

共和盆地层状地貌系统与青藏高原隆升及黄河发育

孙延贵¹ 方洪宾² 张 琨¹ 赵福岳² 刘世英¹

(1.青海省地质调查院遥感中心,青海 西宁 810012;2.中国国土资源航空物探遥感中心,北京 100083;)

摘要:利用卫星遥感影像,结合实地调查和测年结果,对共和盆地层状地貌系统进行了解译、分析。研究表明,共和盆地层状地貌系统由山麓剥蚀面、洪积扇面、盆地面以及黄河阶地面构成,其空间结构、物质组成对发生于早更新世早期的青藏运动 C 幕和中更新世末期的共和运动反映清晰。青藏运动 C 幕使青藏高原主夷平面在高原差异性隆升中彻底解体,垂直变形量高达 1700 m。共和运动使黄河在 0.11 Ma 进入共和盆地,其后黄河平均以 3.5 mm/a 的侵蚀速率下切盆地,同时在盆地边部的山前古冲洪积扇以大致相近的速率被抬升,最终导致高差在 2000 m 左右的层状地貌系统的出现。

关键词:共和盆地;层状地貌系统;卫星遥感影像;黄河发育;高原隆升

中图分类号:TP75 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2007)06-1141-07

在对地处青藏高原东北部一系列新生代盆地的诸多研究中,一般认为由古—新近纪时期空间展布非常宽阔的青岛古湖^[1],在青藏高原隆升并逐渐使中国大陆地貌发生东西分异转化^[2]的过程中发展且形成的一系列相对独立的湖盆,如临夏盆地、西宁盆地、化隆盆地、贵德盆地、青海湖盆地、共和盆地、兴海盆地等等,它们由湖盆转化成河流盆地的形式以及黄河发育切割盆地所形成的第四纪层状地貌^[3]系统,已成为研究探索青藏高原隆升细节过程以及黄河发育演化及其变迁趋势的非常理想的研究对象。随着研究的深入,发现这一系列层状地貌系统基本均由上部夷平面^[4]亚系统和下部阶地亚系统两部分组成,二者之间的地貌结构特征和时序关系是青藏高原强烈隆升并最终导致黄河主流进入高原的重要标志。以此为研究焦点,高原的阶段性隆升与黄河溯源侵蚀向高原内部阶段性伸入具有很好的对应关系已成共识^[5-8],但由于不同研究者^[9]对上部亚系统中的高原主夷平面物质组成、空间结构、解体时限以及黄河发育并切割该面形成的阶地亚系统的划分、出现的初始时间等有不同的认识,对黄河进入青藏高原并标志着高原已强烈隆升到相当高度的时期产生较大分歧。

共和盆地,在青藏高原东北部黄河流经的多个盆地中相对面积最大,黄河垂直其长轴方向横切盆地而形成非常特征

的阶地层状地貌亚系统,同时也使上部夷平面层状地貌亚系统得以完好的保留,二者的切割关系非常清晰。因此笔者选择了该盆地,利用美国 Landsat-7ETM 空间影像的宏观性以及 1:10 万地形高程数据,对盆地层状地貌结构进行了详细的遥感解译分析,并对高原主夷平面解体变形后,在地貌剥蚀与沉积共同作用下所形成的层状地貌系统的物质组成、相互关系以及形成时期等进行了调查研究,研究结果对正确认识青藏高原层状地貌系统和以该系统为研究对象,进而确定黄河进入高原的时代与深入探索高原腹地隆升机制都具有重要的参考意义。

1 共和盆地层状地貌空间结构特征

在 Landsat-7ETM 空间影像上(图 1),可以全面清晰地看到共和盆地层状地貌系统的不同组成部分及其相互关系。上部夷平面亚系统总体由山麓剥蚀面(简称山麓面)和盆地面构成,二者应是普遍存在于青藏高原的两级夷平面中的主夷平面(Main surface)^[10]或称较老夷平面(Ⅱ级面)^[11]变形改造的产物,老夷平面(Ⅰ级面)即山顶面(Summit surface)在强烈的剥蚀下基本未被保留下来。主夷平面于第四纪初在青藏高原差异性隆升过程的变形中解体,构成主夷平面的原盆地面下降而与该面原基本处在同一准平原面上的山麓面被强烈

收稿日期:2007-06-02;改回日期:2007-09-20

基金项目:国家自然科学基金项目(40572138)与中国地质调查局项目(1212010510218)共同资助。

作者简介:孙延贵,男,1959年生,博士,教授级高级工程师,主要从事构造地质研究与遥感技术应用;E-mail:yanguisun@sohu.com。

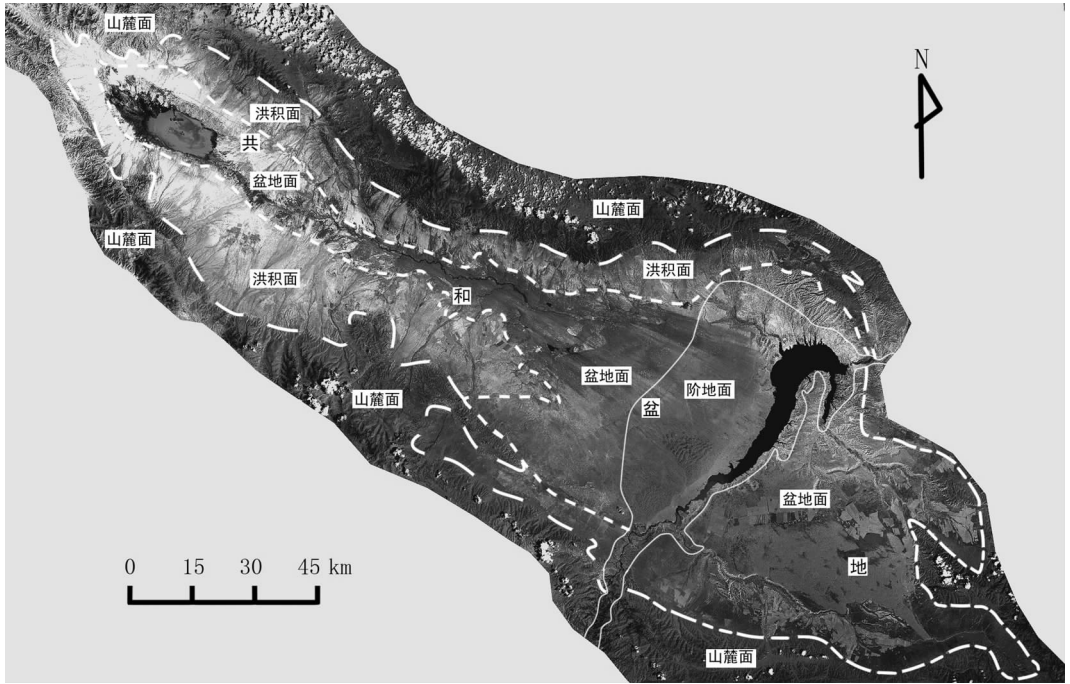


图1 共和盆地空间影像图
Fig.1 Space image of the Gonghe basin

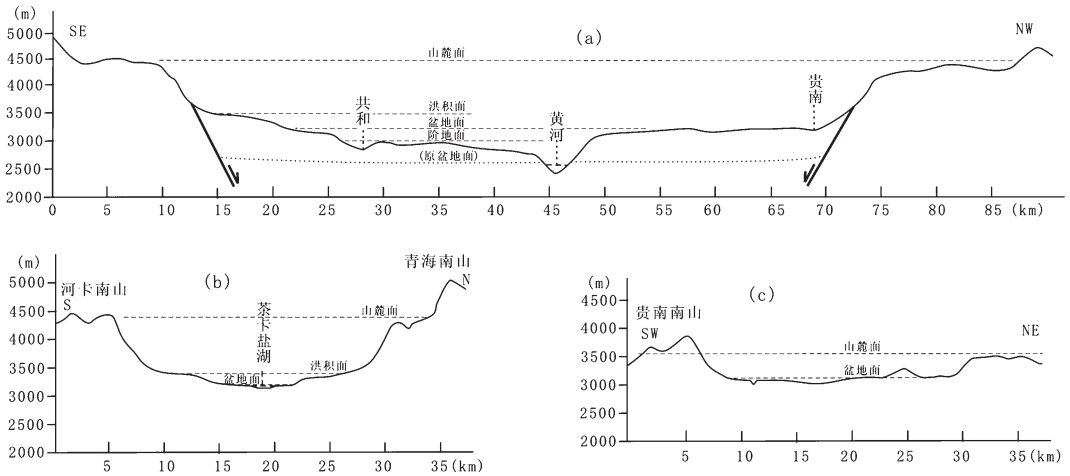


图2 共和盆地中段(a)、北西段(b)、南东段(c)地形剖面图
Fig.2 Topographic section of the central (a), northwestern (b) and southeastern (c) segments of the Gonghe basin

抬升,同时山麓面以及早期的山顶面再次遭受剥蚀,大量物质加积在原盆地地面上,综合形成多级层状地貌面,即由盆地中部向外依次出现新盆地地面(3100~3200 m)、洪积面(3400~3500 m)以及山麓面(4300~4500 m)等(图2)。与盆地中段(图2-a)对比,北西段洪积面更为发育(图2-b),而南东段的盆地地面则占据层状地貌面的主体,并与山麓面间的高差明显

减小(图2-c)。但它们具有基本相似的地貌结构特征,并共同显示出盆地中部的盆地地面实际上应属于形成于新近纪晚期的主夷平面^[3,4,10]在盆地内部下降后,经第四系沉积升高而形成的一个面。据实地观测得到的第四系底部由新近纪贵德组所构成的原盆地地面平均2800 m的海拔高度,参考山麓面高度进行推算,共和盆地大部分地区的主夷平面,自新近纪末

以来垂直变形幅度累计高达 1700 m 左右,同时第四系沉积使盆地面升高 400~500 m,现今盆地面与山麓间的高差(1200~1300 m)则是上述地壳差异升降运动和剥蚀与沉积共同作用的结果。这种作用的强度在盆地东南段略小。对盆地面升高的贡献者主要是中、下更新统,晚更新世以及全新世时期的沉积主要发生在盆地边部山麓面与盆地面之间地形转折带的下方,以山前多级冲洪扇的形式构成共和盆地多层状地貌面中的洪积面。伴随地壳不断的间歇性抬升,发育至少 5 级扇阶地。在盆地北部,残留山前的最高一级洪积扇面高度平均为 3520 m,阶坡高达 45 m,与全新世晚期最低冲洪积扇前盆地面高差平均在 380 m 左右,与黄河最高级阶地的拔河高度相近,表明晚更新世以后共和盆地整体抬升的一致性。

下部阶地亚系统横切盆地面并与黄河保持协调一致,分布的海拔高度一般在 3050 m 以下。空间影像特征以及实地调查表明,高于该高度的阶地一般并不构成共和盆地层状地貌系统阶地亚系统的主体,而且通常属于发育于盆地面之上

的早期内流河产物。分布在南、北盆缘黄河峡谷段内的阶地,在河流强烈的侵蚀作用下,所残留下来的也往往仅是阶地亚系统的一部分,欲通过这些地段的阶地对黄河进行系统研究应十分谨慎。在盆地内部,开阔的地形和黄河切割盆地面后一直向东侧蚀迁移的两个主要因素使阶地亚系统发育和保留的比较完整。在 Landsat-7ETM8、7、4、1 波段合成的影像图上,可清晰看到黄河的 15 级阶地(图 3),但约有 1/2 的阶地延伸并不稳定,它们大部分应属于地壳小规模局部掀斜使河流不规则侧蚀迁移性的阶地以及气候性阶地,它们的前缘阶坡一般较底。位上相对稳定的阶地为 6 级,即由 T₁₂、T₁₃、T₁₄ 以及 T₁₅ 构成的最高级阶地(当地称其为二塔拉,意为自共和县城向南数的第二平台);由 T₉、T₁₀、T₁₁ 组成的次高级阶地(一塔拉);由 T₆、T₇、T₈ 和 T₃、T₄、T₅ 分别构成四级和三级;相对低级的一、二级阶地仍为影像图中的 T₁ 和 T₂ 阶地。最高级阶地阶面海拔高度 3020 m,拔河高度 395 m,后缘与盆地面(三塔拉)高差 80 m,代表了黄河在共和盆地的出现以及下切盆地面的开始。次高级阶地(一塔拉)阶面高度在 2930 m 左

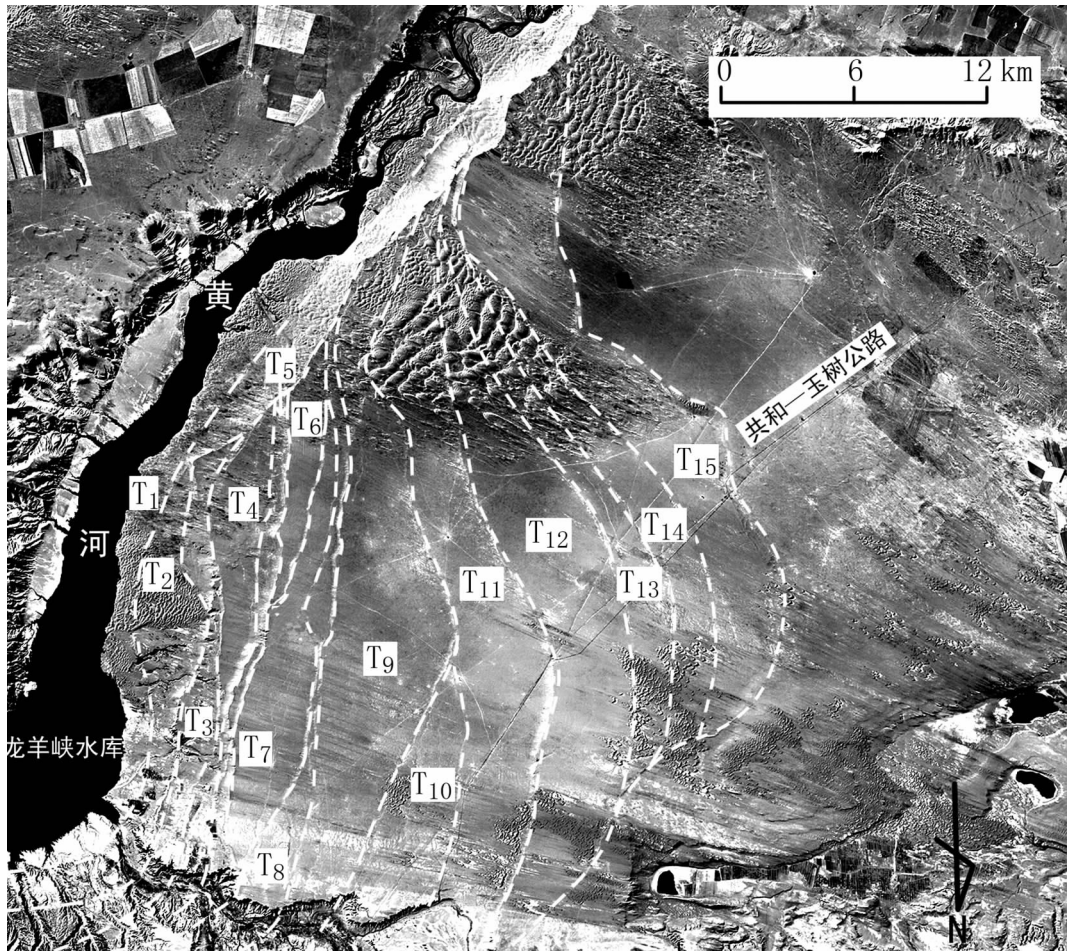


图 3 共和盆地黄河阶地影像图

Fig.3 Space image of terraces of the Yellow River in the Gonghe basin

右。其他阶地,向现今黄河河床方向,阶面逐渐变窄,前缘阶坡垂直高度增大,具有青藏高原间歇性抬升的频繁性和剧烈性在逐渐增强的现象。

2 层状地貌系统的物质组成及形成时代

共和盆地上述多级层状地貌面的沉积特征与它们的成因具有很好的对应关系(图4)。早更新世河湖相沉积(共和组)位于共和盆地第四纪沉积的下部,直接覆于变形下降的原盆地上,为一套自盆地边部向盆地中心逐渐变细的砾卵石层夹中粗—中细粒砂、粉砂以及亚砂土、亚粘土层,测年结果为1.4~0.6 Ma(ESR)^[7],代表了早更新世时期主夷平面解体变形后的高起伏地貌沉积环境。中更新世沉积与早更新世沉积保持连续,因相对于早更新世时期的地形起伏的减小及剥蚀作用的逐渐减弱,形成一套中细粒砂、粉砂层,上部夹亚砂土以及亚粘土,向顶部夹层组分逐渐增多。沿河流切割该层的不同深度分别采取热释光测年样品(图5),经中国科学院地球环境研究所释光测年实验室测年(表1),结果分别为0.167 Ma、0.217 Ma、0.287 Ma,表明盆地面应形成在中更新世末期,发育于盆地上的古内流河沉积物测年结果(0.174 Ma/QY06TL-1样品)同样支持这一认识。盆地面形成后,向

上在盆地边部形成由大量冲洪积砂砾石层组成的山前扇阶地,向下侵蚀发育黄河多级阶地,它们以不同的侵蚀与沉积形式反映了盆地整体隆升的一个统一过程。

盆地边部的冲洪积扇一般都向盆地方向推进的堆积形式出现。它们的沉积特征非常相似,岩性以具有一定分选但磨圆度较差的灰色砂砾石层夹含砾砂层、亚砂土透镜体为主。扇体在大部分地区直接覆于由中更新世组成的盆地面上,局部地区与早更新世共和组呈侵蚀接触。最高级扇阶地的热释光测年为0.08 Ma^[7],属晚更新世,据微地貌特征分析,4级以下扇阶地应为全新世时期的产物。

在黄河阶地中,除最低一级阶地属侵蚀阶地类型外,其他均为典型的基座式阶地。基座岩石以现今黄河峡谷谷肩为界,以上阶地基座由中更新世中细粒砂、粉砂层夹亚砂土以及亚粘土层组成,以下阶地基座均由早、中三叠世砂板岩构成。阶地沉积具有二元结构特征。下部为灰色厚层状卵石层、砂砾石层夹含砾砂层、砂层透镜,卵石层的磨圆以及分选程度极高,砂砾石层中常发育叠瓦构造,层间侵蚀构造等,砂层中发育平行层理、斜层理。向上常发育一层厚0.3~0.7 m含泥砂量较高的冲洪积层,顶部为厚≤1 m的土黄色亚砂土层。经统计分析,古流向一般都各自阶地的后缘线平行,砾石成

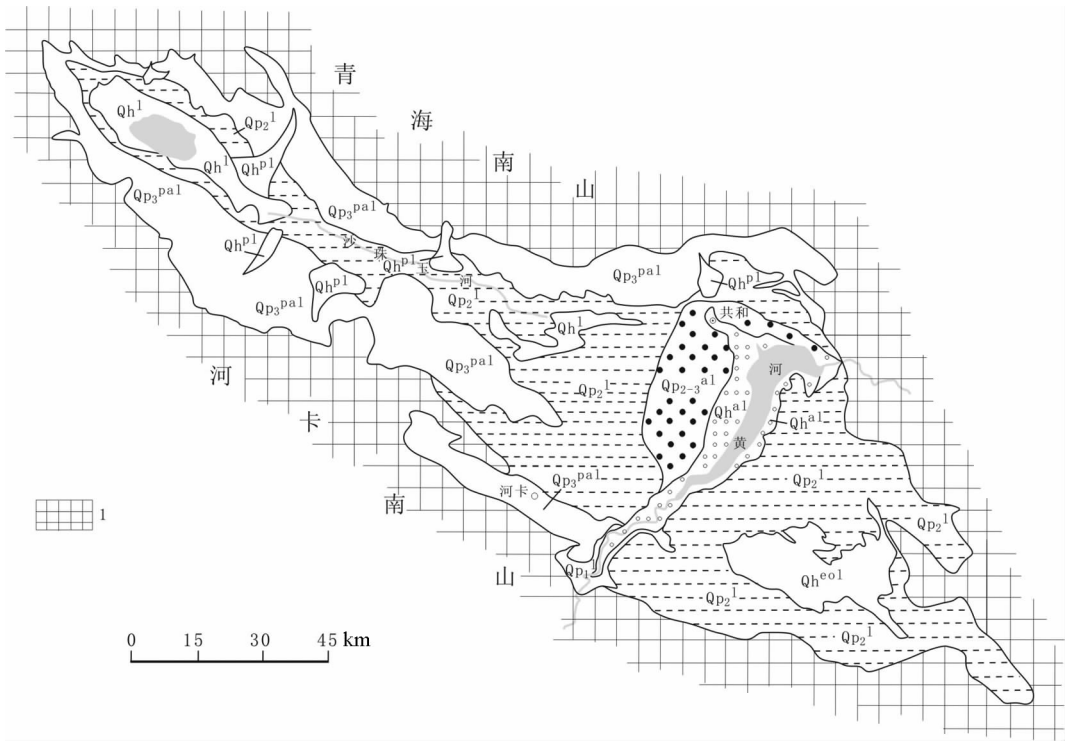


图4 共和盆地第四系分布图

Qh^{al}—全新世冲积; Qh^{pl}—全新世洪积; Qh^{ed}—全新世风积; Qh^l—全新世湖积; Qh^{pl}—晚更新世冲洪积;
Qp₂₋₃^{al}—中—晚更新世冲积; Qp₂^l—中更新世湖积; Qp₁^l—早更新世湖积; 1—基岩

Fig.4 Distribution of the Quaternary System of the Gonghe basin

Qh^{al}—Holocene alluvium; Qh^{pl}—Holocene proluvium; Qh^{ed}—Holocene eolian deposits; Qh^l—Holocene lacustrine deposits;
Qp₂₋₃^{al}—Late Pleistocene alluvium and proluvium; Qp₂₋₃^{al}—Middle-Late Pleistocene alluvium;
Qp₂^l—Middle Pleistocene lacustrine; Qp₁^l—Early Pleistocene lacustrine; 1—Bed rock

分仅早、中三叠世砂板岩含量就可达 85%,由高级向低级阶地其他成分砾石逐渐增多。于最高级阶地和次高级阶地所采集的热释光测年样品(图 5,表 1)测年结果分别为 114.1 ka、100.1 ka 和 91.0 ka,它们基本代表了黄河在共和盆地形成发育的时代。

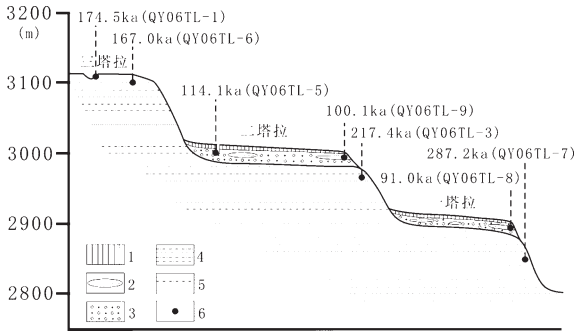


图 5 共和盆地恰卜恰镇—河卡镇黄河高阶地剖面及取样位置

1—亚砂土层;2—砂层透镜;3—砂砾石层;4—中更新世亚粘土层夹砂层;5—中更新世砂层夹亚粘土层;6—样品点

Fig.5 Section and sampling location of high terraces of the Yellow River in the Qiabuqia-Heka area, Gonghe basin

1—Sandy loam;2—Sand lens;3—Gravel;

4—Middle Pleistocene sandy loam with sand;

5—Middle Pleistocene sand with sandy loam;6—Sample site

3 共和盆地的转化与黄河发育

同青藏高原东北部广泛发育的盆地一样,共和盆地在近新近纪晚期同样处在青藏高原的主夷平面上。据保留在现今盆缘山体内部平整的山麓剥蚀面、新近纪晚期的相关沉积物等的遥感影像空间展布特征以及 DEM 分析,由山麓剥蚀面与盆地堆积面所构成的该夷平面属于具有一定起伏且准平原化程度一般的准平原化面。该时期形成的盆地堆积面在青藏高原东北部的诸盆地中均有不同程度的保留,保留方式有两种类型,其一是残留在盆缘山体内部,其二大量分布在盆地内。

前者与山麓剥蚀面基本处在同一高度的现象可进一步证明山麓剥蚀面与盆地堆积面为统一地貌面的推断。后者,保存最好地段位于共和盆地北西段、贵德盆地南北边部以及化隆盆地南西段黄河南岸,一般均以平顶山或高平台台地形式出现,上覆有黄土、砂砾石层。它们所共有的特征是堆积面以下为辫状河、三角洲沉积,以上砂砾石层绝大部分为冲洪积,古流向指向盆地汇水中心,少量为河床相,化隆盆地统计结果显示,位于主夷平面上的古河流的流向与现今黄河流向相反。结果表明,新近纪晚期高原东北部湖盆历史的结束与一般所认为的黄河切穿盆缘而疏干湖水^[5,9]不相一致,内流河的冲积、洪积以及冲洪积快速充填仍应是使湖盆演化历史结束的主要因素。准平原化面上发育着主体西流的水系格局,最新研究结果^[11]显示,西宁盆地同样处在这样一种地貌格局之中。

共和盆地层状地貌系统特征显示,早更新世早期的青藏运动 C 幕与中更新世晚期的共和运动^[5,12]是共和盆地构造运动表现最为强烈的两次地壳运动,它们不仅对共和盆地现今地势地貌格局的定型起到了决定性的作用,也成为青藏高原隆升过程中非常重要的两次构造事件。

青藏运动 C 幕使形成于新近纪晚期的准平原化面发生剧烈的变形,新近系地层发生断褶,山麓剥蚀面以及山顶面被强烈抬升,现今共和组沉积底面与残留在盆地边缘山体上的山麓剥蚀面间 1700 m 的高差,大部分应为准平原化面在该次运动中发生的垂直位移量。同时,第四纪时期的盆、山格局也开始形成,早更新世具磨拉石沉积建造特征的共和组快速堆积在下降的准平原化面上。之后的中更新世时期,地壳相对稳定,进入相对较为短暂的剥蚀—堆积期,直至中更新世末新的盆地面形成。据组成共和盆地盆地面顶部物质年龄测定结果,这一时期至少持续到 0.167 Ma,盆地内沉积作用使 1700 m 的变形高差缩减到 1200~1300 m。

发生于中更新世末的共和运动,使青藏运动 C 幕后的相对稳定期结束,青藏高原再次大规模隆升。在共和盆地区,该次运动以形成于中更新世末的新的盆地面为标志面,在高原不断的间歇性隆升过程中,向上盆地边部山前古冲洪积扇逐渐升高,向下黄河切割盆地面形成多级阶地。最高级洪积扇与盆地间的高差约为 380 m,而黄河最高级阶地拔河高度在 395 m 左右,它们对高原隆升过程有着一致的响应关系。

表 1 共和盆地恰卜恰镇—河卡镇地区热释光样品测试分析

Table 1 Thermoluminescence analysis of samples from the Qiabuqia-Heka area in the Gonghe basin

| 野外编号 | U(10 ⁻⁶) | Th(10 ⁻⁶) | K(%) | 含水量(%) | 剂量率(Gy/ka) | 等效剂量(Gy) | 年龄(ka) |
|----------|----------------------|-----------------------|------|--------|------------|------------|------------|
| QY06TL-1 | 2.35 | 10.28 | 1.97 | 20±3 | 3.28±0.14 | 572.6±14.3 | 174.5±8.7 |
| QY06TL-3 | 1.48 | 6.36 | 1.41 | 20±3 | 2.26±0.09 | 490.5±35.7 | 217.4±18.1 |
| QY06TL-5 | 1.55 | 8.12 | 1.77 | 20±3 | 2.71±0.11 | 309.5±13.3 | 114.1±6.7 |
| QY06TL-6 | 1.67 | 7.98 | 1.80 | 20±3 | 2.76±0.11 | 461.3±16.1 | 167.0±8.9 |
| QY06TL-7 | 1.40 | 7.47 | 1.68 | 20±3 | 2.55±0.10 | 730.8±60.3 | 287.2±26.3 |
| QY06TL-8 | 1.66 | 10.22 | 1.87 | 20±3 | 3.00±0.12 | 272.8±7.4 | 91.0±4.5 |
| QY06TL-9 | 0.68 | 4.69 | 1.83 | 20±3 | 2.24±0.07 | 223.9±15.9 | 100.1±7.8 |

据初始切割共和盆地地面所形成的黄河最高级阶地的测年结果,黄河在 0.11 Ma 左右切开共和盆地后,平均以 3.5 mm/a 的侵蚀速率下切,盆地边部山前古冲洪积扇上升速率应与该速率接近。

4 结 论

利用卫星遥感影像和地形高程数据对共和盆地层状地貌系统的空间结构进行确切的了解,是进一步以层状地貌系统为研究对象而开展黄河发育以及青藏高原隆升过程调查研究工作的基础,并能获得良好的效果。研究表明,共和盆地层状地貌系统是对青藏高原隆升起到关键作用的青藏运动 C 幕和共和运动的响应性产物。发生于早更新世早期的青藏运动 C 幕,使青藏高原主夷平面在高原差异性隆升过程中彻底解体,垂直变形量高达 1700 m。之后进入持续到 0.167 Ma 的相对稳定的剥蚀—堆积期。中更新世末的共和运动,使青藏高原进一步隆升,0.11 Ma 黄河在共和盆地形成,并平均以 3.5 mm/a 的侵蚀速率下切盆地,同时在盆地边部的山前古冲洪积扇以大致相近的速率被抬升。最终形成由被保留在盆缘山体内部的古山麓剥蚀面、盆地边部山前多级冲洪积扇面、新盆地面以及盆地面之下的黄河多级阶地面等构成的层状地貌系统,该系统高差可达 2000 m,反映了第四纪以来青藏高原真正崛起的剧烈过程。

参考文献(References):

- [1] 袁道阳, 张培震, 刘小龙, 等. 青海鄂拉山断裂带晚第四纪构造活动及其所反映的青藏高原东北缘的变形机制[J]. 地学前缘, 2004, 11(4):393-402.
Yuan Daoyang, Zhang Peizhen, Liu Xiaolong, et al. The tectonic activity and deformation features during the Late Quaternary of Elashan Mountain Active Fault Zone in Qinghai Province and its implication for the deformation of the northeastern margins of the Qinghai-Tibet plateau[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(4):393-402(in Chinese with English abstract).
- [2] 吴珍汉, 吴中海, 江万, 等. 中国大陆及邻区新生代构造—地貌演化过程与机理[M]. 北京:地质出版社, 2001:291-253.
Wu Zhenhan, Wu Zhonghai, Jiang Wan, et al. Evolution Process and Cause of the Cenozoic Tectonic—Landforms of China Continent and Its Adjacent Areas[M]. Beijing:Geological Publishing House, 2001:291-253(in Chinese with English abstract).
- [3] 潘保田, 高红山, 李炳元, 等. 青藏高原层状地貌与高原隆升[J]. 第四纪研究, 2004, 23(1):50-58.
Pan Baotian, Gao Hongshan, Li Bingyuan, et al. Step-like landforms and uplift of the Qinghai-Xizang Plateau [J]. Quaternary Sciences, 2004, 23(1):50-58(in Chinese with English abstract).
- [4] 崔之久, 高全洲, 刘耕年, 等. 夷平面、古岩溶与青藏高原隆升[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(4):378-385.
Chui Zhijiu, Gao Quanzhou, Liu Gengnian, et al. Planation surface, paleokarst and uplift of Qinghai-Xizang plateau[J]. Science in China (Series D), 1996, 26(4):378-385(in Chinese).
- [5] 李吉均, 方小敏, 马海洲, 等. 晚新生代黄河上游演化与青藏高原隆升[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(4):316-322(in Chinese).
Li Jijun, Fang Xiaomin, Ma Haizhou, et al. Geomorphologic and environmental evolution in the upper reaches of Huanghe River during the Late Cenozoic [J]. Science in China (Series D), 1996, 26(4):316-322.
- [6] 聂军胜, 宋春辉, 方小敏, 等. 贵德盆地黄河出现的古地磁年代及其意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2003, 23(2):59-64.
Nie Junsheng, Song Chunhui, Fang Xiaomin, et al. Pleomagnetic constraint on appearance of the Yellow River in the Guide Basin in the NE Tibetan Plateau and its geomorphologic implications [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2003, 23(2):59-64(in Chinese with English abstract).
- [7] 张智勇, 于庆文, 张克信, 等. 黄河上游第四纪河流地貌演化[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2003, 28(6):621-626.
Zhang Zhiyong, Yu Qingwen, Zhang Kexin, et al. Geomorphologic evolution of quaternary river from upper Yellow River[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2003, 28(6):621-626(in Chinese with English abstract).
- [8] 刘百篪, 刘小凤, 袁道阳, 等. 黄河中上游阶地对青藏高原东北部第四纪构造活动的反映[J]. 地震地质, 2003, 25(1):133-144.
Lui Baichi, Lui Xiaofeng, Yuan Daoyang, et al. Quaternary tectonic activity in northeastern Qinghai-Xizang Plateau as reflected by river terraces the middle-upper reach of the Yellow River[J]. Seismology and Geology, 2003, 25(1):133-144(in Chinese with English abstract).
- [9] Li Jijun. Uplift of Qinghai-Xizang Plateau and Global Cgange[M]. Lanzhou:Lanzhou University Press, 1995:1-207.
- [10] 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, 1998:382-392
Shi Yafeng, Li Jijun, Li Bingyuan. Uplift and Environmental Changes of Qinghai-Xizang(Tibetan)Plateau in The Late Cenozoic [M]. Guangzhou:Kuangdong Science & Technology Press, 1998:382-392(in Chinese with English abstract).
- [11] 鹿化煜, 安芷生, 王晓勇, 等. 最近 14 Ma 青藏高原东北缘阶段性隆升的地貌证据[J]. 中国科学(D 辑), 2004, 34(9):855-864.
Lu Huayu, An Zhisheng, Wang Xiaoyong, et al. Geomorphologic evidence of step uplift in the east-northern Qinghai-Xizang Plateau From 14 Ma to now [J]. Science in China (Ser.D), 2004, 34(9):855-864(in Chinese).
- [12] 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.
Li Jijun, Fang Xiaomin. Uplift of the Tibetan Plateau and environmental changes [J]. Chinese Science Bulletin, 1998, 43(15):1569-1574(in Chinese).

Step-like landform system of the Gonghe basin and the uplift of the Qinghai-Tibet Plateau and development of the Yellow River

SUN Yan-gui¹, FANG Hong-bin², ZHANG Kun¹, ZHAO Fu-yue², LIU Shi-ying¹

(1. Center of Remote Sensing, Qinghai Institute of Geological Survey, Xining 810012, Qinghai, China;

2. Aero Geophysical Survey & Remote Sensing Center for Land & Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the satellite images, combined with field surveys and thermoluminescence dating of Quaternary sediments, the authors explain and analyze the step-like landform system of the Gonghe basin. Study shows that the landform system consists of the piedmont denudation surface, proluvial fan surface, basin surface and terrace surface. Its spatial structure and material composition clearly record the early Early Pleistocene C phase of the Qinghai-Tibet orogeny and late Middle Pleistocene Gonghe orogeny. Phase C of the Qinghai-Tibet orogeny witnessed the disintegration of the main planation surface during the differential uplift of the plateau, with a vertical displacement of as high as 1700 m. The Gonghe orogeny caused the Yellow River to enter the Gonghe basin at 0.11 Ma. Since then, substantial down-cutting of the basin surface has continued to the present at an average rate of 3.5 mm/a. At the same time, the piedmont paleo-proluvial fan at the margin of the basin has been elevated at about the same rate. Ultimately, a step-like landform system with a height difference of about 2000 m appeared.

Key words: Gonghe basin; step-like landform system; satellite remote sensing image; development of the Yellow River; uplift of the Qinghai-Tibet Plateau.

About the first author: SUN Yan-gui, male, born in 1959, doctor and senior engineer, mainly engages in the tectonic study and remote sensing technique application; E-mail: yanguisun@sohu.com.