



GRL：基于河流沉积碳酸盐组成示踪轨道尺度粉尘演化

发布日期：2024-07-26 来源： 浏览量：576

字体：[大 中 小]

粉尘作为地球气候系统中的重要因子，对地质历史时期的气候变化和生态环境演变产生深远影响。新生代以来，亚洲内陆地区干旱化使其成为重要的粉尘源区。大量粉尘经大气传输搬运并沉降至我国东部湿润地区以及北太平洋海域，通过增强陆表化学风化过程的“风化度效应”和海洋初级生产力的“铁肥效应”消耗大气CO₂，增强了陆地和海洋的碳汇功能。因此，识别和重建地质历史时期的粉尘活动历史对于理解粉尘在全球碳循环中的作用至关重要。然而，利用广泛分布的河湖相沉积物追踪历史时期的粉尘演化过程，尤其是轨道时间尺度上的粉尘变化，仍然充满挑战。在流域中，粉尘通常与河湖沉积物混合在一起，难以单独识别其信号。

源区的粉尘物质在风力作用下被搬运并沉降至下风向的流域盆地。这些粉尘中的矿物风化溶解释放出的特征元素，将显著改变流域内水化学组成，被随后沉淀的自生碳酸盐所记录。因此，通过分析河流沉积物中的自生碳酸盐组成，有望识别出粉尘信号并示踪其演化过程。基于该思路，中国科学院青藏高原研究所新生代环境团队联合中国科学院青海盐湖研究所科研力量，对亚洲粉尘传输下风向地区（临夏盆地）黑林顶剖面的一套有精确地层年龄控制（~12.3-5.1 Ma）的河流相沉积序列开展高分辨率自生碳酸盐Ca-Mg-Sr元素组成分析。研究发现：（1）黑林顶剖面自生碳酸盐Mg/Ca、Sr/Ca和Mg/Sr比值在~8 Ma呈现截然相反的演化趋势，具体表现为Mg/Ca比值略微降低，Sr/Ca比值显著降低而Mg/Sr比值显著升高；递归分析和小波分析同样显示Mg/Ca、Sr/Ca和Mg/Sr比值在~8 Ma存在明显的主导周期转型和系统动力学特征的显著转变；（2）模型计算结果揭示~8 Ma以前黑林顶剖面Ca-Mg-Sr体系变化受控于经典方解石自生沉淀过程（prior calcite precipitation）（图2a）。气候相对暖湿时，瑞利分馏程度高，更多的自生碳酸盐沉淀导致残余母液和随后沉淀出来的碳酸盐的Mg/Ca和Sr/Ca比值显著升高；相反，气候相对冷干时，自生碳酸盐的Mg/Ca和Sr/Ca比值相对较低；Mg和Sr相近的分配系数导致Mg/Sr比值几乎不受气候暖湿-冷干变化影响。因此，Mg/Ca和Sr/Ca比值在~8 Ma以前呈现强的天体轨道周期信号，Mg/Sr则没有（图1d-f）。~8 Ma以来，碳酸盐Ca-Mg-Sr体系变化受控于粉尘输入通量改变（图2b）。气候冷干时，较高的粉尘输入通量导致流域中更多的富Mg碳酸盐（白云石）粉尘的加入，使得沉积物中Mg/Ca和Mg/Sr比值显著升高；气候暖湿时，粉尘输入通量较低，富Mg碳酸盐输入相对较少，沉积物的Mg/Ca和Mg/Sr比值较低；由于粉尘碳酸盐和流域碳酸盐在Sr/Ca比值上差异较小，Sr/Ca比值受粉尘输入通量的影响较小。因此，~8 Ma以来Mg/Ca和Mg/Sr比值呈现强的轨道周期信号，Sr/Ca则没有（图1d-f）。本研究揭示河湖相沉积物自生碳酸盐Ca-Mg-Sr体系在~8 Ma前后存在对气候暖湿-冷干变化的差异响应机制，~8 Ma粉尘输入后不同指标的周期信号发生了转型，为在河湖相沉积物中识别轨道时间尺度粉尘信号提供了新方法。

研究成果近期以“A hydrochemical method for identifying orbital imprints of dust in paleofluvial sequence”为题发表在《Geophysical Research Letters》期刊。我所在读硕士研究生严忠义为论文第一作者，我所杨一博研究员和中国科学院青海盐湖研究所韩文鑫研究员为共同通讯作者，本研究得到国家重点研发计划（2022YFF0502）和国家自然科学基金（42322107、42071111）的联合资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1029/2024GL109988>

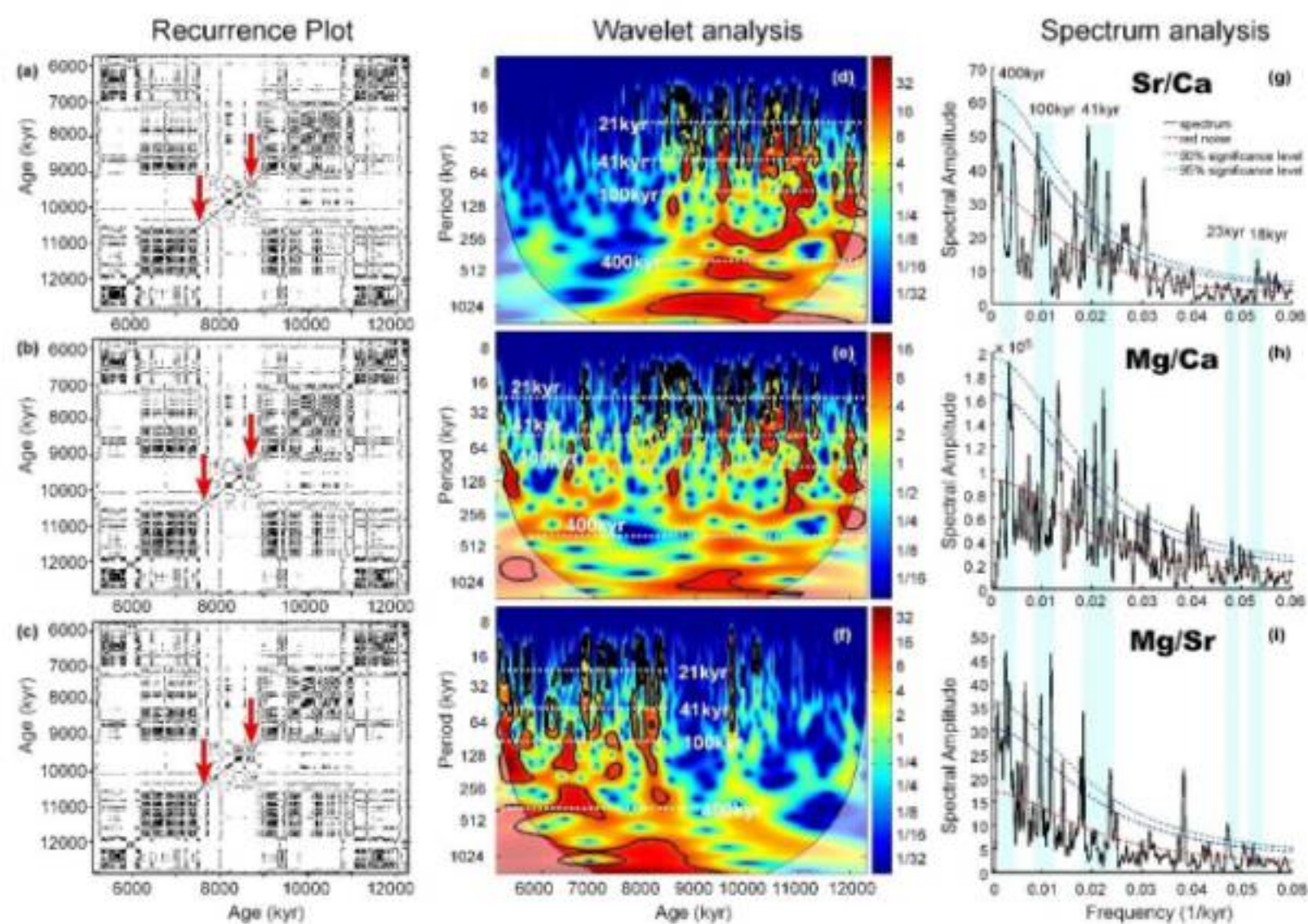


图1 黑林顶剖面自生碳酸盐Sr/Ca、Mg/Ca和Mg/Sr的递归分析（a-c）、小波分析（d-e）和频谱分析（g-i）结果

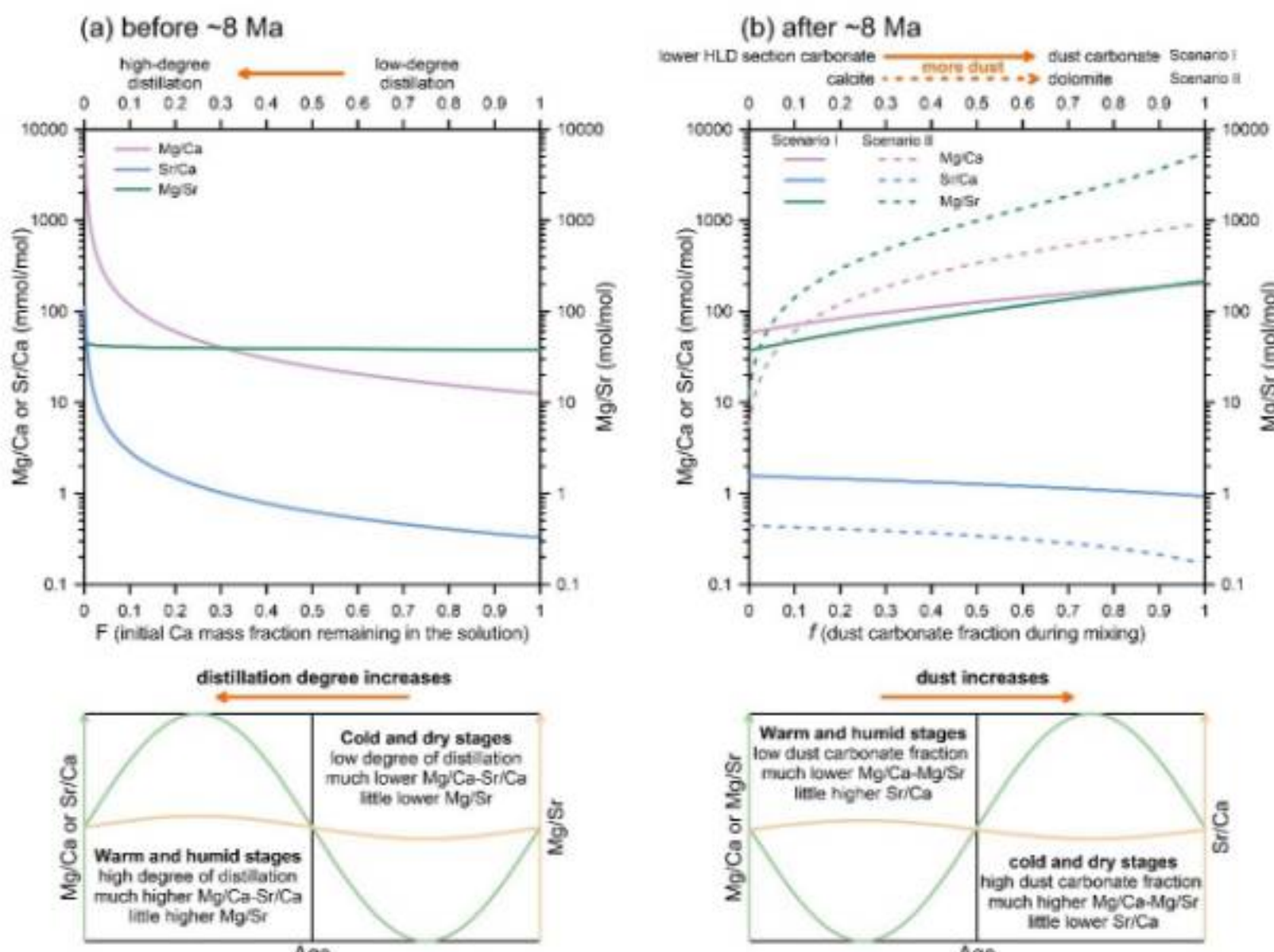


图2 瑞利分馏模型（a）和两端元混合模型（b）模拟黑林顶剖面~8 Ma前后自生碳酸盐Mg/Ca、Sr/Ca和Mg/Sr比值在气候暖湿-冷干交替变化下的演化

