福建东南部近岸海域断裂与地震

王耀东 丁祥焕 陈玉仁
（福建省地震局）

福建省东部紧连西太平洋地震带，历史上曾发生过多次强震，震级最大达8级，近来弱震活动也很频繁。这些地震绝大多数发生在福建东南部沿海一带，尤以近岸海域地区最甚。它们多沿活动断裂带分布，与第四纪以来，特别是现今的地壳活动密切相关。

本文就近岸海域断裂的存在、基本特征及其与地震的关系，进行初步探讨。

一、福建东南部断裂构造格局

在中生代以前，福建东南部一带为一隆起剥蚀区。燕山运动时，发生了强烈的断裂活动，使这个较坚硬的地块破碎解体，形成了一系列以北北东——北东走向为主的断裂构造，在沿海自西向东发育着；福清东张——诏安汀洋埔断裂、长乐——南沃断裂、平潭、平原——东山沃角断裂；在近岸海域内也有二条主要的断裂，它们分别存在于离岸10—15公里和20—30公里的海域，大致在水深25米和40米等深线附近，其构造形迹见于兄弟屿。陆上所见，断裂的断面多向南东方向倾斜，东山前梧及其海外的兄弟屿，其断面倾向北西，倾角都在45度以上，它们平行排列，以一定的距离彼此间隔，而且愈往海洋方向其间距愈小，没有发现有先后交切关系。而在断裂的某些地段北西向或近东西向断裂发育，它们彼此交汇，相互切刈，共同组成了福建东南部的断裂构造格局（图1）。

沿海地带的三条断裂，习惯上总称之为长乐——诏安断裂带（今称为长乐——南沃断裂带），近海域的二条主要断裂是其组成部分。它们都具有挤压破碎特点，冲断层发育，性质相似，构成同一系统的地质整体——复式断裂带。断裂带中各断面平行而又斜列，反映了它们在太平洋及菲律宾板块向大陆板块挤压、俯冲下，发生了左旋错动，为同一应力场作用下的产物。主压应力方位为南东东——北西西向。据1978年8月10日平潭以东海域5.3级地震的震源机制解，在大区域应力场方面，现代构造应力场与之基本上是一致的，P轴方位327度，为北西向，使北东25度节面产生左旋剪切滑动。从近期地震活动及地壳形变资料来看，愈往海洋方向应力的作用愈强，断裂活动也较剧烈。

断裂的活动，控制了福建东南沿海海岸地貌和第四纪地层的发育和分布，以及地震的孕育和发生。

二、近岸海域主要断裂的存在

福建东南部近岸海域的地震活动，是近岸海域二条规模较大断裂活动的结果。这二条主要断裂的存在，从地质上、地貌上和沉积物上等都可得到证实：

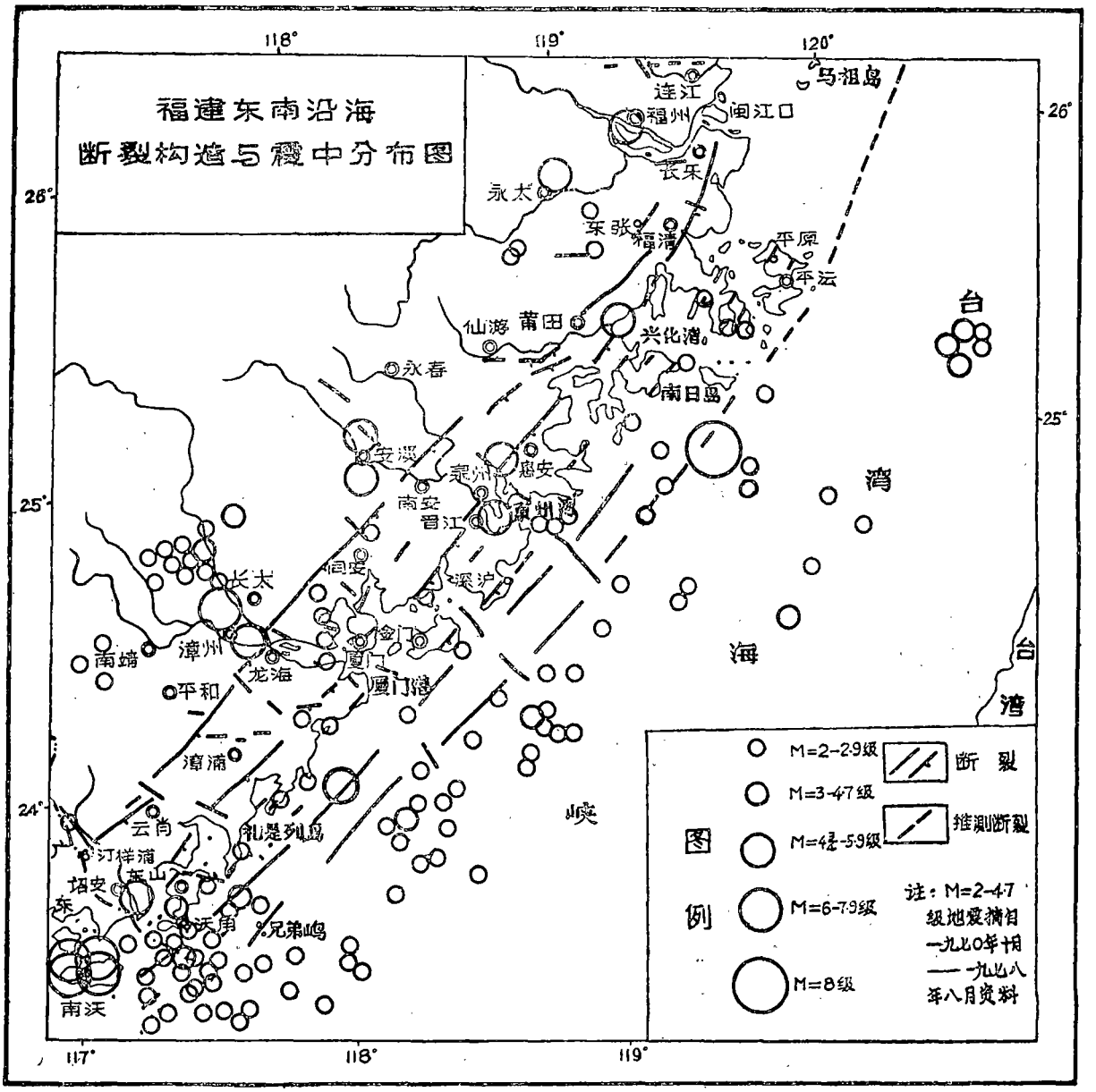

图 一

1.动力变质作用向海方向逐渐增强 长乐——诏安断裂带中，岩石受强烈挤压破碎和动力变质，形成了沿断裂走向展布的“动力变质带”。在这些变质带中，岩石遭受动力变质所形成的片理、片麻理和挤压破碎带，其变质深度和破碎程度，自陆向海方向有逐渐增强的趋势，规模也逐渐增大。仅从滨海的平潭平原——东山沃角动力变质带来看，发育在该带内，呈北东向狭长带状分布的“东山变质岩[1]”，由陆向海，其变质程度也由浅变深。在这动力变质程度较深地带以东，紧邻的近岸海域当有受区域同一构造应力场所支配的断裂存在。

事实上，沿海许多岛屿存在着呈北北东或北东方向的片理化带、挤压破碎带就是证明。例如：在兄弟屿的小柑屿见到北东50度的挤压破碎带，破碎带中心岩石已糜棱岩化，断裂两

侧破劈理发育，断裂崖壁紧迫海西，两头延伸入海，无疑是海域断裂在岛屿上的出露地段；

2.岩脉愈近海岸或岛屿的岬角愈发育在长乐——诏安断裂带中，伴随断裂活动有一定规模的岩脉侵入，尤以基性岩脉最甚。基性岩脉愈近海岸或岛屿的岬角愈发育，常呈脉群出现，脉体的规模也有增大的趋势。如平潭岛、厦门集美、漳浦虎头山、东山沃角和兄弟屿等地所见，表明滨海与近岸地带受到强烈的挤压而破裂。

3.新第三纪以来的沉积层自陆向海逐渐增厚　在九龙江以南一些滨海地带的第三纪末期至第四纪初期的沉积——“佛昙群”，其厚度有从陆地向台湾海峡逐渐增厚的趋势，在澎湖列岛重力测量表明，澎湖列岛与福建大陆之间有一个沉积中心，这与“佛昙群”为北东走向，倾向南东，呈单斜构造[2]，往南东延伸入台湾海峡有着一致性，显示着构造的延伸。台湾海峡与“佛昙群”相当的海相上第三系，包括第四系，据台湾海峡石油地质资料介绍，最大厚度可达2000米以上。而新第三纪以来，福建沿海地区，除几个盆地和平原有厚度不大的第四系沉积物分布外，其余广大地区均以隆起剥蚀作用为主，而海域40米等深线附近恰好是处在大陆隆起区与台湾海峡沉降区的转折地带。新第三纪以来这种沉积物厚度的急剧变化，当是受断裂所控制。

“佛昙群”中的玄武岩*，沿断裂呈裂隙型喷发。根据玄武岩的分布和厚度以及沿海火山口呈北东向线状式串珠状分布的分析，金门岛以东或东北可能为喷发中心之一，它大致处于相当于40米等深线附近，这里存在着断裂是可信的。

4.大小岛屿在40米等深线附近突然消失　沿海大小岛屿星罗棋布，但紧靠大陆，均属大陆性质，都为岩岛，它们在40米等深线附近突然消失，岛屿东侧的联线呈北东向，与海岸基本线和陆上存在的主要构造线基本平行。许多岛屿东侧见到断层陡壁紧迫海面；

5.海底陡坎或海沟明显存在　从海底地形剖面分析（图2、3），水深25米和40米等深线附近是地形剖面上坡度变化最大的二个急剧转折点，它们在海底构成两条线状延伸的水下陡坎，是海底地貌的转折界线。水深40米等深线附近陡坎的东西两侧海底地貌特征显然有别：西侧近大陆，海底地形复杂，属于大陆继承性地形，为水下岸坡区，水下谷地、洼地、岛群、礁岩密布；东侧海底地形较单调，为地势平坦的海洋盆地区；

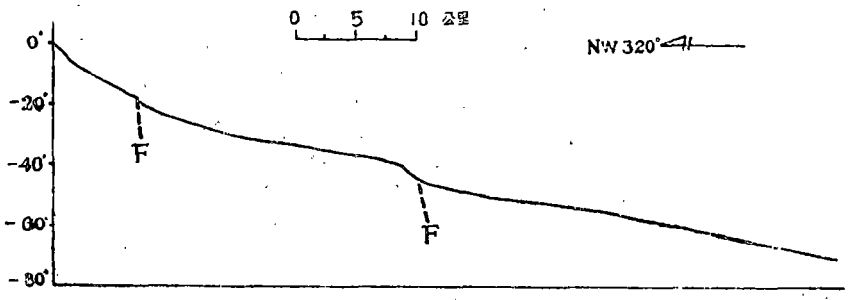

图2　晋江祥芝东南海底地形剖面

6.海底沉积物规则变化　水深40米等深线附近也是海底近代沉积物相变的转折地带。海底近代沉积物平行于海岸呈带状分布，由近岸往远岸粒度作细→粗→细的变化[3]，这

* 据龙海县镇海关头“佛昙群”孢粉分析结果，玄武岩的喷溢时代为新第三纪至第四纪初期。

种粗粒沉积物大致位于水深40米等深线处附近，从此处向两侧作粗到细的规律变化。海底近代沉积物这种粗细变化可能与断裂的活动有关；

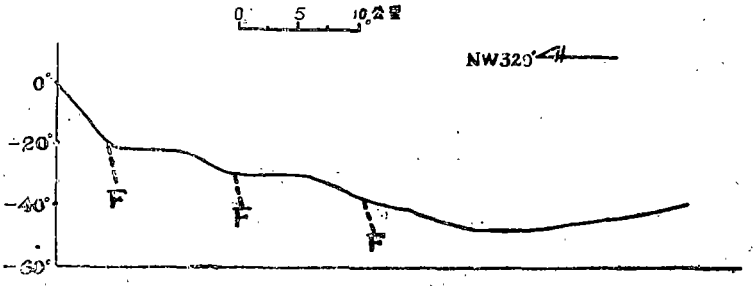

图 3 漳浦六鳌东南海底地形剖面

7.处在两个性质不同重力梯级带交汇地带的正重力异常梯级带上 根据台湾、福建及广东沿海的布格异常图分析[4]：台湾海峡地区正处在一总体呈北东走向展布的正重力异常梯级带，其西紧连福建东南沿海负重力异常梯级带。而40米等深线附近正处在这两个重力梯级带的过渡地带的正重力异常梯级带上，这里地壳厚度变化较大。

卫星照片（1：100万）有关图幅上清楚地看出，在平潭岛以东——乌丘屿附近海域——泉州湾外——金门岛东南——兄弟屿及其附近海域，大致在水深25米和40米等深线附近，明显地存在着两条近乎平行的海底地貌陡坎或较深的海沟，它们与海岸基本线平行，其走向为北东30—35度，线性构造明显，这是近海域主要断裂存在的反映。

三、近岸海域断裂与地震的关系

近岸海域断裂是现今地壳的脆弱地带，现今仍在进行着强烈的构造运动。地震活动很频繁，历史上曾发生过多次强震，以泉州海外的3级大震最甚（图1）。此外，在广东南沃发生过二次7—7¼级地震，二次6—6¼级地震，在漳浦东海中发生过一次4¾级地震。近几年来，小震活动也很活跃。大小地震的震中在空间分布上具有一致性，即历史上发生强震的地方，也往往是现今小震密集的场所，它们呈北东向带状分布于近岸海域断裂上或其邻近；根据泉州海外与南沃附近的强震资料分析，震源深度一般为15—30公里，基本上位于断裂面上或其垂直延伸的地方，说明该断裂面较为陡直；在海域，强震震中区等震线无法圈定，但从外围各等震线仍为长条状椭圆形，长轴为北东向，长短轴之比为2：1。这些，表明了地震的分布受近岸海域断裂的控制。断裂的活动是孕震最基本的地质条件，近岸海域断裂是震区的主要发震构造。

沿近岸海域断裂，地震活动的强度和频度有自北往南逐渐增强的趋势，强震均发生在平潭岛以南海域地区。分析其原因：首先是平潭岛以北和以南断裂活动的强度和活动方式有明显的差异，表现了前者较迟缓，后者较强烈。从海岸地带所见，平潭岛以北以大面积块体运动为主，断裂差异活动不明显，而平潭岛以南为断裂差异活动最显著的地段，在强烈活动的断裂两侧地貌反差大，在海域，平潭岛以北，断裂形迹在卫星照片上的反映也不明显；其次，平潭岛以南地壳破碎程度较高，断裂较复杂，北西向与近东西向断裂发育，并具一定的活动性，近岸海域断裂的活动受到北西向或近东西向活动断裂的阻挡，在其交汇地段，增加了地

震的危险性；第三，从重力场特征看，历史强震大部分发生在反映地壳厚度变化较大的重力梯级带内或其边缘的某些特殊部位，而福建沿海北东向重力梯级带紧迫海岸，其梯级带异常线间距在平潭岛以北大陆略宽于平潭岛以南地区，说明平潭岛以北深部构造较其以南平缓，平潭岛以南地壳变化较为急剧。

在平潭岛以南地区，沿近岸海域断裂展布范围内，强震的分布也是不均匀的，而是相对集中在几个地区，或称其为“强震活动区”，也是现今小震活动的密集区。该断裂大致可划为三个“强震活动区”，即：莆田——泉州海外；金门——漳浦海外以及东山——南沃。形成这些强震活动区的地质条件虽不尽相同，但它们一般都处在近岸海域断裂拐折部位，常有北西向或近东西向活动断裂与之交汇；断裂活动性强，断块差异活动明显，地貌反差大，一侧为断崖陡壁发育的岛屿，另一侧为海底深沟、水下峡谷；从布格重力异常看，它们是处于沿海重力梯级带和重力值发生变化或与北西向重力梯级带交汇部位。因此，这些强震活动区是处在地壳深部构造变化大，二组或三组断裂交汇的复杂部位。强震的发生可能是由于北东向近岸海域断裂的活动受到北西向或近东西向活动断裂的阻挡，造成断裂面凹凸不平，参差不齐，断裂的连续性受到破坏，在被北西向或近东西向活动断裂阻挡的地段，构成断层的“闭锁”条件，积累应力，直到突破这构造“闭锁点”，应力释放。另外，在近岸海域断裂南段，地壳破碎，切刈深，从新第三纪末期至第四纪，曾有多次基性岩浆活动，玄武岩分布较集中，近岸海域断裂是玄武岩喷溢的良好通道，断裂面若被玄武岩熔结堵塞，形成“闭锁”见18页条件，就会在那里形成应力集中区，当应力增强到一旦冲破了这“闭锁”障阻，可能发生强度较大的地震。

结　　语

福建沿海地处西太平洋边缘构造带，地质构造复杂，断裂发育，以一系列呈北北东——北东向断续展布的断块带为主，断裂的活动，从陆地往海洋方向逐渐增强。隶属于长乐——诏安断裂带的近岸海域断裂主要是由二条近乎平行的断层组成。以海域40米等深线附近的断层最显著，它是一条具年青构造特征的活动断裂，深切地壳，对两侧的地貌发育、沉积环境和岩浆活动起了重要的控制作用，可能是台湾海峡新生代沉降带与武夷——戴云隆起带的分界线。自新第三纪末期以来一直到全新世都处于强烈活动中。为长乐——诏安断裂带中活动性最强的断裂，是更新世以来的主干断裂。在新构造运动时期，该断裂的继承性活动明显，第四纪以来，断裂活动有增强的趋势。

福建沿海大地水准测量成果表明，滨海的上升量大于内陆；反映了现今断裂带所处的应力状态与断裂带形成的时期基本上一致，主压应力方位为南东东——北西西向。在太平洋及菲律宾板块向大陆挤压、俯冲的形势下，首先必然引起福建沿海近岸海域断裂的强烈活动，因此造成历史强震与现今弱震沿断裂带的分布。

在近岸海域断裂中，现代地壳构造运动的方式和强度，并不是到处一致的，地震活动强度和频度各处也不一。平潭岛以北海域，断裂活动性弱，历史上没有强震发生；平潭岛以南海域，断裂活动性强，切割深，在断裂构造的特殊部位，常是应力集中和骤然释放的有利场所，由于各地段断裂的规模、活动强度和活动方式的差异，构成了不同强度的地震活动区，尤其是玄武岩分布区附近、往往是强震活动区。

鉴于目前对海峡和一些近岸地区的海洋和海底地质地貌尚未进行全面系统的调查，资料

尚有一定的局限性，因此，所提出的看法也是初步的，有待进一步深入工作。

本文撰写中参考了本队及有关单位的工作成果，借此向有关单位和给予支持的同志致谢，陈国昌同志协助清绘插图，王笼教对本文提了宝贵意见，在此深表感谢。

参 考 资 料

1.福建省1：50万 地质图编图组 《福建省地质图说明书》1：50万 1975年
2.福建省区测队 漳州幅 东山幅1/20万区测报告（地层部分） 1974年
3.国家海洋局三所 福建中段（闽江口——深沪湾）海岸带地质地貌综合调查报告 1965年
4.中国科学技术情报所 台湾地震活动性及一些有关问题 1972年
5.王笼、王耀东、丁详焕、谢在团 福建东张断裂带中的断层和变质现象 地质学报45卷3期 1965年
6.中国科学院海洋研究所海底沉积组 我国台湾浅滩大陆架地形、地质的调查 海洋科学（增刊） 1978年
7.金翔龙、喻普之 东海大陆架地磁场与地质构造的初步研究 海洋科学（增刊） 1978年

◁*▷ ◁*▷ ◁*▷ ◁*▷

（上接第41页）

顶部常为次级断陷复杂化，许多强烈地震常发生于这些断陷盆地的边缘或内部。如康滇台背斜顶部的许多小型断陷盆地和山西台背斜顶部的汾河断陷，都是多震地区。

3.大型形变凹陷带；地形变反映了负向构造单元的继承性运动，地震或分布于盆地内部阶梯状形变带上，如银川盆地1739年的平罗地震；或分布于次级隆起的边缘，如渭河断陷盆内的朝邑地震；更多的地震分布在盆地边缘与周围山区过渡的形变陡变带上，如河西走廊等盆地附近的地震。所述地区也是断层通过的部位。

4.不同方向形变等值线交接的部位；一般是不同方向构造交汇部位的反映，如燕山构造带（近东西向）与华北断陷（北东向）交接处的三河、唐山一带，多有地震发生。又如1975年的海城地震，位于北东向与北西西向形变等值线的交汇处。

总之，本文所述以大区域的或活动断裂带的地形变与地震活动的关系为主，关于地震前、后的垂直地形变已有一些文献进行过讨论[2][3][4]，在此不作论述。

参 考 文 献

〔1〕中国科学院地质研究所 中国大地构造基本特征及其发展的初步探讨 地质科学 1974年第1期
〔2〕国家地震局地震测量队 1966年邢台地震的地形变 地球物理学报 1975年第3期
〔3〕国家地震局地震测量队 1970年云南省通海地震的地形变特征 地球物理学报 1975年第4期
〔4〕郭增建等 从水平力和垂直力的相互作用讨论我国境内地震的孕育和发生 地球物理学报 1977年第3期