

刁口河涉河工程防洪评价关键技术探讨

刘 娟 钱 裕 陈雄波
(规划研究院)

[摘要] 刁口河是黄河备用入海流路。结合近年刁口河流路管理范围内拟建涉河工程的案例分析,指出进行防洪评价时,除了完成防洪评价导则规定的内容外,还应该考虑备用流路的河道地形、入海口潮位、河长等边界条件特点,从偏于安全角度分别采用。对壅水和冲刷计算应采用现状河道、刚启用时的水位,但壅水计算采用平均高潮位,考虑海平面上升影响,而冲刷计算采用平均低潮位,且不考虑海平面上升。对堤顶高程和桥梁下弦高程则应采用行河末期、主槽开挖后 10000 m³/s 的对应水位。梁底设计标高考虑一定的超高和净空,且应不小于防洪、交通及通航要求的最大值。桥墩位置和桥孔跨度要考虑黄河流冰尺寸,以保证凌汛期安全。

[关键词] 刁口河 涉河工程 防洪评价 关键技术 黄河河口

1855 年,黄河自兰考铜瓦厢决口夺原大清河改由山东入海;1953 年以后,黄河河口三角洲的摆动顶点从宁海下移至渔洼,进行了三次大的人工改道,并先后形成了神仙沟流路(1953 年 7 月—1963 年 12 月)、刁口河流路(1964 年 1 月—1976 年 5 月)以及清水沟流路(1976 年 5 月至今)等三大流路系统^[1]。众所周知:“淤积、延伸、摆动、改道”是黄河河口在一定水沙条件下的自然演变规律。遵循此规律,综合考虑黄河历史入海流路、海域容沙特性,结合河口地区社会经济发展要求,在国务院正式批复的《黄河三角洲高效生态经济区发展规划(2009 年 12 月)》、《黄河流域综合规划(2013 年 3 月)》中,均明确刁口河、马新河及 18 户流路作为黄河备用入海流路,并且优先启用刁口河流路。《黄河河口管理办法(2004)》及《黄河河口综合治理规划(2010)》分别确定了刁口河流路管理范围,以及再次启用后的堤防位置,详见图 1。

近年来,由于社会经济的发展,刁口河管理范围内拟修建多处大型项目。进行防洪评价时,在完成《河道管理范围内建设项目防洪评价报告编制导则(试行)》要求内容同时,还应考虑刁口河是“黄河备用流路”特殊的定位,进行深入研究。本文结合近年刁口河流路管理范围内拟建无棣至莱州沿海公路

东营段黄河刁口河流路大桥(简称“沿海公路刁口河大桥”)、东营港疏港铁路刁口河特大桥等案例分析,对刁口河流路涉河工程防洪评价中的河道地形特征、入海口潮位、河长等计算边界条件选取进行了探讨,以期流路保护及工程安全提供技术支撑。



图 1 黄河河口入海流路分布及沿海公路刁口河大桥位置示意图

1 进行洪评工作的边界条件

1.1 流路运用方式

刁口河作为黄河备用入海,与现行清水沟流路联合运用方式有:固定流路行河、轮流行河、同时行河、交替行河^[2-5]等。偏于安全考虑,今后黄河来水

作者简介:刘 娟(1979—),女,湖北省荆州人,高级工程师,从事水利规划工作。

来沙全部走刁口河是对拟建工程最不利的情况,因此,洪评时应按刁口河再次启用时为唯一流路作为计算条件。

1.2 河道地形

刁口河流路行河于1964年1月—1976年5月。与停水时相比,入海口门蚀退近10 km,左右两侧30 km范围内的岸线也蚀退2~5 km。当前,刁口河流路西河口以下河长约53 km,主河槽纵比降约1‰,主槽宽150~660 m,深0~2.5 m。

刁口河滩地比较平坦,滩面横向比降明显,一般在1.2‰左右。桩垱公路以南滩面高程4.18~8.65 m;以北约3.5 m。滩地已开发利用,用于种植农作物及水库和油田基本建设等。

根据《黄河河口综合治理规划》,刁口河流路启用时两岸需修建堤防,左岸上段新修16 km,下段18 km利用新利垱公路加高培厚;右岸新修18.5 km,另外18.5 km利用东大堤加高培厚;堤距6.5~10 km。为了使主流归槽,以现有河道为基础开挖引河,引河规划底宽为550 m,开挖边坡为1:3,挖后主槽过流能力为3000 m³/s。根据历史演变资料,并参考数学模型计算成果,刁口河再次行河期间主槽宽度为1500 m。刁口河规划堤线内有大小建筑175处,占地面积738.8 km²,规划河槽内共有主要设施24处,总占地面积52.8万 m²。当刁口河再次行河时,规划河槽中的建筑物已拆除。

刁河口流路启用初期,由于河长缩短,产生溯源冲刷。以沿海公路刁口河大桥附近河段为例,改道以西河口10000 m³/s水位达到12 m(大沽高程)为控制条件^[6-7];海面取平均高潮位,据此估算改道初期由于溯源冲刷,沿海公路桥附近河段将较现状冲刷降低0.57 m。改道之后,随着上游来沙,河道淤积延伸,河床淤积抬高,直到改道。

1.3 入海口潮位选择

采用水面线法或水流泥沙数学模型计算沿程水位时,入海口潮位可选择:①平均高潮位;②平均海平面;③平均低潮位。同时,海平面受气候变化的影响。根据《气候变化国家评估报告》(2007年,科学出版社),中国沿海海平面近50年平均上升速率约2.5 mm/a,构造下沉、三角洲沉积致均衡运动下沉、以及沉积物固结压实等因素引发的地面沉降平均速率约5 mm/a,即黄河三角洲长期相对海面上升速率平均约7.5 mm/a。按照此速率预测,沿海公路刁口河大桥使用后50a,海平面上升0.375 m。

1.4 河长

刁口河于1976年5月结束行河,至今已停止行河42余年,改道点以下河长约53 km,与行河末期相比减少近10 km。目前,由于防潮堤的建设,流路范围内岸线蚀退已得到控制。刁口河行河后,随着泥沙淤积,河长增加(见图2)。刁口河行河末期按西河口10000 m³/s水位12 m作为改道控制条件。参照《黄河河口综合治理规划》、《黄河河口近期治理防洪工程建设可行性研究》中清水沟达到改道标准时的河长分析结果,刁口河流路行河期末河长约为80 km。

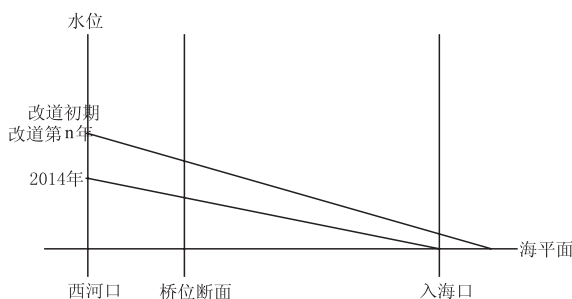


图2 刁口河流路改道后水位、河长变化示意图

2 水位及流场分布特征

2.1 拟建桥位处水位

大桥工程设计洪水流量应与河口段大堤设防流量10000 m³/s一致。拟建桥位断面水位考虑两种地形条件,一是现状地形条件下桥位断面10000 m³/s设计洪水位;二是改道运用后,桥位断面设计洪水位。参照《黄河河口综合治理规划》、《黄河河口近期治理防洪工程建设可行性研究》提出的清水沟流路达到改道标准时的水面比降(1‰),推算刁口河行河期末、达到改道标准时10000 m³/s桥位处的设防流量水位,同时应考虑达到改道标准时桥位河段的淤积抬升。现状地形条件下的水位较改道运用末期水位低,如沿海公路刁口河大桥处现状地形条件下和刁口河行河期末主槽的水位分别为6.44 m(黄海高程)和9.11 m(黄海高程)。

2.2 流场分布特征

刁口河已停止行河40余年,河道管理范围内开垦了大量耕地、林地、畜牧种植用地和生产设施。现状河道淤积较严重,主槽最小过水能力仅30 m³/s。拟建的沿海公路刁口河大桥南北方向10 km河段(计算范围位置如图1所示。)现状地形的条件下10000 m³/s流场分布如图3^[8]。

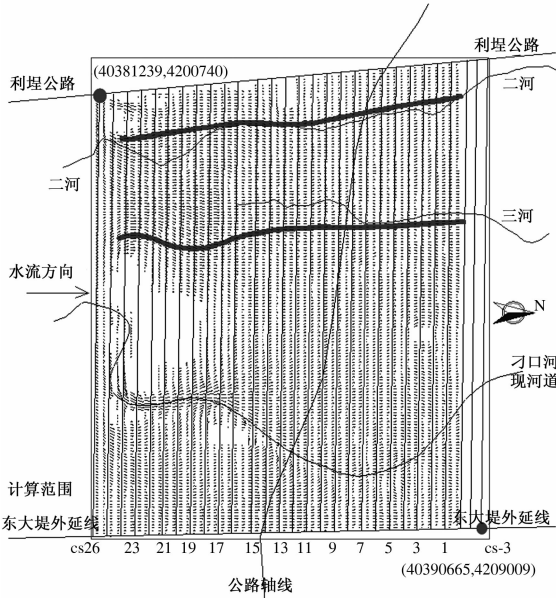


图 3 现状地形条件下 10000 m³/s 流场图

从图上可以看出:在横断面上,可分为 2 个主流区,一个是刁口河现行河道附近,流速较大,但宽度较小;另一个在左岸二河与三河之间,流速最大值比现行河道区域要小,但宽度要大一些。经分析其主要原因为:刁口河行河时期,黄河来沙量较大,水流经过处淤积量较大,两边高程较高,当大洪水发生时,主流可能横向摆动,或者出现 2 个或 2 个以上高流速区域。

考虑到平原河道主槽在设计堤线中间附近、两侧都有滩地的复式断面比较稳定,可防止主流靠岸。因此,刁口河流路再次行河时需要对接现有流路进行扩挖。为充分利用现有河道,在 S310 省道以南,以现河道为西边界,向东延伸 550 m 开挖;S310 省道以北,主槽按微弯型控制与刁口河现有河道平顺衔接,中心线向规划大堤中间靠近,向西延伸 550 m 开挖。

沿海公路刁口河大桥开挖后河道断面如图 4,采用平面二维水流模型对大桥所在河段开挖后地形的流场进行模拟,见图 5。开挖后原主流区范围变窄且流速减小,引河开挖处范围扩大且流速增加,主流范围整体东移至现有刁口河河道附近,桥位断面附近主槽宽度约为 1.5 km。

3 防洪评价关键技术

在进行洪水影响评价时选择流路运用、河道地形及入海口潮位等计算边界条件不同,其评价结果也有差异。基于安全性原则,针对防洪评价时不同

边界条件选择进行分析。

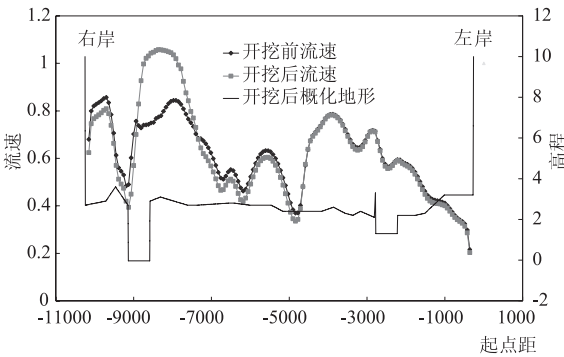


图 4 桥位断面河道开挖后断面及开挖后 10000 m³/s 流速分布图

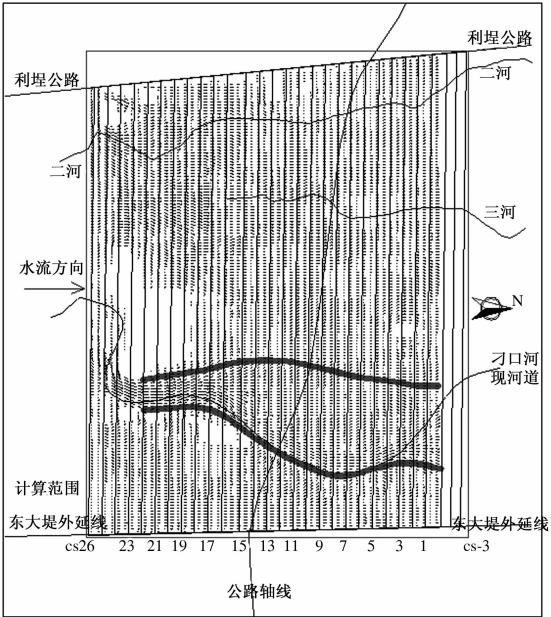


图 5 开挖后桥位河段 10000 m³/s 流场图

3.1 壅水和冲刷计算

桥梁建成后,位于河道内的桥墩使过水面积减小,同时增大了水流阻力,造成桥位上游一定范围内水位壅高。从偏于安全角度,壅水计算时选择未开挖的现状河道断面、现状河长,计算天然河道条件下桥位断面的流速、过水面积等水力因子。同时,壅水计算时入海口潮位采用平均高潮位,考虑海平面上升的影响。

在计算桥墩冲刷深度时,若采用较低的水位成果,得到的断面平均流速、冲刷深度都要大一些,偏于安全。在计算桥墩冲刷时利用现状地形和水位,同时考虑平均低潮位,且不考虑海平面上升。

3.2 堤顶高程

《黄河河口综合治理规划》明确刁口河流路堤

距 6.5 ~ 10 km;设防标准与现行清水沟一致,均为 10000 m³/s,安全超高为 2.1m。堤顶高程复核时,设防水位应采用开挖地形、改道运用期末,设防标准下工程建设处的水位。同时应考虑桥梁建设后壅水高度。洪水评价工况分析详见表 1。

表 1 洪水评价工况分析表

工况	河道地形		海平面		入海口潮位		河长	
	现状	开挖	不考虑上升	考虑上升	平均高潮位	平均低潮位	刚启用	行河末期
壅水计算	√			√	√		√	
冲刷计算	√		√			√	√	
堤顶高程		√		√	√			√
桥梁下弦高程		√						√

3.3 桥梁下弦高程分析

《中华人民共和国河道管理条例》(1988 年 6 月 10 日中华人民共和国国务院令第 3 号发布施行)第十二条规定对桥梁和栈桥的梁底高程进行规定,要求梁底高程必须高于设计洪水位,并按照防洪和航运的要求,留有一定的超高。因此,梁底设计标高应考虑黄河防洪、防凌和航运的有关要求进行确定。

(1)防洪要求的梁底标高

采用刁口河流路行河末期,桥位断面 10000 m³/s 左岸大堤、主槽、右岸大堤的水位。并考虑壅水高度、波浪高度、桥下净空,计算得到满足防洪要求的梁底标高。

(2)交通要求的梁底标高

《黄河河道管理范围内建设项目技术审查标准》中第十七条要求:“为满足堤防工程管理与抢险交通的需要,采取立交方式跨越堤防的,两岸跨堤处梁底标高应考虑河道冲淤影响,满足大桥设计水平年 50 年的设计堤顶高程加 4.5 m 交通净高”。

刁口河流路河道淤积按西河口 10000 m³/s 水位 12 m 控制,采用刁口河流路行河末期,刁口河桥位设防流量下左、右岸大堤水位,再考虑 2.1 m 堤顶超高,4.5 m 净空高,分析计算得大桥设计跨堤处的梁底标高。

(3)通航要求的梁底标高

依据交通部黄河水系航运规划办公室 1988 年编制完成的《黄河水系航运规划报告》,桥位河段规

划为Ⅳ级航道标准。《内河通航标准》要求Ⅳ级航道净空高度不小于 8 m,航道设计最高通航水位的洪水重现期为 10 年。

工程建设范围内满足通航要求的梁底标高应不小于两者之和:即刁口河流路行河末期,考虑河道淤积后,工程所在位置主槽 10 年一遇设计洪水位,再加上净空高度 8.00 m。利津站 10 年一遇洪峰流量为 9260 m³/s,桥位断面 10 年一遇洪峰流量考虑槽蓄削峰。

满足防洪、交通及通航要求的主槽范围内设计的梁底标高应不低于上述三方面计算分析的最高值。

3.4 孔跨布置分析

黄河凌汛期有流冰易形成冰塞冰坝危及堤防和大桥的安全。因此,在黄河上建桥,应选择合适的桥孔跨度,合理确定其桥墩位置,以确保黄河防凌和大桥安全至关重要。

根据 1963 年以来利津站的流冰尺寸统计成果^[9],冰宽超过 100 m 的只有 1 a,出现于 1973 年,占统计年份的 1.96%,冰块体积为 200 m × 100 m (长 × 宽,下同);冰宽 50 ~ 100 m 之间的有 3 a,占统计年份的 5.88%,分别为 1965 年的 100 m × 50 m,1985 年的 130 m × 90 m,1990 年的 50 m × 60 m。其它年份(占统计年份的 92.16%)最大冰宽不超过 40 m,除 1976 年最大冰长为 60 m 外,其余年份最大冰长均不超过 50 m(详见表 2)。

表 2 利津站凌汛期冰情要素统计表

利津水文站				利津水文站			
年份	河心最大冰厚	最大冰速	最大冰块长 × 宽	年份	河心最大冰厚	最大冰速	最大冰块长 × 宽
	(m)	(m/s)	(m × m)		(m)	(m/s)	(m × m)
1963				1989		1.22	25 × 20
1964	0.27			1990		0.71	50 × 60
1965		0.66	100 × 50	1991		0.3	50 × 10
1966		0.6	30 × 20	1992		0.94	2 × 1.5

续表2 利津站凌汛期冰情要素统计表

年份	利津水文站			年份	利津水文站		
	河心最大冰厚 (m)	最大冰速 (m/s)	最大冰块长×宽 (m×m)		河心最大冰厚 (m)	最大冰速 (m/s)	最大冰块长×宽 (m×m)
1967	0.33	0.58	30×10	1993	0.04	1.41	3×2.5
1968	0.45		50×40	1994			
1969	0.4			1995			
1970	0.34			1996			
1971		0.79	50×30	1997	0.07	0.16	1×0.5
1972		1.16	50×30	1998		0.4	4×2
1973	0.18	0.76	200×100	1999	0.06	1	8×6
1974	0.4	1.18	30×20	2000		1.3	10×6
1975		1.52	10×10	2001		0.76	12×5
1976		1.43	60×10	2002		0.51	3×2
1977	0.48	1.27	3×5	2003			
1978		1.3	50×30	2004			
1979	0.11		50×40	2005			
1980		0.92	40×30	2006		0.74	8×7
1981		0.46	30×15	2007		0.91	8×5
1982		0.44	30×20	2008		1.12	6×5
1983		0.66	30×20	2009		1.2	7×5
1984		0.52	40×30	2010		1.1	6×5
1985	0.3	0.41	130×90	2011	0.17		
1986	0.22	0.77	9×7	2012		0.54	8×8
1987			4.5×2.5	2013		0.78	10×6
1988		1.2	30×20	2014			

注:表中部分年份仅有稀疏流冰花,未出现大的流冰块,因此未统计冰块大小及流速。

技术支撑。

4 结论

进行刁口河流路范围内建设项目防洪评价时,在完成洪评导则规定的内容同时,还应该考虑其黄河备用入海流路的特点,针对壅水和冲刷计算,以及堤防、梁底高程等计算要求,从偏于安全角度,分别采用不同的边界条件。

(1)壅水和冲刷计算应采用刁口河现状河道、刚启用时的水位。但壅水计算应采用平均高潮位,考虑海平面上升影响,而冲刷计算则应采用平均低潮位,且不考虑海平面上升。

(2)在计算堤顶、梁底高程时,较高的水位使计算偏于安全,因此,应采用刁口河行河末期,主槽开挖后10000 m³/s的对应水位。梁底设计标高应考虑一定的超高和净空,且不小于防洪、交通及通航要求的最大值。

(3)桥墩位置和桥孔跨度要考虑黄河流冰尺寸,以保证凌汛期过凌安全。

本次探讨的关键技术,比如壅水计算、冲刷等已应用于东营港疏港铁路刁口河特大桥防洪评价^[9]、无棣至莱州沿海公路东营段黄河刁口河流路大桥防洪评价,为保障桥梁安全和刁口河流路行河提供了

参考文献

[1] 丁大发,安催花,姚同山,等. 黄河河口综合治理规划[R],郑州:黄河勘测规划设计有限公司,2011年10月:50~106;

[2] 陈雄波,雷鸣,王鹏. 清水沟、刁口河流路联合运用方案比选[J]. 海洋工程,2014,32(4):117-123.

[3] 陈雄波,陈松伟,窦身堂,等. 黄河河口入海流路运用方式研究现状与趋势[J]. 人民黄河,2018,49(10):10-15.

[4] 陈雄波,邱卫国,钱裕. 清水沟、刁口河联合运用模式研究[J]. 中国水利,2013(21):12-14.

[5] 王开荣,于守兵. 黄河入海流路的不同运用模式及其影响效应[J]. 中国水利,2011,20:10-13.

[6] 安催花,唐梅英,陈雄波,等. 黄河河口综合治理面临的问题与对策[J]. 人民黄河,2013,35(10):60-62.

[7] 安催花,陈雄波,唐梅英. 基于多目标协调的黄河河口综合治理策略[J]. 中国水利,2013(21).

[8] 钱裕,陈雄波,蔺冬,等. 无棣至莱州沿海公路东营段黄河刁口河流路大桥防洪评价[R],郑州:黄河勘测规划设计有限公司,2018年5月:31~50.

[9] 钱裕,陈雄波,蔺冬,等. 东营港疏港铁路刁口河特大桥防洪评价[R],郑州:黄河勘测规划设计有限公司,2015年4月:78~80.