

文章编号: 1009-6248(2005)03-0016-05

# 粒度统计分析方法在青藏高原隆升研究中的运用及效果 ——以昌马洪积扇为例

李增<sup>1</sup>, 王云斌<sup>2</sup>, 梁明宏<sup>1</sup>, 徐景明<sup>3</sup>, 刘土改<sup>1</sup>, 王启航<sup>3</sup>

(1. 甘肃省地质调查院, 甘肃 兰州 730000; 2. 长安大学, 陕西 西安 710054;  
3. 甘肃省地勘局第三地质矿产勘查院, 甘肃 兰州 730050)

**摘要:** 通过运用粒度统计方法对昌马洪积扇沉积物进行研究, 结果显现自早更新世晚期以来存在7次沉积物粒度变粗事件, 说明青藏高原东北缘自早更新世晚期以来发生了7次隆升, 其间为稳定期。该结论与通过青藏高原东北缘盆地沉积分析、活动断裂及河流阶地活动时代对比而厘定的青藏高原东北缘构造活动时段基本一致, 同时与整个青藏高原自早更新世晚期以来的隆升具有很好的耦合。由此为山前洪积扇研究提供了新的方法和线索。

**关键词:** 昌马洪积扇; 粒度统计方法; 7次粒度变粗事件; 青藏高原隆升

中图分类号: P542 文献标识码: A

在青藏高原隆升过程中, 其北部外缘形成许多性质和大小都不同的山前洪积扇, 这些沉积物敏感地记录和见证了高原隆升的整个过程<sup>[1]</sup>。昌马洪积扇是青藏高原北外缘一系列洪积扇中堆积厚度最大, 规模最显著, 最具代表性的一个。因此, 通过对昌马洪积扇的研究, 揭示青藏高原隆升及其规律有着重要的意义。

前人研究认为: 昌马扇的形成缘于青藏高原的隆升作用, 其形成是泥石流的沉积的结果, 并据“抬升- 泥石流堆积模式”及水动力有关特性, 总结出沉积物粒度的增大反应高原隆升速率和隆升幅度增大的基本规律和特点<sup>[2]</sup>。据此, 笔者尝试运用粒度统计分析方法, 对昌马扇沉积物粒度变化特征进行研究, 以揭示青藏高原隆升过程中的一些基本规律

和特点。同时证实该方法的实用性和有效性。

## 1 剖面选择及统计分析方法分类

由于昌马洪积扇在沉积过程中同一时间不同位置沉积物粒度不同, 厚度也不同, 故采用的粒度统计方法亦不相同, 针对粒度特征, 沉积物以粘土为主, 粒度范围在( $1\sim 100 \mu\text{m}$ ), 要求分析精度较高, 采用粒度样品高精度分析法; 沉积物以砂土为主, 粒度在( $0.1\sim 1 \text{ cm}$ ), 采用岩土样品粒度分析法; 沉积物以砂砾石为主, 粒度较大, 采用野外粒度测量方法。另外考虑到扇顶相的不稳定性和厚度较大不易控制等因素, 只在扇中相及扇缘相进行研究, 共选取了5条剖面(图1)。

收稿日期: 2005-04-04; 修回日期: 2005-06-14

基金项目: 中国地质调查局1 25万玉门镇幅区调项目(编号200213000022)部分成果

作者简介: 李增(1970-), 男, 工程师, 从事区域地质调查工作。E-mail: lizeng5178@sina.com

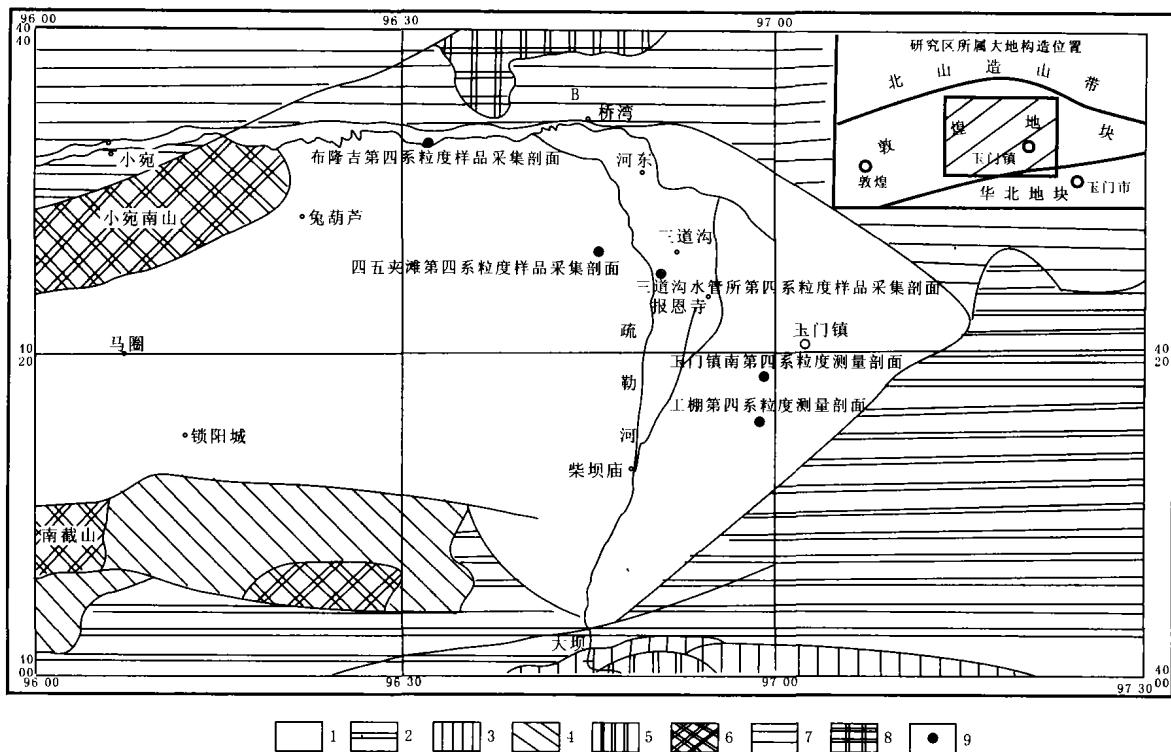


图1 研究区构造分区示意图及剖面位置图

Fig. 1 The sketch map of geotectonic units and the location of sections of the studying area

1. 昌马扇强烈拗陷区; 2. 弱上升拗陷区; 3. 中新生界褶皱隆起区; 4. 早更新世微褶皱隆起区; 5. 古生界强烈上升区; 6. 前古生界缓慢上升区; 7. 北戈壁近代微弱上升区; 8. 古生界缓慢隆起区; 9. 剖面位置

## 2 剖面介绍

### 2.1 布隆吉剖面

位于扇缘, 沉积物以粘土为主。在该剖面垂向上进行了每 10 cm 间隔的粒度样品采集, 采样控制总厚度为 13.6 m, 采集样品 135 个。样品由兰州大学资源环境学院国家第四纪重点实验室采用激光粒度分析测试, 根据分析结果绘制中值粒径变化曲线图(图 2)。

### 2.2 四五夹滩剖面

位于扇缘, 采样方法与上述相同, 本剖面采样控制厚 2.15 m, 因分层较明显, 故每小层采一个样, 共采集 21 个样品, 样品由兰州大学资源环境学院国家第四纪重点实验室采用激光粒度分析法测试, 根据分析结果绘制中值粒径变化曲线图(图 2)。

### 2.3 工棚剖面

剖面位于中扇, 沉积物为砂砾石层, 颗粒较粗, 选择沉积层序较完整的地段, 测垂直剖面, 采用人

工野外粒度测量的方法进行, 步骤如下:

(1) 野外数据的采集: 首先布一条垂直线为基线, 再以 10 cm 为垂直间距, 在水平方向统一选取 50 cm 长度为测线, 测量该测线中沉积物颗粒长度。为达到测量统计的统一性, 以线段法作为统计的前提, 采取在视觉可分辨的范围内(大于 1 mm 的沉积颗粒)逐一读取测线上各颗粒物的长度进行野外数据统计, 小于 1 mm 的作为一类。

本剖面位于一坡度约为 70°的斜坡上, 斜坡总长为 18.35 m, 该 18.35 m 即为基线, 在该基线上每隔 1.5 cm(相当于垂直间距 10 cm)为一条测线, 测线长度统一定为 50 cm, 然后逐一读取测线上各颗粒物的长度, 为取得统一, 不考虑颗粒的形状以及各个颗粒在测线上展现的部位。本剖面共测 122 条测线。

(2) 数据的室内处理和分析: 把统计结果按相关标准划分  $\phi$  值区间, 计算每条测线上各相应  $\phi$  值所占的百分比, 对每条测线作  $\phi$  值累计分析并作粒

度累计曲线图。

依据累计曲线判定  $\Phi_{16}$ 、 $\Phi_{50}$ 、 $\Phi_{84}$ ，利用公式

$$\text{平均值 } M_z = \frac{(\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84})}{3}$$

计算每条测线的

中值粒径 ( $M_z$ )。

将各测线的中值粒径投到基线上相应位值，并作粒径变化图（图 2）。

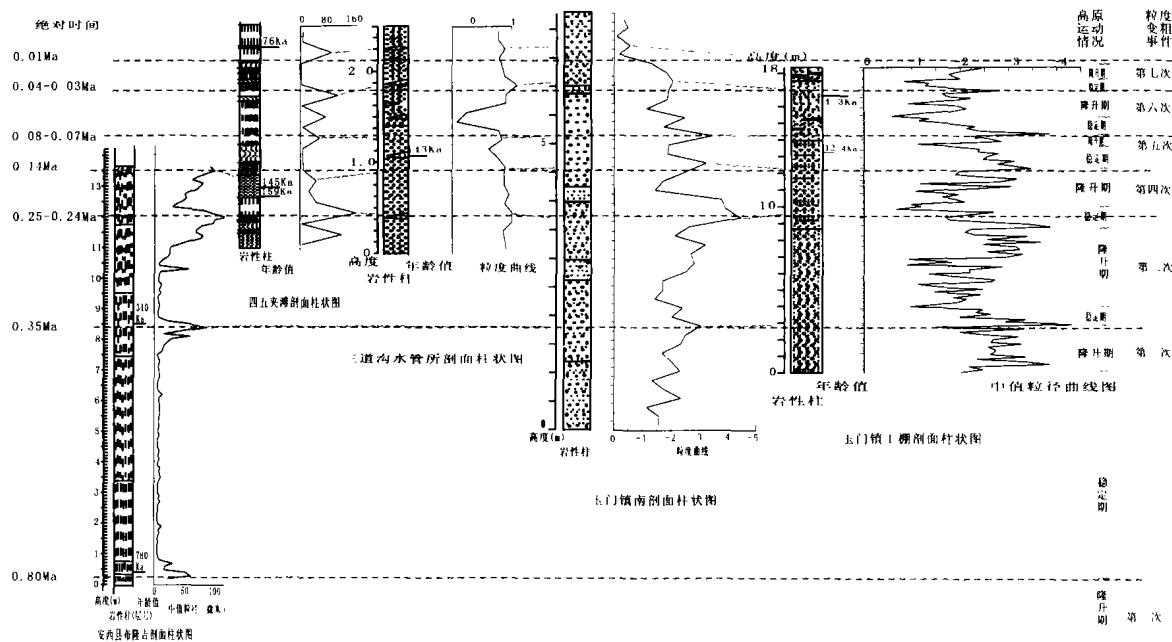


图 2 昌马洪积扇剖面对比及构造时段示意图

Fig. 2 Sketch map of the sections comparision and geotectonic time

## 2.4 玉门镇南第四系粒度统计剖面

该剖面与工棚剖面相同，运用野外粒度统计法直接测量：

(1) 数据采集：该剖面斜距 7.30 m，坡度约 70 度，在斜面上每隔 15 cm（相当于垂直间距 10 cm），共测 46 条测线。

(2) 数据的室内处理和分析：数据处理与上述工棚剖面相同，中值粒径并作粒径变化图（图 2）。

## 2.5 三道沟水管所第四系粒度样品

位于扇缘，以粘土沉积为主，采样方法与上述四五夹滩剖面相同，因分层较明显，故每层采一个样，共采 25 个样品，样品由甘肃省中心实验室用筛析法测试，根据分析结果绘制中值粒径变化曲线图。（图 2）

## 3 结果分析

### 3.1 各时段沉积物粒度变化特征

由上述剖面对比可知，在同一时间洪积扇的不同部位沉积物粒度是不相同的，但理论上讲粒度变化曲线应基本相同。由于沉积物厚度在洪积扇不同部位有较大差别，因此在研究时配合了 ESR 测年（结果见图 2，由成都理工大学应用核技术研究所测试），以沉积时间为基准进行对比。通过进行沉积物粒度分析，对比粒度变化曲线，反映出自早更新世晚期以来，昌马洪积扇沉积存在 7 次粒度变粗事件。

(1) 早更新世—中更新世：0.93~0.84 Ma B.P. 早更新世晚期以来昌马扇第一次粒度变粗（图 2），中值粒径最高可达 70 μm。0.84 Ma 之后粒度均匀，沉积稳定。

0.35 Ma B.P. 昌马扇第二次粒度变粗（图 2）。中值粒径由 10 μm 变化至 50 μm，最高可达 70 μm，大于 63 μm 颗粒含量明显增高至 50%，显示在沉积该层位时水动力条件发生明显变化，水动力变大。本次隆升可明显分两个大的阶段（两个峰值）。

0.25~0.24 Ma B.P. 昌马扇第三次粒度变粗（图 2）。在昌马扇中部剖面及扇缘剖面均有明显反

映。中值粒径由  $10 \mu\text{m}$  一直增大至本层结束的  $100 \mu\text{m}$  以上, 显示水动力的强势增大趋势。

0.14 M a B.P. 昌马扇第四次粒度变粗(图2), 中值粒径由  $40 \mu\text{m}$  增大至  $100 \mu\text{m}$  左右, 直到结束沉积。沉积中心东移。

(2) 晚更新世: 0.08 M a B.P. 昌马扇东部第五次粒度变粗(图2), 与末次间冰期的同时作用使粒度变化速率极高(斜率大)。0.08 M a 之后随着末次冰期的到来, 沉积物粒度大幅度减小。

0.04~0.03 M a B.P. 本区表现为沉积中心东移, 昌马扇东部第六次粒度变粗(图2)。

(3) 全新世: 0.01 M a B.P. 昌马扇东部第七次

粒度变粗。

### 3.2 粒度变化特征与高原隆升的耦合

依据上述粒度结果, 说明高原自早更新世末以来具7次隆升期, 其间则为稳定期。结合区域资料和前人相关青藏高原隆升的研究成果, 划分构造活动时段。该时段与于庆文等通过青藏高原东北缘盆地沉积分析、活动断裂及河流阶地活动时代对比而厘定的青藏高原东北缘自  $1.7 \text{ Ma}$  以来的较明显的构造活动时段<sup>[3]</sup>基本一致, 同时与整个青藏高原的自中更新世以来的隆升表现具有很好的耦合性(表1)。

表1 测区第四纪构造活动时段一览表

Tab. 1 Time of active in the Quaternary

本文采用构造活动时段 [Ma]		宋春晖 李吉均 (酒西盆地)	于庆文 李长安 (青藏高原东北缘)	青高原运动主要特征	本区响应
0.01			0.01 Ma	东北缘频繁抬升、 $T_1$ 阶地形成	昌马扇东部第七次粒度变粗、河流一级阶地形成
0.04~0.03			0.04~0.03 Ma	黄河主河道水系形成、东北缘 频繁抬升	昌马扇东部第六次粒度变粗
0.08			0.08~0.07 Ma	东昆仑以北强烈活动、 $T_2$ 阶 地形成	昌马扇东部第五次粒度变粗、河流二级 阶地形成、扇缘一级台地形成
0.14	共和运动	0.14 Ma	0.17~0.11 Ma	东北缘再一次整体抬升、结束 酒泉砾石沉积 黄河 $T_3$ 阶地 形成	昌马扇第四次粒度变粗、沉积中心东 移、河流三级阶地形成
0.25~0.24			0.25~0.24 Ma	隆升较弱、内部走滑小规模冰 碛	昌马扇第三次粒度变粗、扇缘二级台 地形成
0.35			0.35 Ma	隆升较弱、内部走滑小规模冰 碛	昌马扇第二次粒度变粗、扇缘三级台 地形成
0.93~0.84	昆黄运动	0.93~0.84 Ma	0.7~0.5 Ma	快速隆升、整体成山	玉门组遭剥蚀, 早更新世晚期以来昌 马扇第一次粒度变粗

## 4 结论

通过昌马扇洪积物的粒度分析, 其结果充分说明高原隆升所形成的大型山前洪积扇记载着高原隆升的大量信息, 该信息反映的高原隆升时段与通过高原内部盆地沉积分析、活动断裂及河流阶地活动时代对比而厘定构造活动时段<sup>[3]</sup>基本一致。因此, 合理的粒度分析研究能够详细剖析这种信息, 为研究高原隆升提供更有力的依据。

致谢: 感谢李文厚、李永军教授对本文提出的宝贵建议, 陈淑娥教授对野外工作提供有力指导。

## 参考文献:

- [1] 宋春晖, 方小敏, 李吉均. 等青藏高原区东北缘酒西盆地  $13 \text{ Ma}$  以来沉积演化与构造隆升 [J]. 中国科学D辑, 2001, 31 (增刊).
- [2] 崔之久, 等. 泥石流沉积与环境 [M]. 北京: 海洋出版社, 1996.
- [3] 于庆文, 李长安. 等青藏高原区东北缘新生代隆升-沉积-气候演化及其耦合——区域地质调查方法实践, 中国地质调查局地质调查专报 H6 [M]. 北京: 中国地质大学出版社.

## Effect of the size statistics in studying the uplift of the Tibetan plateau

LIZeng<sup>1</sup>, WANG Yun-bin<sup>2</sup>, LIANG Ming-hong<sup>1</sup>, XU Jing-im ing<sup>3</sup>,  
LIU Tu-gai<sup>1</sup>, WANG Qihang<sup>3</sup>

(1. Gansu Institute of Geological Survey, Lanzhou 730000, China; 2. College of Earth Sciences and Land Resources, Chang'an University 710054, China; 3. No. 3 Institute of Geology and Mineral Exploration, Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Lanzhou 730050, China)

**Abstract** After being studied by size statistics in Changma diluvial fan, the conclusion that sediments sizes were largened 7 times from Early Pleistocene was drawn. That is to say, the north-eastern margin of the Tibetan plateau has uplifted 7 times. The same conclusion also had been drawn by analysing the sediments of basin and active fault and the river terraces. They have the same active times with the Tibetan plateau uplift in sera. So, the size statistics given a new method to study the diluvial.

**Key words** size statistics; 7 times events of size largened; Changma diluvial fan; Tibetan plateau uplift