

文章编号: 1009-3850(2002)01-0040-06

湖泊记录中的古气候和古环境指标及其地质灾害信息

段丽萍, 王兰生, 董孝璧

(成都理工大学 环境与土木工程学院, 四川 成都 610059)

摘要: 笔者在简略论述反映古气候、古环境的多种代用指标的基础上, 讨论其在揭示地质灾害信息方面的意义, 并分析从中提取地质灾害信息的方法和思路。认为在沉积物粒度判别基础上, 沉积物表现出的较低 $\delta^{18}\text{O}$ 值, 较低 $\delta^{13}\text{C}$ 值和较低碳酸盐含量以及较高的有机质含量特征可能指示了地质灾害方面的信息。

关键词: 古气候; 古环境; 多种代用指标; 地质灾害信息; 湖泊记录

中图分类号: X141

文献标识码: A

1 前言

从80年代中期以来, 随着一系列以全球环境变化研究为核心的研究计划如国际地圈生物圈计划等的发起, 恢复古气候、重建古环境已经成为地学界研究中热点领域, 是全球变化研究中的重要组成部分, 其宗旨是提取过去气候环境变化的信息, 以了解地球系统的过去状况, 帮助人们认识地球上正在发生的各种变化, 为未来的全球变化提供类比模式。要恢复和重建过去气候变化状况, 就必须对记录过去气候环境变化的各种地质档案(如极地冰心、黄土、深海沉积、湖泊沉积、泥炭及树木年轮等)进行研究及探讨。研究这些地质记录, 辨识其气候环境意义, 可以恢复和重建古气候、古环境, 为建立全球环境模式提供重要参数。

由于湖泊沉积具有沉积连续性好、储存信息量大、沉积速率快、时间分辨率高、地理覆盖广等优势, 并且它可提供时间范围大(达百万年)、时间分辨率高(年~十年)的高精度气候环境信息^[1], 因而在古气候环境变化研究中越来越受到人们的重视。大量研究表明^[2~7], 地质灾害多发生在古气候的暖湿期, 这种地质灾害与古气候暖湿期的一致性并不是

一种偶然的吻合, 地质灾害与古气候具有紧密的联系。因此, 研究地质灾害必须考虑到古环境气候变化方面的问题。这种情况下, 在湖泊沉积记录中寻找地质灾害信息就应该值得关注。

笔者的主要目的是简要回顾湖泊记录中提取的常用古气候(环境)指标在恢复古气候和重建古环境方面的意义, 并在此基础上, 对它们可能暗示的地质灾害信息进行简略论述。

2 古气候与古环境指标

虽然地球历史中的气候变化极其复杂, 对恢复古气候存在一定难度, 但古气候的变化必然会在古环境的沉积记录中留下痕迹, 这就为今天我们采用古气候、古环境指标来恢复古气候提供了可能。目前, 在恢复古气候和重建古环境的研究中, 主要采用了古地磁、古生物、同位素尤其是碳氧同位素、沉积物粒度特征以及特殊岩石矿物等方法^[8]。在缺乏古生物证据和古地磁证据的地区(如湖泊), 学者们主要采用沉积物粒度特征、碳氧同位素、碳酸盐含量和有机质含量等特征指标来恢复古气候和重建古环境。本文下面简要论述湖泊沉积物的粒度特征、碳氧同位素、碳酸盐含量和有机质含量等特征指标揭

示的古气候和古环境信息。

2.1 沉积物粒度特征

通常有两种最常用的方法来描述沉积物总体粒度特征:一是频率分布图,二是累积分布图。前者较直观地显示了样品中各粒度的相对含量及其对总样的贡献,常用的有下面几个参数:①平均粒径,反映了粒度分布的集中趋势,作粒度平均值等值线图,可以指示物源区方向,一般地说,平均粒径越大,离物源区越近;②标准偏差,它表示岩石样品中各种粒度的离散程度,同样有指示物源区方向的意义,离物源区越近,标准偏差越大;③偏度,它表示沉积物中各种粒度的比例,小于1时为正偏,表示沉积物中粗粒成分占优势,大于1时为负偏,表示沉积物中细粒成分占优势,等于1时表示粗、细组分含量相等;④峰度,它表示某种粒级沉积物的集中程度,与标准偏差含义相似。沉积颗粒的平均粒径是反映其搬运介质动力大小和特征的直接标志,这种搬运介质动力大小明显受古地理条件和古气候条件的影响,其它三种参数都从不同角度说明了沉积物颗粒的分选程度,具有良好的环境指示意义,因而沉积物粒度组成在恢复古气候和重建古环境研究中得到了广泛应用^[9~10]。

研究表明,黄土沉积物粒度值的大小是指示东亚冬、夏季风气候变化的良好代用指标。已有的湖泊沉积学研究也表明,湖水能量是控制沉积物粒度分布的重要因素,粒度的粗细代表了水动力的强弱、湖泊输入水量的相对大小,在一定程度上可以反映湖区降水的变化,因而具有干湿变化的指示意义。

2.2 氧同位素

沉积物碳酸盐的氧同位素组成是水的温度和同位素组成的函数,由于海水的同位素组成变化不大,深海沉积物碳酸盐的氧同位素组成与海水温度的关系比较直接,而湖泊沉积物则明显不同。湖泊自生碳酸盐的 $\delta^{18}\text{O}$ 值主要受湖水同位素组成的控制,而湖水同位素组成的变化很大,当蒸发量在湖水水均衡中占次要地位时,湖泊自生碳酸盐的氧同位素组成主要反映当地雨水的氧同位素组成。干旱、半干旱地区湖水的蒸发量很大,在水均衡中占主导地位,湖泊自生碳酸盐的 $\delta^{18}\text{O}$ 值除当地雨水的同位素组成外,还受湖水蒸发过程中的同位素分馏、湖水与大气水汽的同位素交换以及湖泊入流量和出流量引起湖水体积的改变等多因素的影响。因此,湖泊自生碳酸盐的 $\delta^{18}\text{O}$ 值这种的特征就成为湖泊地区古气候研究的灵敏指示剂。已有研究表明^[11~14],如果

湖泊碳酸盐 $\delta^{13}\text{C}$ 与 $\delta^{18}\text{O}$ 值两者呈反相关变化,其 $\delta^{18}\text{O}$ 主要受温度影响,表现为温度越高,沉淀碳酸盐越富集重氧同位素,即 $\delta^{18}\text{O}$ 值越高;若 $\delta^{13}\text{C}$ 与 $\delta^{18}\text{O}$ 值两者呈正相关变化时,其 $\delta^{18}\text{O}$ 主要受湖泊水体氧同位素的影响,而湖泊水体氧同位素又主要受大气相对湿度控制,并与此呈负相关,同时还与补给水氧同位素的含量和蒸发量的比值呈正相关。 $\delta^{18}\text{O}$ 值高则指示湖泊水体处于高温蒸发浓缩期,湖泊水体盐度较高,气候为干旱-半干旱;反之, $\delta^{18}\text{O}$ 值低则表明湖泊水体处于淡化期,即湖水盐度小,气候为湿润期。

湖泊沉积物碳酸盐氧同位素值主要受温度与水体氧同位素值控制,为我们今天通过测定湖泊自生碳酸盐的 $\delta^{18}\text{O}$ 值和湖水的氧同位素值来了解沉积碳酸盐时的湖水温度,为进一步了解环境温度提供了条件。在研究中,湖水温度可以通过下式来计算^[13]:

$$t(^{\circ}\text{C}) = 16.9 - 4.2(\delta^{18}\text{O}_c - \delta^{18}\text{O}_w) + 0.13(\delta^{18}\text{O}_c - \delta^{18}\text{O}_w)^2$$

其中, $\delta^{18}\text{O}_c$ 表示碳酸盐的氧同位素组成; $\delta^{18}\text{O}_w$ 表示湖水的同位素组成,当湖泊较长时间处于入流量和蒸发量平衡的状态时, $\delta^{18}\text{O}_w$ 等于下式的 $\bar{\delta}$:

$$\bar{\delta} = (1 - h)\delta_1 + h\bar{\delta} + \Delta\epsilon + \epsilon_{eq}$$

其中: $\bar{\delta}$ 表示经过长时间蒸发后,接近稳定状态的湖水 δ 值; δ_1 表示所有入流量的加权平均同位素组成,一般情况下,接近于湖泊区大气降水的平均同位素组成; h 表示空气相对湿度; $\bar{\delta}$ 表示空气水汽的平均同位素组成; $\Delta\epsilon$ 为动力富集系数; ϵ_{eq} 表示平衡富集系数。

湖泊水体对气候变化敏感,其水温几乎与气温同步变化^[11],温度变幅大,造成碳酸盐氧同位素也产生较大幅度的变动,所以通过湖泊沉积碳酸盐氧同位素便可知道湖水的温度,也就间接地知道了古气候的温度状况。

2.3 碳同位素

湖泊沉积物碳酸盐的碳同位素组成主要与大气 CO_2 和湖泊水体中碳的交换、湖水的硬度、湖泊生产力等因素有关。大气 CO_2 与湖泊水体中碳的交换程度越高,湖泊沉积物自生碳酸盐碳同位素富含 ^{13}C ,这是因为在 CO_2 水-气交换的过程中,会产生碳同位素分馏效应,富 ^{12}C 的 CO_2 优先向大气扩散,使得湖水相对富集 ^{13}C ,最终也导致湖泊沉积物自生碳酸盐沉淀的 $\delta^{13}\text{C}$ 增大。另外,湖水的硬度也是影响

湖泊沉积物碳酸盐碳同位素组成的主要因素,湖水的硬度高,湖水含有溶解大气 CO_2 量少,湖泊沉积物碳酸盐富集 ^{13}C 。

当气候变干时,湖水蒸发浓缩,硬度变大,湖水相对富集质量更大的 ^{13}C ,陆地上植被以 C_4 光合富集 ^{13}C 的草本植物为主,淋溶和生态交换使得入湖径流中也相对富集 ^{13}C ,最后沉淀在碳酸盐中的 $\delta^{13}\text{C}$ 值更大;反之,气候变湿,湖水上涨,相对溶解大气 CO_2 的能力增强,陆地上以 C_3 光合贫 ^{13}C 的森林为主,致使湖水中相对富集 ^{12}C ,导致沉淀在碳酸盐中的 $\delta^{13}\text{C}$ 值减小。

一般说来,纯水中碳酸盐(如 MgCO_3 , CaCO_3 等)的溶解度比较小,而一旦加入强电解质(如 KCl , NaCl 等),碳酸盐的溶解度就要增大,溶液的硬度也相应的随着增加。即溶液的盐度增加,其硬度也增大。反过来说,溶液硬度的高低反映了溶液盐度的大小。因此,对处于碳酸盐沉积阶段的湖泊而言,湖水硬度的高低定性地指示了湖泊水体蒸发浓缩的程度,它体现了湖泊盐度随气候条件的变化。

根据碳酸盐的氧碳同位素组成,可以区别海水、半咸水和淡水。Weber曾用下式来区分侏罗纪以来形成的咸水和淡水碳酸盐(卢武长,1986):

$$Z = 2.048(\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} + 50) + 0.498(\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}} + 50)$$

判别方法是:当 $Z > 120$ 时为咸水-半咸水环境,当 $Z < 120$ 时为淡水环境。咸水-半咸水环境反映了干旱-半干旱的古气候条件,而淡水环境则暗示了温暖湿润的古气候条件。

2.4 碳酸盐含量

碳酸盐尤其是碳酸钙的含量可以很好地反映沉积物形成时的气候状况。由于碳酸钙的溶解度随着温度的升高而下降,当气候处于干冷期时,湖水蒸发强烈,蒸发量大于降雨补给量,湖水水体减少,碳酸钙就会由于过饱和而沉积下来;当气候处于暖湿期时,降雨量充沛,湖水补给量大于蒸发量,湖水丰富,碳酸钙不易形成沉淀。因此,测定沉积物的碳酸盐含量可以很好地恢复古环境中发生沉积作用时的古气候条件。

2.5 有机质含量

沉积物中有机质的来源包括内源输入和外源输入,内源输入的有机质主要由水体中的动植物残体、水生植物和浮游生物提供,而外源输入主要通过外界水源补给过程中携带进来的颗粒态和溶解态有机质。在人类活动干扰较小的湖泊沉积中,有机质以

内源输入为主。据研究^[13],天然湖泊沉积物中内源输入的有机质可占沉积物有机质总量的90%以上(陈文新,1990)。在古湖泊环境的诸多因子中,水生植物和浮游生物的相对数量受湖水深浅的变化影响,而湖水深浅的变化则受气候条件的控制^[15~18]。因此,湖泊中水生植物和浮游生物的相对数量控制着的湖泊中有机质的含量。温暖湿润的古气候环境,入湖径流量大,带来了丰富的外源有机质和营养物质,有利于湖泊中各种生物的繁盛,在这种气候条件下,保存在沉积物中的有机质总量较高,相反,在极其恶劣的气候条件下(如干旱-半干旱),入湖径流量小,外源有机质减少,营养物质低下,不利于生物的生存和繁盛,在这种情况下,保存在沉积物中的有机质总量较低。

3 古气候、古环境指标反映的地质灾害信息浅析

已有研究表明^[2~7],地质灾害的发生与气候条件和环境状况具有密切联系。对一定的地质环境而言,当降雨参数到达某阈值时,就可能诱发滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害;在干旱、半干旱地区,由于降水少,降雨时间短,雨水主要通过渗透进入地下水循环系统,此时滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害很少因降雨发生,即使短时暴雨也不能引起滑坡、崩塌、泥石流。多数地质灾害发生在一定的气候环境(如暖湿和湿热地区以及冷湿和温带亚湿润暴雨带),即只有在降雨量和降雨强度大、降雨时间长的地区,地下水循环系统达到饱和的情况下,才容易诱发滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害。

既然地质灾害与气候和环境条件紧密相关,那么,地质灾害信息就应该在上述各种气候和环境条件的代用指标中有所反映。在上面分析了常用的一些古气候(环境)代用指标的基础上,笔者接下来简略讨论它们可能暗示的地质灾害信息。

3.1 地质灾害信息在古气候、古环境指标上的表现

众所周知,沉积物粒度大小受搬运介质和搬运营力强度的控制,与沉积环境和古气候条件密切相关。在正常的情况下,沉积物经过不同介质搬运之后(特别是比较稳定而单一的介质搬运,如流水作用、风力作用和海洋作用等),在粒度分布上,一般遵循正态分布(Gauss Law)。沿搬运方向,沉积物的粒度越来越细,分选越来越好,此时湖心沉积主要是细粒-极细粒粘土。但如果由于气候等因素的变化诱发了地质灾害(如滑坡、崩塌、泥石流等),沉积物的

搬运营力增大,较粗粒沉积物在搬运方向上可以搬运到更远的部位沉积下来,这就使得在正常情况下的湖心处也可能沉积较粗粒的物质,这种情况下,沉积物粒度就会偏离正态分布,就会在各种粒度参数上有所反映,如平均粒径、标准偏差与上下层位相比可能增大。图 1 显示了泥石流沉积物和其它正常沉积物在平均粒径(M_z)组成上的差异^[19]。

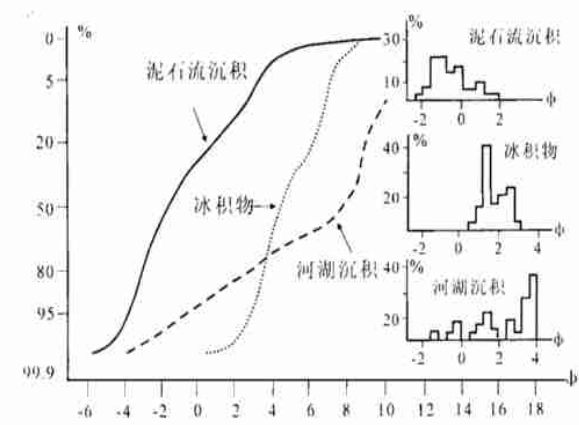


图 1 泥石流沉积物的平均粒径和其它沉积物的差异(据李昌志, 1999)

Fig.1 The differences in mean grain sizes of debris flow sediments and other sediments (after Li Changzhi, 1999)

由于多数地质灾害发生在一定的气候环境下(如暖湿和湿热地区以及冷湿和温带亚湿润暴雨带),从前面古气候、古环境指标分析中我们可以看出,地质灾害信息表现在碳酸盐的氧碳同位素组成上,应该具有较低的 $\delta^{18}O$ 值和 $\delta^{13}C$ 值,在碳酸盐含量和有机质含量上,前者应该较低而后者较高。结合沉积物粒度分析,这些特征可能指示了地质灾害方面的信息。

3.2 古气候、古环境指标中地质灾害信息的提取思路

既然地质灾害信息在古气候、古环境指标上有所反映,因此,提取古气候、古环境指标中蕴涵的地质灾害信息,就成为研究的重点,同时也是研究的难点,它涉及到参数和方法选择方面的问题。笔者引用前人研究成果,主要讨论如何通过沉积物粒度参数来提取地质灾害信息。

一些学者研究后认为,通过沉积物粒度参数,运用判别分析方法,可以判断介质条件和沉积环境。萨胡(1964)、兰迪姆(1968)和李昌志等(1999)分别采用判别分析研究了碎屑沉积物特征,并提出了一些判别公式来识别沉积环境(表 1),程军(1990)检验了这种方法的可靠性,张振拴等(1992)提出了一些通过沉积物粒度判别沉积环境的图解(图 2)^[20]。

表 1 不同沉积环境的沉积物粒度参数判别公式

Table 1 Discriminant formulas of sediment grain-size parameters for different sedimentary environments

编 号	沉 积 环 境	判 别 公 式	判 别 方 法
1	风成和海滩	$Y = -3.6588M_z + 3.7016 - 2.0766Sk + 3.115KG$	$Y < -2.7411$ 为风成砂 $Y > -2.7411$ 为海滩
2	海滩和浅海	$Y = 15.6534M_z + 65.7091\sigma + 18.1071Sk + 18.5043KG$	$Y < 65.3650$ 为海滩 $Y > 65.3650$ 为浅海
3	浅海和河流	$Y = 0.2852M_z - 8.7064\sigma - 4.8932Sk + 0.0482KG$	$Y < -7.4190$ 为河流 $Y > -7.4190$ 为浅海
4	河流和浊流	$Y = 0.7215M_z - 0.4030\sigma + 6.732Sk + 5.292KG$	$Y < 9.8433$ 为浊流 $Y > 9.8433$ 为河流
5	冰积物和冲积扇	$Y = 0.00405M_z + 0.2381\sigma - 0.05616Sk + 0.10365KG$	$Y < 0.12809$ 为冲积扇 $Y > 0.12809$ 为冰积物
6	冰积物和冰水沉积	$Y = -0.00256M_z + 0.0350\sigma + 0.2578Sk - 0.01549KG$	$Y < 0.8133$ 为冰水沉积 $Y > 0.8133$ 为冰积物
7	泥石流和冰积物	$Y = 0.86486M_z - 0.70819Q - 5.01804Sk + 0.01084KG$	$Y < -2.6415$ 为泥石流 $Y > -2.6415$ 为冰积物
8	泥石流和河湖沉积	$Y = 0.71345M_z - 4.04274Q + 0.18417Sk - 0.52035KG$	$Y < -11.8405$ 为泥石流 $Y > -11.8405$ 为河湖沉积
9	冰积物和河湖沉积	$Y = -0.07021M_z - 7.6609Q + 0.09191Sk - 1.98192KG$	$Y < -23.4333$ 为冰积物 $Y > -23.4333$ 为河湖沉积

注: 1-6 转引自程军(1990, 其中: 1-4 为萨胡, 1964; 5-6 为兰迪姆, 1968), 7-9 引自李昌志(1999);
 M_z —平均粒径, σ —分选系数, Sk —偏度, KG —峰度, Q —方差

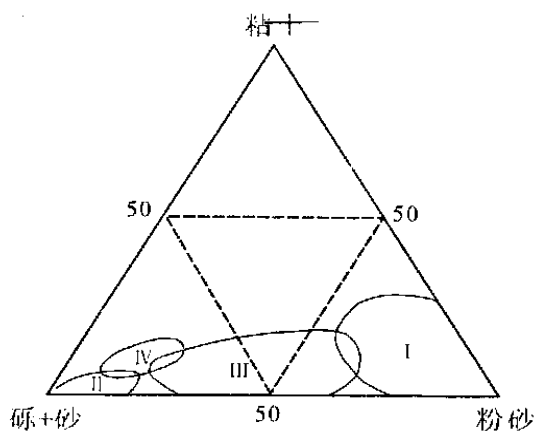


图2 泥石流与冰积物粒度在三角图中的分布(据张振拴等, 1992)

I. 泥流; II. 水石流; III. 粘性泥石流; IV. 冰积物

Fig. 2 The distribution of debris flow sediments and ice-borne sediments in the grain-size triangle diagram (after Zhang Zhenshuan et al., 1992)

I = mud flow; II = rock flow; III = viscous debris flow; IV = ice-borne sediments

那么, 我们应该如何通过这些公式或图解来获取地质灾害信息呢?

如前所述, 地质灾害信息可以通过沉积物粒度特征反映出来。反过来, 如果我们通过沉积物粒度分析试验, 计算各种粒度参数, 根据图2和表1来判断沉积物的沉积环境, 确定有无泥石流的贡献, 从中寻找有关地质灾害方面的信息。同时结合其它古气候、古环境代用指标, 并结合沉积物野外地质产状、上下层位关系、沿走向变化情况以及区域构造演化史, 对各种信息做出正确合理的解释, 就可以提取相关的地质灾害信息。

4 结语

在论述反映古气候和古环境的各种代用指标基础上, 讨论了它们在揭示地质灾害信息方面意义, 简要分析了从中提取地质灾害信息的方法和思路。认为在沉积物粒度判别基础上, 沉积物表现出的较低 $\delta^{18}\text{O}$ 值、较低 $\delta^{13}\text{C}$ 值和较低碳酸盐含量以及较高的有机质含量特征可能指示了地质灾害方面的信息。

参考文献:

[1] 吉磊. 中国过去 2000 年湖泊沉积记录的高分辨率研究: 现状与问题[J]. 地球科学进展, 1995, 10(2): 169—173.

[2] 唐永仪. 新构造运动在陇南滑坡泥石流形成中的作用[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1992, 23(4): 152—160.

[3] 曾克峰, 韩庆之, 梁杏, 等. 新构造运动及气候变化与溶洞及滑坡演化——以金沙江雷波地区为例[J]. 地质科技情报, 1998, 17(增刊2), 54—58.

[4] 刘铁良. 铁路工程地质环境对气候变化的反映[J]. 地质灾害与环境保护, 1996, 7(2): 33—37.

[5] 谢守益, 李明生, 徐卫亚. 黄腊石滑坡群演化与古环境气候的关系[J]. 武汉水利电力大学(宜昌)学报, 1999, 21(3): 187—190.

[6] 谢守益, 徐卫亚. 黄腊石滑坡降雨诱发的概率分析[J]. 葛洲坝水电工程学院学报, 1995, 17(3): 1—6.

[7] 谢守益, 张学年, 许兵. 长江三峡库区典型滑坡降雨诱发的概率分析[J]. 工程地质学报, 1995, 4(2): 60—69.

[8] 刘魁梧. 古气候的影响因素及恢复标志[J]. 国外地质, 1991, (1): 5—10.

[9] 曹军骥, 张小曳, 程燕, 等. 晚新生代红粘土的粒度分布及其指示的冬季风演变[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(3): 99—106.

[10] 施祺, 王建明, 陈发虎. 石羊河古终端湖泊沉积物粒度特征与沉积环境初探[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1999, 35(1): 194—198.

[11] 施雅风, 李吉均, 李炳元. 青藏高原晚新生代隆升与环境变化[M]. 广州: 广东科学技术出版社, 1998. 52—189.

[12] 吴敬禄, 王苏民. 青藏高原东部 RM 孔碳酸盐氧同位素揭示的末次间冰期气候特征[J]. 科学通报, 1996, 41(17): 1601—1604.

[13] 林瑞芬, 卫克勤. 新疆玛纳斯湖沉积物氧同位素记录的古气候信息探讨——与青海湖和色林错比较[J]. 第四纪研究, 1998, (4): 308—316.

[14] 钟巍. 南疆博斯腾湖末次冰消期新仙女木事件的记录[J]. 湖泊科学, 1999, 11(1): 28—32.

[15] 陈文新. 土壤和环境微生物学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1990. 75—78.

[16] 林清, 王国青. 青藏高原清水河冻结湖相沉积有机质特征和古湖泊环境变化[J]. 冰川冻土, 1999, 21(3): 220—224.

[17] 朱广伟, 陈英旭. 沉积物中有机质的环境行为研究进展[J]. 湖泊科学, 2001, 13(3): 272—279.

[18] 刘春莲, 杨建林, Hans-Joachim Rohl, 等. 影响湖相沉积岩中有机碳分布的主要因素——以三水盆地为例[J]. 沉积学报, 2001, 19(1): 113—116.

[19] 李昌志, 王裕宜. 泥石流、冰碛和河湖沉积物的粒度特征及判别[J]. 山地学报, 1999, 17(1): 50—54.

[20] 张振拴, 刘彦卿. 泥石流沉积物的粒度图象特征[J]. 河北地质学院学报, 1992, 15(1): 41—50.

The preliminary study of palaeoclimatic and palaeoenvironmental indicators and their information on geological disasters in lake records

DUAN Li-ping, WANG Lan-sheng, DONG Xiao-bi

(*Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China*)

Abstract: The occurrence of geological disasters is interpreted to be closely related to palaeoclimatic and palaeoenvironmental changes. In this paper, the authors present a new analysis of palaeoclimatic and palaeoenvironmental indicators and their information on geological disasters as revealed by lake records. For a given geological environment, when the precipitates reach their upper limits, some geological disasters such as landslides, collapses and clastic flows may be triggered. In other words they are often initiated in the areas where the amount and strength of the precipitates are great enough to cause the cyclic systems of ground water to be saturated. The information on geological disasters may be detected from grain sizes, lower $\delta^{18}\text{O}$ and lower $\delta^{13}\text{C}$ values, lower carbonate contents, and higher organic matter contents of the sediments preserved in the lacustrine environments.

Key words: palaeoclimate; palaeoenvironment; multi-indicator; information on geological disasters; lake record