

# 中卫断裂带断层类型划分及其构造意义

楚全芝

中国地震局地质研究所, 北京, 100029

**内容提要:**青藏高原东北缘的中卫断裂带在晚更新世以来的左旋走滑运动中,先存的挤压逆掩、逆冲断裂带发生了分化。某些断层或断层段继续活动;另一些先存断层在晚更新世以来不再活动;此外,还发育了一些新断层。因此,我们把中卫断裂带划分出三种断层类型,即新生断层、继承性断层和遗弃断层。新生断层就是在某次构造运动中新发育的断层。就中卫断裂带来说,是指晚更新世以来新发育的断层,这类断层是中卫断裂带左旋走滑运动的产物,在早期的挤压逆断运动中这些断层并不存在。通过对新生断层的调查研究可以获得以下资料:①反演晚更新世以来的构造应力场;②确定晚期构造运动的起始时代;③估算断层的断错幅度和速率。继承性断层是指在早期的挤压逆掩(冲)活动中已经存在的断层或断层段,在晚期的左旋走滑运动中继续活动。继承性断层的最大优点是包含了较多的信息量:①继承性断层记录了多期构造运动的信息;②继承性断层是中卫断裂带多期活动的见证;③继承性断层是研究构造演化过程的重要依据。遗弃断层即某些断层或断层段在早期构造运动中是主体断裂带的一部分,其活动习性与主体断裂带基本一致。当早期的构造运动终止之后,这些断层或断层段在后继的构造运动中不再活动而称之。遗弃断层的作用就在于它保留了早期构造运动的大部或全部信息,这些信息基本上没有受到后期构造运动的干扰破坏。因而通过对遗弃断层的研究可以获得早期构造运动的主要信息。①确定早期构造运动终止的年代;②反演早期构造应力场方向;③研究断层的滑动方式,即粘滑和蠕滑。

**关键词:** 中卫断裂带;断层分类;遗弃断层;构造意义

中卫断裂带是青藏高原东北缘主要边界断裂之一。它的北侧是阿拉善块体,东北侧是鄂尔多斯块体,南侧是青藏块体(楚全芝等,2007;Chu Quanzhi 2000;马杏垣等,1989)。它与海原断裂分别构成了香山块体的北边界和南边界(图1)。广义的中卫断裂带是指发育在香山块体前缘的弧形断裂带,在不同的学术专著和科技文献中对该断裂带赋予不同的名称。天景山断裂(柴炽章,1998),或香山-天景山断裂(汪一鹏等,1990),是指西起黑山峡出口的黄河右岸,向南东经青驼崖、团部拉,达同心县城西侧的弧形断裂。中卫-同心断裂(王爱国等,2006),是指西起中卫青山石膏矿,向东经甘塘、孟家湾、青驼崖、团部拉、同心西,达七里营西的,走向由近东西逐渐转为北西,进而又转为近南北的弧形断裂。本文所研究的中卫断裂带是指西起白墩子,向东经红观观、甘塘、西梁头、粉石沟、红谷梁,然后达刘岗井、石圈,总长约135km,为一走向北西西的断裂带(图2)。

前人对中卫活动断裂带做了大量的研究工作,

内容主要涉及以下几个方面:①断裂的活动时代(柴炽章 张维歧,1997;郭进京等,2004);②断裂的滑动速率(丁国瑜,1993);③古地震(邓起东等,2001);④1709年中卫南7.5级大震的地震破裂带长度(张向红等,2005);⑤青藏高原东北缘深部结构(赵金仁等,2005);⑥青藏高原东北缘现代变形速度场及构造模型(郭万武,1993;江在森等,2001)。

本文通过详细的野外活断层地质调查和室内分析,认为中卫断裂带在晚更新世以来的左旋走滑运动中,先存的挤压逆掩、逆冲断裂带发生了分化。某些断层或断层段继续活动,只不过是活动性质发生了变化,这类断层称之为继承性断层(inherited fault)。还有一些先存断层在晚更新世以来不再活动,也就是被废弃了,这类断层称之为遗弃断层(rejected fault)。另外,在断裂带的两端、段与段之间等部位还发育了一些新断层,这类断层称之为新生断层(newly-generated fault)。我们所说的中卫断裂带就是由这3类断层组成的。本文探讨了这3

注:本文为国家自然科学基金项目(编号40841016),中央公益性研究院所基本科研业务专项(编号2060302)资助的成果。

收稿日期:2008-07-21;改回日期:2009-04-22;责任编辑:郝梓国。

作者简介:楚全芝,男,1955年生。博士,副研究员。主要从事活动构造和地震中长期预测研究工作。通讯地址:100029,北京中国地震局地质研究所;电话:010-62009286;Email: chuquanzhi@ies.ac.cn, cqz55024@sina.com。

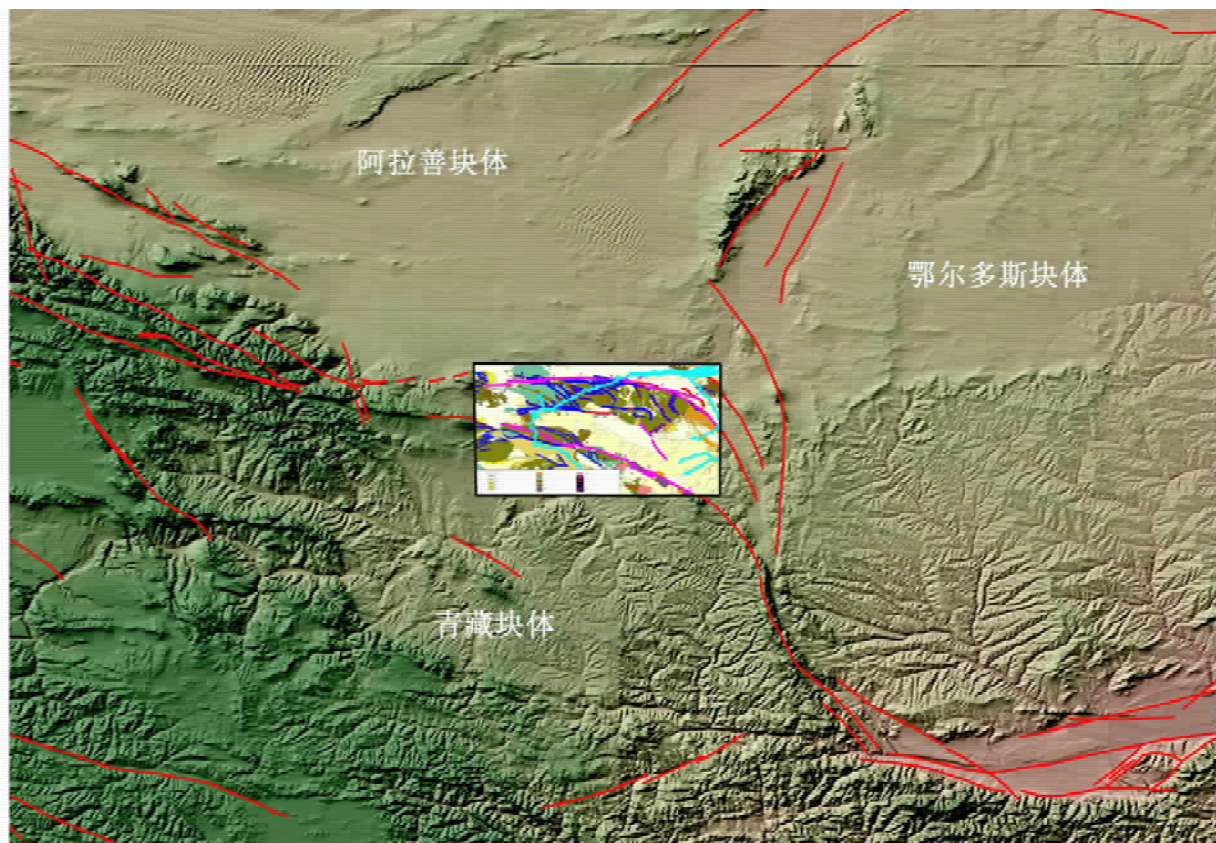


图 1 中卫断裂带及邻近地区构造略图

Fig.1 Tectonic sketch map of Zhongwei fault zone and its adjacent region

种类型断层的野外识别标志和各类断层的构造意义。这对于进一步了解中卫断裂带在第四纪期间的构造演化过程和加深对中卫断裂带的认识都有一定的作用。

## 1 断层类型的基本特点和野外识别标志

断层的一般分类方法是将断层划分为:正断层、逆断层、走滑断层以及正走滑断层和逆走滑断层等。在研究第四纪以来的断层时,最常见的分类方法是按照断层的活动时代划分为,前第四纪断层、早中更新世断层、晚更新世断层和全新世断层。虽然传统的分类方法有很多优点,但也存在着美中不足之处,即不能很好的反映断裂活动的时空变化特点。作者在深入研究中卫断裂带新生代晚期的发展演化过程时发现,一些断层终止了活动,一些断层在持续不断的活动,此外还产生了一些新断层。这些不同类型的断层较好地反映了中卫断裂带第四纪以来的时空变化。经过归纳分析,将中卫断裂带划分为新生断层、继承性断层和遗弃断层三种类型。

### 1.1 基本特点

断层的类型不同,演化过程不同,因而其各自的特点也会有所不同。认识和了解这些特点,对于我们进一步研究中卫断裂带具有重要意义。

一般而言,新生断层是指在某次构造运动中新发育的断层。就具体的中卫断裂带来说,就是指晚更新世以来新发育的断层。这类断层是中卫断裂带左旋走滑运动的产物,在早期的挤压逆断运动中这些断层并不存在。由于这类断层的发展历史短暂,所以规模较小。断层延伸长度仅几公里或十几公里,最长不超过 22km;断层带的宽度一般仅一、二米,有的宽度仅十几厘米。由于中卫断裂带在晚更新世以来以左旋走滑运动为主,所以这些断层的倾角陡立(图 3-1),断面平直。新生断层的产生主要有 4 种方式:①断层端部:扩展断层端部是应力集中的部位,也是断层不断扩展的增长点。在端部往往产生与主断层走向有一定夹角的多条断层,平面上呈燕尾型或鸡爪型。如中卫断裂带东端的石圈附近,就有多条不同方向的新生断层产生(楚全芝, 2008)。②不同断层或断层段之间连通:早期两条相

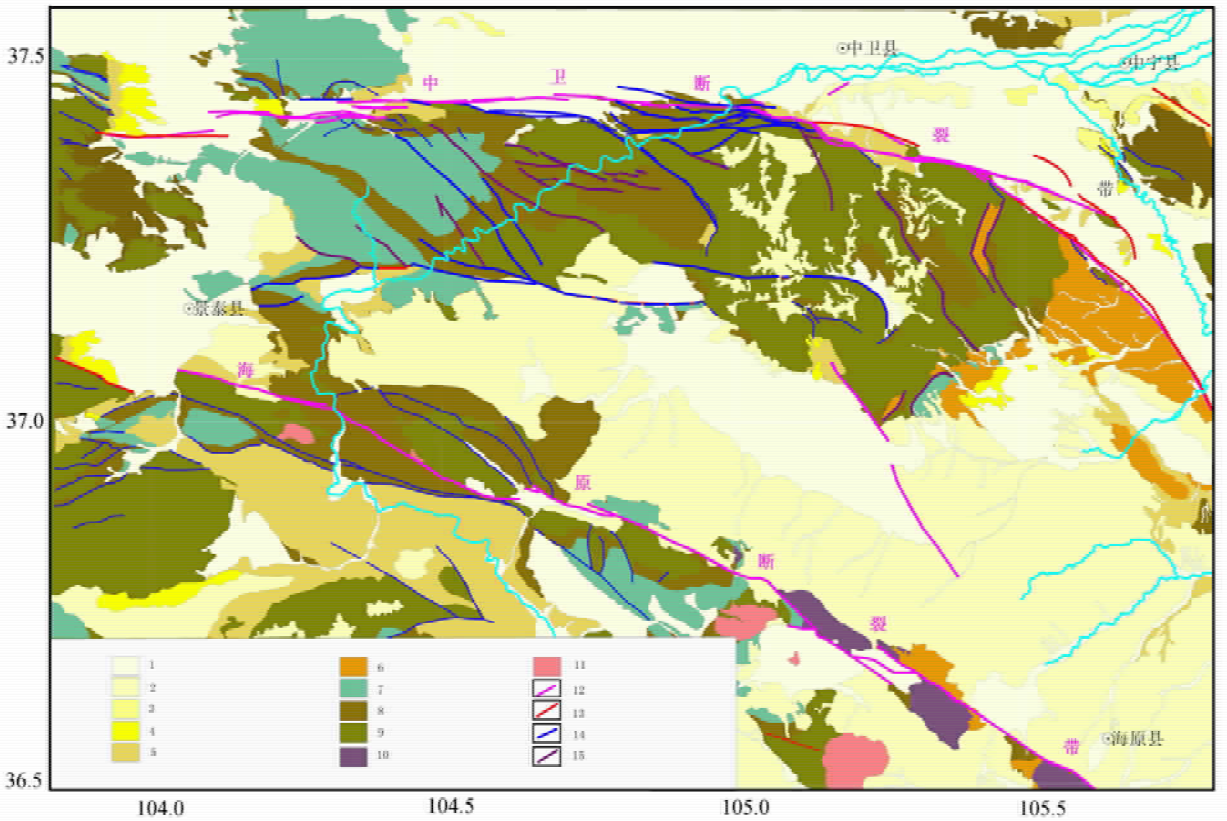


图 2 中卫断裂带及邻近地区地质构造图

Fig. 2 Tectonic map of Zhongwei fault zone and its adjacent region

1—全新统(Qh); 2—上更新统(Qp<sub>3</sub>); 3—中更新统(Qp<sub>2</sub>); 4—下更新统(Qp<sub>1</sub>); 5—新近系(N); 6—古近系(E); 7—中生界(Mz); 8—上古生界(P<sub>2</sub>); 9—下古生界(P<sub>1</sub>); 10—前寒武系(An); 11—侵入岩体(Γ); 12—全新世活断层; 13—晚更新世活断层; 14—第四纪断层; 15—前第四纪断层

1—Holocene (Qh); 2—upper Pleistocene (Qp<sub>3</sub>); 3—middle Pleistocene (Qp<sub>2</sub>); 4—lower Pleistocene (Qp<sub>1</sub>); 5—Neogene (N); 6—Eogene (E); 7—Mesozoic (Mz); 8—upper Paleozoic (P<sub>2</sub>); 9—lower Paleozoic (P<sub>1</sub>); 10—Precambrian (An); 11—intrusive rock (Γ); 12—Holocene active fault; 13—late Pleistocene active fault; 14—Quaternary fault; 15—pre-Quaternary fault

隔一定距离的断层或断层段,在晚期的左旋走滑过程中破裂贯通,连接成一条断层。③次级断层:在断裂带的一侧或两侧产生与主断层大致平行的次级断层,次级断层的长度一般不超过 10km,如苦水沟阶区内的东西向新生断层,长度约为 7.5km。④截弯取直:早期挤压逆掩断层在平面上形成波状弯,在弧度较大的弯曲段阻碍了晚期的左旋走滑运动,因此将弧形弯曲的断层段遗弃,产生平直的新生断层。

继承性断层是指在早期的挤压逆掩(冲)活动中就已经存在的断层或断层段,在晚期的左旋走滑运动中仍然继续活动。由于中卫断裂带是一条经历过多次构造运动,演化历史悠久的断裂带,所以形成了由多条断层组成的宽达近 10km 的断裂带。继承性断层往往只沿其中的某条断层活动,余者皆为遗弃断层。根据断层先期和后期的活动性质有无变化,继承性断层又可进一步分为 2 种类型,即复活型和

再生型。①复活型断层:沿先存断层重新活动,其产状和断层性质无明显变化。仅仅是断层在经过一段平稳期之后再次活动。②再生型:沿先存断裂重新活动,但断层的活动性质发生了明显变化:①压→张转换:如昆明西山断裂由第四纪早期的挤压逆断转换为晚更新世以来的拉张正断(中国地震局地质研究所,2005)<sup>①</sup>;②压→剪转换:如中卫断裂带由第四纪早期的挤压逆断转换为晚更新世以来的左旋走滑;③剪→张转换:如青岛沧口断裂由早期的右旋压扭转换为晚更新世以来的正断(中国地震局地质研究所等,2007)<sup>②</sup>。中卫断裂带的继承性断层以再生型为主。继承性断层最典型的特点是,野外常常见到在宽达几十米甚至上百米的挤压断裂破碎带中发育断面平直光滑,倾角陡立的走滑断层(图 3-2)。

遗弃断层就是指某些断层或断层段在早期构造运动中是主体断裂带的一部分(次级断层,分支断层





1. 新生断层, 地点: 苦水沟, 镜向: 西  
A newly-generated fault. Site: Kushuigou. Camera forward: west



2. 发育在早期断裂破碎带中的继承性断层, 地点: 东大沟, 镜向: 西  
An inherited fault developed in the previous ruptured zone. Site: Dongdagou. Camera forward: east



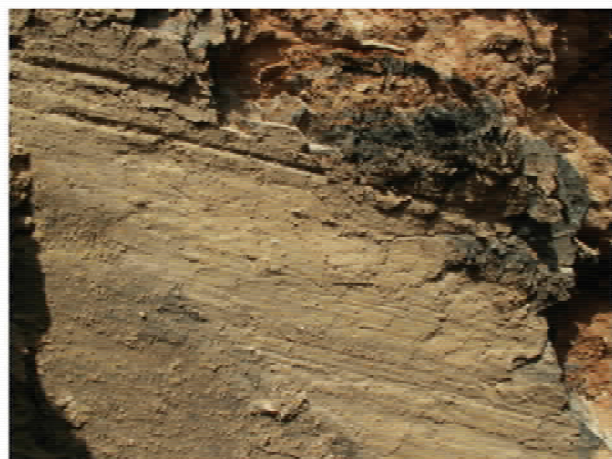
3. 废弃断层, 其上盘是石炭系砂页岩 ( $C_3f$ ), 下盘是红柳沟组红层 ( $N_1h$ ), 上覆冲洪积物 ( $Qp_3$ ), 地点: 粉石沟, 镜向: 东  
A rejected fault that its hanging-wall block is Carboniferous sandstone and shale ( $C_3f$ ), the footwall is red beds of Hongliugou Formation ( $N_1h$ ), and the overlying formation at the top of the fault is alluvial-proluvial sediments ( $Qp_3$ ). Site: Fenshigou. Camera forward: east



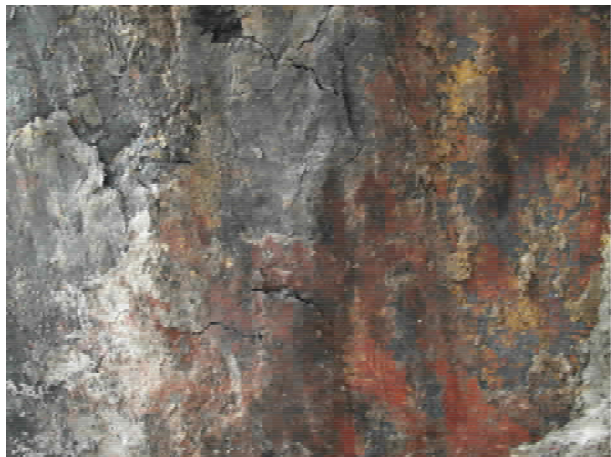
4. 废弃断层的断面特征, 地点: 石膏矿, 镜向: 北东  
The features of a fault surface on a rejected fault. Site: Gypsum Mining. Camera forward: northeast



5. 发育在新生断层中的构造扁豆体, 地点: 红观观, 镜向: 东  
A structural lenticular body developed in a newly-generated fault. Site: Hongguanguan. Camera forward: east



6. 发育在新生断层中的擦痕, 地点: 红观观, 镜向: 北  
Striations developed in a newly-generated fault. Site: Hongguanguan. Camera forward: north



7. 发育在废弃断层中的擦痕, 地点: 东大沟, 镜向: 南  
striations developed in a rejected fault. Site: Dongdagou.  
Camera forward: south



8. 继承性断层通过处的构造地貌景观, 地点: 烟洞坡, 镜向: 东  
Tectonic landscape where an inherited fault passes by. Site:  
Yandongpo. Camera forward: east



9. 冲沟左旋扭错, 地点: 石膏矿西, 镜向: 北  
A gully is offset left-laterally. Site: the west to Gypsum Mining.  
Camera forward: north



10. 沿新生断层发育的断层陡坎, 地点: 红景观, 镜向: 东  
A fault scarp along a newly-generated fault. Site: Hongguanguan.  
Camera forward: east

图 3 各类断层及其野外特征

Fig. 3 Faults and its characters

或主断裂的某一段), 其活动习性与主体断裂带基本一致。当早期的构造运动终止之后, 这些断层或断层段在后继的构造运动中不再活动, 也就是说这些断层被废弃。废弃断层主要有以下 4 种类型: ①分支废弃断层: 即由多条断层组成的断裂带, 其中的某条分支断层被废弃。如安宁河断裂带分东、西两支。早更新世的强烈挤压阶段东、西两支都强烈活动(唐荣昌等, 1993), 但在中更新世以来的左旋走滑运动阶段只有东支活动, 而西支被废弃。再如, 中卫断裂带的一碗泉断层, 在早中更新世及以前是中卫断裂带挤压逆掩(冲)断裂带的组成部分, 但在晚更新世以来该断层被废弃。②次级断层被废弃: 如昆明西山断裂早期挤压兼右旋, 晚期(约 105kaBP 以来)则以正断为主; 其

东侧的次级断层(普吉-韩家村断层)被废弃, 晚期不再活动(中国地震局地质研究所, 2005)<sup>①</sup>。再如, 与中卫断裂带近于平行的 F202 断层是早期中卫断裂带的组成部分, 而晚更新世以来不再活动。还有, 青岛地区与沧口断裂平行的次级断层, 即青岛山断层。该断层在中更新世中期(约 500kaP. B)有过活动, 晚更新世以来不再活动(中国地震局地质研究所等, 2007)<sup>②</sup>。③断层的端部被废弃: 如东昆仑断裂带西大滩-秀沟段的西端(青海省地震局等, 1999), 再如中卫断裂带西端的温都尔图段在晚更新世以来的左旋走滑运动中被废弃。④弧形弯曲断层或断层转折段被废弃: 如中卫断裂带中段孤山子至烟洞坡之间早期挤压逆冲形成的一些弧形弯曲的断层段被废弃。在窟窿山挤



压阶区西端,早中更新世活动明显、走向北西的转折段被遗弃。在中卫断裂带上,遗弃断层最典型的地质现象就是前新生代的基岩挤压逆掩(冲)到新生代中晚期地层(新近系至早中更新统)之上,断层顶端终止在上覆的晚更新世至全新世地层底界面之下。如在中卫断裂带孟家湾断层亚段的粉石沟内,见到石炭系砂页岩逆冲到新近系红柳沟组红层之上,又被晚更新世的冲洪积砂砾石层所覆盖,断层终止在该冲洪积层的底界面之下,冲洪积层没有构造变动的迹象(图3-3)。类似的地质现象在中卫断裂带东端的花豹湾,黄河东岸下河沿村南的东大沟(见图4),甘塘南闫王坡,青山石膏矿等地,都有良好的地质剖面被揭示出来。

1.2 野外识别标志

断层类型划分的关键问题是如何在野外地质调查中识别不同类型的断层。由于不同类型的断层所经历的地质演化历史不同,所处的构造环境不同,促使断层活动的构造应力场也可能不同,那么这些不同类型的断层在地质构造,地貌水系和断层本身的结构特点上都会表现出相应的差异。通过野外工作,就可以发现和确立各类断层的识别标志,从而达到划分断层的目的。作者在详细的野外地质调查的基础上,通过分析对比和归纳整理,获得了以下若干识别标志。

1.2.1 地层

地层与断层的切割关系是判别断层活动时代和性质的主要标志之一。新生断层的发育历史短(晚

更新世以来),并且常常发育在晚新生代地层之中。断层上下两盘的地层主要为第四系和新近系,并且多数情况下至少有一盘是晚更新世或全新世地层。而继承性断层经历了多期的构造运动,断层切割了研究区内发育的各个时代的地层,但多数情况下至少有一盘是晚更新世或全新世地层。遗弃断层与继承性断层的最大区别是前者在晚更新世以来不再活动,所以遗弃断层的上止点被晚更新世或全新世地层所覆盖。在中卫断裂沿线的石圈、粉石沟、东大沟、孟家湾等地都可以看到良好的地质剖面(图4)。

1.2.2 断层面

断层面特点是识别断层类型的另外一个重要标志。不同时期的构造运动、不同方向的构造应力场作用在各种类型的断层上,各自都会留下永久性的构造痕迹。由此也为我们提供了区别不同类型断层的客观依据。新生断层的断面平直光滑,断层倾角陡立,一般大于70°。不过在断层或断层段的端点、阶区的边缘等特殊构造部位,该类断层的倾角会变缓,常常在40°左右。继承性断层多数情况下断层面上盘是早期的断裂构造岩(少数情况可以见到下盘是早期构造岩);而另外一盘的断层面由晚更新世或全新世地层组成。在剖面底部,有时也可以见到断层面上、下两盘都是早期的构造岩。剖面上往往发育多条断层,部分断层终止于晚更新世地层底界面之下;另外会有一条或两条倾角陡立(一般大于70°)的断层切割了其它断层和晚更新世以来的地层

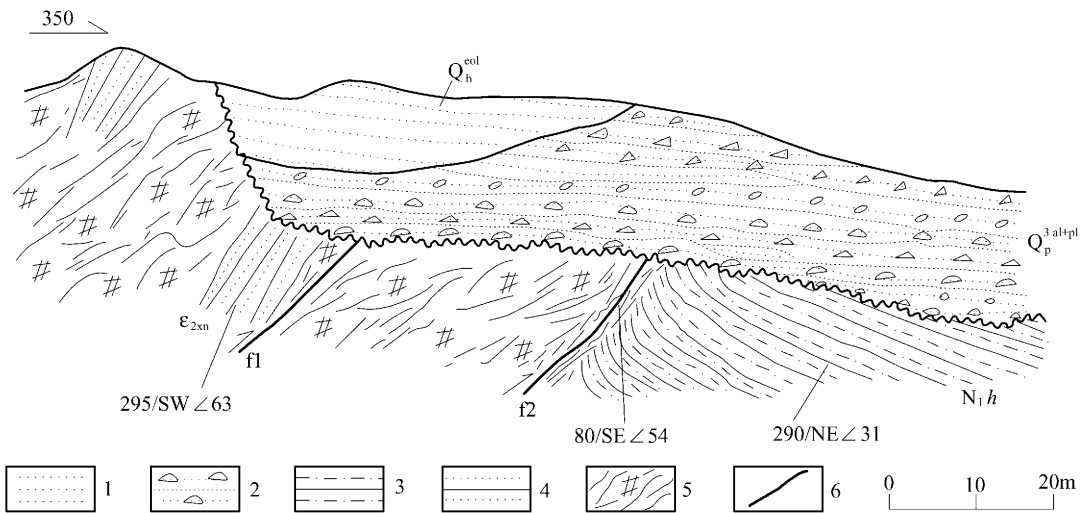


图4 中卫断裂带下河沿东大沟断层剖面图

Fig. 4 Cross section of Zhongwei fault zone at Dongdagou, Xiaheyan

1—风积砂;2—冲洪积砾石层;3—褐红色砂质粘土岩;4—石英砂岩;5—片理化断层泥;6—断层

1—eolian sand;2—alluvial-proluvial gravel bed;3—brown red clay rock;4—quartz sandstone;5—schistose gouge;6—fault



面上发育倾向、斜向擦痕或光滑的擦面,擦痕侧伏角一般大于  $50^\circ$ , 近于  $90^\circ$  的居多。该类断层面的擦痕不但侧伏角大, 而且由于受到后期的风化作用使得擦痕线变得比较模糊(图 3-7)。这与发育在新生断层面的擦痕形成鲜明的对比。

### 1.2.6 构造地貌

横跨新生断层的冲沟突然变开阔, 呈喇叭口状。断层沿线可见山脊扭错; 洪积扇不对称, 中轴线偏转等现象; 断层往往发育在山前台地的前缘。这些地貌现象在继承性断层沿线也可见到, 但该类断层两侧的地形高差要比新生断层的大, 这与中卫断裂带在早中更新世以及新近纪一直处于挤压逆断构造运动状态有关。此外, 在继承性断层沿线时常出现相当壮观的断层谷和山垭口(图 3-8)。遗弃断层多出露在山麓地带的后缘, 这一点与新生断层有明显的区别。遗弃断层穿过山梁时也有山垭口出现, 断层两侧的地形高差也比较大, 这些与继承性断层相类似。

### 1.2.7 冲沟水系

横跨新生断层长约十几米的纹沟和长约几十米至一二百米的小冲沟左旋水平扭错的现象相当普遍, 扭错距离一二米至十几米、二十几米不等(图 3-

9)。继承性断层沿线冲沟水系左旋扭曲的现象也很普遍, 但横跨遗弃断层的冲沟没有系统左旋扭曲现象。

### 1.2.8 断层陡坎

新生断层沿线形成平直的断层陡坎(图 3-10), 断层陡坎坡角明显大于地形坡度。陡坎高度一般在  $0.5\sim 2\text{m}$  之间。继承性断层沿线也形成较明显的断层陡坎, 陡坎高度较大, 但不易形成象图 3-1 那样平直的陡坎。尽管遗弃断层两侧的宏观地形地貌也有差异, 但断层通过处的微地貌无断层陡坎发育。

## 2 断层类型划分及其构造意义

### 2.1 断层类型划分

根据上述新生断层、继承性断层和遗弃断层的识别标志, 在野外地质地貌调查工作的基础上, 结合前人的工作成果, 对中卫断裂带及香山块体内部的部分断层进行了类型划分, 划分结果绘制成图(图 7)。新生断层和继承性断层的起始点和终止点以野外断层剖面或地质探槽为依据, 再辅以地貌水系等现象。前人确定为早中更新世断层, 或前第四纪断层, 而本人野外工作中也没有发现确切的资料证实

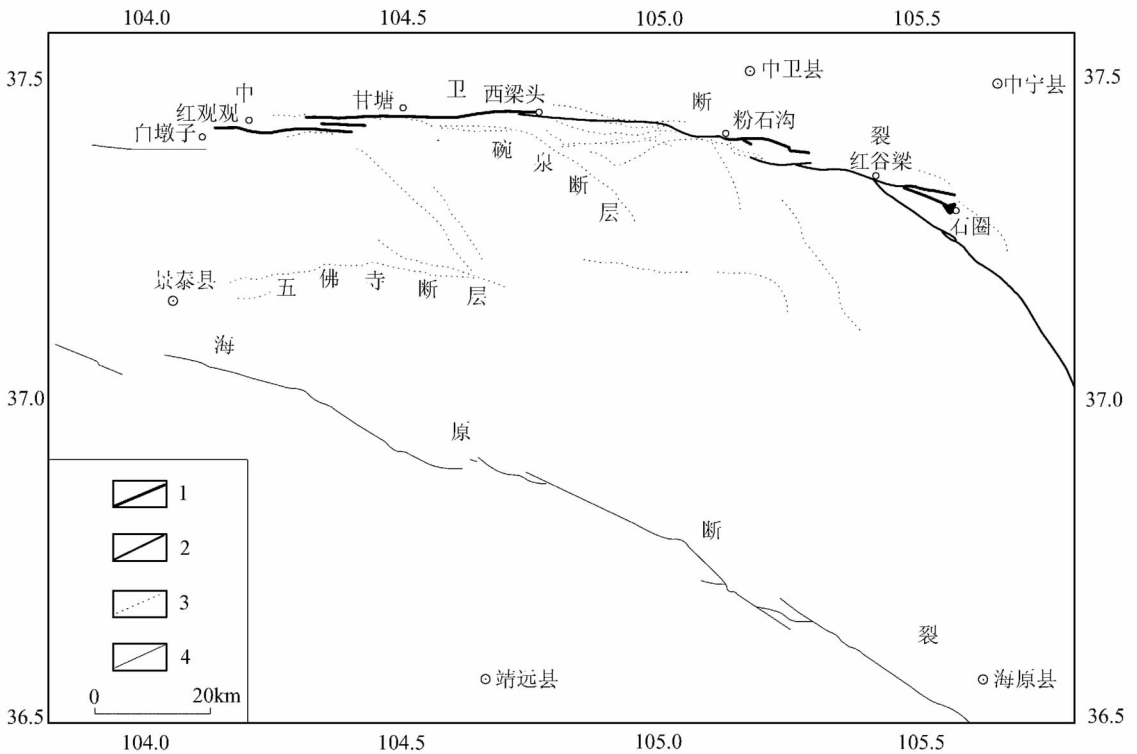


图 7 中卫断裂带断层类型划分图

Fig. 7 Classification of fault types on Zhongwei fault zone

1—新生断层; 2—继承性断层; 3—遗弃断层; 4—未分断层

1—Newly-generated fault; 2—inherited fault; 3—rejected fault; 4—undivided fault



为晚更新世或全新世活动断层的,划为遗弃断层。对于前人确定的活断层,但超出了本人研究范围,不能确定是新生断层还是继承性断层。这类断层划为未分断层,如中卫断裂带西端白墩子拉分区南缘的边界断层,及香山块体西南边界的海原断裂等(国家地震局地质研究所等,1990)。

从断层类型划分图上可以看出以下几点:

(1)大致以西梁头为界,以东是继承性断层为主,以西是新生断层为主。

(2)遗弃断层主要分布在甘塘南闫王坡至粉石沟(窟窿山挤压阶区的西端)之间。

(3)中卫断裂带向西扩展的距离大于向东扩展的距离。

(4)在西梁头至东大沟之间,一系列遗弃断层构成一个相互交织南北宽度相当大的断裂带。这很可能是早期挤压逆掩时期,中卫断裂带发育较早、活动最强烈、逆掩覆叠距离最大的地段。

(5)以翠柳沟为界,以东的断裂组合为左行右接,形成挤压阶区;以西为左行左接,形成拉分阶区。

(6)香山块体内部近东西向的五佛寺断层和北西向的翠柳沟断层等,晚更新世以来活动皆不明显。这说明香山块体在晚更新世以来表现为一个完整的构造块体,其内部的断层不再活动,或活动不显著。断裂活动主要表现在块体的边缘断裂上,即海原断裂带和中卫断裂带。

(7)构造演化过程:一是断裂活动由中间向两端不断扩展;二是由块体内部逐渐向块体边缘集中。

(8)在第四纪中晚期有一次较重要的构造运动,这次运动使中卫断裂带的所属断层发生了分化,一些断层终止了活动成为遗弃断层,一些断层继续活动成为继承性断层,另外还发育了一些新生断层。

## 2.2 断层类型划分的构造意义

断层类型划分的主要目的是为了深入研究中卫断裂带的运动学特征和构造演化过程。断层的类型不同,它所包含的信息也不同,那么自身的科学内涵和构造意义也不尽相同。

### 2.2.1 新生断层的构造意义

新生断层是晚更新世以来产生的断层,是中卫断裂带左旋走滑运动的结果。也就是说,该类断层是在晚更新世以来的构造应力场作用下形成的。早期近南北向挤压构造应力场对这类断层不产生影响。因此,通过对新生断层的野外调查研究和室内分析可以获得以下几方面的资料。

(1)反演晚更新世以来的构造应力场,由于没有

先存断层的干扰,新生断层的走向、倾向和倾角与挤压构造应力场的关系符合岩石破裂理论,或者说符合莫尔圆理论。仔细实测断层产状、断面擦痕等数据,再通过赤平投影等构造分析方法,可以反演晚更新世以来的构造应力场方向。

(2)确定晚期构造运动的起始时代,由于新生断层对早期的地层沉积没有控制作用只有破坏作用,也就是将早期的地层断错。而对断层产生之后的地层有明显的控制作用。通过开挖地质探槽或寻找揭示出的天然地质剖面,然后仔细观察对比断层两盘地层的产状、岩相、物质成分、侵蚀面等内容,可以确定断层形成前后的地层。再采取合适的样品做年龄测定,就可以确定晚期断层走滑运动的起始时代。

(3)估算断层的断错幅度和速率,横跨新生断层的冲沟水系左旋扭错距离基本上代表了新生断层形成以来的左旋走滑距离,系统的实测冲沟扭错量,就可得到断层扭错量,再结合断层开始形成的测年资料就可以估算断层的走滑速率。根据断层两盘晚更新世以前地层的垂直断错量可以估算断层的垂直滑动速率。此外,根据断层两侧晚更新世以来的地层厚度差值也可以估算断层的垂直断错幅度和速率。

### 2.2.2 继承性断层的构造意义

继承性断层的最大优点是包含了较多的信息量。而不足之处是早期活动和晚期活动信息掺杂在一起,很难较确切的区分出来哪些是早期的,哪些是晚期的。根据这类断层来估算晚更新世以来的断错幅度或速率,误差往往较大。如,早期逆断控制了早中更新世的地层沉积,晚期走滑也同样控制了晚更新世以来的地层堆积。那么断层两盘早中更新世地层的断错幅度既包含了早期的断错量也包含了晚期的断错量,很难把它们区分开。不过,继承性断层仍然有其重要的构造意义。

(1)继承性断层记录了多期构造运动的信息,至少可以对断裂的演化过程和历史有一个定性的了解,为我们从宏观上把握研究方向和内容提供信息。如,通过对中卫断裂带继承性断层的野外调查,我们可以初步认识到:中卫断裂带是一条规模较大的断裂带,早期以挤压逆断为主,晚期表现为左旋走滑。根据继承性断层面上保留的多期擦痕,我们可以初步判定早期挤压构造应力场方向为近南北向,晚期挤压构造应力场方向转为北东—北东东向。

(2)继承性断层是中卫断裂带多期活动的见证,断层剖面上揭示出的部分断层终止在早中更新世地层和晚更新世地层分界面之下,而另外一些断层则

断错晚更新世—全新世地层。宽达上百米的断裂破碎带以及破碎带内不同类型的断层构造岩的分带性,还有多组断层的相互交切。这些都是断裂带曾经发生过多期次、多阶段构造活动的印迹。

(3)继承性断层是研究构造演化过程的重要依据,继承性断层既保留了早期的构造运动信息,也包含了晚期构造运动的信息,因此要研究中卫断裂带的发展演化过程,对继承性断层的研究是必不可少的。

### 2.2.3 遗弃断层的构造意义

遗弃断层的作用就在于它保留了早期构造运动的大部或全部信息,这些信息基本上没有受到后期构造运动的干扰破坏。因而通过对遗弃断层的详细研究可以获得早期构造运动的主要信息。

(1)早期构造运动终止的年代,通过地层断错覆盖关系确定断层活动终止的时代。通过对断层构造岩的年龄测定,确定最晚一次构造事件的时代。

(2)构造应力场方向。野外实测大量的断层产状、断面擦痕等资料数据,通过构造分析法反演早期构造应力场方向。

(3)确定断层的滑动方式,通过对断层构造岩的显微构造分析鉴定,确定断层的滑动方式(粘滑、蠕滑)。

此外,确定某条断层是不是遗弃断层,对于地震安全性评价、地震危险性预测、重大工程建设和地下矿产是否遭到破坏等都有重要意义。

## 3 问题讨论

遗弃断层是在中卫断裂带野外地质调查和室内研究分析过程中逐渐形成的一个新概念,是对中卫断裂带活动特点和断裂带几何结构认识不断深化的结果。尽管没有查阅到前人提起过“遗弃断层(rejected fault)”这个名词,但是在地质构造的研究过程中许多地质学家一直在用遗弃断层的思想来解决构造地质学中的实际问题。如,构造成矿理论中的控矿构造(赵寅震等,1986)。又如,石油地质中的生储盖油气田构造(孙岩等,1991)。这些都涉及到成矿前、成矿过程中和成矿之后,断层是活动还是不活动的问题。再如,Giulio Di Toro 等人(2005)在研究意大利北部阿尔卑斯山区,发生在 Gole Larghe 断层上的古地震的震源构造及破裂过程时,也是用了遗弃断层的思想。他们称 Gole Larghe 断层为古断层(ancient fault)。Giulio Di Toro 等人认为:该断层在发生了最后一次大震之后就不再活动,随后

的区域构造抬升将震源区暴露于地表。他们在文章中所说的古断层(ancient fault),其含义就相当于本文中的遗弃断层(rejected fault)。所以“遗弃断层”的概念是对前人研究思路和方法的了解归纳,再结合中卫断裂带的客观实际情况提出的。这一概念的提出能否得到地学界的认可,能否在构造地质学研究中起到一定的作用,还有待于时间的检验。

## 4 主要认识

通过对中卫断裂带断层类型划分的研究,获得以下几点认识。

在第四纪中晚期有一次较重要的构造运动,这次运动使中卫断裂带发生了分化,从而可将该带划分出不同的断层类型,即新生断层、继承性断层和遗弃断层。

不同类型的断层具有不同的构造意义。新生断层可以用于研究最新构造应力场和最新一次构造运动的起始时代。遗弃断层可用于研究早期的构造应力场。继承性断层是研究中卫断裂带构造演化历史的重要依据。

在晚更新世以来的左旋走滑运动中,中卫断裂带由中间不断向两端扩展。

**致谢:**本论文的研究内容是在中国工程院院士李坪先生和杨斌研究员的指导下完成的。在此向两位老师深表感谢!

### 注 释

- ① 中国地震局地质研究所, 2005. 昆明市 1/5 万地表活断层调查报告, 12~54.
- ② 中国地震局地质研究所等, 2007, 青岛目标区主要断层活动性鉴定(青岛城市活断层研究报告).

### 参 考 文 献

- 柴焯章, 1998. 天景山断裂带前锋区第四纪构造变形及成因分析. 中国地震, 14(2): 150~156.
- 柴焯章, 张维歧, 1997. 天景山断裂带晚第四纪水平活动强度的分时、分段研究. 中国地震, 13(1): 35~42.
- 楚全芝, 2008. 中卫断裂带第四纪中晚期运动学研究. 博士学位论文. 中国地震局地质研究所.
- 楚全芝, 邓志辉, 杨竹转, 2007. 中国大陆地震构造特点及其在地震危险性预测中的作用. 地球物理学进展, 22(2): 395~402.
- 邓起东, 张培震, 闵伟, 2001. 中卫-同心断裂带全新世古地震研究. 地震地质, 23(2): 357~366.
- 丁国瑜, 1993. 宁夏中卫沙坡头黄河位错现象. 第四纪研究, (4): 370~378.
- 国家地震局地质研究所, 宁夏回族自治区地震局, 1990. 海原活动断裂带(中国活断层研究专辑). 北京: 地震出版社, 21: 139~156.

- 郭进京, 杜东菊, 韩文峰等. 2004. 青藏高原东北缘黄河黑山峡出口段阶地特征与断层活动. *工程地质学报*, 12(4): 367~372.
- 郭万武. 1993. 青藏高原东北部东西向构造及其地震活动和构造力学模式研究. *西北地震学报*, 15(1): 52~60.
- 江在森, 马宗晋, 张希等. 2001. 青藏块体东北缘水平应变场与构造变形分析. *地震地质*, 23(3): 337~345.
- 李天兵, 孟方, 王美芳等. 2005. 宁夏西部香山-天景山地区逆冲推覆构造的特征及演化. *地质通报*, 24(4): 309~315.
- 马杏垣(主编). 1989. 中国岩石圈动力学地图集. 北京: 中国地图出版社, 4:67~68.
- 青海省地震局, 中国地震局地壳应力研究所. 1999. 东昆仑活动断裂带. 北京: 地震出版社, 65~68.
- 孙岩, 旋泽进, 舒良树等. 1991. 层滑-倾滑断裂构造与油气地质研究. 南京: 南京大学出版社, 160~167.
- 唐荣昌, 韩渭宾(主编). 1993. 四川活动断裂与地震. 北京: 地震出版社, 86~96.
- 王爱国, 杨斌, 张向红等. 2006. 中卫-同心活动断裂带现代构造应力分布特征及地震破裂危险区判定. *西北地震学报*, 28(1): 20~25.
- 汪一鹏, 宋方敏. 1990. 宁夏香山-天景山断裂带晚第四纪强震重复间隔的研究. *中国地震*, 6(2): 15~24.
- 张向红, 杨斌, 张向阳等. 2005. 对宁夏中卫南 F201 左旋走滑发震断层长度的确定. *西北地震学报*, 27(3): 240~245.
- 赵金仁, 李松林, 张先康等. 2005. 青藏高原东北缘莫霍面的三维空间构造特征. *地球物理学报*, 48(1):78~85.
- 赵寅震, 王成金, 尉东仁等. 1986. 商城-罗山地区同成矿构造与矿产预测. 北京: 地质出版社, 32~41.
- Cai Chizhang. 1998. Quaternary structure feature in forward area of Tianjingshan fault zone and its contributing factor analysis. *Earthquake Research in China*, 14(2): 150~156.
- Cai Chizhang, Zhang Weiqi. 1997. Discussion of the level active severity in different time intervals and segments on late Quaternary along Tianjingshan fault zone. *Earthquake Research in China*, 13(1): 35~42.
- Chu Quanzhi. 2008. Kinematics of the Zhongwei Fault Zone in Middle-Late Quaternary. Thesis for Doctorate, Institute of Geology, China Earthquake Administration.
- Chu Quanzhi, Deng Zihui, Yang Zhuzhuan. 2007. Seismo-tectonic features and their effects of the earthquake prediction in China-Mainland. *Progress in Geophysics*, 22(2): 395~402.
- Chu Quanzhi. 2000. Seismotectonic environment of the Chinese Mainland and its implications for seismic zoning. *Journal of Earthquake Prediction Research*, 8(2): 175~185.
- Deng Qidong, Zhang Peizhen, Min Wei. 2001. The study of Holocene paleoearthquakes on Zhongwei-Tongxin fault zone. *Seismology and Geology*, 23(2): 357~366.
- Ding Guoyu. 1993. Offset of Yellow River, Shapotou, Zhongwei county, Ningxia. *Quaternary Sciences*, (4): 370~378.
- Earthquake Administration of Qinghai Province, Institute of Crustal Dynamics, China Earthquake Administration. 1999. Eastern Kulun Active Fault Zone. *Seismological Press*, Beijing, 65~68.
- Giulio Di Toro, Stefan Nielsen & Giorgio Pennacchioni. 2005. Earthquake rupture dynamics frozen in exhumed ancient faults. *Nature*, 436(7053): 1009~101.
- Guo Jinjing, Du dongju, Han Wenfeng, et al. 2004. The characteristics of river terraces and activity of the faults in the outlet of Heishan gorge of the Yellow River, the northeast Tibetan plateau. *Journal of Engineering Geology*, 12(4):367~372.
- Guo Wanwu. 1993. Study on geophysical features of the EW directional tectonics, earthquake activities and tectonic mechanical models in the northeastern Qinghai-Tibet plateau. *Northwestern Seismological Journal*, 15(1): 52~60.
- Institute of Geology, China Seismological Bureau, Seismological Bureau of Ningxia Hui Autonomous Region. 1990. Haiyuan Active Fault Zone. *Seismological Press*, Beijing, 21:139~156.
- Jiang Zaisen, Ma Zongjin, Zhang Xi, et al. 2001. Analysis of recent horizontal crustal strain field and tectonic deformation in the northeast margin of Qinghai-Tibet block. *Seismology and Geology*, 23(3): 337~345.
- Li Tianbing, Meng Fang, Wang Meifang, et al. 2005. Characteristics and evolution of thrust nappe structure in the Xiangshan-Tianjingshan area, central-western Ningxia. *Geological Bulletin of China*, 24(4): 309~315.
- Ma Xingyuan(editor in chief). 1989. Lithospheric Dynamics Atlas of China. China Cartographic Publishing House, Beijing, 4, 67~68.
- Sun Yan, Xuan Zejin, Shu Liangshu, et al. 1991. Studies on the Layer Slip—Dip Slip Fault Structures and the Petroleum Geology. Publishing House of Nanjing University, Nanning, 160~167.
- Tang Rongchang, Han Weibin (editor in chief). 1993. Active Faults and Earthquakes in Sichuan Province. *Seismological Press*, Beijing, 86~96.
- Wang Aiguo, Yang Bin, Zhang Xianghong, et al. 2006. Characteristics of present tectonic stress along Zhongwei-Tongxin active fault zone and predication of earthquake rupture risk area. *Northwestern Seismological Journal*, 28(1): 20~25.
- Wang Yipeng, Song Fangmin. 1990. Study on recurrence intervals of great earthquakes in the late Quaternary of Xiangshan-Tianjingshan fault zone in Ningxia. *Earthquake Research in China*, 6(2): 15~24.
- Zhang Xianghong, Yang Bin, Zhang Xiangyang, et al. 2005. Length investigation for F201 left lateral strike-slip fault in south of Zhongwei, Ningxia Prov. *Northwestern Seismological Journal*, 27(3): 240~245.
- Zhao Jinren, Li Songlin, Zhang Xiankang, et al. 2005. Three dimensional Moho geometry beneath the northeast edge of the Qinghai-Tibet plateau. *Chinese Journal of Geophysics*, 48(1), 78~85.
- Zhao Yinzhen, Wang Chengjin, Wei Dongren, et al. 1986. Syngenetic Ore-forming Tectonics and Mineral Resources Prediction in Sangcheng—Luoshan Region. Geological Publishing House, Beijing, 32~41.



# Classification of Faults in the Zhongwei Fault Zone and Its Tectonic Implication

CHU Quanzhi

*Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing, 100029*

## Abstract

The left-lateral strike-slip movement of the Zhongwei fault zone since late Pleistocene caused the differentiation of preexisting overthrust faults in the zone. Some early-formed faults or fault segments continued to be active, while the others were inactive. In addition, some new faults were developed since then. The faults in the Zhongwei fault zone, therefore, can be classified into three categories: the newly-generated, the inherited and the rejected faults. The newly-generated fault refers to those that developed newly by a certain tectonic movement. With regard to the Zhongwei fault zone, it refers to the one which developed since late Pleistocene. Such a fault is the result of the left-lateral strike-slip movement of the Zhongwei fault zone, and did not exist during the early compressive overthrusting movement. The investigation on these newly generated faults may provide the following information. ① The tectonic stress field since late Pleistocene; ② the starting time of the late tectonic movement, and ③ the displacement amount and slip rate of the fault. The inherited fault refers to the fault or fault segment that existed before the late left-lateral strike-slip movement of the fault zone and was still active after the movement. The prominent advantage of the inherited fault is that the fault contains a lot of tectonic information; ① the inherited faults recorded the information of multiple tectonic movements; ② they are the witness to the multiple tectonic movements along the Zhongwei fault zone; and ③ they are the important basis for the study of the tectonic evolution history. The rejected fault refers to the fault or fault segment that was the part of the main fault zone and behaved in the same way as the main fault zone during the early tectonic movement. After the early tectonic movement, the fault or fault segment has become inactive during the subsequent tectonic movement, indicating that it was rejected. The fault may reserve most or all of the information about the early tectonic movement, which is basically not disturbed or destroyed by the late tectonic movement. The investigation of rejected faults, therefore, may provide the following essential information about the early tectonic movement: ① the ceasing time of the early tectonic movement; ② the feature of the early tectonic stress field; and ③ the mode of faulting, i. e. stick-slip or creep-slip.

**Key words:** Zhongwei fault zone; classification of fault types; rejected fault; tectonic implication