

# 李家沙水道切嘴工程对其分流比的影响

唐洪武, 肖 洋, 李福田, 王志良, 徐夕荣

( 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098 )

**摘要** 分析了李家沙水道工程前大水高潮期间分流比和有关水力参数实测资料以及工程后的试验数据, 在此基础上, 建立了工程前后分流比与动量因子间的函数关系, 给出了相应的经验公式. 研究表明, 切嘴工程后分流比变化除受沙湾水道弯道水流影响外, 还与下游磨碟头断面卡水作用有关.

**关键词** 李家沙水道; 切嘴工程; 分流比; 河道整治

中图分类号: U617 文献标识码: A 文章编号: 1000-1980( 2003 )02-0128-04

## 1 河道概况和水沙特性

李家沙水道是广东顺德水道的一条分汊河流, 水流从火烧头分流, 分别流入李家沙水道和沙湾水道. 因火烧头凸嘴的存在, 李家沙水道与沙湾水道分流角小于  $90^\circ$ , 形成了船舶进入该河段的碍航急弯, 因此切嘴工程成为本河段航道水流改善的关键工程.

### 1.1 河道概况<sup>[1,2]</sup>

莲沙容水道( 莲花山水道、沙湾水道、容桂水道的简称 ) 是连接西江和狮子洋两大运输干线的主干道, 是广州至江门、梧州等地大型拖船航运的主航道. 李家沙水道为顺德水道的一条分汊河流, 水流从火烧头分流, 分别流入李家沙水道和沙湾水道, 其中李家沙水道从火烧头至板沙尾长约 10 km, 呈北北西走向, 在板沙尾与容桂水道汇流后进入洪奇沥水道. 李家沙水道是莲沙容水道的窄线段, 首部火烧头与沙湾水道分流角小于  $90^\circ$ , 形成了船舶进入该河段的碍航急弯, 因此, 首部凸嘴的切除工程则成为本河段航道整治的关键. 李家沙河段的平面位置如图 1 所示, 河道概况如图 2 所示.

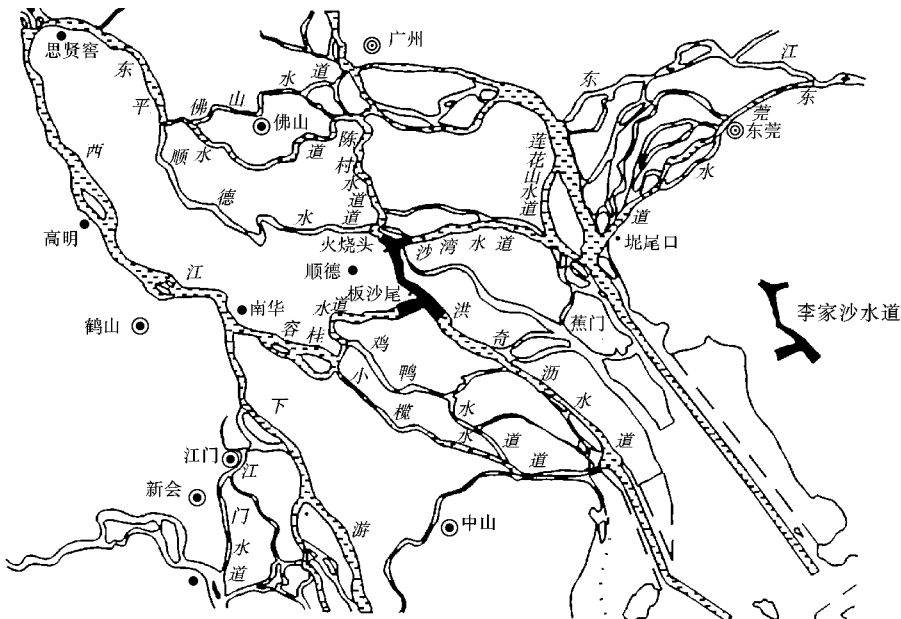


图 1 莲沙容水道李家沙河段位置示意图

Fig.1 Location of Lijiasha section of Liansharong waterway

收稿日期: 2002-01-11

作者简介: 唐洪武( 1966— ) 男, 江苏建湖人, 教授, 主要从事河道治理、工程水力学及现代流体测控技术等方面的研究.

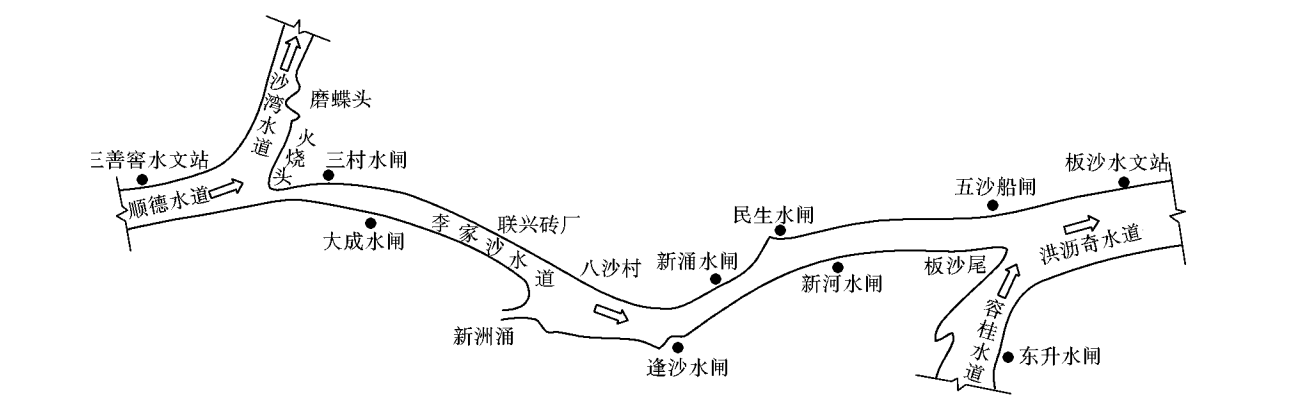


图 2 李家沙水道河道概况  
Fig.2 Sketch of Lijiasha waterway

1.2 水沙特性

李家沙水道位于西江和北江河网中部,属感潮河段.根据 1959~1988 年系列资料,李家沙水道为莲沙容水道中流量最小的河段,多年平均流量约 200m<sup>3</sup>/s,洪水多发生在 4~9 月.因河网分流及潮汐的影响,最高水位基本由洪水引起,洪水和高潮形成高水位,枯水时因受潮汐影响,水流在河道中做往复运动.本河段床沙为灰黄色细沙、中细沙,局部有含砾屑细沙,沙波发育,波长约 9~15 m,波高约 40~60 cm,沙波基本上平行等距排列.悬移质含沙量多年平均为 0.25 kg/m<sup>3</sup>.

为了模型试验的需要,在 1999 年 7 月大水大潮期间,珠江水利委员会水文局在对本河段大断面测量的同时,还对沿程瞬时水位、流速、分流比、含沙量和河床质级配进行了观测,获得了比较完整的资料.

2 切嘴工程对分流比的影响

由于切嘴工程对其分流比的影响程度与本河道是否安全通航密切相关,因此,研究切嘴工程对其分流比的影响,探讨李家沙水道分流比变化规律及其影响因素,是非常必要的.

2.1 工程前分流比变化规律探讨

在工程前全潮现场测验中,对河网入流控制水文站三善窖水文站和李家沙分汊水道控制水文站三村水文站进行了同步流量观测,流量范围分别为 2120~3840m<sup>3</sup>/s 和 403~1110m<sup>3</sup>/s.除此之外,还对李家沙汊道沿程三善窖、火烧头、三村、新涌水闸、五沙大桥和板沙尾水位站的水位进行了各级流量相应的同步水位观测.

在分汊河网中,支汊河道分流比的大小除与河网来流总流量有关外,还与支汊河道的河床组成、河道形态及河床演变密切相关.对于支汊河道的河床演变,如切滩、撇弯及弯道曲率半径的变化等,一方面受河道断面形态系数 $\sqrt{B}/H$ 的制约,另一方面与水流动量的大小有关,动量大则惯性作用强,克服河湾制约的能力较强,分流量则较大,反之则弱,分流量也较小.

作速度为  $V$  的曲线流体单元,其动量在切线方向上的动量  $K$  为

$$K = mV\cos\theta \tag{1}$$

式中  $\theta$  为矢量  $V$  与其切向的交角,其切向惯性力  $F$  为

$$F = \rho QV\cos\theta \tag{2}$$

根据水流阻力曼宁公式及连续运动原理,得

$$F \propto (\alpha QJ^{1/2})^2 \tag{3}$$

式中  $QJ^{1/2}$ 即为河道的动量因子  $E$ .

由以上分析不难给出支汊河道分流比  $\eta = Q_{支}/Q_{总}$  与河网来流总量  $Q_{总}$ 、支汊河道断面形态因子  $\sqrt{B}/H$  和动量因子  $E = Q_{支}J_{支}^{1/2}$ 间的函数关系

$$\eta = f(Q_{总}, \sqrt{B}/H, Q_{支}J_{支}^{1/2}) \tag{4}$$

对于李家沙河网,  $\eta$  为李家沙支汊流量与三善窖水文站总流量之比,即  $\eta = Q_{三村}/Q_{三善窖}$ ,  $\sqrt{B}/H$  为支汊河段的宽深比,  $Q_{支}$  为李家沙汊道三村水文站流量,  $J_{三村-板沙尾}$  为支汊三村水文站至板沙尾水文站间的水面比降.

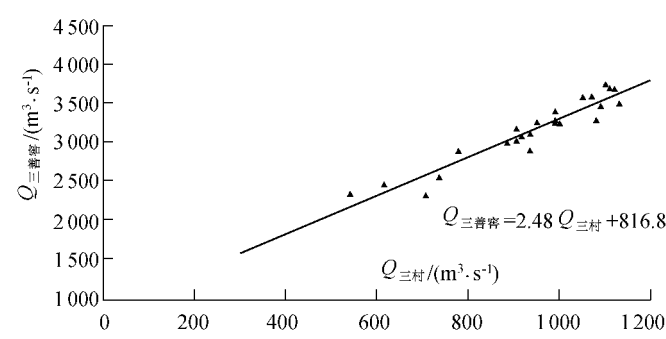


图3 三善窖水文站与三村水文站的流量关系  
Fig.3 Relationship between discharges at Sanshanjiao and Sancun hydrologic stations

$$Q_{\text{三善窖}} = 2.48 Q_{\text{三村}} + 816.8 \quad (6)$$

$$\eta_{\text{工程前}} = 0.957 Q_{\text{三村}} J_{\text{三村—板沙尾}}^{1/2} + 23.5 \quad (7)$$

整理式(6)(7)得

$$\eta_{\text{工程前}} = 0.386 (Q_{\text{三善窖}} - 816.8) J_{\text{三村—板沙尾}}^{1/2} + 23.5 \quad (8)$$

式中  $Q_{\text{三善窖}}$  反映了流场的降水特性,  $J_{\text{三村—板沙尾}}$  反映了河段的水力特性。

由式(8)可看出,李家沙汉道分流比除与上游来流总流量有关外,还与本河段的水面比降有关,上游来流总流量和本河段水面比降越大,分流比也越大,反之则越小。这与分叉河道分流比的实际情况是一致的。

2.2 切嘴工程对其分流比的影响

根据切嘴工程后模型试验资料,分别点绘了工程后三善窖水文站流量与三村水文站流量以及分流比与动量因子的关系,如图5、图6所示。

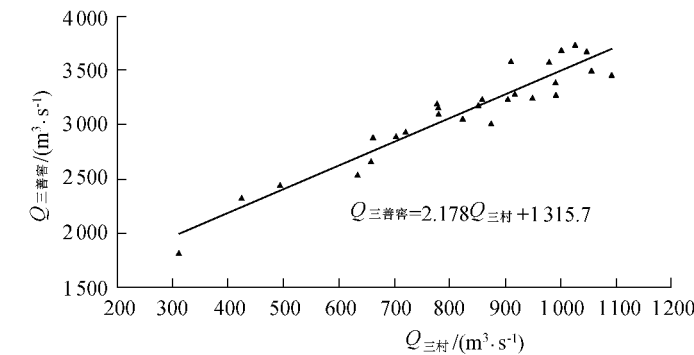


图5 切嘴工程后三善窖水文站流量与三村水文站流量关系  
Fig.5 Relationship between discharges at Sanshanjiao and Sancun hydrologic stations after mouth-cutting

由动量因子  $E_{\text{三村—板沙尾}} = Q_{\text{三村}} J_{\text{三村—板沙尾}}^{1/2}$ , 则式(4)可改写为

$$\eta = f(Q_{\text{三善窖}}, \sqrt{B/H}, E_{\text{三村—板沙尾}}) \quad (5)$$

因李家沙支汉河道形态较为规则,各级流量条件下的  $\sqrt{B/H}$  变化不大,因此在建立公式时忽略此参数。三善窖水文站流量与三村水文站流量间的关系如图3所示。李家沙汉道分流比与其动量因子间的关系如图4所示。

由图4可见,无论是三善窖水文站流量与支汉三村水文站流量,还是支汉分流比与其动量因子间,均有良好的线性关系,并分别满足以下经验公式:

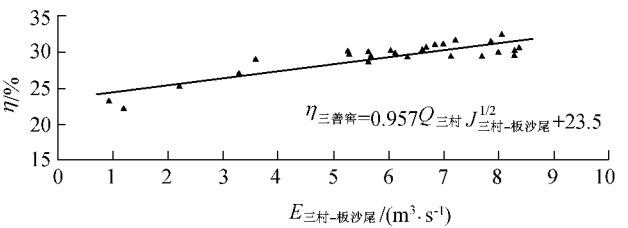


图4 李家沙汉道分流比与其动量因子之间的关系  
Fig.4 Relationship between diversion ratio and momentum factor at Lijiasha fork

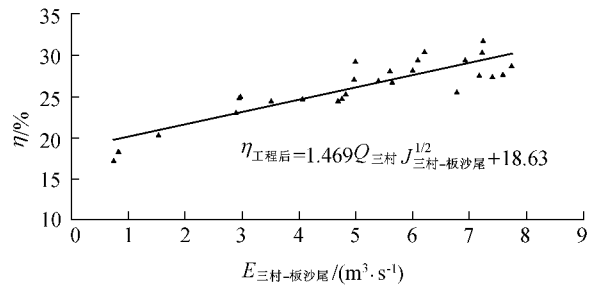


图6 切嘴工程后李家沙汉道分流比与其动量因子的关系  
Fig.6 Relationship between diversion ratio and momentum factor at Lijiasha fork after mouth-cutting

由图可见,二者均具有良好的线性关系,并分别满足以下经验关系式:

$$Q_{\text{三善窖}} = 2.178 Q_{\text{三村}} + 1315.7 \quad (9)$$

$$\eta_{\text{工程后}} = 1.469 Q_{\text{三村}} J_{\text{三村—板沙尾}}^{1/2} + 18.63 \quad (10)$$

变换式(9)和(10)得

$$\eta_{\text{工程后}} = 0.674 (Q_{\text{三善窖}} - 1315.7) J_{\text{三村—板沙尾}}^{1/2} + 18.63 \quad (11)$$

关于切嘴工程对李家沙水道全潮各级流量相应分流比的影响,采用经验公式(8)和(11)分别进行了计算和比较。计算结果表明,在上游三善窖水文站来流量相同的条件下,切嘴工程使李家沙水道分流比减小

2% ~ 4% .

2.3 成因分析

顺德水道及其相连的沙湾水道 ,除沙湾水道下游有磨碟头断面阻水 ,火烧头存在凸嘴和丁坝外 ,河道整体上呈典型弯道河势 .

由于李家沙水道进口位于弯道凹岸 ,因此该处水位的高低 ,除受弯道水流量影响外 ,与下游断面卡水和切嘴工程密切相关 .当上游来流量一定时 ,切嘴工程和李家沙水道分流量的减少是通过工程改变该处水位和河段水面比降实现的 ,即由切除火烧头凸嘴后使该处的水位壅高降低所致 .当顺德水道三善窖发生流量为 7 300 ~ 8 200 m<sup>3</sup>/s 特大洪水时 ,沙湾水道磨碟头断面明显的阻水作用使火烧头处出现明显的水位壅高 ,此时火烧头凸嘴阻流与下游卡口的壅水作用相比 ,仅处于次要地位 ,因此切除凸嘴工程对该处水位、河段比降和分流量影响甚微 ;当上游三善窖出现流量为 1 813 m<sup>3</sup>/s 枯水时 ,虽然磨碟头断面卡水作用消失 ,火烧头凸嘴的阻流作用逐渐显现 ,但因枯水时上游来流量及凹岸流速较小 ,凸嘴对水流的绕流阻力及其所引起的水位壅高也较小 ,因此切嘴工程对该处的水位影响不大 ;当顺德水道发生流量为 3 000 m<sup>3</sup>/s 中洪水时 ,切嘴工程对该处的水位影响较大 ,与特大洪水相比 ,磨碟头断面阻水作用相对减弱 ,而火烧头凸嘴的阻流作用及对水位的影响则明显加强 ,因此切嘴工程后该处相应水位的降低较特大洪水情况明显 .以上分析结果得到了物理模型试验资料的证实 .如当特大洪水时 ,该处水位工程后较工程前降低 0.02 m ;当枯水时 ,工程后较工程前水位仅降低 0.01 m ;当中洪水时 ,工程后较工程前水位降低达 0.05 m .

3 结 语

a. 根据李家沙水道工程前分流比现场实测资料和切嘴工程后分流比试验数据 ,分析了分流比与有关水力参数的关系 ,分别给出了工程前和工程后分流比的经验公式 ,即

$$\eta_{\text{工程前}} = 0.38(Q_{\text{三善窖}} - 816.8)J_{\text{三村—板沙尾}}^{1/2} + 23.5$$

$$\eta_{\text{工程后}} = 0.674(Q_{\text{三善窖}} - 1\,315.7)J_{\text{三村—板沙尾}}^{1/2} + 18.63$$

b. 火烧头切嘴工程对李家沙水道分流比的影响程度 ,主要取决于沙湾水道磨碟头断面卡水和凸嘴阻流作用在各级流量工况下的对比 .在顺德水道现有河势情况下 ,火烧头凸嘴的切除仅使李家沙水道分流比减少 2% ~ 4% ,不会影响本河道的正常通航 .

参考文献 :

[ 1 ] 王志良 ,唐洪武 ,李福田 ,等 .西、北江三角洲李家沙水道的分流特性研究 [ J ].河海大学学报( 自然科学版 ) ,2001 ,29( 2 ) : 66—70 .  
[ 2 ] 乔彭年 .珠江三角洲演变 [ A ].见 第二次河流泥沙国际会议讨论会论文集 [ C ].北京 :水利电力出版社 ,1983 .629 .

Effect of mouth-cutting project at Lijiasha on diversion ratio

TANG Hong-wu , XIAO Yang , LI Fu-tian , WANG Zhi-liang , XU Xi-rong

( College of Water Conservancy and Hydropower Engineering , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China )

**Abstract :** Based on a comparison of the diversion ratio at Lijiasha during the high-tide period and some related hydraulic parameters measured before the start of the mouth-cutting project with the experimental data after the completion of the project , the functional relations between the diversion ratio and momentum factor before and after the project were established , and some empirical formulas were derived . The research shows that the diversion ratio at Lijiasha after the completion of the project is not only affected by the flow from the bending Shawan waterway , but also related to the water retaining of the lower Modietou section .

**Key words :** Lijiasha waterway ; mouth-cutting project ; diversion ratio ; channel regulation