

多沙河流岸边式泵站优化布置方案试验研究

张耀哲 王敬昌 梁宗祥 安梦雄

(西北农林科技大学水利与建筑工程学院 陕西 杨凌 712100)

摘要 对黄河干流某宽浅多沙河段拟建泵站规划布置方案进行了泵站选址、取水头部布置、浮冰进闸模拟等的试验研究,试验结果表明:宽浅多沙河流岸边式取水泵站站址宜选在弯道顶冲点下游的送溜段,取水头部按迎水面与主流线平行的形式布置流态较为理想,采用叠梁闸形式可使洪枯水季节的取水安全及取水防沙得到最大限度的保证,岸边式取水泵站的进水流道会有浮冰进入,但数量远小于河道内的浮冰疏密度,站址区的岸坡防护与加固,应以不影响取水头部最佳水流条件为前提。

关键词 宽浅多沙河流 岸边式泵站 泵站选址 布置方案

中图分类号:TV731 文献标识码:A 文章编号:1006-764X(2006)02-0010-03

Experimental study on optimal layout of pumping stations on bank of sediment-laden rivers//ZHANG Yao-zhe, WANG Jing-chang, LIANG Zong-xiang, AN Meng-xiong(College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstract : An experimental study was performed on the layout scheme of a pumping station to be built on the bank of a broad and shallow sediment-laden reach of the mainstream of the Yellow River, including the site selection, layout of water intake, simulation of floating ice flowing into the gate. The results show that: the station should be located on the downstream cross-over reach of bend vertex; the flow pattern at water intake is satisfactory if the upstream face is parallel to the main streamline; the adoption of stop log gates can ensure the safety of water intake and prevent sediment to the greatest extent in flood and low water seasons; some floating ice will flow into the inflow channel of the pumping station, but the quantity is far lower than ice density in the river course; the bank slope stabilization should be performed without affecting the optimal flow pattern at water intake.

Key words : broad and shallow sediment-laden river; pumping station on bank; site selection for pumping station; layout scheme

采用岸边式泵站的取水工程应用广泛,工业取水泵站的共同特点是取水量小但取水保证率要求很高,多数都在 97% ~ 100%。对于河床稳定性较差、水流宽浅且河势变化较大的多沙河流,包括泵站选址、取水头部布置形式、进水流道底板高程以及相应的上下游河道整治方案等工程技术问题,由于所在河段水流泥沙及河床边界的多样性,并无现成的范例或经验可循^[1-3]。本文以黄河干流某宽浅多沙河段拟建泵站为对象,通过河工模型试验研究,对宽浅多沙河流岸边式取水泵站规划布置中的一些问题进行研究。

1 试验河段概况

1.1 试验河段河床边界条件

拟建取水泵站所在河段位于黄河干流青铜峡枢纽下游约 30 km 处。河段具有弱二元相边界特征,河床相表层被粉沙等悬移质淤积物所覆盖,下层为沙卵石等河床质,宽浅分汊河型特征明显,近 7 km

河段内共有发育完全的河心滩 2 处,处于发育阶段或消长交替阶段的浅滩 5 处,另外还有局部存在的成型堆积体若干,河段整体河势如图 1 所示。模型按动床变态模型设计^[1-4],垂直比尺 80,水平比尺 160,模型沙采用无烟煤屑。

1.2 试验河段河型特征

典型年水沙过程长系列试验结果表明该河段为非稳定分汊河型,河段最大汊长 1.9 km,汊宽约 1 km,最大放宽率约为 2.2,分汊系数 1.95,河相系数 5.47。2 号河心洲上端无论枯水年还是平水年均处于发育状态,其发展趋势受上游节点大桥以下河段左凹右凸微弯河势的影响,在水下浅滩上延的同时,浅滩整体向右岸发育,对该过渡段水流横向分配有较大影响。现状河道 CS19 号断面以下的分流比主要受 1 号河心洲上端影响。CS27 号断面以下至 CS39 号断面间右汊存在的 4 号河心滩也处于消长交替之中,该河心滩的发育与该处凹岸的冲刷是同步的,当凹岸的冲刷发展受到抑制时,该处 4 号河心

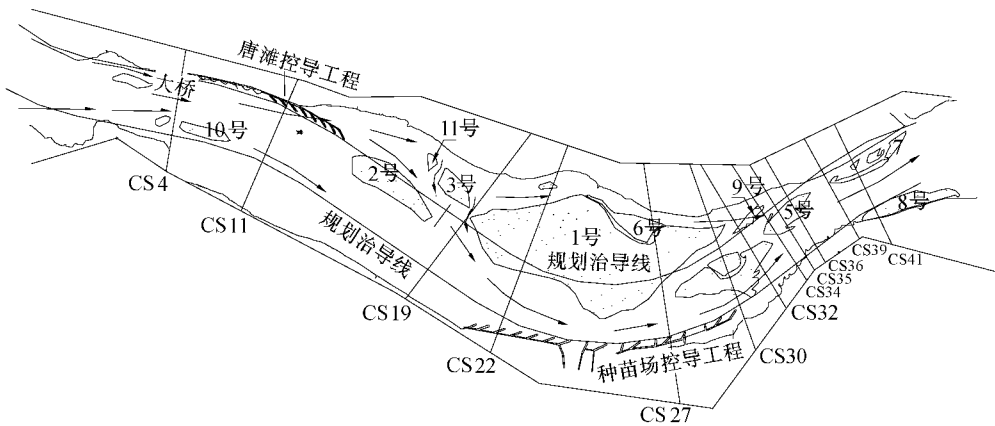


图1 模型试验河段现状河势示意图

滩的横向展宽也会受到限制。1号河心洲与4号河心滩间的支汊无发育的迹象。CS35号断面以下至CS41号断面,既为左右两汊的汇流区也为种苗场弯道与仁存渡弯道的过渡段,水流结构较为复杂,现有河心滩消长交替,但其范围相对稳定。

2 河段整治方案及泵站选址

2.1 河段整治方案

该区域全河段的河道整治方案定位在以微弯整治方案为主,以节点汊河方案为辅的结合型治理方案。该试验河段规划治导线由两个反向弯道构成,并配合有两大型护滩控导工程,唐滩控导工程位于大桥下游左岸附近,种苗场控导工程位于河右岸,平面布置见图1。

试验结果表明规划治理方案全部实施后,2号河心洲向上游发育的态势明显受到抑制,右缘受冲消减,其上端受控导工程作用不再产生分流作用。CS11号断面以下主流明显向右侧摆动,原河道此区间由于河心洲上端水下浅滩的分流作用所导致的水流散乱、主流分汊的现象得到明显改观。受唐滩控导工程7~14号坝的挑流控导作用,种苗场弯道顶冲点位置相对明显,且与分期实施方案相比,有所上移,大致位于CS22~CS27断面之间,顶冲点位置在枯水流量时偏上,大于平滩流量后顶冲点位置偏下。各级流量水流要素及河势变化观测结果的对比表明,CS30号断面以下至CS35号断面间具有送溜段的明显特征,主流各级流量时均紧贴岸边通过,溜势在此无顶冲。整体河势在CS36断面以后已进入两弯道过渡段,主流区展宽,但仍偏右岸。

2.2 泵站选址

根据河段中长期演变趋势和规划治理方案试验研究的结果,并考虑建设项目对取水口位置的主观要求及规划治导线走向,就各级特征流量时几处可能的取水点位置从其附近河床的冲淤变化、河心滩

的消长发育、主流的稳定性以及水位、流速、深泓高程与位置的变化、局部最大冲刷高程等方面进行了比选,最终确定了泵站取水头部的的位置,选定在CS32~CS34号断面之间靠右岸处。按此站址位置修建泵站,现状河道边界条件各级流量下主流均紧靠岸边通过,且取水头部不侵占规划治导线。若河段整体规划治理方案能够实施其取水条件会更有利,整体规划治理方案实施后该站址各级特征流量时主要水流要素参数如表1所示。

表1 各级流量时的水流要素

流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	水位/m	流速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	深泓 高程/m	局部冲坑 高程/m
200 ^①	1 111.24	1.43	1 107.70	1 105.60
904 ^②	1 112.00	1.89	1 107.50	1 104.00
2 200 ^③	1 113.40	2.65	1 107.40	1 102.44
3 200 ^④	1 113.92	2.76	1 107.18	1 102.52
5 440 ^⑤	1 115.20	2.46	1 107.30	1 101.56
6 860 ^⑥	1 115.49	2.13	1 107.20	1 100.83
极端枯水流量 ^⑦ 1 108.60				

注:①97%枯水流量;②多年日平均流量;③平滩流量;④多年最大洪峰平均流量;⑤20年一遇洪峰流量;⑥百年一遇洪峰流量;⑦断流、槽蓄水位。

3 上下游防护方案及取水头部参数设计

拟建岸边取水泵房按4孔进水流道设计,单孔进水流道引水量为700~1 500 m^3/h ,总取水量为3 000~4 000 m^3/h 。为达到最佳的取水防沙效果,闸门采用叠梁形式布置,叠梁尺寸为:高度250 mm,厚度120 mm,宽度3 000 mm。取水头部叠梁式进水闸如图2所示。就局部水流流态及悬移质含沙量的空间分布而言,泵站取水头部与泵站岸边防护工程的相对平面位置互为影响,而泵站取水头部的轴线坐标及底板高程等又受上下游总体河势、深泓变化和取水保证率及防汛部门所制定的规划治导线等因素的制约。试验进行了3个平面布置方案的比选,试

验结果表明,该处河床在百年一遇洪水时局部冲刷坑最低高程可达 1 100.83 m,通过对新建泵站上下游 150 m 范围内的堤岸增加护坡及护脚工程,并对此范围内上游的一处旧坝垛进行加固,能使站址区的河岸线达到稳定状态。在不影响取水头部水流条件的情况下,本着岸边局部水流流态和局部护岸工程投资双重目标最优的原则,泵站取水闸底板高程确定为 1 107.50 m,取水头部前端石笼护脚顶部高程确定为 1 106.00 m。

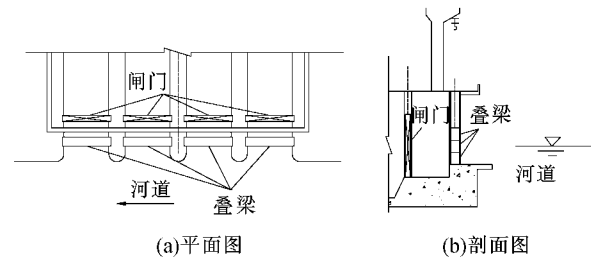


图 2 泵站取水头部示意图

4 叠梁式取水闸门对所取水体含沙量的影响

本工程在河道含沙量大于 100 kg/m^3 时启用避沙池,试验含沙量变幅为 $13.7\sim110\text{ kg/m}^3$,流量变幅为 $904\sim3\,200\text{ m}^3/\text{s}$,进行了叠梁式取水闸门不同运行高度对所取水体含沙量影响的试验。叠梁运用方式考虑 4 种组合,并依据相同流量水位的变化,使梁上最小水头为 0.15 m。结果表明,上游来水来沙经河段沿程纵横向调整后,到取水泵站前,其垂线分布仍遵循一定的规律:上游河段水量和含沙量相同时,河道流量大则泵站前垂线含沙量梯度小,河道流量小则泵站前垂线含沙量分布梯度大。同一流量上游来水平均含沙量大则垂线含沙量分布梯度小,上游来水平均含沙量小则垂线含沙量分布梯度大;对于含沙量大于 10 kg/m^3 且悬沙粒径小于 0.03 mm 的来水来沙,分层取水方案撇取表层清水的效果不明显。表 2 为一组试验的观测结果。

表 2 不同水沙条件及叠梁运行高度水质含沙量

梁顶高程/m	叠梁层数/层	梁上水深/m	含沙量/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
1 111.75	17	0.25	61.56
1 111.50	16	0.50	61.74
1 111.25	15	0.75	62.53
1 111.00	14	1.00	62.39

注:上游流量 $904\text{ m}^3/\text{s}$,闸前水位 1 112.00 m,上游含沙量 64.56 kg/m^3 。

5 浮冰进闸的模拟

冰情模拟主要试验技术指标为:平均流量 $510\text{ m}^3/\text{s}$,冬季最大流量 $904\text{ m}^3/\text{s}$,最大浮冰疏密度 0.01,浮冰厚度平均值 20 cm。浮冰疏密度以单位时间的投冰量来控制,浮冰级配以实拍原型级配为依

据模拟。试验按 4 孔进水流道同时开启使用且单孔取水量为最大时进行控制,试验结果表明,在闸门开启使用时存在浮冰进入进水流道的现象,但进入的冰块数量远小于河道主流区疏密度,4 孔道浮冰进入量自上而下依次减小,第四进水流道几乎无浮冰进入。通过对浮冰过闸情况的观察,表明在取水头部迎水面与主流线平行相贴的平面布置方案下,浮冰对泵站的正常运行不构成明显威胁,工程设计阶段可不考虑专用防冰防漂设施。

6 主要结论

a. 宽浅多沙河流岸边式取水泵站站址的选定应建立在对所在河段的中长期演变趋势及该河段河道稳定性与河型特征的准确分析与判别的基础上,水行

政管理部门所制定的规划治导线及整治工程平面布置方案是泵站选址时必须认真考虑的因素之一。
b. 宽浅多沙河流岸边式取水泵站站址宜选在靠近主流一侧弯道顶冲点下游的送溜段,上下游河势要相对稳定。这样才能使各级流量时主流线和深泓紧贴岸边通过,同时又避免取水头部受到顶冲。取水头部按迎水面与主流线平行相贴的形式布置较为理想。对于取水保证率要求很高的工业泵站,取水头部底板高程应参照极端枯水位确定。

c. 在宽浅多沙河流修建岸边式取水泵站,采用叠梁闸形式的取水头部布置方案可使洪枯水季节的取水安全得到最大限度的保证并能防止推移质泥沙的进入。当悬移质粒径小于 0.03 mm 时,对于河道来水含沙量小于 10 kg/m^3 的情况,利用叠梁闸可达到对河源水质初次净化的目标,但是对于少数情况下含沙量大于 10 kg/m^3 的来水来沙,分层取水撇清效果不明显。

d. 宽浅多沙河流的河势对护滩及护岸工程较敏感,泵站站址区的岸坡防护与加固,应以不影响取水头部最佳水流条件为前提,同时满足设计上对取水头部安全稳定性的要求。

参考文献:

[1] 武汉水利电力学院. 河流泥沙工程学:下册[M]. 北京:水利电力出版社,1980:119-130.
[2] 薛塞光. 多泥沙河流上的泵站前池水流与泥沙问题[J]. 水利水电科技进展,1999,19(增):3-4.
[3] 梅瑞松,杨富昌. 我国泵站工程的现状与发展[J]. 水利水电科技进展,2000,20(1):21-23.
[4] 左东启. 模型试验的理论和方法[M]. 北京:水利电力出版社,1984.

(收稿日期 2005-01-04 编辑 骆超)