

高天钧 王振民 等著

台湾海峡及其周边地区 构造岩浆演化与 成矿作用

地质出版社

(北京)

258

台湾海峡及其周边地区 构造岩浆演化与成矿作用

高天钧 王振民 吴克隆 黄 辉 著
张克尧 许绳铭 连天萍

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

台湾海峡及其周边地区涵盖闽、台及浙南、赣东、粤东北陆地及海域,面积约50万km²。该区处于亚洲大陆东南与环太平洋岛弧的拼合地带。本书对区域内的地层进行了区划,对区域岩石地层框架进行了对比,并划分了大地构造单元,界定了华夏古陆的范围并论述了形成与演化;阐述了区域地球物理与地壳结构和各构造岩浆岩带的岩浆岩形成时代、岩石类型组合、成因类型及产出规律;在研究地质构造的基础上,对区域内矿产进行了成矿系列划分,着重论述了与岩浆活动有关的5个成矿系列;研究了各构造-岩浆成矿区(带)内各成矿系列的矿产控矿地质条件;列举了成矿区内各典型矿床式的矿床特征,并建立了区域成矿模式,阐述了矿产的时空成矿规律。

本书适合地质工作者及有关院校师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

台湾海峡及其周边地区构造岩浆演化与成矿作用/高天钧等著.-北京:地质出版社,1999.10
ISBN 7-116-02905-2

I. 台… II. 高… III. ①火成岩-岩浆发育-研究-台湾海峡 ②岩浆矿床-研究-台湾海峡
IV. P542

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第61252号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:蔡卫东

责任校对:田建茹

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:13.25 插页:2页 字数:305000

1999年10月北京第一版·1999年10月北京第一次印刷

印数:1—500册 定价:30.00元

ISBN 7-116-02905-2
P·2056

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

亚洲大陆东南隅地带的区域地质总貌，历来为海内外地质、地球物理和地震学界所关注。其中的台湾海峡及其周边地区，基于其独特的地质条件和地理区位，倍受地质界及其他各界重视。然而，自晚更新世迄今形成陆—海—岛—洋的地理、地质格局以来，海峡在某种程度上阻碍了人们对海峡及其两侧的地质调查与对其整体的认识。

近 10 多年来，随着海上地球物理勘查、石油天然气资源调查、海底沉积物研究和重大工程布局调查，以及两岸陆地调查的不断拓展与深化，对现今海峡及邻区的地质背景、地壳结构及其演化方面有许多新认识，有一系列著述^[1~10]。分别从不同学科、不同学术观点对不同的地理空间的地质课题进行了多方面的探讨，并陆续有一些新发现与新认识。

为了从更广阔的范围内探讨海峡及其周边的地质背景与地壳演化，从整体上认识地质构造与岩浆作用对内生矿产的控制意义，有必要在现有的基础上有针对性地调研某些地质课题，对已有新资料进行综合性研究。鉴于此，地矿部行业基金委员会批准了“台湾海峡及其周边地区晚中生代以来构造岩浆演化与成矿作用”的研究项目，并给予资助。同时，福建省地质矿产局（简称地矿局）为了使这一涉及面广的研究得以实施，也给予了资助与多方面的支持。该项目的主要负责人原系边效曾，在边效曾病重期间，全面委托高天钧负责研究组工作。在边效曾同志不幸逝世后，项目曾一度停顿。尔后，征得部行业基金委员会同意，重新调整人员，再度启动，并在研究内容的时间和空间上均有显著的扩充。项目名称改为“台湾海峡及其周边地区构造岩浆演化及控矿作用”，实际上涉及了元古宙以来的地质构造岩浆演化与控矿作用。研究范围大致成一个长方形，地理坐标为东经 116°~122°，北纬 22°30′~28°40′。行政区域包括海峡两岸的台湾省、福建省，同时跨及浙江省南部（丽水及温州地区这一部分）、江西省东部（上饶、鹰潭、瑞金、赣州地区之一部分）及广东省东北隅（梅州、汕头地区），面积近 50 万 km²。经上述调整后，本项目的基本要求是：在综合分析本区地质、矿产、地球物理成果资料的同时，编制地质、地球物理图件，选择重点地区和某些关键地质课题进行调查，对区内前震旦纪地层、岩浆活动、地质构造演化及主要内生矿产的成矿系列方面作重点探讨，阐述海峡及其周边地区的地质与成矿规律，客观地反映本区现阶段区域地质基本面貌和内生矿产的特征。

根据上述要求，本研究项目确定了基本原则和思路，这就是坚持实事求是的原则，尊重不同时期各单位和部门所获得的实际成果资料，对重大而有条件解决的地质课题安排必要的调研，力争做到以事实为依据，做出客观的判断；在阐述主导意见的同时，也尽量介绍其他不同见解，求同存异，不勉强搞硬性统一，以便于整体认识本区地质矿产的面貌。

在地质研究中，主要的思路有：①将研究区置于一个大空间来对待，即将本区的陆（闽、浙、粤）—海（海峡及邻近海区）—岛（台湾）—洋（西太平洋）作为一个统一整体，将不同地理空间相互关联对待；注意洋（太平洋）—陆（欧亚大陆）作用的客观事实，对陆（扬子板块的江南古陆）—陆（华夏古陆）—海（南海）的作用及陆内的作用（挤压与

拉张)给予应有的重视。②对地壳演化的探讨以时间为主线,以地壳(构造)运动为主线,以地质事件的地质记录为主要依据。大范围内的水平运动所引发的洋—陆与陆—陆相互作用及其衍生的垂直运动,在不同地区或不同地质阶段均有差异,用单一模式难以解释复杂多变的宏大地质现象。地质大事件是量变到质变的缓进转为急进突变的过程,缓慢量变是质变的前奏。③地壳中下部和上地幔,特别是软流圈(低速带)是地壳所有内力地质作用的总根源。福建及其邻区人工地震测深所反映的地壳、上地幔的分层及某些层的地球物理特性,便可能是现代及近1亿多年来地质大事件的根源,而各地现今莫氏面的区域性起伏状态不宜作为控制地质历史与地壳演化及成矿作用(尤其是白垩纪之前)的深部地质依据。④地质作用的区域性与穿时的普遍性。⑤地质作用的叠加与改造的普遍性。

在控矿研究中,主要依据成矿系列观点,认为矿床的形成是地质作用的结果。许多矿床具有空间上或时间上相关共生的特点,即使在不同地区、不同成矿期,若具有相似的地质背景时,也可大致重复出现。把矿床成因分类和具体成矿背景结合起来,强调从成矿条件和区域地质背景入手研究成矿规律。

本项目实施大体经历起始、调研、报告编写3个阶段。1992年前,主要是调整筹组研究人员,调整研究的内容与重点,研究深部地质,完成闽东南沿海上地幔转换及计算研究^①,首次在上地幔顶部分出 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 ;同时,考察了浙江省遂昌岭头金矿与杨梅坪铅锌银矿,江西省昌锡矿与上杭、永安等地,发现了安砂水库坝头的上泥盆统堆垛状构造。1993~1994年5月为第二阶段,其间考察了浙江省苍南、青田、乐清、遂昌、龙泉,江西省的上饶、永平、鹰潭,广东省的大埔、梅州、惠东、潮州及福建省的福鼎、寿宁、福清、平潭、德化、尤溪等地,行经30余个县市,对有关的地层、构造、岩浆岩、典型矿床(金、银、铅、锌、锡、钨、锑、硫、明矾石、叶蜡石)进行了观察与研究,采集了一批样品,进行岩石、矿物、流体包裹体、岩石化学、同位素年龄等项测试研究。在上述工作中,有一些新发现与新认识,主要是:华夏古陆(古板块)经武夷、晋宁运动而定形,界定了其北、东、西的范围;浙江鹤溪群类同福建龙北溪群;划出政和至安溪等3条中元古代陆内北北东、北东东向裂谷带;乐清雁荡山原定晚侏罗世火山岩与福建白垩纪石帽山群相当,为同一岩石地层单位;考察了台湾溪畔片麻岩,确定为黑云母花岗岩,并将其从大南澳(岩)群原开南岗岩组中划出;在闽东南沿海的福清、龙海等地划出前燕山早期片麻状花岗岩,并暂定为加里东期花岗岩、花岗闪长岩;发现和证实了福清、莆田、龙海等地北东东向韧-脆性断裂挤压变质带,提出了梅州至连城等晚古生代陆表海裂陷槽为玉水、湖洋、马坑等矿床的主导构造因素;提出了象牙亚旋回岩浆岩所形成的铁、钛、铜、铅、锌、银是粤东、闽西南的一个重要成矿期;将燕山期岩浆活动划为早、中、晚3个喷发-侵入双系列岩浆岩;写出本区的成矿系列一文在成矿远景区重点片会议上进行交流;编出了1:100万地质图、布格重力异常图、人工地震剖面立体图、航空磁力图,完成测试样品计39件。1994年5月后编写了报告。

参加本项目研究的高天钧、王振民、吴克隆、张克尧、黄辉、许绳铭、连天萍等同志。高天钧、王振民负责总体的组织、计划协调、审定报告全稿和编写前言及结语,吴克隆负责编写岩浆岩部分;黄辉、王振民负责编写构造与基底地层部分;张克尧及连天萍负

① 褚志贤等,福建省沿海转换波测深研究报告,1992年12月。

责编写区域矿产部分；许绳铭负责编写区域地球物理部分及有关图件编制。地质图、构造纲要图由王振民、林东燕、陈存榕负责编制。参加部分工作的（含实验测试）有褚志贤、黄宗福、潘孝荣、周伟栋、江美珍、陈月仙、叶忠基、吴小圆、章英兰、张兰生、管建国、何立士、王仁发、林建华等。

在本项目研究工作中，得到了浙江省地矿厅，浙江省地质三队、地质四队、丽水地质队，地质科研所，遂昌金矿，江西省地矿局，江西省上饶地质队、地矿调研队，广东省地矿局 723 地质队、有色金属总公司 931 队和 932 队、厚婆矿区，福建省地矿局及所属区调队、闽西地质大队、闽东南地质大队、地质四队、物化探大队、厦门水文地质公司、有色金属总公司 815 队，南京地质矿产研究所，台湾大学地质系、台湾师范大学地球科学系等单位的积极有效的支持和帮助，使得本项目得以全面完成。对于上述单位和各位地质同仁所给予的支持，谨致衷心的感谢。

著 者

1999 年 10 月

目 录

前 言

第一篇 区域地质轮廓

第一章 现代构造形迹与自然地理特征	1
第一节 地势基本特征	1
第二节 地热与地震在地理空间上的分带性	3
第二章 区域地层概况	7
第一节 地层区划	7
第二节 前泥盆纪基底地层特征及太古宙基底地层问题	8
第三节 泥盆纪至中三叠世地层及其地质特征	19
第四节 晚三叠世至白垩纪地层及其地质特征	23
第五节 新生代地层及其地质特征	25

第二篇 区域地球物理与地质构造

第一章 区域地球物理与地壳结构	28
第一节 地球物理场	28
第二节 地壳与上地幔结构特征	37
第二章 地质构造	46
第一节 构造单元划分及其特征	46
第二节 区域构造演化的基本特征	52

第三篇 岩 浆 岩

第一章 岩浆岩的时序和分带	59
第二章 元古宙和加里东期侵入岩	62
第一节 元古宙侵入岩	62
第二节 加里东期侵入岩	67
第三章 海西期—印支期岩浆岩	72
第一节 花岗岩	72
第二节 中石炭世火山岩	75
第四章 燕山期岩浆岩	76
第一节 晚三叠世—早侏罗世岩浆岩	76
第二节 晚侏罗世岩浆岩	81
第三节 白垩纪岩浆岩	88
第五章 喜马拉雅期岩浆岩	101

第四第 区域矿产与成矿规律

第一章 矿床成矿系列	105
第一节 矿床成矿系列划分.....	105
第二节 与中元古代海底中基性—中酸性火山喷发有关的铜、铅、锌、硫、金、铁矿床成矿系列（Ⅰ系列）.....	110
第三节 与加里东期混合岩或花岗岩有关的云母、长石、铌、钽、金矿床成矿系列（Ⅱ系列）.....	112
第四节 与华力西期—印支期中基性—酸性岩浆活动有关的铜、铅、锌、铁、硫矿床成矿系列（Ⅲ系列）.....	114
第五节 与燕山期中基性—酸性岩浆活动有关的钨、锡、钼、铜、金、铅、锌、银、锑、硫、明矾石、叶蜡石、萤石矿床成矿系列（Ⅳ系列）.....	116
第六节 与喜马拉雅期基性、中酸性火山—侵入岩有关的金、银、铜、硫、明矾石矿床成矿系列（Ⅴ系列）.....	123
第七节 矿床成矿系列的时空演化规律.....	124
第二章 武夷隆起带铜、铅锌、银、金、钨、锡、铌钽、硫铁矿、萤石矿成矿区	126
第三章 永—梅坳陷区铜（金）、铅锌、铁、钨、钼、锑（银）、硫铁矿成矿区	148
第四章 浙闽火山断陷带与闽东南沿海断隆带锡、钨、铅锌、银、金、钼、铜、铁、叶蜡石、明矾石成矿区	164
第五章 台湾金、银、铜成矿区	179
第六章 区域成矿规律	187
第一节 区域矿化的地质时间分布格局.....	187
第二节 构造与成矿.....	188
第三节 地层与成矿.....	191
第四节 岩浆与成矿.....	193
结 语	196
参考文献	202

第一篇 区域地质轮廓

第一章 现代构造形迹与自然地理特征

台湾海峡及邻区的辽阔范围均属东南亚大陆与环太平洋岛弧的接合地带,地势上归属于我国西高东低的以青藏高原为最高一级阶梯的第三阶梯,也是在菲律宾大洋海盆西北的大陆地壳和过渡型地壳上发育起来的独特构造区域。环太平洋的中新生代火山-侵入岩带、地震带和西太平洋的地热带均叠置发育在本地区。自西而东的大陆丘陵-海峡-大陆岛-大洋海盆与大洋火山岛的空间配置格局,大陆岛中的台湾岛东部与大洋海盆的强烈地貌反差,反映出了本区地壳的特征、现代地壳活动性和新构造运动形迹。

第一节 地势基本特征

一、山脉走向呈北东和北北东向,总体上与相对应的海岸线的主方向近于平行

浙西南、福建、赣东北和粤东北地区,以低山高丘陵为主,素有东南山国之称,西部的浙赣、赣闽交界的仙霞岭-武夷山脉既为省际间屏障,也是福建地形西高东低和浙西南高浙东北低的起始地带。大陆地区的仙霞岭-武夷山脉、戴云山脉(北段称鹭峰山、中段称戴云山、南段称博平岭)、莲花山脉(粤东)走向呈北东方向,最高山峰黄冈山高 2158 m,一般为 700~1500 m。海峡中各岛屿为侵蚀、剥蚀的低缓丘陵,海潭岛的君山最高,约 400 m。台湾岛的山势雄伟多姿,北东 20°方向的中央山脉及其东侧的海岸山脉为岛上的分水岭。中央山脉有 25 个以上高 3000 m 的山峰,主峰玉山高 3997 m,是我国东部和西太平洋岛屿乃至亚洲大陆东部的最高山峰。尽管台湾岛上与大陆上山脉走向总体均为北东向,但台湾岛上山脉较大陆上主要山脉走向更偏北,两组山脉走向交角约为 20°。然而,它们仍各自与相应的邻近海岸线平行。

二、山脉走向长度不大,地势反差显著,东部地区尤甚

区内主要山脉,长在 140~530 km 之间,宽 10~120 km (武夷山脉长 530 km,宽 10~50 km;戴云山脉长 500 km,宽 120 km;莲花山脉长 270 km,中央山脉长 350 km,宽约 100 km;海岸山脉长 140 km,宽 10 km)。诸山脉常被近东西向或北西向山谷、河流切割而若断若续。断层地貌(断层崖、断层谷等)比较普遍。丘陵和山区地形切割普遍较深,坡陡比高大。古(第三纪)夷平面只在闽东北的周宁、屏南地区有所发育(标高达 900~1000m)。东部的地势反差甚大,宽约 5 km、长 150 km 的狭长的台东纵谷,海拔仅几十至

百余 m。纵谷西、东两侧便是 3000 m 和 1000 m 以上的山峰，且坡度达 9%~10%。纵谷之西的冲洪积扇，发育成一个个近于平行排列的扇形体。距东海岸 55 km 处，便为菲律宾海盆 5000 m 深的大洋之底。在东西相距 110 km 内，最高的山峰与最深的海盆高差达 8997 m 以上，地形坡度达 8.1%。台湾中央山脉与西部海岸平原相比，不仅山麓宽度比东坡大一倍，而且坡度也不足 4%，显著的不对称和坡度的差异十分清楚（图 1）。本区内地貌成因类型多，山地、丘陵、平原、盆地等大的地貌单元均受构造控制。海峡及其两岸和台东海域均发育有河流、海成、重力、岩溶及风成地貌类型，台北基隆大屯现代火山现今处于休眠期，所呈现的完整火山地貌及火山活动残余现象（硫气孔、喷气孔、热泉）令地质学界普遍关注。

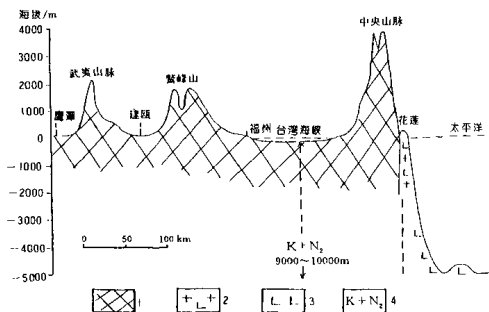


图 1 台湾海峡地形剖面与地壳类型分区图

[据刘光鑫 (1992) 编制]

1—大陆型地壳；2—过渡型地壳；3—大洋型地壳；4—白垩系至新生界及其地层厚度

三、河流短，水量丰富

河谷多峡谷险滩，属流域独自入海的水文单元，是典型的山地河流。本区内的瓯江（浙），信江（赣），闽江、九龙江、晋江、汀江、交溪（闽），韩江（粤），浊水溪、下淡水溪、花莲溪（台）及它们的支流与众多独自入海的河流，总计逾 1000 条（福建流域面积达 50 km² 以上者有 597 条）。主要河流长 50~500 km 以上，一般为 100~200 km。各河流均发源于本区的山区，几乎均在本区内入海，干流多与区内主要山脉走向近于垂直或大角度斜交，支流及某些干流（如花莲溪、下淡水溪）则与山脉走向近于平行，与区内主要断裂格架相似。水系网格呈方格状，形成外流区单向性格子状水系。河床普遍呈河谷型盆地与河曲型峡谷相间发育，比降多在万分之五以上，跌水现象普遍。上述特征反映出本区以断裂为主的构造线，控制着河流的流向与空间展布。地壳间断性上升的背景及岩性的差异使河谷奇曲多姿，前述的北东向山脉及本区温暖湿热的气候也给地形雨的形成与河水流量大

创造了客观条件。

四、东西两区的海岸带差异较大

本区海岸多由岩岸构成，沙岸、泥岸、红树林海岸也有之。闽及浙东南、粤东北地区（简称闽浙粤海岸，下同）的海岸曲折异常，是该带上海湾多、良港多的原因之一。以福建为例，北起福鼎沙埕南至诏安铁炉岗，直线长度为 535 km，曲线长度可达 3051 km，约占全国海岸线长度的 18.3%，居全国第三位，岸线的曲折率达 1:5.7，居全国之首。岸线总体走向为北东 40°，局部地区则以北东东、北西及北东向岸线为主，此乃系由沿海与滨海地带燕山晚期以来的断裂为主导因素所致。台湾海峡东部海岸则同闽浙粤海岸形成鲜明对照。台湾岛的泥岸、砂岸居多，主要在岛之西岸，而东岸和北部及南部以岩岸为主，属纵向海岸。岸线的直线总体长度约 900 km，曲折率甚低，缺少深入内陆的大型海湾，台湾岛的海岸属无障碍型的广海海岸或大陆海岸。海岸的上述特征与台湾岛的构造线呈北北东和近南北向及现今的地壳上升密不可分。此外，闽浙粤海岸带与浅海区有众多大陆型岛屿，浙、闽大陆沿岸尤多，属全国岛屿数量最多的地区，仅福建即有 1202 个岛屿，面积大于 1 km² 的岛屿达 80 个。而台湾岛周围广大海区内只有 77 个岛屿，东部者（兰屿、绿岛）及台湾海峡东部的澎湖列岛（由 64 个大小岛屿组成）属火山岛。海区内岛屿的性质与数量的多少，与区内构造格架和地壳运动性质密切相关。

第二节 地热与地震在地理空间上的分带性

本区东部地处环球地热带和地震带中的环太平洋带上，东部（纵谷地带）地热、地震发生在欧亚大陆与太平洋大洋板块边缘敛合带上，西部（纵谷以西）地热、地震则发生在板内（大陆板块边缘），东部与西部的地热、地震在空间格局和形成机制上有一定的内在联系。

一、地热基本特征

作为地热显示的地表出露的单个温泉或泉群，集中分布在基隆至连江（闽）、邵武及江西资溪的北西向连线之南的台湾、福建、江西及粤东北地区，而此线以北地区仅零星可见（福鼎与浙江泰顺交界处河谷及建瓯亦有出露）。地热出露区的地表显示点（区）达 331 处（台湾有 103 处，福建 207 处，粤东北 13 处），占全国总数的 13.4%，每百平方公里显示点数，台湾为 0.28 个，福建为 0.16 个。福建的连江至邵武以南（或称闽江以南）为 0.23 个。在闽江口以南沿海 100 km 内（福安—南靖断裂以东），温泉数量占福建温泉的 70%。台湾的中央山脉地带也是温泉出露密集区，可见呈带状分布的地热显示。地热显示不仅与区域性深切断裂密不可分，也与其构造边界条件、地质背景紧密相关。本区内地热显示以出露于溪流河谷为主，其次为平原盆地及山麓坡脚处，大部分为水温大于 45℃ 的热泉。其中，福建热泉占 70%，在台湾已知的 54 处温泉中，热泉占 74%。区内热泉（自然出露）最高温度为 89℃（德化、葛云），有的大于 100℃（台北北投育磺营为 293℃），钻孔孔底水温最高分别为 95℃（北投，300~1500 m 深）、108℃（福州）、120℃（漳州）。温泉天然流量各异（福建有 57% 的温泉为 1~5 L/s），钻孔流量差异也大，最大流量为 9.7 L/s（北投）。福建

全省温泉总流量达 1324 L/s (11.44 万 m³/年), 总热量相当于 21 万吨标准煤的发热量。水质多呈碱性(在闽之 175 处中, pH 大于 7.1~8.9 者占 74.7%), 矿化度一般均高于当地冷水(闽, 一般小于 0.5 mg/L)。矿化度高者各有其因, 或受滨海海水和全新世海积层中古海水的影响, 或受喷发休眠期中酸性岩浆之火山构造控制。如福建, 矿化度大于 3 g/L 的 12 处温泉皆在海漫滩、海积层晒盐场处出露(最高者厦门钟宅, 达 42.1 g/L); 台湾台北之北投大屯火山区的钻孔涌水, 矿化度达 5~10 g/L。水热蚀变一般在钻孔的出水段裂隙中可见, 主要有硅化、绿泥石化、沸石化、绢云母化、黄铁矿化等, 有的呈现贵金属矿化现象, 成为陆上现代成矿作用的一个重要现象。有的温泉出口(孔)有硅质、钙质、硫质沉淀; 埋藏或半埋藏型温泉在其溢流的一定范围内, 有泉胶岩石(泉胶砂岩与泉胶砾岩), 在福州市螺州和漳浦县曾见之。温泉成因主要系大气降水深循环的对流型热水体系所致, 如福州地热田之地下 200 m 及其以下便存在一个温度大于 40℃ 的 9 km² 面积的微凸起向周围缓倾斜热储体。该热储体平面上呈椭圆形, 由燕山晚期花岗岩体构成。另一种成因的温泉系由火山热液系统所形成, 台北大屯山 36 km² 热储区, 即与更新世基一中性复合火山休眠期的水热对流有关。

二、地震带东强西弱

本区地震是在特定地带内, 在地壳(或岩石圈)一定深度区间的壳层经受应力产生破裂而突然释放能量所引发的极其重要的自然地理-地质现象。历史上有感地震的震中空间分布(强震, $7 > M_s > 5$; 大地震, $M_s > 7$; 小震, $5 > M_s > 3$)及近年来所发生的有感地震震中, 主要产生在东西向的石城(赣)、宁化(闽)、福州, 向东延到基隆(台)以北的海域一线之南, 在台湾岛东部之海域, 东经 123° 之西(距台湾岛东海岸 150 km)的陆地和海域(含海峡, 下同)内, 地震成群密集, 呈带状分布, 强度排列大体有序, 结合活动构造带的展布情况, 分为台湾(又称日本西南—台湾岛—菲律宾—苏拉威西)地震带及东南(又称闽粤)沿海地震带。台湾地震带尚可进一步分为东、西两个亚带。地震带和亚带的走势整体为北东向。自台湾东亚带向闽粤沿海带, 地震带由北东 20° 转向北东 45°; 闽粤沿海带的粤东北地区偏转为北东东向。强震级以上地震震中自台湾东亚带(包括海域)向大陆, 其密集度由高到低, 在大陆内几乎很少有此类记录(据福建 885~1975 年), 而且 7 级以上地震均发生在福建海岸以东约 50 km 海域和台湾岛上。

地震(陆震与海震)强度和频度, 自大陆向海域和台湾逐渐增大, 据福建及邻区 1604~1979 年间 42 次地震(M_s 大于 1.7~4.5)统计, 有 96.1% 发生在东南沿海带的陆地部分, 只有 3.8% 在浅海区。而在 1935~1974 年间, 在福建、台湾及其邻区震级大于 5 级的 40 次地震中, 有 15% 发生在东南沿海带, 有 85% 发生在台湾带。

在台湾带中, 据本世纪初始建地震台的 45 年内的资料, 在 $M_s = 5$ 级以上的 692 次地震中, 有 90% 在台湾东亚带及其邻近海域, 年释放能量约 1.904×10^{15} J, 占全球地震释放总能量的 1%。两个亚带内亦有东强西弱之别。如台湾带的东亚带, 其范围大致相当于台东纵谷向东至菲律宾深海盆西北侧至南北向的 5000 m 海水等深线处。这个地带正处于过渡型地壳转向大洋地壳之间的陆地、陆棚(不甚明显)、陆坡、陆隆及部分深海盆地边缘地带, 大地震大部分均在其东部海域, 强震在该亚带西部的苏澳至台东近南北向的地区。

东南沿海带在 886~1975 年的 965 次有感地震中, 18 次强震及大震的 70% 发生在福州

至广东南澳的北东向带,内地的江西寻邬至福建宁化的邵武—河源带不足 30%,这亦显示出地震东强西弱的特点。台湾带的西亚带也有类似特点。

地震震源深度东深西浅。全区几乎均属浅源(小于 70 km)地震;但震源深度变化很大。从台湾东经 121°~123°间震级大于 4.3 级的震中剖面垂直分布图可见,深度主要在 28~55 km 区间,最大为 170 km(石垣岛),主震在 (29 ± 5) km 深处,而前震则较主震的震源深度大 6~9 km。东南沿海带的强震震中深度也是沿海大(7~36 km,一般 20 km),内地的邵武—河源带浅(4~9 km,一般为 5 km)。据该区地壳厚度分层及总体变化特征不难发现,台湾西亚带的震源以地壳中下部为主;东亚带则在上地幔顶层以下的 10~40 km 深度区间。东南沿海带,几乎均位于中、上地壳层内。从整体观察,在台湾带到东南沿海带的北西—南东向之间,将所观测到的震源深度投影在一个剖面图上后,形成东厚西薄的楔形体,楔形体底面向东南缓倾斜,倾角约 5°(图 2)。东南沿海带的南部(粤东北、闽南)到北部(闽中永安、大田等地),地震的强度也有变化,即由强到弱。各带的震源机制研究尚不足,现有资料表明,在不同地区也有所差异。台湾东亚带显示压应力轴近水平且与纵谷近乎垂直,应力优势取向有北西与北北西,震源属逆断与走滑两个类型,北北东向断裂是主要发震构造。东南沿海带的发震构造主要为北西向与北北东及北东向。两组断裂构造交汇区的深部,常是陆震的集中区。在东南沿海带南部地区,北西向断裂的活动诱发地震值得重视,广东潮州(6.75 级)、新丰江(6.1 级)及福建华安(2.6 级)的地震都是北西向断裂所致。由上可见,本区地震各地段深部能量释放有别,在不同地质构造背景下,各地区的岩石圈活动程度不一,动力学机制也有一定的变化。

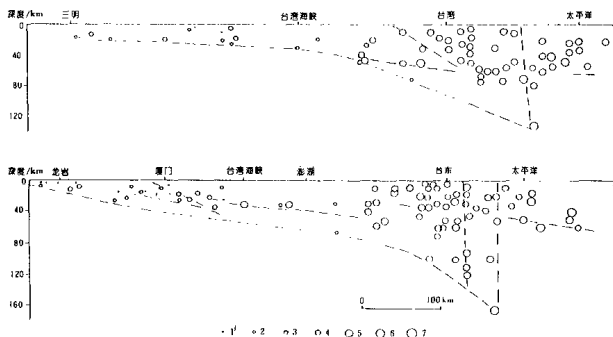


图 2 台湾海峡地区地震震级与震中深度剖面图

[据万天丰(1987)资料缩编]

1~7 示震级大小: 1—0.5~1.9; 2—2.0~2.9; 3—3.0~3.9; 4—4.0~4.9;

5—5.0~5.9; 6—6.0~6.9; 7—7.0~7.9

在简要地将本区内地形、河流、海岸、地热、地震等特性归纳后,可以看出,在陆壳、过渡型地壳和洋壳这3种不同性质地壳的地区,其地表形态、地表水体配置格局、海陆界线的形貌、深部热能与机械能的释放,以及地壳的活动状况等方面,均有不同程度的差异与各自的特点。然而,它们在整体上却有比较清楚的规律性:①现今地貌的形成过程系西(西北)部陆地形成早,东(东南)部海域和岛屿形成晚。本区内的闽、浙、赣、粤等地,在中三叠世由陆表海转化成局部的内陆湖盆地,并继而经印支运动成陆;晚三叠世和早、中侏罗世开始直至第三纪逐步形成今日地貌。其中,白垩纪的菱形一环状陆地与水体沉积匹配的格局,在东海与南海仍然继承至今。②北北东及北西与北东东断裂,特别是北(北北)东向的台东纵谷、屈尺—潮州、丽水—政和一海丰、邵武—河源、鹰潭—寻邬等燕山期以来活动性大的断裂,使本区北西至南东向形成地垒状山脉与地堑状低丘及海峡,斜贯闽、赣、粤的武夷山脉、闽中戴云山脉和台湾的中央山脉都受空间上间隔性分布的相应断裂的控制,并形成区域性分水岭。河流的形成与网络,也受北(北北)东及北西等方向断裂制约。主要断裂及其在喜马拉雅期的差异性活动是本区山脉、河流、海岸形成的主导因素。③主要山脉、海岸线和大型地貌的转折地带,全部同区域布格异常总貌一致,武夷、戴云、中央3个山脉及闽、浙、台海岸线,都与布格异常带走向相同,戴云和中央山脉与布格异常中心地带(即莫氏面凹陷)走势相同,说明均衡调整与镜像对称的原理可以解释本区的实际现象。中央山脉高高矗立,其高度是戴云山脉高度的两倍,正是台湾地壳密度与地形未达到均衡的表现。花莲以东洋底出现的由南北向转为北东东向洋底陡坡与阶地,粤东及金华—衢州一带分别出现的布格异常不明显的梯级带也正是现今地球上区域重力调整的地区。④自燕山晚期以来,环太平洋带东侧太平洋板块向陆挤压剪切作用和扬子板块向南的挤压与南海裂开向北的推挤,以及亚洲大陆向南东的挤压,造成了本区在挤压与拉张交替作用下特殊的地质背景与动力学机制,这自然是本区产生上述地形与地热及地震现象的根本所在。

第二章 区域地层概况

本区作为地质研究的热点区带之一,已完成的著述和正进行中的研究工作比较多。这些著述现今在众多方面仍具有很大的实用价值,尤其是在各自论述的地理范围内,其中的基本资料与许多认识,毫无疑问,将在相当长时期内有其重要作用。由于本项研究的地理空间范围比较大,既涉及到该范围内主要地质事件的对比和重大地质现象的认识,也涉及到某些地球物理现象整体特征的分析与探讨,故本章对区域地层特征做一简要概括。

区内地层出露广泛,发育齐全。包括古元古界至今的元古宇、古生界、中生界、新生界等4个大的地层断代,在跨越20余亿年的地质历史长河中,除志留纪可能无沉积作用而缺失地层记录之外,绝大多数地层或广泛或局部或连续或零星地露布。由于先天与后天的因素,地层的总体框架和岩石地层特征,各分区均有不少特色。

第一节 地层区划

本区的地层区划或地层分区,在1959年全国地层会议上提出地层区划初步建议后,于1961年进一步以地质调查规范形式^①将本区划归华南(不含扬子区)和台湾两个一级区。在本区范围内的华南区,再分为钱塘江分区、闽浙沿海分区。在1979年编制全国地层表过程中,对小区一级又作了划分与调整。90年代初,地层划分与对比的理论有新的发展,遵照地层指南的多重地层划分的观点,以岩石地层研究为基础,对各断代地层重新作了多重划分,地层区划也有新的厘定与调整。按照全国多重地层划分对比研究中的中国岩石地层区划,本区属华南地层大区(含括前述扬子地层区等)的东南地层区(华夏地层区)与琉球-吕宋地层大区。这个区划方案比较合乎现今认识的实际。

通过研究,主要依据基底层与盖层的岩石地层是否发育及发育程度,断代的岩石地层分布(含地下可能隐伏存在的地层)的总体面貌,全球性(特别是中、新生代以来)巨型地质构造单元的构造边界带的地质位置等基本因素,本书做了一些厘定(表1)。台湾海峡及其东北与西南地区的海域内地层发育,对闽、台两省,以陆、岛上地层面貌为据,各自作了三级地层区划,对福建未考虑海域地区,进行了区划与命名。基于海峡地区有较多的钻孔与地震测深资料,同时避免将同一个省一级名称在两个不同级次的地层区划名称(如台湾地层分区,台湾东部地层区)中使用,故将台湾海峡地带的海域和台东纵谷以西的台湾岛部分,统称高(雄)澎(湖)地层分区。台东纵谷以东的海岸山脉及其东部近海区,名之为琉球-吕宋地层大区的海岸山脉地层分区。

^① 中华人民共和国地质部地质科学研究所,区域地质测量规范,1961年。

第二节 前泥盆纪基底地层特征及 太古宙基底地层问题

泥盆纪以前形成的所有经区域变质、剧烈构造变动和岩浆侵入的变质岩,构成了研究区的基底。依基底地层出露较齐全的地区,经过纵向与横向分析对比,厘定了泥盆纪以前的基底地层划分与对比框架(表1)。它包括了元古界以麻源群为代表,中元古界以龙北溪群为代表,新元古界以楼子坝组与震旦系至奥陶系为代表的3套地层。它们之间,在原生沉积建造及其反映的构造环境,变质建造和构造样式反映的变质类型和变形机制及构造层次,地质年代学反映的不同构造阶段等方面均有显著的差异性。遭受强烈褶皱但不发育透入性片理的新元古界一下古生界称为褶皱基底;经显著的区域变质和彻底构造置换的区域变质岩称为结晶基底。上述3套地层的客观存在,表明本区在一定范围内有复杂的基底地层结构。它们在武夷分区相对发育,且具有典型性,而在东部的高雄—澎湖分区可能只有上述的某一套或两套地层。海岸山脉地层分区,地壳属过渡类型,现今缺少有关基底地层的文献资料。以上关于前泥盆纪岩石地层的划分与对比,反映了岩石地层研究中现阶段的新进展,它有科学的合理的基本面,但仍有其相对性。

一、古元古代地层及其地质特征

据岩性特征及变质变形面貌并结合同位素地质年代学资料,江西东北地区的周潭群、福建西南地区的桃溪组以及东海的灵峰片麻岩,基本上可与福建的麻源群、浙江的八都群对比,至少它们中有相当部分的岩石组合可以划归古元古代的地层层位中。浙江东南地区的云和、景宁县一带,尚有被侏罗纪火山岩覆盖的区域变质岩,被称为鹤溪群,其地质时代曾定为泥盆纪至三叠纪。经调查,该区的片麻岩同八都群和麻源群迪口组片麻岩基本相似;碳酸盐岩(以大理岩为主)和绿泥阳起片岩(习称绿片岩)及磁铁矿石岩的组合层,其岩性与变质特征与福建北部的龙北溪群相同,赋存比较普遍的似层状铅锌铜矿,金银的脉状矿化现象也较普遍,这些特点与闽北的政和、屏南、建瓯、寿宁、周宁与闽中的德化、龙溪地区龙北溪群中的有色金属及贵金属矿化特征极其相似。据此,将鹤溪群的片麻岩组合与八都群、麻源群对比,碳酸盐岩、绿片岩同龙北溪群对比,经厘定的鹤溪群其地质时代相当于中元古代,至于该区或原划鹤溪群变质岩中有无古生代及中生代地层变质而成的变质岩,有待于进一步调查。但就其总体来看,上述的划分与对比意见符合目前的实际情况。在粤东的兴宁县所见变粒岩、片岩,也可能与闽西南的桃溪组相当。福建东南沿海的澳角群,其主体部分也属古元古代。

(一) 变质地层

古元古代变质地层由八都群、麻源群(含天井坪组)、周潭群和桃溪组等组成(图3)。

八都群主要分布于浙西南龙泉(庆元)、遂昌—大柘、松阳高亭—玉岩等地区。八都群分为5个组,各组主要岩性自下而上依次是:

(1) 鳌头组 (含石墨) 蓝晶夕线黑云斜长变粒岩、黑云变粒岩夹角闪斜长变粒岩;

(2) 汤源组 上部含榴黑云变粒岩,下部含榴黑云斜长变粒岩、斜长角闪岩、斜长角闪辉石岩;

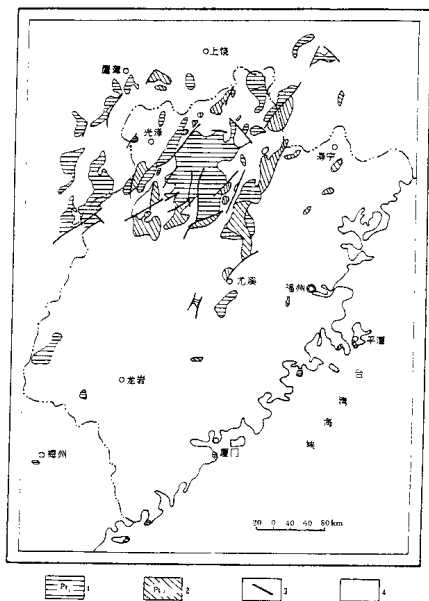


图3 台湾海峡西北地区古、中元古界露头分布图

1—古元古界；2—中元古界；3—断裂；4—其他地质体

(3) 张岩组 含石墨夕线石榴黑云石英片岩、黑云斜长石英片岩夹黑云片岩，底部含石墨夕线黑云（斜长）变粒岩；

(4) 四源组 含石墨蓝晶夕线黑云变粒岩、黑云斜长变粒岩夹长石石英岩、黑云片岩、黑云石英片岩；

(5) 大岩山组 石墨夕线石榴黑云片岩夹黑云石英片岩。

麻源群分布于闽西北，包括大金山组和南山组。大金山组岩性以片岩和变粒岩为主，普遍具有晶质石墨，并与灰绿色斜长角闪岩共生。局部见有不纯大理岩透镜体。南山组岩性单一，以云母片岩、云母石英片岩为主，云母变粒岩为次，夹少量角闪变粒岩。如果以晶