

盛强, 郭良田, 邱奕超. 南坑—虎门断裂钻孔联合剖面探测[J]. 华南地震, 2018, 38 (3): 74–78. [SHENG Qiang, GUO Liangtian, QIU Yichao. Discussion on Activity of Nankeng–Humen Fault Based on Composite Drilling Section Exploration [J]. South China journal of seismology, 2018, 38 (3): 74–78]

南坑—虎门断裂钻孔联合剖面探测

盛 强^{1,2,3}, 郭良田^{1,2,3}, 邱奕超^{1,2,3}

(1. 广东省地震局, 广州 510070; 2. 中国地震局地震监测与减灾技术重点实验室, 广州 510070;
3. 广东省地震预警与重大工程安全诊断重点实验室, 广州 510070)

摘要: 在南坑—虎门断裂跨断层钻探工作的初步结果上, 对断裂的活动性予以简要阐述。通过对断层两侧钻孔岩芯的地层对比及年代学研究, 建立跨断层钻孔剖面, 并取得如下认识: 南坑—虎门断裂未断错第四系覆盖层, 晚更新世以来没有发现断层活动。

关键词: 南坑—虎门断裂; 跨断层钻探; 断裂活动性; 东莞盆地

中图分类号: P534.63 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662(2018)03-0074-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2018.03.011

Discussion on Activity of Nankeng–Humen Fault Based on Composite Drilling Section Exploration

SHENG Qiang^{1,2,3}, GUO Liangtian^{1,2,3}, QIU Yichao^{1,2,3}

(1. Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, China; 2. Key Laboratory of Earthquake Monitoring and Disaster Mitigation Technology, CEA, Guangzhou, China; 3. Key Laboratory of Guangdong Province Earthquake Early Warning and Safety Diagnosis of Major Projects, Guangzhou 510070, China)

Abstract: Based on the preliminary drill results across the fault system for the project of "Active fault detection and seismic risk evaluation of Shilong–Houjie and Nankeng–Humen fault in Dongguan city", this paper discusses the activities of Nankeng–Humen fault developed in the Dongguan Basin. The composite drilling section at the two sides of the fault are established through stratigraphic correlation of the drills and the chronological data analysis. The major conclusion of this study is that there is no dislocation on the overlying Quaternary deposit and there is no evidence for the activity of this fault since Late Pleistocene.

Keywords: Nankeng–Humen fault; Crossing–fault drill; Fault activity; Dongguan basin

收稿日期: 2018-04-17

作者简介: 盛 强(1984–), 男, 硕士, 工程师, 主要从事地震地质、工程地震研究。

E-mail: 269267018@qq.com.

0 引言

根据区域地质调查资料,南坑—虎门断裂隶属于紫金—博罗断裂带西南段,位于东莞市北东向斜对角线上,自惠州市进入东莞市,往南西方向经过企石、横沥、东坑、寮步、大岭山、厚街、虎门等地后延伸进入狮子洋水道,目标区内长度约 55 km。断裂总体走向 $NE45^{\circ}\sim 55^{\circ}$,倾向 SE,倾角 $45^{\circ}\sim 70^{\circ}$,逆断层,为东江三角洲新生代断陷盆地的南缘边界断裂。在空间展布上,南坑—虎门断裂可以分成北东和南西两段:北东段自企石至寮步一带,断裂的西北盘为三叠系,南东盘为中元古代地层,在地貌上为台地区,构造岩热释光测年为距今 29.04 和 35.0 万年,属于中更新世中晚期,在博罗采集的断层样品 ESR 测年结果为 97.5 ± 9.6 万年和 >150 万年,相当于早更新世至中更新世。南西段自大岭山至虎门一带,断裂发育于燕山期花岗岩、侏罗系之中,往南西至虎门一带潜伏在第四系之内,在地貌上以高丘陵低丘陵地貌为主,局部为台地地貌,破碎带规模较小,宽小于 10 m,带内见褐铁矿化^[1-7]。

尽管历年的工程地质和工程场地地震安全性评价对断裂构造有零星揭示,但断裂的展布特征及活动时代等方面缺乏系统的工作,至今没有准确的定位。

本文在《东莞市石龙—厚街、南坑—虎门断裂探测与地震危险性评价》项目的基础上,依据南坑—虎门断裂遥感解译、地质—地貌带状填图、浅层地震反射探测的部分成果,结合场地条件的实际情况,本次钻探共布设 4 条钻孔探测剖面,以揭示南坑—虎门断裂对其上覆第四纪地层的影响,鉴定其自第四系沉积以来的活动性。

1 钻孔联合剖面布设及施工方法

1.1 钻孔布设

根据浅层地震勘探结果,在目标区内沿南坑—虎门断裂自北向南布设了企石、武山沙及蛇头湾共 3 条钻孔联合剖面(图 1)。钻孔联合剖面跨断层并同物探测线重合。共完成钻孔 18 个,其中 100 m 钻孔 4 个,每条钻孔探测剖面布置钻孔为 2~9 个,且每条剖面不少于 1 个 100 m 深钻孔。

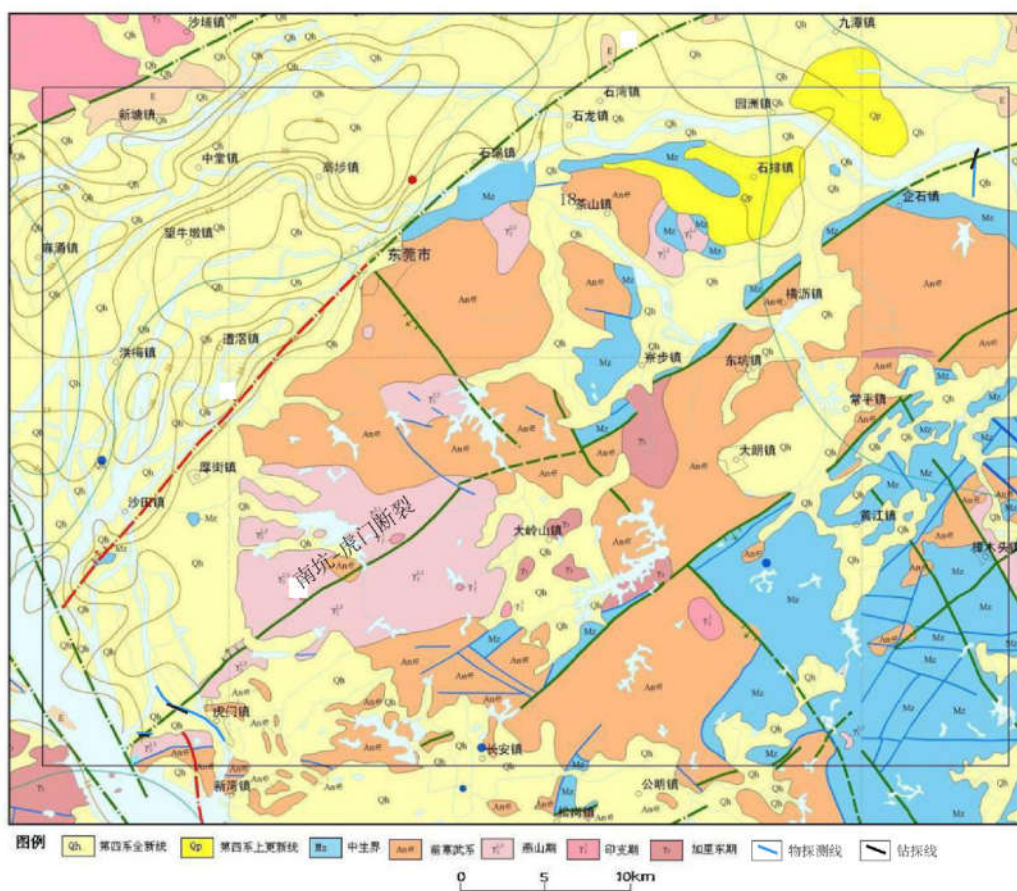


图 1 剖面布置平面图

Fig.1 Location of the composite drilling section

1.2 施工方法

钻孔联合剖面探测采用由外向里逐渐逼近的施工方法：第 1 步在剖面两段布设 2 个较深的钻孔，形成一个区间，了解区间内的地层岩性的大致分布，建立局部的“标准”剖面，寻找标志地层，确定断层在该区间；第 2 步在两孔间中心位置实施第 3 个钻孔，将区间分为 2 个次级区间，对比地层并推测断层所在的次级区间；第 3 步选断层所在次级区间之中心位置布设下一个钻孔，依此类推，逐步缩小区间，直到准确判定出断层的地表准确投影位置和上断点埋深为止^[8-9]。

为确保岩芯采取率，钻探方法采用泥浆或者套管护壁、根据不同地层采用不同的取芯方法。

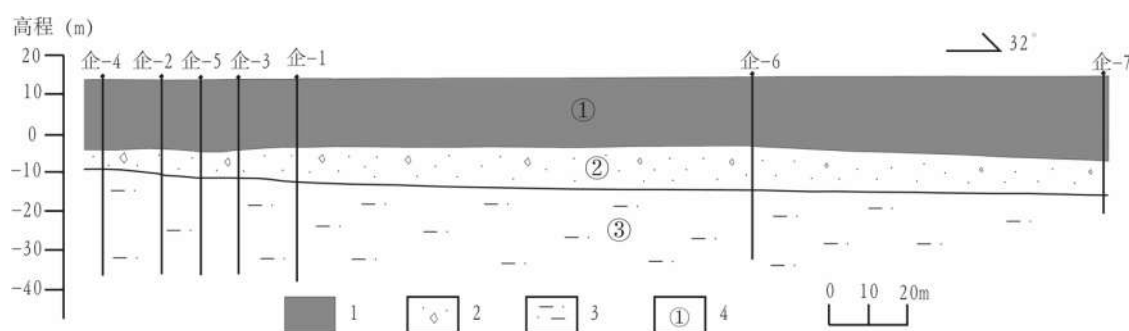
2 钻孔联合剖面探测结果

2.1 企石钻孔联合剖面

本剖面位于企石镇东江南岸，为东江三角洲冲积平原地貌，地势较为平坦。从南至北共布设 7 个钻孔。钻孔编号由南至北依次为企-4、企-2、企-5、企-3、企-1、企-6、企-7；钻孔间距依次为 15 m，10 m，9.6 m，15 m，116.5 m，91.2 m。

2.1.1 剖面地层

钻孔揭示盖层厚度略有变化，显示盆地的充填与原始地形的耦合。对比钻孔柱状地层岩性，企石钻孔联合地质剖面地层可划分为全新世地层(Q_h)、晚更新世地层(Q_{p3})和基岩 3 个大层(图 2)，自上而下岩性描述如下：



1: 全新世填土和河流相沉积; 2: 晚更新世砂砾石层; 3: 白垩纪泥质粉砂岩、砂岩; 4: 地层序号

图 2 企石钻孔联合剖面

Fig.2 Composite drilling section at Qishi

层①：全新世地层底界埋深在 17~18 m 左右，南段(企 1-企 5 孔)由浅黄色粉砂、黄褐色粘土、灰-深灰色淤泥质土、灰黄色粉细砂层组成；北段上部泥质层显示了横向相变。

层②：晚更新世地层上部为一层灰黄、灰白色砂砾石层，底界埋深在 21.5~22.9 m 之间，剖面南北两段变化很小，其下为一层浅黄、灰白色的中粗砂层，分布厚度由西往东逐渐加厚，覆于基岩之上。

层③：基岩为白垩纪红色砂岩、泥质粉砂岩，岩面呈南高北低缓倾斜。

2.1.2 钻孔剖面分析

钻孔剖面(图 2)显示，由南到北接近现代东江河床，土层厚度从 22.95 m 渐变过渡到 30.7 m。几个大层呈水平连续分布。全新世地层 Q_h 为一套河流冲积物，底界埋深 17~18 m，底界标高稳定。晚更新世地层 Q_{p3} 为河床相灰黄、灰白色砂砾石层，底界埋深 21.5~22.9 m，分布厚度由西往东逐渐加厚，与基岩面一致。下覆基岩为白垩纪红色砂岩、

泥质粉砂岩。岩面南高东低缓倾斜，显示原始地形特征。

整条剖面对应的主要层位连续分布，相邻孔间同层位上下层面无明显垂直落差；基岩面平滑，无断坎出现；较高取芯率的岩芯柱中均未见断层面、断层岩和断层变动带等相关结构、物质和产状，岩芯柱反映的岩层产状平缓，各孔间岩性无明显的不连续现象。

2.2 武山沙钻孔联合剖面

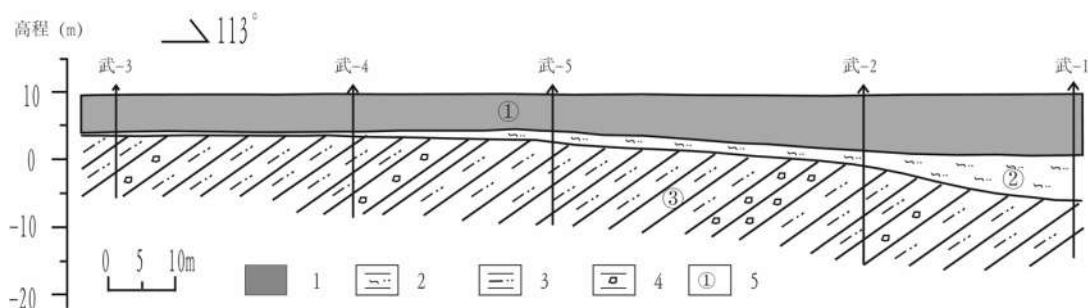
本剖面虎门武山沙村东江南岸，为珠江三角洲冲积平原地貌，地势较为平坦。共布设 9 个钻孔，从东南至西北钻孔编号为武-6、武-7、武-9、武-8、武-1、武-2、武-5、武-4、武-3。钻孔间距依次为 48.3，46.3，478.8，155.5，129.9，184.4，118.7，1.0 m；本剖面由于局部孔距较大，分东、西两段进行叙述，西段与水上物探线平行，以水上物探解译断层为中心向两侧布孔钻进，布设了武-1、武-2、武-5、

武-4、武-3 五个钻孔;东段以岩性界线为参考,布置了武-6、武-7、武-9 三个钻孔。

2.2.1 剖面地层岩性对比

在武山沙钻孔联合剖面 I(西段)中,钻孔揭示

覆盖层呈西薄东厚的特点,由西面的 5.6 m 倾斜过度到东边的 15.9 m。对比钻孔柱状地层岩性,剖面地层可分为全新世地层(Q_h)、晚更新世地层(Q_{p3})和基岩三个单元(图 3),自上而下岩性描述为:



1: 全新世填土和粘土层; 2: 淤泥质粉砂; 3: 泥质粉砂岩; 4: 砾岩; 5: 地层序号

图3 武山沙钻孔联合剖面 I

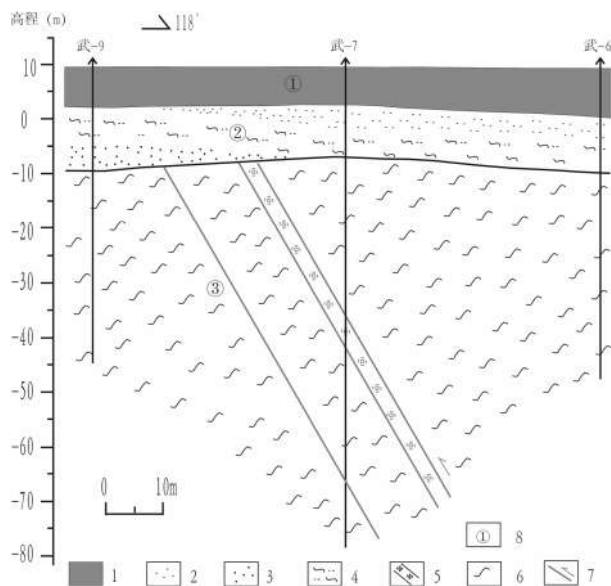
Fig.3 Composite drilling section II at Wushansha

层①: 全新世地层为浅灰色淤泥, 顶部含褐黄色粘土。

层②: 晚更新世地层以淤泥质砂、淤泥为主。

层③: 下覆基岩为侏罗纪红色砂岩、泥质砂岩及砂砾岩, 岩面呈西高东低倾斜分布。

武山沙钻孔联合剖面 II (东段), 钻孔揭示覆盖层厚度为 16.6~19.2 m, 中间略薄, 与基底地形凸起一致。剖面地层可分为全新世地层(Q_h)、晚更新世地层(Q_{p3})和基岩三个单元(图 4), 自上而下描述为:



1: 全新世覆盖层; 2: 中砂; 3: 中粗砂; 4: 淤泥质中砂; 5: 硅化带; 6: 混合岩; 7: 断层; 8: 地层序号

图4 武山沙钻孔联合剖面 II

Fig.4 Composite drilling section II at Wushansha

层①: 全新世为淤泥。

层②: 晚更新世以淤泥质中砂、中砂、淤泥、砾质淤泥为主, 底部略有变化, 西端为中粗砂, 东端为砾质粘性土。

层③: 基岩为前寒武纪混合质变粒岩, 还见有少量硅化岩和断层角砾岩。

2.2.2 剖面地层分析

钻孔剖面全新世地层为浅灰色淤泥, 顶部含褐黄色粘土, 武-5 孔埋深 5.1 m 处黑色淤泥的 ^{14}C 年龄为 $2\,205 \pm 25\text{ a}$; 晚更新世地层以淤泥质砂、淤泥为主, 含贝壳碎片, 指示淤泥层的海相成因, 在武-1 孔埋深 15.0 m 处获得贝壳的 ^{14}C 年龄 $34\,150 \pm 320\text{ a}$, 上覆第四纪覆盖层未被扰动或切割, 下部是晚更新世地层, 厚度变化不大, 主要层位连续分布, 与原始地形(岩面)一致。各层未见扰动或切割地层的现象。

2.3 蛇头湾钻孔联合剖面

本剖面布设在虎门蛇头湾, 位于珠江东岸, 属河岸地貌, 地势总体平坦。共布设 2 个钻孔, 从东向西钻孔编号为蛇-1、蛇-2, 钻孔间距 35.0 m。剖面线与浅层物探线基本重合, 以物探解译断层为中心向两侧布孔钻进。

2.3.1 剖面地层岩性对比

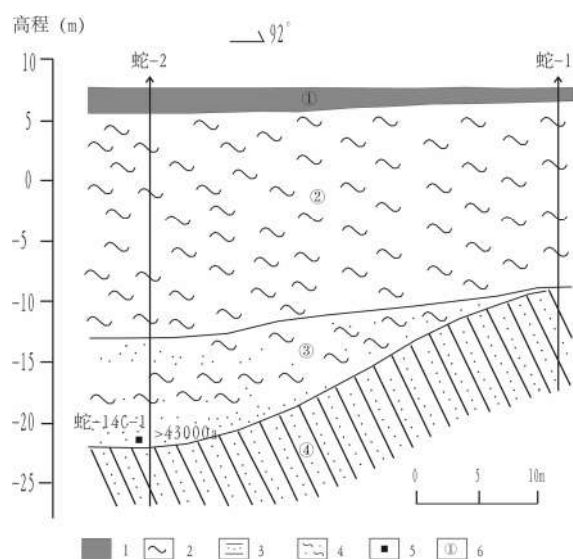
钻孔揭示覆盖层厚度变化很大, 为 16.5~29.8 m, 基底面呈东高西低, 倾斜分布, 东面为基岩山丘, 西边为珠江河道。剖面地层可分为填土层(Q_s)、全新世地层(Q_h)、晚更新世地层(Q_{p3})和基岩 4 个层位(图 5), 自上而下描述为:

层①：填土层偶含植物根系。

层②：全新世地层以灰色淤泥为主、其中间夹两层薄层状的中细砂及淤泥质中细砂。

层③：晚更新世地层主要由杂色粉细砂、灰褐色淤泥质砂、灰色淤泥质粘土及砾砂、粉砂层组成，29.8 m处木屑¹⁴C年龄大于43 000 a测年上限。

层④：基岩为侏罗纪红色砂岩、泥质砂岩及砾岩。



1：填土层；2：淤泥；3：粉砂；4：淤泥质细砂；
5：测年样品；6：地层序号图

图5 蛇头湾钻孔联合剖面

Fig.5 Composite drilling section at Shetouwan

2.3.2 剖面地层分析

覆盖层厚度16.5~29.8 m，岩面东高西低，沉积厚度东薄西厚，呈楔形，与岩面斜坡耦合，与地表地貌暗示一致。东侧为基岩山丘，西为珠江河道。蛇2孔孔深24.8 m处碳化木¹⁴C年龄为42 700±340 a。全新世(Q_h)为海相沉积层，沉积层厚度变化小，不具断错迹象；晚更新世(Q₃)沉积层在蛇1孔中没有出现，而其东侧35 m处蛇2孔厚度为8.8 m。显然，这种厚度变化或土层底面的倾斜“落差”是堆积作用、堆积体对原始地形的响应。晚更新世晚期海相沉积物使原始缓坡取平后，全新世沉积的底界就接近水平了。基岩为侏罗纪红色砂岩层，基岩结构、构造清晰，未见地层被断错现象。

3 结语

通过跨断层钻孔联合剖面的建立和年代学测试分析，南坑—虎门断裂切割了中下侏罗统地层，被白垩纪和古近纪红层所覆盖，上覆第四纪松散沉积物未被扰动或切割，目前尚缺乏断裂更年轻活动的地质地貌证据。

浅层人工地震反射探测手段在本区的使用效果始终不是很理想。这可能与当地的地下水位高和土层薄以及土层本身多相变和成层性差等因素有关。本项目同一测线或部位使用不同方法的浅层地震(纵波、横波、可控震源和锤击、水域地震)进行探测，也出现很不相同的结果。还有，对于效果本身不是很典型的浅层地震资料，也存在不容忽视的多解性。

参考文献：

- [1] 黄镇国,李平日,张仲英,等. 珠江三角洲地貌发育的新认识[J]. 台湾海峡,1984,3(2):189-198.
- [2] 黄镇国,李平日,张仲英,等. 珠江三角洲形成发育演变[M]. 广州:科学普及出版社分社,1982.
- [3] 中国科学院南海海洋研究所海洋地质研究室. 华南沿海第四纪地质[M]. 北京:科学出版社,1978.
- [4] 廖示庭,吴甲添,刘建雄. 广东东莞盆地第四纪地质研究新进展[J]. 广东地质,2001,16(4):48-58.
- [5] 李平日,林晓东,黄光庆. 东江三角洲地貌特征[J]. 地理研究,1991,10(2):11-19.
- [6] 魏柏林. 东南沿海地震活动特征[M]. 北京:地震出版社,2001.
- [7] 盛强,郭良田,王萍. 东莞市第四纪地层综合剖面的建立[J]. 华南地震,2013,33(3):70-76.
- [8] 雷启云,柴炽章,孟广魁,等. 隐伏活断层钻孔联合剖面对折定位方法[J]. 地震地质,2011,33(1):45-55.
- [9] 雷启云,柴炽章,孟广魁,等. 银川隐伏断层钻孔联合剖面探测[J]. 地震地质,2008,30(1):250-263.