

# 沉积岩粒度分析方法进展与应用前景

井春丽

(克拉玛依职业技术学院, 新疆 克拉玛依 834000)

**摘要:** 粒度分析主要研究沉积物的粒度大小和粒级分布, 可以用来确定沉积物的搬运方式、判断水动力条件和判别沉积环境。因此粒度分析就成为沉积岩研究中的重要应用方法。本文介绍了沉积岩研究中常用的粒度测量方法, 通过粒度分析方法的新进展, 进而讨论了沉积岩研究中粒度分析方法的应用前景。

**关键词:** 粒度分析; 沉积岩; 沉积环境

粒度分析是沉积岩室内研究的方法之一。在沉积岩的相关研究或分类标准中, 岩石的颗粒大小是重要的定量指标, 可以直观展现沉积流体所呈现的力学性质, 因此粒度分析就成为沉积岩研究中的重要应用方法。沉积岩的粒度受搬运介质、搬运方式及沉积环境的控制。粒度特征反映沉积作用的流体力学性质, 是判别沉积环境的重要标志。粒度分析主要研究沉积物的粒度大小和粒级分布, 可以用来确定沉积物的搬运方式、判断水动力条件和判别沉积环境。

## 一、常用的粒度测量方法

粒度测量是粒度分析的数据获取阶段。通过测量颗粒的直径获得颗粒大小的数据, 将数据通过粒度参数公式和图版的处理就可以用于沉积环境的解释和判别。

### (一) 主要方法

常用的粒度测量方法有直接测量法、沉降法、筛析法、薄片图像分析法、激光粒度分析法等。粒度分析方法根据碎屑岩的粒度大小和岩石的固结程度来进行选择。

直接测量法是用尺直接测量颗粒的直径。

沉降法是利用颗粒在水中的沉降速度进行粒径的估算, 用颗粒沉降速度来划分粒级分布。

筛析法是用直径不同的筛子将沉积物过筛, 分出不同的粒级组分, 称出各自的重量, 求出百分含量。

薄片图像分析法在显微镜下, 测量薄片颗粒的直径。

激光粒度分析法是采用光学原理, 通过测量颗粒群的空间频谱来分析其粒度分布。

### (二) 各方法的优缺点

直接测量法, 一般用于砾石沉积物和砾岩的粒度分析。该方法操作简单, 简便易行, 但精度较差。筛析法和沉降法多用于松散、弱固结沉积物的研究, 优点是设备简单, 易于操作, 缺点是测量耗时较长。薄片图像分析法可用于松散、弱固结以及固结沉积岩的研究, 优点是原理简单, 工作开展较为方便, 缺点是速度缓慢, 颗粒数目有限, 对于较大颗粒无法准确测量。激光粒度分析法测量精度高, 适用范围广泛, 现在得到了广泛的应用。

表 1 粒度测量方法对比

测量方法	直接测量法	沉降法	筛析法	薄片图像分析法	激光粒度分析法
测量范围/mm	>2	<0.1	0.1 ~ 1000	0.1 ~ 20	0.00005 ~ 3.5
适用性	颗粒较大的砾岩	颗粒较小的松散、弱固结沉积物	松散、弱固结沉积物	松散、弱固结以及固结沉积岩	松散、弱固结以及固结沉积岩

## 二、粒度分析方法的新进展

随着计算机等技术的快速发展, 粒度分析方法也取得了进一步的发展。粒度分析方法正在向着精确化、自动化和智能化发展。

### (一) 粒度测量方法的进展

随着激光粒度分析仪的出现, 粒度测量向着高精度和智能化水平开始发展。现有的激光粒度分析仪可以进行纳米级和亚纳米级颗粒的测量, 这是测量的精度得到了提高, 颗粒的分布范围得到了拓展, 并且随着计算机技术的发展, 使得测量数据的处理向着自动化方向发展。这为我们进行更高精度粒度测量提供了支持。

图像分析仪及动态图像颗粒分析仪的出现, 使得图像法进行粒度测量的水平得到了极大的提高。使图像法进行颗粒测量摆脱了过去人工测量效率低、精度不高的状况。使用图像分析仪、动态图像颗粒分析仪测量可以经计算机处理得出图像几何特征的定量数据。有测量速度快、精度高的特点。随着计算机图像识别技术的不断进展, 未来图像分析仪的精度和识别能力将会不断得到

提升, 因此图像法将会在未来取得进一步的发展。

不同分析仪器对“粒径”的物理解释以及颗粒分布宽度和颗粒的圆度存在差异性, 导致测量结果存在差异性。部分学者针对这种现象已经进行了研究, 分析比较了不同测量方法, 总结出了对于沉积物研究时往往需要结合两种方法才能使测量的粒度结果较为完整准备。常用的组合方法有激光-筛析法、沉降-筛析法、图像-筛析法等。

### (二) 沉积环境解释公式及图版研究进展

粒度分析参数已成功在研究中被使用使用, 用于解释物源、搬运机制和沉积环境等方面。由于粒度分布特征主要取决于沉积过程的影响, 虽然在实际分析过程中仍需要综合考虑沉积结构成因及其组合、古水流、化石含量和几何形状等不同的沉积学因素, 但粒度分析仍然是解释沉积环境的必要工具。常用的粒度分析参数有 Krumbein 和 Pettijohn (1938)、Folk (1968, 1980) 和 McBride (1971) 等提出的粒度参数计算公式。Sahu (1964)、

Visher (1969) 在粒度参数计算公式的基础上, 通过对碎屑沉积物的大量统计分析, 提出了不同沉积环境下沉积物的判别公式和图版。这些粒度参数计算公式和图版在粒度分析中被广泛的使用。

但粒度参数计算公式和图版对于复杂环境及气候的沉积物无法进行解释。这说明现有粒度参数计算公式和图版已经无法满足沉积环境分析的需要, 部分学者已经开始进行新模型的构建和图版的研究, 随着研究的深入, 相信更多沉积环境下模型和图版将被建立起来, 这将推动沉积学的进一步发展。

利用碎屑沉积物的粒度分布曲线和累积频率曲线来估计水动力条件、搬运过程和沉积环境是一种很好的方法。然而, 如果只依靠 Excel 或 Grapher 绘制一条一条的曲线。手工绘制过程复杂, 截取点计算费时。针对上述问题, 研究人员开发了各类的自动绘制累积频率曲线和计算截取点值的软件工具。这类软件能够准确、快速地绘制数百个样本的曲线, 促进研究人员分析传输机制和水动力环境。这类应用软件的开发也方便了对不同样品的搬运和沉积过程进行比较。

### 三、粒度分析方法的应用前景

#### (一) 在碎屑岩研究中的应用

通过粒度分析方法对碎屑岩进行沉积环境等方面的研究已经比较成熟, 比如标准偏差、平均粒度、峰度和偏态等, 其中平均粒径可以反馈沉积岩颗粒的粗细状态, 而粒度参数可以作为沉积岩剖面研究的关键信息, 由此所形成的粒度韵律曲线是开展沉积岩韵律研究的关键条件。通过在碎屑岩中进行的大量粒度分析, 已经验证了粒度分析有较高的准确性。现在人们已经开始转向通过粒度分析来建立碎屑岩储集层模型等方面的应用, 使粒度分析在碎屑岩研究中有了更为广阔的应用。

#### (二) 细粒沉积岩研究中的应用

由于页岩气和页岩油的勘探和开发, 人们对泥页岩越来越感兴趣。由于泥岩具有非常小的粒度特征, 因此泥岩沉积特征也与碎屑岩存在差异, 导致泥岩的粒度分析具有挑战性。我们需要建立一种快速、有效、客观的方法来准确地确定泥页岩的粒度。

首先, 高分辨率电子显微镜同时研究泥岩的微观结构和粒度是较好的方法。使用高分辨率电子显微镜可以对细粒沉积物的粒度进行较好的测量, 还可以对颗粒表面的微观结构进行观察。这样在粒度分析基础上就可以结合颗粒表面的微观结构进行沉积特征的分析。而且高分辨率电子显微镜可以帮助进行矿物成分的研究, 有助于得到更为准确的环境分析结果。

其次, 关于泥页岩的物理模拟研究较为缓慢。随着人们对泥页岩的关注度提高, 关于泥页岩特殊沉积构造物理模拟将会得到开展, 这样关于泥页岩的沉积机理将得到完善。现在关于泥页岩的搬运、沉积等沉积学研究已经取得一定的进展, 这将有助于我们进行泥岩的粒度分析。以此建立细粒沉积岩的沉积体系。通过细粒沉积物沉积特征的研究, 有助于了解细粒沉积岩的地质特征和构造演化史。

#### (三) 在海啸沉积、洪流沉积、火山沉积、浊流沉积等方面的应用

传统的粒度分析主要集中在陆源碎屑物的搬运和沉积过程的研究上, 对于一些事件沉积的研究较为薄弱。事件沉积物的研究是近期沉积学研究的重点之一。通过事件沉积物的研究, 更有利于恢复古环境演变和构造运动的过程。事件沉积的触发机制、沉

积过程的研究是事件沉积的研究重点, 进行粒度分析将有助于认识事件沉积的过程。由于海啸沉积、洪流沉积、火山沉积、浊流沉积等事件沉积, 其沉积物颗粒分布范围广、沉积过程较为复杂, 因此传统的粒度参数计算公式和图版不能使用。随着高精度粒度分析仪的出现, 为我们进行事件沉积物的研究提供了保障。因此学者们开始通过研究现代海啸沉积、洪流沉积、火山沉积等事件沉积物的粒度特征, 以及进行实验室的物理模拟研究, 建立一些能够识别事件沉积物的模型。通过大量学者的努力已经取得一定的进展。这将有利于我们开展海啸沉积、洪流沉积、火山沉积等事件沉积物的研究, 有助于我们更好地进行沉积环境恢复。

通过事件沉积物的研究, 特别是对于质灾害事件研究来解决环境问题提供指导, 以及进行近现代乃至未来全球事件的研究和预测。

#### (四) 在海洋沉积研究中的应用

由于海洋沉积物与陆源碎屑物不同, 其中包含大量的碳酸盐和有机质沉积, 这就造成了粒度分析取样的困难, 如何获得海洋沉积物中的陆源碎屑物是研究的重点。在进行粒度分析取样时使用了不同的处理方法, 这使的研究的成果无法进行对比, 这对于海洋沉积研究是不利的。最近, 学者们提出了一些适用于多种海洋沉积物的预处理方法, 可以进行研究内部和研究之间的比较。随着预处理方法的统一, 在广泛的海洋沉积物中研究中进行应用, 将在所有样品中产生精确、可靠和一致的结果。这将极大地推动海洋沉积环境的研究, 从而提高海洋沉积学和整体领域的相关研究。

### 四、结语

综上所述, 本文研究了粒度分析在沉积岩相关研究中的应用, 主要通过粒度测量方法的自动化和精确化, 以及沉积环境解释公式及图版的补充和完善两个方面分析了粒度分析方法的新进展, 进而讨论了粒度分析方法在细粒沉积岩、事件沉积研究和海相沉积研究中的应用前景。随着地质方法、计算机技术的不断进步, 粒度分析的精确度和准确性将得到进一步的提升, 粒度分析方法的应用将越来越广泛, 必将推动沉积学和沉积岩研究取得新的进展。

### 参考文献:

- [1] 赵澄林编著. 沉积学原理 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- [2] 袁红旗, 王蕾, 于英华, 等. 沉积学粒度分析方法综述 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2019, 49 (2).
- [3] 陈麦雨, 徐守余, 张立强, 等. 动态图像法与镜下测量法粒度分布结果对比研究 [J]. 沉积学报, 2019, 37 (3).
- [4] 赵永刚, 陈景山, 赵明华. 沉积岩 (物) 数字图像粒度分析的一种新方法 [J]. 石油工业计算机应用, 2005 (2): 10-13.
- [5] 张杰, 宋永文. 粒度分析方法及其在辨别沉积环境中的应用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2016 (008): 45.