

珠三角分汊河道险段形成机理及整治措施初探

何 用^{1,2}, 张 金 明¹, 何 贞 俊¹

(1. 珠江水利委员会 珠江水利科学研究院, 广东 广州 510611; 2. 水利部珠江河口动力学及伴生过程调控重点实验室, 广东 广州 510611)

摘要:珠江三角洲河网区河道受径流、潮汐动力双重作用, 汉道分流随径流潮汐动力变化而变化, 险段形成机理较单一河道复杂, 传统治理方案易改变汉口两侧河道的分流比, 影响整治效果。在分析了典型分汊险段附近河床演变特征的基础上, 分析险段水动力特性, 研究了其形成机理, 并对各种整治防护措施进行对比试验。结果表明, 模袋混凝土方案不改变汉道分流, 不增加相邻河道泄流压力, 且其整体性、适应性和高抗冲性避免了险段所在岸坡及河床的冲刷, 可起到防护岸坡与堤脚的作用。该整治方案可为相关分汊河道险段治理提供借鉴。

关 键 词:分汊河道; 险段; 形成机理; 模袋混凝土; 珠江三角洲

中图法分类号: TV85

文献标志码: A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.09.010

1 研究背景

珠江三角洲水系发达, 河道纵横交错, 相互贯通。近年来, 受上游来流变化及人类活动影响, 主要河道河床普遍下切, 堤防险情不断, 严重威胁了区域防洪安全, 加快险工险段整治迫在眉睫。我国在河道险工险段整治过程中积累了不少经验, 如陈国文在顺德三杯茶险段整治研究中, 提出丁坝群整治方案, 在一定程度上使逼岸水流动力轴线中移, 断面流速分布趋于均匀, 险工段河床冲刷强度减弱, 河势改善^[1]; 邓莉提出丁坝挑流与切滩相结合的方案, 对平面呈 S 形弯道险段进行治理^[2]; 卜水发提出疏通弱支、抛填潜坝改善弯道环流, 来减小鸡鸭水道中沙环险段岸坡冲刷的方案^[3]; 燕洪军建议将适应河床变形强的软体柴排应用到辽宁省浑河南天门险工治理中^[4]; 洪梅研究了将石笼防护应用到辽河下万子险工河道治理^[5]; 张康胜探讨了将具有强度高、施工速度快、整体性好、经济效益高、水下施工、外表美观等优点的土工布模袋灌注混凝土运用到三丫江右岸南清堤新联险段治理中^[6]; 李晓勇等也分别描述了将土工模袋混凝土应用到淮河干流

淮南段河道整治及黄沙沥险段的治理实践中^[7-8]; 李大标则将 FS 浆垫材料及技术应用到水深流急、航船频密的场地中, 并对其推广应用中的一些问题进行了探讨^[9]; 刘燕对透水桩坝在黄河下游的应用情况及动床实体模型试验结果进行了分析^[10]; 董巧红介绍了在铁岭市河道的险工险段整治工程中采用混凝土孔板护岸^[11]。

上述措施多在单一河道中实施, 而珠江三角洲河网区河段受径流潮汐动力双重作用, 汉道分流随径流潮汐动力变化而变化, 分汊河道的险段形成和发展既与河段水流顶冲有关, 也与相邻汉口分流比密切相关, 形成机理较单一河道复杂, 而且治理方案易改变汉口两侧河道的分流比, 影响整治效果。本文以平洲水道木盆口险段治理研究为例, 对弯道分汊河道下游险段形成机理进行分析, 提出治理措施建议。

2 险段概况及近期演变特征

珠江三角洲河网密布, 分流汉点多达 50 多个, 分汊河道下段受水流作用和河床下切影响, 极易形成河道险工险段。珠江三角洲河道险段主要是由于弯道顶

冲,深槽逼岸,水流切割堤角等原因造成,其中分汊河段险段是其中最为典型的一类险段。本研究以三角洲腹部佛山南海木盆口险段为典型,对险段成因及治理对策开展试验研究。

2.1 险段概况

木盆口险段位于平洲水道的佛山市桂城街道段(三山围北 0-050~南 0+325),位置见图 1。平洲水道上接东平水道,与北江干流相连,并通过思贤滘与西江干流相通,来水来沙状况受三水水文站控制,区间河道有多处分汊,具有明显的多口分流、入汇的特点。平洲水道在险段上游分成平洲水道与槽尾撬水道一主一支,河道分汊后,主支的平洲水道产生 90°折转,致使三山围迎流顶冲、水流切脚。最新水下地形监测资料显示,险段坡脚河床最深点高程为 -16.36 m,局部河床深切 10 m 之多,与堤顶高程差超过 20 m,坡比 1:2,严重影响到堤防的稳定。当地水务部门在此专门设立了防汛抢险仓库,每 2 a 进行一次汛前抛石护岸护脚。从治理效果来看,抛石度汛后岸坡断面形态与抛石前相差不大,汛期抛石难以起到稳固岸坡及坡脚的作用。因此,本文从险段形成机理研究分析入手,提出切合实际的防护措施,以达到生态防护的目的。

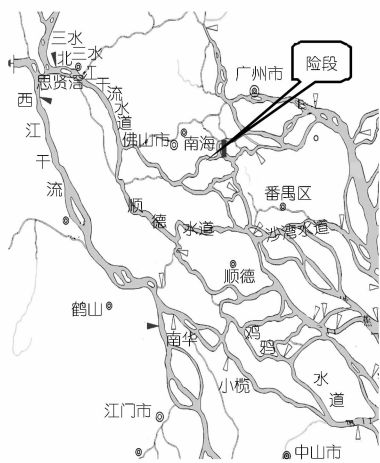


图 1 木盆口险段位置示意

2.2 险段近期河床演变特征

险段所在的平洲水道 20 世纪 50 年代期间缓慢淤积,经大规模航道整治,加之较早发生于该河段的人工采砂活动,以及上游分流比的变化,该河段 1980~1990 年间表现为以下切为主。1990~1998 年,北江网河河床高程下切幅度和速度大于西江网河,导致 1993 年以来三水断面分流比显著提升,大大增强了平洲水道的造床动力,加大了河槽冲刷。同时,人工采砂活动向上游河道迁移,使河段河床下切进一步加剧。1999~2014 年,随着珠江三角洲全面禁止采砂、航道相对

稳定以及河道管理的加强,三水分流比相对稳定。综合 1999,2009,2010,2011 年以及 2014 年险段附近河道水下地形,分析河道近期演变存在如下特征(河床演变及分析断面见图 2,断面地形变化见图 3)。

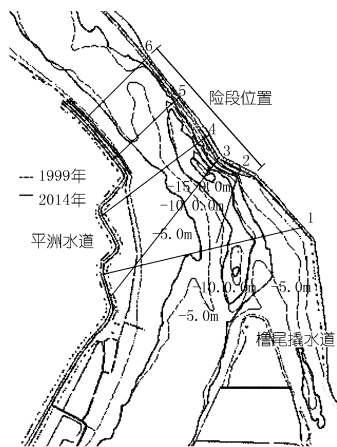


图 2 近期河床演变及分析断面布置

(1) 险段上游的平洲水道与槽尾撬水道分汊口所在的主槽及右岸普遍淤积,其中槽尾撬水道进口河床平均淤积厚度 4.0 m,0.0 m 以下河道过水面积减小 1/2,槽尾撬水道的分流作用大大减小;平洲水道主槽淤积厚度 3.0 m,右岸浅滩向河道推移约 40.0 m。

(2) 险段所在河道主槽最深点位于险段 0+175~0+200 断面之间,最深点高程在 -16.3 m 左右变化;冲坑中心 2009 年之前距岸约 45 m,2010 年之后距岸约 60 m,有向河道中心推移的趋势。

(3) 险段上游段。2009 年之前,险段所在的右侧岸坡及主槽变化较小,左侧河床大幅淤高,抬升 3.0 m 左右;2010 以后,险段侧岸坡及主槽抬高 2~3 m,左侧河床变化不大。险段中下段,2009 年的河道右侧岸坡及主槽较 1999 年有明显抬升,2010 以后,险段岸坡与主槽基本保持稳定态势。险段末端,岸坡坡脚与主槽河床产生淘刷,且冲坑有向下游发展的趋势。

(4) 2009 年之前险段右岸岸坡及河床变化较大,而 2010 年以后相对变化较小,产生的原因可能与岸坡抛石及 2009 年以后发生大洪水频率减小有关,但 2010 年后的汛前抛石不知所踪,需特别关注。

3 分汊河道险段形成机理分析

3.1 分汊河道险段动力特性

针对洪枯期险段不同的水流特征,研究选取“2005.06”北江超 100 a 一遇洪水及“2001.02”珠江三角洲典型枯水水流,对不同来流条件险段河道河势进行分析。建立了险段附近河段动床河工模型,通过验证后的模型试验得到险段洪、枯季典型条件下底部流

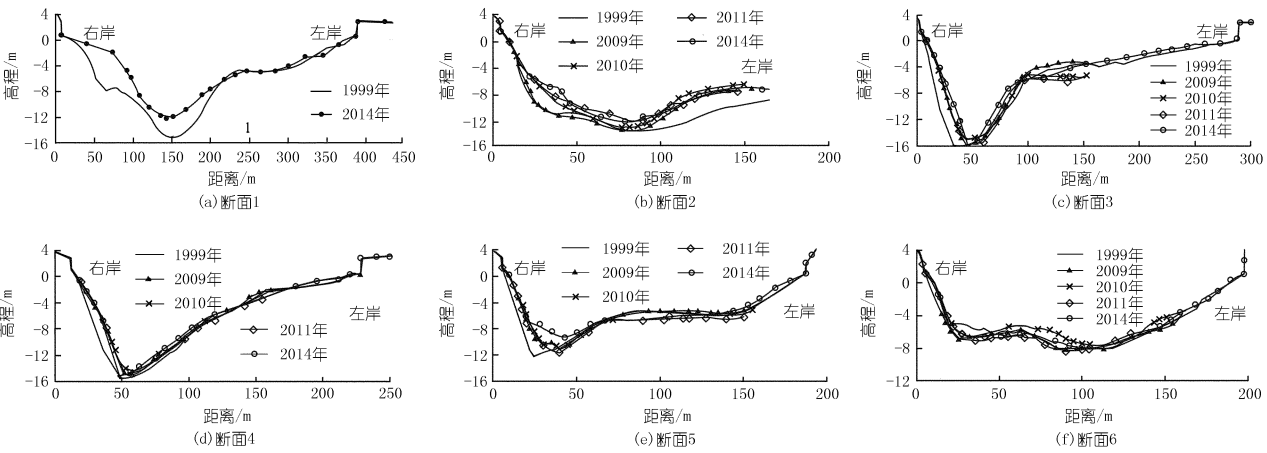


图 3 典型断面地形变化对比

速分布,见图 4。

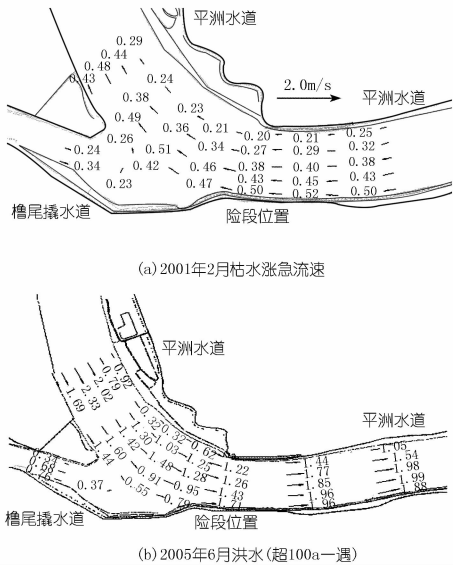


图 4 险段河道底部流速分布 (m/s)

枯水期,河道水位较低,在下游弯道作用下,涨潮主流位于险段下游段的右岸岸坡附近,随着涨潮流上溯,在汉口断面,受槽尾撬水道的涨潮流顶托,主流逐渐远离岸坡向河道中央偏移,涨潮流对险段岸坡坡脚的影响范围在险段下游段。洪水期,在弯道离心力作用下,上游来流的主流位于河道中央偏右岸侧,形成主流贴岸顶冲岸坡,顶冲点位置随洪水量的增加逐渐下移,平洲水道的分流比例随来流量的增大也越大,洪水对险段岸坡的冲刷也越严重。

3.2 分汊河道险段形成原因分析

分汊河道下游险段的形成发育与弯道水流特性、上游来流变化、洪潮共同作用以及人类活动密切相关,影响因素大致分为以下几点。

(1) 弯道水流特性。在弯道离心力的作用下,凹

岸水面高于凸岸,凹岸水体下沉沿河底流向凸岸,再上升到水面趋向凹岸,形成斜向比降下的环流。与河道的纵向水流汇合形成螺旋流,弯道环流的存在,加大了水流挟沙能力,造成了凹岸冲刷凸岸淤积态势。

(2) 上游来流变化。自 20 世纪 90 年代以来,洪水期西北江进入北江流经三水站的流量增大,加大了北江三角洲网河区各支流的分流量,其中,西北江 1994,1998,2005 年和 2008 年接连发生大洪水与特大洪水,在强大的水流动力作用下,险段河床整体下切,尤其是凹岸岸坡。

(3) 汉口分流比变化。分汊河段分流比和河道动力轴线随洪水量级而变化,相应地,塑造河床的能力和主流顶冲位置随之变化。洪水期河道受径流控制,在弯道水流离心力作用下,上游来流的主流位于河道中央偏右岸侧,形成主流贴岸顶冲岸坡。近些年,汉口右侧的槽尾撬水道进口大幅淤积,河床抬高,在上游相同来流频率情况下,平洲水道下泄的径流量增加。顶冲点位置随洪水量的增加逐渐下移,平洲水道的分流比随来流量的增大而增大,洪水对险段岸坡的冲刷也日趋严重。

(4) 河床演变趋势。近些年汉口右侧的槽尾撬水道进口大幅淤积,河床抬高,在上游相同来流频率情况下,平洲水道下泄径流量增加,进一步加大了险段岸坡冲刷的可能性。

(5) 人类活动。险段所在的平洲水道航道整治与河道规模的采砂活动,导致河床下切、水位降低、主流淘脚明显,加速了险段的形成与发育。

4 分汊河道险段整治措施研究

目前,河道险段连续几年采用抛石护脚的整治方案,但成效不大,出现年年“抛石不见石”的现象。主

要有两方面的原因:① 抛石的整体性较差,由于深槽逼岸,而且处于不断发展变化中,洪水期深槽冲刷极易破坏护岸原有结构,导致抛石垮塌,滑入深槽,起不到应有的防护作用;② 由于河段水流和河床地形条件较为复杂,堤角坡度较大,抛石施工难度大,施工难以达到预期效果。

基于这些原因,重点从改善水流条件和加强护脚的角度,研究其他相关的整治措施方案。主要考虑两类方案,① 改善险段水流条件的整治方案,主要是潜坝方案挑流方案;② 坡脚防护方案,包括坡脚锚桩方案与堤防防护的模袋混凝土方案、钢筋石笼方案。各整治措施的方案布置见图 5。

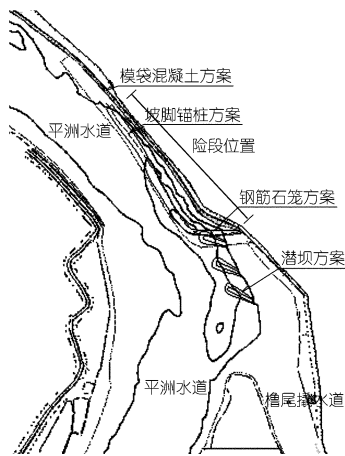


图 5 整治防护方案布置

研究采用动床物理模型试验为主要研究手段,研究北江发生超 100 a 一遇的“05.6”洪水条件下各整治方案的防护效果。现状险段坡脚不增加防护,在北江遭遇“05.6”超 100 a 一遇洪水时,险段堤脚处河床冲深增加 3~4 m,威胁堤防稳定。表 1 为各整治措施的典型河道断面最大冲刷深度和位置。

表 1 不同整治方案典型河道断面最大冲刷深度和位置

断面	现状地形		坡脚不防护		潜坝方案		坡脚锚桩方案		钢筋石笼方案		模袋混凝土方案	
	距离	深度	距离	深度	距离	深度	距离	深度	距离	深度	距离	深度
0+200	63.0	15.9	63.0	20.0	62.2	17.1	58.0	19.3	64.8	15.9	66.3	16.8
0+150	51.0	15.1	51.0	19.2	51.0	16.0	48.6	19.4	59.5	14.6	63.1	15.0
0+100	40.8	13.6	40.4	16.3	43.0	16.0	41.2	18.4	51.2	13.8	40.8	13.4
0+50	42.9	9.3	35.0	12.8	40.5	12.8	33.4	10.9	48.8	10.7	52.4	12.0
0+0	33.7	8.4	36.4	11.6	28.5	10.7	25.8	11.5	39.0	11.0	49.2	8.9
0-50	26.0	6.8	33.4	10.1	35.0	10.3	26.5	9.6	40.2	10.1	39.0	9.8

潜坝方案仅对险段上游岸坡堤脚起保护作用,而险段下游岸坡堤脚冲刷与现状相差不大,潜坝对急弯道的导流作用不明显,且潜坝对船舶通航、汉口分流比产生影响。坡脚锚桩方案可以对险段岸坡坡脚进行防护,但锚桩外侧受硬边界影响,主槽冲刷深度有所增加,锚桩两侧巨大压力差不利于锚桩的自身稳定。钢

筋石笼护脚方案基本能够起到保护堤脚的作用,但需考虑铺设平整度及钢筋石笼间的衔接。模袋混凝土方案能够保证最大河道底部流速位于模袋上方,通过其高抗冲性能,起到保护岸坡与堤脚的作用,有效减小主槽冲刷。

分汉河段险段整治措施比单一河道要求更高,整治工程不能改变汉道分流,增加相邻河道泄流压力。各整治方案防护效果对比表明,传统的水动力控导方案(丁坝、潜坝等)措施有一定局限性,坡脚锚桩反而加重了堤脚的冲刷,这些方案措施难以适应分汉河道险段整治要求。模袋混凝土方案整体抗冲性较好,方案使河床冲刷位置远离岸坡坡脚,最大冲深明显减小,有效保护了岸坡与堤脚稳定,且其拥有对现状河道地形改变较小、施工不影响船舶通航、抗冲性高、寿命长、维护成本低、生态环保等优点,适合作为弯道汉口下游河道险段治理措施。考虑到险段需要防护的范围不大,而且目前的护岸为抛石护岸,因此,提出模袋混凝土护岸虽不属于生态护岸,对河道附近生态环境造成的不利影响有限。

5 结 语

由分汉河道分流比和河道动力轴线随洪水量级而变化,及河口区受涨潮动力影响,汉道流路、流速和流态与洪水完全不同,相应塑造河床能力和水流顶冲位置也发生变化,形成了枯水独特的造床作用特点。参照国内部分险工险段治理的成功经验,对多种治理措施进行比对研究,最终提出采用模袋混凝土的生态护岸措施。整治工程不改变汉道分流,同时利用其整体性、适应性和抗冲性强特点,达到了防护岸坡与堤脚的目的,可为潮流共同作用下的河口分汉型河道险段整治提供借鉴。

参考文献:

[1] 陈国文. 顺德三杯茶险段整治工程试验研究[J]. 广东水利水电, 2010, (3): 22-36.

[2] 邓莉. 均安镇外村险段整治措施浅析[J]. 广东水利水电, 2009, (3): 55-59.

[3] 卜水发. 鸡鸭水道中沙环险段整治工程研究[J]. 中国农村水利水电, 1996, (7): 26-29.

[4] 燕洪军. 软体柴排在浑河南天门险工治理工程中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2013, (4): 26-28.

[5] 洪梅. 石笼在辽河下万子险工段治理工程中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2013, (4): 10-12.

[6] 张康胜. 浅述堤围险段模袋灌注砼施工及体会[J]. 广东水利水电, 2011, (4): 55-56.

[7] 黎智良. 土工模袋混凝土在险段整治中的应用[J]. 广东水利水电, 2009, (7): 10-12.

[8] 李晓勇. 模袋混凝土在淮干流河道整治中的应用[J]. 安徽水利

水电职业技术学院学报,2011,(6):32-33.

(6):11-12.

[9] 李大标. FS 浆垫在佛山大堤护岸防冲工程中的应用[J]. 广东水利水,2002,(10):18-20.

[11] 董巧红. 混凝土孔板护岸技术在河道整治中的应用[J]. 东北水利水,2006,(7):30-34.

[10] 刘燕. 透水桩坝对黄河下游河势控导效果[J]. 人民黄河,2011,

(编辑:李 慧)

Research on pitch formation mechanism of braided river in Pearl River Delta and harnessing measures

HE Yong^{1,2}, ZHANG Jinming¹, HE Zhengjun¹

(1. Pearl River Scientific Research Institute, Pearl River Water Resources Commission, Guangzhou 510611, China; 2 Key Laboratory of the Pearl River Estuarine Dynamics and Associated Process Regulation, Ministry of Water Resources, Guangzhou 510611, China)

Abstract: The river channel in the Pearl River Delta is influenced by the dynamics of runoff and tide, the diversion ratio of the braided river changes with the joint dynamics of runoff and tide, so the formation mechanism of pitch is more complex than that in a single channel. The effect of traditional control scheme would be affected because the river diversion ratio at branch mouth changes easily. Based on the analysis of the riverbed evolution characteristics of typical braided pitch, the hydrodynamic characteristics are discussed, and the pitch formation mechanism is revealed. The various regulation protection measures are studied by physical model experiments. The result shows that the mold bag concrete scheme doesn't change the diversion ratio nor increase the discharge pressure on adjacent channel. The pitch in the bank and riverbed can be protected from scouring by the integrity, adaptability and high impact resistance of the scheme, which can protect the bank and levee toe.

Key words: braided river channel; pitch reach; formation mechanism; mold bag concrete; Pearl River Delta

(上接第 35 页)

Numerical simulation study of erosion – deposition laws of riverbed around submerged water intake

CUI Zhanfeng, HU Dechao

(Department of River Research, Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract: The treatment of sediment deposition around the water intake project is the key to its smooth operation, so it is necessary to demonstrate the rationality of intake location in terms of flow pattern and river regime. The water intake of a power plant located at Hukou Waterway, Jiujiang reach of Yangtze River, is taken as an example, a 2D flow and sediment model is used to simulate the flow pattern, erosion – deposition of the riverbed and the suspended sediment concentration nearby. The riverbed evolution is predicted. The water – sediment condition of typical series years and large, moderate and low flow typical years are selected. The impact of Three Gorges Project and operation of upstream reservoirs are taken into consideration in the series years. The favorable location and suitable elevation of the water intake are recommended based on the calculation results. It shows that the change of erosion – deposition of riverbed is affected by the incoming water and sediment conditions and the local topography.

Key words: water intake project; riverbed erosion – deposition; 2D numerical model of flow sediment