

中国科学院华南富铁科学研究队

海南岛地质与 石碌铁矿地球化学

科学出版社

海南岛地质 与石榴铁矿地球化学

中国科学院华南富铁科学研究队

科学出版社

1986

内 容 简 介

本书在多学科综合研究的基础上论述了海南岛区域地质、地球物理及地球化学,较系统地阐述了石碌铁矿床的成矿特征、成因类型、成矿时代及形成条件。本书共24章,包括了地球物理、元素地球化学、同位素地球化学、实验地球化学、遥感地质、构造学、地层学、地质古生物学、沉积学、岩石学、矿床学、矿物学、包裹体测温及数学地质等多学科的研究成果。是我国在铁矿床及有关区域地质、地球物理及地球化学研究方面的一部较系统的专著。本书可供地质工作者、地质院校师生及其他有关工作者参考。

海南岛地质 与石碌铁矿地球化学

中国科学院华南富铁科学研究队

责任编辑 衣晓云

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1986年12月第一版 开本:787×1092 1/16

1986年12月第一次印刷 印张:24 1/4 插页:20

印数:0001—5000 字数:554,000

统一书号:13031·3385

本社书号:5094·13-14

定价:7.25元

序

海南岛石碌铁矿床是我国为数不多的富铁矿基地之一。它的十分特殊的形成历史(可能是与海底火山活动有间接联系的沉积矿床,矿床形成后又受到变质和后期花岗岩侵入的影响),与众不同的元素组合(铁矿体之下有铜、钴矿体,铁矿体富硅、钼,之上还有富锰层),丰富多采的蚀变类型(透辉石-透闪石化、夕卡岩化)和别树一帜的地质背景(冒地槽,之后三面被花岗岩吞蚀)等多年来吸引了地球科学工作者的注目。但许多问题,包括它的沉积环境、古地理条件、成矿物质来源、后期变化及矿床成因等均尚有争论,悬而未决。

1974年开始的我国第二次寻找富铁矿高潮促使了人们对石碌矿床的更多的关注。1975—1978年中国科学院有关研究所和一些大专院校组织了多学科、多兵种、多方法的科学研究队伍,以求对石碌矿床进行更深入的剖析。剖析的结果在现场举行过多次探讨。而剖析的学术部分概括起来便是本专著的基本内容。

在前人工作的基础上,三年大量的野外和实验测试工作及本专著的问世,回答了过去一部分争议的、未解决的问题。这对深入认识石碌矿床本身所固有的规律以及寻找石碌式矿床都是不能缺少的。

但是,石碌矿床是一个复杂的自然综合体。不能期望一次较全面的剖析就能解决它所面临的所有地球科学问题。而且,随着矿床的不断开拓,新的问题还可能出现。但应当说,本专著把对石碌矿床的认识水平提到了一个新的高度。

寻找更多的铁矿资源仍是今后我国地球科学工作者的艰巨的任务,而开拓富铁矿还需作出长期不懈的努力。对不同类型的铁矿床作出实事求是和恰如其分的剖析,为寻找新矿床提供依据,这是地球科学工作者的严肃任务。正是从这一角度出发,希望本专著在我国的铁矿事业中能起到一定的作用。

由于各种原因,这一专著的问世一再推迟。但希望这些做法、观点与结论仍有其实际意义。

涂光炽

1985.6.14.

前 言

海南岛是我国南海海域中最大的一个岛屿。面积 32,000 km², 北面隔琼州海峡与雷州半岛相望。该岛盛产热带作物, 矿产资源丰富, 素有“宝岛”之称。

在地质构造上, 海南岛主体是一个海西褶皱带, 具有地洼区的活动性质。在华南, 存在着一个浙-闽-琼-越海西弧形地槽断褶带。弧顶部分恰经海南岛。古生代浅变质岩系、中生代中-酸性侵入岩及新生代玄武岩构成了岛内岩石的基本组成。因本区处于三个板块的邻接部位, 构造活动长期而剧烈。古生代时期, 海洋沉积过程伴随着各岩类火山喷溢, 并形成石碌式火山热液沉积矿床。印支运动后, 地壳上升, 继而广泛的岩浆侵入活动, 地层区域变质与热变质, 并形成相关的铁、铜、锡等矿床。在古生代本区以褶皱与断裂相伴随的隆起与洼陷很显著, 中生代以后, 地壳主要处于上升阶段并以断裂活动为主, 地壳长期剥蚀, 在岛缘浅海形成砂矿床。本岛局部地区, 尤其邻近海域的某些断块, 长期下沉, 产生巨厚沉积, 成为石油的可能储集区。

海南岛地质矿产的调查和研究工作已有 55 年以上的历史。有文献记载者, 1929 年李承三等入首先来本岛进行地质考察, 测制了百万分之一地质图, 对岛北玄武岩作了研究与划分。1932 年方干谦曾对石碌等岛内铜矿做了调查。1946 年, 林钻春等先后对田独、石碌铁矿等矿床作了较全面考察后指出, 岛上资源丰富, 各类矿产在 30 种以上。海南岛劳动人民在清乾隆年间已对石碌等地岛内铜矿进行开采冶炼。1938 年, 日寇侵占海南岛, 为寻找战略资源, 于 1942—1944 年对石碌铁矿掠夺开采。总之, 解放前, 海南地质工作是零星而肤浅的。中华人民共和国成立后, 地质工作获得新生。从五十年代起, 便有多批地质勘探队你来我往不间断地进行工作。418、410、765、715 及 934 等地质队对各类矿种的找矿勘探, 成绩卓著。广东省石油管理局、地质部物探局、广东省海南区亚热带资源开发委员会等曾对本岛作过专业性调查。六十年代至今, 广东省地质矿产局海南地质大队是一支在本岛时间最长, 工作做得最多的找矿勘探队伍。近几年来, 广东省冶金地质勘探公司 934 及 940 地质队和广东省地质矿产局区调队等也做了大量工作。

海南岛颇有特色的地质环境和矿产资源, 吸引着人们的注意, 自五十年代中国科学院地质研究所对砂矿资源调查和地质部谢家荣先生对玄武岩和有关风化壳型三水铝矿调查以来, 已有不少单位进岛考察、研究。其范围涉及固体矿产、石油地质、海洋地质、区域地质、地球物理、地球化学、地层古生物学、构造学、沉积学、岩石学与矿物学等, 并都取得了相应成果。回顾起来, 过去已做的地质工作主要是找矿与勘探, 而相应的研究却较差。无论对石碌铁矿或全岛地质的基础研究都比较薄弱。本区浮土覆盖广泛、交通不便、植被茂盛, 加之, 琼中、儋县两大岩基吞蚀了许多地质证据, 这些都是影响研究深度的因素。所以, 有不少基本问题长期悬而未决或争论不休。如过去把分布很广的晚古生代地层, 大部分划为寒武纪陀烈群, 因而海西地槽也被错定为加里东地槽; 石碌铁矿的成因、时代, 曾经提出过各种观点, 但因工作深度不够, 各种观点都未能提供足够证据, 因而长期争论不休。至于一些重要领域如区域地球物理场、区域地球化学、区域地层沉积环境、微量元素与同

位素地球化学、标型矿物学、包裹体、实验地球化学及数学地质等过去几乎是空白。象1976—1978年间,集中中国科学院,高等院校、冶金工业部与地质部所属研究所和地质队等系统如此众多的人员开展调查研究工作,这在海南岛地质研究历史上还是第一次,这充分反映了党和政府对海南地质事业的关怀和支持。

海南石碌铁矿,以大型优质富矿著称于世,是我国不少钢铁冶炼基地的“细粮”。1976年,中国科学院华南富铁科学研究队参加了海南冶金富铁会战研究工作。在中国科学院富铁会战办公室及地球化学研究所的领导下,在会战指挥部的统一指挥协调下,与冶金、地质系统的一些科研、教学和生产单位共同开展了石碌铁矿及海南岛地质研究与找矿预测工作。自1975至1978年间,重点对石碌铁矿进行了系统的研究,同时对全岛的区域地球物理场、区域构造、古生代地层、沉积环境、沉积地球化学、重磁异常、铁矿床与铁矿化、儋县花岗岩及抱板混合岩等组织了多学科的研究工作。还进行了全岛卫星照片与航空照片的判读及其它遥感项目的试验。三年期间共写出专题报告20份。学术会议论文45篇。参加本队的贵州工学院还写有广西云开地区铁矿床成矿规律的五份报告。上述研究工作和提交或发表的研究成果,为本书的编写奠定了基础。

三年科研工作取得了下述几项主要成果:

(1) 通过多学科、多方法的综合研究,获得了大量的证据,使我们对石碌铁矿的成因与形成条件有了一个较肯定的认识。

① 石碌铁矿是一个以沉积方式为主形成的铁矿床,以后受到了中、浅区域变质、热变质和热液作用的改造,但还基本保留原始沉积成矿的面貌。

② 成矿物质是多来源的,其中铁质主要不是陆源,而是来自海洋,与海底火山作用有关。

③ 成矿发生在封闭-半封闭高盐度的海洋局限盆地中,它可能是一个礁后潟湖盆地。含矿海水顺盆地轴向,自北西向南东流动,并形成相应的沉积分带。

据此,可将石碌铁矿称之为沉积矿床、层控矿床、海洋局限盆地沉积矿床或卤水沉积矿床、多源沉积矿床等。但以火山热液沉积矿床或火山热液礁盆沉积矿床的提法更为确切一些。

(2) 在古生代地层时代划分方面有了新的进展。

① 过去把海南岛大片分布的浅变质岩系(以岛西陀烈村剖面为典型)都定为寒武纪“陀烈群”。而我们根据发现的化石表明,南坤园、南洋地区大片“陀烈群”实际上是晚古生代地层,主要是石炭系。我们在岛西的地层对比工作,同样认为一部分“陀烈群”应划为泥盆—二叠系。934地质队、海南地质大队、中南矿冶学院、冶金部地质研究所等单位在几个地区也有同样的发现。海南“陀烈群”已失去它原有的作为寒武纪标准地层的意义。原“陀烈群”的大部分无疑是晚古生代地层,主要是石炭系,有少部分,因证据不足,仍暂划为寒武系。

② 关于石碌群时代,前人已争论多年。但多倾向于寒武纪。我们工作的前阶段以及目前部分同志仍然认为是寒武纪地层。但后来在石碌群五层上部发现了时代较确定的古孢子组合,多种同位素测定其年龄为315及330 Ma左右。加上地层对比,我们认为石碌群时代应为泥盆—石炭纪。

③ 在崖县大茅地区,原定为泥盆系的山坡群,根据我们和海南地质大队发现的大量

化石,更正为奥陶系。

(3) 通过地球物理、构造地质与遥感地质研究,阐述了海南岛的构造地质环境,划分出三个深部地壳单元,六个北东向分布的构造变形带及地表断裂形态,同时用地质力学观点划分了海南岛构造体系。编制了相应的图件。

(4) 从构造地质学、沉积学和区域地球化学的研究,提出和论证了海南岛继承性海西上叠冒地槽的特征及沉积环境,提出在我国南部存在着一个海西弧形地槽带,东自浙江,经福建,粤东沿海,经海南至越南北部。海南岛适居弧顶部位。

(5) 对矿区及邻区火成岩侵入体、火山岩与火山物质、变质岩、七差-抱板混合岩及儋县花岗岩基进行了岩石学研究,确定了成矿作用与火山作用的联系。恢复了变质岩原岩。阐明了儋县岩体(半原地花岗岩岩基)的基本特征。

(6) 首次对石碌铁矿进行地层学、沉积学、构造学、矿床学、遥感、地球物理、元素与同位素地球化学、矿物学、包裹体、成矿实验及数学地质等多学科、多方法的综合研究。这些研究成果为阐明矿床成因、成矿时代与成矿环境提供了重要资料与理论基础。

(7) 开展了重、磁、浅层地震、伽玛能谱等综合地球物理方法的应用研究。在石碌矿区东部6号、13号与14号三条剖面上发现了重磁异常,它为发现矿区东隐伏矿层起到了一定的作用。此外还对岛上的12个磁异常区及成矿预测区进行了重、磁异常检查。还进行了遥感技术方法的实验,包括不同地物的光谱特性、植物化学找矿及航片与卫星照片判读的研究,上述研究都已有专门的阶段报告,本书未予纳入。

上述成果中,第(2)、(3)、(4)、(6)、(7)项是开拓性的,第(1)、(5)项是在前人工作基础上有所深入,提出了新的看法。其实,面前诸项成果也是离不开前人工作基础的。

中国科学院华南富铁科学研究队是一个由研究所和高等院校组成的综合研究队。参加单位有中国科学院地球化学研究所、南京地质古生物研究所、地理研究所、地球物理研究所、南海海洋研究所、地质研究所及计算技术研究所,高等学校有南京大学、中山大学及贵州大学、贵州工学院。共七所四校。分10个专题,各专题主要成员如下:

1. 构造组 地球化学研究所: 吴学益(组长)、杨科佑、马昌和;南京大学: 夏邦栋、叶尚夫、任震鹏;中山大学: 邓海泉、黄玉昆、严国柱;南海海洋研究所: 杨树康。

2. 地层组 南京地质古生物研究所: 穆恩之、葛梅钰(组长)、许汉奎、陈旭、朱兆玲、王成源、莫春华、李再平、廖卫华;中山大学: 方瑞濂、邓国敢、单惠珍;南京大学: 林天瑞。

3. 沉积组 中山大学: 梁百和(组长)、吴华新、朱素琳;南京地质古生物研究所: 江纳言、张俊明;地球化学研究所: 杨秀珍。

4. 变质岩组 地球化学研究所: 蒋寄云(组长)、朱寿华;南京大学: 季寿元、林承毅、王赐银、刘家旺、吴振荣;地质研究所: 李达周。

5. 火成岩组 南京大学: 彭亚鸣(组长);中山大学: 邓铁股;地球化学研究所: 朱为方。

6. 矿床组 南京大学: 陈泽铭(组长)、陈武、张金章;南海海洋研究所: 王文远、邱传珠;中山大学: 姚德贤。

7. 地球化学组 地球化学研究所: 刘义茂(组长)、曹荣龙、于津生、张国新、俞茨玫、桂训唐、苏贤泽、张绍立、高振敏、陈毓蔚、肖仲洋、杨凤筠、王俊文、刘菊英、杨绍琛、张

静、田淑贵、李乙雨、潘景瑜、杨启顺、田华振、雷剑泉、高思登、高淑芬、朱颖杰、刘欣芳、章仲崛、张凤秋、赵平、史富生、梅启顺。

8. 数学地质组 地球化学研究所: 杨蔚华(组长)、刘友梅、张怀友、孙世华; 计算技术所: 杨自强、李维相、王振华; 贵州大学: 邓伟才。

9. 地球物理组 地球物理研究所: 王谦身(组长)、蒋宏耀、刘元龙、安振昌、孔祥儒、黄鹤龄、邢景山、朱连、武传真、谢挺、李适骧、刘洪臣、魏英、李金、张耀厚、冯玉清; 南海海洋研究所: 刘祖惠、林劲峰、蒋祥兴、黄慈流、林吉绥、黄光伟、李克庸、李剑峰; 地球化学研究所: 王兴理、李林林、董莲娥、曹琳; 中山大学: 金亚荣。

10. 遥感地质组 地理研究所: 陈述彭、周上益(组长)、林恒章、郑威、李涛、黄銓、关威、陈正宜、王建华、张圣凯、王长耀、阎守邕、罗修岳、孙海、吕克解、任风清、何昌垂、袁家龙、郭义伦、黄秀华、郭桂玲、廖彩智、杜瑞乘; 中山大学: 袁家义。

本书共 24 章, 各章执笔人如下: 涂光炽(序); 刘义茂(前言); 吴学益(第一章); 葛梅钰、梁百和、刘义茂(第二章); 吴学益、王谦身、蒋宏耀、刘祖惠、林劲峰(第三章); 吴学益、杨树康、严国柱、林恒章(第四章); 夏邦栋、刘义茂、吴学益(第五章); 方瑞濂、邓国政、单惠珍、葛梅钰、陈旭(第六章); 梁百和、吴华新(第七章); 吴学益、严国柱(第八章); 季寿元、王赐银、彭亚鸣、蒋寄云、邓铁股(第九章); 陈泽铭、姚德贤(第十章); 陈泽铭(第十一章); 刘义茂(第十二章); 冯建良、王静纯、张绍立、苏贤泽、何双梅(第十三章); 刘义茂、张国新、于津生、桂训唐、王俊文、陈毓蔚(第十四章); 俞茨玫(第十五章); 曹荣龙(第十六章); 杨蔚华、刘义茂、陈泽铭(第十七章); 陈泽铭(第十八章); 刘义茂、蒋寄云(第十九章); 刘义茂(第二十章); 陈泽铭(第二十一章); 刘义茂(第二十二章); 刘义茂、杨蔚华(第二十三章); 刘义茂(第二十四章)。各章节交稿后经刘义茂、陈泽铭、吴学益、杨树康初步统编后, 又由刘义茂对本书进行补充修改完成定稿和清稿。地球化学研究所向晓荣负责本书发稿前的编辑工作, 绘图组承担全部图件的绘制。杨科佑参加了校样工作, 并将目录译成英文。

此项科研工作得到了中国科学院地球化学研究所所长涂光炽教授的全面指导和热情的支持。郭承基教授也给予热情的关心和指导。我们深切感谢穆恩之教授与方瑞濂教授, 他们不止一次亲赴野外长期实践, 指导专题研究。陈述彭、邓海泉两教授也亲临现场指导。由中国科学院富铁办公室组织的由张文佑、徐克勤、叶连俊、穆恩之、方瑞濂、吴利仁及钱祥麟等教授参加的考察团, 与我们多次座谈。他们的报告和座谈意见, 指导并推动了我们的科研工作。我们还要感谢陈国达、陈光远、杨遵仪等教授及康永孚、刘连捷、覃嘉陶、郑直等高级工程师对我们工作的关心和指导。最后, 我们还要特别提到许多“榜上无名”, 但真正起到“后勤部长”和“铺路石子”作用的同志们。中国科学院富铁办公室不但多次召集会议, 创造条件, 而且从上到下几乎每个成员都曾赴海南实地调查、亲临指导, 及时解决问题。地球化学研究所具体领导了科研队工作, 派出了行政人员和司机。南海海洋研究所负责来往人员在广州的生活、交通安排。广东省科技局、冶金局、地质局支持了我们的工作。我们尤其衷心感谢广东冶金地质勘探公司、海南冶金会战指挥部及所属 934 地质队给予的无私帮助和全力的支持。海南铁矿及所属地质科、广东省地质局海南地质大队(海南地质局)、海南科技局、海南热带作物研究院等单位都给了很大帮助。我们十分感谢海南行政区有关各级领导、各部门工作人员和海南人民给予的热情关心和有力的支持。三年会战, 许许多多动人的情景, 令人难以忘怀。本书是团结协作、辛勤劳动的结晶。

也是献给所有支持和关心过我们工作的人们的一份礼物。

因条件与水平所限,有些工作尚待深入,有些问题尚待进一步解决。本书肯定存在不少缺点和问题,恳望各方面专家、同行提出宝贵意见。

刘义茂

1984.11.

目 录

序

前言

第一章	海南岛地质概况.....	1
第二章	海南岛古生代地层及其沉积环境.....	8
第三章	海南岛地球物理场特征及深部地壳构造轮廓.....	23
第四章	海南岛的构造体系.....	33
第五章	海南岛海西地槽的地质地球化学特征.....	48
第六章	矿区地层及其时代.....	64
第七章	含铁地层的形成条件.....	88
第八章	矿区构造.....	115
第九章	矿区及外围火成岩与变质岩.....	137
第十章	矿区地质特征及含矿层的划分.....	169
第十一章	矿石类型与组构特征.....	187
第十二章	元素地球化学.....	198
第十三章	矿物学研究.....	218
第十四章	同位素地球化学.....	248
第十五章	矿物包裹体研究.....	261
第十六章	成矿条件的模拟实验.....	277
第十七章	数学地质研究.....	289
第十八章	沉积成矿作用.....	301
第十九章	火山岩和火山沉积岩.....	306
第二十章	后期地质改造作用.....	314
第二十一章	成矿物质来源.....	319
第二十二章	矿床成因.....	340
第二十三章	成矿条件与成矿模式.....	348
第二十四章	石碌式铁矿的找矿方向与找矿标志.....	361
参考文献		365

GEOLOGY OF HAINAN ISLAND AND GEOCHEMISTRY OF IRON ORE DEPOSITS IN SHILU

CONTENTS

Introduction	
Preface	
1 General geology of Heinan Island	1
2 Paleozoic strata and its sedimental environments in Hainan Island	8
3 Characteristics of geophysical field and deep crust outline in Hainan Island	23
4 Tectonic systems in Hainan Island	33
5 Characteristics of geology and geochemistry in Hainan Island Hercynian geosyncline	48
6 The strata and their ages in the mining district	64
7 Forming condition of the iron-bearing strata	88
8 Structures of the mining district	115
9 Igneous and metamorphic rocks in the mining district and its nearby region	137
10 Geological features of the mining district and the classification of the ore-bearing beds	169
11 Ore types and its structure characteristics	187
12 Element geochemistry	198
13 Mineralogical study of iron ore deposits in Shilu	218
14 Isotope geochemistry	248
15 The study of mineral inclusions	261
16 Experiments on the ore-forming conditions in Shilu	277
17 The study of geomathematics	289
18 Sedimental metallogeny	301
19 Volcano-sedimental rocks in Shilu region	306
20 Geological reformation	314
21 Sources of the metallogenic matter	319
22 Origins of Shilu iron deposits	340
23 Metallogenic conditions and their model in Shilu	348
24 The direction and marking of the exploration of Shilu iron deposit type	361
References	365

第一章 海南岛地质概况

一、大地构造位置

海南岛位于我国南海,隔海与雷州半岛遥遥相望。其大地构造位置处于欧亚板块、印度板块和太平洋板块的交接部位。按地质力学观点,海南岛又位于我国第四纪构造带与华夏、新华夏构造体系及北西向构造体系的交会处。岛上发育几条明显的东西向构造带和北东向构造带,并与北西向构造带组成比较复杂的复合与联合关系。按地洼说,海南岛处于海南地洼区。近年来在海南岛多处发现了含大量化石的石炭系类复理石地层。据地层、岩性及火山活动等特点来看,海南岛存在海西地槽,并与大陆广东、福建、浙江沿海一带已发现的海西地槽及与云南哀牢山断裂带,甚至与越南一带的海西地槽连起来,形成一个向南突出的海西弧形地槽系。海南岛正处于海西弧形地槽系的顶部转折部位。

二、地 层

本岛地层发育较全,从寒武纪以来各时代地层皆有出露。但由于岩浆岩的广泛分布和普遍的植被覆盖,地层的出露面积仅 6260km^2 , 占全岛面积的 19.6%。区内未见有前寒武系,主要出露是古生代地层。寒武—奥陶纪抱板群在岛西岛东各处皆有所见。其上覆地层为旧村岭群,与逗文庄群具有近似的层位,可能为晚奥陶世至志留纪地层。过去把北部地层大片出露的浅变质岩系定为寒武纪陀烈群。经本次工作,其中大部分为晚古生代地层。所以,泥盆纪—二叠纪地层的分布比早古生代地层更广,早古生代地层在崖县地层总出露厚度大于 $2,200\text{m}$,是一套地槽建造,具有东南型的生物组合,以富含陆源碎屑的碳酸盐建造和富锰、磷、硅质为特征。北部地区抱板群与上覆旧村岭群,总厚度为 $4,000—5,000\text{m}$ 以上。为一套地槽型类复理式碎屑建造。在西部普遍受混合岩化。

海南岛晚古生代地层主要分布在北部与中部。其厚度一般是在 $4,000—6,000\text{m}$ 。为一套类复理石细碎屑建造,为板岩(千枚岩、片岩)、粉砂岩(或细砂岩)、夹碳酸盐及硅质岩的岩石组合(详见地层一章)。

三、岩 浆 活 动

海南岛岩浆岩分布很广,遍布岛内各地,出露面积约 $18,500\text{km}^2$, 约占全岛面积的 57.81%。

本区岩浆活动具有多期、多次的特点,以中生代的酸性及中酸性岩浆的侵入为主,其次为中生代末期的中酸性岩浆的喷发。最近几年在岛上陆续发现了早古生代的混合片麻杂岩,证明了早古生代即有岩浆活动。岛上出露的最主要的岩浆岩为二长花岗岩及花岗

表 1-1 海南岛岩浆活动时代一览表

(据地质部地质研究所1965年)

时 代			岩 浆 活 动	代号	主要岩体出露地区	广东省地质局区测队的划分方案
新 生 代	喜马拉雅岩活动旋回	第四次 喷发	斜长辉石橄辉玄武岩、橄辉玄武岩、气孔状橄辉玄武岩、玄武质凝灰岩	β^d	尤塘、木棠等地	划分为相应的一、二、三、四等期
		第三次 喷发	致密状辉石橄辉玄武岩、橄辉玄武岩、紫苏辉石橄辉玄武岩、玻璃玄武质凝灰岩	β^c	蓬来、白蓬、车英、公堂等地	
		第二次 喷发	不等粒斜长橄辉玄武岩、斜长橄辉玄武岩、橄辉玄武岩	β^b	多文、龙发等地区	
		第一次 喷发	橄辉玄武岩	β^a	仅见于琼山、文岭、加壁及加来等地的钻孔中,地表未见出露	
中 生 代		晚白垩世	酸性、中酸性火山岩	K_2	五指山	
		未定期	石英正长岩、钾长花岗岩	$x\delta_2^{1-3}$	鄱阳岭岩体、关桥岭岩体、白第岭岩体、冬高岭岩体	划为中生代第五期 $\lambda\delta_2^5$
		晚 期	补充期: 细粒斑状花岗岩、花岗斑岩	γ_3^{Ca}	出露于尖峰岭岩体	划为中生代第四期 (γ_3^D) 可能相当于广州幅的燕山三—四期
			肉红色中粒及中粒似斑状黑云母花岗岩(主要)、花岗斑岩(少量)	γ_3^2 $\gamma\pi_3^2$	尖峰岭、阜堡笔、黑岭、吊罗山、什通北岭等岩体、南牛岭	
		早 期	补充期: 花岗斑岩	$\gamma\pi_3^{(2)a}$	出露于屯昌岩体中	划为第三期($\gamma\delta_3^F$)可能相当于广州幅的燕山二期
			中粒及中粒似斑状二长花岗岩、花岗闪长岩(主要)、石英闪长岩、石英二长岩(少量)	γ_2^2 $\gamma\delta_2^2$	保城、屯昌、千家、乘坡、税町、高石等岩体	
		晚 期	补充期: 钾长花岗岩、二长花岗岩	$\gamma_1^{(2)a}$	巡视岭、乌雅岭等岩体	划为中生代第二期 (γ_1^B)
			中粒似斑状的花岗岩类岩石,其中以花岗岩为主,其次为花岗闪长岩、二长花岗岩及石英闪长岩	$\gamma_1^{(2)}$	琼中、儋县、嘉禾保斑等岩体	
		早 期	石英闪长岩、闪长岩、辉长岩	$\lambda\delta_1^{(C_1)}$ $\delta_1^{(1)}$ $\nu_1^{(1)}$	什田甫、圣彦岭、钉狗岭等岩体、仙婆岭、马翁岭等岩体及金竹园	划为中生代第一期 (δ_1^A) 可能相当于广州幅的印支期
早 古 生 代	加里东旋回		混合片麻岩		抱板混合岩带、大蟹岭混合岩体、冲卒岭混合岩带、黄什岭混合岩带	未见真正的岩浆岩出露

闪长岩,其次有石英闪长岩、闪长岩、辉长岩,石英正长岩、钾长花岗岩及花岗斑岩等。喷出岩以玄武岩为主,其次有流纹斑岩和安山玢岩及与之有关的一套火山碎屑岩、凝灰熔岩。各类岩石的分布面积,就侵入岩而论,以酸性侵入岩占绝对优势(12,000 km²以上),基性及中性的侵入岩则仅有少量出露。喷出岩以基性的分布最广(3,800 km²),中酸性的次之(600 km²)。

产状则以深成、半深成的岩基式侵入体为主,中小型规模的岩株、岩枝次之,并有一定数量的岩脉分布。喷发活动属间歇性的多次喷发,且以裂隙式喷溢为主,形成了大面积分布的熔岩岩被,其次为中心式喷发,形成了层状分布以及呈火山锥,岩钟等产状产出的火山碎屑岩。

由于岛上出露的地层残缺不全,岩体与地层的接触关系不明显,加之同位素年龄数据不多,因此,本区岩浆岩的时代,主要是根据岩浆岩的生成先后顺序及与部分地层的接触关系,通过各种对比方法(包括岩性,岩相、副矿物、岩石化学,含矿性等),并结合区域性的构造运动与岩浆活动的关系等来划分的。1964年广东省区测队曾将海南岛的岩浆岩划分如表1-1。

在海南岛的岩浆岩中,以儋县岩体(见于岛西儋县、昌江、东方、白沙一带)和琼中岩体(见于岛东琼中、定安、万宁、屯昌、及岛南保亭一带)出露最广,其出露面积约8,000 km²,占全岛面积的25%。而对儋县花岗岩形成时代存在不同看法:赵鸿曾提出为燕山岩浆活动旋回的产物;广东省地质局区测队推测为印支期;而后他们又据与云开大山等地的混合岩和混合花岗岩的岩性对比,认为属加里东期;中国地质科学院矿床地质研究所第一铁矿研究队依据同位素年龄数据,认为儋县花岗岩为海西-印支期和燕山期所组成的多时代复式岩体。

根据我队岩浆岩组的研究,认为儋县花岗岩为海西-印支运动的产物,其理由如下:

(1) 儋县花岗岩侵入的最新地层为二叠系下统鹅顶组,外接触带可见热变质现象,出现热变质矿物和红柱石;砂、页岩角岩化;灰岩重结晶为大理岩,部分夕卡岩等。

(2) 儋县花岗岩普遍具有片麻状构造,片麻理方向多为北东走向,与围岩产状一致,长石斑晶有时显定向排列且与片麻理方向一致,呈现同构造岩体之特点。过去认为儋县花岗岩的围岩浅变质岩是寒武系陀烈群。但近年来在许多原陀烈群地层中找到石炭纪或其它晚古生代的化石,原陀烈群事实上已解体,其中有不少相当于晚古生代地层。因此,儋县岩体不可能为加里东运动的产物。在加里东运动以后,由于海西-印支运动使本区发生强烈的褶皱。其褶皱轴线与儋县岩体的长轴,片麻理走向基本一致。作为上述褶皱运动同构造的产物。儋县花岗岩形成时代应在海西-印支期。

(3) 同位素年龄测定大体上与上述依据相吻合。从冶金工业部地质研究所测定的同位素年龄数据列为表1-2。

从表1-2看出,用Rb-Sr法测定同位素年龄为海西期。而用K-Ar法测定之年龄数据为印支、燕山期,用K-Ar法测定的年龄偏新。另据广东省冶金934队资料,军营地侵位在黑云母闪长岩中的英辉类长岩墙的全岩数据为293 Ma(据原桂林冶金地质研究所),相当于石炭纪时代。另外儋县岩体的岩石学特征与华南几个海西期花岗岩相似。因而儋县岩体和琼中岩体的形成始于海西末期。这一岩浆活动延续到印支期,造成复式岩体的性质。岛东下三叠统中有大量长石碎屑存在,可能是海西花岗岩剥蚀的产物。

表1-2 海南岛岩石同位素年龄测定值

样品名称	采样地点	年龄值 (Ma)
中粒花岗岩全岩	朝阳 CK18孔岩心	207(K-Ar 法,以下同)
斑状黑云母花岗岩全岩	大坡采石场	192
斑状黑云母花岗岩全岩	大坡采石场	205
斑状黑云母花岗岩全岩	大坡采石场	191
斑状黑云母花岗岩	大坡采石场	210
中粒斑状花岗岩全岩	大坡北东风之210采石场	200
细粒花岗岩	峨岗岭采石场	215
斑状黑云母花岗岩之黑云母	石碌矿区	174
斑状黑云母花岗岩之斜长石	石碌矿区	155
花岗闪长岩全岩	朝阳 CK18 孔岩心	150
斑状黑云母花岗岩之黑云母	石碌矿区	129
斑状花岗岩	大坡采石场北一里左右采石场	133
花岗闪长岩之黑云母	大坡采石场	155
花岗闪长岩之黑云母	石碌矿区 140 坑道	249(Rb-Sr 法,以下同)
花岗闪长岩之黑云母	石碌矿区 140 坑道	251
花岗闪长岩之黑云母	石碌矿区 140 坑道	246
中粒花岗岩全岩	朝阳 CK18 孔岩心	}242 (由等时线求得)
中粒花岗岩全岩	朝阳 CK18 孔岩心	

四、矿 产

海南岛的矿产资源丰富,已经查明的有铁、锰、铜、铅锌、钨、锡、金、钛等金属矿产。其它可燃性有机岩矿产及非金属矿产如煤、磷等,虽然数量不多,但在提供工业原料,促进工农业发展方面亦起了一定的作用。

这些矿产,有些已作过详查,部分矿区正在进行开采,如石碌铁矿。有些矿区尚待进一步详细研究。其中石碌铁矿为大型富铁矿床。以优质富矿而著称。并有铜、钴矿伴生,可供综合利用。

海南岛矿产分布,以铁、水晶、铝及钛铁矿、独居石砂矿为主,其次有多金属钨、锡、金、云母、磷、煤及其它矿种。黑色金属矿产只有铁、锰矿床、矿点四十多处,其中铁矿三十多处,锰矿数处,主要分布在崖县和崖城一带,昌江—东方县境、文昌、定安和儋县地区。在崖县和崖城的铁矿以热液型为主,少数为夕卡岩型。昌江—东方县的铁矿则以沉积变质铁矿为主,部分为热液型。而分布在文昌、定安等地的铁矿,却以风化淋滤及风化残积型为主。目前已知具有工业矿床规模者有石碌、田独等少数矿区,其它多为矿点。

本岛铜、铅锌、钨锡、毒砂及金矿均以热液脉状类型为主,矿脉带沿各类围岩的解理裂隙充填,已查明小型矿床数处,矿点数十处。个别多金属铅锌、铜矿属夕卡岩型,赋存于中生代第三期侵入体与中生代第四期补充侵入体之接触带。伟晶岩型白云母矿床分布于区域混合岩中,查明小型矿床数处。产于中寒武统硅质页岩中的磷、锰矿床数处,此外,还在石灰岩溶洞中,发现少数小型堆积鸟粪层。

本岛南部林家村至北东部羊角岭的狭长地带分布有水晶和石墨。水晶主要为夕卡岩网状石英脉型,产于中生代第三期与第四期侵入岩接触带附近,其次还有少数石英脉型和

伟晶岩型产于中生代第三期侵入岩与围岩接触带附近；岩浆期后的石墨矿床产于中生代第二期花岗岩中。

本岛中部黄铁矿、钼矿分布零星，分属热液交代型和细脉侵染型；产于中生代第二期侵入体中，或其中之大理岩捕虏体内。查明小型矿床一处，矿点多处。海南岛铝土矿和褐铁矿均属风化红土型，形成于第四纪玄武岩风化土中，铝土矿为大型矿床，褐铁矿为中小型矿床。

本岛可燃性有机矿产已知产地约十余处。煤和油页岩属陆台低洼盆地型，产于上第三系长昌群上亚群的底部，多为小型矿床，石油天然气产于海南岛北部地区。西部沿岸海域见有油、气苗及部分钻孔见有原油喷溢。因此，南海地区是石油天然气的远景地区。

东部沿海地区分布有钛铁矿和独居石砂矿，产于第四纪沿岸砂坝沉积的顶部，矿体规模大，厚度稳定，品位变化有一定的规律，剥离比较小，已探明大型矿床和中型矿床十余处，小型矿床数处。此外，在本岛重砂测量中，还发现有用矿物约二十余种。也将为寻找砂矿和原生矿提供良好的线索。

五、海南岛的地质发展史

海南岛在整个寒武纪全部处于浅海状态，但各地区所处的构造环境则有显著不同。这种差别，特别是东方-琼中地区和岛南崖县地区最为明显。海南岛中部和西部的东方-琼中地区如江边、石碌及南好等地区沉积了厚约 3,000m 以上的抱板群。主要是各种片岩，部分达角闪岩相，包括云母石英片岩、十字石石榴石云母石英片岩、硅线石墨云母片岩、角闪片岩等，相对变质程度较深，具有变质分带性。片岩中常见硅质岩细薄夹层。抱板群的主体已遭受混合岩化，变成为片麻岩或花岗片麻岩，但在混合岩中仍见有片岩残留体。原岩是粉砂质泥质、泥灰质为主的沉积岩，重矿物中有被磨圆的锆石，原岩具有微细水平层理，斜层理以及小型或显微型韵律构造。中沙、大蟹岭、冲卒岭地区均有发育，变质特征和原岩性质均很相似，并且也都是在变质较浅的一套千枚岩、板岩之下。类似的情况还见于岛东琼海、定安境内。在海南岛南部崖县地区，寒武纪虽然亦处于浅海状态，但沉积环境要比北部稳定，地壳缓慢下沉，并表现有小幅度的振荡。中寒武世沉积了由砂页岩、含磷、锰硅质岩及灰岩等组成的浅海陆棚相含磷、锰质、硅质岩建造及浅海相碳酸盐建造。厚达 360m 以上。这一地区的沉积层中普遍含有磷块岩，胶磷矿及大量的硅质。从其沉积相来看，当时的海水显然比中部、北部地区更深。由于海水温度和盐度适中，环境较为平稳，因而生物得以大量繁殖。中寒武世末，在此区曾有过一次海退，海水显著变浅，这种情况一直保持到晚寒武世的初期，当时的沉积物以陆源碎屑物为主，形成灰色及紫灰色的石英砂岩及白云质石英砂岩。其后海水加深，碎屑物质大减，沉积了厚二百多米的石灰岩。

寒武纪末，海南地区海水面积略有缩小，这次海退在中、北部地区表现比较明显，使这里的海水变浅，这种情况一直延到奥陶纪早期。在中部地区沉积了厚 120m 的块状石英砂岩，并加有数层厚度不大的透镜状砾岩。岩石粒度变粗，显然与地壳的上升有关。但到了奥陶纪中、晚期，海浸范围扩大，海水加深，沉积了粉砂岩、碳质页岩及灰岩，厚度近千米。而在海南崖县地区，并未受到寒武纪末期海水的影响，海水仍然较深，表现在连续沉

积于寒武系之上的奥陶系则以碳酸盐沉积为主。早—中奥陶世,处于滞流的海湾状态,海水比较宁静,并逐步转为还原环境,硫化氢含量大大增加,遂使浮游的生物(笔石)大量死亡。到奥陶纪晚期海水又稍有退缩,沉积物被泥质页岩所代替。

海南岛至今尚未证实有志留纪沉积,但从中部地区在奥陶纪时海水较深,沉积物较厚这一特点推测,其上部可能包括了部分志留纪地层,此外结合两广地区在奥陶纪末有过一次较明显的上升运动,志留系的分布面积也显著缩小,看来,海南岛的志留纪恐怕也只限于局部地区才有沉积,而其周围广大地区则在奥陶纪末期隆起而突出海面,接受剥蚀。

早古生代末期,本区遭受了一次强烈的构造运动——加里东运动,南部崖县一带隆起,北部下陷,造成中—北部海槽沉积,海西期继续下陷接受沉积。后经印支运动,全面回返,强烈的挤压-褶皱-断裂-混合岩化,形成了北东向华夏构造,奠定了海南岛的地质构造基础。所以海南岛的地质构造格架是北东向的。地层中出现局部的近东西向及北西向褶皱或断裂是受后期南北向及东西向挤压应力改造的结果。

本区南部崖县一带,从早古生代以来就是华南加里东地槽的一部分,寒武-奥陶纪的沉积厚度大于 2,700 m,如加上“山坡群”厚度可达 3,400 m 以上,前者是一套浅海相类复理石建造,含磷、锰的硅质盐建造,含笔石页岩建造及碳酸盐建造,后者为海相磨拉石建造。“山坡群”与沙塘群呈角度不整合接触,它标志着地槽体系的第一次回返,该区直到目前尚未发现有比“山坡群”更新的沉积,就是说崖县隆起以后没有再下沉。而岛中、北部则相对地下陷,在地壳不断沉降中沉积了极厚的上古生界,根据其岩相特征可以分为三个不同的类型:①岛西型,见于石碌地区及其临近的江边地区,其特点是厚度较大,碎屑物多,已遭受区域变质等,它构成了一个活动性建造序列的后半段。②岛北型,见于岛北各地,剖面厚度在 6,000—7,000 m 以上,主要是陆源碎屑沉积,硬砂岩普遍出现,发育有类复理石建造,发现较多的由酸性到基性的石炭纪火山岩,碳酸盐地层只有一层,且向东尖灭,剖面底部有底砾岩存在,硅、碳成分较普遍,有磷的异常,已遭受区域变质。③岛东型,见于岛东万宁、琼海地区,厚度在 5,000—6,000 m,几乎全部为陆源碎屑沉积,发育各种硬砂岩,出现变质的流纹斑岩,富含硅、碳成分,局部形成石煤。剖面内部有三层以上砾岩,其中一层砾岩厚达数十米,比较稳定,砾石成分除砂岩、石英岩外,尚有千枚岩、赤铁千枚岩等,显示出地壳曾经发生褶皱运动。它发生在晚古生代,属于海西运动的范畴。从上述海西期沉积建造可以看出,岛西型海西期沉积所具有的几个构造活动性的标志,如沉积厚度大,碎屑比高,普遍出现岩屑硬砂岩,区域变质作用,以及可能有古火山岩等,在岛北型,岛东型中部存在,而且表现得更突出,因此,岛北型、岛东型的海西期沉积无疑也是地槽型的沉积建造。至于岛南南好地区出露的海西期沉积层,其特点介于岛西型与岛东型之间。海西旋回期间,海南岛沉积相的剧烈变化,不同类型的活动性建造的存在这也是地槽环境的可靠标志。由于这种地槽型沉积,形成了海南岛南北地层的分野。并使我们联想到它可能与福建、浙江沿海一带及云南哀牢山断裂带的海西期地槽相沉积相当,构成一个向南突出的海西弧型地槽系。北部地区的二叠系与石炭系的角度不整合,正是海面运动升降的标志,至晚二叠世地壳逐渐回返,从海相沉积转变为海陆交互相沉积,最后全部回返,结束了北部地区活动史。

二叠纪末至三叠纪初期,海南岛发生了著名的印支运动,表现为极强烈的挤压-褶皱-断裂,在这些强大的构造运动作用之下,在较高的温度和压力下,形成了热流值高的地段,