

中国地质科学院

地质力学研究所刊

第 12 号

地质出版社

中国地质科学院

地质力学研究所刊

第 12 号

地质出版社

目 录

中国东南大陆边缘地区构造应力场特征与东海盆地油气运移规律	沈淑敏 郑芳芳 刘文英 (1)
绍兴—江山断裂带显微构造分析与差应力值的估算	王小凤 王平安 水涛 (77)
中国西部经向构造体系	马天林 (85)
大别地块运动程式初探	董树文 周海渊 张维明 陈冠宝 (99)
应力椭球与应力椭圆	潘立宙 (113)
青藏高原地区应力场的光弹性模拟分析及地震危险区的探讨	黄庆华 李永贤 王砚庆 (145)
多种方法得到的地应力测量资料的综合处理	王连捷 王薇 (159)
岩石试样凯塞效应的实验研究	丁原辰 张大伦 付芳才 (171)
水力压裂应力测量及其在油气田开发中的应用	丁健民 梁国平 (185)
中国现今地壳应力状态	曾秋生 (197)
石碌矿区岩石矿物形变相变研究	刘曼俐 邵建国 朱大岗 (209)
流体包裹体群形态组合与构造应力场关系	王桂兰 (229)
湘潭市近郊新构造体系初论	宋文藻 (235)

中国地质科学院
地质力学研究所所刊
第 12 号

责任编辑：朱永余 张书范
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：15.375 插页：3页 字数：356000
1989年6月北京第一版·1989年6月北京第一次印刷
印数：1—2210册·国内定价：5.25元
ISBN 7-116-00418-1/p. 361

中国东南大陆边缘地区构造应力场特征与东海盆地油气运移规律

THE TECTONIC STRESS FIELD CHARACTERISTIC OF THE CONTINENTAL MARGINS IN SOUTHEAST CHINA AND THE MIGRATING LAWS OF OIL AND GAS IN THE EAST CHINA SEA BASIN

沈淑敏 郑芳芳 刘文英

(中国地质科学院地质力学研究所)

地矿部海洋局综合研究队

内容提要:中国东南大陆边缘地区的主干构造是中、新生代成生、发展起来的新华夏系构造,从空间展布来看,它的区域构造特征可概括为两点:1.大陆边缘地区新华夏系构造并非单纯的北北东走向的多字型构造,而呈一组平行海陆边界(以安山岩带为界)的多字型弧形构造带;2.大陆边缘地区存在一组北略偏东的构造形迹,越往北则越显著,其成生时期与弧形构造带相近,且受海陆边界形态的制约。

作者对东海盆地,特别是浙东拗陷,进行了深入地研究,并对应力场、变形场、挠度场和运移势场进行了计算和实验,从而指出:应力舒缓区及运移势低的地区,可能是油气停聚的有利地区。

前言

北东及北北东方向,呈多字型展列的褶皱和断裂带是中国东部乃至东亚濒太平洋地区一项显著的构造型式。李四光教授根据它们的展布方向及成生时期,划分为华夏系构造、新华夏系构造及华夏式构造。

新华夏系是中生代形成的构造体系,开始活动时期一般是在三叠纪中、晚期的印支运动。中国东南沿海地区及陆架区海域等大陆边缘地带,由于中生代以来的多期次构造运动及地质构造基础的差异,新华夏系构造在成生历史和空间展布上都异常复杂。

大陆边缘构造一直是中、外地质学家感兴趣的问题。早在50年代初期,李四光教授就提出大陆边缘弧的概念,指出向东南突出的边缘弧——这些无脊柱的弧形都分布在亚洲大

陆东部的边缘。大致的,但不完全的,与太平洋的西岸平行^[1]。近十几年来,由于深部地质,海洋地质工作的进展及地震预报与找矿的需要,国内、外地质工作者对该区的构造运动、岩浆活动及变质作用日益关注。70年代初,笔者参加《地质力学概论》的修订,有机会广泛接触东南沿海地区区域地质测量的第一手资料。许多资料在区域构造分析中都存在一个具普遍性的问题,即有关华夏系、新华夏系及华夏式构造的划分问题。这是因为华夏方向构造,在这一地带并非单纯的北东走向或北北东走向,同一条北东方向构造带,在北部为北北东方向,到了南部就可能转为北东及北东东方向;因此,根据构造带的走向来划分构造体系时,常常把同一条构造带,在浙江境内划为新华夏系,而延至福建或广东就可能被划为华夏式或华夏系;此外,上述构造带中常常散布着一些北略偏东走向的断裂构造形迹,对于它们的性质,规模和体系归属等看法颇有分歧。最近几年,有人将这组断裂构造独立地划分出来,称为晚期新华夏系构造。

为了研究东海生油盆地的构造特点,我们综合分析了中国海域地球物理及其毗邻大陆边缘地区的区域地质方面的资料,在闽粤沿海进行了路线地质调查,并对该区构造应力场进行分析计算和实验研究。在此基础上,我们提出对中国东南大陆边缘地区区域轮廓,构造应力场特征及东海盆地中的油气运移规律的新认识。

第一章 中国东南大陆边缘区域构造轮廓及构造应力场分析

第一节 中国东南大陆边缘区域地质构造特征

中国东南沿海地区,包括陆架区海域,主体构造为新华夏系。它们为一组平行海陆边界,呈多字型排布的弧形构造带;在这些弧形构造带中,存在一组北略偏东的断裂构造形迹,它们主要为扭性,有时呈雁行排列,但一般延续不长,多为短束状分散在其他构造形迹之中(图1)。

一、弧形构造带

组成这一弧形构造带的主要构造形迹有复式拗褶带、断裂变质混合岩带及岩浆活动带。东南沿海隆起带及陆架区海域中、新生代拗陷带是这一弧形构造带的一级构造型式,它们分别由一些不同级序,不同形态的多字型构造组成,分述如下:

(一) 东南沿海弧形隆起带

浙、闽、粤地区,中生代以来发生了大规模地隆起,形成东南丘陵山地和中、新生代中、小型沉积盆地,大型压扭性断裂变质带,岩浆岩带及火山喷发带。它们自东北向西南均由北北东转为北东乃至北东东走向,平行海陆边界呈多字型展布的弧形构造带。

1. 弧形拗褶带

东南沿海地区,主要在晚三叠纪时由褶皱隆起转为陆相沉积,在复式隆起带西部的

图 1 中国东南大陆边缘及毗邻地区构造简图

- 1—第四系；2—白垩—第三系；3—前中上侏罗统；4—海区新生代沉积等深线（实测）；5—海区新生代沉积等深线（推测）；6—中上侏罗统火山岩；7—燕山期岩浆岩；8—实测主干断裂带；9—北略偏东断裂；10—推测断裂带；11—伴生断裂；12—火山喷发岩带

Fig. 1 Tectonic map of the Southeast continental margin of China and adjacent area:

- 1—Quaternary; 2—Cretaceous-Tertiary; 3—Permian-middle-upper Jurassic; 4-5—Contours of Cenozoic sediments in the presea area; 6—Middle-upper Jurassic Volcanics; 7—Yanshanian magmatic rock; 8—Major fault zone surveyed; 9—Fault zone inferred by east-trending north by east; 10—Fault zone inferred; 11—Associated fault; 12—Volcanic zone

中国东南大陆边缘及毗邻地区构造简图



说明：本图 1:500,000 比例尺地质图（1:500,000）；南海构造地质图（1:200,000）；有关构造地质图及南海构造地质图（1:500,000）；南海构造地质图（1:200,000）。

浙、皖交界的天目山,闽、赣交界的武夷山及粤赣交界的九连山等地,形成次一级隆起区,出现的最老岩层为中、上元古代板溪群的浅变质的复理石式建造,中—基性到酸性陆相变质火山岩和震旦系及下古生界浅变质岩。

复式隆起区的东部,从浙江的天台山、括苍山、南雁荡山至福建的戴云山、广东的莲花山及其以东地区,为另一个第二级隆起区。这是一个长期抬升的地区,至少从古生代以来就是一个隆起剥蚀区,出露岩层主要为元古代双溪坞、建瓯群等深变质岩基底,只在浙江龙泉的二十八都、福建的福鼎南溪及广东的惠东、惠州以南地区,见有少量泥盆纪及石炭、二叠纪沉积,是否有一条海西期地槽和褶皱带存在,尚有异议。中生代以来,这一地区经历过较剧烈地构造运动,特别是在大陆边缘地区,形成一些新的隆起区及断阶带,是燕山期火山岩及侵入岩强烈活动的地区,致使大陆边缘地区普遍被晚侏罗纪至白垩纪陆相火山岩及岩浆岩所披覆。

上述二个二级隆起带之间,晚三叠纪时,为海湾、山麓沉积,主要为古生代及中生代海相、海陆交互相碎屑碳酸盐及含煤建造组成的线状褶皱区。

该弧形拗褶带向东更为显著,构造变形及岩浆活动也更为强烈、频繁,时代有逐渐更新之势。

2. 断裂变质带

东南沿海的弧形隆起带乃至华南的其他地区,均发育一系列断裂变质带,特别是在隆起带的东部隆起区,断裂变质带更为密集,更为强烈。尽管断裂变质带的形态不尽相同,但却都是压扭性断裂带,也都有与混合岩化和花岗岩化相伴生的变质现象。由北向南,伴随弧形隆起带由北东转为北东甚至北东东走向,呈现出沿海陆边界呈弧形自然弯曲的景观。

(1) 杭州—建瓯—上杭—河源—东莞断裂带

该带在浙江杭州至蒲江一带,走向 $N20^{\circ}-30^{\circ}E$;在浙江兰溪以南,由于受其他构造体系的干扰,构造形迹比较零散。该断裂带在浙江枫坪以西至建阳地区分为两支,均呈向西突出的弧形。西支由建阳以东经福建顺昌,明溪及清流至上杭等地,主要构造形迹为古生代线状褶皱带与断裂带,以及沿断裂带走向展布的岩浆岩带和中、新生代构造盆地;东支则经福建的建瓯、三明至上杭地区,为一组斜列或平行密集的断裂群,有时为火山喷发岩带或中、新生代构造盆地。这个复式褶皱带在福建省上杭以南与广东的河源及紫金褶皱带相连。河源及紫金断裂带大都呈波状弯曲,所夹地块常呈透镜状。该断裂变质带的走向在福建境内由 $N20^{\circ}-30^{\circ}E$ 渐转为 $N30^{\circ}-40^{\circ}E$,进入广东渐转为 $N40^{\circ}-50^{\circ}E$,而在广东的惠州、东莞及顺德一带则为 $N50^{\circ}-60^{\circ}E$ 。

(2) 上虞—丽水—尤溪—大埔—莲花山断裂带

该断裂变质带位于东南沿海弧形隆起带的东部二级隆起区的西部边界上,是一条切割地壳较深的大型断裂带。它的北段可分为两支:东支由浙江的上虞到福建的屏南,是一组右行斜列紧密排列的断裂群,由一系列走向 $N20^{\circ}E$,倾向南东的高角度冲断层组成,两侧遭受强烈挤压,岩层普遍直立或倒转。断裂带中有糜棱岩带、构造透镜体及与断裂带平行或斜交的片理带,是压扭性的断裂带。这组断裂带明显地控制了白垩纪盆地的形成和发展,对燕山晚期的岩脉,小侵入岩体,火山喷发带及新生代基性、超基性小岩体的分布,

也具有重要的控制作用。该断裂带在屏南以南至尤溪一带形迹不明显,主要是碎斑熔岩的火山岩带;西支则由浙江绍兴经诸暨、武义、龙泉至福建的尤溪,也是 $N20^{\circ}E$ 左右的右行斜列的压扭性断裂群。断裂带的北端——绍兴至武义间,是由震旦系或古生代及中生代岩层组成的线状褶皱区,并伴有紧密斜列的压扭性断裂;向南逐渐变得松散,但至龙泉以南,断裂呈互相平行或斜列的一束较为密集的断裂带。这组断裂带对白垩纪盆地的形成和发展、对燕山晚期小侵入岩体的分布,也具有明显地控制作用。上述东西两支断裂群,在福建尤溪一带逐渐合为一带,从尤溪至广东大埔,该断裂变质带主要为平行排列或斜列的压性及压扭性的冲断带、挤压带或破碎带,走向 $N30^{\circ}-40^{\circ}E$,多倾向南东。在福建境内,该断裂变质带地表迹象似不如在浙江境内那样明显,那样密集;但沿断裂带可以见到上古生代岩层普遍变质成片岩相,在龙岩一带还可见到燕山早期花岗岩受断裂带影响而产生的强烈变质现象;此外,该断裂带还是一重要的火山喷发岩带,古火山和晚侏罗世的火山喷发中心或次火山岩体,以及燕山晚期的小侵入体和温泉均呈串珠状沿断裂带展布。断裂带向南西延入广东境内,构造形迹更为显著,它们以莲花山断裂带及其西侧的五华、惠州断裂为骨干,呈一束波状弯曲的断裂带及褶皱带,断裂带之间所夹地块多呈狭长的透镜状。断裂带走向由 $N30^{\circ}-40^{\circ}E$ 渐转为 $N50^{\circ}-60^{\circ}E$,向西至中山、珠海一带转为 $N70^{\circ}-80^{\circ}E$,基本与海陆边界弧线一致。莲花山、五华及惠州等主干断裂带,因遭受强烈挤压,其中岩块普遍破碎或变质,形成宽10余公里,长约200km的断裂变质带。该带中花岗岩普遍形成压碎岩或糜棱岩;而沉积岩或火山岩则广泛出现片理化或形成片岩,主要为石英绢云母片岩,十字石、石榴石片岩及花岗岩片麻岩。卷入变质带的有古生代至早侏罗世砂页岩层,晚侏罗世火山岩及燕山早期花岗岩。该断裂带,特别是五华断裂,控制了白垩纪至下第三纪红色盆地的分布;而莲花山断裂带则控制了早侏罗世沉积岩相的分布。沿断裂带有规模宏大的晚侏罗世火山喷发岩及燕山期花岗岩,局部地区有串珠状橄榄玄武岩筒或基性岩体;此外,也控制了山脉、水系、温泉及地震群的分布。因此,该断裂带应开始于早侏罗纪时期,晚侏罗纪构造活动剧烈时期形成断裂变质带,白垩纪、第三纪以及晚近时期仍有活动。

断裂带两侧重力场变化较大,特别是福建尤溪以北至浙江龙泉、杭州以东地区,线状重力异常带比较清楚。

(3) 镇海—温州—福鼎—长乐—南澳断裂变质带

该带北段从浙江镇海至福建福鼎,断裂走向 $N20^{\circ}-30^{\circ}E$,多倾向北西,为一束右行斜列或平行密集的高角度压扭性断裂带。该断裂带对晚侏罗纪火山喷发,部分燕山期侵入体,白垩纪断陷盆地的成生发展以及新生代玄武岩的喷发,均有重要的控制作用;而且,沿带常有地震活动或温泉出露,可见该断裂带晚近时期还在活动。该断裂带至福建连江以北地区,只断断续续见到一些形迹,而在连江以南,福建长乐至广东南澳一带,则非常惹人注目。

该断裂带由福建长乐经晋江、厦门、东山及广东南澳等地,发育一系列断裂带,较具规模者有福建福清东张—诏安汀洋断裂、福建长乐—广东南澳断裂及福建平潭平原—东山东澳角等断裂。它们各自平行斜列,组成一个规模宏伟的断裂带。西界大致在福建的福州、永泰、安溪、漳州及诏安一带;东界大致在50m海水等深线附近,平均宽50km左右。从福建至广东,断裂带走向由 $N30^{\circ}-40^{\circ}E$ 渐转为 $N50^{\circ}-60^{\circ}E$,多倾向南东,倾角 45° 以上。

物探反映该断裂带展布区为一带状重力异常区和一负磁场带,后者由三条平行的北东走向的负异常带组成,向西南延伸至香港一带,走向转为北东东,这一负磁异常带平均宽60—70km,磁场背景值-150—-250伽偶,其中有条2—5km,100—300伽偶的梯阶带,反映出该区有一大断裂存在;重力异常则由东部的正异常带和西部的负异常带组成,断裂带位于重力高向重力低的过渡部位,为东部的深部隆起带与西部的深部凹陷带之间的深断裂。这一重力异常带北起浙江温州,向南经福建的福州、厦门至广东南澳、汕头一带,走向由北北东至北东。汕头西南经担杆列岛至海陵岛一带渐转为 $N60^{\circ}-75^{\circ}E$ 以致东西走向,与南海海陆边界线及珠江口外晚第三纪凹陷带近于平行,全长达千余公里,宽40—100km。

该断裂带伴有大规模岩浆岩及变质混合岩带。最新资料查明,自南澳向南西追索,在惠来至担杆列岛一带,仍有变质混合岩带出露,走向由 $N50^{\circ}E$ 渐转为 $N60^{\circ}-70^{\circ}E$ 。此外,重磁资料显示该带有向南和向西延伸的趋势,很可能与珠江口以北的陆缘断裂带相连(图2)。该带以长乐—南澳之间的变质混合岩带最为显著,它是华南地区最强烈、最醒目的断裂变质带,也是研究整个断裂带存在、发展和演化的重要依据。根据有关资料和笔者所做的工作(图3),该变质混合岩带的主要特征可归纳如下:

①该变质混合岩带主要由片理化变质火山岩、片岩、变粒岩、混合岩及混合花岗岩组成,原岩为晚侏罗系中酸性至酸性凝灰岩。

变质带主要受断裂构造带所控制,呈狭长带状沿断裂带或重磁异常带展布,并与地层产状有一定夹角。如在晋江唐公山,可见变质带与原始岩层产状呈 20° 夹角。此外,变质程度或混合岩化程度由断裂带中心向两侧逐渐降低,矿物粒度也逐渐变小,导致垂直断裂带变质程度呈现自然分带现象。

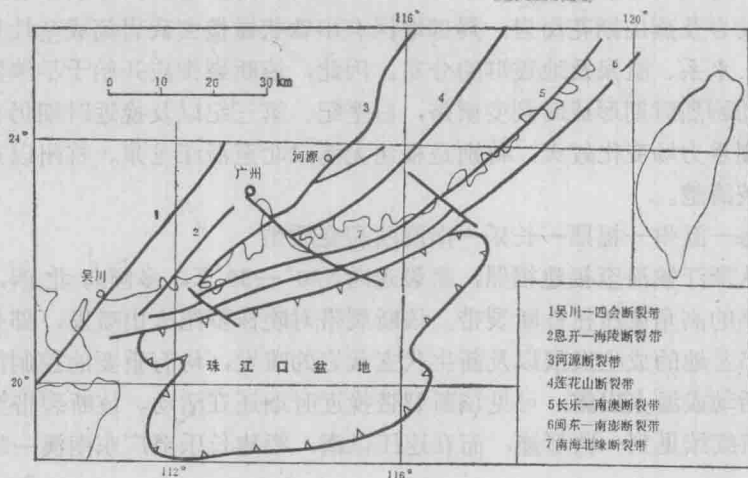


图2 中国东南大陆边缘地区断裂变质带分布略图

(据刘宗惠)

Fig. 2 Distribution of the fault-metamorphic zones in the southeast china continental margin
(after Liu Zonghui)

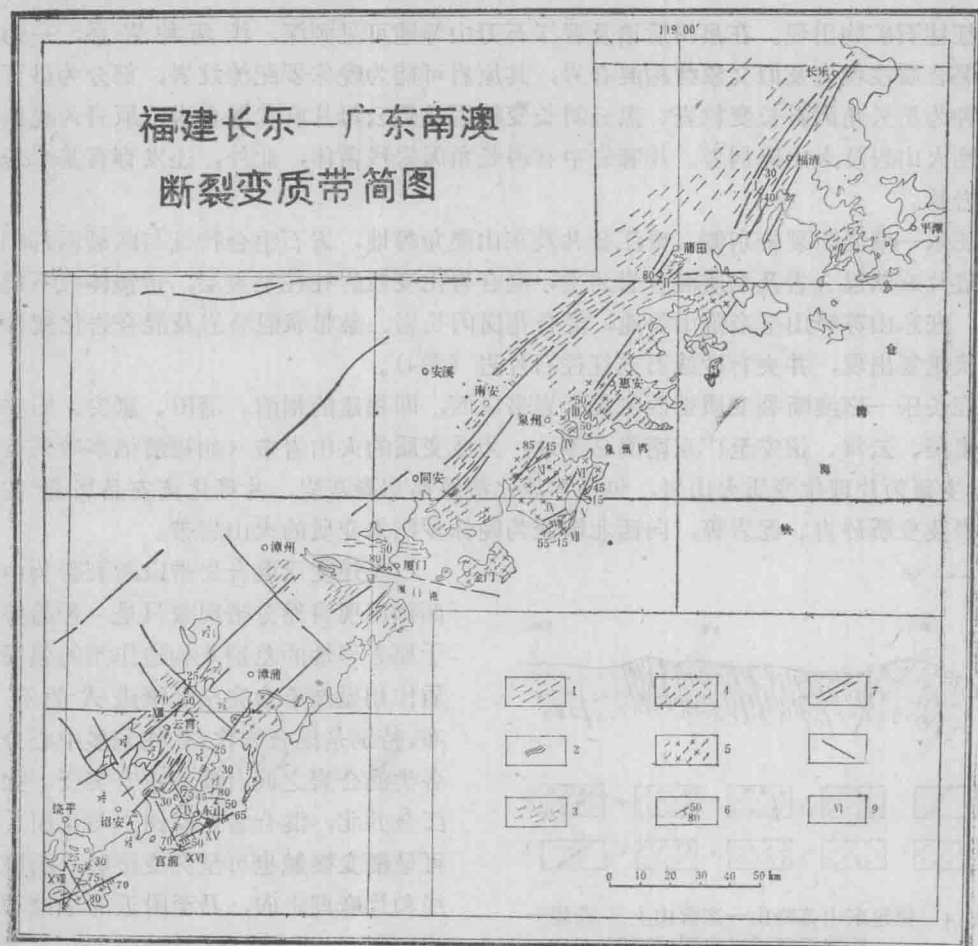


图 3 福建长乐—广东南澳断裂变质带路线地质简图

1—片理化火山岩；2—片岩；3—混合岩化变粒岩；4—混合岩；5—混合岩化花岗岩；6—片理、片麻理产状；7—实测及推测主干断裂；8—伴生断裂；9—观测点

Fig. 3 Sketch of the Changle-Nanao fault metamorphic zone

1—Schistose volcanic rocks; 2—Schists; 3—Migmatitic granulites; 4—Migmatites; 5—Migmatitic granites; 6—Schistosity and gneissosity; 7—Major fault surveyed and inferred; 8—Associated fault; 9—Observation site

福建的晋江石狮，东山陈城至广东南澳一带是主断裂所在，也是变质作用和混合岩化最强烈的地带，出现混合花岗岩，混合二长花岗岩及变粒岩等，它们的原岩是砂质岩或酸性火山岩类。带内伟晶岩发育，呈渐变或侵入关系，两侧均为混合岩带。混合岩带的岩石组合比较复杂，按原岩岩性大致可分为浅色岩系和暗色岩系两种；按变质程度可分为混合岩化变粒岩，条带状混合岩、片麻状及眼球状混合岩、条痕状混合岩以及均质混合岩。

断裂带西部的福建泉州后诸、晋江石刀山及东山坑北一线，混合岩化比较深，在晋江石刀山和东山岛赤坑山等地，出现混合岩化变粒岩、条痕状混合岩、片麻状及眼球状混合岩，它们在石刀山等地常呈条带状重复出现，有时还出现均质混合岩或变斑混合岩。混合岩中的变粒岩及片岩残留体中，常见原始岩石沉积层理或火山岩晶屑；片岩中间有砂线

石、红柱石矿物出现。在泉州后渚及晋江石刀山等地可见到深、浅两种岩系，一为浅粒岩、混合质浅粒岩及似文象结构混合岩，其原岩可能为晚侏罗纪流纹岩，部分为砂页岩；另一种为黑云角闪斜长变粒岩、黑云斜长变粒岩及黑云母片麻状混合岩，原岩为晚侏罗纪中酸性火山岩及火山碎屑岩。片麻岩中有斜长角闪岩残留体，此外，还发育有基性岩脉及长英岩脉。

长乐—南澳断裂带东侧，晋江金井及东山澳角等地，岩石组合特征与断裂西部相似，以条痕片麻状混合岩及均质混合岩为主，混合岩化变粒岩往往呈夹层，透镜体或不规则残留体。在东山苏峰山至亲营山等地，混合花岗闪长岩、条带状混合岩及混合岩化变粒岩也呈带状重复出现，并夹有砂线石或红柱石片岩（图4）。

在长乐—南澳断裂变质带西侧混合岩带以西，即福建的福清、莆田、惠安、同安、厦门、集美、云霄、诏安至广东南澳岛等地，为浅变质的火山岩带（如福清绵亭岭采石场所见），主要为片理化变质火山岩，包括片理化流纹晶屑凝灰岩，片理化英安晶屑凝灰岩、千枚岩及变质砂岩、泥岩等，向西北渐变为晚侏罗纪未变质的火山岩带。

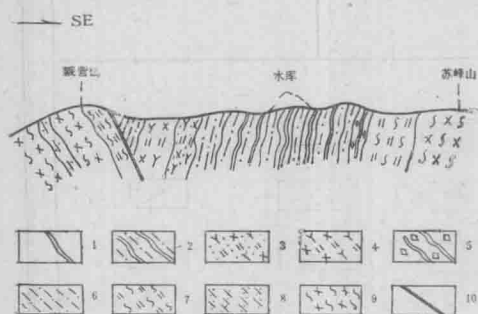


图4 福建东山苏峰山—亲营山上三叠统一侏罗系变质岩实测剖面图

（据福建省区测队）

- 1—白云片岩；2—混合质变粒岩夹白云片岩；3—红柱石、砂线石石英片岩；4—红柱石、砂线石片岩；5—含石榴石、白云母石英片岩；6—混合质变粒岩；7—条带状混合岩；8—条痕状混合岩；9—片麻状中细粒变斑混合花岗闪长岩；10—断层

Fig. 4 Upper Triassic-Jurassic metamorphic rock cross-section measured of the Sufengshan-Qiyingshan in Fujian(after Fujian Regional Geological Surveying Party)

- 1—Muscovite-schist; 2—Granulite with muscovite-schist; 3—Andalusite, fibrolite quartzschist; 4—Andalusite, fibrolite-schist; 5—Garnetiferous muscovite-quartz rock; 6—Granulite; 7—Striped migmatites; 8—Streak migmatites; 9—Gneissic medium-grained porphyroblastic migmatized granodiorite; 10—Fault

上述变质混合岩带以断裂带为中心向两侧出现自然分带现象只是一种趋势，由于原岩岩性的差别及构造作用的强弱，变质作用显然不会完全呈渐进式的带状分布，特别是混合岩化，往往呈多中心分带，各类混合岩之间有渐变也有突变。如在晋江金井北，混合岩化花岗岩与花岗片麻岩可呈渐变接触也可呈突变接触，而接触界线和片麻理走向，乃至附近的小错动面均为 $N50^{\circ}-60^{\circ}E$ 走向，倾向 $SE80^{\circ}$ （图5）；该点稍北，见混合岩化花岗岩切穿具文象结构的混合岩；混合岩化花岗岩中的片麻理或错动面的走向多为 $N60^{\circ}E$ ，倾向 $SE80^{\circ}$ ；它与具文象结构的混合岩的接触界线为 $N80^{\circ}E$ 。在晋江石刀山剖面中，可见混合岩化浅粒岩与具似文象结构的混合岩呈突变接触关系；同时，还见片麻状、眼球状混合岩、混合岩化变粒岩、条痕状混合岩以及绢云母石英片岩呈互层（图6）；在厦门港尾见眼球状混合岩和绢云母石英片岩直接接触，在广东南澳见混合岩化花岗岩与条带状混合岩呈侵入接触。

② 东南沿海为一强烈挤压造山带，燕山早期侵入岩和晚侏罗世酸性火山岩均为该带活动时的产物。

该变质混合岩带受应力作用明显，首先反映在矿物普遍具定向排列，如福建晋江方芳

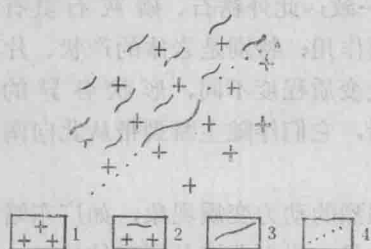


图 5 福建晋江金井北混合花岗岩与花岗片麻岩接触关系

1—混合岩化花岗岩, 2—花岗片麻岩;
3—突变接触; 4—渐变接触

Fig. 5 Contact relation between migmatitic granites and granite-gneiss in the north Jinjing of the Jinjiang, Fujian

1—Migmatized granites; 2—Granite-gneiss;
3—Mutation contact; 4—Progressive contact

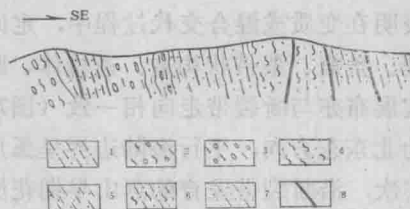


图 6 福建晋江石刀山上三叠统一侏罗系实测剖面图

(据福建省区测队)

1—混合岩化变粒岩; 2—片麻状、眼球状混合岩; 3—眼球状混合岩; 4—片麻状混合岩; 5—条痕状混合岩;
6—片麻状混合岩夹混合岩化变粒岩; 7—条痕状混合岩夹混合岩化变粒岩; 8—断层

Fig. 6 Upper Triassic-Jurassic metamorphic rock cross-section measured of Shidaoshan, Fujian (after Fujian Regional Geological surveying party)

1—Migmatitic granulites; 2—Gneissic ophtholite; 3—Ophtholite; 4—Gneissic migmatite; 5—Streak migmatite; 6—Gneissic migmatite with migmatitic granulite; 7—Streak migmatite with migmatitic granulite; 8—Fault



图 7 福建晋江金井附近黑云母混合岩化变粒岩中小残留体素描图

1—磁铁矿; 2—有硅质硬壳的绿帘石扁豆体; 3—黑云母混合岩化变粒岩

Fig. 7 Sketch of the biotite migmatized granulite with small inclosure near the Jinjing, Fujian

1—Vignite; 2—Epidote lenticule with siliceous duricrust; 3—Biotite-migmatized granulite

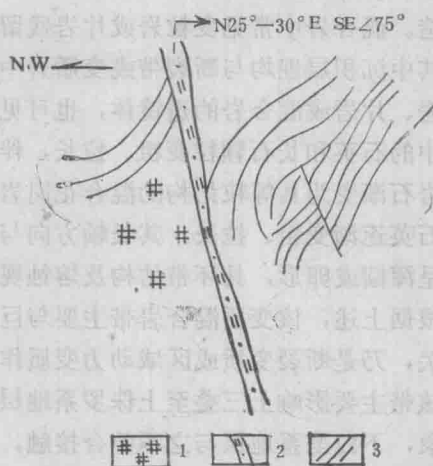


图 8 福建东山苏峰山绢云母石英片岩中片理素描图

1—伟晶岩; 2—挤压带; 3—片理

Fig. 8 Sketch of the sericite quartz-schists with schistosity of the Sufengshan, Fujian

1—Pegmatite; 2—Compression zones;
3—Schistosity

山见长石斑晶长达10cm,其排列方位与变质带构造线一致;此外锆石、磷灰石具有应力纹,表明在变质或混合交代过程中,定向压力起着重要作用;特别是岩体的产状、片理、片麻理、条痕、条带状构造、透镜体、眼球状构造以及变质程度不同,形状各异的残留体,其展布亦与断裂带走向相一致(图7)。从总体来看,它们伴随主断裂带从北向南由北东转为北东东方向,平行海陆边界呈弧形展布。

其次,沿断裂带发育的燕山早期花岗岩,普遍具强烈的动力变质现象,如广东靖海一带可见到糜棱岩化花岗岩、花岗糜棱岩以及千枚岩,并且,岩石普遍具压碎结构。

第三 该带变质作用及混合岩化作用交替发生,导致矿物形变和结晶也交替出现,如福建泉州后诸所见。此外,在两组构造交接复合部位变质作用比较强烈,如仙游濂溪云顶山至枫亭一带,或者后期其他方向断裂改变北东向主断裂的方位,同时变质作用或混合岩化程度加深。如金井永宁公社海边,黑云母花岗片麻岩的片麻理走向 $N40^{\circ}-50^{\circ}E$,其中有 $N30^{\circ}E$ 挤压带,在其附近片麻理也为 $N30^{\circ}E$ 走向,并发育同方向的长英质岩脉或伟晶岩脉;又如在混合花岗岩中当 $N40^{\circ}W$ 走向的断裂带切过主断裂带时,沿断裂带片麻理也转成 $N40^{\circ}W$ 走向。晋江石刀山浅粒岩中变质构造线为 $N50^{\circ}-60^{\circ}E$,并可见许多 $N25^{\circ}-30^{\circ}E$ 的挤压带,其中的石英亦呈 $N25^{\circ}-30^{\circ}E$ 方向拉长。厦门附近的晶屑凝灰岩片理走向 $N50^{\circ}-60^{\circ}E$,因区域东西向构造带的影响,局部转为 $N70^{\circ}-75^{\circ}E$ 。东山及苏峰山片理化凝灰岩及绢云母石英片岩的片理为 $N45^{\circ}-50^{\circ}E$,在 $N25^{\circ}-30^{\circ}E$ 强烈挤压带穿过处,局部转为 $N30^{\circ}E$ 方向(图8)。

③ 混合交代现象主要沿断裂带展布,距断裂较远处,浅变质岩石基本保留原岩的结构构造。混合岩中常见变粒岩或片岩残留体,其中可见残留的沉积层理;残留体的延伸方向或其中沉积层理均与断裂带或变质岩中的构造线大体一致;同样,在混合花岗岩中亦有变粒岩、片岩或混合岩的透镜体,也可见到似层状构造,并有明显地交代现象,表现在混合岩中的石英和长石颗粒变粗、拉长,伴有长英质脉和柔皱现象,随着混合岩化程度的加深,岩石渐变为具等粒结构的混合花岗岩。在晋江金井、石刀山等地,花岗片麻岩中的糖粒状石英逐渐变粗、拉长,其长轴方向与区域构造一致,呈 $N55^{\circ}E$;长石则为半自形,大斑晶呈浑圆或卵形,具环带结构及熔蚀现象,岩石结构为文象结构或半自形等粒结构。

根据上述,该变质混合岩带主要与巨大断裂构造所产生的强大动力及其伴随的动热变质有关,乃是断裂变质或区域动力变质作用之产物,因此,它也是一种断裂构造形迹。

该带主要影响上三叠至上侏罗系地层,在南澳岛燕山早期花岗岩受其影响局部产生变质现象,下白垩系地层与之不整合接触,并见燕山晚期花岗岩的侵入。福建省有关单位测定的同位素年龄为66.8、62.4、168Ma,所以该带形成时期主要在上侏罗至下白垩纪之间,但晚近时期也有显著活动,如在该断裂变质带以东,近代为一下降区,该带以西的沿海花岗岩丘陵区,广泛分布着五级阶地,强震震中及温泉沿断裂变质带呈带状分布;1918年2月13日著名的南澳大地震就发生在此断裂带上,极震区等烈度线也沿断裂走向呈带状分布。

(4) 大陆边缘断裂带

大陆边缘地区有一些与海陆边界同走向断裂带,以20m及50m海水等深线处最为明显。

3. 岩浆活动带

上侏罗至下白垩纪是中国东部主要岩浆活动期,东南沿海地区规模宏大的火山喷发及侵入岩带就是这个时期形成的。这一岩浆活动带,平行海陆边界,纵贯浙、闽、粤,由NNE转为NE至NEE方向,受前述弧形构造带的控制。

该岩浆活动带的主体是沿绍兴—龙泉—尤溪—大埔—连花山一线及其以东地区。这里上侏罗纪火山岩厚达8000m,北部明显较南部宽阔,如浙江境内,火山岩带西界可扩展到杭州—江山一带,火山岩几乎遍及全省;而在福建、广东境内却逐渐向海边收缩,最终在广东中山一带尖灭。该火山岩带以裂隙式喷发为主,由若干条受火山基底断裂控制的火山喷发带组成,其中规模最大,持续时间最久的是上虞—丽水—尤溪—大埔—连花山火山喷发带,它由上侏罗统中酸性凝灰熔岩及碎斑熔岩所组成,根据火山喷发盆地的排列及岩性分布,表明它主要受上虞—丽水—尤溪—大埔—连花山弧形断裂带的控制。此外,浙江上虞—丽水断裂带东侧,有一系列次火山岩体及中生代火山陷落盆地呈串珠状沿N20°E方向排列。沿此喷发带向南南西追寻,在广东政和—大埔断裂带东侧,经福建府宁、屏南、古田、尤溪、大田、樟平至大埔一带,喷发岩区、喷发中心及次火山岩均沿断裂带呈带状分布;其东北端,周宁至尤溪一带,有长175km,宽3—15km狭长的碎斑熔岩带,展布方向为N30°—40°E,具有明显地裂隙式喷发特征;再向南西,莲花山断裂带是粤东最主要的中生代火山喷发通道,在莲花山主带上,不仅有巨厚的火山岩,而且还有次火山岩体分布。

上述火山喷发带之东,有两条较具规模的火山喷发带:①北起浙江宁波、泰顺,经福建福安、闽清、安溪、莲花山、和平桂竹洋至广东丰顺、揭西、珠海上侏罗统火山喷发带;②北起浙江定海、阳平,经福建柘荣、福州、峨嵋、仙游五台山、云霄金坑至广东潮安、普宁上侏罗统火山喷发带。沿这两带,有一系列北东向次火山岩及碎斑熔岩呈串珠状排列,走向由N20°E渐转为N30°—40°E至N50°—60°E,显示持续较长的两条弧形基底断裂的存在。在上述两条喷发带以东,有福建闽侯霞墓至仙游石境山,平潭至福清东瀚上侏罗统火山基底断裂及金门至龙海牛头山新第三纪火山喷发带,它们的走向为N30°—40°E,基本与海岸平行。

上虞—丽水—尤溪—大埔—莲花山断裂带以西,循浙江武义,龙泉至福建松溪花桥、建瓯、三明、永定、上杭至广东平远、河源一线,也有一系列火山喷发盆地沿弧形断裂带分布,主要为流纹质凝灰熔岩及火山碎屑沉积岩。

东南沿海燕山期侵入岩可分为早晚两期。燕山早期有多期次岩浆侵入,主要为黑云母花岗岩、花岗斑岩及细粒花岗岩等,岩体的长轴及岩体群的展布方向,显然都受断裂构造的控制。在断裂带上的岩体均有不同程度的破碎、变质及交代现象,并伴有各种矿化,形成许多有用矿产;燕山晚期侵入岩则规模较小,主要沿海岸呈NNE方向分布,以钾长花岗岩为主。

4. 中、新生代构造盆地

晚侏罗至早白垩纪是本区新华夏系弧形隆起带最主要的活动期,也是我国东部沿海地区诸弧形断裂带最活跃的时期。因此在本区形成了许多既有拗陷型又有断陷型特点的晚侏罗纪盆地。它们大都沿弧形断裂带展布。因断裂活动频繁,此类盆地具有沉积范围窄、沉积厚度大及粗碎屑岩建造为主等特点。在盆地沉积过程中,沿断裂有大量火山喷发,造成许多火山碎屑岩盆地及大面积火山沉积物覆盖。如前所述,火山岩带的延伸与盆地的排布

和弧形断裂带的延伸方向是基本一致的。

白垩纪至第三纪时期,本区为全面隆起阶段,沉积物主要受断裂带控制,形成断陷型盆地。这些盆地除受北东向弧形断裂控制外,还受与北东向弧形断裂带有关的其他方向断裂带的控制。浙江境内,北东向弧形构造带的北段,下白垩纪及少量上白垩纪主要沿上虞—丽水断裂带及宁波—温州断裂带发育,多呈狭长的断陷式或箕状盆地;而在这两条断裂带之间,盆地明显地受北西西向横张断裂带的控制,如平阳以南海边至遂昌一带以及天台一带的盆地。义乌—衢县一带,上白垩纪盆地主要受北东东的江绍扭性断裂带的控制;向南至福建境内,白垩纪盆地变少、变小,在闽东沿海地区几乎完全缺失白垩纪和第三纪沉积,其西部地区也只在断裂带中有零星出露,最明显的是沿永安—晋江北西向横张断裂带有数个小盆地呈串珠状展布,但在此带的东端转而沿北东向断裂带展布。西部连城一带,白垩纪至第三纪盆地沿三明—上杭弧形断裂带呈北东向展布。广东境内,白垩纪及第三纪盆地为北东东走向,主要沿弧形断裂带展布,有时夹在两条断裂带中间呈狭长带状,但北部兴宁一带白垩纪盆地受北西向横张断裂控制呈北西向排列。此外,在兴宁以南主要为老第三纪盆地,而在东莞一带甚至出现新第三纪盆地沉积。

由此可见,上述弧形隆起带以西地区,白垩纪至第三纪断陷式盆地比较发育,他们主要沿北北东向构造带展布。

(二) 中国东南陆架区中、新生代拗陷带

在我国东南沿海弧形隆起带之东的东海、台湾海峡及南海陆架区,是与东南沿海弧形隆起带相辅而行的大型中、新生代拗陷带,组成这一大型拗陷带的主要构造形迹是东海盆地、台湾浅滩、南海珠江口盆地以及呈多字型排列的不同级序的局部构造或断裂构造。

根据海区油田地质构造特征,预测找油重点应是新生代盆地,因此,新生代特别是上第三系沉积物的分布范围,乃是划分海区盆地的主要依据。人们把新生代以前的地层笼统地称为基底。

1. 拗陷带的沉积特征

东海盆地西部与大陆邻接区域,主要分布上侏罗系火山岩,少量白垩系及下第三系沉积;向东依次出现上第三系的中新统,上新统及第四系的更新统,即由西向东,地层逐渐变新(图9)。

东海盆地西部大陆架有北北东至北东走向的沉积拗陷带——浙东拗陷,其中新生代地层比较齐全,据地震波组对比,有几个明显的构造不整合和层组。

钻井发现下第三系的平湖组,花港组为湖泊相、河流相、河口沙坝、浅湖亚相乃至滨湖相沉积;上第三系主要为陆相沉积层;中新统下部的龙井组,上部为河流、浅湖及滨湖亚相沉积,下部是陆相浅湖相沉积;中部玉泉组的上部主要是一套含煤地层,下部为浅湖相沉积,上部为柳浪组;上新统三潭组为滨海沼泽相沉积,第四系为海相沉积(表1)。在北部龙井构造的花港组上部,龙井组上段及玉泉组下段中,有两层含油气层和一个高压气层;在平湖构造中,花港组及平湖组构成一个生储盖组合,龙井组为储油层,花港组至龙井组上段有五层含油层。中新统在浙东拗陷带的中部厚达8000m,在该拗陷带的北端及海礁凸起以南逐渐变薄,并且由北向南粒度有变粗的趋势。台北凹陷下第三系厚5000—6000m,中新统厚2000—3000m(图10)。

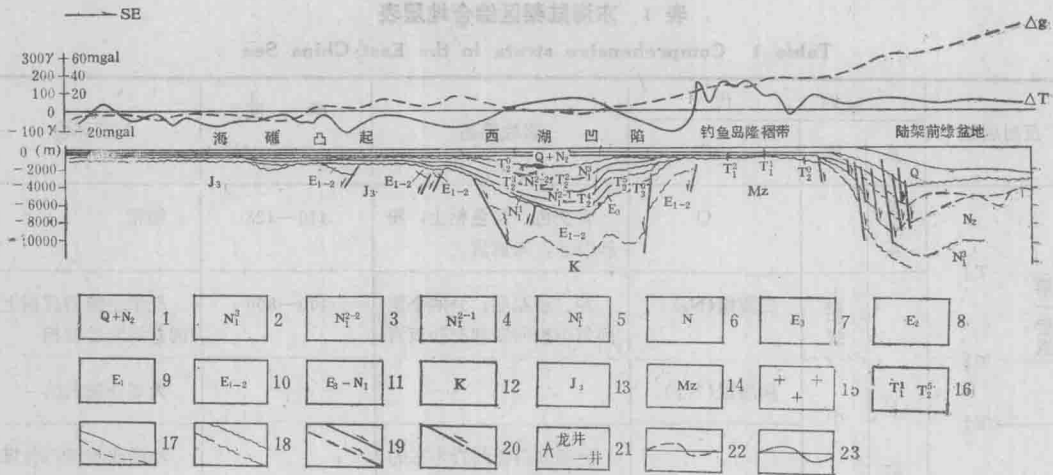


图9 G630横剖面图(据地矿部海洋局)

1—第四系+上新统; 2—上中新统; 3—中中新统上段; 5—下中新统; 6—中新统未分; 7—渐新统; 8—始新统; 9—古新统; 10—始新统—古新统; 11—渐新统—下中新统; 12—白垩系; 13—上侏罗统; 14—中生界; 15—喜马拉雅期侵入岩; 16—地震反射界面; 17—实测及推测地质界线; 18—实测及推测不整合界线; 19—实测及推测正断层; 20—实测逆断层; 21—钻井及编号; 22—重力曲线; 23—磁力曲线

Fig. 9 Cross section G630

(after Ocean Bureau, Ministry of Geology and Mineral Resources)

1—Quaternary and Pliocene; 2—Upper Miocene; 3—Upper member of Middle miocene; 4—Lower member of Middle Miocene; 5—Lower Miocene; 6—Miocene; 7—Oligocene; 8—Eocene; 9—Paleocene; 10—Eocene—Paleocene; 11—Oligocene—Lower Miocene; 12—Cretaceous; 13—Upper Jurassic; 14—Mesozoic; 15—Himalayan intrusives; 16—Seismic reflection boundary; 17—Geological boundary surveyed and inferred; 18—Unconformity boundary surveyed and inferred; 19—Normal fault surveyed and inferred; 20—Surveyed thrust; 21—Drill hole; 22—Gravity contours; 23—Magnetic isolines

台湾海峡北部观音凸起至南日群岛一线有一东西向隆起区, 其中部, 包括澎湖列岛在内的北港隆起区, 主要为白垩系变质岩基底, 上面覆盖着平缓的上第三纪沉积物和裂隙喷发形成的高原玄武岩流。这里第三纪地层及玄武岩流厚度比东海盆地明显减薄, 最厚只800m左右。

南海北部, 台湾浅滩及珠江口盆地, 新生代沉积呈北东至北东东方向分布(图11), 据地震反射资料, 珠江口盆地新生代沉积主要可分为四层, 即下第三系渐新统的珠海组, 上第三系中新统的珠江组、韩江组及粤海组, 上新统的万山组及第四系沉积, 反射层组反映的不整合面 T_g 、 T_2 及 T_1 可与东海的 T_g 、 T_2 及 T_1 进行对比, 总厚达10000m(表2)。南海北部下第三系基本属陆相沉积, 早期的古新统及始新统为河流相沉积, 主要分布在北部湾及琼东南拗陷, 珠江口盆地发育不完整。渐新世时期沉积范围扩大, 南海北部拗陷区都有沉积, 在珠江口盆地称珠海组, 属海陆过渡相及近海三角洲沉积。下第三系在西部的珠三凹陷可见到三个反射界面, 在东部的珠一凹陷及珠二凹陷只见到两个反射界面, 总的来看, 有由西向东逐渐变薄、逐渐变新的趋势。上第三系地层在南海分布范围广、沉积厚度大, 与东海不同的是主要为海相沉积。在珠江口盆地, 上第三系早期河流相、海陆交互相, 浅海至半深海相沉积, 厚约1600—3000m, 中期至近代为海相三角洲及开阔海沉积。下第三系构造基底对上第三系中新统的沉积控制明显, 下第三系的隆起部位, 中新统厚度

表 1 东海陆架区综合地层表

Table 1 Comprehensive strata in the East China Sea

反射层组	时 代			岩性简述	厚 度 (m)	沉积环境
	系	统	组			
第一层组	第四系		Q	青灰色、灰色粘土, 粉砂及砂, 未成岩	410—428	海相
			三潭组(N ₂)	泥、砂互层, 分两个旋回每个旋回底部有砂页岩	400—800	泛滥平原型沉积上部有海陆过渡相
第二层组	上第三系	中新统	柳浪组(N ₃ ¹)			大部分被剥蚀
			玉泉组(N ₃ ²)	上部以杂色泥岩为主的砂泥岩石层类薄煤层, 下部主要为煤层, 可分三个旋回层	1100—1300	浅湖或沼泽相含煤沉积, 个别地方有海浸
			龙井组(N ₃ ³)	上部为深灰绿色泥岩、页岩、灰白、浅灰色砂岩、砾岩夹沥青质煤; 下部为砂泥岩互层, 夹煤层	949—1231	上部为河流相—滨湖亚相; 下部为浅湖相—半深湖相
			花港成(E ₃)	上部是一套杂色泥岩, 含砾砂岩, 深灰色褐色页岩夹煤层; 下部为灰色、深灰色灰质含钙质泥岩、泥质灰岩, 白云质泥砂岩互层	699—1265	上部为河流相—河口沙坝; 下部为浅湖亚相—滨湖相
第三层组	下第三系	始新统	平湖组(E ₂)	上部灰黑至黑色砂页岩互层, 灰质含量高, 有沥青煤, 下部为砂岩	1020	与海连通的湖泊相
基 底	前第三系					

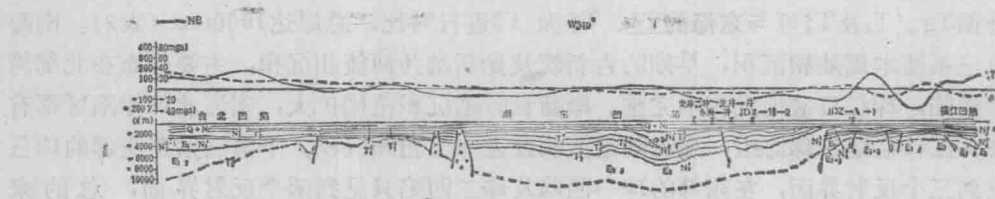


图 10 W340纵剖面图

(据地矿部海洋局, 图例同图9)

Fig. 10 Longitudinal section W340

(Data sources and legends, see Fig. 9)