

砾石钙膜纹层测年数据采集技术的实现方法及可行性分析

郭 华, 郑文俊, 刘百簏

(中国地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

摘要: 根据砾石钙膜纹层的明暗度测年是沉积物年代测定的一种新的思路. 本文阐述了用扫描仪对砾石钙膜切面直接进行高分辨率扫描, 继而通过计算机获取其明暗度值并绘制明暗度—厚度曲线图, 将它与其它定年结果对比确定砾石钙膜开始形成的年代的思路和实现方法. 同时分别对同一剖面多次扫描, 同一样品不同部位和同一阶地面上所取不同样品的结果进行了相关性分析, 结果表明此方法是可靠的.

关键词: 砾石钙膜纹层; 明暗度; 年代学; 相关性; 可行性

中图分类号: P315.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2003)03-0226-07

0 引言

砾石钙膜测年作为沉积物年代测定的一种新的思路正引起人们的重视. 邢成起等把砾石钙膜的厚度作为所在地貌面的一个年龄指标, 并将它直接用于 ESR 方法测年^[1,2]. 而我们所讨论的砾石钙膜纹层测年方法正是在前一方法上的拓展和进一步的探索^[3].

砾石钙膜是在干旱—半干旱地区河流阶地或冲洪积地貌面的粗碎屑沉积物表面形成的碳酸钙沉积. 粗碎屑沉积物有利于水分向下渗滤, CaCO_3 在砾石底部逐渐沉积并逐渐扩大面积和厚度, 越贴近砾石底面的年龄越老. 在干旱少雨的环境中, 空气中 CO_2 的相对浓度较小, 渗透水对碳酸盐岩的溶解力相对较弱, 另外沉积物中的杂质成分相对较复杂, 所以此时段沉积物中 CaCO_3 含量较低, 就形成了暗的纹层. 而在温暖潮湿的气候条件下, 渗透水中的杂质和有机质含量相对较低, 同时, 土壤中的有机质分解加速, 加大了其中的 CO_2 浓度, 沉积纹层的碳酸盐纯度较高, 也就形成了相对较亮的沉积纹层. 由于此时段沉积速率加快, 因此亮纹比暗纹要厚一些. 同一地貌面上的砾石钙膜, 不论其厚度大小, 沉积纹层的明暗度是基本相同或相似的, 这表明它们在同一时间沉积, 并受同样气候和环境条件的影响. 所以砾石钙膜记录了比较完整的环境和年代信息^[3], 利用其进行测年是具有科学性的.

我们研究了气候影响在砾石钙膜上的反映——砾石钙膜显微纹层的明暗度, 总结出明暗纹层与显微结构之间的关系, 绘制明暗度特征变化曲线, 并与其它测年方法对比分析后发现, 其定年分辨率可达到万年以内. 这种方法的关键技术问题在于较为准确、快捷地得到一定条件下显微纹层的明暗度, 为此我们用平台式扫描仪进行高分辨率扫描, 继而通过计算机直接获取其明暗度的解决办法. 在分别对同一样品多次扫描所得结果、同一样品在切面的不同部位所得结果以及同一级阶地不同样品所得结果进行了相关性分析后, 我们认为这种方法不仅极大地减少了工作量, 而且提高了定年的精度, 是稳定、可行的.

收稿日期: 2003-01-06

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目《大陆强震机理与预测》(G1998040701-04); 中国地震局地震联合基金项目(102055); 中国地震局兰州地震研究所青年基金项目(A0203)共同资助.

中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC 2002016.

作者简介: 郭华(1977—), 女(汉族), 青海西宁人, 硕士, 主要从事地理信息系统方面的工作.

1 数据采集技术的实现方法

1.1 研究思路

首先对样品切片进行图像扫描, 获得砾石钙膜明暗纹层的影像(表现为灰度), 然后利用我们编制的一个明暗度识别应用程序, 以一定的步长采点, 获取灰度值. 数据导入统计分析软件 SPSS, 绘制明暗度特征变化曲线. 将曲线与深海岩芯氧同位素曲线、古地磁变化、黄土剖面粒度变化、构造事件等对比分析, 进而定年和分析当时的气候条件. 为了验证此方法的可行性, 分别对同一样品多次扫描所得结果、同一样品在切面的不同部位所得结果以及同一级阶地不同样品所得结果进行了相关性分析. 整个思路见图 1 所示流程.

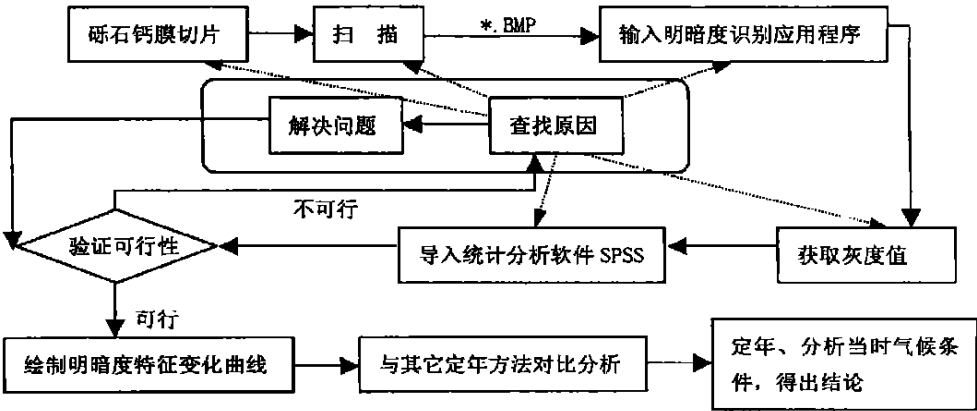


图 1 工作总体思路框图

Fig. 1 Flow chart of the working.

1.2 样品图像扫描

砾石钙膜明暗纹层的明暗度与扫描图像上灰度的反映是一致的, 因此我们采用普通的平台式扫描仪对砾石钙膜切片进行扫描. 扫描仪的成像元件是可以扫实物的 CCD 器件; 光学分辨率达到 300 ~ 8 000 DPI 之间; 扫描类型可设为 256 级灰度图像, 即每个像素用 8 个 bits 来表示, 以获取丰富的灰度信息. 为了能够得到细微的灰度变化, 我们选用了较高的光学分辨率——1 000 DPI; 并将扫描图像存储为 BMP (Windows Bitmap) 格式, 这种图像格式比起 JPEG、GIF 等格式信息损失量最少, 也为下一步用 VB 编写应用程序奠定了基础. 扫描仪的使用简化了样品的预处理过程, 使操作实施更为简便^[4]. 而且扫描得到的是数字信息, 便于进行图像处理, 信息分析精度较高.

1.3 应用程序特点

灰度识别系统是一个 VB 应用程序, 主要由两个窗体组成. 窗体 1 主要用于输入图像、处理图像以及输入其他数据; 窗体 2 则可以显示并导出灰度值(图 2). 在界面设计上我们采用标准菜单、对话框等实现人机交互, 力争简明、友好、易用. 导入图像后, 根据需要输入步长(以毫米为单位), 选择适当的剖面测量. 选择剖面时在图像上确定剖面的两个端点, 即可获得所需的灰度值、所采的砾石厚度及坐标等. 也可在对话框中输入坐标值来得到剖面, 主要用于验证可靠性和在图像上观察已采的剖面位置.

1.4 编程思想

Visual Basic(VB)是一个简单易学的可视化编程工具, 能够快速构建功能强大的应用系统^[5~7], 我们选用 VB 作为明暗度识别应用系统的开发工具. 主要的编程思想有以下几方面:

1.4.1 使用进度条控件

在 VB 中, Picture Box 可显示 BMP、JPEG、GIF 格式的图形文件以及图标、图元文件. 为了提高定年的

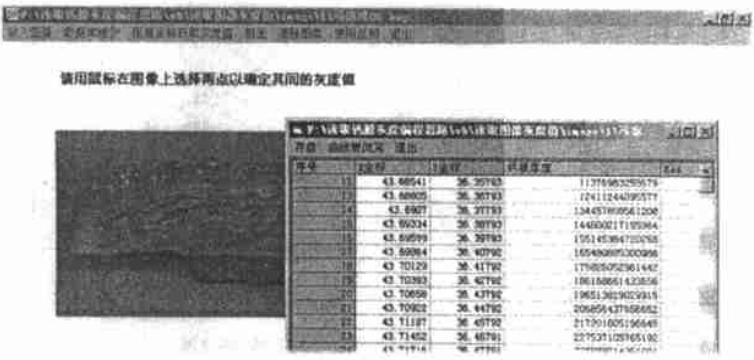


图 2 明暗度识别应用程序界面

Fig. 2 Interface of application program for obtaining gray value.

精度, 我们选用了图像质量较高的 BMP 文件. 同时在图像输入过程中使用了进度条.

1.4.2 PaintPicture 方法

由于在扫描时设置了较高的分辨率, 远超出了电脑显示器的分辨率(800 * 600), 这就给图像显示造成极大困难. 于是我们使用了 PaintPicture 方法在窗体 1 上按照钙膜的实际尺寸重新绘制图形(缩小). 其方法是对比打开的图像文件名与库中的文件名, 若符合则调用其宽度和高度.

1.4.3 读取灰度值

为了测定钙膜厚度, 我们将窗体的 ScaleMode 属性设置为毫米, 而在指定设备场景中取得 RGB(红、绿、蓝)颜色值的 Visual Basic 6.0 API 函数中的 GetPixel()函数只能得到以像素为单位的颜色值, 所以我们采用 Point 方法在窗体上读取指定点的 RGB 颜色, 返回每个点颜色的长整型值. 这个值还不是我们真正需要的, 必须取出红、绿、蓝三个颜色构成. 灰度图像的红、绿、蓝三个颜色值是相等的, 取任意一个就是该点灰度值. 在应用程序中为了验证数据的准确性, 让红、绿、蓝值均显示出来. 另外, 系统以一定步长自动采点, 其轨迹是用户所选择的两点所确定的直线.

1.4.4 使用 MSFlexGrid 控件显示数据

MSFlexGrid 控件是用表格式窗体显示信息的有用工具, 但它没有提供保存数据的方法. 为实现保存, 选择整个表复制到字符串变量中, 然后用 Write 语句存盘. 存储格式设为文本文件(*.txt), 方便以后将数据导入统计软件绘制特征曲线及做相关分析之用.

2 可行性分析

为了进一步验证这种方法的可行性, 以宁夏中卫孟家湾和灵武马家滩两处样品的数据在统计分析软件 SPSS 中进行相关分析.

相关分析能够解决以下几方面问题: (1)样品采集的相关性分析包括: 对同一样品多次扫描所得结果的相关性分析说明扫描方法是否稳定; 对同一样品在切面的不同部位所得结果的相关性分析可表现出采集到的明暗度的可靠性; 对同一级阶地不同样品所得结果的相关性分析则从一定程度上反映了砾石钙膜显微纹层测年的可行性. (2)确定变量之间是否存在相关关系. 如果存在, 进行相关验证.

2.1 同一样品多次扫描所得结果的相关性分析

为了保证多次扫描后选择同一条剖面, 首先记下第一幅扫描图像所选剖面的起点、终点, 之后的几幅扫描图像用同样的剖面.

用散点图可观察变量之间的大致关系. 图 3(a)、(b)为孟家湾和马家滩两处砾石钙膜两次扫描数据的散点图, 可以直观地看出每两次扫描所得的数据是呈线性相关的, 而且相关性都比较好. 孟家湾两次扫描结果的相关系数 $R = 0.964$; 马家滩两次扫描结果的相关系数 $R' = 0.990$. 另外几次扫描结果相关性同样

在 0.9 左右.

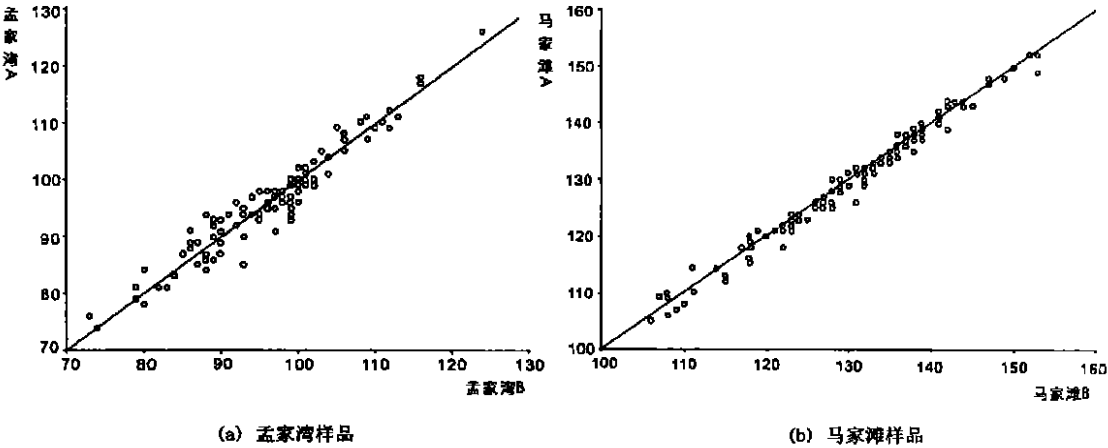


图 3 同一剖面两次扫描所得结果的散点图
Fig. 3 Scatter graph of two scanning in the same profile.

以孟家湾砾石钙膜为例做相关系数的显著性检验, 由表 1 可以看出相关系数均在 0.01 的水平上显著.

2.2 同一样品在切面的不同部位所得结果的相关性分析

图 4 是马家滩样品在切面的不同部位明暗度—厚度曲线对比, 以 0.01 mm 步长采点. 可直观地看出, 两条曲线的总趋势甚至一些细节都极为相似. 相关分析方法同前, 只是由于沉积厚度不均, 做相关分析前应先提取各剖面的特征数据, 也就是消减钙膜厚度不均匀对数据的影响. 仍然以孟家湾和马家滩砾石钙膜为例做散点图(图 5), 可以看出数据亦是呈线性相关的, 相关性较好.

表 1 孟家湾三次扫描结果的灰度值相关性分析			
	扫描 A	扫描 B	扫描 C
扫描 A	1.000	0.964 **	0.979 **
扫描 B	0.964 **	1.000	0.960 **
扫描 C	0.979 **	0.960 **	1.000

** 相关系数在 0.01 的水平上显著

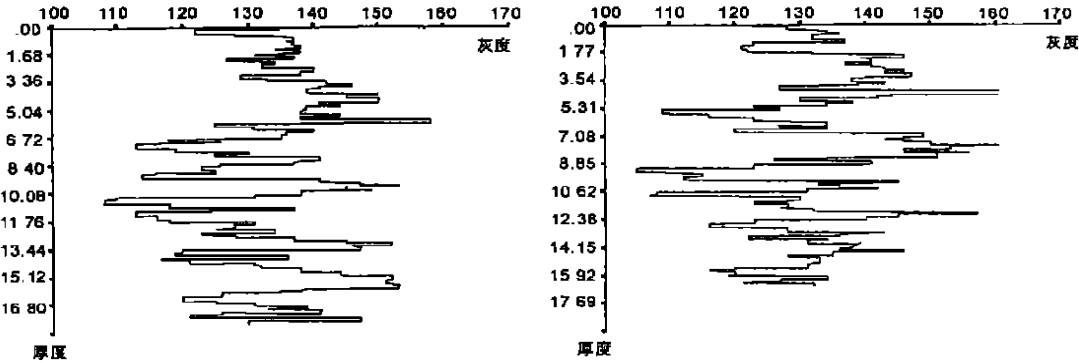


图 4 同一切面的不同部位明暗度—厚度对比
Fig. 4 Gray-thickness comparison of different positions on the same sample face.

相关系数的显著性检验结果为: 孟家湾砾石钙膜上不同剖面显微纹层的明暗度的相关系数为 0.811; 马家滩处相关系数为 0.835, 且均在 0.01 的水平上显著.

2.3 同一级阶地上不同样品所得结果的相关性分析

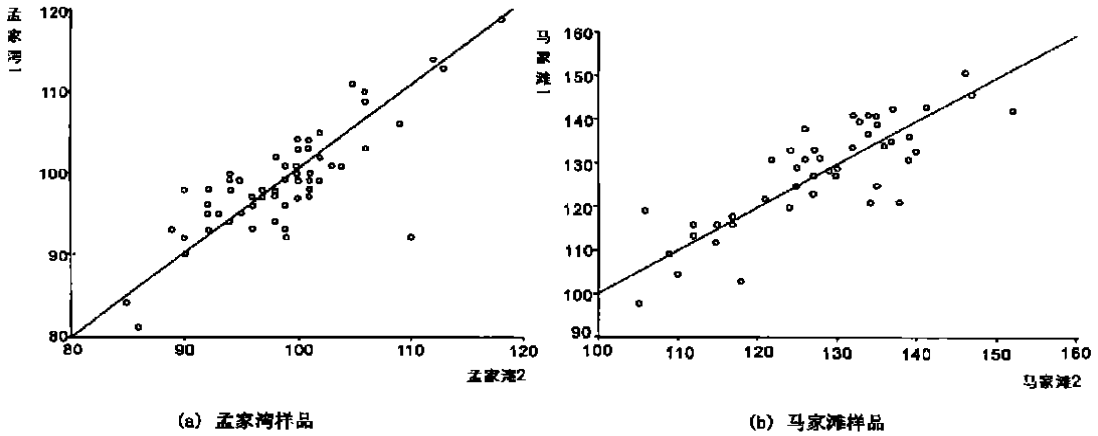


图 5 同一样品切面的不同部位所得结果的散点图
Fig. 5 Scatter graph of different positions on the same sample face.

为了进一步验证砾石钙膜显微纹层测年的可行性,我们对同一级阶地上不同样品所得结果也进行了相关性分析.结果显示它们的沉积纹层的明暗度是很相似的(图 6).以孟家湾同一级阶地上采于不同剖面的两个样品为例,其明暗度的相关系数为 0.781,且在 0.01 的水平上显著.这表明它们曾在同一时段沉积,受同样气候和环境条件的影响.

3 年代对比结果

根据宁夏中卫孟家湾和灵武马家滩样品的明暗度曲线,可以看到曲线的变化总趋势极为相似,分别与深海氧同位素曲线、黄土—古土壤序列、黄土粒度曲线等进行对比分析,结果吻合较好(图 7).

根据郑文俊等^[3]对曲线的综合对比分析,宁夏中卫孟家湾砾石钙膜开始沉积时的年龄为 1 660 ka B.P.,与邢成起等^[1,2]在此处测的砾石钙膜 ESR 年龄 $1\,570 \pm 476$ ka B.P. 接近,与兰州地区黄河最高一级阶地(T_7)年龄 1 630 ka B.P.^[8~10]基本一致.宁夏灵武马家滩开始沉积时的年龄在 1 730~1 780 ka B.P. 之间,这与所确定的地层年代吻合.

4 结论与讨论

通过对砾石钙膜纹层明暗度测年方法的初步探索,我们有以下认识:
(1) 砾石钙膜记录了比较完整的环境和年代信息,其明暗纹层正是这种信息的直接记录,用纹层明暗度测年具有科学基础;

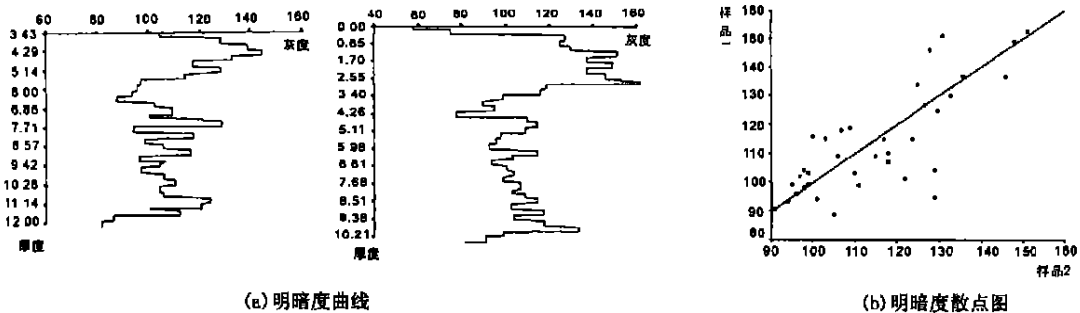


图 6 同一级阶地上不同样品明暗度—厚度对比及散点图
Fig. 6 Gray—thickness comparison and scatter graph of different samples from the same terrace.

- [1] 邢成起, 尹功明, 丁国瑜, 等. 黄河黑山峡阶地的砾石 Ca 膜厚度与粗粒碎屑沉积地貌面形成年代的测定[J]. 科学通报, 2002, 43(3): 167—172.
- [2] 邢成起, 丁国瑜, 卢演伟, 等. 黄河中游河流阶地的对比及阶地系列形成中构造作用的多层次性分析[J]. 中国地震, 2001, 17(2): 187—201.
- [3] 郑文俊, 郭华, 刘百箴. 砾石钙膜显微纹层的扫描图像分析及其测年意义[J]. 地震地质, 2003, 25(1): 123—132.
- [4] 谢昆青, 李志尧. 树木年轮研究的扫描图像分析方法及其在环境演变中的应用[J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 259—269.
- [5] Petroustos 著. 邱仲潘, 等译. Visual Basic 6 从入门到精通[M]. 北京: 电子工业出版社, 1999.
- [6] 李晓华, 谭皓编著. 学用 Visual Basic 6.0 编程[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1999.
- [7] 同志工作室编著. Visual Basic 6.0 API 函数开发实例[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2000.
- [8] 李吉均. 纪念台维斯侵蚀循环、准平原学说诞生一百周年[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1999, 35(3): 157—163.
- [9] 李吉均, 方小敏, 马海洲, 等. 晚新生代黄河上游地貌演化与青藏高原隆起[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(4): 316—323.
- [10] 潘保田, 李吉均, 朱俊杰, 等. 青藏高原: 全球气候变化的驱动力与放大器(II). 青藏高原隆起的基本过程[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1995, 31(4): 160—167.
- [11] M A J Williams, D L Dunkerley, P De Deckker et al. 著. 刘东生等编译. 第四纪环境[M]. 北京: 科学出版社, 1997.

REALIZATION METHOD AND FEASIBILITY ANALYSIS ON DATA COLLECTION OF CALICHE-LAMINATION DATING

GUO Hua, ZHENG Wen-jun, LIU Bai-chi

(Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The dating method according to gray of caliche-lamination is a new ideal for ideology of sediment. In this article, the train of thought and realization technique of this dating method are expatiated. First the caliche section is scanned directly with high resolution by flat scanner. After this, their gray values can be obtained and the gray—thickness graph is drawn in computer by using our application program. Then the curve is compared with other dating results, such as the bathy—oxygen— isotope curve, loess—palaeosol sequence and loess—grain curve etc., therefore the age of caliche formation is determined. Meanwhile the correlation analysis on the different results is done, for several times scanning on the same profile, different positions on the same sample face, and different samples from the same terrace. The results show that the method is feasible.

Key words: Caliche-lamination; Gray; Chronometry; Correlation ; Feasibility