

# 广东沿岸区域构造稳定性分析及评价

黄玉昆 夏法 陈国能 陈家杰  
(地质学系)

## 摘要

以北东向断裂为主干, 迭加东西及北西向断裂, 将沿岸地壳切割成活动强度不同的七个断块区及稳定性各异的二十个断块亚区。各断块近代以垂直差异运动为主。

沿岸断块活动的热震效应、能态转换与深部构造密切相关。强震区, 低热场区, 近代拗陷区与深部莫、康氏面隆起区, 重力高值区相对应。广东6级以上的强震都分布在沿岸活动性强、稳定性差的近代断陷区的边界上。

断块应力分布和断裂活动方式随断块组合形态与分区构造应力场主压应力方位不同而异。

区域稳定程度还受断块介质、结构条件、构造发育程度、水文工程地质特征制约。沿岸  $M \geq 4\frac{3}{4}$  的中强震70%发生在新生代断陷盆地内。

广东地处南海沿岸, 属西太平洋火山地震带的组成部分。随着国民经济的发展, 南海石油资源开发、核电站兴建、城市及环境工程、交通运输、特区和国防建设, 都要求对广东沿岸的地壳稳定性进行论证。

分析区域稳定性的目的, 是为了在沿岸被活动断裂带分割、围限的地壳间寻找相对稳定的地块、岩块, 作为城市规划和大型工程基础的“安全岛”。本文从活动断裂及其相关联的区域地质、地震地质、工程地质、新构造作用等因素出发, 把断裂和地块作为一个统一的整体, 探讨其基本特征及相互关系, 从而分析不同断块的区域稳定性, 并作出综合评价。

## 一、区域断裂系统及其活动性

### 1. 活动断裂带的展布格局

广东沿岸断裂带主要有北东、北西及东西向三组, 尤以北东和北西向两组交叉断裂

本文1985年10月收到

将地壳切割成大小不同的断块,构成沿岸区域构造格架的基础。

北东向断裂最为醒目,形成于燕山运动或其前,主要是在西太平洋活动大陆边缘安第斯型燕山期华南断裂系的背景上继续发育的深大断裂,具多期活动的特点<sup>[1]</sup>。自东而西重要的有粤闽滨海断裂带、南澳—长乐断裂带、莲花山断裂带、河源断裂带、广州—阳江断裂带、四会—吴川断裂带,它们大致以70公里的间距斜贯广东沿岸。新构造期以来,断裂具有明显的继承性,从中生代的左行压剪性逆断层转变而为右行的张剪性平移正断层。从震中分布、温泉出露、河网布局、岸线走向、侵蚀和堆积范围、以及地形变资料均表明北东向断裂带晚近时期是沿岸的主要活动断裂带。

北西向断裂规模较小、延伸不长、切割很浅,形成时代也晚,主要为燕山晚期—喜山期的产物,常切错北东向断裂,以左行平移正断层为主。与北东向断裂交汇部位常是温泉的溢露点和发震的主要场所,又是第四系厚度的突变区;水系的发育、港湾的展布也受其控制;许多等震线的长轴也呈北西向,它可能是本区现代地震活动的主要构造。

东西向构造控制着海南岛及雷州半岛第三纪—第四纪沉积盆地的展布,也控制着火山活动和温泉分布,近年水准测量垂直形变等值线也呈东西向。肇庆—海丰东西向构造带的罗浮山断裂及海丰—惠来断裂控制着珠江三角洲北缘及海陆丰槽地的展布。

广东沿岸受上述三组活动断裂带切割成大小不等,运动幅度和速率不同、地质地貌特征各异的断块(图1)。根据地质地貌特征和C<sup>14</sup>测年资料分析,各断块在近代以垂直差异运动为主<sup>[1]</sup>,近期相对运动幅度和速率如表1。其中粤东沿海断块区运动速率最大,次为粤西断块隆起区,是沿岸活动性较强的断块。

表1 断块近期相对运动的幅度和速率\*

断块名称	I. 闽粤东部沿海断块活动区	II. 闽中粤东断块隆起区	III. 闽西粤东断块隆起区	IV. 珠江三角洲断陷区	V. 粤西断块隆起区	VI. 琼琼断陷区	VII. 琼中南拱断隆起区
幅度(米)	3.01	2.43	4.50	1.10	5.40	2.00	1.66
速率(毫米/年)	1.05	0.44	0.14	0.26	0.90	0.46	0.44
毗邻断块的相对运动的幅度差和速率差	0.58	2.07	3.40	4.30	3.10	0.34	
	0.61	0.30	0.12	0.64	0.44	0.38	

\*幅度和速率均根据C<sup>14</sup>测定的数据计算而得

## 2. 地震带活动特征

地震带主要沿北东向活动断裂带分布,形成泉州—汕头带、政和—海丰带、邵武—河源带、广州—阳江带、琼雷带(东西向)。广东6级以上的强震都分布在沿海地区,其震中落在断裂带及断块的边缘上,是近代断裂活动的最直接标志;断块内不利于应力积累,地震分散,多属弱震。据统计,华南大陆地区共发生91次大于4.5级地震,其中39次震中位于断块边缘,释放能量 $1061.54 \times 10^{21}$ 尔格,发生在断块内52次,释放能量 $7.13 \times 10^{21}$ 尔格<sup>[2]</sup>。前者为后者的150倍。

华南沿海构造应力场起源于太平洋板块向西和印度洋板块向北和北东的挤压,本区

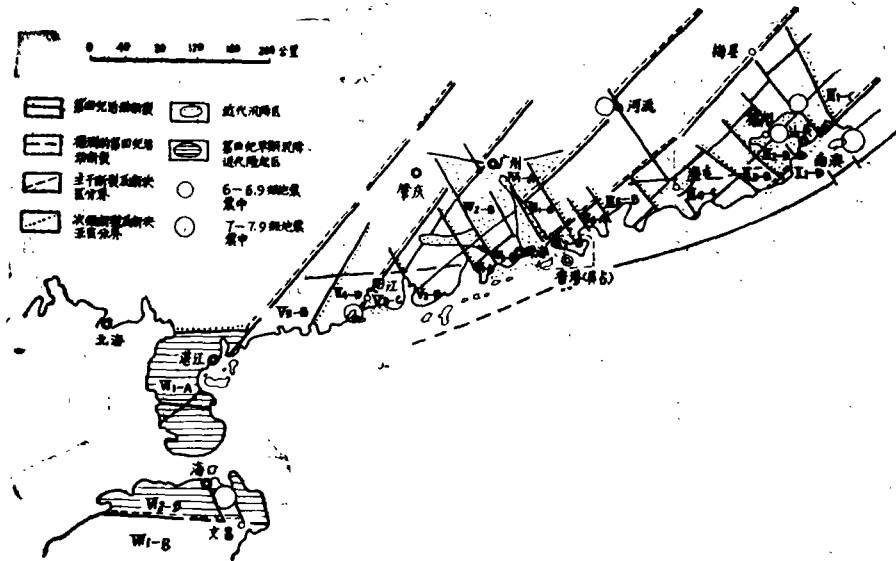


图1 广东沿岸近代活动断层区域稳定性分区图

- I 区—闽粤东部沿海断块强活动区
  - I 1—D 粤东沿海断块亚区—不稳定区
- II 区—闽中粤东断块隆起区强—中等活动区
  - II 1—C 饶平断块亚区—较不稳定区
  - II 2—D 潮汕平原断块亚区—不稳定区
  - II 3—B 惠来断块亚区—较稳定区
  - II 4—C 海陆丰断块亚区—较不稳定区
  - II 5—B 平海断块亚区—较稳定区
  - II 6—A 大鵬断块亚区—稳定区
  - II 7—B 香港断块亚区—较稳定区
- III 区—闽西粤东断块隆起区强—中等活动区
  - III 1—B 深圳断块亚区—较稳定区
- IV 区—珠江三角洲断陷区—中等活动区
  - IV 1—A 东江三角洲断块亚区—稳定区
  - IV 2—B 西北江三角洲断块亚区—较稳定区
  - IV 3—B 五桂山断块亚区—较稳定区
- V 区—粤西断块隆起区强—中等活动区
  - V 1—A 古兜山断块亚区—稳定区
  - V 2—B 广海断块亚区—较稳定区
  - V 3—C 紫罗山断块亚区—较不稳定区
  - V 4—D 阳江断块亚区—不稳定区
  - V 5—B 电白断块亚区—较稳定区
- VI 区—雷琼断陷区强—弱活动区
  - VI 1—A 雷州半岛断块亚区—稳定区
  - VI 2—D 琼北断块亚区—不稳定区
- VII 区—琼中南拱断隆起区中—弱活动区
  - VII 1—B 琼中南断块亚区—较稳定区

应力场呈现扇形结构<sup>(2)</sup>。广东沿岸震源应力场具有明显的区域性特征(图2),自汕头至雷琼地区,应力由近东西向逐渐转变为南东东、南东、近南北向。本区地壳厚度为35—37公里,震源多在5—20公里,属壳内浅源地震。

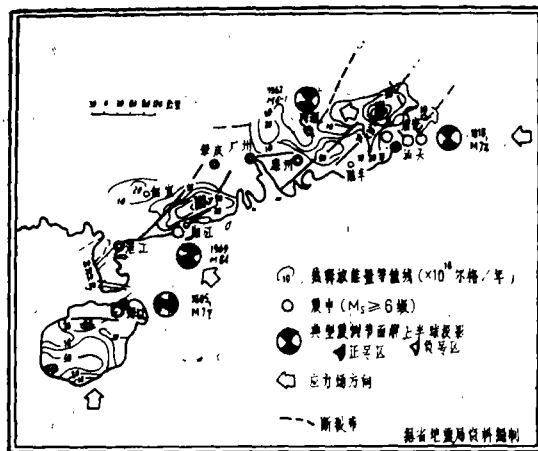


图2 广东沿岸断块区地热场、地震震源机制与活动断裂关系图

### 3. 地热异常带特征

沿岸温泉及地热异常带的空间分布与断裂构造有关，主要沿北东向断裂带展布与地震带相平行。温泉沿断裂带呈串珠状多分布于上盘，绝大多数出露于古老坚硬的基岩或花岗岩地区，中生代盆地内较少<sup>[8]</sup>。

图2表明，广东沿岸热场总体走向北东，自北而南出现三个相互平行、冷热交替的地热异常带。北带位于高州—梅县—一线以北，南带包括湛江—揭西(及海南岛)以南，属低热能异常带，中带为中等热能异常带，每平方公里释放的能量分别为1.11、0.96、 $5.14 \times 10^{16}$ 尔格/年。每一带因受北西向断裂分隔或因基底隆起与拗陷的影响，又可进一步分为次级冷热交替的异常区。地震主要发生在冷热场交迭的过渡带，沿岸地热异常带也就是地震带。M≥6的地震发生在低热异常区上，尤其是北东与北西向低热异常区的复合部位，地震的强度和频度都显著增大，南澳、河源、阳江、琼山等发生6级以上强震即是其例。在高热异常区内只有弱震和小震。

### 4. 深部构造与热震效应

沿岸断块构造活动的热震效应与深部构造关系密切，其对应关系是低热场区、强震区与莫·康氏面隆起区、重力高值区、近代拗陷区相对应。如韩江三角洲的汕头重力值为-4毫伽，南澳为-2毫伽，珠江三角洲的广州为4毫伽，雷琼拗陷的海康为0毫伽、定安为12毫伽；高热场区、弱震区与莫·康氏面拗陷区、重力低值区、近代隆起区相吻合。如粤东隆起区的河源重力值为-18毫伽，粤西隆起区的信宜为-28毫伽。在被活动断裂围限的断块内，强震有沿深部构造康氏界面褶曲的转折端及轴部分布的特点(图3)。这些部位层面起伏陡峻，不同地震层沿此滑动时容易受阻，有利于应力的集中和孕震<sup>[4]</sup>。

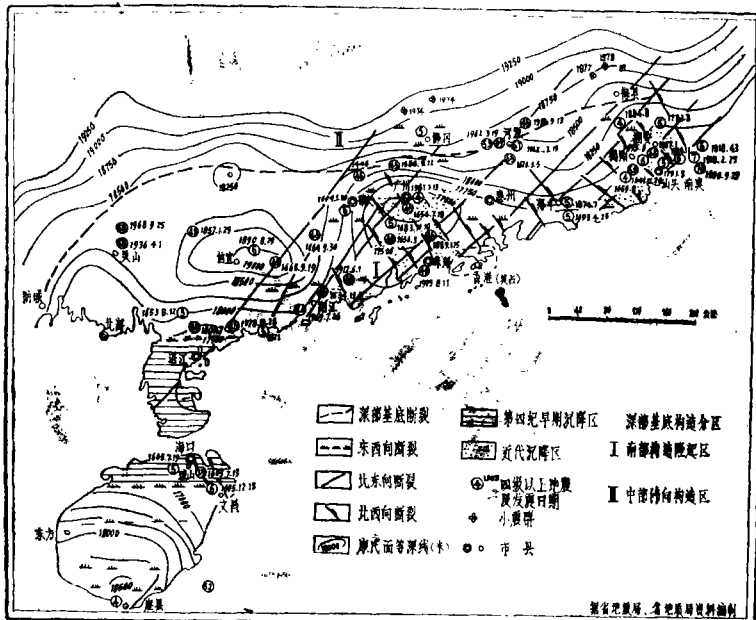


图3 广东沿岸断块区康氏界面深度与M≥4地震分布图

热震效应是衡量沿岸断块构造活动过程中能态转换的标志。地震、地热和断块升降分别反映了由断裂积累的机械能可以粘滑活动方式释放出振动能、以蠕动方式释放出热能和以垂直运动方式转换为位能,三者沿岸断块内互为消长。以莲花山断裂带为例,地震集中于海丰以西的南西段内,1693—1911年共发生 $M \geq 4\frac{3}{4}$ 地震5次,那里的断块地震活动强、地热能量低,差异升降幅度小;相反,在东北段丰顺、揭西等地温泉广泛出露、地震活动较弱、地热能量高、升降幅度大。<sup>[9]</sup>

### 5. 断块应力分布与断裂活动方式

由北东、北西及东西向活动断裂切割、围限的沿岸断块,分别组合成不同形态的块体构造:①东西向延伸的平行四边形(或梯形)块体构造,由东西向及北东向(或北西向)断裂组合而成;②近南北向延伸的平行四边形块体构造,由北东、北西向断裂组合而成;③三角形块体构造,由东西、北东及北西向断裂组合而成。这三种主要形式的块体构造,在现今构造应力场的作用下均有不同程度的活动。广东沿岸应力场分区、主压应力轴方位、震源错动方式如表2。伴随分区应力场主压应力方位的不同,沿岸各断块应力分布状况和断裂活动方式也异。

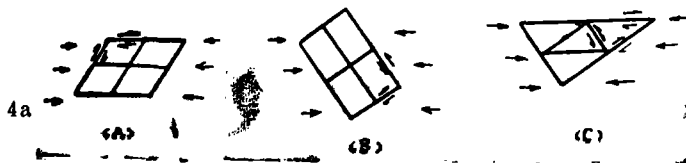
表2 广东沿岸应力场分区特征

应力场分区	主要断裂带	主压应力轴(P)方位	震源错动方式	典型震例
闽粤沿海区	泉州—汕头断裂带 海丰—政和断裂带	E—W	NE向: 右旋 NW向: 左旋	1918年南澳
闽西粤东区	河源—邵武断裂带	SEE	〃	1962年河源
珠江三角洲区 粤西区	广州—阳江断裂带 四会—吴川断裂带	SE	〃	1969年阳江
雷琼区	王五—文教断裂带 崖城—林旺断裂带	N—S	NE向: 左旋 NW向: 右旋	1605年琼山

(1) 粤东沿海区及闽西粤东区 在E—W及NW—W—SEE主压应力作用下,断块块体应力分布如图4a, (A)、(C)两类应力易在尖角集中, (B)类则不易。东西向断裂与分区应力场主压应力交角小,剪应力相应较大。

(2) 珠江三角洲区及粤西区 在NW—SE主压应力作用下,断块应力分布如图4b,在珠江三角洲区北西向断裂与主压应力交角小,剪应力较大。

上述四个区的震源错动方式一致,主压应力轴优势方位大致是东西向的。



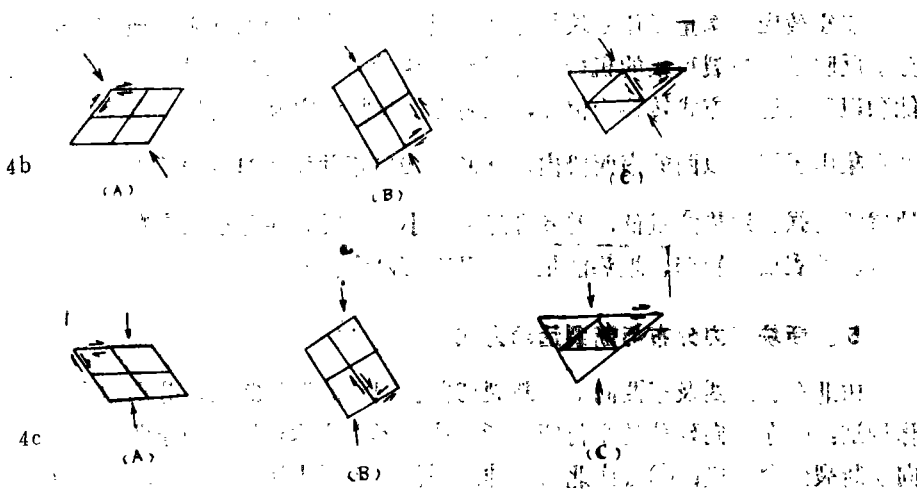


图4 广东沿岸断块应力分布图

(3)雷琼区 本区主压应力优势取向明显近南北向,断裂应力分布如图4c。雷琼地区新构造期以来,时代越新,北西向断裂越发育,力学性质以剪切为主兼具压性。

### 6. 断块介质结构特征

断块地质体的建造组合与构造变动是区域稳定性的基础。广东沿岸断块介质结构可分为如下类型:

(1)古生代地块 包括早古生代类复理石建造,特别是其中的变质岩、混合岩,晚古生代浅海相碳酸盐、碎屑岩建造,经多期构造变动,岩石破碎,风化强,抗震性能及稳定性较差。

(2)中生代岩块 由燕山三、四期花岗岩组成,岩石坚硬,风化较弱,整体结构。抗压强度可达1600公斤/厘米<sup>2</sup>,弹性模量达40×40<sup>4</sup>公斤/厘米<sup>2</sup>·<sup>3</sup>,抗震性及岩体稳定性较好。

(3)中生代褶断带 断裂影响带及火山碎屑岩建造,岩石虽然坚硬,但破碎强烈,稳定性较差。

(4)晚新生代盆地 主要为第四纪断陷盆地、槽地,沉积物厚度因地而异,其中淤泥砂质层振动时易于液化塑变,地震效应强,地基稳定性差。当松散覆盖层厚度超过50米时,下部基岩错动不会产生地表断裂。<sup>(6)</sup>

(5)新生代熔岩台地 主要为雷琼地区玄武岩台地,除柱状节理外,岩石整体性较好,抗震性及稳定性较强。

在以上不同类型介质的断块中,震中分布与建造密切相关。据40次 $M \geq 4\frac{3}{4}$ 地震(不包括海南岛)统计,中强震发生在新生代断陷盆地的占70%,各建造单元的复合部位占12.5%,中小形褶断带占10%,中生代岩块占5%,古生代地块占2.5%。

## 二、区域稳定性分区及评价

沿岸地区的地壳现代活动情况,如火山、地震、活动断裂对建筑物的安全性和稳定性

至关重要。区域稳定性是指工程建设地区，在内外动力的作用下，现今地壳及其表层的稳定度与工程建筑物之间相互作用和影响。<sup>[7]</sup>

### 1. 断块区及断块亚区的划分

断块区划分依据：(1) 沿岸北东向（雷琼地区东西向）主干断裂带夹持的地块；(2) 地质地貌特征属新构造期大型断隆区或下陷区一级构造单元；(3) 与地震活动带、地热异常带或温泉密集带相一致。因此，广东沿岸可划分7个断块区（见图1）。

断块亚区的标志：(1) 断块区受北西或东西向次级断裂切割改造，主干断裂带在不同区段活动强度不同；(2) 次级断块介质建造、结构构造、几何形态存在差异；(3) 地貌及新构造运动特征有别；(4) 地震活动性、次级热异常区有差异。依此，沿岸又可进一步分为20个断块亚区。

### 2. 断块区及断块亚区区域稳定性评价

区域稳定性评价，断块区主要考虑主干断裂的活动性，断块亚区则主要考虑断块的介质、结构特征、块缘及块内断裂活动性及地震活动性。根据活动断裂与历史地震相关分析，沿岸稳定度可分为四类：依危险地震震级在5级以上，烈度影响场在Ⅵ度以上为强活动断块，其稳定度划入不稳定(D)一较不稳定(C)；发生5级左右地震；烈度影响场在Ⅴ—Ⅵ度为中等活动断块，其稳定度属较稳定(B)；发生地震的可能性小，或在5级地震危险区内有相对安全地带者为弱活动断块，其稳定度列为较稳定(B)一稳定(A)。

沿岸各断块区及断块亚区区域稳定性综合评价如下：

(1) 闽粤东部断块强活动区(I区) 为北东向长乐—韶安断裂控制的断块，属泉州—汕头地震带。地貌、地形变、温泉、火山均表现为强烈的差异运动，历史上发生过8级地震1次，7级2次和6级以上多次，断裂与地震的活动性为东南沿海最强的地区之一。

粤东沿海断块亚区(I<sub>1</sub>-D)一不稳定区：

北界为饶平—惠来断裂，南界为东山岛—南澳断裂。介质为中生代花岗岩、混合花岗岩、火山碎屑岩及动力变质带。结构构造呈北东向长方形断块，南澳岛、东山岛为北东、北西向断裂相交切，动力变质带宽达二千米，岩石破碎，稳定性及抗震性差。

断裂活动性及地震活动性强。上升块体发育有二级侵蚀阶地及三级夷平面<sup>[8]</sup>，下降块体在潮汕平原第四系厚达168米。断块近期运动速率达1.05毫米/年，为沿岸差异升降活动最强的断块。1600及1918年南澳发生M = 7及7 $\frac{1}{4}$ 级地震。

区域稳定性综合评价为不稳定区。

(2) 闽中粤东断块隆起区强—中等活动区(II区) 北缘为梅县—深圳断裂，南缘为汕头—惠来断裂。区内海丰、潮汕平原发生过多次5级以上地震，历史及现今地震活动频繁。断块近期相对运动速率0.44毫米/年。各次级断块活动性有明显差异，区域稳定性有东弱西强的趋势。自饶平至香港可分为7个断块亚区。

①潮汕平原断块亚区(II<sub>1</sub>-D)一不稳定区：东界为黄岗溪断裂，西界为练江断

裂。基底介质为燕山期花岗岩，东南侧出露中生代碎屑岩、火山岩，平原内晚更新世—全新世沉积物最厚达168.41米。呈梯形断块，基底断裂将潮汕平原分割成多个隆起区及拗陷区(图5)，第四系沉积厚度及沉降中心的变化反映了更次一级断块的差异运动。淤泥质砂土层振动时易于液化。

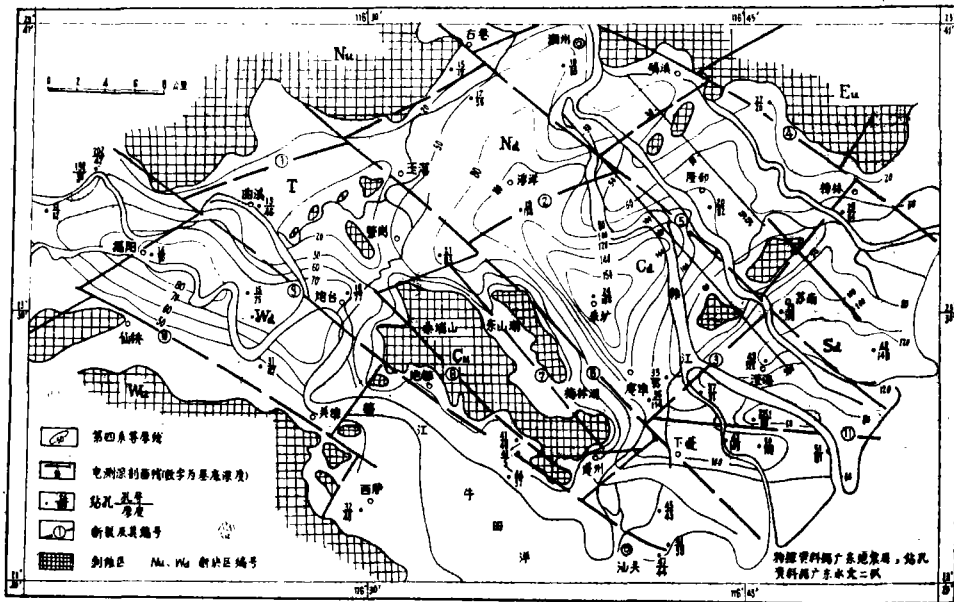


图5 潮汕平原第四系等厚线及断块分区图

断裂：①潮州—揭阳断裂；②磷溪—关埠断裂；③樟林—汕头断裂；④韩江断裂；⑤古巷—澄海断裂；⑥玉溜—下蓬断裂；⑦东湖断裂；⑧焦栋山断裂；⑨榕江断裂；⑩仙桥—西庐断裂；⑪蓬州断裂。

断块：Eu东部断隆区；Wu西部断隆区；Nu北部断隆区；Cu中部断隆区；Wd西部断陷区；Nd北部断陷区；Cd中部断陷区；Sd南部断陷区；T过渡区

断裂活动性较强。从晚全新世—中全新世淤泥层 ( $C^{14}$ 测年 $3,490 \pm 100$ 年— $6,230 \pm 240$ 年) 三千年来顶板变形反映断块差异升降最剧烈的部位为北东、北西向断裂交汇处，也是历史上发生大震的场所，且地形变明显，炮台附近1976—1980年下降速率-20.2毫米/年，汕头沉降中心1970—1980年为-9.41毫米/年。断块东部韩江水系呈指状分布，差异升降活跃，西部升降平稳。本区为重力高值区<sup>(4)</sup>，重力在断块下陷中起着重要作用。

地震多而强。自1067年至今，发生 $M = 4\frac{3}{4} - 6\frac{3}{4}$ 地震5次，震中均位于两组断裂交汇处(图6)。本区属沿岸薄弱地带，南邻南澳强震区，1918年南澳 $7\frac{1}{4}$ 级地震对本区的烈度影响场为Ⅷ—Ⅸ度<sup>(5)</sup>。但断块西部达濠至潮阳沿岸活动性相对减弱。

区域稳定性评价属不稳定区。

②大鹏断块亚区(Ⅱ<sub>1</sub>-A)—稳定区：夹于北西向大鹏湾断裂与大亚湾断裂之间。

介质为大面积的燕山期花岗岩，中北部为古生代轻变质岩，东北见中生代火山岩及新生代小型槽地。呈不等五边形断块，块内断裂稀少，花岗岩结构完整。断裂活动微弱，块内岩体离主干断裂达10—20公里，断块东西两侧界面内倾，南北两侧外倾，稳定性好。块内无震，东、西及南部边缘近期有少量微震。

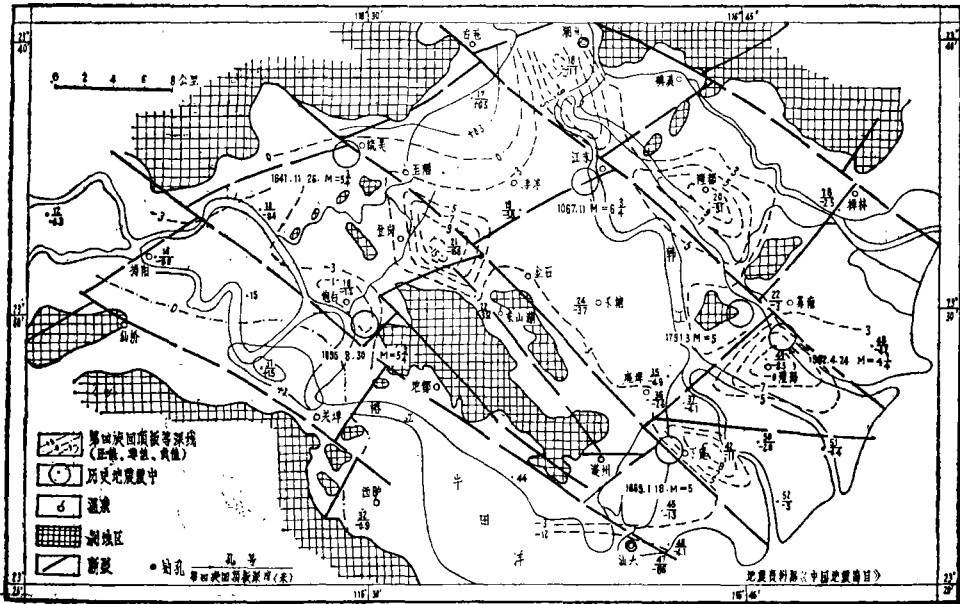


图6 潮汕平原近代断块动态略图

区域稳定性评价属稳定区。已被选定为广东核电站的厂址。

其余各断块亚区区域稳定性分析评价如表3。

(3) 闽西粤东断块隆起区强—中等活动区(Ⅲ区) 为夹持于邵武—河源断裂带与五华—深圳断裂带之间的断隆区。河源断裂在河源盆地北缘差异运动显著，下降盘运动速率为1毫米/年；河源盆地1962年发生6.1级地震，多祝、淡水盆地历史上都曾发生过5级地震；沿断裂带有十多处温泉。河源断裂往西南段活动性明显减弱。

深圳断块亚区(Ⅲ<sub>1</sub>-B)一较稳定区：

为北东向龙溪—太平断裂、五华—深圳断裂，北西向天堂围—莲圻断裂、太平—西乡断裂所围限。西南侧出露大面积燕山期花岗岩，西北侧为震旦系浅变质岩，东侧为古生代地块，中生代火山岩、新生代槽地。呈菱形断块，受北东，北西及东西向断裂分割，深圳断裂西北侧构成平行四边形，较稳定；东南侧沙头角呈三角形，稳定性稍差；墨竹径花岗岩体位于西北侧，整体性好，抗震性及稳定性强；谷地第四系厚度大于30米，振动时易于液化；深圳断褶带岩石较破碎。

断裂活动性较弱。深圳断裂带近期活动特点以蠕动方式释放热能。玉律、圻朗山温泉，莲圻低温热水异常区均沿断裂带分布<sup>[10]</sup>。地震弱，1933年香港发生过3级地震，过

表3 (闽中)—粤东断隆区各断块亚区区域稳定性分析评价

断块亚区 (编号)	介质条件	结构构造特征	断裂活动性	地震强度	区域稳定性
饶平断块亚区 (I1-C) 西界: NW向黄 岗溪断裂	大面积出露燕山期 花岗岩, 东南缘见 中生代碎屑岩、火 山岩	平行四边形断块。 北东、北西向断裂 围限, 花岗岩体较 完整, 火山岩较破 碎	较强。黄冈溪以东 上升速率+10毫 米/年, 以西下沉 -10毫米/年。沿北 西向断裂多冲沟陡 崖	较强。1887年三 饶发生M=5地 震, 断块南侧南 澳, 西侧潮汕平 原均发生过 M>6强震	较不稳定
惠来断块亚区 (I3-B) 东界: NW向练 江断裂 西界: NW向陂 洋断裂	大面积出露燕山期 花岗岩, 北西侧为 中生代碎屑岩、火 山岩、动力变质 带、新生代小槽 地, 小盆地	梯形断块。北东、 北西向断裂交切, 西侧花岗岩体结构 完整, 东侧稍差	较弱。北西向红海 湾断裂至练江断 裂间海岸间歇上升 为主, 1962—1966 年地形变速率 +2.5毫米/年	较弱。块内地震 M<4.75, 邻区 地震波及烈度为 V—VI度	较稳定
海陆丰断块亚区 (I4-C) 西界: NW向吉 隆断裂	中部为东西向第四 纪槽地, 西侧为燕 山期花岗岩、火山 岩、莲花山褶断 带, 动力变质带	平行四边形断块。 活动断裂密集, 向 东成束收敛	西段较强。断裂活 动速率0.72毫米/ 年, 海丰盆地北西 向断裂活动明显, 两侧第四系厚度差 达30米, 多温泉	西段较强。1693、 1874、1915年海 丰公平发生M= 5—5.5地震3次, 梅陇近年弱震频 繁	较不稳定
平海断块亚区 (I5-B) 西界: NW向大 亚湾断裂	大面积出露燕山期 花岗岩、古生代轻 变质碎屑岩, 考周 洋为第四纪凹陷	梯形断块。北东向 断裂穿越古生代地 块与花岗岩体边 部, 前者较破碎, 后者较完整	微弱。除北西向大 亚湾断裂延深15公 里, 为现今活动断 裂外, 其余北西向 断裂发育较浅, 活 动性弱。	微弱。块内无震, 西及西北角近期 有微震	较稳定
香港断块亚区 (I7-B) 西界: NW向珠 江口断裂	大面积出露中生代 碎屑岩、火山岩, 并有燕山期小花岗 岩体侵入	长方形断块。块内 有北东、北北东向 断裂。北东向河谷 地貌清晰, 岩石整 体性较好	较弱。北东及北北 东向断裂有活动迹 象, 沿此多温泉出 露	较弱。1933年香 港发生3级地震, 陀罗水道附近及 东南果洲群岛弱 震较多	较稳定

伶仃洋, 1905年澳门东发生 $4\frac{3}{4}$ 级地震。深圳断裂带是由许多分布密集, 且短的断层组成的断层系, 不会发生大地震。<sup>[11]</sup>

区域稳定性评价属较稳定区。

(4) 珠江三角洲断陷区中等活动区(IV区) 由北东、北西及东西向三组断裂分割控制的多断块组成(图7), 近代沉积迭置在晚更新世前的断块上。本区近期断块运动除表现为五桂山断块和边缘断块的隆起及西北江三角洲腹心部位的下沉外, 还表现由西往东和

由东往西的挠曲运动<sup>[12]</sup>,从而使地震集中在西江断裂以东的断裂上。近期相对运动的幅度(1.10米)和速率(0.26毫米/年)不大,历史上无大于Ⅵ度的破坏性地震。断陷区内发生 $M = 4\frac{3}{4} - 5$ 的地震4次,表现为沿西北江三角洲断块轴线自北西而南东往复慢速(数十年间)迁移的时空特点(见图3),且为重力高值区。珠江三角洲 $M \geq 4$ 的地震周期约为200年(图8),自1936年小榄发生5级地震后,本区地震已转入平静期。

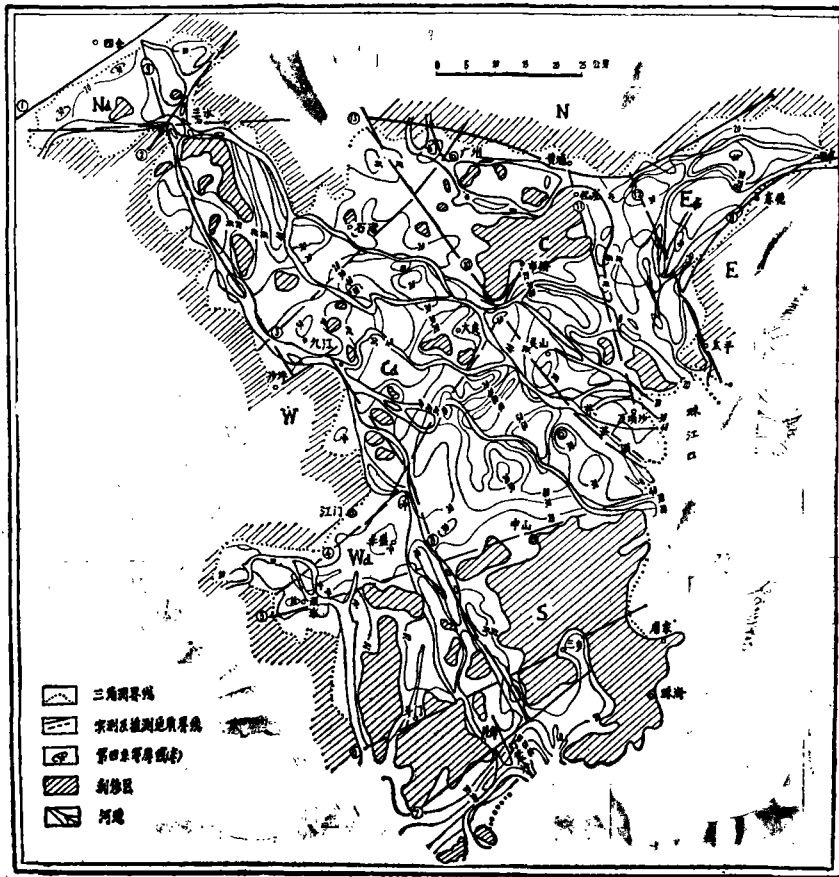


图7 珠江三角洲第四系等厚线及断块分区图

断裂: ①四会断裂; ②北江断裂; ③古劳—广州断裂; ④新会—市桥断裂; ⑤五桂山北麓断裂; ⑥五桂山南麓断裂; ⑦灯笼沙断裂; ⑧石龙—厚街断裂; ⑨西江断裂; ⑩白坭—灵山断裂; ⑪化龙—黄阁断裂; ⑫南岗—太平断裂; ⑬罗浮山断裂。

断块分区: E东部断隆区; W西部断隆区; S南部断隆区; N北部断隆区; C中部断隆区; Ed东部断陷区; Wd西部断陷区; Nd北部断陷区; Cd中部断陷区

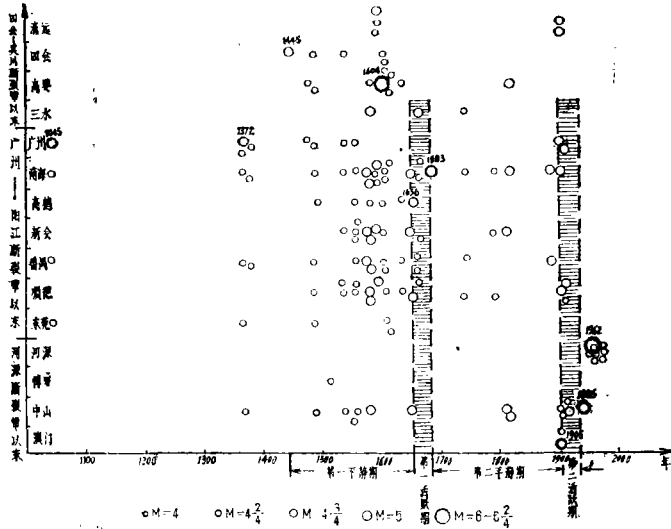


图8 珠江三角洲地震时强图

本区分为三个断块亚区。区域稳定性如表4。

表4 珠江三角洲断陷区各断块亚区区域稳定性分析评价

断块亚区(编号)	介质条件	结构构造特征	断裂活动性	地震强度	区域稳定性
东江三角洲断块亚区(N1-A)	基底为晚白垩—老第三纪红色碎屑岩,盖层第四系,最厚40米,周边为燕山期花岗岩	梯形断块。由东江断块及狮子洋断块复合成东部断陷区(Ed),花岗岩、浅变质岩较坚硬、完整	微弱。第四系沉降中心沿断块周边北东、北西向断裂串珠状分布。断块缓慢整体下沉。腐木C <sup>14</sup> 年龄37,000±1480年,形成早于西北江三角洲	微弱。基底为稳定地块,历史上无M>4的地震	稳定
西北江三角洲断块亚区(N2-B)	基底为晚白垩—老第三纪红色碎屑岩,第四系厚20—60米。外围断陷区主要为燕山期花岗岩	长方形断块。西北江三角洲中部断陷区(Cd)被北东、北西向断裂将基底分割成多个断块。第四系砂质淤泥层振动时易液化,周边花岗岩整体性好。	差异升降较明显。第四系沉降中心沿两组断裂排列。上盘沉积>20米,下盘<20米。广州—西江间下沉区,沙滔最大-4毫米/年;广州以东上升速率1毫米/年	弱—中等。断块内1656、1683、1936发生M=4.75、5.5地震,块内大震少、小震多,较均匀分布,断块升降幅度不大	较稳定

(续表4)

五桂山断块亚区 (W3-B) 北界: 北东向五桂山北麓断裂 西界: 北西向西江断裂	主要为燕山期花岗岩, 局部为古生代轻变质岩, 中生代火山岩, 第四系	梯形断块, 花岗岩整体性好, 发育北东、北东、北西北东、北东、北西北东向三组断裂。北东向断裂控制断隆区及次级断陷区走向	差异升降显著。五桂山形成五级夷平面, 三级河流阶地, 发育断层崖, 次级断陷第四系厚12米, 温泉沿断裂出露	较弱。块内无震。断块总体隆起, 向南北两侧挤压多弱震。1905年澳门东发生M=4.75地震	较稳定
--	------------------------------------	---	--	---	-----

(5) 粤西断块隆起区强—中等活动区(V区) 为夹持于西江断裂与四会—吴川断裂间的断块。北东、北西向断裂交织, 控制着海湾分布, 近期有轻微抬升, 岬角见低位海蚀阶地, 湾岸发育多列拦湾砂堤。1966—1956年, 开平至织篲间平均隆起速率为8毫米/年, 阳江1969年发生6.4级地震, 震中位于垂直形变最剧烈部位, 地移幕主震释放能量 $455.9 \times 10^8$  尔格, 后地移幕余震(69—72年)为 $107 \times 10^8$  尔格。M $\geq 4\frac{3}{4}$  地震沿阳江断裂带有6次, 吴川断裂带2次。以阳江断块亚区活动性最强, 不稳定, 向东西两侧减弱, 并显示总体隆起, 迭加断块差异作用, 越靠海岸升幅越大。据C<sup>14</sup>测年, 六千年来平冈砂堤升幅6米, 而漠阳江三角洲顶部海相层仅3.5米; 第四系等厚线长轴与断裂走向一致, 沉降中心位于断裂上或北东、北西向断裂汇处(图9)。

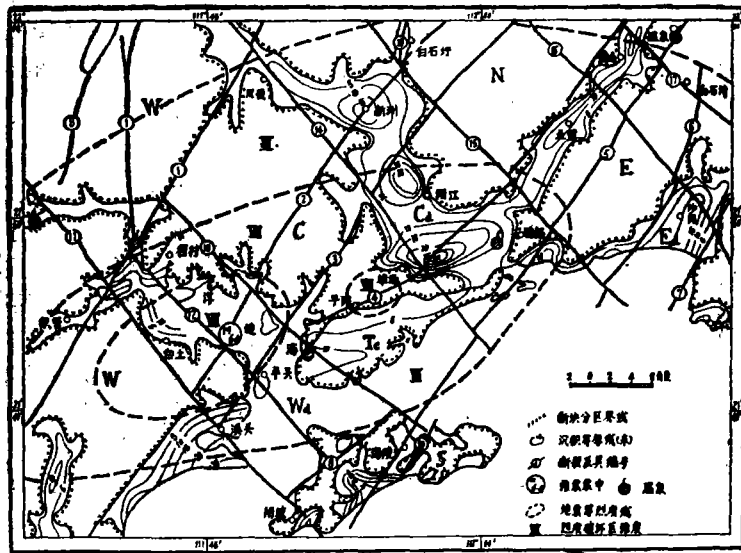


图9 阳江沿岸第四系沉积等厚线及断块分区图

断裂: ①织篲断裂; ②白石—那湖断裂; ③冈头—丰头断裂; ④平冈断裂; ④温泉—海陵断裂; ⑥大沟断裂; ⑦三山断裂; ⑧尖峰岭断裂; ⑨泪法山断裂; ⑩石镜岭断裂; ⑪白土—溪头断裂; ⑫洋边海断裂; ⑬河木角—村尾断裂; ⑭双捷—白沙断裂; ⑮随垌—笏朝断裂; ⑯宝山—莲浪断裂; ⑰白石湾断裂; ⑱白石圩断裂。

断块分区: E东部断隆区, W西部断隆区, S南部断隆区, N北部断隆区, C中部断隆区, Ed东部断陷区, Wd西部断陷区, Cd中部断陷区, Tc中部过渡区

各断块亚区区域稳定性分析评价如表5。

表5 粤西断隆区各断块亚区区域稳定性分析评价表

断块亚区 (编号)	介质条件	结构构造特征	断裂活动性	地震强度	区域稳定性
古兜山断块亚区 (V <sub>1</sub> -A)	大面积出露燕山期花岗岩, 周边及中部第四系, 厚10-40米 北界: 北东向五桂山北麓断裂 西界: 北西向广海一赤坎断裂	梯形断块。花岗岩裂隙不发育, 整体性好。平沙, 乾雾钻孔于第四系下揭露五桂山南麓断裂破碎带。北西向崖间断裂呈溺谷	微弱, 有差异升降。黄杨山, 古兜山岩体北缘, 南缘沿五桂山南麓断裂见断层崖, 迭置洪积扇, 第四系沉积的断陷带为地热异常带。	微弱。无大于V1度的破坏性地震。自1540年以来有感地震22次	稳定
广海断块亚区 (V <sub>2</sub> -B)	南部为燕山期花岗岩, 北部为古生代轻变质岩、碎屑岩, 沿岸为第四系海相、泻湖相堆积 北界: 五桂山北麓断裂 西界: 北西向镇海湾断裂	梯形断块。花岗岩整体结构, 断裂少。古生代地块为北东、北西及东西向断裂切割较破碎	较弱, 有差异升降。镇海湾断裂控制岸线平直陡峭, 堆积物不发育。沿断裂有温泉分布	较弱。镇海湾至恩平一线, 历史上有小震群分布。1966年湾顶发生4.6级地震	较稳定
紫罗山断块亚区 (V <sub>3</sub> -C)	北半部为寒武系浅变质岩, 南半部为燕山期花岗岩 西界: 北东向港城一海陵断裂 东界: 鹤城一金鸡断裂与镇海湾断裂相连	梯形断块。花岗岩整体性好, 寒武系有混合岩化, 较破碎, 断裂带构造发育, 抗震性及稳定性差	较强。断块两侧的北东向断裂成对冲结构, 断层错切古生代地块、花岗岩及老第三系, 新构造期断块间歇性总体抬升	较强。西邻阳江强震区, 1971年以来小震有沿主干断裂北移趋势, 对本区影响较大	较不稳定
阳江断块亚区 (V <sub>4</sub> -D)	漠阳江以北大面积出露燕山期花岗岩, 以南为寒武系混合岩, 漠阳江第四系谷地, 洋边海泻湖相凹陷 东界: 北东向港城一海陵断裂 西界: 北东向新箕断裂	平行四边形断块。被多条北东、北西向断裂分割成网格状, 破碎构造带宽达数百米。北西向洋边海断裂错切岩体成断陷谷, 第四系河流相厚30米, 泻湖相厚20米, 强震时出现液化、喷水、涌砂	强。差异升降明显。洋边海断裂西侧下降成直立陡岸, 下有海相淤泥层及风化壳, 为北西向重力异常梯度带。第四系沉降中心沿断裂或北东、北西向断裂交汇处分布(图9)	强。1969年6月连续强震中位于广州—阳江断裂带与洋边海断裂交汇的现代断陷区。溪头—平岗一带等震线长轴NEE向。发震断裂为右旋张剪性	不稳定
电白断块亚区 (V <sub>5</sub> -B)	大面积出露燕山期花岗岩, 沿断裂带两侧为寒武系混合岩, 港湾分布第四系海相沉积 东界: 北东向织篲断裂 西界: 北东向四会—吴川断裂	平行四边形断块。北东、北西向断裂切割, 寒武系混合岩较破碎, 花岗岩整体性较好	弱—中等。断裂带控制中生代盆地, 复遭切割, 地貌反差强烈。织篲断裂以东隆起幅度较西部大	弱—中等。1611年电城发生5级地震。历史上四会—吴川断裂有感地震47次, 多发生在北东段阳春、云浮	较稳定

(6) 雷琼断陷区强—弱活动区(Ⅵ区) 位于东西向遂溪断裂以南、王五一文教断裂以北。断裂在晚第三纪至更新世具继承性活动, 强烈下陷成南陡北缓的地堑, 沉积厚约三千米的新生代滨海—浅海相地层。新构造期, 东西向断裂活动明显, 北西向断裂发育, 存在四级阶地和玄武岩台地。其北雷州半岛断块近期为稳定—轻微上升区, 琼北断块为差异升降区。东西、北东、北西向三组断裂相互交切把雷琼拗陷分割成许多大小不同、运动速率不等的断块。断裂控制晚第三纪—第四纪断陷盆地的发展, 岸线和水系分布, 以及火山活动、地热和地震分布。晚第三纪以来, 本区火山活动频繁, 形成多期次的火山岩。

雷琼断陷区以琼州海峡为界, 可分为琼北断块亚区(Ⅵ<sub>1</sub>-D)——不稳定区及雷州半岛断块亚区(Ⅵ<sub>1</sub>-A)——稳定区。两亚区有相同的发展历史, 其不同点在于雷州半岛断块亚区不具备琼北地区深部重力异常特征, 故历史上无中强震发生, 表现为稳定区。

琼北断块亚区北界为琼州海峡断裂, 南界为王五一文教断裂。以北西向铺前一清澜断裂为界又可划分为琼东北及琼西北次级断块。前者由燕山期花岗岩及寒武系变质岩组成, 上覆10—20米第四系; 后者为大片喜山期玄武岩及巨厚新生界地层。琼北断块呈东西向长方形。

断裂活动以北西向较强, 重磁场变化方向 $N30^{\circ}-40^{\circ}W$ , 火山口、温泉、地形变、湛江组地层展布均呈北西向。图10表明, 琼北近代断块差异运动从下更新统湛江组顶板构造等高线显示垒堑相间的线性变化<sup>4)</sup>, 反映其受北东、北西和东西向三组断裂的控制。琼东北深部构造形态复杂, 重力高, 面积及平均强度大, 现代重磁场表现为正号, 重力变化值达 $+69--69$ 毫伽<sup>5)</sup>, 琼西北变化较小, 表现为负号磁场变化。

地震活动性较强。琼东北断块 $M \geq 4$ 地震有22次, 1605年琼山 $M = 7$ 等地震位于琼西北断陷与琼东北隆起交接处的北西与东西向断裂交汇部位, 引起陆陷成海<sup>16)</sup>。琼西北仅发生过4级地震一次。琼北为未来可能发生5级以上强震的危险区, 琼东北则是重要危险区。

区域稳定性评价属不稳定区。

(7) 琼中南拱断隆起区中—弱活动区(Ⅶ区) 陆上部分为琼中南断块亚区(Ⅶ<sub>1</sub>-B)——较稳定区。

指王五一文教断裂以南地区。本区断块介质为大面积出露的燕山期花岗岩、古生代变质岩。断块呈五边形, 以五指山为隆起中心, 向海呈环带状渐变为低山丘陵、台地、平原。

断裂活动性较弱。琼南西部为区域重力低值区, 无大的北西向发震构造。新构造期以拱断间歇缓慢上升为主, 局部断陷, 近代上升幅度小, 地壳相对稳定。据全新世珊瑚

1) 广东省地震局, 广东核电站地区地震基本烈度综合报告, 1981, 12.

2) 张虎男等, 广东及邻区近代构造运动的特征及其与地震活动关系, 1982, 3.

3) 广东电力设计院等, 广东核电站规划选厂区域稳定性分析评价报告, 1982, 1.

4) 邹和平, 海南岛北部晚新生代构造演化, 1984, 12.

5) 郭钦华, 试论海南岛雷州半岛地震危险区的划分, 1979, 12.

礁 $C^{14}$ 测年, 上升速率0.44毫米/年。1957—1966年地形变资料, 东南部陵水上升较显著, 速率3.3毫米/年。地震活动性较弱。频度小、强度低, 历史上仅于1524年琼海发生过5.7级地震1次。除东部万宁—陵水段外, 是相对安全区。

区域稳定性综合评价属较稳定区。

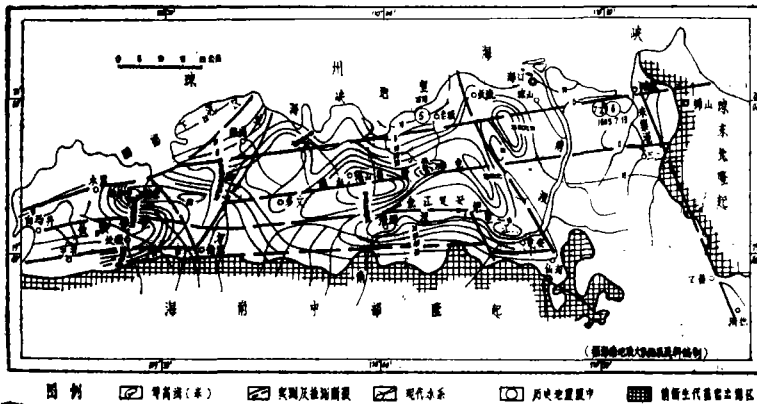


图10 海南岛北部下更新统顶板构造等高线图。

### 三、结 束 语

广东沿岸区域稳定性分析, 首先应着眼于活动断裂, 其存在与展布决定于现存的地壳结构。以北东向断裂为主干, 迭加东西及北西向断裂, 将沿岸地壳切割成活动强度不同的七个断块区及稳定性各异的二十个断块亚区, 各断块在近代以垂直差异运动为主。

沿岸地震带、地热异常带主要与北东向活动断裂带相一致。断块活动的热震效应、能态转换与深部构造密切相关。强震区, 低热场区, 近代拗陷区与深部莫、康氏面隆起区, 重力高值区相对应, 活动性较强, 稳定性较差; 弱震区, 高热场区, 近代隆起区与深部莫、康氏面拗陷区、重力低值区相吻合, 活动性较弱, 稳定性较强。广东6级以上的强震都分布在沿岸稳定性较差的近代断陷区的边界上。以粘滑活动释放的振动能、以蠕动方式释放的热能和以垂直运动转换的位能, 三者 in 断块内互为消长。各断块应力分布状况和断裂活动方式随分区应力场主压应力方位及断块组合形态而异。

区域稳定程度还受断块的介质、结构条件、构造部位、构造发育程度、水文工程地质特征的制约。沿岸 $M \geq 4.5$ 的中强震70%发生在新生代的断陷盆地中, 其次为各建造, 构造单元的复合部位, 占12.5%。

### 参 考 文 献

- [1] 黄玉昆、夏法、陈家杰, 中山大学学报(自然科学版), 1985, 1, 52—62.
- [2] 林纪曾、梁国昭, 地震学报, 2(1980), 3, 245—257.
- [3] 王春林, 中国活动断裂, 地震出版社, 1982, 190—195.
- [4] 黄玉昆、夏法, 中山大学学报(自然科学版), 1982, 2, 17—25.

- [5] 陈定国、姚梅尹, 华南地震, 4(1984), 4, 42—51.
- [6] 王钟琦等, 地震工程地质导论, 地震出版社, 1983, 82—90.
- [7] 胡海涛等, 全国首届工程地质学术会议论文选集, 科学出版社, 1983, 15—25.
- [8] 刘以宣, 华南沿海区域断裂构造分析, 地震出版社, 1981, 30—70.
- [9] 陈恩民, 华南地震, 4(1984), 1, 11—32.
- [10] 黄镇国等, 深圳地貌, 广州科技出版社, 1983, 309—318.
- [11] (苏)И·Е古宾, (日)松田时彦, 活断层研究, 地震出版社, 1983, 46—50.
- [12] 黄玉昆、夏法、陈国能, 海洋学报, 5(1983), 3, 316—327.
- [13] 陈恩民、黄咏茵, 地震地质, 1(1979), 4, 37—44.

## The Analysis and Valuations of the Reginal Tectonic Stabilities along the Coasts of Guangdong Province

Huang Yukun    Xiafa    Chen Guoneng    Chen Jiajie

### Abstract

The faults, mainly the NE, secondly the EW and NW, intersect the crust along the coasts of Guangdong to form seven fault blocks with different active intensity and twenty sub-fault blocks with different stability. The recent crustal movements on these fault blocks are dominated by vertical differential movements.

The geotherm-seismicity effect and energy-facies conversion of the fault-blocks processes along the coasts have a close relationship with the deep-seated tectonics. The recent fault-block subsidence areas with stronger earthquake and lower geotherm value are not only corresponding to the deep-seated uplift area of the Conrad and Mohorovicic discontinuities, but it is also a area of higher gravity value. The strong earthquakes of  $M > 6$  in Guangdong were all taking place on the boundaries of the recent fault-block subsidence areas where the crustal movements along the coast are stronger and the reginal stabilities are lower.

The distribution of fault-block stress field and the style of the fault movement are different with the pattern of the block complex and the direction of the main stress in regional tectonic stress field.

The regional stability is also influenced by the medium of the fault-blocks, the conditions of tectonic, the development of tectonic and the characteristic of hydrogeology and engineering geology. There were about 70 percent earthquakes of  $M \geq 4 \frac{3}{4}$  along the coasts took place in Cenozoic graben basins.