

碳酸盐岩分类文集

(地质资料汇编第九集)

科学技术文献出版社重庆分社

译者序

52/121-1
本汇编译自文集《Classification of Carbonate Rocks—symposium》，该书可看作是碳酸盐岩石学发展史中的“里程碑”。

碳酸盐岩是主要由碳酸盐矿物方解石和白云石等组成的沉积岩。它是分布最广的沉积岩之一。它是重要的储油岩石，大约一半的石油和天然气储于碳酸盐岩中。它还是重要的冶金、化工、建工、耐火，以及提炼金属镁的原料，也是重要的地下水储集岩。另外，在其中还常蕴藏着许多内生的或层控的金属和非金属矿产。因此，加强碳酸盐岩的基本理论研究，主要是其岩石学和岩相古地理学的研究，有很大的理论和实际意义。

近几十年来，碳酸盐岩石学和岩相古地理学有极大的甚至可以说是“革命性”的发展，这主要是石油工业的发展所要求的；而碳酸盐岩石学和岩相古地理学的发展反过来又积极地促进了石油工业的发展。

碳酸盐岩的分类是碳酸盐岩石学和岩相古地理学的基础，它反映碳酸盐岩石学的科学水平。

在50年代以前，碳酸盐岩的分类主要是成分分类。以方解石为主要成分者为石灰岩，以白云石为主要成分者为白云岩。这就是碳酸盐岩的两个最基本的成分分类类型。我们应接受这一历史遗产。至于结构分类，在当时还远不成其体系。这说明当时碳酸盐岩石学的水平还是很低的。

1962年，文集《碳酸盐岩分类》出版了。这是碳酸盐岩石学这一科学领域中的一件大事，标志着碳酸盐岩石学的基础已经发生了重大的变化，碳酸盐岩石学从此进入了一个新的历史阶段。

该文集共有十篇论文。

第一篇是文集的主编哈姆和普雷合写

的。这是一篇综合性的论文，此文的前半部分（第一、二、三节）对碳酸盐岩石学特别是它的岩类学的历史和现状、碳酸盐岩的特殊性和复杂性，以及分类的主要参数等，进行了概括性的论述；此文的后半部分（主要是第四节）分别对文集的其他九篇文章进行了简单的介绍和评论，并在此基础上得出了一些简单的总结，即这些分类的共同性是基本的一面。这反映碳酸盐岩石学近几十年中的重大变化的基础是雄厚的，因此这一重大的“革命性”的发展是必然的。

在该文集中，除第一篇综述性的论文以外，在其余的九篇分类文章中，首先应当着重介绍和评论的，是福克的分类，即文集的第二篇文章《石灰岩类型的划分》。福克的这篇文章是他1959年论文的修正。这是一个全新的分类方案。福克首先系统地把碎屑岩的结构观点引进碳酸盐岩中来。他首先提出“异化颗粒”的概念，并以异化颗粒、亮晶方解石胶结物、微晶方解石泥（这后两个术语也是福克创立的）为端元，把最常见的石灰岩划分为异化颗粒亮晶石灰岩、异化颗粒微晶石灰岩、微晶石灰岩等类型，前两个类型又可合称异化石灰岩。“异化”者，异常化学也，即不同于寻常的化学作用也，即形成这些颗粒和石灰岩的机理，除了正常的化学沉淀作用以外，机械的水动力作用也同时起着重要的控制作用。这样，福克就从石灰岩的生成机理的基本理论上，打破了陈旧的“化学岩”的概念，把石灰岩岩类学提高到了一个全新的水平。另外，为了与新的分类观点相适应，福克还创立了一整套的术语和命名系统，这也是有极其深远的意义和影响的。还有，福克的一些分类和命名的原则或观点也是很好的，如他一再强调，重要的问题是

碳酸盐岩分类文集
(地质资料汇编第九集)

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: 9.375 字数: 23万
1981年8月第1版 1981年8月第1次印刷
科技新书目: 9—248 印数: 1930

书号: 12176·26

定价: 1.00元

如何正确地认识和描述岩石和地层,分类只是一个手段;只分出一些主要的岩石类型就可以了,其他的一些特征可放在描述部分中去;不要把岩石名字弄得太多、太长、太繁琐。所有这些,都是福克分类的核心内容和主要原则观点,都是有深刻意义的。福克的分类是“礼炮”,是“里程碑”,从此,碳酸盐岩石学进入了新的历史发展阶段。在20年后的今天来看,福克分类的意义已超出了碳酸盐岩的范畴,它的分类观点和命名术语系统已经影响到铁、铝、磷等沉积岩和沉积矿产的分类和命名系统。如果论成果评贡献,在该文集中,福克分类应居首位。当然,福克分类也有缺点甚至错误,如微晶石灰岩也不一定就完全是“正常的”化学岩,因为微晶方解石泥至少有三种成因,即正常的化学沉淀成因、碎屑成因和生物成因。如他把非独立的结构组分亮晶方解石胶结物与独立的结构组分异化颗粒和微晶方解石泥并列,从而使分类系统人为地复杂化。再如在他的分类定量界限中,过分强调内碎屑和轻视其他异化颗粒,从而使分类系统的清规戒律重重,使人望而生畏不愿应用,等等。但这只是福克分类的次要的一面,我们是不能用现在的碳酸盐岩石学的水平来求全责备50年代末期的划时代的科学文献的。因此,福克分类的历史及现实意义都是应当充分肯定的。

与福克分类相对立的是文集的第三篇文章,即邓哈姆的分类。邓哈姆首先根据“颗粒”(相当于福克的“异化颗粒”)和“泥”(相当于福克的“微晶方解石泥”,即灰泥,并不是粘土成分的泥)这两个端元结构组分,把最常见的石灰岩划分为“颗粒岩”、“泥质颗粒岩”(以前笔者把它译作“次颗粒岩”)、“颗粒质泥岩”(以前笔者把它译作“次泥岩”)、“泥岩”四个类型。由于他把亮晶方解石胶结物这一非独立的结构组分排除在外,所以分类系统简明扼要,具有高度概括性;与福克分类系统的繁琐性相比,呈鲜明的对照。这一分类在碳酸盐岩的沉积环境分

析及岩相古地理研究中特别有用。另外,除上述的颗粒岩-泥岩系列外,邓哈姆还划分出“结晶碳酸盐岩”(主要由晶粒组成)和“粘结岩”(主要由原地生长的生物格架组成)。这一明确的“三分”格局是碳酸盐结构分类的基本格局。邓哈姆分类和福克分类,在形式上是有明显差别的,但实质上是一致的。一粗一细,一简一繁,各有特点,各有其独特的理论及实用意义。在所有的碳酸盐岩分类中,这两个分类是影响最大的。我们也应当充分评价邓哈姆分类的历史和现实意义。当然,邓哈姆分类也有缺点和问题,如术语欠严谨、缺乏统一的定量界限等,这当然也是很次要的,我们取其所长就是了。

后来,恩布里和克洛范(Embry and Klovan, 1971)又对邓哈姆分类进行了补充,并提出了什么“漂浮岩”、“障积岩”等许多术语;这虽然使邓哈姆的分类有所发展,但也未免有蛇足之感。

该文集中的第四篇文章,即莱顿和潘德克斯特的分类,是一篇很好的文章。该文首先对石灰岩的各种结构组分进行详细论述,然后以此为基础,建立了一个完整的石灰岩分类命名系统。此分类系统首先把石灰岩划分为三大类,即颗粒-灰泥石灰岩类、生物格架石灰岩类以及其他的钙质层、石灰华、钙泉华等不常见的类型;在最主要的颗粒-灰泥石灰岩中,又以颗粒和灰泥的比率或颗粒的百分含量为纵座标,以颗粒类型为横座标进行细分。这一分类系统简明扼要,术语明确,野外、井队、室内均可应用。这一分类在形式上是描述性的,实际上有深刻的成因意义。在这一文章中,把白云岩的分类与石灰岩的分类分开论述,是很恰当的和很有见识的,因为二者在成因上有很大的不同。另外,本文的图片也很好,几乎全是磨光面照片,放大倍数大都不过8倍,因此十分简明适用。总之,这是一篇有很大影响的分

类。

该文集的第五篇文章是普拉姆利等的石

灰岩的能量指数分类。这是一篇有独到见解的文章。把沉积环境中的水能量这一抽象的物理学概念数字化，并把它用于石灰岩的分类，使碳酸盐岩石学家从此掌握了一个十分有用的定量的物理学指标，这是有深刻的理论和实际意义的。该文既有理论的论述和探讨（第二至五节），也有方法的尝试和示范（第六节），即用能量指数对石灰岩的成因问题尤其是高能量层段和地区的确定问题，进行了很有意义的探索，这是很有启发性的。现在，虽然直接采用能量指数对碳酸盐岩进行分类和成因解释的人已不多了，因为确定能量指数比较费事。目前，多用颗粒与灰泥的相对百分含量或颗粒的百分含量等作为沉积环境的水能标志，因为这一标志较易求得。但是，普拉姆利等的这篇文章在地质理论上的开拓意义，还是应当高度评价的。

该文集的第六篇文章是纳尔逊等关于骨骼石灰岩的分类。这是一篇很有价值的专题性论文。此文对长期以来一直有争论的礁、滩、生物丘、生物层等术语的历史演化以及现在的概念，都进行了详细的论述。资料汇集丰富，观点明确，确实难得可贵。

该文集的第七篇文章是费雷等的文章。这篇文章也是主要论述生物石灰岩分类的，与前一篇文章可互为补充。但从此文的内容和观点上看，比之前一篇文章或其他文章，稍显逊色。

该文集的第八篇文章是鲍尔斯对阿拉伯上侏罗统碳酸盐储集岩的分类。这是一篇实际资料非常丰富的论文，对世界上著名的几个大油田的主要储集岩即阿拉伯上侏罗统阿拉伯组D段的岩性，尤其是其孔隙的生成与演化和白云化作用的关系，进行了详细的论述；在此基础上，提出了适用于该储集岩的分类体系。对于碳酸盐储集岩来说，尤其是对白云化的碳酸盐储集岩来说，此文的实际资料、论据、工作方法以及结论等，都是很有参考价值的。此文原文较长，译文是其详细的摘要，文章的基本内容和主要论点都摘

译出来了。

该文集的第九篇文章是托马斯的分类，主要论述加拿大四个古生代碳酸盐储集岩的孔隙性和渗透性与岩石的颗粒、基质和胶结物的关系，并不着重论述碳酸盐岩的分类。在碳酸盐岩分类上，该文并没有什么独到的见解，也没有什么多大的影响。因此，笔者一直在考虑，本汇编中是否有必要包括此文？如果包括，那么是全译还是摘译？现权且决定：为了基本上保持文集的完整性，暂且把此文的简单摘要刊出，勉为求全。

该文集的第十篇文章是英布里和珀迪关于巴哈马地区现代碳酸盐沉积物的分类。此文采用因素分析的方法，用数字计算机对40个海底碳酸盐沉积物样品进行分析、运算和整理，最后得出了自己的分类方案。这一分类与福克分类法得出的分类基本吻合，同时也指出用福克分类法得出的结果的某些缺陷。这是一个很有意义的方法探索，很有启发性，富有参考价值。

总之，文集集中的十篇文章大都各有其特点和独到的见解，有的甚至有突出的贡献，影响是巨大的、深远的。在碳酸盐岩石学这一科学领域中，该文集确实是一部可看作是“里程碑”的著作，由此，碳酸盐岩石学进入了新的历史时代。

笔者早就想把这一本有历史和现实意义的著作翻译出版。1971—1973年，笔者曾把该文集的第二、三、四、五篇译出，在范嘉松及陈孟莪同志的赞助下，曾以详细摘要形式刊于《国外地质》1974年第3、5期；后来，又在李祐佑同志的赞助下，这四篇文章的全译文又在本出版社1974年出版的《地质资料汇编（第三集）》中刊出。此后不久，该文集的第一、六、八、九篇也为其他译者分别译出，刊于湖北省石油地质研究大队的内部刊物中。一些单位也曾以不同形式翻印过这些译文。但是作为该文集的一部完整的中译本，却一直未能正式出版。这确是一件憾事。

十分感谢科学技术文献出版社重庆分社，他们在出版任务十分繁重的情况下，欣然承担本文集的出版工作，而且在仅仅七、八个月较短的时间内完成全部出版工作。这一大力支持之谊，我想所有读者以及所有从事碳酸盐岩教学、科研和生产工作的同志们，都会感谢的。

这一有重要历史和现实意义的碳酸盐岩类学专著的中译本的正式出版，虽然晚了一些年月，但它对我国碳酸盐岩石学的参考、借鉴和促进作用，它的深远影响，我想是不会因此而降低的。

该文集的第一、八篇由严隽猷同志译，第六篇由李大银同志译，第七篇由李祐佑同志译，第九篇由郝金钊同志与笔者合译，第

十篇由于志钧同志与笔者合译，其余第二、三、四、五篇由笔者译。全书的统一审校和定稿工作由笔者担任；书中的“译者注”大都是笔者加的；全书的篇次安排与原书有所不同，这也是笔者按照各篇文章的内容及其影响等权且决定的。本汇编除第八、九篇外，其余各篇基本上都是全译，第八篇是详细摘译，第九篇只是简单摘译。

本书的责任编辑由刘松甫同志担任；本书的封面由袁果操同志设计。特此谨致谢意。

由于我们译者尤其是笔者本人水平有限，译文中的不当甚至错误之处是难免的，敬请广大读者批评指正。

主译者 冯增昭

原文集序

1958年3月，在洛杉矶举行的美国石油地质学家学会研究委员会的会议上，就想出版一本碳酸盐岩分类文集。当时该委员会主席R.D.拉塞尔曾建议召开一次非正式会议，从而建立一个通用的碳酸盐岩分类体系。这一倡议得到了普遍的赞同，但大家认为这一任务应由学会来完成，并且应把主要岩石类型的划分同结构、组构、矿物成分的术语明确地区分开。

在1959年3月的达拉斯会议上，美国石油地质学家学会研究委员会的碳酸盐岩分会成立了。该次会议认为，不可能提出一个统一的分类和术语系统，分会的首要任务是汇集和出版现行的各种分类。

在1959年5月，碳酸盐岩分会主席W.E.哈姆开始征稿工作。从事碳酸盐岩研究工作的各石油公司给予充分的协作，一些未刊的分类公开出来了，其中有一些是从50年

代早期以来在公司内部就应用了的。这些文章占本文集的半数以上。

在本文集的文章中，鲍尔斯的文章是布拉姆坎普和鲍尔斯(Bramkamp and powers, 1958)分类的修正和补充；福克的文章是他1959年分类的修正。

在本文集的文章中，除哈姆和普雷的文章以外，其他的文章都在1961年4月27日由美国石油地质学家学会和经济古生物学家和矿物学家学会在丹佛联合召开的会议上作过报告。

本文集试图兼包各种观点和内容，如描述性分类、成因分类、沉积组构、古代和现代的碳酸盐岩分类、分类在主要的碳酸盐岩地区的解释和应用，以及评论和与这些分类有关的一些问题。

冯增昭译 刘松甫校

目 录

5417/02

译者序.....	(1)
原文集序.....	(4)
碳酸盐岩的现代概念及其分类.....	(1)
石灰岩类型的划分.....	(16)
碳酸盐岩的沉积结构分类.....	(37)
碳酸盐岩的类型.....	(46)
石灰岩的能量指数解释和分类.....	(67)
骨骼石灰岩的分类.....	(80)
石灰岩分类的生物学、成因以及实用方面的问题.....	(99)
阿拉伯上侏罗统的碳酸盐储集岩.....	(107)
按结构和孔隙的碳酸盐岩分类.....	(130)
巴哈马地区现代碳酸盐沉积物的分类.....	(131)

碳酸盐岩的现代概念及其分类

W.E. 哈姆(W.E. Ham) L.C. 普雷(L.C. Pray)

一、序 言

地球陆地总面积的75%左右直接由沉积岩覆盖,沉积岩层的厚度局部可达8—10英里。在沉积岩中,大约五分之一是碳酸盐岩(石灰岩和白云岩)。这些碳酸盐岩分布广泛,在时代上从前寒武纪到现代均有,并可以细分为好几百个类型。它们再加上砂岩,实际上储藏了世界上的几乎全部石油。据统计,砂岩和碳酸盐岩中的石油储量大致相等。在碳酸盐岩中,还蕴藏着大量有经济价值的金属矿床。由于它们在时间上和空间上分布广泛,又有如此重要的经济价值,再加之它们在地质上的复杂性,因此对碳酸盐岩进行研究和分类,显然是很有意义的。

在欧洲和美洲,从地质学研究的初期直到二十世纪中叶,很少注意到对碳酸盐岩进行详细的岩石学研究和分类。对碳酸盐岩的复杂性及其岩相关系的认识远远落后于地质学其他许多方面所取得的进展。直到最近,对于碳酸盐岩的常规处理还大都仅限于描述颜色、结晶习性、大的化石以及使用石灰岩和白云岩等术语来记录岩石的主要组份。如此简单的描述是很不够用的,因为忽略了那些所划分岩相的或可用作成因解释的特征。在一般的教科书中,可以很容易地发现惯用的不适当的描述方法以及一般缺乏岩石学研究的报告。

然而,在地质学文献中,还是有一些值得注意的论述碳酸盐岩的例子。美国的葛利普(Grabau, 1904, 1931)在早期曾对分类作出了突出的贡献,他所提出的泥屑石灰岩、

砂屑石灰岩和砾屑石灰岩等术语,至今仍被普遍应用。稍晚,约翰逊(Johnson, 1951)对石灰岩中的生物组分的鉴定作出了贡献。法国的卡耶(Cayeux, 1935)发表了一篇专著来描述许多类型的碳酸盐岩,并用丰富的薄片显微照片作了说明。英国的布莱克(Black, 1938)提出了一篇卓越的碳酸盐岩导论,他用介壳碎屑石灰岩、含泥基质的生物石灰岩、礁石灰岩、粘结沉积物的藻石灰岩、球粒石灰岩以及方解石泥岩这些术语,对碳酸盐岩作了详尽的阐述。奥地利的桑德(Sander, 1936)的贡献在于对沉积组构的研究。上述的以及其它尚没有提到的地质学家所提供的知识,对于现代规范化的分类是十分有用的。

近年来在碳酸盐地质学领域经历了一场革命。可以毫不夸张地说,在1940—1960年期间对碳酸盐岩所作的研究工作,比过去所有年代所完成的工作还要多。引起这一巨大进展的原因虽然是多方面的,但碳酸盐岩作为石油储集岩的经济意义的不断提高,显然是一个主要因素。三十年代中东许多巨大的碳酸盐岩油藏的发现,以及四十年代后期诸如加拿大泥盆系或西得克萨斯的宾夕法尼亚系中碳酸盐岩建隆或“礁”中石油的发现,都大大增进了人们对碳酸盐岩的兴趣。因此,碳酸盐岩研究便成了许多石油公司的越来越强调的一部分。

通过这些研究,认识到碳酸盐岩是一个十分复杂的岩类;缺乏详尽的资料,是很难于研究和难于解释它的。已积累的资料通常不足以理解这些问题,对于制定有效的石油勘探也是很不够的。以前对于碳酸盐岩的描

述、定名和分类，都是不满意的；因此要探索新途径以便更好地描述这些岩石。按作者的意见，老的系统之所以不适当，是因为它们没有认真地研究岩石的自身。

在这一时期，碳酸盐岩研究最活跃的工作是在各大石油公司的实验室中进行的。有五个石油公司的分类已收集在本论文集集中。

近年出版的两个详细的分类是福克(Folk, 1959)与布拉姆坎普和鲍尔斯(Bramkamp and Powers, 1958)的分类。它们与老分类有显著的不同，并为更现代化的分类系统确定了方向，因为它们是在建立在对极大量碳酸盐岩岩组的考察基础上的综合性分类。这两个分类系统(稍加修改)也刊于本论文集集中。

当前对碳酸盐岩的认识均很好地反映在本论文集的文章中。虽然遗留下来的问题还很多，但比起早期阶段，已取得了重大的进展。在以前，碳酸盐岩的岩类研究是稀少的，方解石胶结物并未与灰泥基质分开，对颗粒填积没有考虑，在很大程度上忽视了沉积环境的动荡或其他情况，而“重结晶”这个术语不是指变质岩的方解石或白云石，就是不分青红皂白地用于任何显晶的碳酸盐岩。

二、碳酸盐岩的特殊性和复杂性

如果我们承认碳酸盐岩是广泛分布的，在时间上是延续很长的，并且具有特定的化学成分，我们将要问，它们是否构成了与其它沉积岩极其不同的一类岩石呢？如果是这样，它又有什么特殊性质呢？如果这些特殊性相当显著，是不是与此相联系的其他方面也不相同呢？何任碳酸盐岩学者都知道，这个问题的回答是肯定的。

碳酸盐岩的显著特点是它的盆内成因、它对生物活动的依赖性以及对沉积后改造的敏感性。再之，与其它的沉积岩类相比，碳酸盐岩还明显地具有多成因性。最后，碳酸盐岩除了涉及沉积作用中的几乎所有的作

用之外，它还与交代变质作用和重结晶作用有密切关系。

过去几年中，曾牵强附会地将碳酸盐岩与其它沉积岩进行对比，特别是认为砂屑石灰岩相当于砂岩，泥屑石灰岩相当于页岩。这样的解释无疑仍然是一个有效的方法；但是已经证明这样做除了导致没有道理的自满外，不会有其它结果。在以下各节里，将表明碳酸盐岩与砂岩和页岩至少在三个本质方面有着重要的不同。认识这些差别是必要的。这些差别在碳酸盐岩的术语和分类中，具有特殊意义。

当地的盆内成因

大部分碳酸盐沉积物是盆内成因的，且多数形成于或极其接近于它最终沉积的地方。由于这种情况，它连同蒸发岩和煤等沉积岩一起，与来源于沉积盆地之外的沉积质点所形成的砂岩和页岩，有着明显的不同。碳酸盐沉积物的性质和厚度虽然极易受盆地形态与盆地的水动力的物理作用的影响，但是决定其原生特性的因素以及大部分碳酸盐沉积物的当地成因，又与陆源碎屑物大不相同。

也许原地沉积的碳酸盐岩的最好例子是那些真正的礁，在那里生物营造起突出于邻近同生沉积物之上的抗浪构造，控制着它自身的沉积环境，并强烈改变着周围的环境。其它类型的沉积岩是没有这种情况的。在许多现代的和古代的海中，稳定性陆棚或台地的碳酸盐沉积物虽然不那么引人注目，却仍然可以证明它们具有盆内的和非常明显的当地成因。认识到碳酸盐沉积物具有当地的和盆内的成因是极其重要的。但以往在解释这些岩石时，却经常忽视了这个因素。

对生物活动的依赖性

大部分碳酸盐岩高度依赖于某些类型的生物活动，它们一般都有可以识别的生物分子。这些生物分子既可以是完整的颗粒或破碎的化石残骸，也可以是留在生长地方的动植物物质。虽然较粗的骨骼物质的生物成因

通常易于确定,正如本论文集集中费雷、休尔和休瓦特(Ferray, Heuer, and Hewatt)的文章所讨论的那样,然而较细的沉积物的成因,一般难于或不可能用普通的方法来解释。惯用的“非生物”的碳酸盐沉积物,诸如鲕粒和葡萄石,它们的形成也可能依赖于某些尚不清楚的生物活动。

生物对碳酸盐沉积物的沉积后早期阶段的影响尤为强烈。碳酸盐物质通常沉积在可能被生物强烈改造的环境中。潜穴生物或者沉积物中摄取营养的生物可以消除原生结构或构造,从而产生新的结构或构造;生物可以破碎或聚合原生的沉积物并且还可把它搬动。如果生物具有钙质壳或钙质骨骼,则这些物质又可以加入到沉积物中去。球粒石灰岩和碳酸盐球粒在时间和空间上具有广泛分布,一般认为它们是生物的排泄物,这也可以证明生物改造对碳酸盐沉积物的重要意义。

对生物形成的碳酸盐岩的结构进行解释,比之普通砂岩和页岩是更为困难,甚至对全部由搬运而来的物质所组成的碎屑碳酸盐岩也是如此。砂屑石灰岩,特别是由骨骼碎屑组成的砂屑石灰岩,其颗粒大小、形状和分选的解释所提出的问题,在一般砂岩中是碰不到的。在砂岩中,碎屑的形状和比重几乎不变,其直径大小的测量是解释沉积颗粒的水动力特性的关键。而直径所表示的粒度概念对于不规则骨骼残留物却只有很小的意义。生物成因的碳酸盐碎屑通常反映了生长的特性,它们或者是极不规则的,或者是有一定形状的。这取决于提供这些颗粒的生物,而不取决于质点的磨蚀历史。生物碳酸盐物质的比重大小不一,这一点也是常被忽视的。虽然方解石或文石的介壳物质具有近似于陆源物质(如石英或长石)的比重,但空洞却常常使碎屑的比重降低,以致足以对解释具有关键性意义。有大空洞的碎屑,如铰合的腕足类或介形虫、房室状的有孔虫或者苔藓虫和珊瑚这样一些生物的多孔状碎屑,通

常容易被认出来。但对孔隙极小的生物碎屑则常被忽视了。对于海百合或其它棘皮动物的骨骼物质,尤易出现这种错误,因为它们可以有50%或更多的原始孔隙。

由于要与水动力大小保持平衡,质点比重降低,粒径就要有显著增大。因此按照与砂岩类似的标准来作分选性解释就会犯错误。一个分选良好的碳酸盐岩,可以有大小相差很大的碎屑,但甚至更为普遍的则是碳酸盐岩的碎屑具有相等的大小。这种大小的均匀性,反映了生物的生长大小,与搬运分选毫无关系。这些特征都是碳酸盐岩的特殊性和复杂性的主要方面。

对沉积后改造的敏感性

在对沉积后改造的敏感性方面,碳酸盐岩独具一格。碳酸盐岩与砂岩或页岩之间的最相类似之处将只出现在沉积作用时,而溶解作用、胶结作用、重结晶作用、交代作用过程以及内沉积物的导入势必使高度易溶的碳酸盐岩产生特殊的和复杂的变化。造成这许多成岩变化的主要因素如下。

(1) 与砂岩和页岩中其它普遍的沉积矿物相比,碳酸盐矿物具有较高的溶解度。

(2) 文石、高镁和低镁方解石以及白云石具有不同的溶解度和稳定性。

(3) 在原始沉积物中的碳酸盐矿物的晶体大小可以相差很大。这就导致了溶解作用和重结晶作用的速度不同。

(4) 许多碳酸盐沉积物所具有的高原始孔隙性和渗透性为岩石组份的溶解提供了通道。

物理和化学条件的细微变化将引起一种或多种碳酸盐矿物从平衡到不平衡的变化,可以导致成岩过程的逆转。成岩作用的最后影响对碳酸盐的解释、描述和分类都有深远的影响。它们还会引起许多问题,这里举几个例子。许多碳酸盐岩的原生空洞空间中的亮晶方解石,是代表胶结作用,还是代表了原生灰泥的重结晶?如果它是胶结物,那末是在成岩历史的早期进入的,还

是在晚期进入的？在一个碳酸盐岩体中，可以出现多少次碳酸盐胶结或溶解旋回？在某些岩石中，在亮晶方解石胶结物之前出现的内沉积物，是代表所捕集的海底沉积物，还是代表沉积后遭到淋滤的岩石的不易溶解的残渣？碳酸盐岩中的组分变化，诸如白云化或硅化，与在海底或紧接海底之下的环境变化有多大关系？它们与晚得多才进入的含镁或含硅溶液又有多大关系？孔隙是原生孔隙的残余，还是后生溶解的结果？假若是后者，那末溶解的部位是偶然的，还是与岩石原始特征有关？压实作用是否显著地改变了原始沉积物的体积？所有球粒是否都是原始碎屑或者其中有些是成岩过程的聚集颗粒？白云岩储集岩的硬石膏塞是成岩作用的结果，还是与原生蒸发岩的沉积作用有关？

这些以及其它许多重要的问题都是碳酸盐岩研究中经常碰到的问题。这些问题的解决对其它类似的沉积岩层只有较小的价值。目前，在成岩作用领域内还有一些更关键的问题需要回答。这些未解决的问题都说明，要建立一个没有矛盾的描述性或成因性的碳酸盐岩的分类为什么如此之困难。

三、分类的种类及其参数

自然物体的分类是把无穷无尽的个别物体划分为有一定意义的类别。这是科学方法上的基本步骤。分类的主要目的在于促进思想或描述性资料的交流。分类的主要标准是它能否简易而精确地向感兴趣的科学工作者交流这些概念。第二个目的是通过资料的组织和解释为研究者提供有益的帮助。

对复杂的碳酸盐岩类，能否仅有一个最好的分类呢？这显然是“不可能”的。有多少分类的目的，就有多少分类方案，即使不去考虑像基于岩石化学组成这样特殊目的的分类，一个通用的分类系统在现时还难以得到。

碳酸盐岩分类工作者现在正面临着抉择，他的分类系统是纯描述性的还是纯成因性的，还是二者的结合。其次，还必须选择一组参数，用以将各种各样的岩类划分成有一定意义的类，本节主要讨论分类的类型及其某些参数。

1. 描述性的分类和成因性的分类

按照所要求达到的基本目的，分类可以分成描述性的和成因性的两个基本类型。有关这一主题的一些近代观点，请读者参看裴蒂庄 (Pettijohn, 1948, 1949, 1957)、隆巴德 (Lombard, 1949) 以及罗杰斯 (Rodgers, 1950) 等人的著作。描述性分类的主要目的，是根据可以观察到的岩石特征（化学的、矿物的、生物的、物理的、结构的、或其它的）来客观地确定碳酸盐岩。在一个纯描述性的分类中，并不要求把涉及岩石成因的解释作为分类的一个部分。描述性分类的参数是按照分类的目的而选择的。总之，要保持一个分类的纯描述性，目的越广泛，越困难。

按照罗杰斯 (Rodgers, 1950) 的意见，描述性分类应：

……将相似的归类并将不相似的分开，……并注意相似与不相似之间在成因上的内在联系，……一个好的描述性分类与坏的描述性分类之间的区别在于，……所选择的岩石性质能否充分揭示出这样的相互关系，因而可以导致成因的认识……。

我们赞成罗杰斯的意见。不管一个纯描述性分类在概念上多么迷人，如果仔细考虑一下，将发现这些分类会有许许多多的岩石组，以至事实上无法满足最大多数地质工作者的实际需要。

与此相对立的另一种分类是成因分类。其宗旨是直接表达岩石的成因，而不是通过那些描述性特征来说明成因。可借用下面这些例子来说明这些名目繁多的类，如“化学沉淀石灰岩”、“礁前塌积石灰岩”、“粪球粒石灰岩”、“低能石灰岩”、“滩石灰岩”或“热液

白云岩”等。所选择的岩石类,可以按照分类的目的有很大的变化。从各类石灰岩的出现次序可以了解地质作用的过程,或者评述碳酸盐岩的可能成因。因此成因分类具有不少优越性。大部分教科书上的分类基本上是成因的。现代教科书中的裴蒂庄(Pettijohn, 1949, 1957)、克伦宾和斯洛斯(Krumbein and Sloss, 1951)以及威廉斯、特纳和吉尔伯特(Williams, Turner and Gilbert, 1954)的分类就是很好的例子。较早的例子有布莱克(Black, 1938)的教科书,其中有卓越的碳酸盐论述。葛利普(Grabau, 1904, 1913)的经典分类同样是纯成因性的。出于各种考虑,这里再次引证罗杰斯(Rodgers, 1950)的话:

……凡是那些与描述性资料最紧密关联的成因特征将提供最有用的标准。

尽管成因分类很有用,但它仍不能满足地质工作者最一般的要求。地质学家要求在岩石的成因未得到明确的结论之前便能对某一种岩石样品或某一组岩石样品进行分类。说实在的,使用严格的成因分类,对大多数地质调查工作来说,真好像是“不会走就要跑”。

总之,最能满足地质工作者的需要的实用的碳酸盐岩分类,应当既不是纯描述性的,也不是纯成因性的。我们赞同的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,以及应用成因推断的结论来划分岩石类型的效果比用其它办法能达到更好效果的地方,要注意把成因解释融合到分类中去。值得注意的是,这个分类方法正是本论文集集中大部分分类的作者所遵循的。

2. 通常用于碳酸盐岩分类的参数

凡是有价值的分类系统都与用来建立该分类的参数的选择有直接的关系。在沉积岩分类中,常采用的两个最基本的参数是组分和结构。它们也是大多数碳酸盐岩分类中使用的基本参数。较常用的成分要素有矿物成

分、化学成分或按颗粒类型(如鲕粒、化石、球粒)所表示的成分。所采用的结构特性很多,它们通常与沉积结构有关,诸如颗粒或碎屑的粒度或分选,或者与“结构成熟度”的解释有关,或者与成岩结构特征有关。此外,成因因素,诸如沉积环境、碎屑成因的或非碎屑成因、生物成因的或非生物成因的,仅间接地与结构或成分有关。它们也提供了进一步划分碳酸盐岩的基础。本节简要地讨论用于本碳酸盐岩分类论文集中的一些主要参数。应该注意,几乎所有详细的碳酸盐岩分类系统都使用的参数都不至一个。其中,一些是纯描述性的;一些是描述性为主的,但带有成因性的色彩;还有一些是成因性为主或纯属成因性的。此外,正如大部分详细分类中所看到的那样,不同大类中所使用的分类参数是有差别的。例如,在划分强烈重结晶的碳酸盐岩时所用的那些特征,与划分依然保留着大部或全部沉积特性的石灰岩时所用的那些特征是不同的。

(1) 矿物 碳酸盐岩的矿物成分是碳酸盐岩的进一步划分的一个简单而又重要的根据。仅有三种矿物即方解石、文石和白云石,在数量上是重要的。白云石与碳酸钙矿物之间的区分,以及方解石和文石之间的区分,几乎在所有的分类系统中都具有很大意义。

各种碳酸钙矿物之间的区分,虽然很少用在分类中,但在碳酸盐沉积物和岩石的解释中却甚为重要。尤其是,高镁和低镁方解石之间的区分(Chave, 1954)以及各种形状的文石之间的区分,对解释成岩历史有很大价值。

非碳酸盐矿物,如燧石、海绿石或石英,一般并不能为碳酸盐岩的划分提供可靠的根据,只是在碳酸盐岩描述和定名时作为一个修饰词。

(2) 化学成分 在工业上是有用的。岩石产品就是按氧化钙、氧化镁、二氧化硅和五氧化二磷等化合物特有的含量而确定的。这是一个简单而客观的方法。虽然化学成分

一般来说都为所有地质学家所使用,可是它仍不足以作为碳酸盐岩分类的主要参数。在化学成分方面,最有意义的也许是钙/镁化。通常用矿物成分来表示可能比用化学成分还更好一些。

(3) **“不溶”残渣** 这个参数在克里宁(Krynine, 1948)提出的石灰岩分类中是主要的因素,它具有应用方便的优点。然而它不能作为有效地划分碳酸盐岩类型的基础,因此在任何现行的分类中,它都不成为主要因素。

(4) **碳酸盐颗粒** 许多碳酸盐岩本质上是碎屑的。对于这样的一大类碳酸盐岩来说,碎屑便构成了最重要的组分参数,因为碎屑物质在一个分布广泛的很厚的碳酸盐岩层中可能占主导地位。这个概念在本论文集所有详细分类中都得到了承认。岩石的这些基本组分可以有不同的叫法,如颗粒、质点或碎屑。其大小变化也很大。那些粗粉砂级、砂级或更大的组分一般可以按照成因,分别称为鲕粒、球粒、“内碎屑”、团块、或生物组分。生物组分大部分由动、植物所分泌的硬体部分组成。对于这种组分,一般还应该根据其是骨骼的还是非骨骼的、完整的还是破碎的,来进一步划分,或者可依照分泌它的生物加以鉴别。生物组分的类型也用于非碎屑碳酸盐岩的分类中如礁“格架”或者一种岩石,尚无法判明它的整个介壳或生物是碎屑的还是非碎屑的组分。

应该承认,这个参数的应用一般要求明确说明碎屑的成因。对许多碳酸盐岩来说,它的应用在分类过程中引入了成因的色彩。

(5) **沉积结构** 沉积结构这一范畴包括许多各种各样的参数,它们提供了进一步划分碳酸盐岩的基础,因而有极大的解释意义。沉积结构是福克、鲍尔斯、邓哈姆、莱顿和潘德克斯特以及托马斯的分类的主要参数,也是普拉姆利等的分类中的最重要的要素,虽然在这些成因分类中沉积结构是间接使用的。

在碎屑碳酸盐岩分类中,经常使用的结构特征是构成质点的大小和分选性。粒径很早就被使用了,而且在葛利普创建的术语中,如泥屑石灰岩、砂屑石灰岩和砾屑石灰岩,也是考虑的主要因素。本论文集的大多数分类与较早的强调碎屑的平均粒径的那些方法大不相同。较新的分类把注意的焦点转向分选性,特别是粘土级或粉砂级质点与较粗质点的相对丰度上。专用的术语是各种各样的,除了较细的质点被不同地称为“微晶”、“微晶软泥”、“灰泥”或“基质”外,较粗的质点一般叫做“颗粒”或“碎屑”。用于区分“颗粒”与“微晶”的确切界线,在各个分类中可以遍布整个粉砂级(0.004—0.06mm)。新的分类特别强调即使是极少量存在的微晶,并强调它在解释沉积环境的动荡程度中的意义。这意味着(虽然在大部分分类文章中并未直接说出)微晶的来源存在于所有碳酸盐沉积环境中,而岩石沉积结构中缺失微晶,可以有把握地解释为由于水的动荡,它被冲走了或根本没有沉积。对某些沉积环境来说,这一基本假定还需要加以验证。

不再强调碳酸盐岩中碎屑的平均粒度,说明对许多碳酸盐岩粒度概念的复杂性有了进一步的认识。组成这些碳酸盐岩的质点的原始比重和形态都大不相同,而且也难于认识这许多质点究竟是原地形成的还是搬运而来的。因此,借用邓哈姆的措辞:在碳酸盐岩的解释中,用“带出水流”比用“带入水流”会更合适一些。

大大强调沉积结构意味着有可能区分成岩结构和原生结构。这是一项很重要的解释或者成因判断工作,需要建立更多和更好的标准以便使这种判断比现在作得更 有把握些。特别关键的是亮晶方解石成因的解释,它可以是敞开空间的充填(胶结作用),也可以是早期物质(如微晶)的重结晶。即使巴瑟斯特(Bathurst, 1958, 1959)的透彻研究标志着在这方面已取得了重大进展,但仍然需要作进一步工作。

(6) **结构成熟度** 这个参数代表沉积岩碎屑的磨蚀和分选的程度,它是福克在本论文集的文章中所着重考虑的,也是其它许多分类所认识到的。但是,正如粒径和分选性的情况一样,这个概念用在碳酸盐岩比用在砂岩中要困难得多,这很大程度上是由于碳酸盐碎屑的原始粒径、形状和比重都相差很大,并且也难于解释它们的形成地点。

(7) **成岩因素** 区分碳酸盐岩主要类别的一项极其实用的根据是沉积后的改造程度。所有的详细分类系统都以某种形式使用这个概念。最通常用的是成分和结构的改造程度。解释工作的趋势是要求最大程度地采用沉积参数作为分类的基础,并使用诸如“白云化”和“部分重结晶化”这类修饰词来指明原生特性的消失程度。广泛的分类系统还需要划分出这样一些碳酸盐岩类型,在这些岩石类型中变异过程是如此彻底,以致不能根据原生沉积物来进行解释和分类。因此,成岩变异程度是应充分认识的,但是它不应突出于原生成分和组构之上。

碳酸盐沉积物原生孔隙的大量减少是一个沉积后的成岩的过程。孔隙度和胶结作用是解释和描述的两个重要方面。除了莱顿和潘德克斯特的分类以及托马斯的分类之外,它们在大部分碳酸盐岩的分类中还没有被重视。

(8) **碎屑成因还是非碎屑成因** 许多碳酸盐岩是由经过搬运(至少是经过不大的搬运)而离开了它的生成位置的沉积质点组成,虽然几乎所有的这些质点都是盆内成因的。除了留在生长位置上的生物残体外,所有沉积质点都遭受过一定的搬运。许多碳酸盐岩中的沉积构造,如交错纹理,清楚地显示出质点(经过搬运)的碎屑成因。但是,对于许多沉积质点来说,要解释它属于碎屑或搬运成因,还是非碎屑或非搬运成因,是难于或者是不可能作到的。因此,把这点作为分类的主要参数的实用意义就降低了。但是,在本论文集的大多数详细分类中仍试图将“碎屑

碳酸盐岩”与原地生物生长而形成的碳酸盐岩区分开。

形成微晶石灰岩的细粒碳酸盐物质使问题变得特别困难,目前还没有确定这些物质成因的准则,它大部分是“非生物”沉淀的产物,也可能是盆内或者甚至是盆外的粗碳酸盐颗粒的破碎或磨蚀的产物。这种解释上的困难突出地反映在巴哈马群岛现代沉积物内灰泥成因的争论上。同位素成分研究(Lowenstam and Epstein, 1957)是解决这些问题的新途径,在谋求解决它们的道路上是一个值得欢迎的开端。

(9) **生物成因还是非生物成因** 这是碳酸盐岩在成因性分类中经常使用的一个主要参数,但是这个划分依据对于详细的分类方案就不那么中用了。困难之一是当前对生物作用在“非生物”成因的(如鲕粒)或化学沉淀的各类碳酸盐岩的形成过程中的意义还缺乏了解。如果能证明显微形态的藻类、细菌或其他生物和生物组合曾经影响或控制了碳酸钙的广泛沉淀,那么生物和非生物之间的这种区别将失去它先前的大部分意义。

在明显地是生物成因的岩石中,生物或生物组分的主要类型的鉴别具有重大作用。这在前面的成分参数中已讨论过了。

(10) **能量** 沉积环境的能量或水体动荡的概念,为碳酸盐岩分类提供了一个有意义的解释参数。“高能”和“低能”碳酸盐沉积物,分别指在动荡水或静水中沉积的碳酸盐沉积物。能量的概念在大部分现代分类中已得到良好的认识,虽然它只是间接地表现在“颗粒”和“基质”的相对丰度上。“能量指数”是普拉姆利等人的分类中的主要参数。

(11) **沉积环境** 这一成因性参数是根据特定的地貌沉积环境,诸如泻湖、堡礁或斑礁、滨外砂坝或滩,来划分碳酸盐岩的。规模更大的地貌沉积环境类型有陆棚、台地、陆棚边缘、盆地斜坡或盆地,或者以深度划分的滨海相、浅海相、半深海相或深海相等。对古代岩石来说,这些就是全部的成因性参

数。它们在了解各个相之间的关系中虽然是很重要的,但是在碳酸盐岩单个标本的分类中,它的价值就不大了。

四、分 类 专 论

下面对本论文集集中的各个分类加以简要地评述和比较(表1)。九篇文章中有两篇,即普拉姆利等的分类和费雷等的分类,在方法上主要是成因性的。另一篇,即纳尔逊等的分类,虽然提出的不是一个全面的分类,但考虑了骨骼石灰岩和各类碳酸盐岩岩体的系统命名,并以成因解释作为分类的主要基础。还有五篇采用描述的方法进行分类,而每一篇都在其应用部分作了成因解释。有六篇论述了整个碳酸盐岩的一般情况。其中有两篇,即鲍尔斯和托马斯的分类,专门讨论了沙特阿拉伯和加拿大西部含油区的碳酸盐岩,这两篇文章都以大量的实例来说明其分类的实用性。有一篇,即英布里和珀迪的分类,没有提出自己的分类,却专门把福克的分类用于大巴哈马滩的现代碳酸盐沉积物。这些文章大都有丰富的图表说明。最后,所有的分类都在某种程度上适合于录井和编图工作,普拉姆利、托马斯和鲍尔斯的三个分类就是这样的例子。

每一篇文章都反映了作者在碳酸盐沉积物和岩石方面的丰富经验,他们所提出的分类都在实践中经过了检验。本文集体现了十八位作者甚至至少二百个人年的碳酸盐岩的研究工作的全部成果。分类中的共同点远超过了分歧,这些分歧大都是由于个人经验的不同或者由于分类目标有所不同而引起的。

1. 费雷等的分类

这些作者同时强调了成因性分类的价值和建立这种分类的困难。他们没有用早已通用的术语去命名岩石,而是以形成过程来建立各种石灰岩的类型。他们把那些经过地表露头区机械风化作用而来的碎屑成因的石灰岩放在一边,主要考虑碳酸盐沉积盆地范围

内由物理化学作用和生物化学作用形成的石灰岩。生物化学石灰岩即直接由生物的影响而产生的石灰岩,首先分为骨骼增生的(由生物原地分泌作用形成的)和骨骼聚集的(在礁格架之中的);其次再分非直接的骨骼颗粒,它是在生物滩上由一粒一粒的骨骼物质的堆积而成的,如微粒石灰岩、泥屑石灰岩和球粒砂屑石灰岩。与此成对应的物理化学石灰岩类,它不属于骨骼的颗粒,主要有鲕粒石灰岩、微粒石灰岩以及球粒砂屑石灰岩等类。这个分类强调的是地质记录中如此普遍的微粒石灰岩,它既可以由机械作用和物理化学作用形成,也可以由生物化学作用形成。

这篇文章的主要篇幅是叙述介壳物质实验性破碎的结果,以及确定介壳破碎成质点后仍能鉴定其成因的最小粒度。作者的结论是,大部分介壳物质当小于1/16毫米时就不能辨认了。因此他们指出,在碳酸盐岩分类中,这一重要分子不能为分类工作者有效地利用。而生物对沉积物所提供的质点比能够看到的要多,也许要多得多。另外,由于溶解、胶结、重结晶和交代作用所引起的成岩变化,更增加了解释中的难点。

他们推荐了一个新方法来推行一种能够被大家普遍接受的石灰岩分类。这就是通过广泛采集碳酸盐岩岩样的研究,制成一个多少有点类似化石图版的参考系列。岩石标本应该具有贴切的野外描述以及生物学、矿物学和地球化学的鉴定资料。最后,把这些资料归类,从而构成了一个分类的基本格架。

2. 莱顿和潘德克斯特的分类

这两位作者提出了一个采用描述性和成因性双重方法的综合分类系统。他们认为大部分石灰岩是碎屑结构的,并且把机械沉积的碎屑石灰岩与由于生物原地生长形成的礁格架石灰岩区分开。再用重结晶要素来修饰石灰岩的基本类型。这个系统尽可能利用已有的碳酸盐岩术语,虽然某些定义是新颖的。他们文章的优点是有一套相当完整的词汇解

表 1

本文集中各种分类的比较

	费雷等	莱顿及潘德克斯特	福克	普拉姆利等	邓哈姆	鲍尔斯	托马斯	纳尔逊等	英布里及珀迪
针对所有碳酸盐岩的广泛分类	√	√√	√√	√√	√	√√	√√		
主要是描述性的分类		√	√		√	√	√		√
主要是成因性的分类	√			√				√	
强调结构的分类	√	√√	√√	√√	√√	√√	√√	√	√
强调质点成分的分类	√	√√	√√	√√	√	√√	√	√	√√
强调分选性的分类		√√	√√	√√	√√	√√	√√		√√
强调孔隙空间		√√	√	√	√√	√√	√√		
强调沉积结构		√	√	√	√√	√	√		
认为生物起主要作用	√√	√	√	√√	√	√	√	√√	√
分出了骨骼与非骨骼组分	√√	√√	√	√√	√	√	√	√√	√
对碳酸盐岩体(如礁等)定了名								√√	
论述了礁	√	√	√	√	√	√	√	√√	
提出搬运质点和原地质点		√	√	√√	√			√√	
强调碳酸盐的盆内来源	√	√	√	√		√		√√	√
强调能量指标		√	√	√√	√	√	√		
讨论“自然的”岩石划分			√	√		√	√		√√
讨论陆源碎屑	√	√	√	√		√	√		
考虑了内沉积作用		√	√	√	√				
强调胶结作用		√	√	√	√		√√		
强调白云质的岩石		√	√	√	√	√	√		
强调重结晶作用	√	√	√	√	√	√√	√		
讨论了区域因素		√	√	√		√	√		√√
引证了历史实例				√√		√√	√√		√
用图片说明岩石类型		√√	√√	√√	√√	√√	√√		
在分类中使用了数学分析									√√
适用于录井和制图	√	√√	√√	√√	√√	√√	√√	√	√√
讨论了蒸发岩		√	√	√		√√	√√		

√: 考虑了

√√: 着重强调

释。

碎屑石灰岩由四种含量不同的基本结构要素组成,即粗粒碎屑或颗粒、细粒灰泥或微晶、化学沉淀胶结物以及空隙。岩石的基本类型主要由颗粒与微晶的比例来决定。四种结构要素中的胶结物和孔隙的数量由修饰词来说明。颗粒和微晶之间的界线任意地定为 0.03 mm ,这比福克创立微晶术语时所制定的界线(0.004 mm)要大得多。全部重要的颗粒可以分五类——碎屑颗粒、骨骼颗粒、球粒、团块以及包粒。这五种颗粒类型再加上颗粒与微晶的比例构成了碎屑石灰岩的十六个类型的基本参数。

非碎屑结构的石灰岩以生物原地生长形成的结构要素为特征,根据成因特性可分成三大类。

白云岩或彻底重结晶的岩石单独处理。白云岩根据岩石中白云石的百分比以及它是原生的还是次生的作进一步划分。所设计的分类系统允许使用包括原生特征和成岩特征的岩石名称和修饰词,例如“白云质骨骼-微晶石灰岩”。

分类表是这样排列的:纵轴(颗粒与微晶之比)反映了物理作用特别是波浪或海流动荡的程度;而横轴代表机械、生物和化学因素的相对影响。这个分类很大程度上是为薄片研究设计的,但也适宜于粗略的双目镜鉴定。文章对这个分类系统的用途和背景作了详细讨论,并附有许多特定岩石的图片说明和定量资料。

3. 福克的分类

福克试图建立一个适用于所有碳酸盐岩的分类,这也是莱顿和潘德克斯特的想法。这篇文章是对他早期的论文(Folk, 1959)的修订,另外还讨论了碳酸盐结构成熟度的概念。福克分类在过去几年中已经得到了广泛的应用,这是它的合理性和综合性以及新创立的一些名称易于使用和理解的结果。

福克分类主要讨论碎屑成因石灰岩。同莱顿和潘德克斯特以及其他研究者的分类一

样,福克把碎屑石灰岩与那些据认是原地生物生长形成的石灰岩区分开,还与那些由于重结晶或其它成岩作用的影响而使岩石的原生性质已经发生了强烈改变的碳酸盐岩区分开。福克根据六种主要组分,即内碎屑、球粒、化石或化石碎粒、鲕粒、微晶方解石软泥或微晶以及亮晶方解石胶结物,建立了碎屑石灰岩的类型。内碎屑定义为邻近海底准同生的弱固结碳酸盐沉积物遭受剥蚀而形成的碳酸盐质点。它们之中也包括像伊林(Illing, 1954)所指的葡萄石和团块,虽然后者也可以是聚集成因的,而不一定是剥蚀作用造成的质点。但是内碎屑绝对不包括来自露头区的石灰岩碎屑。球粒一般为微晶碳酸盐软泥的椭球形聚集颗粒,没有明显的内部结构。在任一岩石中,它的形状和粒径一般都是均匀的。福克把球粒上界定在 0.15 mm 左右,而把结构相似的较大颗粒归为内碎屑,虽然许多地质工作者包括笔者都把球粒这个术语用来指具有“球粒”特征的任何砂级或粉砂级颗粒。化石和化石碎屑以及鲕粒未予讨论,因为它们具有不讲自明的性质,同时有关它们的论述在其它地方已经出版了。微晶方解石软泥或微晶由直径 $1-4$ 微米的颗粒组成。在大多数岩石中,现在的方解石可能原来是文石。福克相信这些颗粒主要是化学或生物化学沉淀的产物,并且经过局部的搬运。由于没有合适的标准,由磨蚀产生的钙质“尘埃”不能与上述各类质点从成因上区分开;但是按福克的意见,这些“尘埃”通常在数量上是很少的,微晶与粉砂级碳酸盐质点是能够区分开的,虽然在实践中没有薄片是难于办到的。微晶这个术语已为某些作者所普遍采用,包括细粉砂级以及粘土级的质点(见莱顿和潘德克斯特)。亮晶方解石胶结物是洁净的方解石,其粒径大于 4 微米,常呈化学沉淀的孔隙充填物。福克虽然力请大家注意把重结晶作用而成的亮晶方解石和作为胶结物沉淀下来的亮晶方解石区分开,但是他所提出的借以区分这两种不同的亮晶方解石的准则