

红水河阶地与极限洪水*

徐润滋 姚伟信 赵群芳 曾令锋 余承惠 张千骥 张焯

(南宁师范学院地理系)

提 要

本文用地貌学方法与水文学、气候学、地质学结合起来,综合研究河流极限洪水问题。

一、红水河高河漫滩与一级阶地的划分

红水河是西江水系的干流,上游称南盘江,发源于云南沾益马雄山,到贵州望谟县蔗香村与北盘江汇合后称红水河,全长659公里。流域面积131,000平方公里。

从红水河上游龙滩水电站坝址至下游大藤峡水电站坝址河段全长631公里,天然落差200米,在红水河规划中共分七个梯级水电站,总装机容量为1054万千瓦,是我国当前最好的水力资源基地之一¹⁾。

(一) 河谷地貌与新构造运动概况

红水河上游河流深切300—600米,河谷呈“V”型,岸坡 30° — 45° ,谷宽50—150米,阶地不连续,河漫滩发育不完善,河道纵比降 0.55% 。

红水河中游河流切深100—300米,河谷呈深槽状,谷宽150—250米,河道纵比降 0.4% 。发育四级阶地,一级基座阶地尤其发育,高河漫滩连续而完善,低河漫滩多为基岩漫滩。

红水河下游河谷呈槽状,谷宽300—400米,一级基座阶地与广阔的红土台地相衔接。纵比降小于 0.2% 。

红水河流域新构造运动可分为三种类型:1.明显的差异升降运动(南盘江上游);2.大面积掀斜式上升(高原斜坡地区),第四纪间歇上升四至五次,总上升量150—400米²⁾;3.整体缓慢抬升(流域下游),幅度较小。第四纪早期,上游阶地级差较大,下游较小,但第四纪晚期以来,特别是更新世晚期以来上下游阶地级差不大,都在4—10米之间,显示本流域更新世晚期以来地壳运动是整体均匀缓慢上升的。

本文1983年10月6日收到,1985年2月25日收到修改稿。

* 本文在收集资料和野外考察阶段,得到广西电力工业局勘测设计院、大化水电站工程指挥部、龙滩水电站工程指挥部、恶滩水电站工程指挥部、水电部东北勘测设计院、广西博物馆、广西地震局、广西水利局和广西水文总站及其有关水文站等单位的热情帮助和大力支持;在室内分析阶段,得到中国社会科学院考古研究所、国家地震局地质研究所、广州地理研究所、南京大学地理系和华东师范大学河口海岸研究所等单位帮助分析和提供分析数据;修改稿得到中国科学院地理研究所陈治平副研究员等提出宝贵意见,全文经华东水利学院詹道江教授审阅并提出宝贵意见,在此一并深表谢意。

1) 广西电力工业局:广西水利发电开发与前景,1981年。

2) 广西壮族自治区水电规划小组办公室:红水河综合利用规划报告,1980年。

(二) 高河漫滩与一级阶地的划分

目前在划分河漫滩与一级阶地,特别是划分高河漫滩与一级阶地时往往遇到许多困难,因为至今还没有一个统一和公认的标准。我们试用下列五个标志来综合分析,划分红水河的高河漫滩与一级阶地:

1. 颜色 由于高河漫滩形成的年代比一级阶地晚,其冲积物受氧化时间短、程度轻,颜色就较浅淡,常呈灰白色、浅灰色或浅黄色;而一级阶地早已脱离了现代洪水的影响,其冲积物中的金属铁等物质被强烈氧化,常呈较深的黄红色或棕红色。

2. 结构 高河漫滩冲积物胶结较差,呈松散的粒状结构,无铁锰结核;一级阶地的冲积物已经成土作用,土壤剖面成层性明显,胶结较好,呈块状或团粒状结构,常有铁锰结核。

3. 粒度 高河漫滩冲积物未经强烈风化,其颗粒较粗,多为砂土、亚砂土或粉砂土;而一级阶地冲积物已经强烈风化,多为亚粘土或粘土,颗粒较细,详见表 1。

表 1 粒度分析成果表

Results of sizing

| 编 号 | 取 样 地 点 及 深 度 (米) | 粒 组 含 量 (%) | | |
|-----|-------------------|-------------|-------|-------|
| | | 砂 | 粉 砂 | 粘 土 |
| 05 | 武宣高河漫滩 (2.0) | 38.91 | 38.86 | 22.24 |
| 06 | 武宣一级阶地 (0.8~1.0) | 9.14 | 26.96 | 63.88 |
| 07 | 迁江高河漫滩 (1.0) | 46.22 | 29.76 | 24.02 |
| 08 | 迁江一级阶地 (1.0) | 12.08 | 29.75 | 58.17 |
| 09 | 忻城红渡高河漫滩 (1.0) | 60.30 | 14.87 | 24.85 |
| 10 | 忻城红渡一级阶地 (0.8) | 26.15 | 39.26 | 34.58 |
| 16 | 都安红渡高河漫滩 (1.0) | 51.47 | 26.49 | 22.02 |
| 15 | 都安红渡一级阶地 (1.2) | 22.94 | 32.24 | 44.81 |
| 14 | 岩滩高河漫滩 (1.1) | 47.55 | 18.52 | 33.91 |
| 13 | 岩滩一级阶地 (1.0) | 26.71 | 30.63 | 43.67 |

表 2 矿物分析成果表

Results of the analysis of minerals

| 编 号 | 取 样 地 点 及 深 度 (米) | 重矿物 % | 轻矿物 % | 磁铁矿 % | 锆石 % | 电气石 % |
|-----|-------------------|----------|----------|----------|---------|----------|
| 05 | 武宣高河漫滩 (2.0) | 1.66 | 98.34 | 10.2 | 1.4 | 5.5 |
| 06 | 武宣一级阶地 (0.8~1.0) | 0.91 | 99.09 | 14.8 | 2.8 | 29.5 |
| 07 | 迁江高河漫滩 (1.0) | 1.22 | 98.80 | 18.9 | 1.1 | 8.0 |
| 08 | 迁江一级阶地 (1.0) | 0.72 | 99.28 | 12.8 | 12.8 | 3.7 |
| 09 | 忻城红渡高河漫滩 (1.0) | 2.07 | 97.93 | 15.4 | 5.3 | 1.9 |
| 10 | 忻城红渡一级阶地 (0.8) | 1.48 | 98.52 | 11.8 | 6.1 | 12.7 |
| 14 | 岩滩高河漫滩 (1.1) | 2.99 | 97.01 | 17.3 | 3.8 | 1.7 |
| 13 | 岩滩一级阶地 (1.0) | 1.79 | 98.21 | 11.7 | 9.2 | 2.9 |

(送样单位: 南宁师院, 分析单位: 华东师大河口海岸研究所)

表 3 ¹⁴C分析成果表
Results of the analysis of ¹⁴C

| 编 号 | 实验室编号 | 采样地点、标本、深度 (米) | ¹⁴ C年代 (年B.P.) | ¹⁴ C 实验室名称 |
|-----|---------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| 01 | ZK-1231 | 武宣金银山脚洞灰华盖板 | 22,200 ± 320 | 中国社会科学院考古研究所 |
| 03 | ZK-1232 | 武宣八宝坳岩洞钟乳石 | 6,180 ± 90 | 同上 |
| 02 | ND83002 | 武宣金银山脚洞灰华盖板下堆积物 | 17,930 ± 270 | 南京大学地理系 |
| 05 | ND83001 | 武宣黔江高河漫滩砂土 (2米) | 1,976 ± 178 | 同上 |
| 08 | KWG-164 | 迁江一级阶地粘土 (1.0米) | 3,250 ± 110* | 广州地理研究所 |
| 10 | KWG-169 | 忻城红渡一级阶地粘土 (0.8米) | 2,950 ± 90* | 同上 |
| 06 | KWG-165 | 武宣黔江一级阶地粘土 (0.8~1.0米) | 3,040 ± 110* | 同上 |
| 11 | CG-1066 | 大化水电站左岸一级阶地底部腐木 (37米) | 33,525 ± 1,475 | 国家地震局地质研究所 |
| 13 | SH-94 | 岩滩琴常一级阶地粘土 (1.0米) | 3,930 ± 70 | 华东师范大学河口海岸研究所 |
| 12 | SH-93 | 大化水电站左岸一级阶地底部腐木 (29米) | 17,630 ± 180 | 同上 |

* 排除“新碳”影响后大于7,000年。(送样单位: 南宁师院地理系)

4. 矿物 一般高河漫滩的重矿物重量百分比一级阶地的大, 磁铁矿含量也是如此, 而锆石和电气石则呈相反的情况, 详见表2。

5. ¹⁴C年代测定 经取样作 ¹⁴C 年代测定, 一级阶地底部年代为距今 33,525 ± 1475年, 其上部为 3,930 ± 70年—2,950 ± 90年。但考虑到“新碳”的影响, 经排除“新碳”后得一级阶地上层冲积物年代为大于7,000年¹⁾; 而高河漫滩年代为距今 1,976 ± 178年, 详见表3。

另外, 历史洪水痕迹对划分高河漫滩与一级阶地也有很大帮助, 因为现代最大洪水是可以淹没高河漫滩的, 这已被许多历史洪水调查资料所证实, 而一级阶地顶面是现代最大洪水不能淹没的, 因此一级阶地顶面必定在历史洪水位之上。

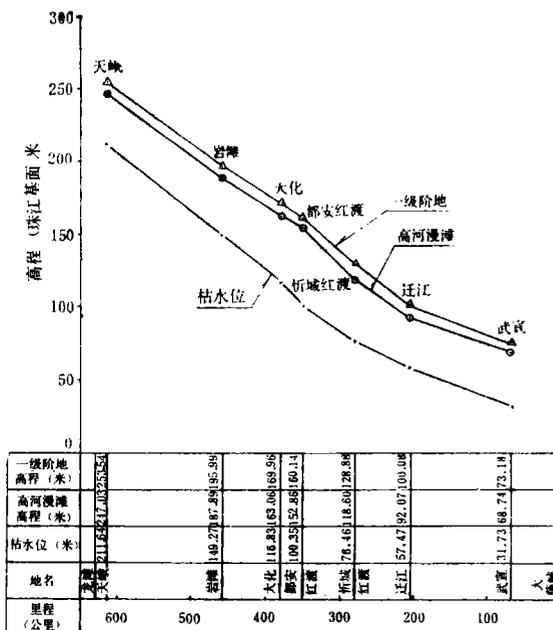


图 1 红水河阶地位相图
The phase of the Hongshi river terrace

1) 冯炎基, 河流一级阶地年龄推算, 1983年。

按照上述的划分原则, 我们着重对红水河天峨、岩滩、大化、都安红渡、忻城红渡、迁江和武宣河段进行了考察和测量。考察时注意选择有代表性的河段进行详细观察、取样和测量。注意排除局部现象和人类活动的影响。最后把各河段的枯水位、高河漫滩和一级阶地顶面高程点绘成红水河阶地位相图, 见图 1。

二、红水河极限洪水的估算

从图 1 和表 3 来看, 天峨至武宣河段近三万年来地壳运动的性质基本上是整体均匀缓慢上升的, 因此可以认为上述河段的高河漫滩和一级阶地是气候变迁的产物。

段万倜等根据我国第四纪冰川遗迹、古冰缘现象, 华北平原钻孔孢粉资料、元谋组和青藏高原第四纪古地磁资料和孢粉资料、风化壳和古土壤, 绘制了一千万年以来我国气温变化曲线(如图 2), 并就这条曲线得出我国第四纪气候变迁规律及其演变特点。从气温振动的幅度考虑, 现在的平均气温虽然在整个第四纪时期里是偏低的, 而在三万年以来是偏高的, 在冰后期一万年的气温振动中又是偏低的(注: 距今八千年至三千年是持续高温期, 温度比现代高 2° — 3° C, 称仰韶温暖期), 因此可以认为我国现代气候在气候变迁的进程中, 正处在大理冰期的一个间冰期阶段(2)。罗宝信等把中国东部植被气候从一万年延伸到七万年, 结果也类似。中国东部出现耐寒生物云杉-披毛犀组合时, 正是西欧七千至一万年的玉木冰期, 后来冰退转暖, 过渡到全球暖湿的八千—五千年, 说明气候变化对广大地区的影响有同时性(3)。竺可桢教授指出(4), 我国在近五千年中, 最初二千年, 即从仰韶文化时代到河南安阳殷墟时代, 年平均温度比现在高 2° C 左右。这些气候变迁研究成果证实我国三万年来的高温多雨期是在距今八千至三千年, 从三千年前开始出现了气温下降趋势, 这种趋势一直延续至现代。这与红水河一级阶地和高河漫滩的成因及其形成年代是相一致的。笔者在上述河段的一级阶地顶面上都没有找到现代河流的冲积物, 这也可以证实自一级阶地形成之后, 再也没有洪水淹没过它的顶面。综上所述, 我们用一级阶地顶面高程作为极限洪水位是有理由的。

天峨和塘英一带沿红水河右岸一级基座阶地多以顶面齐平的低丘形态出现, 并沿河岸依次排列, 按一定的坡降倾向下游, 而高河漫滩则常贴附在一级阶地的陡坎斜坡上; 琴常、岩滩一带沿红水河右岸也明显地分布着顶面齐平的低丘状一级基座阶地, 阶地表面上有许多河卵石, 这是古红水河河漫滩的有力证据之一。高河漫滩也是依附在一级阶地陡坡上; 大化水电站河段两岸为低山丘陵地形, 坡度平缓, 冲沟发育, 一级基座阶地被流水切割成一些顶面齐平的小丘, 高河漫滩则贴附在阶地前缘陡坎上; 都安红渡河段为低山丘陵地形, 坡度平缓, 沿河两岸一连串的顶面齐平的低丘状一级基座阶地尤为典型, 阶地的前缘陡坡上依附着高河漫滩, 见图 3。恶滩水电站、忻城红渡河段的

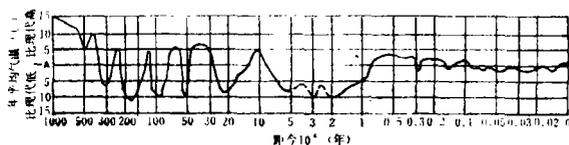


图 2 一千万年来我国气温变化曲线(据段万倜等, 1981年)

The variation curve of the temperature since 10 million years ago in China

恶滩峡谷为峰丛谷地, 山坡陡峻, 高河漫滩沿红水河两岸分布明显, 而一级阶地则被流水冲刷, 残缺不全, 且被坡积物复盖不易认辨, 但出了峡谷口则为低丘地形, 坡度平缓, 河谷较开阔, 两岸分布着一系列顶面齐平的低丘状一级基座阶地, 阶地表层有磨圆度较好的卵石分布, 高河漫滩贴附在一级阶地陡坡上, 其滩面平坦。迁江水文站河段为残丘准平原地形, 两岸无山岭, 一级基座阶地以顶面齐平的低丘状地形明显地排列在两岸, 并与广阔的红土台地相衔接, 而高河漫滩则依然贴附在一级阶地前缘斜坡上, 形成平坦的滩面。武宣县城河段位于黔江上游, 距下游的大藤峡水电站坝址68公里, 区间无大支流汇入, 河谷开阔, 右侧为峰林地形, 左侧为孤峰平原, 一级基座阶地以低丘状地形沿河依次排列, 其高程也依次逐渐降低, 很有规律, 高河漫滩仍然依附在一级阶地前缘斜坡上。上述各河段的一级阶地和高河漫滩顶面的高程, 详见图 1, 并把一级阶地顶面高程作为极限洪水水位, 高河漫滩顶面高程作为最大洪水水位, 见表 4。

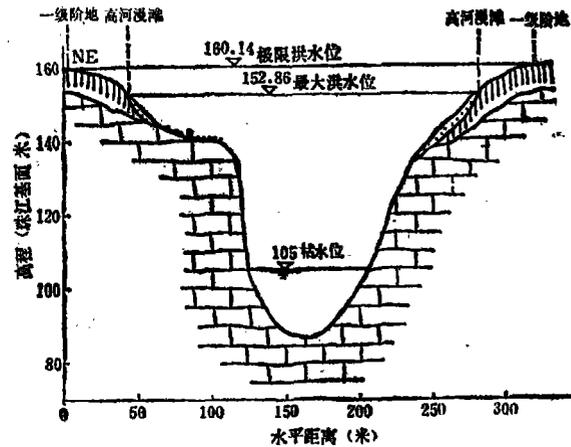


图 3 都安红渡阶地横剖面
The cross profile of the Hongshui river in Duan

表 4 极限洪水和最大洪水成果表

Results of the extreme flood and the maximum flood

| 地 点 | 极限洪水水位 (米·珠基) | 极限洪水流量 (立方米每秒) | 最大洪水水位 (米·珠基) | 最大洪水流量 (立方米每秒) |
|-------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 天峨水文站 | 253.54 | 32,200 | 247.03 | 24,300 |
| 岩滩水电站 | 195.99 | 37,300 | 187.89 | 25,900 |
| 大化水电站 | 169.96 | 37,500 | 163.06 | 26,800 |
| 都安水电站 | 160.14 | 37,000 | 152.86 | 24,800 |
| 忻城红渡 | 128.85 | 39,700 | 118.60 | 25,700 |
| 迁江水文站 | 100.06 | 40,100 | 92.07 | 26,100 |
| 武宣水文站 | 73.18 | 82,200 | 68.74 | 60,700 |

天峨、岩滩、大化、都安、忻城、迁江和武宣河段都有水文站或水电站, 各站的横断面历年变化都不大, 高水时亦无漫滩分流现象, 故可按趋势延长各站的水位流量关系曲线而得到极限洪水水位和最大洪水水位的相应极限洪水流量和最大洪水流量, 其成果如表 4 和图 4、5、6、7。

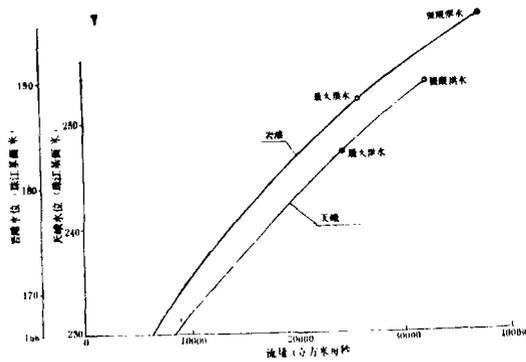


图 4 天峨水文站岩滩水电站H~Q曲线
The curve of H and Q in Tiane Hydrographic Station and Yiantan Hydroelectric Station

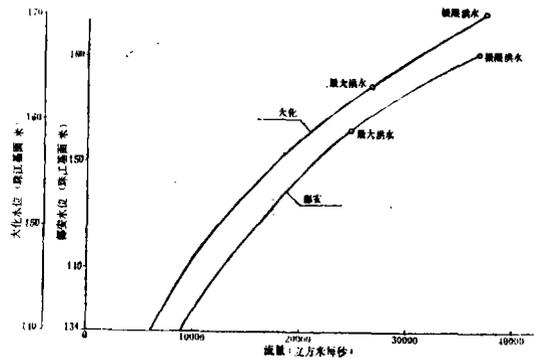


图 5 大化水电站都安水文站H~Q曲线
The curve of H and Q in Dahua Hydroelectric Station and Duan Hydrographic Station

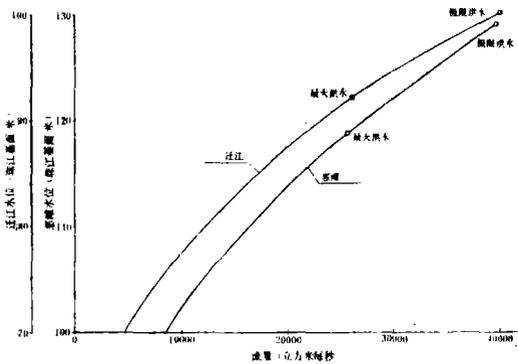


图 6 恶滩水电站迁江水文站H~Q曲线
The curve of H and Q in Etan Hydrographic Station and Qinjiang Hydrographic Station

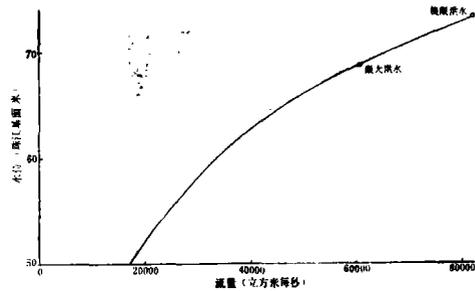


图 7 武宣(二)站H~Q曲线
The curve of H and Q in the NO.2 Wuxuan Hydrographic Station

三、红水河极限洪水重现期的讨论

(一) 极限洪水重现期的确定

极限洪水重现期的确定与一级阶地的形成年代密切相关。据表 3 可知红水河一级阶地底部淤泥透镜体中的腐木¹⁴C年代为 $33,525 \pm 1,475$ 年，这是距今三万年前低温少雨时期的产物，一级阶地上层冲积物的年代大于7,000年，它是距今7,000年前气候高温多雨时期的河流冲积物。可见一级阶地的形成年代在 $33,525 \pm 1,475$ 年至7,000年前，因此极限洪水的重现期可定为三万年一遇。

高河漫滩上层冲积物的¹⁴C年代为 1976 ± 178 年，它是2,000年前气候温和时期的河流冲

积物,可见高河漫滩是在2,000年前形成的,因此最大洪水的重现期可定为2,000年一遇。

(二) 红水河极限洪水成果合理性分析

把红水河的极限洪水成果与有关设计单位的万年一遇洪水成果列于表5作比较。

表5 极限洪水与万年一遇洪水比较表

The comparison of the extreme flood with 10,000-years frequency flood

| 地 点 | 集雨面积 (平方公里) | 极限洪水 (立方米每秒) | 万年洪水 (立方米每秒) | $K = \frac{\text{极限洪水}}{\text{万年洪水}}$ | 万年洪水设计单位 |
|-------|----------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|----------|
| 天峨水文站 | 98,500 | 32,200 | 35,500 | 0.91 | 水电部中南设计院 |
| 岩滩水电站 | 106,580 | 37,300 | 36,500 | 1.02 | 广西电力局设计院 |
| 大化水电站 | 112,200 | 37,500 | | | |
| 都安水文站 | 113,500 | 37,000 | 37,200 | 0.99 | 广西电力局设计院 |
| 忻城红渡 | 118,000 | 39,700 | | | |
| 迁江水文站 | 122,500 | 40,100 | 38,400 | 1.04 | 广西电力局设计院 |
| 武宣水文站 | 188,900 | 82,200 | 81,300 | 1.01 | 水电部东北设计院 |

从表5可见极限洪水与万年一遇洪水的比值 $K = 0.91 \sim 1.04$,即 $\pm 1 \sim 9\%$ 。

再把极限洪水与历史洪水列表6作比较。

表6 极限洪水与历史洪水比较表

The comparison of the extreme flood with the historical flood

| 地 点 | 极限洪水 (立方米每秒) | 历史洪水 (立方米每秒) | $K = \frac{\text{极限洪水}}{\text{历史洪水}}$ |
|-------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|
| 天峨水文站 | 32,200 | 21,500 | 1.50 |
| 都安水文站 | 37,000 | 21,800 | 1.70 |
| 迁江水文站 | 40,100 | 23,300 | 1.72 |
| 武宣水文站 | 82,200 | 51,000 | 1.61 |

(据广西电力工业局设计院历史洪水资料)

从表6可见极限洪水与历史洪水的比值 K 为1.50~1.72。

我们将七千年前红水河流域的自然地理条件与现在的自然地理相比较: 1. 植被复盖较现在好, 2. 年平均气温较现在高 $2^{\circ} - 3^{\circ}C$, 3. 山川形势变化甚微。

其中对洪水影响最大的是气候变化。据P·K·克利盖研究,与现在相比较,当地球表面温度升高 $2.5^{\circ}C$ 时,大洋蒸发增加15%,大洋降水增加12%,陆地上降水增加46—47%。如果考虑到气温全球性上升时内陆干旱地区降水量反而减少的情况,那么温度上升 $2.5^{\circ}C$ 时,近海湿润地区的降水可增加50%以上¹⁾。P·K·克利盖的研究成果与我们的研究成果是相吻合的。

综上所述可说明红水河7,000年前高温多雨时期的极限洪水是现代气候条件下的最大历史洪水的1.50~1.72倍是合理的,也是符合红水河近三万年来气候变迁的规律的。

1) 马瑞俊:论我国古代传说中的洪水,1984年。

四、结 论

1. 在近三万年以来地壳运动相对稳定区或轻微上升区，用地貌学方法估算河流极限洪水是相当准确和可靠的。
2. 在其他地区，可以用历史洪水加成50—70%作极限洪水使用。
3. 如果把极限洪水作为重大水利水电工程设计洪水使用或作为洪水流量频率曲线的上限使用，使频率计算成果符合自然规律性，这样可以避免因水文气象资料的短缺而造成计算成果偏大或偏小，使设计洪水更加合理，能节省工程投资和确保工程安全。
4. 由于条件所限¹⁴C分析成果不够全面和系统，有待今后进一步完善。
5. 估算极限洪水流量目前暂采用现代断面计算，这与古断面是存在差别的，对此问题有待今后研究解决。

参 考 文 献

- (1) 刘光文等编：水文分析与计算，中国工业出版社，1965年。
- (2) 段万侗等：我国第四纪气候变迁的初步研究，全国气候变化学术讨论会文集，科学出版社，1981年。
- (3) 罗宝信等：中国东部七万年来生物地理和古气候的探讨，中国地质科学院天津地质矿产研究所刊，第5号，1982年。
- (4) 竺可桢：中国五千年来气候变迁的初步研究，中国科学，1973年第2期。
- (5) 徐润滋：关于用地貌学方法估算河流极限洪水问题的初步探讨，水文，第5期，1982年。

《地理研究》下期要目预告

- 朱起茂：三角洲岸线变迁中的河流纵剖面实验
 李文彦：我国的地区工业体系问题
 乔盛熙等：长江三峡和清江河谷冬暖与柑桔生产
 李玲：世界各国城市化水平对比问题的探讨
 金其铭等：县域集镇体系研究
 马芬荣：农业生态系统结构的线性规划调优试验
 刘闯：陕西秦岭西段土地类型结构与综合自然区划
 叶愈源：湖南近七十年来气温变化特征与水稻生长期低温冷害的联系
 梁季阳等：水文频率曲线的线性研究
 李天顺：地形与黄土高原气候的初步分析

A RESEARCH OF THE EXTREME FLOOD OF THE HONGSHUI RIVER DURING THE PAST THIRTY THOUSAND YEARS

Xu Runzi

Yao Weixin, Zhao Qunfang, Zheng Lingfen Yu Ohenghui,

Zhang Qianji, Zhang wei

(Department of Geography of Nanning Teachers' College)

Abstract

In the course of irrigation and waterpower electrical construction at home and abroad, problems of extreme river flood are very crucial and must be studied and solved, as it affects the cost and the safety of construction. If the designed flood is estimated higher, it may waste the construction investment, otherwise if the designed flood is estimated lower, it may cause dams to collapse and then make heavy, sometimes incalculable loss of property of the State and lives of the people. For many causes, such examples of the failure of construction are nothing new at home and abroad, so the problems of extreme river flood are worth researching and will attract much attention.

This article tries to solve the problem of extreme river flood by using geomorphic method and other related methods such as hydrologic, climatologic, geologic methods and carbon-14 dating techniques.

After collecting lots of data and inspecting on-the-spot, we provide five principles of dividing the uppermost valley flat from the first level river terrace. Using geomorphic method, we have estimated the discharge of extreme flood of Tiane hydrometric station, Yiantan hydrometric station, Dahua hydropower station, Duan hydrometric station, xincheng Hongdu hydrometric station, Qienjing hydrometric station and No. 2 Wuxuan hydrometric station along the Hongshui river. And further more, from the results of the carbon-14 analysis of the Hongshui river we estimated that the reappearing time of the flood is 30,000 years. Comparing the extreme flood estimated by geomorphic method with the flood met per 10,000 years, we got $\pm 1-9\%$ e.g. $k = 0.91-1.04$.

This article tries to do synthetical research on the extreme flood by using geomorphologic, hydrologic, climatic and geologic methods.

1. In the recent 30,000 years, the earth crust was relatively stable or slightly uplifted. Using geomorphologic method to estimate the extreme flood of a river is quite accurate and reliable

2. In the other region, it can be used that the historical flood aids 50-70% of it as the extreme flood.

3. We suggest that in a major hydro-electric project the extreme flood be used as the design flood or as the upper limit of the discharge curve, and make the result of the frequency calculation match the natural law. In the case of lacking meteorological data, using this method, it can be avoided that the result calculated by other method is higher or lower, and it can be more reasonable for investment and can raise the safety of the project.