

论1530年涠洲岛东南海域地震及其强度

潘建雄

(广东省地震局)

提要 本文论述了1530年10月对广西合浦与广东海康产生震感的地震是一次海上地震,通过特定作图法得到其震中位于涠洲岛东南13km的海中($21^{\circ}00'N$, $109^{\circ}15'E$),推测其震中烈度为Ⅱ度强,震级为5级。根据历史资料的记述,1530年10月地震是在同一地区相隔数小时内连续发生的两次震级相近似的地震。此外,本文对涠洲岛周围海域区之地质构造作了论述,指出这里发生中强及强震的地质构造条件是充分的,今后对该区的地震危险性应给予重视。

关键词: 涠洲岛地震 特定作图法 地震参数 地质构造条件

前言

1988年5—8月间,笔者在承担“茂名30万吨乙烯工程地震影响小区划综合研究”中负责区域地震地质及潜在震源的综合研究,工作中强烈地意识到,在沿海地区及近海域内,可能还有历史上发生在海中的强震被遗漏,或者衰减到陆地后,本来是属海域区的强震却被当作在记载地区的有感地方震了。如濒临北部湾海域的广西合浦地区,历史上有过多次有感地震记载,推测其中有些作为地方震的地震可能是属于海中的强震,其中如1530年10月(明嘉靖九年秋九月)的那次地震就是这样一个例子。该震在笔者1988年9月的打印资料上初步确定其强度超过5级,震中位置大致在涠洲岛东南海域¹⁾。在笔者初步确定1530年强震是发生在涠洲岛东南海域后不到两个月,北部湾海域于1988年11月5日及10日又先后发生4.7级及5.1级地震,从而起到事实上强化笔者的上述认识。由于北部湾属于我国南海西部石油勘探之主要远景区之一,北海港又是我国的重点开放口岸,重要的基本建设与日俱增。因此,及时提供地震方面的研究成果,有着重要的意义。本着这一宗旨,特将涠洲岛东南地震的研究成果润笔后和盘托出,使其为国民经济建设服务。

一、史料集录

公元1530年10月(明世宗嘉靖九年九月)在今广西合浦南侧涠洲岛东南海中发生了一次地震。最早记述该次地震的文献是《广东通志初稿》,系嘉靖十四年刊本²⁾(1)。具体记述如下:嘉靖九年秋九月,廉州地震,同日二次俱有声。巳时既震,申时复震,俱隐隐如雷鸣,自西北而适于东南,屋宇动摇,人心惊悸。雷州府亦然。(广东廉州府治合浦,今广西合浦;雷州府治海康,今广东海康)。

按时间先后,对嘉靖九年九月报导廉州有地震记载的地方志还有:崇祯、康熙、乾隆、

1) 潘建雄等,茂名乙烯工程区域地震地质及潜在震源综合研究报告。1988

2) 广东省地震局,广东省地震史料汇编。1978

道光年间修编的廉州府志及康熙年间修编的合浦县志。其中以崇祯七年（公元1634年）刊本最早，离震时达104年；最晚为道光志，刊出时间是震后292年以后了。据了解，上述诸种府县志对该次地震的记述均比《广东通志初稿》中的记述简单。

二、用作图法确定震中位置

《广东通志初稿》刊印时间为嘉靖十四年，仅在嘉靖九年秋九月廉州、雷州地震后五年，是最早集录该次地震的版本。可想而知，在《广东通志初稿》成书之前，即在嘉靖九年地震后至嘉靖十四年成书前，修编者就已掌握了该次地震的资料。而其它府、县志修编时间至少是在震后百余年后，两相比较，可以认为《广东通志初稿》对地震的描述最为可信。下面分析均以《广东通志初稿》中所述地震的情况为依托。

从廉州（合浦）地震隐隐如雷鸣，……，屋宇动摇，人心惊悸，雷州府（海康）亦然的记述分析，合浦、海康两地波及地震之烈度至少应为Ⅳ度，特别是合浦地区，震感记述翔实，如人心惊悸之震感与Ⅴ度区人们感震后往往惊逃户外的情况较接近，故很可能已达Ⅳ度强。为了确定其震中位置，笔者自创了一种作图法及结合地质构造来推定震中的办法。具体作法如下：在合浦至海康间作一直线AA'，CC'则为AA'的中垂线（图1）。现量得AA'直

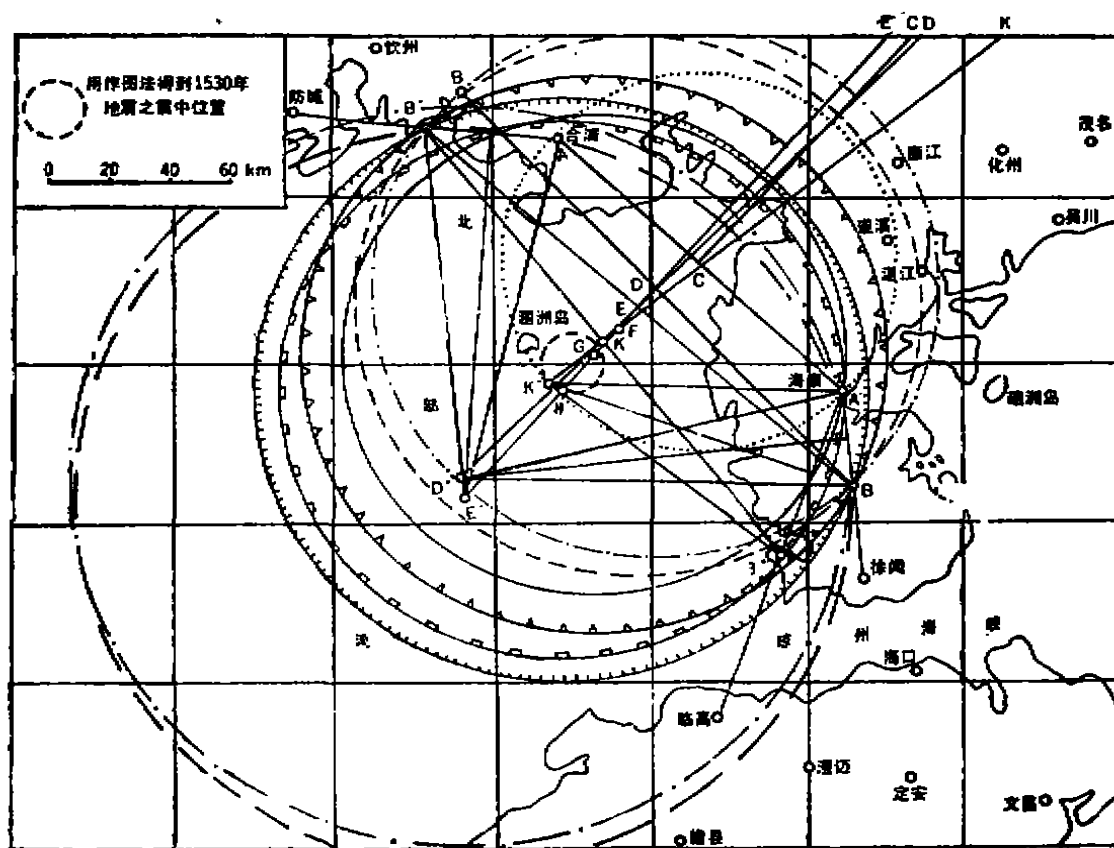


图1 1530年涠洲岛东南地震震中图解

Fig.1 The epicentre map about the earthquake in 1530 at the southeast of weizhou Island

线距离为126km, 如果以此当作IV度实测之感震平均长度的话, 则以AA'的中点C为园心作为推测震中, 其感震范围便是以CA'为半径的圆圈, 反映在图1上显示系由密集黑点组成的圆圈圈闭区域。查阅AA'连线东侧的廉江、遂溪、湛江诸市县属无震感之市县, 可是其中之遂溪却留在密集黑点组成的圆圈内, 这显然是不合适的。如欲使遂溪移至感震圈外时, 只有把园心(推测震中, 下同)移至CC'线向西南的延伸线上之某一点位才有可能, 但在新的点位上仍以CA'之长度为半径作新园时, 会把实际有震感反映的合浦和海康排除在感震域外, 因此也不能令人满意。尽管如此, 它却给人两个新的启发: 其一是震中不在C点, 而应在C点之西南方; 其二是感震域的平均最大直线距离一定要大于AA'之距离。可以设想, 大于AA'之感震长度(通过推测震中之感震域直径, 下同)一般可定在感震县至背离AA'中心的相邻无震县间的某一点上, 但在该点分别至感震县与相邻无震县间的距离的比值上, 目前尚无经验, 在此我们规定以感震县至相邻无震县间距离的中点为准, 取该点作为感震域的推测边界点。根据这一规定, 我们把合浦西北毗邻无震感的钦州与合浦间的中点B'视作感震域的一个边界点, B'视作感震域另一端的边界点, 两点在图1上连成直线BB', 中垂线为DD'与DD"。当以DB'为半径画出虚线间点圆圈为感震域区时, 它把无震感的廉江、遂溪及湛江均囊括在圈内, 显然是不合适的, 为了满足要求, 推测震中部位还得由D点向西南位移至某个地段才有可能。由于B'是海康徐闻间的中点, B'与海康间的连线为A'B', 其中垂线与DD"线交于D", 使 $\triangle D''A'B'$ 成为等腰三角形。当以D"A'为半径划出长虚线间点圆圈为感震域区时, 尽管它把廉江、遂溪、湛江均排斥在圈外, 但在东南方却把无震感的临高留在圈内。由此可见, 推测震中往西南不能延至D"。同样, 我们找出了防城(明朝称永安州)与合浦间的中点为B", 亦得直线B"B'与中垂线EE'。如是以EB'为半径作出了短虚线圆圈为感震域区, 可见遂溪仍留在圈内。为了把遂溪也排斥至感震域外, 其办法是把园心继续由E点向西南推移, 现令EE"作为EE'向西南的延长线, 然后以遂溪为圆心, EB'为半径划弧时, 可在EE"线上交于F, 那么在FE"线段上任意一点为圆心, 以该点到B'间的距离为半径所划出的感震域园均能把廉江、湛江、遂溪排斥在圆圏外。由于 $\triangle E''AB''$ 为等腰三角形, 以E"A为半径划出长虚线圆圈为感震域区时, 把无震感的临高纳入了圈内。由此可见, 推测震中应在F与E"两点间的某个部位, 笔者结合地质构造认为: 在F至H段约28km内, 最有可能是1530年地震的震中, 在这个范围内, 选择了G及H两个特定的点子作为参考震中点。其中G点及其附近是北西及近南北向断裂的交汇部位, 近东西向的潯洲—礐洲断裂在其北缘通过; H点及其附近则为北西及北东东向断裂的交汇区(图3)。因此, 无论G点抑或H点均是极有利的发展地段, 且二者相距仅17km, 实际上可划归为同一个地震危险区。其具体作图步骤如下: 以G为园心, 以GA'及GB'为半径, 在图1上分别作出了实线园及带三角锯齿圆。两圆均把无震感的廉江、遂溪、湛江及临高排斥至圏外, 但实线园却把推测有感边界点B'排斥在圏外, 带三角锯齿园则既包括了实际知道之感震区A'点, 也包括了推测感震边界点B'点, 是很理想的。现量得GB'的长度为96km, 它可视作参考的感震平均半径。同样, 在图1上可以H为园心, 以HA'及HB'为半径, 分别作出了带方齿圆及带短线齿圆。其中只有带短线齿圆才能同时包含A'点及B'点, 也是很理想的, 现量得HB'的长度为100公里, 它亦可视作参考的感震平均半径。

上面是结合地质构造且又能满足作图要求所确定的震中位置。也可不考虑地质构造, 仅根据作图法在E"F间找出B"B"线及其中垂线KK'与KK"。当以K为园心, KB"为半径作

圆时，廉江、湛江、遂溪及临高四个无震市县均被排斥至圈外。因此，K点及KB''可分别当作参考震中与感震半径考虑，K点仅在前述G点东北约5km，而KB''之长度则为94km。同样，△A'K''B''为等腰三角形，以K''为圆心，K''B''为半径作圆时，也把廉江、湛江、遂溪及临高四个无震市县排斥于圆圈外。因此，K''点及K''B''也可分别视作参考震中与感震半径，其中K''点位于前述H点西北约5km，而K''B''之长度则为97km，KK''两点间距离约22km，实际上亦可划归同一个地震危险区。

上述表明：无论是根据地质构造结合作图所确定的G及H点抑或是用纯作图法确定的K及K''点，它们彼此相距很近，可视为同一个地震危险区。因此，在考虑上述四点的空间分布特征后，把推测震中定在四点之间，即大致在涠洲岛东南13km的海中，所处地理坐标为北纬21°00'、东经109°15'。

尚需指出的是：上述作图法，是采用等效圆法，事实上地震烈度的衰减却有长短轴之分，即沿长轴向烈度衰减慢、沿短轴衰减快的现象。但是，这种现象在高烈度至较高烈度的内部几圈内表现较明显，在低烈度区就不甚明显。根据笔者对华南强震影响场的研究³⁾，任何一个地震的影响场，由高烈度向低烈度递变时，长轴半径(a)与衰减系数S_a由小变大，短轴半径(b)之衰减系数S_b则相反，反映在长短轴半径a及b上，其增长速度是b大于a。因此，随着震中距离的增大，a/b的值逐渐变小，当进入Ⅳ度感震外包线时，其长短轴半径之比(a/b)值常接近于1。由此可见，由高烈度向低烈度递降的等烈度线常是由长椭圆过渡为椭圆，再由椭圆转化为短椭圆至几近圆形。用作图法求取震中乃是通过外圈Ⅳ度左右的有限的感震域的分布情况来进行的，据上述，外圈感震域之a/b值常近于1。因此，我们采用等效圆模式作图求出的震中位置应该还是比较准确的，它与实际的震中位置应具有较高的吻合度。其二是作图法是应用有限的感震资料，并通过对这些资料的具体分析研究，以勾画多次圆圈的形式使圆心逐渐逼近推测震中，在作图中不断扬弃不合理的圆圈，保存合理的部分，最终达到较理想的结果。因此，在不同资料的条件下，用作图法进行处理时，繁简程度不同，有些可能较快获得较理想的结果，有些则要进行多次逼近推进画圆圈处理才能获得较理想的结果，如本文的结果就属后面这种情况。

三、震中烈度及震级的推定

一旦确定了地震之有感半径，有感半径上的地震烈度及震源深度等参数后，便可根据B·古登堡公式来推测震中烈度。即：

$$\frac{r_a}{h} = \sqrt{\frac{I_0 - I_a}{10^S} - 1}$$

上式可变为 $I_0 = 2 \lg \frac{r_a}{h} + I_a$ ，式中 I_0 为震中烈度； I_a 是反映第 n 条等烈度线所圈出的烈度，这里确定为有感半径烈度，相当于Ⅳ度，即 $I_a = 4$ ； S 为衰减系数，在东南沿海地区，由海向陆，数值由大变小，泉州—汕头一带常为1.8左右，海南岛北部地区达2.3，内陆地带则降为1.4—1.6，最低可至0.9³⁾⁽²⁾。由于研究区邻近海南岛北部，故将 S 值取为2.3； h 为震源深度，东南沿海陆缘带一般为15—20Km。据在研究区东南通过1605年琼州大地震获得其

3) 国家地震局广州地震大队抗震队，关于华南地区地震影响场研究的几个问题，1973。

震源深度为15—22km, 雷(雷州半岛)琼(海南岛)及北部湾地区测得2—4级地震的震源深度一般为14—19km(图2)。根据上述强震及弱震资料, 可取其中数18km $((14+22) \div$

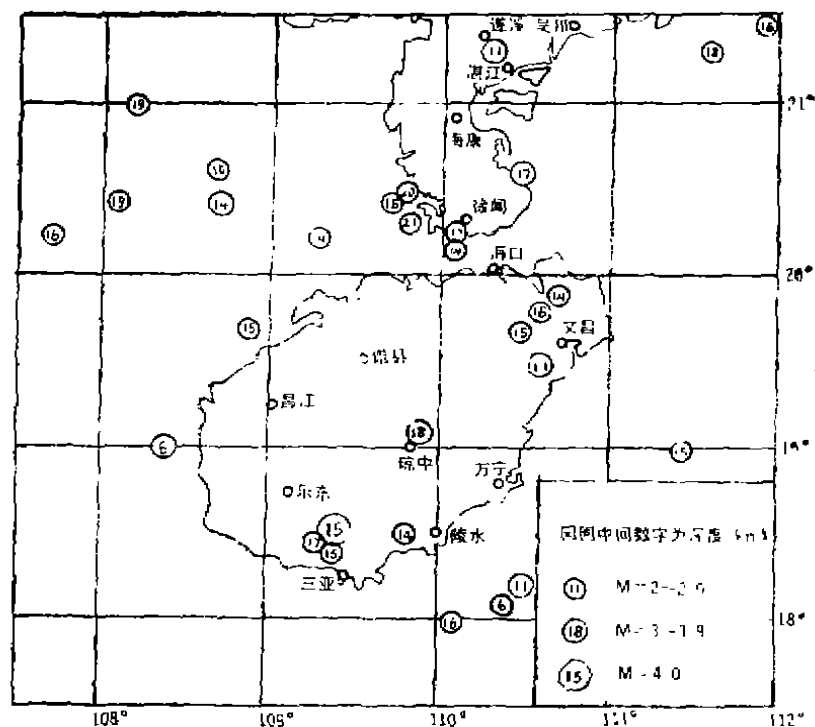


图2 北部湾及邻域震源深度分布图

Fig. 2 Distribution of source depth at the area of North Gulf and its neighbouring

2] 作为北部湾之震源深度值; r_0 为自震中至IV度区边界或至感震域边界之等效圆半径(简称IV度区半径、有感半径或感震半径)。前面作图法得到的GB'、HB'、KB''、K'B''的长度均可当作IV度区之等效圆半径考虑, 它们分别为96、100、94与97km, 采其平均值近似为97km作为IV度区之等效圆半径。根据上面各种数据代入B·古登堡公式得:

$$I_0 = 2 \times 2.3 \lg \frac{97}{18} + 4 = 7.4$$

根据震级与震中烈度关系, 可将上式 I_0 结果代入 $M = 0.58I_0 + 1.5$ 式, 求得其震级近似为5 $\frac{3}{4}$ 级。

此外, 可把上述平均等效圆半径值(97km)与在涠洲岛北北西方位、距离170km处发生于1958年的5 $\frac{3}{4}$ 级灵山地震进行类比, 后者之IV度等效圆半径为110km, 仅比前者大13km, 故可认为两者是属于同一量级的地震。

综上所述, 通过计算及类比确定1530年发生于涠洲岛东南海域之地震震级应为5 $\frac{3}{4}$ 级, 震中烈度应为Ⅷ度或Ⅷ度强。需指出, 该震由于现存史料极为有限, 所推出的震级、震中及

烈度虽是一个单值,但仍应视为有较大伸缩的区间为宜。

四、震型推断

据《广东通志初稿》对嘉靖九年九月廉州(合浦)地震的记载:“同日二次俱震有声。巳时既震,申时复震,俱隐隐如雷鸣,……,屋宇动摇,人心惊悸,雷州府亦然”。由此推测两次地震具有相似的烈度,发震时刻仅相隔2—3个时辰,或4—6小时,可能属双震型地震。这种震型在毗邻的琼东海发生过,两震发震时刻、地点及震级数据如下:1969年12月12日($16^{\text{h}}00^{\text{m}}04^{\text{s}}$)(18.5°N , 110.6°E) $M=5.1$ 级;1969年12月20日($10^{\text{h}}09^{\text{m}}15^{\text{s}}$)(18.2°N , 110.3°E) $M=5.2$ 级。最近于1988年11月5日及10日在涠洲岛西之北部湾海域也相继发生4.7级及5.1级地震,只是两震间的距离较大,但就地震所处构造部位分析,5日地震主要发生在北西向断裂带上,附近还发育有北东东向断裂;而10日地震却发生在北东东向断裂带上(图3),似可视为广义的双震型地震的结果。1605年琼州大地震,据陈恩民的研究,X度区的轴向具有两个方向,其一为北西向,自铺前至文昌间,其二为北东东向,为海口至临高间^[3]。这种现象,也可能是共轭破裂的结果。

五、涠洲岛周围海域的断裂构造

涠洲岛周围海域地质构造复杂,多组断裂构造在这里交汇(图3)。

涠洲—硃洲断裂带:西起涠洲岛北,向东横切雷州半岛,至硃洲岛北缘后仍可向东延伸,而后为珠江口外盆地北缘断裂带相续。在航磁 ΔT_a 等值线图上,断裂显示为陡梯级的异常带。在涠洲岛北有明显尖峰磁异常的插入。应是断裂带中火山口的反映。在经过地形和均衡改正后的重力均衡异常图上,显示为一条近东西向的梯级带(图3)。该断裂带以北为相对隆起区,以南为新生代拗陷区,新生界沉积厚度为3500—4000m,白垩—下第三系主要为陆相沉积,上第三系为滨海相沉积,沿断裂带新生代玄武岩广泛分布。

涠洲—中南暗沙断裂带:西北起自涠洲岛一带,往东南沿雷州半岛西侧海域经徐黄角,过琼州海峡,斜切海南岛东北角后进入南海,越过西沙群岛东北边缘,然后切过中沙群岛,直抵中南暗沙的西南海域,全长达1000km,宽30~70km。它是南海—北部湾海域中划出的珠江口、川岛南、涠洲—中南暗沙与莺歌海—巴拉巴克四个断裂带中仅次于莺歌海—巴拉巴克断裂带的大型断裂构造系。1530年涠洲岛东南5级地震与1605年琼州7级地震同是该断裂带上发生的重要地震。断裂带在地震反射剖面上呈断续状,断面性质为张扭性,垂直视落差500—1000m。重磁资料有明显的反映,基底被断裂右旋切错,在盖层上则表现对北东或北东东向构造形迹的左旋切错^[4]。研究区仅包括该断裂带的北段,新生代以来活动明显,有大量玄武岩的喷发,水下发育着北西向的槽地,均衡重力异常图上,沿雷州半岛西缘海域显示为北西向梯级带,在琼北地区重力均衡异常出现向西北倾伏的凹陷(图3)。沿凹陷带在地表显示有北西向的铺前—清澜断裂与长流—仙沟断裂,它们对两侧中新界沉积岩厚度有明显的控制作用。由于断裂的最新活动,还可见晚更新世地层发生挠曲和被错断。一些火山口堆积物中有被左旋错动的迹象^[5]。此外,在雷州半岛西缘发育由徐闻向北西延伸的雷西断

4) 地质矿产部第二海洋地质调查大队,1987,南海地质地球物理图集,广东省地图出版社,

5) 李坪等,1986,琼北地区地震构造基本特征及潜在震源的确定,

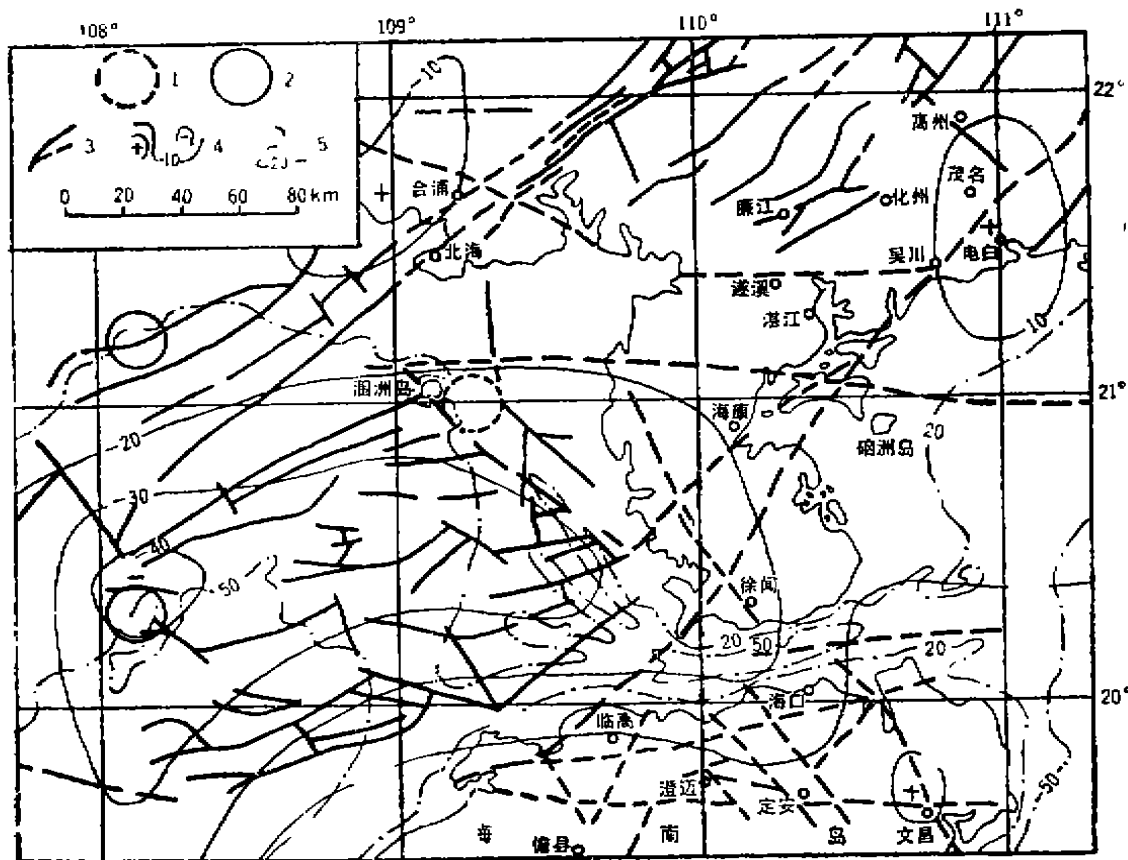


图3 北部湾及邻域断裂与均衡重力异常图

Fig. 3 Faults and isostatic gravity anomaly in the North Gulf and its neighbouring area

1. 1530年发生的5.3级地震震中；2. 1988年北部湾发生的4.7级及5.1级地震震中；
3. 断裂；4. 重力均衡异常；5. 海水等深线（M）

裂带，也应视作该断裂系统在陆上的显示。

涠洲西南北东东向断裂带：断裂东北自涠洲岛一带开始，向西南或南西西方向延伸，全长120km，西南端为北西向断裂所隔阻。整个断裂带由多条断裂组成，宽数km至20km。在均衡重力异常图上，与重力梯级带的走向基本一致。断裂是北部湾新生代盆地涠洲西南拗陷北缘边界的控制构造，断裂以南新生界厚达2000—5000m，局部可达8000—9000m；以北仅厚1000—2000m。需要提到的是，沿断裂方向往东北过涠洲岛后，在近东西向的磁异常间存在北东向的磁异常条带，从反映磁性体最小深度图上看到，大致沿断裂延伸方向，其西北侧深而东南侧浅，其间是一个梯级带。由此可见，断裂自涠洲岛往东北延伸的可能性也是存在的。

综上所述，涠洲岛周围海域北东东、北西及近东西向断裂构造甚为发育。它比1988年发生在北部湾北东东向断裂带上的5.1级地震及发生在北东与北西向断裂交汇部位的4.7级地震的

地震构造表现更为复杂, 无论就其规模与切割深度及新活动性等, 均可能超过孕育上述5.1级及4.7级地震的地震构造。因此, 在涠洲海域区发生中强震或强震的地质构造条件是充分的, 对这个地区今后的地震危险性应给予足够重视。

参 考 文 献

- [1] 谢锦寿、蔡美彪主编, 1985, 中国地震历史资料汇编(第二卷), 科学出版社。
- [2] 陈恩民、黄咏茵, 1984, 华南十九次强震暨南海北部陆缘地震带概述, 华南地震, 4(1)。
- [3] 陈恩民、黄咏茵, 1989, 1605年海南岛琼州大地震的震害特征和发震构造研究, 地震学报, 11(3)。

ON EARTHQUAKE IN 1530 AND ITS INTENSITY AT THE SOUTHEAST OF WEIZHOU ISLAND

Pan Jianxiong

(Seismological Bureau of Guangdong Province)

[Abstract] This Paper expounds that the earthquake which occurred in oct, 1530 at Hepu, Guangxi Province and Haikang, Guangdong province is a seaquake. By special means of making picture, it is known that the epicenter is located in the sea which is 13 kilometers away from the southeast of Weizhou Island, i.e., $21^{\circ}00'N$ $109^{\circ}15'E$; and its epicentral intensity is 7+ and magnitude 5.4. According to the historical records, the earthquake in 1530 contained two continuous ones with similar magnitude and occurred in the same area at intervals of several hours.

Further more, this paper also discusses the geologic structure of the sea area around Weizhou Island. It illustrates that the geologic structure there can supply sufficient conditions for moderately strong earthquake and strong earthquake. Therefore, we should pay attention to the seismic risk in the area from now on.

[Key words] Earthquake in Weizhou Island; Special means of making pictures, seismic parameters; Condition of geologic structure