

# 化隆盆地地貌演化与黄河发育研究\*

潘保田 李吉均 曹继秀 陈发虎

(兰州大学地理科学系 兰州 730000)

**提 要** 黄河上游的化隆盆地在第三纪期间为古湖占据。上新世晚期古湖开始缩小,约 1.1 Ma BP 时消失,从而导致黄河在化隆盆地的出现。化隆盆地演化资料表明,青藏高原强烈隆起始于上新世中期,以后经多次快速构造抬升,以 1.1 和 0.8 Ma BP 的抬升最为剧烈。

**关键词** 黄河发育 构造隆升 化隆盆地

化隆盆地位于青藏高原东北边缘,是黄河自中国最高地形阶梯向以黄土高原为代表的中间地形阶梯穿流过程中经过的最后一个新生代沉降盆地。它南北界于秦岭最西端与拉脊山之间,东西分别为小积石山和扎马杂日山所围限。在盆地内部,以公伯峡所在的德恒隆—加吾力隆起带为界,盆地被分成东西两个部分(图 1),西半部称群科—尖扎盆地,简称群尖盆地;东半部称循化盆地。黄河自扎马杂日山的阿什贡峡(长 6.4km)和松巴峡(长 4.6km)流出后,进入群尖盆地,而后在尖扎县城以东切开公伯峡(长 5.4km)流入循化盆地,最后切开积石峡(长 19km)进入陇西黄土高原。

早第三纪化隆盆地在秦岭最西段北麓的隆务河—大夏河断裂和拉脊山南麓断裂的控制下开始下沉,堆积了巨厚的新生代地层。这套新生代沉积为研究化隆盆地演化提供了条件。化隆盆地作为黄河切割的一个青藏高原东北边缘地区的构造地貌单元,其演化记录了青藏高原隆起与构造活动历史,也记录了黄河形成与发育过程。因此研究化隆盆地的演化具有极为重要的意义。

## 1 新生代地层层序

化隆盆地是青藏高原东北部新生代地层比较齐全且出露较好的地区之一。为了讨论盆地演化与地貌发育的方便,现将该地区主要新生代地层剖面简述如下:

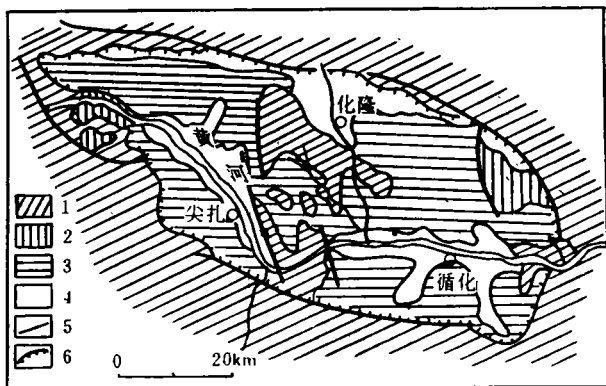


图 1 化隆盆地构造简图

Fig. 1 Structural diagram of the Hualong Basin

1. 前新生代地层 2. 老第三系 3. 新第三系与第四系
4. 第四系冲洪积砾石层 5. 断层 6. 盆地边界

\* 国家自然科学基金资助项目(项目号:49471012)成果之一。

本文改回日期:1996-06-25。

全新统与上、中更新统黄土。主要分布在黄河两岸的高阶地和山前洪积台地上。灰色粉砂,夹十余个古土壤条带。最厚达 120m。

———整合———

下更新统上部洪积物与冲积物。洪积物主要分布在盆地边缘,为钙质胶结砾岩,夹砂与粉砂透镜体,砾石为次棱角状,分选较差,厚达 180m。冲积物为高阶地冲积砾石层,磨圆度高,分选好,岩性复杂,与洪积物呈相变关系。

~~~~~不整合~~~~~

下更新统下部与上新统上部河湖相沉积。主要分布在盆地中心的乐平桑地区,为土黄色砂质泥岩与砂岩互层。底部为砂砾岩。总厚 182m。

———整合———

上新统下部下东山组,主要为泥岩、粉砂岩和砂岩,含少量砾岩,产出 *Hipparion fossatum* 和 *Hipparion platyodus* 哺乳动物化石。最厚 304m。

———整合———

中新统上部查让组。主要由砾岩、砂砾岩、砂岩和泥岩组成,中小型交错层理发育,相变显著。产 *Hipparion* cf. *forstenae*, *H. Weihoense*, *H. cf. dermatorhinum*, *Chilotherium* sp., *Gazella gaudryi*, *Gazella kueitensis* 等哺乳动物化石。最大厚度 436m。

———整合———

中新统中上部安当组。下部为红、蓝灰色,含砾、砂泥岩、粉砂岩交替韵律层;上部为紫红、桔色泥岩和粉砂岩。产 *Brachypotherium* sp., *Rhinocerotidae* indet., *Bovidae* indet. 动物化石。厚度 200m。

———整合———

中新统中下部果能组。紫红色,以砾岩为主,偶夹砂岩。最大厚度 150m。

~~~~~不整合~~~~~

下第三系西宁群。紫红色砂岩、泥岩。含薄层石膏。最大厚度 1 000m。

## 2 第三纪盆地演化

早第三纪,化隆盆地接受西宁群堆积,厚度 > 1 000m,主要由紫红色的砂岩、泥质砂岩和泥岩组成,局部夹砾质砂岩和砂砾岩,薄层石膏夹层。岩性特征说明,化隆盆地在老第三纪大部分时期构造处于缓慢下沉,气候极为炎热干燥。与其毗邻的西宁盆地西宁群中大量产出麻黄为主的亚热带干旱植物孢粉<sup>[1]</sup>。在地壳相对稳定的构造背景下,强烈的干燥剥蚀作用使盆地边缘山地夷平极为快速。至渐新世末,化隆盆地与其周围山地的高度已极为接近,形成起伏和缓的地形面。现分布于拉脊山顶和盆地东南达里加山山顶的最高级夷平面即为地形面的残余,它们的海拔分别为 4 000—4 200m 和 4 100—4 300m。

中新世早期强烈的构造运动,使原已夷平的地面发生强烈的差异运动。化隆盆地边缘地区随四周山地一起上升,形成西宁群与上覆地层间的不整合面。中中新世早期,化隆盆地再度大范围下沉,堆积一套紫红色砾岩,称果能组。以粗碎屑为特征的果能组反映盆地与周围山地间存在较大的地形反差。果能组上部藜、蒿和白刺等为主的孢粉组合反映干旱草原气候<sup>[2]</sup>。果能组沉积之后,化隆盆地为湖泊发育时期,沉积了安当组河湖相砂质泥岩和粉砂岩,最大厚度近 200m。内含蓝田库班猪 *Kubanochoerus* cf. *Lantiensis*、矮脚犀 *Brachypotherium* sp.、犀牛 *Rhinocerotidae* indet.、鹿 *Cervidae* indet 等哺乳动物化石。蓝田库班猪的出现说明其时代属中中新世晚期,与陕西蓝田的冠家村组相当<sup>[3]</sup>。这一动物群与安当组所含蒿、藜、桦、栎孢粉组合揭示,当时化隆盆地仍比较干旱,为疏林草原景观。

晚中新世,构造运动曾一度将化隆盆地与四周山地的高差略有加大。盆地内堆积一套细砾岩、含细砾砂岩和泥岩地层,厚 440m,称查让组。该组地层整合于安当组之上,内

含丰富的哺乳动物化石,其主要成分包括渭河三趾马 *Hipparion weihoense*、福氏三趾马 *H. cf. forstenae*、膜鼻三趾马 *H. cf. dermatorhinum*、大唇犀 *Chilotherium* sp.、高氏羚羊 *Gazella gaudryi*、古麟 *Palaeotragus* sp. 和高氏鼬鼯狗 *Ictitherium gaudryi* 等。渭河三趾马出现于晚中新世早期的坝河期,福氏三趾马和膜鼻三趾马为晚中新世晚期保德期的代表<sup>[3]</sup>。因此查让组属晚中新世沉积。个体大、齿冠高的三趾马、羚羊、古麟等草原性动物占多数的动物群特征,表明当时盆地周围为草原环境,与蒿、桦、藜等构成孢粉组合反映的干旱气候一致。

查让组沉积结束以后,化隆盆地进入鼎盛时期,盆地内广泛沉积较厚的湖相地层,称下东山组,主要由泥岩、粉砂岩和砂岩组成,最厚逾 300 m;产出平齿三趾马 *Hipparion platyodus*、窝孔三趾马 *H. fossatum*、轴鹿 *Axis* sp.、高氏羚羊、大唇犀、伪古麟 *Palaeotragus cf. decipiens* 等哺乳动物化石。平齿三趾马见于山西榆社盆地上新统高庄组之下,窝孔三趾马产出层位在山西保德也较典型保德期三趾马层位高,因此邱占祥等认为这两种三趾马可能较保德期三趾马略晚<sup>[3]</sup>。在云南元谋,含平齿三趾马的古猿动物群的时代为 5.4—3.9 Ma BP 的上新世初<sup>[4]</sup>。据此,下东山组沉积的时代当在晚中新世末至上新世早期。平齿三趾马、轴鹿、嵌齿象 *Gomphotherium* sp. 等森林草原性动物的出现表明,下东山组沉积时期要比查让组沉积时期气候相对湿润,下东山组中含丰富的腹足类、介形类和轮藻类化石说明了这一点。由藜、蒿、榆、松、栎等构成的孢粉组合反映当时的植被为森林草原。

上述化隆盆地新第三系地层的岩性变化表明,继中新世早期强烈的构造活动之后,在中新世中期至上新世早期长达千余万年的时期内,化隆盆地尽管有构造活动发生,但规模小、强度弱,总的特征是处于缓慢下沉状态。在这种构造比较稳定的条件下,草原和森林草原环境下的快速剥蚀作用使中新世早期形成的较大地形起伏趋于和缓。至上新世早期山地与盆地的高度已十分接近,形成现在广泛分布于拉脊山中的较低一级夷平面,其海拔为 3 600—3 800 m。在达里加山地区,该级夷平面海拔为 3 700—3 900 m。

### 3 第四纪盆地演化与黄河发育

自约 3.4 Ma BP 青藏高原强烈隆起开始,在川西表现为横断山急剧抬升,被称为横断事件<sup>[5]</sup>。在与化隆毗邻的临夏盆地表现为第三纪古湖的缩小,地层褶皱变形,李吉均称其为青藏运动 A 幕。正是因为这幕构造活动,化隆盆地抬升,古湖范围缩小,盆地大部分地区结束沉积历史,仅在盆地中北部化隆县乐乎桑地区继续接受厚度约 200 m 的河湖相沉积。这次构造活动还使盆地周围山地上升,新第三纪夷平面解体。

3.4 Ma BP 开始的强烈构造运动以后,化隆盆地转入构造相对稳定时期。盆地以化隆乐乎桑地区为基准进行着快速山麓剥蚀过程,形成各地普遍存在的山麓剥蚀面。该剥蚀面上覆较厚的砂砾石层和黄土。根据循化孟达山这套砂砾石层和黄土的磁性地层学研究,剥蚀面形成的上限为 1.1 Ma BP,故剥蚀面可能形成于 3.4—1.1 Ma BP 的上新世晚期至第四纪早期,乐乎桑的河湖相地层为其相关堆积。根据化隆盆地内该级剥蚀面的分布,在其形成时本区可能属一封闭的内流水系,水系终端为乐乎桑地区的残余古湖。

化隆盆地的山麓剥蚀面形成以后,拉脊山南麓断裂,特别是隆务河—大夏河断裂强烈活动,南北两侧山地大幅度上升,盆地相对下陷。在近山麓的盆地边缘,山麓剥蚀面上堆

积山麓相砂砾石层. 该套砂砾石层向盆地内部相变为磨园高、分选好、成分复杂的冲积砾石层, 其岩性岩相特征与现代黄河冲积砾石层相似. 因此冲积砾石层代表了黄河在化隆盆地的出现. 上述砾石层在群尖盆地和循化盆地均可见到(图2, 3), 它上覆几十至百余米厚的黄土. 在循化县孟达山剖面砂砾石层厚180m, 上覆黄土105m.

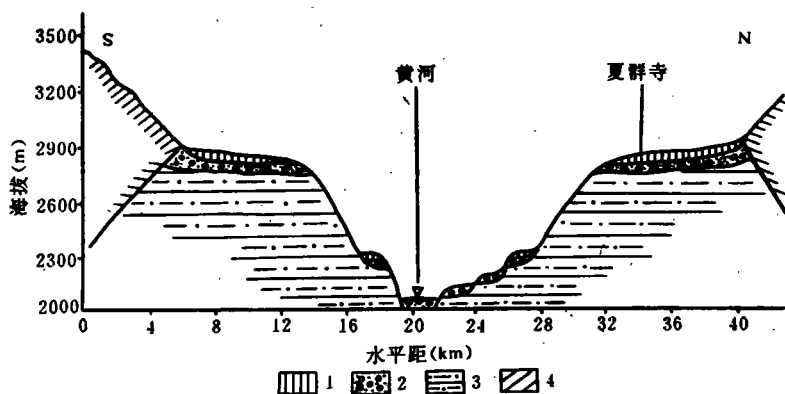


图2 群尖盆地地貌剖面图

Fig. 2 The geomorphic section of the Quenjian Basin

1. 中更新世与晚更新世黄土 2. 早更新世砂砾石层 3. 新第三纪红层 4. 三迭系砂岩

为确定黄河在化隆盆地出现年代, 对孟达山剖面进行了黄土地层学、磁性年代研究.

孟达山剖面上部105m厚的黄土中含13个古土壤条带, 同兰州九州台剖面<sup>[7]</sup>对比它们可归并为九个古土壤层. 第一层古土壤距地表1.2—2.0m, 黑褐色,  $^{14}\text{C}$ 年代 $5180 \pm 70 \text{a BP}$ , 为全新世黑垆土  $S_0$ ; 第二层古土壤埋深12.6—13.5m, 呈棕褐色, 为  $S_1$ ;  $S_1$ 之下为厚16.5m的黄土, 质地较坚硬, 中部发育一弱的古土壤, TL年代为  $162.0 \pm 15.0 \text{ka BP}$ , 显然这层黄土为  $L_2$ ; 第三层古土壤埋深30.0m, 厚1.5m, 棕褐色, 含黑色炭粒, 发育程度较高, TL年代  $204.6 \pm 30.0 \text{ka BP}$ , 应是  $S_2$ ; 第四层古土壤距地表45.0m, 厚2.0m, 为  $S_3$ ; 第五层古土壤厚4.0m, 埋深56.5m, 发育程度高, 可以与黄土高原的  $S_4$ 相对比; 第六层古土壤由三个条带组成, 应是  $S_5$ ; 第七层古土壤距地表91.4m, 棕红色, 为  $S_6$ ; 第八层古土壤埋深98.3m, 厚1.5m, 棕红色, 是  $S_7$ ; 最底层古土壤埋深103.0—104.0m, 由两个条带组成, 褐

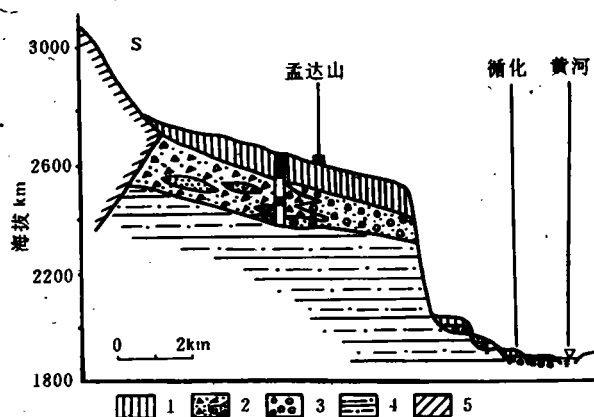


图3 循化盆地地貌剖面图

Fig. 3 The geomorphic section of the Xunhua Basin

1. 中更新世与晚更新世黄土 2. 早更新世砂砾石层 3. 早更新世山麓相砂砾石层 4. 新第三纪红层 5. 三迭系砂岩

色, 最底层古土壤埋深103.0—104.0m, 由两个条带组成, 褐

棕色,应为  $S_8$ 。根据上述古土壤层次(图4),孟达山黄土最老不及上粉砂层,下伏冲积砾石层和山麓相砂砾石层的年代当老于  $S_8$ 。

在孟达山剖面的黄土地层中,每隔1.5m采集一组古地磁样品,共91组;在下部180m厚的砂砾石层粉砂粘土透镜体中采集样品14组。两者合计105组。对105组样品在交变磁场下间隔50oe系统退磁到300—500oe取得稳定磁性,其结果如图4上部黄土样品的磁性多为正,应为布容正向极性世。 $S_7$ 之下连续出现四组样品皆为负极性,故它应该反映地层已进入松山反向极性世。这样,B/M(布容—松山)界限位于  $S_7$ 与  $S_8$ 间的黄土中,与黄土高原黄土磁性地层学的研究结论是一致的<sup>[6,7]</sup>。值得注意的是  $S_8$ 与  $S_7$ 间的一组黄土样品出现负极性,它是否代表一次极性漂移有待研究。砂砾石层的样品一般为负极性,无疑属松山反向极性世。但中部四组样品连续表现为正极性。考虑该剖面的黄土和砂砾石层基本为连续沉积,故这四组正极性样品应代表哈拉米洛正极性亚期。如果上述解释正确,黄土底部的年代不早于800ka BP,砂砾石层沉积结束于约800ka BP。按照哈拉米洛正极性亚期下界与黄土地层底界年代,可以算出砂砾石层上部的沉积速率为5.5cm/ka。据沉积速率推算,砾石层底的年代约为1.1Ma BP。

根据以上磁性年代学研究结果推断,黄河在化隆盆地出现的年代在1.1Ma BP以后。青藏高原隆起研究表明,在第四纪早期曾发生几次强烈构造上升。如1.7Ma BP前后的青藏运动C幕造成临夏盆地完全回返,古湖消失;喜马拉雅山南麓波特瓦尔高原因山地上升堆积砾岩<sup>[8]</sup>;川西昔格达古湖消失<sup>[9]</sup>;渭河下游三门古湖缩小<sup>[10]</sup>。1.3Ma BP前后的构造抬升事件被兰州九州台阶地形成、元谋盆地沉积结束等<sup>[3,11]</sup>记录了下来。化隆盆地这套砂砾石层堆积是1.1Ma BP前后开始的青藏高原新一次强烈抬升的记录。这次构造事件在兰州地区、黄河下游三门峡地区均有反映<sup>[11,12]</sup>。可能正是由于第四纪早期这几次构造强烈活动,导致化隆盆地东侧的小积石山强烈隆起,陇西盆地的河流强烈向西溯源侵蚀,并最终在1.1Ma BP后切开积石峡将化隆盆地的内流水系袭夺,该段黄河诞生。

800ka BP是化隆盆地演化过程最新一个转折时期。由于强烈的构造活动化隆盆地再次抬升,盆地内普遍分布的砂砾石层沉积结束。黄河堆积转入下切,形成最高级阶地。这次构造运动是青藏高原再次抬升的记录。它导致三门峡地区砂砾石层沉积结束<sup>[12]</sup>。

上述最高级阶地之下,在化隆盆地黄河两岸一般都分布3—4级较低的阶地。在循化县街子村附近可清楚地区分出4级,由低到高分别高出河面5—10m,15—20m,70—90m和

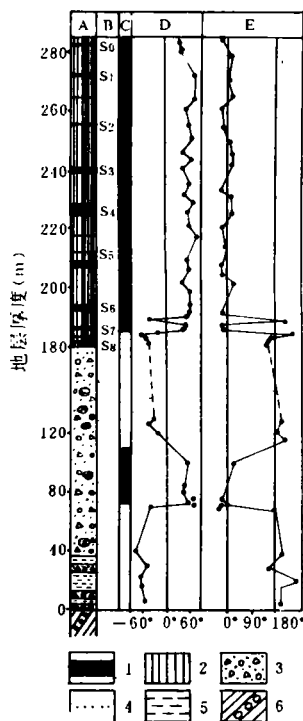


图4 循化孟达山剖面磁性地层  
Fig. 4 Magnetic stratigraphy of Mengdashan profile, Xunhua

1. 古土壤;2. 黄土;3. 冲积砾石层;4. 山麓相砂砾石层;5. 粉砂粘土;6. 新第三纪红层。

A. 地层;B. 古土壤序列;C. 极性柱;D. 磁倾角;E. 磁偏角。虚线为缺乏可测样品条件下的推断结果

120m 左右(图 3)。这四级阶地除第一级为堆积阶地外,其他均为基座阶地,上覆厚度不等的黄土。它们理应是 800ka BP 以后在盆地间歇性抬升的背景下由黄河下切形成的。

## 参 考 文 献

- [1] 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. 地质论评,1984,30(3):207—216.
- [2] 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. 地层学杂志,1992,16(2):96—104.
- [3] 邱占祥,黄为龙,郭志慧. 中国的三趾马化石. 中国古生物志,新丙种第25号. 北京:科学出版社,1987. 50—170.
- [4] 钱方,周国兴. 元谋第四纪地质与古人类. 北京:科学出版社,1991. 21—75.
- [5] 陈富斌. 横断事件:亚洲东部晚新生代的一次重大构造事件. 山地研究,1992. 10(4):195—202.
- [6] 刘东生. 黄土与环境. 北京:科学出版社,1985. 62—80.
- [7] 曹继秀,陈发虎,徐齐治等. 兰州九州台黄土——古土壤系列与环境演化研究. 兰州大学学报(自然科学版),1988,24(1):118—122.
- [8] Burbank, W. D., Reynolds, RGH, Sequential late Cenozoic structural disruption of the Northern Himalaya Foredeep. Nature, 1984, 311(5982):114—118.
- [9] 钱方,钱树金,陈富斌等. 昔格达组磁性地层的研究. 山地研究,1984,2(4):275—282.
- [10] 孙建中,赵景波,魏明健等. 黄土高原第四纪. 北京:科学出版社,1991:12—19.
- [11] 潘保田,李吉均,曹继秀. 黄土中游的地貌与地文期问题. 兰州大学学报(自然科学版),1994,38(1). 115—123.
- [12] 曹照垣,邢历生,于清河等. 三门峡东坡沟剖面磁性地层的初步研究. 见:地质力学研究所所刊(第5号). 北京:地质出版社,1985. 65—74.

## STUDY ON THE GEOMORPHIC EVOLUTION AND DEVELOPMENT OF THE YELLOW RIVER IN THE HUALONG BASIN

Pan Baotian Li Jijun Cao Jixiu Chen Fahu

(Department of Geography, Lanzhou University Lanzhou 730000)

### Abstract

The evolution process of the Hualong Basin, one of fault basins in the upper reaches of the Yellow River, recorded the uplift of Qinghai-Xizang Plateau and development history of the Yellow River. Based on the researches of Cenozoic stratigraphy, Hualong Basin was formed in Paleogene, then a paleolake in this basin was developed in Neogene. The Paleolake began to become smaller since the middle Pliocene and disappeared at about 1.1 Ma BP. The Yellow River appeared in the Basin at 1.1 Ma BP. The evolution of the Hualong Basin has shown that intense uplift of the Qinghai-Xizang Plateau occurred at about 3.4 Ma BP of Pliocene, and then many uplift events happened. Among them, two intense uplift events, happened respectively at about 1.1 and 0.8 Ma BP, were clearly recorded in the Hualong Basin.

**Key words** development of the Yellow River, tectonic uplift, Hualong Basin