

鄂西建始断裂工程活动性评价

汪华斌 吴树仁 易顺华

摘要：本文通过对鄂西建始断裂的几何分形结构和变形结构的分析，结合其新构造活动、现今构造活动特征，探讨断裂的运动学和动力学特征以及形成演化过程。建始断裂分段特征明显，在燕山主期以逆冲作用为主，在燕山晚期以伸展作用为其主要活动特征，在喜马拉雅期则表现为平面左旋剪切活动；在新构造活动期以右旋剪切为主，北段构造活动性相对较强，中段和南段构造活动性相对较弱。断裂在 $Q_1—Q_2$ 时期有过明显的活动，其最新活动测试年龄为 $0.1976 \pm 0.16\text{Ma}$ ，且现今地震活动微弱，拟定为非工程活动断裂，对附近水电工程建设不存在根本性危害。

关键词：建始断裂；活动特征

分类号：P542.3

文献标识码：A

ENGINEERING EVALUATION OF ACTIVITY OF JIANSHI FAULT IN WESTERN HUBEI PROVINCE

WANG Huabing¹, WU Shuren², YI Shunhua³

1 Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074;

2 Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081 ;

3 Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074.

Abstract : A detailed study of the fractal geometry deformation structure, as well as the latest and present tectonic activity of Jianshi fault has been made to bring to light the kinematic and dynamic characteristics of the fault and its evolution. It was a thrust fault in the main episode of the Yanshanian epoch, an extension fault in the late Yanshanian and a sinistral strike slip fault in the Himalayan. In the Neogene, the northern segment of the fault underwent a stronger dextral strike slip than its central and southern segments. In $Q_1—Q_2$ it was once active, and age of the latest activity is determined to be about 197.6 ± 160 thousand years and is presently weak in seismicity. It is therefore concluded that the Jianshi fault is an active fault, in the engineering sense, causing no essential harm to the nearby hydropower works.

Key words: Jianshi fault; fault activity

建始断裂属于新华夏系茶果园—茶山—白果坝弧形背斜带，呈NNE向斜列展布。断裂带发育于茶山背斜近核部东翼，长梁子背斜近核部西翼，附近主要出露有寒武系

到新近系(图1)。断裂带经历多次变形发展阶段,新构造和现今构造活动均有所显示。断裂工程活动性的研究对于湖北西部清江上游中小型水电站的规划和建设都有一定的指导作用,特别是对其附近的建始小溪口水电站和恩施大龙潭水利枢纽的建设有极其重要的意义。

1 断裂分形几何结构特征

分形理论在地学领域中的广泛应用,为地学定量化研究提供了一定的理论基础。一些看起来较为混乱复杂的地质现象,通过分形理论的深入研究,均可以反映其尺度不变性和自相似性,以便更好地把握地质现象的本质特征[1]。目前,对于断裂系分形研究取得了很大的进展,其分维值可用于区域稳定性评价和地震活动性研究[2-5]。

建始断裂带地表轨迹结构简单,主断带全线贯通,有规模的分支断层少,用盒维数法测得其分维值为1.06,与区域上其它断裂的分维值[5]相比较,建始断裂的分维值较低。

除此以外,分维值的大小可能反应断裂几何形状与其力学环境的关系。一般说来,剪切断裂带具有较低的分维值,张性环境中形成的断裂带分维值较高[6]。建始断裂具有较低的分维值恰好说明了最后一次断裂活动的走滑特点,其表现为水系切错和同步弯曲。

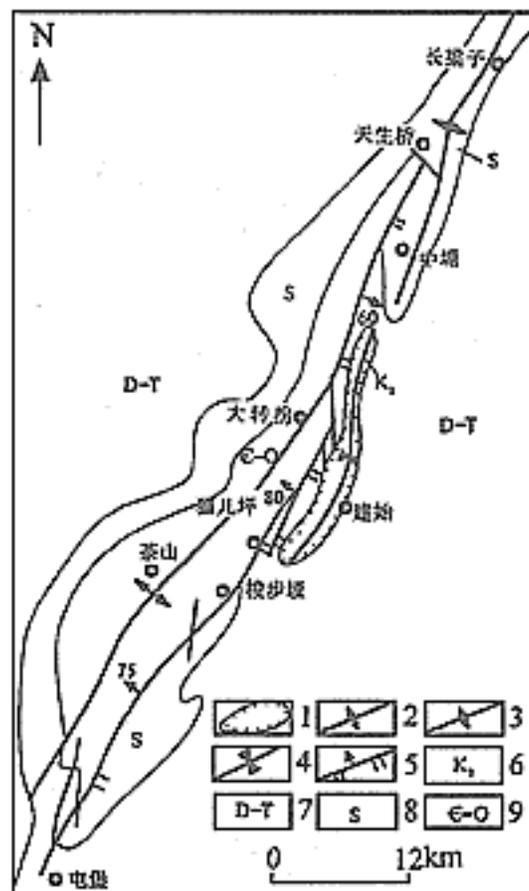


图1 建始断裂平面展布图

Fig.1 Plane view of the
Jianshi fault

1.白垩系盆地；2.茶山背斜；3.长梁子背斜；4.向斜；5.断层；6.中白垩统；7.泥盆系—三叠系；8.志留系；9.寒武系—奥陶系

这里选取建始断裂周围水系为研究对象(图2)，以1:20万地质图为依据，结合1:10万地形图，按照小流域的不同，参考断裂分段特征，将研究区分为4个小区，采用盒维数法即可求得分维值。一般说来，新构造活动强的区域，水系呈平行状，而新构造活动弱的地区，水系基本呈树枝状^[7]。建始断裂北段水系分维值为1.38，水系呈平行状分布，一般沿断裂分布的水系均右旋扭动，其构造活动性相对较强；中段和南段包括3个小区，分维值分别为1.35、1.16和1.28，水系呈树枝状分布，断裂切错水系不明显，构造活动性相对较弱。

2 断裂活动特征

系统地研究断裂活动特征包括断裂的变形结构特征、运动学和动力学特征、新构造活动特征以及现今构造活动特征，有助于揭示其本质性的特点，进而定量评估其地震地质灾害危险性，为断裂的工程活动性评价提供科学依据。

2.1 断裂变形结构特征

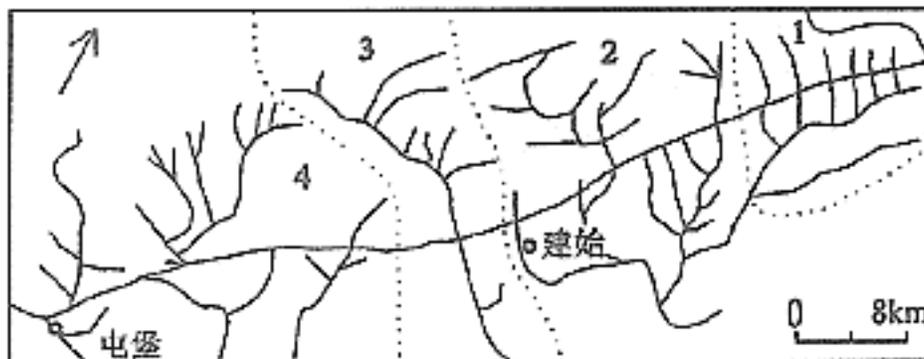


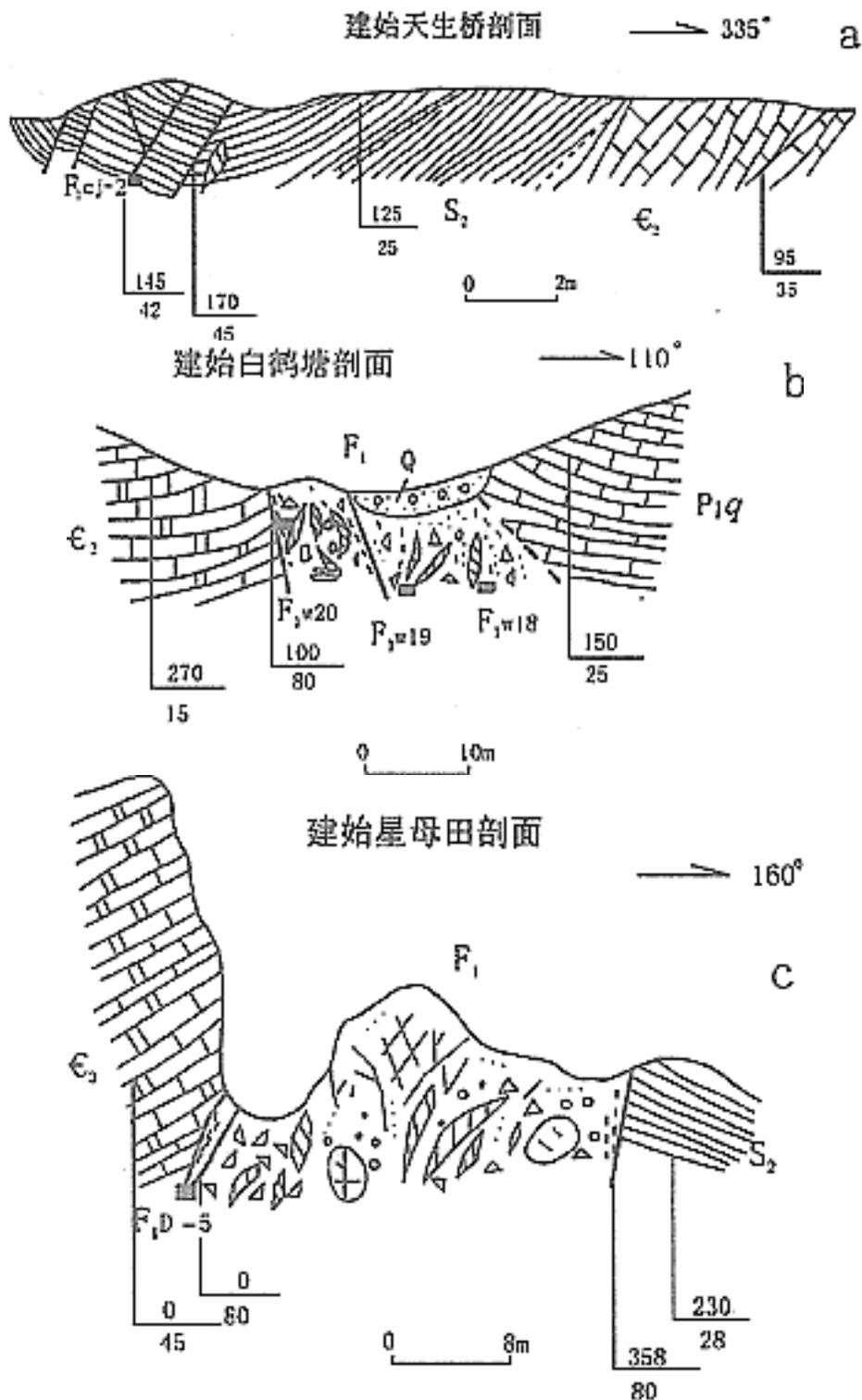
图2 建始断裂附近水系分区图
Fig.2 Water-system distribution near
the Jianshi fault

1、2、3、4为水系分区

该断裂总体几何形态呈微向SE突出的弧形展布，结合断裂的形态几何学特征、活动性差异以及变形结构特征可以将该断裂分为南、中、北三段(图1)。

北段从天生桥经中塘至建始盆地西部边缘，长约20km，走向N30°E。地表断裂露头不甚清晰，通过之处多为垭口、低洼处。平面上，主断裂带呈直线延伸，有规模的分支断裂少；剖面上主断面高角度倾向SE，局部呈波状起伏。该段以张性活动为主，具有典型的张性正断层特征，断面陡倾角东倾，东盘下降，断裂带主要由阶梯状断面组成，断面擦痕、阶步指示断层以张性兼左旋扭动为主(图3a)，破碎带较窄，构造岩一

般只有厘米级，且后期的变形改造也以张性为主。同时，该段在晚近时期以右旋剪切活动为主，使经过断裂的附近水系发生同步右旋扭曲，表现为较强的活动性。



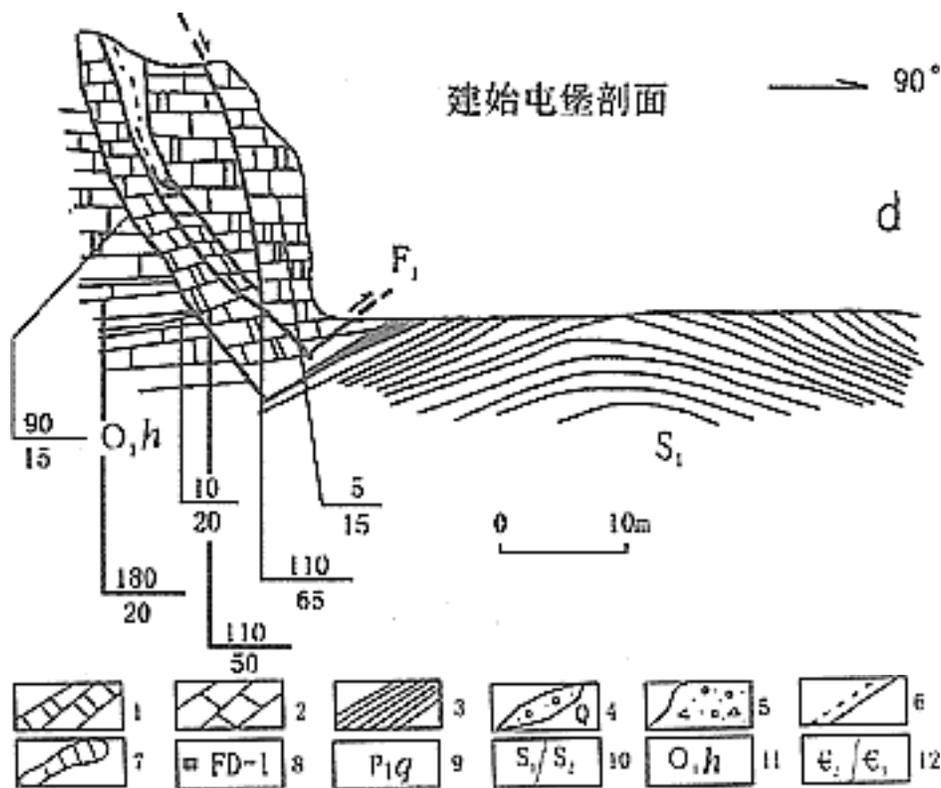


图3 建始断裂联合剖面图

Fig.3 Combined sections across the Jianshi fault

- 1.白云岩；2.灰岩；3.页岩；4.第四纪堆积物；5.断层角砾岩；
6.断层泥；7.方解石脉；8.取样点及编号9.早二叠栖霞组；
10.早、中志留统；11.早奥陶统红花园组；12.中、晚寒武统

中段大致沿建始盆地西缘展布，全长约25km，走向 $N45^{\circ}E$ 左右。平面上，主断带表现为向东凸起的弧形展布，与南北两段自然相接，在梭步垭一带断裂局部走向为 $N70^{\circ}E$ 左右，分支断裂表现为 $N20^{\circ}-30^{\circ}E$ 方向的P型断裂，与主断带呈入字形组合(图1)。剖面上主断裂带高角度倾向东或西，主断面略显波状弯曲，断面组合为平行逆冲展布(图3b,c)，位移总趋势是西北盘上升，东南盘下降。该段为建始断裂的主体部分，也是变形最强的区域。早期以挤压逆冲变形为主，远离主断面带为片理化带及挤压构造透镜体带，为断裂形成早期的压性活动特征，后期分别叠加张性、张扭性活动。断裂带1—2km宽，由主断面和分断面组成，主断带20—80m宽，主要由碎裂岩和方解石脉体组成，分带现象明显，通常可分为强变形、主变形和微弱变形三个亚带(图4)。在张性活动阶段，强变形亚带宽0.2—1.5m，主要由碎裂岩、碎斑岩构成；主变形亚带则以角砾岩为主，早期角砾岩大小相对较均匀，磨圆度较好，具有压扭性特征，而晚期角砾岩大小差异明显，局部为早期碎裂岩经破裂形成的复式角砾岩；微弱变形带相对较宽，一般10m以上，表现为准角砾岩、方解石脉网络或透镜体以及共轭节理和岩层扰动带。其中，方解石脉具有多期脉动、穿插现象，结合微观构造分析，至少存在三期脉动：早期脉体强烈变形，以微破裂和e双晶为主，差异应力估算为120MPa左右；主期脉体粗大，宏观上具有沿张裂追踪充填现象，微观上变形相对较弱，e双晶的差异应力估算为80MPa；晚期脉体通常较细，多充填于角砾岩或早期脉体的剪切裂隙中，基本上没有变形痕迹。在新构造活动期，断裂通过之处河流左旋弯曲，沿带分

布有断谷、断崖。

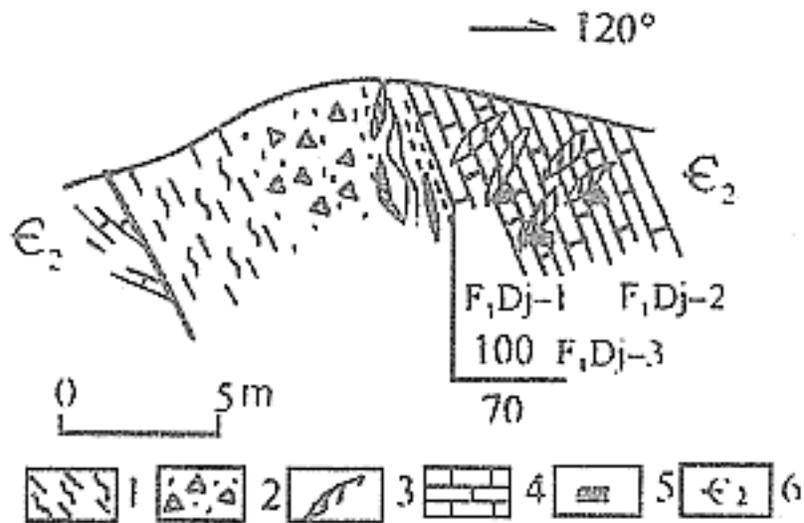


图4 建始断裂剪草坡剖面示意图

Fig.4 Profile in the Jiancaopo of
the Jianshi fault

- 1.片理化带；2.角砾岩带；3.方解石脉；
- 4.灰岩、泥质灰岩；5.采样点及编号；6.中寒武统

南段从梭步垭向南延伸至屯堡结束，长约25km，走向 $N30^{\circ}E$ 。平面上主断面基本呈直线延伸，分支断裂规模较小，一般为 $N20^{\circ}E$ 方向的P断裂；剖面上早期逆冲断面倾向西，晚期张性正断层倾向东，南部主逆冲断面近于平行层面(图3d)。该段主断带较窄，主要由角砾岩组成。早期逆冲断面倾向西，近于顺层发育；晚期正断层倾向东，位移量从北向南逐渐降低，至屯堡一带没有明显位移，此处主断面基本顺层扩展，转化为分支小断裂和顺层滑动。断裂通过之处的断谷、垭口、且河流错断现象明显。

2.2 断裂运动学、动力学特征

挤压逆冲运动、拉张斜向滑落以及剪切作用的综合，是建始断裂形成—演化过程所记录的运动学和动力学特点，断裂多次变形的最终表现形式是断裂的东盘相对下降，西盘相对上升。其中，横跨断裂的剖面图清晰表明早期的西盘上升东盘下降，在北段表现为正断层断面东倾，局部发现深部断面西倾，这与北段沿茶山背斜核部发育有关，在中南段表现为逆冲断层；而后期叠加的西盘上升东盘下降，则均表现为正断层性质的张性活动。根据地层相对缺失程度分析估算，最大视位移地段为中段北部和北段南部，即猫儿坪以北、中塘以南区域，最大垂直断距约2000m，而在其它区段东盘滑落断距为200—300m左右。由于这一区段的东盘累计下降量过大，导致建始断陷盆地的形成。断裂运动晚期(在建始盆地形成以后)，断层带又发生左旋滑动和裂开脉动，野外观察断裂面上发育有侧伏角 20° 左右的近水平擦痕和阶步以及多期网状方解石脉体，其位移量在建始一带最大可达800m左右，很少见伴生构造痕迹。由于局部动力学条件的影响，建始断裂北段始终以引张环境为主，由于背斜规模有限，并且深部倒转伴生的断裂倾向也反向，转化为逆冲断层，故没有形成地表断陷盆地；而中南段则受区域动力学环境控制，先后发生过以挤压逆冲为主、张性斜落为主和左旋剪切为

主的3次动力学环境的变迁。根据方解石e双晶差应力估算，早期逆冲阶段的差应力最大为150MPa左右，北段只有100MPa左右；后两期的最大差应力分别为100MPa和80MPa。

2.3 断裂形成演化过程

结合区域构造变形分析^[3,5]，燕山运动的早期阶段(燕山主期第一阶段)是建始断裂雏形形成的时代。其特点为倾向NW，倾角中等，走向N50°E左右，平面呈直线状延伸，破碎带有碎粉—含砾碎粉岩构成的逆断层。雏形的形成，受控于NW—SE方向的区域挤压构造应力场，与区域弧形褶皱的纵弯变形有关，系褶皱过程中的伴生产物，成因机制为破裂逆断裂。

燕山运动的主期阶段，是建始断裂3段基本格架得以定型时期。随着茶山背斜挤压倒转北部核部派生纵张断裂，中段逆冲断层快速扩展增殖，分别与南北两段连成一体，连通区断层走向变化较大，局部斜切茶山背斜轴部，为断裂变形最强阶段。

燕山晚期变形是建始断裂的结合结构和变形结构进一步完善，包括断裂带的弧形变化、分支断裂、建始白垩系盆地和网络状方解石脉的形成及断裂性质由逆断层转化为正断层，先存碎粉—含砾碎粉岩被再度破坏为广泛发育的复式构造角砾岩等。

喜马拉雅运动时期，在区域NE—SW方向的挤压构造应力场作用下，建始断裂再度经历以平面走滑作用为主的复活运动，主要是沿已有破碎带发生，局部形成新的、可切割白垩系地层的次级断裂。通常在先存破碎带叠加片理化构造岩或节理或劈理化碎裂岩，显微构造分析，与该次活动相关的方解石脉体变形较弱，但左旋剪切特征明显。

2.4 断裂新构造和现今构造活动特征

在新构造活动期，建始断裂没有明显切割第四系堆积物的痕迹和新生破裂面^[8]，其活动的主要形式在地形、地貌和水系控制方面。断裂带通过的地段常为断谷、沟槽甚至断崖，位于断裂带两段的地貌具较大反差，西部为中高山区，东部为低山丘陵区。断裂通过附近水系有明显的分支河流同步弯曲，在断裂北段最为明显，表现为水系呈平行状分布，一般沿断裂分布的水系均右旋扭动，其构造活动性相对较强；地质、地貌现象表明断裂在Q₁—Q₂时期有过明显的活动，这与断裂活动年龄的测试结果相符。

综合有关资料分析，断裂现今活动有所显示，但相对较弱。区域地壳形变资料显示，近20年来区域地壳形变等值线沿断裂带及两侧没有明显的变化；历史地震活动微弱，沿断裂带微震较少，据记载仅发生过两次3.0级以下地震；据湖北地震局有关未来潜在地震危险性分析，在未来有限时间范围内，可能发生的最大震级仅为5.0级左右。

3 断裂工程活动性评价

通过许多重大工程区实践研究，结合有关水电工程规范，李兴唐^[9]提出以5—1.1×10⁴年作为断裂现代和将来是否活动的年龄标准。同时，结合地震资料，如果断裂附近地震中(M=1)微震呈线性分布，恰好有两个以上震中分布于断裂附近，则此类断裂属现代活动断裂。

该断裂在燕山主期以逆冲作用为主，在燕山晚期以伸展作用为其主要活动特征，在喜马拉雅期则表现为平面左旋剪切活动，新构造活动期以右旋剪切为主，表现为快速滑动。断裂在Q₁—Q₂时期有过明显的活动，湖北地震局在该断裂的南段采用断层泥

经TL法测得其最新活动年龄为 19.76 ± 16 万年,且现今地震活动不明显,断裂极少发生地震。按照活动断裂的分类和判别标准,该断裂属活动断裂范畴,为非工程活动断裂,对其附近的建始小溪口水电站和恩施龙凤坝水利枢纽的建设不存在根本性的危害,工程期间可不予考虑。

基金项目:国家自然科学基金(49772145)和长江水利委员会三峡勘测研究院委托项目资助

作者简介:汪华斌(1968—),男,在职博士生,主要从事构造地质学、地质灾害等方面的研究,先后在国内期刊上发表论文近十篇。

作者单位:汪华斌 中国地质大学(武汉)资源学院,武汉 430074;

吴树仁 中国地质科学院地质力学研究所,北京 100081;

易顺华 中国地质大学(武汉)地球科学学院,武汉 430074.

参考文献

- [1] Manderbort B B. The fractal Geometry of Nature [M]. San francisco: Freeman, 1982, 41—63.
- [2] 马瑾,金邓辉. 鲜水河断裂带断裂几何与地震活动性[A]. 第二届构造物理学术讨论会文集[C]. 北京:地震出版社,1990.58—67.
- [3] 汪华斌,吴树仁,吕贻峰. 分形理论在断裂工程活动性评价中的应用——以鄂西恩施、建始断裂为例[J]. 地质科技情报,1997,17(2):91—96.
- [4] 李久林,唐辉明. 破裂系分形研究进展[J]. 地质科技情报,1994,13(1):95—100.
- [5] 汪华斌. 清江上游及邻区活动断裂的分形结构特征[J]. 地质力学学报,1996,2(4):1—6.
- [6] 周尽. 海源断层系的分形研究[J]. 西北地震学报,1991,(3):78—85.
- [7] 孔凡臣,丁国瑜. 山西及邻区水系与黄土冲沟的分形几何学分析结果及其与构造活动关系[J]. 地震地质,1991,13(1):221—229.
- [8] 刘行松,史兰斌,何永年,等. 方解石脉在断层新活动中的应用[J]. 中国科学(B辑),1993,23(4):430—436.
- [9] 李兴唐. 工程活动断裂判据与对策[J]. 水文地质与工程地质,1989,(1):17—22.

收稿日期:1998-09-25