

论长江三峡形成与中更新世大姑冰期的关系

唐贵智 陶 明

(宜昌地质矿产研究所, 宜昌 443003)

摘 要 通过长江三峡地区新构造运动、中更新世大姑冰期冰川作用及其后河流袭夺作用的研究, 提出长江三峡发育前后历时 70~100 万年, 大体经历三个阶段: (1) 早更新世鄂西期夷平及其抬升解体; (2) 中更新世大姑冰期来临并覆盖了所有超出当时雪线(相当今日海拔高程 800~900 m)以上的山原和山谷, 形成巨大的冰盖和山谷冰川; (3) 冰川溯源刨蚀, 使位于东西两侧的峡江冰川和川江冰川之间的分水岭齐岳山-巫山山原冰盖日益缩小, 最终打通分水岭并袭夺了西部河流水系使之改向东流, 形成今日三峡景观。

关键词 长江三峡 大姑冰期 冰川作用 河流袭夺

长期以来, 对长江三峡的形成各家说法不一^[1,2,3], 归纳有先成河说和后成河说两种观点。我们从研究新构造运动入手, 提出长江三峡出现于距今 70~100 万年即中更新世大姑冰期之后, 是通过大姑冰期冰川作用及河流袭夺作用逐渐发育形成。

1 区域地质背景

1.1 构造层及其岩性组合

三峡地区地层发育较齐全, 从太古界到第四系皆有出露, 可分 3 个构造层, 构造层间呈高角度不整合接触(表 1)。

表 1 长江三峡地区构造层

Table 1 Structural Layers in Yangtze Gorges area

构造层	厚度(m)	岩性组合
第二沉积盖层(地洼构造层) K-N	1600~3000	红层岩系(类磨拉石建造), 由砾岩、砂岩、页岩、泥岩及泥灰岩组成, 岩层强度强弱相间, 在(新)构造运动中以断裂为主, 层间滑动次之。
第一沉积盖层(地台构造层) Z-J	6200~9000	由碳酸盐建造(灰岩、白云岩、白云质灰岩、泥灰岩)和复理石建造组成, 岩石强度强弱悬殊, 在构造运动中以层间滑动为主, 断裂次之。
结晶基底 Ar	>10000	由一套深变质结晶岩系(混合岩、片麻岩及片岩)、花岗岩、花岗闪长岩和超基性岩组成, 岩石坚硬, 在构造运动中以断裂为主。

1997 年 5 月 4 日收稿

1.2 活动构造形迹

第三纪末至第四纪初喜马拉雅运动在三峡地区形成(1)黄陵旋卷构造,(2)齐岳山-巫山帚状构造,(3)武当-大巴山推覆构造,(4)武陵-雪峰山弧形构造^[5](图1)。这些构造形迹所反映的力学性质、成生联系、展布空间、边界条件和它们对三峡地区动力地质现象的影响不一,但共同点是现今仍在活动,其不但对峡的形成和河谷迁移产生影响,而且波及巨型水利枢纽工程的稳定性。

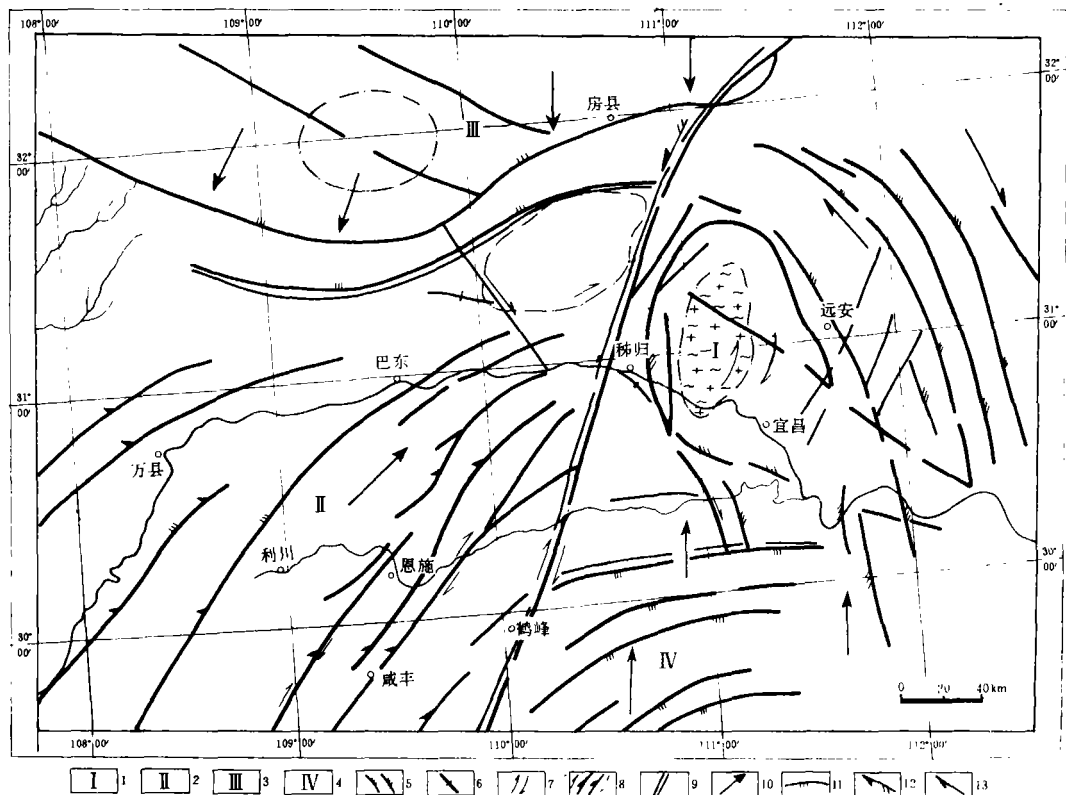


图1 长江三峡地区活动构造形迹分布略图

Fig. 1 Sketch map showing the active structural systems in the Yangtze Gorges area

1. 黄陵旋卷构造 2. 齐岳山-巫山帚状构造 3. 武当-大巴山推覆构造 4. 武陵-雪峰山弧形构造 5. 旋卷构造弧形断裂 6. 褶皱带 7. 扭应力作用方向 8. 齐岳山-巫山帚状构造弧形断裂及扭动方向 9. 丹江-鹤峰基底断裂 10. 推覆体运动方向 11. 逆冲断裂带 12. 丹江-鹤峰断裂带早期扭动方向 13. 丹江-鹤峰断裂带晚期扭动方向

1.3 新构造运动对三峡地貌发育的影响

第三纪末至第四纪早更新世初约2 Ma长期的削平作用(削平率0.2~0.3 mm/a),使三峡地区成为地势平坦的准平原。在1 100~1 400 m高程灰岩洞穴保存大量的大熊猫-剑齿象动物群(在气候温和、水草丰沛环境下生活)化石,表明当时其高程大致为海拔250~300 m。

随后,这种抬升作用以不同的速率和幅度继续进行(图2)。抬升幅度严格受活动构造形迹的断裂所控制,出现上升断块山原和以齐岳山-巫山山原为中心的皱型水系,如清江水系、峡江水系、川江水系和乌江水系(图3)。

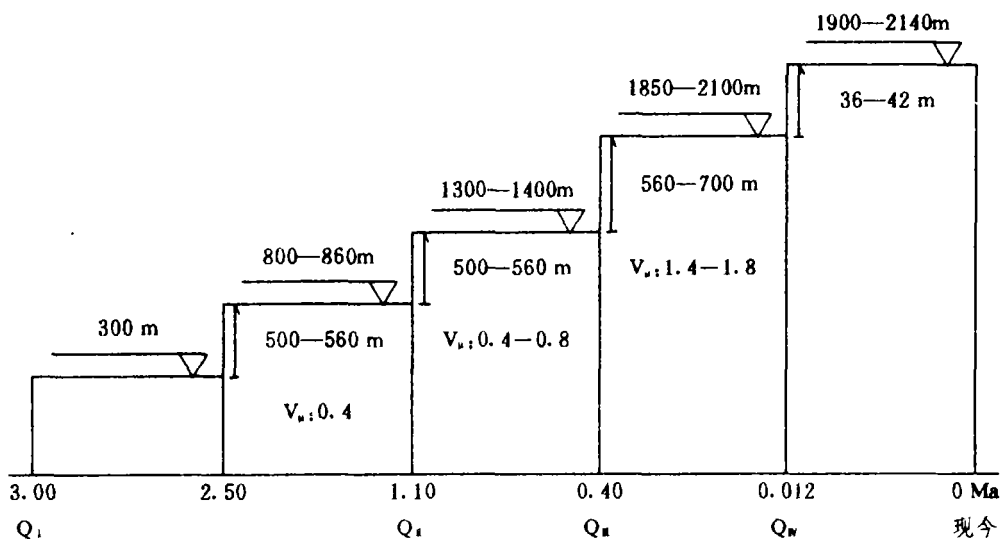


图 2 第四纪(Q)以来三峡地区抬升速率(V_u , mm/a)及抬升幅度(m)理想图
Fig.2 An ideal section of velocity gradient and range of uplift in the Yangtze Gorges area

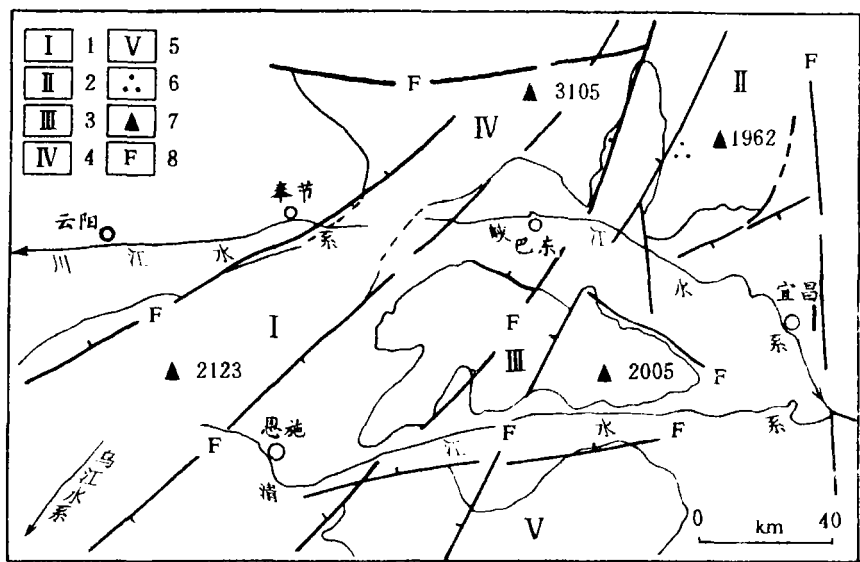


图 3 三峡地区早更新世晚期(鄂西期)上升断块山原分布示意图
Fig.3 Distribution of Block Mountains in the Yangtze Gorges area
1. 齐岳山-巫山山原 2. 黄陵山原 3. 云台荒山原 4. 神农架山原 5. 东山峰山原 6. 仁圣庙砾石层出露地点 7. 山峰及高程(m) 8. 断裂

顺便指出,三峡地区活动构造形迹的水平扭动对长江河谷的摆动也产生显著影响。如齐岳山-巫山帚状构造的水平扭动迫使奉节-秭归间的长江河谷向北迁移,而黄陵旋卷运动则迫使秭归-莲沱一带长江河谷向南移动,至于宜昌以东长江河道向南直下大转弯,无疑是远安断裂带右行水平扭动的反映。

2 红层和砾石层研究的启示

2.1 红层

前人根据宜昌附近(长江三峡口)的红层,认为长江三峡出现于中生代晚期或新生代初。实际上,南津关石门组不是第三纪,而是早白垩世的产物。与石门组剖面相距不远的朱市街下白垩统五龙组砾岩中的砾石以 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 向 NEE 倾,而砂岩中的斜层理则以 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 向 W 倾,指示水流方向从东向西。仙女山早白垩世红层中的层理、斜层理和砾石呈叠瓦状排列,指示沉积物来源于东面。在五龙组(K_1^W)中部砾岩内有从黄陵地区搬来的花岗闪长岩和片岩等砾石,红层重砂分析发现有从东面搬来的磁铁矿、石榴子石、金红石和铬尖晶石等指示矿物,尤其有意义的是还找到一颗由东面江汉“高原”供给的金刚石。

以上事实表明,分布在仙女山至宜昌一带的红层,与从西向东流的“长江”无任何关联。

2.2 仁圣庙砾石层

位于兴山县 NE 约 20 km、高程为 1500 m 的仁圣庙附近,灰岩洼地中有数米厚由粘土半胶结的砾石层,称之为仁圣庙砾石层。砾石大小如黄豆,磨圆度很好,表面光滑。砾石呈似层状排列,显示河流成因(图 4)。

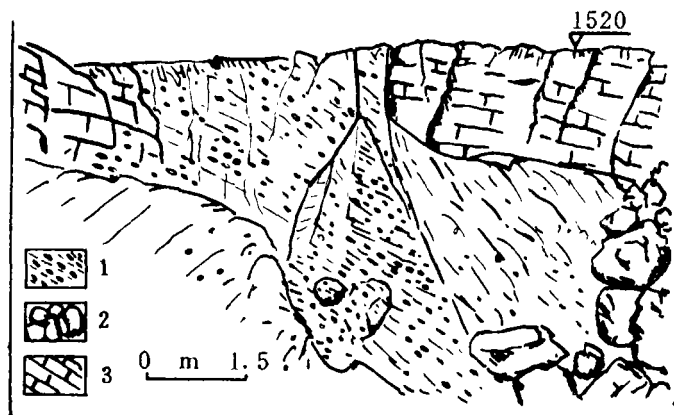


图 4 仁圣庙砾石层露头素描

Fig. 4 Sketch map showing the outcrop of Q_1 gravel deposits for Renshengmiao Formation
1. 砾石层 2. 灰岩岩块堆积 3. 寒武纪灰岩

砾石层的成分有来自南面侏罗纪香溪群底砾岩中的硅质岩和太平溪超基性岩、花岗闪长岩。前者高程不过 250 m, 后者也仅 900 m, 均低于仁圣庙砾石层高度, 为什么会发生低处的东西搬到高处的现象呢? 唯一的解释是当时地势南高北低, 河水自南向北流。从仁圣庙向北, 经十字坡(1 450 m)、板庙(1 400 m ±)至焦家湾(1 340 m)30 余公里途中, 断续有该砾石层的出露(图 5), 也证明了这一点。

仁圣庙砾石层的时代, 尚无化石证据, 只能暂定为更早

新世。因此, 可以这样认为, 至少在仁圣庙砾石层堆积时, 不但没有“古长江三峡”的出现, 甚至连古长江水系也不存在。

3 三峡地区第四纪冰川遗迹

进入中更新世, 气候变冷, 一场席卷全球的大冰期来临, 在我国通称为大姑冰期。冰流来势很猛, 范围也广, 曾南抵桂林(北纬 25°) 附近, 自然也波及三峡地区。

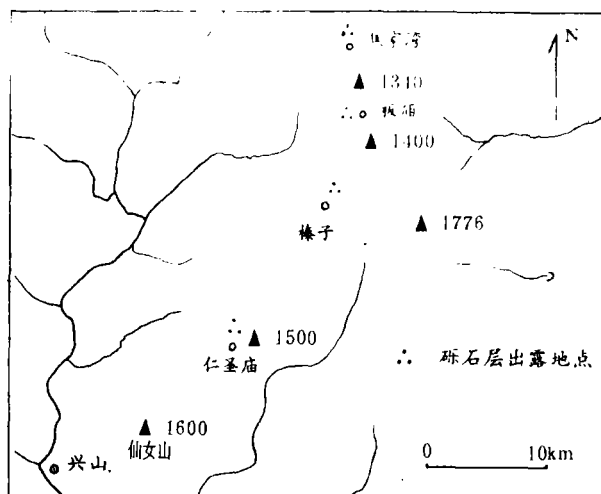


图5 仁圣庙早更新世砾石层分布图

Fig. 5 Distribution of Q_1 Renshengmiao Formation (gravel deposit)

当时, 三峡地区抬升更快, 由早更新世末的 860 m 抬升到 1 250~1 400 m(图 2)。该高度已超过雪线(1 200 m)^[1], 整个三峡地区诚如李四光教授所说那样^[3], 全被埋在雪海之中, 山原和山谷则发育成巨大的冰盖和山谷冰川, 其中齐岳山-巫山山原冰盖尤为壮观, 面积达 $320 \times 70 \text{ km}^2$, 清江山谷冰川最长近 400 km(图 6)。

3.1 冰蚀地形

(1) 清江山谷冰川: 发源于齐岳山-巫山山原冰盖的东坡, 由此向东流经不同地质构造带和地貌单元, 直趋入江汉

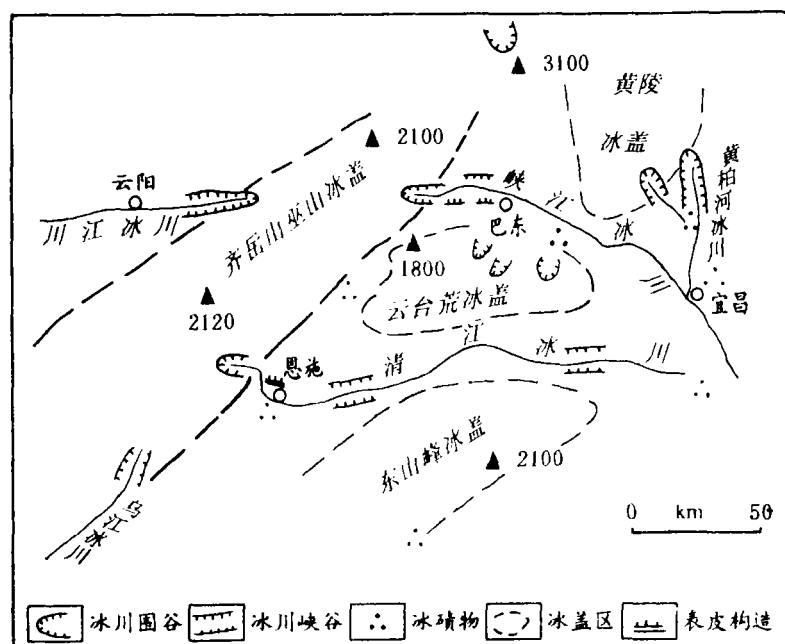


图6 三峡地区中更新世大姑冰期冰川遗迹分布示意图

Fig. 6 Sketch map showing the distribution of remnants of Dagu glaciation in the Yangtze Gorges area

平原, 全长近 400 km, 落差千余米, 沿江多次出现葫芦形谷。纵剖面出现许多底部反倾向台阶, 如凤凰观台阶长 3~4 km, 进口高程 610 m, 出口 630 m。横剖面呈现套谷结构, 即上半部为宽 U 形谷, 下半部为 V 形谷。U 形谷顶宽 1.0~1.5 km, 边坡陡立, 相对高差 100~300 m, 底平坦, 现代

清江河谷镶嵌其中。凤凰观就是一个典型套谷,上部 U 形谷底高 750~800 m,谷壁顶高 1 300~1 400 m。在北坡高程 1 100 m 和 810 m 处分别出现两条保存不全的冰川边缘排水沟残迹,沟内尚有砾石分布。从边缘沟的出现,推测清江山谷冰川厚度至少在 300~350 m 以上。

清江套谷是两种性质不同地质作用的产物。V 形谷是现今清江下切侵蚀作用形成。U 形谷通过沿江出现的冰碛泥砾、漂砾、边缘沟及表皮构造等冰川遗迹分析,应是第四纪冰川作用形成。

(2) 峡江冰川:本文所称之峡江是指发源于巫峡以东至宜昌的长江河段而言。峡江冰川 U 形谷或许由于巨流长江侵蚀破坏,保存不如清江冰川完整。然而仔细观察,仍有迹可寻。如秭归泄滩以西至石门一带出现二层结构套谷,上层 U 形谷宽 2.5~4.0 km,谷坡顶高 900~1 000 m,谷底平坦,高程介于 500~540 m。下层 V 形谷为现今长江河谷。上下谷之间裂点成线。

此外,在长江南岸云台荒山原北坡分布三个冰川盘谷(图 7)。云台荒是一座高程 1 850~2 050 m 的平顶山。五龙、狮子坪和磨坪三个冰川盘谷从东到西并排而立。盘谷直径 6~10 km,谷底平坦,高程 650~800 m,三面环山,山顶高程 1 700~1 950 m,山坡上分布一系列冰斗。在五龙盘谷边缘高程为 1 900 m 的冰斗底部,有许多大小不一、带有条痕的扁平磨光砾石,其成分是就地灰岩和碳质页岩,没有河流和泥石流迹象。盘谷口朝北,有溪流注入长江,沿途高阶地散布零星漂砾。同时,在长江南岸楚王城平顶山上(高程 600~650 m)分布数米厚的风成黄土,应是冰缘黄土。

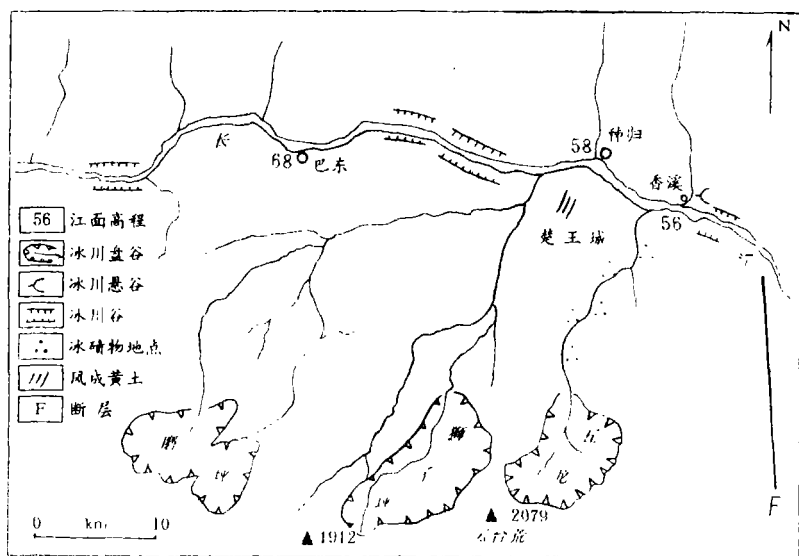


图 7 云台荒山原冰盖冰川盘谷遗迹分布示意图

Fig. 7 Sketch map showing the distribution of zungenbecken of Dagu glaciation in Yuntaihuang Block Mt.

沿峡江冰川另一个遗迹是香溪镇东面的冰川 U 形悬谷(图版 - I)。悬谷底高出江面 260~270 m(高程 320~340 m),悬谷底宽 250 m 左右,长约 700 m,后缘高 600~700 m。

(3) 川江冰川:发源于瞿塘峡西侧并沿现在长江河谷向西流的古河道,本文称为川江。奉节以西套谷,上为宽大的 U 形谷,下为现今长江河谷,裂点在下谷之顶(图版 - II)。

冰川U形谷还见于乌江支流唐岩河谷,峡江支流黄柏河谷和雾渡河谷等。

3.2 表皮构造

早在1940年李四光教授调查鄂西山区第四纪冰川时,就在恩施红层中发现冰川挤压作用形成的表皮构造。1984年我们在巴东至黔江公路203 km处的新掘墙基后壁,再次发现相当美丽的表皮构造(图版-Ⅲ)。这里红层粉砂岩呈近水平产状,中厚层,表皮构造表现为单斜褶皱和冲断层,褶皱轴面和冲断层面产状NNW, $45^{\circ}\sim 75^{\circ}$ /NEE,冲断层错距约20~100 cm。指示水流从NEE向SWW方向运行。表皮构造靠近地表强烈,往下渐趋减弱以至消失,其影响深度仅5~6 m。在地表残存有冰川漂砾和泥砾,从而进一步证明表皮构造是冰川流动挤压作用产生的。

根据该表皮构造对基岩破坏程度和影响深度,推测当时冰川的厚度当在350 m以上,运行速度约33~34 m/a。

3.3 冰川堆积物

3.3.1 清江冰川终碛物:最引人注目的冰川漂砾和泥砾出现在清江口南岸枝城市麒麟山东坡一带^[5]。麒麟山是一座由寒武纪灰岩构成的小孤山,山顶高程270 m,高出现时清江口220 m。这里漂砾以石英砂岩、石英岩为主,巨砾可达 $1.0\times 1.5\times 1.8\text{ m}^3$,小的砾径也有30~50 cm,形态多样,但表面大多磨光并有擦痕和压坑,砾石与含碎屑亚粘土混杂一起,无分选性,厚度2~5 m。沿山坡向东,泥砾为砾石和砂砾层所代替,砾石成分与泥砾中的砾石相同,但粒度变小,磨圆度好,砂子明显增多,且略具分选性,显示流水沉积的特征。再向东越过长江至善溪窑蒋家冲,上述砂砾层过渡为红棕色网纹红土,具层理等沉积构造,厚度>10 m。

枝城市善溪窑网纹红土的热发光年龄测定为60~70万年^[6],冰川的冰碛层应属大姑冰期冰川堆积物。

3.3.2 宜昌附近冰川漂砾和泥砾:宜昌位于峡江冰川和黄柏河冰川交汇处,这里冰碛物分布广而散,复杂而略具规律。

宜昌城东的东山是一条近南北向的平顶山梁,高程130~151 m。山顶覆盖着一层由漂砾和泥砾组成的第四纪堆积物。漂砾成分为石英岩、灰岩和花岗闪长岩,并夹有脉石英和玛瑙。大的砾径80~100 cm,一般在24~35 cm,形态奇形怪状,非流水所形成,流水若要把砾径80 cm以上的花岗闪长岩从20 km以远的黄陵地区搬来,也不太可能,同时部分石英岩砾石表面带有擦痕,表明它们是峡江冰川或黄柏河冰川搬运来的。

另外,在宜昌东11 km左右的平顶山——丰宝山(高程为240~250 m)山顶遍布砾石和砂。砾石成分以石英岩、石英砂岩居多,燧石、脉石英次之,并含有玛瑙。砾径大的可达35 cm,磨圆度好,上细下粗略具分选。丰宝山地处黄柏河冰川U形谷前缘,该砾石层可能是黄柏河冰川的终碛物。

顺黄柏河冰川U形谷上行至横石冲附近,可见大量漂砾半露土中,漂砾径1.0~2.0 m,主要为石英岩,表面擦痕发育,具典型的冰川漂砾特征。

有关大姑冰期冰碛物在三峡地区屡见不鲜,在此不一一叙述了。

4 三峡的成因和形成时代

在讨论长江三峡成因与形成时代之前,我们先考察现在河谷地貌的一些宏观特征:

(1)三峡河谷的发育除受前述新构造运动影响外,与小区域地质构造关系密切。如巴东至秭归间长江河谷顺秭归构造盆地南缘运行,而香溪至莲沱间河谷与马槽背断裂带走向及崆岭杂岩和震旦系的接触带相一致。这意味着三峡河谷尚处于幼壮年时期。

(2)三峡沿岸地势自西向东略呈不对称的抛物线状。最高点在瞿塘峡-巫峡一带,长约 70 km。这里正是齐岳山-巫山山原通过的地段,没有阶地踪迹。山顶高程达 1 500~1 700 m,由此向东西两侧依次降低,并逐渐出现套谷,表明这里是峡江与川江的分水岭。

(3)长江河谷自奉节以西豁然开朗,两岸阶地发育,其中高阶地的高度从东向西明显降低,如奉节五级阶地地面高程为 330 m,云阴为 310 m,高差 20 m,表明古川江由东向西流。

尤其有意义的是,据川西第四纪冰川地质考察队报道,宜宾金沙江四级阶地(高程 350 m)堆积物砾石层中很少见到玄武岩成分,但在三级阶地(高程 310 m)的砾石层中则变为以玄武岩为主。可见三、四级阶地之间河流的流路不同。原川江西流时无玄武岩砾石,到了三级阶地,河流改向东流后,才从玄武岩区带来大量玄武岩砾石。

反过来,从峡江情况看,在巴东以东沿江套谷和阶地相当发育,与西侧川江似呈对称。

(4)三峡地区长江两岸支流短而坡降大,如川江南抱龙河长仅 23 km,落差 945 m,坡降 41.08‰;官渡河长 39 km,落差 976 m,坡降 25.02‰;峡江北岸的百步溪长 28.9 km,落差 1 305 m,坡降 44.0‰;莲沱河长 30.2 km,落差 913 m,坡降 30.0‰。

以上说明:①三峡长江河谷显示壮年期特点;②据善溪窑网纹红土热发光年代资料和峡江高阶地年龄测定^[6],峡江河谷出现于 60~70 万年,即中更新世早中期,与河谷壮年期相吻合。

早更新世初三峡地区和云贵“高原”一样,是一片地势平坦的“准平原”,其高程大致与今日 300 m 相当。到早更新世末抬升到 860 m,进入中更新世,上升到 1 250~1 400 m,大大超过当时雪线(1 200 m),整个三峡地区为冰雪所覆盖(图 6)。齐岳山-巫山成为巨大的山原冰盖,当冰雪顺山原边缘原有山谷或河谷向低处流动时,形成山谷冰川。峡江冰川和川江冰川东西遥相对应,但流向相反,它们在改造、扩大加深河谷的同时,还向冰盖中部扩展,使冰盖日益缩小,由于东面的峡江冰川面向海洋,雨雪丰沛,向上溯源刨蚀速度较西侧川江冰川快,迫使冰盖逐渐向西后退。这就是瞿塘峡一带成为三峡河谷最高地段的原因。

中更新世中晚期,气候转暖,冰川开始融化,大量洪水携同岩屑继续下切,溯源侵蚀加剧,三峡套谷和宜昌附近丘陵顶部分布的砾石层就是这样形成的。

由于东面峡江侵蚀基准面较低(150~200 m),沿江断裂发育,溯源侵蚀较快,使齐岳山-巫山分水岭进一步削低,最后终于把分水岭打通并袭夺了川江水系,使之改向东流,从而长江水量倍增,下切更深,逐渐形成今日三峡景观,为时不过 70~100 万年。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理—地貌. 科学出版社, 1980
- [2] Barbour G B. Physiographic history of the Yangtze, 1935
- [3] 李四光. 中国第四纪冰川. 科学出版社, 1975
- [4] Willis B. 中国之研究. 第一卷第一册, 第十二章, 1907
- [5] 唐贵智等. 长江三峡地区新构造运动及其对工程建设影响的研究. 宜昌地质矿产研究所所刊, 1991(17)
- [6] 田陵君等. 长江三峡河谷发育史. 西南交通大学出版社, 1996

DISCUSSION ON RELATIONSHIP BETWEEN THE MIDDLE PLEISTOCENE GLACIATION AND FORMATION OF THE YANGTZE GORGES

Tang Guzhi Tao Ming

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003)

Abstract

In the light of study on neotectonism, the authors suggest the Yangtze Gorges were gradually developed in a period of 7 to 10 million years and show close genetic relationship with the Middle Pleistocene glaciation and later river capture, and three evolution stages have been formulated: (1) Early Pleistocene planation, elevation and dismembering of the "plateau mountain", (2) Middle Pleistocene glaciation (Dagu glaciation) with all the "plateau mountain" and mountain valleys above snow line being glacier-covered; (3) retrogressive glacial erosion resulted in gradual shrinkage and moving westwards of the ice sheet on the watershed (the Qiyueshan Mt. and Wushan Mt.) between the Xiajiang and Chuanjiang glacier, and finally the watershed was cut through, the western water system was captured and the Yangtze river flowed eastwards since then.

Key words Yangtze Gorges Dagu glaciation glaciation river capture

图版说明

图版 - I : 香溪镇东面悬谷

图版 - II : 川江套谷景观

图版 - II - a : 川江套谷景观

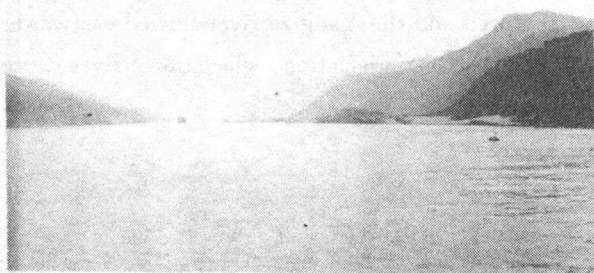
图版 - III : 恩施盆地红层中的表皮构造

图版

I



II



III

