

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

长江在三峡库区段实现东流过程探讨

张加桂^{1,2)}

1) 中国地质科学院地质力学研究所, 北京, 100081; 2) 中国地质环境监测院, 北京, 100081

内容提要: 三峡如何贯通并实现东流的问题历来是学术界关注和争议的问题。笔者认为, 三峡的连通不是简单的江汉平原水系与四川盆地水系的连通, 而是包括三峡库区段众多中小盆地及其水系的纵横交织性连通, 连通过程中有地表水的溯源侵蚀作用, 也有地下水的溶蚀、风化和侵蚀作用。地表水的流路与地下水的流路不尽相同, 地下水的作用形成地下河, 许多峡谷是地下河经进一步溶蚀垮塌形成的。地表河与地下河相连接构成长江主河道。虽然当时的水流有东西分流, 但没有明显的分水岭, 许多地段水流的方向因各盆地降雨量的变化而频繁改变。由于河流下切和新构造运动造成地表西升东降, 最后流向四川盆地的水改向东流, 形成统一的长江。三峡库区段是年轻的河段, 成为完全地表河和东流的时间不长。这些认识对深化大江大河的成因理论具有重要的意义。

关键词: 贯通; 东流; 河流演化; 岩溶; 三峡

向源侵蚀理论是解释河流形成过程的基本理论, 但解释大江大河的形成过程则显得困难。于是, 河流袭夺理论就应运而生, 有人便致力于沿大江大河寻找河流袭夺点, 以弄清大江大河的连接贯通过程。但到目前为止, 还未找到一个普遍认同的河流袭夺点, 包括写入了教程的金沙江石鼓河流袭夺点(何浩生等, 1989)。在这里, 作者试图用更广阔的思维来认识大江大河的形成过程。

这里要讨论的是长江三峡库区段(简称“三峡”)贯通问题。这一问题是从地质学进入中国就引人注目的重大问题。在三峡两侧, 一边是四川盆地第四系沉积区(简称“四川盆地”), 一边是江汉平原(盆地)第四系沉积区(简称“江汉平原”), 在地质历史时期, 三峡所在巫山西侧之水流入四川盆地, 东侧之水流入江汉平原, 那么三峡什么时候贯通, 以何种方式贯通就成了随之而来的重大科学问题了。从美国地质学家维里士等(Bailey Willis, et al., 1907)提出“先成论”以后, 研究工作从未间断。李四光(Lee, 1924)发表的《长江峡东地质及峡之历史》一文认为目前三峡大坝所在地黄岭背斜是华西和华东的分水岭, 岭西之水流入归州盆地和四川盆地, 岭东之水则向东流入江汉盆地, 新近纪末至早更新世初, 通过河流袭夺而贯通成为巨大的长江。之后, 三峡的贯通问题更加引起了重视。李春昱(Lee, 1934)认为白垩纪末三

峡东西已经沟通, 三峡河段至少东段为“先成河”; 美国地质学家巴尔博(1935)认为三峡是在第四纪对白垩纪至始新世形成的鄂西期夷平面下切形成的叠置河; 施雅风(1948)认为鹞子砬石层是由长江的支流香溪形成的, 不能作为主江西流的证据, 黄岭背斜分水岭不成立; 沈玉昌(1965)认为在古近纪长江已存在, 是在三峡下段顺仙女山、红崖子和清江北的红层区东流的, 上新世或更新世早期才改道到目前的位置; 杨达源(1988)认为古巫水是由 NE 向 SW 流向湖北省利川的, 后经袭夺东流, 巫峡和瞿塘峡都是袭夺点; 田陵君等(1996)提出两江的分水岭不是黄岭背斜, 是相距100km 的奉节县瞿塘峡所在的齐耀山背斜, 岩溶作用在齐耀山形成地下河, 将两江相接, 后来的岩溶垮塌使地下河变成瞿塘峡; 赵诚(1998)用倒插冲沟的证据支持了李四光的观点。

1 对前人观点的一些质疑

1.1 关于“叠置河”与“先成河”

持“叠置河”与“先成河”看法的有类似之处, 即认为长江在第四纪以前就存在。但从横穿长江的剖面来看, 河谷不存在叠置形态。而且这些认识难以解释大量倒插冲沟和主河道外大量宽阔支流的形成。从地貌学理论看, 河流的发育一般要经历“V”型谷→河漫滩河谷→成型河谷阶段, 其中“V”型谷分为

注: 本文为三峡移民开发局基金项目(编号9707, 9904)的成果。

收稿日期: 2006-04-26; 改回日期: 2006-07-11; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 张加桂, 男, 1962年2月生。博士, 研究员, 从事构造和第四纪地质研究。通讯地址: 100081, 北京民族大学南路11号地质力学研究所; 电话: 010-87230987; Email: jiagui62@sina.com。

隘谷、障谷和峡谷阶段(曹伯勋,1995),由此可以推断三峡河段是年轻的河段,不应该是第四纪以前形成的。

1.2 关于“袭夺河”

持“袭夺河”看法的大多数是依据阶地形态或位态。认为三峡在黄岭背斜袭夺的主要证据是黄岭背斜西边组成阶地的鹞子砾石层表面向西倾斜,由此认为黄岭背斜以西河流向西流,而黄岭背斜以东的阶地表面向东倾斜。这里要说明的是,由鹞子砾石层组成的阶地是Ⅱ级阶地(田陵君等,1996),是在晚更新世晚期形成的;另要说明的是,山区河流阶地的形态是复杂的;再者,用溯源侵蚀理论很难解释两条河流在坚硬的混合花岗岩体上对接。施雅风(1948)认为鹞子砾石层是由香溪形成的,这说明阶地砾石来历的复杂性。从位置上看,黄岭背斜过于靠东,而分水岭一般应位于山脉中央。

认为长江在瞿塘峡袭夺主要是依据阶地高程对比、草堂河西流而大溪河东流。由于山区河流阶地的复杂性,没有大量确凿年代测试数据是很难对比的。作者认为,三峡地区的奉节、巫山、巴东和秭归未见有Ⅳ~Ⅵ级阶地的确切确凿证据,所谓Ⅳ~Ⅵ级阶地其实是溶蚀台地或洪积台地(张加桂,2001,2002);Ⅰ~Ⅲ级阶地在奉节和巫山有发育,但巫山Ⅱ级阶地高程(如原巫峡中学处)为162m,比奉节县宝塔坪的Ⅱ级阶地高27m,宝塔坪Ⅱ级阶地高程为135m,即使是宝塔坪的Ⅲ级阶地高程也仅为143m,目前还难于说明在形成Ⅱ级阶地时河流在三峡仍流向西边的四川盆地,但可以认为仅从阶地对比来确定河流的流向是有局限性的。用倒插冲沟来证明瞿塘峡以西河流西流也有偏颇,因为倒插冲沟在瞿塘峡以东仍存在,有9条,较东边的是秭归县香溪(赵诚,1998)和龙马溪。认识到岩溶作用使长江贯通,这是一大进步,但仅仅靠齐耀山上的雨水下渗是不可能形成大的溶洞和地下河的,而且也难于解释为什么偏偏在瞿塘峡形成地下河。

杨达源(1988)认识到多点(至少是两点)袭夺,也认识到构造对河流的控制作用,提出了许多带规律性的地貌现象,这是很大的进步。但是却没有弄清它们的成因机制,而且认为古巫水流向利川也显证据不足。

倒插冲沟的确是当时河流西流的证据,但在论证问题时,不仅仅要考虑倒插冲沟,而且也应该考虑倒插冲沟附近的顺向冲沟。这只能说明当时水流方向的复杂性。

1.3 新的思考

总体看来,人们的认识是在提高的,在向着揭示规律性方向发展,但并没有完满地解决问题,有必要进行更深入的思考。

既然三峡东有江汉平原,西有四川盆地,那么早期的东、西分流是必然存在的,但分流格局是复杂的,也不是一蹴而就的。试想,宜昌是江汉平原的边缘,重庆是四川盆地的边缘,两边相距650km,假设在河流发育的早期,东边的长江和西边的川江还只有几十公里长的时候,中间宽500km的范围是一个什么样的水文状态呢?在下了大雨、暴雨之后,雨水是怎样运移和循环的呢?大自然会等着一条河流从头到尾去进行向源侵蚀吗?回答是否定的,因为在地质作用中,水,特别是雨水,是最活跃的地质营力。长江三峡的贯通是雨水在复杂的地质环境下进行长期反复的地质作用实现的。

2 长江在三峡库区段发育演化条件

2.1 地质构造

三峡库区软弱岩层以侏罗系红色泥岩和粉砂质泥岩(简称“侏罗红层”)分布最为广泛,最东边的侏罗红层位于秭归盆地。西边在奉节县以西广泛分布,那里的侏罗红层被相对古老和坚硬的三叠系灰岩、泥质灰岩和砂岩分隔成条块状,侏罗红层中水系发育,河谷宽阔。另一类软弱岩层是三叠系巴东组第二段和第四段紫红色泥岩和粉砂质泥岩,由于其上有较坚硬的巴东组第三段泥质灰岩和三叠系上统须家河组砂岩所覆盖,水系不能任意发育,而是选择构造破碎强烈的褶皱转折部位发育,在巴东、巫山和奉节县城均为这种格局。三峡库区段还出露有厚层灰岩,如三叠系嘉陵江组灰岩,灰岩区往往是高山峡谷区。

三峡库区段构造运动强烈,导致岩石强烈破碎,有利于地表水和地下水的地质作用。库区段箱状褶皱发育,箱状向斜核部往往为软弱的泥岩,箱状背斜核部为坚硬的灰岩等,它们对地貌格局有控制作用。

2.2 原始地貌

新构造运动期,三峡地区发育了多期夷平面(沈玉昌,1965),包括鄂西期夷平面、山原期夷平面和三峡期夷平面,它们是表面有一定起伏的准平原抬升面,这种起伏往往与岩性有关,如灰岩区地形高,泥岩区地形低。岩性的分布是受构造控制的,以构造为单元,发育隆起和凹陷(图1)。在遇大雨或暴雨时,隆起即为分水岭,凹陷即为山间汇水盆地,盆地中心为软弱岩层,分水岭为坚硬岩层,现在,地形的高低起

伏仍是这种格局,直到库区上游的嘉陵江在重庆以上30~50km 仍有3个峡谷,峡谷形成于3个灰岩背斜(以前的分水岭)上(Lee, 1934)。每一个盆地都有独立的地表水流系统,即大量的小河流和微型湖泊。

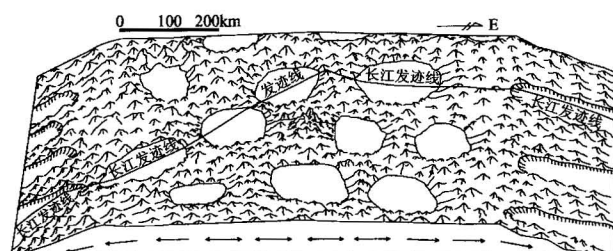


图1 长江三峡库区段地质历史时期地貌格局示意图

Fig. 1 Schematic block diagram of geomorphic framework around Three Gorges Reservoir sector, Yangtze

箭头指示地下水流动方向,双向箭头表示地下水流动方向经常变化

The arrows indicate the flow orientation of groundwater, and the couple orientated arrows exhibit the frequent variation of groundwater flow orientation

2.3 水的地质作用

三峡位于亚热带湿润气候区,目前年平均降雨量达1400 mm。雨水落到地表,会发生各种形式的运动,其中最主要的一种是从高向低的流动,它会流入河流、湖泊。同时雨水也会渗入地下,三峡地区岩石高度破碎,为水的下渗提供了通道。水下渗到一定深度,就以水平方向向四周扩散,这样,山间盆地之间就会有地下水相连。

由于东边是江汉平原、西边是四川盆地,地下水会分边向江汉平原和四川盆地排泄。但是,除了四川盆地和江汉平原边缘地下水是流向盆地(平原)外,在广阔的山间盆地区,地下水的流向是变化的。由于山区降雨量的不均匀性,导致山间盆地的积水不断变化。若一个时段某一山间盆地的积水量大,水位升高,地下水就会向周围运移扩散,也就可能改变以前的运移方向。

水是最活跃的地质营力,正是这一营力促使了长江三峡贯通。这里分析一下地下水的地质作用。地下水的运移会产生溶蚀、泥化等风化作用,同时还会产生搬运作用。溶蚀作用会扩大地下水流通通道,使裂隙变成孔隙、孔隙变成溶洞、溶洞变成地下河。早期地下水的运移速度是缓慢的,因为岩石中裂隙小,地下水的流量和流速都远小于地表水。

3 长江在三峡库区段实现东流的过程

三峡库区段在水的地质作用下实现贯通。

3.1 水对河流的扩展

3.1.1 地表水对河流的扩展

地表水的向源侵蚀作用使冲沟由小变大,成为河流。地表水的地质作用还扩展了山间盆地,使山间盆地由窄变宽,由小变大。

古老的山间盆地是存在的,如秭归盆地。古老的山间盆地中存在着大量小河流,前人提出的倒插支流、冲沟中,有的便是山间盆地中古老的小河流。在开县、云阳县,一些支流只有小小的流水、短短的流程,但却呈现出宽阔的河谷盆地形态,盆地宽达2~3 km,显得比旁侧长江河道还宽阔,说明它们经历了长久水流作用。兴山县城古夫镇所在地是一个宽达3 km 的岩溶盆地,古夫河穿流其间。奉节县梅溪河康乐镇周围也为宽阔的河谷。它们均是长期水流作用的产物。

许多支流呈直角转弯,这可能是古老的水系汇入山间盆地时形成的不同方向的支流,由于盆地间支流贯通而成了同一条河流,说明不仅长江有复杂的贯通过程,次级水系也有复杂的由小变大的发育历史。

3.1.2 地下水对河流的扩展

地下水的运移对灰岩产生溶蚀作用,拓宽地下水通道,使裂隙水流变成孔隙水流直至地下河。

调查表明,三峡地区岩溶作用非常发育,溶洞、暗河分布极其广泛。如巫山县城附近嘉陵江灰岩中溶洞非常发育,不同高度、不同地貌和构造部位普遍存在溶洞,最典型的是文峰观下陆游洞群可探长度达2 km。再如位于奉节县境内长江南岸的天坑、地缝风景区面积达400 km²,那里不仅有世界岩溶奇观天坑、地缝,而且有庞大的溶洞群网(赵贵林等, 1999)。

目前,在长江岸坡可见许多岩溶地貌。在灰岩区峡谷岸坡可见阶地状地貌,它是河岸遭溶蚀后滑移下坐形成的;还可见与河岸平行的高倾角密集节理,也是灰岩遭溶蚀后底部悬空,在重力作用下产生的。有的岩层向河谷弯曲、倾倒,这种现象在兵书宝剑峡的南岸链子崖和巴东县城表现得尤为明显,这是由于越靠近河谷溶蚀作用越强烈,导致岩层变薄所致。许多河段河槽的高程低于海平面(杨达源,1988),这可能与深部岩溶有关。

由于岩石破碎,地下暗河的不断拓宽导致顶部

垮塌,使地下河转变成地表河。奉节县天坑是地下河转变成地表河的典型例证。

3.2 三峡的贯通方式

水的作用扩展了地表河和地下河,使地表河与地下河广泛连接,相互转换,加速扩展,达到贯通。由于扩展的优选性,有的河道最后成了长江的主河道,其它则成了长江支流。

灰岩区主要发育地下河。由于地表水的差异剥蚀作用,灰岩地区地形变得高陡,雨水排泄快,溶蚀作用相对减弱,难于发育地表河流。由于地下水是不间断的,因此地下岩溶作用是持之以恒、从小到大的,这便形成了地下河。目前,长江干流在三峡库区段并不存在地下暗河,这是由于地下暗河扩展到一定程度后,顶部垮塌而成了两壁陡峭的峡谷。

由于河流贯通的曲折性,决定了河道的曲折性。尽管长江选择了地表和地下水流通中的捷径作为流路,但也不可避免河道的曲折,这就是三峡出现“山穷欲无路,弯回又一天”景观的原因。

3.3 东流的实现

三峡实现了贯通,但不等于实现了东流。在贯通之后的相当一段时间内,河流是东西分流的,只是不存在固定的分水岭,这样河流可以对各处进行较均匀的侵蚀作用,避免了裂点的出现,使河床高度实现了较均匀的下降。

长江的东流归结于两个方面,一是水流的侵蚀作用降低了河床高度,使河水位与四川盆地和江汉平原的高差缩小。二是随着新构造运动导致中国东部下降和西部上升,四川盆地的水位也逐渐抬高,形成了由西向东巨大的水力坡度,三峡的河流方向变得不再频繁改变,而固定为向东流。长江实现东流之后使河道加速扩展,河谷加深加宽。

4 实现东流的时间分析

不排除三峡库区段某些局部河段年龄较久,但长江实现东流的时间并不久远。

4.1 对以往认识的评述

早先的研究认为长江三峡的贯通时间早,如李四光(Lee, 1924)提出河流袭夺年代为距今 2.00 ± 0.20 Ma,沈玉昌(1965)认为古近纪长江已是流经三峡的一条大河。20世纪90年代以来的研究得出的贯通时间晚,如赵诚(1998)从支沟倒插、阶地反向、支流与干流交汇处的垭口等特征认为三峡的贯通时间为中更新世晚期,距今 $0.20 \sim 0.15$ Ma,李祥根(2003)认为长江三峡在距今 $0.07 \sim 0.15$ Ma 实现最

终贯通。这些认识说明,人们的研究在不断接近实际,也支持了笔者认为长江三峡段是年轻河段的看法。

4.2 河谷形态反映的时间

在蓄水前,三峡峡谷段宽度一般为100 m至150 m。不仅三峡峡谷河流狭窄,三峡以上的许多红层区段的主河道也较狭窄,如涪陵白鹤梁石鱼石刻所在地在枯水期河流宽仅百米左右。灰岩区是江面最窄的地区,如巫峡的宽度仅80 m。三峡地区的水有强烈的溶蚀作用(张加桂, 2005),在强烈溶蚀地区出现狭窄的河谷,说明河谷出现的时间短暂。

三峡库区段的峡谷不仅江面狭窄,而且两岸陡峭,峡谷坡度一般在 70° 以上。根据地貌学理论(曹伯勋, 1995),河流最早呈隘谷、障谷,再便是峡谷,它们都属于年轻的河谷。的确,堆积阶地是成型河流的产物,三峡地区存在三级堆积阶地,但堆积阶地并没有发育在瞿塘峡、兵书宝剑峡等峡谷内,而是发育在峡谷间的宽阔地带,特别是有支流汇合的河口,这至少可以说明像瞿塘峡和兵书宝剑峡那样的峡谷是年轻的。

4.3 地貌对比反映的时间

在三峡地区,许多宽阔的支流比主河道的年龄长。

最典型的是巫峡十二峰景区。从巫山县城看景区(图2),峡谷左岸非常陡峭,而右岸相对和缓,造成这种不对称地貌的原因是不均匀溶蚀作用。紧靠长江左岸有一条小河名背岸溪沟,它将长江左岸的雨水及时排泄,避免了长江左岸峡谷壁遭受雨水的溶蚀,而右岸的雨水主要是通过谷坡流入长江,水流对谷坡的溶蚀作用使谷坡变得和缓。这也说明,背岸溪

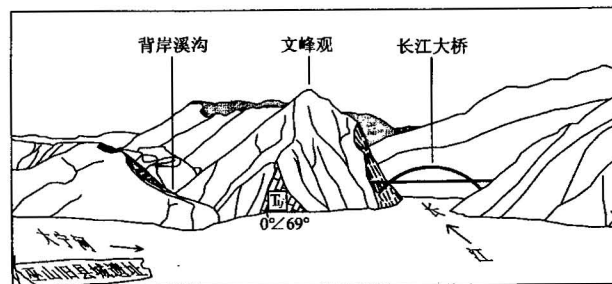


图2 长江三峡库区段巫峡入口及周围地貌和地质图

Fig. 2 The Geomorphological and geological map around the entrance of Wuxia gorge in Three Gorges Reservoir Sector, Yangtze Ahead orientation: 88° ; T_{1j} —三叠系嘉陵江组灰岩 Jialingjiang Formation, lower Triassic

沟的形成时间比巫峡变成地表河的时间早。

再如兵书宝剑峡西侧的香溪,它的宽度远大于兵书宝剑峡峡谷,而且两岸的地貌也是长时间形成的,比兵书宝剑峡峡谷的发育时间早,由于香溪及东岸冲沟及时排泄了兵书宝剑峡北岸的地表水,使兵书宝剑峡峡谷北岸免受溶蚀作用,从而保持了峡谷江岸的陡峭态势。

瞿塘峡以两岸陡峭而雄于天下,原因是左岸的草堂河和右岸的大溪河排泄了雨水,使两岸免受溶蚀作用。这也说明草堂河和大溪河的形成比瞿塘峡变成地表河的时间早。

宽谷与峡谷相伴的地貌格局在三峡有普遍性。宽谷一般顺构造线发育,峡谷一般切割构造线,其原因是,宽谷是地表水系对构造的适应性利用产生的,而峡谷是地下水被迫性突破构造封锁产生的。这种适应性和被迫性也反映地貌的早晚关系。

5 结论

三峡库区段是局部山间盆地、地表河与地下河相互连接贯通、扩展形成的,连通过程中有地表水的溯源侵蚀作用,也有地下水的溶蚀、风化和侵蚀作用。连通之后虽然有东西分流,但没有明显的分水岭,许多地段河流的方向因降雨量的变化而频繁改变。地下河顶部垮塌成为峡谷。由于河流的下切和新构造运动引起地表西升东降,导致流向四川盆地的水改向东流。三峡库区段变成完全地表河、实现贯通和东流的时间不长,其中的峡谷非常年轻。

笔者近期调查发现,金沙江石鼓附近的长江第一弯有与三峡类似的形成过程。

参 考 文 献 / References

- 巴尔博 B G. 1935. 扬子江流域地质发展史. 谢家荣译. 地质专报(甲种),第14号.
- 曹伯勋. 1995. 地貌学及第四纪地质学. 武汉:中国地质大学出版社, 50.
- 何浩生,何科昭,朱祥民,朱照宇. 1989. 滇西北金沙江河流袭夺的研究—兼与任美镔先生商榷. 现代地质, 3(3):319~330.
- 李祥根. 2003. 中国新构造运动概论. 北京:地震出版社, 315.
- 沈玉昌. 1965. 长江上游河谷地貌. 北京:科学出版社.
- 施雅风. 1948. 三峡区鸽子砭石成因的探讨. 地理, 6(1):7~10.
- 田陵君,李平忠,罗雁. 1996. 长江三峡河谷发育史. 成都:西南交通大学出版社, 57, 29, 21.
- 杨达源. 1988. 长江三峡的起源与演化. 南京大学学报, 24(3):466~474.
- 张加桂. 2001. 三峡库区巫山县新城址巴东组三段形成的大型复杂滑坡特征及成因机制. 地球学报, 22(2):145~148.
- 张加桂. 2002. 泥灰质岩石区几种岩溶地貌形态及成因探讨——以三峡地区为例. 地质科学, 37(3):288~294, 319.
- 张加桂. 2005. 三峡地区泥灰质岩石斜坡带岩溶作用及其对工程稳定性的影响. 地球学报, 26(6):565~569.
- 赵诚. 1998. 长江三峡及其上游的倒插支流和风口. 中国地质灾害与防治学报, 9(3):7~14, 28.
- 赵贵林,赵楠. 1999. 天坑地缝绝世奇观(导游词). 西南旅游, (2):34~40.
- Bailey Willis, Blackwelder and Sargent R. 1907. Research in China.
- Lee C Y. 1934. The development of the upper Yangtze valley. Bulletin of the Geological Society of China, 13: 107~117.
- Lee J S. 1924. Geology of the gorge district of the Yangtze (from IChang to Tzekuei) with special reference to the development of the gorges. Bulletin of the Geological Society of China, 3(4): 351~392.

Probing on the Realization Process of Orient Run-through of Yangtze River along Three Gorges Reservoir Sector

ZHANG Jiagui^{1,2)}

1) Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100081;

2) China Institute of Geo-Environmental Monitoring, Beijing, 100081

Abstract

How to transfix and realize orient run-through on Three Gorges Reservoir sector, Yangtze has been being a focus and disputation problem of academic circle historically. By the author research, the transfixion of Three Gorges Reservoir sector was not a simple one between the water systems of Jiangnan plain and Sichuan basin, but a complex interweaving one among the two and many other middle to mini basins around Three Gorges Reservoir sector. The transfixion was achieved not only by retrogressive erosion of surface water, but also by dissolution, weathering and erosion of groundwater. The route of surface water might be different from the one of groundwater, and the underground river was given out by groundwater, whereas the sharp gorge was generated through the top collapse of underground river. The main watercourse of Yangtze was made of some surface river sectors and underground rivers. Though there existed orient and westward discharges, but there was no fixed watershed, and the current orientations among some sub sectors varied frequently cause of variation of rainfall in different basins. Since the down cut of the river and the earth's surface was eastward

declined by neotectonic movement, the river to Sichuan basin was eastward deviated and the Yangtze made up. Three Gorges is a young river sector, it is not very long to become entirely surface river and realize orient run-through. Those recognitions will make significance to deepen genetic theory on large river.

Key words: transfixion; orient run-through; river evolution; karst; Three Gorges