

西藏札达盆地古格组剖面沉积环境演化特征

王 津 朱大岗 孟宪刚 邵兆刚 余 佳
韩建恩 孟庆伟 吕荣平

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

摘要:通过对西藏札达盆地古格组剖面的实际调查以及沉积物粒度、磁化率、碳酸盐等环境指标的分析,结合古地磁和 ESR 法测年资料,探讨了古格组 4.4~2.74 Ma 的沉积环境变化。分析结果表明 4.4 Ma 象泉运动以后,札达盆地沉积环境发生了显著变化,沉积环境由前期河流相沉积向湖相沉积转变。形成了厚度达 500 余米的古格组沉积,反映札达古湖沉积由滨湖—浅湖—半深湖—滨浅湖阶段的变化,即湖泊产生—发展—消亡的全过程。其发育过程与晚新生代以来高原隆升以及气候、环境变化密切相关。

关键词:西藏;札达盆地;古格组;沉积环境

中图分类号:P534.62;P534.63 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2006)05-1005-08

札达盆地位于青藏高原西南部札达县境内,是发育于喜马拉雅山脉及其北支脉阿伊拉日居之间的晚新生代断陷盆地(图 1),盆地空间上呈 NW—SE 向展布,南北宽 37~55 km,最宽处(札达)约 70 km,东西长约 240 km,平均海拔 4 500 m。盆地内上新世—早更新世河湖相地层分布面积约 5 600 km²,沉积厚度大于 800 m。盆地基底主要为中生代砂板岩,北部出露少量花岗岩、超基性岩等,在盆地南部喜马拉雅山一带主要为中生代砂板岩、灰岩及一些深变质的片麻岩等。盆地中河湖相碎屑沉积地层(N₂—Q₁)不整合于前中生代地层之上^[1]。

盆地内部发育的这套巨厚河、湖相地层,张青松等^[2]称为札达组,时代定为上新世;钱方^[3-5]称为札达组和香孜组,时代定为上新世至早更新世。野外工作表明^[6],该套上新世—早更新世河湖相地层可划分为新近系上新统托林组(N₂^t)、古格组(N₂^g)和第四系下更新统香孜组(Qp^{1-x})。其中托林组以河流相为主,岩性主要由砾岩、含砾砂岩、中粗砾砂岩及少量砂质泥岩组成;古格组以粉细砂岩、泥质砂岩和泥岩为主,总体为湖相沉积,在上下两组之间存在沉积间断,为平行不整合—微角度不整合。香孜组地层岩性以砾岩、含砾砂岩和砂质泥岩为主,下部属冰水砂砾层,上部属冰缘相,顶部发育薄

层纹泥,为冰湖相。古格组与香孜组之间为角度不整合接触,这两次不整合面的存在分别与本区两次构造运动——“象泉运动”与“古格运动”对应^[7]。

古格组的沉积记录,代表了札达古湖泊的主要发育阶段,笔者根据古格组地层沉积物特征,利用粒度、磁化率、碳酸盐等多种环境代用指标对本套地层的沉积环境进行了分析,进而探讨札达盆地发育、演化过程与高原隆升及气候环境变化的关系。

1 古格组地层剖面特征

古格组地层剖面位于札达县以西多几东沟一带,剖面大体沿山梁垂直到山脚,剖面厚约 526.4 m,分别由顶底相接的 P₁ 和 P₂ 两个剖面组成,剖面地层产状近水平,发育有水平层理,多呈薄层状,属于湖泊发育期湖相沉积地层。剖面起点座标:N31°28'11",E79°44'16",海拔 3 771 m(GPS 测量)。根据野外观察,按其岩性特征,将剖面由上至下划分为 45 层,地层韵律特征明显,分别代表了札达古湖从发育、扩张、最终到萎缩的完整发育过程,剖面分层描述如下:

上覆地层:下更新统香孜组(Qp^{1-x})砾岩、含砾砂岩和砂质泥岩

收稿日期:2006-06-29;改回日期:2006-08-08

基金项目:中国地质调查局项目“青藏高原第三纪重点古湖泊环境演变序列”(200313000066)和“青藏高原生态地质环境遥感调查与监测”(200315100002)共同资助。

作者简介:王津,女,1970 年生,工程师,主要从事地理信息系统、第四纪与环境等方面的研究;E-mail:wangjin@cags.net.cn。

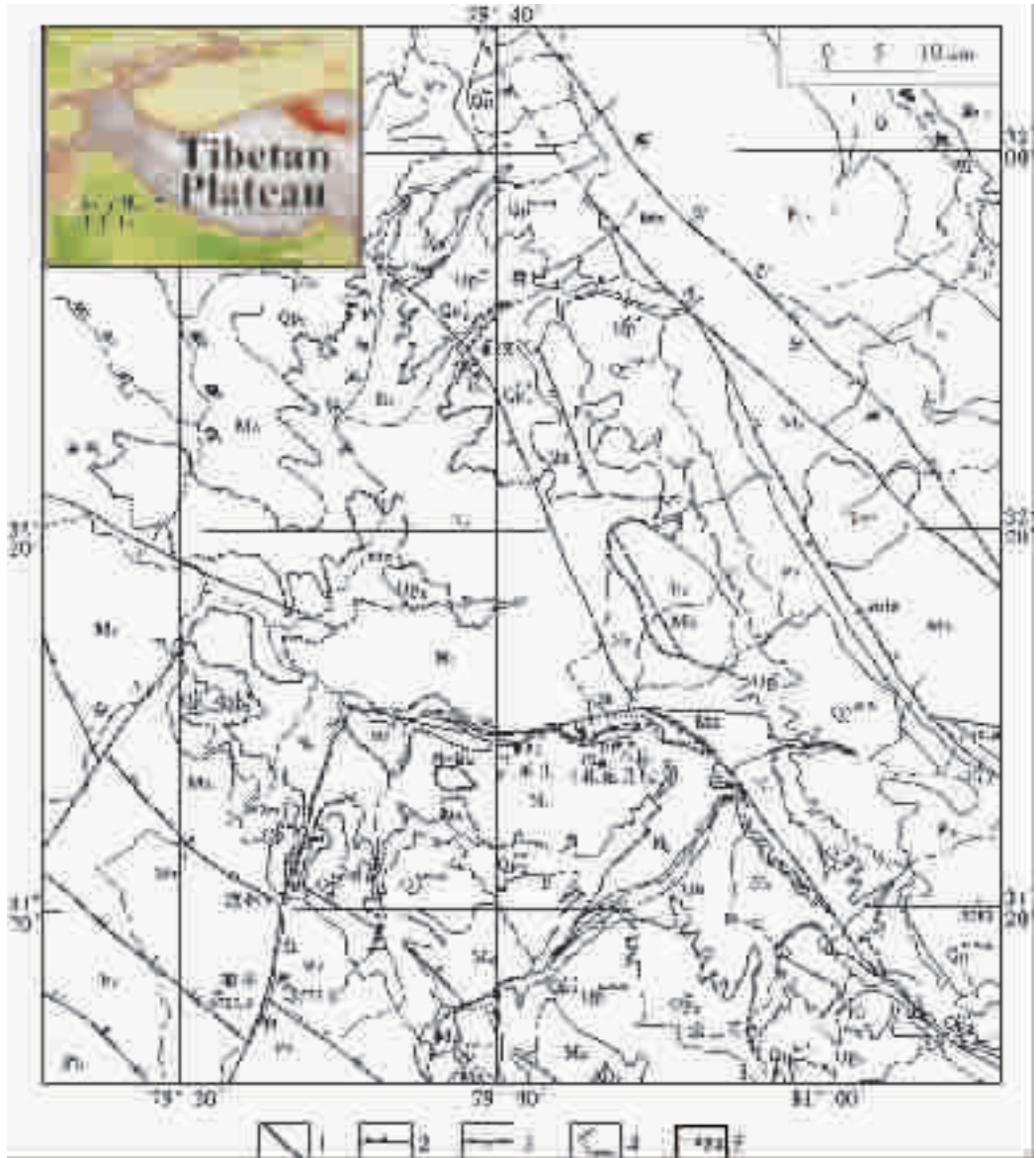


图1 西藏札达盆地构造地质图

Qp^{1-1x}—下更新统香孜组; Qp¹⁻⁽²⁻⁵⁾—下更新统冰水冰碛堆积; Qp²⁺³—中上更新统冰碛冰水堆积; Q—第四系未分;
 N₂—上新统含托林组及古格组; Mz—中生界; Pz—古生界; Pt₁—古元古界; mlg—构造混杂岩类; γ₅₋₆—花岗岩类;
 Σ—超基性岩; 1—断层; 2—正断层; 3—逆断层; 4—不整合界线; 5—剖面及编号

Fig.1 Tectonic sketch map of the Zanda basin, Tibet

Qp^{1-1x} - Lower Pleistocene Qangzê Formation; Qp¹⁻⁽²⁻⁵⁾ - Lower Pleistocene glaciofluvial and moraine deposits; Qp²⁺³ - Middle and Upper Pleistocene moraine and glaciofluvial deposits; Q - Quaternary, undivided; N₂ - Pliocene with the Toling and Guge formations; Mz - Mesozoic; Pz - Paleozoic; Pt₁ - Paleoproterozoic; mlg - tectonic mélangé; γ₅₋₆ - granite; Σ - ultrabasic rocks;
 1 - Fault; 2 - Normal fault; 3 - Reverse fault; 4 - Unconformity; 5 - Section and number

地层	厚度	岩性	厚度
古格组(N ₂ g)	526.4 m	1. 砾岩与泥质粉砂岩互层	38.2 m
		2. 土黄色泥质粉砂岩	13.2 m
		3. 桔黄色泥质粉砂岩	3.1 m
		4. 灰色中粗粒长石石英杂砂岩	14.2 m
		5. 灰黄色泥质粉砂岩	11.3 m

6.灰色中粗粒长石石英杂砂岩	6.5 m
7.灰黄色泥质粉砂岩,产植物化石:禾草 <i>Graminites</i> sp.	4 m
8.灰色中粗粒长石石英杂砂岩	3 m
9.灰黄色含粉砂质粘土岩	10.7 m
10.灰色砾岩	1.3 m
11.灰黄色细粒钙质岩屑长石砂岩	9 m
12.桔黄色粉砂质泥岩	26.5 m
13.灰色含砾中粗粒长石石英杂砂岩与灰黄色粉砂质泥岩互层	17.5 m
14.灰色泥质粉砂岩	5 m
15.灰红色含生屑砂质粘土岩	21.2 m
16.灰色含砾中粗粒长石石英杂砂岩	6 m
17.灰色细砂岩	5 m
18.灰红色含生屑砂质粘土岩	15.5 m
19.灰黑色泥质粉砂岩夹灰黄色细砂岩	10.5 m
20.灰黄色细砂岩	9.5 m
21.灰红色泥质粉砂岩与灰黄色中细粒长石石英杂砂岩互层	7 m
22.灰红色泥质粉砂岩夹少量灰黄色中细粒长石石英杂砂岩	13 m
23.灰红色泥质粉砂岩与灰黄色中细粒长石石英杂砂岩互层	19 m
24.灰黄色含砾中粗粒长石石英杂砂岩夹灰黄色细砂岩,产腹足类	8 m
25.深灰色含砂质生屑钙质粘土岩,产丰富的腹足类:似天鹅螺、小隐螺、圆扁卷螺、萝卜螺等	13 m
26.灰黄色含砾中粗粒长石石英杂砂岩夹钙质岩屑长石粗砂岩	49 m
27.深灰色粉砂质泥岩夹灰黄色中细粒长石石英杂砂岩	6.5 m
28.灰黄色含砾长石石英粗砂岩与中细粒长石石英砂岩互层	25.5 m
29.深灰色粉砂质泥岩	1.3 m
30.灰红色泥质粉砂岩	3.7 m
31.灰黄色含砾粗粒长石石英杂砂岩夹中细粒长石石英杂砂岩	19.8 m
32.深灰色粉砂质泥岩与灰红色泥质粉砂岩互层	5.5 m
33.灰黄色含砾粗粒长石石英杂砂岩夹灰黄色中细粒长石石英杂砂岩	27.5 m
34.深灰色粉砂质泥岩与灰黄色泥质粉砂岩互层	24 m
35.青灰色粉砂质泥岩	2.7 m
36.灰黄色细粒岩屑砂岩	2.5 m
37.灰黄色砂质泥岩	3.7 m
38.青灰色细粒岩屑砂岩与灰黄色泥质粉砂岩互层	7.5 m
39.青灰色砂质粘土岩	3 m
40.灰黄色中细粒岩屑砂岩	2.5 m
41.灰黄色粘土质粉砂岩	6 m
42.灰黄色中粗粒含砾岩屑砂岩	4.5 m

43.灰黑色中粗粒岩屑砂岩	3 m
44.灰黄色中粒长石岩屑砂岩夹青灰色含铁质粉砂岩	9 m
45.杂色巨厚层砾岩	28 m

——平行不整合——

托林组(N_2t)砾岩、含砾砂岩、中粗砾砂岩及少量砂质泥岩

2 磁化率、粒度和碳酸盐分析

在古格组湖相沉积剖面内,按 20~30 cm 间距进行了连续采样,根据岩性分层情况和每层的厚度变化,共选取了剖面中 184 个样品进行磁化率、粒度和碳酸盐分析鉴定。粒度测试使用中国科学院南京地理与湖泊研究所研制的 CG-1 离心沉降式粒度分布测定仪测定,磁化率测定使用南京师范大学与江苏海洋大地科技公司研制的 SUS-942 磁化率仪测量完成,碳酸盐含量使用中国科学院南京地理与湖泊研究所研制的碳酸盐含量分析仪测定。札达盆地古格组剖面的磁化率、粒度和碳酸盐分析表明(图 2),这三项指标存在着明显的韵律波动,反映了西藏札达古湖沉积环境的变化过程,其中粒度的变化范围在 5.9~31.9 μm ,磁化率在 0.9×10^{-6} ~ 350.9×10^{-6} SI,碳酸盐含量为 0.08%~58.4%。

2.1 粒度、磁化率和碳酸盐所指示的环境意义

湖泊沉积物的粒度特征由沉积物物源的原始颗粒、流体搬运能力及沉积环境共同控制。沉积物粒度组成与沉积环境不是简单的线性对应关系。一方面,当雨量充沛,地表流量大,湖水补给充分,湖面升高,湖岸后退,同一沉积位置由于距湖岸远,湖水能量降低使得沉积物质变细。另一方面,由于地表径流增大,入湖流体整体水动力增强,较粗颗粒也可以被带到离湖岸更远的地方,甚至湖心;反之,气候干旱时,可以是因湖面降低使沉积粗颗粒增大,而随之而来的较弱的地表径流也会造成流体搬运能力的降低,使沉积物质变细。因此,利用粒度特征判识沉积环境的变化时,还要具体考虑湖泊及流域具体特征。同时结合磁化率、碳酸盐等其他环境指标综合分析。古格组粒度测量结果表明,上述两种情况在测量曲线中均有反映,一方面,随着札达古湖的逐渐产生、发展,到逐渐萎缩消亡,沉积物粒度存在高、低、高的变化特征,反映古湖面总体低—高—低的变化规律。另一方面,札达古湖在空间上呈东西向展布,与区域构造带平行,南北延伸窄,同时两侧山体陡立,地表是水动力条件很强,这一特点使得湖泊沉积粒度与入湖水动力条件存在明显的相关关系。即沉积物粒度会在入湖水动力条件增大时存在一个相对加高的过程,这一过程与低碳酸盐含量对应,是湖泊水量充沛,相对湿润环境的反映。

碳酸盐含量反映了由于沉积环境变化而导致湖泊水化学成分的变化,是湖相沉积形成过程中的古沉积环境特征的反映,碳酸盐含量和变化受湖区的气候特征和入湖水量变化的制约。当蒸发量远远大于降水量,湖水中的 Ca^{2+} 离子出现过饱和状态,碳酸盐开始结晶沉淀;而入湖水量增大时,湖水淡化,湖泊沉积物碳酸盐含量降低^[12-16],碳酸盐含量升高代表

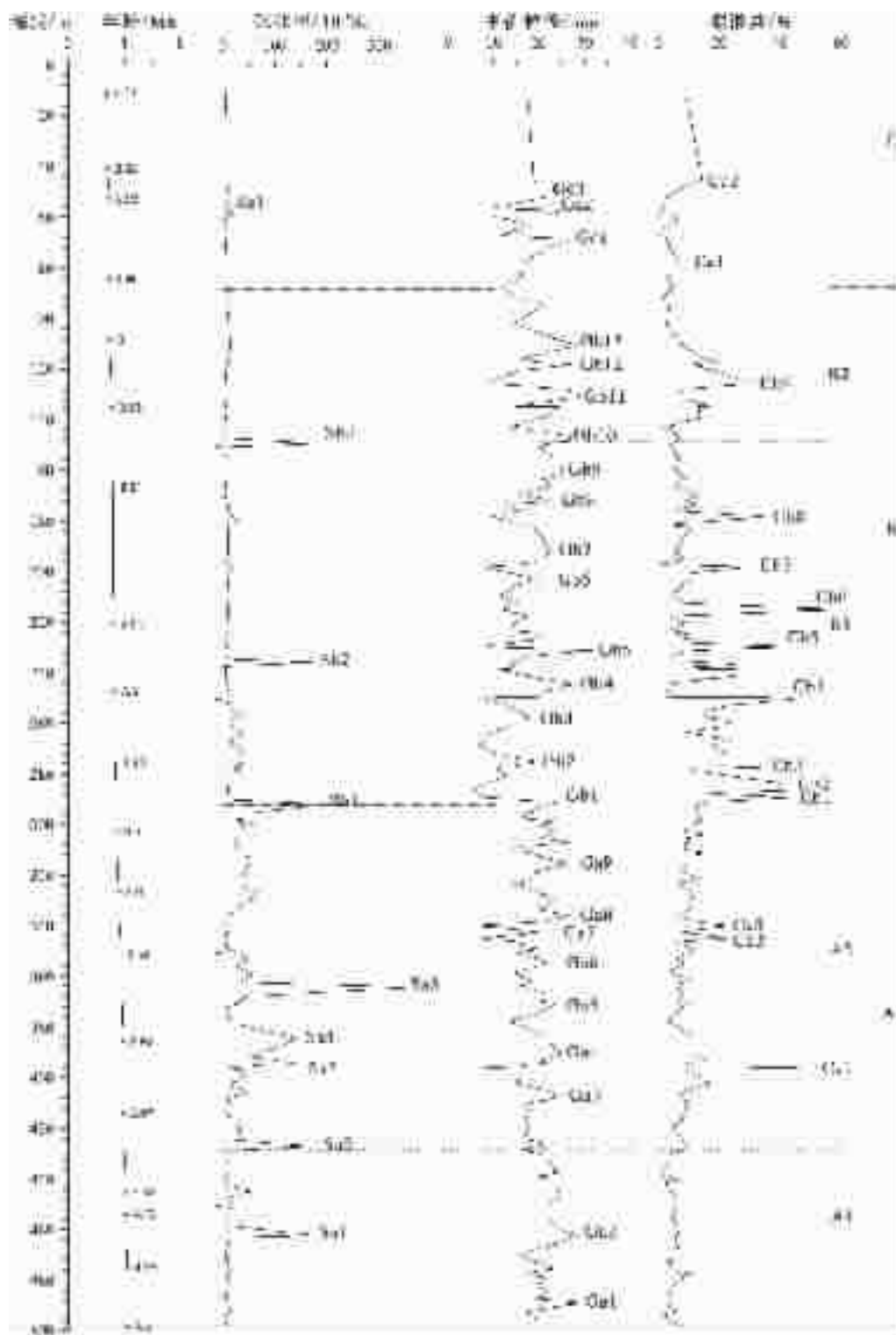


图 2 西藏札达盆地古格组湖相沉积物粒度、碳酸盐和磁化率分析结果

(ESR 年龄由成都理工大学 ESR 实验室梁兴中教授采用 α 石英热活化 ESR 定年法在 2004 年测定)

Fig.2 Granulometric, carbonate and susceptibility analysis of lacustrine sediments in the Guge Formation of the Zanda basin, Tibet
(The ESR age determined by Liang Xing-zhong using heat-activated ESR dating of α quartz at the ESR Laboratory of Chengdu University of Technology in 2004)

入湖水量减少,蒸发量增大的相对于干旱环境。在本次测量结果中,碳酸盐含量同样反映了上述特征。曲线中碳酸盐含量的每一次升高,都反映了一个相对于干旱阶段的存在。其变化幅度与干旱环境发生的程度和湖泊发育阶段密切相关。测量结果显示,在湖泊达到最大发育阶段后,碳酸盐含量高值区的幅度和频率均大幅度增加。有明显的 9 次高值反映。升高次数和幅度均属剖面之最,说明在本区,随着湖泊达到最大发育阶段,沉积环境逐渐转向干旱,湖泊开始向萎缩方向转化。

湖泊沉积物的磁化率取决于沉积物物源特征和湖泊的环境过程(包括沉积环境中磁性矿物的形成、搬运、沉积和演化)。湖泊沉积物的磁性特征可以反映其古环境气候条件^[9-10],粒度分析表明,沉积物中磁性物质细颗粒组分含量高时磁化率较高,当粗颗粒组分含量高时磁化率较低。在研究区,由于札达盆地沉积物来自于紧邻盆地两侧的喜马拉雅山和阿依拉日居两大山系,物源搬运距离近,风化产物无法达到很微小的粒级,而碎屑沉积物中的磁性物质一般都存在于重矿物组合之中,相同水动力条件下,磁性矿物颗粒往往与更粗的轻矿物颗粒一同搬运。在曲线中反映磁化率高极值对应的粒度值也较高,说明在本区,磁性物质只有在水动力条件达到一定程度时才能从物源区被搬出,而当水动力条件进一步增强,随着磁性组分中粗颗粒组分含量的加大,沉积物随之又表现为低磁化率特征。即在本区磁化率高极值常与沉积物中等粒度值和低碳酸盐值对应,是湖泊入水量增加、气候朝湿润方向发展的反映。从磁化率曲线的整体变化规律上看,随着湖泊达到最大发育阶段,由于水动力条件的降低,以及湖泊水深加大而产生的还原环境,制约了高磁化率的产生,使得湖泊发育后期无论是高磁化率出现的频率,还是整体磁化率水平,均较前期有明显减弱。

2.2 粒度、磁化率和碳酸盐变化特征

根据沉积物粒度、磁化率和碳酸盐曲线的总体特征,可将古格组沉积地层划分为 3 个阶段(A、B、C),分别与札达新近系古湖泊发育的滨湖-浅湖、半深湖、滨浅湖阶段对应。其中第一个阶段又可进一步划分为滨湖-三角洲环境、滨浅湖环境(A1、A2)。第二个阶段以湖泊最大发育期为界,可进一步分为湖泊扩张期和湖泊收缩期(B1、B2)。各期沉积环境变化特征如下。

A1 带(4.30~4.07 Ma)属于湖泊发育初期,沉积物粒度总体处于较高水平,并存在高低相间的韵律变化特征,反映气候、环境变化的波动特征,湖泊水位较低。碳酸盐总体含量较低,波动幅度不大,表明此时沉积环境属较为稳定的高温湿润条件。

磁化率在该段出现一次较明显的高极值(Sa1),对应的粒度也较高,代表一次较为明显的水量增大事件。并与高粒度极值(Ga2)和低的碳酸盐含量对应,反映整个流域水动力条件增大,流体搬运能力逐渐增强。

A2 带(4.07~3.42 Ma)磁化率整体幅度增加,并存在 4 次明显高极值,反映在 A1 带过后,沉积环境继续向湿润方向发

展,粒度值整体较高,碳酸盐含量处于低值状态,反映入湖水量的进一步增加,流域水动力条件增强。同时整个流域在湿润、高水动力背景下存在小幅波动。其中高碳酸盐含量 Ca1 的出现代表了一次较为明显的干旱事件,与之对应的是粒度的急剧降低和低磁化率的出现,表明此时入湖水量减少,水动力条件减弱导致流体搬运能力降低,湖水蒸发量远大于补给量。随着这一干旱过程的结束,高磁化率极值 Sa3 的出现反映了沉积环境继续向湿润环境发展,雨量充沛,粒度和碳酸盐对应为低值,湖泊水位进一步升高。连续周期性的 3 个磁化率高极值(Sa3、Sa4、Sa5)的出现和其后保持相当长时间的碳酸盐低值状态反映了札达古湖持续稳定扩大,而粒度的小幅度波动,反映沉积环境在向湿润方向发展中还同时存在波动,而在 A2 带后期出现的两次碳酸盐小幅度升高(Ca2、Ca3),代表了小幅波动中两次较为强烈的干旱阶段。经过本阶段湖泊稳定发育之后,札达古湖进入全盛时期。

B1 带(3.42~3.18 Ma)沉积环境较前期 A2 带产生了显著的变化特征,首先沉积物磁化率整体幅度和高极值出现的频率较前期有大幅度的减弱。同时总体粒度值出现大幅下降,与札达古湖所处的高湖面时期对应。沉积物中产大量腹足类及孢粉化石,气候适宜,生物大量繁殖。而碳酸盐含量高值区的幅度和频率均较前期有大幅度增加。带内有明显的 8 次高值反映(Cb1-Cb8)。高极值频率和幅度均属剖面之最,反映湖泊达到最大发育阶段后,干旱事件逐渐成为主导,湖泊开始向萎缩方向转化。

B2 带(3.18~2.96 Ma)磁化率高极值只出现一次(Sb3),干旱过程明显增强,粒度值整体升高,湖水在稳定中逐渐变浅,碳酸盐含量高值(Cb9)的出现,代表了沉积环境持续向干旱方向转化,沉积物粒度进一步升高,反映湖泊面积和总水量进一步减少,气候开始向干冷方向发展。

C 带(2.96~2.74 Ma)粒度出现小幅度快速波动后趋于稳定,并过渡为高粒度特征,磁化率保持了 B2 带的低值特征,碳酸盐含量急剧减少,气候持续向干冷方向发展,湖泊进一步萎缩。

磁化率、粒度和碳酸盐分析结果,详细地记录了西藏札达古湖从最早的形成、发展扩大,最终到开始萎缩消亡的过程,说明札达地区 3.18 Ma 之后沉积环境开始向干旱型过渡,是喜马拉雅相对隆升减弱,青藏高原进入整体隆升的响应。

3 古格组沉积环境特征

根据古格组湖相地层沉积特征及沉积物粒度、磁化率、碳酸盐分析结果,札达盆地古湖泊沉积环境演化总体可分为湖泊初始阶段、湖泊扩张阶段和湖泊收缩阶段 3 个过程(图 3)。

3.1 湖泊初始阶段

该阶段包括古格组第 35~46 层,与上述 A1 带对应,在古格组底部发育有巨厚砾岩层,与下覆托林组呈平行不整合接触^[7],其上的细碎屑岩中发育水平层理,岩性由灰黄色中粗

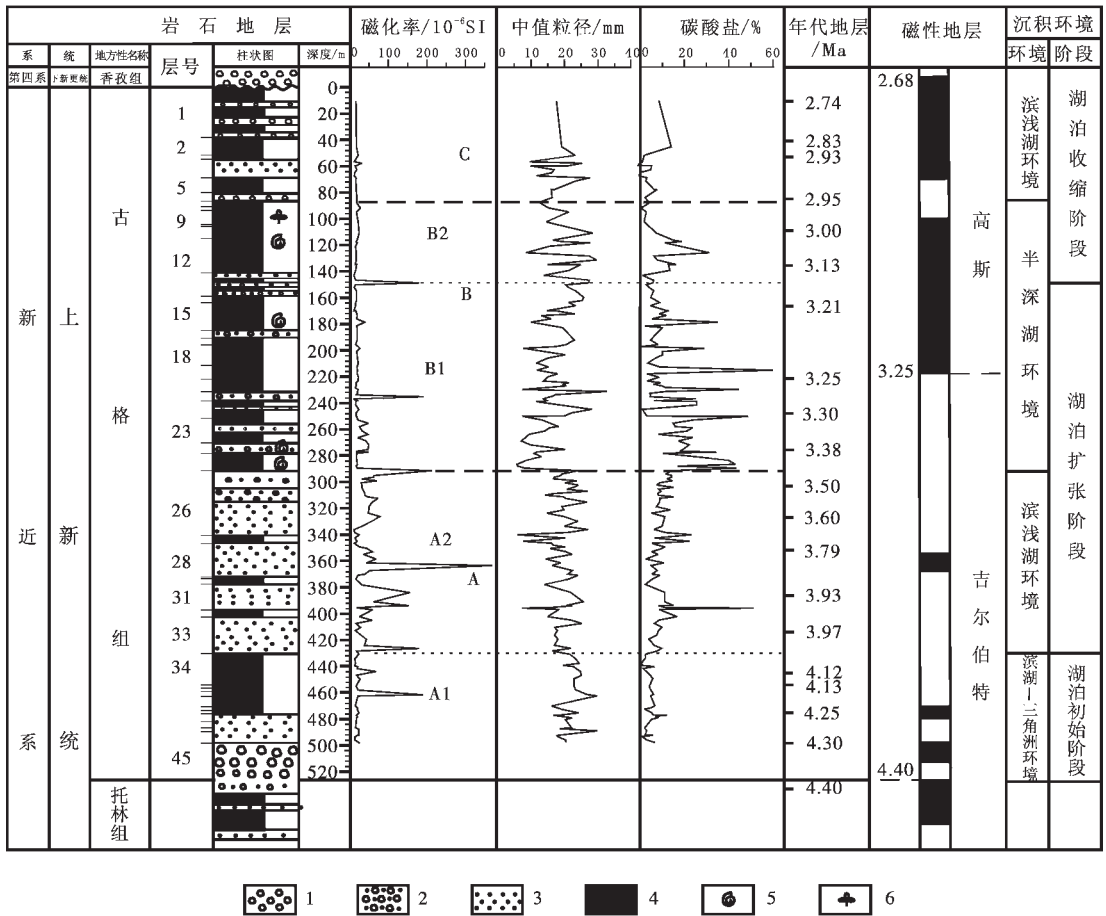


图3 西藏阿里札达盆地地层综合划分对比

1—砾岩;2—含砾砂岩;3—粉细砂岩;4—砂质泥岩;5—腹足类化石;6—禾草类植物化石

Fig.3 Integrated stratigraphic division and correlation of the Pliocene in the Zanda basin, Ngari, Tibet.

1—Conglomerate;2—Pebbly sandstone;3—Fine and very fine sandstone;4—Sandy mudstone;5—Gastropods;6— Graminaceous plant fossil

粒含砾岩屑砂岩、中粒长石岩屑砂岩、含铁质粉砂岩、灰黄色粘土质粉砂岩等组成,由下往上粉砂质、粘土质成分逐渐增多,产介形虫和孢粉化石,属暖温带针阔叶混交林带环境特征,沉积环境则由三角洲相向滨湖相沉积环境过渡。

3.2 湖泊扩张阶段

该阶段包括古格组第15~34层,与上述A2、B1带对应,其中A2带岩性为含砾中粗砾长石岩屑砂岩夹含粉砂质钙质粘土岩,交错层理发育,为滨浅湖相沉积。产丰富的孢粉和介形虫化石,属山地暖温带针阔叶混交林气候。B1带岩性以含粉砂质钙质粘土岩夹中细粒长石岩屑砂岩为主,顶部见交错层理,为半深湖相沉积。产旋转似天鹅螺、规则小隐螺、圆扁螺及丰富的介形虫、孢粉和植物化石,属山地暖温带针阔叶混交林气候,由于南北向构造应力的强烈挤压,引起札达盆地沉降范围不断扩大,古湖泊湖面也随之增大,水体加深,札达盆地的沉降速率、沉降范围在不断扩大,供给的沉积物体积小于新增可容空间,未被填满的空间被水占据。形成札达

古湖泊的扩张阶段。

3.3 湖泊收缩阶段

该阶段包括古格组第1~14层,与上述B2、C带对应,其中B2带岩性与B1带相似,均为半深湖相沉积,产大量的旋转似天鹅螺、规则小隐螺、圆扁螺以及介形、孢粉等化石,在孢粉中反映桦、榆等落叶阔叶树种的达到剖面最大值,反映出山地暖温带针阔叶混交林与山地寒温带暗针叶林交替出现的气候特征,气候朝干冷方向发展,湖泊面积和总水量开始逐渐减少,札达湖盆即开始转入收缩阶段。C带岩性以砾岩与泥质粉砂岩互层为主,为滨浅湖相沉积环境。产介形虫和孢粉类化石,孢粉表现为以喜阴的针叶林花粉为主,呈山地寒温带暗针叶林气候特征。随着构造体系由挤压转入松弛阶段,札达古湖泊可容空间增加速率与沉积速率接近,湖泊分布范围因沉积物充填而缩小。其顶界为古格组(N_{2g})顶部的角度(或平行)不整合界面,明显地被削蚀,使札达古湖泊收缩体系域保存不够完整。在湖泊收缩阶段之后,札达湖盆沉积

了第四系下更新统香孜组(Qp^{1-x})冲洪积相和冰湖相沉积^④。

4 结论

(1)札达盆地古格组沉积物的粒度、磁化率、碳酸盐分析结果很好地反映了札达盆地古湖发育的过程以及古格组沉积环境的变化。且各项指标之间有很好的对应关系,分析结果相互吻合。

(2)4.40~4.07 Ma,在经过以平行不整合为特征的“象泉运动”之后,札达盆地开始接受三角洲—滨湖相沉积,孢粉分析表现为暖温带针阔叶混交林带环境特征。粒度、磁化率和碳酸盐变化显示气候开始向湿润方向转化,湖泊开始进入发育阶段。

(3)4.07~3.42 Ma,气候继续向湿润环境发展,孢粉组合表现出山地暖温带针阔叶混交林气候。粒度、磁化率和碳酸盐分析结果表明入湖水量增多,水深增大,属滨浅湖相沉积,札达古湖持续稳定扩大。

(4)3.42~3.18 Ma,湖泊继续发育,沉积物中产大量腹足类及孢粉化石,气候适宜,生物大量繁殖,为半深湖相沉积,湖泊进入最大湖泛期。

(5)3.18~2.96 Ma,经历湖泊最大湖泛期后,气候干旱过程明显增强,湖水在稳定中逐渐变浅,湖泊面积和总水量进一步减少。环境表现出山地暖温带针阔叶混交林与山地寒温带针叶林交替出现的气候特征,气候开始向干冷方向发展。

(6)2.96~2.74 Ma,湖泊进一步萎缩,湖水变浅,为滨浅湖相沉积环境。气候持续向干冷方向发展,呈山地寒温带暗针叶林气候特征。

综上所述,札达古湖的形成和发展与盆地的构造活动和气候条件关系密切,新生代晚期喜马拉雅山的崛起和札达盆地的相对下降,为盆地沉积提供了空间,而相对较低的海拔高度和湿润的环境又为湖泊发育提供了保障,而在3.18 Ma之后湖泊逐渐走向消亡、沉积环境向干旱型过渡,则是喜马拉雅相对隆升减弱,青藏高原进入整体隆升的响应。因此,札达盆地古格组地层沉积环境的重点解剖,对青藏高原构造运动、古地理面貌、古气候变迁等的研究有着重要的意义。

参考文献(References):

- [1] 张青松,王富葆,李炳元,等. 西藏札达盆地的上新世地层[J]. 地层学杂志,1981,5(2):11~15.
Zhang Qingsong, Wang Fubao, Li Binyuan, et al. Pliocene strata of Zhada basin, Tibet[J]. Journal of Stratigraphy, 1981,5(2):11~15 (in Chinese with English abstract).
- [2] 李炳元,王富葆,张青松,等. 西藏第四纪地质[M].北京:科学出版社,1983.15~40.
Li Binyuan, Wang Fubao, Zhang Qingsong, et al. Quaternary Geology of Tibet[M]. Beijing: Science Press, 1983.15~40(in Chinese).
- [3] 钱方.用古地磁方法对西藏阿里上新世以来水平运动的初步研究[A].见:喜马拉雅岩石圈构造演化——西藏地球物理论文集[C].

北京:地质出版社,1990.198~206.

- Qian Fang. The Primary study of Pliocene horizontal movement of Zhada, Tibet by paleomagnetism [A].In: Lithospheric Tectonic Evolution of Himalayas——Contributions to Geophysics in Tibet[C]. Beijing: Geological Publishing House,1990.198~206(in Chinese).
- [4] 钱方. 青藏高原晚新生代磁性地层研究[J].地质力学学报,1999,5(4):22~34.
Qian Fang. Study on magnetostratigraphy in Qinghai-Tibetan plateau in late Cenozoic[J]. Journal of Geomechanics,1999,5(4):22~34(in Chinese with English abstract).
- [5] 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].见: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.
Qian Fang, Pu Qingyu, Wu Xihao. Quaternary glaciology at the southeastern foot of the Nyainqentanglha Range [A]. In: Contributions to the Geology of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau (4)[C]. Beijing: Geological Publishing House, 1982.34~50(in Chinese).
- [6] 朱大岗,孟宪刚,邵兆刚,等. 西藏阿里札达盆地上新世—早更新世沉积相及其构造演化特征 [J]. 地质力学学报,2004,10(3):245~252.
Zhu Dagang, Meng Xian'gang, Shao Zhaogang, et al. Features of Pliocene-lower Pleistocene sedimentary facies and tectonic evolution in the Zanda basin, Ngari area, Tibet [J]. Journal of Geomechanics, 2004, 10(3):245~252 (in Chinese with English abstract).
- [7] 朱大岗,孟宪刚,邵兆刚,等. 西藏阿里札达盆地上新世—早更新世河湖相沉积中两个不整合面的发现及意义 [J]. 地质通报,2004,23(5-6):605~608.
Zhu Dagang, Meng Xian'gang, Shao Zhaogang, et al. Discovery of two unconformities in Pliocene-early Pleistocene fluvio-lacustrine deposits in the Zanda basin, Ngari, Tibet[J]. Geological Bulletin of China, 2004,23(5-6):605~608 (in Chinese with English abstract).
- [8] 卢演俦. 黄土层 CaCO₃ 含量与更新世气候旋回 [J]. 地质科学,1981,(2):122~131.
Lu Yanchou. Loess CaCO₃ content and Pleistocene climate cycle[J]. Scientia Geologica Sinica, 1981, (2):122~131 (in Chinese with English abstract).
- [9] 安芷生,马醒华. 环境磁学初步研究[A].见:刘东生主编.黄土、第四纪地质、全球变化(第二集)[C].北京:科学出版社,1991.
An Zhisheng, Ma Xinghua. Environment Magnetism Preliminary Study [A]. In:Liu Dongsheng (ed.). Loess, Quaternary Geology, Global Changes (Second Volume) [C].Beijing: Science Press, 1991 (in Chinese).
- [10] 王建,刘泽纯,姜文英,等. 磁化率与粒度、矿物的关系及其古环境意义[J]. 地理学报,1996,51(2):155~163.
Wang Jian, Liu Zechun, Jiang Wenying, et al. A Relationship between Susceptibility and grain-size and minerals, and their paleo-environmental implications [J]. Acta Geographica Sinica, 1996,51(2): 155~163(in Chinese with English abstract).

Features of the change in Pliocene depositional environment at the Guge Formation section in the Zanda basin, Tibet

WANG Jin, ZHU Da-gang, MENG Xian-gang, SHAO Zhao-gang,
YU Jia, HAN Jian-en, MENG Qing-wei, Lü Rong-ping

(Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Based on a field survey and analysis of environmental proxies (magnetic susceptibility, grain size, carbonate content, ESR ages etc.), the paper discusses the change of the depositional environment at the Guge Formation section in the Zanda basin, Tibet, at 4.40–2.74 Ma. The analytical data show that remarkable changes in depositional environment took place in the Zanda basin after the Xiangquan movement at 4.4 Ma: the depositional environment changed from the fluvial facies in the early stage to the lacustrine facies in the late stage, forming a thickness of more than 500 m of sediments of the Guge Formation. It reflects the changes of the sediments in the Zanda paleolake from the lakeshore→shallow lake→semi-deep lake→lakeshore-shallow lake, i.e. the entire process from the emergence→development→extinction of the paleolake. Its growth process is closely related to the plateau uplift and climatic and environmental changes since the late Cenozoic.

Key words: Tibet; Zanda basin; Guge Formation; depositional environment

About the first author: WANG Jin, female, born in 1970, engineer, engages in the study of geographic information systems and Quaternary environment & geology research; E-mail: wangjin@cags.net.cn.