

台州电厂循环水泵前池泥沙淤积模型试验研究

胡明¹, 蔡付林¹, 章恒全¹, 付坚钢²

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 台州电厂, 浙江 台州 317000)

摘要:针对台州电厂循环水泵前池各种可能的改造方案进行了模型试验, 根据模型试验的结果确定了工程量小、可明显改善循环水泵工作条件的改造方案。试验结果表明, 根据椒江泥沙特点所确定的泥沙运动相似条件及所选择的模型沙是合理的, 所取得的试验成果对工程设计有一定的指导意义。

关键词:电厂; 循环水泵前池; 泥沙淤积; 模型试验

中图分类号: TV732.1

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2002)02-0034-03

台州电厂位于浙江省椒江市前所镇东侧, 南邻椒江, 自1980年筹建以来, 已分别完成了四期工程, 是浙江东部沿海的一个重要电力中心。但台州电厂取水口受到自然条件限制采用明渠引水, 由于进水量不足、水质差致使一、二期工程循环水泵前池淤积严重, 低潮位时, 水泵运行不正常, 效率低。鉴于此, 有必要对一、二期工程循环水泵前池进行改造, 以改善水流条件, 减少淤积, 增加进水量, 保证循环水泵在各种条件下都能正常工作。

为了寻求合理的前池改造方案, 使其泥沙淤积不影响循环水泵的正常工作, 同时又尽可能地减少改造工程量, 试验中选择了四种可能的改造方案: ①将一、二期工程前池与三期工程前池隔墙部分拆除; ②将一、二期工程前池与三期工程前池隔墙全部拆除; ③在一、二期工程前池增开新的进水口; ④既拆除一、二期工程前池与三期工程前池隔墙, 同时又在二、三期工程前池增开新的进水口。

试验分清水和浑水(泥沙淤积)试验两个阶段。通过清水试验观测以上各种可能的改造方案的水流流态, 量测前池内各主要部位的流速分布, 籍此分析进水流道及前池中可能的泥沙淤积情况, 选择出较为合理的前池改造方案; 对清水试验初步选定的改造方案进行浑水(泥沙淤积)试验, 以确定各进水流道及前池中各部位的淤积情况, 确定达到淤积平衡的时间和淤积量, 以检验改造方案的合理性。

1 模型设计

1.1 模型律及模型比尺

根据循环水泵前池的布置及尺寸, 试验采用长

度比尺为15的几何正态模型, 即: $\lambda_l = \frac{\lambda_{原}}{\lambda_{模}} = 15$ 。模型按重力相似准则设计。由长度比尺可推求其他参数比尺: 流量比尺 $\lambda_Q = \lambda_l^{5/2} = 871.42$; 流速比尺 $\lambda_v = \lambda_l^{1/2} = 3.87$; 压力比尺 $\lambda_p = \lambda_l = 15$; 水流时间比尺 $\lambda_{t_1} = \lambda_l^{1/2} = 3.87$ 。

1.2 泥沙运动相似条件及模型沙选择

椒江河段泥沙以海域来沙为主, 流域来沙较少, 悬沙浓度高, 平均含沙量在 $4 \sim 8 \text{ kg/m}^3$, 在取水口处的淤积主要由悬沙沉积所致。

在用模型研究悬沙运动问题时, 为了使流道中泥沙的淤积相似, 模型沙的选择应使其符合沉降相似条件, 其沉降速度比尺:

$$\lambda_w = \lambda_v \left(\frac{\lambda_h}{\lambda_l} \right) = \lambda_v = 3.87 \quad (1)$$

式中: λ_h 为水深比尺; 据此可得模型沙的中值粒径比尺:

$$\lambda_d = \sqrt{\frac{\lambda_w}{\lambda_{\gamma-\gamma}}} \quad (2)$$

式中 $\lambda_{\gamma-\gamma}$ 为模型沙浮容重比尺。

为了使模型与原型悬沙运动相似, 还必须满足扬动相似, 根据沙玉清^[1]的研究, 当泥沙粒径 $d \leq 0.08 \text{ mm}$ 时, 其扬动流速小于起动流速, 即床面泥沙一旦被起动, 就浮于水中, 成为悬移质泥沙。为了满足淤积量和淤积部位相似, 模型主要应满足沉降相似和水流挟沙能力相似。

挟沙能力比尺要求与含沙量比尺相等, 即

$$\lambda_s^* = \lambda_c = \frac{\lambda_{\gamma}}{\lambda_{\gamma-\gamma}} \quad (3)$$

作者简介: 胡明(1959—), 男, 江西南昌人, 副教授, 硕士, 主要从事水电站水力学研究。

式中: λ_s^* 为挟沙量比尺; λ_s 为含沙量比尺; λ_γ 为泥沙容重比尺。

根据上述悬沙运动相似条件, 选择电木粉为模型沙, 电木粉的沙粒容重为 15 kN/m^3 , 淤积干容重为 5 kN/m^3 , 天然沙淤积干容重约为 12 kN/m^3 , 天然沙容重约为 26.5 kN/m^3 , 故干容重比尺 $\lambda_{\gamma_0} = 2.4$ 。

由 1993 年 12 月实测水文资料, 悬沙中值粒径多在 $0.01 \sim 0.02 \text{ mm}$ 内, 取水口附近淤积物中值粒径约为 0.02 mm , 泥沙颗粒中较细部分, 沉降速度小, 在取水明渠内不易沉积下来, 在达到淤积平衡状态时, 取水口内的淤积主要由较粗颗粒泥沙组成。

由原型沙的级配曲线确定选用原型沙的中值粒径 d_{50} 为 0.02 mm , 由式(2)所给的悬沙粒径比尺 $\lambda_d = 1.08$ 。于是可得模型沙的中值粒径为 0.0185 mm , 其他相应的挟沙能力比尺和冲淤时间比尺分别为

$$\lambda_s^* = \lambda_s = \frac{\lambda_{\gamma_0}}{\lambda_{\gamma_0 - \gamma}} = 0.54, \quad \lambda_{t_2} = \frac{\lambda_t \lambda_{\gamma_0}}{\lambda_v \lambda_s} = 17.23$$

考虑到在高潮位时淤积的泥沙在低潮位时有可能被冲起, 故所选的模型沙应满足起动相似, 即起动流速比尺应等于流速比尺: $\lambda_{v_k} = \lambda_v = 3.87$ 。

原型沙和模型沙(电木粉)的起动流速均采用宾国仁公式^[2]计算:

$$v_k = 0.265 \ln \left(1.1 \frac{h}{\Delta} \right) \left(\frac{\gamma_s - \gamma_l}{\gamma} g d + 0.19 \frac{\epsilon_k + g h \delta}{d} \right)^{1/2} \quad (4)$$

式中: v_k 为起动流速, cm/s ; h 为水深, cm ; Δ 为床面泥沙颗粒的粗糙高度, cm ; ϵ_k 为粘结力参数, cm^3/s^2 , 原型沙 $\epsilon_k = 2.56 \text{ cm}^3/\text{s}^2$, 电木粉 $\epsilon_k = 0.2 \text{ cm}^3/\text{s}^2$; δ 为薄膜水厚度, cm , $\delta = 0.21 \times 10^{-4} \text{ cm}$; d 为泥沙的粒径, mm 。

式(4)计算的天然沙和模型沙的起动流速见表 1, 起动流速比尺与模型律所要求的流速比尺基本一致。

表 1 起动流速计算值

天然沙		模型沙	
h/cm	$v_k/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	h/cm	$v_k/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$
6.12	119.00	40.8	25.35
7.27	129.90	48.5	27.71
11.27	163.20	75.1	34.96
13.74	181.40	91.6	38.97

2 试验成果及分析

2.1 改造方案的确定

在试验中分别在平均高潮位($\nabla 4.27 \text{ m}$)和保证率 97% 低潮位($\nabla -0.88 \text{ m}$)情况下选择了两种较为

典型的水泵运行组合, 对各种改造方案及改造前的前池流速场进行了量测。实测结果表明, 平均高潮位与保证率 97% 低潮位情况下, 改造前的前池中的水流流速差别较大, 对于下层水流而言, 最大流速值分别为 0.52 m/s 和 1.49 m/s 。而不同的水泵运行组合对前池中的流速分布只会造成局部影响, 对整体影响不是很大。这也说明, 不同的水泵运行组合对前池中泥沙的淤积分布会造成一定的影响, 但对总的淤积量的影响不会太大。

比较各改造方案的流场, 虽然不同程度上对现有的淤积情况都有所改善, 但有些方案还会造成新的淤积或因工程量大影响发电等。综合比较将一、二期前池与三期前池隔墙部分拆除, 即将与前池底宽相同的隔墙从上到下拆除, 保留前池边坡上的部分隔墙。从工程施工角度看此方案的改造工程量最小。

图 1 分别为平均高潮位时, 前池上层水流的流速分布矢量图。隔墙部分拆除后的流场与原流场相比, 并无明显的变化。对于底层的水流而言, 在 1 号和 9 号循环水泵流道前隔墙附近区域, 原方案中的流速较低, 淤积严重, 但在部分拆除隔墙以后, 该区域的流速明显加大, 在保证率 97% 低潮位情况下, 由原来的 0.076 m/s 提高到 0.29 m/s 。对于改善三期前池在 1 号和 2 号泵前的淤积以及 1 号和 2 号泵在低潮位时的抢水现象有明显的作

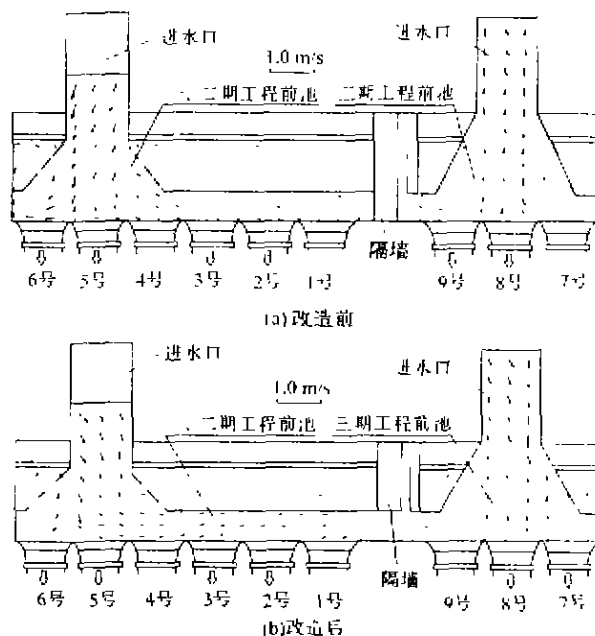


图 1 循环水泵前池水流流速分布矢量图

由于一、二期前池与三期前池相连通, 这样造成两条进水管渠的流量重新分配, 一、二期明渠的流量相对减小, 而三期明渠的进水量则增加, 它一部分仍用于供应 8 号和 9 号泵, 另一部分则用于补充 1 号和 2 号泵的取水量, 可解决 1 号和 2 号泵同时运行

时的水量不足问题。

2.2 泥沙淤积

为了验证模型设计及模型沙的相似比尺是否选择得当,通过对改造方案前的模型进行了实际放水验证,其淤积平衡时间和淤积部位与台州电厂 1999 年 10 月前池淤积的实测结果相比,基本上是一致的,说明模型设计及模型沙的选择是合理的。

图 2 为 1 号、4 号和 9 号泵停机,2 号、3 号、5 号、6 号、7 号和 8 号泵运行 43 h(相当原型 30 d 左右),改造方案前池内淤积达到基本平衡后的泥沙淤积三维分布图。

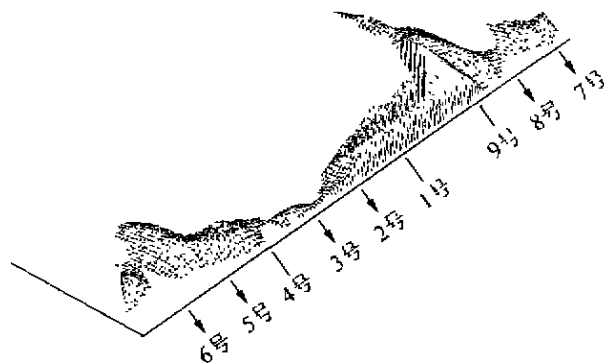


图 2 循环水泵前池改造方案泥沙淤积三维分布

从实测结果看,前池中泥沙主要淤积的区域在一、二期与三期前池之间的隔墙附近,最大淤积厚度达到 1.75 m,位于三期前池明渠进口扩散段右侧(顺明渠水流方向,下同),另一个淤积相对集中的区域为一、二期前池进水明渠扩散段的左侧。显然淤积较多的区域都位于停止运行的水泵流道进口前的部位。比较图 1(b)与图 2,不难发现,两者之间的对应关系是明显的,流速值相对较小的区域,泥沙的淤积量就较多,流速值小于 0.25 m/s 的区域,泥沙的淤积厚度多在 1.5 m 以上。

虽然该改造方案不能消除淤积现象,但对重点部位的淤积程度可起到明显的减轻作用,隔墙附近的淤积厚度改造后减小约 0.7 m。尤其是 1 号和 2 号泵前的淤积状况有明显的改善。

3 结 语

a. 对于台州电厂的各种改造方案,要完全避免淤积都是不可能的,只能从中选择不会影响循环水泵正常运行的淤积且改造工程量小而又便于施工的方案。

b. 验证试验表明,在满足水流和泥沙相似率的前提下,根据台州电厂循环水泵和前池淤积是由悬移质引起的特点,所确定的模型律和模型沙的选择是合理的。

c. 试验所确定的将一、二期工程前池与三期工

程前池部分连通的改造方案对改善原前池中主要淤积部位的淤积有明显的作用。

参考文献:

- [1] 沙玉清. 泥沙运动学引论[M]. 北京:中国工业出版社, 1965.
- [2] 窦国仁. 全沙模型相似律及设计实例[J]. 水利水运科技情报, 1977(3)

(收稿日期:2001-10-09 编辑:熊水斌)

· 简讯 ·

“江海论坛——可持续发展中的水环境” 学术研讨会在河海大学举行

由东部资源环境与可持续发展研究中心四个成员单位河海大学、南京大学、南京农业大学、中国科学院南京分院联合创办的“江海论坛”首次学术研讨会 2002 年 3 月 29 日在河海大学举行,本次研讨会的主题是“可持续发展中的水环境”。会议由河海大学副校长严以新教授主持,校长姜弘道教授致欢迎辞,中科院、工程院院士王思敬、汪集旸、卢耀如、周君亮、孙铁珩、吴中如、王颖及来自全国的数十名资源环境专家参加了研讨会。

我国东部地区自然条件优越,人文素质较高,经济发展活跃,引起世界瞩目。但是,东部在发展过程中,由于种种因素使生态环境变得脆弱,尤其是水环境中出现的问题十分严重,如不引起重视并加以解决或改善,必将制约经济社会的可持续发展。创办“江海论坛”,旨在联合全国知名专家和政府有关部门领导,结合国家经济建设和社会发展亟需解决的重大问题,对我国特别是东部 21 世纪的资源环境与可持续发展问题进行研究和交流,使论坛成为国家级重大课题和重要项目的孵化器。

研讨会上,院士和专家们分别就长江、长江三角洲、太湖流域的水资源、水环境保护及对可持续发展的影响等问题作了主题报告或专题发言。

第 6 届全国土动力学学术会议将在南京召开

由河海大学岩土工程研究所和南京水利科学研究所土工研究所承办的“第 6 届全国土动力学学术会议”将于 2002 年 5 月 18 ~ 20 日在南京召开,这是本世纪初第一次全国土动力学与岩土地震工程学术盛会。会议将就土的动力特性与本构关系、土工建筑物抗震分析与设计、土工动力测试技术及应用、土工抗震加固技术及工程实录等专题,对国内外近年来的发展和研究工作广泛的学术交流,并邀请著名的土动力学与岩土地震工程专家就本学科的发展作特邀报告。

(本刊编辑部供稿)