

深圳市区域稳定性评价

地质矿产部《深圳市区域稳定性评价》

编写组 著

地质出版社

深圳市区域稳定性评价

地质矿产部《深圳市区域稳定性评价》编写组 著

地质出版社

内 容 提 要

本书是深圳市区域稳定性评价研究专著。深圳市区域稳定性研究,以构造稳定性评价为主,采用地质力学的思路、观点和方法,以地应力场的研究为重点,配合介质稳定性和地面稳定性研究,最后进行综合评价。

构造稳定性评价研究,采用了地质宏观和微观研究,遥感、物探、钻探、地形变、地应力测量,地震台网监测,天然地震转换波测深、断层活动年龄测定、模拟实验等多种学科理论和多种技术方法,对构造现今活动性进行了综合仪器测试,以综合分析探讨构造现今活动规律以及地应力状态、分布、变化特征、能量集中和分布特征。岩体土体稳定性研究,是在地质调查、物探、钻探、物理力学性质测试等基础上,进行了大量的工程地质原位测试。地面稳定性研究,以野外调查和航空遥感相结合,综合分析风化、水土流失、土体崩塌等外动力地质现象及其发育程度。从而,使该区的稳定性评价研究进入定量、半定量范畴。

在稳定性评价的基础上,还进行了稳定性分区,最后,对深圳的城市建设规划提出了建议。

深圳市区域稳定性评价

地质矿产部《深圳市区域稳定性评价》编写组 著

责任编辑:屠涌泉 李炬

地质出版社出版发行

(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 8.5 铜版图: 4页 插页: 2页 字数: 213 000

1991年6月北京第一版·1991年6月北京第一次印刷

印数: 1—1 000 册 国内定价: 9.00 元

ISBN 7-116-00832-2/P·714

目 录

前言	I
第一章 地质背景	5
第一节 区域地质构造背景	5
一、地层与沉积建造	5
二、地质构造	5
三、深部构造	8
四、莲花山断裂带的基本特征	9
第二节 深圳市地质特征	13
一、地层与岩浆岩	13
二、地质构造基本特征	17
三、深圳断裂束	19
第三节 罗湖区断裂构造	31
一、北东向断裂	31
二、北西向断裂	35
三、其它方向断裂	36
四、罗湖区断裂晚近时期的活动性	36
第二章 构造现今活动的基本特征	38
第一节 广东省构造现今活动的基本特征	38
一、1960—1975年广东省构造地形变特征	38
二、地震活动与主要断裂带的关系	39
三、地下热水活动与断裂带的关系	41
四、现今地应力状态与断裂的现今活动	42
五、构造现今应力场有限单元数学计算	42
六、深圳地区地震影响场的讨论	47
第二节 莲花山断裂带的现今活动性	51
第三节 深圳地区的构造现今活动特征	56
一、微震台网监测与地震活动分析	56
二、地应力状态	62
三、构造应力场物理模拟实验和数学有限单元计算	65
第四节 罗湖区断裂现今活动性	69
一、断裂位移测量结果	69
二、地震活动	70
三、地应力状态	70
四、断裂带上建筑物的宏观调查	71
五、构造应力场物理模拟实验和数学有限单元计算	72
第三章 工程地质特征	74

第一节 地貌类型及其特征	74
一、侵蚀构造地形	74
二、剥蚀地形	74
三、剥蚀堆积地形	76
四、堆积地形	76
第二节 岩体工程地质特征及其稳定性	77
一、岩浆岩类	77
二、变质岩类	80
三、沉积岩类	80
四、风化岩类	81
五、构造岩类	82
第三节 土体工程地质特征及其稳定性	82
一、风化土体工程地质特征	82
二、沉积土体工程地质特征及其稳定性	87
三、地基土体稳定性评价	93
第四节 影响工程建设的水文地质条件	94
一、地下水类型及其特征	94
二、地下水对混凝土的侵蚀性	96
第四章 区域稳定性评价与分区	98
第一节 区域稳定性评价的主要因素与分区的基本原则	98
一、区域稳定性评价的主要因素	98
二、区域稳定性分区的基本原则	98
第二节 深圳市区域稳定性评价与分区	99
一、区域稳定性评价	99
二、区域稳定性分区	100
第三节 深圳经济特区区域稳定性评价与分区	107
一、构造、岩体土体及地面稳定性划分	107
二、区域稳定性分区	108
三、各分区稳定性评价	111
第四节 对深圳市建设规划的建议	111
一、对城市建设规划土地利用的建议	112
二、对港口码头建设的建议	112
三、对主要环境工程地质问题防治的建议	115
结论	118
一、区域稳定性评价	118
二、区域稳定性分区	120
三、建议	120
后记	122
图版	
主要参考文献	
英文摘要	

前 言

深圳市位于广东省中南部沿海。南隔深圳河与香港九龙新界毗邻,东临大亚湾,西接珠江口伶仃洋,北与东莞县、惠阳县接界。经纬度位置,按海界计,为北纬 $22^{\circ}09'—22^{\circ}51'49''$,东经 $113^{\circ}39'36''—114^{\circ}38'43''$;按陆地计,为北纬 $22^{\circ}26'59''—22^{\circ}51'49''$,东经 $113^{\circ}45'44''—114^{\circ}37'21''$ 。深圳市包括深圳经济特区和宝安县两部分。陆地面积为 1865.97 km^2 ,其中经济特区面积为 357.23 km^2 ,宝安县面积 1508.74 km^2 〔2〕。

自1980年深圳市创办经济特区以来,城市建设发展迅速,高层建筑林立,已经初具开放的国际性城市的规模。五华-深圳断裂带呈北东展布,自东北往西南斜穿本市,经过坪山、横岗、深圳水库和罗湖区高层建筑群。因此,它的活动性及由此导致的区域地壳稳定性问题,将关系到经济特区建设规划及其发展前景,也很敏感地影响着海内外投资的进展,引起专家学者的关注及各级领导的重视。

1984年,当时的地质矿产部(以下简称地矿部)部长孙大光责成地矿部水文地质工程地质司主持召开“深圳市罗湖区断裂构造活动性及区域稳定性评价工作论证会”,要求集中部系统优势力量,对五华-深圳断裂带的活动性及深圳区域稳定性作出评价,为经济特区规划建设提供地质依据。经地矿部批准,决定将其列为部控重点地质工作项目。

1. 深圳市地区研究概况

对深圳城市进行区域地壳稳定性评价工作,开展系统研究,尚属首次。据初步统计,过去曾进行过有关地质工作如下:

(1) 1959年,广东省地矿局761地质队在本区开展1:20万区域地质调查后指出,通过本市的五华-深圳断裂带,属区域性莲花山活动断裂带的北带。但进入市中心以后露头零星,尤其是沙湾以南地段,多为第四系覆盖,因此其中断裂数量、产状、性质、展布位置等均不大清楚。

(2) 自1981年以来,广东省地矿局开展了一系列为深圳经济特区规划建设服务的前期地质工作,其下属深圳市地质局、区域地质调查大队、水文地质工程地质一大队、二大队、地球物理探矿大队等,相继完成了1:20万水文地质调查、1:20万海岸带工程地质调查、1:5万区域地质调查、1:2.5万罗湖区物探电法测量、1:1万罗湖区隐伏断裂初步勘察等工作。

(3) 1981年受原水电部委托,地矿部地质力学研究所、地矿部562综合大队等单位,为深圳大亚湾核电站选址,进行了区域地壳稳定性评价研究,1988年编写出版了《广东核电站规划选址区域稳定性分析与评价》。

(4) 由广东省地震局提出地震基本烈度复核意见报告,经国家地震局审批,广东核电站地震基本烈度定为七度。

2. 深圳市区域地壳稳定性评价研究思路和工作方法概述

深圳市区域地壳稳定性评价,以构造稳定性评价为主,本次研究采用了地质力学的思路、观点、方法,在构造稳定性评价研究中,以地应力场的研究为主,配合介质稳定性、

地面稳定性进行综合评价研究。

构造稳定性研究,是从广东省、莲花山断裂带、深圳市至深圳经济特区四个不同范围、层次依次开展工作;是在查明地质构造的基础上,以研究构造活动性、特别是了解构造晚近时期至现今构造活动规律作为重点。研究工作中,采用了多种学科理论和多种方法及加强构造现今活动性的综合仪器现场测量,其中包括:探讨中生代时期断裂活动形变、应力变化的有限应变测量和差应力测量、多时相航空红外扫描和航空侧视雷达遥感研究、地质构造调查研究、第四纪以来断层活动性调查、钻探查证断层、地面物探普查、浅层地震剖面勘探、甚低频电磁测量、静电 α 卡放射性测量、钻孔全孔段孔壁纵波声波测试、断层带地表土壤气体测试、断层泥中石英形态的电镜扫描和热发光年龄测定、 ^{14}C 测定、孢粉鉴定、区域地壳形变编图研究、断层位移测量、地应力测量、微地震台网连续监测、天然地震转换波测深等等,获得了丰富的资料和数据,同时配合做构造应力场的物理模拟实验和数学模拟计算。通过这些测试、研究,经过系统整理、综合分析,探讨构造现今活动规律以及控制构造现今活动的地应力状态、分布、变化特征和能量集中、分布特征,使构造稳定性评价进入定量、半定量范畴。

介质稳定性研究,即对岩体和土体的稳定性研究,着重在深圳经济特区范围内进行。研究工作是在工程地质调查、物探、钻探和室内物理力学性质测试的基础上,加强了工程地质原位测试、浅层地震、声波测井等方法的勘测。对岩体土体的稳定性评定,在宏观论证的基础上,依据岩体土体的物理力学性质和沉积土体的砂砾颗粒级配、标贯击数、承载力等参数,从而使岩体土体的稳定性评价有了多项实测数据和定量、半定量指标。通过系统的物探、钻探,查明风化土体和软弱土层的厚度、被覆盖的岩体的埋藏特征,以及它们的分布规律和工程地质特征。

在地面稳定性研究中,除了常规野外调查外,还应用航空侧视雷达和航空红外线扫描摄影手段,对风化程度、水土流失、土体崩塌等外动力地质现象及其发育程度进行分析。同时计算海岸外移速度、港湾淤积速率等动态指标。

稳定性分区,是在区域地壳稳定性评价的基础上,编制有关地图图系,其中包括:构造分区图、现今地应力场图、综合工程地质图、水文地质图、以及地貌与外动力地质图等,并在统一制定区域稳定性分区原则基础上,按照不同区域范围层次,分别编制不同比例尺稳定性分区图件和说明表。在广东省范围,编制1:100万区域地壳稳定性分区略图(即构造现今活动与地震关系图),主要划分活动构造带与相对稳定地块的展布轮廓,从而了解深圳所处部位,同时作为区域地震影响场的分析计算依据。在深圳市范围,编制1:20万区域地壳稳定性分区图,具体划分各处相对稳定程度,为城市建设规划提供使用。在经济特区范围内,编制1:5万稳定性分区图,为开展和合理利用土地资源,指出拟建港口的位置、城市发展扩建用地的位置等,供制定城市建设发展规划使用。

3. 研究工作及编写组织

深圳市区域地壳稳定性评价研究,系属部控项目,由原地质矿产部水文地质工程地质司主持,广东省地质矿产局牵头,主要参加单位有:深圳市地质局、中国地质科学院城市与工程场地稳定性研究中心、中国地质科学院地质力学研究所、地矿部水文地质工程地质方法研究队、成都地质学院和广东省地质矿产局所属区域地质调查大队、水文地质工程地质二大队、地球物理探矿大队、地质研究所等单位。主持单位负责人:岑嘉法、农开清。技

表 0-1 深圳市区域稳定性评价项目课题研究报告一览表

序 号	报 告 名 称	主 要 执 笔 人	提 交 单 位
1	1:20万深圳市地质系列图及说明书(初稿)	刘汉英、黄显强、贾树章	深圳市地质局、广东省水文二队
2	1:5 万深圳经济特区地质系列图及说明书(初稿)	刘汉英、黄显强、郑有铭、苏卓均	广东省区调大队、水文二队、深圳市地质局
3	深圳断裂带基本特征专题报告	陈挺光、谢佑才、张玉庆	广东省地矿局
4	深圳断裂带横岗-淡水区段构造地质专项调查报告	谢佑才、林庆华	广东省地矿局区调大队
5	广东省深圳地区航空遥感工作报告	陈复钧、林枚	地矿部水文地质工程地质方法研究队
6	1:5 万深圳经济特区工程地质勘察报告	黄显强、曾运祥、黎智华	广东省地矿局水文二队
7	1:2.5 万广东省深圳市福田新市区水文及工程物探普查工作成果报告	黎国吼、李良跃、罗茂华、王功敏	广东省地矿局物探大队
8	深圳市罗湖区区域稳定性评价浅层地震剖面勘探专题报告	唐大荣、雷 炜	地矿部水文地质工程地质方法研究队
9	广东省现今构造地形变研究报告	张慧兰、钱永靖	地科院城市与工程场地稳定性研究中心
10	深圳市黄贝岭断层位移测量站建站报告	李开善、张全义	地科院城市与工程场地稳定性研究中心
11	压磁电感法地应力测量报告	侯宗仁、刘治贤	地科院城市与工程场地稳定性研究中心
12	水压致裂地应力测量研究报告	马丽燕	地科院城市与工程场地稳定性研究中心
13	深圳市黄贝岭断层位移测量1986—1987年度测量报告	张全义 李开善	地科院城市与工程场地稳定性研究中心
14	微震台网监测与地震研究专题报告	周立功、刘治贤、任世荣	地科院城市与工程场地稳定性研究中心
15	天然地震转换波测深报告	王德功、孙天福	地科院城市与工程场地稳定性研究中心
16	深圳市罗湖区断裂构造补充调查报告	谢佑才、陈挺光	广东省地矿局区调大队 广东省地矿局科研所
17	广东省深圳市罗湖区断裂构造调查及钻探验证成果专题报告	张玉庆、贾树章	深圳市地质局
18	深圳市声波测井勘探报告	吴庆曾、李洪涛	地矿部水文地质工程地质方法研究队
19	广东省深圳市罗湖区附近晚更新世以来断裂活动调查报告	张玉庆	深圳市地质局

续表

序 号	报 告 名 称	主 要 执 笔 人	提 交 单 位
20	深圳市罗湖区断裂新活动性的测试及模拟研究	王士天、黎克武	成都地质学院工程地质教研室
21	深圳市罗湖区断层气体测量试验工作小结	黎国吼	广东省地矿局物探大队
22	深圳区域稳定性研究明胶网格法模拟实验报告	文景志	地科院城市与工程场地稳定性研究中心
23	深圳及周围地区现今应力场的模拟分析及区域地壳稳定性研究	黄庆华、李永贤 王视庆、武红岭	地科院地质力学研究所
24	有限单元法模拟深圳现今构造应力场研究报告	张锡娜	地科院城市与工程场地稳定性研究中心
25	深圳市区域构造应力场特征及罗湖区断裂活动性研究	沈淑敏、郑芳芳、刘文美	地科院地质力学研究所
26	有限元法模拟罗湖区现今构造应力场研究报告	张锡娜	地科院城市与工程场地稳定性研究中心
27	深圳市罗湖区明胶实验报告	文景志	地科院城市与工程场地稳定性研究中心

术顾问：陈庆宣、张倬元。技术指导：戴广秀。

研究工作分三个阶段：首先于1985—1986年用二年多时间进行了野外调查、勘探和各种仪器现场监测等项基础工作。在此基础上，1987年在室内进行了各种数据的处理分析，开展各种构造应力场的模拟实验研究，共整理编写课题研究报告 27 份（详见表 0—1）。1988年由杨超群等执笔编写《深圳市区域稳定性评价报告》，经地质矿产部和深圳市人民政府联合主持评审验收，认为达到了预期目的，圆满地完成了任务。

本书是在上述报告基础上完成的，由地质矿产部主持出版，楚占昌负责组织协调，杨超群、孙叶、施普德、赵娴等执笔合著。各章编写分工：前言由孙叶、杨超群、赵娴编写；第一章由杨超群、赵娴、张玉庆编写；第二章由孙叶、周立功、张景寿、吴金章编写；第三章由施普德、黄显强、刘汉英、张玉庆、杨超群编写；第四章由孙叶、施普德、黄显强、刘汉英、张玉庆、杨超群编写；结论和建议由杨超群编写；英文摘要由陈庆宣、孙叶编写。全书由杨超群统稿，孙叶、李开善负责修改补充。楚占昌、彭一民分别对中文书稿和英文摘要进行审定。李淑芬绘图，牛佩敏联络出版。

由于本项目参加单位多，涉及的学科广，测试手段和方法繁杂，获得的信息量大，技术难度高，总结、编写时间较短书中不完善之处，恳请读者批评指正。

第一章 地质背景

第一节 区域地质构造背景^{〔1〕}

深圳市处在广东省主要构造高要-惠来东西向断裂带南侧、北东向莲花山断裂带的南西段,并且是莲花山断裂带北西支五华-深圳断裂带南西段展布区。

为阐明五华-深圳断裂带的现今活动特征,并对深圳市地壳浅层的稳定性作出评价,必须了解以深圳市为中心,影响半径大致300km范围内的区域地质构造背景。因此本节论述的主要区域为:东西向贵东-蕉岭断裂以南(北纬24°40′以南),四会-吴川断裂以东(东经110°—113°以东),包括广东省及其邻侧部分地区。

一、地层与沉积建造

区内从震旦系至第四系发育比较齐全,并经历了由地槽——准地台——大陆边缘活动带三个阶段的发展演变历史,不同阶段的沉积建造具有明显的不同特点。

(一) 震旦纪—志留纪地槽阶段

震旦纪至志留纪,以发育复陆屑式建造组合为主,包括类复理石建造、炭质页岩建造和笔石建造;次为火山硅质建造组合。上述建造属于非稳定型建造系列,主要为冒地槽型沉积,局部具优地槽型沉积色彩,总厚度超过10000m。

(二) 泥盆纪—中三叠世准地台阶段

泥盆纪至中三叠世主要发育稳定型建造系列,即单陆式建造组合,包括单陆屑碎屑岩建造夹火山岩建造和含煤建造;以及碳酸盐建造组合,包括碳酸盐建造及含磷、锰的碳酸岩建造和硅质岩建造。均属于滨海-海相地台型沉积,总厚度约6000m。

(三) 大陆边缘活动带阶段

晚三叠世至早侏罗世,主要发育浅海类复理石建造和海陆交互相含煤建造。自中侏罗世至第三纪,大陆部分主要形成复陆屑式建造组合,包括内陆盆地的陆屑类磨拉石建造、膏盐建造、含煤建造和含油碎屑岩建造以及火山复陆屑式建造组合。第四系的沉积类型比较齐全。

二、地质构造

(一) 构造运动

1. 加里东运动

志留纪末期发生了强烈的加里东褶皱造山运动,使加里东地槽沉积物发生了紧密的线型褶皱、区域变质作用和混合岩化作用,并伴随有岩浆的侵入和喷发,形成了褶皱基底。加里东运动结束了地槽的发展历史,使本区进入了较稳定的准地台阶段。

2. 华力西、印支运动

发生于泥盆纪至二叠纪间的华力西运动，以震荡运动为主，只形成某些地层间的沉积间断和假整合，表明构造环境比较宁静。印支运动是又一次重大的构造运动，以断块造山运动为特色，表现为晚三叠统与下伏地层呈明显角度不整合，并使地台盖层形成以梳状和箱状为特征的过渡型褶皱，同时伴随有深大断裂的发育和岩浆活动。印支运动结束了准地台的历史，从而进入了大陆边缘活动带的新阶段。

3. 燕山运动

燕山运动是最为强烈的一次以断块造山运动为主的构造运动。燕山运动可分为五幕，除表现为地层间的不整合外，以发育深大断裂为主，并以形成开阔型褶皱为特征；同时伴随花岗岩类岩浆的强烈侵入活动、陆相中酸性火山岩的大量喷溢以及与岩浆活动有关的成矿作用。沿深大断裂发育的断裂动热变质作用，也是燕山运动的特色之一。

燕山运动的规模和强度，自北西往南东有逐渐增强的趋势。

4. 喜马拉雅运动

喜马拉雅运动可分为三幕，均以拉张导致的断陷作用为主，并形成平缓的拱曲构造。在大陆多形成具陆内裂谷雏形的断陷盆地，并伴随有中基性和碱性火山岩的喷发。在大陆南缘及南海海域，则形成东西向的琼州海峡陆间（？）裂谷，同时导致了南海海盆—海洋裂谷的形成，并伴随大规模玄武岩的喷发。总的说来，从北到南、由大陆至海洋，有拉张逐渐增强、裂谷形成时代愈来愈新的趋势。

(二) 构造形变

广东省构造线的方向主要为北东向和东西向，共同组成了菱形的构造格架；并有二者

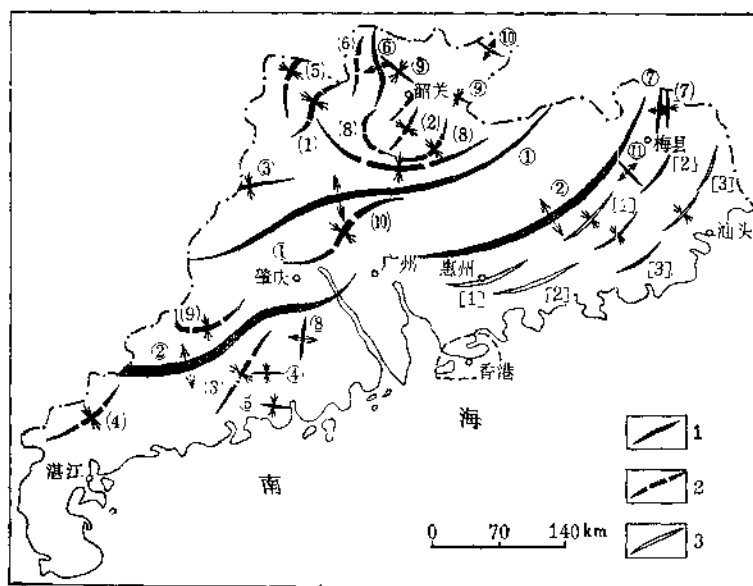


图 1—1 广东省主要褶皱分布示意图^[1]

1—基底褶皱：①九连山-佛岗-郁南复背斜带，②蕉岭-增城-腰古-云开复背斜带，③六堡-复郅复向斜，④五点梅复向斜，⑤那崖复向斜，⑥瑶山复背斜，⑦蕉岭复背斜，⑧白水坑复背斜，⑨小鱼水-瑶岭复向斜，⑩小梅关复背斜，⑪径心复背斜；2—盖层褶皱：(1) 郴县-怀集复式向斜，(2) 北江复式向斜，(3) 春湾复式向斜，(4) 廉江复式向斜，(5) 东坡-连州复式向斜，(6) 瑶山复式向斜，(7) 蕉岭复式向斜，(8) 英德复式向斜，(9) 贵子弧形褶皱，(10) 清远-高要“S”形褶皱；3—大陆边缘活动带中的褶皱：〔1〕潭下-七星峰-黄巢山复式褶皱，〔2〕铜鼓嶂-桐子洋-禾麻石复式褶皱，〔3〕新丰-军埠-大南山复式褶皱

复合形成的弧形构造出现。

1. 褶皱构造 (图1—1)

发育于震旦系及下古生界中的基底褶皱,以紧密线型褶皱为特征,其中蕉岭-增城-腰古-云开和元连山-佛岗-郁南两条复背斜带,呈“S”型展布,构成了广东的重要构造骨架。发育于泥盆系至中三叠统地台盖层中的褶皱,以过渡型褶皱为特征,常与断裂共同组成“断褶构造带”。发育于上三叠统和侏罗系中的褶皱以宽展型的短轴背向斜为特征;而白垩系和第三系中则主要发育平缓的向斜、拱曲或单斜构造。

2. 断裂构造 (图1—2)

区内断裂以北东向为主,其次为东西向。此外尚有北西和北东东等方向的断裂。

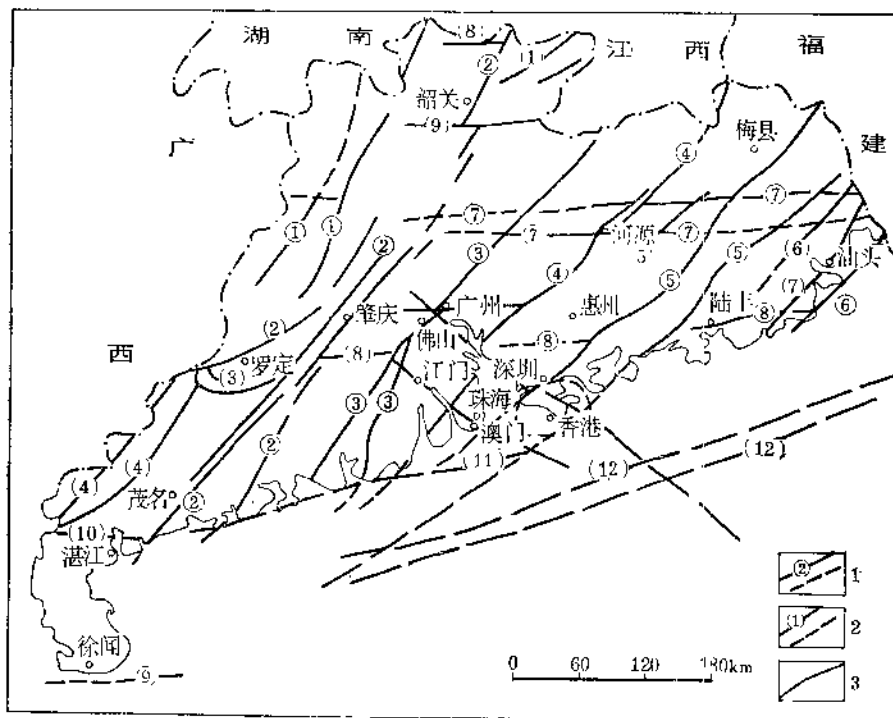


图 1—2 广东省深大断裂略图⁽¹⁾

1—深断裂: ①郴县-怀集断裂带, ②四会-吴川断裂带, ③新丰-恩平断裂带, ④河源断裂带, ⑤莲花山断裂带, ⑥南澳断裂带, ⑦佛岗-丰良断裂带, ⑧高要-惠来断裂带, ⑨琼州海峡断裂带; 2—大断裂: (1)南雄-江湾断裂, (2)罗定-悦城断裂, (3)贵子弧形断裂, (4)信宜-廉江断裂, (5)紫金-博罗断裂, (6)潮安-普宁断裂, (7)汕头-惠来断裂, (8)九峰断裂, (9)贵东断裂, (10)遂溪断裂, (11)香港-万山断裂带, (12)珠江拗陷北缘断裂带; 3—一般断裂 (资料来源: 广东省区域地质志)

(1) 北东向断裂: 自东南沿海往北西依次有: 南澳、汕头-惠来、潮州-普宁、莲花山、紫金-博罗、河源、新丰-恩平以及四会-吴川等深大断裂。

(2) 东西向断裂: 由南向北依次有: 高要-惠来、佛岗-丰良和贵东-蕉岭等深大断裂。

上述北东向和东西向断裂都具有长期发展和多次继承活动的特点, 并明显地控制着沉积建造、岩浆活动、变质作用、混合岩化以及成矿作用, 而且往往是地质构造单元的分界线。地球物理场上也有明显反映。这两组断裂相交汇处, 有时由于联合复合作用而形成弧

形构造。历史及近期的地震、温泉和热水的分布，也多受这些断裂的制约，其中东西向断裂为控震构造，北东向断裂为发震构造，两组断裂交会处常为地震集中区段。

（3）北西向断裂

北西向断裂主要见于粤东及珠江口一带，而以粤东较为发育。在粤东自北东而南西主要有：大埔-饶平、兴宁-揭阳、丰顺-汕头和普宁-靖海等断裂；在珠江口西侧有三水断裂带等。

北西向断裂的规模较小，多形成于燕山期，喜马拉雅期再次活动，挽近期活动也较明显，也属发震构造。它与北东向和东西向断裂交汇处，往往形成地震集中区段，但其震级较低。

（4）海陆交界处北东东向断裂

在东南沿海海陆交界的现今大陆架和陆坡所在部位，发育一系列喜马拉雅期形成的北东东向平行展布的张性断裂带，控制了新生代断陷盆地的展布。如香港-万山断裂带和珠江拗陷北缘断裂带等。

三、深部构造

本区地壳经过长期调整作用后，莫霍面的起伏与现代构造地貌呈镜像对应关系，并具有北东东向分带特点。它与大地构造背景有关。

大陆中低山地区与上地幔凹陷相对应，具陆壳特征；莫霍面起伏比较平缓，埋深约25.5—30km（图1—3）；莲花山断裂带东南侧沿海一带属上地幔斜坡亚区。

南海海盆区与上地幔隆起区相对应，具洋壳特征；重、磁异常为正背景场；莫霍面的

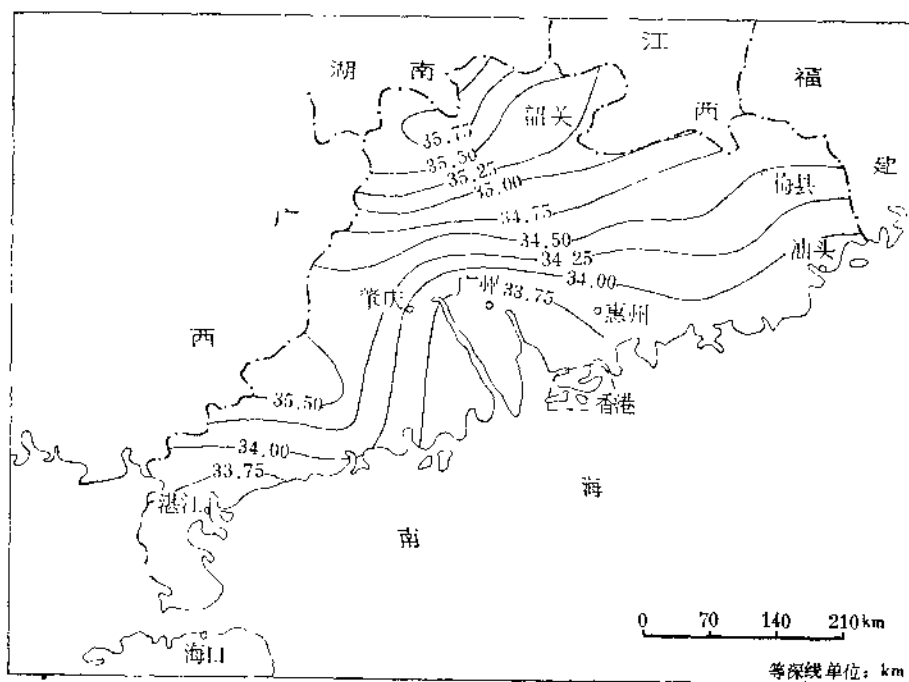


图 1—3 广东省大陆莫霍面等深图
(据广州地震大队1975)

埋深介于7—20km之间，起伏变化较大。

大陆与海盆之间的陆缘地区，在陆壳的基础上，有新生洋壳叠加，因而具有过渡型地壳的特点。

四、莲花山断裂带的基本特征^{[1] ①}

(一) 总体展布

莲花山断裂带属中国东南沿海的政和—大埔断裂带的西南段。其北东端从福建省进入广东省大埔、梅县，然后，沿着雄伟的莲花山脉向西南延至海丰、惠东和深圳一带，并通过香港的元朗、屯门伸入南海。断裂带在陆地部分总长约370km，宽约20—40km，构成了广东省东南沿海的天然屏障（图1—4）。

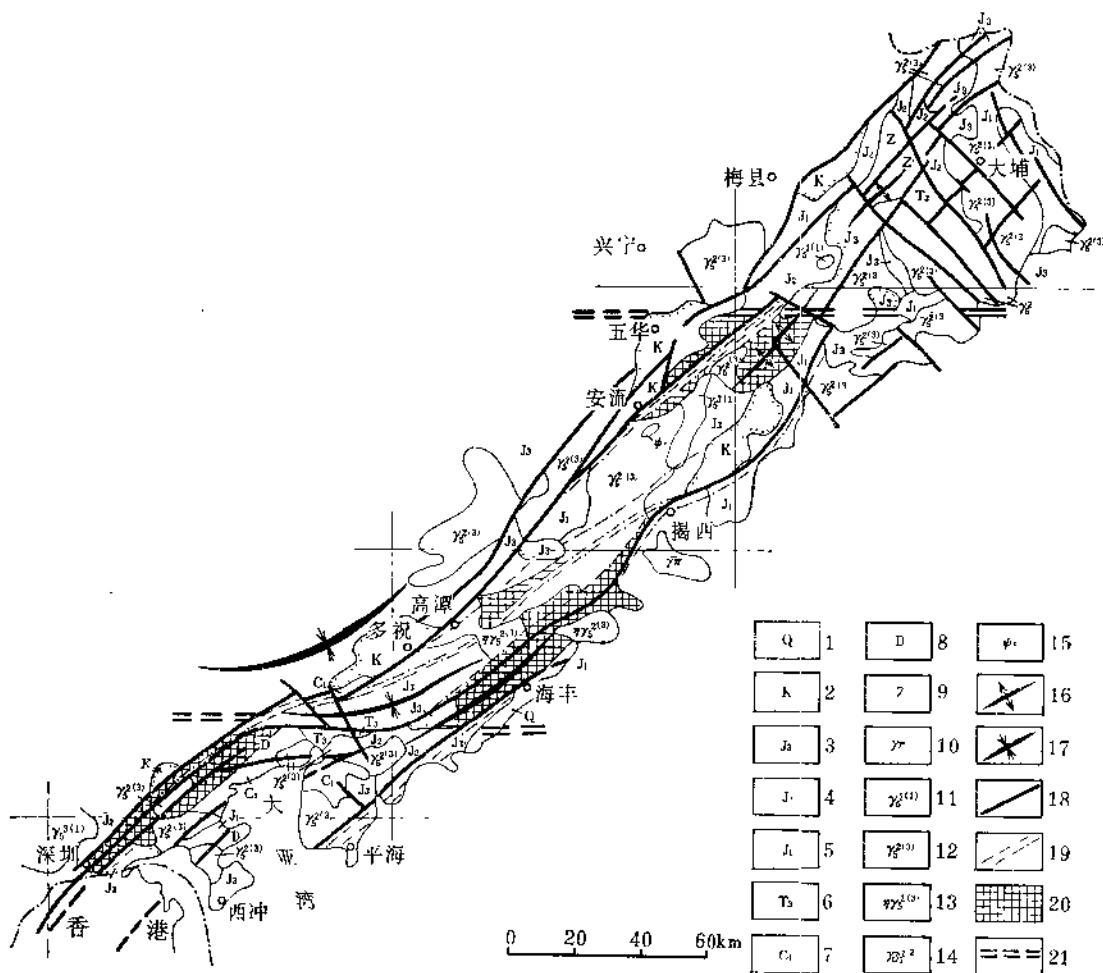


图 1—4 莲花山断裂构造带展布略图

1—第四系；2—白垩系；3—上侏罗统；4—中侏罗统；5—下侏罗统；6—上三叠统；7—下三叠统；8—泥盆系；9—震旦系；10—花岗岩斑岩；11—燕山第四期花岗岩；12—燕山第三期花岗岩；13—燕山第三期二长花岗岩；14—燕山第二期花岗岩闪长岩；15—中生代辉长岩；16—背斜；17—向斜；18—主要断裂；19—韧性剪切带；20—热力变质带中心；21—东西构造带

① 广东省地矿局区域地质调查大队、中山大学地质系，1984，莲花山断裂带的变形及控岩控矿控震特征。

断裂带由强大的断裂束、断裂动热变质带及与之紧相伴随的复式褶皱带等组成,总体作北40°—45°东展布,在卫星照片上有清楚的显示(图版1—1)。

断裂带由百余条大小断裂组成,它们集中形成两个强大而密集的平行亚带。位于北西一侧的称五华-深圳断裂亚带,带中单个断裂呈雁行排列,断面倾向北西,倾角45°—80°;位于南东一侧的称大埔-海丰断裂亚带,其中的断裂也大致呈雁行排列,断面倾向南东,倾角40°—70°。该断裂延至惠东一带时,由于与高要-惠东东西向构造带联合。因而走向向东偏转而呈北东东,形成向南东突出的弧形,大埔-海丰断裂亚带的部分断裂向西延伸与五华-深圳断裂带合并而进入深圳。上述两个断裂亚带走向平行,但倾向相背,断裂性质以压性为主,在剖面上形成了典型的“对冲”结构。

(二) 地球物理场

莲花山断裂带是地球物理场的重要分界线。

根据重力异常变化反演的莫霍面起伏表明:在大陆上地幔凹陷区中,断裂带的东南侧是粤东沿海上地幔斜坡区,其西北侧为九连山-佛岗上地幔变异区,断裂带恰为这两个深部构造二级单元的分界线。在重力图上,沿断裂带分布着一系列北东向展布、宽30—50km的串珠状布格重力异常带,强度为 $-15 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 至 $-30 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。在五华至丰顺之间,该带的东南侧为北东向排布的布格重力梯级带,西北侧是方位多变的重力负异常扭曲带,构成了完全不同的两个重力背景场,其分界线大致与大埔-海丰断裂带相当。

五华-深圳和大埔-海丰断裂的所在部位,存在着磁性突变界面,界面两侧磁场特征差异明显,往往是航磁 ΔT 值的转换带。这两个断裂之间为一系列串珠状排列的高磁异常带,其西北侧为强度 $\pm (20-80) \text{nT}$ 的低缓磁异区,其东南侧为强度50—300nT的高正磁场区(图1—5)。

莲花山断裂带是政和-大埔断裂带向西南的延伸部分。据万天丰等在福建省地段的研究,断裂带两侧的地球物理场也存在明显差异(表1—1)。

同时表明,莲花山断裂带也是地温场等的分界线,该断裂带的东南侧具有较大的活动性。

(三) 构造组分

1. 复式褶皱带

表 1—1 政和 大埔断裂带(福建省地段)两侧地球物理特征对比表

部 位	北 西 侧	东 南 侧
岩石圈厚度(km)	120—140	80—120
居里点深度(km)	40	25
地面热流值(HFU)	1.4	1.7

莲花山断裂带中除见有古生界组成的褶皱零星出露外,主要是由上三叠统和侏罗系组成的复式褶皱。其中以铜鼓嶂-高潭-海丰复背斜及其两侧的九龙嶂和桐子洋-莲花山复向斜最为注目。这个复式褶皱带在惠东附近,由于与高要-惠东东西向构造带联合,使之向

中部揭西-惠东地段：由杨梅水、中洞、黄羌三个亚带组成，长约120km，宽约15km。走向北50°—60°东，倾向以南东为主，局部为北西，倾角30°—50°。

南部淡水-深圳-香港地段：自淡水起，经深圳横岗、田螺、坑延至香港九龙半岛，长度大于30km，波及宽度约5km。总体走向北50°东，倾向北西，倾角30°—80°。

（2）韧性剪切带

沿断裂带呈线形展布，围绕主要变质中心，其变形强度自中心向外，总的趋势是逐渐减弱。即中心部位出现片岩或糜棱岩，外缘出现微片岩和千枚岩。但就局部地段而论，则往往形成多中心渐变变形带。因此，在一个剖面上变形强度往往是重复的，跳跃式的，表现在一个较大的变形带中，存在多处应力局部集中的次一级中心。以河田花岗岩为例，在一个变形带中，自中心向边缘，常依次出现超糜棱岩至细糜棱岩→花岗糜棱岩→糜棱岩化花岗岩→片麻状变晶花岗岩至正常花岗岩，组成了典型的渐变变形系列的构造带。超糜棱岩的出现部位即代表主断裂的通过位置。

变形带中岩石具有一系列挤压变形显微构造特征。岩石的显微组构分析也表明属扁压型S构造岩或B构造岩。

（3）热力变质带

其变质中心与韧性剪切带的变形中心相同，沿断裂带呈多中心的点状椭圆形热变质晕圈展布。在变质带中心为角闪岩相片岩，以出现铁铝榴石、十字石，以及有时出现蓝晶石等中压型变质相系变质矿物组合为特征。中心以外，依次出现二云母片岩、绿泥石-绢云母微片岩和千枚岩以及变质砂岩等绿片岩相变质岩。

上述断裂动热变质带主要形成于晚侏罗世。

3. 脆性断裂带

脆性断裂带由硅化破碎带、破碎岩带及构造角砾岩带等组成，是目前所见断裂带中的主干断裂。它单独产出，或叠置于断裂动热变质带之上，共同组成莲花山断裂带的构造骨架。它对白垩纪以来的沉积作用，构造、岩浆活动和成矿作用，以及近代地热、地震的展布，都有十分重要的控制意义。

（四）生成历史

莲花山断裂带具有漫长的多旋回的活动历史。

断裂带东南侧沿海一带缺失下古生界及元古界，表明加里东旋回及其以前，断裂带东南侧为长期隆起的地区，而西北侧为相对应的凹陷带。

根据泥盆纪-石炭纪的岩相古地理资料^①分析，在华力西旋回，粤东地区海域从总体看，比较平坦、稳定，这说明断裂带基本上没有显著的差异活动。

印支运动和燕山运动是断裂带的强烈活动期。在晚三叠世至早侏罗世，莲花山断裂带的所在部位，堆积了厚达数千米的浅海相类复理石建造及海陆交互相含煤建造。谢家荣称之为“再生地槽”，黄汲清称之为“燕山准地槽”。中侏罗世，沿断裂带形成了一系列断陷盆地，其中沉积了内陆湖泊相碎屑岩夹火山岩。晚侏罗世，莲花山断裂带的活动达到了高潮，沿断裂带有大量陆相钙碱性中酸性火山岩的喷发和强烈的花岗岩类侵入活动及与之有关的内生成矿作用。晚侏罗世末，发生了强烈的断裂动热变质作用。

① 据陈跃钦等资料，1987。