

現代沉积环境概论

任明达 王乃梁 编著

**XIANDAI
CHENJI
HUANJING
GAILUN**

科学出版社

21314

现代沉积环境概论

任明达 王乃梁 编



00257190

(SY411/24)
SY411/5



200388605



科学出版社

1985

内 容 简 介

本书简要介绍沉积环境与沉积相的基本概念、沉积相的分类、沉积物的形成以及研究沉积相的基本方法。全书共分三篇，共十五章。第一篇介绍各种沉积特征：沉积结构、沉积构造、矿物与颜色等特征。第二篇扼要介绍各类沉积环境：河流沉积、冲积扇沉积、湖泊沉积、冰川沉积、沙漠沉积、三角洲沉积、海岸沉积、浊流沉积。第三篇介绍沉积物与沉积环境的研究方法：沉积物分析、统计方法的应用。

本书可供地质、地理、水利、石油等科研、生产部门的科技工作者以及有关大专院校师生参考。

现代沉积环境概论

任明达 王乃梁 编著

责任编辑 姚岁寒 朱升堂

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981年9月第一版 开本：787×1092 1/16
1985年4月第二次印刷 印张：15 插页：1
印数：2,521—4,420 字数：342,000

统一书号：13031·1616

本社书号：2216·13-13

定价：3.00元

前 言

近二、三十年来 沉积岩相研究的理论和方法有了迅速发展。这是由于生产建设特别是石油勘探事业的推动,它们对沉积岩相的研究提出了迫切要求,又为这一研究提供了丰富资料。所谓沉积岩相(简称沉积相)即指在一定沉积环境中形成的、具有一定物理、化学和生物特征的沉积岩体。现代沉积相的种种特征与其沉积环境的种种条件(气候、地形、搬运与沉积过程、物质来源、物理、化学、生物条件等等)是统一的,然而古代沉积相还包括后期成岩过程中所获得的结构、构造、甚至成分上的改变,有些沉积岩层由于历经构造变动和侵蚀破坏更是残缺不全、面目全非。许多有用矿产都是富存在古代沉积岩层的一定岩相单元中的。要掌握这些矿藏的分布规律,就要了解岩层的相变规律,就需要重建它的沉积环境。

重建古沉积环境是一个艰巨、复杂的工作。它需要先剔除后生成岩作用、构造变动与侵蚀破坏作用造成的种种变化,然后再根据沉积岩的原生物质成分、结构、构造、化学、生物等方面的特征来恢复当时的物质来源、搬运与沉积过程。过去的沉积岩相研究多半只以古老的沉积岩为素材,所以对哪些沉积特征是由哪些沉积过程所决定的并不十分清楚。例如总把滨海→浅海→深海看作砾岩—砂岩—页岩(或灰岩)的沉积序列就是过分简单甚至错误的概念。实践证明,我们在恢复古代沉积环境时产生的许多争论和含糊不清之处正是由于我们对于沉积特征和环境条件之间的具体关系还不甚理解。所以近期的沉积岩石学的重点有回过头来转向研究现代沉积过程与沉积环境的趋势,这就是沉积学。

研究现代沉积相与沉积环境不仅需要野外观察,还必须进行室内模拟试验。许多有关沉积构造和沉积结构的解释就是用模拟试验来最后肯定的。近来扫描电子显微镜研究石英砂粒表面微结构、数理统计与电子计算机处理等方法在沉积相研究中都得到广泛应用,使这一研究推向一个更高的水平。

本书拟主要供研究现代沉积过程的地貌工作者和研究沉积矿藏的沉积岩工作者参考,所以重点放在沉积环境各论上,也简单地介绍了一些沉积特征和研究方法,以及几种统计分析方法。后者只叙述其计算过程和实例分析,原理从略。

书中引用了一些科研、教学和生产单位的资料和研究成果。编写过程中蒙北京大学地理系、地质系绘图室、照相室的同志大力协助,在此一并致谢。

目 录

绪论	1
第一节 沉积环境与沉积相	1
第二节 沉积相的分类	5
第三节 沉积物形成的基本条件	5
第四节 沉积环境研究的目的	7

第一篇 沉积特征

第一章 沉积结构	8
第一节 粒度成分	8
第二节 颗粒形态	26
第三节 颗粒排列	33
第二章 沉积构造	37
第一节 层面构造	37
第二节 层理	51
第三章 矿物与颜色特征	58
第一节 矿物特征	58
第二节 颜色特征	62
第四章 生物特征	64
第一节 动物群	64
第二节 植物群落与孢粉	67
第五章 环境物理-化学特征	70
第一节 环境温度特征	70
第二节 环境盐度特征	71
第三节 氧化-还原电位与酸碱度特征	74

第二篇 沉积环境

第六章 河流沉积	77
第一节 河型	77
第二节 河流水动力基本特征	79
第三节 河流沉积类型	80
第四节 冲积砂体的特征	85
第五节 古代河流沉积剖面的实例	86
第七章 冲积扇沉积	89
第一节 冲积扇上的沉积类型	89
第二节 冲积扇沉积的总体特征	92
第三节 冲积扇沉积的水文地质与工程地质条件评价	94
第八章 湖泊沉积	96
第一节 湖泊沉积模式	96

第二节	淡水湖泊沉积	97
第三节	盐湖沉积	101
第四节	湖泊旋回	101
第五节	如何辨认湖相沉积	103
第九章	冰川沉积	106
第一节	冰川的运动	106
第二节	冰川的侵蚀、搬运和堆积	108
第三节	间冰期的堆积	112
第四节	冰川沉积物的岩性特征	112
第十章	沙漠沉积	115
第一节	沙漠地区的侵蚀和堆积过程	115
第二节	干旱地区的沉积类型	116
第三节	古沉积物中沙漠环境的证据	125
第十一章	三角洲沉积	127
第一节	三角洲的环境单元和影响沉积的因素	127
第二节	三角洲的动力条件与类型	128
第三节	三角洲的沉积体系	131
第四节	三角洲沉积旋回与层序	135
第五节	古三角洲之识别	137
第六节	三角洲沉积和油气分布	138
第十二章	海岸沉积	139
第一节	海岸带沉积环境	139
第二节	海岸带沉积物的来源	140
第三节	海岸带沉积物的搬运与堆积	141
第四节	海岸带沉积组合与层序	155
第十三章	浊流沉积	157
第一节	浊流沉积环境	157
第二节	浊流沉积特征	158
第三节	浊积岩与复理石建造	159
第三篇 沉积物与沉积环境的研究方法		
第十四章	沉积物分析	160
第一节	粒度分析	160
第二节	石英砂表面微结构分析	162
第三节	用赤平极射投影法表示砾石产状	165
第四节	重矿物鉴定	169
第五节	粘土矿物鉴定	178
第六节	有机质含量测定	198
第十五章	统计方法的应用	200
第一节	方差分析	200
第二节	聚类分析	206
第三节	趋势面分析	214
第四节	判别分析	220
第五节	有序样品的最优分割法	226
参考文献	231

绪 论

第一节 沉积环境与沉积相

地质学中经常用到“环境”一词。地质环境的涵义很广,包括火成岩形成时的物理-化学环境,不同温-压条件下变质岩形成的环境,以及对物质的侵蚀和堆积过程起控制作用的沉积环境。本书要讨论的是沉积环境。一种沉积环境是由一组特征的物理、化学和生物因素确定的,这些因素与一定大小和形状的地貌单元相符合。因此从本质上说,环境分析就是地貌分析。狭义的沉积环境专指堆积环境,沉积物的特征主要决定于堆积环境中的物理、化学与生物过程。不同的堆积环境,这些过程不仅可有本质的区别,而且作用强度和延续时间也有不同,这都会对沉积物的性质产生深刻的影响。此外,沉积盆地的碎屑物质来源于侵蚀区,侵蚀区特有的风化剥蚀作用必然会在沉积特征中有所反映。所以广义的沉积环境既包括堆积环境,也包括侵蚀环境。在作环境分析时,应该综合考虑侵蚀与堆积条件。

沉积相的概念目前还不甚统一。有人将沉积相与沉积环境等同起来,认为“相是一定岩层的沉积和生成环境”(Ю. А. 热姆丘日尼科夫, 1957)。也有人(H. 布拉特, 1972)将相定义为“具有某些特征的沉积物的组合”。我们认为Л. Б. 鲁欣(1958)对沉积相下的定义比较全面,他认为“相是沉积物特征及其生成环境的总和”。沉积相的概念应该同时包括沉积特征和沉积环境,是能反映环境条件的沉积物岩性、构造和生物特征的综合,是沉积物形成条件的物质表现(图1)。各种沉积相都有其独特的堆积体几何形态、岩性成分、沉积结构与构造、化石、沉积层序和旋回。

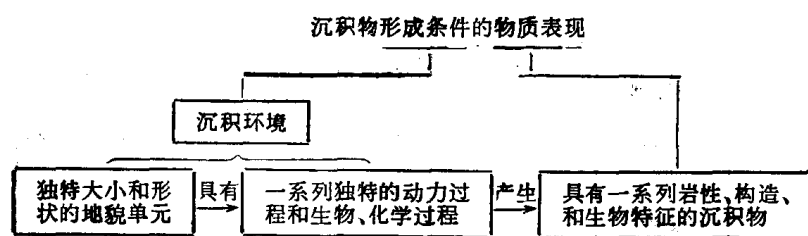

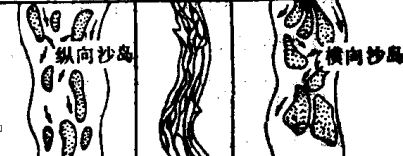
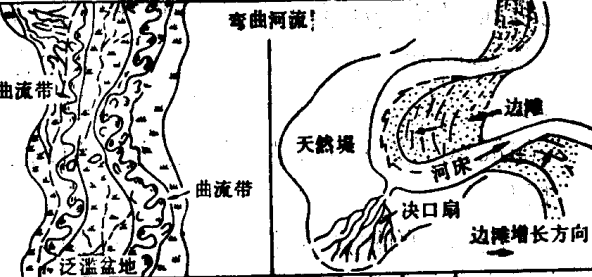


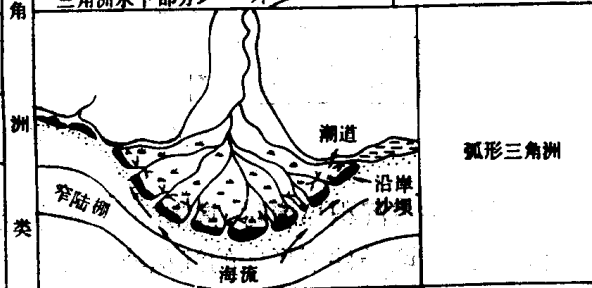
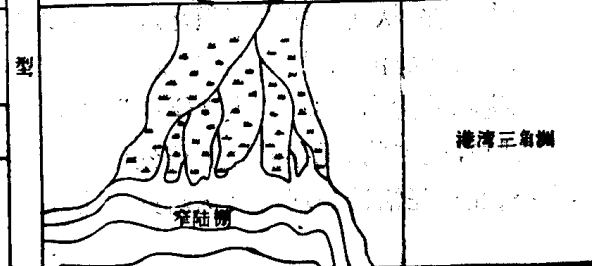
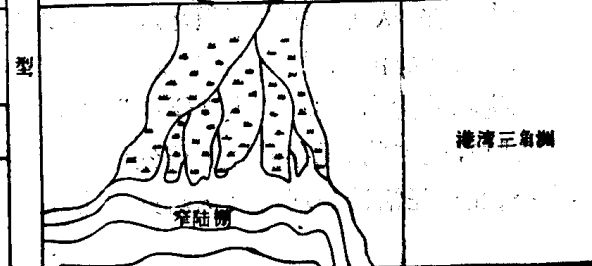


图1 沉积相与沉积环境的关系

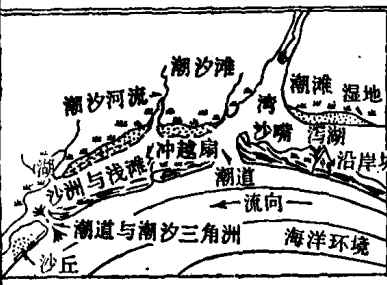

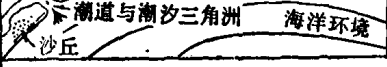
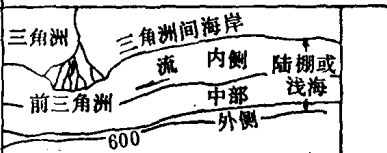
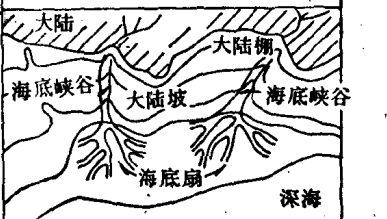
在重建古沉积环境时,常常采用“将今论古”的研究方法。从现代环境的研究入手,查清在不同环境条件下形成的沉积物的特征。然后将古沉积特征与之对比,恢复古地貌与古动力条件,从而重建古沉积环境(古地理)。可见,现代沉积的研究是解决古沉积问题的基础。有人将沉积岩工作者与现代沉积工作者依次比喻为研究生物残体的“解剖学家”和研究生物的生命过程的“生理学家”。其实这种比喻是不全面的。因为沉积岩是漫长地质历史时期的产物,保存着环境演变过程中形成的各种沉积,比较完整地展示了相变关系和层序,而这些恰恰是现代沉积研究中比较难以了解到的。因此在实际工作中,要求这两方

表 1 沉积环境与沉积模式

(据 LeBlanc)

沉积环境				沉积模式	
大	河	冲积扇	水流	冲洪 溢洪 筛滤沉积 碎屑流 泥石流	 冲积扇
			粘滞流	泥石流	
	流	辫状河流	河床	辫状河流	 纵向沙岛 横向沙岛
			沙岛	纵向的 横向的	
陆	弯曲河流	曲流带	天然堤 边滩	 弯曲河流 天然堤 边滩 决口扇 边滩增长方向	
		泛滥盆地	河流 湖泊 沼泽 泛滥盆地		
过	角	洲	海滨沙丘	新月形沙丘 抛物线型沙丘 穹状沙丘	 海滨沙丘 新月形沙丘 荒漠沙丘
			荒漠沙丘	其它沙丘	
			其它沙丘		
洲	上部	三角洲平原	河床	天然堤 边滩	 冲积平原 三角洲平原环境 上部三角洲平原 下部三角洲平原 湿地 分汊河道 河口沙坝 三角洲水下部分 内侧 外侧
			泛滥盆地	河流 湖泊和沼泽	
	下部	三角洲平原	河床	天然堤	 湾道 沿岸沙坝 海流
			汊河间地	沼泽湿地 湖泊潮道与潮滩	
洲	边缘	三角洲前缘	内侧	河口坝 海滩 滩脊 潮滩	 窄陆棚
			外侧		
洲	边缘	三角洲前缘	内侧	河口坝 海滩 滩脊 潮滩	 窄陆棚
			外侧		

(续表 1)

沉积环境				沉积模式			
过渡海岸	海	海滨平原	堤岛	沙洲、沙坝 海滩、沙嘴 与冲越扇		堤岛复合体	
			海滨平原	海滩、滩脊			
				潮滩			
			潮滩	潮滩			
				潮汐三角洲			
			水下浅滩	泻湖			潮滩、浅礁
	潮道						
	小港湾						
	海	浅海	陆架	内陆架	浅滩与沙洲		浅海
中陆架							
外陆架							
深海			海底峡谷			深海	
			海底三角洲				
			陆坡与深海				
			海沟与海槽				

面的人员更好地结合起来。

不同的沉积特征往往只反映某个环境条件，如层理类型一般只能说明动力作用性质和强度，有机质的含量反映了环境的氧化还原程度，生物化石种类与环境温度、盐度等因素密切相关。因此在研究沉积相时，不能仅根据个别沉积特征来断定其沉积环境。一般说来，只有当岩性、沉积构造和生物等特征按一定的组合方式出现时，才能作为环境的可靠标志。仅考虑个别特征，会得出错误的结论。近十几年来，国际上的沉积相工作有一个新的动向，想把收集到的沉积与环境资料加以综合，建立一系列“沉积模式”（表 1）。例如建设型三角洲沉积模式和破坏型三角洲沉积模式；辫状河流沉积模式和弯曲河流沉积模式；湖泊沉积模式和海洋沉积模式等。一个沉积模式通常应该包括：

- 堆积体的几何形态；
- 沉积物的岩性、结构、构造和生物特征；
- 岩相分布规律（接触关系与沉积层序）；
- 古动力特征；
- 构造活动背景。

砂体是最好的储油岩体，它们往往是沉积环境中主要沉积过程的反映，构成了沉积模

表 2 沉积物的成因类型

沉积建造	成因类型	堆积类型
大陆建造	山坡堆积与残积 河流沉积 洪流沉积 湖泊沉积 冰川沉积 沙漠沉积	河床蚀余堆积 边滩堆积 沙岛堆积 天然堤堆积 决堤堆积 泛滥平原堆积 牛轭湖堆积 水流堆积 泥石流堆积 湖泊三角洲沉积 湖滨沉积 湖心沉积 冰川堆积 冰水堆积 风沙堆积 岩漠堆积 砾漠堆积 干河洼地堆积 沙漠湖与盐滩堆积 风尘或黄土堆积
海陆过渡建造	三角洲沉积 海岸沉积 泻湖沉积	顶组沉积 前组沉积 底组沉积 海滩沉积 水下岸坡沉积
海洋建造	陆棚沉积 陆坡沉积 大洋沉积	

式的骨架部分。一旦确定了砂体的成因,相伴生的沉积物也就比较容易解释。因此,建立砂体的沉积模式,阐明砂体的沉积环境,对于石油与天然气的勘探具有重要意义。

此外,现代沉积相与现代沉积环境完全一致,而古代沉积相可能完全或大部分与现代沉积环境不一致。现代相和古代相的性质有本质的区别:

- ① 现代相的类型和空间分布具有很大的多样性,而古代相保存下来的主要是海洋沉积或拗陷区的大陆沉积,沉积比较稳定,水平相变比较小。
- ② 构造变动在古代相中留下的痕迹远比现代相明显。构造变动大大改变了古代相的原始堆积形态与产状,并使之具有特殊的韵律性。
- ③ 同一类型的沉积,古代相所占的范围往往比现代相大。例如现代山前河流的沉积限于与河谷一致的狭窄地带中,而古河流沉积由于河床摆动常常分布很广。
- ④ 由于沉积环境的变迁,古代相经常具有不同于现代所处环境的特征。例如在现代的湿润气候区发现具有风成层理的红色砂岩层。

⑥ 后生的成岩作用可使古代沉积的物理、化学特性大大改变。

第二节 沉积相的分类

沉积相是一定沉积环境的产物,所以沉积相的分类与沉积环境的分类是一致的。沉积相的最高单位是建造,一般分为大陆建造、海陆过渡建造与海洋建造。根据环境条件和沉积组合,又可分为各种成因类型,例如河流沉积、湖泊沉积、冰川沉积、沙漠沉积等。各种成因类型的沉积又可划分为若干种具有一定的地貌部位和动力条件以及沉积性质均一的堆积类型。例如河流沉积类型可以区分为河床蚀余堆积、天然堤堆积、泛滥平原堆积等(表2)。

本书介绍的只是其中一部分成因类型。

第三节 沉积物形成的基本条件

沉积物是在地球表面,由于外力和内力共同作用于岩石圈而生成的。内力作用造成大的地形起伏,外力作用一方面破坏隆起的高地,另一方面将岩石破坏的产物搬运到拗陷地区堆积下来。各种沉积物是在一定的地形、气候和构造条件下形成的,所以在沉积相特征中能反映出这些基本条件的影响。

1. 地形对沉积物形成的影响

陆上地形影响岩石破坏方式和破坏强度,决定碎屑物的搬运介质,因而影响沉积物的成分。地形陡峻的山区,母岩风化产物下移较快,多粗碎屑物,分选差,不稳定矿物含量高,化学分解程度浅,但热带多雨的山区化学风化作用仍然可以很强烈。平原区可以积累很厚的化学风化产物,大量物质以溶解状态被地表与地下水流带走,沉积物较细,分选好,矿物成分中以稳定矿物为多。海底地形对沉积物的影响,主要取决于海底深度和海盆封闭程度。海底高地上的沉积物薄,颗粒较粗。海底洼地中的沉积物厚,颗粒细。半封闭的海湾中的沉积物一般要比开阔海域的细;有些泻湖中的沉积物比深海的还细。

2. 气候对沉积物形成的影响

寒带机械风化盛行,沉积物颗粒较粗,粘土矿物较少。干季不明显的温带与热带地区,植物茂密,地表化学风化强,但所达深度不大。而热带有干湿季交替的气候区,不但化学风化强,且所达深度也很大,在风化壳中仅残存石英、粘土矿物和铁铝氧化物。湿润的热带、温带气候区,冲积物中一般缺乏粗大物质和不稳定矿物。半干旱区植被稀疏,机械风化作用相对强于化学风化作用,大部分不稳定矿物可以保留下来。由于蒸发强烈,地表经常积聚可溶性盐类。间歇性水流的侵蚀和搬运作用都很强烈,沉积物的分选性和成层性都较差。在干荒漠中,化学作用更弱。

气候因素对化学岩和生物岩的影响尤其之大,因此化学与生物沉积往往是古气候的重要标志。例如珊瑚礁只生长在热带海域;沉积铁矿经常形成于湿润的温带和热带气候区,尤以后者为主;含盐地层是干旱气候的肯定标志。

矿物具有不同的化学稳定性。常见重矿物(比重大于 2.86)的化学稳定性可以大致分为不稳定、较稳定、稳定和极稳定四类(表 3)。有许多人试图根据沉积物中不稳定矿物的比例来推论沉积时的气候状况,是干冷还是湿热。也有人用轻矿物中的石英/长石比来推论古气候。长石在湿热气候下很容易分解,因此常常将它在沉积物中大量出现作为干旱或寒冷气候的标志。喜马拉雅山南麓的 Siwalik 层中有新鲜的长石存在,被认为是冰川气候时期堆积的。埃及东部沙漠中,新鲜长石在沉积物中的比例高达 72%。但是在作上述推论时,还必须同时考虑古地形条件,因为不稳定矿物的大量存在也可以是地势陡峻,搬运距离短和沉积物埋藏速度快的结果。只有在消除一个因素的情况下,才能完全肯定另一因素。

表 3 山西黄土重矿物的稳定性

不稳定矿物	较稳定矿物	稳定矿物	极稳定矿物
紫苏辉石	透辉石	磁铁矿	尖晶石
顽火辉石	阳起石	赤铁矿	锆英石
普通辉石	透闪石	钛铁矿	金红石
普通角闪石	绿帘石	磷石	电气石
蓝闪石	黝帘石	蓝晶石	锐钛矿
	绿泥石		
	矽线石		
	矽灰石		
	磷灰石		
	石榴石		

3. 地壳构造运动对沉积物的影响

地壳构造运动的方向和速度最终都会引起沉积相的变化。海洋盆地底部的大规模隆起与沉降可能引起世界各地近海带的海侵和海退,因而在垂直剖面上形成由下而上逐渐变细或变粗的沉积序列。内陆断陷盆地的沉降速度减缓或甚至转而上升,可能使湖泊环境转化为河流环境,甚至引起河流的深切侵蚀。显然,这些构造运动都会引起沉积相的变化。

拗陷的初期,拗陷区的下沉未能为堆积作用所补偿,形成大规模的负地形,如苏门答腊和爪哇以南的深海沟。拗陷的后期,堆积作用与沉降过程趋于平衡,形成平原地形,如我国的华北大平原。当沉积物的厚度远远超过按其成因应有的正常厚度时(例如冲积层的正常厚度一般不超过 100 米;洪积层和冰碛层的正常厚度一般不超过 200 米),则可以根据沉积物的厚度大致估计地壳下沉的幅度。隆起与拗陷作用总是相伴生的,如果其间以断层过渡,则边缘拗陷往往很深,沉积厚度很大。

地壳有时上升,有时下降的振荡运动会引起沉积层中的岩性作有规律的周而复始的变化,形成沉积物的韵律特征。例如砾岩、砂岩、页岩、灰岩等沉积次序的重复出现。韵律的规模有大有小,在大韵律中可以套小韵律。大规模的、反映海侵海退的沉积韵律可以比较可靠地归为地壳振荡运动的结果。较小的韵律可能是地壳小规模脉动的反映,也可能只是气候周期性变化或沉积环境侧向迁移的结果。

第四节 沉积环境研究的目的

研究沉积环境是为了要搞清沉积物的形成过程及其古地理环境,这将有助于沉积矿床(如石油、砂矿等)的普查与勘探,有助于解决地层学、古生物学、构造地质学和地貌学等问题,同时对工程地质和水文地质工作也有一定的指导意义。

古代相研究的总任务是要解决古地理问题,首先要确定海陆的分布。在陆地范围内需要阐明古地形特征;确定碎屑物质的来源区、搬运介质和搬运途径;以及查明古气候特征。在海洋范围内需要确定水盆或沉积区的界限、水深和水动力条件;查明水体的温度、盐度和氧化还原条件;以及确定沉积物的堆积速度。

地貌工作者在研究地貌发展史中,必须同时从事沉积相的研究,这样,他的结论才不至于流为臆想,才有可靠的物质依据。另一方面,地貌工作者也有责任充分利用他对现代动力地貌过程的知识来说明现代沉积的特征,特别是沉积物的各种物理特征。

第一篇 沉积特征

第一章 沉积结构

第一节 粒度成分

粒度成分分布最广泛的一种沉积特征。所有碎屑岩,甚至包括碳酸盐岩,都具有不同大小颗粒的特征。

确定沉积物中不同大小碎屑的含量的方法,称为粒度分析或称机械分析。大量统计资料证明,沉积物的粒度分布是服从对数正态分布规律的。粒度成分受搬运营力作用的控制,与沉积环境关系密切。在石油、水文与工程地质工作中常用粒度分析资料来鉴定沉积物的参数如孔隙度、渗透率等。

一、粒级的划分

粒级划分的标准,因目的不同而各异。但是不管哪种划分标准,都应遵循下列原则:粒级的区别要能反映沉积物的物理-化学性质的差异;粒级的划分在分析技术上具有可能性;具有数学上的一贯性,以便于记忆和应用。

目前对粒级的划分方法有两大类。一是采用真数,即以毫米或微米(μ , $1\mu = 0.001$ 毫米)为单位来表示颗粒的直径。这种单位的优点是比较直观;缺点是各个粒级不等距,不便于作图和运算。另一种是采用粒径的对数值来表示。目前广泛使用的 Φ 值是克鲁宾(Krumbein, 1934)根据伍登-温德华粒级标准(Udden-Wentworth scale),通过对数变换而来,定义为

$$\Phi = -\log_2 d$$

式中的 d 是颗粒直径,单位毫米。

上述变换中,使 Φ 值与 d 值呈负相关,完全是为了运算方便。因为用作粒度分析的碎屑样品的粒径大多在1毫米以下,这种粒径作上述变换得到的 Φ 值为正值;即毫米值粒径愈小, Φ 值愈大;反之, Φ 值愈小。

表1-1是温德华的粒级分类及其与 Φ 值的关系。

温德华粒级是以1毫米为基数,公比为2的等比级数。它的特点是粒度愈大,粒级间距愈大;反之,间距愈小。这样划分粒级是适宜的。因为几微米的差异对于砾石级来说是微不足道的,但对极细的粉砂-粘土颗粒,这种差异就会引起质的变化。另外一个特点是温德华粒级所对应的 Φ 值呈等差级数增减,这就便于粒度分析资料的计算和作图。由于 Φ 值是整数,所以在使用 Φ 值标准作图时可用方格纸,而不用对数坐标纸。并可使一些特征值(如平均粒径、标准离差、偏度等)的计算大大简化。

用 Φ 值划分粒级的缺点是不直观,需要经过换算才能建立 Φ 值与真数值之间的关系。

表 1-1 温德华粒度分级与 Φ 值关系

粒级名称		粒径(毫米)	Φ 值
卵 砾		32(2^5)	-5
		16(2^4)	-4
		8(2^3)	-3
		4(2^2)	-2
		2(2^1)	-1
砂	极粗砂	1(2^0)	0
	粗 砂	0.5(2^{-1})	+1
	中 砂	0.25(2^{-2})	+2
	细 砂	0.125(2^{-3})	+3
	极细砂	0.063(2^{-4})	+4
粉砂	粗粉砂	0.0315(2^{-5})	+5
	中粉砂	0.0157(2^{-6})	+6
	细粉砂	0.0078(2^{-7})	+7
	极细粉砂	0.0039(2^{-8})	+8
粘 土		0.0020(2^{-9})	+9
		0.0010(2^{-10})	+10

上述 $\Phi = -\log_2 d$, 通过对数换底公式, 可以变换成以自然数为底的对数:

$$\Phi = -\log_2 d = -\frac{\ln d}{\ln 2} = -\frac{1}{0.3} \ln d$$

由上式, 查对数表即可得到 Φ 值。为了便于使用, 还可将 Φ 值与真数值在半对数纸上绘制成换算图(图 1-1)。

二、粒度分析资料的整理

对样品进行粒度分析的结果, 是得到一组表明各个粒级含量的数字。为了明显地反映一个样品的粒度特征, 对不同样品的粒度成分进行比较, 以及判断样品的沉积环境, 必须将粒度分析的原始资料加以整理。

1. 三角图

它常用来对沉积物的粒度成分命名, 和对不同沉积物的粒度成分进行比较。当砾石含量大于 10% 时, 采用图 1-2 的三角形命名。例如某样品的粒度分析结果是: 大于 2 毫米的砾石占 45%, 2—0.05 毫米的砂占 35%, 小于 0.05 毫米的粉砂-粘土占 20%, 由图可见, 此点落在“砂砾”范围内, 故命名为砂砾。

当砾石含量小于 10% 时, 则用图 1-3 的三角形命名。例如某样品中, 2—0.05 毫米的砂粒占 50%, 0.05—0.005 毫米的粉砂占 30%, 小于 0.005 毫米的粘土占 20%, 则该沉积物命名为砂质亚粘土。

用三角图解法比较沉积物的粒度成分, 很有效。图 1-4 比较了离石-午城黄土与马兰

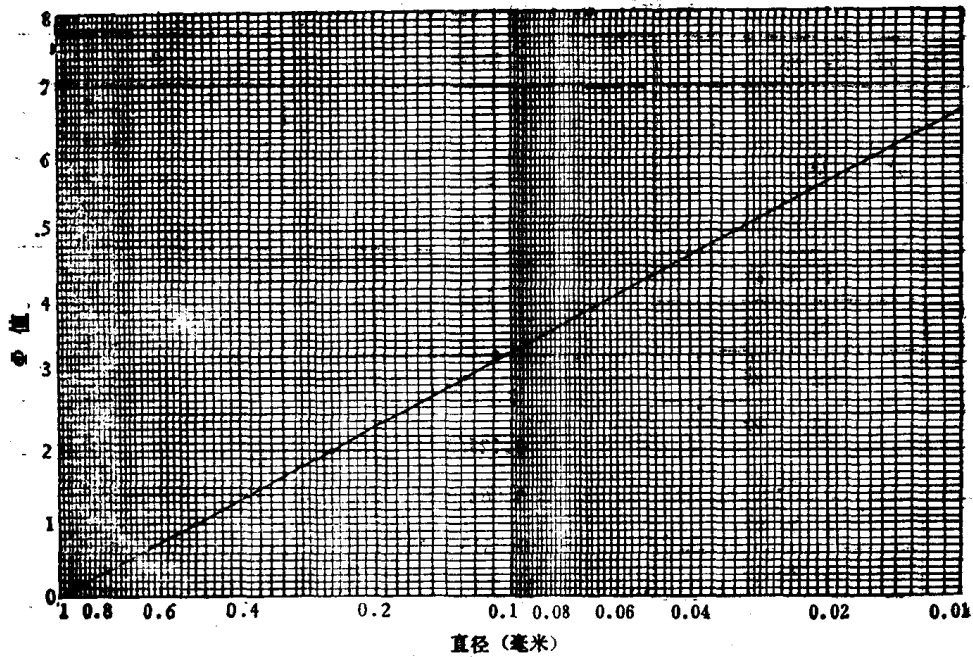


图 1-1 粒径真数值与 ϕ 值换算图

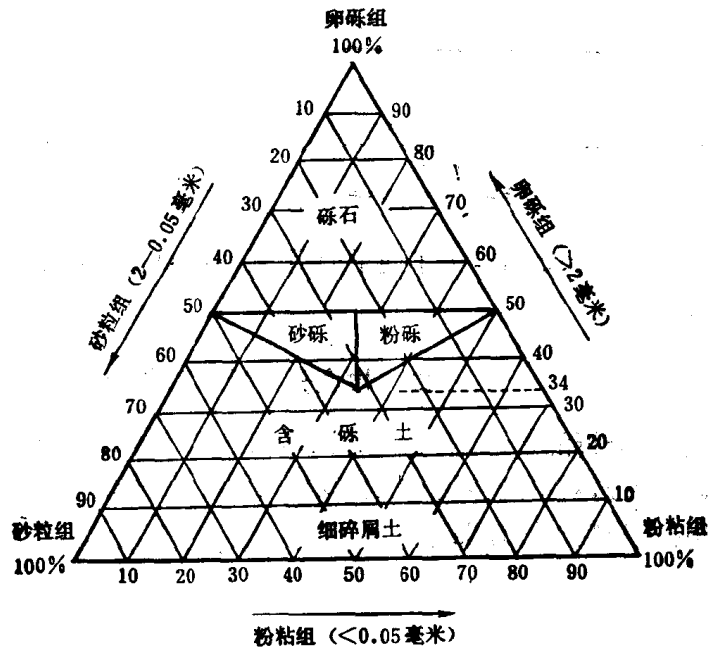


图 1-2 卵砾组含量大于 10% 的三因分类法的三角图解

黄土的粒度成分。总的看来，两者粒度特征很相似。所不同者，离石-午城黄土的细砂含量普遍较少，粉砂含量较高且集中，粘土也较多。

如果将各地有关沉积物的粒度分析资料表示在同一张三角图上，常常可以反映出粒度成分的区域变化。图 1-5 是中国各地马兰黄土粒度成分的三角图。由图可见，从青海柴达木到黄河中游的甘肃、陕西、山西，再到华北平原和山东，粒度特征具有细砂成分减少，粘土成分增多的趋势；山东、柴达木的黄土与黄河中游各地的黄土在粒度成分上有很

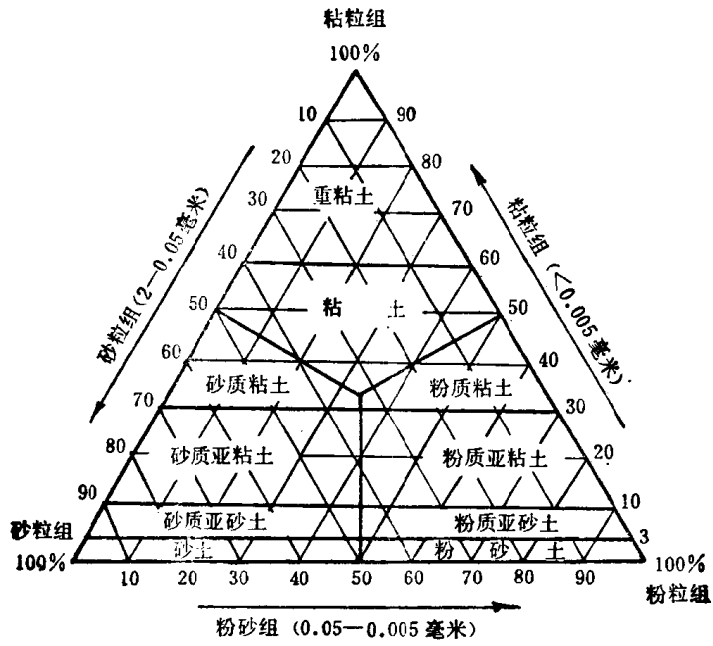


图 1-3 卵砾组含量小于 10% 的三因分类法三角图解

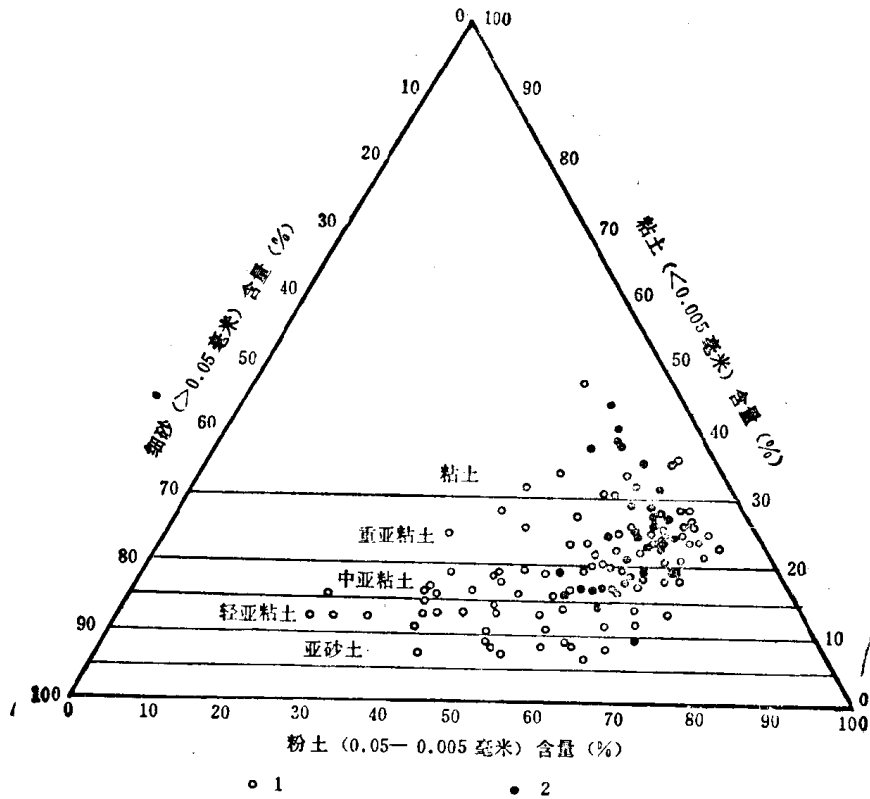


图 1-4 中国各地不同时代黄土颗粒成分比较

1. 马兰黄土; 2. 离石-午城黄土。