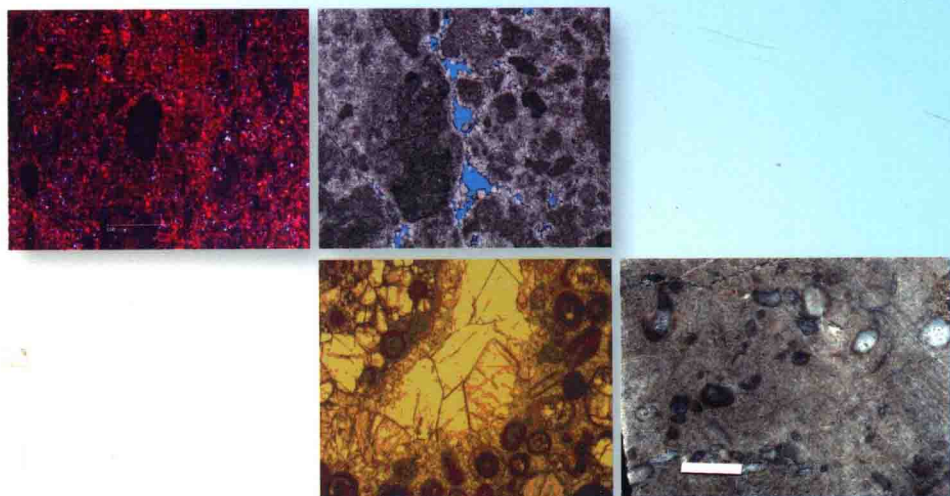


南华北奥陶系 层序地层格架内古岩溶研究

时国 田景春 著



地 质 出 版 社

南华北奥陶系 层序地层格架内古岩溶研究

时国 田景春 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书通过对野外主干剖面实测、钻井岩心观察及测井资料综合分析,对南华北地区奥陶系海相沉积体系进行系统划分,总结其沉积模式,进行层序划分与对比,编制了奥陶系层序地层岩相古地理图,分析各沉积期沉积相平面展布特征及演化规律,建立了南华北地区奥陶系层序地层格架。并在此基础上,系统研究了奥陶系古岩溶特征、期次、发育规律及主控因素,进而探讨古岩溶的油气地质意义。

本书可供沉积学、层序地层学、油气勘探等方面的教学、科研和生产人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

南华北奥陶系层序地层格架内古岩溶研究 /
时国,田景春著. —北京:地质出版社,2012.4
ISBN 978-7-116-07618-1

I. ①南… II. ①时… ②田… III. ①奥陶纪—地层
层序—古岩溶—研究—华北地区 IV. ①
P534.42 ② P642.252.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 048322 号

NANHUA BEI AOTAOXI CENGXUDICENG GEJIANEI GUYANRONG YANJIU

责任编辑:刘亚军 赵宗举

责任校对:黄苏晔

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

咨询电话:(010)82324508(邮购部);(010)82324578(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本:787mm×1092mm $\frac{1}{16}$

印 张:8

字 数:200 千字

印 数:1—500 册

版 次:2012 年 4 月北京第 1 版

印 次:2012 年 4 月北京第 1 次印刷

定 价:35.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-07618-1

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前言

南华北盆地位于华北陆块南部，南以栾川-固始断裂为界与秦岭-大别造山带相邻，东以郑庐断裂为界与下扬子区相邻。在其漫长的沉积演化过程中，盆地内从下到上充填了海相碳酸盐岩与陆源碎屑岩。其中，奥陶系以一套相对稳定的海相碳酸盐岩沉积为特征。针对此套碳酸盐岩，众多学者多年来从不同角度进行了深入研究，并在地层划分、沉积演化、层序地层等方面取得了一系列成果。然而，该地区在油气勘探方面与相邻的鄂尔多斯盆地、北华北地区同层位相比，虽然也有油气显示，但一直未获得重大的突破。因此，有必要从基础地质调查入手，通过系统的沉积相、层序地层学、古岩溶作用研究，搞清研究区奥陶系层序古地理演化、层序格架内古岩溶储层发育特征，为南华北地区奥陶系地质研究和油气勘探部署提供基础资料和依据。

为此，本书在众多前人研究成果的基础上，以沉积学、层序地层学、岩溶学理论为指导，在对野外主干剖面实测、钻井岩心观察及测井资料综合分析的基础上，对南华北盆地奥陶系进行系统深入的研究。

在地层划分对比、沉积体系类型特征研究的基础上，开展层序地层学研究。识别出层序界面的物质表现形式有6种类型，分别为不整合面、古喀斯特作用面、冲刷面、岩性岩相转换面、超覆面、最大海泛面。上述几种类型的层序界面可归结为3种成因类型：隆升侵蚀层序不整合界面、海侵上超层序不整合界面、陆上暴露层序不整合界面。在层序界面识别的基础上，将奥陶系划分出3个超层序（SS1，SS2和SS3），9个三级层序（OSQ1～OSQ9），其中SS1超层序包括OSQ1和OSQ2两个三级层序，SS2超层序包括OSQ3，OSQ4，OSQ5，OSQ6和OSQ7五个三级层序，SS3超层序包括OSQ8和OSQ9两个三级层序。

本书详细分析了研究区层序地层单元的基本特征、叠置关系及空间分布规律，建立了奥陶系的等时层序地层格架。对三级层序充填发育与构造层序的响应关系做了详细分析。OSQ1，OSQ2对应SS1超层序，反映了加里东运动Ⅰ幕，即怀远运动期盆地隆升速度较强、底界不整合起伏较大、盆地内部沉积速率小于沉降速率。OSQ3，OSQ4，OSQ5，OSQ6和OSQ7对应SS2超层序，为加里东运动Ⅱ幕的产物，该期受全球海平面上升影响，其隆升强度较Ⅰ幕要弱。OSQ8和OSQ9对应SS3超层序，对应于加里东运动Ⅲ幕强烈隆升的构造发展过程。

以超层序体系域为单元，编制了研究区奥陶系超层序岩相古地理图，揭示了不同体系域期的层序岩相古地理特征及其演化。SS1海侵期主要

沉积冶里组及亮甲山组下部地层,分布在温县—开封—商丘—永城—宿州一线以东北地区,为潮坪环境。SS1高位期沉积亮甲山组上部地层,沉积范围较冶里期进一步向北退缩,局限于商丘—永城—宿州以北的狭小地区,为局限台地的云坪环境。SS2海侵期沉积下马家沟组及上马家沟组下部一段地层,分布在浍池—汝州—霍邱一线以东北地区,主要为潮坪—局限台地环境。SS2高位期沉积上马家沟组二、三段地层,主要分布在登封—阜阳—灵璧一线以北地区,沉积环境更加局限,为潮坪—局限台地环境。

强烈的构造隆升作用也为南华北地区奥陶系古岩溶发育提供了有利条件。奥陶系古岩溶表现为不整合面(风化壳)残积物、岩溶角砾、溶蚀孔洞缝等特征,主要发育于下奥陶统和奥陶系顶部。将奥陶系古岩溶划分为同生期、埋藏期和风化壳岩溶三种类型,不同类型岩溶受不同级别层序控制作用明显。其中,同生期潮坪及台内滩型岩溶主要受高频旋回影响,粒内容孔、铸模孔和粒间溶孔发育;同生期层间岩溶作用受三级层序影响明显,是膏溶角砾岩形成的主要因素。埋藏期岩溶主要受二级层序控制,有机溶蚀次生孔隙发育。风化壳岩溶发育程度和分布范围最广,主要受二级层序界面的形成控制。

在上述研究基础上,深入讨论了影响和控制层序格架内古岩溶发育的因素,其中构造、岩性、古气候和古地貌为主要因素。在综合分析古岩溶多种发育因素的基础上,采用印模法首次对奥陶系两期风化壳岩溶古地貌进行了恢复。

本书的主要研究成果来源于笔者的博士论文,系导师田景春教授承担的国土资源部油气资源战略研究中心2007年下达的“全国油气资源战略选区调查与评价”专项之一“东秦岭—大别造山带两侧油气资源战略选区研究”下属课题“东秦岭—大别造山带北侧油气资源潜力分析与区带评价”的第一专题:“南华北地区中生界—新元古界层序地层与岩相古地理研究”系列成果之一。

本书在研究和成文过程中得到了导师田景春教授的悉心指导和帮助。在野外工作及资料收集过程中得到了中石化河南油田分公司何明喜教授、严永新总地质师、杜建波高工、曹建康高工、郭双亭高工、王荣新高工等人的帮助和支持,安徽省地质调查研究院吴跃东教授级高工对岩石地层单位划分提出了宝贵建议,在此一并表示衷心感谢!

本书的出版得到东华理工大学专著出版基金及地质学江西省重点学科、地质资源与地质工程江西省高水平学科、东华理工大学博士科研启动基金的共同资助!

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 研究目的及意义	1
1.2 研究现状	2
1.2.1 油气勘探现状	2
1.2.2 区域地质研究现状	4
1.2.3 层序地层学研究现状	4
1.2.4 古岩溶研究现状	5
1.3 研究内容	6
1.3.1 全区地层的对比与层序地层划分	6
1.3.2 沉积体系类型及特征	7
1.3.3 层序物质充填对构造运动的响应	7
1.3.4 古岩溶的期次及类型划分	7
1.3.5 古岩溶与层序地层学的关系	7
1.3.6 古地貌的恢复	7
1.4 研究方法、技术路线与创新点	8
1.4.1 研究方法及技术路线	8
1.4.2 主要创新点	8
第2章 研究区地质概况	9
2.1 区域构造背景	9
2.1.1 大地构造位置	9
2.1.2 构造格局	9
2.1.3 构造演化阶段与盆地演化史	10
2.2 区域地层划分	24
2.2.1 岩石地层特征	24
2.2.2 生物地层	26
2.2.3 地层划分与对比	28
第3章 沉积体系类型、特征及沉积模式	31
3.1 沉积体系识别标志	31
3.1.1 沉积学标志	31
3.1.2 古生物标志	33
3.1.3 地球化学标志	34
3.2 沉积体系类型划分	35
3.2.1 沉积体系划分	35
3.2.2 沉积体系特征	36
3.3 奥陶系沉积模式	42
第4章 层序地层学研究	44
4.1 层序界面特征和成因类型	44
4.1.1 层序界面特征	44
4.1.2 层序界面的成因类型	48
4.2 层序划分	49
4.2.1 前人的划分方案	49

4.2.2	本次研究的划分方案	50
4.3	层序特征	53
4.3.1	南华北地区地震层序特征	53
4.3.2	野外剖面及钻井剖面层序特征	54
4.4	奥陶系层序对比	59
4.5	层序充填格架及其对构造运动的响应	59
4.5.1	盆地内层序充填发育特征	63
4.5.2	层序发育对构造活动的响应	64
4.6	层序岩相古地理特征及演化	65
4.6.1	编图思路及方法	65
4.6.2	编图单元的选择	66
4.6.3	层序岩相古地理演化	66
第5章	古岩溶特征	70
5.1	成岩环境演化与作用类型	70
5.1.1	成岩环境演化	70
5.1.2	成岩作用类型	71
5.2	古岩溶标志	74
5.2.1	野外露头剖面及钻井岩心标志	74
5.2.2	地球化学特征	76
5.2.3	钻井录井上的岩溶作用标志	78
5.2.4	测井识别标志	79
5.3	古岩溶的发育期次	80
5.4	古岩溶类型及特征	82
5.4.1	(准)同生期岩溶	83
5.4.2	埋藏期岩溶	84
5.4.3	风化壳岩溶	85
第6章	层序格架内古岩溶发育规律与控制因素	87
6.1	古岩溶的垂向发育与平面展布特征	87
6.1.1	垂向发育特征	87
6.1.2	平面展布特征	89
6.2	层序格架内古岩溶发育规律	93
6.2.1	层序界面与古岩溶发育的关系	93
6.2.2	三级沉积层序格架内的岩溶作用	101
6.3	层序格架内古岩溶发育的控制因素	102
6.3.1	构造	102
6.3.2	岩性	103
6.3.3	古气候	105
6.3.4	古地貌	105
6.4	研究区古岩溶的油气储层意义	107
6.4.1	有利古地貌单元	107
6.4.2	有利岩溶类型	107
结 论		109
参考文献		111
图版		119

第1章 绪 论

1.1 研究目的及意义

对全球 1868 ~ 2004 年间发现的 910 个大型油气田（可采储量大于 $6000 \times 10^4 \text{t}$ ）的统计表明，50% 的油气储量和产量来自碳酸盐岩（Roehel et al., 1985; Alsharhan et al., 1997; Horn, 2005; 范嘉松, 2005），而单个碳酸盐岩储层油气田平均储量远远大于单个碎屑岩储层油气田平均储量。在中国，目前虽然发现了大量的碳酸盐岩油气储层，但是获得的油气储量和产量远远低于其他一些国家，世界的石油剩余储量与天然气的剩余储量之比大约是 1 : 1，然而在中国却高达 9 : 1（赵宗举, 2008），对于碳酸盐储层来说，这个比值甚至更高。

我国海相碳酸盐岩油气勘探程度低、资源潜力巨大，近年来四川、塔里木、鄂尔多斯等盆地大型油气田的发现，开拓了我国海相碳酸盐岩油气勘探的新领域和新思路，引发了对碳酸盐岩储层油气藏的勘探热潮，特别是碳酸盐岩中的古岩溶储层已成为我国勘探研究的重点和焦点。南华北地区位于华北地台南缘，地处中原和两淮地区，包括河南省和安徽省的大部分地区以及江苏省的西北部、山东省的西南部，其主体位于河南省中、南部。该地区地势西高东低、南高北低，其西部和南部为山地，即东秦岭伏牛山脉和桐柏—大别山脉，其中部和东部为江淮平原，由黄河、淮河冲积而成，总面积约 $15 \times 10^4 \text{km}^2$ 。该区地质研究历史悠久，油气勘探取得了一定的进展，在济源凹陷和周口坳陷中、新生界先后发现了一些低产含油气构造，但总体上未能取得进展，特别是对下古生界的勘探一直未能取得突破。整个华北地区下古生界各沉积盆地是我国油气勘探的重要地区和层位，经过我国许多石油地质工作者的长期努力，在其周缘地区（如鄂尔多斯）奥陶系油气勘探已取得了突破性进展，为位于同一地台上的南华北地区奥陶系天然气勘探带来了光明和希望。现有研究表明，以河南、山东、江苏、安徽等地区为主的华北板块南缘奥陶纪沉积盆地海相碳酸盐岩发育，沉积厚度大，分布广泛，具有很好的勘探前景。因此，对南华北盆地奥陶纪海相地层的地质特征、不同时期沉积体系发育特征、时空演化特点进行研究，尤其是从全区角度出发对奥陶系进行层序划分与对比、层序岩相古地理研究、建立完善的层序地层格架以及从全区角度研究沉积演化过程中的古岩溶特征等问题尤为必要。

本书主要依托国土资源部油气资源战略研究中心 2007 年下达的“全国油气资源战略选区调查与评价”专项之一：“东秦岭—大别造山带两侧油气资源战略选区研究”之下属第三课题：“东秦岭—大别造山带北侧油气资源潜力分析与区带评价”的第一专题：“南华北地区中生界—新元古界层序地层与岩相古地理研究”，应用现代层序地层学、储层沉积学、古岩溶学等新理论，根据露头剖面、钻井剖面以及地震与测井等资料，系统开展奥陶系地层、沉积体系、层序地层及岩相古地理研究，建立南华北地区奥陶系层序地层格架，

分析层序格架内古岩溶发育的层位、特征及控制因素。本书的研究成果不仅为南华北地区基础地质研究提供丰富的资料，同时也为该区奥陶系油气藏进一步勘探提供重要依据，进而也丰富了我国海相碳酸盐岩古岩溶的研究材料。

1.2 研究现状

1.2.1 油气勘探现状

从 20 世纪 50 年代开始对南华北地区进行油气勘探以来，已有近 60 年的历史（曹建康，1998），参加勘探的部门涉及原地矿部、原石油部、原煤炭部等许多相关部门（表 1.1 和表 1.2）（陈文礼等，2000）。但是，至今整个南华北地区还没有发现具有商业价值的油气藏。这不仅表明了该地区油气勘探投入巨大、时间漫长、效率较低，同时也说明南华北盆地群油气地质过程非常复杂，其油气聚集规律和勘探难度还没有被人们所认识。就目前勘探程度而言，区域上主要集中于中、新生代盆地周口坳陷、济源-黄口坳陷，层位上主要集中于中生界、新生界。而对下伏的古生界，了解不够深入，对南华北地区的油气地质特征及成藏规律和保存条件仍缺乏深入的认识，因而造成对整个地区油气勘探有利区带缺乏清晰的认识（何明喜等，2004）。

表 1.1 南华北地区地震勘探统计

地区	地震测线长度 /km	地震覆盖面积 /km ²	施工年份	施工单位
合 肥 盆 地	二维光电地震 559	3374.75	1970 ~ 1976	安徽省石油勘探处
	二维模拟地震 961			
	二维数字地震 855		1988 ~ 1996	原石油部物探局
	二维数字地震 1258		1993	南方勘探经理部
	二维数字地震 3452		1998	胜利油田
合肥盆地合计		二维地震测线 7085km		
周口盆地		二维地震测线 28252km，三维地震 290km ²	原地矿部，原石油部，河南油田，江苏油田等	
洛-伊 盆地	洛阳盆地二维地震 866.02	1240	1998	原煤炭部、地矿部和河南油田
	伊川盆地二维地震 497.90		1992 ~ 1996	
洛-伊盆地合计		二维地震测线 1363.92km		
济 源 - 黄 口 盆 地	济源盆地二维地震 1600.00	84.7km ²	1978	原地矿部，胜利油田、河南省石油队
	济源盆地二维 2246.00		1979 ~ 1985	原石油部物探局
	济源盆地二维 604.00		1981 ~ 1985	原地矿部
	济源盆地二维 409.50，三维 84.7km ²		1989 ~ 1990	中原油田
	黄口盆地 1982.60		1979 ~ 1980	原地矿部第四物探大队
	黄口盆地 1984.59		1982 ~ 1986	江苏油田
	黄口盆地二维数字地震 3448.04		1987 ~ 1991	中原油田
济源-黄口盆地合计		二维地震 12274.73km，三维地震 84.70km ²		

表 1.2 南华北地区钻井成果统计表

地区	钻井名称	钻井数	累计进尺 /m	施工年份	施工单位	钻井成果
合肥盆地	浅井	43	25172	1958 ~ 1964	原地矿部第一石油普查大队	朱 1 井发现 K_{1z} 暗色泥岩
	合深 1, 2, 3, 4, 5 和河 4 井	6	16511	1970 ~ 1976	安徽省石油勘察处	发现 K_{1x} 和古近系定远组存在暗色泥岩, 侏罗系—白垩系微弱显示
	浅井	14	12293			
	安参 1 井	1	5200	2000 ~ 2002	胜利油田	钻遇侏罗系、石炭系—二叠系生烃层
合肥盆地合计		64	59176	45 年	未获商业油气流	
周口盆地	阜 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10 及毫 1 井	9	6651	1955 ~ 1973	华东煤建公司	井深小于 1200m
	阜深 1, 2, 3, 4 井等	5	16558	1973 ~ 1984	华北石油地质局	古近系发现荧光砂岩和气测异常
	阜 5、南 2、南 12、南 1-2、南 4-7、南 9-11 等	17	35189	1985 ~ 1998	河南油田, 华北石油局, 安徽石油勘探开发公司	发现下白垩统烃源岩和油斑砂岩, 古近系中来自石炭系—二叠系低产油流
	襄参 1, 2, 9 等	15	不详	1999 ~ 现在	河南油田, 江苏油田, 华北石油局, 阿莫克公司	获少量未熟—低熟油
	周参 7, 10, 12, 13, 周 16、19、沈 1、田 1、高 1 等	9	不详			古近系中获石炭系—二叠系的油气显示和工业油流, 下白垩统获低产油流
	周口盆地合计		55	179000	50 年	古、中、新三个层系获低产油 (气) 流, 39 口井见油气显示
洛-伊盆地	洛阳盆地 3001 孔、4001 孔	2	6653.44	1977 ~ 现在	原地矿部、煤炭部, 河南油田	上三叠统泥岩裂缝中见原油
	伊川盆地煤田浅井数十口, 洛 1 井、洛参 1、2 井、宜 1 井	浅井 > 10 口 探井 4 口	不详 洛 1 井进尺 1500m, 其他井不详			地面和井下发现多处上三叠统油气显示, 钻遇三叠系 269m 厚暗色泥岩
	洛-伊盆地合计		> 16 > 8153.44	28	三叠系预示良好勘探前景	
黄口-济源盆地	济源盆地浅井	25	22333.76	1955 ~ 1963	原地矿部	重磁电法勘探发现盆地范围
	黄口盆地黄 1、2、3 井、丰参 1 井	4	13102.56	1964 ~ 1983	原地矿部, 江苏油田	明确黄口盆地轮廓、地层组成, 侏罗系—白垩系 900m 暗色泥岩
	济源盆地济基 1、济 2、济 3 井、豫深 2、济参 1	5	18243.57		原地矿部、胜利油田、河南省石油队、原石油部	后邓构造浅层油显示; 古近系油显示; 济源盆地三叠系和中—下侏罗统具备生油条件
	济源盆地邓 2、3、4、5 井	4	9659.41	1984 ~ 1994	中原油田	浅层流出原油 8.36m ³ , 上三叠统和中—上侏罗统 > 1400m 暗色泥岩
	黄口盆地商 1	1	4002.60			3713 ~ 3718m 泥岩裂缝中见沥青
	未投入钻井、物探工作量, 综合研究阶段			1995 ~ 现在	中原油田, 西北大学, 杭州石油地质研究所等	古生界天然气是该地区资源潜力最大领域

续表

地区	钻井名称	钻井数	累计进尺/m	施工年份	施工单位	钻井成果
黄口-济源盆地合计		39	49098.33	50 年	浅层见油流、中生界烃源岩发育、古生界天然气有潜力	
南华北地区合计		> 174	> 295428	28 ~ 50 年	古、中、新 5 套烃源岩, 浅层、古近系、中生界低产油流和油气显示, 没有发现商业价值油气藏	

1.2.2 区域地质研究现状

南华北地区区域地质研究历史悠久, 多年来众多学者对其进行了深入研究。在岩石地层、古生物地层、年代地层、层序地层、岩相古地理、沉积相及海平面变化等方面已取得丰硕的研究成果。早在 20 世纪 30 年代, 孙健初、曹世禄、孟昭彝等在华北地台南缘进行地质调查时已对区内地层作了初步划分。之后, 河南省地质局地质科学研究所及区域地质调查队、安徽省区域地质调查队先后对区内奥陶系做了较为系统的划分。对于研究区沉积相的划分, 有关学者已有较多论述(孟祥化等, 1986, 2004; 冯增昭等, 1990; 韩征等, 1997; 刘波等, 1997; 桑树勋等, 2002), 并取得重要进展。冯增昭等(1979, 1990)采用单因素综合分析作图法编制了华北地台寒武纪、奥陶纪岩相古地理图时也涉及了南华北地区; 马学平等(1998)对华北地区冶里组一亮甲山组层序地层及岩相古地理进行了研究; 孟祥化等(2004)在《中朝板块层序·事件·演化》一书中对华北地台下古生界层序岩相古地理也有研究。沉积地球化学方面, 除叶连俊等(1964)做过系统研究外, 近年来没有取得很大进展, 仅王英华等(1989)对华北地台各类碳酸盐岩的化学成分进行了研究并深入分析其化学成分的变化规律与沉积环境的关系。另外, 有关研究区奥陶系碳酸盐岩地层中海平面变化规律、层序成因机制、体系域特征、储层特征、白云岩化及层序地层与油气关系等领域取得了一系列成果(陈霞等, 1994; 金振奎等, 2002; 刘波等, 1997; 张立勋等, 1999; 彭阳等, 2000; 单学文, 2000; 于炳松等, 2007; 章雨旭等, 2001; 李春光, 2005; 张云峰等, 2006; 史晓颖等, 1999)。生物地层、年代地层方面研究时间也比较长, 但各学者、各地区的地层划分多有分歧(项礼文等, 1981; 赖才根等, 1982; 安太痒等, 1983; 汪啸风等, 1993; 汪啸风, 1994; 杨恩秀等, 2005; 段吉业等, 2002, 2005; 武桂春等, 2005)。

1.2.3 层序地层学研究现状

对研究区奥陶系层序划分的研究, 各家意见分歧较大: 孟祥化(1993)将华北下、中奥陶统概括为 5 个三级层序; 田树刚(1997)以河北唐山、北京西山和河北曲阳野外露头剖面为依据, 将华北北部奥陶系划分为 7 个层序; 马学平等(1998)、李增学(1996)将华北地台冶里组一亮甲山组划分为 2 个层序; 王鸿祯等(2000)将中朝地台中东部华北地区划分为 11 个三级层序; 陈建强等(2001)将山东淄博地区中、下奥陶统划分为 8 个三级层序; 郭绪杰等(2002)在对华北地区下古生界层序地层研究中, 将奥陶系划分出 6 个三级层序; 李君文(2007)在研究环渤海湾地区下古生界层序岩相古地理特征及演化过程

中涉及该区,将下古生界奥陶系划分为 11 个三级层序和 2 个超层序。这些研究成果为本次开展层序地层研究工作提供了重要的参考。

1.2.4 古岩溶研究现状

1.2.4.1 喀斯特研究现状

喀斯特(karst)一词出现于 100 多年前,当时仅是原南斯拉夫西部伊斯的利亚半岛石灰岩高原的地理专用名词。“喀斯特”的原始定义也仅具有地名学的意义,表明具有某种特殊的地貌和水文现象的地理区域。我国早在 17 世纪初,明代地理学家徐霞客(1587—1641)就已有专著对湖南、广西、贵州、云南一带的喀斯特地貌和 300 多个溶洞的特征进行了详细记述。1966 年,在广西桂林召开的全国喀斯特学术会议上,将喀斯特改称为岩溶。通常认为岩溶是地下水和地表水对可溶性岩石的破坏和改造作用,及其形成的水文现象和地貌现象(杨景春等,2001),但不同学者定义不同。近年来,对岩溶涵义的解释逐渐趋于一致:凡是地下水和地表水对可溶性岩石的破坏和改造作用都叫岩溶作用,其中包括化学过程(溶蚀和沉淀)和机械过程(流水侵蚀和沉积、重力崩塌和堆积等)。岩溶作用及其所产生的水文现象和地貌现象统称为岩溶,这种作用所形成的地下形态和地表形态就叫岩溶地貌。关于古岩溶的概念不论是沉积学家还是水文地质学家,认识基本是一致的。Walkden(1974)和 Wright(1982)将古岩溶定义为“被年青沉积物或沉积岩所埋藏的岩溶”。因而同时包括有残余古岩溶(过去所形成的现代地貌)和埋藏岩溶(被沉积物覆盖的岩溶地貌)。总体上看,古岩溶可以理解为:深埋地下的碳酸盐岩地层因构造作用而被抬升到地表,受到大气淡水的长期改造,在沉积间断面之下发生的大规模岩溶作用,形成孔、洞、缝发育的地质体称为古岩溶。古岩溶形成过程中的溶蚀作用是主要的成岩作用,故常把古岩溶形成过程中的岩溶作用称为古岩溶作用。

新中国成立以来,我国地质、煤炭等部门的专家学者为根治奥陶系灰岩岩溶水害,在南华北地区做了大量的研究工作,取得了一系列重要成果。李定龙等(1997,1999,2000)在研究防治奥陶系灰岩岩溶水害过程中,对皖北地区古岩溶的发育期次及特征做了系统研究。李余生(1996)等在研究华北板块南缘下古生界油气生储盖特征时,提及古岩溶储层。总体来讲,该区古岩溶研究比较薄弱,对各种岩溶现象分期、分类以及岩溶的发育规律认识不足。

1.2.4.2 古岩溶储层研究现状

1985 年在美国召开“古岩溶系统及不整合面特征和意义”会议的同期,在中国地质科学院岩溶地质研究所和中国地质学会岩溶地质专业委员会的支持下,召开了第一届及第二届全国岩溶矿床学术讨论会;1992 年 4 月,中国天然气学会地质专业委员会在无锡召开了“碳酸盐岩岩溶储层研究及海相现代沉积学讨论会”。在岩溶学与碳酸盐岩地区油气普查与勘探方面,曾允孚(1991)、陈洪德(1994)、袁道先(1988)等指出:从岩溶学来看,古老致密碳酸盐岩中的油气储存空间或介质,如古岩溶、溶孔、溶缝、溶洞等,都属于一种岩溶形态,即岩溶作用的产物。这期间,我国除大量介绍、吸收并应用国际有关研究的先进技术方法和理论外,还根据我国 20 世纪 80 年代以来在四川、鄂尔多斯、塔里

木盆地实际揭示的古岩溶现象，结合我国地质演化特点，对相关学科研究理论和方法进行了深入的探索，在古岩溶发育特征、形成机理、控制因素等方面开展了大量研究工作，取得了可喜的成果。经过我国石油、地质工作者的长期努力，在同一地台相邻的鄂尔多斯盆地奥陶系古岩溶储层中（表 1.3）取得重大突破，获工业气流井，同时本区奥陶系古岩溶储层也有重要油气显示。

表 1.3 中国海相碳酸盐岩古岩溶储层油气田

盆地 / 区带		油气田名称	储 层	储层岩性	直接盖层	烃源岩
塔里木盆地	塔北隆起	塔河油田	下奥陶统	石灰岩	石炭系	寒武系—奥陶系
		轮南油田	下奥陶统	石灰岩	石炭系	寒武系—奥陶系
		雅克拉凝析气田	下奥陶统，上寒武统	白云岩	侏罗系	寒武系—奥陶系
		英买 32-33 油气田	上寒武统	白云岩	白垩系	三叠系—侏罗系
	巴楚隆起	和田河气田	奥陶系	石灰岩	石炭系	寒武系
	塔中隆起	塔中 I 凝析气田	奥陶系	白云岩	石炭系	寒武系—奥陶系
鄂尔多斯盆地中央隆起		靖边（长庆）油田	下奥陶统马家沟组	白云岩	石炭系	二叠系奥陶系
渤海湾盆地	冀中拗陷	任丘油田	寒武系—奥陶系，中元古界迷雾山组	白云岩、石灰岩	古近系	古近系
		苏桥、永清、顾新庄、何庄、何庄西、深西油田油田	奥陶系	石灰岩、白云岩	古近系	古近系
		龙虎庄、南孟油田	寒武系—奥陶系	石灰岩、白云岩	古近系	古近系
		留北、雁翎、漠洲、八里庄、八里庄西、薛庄油田	中元古界迷雾山组	白云岩	古近系	古近系
		河间油田	中元古界高于庄组	白云岩	古近系	古近系
	济阳拗陷	义和庄、套尔河油田	奥陶系	石灰岩	石炭系	古近系
		垦利油田	奥陶系	石灰岩	古近系	古近系

注：表中直接盖层时代与储层时代相隔较长地质年代，说明储层经过较长时期的暴露，淡水淋滤改造进而形成古风化壳岩溶储层

1.3 研究内容

1.3.1 全区地层的对比与层序地层划分

本书在 2008 年国际地层划分对比表的基础上，对南华北各地区生物地层、岩石地层、层序地层等资料进行划分，建立南华北地区奥陶系地层划分对比方案。

南华北地区奥陶系三级层序划分还存在很大分歧，特别是关于上、下马家沟组的三级层序划分，目前仍存在不同的观点。意见分歧主要集中于层序地层划分与低位体系域之争。由于区内奥陶系主体为陆表海碳酸盐岩台地型沉积，低位体系域沉积难以在区内进行对比研究。本书从方便体系域的全区对比角度出发，依据从简原则对三级层序划分，将 1 个三

级层序自下而上划分为海侵体系域 (TST) 和高位体系域 (HST), 不再划分对比低位体系域 (LST)。

1.3.2 沉积体系类型及特征

以不同相带内典型野外露头剖面研究为重点, 结合辅助性剖面、钻井、测井等资料, 详细研究微相、亚相、相类型及其在剖面上的叠置关系 (即相序结构), 建立沉积模式。

1.3.3 层序物质充填对构造运动的响应

层序组合及层序物质充填, 不仅是环境变化的直接反映, 也是沉积盆地演化过程中不同构造阶段的表现。因此, 可以通过对三级沉积层序的充填发育组合, 来判别奥陶纪各期构造运动的发生时间、活动方式和强度等。

1.3.4 古岩溶的期次及类型划分

在研究成岩环境、成岩作用类型的基础上, 对南华北奥陶系碳酸盐岩古岩溶的期次和类型进行划分, 研究古岩溶的基本特征 (识别标志)、岩溶垂向剖面中各岩溶带的特征及各类古岩溶的发育规律。

1.3.5 古岩溶与层序地层学的关系

层序地层学与岩溶学的交叉学科目前仍是一个较新的研究领域。我国学者徐国强等 (2005) 连续发表了题为“向源潜流侵蚀岩溶作用及其成因机理”、“海平面周期性升降变化与岩溶洞穴层序次关系探讨”及“塔里木盆地早海西期多期次风化壳岩溶洞穴层”等 3 篇论文, 认为层序地层学理论为全球或跨地区的等时地层对比提供了理论基础和技术方法。徐国强等人的实际工作和理论总结, 对这个交叉学科的发展具有促进作用。本书主要对不同级别的层序界面对应的各种古岩溶类型进行了讨论分析, 同时讨论了三级层序地层格架内古岩溶的发育特征。

1.3.6 古地貌的恢复

碳酸盐岩风化壳岩溶储层的发育受到许多因素控制, 除自身的岩石性质、内部结构、非均质性和各向异性等内在因素以外, 还受到古气候、海平面升降和构造运动、古隆起等外部因素的制约, 尤其跟古地貌息息相关, 普遍认为古岩溶斜坡带和高地边缘是古风化壳发育的有利区域, 因此古地貌恢复有利于精确确定风化壳储层的分布范围。

本书主要依据印模法“填平补齐”原理, 在古风化壳的上覆地层中寻找一个比较准确的、可代表古侵蚀面的地层界面, 然后通过该界面与风化壳之间的地层厚度变化, 求取风化壳的地形相对高差作为判别侵蚀面的地形地貌印模, 对研究区两次风化壳岩溶期的古地貌进行了恢复模拟。

1.4 研究方法、技术路线与创新点

1.4.1 研究方法及技术路线

本书以沉积学、层序地层学、古岩溶学、成岩作用、储层地质学、地球化学研究为指导，以野外露头剖面、地震、钻井、测井和室内分析化验资料研究为基础，野外宏观观测与室内微观分析相结合，盆地整体性研究与重点层系研究相结合，开展全区奥陶系野外、单井及井间沉积相及微相研究。研究南华北地区奥陶系各层系沉积相平面展布特征及演化规律，建立南华北盆地奥陶系层序地层格架。在此基础上，系统研究奥陶系古岩溶特征、期次、发育规律及主控因素，进而探讨古岩溶的油气地质意义（图 1.1）。

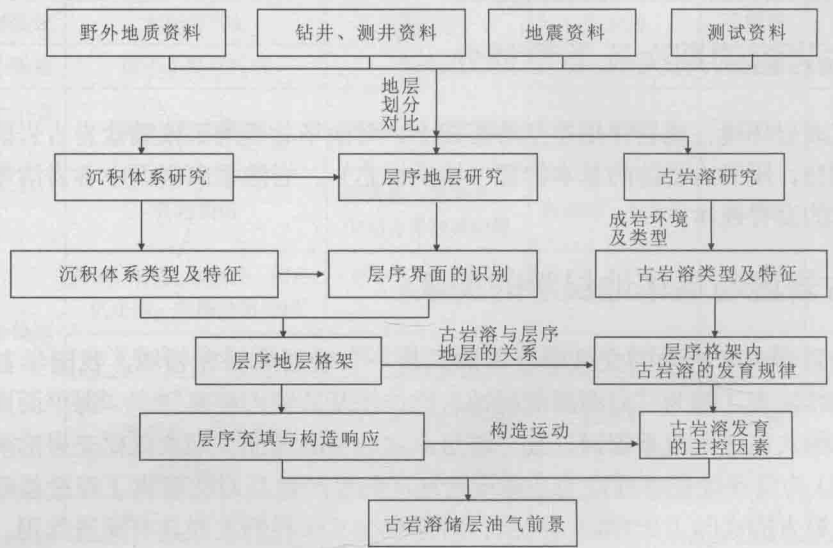


图 1.1 研究思路及技术路线

1.4.2 主要创新点

- 1) 在南华北地区奥陶系沉积体系划分、等时地层对比的基础上，首次系统研究了奥陶系层序地层特征，分析了区内层序充填发育特征，建立了相应的层序地层格架。以超层序体系域为编图单元，首次系统编制了南华北地区奥陶纪超层序岩相古地理图。
- 2) 按照成岩阶段和成岩环境，首次将南华北地区奥陶系碳酸盐岩古岩溶划分为同生期、埋藏期和风化壳岩三种类型，系统对古岩溶特征、发育规律、主控因素进行了研究；首次分析了该地区同生期岩溶中膏溶角砾岩的成因机制，即为受三级层序影响的（准）同生期层间岩溶。
- 3) 将层序地层与古岩溶的成因相结合进行研究，深入研究了不同级次层序界面与古岩溶的关系以及三级层序格架内不同体系域发育与古岩溶的关系；同时分析了古岩溶发育的影响因素，并采用印模法对南华北地区奥陶系风化壳岩溶古地貌进行了恢复。

第 2 章 研究区地质概况

2.1 区域构造背景

2.1.1 大地构造位置

南华北盆地位于东秦岭-大别山构造带北缘（徐汉林等，2004）、华北地台的南部，横跨华北地块、华北地块南缘构造带，同时紧邻北秦岭褶皱带，为一发育于中-新元古界结晶及杂岩之上的叠合盆地。盆地南界（盆山边界）以栾川-方城-明港-（斜交）舒城断裂与秦岭-大别造山带相邻，东以郯庐断裂为界与下扬子区（扬子板块）相邻，北以焦作-商丘断裂为界与渤海湾盆地（北华北地区）相邻，西接豫西隆起区。南华北地区构造线走向以 EW 向为主、NW 向斜切，具南北分带、东西分块的特征（图 2.1）。

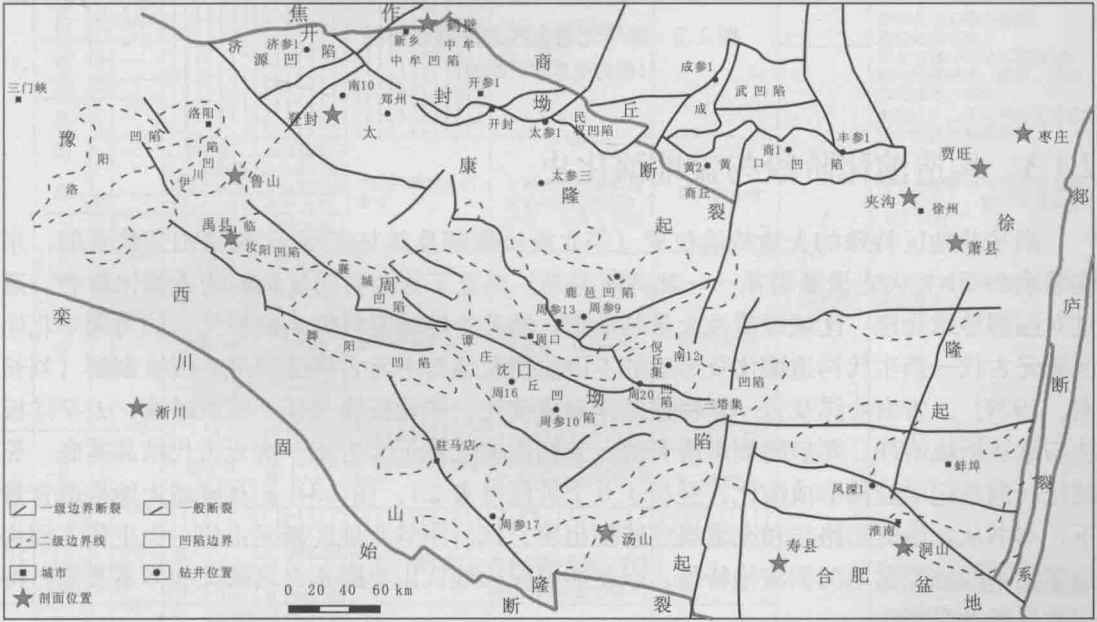


图 2.1 南华北盆地构造单元划分与剖面位置

2.1.2 构造格局

南华北地区经历了漫长的地质演化，现今的构造格局定型于新生代（王同和，1999）。根据盆地内部新生界的展布特征可以将其划分为如下构造单元：开封坳陷、太康-徐州隆起、周口坳陷、固镇（泗县）坳陷、长山-蚌埠隆起、信阳-合肥坳陷。它们与豫西

地区的临汝盆地、洛阳-伊川盆地、三门峡盆地等一起，构成了所谓的“南华北盆地群”（何明喜等，2000），如图 2.2 所示。

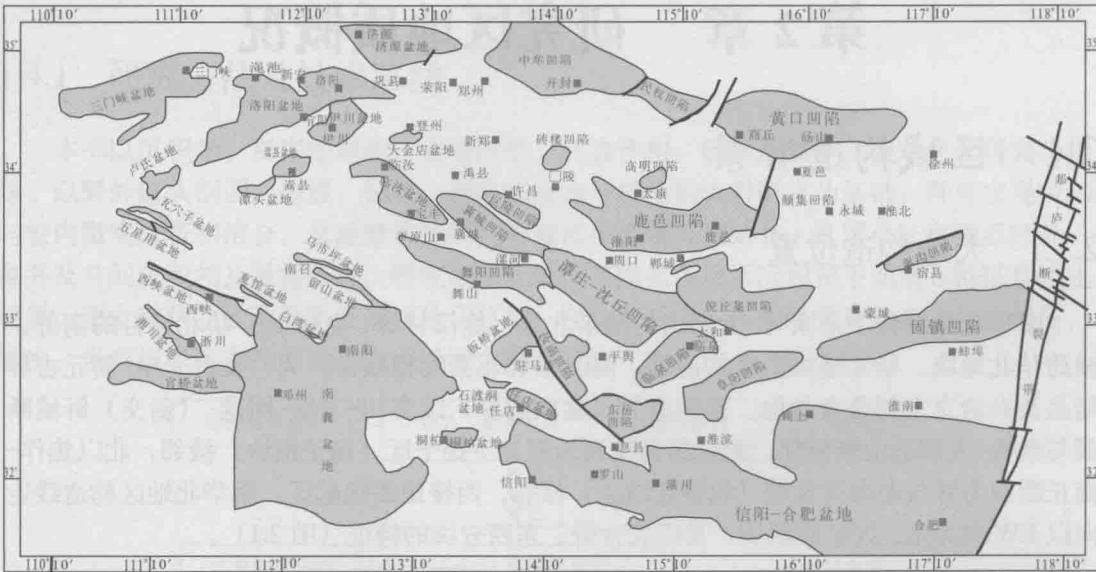


图 2.2 南华北新生代盆地群展布图
(据何明喜等，2000)

2.1.3 构造演化阶段与盆地演化史

南华北地区特殊的大地构造位置（华北板块南部及其与秦岭-大别造山带结合部，东临著名的 NNE 向走滑断裂系——郯庐断裂系）决定了其独特而复杂的构造演化历史。通过对深部地球物理、区域地质及大量的地震、钻井等地质资料的系统研究，认为南华北地区新元古代—新生代构造演化及形成的不同类型盆地与中元古代泛亚洲古板块裂解（刘长安，1979）、古秦岭洋及古—新特提斯洋形成演化、华北板块与扬子板块碰撞、太平洋板块与欧亚板块俯冲、郯庐断裂走滑有关。其构造演化基于太古宙—古元古代结晶基底、长城纪—蓟县纪拗拉槽形成演化，经历了 6 个阶段（表 2.1、图 2.3）。在区域大地构造背景下，本书从盆地沉积格局和充填层序特征出发，探讨南华北地区新元古代—中生代不同构造演化阶段原型盆地沉积演化特征，以便能够深入地认识奥陶系充填的沉积体系类型、特征及层序发育模式。

自中元古代始，古中国板块大陆地壳在离散构造背景下导致大陆裂解（程裕淇，1994）活动的不均衡性，即以先存的古元古代线型构造为先导，形成了一系列三叉裂谷，构造演化上是从裂陷向拗陷过渡，沉积上是从火山岩建造向碳酸盐岩过渡，于华北陆块南北边缘演化成为拗拉槽。以栾川-固始断裂为界，其北为豫西拗拉槽及徐淮拗拉槽，其南的北秦岭区仍为裂谷环境。表现在沉积-火山岩建造上，栾川-固始断裂两侧截然不同。北侧的南华北地区由北向南分别发育了五佛山群和汝阳群，总体上，它们主要为一套石英砂岩、长石石英砂岩、页岩，夹少量白云岩，底部普遍为含砾砂岩的滨岸—潮坪相碎屑岩沉