

中扬子区 晚侏罗世至新近纪 沉积特征研究



姚纪明 剧永涛 劳海港 著
董桂玉 李善营



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

中扬子区晚侏罗世至新近纪 沉积特征研究



劳海港

著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中扬子区晚侏罗世至新近纪沉积特征研究/姚纪明等著. —武汉:武汉大学出版社, 2015. 3

ISBN 978-7-307-14143-8

I. 中… II. 姚… III. ①晚侏罗世—沉积特征—研究—中国 ②晚第三纪—沉积特征—研究—中国 IV. P548. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 195869 号

责任编辑:蔡 巍

责任校对:邓 瑶

装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish @163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:武汉市金港彩印有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:8.25 字数:256千字 插页:8

版次:2015年3月第1版 2015年3月第1次印刷

ISBN 978-7-307-14143-8 定价:78.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

中扬子区晚侏罗世至新近纪主要经历了前陆盆地、裂谷盆地和转换裂谷盆地演化过程。本书运用沉积学、层序地层学和地球化学等理论和方法体系,系统地对中扬子区开展盆地地层划分与对比、沉积体系、层序地层划分及层序地层格架对比、古流及物源区分析等研究,分析了古地理演化特征并编制了古地理图,建立了中扬子区不同时空盆地的充填序列及盆地各时期充填演化模式,探讨了中扬子区的构造演化特征及构造运动对沉积盆地充填的控制作用。

在层序划分与对比方面,将中扬子区晚侏罗世至新近纪主要划分为三个小区,即酉阳小区、江汉小区和鄂东小区。上侏罗统遂宁组 and 蓬莱镇组地层主要分布在酉阳小区的秭归盆地,其他小区没有该地层的分布。早白垩世地层主要分布在江汉小区的宜昌南津关和京山—应城一带,鄂东小区的黄石地区有零星的分布。中扬子区上白垩统一新近系地层主要分布在江汉小区内,地层界线清楚,而鄂东小区的通山—崇阳、黄石一带也有局限分布,主要以冲积扇砾岩沉积为主,缺乏古生物资料,地层划分较困难。

以野外露头剖面为主,结合钻井、测井和地震剖面识别沉积相标志,将研究区识别出冲积扇、辫状河、曲流河、三角洲和湖泊五种沉积相类型,并根据研究区不同时期盆地沉积类型及其沉积物特征识别总结出冲积扇-辫状河、冲积扇-河流-三角洲-湖泊、水下扇-湖泊、河流-三角洲-湖泊四种沉积模式。

运用层序地层学基本原理,在综合露头、测井及地震资料的基础上,将中扬子区上侏罗统至新近系地层主要划分为 5 个构造层序,9 个超层序和 30 个三级层序。在对 359 测线和 599 测线两条地震剖面解释的基础上进行了层序地层格架对比。对比结果表明中扬子江汉盆地从白垩纪—古近纪具有两期不同方向的伸展,早期(白垩纪—荆沙组)呈现东西向伸展,盆地呈现沿北北西向断层,发育成半地堑状;晚期(潜江组—荆河镇组)呈现南北向伸展,盆地沿北东东向断裂发育成箕状半地堑状。新近纪以后,盆地总体发育成拗陷型特点。

通过对野外露头各种古水流标志的实测,对研究区周缘剖面地层沉积期的古水流方向进行了综合分析研究,查明了研究区周缘晚侏罗世至新近纪沉积期间的古流方向。统计结果表明,秭归盆地遂宁组物源主要来自北侧的神农架隆起,而蓬莱镇组物源主体来自东侧的黄陵背斜,部分来自神农架隆起。早白垩世物源主体来自西北方向的黄陵背斜。宜昌艾家镇上白垩统物源主体来自南侧的江南-雪峰隆起(天阳坪逆断层上升盘),西侧的黄陵背斜提供了部分物源;钟祥和京山来自同一方向的物源,可能是永隆和隆起为东西两侧提供了双向物源;鄂城—浠水地区白垩系沉积物主要来自大别山地区;崇阳、通山为两个拉分盆地,其物源主要来自南西方向。通过对中扬子北缘晚侏罗—白垩系采集的露头剖面样品进行砂岩成分点统计、泥质岩微量和稀土元素分析发现,中扬子物源区以大陆岛弧构造背景为主,砂岩成分点主要落在沉积再旋回造山带内。碳氧同位素分析发现石门

组碳酸盐砾石主要来自黄陵背斜寒武系地层。

根据地震解释、地球化学分析、古应力测量及岩浆活动等将研究区晚侏罗世至新近纪主要划分为晚侏罗世、早白垩世、晚白垩世、古新世—早始新世、中始新世、晚始新世—渐新世和中新世七个充填演化阶段,并对每个阶段的充填特征进行了分析。根据构造背景分析,将该七个阶段主要归结为晚侏罗世至早白垩世的陆内挤压变形、晚白垩世至古近纪上覆伸展断陷和新近纪及其以后的盆地整体坳陷三个大的演化阶段。

在本书编写过程中,得到了中国地质大学(北京)于炳松教授、陈建强教授和刘少峰教授的指导和帮助,在此表示诚挚的感谢!同时感谢宜昌地质矿产研究所孟繁松高工在野外剖面勘查中给予的帮助!

由于个人水平有限,书中难免存在错误及欠妥之处,恳请读者批评指正。

著 者

2014年8月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 选题背景及研究意义	(1)
1.2 国内外相关领域研究现状	(2)
1.2.1 国外相关领域研究现状	(2)
1.2.2 国内研究现状	(4)
1.3 研究内容和技术路线	(5)
1.3.1 研究内容	(5)
1.3.2 技术路线	(6)
1.4 完成的主要工作量	(7)
1.5 取得的创新性成果	(8)
2 区域地质概况及地层划分与对比	(10)
2.1 区域地质概况	(10)
2.1.1 中扬子区地球物理场特征	(11)
2.1.2 研究区内主要断层特征	(12)
2.1.3 中扬子区中、新生代构造演化特征	(15)
2.2 地层划分与对比	(17)
2.2.1 地层划分	(18)
2.2.2 地层对比	(29)
3 沉积体系	(35)
3.1 沉积相标志和划分方案	(35)
3.1.1 沉积相标志	(35)
3.1.2 沉积相划分方案	(39)
3.2 沉积相类型及基本特征	(40)
3.2.1 冲积扇相	(40)
3.2.2 辫状河相	(42)
3.2.3 曲流河相	(44)
3.2.4 三角洲相	(46)
3.2.5 湖泊相	(50)
3.3 沉积模式	(52)
3.3.1 冲积扇-辫状河沉积模式	(52)
3.3.2 冲积扇-河流-三角洲-湖泊沉积模式	(53)
3.3.3 水下扇-湖泊沉积模式	(54)
3.3.4 河流-三角洲-湖泊沉积模式	(54)
4 层序地层格架和层序特征	(55)
4.1 层序界面识别标志	(55)



4.1.1	露头层序界面识别	(55)
4.1.2	测井层序界面识别	(55)
4.1.3	地震层序界面识别	(58)
4.1.4	地球化学标志	(59)
4.2	层序地层划分方案	(59)
4.2.1	层序界面级别划分	(59)
4.2.2	层序地层命名	(59)
4.2.3	层序划分方案	(60)
4.3	层序特征	(61)
4.3.1	上侏罗统层序特征	(61)
4.3.2	白垩系层序特征	(63)
4.3.3	古近系层序特征	(66)
4.3.4	新近系层序特征	(70)
4.4	层序地层格架对比	(71)
5	古流及物源区分析	(74)
5.1	中扬子区古水流分布特征	(74)
5.1.1	上侏罗统古水流特征	(75)
5.1.2	白垩系—第三系古水流特征	(75)
5.2	物源区分析	(77)
5.2.1	碳氧同位素分析	(77)
5.2.2	砂岩成分统计	(84)
5.2.3	微量和稀土元素地球化学特征	(89)
6	盆地充填与演化	(95)
6.1	盆地发育演化阶段划分依据	(95)
6.1.1	不整合面	(95)
6.1.2	地球化学特征	(98)
6.1.3	岩浆活动	(102)
6.1.4	古应力记忆测量	(103)
6.2	各演化阶段盆地充填特征	(104)
6.2.1	晚侏罗世盆地充填特征	(104)
6.2.2	早白垩世盆地充填特征	(105)
6.2.3	晚白垩世盆地充填特征	(107)
6.2.4	古新世—早始新世盆地充填特征	(109)
6.2.5	中始新世盆地充填特征	(110)
6.2.6	晚始新世—渐新世盆地充填特征	(111)
6.2.7	新近纪盆地充填演化特征	(112)
6.3	构造背景分析	(113)
参考文献		(115)

1 绪 论

1.1 选题背景及研究意义

油气资源是重要的能源矿产和战略性资源,与国民经济、社会发展和国家安全息息相关。为此,国土资源部、国家发展和改革委员会、财政部三部委于2003—2006年联合开展了新一轮油气资源评价。笔者有幸参与了塔里木盆地和全国煤层气资源评价,并对塔里木盆地油气产量及全国煤层气有利区带进行了研究(姚纪明,2007,2009,2009)。

新一轮油气资源评价结束后,基于油气资源滚动评价以及国家对能源的重大战略需求,在充分调研世界海相油气资源勘探开发的理论和实际经验基础上,为了加强我国海相油气研究和新突破,实现我国能源接替和战略储备,中国石油化工股份有限公司(以下简称“中石化”)于2006年8月启动“中国南方中上扬子大陆构造与海相油气前景”项目研究。根据中石化战略目标与国家重大需求,以我国南方中上扬子50万平方千米为主要研究对象,进行其整体构造格架与形成演化等以构造为主线的基础地质研究与海相油气潜力评价,为中石化与国家能源战略接替和建立适应我国地质实际的海相油气地质理论与培养人才作出努力和贡献。笔者基于资源评价研究基础,又参与了本项目的研究。本书即为总项目子课题“中上扬子中新世代构造演化与上组合研究”的一个专题,主要对中扬子区晚侏罗世至新近纪层序地层格架和盆地充填演化进行研究。

目前,中扬子区中新世代地层是中石化重点勘探的目的层段。因此,对中扬子区晚侏罗世至新近纪系统地开展盆地沉积体系、层序地层格架、盆地充填结构和后期构造改造,以及盆山耦合关系研究就显得非常必要,对于正确认识中扬子区与周边造山带的构造演化,指导中新世代前陆盆地的油气勘探和合理评价古生界油气保存条件具有重要的理论和实际意义。

1.2 国内外相关领域研究现状

1.2.1 国外相关领域研究现状

1.2.1.1 盆地动力学与盆-山耦合

多年来,人们对盆地的沉积充填和构造进行了大量行之有效的研究,并揭示了主要类型盆地的基本特征与其板块构造背景的密切关系,由此产生了一系列按照板块构造背景命名的盆地分类。20世纪80年代后期,出版了大量关于沉积盆地的系统专著,以沉积地质研究为主的有 Miall A. D. 的《盆地分析原理》(1984,1980)和 G. Einsele 的《沉积盆地地质学》(1992,2000)。AAPG 组织编写了各类型盆地的系列著作,包括离散或被动边缘盆地、克拉通内部盆地、被动边缘盆地、前陆盆地和褶皱带、陆内裂谷盆地等。这些专著均提供了全面分析的典型例子,并着眼于盆地演化对油气聚集的控制(Leighen, Keleta, et al., 1991; Edwards, Samtoggrossi, 1990; Landon, 1994; Eidde, 1991)。

除了众多的盆地地质与能源研究的著作外,对于盆地形成机制——盆地动力学的探讨也日益深化。从地球科学理论的角度研究盆地,首先是从盆地的地球物理模型开始的。Mckenzie(1978)的著名论文提出了拉伸盆地的形成模式,后来被称为“纯剪模式”。其在模式中定量地探讨了盆地沉降、岩石圈减薄、软流圈上隆以及相应的热体制之间的动力学关系。Mckenzie 的研究在理论盆地分析方面具有里程碑意义。此后迅速发展的盆地定量动力学模拟都是以盆地的地质-地球物理模式为基础的。Beaumont 和 Tankard(1987)主编的著作按形成机制将盆地划分为五大类,即伸展的、张扭的、压扭的、前陆和克拉通内,通过一系列典型研究探讨了盆地的形成机制。P. A. Allen 和 J. R. Allen(1990)的盆地分析专著也是以盆地的动力学模型为核心论述的。

Dickinson(1999)在一篇论文中指出,静态的(quasistatic)盆地分类学应该走向更为动力学的和更具适应性的分类。盆地研究的集中点应从盆地类型转向盆地的基本形成过程的动力学;盆地演化常常是多重的联合控制,是多种作用的复杂函数。总之,研究盆地演化的动力过程优于去确定某些理想化的盆地类型。Dickinson 还指出,现有的盆地分类主要是划分地貌——构造类型,如孤前、孤后、前陆和克拉通内等。这往往容易根据构造部位确定而不进行地球动力学参数的研究。

目前,通用的比较简明扼要的盆地分类是按盆地形成的力学机制划分的,如伸展的、挠曲的和与走滑作用相关的。盆地及其邻近地区的应力场受控于更高级别的构造运动——板块相互作用和岩石圈深部的活动,其他还有重力和地球自转角速度变化等,但板块相互作用力可能是最为重要的,因此盆地形成机制的研究还需要将盆地放在区域大地构造格架当中进行。造山带变形史与盆地演化关系(或称“耦合关系”)的研究,是解决此问题的突破口之一。

1.2.1.2 盆地演化的过程序列和联合、复合机制

世界许多大型盆地的研究都证明其多数是叠合盆地。当前在强调动力学研究时需要对于每一种“原型”(或称单型)做更为精确的历史过程分析,在其不同演化阶段,主导性控制因素可能有别。盆地的沉降史及导致构造沉降的原因是过程分析的第一位问题。在伸展类盆地的理论模型内正确地划分出了裂陷阶段和裂后阶段,前者主要作用是岩石圈拉伸,而后者主要作用是热衰减及其引起的深部物质密度的变化。实际分析中已经提出了许多重要的新问题,简化的理论模型有重要的启示作用,但并不能概括各种复杂情况。例如:①在许多盆地中发现裂陷作用是多幕的,如英国的北海盆地;②裂后阶段的沉降在许多盆地中要比按现有模型的理论计算值大得多,这可能由于主裂陷期后发生新的构造热事件,盆地坳陷部分的深沉降并非简单受控于热衰减和负载。在前陆盆地中也普遍有活动期与平静期的交替,反映出盆缘的造山推覆事件是幕式的。Dickinson 于 1993 年提出,在演化过程中,许多盆地控制机制是混合的,在不同阶段是变化的,需要研究此种“联合的和序列的机制”及其产生的相应构造样式。

1.2.1.3 层序地层学与盆地充填动力学

层序地层学是在时间框架下分析岩石地层序列的一种有效的研究方法。它是研究以不整合面或与其相当的整合面为界的、其内部相对整合的、具有成因联系的地层组合。它提供了一种在等时地层格架内划分、对比地层的科学方法,因而被广泛地应用于盆地分析领域,有人称之为继板块构造之后的又一场地学革命。层序地层学是地层学和沉积学有机结合的产物。它给沉积学家和地层学家带来了许多新的思路和工作方法。这主要表现在以下几方面。

①突破了传统的“千层糕”连续垂向堆积模式,人们逐渐认识到地层记录的不完整性、非渐变性、旋回性和复杂性(梅冥相等,2002,2006)。地层记录以正常沉积和间断面两种形式表现出来,正常沉积具有“旋回含旋回”特性(Miall,1997),它们之间充满了若干个各种级别的沉积间断面,不同级别沉积间断面可看成不同沉积速率的负增长。理论上讲,间隔时间有可能大于正常沉积所需的时间。这些间断面不仅有规律可循,还具有重要的沉积学及地层学意义。

②地层堆积作用的主控因素为构造、气候、沉积物供给和绝对海平面变化,根据地层物理几何关系可以抽象出相对海平面变化信息,建立等时地层格架,这为实现全盆地乃至全球范围地层划分对比提供了一个框架。

③层序地层学广泛应用于油气勘探中。其理论体系系统总结了地层堆积规律,尤其是被动大陆边缘地层堆积规律,具有很强的预测性。

④层序地层学研究需要更多更详细的生物资料和绝对年龄资料,与岩石地层、生物地层和年代地层等多重地层单位紧密联系。理论上讲,限定层序地层学最基本单位——“层序”的顶底界面为不整合界面及与之相当的整合界面,其性质具有年代地层界线和岩石地层界线特征。因此,层序地层的研究可优化强调时间的年代地层和强调空间的岩石地层,使各地层单位界线尽可能与层序地层单位界线统一起来。

⑤针对地层记录的复杂性、非渐变性、不完整性 and 旋回性,立足于翔实的沉积学研究基础

之上的层序地层学研究,是从复杂而不完整的地层记录之中寻找更多规律性的有效途径。

⑥层序地层学自创立的那一天起,就特别强调“在年代地层的框架内研究‘相迁移’”(Vail, et al., 1977, 1988; Mail, 1997; Sarg, 1988; Walke, 1992; Cross, 1993, 1994),这就是为什么层序地层学既是沉积学又属于地层学的根本原因,同时也赋予该交叉学科强大的生命力。正因为如此,产生了地层记录中的两种相变面和两种穿时性的概念——静态相变面及其相变面穿时以及动态相变面及其间断面穿时(梅冥相, 2005)。

⑦陆相地层的层序地层学研究(Shanley, McCable, 1994),现今还处于不太完善的阶段。因为陆相地层的堆积作用主要受控于盆地基底的沉降和气候变化,所以与海相地层存在区别。但是,应用 Cross 等(1988, 1994)的“高分辨率层序地层学”学派中的“基准面和基准面旋回”的理念(邓宏文等, 2002),可以对陆相地层进行类似于海相地层的层序地层学分析和研究,从而提取控制盆地形成与分布、盆地内充填序列的构造控制等信息,为研究盆山耦合提供系统的基础材料。

1.2.2 国内研究现状

中扬子区地处秦岭—大别造山带南缘、江南隆起北缘的盆山耦合地带,是我国油气勘探的重要地区之一。作为国内外大陆动力学研究的热点与难点地区,秦岭—大别造山带近年来在盆-山耦合与盆-山作用方面备受关注,经过国家自然科学基金重大项目、重点项目、中石化南方经理部资助的各种项目、国家 973 重大基础理论项目及其他项目的研究,关于其构造结构、演化和动力学等方面取得重大进展。总体认为,秦岭—大别造山带的演化过程划分为 4 个阶段,即震旦纪至早奥陶世以商丹缝合带为中心的板块扩张阶段,早奥陶世至志留纪的商丹洋向北俯冲和北秦岭北缘的二郎坪弧后盆地扩张阶段,泥盆纪至中三叠世北部的二郎坪弧后盆地和商丹缝合带先后关闭、南部的勉略缝合带扩张阶段,晚三叠世之后的秦岭—大别造山带全面碰撞造山和陆内演化阶段。孙岩等(2001)从碰撞造山的形变作用方面考虑,以形变组合顺序依次分为挤压逆冲隆升—走滑逃逸流变—引张伸展反转 3 个发育阶段为依据,将中扬子区碰撞造山的过程划分为初造山期、主造山期和后造山期 3 个发育时期,并对每个阶段的应力-应变轴的变化、节理断裂的转化以及相关构造的演化进行了阐述,同时对同构造期形成的岩石测年值作了相应的解释。

在中扬子盆地演化方面,王必金(2006)以重新分析盆地的构造演化为出发点,利用伸展、走滑、挤压、反转等盆地形成的理论,应用盆地构造分析、区带构造描述技术,采用剥蚀地层恢复和构造模拟等方法,通过深化分析江汉盆地及其周缘主要断裂分布,系统描述盆地的结构构造特征,划分构造演化阶段,建立了不同时期盆地原型。在盆地充填方面,戴少武(2002)从中扬子原型盆地入手,深入研究原型盆地的层序组成及演化,以原型盆地为指导,有针对性地寻找有利含油区带,将中扬子及邻区原型盆地从古生代至新生代划分为 9 大层序,认为中扬子及邻区在地质历史时期经历了 4 种不同性质的原型盆地,具有幕式充填特征。前人对中扬子区江汉盆地内各个凹陷也做了不同程度的研究。梁西文(2008)运用板块构造理论、沉积学理论、层序地层学等理论和方法体系,对中扬子区晚三叠世至新近纪的沉积体系、岩相古地理、盆地类型、层序充填、盆山耦合关系等方面做了一定的研究。

近年来,刘少峰(Liu, et al., 2005b; 刘少峰等, 2008)通过研究沿秦岭勉略带发育的前

陆逆冲带与前陆盆地构造和沉积样式,揭示了中晚三叠世扬子板块向北西方向斜向俯冲于秦岭微板块,首先在中扬子北缘形成陆相磨拉石前陆盆地,随后扬子板块相对于华北板块发生顺时针旋转,于早中侏罗世与秦岭微板块发生正向碰撞,并沿扬子北缘形成统一的前陆盆地的过程;晚侏罗世至早白垩世响应扬子板块相对华北板块发生顺时针的陆内挤压变形,盆地沉积和沉降中心不断由东向西迁移过程;进而探讨了大陆块体斜向俯冲和旋转的区域构造动力学背景及大别山大陆深俯冲作用的动力学机制。

总结现有的研究成果,秦岭—大别造山带南缘前陆褶皱逆冲带构造演化可划分为两大(或更多)阶段,即早期的前陆褶皱逆冲阶段(T_2-J_2)和晚期的逆冲推覆变形阶段(J_3-K_1)。 J_3-K_1 正是本课题对中扬子区进行研究的起始阶段,该阶段由于华南陆块下地壳持续向华北陆块逆冲推覆,造成俯冲带地壳增厚,地温升高失衡,导致壳幔调整,深部地壳发生拆离、推覆作用,致使区内震旦系至侏罗系全部卷入冲褶活动,中、古生界构造定型,成为中扬子区中、新生代盆地基底岩系。晚燕山至早喜山期,由于太平洋板块向欧亚板块俯冲,造成中国陆块东部处于区域引张环境,产生了一系列北东向带状分布的裂陷盆地,从而在这一区域构造应力背景下发育了以江汉盆地为主体的伸展盆地,并经历了多次断陷—拗陷的转换。江汉盆地经过近 30 年的勘探,发现白垩系、古近系下始新统新沟嘴组、中始新统潜江组和新近系中新统广华寺组等 5 套含油气层系,并已在古近系潜江组和新沟嘴组找到 25 个油田,证实了上侏罗统一新近系是中扬子盆地油气勘探的重要目的层。

1.3 研究内容和技术路线

1.3.1 研究内容

本课题依托于中石化重点项目“中上扬子晚侏罗世至新近纪层序地层格架及盆地充填演化”,重点运用层序地层学原理,结合沉积相平面展布特征,建立了研究区层序地层格架,并在二级层序格架内分析了层序地层的展布特征。研究以野外实测露头剖面,录、测井资料,地震资料研究和地球化学分析为基础,开展多学科、多方法的综合研究。主要研究内容如下:

1.3.1.1 中上扬子区上侏罗统一新近系地层划分与区域等时地层对比

①建立中扬子区不同时代标准地层剖面,确定地层划分和对比方案,建立不同地区的岩石地层、生物地层和年代地层的对比关系。

②对不同构造单元之间的区域地层对比研究,建立中扬子区统一的等时地层对比格架。

1.3.1.2 上侏罗统一新近系层序地层格架的建立

①露头和单井层序地层研究:通过重点露头剖面和盆内关键井的精细层序地层研究,建立中扬子区不同构造单元以三级层序为单元的层序地层序列,并与岩石地层、生物地层和年代地层进行对比。

②骨架地震剖面的层序地层研究:对江汉盆地区揭示全区的骨干地震剖面,进行地震

层序地层研究,通过井震结合,标定地震层序界面,建立井震联合层序地层解释剖面。

③层序地层对比和层序格架的建立:通过中扬子区不同构造单元内部和不同构造单元间的层序地层对比,建立研究区的层序地层格架,揭示不同构造背景中的层序构成样式。

1.3.1.3 中扬子区晚侏罗世—新近纪古流分析及物源区构造背景分析

对研究区周缘剖面地层沉积期的古水流方向进行系统研究,查明研究区周缘晚侏罗至新近系沉积期间的古流方向。通过镜下观测统计和地球化学分析来了解物源区沉积物类型和源区构造背景。

1.3.1.4 中扬子区晚侏罗世—新近纪盆地充填演化分析

①在区域层序地层格架建立的基础上,分析盆地的沉积充填序列,探讨不同动力学背景条件下层序的构成样式,建立不同原型盆地的层序发育模式,在此基础上进行岩相古地理编图。

②将盆地演化和构造层序研究紧密结合,通过系统的砂岩组分分析、地球化学分析和沉积层序研究,深入讨论盆地不同演化阶段、不同构造层序的充填结构及其空间变化,建立层序充填模型,揭示盆-山转换的耦合关系和盆-盆转换的过程。

1.3.2 技术路线

通过露头剖面,结合盆地内钻井和地震剖面,开展层序地层、沉积体系和盆地充填的研究,具体技术路线如图 1-1 所示。

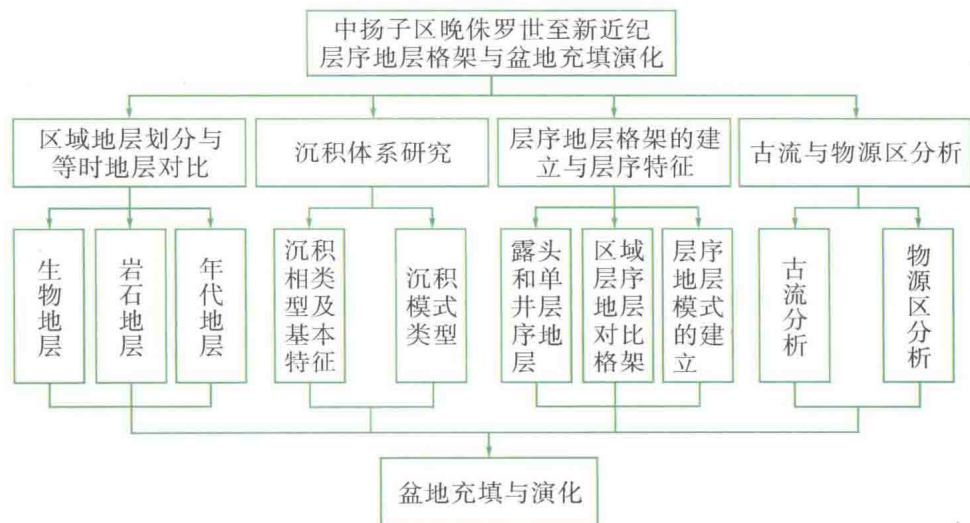


图 1-1 研究技术路线图

①通过不同构造单元生物地层、岩石地层和年代地层的系统对比研究,建立研究区不同构造单元的标准地层序列,并通过区域地层对比,建立等时地层格架。

②以野外露头剖面为主,结合钻井、测井和地震剖面识别沉积相标志,划分沉积相类型,并根据研究区不同时期盆地沉积类型及其沉积物特征识别沉积模式。

③通过露头和钻井的区域层序地层对比,结合地震层序地层研究结果,建立以不同级别层序为单元的层序地层序列,在此基础上建立研究区的区域层序地层格架。

④对野外露头剖面各种古水流标志进行翔实的统计分析,查明研究区周缘晚侏罗世至新



近纪沉积期间的古流方向。通过对野外采集的样品进行砂岩成分点统计、泥质岩微量和稀土元素分析以及对碳酸盐砾石进行碳氧同位素分析来了解物源区沉积物类型和源区构造背景。

⑤通过典型地区沉积体系分析、关键层位(或层序单元)的沉积体系域识别以及古流和物源分析,确定现今残留盆地分布和主体结构特征。结合盆地区和露头区的层序地层综合研究,恢复全区晚侏罗世—新近纪不同演化阶段的沉积古地理,分析不同动力学背景下盆地的充填样式和充填演化。

1.4 完成的主要工作量

本课题在进行了大量的资料收集、文献检索、消化吸收的基础上,根据研究总体计划,主要完成了中扬子及其周缘野外露头剖面实测和层序地层及沉积学研究,并开展了江汉盆地钻井、地震剖面的层序地层和沉积学的研究和编图。具体工作量见表 1-1。

表 1-1

主要完成工作量

内容	序号	工作内容	完成的工作量
收集资料	1	地震剖面	5 条
	2	区域地质图和报告	50 副
	3	钻井地质报告	45 口井
	4	测井资料	60 口井(包括部分海相钻井)
	5	各种分析测试报告	30 份
野外工作	6	样品采集	564 块(包括薄片和地球化学样品)
	7	露头剖面	22 条,长约 200km
室内研究	8	砂岩薄片鉴定	190 片
	9	薄片粒度分析	80 片
	10	地震剖面解释	5 条
	11	数字化钻井	39 口井
	12	地球化学分析	50 个样品(包括碳、氧、微量及稀土元素)
成果图	13	精细沉积相层序单井分析	6 口井
	14	连井对比剖面	3 张
	15	沉积相平面图	7 张
	16	综合层序柱状图	2 张
	17	岩相古地理图	7 张
	18	野外露头剖面层序地层柱状图	19 条



(1) 完成了中扬子及邻区上侏罗统一新近系地层区的划分与对比

在综合研究《中国各地质时代地层划分与对比》《中国地层典》、各省区域地层及区域地质志等资料和几次野外露头剖面实测的基础上,对研究区的地层分区进行了重新厘定,并对研究区各地层小区上侏罗统一新近系地层进行了综合地层对比,厘定了该区的地层对比关系。

(2) 中扬子野外露头剖面的实测和观察

为完成本课题的研究任务,笔者历经对中扬子地区的 21 条野外露头剖面进行了实测和辅助剖面的观察,其中实测剖面 18 条,观察剖面 3 条,并完成了所有实测露头剖面和部分观察剖面的层序地层及沉积相综合柱状图的绘制,历时三个多月。

(3) 钻井分析及地震解释

项目组把江汉油田收集的 39 口钻井资料进行了数字化并对部分钻井的沉积相和层序地层进行了分析。对江汉盆地的 5 条地震大剖面进行了层序地层解释,通过井震结合,标定地震层序界面,建立井震联合层序地层解释剖面,并对地震剖面上的钻井进行了连井对比分析。

(4) 编制了中扬子综合柱状图及岩相古地理图

纵向上,通过对重点露头剖面和盆内关键井的精细层序地层研究,建立中扬子区不同构造单元的层序地层序列,编制了中扬子综合柱状图。横向上,通过分析中扬子区上侏罗统至新近系不同构造背景下盆地的充填样式,对其古地理演变过程进行了分析,并编制中扬子区晚侏罗世至新近纪不同时期的岩相古地理图 7 幅。

(5) 野外露头样品测试分析

本次工作主要对泥岩微量元素、稀土元素和矿物组合进行了测试分析,对砾岩中的灰岩进行了 C、O 同位素分析,对砂岩薄片进行砂岩成分点统计。这些工作为研究源区构造背景和盆山关系提供相关证据。

1.5 取得的创新性成果

通过综合分析本课题研究目标、内容、研究思路和方法,对比已有的研究成果及国内外研究趋势和前沿,本课题运用沉积学、层序地层学和地球化学等理论和方法体系,系统地对中扬子地区晚侏罗世—新近纪开展盆地地层划分与对比、沉积体系、层序地层划分及层序地层格架对比、古流及物源区分析等研究,分析了古地理演化特征并编制了古地理图,建立了中扬子区不同时空盆地的充填序列及盆地各时期充填演化模式,探讨了中扬子区的构造演化特征及构造运动对沉积盆地充填的控制作用,并具体在以下方面有所创新。

①建立了中扬子上侏罗统一新近系层序地层格架,并在二级层序(超层序)格架内分析了沉积体的空间展布规律及其古地理演化过程。对于上侏罗统进行全区不同构造单元的层序地层格架的剖面分析,建立区域层序地层格架;对白垩系和第三系以不同区带为重点,构建不同盆地区域层序地层格架。



②通过对中扬子区 22 条露头剖面的实地考察,对研究区周缘剖面地层沉积期的古水流方向进行了综合分析研究,查明了研究区周缘晚侏罗统至新近系沉积期间的古流方向。结合对碳酸盐砾石进行碳氧同位素对比分析,发现石门组碳酸盐岩砾石主要来自黄陵背斜寒武系地层。

③对中扬子北缘晚侏罗—白垩系采集的露头剖面样品进行了砂岩成分点统计及泥质岩微量和稀土元素分析。研究表明,中扬子北缘物源区以大陆岛弧构造背景为主,砂岩成分点主要落在沉积再旋回造山带内。

④根据地震剖面解释、微量元素和磷灰石裂变径迹分析、岩浆活动、古应力分析等将研究区晚侏罗世至新近纪划分为七个充填演化阶段,建立了各时期盆地充填演化模式,并探讨了中扬子区的构造演化特征及构造运动对沉积盆地充填的控制作用。



2 区域地质概况及地层划分与对比

2.1 区域地质概况

中扬子区在板块构造位置上属于扬子板块中段,北以襄广断裂带为界与东秦岭造山带相接,南以江南断裂带为界与华南褶皱系相连,东以郑庐断裂为限,与下扬子地块接壤,西以黄陵背斜与上扬子地块相接,其面积约为 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$,如图 2-1 所示。考虑与上扬子研究的衔接性,本课题把齐岳山断裂以东地层也纳入本次的研究范围内。中扬子区从震旦纪开始至中三叠世,经过震旦纪、早古生代、中古生代、二叠纪至中三叠世的四大沉积旋回,形成了四套海相成油气组合,总厚度达 $6000 \sim 10000 \text{ m}$ 。本区周边海相地层裸露,在寒武系与奥陶系、志留系、二叠系、下三叠统等地层中有油、气、沥青显示。中部江汉盆地面积约为 $4 \times 10^4 \text{ km}^2$,在上震旦统至三叠系海相沉积之上,不整合叠复有:上三叠统一侏罗系、白垩系、古近系、新近系—第四系四套陆相地层。

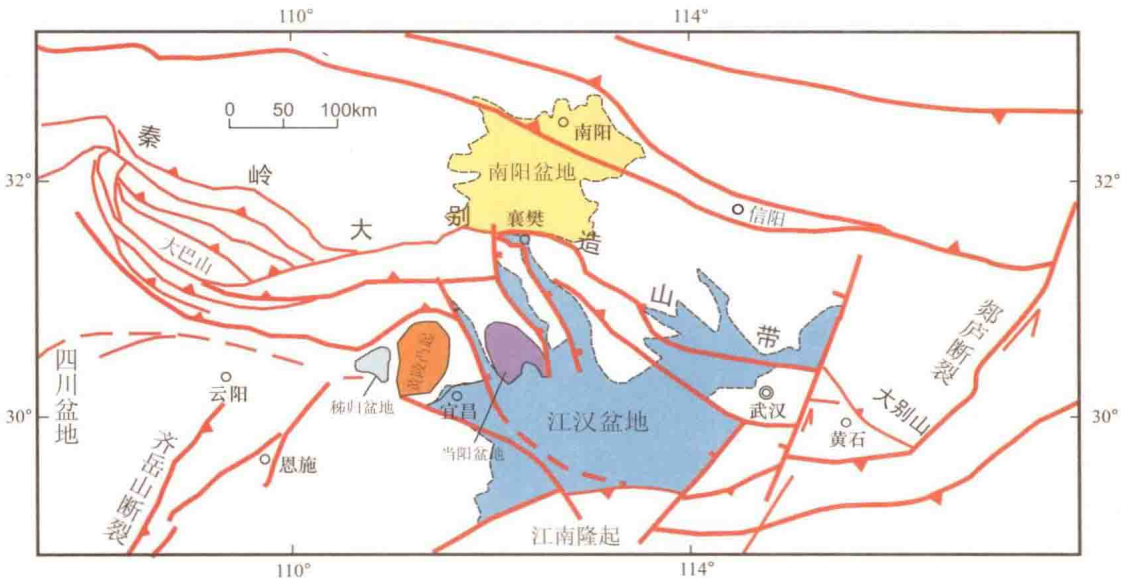


图 2-1 中扬子区域地质构造简图