

# 青藏高原东南部 地貌边界与金沙江水系发育\*

吴锡浩

(中国地质科学院地质力学研究所)

**提 要** 4000 米山顶面高程等值线, 可定为高原东南部与外围地区间的地貌界线。低于山顶面的高原面的形成与上新世一早更新世古谷地、盆地的加积相关。元谋运动以来, 地貌边界带的发展与高原整体的隆升同步, 1500 米大河河床高程等值线环绕高原分布, 现代水系相继发育。金沙江与长江贯通后东流入海, 这是中国大陆地势最终转变为西高东低的标志。

**关键词** 地貌边界 山顶面 大河河床 高程等值线 金沙江水系

青藏高原是欧亚大陆地貌阶梯的最高阶块。自中新世以来, 因特提斯海的消亡, 青藏高原自北向南成陆, 并先后经整体化和大幅度隆升过程, 于是就成为“世界屋脊”。由此原来东高西低的中国大陆地势转变成西高东低, 原为河流入海区成了大河发源地。青藏高原东南部的山川大势(图1), 虽与不同时期和不同构造体系的三江弧形构造带、南北向构造带、东西向构造带、北东向构造带和北西向构造带等有一定的联系, 但主要决定于新构造运动和活动构造。现主要根据山顶面高程等值线和大河河床高程等值线的展布状况, 对青藏高原东南部地貌边界及金沙江水系发育作些研讨。

## 一、地貌边界的确定

### (一)山顶面高程等值线

山顶面是晚新生代最后一次造山运动后, 经多种外营力剥蚀夷平而成的地面, 相当于通常所称的最高级夷平面。以等高间距 100 米为单位, 分析山顶面地势起伏, 可揭示新构造运动所引起的地块升降变化。用 1:5 万或 1:10 万航测地形图, 计算出每幅图内的山峰高程平均值, 并标点在 1:400 万地图上, 然后标绘出山顶面高程等值线(图2)。

由图2可见, 沿青藏高原(后文简称高原)东南缘延伸的是海拔 4000 米和 4500 米两根山顶面高程等值线。其间宽窄不等的地带, 构成高原东南部地貌边界的上界带。丽江玉龙山南端, 4000 米山顶面高程等值线有个转折点, 据其可将当地分为东西两部。在东部, 海拔 3500 米与 4000 米两根山顶面高程等值线间的下界带, 与上界带同步延伸; 在西部, 因海拔 3500 米山顶面高程等值线向西南穿过怒山到高黎贡山南端东侧的泸水, 可能

\*本文的写作得到中国科学院西安黄土与第四纪地质开放性研究实验室的同志支持和帮助。

再沿高黎贡山东侧向北绕到东喜马拉雅山南坡,故下界带经横断山脉滇西束窄段时远离了上界带。

上界带属高原边缘部分,其内侧才算是高原主体。高原东南部内侧的山顶面海拔一

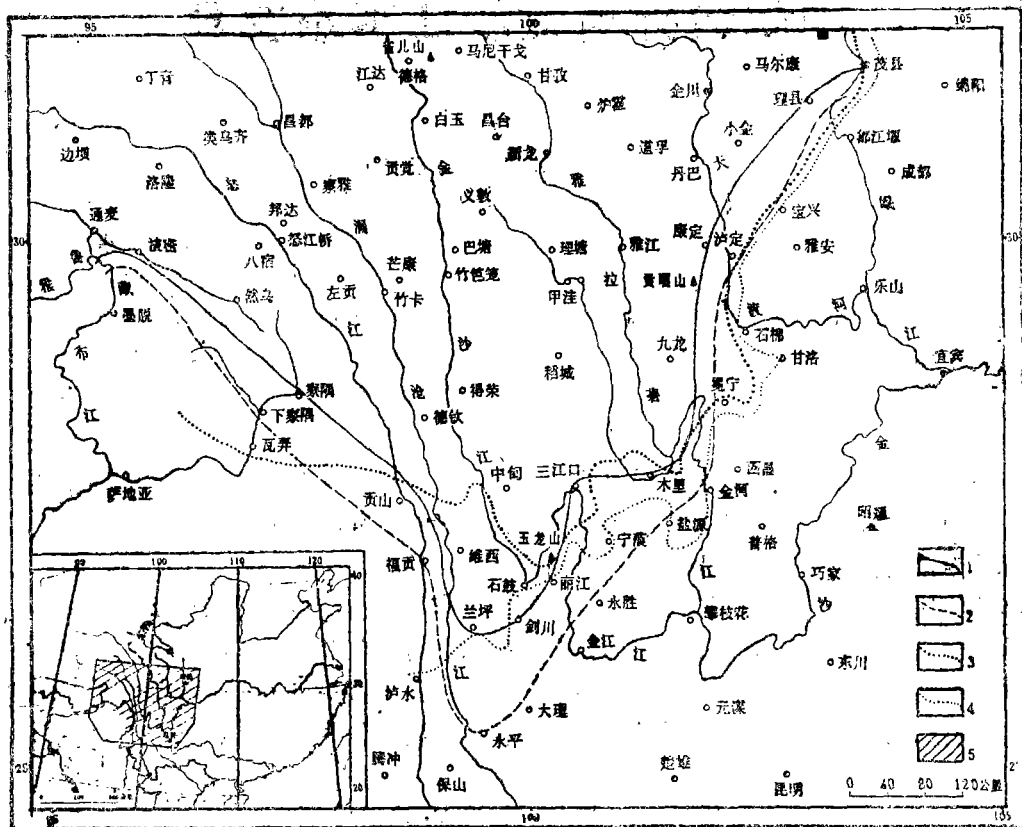


图1 青藏高原东南部地理位置

Fig. 1 Geographic position of the southeastern Qinghai-Xizang Plateau

1. 1500米大河河床高程等值线; 2. 1200米大河河床高程等值线; 3. 4000米山顶面高程等值线;  
4. 3500米山顶面高程等值线; 5. 研究区

般为5000米左右,局部因山体断块上升而超过海拔5500米。下界带属高原向外围地区的过渡带。低于海拔3500米的山顶面连续分布区,已属邻接高原的外围地区。

## (二)大河河床高程等值线

大河河床纵剖面发育的一般趋势,基本上反映流域内新构造运动的升降幅度和特征。据区内大河河床纵剖面的高程变化,取等值线间距100米为单位,即可标绘出大河河床高程等值线(图3)。

由图3可见,除澜沧江个别地段外,1500米大河河床高程等值线所处的平面位置,绝大多数已进入4000米山顶面高程等值线所处的平面位置内,即达雅鲁藏布江、金沙江和雅砻江三个大拐弯顶端。1200米大河河床高程等值线与高原地貌边界的关系不甚密

切。大河从山顶面下切的最大深度位于上界带及其附近。由此向大河上下游, 下切深度均递减。

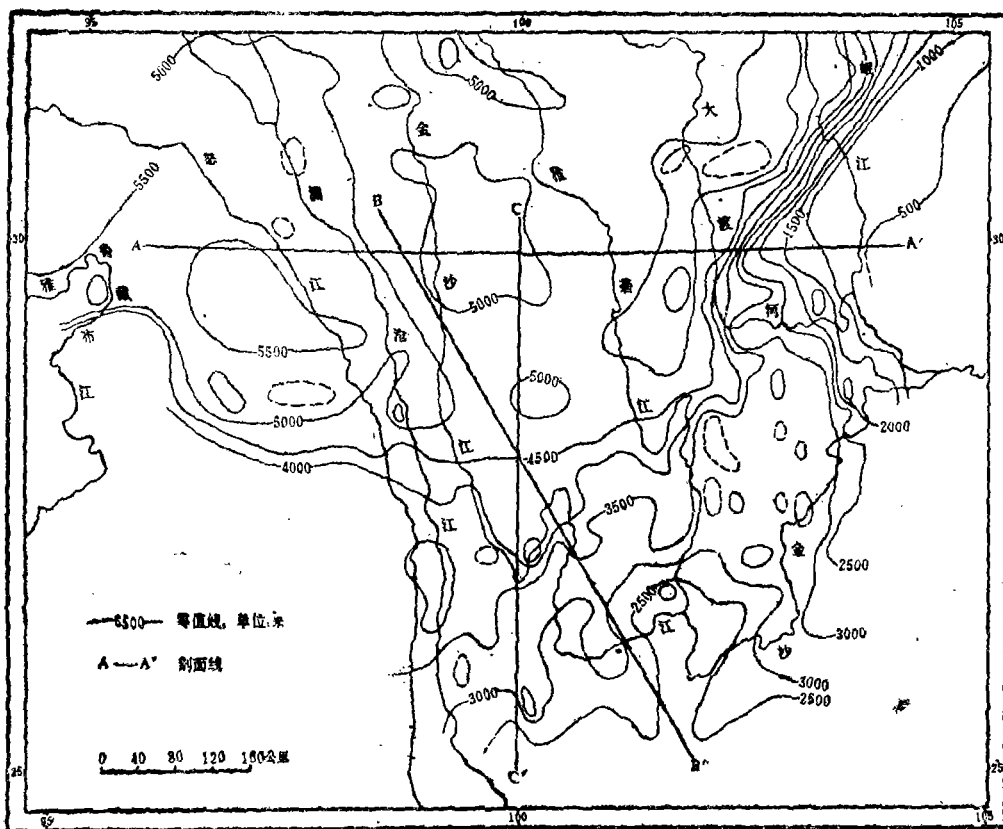


图2 青藏高原东南部山顶面高程等值线

Fig. 2 Altitude isplines of summit planes for the southeastern Qinghai-Xizang Plateau

### (三) 地貌边界的展布

据前所述确定的高原东南部地貌边界, 除龙门山与四川盆地间明显外, 大多模糊。在西部, 高原东南部的地貌边界受北西向断裂构造控制, 大体为墨脱—下察隅—维西—石鼓一线, 总体走向北西  $60^\circ$ ; 在东部, 高原东南部的地貌边界受北东向断裂构造控制, 大致是丽江—木里—冕宁—泸定—宝兴—茂县一线, 但中间有鲜水河断裂构造干扰, 故丽江—冕宁段走向北东  $45^\circ$ , 冕宁—冷碛(泸定以南)段近南北向, 冷碛—茂县段走向约北东  $35^\circ$ 。简言之, 高原东南部的地貌边界是 4000 米山顶面高程等值线(见图 1)。该线的转折点约在玉龙山南端。除自北向南流的怒江和澜沧江外, 其他大河上的大裂点正好位于上界带与下界带间的转折部位, 因而这条地貌边界是山顶面形成后差异性区域升降运动的产物。

## 二、高原面与古金沙江水系

前人对川西高原和云南高原形成的时代已有颇多论述,但均定得偏早。

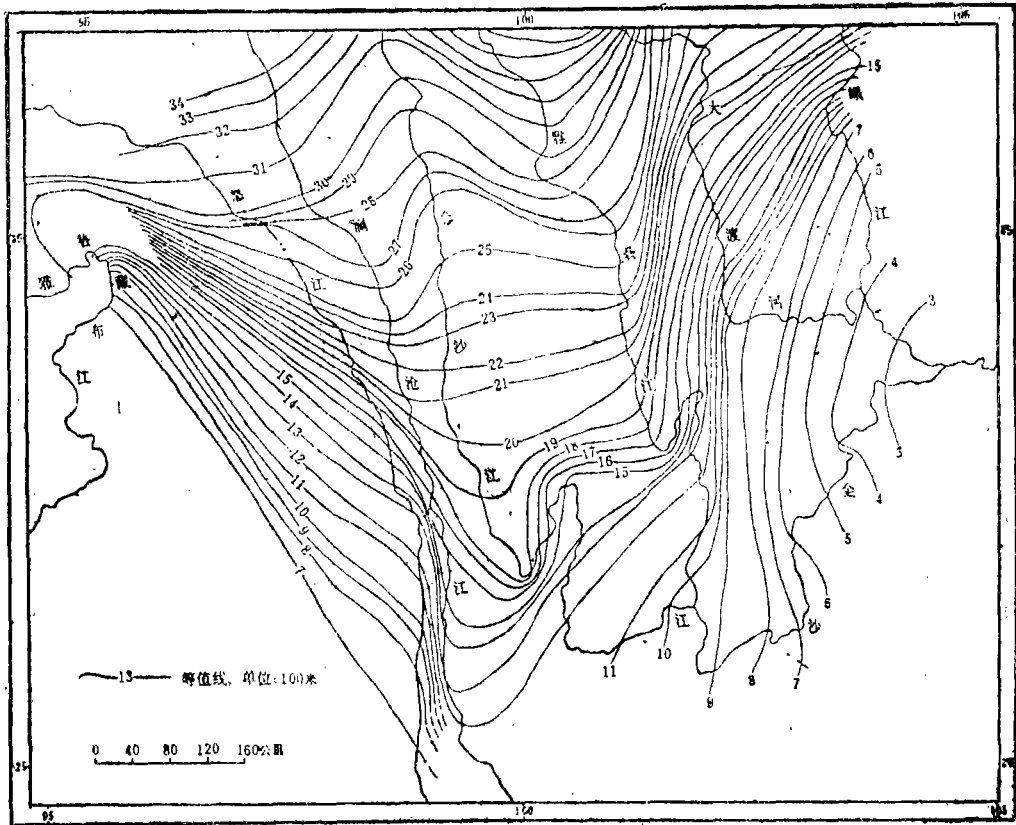


图3 青藏高原东南部大河河床高程等值线

Fig.3 Altitude isolines of major river beds for the southeastern Qinghai-Xizang Plateau

在金沙江以西高原区,中新统系山顶面形成前的火山沉积。八宿县境内,中新统火山沉积因怒江断裂带的强烈活动而发生变形和变位,山顶面已切平中新世构造,谷坡上至少还发育有两级低于山顶面的剥蚀面。芒康县拉屋乡境内,见上中新统拉屋拉组的典型剖面(图4)。其中凝灰砂岩层内所言的植物化石<sup>(1)</sup>主要有,桦*Betula*、桤木*Alnus*、鹅耳枥*Carpinus*、榛*Corylus*及榆科、蔷薇科和山茱萸等科,它们代表了亚热带山区落叶阔叶林的特点;据此估算,当时这些植物的生长海拔约1800米。拉屋拉组经晚期喜马拉雅运动的构造变动后,今已上升到4500米的山顶面才形成。

此外,下界带上的滇西北双河煤组,受剑川粗面岩溢流和构造变动的影响<sup>(2)</sup>,山顶面切平了晚中新世构造。

由上可见, 山顶面形成于晚期喜马拉雅运动以后的地壳稳定时期, 时代为晚中新世末, 并可能延续至上新世初, 年龄距今 8.0—7.0 百万年。

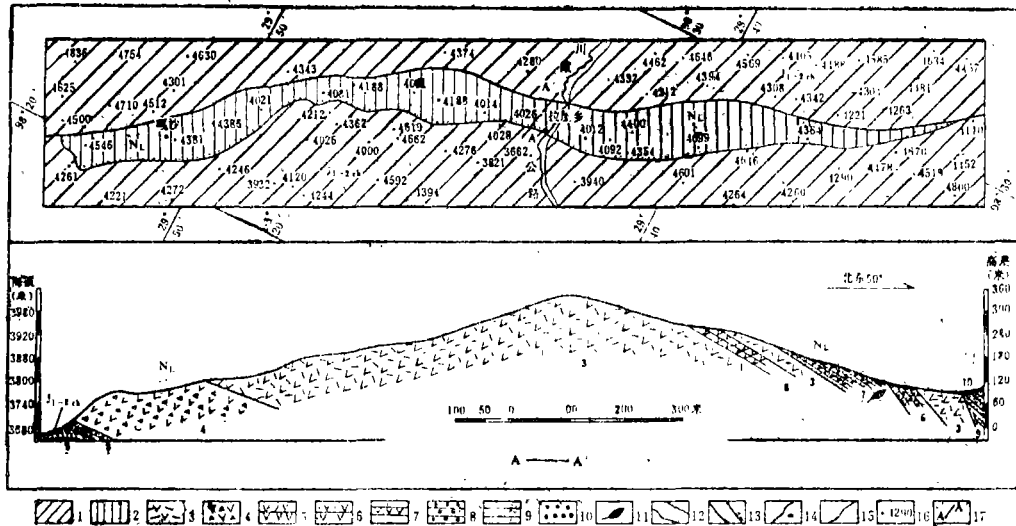


图 4 芒康县拉屋乡拉屋拉组的平面分布及地层剖面

Fig. 4 Surface distribution and stratigraphic profile of Lawula formation at Lawu Xiang, Markam County, Xizang

1. 下侏罗统察雅群; 2. 上中新统拉屋拉组; 3. 粗面斑岩; 4. 凝灰质角砾熔岩; 5. 凝灰岩; 6. 凝灰砂岩; 7. 凝灰砂岩和砂岩互层; 8. 底砾岩; 9. 砂岩; 10. 第四系砂砾层; 11. 植物化石; 12. 平面图和剖面图上的不整合; 13. 断层; 14. 公路和居民点; 15. 河流; 16. 高程点和海拔(米); 17. 剖面线

云南高原上的禄丰石灰坝含古猿动物群化石层<sup>(3)</sup>时代已改定为晚中新世晚期。该化石层堆积于与山顶面对应的负地形中, 仅受轻微构造变动, 是山顶剥夷作用的相关沉积。孢粉组合<sup>(4)</sup>分析结果表明, 禄丰与西瓦里克地区腊玛古猿生活时期的自然环境相似, 气候均由炎热潮湿经温暖略干变凉。

总之, 当时高原东南部、川西高原和云南高原的山顶面是一个高差不大的统一剥夷面, 海拔 1500—2000 米。显然, 那时高原与邻区间的地貌边界尚未出现。

山顶面形成后, 上新世早期发生断块运动, 川西高原和云南高原的山顶面一度上升到海拔 3000—3500 米<sup>1)</sup>, 并形成大小不等的众多断陷盆地和断裂谷地。此时以川西高原为河源的河流在上新世早期构造上深切发育, 从山顶面下切 1000—3000 米, 大渡河、安宁河、雅砻江下游和金沙江的永胜县金江以下河段, 一度深切到接近或低于现代河床。

上新世中晚期—早更新世晚期, 地壳运动转变为长期持续的区域性缓慢沉降运动, 绝对沉降幅度约 1000 米。由此山岭上发育有高位剥夷面, 深切盆地和谷地内先后加积了上新统一下更新统, 主要是昔格达组及其下伏的西昌砾石层, 元谋组及其下伏的含人科化石层, 以及含褐煤层的木拉组和昌台组等; 滇西北的兰坪、中甸和维西等地亦有同时代的含褐煤地层。这套地层是正地形组成物被剥夷下来的相关沉积, 厚度 500—

1) 吴锡浩, 1986, 川滇金沙江峡谷区早更新世气候变化和构造运动, 地质力学通讯(十), 第19—30页。

1000米。该地层顶面与剥夷面两者共同组成高原面。

据有关磁性地层年代<sup>[5-7]</sup>,并以吉尔伯特/高斯边界附近作第四纪下限来看,高原面发育过程中,早更新世初期(距今3.4—3.2百万年)和中期(距今2.4—2.2百万年)的构造运动较平稳,剥夷和加积作用过程未曾中断。此时高原东南部地貌边界上的古河湖尚具有正常的纵剖面,高原边缘斜坡还相当平缓,阶块间彼此差异并不明显。

在早更新世冰期,冰川和冰缘作用一度使高原面发育加快,如当时正处于剥夷过程中的沙鲁里山高原面就发育有古冰帽。事实上,在川西高原上,高原面和山顶面难以区分,两者几乎重合在一起(图5),成大片剥蚀夷平的高原景观。惟在雀儿山和贡嘎山等上新世断块山地的斜坡上,才见相当于高原面的山麓面,因而山顶面与高原面间有了相应高差。

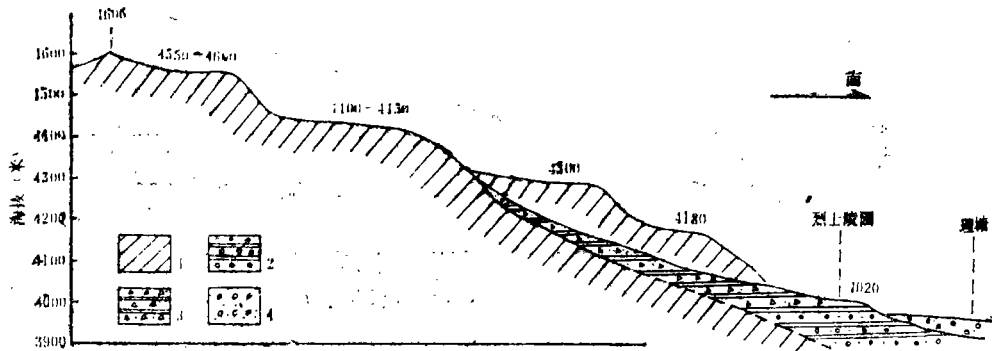


图5 理塘至4606高地的地貌剖面

Fig. 5 Geomorphologic section from Litang to height 4606

1.基岩; 2.下更新统砂质粘土和砾石层; 3.下更新统砂质粘土和角砾层; 4.上更新统冲积砾石层

川西高原和云南高原习称为“高原面”(相当于文中的山顶面)。贡嘎山—玉龙山一线以东的金沙江及其支流谷地内,普遍分布下更新统元谋组 and 昔格达组。由此可见,上新世时,谷地已至壮年,此后山川大势无多大变化。

晚上新世—早更新世期间,低地加积,古谷地两岸谷坡和古盆地四周山坡上发育有山麓剥蚀面。然而地貌边界内侧的高原上则有所不同,惟理塘河尚保留在与高原面同时生成的谷道内,但古谷上游至大毛垭坝和义敦海子山口后就突然断头。在理塘以北的昌台盆地中,又有含褐煤的河湖相层。今通天河流域广泛分布着上新统和下更新统厚层河湖相层,看来当时当地地势较低平,与区内的古金沙江水系尚未沟通。由此川西高原的古金沙江谷地可能上接理塘河,流经雅砻江下游,河源似在雀儿山或其以北的山地。

至于古大渡河是否向南流经古安宁河注入古金沙江的问题,待冕宁与石棉间的菩萨岗分水垭口上河湖相层时代确定后,才能作出明确地答复。

由此看来,关于早更新世前,古金沙江从石鼓南流<sup>[8]</sup>或从邓柯流至竹庆注入雅砻江<sup>[9]</sup>的争议似可不必,因为高原上的现代水系基本上是高原面在早更新世形成后,由新构造运动和高原整体隆升重新调整并发育的。

此外, 中新世一早更新世贵州高原威宁期夷平面(相当于本区的山顶面加高原面)形成时的地势仍是东高西低的, 现代水系尚未发育<sup>1)</sup>。四川盆地内川江各级阶地(含接近四川盆地山顶面的最高级阶地), 只能与金沙江谷地内昔格达组堆积之后发育的各级阶地相对比; 宜宾附近的高阶地上很少见玄武岩砾石, 而低阶地砾石成分则以川滇南北向构造带的二叠系玄武岩为主。由此看来, 古金沙江未经雷波和宜宾注入四川盆地。据推测, 当时的古金沙江可能在川滇南北向构造带上沿元谋断裂至小江断裂附近的某条古谷地南流, 经滇池和南盘江通过珠江入海。

### 三、地貌边界与现代金沙江水系

早更新世末期发生的元谋运动或羌塘运动(距今1.5—1.2百万年)中, 高原面停止发育, 高原整体隆升, 高原边缘出现地貌阶块, 高原内的北西向或北北西向和北东向或北北东向断裂活动<sup>(10)</sup>, 改变了原有的古水系格局。随着隆升中心向高原腹地的羌塘高原迁移, 便逐步形成现代水系的雏形。

中更新世早期, 已经基本定型的现代水系流水对高原面下切得不深, 在主支谷的谷坡高处常发育一二两级剥蚀面。在义敦等地此种剥蚀面上还保存着中更新世早期的冰碛层, 其上覆有红土型风化壳。

自中更新世中期出现的间冰期起, 三江(怒江、澜沧江和金沙江)及大支流深切加剧, 这表明高原隆升速度加快。至中更新世晚期, 冰碛台地和河流阶地的基座仅高出当地河床几十米。中更新世末发生的甲洼运动(距今0.5—0.4百万年)<sup>(11)</sup>后, 河床一般已下切到低于现今的水面。在晚更新世早期, 三江中堆积强烈, 发育有大量岩屑坡或堆积阶地。晚更新世中期以来, 高原河流再度下切, 但各地下切量差异较大, 从几十米至二百米不等。在末次冰期晚阶段, 金沙江内加积再度强烈, 沉积层称为龙街组, 在雅鲁江下游叫桐子林组<sup>(12)</sup>, 其年龄距今2.3—1.0万年。由此以它为基座的第一二两级阶地形成时代分别是全新世晚期和中期。

高原现代水系的深切发育, 与地貌边界上界带的形成、发展密切相关。在早更新世初期, 上界带以北的古理塘河谷地内木拉组所含的植物化石<sup>(13)</sup>为最寒冷阶段生长的高山杜鹃灌丛; 据此推算, 当时河面海拔约2200米, 至今共上升了1600米。下界带以南的攀枝花附近古金沙江谷地中, 与木拉组同层位的昔格达组底部孢粉组合<sup>(14)</sup>是最寒冷阶段生长的暗针叶林; 由此推算出, 当时江面海拔约1500米。理塘与攀枝花两地纬度差3°余, 现今化石层分别分布于海拔3800米和1100米, 两者之高差2700米。这就是说, 中更新世初期以来, 地貌边界两侧的差异升降量至少为2000米。

此外, 在早更新世冰期, 宽广的沙鲁里山高原面上, 堆积有冰帽型冰碛层; 在中更新世间冰期, 发育有褐红土型风化壳(现今分布海拔4700米)。据估算, 当时高原面海拔约2900米, 因而中更新世中期以来当地上升量约1800米。

这两个估算的数据接近高原面被金沙江的下切量1500—2000米。

1) 林树基、刘爱民, 1985, 中生代板块活动与贵州地貌之演化, 贵州地质, (2), 第123—130页。

事实上,地貌边界外侧的三江谷地内,中更新世阶地堆积层上普遍覆有红色风化壳;地貌边界内侧的高原区,同期红色风化壳仅见于高原面、剥蚀面,或覆于冰碛层之上,而主谷内各级晚更新世阶地堆积表层仅见褐色土型风化壳或古土壤。这足以说明,高原区深切主谷具有新生性。

总之,高原整体隆升,地貌边界的形成、发展,以及金沙江水系的深切,三者既是同因、同步的,又是早更新世末(尤其是中更新世)以来新构造运动的统一产物。

现有资料分析结果表明,金沙江上溯高原东南部地貌边界,金沙江深切成虎跳峡过程,金沙江下游穿过大凉山连通四川盆地的川江,荆江上溯黄陵背斜、巫山,并深切成三峡过程和接纳川江来水,凡此种种都是同步发生的重大地质事件。元谋运动(尤其是中更新世初期,距今 1.2 百万年)以来,长江才逐步成为一条名副其实的大河。长江的贯通及其东流入海,是中国地势由西低东高最终转变成西高东低的主要标志。

综上所述,可列成附表。

附表 青藏高原东南部地貌边界附近的地貌过程

Table Geomorphologic processes near morphologic boundary  
of the southeastern Qinghai-Xizang Plateau

时 代	分 期	距今年龄 (百万年)	地 面 发 育	边界地貌	水系特征
全新世 晚更新世	阶地期	0.0—0.4	三江发育多级堆积阶地或基座阶地	环绕高原边界发生 同步差异运动,高原 整体隆升	大河继续溯源侵蚀
	甲洼运动	0.4—0.5	三江深切作用,下蚀达到或接近现今江面		现代水系深切,河流 溯源侵蚀,长江贯通 东流入海
中更新世	峡谷期	0.5—1.2	三江大幅度深切,形成峡谷和多级基岩阶地 或以下更新统为基座的阶地		
早更新世	元谋运动	1.2—1.5	高原面开始被分割,各坡上部发育多级高位 剥蚀面	出现连续的高原边 界阶地	出现现代 水系雏形
	高原面期	1.5—?	山地剥夷作用和低地加积作用强烈,形成区 域性高原面	在龙门山等局部地 段出现不连续边界 阶坡	古谷地和盆 地加积强烈
上新世	未名运动	?	形成断陷盆地和断裂谷地,山顶面被古水系 切割		古水系深 切发育
晚中新世	山顶面期	7.0—8.0	剥夷作用强烈形成广布的平坦山顶面,构造 被切平,其上堆积有中新统及其前地层	无边界地貌阶坡, 地势由北向南微倾	无古水系残迹
	晚期喜马拉雅运动	>8.0(?)	岩浆侵入、火山喷发、断层活动,强烈的造 山运动		

注:未名运动的年代和高原面期的初始年龄,待元谋盆地人科化石动物群和年代地层学取得新成果后,再予确定。

经多年研究,现认识到,中更新世以来,环绕青藏高原东南部的地貌边界出现后,高原已是不再受古构造区或古构造带直接控制的构造地貌单位,应属新生的一级构造地块。中国大陆地壳的厚度分布表明<sup>[15]</sup>,最显著的陡变带正位于环绕青藏高原东南部的



地貌边界带上, 其次是起自大兴安岭, 经太行山、巫山和雪峰山, 再向西南延伸的中国地貌东西分界带, 两者分别通过长江干流上的虎跳峡和三峡。这两个点作为地貌界线的标志是一目瞭然的。

### 参 考 文 献

- [1] 陶君容、杜乃秋, 1987, 芒康中新世植物及桦木科植物的分布历史, 植物学报, 26(6), 第 649—655 页。
- [2] 赵国光, 1965, 滇西北大理丽江地区新生代地层及构造的初步观察, 地质论评, 23(5), 第 345—358 页。
- [3] 祁国琴, 1979, 云南禄丰上新世哺乳动物群, 古脊椎动物与古人类, 17(1), 第 14—19 页。
- [4] 孙湘君、吴玉书, 1980, 根据孢粉推论禄丰腊玛古猿生活时期的自然环境, 古脊椎动物与古人类, 18(3), 第 247—255 页。
- [5] 李 普等, 1976, 用古地磁方法对元谋人化石年代的初步研究, 中国科学, (6), 第 579—591 页。
- [6] 钱 方、陈富斌等, 1984, 昔格达组磁性地层的研究, 山地研究, 2(4), 第 275—282 页。
- [7] 李鼎荣等, 1987, 滇西北第四系的划分, 地质论评, 33(2), 第 105—114 页。
- [8] 任美镔等, 1959, 云南西北部金沙江河谷地貌与河流袭夺问题, 地理学报, 25(3), 第 135—159 页。
- [9] 沈玉昌、杨逸畴, 1963, 滇西金沙江袭夺问题的新探讨, 地理学报, 29(2), 第 87—105 页。
- [10] 陈炳蔚等, 1987, 怒江—澜沧江—金沙江地区大地构造, 中华人民共和国地质矿产部地质专报五(2), 地质出版社, 第 167—179 页。
- [11] 钱 方等, 1987, 四川理塘甲洼组及其磁性地层的研究, 青藏高原地质文集(18), 地质出版社, 第 171—180 页。
- [12] 陈富斌、赵永涛, 1985, 雅鲁江下游河谷下部松散沉积物的时代与变形的初步研究, 地震地质, 7(3), 第 33—41 页。
- [13] 陈明洪等, 1986, 四川理塘木拉组植物化石及古气候、古地理的探讨, 青藏高原研究 横断山考察专集(2), 北京科学技术出版社, 第 71—79 页。
- [14] 刘廷栋, 1977, 昔格达组下部的孢粉组合及其在推论第四纪早期古气候演变中的意义, 中国第四纪冰川地质文集, 地质出版社, 第 164—178 页。
- [15] 冯 锐, 1985, 中国地壳厚度及上地幔密度分布(三维重力反演结果), 地震学报, 7(2), 第 143—157 页。

## ON MORPHOLOGIC BOUNDARY OF THE SOUTH-EASTERN QINGHAI-XIZANG PLATEAU AND DEVELOPMENT OF JINSHA RIVER SYSTEM

Wu Xihao

(Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geology)

### Abstract

Based on the isolines of both the altitudes of summit planes and the altitudes of the major river beds, the morphologic boundary of the southeastern Qinghai-Xizang Plateau and some problems concerned have been studied

and discussed in this paper, and then a few important knowledges have been acquired as follows:

1. The isoline 4000m of the altitudes of the summit planes may be determined the morphologic boundary, thus the upper and lower boundary belts may be indicated with 4000-4500m and 4000-3500m respectively. The isoline 1500m of the altitudes of the major river beds all pass through the apexes of the three great meanders of the Yarlung Zongbo, Jinsha and Yalong Rivers, and they have been mostly located in the upper morphologic boundary belt.

2. The summit planes have formed from the last Late Miocene to the initial Pliocene and the plateau planes have been developed beginning with the Late Pliocene and ending off the Early Pleistocene.

3. The present continuous morphologic boundary round the southeastern Plateau has been taken place and made further advances mainly in the processes that the Plateau has been wholly uplifted since the Middle Pleistocene, with a total uplift height of about 2000m within the morphologic boundary of the Plateau.

4. There have existed the old valleys of the Jinsha River system to the east of the boundary sector from the Gongga Mountain to Mt. Yulong. However, when the plateau planes have been cut since the last Early Pleistocene, those major rivers except the Dadu River, in the southeastern Plateau have been arranged and incised over again by the neotectonic movements and the fault actions.

5. Linking up of the Changjiang River and its flowing east into the sea has been a major Quaternary geologic event related to a great number of amplitude of the Plateau upheaval, and it has also been a main mark that the China continent relief of the lower west and the higher east parts before the Late Miocene has been turned into ones of the higher west and the lower east parts after the Early Pleistocene.

**Key words** morphologic boundary; summit plane, major river bed, altitude isoline, Jinsha River system