

文章编号: 1006-6616 (2002) 04-0323-10

# 念青唐古拉山主峰地区第四纪 砾石层砾组分析

朱大岗<sup>1</sup>, 赵希涛<sup>2</sup>, 孟宪刚<sup>1</sup>, 吴中海<sup>1</sup>,  
邵兆刚<sup>1</sup>, 冯向阳<sup>3</sup>, 王 津<sup>1</sup>, 杨朝斌<sup>4</sup>

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;  
3. 中国地质博物馆, 北京 100034; 4. 西藏自治区国土资源厅, 拉萨 850000.)

**摘 要:**通过对念青唐古拉山脉主峰地区的第四纪砾石层的砾组分析, 作者从基岩地层和砾性分析、砾度和砾态分析中, 阐述了念青唐古拉山脉北坡和南坡不同成因的第四纪砾石层的来源、成因及搬运方式。念青唐古拉山主峰地区的 3 次冰期砾石层中, 每次冰期的冰碛物中的砾石在岩石成分、砾度、球度、风化程度上都有明显差异。这种差异反映了青藏高原隆升过程中对念青唐古拉山不同岩石的剥蚀作用。

**关键词:**第四纪; 砾石层; 砾组分析; 念青唐古拉山; 西藏

中图分类号: P534.63, P588.21+25

文献标识码: A

用砾组分析的方法研究第四纪沉积物的组构特征, 是阐述它们搬运、沉积物种类、成分及性质的有效途径<sup>[1, 2]</sup>。砾组分析是对砾石层中的砾石进行测量和统计分析, 其基本内容包括砾度分析、砾态分析、砾向分析和砾性分析。依据砾石层的砾组测量和统计所取得的数据或图表, 可以得出外营力性态与砾组特征的相关性和规律性。因此, 砾组分析对于恢复第四纪沉积物形成时的地质环境, 是一个非常有效的手段。

作者在念青唐古拉山脉主峰地区进行第四纪冰川遗迹调查和冰川地质工作时, 根据念青唐古拉山脉主峰地区不同时代、不同成因的第四纪砾石层的地质产状特征, 将该区的第四纪冰碛物及它们所处的层位划分为: ①第一(宁中)冰期( $Q_2^1$ ) ②第二(爬然)冰期( $Q_2^3$ )和③第三(拉曲)冰期( $Q_3$ ), 其形成时期大致相当于 0.5Ma ~ 0.7Ma、0.13Ma ~ 0.3Ma 和 0.01Ma ~ 0.07Ma 之间<sup>[3, 4]</sup>, 少量河流相和湖滨相砾石层为全新世的产物。并对当地出露的各类第四纪砾石层作了测量和统计, 其初步结果简述如下。

## 1 测点第四纪沉积砾石层

在念青唐古拉山脉主峰地区共测量了 11 个测点的砾石层(图 1), 每处均测量 100 块砾

收稿日期: 2002-02-18

基金项目: 国土资源大调查项目“西藏纳木错地区第四纪环境演变调查研究”(编号: DKD2001006), “西藏当雄幅 1: 25 万区域地质调查”(编号: DKD9901001)

作者简介: 朱大岗(1951-), 男, 研究员, 从事区域地质、沉积相与古环境研究。

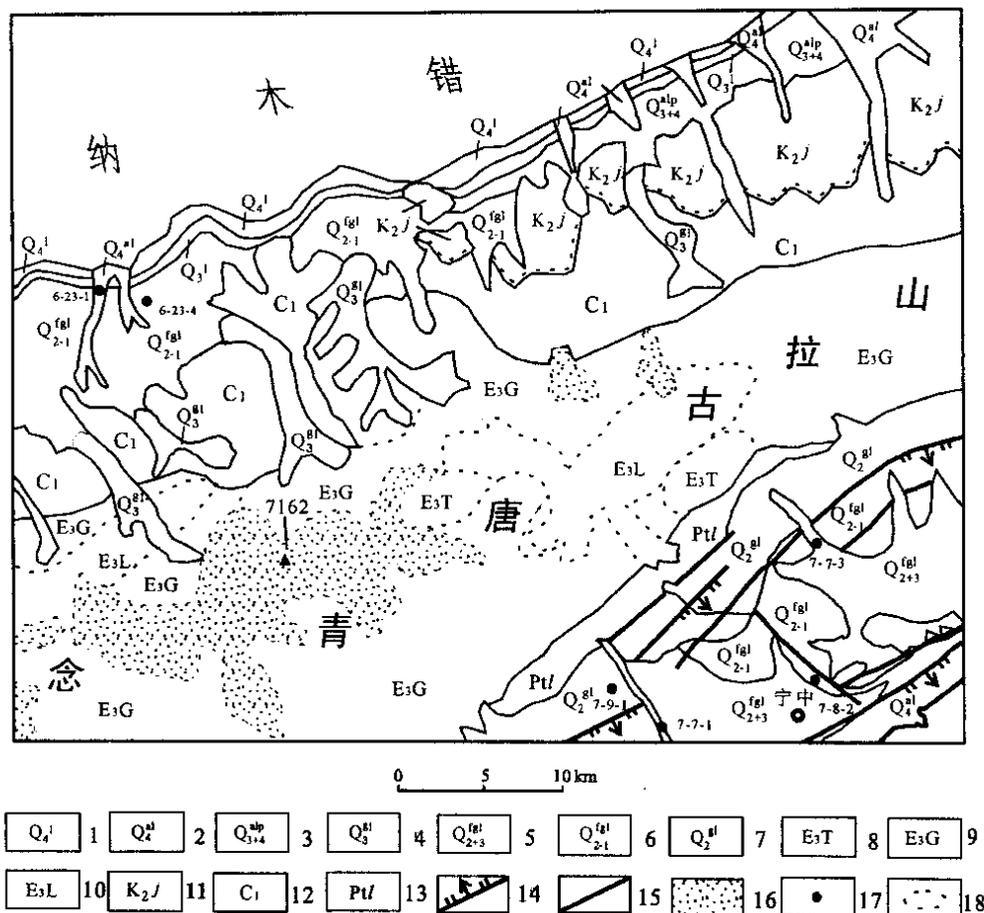


图1 念青唐古拉山脉主峰地区基岩地层和砾组测点分布图

Fig.1 The bedrock strata and measuring points of the gravel fabric in Nianqingtangula mountain

1. 全新统湖积；2. 全新统冲积；3. 上更新—全新统冲洪积；4. 上更新统冰碛；5. 上中更新统冰水沉积；6. 下中更新统冰水沉积；7. 中更新统冰碛；8. 渐新统结里单元黑云母钾长花岗岩；9. 渐新统古仁曲单元黑云母二长花岗岩；10. 渐新统鲁巴单单元黑云母花岗岩闪长岩；11. 白垩系中统竞柱山组泥岩、砂岩；12. 石炭系下统泥质板岩；13. 元古代念青唐古拉群鲁玛拉岩组；14. 正断层；15. 性质不明断层；16. 终年积雪带；17. 部分砾组测点；18. 岩界界线

石。有关南坡与北坡各测点砾石层的地层划分、剖面描述、基本特征与形成时代探讨，作者已在“念青唐古拉山中段第四纪冰期划分”一文中详细阐述<sup>[3]</sup>，故在此不再赘述。

### 1.1 念青唐古拉山脉北坡的砾石层

6-23-1点：位于念青唐古拉山北坡拉曲河谷中，为现代河流的河床沉积，剖面上有明显的流水作用形成的层次。

6-23-2点：位于念青唐古拉山北坡第一期冰水沉积层与纳木错湖相层的交接部位，属最高湖岸堤的湖滨相砾石层。

6-23-3点：位于念青唐古拉山北坡拉曲东岸，为第二冰期终碛（ $Q_2^3 gl$ ）。

6-23-4点：位于念青唐古拉山北坡拉曲东岸，为第一冰期冰碛（ $Q_2^1 gl$ ）。

### 1.2 念青唐古拉山脉南坡的砾石层

7-7-1点：位于念青唐古拉山南坡西布曲出山口现代河床内，为河床沉积，剖面上有明

显的流水作用形成的层次。

7-7-2 点：位于念青唐古拉山南坡西布曲出山口处东侧，为第三冰期侧碛—终碛 ( $Q_3 gl$ )。

7-7-3 点：位于念青唐古拉山南坡西布曲出山口处东侧，为第二冰期侧碛 ( $Q_2^3 gl$ )。

7-7-4 点：位于念青唐古拉山南坡西布曲东 1.5km，为第一冰期侧碛 ( $Q_2^1 gl$ )。

7-8-1 点：位于当雄县宁中小学校操场北 100m，为第一冰期侧碛 ( $Q_2^1 gl$ )。

7-8-2 点：位于当雄县宁中小学校操场北 400m，为第一冰期冰水沉积 ( $Q_2^1 fgl$ )。

7-9-1 点：位于当雄县甲果果西南 1.2km，为第一冰期测碛 ( $Q_2^1 gl$ )。

在本地区 (段) 内，以念青唐古拉山脉两侧的第四纪冰川砾石层为主<sup>[5~7]</sup>，可分为第一冰期的侧碛和终碛、第一冰期冰水沉积、第二冰期侧碛和终碛、第三冰期侧碛—终碛，以及河床相砾石层、湖滨相砾石层等。

## 2 基岩地层与砾性分析

砾石除再搬运者外，均产自基岩地层，它们的岩性与基岩有一致性。砾石层的砾石成分与种类，反映了其源地和沿程各个时代、各种岩性的地层在地表的分布。

### 2.1 基岩地层

念青唐古拉山脉主峰地区的基岩地层分布 (图 1)，具有明显的特点，花岗岩类岩石绝大部分分布在念青唐古拉山脉主峰地区的山地中，在河谷中仅偶见出露。高大的念青唐古拉山脉主体由渐新世念青唐古拉超单元岩浆岩组成，其主要岩性为渐新统古仁曲单元中细粒斑状黑云二长花岗岩、中细粒黑云二长花岗岩，渐新统结里单元中细粒斑状黑云钾长花岗岩，渐新统鲁巴杠单元中细粒黑云母花岗闪长岩、中细粒黑云母石英闪长岩等。其主峰地区的东南测为 NE 走向的元古代念青唐古拉岩群鲁玛拉岩组，主要岩性为混合岩、变粒岩、浅粒岩、石英岩、片岩、片麻岩、大理岩和斜长角闪岩等；西北侧地层由老到新依次为石炭系下统诺错组 ( $C_{1n}$ ) 的粉砂质板岩、泥板岩夹砂岩，其上不整合覆盖着白垩系上统竞柱山组一段 ( $K_{2j}^1$ ) 的紫红色泥岩、砂岩夹砾岩。

### 2.2 沉积物的砾石成分

根据各砾组测点砾性统计所得的数据 (表 1)，11 个测点的砾石成分多为花岗岩、片麻岩、片岩、变粒岩、糜棱岩等岩性，少量样品以大理岩、砂岩、泥岩、板岩、石英岩为主，这种砾石堆积体的砾性组合，充分说明了念青唐古拉山脉主峰地区的第四纪沉积砾石层来源很近，且主要来自于念青唐古拉山脉。

#### 2.2.1 念青唐古拉山脉北坡的砾石层

第一冰期冰水砾石层 (6-23-4) 的砾石岩性以花岗岩、片麻岩、片岩、变粒岩为主，其中变质岩含量高达 73%，糜棱岩和白垩系红层的岩性较少，表明这些物质主要来源于念青唐古拉山脉的变质岩发育地带。

第二冰期冰水砾石层 (6-23-3)，其砾石的岩性中属于中深变质岩的片岩、糜棱岩等趋于减少，而深变质的片麻岩、混合岩、变粒岩和深成花岗岩等的砾石逐渐增加，其含量达到 72%，说明念青唐古拉山脉的冰川与河流对表层变质岩的剥蚀加深。砾石主要应来自于念青唐古拉山脉表层深部的变质岩和岩浆岩区，少部分可能由第一冰期的冰碛和冰水沉积的砾石

改造而来。

表 1 念青唐古拉山脉主峰地区第四纪砾石层的砾性特征

Table 1 The compositional features of Quaternary gravels in Nianqingtanggula Mountains

测点 位置及编号		砾性 (%)						
		花岗岩	片麻岩	混合岩	片岩	变粒岩	糜棱岩	其他
念青唐古 拉山北坡	6-23-1	21	29	4	14	26	5	1
	6-23-2	39	31		14	8	1	7
	6-23-3	35	12	6	18	9	4	16
	6-23-4	25	26		22	18	7	2
念青唐古 拉山南坡	7-7-1	23	44		16	3	2	12
	7-7-2	22	55		14	3	3	3
	7-7-3	16	48	1	15	1	6	13
	7-7-4	15	34		22	2	7	20
	7-8-1	大理岩 12	砂岩 24	泥岩 27	板岩 33	石英岩 3		4
	7-8-2	花岗岩 31	砂岩 7	泥岩 24	板岩 29	石英岩 6		9
	7-9-1			泥岩 59	板岩 35	石英岩 6		

在纳木错南岸湖滨相砾石层 (6-23-2) 中, 花岗岩、片麻岩约占 70%, 其风化程度很浅, 由于它与念青唐古拉山几期冰碛物相关, 故其成分主要来源于此, 属冰川砾石层经改造、搬运而再堆积, 但附近山坡白垩系红层的砾石也有一定数量 (7%) 加入。

注入纳木错的拉曲, 其河床中的河流相砾石层 (6-23-1) 中的砾石, 主要来源于第一、第二、第三冰期的堆积物, 但风化程度很弱, 由于该河床中的砾石成分中片麻岩和花岗岩的岩性接近 50%, 而且第三期冰期的冰碛达到现今海拔 5000m 以上的高度, 所以这层砾石的成因不能排除为第三冰期冰川的冰前河床沉积, 至少有一部分是第三冰期时流水把冰水砾石层改造而再沉积的。

### 2.2.2 念青唐古拉山脉南坡的砾石层

第一冰期冰水砾石层位于当雄县宁中区 (7-8-2), 其岩性以片岩、片麻岩、泥岩、板岩为主, 其中泥岩、沉积岩、变质岩含量可达 73%, 花岗岩含量达 31%, 糜棱岩的岩性极少, 表明这些物质主要来源于念青唐古拉山脉。同时混有较多的泥岩 (24%), 说明第一冰期冰水砾石层形成于白垩纪红层之后。

第一冰期冰碛砾石层广泛分布于当雄县西布曲 (7-7-4)、宁中区 (7-8-1)、甲果果 (7-9-1) 等地, 其岩性以沉积岩、火山岩、变质岩为主, 其中石英岩、石英砂岩、泥岩、片岩、片麻岩含量变化在 63% ~ 100%, 表明这些物质主要来源于念青唐古拉山脉。同时混有较多的泥岩 (24% ~ 59%), 说明第一冰期冰碛砾石层产生于白垩纪红层之后。

第二冰期侧碛砾石层 (7-7-3), 位于西布曲沟口东侧, 其砾石中属于中深变质岩的片岩、糜棱岩等趋于减少, 而深变质的片麻岩和深成花岗岩等的砾石逐渐增加, 其含量达到 60%, 说明冰川对念青唐古拉山脉表层变质岩的剥蚀程度有加深的趋势。部分砾石应来自念青唐古拉山脉表层深部的变质岩和岩浆岩; 另一部分可能系第一冰期的冰碛和冰水沉积改造的结果。这说明伴随着山脉的不断隆升, 念青唐古拉山脉的基岩地层不断被剥蚀。而产生第四纪砾石层岩屑的主要营力, 则是寒冻风化和融冻风化。

第三冰期侧碛—终碛砾石层 (7-7-2), 位于西布曲沟口东侧, 其砾石中属于中深变质岩的片岩、糜棱岩等含量较少, 而深变质的片麻岩、变粒岩和深成花岗岩等的砾石则逐渐增加, 其含量达到 80%, 说明念青唐古拉山脉的冰川与河流对表层变质岩的剥蚀作用更加强烈。砾石主要来自念青唐古拉山脉表层深部的变质岩和岩浆岩区, 少部分为第一、第二冰期的冰碛和冰水沉积改造而来。

拉萨河水系的西布曲, 其现代河床中砾石层 (7-7-1) 的主要成分为第一、第二、第三冰期再搬运的堆积物。由于该砾石层中片麻岩和花岗岩的含量为 67%, 且第三期冰期冰碛物分布于现今海拔 5000m 以上, 所以不能排除其为第三冰期冰川的冰前河床沉积, 其中至少有一部分是第三冰期流水把冰水沉积层改造而再沉积的。

### 3 砾度与砾态统计分析

在第四纪沉积物中冰碛物的砾石多大小混杂, 呈棱角状, 分选很差, 形态也极不规则, 多呈不对称状, 排列比较凌乱, 其长轴常顺着冰流向的方向。漂砾上有时具擦痕; 冰水沉积的小砾石, 与河流的沉积物相仿, 所不同的是冰水沉积的砾石层中常有陡倾砾石存在。

#### 3.1 砾石的砾度

各测点的砾度数据是通过测量每个砾石的  $a$  轴 (长径)  $b$  轴 (中径) 和  $c$  轴 (短径) 的长度, 然后进行计算和统计而求得的。其中的平均砾径  $\bar{d}$ , 是首先计算出各砾轴的平均砾径  $\bar{d}_a$ 、 $\bar{d}_b$ 、 $\bar{d}_c$ , 再计算等体积球径而得出的, 即  $\bar{d} = \sqrt[3]{\bar{d}_a \bar{d}_b \bar{d}_c}$ 。其中  $d_{a50}$ 、 $d_{b50}$ 、 $d_{c50}$  分别在  $a$  轴、 $b$  轴、 $c$  轴的累积频率曲线 (图 2) 上求出,  $\bar{d}_{50}$  的求法与  $\bar{d}$  相同, 即  $\bar{d}_{50} = \sqrt[3]{\bar{d}_{a50} \bar{d}_{b50} \bar{d}_{c50}}$ 。另外, 我们选作了各测点砾石  $a$  轴频率分布柱状图 (图 3), 大致反映了每个测点砾度的分布特征和分选、均匀、对称、离散等情况。

从 11 个测点的砾石砾度数据 (表 2) 看, 不论是平均砾径 ( $d$ ), 还是中值砾径 ( $d_{50}$ ),

表 2 念青唐古拉山脉主峰地区第四纪砾石层的砾度特征

Table 2 The granulometric features of Quaternary gravels in Nianqingtanggula Mountains

测点 位置及编号		砾径/cm										
		$\bar{d}$	$d_{50}$	$\bar{d}_a$	$\bar{d}_b$	$\bar{d}_c$	$d_{a50}$	$d_{b50}$	$d_{c50}$	$S_a$	$S_b$	$S_c$
念青唐古拉山北坡	6-23-1	90.4	77.2	129	94.8	60.05	115	80	50	1.46	1.41	1.55
	6-23-2	49.24	48.45	68.3	50.3	34.75	65	50	35	1.26	1.22	1.26
	6-23-3	79.84	76.84	118.1	84.24	51.15	110	82.5	50	1.17	1.29	1.32
	6-23-4	77.27	70.61	121.45	84.4	45	110	80	40	1.37	1.35	1.41
念青唐古拉山南坡	7-7-1	79.34	70.77	116.1	82.05	52.42	105	75	45	1.27	1.35	1.36
	7-7-2	79.18	66.89	114.1	83.05	52.4	95	70	45	1.27	1.35	1.36
	7-7-3	75.97	71.63	109.6	75.95	52.7	105	70	50	1.21	1.2	1.24
	7-7-4	70.7	65.8	104.2	71.35	47.55	97.5	65	45	1.2	1.28	1.3
	7-8-1	70.63	62.05	116	74.5	40.77	105	65	35	1.35	1.35	1.43
	7-8-2	66.73	58.94	101.4	71.25	41.15	90	65	35	1.22	1.26	1.29
	7-9-1	76.25	68.04	109.5	80.41	50.35	100	70	45	1.21	1.15	1.3

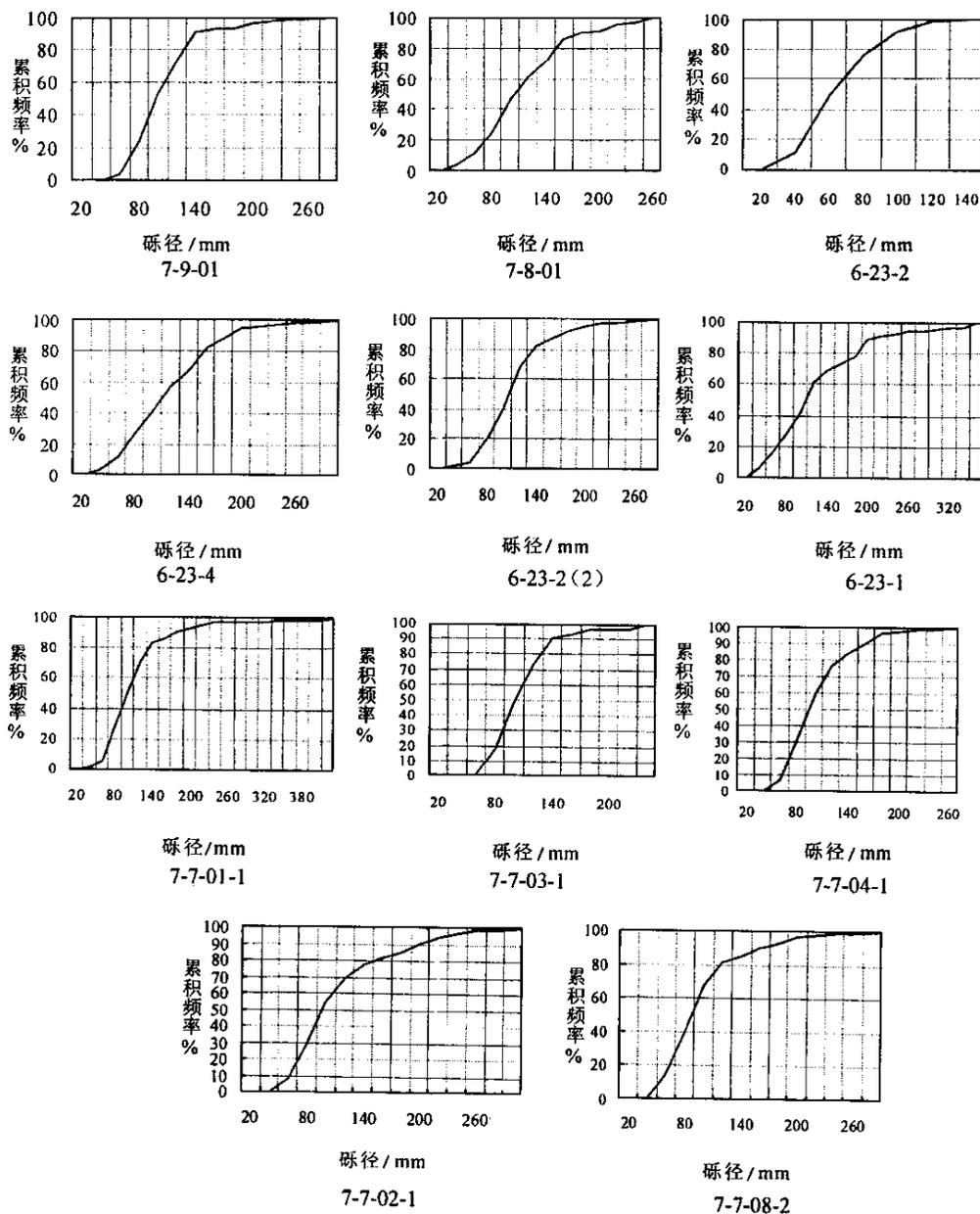


图2 念青唐古拉山脉主峰地区第四纪砾石层的砾径  $a$  轴累积频率曲线图

Fig.2 The curvilinear map of  $a$ -axon size-frequency distribution of Quaternary gravels in Nianqingtangula Mountains

以靠山边的(后缘)最大,中间次之,前缘最小。而且,加权平均砾径较中值砾径大的多,表明众值靠近砾径较小的砾石;砾径较大的砾石虽少,但分布较散,即离散系数应较大,在各测点砾径  $a$  轴柱状图上(图3)可以清楚地看到这一点。因此,表2中的分选系数都较大,说明砾石层的分选性较差。故从砾石的砾度来看,念青唐古拉山脉主峰地区分布的砾石

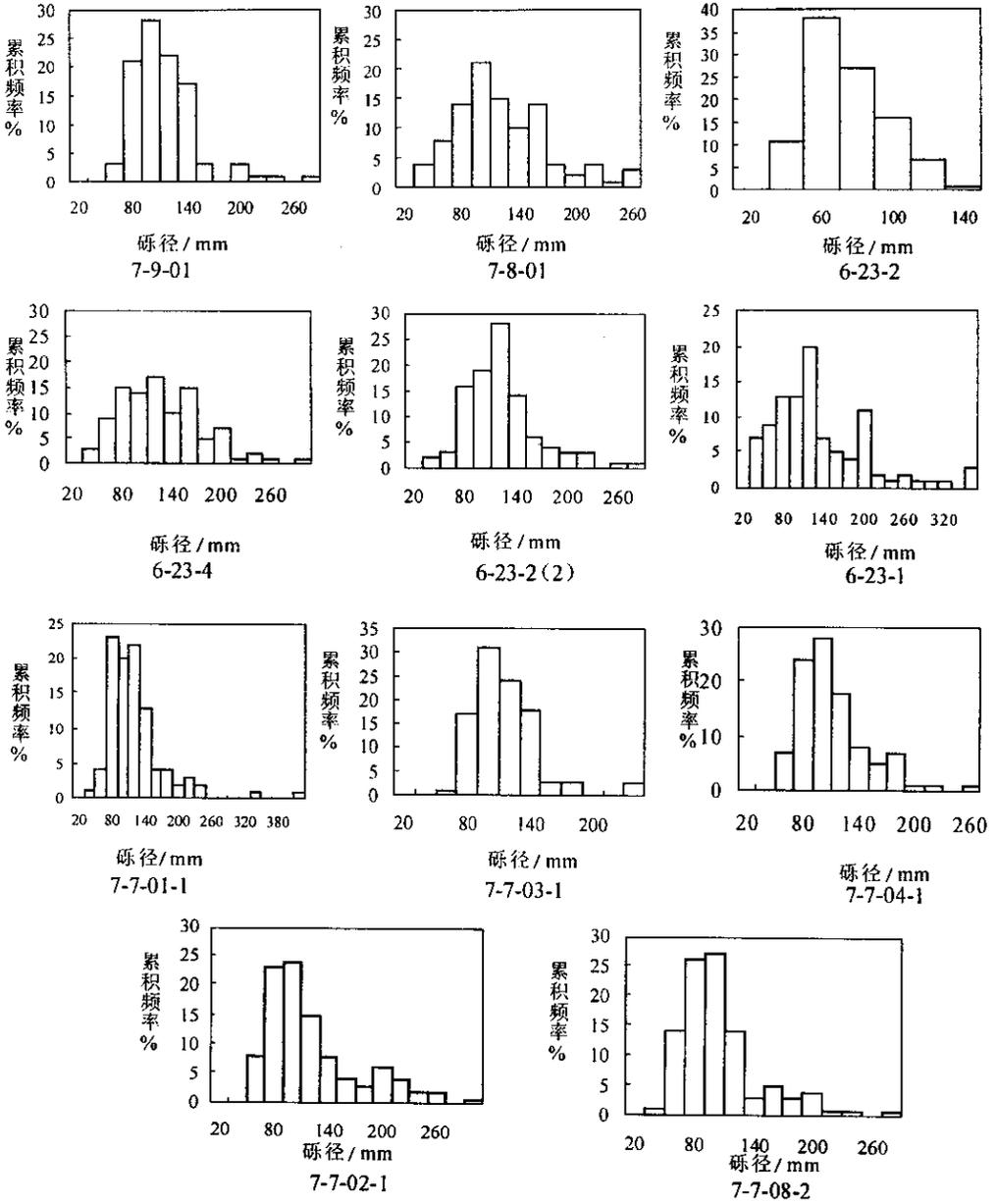


图 3 念青唐古拉山脉主峰地区第四纪砾石层的砾径 a 轴柱状图

Fig. 3 The histogram map of a-axon size-frequency distribution of Quaternary gravels in Nianqingtanggula Mountains

层除几个已知样品外,均属大量融冻岩屑以结构性冰川流的方式作塑性流动,形成以冰碛、冰水沉积物为主的砾石层,而不是一般的流水沉积。

### 3.2 砾石的砾态

各测点的砾态数据也是通过测量每个砾石的 a 轴(长径)、b 轴(中径)和 c 轴(短径)的长度,然后进行计算和统计而求得的。分选系数根据累积频率曲线上的四分位数( $d_{25}$ 、

$d_{75}$ ) 求得, 但未计算砾石加权平均砾径或中值砾径的分选系数, 而只计算了  $a$  轴、 $b$  轴、 $c$  轴的分选系数, 如  $S_a = \sqrt{d_{75}/d_{25}}$ ,  $S_b$  和  $S_c$  求法相同。砾石的扁度 ( $F = (a + b) / 2c$ ) 和球度 ( $\psi = \sqrt[3]{abc}/a$ ), 均用平均砾径  $\bar{d}_a$ 、 $\bar{d}_b$ 、 $\bar{d}_c$  计算而得到。磨圆度  $P$  是根据 5 级分法估计值 (0 级—棱角状、1 级—次棱角状、2 级—次圆状、3 级—圆状、4 级—根圆状) 计算, 以百分数表示。风化程度的划分与磨圆度相同, 但采用目估法 (0 级—未风化、1 级—弱风化、2 级—中等风化、3 级—强风化、4 级—完全风化) 表示。

念青唐古拉山脉主峰地区第四纪砾石层的砾态 (表 3), 其砾石的风化程度多在 0~2 级以下, 风化程度相对较弱, 其中河流和湖滨相砾石的风化程度为 0 级, 第一期冰碛物为 2 级, 第二、三期冰碛物为 1 级。

表 3 念青唐古拉山脉主峰地区第四纪砾石层的砾态特征

Table 3 The psephitic features of Quaternary gravels in Nianqingtanggula Mountains

测点 位置及编号		砾 态				
		风化程度	$F$ (扁度)	$\psi$ (球度)	$P$ (磨圆度)	$F/\psi$
念青唐古 拉山北坡	6-23-1	0 级	1.87	0.7	70.25	2.67
	6-23-2	0 级	1.7	0.72	72.25	2.36
	6-23-3	1 级	1.98	0.68	24.75	2.91
	6-23-4	2 级	2.29	0.64	16.75	3.58
念青唐古 拉山南坡	7-7-1	0 级	1.89	0.68	41	2.78
	7-7-2	1 级	1.88	0.69	36	2.72
	7-7-3	1 级	1.76	0.69	30.75	2.55
	7-7-4	2 级	1.85	0.68	19	2.72
	7-8-1	2 级	2.34	0.61	21.5	3.84
	7-8-2	1 级	2.1	0.66	39.75	3.18
	7-9-1	2 级	1.89	0.7	23	2.7

砾石的扁度大多数都在 2 或 2 以下, 个别达 2.34~2.1, 其中河流相和湖滨相砾石在 2 以下; 第一期冰碛物为 1.89~2.34, 第二、三期冰碛物为 1.88~2.1。

砾石的球度不超过 0.72, 其中河流相和湖滨相砾石在 0.68~0.72 之间; 第一期冰碛物介于 0.61~0.7 之间, 第二、三期冰碛物在 0.66~0.69 之间变化, 说明它们之间的差异不大。砾石的磨圆度在 16.75~72.25 之间, 变化较大, 从棱角 (0 级)、次棱角状 (1 级)、次圆状 (2 级) 和圆状 (3 级) 均有出露。其中冰碛物砾石的磨圆度在 16.75~36 之间, 表明以棱角状 (0 级) 和次棱角状 (1 级) 为主, 磨圆较差; 而河流相和湖滨相砾石的磨圆度在 41~72.25 之间, 表明以次圆状 (2 级) 和圆状 (3 级) 为主, 磨圆较好。砾态参数  $F/\psi$  比值介于 2.36~3.84 之间, 其中第一冰期的值较大, 为 2.7~3.84; 第二、三冰期的比值居中, 为 2.55~2.91; 河流相和湖滨相砾石的比值较小, 介于 2.36~2.78 之间。

## 4 结论与讨论

根据以上各测点砾石层的砾组分析, 结合念青唐古拉山脉主峰地区第四纪沉积物 (包括

冰碛、冰水沉积，河流相和湖滨相沉积)的具体情况，对该地第四纪砾石层的成因、来源及搬运方式等初步小结如下：

(1) 砾性分析表明，念青唐古拉山脉第四纪砾石层的物质来源，主要是念青唐古拉山脉，其岩性主要为元古代念青唐古拉群的变质岩系、渐新世念青唐古拉超单元岩浆岩类，少量为石炭系泥质板岩、白垩系泥岩。其中，第一期冰碛以浅—中深变质岩为主；第二、三期冰碛以深变质岩—花岗岩为主。

(2) 砾态分析表明，砾石的风化程度多在 0~2 级以下，其中河流相和湖滨相砾石的风化程度为 0，冰碛物的风化程度可达 1~2 级；砾石的扁度大多数都在 2 或 2 以下，个别达 2.34~2.1，其中河流和湖滨相砾石在 2 以下；冰碛物介于 1.88~2.34 之间；砾石的球度不超过 0.72，其中河流和湖滨相砾石在 0.68~0.72 之间，冰碛物介于 0.61~0.7 之间；砾石的磨圆度在 16.75~72.25 之间，其中冰碛物介于 16.75~36 之间，而河流相和湖滨相砾石的磨圆度在 41~72.25 之间。这些数据均说明冰碛物形成的时代较早，而且搬运作作用也不强烈。

(3) 砾组分析表明，产生念青唐古拉山脉的第四纪砾石层岩屑的主要营力，是寒冻风化和融冻风化，伴随着念青唐古拉山脉的不断隆升，大量融冻岩屑以结构性冰川流的方式作塑性流动，并在出山口处形成冰川沉积(冰碛和冰水堆积)。晚近时期的河流与湖泊再次搬运这些砾石层，形成河流相(6-23-1)、湖滨相(6-23-2)砾石层。

(4) 念青唐古拉山主峰地区的 3 期冰碛、冰水砾石层中，每期冰期的冰碛物中的砾石，及其全新世的河流相、湖滨相沉积砾石层的砾石，其砾石成分、砾径、砾态(扁度、球度、磨圆度、风化程度)都有明显区别。如从形成时间上看，有从早到晚，岩性从浅变质岩→中深变质岩→混合岩→花岗岩；风化程度从 2 级→1 级→0 级变化等。这种差异反映了随着青藏高原不断隆升的过程，在念青唐古拉山脉主峰地区，由表层向深部对不同深度、不同成因岩石的剥蚀作用。

致谢：在野外工作期间得到了西藏国土资源厅王保生厅长、西藏地质勘查局培训中心主任平错、中国地质调查局拉萨安全保障工作站负责人李全文、河南地质勘查局区调队王建平队长等的热情帮助和全力支持，以及地质力学研究所 1:25 万当雄幅项目组全体成员的大力协助，使该项研究得以顺利进行，在此表示衷心感谢。

## 参 考 文 献

- [1] 吴磊伯, 沈淑敏. 海滨砾石组结构分析的一个实例[J]. 地质学报, 1962. 42(4): 353~363.
- [2] 何培元, 浦庆余. 沅水瓮洞—安江段第四纪砾石层的组构分析[A], 中国地质科学院地质力学研究所所刊, 第 2 号[C]. 北京: 地质出版社, 1982. 117~130.
- [3] 朱大岗, 赵希涛, 孟宪刚, 等. 念青唐古拉山中段第四纪冰期划分[J]. 地球学报, 2002, 23(4): 335~342.
- [4] 赵希涛, 吴中海, 朱大岗, 等. 念青唐古拉山脉西段第四纪冰川作用[J]. 第四纪研究, 2002, 22(5): 424~433.
- [5] 浦庆余, 吴锡浩, 钱方. 青藏公路沿线第四纪冰缘现象及其在古地理上的意义[A]. 青藏高原地质文集(4), 第四纪地质、冰川[C]. 北京: 地质出版社, 1982. 51~70.
- [6] 钱方, 浦庆余, 吴锡浩. 念青唐古拉山东南麓第四纪冰川地质[A]. 青藏高原地质文集(4), 第四纪地质、冰川[C]. 北京: 地质出版社, 1982. 34~50.
- [7] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏冰川[M], 北京: 科学出版社, 1986. 130~139, 217~230.

## FABRIC ANALYSIS OF GRAVEL IN QUATERNARY GRAVEL BEDS ON BACKBONE AREA OF NIQINGTANGGULASHAN MOUNTAINS

ZHU Da-gang<sup>1</sup>, ZHAO Xi-tao<sup>2</sup>, MENG Xian-gang<sup>1</sup>, WU Zhong-ha<sup>1</sup>, SHAO Zhao-gang<sup>1</sup>,  
FENG Xiang-yang<sup>3</sup>, WANG Jin<sup>1</sup>, YANG Chao-bin<sup>4</sup>

(1. *Institute of Geomechanics, CAGS research, Beijing 100081, China;*

2. *Institute of Geology Geophysics, Academia of Sciences, Beijing 100029, China;*

3. *National Geological Museum of China, Beijing 100034, China*

4. *The Land and Resources Department of the Xizang (Tibet) Autonomous Region, Lasa 850000, China.*)

**Abstract** : The authors expound the source, the origin and the transport of different original Quaternary gravel beds in south and north of Nianqingtanggoulashan Mountains, from the bedrock strata, the compositional, the granulometric and the psephitic analysis, based on fabric analysis of Quaternary gravel beds on backbone area of Niqingtanggulashan Mountains. It is obvious difference in the rock composition, the grain sizes, the sphericity, the intensity of weathering on the 3 Gravel Beds of glacial epoch phases in the middle section of Nianqingtanggoulashan Mountains. This difference reflects the denudation of the different rocks of Nianqingtanggoulashan Mountains in the doming of Qinghai-Xizang (Tibet) plateau.

**Key words** : Quaternary ; Gravel Beds ; Fabric Analysis of gravel ; Nianqingtanggoulashan Mountains ; Tibet