

文章编号: 1000-0550(2001)04-0493-08

青藏高原东北部贵德盆地新生代 沉积演化与构造隆升^①

宋春晖 方小敏 高军平 孙东 范马洁

(兰州大学 西部环境教育部重点实验室, 资源环境学院 兰州 730000)

摘要 通过对高原东北部贵德盆地新生代地层研究,为恢复高原隆升历史提供依据。贵德盆地形成于渐新世末,其新生代地层可划分出深水砾质网状河流、泥石流质网状河流、砾质网状河流、山麓洪积、三角洲、半深湖与浅湖、水下扇三角洲七个沉积相组合体系。根据其沉积相组合和沉积演化揭示出高原隆升过程先后经历了:早期隆升期(渐新世末)、较稳定剥蚀夷平期(早中新世)、小幅隆升期(早中新世末)、稳定剥蚀夷平期(中中新世至晚中新世)、持续逐步较快速隆升期(8.2~3.6 Ma)、急剧强烈阶段性隆升期(3.6~0 Ma),其中3.6 Ma±的隆升是新生代构造运动的一个重要分水岭,此前盆地海拔应不超过1000 m,此后构造活动速度明显加速,地形高差显著增大。可见青藏高原的隆升是一个多阶段、不等速和非均变的复杂过程。

关键词 沉积相 沉积演化 构造隆升 新生代 贵德盆地 青藏高原

第一作者简介 宋春晖 男 1959年出生 副教授 沉积学

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

自八十年代以来,青藏高原隆升过程和环境变化逐渐成为地球科学研究的焦点。关于高原隆起过程国内外学者有着不同的观点,归纳起来主要有三种:①14MaBP以前青藏高原就已达到最大高度,之后由于重力作用呈东西向拉伸塌陷,其后高度又有所降低(Coleman^[1]);②8 MaBP以前青藏高原基本达到现今的高度(如Kroon^[2]、Harrison^[3]等);③上新世末(3.6 MaBP)青藏高原开始强烈隆升,并经历多期构造运动后达到目前高度(如李吉均等^[4,5])。时至今日,青藏高原隆起的时间、过程、幅度等重大问题仍然未有定论,而这直接影响着一些重大科学问题解决和突破。青藏高原内外盆地是在高原挤压变形和隆起过程中形成,任何高原地面的净隆升(地形相对高差的加大)都会被盆地沉积物和沉积环境所记录,因此,通过对这些盆地中地层高精度测年和沉积环境信息的提取,最有希望恢复青藏高原隆升的历史,并在理论上做出重大突破^[5]。目前对高原南部喜马拉雅山山前凹陷和高原东北缘临夏盆地的新生代地层研究已经比较深入,建立了可靠的地层年代序列^[7~11],而高原北部和其边缘发育新生代地层,但缺乏高精度测年和沉积环境信息研究,限制了对高原北部隆升过程的认识。贵德盆地是青藏高原东北部的一个构造地貌单元,沉积有巨厚新生代地层,因此该盆地在探讨高原北部构造演化历

史中具有重要的意义。本文侧重讨论贵德盆地新生代地层、沉积相、沉积演化以及构造隆升与沉积响应,为恢复高原隆升历史提供依据。

1 地层

贵德盆地位于青海东北部、黄河上游松巴峡以西和龙羊峡以东,北以青海南山和拉脊山西端为界、南依巴吉山,西靠瓦里贡山,东至扎马杂日山,四周为断裂所围限,属新生代断陷盆地^[15](图1)。盆地内新生代地层广泛分布,特别第三系红层十分发育,厚度大,自1885年Loczy(即Nehring)将盆地内红层命名为贵德系(时代定为上新世)以来,已有一些单位和研究者对盆地内红层先后提出不同的划分意见(表1)。郑绍华等、青海地质局、谷祖纲等在该区第三系地层中发掘的哺乳动物化石^[12,13],为该区地层划分奠定了基础,但该区地层研究中缺乏绝对年代测定。我们从盆地几个剖面中(图1)选择从顶向下地层露出较完整的多雷仓至甘家北部为主剖面、以含哺乳动物化石较丰富的贺尔加二道沟为辅助剖面,进行古生物地层、古地磁绝对年代和沉积演化详细研究(而其它剖面主要进行沉积学方面的研究),古地磁采样间隔除大套砾石中为2~4 m外,其余均为2 m,每个样点采集3套平行样,样品由美国密歇根大学古地磁零磁场实验室中进行逐步

① 国家自然科学基金(批准号:49871010)、教育部科学技术研究重大项目(00-05)和国家重点基础研究发展规划(编号:G1998040809)资助项目

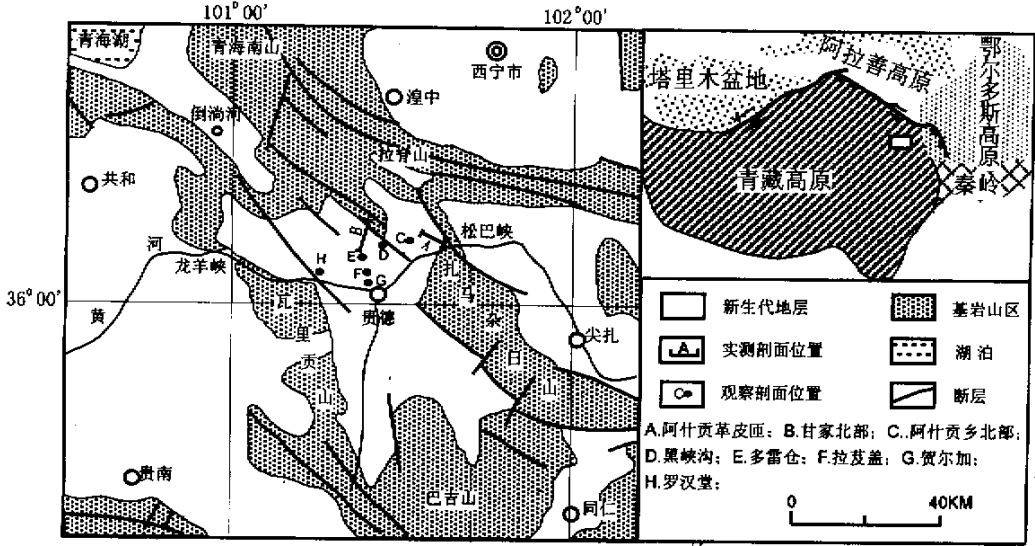


图 1 贵德盆地位置和地质简图

Fig. 1 Location and geological sketch of Guide basin

表 1 青海贵德盆地第三系地层划分沿革

Table 1 Stratigraphic divisions of Tertiary system in Guide basin, Qinghai

年代序列		Loczy (1885)	青海区调队 (1965)	中国地质科学院 (1979)	西北区域地层表 (1980)	青海综合地质大队 (1989)	谷组纲 (1992)	本文				
上新世	晚	贵德建造	贵德组	临复组	西宁组	上滩组	上滩组	贵德群				
	早											
中新世	晚	缺失	西宁组	贵德群	咸水河组	下东山组	下东山组	贵德群				
	中									车头沟组	查让组	查让组
	早									谢家组	能果组	车头沟组
渐新世			(缺失)			(缺失?)	(缺失?)	西宁群				

热退磁测试。通过岩性特征、岩石组合、古地磁年代,古生物以及前人哺乳动物研究结果,本文将贵德盆地第三系地层由上而下初步划分为西宁群和贵德群以及六个组(见图 2 和表 1):

1.1 贵德群

盆地中广泛分布 根据特征划分为四个组:

① 甘家砾岩组:该套地层是盆地新第三系的最高层位,在多雷仓至甘家一带出露最佳,故建议命名为甘家砾岩组。其厚度大于 200 m,与下伏贺尔加组呈平行不整合或整合接触,由大套灰色砾岩组成,岩石组合上与贺尔加组可明显区别。该套地层至今尚未发现大型哺乳动物化石,古地磁年代 2.6~3.6 Ma,相当晚

上新世,其沉积面貌与区域上临夏盆地晚上新世积石组(3.58~2.58 Ma)和酒泉盆地晚上新世至早更新世玉门组(3.66~0.93 Ma)十分相似^[11,23]。

② 贺尔加组:分布十分广泛,横向岩相、厚度变化大,在盆地北部边缘厚度约 400 m,主要为灰色、土黄色砾岩、砂岩与浅褐红色粉砂岩,在盆地内主要由杂色(暗红、灰绿、土褐色)泥岩、粉砂岩夹灰色砂岩组成。郑绍华等、谷祖纲等在阿米岗、贺尔加及红柳滩一带该套层位中发现了一批哺乳动物化石^[12,13],其中 *Hipparion tchicoien*、*Anancus Sinensis*, *A. cuneatus* 属静乐期分子,该段古地磁年代约 3.6~7.2 Ma,大致相当早上新世至晚中新世末期。该套地层与下覆下东山组

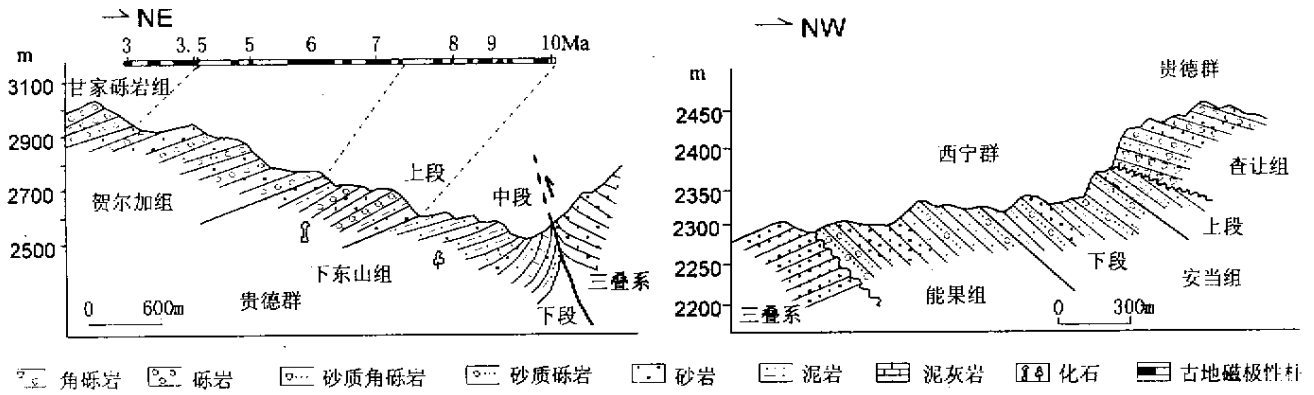


图2 贵德盆地第三系地层剖面

Fig.2 Stratigraphic sections of Tertiary system in Guide basin

呈整合接触,但岩性上与下东山组可明显区别。由于在贺尔加一带发现过大批哺乳动物化石,故建议将该套地层命名为贺尔加组。

③ 下东山组:根据岩性特征进一步划分为三段:上段厚 200~300 m 主要由土红色至浅土红色泥岩、粉砂岩夹灰色砂岩和细砾岩组成。含 *Hipparion fossatum*、*H. Platyodus*、*Sinocastor*、*Goimphotherium*、*Chilitherium*、*H. Palaeotragus*、*Gazella* 等动物化石^[12],均为保德期常见分子,该段古地磁年代约 7.2~10 Ma,属晚中新世;中段与上下段均为整合关系,厚 200~50 m,主要为杂色(暗红、灰、灰绿、褐色)泥岩和粉砂岩夹砂岩,局部地区(如阿什贡、甘家北部)夹兰灰色泥灰岩,含哺乳动物、介型类、腹足类、植物、轮藻等化石。根据该段上部古地磁年代计算的沉积速率(平均沉积率 < 0.07mm·a⁻¹),推断该段年代约 10~14 Ma,大致相当晚中新世至中中新世晚期;下段厚 < 100 m,主要为灰绿至土黄色泥岩、砂岩夹泥灰岩,含螺等腹足类化石。根据沉积速率推断该段年代约 14~16 Ma,大致相当中中新世晚期。

④ 查让组:该组岩相和厚度变化大,厚度大于 100 m。在阿什贡一带主要为巨厚层土灰色泥砂质角砾岩、砾岩和含砾泥质粗砂岩,至今尚未发现哺乳动物化石。该套地层与上覆下东山组整合接触,与下覆安当组地层在盆地边缘带呈角度不整合接触,在盆地内呈整合或平行不整合接触(如黑峡沟),根据上覆下东山组沉积速率推断该组顶部时代应为中中新世。

1.2 西宁群

主要分布于盆地北部和南部边缘,南部主要为砾岩,北部在阿什贡和黑峡沟一带发育较好,根据特征将其划分为二个组:

① 安当组:厚 200 m 左右,分为上、下段。上段桔红色、浅紫红色厚层粉砂质泥岩夹土黄色粉砂岩和砂岩;下段紫红色或土红色含砾砂和钙质结核的泥岩、粉砂岩与砾质砂岩构成韵律。谷祖纲等在黑峡沟该组中上部发现 *Brachypotherium* sp., *Rhinocerotidae* indet., *Kubanochoerus* cf. *Lantiensis*, *Cervidae* indet., *Bovidae* indet. 哺乳动物化石^[12],其中 *Kubanochoerus* cf. *Lantiensis* 国外见于北高加索的 *Tshokrakian* 海相夹层中,时代 15~16 Ma 前, *Brachypotherium* 在南亚最早出现于 *Aquitainian* 后期,我国见于西宁—民和盆地的谢家组。因此根据岩石组合、地层接触关系、古生物特点以及区域地层对比,将该组归入晚渐新世末至中中新世早期。

② 能果组:呈角度不整合于下覆不同时代地层或岩体上,与上覆安当组呈整合接触,主要由浅紫红和黄灰色砾岩、砂质砾岩、砂岩组成,至今尚未发现哺乳动物化石。根据岩石组合、地层接触关系和区域地层对比,将该组归为晚渐新世。

需要指出下东山组、查让组、安当组和能果组暂沿用青海地质局 1986~1989 年区域填图中的组名(它们均以紧邻化隆盆地而得名),关于这些组名还有待磋商,而且其时代还需进一步研究,但从区域特征和古气候变化分析(详见后文),查让组与临夏盆地中庄组(15~21 Ma)和酒泉盆地疏勒组弓形山段一致,安当组和能果组与临夏盆地它拉组(21~29 Ma)和酒泉盆地白扬河组相似^[11,14]。

第四系地层由共和组(?)和黄土—古土壤层或冲洪积物和阶地堆积物组成。其中共和组主要分布于多雷仓阿米岗和盆地南部,厚度 100~300 m,最厚可达 350 m,由黑灰色角砾岩、砂质砾岩和土黄至浅灰绿色

亚砂土、粉砂和粘土组成(在盆地的边缘主要为角砾岩和砂质砾岩),含 *Myospalax arvicolinus* 和 *Equus sp.* 哺乳动物化石。潘宝田通过对在套地层研究对比,认为其时代与共和盆地共和组一致,属于早、中更新世(2.5~0.1 Ma)^[15],所以本文将这套地层暂定为共和组。黄河在贵德盆地下切过程中形成六级阶地,其中第五级阶地黄土层底部的热释光年代为 93 Ka 左右^[15],其孢粉组合属温暖湿润的森林草原植被^[16],所以 T₅ 阶地黄土底部的地层应是古土壤 S₁,根据相邻临夏盆地北塬剖面黄土年代研究,S₁ 发育的时期为 140~80 Ka^[11]。

2 沉积相特征

根据岩性、沉积结构和构造特征,贵德盆地新生代地层可划分出七个沉积相,每个沉积相的典型剖面结构见图 3。

2.1 深水砾砂质网状河流相(图 3a)

分布于盆地北部阿什贡和拉脊山前的能果组,由厚层浅紫红至土黄色砂质砾岩和粗粒砂岩组成,局部夹细砾岩或泥岩。细砾岩砾石成分复杂,主要为砂岩、片岩和花岗岩,砾径一般 1.5~3 cm,最大约 13 cm,分选中等至差,呈次棱角至次圆状。细砾岩或砂质砾岩具正粒序性,常见由推移载荷垂向和侧向加积使砾石定向排列形成的粗糙大型斜层理。砂岩具粗糙平行层理、大型槽状交错层理和小型沙纹层理。剖面层序是由多个向上变细的韵律旋回构成,每个旋回底部具冲刷现象。从剖面底部向上砾石具成分成熟度相对增高

(石英含量增多)、磨圆度变好(以次圆状为主)和砾径相对减小(一般小于 1 cm)为特征。上述特征表明砂质砾岩和粗粒砂岩属河道推移载荷沉积产物,而向上变细层序、厚层砂岩和砂质砾岩以及底部冲刷和大规模的侧向加积是深水网状河流沉积产物^[17]。

2.2 三角洲相(图 3c、d)

主要由巨厚层含砾泥质细砂岩、泥质粉砂岩夹砂岩和砂质砾岩组成,前者以其厚度巨大(一般单层厚度大于 5 m),主要呈块状构造,也具水平层理或小型沙纹层理和泥沙波状韵律层理为特征,代表三角洲环境长期稳定水体快速堆积产物。后者呈透镜状或层状,具粗糙平行层理和大型交错层理,属砂坝和分支河道沉积产物。该相分布于阿什贡和黑峡一带的安当组以及甘家北至贺尔加一带下东山组上段。安当组下段以砂坝和分支河道沉积发育、紫红色泥质细砂岩或粉砂岩中含细砾石和大量钙质结核以及剖面向上变粗为特征(图 3c),反映在气候干旱条件下由三角洲顶积层和前积层沉积产物。上段主要为桔红色泥质粉砂岩和泥岩为主,夹少量砂坝沉积(图 3d),代表三角洲前积层沉积,而下东山组中上段则反之,沉积物颜色以浅棕红色至土黄色为主,无钙质结核,下部为前积层沉积,上部为前积层与顶积层沉积。

2.3 浅湖与半深湖相(图 3d、f)

广泛分布于下东山组和盆地内贺尔加组,主要由杂色粉砂质泥岩、粉砂岩、砂岩和泥灰岩组成,呈席状,发育水平层理、波纹层理和小型交错层理,层面具对称波痕,含螺、腹足、脊椎动物及植物化石,属浅湖环境沉

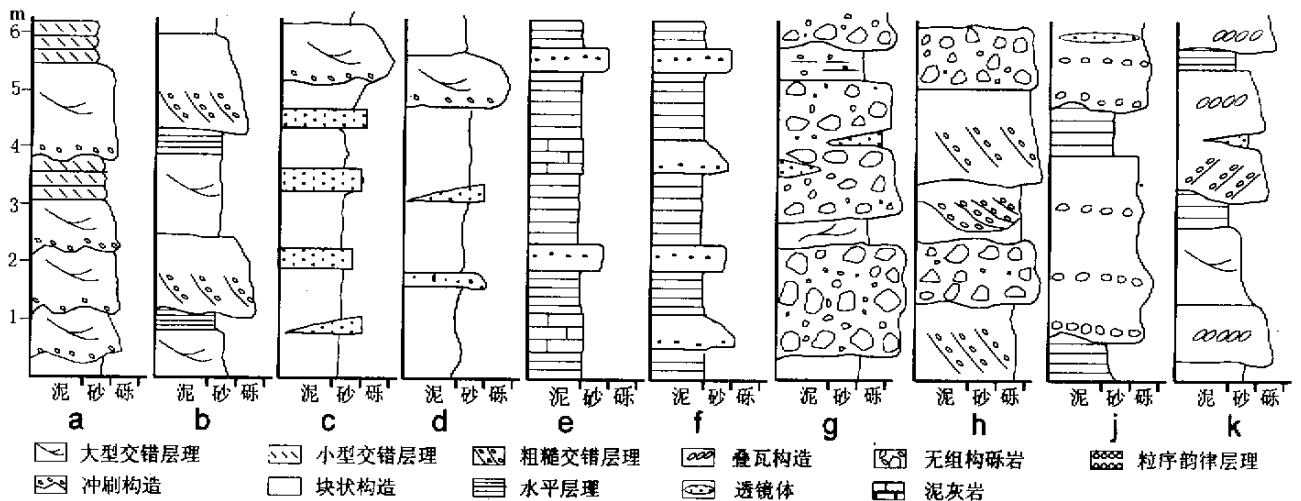


图 3 贵德盆地新生代沉积相典型剖面

Fig.3 The typical sections of sedimentary facies in Guide basin

积产物。在甘家至阿什贡一带下东山组中段灰色和灰绿色粉砂质泥岩中含还原环境的同心圆状白铁矿结核,并夹浊流成因的块状灰色杂砂岩,代表半湖沉积产物。

2.4 山麓洪积相(图 3g)

仅分布于阿什贡一带查让组中下部,主要由杂色至土灰色巨厚层泥砂质角砾岩和砾岩夹含砾泥质砂岩组成。角砾岩砾石主要为三叠系灰绿和砖红色砂岩,次为石英岩、板岩、灰岩,呈棱角至次棱角状,大小混杂,分选极差,砾径一般 5~20 cm,大者 > 30 cm,属砂泥质杂基支撑,层内呈块状构造,局部具粗糙粒序或斜层理。含砾泥质砂岩呈透镜状或呈厚条带状与砾石构成韵律互层,具粗糙平行层理、交错层理或块状构造。上述特征代表近物源的山麓环境由高密度流体快速堆积形成。

2.5 泥石流质网状河流相(图 3h)

分布于查让组上部和甘家砾岩组,主要由分选极差的砾岩、含砾泥质砂岩与分选中等的砾岩组成,局部夹砂岩和泥岩。分选差的砾岩或含砾泥质砂岩以泥质含量高、碎屑呈无组构分布、块状构造和局部出现逆粒序以及岩层底部无冲刷现象为特征,代表碎屑流快速堆积产物。分选中等的砾岩以底部存在明显冲刷现象、砾石呈次圆状、局部砾石呈叠瓦状排列或定向排列形成粗糙大型斜层理为特征,代表河道推移荷载沉积产物。一般这种沉积组合代表洪积扇体系^[18],由于我们分析的古流向资料未呈放射状分布,因此目前暂不能确定是否存在洪积扇,这个问题有待进一步的研究。

2.6 水下扇三角洲相(图 3j)

主要分布于盆地边缘贺尔加组,由灰色砂质砾岩、砾质砂岩和土黄色泥质粗砂岩组成。岩层呈厚至巨厚层席状体,常具复合层状,底面无明显冲刷现象,但具重荷模和泄水火焰构造,层内砾石最大扁平面(AB面)主要呈顺层分布,岩石具块状或粒序韵律层理(由多个砾质与砂质条带交替构成,砾质条带呈正、逆粒序性),并与浅湖砂泥岩共生,表明它们是由高密度泥石流推进湖泊中,受湖水改造形成产物。

2.7 砾质网状河流相(图 3k)

分布于甘家砾石组和第四系,由巨厚层灰色砾岩夹透镜状褐黄色至土黄色砂岩和粉砂岩组成,砾径一般 1~3 cm,最大 18 cm,以次圆状为主,分选中等,具叠瓦状构造,岩层底面存在冲刷侵蚀现象,层内具正粒序、块状构造,局部存在粗糙大型斜层理。砾岩层厚 5~12 m,而粉砂岩和砂岩一般 0.5~2 m。砂岩中发育平行层理和大型槽状交错层理。具大量底冲刷和以砾岩沉积为主,属相对浅或不稳定河道沉积体系的特

征^[19]。

3 盆地沉积演化与高原隆升

沉积相组合和沉积演化过程直接代表其盆地形成和演化,而高原内外盆地的形成和演化是受高原构造背景的控制,因此高原内外盆地沉积演化记录着高原构造演化的历史。根据沉积相组合、剖面层序和地层接触关系,贵德盆地新生代以来沉积演化所揭示的高原构造隆升过程,可明显可分为六个阶段:

3.1 早期隆升期(渐新世末)

自 60~50 Ma 开始印度与欧亚板块碰撞,伴随青藏高原的隆升造成本区至渐新世长期处于隆升剥蚀夷平阶段,由于渐新世末高原的构造隆升导致贵德盆地断陷,盆地地貌开始孕育,在盆地北部和南部边缘(阿什贡等)形成能果组深水砾砂质网状河流相沉积。这与高原东北缘临夏盆地形始形成的时间(29 Ma)^[11]、高原北缘酒泉盆地白杨河组开始沉积的年代(29.5 Ma)^[14]基本一致。

3.2 较稳定剥蚀夷平期(早中新世)

在阿什贡、黑峡沟等地区形成安当组湖泊三角洲相沉积,并且由下而上从三角洲顶积层向前积层演化,表明贵德盆地开始发展,盆地逐渐扩大。由于湖泊三角洲沉积体系代表构造稳定期产物,说明此阶段高原构造处于相对稳定时期。在黑峡沟该组中、上部首次出现哺乳动物化石,反映中新世初较渐新世晚期气候有一个转暖的过程,这与邻区临夏盆地、西宁—民和盆地渐新世至中新世孢粉组合反映的气候变化一致^[20,21]。

3.3 小幅隆升期(早中新世末)

此阶段由于高原的构造隆升,使贵德盆地抬升,造成盆地内前期沉积的西宁群地层变形和遭受剥蚀,在阿什贡等地区形成后期沉积的查让组与安当组之间角度不整合接触,而在盆地低凹区(如黑峡沟)则形成整合或平行不整合接触,说明这次高原构造隆升幅度不大。这次隆升沉积响应是在盆地边缘(阿什贡等)形成查让组山麓洪积相和泥石流质网状河流相沉积。根据沉积相和查让组所含孢粉 *Artemisiaepollenites*—*Betulaeipollenites*—*Chenopodiaceae* 组合中以草本植物占绝对优势(>95%)的特征^[12],反映中中新世盆地属于干旱少雨气候下的草原环境。该期的小幅构造隆升和气候干旱化在高原周缘均有一定的表明,如临夏盆地中庄组(21.71~14.7 Ma)后期形成含石膏的砾质泥岩和植被变稀^[11,21],特别是气候变化又与全球性新生代第二次大规模的降温“中中新世降温事件”^[22]相吻合。

3.4 稳定剥蚀夷平期(中中新世至晚中新世)

该期盆地广大地区接受了下东山组中下段湖相沉积,特别是在近盆地边缘的甘家北部、阿什贡等地区形成浅湖与半深湖相和三角洲相沉积,反映当时盆地扩大,达到湖相沉积鼎盛时期,尤其在下东山组中段(约10~14 Ma左右)形成了浅湖与半深湖相稳定型低沉积速率(平均沉积率 $< 0.07 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$)泥灰岩和含白铁矿结核泥岩组合建造,说明高原在此期间保持构造相对稳定,达准夷平状态,山地与盆地高差小,剥蚀速率很低,物源供给不足。这一高原相对稳定期在整个青藏高原周边都广泛存在,绝对年代也很相近,如高原南缘巴基斯坦西瓦利克(Siwalik)群庆吉(Chinji)组棕红色泥岩沉积^[9]、高原东北缘临夏盆地上庄组棕红色泥岩和东乡组青灰色泥灰岩与紫红色泥岩层^[11]、高原北缘酒泉盆地胥塘沟组下部半深湖相沉积^[23]。贵德盆地下东山组中、下段富含介形类、腹足类、植物、轮藻等化石,孢粉为 *Chenopodiaceae*—*Ulmipollenites*—*Abietineae-pollenites* 组合,并主要由藜、篙、榆、松、栎等构成,哺乳动物主要为森林及偏森林性动物,如平齿三趾马(*Hipparion platyodus*)、轴鹿(*Axis* sp.)、大唇犀(*Chilotherium* sp.)、仿古麝(*Palaeotragus* cf. *decipiens*)等,反映属森林草原环境,这与高原东北缘临夏盆地孢粉记录以及全球气候“中中新世降温事件”后小幅升温一致^[21, 22]。根据该组合大量代表热带、亚热带低地森林—草原动物特征,表明当时的动物可以自由往返与高原上,此时贵德盆地的海拔应在1000 m以下。

3.5 持续逐步较快速隆升期(8.2~3.6 Ma)

该阶段盆地沉积相变化大,特别在盆地边缘变化明显,8.2~7.2 Ma为下东山组上段三角洲夹少量扇三角洲相沉积,其中三角洲相具前积层向顶积层演化;7.2~3.6 Ma为贺尔加组水下扇三角相与浅湖沉积序列,而且由下而上扇三角洲相增多,并且砾岩厚度增大、砾径变粗,沉积速率增加(平均沉积速率由三角洲相 $0.072 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ 突然增至扇三角洲 $0.123 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$),其中约5.5 Ma开始夹砾质网状河流相。上述特征表明此阶段高原持续隆升使盆地与山体之间的高差逐渐增大,剥蚀速率增加。由于7.2 Ma开始形成大量的扇三角洲相洪积产物沉积,表明中新世末期气候干旱化,这与临夏盆地孢粉记录以及全球“中中新世降温事件”、地中海发生盐度危机“墨西哥事件”相一致^[21]。至5.5 Ma后盆地边缘出现砾质网状河流相沉积,盆地内部相变为湖相沉积。郑绍华等和谷祖纲等在盆地中部的阿米岗、贺尔加及红柳滩一带湖相层位中发现哺乳动物契考三趾马(*Hipparion* cf. *tchicoicum*)、中国互棱齿象(*Anancus sinensis*)、大唇犀(*Chilotherium* sp.)、楔形棱齿象(*Anancus cuneatus*)、獭鼠(*Mimomys* sp.)、山西轴鹿

(*Axitis shansius*)等^[12, 13],表明5.5~3.6 Ma盆地为森林—草原混杂的生态环境,并且盆地海拔应不超过1000 m。

3.6 急剧强烈阶段性隆升期(3.6 Ma)

盆地内充填了晚上新世甘家砾岩组和第四系共和组以及河流、冲积砂砾层以及风成黄土。甘家砾岩组由洪积、砾质网状河流和泥石流质网状河流相组成,而且该套地层中至今未发现热带大型哺乳动物^[12],表明3.6 Ma±高原急剧强烈隆升导致贵德盆地海拔急剧升高,使前期多见的热带大型哺乳动物在该区绝迹,并使该盆地结束湖相沉积而转为冲积环境。可见3.6 Ma±的构造事件是该区新生代构造运动的一个重要的分水岭,这次重大构造运动也同时波及整个高原内部和外围地区(如临夏盆地积石组砾岩^[11]、酒泉盆地玉门组砾岩^[23]等),李吉均等人称之为“青藏运动A幕”^[5, 6]。此后该区构造活动进入一个强烈构造隆升与相对稳定剥蚀频繁交替期,潘宝田通过研究认为晚第三纪末发生的构造运动使贵德盆地边缘的第三系地层发生褶皱变形、盆地范围缩小,沉降区主要集中在盆地的西部,形成第四纪早、中更新世共和组。大约0.1 Ma以前(中更新世末),高原发生一次强烈隆升(李吉均等人称之为共和运动^[5, 6]),使盆地抬升,盆地东部扎马杂日山东侧的河流向西溯源侵蚀将山地切开,形成松巴峡谷,从而使贵德盆地原属内流水系外连,黄河在这里开始出现,自那时起构造运动使黄河在贵德盆地下切过程中形成六级阶地,并累计下切约900~1000 m^[15]。

4 结论

青藏高原东北缘贵德盆地属新生代断陷盆地,其新生代地层可划分出深水砾砂质网状河流、泥石流质网状河流、砾质网状河流、山麓洪积、三角洲、半深湖与浅湖、水下扇三角洲七个沉积相组合体系。根据盆地沉积相组合、沉积演化与高原构造隆升的响应关系,揭示出高原自晚渐新世以来先后经历了:早期隆升期(渐新世末)、较稳定剥蚀夷平期(早中新世)、小幅隆升期(早中新世末)、稳定剥蚀夷平期(中中新世至晚中新世)、持续逐步较快速隆升期(8.2~3.6 Ma)、急剧强烈阶段性隆升期(3.6~0 Ma);其中3.6 Ma±的构造隆升是新生代构造运动的一个重要分水岭,此前盆地海拔应不超过1000 m,此后构造活动速度明显加速,地形高差显著增大。可见青藏高原的隆升是一个多阶段、不等速和非均变的复杂过程。

致谢 参加野外工作的还有:颜茂都、聂军胜、贺建桥、阚洪强以及美国北亚利桑那大学地质系 W. Down

教授和密歇根大学地质系 J. Pares 教授 ; 古地磁样品由美国密歇根大学古地磁零磁场实验室测试。

参 考 文 献

- Coleman M. Evidence for Tibetan uplift before 14 Ma ago from a new minimum age for east-west extension[J]. *Nature*, 1995, 374: 49~52
- Kroon D, Steens T N F, Troelstra S R. Onset of monsoonal related upwelling in the western Arabian Sea[J]. *Proc ODP, Sci Results*, 1991, 17: 257~263
- Harrison T M, Copeland P, Kidd W S F, et al. Raising Tibet[J]. *Science*, 1992, 255(27): 663~1670
- 李吉均, 文世宣, 张青松等. 青藏高原隆升的时代、幅度和形式的探讨[J]. *中国科学*, 1979, 6: 608~616
- 李吉均, 方小敏. 青藏高原隆升与环境变化研究[J]. *科学通报*, 1998, 43(15): 1569~1574
- 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
- Cochran J R. Himalayan uplift, sea level, and the record of Bengal Fan sedimentation at the ODP Leg 116 site[J]. *Proc ODP, Sci Results*, 1990, 116: 397~414
- Einsele G, Ratschbacher L, Wetzel A. The Himalaya-Bengal fan denudation-accumulation system during the past 20 Ma[J]. *J Geol*, 1996, 104: 163~184
- Johnson N M, Opdyke N D, Johnson G D, et al. Magnetic polarity stratigraphy and ages of Siwalik Group rocks of the Potwar, Pakistan[J]. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 1982, 93: 27~40
- Weber M E, Wiedicke M H, Kudrass H R. Active growth of the Bengal Fan during sea-level rise and highstand[J]. *Geology*, 1997, 401: 39~43
- 方小敏, 李吉均, 朱俊杰等. 甘肃临夏盆地新生代地层绝对年代测定与划分[J]. *科学通报*, 1997, 42(14): 1457~1471
- 谷祖纲, 白生海, 张显庭等. 青海省贵德、化隆两盆地新第三系的划分与对比[J]. *地质学杂志*, 1992, 16(2): 96~104
- 郑绍华, 吴文裕, 李毅等. 青海贵德、共和两盆地晚新生代哺乳动物[J]. *古脊椎动物学报*, 1985, 23(2): 89~134
- 黄华芳, 彭作林, 卢伟等. 酒西盆地、酒东盆地第三系磁性地层的划分与对比[J]. *甘肃地质*, 1993, 12(1): 6~16
- 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): 43~49
- Ma Y Z. The Quaternary palynoflora and palaeoclimate in the Guide and Hualong Basin, Qinghai Province, China. *Global Change and Environmental Evolution in China*[M]. Beijing: Science Press, 1990. 82~88
- Miall A D. *The Geology of Fluvial Deposits, Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*[M]. Springer, Berlin, 1996. 582
- Blair T C, McPherson J G. Alluvial Fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies assemblages[J]. *J. Sediment. Res.* 1994, A 64: 450~489
- Nakayama K, Ulak P D. Evolution of fluvial style in the Siwalik Group in the foothills of the Nepal Himalaya[J]. *Sediment Geol*, 1999, 125: 205~224
- 孙秀玉, 赵英娘, 何卓生. 青海西宁—民和盆地渐新世至中新世孢粉组合[J]. *地质评论*, 1984, 30(3): 208~214
- 马玉贞, 李吉均, 方小敏. 临夏地区 30.6~5.0 Ma 红层孢粉植物群与气候演化记录[J]. *科学通报*, 1998, 43(3): 301~304
- Barrett P J, Adams C J, McIntosh W C, et al. Geochronological evidence supporting Antarctic deglaciation three million years ago[J]. *Nature*, 1992, 359: 816~818
- 宋春晖, 方小敏, 李吉均等. 青藏高原北缘酒西盆地 13Ma 以来沉积演化与构造隆升[J]. *中国科学, D 辑*, 2001, 31(青藏专辑)

Tectonic Uplift and Sedimentary Evolution of the Guide Basin in the Northeast Margin of Tibetan Plateau in Cenozoic Era

SONG Chun-hui FANG Xiao-min

GAO Jun-ping SUN Dong FAN Ma-jie

(National Laboratory of Western China's Environmental Systems,

College of Resource and Environment, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

Abstract

There are lots of different viewpoints about the uplift of the Tibetan Plateau in the world. The paper provides the proofs for recovering the history of the plateau uplift by studying Cenozoic stratigraphy of Guide Basin in the northeast Tibetan Plateau. Cenozoic stratigraphy was deposited in Guide Basin widely and seven sedimentary facies associations are recognized. They are interpreted as the deposits of deep gravelly braided, delta, debris-flow-dominated braided, shallow and half-deep lake, fan delta, gravelly braided and piedmont proluvial systems, respectively. The relationship between the sedimentation of Guide basin and the uplift of the Tibetan Plateau reveals that the Plateau has experienced six phases in Cenozoic era: preliminary uplift phase (Late Oligocene), relatively stable and denudation planation phase (Early-Miocene), little-scale uplift phase (Late Early-Miocene), stable and denudation planation phase (Middle Middle-Miocene to Late Middle-Miocene), sustain and stepwise uplift phase (8.2~3.6 Ma), rapid and intense uplift phase (3.6~0 Ma). The uplift

in 3.6 Ma is an important stage of Cenozoic tectonic movements , before then the absolute elevation of Guide Basin was below 1 000 m and since then tectonic movement became more active to form more complex topography . So the uplift of Tibetan Plateau is a process of multiple phases , unequal speed , and irregular movement .

Key words sedimentary facies , sedimentary evolution , tectonic uplift , Cenozoic , Guide Basin , Tibetan Plateau

全国沉积学大会在武汉召开

2001 年“全国沉积学大会”于 10 月 16 日至 19 日在武汉市进行。这次大会是根据中国地质学会沉积地质专业委员会、中国矿物岩石地球化学学会沉积学专业委员会的决定而召开的 , 主办单位 : 中国地质学会沉积地质专业委员会、中国矿物岩石地球化学学会沉积学专业委员会和中国地质大学(武汉) , 协办单位 : 中油公司勘探开发研究院、中石化公司胜利油田、中国科学院地质与地球物理研究所、成都地质矿产研究所以及塔里木油田分公司。经过主办单位、协办单位及全体参会代表的共同努力 , 特别是中国地质大学(武汉)的具体组织和周密准备 , 大会取得圆满成功。

来自全国各地石油、地质、煤炭、核工业、化工、中国科学院、高等院校等系统的专家、学者代表共 207 人出席了大会 , 其中高校系统 76 人 , 中国科学院系统 26 人 , 产业部门和其他系统研究人员 94 人 , 编辑、出版等方面代表 11 人。包括沉积专业委员会主任孙枢院士、副主任刘宝琛院士、傅家谟院士、裘怿楠教授、李任伟研究员在内的 26 名沉积专业委员会委员到会。会议收到论文(及摘要)230 篇 , 有 108 位代表在会议上作了学术报告(其中大会报告 10 位) , 此外还有许多代表利用展版和多媒体展示研究成果。这些学术报告总结和交流了近 20 年来中国及世界沉积学发展历程中的经验和重要成果 , 检阅了我国沉积学研究的最新成就 , 研究和讨论了中国沉积学的发展战略。代表们通过报告、讨论和交流 , 看到了我国沉积学的长足进步 , 增强了攀登学术高峰以及为国家经济建设做出更大贡献的信心 , 大家普遍认为这是一次非常成功的会议。刘宝琛院士代表沉积专业委员会在大会闭幕式上作了总结发言。会后大会还安排了野外地质考察 , 50 余名代表报名参加。

这次会议的特点主要表现在 :

一、代表的广泛性。大会的代表来自生产、科研、高校、各有关部门以及媒介出版部门 , 有为我国沉积学奠基做过巨大努力的老一辈沉积学家 , 有一大批为我国沉积学发展并与国际接轨做出贡献的中青年沉积学家(占 80% 以上) , 可喜的是相当数量的年轻人表现出了蓬勃朝气 , 他们有很好的基础 , 学习的热情 , 即将成为沉积学发展的中坚力量。

这次会议讨论的问题非常广泛 , 学术讨论围绕 15 个方面展开研讨和交流 : 全球环境变化、储层沉积学与建模、沉积过程中的有机质作用、环境沉积学、成岩作用、古风化壳与成藏、层序地层学、沉积体系、沉积相、沉积盆地动力学与模拟、沉积盆地流体、造山带沉积学与盆山耦合、矿床沉积学、甲烷水合物及其它海洋资源、新技术新方法的应用 , 涵盖了极为广泛的学术领域。

二、关注热点。代表们特别关心的有两方面的问题 , 一个是当前沉积学的热点和前沿问题 , 另一个是与国民经济发展有密切关系的科学问题。全球环境变化、盆地分析与盆山耦合、层序地层学、储层沉积学、环境沉积学、甲烷水合物等都是本次大会代表特别关注的热点问题 , 论文的数量达到 70% 以上。

三、科学创新是本次会议的明显的特色 , 经过三代人多年的努力 , 我国沉积学的研究已经摆脱了过去的模仿追踪的情况。从本次会议的交流情况看 , 目前大多数研究是从中国实际情况出发 , 例如 , 我们在做盆地分析时特别注意盆山耦合与构造叠合过程 , 在构造作用影响深刻的陆相盆地做层序地层学分析时 , 总结出一套很好的经验 , 在思路方法上都有创新 , 例子很多。可以看出 , 我国沉积学家完全有能力(一些已经做出了)创造性地总结出具有我国特点的沉积学理论和方法。

四、沉积学的研究注意了学科的交叉、渗透 , 研究中尽可能使用了新的方法和技术 , 有不少研究成果属于综合性的。一个地质学上的问题 , 多少人在不同时期用相同的方法去研究 , 可能会得出不同的结论 , 这些分歧也许多少年都会成为解决不了的问题 , 但如果用新的方法、技术 , 特别是交叉学科去研究 , 就有可能解决问题 , 今后仍应坚持这个方向。