

正谊关断裂带的新活动与古地震研究

邢成起 王彦宾

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

正谊关断裂横贯贺兰山北部山区,为一长期活动的区域性大断裂带。本文根据大比例尺航卫片解译,野外实际调查资料和 ^{14}C 年代数据,讨论了该断裂带的平面展布、第四纪以来断裂的运动方式,活动强度、最新活动时代及古地震等问题。该断裂带的正谊关断层段新活动强烈,第四纪以来呈明显的左旋走滑活动。断错地貌显示,其最大一组水平错距为1800—2000米,最小一组错距为10—20米。在毛呼都格音沟及葡萄泉子沟发现两处古地震遗迹,估计该两次古地震事件发生在距今约6000年左右。

一、引 言

1989年3月受能源部西北电力设计院与宁夏石咀山电厂的委托,兰州地震研究所承担了石咀山电厂扩建工程区断裂活动性评价与地震危险性分析任务*。为此,我们对石咀山电厂厂址区及其周围地区分布的活动断裂进行了详细的调查研究。

在以石咀山电厂为中心、30公里为半径的厂址区范围内,活动断裂比较发育。其中,正谊关断裂以东西走向通过厂址区,它是该区内规模较大、活动较新的一条重要的活动断裂。前人对该断裂的研究,认为它是一条晚第三纪或第四纪活动断裂,并且研究内容大多集中在区域地质特征、一般的地质概况及其发展演化历史等方面,对其第四纪以来,尤其是晚第四纪以来的活动特征、最新活动时代及古地震等问题涉及甚少或尚未论及。而这些问题对评价石咀山电厂的地震危险性,显然是非常重要的内容。为此,笔者对正谊关断裂带作了较细致的地震地质工作,包括1:25000—1:50000普通航片、1:50000彩红外航片和1:20万大比例尺卫片解译,断层陡坎测量及 ^{14}C 年龄样品的采集等,从而取得大量有关断层新活动特征方面的资料。本文对上述资料进行了分析总结,并对该断裂带的活动性状提出了一些新认识。

二、断裂带的展布、活动方式与分段

正谊关断裂带横贯贺兰山北部山区(图1),为一区域性挤压—左旋走滑活动的大断

* 该任务项目负责人为李玉龙同志,主要参加人员除笔者外,还有秦保燕、董淑芬、申爱国、雷中生和姚立珣等同志。另外,厂区内的电、化探工作分别由兰州地震研究所电磁室和水化室的部分同志承担。

裂。断裂出贺兰山后向东、向西均有延伸。其西延部分埋没于地下，地貌上无显示，物探结果揭示有东西向延伸的磁、重力异常梯度带分布，推测其可能为隐伏的基底断裂¹⁾。向东，该断裂自正谊关沟口南附近以 110° 走向出山后，在石咀山—乌达谷地中也呈隐伏状态，大约在电厂南2—3公里处过黄河后又出露地表，沿桌子山脉南端顺二柜沟沟谷向东经过老君庙，陶乐煤矿，再向东切过楚伦翁古策沟后，又隐伏于地下。根据重、磁等物探资料推测，该断裂一直可向东延伸至偏关附近²⁾。断裂带总体走向为东西方向，局部走向变化于北西西至北东东之间，总长度可达500公里左右。然而，在整个断裂带上，断层新活动只发生在楚伦翁古策沟以西的地段内，尤其是出露地表的两个段落，晚第四纪内活动显著，它们在航卫片及地貌上均有清晰的反映。

正谊关断裂不仅规模大，而且活动历史悠久。在贺兰山区内，其挤压破碎带极其明显，宽度一般几十米，最宽达400—500米。该断裂截切了太古代至新生代地层及北北东和近南北向断裂，由于经历多次构造运动，其活动方式发生了明显的转变。在早期，该断裂带原具有强烈挤压—右旋平移性质。据长庆石油勘探局和西北大学地质系的研究结果，在断裂呈隐伏状态的铁克苏庙一带，正谊关断裂将近南北向延伸的桌子山东麓隐伏断裂右旋断开，造成该断层南北两侧走向的不协调。另外，在正谊关沟南，断裂两侧由石炭纪软岩层组成的拖牵小褶皱的轴向也指示该断裂作右旋水平错动⁸⁾。但是晚期以来（大约自新生代晚期开始），正谊关断裂转变成为挤压—左旋平移性质，断裂带两侧贺兰山块体构造线方向出现受左旋活动造成的牵引现象。尤其是第四纪以来，在断裂活动导致一系列冲沟水系发生了同步左旋拐折（图2、照片1）。另据正谊关附近跨断层短基线测量成果，断裂带的现代活动仍以挤压—左旋走滑为主¹⁾。

横切贺兰山体的正谊关断层段西起贺兰山西麓本坑附近，向东经乌苏高勒、宗别立山间盆地北侧、石炭井—奇里格公路、牛头沟、毛呼都格音沟和葡萄泉子沟至正谊关南甘沟口，在平面上呈东西向舒缓波状展布（图3），长约60公里。断层倾角较大，一般在 60° 以上，倾向因地而异，时而南倾，时而北倾，变化比较频繁（表1），这同样显示该断裂具有走滑活动的特征。

另外，野外考察发现，正谊关断层段具有明显的分段活动特点。依据地貌特征及断层活动强度的不同，可进一步将该断层大致划分为东西两段。西段：西起本坑，东至古隆呼都格沟，长22公里；东段：自古隆呼都格沟至甘沟口，长近40公里。二者在平面上构成左阶雁列形式，阶区宽800米左右。

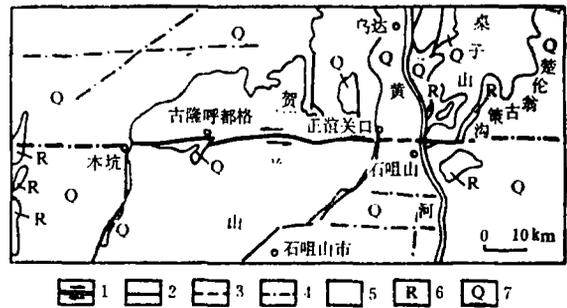


图1 正谊关活动断裂带平面展布略图
(本坑—楚伦翁古策沟)

1. 正谊关断裂 2. 其它断裂 3. 推测隐伏断裂
4. 物探断裂 5. 基岩隆起区 6. 第三系 7. 第四系
Fig. 1 The plane distribution of active
Zhengyiguan fault belt

1) 据宁夏回族自治区构造体系图说明书(1:500000), 1980.

2) 据长庆石油勘探开发研究院、西北大学地质系研究成果, 1988.

3) 宁夏地质局1/20万区域地质调查报告, 石咀山市幅.

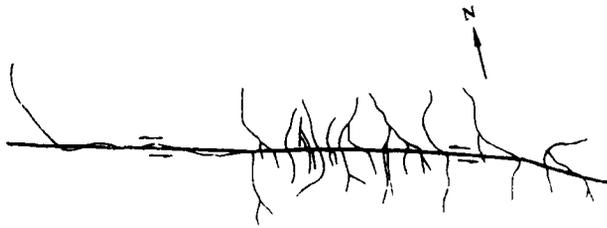


图2 正谊关断层牛头沟一带水系左旋错动分布图

Fig. 2 The distribution of gully offsets in Niutougou area on Zhengyiguan fault belt

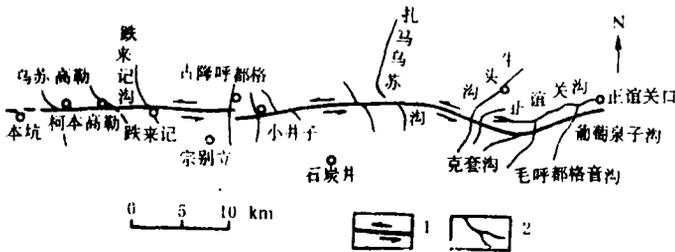


图3 正谊关断裂(贺兰山区段)平面位置展布图

1. 断层及错动方式 2. 冲沟

Fig. 3 The plane distribution of Zhengyiguan fault belt (Helanshan mountain segment)

表1 正谊关断裂(贺兰山区段)断面统计简表

编号	地点	产状		断面性质	断层泥厚度(厘米)	两盘地层
		倾向	倾角			
1	甘沟口	S	60°	逆	1—8	Ar
2	甘沟口西250米	N	85°	不明	数厘米	Ar
3	葡萄泉子	N	85°	止	无	Q ₃ /Q _{s.4}
4	毛呼都格音沟	S	55°—60°	逆	无	Q _{s.4}
5	宗别立西北	S	64°	不明	不明	Ar

综上所述,关于正谊关断裂的分段,在西起贺兰山西麓本坑,东至黄河以东楚伦翁古策沟的范围内,可以划分出四个断层段,即本坑—古隆呼都格沟段、古隆呼都格沟—甘沟口段、石咀山—乌达谷地段(长约10公里)和二柜沟段。这四个断层段的地貌表现及新活动强度存在明显的差异。其中,古隆呼都格沟—甘沟口段断层新活动最强烈;而本坑—古隆呼都格沟段断层新活动则相对较弱;石咀山—乌达谷地段断层隐伏地下,在地表广布的晚更新世—全新世冲积砂砾石层之上未显示断层活动的迹象;位于黄河东岸的二柜沟断层段与古隆呼都格沟—甘沟口段比较,其活动强度也明显较弱。该断层北侧为石炭纪基岩出露区,地貌上呈低山丘陵;断层南侧除西端部仍出露石炭系外,其余大部为第四系覆盖区。断层南北两侧地貌高差不大,地形上多呈逐渐过渡状态。在陶乐煤矿东,断层切割中一晚更新世残留高台洪积扇,形成坡向南的高大地貌陡坎。但在断层通过处高出冲沟底4—5米的阶地砾石层和位置较低的洪积扇未被错动。

三、断裂带的新活动、古地震遗迹与滑动速率

在正谊关断裂带上，断层的新活动由各种类型的断错微地貌表现出来，包括有断错冲沟、断错阶地、断错山脊、断错洪积扇、断层陡坎、断层沟和断尾沟等等。这些新活动的证据主要分布在贺兰山区的正谊关断层段上。据大比例尺航片判读和野外考察证实，沿断层不同时期的水平断错地貌被大量保存下来。其中，可进行直接量测的最大一组水平错动值为1800—2000米，最小一组错动值为10—20米（见表2）。

表2 正谊关断裂水平断距统计表

编号	断距(米)	地点	编号	断距(米)	地点
1	1100	乌苏高勒	13	20	牛头沟西
2	1500	柯本高勒	14	35	牛头沟西
3	500	跌来记	15	150	牛头沟西
4	450	小井子	16	10	牛头沟西
5	2000	小井子东2公里	17	120	牛头沟西
6	650	石一奇公路东5公里	18	65	牛头沟
7	14	扎马乌苏沟西附近	19	300	牛头沟东支沟
8	1800	扎马乌苏沟	20	35	牛头沟东1公里
9	120	扎马乌苏沟东2公里	21	15—20	葡萄泉子
10	210	扎沟东2.5公里	22	50	葡萄泉子
11	10	牛头沟西	23	60	葡萄泉子东1公里
12	90	牛头沟西	24	53	葡萄泉子东1公里

如前所述，正谊关断层段可进一步划分为东西两段。其中，西段本坑—古隆呼都格沟段活动强度相对较弱。在地貌上，该断层主要表现为谷地，并发育断层三角面。谷地宽一般在200—1500米之间，在东端部、断层构成宗别立山间盆地的北界。在谷地和盆地中广布着晚更新世的砂砾石沉积。沿断层，规模较大的冲沟左错500—1500米，但中、小冲沟及其较新洪积扇未有明显错动。在跌来记沟东，见基岩或以基岩为主上覆薄层晚更新世砂砾层的断层陡坎，坎高25—30米，坡向南，最大坡角为24°—28°。另在贝里呼都格西约2公里处，出露断层挤压破碎带，走向110°，挤压面倾向南，倾角64°，破碎带被全新世砂砾石及黄土层不整合覆盖。

东段古隆呼都格沟—甘沟口断层段活动明显比西段强烈。断层在航片上线性非常清晰，一些地段形似刀切一般，其势十分醒目。在该断层段上，保存有正谊关断层上最大和最小的左错水平断距，并在一些地点上发现了断层全新世粘滑的遗迹。

在该段上发现两处古地震遗迹。图4是毛呼都格音沟古地震剖面实测图（照片2、3），其出露在该沟东岸的洪积阶地壁上。剖面中共保存有一条断层和3条充填裂缝。其中，断层F呈逆断性质，走向N73°E，倾向SSE，倾角55°—60°，切割了高出河床约3米左右的阶地砾石层。由于断层具走滑性质，致使断层两侧地层不易对比。断层两盘地层虽均由洪积的砂

* 照片见封三。

砾石层、砾石层及砂、土、砾石层组成，但颜色差别很大，北盘颜色单一，总体呈紫红色，南盘颜色复杂多变，呈浅紫红色、黄色、黄绿色。剖面中的三条裂缝位于断层南侧4—5米的范围内，靠近断层的北边裂缝呈楔形，上口宽48厘米，长约2米。裂缝下部充填物为红色砂、土和砾石，上部为黄土。中间裂缝长也近2米，宽5—10厘米，其内主要充填红色砂、土、砾石。最南边的裂缝规模很小，其特点与中间裂缝类似。这些裂缝与北侧断层共同切割了阶地砾石层，反映在该阶地形成之后断层曾经发生过错动。在北边的楔状裂缝内黄土充填物的底部采得¹⁴C样品，经鉴定年代为4420±70年，说明断层错动和裂缝形成于该年代之前。

图5是葡萄泉子沟探槽古地震剖面图。葡萄泉子沟与前述毛呼都格音沟均为正谊关沟的支沟，二者相距约3公里余。在断层通过处，葡萄泉子沟东岸共发育三级阶地，其中一级阶地高1—2米，二级阶地相对高3—5米，三级阶地高度较大，为高台洪积扇面。断层明显错断了二、三级阶地，形成坡向北且高度不同的断层陡坎（照片4）。据地形剖面测量，二级阶地上断坎高6.6米，三级阶地上断坎高12.8米。在三级阶地断坎的东边部见一冲沟左错50米左右。另外，切割三级阶地地面及其断坎的冲沟多呈左旋偏

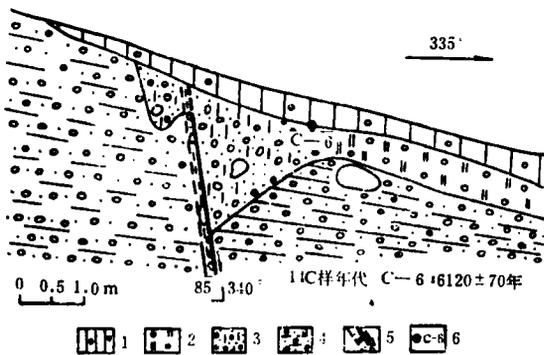


图5 葡萄泉子沟探槽古地震剖面实测图

- 1. 坡积黄土层, 偶含砾
- 2. 含砾黄土层
- 3. 砂、土、砾石混杂体
- 4. 砾石层
- 5. 断层
- 6. ¹⁴C采样位置及其编号

Fig. 5 The paleoseismic profile at Putaoquanzigou trench

层错动后断崖崩落的产物；单元③为坡积黄土层，偶含砾石。断层切割了上述单元①和②，但未错动单元③。因此，该剖面内断层最新一次错动事件当发生在单元②沉积之后，单元③开始堆积之前。¹⁴C样品鉴定结果表明，单元②结束堆积的年代为6120±70年，可大致作为该断层最新活动的时间。实际上，对比图4与图5并考虑到二者相距很近的因素，两剖面内分别揭示出的断错事件极可能为同期事件，该事件发生在全新世中期，即大约在距今6000年左右。¹⁴C年龄的差别可能是由于采样位置不同等多种误差因素造成的。

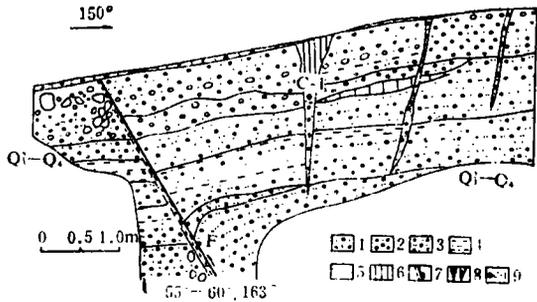


图4 毛呼都格音沟古地震剖面实测图

- 1. 含砾表土层
- 2. 砾石层
- 3. 砂砾层
- 4. 粘土层
- 5. 砂层
- 6. 黄土
- 7. 断层
- 8. 古地震裂缝
- 9. ¹⁴C采样点及编号

Fig. 4 The paleoseismic profile at Mao-hudugeyingou

移。其中一冲沟左错约15—20米。在葡萄泉子沟西，断层通过处呈沟状地貌。

为了揭示断层在剖面上的性状，我们在葡萄泉子沟东岸二级阶地上垂直断坎布设了探槽。探槽长8米，宽2米，最深处达3米。上述图5是探槽西壁实测图。剖面中断层倾向北北西，倾角85°，显示正断性质，剖面地层属晚更新世晚期至全新世沉积。由下而上可划分为三个单元层：单元①为青灰色洪积砾石层，砾石粗大，最大砾径可达1米以上；单元②在剖面北侧为含砾黄土层，但在靠近断层处由于受断层错动影响而转变为砂、土和砾石的混杂体，其内可能含有断层

关于断层滑动速率，由于年代样品采集十分困难，故没有获得直接的计算值。本文仅用间接的方法来粗略估算断层的水平滑动速率。如前所述，在葡萄泉子沟，一冲沟发育在三级阶地面上，并切割断坎而左错15—20米。该冲沟长约300米，若取冲沟溯源侵蚀速率22.5毫米/年〔2〕计算，可得该沟形成年代为距今13300年。从而大致估算得该处断层在该年代以来的平均水平滑动速率为1.1—1.5毫米/年。另据跨断层形变测量结果，该断裂在正谊关处的现代平均水平滑动速率为0.21毫米/年〔4〕，这可能反映了断层的蠕滑活动水平。

四、结 语

综上所述，关于正谊关断裂带的活动特征，有如下几点初步认识：

1. 正谊关断裂是一条长期活动的大断裂带。断裂活动性质经历了由早期的挤压—右旋到晚期的挤压—左旋的转变过程。其晚期以来的活动性质与同期该区北东—南西方向的区域构造应力场作用方式是协调一致的。

2. 在第四纪内，该断裂带活动强烈，并具有明显的分段活动特点。不同断层段其地质地貌特征、活动强度及最新活动时代存在明显的差异。

3. 在该断裂带上，晚第四纪内有明显活动的是两个表露段，即贺兰山区段和黄河东二柜沟段。其中贺兰山区段之东段活动最强烈。在该段上，小冲沟的左旋拐动、大河道3—5米高洪积阶地被错断及 ^{14}C 年龄等证据均表明其在全新世内曾有过强烈活动，并且保存有较典型的古地震遗迹。

4. 在正谊关断裂西自贺兰山西麓、东至黄河以东楚伦翁古策沟的范围内，可划分为4段，各段断层活动强度和最新活动时代存在明显的差异。其活动性差异主要集中表现在各个断层段地貌特征的差异上。同时，从现有资料来看，这四个断层段的活动在时间上又很可能是相对独立的。据此，笔者认为，将断层的地貌表现作为活断层分段的重要依据是值得深入研究的问题。

本文是在李玉龙导师的指导下完成的。本文 ^{14}C 样品由兰州大学 ^{14}C 实验室测定，图件由刘显技、艾芝莲同志清绘。野外工作期间得到石咀山电厂、宁夏电力局等单位的有关领导和同志们的大力支持和帮助。在此作者对上述各单位及有关同志一并致以衷心的感谢。

参 考 文 献

- 〔1〕 国家地震局《鄂尔多斯周缘活动断裂系》课题组，鄂尔多斯周缘活动断裂系，地震出版社，1988。
- 〔2〕 杨景春等，用地貌学方法研究贺兰山前断层全新世活动状况，地震地质，Vol. 7, No. 4, 1985。

4) 宁夏地震局编图组，全国烈度区划图基础图件及简要说明（宁夏部分），1987。

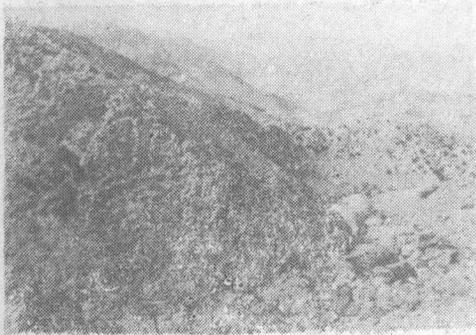
RESEARCH ON NEW ACTIVITY AND PALEOEARTHQUAKES OF ZHENGYIGUAN FAULT BELT

Xing Chengqi, Wang Yanbin

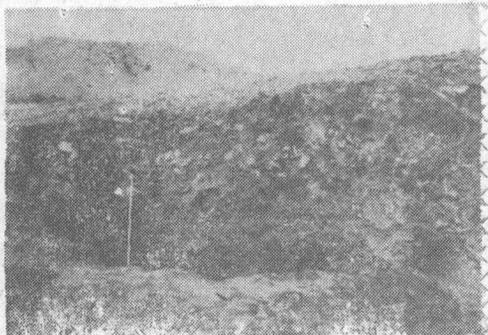
(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, China*)

Abstract

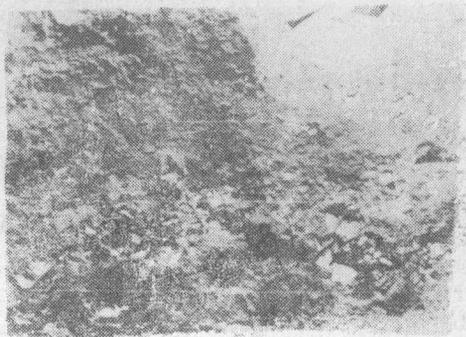
Zhengyiguan fault belt crosses the northern area of Helanshan mountain, and it is a regionally great fracture with a long-term activity. Based on the interpretation of air and satellite photos at a large-scale, field investigation data and ^{14}C dating, this paper discusses and analyses the plane distribution range, active way and active intensity since Quaternary, the latest active time and paleoearthquakes etc. of this fault belt. The newest activity of Zhengyiguan fault belt is intensive and obvious. Since Quaternary, the fault shows apparent left-lateral slip. The faulted geomorphology shows the maximum distance of horizontal dislocation is 1800-2000 m, and the minimum is 10-20 m. There exist two paleoearthquake traces at Maohudugeyinggou and Putaoquanzigou, it is estimated that the paleoearthquakes occurred about 6000 years ago.



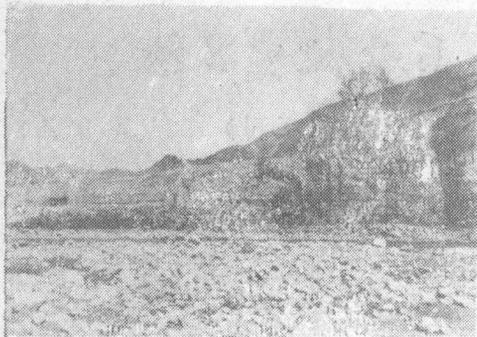
照片1 正谊关断层上葡萄泉子沟东1公里左错冲沟，错距60米。镜向北西西



照片2 毛呼都格音沟古地震剖面，剖面中发育一条断层和三条裂缝，断层走向 $N73^{\circ}E$ ，断面南倾，倾角 $55^{\circ}-60^{\circ}$ ；靠近断层的北边裂缝呈楔形，其内充填砂、土、砾石和黄土。镜向北东东



照片3 毛呼都格音沟古地震剖面局部，照片内显示南倾之断层。镜向东



照片4 葡萄泉子沟，断层切割该沟二级和三级洪积阶地，形成坡向北且高度不等的断坎。其中，二级阶地上断坎高6.6米，三级阶地上断坎高12.8米。镜向东