

662878

中国浙闽变质基底地质

水涛 徐步台 梁如华 邱郁双 著



562

科学出版社

中国浙闽变质基底地质

水 涛 徐步台 梁如华 邱郁双 著

科 学 出 版 社

1988

内 容 简 介

本书是在中国科学院基金资助项目“浙闽变质基底年代学及古构造格局”研究工作基础上,在充分总结、分析70年代以来浙、闽两省变质岩区地质调查成果的前提下编写而成。本书提供了大量的野外地质调查实际资料及理论分析成果,其中包括基底代表性岩系陈蔡群变形体制、变质特征的研究,岩石地层序列的恢复,不整合面的发现以及区域地层对比关系的建立等。同时,应用了痕量元素方法,特别是稀土元素和同位素技术等手段,研究岩石地层,采用了 Rb-Sr、U-Pb、Sm-Nd 等多种计时新成果,并结合微古生物资料论证了不整合面所区划的上、下基底年代区间,首次提议命名“华夏运动”。在论证了华夏古陆的存在和界限后,探讨了它与江南古陆的依存关系;绍兴-江山缝合带岩石学与不同尺度(包括超微)构造变形研究成果,揭示了两大古陆遇合碰撞的重要事实,并据此确认华夏古陆为外来古地体。本书最后并就华夏古陆在显生宙以来的演化作了概述。

本书提供的资料和结论对于认识和研究西太平洋边缘大陆的发展和演化模式具有重要意义,同时对基底矿产资源的开发以及已知矿床远景估量和矿山勘探工程部署也具有一定的理论指导意义。

本书可供地质、地球化学、大地构造等专业的生产、科研和教学人员参考应用。

中国浙闽变质基底地质

水涛 徐步台 梁如华 邱郁双 著
责任编辑 李祺方

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

*

1988年6月第一版 开本:787×1092 1/16

1988年6月第一次印刷 印张:6 插页:4

印数:0001—1,050 字数:126,000

ISBN 7-03-000372-1/P·64

定价:3.40元

序 言

陆壳是怎样形成的,陆块又是怎样演化的,这是现代地球科学的一个重大基础理论课题,也是80年代国际地球科学的重要任务,因而它广泛地吸引着大批学者。超级大陆的相遇拼合和崩裂漂移的过程和原因,在大地构造学中是既古老而又全新的中心命题。近百年来,对这问题在认识上的演变更替或分歧对立,在很大程度上是与所依据的理论有密切关系,理论起到了对资料看法的指导作用,但崭新资料的出现就产生了重新考虑原有认识的可能性,这是在新的高度上新的发展。早期地槽理论、继而大陆漂移、槽台演化、板块构造和地体地质学就是这种认识过程的发展,后者对前者既有否定的一面,但不可否认,也还有它继承发展的一面。

葛利普(A. W. Grabau, 1924)根据泥盆系底部砂岩不整合在变质基底之上,提出了“华夏古陆”的概念,作为我国东南沿海地区的构造及地壳属性的归结;而黄汲清(T. K. Huang, 1945)则把它定为加里东构造区,认为可能属于较新时代的构造基底。随着五、六十年代在前泥盆系变质基底中发现了化石证据,概念上有很大变化,认识也提高了。至70年代,板块构造学说作为新的理论依据时,则又推进了我国东南沿海地区的研究和认识。最近,还出现了用阿尔卑斯型逆掩推覆理论和主缝合线来概括我国东南广大陆壳构造演化,但大都认为主要是新地时期的构造演化规律,甚至只是中生代末的基本演化特征。这些研究工作开拓了学术思想,加速了概念的更替和深化。由水涛主编的《中国浙闽变质基底地质》这一著作,正是在这种发展中所作出的一个新的努力和新的成果,它不是简单地复活了“华夏古陆”,而是在板块构造、地体地质学的学说基础上,用新的资料和证据形成的新认识。

用现代活动论观点研究前寒武纪古构造,通常会遇到认识上的困难,即现今板块构造模式能否外推到距今遥远的前寒武纪,或在多大程度上能以修正的均变论思想方法来运用板块构造理论。其实,硅铝壳的刚性表现就是古板块存在的重要标志。《中国浙闽变质基底地质》的作者们在研究区域地质构造的基础上,用不同的同位素年龄测定法得到的年龄值,在详细的分析和论证这些年龄数据后,确认了有大于14亿年的中元古代或更早的岩石和岩区的存在,而且分布甚广。同时论述了其间的构造热事件——在具体岩系中发现了不连续界面——华夏运动。这一事实的揭示,对我国东南地区的地质构造演化历史有重要的意义。此外,还进一步论证了中国东南与江南构造区间的地体缝合线——绍兴-江山构造带,并有早晋宁期的拼贴证据并且发生推覆叠置等。无疑这也是令人瞩目的成果。

当然,作者由于研究对象的辽阔,在对浙闽地区以外的一些有关论述,有较多的推测,正如作者所说的,可能因资料所限不能做到像浙闽地区那样确切,但所提供的思路是值得肯定的。

作者在不算太长的时间里完成了这样一个研究成果,不言而喻成绩是很大的。象这样复杂的研究区,工作自然十分困难,为此,在方法上可更加强调野外观察和测量填图,对

变质岩区内的构造期次划分应更多注意面上的对比，而和与之不相连接区内的构造期次对比应持谨慎原则，这也是应予重视的。

总之，这一专著的出版会有助于我国大地构造学的发展，因而是很值得欢迎的。

钱祥麟

于北京大学地质系

1987年3月1日

绪 论

中国东南边缘大陆位处西太平洋的前沿,地质史上曾是不同类型的地壳遇合、交接之地,又频繁改变会聚、离裂格局和应力状态,集中了地球动力演化旋回的复杂事件。这一地区发展历史和演变图景的探索将给现代板块构造理论和大陆增生模式带来严正的检验,也将为推进边缘大陆演化机制的认识提供重要基本事实。黄汲清、任纪舜就曾指出:“目前国内外学者多把注意力放在青藏高原,特别是雅鲁藏布江缝合线……这里需要强调的是,中国东部滨太平洋域的研究不但不容忽视,而且甚至更为重要”^[1]。

事实上,在整整半个多世纪以来中外学者都曾为此而进行了辛勤的探索,作出了宝贵贡献。但是,频繁地质事件所造成的复杂变形、变质和显生宙广泛掩盖导致了形态构造研究、基底地层序列恢复对比以及地质年代确定的种种困难,因此纷争不已,莫衷一是。此间地质年代的厘定尤属重要,为一切构造发展模式确定的基点。对中国东南大地构造的认识史,在本质上即是围绕基底年代学也即“华夏古陆”问题而展开的否定之否定的历史。

Grabau (1924) 最早提出中国东南沿海广泛分布的变质岩系属太古代、元古代,其上缺失震旦系及下古生界,因而称之为“华夏古陆”^[2]。李四光 (1937) 也同意此见解^[3]。

至 40 年代黄汲清 (1945) 始把华夏古陆解释为加里东褶皱隆起带^[4]。继此许多学者也都对华夏古陆持否定意见^[5-7]。霍敏多夫斯基 (1953) 又进而以浙江象山至广东海丰一线为界分解出北侧的“华南加里东褶皱带”及南侧的“闽浙太平洋褶皱带”^[7]。

然而,陈国达 (1956) 列述闽、粤罗峰溪系及龙山系多处为古生代地层不整合覆盖,且认为各地基底地层皆可对比,从而论证了前震旦纪存在范围广阔的古陆^[8]。张文佑 (1959) 在《中国大地构造纲要》一著中肯定了“华夏台背斜”划属与“江南台背斜”并存的一级构造单元,其范围东抵现代海岸线,西及武夷山、粤西包括海南岛^[9]。

但至 60 年代再次出现了否定“华夏古陆”的思潮。谢家荣 (1964) 鉴于南方原前寒武纪龙山系、罗峰溪系的不断解体,古生代地层被陆续地分离出来;由 K-Ar 法测得放射性年龄几乎皆小于 4—3 亿年,于是对云开、闽北、浙南的变质岩系时代归属重又提出异议,并且推断属扬子古陆南缘的加里东地槽带,认为向沿海方向将依次变新^[10],此见其实雷同于霍敏多夫斯基。这可能是描绘我国东南大陆增生构造模式的最初蓝图。嗣后,我国一些重要的区域大地构造著作都持相似观点,如黄汲清等将此区划归滨太平洋构造域中的华南加里东褶皱带及华力西褶皱带^[11-13]。

自 70 年代后期板块构造理论引入,则进一步提出了江南沟、弧、盆系向洋迁移的格局,在东南大陆及海域划定了晋宁期、加里东期、华力西印支期及燕山期等板块俯冲带^[14-17],建立了完备的自元古代直至中生代板块活动“典型”模式。这一理论在我国大地构造领域中产生了重大影响。

作者之一多年来关注着“华夏古陆”的浮沉明灭,自 70 年代以来作了基底构造变形分析、变质史研究以及南方早古生代(包括震旦纪)沉积蚀源区的追索,使作者认识到东南边

缘大陆基底的复杂地质经历和前古生代长期隆起史实。基此认为必须重新探讨华夏古陆问题和大陆发展模式^[18-21]，因而自 1983 年始在中国科学院基金会的资助下开始了浙、闽变质基底年代学和构造演化历史的研究。三年来对基底代表性岩系陈蔡群进行了形态构造的研究，分析了运动学和动力学特征，恢复了岩石地层序列，发现了基底不整合面，建立了浙、闽两地的区域地层对比关系。同时，应用了更为有效的痕量元素方法，特别是稀土元素和同位素技术等手段，研究岩石地层。采用和搜集了 Rb-Sr, U-Pb, Sm-Nd 等多种计时研究新成果，并结合微古生物资料论定了不整合面所区划的上、下基底年代区间，首次提议命名“华夏运动”。在论证了华夏古陆的存在和界限后，继而又探讨了与江南古陆的依存关系，由绍兴-江山断裂带岩石学与不同尺度(包括超微)构造变形研究成果，揭示了两大古陆相互遇合碰撞的重要事实，并基此确认华夏古陆为外来古地体。本书将就上面涉及的主要内容作简要概述。

作者在从事浙、闽变质基底研究中曾蒙已故著名大地构造学家张文佑教授的关怀、指教。同时，王鸿桢、马杏垣、朱夏诸教授也给予了热忱的鼓励和帮助。钱祥麟、劳秋元教授，马文璞副教授及任纪舜、从柏林、李继亮副研究员等曾审阅了本书的部分资料、文稿并提出了宝贵意见。彭阜南教授参加了绍江带部分考察，郑开鄂、周世林也曾协助开展工作，绍江带岩石显微构造的研究则是在王小凤工程师积极协作下完成。此外在调研工作的全过程曾蒙浙江区域地质调查队、第七地质队、浙江冶金地勘公司三队、闽北地质队的协助与支持。

本书是在中国科学院基金会资助项目“浙闽变质基底年代学及古构造格局”(1983—1985)研究报告基础上，又据 86 年度工作中新的进展，由水涛主编写成。其中第二章第一节由邱郁双执笔；第二章第三、四节由梁如华执笔；第三章第一、二、三节由徐步台执笔。其余各章节及全书修改、定稿工作均由水涛完成。

1) 水涛等，1982，中国东南沿海变质基底年代学及构造格局。浙江地质科技情报，1982，第 1 期。

目 录

序言.....	iii
绪论.....	v
第一章 区域地质概况.....	1
第二章 浙闽变质基底地质研究.....	3
第一节 基底岩系的变形构造分析	3
第二节 基底岩石地层序列及对比	11
第三节 基底岩系岩石学和岩石化学	25
第四节 变质相、变质环境及岩浆侵入和混合岩化作用	40
第三章 浙闽基底变质岩系年代学及华夏古大陆.....	49
第一节 各种方法测定的同位素地质年龄数据	49
第二节 稀土元素及钐、钕、铈同位素的年代信息	56
第三节 关于建瓯群中微体古生物的地层时代意义	58
第四节 华夏古大陆	59
第四章 古陆对接带及古大陆演化.....	61
第一节 中元古江南古岛弧	61
第二节 绍兴-江山对接带岩石地层序列	63
第三节 绍兴-江山对接带结构构造及古陆碰撞	74
第四节 华夏古陆演化	79
结语.....	82
参考文献.....	83
图版及说明	

第一章 区域地质概况

所论浙、闽变质基底系指浙江绍兴-江山断裂带以南、福建武夷山东坡、邵武-河源断裂东南一侧的广大地区(图 1-1)。主要出露于上虞-丽水-政和-一大埔一线以北的所谓章镇-遂昌隆起带以及闽西北隆起带。然而,在上虞-一大埔一线东南的中生代火山岩覆盖区包括舟山列岛也仍有零星出露。此变质基底岩石在广东省之增城、广州、云开及海南岛也有广泛分布,因而浙、闽变质岩系实则是中国东南边缘大陆统一基底的一部分。以上所述范围大致与一些研究者所称“华夏褶皱带”相仿,其北邻接扬子地块的江南地轴及赣湘粤桂加里东褶皱带。“华夏褶皱带”往往又以上虞-一大埔一线为界把东南地区称为“华力西-印支褶皱带”,或概称浙闽粤沿海褶皱带。

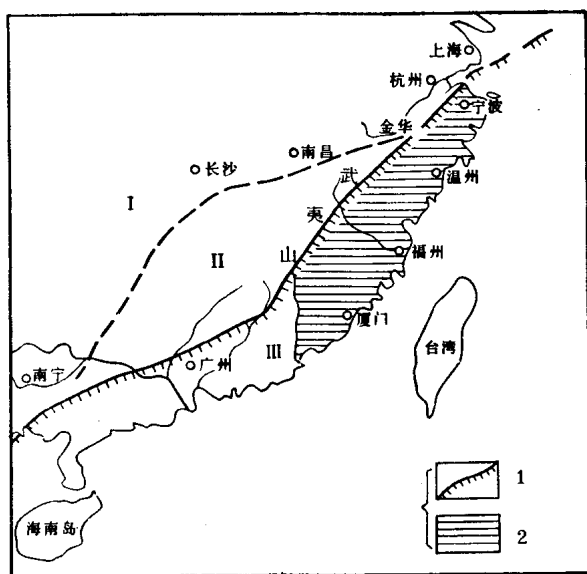


图 1-1 论区所处大地构造及地理位置示意图

I. 江南台背斜; II. 赣、湘、粤、桂加里东褶皱带; III. “华夏台背斜”; 1. 东南边缘大陆北西边界; 2. 本题研究区。

浙闽变质基底地层在浙称陈蔡群,在闽称建瓯群,由各种结晶片岩、片麻岩、变粒岩及大理岩组成,大多属中等变质相系,在广东云开区则曾见有麻粒岩相出现;混合岩化普遍,可集中形成百余平方公里的岩穹或岩带;构造线方向紊转不定,具有多期次复杂构造变形,同斜倒转是最普遍的构造形式,然而在六、七十年代则曾误作大单斜构造,地层累计厚度竟达数十公里。有小型超镁铁质岩侵入,皆已强烈蛇纹石化,稍晚尚有酸性岩体侵入活动。

长期以来陈蔡群的时代被认定属于早古生代,其主要依据是 K-Ar 同位素年龄大多

晚于奥陶纪。但自 80 年代以来作者等陆续取得了一些年龄测试成果,如绍兴-江山断裂带岩石及两侧地块全岩 Rb-Sr 等时年龄约 7 亿年^[19]、陈蔡群锆石 U-Pb 谐和曲线图解年龄为 14.38 亿年等;嗣后浙江区域地质调查队、第七地质队等也都相继获得相近年龄值。因此,在近年一些重要的总结性论著中都已改定为前震旦纪。

福建建瓯群在浅变质岩石中已多处发现微古化石,总体组合面貌近于南方昆阳群及北方蓟县系、青白口系,部分分子可延续至早古生代。对建瓯群的时代认识,原争议不大,一般认为属于前震旦纪,但自 60 年代以来所获大量 K-Ar 同位素年龄皆偏近早晚古生代,更兼在一些原定为建瓯群的浅变质岩中有数处发现了晚古生代化石,尤其近年在建瓯附近原属建瓯群大岭组的地层中找到“几丁虫”,被认为是非洲奥陶纪锥几丁虫的相似种^[24],由此原建瓯群的时代概念受到了冲击。当前福建省内及国内地质界对建瓯群的时代归属形成了两种不同意见。闽省地质志已改建瓯群为麻源群,时代定为青白口纪、震旦纪一早古生代。在闽西南出露的以楼子坝群为代表的基底地层也列入震旦系。

以往基于大单斜构造的认识,陈蔡群被划分为 a, b, c, d 四岩性组;建瓯群则有迪口组、龙北溪组、大岭组、麻源组、吴垵(墩)组等,但历年来颇多变动。两省据以往工作程度,无论是年代区间和地层序列都难对比。作者等为此曾踏勘了浙南及闽北主要基底地层剖面,认为两者处于同一构造带上,走向延续、变形变质程度相似,从岩石地层组合单元其总体岩性、型相及岩石化学特征皆可对比。因此,陈蔡群和建瓯群应该被视为相关的具有共同形成与形变历史的统一基底。

第二章 浙闽变质基底地质研究

探讨解决浙、闽两省变质基底岩系的层序与对比关系是我国东南边缘大陆基底研究中的一个基础课题。由于结晶基底岩系的组成在本质上是各类广义的构造岩，在强烈构造变形期，原始岩层结构构造已遭彻底置换，内部矿物发生固态流变，出现晶格塑性位错，并在轴面片理方向发生定向流动和重结晶作用，原始沉积特征和组成至此已根本改观。因而，不容置疑，必须以构造分析作为研究基底岩系划分、对比与演化历史的基础。因此，本章将首先分析结晶基底岩系的变质构造问题。

第一节 基底岩系的变形构造分析

一、陈蔡群区域性面理研究

研究以陈蔡群和建瓯群为代表的结晶基底地层区域性面理的意义是十分显然的。这是剖析、厘定形态构造、变形历史以及重建基底岩石地层序列的最重要的起始点。长期以来，一直视浙闽基底地层为大单斜构造，这是由于把区域性稳定分布的面理认定是未经构造变动的顺层面理，与原始层理面相一致。而事实上，日益增多的证据说明这些面理是由构造置换而成的新生面理，原始层理已不复存在。即使现在所见到的不同岩性的分界面，也已失却了其地层意义。然而，如以陈蔡群为例，已经高度变质，岩石趋于“均一化”，构造置换并非是一目了然，只有认真查找一些对构造置换具有指示性的残留构造形迹，诸如无根勾状褶皱、折叠层、压扁透镜体等，并且对变质程度不同、岩性不同的不同构造反应，作出具体的分析，才能得出发生区域性构造置换的结论。构造置换现象在不同的岩类中有其不同的表现形式，陈蔡群大理岩中的构造置换比较明显，在宏观上一般呈条带状构造或岩石只具均匀的粗晶结构。条带多由透辉石、橄榄石、蛇纹石、方解石等矿物组成，一般认为是由原岩中的夹层成分变质生成。通过对这些条带的研究，我们认识到它们已经受过强烈的构造变动，有一些外貌上视似一般的平行条带，但经仔细观察查找存留形迹，就可以清楚地看出这些条带有些具有转折端，形成折叠层，这就指明了现在所见到的大理岩中的条带是由原始夹层经过变质变形而成的，并至少由原始夹层折叠一次以上。折叠层继续变形并被拉断，便形成了常见的褶皱型石香肠（照片1）。同时在平行方向上也形成了一系列断续的细条带，这就构成了一组新生的面理。此外，大理岩中还有一种呈不连续的条带构造（照片2），外观面貌上已难分清条带与基质，其形态纷繁奇特，无论其宽度，还是延伸长度都有较大的变化。作为原始夹层的暗色条带（主要由辉石、橄榄石、方解石组成）由于塑性流变而互相拼接粘连，而作为原始基质的白色条带（主要由方解石组成）则表现出较为强干的形变，有些拉伸断开处的两端的形状可以互相吻合拼接。同时，即使在平行的截面上，所反映出来的构造形迹也可以迥然不同，这说明至少有两个方向的拉伸构造。

但不管如何,这些不规则的形迹都有一个相同的延伸产状,显微镜下方解石呈极度拉长的透镜体,长轴方向与条带延伸方向一致。所有这些现象都充分说明了大理岩中的条带方位并非是原始层理方位,更不是原始成份变换的韵律界面,而是经过强烈构造变动,也即是构造置换后的新生面理方位。

由于大理岩中较少片状矿物,所以与条带构造方位相应的流劈理不甚发育,而在浅粒岩类及角闪岩类中,除了存在指示构造置换的残留形迹外,更显著的是广泛发育了流劈理。流劈理由定向排列的片状矿物(多为云母)及呈透镜状的石英集合体组成。对角闪岩类来说,其岩性比较均一,较少薄的夹层,但从石英脉和混合岩脉所形成的等斜褶皱及折叠层中可以看出(照片3,4),流劈理的方向与褶皱的轴面劈理的方向是完全一致的。此外,照片4折叠层转折端顶部由流劈理所组成的无应变三角区清晰可见,说明这些小等斜褶曲是具有区域性意义的。当褶皱由含有多层长英质薄层的岩石组成时,如二云长石石英片岩,由于长英质薄层脆性较大,容易拉断,所以褶皱在强烈压扁作用下,不会形成折叠层,而是翼部拉断形成石香肠及构造透镜体,在转折端处形成无根勾状褶皱,同时平行轴面发育流劈理(照片5,6)。由此可见,广泛发育在角闪岩类及浅粒岩类中的流劈理绝不能说是顺层片理,而是平行轴面劈理的新生置换面理。

片麻岩类变质最深,变形也最强烈,因此,一些指示性构造已破坏殆尽,难于发现明显的残留构造形迹,如无根勾状褶皱、褶皱转折端等。但是可以发现,片麻岩中片麻理并不是平直连续条带,而是呈透镜状及依稀可辨的折叠层出现(照片7)。这就可以说明这些片麻理也是因构造置换而成的,并且是平行轴面劈理的新生面理。只要在显微镜下浏览一下,在片麻岩类岩石薄片还会发现多方向、多序列的片理构造及相应的变质矿物,其中包含了较片岩、变粒岩类更为复杂的变形信息。

上述几种岩类已概括了陈蔡群的主要岩石类型,并且片麻理、流劈理及大理岩中的条带,它们的产状基本一致,组成了陈蔡群的区域性面理。对其在不同岩类中的表现进行分析,也就系统地证明了陈蔡群区域性面理是一组因构造置换而成的新生面理。

综合上述,陈蔡群构造置换特征形迹的发育有如下几种形式: a) 岩石整体处于均匀的塑性状态,夹层与基质的韧性差别甚小,在变形时,夹层可被任意弯曲,从而形成同斜褶皱(照片3)。同斜褶皱继续紧闭便形成折叠层(照片4),最后折叠层被剪切拉断形成褶皱型石香肠(照片2)。遵从这种过程的岩石比较均一,或者动力增温使岩石局部或整体呈塑性状态,从而消减岩石中的韧性差; b) 当岩石在变形中夹层比基质的塑性更大、流动性更强时,在强烈的变形作用下,软弱的易于发生流动的夹层便会在强干的基质的薄弱处或裂开处楔入,形成透镜体与条带互相交织的构造形迹(照片2); c) 当岩石中有长英质夹层时,一般情况下长英质夹层的强干度比基质的要大,则在褶皱及强烈压扁作用下,长英质薄层被挤压拉成透镜体并在转折端处形成无根勾状褶皱(照片5)。

二、叠加褶皱、变形期次及区域构造形态

陈蔡群不仅发生了构造置换,而且存在多期复杂的构造组合(表2-1)。构造的叠加证据很多,如两个产状不同的褶皱轴面相交存在于同一露头,直观地反映了褶皱的叠加现象。沿着陈蔡地区丁家坞剖面,每每可以发现在显著的区域性流劈理及片麻理(走向,

表 2-1 浙江陈蔡群变形期次和构造序列

构造期次	构造序列			断裂构造	褶皱运动面
	褶皱	面理	线理		
D ₁	F ₁ , 同斜, 无根勾状、柔流褶皱	S ₁ , 区域性构造置换面理 S ₁ //S ₀ //F ₁ 轴面	L ₁ , 窗棂构造 矿物流线 石香肠	韧性剪切带	S ₀
D ₂	F ₂ , 平卧褶皱(?) 剑鞘褶皱	S ₂ , 水平面理, F ₂ 轴面片理	L ₂ , 石香肠(粘滞型)	韧性推覆 剪切带	S ₀ S ₁
D ₃	F ₃ , 陡倾尖顶褶皱	S ₃ , 破劈理		叠瓦状逆冲 断裂	S ₀ S ₁ S ₂
D ₄	F ₄ , 大型宽缓对称褶皱			弹性断裂	S ₀ S ₁ S ₂

NE—NEE, 倾向 SE $\angle 30^{\circ}-40^{\circ}$ 上, 经常有一组陡倾的倾向南东的劈理与之斜接, 也同样反映了两个构造期次的叠加。此外, 在显微镜下也常可见到几种变质矿物沿数个不同方向分布形成交切和包容关系。种种现象表明, 陈蔡群经受了多期次的构造运动。然而, 要具体地划分出期次, 却又是比较困难的, 因为整个构造发展史是个连续的过程, 应变场的改变必然有新的构造产生, 而新生的构造格局又反作用于应变场的改变, 如此处于既平衡又不平衡的对立统一关系中。下面就根据不同构造特征划分出的不同期次构造及其它相应的构造现象予以详述。

(一) D₁ 变形

D₁ 变形以前的 D₀ 变形(即原始岩层的层内变形), 由于经受了强烈的构造置换已不复存在。在 D₁ 变形期间, 相应地发生了大规模的区域性变质作用, 这一期也是陈蔡群在整个构造发展过程中变形及变质最强烈最活跃的一期。D₁ 变形除了发生区域性构造置换面理以外 (S₁), 同时发生了褶皱 (F₁)、线理 (L₁) 及韧性断层。

S₁ 为显著的区域性流劈理及片麻理。一般来说, S₁ 的形成与区域递进变质温度的高潮紧密相连, 在变质温度达到高潮时, 岩石处于塑性及粘塑性状态, 甚至局部地方发生超变质作用, 如大理岩与角闪岩的接触关系, 普遍地在岩性界面上出现指状嵌入, 或两者在成分上出现“透入交换”形成渐变过渡带 (照片 8)。其成因可能是在变形过程中物性差异层发生强烈剪切滑移而导致在其界面热量聚积。大理岩相对更易发生流变甚至熔融, 从而局部流迁贯入角闪岩中, 或者在高温熔融状态下发生了混合作用。由此可见, S₁ 形成时是处于较高温压条件下并呈现塑性到粘塑性的流变变形状态。

大多数变质杂岩区中 F₁ 的特征是同斜褶皱, 陈蔡群中与 S₁ 相应的层内小褶皱也相雷同 (照片 3, 4, 5)。不同岩层所反映的小构造形态往往指示了高级大型构造的形态。如陈蔡采石场所见粗晶质大理岩顶部角闪片岩中的方解石脉 (出现在倒转翼) 成同斜褶皱 (照片 9), 表明视似块状均质体的角闪片岩层实则具发育的同斜褶皱; 又如正常翼大理岩中的角闪岩夹层, 在一个平行枢纽方向的纵断面上呈宽、窄变化的条带或布丁构造, 然而在垂直方向的横断面上却形成同斜褶皱 (照片 10), 在转折端显著加厚, 翼部拉伸变薄, 同

时为平行轴面片理方向的剪切滑移面所切断。上列不同翼部出现的低次同斜褶皱无疑是高一级构造形象的模写。事实上通过大理岩及其上方角闪片岩、黑云片岩层序的对比及残留褶皱转折端的发现,确证存在中等规模的同斜倒转现象(照片 11),经追溯又见褶皱枢纽向北东端倾伏,向南西端两翼急骤减薄收敛以至拉断,据大理岩中普遍发育的“巧克力块”布丁构造以及大理岩层空间上实际分布特征,可以判断在倾向方向也必然造成类似的同斜倒转以及剪切断离现象(图 2-1)。

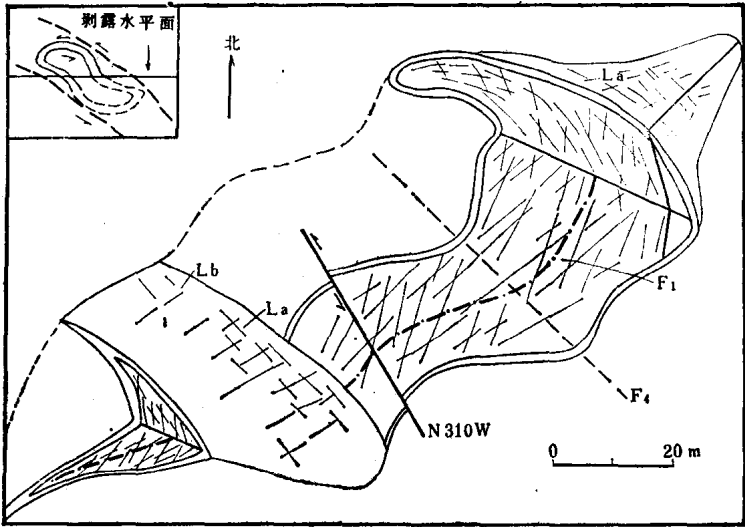


图 2-1 浙江诸暨陈蔡采石场大理岩褶皱形态平剖面示意图
La 为 a 轴线理; Lb 为 b 轴线理; 左上角示大理岩在倾向方向上的褶皱形态。

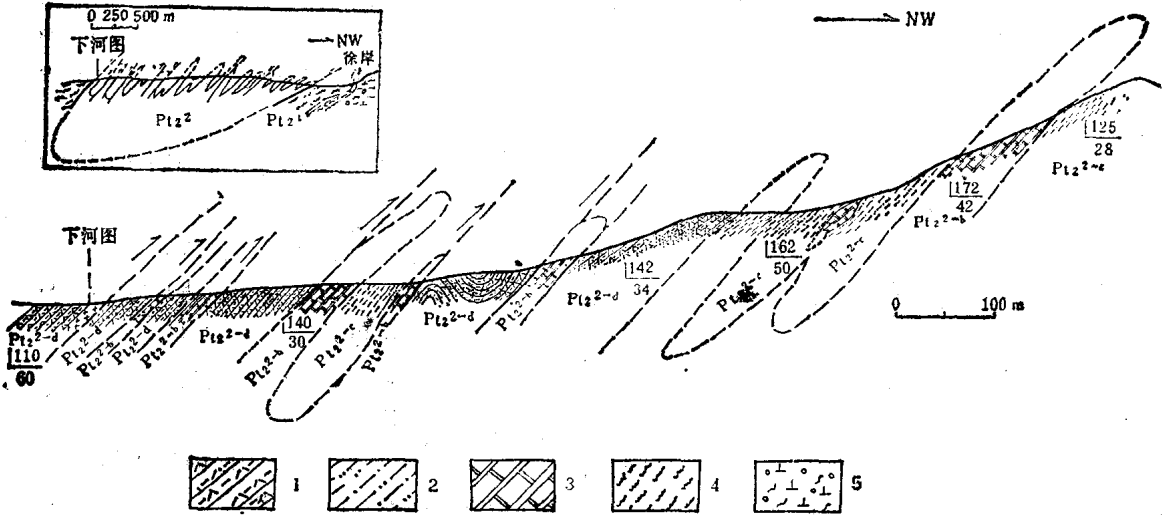


图 2-2 浙江诸暨县陈蔡群下河图构造剖面图(据区域地质调查队资料)

1. 角闪岩类 (Pt_2^{1-d}); 2. 浅粒岩类 (Pt_2^{1-e}); 3. 大理岩类 (Pt_2^{1-b}); 4. 黑云斜长片麻岩类 (Pt_1);

从区域上更大规模的构造形象来看也当雷同。如陈蔡地区从徐岸向南至张家湾一带作一剖面,首先将发现片麻岩类仅出露于这一剖面两端,且具相同面理产状,其间则反复

再现大理岩、浅粒岩及角闪岩类。M. Mattauer (1980) 认为形成片麻理的埋深上限是 9 公里左右,而形成流劈理的构造层次是 9—4 公里。由此可见,陈蔡群的片麻岩类应处于较深的构造层次,其上才是大理岩、浅粒岩和角闪岩。因此,陈蔡地区陈蔡群构造由一个大型同斜复式向斜构成。其内部次级褶皱则如业已恢复的下河图剖面构造所示(图 2-2)。这是各地陈蔡群中最显著、最普遍的构造表现型式,在区域上具有典型意义。

L₁ 主要表现为褶皱型石香肠与巧克力块石香肠,此两种石香肠的形成与它们的物质成分有关。原始的夹层形成折叠层后继续沿枢纽方向拉伸剪切滑移而形成褶皱型石香肠,此时岩层受到强烈挤压,从而在褶皱型石香肠的端部形成了鱼咀构造(照片 1)。而巧克力块石香肠为折叠层形成过程的产物,较围岩强干的夹层,在强烈的挤压力下产生各向拉伸,形成巧克力块石香肠。两种石香肠形成的应力场条件见图 2-3。

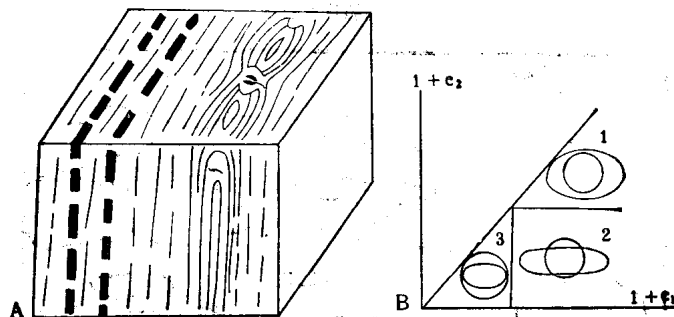


图 2-3 A. 褶皱型石香肠与巧克力块石香肠 B. $1+c_1, 1+c_2$ 为主应变轴¹⁾

巧克力块石香肠形成于第一应变场,褶皱型石香肠形成于第二应变场。

(二) D₂ 变 形

这一期的构造形迹发现得比较少,但就一些特殊的形迹以及结合构造发展过程,可以认识到 D₂ 产生的构造形迹为近水平产状。此乃随着 D₁ 的结束,水平剪切不断加强所产生的结果。由于多期构造叠加,岩石面理的产状常十分凌乱,但水平的面理及平卧褶皱还是比较明显,同时可见到一系列平行面理的韧性断层,韧性断层往往把平卧褶皱的两翼极度拉薄(图 2-4)。B. B. 艾兹 (1973) 认为变质岩中的平卧褶皱的形成过程有两个阶段,

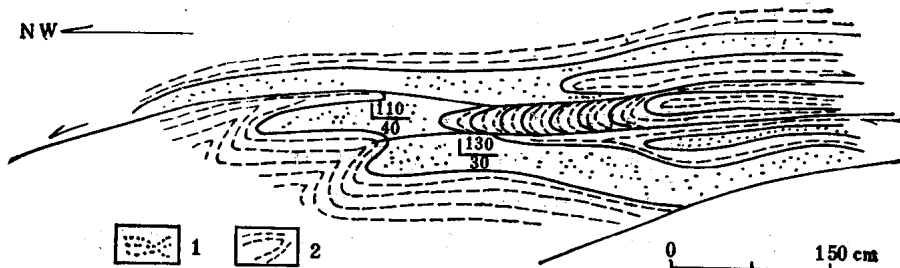


图 2-4 浙江诸暨陈蔡水库公路,陈蔡上亚群中褶皱形迹

1. 长英质浅粒岩; 2. 石英片岩。

1) J.G. Ramsay, 1983, 构造地质与岩石变形, 宋鸿林等翻译整理, 武汉地质学院翻印。

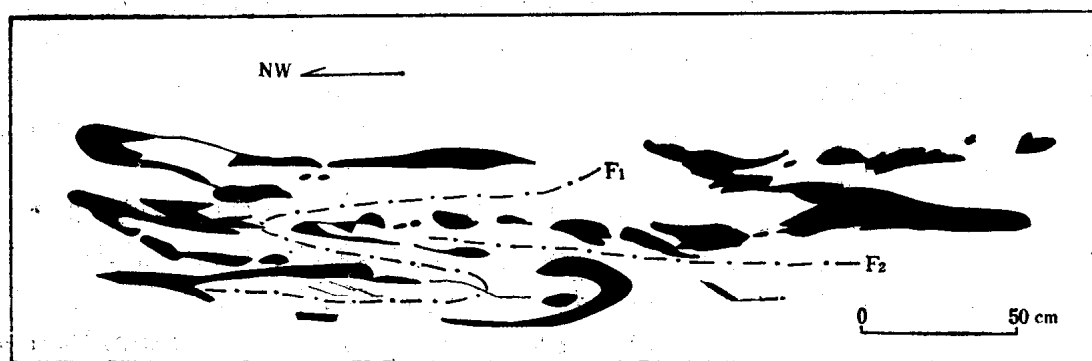


图 2-5 浙江诸暨陈蔡浅粒岩中石英脉成之字形褶皱(F_2)素描图
(据照片素描)

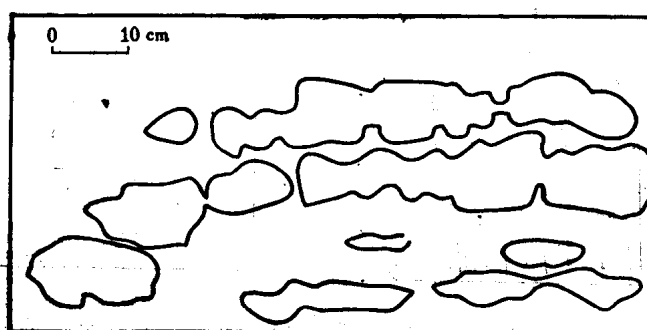


图 2-6 浙江诸暨陈蔡采石场大理岩中角闪质岩形成粘滞型石香肠(L_2)素描图

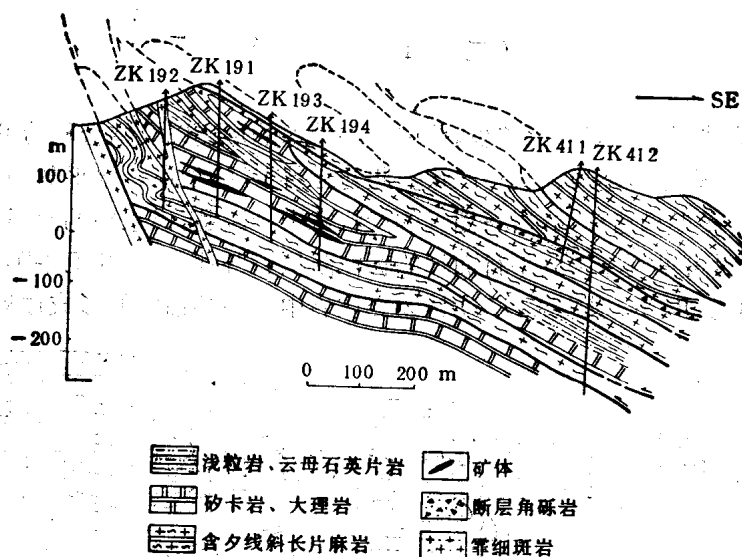


图 2-7 浙江诸暨七湾铅锌矿地质构造解释图(据 19—41 线剖面编)

第一阶段水平挤压形成直立褶皱；第二阶段垂直挤压水平拉伸形成平卧褶皱。但陈蔡群 F_2 的形成并不是因为有垂直挤压力对 F_1 的作用产生的，而是由于区域性简单水平剪切作用产生水平方向拉伸而形成。由石英脉组成的 F_1 的轴面形成了之字形褶皱(图 2-5)，很好地说明了水平剪切拉伸是形成 F_2 的决定因素。此外，在大理岩中也见有角闪质条带形

成的平卧褶皱及相伴产生呈平卧褶皱状展布的粘滞型石香肠(图 2-6)。据七湾矿区勘探揭露,大型平卧褶皱及低角度推覆和岩片叠置十分发育,这是属于“a”型褶皱,在垂直山链方向的强烈剪切活动中同时造成褶皱拉断而形成透镜状大小“包体”(图 2-7)。这在大理岩层变形中同样十分多见。

在七湾“a”型褶皱中还发育有箭鞘褶皱(sheath fold),照片 12 即为箭鞘褶皱的横断面,呈大小不等近于封闭的椭圆形,其中两个小椭圆可见其相互连接的关系。箭鞘的指向垂直地层走向(枢纽方向),表明沿着地层倾向(劈理倾向)有强烈的剪切流动。

箭鞘褶皱从属于那一变形期次尚无直接的相关形迹可以论证,但从构造发展演化一般规律分析,从属于 D_2 变形期并为“a”型褶皱在持续发育中形成较为合理。

(三) D_3 变 形

随着地壳抬升,岩石也愈表现为浅构造层次的弹性变形, F_3 主要表现为陡倾斜歪尖顶褶皱,褶皱面多为 S_1 组成,如大理岩中由条带组成的尖顶褶皱(照片 13),条带本身就具有 F_1 的转折端,也就是说 F_1 的轴面已被弯曲形成了尖顶褶皱形态,并遵循 F_3 的方位变得陡倾。此外,在陈蔡水库公路旁尚可见及 F_3 与 F_2 叠加复合,其中 F_2 平卧褶皱被再褶皱形成陡倾歪斜的 F_3 (图 2-8)。 F_3 在露头上往往还表现为两组倾向相同、倾角不同的面理有规律地交替出现(照片 14)。 F_3 的形成,使大型的早期褶皱的转折端呈现锯齿状。

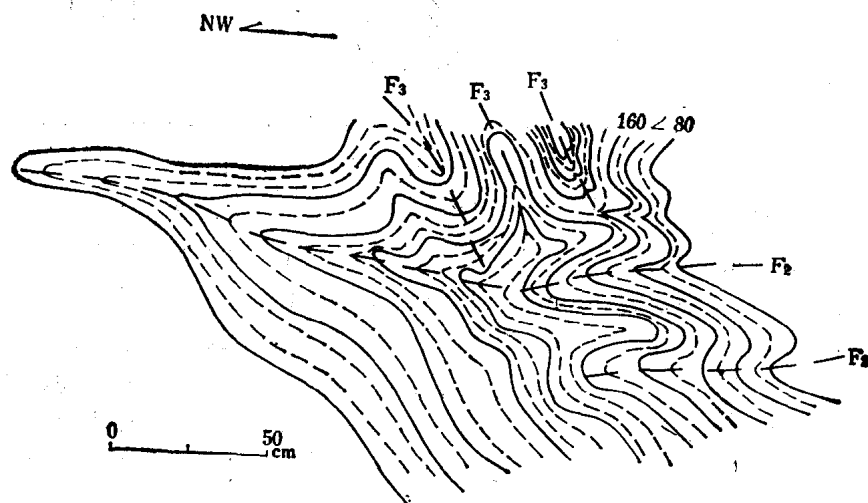


图 2-8 浙江诸暨陈蔡水库公路,陈蔡上亚群浅粒岩中褶皱叠加现象

S_3 为一组破劈理并平行 F_3 的轴面劈理,劈理倾向东南,倾角大于 70° ,面距较大。因此,经常在很多地方都能见到陡倾的破劈理与低缓的流劈理(S_1)斜接的现象。

(四) D_4 变 形

这一期的变形,一改前几期的变形环境。属于变质期后浅表构造层次的变形。 F_4 常表现为轴向北西的宽缓中小型褶皱,枢纽较陡,如陈蔡所见的横跨在 F_1 上的宽缓褶皱的