

doi:10.3969/j.issn.1007-3701.2017.04.006

长沙—湘潭一带第四纪断裂体系及形成背景探讨

吴能杰¹, 柏道远^{2*}, 李彬², 杨少辉², 钟响², 曹顺红²

WU Neng-Jie¹, BAI Dao-Yuan², LI Bin², YANG Shao-Hui², ZHONG Xiang², CAO Shun-Hong²

(1. 湖南省地勘局 414 队, 湖南 益阳 413000; 2. 湖南省地质调查院, 湖南 长沙 410016)

(1. 414 Brigade of Hunan Bureau of Geology and Mineral Exploration and development, Yiyang 413000, Hunan, China;

2. Hunan Institute of Geology Survey, Changsha 410016, China)

摘要:长株潭地区第四纪断裂发育,但与其相关的研究工作非常薄弱。本文根据野外观测资料和第四纪沉积等厚图,结合前人已有资料,对长沙—湘潭一带第四纪断裂发育特征进行了归纳总结,初步厘定了第四纪断裂活动期次,探讨了断裂活动的时代和构造背景。区内第四纪规模断裂以 NE 向为主,次为 NNE 向和 NW 向,个别 EW 向~NWW 向;不同走向断裂均可为正断裂或逆断裂;部分断裂为晚更新世以来仍有活动的活动断裂。湘潭九华奔驰路开挖剖面上产状陡倾的小断裂发育,并可分为 NW 向左行走滑断裂、NE 向右行走滑断裂、EW 向左行走滑断裂以及 NNE 向正断裂等 4 组。根据奔驰路小断裂的活动期次,结合规模断裂的发育特征和区域构造背景,初步总结提出长沙—湘潭地区第四纪断裂活动可分为 4 期:第一期为 NE 向、NNE 向、NW 向、EW 向的规模正断裂和小型正断裂,形成于早更新世—中更新世中期的区域伸展构造环境;第二期为 NE 向~NNE 向规模逆断裂,形成于中更新世晚期区域 NW 向挤压应力;第三期为奔驰路 NW 向左行走滑与 NE 向右行走滑小断裂,形成于中更新世末—晚更新世区域 EW 向挤压应力;第四期为 NW 向逆断裂及奔驰路 EW 向左行走滑小断裂,形成于晚更新世—全新世区域 NE 向挤压。上述第一期断裂可能与地幔上隆背景下深部物质迁出导致洞庭盆地及周缘产生伸展断陷有关;后 3 期断裂可能分别与菲律宾板块、青藏块体、印度—澳大利亚板块的挤压有关。本文研究反映出区域第四纪构造变形特征、构造体制及动力机制的复杂性。

关键词:第四纪断裂;走向;性质;期次;构造背景;长沙—湘潭地区

中图分类号:P534.63;P546

文献标识码:A

文章编号:1007-3701(2017)04-372-11

Wu N J, Bai D Y, Li B, Yang S H, Zhong X and Cao S H. Quaternary faults in Changsha-Xiangtan area and their forming tectonic settings. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2017, 33(4):372-382.

Abstract: There occurred a large number of Quaternary faults in Changsha-Xiangtan-Zhuzhou area. But the study of the faults is still weak. According to field investigation, contour line of Quaternary deposits thickness and former data, the authors summarized characteristics of Quaternary faults in Changsha-Xiangtan area, distinguished stages of the faults initially, and probed into the ages and tectonic settings of the faults. The Quaternary large scale faults are mainly with NE-trending, second with NNE- or NW-trending and little with EW- to NWW-trending. The faults with different trends can be normal or reverse faults. Some are active fault that move since Late Pleistocene. There occurred Quaternary small steep faults at the artificial section in Benci Road, Jihuahua, Xiangtan, which can be subdivided into four groups according to trends and nature such as NW-trending sinistral strike-slip faults, NE-trending dextral strike-slip faults, EW-trending sinistral strike-slip faults and

收稿日期:2017-7-13;修回日期:2017-9-20

基金项目:中国地质调查局“湖南 1:5 万铜官等 9 幅环境地质调查”项目(12120114011501)资助。

第一作者:吴能杰(1966—),男,高级工程师,主要从事地质调查与管理工作。

通讯作者:柏道远(1967—),男,研究员级高级工程师,主要从事区域地质调查与基础地质研究工作,Email:daoyuanbai@sina.com。

NNE-trending normal faults. According to the stages of the small faults at Benci Road, and combined with the characteristics of large scale faults and regional tectonic settings, the authors put forward preliminary recognitions that the Quaternary faults in Changsha-Xiangtan area can be subdivided into four stages: the faults of the first stage are NE-, NNE-, NW- and EW-trending large scale and small normal faults, which were formed during Early Pleistocene-middle of Middle Pleistocene and in regional extensional tectonic setting; the faults of the second stage are NE- to NNE-trending thrust faults, which were formed in late of Middle Pleistocene and were controlled by NW-trending major pressure stress; the faults of the third stage are NW-trending sinistral strike-slip small faults and NE-trending dextral strike-slip small faults at Benci Road, which were formed during late of Middle Pleistocene-Late Pleistocene and were controlled by EW-trending major pressure stress; the faults of the fourth stage are NW-trending thrust faults and the small EW-trending sinistral strike-slip faults at Benci Road, which were formed during Late Pleistocene-Holocene and were controlled by NE-trending major pressure stress. Of the four stages faults, the first were probably related with the extension and subsidence of Dongting Basin and its adjacent areas, which can be caused by the movement of deep matter to outside under the upwelling of mantle; the faults of the later three stages can be related with the compressions of Philippine Sea plate, Qinghai-Tibet block and India-Australia plate, respectively. This study revealed the complexities of Quaternary regional tectonic deformations, tectonic regimes and dynamic mechanisms.

Key words: Quaternary faults; strike; characteristics; stages; tectonic settings; Changsha-Xiangtan area

长株潭地区地处第四纪洞庭盆地的南缘外围,其第四纪期间的沉积作用、构造活动和环境演化与洞庭盆地既相联系又有显著差异。相对而言,前人对洞庭盆地第四纪地质进行了更广泛、深入的研究,在第四纪沉积^[1-4]、环境特征与演化过程^[5-16]、构造活动特征^[17-25]等方面取得大量成果认识。而关于长株潭地区的第四纪地质研究则较薄弱,且有限的研究主要集中在第四纪地层划分和沉积成因方面^[26-29]。构造方面,仅有上世纪八十年代末开展的区域地质调查对长株潭地区的构造抬升、掀斜、断裂等新构造活动特征进行了初步探讨^[19,30],以及个别研究者对局部露头断裂进行的观察描述^[31]。近年来,笔者在进行长株潭地区环境地质调查时新获得重要的第四纪断裂野外观测资料,并通过基于大量钻孔资料编制的第四系等厚图进一步揭示了断裂的分布与属性特征。本文以此为基础,结合前人调查资料^[19],对长沙—湘潭一带第四纪断裂的分布与发育特征进行归纳总结,并初步划分第四纪断裂活动期次,探讨各期断裂活动的时代与构造背景。

1 区域地质概况

本文研究区域北自望城,南至湘潭县城;西自望城—杨嘉桥,东至黄兴—株洲(图1)。研究区总

体为丘陵地貌,海拔一般 30~300 m,湘江及其支流浏阳河和捞刀河海拔较低,往河流两侧海拔渐高。

区内出露前第四纪地层自早至晚主要有青白口纪冷家溪群和板溪群、泥盆系—下三叠统及白垩系—古近系,少量南华系—奥陶系和上三叠统—下侏罗统。第四系广泛分布于湘江及其支流浏阳河和捞刀河的河谷及两侧,自早至晚划分为早更新世洞井铺组、中更新世新开铺组、白沙井组和马王堆组、晚更新世白水江组、全新世桔子洲组等,主要为河流冲积,山麓地带可发育洪积。研究区北部发育较多的侏罗纪和白垩纪花岗岩(图1)。

区内断裂发育,断裂走向以 NE 向为主,少量 NW 向和近 EW 向(图1)。其中部分为前第四纪基底断裂,部分为第四纪以来活动断裂。第四纪断裂常为基底断裂继承性活动产物。

新近纪以来研究区总体表现为阶段性的地壳上升,局部地区的某些历史时期存在断陷沉降。阶段性地壳上升主要由层状地貌和多级河流阶地得以体现。以长沙地区为例,由于间歇性的地壳上升和相对稳定期的剥蚀夷平,形成了 4 级较明显的不同高程剥夷面,分布高程分别为Ⅳ级 500~600 m、Ⅲ级 250~350 m、Ⅱ级 150~250 m、Ⅰ级 70~130 m;由于阶段性的抬升切割和相对稳定期的河流堆积,形成了 5 级河流阶地,分别堆积洞井铺组(T₅)、新

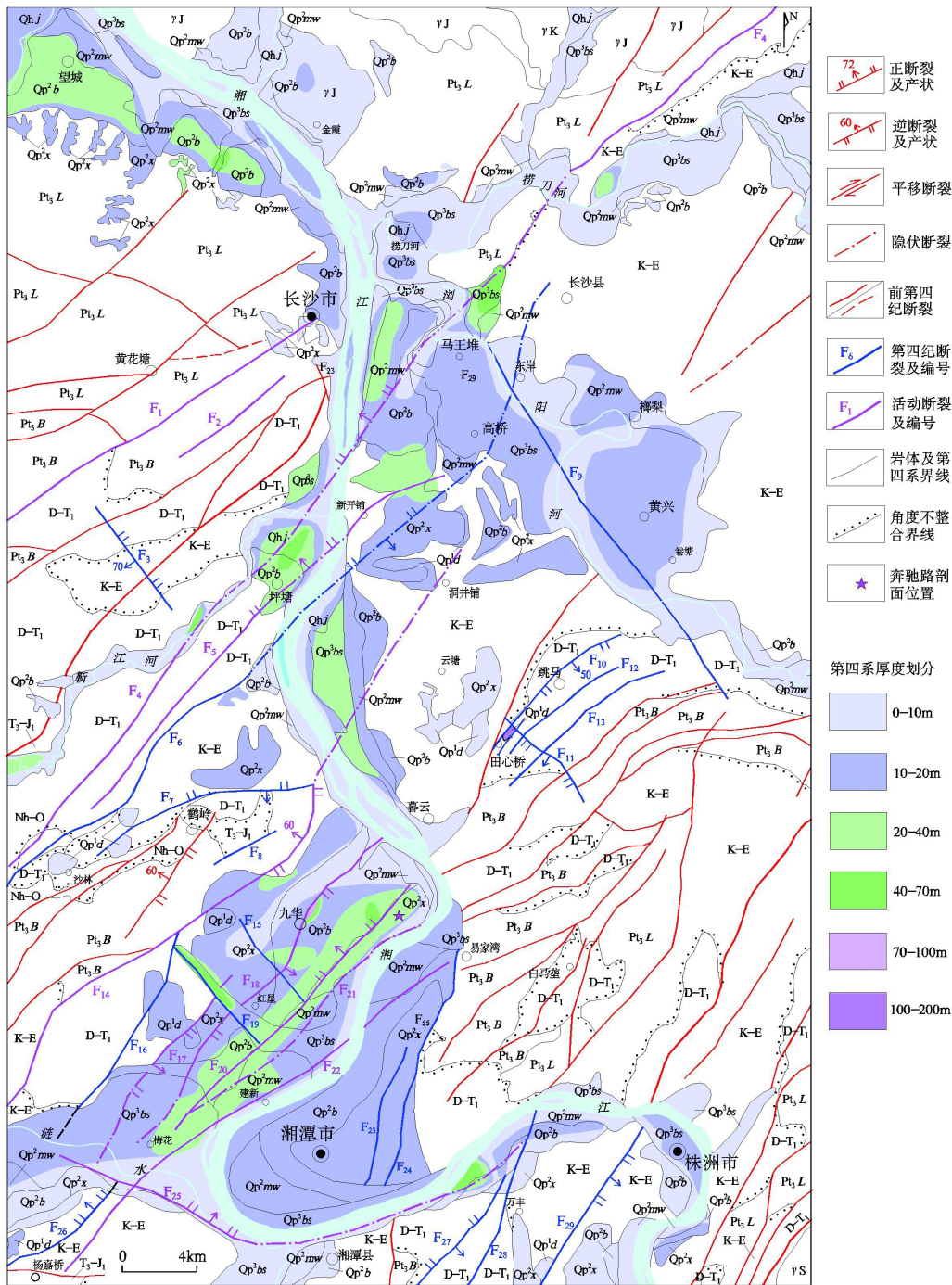


图1 长沙—湘潭一带第四纪断裂分布及第四系等厚图

Fig. 1 Distribution of Quaternary faults in Changsha-Xiangtan area, with contour line of Quaternary deposits thickness

Qh_j—全新世桔子洲组; Qp³_{bs}—晚更新世白水江组; Qp²_{mw}—中更新世马王堆组; Qp²_b—中更新世白沙井组; Qp²_x—中更新世新开铺组; Qp¹_d—早更新世洞井铺组; K-E—白垩系-古近系; T₃-J₁—上三叠统-下侏罗统; D-T₁—泥盆系-下三叠统; Nh-O—南华系-奥陶系; Pt₃B—青白口纪板溪群; Pt₃L—青白口纪冷家溪群; γK—白垩纪花岗岩; γJ—侏罗纪花岗岩; γS—志留纪花岗岩。断裂名称: F₁—曹家屋-竹山屋断裂; F₂—庵子冲-刘家冲断裂; F₃—排塘断裂; F₄—葫芦坡-炮台子断裂; F₅—新开铺-坪塘断裂; F₆—施家冲-磊石塘断裂; F₇—唐家湾断裂; F₈—四亩塘断裂; F₉—东山镇-石桥断裂; F₁₀—郭家洲-田心桥断裂; F₁₁—铁水坝-金坑冲断裂; F₁₂—一字墙断裂; F₁₃—天伏冲-化咀断裂; F₁₄—大托铺-莲花山断裂; F₁₅—下塘山咀断裂; F₁₆—大塘坡断裂; F₁₇—乐子桥断裂; F₁₈—九华-庙湾里断裂; F₁₉—响水坝-金塘湾断裂; F₂₀—泉塘-砂子岭断裂; F₂₁—罐子窑-田家湾断裂; F₂₂—瓦铺子-青莲庵断裂; F₂₃—黄家湾断裂; F₂₄—石子塘断裂; F₂₅—姜畲-金霞山断裂; F₂₆—桔木山断裂; F₂₇—梅林桥-实竹塘断裂带; F₂₈—回塘冲-亭子屋场断裂; F₂₉—易家湾-苦竹塘断裂。

开铺组(T_4)、白沙井组(T_3)、马王堆组(T_2)、白水江组(T_1),阶地多为嵌入阶地和基座阶地,反映第四纪以来以震荡性抬升为主。

第四纪期间研究区因横向上抬升幅度不一而产生掀斜运动,掀斜运动主要通过河道迁移、阶地性质横向变化、垂直河道方向阶地面高程的倾斜、倾斜地貌等体现。典型的构造掀斜记录有黄花—干杉一带地壳缓慢抬升并向四周掀斜、大托铺一带自东向西掀斜导致河道向西迁移、湘潭—九华一带多期掀斜变形导致湘江古河道不断向东迁移达7~5 km等。

2 第四纪断裂的分布及发育特征

2.1 第四纪规模断裂的分布及发育特征

根据前人区域地质调查资料和本次环境地质调查地质填图成果,厘定研究区主要第四纪断裂分布情况如图1所示。断裂及其性质的厘定依据包括地貌效应、水系错位、槽状展布沉积、断裂露头形迹、氦气测量异常等。值得指出的是,本次工作根据大量钻孔资料查明了第四系厚度的横向变化(图1),为确定部分第四纪断裂的展布和属性特征提供了重要依据。

本区第四纪规模断裂(含活动断裂)主要集中在长沙—湘潭—株洲一带(图1)。部分断裂主要特征见表1。

区内第四纪断裂延长规模不一,长者达55 km,短者5~10 km,最小规模者仅1 km左右,较大规模断裂旁侧尚可派生出数十至数百米的小断裂。

第四纪断裂以NE向为主,次为NNE向和NW向,个别呈EW向~NNW向。NE向断裂主要有曹家屋—竹山屋断裂(F_1)、庵子冲—刘家冲断裂(F_2)、葫芦坡—炮台子断裂(F_4)、新开铺—坪塘断裂(F_5)、施家冲—磊石塘断裂(F_6)、郭家洲—田心桥断裂(F_{10})、一字墙断裂(F_{12})、天伏冲—化咀断裂(F_{13})、大托铺—莲花山断裂(F_{14})、乐子桥断裂(F_{17})、九华—庙湾里断裂(F_{18})、泉塘—砂子岭断裂(F_{20})、罐子窑—田家湾断裂(F_{21})、瓦铺子—青莲庵断裂(F_{22})、桔木山断裂(F_{26})、易家湾—苦竹塘断裂(F_{29})等。NNE向断裂主要有黄家湾断裂(F_{23})、石子塘断裂(F_{24})、回塘冲—亭子屋场断裂(F_{28})等。NW向断裂主要有排塘断裂(F_3)、东山镇—石桥断裂(F_9)、铁水坝—金坑冲断裂(F_{11})、下塘山咀断裂

(F_{15})、响水坝—金塘湾断裂(F_{19})等。EW向~NNW向有断裂姜畲—金霞山断裂(F_{25})。

第四纪断裂大多为正断裂、少量为逆断裂。正断裂主要有葫芦坡—炮台子断(F_4)、新开铺—坪塘断裂(F_5)、铁水坝—金坑冲断裂(F_{11})、一字墙断裂(F_{12})、天伏冲—化咀断裂(F_{13})、乐子桥断裂(F_{17})、九华—庙湾里断裂(F_{18})(局部表现为逆冲)、响水坝—金塘湾断裂(F_{19})、姜畲—金霞山断裂(F_{25})、桔木山断裂(F_{26})、易家湾—苦竹塘断裂(F_{29})等。逆断裂主要有断裂排塘断裂(F_3)、大托铺—莲花山断裂(F_{14})、梅林桥—实竹塘断裂带(F_{27})等。可能受多期活动影响,个别断裂先期为正断裂、后期转为逆断裂,如断裂瓦铺子—青莲庵断裂(F_{22});或不同地段表现出正、逆不同性质,如断裂石子塘断裂(F_4)。

正断裂上盘常充填较厚沉积,部分上盘形成断陷槽谷(图1)。如九华—庙湾里断裂(F_{18})南东盘、泉塘—砂子岭断裂(F_{20})北西盘的第四系厚度最大可达74 m,马家河一带因姜畲—金霞山断裂(F_{25})断陷形成了厚达60.4 m的第四纪沉积(图1)。田心桥一带一字墙断裂(F_{10})南东盘洞井铺组最厚达188 m(图1,图2)。

不同走向第四纪断裂均可为正断裂或逆断裂。如NE向正断裂有葫芦坡—炮台子断裂(F_4)、新开铺—坪塘断裂(F_5)、一字墙断裂(F_{12})、天伏冲—化咀断裂(F_{13})、乐子桥断裂(F_{17})、九华—庙湾里断裂(F_{18})、桔木山断裂(F_{26})、易家湾—苦竹塘断裂(F_{29})等;NE向逆断裂有大托铺—莲花山断裂(F_{14})。NW向正断裂有铁水坝—金坑冲断裂(F_{11})、响水坝—金塘湾断裂(F_{19})等;NW向逆断裂有排塘断裂(F_3)。其中NW向响水坝—金塘湾正断裂(F_{19})的北东盘因断陷形成最厚带45 m的NW向条带状第四纪沉积(图1)。含浦西面排塘公路边见NW向排塘逆断裂(F_3)良好露头,断裂倾向SE,倾角70°,白垩系砾岩逆冲于第四系冲洪积卵石层之上(图3)。

值得指出的是,上述正断裂或逆断裂性质主要是就区内第四纪规模断裂的宏观表现而言。事实上,这些规模断裂有的可能还发生过走滑活动,只是其走滑效应不明显或未能识别。这一认识可从湘潭九华奔驰路剖面上发育的大量具走滑特征的小断裂得到佐证(见后文)。

第四纪断裂错距大小不一,大者可达数十至百余m,如泉塘—砂子岭断裂(F_{20})(北段)、九华—庙

表1 主要第四纪断裂(包括活动断裂)特征一览表

Table 1 Features of main Quaternary faults including active faults

编号	断裂(带)名称	断裂主要特征
F ₁	曹家屋 – 竹山屋断裂 *	走向 EW ~ NEE;长约 22 km;明显氦气测量异常;控制地貌,北西盘溪沟发育
F ₂	庵子冲 – 刘家冲断裂 *	走向 NE;长约 6 km;明显氦气测量异常;控制地貌发育
F ₃	排塘断裂	走向 NW,倾向 SE,倾角 70° ;长 1 km 以上;含浦西面排塘公路边见白垩系砾岩逆冲于第四系冲洪积卵石层之上(图 3、图 4)
F ₄	葫芦坡 – 炮台子断裂 *	走向 NE,倾向 NW;长约 55 km;正断裂;局部倾向 SE 之逆断裂;明显氦气测量异常;黑石渡 – 烈士陵园一带控制浏阳河发育;北西盘溪流多而长,南东盘少而短
F ₅	新开铺 – 坪塘断裂 *	走向 NE,倾向 NW 或 SE;长约 30 km;正断裂,断距 20 ~ 50 m。平塘一带旁侧发育 NW 向小型调整断裂而形成 "断塞塘", 沉积厚 52.3 m 的洞井铺组和新开铺组堆积物(图 1)
F ₉	东山镇 – 石桥断裂	走向 NW;长约 23 km;浏阳河沿断裂带呈直线延伸;不对称河谷,北东岸为白水江组构成的 T ₁ 阶地,南西岸为新开铺组构成的 T ₄ 阶地,反映南西盘相对上升
F ₁₀	郭家洲 – 田心桥断裂	走向 NNE,倾向 SE,倾角 50° ;长约 8 km;张性断裂,沿断裂面发生过 2 次滑坡。田心桥一带该断裂与 F ₁₁ 一道形成断塞塘,于 F ₁₁ 南盘沉积了 188 m 洞井铺组堆积物(图 2)
F ₁₁	铁水坝 – 金坑冲断裂	走向 NW,倾向 NE;长约 8.5 km;正断裂
F ₁₄	大托铺 – 莲花山断裂 *	走向 NE,倾向 NW,倾角 60° ;长约 40 km;逆断裂,沿断裂发育直线状水系
F ₁₇	乐子桥断裂 *	走向 NE,倾向 SE;长约 6 km;正断裂,氦气测量异常;与两侧多条 NE 向断裂构成宽 1.5 km 新断裂带
F ₁₈	九华 – 庙湾里断裂 *	走向 NE,倾向 SE;长约 30 km;主要为正断裂,控制白沙井期 – 白水江期沉积槽地,近湘江于断裂上盘沉积厚 74 m 白水江组。局部见逆冲活动;氦气测量异常
F ₁₉	响水坝 – 金塘湾断裂	走向 NW,倾向 NE;长约 7 km;白垩纪晚期 NE 盘逆冲上升;更新世北东盘下降沉积很厚第四系;两侧有多条 NW 向断裂,与白垩纪灰质砾岩形成丰富的岩溶地下水
F ₂₀	泉塘 – 砂子岭断裂 *	走向 NE,倾向 NW,倾角 80° ,长约 17 km;正断裂;与 F ₁₈ 构成断陷槽;马王堆期转为东盘上升;氦气测量异常。南东侧奔驰路人工开挖剖面中见不同方向和性质的多组小断裂(图 5)
F ₂₂	瓦铺子 – 青莲庵断裂 *	走向 NE;长约 33 km;早期西升东降,后期东升西降,可能反映早期正断裂、后期逆断裂的性质转变;氦气测量异常
F ₂₅	姜畲 – 金霞山断裂 *	走向 NWW,倾向北;长约 25 km;正断裂,西段导致北盘向南掀斜以及涟水古河道向南的 3 次迁移;全新世以来仍有活动,控制涟水、涓水河道;东段马家河一带沿断裂形成了最厚达 60.4 m 的沉积
F ₂₆	桂木山断裂	走向 NE,倾向 NW,倾角 70° 左右;长约 10 km;为重新活动基底断裂、正断裂
F ₂₇	梅林桥 – 实竹塘断裂	走向 NNE,倾向 SE,倾角 50° ~ 60° ;长约 15 km;切割新开铺组、白沙井组,实竹塘附近上盘龙口冲组逆冲于新开铺组之上,断面倾角 48°
F ₂₉	易家湾 – 苦竹塘断裂	走向 NNE,倾向 SE,倾角 75° ;长约 30 km;正断裂

注:断裂特征据前人资料①②和本次调查成果综合,其中氦气异常均据前人资料②。标注 "*" 者为活动断裂。

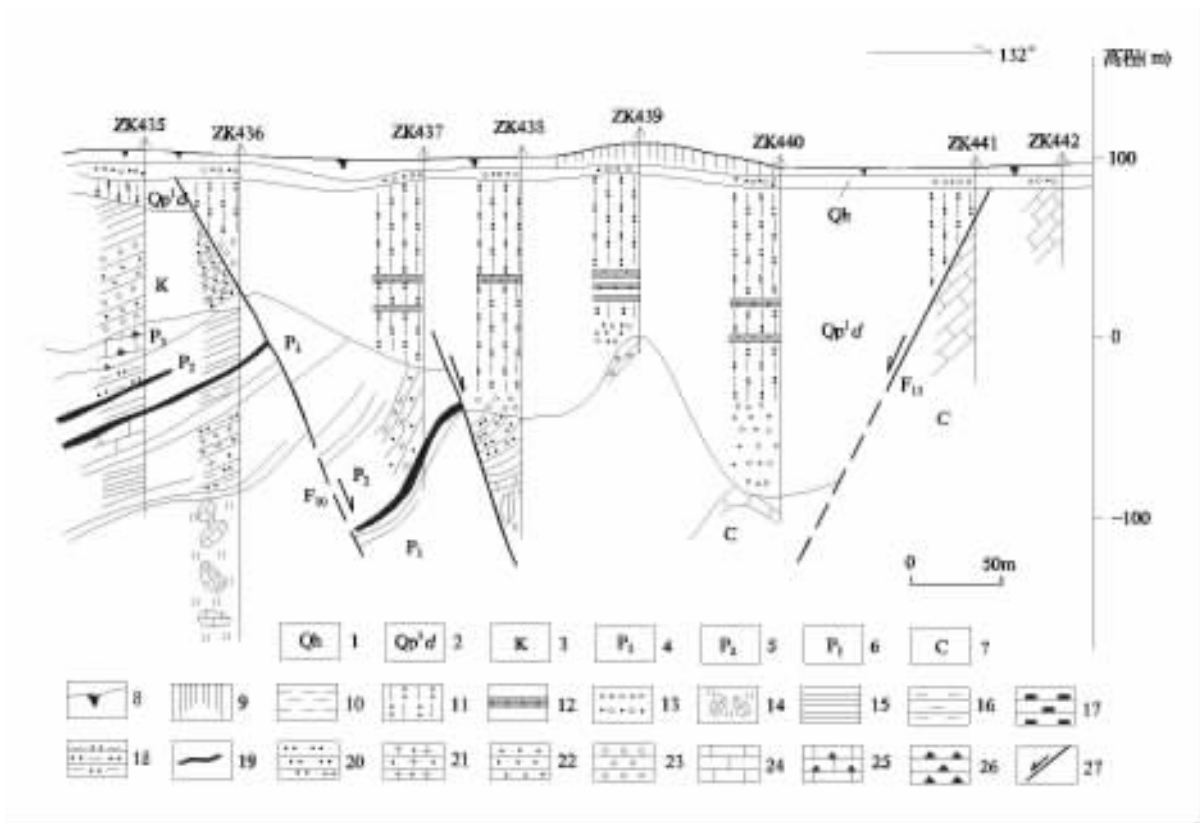


图2 长沙县田心桥“断塞塘”结构及相关正断裂
(据湖南地矿局402队1963年田心桥煤矿Ⅳ勘探线资料编制)

Fig. 2 Structure of the fault-filling embankment and related faults in Tianxinqiao, Changsha

1-全新统;2-下更新统洞井铺组;3-白垩系;4-上二叠统;5-中二叠统;6-下二叠统;7-石炭系;8-表土;9-黄土;10-粘土;11-砂质粘土;12-草炭;13-砂砾层;14-古风化壳;15-页岩;16-粘土岩;17-炭质页岩;18-泥质粉砂岩;19-煤层;20-粉砂岩;21-长石砂岩;22-砂岩;23-砾岩;24-灰岩;25-硅质灰岩;26-硅质岩;27-断裂。

湾里断裂(F_{18})的错距分别达 190 m 左右、70 m 以上;小者 1~5 m,次级小断裂的错距多为数至数十厘米。总体上,NE 向、NNE 向断裂的错距大于 NW 向断裂,正断裂的错距大于逆断裂。

研究区第四纪断裂的主要地质效应是形成沉积凹槽,控制地貌形态、河流走向和水系格局以及地下水的分布。

区内第四纪断裂大多在早更新世早期甚至新近纪即开始活动,其中部分断裂为晚更新世以来仍有活动的活动断裂,如断裂 F_1 、 F_2 、 F_4 、 F_5 、 F_{14} 、 F_{17} 、 F_{18} 、 F_{20} 、 F_{22} 、 F_{25} 等(表 1)。

2.2 活动断裂的分布与发育特征

本文将晚更新世以来发生过活动的第四纪断裂定义为活动断裂。区内活动断裂分布于长沙—湘潭的南北向湘江带上,自北往南主要有曹家屋—竹山屋断裂(F_1)、庵子冲—刘家冲断裂(F_2)、葫芦坡—炮台子断裂(F_4)、新开铺—坪塘断裂(F_5)、大托铺—

莲花山断裂(F_{14})、乐子桥断裂(F_{17})、九华—庙湾里断裂(F_{18})、泉塘—砂子岭断裂(F_{20})、瓦铺子—青莲庵断裂(F_{22})、姜畲—金霞山断裂(F_{25})等(表 1)。

活动断裂主要为 NE 走向,仅姜畲—金霞山断裂(F_{25})为 NWW 向;断裂延长规模自 6 km 至 55 km 以上。各活动断裂于早—中更新世即开始活动(有的尚为基底断裂),其第四纪以来的总体活动特征及表现见表 1。各断裂晚更新世以来的活动表现不一,归纳起来主要有地震活动性、氦气测量异常、对地貌和现代河流的控制作用、断裂活动的年龄测定等。代表性断裂晚更新世以来的活动表现如下。

曹家屋—竹山屋断裂(F_1)和庵子冲—刘家冲断裂(F_2);均有明显的氦气测量异常。

葫芦坡—炮台子断裂(F_4):见明显氦气测量异常;断裂严格控制了浏阳河的发育,于烈士公园形成的尖咀状河曲和于杨家港—白茅铺一带形成的喇叭状谷地发生在同一直线上,显示活动断裂迹象。

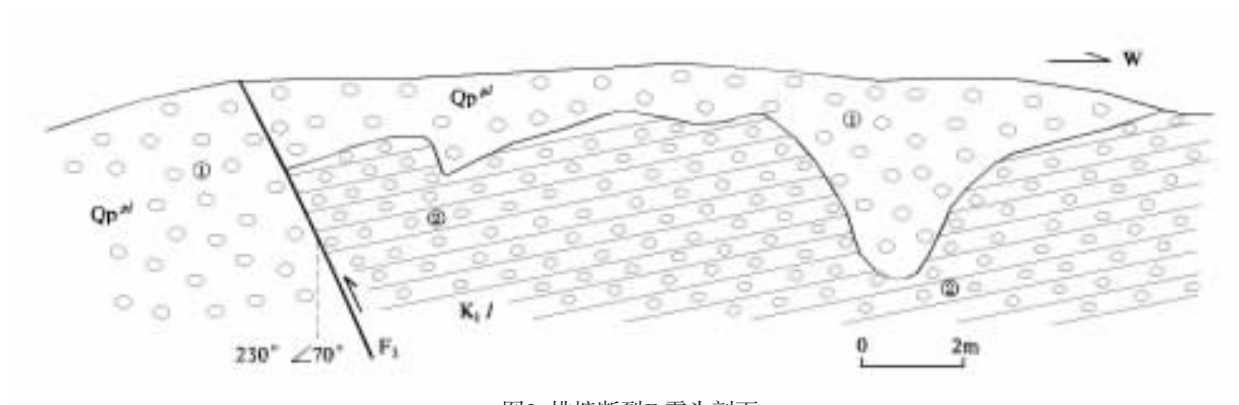


图3 排塘断裂F₃露头剖面

Fig.3 Outcrop profile showing Paitang fault F₃

Qp^{al}—更新世洪积;K₁l—早白垩世栏垅组;①砾石层;②砾岩。

大托铺—莲花山断裂(F₁₄):沿线以黄家坳分水岭分界,西南、东北分别发育流向相反的曲塘小溪和奎塘小河流,二者呈一直线;其中曲塘小溪逆湘江流向呈锐角与湘江交汇,穿过白水江组、桔子洲组时方向亦不改变,说明断裂活动年代较新。

乐子桥断裂(F₁₇):见明显的氦气测量异常,并获得 9.62 万年、6.82 万年和 5.53 万年的断裂活动年龄值。

九华—庙湾里断裂(F₁₈):在白水江期伸展活动,于其上盘沉积厚 74 m 白水江组;具明显的氦气测量异常;获得 3.95 万年和 1.5 万年的断裂活动年龄值。

泉塘—砂子岭断裂(F₂₀):显见氦气测量异常;获得 4.37 万年和 4.71 万年的断裂活动年龄值。

瓦铺子—青莲庵断裂(F₂₂):控制了白水江组的沉积厚度;具氦气测量异常。

姜畲—金霞山断裂(F₂₅):自白水江期开始,其北盘向南掀斜导致涟水古河道向南发生总平距达 4~5 km 的 3 次迁移;全新世以来仍有活动,导致涟水遗弃原砂子岭—雨湖河段而改从湘河口逆湘江流向汇入湘江、涓水由 SN 流向沿断裂转为 EW 流向(转折角近 90°)。于其北侧分枝断裂中测得断裂活动年龄为 2.77 万年。

2.3 湘潭九华奔驰路剖面小断裂特征及期次

除前述填图尺度的规模断裂外,尚发育露头尺度的第四纪小断裂。小断裂尽管对地貌、水系、沉积的控制作用不明显,但却可以为第四纪断裂走向、性质、期次和时代背景的研究提供更为确实可信的证据。研究区第四纪小断裂以湘潭九华奔驰路剖面所见最为典型,以下对其予以简单介绍(详细特征另文阐述)。

该剖面位于泉塘—砂子岭断裂(F₂₀)的南东侧(图 1),为奔驰路北侧的人工开挖斜坡剖面。剖面 EW 向,长约 130 m,斜坡向南倾斜,倾角 50°左右。剖面上发育第四系白沙井组,其下部为砾石层,上部为网纹红土。第四系下伏地层为白垩纪戴家坪组紫红色细砾岩。斜剖面上见 20 余条第四纪小断裂,择部分示于图 4。

图 4 中揭示有 NW 向断裂 F_a、F_b、F_d、F_e、F_g、F_i、F_k;NE 向断裂 F_c、F_h,NNE 向断裂 F_m、F_n、F_o,以及 EW 向断裂 F_j、F_l 等。断裂产状陡立,断面倾角一般 70°~88°。根据派生次级裂面以及以岩性界面和被错断裂错位显示的剪切标志,确定 NW 向断裂为左行走滑断裂,NE 向断裂为右行走滑断裂,NNE 向断裂为正断裂,EW 向断裂为左行走滑断裂。

剖面上可见 EW 向断裂左行切割 NW 向断裂(图 4c 右上角),表明 EW 向断裂晚于 NW 向断裂。EW 向断裂 F_l 中止于 NNE 向正断裂 F_n,NNE 向正断裂 F_m 上盘明显下降却未造成 EW 向断裂 F_l 错位,表明 EW 向断裂晚于 NNE 向断裂。NE 向断裂 F_c 右行切错 NW 向断裂 F_i,NE 向断裂 F_c 与 NW 向断裂 F_d、F_e 相交但彼此间无明显错位(图 4b),表明 NE 向断裂与 NW 向断裂很可能为同期共轭剪切断裂。

鉴于北邻洞庭盆地第四纪期间相继经历了早更新世—中更新世中期的伸展断陷和中更新世晚期以来的挤压拗陷阶段^[22-23],而奔驰路剖面中 NW 向左行与 NE 向右行走滑断裂显然与区域挤压构造背景有关,因此推断剖面中 NNE 向正断裂早于 NW 向与 NE 向走滑断裂。

据上所述,初步确定九华奔驰路剖面第四纪小

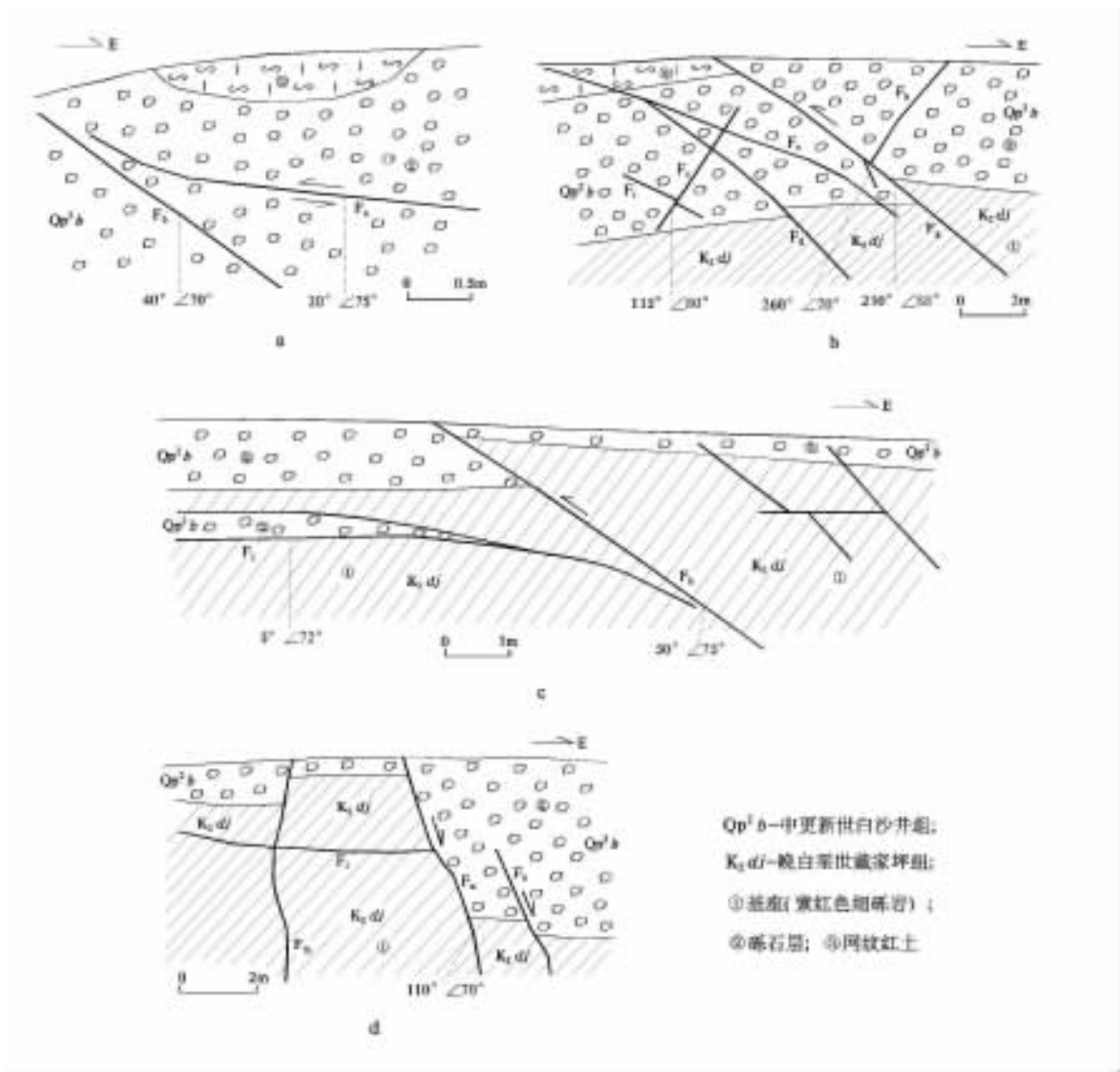


图4 九华奔驰路北侧人工开挖剖面上第四纪小断裂

Fig. 4 Quaternary small faults at artificial section on the north side of the Benchi Road in Jiuhua

断裂可分为3期,自早至晚依次为: NNE向正断裂; NW向左行走滑断裂与NE向右行走滑断裂; EW向左行走滑断裂。

3 讨论

3.1 第四纪断裂活动期次及构造体制

根据上述九华剖面小断裂活动期次,结合研究区规模断裂的发育特征和洞庭盆地第四纪构造认识^[22-23],初步总结长沙—湘潭地区第四纪断裂可分为4期,各期断裂及其形成的构造体制如下: 第一期为NE向、NNE向、NW向、EW向的规模正断裂和小型正断裂,形成于区域伸展构造体制(图5a); 区域上本期伸展活动造成了北邻洞庭盆地和江汉

盆地的大幅断陷沉降^[22-23]。第二期为NE向~NNE向规模逆断裂,形成于区域NW向挤压应力(图5b); 区域上湘北澧县谢家屋场第四系中发育的NE向背斜^[22-23]和武汉阳逻王母山断层及地震楔^[32]等均表明本期NW向挤压事件的存在。第三期为奔驰路剖面所见的NW向左行走滑与NE向右行走滑小断裂,形成于区域EW向挤压应力(图5c)。第四期为NW向逆断裂(如排塘断裂F₃)及奔驰路剖面所见的EW向左行走滑断裂,形成于区域NE向挤压(图5d)。

值得指出的是,将NE向~NNE向规模逆断裂作为第二期主要是从区域应力场研究资料考虑(具体见后文),目前尚无确实的野外构造依据。

3.2 第四纪断裂活动的时代及构造背景

从已有研究来看,受周边复杂的板块格局和构

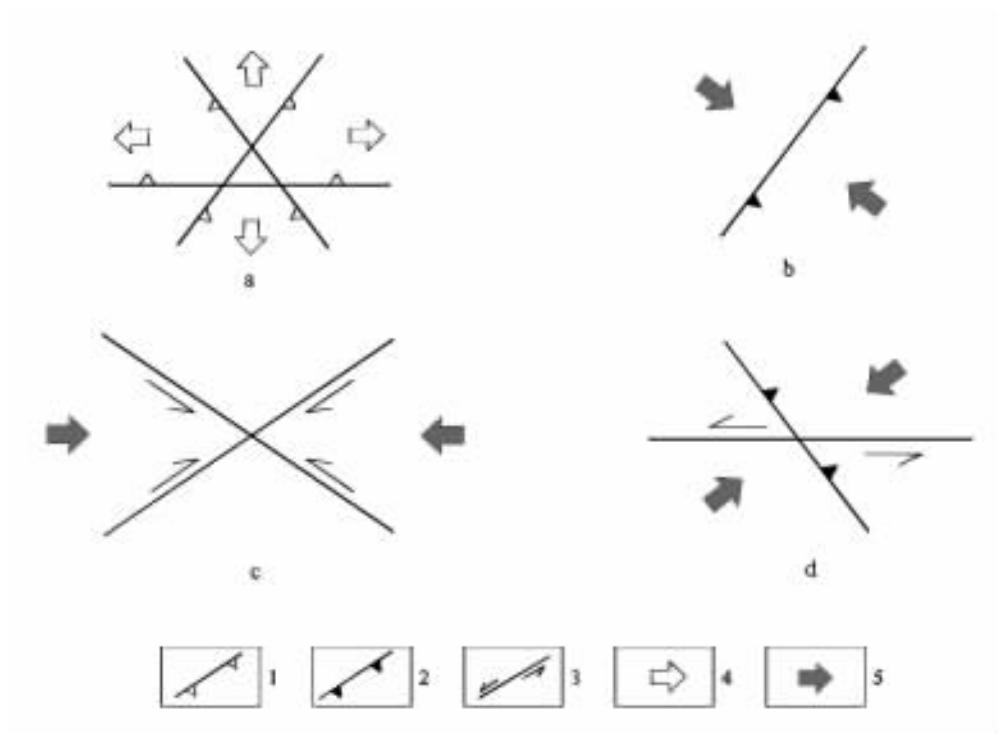


图5 4期第四纪断裂形成构造体制

Fig. 5 Tectonic regimes for the four Quaternary faults

1-正断裂;2-逆断裂;3-走滑断裂;4-示区域伸展应力场;5-示最大主压应力方向. a、b、c、d分别示第一、第二、第三和第四期断裂形成的构造体制.

造边界条件影响,中国陆区第四纪不同地区、不同时期断裂活动的构造背景及应力场颇为复杂。如关于中国大陆,万天丰^[33]认为早更新世因印支板块、澳大利亚板块和菲律宾海板块向北运移与欧亚大陆板块碰撞而具近 SN 向挤压,中更新世以来欧亚大陆板块与周边板块在不同方向上相互作用而使不同地区水平挤压应力方向有别(其中华南地区以 NW 向挤压为主)。关于东南沿海地区,张路等^[34]认为福建沿海地区受菲律宾板块向北西运动影响,第四纪区域主压应力方向为 NNW 向 ~ NW 向。关于西南地区,谢富仁等^[35]提出青藏高原东侧的鲜水河断裂带第四纪早期(早—中更新世)构造应力作用为 NE—SW 向挤压,晚更新世至今以近 EW 向挤压和近 SN 向拉张为特征;后进一步研究认为青藏高原北、东边缘第四纪早期受来自印度板块碰撞青藏块体产生的垂直块体边界方向的挤压,晚期因形成 NW—SE 方向的引张而以走滑型构造应力场为主,最大主压应力方向自早至晚发生了顺时针旋转^[36];杜义等^[37]认为昆明盆地及周边地区早—中更新世构造应力作用以近 EW 向挤压和近 SN 向拉张为特征,晚更新世以来以 NNW—SSE 向挤压和 NEE—

SWW 向拉张为特征。鉴于研究区位于东南沿海与西南地区之间,上述认识可为探讨区内第四纪断裂活动的构造背景提供重要参考。

涉及剖面所在江汉—洞庭盆地及外围地区的第四纪应力场研究颇多且认识不一。万天丰^[33]认为华南地区早更新世为 SN 向挤压,中更新世开始区域应力场以 NW 向的水平挤压应力为主。陈立德等^[32]对武汉阳逻王母山断层及地震楔研究后提出相应的主压应力方向为 NW 335°左右,但未能明确具体时代。关于第四纪晚期即现代应力场特征,多认为主压应力方向为 NE 向,如姚运生等^[38]认为第四纪至今江汉—洞庭盆地以 NE—SW 的挤压和 NW—SE 向的拉张为主,高士钧等^[39]基于测井资料确定江汉盆地最大水平主压应力方向为 NE 60° ~ 65°,李蓉川等^[40]通过地震源应力场研究提出江汉—洞庭盆地现代主要受 NNW 向的水平引张应力场控制;但陈小斌^[41]通过 GPS 测量数据研究却得出江汉—洞庭盆地区具有明显 NE 向拉张的结论。

参考上述前人有关研究认识,结合洞庭盆地第四纪构造活动研究成果^[22-23],初步认为长沙—株洲地区 4 期第四纪断裂形成的时代及构造背景如下:

第一期 NNE 向正断裂大体形成于早更新世—中更新世中期,构造环境为区域伸展(图 5a),其动力机制可能与地幔上隆背景下深部物质迁出导致洞庭盆地及周缘产生伸展断陷有关^[22-23]。

第二期 NE 向~NNE 向规模逆断裂形成于区域 NW 向主压应力场(图 5b),形成时代为中更新世晚期,可能与菲律宾板块向北西运动挤压^[33-34]有关。

第三期 NW 向左行走滑断裂和 NE 向右行走滑断裂形成于区域 EW 向主压应力场(图 5c),形成时代为中更新世末—晚更新世,可能与青藏块体向东挤压^[35,37]产生的应力远程传导有关。

第四期 EW 向左行走滑断裂形成于区域 NE 向主压应力场(图 5d),形成时代为晚更新世—全新世,可能与印度—澳大利亚板块向 NE 的挤压有关。

3.3 大地构造意义

第四纪应力场是中国陆区第四纪构造研究的重要内容之一。尽管前人对中国大陆或局部地区第四纪应力场(包括现代应力场)进行过一些探讨^[32-41],但由于地质时间短且变形强度一般较低,这方面的研究总体上还非常薄弱。

从区域大地构造格局来看,研究区第四纪断裂反映的多期不同方向挤压事件可能与第四纪期间太平洋板块、菲律宾海板块、澳大利亚板块以及印支板块等周边板块运动及其形成的复杂的构造边界条件对华南地区的影响有关。但以地质历史的时间尺度来看,多次挤压应力方向的改变发生在如此短时间内似乎显得过于频繁,因此研究区第四纪挤压应力方向的改变除板块运动影响外,或许尚与深部物质迁移^[22]、地壳均衡补偿^[33]等因素有关,具体机制有待深入研究。

由于与区域地壳稳定性和地质灾害等环境地质条件密切相关,第四纪变形及构造背景研究对社会经济发展具有十分重要的现实意义。长沙—湘潭地区断裂反映出第四纪应力场的多期变化,预示着区域第四纪构造变形特征、构造体制及动力机制的复杂性,而目前极少有对这种复杂性的研究与认识,因此相关探索将成为今后第四纪地质研究的重要方向之一。

4 结论

(1)长沙—湘潭一带第四纪规模断裂以 NE 向

为主,次为 NNE 向和 NW 向,个别 EW 向~NNW 向;不同走向断裂均可为正断裂或逆断裂;部分断裂为晚更新世以来仍有活动的活动断裂。湘潭九华奔驰路开挖剖面上发育 NW 向左行走滑断裂、NE 向右行走滑断裂、EW 向左行走滑断裂以及 NNE 向正断裂等 4 组断裂,均为产状陡倾的小断裂。

(2)长沙—湘潭地区第四纪断裂活动可分为 4 期:第一期为 NE 向、NNE 向、NW 向、EW 向的规模正断裂和小型正断裂,形成于早更新世—中更新世中期的区域伸展构造环境;第二期为 NE 向~NNE 向规模逆断裂,形成于中更新世晚期区域 NW 向挤压应力;第三期为奔驰路 NW 向左行走滑与 NE 向右行走滑小断裂,形成于中更新世末—晚更新世区域 EW 向挤压应力;第四期为 NW 向逆断裂及奔驰路 EW 向左行走滑小断裂,形成于晚更新世—全新世区域 NE 向挤压。

(3)上述第一期断裂可能与地幔上隆背景下深部物质迁出导致洞庭盆地及周缘产生伸展断陷有关;后 3 期断裂可能分别与菲律宾板块、青藏块体、印度—澳大利亚板块的挤压有关。

注释:

- ①湖南省地质矿产局. 长沙地区 1:5 万区域地质调查报告(铜官、青山铺、长沙市、朗梨镇、大托铺、柏嘉山幅). 长沙:湖南省地质调查院,1989.
- ②湖南省地质矿产局. 1:5 万城市区域地质调查报告(株洲市、株洲县、湘潭市、下摄司幅). 长沙:湖南省地质调查院,1988.

参考文献:

- [1] 李长安,张玉芬,皮建高,莫多闻,张国良. 洞庭湖古湖滨砾石层的发现及意义[J]. 第四纪研究,2006,26(3):491-492.
- [2] 柏道远,倪艳军,周柯军,李长安,李纲,马铁球. 湖南津市黄牯山第四纪泥砾混杂堆积成因探讨[J]. 热带地理,2009,29(6):594-599.
- [3] 陈渡平,李长安,柏道远,何禹,蒋启生,陈帅奇. 洞庭盆地第四纪地层格架初拟[J]. 地质科技情报,2014,33(1):67-73.
- [4] 赵举兴,李长安,许应石. 洞庭盆地古江江砾石层的沉积特征及沉积环境[J]. 地质科技情报,2014,33(1):85-89.
- [5] 蔡述明,官子 and 孔昭宸,杜乃秋. 从岩相特征和孢粉组合探讨洞庭盆地第四纪自然环境的变迁[J]. 海洋与湖沼,1984,15(6):527-539.
- [6] 杨达源. 洞庭湖的演变及其整治[J]. 地理研究,1986,5(3):

- 39-46.
- [7] 张晓阳,蔡述明,孙顺才. 全新世以来洞庭湖的演变[J]. 湖泊科学,1994,6(1):13-21.
- [8] 皮建高,张国梁,梁杏,张人权. 洞庭盆地第四纪沉积环境演变的初步分析[J]. 地质科学情报,2001,20(2):6-10.
- [9] 来红州,莫多闻,李新坡. 洞庭盆地第四纪红土层及古气候研究[J]. 沉积学报,2005,23(1):130-137.
- [10] 柏道远,李长安,陈渡平,周柯军,马铁球,王先辉,彭云益,李纲. 洞庭盆地两护村孔重矿物特征及其对第四纪构造活动与环境演变的响应[J]. 地质论评,2010, 56(2): 246-260.
- [11] 柏道远,李长安,张文卿,陈渡平,周柯军. 洞庭盆地两护村孔孢粉组合及其气候与地层意义[J]. 地质科学,2010,45(4):1125-1138.
- [12] 柏道远,李长安,王先辉,马铁球,彭云益. 第四纪洞庭盆地澧县凹陷构造活动特征及动力学机制探讨[J]. 地球学报,2010,31(1):43-55.
- [13] 柏道远,吴能杰,李长安,马铁球,王先辉,彭云益,李纲,陈渡平. 华容隆起及周缘第四纪构造-沉积特征与演化[J]. 中国地质,2010,37(5):1243-1256.
- [14] 柏道远,李长安,王先辉,周柯军,马铁球,彭云益,李纲,陈渡平. 第四纪华容隆起构造活动、成因及动力机制[J]. 地质科学,2010,45(2): 411-427.
- [15] 柏道远,李长安,周柯军,陈渡平,马铁球,王先辉,彭云益,李纲. 第四纪洞庭盆地赤山隆起与安乡凹陷升降运动的沉积记录[J]. 沉积学报,2010,28(4):645-658.
- [16] 柏道远,李长安,马铁球,王先辉,陈渡平. 第四纪洞庭盆地安乡凹陷及西缘构造-沉积特征与环境演化[J]. 地球科学与环境学报,2010,32(2):120-129.
- [17] 刘锁旺,甘家思,李蓉川,韩晓光,申重阳. 江汉洞庭盆地的非对称扩张与潜在地震危险性[J]. 地壳形变与地震,1994, 14(2):56-66.
- [18] 薛宏交,耿爱玲,龚平. 江汉洞庭盆地水系展布特征与新构造运动[J]. 地壳形变与地震,1996,16(4):58-65.
- [19] 梁杏,张人权,皮建高,张国梁,孙锡良. 洞庭盆地第四纪构造活动特征[J]. 地质科技情报,2001,20(2):11-14.
- [20] 梁杏,张人权,皮建高,张国梁. 构造沉降对近代洞庭湖区演变的贡献[J]. 海洋与湖沼,2001,32(6):690-696.
- [21] 来红州,莫多闻. 构造沉降和泥沙淤积对洞庭湖区防洪的影响[J]. 地理学报,2004,59(4):574-580.
- [22] 柏道远,李长安,王先辉,马铁球,周柯军,彭云益,李纲,陈渡平. 第四纪洞庭盆地构造性质及动力机制探讨[J]. 大地构造与成矿学,2010,34(3):317-330.
- [23] 柏道远,王先辉,李长安,马铁球,陈渡平,周柯军,彭云益,李纲. 洞庭盆地第四纪构造演化特征[J]. 地质论评,2011,57(2):261-276.
- [24] 韩竹军,聂晓东,周本刚,马文涛,向宏发,陈国光. 湖南常德地区桃源推测隐伏断层是否存在?[J]. 地震地质,2006,28(1):1-11.
- [25] 韩竹军,向宏发,姬计法. 洞庭盆地南缘常德-益阳-长沙断裂中段活动性研究[J]. 地震地质,2011,33(4): 839-854.
- [26] 芮耀俊. 关于“白沙井层”成因与时代的研究现状[J]. 地质论评,1964,22(2):158-159.
- [27] 黄培华. “白沙井组”的成因与时代[J]. 地质论评,1965,23(5):418-420.
- [28] 陈长明,谢丙庚. 湖南第四纪地层划分及其下限[J]. 地层学杂志,1996,20(4):271-276.
- [29] 陈立德,邵长生. 江汉-洞庭盆地地下更新统地层划分与对比——“白沙井砾石层”再研究[J]. 地层学杂志,2014,38(2):208-219.
- [30] 唐晓珊,孙海清. 论株洲-湘潭地区的新构造运动[J]. 湖南地质,1991,10(3):177-185.
- [31] 任镇寰. 长沙地区第四纪断裂研究[J]. 地质论评,1987,33(6):571-576.
- [32] 陈立德,邵长生,王岑. 武汉阳逻王母山断层及地震楔构造研究[J]. 地质学报,2014,88(8):1453-1460.
- [33] 万天丰. 中国第四纪的构造事件与应力场[J]. 第四纪研究,1994, (1):48-55.
- [34] 张路,曲国胜,朱金芳,李亦纲,黄宗林. 福建沿海盆地第四纪构造运动模式与动力学环境[J]. 地质通报,2007,26(3):275-288.
- [35] 谢富仁,祝景忠,舒赛兵. 鲜水河断裂带区域第四纪构造应力场的分期研究[J]. 地震地质,1995,17(1):35-43.
- [36] 谢富仁,张世民,窦素芹,崔效锋,舒塞兵. 青藏高原北、东边缘第四纪构造应力场演化特征[J]. 地震学报,1999,21(5):502-512.
- [37] 杜义,荆振杰,谢富仁. 昆明盆地及周边地区第四纪构造应力场分析[J]. 中国地震,2009, 25(1):31-40.
- [38] 姚运生,罗登贵,刘锁旺,邵占英. 江汉洞庭盆地及邻区晚中生-新生代以来的构造变形[J]. 大地构造与成矿学,2000,24(2):140-145.
- [39] 高士钧,储昭坦. 江汉盆地钻孔测井资料确定地应力最大水平主压应力方向[J]. 地壳形变与地震,1997, 17(4): 57-61.
- [40] 李蓉川,吴兴国. 江汉-洞庭盆地地震活动性研究[J]. 地震研究,1992, 15(3): 255-262.
- [41] 陈小斌. 中国陆地现今水平形变状况及其驱动机制[J]. 中国科学(D辑:地球科学),2007, 37(8):1056-1064.