

中国南方二叠纪 生物礁与古生态

张 维 张孝林 著



地 质 出 版 社

中国南方二叠纪生物礁 与古生态

张 维 张孝林 著

地 质 出 版 社

(京)新登字 085 号

中国南方二叠纪生物礁与古生态

张 维 张孝林 著

责任编辑：王章俊

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：9.75 铜版图：6 页 字数：224000

1992 年 7 月北京第一版·1992 年 7 月北京第一次印刷

印数：1—740 册 定价：7.30 元

ISBN 7-116-01107-2/P·933

前 言

生物礁是碳酸盐岩隆的一种类型，它是由各种生物组成的特殊碳酸盐构造。生物礁通常比同期沉积物厚，孔隙和空洞也十分发育，易于白云岩化，是石油和天然气的理想储集场所。生物礁与各种层控矿床的形成也有着密切的关系。近年来随着对碳酸盐岩内油气及层控矿床的勘探和开发，生物礁研究已经得到普遍的关注。

二叠纪生物礁有世界性分布，目前在北美洲、欧洲、亚洲及非洲北部都有发现。我国南方滇、黔、桂、川、鄂等地也有发育完好的二叠纪生物礁，它们为深入研究这类特殊的碳酸盐岩地质体提供了有利条件。

生物礁作为碳酸盐沉积的一个独具特色的相，已经在沉积学和岩相古地理学中占据了重要位置。它的岩石结构、岩性特征、识别标志及含矿性等沉积岩石学中具有典型意义。

由于生物礁基本上是由各种生物构成的，对造礁生物的研究就显得更为重要。在不同地质时代繁衍着许多不同种类的造礁生物，有些在今天看来不能成礁的动植物，在地史时期却有很强的造礁能力，也有复杂的成礁方式。这些生物保存为化石后，就成为研究生物礁的基本材料。对造礁生物化石的研究包括：系统分类、属种描述、群落分析及揭示与礁的关系等。

系统分类主要是对发现于任一礁体内的各种化石做分门别类的归置。二叠纪主要造礁生物为钙质海绵、钙藻类、水螅类和苔藓虫等，鉴于这些生物的研究程度不同，所以对礁体内全部生物进行正确分类和归置会面临很大困难。此外，二叠纪生物礁内还往往含有一定数量的微小疑难生物（Microproblematica），全部认识它们，仅仅依靠对某一化石门类的专业知识是不够的，还必须对相关门类化石有全面的了解。

属种描述是一件严谨而又费时的工作，然而它又是必不可少的，通过对一个礁体内所含化石属种的调查和认识，就可能对不同地区生物礁进行对比。

上述两项工作应纳入古生物学范畴，而群落分析和揭示造礁生物与礁的关系则属古生态学的研究内容。生物从出生到死亡，始终受到环境因素的控制，同样，生物的存在及其所有生命活动又对环境产生影响，二者之间显示密切的关系。生物礁是开展古生态研究的理想之地，这是因为礁内的绝大多数生物均为原地保存，能够完整地体现生物相互之间及其生物与环境之间的各种关系。可以认为，生息在礁内的生物，对这一特定环境都表现出良好的适应。同时，对不同的生境（如礁脊部位的高能环境和礁间或礁后的低能环境等）也都有各自不同的适应，形成丰富多彩的礁群落。群落分析不仅仅局限于认识礁内生物的某一个门类，而是把它们做为一个整体来研究，同时把它们与环境的联系有机地结合起来，进一步推断礁体发生、发展和消亡的全过程，从而揭示整个生态系统的关系。

一般而言，后两项工作应建立在古生物研究的基础之上，如果系统分类和属种描述的工作不能完成，古生态研究也就很难进行。

在我国，生物礁研究自60年代始，80年代在二叠纪生物礁方面获得了重要进展，发

现了若干发育完整的礁体，建立了一些典型的礁剖面，对二叠纪主要造礁生物如串管海绵等完成了大量的描述。但是，对造礁生物古生态研究一直停滞不前，造成这种状况的原因是，在某种程度上可能与国际上该领域研究进展缓慢分不开，同时，国内有关生物礁大量资料尚有待于总结、分析，难以充分利用。

1987年，作者在参加并完成国家自然科学基金项目“中国南方二叠、三叠纪生物礁”研究后，又获得中国科学院青年自然科学基金，开展了为时3年的“中国南方二叠纪造礁生物群落”研究。在中国南方二叠纪碳酸盐岩隆类型、造礁生物类别及特征、钙质海绵的古生物学、群落构成及其演替以及二叠纪成礁模式探讨等方面取得诸多新认识。在开展这一课题的研究中，作者接触到各个部门从事生物礁工作的前辈和同行，他们的真诚帮助和热心鼓励，激发作者提出本书中的许多观点并使之成型。本书是青年基金的研究成果，作为十年来我国二叠纪生物礁与造礁生物研究总结的一部分，期望它不仅能反映目前国内在该领域的实际水平，又能体现出在某些方面特别是在造礁生物古生态研究方面的独到见解，同时能够推进生物礁更高层次的研究。

中国科学院学部委员、老一辈地质学家杨遵仪教授十分关心本书的完成，他在百忙之中审阅了初稿，提出了宝贵的修改意见，并热情支持和推荐出版。北京大学地质系王英华教授阅读了各章节后，在沉积学、碳酸盐岩石学各方面提出了修改建议，给予了作者真诚帮助。中国科学院地质研究所范嘉松研究员对第一章、第三章、第六章等提出具体修改意见，并提供有关参考文献。中国地质科学院地质研究所侯鸿飞研究员、中国科学院地质研究所沙庆安、王尧研究员分别在古生物地层学和沉积学等方面提出修改建议。西南石油学院讲师王生海也就初稿的有关章节同笔者进行了有益讨论。他们的热心指导使本书得以兼顾到生物礁研究的不同侧面，使内容更为充实。

在课题研究进行中，中国科学院地质研究所易善锋所长、科研处处长黄家宽同志十分关注工作进展，并鼓励支持成果的总结和出版。主要合作单位滇黔桂石油地质科研所原所长杨武旭、现所长黄献智同志，以及齐敬文、马德称高级工程师给予了大力支持，科风礁的生物薄片由该所化验室承担磨制，绘图室协助清绘有关图件。中国科学院地质所桂文立同志完成薄片照像。作者对从各方面和以不同方式给予热情帮助和支持的有关单位和个人表示衷心的感谢。

目 录

前言

第一章 二叠纪生物礁与造礁生物研究概况	1
一、世界二叠纪生物礁与造礁生物研究史	1
(一) 北美洲	1
(二) 欧洲	2
(三) 世界其它地区	3
二、中国二叠纪生物礁研究评述	4
(一) 中二叠世生物礁研究	5
(二) 晚二叠世生物礁研究	6
(三) 主要问题	7
三、当代生物礁与造礁生物研究方向与展望	8
(一) 生物礁的微相分析	8
(二) 造礁生物化石研究	9
(三) 造礁生物古生态学	9
(四) 生物礁与油气资源评价	10
第二章 中国二叠纪造礁生物组成及基本特征	11
一、造礁生物的基本分类	11
(一) 造礁生物	11
(二) 附礁生物	13
(三) 毁礁生物	15
二、二叠纪各门类造礁生物特征	16
(一) 串管海绵	16
(二) 纤维海绵	18
(三) 硬骨海绵	19
(四) 水螅类	20
(五) 苔藓虫	20
(六) 钙藻和微小疑难生物	21
第三章 钙质海绵的传统古生物学研究	23
一、钙质海绵的分布	23
二、系统描述	26
第四章 造礁生物的古生态学	46
一、基本概念及其应用	46
(一) 概述	46
(二) 化石组合与生物群落	48
(三) 古生态学研究现状及发展	50
二、造礁生物古生态研究方法	51
三、生物礁与礁群落	53
(一) 生物的造礁习性 & 作用	53
(二) 不同相带的生物群落特征	56

第五章 群落演替与群落对比	60
一、广西隆林地区二叠纪礁群落.....	60
(一) 隆林地区二叠纪沉积相.....	60
(二) 生物礁的基本特征.....	62
(三) 礁旋回与生物群落的关系.....	64
(四) 群落分析.....	65
二、贵州紫云晚二叠世礁群落.....	70
(一) 概述.....	70
(二) 造礁生物群落的组成.....	71
(三) 群落演替关系.....	74
三、四川开县晚二叠世礁群落.....	76
(一) 群落的组成.....	76
(二) 群落演替及古生态分析.....	80
四、湖南郴县晚二叠世礁群落.....	80
(一) 郴县生物礁的分布及基本特征.....	80
(二) 群落结构与发展.....	81
(三) 古生态分析.....	82
五、湖南辰溪晚二叠世生物丘群落.....	83
(一) 生物丘的分布及基本特征.....	83
(二) 群落的类型及组成.....	83
(三) 群落与古生态分析.....	90
六、群落演替的基本规律.....	91
(一) 单元素分析.....	91
(二) 群落演替的基本特征和规律.....	93
七、造礁生物群落的对比.....	96
(一) 我国不同地区造礁生物群落对比.....	97
(二) 全球分布及对比关系.....	100
第六章 礁群落与碳酸盐岩隆	104
一、中国二叠纪碳酸盐岩隆的基本类型.....	104
(一) 基本概念的讨论.....	104
(二) 造礁生物在岩隆形成中的作用.....	109
(三) 礁、丘、滩的识别特征.....	112
二、中国二叠纪碳酸盐岩隆的分布.....	115
三、二叠纪成礁模式.....	120
(一) 过程模式.....	120
(二) 成因模式.....	121
四、生物礁与油气的关系.....	124
结束语	128
参考文献	131
英文摘要	138
图版说明及图版	144

CONTENTS

PREFACE

Chapter 1 GENERAL SITUATION OF PERMIAN REEFS AND REEF-BUILDING ORGANISMS	1
1.1 Research history on Permian reefs and reef-building organisms in the world.....	1
1.1.1 North America.....	1
1.1.2 Europe	2
1.1.3 Other regions in the world.....	3
1.2 Remarks concerning the Permian reef researches in China.....	4
1.2.1 Middle Permian reefs.....	5
1.2.2 Late Permian reefs.....	6
1.2.3 Main problems on Permian reef researches in China.....	7
1.3 Tendency and prospects of the study on reefs and reef builders	8
1.3.1 Analysis of reef microfacies.....	8
1.3.2 Study of reef-building fossils.....	9
1.3.3 Reef-building organisms and related paleoecology.....	9
1.3.4 Remarks on reefs and petroleum potential.....	10
Chapter 2 COMPOSITION AND GENERAL FEATURES OF PERMIAN REEF-BUILDING ORGANISMS IN CHINA	11
2.1 Classification of reef-building organisms.....	11
2.1.1 Reef-building organisms.....	11
2.1.2 Accessory organisms	13
2.1.3 Reef-destroying organisms.....	15
2.2 Paleontological aspects of Permian reef-building organisms.....	16
2.2.1 Sphinctozoan sponges.....	16
2.2.2 Inozoan sponges.....	18
2.2.3 Sclerosponges	19
2.2.4 Hydrozoans	20
2.2.5 Bryozoans	20
2.2.6 Calcareous algae and Microproblematica.....	21
Chapter 3 TRADITIONAL PALEONTOLOGY OF CALCISPONGES	23
3.1 Distribution of calcisponges.....	23
3.2 Systematic description	26
Chapter 4 PALEOECOLOGY OF REEF-BUILDING ORGANISMS	46
4.1 Basic concepts and application.....	46

4.1.1	General discussion	46
4.1.2	Association and communities.....	48
4.1.3	Present situation and development of paleoecology.....	50
4.2	Research methods of paleoecology of reef-building organisms.....	51
4.3	Reef and reef communities.....	53
4.3.1	Organisms and their reef-building habits.....	53
4.3.2	Communities in various reef facies.....	56
Chapter 5	COMMUNITY SUCCESSION AND COMMUNITY COM-	
	PARISON	60
5.1	Permian reef communities in Longlin Area, Guangxi.....	60
5.1.1	Sedimentary facies in Longlin Area	60
5.1.2	Basic features of Permian reefs.....	62
5.1.3	Relationship between reef cycle and communities	64
5.1.4	Community analysis.....	65
5.2	Late Permian reef communities in Ziyun Area, Guizhou.....	70
5.2.1	Introduction	70
5.2.2	Composition of reef communities.....	71
5.2.3	Community succession.....	74
5.3	Late Permian reef communities in Kaixian Area, Sichuan.....	76
5.3.1	Composition of reef communities.....	76
5.3.2	Community succession.....	80
5.4	Late Permian reef communities in Chenxian, Hunan.....	80
5.4.1	Distribution and basic features of Permian reefs.....	80
5.4.2	Composition and development of reef communities	81
5.4.3	Paleoecological analysis.....	82
5.5	Late Permian mound communities in Chenxi, Hunan.....	83
5.5.1	Distribution and basic features of Chenxi mounds.....	83
5.5.2	Types and composition of mound communities.....	83
5.5.3	Community and paleoecological analysis.....	90
5.6	Main regularity of community succession.....	91
5.6.1	Analysis on individual element of environment.....	91
5.6.2	Main features and regularity of community succession.....	93
5.7	Community comparison.....	96
5.7.1	Community comparison of various regions in China.....	97
5.7.2	Distribution and comparison in the world.....	100
Chapter 6	REEF COMMUNITIES AND CARBONATE BUILDUPS.....	104
6.1	Several types of Permian carbonate buildups in China.....	104
6.1.1	Discussion on some concepts.....	104
6.1.2	Importance of reef-building organisms in development of carbonate buildups	109
6.1.3	Distinguished characteristics of reef, mound and bank.....	112

6.2	Distribution of Permian carbonate buildups in China.....	115
6.3	Permian reef models.....	120
6.3.1	Models for reef development.....	120
6.3.2	Models for cause of reef formation.....	121
6.4	Relationship between reef and their petroleum potential.....	124
	CONCLUDING REMARK	128
	REFERENCES	131
	ABSTRACT	138
	THE EXPLANATION OF PLATES AND PLATES	144

第一章 二叠纪生物礁与造礁 生物研究概况

一、世界二叠纪生物礁与造礁生物研究史

二叠纪生物礁在北美及欧洲得到详细研究，如果从本世纪初算起，其研究历史也有近百年了。造礁生物作为礁的重要组成部分，最初的认识只停留在一般归类及初步描述阶段，没有得到应有注意。同礁的岩石学研究相比，造礁生物研究略有逊色。

(一) 北美洲

北美西得克萨斯和新墨西哥州有世界著名的二叠纪生物礁。该地区在本世纪初完成了早期勘探，建立了初步的地层层序。Girty(1908)的工作在这一时期具有代表意义。他最早报导了产自瓜达卢佩山(Guadalupe Mountains)的300余种化石，其中钙质海绵包括 *Amblysi phonella*, *Colospongia*, *Sollasia*, *Cystothalamia* 和 *Guadalupea* 等，但他并未深入研究这些海绵的作用及其化石产地与礁有关的地质特征。

20年代随着石油资源调查及温克勒(Wenkler)地区油田的发现，带动了地面碳酸盐岩与油气关系的研究，提出卡皮坦灰岩(Capitan limestone)是生物礁，其后开展了大规模的深入工作。30年代 Philip King 和 Robert King 完成了大量调查。由于他们的工作以及发现雷纳德组礁和丰富的化石，因此，这一时期被称之为“King period”。二次大战使研究工作中断。

战后开始的工作成为北美二叠纪生物礁与造礁生物研究最重要的内容。Adams 和 Frenzel (1950) 对卡皮坦礁(Capitan reefs)的报导，是较早系统研究北美二叠纪生物礁的论文。他们的研究以沉积学和岩相学为主，解析了卡皮坦礁的形成过程，把礁体明确划分为礁壁相(reefwall, 即礁核相)、礁后相和礁前相，认为该礁体是北美二叠纪规模巨大的堤礁。但是，对造礁生物却没有完整的记录，仅仅引用 Johnson (1942) 的资料，指出是包覆的藻类和钙质海绵。

Newell 等(1953)完成的专著《得克萨斯和新墨西哥州瓜达卢佩山地区二叠纪礁组合》，是世界二叠纪生物礁研究中最重要著作之一。他们的工作为后人从事这一领域的研究奠定了坚实的基础，研究成果包括：

礁地质学 提出了礁组合的概念，讨论了与礁有关的地层问题，对礁体完成相分析。阐述了各种沉积结构(包括各种同生和准同生结构)类型，把礁体划分为点礁(patch reef)和堤礁(barrier reef)两类。

礁岩石学 对盆地相及礁相岩石进行了划分和对比研究，同时完成成岩作用分析，指出卡皮坦礁的主要成岩作用包括重结晶作用、白云化作用及硅化作用等，它们客观地反映

了礁体发育过程中不同阶段的沉积环境。

古生物学与古生态学 礁组合内的生物除腹足类、双壳类多分布于礁后环境，苔藓虫、棘皮类多分布于礁前外，其余生物大量出现在礁核部位。特别是海绵，仅局限于礁核。礁的抗浪格架通常由包覆的藻类、钙质海绵和块状苔藓虫、水螅类构成。

生物礁是碳酸盐相的重要组成部分。生物礁研究在很大程度上取决于碳酸盐岩研究的进展。在50年代末至60年代初，Dunham (1962, 1965) 等人在卡皮坦礁所完成的沉积学及碳酸盐岩石学工作，为北美生物礁研究注入了新的生命力，并使二叠纪生物礁研究再次同生产发生密切联系。在此期间，Newell (1955)，Finks (1960) 和Otte (1963) 等在不同领域内，对北美二叠纪生物礁与造礁生物研究取得重要进展。60年代末，Bain (1967) 对格拉斯山 (Glass Mountains) 中二叠统点礁及其古生态的研究，Malek-Aslani (1970) 对新墨西哥州 Lea 县下二叠统生物礁的综合研究等，也有重要贡献。

70年代起，二叠纪生物礁研究提高到新水平。其一，注重造礁生物的古生态分析，如Toomey和Cys (1979) 对新墨西哥州下二叠统生物礁及群落演替的研究，Rigby (1971) 对钙质海绵与生物礁的关系的研究等。其二，对发育完好的礁加强深入工作，如Myers (1972) 对西得克萨斯芬利山 (Finlay Mountains) 二叠纪点礁的研究，Hileman等 (1977) 在新墨西哥和西得克萨斯对二叠纪礁的研究等。此外，Finks (1970) 在海绵演化方面的总结工作，Hartman和Gorean (1976) 对硬骨海绵的研究等，也对二叠纪重要造礁生物——海绵动物的研究起了很大的推动作用。

Rigby和Millward (1988) 曾把北美二叠纪生物礁及造礁生物研究史划分成6个时期并做了详细回顾，这里不再赘述。当代把北美二叠纪生物礁的研究与油气资源的勘探和开发紧密结合起来，通过地层深部潜伏礁的揭露，已经在得克萨斯、新墨西哥州等地发现二叠系礁型油田不下100个。这是一个从理论研究走向实际应用的成功范例。

(二) 欧 洲

西欧对二叠纪生物礁和造礁生物的研究可明显分为奠基时期 (60年代以前) 和发展时期 (60年代至80年代) 两个阶段。

60年代以前对生物礁所做工作甚少，在不列颠，Trechmann (1925, 1932) 曾报导过达勒姆 (Durham) 等地二叠纪地层及礁相岩石。有关二叠纪主要造礁生物钙质海绵等的发现可追溯到上一世纪末，但长期以来没有把它们同礁的形成联系起来。Parona (1933) 描述过产自西西里的众多钙质海绵和其它生物化石，现在看来这些化石很可能同碳酸盐岩隆的形成有关。

自60年代初期始，西欧在二叠纪主要造礁生物的研究上获得重要进展。Seilacher (1962) 对长期以来在分类归属上存有疑义的 Sphinctozoa 做了详细的结构构造的研究，认为它属于钙质海绵，并重新整理、厘定了若干科和属。其后，Ott (1968) 继续在这一领域完成了大量工作。Dieci等 (1968) 则对另一类海绵 Inozoa 完成了奠基性研究。他们的成果为70年代以后对钙质海绵的全面研究做了理论准备。与此同时，E. Flügel (1966) 和Klement (1966) 等对二叠纪钙藻类也进行了研究，认为它们是生物礁中的主要粘结生物。E. Flügel 等人的工作对北美的藻类研究有很大影响，Wray (1968) 在叶状藻及其成礁作用方面取得的成果就是一例。E. Flügel (1961) 还在水螅化石领域进行了开拓性的

研究。

70年代的成就是多方面的。Taverner-Smith和Milliams(1971)对现生和化石苔藓虫骨骼结构的研究揭示了这类生物的造礁作用,具有重要意义。Termier, H.和Termier, G. (1973, 1975)对二叠纪硬骨海绵及其钙质海绵骨骼结构方面的认识; Veizer和Wendt (1976)在现代和地史时期钙质海绵骨骼矿物组分方面的研究; Vacelet (1977)对箭囊类与硬骨海绵关系的研究等,均反映了这一时期在造礁生物研究领域的重要进展。此外, Wendt (1977)对二叠纪礁内文石结构的形成、类型及变化方面的认识; Wiedenmayer (1978)开展的现代海绵礁与古代礁的对比研究以及E. Flügel (1978)系统阐述石灰岩(包括礁灰岩)微相分析的基本方法、各类微相特征、薄片化石识别标志、成礁模式等,较为集中地体现了70年代西欧在礁岩石学和古生物学这两个主要方面所取得的成就。

随之而来的是80年代对更多生物礁的发现和报导。较为重要的有Paul (1980)对德国哈尔兹山(Harz Mountains)上二叠统藻叠层石礁的研究; E. Flügel (1981)对奥地利、意大利下二叠统藻礁的研究; Smith (1981 a, 1981 b)对英国东北部上二叠统礁组合以及上二叠统由苔藓虫—钙藻组成的点礁的研究; E. Flügel等(1984)在南斯拉夫斯洛文尼亚(Slovenia)开展的中二叠统钙质海绵—藻礁的研究。他们的工作获得了对造礁生物的新认识,即二叠纪主要造礁生物除钙质海绵外,其它生物的作用也不容忽视。这些重要发现为成礁模式提供了可靠依据,一系列有关礁的基础理论方面的研究成果标志着当代生物礁研究的最高水平。Toomey (1981)主编的《欧洲化石礁模式》一书概括总结了欧洲不同时期各种生物礁(含二叠纪礁)的基本特征、礁体类型、生物面貌、礁的演化等主要成果,对推进全球生物礁对比研究有重要意义。

在造礁生物特别是钙质海绵方面, Wendt (1980, 1984)研究了与礁有关的各类钙质海绵的基本性状、演化及其骨骼的结构构造; Senowbari-Daryan (1981)描述了斯洛文尼亚的大量串管海绵、西西里下二叠统串管海绵化石(1988)以及阿尔卑斯地区三叠系礁内的大量串管海绵化石(1988),那里的许多属种成为世界其它地区二叠系礁的重要分子; Aleotti等(1986)重新研究了西西里的钙质海绵化石; Reitner和Engeser (1983), Reitner (1987)对硬骨海绵开展了分类学及古生态研究。在钙藻方面, E. Flügel (1981, 1982)对各类钙藻的成礁作用研究等有独到之处。同时,根据南阿尔卑斯下二叠统礁内生物类别的不同,把该地碳酸盐岩隆划分为两个类型:一类由叶状藻构成;另一类由*Tubi-phytes*和*Archaeolitho porella*构成。他指出后者与北美西得克萨斯及新墨西哥州的礁组合十分近似。E. Flügel和Stanley (1984)还初步研究了二叠纪以来生物礁的分布及造礁生物的发展和变化。

当前欧洲仍然不断加强生物礁的各种基础性研究工作,包括礁的类型、分布、造礁生物性质、微相分析及成礁模式等,这些工作对世界各地二叠纪生物礁研究有很大推动作用。

(三) 世界其它地区

除我国南方广大区域外,处于欧亚大陆交界的乌拉尔山有规模巨大的二叠纪生物礁。这一地区在沙俄时代就已完成基础调查工作。Suliu和Varov (1933)最早报导了乌拉尔的礁相灰岩。其后, Zekkel (1941)报导了卡赞阶的生物礁, Teodorovitch (1941, 1942)

又较为详细地报导了发育在南巴什基尔 (South Bashkiria) 石炭、二叠纪生物礁。这说明, 在研究工作上并不比北美, 西欧晚。

50年代, 由于苏联缺乏与西方国家的交流, 二叠纪生物礁与造礁生物研究进展缓慢。60年代至70年代, 苏联做了大量的工作, 值得提到的有 Chuvashov (1968) 在乌拉尔山所做二叠纪生物礁的研究; Zhuravleva (1970) 对多孔动物、串管海绵等的形态学比较研究; Ilkovskiy (1973), Chuvashov (1973) 和 Boiko (1979) 对造礁生物水螅类的研究; 以及 Chuvashov (1974) 对乌拉尔二叠纪钙藻的研究等。80年代, 上述领域的研究得到新的发展, 其中最具有代表性的工作首推 Chuvashov (1983) 对乌拉尔二叠纪礁完成的总结性研究, 认为生物礁由一系列小型礁体呈带状沿乌拉尔山西坡断续分布, 组成长 1200 km, 宽 100 km 的礁带, 主要造礁生物为古板水螅 *Palaeoaplysina* 和 *Tubiiphytes*, 显示了与世界其它地区生物礁不同的特征。

此外, 在西伯利亚也发现了二叠纪生物礁。Belyayeva 和 Nikitina (1984) 报导了晚二叠世纳霍达西礁 (Nakhodki reef) 及其造礁生物。尽管该礁体规模较小, 但造礁生物以 Sphinctozoa 为主, 这与中国南方及北美等地造礁生物组合面貌相似, 具有一定的对比意义。

非洲二叠系碳酸盐岩发育于北部, 其中, 突尼斯生物礁很早就得到研究, 但大部分工作基本由欧美学者完成, H. Termier 和 G. Termier (1955) 最早报导了产于突尼斯二叠系与礁有关的海绵化石, 这些化石包括串管海绵、纤维海绵以及普通海绵纲的一些属种。60年代突尼斯二叠系得到普遍注意, 70年代研究工作全面展开。其中, 以 Newell 等 (1976) 在南突尼斯开展的二叠纪礁组合研究成果最著。Scherer 和 Wendt (1976) 还研究了 Djebel Tebaga 地区点礁内钙质海绵化石与成岩作用的关系。Driggs (1977) 开展了生物礁的石油地质学研究。在生物群方面, H. Termier 和 G. Termier (1975, 1977) 继续报导南突尼斯海绵化石的发现并开展串管海绵、普通海绵等的研究。许多学者还报导了其它门类化石 (如珊瑚、棘皮类、双壳类等) 的研究成果, 这些有助于全面了解北非突尼斯二叠纪造礁生物面貌及其生物礁的形成和发展。

80年代 Scherer (1986) 对南突尼斯二叠纪点礁具文石结构的海绵及成岩作用开展了研究, 而 Senowbary-Daryan 和 Rigby (1988) 系统研究了 Djebel Tebaga 地区晚二叠世生物礁的串管海绵动物群。该动物群包括 *Tebagathalamia* 等 23 属 29 种, 许多属种见于北美及中国南方二叠纪生物礁内, 为进行全球性造礁生物对比研究提供了重要依据。

二、中国二叠纪生物礁研究评述

我国生物礁研究在最近 20 年里取得了重大进展。目前已在古生界、中生界以及新生界第三系内发现各种类型碳酸盐岩隆。其中, 二叠系生物礁的发现最早, 研究历史较长, 因此成为我国各地质时代生物礁研究的基础。

60年代初, 首先在贵州西南部上二叠统发现化石富集、厚度大于四周同期地层的块状碳酸盐岩, 初步认为这种“特殊沉积”是生物礁, 但未能开展进一步工作。70年代贵州石油勘探指挥部对该地生物礁的分布完成了较详细的调查, 肯定了生物礁的存在。80年代在我国南方滇、黔、桂、川、鄂、湘等地相继开展了二叠纪生物礁的研究。通过对大量礁

体露头的研究, 确定了二叠纪是我国地史时期最主要的成礁时代。同时在沉积学、沉积岩石学及古生物学几个方面开展生物礁的综合研究, 不仅在基础理论的认识上取得新的进展, 而且在寻找礁型油气藏方面获得重要突破: 证实四川、湖北等地蕴藏具工业价值的二叠纪礁型油气资源。这一突破将推动地面生物礁的深入调查, 并使我国在生物礁研究领域取得更大成就。

(一) 中二叠世生物礁研究

为便于对比, 本书采用近年来对二叠系三分的划分方案。二叠系底界目前争议较大, 这主要涉及石炭、二叠系界限问题, 由于这不在本书的讨论范围, 故这里提到的二叠系的划分仅用于描述生物礁的时空分布。根据表 1, 我国早二叠世缺乏生物礁。中二叠世早期, 随着海侵明显扩大, 浅海底栖生物在类型和数量上得到迅速发展。自茅口期始, 我国西南碳酸盐相分布普遍, 并逐渐在滇、黔、桂等地形成发育程度不等的各类碳酸盐岩隆, 其中有些是较为典型的生物礁。

表 1 中国南方二叠纪地层划分和对比

(据 Rigby, Fan and Zhang, 1989 修改)

系	统	瓣化石带	中 国	苏 联	美 国
二 叠 系	上 二 叠 统	<i>Palaeofusulina</i> 带	长兴组	Tatarian	Ochoan
		<i>Codonofusiella</i> 带	吴家坪组	Kazanian Ufimian	Guadálupian
	中 二 叠 统	<i>Yubeina</i> 带	茅口组	Kungurian	Leonardian
		<i>Neoschwagerina</i> 带			
		<i>Cancellina</i> 带			
		<i>Misellina ovalis</i> 带 <i>Brevaxina otakiensis</i> 带	栖霞组	Artinskian	
	下 二 叠 统	<i>Robustoschwagerina</i> <i>schellwieni</i> 带	包磨山组	Sakmarian	Wolfcampian
		<i>Pseudoschwagerina</i> 带	龙吟组	Asselian	
		<i>Pseudofusulina</i> 带			
		<i>Sphaeroschwagerina</i> 带			

1. 中二叠世生物礁的分布

我国中二叠世生物礁分布较为局限, 主要见于滇、黔、桂等地, 其地层层位为茅口组, 栖霞组目前尚无发现。

据曾鼎乾 (1984) 报导, 贵州西南紫云、册亨等地茅口组生物礁普遍, 礁体具有一定厚度, 相带清楚、生物丰富、发育完整。

云南广南生物礁在 70 年代发现, 1981 年云南石油地质研究所对剖面重新调查, 1982 年中国科学院地质所和云南石油地质研究所联合对礁体开展深入研究, 认为该礁体属碳酸盐台地边缘生物礁, 主要由浅灰色块状生物灰岩构成, 礁内生物与我国西南其它地区同期礁内生物可以对比。

广西隆林地处滇、黔、桂三省(区)交界的南盘江地区。区内二叠系碳酸盐岩十分发育, 广泛分布着不同类型的岩隆, 以祥播、科风两地的茅口组生物礁发育最好并得到详尽

研究。

茅口期生物礁的分布与沉积环境密切相关。我国南方茅口期沉积范围广大，在康滇古陆与雪峰古陆之间形成宽广的碳酸盐台地。受加里东运动影响，在大面积抬升过程中伴随褶皱和断裂，进一步形成许多孤立的碳酸盐台丘。因此，茅口期礁的分布以两个类型为主，一般位于碳酸盐台地的边缘，少数位于小型孤立的碳酸盐台丘之上。后者通常规模较小，在云南温浏、贵州望谟以及广西凌云、乐业、天峨等地有所分布。

2. 研究进展

归纳前人对茅口期生物礁的研究，主要认识可概括如下：

(1) 生物礁的结构与岩石类型 对不同地区生物礁的独特结构与岩石类型有较全面的了解。例如贵州茅口期生物礁的礁核部位以亮晶胶结碎屑结构为主，并显示“栉壳结构”。礁内的填隙物为亮晶方解石胶结，含泥晶充填物、生物砂、砾屑及附礁生物残骸。生物格架结构明显，为两种类型：支撑格架和块状格架。前者是柱状或枝状造架生物被粘结生物缠绕包覆后形成的格架；后者仅由造礁海绵密集生成形成。

岩石类型在不同地区有所差别，一般为骨架岩、障积岩和粘结岩等。

(2) 生物礁的相带划分 对若干礁体完成礁前、礁核和礁后的相带划分，每个相带根据礁体发育程度可做更细一级相带划分。同晚二叠世生物礁相比，茅口期的礁相带较为简明。

研究发现，有些礁体显示较完整的发育过程，如广西隆林祥播生物礁，礁体自下而上由三个旋回组成，旋回之间存在礁的间歇期。茅口期的礁一般以高能浅滩相沉积为生长基底，该特征是这一时期生物礁发育的一般规律。

(3) 对礁内生物的研究 把不同地区生物礁内的生物分成两大类：造礁生物和附礁生物。造礁生物以钙质海绵为主；附礁生物包括腕足类、棘皮类、双壳类、有孔虫等。完成了对主要造礁生物（如串管海绵、纤维海绵）的系统古生物学研究，描述了大量的属种，并建立了若干有地方特色的新属新种。它们为进一步开展造礁生物的对比及造礁生物古生态研究奠定了基础。

(二) 晚二叠世生物礁研究

我国晚二叠世生物礁的层位绝大部分在长兴组，只有少数（如广西来宾等地）分布在吴家坪组。长兴期在全球范围内基本表现为海退，但在我国南方则出现新的海侵。随着这次海侵，带来了晚古生代末某些生物（如钙质海绵等）的迅速繁盛，并在许多地区形成了规模不等的生物礁。

1. 分布与基本特征

晚二叠世生物礁比中二叠世生物礁有更广泛的分布，它们继承了茅口期生物礁的分布特点，一般发育在碳酸盐台地的边缘，形成一系列带状的堤礁，也有一些位于台地内的台丘之上或盆地相内，形成斑状的小型点礁。自80年代以来，长兴期的生物礁先后在黔西南、鄂西、川东、桂西、湘西南等地大量发现，对这些礁体完成了程度不同的调查，并开展了各个方面的深入研究。

湖北利川地区生物礁代表典型的堤礁，在鄂西利川一带自北向南连绵50 km，规模巨大。最发育处在见天坝附近，地貌隆起明显、相带清楚，礁内生物种类丰富。四川开县地

区生物礁代表发育完整的点礁，剖面位于开县大进区，礁体厚约 100 m，但范围很小，出露面积仅 0.7 km²。同茅口期的礁相比，长兴期的礁与其有许多相似性，但在礁体形态及类型上较为复杂。同时，各个地区礁体发育的规模也很不相同，这造成在研究内容和深度上有较大的差异。

2. 研究进展

在我国南方晚二叠世生物礁中，鄂西见天坝生物礁完成了较系统的调查后，首先建立起典型剖面，为不同地区生物礁研究提供了对比标准。

对长兴期生物礁的研究进展可归纳以下几方面：

(1) 造礁生物化石研究 范嘉松等 (1982 a, 1982 b) 最早揭示了长兴期礁内的生物组分。其造架生物为钙质海绵、水螅类、苔藓虫和钙藻类等，粘结生物包括 *Tubiiphytes*, *Tabulozoa* 和少量苔藓虫、蓝绿藻等，附礁生物主要为腕足类、双壳类、棘皮类和有孔虫等。对主要造架生物串管海绵研究最详，以鄂西见天坝礁为例，已报导并描述了 22 属 43 种 (张维, 1983, 1985; Fan and Zhang, 1985 等)。研究表明，长兴期的造礁生物群是目前世界上二叠系层位最高的生物群，具有特殊的重要意义。

(2) 礁的相带划分及发育历程 堤礁与点礁有明显不同，前者相带组成复杂，后者比较简单。在鄂西见天坝地区，礁相包括礁后翼亚相、礁核亚相和礁前斜坡亚相。其中礁核亚相又进一步细分为 A 带和 B 带，整个礁组合划分三个相带，含七个亚相。每一亚相均有具代表性的生物组合和不同的岩石类型。

堤礁往往表现为复杂的发育历程，如广西隆林科风礁，礁体由四个旋回组成 (详见第五章)，每一旋回的形成均与造礁生物群落的繁盛关系密切。

(3) 成岩作用研究 晚二叠世生物礁有更多的成岩变化。在见天坝生物礁内，成岩作用包括胶结作用、白云化作用和溶解作用等。胶结作用按充填顺序划分三期，即纤状方解石、自形晶白云岩和亮晶方解石。白云化作用多出现在礁顶，溶解作用使礁体形成大量溶孔。对小型点礁而言，成岩作用也同样显著。四川开县生物礁的研究表明，礁体内的胶结作用及白云化作用十分普遍。胶结作用表现为多世代纤状方解石的栉壳结构，白云化作用主要见于礁的顶部。由于某些成岩作用的影响，晚二叠世礁内的化石保存也往往受到程度不同的影响。

(三) 主要问题

我国对二叠纪生物礁研究已取得重要成果，通过发现和建立发育完整的中二叠及晚二叠世生物礁剖面，确定了它们在我国南方的分布，对某些礁体开展的重点研究，为进行较大范围的生物礁对比奠定了基础，但是，我国当前在这一领域的工作尚有问题急待解决，主要是：

1. 研究带有片面性

我国科研单位、大专院校和生产部门等均开展了二叠纪生物礁研究。由于各家充分利用自己的优势专长，对礁的研究有不同的偏重，并由此带来一些弊端。例如对同一个礁体的认识可能因过于强调某一专业领域的证据而带有片面性，难以得到一致的见解。以地区为例，贵州南部的一些礁体早在 20 年前就已发现，但至今未得到应有的研究。再以某一专业领域为例，对造礁生物研究仅限于钙质海绵，其它门类研究不够。就钙质海绵而言，