



中国石油勘探开发研究院出版物

中国含油气盆地 海相碳酸盐岩储层 图集

沈安江 寿建峰 周进高 张宝民 潘文庆 等编著



石油工业出版社
PETROLEUM INDUSTRY PRESS

中国含油气盆地 海相碳酸盐岩储层图集

沈安江 寿建峰 周进高 张宝民 潘文庆 等编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书对中国含油气盆地海相碳酸盐岩组分、结构、孔隙及成岩作用等进行了分门别类的介绍。通过岩石学研究,借助光学或电子显微镜,对石灰岩、白云岩及其相关沉积特征进行了详细论述,极大地提高了野外研究和岩心观察的效果,为地球化学研究提供了参考框架,对碳酸盐岩储层油气勘探具有重要的指导意义。

本书可供从事碳酸盐岩研究的地质人员、油气勘探人员及高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国含油气盆地海相碳酸盐岩储层图集 / 沈安江等编著.
北京:石油工业出版社,2012.5
ISBN 978-7-5021-8967-9

I. 中… II. 沈… III. 含油气盆地—海相—碳酸盐岩油气藏—储集层—中国—图集 IV. P618.130.2-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第042758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:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523544

发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2012年5月第1版 2012年5月第1次印刷

889×1194毫米 开本:1/16 印张:31.25

字数:1123千字

定价:298.00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

《中国含油气盆地海相碳酸盐岩储层图集》

编 委 会

主 任：王道富

副主任：周海民 熊湘华 邹才能

委 员：（按姓氏笔划排列）

王一刚 王招明 方少仙 文应初 付金华 杨 华 杨海军 寿建峰
张水昌 张 研 张惠良 陈志勇 邹伟宏 沈安江 周灿灿 侯方浩
胡素云 顾家裕 姚根顺 徐春春 郭庆新 斯春松

《中国含油气盆地海相碳酸盐岩储层图集》

编 写 组

沈安江 寿建峰 周进高 张宝民 潘文庆 包洪平 郑兴平 郑剑锋
乔占峰 倪新锋 陆俊明 王振宇 杨 雨 洪海涛 李宝华 张建勇
郝 毅 李国军 辛勇光 张 杰 张 静 陈子料 吴兴宁 罗宪婴
王小芳 单秀琴 于红枫 任军峰 马立桥

序



我国陆上海相碳酸盐岩油气资源总量丰富，油气资源量占全国油气总资源量的40%以上，是油气资源战略接替的主要领域。随着塔里木盆地、四川盆地、鄂尔多斯盆地和渤海湾盆地规模海相碳酸盐岩油气田的相继发现，昭示着我国海相碳酸盐岩油气勘探进入大发展期。

随着海相层系勘探工作的开展，以陆相含油气盆地为主的理论和技术已不能适应海相油气勘探的需要，尤其碳酸盐岩储层预测既是海相地层油气勘探面临的主要科学问题之一，也是制约海相油气勘探的“瓶颈”技术之一。储层类型、成因和地质建模是储层预测的基础，国内研究人员一直非常重视。20年前，陶洪兴、张荫本、唐泽尧等编撰了《中国油气储层研究图集（卷二）·碳酸盐岩》，系统总结了对当时碳酸盐岩储层的地质认识。

20年过去了，尤其是近10年来，我国海相碳酸盐岩油气勘探取得了重大突破，同时也推动了碳酸盐岩储层地质认识的深化，因此，系统总结我国近20年来主要含油气盆地的碳酸盐岩储层研究成果，以便更好的指导今后的碳酸盐岩油气勘探就显得非常有意义了，《中国含油气盆地海相碳酸盐岩储层图集》的问世正好满足了这一需求。

该图集汇集了近20年来我国主要含油气盆地的碳酸盐岩薄片及岩心照片，系统总结了碳酸盐岩储层研究的最新成果，并对碳酸盐岩储层的实验分析技术作了系统的介绍。相信该图集的出版将对中国海相碳酸盐岩储层研究和勘探起到积极的推动作用。

中国科学院院士



2012年2月

前 言



我国海相碳酸盐岩分布广泛，总面积大于 $455 \times 10^4 \text{km}^2$ ，其中，陆上含海相碳酸盐岩盆地28个，面积 $330 \times 10^4 \text{km}^2$ ，海域含海相碳酸盐岩盆地22个，面积 $125 \times 10^4 \text{km}^2$ 。第三轮油气资源评价结果表明，我国陆上海相碳酸盐岩油气资源总量丰富，其中，原油 $340 \times 10^8 \text{t}$ ，天然气 $24.30 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。在塔里木盆地、四川盆地、鄂尔多斯盆地和渤海湾盆地探明石油 $24.35 \times 10^8 \text{t}$ ，天然气 $1.70 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，探明率分别为7.16%和7%，由此可见，海相碳酸盐岩油气勘探潜力巨大，是我国油气资源战略接替的重要领域。

碳酸盐岩储层预测是海相地层油气勘探面临的主要科学问题之一，也是制约海相碳酸盐岩地层油气勘探的“瓶颈”技术之一，而储层类型、成因和地质建模是储层预测的基础。20年前，立足于当时华北任丘油田、四川盆地和鄂尔多斯盆地的勘探成果，陶洪兴、张荫本、唐泽尧等编撰了《中国油气储层研究图集（卷二）·碳酸盐岩》，系统总结了当时对碳酸盐岩储层的地质认识。

20年过去了，尤其是近10年，塔里木盆地和四川盆地碳酸盐岩油气勘探取得了重大突破。如川东北环开江—梁平海槽长兴组—飞仙关组礁滩储层勘探的突破，发现了普光和龙岗大气田；塔中良里塔格组礁滩和鹰山组岩溶储层勘探的突破，发现了塔中大油气田；塔北奥陶系岩溶储层勘探的突破，发现了哈拉哈塘大油气田。勘探突破推动了碳酸盐岩储层地质认识的深化，包括储层类型、特征、规模、发育条件和分布规律的认识。同时，储层地质认识的深化又推动了塔里木、四川、鄂尔多斯三大盆地碳酸盐岩油气勘探，如顺层岩溶储层发育模式的提出，突破了潜山岩溶储层勘探的束缚，发现了塔北南缘斜坡区奥陶系亿吨级油田。所以，随着碳酸盐岩储层地质认识的深化和资料的进一步丰富，很有必要编撰一本能反映近10多年来碳酸盐岩储层研究成果的图集，以便更好地指导中国海相碳酸盐岩油气勘探。

本图集以塔里木、四川和鄂尔多斯盆地为重点，汇集了近20年来的碳酸盐岩典型薄片及岩心照片，系统总结了碳酸盐岩储层研究的最新成果。参加图集编写的有中国石油勘探开发研究院、塔里木油田公司、西南油气田公司、长庆油田公司的相关专家，因此，这一成果是集体智慧的结晶。为了既能反映近10多年来碳酸盐岩储层研究的最新成果，又简明扼要，起到教学和科研参考书的作用。本图集共编排了8章内容。第1章为绪论，系统介绍了碳酸盐岩油气勘探现状及趋势，碳酸盐岩储层研究现状及趋势。第2章系统介绍了碳酸盐岩基本知识，包括碳酸盐岩的组分、岩石类型和分类、沉积结

构和构造、孔隙类型和分类等。第3章系统介绍了碳酸盐岩的成岩作用和成岩环境，三大盆地海相碳酸盐岩储层的主要类型。第4章至第6章系统介绍了三大盆地海相碳酸盐岩储层研究的最新进展，包括礁滩、岩溶和白云岩3大类12亚类储层的特征、成因和分布。第7章系统介绍了碳酸盐岩储层的研究方法。第8章结论，总结了中海相碳酸盐岩储层的特殊性及其成因。

图集各章的文字经编写组多次开会讨论，形成统一的观点和认识，最后由沈安江执笔完成。塔里木盆地的照片主要由杭州地质研究院沈安江、塔里木油田公司潘文庆、西南石油大学王振宇提供，并由郑兴平、郑剑锋、乔占峰、陆俊明编撰完成。四川盆地的照片主要由杭州地质研究院周进高、西南油气田公司杨雨和洪海涛提供，并由周进高、张杰编撰完成。鄂尔多斯盆地的照片主要由中国石油勘探开发研究院实验中心张宝民、长庆油田公司包洪平提供，并由张宝民、张静、任军峰编撰完成。图集涉及少量华北和中国南方海相碳酸盐岩储层照片，分别由李国军、陈子料提供，并由马立桥编撰完成。

在图集编撰过程中，得到了中国石油勘探开发研究院、塔里木油田公司、西南油气田公司、长庆油田公司各级领导的大力支持，在此表示真挚的感谢。在图集编撰过程中，范嘉松教授、侯方浩教授、方少仙教授、顾家裕教授、张荫本教授、王一刚教授和文应初教授提供了大量宝贵的照片，同时，多次参加图集的审查会，提出了很好的建议，为图集水平的提高起到了关键的作用，在此，对老专家们的无私奉献表示真挚的感谢。在图集编撰过程中，还得到了美国科罗拉多矿业大学 Clyde H. Moore 教授和英国剑桥大学 Tony Dickson 教授的悉心指导，尤其是 Tony Dickson 教授为图集提供了大量染色照片和说明，在此表示真挚的感谢。

本图集既体现了近10多年来碳酸盐岩储层研究的最新成果，又具有实际的应用价值，更是一本教学、生产和科研的参考书。由于笔者水平有限，错误和不当之处在所难免，希望广大读者批评指正。

目 录



1 绪论	1
1.1 碳酸盐岩油气勘探现状及趋势	1
1.1.1 碳酸盐岩油气勘探现状	1
1.1.2 碳酸盐岩油气藏勘探趋势	3
1.2 碳酸盐岩储层研究现状及趋势	4
1.2.1 研究历史	4
1.2.2 研究现状	5
1.2.3 发展趋势	5
2 碳酸盐岩岩石和孔隙类型	6
2.1 碳酸盐岩岩石类型 (图版 1—图版 80)	6
2.1.1 碳酸盐岩结构组分 (图版 1—图版 48)	6
2.1.2 碳酸盐岩岩石分类 (图版 49—图版 80)	6
2.2 碳酸盐岩构造 (图版 81—图版 91)	8
2.2.1 原生沉积构造	8
2.2.2 成岩成因构造	9
2.3 碳酸盐岩孔隙 (图版 92—图版 103)	10
2.3.1 孔隙类型	10
2.3.2 孔隙分类	11
附录 生物化石门类的鉴定特征	14
3 碳酸盐岩成岩作用和成岩环境	127
3.1 碳酸盐岩成岩环境	127
3.1.1 孔隙改造的成岩环境	127
3.1.2 成岩阶段的划分	128
3.2 碳酸盐岩成岩作用 (图版 104—图版 157)	129
3.2.1 海水成岩环境的成岩作用 (图版 104—图版 115)	129
3.2.2 大气淡水成岩环境的成岩作用 (图版 116—图版 124)	130
3.2.3 埋藏成岩环境的成岩作用 (图版 125—图版 132)	130
3.2.4 白云石化及硅化作用发生的成岩环境 (图版 133—图版 152)	131
3.2.5 硫酸盐等矿物成岩作用发生的成岩环境 (图版 152—图版 157)	131
3.3 碳酸盐岩储层类型和成因	132
3.3.1 碳酸盐岩储层类型	132
3.3.2 碳酸盐岩储层成因	133

4	礁滩储层类型和特征	188
4.1	概述	188
4.2	礁滩储层特征和成因 (图版 158—图版 240)	188
4.2.1	加积—进积型镶边台缘礁滩储层	188
4.2.2	台内缓坡型礁滩储层	190
4.3	礁滩储层分布与建模	192
4.3.1	礁滩储层分布	192
4.3.2	礁滩储层地质建模	192
5	岩溶储层类型及特征	277
5.1	概述	277
5.2	岩溶储层特征和成因 (图版 241—图版 306)	277
5.2.1	层间岩溶储层	277
5.2.2	顺层岩溶储层	278
5.2.3	石灰岩潜山岩溶储层	279
5.2.4	白云岩风化壳储层	281
5.2.5	受断裂控制岩溶储层	282
5.3	岩溶储层分布与建模	283
6	白云岩储层类型及特征	352
6.1	概述	352
6.2	白云岩储层特征及成因 (图版 307—图版 384)	352
6.2.1	萨布哈白云岩储层	352
6.2.2	渗透回流白云岩储层	353
6.2.3	埋藏白云岩储层	354
6.2.4	热液白云岩储层	355
6.3	白云岩储层分布及建模	356
6.3.1	白云岩储层分布	356
6.3.2	白云岩储层建模	356
7	碳酸盐岩储层研究方法	437
7.1	岩心和薄片观察方法 (图版 385—图版 392)	437
7.1.1	岩心观测内容及规范	437
7.1.2	薄片观察内容及规范	438

7.2	实验分析技术和方法 (图版 393—图版 419)	440
7.2.1	染色、揭片和反射技术	440
7.2.2	阴极发光技术	441
7.2.3	氧、碳稳定同位素	441
7.2.4	锶同位素地球化学	442
7.2.5	流体包裹体分析技术	443
7.2.6	微量元素分析技术	444
7.2.7	电子探针分析技术	444
7.3	储层成因综合分析方法	445
7.3.1	岩心和薄片观察	445
7.3.2	微区实验分析	445
7.3.3	录井和测井资料分析	446
7.3.4	地震资料分析	446
7.3.5	试油资料分析	446
8	结论	482
8.1	中国海相碳酸盐岩储层的特殊性	482
8.1.1	碳酸盐岩储层类型多样	482
8.1.2	碳酸盐岩储层成因特殊	482
8.1.3	碳酸盐岩规模储层分布复杂	483
8.2	中国海相碳酸盐岩特殊性成因	483
	参考文献	484

1 绪论

据不完全统计,碳酸盐岩分布面积占全球沉积岩总面积的20%,所蕴藏的油气储量占世界总储量的52%。大约70%以上的碳酸盐岩石油储量来自中东的侏罗系、白垩系和古近—新近系,70%以上的天然气储量来自于原苏联、中东地区、美国和中国的石炭系、二叠系。截至2009年底,全球共发现碳酸盐岩大油气田399个,其中油田312个、气田87个,80%以上在特提斯带和环太平洋带。

全球碳酸盐岩油气藏探明总可采储量 1434.5×10^8 t油当量,其中,石油 750.1×10^8 t,天然气 684.4×10^8 t油当量。碳酸盐岩油气藏储量规模大,如阿拉伯盆地 North Field 气田可采储量达 220.1×10^8 t油当量, Ghawar 油田可采储量 133.1×10^8 t,碳酸盐岩大油气田平均可采储量为 5.6×10^8 t油当量。

全球碳酸盐岩油气藏的油气产量约占油气总产量的60%,中东石油产量约占全球总产量的2/3,其中,80%的产量来自碳酸盐岩地层。目前已确认的全球10口日产量 1×10^4 t以上的油井都来自碳酸盐岩油气田,而日产量稳定在千吨以上的油井,绝大多数分布在碳酸盐岩油气田中。

1.1 碳酸盐岩油气勘探现状及趋势

1.1.1 碳酸盐岩油气勘探现状

1.1.1.1 国内外碳酸盐岩油气勘探历史

碳酸盐岩油气藏1884年首次发现于美国印地安那州的莱马,但直到20世纪初叶中东和美国有了储量大发现,碳酸盐岩油气藏才成为石油工业的重要组成部分。50年代后期和60年代早期,共深度点地震技术的出现使得碳酸盐岩圈闭的精确确定和描述得以实现,带来了碳酸盐岩油气藏数量和规模的突破。另外,随着阿莫科石油公司在沙特阿拉伯对碳酸盐岩油气藏的大量开发,有必要详细研究碳酸盐岩储层,以便更好地了解油藏的几何形态、连续性及品质,这无疑对70年代碳酸盐岩油气藏的成功勘探做出了贡献。

在北美,大多数碳酸盐岩油气藏发现于20世纪50—60年代,70年代开始下降,之后碳酸盐岩油气勘探进入了成熟期。在中东,从20世纪20年代开始,碳酸盐岩油气储量稳步增长,60年代达到高峰,70年代和80年代由于油气工业的国有化而使储量增长速度锐减。世界上其余地区的碳酸盐岩油气藏大多发现于70年代,包括中国任丘潜山油藏及四川盆地的裂缝性气藏。

20世纪80年代,由于低油价的影响,全球碳酸盐岩油气勘探投入受到影响,仅在少数地区有大发现。这些发现包括中国南海的流花11油气田、鄂尔多斯盆地靖边气田,意大利 Tempo Rossa 油气田,菲律宾 West Linapacan 和美国 Cotton Valley/Lodgepole 礁型油气田。

近20年来,全球海相碳酸盐岩大油气田仍不断有重大发现,如滨里海盆地的 Kashagan、Rakushechnoye 及 Aktote 油气田,中东的 Kushk、Umm Niqa 及 Karan 油气田,扎格罗斯的 Yadavaran、Kish 和 Yadavaran 油气田,总探明可采储量 92.63×10^8 t。中国陆上碳酸盐岩油气勘探近20年来也取得了重大进展,近 15×10^8 t石油总探明储量的73.33%及近 2.20×10^{12} m³天然气总探明储量的81.82%发现于这一时期。

中国海相碳酸盐岩油气勘探始于20世纪50年代,可划分为4个阶段:

(1) 1953—1977年,勘探领域主要集中在四川盆地和渤海湾盆地,四川盆地在川南、川西南地区发现了一批碳酸盐岩缝洞型气藏,以卧龙河、威远、中坝等裂缝—孔隙型气藏为代表;渤海湾盆地发现了任丘奥陶系—元古宇潜山油藏。这一时期的适用勘探技术有地面构造调查、地面油苗显示、重磁电勘探和少量二维模拟地震勘探。

(2) 1978—1994年,四川盆地勘探发生重大转变,以大中型气田为目标,以裂缝—孔隙性储层为主要勘探对象,在山地地震勘探技术和高陡构造变形机理研究取得突破的基础上,发现了大池干井、五百梯和相国寺等一批大中型气藏;鄂尔多斯盆地勘探取得重大突破,发现了靖边气田。这一时期的适用勘探技术有二维高精度地震勘探技术。

(3) 1995—2004年,四川盆地打破了以石炭系为主的勘探思路,川东北地区三叠系飞仙关组鲕滩气藏的勘探取得重要进展,相继发现了罗家寨、铁山坡等一批高含硫大中型气藏;渤海湾盆地大港千米桥潜山油藏勘探取得重大发现;塔里木盆地成为碳酸盐岩油气勘探的重要战场,相继发现了和田河气藏、塔河—轮南潜山油藏。这一时期的适用勘探技术有三维地震技术和酸化压裂技术等。

(4) 2005 年至今, 环开江—梁平海槽周缘二叠—三叠系礁滩气藏勘探取得重要进展, 相继发现了以普光、龙岗为代表的大型气藏, 四川盆地进入了储量增长高峰期, 塔里木盆地碳酸盐岩油气勘探也进入了新的历史时期, 发现了塔中良理塔格组和鹰山组、塔北南缘围斜区奥陶系大型油气藏, 这一时期的适用勘探技术有高精度三维地震技术、大型酸化压裂技术、成像测井技术和水平井技术等。

20 世纪上半叶, 大多数碳酸盐岩油气藏的发现靠地表地质、油苗和重磁调查, 而后期的发现主要靠地震技术的进步。勘探技术的进步和石油地质规律认识的深化, 尤其是碳酸盐岩岩石类型、沉积相和储层孔隙类型、成因等研究, 是推动碳酸盐岩油气勘探取得快速突破的源泉。

1.1.1.2 国内外碳酸盐岩油气勘探现状

1.1.1.2.1 国外碳酸盐岩油气勘探现状

全球碳酸盐岩大油气田 399 个, 其中油田 48 个, 油气田 264 个, 气田 87 个 (C&C, 2007; AAPG, 2009; BP, 2009; 张抗, 金之均, 2009)。地域上, 碳酸盐岩油气藏主要分布在北半球, 特提斯域和墨西哥湾最富集, 层位上以中、新生界为主。

中东是碳酸盐岩油气藏最为富集的地区, 共发现碳酸盐岩油气藏近 141 个, 最终可采油 $545.77 \times 10^8 \text{t}$, 最终可采气 $64.44 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。储层为碳酸盐颗粒滩建隆及裂缝—岩溶型储层, 烃源岩以泥质灰岩为主, 少量海相泥岩, 盖层为蒸发岩及细粒碎屑岩。生储盖组合主要分布于侏罗系、白垩系和古近—新近系。

中亚—里海地区共发现碳酸盐岩油气藏近 15 个, 最终可采油 $9.50 \times 10^8 \text{t}$, 最终可采气 $3.26 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。储层以碳酸盐颗粒滩建隆为主, 少量裂缝—岩溶性储层, 烃源岩以泥质灰岩为主, 少量海相泥岩, 盖层为蒸发岩及细粒碎屑岩。生储盖组合主要分布于上古生界, 少量石炭系及侏罗系。

亚洲地区共发现碳酸盐岩油气藏近 40 个, 最终可采油 $11.35 \times 10^8 \text{t}$, 最终可采气 $3.24 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。在中国, 储层以裂缝—岩溶性储层为主, 少量礁滩和白云岩储层, 在远东以碳酸盐颗粒滩建隆为主, 烃源岩以海相泥页岩为主, 盖层以细粒碎屑岩为主。生储盖组合分布可以从前寒武系至古近—新近系。

非洲地区共发现碳酸盐岩油气藏近 19 个, 最终可采油 $16.66 \times 10^8 \text{t}$, 最终可采气 $2107.00 \times 10^8 \text{m}^3$ 。储层以碳酸盐颗粒滩建隆为主, 少量白云岩和裂缝—岩溶性储层, 烃源岩以海相泥页岩为主, 少量泥质灰岩, 盖层以蒸发岩及细粒碎屑岩为主, 少量致密碳酸盐岩。生储盖组合主要分布于白垩系和古近—新近系。

欧洲地区共发现碳酸盐岩油气藏近 44 个, 最终可采油 $22.21 \times 10^8 \text{t}$, 最终可采气 $6.17 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。储层以裂缝—岩溶性储层及白垩为主, 少量碳酸盐颗粒滩建隆, 烃源岩以海相泥页岩为主, 盖层以细粒碎屑岩为主, 少量蒸发岩及致密碳酸盐岩。生储盖组合主要分布于二叠系、三叠系、侏罗系和白垩系。

北美地区共发现碳酸盐岩油气藏近 132 个, 最终可采油 $73.62 \times 10^8 \text{t}$, 最终可采气 $3.22 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。储层以裂缝—岩溶性储层、碳酸盐颗粒滩建隆为主, 烃源岩以海相泥页岩为主, 少量泥质灰岩, 盖层以细粒碎屑岩为主, 少量蒸发岩。生储盖组合主要分布于奥陶系、志留系、泥盆系和石炭系。

南美地区共发现碳酸盐岩油气藏近 7 个, 最终可采油 $3.05 \times 10^8 \text{t}$, 最终可采气 $311.00 \times 10^8 \text{m}^3$ 。储层类型有裂缝—岩溶性储层、白云岩储层、碳酸盐颗粒滩建隆及前斜坡/远端碳酸盐岩, 烃源岩以海相泥页岩为主, 盖层以细粒碎屑岩及致密碳酸盐岩为主。生储盖组合主要分布于侏罗系和白垩系。

上述 7 大油气区碳酸盐岩最终可采油 $682.16 \times 10^8 \text{t}$, 80% 分布在中东, 碳酸盐岩气最终可采储量 $80.56 \times 10^{12} \text{m}^3$, 43% 分布在中东。

1.1.1.2.2 国内碳酸盐岩油气勘探现状

我国碳酸盐岩油气藏主要分布于四川盆地、塔里木盆地、鄂尔多斯盆地及渤海湾盆地。1975 年, 渤海湾盆地发现了任丘奥陶系一元古宇潜山油田, 探明石油地质储量 $4.10 \times 10^8 \text{t}$ 。1989 年, 鄂尔多斯盆地发现了靖边气田, 储层为马家沟组五段白云岩风化壳, 探明天然气地质储量 $4666 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

四川盆地 19 个含油气层系中有 12 个为碳酸盐岩层系, 层位跨度从震旦系灯影组至中三叠统雷口坡组, 主要含油气层位为川东的石炭系及川东北二叠—三叠系礁滩白云岩。长兴组—飞仙关组代表性气藏有龙岗、元坝、毛坝、罗家寨、渡口河、铁山坡、普光、黄龙场、五百梯和云安场等气藏, 石炭系黄龙组代表性气藏有卧龙河、五百梯、沙坪场、沙罐坪、雷音铺、福成寨、张家场、双龙、相国寺和板东等气藏。另有雷口坡组的磨溪、中坝和卧龙河气藏, 震旦系灯影组的威远气田, 栖霞组—茅口组的圣灯山、宋家场、纳溪、卧龙河、付家庙、阳高寺、老翁场等气藏。截至 2010 年底, 碳酸盐岩气藏探明储量 $1.20 \times 10^{12} \text{m}^3$ 以上。

塔里木盆地碳酸盐岩油气藏主要分布于塔中和塔北两大地域。塔北探明面积 1700km^2 , 探明储量油 $9.7 \times 10^8 \text{t}$,

气 $1200 \times 10^8 \text{m}^3$ ，包括塔河—轮南奥陶系潜山油气藏、南缘围斜区奥陶系顺层岩溶储层油气藏、英买1—2井区奥陶系裂缝型岩溶储层油气藏、牙哈—英买力地区寒武系白云岩潜山构造油气藏。塔中奥陶系良里塔格组礁滩储层探明油 $6078 \times 10^4 \text{t}$ 、气 $972 \times 10^8 \text{m}^3$ 。塔中鹰山组岩溶储层探明油 $5783 \times 10^4 \text{t}$ ，气 $1683 \times 10^8 \text{m}^3$ 。另外，塔西南玛扎塔格构造发现和田河气田，探明天然气储量 $616.94 \times 10^8 \text{m}^3$ ，储层为鹰山组白云岩和石炭系生屑灰岩。

1.1.2 碳酸盐岩油气藏勘探趋势

1.1.2.1 碳酸盐岩油气藏勘探潜力

我国海相碳酸盐岩分布面积广，总面积大于 $455 \times 10^4 \text{km}^2$ ，其中，陆上海相盆地 28 个，面积 $330 \times 10^4 \text{km}^2$ ；海域海相盆地 22 个，面积 $125 \times 10^4 \text{km}^2$ (李静等，2007)。第三轮油气资源评价结果表明，我国陆上海相碳酸盐岩油气资源总量丰富，原油 $340 \times 10^8 \text{t}$ ，天然气 $24.3 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。在渤海湾盆地、塔里木盆地、四川盆地和鄂尔多斯盆地探明石油 $24.35 \times 10^8 \text{t}$ ，天然气 $1.70 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，探明率分别为 7.16% 和 7%，勘探潜力巨大。

勘探实际证明，中国碳酸盐岩油气资源富集程度远不如中东及北美等碳酸盐岩油气富集，勘探程度低于前述的 7 个油气区，但这更能从中国碳酸盐岩油气资源量及勘探潜力的角度反映全球碳酸盐岩油气资源巨大的勘探潜力。

1.1.2.2 碳酸盐岩油气藏勘探趋势

虽然全球碳酸盐岩油气勘探潜力巨大，但储量增长的高峰期主要在 20 世纪 50—70 年代，这反映从那以后碳酸盐岩油气勘探进入了成熟期，易于发现的碳酸盐岩油气藏大多被探明，难以发现的碳酸盐岩油气藏勘探依赖于勘探技术进步及勘探领域的拓展，并将在 21 世纪为全球带来第二个储量增长高峰期。就勘探领域的拓展而言，未来主要表现为 4 个趋势，即由台缘向台内、由浅层向深层、由构造向岩性、由陆地向海洋勘探方向发展，勘探技术进步为勘探领域的拓展提供了保障。

1.1.2.2.1 由台缘向台内勘探方向发展

据全球 399 个碳酸盐岩油气藏储层类型统计，礁滩相碳酸盐岩砂及碳酸盐岩建隆储层占近 50%，而且以台缘带大型的礁滩体为主，台内礁滩的勘探程度较低。中国也不例外，四川盆地二叠—三叠系礁滩白云岩储层的勘探主要集中在环开江—梁平海槽的两侧，塔里木盆地奥陶系良里塔格组礁滩灰岩储层的勘探主要集中在塔中北斜坡的台缘带。

由于碳酸盐台地和台洼的分异作用，台地上地形变化区可以发育大面积层状分布的台内滩，如四川盆地二叠系茅口组、栖霞组及三叠系飞仙关组，塔里木盆地奥陶系鹰山组和一间房组，台洼周缘可以发育类似于台缘带的礁滩，如四川盆地二叠系长兴组，其规模不亚于台缘带的礁滩，而且分布范围更广。四川盆地磨溪地区磨溪 1 井是位于台内为数不多的探井，长兴组礁滩发育，储层物性好，以铸模孔和残留粒间孔为主，3891.00~3922.00m 井段测试，日产气 $53.70 \times 10^4 \text{m}^3$ ，展示了台内礁滩良好的勘探前景。

与台缘带礁滩勘探相比，台内礁滩勘探可能会面临两个方面的风险，一是远离烃源，二是有效储层发育的地质背景不如台缘礁滩。

1.1.2.2.2 由浅层向深层勘探方向发展

同样，据全球 399 个碳酸盐岩油气藏储层类型统计，大约 72% 的碳酸盐岩油气藏埋藏深度小于 3000m，埋藏深度大于 4000m 的仅占 11%，塔里木盆地奥陶系及四川盆地龙岗地区长兴组—飞仙关组碳酸盐岩油气藏埋藏深度 5000~6000m，探明的碳酸盐岩油气藏总体分布在中浅层，这主要是受勘探成本、勘探技术（如深层地震成像问题）及深层石油地质条件认识程度不足等原因的制约。

储层成因机理研究揭示，碳酸盐岩深层存在规模储层发育和保存的机理，包括：①同生期沉积—成岩环境控制早期孔隙发育，并为深层成岩流体的活动提供了通道；②多旋回构造运动控制多期次岩溶孔洞、溶洞与裂缝的发育；③流体—岩石相互作用控制深部溶蚀与孔洞的发育。所以，碳酸盐岩储层的发育不受深度制约，塔里木盆地轮东 1 井埋深 6800m 仍发育洞高 4.50m 的大型洞穴，塔深 1 井埋深 6000~7000m，大型溶洞仍完好保存，8000m 井深白云岩溶蚀孔洞发育。勘探实践进一步证实深层碳酸盐岩油气藏是客观存在的，美国阿纳达科盆地志留系碳酸盐岩气藏埋藏深度 8000~9000m，可采储量 $792.87 \times 10^8 \text{m}^3$ ，岩性为不整合面之下的石灰岩和白云岩，孔隙类型有粒内溶孔、砾间孔和溶蚀孔洞、溶蚀扩大的裂缝。四川盆地通南巴地区元坝侧 1 井于二叠系长兴组 7360~7390m 测试获气，无阻流量达 $50 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。

随着勘探技术的进步及对深层石油地质规律认识程度的深入，由浅层向深层勘探方向发展不仅是碳酸盐岩

油气藏勘探的趋势,而且已经逐步成为现实。

1.1.2.2.3 由构造向岩性勘探方向发展

由于碳酸盐岩储层强烈的非均质性,储层侧向连续性差,油气运移主要是通过断层实现的。而碳酸盐岩地层比碎屑岩地层具有更为发育和复杂的断裂系统,所以,油气运移要比碎屑岩地层远得多。古隆起是油气由高势区向低势区长期远距离运移的指向区,在烃源充足的条件下可以充注古隆起的高部位及斜坡区,塔北古隆起就是典型的实例,高部位的潜山区及围斜部位的顺层岩溶储层发育区均是油气的有利富集区。

四川盆地加里东期乐山—龙女寺古隆起控制了震旦系—奥陶系天然气的富集,开江、泸州两个印支期古隆起控制了石炭系—中三叠统天然气的富集,三个古隆起控制了四川盆地81.75%的天然气的探明储量。塔里木盆地碳酸盐岩油气也主要分布在塔中和塔北两个古隆起上,几乎控制了90%以上的油气探明储量。

事实上,古隆起及斜坡部位控制了碳酸盐岩的油气富集,但由于碳酸盐岩储层强烈的非均质性,单个的碳酸盐岩油气藏基本上为岩性或地层圈闭,探井打的高点并不代表构造高点,而是地貌高点,所以,古隆起及斜坡部位的储层发育区不管是在地貌高点还是斜坡或谷地上,都是有利的勘探目标。

1.1.2.2.4 由陆地、浅海向海洋深水勘探方向发展

虽然20世纪陆地及浅海碳酸盐岩油气藏勘探发现了大量的油气探明储量,而且勘探潜力依然巨大,但21世纪海洋深水碳酸盐岩油气勘探取得的重大突破又给我们展示了一个更有远景的勘探领域。

巴西桑托斯盆地面积 $32.70 \times 10^4 \text{ km}^2$,2006年于该盆地发现了Tupi油气田,油田面积 900 km^2 ,所处海域水深2126m,油藏距海底深度3831m,储层岩性为海相碳酸盐岩,以石灰岩为主,探明可采储量 $9.10 \times 10^8 \text{ t}$ 油当量;2007年发现Carioca油气田,油田所处海域水深2140m,储层为盐下碳酸盐岩,以石灰岩为主,探明可采储量 $0.462 \times 10^8 \text{ t}$ 油当量;2008年发现Jupiter油气田,油田所处海域水深2187m,油藏距海底深度3065m,储层为盐下碳酸盐岩,以石灰岩为主,探明可采储量 $6.02 \times 10^8 \text{ t}$ 油当量。

巴西桑托斯盆地连续3年所取得的勘探成果揭示海洋深水碳酸盐岩油气勘探的巨大前景,随着深水勘探技术的提高,勘探成本的降低,必将会成为继陆地和浅海之后的重要勘探接替领域。

1.2 碳酸盐岩储层研究现状及趋势

储层是碳酸盐岩油气藏研究的核心问题,油气藏描述的核心是储层描述,尤其是储层非均质性表征。碳酸盐岩储层研究和认识程度的提高加速了碳酸盐岩油气储量的发现,反之,碳酸盐岩油气勘探的新发现又促进了储层研究和认识程度的提高。与碳酸盐岩油气勘探现状及趋势相对应,下面将从研究历史、研究现状和发展趋势3个方面来论述碳酸盐岩储层的研究。

1.2.1 研究历史

(1) 20世纪50年代,碳酸盐岩的研究工作主要集中在岩石类型和沉积相认识上,为当时碳酸盐岩油气藏的大发现发挥了重要的作用。

Bob Ginsburg于20世纪50年代发表的关于南佛罗里达和巴哈马碳酸盐岩沉积作用的论文(Ginsburg, 1957; Ginsburg和Lowenstam, 1958)点燃了全球碳酸盐岩沉积学研究的兴趣,促进了碳酸盐岩沉积环境模型的建立。Robin Bathurst(1958)关于Dination石灰岩成岩作用的论文具里程碑式的意义,它使当时的沉积岩石学家对碳酸盐岩的组构和结构有了更好的理解。Bob Folk(1959)发表了碳酸盐岩分类的论文,阐明了结构、组构和组分可以用于解释古代石灰岩的沉积环境。

(2) 20世纪60—80年代,是碳酸盐岩研究的黄金时期,尤其是成岩作用研究,为20世纪60—70年代碳酸盐岩油气藏的大发现发挥了重要的作用。

通过对现代海洋和淡水体系碳酸盐岩组分大量而深入的研究,获得了许多关于地质和地球化学条件对复杂成岩作用控制的基本认识,碳酸盐岩成岩作用研究得到飞速发展,岩石地球化学分析(如微量元素、同位素和流体包裹体)在沉积环境恢复、成岩作用研究中发挥了重要作用,为70年代碳酸盐岩油气储量增长高峰期的到来提供了技术支撑,而碳酸盐岩开发的技术需求又推动了储层精细研究和评价工作。

20世纪80年代末至90年代初,层序地层理论的应用给碳酸盐岩研究工作带来了革新。Rick Sarg(1998)、Wolfgang Schlager(1989)和Maurice Tucker(1993)在这方面做了很多开创性工作。而此时,层序地层理论作为一种储层预测工具主要集中在碳酸盐岩的早期成岩作用和孔隙演化上。

(3) 20 世纪 90 年代出现了通过露头层序地层解释和追踪进行储层地质建模工作的高潮，目的是表征储层非均质性和预测有效储层分布。

通过露头层序地层解释和追踪储层地质建模的代表作有 Tinker (1996) 和 Kerans 等 (1994) 的著作。这些储层建模工作对基于工程 / 地质为目的的碳酸盐岩孔隙分类方案的出台十分必要，Jerry Lucia (1995) 最先提出了碳酸盐岩孔隙分类方案。

这一时期的其他重要进展还有 Bob Folk (1993) 和 Hank Chavitz (1992) 系统阐述了生物活动对碳酸盐岩成岩作用和孔隙改造的重要性。Noel James 等 (1992) 揭示了温带冷的海水中碳酸盐岩早期改造孔隙成岩作用的重要性。海水成岩环境中微生物作用可能被夸大了，毫无疑问，微生物在成岩过程中可能扮演重要角色（胶结作用和溶解作用），但主要在深海环境的深水灰泥丘中起作用。

1.2.2 研究现状

进入 21 世纪，碳酸盐岩储层研究的方法和手段更为综合，认识进一步深化，同时，更加强调对油气勘探和开发的应用效果。

(1) 层序地层理论为碳酸盐岩储层成因和预测研究提供了可行的格架，尤其在预测早期成岩环境和改造孔隙的成岩作用方面十分有用，短期和长期的气候变化及海平面变化在恢复古代碳酸盐岩储层成岩作用和孔隙演化中具有重要作用。

(2) 基于构造发育史、水文地质、岩石基本特征、层序地层的综合分析和碳酸盐岩地球化学特征的综合应用 (Isabel Montene, 1994)，晚期埋藏成岩作用和在埋藏条件下储层孔隙演化特征的认识更为深刻。新一代分析测试仪器的出现，使地球化学方法和手段越来越多地被应用于碳酸盐岩研究中。

(3) 白云石成因的争论仍将继续，似乎每个月都会产生一种新的成因模式来解释古代白云石的成因，但没有一个能适合所有环境的全能模式。古代白云石成因模式的选择应该充分考虑地质和水文地质背景，而不是目前的白云石化学特征。蒸发背景下的渗透回流白云石化再次引起了人们的研究兴趣，而混合水白云石化模式越来越受到质疑，台地范围的受地热对流驱动的海水白云石化作用似乎仍然是一个可以被人们所接受的白云石化模式。

关于白云石化作用对孔隙发育所起的作用仍存在争议。Weyl (1960) 发表了题为“通过白云石化作用形成的孔隙——质量守恒的需要”的论文，提出了石灰岩完全白云石化将导致增孔 13% 的观点。进入 21 世纪，有学者认为白云石化作用基本上是一种胶结现象，其结果是导致孔隙的破坏，而不是孔隙的形成，白云岩中的孔隙是遗留和继承的，而不是通过白云石化作用新形成的。

(4) 地质、录井、试油、测井和地震资料的综合利用，尤其是成像测井和三维地震资料的利用，使碳酸盐岩储层特征研究更加深入，成因解释更加合理，在更精细的层面上表征储层的非均质性和预测有效储层分布。

成像测井和三维地震储层预测技术精细雕刻岩溶缝洞储层及礁滩储层的技术已趋成熟，并在塔里木盆地复杂岩溶缝洞储层和四川盆地礁滩白云岩储层油气勘探和开发中发挥了重要的作用。

1.2.3 发展趋势

未来的碳酸盐岩储层研究将定位在综合分析和应用研究上，发展方向主要有以下 3 个方面，它将影响我们对碳酸盐岩油气勘探和开发的潜能。

(1) 碳酸盐岩储层主控因素和成因机理的深化研究，建立储层发育分布模型，解决储层宏观分布规律问题，为领域和区带评价提供支撑。

更为精细的层序地层研究及基于层序地层理论的成岩作用模式的建立；不同地质背景下白云石化机理及模式的建立，通过地质、地球化学和水文地质的综合研究来更好地理解白云石化作用及其对孔隙演化的影响；古气候方面的基础研究，探索旋回性气候变化对碳酸盐的生产、碳酸盐矿物相及碳酸盐成岩作用的影响；同位素和两相流体包裹体分析解决古代碳酸盐岩地层中白云石和方解石重结晶的控制因素和识别标志；热液作用的类型、特征及对储层叠加改造的影响；各种成岩环境不同成岩产物（结构组份）地球化学特征及识别图版的建立。

(2) 建立露头区精细的层序地层模型和储层空间结构模型，表征储层非均质性，如礁 / 滩储层野外储层地质建模、岩溶缝洞的野外储层地质建模、埋藏白云岩野外储层地质建模和蒸发白云岩野外储层地质建模。

(3) 深部碳酸盐岩属性的精细地震成像（尤其是孔隙度属性），建立基于野外储层地质模型的地震正演模型，如礁 / 滩储层地震正演模型、岩溶缝洞储层地震正演模型、埋藏白云岩储层地震正演模型和蒸发白云岩储层地震正演模型，预测地下有效储层分布，提高探井和高效开发井部署的成功率。

2 碳酸盐岩岩石和孔隙类型

2.1 碳酸盐岩岩石类型 (图版 1—图版 80)

2.1.1 碳酸盐岩结构组分 (图版 1—图版 48)

碳酸盐岩与碎屑岩的最大区别是矿物组分相对简单,但结构组分却非常复杂。碳酸盐岩常见的结构组分有颗粒、胶结物和基质三类。

2.1.1.1 碳酸盐岩颗粒

颗粒组分包括骨骼颗粒和非骨骼颗粒 (Peter A. Scholle 和 Dana S. Ulmer-Scholle, 2003)。

常见的骨骼颗粒有菌藻类 (或蓝细菌)、钙藻、海绵、珊瑚、层孔虫、苔藓虫、腕足类、腹足类、头足类、双壳类、三叶虫、介形类、棘皮类和其他不确定化石等,甚至还可以出现脊椎动物和植物化石。其中,藻类、海绵、珊瑚、层孔虫、苔藓虫是地质历史时期非常重要的造礁生物。骨骼颗粒的类型、大小和丰度能很好地反映沉积环境,但与沉积介质的能量大小并无直接关系。本图集中出现的重要生物门类化石的鉴定特征将在本章的附件中作详细的介绍。

常见的非骨骼颗粒有鲕粒、豆粒、球粒和似球粒、团块及内碎屑等,还可以出现非碳酸盐颗粒 (如陆源颗粒、海绿石和磷酸盐碎屑等)。非骨骼颗粒的类型、大小和丰度能很好地反映沉积介质的能量大小。

在碳酸盐沉积环境中,碳酸盐颗粒组分由于普遍缺乏长距离的搬运作用,并且与生物组分关系密切,故可直接反映其沉积环境特征 (Ginsburg, 1956; Swinchatt, 1965; Thibodaux, 1972; Bathurst, 1975; Carozzi, 1967; Wilson, 1975, 1979)。相反,硅质碎屑岩的颗粒组分与沉积物的物源、气候、烃源岩区构造演化阶段及搬运距离相关,而与其沉积时的环境条件并不一定具有密切关系 (Krynine, 1941; Folk, 1954; Pettijohn, 1957; Blatt, 1982)。

2.1.1.2 碳酸盐岩基质

碳酸盐岩基质是指颗粒之间除胶结物以外的填隙物,通常以碳酸盐泥、微晶和微亮晶三类为主。但值得一提的是,碳酸盐岩基质是个相对的概念,不能单单通过直径大小来进行划分,有时细小的粒屑也是作为基质而存在的。

碳酸盐泥 (直径小于 $1\ \mu\text{m}$) 相当于碎屑岩中的黏土,可以形成纯碳酸盐泥沉积,也可作为支撑较大颗粒的基质 (基质支撑) 或是作为较大颗粒自支撑 (颗粒支撑) 格架间隙内的充填物。碳酸盐泥可以是碳酸盐生物解体后的产物 (机械破碎成因),也可以直接由非生物沉淀形成 (化学沉淀成因),有的甚至与微生物的新陈代谢有关 (有机生物作用成因)。

微晶 (Micrite) 由直径 $1\sim 4\ \mu\text{m}$ 的方解石晶体构成,可以是非生物沉淀形成或是通过较大的碳酸盐颗粒破碎形成。微晶形成于沉积盆地内,极少有显示搬运的痕迹 (Folk, 1959)。

微亮晶 (microspar) 是由新生变形 (重结晶) 作用形成的方解石组构,平均晶体大小超过 $30\sim 50\ \mu\text{m}$ (Folk, 1965)。

2.1.1.3 碳酸盐岩胶结物

碳酸盐岩胶结物是指沉淀于颗粒之间的亮晶方解石或其他自生矿物 (包括文石、白云石和石膏等),与砂岩中胶结物相似,是在沉积后阶段从孔隙溶液中以化学方式沉淀形成的,可以沉淀于海水、大气淡水及埋藏成岩环境,充填于各种原生孔隙和次生孔隙中。胶结物形态、分布样式和大小与沉淀环境的某些方面有关,如孔隙流体的化学性质、胶结物沉淀的速率以及孔隙体系中水的相对饱和度。传统观点认为绝大多数淡水方解石胶结物的形状趋于等轴粒状 (渗流带除外),而海水方解石和文石胶结物的形状则趋于伸长的纤维状 (Lippmann, 1973; Folk, 1974; Lahann, 1978; Lahann 和 Siebert, 1982; Given 和 Wilkinson, 1985; González 等, 1992; Dickson 等, 1993)。

2.1.2 碳酸盐岩岩石分类 (图版 49—图版 80)

沉积物的结构和沉积场所能量的相互依赖性已被广泛应用于两套最广为人们所接受的碳酸盐岩分类中,分

别为 Folk(1959) 的分类和 Dunham(1962) 的分类。本图集的岩石描述主要应用 Dunham 的分类。

Folk 的分类比较详细，紧紧围绕着沉积结构特征，不仅包括了颗粒的大小、磨圆度、分选性和叠置样式，同时还包括了颗粒成分（图 2.1）。Folk 分类的复杂性使得它更适用于显微镜下识别碳酸盐岩的岩石类型。相反，Dunham 的分类实质上是结构分类，既简单又方便，很适于野外及井场地质学家使用该分类。

Dunham 的分类主要基于生物黏结作用的有无、灰泥的有无、颗粒与基质之间的支撑关系（图 2.2）。共分为四种岩石类型：泥晶灰岩、粒泥灰岩、泥粒灰岩和颗粒灰岩，代表了一个能量递变的过程。Dunham 使用这些岩石名称术语时特别强调了它们与常用的硅质碎屑岩名称术语之间的关系。术语“绑结岩”突出了碳酸盐岩中生物的黏结和格架形成的重要作用，广义上的礁灰岩（黏结岩、障积岩和格架岩）均可置于“绑结岩”中。“结晶岩”可以是结晶灰岩或结晶白云岩，它们是碳酸盐岩特有的岩石类型。同 Folk 的分类一样，岩石命名按其所含的组分及含量进行修饰（如鲕粒颗粒灰岩、球粒颗粒灰岩等），以进一步阐述沉积场所的生物和物理条件。

		>10%异化颗粒 异化岩		>10%异化颗粒 微晶石灰岩		未受动的 礁灰岩		
		亮晶方解石胶结 >泥晶填隙物	泥晶填隙物 >亮晶方解石胶结	1%~10% 异化颗粒	<1% 异化颗粒			
异化颗粒的 体积含量	>25%内碎屑	内碎屑亮晶砾屑灰岩 内碎屑亮晶灰岩	内碎屑泥晶砾屑灰岩 内碎屑泥晶灰岩	内碎屑：含内 碎屑泥晶灰岩 最丰富的异化颗粒类型 球粒：含球粒 泥晶灰岩	鲕粒：含内 碎屑泥晶灰岩 化石：含化石 泥晶灰岩 微晶灰岩；假如受扰动和微晶化， 假如为原生白云岩	生物灰岩		
	>25% 鲕粒	鲕粒亮晶砾屑灰岩 鲕粒亮晶灰岩	鲕粒泥晶砾屑灰岩 鲕粒泥晶灰岩					
	<25%内碎屑	<25% 鲕粒 化石与球粒体积比	>3:1				生物亮晶砾屑灰岩 生物亮晶灰岩	生物泥晶砾屑灰岩 生物泥晶灰岩
			3:1~1:3				生物球粒亮晶灰岩	生物球粒泥晶灰岩
	<1:3	球粒亮晶灰岩	球粒泥晶灰岩					

图 2.1 Folk(1959) 的碳酸盐岩分类
此分类主要为成分和结构分类

可识别的沉积结构					沉积结构 不可识别
沉积时原始组分未被黏结在一起				原始组分 在沉积时 被黏结在 一起	
含灰泥 (灰泥和细粒粉砂级碳酸盐)		缺少灰泥 颗粒支撑			泥晶灰岩
灰泥支撑		颗粒支撑		粒泥灰岩	
颗粒含量 <10%	颗粒含量 >10%				泥粒灰岩
				颗粒灰岩	
					绑结岩
				结晶岩	

图 2.2 Dunham(1962) 的碳酸盐岩分类
此分类主要为结构分类，分类依据为可识别的原始结构组分的出现与否