

山地灾害和人类活动干扰下 九寨沟下季节海的沉积变化

陈盼¹, 唐亚¹, 乔雪¹, 肖维阳², 蹇代军²

(1. 四川大学环境科学与工程系, 四川 成都 610065; 2. 九寨沟自然保护区科研处, 四川 九寨沟 623400)

摘 要: 九寨沟是我国旅游强度最大的山地旅游地之一, 山地灾害是其旅游发展过程中面临的主要挑战。为了探讨山地灾害和人类活动对湖泊生态系统的影响, 以下季节海湖泊沉积物为研究对象, 利用¹³⁷Cs 和²¹⁰Pb 建立年代标尺, 对沉积物粒度进行了分析。¹³⁷Cs 和²¹⁰Pb 定年法确定湖底下 38.5 cm 处为 1952 年的沉积物, 50 cm 处为 1848 年的; 沉积物粒度分析结果显示, 剖面中值粒径平均值偏大, 沉积速率和粗颗粒含量在 1952 年之后呈明显增大趋势。结果表明, 沉积物来源主要是泥石流等山地灾害造成的泥沙入湖、旅游开发过程中道路等基础设施建设带来的颗粒物质; 湖泊沉积对流域内的山地灾害, 如泥石流等有较好的响应; 森林采伐和旅游开发在一定程度上促进了湖泊沉积。

关键词: 旅游; 山地灾害; 湖泊沉积; 人类活动; 森林采伐

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

旅游是山区发展的途径之一, 也是人类利用山地的方式之一。与平原和丘陵地区相比, 山地具有复杂多样的自然环境条件、丰富的生物资源、多样的生态系统资源以及由这些资源组成的景观资源, 符合人们的观赏需求。我国山地旅游资源丰富, 截至 2009-07, 我国 38 处世界自然、文化遗产地中, 山地型(含与山地密切相关的遗产地, 下同)遗产地 20 处, 占总数的 52%; 已公布的六批国家重点风景名胜区 187 处, 其中山地型风景名胜区 129 处, 占总数的 69%; 国家首批 5A 旅游区 66 处, 其中山地型旅游区 35 处, 占总数的 53%^[1]。然而, 泥石流、滑坡等山地灾害严重影响山地旅游的健康发展; 森林采伐、农业活动、旅游开发(包括道路和景区建设等行为)等人类活动除对旅游景区的直接破坏外, 还会诱发山地灾害, 引起环境污染、水土流失和生物多样

性减少等生态破坏和环境问题, 对本来就较为脆弱的山地生态系统造成威胁^[2-5]。中国的国民旅游仅仅有近 20 a 的历史, 但其发展速度和规模在国际上和我国历史上都是罕见的, 由此带来的挑战也是不小的。因此, 在旅游开发的同时如何保护山地生态系统的健康成为研究者和公众关注的热点。

九寨沟旅游区位于 103°47' ~ 103°59'E, 32°55' ~ 33°16'N, 是联合国世界自然遗产、联合国世界生物保护区、国家级自然保护区、国家级重点风景名胜区, 并通过了绿色环球 21 认证, 是目前我国仅有的一个具有国际国内多种身份、对游客实行沿固定路线游览管理的国家级自然保护区^[6]。保护区内典型的喀斯特地貌、湖泊、瀑布、钙华滩流与茂密的森林相映成趣, 成为中国最具吸引力的自然风景旅游目的地^[6]。除特殊年份以外, 2002 年以来每年游客

收稿日期 (Received date): 2011-08-20。

基金项目 (Foundation item): “高等学校学科创新引智计划”(编号 B08037) 和四川省科技厅国际合作计划项目(2010HH0007)。[The project is financially supported jointly by the 111 Project (No. B08037) and the International Cooperation Program of Science and Technology Department, Sichuan Province(2010HH0007).]

作者简介 (Biography): 陈盼(1989-), 女, 汉族, 河南省南阳市人, 硕士研究生, 主要从事环境生态学方面的研究。[Chen Pan (1989-), female, the Han nationality, born in Nanyang of Henan, graduate student, main research area is environmental ecology.] E-mail: chenpan1228@gmail.com

通讯作者 (Author for correspondence): tangya@scu.edu.cn

人数都超过200万人,而且集中在4—10月,游客活动基本上局限在分布于50 km游览路线的近20个景点,使九寨沟成为我国旅游强度最大的山地自然风景旅游地之一。

山地灾害是九寨沟旅游发展面临的重要挑战。在九寨沟自然保护区内,北起沟口,东南至长海,西南到剑岩悬泉,共有27条灾害性泥石流沟,集中分布在海拔2 600~2 800 m,暴雨时常发生泥石流等灾害^[7]。九寨沟在1984年旅游开发之前,经历了长达10 a的森林采伐;1984年后,旅游发展迅速,游客量快速增长,景区道路、栈道及景点设施等也有相当大规模的扩建^[6]。这些都会对九寨沟的生态系统产生影响,但是影响如何还未可知。本文通过研究九寨沟下季节海的湖泊沉积物来探讨山地灾害和人类活动对湖泊生态系统的影响。

湖泊沉积物能很好地反映历史时期湖盆流域的环境变化^[8-11]。因此,本文选择下季节海湖泊沉积物作为研究对象,运用沉积学粒度分析的方法,探讨山地灾害和人类活动对湖泊沉积的影响。在下季节海采集沉积物剖面,以¹³⁷Cs、²¹⁰Pb建立年代序列,结合文献资料,通过沉积物粒度分布划分沉积类型,分析沉积物各粒级百分含量、偏度和峰度等参数指标

以了解沉积环境和沉积物源信息,探索下季节海沉积物来源,研究地质灾害和人类活动对下季节海湖泊沉积的影响。

1 材料与方法

1.1 采样湖泊

九寨沟的湖泊绝大多数常年有水,但有少数湖泊仅雨季有水而成为季节性湖泊。下季节海是较为典型的一个季节性湖泊,位于九寨沟自然保护区则查洼沟从则查洼寨到长海的公路边,海拔2 600 m^[7]。湖水全靠雨季地表水和地下水补给,水位随季节变化,夏秋季有水,冬春季干涸(图1)。下季节海的形成与洪积和泥石流堆积有关,周边雨季暴雨时经常发生泥石流^[6]。此外,九寨沟邻近的松潘、平武是我国地震活动区之一^[7],地震对下季节海周边泥石流的发生可能有重要的诱导作用。因此,下季节海的湖泊沉积受自然和人为因素影响较大。

1.2 采样

2008-06,在下季节海完全干涸时,在湖泊底部挖了一个深104 cm的剖面,根据颜色和土质分层采样27份,待样品自然风干后,再进行进一步的实验

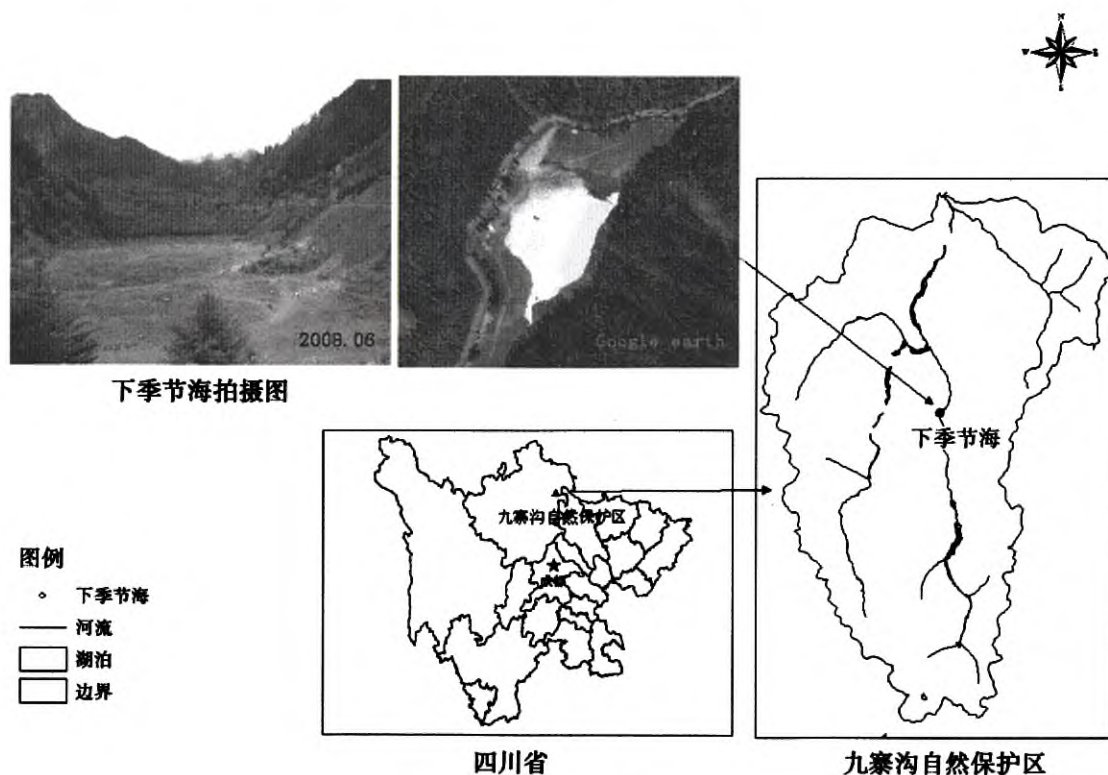


图1 下季节海地理位置

Fig. 1 Location of the Lower Seasonal Lake

分析。剖面 79 cm 深处有一层 20 cm 厚的棕灰色粘土,最底部是一层铁锈色石块。

1.3 定年

样品的定年由中国科学院南京地理与湖泊研究所完成,通过测定 ^{137}Cs 和 ^{210}Pb 浓度来实现,采用美国 ORTEC 公司生产的高纯锗低本底伽玛能谱仪,探头型号为 GWL-120-15,多道型号为 DSPECjr2.0。

1.4 粒度分析

在四川大学水力学与山区河流生态保护国家重点实验室对 27 份样品进行了粒度分析。测定样品的每一粒度组份的百分含量、频率曲线、累计曲线和其他各种粒度参数。采用的仪器是英国 Malvern 公司生产的 MasterSize 2000 激光粒度仪,测量范围为 0.01~2 000 μm 。

粒级划分是按照目前湖泊沉积学最为常用的划分方案^[12],将下季节海沉积物颗粒粒级划分为三级:砂(>63 μm)、粉砂(2~63 μm)和粘粒(<2 μm)。

所用粒度参数有:平均粒径、中值粒径、标准偏差、偏度和峰态。

平均粒径是沉积物颗粒集中状态的反映,其特征变化同搬运和沉积介质的平均动力状况有关,总

体上指示水动力的平均搬运能量,受控于沉积介质的平均动力能和来源物质的原始大小两个因素,其高值代表了静水、低能的沉积环境。细粒的粘粒物质在经过长距离的搬运、分选和沉积,在低能的环境沉积下来;而粗颗粒物质在搬运过程中早已沉积,所以沉积物中的粗颗粒和良好的分选性均可反映其形成时动荡的沉积环境^[13]。中值粒径表示位于总体中部的粒径,在非标准正态分布的偏态总体中,中值粒径比平均粒径更适合用于描述其典型的特征值^[12],故本文用中值粒径来进行分析;标准偏差反映沉积物颗粒的分选程度,其值越大,表示其分选程度越差,水动力条件较强^[22];偏度反映沉积物中粗细颗粒占有的比例,正偏时沉积物粒度组成集中在粗端,负偏时集中在细端^[14];峰态反映沉积物颗粒粒径分布的集中程度和差异^[23]。

2 结果

2.1 定年

根据剖面样品 ^{137}Cs 和 ^{210}Pb 的分析结果,将剖面的 38.5 cm 处沉积物形成时间定为 1952 年,50 cm 处的定为 1848 年(图 2),主要依据如下:

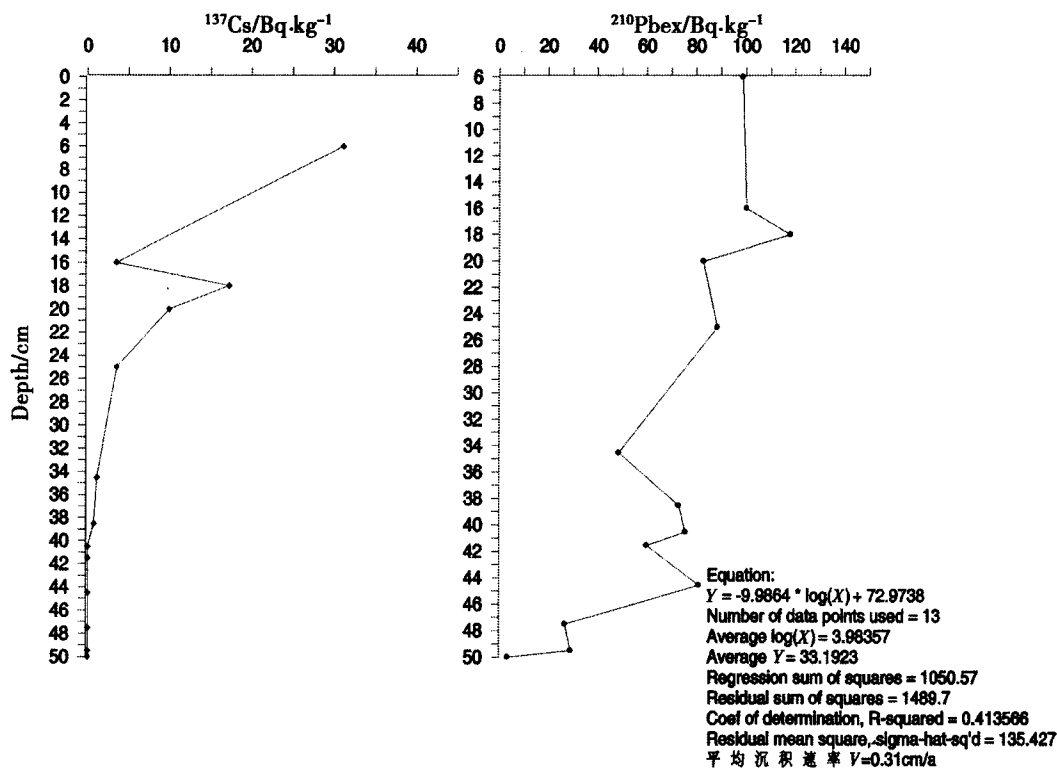


图 2 下季节海 ^{137}Cs 和 ^{210}Pb 定年结果

Fig. 2 Result of ^{137}Cs and ^{210}Pb dating in the Lower Seasonal Lake

1. 1952 年全球性核试验后,自然界中才出现¹³⁷Cs^[15]。剖面 38.5 cm 以下¹³⁷Cs 的含量为零,即¹³Cs 出现在 38.5 cm 处,故将 38.5 cm 处定为 1952 年。由于下季节海属季节性湖泊,而且周围泥石流发生频繁,湖底的沉积不连续,沉积速率年变化差异很大,无法使用平均沉积速率来确定各沉积层的年份。

2. ²¹⁰Pb 定年在理论上对沉积物的沉积环境要求非常严格和苛刻,需近 200 年来的沉积物连续,人为和生物活动干扰较小,水动力条件稳定,沉积物颗粒变化不大、岩性均一(因为不同类型的颗粒对²¹⁰Pb 的吸附能力不同)的沉积环境^[16]。因此,无法用²¹⁰Pb 进行准确定年。尽管如此,由于沉积物中过剩²¹⁰Pb 的活度会随着时间推移随放射性衰减规律而减小^[17],我们可以大致计算出过剩²¹⁰Pb 活度衰减至 0 点的年代。根据过剩²¹⁰Pb 活度随沉积物深度变化的对数函数关系式(CIC 模式),得到沉积物的年平均沉积速率(0.31 cm/a),由于 50 cm 以下²¹⁰Pb 的值正负不定,可认为 50 cm 处过剩²¹⁰Pb 活度已衰减至 0,根据计算结果,我们确定 50 cm 处指示距采样期约为 160 a,大致对应于 1848 年。

2.2 粒度

2.2.1 粒级变化

下季节海沉积物的粒度组成十分集中,主要成分是粗颗粒物粉砂。沉积物中粘粒(< 2 μm)占 10.3% ~ 15.5%,平均为 12.9%;粉砂(2 ~ 63 μm)占 84.2% ~ 88.9%,平均为 86.4%;砂(> 63 μm)占 0 ~ 2.5%,平均为 0.7%。沉积物的粒度三角图(图 3)也显示了沉积物的主要成分是粗颗粒物,其中粉砂占沉积物 80% 以上,粘土次之,而砂含量虽然不到 1%,随深度的变化幅度却非常大。

2.2.2 粒度参数变化

根据下季节海沉积物样品粒度参数的测试结果,对标准偏差、偏度、峰度的分级采用 Folk 和 Ward(1957)的分级标准(表 1),结果表明:

1. 海沉积物粒度标准偏差的变化范围 0.007 ~ 0.012,平均值为 0.009,表明样品分选极好,水动力条件不强。

2. 沉积物粒度平均粒径分布 8.3 ~ 13.8 μm,说明沉积物粒度组成比较单一;平均值为 10.5 μm,表明沉积物颗粒偏粗,加上标准偏差显示的良好分选性,明该湖泊沉积环境比较动荡。

3. 沉积物粒度偏度变化范围 0.32 ~ 0.53,平均

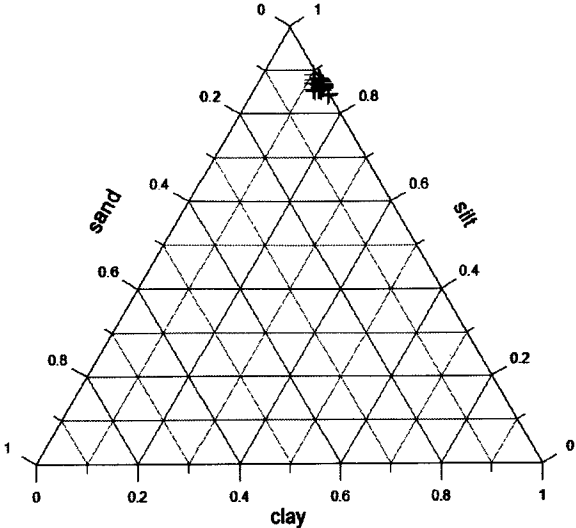


图 3 粒度三角图
Fig. 3 Triangular figure of particle size

值 0.42,为正偏,表明沉积物的粒度组成集中在粗端,这与粒度组成分布的分析结论一致。

4. 沉积物粒度峰度变化范围 0.97 ~ 1.36,平均值为 1.13,表明粒度分布曲线呈窄尖分布,反映了粒度分布比较集中,从而也验证了平均粒径关于沉积物粒度组成比较单一的结论。

表 1 标准偏差、偏度、峰度的分级表				
Table 1 Classification of standard deviation, partial degree and curtosis				
标准偏差 (σ)	偏度 (SK)		峰度 (Kg)	
<0.35 分选极好	< -1.00	极负偏	>0.67	很宽平
0.35 ~ 0.50 分选好	-1.00 ~ -0.30	负偏	0.67 ~ 0.90	宽平
0.50 ~ 0.71 分选较好			0.90 ~ 1.11	中等峰度
0.50 ~ 1.00 分选中等	-0.10 ~ 0.10	近对称		
1.00 ~ 2.00 分选差	0.30 ~ 1.00	正偏	1.11 ~ 1.50	窄尖
2.00 ~ 4.00 分选很差			1.50 ~ 3.00	很窄尖
>4.00 分选极差	>1.00	极正偏	>3.00	极窄尖

2.2.3 分层变化

总的来说,在整个剖面范围内,平均粒径和中值粒径的变化基本一致,只是其幅度略大于中值粒径的幅度;粉砂所占比重最大,粘粒和粉砂的变化基本呈相反趋势,砂含量所占比重最少,变化波动较大,在 44.5 cm、47.5 cm、52.5 cm、55 cm、68.5 cm 五处砂含量为零(图 4)。

根据定年所得的时间尺度,将整个剖面分为三段:

1. 上段 0~38.5 cm, 中值粒径和平均粒径基本上无太大变化, 平均值分别为 $8.6\ \mu\text{m}$ 和 $10.7\ \mu\text{m}$, 在 16 cm 处有一个峰值; 该段粘粒含量的变化波动较大, 平均含量为 13.1%, 分别在 6 cm 和 16 cm 处出现整个剖面的最大和最小值, 分别为 15.5% 和 10.2%; 粉砂含量变化和粘粒含量变化相反, 平均含量为 85.9%, 分别在 6 cm 和 16 cm 处出现整个剖面的最小和最大值, 分别为 84.1% 和 88.9%; 砂粒含量变化呈曲折上升趋势, 平均含量为 1.0%。

2. 中段 38.5~50 cm, 中值粒径和平均粒径基本不变, 平均值分别为 $7.7\ \mu\text{m}$ 和 $9.3\ \mu\text{m}$; 该段粘粒含量的变化幅度不大, 平均含量为 13.1%; 粉砂含

量变化与粘粒含量变化相反, 平均含量为 86.4%; 砂粒含量变化呈下降趋势, 平均含量为 0.43%, 在 44.5 cm 和 47.5 cm 处降为零。

3. 下段 50~102 cm, 中值粒径和平均粒径波动较大, 平均值分别为 $8.9\ \mu\text{m}$ 和 $10.9\ \mu\text{m}$; 该段粘粒含量的变化波动较大, 平均含量为 12.8%, 分别在 53 cm 和 70.5 cm 处出现高峰 (15.4%) 和低峰 (11.3%); 粉砂含量变化与粘粒含量变化相反, 平均含量为 86.5%, 分别在 53 cm 和 70.5 cm 处出现低峰 (84.5%) 和高峰 (87.7%); 砂粒含量变化幅度较大, 在 76 cm 处出现整个剖面的最大值, 平均含量为 0.6%。

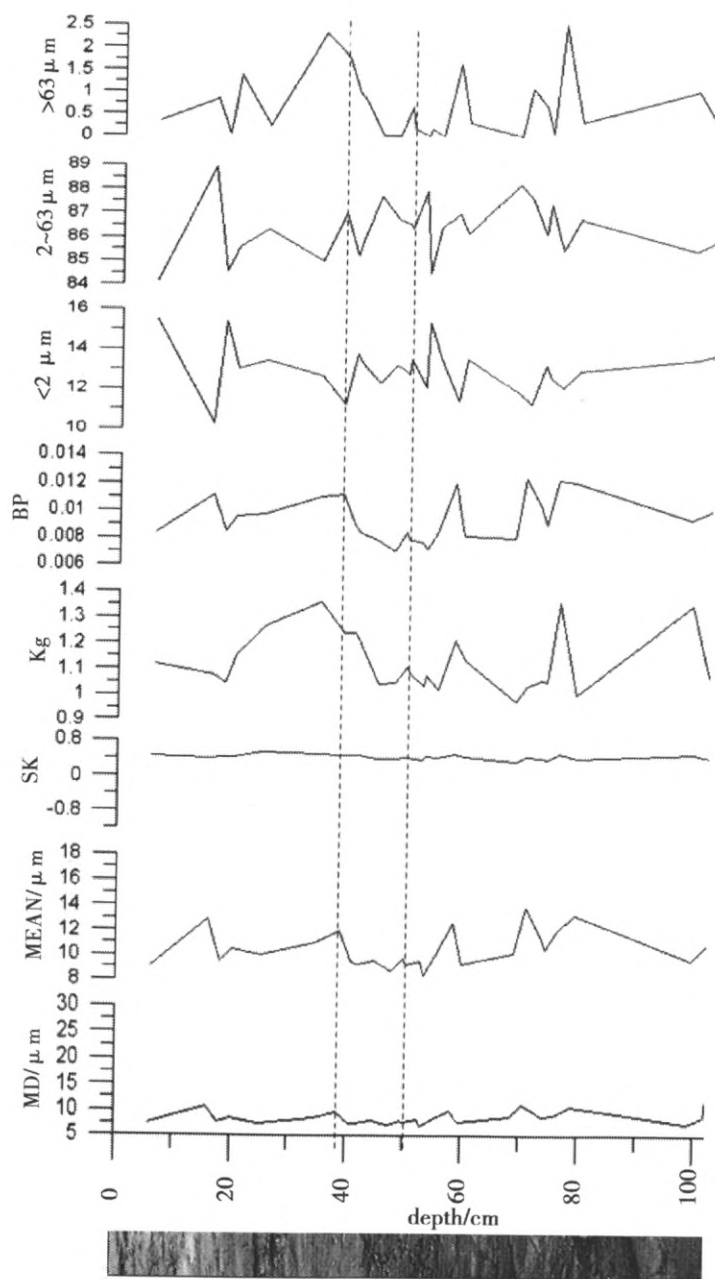


图 4 沉积物粒度分布曲线

Fig.4 Change of grain parameters and distribution of grain size

3 讨论

粒度作为湖泊沉积物分析的主要指标之一,不仅是沉积物类型划分的依据,而且能够反应沉积环境和物源信息,也是重建过去环境变化的重要指标之一^[18]。此外,粒度分析具有测定简单、快速、经济、不受生物作用影响、对气候变化敏感等特点,应用十分广泛,是沉积学研究的重要方法之一^[15-19,20-21]。已有研究多集中在通过粒度分析探讨湖泊沉积所反映的环境信息^[8]、还原古气候变化^[9]、辨识古环境意义^[22-24]、研究不同时间尺度下粒径变化指示的环境意义^[25],等等。不仅如此,利用沉积物粒度分析可以反映湖泊沉积环境的变化,通过沉积物粒度分布,可以反映沉积环境和沉积物源信息;通过沉积物各粒级百分含量、偏度和峰度等参数指标的分析,可以解释搬运和沉积作用的动力状况^[26]。

3.1 沉积物粒度变化所反映的沉积环境变化

3.1.1 沉积物来源

与其他常年有水的开放性湖泊相比,如九寨沟内的箭竹海、犀牛海、芦苇海^[27]、我国黑龙江地区的兴凯湖^[28]、安徽的巢湖^[21]、美国冰河国家公园的Swiftcurrent Lake^[29]、加拿大的Pink Lake^[30],下季节海沉积物平均粒径的平均值(10.8 μm)较大。这与下季节海封闭的季节性湖泊的特征及周围的环境状况有关:

1. 成因:下季节海北侧发育在岩崩倒石锥上,坡面活动性泥石流在雨季暴雨时发生频繁^[6],造成大量泥沙、石块入湖,使得下季节海的沉积物粒度以粉砂为主,粒径偏大。

2. 物质来源:下季节海海拔2 600 m,沟内山岭高差大,山地垂直带分异明显,海拔3 800 m林线以上为草坡和岩石风化带的裸露山体,由于岩层节理裂隙发育,风化强烈,产生崩塌和岩屑泻溜,为泥石流发生提供了较多固体物质;3 800 m以下为森林地带,发育有山地棕壤和残坡积物,厚2 m以上,成为坡面泥石流固体物质主要来源^[7],为泥石流的形成创造了条件。

3. 地形:下季节海沟内坡度陡,相对高差1 530 m,为上陡下缓的折线,有利于泥石流的形成和活动^[7]。

4. 气象:九寨沟气候温暖,降雨较丰富,由于地

形因素,常出现局部暴雨,强度较大,激发泥石流发生^[6]。

5. 人为活动:1964年在九寨沟内建立了2个采伐林场,自1966年开始,在九寨沟的森林采伐长达10 a^[7]。我们的调查发现,下季节海附近几乎全部为柳树灌丛,推断是森林采伐后自然演替形成。下季节海周边的森林采伐后,不仅破坏了森林植被,还造成一些山坡裸露,由于雨水冲刷,冲沟和小滑坡发育,促进了泥石流的发生。

总的来看,下季节海所在区域是泥石流高发区,泥石流对湖泊沉积的贡献很大,下季节海沉积物粒径偏大的事实也说明这一点。

3.1.2 沉积物分层变化

九寨沟在20世纪60~70年代经历了长达10 a的森林采伐,1979年之后又进入旅游开发阶段,这一系列的人为干扰在下季节海的湖泊沉积中应该有所反映。由于缺乏1848年以前的数据,结合已有的历史文献资料,主要对后两个时间段,即近160年来的第二段和第三段的粒度变化作分析。

1. 第二段(50~38.5 cm),对应年代为1848年到1952年,中值粒径和砂含量在40.5 cm处开始出现增大趋势,在49.5 cm、44.5 cm处出现砂层,反映在中值粒径变化图上是出现了两个峰值。这对应于1938年松潘6级地震和1948-05-02的羊峒、塔藏发生的4次地震^[6]。因九寨沟处于强震带中相对稳定区,直接破坏作用不大,但是邻近的地震显然会诱发泥石流、滑坡、山崩等地貌过程。

2. 第三段(38.5~0 cm),对应年代为1952年到2008年,中值粒径和砂含量初期基本保持不变,在18 cm处出现一个峰值,之后呈降低趋势。这可对应于20世纪60年代的森林采伐;而且在下季节海周围的公路、栈道、景点设施等的建设过程中,也会有大量的粗颗粒物质进入湖泊。而该段表层粗颗粒的减少应该与1986年在下季节海修建三号拦砂坝对泥石流进行治理有关。

3. 对比第二段和第三段的沉积厚度和粒度变化情况发现,1848—1952年104 a间沉积物厚度仅11 cm,砂粒含量仅0.43%;而1952—2008年的56 a间,考虑到表层可能会受到采样等的干扰,不具代表性,因此扣除表层10 cm后沉积物厚度仍达22.5 cm,砂粒含量0.98%。这56 a间沉积物厚度是之前约100 a的2倍,表明近年来沉积速率呈现明显增大的趋势。这种趋势在九寨沟内的其他湖泊(箭

竹海、犀牛海、芦苇海)^[28]也有发现,说明森林采伐和旅游开发确实会加速湖泊沉积。

砂粒含量的倍增表明,近60年来下季节海的沉积可能更多地与地震及其诱发的泥石流有关。文献资料表明^[6],1938-03-14松潘发生6级地震,1948-05-02羊峒、塔藏发生了4次地震;而1953年至2008年间,则发生了27次有感地震:1953-03-01松潘5级地震、1960-11-09漳腊6级地震、1961-01-25的5级地震、1961-03-30漳腊5.5级地震、1973-05和08松潘分别发生5.2级6.2级地震、1974-01和11松潘又分别发生5.8级5.2级地震、1976年松潘-平武8月发生4次地震,9月2次,11月1次地震;同时,1973-08,距下季节海40 km左右的黄龙地区发生6.5级地震;1973-05-08长海西5.2级地震和1974-11-17长海东5.7级地震,均对下季节海有影响;1983年下季节海周边发生泥石流,大量的泥沙、石块滑入湖中。

3.2 山地旅游资源保护

研究表明,下季节海沉积物主要来源于泥石流等的泥砂入湖和旅游开发过程中道路等基础设施的修建带来的颗粒物,沉积物的粒径变化与流域内的泥石流等山地灾害有很大关系。

泥石流是我国山地旅游开发面临的主要自然灾害,尤其是西南山区。我国西南山地生态系统较为脆弱,山高谷深,地震、滑坡和崩塌频繁,有充足的碎屑堆积物,同时受季风影响,降雨丰富而集中,一年中可形成多次泥石流^[12]。再加上旅游开发带来的一系列环境污染和生态破坏,如水土流失和植被破坏等,更加剧了泥石流的发生,阻碍交通,影响旅游活动。国内外学者的多项研究证实了这一点。Pickering 等对澳大利亚阿尔卑斯保护区的研究^[3],Madan 关于印度马苏里山的研究^[4],Marin-Yaseli 对比利牛斯山的研究^[31],Pignatti 对亚平宁山脉的研究^[32],Hemp 对乞力马扎罗山的研究^[33],我国刘丽丽、李寒娥、全华分别对北京灵山^[5]、广东鼎湖山^[34]、张家界的研究^[35]等都说明了山地旅游开发对环境的负面影响。

在山地旅游资源开发和运营过程中,采取措施尽可能降低对生态系统的破坏、降低泥石流等山地灾害的发生是旅游开发中急需关注的事。制订有效措施,减少旅游活动对土壤有机质、土壤物理性状、植物多样性、群落的破坏,从而减少泥石流等山地灾害的发生是现在以及将来开发山地旅游资源,实施

可持续发展过程中不可忽视的一个工作。

4 结论

虽然下季节海沉积环境不连续,利用¹³⁷Cs 和²¹⁰Pb 定年只能确定两个大的时间标尺,但是通过对沉积物粒度的分析,结合文献资料,不难发现,下季节海附近20世纪60年代的森林采伐、旅游开发过程中大颗粒物入湖、1986年的泥石流防护措施以及区域经常发生的地震、泥石流、滑坡等灾害在沉积物的粒度变化中均有反映。

下季节海的沉积物来源主要是泥石流等造成的泥砂入湖、旅游开发过程中道路等基础设施建设带来的颗粒物,而且湖泊沉积对流域内的山地灾害,如泥石流等有较好的响应,森林采伐和旅游开发在一定程度上促进了湖泊沉积。

位于山区、旅游强度大的九寨沟受泥石流等山地灾害的影响,因此,山地灾害的防治在九寨沟旅游的可持续发展中具有重要作用。九寨沟在我国山地旅游尤其是西南地区山地旅游中占有重要位置,其成功的保护经验对我国尤其是西南山地的旅游资源保护有借鉴意义。

参考文献(References)

- [1] Cheng Jin, Lu Lin, Jin Xiulong, et al. Research progress and enlightenment of mountain tourism[J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(1): 162-171 [程进, 陆林, 晋秀龙, 等. 山地旅游资源研究进展与启示[J]. 自然资源学报, 2010, 25(1): 162-171]
- [2] Pignatti S. Impact of tourism on the mountain landscape of central Italy[J]. Landscape and Urban Planning, 1993, 24: 49-53
- [3] Pickering C M, Harrington J, Worboys G. Environmental impacts of tourism on the Australian Alps protected areas: Judgement of protected area managements [J]. Mountain Research and Development, 2003, 23 (3): 247-254
- [4] Madan S, Rawat L. The impacts of tourism on the environment of Mussoorie, Garhwal Himalaya, India [J]. The Environmentalist, 2000, 20: 249-255
- [5] Liu Lili. Research the synthetical influence of ecological environment which suffered by tourism development in Beijing Ling Mountain Area [J]. Journal of Capital Normal University: Natural Science Edition, 2005, 26 (2): 96-100 [刘丽丽. 北京灵山区旅游开发对环境的影响研究[J]. 首都师范大学学报: 自然科学版, 2005, 26 (2): 96-100]
- [6] Local Chronicles Editorial Committee of Sichuan Province. Overview of the tourism development in Jiuzhaigou county [M]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology Press, 2003: 10-13, 20-22 [四川省九寨沟县地方志编纂委员会. 九寨沟县旅

- 游总览[M]. 成都:电子科技大学出版社,2003:10-13,20-22]
- [7] Zhang Shanyun, Huang Tiane. The annual of Jiuzhaigou country [M]. Chengdu: Sichuan Minorities Press, 1990: 40-41, 81-83 [张善云, 黄天鄂. 九寨沟志[M]. 成都: 四川民族出版社, 1990: 40-41, 81-83]
- [8] Zhou Dequan. Lacustrine sedimentary records and past global change[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2006, 25(3): 260-263 [周德全. 湖泊沉积记录与过去全球变化[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2006, 25(3): 260-263]
- [9] Shen Ji. Progress and prospect of palaeolimnology research in China [J]. Lake Science, 2009, 21(3): 307-313 [沈吉. 湖泊沉积研究的历史进展与展望[J]. 湖泊科学, 2009, 21(3): 307-313]
- [10] Shen Ji, Zhang Enlou, Xia Weilan. Records from lake sediments of the Qinghai lake to mirror climatic and environmental changes of the past about 1 000 years [J]. Quaternary Science, 2001, 21(6): 508-512 [沈吉, 张恩楼, 夏威岚. 青海湖近千年来气候环境变化的湖泊沉积记录[J]. 第四纪研究, 2001, 21(6): 508-512]
- [11] Revital Bookman, Charles T, Driscoll, Steven W, Effler, et al. Anthropogenic impacts recorded in recent sediments from Otisco Lake, New York, USA [J]. Springer, 2009, 10: 1007
- [12] Müller G, Förstner U. General relationship between suspended sediments concentration and water discharge in the Alpenrhein and some other rivers [J]. Nature, 1968b, 217: 244-245
- [13] Xie Yuanyun, Li Changan, Wang Qiuliang, et al. Paleo-precipitation evolution over 6 ka BP in Jiangnan plain: records from grain size of Jingling section sediments [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2005, 25(3): 119-124 [谢远云, 李长安, 王秋良, 等. 江汉平原 6000 年以来的古降水变化: 江陵剖面沉积物粒度记录[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005, 25(3): 119-124]
- [14] Wei Yan, Shu Qiang, Chen Ye. Grain size characteristics and their paleo environmental significance of Xinghua 1# Core sediments in northern Jiangsu Basin, China [J]. Journal of Nan Jing Normal University: Nature Science, 2005, 28(2): 101-107 [卫艳, 舒强, 陈晔. 苏北盆地兴化 1# 钻孔的沉积物粒度特征及其古环境意义[J]. 南京师大学报: 自然科学版, 2005, 28(2): 101-107]
- [15] Wan Guojiang. ^{137}Cs dating by annual distinguishes for recent sedimentation: Samples from Erhai Lake and Hongfeng Lake [J]. Quaternary Sciences, 1999, 19(1): 73-80 [万国江. 现代沉积年分辨的 ^{137}Cs 计年——以云南洱海和贵州红枫湖为例[J]. 第四纪研究, 1999, 19(1): 73-80]
- [16] Nitttrouer C A, Sternberg R W, Carpenter R, et al. The use of ^{210}Pb geochronology as a sedimentological tool: Application to the Washington continental shelf [J]. Mar. Geol., 1979, 31: 297-316
- [17] Wan Guojiang. Progresses On ^{137}Cs and ^{210}Pb dating of lake sediments [J]. Advance in Earth Science, 1995, 10(2): 88-92 [万国江. ^{137}Cs 及 ^{210}Pb 方法湖泊沉积计年研究新进展[J]. 地球科学进展, 1995, 10(2): 88-92]
- [18] Shen Ji, Xue Bing, Wu Jinlu, et al. Lake sedimentary and the environment evolution [M]. Beijing: Science Press, 2010: 128-131, 143-154 [沈吉, 薛斌, 吴敬禄, 等. 湖泊沉积与环境演化[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 128-131, 143-154]
- [19] Zhang Zhenke, Wu Ruijing, Zhu Yuxin, et al. Lacustrine records of human activities in the catchment of Erhai Lake, Yunnan Province [J]. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(1): 66-74 [张振克, 吴瑞金, 朱育新, 等. 云南洱海流域人类活动的湖泊沉积记录分析[J]. 地理学报, 2000, 55(1): 66-74]
- [20] Wang Junbo, Zhu Liping. Grain-size characteristics and their Paleo-environmental significance of Chen Co Lake sediments in southern Tibet [J]. Progress in Geography, 2002, 21(5): 459-468 [王君波, 朱立平. 藏南沉错沉积物的粒度特征及其古环境意义[J]. 地理科学进展, 2002, 21(5): 459-468]
- [21] Juyal N, Pant R K, Basavaiah N, et al. Reconstruction of last glacial to early Holocene monsoon variability from relict lake sediments of the Higher Central Himalaya, Uttarakhand, India [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2009, 34: 437-449
- [22] Chen Jing'an, Wang Guojiang. Sediment particle size distribution and its environmental significance in lake Er Hai, Yuan Nan Province [J]. Acta Mineralogica Sinica, 1999, 19(2): 175-183 [陈敬安, 万国江. 云南洱海沉积物粒度组成及其环境意义辨识[J]. 矿物学报, 1999, 19(2): 175-183]
- [23] Chen Jing'an, Wang Guojiang, Xu Jingyi. Sediment particle sizes and the dry-humid transformation of the regional climate in Erhai Lake [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(3): 341-346 [陈敬安, 万国江, 徐经意. 洱海沉积物粒度记录与气候干湿变迁[J]. 沉积学报, 2000, 18(3): 341-346]
- [24] Liu Xingqi, Wang Suming, Shen Ji. The grain size of the Core QH-2000 in Qinghai Lake and its implication for Paleo climate and Paleo environment [J]. Journal of Lake Sciences, 2003, 15(2): 112-118 [刘兴起, 王苏民, 沈吉. 青海湖 QH-2000 钻孔沉积物粒度组成的古气候古环境意义[J]. 湖泊科学, 2003, 15(2): 112-118]
- [25] Sun Qianli, Zhou Jie, Xiao Jule. Grain-size characteristics of lake Dai Hai sediments and its paleoenvironment significance [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2001, 21(1): 93-95 [孙千里, 周杰, 肖举乐. 岱海沉积物粒度特征及其古环境意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(1): 93-95]
- [26] Yu Tieqiao. Study on the environmental evolution of Lake Chaohu for the last 800 years, based on the lake sediments [D]. Shanghai: Shanghai normal university, 2009: 22-34 [余铁桥. 基于湖泊沉积近 800 多年来巢湖环境演变研究[D]. 上海: 上海师范大学, 2009: 22-34]
- [27] Hu Xinxin. Study on the lake deposition and sediment source of the world heritage site Jiuzhaigou nature reserve [D]. Sichuan University, 2009: 56-66 [胡欣欣. 世界遗产地九寨沟自然保护区湖泊沉积与泥沙来源研究[D]. 四川大学, 2009: 56-66]
- [28] Wu Jian, Shen Ji. Paleoclimate evolution since 27.7 ka BP reflected by grain size variation of a sediment core from Lake Xingkai, northeastern Asia [J]. Journal of Lake Science, 2010, 22(1): 110-118 [吴健, 沈吉. 兴凯湖沉积物粒度特征揭示的 27.7kaBP 以来区域古气候演化[J]. 湖泊科学, 2010, 22(1): 110

- 118]
- [29] Kelly R. MacGregor, Catherine A. Riihimaki, Amy Myrbo, et al. Geomorphic and climatic change over the past 12,900 yr at Swiftcurrent Lake, Glacier National Park, Montana, USA [J]. Quaternary Research, 2011, 75:80-90
- [30] Celina Campbell. Late Holocene Lake Sedimentology and Climate Change in Southern Alberta, Canada [J]. Quaternary Research, 1998, 49:96-101
- [31] Marín - Yaseli M L, Martínez T L. Competing for meadows: a case study on tourism and livestock farming in the Spanish Pyrenees [J]. Mountain Research and Development, 2003, 23 (2) : 169-176
- [32] Pignatti S. Impact of tourism on the mountain landscape of central Italy [J]. Landscape and Urban Planning, 1993, 24:49-53
- [33] Hemp A. Introduced plants on Kilimanjaro: Tourism and its impact [J]. Plant Ecol, 2008, 197: 17-29
- [34] Li Hane. Countmeasure of ecological environment problem caused by tourism in Dinghu Mountain [J]. Journal of Foshan University, 1996, 14 (6) : 78-81 [李寒娥. 鼎湖山旅游业生态环境问题的对策 [J]. 佛山大学学报, 1996, 14(6):78-81]
- [35] Quan Hua. The environmental effect about the building of cultural interest in Zhangjiajie Spot and it's controlling [J]. Journal of Mountain Science, 2002, 20 (6) : 706-711 [全华. 山岳型旅游区人文建筑环境后效与调控模型 [J]. 山地学报, 2002, 20 (6):706-711]

Environmental Change Revealed by Lake Sedimentation in Jiuzhaigou National Reserve, Sichuan, China

CHEN Pan¹, TANG Ya¹, QIAO Xue¹, XIAO Weiyang², JIAN Daijun²

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

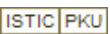
2. Scientific Research Department, Jiuzhaigou Administrative Bureau, Jiuzhaigou 623400, China)

Abstract: Jiuzhaigou is one of the most popular mountain tourist destinations in China. Fast increasing visitors, geological and mountain hazards and human activities like logging and construction of roads are recognized as the main challenges in sustainable tourism development. Grain size of sediments of the lower Seasonal Lake in Jiuzhaigou was studied in order to understand the responses of sedimentation to geological events, mountain hazards and human activities like earthquake, logging and road construction. ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb dating identified the 38.5 cm of the profile to be the year 1952, and 50 cm 1848. Grain size analysis revealed that the average value of the profile was somewhat coarse and that the deposition rate and percentage of sand after 1952 were considerably increased. Occurrence of geological events in the region such as earthquakes and local mountain hazards like landslides and debris flows were well represented in the sediments. Construction of infrastructure, like roads, walk boards and other service facilities, has contributed to the present composition of grains of different sizes. Logging in the late 1960s to the mid-1970s has also contributed to high percentage of coarse grains in the sediments. This study suggests that good planning and implementation of appropriate measures are important to reduce risks of mountain hazards in tourism development in mountainous regions.

Key word: Tourism; geological hazards; lake sediment; human activity; forest logging

作者: [陈盼](#), [唐亚](#), [乔雪](#), [肖维阳](#), [蹇代军](#), [CHEN Pan](#), [TANG Ya](#), [QIAO Xue](#), [XIAO Weiyang](#), [JIAN Daijun](#)

作者单位: [陈盼,唐亚,CHEN Pan,TANG Ya\(四川大学环境科学与工程系,四川成都,610065\)](#), [乔雪,肖维阳,蹇代军,QIAO Xue,XIAO Weiyang,JIAN Daijun\(九寨沟国家自然保护区科研处,四川九寨沟,623400\)](#)

刊名: [山地学报](#) 

英文刊名: [Journal of Mountain Science](#)

年, 卷(期): 2011, 29(5)

被引用次数: 1次

参考文献(35条)

1. [程进;陆林;晋秀龙](#) [山地旅游资源研究进展与启示](#)[期刊论文]-[自然资源学报](#) 2010(01)
2. [Pignatti S](#) [Impact of tourism on the mountain landscape of central Italy](#)[外文期刊] 1993
3. [Pickering C M;Harring\(t\)\(o\)n J;Worboys G](#) [Environmental impacts of tourism on the Australian Alps protected areas:Judg-ment of protected area managements](#) 2003(03)
4. [Madan S;Rawat L](#) [The impacts of tourism on the environment of Mussoorie,Garhwal Himalaya,India](#)[外文期刊] 2000
5. [刘丽丽](#) [北京灵山地区旅游开发对环境的影响研究](#)[期刊论文]-[首都师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2005(02)
6. [四川省九寨沟县地方志编纂委员会](#) [九寨沟县旅游总览](#) 2003
7. [张善云;黄天鄂](#) [九寨沟志](#) 1990
8. [周德全](#) [湖泊沉积记录与过去全球变化](#)[期刊论文]-[矿物岩石地球化学通报](#) 2006(03)
9. [沈吉](#) [湖泊沉积研究的历史进展与展望](#)[期刊论文]-[湖泊科学](#) 2009(03)
10. [沈吉;张恩楼;夏威岚](#) [青海湖近千年来气候环境变化的湖泊沉积记录](#)[期刊论文]-[第四纪研究](#) 2001(06)
11. [Revital Bookman;Charles T,Driscoll;Steven W,Effler](#) [Anthropogenic impacts recorded in recent sediments from Otisco Lake](#) 2009
12. [Müller G;Forstner U](#) [General relationship between suspended sediments concentration and water discharge in the Alpenrhein and some other rivers](#) 1968
13. [谢远云;李长安;王秋良](#) [江汉平原6000年以来的古降水变化:江陵剖面沉积物粒度记录](#)[期刊论文]-[海洋地质与第四纪地质](#) 2005(03)
14. [卫艳;舒强;陈晔](#) [苏北盆地兴化1#钻孔的沉积物粒度特征及其古环境意义](#)[期刊论文]-[南京师大学报\(自然科学版\)](#) 2005(02)
15. [万国江](#) [现代沉积年分辨的137Cs计年—以云南洱海和贵州红枫湖为例](#)[期刊论文]-[第四纪研究](#) 1999(01)
16. [Nittrouer C A;Sternberg R W;Carpenter R](#) [The use of 210Pb geochronology as a sedimentological tool:Application to the Washington continental shelf](#)[外文期刊] 1979
17. [万国江](#) [137Cs及210 Pbex方法湖泊沉积计年研究新进展](#) 1995(02)
18. [沈吉;薛斌;吴敬禄](#) [湖泊沉积与环境演化](#) 2010
19. [张振克;吴瑞金;朱育新](#) [云南洱海流域人类活动的湖泊沉积记录分析](#)[期刊论文]-[地理学报](#) 2000(01)
20. [王君波;朱立平](#) [藏南沉沉积物的粒度特征及其古环境意义](#)[期刊论文]-[地理科学进展](#) 2002(05)
21. [Juyal N;Pant R K;Basavaiah N](#) [Reconstruction of last glacial to early Holocene monsoon variability from relict lake sediments of the Higher Central Himalaya, Uttrakhand, India](#)[外文期刊] 2009(3)
22. [陈敬安;万国江](#) [云南洱海沉积物粒度组成及其环境意义辨识](#)[期刊论文]-[矿物学报](#) 1999(02)
23. [陈敬安;万国江;徐经意](#) [洱海沉积物粒度记录与气候干湿变迁](#)[期刊论文]-[沉积学报](#) 2000(03)
24. [刘兴起;王苏民;沈吉](#) [青海湖QH-2000钻孔沉积物粒度组成的古气候古环境意义](#)[期刊论文]-[湖泊科学](#) 2003(02)
25. [孙千里;周杰;肖举乐](#) [岱海沉积物粒度特征及其古环境意义](#)[期刊论文]-[海洋地质与第四纪地质](#) 2001(01)
26. [余铁桥](#) [基于湖泊沉积近800多年来巢湖环境演变研究](#)[学位论文] 2009
27. [胡欣欣](#) [世界遗产地九寨沟自然保护区湖泊沉积与泥沙来源研究](#) 2009
28. [吴健;沈吉](#) [兴凯湖沉积物粒度特征揭示的27.7kaBP以来区域古气候演化](#)[期刊论文]-[湖泊科学](#) 2010(01)
29. [Kelly R,MacGregor;Catherine A,Riihimaki;Amy Myrbo](#) [Geomorphic and climatic change over the past 12,900 yr at](#)

[Swiftcurrent Lake, Glacier National Park, Montana, USA](#)[外文期刊] 2011

30. [Celina Campbell](#) [Late Holocene Lake Sedimentology and Climate Change in Southern Alberta, Canada](#) 1998

31. [Marín-Yaseli M L;Martínez T L](#) [Competing for meadows:a case study on tourism and livestock farming in the Spanish Pyrenees](#) 2003(02)

32. [Pignatti S](#) [Impact of tourism on the mountain landscape of central Italy](#)[外文期刊] 1993

33. [Hemp A](#) [Introduced plants on Kilimanjaro:Tourism and its impact](#)[外文期刊] 2008(1)

34. [李寒娥](#) [鼎湖山旅游业生态环境问题的对策](#) 1996(06)

35. [全华](#) [山岳型旅游区人文建筑环境后效与调控模型](#)[期刊论文]-[山地学报](#) 2002(06)

引证文献(1条)

1. [张伟](#). [张洪](#). [单保庆](#) [北运河源头区沙河水库沉积物重金属污染特征研究](#)[期刊论文]-[环境科学](#) 2012(12)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201105004.aspx