

文章编号:1001-4179(2011)22-0010-05

# 恩梅开江断裂特征与活动性研究

夏金梧, 姬俊虎, 胡宗云, 李 书

(水利部长江勘测技术研究所, 湖北 武汉 430011)

**摘要:**恩梅开江断裂北起中国西藏波密附近, 往南经西藏日东, 沿云南贡山的独龙江下游至马库附近以南北向延伸进入缅甸境内, 沿恩梅开江左岸岸坡附近一线展布, 全长约 335 km。研究表明, 该断裂带是一条重要的沉积、变质、岩浆活动和构造的控制带, 断裂早期为一条韧性剪切带, 宽度大于百米, 后期又有脆性变形, 表现为发育多条宽度不一的脆性破裂带。通过对地形地貌特征、断裂上覆新沉积物变形特征、断裂物质及上覆沉积物测年、断裂沿线地震活动性等研究表明, 该断裂为早、中更新世断裂。就该断裂活动性的研究, 对于弄清区域内其他断裂的活动性具有重要借鉴作用。

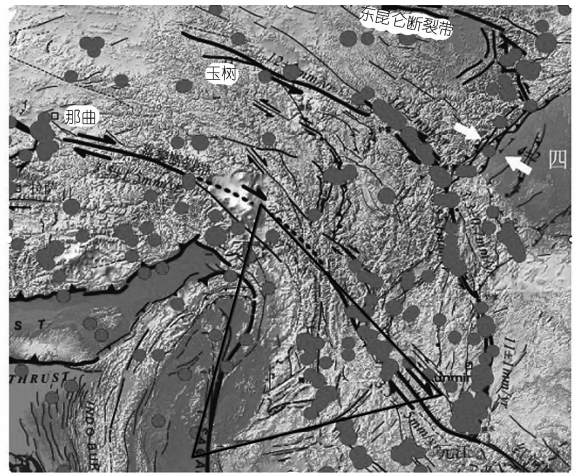
**关键词:**地形地貌特征; 同位素测年; 断裂活动性; 恩梅开江断裂

中图法分类号: P642

文献标志码: A

恩梅开江断裂位于印度板块与欧亚板块相互作用的构造转换过渡带——东构造结东南部, 印度板块向北东斜向运动汇聚于这一构造转换过渡带(图 1)。在缅甸境内和滇西南地区形成了包括近南北向实皆(Sa-gaing)断裂北段弧形构造与北西向嘉黎断裂、维西—乔后断裂、红河断裂和滇西南包括南町河断裂、龙陵—瑞丽断裂、盈江—陇川断裂等在内的一系列北东向断裂围限的三角形区域, 该区域内部发育着一组北东向断裂, 穿插有少量北西向断裂和近南北向断裂, 近南北向恩梅开江断裂即是其中之一。总的来看, 三角形周边区域地震构造环境复杂, 中间区域地震构造环境相对简单。通过高分辨率卫星影像解译、野外构造地貌调查、实地测量、年代样品测试等多种技术方法评价恩梅开江断裂的活动性, 对研究三角形区域内其他断裂的活动性具有重要的借鉴作用。

(图 2)。断裂在缅甸境内总体走向  $NE10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ , 倾向西, 倾角较陡, 一般在  $80^{\circ}$  左右。



(粗虚线框所示为研究区范围)

## 1 断裂基本特征

恩梅开江断裂为嘉黎断裂波密以南段的东支, 北端大致在波密附近与嘉黎断裂交汇, 往南经西藏波密、日东, 沿云南贡山的独龙江下游至马库以近南北向延伸入缅甸境内, 沿恩梅开江左岸岸坡附近一线延伸, 经八莫向南于瑞丽江边止于怒江断裂带上, 全长约 335 km

图 1 缅甸伊江上游研究区位置与构造纲要

在高分辨率卫星影像上, 断裂线性影像特征较为明显, 表现为一系列近于平行的线性纹理带, 结合野外调查, 反映断裂与区域构造面理基本一致, 应为区域性挤压成因。

断裂两侧为中元古界地层, 侵入岩为花岗闪长岩、

收稿日期: 2011-09-08

作者简介: 夏金梧, 男, 教授级高级工程师, 博士, 主要从事遥感地质与区域构造稳定性研究。E-mail: xiajinwu@vip.sina.com

二长花岗岩等酸性侵入岩;在断层北段,西侧主要为古生界的石炭系地层,以东主要为中生界的白垩—侏罗系地层和古生界的石炭系地层,沿断层有大量的花岗闪长岩、二长花岗岩等酸性侵入岩分布。在断层南段,西侧主要为新生界第四系地层,以东为中元古界地层,侵入岩为花岗岩、辉长岩等。

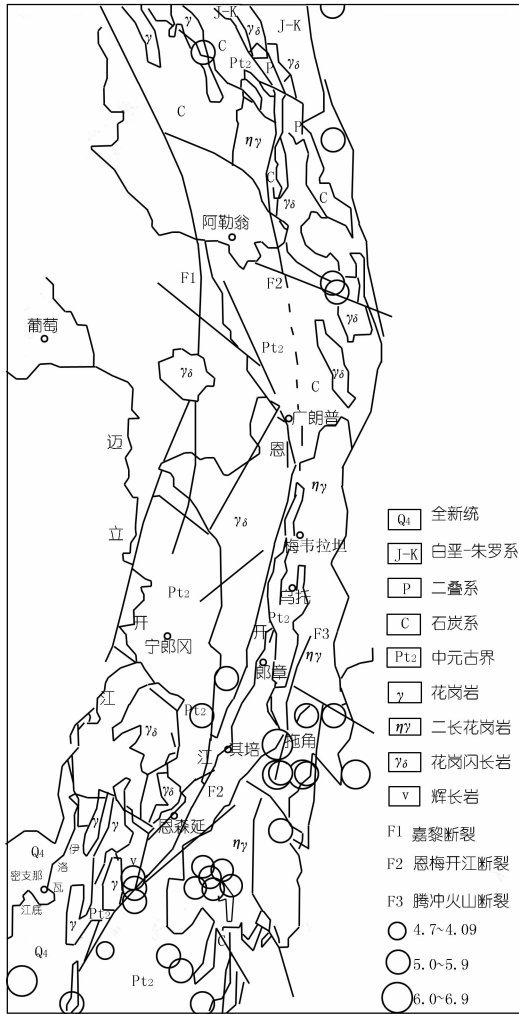


图 2 恩梅开江断裂带地震构造示意

恩梅开江—伊洛瓦底江变质带是缅甸境内的一条重要变质岩带,变质岩带与恩梅开江断裂走向基本一致,呈 NW - NNW - NNE 向弧形展布,从大范围来看,该变质岩带是冈底斯变质岩带的组成部分,变质地层有前震旦系、石炭 - 二叠系、侏罗 - 白垩系,以及中缅交界一带的不明时代变质杂岩。

变质岩类型主要为片岩、片麻岩、大理岩、变质闪长岩,无论从构造还是岩石类型方面,都可以与区内中国青藏高原一带的不明时代变质杂岩(绢云石英片岩、二云石英片岩、绿片岩、角闪片岩、凝灰质千枚岩、变质凝灰质砂岩、石英岩、片麻岩、角闪岩、大理岩)进行类比,应同属于高温低压变质作用的产物。

虽然中国境内的高黎贡山变质岩带的主变质时期可能发生在中元古代末,但从冈底斯变质岩带的基本特征来看,该带具有多期次变质作用的特性,大致可分为中元古代末、加里东期、燕山晚期 - 喜马拉雅期。

该带与雅鲁藏布江变质岩带共同构成一条与印度和欧亚两大板块碰撞活动密切相关的双变质带——低温高压和高温低压变质带。

沿乌托、其培、密支那一带断裂走向的现场调查发现,恩梅开江断裂早期是一条形成于中晚元古代的与变质同期的韧性剪切(带)构造,在喜马拉雅早中期又有脆性破裂。

形成于中晚元古代的与变质同期的韧性剪切(带)构造,是岩石在塑性状态下发生连续变形形成的狭窄剪切高应变带。构造带内发育有以糜棱(化)岩、粗糜棱岩、糜棱岩、构造片岩等为主的韧性变形系列的构造岩,剪切带与围岩呈渐变过渡,一般无清晰的分界面,显示有与变质作用同期的韧性变形特征。由于该系列构造形成于受高温高压变质 - 变形作用的中深构造层次环境下,岩石变形表现为塑(韧)性特点,故不出现破裂或不连续面,带内变形和两盘位移完全由岩石的塑性流动或矿物晶内变形来完成,并遵循不同的塑性或黏性蠕变定律。由于岩石中矿物产生动态重结晶而均一化,从而提高了岩体工程性状和工程岩体等级。

断裂后期的脆性变形使岩层或岩体在浅表构造层的较低温度、压力状态下受力作用,变形集中于破裂面(带),从而发生明显位移的构造。破裂面(带)附近断层两盘岩石发生强烈错动研磨,随着研磨作用的增强而细粒化。故断层面清晰,与围岩形成清晰的界线,大多数切割面理(岩性界面或变质面理等)构造带中的构造岩以发育破裂(化)岩、构造角砾岩、碎粒岩为主,含少量碎斑岩、碎粉岩,显示出明显的脆性变形特征。

断层产状规律性较为明显,走向基本以近南北向为主,倾向东,倾角陡立。岩石面理(片理、片麻理、层理)产状较稳定,且呈有规律的变化,体现为:① 面理走向与断层基本一致,呈近南北向延伸。② 左、右岸面理倾向相背,钻孔及平硐揭露右岸及河床右侧面理倾向西,河床左侧及左岸面理倾向东,但两岸的岩性不对称(右岸变质程度深,左岸变质程度浅)。

上述规律说明,两岸面理产状倾向相反,应该是由早期韧性剪切作用所致,而不是由背形(斜)构造造成。如果由褶皱作用形成的背形或背斜构造,横跨过褶皱,其褶皱面倾角变化应为由一翼的陡倾逐渐过渡为转折端的缓倾,再过渡为另一翼的陡倾。

由于与变质同期(中晚元古代)形成的其培韧性

剪切带年代久远,故本文主要讨论对工程有影响的形成于喜马拉雅早中期的脆性断裂构造的新活动性问题。

## 2 断裂活动性研究

地貌上,断裂位于高黎贡山与缅甸北部山地的过渡带,恩梅开江及两侧山岭呈近南北向展布,断裂顺恩梅开江河谷及缅甸北东部地貌变异带附近展布。在区域南端,断裂对八莫盆地具一定控制作用。盆地以北,断裂对第四纪盆地和地层控制不明显。

根据剖面和硇探揭露,恩梅开江断裂为具一定宽度和规模的糜棱岩带,产状近于直立,带内糜棱岩、初糜棱岩已固结,沿带内千糜岩、碎裂岩地段发育有多条近于平行的断层脆性破碎带。

研究人员于缅甸其培市桥头附近沿板瓦-其培公路对断裂带进行路线穿越,尤其是对线性影像特征较为清晰的地点进行地质地貌重点观察。发现在恩梅开江左岸其培南北一线,断裂发育于花岗片麻岩中,表现为近于平行的密集挤压劈理带,断面产状 $100^{\circ}\angle 77^{\circ}$ ,带内物质基本固结,断层泥不发育(图3)。其培市附近断裂带钻孔揭示,在孔深74.5~88.0 m存在一段长13.5 m的断层泥化物,其余岩芯为碎裂岩夹初糜棱岩。断层上覆 $T_1$ 阶地堆积物,该点阶地底部即为断层带及两侧基岩,基座拔河与高漫滩相当,阶地主体具二元结构,下部为冲洪积砾石层,上部为土黄色细、粉砂层,顶部叠加有厚度不等的洪坡积含砾砂土薄层,阶面拔河高约21.5 m,未见晚第四纪构造活动变形迹象。

沿断层走向南延,在其培桥头公路东侧(恩梅开江左岸)开挖有一大型剖面,断层发育于半风化的花岗片麻岩中,表现为挤压破碎带,上覆较薄的残积土和厚约4 m的褐黄色坡洪积含砾砂土。该层坡洪积所含砾砂土应为 $T_2$ 阶地堆积物,反映自 $T_2$ 阶地形成以来断裂未发生过较明显的断错地表活动(图4)。

从其培市沿板瓦-其培公路往SE方向,在恩梅

开江一级支流北侧发育一与恩梅开江断裂近于平行的线性沟谷,延向支流南岸 $T_1\sim T_2$ 两级阶地,未发现阶地变形迹象。 $T_1$ 阶地拔河高约7 m, $T_2$ 阶地拔河高约31 m,底部为冲洪积巨砾层,砾径为0.5~1 m,个别达2 m,上部为红褐色~褐黄色砂土。反映支流的 $T_2$ 阶地自形成以来,无较明显的断错地表活动。

其培市上游芒童村一带,恩梅开江断裂主要沿恩梅开江左岸展布,局部延向河床。平硇及钻孔揭露,断裂主要发育于左岸斑状变晶花岗片麻岩、花岗片麻岩中,表现为韧性挤压变形带,长石、石英斑晶挤压、拉伸、旋转变形较为强烈,但变形带内物质总体胶结较为致密,仅局部发育挤压构造透镜体和片理化或碎裂化,断层泥不发育,总体走向近南北向,产状近于直立,并被后期近EW向裂隙和劈理面切割,位移量约10~20 cm,沿劈理面渗水较强烈。左岸 $T_1$ 阶地拔河高约15 m。断层通过处,未见明显的晚第四纪构造活动变形迹象,反映 $T_1$ 阶地自形成以来,未发生过较明显的断裂断错地表活动。

断裂穿越腾冲-密支那公路往南,延至八莫一带,沿山前和缓斜坡地带分布,一般称为其培-八莫断裂。断层破碎带结构清楚,断层泥发育,片理陡立,花岗岩沿断层侵入。在断裂局部露头中也出露有玄武岩,还可见安山岩、安山集块岩从变质岩下部侵入,被断层正断错开。八莫与南坎间,断裂形成上百米宽的破碎带,泥岩变质为片岩。地质地貌显示断层第四纪活动性较弱,无晚更新世活动迹象。

沿断裂破碎带采集多个断层泥样,测得其ESR年龄均大于0.6 Ma BP,显示断裂的主要活动时代在早、中更新世。同时,采用断层泥中石英碎粒刻蚀形貌测年法(SEM)研究断裂相对活动年龄,发现石英碎粒刻蚀形貌特征主要为苔藓状、桔皮状、钟乳状、次贝壳状结构,说明断裂最新活动时代为上新世~中更新世。

1841~2010年间,断裂沿线两侧各宽50 km范围内发生 $M\geq 4.7$ 的地震共有35次,主要集中在1929~

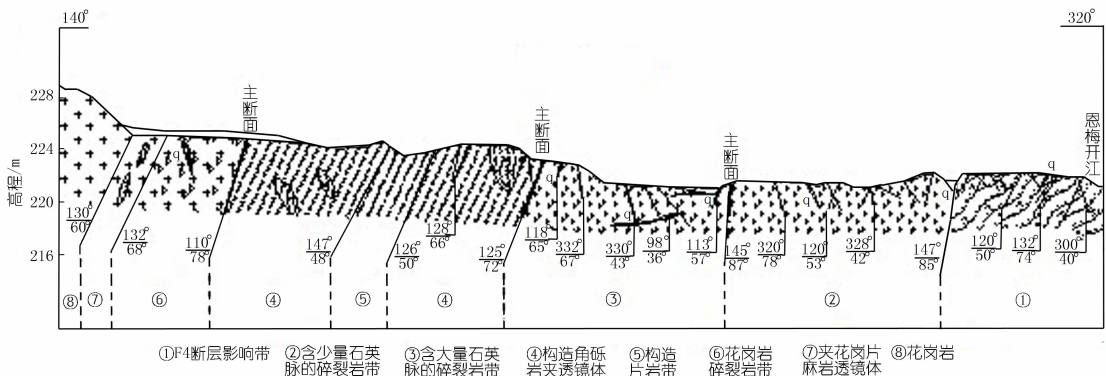


图3 其培大桥左桥头下江边断裂实测剖面示意

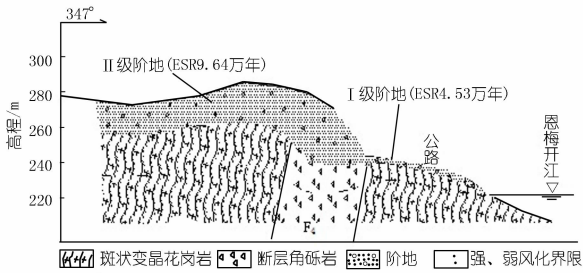


图 4 恩梅开江断裂与阶地关系示意

1934 年间,有 20 次之多;其次是 1980 ~ 1985 年间,共发生 6 次。这 35 次地震中,  $4.9 \geq M \geq 4.7$  的地震有 1 次,  $5.9 \geq M \geq 5.0$  的地震有 23 次,  $6.9 \geq M \geq 6.0$  的地震有 11 次(图 2)。地震活动主要集中在恩梅开江断裂南侧区域与嘉黎断裂带交汇处、腾冲火山断裂、盈江-陇川断裂带一线等,这些地震距恩梅开江断裂均有一定距离,很显然,恩梅开江断裂不是一条发震构造。

根据断裂沿线地形地貌特点、覆盖于断裂带之上的新地层变形情况、地震活动特点及断裂带物质测年研究,综合判断恩梅开江断裂一条应为早~中更新世断裂。

### 3 断裂新构造活动演化史

#### 3.1 所在区域新构造运动演化史

根据我国对青藏高原多学科综合考察的成果,断裂所在区域的新构造运动可追溯到中新世早期,即欧亚大陆与印度大陆直接碰撞时代,其隆起具有整体性断块抬升的特点,在时间上有明显的阶段性和后期加速的趋势。上新世,青藏高原的古地理环境和自然景观接近亚热带类型,地面起伏和缓,一般高度在海拔 1 000 m 左右。大幅度快速隆升是发生在喜马拉雅运动第 III 幕,对塑造断裂所在区域的现代地形地貌起到了重要作用。从这个意义上说,可将这次运动幕作为恩梅开江断裂所在区域新构造期的开始,时间距今约 3.4 Ma BP<sup>[1]</sup>,并可分为 3 个强烈活动阶段。

(1) 上新世末-早更新世初( $N_2^3 \sim Q_1^1$ )。发生在上新世与早更新世之间的喜马拉雅运动第 III 幕,造成了下更新统与下伏地层间的角度不整合,上新统-下更新统普遍产生褶皱和断裂,局部地区有较强烈的火山活动和酸性岩浆活动。受断裂活动的影响,第四纪断陷盆地开始在一些活动强度较大的断裂带中形成,且使早期的夷平面逐步解体。

在早更新世,中国腾冲地区曾发生过较强的火山活动,并集中在腾冲-梁河-盈江一带,具有弧形分布

的特征。通过对火山岩的测年发现,同位素的年龄集中在两个时间段:2.01 ~ 2.27 Ma BP, 0.949 ~ 0.623 Ma BP<sup>[2]</sup>。这就意味着早更新世的火山活动分别集中在早更新世初和早更新世末期两个时间段,反映了包括研究区在内的青藏高原上新世末-早更新世的两次强烈活动。

(2) 早更新世末期( $Q_1^3$ )。在研究区西北隅所在的西瓦利克前陆盆地内,在早更新世的磨拉石沉积与上覆的中更新世高阶地砾石层之间广泛存在一个不整合界面。这个不整合界面反映出包括青藏高原在内于早更新世末期曾经历了一次强烈活动。中国腾冲地区距今 0.949 ~ 0.623 Ma BP 的火山活动就是该强烈活动的另一个表现<sup>[2]</sup>。

在中缅交界地区,由于中更新世时高原的强烈隆升,河流急剧下侵,形成深切峡谷,两岸普遍发育冰川作用形成的冰碛物,后经侵蚀形成高大的台地,河流堆积也被限制在河谷内。此阶段,在西瓦利克前陆盆地内堆积有 2 000 m 厚的砂泥质沉积物,中更新世阶地堆积物中含有大量的喜马拉雅山脉的结晶岩砾石,昆仑山南麓的中更新统也被抬高 300 ~ 500 m。然而,在中国腾冲地区,其火山活动处于平静状态。研究区所在的伊洛瓦底江凹陷内缺失中更新统。这些现象说明,在早更新世末期的构造运动之后,除喜马拉雅主碰撞带之外,研究区大部分地区基本处于比较平稳的隆升状态。

(3) 中更新世末期( $Q_2^3$ )。在中更新世末期,青藏高原广泛发生了一次构造运动。其主要表现是:中更新世的高阶地砾石层与上覆晚更新世-全新世松散堆积物之间为不整合,或平行不整合,下伏的下更新统或中更新统局部发生倾斜或褶皱,如中国陇川、盈江、梁河和固东等第四纪盆地内的高阶地堆积砂砾层。

在此次构造运动中,青藏高原以及外围地区的许多老断裂重新复活,并有新的断层产生,但多数断裂在进入晚更新世之后基本停止了活动。

需要特别指出的是,从总体情况来看,晚更新世-全新世阶段,在青藏高原以及外围地区并没有发生影响广泛的构造运动。大部分地区的上更新统-全新统基本保持原生状态,两套地层之间未出现角度不整合或较长时间的沉积间断。但在本研究区的东、西两侧仍出现了截然不同的沉积环境,西侧地区为西瓦利克前陆盆地和伊洛瓦底江凹陷区;东部地区为中、高山,河流相沉积仅发生在少数由断裂控制的盆地内或宽谷内。因此可以认为,本研究区晚第四纪时仍处于较为活动的状态,隆升也比较快速,北西隅的平均隆升幅度约 800 m 左右,一些断裂的局部地段仍存在比较强烈

的活动,腾冲火山断裂带晚第四纪尚有 6 次(亚期)火山活动,一些断裂及附近的强震活动仍很频繁。

### 3.2 断裂新构造运动的演化史

根据断裂所在区域新构造运动的演化历史和断裂活动性的研究成果,集合断裂带物质测年成果,可以看出,断裂自变质同期(中晚元古代)形成韧性剪切带以来,其新构造运动的演化历史与区域的新构造运动的演化历史基本吻合。

(1) 上新世至早更新世早期( $N_2 \sim Q_1^1$ )。这期构造运动造成了地层间的角度不整合,普遍产生褶皱和断裂,局部地区有较强烈的火山活动和中酸性岩浆活动。恩梅开江脆性断裂就形成于这个时代。

(2) 早更新世晚期( $Q_1^3$ )和中更新世早期( $Q_2^1$ )。这期构造运动造成中缅交界地区高原的强烈隆升,河流急剧下侵,形成深切峡谷,在这期的构造运动之后研究区的大部分地区基本处于比较平稳的隆升状态。

(3) 中更新世晚期( $Q_2^3$ )。这次构造运动使断裂重新复活,但强度不大,在进入晚更新世之后断裂基本停止了活动。

## 4 结 论

恩梅开江断裂原为具有一定宽度和规模的糜棱岩带,产状与区域构造面理基本一致,走向近南北,近于直立。带内糜棱岩、初糜棱岩固结良好,沿带内千糜岩、碎裂岩地段发育多条近于平行的断层破碎带。在乌托—其培—密支那一带的破碎带通过处,恩梅开江干流及其一级支流  $T_1 \sim T_2$  阶地无明显变形迹象,剖面上,断裂多上覆晚第四纪残坡积物,局部上覆  $T_2$  阶地堆积物,未发现断裂错晚的第四纪地层迹象。在区域南端的八莫一带,断裂对八莫第四纪盆地的生成和发展有一定控制作用,断层泥测年结果显示断裂的最新活动时代在早、中更新世,未发现晚更新世活动证据。综合判断恩梅开江断裂的最新活动时代为早、中更新世,晚更新世以来未发生过较明显的断错地表活动,应属早、中更新世断裂。

### 参考文献:

- [1] 丁国瑜. 中国岩石圈动力学概论[M]. 北京:地震出版社,1991.
- [2] 皇甫岗,姜朝松. 腾冲火山研究[M]. 昆明:云南科技出版社,2000.

(编辑:郑毅)

## Study on characteristics and activity of Nmai Hka River Fault

XIA Jinwu, JI Junhu, HU Zongyun, LI Shu

(Changjiang Reconnaissance Technology Research Institute, Ministry of Water Resources, Wuhan 430011, China)

**Abstract:** The northern part of Nmai Hka River Fault starts at Bomi, Tibet, goes south to Ridong of Tibet, and then extends along the downstream Dulong River and enters into Burma at Maku of Gongshan mountain. It mainly extends along left bank slope of Nmai Hka River, which is 335 km in total. The study indicates that the fault is an important control fault for deposit, metamorphic, magma activity and structure movement. In early ages, it was a tough shear rupture zone with the width larger than 100 m, and later it had brittle fracture that was manifested as several brittle rupture zones with different widths. By comprehensive analysis of topography and geomorphology, deformation features of new overlying deposits, dating of fracture material and overlying deposit and seismic activity along the fault, this fault was determined as an Early - mid Pleistocene fault.

**Key words:** topography and geomorphology features; isotopic dating; fault activity, Nmai Hka River Fault

· 简 讯 ·

## 湖北省海洋湖沼学会、中国水利学会

### 水生态专委会年会暨学术研讨会在武汉举行

2011 年 11 月 10 日,湖北省海洋湖沼学会、中国水利学会水生态专业委员会 2011 年年会暨学术研讨会在武汉举行,会议由水利部中科院水工程生态研究所主办。

武汉大学、华中农业大学、华中师范大学、中国地质大学、三峡大学、长江科学院、中科院测量与地球物理研究所、中科院武汉植物园、水利部中科院水工程生态研究所、中科院水生生物研究所等会员单位近百位代表与会。

会上,有 39 位代表作了学术报告,内容涉及生态水文、水

环境、生态渔业、水生生物等诸多方面。长江科学院副院长、教授级高工陈进,水生态所黄道明、韩德举研究员,中科院测量与地球物理研究所研究员李仁东分别作题为《洪水和干旱的生态作用》、《大渡河再自然化技术与示范》、《鱼类洄游通道恢复决策支持系统》、《近 30 年来湖北省水域变化的遥感监测与分析》的大会主题报告。水生态所李嗣新、徐念、杨启红、杨钟、管波、邹曦、池仕运等 7 位年轻科研人员在分会场作学术报告。

(长江)