

中国南方岩相古地理系列丛书

中国南方奥陶 —志留纪 岩相古地理 与成矿作用

周名魁 王汝植 李志明 等著



地质出版社

中国南方岩相古地理系列丛书

中国南方奥陶—志留纪岩相 古地理与成矿作用

周名魁 王汝植 李志明 袁鄂荣 著
何原相 杨家骅 胡昌铭 熊代全 楼雄英

地 质 出 版 社

(京)新登字085号

中国南方岩相古地理系列丛书编委会

顾问: 王鸿祯 业治铮 关士聪 曾允孚

主编: 刘宝珺

副主编: 许效松(常务) 夏文杰 吴应林 蒲心纯 陈宏明 张锦泉 周铭魁
潘杏南 王立亭

编委:(以姓氏笔划为序)

王东坡 王汝植 王 剑 刘文均 朱宏发 李文汉 李连生
李志明 陆彦邦 杜森官 陈家怀 吴祥和 周怀玲 周浩达
赵时久 徐安武 徐 强 殷继成 黄慧琼

The Editorial Board for Collected Works of Lithofacies and Paleogeography of South China

Consultants	Wang Hongzhen	Ye Zhizheng	
	Guan Shicong	Zeng Yunfu	
Editors in-chief	Liu Baojun		
Vice editors in-chief	Xu Xiaosong	Xia Wenjie	Wu Yinglin
	Pu Xinchun	Chen Hongming	Zhang Jinquan
Editors	Zhou Mingkui	Pan Xingnan	Wang Liting
	Wang Dongpo	Wang Ruzhi	Wang Jian
	Liu Wenjun	Zhu Hongfa	Li Wenhan
	Li Liansheng	Li Zhiming	Lu Yanbang
	Du Senguan	Chen Jiahuai	Wu Xianghe
	Zhou Huailing	Zhou Haoda	Zhao Shijiu
	Xu Anwu	Xu Qiang	Yin Jicheng
	Huang Huiqiong		

中国南方岩相古地理系列丛书

中国南方奥陶—志留纪岩相古地理与成矿作用

周名魁 王汝植 李志明 等著

责任编辑: 王章俊 秦锡虎

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(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: 7.5 插页: 6 页 铜版图: 2 页 字数: 168000

1993年9月北京第一版·1993年9月北京第一次印刷

印数: 1—700 定价: 6.70 元

ISBN 7-116-01346-6/P·1114

中国南方岩相古地理系列丛书简介

中国南方岩相古地理系列丛书，是80年代沉积地质学领域的最新研究成果，它包括“中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿”、“中国南方岩相古地理图集（震旦纪—三叠纪，中文版和英文版）”以及“中国南方震旦纪至三叠纪八个地质时代的岩相古地理与成矿作用”的七本专著，以及各地质时代不同专业学科的研究论文集等四个方面的内容。

该成果系列是地质矿产部“七五”期间重点攻关项目——“中国南方岩相古地理及沉积、层控矿产远景预测”的科研成果汇编。研究工作由成都地质矿产研究所刘宝珺教授、许效松研究员主持和负责实施；采取地质勘查、科研和院校，联合大协作攻关方式，组织了南方有关省、区地质矿产局、石油局、地质矿产部属的地质矿产研究所，及地质院校等29个单位参加；以地质多学科的综合分析为手段，从研究大陆边缘盆地演化入手，分析中国南方震旦纪至三叠纪的沉积、构造和成矿作用演化。该成果追踪了世界同领域学术发展趋势，既有高水平的学术理论，又有显著的地质和找矿效益，是当前我国沉积地质学领域具有里程碑意义的大型科研成果。

80年代后期，岩相古地理学作为沉积地质学的重要分支，其研究范围早已跨越了沉积岩石学、沉积相分析和恢复海陆分布的研究范畴。当代沉积地质学的研究中，把地球作为宇宙天体中的一个点，以全球构造活动论的观点、沉积地层全球同时性和穿时性可对比的新思路来分析大陆边缘演化史。通过充填物沉积体系域的特征、几何形态和组构，恢复大陆边缘沉积堆积场所的性质，揭示堆积场所的构造活动、海平面相对升降和物源三者之间的关系，以及相关的各种地质事件，从而定量模拟大陆边缘地动力演化模式和恢复各块体的相对位移和形变历程，并以此为依据，重塑古海洋和古大陆的变迁。

在中国南方震旦纪至三叠纪岩相古地理研究中，首先把研究区，作为全球的一个点，然后从盆地性质、类型和相互配置关系以及极移曲线等诸多方面，来恢复各块体的相对位置和相关性，即时间上和空间上的沉积地壳。所编制的岩相古地理图，更接近恢复大陆边缘性质的第三代岩相古地理图。

在盆地研究方面，丛书中精辟地论证了扬子板块边缘在晚元古代至早古生代的构造和沉积演化，以及在地质历史中沉积相的时空配置。用反剥法恢复盆地构造沉降史，证明早期沉降力以拉张力为主，晚期以热沉降为主，并建立了崭新的大陆边缘前陆盆地演化模式和动力机制。动态定量模拟的结果，说明扬子板块为俯冲块，华夏板块为仰冲块。华南造山带中保存有世界上老造山带最完整的前陆盆地，其造山模式有别于经典造山带，取名为“南华式”造山模式。

近几年对碳酸盐台地研究侧重于动力演化。丛书中除了介绍地质历史演化中碳酸盐台地的特征和相模式外，还论述了碳酸盐台地的形成、发展和消亡。碳酸盐台地的增生边界，受控于不同地史阶段基底构造。早古生代前碳酸盐台地建筑在缓坡的基础上，其增生、扩大，与盆地热沉降和海平面主体下降同步，它的消亡系造山期海平面相对上升的结果，继而转为淹没台地。晚古生代碳酸盐台地加积、扩大，与海平面主体上升同步，而台

地的消亡是中三叠世开始的造山和板内挤压的结果。这一认识把碳酸盐台地的形成和消亡,与大地构造、全球海平面变化和动力演化机制结合起来,发展了碳酸盐台地的研究内容。

层序地层学是80年代国际地质界瞩目的研究领域,它的成果不仅是分析盆地的重要基础材料,而且也是恢复海陆变迁,以及与全球一级和二级旋回对比的重要依据,同时也是研究全球大地构造的重要窗口。本系列丛书之一,以层序地层学的基本原理为指导,研究宏观地质体和追索露头,确认了在海平面升降周期中不同沉积体系域的特征标志和界面的性质,建立了被动大陆边缘层序,而且还区分拉张充填型层序和挤压型层序的基本特征。通过层序分析,得出南方海相地层在震旦纪至三叠纪的地史中,曾有过与全球相当的两次一级海平面的升降周期。海平面主体上升时处于大陆边缘拉张阶段,海平面下降时为挤压造山阶段。这项研究为我国沉积学界从露头上进行层序地层学分析,开创了良好的开端。

本系列丛书的另一重大的特点是反映了沉积地质学和岩相古地理研究与成矿作用的关系。盆地中的成矿作用是地质历史演化旋回中盆地构造演化、沉积演化、成岩演化以及各种地质事件综合作用的结果,把沉积—构造—成矿看成是盆地地质作用的统一体,提出了“盆、相、位”三位一体和“统一地质场”的成矿理论,开拓了新的找矿思路。总结了各地质时代的层状矿和层控矿的控矿条件,以及成矿远景区的地质依据,并取得了显著的找矿效益。

综观这套南方岩相古地理系列丛书,跟踪了80年代国际沉积地质学和岩相古地理学的发展趋势,全面阐述了中国南方板块沉积地壳的活动史、沉积史和成矿史,突出了盆地分析和盆地演化、事件和成矿作用的主线,恢复和重建了不同地质历史时期的古地理单元、建立了扬子和华夏板块的地球动力演化模式。其研究内容和所涉及的问题,当前国内外地质界均极为关注,它的面世也必将引起地质界的重视。我们希望此成果系列的出版,对倡导和推动我国沉积学的新发展能起到应有的作用。

中国南方岩相古地理系列丛书编委会

1991年10月

序

地质矿产部“七五”重点攻关项目“中国南方岩相古地理及沉积、层控矿产远景预测”的科研成果：包括项目总报告专著、“1/500万中国南方岩相古地理图集”、震旦纪至三叠纪各断代岩相古地理及成矿作用系列专著。总报告是全部成果的系统总结和理论概括。研究成果的出版在我国岩相古地理及其与沉积成矿关系的研究方面具有里程碑的意义。我谨在此表示衷心的祝贺。

古地理和古地理图编制是地质科学中历史较长的一个学科分支。古地理研究的基础是地层学和沉积学，主要方法是沉积环境和沉积相分析。而大区域以至洲际的古地理研究和小比例尺系列古地理编图则必然涉及构造分区和构造发展阶段等问题。

近半个世纪以来，美国很少出版系列古地理图件和图集。40年代末有A.J.Eardley (1951)的关于美国古地理和构造格局的著作。50年代末60年代初有L.L.Sloss的美国概略的系列古地理图和沉积厚度图。60年代初W.C.Krumbein和Sloss (1963)的地层学和沉积学专著具有广泛的影响，其中Sloss关于层序地层概念及其洲际对比的研究对现代地层学起了很大的作用。前苏联在40年代形成了历史构造学派，以V.N.Strahor和A.B.Ronov等所做的全苏以至全球性古地理编图，在一定意义上是这个学派的产物。60年代，A.P.Vinogradov等进行了大规模古地理编图工程 (1964, 1968)，80年代V.E.Khain及Ronov等 (1984) 开展全球性图件的编制也是继承了这个传统，至今还没有可以与之相比的成果。

沉积环境和沉积相模式的研究在70年代经过G.M.Friedman, A.G.Reading, J.L.Wilson和R.C.Selly等的努力和总结，有了很大的提高。从70年代后期到80年代，P.R.Vail等 (1977, 1984) 和A.D.Miall (1984, 1990) 的工作主要是向着层序地层学和沉积盆地分析的方向发展，但也为高分辨地层学和高精度古地理制图提供了基础和方法。

我国一向重视古地理研究和古地理图的编制。40年代末到50年代初，刘鸿允先生在黄汲清教授指导下，编制出版了一部中国断代古地理图集 (1955)，功不可没。我在80年代初组织编制的中国古地理图集和说明书 (1985)，虽然力图在整体格局上遵循构造活动论的思想，但限于当时的条件，在岩相图例上只能使用沉积组合的概念，并进行概略的构造分析。

由刘宝珺教授和许效松研究员组织完成的当前的项目成果之所以具有里程碑的意义，是由于它具备了以下几个重要特征。

第一，从学术指导思想说，它吸取了80年代沉积地质学的先进理论和构造活动论，力图把中国南方地区放在沉积地壳总体演化的背景上予以分析。虽然实际研究范围限于中国南方，研究时代范围限于震旦纪到三叠纪，但其研究途径都具有一定的综合性和全球性。

第二，从研究的深度说，它充分运用了70年代以来中国南方地区沉积相研究的最新成果，并以大陆边缘为重点，系统地、具体地进行了各断代沉积环境及其演变分析，并由此深入到层序地层和海平面变化的初步研究，具有开创的意义，对沉积古地理和地层学的

学科发展也具有一定的推动作用。

第三，从研究的广度说，它始终强调了构造控制盆地、盆地控制沉积的正确观点，不独对中国南方的基底构造作了回顾和分析，同时在沉积盆地分析方面也充分注意了构造作用和构造沉降的影响。在此基础上进一步提出了中国南方大地构造发展的历史阶段，在不少方面具有启发意义。

第四，从研究的方向说，它坚持了基础研究与应用研究相结合的道路，把沉积矿产和层控矿产的成矿作用，作为盆地沉积演化、构造演化和地质事件相互联系和影响的结果。不独对元素富集过程与各种事件的联系进行了探讨，同时具体提出了成矿域和成矿带，为今后的找矿工作提供了科学依据。

第五，从科研工作的组织和效率来说，是一项复杂的科研系统工程，这样一个包括几十个单位、几百名成员的大项目尽管在立项前做过一些前期工作，但项目实施从立项到最后提交全部成果，前后不足 5 年。在工作过程中，既发挥了广大研究人员的积极性和创造性，集中了群众的智慧，又组织了多种形式的业务讲习和学术交流，使广大成员在业务素质方面获得了锻炼和收益，对提高地层和古地理工作水平产生了广泛的影响。

最后，我感到项目成果不但总结了我国南方岩相古地理及有关研究的重要成就，同时也为今后我国南方以及全国地层及古地理研究开辟了广阔的前景。层序地层学和海平面变化的研究是当代地质科学的前沿研究领域。扬子古大陆及其边缘研究历史较长、程度较高，是开展这方面研究的理想地区。当前的项目成果已在层序地层和海平面变化方面作出了良好的开端，在盆地性质和构造格局方面也作了有益的探索。我相信今后在我国南方地区进一步开展这方面的研究，必将获得更为丰硕的成果，也必将在历史大地构造以及全球构造方面提供踏实的依据，推动地层学、沉积学、古地理学以及有关学科的前进和发展。

我再一次向项目主持人和广大项目成员表示由衷的祝贺和敬意！

王鸿祯

1992年3月于北京

目 录

前 言	(1)
第一章 中国南方奥陶—志留纪地层分区、分类及对比	(2)
第一节 中国南方奥陶—志留系的分布及发育状况	(2)
一、奥陶系	(2)
二、志留系	(2)
第二节 中国南方奥陶—志留纪年代地层分类、对比及地层区划	(3)
一、奥陶纪的年代地层分类及对比	(3)
二、志留纪的年代地层分类及对比	(5)
三、地层区划及分区地层对比	(6)
第二章 中国南方奥陶—志留纪的化石群落和生态组合及其在恢复古地理上的应用	(7)
第一节 主要生物门类居群、个体生态特征及其与水深环境因素的关系	(7)
一、头足纲鹦鹉螺超目	(8)
二、腕足类	(10)
三、腹足类	(10)
四、双壳类	(11)
五、三叶虫	(12)
六、笔石	(13)
七、珊瑚	(14)
第二节 化石群落和生态组合的识别和划分	(15)
一、关于腕足类底栖群落和多门类的底栖组合的确定和应用	(15)
二、中国南方奥陶—志留纪生态组合剖析实例	(16)
三、中国南方奥陶—志留纪化石群落和生态组合演替的基本特征	(18)
第三节 中国南方奥陶—志留纪几个主要时期的水深信息及其横向演替	(20)
一、两河口期	(20)
二、牯牛潭期及庙坡期	(22)
三、五峰期	(23)
四、龙马溪期	(24)
五、秀山期	(26)
六、晚志留世	(27)
第三章 中国南方奥陶—志留纪沉积相类型及其特征	(28)
第一节 海陆过渡相组和海岸相	(28)
一、三角洲相	(28)
二、海岸相	(30)
第二节 浅海相	(30)
一、陆棚亚相	(30)
二、近陆边缘陆棚浅盆亚相	(32)

三、陆棚内盆地亚相	(34)
四、碳酸盐台地亚相	(35)
五、生物礁和生物丘	(37)
六、台缘斜坡亚相	(38)
七、碳酸盐下斜坡亚相	(40)
八、陆棚边缘深盆亚相	(41)
第三节 次深海相	(43)
一、大陆边缘盆地亚相	(43)
二、大陆边缘深盆的浊流沉积亚相	(44)
第四章 盆地构造分析及古地理重建	(46)
第一节 早奥陶世早期各沉积单元的岩相古地理轮廓	(46)
一、块体和沉积单元的划分	(46)
二、扬子地块的沉积单元及其沉积相	(47)
三、华夏地块的沉积单元及其沉积相	(53)
第二节 中奥陶世至早志留世各沉积单元的岩相古地理轮廓	(55)
一、牯牛潭期—庙坡期的沉积单元及沉积相展布	(55)
二、五峰期的沉积单元及沉积相展布	(61)
三、龙马溪期沉积单元及沉积相展布	(67)
四、挤压阶段的古地理演化特点及华南主要盆地的构造性质	(72)
第三节 早志留世秀山期—晚志留世沉积相展布及古地理轮廓	(74)
一、秀山期沉积相展布及古地理轮廓	(74)
二、晚志留世沉积相展布及古地理轮廓	(79)
第四节 中国南方奥陶—志留纪主要沉积区的沉积史、沉降史及海平面 变化	(83)
一、扬子北缘沉积区	(83)
二、扬子沉积区	(84)
三、江南沉积区	(89)
四、华南沉积区	(91)
五、云开—钦防沉积区	(93)
第五章 中国南方奥陶—志留纪沉积、层控矿产	(96)
第一节 锰矿	(97)
一、古陆边缘海湾沉积锰矿	(97)
二、碳酸盐台地边缘沉积锰矿	(98)
三、台缘斜坡沉积锰矿	(100)
第二节 铁矿	(101)
一、“华弹式”铁矿	(101)
二、广西北流、容县含锰菱铁矿床	(102)
第三节 层控铅锌矿	(102)
参考文献	(103)
英文摘要	(105)
图版说明及图版	(111)

前 言

“中国南方奥陶—志留纪岩相古地理与成矿作用”是地质矿产部“七五”重点攻关项目“中国南方岩相古地理及沉积、层控矿产远景预测”的一个二级课题。其研究范围包括南方13个省及其与陕西、河南、山东等省的接壤部分，面积约200多万平方公里。以前人划分的扬子准地台及其边缘地带为研究重点地区。

在课题实施中，我们注意以下三个方面：①认真搜集第一性资料，共实地观测70多条剖面，全面收集沉积相、地层、古生态等方面的资料；②注意对各种有关资料的再开发和挖潜利用，使前人工作成果在我们的研究中充分得到利用；③强调多学科的互相渗透和有机结合，尽可能地做到多学科、多专业的融合，以提高古地理的研究程度。

在研究中，我们着重进行下述工作：①注重沉积相宏观标志的搜集和研究，特别是野外实地沉积标志的识别和沉积岩相的划分，我们认为这是编制岩相古地理图的关键；②注意构造背景研究以及不同构造背景下的沉积特征研究，正确确定沉积盆地的构造性质及其类型；③注意古生态和生物群落的研究，使这一新兴分支学科为岩相古地理研究服务。

还着重研究了现有为数不多的沉积、层控矿床的古地理环境，以利于拓宽找寻奥陶—志留纪沉积矿产的思路，明确找矿方向。

本书由地质矿产部成都地质矿产研究所和中国地质大学（武汉）共同完成。在周名魁、王汝植、李志明主持下撰写。参加编写的人员及分工：前言由周名魁执笔；第一章由王汝植、李志明、何原相、胡昌铭执笔；第二章由王汝植、胡昌铭、杨家骥、何原相执笔；第三章由袁鄂荣、楼雄英、周名魁执笔；第四章由周名魁执笔，王汝植、李志明参加；第五章由熊代全、周名魁执笔。书中的英文摘要由张选阳、楼雄英、周名魁翻译。附图和插图由徐丽玲清绘。最后由周名魁、王汝植统纂定稿。

在研究过程中，得到项目负责人刘宝珺教授和项目顾问王鸿祯教授的指导、支持以及杨巍然教授的帮助。成都地质矿产研究所和中国地质大学（武汉）两个单位的电镜室、磨片室、照像室、同位素室做了大量的岩石、矿物分析、制片及照像工作。本书引用了南方各省地矿局、区调队、地质队、科研所及中国地质大学、中国地质科学院地质所、中国科学院南京古生物研究所等有关地质资料，在此谨向上述同志和单位表示感谢。

第一章 中国南方奥陶—志留纪

地层分区、分类及对比

本章以中国南方为整体研究对象，充分重视基底性质的差异和不同构造演化阶段的影响，重点在于探讨这两个时代地层分布、发育状况、沉积类型、生物面貌。在编制岩相古地理图时，以活动论观点为指导，在统一时限的基础上，着重对两河口阶、牯牛潭—庙坡阶、五峰阶、龙马溪阶、秀山阶及关底—妙高—玉龙寺阶分别进行分区对比。其目的在于确定制图地层单元，为沉积相区划分和沉积盆地演化提供地层基础资料。

第一节 中国南方奥陶—志留系的分布 及发育状况

一、奥陶系

中国南方的奥陶系分布十分广泛，区内各省均有出露，其中川、黔、鄂、皖、湘、桂、赣等省的大部分地区地层尤为发育，层序完整，生物化石丰富，并具有多种沉积类型。

川、黔、鄂、滇东北及皖北等地的奥陶系多由碳酸盐岩和粘土碎屑岩呈不等厚的间层组成，厚度不大，分层明显，与下伏、上覆地层一般呈整合接触，属于稳定类型的沉积。这些地区的生物化石十分丰富，主要以笔石相和介壳相交替出现或混生为特色。湘北、赣北、桂北、皖南及浙江部分地区的奥陶系下部岩性横向变化较大，有的是以碳酸盐岩为主，有的底部为灰岩，而往上过渡为页岩夹透镜状灰岩，有的则全由页岩组成。奥陶系中部在区内普遍为页岩、粉砂质页岩或夹有硅质页岩。其上部地层的岩性在南北方向上变化较大，北面由灰岩、泥灰岩、砂页岩的不等厚间层组成，往南则变成页岩和砂岩。上述地区奥陶系的总体特征是地层厚度明显增大，岩相横向变化显著，以粘土碎屑沉积为主，夹有碳酸盐岩；所含生物化石以笔石类最为发育，仅部分层位中见有少量三叶虫或头足类化石，常表现为扬子型与华南型生物的混生，属于稳定型与活动型之间的过渡沉积类型。绍兴—宜春以南，宜春—衡阳—全州—桂林—凭祥以东的赣、闽、粤、桂的部分地区，奥陶系多由碳硅质页岩、粉砂岩、长石石英砂岩、凝灰质砂岩组成，厚度巨大，并具轻度变质，且发育不完整，其上多为泥盆系不整合覆盖，生物化石少而种类单一，属于活动型沉积。在粤西、桂东一带，奥陶系底部为块状砾岩、砂岩夹透镜状砾岩；下部为粗至细粒石英砂岩夹砂质页岩和砾岩；上部由砂质页岩、石英砂岩组成，夹有黑色页岩和绢云母页岩。这些地区所见生物化石有三叶虫、腕足类、腹足类，与邻区的笔石页岩相沉积有明显的区别。

二、志留系

与奥陶系相比，中国南方志留系的分布范围明显减小，尤其湘、赣、桂、粤、苏、

浙、闽等省更甚。根据地层的沉积特征、发育状况以及所含生物化石的种类和性质，区内的志留系可大致分为如下类型：

(1) 以云南东部和东北部、四川大部、贵州中部和北部、湖北西部、湖南西北部为代表的志留系，属稳定类型沉积，其下部常为页岩、砂质页岩；中部多为灰岩；上部以砂岩、粉砂岩为主的碎屑沉积。厚度在2000m以下，未受变质作用。生物化石丰富，下部笔石发育，中、上部常见有腕足类、三叶虫、珊瑚、头足类和腹足类。中下部地层分布较广，并与下伏奥陶系多呈整合接触；上部地层出露范围较小，而且各地地层缺失程度不一，并分别为泥盆系或二叠系所覆盖。

(2) 湖北东南部、安徽南部、浙江西部和江西西北部的志留系以碎屑沉积为主，厚度巨大，化石稀少。按以往的划分，下、中、上三统俱全，发育较为完整，但上统依据不足，其时代归属至今仍有分歧。

(3) 广东西南部和广西西南部的志留系分布更为局限，并与前述两类沉积的分布区相隔离。区内地层是由砂页岩组成，厚度在2000m以上，发育完整，复理石韵律明显，生物化石仅见笔石类，属于典型的活动型笔石页岩相沉积。

第二节 中国南方奥陶—志留纪年代地层分类、对比及地层区划

一、奥陶纪的年代地层分类及对比

中国南方奥陶系沉积类型多样，研究程度不一，因而无论是岩石地层还是年代地层的划分对比，不同学者各有所侧重和各自的依据，认识极不统一。如何认识和探讨这一长期有争议的问题，是地层古生物研究工作的重要任务，在本课题中不宜详细论述。仅根据编制岩相古地理图的需要，选用以往较为通用的划分方案，并对个别界线的对比适当加以说明。

关于奥陶系的划分，我国部分学者通过对扬子区奥陶纪多门类生物演化的研究，提出了奥陶系二分的方案（赖才根等，1982）。考虑到国内外目前较通用的仍然是三分，加之本课题近年来对中国南方奥陶纪沉积与构造所做的研究，在早、中、晚奥陶世的岩相和古构造格局都各具特色。为了更好地说明中国南方奥陶纪岩相古地理和古构造的时空变化，达到前呼后应、相互印证的目的，本文采用奥陶系三分方案。

阶的划分，目前我国已提出两套建阶方案；一套是赖才根等（1982）提出的以峡东地区为建阶层型的方案，根据多门类化石进行地层对比，建立八个阶；另一套是张文堂等（1981）综合我国南方笔石动物群的演化阶段，分别选择几个笔石地层发育最好的地区作为层型地区，建立了六个阶（包括25个笔石带）。结合本课题的研究范围和各地区地层古生物发育状况，我们认为以两套分类方案并用为宜，其对比关系见表1-1。

需要指出的是：

(1) 上述大湾阶的下限是划在 *Didymograptus abnormis*/*Azygograptus suecicus* 带与 *Didymograptus deflexus*/*Didymograptus "protobifidus"* 带之间，而本文所称的大湾阶，其下限则划在 *Tetragraptus fruticosus*/*Didymograptus filiiformis* 带与 *Eta-graptus approximatus* 带之间。对原大湾阶的涵义进行厘定的原因：①大湾阶是以峡东地区的大湾组为层型，由于过去在大湾组下部所见笔石仅相当 *Azygograptus suecicus* 带，

表 1-1 奥陶系两套年代地层分类方案对比

稳 定 沉 积 区	活 动 沉 积 区	英 国
五 峰 阶	五 峰 阶	Ashgillian
临 湘 阶	石 口 阶	Caradocian
宝 塔 阶	韩 江 阶	
庙 坡 阶	胡 乐 阶	
牯 牛 潭 阶	宁 国 阶	Llandeilian
大 湾 阶		Llanvirnian
红 花 园 阶		Arenigian
两 河 口 阶		Tremadocian
	新 厂 阶	

以其作为大湾阶的下限是可行的。但是根据近年来古生物研究成果，在宜昌、南漳、京山、柞春等地大湾组 *Azygograptus suecicus* 带之下已先后采获了 *Didymograptus deflexus* 和 *Didymograptus protobifidus* 等下曲、下垂型对笔石，表明大湾组的下界也低于 *Didymograptus deflexus* 带；②在稳定沉积区红花园组之上，鄂西为大湾组，黔北川南为湄潭组。由于以往在大湾组下部仅见有 *Azygograptus suecicus* 带，而湄潭组最低的笔石带为 *Didymograptus filiiformis* 带，依据笔石带的对比，可知黔北湄潭组的下部向东相变为鄂西红花园组的上部。实际上，由于各地沉积环境不尽相同，各类生物的发育状况、分布状况以及保存状况也必有差异。宜昌地区大湾组下部 *Azygograptus suecicus* 带之下发现少量的 *Didymograptus deflexus* 等笔石，正是表明鄂西和黔北之间主要是岩相和生物相的变化关系，以此作为年代差异的依据，似应重新商榷；③鄂西红花园组所含头足类化石是以 *Manchuroceratidae* 科和 *Protocameroceratidae* 科的发育极盛时期为特征，可定为 *Coreanoceras-Manchuroceras* 组合；黔北地区的红花园组不仅在岩性特征上与鄂西地区十分相似，而且头足类动物群组合面貌也基本一致。在红花园组之上，无论是大湾组、或是湄潭组，都反映了生物面貌或生物发展演化的明显变革时期，同时也是沉积相在较大范围内的显著变化时期。如果把鄂西红花园组上部视为黔北湄潭组下部的相变，从生物、沉积作用和地质构造等诸方面都是难以解释的。

(2) 关于红花园阶的时限及对比问题，原称红花园阶是以鄂西峡区红花园组为层型剖面，而红花园组的建组地点是在贵州桐梓县的红花园，由于对红花园组的对比尚存在分歧，因此在阶名的选择上似有欠妥之处。再者，按建阶时所划定的时限，鄂西峡区包括三个化石带，自下而上分别为：

- ③ *Didymograptus "protobifidus" / Didymograptus deflexus* 带
- ② *Tetragraptus fruticosus / Didymograptus filiiformis* 带
- ① *Etagraptus approximatus* 带

现将③、②两带划归大湾阶，则红花园阶仅剩有①带。但是，红花园组属于介壳相沉积，主要是富产头足类、腕足类、三叶虫等化石的石灰岩层，而与其对比的 *Etagraptus approximatus* 带内，反称笔石类中的 *Adelograptus*, *Triograptus*, *Clonograptus* 还占有相当的比重。这些反称笔石都是华南新厂期常见的重要分子，与 *Adelograptus-Acanthograptus sinensis* 带的关系较为密切。因此，对于以介壳相为特征的红花园期，似乎也可以合并在两河口阶（或新厂阶）。目前考虑到红花园组位于 *Acanthograptus sinensis* 带之上，以及 *Etagraptus approximatus* 带的笔石群似具有过渡性质，本文仍保留红花园阶，并暂以 *Etagraptus approximatus* 带作为划分标准。

二、志留纪的年代地层分类及对比

志留纪是地史上加里东构造阶段地壳运动最为强烈的时期，也是古地理轮廓发生巨大变革的时期，复杂多变的沉积环境和沉积条件，决定了志留系特征、分布及其发育程度复杂多变的特殊性。中国南方的志留系包括多种沉积类型，沉积相和生物相的时空变化十分显著，各地地层古生物的发育程度不一，这是影响志留系研究程度的重要因素。

1984年莫斯科第27届国际地质会议通过了志留系的国际划分标准，将志留系分为两个亚系、四个统。下志留亚系分为兰德维利统（Llandovery series）、文洛克统（Wenlock series），上志留亚系分为罗德洛统（Ludlow series）、普里多利统（Pridoli series）。长期以来，我国志留系习惯上采用三分，下志留统相当国际标准的兰德维利统，中志留统大致相当文洛克统，上志留统与罗德洛统及普里多利统相对比。本文采用二分方案，但因研究程度所限，仅将原下、中志留统合并，以利于与国际划分标准相对应。

近年来中国南方志留系的研究有许多新进展，尤以稳定沉积区的古生物研究的新成果最多，为我国志留纪年代地层分类的建立提供了重要依据。根据生物化石和沉积特征，林宝玉等（1984）分别选择川、滇、黔、湘、鄂交界地区及滇东曲靖地区为层型剖面，提出了三统七阶的划分方案，较系统地反映了当前中国南方志留系的研究水平。本文采用志留系二分，但划阶标准仍与林宝玉等（1984）相一致，其对比关系为附表 1-2 所示。

表 1-2 中国南方志留系划分对比表

本 文	林 宝 玉 等		前 苏 联
上志留统	上志留统	玉龙寺阶	Pridolian
		妙高阶	
		关底阶	Ludlowian
下志留统	中志留统	秀山阶	Wenlockian
	下志留统	白沙阶	Llandoveryian
		石牛栏阶	
		龙马溪阶	

三、地层区划及分区地层对比

地层区划是区域地层研究工作的一项重要内容，也是古地理及地史探讨的基础和依据。地层区划反映的是地层发育特征的空间分异情况，以及各地区之间地层在时间上的相互关系。它可分为综合地层区划和断带地层区划两种，前者是以各地区全部地质发展时期地层发育的特征为依据，后者则是反映某一地质时代的地层及其时空变化的特征。根据本课题研究的需要，地层区划的时限为“期”，目的是通过各时期地层分区情况的对比，以反映古地理及沉积环境的演变。

本文中的地层区划单位采用大区、区、分区和小区四级分类。

大区：是指一个较长时期已经形成的独立地区（块区）。中国南方在奥陶纪时可以划为两个大区，即扬子大区和华夏大区，至志留纪逐步形成一个统一的大区。

区：是大区内地层区系的进一步划分。每个区的沉积特征、生物类型和组合都受到基底性质的控制和构造活动的影响，因此每个区的沉积性质、生物种类、生态类型都独具特点，相互区别。

分区：是一个区内地层区系的再划分。在一个分区内，沉积物的性质大体相近，有着类似的生物组合面貌，反映的是较为接近的沉积环境，因此分区代表的是一个沉积相带。随着时间的流逝和构造条件的改变，分区界线也将发生显著的变化。本文关于分区的划分，将结合第四章古地理格局的探讨一并加以对比。

小区：是最基本的区划单位，代表的是一个特定的相型。小区内有着类似的生物组合面貌、完全相同的沉积环境。小区的划分与对比见表1-3、表1-4。

第二章 中国南方奥陶—志留纪的化石群落和生态组合及其在恢复古地理上的应用

生物化石、遗迹化石都是地质历史的产物，尽管生物界的繁衍、兴衰有其独特的演化历程和规律，但生活在自然界的生物不仅在生存期间要受环境因素的影响和控制，而生物在死亡后的埋藏、直至形成化石的过程，能反映一定的环境条件。从这个意义上说，地层中保存的生物化石或遗迹化石实属一种特殊的沉积产物，其中包含着生态限制因素和环境信息，它对重塑古环境和恢复古地理无疑可以提供重要的依据。这是本章的基本思路和出发点。然而，中国南方地域辽阔，地质构造复杂，沉积环境多样，各类生物的地理分布范围多变，尤其奥陶—志留纪是地史上加里东构造阶段地壳运动剧烈的时期，古地理和古环境的变迁十分显著。对于这样的地域，运用古生物化石群落和生态组合来分析古环境及其演变历程，其难度是可想而知的。

目前，古生态学已经发展成为古生物学的重要分支。近 20 年来，在这一领域中人们力图将化石理解为一度活着的生物，试图通过化石名单探索曾经结合一体的群落和生态系统，期望从分布图中看到各地质时代中不断变化着的生物地理。面对绝大多数已经绝灭了生物，古生态学家不仅根据生态系统的分异度、群落生态、演化及营养结构来分析化石，而且从骨骼的沉积特征、化学性质及构造等方面也作了有益的尝试。古生态学的研究及其意义也更加引起人们的关注。

化石群落和生态组合的研究是古生态学的重要内容，并且已经普遍用于探讨古环境。尽管定义不尽相同，但其基本点包括两方面：①认为化石群落是一定地区、相同的环境条件、相互依存、相互作用的各类生物的自然组合；②地史时期的陆表海与陆缘海的陆棚区平坦的海底分布广泛，底面坡度很小，按现代陆架的平均度 $0^{\circ}07'$ (Shepard, 1973) 推测，地史时期的坡度可能也接近这个数据，因此一般的陆棚区生存的生物死亡后多为原地埋藏，可作为生活场所的环境信息。

与陆棚区化石群落的研究相比，大陆斜坡及深水盆地的研究程度显然要差一些，因为这些地区底栖化石、介壳化石稀少，地层厚度变化大，加之构造变形和变质作用的影响，区域地层的研究程度不高；另一方面，在古生态学的研究中尚存在如何区分原地埋藏和异地埋藏的问题，工作难度较大。对于这些地区，借助于沉积学和构造学的研究成果则是必要的和有益的。因为环境解释的准确性来自于古生态学解释、沉积学解释、构造学解释，以及其他方法检验的综合。

第一节 主要生物门类居群、个体生态特征及其与水深环境因素的关系

居群生态学和个体生态学是群落古生态学的基础，是以具体种（属）单个个体或多个

个体生态特征和环境因素的关系为研究内容。具体地说，是用现实主义原理和形态功能分析的方法，研究个别生物或某个类别的生活方式及其与环境的关系，特别是生物形态功能所显示的对环境因素的指示作用。

生物的形态特征和功能作用与其生活方式密切相关，不仅生物体内结构之间具有严密和谐关系，而且生物的形态、生理特征和生活史与它们生存的环境之间同样也存在着和谐关系。不同的结构形态，其功能不尽相同，而不同的功能又明显地反映在与一定环境因素相适应的生活方式上。反之，环境因素诸如海平面的升降、海水的混浊度和含盐度、食物的供给量、以及全球性气温变化等对生物的生存和兴衰的影响和控制作用也是显而易见的。本节试图选择中国南方奥陶—志留纪常见的几个生物门类进行形态功能分析，再现其生活方式，目的在于探讨生物的形态功能、生活方式及其与水深因素的关系，力求为恢复古地理提供依据。

一、头足纲鹦鹉螺超目

头足类生物在地史上分布广泛，种类繁多，据统计约千余属，万余种，在地层划分对比上具有重要意义。作为头足类的一种类型——鹦鹉螺超目，它最早出现于寒武纪末期，奥陶纪迅速繁衍而进入全盛期，成为当时重要的具代表性的生物门类。自志留纪开始衰退，至现代仅在热带和亚热带海域中残留一种带外壳的鹦鹉螺属 (*Nautilus*) 和一些内壳型头足类——鱿鱼及章鱼。

现代鹦鹉螺常见于太平洋的马来西亚半岛、菲律宾群岛、以及我国东沙—西沙群岛附近的海域中，擅长游泳，是一种食肉动物。据生物学家研究，尽管鹦鹉螺善于游泳，但其食物却来自海底表面，以甲壳动物为主。它们能够挤碎贝壳或在贝壳上凿洞。少数以底栖方式生活，如章鱼，有时在深水中以沉积物为食。尽管过去鹦鹉螺类与现代鹦鹉螺不尽相同，但按化石形态和壳体结构分析，推测其生活习性仍有许多相同之处，其中包括游泳、近底游动或浮游等不同的生活方式。

化石鹦鹉螺类的壳体结构包括外壳、体管、隔壁、气室、隔壁颈、连颈环等部分，与现代鹦鹉螺大致相同，而化石鹦鹉螺的壳体有直形、弯弓形、散卷形、包卷形等多种外形，体管有大有小、位置也不一样，隔壁具厚薄、疏密不一，隔壁颈长短不均，连颈环有简单的和复杂的，所以，其生活状况必然是多种多样的。根据中国南方奥陶—志留纪鹦鹉螺化石在地层中的垂直分布并联系其结构形态分析，似乎可大致概括出如下规律：

- (1) 壳形由微弯曲(内腹弯曲或外腹弯曲)一直形一直形、弓形和盘旋形—短锥形；
- (2) 隔壁颈由长颈形—短锥形；
- (3) 体管由大变小，体管内部结构趋向简单；
- (4) 连颈环逐渐复杂化，气室及体管内灰质沉积增多，形态各异。

各时期有其相互区别的头足类化石组合，尽管各化石组合的属种各具不同的特征，但生活在同一时期、同一环境难免不表现出相同或相似的时代特征和环境特征。或许这种结构形态和功能的变化与环境演变之间是相互适应的关系，是持续动态进步性的变化结果。作者认为：(1) 壳形微弯曲、体管较大、体管结构复杂、以及隔壁较密(气室低小)较平直的类型应以底栖表生方式为主，生活在陆棚低水面(或潮间带)环境中，如 *Ellesmeroceratidae*、*Proterocameroceratidae*、*Manchuroceratidae* 和 *Coreanoceratidae* 等类型；(2) 直形粗大长锥状外形，体管大，隔壁颈长或较长，隔壁密度减小(气室增高)