流量对河势及河型变化影响的试验研究

董占地, 吉祖稳, 胡海华, 王党伟

(中国水利水电科学研究院,北京 100048)

摘要:以长江上荆江陈家湾—郝穴河段为典型河段,通过概化实体模型试验,研究流量大小及过程对大型水利 枢纽工程下游河道河势及河型变化的影响.试验结果表明,在其他边界条件一样的情况下,流量越大,试验河段 的冲淤、断面形态及平面形态等特征值的变化幅度也越大,但在恒定流量的作用下,单纯增大流量并不能引起 本次试验河段河型的转化,而不同的非恒定流量过程可能会形成不同的河道形态,在适当的条件下,合适的非 恒定流量过程会导致河型发生转化.

关 键 词:上荆江;流量;概化;实体模型;河势;河型 中图分类号:TV143 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-640X(2011)04-0046-06

天然河流中,流量是来水来沙条件中最基本的条件,也是最重要的条件之一,其大小直接决定着水流对 河道造床能力的强弱,影响河道形态的变化程度.而非恒定流量过程对河道的造床作用更为明显,一次大洪 水的造床效果往往大于长时期小流量的作用效果,不同的流量变幅甚至导致不同的河型^[1].因此,流量大小 及过程是影响河型变化的重要因素,前人对此做了大量的研究工作,但较多存在经验与理论、理论与现实的 脱节现象,而针对具体的大型水利枢纽工程下游河型转化问题研究较少.

自 20 世纪 90 年代以来,我国大型水利枢纽工程建设处于高速发展时期,长江三峡和黄河小浪底等工程的建设,极大改变了工程下游河道的水沙条件,引起下游河床大幅度的演变,甚至发生河型转化,如丹江口水库修建后,汉江下游就发生了较典型的河型转化.本文在前人研究的基础上^[2-10],以长江上荆江陈家湾—郝 穴河段作为典型河段,通过概化实体模型试验,研究流量大小及过程对大型水利枢纽工程下游河道河势及河 型变化的影响.

1 试验简介

本次实体模型采用砖混结构,主要包括 典型河段模拟区、进水渠、排水渠、水库、搅拌 池及控制室等几部分(见图1).地形采用全 动床,选用电木粉为模型沙,铺设厚度为 0.2~0.3 m,平面比尺为1200,垂直比尺为 250,本次试验均为清水造床试验,开展4组 恒定流量试验和3组非恒定流量过程试验, 均以上荆江实测大断面为初始河道地形(见 表1).



收稿日期: 2011-10-09

基金项目:水利部公益性行业科研专项经费(200701003);中国水利水电科学研究院科研专项经费(泥集 1130) 作者简介:董占地(1977-),男,内蒙古人,高级工程师,硕士,主要从事水力学及河流动力学方面的研究.

E-mail: dongzhandi@tsinghua.org.cn

表1 模型试验方案组合

Tab. 1 Experiment schemes								
皮 旦	影响田書	流量/	$(m^3 \cdot s^{-1})$	流量选择标准及组次说明				
庁 万	影响凶系 -	平均值	洪峰变幅	选择标准	组次说明			
1		8 000	恒定	较小流量	分2个阶段,每阶段历时1a			
2	恒定流量	32 000	恒定	平滩流量	分2个阶段,每阶段历时1a			
3		55 000 恒定		小漫滩洪水流量	分2个阶段,每阶段历时1a			
4	110 000		恒定	大漫滩洪水流量	分4个阶段,每阶段历时1a			
5		12 753	典型系列年	多年平均流量	分2个阶段,每阶段历时1a			
6		32 000	标准过程	平滩流量	分2个阶段,每阶段历时1a			
7	非恒定流量	32 000	尖瘦过程	平滩流量	分2个阶段,每阶段历时1a			
8		32 000	矮胖过程	平滩流量	分2个阶段,每阶段历时1a			
9		110 000	标准过程	大漫滩洪水流量	分16个阶段,每阶段历时1 a			

需要说明的是,表1中流量大小的选择主要以长江上荆江 河段郝穴下游的新厂水文站1985—1991年实测水文资料作为 典型系列年水文资料,对其水文特征值进行统计计算而得,各 种型态的流量过程则是根据该系列年实测平均流量过程进行 概化并同步放大得到(见图2).

2 试验结果及分析

2.1 试验现象简述

从本次研究的各组方案试验现象来看,除了大漫滩洪水流 量过程方案试验外,其他组次试验河道只是河势上发生了变

化,并未发生河型转化.而在大漫滩洪水流量过程方案试验第一阶段,随着流量的增加,水流开始漫滩,其造床能力增加,试验河段滩地开始发生冲刷,在流量为108 000 m³/s,水面比降约为0.19‰时,在下湾试验段荆69 断面左岸滩地开始有明显的冲刷趋势,且不断向上游发展,直至流量为176 000 m³/s,水面比降约为0.18‰的水流作用条件下,冲刷发展到荆53 断面,并与试验河段上游水流汇合,至此,下湾试验段荆53 断面 至荆69 断面左岸形成一宽约200 m,最大水深约为15 m 的汊道,并在荆69 断面处与右汊主流重新汇合在一起,该汊道(左汊)在大流量的持续作用下,不断向广度和深度发展,分流越来越大,而原河道(右汊)分流越来越小,过流能力降低,汊道发生淤积萎缩,直至淤死,致使河道形态又转化为弯曲型.从而实现了河型从弯曲到分汊,再从分汊到弯曲的转化.

2.2 试验结果

将本次各组方案前2个阶段试验的河道冲淤、横断面及平面形态变化特征值的变化情况统计并汇总如表2和表3所示.由表2和表3可以看出:

(1)从恒定流量方案试验结果来看,流量越大,其相应的冲淤、主槽宽度和平面形态等特征值的变化幅度也越大.其中,恒定较小流量试验各阶段主槽冲淤变幅和主槽宽度变幅均不大;恒定平滩流量和小漫滩流量试验主槽冲淤变幅和主槽宽度变幅增大较为明显;恒定非常规大漫滩流量试验主槽冲淤变幅和主槽宽度变幅显著增加.由此充分说明了大流量对河道的重新再造床作用远大于小流量的造床作用.

(2)从非恒定流量方案试验结果来看,平均流量越大,其相应的冲淤变幅和主槽宽度变幅也越大;而且 非恒定流量试验各特征值的变化幅度均较相应流量大小的恒定流量试验结果要大.这是因为对于相同平均 流量而言,非恒定流量的陡涨陡落会导致水面附加比降增加,从而增大水流的冲刷造床能力.

(3)从不同型态的流量过程方案试验对河道形态变化的影响来看,尖瘦型方案试验后河段的冲刷、横断面



和纵剖面及平面形态等特征值的变化幅度最大,标准型流量过程方案试验次之,矮胖型流量过程方案试验最小.

表 2	各组方案试验冲淤特征及主槽宽度变幅比较
衣 4	合组力条试验冲旅行征及主情免疫受幅比较

Tab. 2 The comparisons of scouring and sedimentation characteristics and amplitued of main channel width in model test

试验组次		计心士安	冲淤量/亿 m ³				主槽宽度(最大变幅/位置)			
		瓜 短 刀 杀	上湾试验段	过渡段	下湾试验段	试验河段	上湾试验段	过渡段	下湾试验段	
		较小流量	-0.114	-0.018	0.078	-0.054	-86.4m/荆41	-81.6m/荆 52	-99.6m/荆 59	
第一阶段	恒定	平滩流量	0.177	0.030	-0.700	-0.493	-212.4m/荆 50	-21.6m/荆 51	-259.2m/荆65	
	流量	小漫滩洪水流量	-0.459	-0.324	-1.908	-2.691	-598.8m/荆 34	-262.8m/荆 51	-925.2m/荆65	
		大漫滩洪水流量	-0.124	-0.394	-1.264	-1.782	-1042.8m/荆 34	-853.2m/荆 51	-886.8m/荆 56	
	非恒定 流量	系列年流量过程	-0.179	0.004	-0.617	-0.792	-117.6m/荆43	-105.6m/荆 51	-121.2m/荆68	
		平滩流量标准过程	-0.318	-0.045	-0.962	-1.325	-193.2m/荆 48	-194.4m/荆 51	-433.2m/荆 69	
		平滩流量尖瘦过程	-0.497	-0.266	-1.999	-2.762	-668.4m/荆 34	-595.2m/荆 51	-1 000.8m/荆 64	
		平滩流量矮胖过程	-0.060	0.017	-0.851	-0.894	-73.2m/荆 48	-57.6m/荆 51	-257.6m/荆64	
		大漫滩流量标准过程	-1.188	-0.260	-2.337	-3.784	-624m/荆 34	-386m/荆 52	-3326m/荆 61	
第二阶段	恒定 流量	较小流量	0.129	0.008	-0.243	-0.106	-84m/荆 33	-90m/荆 51	-87.6m/荆 56	
		平滩流量	-0.062	0.009	-0.373	-0.426	-117.6m/荆 33	-57.6m/荆 51	-226.8m/荆64	
		小漫滩洪水流量	-0.864	-0.094	0.026	-0.932	-232.8m/荆43	-236.4m/荆 52	-430.8m/荆65	
		大漫滩洪水流量	-0.679	-0.220	0.157	-0.742	-496.8m/荆 32	-144m/荆 51	-734.4m/荆 58	
	非恒定	系列年流量过程	-0.133	-0.001	-0.127	-0.261	-130.8m/荆48	-51.6m/荆 52	-103.2m/荆 58	
		平滩流量标准过程	-0.251	-0.211	-0.533	-0.995	-99.2m/荆 34	-122.4m/荆 51	-291.6m/荆 53	
		平滩流量尖瘦过程	-0.353	0.072	-0.357	-0.638	-100.8m/荆 46	-432m/荆 51	-489.6m/荆63	
	仉里	平滩流量矮胖过程	-0.043	-0.001	-0.323	-0.368	-116.4m/荆 39	-46.8m/荆 52	-139.2m/荆65	
		大漫滩流量标准过程	-1.089	-0.206	-1.673	-2.968	-714m/荆 43	-142m/荆 52	-968m/荆 65	

注:"-"为冲刷或展宽,"+"为淤积或缩窄(表中"+"省略).

表 3 各组方案试验不同阶段不同试验段的平面变化幅度比较

Tab. 3 The comparisons of level changes of different test sections in different stages

试验组次		试验方案	上湾试验段				下湾试验段				
			主槽凹岸岸线偏移量		主槽凸岸岸线偏移量		主槽凹	主槽凹岸岸线偏移量		主槽凸岸岸线偏移量	
			平均值/n	n 最大值及位置	平均值/r	n 最大值及位置	平均值/r	n 最大值及位置	平均值/r	n 最大值及位置	
第一阶段	恒定 流量	较小流量	-12.3	-117.6m/荆 43	19.1	88.8m/荆 43	-8.3	-100.8m/荆 59	11.2	49.2m/荆 62	
		平滩流量	-50.5	-158.0m/荆 43	23.9	112.8m/荆 39	-110.7	-285.6m/荆64	15.7	159.6m/荆 61	
		小漫滩洪水流量	-197.1	-610.8m/荆 43	52.9	128.4m/荆 41	-256	-657.2m/荆65	64.2	217.2m/荆 62	
		大漫滩洪水流量	-409.3	-879.6m/荆 34	78.3	263.2m/荆 34	-398.3	-832.8m/荆65	324.7	711.6m/荆65	
		系列年流量过程	-19.0	-78.0m/荆 41	7.6	44.4m/荆 34	-26.7	-152.4m/荆63	12.1	127.2m/荆 68	
	北右空	平滩流量标准过程	-38.4	-91.2m/荆 41	24.6	79.2m/荆 46	-57.3	-205.2m/荆 64	74.1	258m/荆 69	
	非但定 流量	平滩流量尖瘦过程	-193.7	-574.8m/荆 34	61.5	123.6m/荆 46	-380.2	-949.2m/荆 64	188.3	343.2m/荆 61	
		平滩流量矮胖过程	-23.7	-45.6m/荆41	14.7	55.2m/荆 33	-48.3	-166.4m/荆60	39.2	216.0m/荆61	
		大漫滩流量标准过程	-282.3	-831.2m/荆 43	173.8	580m/荆 33	-	-	-	-	
第二一阶段	恒定	较小流量	-10.0	-82.8m/荆 34	3.7	46.8m/荆 48	-13.4	-85.2m/荆65	6.8	40.8m/荆 59	
		平滩流量	-44.4	-123.6m/荆 46	12.7	58.8m/荆 43	-31.2	-105.6m/荆63	10.3	61.2m/荆61	
	流量	小漫滩洪水流量	-106.1	-318.0m/荆 43	33.6	85.2m/荆 43	-170.8	-328.4m/荆65	20.5	110.4m/荆 56	
		大漫滩洪水流量	-209.6	-406.8m/荆 32	59.7	169.2m/荆 34	-235.6	-439.2m/荆 59	120.9	389.6m/荆60	
	非恒定 流量	系列年流量过程	-6.5	-43.6m/荆 39	5.6	28.4m/荆 43	-14.6	-80.4m/荆 59	7.4	72.0m/荆 63	
		平滩流量标准过程	-18.9	-68.4m/荆41	10.3	42.1m/荆 34	-38.7	-118.8m/荆 59	32.9	154.3m/荆61	
		平滩流量尖瘦过程	-47.5	-118.8m/荆 32	31.2	76.4m/荆 43	-143.7	-463.2m/荆63	88.3	185.4m/荆 58	
		平滩流量矮胖过程	-15.1	-45.6m/荆 41	8.8	33.2m/荆 41	-31.9	-92.6m/荆65	18.7	115.2m/荆 60	
		大漫滩流量标准过程	-126.3	-469.6m/荆 43	92.2	316.8m/荆 41	-	-	-	-	

注:"+"为淤长,"-"为蚀退(表中"+"省略).

(4)对于同一组方案试验,第二阶段试验后的冲淤、主槽宽度和平面形态等特征值的变幅,均较第一阶段试验后相应的变幅要小.这主要是由于经过第一阶段水流作用之后,河道地形与水流条件已基本相适应, 在第二阶段水流条件完全相同或相差不大的情况下,地形冲淤变化和主槽宽度变幅明显减小.因此,洪峰涨 落度大的流量过程更易于导致河道河型的转化.

(5)对于本次研究的试验河段而言,弯道冲淤和主槽宽度变幅均要大于同一时期过渡段相应特征值的变幅.

(6)从试验河段主槽岸线变化位置来看,试验河段主槽岸线均呈现凹岸蚀退、凸岸淤长的平面变化特征,且凹岸岸线明显较凸岸岸线摆动剧烈.

2.3 流量对河势及河型变化影响的分析

从本次试验结果来看,在边界条件相似的情况下,流量大小和流量过程对河道河势的影响较大,在某种特定条件下,甚至发生河型转化.为了进一步分析流量与河道河势及河型变化之间的相互关系,在此引入峰型流量($\bar{Q}\frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{max} + Q_{min}}, \bar{Q}$ 为流量均值)和河型系数(各股汊道河长的总和/沿河道中心线区间长度的均值)来分别表征不同流量过程和河型变化情况.

2.3.1 流量对河道河势及河型变化影响 由前述恒定流量试验结果可以分别绘制出流量大小对河道主槽 断面形态变化和河型变化参数的影响(见图3).





由图 3 可见,在其他边界条件相同情况下,随流量的增加,河道主槽宽深比和河型系数均明显增加,河床 不稳定性增强,即河道向宽浅方向发展,这主要是因为流量大小直接决定水流对河道造床能力的强弱,对于 小流量而言,水流底部切应力较强,河道主要是以深蚀为主、展宽为辅,弯道试验段深槽紧靠凹岸,边滩依附 凸岸,主流归槽明显,随流量的增大,水流侧向冲刷能力逐渐增强,河道以侧蚀为主,主槽明显展宽,水流趋于 散乱、主流归槽不明显,使得河道明显向其广度和深度不断发展.

2.3.2 非恒定流量过程对河道河势及河型变化影响 由前述非恒定流量方案试验结果,绘制出相应试验河 段河道主槽断面形态变化和河型参数的变化情况(见图4).

由图 4 可见,随着平均流量的增加,试验河段主槽横向展宽幅度、纵向冲刷深度及河道河型系数均有不同程度的增加,这一点与前面所述的流量大小对河型变化的影响相同;对于相同平均流量的过程而言,流量陡涨陡落会导致水面附加比降增加,从而增大水流的冲刷造床能力,因此,尖瘦型平滩洪水流量过程使得试验河段主槽展宽幅度最大,标准型平滩洪水流量过程次之,矮胖型平滩洪水流量过程最小,相应的主槽平均水深和河道河型系数也由大到小.由此表明,流量过程变化对河道重现塑造有着非常重要的作用,不同的流量过程塑造出的河道形态也不尽相同.

比较图 3 与图 4 可见:(1)对于均值相同的常规流量而言,非恒定流量方案试验主槽平均水深和河道河 型系数较恒定流量方案试验要大,而相应主槽展宽增幅要小,这说明常规流量时,非恒定流量过程更容易使 得河道发生侧切和深蚀,主流归槽,河道更趋于弯曲发展;(2)对于均值相同的非常规大漫滩洪水而言,非恒 定流量过程方案试验主槽展宽幅度明显大于恒定流量方案试验的变化幅度,而相应主槽平均水深要小于恒 定流量方案试验,其上湾试验段的河型系数较恒定流量试验略有增加,而下湾试验段的河型系数则较恒定流 量试验明显增加,这主要是因为下湾试验段在试验过程中发生了分汊,河型由弯曲型转化为分汊型河道.由 此表明,非常规流量时,非恒定流量过程更容易使得河道发生侧蚀和主槽展宽,在河床条件许可的情况下,主 流可能撇湾刷滩形成新的汊道,从而导致河型发生转化.因此,非恒定流量过程对河型变化起到类似催化剂 的作用,即促使河道的下切和侧蚀进一步发展,但河型转化与否,还取决于流量的大小、洪峰峰型特点、河道 的平面形态和地貌条件等因素,只有当河道形态与水流条件严重不匹配,水流具有较大瞬时动能需要释放且 河床具有足够大可冲滩地时,河型才会发生转化;在流量均值相同的情况下,洪峰涨落可以增加水流的瞬时 动能,这是本次试验只有在非常规流量过程的作用下,河道才发生了河型转化的根本原因.



Fig. 4 Effect of flow changes on morphological changes of the main channel cross-section and flat shape parameters(unsteady flow)

3 结 语

(1)从本次各组方案试验结果来看,对于同一组试验,第二阶段试验后的冲淤、断面形态及平面形态等 特征值的变化幅度均小于第一阶段试验后的变化幅度,这是因为随着水流作用时间的增加,河段冲淤、断面 形态及平面形态等特征值的变化幅度均呈减小的趋势,表明流量大小对河势及河型的影响主要表现在水流 作用初期,经过一段时间水流作用之后,河道地形与水流条件已基本相适应,河道河势及地形冲淤变化明显 减小,并逐渐趋于相对稳定;对于同一阶段试验而言,弯道的冲淤、断面形态及平面形态等特征值的变化幅度 均较过渡段要大;对于同一弯道而言,凹岸相应的特征值变化要比凸岸剧烈.

(2)从流量对河道形态变化的影响来看,流量越大,试验河段的冲淤、断面形态及平面形态等特征值的 变化幅度也越大.当流量较小时,试验河段深槽紧靠凹岸,边滩依附凸岸,凹岸冲蚀,凸岸淤长趋于弯曲发展; 当流量较大时,试验河段主流线发生摆动,水流趋于散乱;小流量比较有利于弯曲河流的形成、发展和维持, 而大流量更易于使弯曲河流发生摆动,河道展宽和下切较为明显,但单纯的增大恒定流量并不能导致河段产 生河型转化.

(3)从非恒定流量方案试验和恒定流量方案试验对河道形态变化的影响来看,标准型平滩流量过程试验的河段弯曲特征值变幅要明显大于恒定平滩流量的试验结果.因此,在非恒定流量过程的作用下的河道更有利于向弯曲型发展和维持;从不同型态的流量过程对河道形态变化的影响来看,尖瘦型流量过程作用下的河段冲淤量、横断面和纵剖面及平面形态等特征值的变化幅度较大,标准型流量过程方案试验次之,矮胖型流量过程方案试验较小.因此,洪峰涨落度大的流量过程更易于导致河道河型的转化.

(4)从非恒定流量方案试验对河道形态变化的影响来看,平均流量越大,试验河段的冲淤、横断面和纵 剖面及平面形态等特征值的变化幅度就越大,相应的试验河段河槽形态变化也就越大.从本次试验结果来 看,常规流量过程方案试验只是导致河势发生了变化,并未引起河型的转化,而非常规大漫滩洪水流量过程 方案试验使得试验河段下湾试验段由弯曲转化为分汊,在水流继续作用下,新的汊道(左汊)不断展宽和刷 深,分流比越来越大,而原河道(右汊)分流比越来越小,过流能力降低,汊道发生淤积萎缩,直至淤死,河道 形态又转化为弯曲型,从而实现了河型从弯曲到分汊,再从分汊到弯曲的转化.

参考文献:

- [1] 钱宁, 张仁, 周志德. 河床演变学[M]. 北京: 科学出版社, 1987. (QIAN Ning, ZHANG Ren, ZHOU Zhi-de. Fluvial process[M]. Beijing: Science Press, 1987. (in Chinese))
- [2] 方宗岱. 河型分析及其在河道整治上的应用[J]. 水利学报, 1964(1): 1-12. (FANG Zong-dai. River pattern analysis and its application in the river regulation[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1964(1): 1-12. (in Chinese))
- [3] 尹学良. 弯曲性河流形成原因及造床试验初步研究[J]. 地理学报, 1965, 31(4): 287-303. (YIN Xue-liang. Preliminary study on forming condition of meandering channels and river evolution experiment[J]. Acta Geographica Sinica, 1965, 31(4): 287-303. (in Chinese))
- [4] 唐日长. 蜿蜒性河段成因的初步分析和造床试验研究[J]. 地理学报, 1963, 29(2): 13-21. (TANG Ri-chang. Preliminary study on forming condition of meandering channels and experimental study on river evolution [J]. Acta Geographica Sinica, 1963, 29(2): 13-21. (in Chinese))
- [5] 洪笑天,马绍嘉,郭庆伍. 弯曲河流形成条件的试验研究[J]. 地理科学,1987,7(1):35-43. (HONG Xiao-tian, MA Shao-jia, GUO Qing-wu. An experimental study on the forming conditions of meandering rivers[J]. Scientia Geographica Sinica, 1987,7(1):35-43. (in Chinese))
- [6] 余文畴. 长江中游下荆江蜿蜒型河道成因初步研究[J]. 长江科学院院报, 2006, 23(6): 9-12. (YU Wen-chou. Preliminary study on forming condition of lower Jingjiang meandering channels of middle Yangtze River[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2006, 23(6): 9-12. (in Chinese))
- [7] 张俊勇, 陈立, 何娟, 等. 流量过程对河型影响的试验研究[J]. 水电能源科学, 2004, 22(3): 61-64. (ZHANG Junyong, CHEN Li, HE Juan, et al. Experimental study on influence of discharge process upon channel patterns [J]. Water Resources and Power, 2004, 22(3): 61-64. (in Chinese))
- [8] 钱宁. 关于河流分类及成因问题的讨论[J]. 地理学报, 1985, 40(1): 1-9. (QIAN Ning. On the classification and causes of formation of different channel patterns[J]. Acta Geographica Sinica, 1985, 40(1): 1-9. (in Chinese))
- [9] 倪晋仁, 王随继. 论顺直河流[J]. 水利学报, 2000(12): 14-20. (NI Jin-ren, WANG Sui-ji. On straight river[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2000(12): 14-20. (in Chinese))
- [10] 姚文艺,郑艳爽,张敏. 论河流的弯曲机理[J]. 水科学进展, 2010, 21(4): 533-540. (YAO Wen-yi, ZHEN Yanshuang, ZHANG Min. Discussion on the mechanism of river meandering[J]. Advances in Water Science, 2010, 21(4): 533-540. (in Chinese))

Experimental study on influence of discharge on transformation of river patterns

DONG Zhan-di, JI Zu-wen, HU Hai-hua, WANG Dang-wei (China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100048, China)

Abstract: A physical model of Chenjiawan-Haoxue reach in the Yangtse River is established, by which experiments are carried out for researching the influence of discharge on river pattern transformations at the lower reaches of water conservancy projects. The results show that deformation of the cross section and the plane of the river are in direct proportion to the amount of discharge, and different flow processes can lead to different formations of the river, so unsteady flow may engender the transformation of river patterns under some particular conditions, but it won't occur if flow is steady regardless of water discharge.

Key words: upper Jingjiang stretch; discharge; generalization; physical model; river regime; river pattern