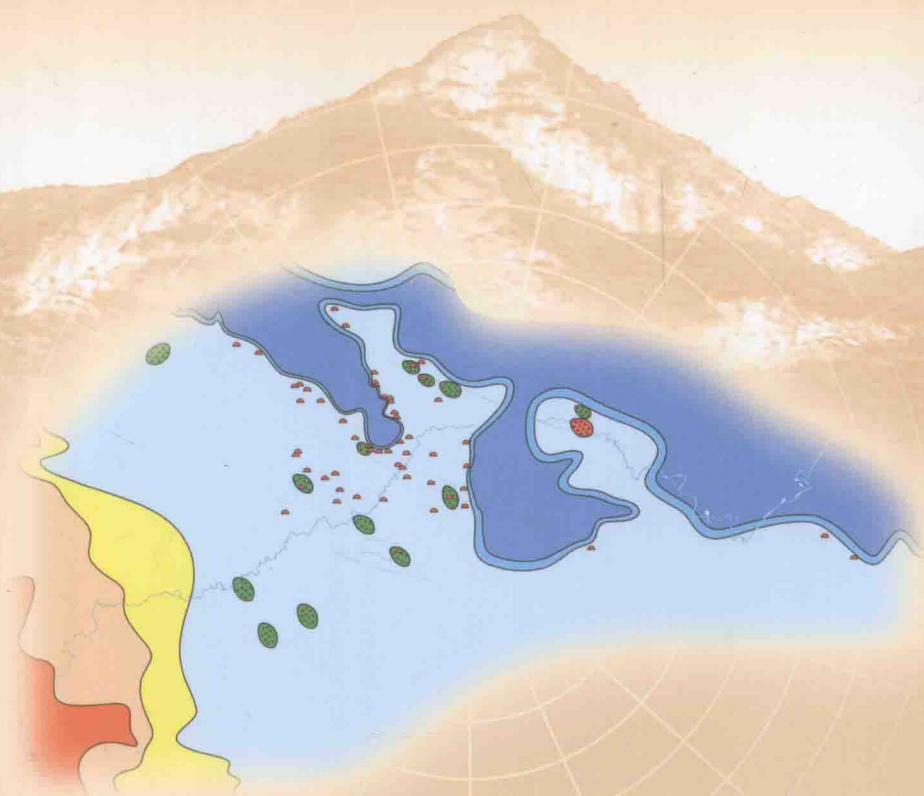


LITHOFACIES PALAEOGEOGRAPHY OF THE PERMIAN
IN MIDDLE AND UPPER YANGTZE REGION

中上扬子地区二叠纪 岩相古地理

罗进雄 何幼斌 © 著



石油工业出版社

中上扬子地区二叠纪岩相古地理

罗进雄 何幼斌 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以中上扬子地区二叠系为研究对象,从古生物学、沉积地球化学入手,深入研究了各类岩石的特征及成因,阐明了其沉积环境;以“单因素分析多因素综合作图法”为方法论进行了系统的定量岩相古地理研究,并从岩相古地理的角度探讨中上扬子地区二叠系的石油地质条件,提出了有利的油气勘探区块。

本书可供从事岩相古地理与南方二叠系油气地质勘探研究的专业人员参考,也可作为高等院校相关专业师生的参考书目。

图书在版编目(CIP)数据

中上扬子地区二叠纪岩相古地理/罗进雄,何幼斌著.
北京:石油工业出版社,2014.7

ISBN 978-7-5183-0178-2

I. 中…

II. ①罗…②何…

III. 二叠纪-岩相-古地理学-研究-西南地区

IV. P586

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 086851 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:<http://pip.cnpc.com.cn>

编辑部:(010)64251362 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技有限公司

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:12.75

字数:305 千字

定价:50.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

中国南方海相碳酸盐岩分布广泛,中生界、古生界海相地层分布面积 $149 \times 10^4 \text{ km}^2$,有利勘探面积 $76 \times 10^4 \text{ km}^2$ (王根海,2000)。据全球油气资源统计结果分析,特提斯域分布面积仅占全球含油气区面积的 17%,但资源储量却占全球总储量的 68% (Klemme 和 Ulmishek, 1991)。而震旦纪—三叠纪华南是特提斯多岛洋体系的一部分(殷鸿福等,1999),这说明南方原型盆地应当具有与世界其他特提斯域类似的含油特征和资源丰度。在南方各地已发现的古油藏、油苗达 1500 多处,钻遇古生界的井有油气显示的占一半以上,表明南方油气分布是非常广泛的。

中上扬子地区规模性的油气勘探始于 20 世纪 50 年代,对构造、岩石学、沉积相、烃源岩、储层、圈闭、成藏规律等多方面的认识取得了较大进展,也取得了一系列重大的突破。20 世纪 90 年代中期中国石油天然气总公司新区勘探事业部于渡口河地区取得了重要发现,并向铁山坡、罗家寨等地区不断扩大了勘探成果(冉隆辉,2006)。2003 年以来在强化基础地质研究的基础上,在川东北普光地区发现了普光大气田(马永生,2006;马永生和蔡勋育,2006),而后在开江—梁平地区西侧的元坝地区、龙岗地区长兴组取得了重大发现,但是相对于厚度大且大面积分布的海相碳酸盐岩而言,就显得微不足道了;这说明南方二叠系成为了天然气勘探开发的重点层系,展示了南方二叠系良好的油气勘探前景。

总体而言,南方二叠系的勘探程度较低,关于烃源岩、储集岩、盖层和保存条件等方面的研究仍有深化的空间。岩相古地理研究作为油气勘探工作的基础,对其展开详细而系统的研究,有助于弄清岩相古地理的分布及演化规律,阐明其与烃源岩、储集岩和盖层发育的关系,从而指导油气勘探。但是,目前关于中上扬子地区二叠纪的岩相古地理研究还存在着一些问题,需要认真地研究和解决。在岩石学方面,研究区二叠系部分岩石的成因仍存在着较大的分歧(如眼球状石灰岩、白云岩和薄层硅岩的成因),这就在一定程度上影响了沉积环境的分析和古地理图的编制等相关研究工作;因此,有必要对中上扬子地区二叠系进行全面的、系统的、深入的定量岩相古地理研究,深化对其岩石学和古地理学的认识,为油气勘探提供详实的基础地质依据。

本书共分六章。第一章阐述了中上扬子地区二叠系的构造演化和地层划分及特征;第二章阐述了中上扬子地区二叠纪的生物化石类型与组合及其与沉积环境的关系;第三章阐述了中上扬子地区二叠系的岩石类型及特征,并重点阐述了眼球状石灰岩、白云岩和硅岩的成因;第四章在各基干剖面研究的基础上归纳了中上扬子地区二叠纪沉积环境的类型,阐述了中上扬子地区二叠纪缺氧沉积的成因和分布规律;第五章采用“单因素分析多因素综合作图法”编制了中上扬子地区二叠系各阶的单因素图和定量的岩相古地理图,阐明了中上扬子地区二叠纪各期的岩相古地理分布和演化规律;第六章在岩相古地理研究的基础上,结合有机地化分析,探讨了生油条件和储集条件,指出有利的烃源岩、储集岩的类型和分布相带,从岩相古地理的角度出发,结合生烃条件、储层条件、盖层条件以及油气保存条件,提出了有利的油气勘探区

带。该成果是在国家科技重大专项“南方海相碳酸盐岩成藏条件与有利勘探区带评价研究”(编号:2011ZX05004-001-004)和中国石油化工股份有限公司前瞻性项目“南方二叠系定量岩相古地理研究及油气预测”(编号:YPH08019)研究成果的基础上总结完成的。

本书由罗进雄和何幼斌编写完成。统编和定稿工作由何幼斌完成。参加野外工作和室内研究工作的还有王丹、文静、李蔚洋、周新平、李华、杜红权、田雨、李向东、董刚、蒋金晶、罗薇、刘娜等。在研究过程中,还得到了中国石油大学(北京)冯增昭教授和鲍志东教授,中国石油勘探开发研究院地质研究所胡素云所长、汪泽成副所长和刘伟博士,西南石油大学王兴志教授,中石油西南油气田分公司的李天生高级工程师、张荫本高级工程师、朱永刚高级工程师和李跃刚高级工程师以及长江大学地球科学学院的彭德堂高级实验师的指导和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

本书的出版得到了国家科技重大专项“南方海相碳酸盐岩成藏条件与有利勘探区带评价研究”(编号:2011ZX05004-001-004)的资助。

由于笔者水平有限,书中定有诸多不妥之处,敬请广大读者批评指正。

著 者

2014年4月

目 录

第一章 区域地质背景	(1)
第一节 区域构造背景	(1)
第二节 地层划分及特征	(4)
第二章 生物化石与沉积环境	(16)
第一节 生物化石类型	(16)
第二节 古生态特征和化石组合	(20)
第三节 各阶化石组合特征	(25)
第三章 岩石类型及特征	(29)
第一节 碳酸盐岩	(30)
第二节 硅岩	(45)
第三节 碎屑岩	(59)
第四节 火山碎屑岩	(61)
第五节 火山岩	(62)
第六节 其他岩石	(63)
第四章 沉积环境研究	(66)
第一节 基干剖面岩石特征及沉积环境	(66)
第二节 沉积环境类型	(80)
第三节 缺氧环境	(87)
第五章 岩相古地理研究	(93)
第一节 单因素分析多因素综合作图法概述	(93)
第二节 单因素分述	(94)
第三节 中二叠世栖霞期岩相古地理	(97)
第四节 中二叠世茅口期岩相古地理	(108)
第五节 晚二叠世吴家坪期岩相古地理	(117)
第六节 晚二叠世长兴期岩相古地理	(128)
第七节 各期岩相古地理格局及其演化特征	(141)
第六章 岩相古地理与油气	(147)
第一节 烃源岩	(147)
第二节 储集岩	(158)
第三节 盖层及保存状况	(167)
第四节 油气勘探的有利地区	(169)
参考文献	(173)
图版	(183)

第一章 区域地质背景

从地理位置上来看,中上扬子地区的西南以宝兴—荣经—昭觉—六盘水为界,西北以宝兴—北川—广元—汉中为界,北部以汉中—襄阳—九江为界,东南以南昌—长沙—贵阳为界,涉及滇、黔、川、渝、陕、鄂、湘和赣等 8 个省市,即从东经 102° 到 116° ,北纬 26° 到 33° 的广大区域,面积约为 $50 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

第一节 区域构造背景

从大地构造位置上看,研究区位于扬子准地台的中西部,与扬子地块范围大致相当,即红河断裂、菁河—小金河断裂、龙门山断裂以东,大巴山、襄樊—广济断裂以南,团风—麻城、浠浦—四堡、垭紫罗、师宗—弥勒断裂以西的广大地区(马力等,2004)。扬子地块是中国南方最主要的构造单元,它在四川、云南的结晶基底以康定群、荇林群为代表,湖北以崆岭群、杨坡群为代表,其主要岩性为片麻岩、片岩、变粒岩、角闪岩(马力等,2004)。

中上扬子地区自晚元古代以来,大致可划分出 6 个主要构造变革时期(四川油气区石油地质志编写组,1992),即扬子旋回、加里东旋回、海西旋回、印支旋回、燕山旋回和喜马拉雅旋回等 6 个旋回,见表 1-1。

扬子旋回包括晋宁运动和澄江运动。晋宁运动使得前震旦纪地槽回返,使前震旦纪地层区域变质,形成了扬子准地台底层褶皱变质基底,使扬子准地台大部固结。其后的澄江运动形成了扬子准地台东南部地区的上层变质基底,使扬子准地台最终形成,从此中上扬子地区进入了稳定的地台发展阶段。

加里东旋回一般是指寒武纪到志留纪的构造运动,包括桐湾运动、宜昌运动和加里东运动。桐湾运动发生在震旦纪末期,表现为大规模抬升,灯影组上部广遭剥蚀,与寒武系之间为平行不整合接触;宜昌运动发生在奥陶纪末期,部分地区受其影响,有过沉积间断,但剥蚀幅度不大,在四川盆地表现不明显;加里东运动发生在志留纪末期,广泛而强烈且影响深远,它使地槽区褶皱回返,地台区隆起上升。

加里东运动使上扬子地区产生了两个巨大的隆起,北为乐山—龙女寺古隆起,南为黔中古隆起,使寒武系以上地层遭受了不同程度的剥蚀(图 1-1)。此外在中扬子地区,加里东运动亦在湖北荆门地区形成了一个规模较小的古隆起。在上扬子地区,除了上述两个巨大的古隆起外,二叠系的下伏地层多为志留系,泥盆系及石炭系仅分布于古隆起的外围。而在川东鄂西地区及中扬子地区,二叠系的下伏地层多为中石炭统,次为泥盆系。经过长期的风化剥蚀、夷平,开始了二叠纪沉积,中二叠统栖霞组就沉积在这个不同层位的准平原化的基础上。

海西旋回是古生代的第二个旋回,包括泥盆纪末的柳江运动、石炭纪末的云南运动和中、晚二叠世之间的东吴运动。其性质皆属升降运动,造成地层缺失和上、下地层间的平行不整合接触。

表 1-1 四川盆地构造运动简表(据中国石油地质志,卷十·四川油气区,1989,作修改)

地层层序			年龄 (Ma)	构造 旋回	构造运动
界	系	统			
新生界	第四系		1.81	喜马拉雅旋回	喜马拉雅运动晚幕
	新近系		23.03		喜马拉雅运动早幕
	古近系		65.5		
中生界	白垩系		145.5	燕山旋回	燕山运动中幕
	侏罗系		199.6	印支旋回	印支运动晚幕
	三叠系	上统	228		印支运动早幕
		中统			
		下统			
古生界	二叠系	上统	251	海西旋回	东吴运动
		中下统	260.4		云南运动
	石炭系		299		柳江运动
	泥盆系		359.2		加里东运动
	志留系		416	加里东旋回	宜昌运动
	奥陶系		443.7		
	寒武系				
	元古界	震旦系	上统	542	扬子旋回
下统			850	澄江运动	
前震旦系				晋宁运动	

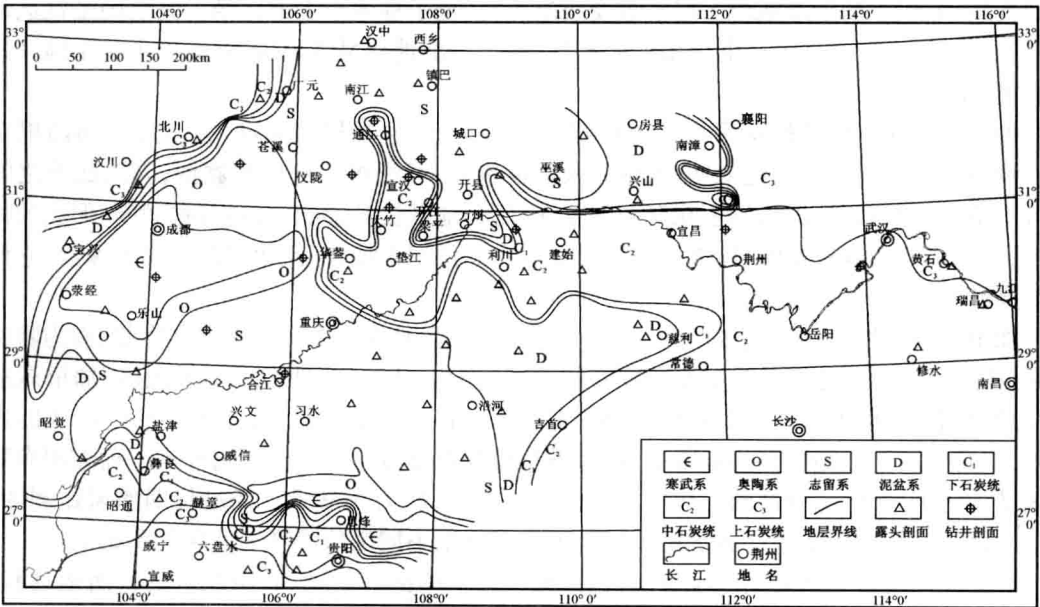


图 1-1 中上扬子地区前二叠纪古地质图

印支旋回是指三叠纪以来侏罗纪以前的构造运动,表现明显的主要有两期,一期是发生在中三叠世末的早印支运动,一期是发生在晚三叠世末的晚印支运动。印支运动全区抬起,地块四周成为造山带,地块内形成不同类型的前陆盆地和前陆隆起。

燕山旋回是指侏罗纪以来到白垩纪末期的构造运动。燕山旋回是陆相沉积盆地发育的主要阶段。燕山运动的主幕发生在晚侏罗世末期,这是中生代陆相盆地形成以来,继晚印支运动之后的又一次比较重要的构造运动,在部分地区褶皱运动表现十分强烈,使巨厚的震旦—侏罗纪的沉积盖层整体褶皱变形(江汉油田石油地质志编写组,1992)。

喜马拉雅旋回是指晚白垩世晚期以来主要发生于古近纪和新近纪的构造运动,在中上扬子地区表现强烈的主要有两次构造运动(表1-1)。一次发生在古近纪和新近纪之间(早喜马拉雅运动),这次构造运动是震旦纪至古近纪以来的沉积盖层全部褶皱,并把不同时期不同地域的褶皱和断裂连成一体,使四川盆地的构造格局基本形成。另一次构造运动发生在新近系以后、第四纪以前(晚喜马拉雅运动),这次运动在川西表现得十分明显,大邑砾岩有强烈的构造变动,就是这次运动的证据。这次运动使早喜山期形成的构造进一步得到加强和改造。

第四纪以来新构造运动继续,至今仍在进行中,如第四纪阶地不断抬升,老断裂区时有地震发生等。本区的地貌特征、山川河流布局,都是新构造运动发展的结果。

扬子地块进一步可分为上扬子地块、中扬子地块、雪峰山基底拆离造山带3个单元(图1-2)。上扬子地块进一步可划分为龙门山前陆盆地、大巴山前陆盆地、楚雄前陆盆地、雪峰山类前陆盆地、川中隆起、滇黔隆褶带和黔南拗褶带等亚一级构造单元。

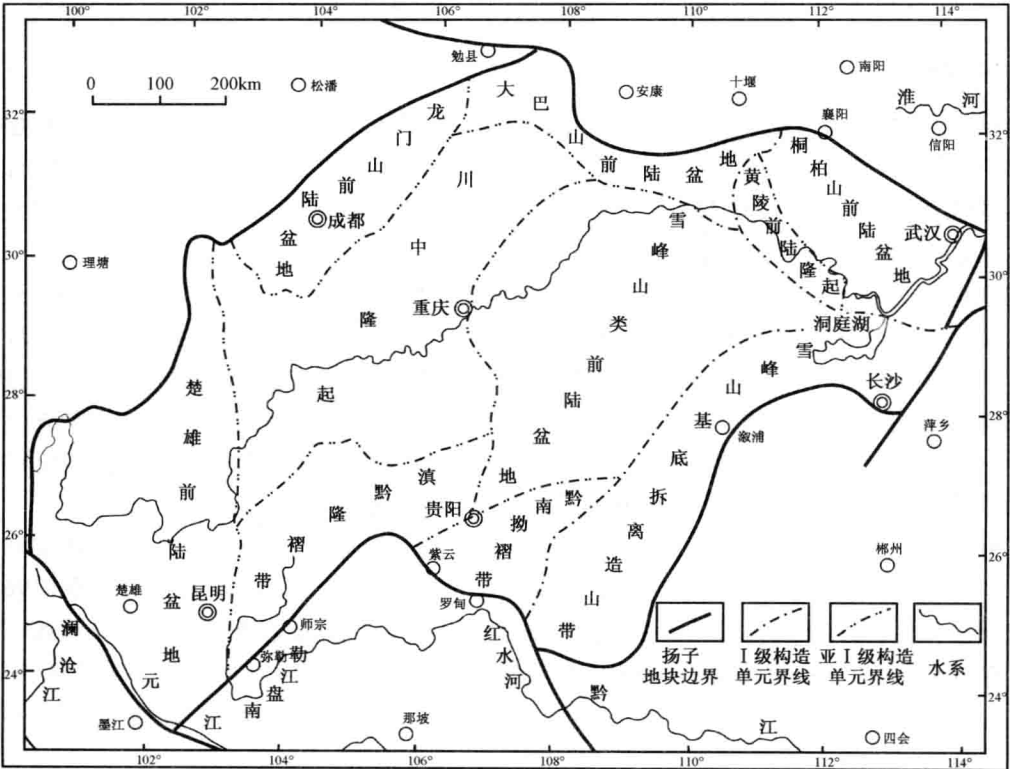


图1-2 扬子地块构造单元区划图(据马力等,2004,略作修改)

上扬子和中扬子地块以新华断裂为界,青白口纪至早震旦世分别是被裂陷槽包围的独立古陆,二者主要区别是:上扬子地块面积大、结晶基底有较多岩体侵入,中扬子地块面积小、岩体少;上扬子地块古生代沉积相变大而形成差异沉陷的克拉通盆地,中扬子地块相变小而形成整体沉陷的克拉通盆地;中扬子地块泥盆系、石炭系分布范围广,上扬子地块仅小范围分布;中三叠世晚期至晚三叠世,二者的生物群明显不同,中扬子地块与环太平洋区或北极太平洋区关系密切,上扬子地块与典型的特提斯区关系密切;中燕山运动中扬子地块改造强烈,上扬子地块弱;晚白垩世至古近—新近纪中扬子地块强烈伸展形成独立的江汉盆地,而上扬子地块相对上升,盆地萎缩,并发生挤压改造。但二者又有不少的共同特征,因此可将它们归在统一的大地块内。上扬子和中扬子地块二者主要的共同点是:古地磁接近;海相原形盆地为稳定地台沉积,都被加里东运动分成两个沉积构造旋回;加里东运动都为造陆运动;晚震旦世、中寒武世—早奥陶世、早二叠世位于统一的巨型碳酸盐岩台地内,南侧和北侧形成统一的被动大陆边缘。雪峰山基底拆离造山带是扬子地块的大陆边缘,震旦纪至早古生代与中上扬子地块逐渐过渡,形成被动大陆边缘,加里东运动强烈,反转为造山带,晚古生代成为隆起或水下隆起,晚石炭世至早三叠世有厚度较小的碳酸盐沉积,印支运动明显,燕山运动形成基底拆离造山带。

第二节 地层划分及特征

一、概述

中国南方二叠系分布广泛,其厚度一般为 120 ~ 1200m,多为 400 ~ 800m。对其地层研究已有一百多年的历史。最初的调查可以追溯到 19 世纪 80 年代,主要是一些外国人进行的(中国地层典编委会,2000)。初期的调查活动比较零星,直到 20 世纪 20 年代,中国的区域性二叠纪岩石地层序列才陆续建立起来。

20 世纪的 20、30 年代,我国地质学家叶良辅和李捷(1924)、刘季辰和赵汝钧(1924)、赵亚曾(1929)、乐森瑀(1929)、田奇镌(1929)、李四光和朱森(1930)、赵亚曾和黄汲清(1931)、黄汲清(1932)、Chen(1935)、田奇镌和徐瑞麟(1936)、张文佑和陈家天(1938)、孙云铸(1939)等,先后开展地质调查工作,建立了一些区域性的二叠系岩石分层层序。其中黄汲清(1932)的“三分”方案(自下而上分为下统船山统、中统阳新统和上统乐平统)和孙云铸(1939)的“二分”方案(自下而上分为下统阳新统和上统乐平统)的影响深远。

20 世纪 50 年代到 70 年代末,二叠系研究处于稳定的发展阶段,有关二叠纪地层和古生物的专题研究不断增多。卢衍豪(1956)对陕西汉中梁山地区二叠系的研究,盛金章(1962)对中国南方二叠系的总结,各地区 1:20 万的区调报告(尤其是含煤岩系的地层划分对比工作),以及赵金科等(1978)、侯鸿飞等(1979)、姚兆奇等(1980)在地层古生物方面的系统论著等,均富有成效,这些工作大大提高了二叠系的划分与对比精度。在这一时期,地质界几乎一致地采用了二叠系二分的方案。

20 世纪 80 年代至今,由于国际合作与交流日增,一些学者认为我国的二分法已不宜与其

他国家和地区进行对比,于是不断提出了一些“三分”的方案,如曾鼎乾(1984)、黄汲清等(1987)、张正华等(1988)、Sheng 和 Jin(1994)、李国辉等(2005)。

1994 年金玉玕等人提出了二叠系“四分”的方案(金玉玕等,1994)。实际上这一“四分”的方案与我国的“二分”及“三分”方案并无本质的分歧。

(一)二叠系的下界

二叠系下界的全球层型已经得到国际地层委员会批准,选在哈萨克斯坦北部的 Aidaralash 剖面。层型点置于第 19 层与第 20 层之间,而以牙形石 *Streptognathodus isoltus*(孤立曲颚齿牙形石)的首次出现为标志。这个层位稍低于菊石 *Shumardites* - *Vidrioceras* 带与 *Svetlanoceras* - *Juresanites* 带之间的界面,大体与鲕类 *Sphaeroschwagerina vulgaris* - *S. fusiformis* 带之底相当(中国地层典编委会,2000)。目前与石炭系—二叠系界线全球层型点相当的确切层位在我国尚未认定。

长期以来,关于二叠系与石炭系的分界问题,国内许多地质学工作者往往以中国南方阳新世与马平世(或船山世)之间的“云南运动”或“黔桂运动”所造成的假整合面作为二叠系与石炭系的分界,即把含有鲕类 *Pseudoschwagerina*(假希瓦格鲕)的岩层划归石炭系,把含有鲕类 *Misellina*(密斯鲕)的岩层划归二叠系。这一划分被第一届全国地层会议肯定后,一直持续到第二届全国地层会议(1979),至今仍有许多人沿用。

进入 20 世纪 80 年代,我国开展了大规模的石炭—二叠系界限研究,相继在中国南方(尤其滇黔桂地区)发现了许多石炭—二叠系过渡层及连续沉积的碳酸盐岩剖面,发表了大量的关于本区石炭—二叠系界限方面的论文和著作。其中吴望始等(1979)、杨敬之等(1983)、张遵信等(1983)、芮琳等(1986)、肖伟民等(1986)、张祖圻(1987)、张正华等(1988)、丁蕴杰等(1992)的著作,更为系统、深入和全面。这些工作不仅为本区建立了连续而详细的石炭—二叠系界限地层层序,同时还在许多连续层序中的鲕类 *Misellina*(密斯鲕)带和 *Pseudoschwagerina*(假希瓦格鲕)带之间,发现了一套以含 *Pamirina*(帕米尔鲕)等鲕类为特征、地方色彩浓厚、在我国现行地层系统中尚无相应位置的地层。关于这套地层的归属问题,很多学者进行过较深入的讨论,并建立了一系列的地方性的“组”或“阶”,如羊肠阶、隆林阶、常么组、纳水组、龙吟组(广义)、鸡公岭组、东华组、镇江组等。从现有资料看,这套地层虽在岩性上有差异,但所含生物化石或化石带的时限却基本相同,故它们基本上为同期沉积,可以对比。

我国的二叠系年代地层系统是以华南生物地层格架,尤其是鲕类的演化阶段为基础的一个区域性年代地层系统。统和亚统的界线分别与假希瓦格鲕类、帕米尔鲕类、新希瓦格鲕类的出现和费伯克鲕类、新希瓦格鲕类的消失相对应。不过鲕类动物群往往具高度地方性,而且限于碳酸盐岩相,必须与牙形石、菊石、放射虫、腕足类和孢粉的地层序列等配合才能形成精度较高的生物地层格架。由于与石炭系—二叠系界线全球层型点相当的确切层位在我国尚未认定,故在贵州紫云、罗甸等斜坡相或缓坡陆棚相沉积中,大体相当于 *Pseudoschwagerina udde-ni* 带和牙形石 *Streptognathodus elongatus* - *S. wabaunsensis* 带之底(张正华,1988);在广西柳州等外陆棚相沉积中,则以 *Occidentoschwagerina*(西方希瓦格鲕)原始分子的出现为标志,如广西宜山等地的内陆棚相沉积中,含 *Sphaeroschwagerina*(球希瓦格鲕)层直接位于 *Triticites noinskyi*

带之上,而在陆棚边缘相区,*Robustoschwagerina*(强壮希瓦格筳)紧覆于最后一个 *Triticites*(麦粒筳)带之上。其他地区的含筳石炭系一二叠系界线层序与此相仿。

从目前生物地层的划分看,海相地层以筳及牙形石分带的准确性较高。四川盆地二叠系以海相积为主,生物组合与中国南方海相生物具有可对比性,同属一个生物大区,但生物地层发育不全。但筳类组合相对完整,对地层划分具有十分重要的作用。通过对露头及井下剖面筳的分布研究,按照“三分”方案,四川盆地二叠系筳的分异度及生物丰度以早、中二叠世较高,晚二叠世筳进入逐渐衰亡阶段,筳的分异度及丰度均大幅度降低。根据对筳的时空分布特征分析,二叠系共划分出 7 个筳带,其中下二叠统 1 个筳带(*Pseudoschwagerina*),仅在龙门山局部地区(江油马角坝地区)有分布,盆地内均缺失;中二叠统 4 个筳带,即 *Misellina*(米斯筳)、*Cancellina*(格子筳)、*Neoschwagerina*(新希瓦格筳)、*Yabeina*(矢部筳);上二叠统 2 个筳带,即 *Codonofusiella*(喇叭筳)、*Palaeofusulina*(古筳)。四川盆地筳带分布具有可对比性,但发育不全,缺失下二叠统紫松阶上部的 *Sphaeroschwagerina moelleri* 带、*Robustoschwagerina schellwien* - *R. ziyunensis* 带及隆林阶 *Pamirina Darvasitesor - dinatus* 带,仅存下部的 *Pseudoschwagerina*(假希瓦格筳)带。中二叠统栖霞阶下部的第一个筳带 *Brevaxina dyhrenfurthi* 带及冷坞阶上部的最后一个筳带 *Metadoliolina multivoluta* 带缺失。因此在“三分”方案中,把 *Pseudoschwagerina*(假希瓦格筳)带出现作为二叠系的下界,即将原上石炭统马平组(相当于马平阶)上部 *Pseudoschwagerina*(假希瓦格筳)带划分为下二叠统(陈家坝组),而下部 *Triticites*(麦粒筳)带仍归属上石炭统。这样一来,江油马角坝地区二叠系与石炭系的界线就由传统的区域不整合界面变为了连续沉积。从区域分布特征看,研究区下二叠统仅残存于龙门山局部地区,厚度较小,一般小于 20m,年代地层相当于紫松阶下部,缺失紫松阶上部及隆林阶(李国辉等,2005)。

国际地层委员会确认以 *Streptognathodus isolatus*(孤立曲颚齿牙形石)的首次出现为全球二叠系底界的标志,也为我国石炭系与二叠系界线的确定有了明确的尺度。贵州紫云羊场剖面在 02 - 03 层发现 *S. isolatus*,既可作为该剖面二叠系之底界,也是下二叠统紫松阶的底。这个层位介于牙形石 *Streptognathodus elegantulus*(孤立曲颚齿牙形石)带与 *S. elongatus*(延长曲颚齿牙形石) - *S. simplex*(简单曲颚齿牙形石)带之间的界面,筳类 *Pseudoschwagerina uddeni* - *P. texana* 带高于含 *S. isolatus* 层(02 - 03 层)14.48m。由于目前 *Streptognathodus isolatus*(孤立曲颚齿牙形石)在其他地点和剖面尚未发现,张遵信和周建平(2000)推荐将贵州紫云羊场剖面作为我国石炭系与二叠系界线层型。

综上所述,华南地区石炭系一二叠系的界线应以牙形石 *Streptognathodus isolatus*(孤立曲颚齿牙形石)的首次出现为标志(贵州紫云羊场剖面)。不同地区筳类分别以 *Robustoschwagerina*(强壮希瓦格筳)、*Pseudoschwagerina*(假希瓦格筳)、*Sphaeroschwagerina*(球希瓦格筳)的首次出现为标志,这三属属于同一生物地理区系的大型碳酸盐岩台地的不同位置构成的共生组合,所反映的仅仅是各生态习性的差异,相当明显地反映出沉积相对它们在空间展布上的控制。由于在中上扬子地区尚未发现 *Streptognathodus isolatus*(孤立曲颚齿牙形石),故其石炭系一二叠系的界线应以筳带为标志,又因为中上扬子地区仅在川西北江油马角坝地区出现 *Pseudoschwagerina*(假希瓦格筳)带,因此其界线应以 *Pseudoschwagerina*(假希瓦格筳)的首次出现为标志,在其他的广阔地区二叠系的下界以 *Misellina*(米斯筳)的首次出现为标志;即研究区内除在江油马角坝地区二叠系与下伏地层为整合接触外,其他地区均为不整合接触。

(二)二叠系的上界

关于中国南方二叠系和三叠系的分界,在 20 世纪 80 年代以前,我国地质界几乎没有什么分歧,一般按照岩性上的区别和生物群方面的显著差别来划分,即以含筳类 *Palaeofusulina* (古纺锤筳)和腕足类 *Oldhamina* (欧姆贝)等的长兴组石灰岩之顶,或含菊石 *Pseudotirrolites* (假提罗菊石)为主的大隆组硅岩或硅质页岩之顶,以及含有丰富双壳类 *Claraia* (克氏蛤)与菊石 *Ophiceras* (蛇菊石)动物群的大冶组或飞仙关组的泥岩、泥灰岩或石灰岩之底,作为二叠系和三叠系的分界。但随着二叠系和三叠系地层学研究的深入和发展,研究者先后不断地发现了许多二叠系和三叠系海相连续沉积的剖面。据不完全统计,这种连续沉积的剖面达 20 多处。在这些连续沉积的剖面上,二叠系与三叠系往往在岩性上和化石上均呈连续过渡,即在一段厚仅数十厘米至数米的地层中,“二叠型”矛遗分子(长身贝、戟贝类、海扇类、神螺类等)与“三叠型”新生分子(耳菊石、少量克氏蛤与蛇菊石、微小近颚刺等)混生在一起。这套连续沉积的地层段,其下限为二叠系之顶,上限为三叠系底部大量出现克氏蛤与蛇菊石的层位。对此,吴绍君(1975)最早取名“过渡层”,稍后廖卓庭(1979)则称之为“混合层”。“过渡层”或“混合层”的发现,使我国地质界开始重新认识和评价二叠系和三叠系的分界。此后,我国许多学者又相继开展了二叠—三叠系界限的研究,并取得重要进展。其中,赵金科等(1978)、廖卓庭(1979)、侯鸿飞等(1979)、范嘉松等(1980)、赵金科等(1981)、何锦文(1981)、盛金章等(1982,1983)、殷鸿福(1983)、王义刚(1984)、杨遵仪等(1987)、Wang(1994)等,均作出了重要贡献。但对二叠系和三叠系的分界,也即对过渡层或混合层的归属问题,他们的认识还不完全一致。

从研究区现有资料看,研究过程中采用多数人的意见,在有过渡层的地区,将二叠—三叠系的界限划在过渡层之底;在部分未见过渡层或研究程度较低的地区,暂以双壳类 *Claraia wangi* (王氏克氏蛤)带或菊石 *Ophiceras* (蛇菊石)带之底作为研究区二叠—三叠系的分界线,此界限大致相当于传统的二叠—三叠系界限。近年来,*Hindeodus parvus* (微小舟形牙形石)的首次出现被认为是分布更广、层位更确切的二叠系顶界的标志。

(三)二叠系的划分方案

孙云铸(1939)的中国南方二叠系的二分方案得到了国内多数人的赞同。第一届全国地层会议后,盛金章(1962)著文进一步主张中国南方二叠系采用二分,并明确了各组的化石带。之后,这一方案成为我国南方二叠系地层划分与对比的准则和依据。

第二届全国地层会议仍维持二分方案,二叠系仍分为上、下两统,但其底界置于龙吟组(广义)之底,低于(原)梁山组。

此后,国内仍有很多人遵循二叠系二分的原则。但各人所指二叠系的底界,即二叠系和石炭系的分界位置却很不一致,由此产生了不少对比上的麻烦,尤其是在进行洲际性的时间对比时。随着二叠系研究的深入,从生物发展的阶段及横向(洲际性)的对比看,二叠系的二分方案已面临再认识的时候了。

中国南方二叠系的三分方案最早由黄汲清(1932)提出,他主张二叠系自下而上划分为下统(船山统)、中统(阳新统)和上统(乐平统),把二叠系的底界置于含 *Pseudoschwagerina* (假希瓦格筳)带的船山石灰岩之底。1964 年阎俊峰等在研究江西二叠系时也作了三分的划分。在

之后近 20 多年的二叠系以二分占主导的情况下,三分方案基本是默默无闻。直到 1983 年,黄汲清在研究中国南方海相二叠系时,再次提出二叠系的三分方案,并仍以筳类 *Pseudoschwagerina* (假希瓦格筳)带之底作为二叠系的底界。次年,曾鼎乾在研究四川华蓥山二叠系时,也采用了三分原则(曾鼎乾,1984)。稍后,二叠系三分的提议越来越多,如张祖圻(1985)、黄汲清等(1987)、张正华等(1988)、李国辉等(2005)的深入工作,都为二叠系的三分起了促进作用。

现在较广泛使用的二叠系三分方案是张正华等(1988)提出的,即:(1)下二叠统(黔南统),包括紫松阶和羊肠阶;(2)中二叠统(阳新统),包括栖霞阶和茅口阶;(3)上二叠统,包括峨眉山玄武岩组、吴家坪阶和长兴阶。二叠系的底界划在了筳类 *Pseudoschwagerina* (假希瓦格筳)带之底、*Triticites* (麦筳)带之顶,牙形石 *Streptognathodus elongatus* (延长曲颚齿牙形石) - *S. simplex* (简单曲颚齿牙形石)带之底。

1994 年,在我国召开的国际二叠纪地层会议上,金玉玕等(1994)提出了一个四分的方案,把二叠系自下而上划分为四个统,即乌拉尔统、栖霞统、瓜达卢佩统、乐平统,每个统包括 2~3 个阶,二叠系的底、顶界与我国三分方案的二叠系之底、顶界大致相当。各方案参见表 1-2。

表 1-2 中国南方二叠系划分方案一览表

	二 分		三 分 张正华等 (1988)		三 分 盛金章等 (1994)		三 分 李国辉等 (2005)		四 分 金玉玕等 (1994)	
	上统	长兴阶	上统	长兴阶	乐平统	长兴阶	上统	长兴阶	乐平统	长兴阶
二 叠 系		龙潭阶		吴家坪阶 峨眉山玄武岩组		吴家坪阶		吴家坪阶		吴家坪阶
	下统	茅口阶	阳新统	茅口阶	阳新统	茅口亚统 冷坞阶	中统	冷坞阶	瓜达卢佩统	Capitanian 阶
						孤峰阶		茅口阶		Wordian 阶
		栖霞阶		栖霞阶		栖霞亚统 祥播阶		祥播阶	栖霞统	Kubergandian 阶
						栖霞阶		栖霞阶		Blolrian 阶
			黔南统	羊肠阶	船山统	隆林阶	下统	隆林阶	乌拉尔统	Artinskian 阶
				紫松阶		紫松阶		紫松阶		Sakmarian 阶
										Asselian 阶

综上所述,二叠系三分方案与四分方案基本上是一致的;二分方案与三分方案之不同在于其下界的位置。若把含筳类 *Pseudoschwagerina* (假希瓦格筳)带的马平组或船山组(包括其上之过渡层)划归石炭系为之二分,划归二叠系并建下统便是三分;把三分方案的中统(阳新统)的栖霞阶和茅口阶分别升级建统,便是四分(表 1-2)。总之,二叠系从二分到三分或四分,反映了研究的深入和发展。研究过程中二叠系地层划分采用三分方案,即下统(包括紫松阶与隆林阶)、中统(包括栖霞阶与茅口阶)及上统(包括吴家坪阶与长兴阶)。

经过深入的调查和研究,发现中上扬子地区二叠系三分观点中的下二叠统分布十分局限,仅龙门山局部地区(川西北江油马角坝地区)有极少量紫松阶陈家坝组分布(表 1-3),且缺失隆林阶。中二叠统(二分观点称为下二叠统)的岩石地层单位包括栖霞组、茅口组,上二叠统的岩石地层单位包括龙潭组(吴家坪组)、长兴组(大隆组)(表 1-2、表 1-3)。

表 1-3 中上扬子地区二叠系划分对比表

四川盆地		龙门山地区	峨眉山地区	川中地区	川南—黔北地区	川东—渝东地区	广元渝东北鄂西	拟用方案	
统	阶							统	阶
上统	长兴阶	长兴组	沙湾组	长兴组	长兴组	长兴组	大隆组 长兴组	上统	长兴阶
	吴家坪阶	吴家坪组	峨眉山玄武岩组	龙潭组	龙潭组	吴家坪组	吴家坪组		吴家坪阶
中统	冷坞阶	茅口组	茅口组	茅口组	茅口组	茅口组	茅口组	中统	茅口阶
	茅口阶								
	祥播阶	栖霞组	栖霞组	栖霞组	栖霞组	栖霞组	栖霞组		栖霞阶
	栖霞阶								
下统	隆林阶	陈家坝组							
	紫松阶								

二叠系的上下界位置已如前所述。表 1-4 为本区二叠系划分及主要主类生物化石带分布。

表 1-4 中上扬子地区二叠系划分及主要门类生物化石带

系	统	阶	筳类	菊石	腕足类	珊瑚	植物
二 叠 系	上统	长兴阶	<i>Palaeofusulina sinensis</i> <i>Gallowayinella meitienensis</i>	<i>Pseudotirolites</i> <i>Tapashanites</i>	<i>Oldhamina</i> <i>Paraentelites</i>	<i>Waagenophyllum</i>	<i>Ullmannia Bronnii</i>
		吴家坪阶	<i>Codonofusiella</i>	<i>Prototoceras</i> – <i>Anderssonoceras</i>	<i>Tyloplect Yangtzeensis</i> – <i>Spinomarginifera</i> – <i>Edriosteges</i>	<i>Liangshanophyllum</i>	<i>Gigantopteris nictanaeifolia</i> – <i>Lobattannularia multifolia</i>
	中统	茅口阶	<i>Yabeina</i> – <i>Neomisellina</i> <i>Neoschwagerina</i>	<i>Shouchang oceras</i> – <i>Kufengoceras</i> <i>Altudoceras</i> – <i>Paraceltites</i>	<i>Neoplicatifera</i> – <i>Monticulifera</i>	<i>Ipciphyllum</i> – <i>Allotropiophyllum</i>	<i>Gigantonolea</i> – <i>Compsopteris</i>
		栖霞阶	<i>Armenina</i> <i>Misellina</i> <i>Misellina claudiae</i> <i>M. termier</i> – <i>Brevaxina dyrenfurthi</i>	<i>Metaperrinites</i> <i>Shaiwaensis</i> – <i>Popanoceras ziyunense</i>	<i>Tyloplect Richthofeni</i> <i>Orthotichia chekiangensis</i>	<i>Polythecalis</i> <i>Yangtzeensis</i> – <i>Hayasakaia</i> <i>Elegantula</i> <i>Wentzellophyllum volzi</i>	<i>Taeniopteris</i>

二、地层特征

(一)紫松阶

紫松阶由张正华等(1988)创建,层型为贵州紫云的羊场剖面,层位相当筴类 *Pseudoschwagerina uddeni* - *P. texana* 带和 *Sphaeroschwagerina* 属延限带,牙形石 *Streptognathodus wabaunsensis* 带, *S. barskovi* 带和 *M. bisselli* 带。与下伏地层呈整合接触,与上覆地层一般呈平行不整合接触。

紫松阶在研究区分布相当局限,岩石地层单位为陈家坝组,为一新建组,命名剖面位于川西北江油马角坝采石场,为原上石炭统马平组一分为二之上部地层,岩性为浅灰色块状泥粉晶,局部亮晶生屑灰岩夹白云岩,产筴 *Pseudoschwagerina* (假希瓦格筴)组合,主要筴化石有: *Pseudoschwagerina* sp. (假希瓦格筴), *Pseudofusulina* sp. (假纺锤筴), *Sphaeroschwagerina moelleri* Rauser, *Eoparafusulina contracta* Schellwien, *Triticites parvulus* Schellwien 等,厚度 14.8m,年代地层相当于紫松阶下部,底与上石炭统马平组大鲕灰岩 *Triticites* (麦粒筴)带连续沉积,顶与中二叠统栖霞组不整合接触。

(二)栖霞阶

研究区栖霞阶与下伏地层大都呈假整合接触关系。栖霞组原称“栖霞石灰岩”,是李希霍芬(1882)所创,地点在南京东郊约 20km 的栖霞山。盛金章(1962)在总结中国的二叠系时,将栖霞组的含义进一步明确。栖霞阶岩性比较稳定,在研究区一般为两段型,即下段为含煤碎屑岩段,上段为碳酸盐岩段。有时含煤碎屑岩段极少或缺乏,全部为碳酸盐岩。

栖霞组的下段为一套灰黑色、黄灰色的粘土岩、炭质页岩、粉砂岩和石英细砂岩等,局部夹薄煤层,化石以腕足类为主,偶见筴类、双壳类、植物等,厚度为 0.5 ~ 30m,一般为数十厘米至几米,与下伏不同时代的地层(石炭系—前寒武系)呈假整合接触。此下段即相当于川南和黔北区的“铜矿溪层”、湘鄂西的“马鞍山组”、鄂南的“麻土坡组”、赣西北的“王家铺煤系”等。从岩性、岩相、生物化石组合、接触关系等资料分析,此段应为梁山段的地层,可与陕西汉中梁山地区典型的梁山组相对比。

栖霞组的上段,即栖霞组石灰岩的主体层段,在研究区一般也可分为两部分:下部一般多为含泥质较多的石灰岩,常见薄层泥质条带与石灰岩构成透镜状、眼球状、枕状及瘤状构造;厚度变化大,从几米到两百多米。上部多为一套灰色到深灰色中厚层或块状的灰泥石灰岩、灰泥生屑石灰岩及含生屑石灰岩,含较多的燧石团块或条带,在川黔一带局部还见浅灰色、灰白色厚层白云质斑块石灰岩及白云岩;厚度变化较大,一般为 12 ~ 300m。化石主要有筴类的 *Nankinella orbicularia* (圆形南京筴)、*Pisolina excesses* (超大豆筴)、*Pseudodoliolina* (假桶筴)、*Cancellina* (格子筴)、*Parafusulina multiseptata* (多隔壁拟纺锤筴)等;珊瑚的 *Hayasakaia* (早坂珊瑚)、*Tetraporinus planotabulatus* (平板拟方管珊瑚)、*Polythecalis* (多壁珊瑚)、*Cystomichelina* (泡沫米契珊瑚)等;还有腕足类、非筴有孔虫和藻类等。

总之,栖霞阶生物化石以筴类和珊瑚为主,还有藻类、非筴有孔虫、腕足类、菊石、牙形石等。自下而上筴类可建立两个带和亚带(表 1-3),即下部的 *Misellina* (密斯筴)带,包括 *M. termier* (特米尔密斯筴)—*Brevaxina dyrenfurthi* (迪伦兹氏短轴筴)亚带(下)和 *M. claudia* (克劳得密斯筴)亚带(上),和上部的 *Armenina* (亚美尼亚筴)带。后者混生的常见分子有 *Cancellina*

(格子筴)、*Nankinella* (南京筴)、*Parafusulina* (拟纺锤筴)等。珊瑚也可分为两个带(表1-3),即 *Wentzelopiphyllum volzi* (服尔兹似文采尔珊瑚)带(下部)和 *Polythecalis yangtzeensis* (扬子多壁珊瑚)—*Hayasakaia elegantula* (雅致早板珊瑚)组合带(上部),大体上分别相当于筴类 *Misellina* (密斯筴)带和 *Armenina* (亚美尼亚筴)带。

在自然伽马测井曲线上,栖霞组底部为高值,向上多为锯齿状变化,自然伽马逐渐降低,GR 值在 20API 左右,顶与茅口组底部高自然伽马 (GR 一般为 50API) 分界。在地震剖面上,由于栖霞组底部为一套泥页岩,中上部为石灰岩,地震反射层速度差异大,在地震剖面一般形成连续反射,中二叠统底界易于追踪。

(三) 祥播阶

祥播阶由范嘉松等(1990)提出,用来代表相当于 *Cancellina* (格子筴)带的地层。在我国,这一地层曾被作为茅口阶的下部(盛金章,1962),后来又改归原栖霞阶的上部。祥播阶在贵州紫云猴场剖面发育完整(肖伟民等,1986),底界以出现 *Cancellina* (格子筴)的原始分子为标志,包括 *Cancellina elliptica*, *C. liuzhiensis* 和 *Neoschwagerina simplex* (简单新希瓦格筴)延限亚带。在局限陆棚沉积中,祥播期筴类以 *Parafusulina multiseptata* (多隔壁拟纺锤筴)占优势。

(四) 茅口阶

茅口阶与下伏栖霞阶呈整合接触。在中国南方,茅口阶岩性和厚度均变化较大,组名较多。茅口阶可分六种类型,即以石灰岩为主的茅口组和小江边组,以硅岩为主的当冲组,以含煤碎屑岩为主的安洲组、文笔山组和童子岩组,由硅岩和石灰岩组成的孤峰组(下部)和武穴组(上部),由硅岩和碎屑岩组成的孤峰组(下部)和堰桥组(上部),由碎屑岩和石灰岩组成的丁家山组(下部)和冷坞组(上部)。研究区基本上为以石灰岩为主的茅口组,也有少量的小江边组和孤峰组。

小江边组由王竹泉于 1920 年命名,命名剖面位于江西吉安市安福城南 7km 的小江边(中国地层典编委会,2000)。命名时称“小江边灰岩”。为一套灰黑色钙质页岩、含碳质泥岩夹少量薄层泥灰岩及大量石灰岩透镜体。在江西富产腕足类 *Orthotichia* (直房贝)、*Acosarina* (阿柯萨贝)、*Kiangsiella* (江西贝)、*Cathaysia* (华夏贝)、*Haydenella* (海登贝)、*Echinoconchus* (轮刺贝)、*Dictyoclostoides* (拟网格格长身贝)、*Urushtenoidea* (似乌鲁希腾贝)、*Neoplicatifera* (新轮皱贝)等;菊石 *Altudoceras* (阿拉图菊石)、*Paragastrioceras* (拟腹菊石);筴类 *Chusenella* (朱森筴)、*Parafusulina* (拟纺锤筴)等。该组岩性稳定,厚 34 ~ 285m。在研究区小江边组分布较局限,仅在江西瑞昌地区有发育,厚 37.2m。

孤峰组是由叶辅良、李捷于 1924 年命名,命名时称为“孤峰镇石灰岩”,系指相当现今石炭—二叠系的一套石灰岩,简称“孤峰层”(中国地层典编委会,2000)。1932 年朱森、刘祖彝将其用于贵池栖霞石灰岩与龙潭煤系之间的黑色页岩及硅质甚富之石灰岩等,底部灰质页岩含菊石及腕足类。1935 年李毓尧、朱森等记述宁镇山脉的孤峰层为硅质页岩及灰质页岩等,常含硅质薄层,与上覆龙潭煤系呈不整合接触。1962 年盛金章将其该称为孤峰组,为文笔山组等层位相当,为茅口组 *Neoschwagerina*、*Yabeina* 带的相变。1978 年金玉玕等将其置于栖霞组与武穴组之间,层位仅与茅口组下部 *Neoschwagerina* 带相当。关于中上扬子地区的孤峰组存在一定的争议,有人认为全区不存在孤峰组,应统称为茅口组,但也有人将分布于鄂西南地区