

·基础地质·

# 河北省白石山中元古代地震遗迹的发现

梁定益 宋志敏 赵崇贺 聂泽同

(中国地质大学地质公园(地质遗迹)调查评价研究中心 北京 100083)

**摘要** :在河北省涞源县白石山构造峰林游览路线上 ,中元古界雾迷山组(距今10~14亿年间)第二段地层下部 ,发现“震动坍塌巨角砾岩”(震积岩)。“巨角砾岩”受两条同沉积期正断层控制 ,是由两侧断崖上坍塌的岩块瞬时地在水下形成的。这是目前所知最早的震积岩(古地震遗迹)。根据震积岩的规模与两条正断层的断陷程度推测 ,白石山古地震的强度大体相当里氏6级以上 ,是华北中元古代地震灾变事件频发期的具体表现。白石山距古太行山深断裂不足10 km ,白石山震积岩、同沉积期正断层与古太行山断裂带均呈NNE向延伸 ,推断当时白石山地区处在古太行山断裂带活动的影响范围内。

**关键词** :震积岩 ;中元古界雾迷山组 ;古太行山断裂 ;白石山 ;河北省

中图分类号 :P315.2 文献标识码 :A 文章编号 :1671-2552(2002)10-0625-07

白石山(2096m)坐落于河北省涞源县境内 ,是山西高原与华北平原结合部太行山脉北端的一座千古名山 ,距北京约240 km ,交通方便(图1)。白石山是中国第二批开发、建设的“国家地质公园”之一。白石山气势磅礴的“大理岩构造峰林”——一种新的地质地貌景观类型<sup>[1]</sup> ,已经引起中外地学界及游客的关注。沿白石山游览路线 ,在中元古界蓟县系雾迷山组(距今10~14亿年间)的白云岩系中 ,出露有十分醒目的“巨角砾岩”。据笔者研究 ,应称之为“震积岩”或“震动坍塌巨角砾岩”。这是目前中国乃至全世界能够确认的最古老的地震遗迹。白石山“震积岩”(古地震遗迹)的发现 ,对地质科学研究和科学普及有积极意义 ,也为白石山旅游事业增添光彩。

震积岩(Seismites)一词是由Seilacher A.<sup>[2]</sup>最先提出的。实际上 ,在此之前人们对震积岩并不陌生 ,大多数沉积学家都曾认为许多滑塌岩、坍塌岩、浊积岩等 ,主要是由古地震诱发产生的。20世纪80年代以来 ,一些学者主张“巨浊积岩”即“震积岩”<sup>[3]</sup>。在中国 ,何镜宇等<sup>[4]</sup>就指出 :“蓟县世有大量地震岩(地震作用成因的滑塌碳酸盐岩)。”宋天锐<sup>[5]</sup>认为“可能的地震—海啸岩”也产生在雾迷山组之中。在此之后 ,

乔秀夫等及梁定益、聂泽同等一批学者分别对中国北方和南方的震积岩开展了富有成果的研究。近年来 ,乔秀夫等<sup>[6]</sup>指出 ,华北中新元古代及古生代是地震灾变事件的频发时期 ;在中国南方 ,梁定益等<sup>[7~9]</sup>

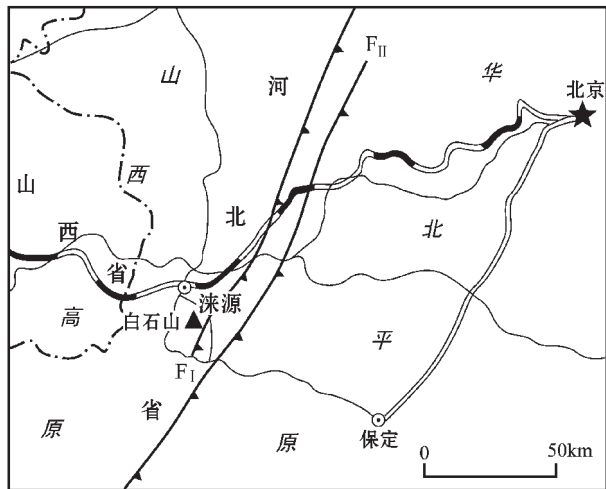


图1 河北省涞源县白石山地理简图

Fig.1 Geographic sketch map of Baishi Mountain at Laiyuan County , Hebei Province

太行山深断裂带 F<sub>I</sub>—上黄旗—乌龙沟深断裂 ;  
F<sub>II</sub>—紫荆关—灵山深断裂

也关注和进行过中新元古界(昆阳群)奥陶系以及上古生界震积岩的研究,并且指出:“(中国)无论是过去与现在,都是一个多震的地区……(古)地震的记录(即地震遗迹)应是屡见不鲜的。”因此,白石山震积岩的发现,并不是孤立和偶然的,与当时它们所处特殊的构造环境有关。

## 1 白石山“震动坍塌巨角砾岩”所处地层——雾迷山组的沉积特征

白石山地区雾迷山组分为3段:第一段为白色厚层状白云石大理岩及燧石条带白云石大理岩;第二段为浅灰色中—厚层状燧石条带大理岩化白云岩及黑色沥青质白云岩;第三段为灰色中—厚层状结晶白云岩与燧石条带白云岩互层,本段在白石山地区未见顶。全组共厚约1000 m。本组地层中“藻纹层”及各种形态的叠层石十分普遍,有水平纹层状、波状、柱状、分叉状及球状等。此外尚见波痕、泥裂及“鸡笼网格”等沉积构造,充分表明本组属典型的潮坪相,其中第二段燧石条带密集,黑色(沥青质)白云岩较集中,主要为潮下缺氧环境的产物。本组地层中燧石(岩)条带及白云岩含量占95%以上,陆源碎屑含量不足5%,可以推断这一时期白石山地区处于地势非常平坦的陆表海环境之中。在这种环境中,出现“超能量”的滑塌角砾岩、坍塌巨角砾岩或“地震—海啸序列”等沉积物,必然是突发性的“灾害地质事件”的产物。

白石山“震动坍塌巨角砾岩”出现于第二段地层下部,而宋天锐<sup>[5]</sup>叙述的北京十三陵“可能的地震—海啸序列”的层位比此稍低,分别代表雾迷山期早、中期的两次地震活动。

## 2 白石山“震动坍塌巨角砾岩”的特征

(1)白石山雾迷山组第二段燧石条带及藻纹层白云岩层理清晰,产状近水平( $230^{\circ}\angle 10^{\circ}$ )。出露在本段地层中的“震动坍塌巨角砾岩”规模宏大、十分醒目,极不协调地产出于本段潮坪相碳酸盐岩层序之中,与周围正常沉积岩层形成鲜明的对比。毫无疑问,这是一种突发性的、能量巨大的地质突变事件的产物,是主震期的地震记录。

(2)白石山“震动坍塌巨角砾岩”与东西两侧的两条正断层( $F_1$ )(图版 I-1)和( $F_2$ )(图版 II-3)有密切关系。 $F_1$ 、 $F_2$ 断层只限于雾迷山组第二段地层中,

是两条NNE向的同沉积期高角度正断层,其中西侧断层( $F_2$ )仍保存完好的同沉积期的特征。两条正断层之间实际上为强烈地震形成的“小地堑”,或称巨型“地裂缝”。“震动坍塌巨角砾岩”受其控制,堆积在“小地堑”之中。“震动坍塌巨角砾岩”长轴方向也呈NNE向分布,原始延伸长度大于500 m,宽约300 m,平均厚约60 m,估算其原始堆积体积大约在 $90\times 10^4\sim 100\times 10^4\text{m}^3$ 以上。这种规模宏大的“震动坍塌巨角砾岩”与现代川西、云南一些强地震裂陷产生的情况相似,估计地震强度相当于现在的里氏6级以上。

(3)“震动坍塌巨角砾岩”的岩性特点。①角砾成分:角砾主要由燧石条带白云岩、叠层石白云岩、沥青质白云岩等组成,与断层两侧正常地层的岩性完全相同。②填隙物——胶结物成分:主要为白云质和硅质,与断层两侧岩层及上覆地层的填隙物——胶结物成分也完全相同。③角砾大小:大者直径可达10 m以上,一般10~20 cm,小者仅几厘米。角砾大小悬殊,无定向排列,杂乱无章(图版 II-1)。④角砾形态:角砾形态有3种,即棱角分明的脆性角砾,形态不规则、与填隙物之间界线不明显的半塑性角砾和具软变形特征的塑性角砾。以上特点都表明这些角砾来自两侧断壁上不同层位、不同固结程度的沉积层,是突发瞬时地在水下堆积下来的,没有明显的滑移流动现象。这与“滑塌角砾岩”或“巨浊积岩”有所区别。

(4)“震动坍塌巨角砾岩”中的角砾,可见多种震动标志:如脆性角砾中的“阶梯断层”(fault-grading)(图版 I-3)以及其上的“自(震)碎角砾岩”(auto-clastic breccia)(图版 I-2);在半塑性角砾中,有的具有“微断层—微褶皱”(图版 I-4),有的角砾中可见似断非断的震裂构造;在塑性角砾中,有的可见“包裹层理”、负载构造、火焰构造等,有的为软角砾并有“软变形构造”(图版 II-2)。

(5)在“震动坍塌巨角砾岩”断裂两侧的正常沉积岩层中也可见到“微断层”、“微褶皱”等,还可见到垂直岩层张裂隙中的硅质沉积岩脉(液化脉)(图版 II-4)。根据以上特点,可认为发生在脆性角砾中各种震动构造和断层两侧正常地层中的小型震动构造,代表了前震期的记录,而“巨角砾岩”的上覆地层中的“自(震)碎角砾岩”和各种震动构造则代表余震期或又一次地震的记录。

(6)值得指出的是,“震动坍塌巨角砾岩”东侧厚

度最大,沥青质白云岩脆性角砾较为集中,而西侧“巨角砾岩”厚度较薄,半塑性燧石条带白云岩角砾及软变形的白云岩角砾较多,表明东侧断层( $F_1$ )断距较大,西侧断层( $F_2$ )断距较小。这可能与其东侧距离古太行山深断裂更加靠近有关(图2)。

(7)白石山“震积岩”是一种直接以断层-震动-坍塌机制产生的准“原地相”巨角砾岩。

葛宝勋等<sup>[10]</sup>和吴贤涛等<sup>[11]</sup>描述的四川地区湖沼相地层中以“均一层”形式表现的“震积岩”,以及乔秀夫等<sup>[12,13]</sup>在中国北方描述的主要以“振动液化”形式表现的“地震序列”,都发生在未固结的原地相沉积层中,单个震动层厚度都不大。

梁定益等<sup>[7,8]</sup>描述的扬子地块西缘“巨浊积岩”以及许多地质学家在藏南雅鲁藏布江缝合带南缘认为与地震有关的“沉积混杂岩”,都是“裂陷槽”中厚度巨大的异地相产物。

由此可见,白石山“震动坍塌巨角砾岩”是目前为止中国境内所描述的一种新的“震积岩”类型。

### 3 白石山“震动坍塌巨角砾岩”的地质意义

(1)北京十三陵雾迷山组“可能的地震-海啸序列”是“受基底震动和海水动荡相结合的作用”<sup>[5]</sup>产生的,而白石山雾迷山组第二段中的“震动坍塌巨角

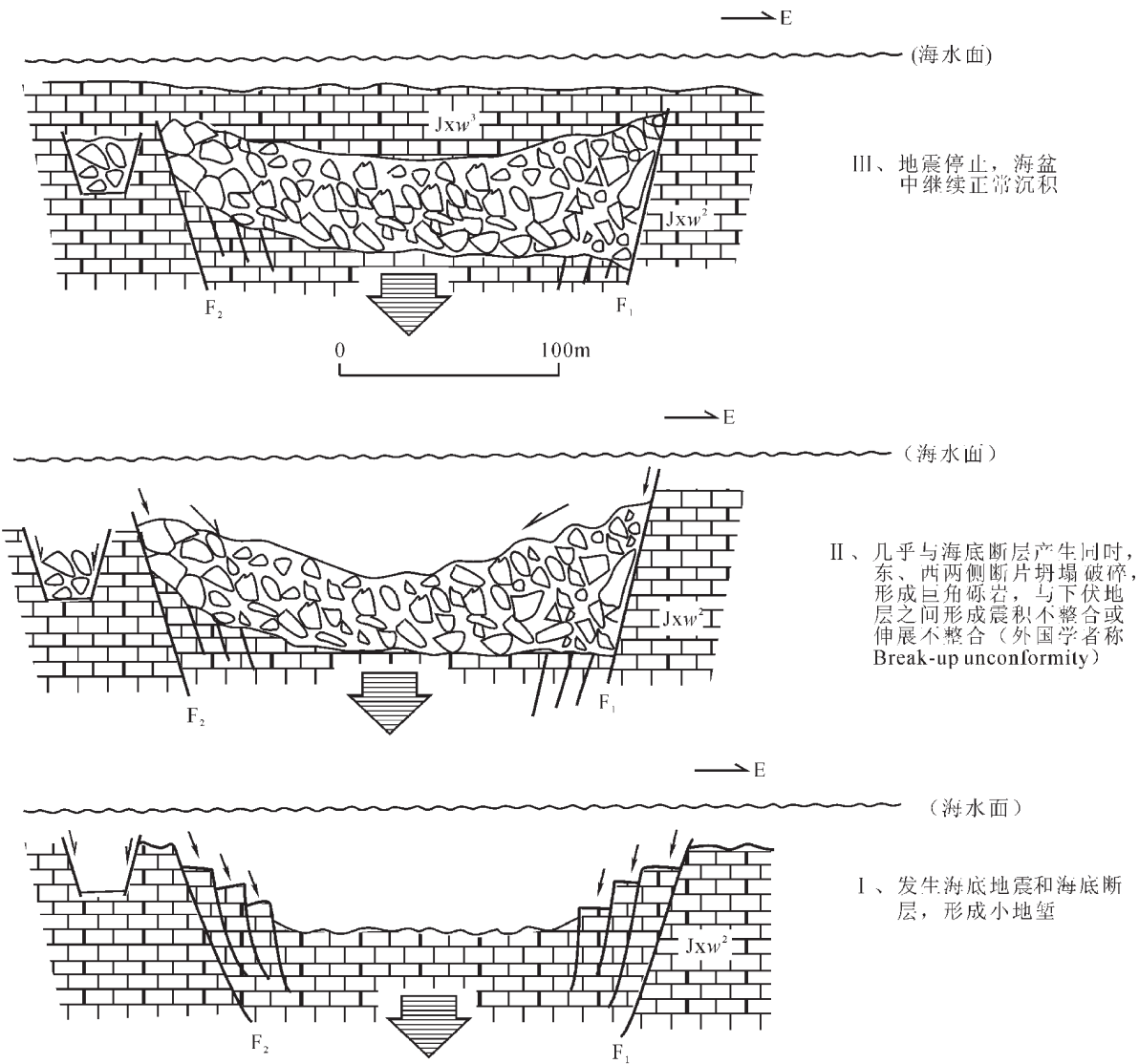


图2 白石山10亿年前“震动坍塌巨角砾岩”形成过程示意图

Fig.2 Idealized reconstruction of the seismically collapsed megabreccia , Baishi Mountain , Hebei Province

砾岩”则是古地震直接作用、原地快速堆积的产物。后者在地震强度、规模以及所反映的构造运动上都比前者强大得多。

(2)白石山“震动坍塌巨角砾岩”发生在中元古代侵范围最广、海盆地下降及海平面上升的雾迷山组第二段沉积时期(图2),控制白石山“震动坍塌巨角砾岩”的多条同沉积期高角度正断层组成一小型的“堑垒”构造,反映雾迷山期地震活动与伸展-拉伸的构造环境有关,这与马杏垣教授指出的“地震多发生在伸展盆地中”<sup>[14]</sup>的结论相吻合。

(3)白石山“震动坍塌巨角砾岩”及两侧正断层均呈NNE向,这与相距不足10 km的NNE向古太行山深断裂带西缘的古乌龙沟-上黄旗大断裂<sup>[15]</sup>有密切联系,很有可能白石山地区当时已处在古太行山断裂活动影响范围内。

不少学者指出NNE向古太行山深断裂,早在太古宙就是迁西陆核的边界断裂<sup>[16]</sup>,白石山地区雾迷山组“震动坍塌巨角砾岩”的存在,说明在中元古代,古太行山断裂对东侧的燕辽拗陷和西侧的山西台隆的沉积-构造史已起到一定的控制作用。

野外调查期间得到涞源县旅游事业管理委员会的支持,在成文过程中得到杨遵仪院士、乔秀夫教授的帮助,深表谢意!

#### 参考文献:

- [1] 聂泽同,梁定益,赵崇贺,等. 一种新的地质地貌景观类型——河北省白石山大理岩构造峰林特点及成因[J]. 地质通报, 2002, 21(6): 357~362.
- [2] Seilacher A. Fault-graded bed interpreted as seismites[J]. Sedimentology, 1969, 13(1~2): 155~159.
- [3] Mutti E, Ricci F, Seguret M, et al. Seismoturbidites: a new group of resedimented deposits[J]. Mar. Geol., 1984, 55: 103~116.
- [4] 何镜宇,孟祥化. 沉积岩与沉积相模式及建造[M]. 北京:地质出版社, 1987. 86~89.
- [5] 宋天锐. 北京十三陵前寒武纪碳酸盐岩地层中的一种可能的地震-海啸序列[J]. 科学通报, 1988, 33(8): 609~611.
- [6] 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[J]. 科学通报, 1999, 44(16): 1753~1757.
- [7] 梁定益,聂泽同,万晓樵,等. 试论震积岩及震积不整合[J]. 现代地质, 1991, 5(2): 138~146.
- [8] 梁定益,聂泽同,宋志敏. 再论震积岩及震积不整合[J]. 地球科学, 1994, 19(6): 845~850.
- [9] 梁定益,聂泽同,宋志敏,等. 正在萌芽段的震积地层学[J]. 高校地质学报, 1997, 3(4): 458~461.
- [10] 葛宝勋,刘祖发. 含煤系中震积岩的首次发现及其特征[J]. 岩相古地理, 1989(5): 9~14.
- [11] 吴贤涛,尹国勋. 四川峨眉晚侏罗世湖泊沉积中震积岩的发现及其意义[J]. 沉积学报, 1992, 10(1): 133~144.
- [12] 乔秀夫,宋天锐,高林志. 碳酸盐岩振动液化地震序列[J]. 地质学报, 1994, 68(1): 16~34.
- [13] 乔秀夫,宋天锐,高林志. 辽东半岛南部震旦系一下寒武统成因地层[M]. 北京:科学出版社, 1996. 1~173.
- [14] 马杏垣. 论伸展构造[J]. 地球科学, 1982(3): 18~32.
- [15] 河北省地质矿产局. 河北省、北京市、天津市区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1989.
- [16] 万天丰. 中国东部中、新代板内变形构造应力场及其应用[M]. 北京:地质出版社, 1993.

#### 图版说明:

##### 图版 I

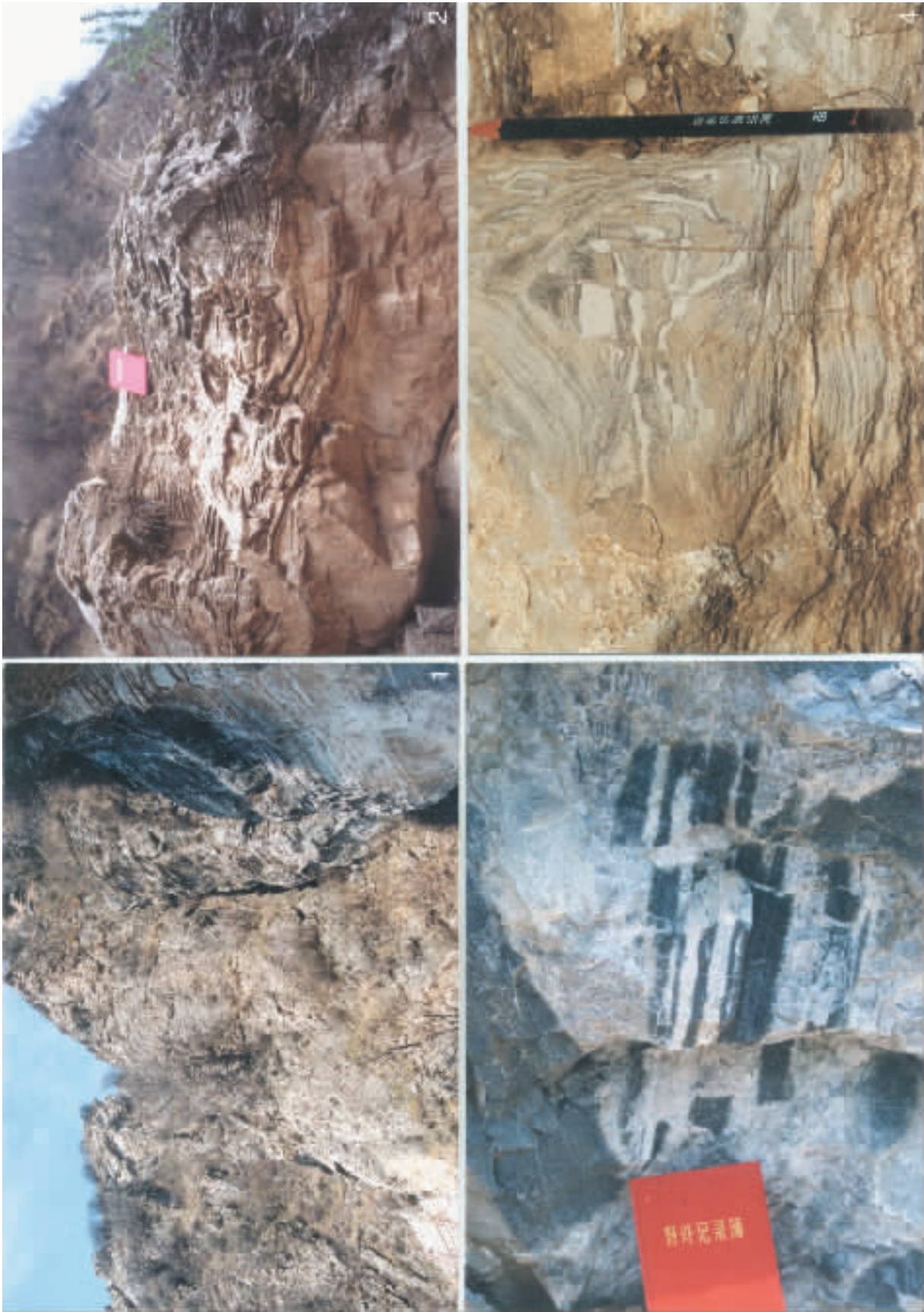
- 1.“震动坍塌巨角砾岩”(照片中部)与雾迷山组第二段燧石条带白云岩(照片最右侧)为同沉积正断层F<sub>1</sub>接触。
- 2.白云岩巨角砾中的阶梯状正断层(照片中部)和自(震)碎角砾岩(照片上部野外记录簿处)。
- 3.脆性沥青质白云岩角砾(部分保留有阶梯状断层)。
- 4.半塑性纹层状白云岩中的“微褶皱”和“微断层”。

##### 图版 II

- 1.雾迷山组第二段中杂乱无章的“震动坍塌巨角砾岩”。
- 2.塑性—半塑性白云岩角砾中的微褶皱和微断层。
- 3.雾迷山组第二段燧石条带白云岩(照片左侧)与“震动坍塌巨角砾岩”(照片中及右侧)为同沉积正断层(F<sub>2</sub>)接触(断层距记录簿约60 cm处,正断层与同沉积角砾岩在海水下被粘结后,至今保存原状)。
- 4.燧石条带白云岩中垂直层理的硅质“沉积岩脉”(液化脉)。



图版 I Plate I





图版 II Plate II



## Discovery of Mesoproterozoic seismites at Baishi Mountain , Hebei Province and its geological significance

LIANG Dingyi SONG Zhimin ZHAO Chonghe NIE Zetong

( *College of Geosciences and Natural Resources , China University of Geosciences , Beijing 100083 , China* )

**Abstract** : Seismically collapsed megabreccias ( seismites ) have been found in the lower part of the Second Member of the Mesoproterozoic Wumishan Formation ( 1.0–1.4 Ga ) along the tour route of the Baishi Mountain tectonic “ peak forest ” in Laiyuan County , Hebei Province. These megabreccias are controlled by two synsedimentary normal faults and formed instantaneously subaqueously from collapsed fault–cliff rocks. According to the scale of the seismites and the degrees of down–faulting of the two faulting , it is estimated that the strength of the Baishi Mountain earthquake may have reached magnitude  $8\pm$  of the Richter scale. The earthquake was a concrete manifestation of the stage of repeated occurrence of Mesoproterozoic seismic catastrophic event in North China. As Baishi Mountain is less than 10 km from the ancient Taihangshan deep fault and the Baishi Mountain seismites extends in a NNE direction as is the case with its synchronous normal fault and Taihangshan deep fault , it is inferred that then at that time the Baishi Mountain area might have been within the influence of the activity of the Taihangshan fault zone.

**Key words** : seismites ; Mesoproterozoic Wumishan Formation ; ancient Taihangshan fault ; Baishi Mountain ; Hebei Province