

通榆河废黄河立交地涵工程防淤设计

王亦勤

(江苏省水利勘测设计研究院, 江苏 扬州 225009)

摘要:介绍通榆河废黄河泥沙特性,依据类似工程模型试验结果和有关资料对通榆河废黄河立交地涵工程泥沙问题进行分析.分析结果表明,通过控制闸门开启数量加大洞内流速可达到减少淤积的目的.提出废黄河地涵泄流时,必须根据流量大小对闸门开启数量进行控制;水流挟沙力应大于水流悬沙含沙量;如出现淤积情况可开启闸门利用水力冲淤或关闭上下游闸门进行人工清淤.

关键词:废黄河;地涵;防淤;通榆河

中图分类号:TV652

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2003)02-0044-02

通榆河废黄河立交工程位于江苏省滨海县果林乡,与通榆河成正交.设计过水流量 $500 \text{ m}^3/\text{s}$,相应上游水位 7.5 m ,下游水位 7.0 m ,过洞落差 0.5 m .废黄河是一条多泥沙河流,如何解决通榆河与废黄河交叉工程的泥沙问题是通榆河工程建设中的难题之一.在工程可行性研究阶段,进行过平交和立交两种方案的比选,选定了立交方案.在方案设计和初步设计阶段,又进一步进行了长洞方案、短洞方案和竖井方案的详细比较,最终确定选用长洞和短洞相结合的短长洞方案.初步设计阶段对长洞方案、短洞方案和竖井方案分别进行了模型试验,结果是三个方案过水能力和泥沙问题均能满足要求.对现方案的过水能力和结构布置,经过有关方面专家多次论证,已有较一致的结论.但该方案未进行泥沙模型试验,且泥沙问题处理得好坏关系到工程的成败,所以本文根据原长洞方案模型试验结果及有关资料对废黄河地涵泥沙问题进行分析.

废黄河地涵现在采用的短长洞方案由 12 孔 $4.4 \text{ m} \times 3.4 \text{ m}$ 的矩形涵洞组成,洞角设 $0.3 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$ 贴角,总过水面积 177.36 m^2 .涵洞每 4 孔一联,分设于 3 块底板上.涵洞总长 123 m ,其中上洞首长 14 m ,下洞首长 13 m ,两侧河坡段洞身各长 23 m ,河底段洞身长 50 m .上、下洞首底板面高程 0.0 m ,河底段洞身底板面高程 -5.1 m ,河坡段洞身底坡 $1:5$.上、下洞首每两孔设一扇弧形钢闸门,上、下洞首钢闸门互为检修门.上、下洞首外各设 20 m 长翼墙与引河连接.废黄河上、下游引河河底高程 -0.5 m ,底宽 50 m ,边坡 $1:4$.通榆河河底高程 -1.0 m ,底宽 50 m ,边坡 $1:3$.废黄河地涵纵剖面见图 1.

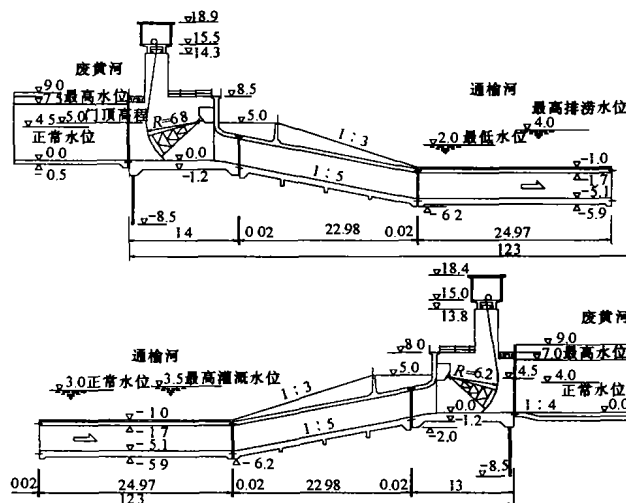


图1 废黄河地涵纵剖面(单位:m)

1 废黄河泥沙特性

废黄河从中运河杨庄闸至黄海边共 162 km ,原是古淮河的人海水道.黄河夺淮入海后,由于黄河挟带大量泥沙,使得河床逐渐淤高,形成一条悬河.黄河改由山东大清河入海后,废黄河行洪滩地高程高出地面 $3 \sim 5 \text{ m}$,滩面最宽处约 10 km ,最窄处仅 200 m .滩面天然植被稀少,中泓窄而浅,河床土质为粉沙和极细沙.

废黄河经杨庄闸控制后,下泄水流基本上是清水.自杨庄闸下至北沙(废黄河地涵上游约 10 km)含沙量沿程递增,北沙至废黄河入海口滨海闸则沿程递减.含沙量与流量成正比,汛期含沙量最大可达 $8.0 \text{ kg}/\text{m}^3$,泥沙颗粒大小与流量成反比,悬沙中粒粒径一般在 $0.02 \sim 0.09 \text{ mm}$ 之间,随流量加大而变

作者简介:王亦勤(1965—),男,江苏东台人,高级工程师,主要从事水利工程设计.

小^[1].北沙站实测含沙量与流量关系见表1.

2 地涵水流挟沙力分析

水流挟沙力与河段的水流水力条件和河段的床沙组成有关.地涵水流挟沙力要大于水中悬沙最大含沙量,才能将水中悬沙从地涵上游输送至地涵下游,不至在洞中产生淤积.水流挟沙力计算一般采用一维处理方式的计算公式.本文采用窦国仁公式^[2]计算.

$$S_* = 0.055 \gamma_s \eta B \frac{w}{v_*} \cdot \frac{v^2}{gH} \quad (1)$$

式中: S_* 为水流挟沙力, kg/m^3 ; γ_s 为沙粒密度,取 $2650 \text{ kg}/\text{m}^3$; η 为洞底流速与平均流速的比值; B 为含沙量与水流挟沙力相同时平均含沙量与洞底含沙量的比值; w 为竖向脉动流速绝对值的平均值; v_* 为悬沙停止运动时的临界流速; v 为流速; H 为水深或涵洞孔高. η 和 B 可从文献[2]中查得, w 和 v_* 可通过式(2)和式(3)计算.计算所得各流量涵洞水流挟沙力见表1.

$$w = \frac{\sqrt{g}}{C} v \quad (2)$$

$$v_* = 2.24 \sqrt{\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} g d} \quad (3)$$

式中: C 为谢才系数; γ 为水的密度; d 为悬沙粒径.

表1 废黄河地涵水流挟沙力计算结果

流量 (m^3/s)	悬沙中 值粒径 / mm	洞内平 均流速 /($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	北沙站实测 含沙量/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)		涵洞水流 挟沙力 /($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	闸门控 制开启 方式
			一般	最大		
500	0.02	2.82	3.45	7.96	61.13	全开
400	0.03	2.26	2.80	5.20	48.70	全开
300	0.05	2.54	2.20	4.60	26.05	开4扇门
200	0.07	2.26	0.80	3.00	13.66	开3扇门
100	0.08	1.69	<0.50		4.49	开2扇门
40	0.095	1.35	<0.50		1.62	开1扇门

由表1可见,废黄河地涵水流挟沙力远大于水流悬沙含沙量,总体上讲,可以满足将水中悬沙从上游输送至下游的需要.

3 涵洞冲淤能力分析

原长洞方案地涵由15孔 $4.0 \text{ m} \times 3.2 \text{ m}$ 矩形涵洞组成,洞角设 $0.3 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$ 的贴角,总过水面积 189.3 m^2 .涵洞每3孔1块底板,分设于5块底板上,洞身总长度 144.5 m ,其中河底段洞身长度 50 m ,河坡段洞身长度 $36 \text{ m} + 33 \text{ m}$,上游第1节水平洞身长度 12 m ,下游第1节水平洞身长度 13.5 m .上洞首底板面高程 0.0 m ,下洞首底板面高程 -0.5 m ,河底段洞身底板面高程 -5.7 m ,河坡段洞身边坡 $1:6$.

原长洞方案模型试验^[3]表明,如果不对闸门进行调控,流量 $50 \sim 100 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,整个涵洞都会发生淤积;流量 $200 \sim 300 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,涵洞仅折弯后的上游顺坡段及下游平段发生局部淤积;流量 $400 \sim 500 \text{ m}^3/\text{s}$

时,涵洞不发生淤积.涵洞内淤泥的中值粒径为 $0.03 \sim 0.05 \text{ mm}$,且随洞内流速增大,淤泥粒径成变小的趋势.

为保证洞内不发生淤积,必须对现方案闸门进行控制.长洞模型试验流量 $400 \text{ m}^3/\text{s}$ 时不发生淤积,此时洞内流速为 2.11 m/s .而通过对闸门的控制,现方案泄流 $200 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上时,洞内流速可达 2.26 m/s 以上,所以不会产生淤积.废黄河地涵下游水位为 3.00 m , 3.92 m , 5.10 m , 5.91 m , 6.58 m , 7.00 m 时,其对应的流量分别为 $50 \text{ m}^3/\text{s}$, $100 \text{ m}^3/\text{s}$, $200 \text{ m}^3/\text{s}$, $300 \text{ m}^3/\text{s}$, $400 \text{ m}^3/\text{s}$, $500 \text{ m}^3/\text{s}$.当地涵产生淤积时,设计首先采用水力冲淤的方法.废黄河地涵设计冲淤流量为 $100 \text{ m}^3/\text{s}$,相应的上游水位为 4.5 m ,下游水位为 4.0 m .

原长洞模型试验表明,对中值粒径 0.034 mm 的原型涵洞淤泥,当洞内流速为 $1.0 \sim 1.4 \text{ m/s}$ 时,泥沙颗粒起动,当洞内流速达到 1.7 m/s 时,泥沙已普遍扬动,并逐步将淤泥冲走.根据洞内流速 1.7 m/s 可冲淤的试验结果,原方案(经模型试验调整为14孔)流量大于 $40 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,可开1扇闸门进行中间2孔冲淤.现方案流量大于 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,可开1扇闸门进行2孔冲淤.

为方便检修,废黄河地涵上、下洞首均设置弧形钢闸门,检修时互为备用.另在上下洞首每1闸门孔内设固定铁爬梯,方便检修人员上下.经过数年运用以后,地涵可能出现一定的淤积,影响泄流.遇到这种情况,可结合涵洞检修,对洞内淤泥进行彻底清除.

4 防淤措施

a. 废黄河地涵泄流时,必须根据流量大小对闸门开启数量进行控制.

b. 废黄河地涵泄流时水流挟沙力大于水流悬沙含沙量.总体上讲,悬沙在通过地涵时不会产生淤积.

c. 如果废黄河地涵出现淤积现象,可开启闸门利用水力冲淤,冲淤流速大于 1.7 m/s .

d. 废黄河地涵淤积不能通过水力冲淤完全解决时,可关闭上、下洞首闸门,用人工清淤的方法对涵洞内的淤泥进行彻底的清除.

废黄河地涵工程自1998年7月投入运行以来,运行情况良好.据2002年4月有关部门对洞内进行的水下检查,未发现淤积现象,证明本工程防淤设计是成功的.

参考文献:

- [1] 周名德.废黄河泥沙特性及河床演变分析[A].见:周名德.治淮闸坝工程水力学论文集[C].北京:海洋出版社,2002.63~70.
- [2] 窦国仁.潮汐水流中的悬沙运动及冲淤计算[J].水利学报,1963(4):13~23.
- [3] 周名德.废黄河地涵防淤问题综合研究[A].见:周名德.治淮闸坝工程水力学论文集[C].北京:海洋出版社,2002.71~76. (收稿日期:2002-05-21 编辑:张志琴)