

西藏多庆错—嘎拉错盆地第四纪湖相沉积与地质环境变化

张焜^{1,2}, 孙延贵^{1,2}, 巨生成^{1,2}, 马世斌^{1,2}

(1. 青海省地质调查院, 西宁 810012;

2. 青海省青藏高原北祁连地质过程与矿产资源重点实验室, 西宁 810012)

摘要: 利用 ETM, ASTER 卫星遥感数据和 DEM 资料对西藏嘎拉错地区第四纪湖相沉积和地质环境进行了研究。结果表明: 共和运动的差异隆升使藏南多庆错—嘎拉错区中更新世湖相地层发生了强烈变形, 而角度不整合面的存在则显示共和运动的存在; 嘎拉错的急剧干涸可能是在全球性气候转暖的背景下, 玛不错一线近东西向断隆成为盆地新的分水岭之后, 入湖河流的断流所致; 嘎拉错干枯导致该区大面积土地荒漠化, 加剧了区域自然环境的恶化。

关键词: 多庆错; 嘎拉错; 第四纪; 湖相沉积; 地质环境

中图分类号: TP 79; P 531 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2012)01-0059-06

0 引言

新生代青藏高原隆升是地球演化的重要地质事件, 它可能影响着区域乃至全球的气候与环境变迁^[1-8]。自上新世晚期和第四纪早期以来, 发生了青藏运动 A, B, C 幕以及昆仑—黄河运动、共和运动^[2-6], 造成了青藏高原的强烈上升, 其中始于 150 ka、延续至今的共和运动^[9]为青藏高原形成过程中的一次重要构造运动, 其影响面遍及青藏高原的南北以及周边地区: 在黄河上游的贵德盆地、共和盆地、青海湖盆地、黄河源区, 以及昆仑山垭口、东昆仑山东段、西藏门巴、西藏错鄂湖、酒泉盆地等地区均留下了典型的构造运动痕迹^[2-19], 珠穆朗玛冰期(绒布德寺冰期)亦为共和运动的体现^[20]。笔者应用 ETM7(R)4(G)1(B)假彩色合成图像结合野外调查验证, 发现西藏嘎拉错湖水面宽度在 2000 年时约数百米, 但到 2007 年已基本干枯; 嘎拉错盆地的北东侧分水岭处出露 2 套呈角度不整合接触的湖相沉积, 不整合面之下的地层已被掀斜, 推测也为共和运动所致。

本文在野外地质调查工作的基础上, 利用 ETM, ASTER 等遥感数据和 DEM 资料, 从构造抬升、湖相沉积物空间分布特征和地貌特征等方面对嘎拉错地区晚第四纪以来的地壳抬升特征进行了分析, 探讨了青藏高原南部嘎拉错盆地对共和运动的响应, 以及其演化趋势和地质环境效应, 并进一步讨论了嘎拉错干涸的地学成因。

1 地貌特征

研究区位于青藏高原西南部喜马拉雅山系北坡, 其东、南侧为喜马拉雅山, 其北侧为拉木嘎哇、先请贡巴及比加却木等山脉(图 1)。该区由低山、丘陵

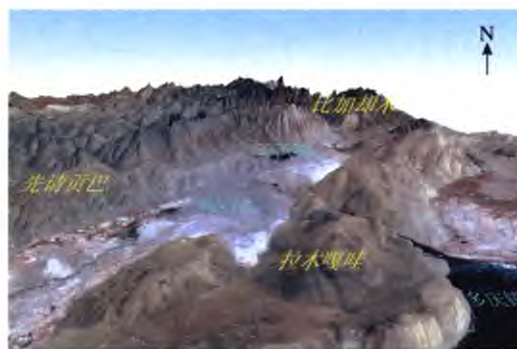


图 1 多庆错—嘎拉错盆地三维影像图
Fig. 1 3D image of Duoqingcuo—Galacuo basin

和宽谷盆地共同组成, 是高原内部自第四纪以来发育的内流湖盆长期作用的结果, 并与青藏高原独特的构造活动以及与之伴生的以各自独立湖盆为侵蚀基点的地表剥蚀夷平作用密切相关^[21]。盆地向东、南方向过渡为冰川和河流切割相叠加且地形起伏很大的高山峡谷地貌, 其中, 主要山峰的海拔高程集中在 5 800~6 000 m 左右; 西侧为典型的古冰川侵蚀山地, 地势起伏明显小于东侧山地, 其山峰海拔高程多在 5 300~5 400 m 左右; 盆地内部呈起伏相对较小的宽阔谷地, 区内现代湖泊较为发育, 自南向北有多庆错、嘎拉错和玛不错等湖泊, 湖面海拔高度为

4 418 ~4 466 m,湖水主要靠地表径流补给,均为封闭的高原湖泊。盆地与东西两侧高山的地势高差最大可达2 000 m 左右。盆地宽度变化较大,最宽处达10 km左右,最窄处仅约1 km。线性的谷地形态和强烈的地势反差表明,这是一个典型的断陷盆地。

2 第四纪地质特征

多庆错—嘎拉错盆地位于青藏高原南部当雄—羊八井—多庆错活动构造带上,是亚东—羊八井—

谷露—那曲裂谷系的重要组成部分,在第四纪具有强烈的活动性^[22],并控制现今的河湖分布,主要活动时期应为中、晚更新世至全新世^[23-29]。研究区的东侧为喜马拉雅山,地表出露前寒武系变质岩及花岗岩,山前地带有大量上更新统冰碛及冰水砂砾石堆积,呈条带状分布;盆地西侧为冰蚀丘陵区,地表出露中、新生界砂板岩、灰岩;盆地内部则发育中更新统湖相沉积、上更新统湖相沉积和全新统湖相沉积、冲洪积等(图2)。

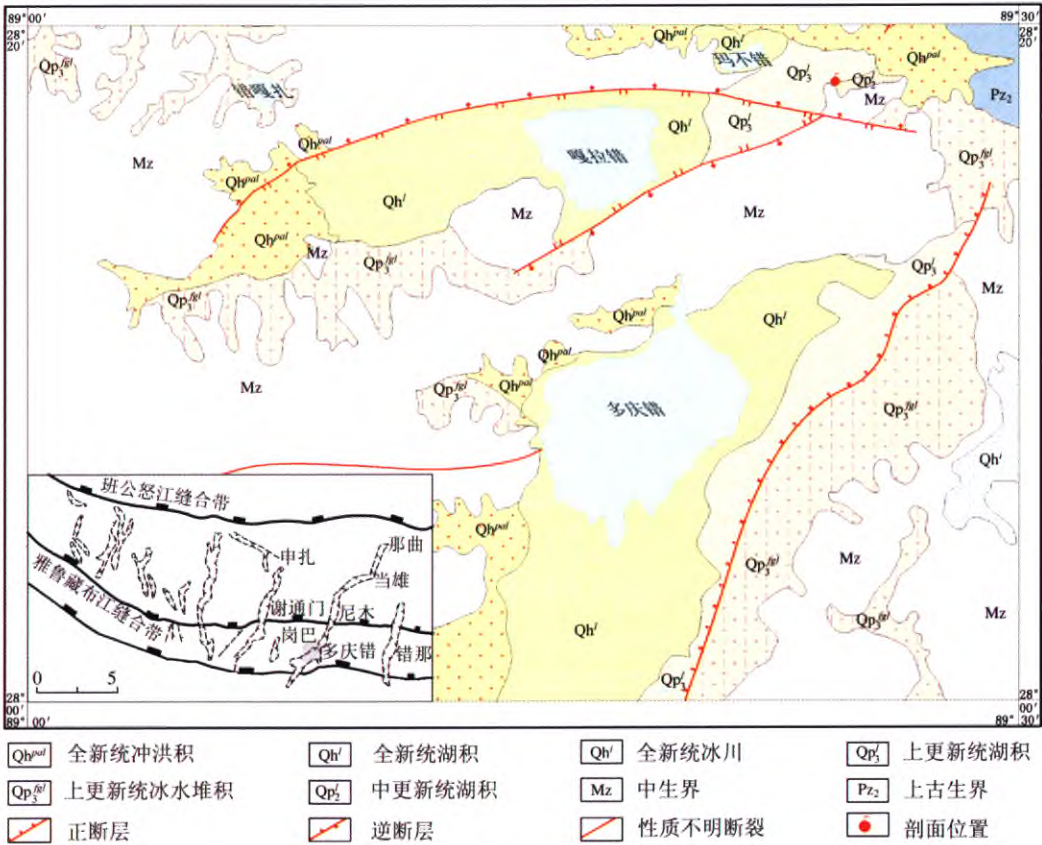


图2 多庆错—嘎拉错盆地遥感解译图

Fig. 2 Duoqingcuo—Galacuo remote sensing interpretation map

1)中更新统湖相沉积(Qp_2^l)。主要出露于嘎拉错盆地的北东侧分水岭一带,在ETM7(R)4(G)1(B)假彩色合成图像上呈浅黄、暗红等色调,分布区地形平坦,沟谷不发育,图像上显示为表面光滑细腻、整体具条块状或带状纹形。沉积物为一套湖积成因的青灰—黄褐色砾石、含砾砂、亚粘土组合。砾石分选性及磨圆度较好,砂砾石层结构较松散,砾石间泥质含量较少,胶结程度较弱。砾石排列具有一定的分选性,板状斜层理、平行层理发育。该套沉积物具典型的湖相沉积韵律,上部为黄褐色亚粘土层,已半固结成岩,下部为青灰色砾石层、含砾砂层(图3)。与相邻的尼木、邦多—措麦地区的沉积对比,其时代应为中更新世末期^[22,30]。研究区内该套沉

积物均被上更新统湖相沉积(Qp_3^l)所覆盖。

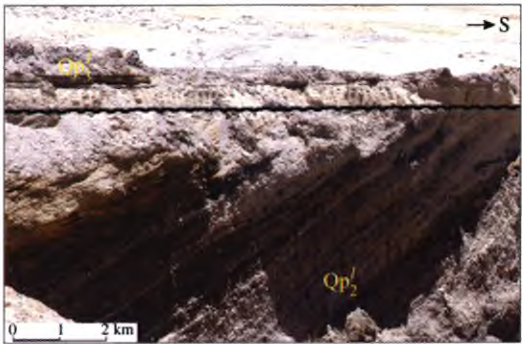


图3 嘎拉错地区中、上更新统湖积层之间的角度不整合
Fig. 3 Angular unconformity in lacustrine deposit in the middle & late of pleistocene epoch

2) 上更新统冰水堆积(Qp_3^{gl})。以向盆地方向推进的山前冰水堆积扇形式出现。在 ETM7(R)4(G)1(B)假彩色合成图像上呈黄褐色扇状体,影纹较粗糙,呈深浅不同的斑点、纹线状的冰碛台地影像,表现为山前倾斜平原、山间宽谷蛇丘状地貌,冰水扇巨大醒目,除扇状、平行树枝状水系外,尚可见点状水系,堆积区内发育有多个冰湖。沉积物为一套灰色砂砾石、含砾砂土及漂砾混合物。

3) 上更新统湖相沉积(Qp_3^l)。在 ETM7(R)4(G)1(B)假彩色合成图像上呈均匀的灰白色、灰褐色、黄褐色色调和块状、斑块状纹形,影纹结构光滑,表现为浑圆状或丘状台地和微起伏的山前或盆地平原地貌,地形较平坦,水系不发育。该沉积主要分布于嘎拉错盆地的北东侧分水岭一带和多庆错盆地的东缘,出露于中更新世地层的内侧,向盆地中心进积,形成高位阶地,其时代大致属晚更新世^[30-31],与全新统湖积相伴,呈环带状分布,与中更新统湖相沉积(Qp_2^l)呈角度不整合接触,不整合面近水平展布(图3)。上更新统湖相沉积(Qp_3^l)为一套水平层理发育的黄褐色砾石、含砾砂层组合。砾石具一定分选性,磨圆度多为次棱角状,砾性以碎屑岩为主,砾石间泥质含量较多,胶结程度弱。

4) 全新统湖相沉积(Qh^l)。主要分布于区内嘎拉错与多庆错湖盆周边狭窄的范围内,构成多级湖岸阶地以及大面积的沼泽湿地。在 ETM7(R)4(G)1(B)假彩色合成图像上表现为亮白色、浅蓝色、蓝绿色色调相间,影纹结构光滑,环湖可见数道由湖相砂砾石组成的湖岸堤,沿湖岸呈近平行或同心圆状展布,图像上呈明显的平行弧状纹形,反映了古湖岸线的变迁。

5) 全新统冲洪积(Qh^{pal})。沿山麓地带或河流沟谷呈带状、扇状分布,在图像上呈淡黄色、灰褐色、灰白色等色调。全新统冲洪积区地势平坦,图像上显示影纹结构光滑,冲洪积扇扇形轮廓明显,扇状、树枝状水系发育。沉积物由灰色含砂砾石层、含砾砂土层组成,具明显的分带性。

3 盆地沉积及地貌演化分析

第四纪以来,研究区在青藏高原强烈隆升机制的影响下,古地理环境及其演化过程是极其漫长而复杂的。本文主要依据区内沉积物类型、湖相沉积物空间分布和地貌等综合特征对多庆错—嘎拉错盆地进行初步的演化分析。

1) 中更新世晚期。区内湖泊出露于现今的玛不错一带,湖盆内沉积了大面积的亚粘土和亚砂土,

与上覆的上更新统河湖相沉积呈角度不整合,指示研究区内该期湖相沉积的结束,表明中更新世晚期,区内新构造运动渐趋强烈,高原隆升速率加快。

2) 晚更新世。区内嘎拉错盆地东侧的分水岭和多庆错盆地东缘高位湖相地层的出现,表明多庆错和嘎拉错曾经相互连通,存在“多庆错—嘎拉错古大湖”,对应于晚更新世(116~37 ka)间冰期,在青藏高原平坦高原面的相对低洼部位形成了巨型古大湖^[31-32]。共和运动的差异隆升,致使湖面不断向北东方向移动,湖水沿盆地北侧年楚河由南向北倾泄;随着拉木嘎哇山和玛不错一线的强烈隆起,导致了嘎拉错与多庆错的隔绝,于23~10 ka期间,形成外流湖^[33]。研究区内,共和运动最明显的地质特征是中更新世晚期湖相沉积之上又接受了一套湖相沉积,该湖相含砾砂层与细—粗粒级砾石层互层产出,沉积物呈黄灰色,与下伏层位的灰色主体色调形成明显的对比,反映这一时段的湖泊水文环境发生了显著变化。

3) 全新世。前人称之为“多庆错湖期”^[33]。该时代的湖面面积仍远大于现今湖面,而且在多庆错和嘎拉错周边形成了大面积的沼泽湿地,并于嘎拉错南东侧留下了多级湖岸阶地。

总的看来,自晚更新世以来,嘎拉错湖泊的发育历程经历了“多庆错—嘎拉错古大湖期”、“外流湖期”以及“多庆错湖期”3个阶段。这说明,第四纪期间,该区经历了高原的强烈上升和冰期与间冰期气候的交替作用^[34]。而多庆错湖泊的萎缩现象和嘎拉错的急剧干涸则可能与高原隆升有直接关系,不宜只用季风变化来解释。

4 共和运动及其响应

大约从150 ka开始,青藏高原经历了一次剧烈而不均匀的构造上升运动——共和运动^[2-4],这次运动对青藏高原的隆升高度、地表形态以及环境变化等均起到了决定性作用:高原东部共和盆地中共和组湖相地层产生了明显褶皱断裂,湖水被黄河溯源疏干;龙羊峡地区在上升的同时被黄河下切,深度已达800 m,形成雄伟的峡谷;青海湖水系也由于日月山的上升转变为内陆湖。

1) 由于喜马拉雅山脉的强烈抬升,致使区内南侧山地的抬升幅度大于北侧的抬升幅度。研究区内晚第四纪以来的新构造运动整体表现为自南向北的掀斜,使得区内湖相沉积及分水岭向北迁移。而整个藏南地区在南北方向上则表现为喜马拉雅强烈掀升(雅鲁藏布江深断裂带以南),其地势特征首先表

现为南高北低,由海拔 6 000 m 以上的喜马拉雅山主脊斜降到 4 000 m 左右的雅鲁藏布江河谷带^[1]。

2)晚更新世以来,共和运动的差异性活动明显加剧,位于嘎拉错湖泊南西侧的拉木嘎哇山和东北侧的玛不错一线形成了近东西向展布的断隆山地。该断隆山地的进一步发展,不仅阻断了嘎拉错入湖的河流,致使其东北部的入湖河流向北流入年楚河,而且成为嘎拉错盆地新的分水岭,并使分水岭向北迁移。

3)共和运动不仅致使区内中更新世晚期的湖相地层发生强烈变形,地层倾向北东,倾角可达 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$,而且该套地层之上被晚更新世湖相地层不整合覆盖,不整合面之上的湖相地层产状仍以近水平为主。这种现象说明,差异隆升应是区内共和运动的主要表现形式,在断隆地区,特别是在断隆的边部易出现中更新统的强烈变形,而在隆升幅度相对较小的断拗区则以整体被抬升的变形为主。前期的地层不但被掀斜,靠近构造带部位甚至有褶皱存在,而构造运动后形成的地层则基本与构造运动的遗迹——角度不整合面平行。角度不整合面的存在显示了这期构造运动的存在。

从上述分析可以发现,共和运动以来,研究区内的水系特征发生了重大调整,湖泊强烈退缩。其表现形式与青藏高原东北部及其周边地区共和运动的发展阶段有较明显的一致性,至少在中、晚更新世有良好的统一性。中更新世湖相地层的变形过程以及

湖盆环境演变均证实了青藏高原已于中更新世末开始了强烈的构造隆升。

5 地质环境对共和运动的响应

共和运动使青藏高原再上升数百米,并引起剧烈的环境变化^[1-8],在地质、地貌和气候 3 个因素的耦合作用下,高原进入了地质灾害高发期^[35]。对此,研究区除出现明显的沉积响应,如构造阶地的形成、沉积特征的突变等外,尚导致了土地荒漠化以及一系列地质灾害的发生。

据史料记载,1876 年嘎拉错湖其宽度为 3.2 km,到 1966 年,湖面宽度不超过 1 500 m,湖水水面几乎退缩一半以上;1975 年该湖便成为时令湖,即使在雨季,湖水水面宽度也只数百米;根据日喀则地区水文站的监测资料,2005 年 6 月到 7 月,嘎拉错水位开始大幅度下降,到该年底,嘎拉错湖水位比正常年份下降了 0.7 m 左右,2006 年 4 月至 6 月上旬,湖水水位继续下降,导致了嘎拉错湖泊基本干枯^[36]。与此同时,多庆错湖泊也出现了一定程度的萎缩现象,主要表现在湖面缩小、水位下降、入湖河流断流、沼泽湿地一定程度退化等方面(图 4)。其原因主要是该区第四纪地壳强烈上升中的差异运动,使原来的外流水系被解体,分别相对以各沉陷盆地为中心,水系进行了重新组合,与此同时,该区气候变化也是个重要的因素。

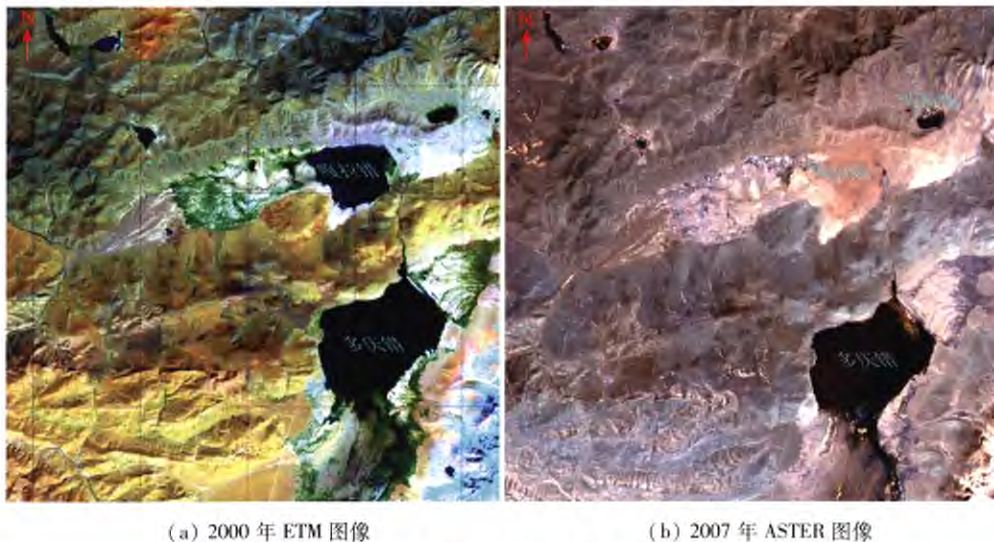


图 4 嘎拉错盆地遥感影像对比

Fig. 4 Remote sensing contrast image of Galacuo basin

对该区更新世沉积环境的分析表明:多庆错—嘎拉错盆地湖泊中的水体主要由盆地东侧的窝尖岭和周边的拉木嘎哇、先请贡巴、比加却木等地的冰川和积雪融水补给,故周边水系呈明显的向心状。盆

地内的湖泊面积主要受周缘山系的冰雪储量控制。共和运动以来,喜马拉雅山成为西南季风难于逾越的障碍,青藏高原和中国西北地区气候进一步变干。晚更新世时,中国西部冰川在冰期中也相对

缩小,雪线因气候变干而上升^[3]。随着拉木嘎哇和玛不错一线地壳的强烈隆起,部分入湖河流因缺乏补给而断流。尤其是近数十年来,在全球性气候转暖的背景下,青藏高原气候亦随之转暖,并影响着雪线上升和冰川退缩。研究区地处现代冰川重度退缩区,经过30多a的演变,至2000年,喜马拉雅山地区的冰川面积减少了15.07%,雪线呈上升趋势,升高约50~250 m^[37]。区内的山谷冰川和积雪范围急剧缩小,随着可融化冰体的减少,冰川径流和河川径流均相应减少。由于区内入湖的河流水量减少,致使湖泊收缩,进一步导致了嘎拉错的急速干涸。

目前,区内湖泊大量萎缩、干涸,形成了大面积的盐渍地,加速了研究区土地荒漠化的发展。随着青藏高原的隆升、差异性升降作用、高原季风的增强等因素的影响,将使研究区内沙尘暴加剧、自然环境恶化,并将进一步导致沙尘暴、山洪及泥石流等地质灾害的发生。

6 结论

利用遥感技术并结合实地验证,对多庆错—嘎拉错地区的第四纪湖相沉积进行了调查研究,结果表明:

1)晚更新世时,研究区曾存在“多庆错—嘎拉错古大湖”,共和运动以来的差异隆升,使得该区古大湖高度萎缩,进入了所谓的“外流湖期”以及随后的“多庆错湖期”。

2)共和运动在区内的表现形式主要为分水岭的不断北移、中更新世湖积层产状的普遍向北倾斜和角度不整合面的出现。

3)嘎拉错的急剧干涸应与青藏高原隆升有着直接关系,尤其是在嘎拉错东北部的玛不错一线形成的近东西向断隆成为嘎拉错盆地新的分水岭之后,伴随气候条件的变化,造成嘎拉错因入湖河流的断流而干涸。

4)嘎拉错干枯,致使该区大面积土地荒漠化,加剧了区域自然环境的恶化。

参考文献:

- [1] 李吉均,文世宣,张青松,等. 青藏高原隆起的时代、幅度和形式的探讨[J]. 中国科学(A辑),1979(6):608-616.
- [2] 李吉均,方小敏,马海洲,等. 晚新生代黄河上游地貌演化与青藏高原隆起[J]. 中国科学(D辑),1996,26(4):316-322.
- [3] 李吉均. 青藏高原的地貌演化与亚洲季风[J]. 海洋地质与第四纪地质,1999,19(1):1-10.
- [4] 施雅风,李吉均,李炳元,等. 晚新生代青藏高原的隆升与东亚环境变化[J]. 地理学报,1999,54(1):10-20.
- [5] 李吉均,方小敏,潘保田,等. 新生代晚期青藏高原强烈隆起及其对周边环境的影响[J]. 第四纪研究,2001,21(5):381-391.
- [6] 崔之久,伍永秋,刘耕年,等. 关于“昆仑—黄河运动”[J]. 中国科学(D辑),1998,28(1):53-59.
- [7] 郑度,林振耀,张雪芹. 青藏高原与全球环境变化研究进展[J]. 地学前缘,2002,9(1):95-102.
- [8] 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:广东科技出版社,1998:394-409.
- [9] 侯增谦,李振清,曲晓明,等. 0.5 Ma 以来的青藏高原隆升过程—来自冈底斯带热水活动的证据[J]. 中国科学(D辑),2001,31(增刊):27-33.
- [10] 潘保田. 贵德盆地地貌演化与黄河上游发育研究[J]. 干旱区地理,1994,17(3):43-50.
- [11] 徐叔鹰,徐德馥,石生仁. 共和盆地地貌发育与环境演化探讨[J]. 兰州大学学报:自然科学版,1984,20(1):146-157.
- [12] 孙延贵,方洪宾,张焜,等. 共和盆地层状地貌系统与青藏高原隆升及黄河发育[J]. 中国地质,2007,34(6):1137-1143.
- [13] 张智勇,于庆文,张克信,等. 黄河上游第四纪河流地貌演化——兼论青藏高原1:25万新生代地质填图地质演化调查[J]. 地球科学—中国地质大学学报,2003,28(6):621-636.
- [14] 张焜,孙延贵,巨生成,等. 青海湖由外流湖转变为内陆湖的新构造过程[J]. 国土资源遥感,2010(增刊):77-81.
- [15] 程捷,张绪教,田明中,等. 黄河源区第四纪地质与生态环境[M]. 北京:地质出版社,2006:159-163.
- [16] 向树元,王国灿,邓中林. 东昆仑东段新生代高原隆升重大事件的沉积响应[J]. 地球科学—中国地质大学学报,2003,28(6):615-620.
- [17] 黄聪颖,杨德明,和钟铎,等. 西藏门巴地区层状地貌特征及其形成机制[J]. 世界地质,2006,25(2):154-159.
- [18] 陈诗越,王苏民,沈吉. 青藏高原中部鄂鄂湖晚新生代以来的沉积环境演变及其构造隆升意义[J]. 湖泊科学,2003,15(1):21-27.
- [19] 苏建平,仵彦卿,李麒麟,等. 第四纪以来酒泉盆地环境演变与祁连山隆升[J]. 地球学报,2005,26(5):443-448.
- [20] 刘东生,施雅风,王汝建,等. 以气候变化为标志的中国第四纪地层对比表[J]. 第四纪研究,2000,20(2):108-127.
- [21] 邵兆刚,孟宪刚,朱大岗,等. 青藏高原层状地貌特征及其成因初探[J]. 地学前缘,2009,16(6):186-194.
- [22] 龚宇,张文甫. 西藏尼木南北向活动构造带的初步研究[J]. 四川地震,1993(1):13-19.
- [23] 吴珍汉,胡道功,刘崎胜,等. 西藏当雄地区构造地貌及形成演化过程[J]. 地球学报,2002,23(5):423-428.
- [24] 朱大岗,孟宪刚,赵希涛,等. 纳木错湖相沉积与藏北高原古大湖[J]. 地球学报,2001,22(2):149-155.
- [25] 贺日政,高锐. 西藏高原南北向裂谷研究意义[J]. 地球物理学进展,2003,18(1):35-43.
- [26] 赵希涛,朱大岗,吴中海,等. 西藏纳木错晚更新世以来的湖泊发育[J]. 地球学报,2002,23(4):329-334.
- [27] 吴中海,赵希涛,吴珍汉,等. 西藏纳木错地区约120kaBP以来的古植被、古气候与湖面变化[J]. 地质学报,2004,78(2):242-252.
- [28] 赵希涛,朱大岗,严富华,等. 西藏纳木错末次间冰期以来的气候变迁与湖面变化[J]. 第四纪研究,2003,23(1):41-52.

- [29] 刘 静,申旭辉,孟 恺,等. 西藏谷露盆地西缘断裂新活动特征研究[J]. 西北地震学报,2009,31(3):272-276.
- [30] 刘细元,徐祖丰,黄俊平,等. 邦多一措麦地区新构造运动特征及其演化简析[J]. 资源调查与环境,2005,26(3):157-167.
- [31] 赵希涛,朱大岗,吴中海,等. 西藏纳木错晚更新世以来的湖泊发育[J]. 地球学报,2002,23(4):329-334.
- [32] 吴珍汉,吴中海,胡道功,等. 青藏高原古大湖与夷平面的关系及高原面形成演化过程[J]. 现代地质,2009,23(6):993-1002.
- [33] 刘文灿,周志广,高德臻,等. 藏南亚东县帕里地区晚更新世—全新世湖相地层特征及古湖泊演化[J]. 地质通报,2006,25(6):708-714.
- [34] 杨逸畴,李炳元,尹泽生,等. 西藏高原地貌的形成和演化[J]. 地理学报,1982,37(1):76-87.
- [35] 彭建兵,马润勇,卢全中,等. 青藏高原隆升的地质灾害效应[J]. 地球科学进展,2004,19(3):457-466.
- [36] 刘世好,但新球,吴后建,等. 西藏自治区多庆错国家湿地公园湿地资源及其保护研究[J]. 湿地科学与管理,2009,5(3):30-33.
- [37] 方洪宾,赵福岳,张振德,等. 青藏高原现代生态地质环境遥感调查与演变研究[M]. 北京:地质出版社,2009:43-47.

Quaternary Lacustrine Deposition and Geological Environment Variations of Dogen Co - Gala Co Basin in Tibet

ZHANG Kun^{1,2}, SUN Yan - gui^{1,2}, JU Sheng - cheng^{1,2}, MA Shi - bin^{1,2}

(1. Center of Remote Sensing, Institute of Geological Survey of Qinghai Province, Xining 810012, China; 2. Qinghai - Tibet Plateau
During the North Qilian Geology and Mineral Resources Laboratory of Qinghai Province, Xining 810012, China)

Abstract: To verify the lacustrine deposition and geological environment in Gala Co of Tibet in Quaternary Period, the authors carried out studies in this aspect by using remote sensing technologies such as DEM, ETM and ASTER interpretation images, The results show that severe deformation of lake deposition in southern Tibet during Middle Pleistocene epoch was caused by differential uplift of Gonghe movement, and angular unconformity proved the existence of this movement. It is held that the drastic drying of Gala Co was caused by its running dry after the adjacent Mabu Co had become a new dividing range in the basin as a consequence of global warming. The dryness of Gala Co has caused desertification in the region and worsened the regional natural environment.

Key words: Duoqingcuo lake; Galacuo lake; quaternary period; lacustrine deposition; geological environment

第一作者简介: 张 焜(1973 -),男,高级工程师,主要从事第四纪地质及地质矿产遥感技术应用。E - mail: zhangkun0623@sina.com。

(责任编辑:刁淑娟)