

周月玲,王晓山,边庆凯,等,2020. 涉县地震活动特征及其构造背景. 中国地震,36(1):14~22.

涉县地震活动特征及其构造背景

周月玲 王晓山 边庆凯 孙丽娜

河北省地震局,石家庄 050021

摘要 本文采用地质地貌调查、地震活动性分析和地质测年等方法,研究了涉县地区地震和构造的活动特征,并归纳总结涉县6.0级地震发生的构造条件,即:①震中位于大型地震带与地震亚带交汇区,现今地震活动性仍然较高;②震区附近发育1条规模较大、活动性较高的控制山盆界限断裂-涉县断裂;③震中位于孤立的涉县断陷盆地区边缘,山盆新构造运动差异。

关键词: 涉县地震 断裂活动性 地震密集带 太行山隆起

[文章编号] 1001-4683(2020)01-0014-09 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

1314年涉县6.0级地震发生在涉县境内,该县地处晋冀豫交界区,山、盆、河流谷地地貌类型发育齐全,现今地震时有发生,是典型的山盆地区中强地震构造环境研究实验场之一。由于地理位置偏僻,至今对该地区地震活动性、构造应力、断裂构造只有少许宏观认识。从地震带上来看,本文研究区位于NE向华北盆地地震带(亦称唐山-河间-磁县地震带)的永年-磁县地震密集段和NWW向磁县地震密集亚带交汇区。NE向地震密集带被邯郸断裂和晋获断裂控制,带宽40~60km(李红光等,2015),主要涉及涉县地震、磁县地震及余震;NWW向磁县地震密集亚带沿南山村-岔口断裂展布,位于磁县-涉县间的太行隆起区,带内中小地震强度最大为5.0级,在1971~1980年前后达到高潮,以后逐年降低,目前年发生频率为40次左右(李皓等,2013)。从构造应力场上来看,本研究区位于华北地区NNE向最大剪切应力梯度带内(刘峡等,2006),带内近南北走向的断裂带呈右旋运动,研究区最大剪切应力可达210Pa。随着地震安全性评价工作的开展,对涉县断裂活动性有少许研究,从工程角度评价了涉县断裂对工程的影响,局部确定了涉县断裂的位置与活动特征(冉志杰等,2016)。由于上述研究目的不同,涉及研究区的地震和构造活动特征研究仍较匮乏,以至于该地区潜在震源区划分长期存在与基础资料不相匹配的问题,影响了该地区地震危险性的评价结果。随着经济的发展,目前涉县正打造河北省精品旅游景点,有必要对该地区的地震活动情况和构造特征开展进一步研究。

本文在前人研究成果的基础上,通过野外考察、地震分析和构造对比等手段,厘清该地

[收稿日期] 2019-07-04; [修定日期] 2019-09-04

[项目类别] 地震科技星火计划青年项目(XH180302Y)、河北省地震科技星火计划项目(DZ20170503012、DZ20180319009、DZ20190423053)共同资助

[作者简介] 周月玲,女,1983年生,高级工程师,主要从事活动构造调查与研究。E-mail: zyl19831111@sina.com

区的活动构造概况及活动情况,初步讨论该地区具有发生 6.0 级地震的构造背景及构造条件。本次研究将完善河北省中强地震发震构造基础资料,为太行山地区其他山间盆地中强地震发震构造研究提供借鉴,为河北省地震预报及地震灾害防御等工作提供更加详实可靠的资料。

1 构造背景

研究区在大地构造上位于武安凹断束,区内断裂构造栉比鳞次,密集成群,主要断裂呈 NNE 向,平面弯曲波状,多属压扭性质,NW 向的张性或张扭性断裂亦较发育(涉县地方志编纂委员会,1998)。涉县断裂、紫山西断裂、阳邑东断裂及林县西断裂均为太行山复背斜东冀南段发育的 NE 向和近 SN 向两组主要断裂带。晚第三纪以来,在太行山隆起的背景下,这些断裂发生强烈差异运动,形成涉县、武安、阳邑、林县等大大小小的盆地,控制了山脉、水系、地震的形成和分布。

1314 年涉县 6.0 级地震位于太行山隆起区内涉县盆地和基岩隆起交界区,新生代以来,本区整体以隆升为主,山盆亦具有差异的新构造活动(图 1)。

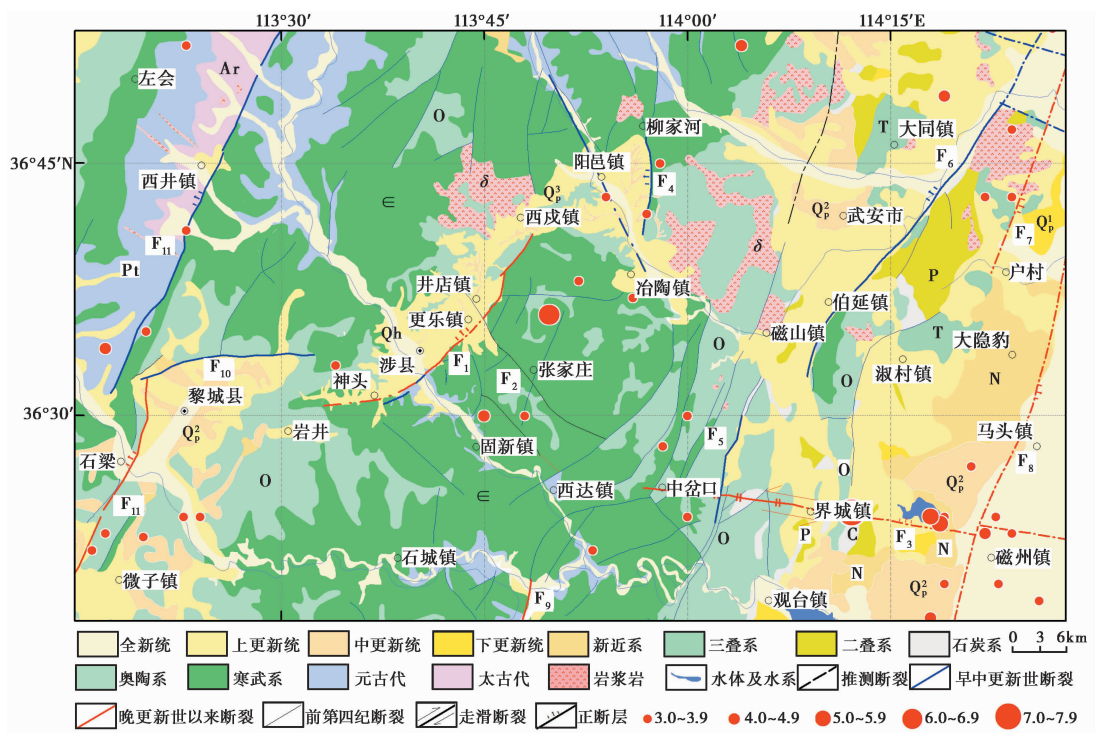


图 1 1314 年涉县 6.0 级地震及邻区地震构造

F₁: 涉县断裂; F₂: 张家庄断裂; F₃: 磁县断裂; F₄: 阳邑断裂; F₅: 太行山内断裂; F₆: 紫山西断裂;
F₇: 紫山东断裂; F₈: 邯鄲断裂; F₉: 林县断裂; F₁₀: 黎城断裂; F₁₁: 晋获断裂

1.1 涉县盆地

涉县盆地为太行山隆起区内孤立的半地堑断陷盆地,由涉县断裂控制的多次断陷作用



而成。盆地呈近 NE 向 S 形展布,分布着龙山低凸起、河流谷地(清漳河、东枯河、南大河)和山前台地。涉县盆地第四系由冲洪积黏土、冲洪积和残坡积松散堆积物以及沙卵砾石杂堆积构成,第四系厚度差异明显,靠近涉县断裂一侧的更乐、清漳河一带盆地沉积较厚。由钻孔资料可知,涉县盆地早更新世地层厚度较薄或者缺失,中-晚更新世地层发育齐全且相对较厚,全新世地层仅存在河谷和盆地低洼地区,而第三纪地层在少数钻孔中揭露,基底普遍为前新生代灰岩。钻孔地层分布特征说明涉县盆地于晚第三纪至第四纪早期开始分化瓦解,在中更新世时期才普遍形成,盆地内普遍堆积了砾石、棕红色黄土和黄土。盆地的沉积厚度、次级凸起与凹陷亦间接反映区内断裂构造的活动演化。

1.2 太行山隆起

太行山隆起区地质构造复杂,地势西北高东南低,出露着中元古界石英砂岩、古生界(寒武系、奥陶系)滨海相、浅海相沉积的碳酸岩类地层,发育一系列 NE 向或 NNE 向断裂束, NW 向的张性或张扭性断裂与其共轭,山、盆交界区的涉县断裂附近基岩完整性很差,常形成崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害。始新世以来,本区发生了明显的抬升,抬升幅度从东向西逐渐变大;中新世末、上新世初,本区经历了构造稳定期,发育晚第三纪夷平面(唐县面)。第四纪以来,基岩山区仍以隆升为主,在清漳河两岸残留 4~5 级河流阶地(梅惠杰,2001)。

2 地震活动特征

2.1 地震史料分析

元延祐元年八月二十六日(1314 年 10 月 5 日)中书省涉县发生一次强烈地震,《中国历史强震目录》(中国地震局震害防御司,1995)和部分县志对本次地震的震害有记载(表 1),南庄村位于涉县县城边缘,更乐镇距离县城较远,二者为涉县的次级行政单位。《更乐镇志》(更乐镇志编纂委员会,2001)和《涉县南庄村志》(涉县南庄村志编纂委员会,2014)对震害描述的差异反映南庄村震害较重,“庐舍坍塌,压死甚众”,间接反映了涉县地震离涉县县城较近。

表 1 涉县 6.0 级地震史料

来源	描述	备注
《涉县南庄村志》	“元延祐元年(1314)八月地震,庐舍坍塌,压死甚众。”	死伤人员、建筑损伤均有描述
《更乐镇志》	元延祐元年(1314)八月地震,房倒塌	仅建筑损伤有描述
《涉县志》(涉县地方志编纂委员会,1998)	“元延祐元年(1314)八月地震,坏民舍,压死 362 人。”	死伤人员、建筑损伤均有描述
《中国历史强震目录》	“坏官民庐舍,死 326 人,武安死 14 人,冀宁(治今山西太原)、汴梁(治今河南开封)等路亦震。震中在河北涉县,即 36.6°N、113.83°E。震中烈度Ⅷ度,震级 6 级。震中精度为 3 类。”	地震三要素、影响范围、人员死伤和地震烈度均有描述

在《中国历史有感地震目录》(刁守中等,2008)中搜集到本研究区内 3½~4½级地震 16 个,有感地震时隔久远,采用历史有感地震目录的编制原则,获得有感地震震中的大概位置,其中 4 个历史有感地震(表 2)位于涉县县城附近,距《中国历史强震目录》中涉县 6.0 级地

表 2 涉县有感历史地震

时间(年-月-日)	北纬/(°)	东经/(°)	地点	震级	描述
1331-05-20	36.6	113.7	涉县	3½	元文宗至顺二年四月庚戌,真定涉县地震,逾月不止
1615-12-31	36.6	113.7	涉县	4	万历四十三年,涉县大地震
1655-06-25	36.6	113.7	涉县	3½	顺治十二年五月二十二日未,涉县地动(南岗村碑存)
1683-09-03	36.6	113.7	涉县	3½	康熙二十二年秋七月十三日,涉县地震

震震中约 12km,推测为涉县地震的余震。

2.2 现今地震活动特征

本文选取 1314 年地震震中一带为研究区(36.3°~36.8°N,113.25°~114.46°E)(图 2),该范围涉及华北盆地地震带西南部 and 大部分非地震带区,包含了磁县附近 3 次历史地震和有地震记录以来的微小地震,地震震中空间分布极其不均匀。

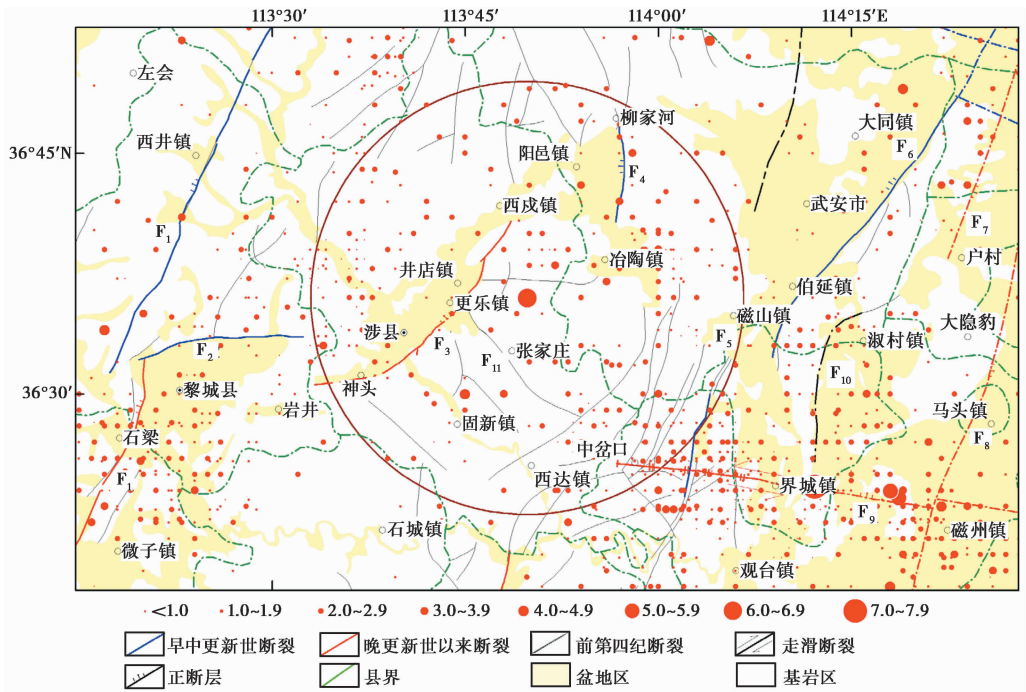


图 2 历史地震和微小地震分布

F₁: 晋获断裂; F₂: 黎城断裂; F₃: 涉县断裂; F₄: 阳邑断裂; F₅: 太行山内断裂; F₆: 紫山西断裂;
F₇: 紫山东断裂; F₈: 邯郸断裂; F₉: 磁县断裂; F₁₀: 紫山东断裂南段; F₁₁: 张家庄断裂

研究区地震按照震级进行统计,表 3 显示 $M_L1.0\sim1.9$ 的地震约占 63.98%, $M_L2.0\sim2.9$ 的地震约占 24.6%,两者合计所占比例大于 88%,最大地震震级为 $M_L4.6$,包含了 1830 年磁县地震和 1314 年涉县地震以来的共同的现今地震。从时间上看,现今地震随时间分布相对平稳,1991 年之前发生过 6 次 $M_L4.0\sim4.9$ 地震,之后未见有 $M_L4.0$ 以上地震发生,近 2 年以



表 3 研究区仪器记录地震震级分布

M_L	0~0.9	1.0~1.9	2.0~2.9	3.0~3.9	4.0~4.9
次数	173	1199	461	35	6
比例/%	9.23159	63.98079	24.59979	1.86766	0.32017

小震为主,震级为 M_L 0~2.9。1970~2019 年地震频次峰谷交替出现,波峰出现 3 次,分别为 1977 年的 100 次、1997 年的 110 次和 2018 年的 192 次,平均间隔约 20 年,最高年发生频次为 2018 年的 192 次,最低年发生频次为 1995 年的 3 次。

涉县地震位于华北盆地地震带内永年-磁县地震密集段和 NWW 向磁县地震密集亚带交汇区,其西侧为 NE 向晋获断裂沿线小震密集亚带,属于现今地震活跃地区。据统计,1970 年以来涉县 6 级地震 25km 范围 M_L 0~4.9 地震 416 次,以 M_L 1.0~3.0 地震为主,仅有 1 次 M_L 4.0 以上地震,即 1971 年固新镇北 M_L 4.1 地震,距离涉县 6.0 级地震震中约 13km。2014 年以前地震震级以 M_L 1.0~3.0 为主,2011 年出现 1 个峰值,年发生频次 33 次;2014 年以来连续 5 年未有 M_L 2.0 以上地震发生,震级以 M_L 0~2.0 为主,其中 2008~2009 年未发生地震,2018 年再次出现地震峰值,年发生频次 49 次,地震震级有减小趋势。

通过对震区周围 25km 范围内现今地震分布特征的分析,发现震区周围现今地震活动性仍然较高,有一定程度受磁县历史地震的影响,但主要是受涉县 6.0 级历史地震本身的影响。

3 断裂构造及其活动性

3.1 断裂概况

1314 年涉县地震周围基岩断裂发育,以 NE 向、近 EW 向和 NW 向 3 组断裂为主,形成于燕山时期。震中 5km 范围内未见晚更新世以来活动断裂。

NW 或近 EW 向断裂与 NE 向断裂束相交或共轭,发育于基岩山内,断裂呈张性或张扭性,断裂通过位置的岩层产状发生较大变化,基岩较破碎,为岩浆的侵入提供了适宜的空间,常形成垭口地貌或沟谷地貌,可见棕红色/灰白色断层泥、断层角砾岩等,断层泥胶结,未见其有晚更新世以来活动证据,均为前第四纪断裂。

NE 向断裂呈束发育,平面弯曲波状,多属压扭性质,以涉县断裂活动性最高,为山、盆地貌分界。

3.2 涉县断裂

涉县断裂北起西戌镇南,经井店、更乐向西南延伸,止于响堂铺南,断裂长约 40km,走向 NE30°~60°,倾向 NW,倾角 65°~85°,破碎带宽约 200 余 m,破碎带内还发育与主断裂倾向相反的宽 2~3m 小滑动面。野外考察发现清漳河两侧断裂活动明显,可见大规模基岩破碎带、断层崖和断裂沟谷地貌。

招岗村山前冲沟内见断裂变形活动地质剖面(图 3),断层走向 N 40°E,倾向 NW,倾角 48°~65°。剖面由第四系和寒武系地层构成,断裂带宽 8~10m,断层下盘下部为寒武系地层,发育多条基岩断层,紫红色、黄绿色岩层层面破碎、褶曲,近断层处直立且泥化;中部为基



岩崩积物和残留棕红色古土壤,零星夹有白色钙结核;上部为 Q_{3-4} 含砂黄土,厚 3~4m。断层上盘为厚层含砂、砾黄土,局部夹水平层理洪积相砂砾石层。断层最新活动位于陡坎前缘,表现为棕红色古土壤层陡然消失,即断层下盘见棕红色古土壤标志,上盘从地表向下挖 0.5m 深仍未见此层,推测涉县断裂活动错断此标志层。 Y_1 和 Y_2 光释光测年结果显示所在地层为晚更新世地层, Y_2 样品离棕红色标志层较近,因此推测棕红色标志层为 Q_3 早期或 Q_2 晚期地层,断裂错断标志层至少 1.5m。从地层的接触关系推测断层最新活动为 Q_2 晚期或 Q_3 早期。

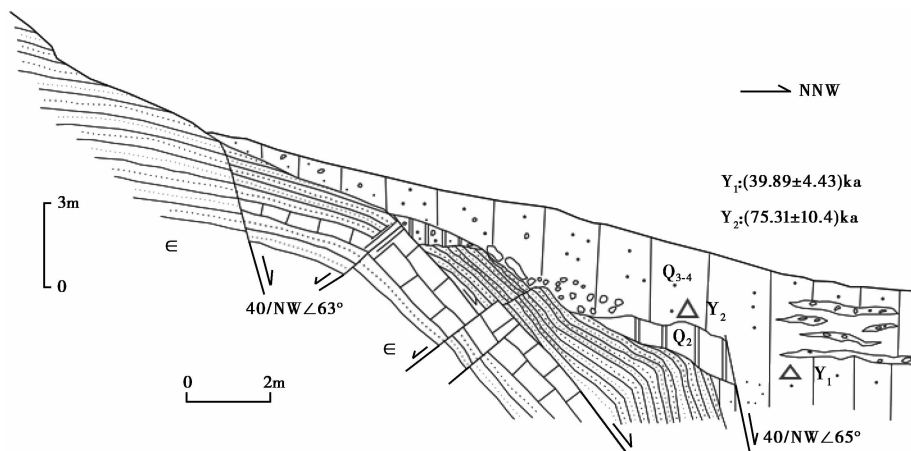


图3 招岗村附近大型地质剖面示意图

涉县断裂在基岩区通过时表现为基岩脆性破碎带或泥化变形带,局部变形带表层有薄层第四系地层,可见与涉县断裂走向呈小角度相交或共轭的次级滑动面。在寨上村东山前坡积台地的第四系黄土地层内发现与涉县断裂小角度相交的断层剖面(图4),该剖面上发现2条断层,断层 f_1 和 f_2 相距 12m,断层 f_1 走向 15° ,倾向 SE,倾角 $65^\circ \sim 70^\circ$,断层面为灰白色土(层②)与棕红色土(层③)接触,断面宽约 5cm,见擦痕、劈理化等现象,表部被全新世坡积物(层①)覆盖。断层 f_2 走向 16° ,倾向 E,倾角 $56^\circ \sim 65^\circ$,错断棕红色土,错距约 0.8m,棕红色土下部为基岩,上覆灰白色黄土和全新世腐殖土,受断层 f_2 错断影响,在地表形成凹槽。根据地层、地貌、年龄测试和区域对比,层②对应晚更新世地层,层③为基岩风化壳再堆积物质,对应第四纪早期地层。由地层的接触关系可知,断层最新活动至晚更新世晚期。

在距上述地质剖面点约 300m 的涉县断裂变形带附近还发现了与涉县断裂共轭的断裂滑动面(图5)。剖面显示断层滑动面走向 $290^\circ \sim 300^\circ$,倾向 NE,倾角约 52° ,断层上盘表层为山前洪坡积物,砾石与土混杂,下部为第四系黄土,发育2层棕红色古土壤层。断层下盘为棕红色土(层⑤),板结较硬,含钙结核,推测为第四系早期地层。断层错断下部棕红色古土壤层及以下地层(层②-2和层③-2),根据地层、地貌及区域对比,推测层②-2和层③-2对应中更新世-晚更新世地层。

综上所述,涉县断裂在变形带上覆薄层第四系地层中发育的 NNE 向和 NW 向次级滑动面表现为正断性质,由于其规模较小,主要发育在涉县断层变形带内,向涉县盆地内没有延

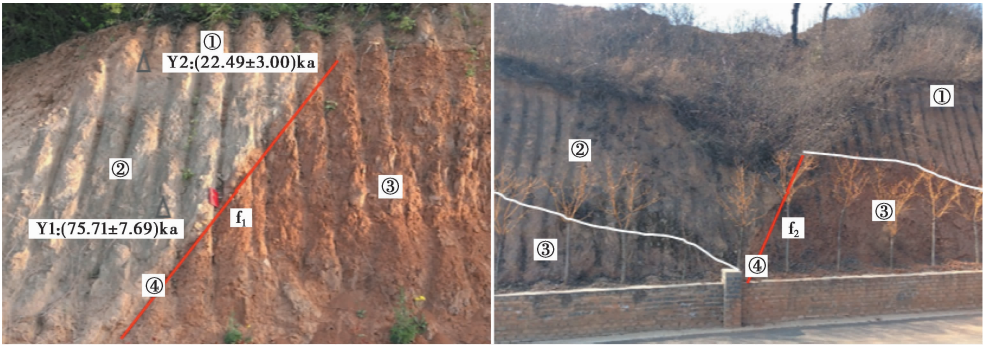


图 4 寨上村东南断裂剖面(镜向 SSW)
①表层腐殖土;②灰白色黄土;③棕红色土;④断裂面

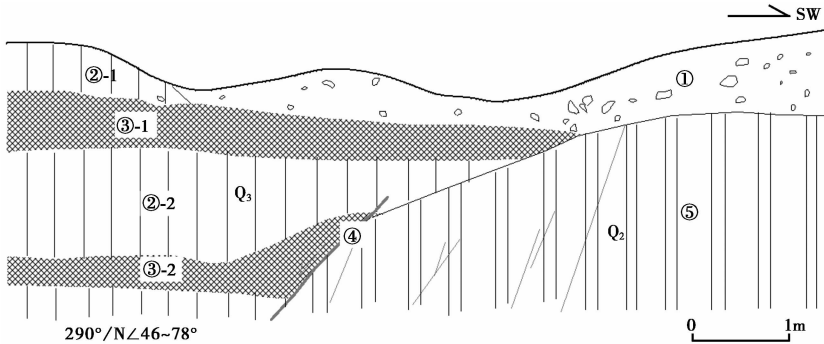


图 5 招岗村南断裂剖面(镜向 SE)
①洪坡积物;②灰白色黄土;③棕红色古土壤层;④断层面;⑤基岩风化壳再堆积物

伸,初步判断应为涉县断层的伴生构造,其活动性受涉县断裂控制。涉县断裂伴生构造的活动情况和涉县断裂本身规模巨大的变形带上覆地层的活动情况均表明涉县断裂晚更新世仍有活动。

4 讨论与结论

4.1 讨论

通过对涉县历史微震和现今地震活动特征分析,发现涉县盆地及盆缘地区发生 $M_L 3\frac{1}{2} \sim 4\frac{1}{2}$ 地震共 5 次,上述地震可能为涉县 6.0 级历史地震的余震。震中附近现今地震虽然未出现呈团、呈带现象,但现今活动性仍然较高,有一定程度受磁县历史地震的影响,亦有涉县 6 级历史地震本身的影响,再结合地方志对涉县 6.0 级震中震害影响的描述,该震中应离涉县盆地或盆缘更近。通过对涉县地区断裂考察发现,涉县断裂活动性最高,晚更新世仍有活动,主要活动现象位于清漳河两岸。综上所述,如果把涉县 6.0 级地震震中移到清漳河附近的茨村一带,该历史地震刚好位于上述 5 次地震的中心,与震中相距 7~8km,亦是涉县断裂活动最为明显地段,可能更为合理。

4.2 结论

通过对涉县地震史料分析、现今地震活动特征、盆山新构造运动差异分析和震区断裂考察研究,得出涉县 6.0 级地震的发震构造环境如下:

(1)涉县 6.0 级地震震中位于 NE 向华北盆地地震带和 NWW 向磁县地震亚带交汇区,震中 25km 范围内现今地震时有发生,年发生频率波峰波谷交替出现,地震频度较高,属于现今小震活动性较高地区。

(2)涉县地震周围 NE 向断裂呈束发育,与 NW 向断裂共轭交汇,NE 向断裂以涉县断裂规模最大、活动性最高,该断裂构成山、盆地貌边界,控制着涉县盆地的发育演化,晚更新世以来仍有活动。

(3)涉县 6.0 级地震位于盆、山构造交汇区,二者新构造活动差异,太行山地区以隆升为主,涉县盆地地区在隆升背景下发生间歇性沉降运动。

致谢:感谢尤惠川研究员、唐方头研究员在论文撰写过程中提供的有益建议与讨论。

参考文献

- 刁守中,晁洪太,2008. 中国历史有感地震目录. 北京:地震出版社.
- 更乐镇志编纂委员会,2001. 更乐镇志. 北京:新华出版社.
- 梅惠杰,程新民,陈全家,等,2001. 涉县新桥旧石器遗址发掘报告. 人类学学报, **20**(1):19~33.
- 李皓,潘晖,温超,等,2013. 磁县断裂带的构造和地震活动特征. 华北地震科学, **31**(2):29~34.
- 李红光,王利亚,孙刚,等,2015. 华北地区中小地震重新定位和地震活动特征研究. 地震, **35**(1):28~37.
- 刘峡,傅容珊,杨国华,等,2006. 用 GPS 资料研究华北地区形变场和构造应力场. 大地测量与地球动力学, **26**(3):33~39.
- 冉志杰,彭远黔,温超,等,2016. 涉县断裂活动特征及对寨上公路特大桥影响评价. 华北地震科学, **34**(4):49~53.
- 涉县地方志编纂委员会,1998. 涉县志. 北京:中国对外翻译出版.
- 涉县南庄村志编纂委员会,2014. 涉县南庄村志. 石家庄:河北人民出版社.
- 中国地震局震害防御司,1995. 中国历史强震目录(公元前 23 世纪-公元 1911 年). 北京:地震出版社.

Seismicity Characteristics and Tectonic Background of Strong Earthquake of Shexian

Zhou Yueling Wang Xiaoshan Bian Qingkai Sun Lina

Hebei Earthquake Agency, Shijiazhuang 050021, China

Abstract In this paper, the characteristics of seismicity and tectonics of Shexian area are studied through geological and geomorphological survey, seismicity analysis and geochronology analysis, and the tectonic background for the occurrence of Shexian $M_s6.0$ earthquake are summarized as follows: ①The epicenter of the $M_s6.0$ earthquake is located in the intersection area of large-scale seismic belt and seismic sub belt, and the seismicity is still high at present; ②The conjugate faults in NE and NW directions are developed near the earthquake area, and there is a large-scale and highly active fault-Shexian fault, which controls the boundary of mountain basin; ③The epicenter of the $M_s6.0$ earthquake is located on the edge of the isolated Shexian faulted basin area, and the basin mountain neotectonic movement is different in some aspects.

Keywords: Shexian earthquake; Fault activity; Seismic dense zone; Taihang mountain uplift