

岩相古地理文集



地质出版社

6

中国南方岩相古地理成果系列丛书

岩相古地理文集

6

《岩相古地理文集》编辑部

地质出版社

《岩相古地理文集》编委会

名誉主编: 业治铮 王鸿祯 关士聪
主 编: 刘宝珺 曾允孚
副主编: 张思挥 余鸿彰 王福庆 路兆洽 章人骏 张瑞锡 唐静轩 王宜生
编 委: (以姓氏笔画为序)
马丽芳 王东坡 王章俊 丘东洲 艾惠珍 宋天锐 余光明 余素玉
吴应林 李文汉 李汉瑜 李思田 李树誉 陈文一 张家祚 张锦泉
杨子麋 杨邦昕 杨昌贵 罗益清 周怀玲 孟祥化 林文球 袁润广
奚瑾秋 夏宗实 曾学思 简人初 廖士范

the editorial board for collected papers of lithofacies and paleogeography

Honorary editors

-in-chief

Ye Zhizheng Wang Hongzhen Guan Shicong

Editors-in-chief

Liu Baojun Zeng Yunfu

Vice-editors-in-chief

Zhang Sihui Yu Hongzhang Wang Fuqing

Lu Zhaoqia Zhang Renjun Zhang Ruixi

Tang Jingxuan Wang Yisheng

Editors

Ma Lifang Wang dongpo Wang Zhangjun

Qiu Dongzhou Ai Huizhen Song Tianmi

Yu Guangming Yu Suyu Wu Yinglin

Li Wenhan Li Hanyu Li Sitian Li Shuyu

Chen Wenyi Zhang Jiazuozhang Jinquan

Yang Zigeng Yang Bangxin Yang Changgu

Luo Yiqing Zhou Huailing Meng Xianghua

Lin Wenqiu Yuan Runguang Xi Jinqiu Xia

Zongshi Zeng Xuesi Jian Renchu Liao Shifan

中国南方岩相古地理成果系列丛书

岩相古地理文集

6

《岩相古地理文集》编辑部

责任编辑 王章俊 王培生 李文汉

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: 11.375 铜版图: 4页 字数: 261,000

1991年1月北京第一版·1991年1月北京第一次印刷

印数: 1—1230册 国内定价: 7.20元

ISBN 7-116-00793-8/P·676

前 言

《中国南方岩相古地理及沉积层控矿产远景预测》(简称“南古”)研究项目,为地矿部“七五”期间重点攻关项目。由地质矿产部成都地质矿产研究所负责组织实施,该项目共设置7个二级课题,47个三级课题,28个单位参加,参与项目各级课题研究的科技人员达300余人,体现了生产、教学、科研三结合的团结协作精神。在项目研究过程中,对中国南方大地构造和古地理格局、沉积盆地演化、板块构造与盆地的关系以及成岩、成矿作用等方面,进行了较全面的总结。在沉积、层控矿床研究、寻找后备矿产基地、扩大矿区远景预测等方面,取得了明显效益和重要进展。

“南古”项目研究工作始终贯彻着两个主导的学术观点,以沉积学研究为重点,加强沉积相及其时空展布,沉积盆地与构造演化的关系及事件沉积学、层序地层学、旋回地层学等新的研究;充分考虑大地构造演化格局,即板块运动对于古地理变迁的影响,以活动论观点编制新一代岩相古地理图。设置项目的目的是寻找后备矿产基地,扩大矿区远景预测,力图发现更多的有价值的沉积层控矿床。经过几年的工作,已找到了一批有价值的金、银、铅、锌、锑、铝土矿等矿床,并提出了“靶区”和成矿远景预测区,有的“靶区”业经验证,获得很好效益。

“南古”项目是集体劳动的结晶,为了充分反映科研成果,拟将各地质时代(二级课题)下属的三级课题以论文的形式,在《岩相古地理文集》上发表,它将与总项目、二级课题组成为《中国南方岩相古地理》成果系列丛书公开出版,并希望于1994年在北京召开的第30届国际地质大会上展现我国沉积学的水平。

地质矿产部“七五”攻关第十二项

办公室

1990年7月6日

序

70年代以来，我国岩相古地理研究蓬勃发展，这主要归功于一些固体矿产的勘察工作以及在基础理论研究中，引进了岩相古地理和沉积学研究方法并取得了明显成效。石油系统在研究储集层时，着重加强成岩作用研究，把岩相古地理与成岩作用研究结合起来，深化了有关储集层的认识，推进了油气勘察工作。地质部门和一些冶金、有色金属地质单位，自70年代初，应用沉积学和岩相古地理学的方法，对某些铜、铅锌等矿床进行研究，揭示了岩相控矿规律，为矿产普查指出了一条新思路。地质部有关司局和主管科技工作的同志十分重视这一开拓性的研究方向，并给予很大的支持和鼓励。经过一些试点的工作，于1986年确立了《中国南方岩相古地理及沉积层控矿产远景预测》研究项目，它属于地质矿产部七五期间重点攻关项目。计有29个单位参加协作，项目由成都地质矿产研究所负责。地质出版社和《岩相古地理文集》编辑部提供了这个机会，收集了该项目一些科研成果，以论文形式在这个文集中分集陆续发表，以便与同行们进行广泛的交流，并期望得到同行们的指教。

60年代以前的岩相古地理研究基于原地海陆变化的概念，如果说考虑构造因素，也只是受槽台学说的影响。60年代后期和70年代，由于工作的深入，已认识到例如同生构造对沉积的控制作用。板块构造学说的崛起，对古地理研究者是一个巨大的冲击，沉积学家必须考虑大地构造格局，即板块运动对于古地理变迁的影响，古地理图的编制必须以活动论观点为指导。为了编制第三代岩相古地理图，参加项目的同志们都很认真地研究了中国南方的构造-古地理格架，并取得了一些较好的成果。这些成果的特点是主要从沉积作用角度来探讨古构造及古地理格架问题，对于当前诸多研究中国板块运动专家们来说，从另一个侧面提供了分析研究的基础，这在本文集中得到了充分体现。

70年代中期，曾指出“沉积期后分异作用及成矿作用”的思想，用来解决某些层控矿床的富集、定位机制及岩相控矿等问题，经过十多年的实践，我们更清楚地认识到，不管矿质来源如何，以沉积岩为围岩的大多数层控矿床的富集过程，就是围岩成岩变化的过程，围岩的成岩变化为矿化富集提供了有利的地球物理障壁和地球化学障壁，把沉积-成岩作用与构造作用结合起来，因此研究沉积层控矿床的矿化富集，则能揭示更深层次的规律，这也是该项目的指导思想。

70年代末及80年代，由地球物理学家所进行的盆地分析工作，显示出加强沉积学研究的必要性。在《中国南方岩相古地理及沉积层控矿产远景预测》研究项目进行过程中，研究人员充分体会到进行沉积盆地分析的重要性。地层、岩相、构造及成矿都是沉积盆地演化的反映，岩相古地理研究，必须结合对沉积盆地性质和发展演化的分析，这也是该项目研究的一个特色。

这几年国际沉积学界还有一个热点，就是全球性研究，这已由1986年国际地科联全球沉积地质委员会提倡和组织，并显示出它的重要地位。全球性研究中的部分重要内容：如海平面变化，地质事件等均受到项目研究人员的重视，并开始做了一些探索性工作，取得

了初步的良好成果。但是正如国际上一些科学家所说，20世纪最后四分之一时期是全球时期，全球研究必然会成为沉积学及岩相古地理学一个新里程的开始。这次研究项目中仅仅触及了全球性问题中的极少部分，也很不深入，需要在今后的研究中做更多的工作。但是，无论如何，在这个项目中有一个开头，作为提倡，也是好的。我们希望，今后在岩相古地理研究中能更多地看到涉及全球性事件的内容，我们在沉积学界有更多为国内外专家瞩目的成果。

刘宝瑄

1990年5月27日

Preface

Since 70's, the study of Sedimentary facies and paleogeography has grown vigorously. That is due to the remarkable benefit gained from the method of sedimentary facies and paleogeography, sedimentology applied to some metallic and nonmetallic deposits prospecting, therefore the scientists from units show much interests. Scientists from Petroleum Geological System in the study of reservoir focus on diagenesis with the way of sedimentary facies and paleogeography, getting much more understanding of reservoir and advanced the work of oilgas exploration. In the early 70's geologists from systems of metallurgy have applied the way of sedimentology, sedimentary facies and paleogeography to Cu, Pb, Zn and other ore deposits to reveal the pattern of sedimentary facies controlling ore deposit, giving a new thinking for the work of mineral prospecting which is paid close attention to by the members of the Ministry of Geology and Mineral Resources. Through some pilot works, in 1986 a project of Sedimentary Facies and Paleogeography, Perspective of Stratiform and Stratabound Deposits in South China was set up, that's a key project in 7th Five-year Plan of the Ministry of Geology and Mineral Resources. The participants are from 29 Units, Chengdu Institute of Geological and Mineral Resources is responsible for this project. Geology Publishing House and the Editorial Board of Collected Papers of Lithofacies and Paleogeography provide the chance to publish the research results in the form of papers.

Before 60's, the study of sedimentary facies and paleogeography was under the thought of the change between marine and continent being in situ, even tectonic factor was considered, that's influenced by geosyncline theory. From late 60's to 70's, with work development, we knew syndepositional structure controlling of sedimentation. The appearing of plate tectonic theory brought about a great shock to paleogeography scientists. Sedimentologists must consider the tectonic pattern, names plate movement effected on paleogeography change. The mapping of paleogeography must be done on the basis of new ideas of the relative motions of individual elements of the earth's crust. In order to make the 3rd generation paleogeography map, the scientists of this project carefully work on tectonics of South China-paleogeography pattern and get fruitful results. These results appear to reveal the tecton-paleogeographic framework of South China by the way of

sedimentology, which provided the scientists working on the Chinese Plate-tectonics with methods of analysis and research from other hand. All the concerning results are presented in Collected Paper of Lithofacies and Paleogeography.

In the mid 70's, the thinking of post-sedimentary differentiation and mineralization was put forward to solve the problems of concentration of stratabound ore deposit, emplacement mechanism and sedimentary facies, controlling deposit. With over 10-year working, we know well that regardless source of mineral forming elements, concentration and mineralization of most stratabound deposit which host rocks consisted of sedimentary rocks, are the process of diagenesis, it provide mineralization centration with geophysical barrier and geochemical barrier as well. In fact it is a combination process of sedimentation, diagenesis and tectonism. Thus the research in mineralization and concentration of sedimentary, stratabound ore deposits could reveal more detailed features of them. That's the guide thinking of this project.

From late 70's to 80's, the basin analysis done by geophysicists showed the necessity to strengthen the study of sedimentology, The scientists from this project as well understood the importance of sedimentary basin analysis. Sedimentary facies, strata structures and mineralization are presentation of sedimentary basin evolution. Sedimentary facies and paleogeography must be studied together with the study of nature and evolution of sedimentary basin. That's also one of features of this project.

Recent years, the global study has been a popular theme in sedimentology field in the world. The importance is shown by the establishment of IUGS-GSGC in 1986. Sea-level change, geological events are the important contents of global study. The scientists have done exploring works and have gained primary results. As some scientists expected that the last quater of 20 century will be global era, therefore global study shall surely become a new beginning in the study of sedimentology, sedimentary facies and paleogeography. However this project only has touched some aspects of global study and need more work. Anyhow this project is a beginning as enlighting. We hope there will be more studies of global events, more remarkable achievements in sedimentology field.

Professor of Sedimentology
Liu Baojun

目 录

中国南方寒武纪岩相古地理格局.....	蒲心纯 叶红专 (1)
华东地区寒武纪岩相古地理及有关矿产研究.....	
.....周浩达 王文耀 朱桂生 何锦汉 严昌龄	(17)
川滇早寒武世磷矿沉积、成岩环境与富化作用.....	罗安屏 许效松 (39)
鄂湘桂粤寒武纪岩相古地理特征及火山作用.....	王熙林 (61)
黔东早寒武世龙王庙期岩相古地理及铅锌矿成矿条件与远景预测.....	
.....高兴基 朱育群	(89)
贵州三都、丹寨地区中寒武世中晚期—晚寒武世岩相古地理及汞、 金成矿条件与远景预测.....	李 强 (105)
黔东寒武纪岩相古地理.....	龚联瓚 (121)
下扬子区早寒武世石煤、磷等沉积环境和远景预测.....	
.....周浩达 何锦汉 王文耀 严昌龄 朱桂生	(133)
论世界寒武系中、上统的界线.....	李善姬 (143)
黔东湘西寒武纪碳酸盐台地边缘的演化及构造性质讨论.....	
.....叶红专 蒲心纯	(163)

CONTENTS

- Cambrian Sedimentary Facies and Palaeogeography Framework in Southern China.....*Pu Xinchun* and *Ye Hongzhan* (14)
- Cambrian Sedimentary Facies and Palaeogeography, and Associated Mineral Resources in East China
.....*Zhou Haoda, Wang Wenyao, Zhu Guisheng,*
.....*He Jinhan* and *Yan Changling* (37)
- Sedimentary and Diagenetic Environments and Enrichment of the Early Cambrian Phosphorite Deposits in Sichuan and Yunnan
.....*Luo Anping* and *Xu Xiaosong* (54)
- Cambrian Sedimentary Facies and Palaeogeography, and Volcanism in Hubei, Hunan, Guangxi and Guangdong.....*Wang Xilin* (82)
- Longwangmiaoian (Early Cambrian) Sedimentary Facies and Palaeogeography in Eastern Guizhou, with the Emphasis on Lead and Zinc Mineralization and Exploration Prospects
.....*Gao Xingji* and *Zhu Yuqun*(102)
- Middle and Late Middle Cambrian to Late Cambrian Sedimentary Facies and Palaeogeography in the Sandu-Danzhai Area, Guizhou, with the Emphasis on Mercury and Gold Mineralization and Exploration Prospects.....*Li Qiang*(118)
- Cambrian Sedimentary Facies and Palaeogeography in Eastern Guizhou.....*Gong Lianzan*(132)
- Sedimentary Environments and Exploration Potential of the Cambrian Stone Coal and Phosphorite Deposits in the Lower Yangzi Area
.....*Zhou Haoda, He Jinhan, Wang Wenyao,*
.....*Yan Changling* and *Zhu Guisheng* (142)
- On the Boundary between the Middle and Upper Cambrian in the World*Li Shanji*(161)
- Evolution and Tectonic Characteristics of Cambrian Carbonate Platform Margins in Eastern Guizhou and Western Hunan
.....*Ye Hongzhan* and *Pu Xinchun*(179)

中国南方寒武纪岩相古地理格局

蒲心纯 叶红专

(地质矿产部成都地质矿产研究所)

我国南方寒武系,分布广泛,层序完整,具有不同的沉积类型和古生物群,并蕴藏着丰富的沉积、层控矿产资源。寒武系地质研究历史悠久,尤以扬子区的寒武系研究较详。70年代后,随着岩相古地理学的发展及沉积学新理论、新方法的引进,岩相古地理的研究日趋深化。《中国海陆变迁海域沉积相与油气图集》(关士聪等,1984),提出了中国古海域沉积环境综合模式;《中国古地理图集》(王鸿祯等,1985),把地质构造与沉积盆地分析很好地结合起来,等等,这些都是我国80年代岩相古地理研究的代表作。

笔者近几年来参加“中国南方寒武纪岩相古地理及沉积、层控矿产远景预测”课题工作,涉足南方寒武纪岩相古地理及主要沉积相剖面的调查研究。本文从沉积学角度出发,粗浅的剖析我国南方寒武纪岩相古地理格局。

一、古构造演化及寒武纪古地理格局

寒武系是古生界的第一沉积盖层,受控于古老基底构造。近10年来,由于前寒武纪地质研究的进展、航磁成果的解释及同位素年龄数据的积累(如扬子区西部康定群及中部的崆岭群变质岩U-Pb同位素年龄值分别为2500—2900Ma及2332Ma),从而证实了扬子区前寒武纪结晶基底的存在。四川盆地、江汉盆地、苏北平原和南黄海地区,通过航磁资料判读,亦指示其覆盖层之下有前寒武纪的结晶基底。上述古老结晶基底的陆核分布区,构成扬子陆块的主体部分。东南沿海地区,据大量同位素年龄资料,也证实了构成华夏陆块主体部分的结晶基底的存在。如:闽北武夷山区的建瓯群深变质岩U-Pb法测定年龄为1890Ma(浙江地质所,1985);浙江的陈蔡群Rb-Sr法测定年龄为1774Ma(浙江丽水一分队),1568Ma(浙江地科所),U-Pb法年龄为1704Ma和1805Ma(中科院地化所);浙江温州东部海域石油钻井中的片麻岩Rb-Sr法年龄值为1807Ma,代表早元古宙变质产物;西沙群岛Rb-Sr法年龄值1465Ma,U-Pb法年龄值为1680Ma,等等。

上述年龄资料,说明扬子和华夏两个陆块都存在早前寒武纪结晶岩系,基底陆核形成于1700—1800Ma。杨森楠(1988、1989)从其形成时间的一致性,基底结晶岩系组成的相似性及微型地块构造的相关性分析,认为扬子与华夏原是统一的陆壳块体,经中晚元古宙大规模的裂陷作用而分裂,在扬子陆块与华夏陆块之间,扬子陆块与华北陆块之间,分别形成华南和秦岭两个陆间裂谷系。扬子陆块与华夏陆块以绍兴—江山、广丰—宜春、萍乡—四堡断裂带为对接带。沿断裂带东段有一条宽数十公里,厚1—2km的中晚元古代细碧角斑岩系,具双模式火山岩的基本特征,在其扩张阶段,广泛发育火山喷发和浊流沉

积, 新生洋壳蛇绿岩的出现则是最典型的标志。后来 经四堡—晋宁运动拼合形成南方统一大陆。早震旦世至早寒武世早期再次拉张裂陷导致南方大陆再次解体。扬子陆块东南边缘和华夏陆块北部边缘处于裂谷作用阶段, 发育火山岩和火山碎屑岩, 成分上类似双模式。前者的火山活动只达下寒武统小烟溪组底部 (如湖南桃江剖面的黄长玄武岩和凝灰岩), 早寒武世晚期至早奥陶世具热沉降或稳定下沉性质, 无火山活动, 深大断裂的张裂活动在沉积作用上没有明显显示。扬子陆块东南缘长达2000km的碳酸盐台地边缘, 发育具推进旋回的碳酸盐沉积是边缘变薄下沉的产物, 为被动边缘沉积棱柱体, 它标志着已进入稳定下沉的成熟被动大陆边缘发展时期^①; 华夏陆块北部边缘, 裂谷作用时期更长, 火山活动延续至中寒武世 (如湖南香花岭剖面的安山粗面岩和凝灰岩)。

中奥陶世至志留纪为挤压碰撞或地壳增厚阶段, 扬子陆块东南缘的构造性质由地壳变薄下沉逐渐转为挤压增厚。随着逆冲带的推进, 前陆盆地挠曲下沉后退, 原处于深水饥饿盆地的江南区迅速下沉, 接受了巨厚的陆源碎屑沉积。迅速沉降的同时, 伴随着沉积物的超补偿充填, 大部分江南区的奥陶系都能见到明显的变浅序列。中、晚志留世, 随着江南古陆的隆起, 沉积中心随之向北西迁移。显然, 这种迅速坳陷和快速充填的前陆盆地的迁移, 表明扬子陆块东南缘曾发生过挤压碰撞。

华南大部分地区 (除钦防地区外) 泥盆系底部冲积相和滨岸相陆源碎屑沉积不整合覆盖在下古生界之上。湘桂粤地区广泛发育加里东晚期S型花岗岩 (如万洋山、武功山、上犹、彭公庙、苗儿山、越城岭、海洋山、都庞岭、雪花顶、白马山、扶溪等岩体) 和I型花岗岩。广西加里东期既发育S型花岗岩又发育I型花岗岩, 且多集中分布在华夏陆块的北部边缘。可见华夏陆块上的挤压褶皱和热事件 (即花岗岩岩浆等活动) 与扬子陆块东南缘的挤压增厚事件是同时发生的。这些迹象表明加里东晚期两陆块可能发生过碰撞。

由于上述构造格局造成我国南方寒武纪时, 存在着扬子和华夏两大不同的沉积地质体。它们在地层、古生物群、沉积古地理环境、陆源方向、岩浆活动及变质作用等方面都截然不同。扬子陆块的寒武系具有扬子区、过渡区、江南区、秦岭区的地层分区和类型, 地层划分及对比有可靠的古生物依据。全区三叶虫十分繁盛, 早寒武世为滇东型、峡东—黔北型、杷榔型的古生物群; 中、晚寒武世具华北型、江南型和两者的混合型的古生物群^②。扬子陆块西缘的康滇古陆 (滇中岛陆、泸定古岛、摩天岭岛陆) 和牛首山岛陆为其陆屑来源区。全区地势西北高东南低, 水体自西北向东南逐渐加深。早寒武世初期, 基本继承晚震旦世灯影期的古地理景观; 早寒武世早期, 随着全球海平面的上升, 其古地理格局发生了根本性的变化, 西缘的古陆缩小, 扬子区主要以波浪作用为主的广海型陆源碎屑陆棚沉积; 早寒武世中期为陆源碎屑沉积向碳酸盐台地过渡时期; 早寒武世晚期至中、晚寒武世发展为以潮汐作用为主的巨大的扬子碳酸盐台地。过渡区、江南区和秦岭区为陆棚边缘和陆坡环境。

华夏陆块的寒武系全为陆源碎屑岩、浊积岩夹火山碎屑岩沉积, 古生物稀少, 主要为海绵骨针和少量的腕足类, 无底栖三叶虫。地层划分及对比缺乏古生物依据。沉积相研究表明, 武夷古陆、云开古陆寒武纪时均不存在。华夏古陆为其华南区的陆屑供给区。水体

① 叶红专, 1988, 黔东湘西寒武纪碳酸盐台地和斜坡沉积特征及大陆边缘构造性质讨论。

② 李善姬, 1980, 西南地区地层总结, 寒武系。

由东南向北西逐渐加深。关于华夏古陆的存在与否,争论已久。笔者从东南沿海和大陆架早已存在前寒武纪结晶基底(如前述)、寒武纪沉积相展布及华南区浊积岩的骨架组分、化学成分、稀土元素分布模式进行判别等方面分析,证实了寒武纪时东南沿海华夏古陆是存在的。

二、南方寒武纪各期岩相古地理概况

(一) 扬子陆块及其东南部陆缘

1. 早寒武世梅树村期

研究区继承了晚震旦世灯影期台盆相间的古地理格局,在灯影期海退后又一次海侵背景下接受沉积。大致可分为川滇黔、鄂中、下扬子等三个较大的碳酸盐台地,其间为深水盆地所隔。

扬子陆块西部为川滇黔碳酸盐台地,与梅树村期相当层位的地层有麦地坪段、中谊村段、戈仲伍段、大岩段等,由白云岩、硅质岩、磷块岩及泥岩组成,厚15—30m,发育具磷质骨骼的小壳动物化石。在云南昆阳磷块岩之下及贵阳马场和开阳白马洞薄层硅质岩之下,与灯影组白云岩之间为一起伏不平的喀斯特不整合^①,代表了层序界面,其上为含磷岩系夹海绿石层的海侵沉积。在昆阳磷块岩中夹富集火山灰的“白泥层”,含海绿石,一般厚0.5—4m,最大厚度7.3m,代表与海平面迅速上升相伴的沉积速率非常缓慢的薄的海相层段——凝缩层。海侵磷块岩沉积之上为碳酸盐岩(如昆阳、乐山范店、贵州习水大岩)或硅质岩(如贵州开阳白马洞、贵阳马场、织金)为高海位沉积,其上为层序界面的顶界。上述层序,包括层序界面、海侵、凝缩层、高海位体系域,是层序地层学中的一个完整层序。

梅树村期沉积相的展布,自西北向东南为局限台地→浅滩→缓坡→深水盆地;东南隅为滇中岛陆和牛首山岛陆;西为宝兴、泸定、冕宁古岛,组成康滇古岛链。其间为川滇拗陷,由绿汁江—龙川断裂、罗茨—易门断裂、普隆河—星云湖断裂、小江断裂等四条深大断裂所切割而形成的拗陷盆地,使寒武纪沉积相呈南北向展布。同时,形成一个向东南倾斜的缓坡带。南和东南面都与广海相通,为上升洋流富磷海水循环提供了先决条件。川西南和滇东地区的早寒武世处于低纬度,位于赤道附近 10° (林金录,1985)和热带信风区,由于震旦纪至早寒武世的拉张裂陷导致的大规模海侵以及上升洋流的影响,促使梅树村期成为我国重要的成磷期。在川西南—滇东地区形成许多规模巨大的磷块岩矿床,构成了我国最大磷矿成矿带。上升洋流循环是携带磷质的动力,风暴作用和潮汐、波浪作用是磷质改造簸选、富集、再沉积的重要营力。近几年来刘宝珺、许效松、罗安屏等(1987)在滇东、川西南、贵州织金发现许多磷质风暴岩,为分析沉积环境和沉积成矿作用打开了新的思路。

扬子陆块中部为鄂中碳酸盐台地及江南斜坡。梅树村期相当层位的地层有黄鳊洞段(天柱山段)、西稿坪段及鸡公颈组下部,主要由白云岩、颗粒白云岩、颗粒磷块岩、砂

① 蒲心纯、曾若兰,1962,贵州开阳白马洞震旦系与寒武系间喀斯特不整合。贵州省地质学会第一届会员代表大会论文集。

屑灰岩、黑色页岩和薄层硅质岩等组成,厚3—10m。晚震旦世末期宣城至京山一带,台地曾一度上升并暴露于海面,形成大洪山古岛,缺失黄鳊洞段地层。沉积相展布自北而南为滨岸相→局限台地相→鲕粒滩相→开阔台地相→缓坡→深水盆地相。在台地区内的生物较丰富,常见软舌螺、介形虫、藻类及硅质海绵骨针等,灰岩多由藻类构成,镜下见色球藻、扫描电镜下见菌藻类(张长俊等,1985)。沉积构造有板状层理、水平层理、纹层及虫孔构造。江南陆坡由硅质岩、硅质页岩、板岩、黑色页岩及结核状磷矿组成,厚10—30m,主要为硅质海绵骨针,还有菌藻。 SiO_2 成分的增多与裂谷火山作用有关。

扬子陆块东部为下扬子碳酸盐台地。与梅树村期相当层位的地层有幕府山组一段、黄栗树组一段、荷塘组一段等,主要由颗粒白云岩、泥粒白云岩、泥状白云岩、叠层石白云岩及薄层硅质岩、硅质板岩、结核状磷块岩等组成。在浅水台地上具小壳动物化石、蓝绿藻;江南陆坡深水盆地区有放射虫和海绵骨针。

2. 早寒武世筇竹寺期

由于早震旦世至本期的拉张裂陷作用,导致中国南方大陆解体和海平面的最大上升,这与全球海平面上升(Vall等,1977、1984)相吻合。因此,原梅树村期碳酸盐台地均被陆屑物质所覆盖。扬子区成为西北高、东南低的以波浪作用为主的广海型的陆源碎屑缓坡陆棚沉积,为一套含磷的碎屑岩和黑色页岩组合。从西北的古陆边缘到东南的海盆,岩性变化为:含砾粗-中粒砂岩→细砂岩→粉砂岩→硅、泥岩;沉积环境依次为:后滨、前滨、近滨、内陆棚、外陆棚、上陆坡、下陆坡环境(图1)。川西南滇东地区下部为粗-细粒砂岩、粉砂岩、碳质页岩、砂质页岩及薄层透镜状磷块岩,发育冲洗层理及其他交错层理;上部由细粒砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩组成,见有丘状层理、沟模等沉积构造,表明筇竹寺晚期也曾发生过风暴沉积(孙枢等,1987),厚7—110m。生物群以大型底栖三叶虫和金臂虫为主,为滇东型动物群区,属前滨-近滨沉积。黔川鄂地区为粉砂岩、粉砂质页岩、碳质页岩夹薄层灰岩、碳泥硅质岩、薄层透镜状磷块岩,厚3—160m。除底栖、自游的三叶虫外,营漂浮生活方式的古盘虫增多,金臂虫减少,为峡东-黔北型动物群区,属浅海陆棚环境。而江南区(湘西、湘中、赣北、皖南、浙西)为陆坡深水盆地,主要发育具水平纹层的黑色页岩、碳质页岩、石煤、含磷结核,硅质岩增多。在黑色页岩中常见富有有机质的碳质包体(直径数厘米),其边缘光滑、呈弯曲状、包卷状、可能系滑动成因的再沉积物,它标志着斜坡的存在。它们原系富含有机质的沉积物,在未固结或弱固结时,因重力滑动再沉积而形成(张爱云等,1987)。上陆坡以黑色页岩夹灰岩为主,并含磷、铀、镍、钼等多种元素;下陆坡主要发育黑色页岩、硅质岩、石煤和钒矿。

南方各省早寒武世筇竹寺期岩相的最大特点是:①黑色页岩、黑色碳质页岩、黑色碳泥质硅质岩、黑色硅质页岩、黑色碳质白云质页岩及黑色硅质岩等十分发育。上述岩石组合称黑色岩系(范德廉,1981)或广义的黑色页岩(张爱云,1987);②其中赋存颇具特色的黑色页岩型钒矿、铀矿及含镍、钼、铀、钶、金、银、硒、铈等多元素富集层;③石煤广泛分布于湘、黔、鄂、赣、浙等省。煤岩学和硫、氧、碳稳定同位素的研究表明,它是一种灰分10—40%,发热量16800—25200kJ/kg的海相藻煤(潘随贤等,1980;林骥^①,

① 林骥,1982,中国地质学会成立60周年学术报告会论文汇编。

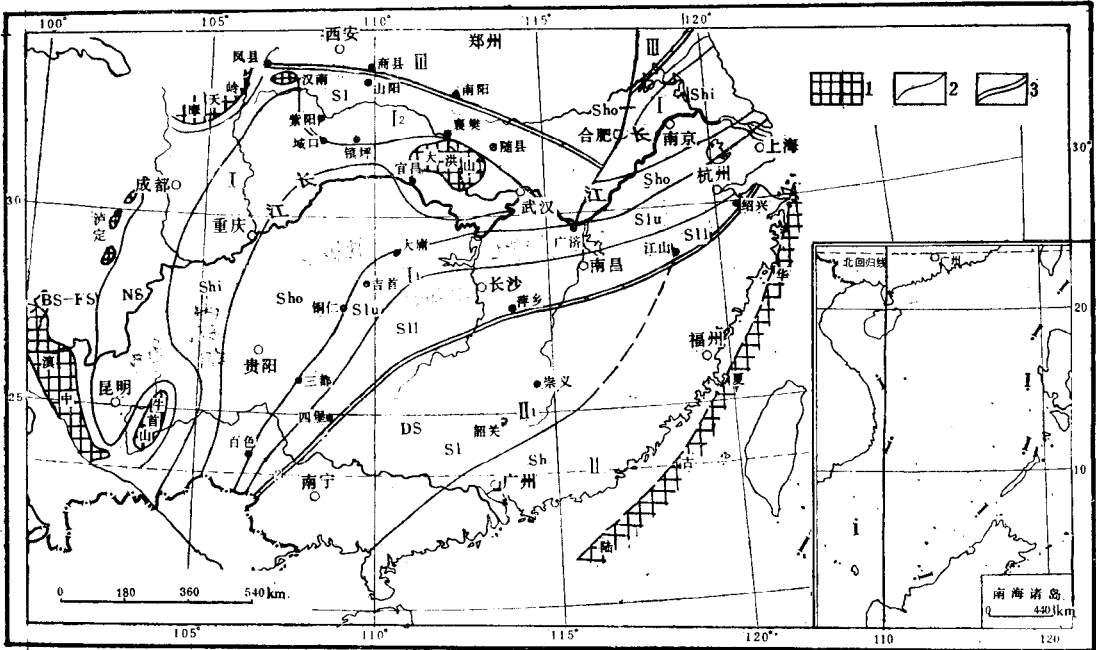


图1 中国南方早寒武世筇竹寺期岩相古地理略图

1—古陆；2—沉积相界线；3—板块对接线。BS—后滨；FS—前滨；NS—近滨；Sh—陆棚；Shi—内陆棚；Sho—外陆棚；Sl—陆坡；Slu—上陆坡；Sll—下陆坡；DS—深海；I—扬子陆块；I₁—扬子陆块东南部陆缘；I₂—扬子陆块北部陆缘；II—华夏陆块；II₁—华夏陆块北部陆缘；III—华北陆块

Fig. 1 Schematic Qiongzhusian (Early Cambrian) sedimentary facies and palaeogeographic map in South China

1—old land; 2—sedimentary facies boundary; 3—plate suture line

BS—backshore; FS—foreshore; NS—nearshore; Sh—shelf; Shi—shelf inner zone; Sho—shelf outer zone; Sl—slope; Slu—slope upper zone; Sll—slope lower zone; DS—deep sea I—Yangzi block; I₁—southeastern margin of the Yangzi block; I₂—northern margin of the Yangzi block; II—Cathaysia block; II₁—northern margin of the Cathaysia block; III—North China block

1982), 它是在温暖潮湿的古气候条件下, 由大量繁殖的浮游低等藻类堆积而成的。石煤及伴生碳质页岩的 $\delta^{13}C$ 平均值分别为 -27.14% 和 -26.1% , 与海洋浮游生物可提取脂类的 $\delta^{13}C$ 值 -28% 接近, 这种低等藻类生物形成的腐泥煤为陆架区远洋或半远洋相和大陆边缘的远海相(孙枢等, 1987)。

黑色页岩(或黑色岩系)是一种含有有机碳百分之几到20—30%的泥质沉积岩, 其中有机质常有高度富集, 如黑色碳泥质硅质岩含有有机碳9.24%, 黑色钙质硅质岩为7.70%, 黑色高碳质硅质岩为18.70%, 黑色碳质白云岩、页岩为8.76%。它的形成条件, 首先必须有繁盛的浮游生物, 不断的向海底提供丰富的有机质; 其次要在有利于有机质保存、聚积与转化的环境中沉积。早寒武世筇竹寺期处于震旦纪南沱冰期之后, 气候转暖, 扬子海域地处“泛热带”气候区, 气温条件和火山作用以及早寒武世早期广泛海侵, 给南中国海带来极其丰富的含矿物质。促使表层水中营养物空前丰富, 浮游生物——蓝藻和被囊动物尾海鞘组合(张爱云, 1987)空前繁盛。并具有富集金属的明显能力, 从而形成多金属富集层。

我国南方下寒武统黑色页岩的广泛分布, 看来, 用闭塞海湾难以解释。扬子陆块东南

部边缘和北部边缘陆坡带黑色页岩极为发育,厚度亦大,有的可延续至中寒武统。并在陆棚低洼处(如黔北、滇东)和陆坡上原裂谷地堑拗陷区(如江南区和秦岭区),沉积了低等藻类的腐泥煤。黑色页岩和石煤的形成与早寒武世时期大洋缺氧事件有关。与欧洲和北美加里东造山带寒武纪、奥陶纪和志留纪的黑色页岩相似。可能表明早古生代有全球性的大洋缺氧事件。

导致缺氧事件原因,可能是多种多样的。一般认为,它与大规模的海侵作用、火山作用、上升洋流、气候与温度等都有关系。在地质历史时期中存在长期温暖、高海位稳定大洋状况与短期寒冷、低海位、快速循环大洋状况的交替,温暖高海位广泛分布期有扩大大洋范围的缺氧层(Fisher and Arthur, 1977)。南方早寒武世早期大规模的海侵是引起缺氧事件的重要原因,随着海平面迅速上升,浪基面升高,水体加深,光合作用所能达到的界面上升,导致下部水体严重缺氧。此外,梅树村期至筇竹寺期的较长期的洋流上涌,可能也加强了大洋的缺氧事件。

3. 早寒武世沧浪铺期

该期为陆源碎屑陆棚向碳酸盐台地发展的过渡时期。筇竹寺期最大海侵及高海位之后,沧浪铺期的海平面逐渐下降,康滇古陆扩大。其早期在滇东的宜良、寻甸至川西南的峨眉、甘洛一带,沉积一套具交错层理的紫红色砂岩、粉砂岩及泥岩,波痕发育,未发现化石,属近陆碎屑潮坪环境,显示气候干旱炎热。黔北地区的明心寺组中上部主要为粉砂质页岩、粉砂岩和灰岩,向东砂质减少,灰岩增多,古杯灰岩层数增加,古杯的繁盛表明沉积环境有较大的变化,属清水、氧气充足、温暖的浅水环境。而鄂中地区的石碑组以薄层泥质粉砂岩、粉砂质页岩为主夹透镜状泥灰岩、条带状灰岩,含较多的底栖三叶虫和少量无铍纲腕足类,具波状层理,发育水平虫孔,为碎屑陆棚沉积环境;沧浪铺晚期的金顶山组乌龙箐段或金沙江段底部,普遍为含砾的中粗粒石英砂岩,代表海退和低海位沉积。其上为粉砂质页岩、海绿石粉砂岩(如余庆小腮)、页岩夹灰岩(如黔北),含底栖三叶虫,代表海侵、凝缩层及高海位沉积。

在川西南、川北、陕南、黔北及鄂中、鄂东南等地,灰岩具鲕状、豆状构造,交错层发育,富含古杯化石。古杯动物是寒武纪重要的造礁生物,亦是扬子区早寒武世沧浪铺沉积相的重要特征之一。我国古生物学者已注意到扬子区与苏联西伯利亚的古杯动物有许多共同的组合,经研究,将我国南方寒武纪的古杯垂直划分出四个不同的古杯组合,属筇竹寺阶和沧浪铺阶(章森桂, 1982。章森桂、袁克兴, 1984)。其分布从云南永善、镇雄经贵州纳雍、金沙、遵义、习水、瓮安、湄潭、务川,川东彭水,湖北通山、宜昌、长阳、南漳至陕西镇巴、西乡南郑、川北城口、南江,呈一不规则的马蹄形,反映了扬子区初始台地(即陆源碎屑与碳酸盐混合型台地)的轮廓,其层位由西向东升高,表明古杯灰岩和鲕粒滩可能是穿时的及台地边缘为向东推进。由于古杯类对生活环境条件较敏感,仅适应于阳光充足、清水的浅水环境。而砂泥物质多、海水浑浊或海水中氧化镁含量过高的泻湖环境,均不适应古杯生长,故其对沉积环境分析有重要意义。沧浪铺期的古杯灰岩,有的呈礁,但泥质过多,发育不佳,有的属生物丘,位于碳酸盐缓坡之上。

从古杯灰岩较发育的黔北和川北—陕南地区来看,古杯的基底由泥质岩和泥晶灰岩组成(如南郑福成仙女洞组和大巴山区天河板组的古杯礁),并含丘状叠层石,属安静潮下

的低能环境。礁体发育形成阶段,古杯灰岩中古杯含量高达80—90%,厚度增大,一般2—3m,属潮下高能环境。其盖层为泥岩,反映相对海平面上升,大量泥砂质沉积使古杯窒息而死亡(刘仿韩、叶俭,1987)^①。

鄂中地区沧浪铺晚期的海侵,大洪山古岛被淹没,天河板组由西向东超覆,假整合于上震旦统灯影组之上。在保康和南漳南部至荆门、京山、钟祥一带,天河板组底部见厚2m的灰色砾岩,砾石成分为硅质岩、白云岩及泥岩,次滚圆状,杂基为泥质,属滨岸相沉积。其下的假整合应为层序界面。

天河板组沉积一套灰色条带状白云质灰岩、鲕粒白云岩、藻白云岩、叠层石白云岩、核形石白云岩、砂质灰岩夹少量页岩,具水平层纹构造,含丰富藻类化石及少量无铍腕足类,为海侵和高海位沉积。可与贵州金顶山组及川西南遇仙寺组油房沟段对比。鄂中地区沧浪铺晚期属局限台地沉积,而鄂西及鄂南属开阔台地,为泥质条带灰岩、藻灰岩、鲕粒灰岩、古杯灰岩及粉砂质页岩等,具水平纹层、条带状构造,局部见交错层理。

4. 早寒武世龙王庙期

扬子区西缘的康滇古岛链逐渐扩大,并逐步衔接。初始台地通过沧浪铺期的过渡阶段,已逐步发展为巨大的扬子碳酸盐台地。早期为均一的碳酸盐缓坡模式。它具有由岸边经潮坪泻湖、相对高能浅滩至盆地的平缓的(小于1°)的缓坡,没有明显的波折带,在垂直剖面上,大部分地区主要沉积富泥质薄板状灰岩夹页岩,向上为泥粒灰岩、粒泥灰岩等;中晚期浅滩向东推进,松桃—铜仁—凯里—都匀—一线以西的碳酸盐缓坡均已浅滩化而演化为潮坪—泻湖环境。这种均一缓坡自西北向东南由五种不同的沉积相组合构成:①萨布哈及浅水蒸发岩台地相组合;②潮坪和泻湖相组合;③浅滩或鲕粒(团粒)障壁滩相组合;④浅水缓坡及生物丘相组合,发育薄层钙屑灰岩、粒泥灰岩及薄层状泥灰岩;⑤深水缓坡相组合,位于缓坡的外带,台地向盆地延伸的边缘部分,由生物藻丘外侧延伸的薄板状泥灰岩组成。上述沉积相组合顺序,同时也反映了扬子碳酸盐台地从北西向东南沉积相的展布变化规律。

藻丘是龙王庙期碳酸盐缓坡上的重要沉积相组合特征。主要分布于扬子碳酸盐台地东南缘,自湘西花垣李梅、渔塘至黔东松桃嗅脑、铜仁卜口、岑巩、镇远一带,长达150km以上。藻丘发育带宽5—20km。层位属下寒武统清虚洞组中上部。丘体长1—6km、宽0.4—3km,丘高数十米至200m,主要造丘生物为表附藻、葛万藻、波特曼藻及肾形藻等。丘基为较低能环境的薄层灰岩,如松桃嗅脑、铜仁卜口等地。花垣耐子堡藻丘的基底为含极少量表附藻、葛万藻的微晶灰岩,厚2—10m。丘基沉积特征表明藻丘是从浪基面以下,较深水低能环境的缓坡上发育起来的。丘核相的主体为浅色块状表附藻、葛万藻、波特曼藻及肾形藻障积岩或粘结灰岩。丘冠为亮晶鲕粒灰岩砂屑灰岩,有时为叠层石灰岩。丘翼两侧差别不大,为薄层藻屑灰(云)岩、粘结灰岩、含砂屑灰岩等低能环境沉积。原被认为是丘前塌积成因的砾屑灰岩,经刘宝珺教授(1987)确认是与断裂活动有关的差异白云岩化作用形成的成岩后生角砾。藻丘是花垣李梅铅锌矿、松桃嗅脑和铜仁卜口铅锌矿的重要控矿岩系。

① 刘仿韩、叶俭,1987,扬子地台北缘的早寒武世古杯礁。天然气勘探与开发。