

DOI: 10.16198/j.cnki.1009-640X.2018.06.007

徐波, 姚天雯, 夏辉, 等. 西淝河闸站工程开孔导流墩整流试验研究[J]. 水利水运工程学报, 2018(6): 55-61. (XU Bo, YAO Tianwen, XIA Hui, et al. Experimental research on opening diversion piers at Xifeihe combined sluice-pump station[J]. Hydro-Science and Engineering, 2018(6): 55-61. (in Chinese))

西淝河闸站工程开孔导流墩整流试验研究

徐波¹, 姚天雯¹, 夏辉², 高琛³

(1. 扬州大学 水利与能源动力工程学院, 江苏 扬州 225127; 2. 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225127; 3. 江西省水利规划设计研究院, 江西 南昌 330029)

摘要: 针对西淝河闸站工程在闸、站单独运行时存在的回旋和斜流问题, 采用整体正态模型对闸站工程进行水工模型试验研究。在抽排水工况下, 设计了不同导流墩长度, 不同导流墩开孔尺寸包括开孔宽度、开孔间距、开孔高度等7种导流墩整流方案; 其中对仅25 m长导流墩方案和导流墩最优开孔尺寸方案进行了自排工况下自排闸的过流流态及流速分布研究。通过对比各方案下导流墩侧回旋区面积大小及各孔流速均匀度, 建议导流墩长25 m, 开孔宽4.5 m, 相邻的孔口间距6.25 m, 开孔高度5 m。5#和6#流道中间加设1 m短隔墩的方案可减小泵站前池及闸前水流回旋区域, 改善水流流态, 提高各孔流速均匀度, 为泵站机组及水闸运行提供良好的水力条件。试验研究结果可为闸站结合工程选择导流墩整流方案提供技术参考。

关键词: 西淝河闸站; 导流墩开孔; 整流; 模型试验

中图分类号: TV675

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2018)06-0055-07

闸站结合工程中, 泵站和水闸的基础相连, 结构布置紧凑, 可避免大规模拆迁、移民等工作, 并能充分发挥泵站和水闸的作用, 取得良好的社会经济效益, 该类闸站布置形式在平原地区得到了广泛应用。但由于此类布置形式限制了泵站及水闸进水结构的布置, 导致泵站和水闸进水条件不佳, 易引起水泵空蚀影响水闸过流能力。因此应充分考虑闸站结合工程中进水的流态。

在独立泵站的前池流态改善中, 物理模型试验^[1-2]和数值模拟^[3-5]的方法被充分运用到导流墩、底坎、立柱等整流措施的研究中。夏臣智等^[6]用数值模拟的方法分析了单排方柱的分流作用及其对行进流速的影响, 得出了可改善流态的单排方柱的几何参数; 高传昌等^[7]对侧向进水泵站进水水流进行分析, 研究了底坎、压水板、挑流坎对泵站前池流态的影响; 资丹等^[8]提出的八字型导流墩、川字型导流墩和十字型消涡板构成的组合式导流墩能有效消除大型泵站前池的漩涡。水闸过流流态的研究中, 陈伟等^[9]针对三汊河河口闸存在的不良流态, 提出了合适墙高和墙体角度的导流墙整流方案; 胡孜军等^[10]建立了三维耦合数学模型对三河闸过闸水流流态进行研究, 提出了适宜的纠偏方案。闸站结合工程中, 陆银军等^[11-12]研究了导流墙长度对泵站前池、闸孔的流态影响, 推荐了适宜的导流墙长度; 罗灿等^[13]提出了长导流墩与一短导流墩的组合方式来优化闸站进水条件; 曾昊等^[14]探讨了一字形底坎对闸站枢纽水流出口的整流作用。但针对闸站结合部分导流墩的整流研究尚未涉及到导流墩开孔的方式, 且现有研究多数仅考虑闸站工程一侧的泵站或水闸的运行情况, 未考虑两者同时运行条件下的整流措施。

针对西淝河闸站工程中泵闸同时使用条件下存在的回旋、斜流等不良流态, 采用物理模型研究了不同几何参数的开孔导流墩对泵站前池流态、水闸过闸流态的影响, 比较各方案下前池流态及特征断面流速分布均

收稿日期: 2018-03-07

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(51409227); 国家自然科学基金资助项目(51779215); 江苏省博士后科研资助计划项目(1501115B); 长江科学院开放研究基金资助项目(CKWV2016386/KY)

作者简介: 徐波(1984—), 男, 山东淄博人, 讲师, 博士, 主要从事水工结构工程研究。E-mail: xubo@yzu.edu.cn

匀度,为闸站工程中导流墩的整流措施提供参考。

1 模型试验设计

1.1 工程概况

西淝河闸站工程泵站、闸室并列布置,泵站布置6台轴流泵机组,堤身式布置,每3台机组为一联,两联之间间距6.4 m。泵站流道净宽8.5 m,隔墩厚1.2 m,泵站部分总宽62.2 m,顺水流方向长38 m,进水池底高程6.65 m;节制闸共3孔,每孔净宽8.5 m,隔墩厚1.2 m,闸室部分净宽27.9 m,闸室底高程11.40 m,顺水流长度38 m。闸站工程包括引河、拦污闸、进水前池、进水流道、出口扩散段等,均采用正向进出水布置,依次位于同一轴线上。

1.2 相似准则

西淝河闸站模型试验中,采用整体正态模型,按重力相似的 Fr 准则设计,即要求原型和模型流动的Froude数(Fr)相等。根据西淝河闸站工程尺寸和平面布置,结合试验大厅场地条件确定模型几何比尺 $\lambda = 30$,再由相似准则得出流速比尺、时间比尺、流量比尺和糙率比尺分别为5.477,5.477,4 929.503和1.763。

1.3 模型设计

模型试验模拟范围长度方向为拦污闸上游护坡末端至泵站出口防洪控制闸下游海漫段,同时包括下游河道(至淮河)。根据模型糙率相似准则的要求,采用优质PVC灰板制作模型,模型通过管道泵提供水流动力,采用UPVC管道将上下游进水池连接,形成循环供水系统,模型布置见图1。泵站机组由左岸开始编号,为1#~6#水泵机组;闸孔由导流墩侧开始编号,依次为7#~9#自排闸孔。

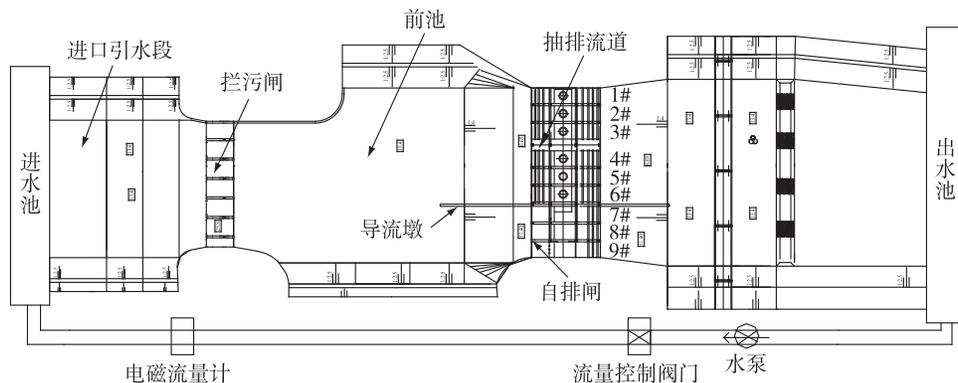


图1 模型平面整体布置

Fig. 1 Overall layout of model plane

1.4 试验方法

西淝河闸站模型试验采用流态观测及流速分布两种方法验证方案的合理性。前池流态观测分面层流态观测和底层流态观测,面层流态采用专用塑料悬浮粒子跟踪法,采用延时曝光的方式记录面层流场情况(见图2(a));底层流态采用化学示踪法,可清楚显示前池水流存在的回流区及旋涡等不良流态情况(见图2(b))。试验中流量测量仪器使用LDY型智能电磁流量计,测量精度优于0.5%;流速采用LGY-II型直读流速仪测量,测量误差小于1.5%。

试验中在西淝河模型中布置了1个位于进水流道前5 cm的流速测试断面,断面布置9条测线,每条测



(a) 面层流态测量现场

(b) 底层流态测量现场

图2 现场测试

Fig. 2 Field testing

线位于进水流道中部,水泵进水流道测线上布置5个测点,水闸进水孔测线布置4个测点,顶层测点在水面下方2 cm,底层测点位于底板上方2 cm,其余测点均匀分布(图3)。

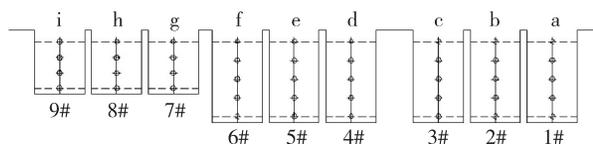


图3 测点布置

Fig. 3 Layout of measuring points

2 试验研究及方案设计

西淝河模型试验主要针对两种运行工况,分为抽排和自排工况。抽排工况下1#~6#机组全部运行,节制闸都关闭,对应的流量为 $Q=180\text{ m}^3/\text{s}$ (模型流量 $Q_m=0.036\text{ m}^3/\text{s}$),上游西淝河侧水位 $h_s=21.0\text{ m}$ (模型水深为25.3 cm),下游淮河侧水位 $h_x=24.3\text{ m}$ (模型水深36.3 cm);自排工况下3个节制闸全开,泵站机组全关闭,对应的流量为 $Q=412\text{ m}^3/\text{s}$ (模型流量 $Q_m=0.084\text{ m}^3/\text{s}$),其上游西淝河侧水位 $h_s=22.2\text{ m}$ (模型水深29.3 cm),下游淮河侧水位 $h_x=22.15\text{ m}$ (模型水深为28.8 cm)。

为了改善两种工况下泵站和自排闸孔的水流流态,抽排工况下采用在泵站和闸孔间增设导流墩并开孔的方案(导流墩顶高程22.20 m,厚1.2 m),用以研究导流墩长度及导流墩开孔的几何参数(孔的宽度、间距、高度)对水流流态的影响;自排工况时,选取抽排工况下的两种典型方案进行模型试验,研究仅设导流墩和导流墩最佳开孔参数两种方案下的水流过闸流态。抽排工况、自排工况下各典型方案如表1所示,导流墩几何参数如图4所示,图中 L 为导流墩总长, B 为导流墩开孔宽度, C 为开孔间距, H 为开孔高度。

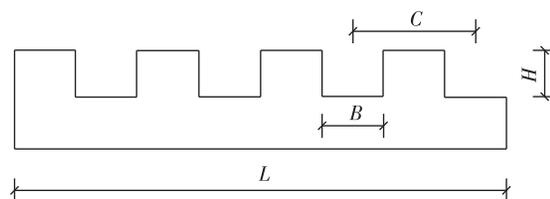


图4 导流墩几何参数

Fig. 4 Geometric parameters of a diversion pier

表1 西淝河闸站工程模型试验各典型方案

Tab. 1 Typical schemes of model test on Xifeihe combined sluice-pump station

工况	方案	方案说明
抽排工况	方案1	导流墩未开孔,导流墩长度为25 m
	方案2	导流墩未开孔,导流墩长度为55 m
	方案3	导流墩开孔, $L=25\text{ m}$, $B=1.5\text{ m}$, $C=6.25\text{ m}$, $H=3.8\text{ m}$
	方案4	导流墩开孔, $L=25\text{ m}$, $B=4.5\text{ m}$, $C=6.25\text{ m}$, $H=3.8\text{ m}$
	方案5	导流墩开孔, $L=25\text{ m}$, $B=4.5\text{ m}$, $C=12.50\text{ m}$, $H=3.8\text{ m}$
	方案6	导流墩开孔, $L=25\text{ m}$, $B=4.5\text{ m}$, $C=6.25\text{ m}$, $H=5.0\text{ m}$
	方案7	导流墩开孔, $L=25\text{ m}$, $B=4.5\text{ m}$, $C=6.25\text{ m}$, $H=5.0\text{ m}$,加设1 m短隔墩
自排工况	方案1	导流墩未开孔,导流墩长度为25 m
	方案7	导流墩开孔, $L=25\text{ m}$, $B=4.5\text{ m}$, $C=6.25\text{ m}$, $H=5.0\text{ m}$,加设1 m短隔墩

3 模型试验结果分析

3.1 抽排工况

3.1.1 前池流态分析 抽排工况下方案1和方案2对比了不同导流墩长度对泵站前池流态的影响。方案1在泵站和自排闸间增设了1条25 m长导流墩,其面层流态如图5(a)所示,可见,水流由拦污闸方向正向进入泵站前池,由于自排闸与泵站流道中间有导流墩,导致前池内出现逆时针方向的回旋流动,回旋区主要位于前池左岸和导流墩左侧,前池左岸的回旋区离进水流道较远,对泵站机组的运行影响较小,而导流墩左边回旋区的范围从导流墩头部开始出现,一直持续到6#进水流道前,易使水泵中产生空蚀,引起水泵的振动,进而影响泵站的稳定运行。方案2将方案1的25 m导流墩延长为55 m,前池面层流态如图5(b)所示,可见,相比于方案1,延长导流墩后,回旋区向外移动,但同时回旋区的范围比方案1的大,影响范围由6#流道

口扩大至4#~5#流道,使4#~5#流道内的水流流态紊乱。两方案对比可知,导流墩长度设为25 m更为合理。

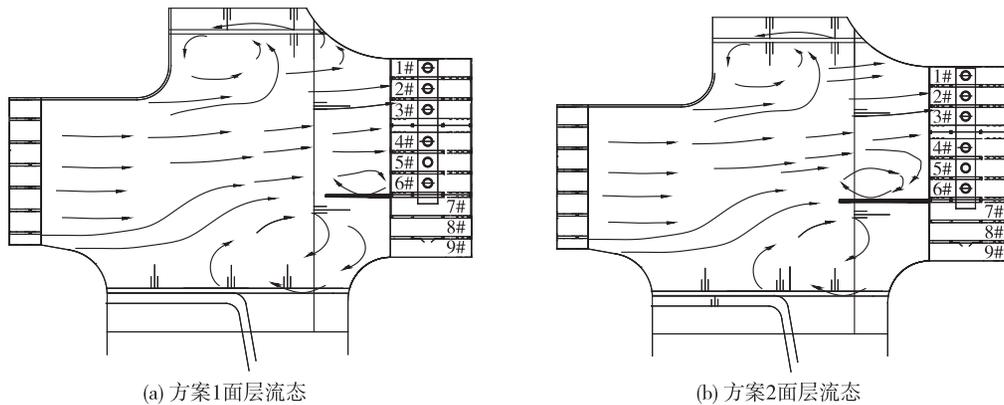


图5 抽排工况下2种方案前池面层流态

Fig. 5 Surface flow patterns of two schemes under drainage working conditions

由图5可知,优选导流墩长度后并不能有效减小回旋区的范围,为了进一步控制由导流墩产生的回旋区的范围,本次试验提出了在导流墩上开孔的方案,并依次优选了导流墩开孔宽度、间距、高度。

方案3在方案1的25 m导流墩的基础上进行开孔,开孔宽度为1.5 m,相邻的孔口中心间距为6.25 m,开孔高度为3.8 m。面层流态如图6(a)所示,导流墩开孔后,相比未开孔的方案,开孔附近的水流重新分布,侧向水流经导流墩的开孔处绕流至6#流道前,导流墩左侧的回旋区明显减小,主要分布在导流墩中后部至6#进水流道前。方案4改变导流墩开孔的宽度,其余几何尺寸不变,其面层流态如图6(b),对比图6(a)和6(b)可知,相比方案3($B=1.5$ m),导流墩开孔宽度由1.5 m变成4.5 m后,导流墩附近的回旋区进一步减小。方案5在方案4的基础上扩大了导流墩开孔的间距,由6.25 m变为12.50 m,其余几何尺寸与方案4保持一致。图6(c)为方案5抽排工况面层流态,当相邻的孔口中心间距变为12.50 m时,经由开孔处流向泵站前池的水流减少,导流墩左侧的回旋区反而增大,回旋区在垂直水流方向上布满了整个6#进水流道。方案6开孔导流墩参数为:导流墩长度为25 m,开孔宽度为4.5 m,相邻的孔口中心间距为6.25 m,图6(d)为该方案面层流态,相比方案4,开孔高度由3.8 m变为5.0 m后,导流墩左侧的回旋区明显缩小,仅存在于5#和6#进水流道间的隔墩前方。

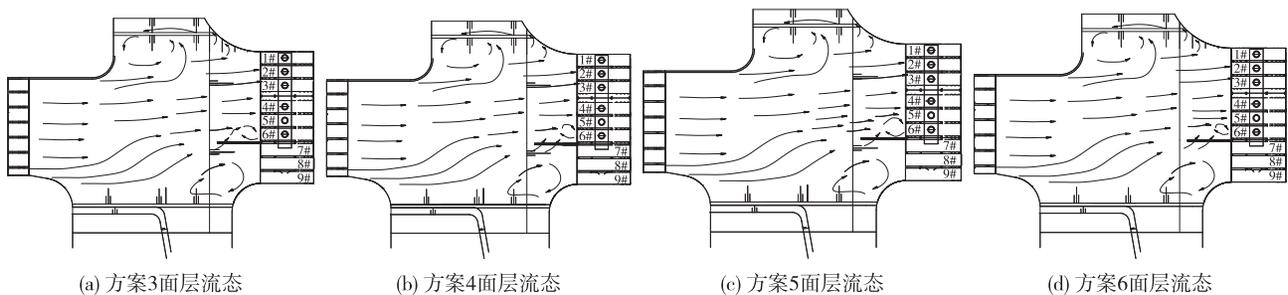


图6 抽排工况下方案3~6前池面层流态

Fig. 6 Surface flow pattern of schemes 3-6 under drainage working conditions

通过以上对比分析可知,导流墩开孔后前池流态最好的为方案6,但该方案在5#和6#流道前存在少许回旋区,为了进一步改善前池流态,方案7在方案6的基础上,在5#流道和6#流道中间加设一段短隔墩,该短隔墩长度为1 m,厚度为1.2 m,顶高程为22.20 m,图7为该方案面层流态,与方案6相比,加设1 m的短隔墩后,把回旋区的区域向5#流道压缩,达到减小回旋区范围的目的,且回旋区向进水流道外移动。

为了更加直观地显示各个方案下泵站前池流态的改善效果,对各方案下各个进水渠道前的回旋区面积进行统计,得出方案1~7的回旋区面积分别为:0.210,0.320,0.094,0.075,0.152,0.051和0.019 m²。可见,方案7前池中影响泵站机组运行的回旋区面积最小。

3.1.2 特征断面流速分析 为了反映特征断面的流速分布情况,根据各条测线的测点流速,计算流速分布均匀度 η :

$$\eta = \left\{ 1 - \frac{1}{V_a} \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ai} - \bar{V}_a)^2 / n} \right\} \times 100\% \quad (1)$$

式中: \bar{V}_a 为进口断面平均流速(m/s); V_{ai} 为断面各测点流速(m/s); n 为测点总数。

本次试验在抽排工况下选取了方案1和方案7进行前池特征断面流速测量,根据试验中测点流速的结果,计算得两种方案下1#~6#进水渠道流速均匀度见表2。由表2可知,方案7下靠导流墩一侧的6#进水渠道流速均匀度得到明显提高,达到76.89%,其余各渠道流速均匀度也有一定程度提高,有利于泵站机组稳定运行。

上述分析表明,抽排工况下方案7中导流墩设置方案能够有效地减小进水渠道前的回旋区面积,并使泵站各机组进水渠道流速分布更为均匀,前池流态得到明显改善。

3.2 自排工况试验结果分析

3.2.1 闸前流态分析 为了同时保证自排闸工作时的水流过闸流态,试验中选取了抽排工况下方案1和方案7两种典型方案进行自排工况下的物理模型试验研究。

图8(a)为方案1下的自排工况面层流态,可见自排工况下水流基本由拦污闸方向正向进入,由于受到导流墩的约束,水流发生偏斜,并在导流墩右侧(节制闸前)附近出现回旋区,影响闸孔的过流能力,同时剥蚀导流墩混凝土。图8(b)为方案7优选导流墩开孔几何尺寸后的过闸流态,相比于方案1,导流墩开孔后,闸前水流重新分布,墩头的斜流得到改善,使墩右侧的回旋区基本消失,过闸流态良好。

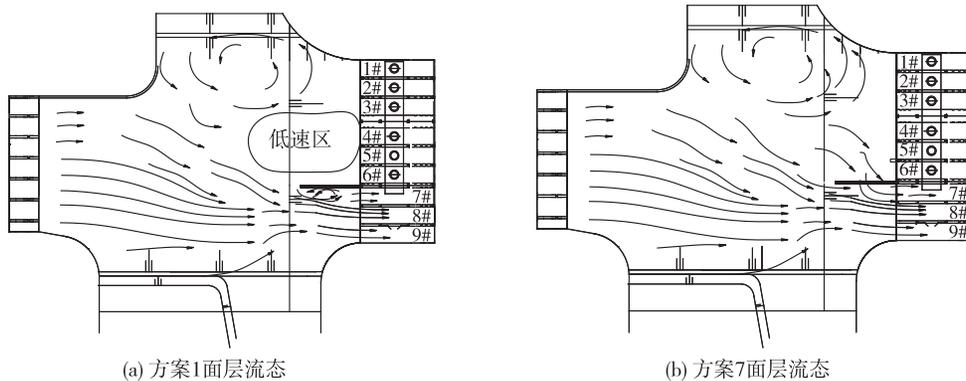


图8 自排工况下方案1和7面层流态

Fig. 8 Surface flow pattern of schemes 1 and 7 under self-drainage working conditions

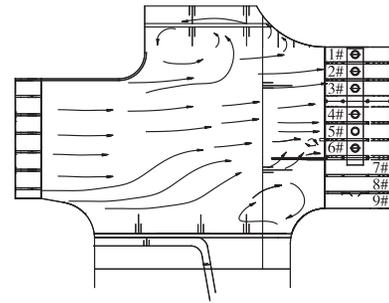


图7 抽排工况下方案7前池面层流态
Fig. 7 Surface flow pattern of scheme 7 under drainage working conditions

表2 抽排工况下方案1和方案7各进水渠道流速分布均匀度

方案	不同渠道流速分布均匀度					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
方案1	74.32	78.12	75.65	77.30	77.40	66.51
方案7	76.58	78.82	76.35	78.56	79.40	76.89

3.2.2 特征断面流速分析 方案1和方案7导流墩设置下自排闸7#,8#,9#孔的流速分布均匀度分别为63.02%,80.18%,83.61%和75.98%,81.16%,84.98%。可见,方案7下,7#闸孔较方案2下流速均匀度提

高了12.96%,8#和9#闸孔流速均匀度均达到80%以上。

综合两种工况各方案的流态及流速分析可知,针对西淝河闸站结合工程,设置合适长度的导流墩是必要的,且导流墩开孔的方案可以明显减少导流墩附近的回旋区,当导流墩长度为25 m,开孔宽度4.5 m,相邻的孔口间距6.25 m,开孔高度5.0 m,同时在5#流道和6#流道中间加设一段1 m短隔墩时,泵站前池及闸前流态改善效果最佳。

4 结 语

为改善西淝河闸站结合工程在抽排工况、自排工况下的水流流态,采用物理模型试验分别研究两种工况不同导流墩开孔方案下泵站前池及闸前水流流态,取得结论如下:

(1)抽排工况下,25 m长导流墩较55 m长的导流墩前池回旋区域面积更小,整流效果较好;方案7中导流墩开孔的几何尺寸及增设的短隔墩能更好限制前池回旋区,改进后的进水流道前特征断面上流速分布更加均匀,流态得到改善。

(2)自排工况时,相比于仅设导流墩情况,采用方案7后,导流墩墩头的斜流得到改善,导流墩右侧的回旋区基本消失,节制闸各闸孔流速分布较均匀,自排闸过流流态平稳。

(3)综合两种工况下的流态、流速分析,方案7的导流墩开孔方案(即导流墩长度为25 m,开孔宽度为4.5 m,相邻的孔口中心为6.25 m,开孔高度为5.0 m,同时在5#和6#流道中间加设1 m短隔墩)能满足西淝河闸站结合工程在两种工况下的运行要求,保证泵站机组的安全稳定运行及自排闸的过闸水流流态平稳。

参 考 文 献:

- [1] RAJENDRAN V P, PATEL V C. Measurement of vortices in model pump-intake bay by PIV[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2000, 126(5): 322-334.
- [2] 朱红耕, 奚斌. 水泵进水池模型试验新方法研究[J]. 农业机械学报, 2003, 34(5): 72-75. (ZHU Honggeng, XI Bin. New method for pump sump hydraulic model study[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2003, 34(5): 72-75. (in Chinese))
- [3] DESMUKH T S, GAHLOT V K. Numerical study of flow behavior in a multiple intake pump sump[J]. International Journal of Advanced Engineering Technology, 2011, 2(2): 118-128.
- [4] 资丹, 王福军, 陶然, 等. 边界层网格尺度对泵站流场计算结果影响研究[J]. 水利学报, 2016, 47(2): 139-149. (ZI Dan, WANG Fujun, TAO Ran, et al. Research for impacts of boundary layer grid scale on flow field simulation results in pumping station[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2016, 47(2): 139-149. (in Chinese))
- [5] 丛国辉, 王福军. 湍流模型在泵站进水池漩涡模拟中的适用性研究[J]. 农业工程学报, 2008(6): 31-35. (CONG Guohui, WANG Fujun. Applicability of turbulence models in numerical simulation of vortex flow in pump sump[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008(6): 31-35. (in Chinese))
- [6] 夏臣智, 成立, 赵国锋, 等. 泵站前池单排方柱整流措施数值模拟[J]. 水利水电科技进展, 2017, 37(4): 53-58. (XIA Chenzhi, CHENG Li, ZHAO Guofeng, et al. Numerical simulation of flow pattern in forebay of pump station with single row of square columns[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2017, 37(4): 53-58. (in Chinese))
- [7] 高传昌, 刘新阳, 石礼文, 等. 泵站前池与进水池整流方案数值模拟[J]. 水力发电学报, 2011, 30(2): 54-59. (GAO Chuanchang, LIU Xinyang, SHI Liwen, et al. Numerical simulation of flow pattern modification schemes for the forebay and suction sump of pumping station[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2011, 30(2): 54-59. (in Chinese))
- [8] 资丹, 王福军, 姚志峰, 等. 大型泵站进水流场组式导流墩整流效果分析[J]. 农业工程学报, 2015, 31(16): 71-77. (ZI Dan, WANG Fujun, YAO Zhifeng, et al. Effects analysis on rectifying intake flow field for large scale pumping station with combined diversion piers[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(16): 71-77. (in Chinese))
- [9] 陈伟, 臧英平, 沃玉报. 三汊河河口闸过闸水流流态改善措施数值分析[J]. 人民长江, 2014, 45(13): 14-16, 21. (CHEN Wei, ZANG Yingping, WO Yubao. Numerical analysis on pattern of flow passing through Sanchahe sluice and

- improvement measures[J]. Yangtze River, 2014, 45(13): 14-16, 21. (in Chinese))
- [10] 胡孜军,王玲玲,成高峰,等.三河闸泄流流态与进流纠偏数值研究[J].水利学报,2011,42(11):1349-1354.(HU Zijun, WANG Lingling, CHENG Guofeng, et al. Numerical study on the inflow and rectification measures of the Sanhe Sluice [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2011, 42(11): 1349-1354. (in Chinese))
- [11] 陆银军,周伟,明月敏,等.基于数值模拟的闸站结合布置优化设计[J].排灌机械工程学报,2014,32(11):963-967.(LU Yinjun, ZHOU Wei, MING Yuemin, et al. Layout design optimization of integrated pumping station and sluice with numerical stream simulation [J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2014, 32(11): 963-967. (in Chinese))
- [12] 傅宗甫,顾美娟,严忠民.闸站合建枢纽导流墙体型及适宜长度[J].水利水电技术,2011,42(10):128-131.(FU Zongfu, GU Meijuan, YAN Zhongmin. Shape and suitable length for guide wall of combined sluice-pump station project [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2011, 42(10): 128-131. (in Chinese))
- [13] 罗灿,钱均,刘超,等.非对称式闸站结合式泵站前池导流墩整流模拟及试验验证[J].农业工程学报,2015,31(7):100-108.(LUO Can, QIAN Jun, LIU Chao, et al. Numerical simulation and test verification on diversion pier rectifying flow in forebay of pumping station for a symmetric combined sluice-pump station project [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(7): 100-108. (in Chinese))
- [14] 曾昊,陈毓陵,谭琳露,等.闸站枢纽闸下的底坎整流措施[J].江苏农业科学,2014,42(5):347-349.(ZENG Hao, CHEN Yuling, TAN Linlu, et al. The bottom sill rectifying measures in the the gate station [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2014, 42(5): 347-349. (in Chinese))

Experimental research on opening diversion piers at Xifeihe combined sluice-pump station

XU Bo¹, YAO Tianwen¹, XIA Hui², GAO Chen³

(1. School of Water Resources and Power Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China; 2. Jiangsu Water Conservancy Survey and Design Institute Co., Ltd., Yangzhou 225127, China; 3. Jiangxi Provincial Design and Research Institute of Water Conservancy and Hydropower, Nanchang 330029, China)

Abstract: In view of the problems of raceway and diagonal flow (whirling flow and skew flow) during the operation of the Xifeihe combined sluice-pump station alone, the hydraulic model tests on the combined sluice-pump junction are carried out by use of the integral normal model. Under the working conditions of drainage, seven kinds of rectification schemes of the diversion pier are designed, such as different lengths of the diversion pier, opening size of different diversion piers, spacing between openings and the height of openings. And only the 25 m long diversion pier scheme and the optimal opening size of the diversion piers are studied under the working conditions of self-drainage and velocity distribution. By comparing the size of the raceway area beside the diversion piers and the velocity uniformity of each opening, the model tests show that the length of the diversion pier is 25 m, the opening width is 4.5 m, the distance between the adjacent opening spacings is 6.25 m, and the opening height is 5 m. The scheme of adding a 1 m short diversion pier between the 5# and 6# channels can reduce the water swirling area in the forebay of the pumping station and the front of the sluice, so as to improve the flow pattern of the water flow, increase the velocity uniformity of each opening, and provide good hydraulic conditions for the operation of the combined sluice-pump station. The experimental research results can provide technical references for the selection of the rectification scheme of the diversion piers in combination of the sluice with the pumping stations.

Key words: Xifeihe sluice station; diversion pier opening; flow rectification; model test