

金沙江奔子栏 - 达日河段大型泥石流 堆积扇的成因机制

陈剑¹, 崔之久², 戴福初³, 许冲³

(1. 中国地质大学(北京)工程技术学院, 北京 100083; 2. 北京大学城市与环境学系, 北京 100871;

3. 中国科学院地质与地球物理研究所青藏高原研究室, 北京 100029)

摘 要: 金沙江上游奔子栏 - 达日河段属横断山区的干热河谷地带, 河谷沿岸大型古泥石流堆积扇广泛发育, 其成因却一直没有得到很好的研究。对该区瓦卡大型古泥石流堆积物进行了沉积结构、粒度、地球化学和孢粉等分析, 揭示了泥石流的沉积环境及其形成过程。通过粗颗粒石英的光释光单片再生法(SAR)测年研究, 获得金沙江上游奔子栏 - 达日河段古泥石流大规模暴发的年代为 12 600 ~ 4 500 a BP。丰富的风化碎屑物源、陡峻的地形及雨季降水集中是该区古泥石流形成的主要原因。全新世早期青藏高原东南缘受西南季风加强的影响, 气候趋于暖湿, 季节性暴雨增加。金沙江上游干热河谷区大型泥石流堆积扇的发育年代暗示其是全新世早期西南季风加强作用下的地貌响应。从地质灾害防治的角度, 由于现代气候因素导致泥石流灾害的频度和规模较小, 预防该区地质灾害的重点应是防止人工砍伐树木和不合理的人工切坡导致对地表环境的破坏加剧。

关键词: 金沙江; 干热河谷; 泥石流堆积扇; 气候变化

中图分类号: P642. 23

文献标识码: A

金沙江干流奔子栏 - 达日河段地处青藏高原东南部边缘, 属横断山区的干热河谷区。该区古泥石流极为发育, 并形成面积较大的泥石流堆积扇。这些古泥石流的沉积较好地记录了河谷地区的古环境变化信息。对这些古泥石流的发育演化展开详细深入的研究, 对于揭示泥石流的形成机制与环境演化具有很好的学术价值^[1], 同时可为该区泥石流堆积体的综合治理和土地开发利用提供科学依据。

1 研究区概况和取样剖面

研究地区位于金沙江干流的奔子栏 - 达日河段(图 1)。该区为金沙江干热河谷地带, 属高原季风气候, 降水主要来源于西南季风和东南暖湿气流的

影响。由于研究区两岸高山对峙, 水汽很难进入, 形成所谓的“雨影区”, 年降水量仅为 300 mm 左右。降水季节分布极不均匀, 雨季从 6 月至 9 月, 雨量非常集中, 一般占全年雨量的 80% 以上。该区气候随高度变化具有明显的分异特征。

金沙江上游河谷内发育多级河流阶地, 反映更新世以来该区地壳活动具有间歇性抬升的特征^[2]。研究区地震活动性相对较弱, 历史记录发生的地震强度不超过 5 级, 但崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害活动比较频繁。对研究区 59 条泥石流沟的现场调查表明, 古泥石流极为发育, 表现为在较大冲沟沟口处堆积有面积较大的泥石流堆积扇, 扇宽为 20 ~ 1 200 m, 平均 272 m, 扇长为 20 ~ 1 200 m, 平均 236 m。这些古泥石流堆积绝大部分覆盖在二级阶地之

收稿日期(Received date): 2010 - 11 - 15; 改回日期(Accepted): 2011 - 03 - 14。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金青年基金项目(批准号: 40901005)资助。[Supported by National Natural Science Foundation (40901005).]

作者简介(Biography): 陈剑, 男(1975 -)副教授, 主要从事灾害地貌学、地质灾害预测与防治等方面的科研教学工作。[Jian Chen, male, (1975 -), associate professor. Majored in hazard geomorphology, engineering geology, geological hazard prediction and control.] E-mail: jianchen@cugb.edu.cn

上,两者的接触关系比较明显。从堆积扇的物质成分来看,主要为粘性泥石流堆积。该区现代泥石流堆积扇的面积较小,相对不甚发育。

在四川省得荣县瓦卡乡的东部发育一套巨厚层的古泥石流堆积体(图2),扇顶海拔约2170 m、扇宽约720 m,扇轴坡向202°SW,整个泥石流堆积扇的体积估计在 $1 \times 10^6 \text{ m}^3$ 以上。在堆积扇体的中部已被一条大的深沟切开,深沟厚度5~20 m。该区发育三级阶地,整个泥石流堆积体覆盖在二级阶地上。泥石流沟的流通区坡度很大(30°以上),切割较深。泥石流的形成区是一个大的汇水盆地,大量发育的崩坡积物提供了丰富的物源,物质组成以灰岩和板岩的碎块石为主。采样剖面I位于泥石流堆积体的下游,地理位置为28°14'35"N, 99°18'56"E,海拔2130 m。剖面I的出露厚度为19.8 m。剖面II距离剖面I的下游约100 m,出露厚度约7.2 m。取样槽宽1.5 m,深50 cm。

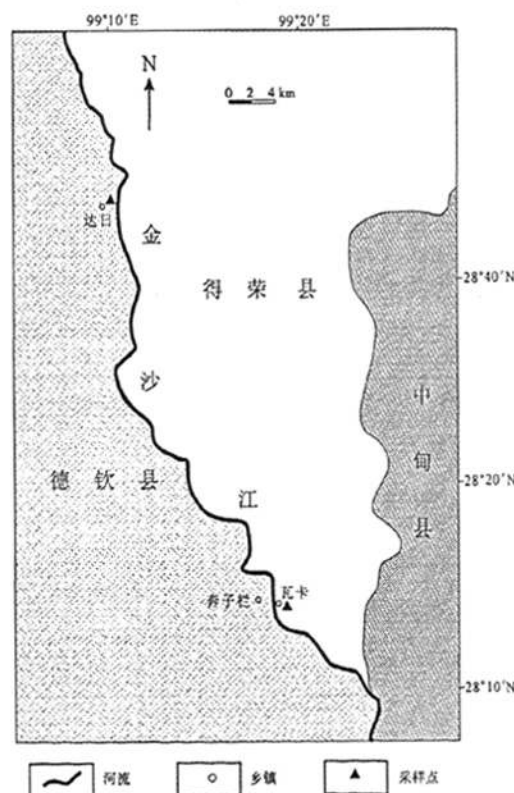


图1 研究区地理位置简图

Fig.1 Map of the study area showing the study site

2 泥石流堆积区特征

瓦卡泥石流堆积体由多次泥石流事件叠加堆积而成,这些堆积物覆盖在二级河流阶地之上,形成一个大型的泥石流堆积扇。瓦卡泥石流堆积扇剖面的沉积构造主要表现为混杂砾石层理。泥石流的沉积相一般表现为粗砾泥石流层、细砾石泥石流层、表泥层、冲刷层、底泥层等5种模式^[3]。瓦卡泥石流的粗砾泥石流层十分发育,厚度1~3 m,砾石主要为灰岩和板岩,扁平面倾向上游,倾角为20°~40°。砾石的磨圆度差,呈棱角状和次棱角状,钙泥质胶结,且胶结比较紧密。冲刷砾石层一般反映了沉积间断期,瓦卡泥石流堆积体中出现多层冲刷砾石层理,在剖面I中出现有4个冲刷层,厚度为20~50 cm。另外,剖面I中出现了一套80 cm厚的洪积相灰色砂砾石互层沉积和一套20 cm厚的棕黄色泥石流底泥层沉积。依据泥石流的沉积相特征,整个剖面I自上而下可以划分出7次大的泥石流事件,剖面描述见图3。

3 环境指标分析

为了研究瓦卡泥石流的沉积环境特征,从剖面I的7个混杂砾石层单元(图3)和剖面II的5个混杂砾石层单元中采集了样品进行了粒度、主量元素、易溶盐和孢粉等环境指标的分析。

3.1 粒度特征

瓦卡泥石流沉积物的粒径>2 mm的质量百分比为52%~78%。卵石(>60 mm)的质量百分比平均约占20%,砂、粉砂和粘土的含量分别为16%~32%,4%~11%和2%~5%。

泥石流样品的粒度福克参数统计见表1。从表中可以看出,瓦卡泥石流的沉积物表现出以下几个特征:1. 卵石和砾石含量较多,含量明显多于砂、粉土和粘土。2. 泥石流样品的平均粒度(MZ)为-1.85~-11.10 ϕ ,平均为-8.20 ϕ ;标准偏差(SI)为2.25~3.93,平均为3.17;偏度(SK)为0.34~0.73,平均0.56;峰值(KUR)为0.43~0.46,平均0.44。泥石流样品的粒度平均值、粒度标准偏差、偏态、峰态等粒度参数反映出该区泥石流粒度分布宽、颗粒较粗,分选差的特点。从>2 mm的砾石百分含量来看,瓦卡泥石流的类型属于粘性泥石流。



图2 瓦卡乡大型泥石流堆积扇

Fig. 2 Major debris-flow fan occur at Waka site

— 195°

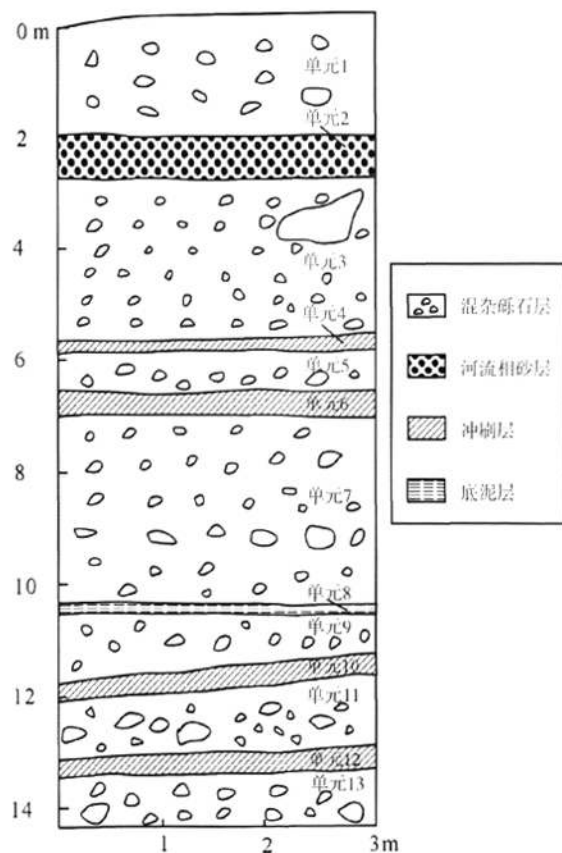


图3 瓦卡泥石流的剖面 I 照片及描述图

Fig. 3 Debris-flow profile I at Waka

表1 瓦卡泥石流的样品粒度分析参数统计
Table1 Particle size analysis of the Waka debris-flow deposits

样品编号	样品深度/m	MZ	SI	SK	KUR
wk-01	1.0	-8.36	3.65	0.47	0.44
wk-02	4.5	-8.96	3.43	0.73	0.43
wk-03	6.2	-6.11	3.93	0.45	0.43
wk-04	9.0	-1.85	3.83	0.34	0.46
wk-05	11.0	-8.26	3.32	0.51	0.45
wk-06	12.5	-10.41	2.32	0.61	0.44
wk-07	14.2	-7.70	2.97	0.65	0.44
wk2-01	1.0	-8.32	3.48	0.60	0.43
wk2-02	2.5	-10.55	2.68	0.71	0.44
wk2-03	3.0	-9.49	3.63	0.67	0.44
wk2-04	4.5	-7.27	2.51	0.46	0.46
wk2-05	5.6	-11.10	2.25	0.49	0.45

3.2 主量元素分析

表2为瓦卡泥石流沉积物基质中的主量元素分析结果(XRF测试)。从表中可以看出,剖面中

SiO₂、MnO、K₂O含量总体由下向上增加, SiO₂向上淋失率降低。CaO的含量由下向上表现为降低的趋势,上部的淋滤作用较强。泥石流沉积物SiO₂/R₂O₃的比值较低,表明这些沉积物是山坡岩体在遭受强烈风化后再搬运堆积而成。

3.3 易溶盐分析

瓦卡泥石流沉积物中的易溶盐分析结果见表3。泥石流沉积物中的HCO₃⁻含量为0.038%~0.047%,剖面由下向上变化不大; SO₄²⁻含量为0.008%~0.073%; Ca²⁺: 0.011%~0.024%, Mg²⁺: 0.002%~0.006%,由下向上也没有明显变化。CaCO₃的百分含量为15.23%~42.68%,自剖面由上向下含量明显增加,这可能表明泥石流沉积物的表层淋滤作用十分强烈,同时由于该区灰岩发育,溶解的灰岩以CaCO₃形式被水带到泥石流内部,并在那里开始淀积富集,因而时代越老,淀积的时间越长, CaCO₃的含量越高。有机质的含量为0.14%~2.06%,泥石流沉积物中含较多的有机质,表明当时的植被比较发育,气候相对温湿。

表2 瓦卡泥石流沉积物的主量元素分析
Table 2 Chemical analysis from the Waka debris-flow deposits based on XRF

样品编号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	TiO ₂	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂ /R ₂ O ₃	/%
wk-01	33.81	19.40	8.91	0.18	2.55	0.95	6.19	2.56	3.29	2.29	
wk-02	34.15	18.69	8.11	0.17	2.64	0.97	9.06	1.95	3.32	2.43	
wk-03	34.41	18.61	9.31	0.20	2.89	1.00	7.67	2.04	3.33	2.38	
wk-04	29.34	16.69	7.02	0.10	2.44	0.84	15.69	1.04	2.91	2.35	
wk-05	29.58	17.08	10.06	0.08	1.85	0.86	11.29	1.75	2.96	2.14	
wk-06	31.25	16.47	10.51	0.12	2.94	0.96	10.26	2.22	2.99	2.29	
wk-07	19.56	11.50	8.21	0.09	2.13	0.61	21.75	2.51	1.82	1.98	

表3 瓦卡泥石流沉积物的易溶盐分析
Table 3 Soluble salinity analysis from Waka debris-flow deposits

样品编号	PH	可溶盐/%							CaCO ₃	有机质
		HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	全盐	/%	/%
wk-01	7.87	0.043	0.027	0.004	0.021	0.003	0.001	0.099	15.23	1.09
wk-02	8.12	0.040	0.036	0.003	0.016	0.002	0.012	0.109	24.46	0.33
wk-03	8.01	0.047	0.044	0.003	0.024	0.004	0.006	0.128	21.39	0.71
wk-04	8.27	0.047	0.013	0.002	0.011	0.003	0.007	0.083	38.22	0.49
wk-05	8.03	0.038	0.025	0.003	0.018	0.004	0.0005	0.089	38.62	2.06
wk-06	8.56	0.047	0.008	0.002	0.015	0.003	0.001	0.076	37.92	0.14
wk-07	7.66	0.031	0.073	0.009	0.028	0.006	0.010	0.157	42.68	1.68

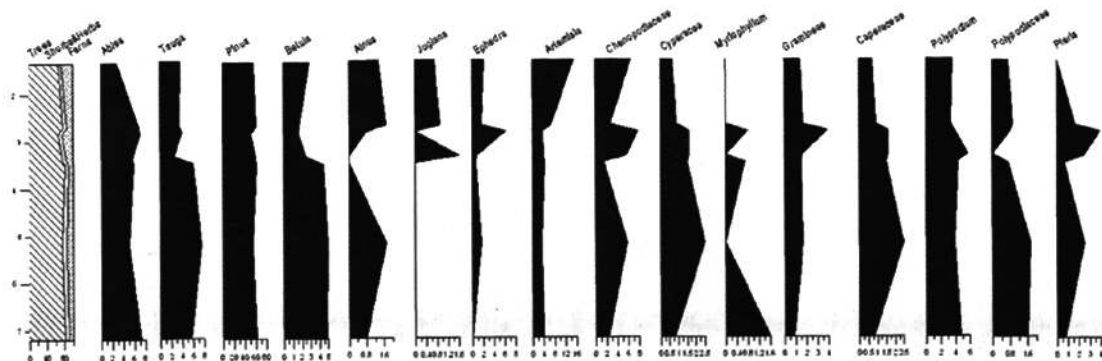


图4 瓦卡泥石流沉积物的孢粉柱状图

Fig.4 Sporopollen histogram of the Waka debris-flow deposits

3.4 孢粉分析

在瓦卡泥石流剖面Ⅱ中采集了7块泥石流沉积样品进行孢粉分析(图4),采样的平均间距约为1 m,每个样品孢粉分析的粒数为120~150粒。从剖面的孢粉组合特征可以看出,乔木植物花粉居多数,占总数的75.2%,其中又以松粉较多,均占总数的58.7%,其次还有不多的冷杉、铁杉及桦粉,冷杉、铁杉及桦粉依次分别均占总数的5.8%、4.6%及3.3%,灌木及草本植物花粉较少,均占总数的17.1%,其中又以蒿、藜、莎草科及禾本科粉较多,蒿、藜、莎草科及禾本科粉依次分别均占总数5.9%、4.6%、1.4%及1.8%;蕨类植物孢子少,均占总数的7.5%,其中又以水龙骨科孢子较多,均占总数的4.3%。

根据该剖面各类植物孢粉的含量,可以得出在该剖面沉积时期各类植物的数量:乔木植物明显多于灌木及草本植物和蕨类植物,可占各类植物总数的3/4余,且于乔木植物中又以可占各类植物总数1/2多的温性针叶裸子植物松为最多,此外也有不多的可占各类植物总数1/7的针叶裸子植物铁杉及冷杉和阔叶被子植物桦;灌木及草本植物和蕨类植物均较少,且于其中也是以可占各类植物总数1/7的蒿、藜、莎草科、禾本科及水龙骨科等草本植物和蕨类植物较多。根据上述植物的特征及所占比例,可以推断在该剖面沉积时期的山地植被以针叶林型森林为主,同时出现了较多喜暖湿环境的桦、桤木、胡桃等阔叶被子植物。从孢粉分析的结果来看,泥石流的形成与当时气候比较温湿,雨量相对比较丰富和集中有直接关系。

4 泥石流的年代学研究

4.1 样品采集与测年方法

在泥石流古环境研究中的一个关键,就是如何准确测定泥石流事件的年龄^[5]。对瓦卡乡和达日乡的泥石流堆积物采样,进行了光释光的年代学研究。采样剖面如图5所示。具体取样方法:将不锈钢管打进新鲜剖面中的细砂层获得光释光样品。将样品取入样管后进行避光密封包装。对所有采集的样品送到实验暗室后再打开进行处理。

样品前处理的过程如下:1. 烘干样品,根据样品粒度组成筛出90~125 μm或者150~180 μm粒径的颗粒;2. 依次加入20% H₂O₂和10% HCl,去除

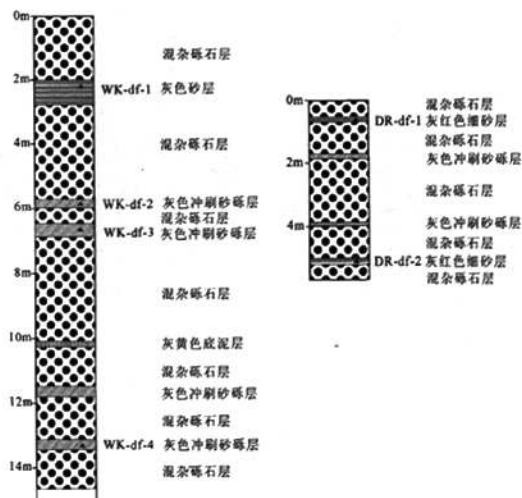


图5 泥石流的定年采样剖面

Fig.5 Sampling profiles of the debris-flow deposits for age dating

有机质和碳酸盐;3. 经蒸馏水洗净烘干后,用多钨硅酸钠重液分离出其中的石英;4. 由于重液分离出的石英中难免会夹杂着少量长石,用40% HF 溶蚀60 min 去除长石和石英受 α 辐照的外表面,并用红外释光信号来检测石英的纯净度;5. 最后用硅油将少量单层样品颗粒粘在铝片上上机测试。

释光年代学研究采用了粗颗粒(90~125 μm 或150~180 μm)石英 SAR 方法^[6-7]。预热温度260 $^{\circ}\text{C}$,持续时间10 s,释光信号测量100 s,样品温度为125 $^{\circ}\text{C}$ 。释光测量是在 Risø TL/OSL reader 测量系统上进行,激发光源为波长420 nm 蓝光,辐照源为 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Yb}$ 源(辐照剂量率为0.092 Gy/s)。每个样品均测量十几个样片,最终样品的等效剂量的确定是通过分析等效剂量的分布情况来确定(并参考光释光的发光曲线)。样品等效剂量的测试在中国科学院地质与地球物理研究所释光测年研究室完成。通过用火焰分光计方法测定钾含量,中子活化法测定铀、钍含量(由核工业地质分析测试研究中心完成),最后根据铀、钍、钾含量与石英矿物接受的剂量率之间的转换关系,得出各样品所接收的剂量率。

4.2 测年结果与分析

采集的6个泥石流样品的光释光测年分析结果见表4。瓦卡泥石流剖面靠近底部(未见底)的样品WK-df-4 年龄估计为 10.6 ± 1.9 ka BP,样品WK-df-1 是灰色的洪积相砂砾层,位于泥石流剖面的上部,年龄估计为 4.5 ± 1.3 ka BP。除样品WD-df-2 的年龄稍偏老外,其他年龄次序均吻合较好,没有发生倒置。达日泥石流剖面采集的样品均为夹含的河流相冲积细砂层,采样点接近泥石流的底部,剖面2个样品的测定年龄分别为 10.6 ± 2.8 ka BP 和 12.6 ± 2.4 ka BP,与下伏的二级河流阶地

释光测定年龄 13.1 ± 1.8 ka BP 非常接近。

对比张叶春等在金沙江上游河谷阶地的 ^{14}C 年代测定结果^[8],二级阶地古土壤的 ^{14}C 年龄为 $12.7 \pm 0.5 \sim 15.6 \pm 0.5$ ka BP。光释光获得的阶地年龄与 ^{14}C 年龄结果对比有较好的一致性,同时泥石流的释光年龄与阶地的释光年龄次序也没有发生倒置,这表明光释光测试的年龄结果是可信的。

5 讨论与结论

大量的古气候记录和气象观测模拟表明,青藏高原及其邻区的水汽主要来源于印度洋,西南季风对青藏高原及其邻区的气候和环境有着重要的影响^[9-19]。一些研究表明,晚更新世晚期以来,北半球太阳辐射引起的季风环流在12 ka BP 开始加强^[18],同期青藏高原湖泊以高湖面为主^[11-13],横断山区东南部的云南点苍山湖泊开始发育于约11.5 ka BP 也反映了这种气候的转变^[19]。长江上游地区处于西南季风的覆盖区,由孟加拉湾带来的暖湿水汽沿东喜马拉雅、横断山脉侵入青藏高原东南部,首先达到该区。青藏高原中部及西北部西南季风的加强主要发生于10~4 ka BP^[11, 13, 22],长江上游地区许多湖泊钻孔的孢粉记录显示,11~5 ka BP 期间研究区为暖湿阶段,3.8 ka BP 以后气温、降水量明显下降^[23]。

青藏高原东南缘及邻近地区第四纪泥石流的空间分布和沉积环境表明,泥石流的规律性变化与亚洲季风之间可能存在着动力学关联^[24-26]。金沙江上游奔子栏-达日地区属于青藏高原东南缘横断山区的干热河谷地带,该区地形陡峻,由于干湿季节分明,日温差变化较大,使得岩石风化作用十分强烈,崩塌滑坡堆积大量发育,这为泥石流的形成提供了

表4 样品年龄测定及其参数值

采样地点	样品编号	Th/ 10^{-6}	U/ 10^{-6}	K/%	含水量/%	剂量率/ $\text{Gy} \cdot \text{ka}^{-1}$	等效剂量/ Gy	年龄/ ka
瓦卡	WK-df-1	5.26	2.08	0.94 ± 0.12	0.28	1.9 ± 0.5	8.5 ± 1.7	4.5 ± 1.3
	WK-df-2	9.29	2.02	1.39 ± 0.12	1.15	2.6 ± 0.5	21.9 ± 5.6	8.5 ± 2.8
	WK-df-3	6.20	1.41	1.13 ± 0.12	0.83	1.8 ± 0.9	11.3 ± 4.7	6.3 ± 2.7
	WK-df-4	5.58	2.05	0.83 ± 0.12	0.59	1.8 ± 0.1	19.5 ± 3.4	10.6 ± 1.9
达日	DR-df-1	11.00	3.16	1.13 ± 0.12	0.22	2.7 ± 0.2	28.6 ± 7.2	10.6 ± 2.8
	DR-df-2	9.99	2.06	1.37 ± 0.12	0.25	2.6 ± 0.2	33.2 ± 5.4	12.6 ± 2.4

丰富的物质来源。暴雨是诱发泥石流形成的一个重要因素,西南季风的加强无疑给金沙江上游干热河谷地区带来了季节性暴雨。金沙江上游瓦卡大型泥石流的沉积构造主要表现为混杂构造层理,且冲刷层十分发育,具有明显的间断沉积特征,反映了明显干湿交替的气候变化和沉积旋回。光释光的年代测试结果表明,金沙江上游古泥石流大规模暴发的年代为 12 600 ~ 4 500 a BP,与西南季风加强(暴雨加强)的时期相对应;而现代泥石流的发育规模明显变小,反映了干热河谷地区现代气候的干旱化特征。金沙江上游大型古泥石流的发育特征和形成年代暗示了:该区古泥石流的广泛发育是全新世早期青藏高原东南缘西南季风加强的结果。因此,从地质灾害防治的角度上,由于现代气候因素导致泥石流灾害的频度和规模较小,预防该区地质灾害的重点应是防止人工砍伐树木和不合理的人工切坡导致对地表环境的破坏加剧。

致谢 中国科学院地质与地球物理研究所孙继敏研究员和杨利荣博士在释光测年实验研究方面给予了大力支持和帮助,在此深表感谢!

参考文献 (References)

- [1] 崔鹏. 泥石流起动条件及机理的实验研究. 科学通报, 1991, 21: 1650 ~ 1652
- [2] Zhang Yechun, Li Jijun, Zhu Junjie et al. Studies on development of Jinshajiang River during Late Cenozoic[J]. Yunnan Geographic Environment Research, 1998, 10(2): 43 ~ 48[张叶春, 李吉均, 朱俊杰. 晚新生代金沙江形成时代与过程研究[J]. 云南地理环境研究, 1998, 10(2): 43 ~ 48]
- [3] Yang Dayuan, Li Xusheng. Study on the eastwardflow of the Jinsha River[J]. Journal of Nanjing University: Natural Sciences, 2001, 37(3): 317 ~ 322[杨达源, 李徐生. 金沙江东流的研究[J]. 南京大学学报: 自然科学报, 2001, 37(3): 317 ~ 322]
- [4] Cui Zhijiu, Xiong Heigang. A facies model of debris flow[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1990, 8(3): 128 ~ 140[崔之久, 熊黑钢. 泥石流沉积相模式[J]. 沉积学报, 1990 8(3): 128 ~ 140]
- [5] Wei Mingjian, Ge Yonggang, Liu Zhaowen. Study on the mechanism of thermo-luminescence attenuation of debris flow deposit[J]. Journal of Mountain Science, 2008, 126(4): 433 ~ 438[魏明建, 葛永刚, 刘兆文. 泥石流堆积物质释光退火机制研究进展[J]. 山地学报, 2008, 126(4): 433 ~ 438]
- [6] Olley J M, Caitcheon G, Murray A S. The distribution of apparent dose as determined by optically stimulated luminescence in small aliquots of fluvial quartz: Implication for dating young sediments[J]. Quaternary Science Reviews, 1998, 17: 1033 ~ 1040
- [7] Murray A S, Wintle A G. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol[J]. Radiation Measurements, 2000, 32(1): 57 ~ 73
- [8] Zhang Yechun. Research on the development of the Jinsha River and uplift of Qinghai - Tibet Plateau since the Late Cenozoic [D]. 1993: 1 ~ 47[张叶春. 晚新生代以来金沙江发育与青藏高原隆起研究[D]. 1993: 1 ~ 47]
- [9] Clemens S, Prell W, Murray D, et al. Forcing mechanisms of the Indian Ocean monsoon[J]. Nature, 1991, 353: 20 ~ 25
- [10] Lister G S, Kelts K, Chen K Z et al. Lake Qinghai, China: closed-basin lake levels and the oxygen isotope record for ostracoda since the latest Pleistocene[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1991, 84: 141 ~ 162
- [11] Gasse F, Arnold M, Fontes J C, et al. A 13000 - year climate record from western Tibet[J]. Nature, 1991, 353: 742 ~ 745
- [12] Wang Sumin, Wang Fubao. The liminogic record of Holocene fluctuation[G]//Shi Yafeng, Kong Zhaochen eds. The Climates and Environments of Holocene Megathermal in China. Beijing: China Ocean Press, 1992: 146 ~ 152[王苏明, 王富葆. 全新世气候变化的湖泊记录[G]//施雅风, 孔昭宸编. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京: 海洋出版社, 1992: 146 ~ 152]
- [13] Wu Y H, Andreas Lucke, Jin Zhangdong, et al. Holocene climate development on the central Tibetan Plateau: A sedimentary record from Cuoe Lake[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 2006, 234: 328 ~ 340
- [14] Jiang Xuezhong, Wang Sumin, Yang Xiangdong. Paleoclimatic and environmental changes over the last 30000 years in Heqing Basin, Yunnan Province[J]. Journal of Lake Sciences, 1998, 10(2): 10 ~ 16[蒋雪中, 王苏民, 羊向东. 云南鹤庆盆地 30ka 以来的古气候与环境变迁[J]. 湖泊科学, 1998, 10(2): 10 ~ 16]
- [15] Hodell D A, Brenner M, Sharon L, et al. Paleoclimate of South-western China for the Past 50,000 yr Inferred from Lake Sediment Records[J]. Quaternary Research, 1999, 52: 369 ~ 380
- [16] Hong Bing, Lin Qinghua, Hong Yetang, et al. Evolution of south-west monsoon in the eastern part of Qinghai-Tibet Plateau during Holocene[J]. Earth and Environment. 2004, 32(1): 42 ~ 49[洪冰, 林庆华, 洪业汤等. 全新世青藏高原东部西南季风的演变, 地球与环境, 2004, 32(1): 42 ~ 49]
- [17] Tang Lingyu, Shen Caiming, Liu Kambiu, et al. Changes in South Asian monsoon: New high-resolution paleoclimatic records from Tibet, China[J]. Chinese Science Bulletin: Earth Sciences, 2004, 34(5): 436 ~ 442[唐领余, 沈才明, 廖彦标, 等. 末次盛冰期以来西藏东南部的气候变化——西藏东南部的花粉记录[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学 2004, 34(5): 436 ~ 442]
- [18] Herzschuh U. Palaeo-moisture evolution in monsoonal Central Asia during the last 50,000 years[J]. Quaternary Science Reviews, 2006, 25: 163 ~ 178
- [19] Chen F, Yu Z, Yang M, et al. Holocene moisture evolution in arid central Asia and its out-of-phase relationship with Asian monsoon history[J]. Quaternary Science Reviews, 2008, 27: 351 ~ 364
- [20] Members C. Climatic changes of the last 18,000 years: Observations and model simulations[J]. Science, 1998, 241: 1043 ~ 1052
- [21] Yang Jianqiang, Cui Zhijiu, Yi Chaolu et al. The influencing factors and environmental significance of magnetic susceptibility in the glacio-lacustrine sediments on the Diancang mountains, Yunnan province[J]. Quaternary Sciences, 2004, 24(5): 591 ~ 597[杨建强, 崔之久, 易朝露等. 云南苍山冰川湖泊沉积物磁化率

- 的影响因素及其环境意义[J]. 第四纪研究, 2004, 24(5): 591-597]
- [22] Gu Z Y, Liu J Q, Yuan B Y, et al. 1993. Monsoon variations of the Qinghai-Xizang Plateau during the Last 12000 years: Geochemical Evidence from the sediments in the Siling Lake[J]. Chinese Science Bulletin, 38(7): 577-681
- [23] Tang Linyu, Shen Caiming. Vegetation and climatic changes during the last 18kbp in the upper reaches of the Yangtze River[J]. World Research and Development of Science and Technology, 2000, 22(Suppl.): 1-4 [唐领余, 沈才明, Liu Kambiu. 长江上游地区 18ka 以来的植被与气候[J]. 世界科技研究与发展, 2000, 22(增刊): 1-4]
- [24] Kuang Minsheng. Research on Quaternary environmental changes and debris-flow development in the Xiaojiang River basin of Yunnan Province [M]. Chongqing, Southwest Normal University Press, 2003: 190-232 [况明生. 云南小江流域第四纪环境变迁与泥石流发育史[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2003: 190-232]
- [25] Cui Zhijiu. Sediment and environment of debris flows [M]. Beijing: Ocean Press, 1996: 138-144 [崔之久. 泥石流沉积与环境[M]. 北京: 海洋出版社, 1996: 138-144]
- [26] Li Yonghua, Zhang Xiaoyong, Cui Zhijiu, et al. Periodic coupling of debris flow active periods and climate periods during Quaternary [J]. Quaternary Sciences, 2002, 22(4): 340-348 [李永化, 张小咏, 崔之久, 等. 第四纪泥石流活动期与气候期的阶段性耦合过程[J]. 第四纪研究, 2002, 22(4): 340-348]

Genetic Mechanism of the Major Debris-flow Deposits at Benzilan-Dari Segment, the Upper Jinsha River

CHEN Jian¹, CUI Zhijiu², Dai Fuchu³, XU Chong³

(1. School of Engineering and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

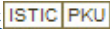
2. Urban and Environmental Department, Beijing University, Beijing 100083, China;

3. Division of Tibet Plateau, Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029, China)

Abstract: The Quaternary debris-flow accumulations can provide rich information for geomorphic evolution, tectonic movement and climate change. There occur many Quaternary debris-flow accumulations in the southeastern (SE) marginal area of the Tibetan Plateau (TP), especially in valleys of the upper reach of the Jinsha River. The river segment between Benzilan to Dari of the upper Jinsha River belongs to the dry-hot valley type in the Hengduan Mountainous region. Major old debris-flow accumulations are well developed in this area, however their formative causes have not been studied. The Waka debris flows is one of the major debris flows in the river segment and has successive series in the exposed sections. Detailed granularity, pollen, geochemical and textural studies reveal the formation processes of Waka debris flows. The age estimates of optically stimulated luminescence (OSL) using SAR protocol show that the occurrence of major debris flows started at around 12.6 ka BP and weakened until 4.5 ka BP in the upper Jinsha River valley. The rich source of weathered detritus, steep landform and concentrated precipitation are the dominant factors causing the occurrence of debris flows in the area. The seasonal variation of the southwest monsoon circulation over the Tibetan Plateau and its adjacent area results in substantial rainfall during summer in the area. Climate change is thus characterized by the alteration between cold-dry and warm-wet. The most characteristic features of Paleoclimatic records are the sudden establishment of wet conditions around 10.0 ka BP, and maximum aridity around 4~3 ka BP. Objected to the strengthening of the southwest monsoon in the SE margin of the Tibetan Plateau in the early Holocene, the climate in the dry-hot valley trended to be wetter and the rainfall in the summer seasons might increased. The age estimates of optically stimulated luminescence show that the occurrence of major debris flows corresponded to the obvious strengthened phase of the summer monsoons in the region. The formation characteristics and ages of the debris-flow deposits in the upper Jinsha river indicates that the occurrence of a mass of debris flows were a response to the intensified southwest monsoon in the southeast margin of the Tibetan Plateau since the early Holocene.

Key words: Jinsha River; dry valley; debris flow; southwest monsoon; climatic change

金沙江奔子栏-达日河段大型泥石流堆积扇的成因机制

作者: 陈剑, 崔之久, 戴福初, 许冲, CHEN Jian, CUI Zhijiu, Dai Fuchu, XU Chong
作者单位: 陈剑, CHEN Jian(中国地质大学, 北京, 工程技术学院, 北京, 100083), 崔之久, CUI Zhijiu(北京大学城市与环境学系, 北京, 100871), 戴福初, 许冲, Dai Fuchu, XU Chong(中国科学院地质与地球物理研究所青藏高原研究室, 北京, 100029)
刊名: 山地学报 
英文刊名: JOURNAL OF MOUNTAIN SCIENCE
年, 卷(期): 2011, 29(3)
被引用次数: 1次

参考文献(26条)

1. 崔鹏 泥石流启动条件及机理的实验研究 1991
2. 张叶春;李吉均;朱俊杰 晚新生代金沙江形成时代与过程研究[期刊论文]-云南地理环境研究 1998(02)
3. 杨达源;李徐生 金沙江东流的研究[期刊论文]-南京大学学报(自然科学版) 2001(03)
4. 崔之久;熊黑钢 泥石流沉积相模式 1990(03)
5. 魏明建;葛永刚;刘兆文 泥石流堆积物质释光退火机制研究进展[期刊论文]-山地学报 2008(04)
6. Olley J M;Caitcheon G;Murray A S The distribution of apparent dose as determined by optically stimulated luminescence in small aliquots of fluvial quartz:Implication for dating young sediments [外文期刊] 1998
7. Murray A S;Wintle A G Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol [外文期刊] 2000(01)
8. 张叶春 晚新生代以来金沙江发育与青藏高原隆起研究 1993
9. Clemens S;Prell W;Murray D Forcing mechanisms of the Indian Ocean monsoon [外文期刊] 1991
10. Lister G S;Kelts K;Chen K Z Lake Qinghai, China: closed-basin lake levels and the oxygen isotope record for ostracoda since the latest Pleistocene [外文期刊] 1991
11. Gasse F;Arnold M;Fontes J C A 13000-year climate record from western Tibet [外文期刊] 1991
12. 王苏明;王富葆 全新世气候变化的湖泊记录 1992
13. Wu Y H;Andreas Lucke;Jin Zhangdong Holocene climate development on the central Tibetan Plateau: A sedimentary record from Cuoe Lake [外文期刊] 2006(2/4)
14. 蒋雪中;王苏民;羊向东 云南鹤庆盆地30ka以来的古气候与环境变迁 1998(02)
15. Hodell D A;Brenner M;Sharon L Paleoclimate of Southwestern China for the Past 50,000 yr Inferred from Lake Sediment Records [外文期刊] 1999
16. 洪冰;林庆华;洪业汤 全新世青藏高原东部西南季风的演变[期刊论文]-地球与环境 2004(01)
17. 唐领余;沈才明;廖淦标 末次盛冰期以来西藏东南部的气候变化——西藏东南部的花粉记录[期刊论文]-中国科学D辑 2004(05)
18. Herzsuh U Palaeo-moisture evolution in monsoonal Central Asia during the last 50,000 years [外文期刊] 2006(1/2)
19. Chen F;Yu Z;Yang M Holocene moisture evolution in arid central Asia and its anti-of-phase relationship with Asian monsoon history [外文期刊] 2008(3/4)
20. Members C Climatic changes of the last 18,000 years: Observations and model simulations 1998
21. 杨建强;崔之久;易朝露 云南点苍山冰川湖泊沉积物磁化率的影响因素及其环境意义[期刊论文]-第四纪研究

22. [Gu Z Y;Liu J Q;Yuan B Y](#) [Monsoon variations of the Qinghai-Xiazang Plateau during the Last 12000 years:Geomchemical Evidence from the sediments in the Siling Lake](#) 1993(07)
23. [唐领余;沈才明;Liu Kambiu](#) [长江上游地区18ka以来的植被与气候](#) 2000(增刊)
24. [况明生](#) [云南小江流域第四纪环境变迁与泥石流发育史](#) 2003
25. [崔之久](#) [泥石流沉积与环境](#) 1996
26. [李永化;张小咏;崔之久](#) [第四纪泥石流活动期与气候期的阶段性耦合过程](#)[期刊论文]-[第四纪研究](#) 2002(04)

本文读者也读过(10条)

1. [曾普胜](#) [滇西北地区岩浆活动与长江第一弯形成的关系](#)[期刊论文]-[地理学报](#)2002, 57(3)
2. [蔡耀军.王军怀.朱云发.李书.CAI yaojun.WANG Junhuai.ZHU Yunfa.LI Shu](#) [金沙江石鼓-虎跳峡河段演化史及形成环境研究](#)[期刊论文]-[资源环境与工程](#)2010, 24(3)
3. [罗永红.王运生.王自高.高建.LUO Yonghong.WANG Yunsheng.WANG Zigao.GAO Jian](#) [金沙江其宗河段河谷演化及其工程效应](#)[期刊论文]-[山地学报](#)2010, 28(2)
4. [赵希涛.张永双.胡道功.曲永新.ZHAO Xi-tao.ZHANG Yong-shuang.HU Dao-gong.QU Yong-xin](#) [云南丽江地区大具盆地早更新世金沙江砾石层的发现及其意义](#)[期刊论文]-[地质通报](#)2006, 25(12)
5. [谭儒蛟.胡瑞林.徐文杰.TAN Rujiao.HU Ruilin.XU Wenjie](#) [金沙江龙蟠断陷谷地与河床覆盖层的成因初探](#)[期刊论文]-[工程地质学报](#)2008, 16(1)
6. [赵希涛.曲永新.张永双.胡道功.郭长宝.ZHAO Xi-tao.QU Yong-xin.ZHANG Yong-shuang.HU Dao-gong.GUO Chang-bao](#) [滇西北丽江地区石鼓古湖的发现及其在现代金沙江河谷发育中的意义](#)[期刊论文]-[地质通报](#)2007, 26(8)
7. [赵希涛.郑绵平.李道明.ZHAO Xitao.ZHENG Mianping.LI Daoming](#) [云南迪庆小中甸古湖的形成演化及其与石鼓古湖和金沙江河谷发育的关系](#)[期刊论文]-[地质学报](#)2007, 81(12)
8. [柴宗新.范建容](#) [金沙江下游侵蚀强烈原因探讨](#)[期刊论文]-[水土保持学报](#)2001, 15(5)
9. [王启国.刘高峰.严绎强.胡衍平.侯钦礼.WANG Qi-guo.LIU Gao-feng.YAN Yi-qiang.HU Yan-ping.HOU Qin-li](#) [金沙江某坝址左坝肩大型地质异常体的认识](#)[期刊论文]-[长江科学院院报](#)2010, 27(8)
10. [王启国.孙云志.刘高峰.WANG Qi-guo.SUN Yun-zhi.LIU Gao-feng](#) [金沙江上江坝址河床粘土层特性及工程意义](#)[期刊论文]-[水文地质工程地质](#)2009, 36(4)

引证文献(1条)

1. [陈进.徐平](#) [金沙江科学考察的几个问题及思考](#)[期刊论文]-[长江科学院院报](#) 2013(7)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201103008.aspx