、破裂面积的经验关系. 地震地质, 2006, 28: 511—535
- 16 Wells D L, Coppersmith K J. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement. Bull Seismol Soc Am, 1994, 84: 974—1002
- 17 邓启东, 汪一鹏, 廖玉华, 等. 断层崖崩积楔及贺兰山山前断裂全新世活动历史. 科学通报, 1984, 29: 557—560
- 18 胡道功, 叶培盛, 吴珍汉. 东昆仑断裂带西大滩段全新世古地震研究. 第四纪研究, 2006, 26: 1012—1019
- 19 夏商周断代工程专家组. 夏商周断代工程1996—2000年阶段成果报告(简本). 北京: 世界图书出版公司, 2001. 62—73
- 20 郭履灿, 高建国, 阎维彰. 世界早期历史地震史料的比较研究. 山西地震, 1992, 2: 15—28
- 21 王嘉荫. 中国地质史料. 北京: 科学出版社, 1963. 18—46