

地质资料汇编

第七集

科学技术文献出版社重庆分社

地质资料汇编
(第七集)

中国科学技术情报研究所重庆分所	编辑
科学技术文献出版社重庆分社	出版

重庆市市中区胜利路91号

四川省新华书店重庆发行所	发行
科学技术文献出版社重庆分社印刷厂	印刷

开本: 787×1092毫米1/16	印张: 6.5	字数: 17万
1978年9月第1版	1978年9月第1次印刷	

印数: 3600

书号: 13176·34

定价0.70元

033977

目 录

沉积碳酸盐岩.....	(1)
石膏和硬石膏的成因和成岩作用.....	(18)
关于次要矿物硬石膏的岩石构造及其形成的 地球化学和机理.....	(23)
结核状和纹层状硬石膏的沉积学意义.....	(33)
由分层溶液产生的蒸发岩沉积.....	(37)
深水蒸发岩沉积: 成因模式.....	(49)
浅水和潮上蒸发岩的形成模式、沉积组合和标志.....	(61)
由太平洋、古地中海和南大洋溢流出的水的 蒸发所形成的大西洋蒸发岩.....	(65)
西德二迭纪、三迭纪和第三纪盐矿床.....	(67)
下部壳灰岩统边缘相的沉积旋回及其地层岩相问题.....	(75)
俄罗斯地台石炭系的研究——温湿地带陆缘海沉 积模式的基础.....	(86)
用化学-地质方法确定沉积岩层的地层-相.....	(92)
白云石的钙含量与形成环境之间的关系.....	(96)
碳酸盐矿物电子探针快速定量分析法.....	(101)

沉积碳酸盐岩

岩 松

一、前言

沉积碳酸盐岩(简称碳酸盐岩)的研究,国内外都很重视,作了大量的工作。碳酸盐岩的研究不仅有其理论意义,而且有重要的实用价值。这种岩石本身就是一种不可缺少的矿产,但更引人注目的是,许多其他重要的矿产或与之共生或蕴藏其中,如盐类矿床、油气及金属硫化物矿等。

本文主要是综述国外的研究成果。在碳酸盐岩的分类中,也列出了我国某些单位的分类方案以供参考。

国外主要为了查勘和开发碳酸盐岩中的油气藏,对这种岩石较全面地作了岩类学和相方面的工作,获得了不少的新成果。自本世纪50年代末到60年代,美国、加拿大、英、法、日等国先后发表了许多有关的论著。1962年,美国石油地质学家协会所属的碳酸盐岩研究分会出版的《碳酸盐岩分类》专集引起了碳酸盐岩和沉积岩石学工作者的普遍反响。它是20几年来,国外尤其是美、英等国关于碳酸盐岩岩类学研究的一部代表性的论著,对各个新的分类方案作了详细的阐述。新近,法国出版的《碳酸盐岩沉积特征》专集(1975),也是很有参考价值的。该书从查勘、开发油气角度出发,全面综述了碳酸盐岩的世界研究成果和法国的研究情况。另外,有关碳酸盐岩的专著有荷兰出版的《沉积学进展》9A卷和12卷两部以及某些同油气有关的著作。至于零星的文章,大部分散见在美国《沉积岩石学杂志(Journal of

Sedimentary Petrology)》、国际沉积岩石学家协会出版的《沉积学(Sedimentology)》、国际性的《沉积地质学(Sedimentary Geology)》、美国石油地质学家协会学报(AAPG Bulletin)、加拿大《石油地质学报(Bulletin of Canadian Petroleum Geology)》、日本《石油技术协会志》、苏联《沉积岩石学和沉积矿产(Литология и полезные ископаемые)》等定期刊物中。

关于碳酸盐岩的研究进展,从五十年代到现在二十几年的时期中,取得了显著的成果。大体上,可分为三个发展阶段:

第一阶段:主要是进行区域性、描述性和定性研究。一般认为,碳酸盐岩大多数属浅海相沉积。对其化学、矿物成分和一些生物碎屑以及其他外观特征,如颜色、结晶度等作比较单调的重复性的描述。忽略了那些能为岩相划分提供基础的或对于成因解释有意义的特征。而对于碳酸盐岩复杂性的认识以及对其岩相沉积环境的研究进展,远远落后于地质学的其他方面,也落后于陆源碎屑岩的研究工作。

第二阶段:对现代沉积和古老的固结碳酸盐岩的碎屑和基质进行了深入的研究,彻底改变了对碳酸盐岩的旧有的看法,认为这种岩类实际上主要是生物碎屑性沉积,机械作用在碳酸盐沉积中起着重要作用,当然也包括化学和生物化学作用。过去据认是陆源碎屑岩所特有的斜层理、波痕、干裂、流痕、波状纹理等在碳酸盐岩中也有普遍发育。碳酸盐岩的内碎屑同胶结物和基质的关系也与陆源碎屑岩很有类同之处。因此,陆源碎屑岩

本文编写者:本刊编辑部

的观察、研究和分类方法对于碳酸盐岩来说,大有借鉴之处。这一阶段的工作,在碳酸盐岩的成因和分类的认识和实践方面,都有了崭新的突破和重大的进展。

不少研究者认为,把碳酸盐岩同陆源碎屑岩进行类比解释无疑是一条有效的途径,但应注意到碳酸盐岩同砂页岩至少在三个主要方面存在着实质性的差别,而认识这些差别是很有必要的。

1、盆内成因:大部分碳酸盐岩沉积属盆内成因,而且大多数形成于或极其接近于原先的沉积场所。但是,陆源碎屑岩是由来自沉积盆地以外的蚀源区的沉积碎屑形成的。

2、对于生物活动的依赖性:大部分碳酸盐岩都高度地依赖于某些类型的生物活动。所谓的“非生物性”的碳酸盐沉积物,像鲕粒和葡萄石等,有可能也是依赖于某些还不清楚的生物活动形成的。生物对碳酸盐沉积后的早期阶段的影响比其他大部分沉积物更为强烈。生物形成的碳酸盐岩的结构解释,同陆源砂页岩相比,更是一个难题。

3、沉积后改造的易变性:碳酸盐在其沉积后改造的易变性方面,是砂岩、页岩无可比拟的。碳酸盐沉积在一定的温度、压力诸因素作用下,呈现高度的溶解性。它在溶解、胶结、重结晶、交代等作用影响下,必定会产生明显而又复杂的变化。

第三阶段:这一阶段很难与第二阶段明确地划分。如福克等人的分类的提出及其进一步的改进和完善,是跨越第二阶段的。第三阶段的总的特点,是由于不断引进新技术和其他学科的先进理论,对碳酸盐岩的组分、结构、相及其成因尤其是沉积环境进行了逐步深入的研究,由定性的、宏观的分析进入到定量的、微观分析。如采用电子扫描显微镜发现,属于微晶岩的白垩,大部分是由放大3000到7000倍的超微化石组成的。在岩石分类方面,比较强调描述性的结构分类,力图反映沉积环境,尤其是水动力条件。

近十多年来,对现代碳酸盐沉积开展了

越来越多的研究工作,如在波斯湾南部、墨西哥湾、巴哈马群岛等地。重点是考察碳酸盐的沉积环境、沉积过程和成岩变化及相分带。研究证明,不仅在浅海,即使在潮上带、潮间带也有大量的碳酸盐沉积。这比过去的认识前进了一大步。

国外关于碳酸盐岩的资料是比较多的,讨论范围较广。下面就分类、成岩作用和相这三个问题进行阐述。

二、分 类

一般认为,碳酸盐岩是碳酸盐矿物含量大于50%的一种沉积岩,通常分为石灰岩和白云岩两大成分类型。有些分类是把这两种岩石单独进行划分,有的则把这两种岩石合在一起分类。比斯尔和奇林加主张,把方解石(十霰石)和白云石(可能包括铁白云石)含量达50%以上,而以方解石为主的,叫灰岩;相反,以白云石为主的叫白云岩。许多研究者认为,碳酸盐岩的成分(化学或矿物成分)、结构和构造是分类的必要参数;新近有些研究者把结构成熟度、环境能量指数等也列入分类参数。还有人认为,在一个综合性分类中,也要考虑成岩和后生程度等因素。

分类的总趋势,是从成分为主、结构为辅的较单一的描述性分类或单纯的成因分类向以结构为主、成分为辅并考虑环境指标等因素的综合性分类发展。换句话说,是从单纯的描述性分类或单纯的成因分类向描述性结构成因分类演进。

一 般 的 成 分 分 类

这是五十年代和早先常用的一种分类。其中有些分类目前仍然沿用。它是较单一的成分分类,有时也兼顾涉及结构和构造特征,但与成因甚少或无联系。也有一些纯成因分类,但由于不是以可观察、可计量的岩石特征作为分类基础,实用意义较小。下面介绍几种常见的成分分类(表1—5)。

表 1

卡耶分类 (1935)	碳酸盐相中的 方解石(%)	碳酸盐相中的 白云石(%)
灰岩	>95	<5
镁质灰岩	90—95	5—10
白云质灰岩	10—90	10—50
钙质白云岩	10—50	50—90
白云岩	<10	>90

表 2

裴蒂庄分类 (1949)	方解石(%)	白云石(%)
富钙灰岩	90—100	10—0
白云质灰岩	50—90	50—10
钙质白云岩	10—50	90—50
白云岩	0—10	100—90

表 3

据奇林加分类(1957)修改的分类	Ca/Mg 比值
高白云质灰岩	4.74—16
白云质灰岩	16—60
低白云质(或镁质)灰岩	60—105
方解质灰岩	>105

上述这些成分分类,在碳酸盐岩的观察和研究的前期起过较大的作用,其中大部分分类方案至今仍然沿用。这种分类的优点是简便,易行。但是,有些定名和岩石类型的划分是不合理的。更主要的缺陷,是单纯的描述性成分分类,不能反映岩石的成因,不能满足现代的理论研究和生产实践的需要。因此,它们应与下面的描述性结构分类结合使用。

新的结构分类

这种分类出现于五十年代末,兴起于六十年代,目前已广泛地运用;同时,通过实

表 4

捷奥罗多维奇分类 (1958)	含 量(%)		
	粘土矿物	方解石	白云石
泥质灰岩	30—10	35—90	0—45
低泥质白云质灰岩	5—10	90—45	5—47.5
低泥质灰岩	5—10	95—85	0—5
灰岩	0—5	100—90	0—5
低白云质灰岩	0—5	95—80	5—20
白云质灰岩	0—5	80—65	13—35

表 5

弗罗洛娃 分 类 (1959)	含 量(%)			CaO/MgO 比 值
	白云石	方解石	菱镁矿	
灰岩	5—0	95—100	—	>50.1
低白云质灰岩	25—5	75—95	—	9.1—50.1
白云质灰岩	50—25	50—75	—	4.0—9.1
钙质白云岩	75—50	25—50	—	2.2—4.0
低钙质白云岩	95—75	5—25	—	1.5—2.2
白云岩	100—95	0—5	—	1.4—1.5
很低菱镁质白云岩	100—95	—	0—5	1.25—1.4
低菱镁质白云岩	95—75	—	5—25	0.80—1.25
菱镁质白云岩	75—50	—	25—50	0.44—0.80
白云质菱镁岩	50—25	—	50—75	0.18—0.44
低白云质菱镁岩	25—5	—	75—95	0.03—0.18
菱镁岩	5—10	—	95—100	0.00—0.03

践,不断有所改进。总的讲,本分类为描述性的结构分类。由于这种分类可通过结构特征反映沉积环境,也可叫作结构成因分类。有人说过:“分类应尽可能多地采用纯描述性参数,但是在能合理地进行成因推断的地方及应用成因推断的结论来划分岩石类型的效果比用其他办法更好的地方,就要注意把成因解释溶合到分类中去。”这一见解,在美、英等国的碳酸盐岩研究人员中是比较一致的。他们认为,这样就有可能通过对岩石中可观察、可计量的,能反映沉积过程的岩石特征进行描述而建立既可用于生产实践,又适用于深入研究的描述性成因分类。当然,问题的关键在于如何选择作为分类基础

的岩石特征,即分类准则(国外文献中,也常常叫作分类参数)。

下面分别介绍几个有代表性的分类和一个修正性的分类方案,以阐明这种类型分类的实质和概况。它们包括福克的《石灰岩类型的划分》,莱顿、彭德克斯特的《碳酸盐岩类型》,普勒姆利和基斯利等的《石灰岩的能量指数解释和分类》和邓纳姆的《碳酸盐岩的沉积结构分类》以及比斯尔、奇林加所推荐的石灰岩分类。

福克分类 福克试图建立一个适用于所有碳酸盐岩的分类。他有两点看法值得注意。一是把陆源碎屑岩结构、成因和分类方法系统地引进碳酸盐岩分类中,提出了“异化颗粒”和“异常化学岩”的概念,以此为基础建立一套比较完整的碳酸盐岩的分类和命名体系。二是强调指出,重要的问题是如何正确地描述岩石,尤其是地层。分类只是一个手段,只分出一些主要的岩石类型就行了,其他一些特征可作为形容词放到岩石的描述部分中去。岩石的名称不宜过长,不要繁琐,只要统一基本类型即可,各地区的研究人员应该有一定的灵活性。

福克认为,碳酸盐岩的沉积方式,同陆源砂岩、页岩有相似之处。碳酸盐岩的结构主要是受沉积场所的水流和波浪作用控制的。他选定三个端元组分——异化颗粒、微晶(泥)和亮晶作为石灰岩的分类参数,并认为也适用于同生白云岩。

1. 异化颗粒(allochem): 包括内碎屑、鲕粒、化石(指生物碎屑)和球粒。它们相当于陆源碎屑岩中的碎屑,如砂屑和砾屑。不同的是,这种颗粒是盆内成因的,不是盆外蚀源区的产物。

内碎屑一般是指沉积后期的半固结的碳酸盐沉积,由于水动力能量变大或沉积盆地局部隆起变浅等原因,受到局部剥蚀,在同一盆地内形成的碎屑。这种碎屑经过一定距离的搬运、磨蚀,又在该盆地内沉积下来形成新的沉积。内碎屑广泛出现于碳酸盐岩内,

不能同陆源碳酸盐岩的外碎屑混为一谈。为便于描述,把内碎屑的下限定为0.2mm。这种碎屑具有复杂的内部结构。竹叶状灰岩中的砾屑是常见的一种内碎屑。

球粒是一种圆滑的球形到椭圆形或卵状的微晶碳酸盐集合体,大小一般在0.03—0.15mm之间。为了便于区分,把其上限定为0.2mm。福克认为,大部分球粒很可能是无脊椎动物的粪粒,因为大小、形状很一致,有机质含量也特别高。球粒与鲕粒容易区分。前者没有鲕粒那样的放射状或同心层圈内部构造。跟内碎屑不同之处,是没有复杂的内部结构。

2. 微晶(或叫作微晶泥、泥晶、灰泥等): 相当于页岩中的粘土或砂、砾岩中的基质泥。微晶的直径一般是0.001—0.004mm,相应于粘土粒级范围。在薄片通常是半透明,微褐色。微晶通常是正常化学沉淀或生物化学沉淀形成物,有时经过稍稍的漂运。这里要说明的是,某些0.001—0.004mm的碳酸盐微粒是生物骨骼和硬壳碎片经过破碎、磨蚀而成的,不是化学沉淀物。据认,这样的磨蚀微粒,其水力学特性与微晶泥是一样的,而且在薄片,两者也无法区分,所以可列入微晶泥的范围。前言中提到的白垩岩,近年来根据电镜观察虽由超微化石组成,但有些研究者仍将其划为微晶岩,主要论据也在于其微粒的水力学特性。

3. 亮晶或淀晶: 据认,这是正常化学沉淀物,相当于“洁净”砂岩中的胶结物。亮晶可形成1mm或更大的晶体,通常为0.02—0.1mm之间。在薄片,晶体洁净、透明、粗大。亮晶只能沉淀在颗粒间的孔隙中,不能单独形成一种碳酸盐岩。

需注意的是,这三种端元结构组分(异化颗粒、微晶和亮晶)中,只有异化颗粒和微晶是独立的组分。它们的有无和相对含量,决定着灰岩的类型并反映沉积环境的水动力条件。亮晶是通过粒间水的化学沉淀形成的,不是独立的结构组分。它的有无和多少决定

于微晶的有无和多少,只有当异化颗粒之间的孔隙中微晶泥很少时,它才有可能充填进去。

根据这三种端元组分把灰岩(或同生白云岩)划分成可反映沉积环境物理能量和分选作用强度的三个基本类型。

第一类型 亮晶异化岩

组成:异化颗粒($>10\%$,占岩石体积,下同)+亮晶胶结物(以它为主)。

相应的陆源碎屑岩:分选很好的砂、砾岩。

沉积物理环境:高能水动力条件,水流、波浪作用强烈且而持续。

形成地区:海滩、沙洲或海底沙洲。例外情况,也可形成于低能环境中,条件是那里微晶没有或很少,只能形成亮晶异化岩。

第二类型 微晶异化岩

组成:异化颗粒($>10\%$)+微晶基质(以它为主)。

相应的陆源碎屑岩:粘土质砂、砾岩。

沉积物理环境:能量较弱的水动力条件,水流波浪作用较弱,持续时间较短。

第三类型 微晶岩

组成:几乎全部是微晶,异化颗粒 $<10\%$ 。

相应的陆源岩:粘土岩。

沉积物理环境:低能水动力条件,波浪、水流作用微弱,有大量微晶泥迅速形成。

形成地区:大多数情况是浅或很浅的有遮挡的泻湖区,在广阔的起伏不大的中等深度的陆棚区也可形成。有时也形成于远离海岸的较深海区。

除这三种基本类型以外,福克还提出另外两类。一类是“生物岩”,主要由未破碎的骨骼、介壳粘结而成,如“兰绿藻生物岩”、“介壳生物岩”、“珊瑚生物岩”等等。如由生物碎屑组成,则根据粒间孔隙物质可定为生物碎屑亮晶岩或生物碎屑微晶岩。另一类是交代白云岩,即白云化灰岩。

莱顿、彭德克斯特分类把灰岩和白云

岩分开来单独进行划分,主要讲的是灰岩分类。作者提出了作为分类依据的四个基本结构组分:颗粒、灰泥、胶结物和孔隙。由于胶结物和孔隙这两个结构组分在很大程度上取决于颗粒和灰泥这两个组分,因此在分类和命名中基本上只考虑颗粒和灰泥这两个组分,而把胶结物和孔隙看作是第二性的,在岩石基本类型确定后,可作为描述性的形容词加上去。

他们认为,“颗粒”相当于砂岩中的砂和粉砂岩中的粉砂,可构成岩石的格架。在双目显微镜下,暂且以 0.03 mm 的界限来区分颗粒和灰泥。而灰泥则相当于福克分类中的微晶,也相当于泥质砂岩和泥岩中的粘土物质。灰泥可以是化学成因,也可以是机械成因,其粒度上限是 0.03 mm 。

“颗粒”在灰岩中有五个类型:(1)碎屑颗粒(岩屑、内碎屑),(2)骨骼颗粒(海百合、软体动物、藻类、有孔虫等,包括碎屑和非碎屑两类),(3)球粒(粪粒、灰泥凝聚增大的颗粒),(4)团粒(复合颗粒、藻类团粒),(5)包粒(鲕粒和表鲕粒、豆粒和藻类及有孔虫包壳颗粒)。

他们把灰岩分成八个类型:(1)灰泥灰岩、(2)碎屑灰岩、(3)骨粒灰岩、(4)球粒灰岩、(5)团粒灰岩、(6)包粒灰岩、(7)生物格架灰岩和(8)过渡类型灰岩,如骨粒-球粒灰岩、鲕粒-骨粒灰岩等。详细的划分可按照他们所拟定的结构分类图进行。

岩石命名的具体步骤是:(1)先确定颗粒和生物格架的有无,(2)再估计颗粒和灰泥的相对含量,(3)再观察颗粒的类型及它们的相对含量。

这两个研究者认为,从理论上讲,颗粒和灰泥的比率受波浪或水流作用的控制,当然也受颗粒和灰泥的物质来源的影响。但是,主要的控制因素还是水的运动。细泥不可能沉积在强大底流持续作用的地区。因此,颗粒-灰泥比率高表示水动荡作用强烈;颗粒-灰泥比率越低,即灰泥的含量越高,则表示

石灰岩结构分类图

颗粒 灰泥 比率 (a)	颗粒 % (b)	颗粒类型 (C)					生物格架	无生物 格架
		碎屑颗粒	骨骼颗粒	球粒	团粒	包粒		
9:1	90%	碎屑 石灰岩	骨粒 石灰岩	球粒 石灰岩	团粒 石灰岩	包粒石灰岩 豆粒石灰岩 藻类包壳颗粒石灰岩	珊瑚石灰岩 藻类石灰岩	钙质层
		碎屑-灰泥 石灰岩	骨粒-灰泥 石灰岩	球粒-灰泥 石灰岩	团粒-灰泥 石灰岩	鲕粒-灰泥石灰岩 豆粒-灰泥石灰岩	珊瑚-灰泥石灰岩 藻类-灰泥石灰岩	石灰华
1:1	50%	灰泥-碎屑 石灰岩	灰泥-骨粒 石灰岩	灰泥-球粒 石灰岩	灰泥-团粒 石灰岩	灰泥-鲕粒石灰岩 灰泥-豆粒石灰岩	灰泥-珊瑚石灰岩 灰泥-藻类石灰岩	泉 华
1:9	10%	灰 泥 石 灰 岩						

注：此分类以颗粒和生物格架的有无、颗粒类型，以及颗粒(或生物格架)与灰泥的相对比率为基础。(a)颗粒-灰泥比率中的“灰泥”乃指已固结或未固结的石灰岩软泥。

(b)颗粒或生物格架的百分含量可以代替颗粒-灰泥比率，在计算时不考虑胶结物和孔隙。(c)颗粒类型的划分可见文中说明。

波浪或水流作用越弱。可见，颗粒-灰泥比率通常可当作作用于沉积物的物理能量或机械能量的指示物。上述结构分类图的纵座标反映物理作用或者波浪或水流的强度，如果不考虑物质来源。横座标指示化学因素和机械因素的相对影响，而化学和生化作用的影响则自左向右增大。

上述的是石灰岩分类。至于白云岩分类，他们的方案与福克的不同，认为白云岩需单独进行划分。按结构特征和共生的岩层，白云岩至少可分成两大类。一类是与蒸发岩系列共生的白云岩，另一类是石灰岩的白云岩化的产物。

普勒姆利和基斯利等人的分类 即石灰岩的能量指数分类。分类的基本观点，是沉积环境中的能量是由波浪和水流作用引起的，波浪和水流的大小与水的动荡程度成正比。碳酸盐岩同陆源碎屑岩一样，其结构和成分是能反映水的动荡程度的。于是，他们就把反映沉积环境能量大小的水动荡程度进行分级，分出五大级和十五个亚级，相应地把石灰岩分成五大类，每大类分为3个亚类，总计15个亚类，并用数字表示为：I(I₁、I₂、I₃)、II(II₁、II₂、II₃)……和V(V₁……)。

这些数字就叫能量指数。本分类的特点，是任何一类灰岩都不作具体命名，只是将它们归入各自的能量类别。

在阐述具体分类之前，先介绍八个概念。这些术语是作者在能量指数解释中所运用的基本概念及分类中所采用的结构要素。

1、浪底：指水面波浪能移动水底沉积物的深度；在这个深度以下，水面波浪就不能移动水底的沉积物。由于海洋、气候等各种条件的变化，一个水区的浪底深度的变动范围是很大的。

2、能量基准或能量水平：是指水中的沉积界面处和其上几呎处的动能。这种动能是由波浪或水流作用引起的，取决于海洋的某些变数，如水深、波浪的振幅和风暴的活动性。沉积界面处的能量基准可以相当稳定，也可因时间不同而有相当大的变动。静水沉积可看作能量基准的有效值为零。用能量的术语来说，能量基准就是水体能移动沉积质点的能量。但要注意，静水沉积的能量基准并不一定意味着完全没有水的运动或停滞状态的沉积环境。

3、沉积界面：是指水同水底之间的一个界面，在这个界面处，能量基准的大小可使

沉积物沉积下来。

4、碎屑碳酸盐颗粒：指经过水流或波浪机械搬运的碳酸盐颗粒。这种颗粒是原来的石灰岩或介壳由机械、生物化学或生物的破坏而形成，也可由化学沉淀作用而形成。其主要特点是曾经过机械搬运。他们认为，许多微晶灰岩无疑是碎屑成因的，但往往缺乏判断这种碎屑成因的确切准则。

5、微晶碳酸盐：这种碳酸盐是由直径小于0.06 mm的碳酸盐微粒组成的。它们不属于碎屑成因，可能是非生物或生物化学的沉淀产物，也可能是碳酸盐泥在沉积以后重结晶的结果。

6、微粒碳酸盐：这种碳酸盐的直径为0.06—0.0039 mm，属碎屑颗粒，相当于陆源碎屑岩中的粉砂级范围。

7、基质：是指可以埋藏任何沉积颗粒的物质，可以是微晶，也可以是粒状的。

8、非骨骼颗粒：是指粉砂级到砂级的碳酸盐颗粒，这种颗粒由均一的微晶碳酸盐组成，其成因还不清楚。比尔斯曾描述过这种颗粒，他把含有这种颗粒的岩石称作巴哈马岩。本分类的作者认为，这种非骨骼颗粒是在弱到中等动荡水的能量基准条件下沉积的。

下面按五个大类，谈一谈分类情况。

类型Ⅰ 静水沉积

1、静水沉积灰岩是水动荡条件最小的一个端元类型。2、结构特征，主要是微晶基质含量 $>50\%$ ，没有可辨认的碎屑颗粒，化石呈原形，如破碎则呈棱角状，即园度很差，鲕粒没有。从不含化石的灰泥（微晶碳酸盐）到介壳灰岩（非碎屑的介壳灰岩）都属于本类型。3、亚类划分：类型Ⅰ₁的特点是粘土含量高，Ⅰ₂和Ⅰ₃是较纯的灰岩。

类型Ⅱ 间歇动荡水沉积

1、是受静水和动荡水交替影响的混杂类型。2、结构特征，主要是微晶基质含量 $>50\%$ ，这表示静水环境；另外，又有 $<50\%$ 的碎屑混杂物，这表示间歇动荡水环境。碎屑碳酸盐的园度为次棱角到圆，可出现鲕粒。

3、亚类划分：Ⅱ₁和Ⅱ₂的微晶基质 $>50\%$ ，这两个亚类根据碎屑颗粒大小区分。Ⅱ₃是微晶碳酸盐与任意大小的碎屑构成微韵律性互层。

类型Ⅲ 弱动荡水沉积

1、结构特征：以微粒碎屑碳酸盐（ <0.06 mm）、细粒碎屑碳酸盐（0.125—0.25 mm）和极细粒碎屑碳酸盐（0.06—0.125 mm）为主。碎屑次圆到很圆，可以有鲕粒。2、亚类划分，是根据碎屑碳酸盐的粒度。

类型Ⅳ 中等动荡水沉积

1、结构特征，以中粒（0.25—0.5 mm）粗粒（0.5—1 mm）和极粗粒碎屑碳酸盐（1—2 mm）为主。碎屑次圆到很圆，可出现鲕粒。2、亚类划分，是根据碎屑颗粒的粒度。

类型Ⅴ 强动荡水沉积

1、这是水动荡最强的一个端元类型。2、结构特征：亚类Ⅴ₁以砾级碎屑碳酸盐（ >2 mm）为主，碎屑次圆到很圆，可出现豆粒。化石群少到中等，化石群复杂。Ⅴ₂以圆砾状或角砾状的碳酸盐岩碎屑（ >2 mm）为主，碎屑棱角状到很圆，化石缺到少，化石群复杂。亚类Ⅴ₃主要由原地生物格架组成，化石多，化石群简单，典型代表是礁灰岩。

邓纳姆分类 这一分类的基本观点，是认为静水沉积与动荡水沉积的区别是很重要的，有关这一问题的证据应当反映在岩石大类的名称上。作者认为，在静水中，灰泥可以下沉并保留在水底，因此有泥的岩石看来应与无泥的岩石大不相同，不论有泥的岩石中所包含的粗粒物质的含量多少和大小如何。

邓纳姆在其分类中规定两个界限。大于0.02 mm的为颗粒，小于0.02 mm的为灰泥。灰泥含量 $<1\%$ 可以当作无灰泥。他认为，所有的碳酸盐岩均可按他所提出的、由颗粒与灰泥相对关系所形成的沉积结构进行分类（见表6）。

从表 6 可见, 该分类的划分步骤如下:

1、先把碳酸盐岩分为沉积结构能辨认的和不能辨认的两大类;2、再把沉积结构能辨认的, 根据结构组分是否在沉积过程中粘结起来, 分为粘结的和非粘结的两类; 3、最后, 根据碎屑颗粒和泥的相对含量与组合关系, 把非粘结的灰岩进行细分。

要注意的是, 泥支架结构还是颗粒支架

结构, 不能从一个方向的平面来决定, 应从三度空间去观察, 否则会导致错误的推断。

比斯尔和奇林加分类 他们的分类主要是根据其他分类综合修改而成的。石灰岩的分类主要是根据赖顿和潘德克斯特及普拉姆利等人的分类加以综合修改的 (见表 7)。

白云岩的分类主要是根据什维佐夫(见表 8)。

表 6

沉 积 结 构 能 辨 认					沉积结构不能辨认
在 沉 积 过 程 中 原 始 组 分 未 被 粘 结			在沉积过程中原始组分被粘结在一起, 其标志有连生的骨骼物质、与重力作用相反的纹理、沉积底盘的孔洞等。		(本类岩石还可以根据结构和成岩特征作进一步的划分。)
有 泥 (粘土和细粉砂大小的微粒)		无 泥			
泥 支 架 的		颗粒支架的	颗粒支架的		
颗粒<10% 泥状(灰)岩	颗粒>10% 粒泥(灰)岩	泥粒(灰)岩	粒 状 岩	粘 结 岩	
				结 晶 碳 酸 盐 岩	

表 7 石 灰 岩 的 分 类

能量指数 (EI)	颗粒灰泥比率	颗粒 %	由波浪和水流搬运、沉积的				原地堆积的	化学和生物化学的	
			磨 蚀 颗 粒		加 生 - 聚 集 颗 粒		造 架 生 物		
			碎 屑 骨 粒	球 粒	团 粒	包 粒			
水 动 荡 程 度 增 强	强动荡 V ₃ (在强动荡 V ₂ 水中生长和 V ₁ 沉积)	9/1	90	碎 屑 骨 粒	球 粒	团 粒	鲕粒、豆粒、 鲕球粒、藻类 包壳颗粒…… 石灰岩	群体的珊瑚、 层孔虫、群体 的藻类、苔藓 藻、有孔虫等 灰岩	主要为无机沉 淀的石灰岩， 通常缺少生物 格架。如泉华， 灰华，钙质层， 某些泉华状灰 岩，某些凝聚 灰岩，可能还 有某些微晶灰 岩。
				灰泥、 碎 屑 骨 粒	灰泥、 球 粒	灰泥、 团 粒	灰泥、 豆粒等石灰岩	灰泥珊瑚、藻 类、苔藓藻等 石灰岩（对于 相应的岩石也 可使用“、” 和“-”）	
				灰泥- 碎 屑 骨 粒	灰泥- 球 粒	灰泥- 团 粒	灰泥- 豆粒等石灰岩		
	中等动荡 II ₃ (在中等动荡 II ₂ 水中沉积) II ₁	1/1	75	灰泥- 碎 屑 骨 粒	灰泥- 球 粒	灰泥- 团 粒	灰泥- 豆粒等石灰岩		
				灰泥- 碎 屑 骨 粒	灰泥- 球 粒	灰泥- 团 粒	灰泥- 豆粒等石灰岩		
				灰泥- 碎 屑 骨 粒	灰泥- 球 粒	灰泥- 团 粒	灰泥- 豆粒等石灰岩		
弱动荡 I ₃ (包括往复水 I ₂ 的作用) I ₁	1/9	50	碎屑- 灰 泥	骨粒- 灰 泥	球粒- 灰 泥	团粒- 灰 泥	鲕粒-豆 粒等 灰泥石灰岩	珊瑚、藻类、 苔藓虫、苔藓 藻等灰岩（对 于相应的岩石 也可使用“、” 和“-”）	
			碎屑- 灰 泥	骨粒- 灰 泥	球粒- 灰 泥	团粒- 灰 泥	鲕粒-豆 粒等 灰泥石灰岩		
			碎屑- 灰 泥	骨粒- 灰 泥	球粒- 灰 泥	团粒- 灰 泥	鲕粒-豆 粒等 灰泥石灰岩		
较平静 I ₃ (在静水中沉 I ₂ 积，静水并不 I ₁ 是停滞水，可能 是微弱动荡的)		10	灰 泥	灰 泥	灰 泥	灰 泥	灰泥石灰岩		
			灰 泥	灰 泥	灰 泥	灰 泥	灰泥石灰岩		
			灰 泥	灰 泥	灰 泥	灰 泥	灰泥石灰岩		

表 8

白云岩 的 分 类

主要成因类型		主要结构类型		特征、实例、变种
原始结构尚未消灭 (正残余常见)	主要部分为生物的	礁		珊瑚、藻类、苔藓虫等
		滩		生物层、成层的介壳灰岩
		骨粒的		有孔虫的、亮晶海百合碎屑灰岩、腕足类、软体动物、藻类
		微粒的		白云化白垩
	主要部分为碎屑的	碎屑的		砂屑白云岩(原生白云砂)
				白云化岩屑砂屑白云岩
		球粒		正球粒结构
		团粒及复合的		大团粒到微团粒
	主要部分为化学的或生物化学的	团粒		藻类团粒白云岩
		包粒	鲕粒和豆粒	
表皮鬃粒和豆粒			几乎无同心环的白云化球粒到次球粒	
余物大量出现,到早期碎屑和骨粒结构近于消失) 高度变化的到成因不明的(有一些正残余物,负残余	变化中等到强烈,但保留有原岩成分和结构的形迹	骨粒-碎屑颗粒周围是缝合状白云石菱面体		正残余物有骨粒、碎屑、球粒等
		角砾状团粒白云岩		基质可能为微粒方解石
		正骨粒、碎屑颗粒周围是不等粒的不完整菱形白云石缝合镶嵌结构		基质为白云石菱面体的微镶嵌
	成因不明——完全变化到完全消失。几乎没有负残余物,以致无法显示原先碳酸盐的成分和结构	原先为礁和滩石灰岩沉积,团粒的、溶洞的、斑点状的、不等粒结晶的		砂糖状白云岩,包括被交代的砂岩,正残余物
		微晶到细晶的		白云化礁,负残余物
				完全是白云石菱面体,不等粒
				不均一的结晶,残余物稀少
		结核的、团粒的、角砾的,可以有溶洞,有些岩石为中粒到粗粒砂糖状结构,具有粒状半透明外貌,无残余物		白云化白垩和石灰华
				不等粒团粒白云岩
				完全交代的微晶岩
		原先为砂屑石灰岩和石英砂,砂屑白云岩,砂糖状		

续 表 8

结晶的(残余物完全被破坏或未出现)

显 晶	亮 晶 白 云 岩	巨 晶 (大 晶)	极 粗	4.0mm
			粗	1.0mm
		中 晶	粗	0.5mm
			中	0.25mm
			细	0.10mm
			极 细	0.05mm
隐 晶	泥状白云岩*(有些类型是原生的,可能具有纹理)	细 晶	结构不均一, 可能是原生 的;有些含细 粉砂和粘土	0.01mm
		微 晶		0.001mm
		隐 晶		

* “泥状白云岩”, 原文为 “Micritic dolomite” 或 “dolomicrite”, 也可译作 “微晶白云岩” 或 “白云微晶岩” ——编者。

我国某些新的分类方案

这里仅提出两种分类以供参考。

华东石油学院分类^[9]

1、石灰岩的分类见表9。

2、白云岩的分类

根据成因可分为:

(1)原生白云岩 (同生白云岩或沉积白云岩)

化学沉淀白云岩: 内陆的盐湖、咸化的泻湖、潮上带、潮间带以及潮下带的浅海, 均可生成这种白云岩。

同生交代白云岩: 是交代成因的一种, 但与成岩期和后生期的白云化所形成的交代白云岩不同。它有一定的层位, 也是区域性的。

以上两种都是原生的结晶白云岩。

颗粒白云岩: 与盆内成因的颗粒白云岩相当。

碎屑白云岩: 即外碎屑白云岩或再旋回白云岩。

生物白云岩: 指的是具有生物格架的白云岩或礁白云岩, 是否有原生的, 现在还没有什么证据。

(2) 成岩白云岩

它是在碳酸钙沉积物的成岩阶段由交代作用 (白云化作用) 所生成的白云岩。

(3) 后生白云岩

这种白云岩是在石灰岩形成后, 在断层、裂隙等构造因素控制下, 在局部的范围内, 由交代作用而生成的白云岩。

另外, 根据结构又可分为结晶白云岩、颗粒白云岩、碎屑白云岩和交代白云岩四种。

成都地质学院分类^[10]

1、石灰岩分类见表 10。

2、白云岩分类

(1) 同生白云岩 包括与蒸发岩共生的白云岩、与石灰岩共生的白云岩、与陆源沉积物互层的白云岩, 散布在陆源沉积物中的白云石晶体、生物作用形成的白云岩、各种非海成的白云岩。

(2) 碎屑白云岩, (3) 成岩白云岩, (4) 后生白云岩。

表 9

		灰泥含量 (%)	颗粒含量 (%)	颗 粒					晶 粒	生物格架
				内 碎 屑	生 物	鲕 粒	团 块*	粪 粒		
I 颗 粒 灰 泥 石 灰 岩	I ₁ 颗粒石灰岩	10	90	内碎屑石灰岩	生物石灰岩	鲕粒石灰岩	团块石灰岩	粪粒石灰岩	I 结 晶 石 灰 岩	I 礁 石 灰 岩
	含灰泥 I ₂ 颗粒石灰岩	25	75	含灰泥 内碎屑石灰岩	含灰泥 生物石灰岩	含灰泥 鲕粒石灰岩	含灰泥 团块石灰岩	含灰泥 粪粒石灰岩		
	灰泥质 I ₃ 颗粒石灰岩	50	50	灰泥质 内碎屑石灰岩	灰泥质 生物石灰岩	灰泥质 鲕粒石灰岩	灰泥质 团块石灰岩	灰泥质 粪粒石灰岩		
	颗粒质 I ₄ 灰泥石灰岩	75	25	内碎屑质 灰泥石灰岩	生物质 灰泥石灰岩	鲕粒质 灰泥石灰岩	团块质 灰泥石灰岩	粪粒质 灰泥石灰岩		
	含颗粒 I ₅ 灰泥石灰岩	90	10	含内碎屑 灰泥石灰岩	含生物 灰泥石灰岩	含鲕粒 灰泥石灰岩	含团块 灰泥石灰岩	含粪粒 灰泥石灰岩		
	I ₆ 灰泥石灰岩	灰 泥 石 灰 岩								

* 团块也可叫做团粒——编者

表 10

颗粒百分数	主要填隙物	经过波浪及流水搬运, 沉积的灰岩						原地生成的灰岩	
		磨 蚀 颗 粒		加聚-凝聚颗粒			三种以上 颗粒的混 合物	生物骨架 灰 岩	化 学 及 生 物 灰 岩
		内 碎 屑	生物碎屑	鲕 粒	团 粒*	团 块*			
大于 50%	淀 晶	淀晶砾屑 灰 岩	淀晶生物 碎屑灰岩	淀晶鲕 粒灰岩	淀晶团 块灰岩	淀晶团 块灰岩	淀晶粒 屑灰岩	淀晶粒岩 淀晶藻岩	石灰华 钟乳石 钙质层 微晶灰 岩
	微 晶	微晶砂屑 灰 岩 微晶粉屑 灰 岩等	微晶生物 碎屑灰岩	微晶鲕 粒灰岩	微晶团 粒灰岩	微晶团 块灰岩	微晶粒 屑灰岩	微晶层孔 虫灰岩 微晶苔藓 虫灰岩	
50— 25%	微 晶	砂屑微 晶灰岩	生物碎屑 微晶灰岩	鲕粒微 晶灰岩	团粒微 晶灰岩	团块微 晶灰岩	粒屑微 晶灰岩	珊瑚微 晶灰岩 藻类微 晶灰岩	
25— 10%	微 晶	含砂屑微 晶灰岩	含生物碎 屑微晶 灰 岩	含鲕粒 微晶灰岩	含团粒 微晶灰岩	含团块微 晶灰岩	含粒屑微 晶灰岩	含珊瑚微 晶灰岩	
<10%		微晶灰岩(泥晶灰岩), 重结晶灰岩按晶粒大小分: 粗晶灰岩、中晶灰岩、细晶灰岩、粉晶灰岩、不等晶灰岩。							

* 这里的团粒(pellet)就是一般所谓的球粒, 而团块(Spherulite)是指复合颗粒。

三、成岩作用^[6]

成岩作用是指沉积后使沉积物转变成固结岩石的物理和化学过程的一种综合作用。费尔布里奇 (Fairbridge, 1967) 把成岩过程分成三个阶段: 同生成岩作用 (syn-diagenesis)、深埋成岩作用 (ana-diagenesis) 和后生成岩作用 (epi-diagenesis)。同生成岩作用是指沉积过程中发生的成岩作用, 特征是通过压实, 孔隙水和层间水大量而且急剧地放出。沉积物在这一过程的前期为氧化环境, 后期为还原状态。深埋成岩作用的特征, 是由于深埋, 沉积物被充分压实, 在此过程中孔隙水和层间水排出, 处于还原环境, 结果, 沉积物发生胶结。后生成岩作用的特征, 是由于造山运动等原因, 沉积岩上升出露, 雨水渗入到深处, 从而又处于氧化环境, 但尚未进入风化状态。

沉积物是由各种碎屑颗粒和包含流体的孔隙所组成的。在成岩作用过程中, 它们也发生了变化。这种变化所必需的物理因素是压力、温度和时间, 而化学因素是流体的 pH、Eh 和所含的离子量和性质等。

然而, 碳酸盐沉积物同砂屑和火山碎屑沉积物相比, 其组成和来源是很不一样的, 在成岩过程中的变化当然也不相同。下面, 首先谈一谈碳酸盐沉积物与其他沉积物的差别, 然后再阐述组成这种沉积物的颗粒和孔隙在成岩过程中的变化。

碳酸盐沉积物的组成和来源

这种沉积物的颗粒组成和孔隙性质等同其他沉积物差别很大。例如, 组成该沉积物的颗粒的主要组分是生物碎屑和无机沉积物, 而且它们的矿物成分主要是碳酸盐矿物。因此, 同主要由无机的粘土矿物组成的泥质沉积物以及石英、长石、岩屑等组成的砂屑沉积物和火山碎屑沉积物相比, 差别甚大。那些沉积物中的原生孔隙, 以粒间孔隙为主, 而在碳酸盐沉积物中粒内孔隙则很多。

而且, 当这种沉积物石化后, 则以溶解和破裂等作用所产生的次生孔隙为主。

另一方面, 其他的沉积物基本上是陆源来源, 而碳酸盐岩具有多种来源 (盆内粒屑、化学和生物化学)。有钙质生物的遗骸在其栖息场所堆积而成的原地生物岩, 有在堆积场所形成的无机沉积岩, 还有经水流搬运而沉积的异地生物碎屑岩。原地生物岩中, 又有钙藻灰岩和珊瑚礁灰岩等; 在无机沉积岩中, 则有陆上形成的钙质层、石灰华等, 还有浅海到湖成环境中沉淀的霏石、高镁方解石和白云石等。

碳酸盐沉积物中的颗粒变化

如上所述, 组成碳酸盐沉积物的颗粒的主要组分是生物碎屑和无机沉积物。这种颗粒, 在沉积物中是以准稳定的碳酸盐高镁方解石和霏石为主, 而随着成岩作用的进行, 低镁方解石和白云石数量增大。铁白云石、菱铁矿、菱锰矿的含量很少, 不过菱铁矿的含量有时稍多一些。这些矿物都以原生的为主, 通过胶结或重结晶而形成的也是有的。在沉积时或紧接着沉积后, 粒间孔隙中充填有粘土矿物、石英、长石和重矿物等碎屑矿物, 通常数量很少。然而, 有时含有大量的海绿石、石英和黄铁矿等。

碳酸盐矿物的成岩转变的概况, 可见下表 (表11) 所示。转变 (inversion 或 transformation), 严格地讲是指具有相同的化学组分的矿物的相或构造的变化, 这里是指广义的转变。如下表所示, 碳酸盐矿物的重要的转变作用有白云化、去白云化、方解石化和霏石→白云石的直接转变。

这些转变作用中, 在沉积后最早发生的, 一般是霏石或高镁方解石→低镁方解石的转变。霏石→方解石的转变叫方解石化, 这种转变是一种 CaCO_3 相内的结晶构造的变化。如相互间为标准的分子转换, 那么由于霏石 ($\rho_g = 2.95\text{g/cm}^3$, $V_g = 33.93$ 标准 cm^3) → 方解石 ($\rho_g = 2.715\text{g/cm}^3$, $V_g = 36.87$ 标准 cm^3) 的转换, 颗粒体积就增加

表171 成岩过程中碳酸盐矿物的矿物、晶系、化学和岩石物理性质的变化

变 化 作 用	方 解 石 化	霏 石 → 白 云 石	白 云 化	去 白 云 化
矿 物	霏 石 → 方 解 石	霏 石 → 白 云 石	方 解 石 → 白 云 石	白 云 石 → 方 解 石
晶 系	斜 方 → 三 方	斜 方 → 三 方	三 方	三 方
化 学	CaCO_3	$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$
分 子 量	100.09	100.09 → 92.21	100.09 → 92.21	92.21 → 100.09
颗粒密度(g/cm^3)	2.95 → 2.715	2.95 → 2.86	2.715 → 2.86	2.86 → 2.715
颗粒体积(%)	+8.7	-5.0	-12.6	+12.6
孔 隙 度(%)	-8.7—0	+5.0—0	+12.6—0	-12.6—0

8.7%，孔隙率减小0—8.7%。此外，如韦尔(1960)所述，将转变作用定义为颗粒之间的一种作用，胶结作用就超出了这一界限。

霏石可以直接转变成白云石。据认，这种转变是在可防止方解石化的金属离子发生吸着和同沉淀作用时产生的。由于霏石转变成白云石($\rho_g = 2.86\text{g}/\text{cm}^3$, $V_g = 32.24$ 标准 cm^3)，颗粒体积减小5.0%，孔隙率就增加0—5.0%。

白云化从理论上讲，是组成灰岩的方解石取得了 Mg^{++} 的供给而变成白云石的过程。然而，这一作用发生在埋藏后的哪一时期，多半还不清楚。虽然据报道，荷兰上新世—更新世灰岩中的白云化是由高盐度的海水造成的，但是一般地说，大多数的白云化是发生在深埋之后。由于白云化，颗粒体积减少12.6%，孔隙率就增加0—12.6%。

白云化的完全逆转就成为去白云化。据认，这是由白云石再形成方解石的沉积性的重结晶过程。因此，在这种转变彻底完成之后，颗粒体积增加12.6%，孔隙率减小0—12.6%。不过，要查明这种作用进行到什么程度是很困难的。

碳酸盐沉积物中孔隙的变化

孔隙的分类 碳酸盐岩中的孔隙，可分成若干类型。如乔凯特和普雷(1970)从地质观点着眼，将碳酸盐岩中的孔隙分成15

个基本类型。其中，粒间孔隙是指颗粒之间的孔隙，粒内孔隙指颗粒内的孔隙，晶间孔隙指晶粒间的孔隙，溶模孔隙是指化石等被溶解而成的孔隙，窗格孔隙是指比一般粒间孔隙要大的多成因的孔隙。遮掩孔隙则是原生的粒间孔隙的一种，孔隙由于较大颗粒的遮盖，而未被小颗粒所充填。生长格架空隙是指组成碳酸盐岩的骨架在沉积场所生长而成的原生孔隙。裂缝孔隙是由地壳运动和断裂运动而形成的次生孔隙。溶沟和溶孔都是由溶解而成的孔隙，差别是形状不一样。溶洞是指7—12厘米大的孔隙。穿孔和潜孔孔隙是由生物的穿孔而成的。收缩孔隙是由沉积物收缩形成的。在这些孔隙中，粒间、粒内、溶模、窗格、裂缝和溶孔这7种孔隙类型数量最多，分布普遍。

孔隙的起因 碳酸盐中的孔隙分为沉积时所具有的原生孔隙和沉积后的次生孔隙两大类。原生孔隙的大小取决于组成碳酸盐沉积物的颗粒大小和种类。例如碎屑性的灰泥，具有70—90%的原始孔隙率，如堆积(Packing)紧密，就变成60—70%。砂质碳酸盐沉积物，如堆积紧密，孔隙率为50—60%。关于原地礁灰岩的孔隙率资料几乎没有；据报导，日本沼珊瑚层的原生孔隙为55—70%。关于蒸发岩的孔隙率迄今尚无报导，其原始孔隙率可能大致与灰泥相同。可见，碳酸盐沉积物，与粒度相同的其他沉积

物相比，具有高的原生孔隙率，这是由于这种沉积物主要来自生物碎屑而含有大量的粒内孔隙的缘故。

另一方面，地质早期的碳酸盐岩，其孔隙率和渗透率一般较低。相反，作为贮层的碳酸盐岩，这些值就高。据兰纳斯等（1972）调查，世界上243个油气田中的所有碳酸盐岩，孔隙率为10—20%，渗透率为10—100毫达西；孔隙率为5%以下、渗透率为1毫达西以下的是很少的。然而，这些贮层中的孔隙，像沙特阿拉伯的阿拉布D层那样，由粒间孔隙等原生孔隙组成的情况是较少见的；而伊朗阿斯马利灰岩则以裂缝为主，加拿大雷恩鲍礁灰岩是以溶解孔隙为主，就是说，多数是由次生孔隙组成的。因此，较恰当的看法，是碳酸盐岩原先具有很高的原生孔隙率，而在埋藏后的较短时间内失去了其中的大部分。下面对碳酸盐岩中的孔隙变化过程作一简单说明。

碳酸盐沉积物，通过成岩作用变成碳酸盐岩以及在进一步的变化过程中，受到了许多物理和化学过程的影响。这种影响涉及到原生孔隙的消失和次生孔隙的形成。对于碳酸盐岩中的孔隙变化、各种地质作用及相互的关系，日本青柳宏一（1977）列表（表12）作了说明。从表中显然可见，造成沉积物原生孔隙变化的是压实作用。如沉积物是细粒灰泥，这种作用影响最强；如是骨骼堆积成的礁灰岩，则影响最弱。对于次生孔隙的形成，溶解作用、裂缝的形成和白云化所起的作用最强；而胶结作用、方解石化和白云化等，对于孔隙的消失，影响很大。

从上所述可以得出结论：碳酸盐沉积物中的颗粒和孔隙的变化，与泥质和砂质沉积物的情况不同，主要是受地层水、海水或雨水等流体的化学性质（pH、Eh、离子等）控制的，而与沉积后的埋藏深度（即压力、温度、时间等因素）的关系较小。

表12 成岩过程中各种作用对灰岩的颗粒、孔隙和流体的相对影响

因素	作用	物理			物理化学								生物化学	
		压实	破裂	压溶	氧化和还原	沉淀和胶结	转变	重结晶	离子吸附	溶解	淋滤	离子扩散	穿孔潜孔	分解
颗粒	大形状	-	?	?		+	+	++		?	-		?	-
	圆度	-	?	?		-	-	--		?	+		?	?
	表面结构	+	+	+		++	++	++		++	-		-	-
	定向	+	+	-		-	-	-		-	-		-	-
	矿物组分	±	?	±		++	++	?	+	?	--	-	-	-
孔隙	孔隙度	--	++	++		--	±	--		++	++		+	+
	渗透率	--	++	++		--	±	--		++	++		+	+
流体	化学组分				±±	--	±	--	+	+	++	--		±
	pH				±±	+	±	+	±	-	±	±		
	Eh				干干	-	±	-	干	+	干	干		

符号说明：+ = 影响显著，- = 影响极小，? = 不明