

彭承光, 李运贵, 吴名彬. 1918 年南澳大地震发震构造机制分析[J]. 华南地震, 2017, 37(S1):1-14. [PENG Chengguang, LI Yungui, WU Mingbin. Analysis of Seismogenic Structure Mechanism of the Nanao Earthquake in 1918 [J]. South China journal of seismology, 2017, 37(S1):1-14.]

1918 年南澳大地震发震构造机制分析

彭承光, 李运贵, 吴名彬
(广东省地震局, 广州 510070)

摘要: 20 世纪七八十年代, 广东省地震部门先后两次派遣科技人员, 在潮汕地区进行 1918 年南澳大地震调查工作, 广泛搜集当年地震极灾区内各乡镇村落的灾害情况, 为确定地震烈度影响场分布范围和震中位置提供了可靠的依据, 由此判定: 在地震高烈度区内的南澎列岛共轭断层活动构造, 乃是南澳大地震发震构造。由于南澎列岛的发震构造机制, 令发生南澳大地震时, 在潮汕与闽南地区的海岸线出现海潮退而复涨的异常现象。这是 20 世纪中国南海近海唯一伴有海啸发生的地震。

关键词: 汕头市; 南澳 7.3 级地震; 发震构造机制; 海啸

中图分类号: P315.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662 (2017) S1-0001-14

DOI: 10.13512/j.hndz.2017.S1.001

Analysis of Seismogenic Structure Mechanism of the Nanao Earthquake in 1918

PENG Chengguang, LI Yungui, WU Mingbin
(Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, Chian)

Abstract: In the seventies and eighties of last century, Guangdong Earthquake Agency has sent earthquake workers twice to Chaoshan area to investigate the Nanao Earthquake in 1918. They widely collected the disaster situation of villages in the earthquake disaster area, which provide a reliable basis for the determination of distribution range of the seismic intensity influence field and the epicenter position. Based on above, it can be inferred that the Nanpeng Islands conjugate fault activity construction in the high intensity area is the seismic structure of the Nanao earthquake. Due to the seismogenic tectonic mechanism the Nanpeng Isliland, there existed anomaly in the coastline in Chaoshan and southern Fujian region with the tide retreating and then rising again. The Nanao earthquake is the only earthquake with a tsunami in 20th century near South China Sea offshore.

Keywords: Shantou City; The Nanao 7.3 earthquake; Seismogenic tectonic mechanism; Tsunami

收稿日期: 2017-01-10

作者简介: 彭承光 (1937-), 男, 研究员, 主要从事地震工程研究。

E-mail: pchq99@sohu.com.

0 前言

1918年2月13日,农历戊午年正月初三,正当人们还在欢度马年新春佳节时,一场广东历史上罕见的大地震悄然来临了。当日下午2时7分,汕头市南澳县附近发生7.3级地震。这是自宋代平治四年(1067年)以来,广东省发生破坏性最严重的一次大地震,亦是20世纪中国南海近海唯一伴有海啸发生的地震。

此次地震有感范围波及甚广,几乎震撼了中国的南部地区,包括广东、福建、香港、澳门、台湾、湖南、江西、湖北、浙江、安徽、江苏、上海,以至广西等省(区)市。地震灾害严重殃及粤、闽两省,地震极灾区主要分布在粤东汕头、南澳、澄海、潮阳、饶平、潮州、揭阳、普宁、惠来、大埔和丰顺等地,以及闽南诏安、东山、云霄、漳浦等地。

1 南澳大地震调查工作

1971年10月,粤、闽两省的地震机构(原广州地震大队、福州地震大队)建制伊始,便为承担国家地震局下达的有关南澳历史地震调查任务,分别派工作人员在潮汕地区与闽南地区,开展历时近九个月的1918年南澳大地震调查访问工作。广东省地震部门参加该项调查工作的有:陈恩民、吴名彬、林伟松、尹永年、游象照等9人。戊午年发生的南澳大地震,已经过去了半个多世纪。那场大地震所留下的惨烈天灾印迹,随着沧桑岁月的流逝,已经模糊或行将消失。当时的地震极灾区内,许多乡镇村庄的建设面貌,都已经发生了很大的变化,但仍有一些古村落和老山寨,或因所处地方偏僻、或许当地社会习俗,而令当年遭那场大地震摧残捣毁之后,还有许多垮落的府第宅院、坍塌的民居厝屋、崩坏的土楼古堡、残败的宗祠庙堂等地震遗址,依然无人管理,一直无人问津。而沦落为一处处屋宇倾毁的瓦砾废墟,或一片片断壁颓垣的残骸废地。因此,关乎这些地震废墟的身世,早已被后人所忘却,也已鲜为人知。若无知情人士的指引,这些被遗弃的地震遗址陈迹,局外人却一时也难以寻觅。幸亏在潮汕地区乡镇党政负责人的大力协助组织下,在许多乡里村寨的居民点,共召开了数百次有关该地

震灾害的座谈会,邀请了1500多位当时年龄在60至97岁之间的长者,请他们口述回忆当年地震时所见所闻的情景,因此,地震调查人员得以广泛地收集到当地乡镇村庄遭受地震破坏情况的资料,并拍摄到一百多帧有关村落遭地震摧残后,各式建筑物被破坏倒毁的珍贵照片,顺利完成汕头地区历史地震调查任务。并编绘了一九一八年二月十三日南澳地震等烈度线图^①。

1984年间,为承担国家地震局下达国内首批开展重大建设工程场地抗震设防要求的工程地震任务,广东省地震局专门组成汕头市地震小区划工作队,下设工程地震测试组和地震地质调查组,并由地震地质调查组负责提交:综合评价广澳工程区域范围和近场区地震活动特征与地震构造环境,以及在其所处的地震区(带)内、所划分的潜在震源区边界与地震活动性参数;同时,根据史料记载和历史地震灾害调查资料,分析确定历史地震对工程场地影响的地震烈度值。为此,广东省地震局于1984年5月指派工程地震地质专业人员,赶赴潮汕地区开展地震地质调查工作,对一些主要断层的性状逐一作出鉴定,并对当年那场在潮汕地区造成严重破坏的戊午南澳大地震,再次进行补充调查和有关灾害资料的搜集工作。以便为潮汕地区重大建设工程选址与确定抗震设防要求提供科学依据。参加地震小区划工作队地震地质调查组成员有:彭承光(组长)、王业新、徐起浩、李运贵等人。是次南澳地震的补充调查任务,在汕头市和潮州市地震部门指派科技人员陈诗安、魏先洁等人的通力协助下,探询昔日一些赈灾救助单位,以及公益事业、慈善机构、佛教协会等民间社团组织,采访近百名贤达古稀老人所提供的有关地震灾害线索,多方面搜集原潮汕极震区各乡镇村落的老厝宅(典型潮汕式屋子和大宅院),以及饶平县内的土楼寨(典型潮州山民群居和防卫合一的大型土楼房)等建筑物遭地震破坏的资料,乃至有关地震的遗闻轶事,获得了许多殊为难得的地震灾害信息。1985年5月,地震小区划工作队地震地质调查组顺利完成野外现场调查工作。同年7月,在汕头市召开广澳工程野外地震地质调查阶段工作汇报会上,由广东省地震局小区划工作队地震地质调查组彭承光向与会专家做野外调查阶段的工作汇报。该地震地质调查组根据对南澳历史大地震的补充调查访问资料,

^① 吴名彬. 历史汕头地区地震调查报告. 广东省地震局, 1972.

以及对展布在粤东地区及南澎岛主要断层晚第四纪以来活动性的鉴定, 所获得的资料分析复合结果, 提出: 将 1918 年汕头市南澳大地震的宏观震中, 重新确定在南澎列岛东侧附近, 并在东南沿海地震带中, 将南澎列岛及其附近地段划为一个 7.5 级潜在震源区。在这次评审会上, 通过以国家地震局林庭煌副局长带领的专家组(时振梁、李坪等十多位专家教授)和其他与会专家们的讨论评审后, 对广东省地震局地震小区划工作队在野外开展地震地质调查所取得的工作成果表示满意, 并一致认同应将 1918 年南澳大地震的震中确定在南澎列岛东侧附近。

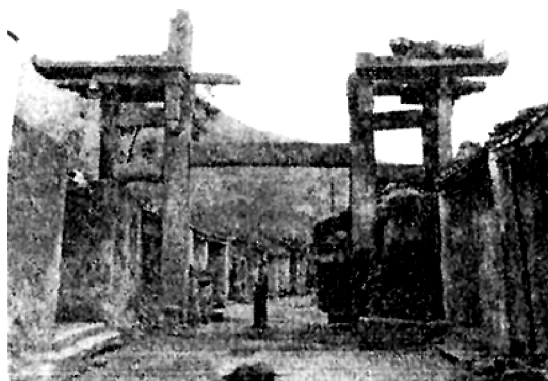
经过广东省地震局于 20 世纪七八十年代, 先后两次派员赴潮汕地区, 进行南澳大地震调查访问工作所掌握的实际资料, 得以逐一追寻一九一八年二月十三日那场地震浩劫在极震区内施虐的踪迹。据此, 籍以还原当年地震极灾区内各村落灾害严重程度的分布情况, 为确定南澳大地震烈度影响场的分布范围和震中位置提供可靠的事实依据。于是, 作者便对先前编绘的南澳地震等烈度线图的震中位置和十度烈度线的范围进行了修改^①。

2 南澳地震概述

上世纪 70、80 年代, 广东省地震局工作人员在潮汕地区进行 1918 年南澳地震调查访问结果, 获得了许多关于这次地震灾害情况的宝贵资料, 印证并充实了史料对这次地震的记载。从而表明: 民国七年二月十三日, 农历戊午年正月初三午后, 广东与福建两省接壤地带的潮汕地区和闽南地区, 骤然轰隆隆声大作, 自远而近, 旋即地动山摇, 山区多处峰峦岩体随即应声爆裂, 巨石纷纷滚落, 诸多山体出现大规模滑坡, 大量土石堵塞交通道路; 平原大地犹如阵阵波浪掠过, 地面摇摆晃动尤为剧烈, 令人头晕目眩, 无法行走与企立, 多处地段地裂喷砂冒水、地表滑移下陷。地震极灾区许多乡村的庐舍厝宅顷刻坍塌、倾毁, 山寨土楼古堡骤然破裂、崩垮。

潮汕极震区: 偌大的南澳县深澳古城顿时被夷为废墟, 全城满目疮痍, 仅有那座建造在石亭街上, 为纪念明朝抗击荷兰侵略、军功显赫的郑芝龙将军(郑成功之父)而树立的八柱三间花岗岩石仿木结构大牌坊——宏伟壮观的“郑芝龙坊”, 被震得体无完肤(该石牌坊顶盖层震落, 坊上石匾坠毁, 石梁及石板构件被折断, 大石柱发生逆时针扭动)(照片 1), 以及木柱结构的“振威第”、

“军门第”和“康厝祠”(康氏宗祠)等少数古建筑, 都带着遍体震伤才逃过大劫; 但, 云澳镇更是大祸临头, 许多村落民居屋宇纷纷坍塌倒毁, 处处瓦砾成堆(照片 2); 后宅镇也厄运难逃, 地震过后, 乡里村寨许多厝仔倾覆、四处断壁残垣(照片 3)。



照片 1: 南澳县郑芝龙坊顶盖震落, 坊上石匾坠毁, 石梁及石板构件被折断, 大石柱发生逆时针扭动。(原广州地震大队, 摄于 1972 年)



照片 2 南澳县云澳镇屋宇坍塌倒毁, 村寨处处断垣残壁、瓦砾成堆。(原广州地震大队, 摄于 1972 年)



照片 3 南澳县后宅镇村寨(白牛村)厝仔倾覆、残骸满地。(广东省地震局原广州地震大队 摄于 1972 年)。

① 吴名彬. 1918 年 2 月 13 日南澳 7.3 级地震烈度复核报告. 广东省地震局, 2005.

饶平县柘林镇北港、南任、头乡、埔尾等村落，在戊午年地震暴发的一瞬间，村子里的厝宅几乎都出现朝北西向倾倒或坍塌(照片 4)。据广东省地震局工程地震地质调查结果认为，那一地带的村庄，正好坐落在黄冈河活断层带上，显然，上面所说的那种情况，应是那场大地震引起活断层效应所产生的灾祸现象，致使柘林镇好几个村子顿时飞来横祸，受到重创，许多民房厝屋被毁。



照片 4 饶平县柘林镇村落厝宅几乎都朝北西向倾倒或坍塌。(广东省地震局潮汕地震台站，陈诗安、魏先洁于 1986 年提供)

汕头埠市及其周围许多城镇的楼宇(照片 5)、府第、民房(照片 6)、店铺和客栈，横遭破坏或倒毁者历历在目，许多乡里村寨围墙扯裂崩颓，照壁倾倒，潮汕式民居厝仔(屋子，潮汕“下山虎”)和大厝宅(大宅，类似老北京四合院的潮汕“四点金”，以及潮汕大宅院“驷马拖车”民居建筑物)的砖、土墙破裂、屋脊折断、瓦垄滑落滚落、厝顶(硬山搁檩屋盖)错位垮塌、厝屋倾圮(照片 7)者比比皆是。饶平县山区许多村落的潮汕式民居、土楼、古堡的外围墙开裂(照片 8)或楼盖损坏(照片 9)者随处可见，土楼内后沿墙体多有破裂倾覆、房舍损坏严重、倾倒者也不乏其例。许多村落的宗祠、寺庙、殿堂都被破坏，有的甚至坍塌。各处的花岗岩石仿木结构牌坊，有的石柱、石梁及石板构件被折断，有的部分顶层、坊上石匾坠落。分布在潮汕和闽南沿海几座声名远播的海防古城堡，亦都遭到毁坏。是日地震，军兵死伤甚众，黎民百姓罹难者以数百计(或以千计)，伤亡不可胜数(具体数字无法统计)。



照片 5 1918 年南澳大地震，汕头市崎碌教堂附近楼房墙体折裂崩断，屋顶坍塌。



照片 6 汕头市达豪镇毛石砌筑的民房倒毁。(广东省地震局原广州地震大队，摄于 1972 年)



照片 7 澄海县上华镇冠山村厝宅土墙开裂屋顶盖坍塌。(广东省地震局原广州地震大队，摄于 1972 年)



照片 8 联饶镇高厝铺土楼园寨围墙多处震裂。
(广东省地震局原广州地震大队，摄于 1972 年)



照片 9 饶平县许多土楼围墙多处震裂崩落或楼盖损坏。
(广东省地震局潮汕地震台站，陈诗安、魏先洁于 1986 年提供)

3 南澳大地震的发震构造

发生大地震时通常震中地区烈度最高，随着震中距加大，烈度逐渐减小^[1]。基于地震烈度影响场与发震构造两者的因果辩证关系，以及根据作者先后两次对该地震灾害的调查访问获得第一手

资料，所编制的 1818 年 2 月 13 日南澳地震等烈度线分布图(图 1)，便可判断：于华南地震区东南沿海滨海地震带中，在南澳地震高烈度区的地震影响场内，应存在着某个与其构造应力场有内在联系的活动构造所形成的发震构造。

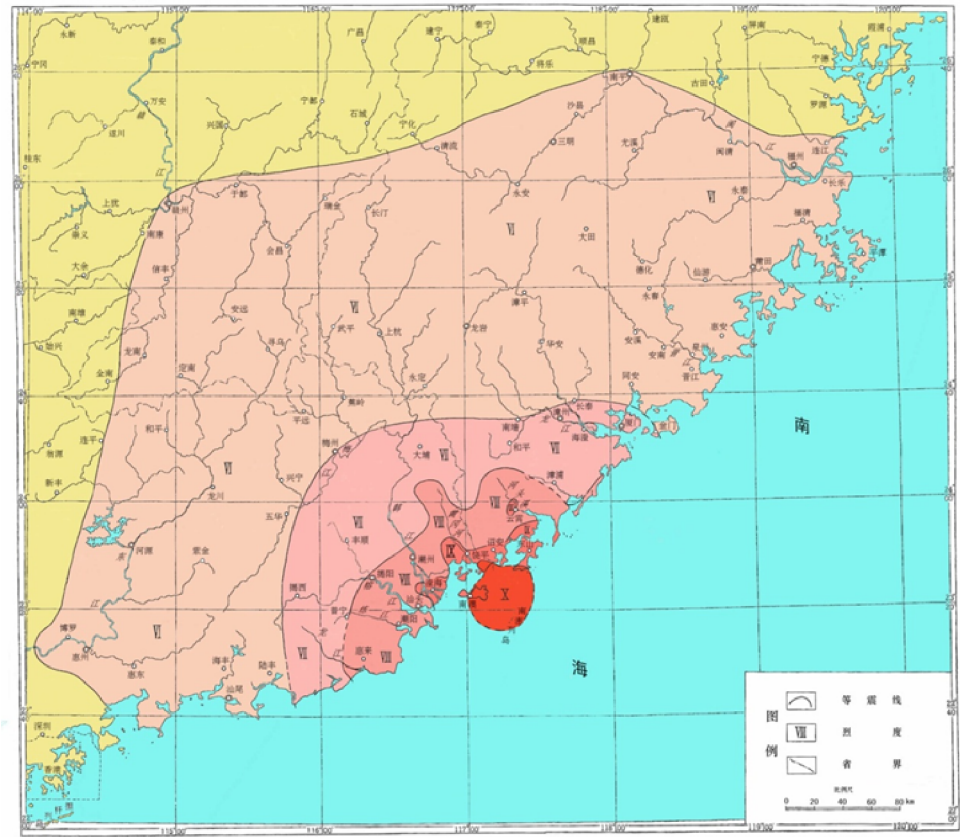


图 1 1918 年 2 月 13 日 南澳大地震等烈度线分布图

Fig.1 The intensity line map of the Nanao earthquake on February 13th,1918

探测查明,在这个地震带中,发育一条由多支断层斜列组合形成呈北东东走向的滨海断裂带。根据广东省地震局的地震地质调查报告、物探报告和有关研究资料,复合分析结果认为:1985年,我们提出重新修订的戊午年南澳地震震中位置,

正好就是滨海断裂东端的南澎列岛断层,与北北西走向的黄冈河断裂,在饶平县柘林镇南面海边潜入中国南海后,继续向东南方向延伸至南澎列岛,并在此与北东走向的南澎列岛断层相交会、而形成南澎列岛共轭断层构造的部位(图2)。

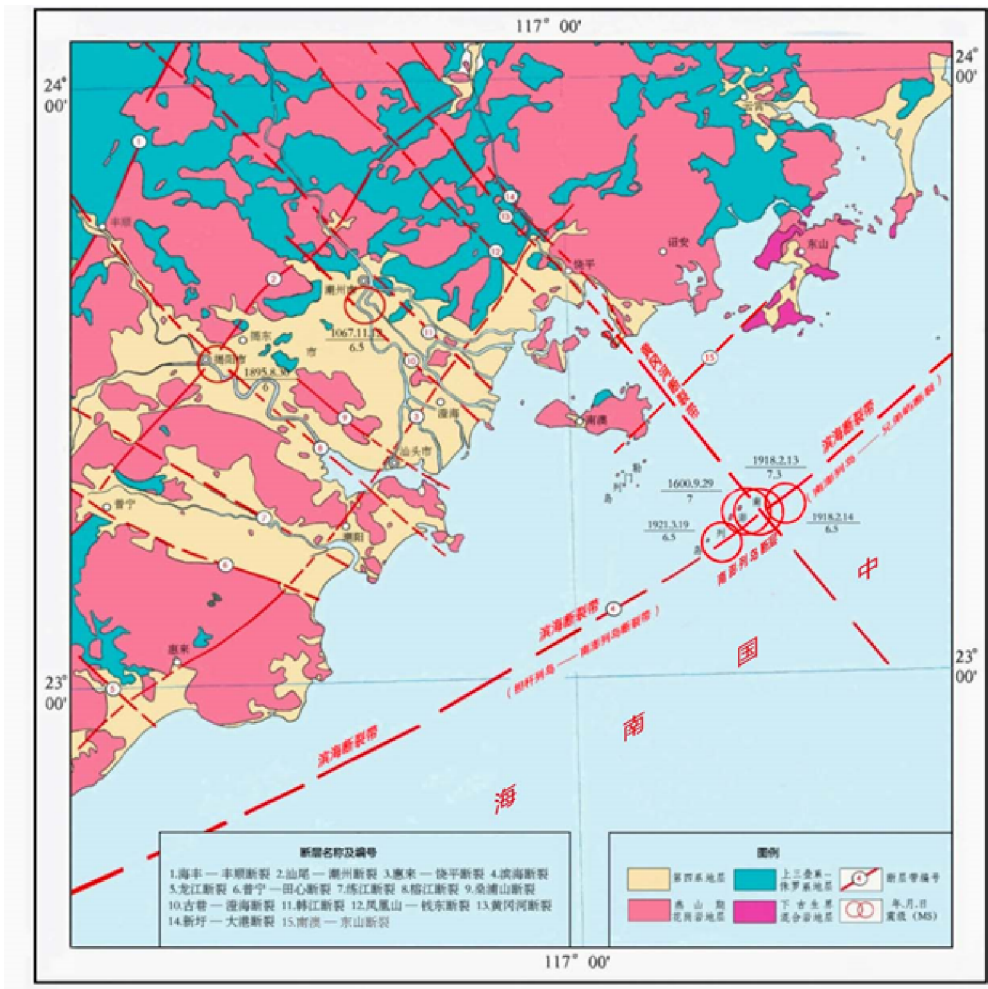


图2 黄冈河活动断裂和南澎列岛活动断裂相交会的共轭断裂构造、与南澳大地震震中构造相关联的位置图

Fig.2 The location map of conjugated fault structure formed by the intersection of Huanggang River active fault and the Nanyang Islands active fault and the seismogenic structure of the Nanao earthquake

关于横亘在广东省滨海地带与海岸线平行的这条隐伏的滨海大断裂(断层),前人有关资料很少着笔。1948年,地质力学创始人李四光教授,在论述《中国的造山历史和构造轮廓》的构造略图中^①,曾勾划一条经过香港并与广东海岸线平行的断裂。1977年,北京航空物探大队根据航空磁测结果,发现南海北部大陆架内,分布一条大致呈北东东向的、剧烈变化的降低负磁异常带,认

为它是一条扭压性的破碎带,将其称之为南澳-香港断裂带^①。1978年,第二海洋地质大队海洋磁测结果,亦认为存在着汕头-香港断裂带^②。1981年3月,时任广东省地震局地震研究所所长丁原章率领科技人员彭承光、张瑞禾、徐起浩和张福来等人,根据珠江口外诸岛屿的大尺度航空照片进行室内断裂构造解译结果,赴大万山群岛开展实地考察验证。该项工作在中国边防守岛部队的大力

① 北京航空物探大队. 南海北部海域航空磁测概查报告, 1977.
② 第二海洋地质调查大队. 南海北部海洋地质综合初查报告, 1978.

协助下, 历时两个月顺利完成岛屿断裂构造调查工作, 所获得的资料表明: 在大万山群岛南面的海岛上, 几乎都有近东西向至北东东向右行走滑逆断层出露行迹, 例如: 在佳蓬列岛北尖岛的侏罗纪花岗岩地层中见倾向南、倾角 $70^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 、走向近东西至北东东的右行走滑逆断层(照片 10), 东澳岛的长角咀-东澳湾断层(照片 11), 两洲岛高耸断层面直劈入海里的二门角-犁头咀断层(照片 12) 等。尔后, 根据广东省地震局与协作单位北京航测大队, 对该区段的海域进行航磁延拓所获得的资料, 综合分析结果判断: 在佳蓬列岛、担杆列岛的南侧隐伏着一条走向北东东 70° 、倾向南东, 倾角 85° , 宽度较大的右行走滑逆断层构造带, 故将上述这条滨海断层的西端称谓“担杆列岛断层”^①。1982 年, 广东省地震局地震地质研究室, 依据卫星遥感信息解译结果推断, 在广东省沿岸浅海一带、海水等深线 30~50 km 处, 分布着一条与海岸线平行的、规模宏大的隐伏断裂, 这条断裂一直由担杆列岛朝北东东方向延伸至南澎列岛, 故把这条与广东省海岸线平行的断裂(断层)带, 命名为“担杆列岛-南澎列岛断裂”, 并将其简称为“滨海断裂(断层)带”。这条滨海断裂带的东端就是南澎列岛断层。



照片 10 北尖岛, 近东西向至北东东向断裂, 在侏罗纪地层中形成几米宽的断裂构造破碎带, 镜向北东(广东省地震局, 彭承光摄于 1981 年 3 月)



照片 11 东澳岛, 北东东向右行走滑的长角咀-东澳湾断层裂面发育构造角砾岩, 镜向北东(广东省地震局, 彭承光摄于 1981 年 3 月)



照片 12 两洲岛, 近东西向的二门角-犁头咀断层, 高耸的断层面直劈入海里, 镜向北西(广东省地震局, 彭承光摄于 1981 年 3 月)

担杆列岛-南澎列岛断裂, 正好横卧在中国华南地震区东南沿海地震带中。在历史上, 华南地震区发生的 7~7.5 级地震, 就分布在这条由多支断层斜列组合而成的滨海断层带上。其中, 尤以 1918 年汕头市南澳 7.3 级(也有专家教授认定其为 7.5 级)地震最为强烈, 其震中烈度为十度。

① 彭承光, 王振才, 张虎男, 等. 广东核电站地震地质特点补充研究报告. 广东省地震局, 1981.

下面介绍滨海断裂东端的南澎列岛断层和黄冈河断层性状，并由这两条断层互相交会、组合形成的南澎列岛共轭断层构造。

3.1 关于南澎列岛断层的性状

1984 年间，广东省地震局科技人员徐起浩等人，先后在南澎列岛进行地震地质调查的结果表明，分布在南澎列岛上的地层，主要为片麻状、条带状混合岩和混合花岗岩。在顶澎、南澎、中澎岛上出露的北东向断裂剪切挤压破碎带，不仅规模小、且都倾向北西，显然，它并非南澎列岛断裂的主断层。但是，在南澎岛东侧岸边的陡崖，却展现为一条宽 20 多米，走向 $NE55^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 、倾向 SE 的断裂构造破碎带，其高倾角断层面（形成陡崖）直插入海里（照 13）。据此认为，展布在这几个岛屿东面岸边，那些规模并不大的北东向断层，应是南澎列岛断裂旁侧发育次级断层的反映。它就是本文前面提及的那条滨海断裂带东段的南澎列岛断层。

1984 年，作者等人根据前人在南澳岛南面的勒门列岛及南澎列岛海域、进行海底地质调查所获得的资料分析结果认为，南澎列岛西北侧具大陆继承性地形，其上岛屿、礁石星罗棋布，水下谷地、洼地交错其间，海底表层分布灰黑色泥质细粒沉积物，而原来分布于古海岸线潮间带这一侧的、形成



照 13 南澎岛东侧岸边北东向逆断层，其插入海里的断层面在海上形成陡，镜向东北（广东省地震局，徐起浩摄于 1984 年）

于更新世某一时期的含砾粗砂层，则被淹没于海底 30 m 深处，据此判定：南澎列岛西北侧为断层下降盘。南澎列岛东南侧，地势平坦，其上岛屿消失，海底表层却分布含有大量的、仅适于淡水河口区或潮间带生活的生物遗体的含砾粗砂沉积物（图 3），由此推断：南澎列岛东南侧为断上升盘^[2-3]。

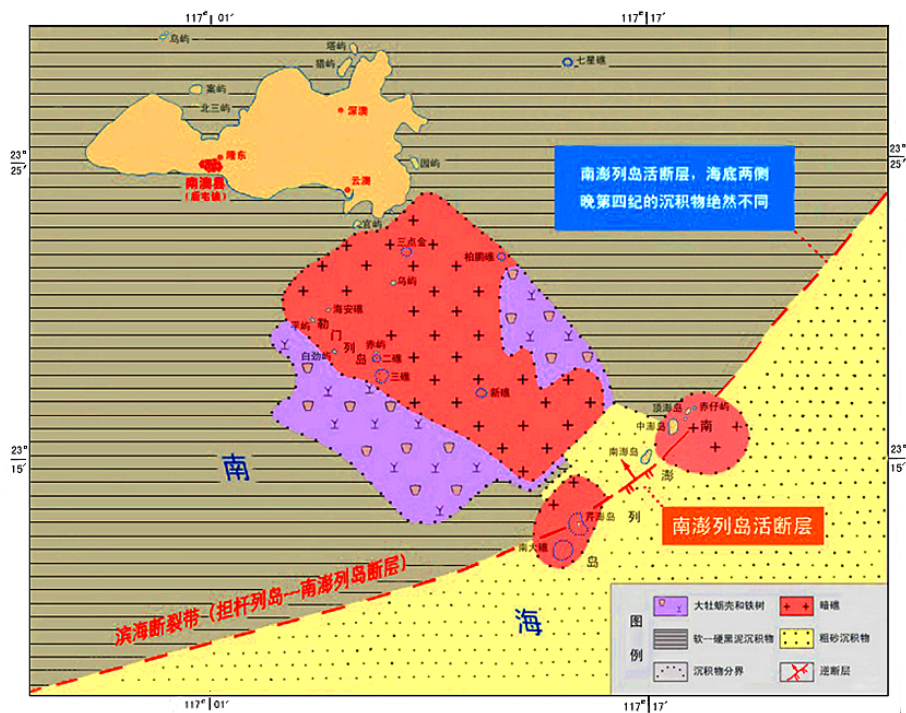


图 3 南澎列岛断层

Fig.3 The Nanoeng island fault

从图 3 可见, 南澎列岛断层是一条切穿第四纪覆盖层的活动断层, 自晚第四纪以来, 由于南澎列岛断层的逆冲作用, 导致断层两侧地壳产生差异性升降活动, 断层西北侧为下降盘, 断层东南侧为上升盘, 使断层两侧的海底地貌和沉积物迥然不同, 由此推断: 南澎列岛东南侧为断层上升盘。据前人在南澎列岛进行的海洋构造地球物理探测与海底地质调查资料可以认为, 自晚第四纪以来, 中国南海东北部现代构造应力场, 主要受菲律宾与欧亚板块推挤作用影响, 促使南澎列岛断层活动的逆冲作用, 导致断层两侧地壳产生差异性升降活动、以及水动力条件变化等原因, 令断层两侧的海底地貌和沉积物迥然不同。据广东省地震局地震台网的测震记录资料显示, 在南澎列岛东侧周围, 现代小震仍聚集带呈北东方向分布。

综上所述, 可以鉴定: 南澎列岛断层是一条切穿第四纪覆盖层、且现今还活动的逆断层; 卫星数字磁带图像处理结果表明, 滨海断裂带的东端, 正好是黄冈河活动断层由陆域向海域延伸至南澎列岛, 在此与南澎列岛活动断层相交会而形成现代活动构造的部位。

为探测滨海断裂带的具体位置及其地球物理特征, 以及两侧地壳结构的属性和差异, 2001 年

8 月, 广东省地震局与中国科学院南海海洋研究所等单位合作, 在汕头外海域完成了一条海陆联合深地震测线, 该联合测线呈 NNW-SSE 向, 测线从饶平县新塘镇(X 点) 经南澳地震台(N 点)、海陆过渡带(A 点)、陆架区(B 点)、陆坡区到深海区(C 点)。探测结果表明: 在距南澳地震台(N 点) 以南约 35 km 处, 由上至下显示为一个连续的纵向低速破碎带, 宽度 6 km 左右, 水深约 30~50m, 推测为滨海断裂构造带, 该带速度的降低是沿断裂带岩石破碎的结果, 此结构剖面中断裂带倾向 SE 向, 结合前人的研究成果, 推测滨海断裂构造破碎带速度与相应层位的速度相比降低 0.2~0.4 km/s, 对应着负磁异常梯度带, 空间重力异常与布格异常均处于内陆架近岸重力高带, 重力异常值在 0~10×10 mGal, 断裂带深度接近莫霍面, 是华南陆区正常型陆壳与海区减薄型陆壳的分界地壳断裂^[2]。

由于上述布测的 NNW-SSE 向联合深地震测线, 不仅纵贯滨海断裂带, 而且也正是北东走向的南澎列岛断层, 在此与北东东走向的滨海断裂带复合归并、相互连接的地段; 据此, 其探测结果显然反映了这条南澎列岛断层与滨海断层带归并连接后, 在中国南海东北部现代构造应力场的推挤作用下, 形成南澎列岛断层挤压破碎构造带所显示的地球物理特征(图 4)。

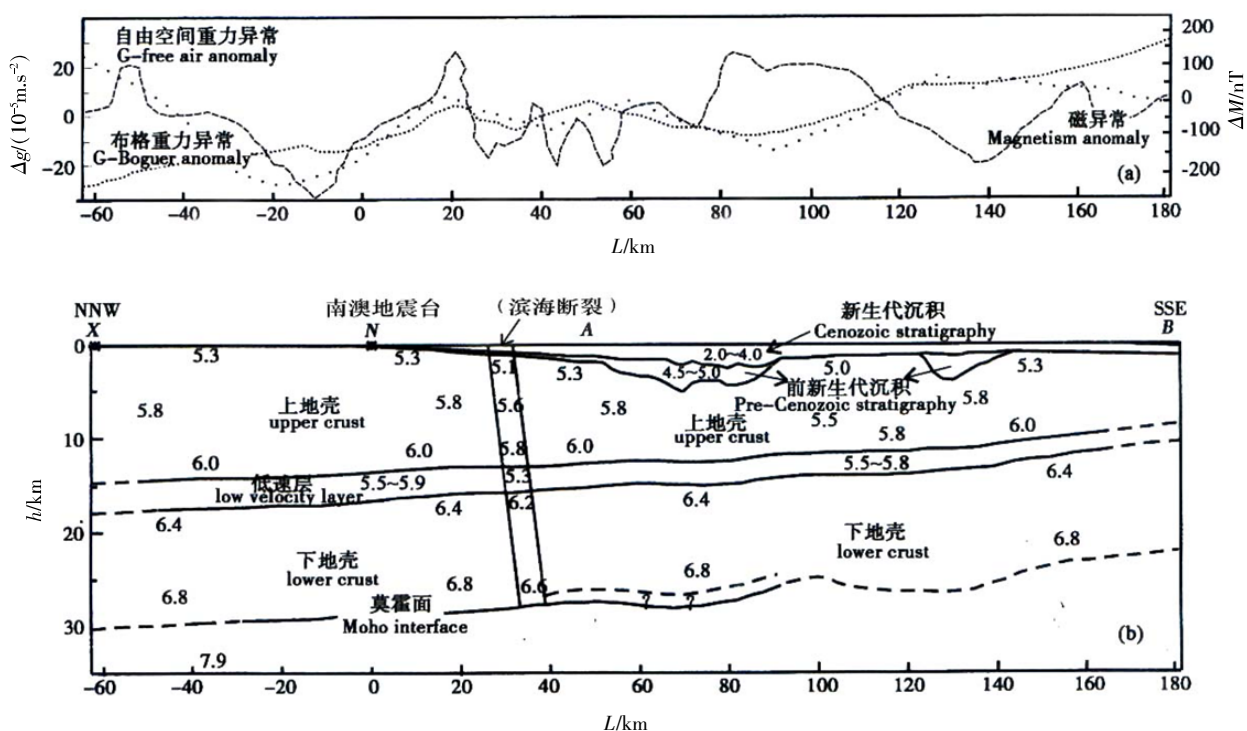


图 4 滨海断裂带地球物理特征及地壳速度结构剖面^[1]

Fig.4 Geophysical characteristics and crustal velocity profile of Binhai fault belt

从图 4 可见,在距南澳地震台(N 点)以南约 35 km 处,水深约 30~50 m,由上至下显示为一个连续的纵向低速构造破碎带,宽度 6 km 左右,断裂带倾向 SE,推测为滨海断裂构造带。该 NNW-SSE 向海陆联合深地震测线,控制了滨海断裂带最东缘的断层带,其探测结果正好反映了南澎列岛逆断层与滨海断裂带复合归并、相互连接后,在中国南海东北部现代构造应力场的推挤作用下,形成破碎构造带所显示的地球物理特征。

3.2 关于黄冈河断层的性状

据广东省地震局地震地质学技术人员的野外调查资料表明,黄冈河断层(断裂)带是一条规模宏大、延伸很长的北北西向左行走滑断层。断裂主体走向 NNW310°~320°,倾向 NE 或 SW,倾角 70°~85°。系由一支支呈舒缓波状、或一束束雁列状、断续分布的断层组成。该断层带在陆域上的延伸长度达 120 km,自北西往南东方向延伸,其宽度由数米逐渐增加至几百米以上。沿断层带发育断裂构造岩与密集剪切破裂面。其卫星遥感信息的线性构造行迹影像清晰,断裂控制黄冈河的展布和第四纪饶平盆地的发育,是一条自晚更新世以来还活动的断裂。该断裂构造带进入高堂镇军寨山后,便紧靠黄冈河西岸山坡地带分布并陆续出露,在里和睦村附近贯穿北东向饶平-惠来大断裂构造带后继续伸展至虎头山。黄冈河断裂带以饶平-惠来断裂为界,可将其分为西北段和东南段(即潮汕盆地饶平段)。黄冈河断裂延伸至黄冈镇西北侧龙眼城虎头山后,几乎整个东南段都匿藏于黄冈河床与河口第四系土层下面,并隐伏于柘林湾海底^[4]。根据该断裂主体走向的延伸方向,以及卫星数字磁带信息图像、所显示断裂构造形迹的分布位置,可以判断:黄冈河断裂带的主干断层,就在柘林镇与西澳岛之间宽约 1 km 的、被第四纪沉积土层所覆盖的凹槽中通过。尽管无法在此地带对黄冈河断裂东南段主干断层进行调查,但是,我们可以通过该断裂带出露在柘林镇与西澳岛两侧的东、西分支断层的性状来加以了解。实地调查结果表明,在柘林镇至西澳岛这一区段内,虽然黄冈河断层带东南段两侧的断层性状却也不尽相同,但该区段所遭受到的构造应力作用,都远比其西北段严重得多。在柘林半岛,黄冈河断层带东侧断层,见发育北西向左行走滑密集剪切面的硅化花岗岩剪切破裂带(照片 14),断层沿线不仅出现硅化岩和岩石发生糜棱岩化,其断裂面均产生岩屑和岩粉,而且,还发

育张性与压性的构造角砾岩破碎带(照片 15);黄冈河断层带西侧断层,见发育厚薄不一的糜棱岩与硅化构造岩,且都显示被挤压破裂现象,其裂面也都产生岩屑和岩粉(照片 16),断层沿线的硅化花岗岩构造带中,所产生的团块状石英角砾还出现复遭剪切现象(照片 17)。



照片 14 柘林镇马头山至山寮的岸边,黄冈河断裂带东侧北西向断层,一直扼守在沿岸侵入花岗岩体中,形成带宽约 20 m 的密集剪切面的硅化花岗岩破裂带镜向北西(广东省地震局,彭承光摄于 1997 年 1 月)



照片 15 柘林镇马头山西北面山坡开挖面,黄冈河断裂带东侧北西向断层带发育硅化岩和糜棱化岩,裂面夹岩屑和岩粉(A),其东边还产生构造角砾岩破碎带(B)镜向北西(广东省地震局 彭承光摄于 1997 年 1 月)

综上所述,依据调查出露在柘林镇与西澳岛附近的黄冈河断层带的性状,充分反映了该断裂曾因构造应力作用强度的不同,而出现多期次不同的活动过程,因此产生了多种断裂构造岩、且再遭挤压破裂等现象。



照片 16 柘林镇西澳岛新乡西面海边，黄冈河断裂带西侧北西向断层发育，厚 1.0~1.5m 条带状硅化构造岩挤压破裂带，裂面产生岩屑和岩粉镜向北西(广东省地震局，彭承光、卢帮华摄于 1997 年 1 月)



照片 17 柘林镇下岱埔虎咀，见黄冈河断裂带西侧北西向断层，碎裂花岗岩构造带岩石硅化，其中局部产生的团块状石英角砾复遭剪切镜向北西(广东省地震局，彭承光、李子权摄于 1997 年 1 月)

黄冈河断裂在西澳岛与旗头山之间分为三支，其东支的西南盘为旗头山侵蚀台地，北东盘则为现代砂堤平缓低地，这种地貌反差现象亦显然与该断裂自第四纪以来存在差异性升降运动有关。据在旗头山附近采集该断裂带东侧的断层泥样品，经热释光测试分析结果为 8.36 ± 0.65 万年，表明断裂最新一次强烈活动在晚更新世。在旗头山东南约 800m 处的山坡地带，采集同一断层的断裂碎屑物，经热释光测定为 9.68 ± 0.79 万年，同样反映了该断裂具有较新的活动性。

根据国家地震局地震地质研究所汪一鹏等人，于 2001 年对横跨断层的水系进行测量分析结果表明：北北西向黄冈河断裂自晚更新世以来，就开始了左行走滑活动，一直到全新世，且早期 $(1.040 \pm 0.082) \times 10^4$ a 以来，断裂的左行位移量达到 $1.11 \pm 0.09 \sim 2.69 \pm 0.24$ mm/a。

黄冈河断裂在柘林镇埔尾虎咀至头乡一线的滨岸地带潜入中国南海，其卫星遥感影像信息呈黄黑色，断裂构造形迹展布于南澳岛东北侧海域，在近岸水体中，控制了深水槽的发育，其断裂行迹继续向东南方向延伸至南澎列岛，并与南澎列岛断层相交会。

3.3 关于南澎列岛共轭断层活动构造

1981 年，彭承光等人根据对我省滨海岛屿野外地震地质调查和有关资料分析认为：中国南海北部大陆边缘与滨海地带呈现一些“x”型共轭断裂构造，由北东向至北东东向的右行走滑断裂与北西向至北北西向的左行走滑断裂组成。其水平最大主压应力优势方位为北西西-南东东方向。这是由于太平洋板块和菲律宾板块前缘向大陆碰撞，在南海北部产生挤压力源作用的结果。中国南海东北部滨海地带现今地震震源机制断层模式与这个“x”型共轭断裂构造应力模式十分吻合。“x”型共轭断裂构造是东南沿海大陆边缘值得注意的地震构造^[3]。

上面介绍的北北西向左行走滑的黄冈河断层，以及北东向右行走滑的南澎列岛断层，虽然，其走向不同，剪切方向相反，发育时间有先有后，且发育程度也不等，但是，基于在中国南海东北部这个区域统一构造应力场的作用下，这两组断层在南澎列岛所产生的交叉剪切带(即共轭剪切带)，便形成了共轭断层构造(见图 2)

根据分布在柘林镇与西澳岛一带黄冈河断层的性状，以及出露在中国南海南澎列岛断层的鉴

定结果,当可认为:黄冈河断层与南澎列岛断层均为活动断层。根据中国南海东北部现代构造应力场环境条件的分析判断:这个隐伏于南澳大地震震中区内的南澎列岛共轭断层构造,不仅是个活动构造,而且是个孕育和发生戊午年南澳大地震的发震构造。就亦说,南澎列岛共轭断层活动构造,乃是南澳大地震发震构造,根据它的具体位置,亦可将其称谓“南澎发震构造”

由于在地壳中构造应力释放的方式,一般表现为断层突然活动并伴生强烈地震,由此表明,南澎列岛共轭断层构造,乃是中国南海东北部区域构造应力场中一个挤压应力集中的释放区。根据力学原理,应力集中区(或层段)的应力被释放之后,这些构造应力并未消失,而是转为作用于邻近的地质构造上,由邻近地质构造承载这些被释放的应力。1918年2月13日发生的那场大地震,至今,已近100年了,南澎列岛共轭断层构造的应力状况究竟怎么样了?这当然是地震部门业内人士最为关注的大事。

4 南澎发震构造机制

南澎发震构造机制,曾引发1918年2月13日南澳大地震产生下降型海啸。这是20世纪中国南海近海唯一伴有海啸发生的地震。

我国史料对海啸的记载有多种称谓,《县志》、《府志》,以及《地方志》把海面上的风暴潮、海底火山爆发、海底坍塌滑坡和构造地震引起的海啸都称为“海吼”、“海溢”、“海沸”、“海翻”,亦有把海啸记载为“海水皆动”,“海水腾涌”,“海潮退而复涨”等。

翁文灏^[9]对这次地震作了如下记载:“民国七年二月十三日,福建、广东沿海地震。其震中区域在泉州至汕头一带,地裂土崩,海水腾涌,房舍倾覆,死亡者以数百计”。翁文灏对南澳地震灾害的综述,固然有笼统之弊,但却给读者传递了一个十分可靠的信息:民国七年二月十三日地震,“泉州至汕头一带,海水腾涌”。谢毓寿^[9]指出:“广东南澳附近海域7.3级地震,福建同安地大震,海潮退而复涨,鱼船多遭没;广东汕头:地震当时湾泊在码头的一艘船,其船底竟至与海底接触”。

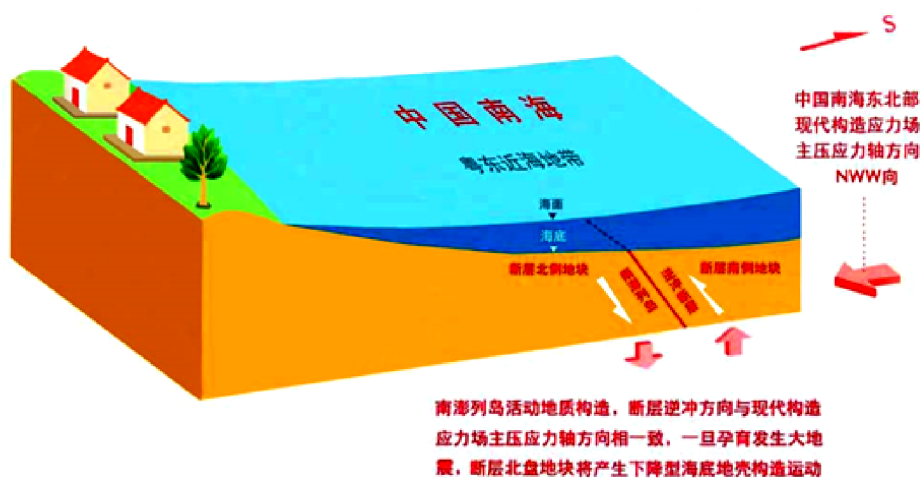
根据学者们对史料的严谨查考辨正,将伴随该地震出现的现象所作的准确释义,让人对当年那场大地震有个通俗地认识:即1918年2月13

日,汕头市南澳大地震暴发之时,在闽、粤的泉州至汕头海岸地带,首先,出现异常的退潮现象,造成当时湾泊在汕头码头的一艘船,其船底竟至与海底接触,然后,出现海潮退而复涨,海水腾涌,鱼船多遭没。由此可见,昔日地震,泉州至汕头的海岸线呈现“海潮退而复涨”的异常现象,而且产生“海水腾涌”,应系南澎发震构造机制曾引发当年南澳大地震产生下降型海啸,毋庸置疑。为了揭示并解释1918年南澳大地震时,出现“海潮退而复涨”这种异常现象的个中原因,不妨先了解一下,发震构造机制与发生地震海啸形式这两者的关系。所谓地震海啸,就是海底发生地震时,海底地形急剧升降变动引起海水的强烈扰动。通常地震强度在里氏6.5级以上、震源深度小于50 km时,就有可能发生破坏性地震海啸。根据发震构造机制的不同,地震海啸现象可分为“隆起型”海啸和“下降型”海啸两种形式。“隆起型”海啸:某些构造地震引起海底地壳大范围的急剧上升,海水便随着隆起区一起抬升,并在隆起区域上方出现大规模的海水积聚,在重力作用下,海水必须保持一个等势面以达到相对平衡,于是,海水从波源区向四周扩散,形成汹涌巨浪。这种隆起型的海底地壳运动形成的海啸波,在海岸线首先表现为异常的涨潮现象。“下降型”海啸:某些构造地震引起海底地壳大范围的急剧下降,海水首先向突然错动下陷的空间涌去,并在其上方出现海水大规模积聚,当涌进的海水在海底遇到阻力后,即翻回海面产生压缩波,形成长波大浪,并向四周传播与扩散,这种下降型的海底地壳运动形成的海啸,在海岸线首先表现为异常的退潮现象,旋即在海岸却出现海潮退而复涨的现象。

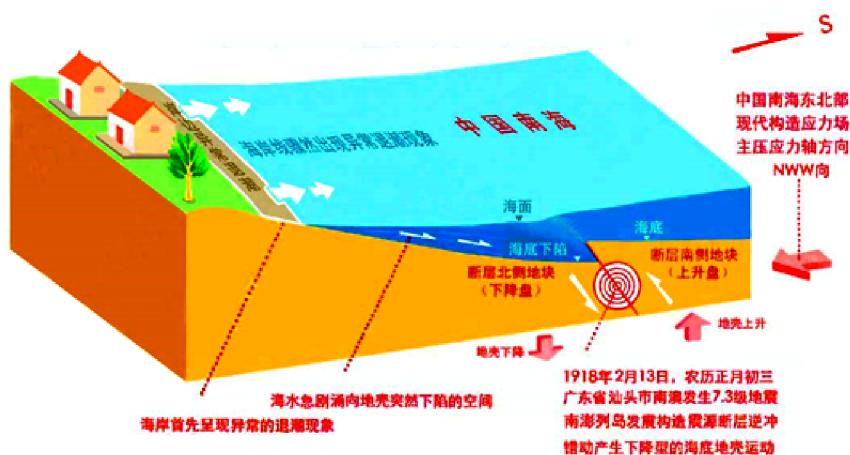
基于对“隆起型”与“下降型”海啸形式的识别,不难理解:由于中国南海东北部区域现代构造应力场,主要受菲律宾板块和欧亚板块推挤作用的影响,其主压力方向为NWW向,而南澳大地震的震源断层-南澎列岛断层的逆冲方向,正好与中国南海东北部区域现代构造应力场的主压力轴方向相一致;由此可知,1918年2月13日,农历正月初三,发生在汕头市南澳县东南面海域的7.3级地震,其发震构造机制导致南澎列岛断层(震源断层)北盘地块,突然大范围急剧下降(图5a),引发“下降型”地震海啸。地震时,海水首先向突然错动下陷的空间涌去(图5b),于是,在海岸线首先表现为异常的退潮现象,当涌进的海水在其上方已出现大规模积聚而在海底遇到阻力后,即翻回海面产生压缩波,形成长波大浪,向

四周传播与扩散，并直扑粤东滨岸地带。此时，海啸就在海岸线表现为异常的涨潮现象，继而“海水腾涌”，呼啸的大浪便接踵狂奔而来，直扑

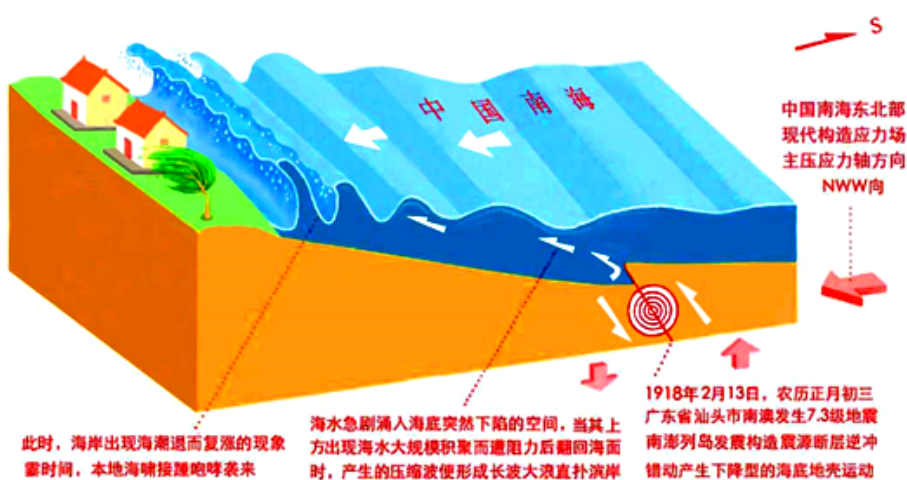
港湾、河口(图 5c)，令港湾失态、江河失措，汹涌翻滚的海涛随即将港湾与江河的一些岸坡护堤、固滩围坝相继捣毁崩溃。



(a) 图解之一



(b) 图解之二



(c) 图解之三

图 5 南澎列岛发震构造机制与海啸形式关系的图解

Fig.5 The relationship between seismogenic structure of Nanpeng Island and tsunami formation

由此可见,1918年2月13日那场南澳大地震,乃是20世纪中国南海近海唯一伴有海啸发生的地震。

根据上世纪七、八十年代广东省地震局技术人员在粤东潮汕地区进行汕头市南澳历史地震调查,拜访亲历南澳大地震的古稀长老、尤其是当地老渔民口述回忆当年地震时,海岸线出现海潮异常变化现象,都印证了发生在汕头埠南澳岛近海那次大地震,曾给在潮汕海岸线地段带来地震海啸灾害。至于昔日这场地震引发海啸的等级有多大,海啸到达海岸线的波浪有多高,如今就不得而知了,这个问题只好留给地震海啸专家去讨论好了。

5 结语

光阴荏苒,岁月匆匆,1918年2月13日,农历戊午年正月初三,发生在汕头埠(市)南澳县南澎列岛那场大地震,现已离我们远去即将100年了。

当年,广东省历史上发生那场特大的天灾惨祸,现正在被人们所淡忘,南澳大地震的沉重记忆,也许随着岁月的流逝而消失。

昔日,汕头地区许多乡镇村落,遭那场地震摧毁的令人目不忍视、耳不忍闻的悲哀场景,也早已湮没于时间的洪流中。如今,时过境迁,逝者长已矣。常言道:往事如烟随风去,不堪回首休再提。可是,每当回忆起往日那些亲历者或知情者,绘声绘色地给我们老一辈地震科技人员,数说当地村庄遭受那场大地震施虐摧毁时的惨烈情境,以及他们对罹难先人依然怀着相离莫相忘的不尽思念心情,却令人难以释怀。为了不被忘却的纪念,谨以此文寄托哀思,纪念农历戊午年正月初三汕头市南澳7.3级地震遇难先人。

前事不忘,后事之师。但愿生于斯、活于斯、干于斯、爱于斯的后来人,对往昔那场突而来的大地震,造成惨重的自然灾害有所了解,从而让人们科学地认识地震,懂得敬畏自然,遵循自然规律,谨记安不忘虞,勿忘戊午年潮汕大地之震殇;亦让人们提高防震减灾意识,增强房屋抗震能力,按建设工程抗震设防要求,建设美好家园,以防范于未然,确保一方平安。

致谢:本文得到广东省地震局丁原章、林纪增、黄剑涛、梁干、吕金水、等专家教授和领导对本文提出宝贵的修改意见,在此,特表谢意!

参考文献:

- [1] 赵明辉,丘学林,叶春明,等.南海东北部海陆深地震联测与滨海断裂带两侧地壳结构分布[J].地球物理学报,2004,47(5):845-852.
- [2] 彭承光.中国南海北部大陆边缘“x”型共轭断裂构造与地震关系[C]//中国大陆地震构造及地壳动力学学术讨论会论文摘要汇编.北京:中国地震学会地震地质专业委员会,1981.
- [3] 翁文灏.回忆一些我国地质工作初期情况[J].中国科技史料,2001,22(3):197-201.
- [4] 谢毓寿.中国地震历史资料汇编[M].北京:科学出版社,1986.