

深溪沟水电站泄洪冲砂洞进口漩涡措施

许 韬¹, 陈 琰²

(1. 中国水电顾问集团成都勘测设计研究院, 四川 成都 610072;
2. 中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院成都分院, 四川 成都 610073)

摘要:为消除深溪沟水电站泄洪冲砂洞进口漩涡的危害,在分析漩涡成因的基础上提出了一系列消漩涡措施,考虑到工程进水口边界水流条件,选择消漩涡栅作为消除漩涡的首选措施。设计拟定了消漩涡栅的布置高程、尺寸和结构。从实际运行情况来看,泄洪冲砂洞进口未出现较明显的串通吸气漏斗型漩涡,进口消漩涡栅的消漩涡效果明显,表明该工程消漩涡措施有效,消漩涡栅的设计合理。

关键词:泄洪冲砂洞;进口漩涡;消漩涡栅;深溪沟水电站

中图分类号:TV673 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2013)S1-0070-02

深溪沟水电站正常蓄水位为660.00 m,死水位为655.00 m。泄洪冲砂洞位于大坝右岸,与前期导流洞相结合,其主要功能为洪水期泄洪,水库淤积严重时冲砂清淤,施工期施工导流,以保证下游用水及控制水库水位。进口闸室段长20.0 m,设1道平板事故闸门,闸门孔口尺寸为15.5 m×18.0 m(宽×高)。出口段改建为工作闸室段,内设1道弧形工作闸门和1道平板检修闸门,工作闸门孔口尺寸为9.0 m×11.5 m(宽×高),出口段闸室长40.0 m。施工导流期间20年一遇洪水流量为7890 m³/s,单洞泄流量为3945 m³/s,校核洪水时2条泄洪冲砂洞的泄流量为4258 m³/s,设计洪水时2条泄洪冲砂洞的泄流量为3855 m³/s。

1 进口漩涡及危害

根据模型试验观测,深溪沟水电站库水位超过637.30 m,泄洪冲砂洞呈满流状态。库水位升至640.00 m时进水口前形成强度较弱的串通吸气漏斗型漩涡,吸气漏斗直径小,吸气弱,瞬即逝,随着库水位的升高,逐步形成强度较大的串通吸气漏斗型漩涡,而且出现的频率也增大。库水位升至652.00 m,该漩涡强度显著增大。库水位升至655.0 m以上,漩涡直径已达3~4 m,在工程中将伴有“轰隆隆”的吸气声响。

就本工程而言,串通吸气漏斗型漩涡的存在将带来以下危害:大量空气被吸入进水口,从而发出巨

大声响;降低泄流能力;管内存在气囊造成有压管道的气击;吸入漂浮物堵塞泄水通道,诱发闸门振动和空化空蚀。

2 漩涡的成因分析

进水口漩涡的发生具有随机性、游移性及偶发性等动态特征,是不同流速水体无定时、无定点碰撞的结果。影响进水口漩涡生成的因素很多。本工程不对称水流边界条件是形成漩涡的主要原因,进水口位于右岸,进水口水流轴线与原河道水流畅向斜交,属侧向进流,来流进入进水口前需调整流向,会引起平面流速分布不均匀,出现较大流速梯度,由此产生剪切流,具有一定的漩涡环量,促使水流旋转运动的发生。此外,进水口前存在滞水区也是产生漩涡的重要原因^[1]。滞水区上方水流受胸墙所阻变成减速流,滞水区下方受进口水流拖动力为加速流区,场内水体紊动翻滚,流态复杂,为漩涡的形成提供了条件。进水口的水力特性对漩涡的影响主要反映在进水口相对淹没深度 S/d 及其水流弗劳德数 Fr 上。有压进水口最小淹没深度可根据《水电站进水口设计规范》提供的戈登公式进行估算:

$$S = cvd^{1/2} \quad (1)$$

式中: S 为进水口淹没深度,m; v 为闸孔断面流速,m/s; d 为闸孔高度,m; c 为系数,当进水口设计良好和水流对称时,取值0.55,当边界复杂和水流侧向时取值0.73。

将式(1)量纲化为^[2]

$$\frac{S}{d} = kFr \quad (2)$$

其中 $k = c\sqrt{g}$ $Fr = \frac{v}{\sqrt{ga}}$

式中: g 为重力加速度; k 为比例因数, $k = 1.72 \sim 2.29$; Fr 为弗劳德数; a 为水深。

根据式(2)可以绘制出进水口相对淹没深度 S/d 及其水流弗劳德数 Fr 的相对关系区域,见图1。图中I区为相对安全区,不易发生吸气漏斗型漩涡;II区为过渡区,可能发生吸气漏斗型漩涡;III区为相对危险区,容易发生吸气漏斗型漩涡。

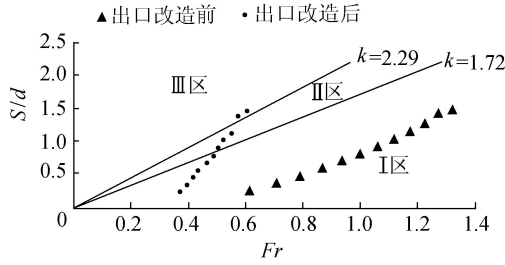


图1 S/d 及 Fr 的相对关系区域

本工程出口改造前和改造之后,进水口相对淹没深度 S/d 及其水流弗劳德系数 Fr 分布见图1,由图1可以看出,出口改造前分布在I区;出口改造后,开始时主要分布在I区,随着进水口水位的抬升,部分分布在II区、III区。发生吸气漏斗型漩涡的情况与模型试验观测情况基本吻合。由于边界条件的复杂性,各种类型漩涡发生和演变所对应的水流条件不能一概而论。

3 消涡措施

消涡的方式很多,主要有:①改善进流条件,减小进流角度,防止回流,削弱水流紊动^[3]。②优化进口及胸墙形式,根据日本学者的研究,进水口上方30°范围内属于漩涡易发生区域,可将直立胸墙前倾,消去“三角形”滞水区,则可避免串通吸气漏斗漩涡的发生,称之为“无涡进口”。③改善运行方式,尽量保持高水位运行,保证进口的相对淹没水深与其水流弗劳德数分布在图1中的I区。④修建专门的消涡建筑物(包括防涡梁、垂直隔板、水平隔板、导流墙、封闭格栅等)来消除进口旋涡。在进行工程设计时,可根据进水口处地形特点,从经济合理、结构简单、方便施工和管理等方面权衡,选取适当的措施。考虑到本工程进水口边界水流条件,既不能设计成无涡进水口,也不具备通过调整进水口 Fr 和 S/d 以避免有害涡出现的区域,因此消涡栅(梁)成了设计首选措施。

a. 消涡栅的布置高程拟定。根据模型试验,该进水口有害涡发生的主要水位约在640.00~660.00m之间。对于进口低水位,泄流量小,流速也小,有害涡发生间歇周期增长,转动环量强度小。此外消涡栅有效消涡水深也只能达到10m左右,因此选取650m为消涡栅设置高程,既可满足正常设计水位泄洪的要求,也可满足设计水位以上消涡要求。

b. 消涡栅尺寸的拟定。模型共进行了悬臂长 $L=3\text{ m}, 5\text{ m}, 6.5\text{ m}$ 和 7.5 m (平行洞轴线方向),宽 $B=26\text{ m}$ 多个方案的对比试验,结论为采用 $B \geq 26\text{ m}, L \geq 7.5\text{ m}$ 的消涡栅设置范围基本上能覆盖串通吸气斗型漩涡游移区域。

通过模型比选多个方案确定栅格孔眼和栅条尺寸,发现决定消涡效果好坏的主要因素是消涡栅孔眼的大小,其次是栅条的截面尺寸。孔眼大的消涡栅虽可简化结构,节省用料,但消涡效果差,有些直径较小的串通吸气漏斗漩涡仍可通过孔眼进入进水口;孔眼越小,消涡效果越好,但网眼密集消涡栅总质量会增加,也会增加悬臂结构的设计难度及工程投资。最后根据试验选取的消涡栅格栅孔眼尺寸为 $2.0\text{ m} \times 1.8\text{ m}$,悬臂梁和栅条高度各取 0.35 cm 和 0.21 cm 。该方案可以满足上游650.00m以上水位运行,不会发生串通吸气漏斗漩涡,具有消涡效果好、结构稳定可靠、施工方便、用料较省等优点。

c. 消涡栅结构的设计。在进水口前缘650.00m高程处设置了9根混凝土挑梁,梁宽0.5m,梁间距4.5m,挑梁长7.5m,自由端高0.5m,固结端高1.8m。在相邻挑梁之间布置4排横格梁,间距1.8m,梁高0.2m,梁宽0.15m。横隔梁与挑梁顶部预埋的钢板焊接固定。在横隔梁上面布置纵格梁,梁高0.2m,梁宽0.15m。纵、横均由两个“[”型钢对焊而成。横格梁与挑梁预埋钢板焊接固定,横格梁与纵格梁在交错处进行焊接固定,泄洪冲砂洞进口消涡栅布置见图2。

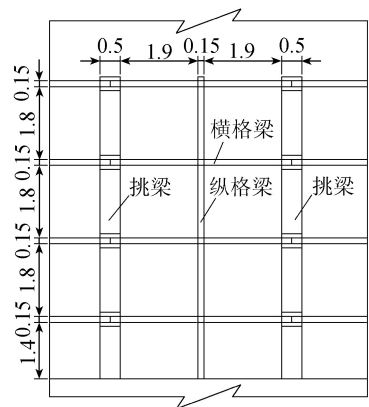


图2 泄洪冲砂洞进口消涡栅布置示意图(单位:m)

(下转第89页)

够确保工期要求,因此选用1000~1500t的运输船,平均每船能够装600~650m³淤泥杂质土,有限的航次内每天能够保证1.2万~1.3万m³的土方运输。

5.4 吸沙船

吸沙船采用6台6寸悬浮式泥浆泵作业,即一般长江吸沙吹填常用设备。由于通吕运河土质杂质含量较高,粒径大小不一,作业过程中对机械设备损害较大,故障频现,效率很低,为此,对泥浆泵泵头进行了改进,能够吸走3~4cm粒径以内的杂质碎石,然后通过大泵将杂质土吹至指定区域。工程安排了3艘吸沙船。

5.5 杂质处理

运泥船经吸沙吹填后大粒径的杂物全部留在船中,根据土源地点的不同,大约占总装载量的10%~20%,必须进行清仓,否则效率低。施工中利用绞吸船在长江大堤外侧300m以外江滩开挖港槽,将余有大粒径(40~50cm)杂质的运输船停至港槽处,利用浮吊将杂质清理掉,一般2个航次后就必须清仓。

6 质量技术保证措施

根据工程的特点,对主要工程项目土方工程的施工制定针对性的质量技术措施。

a. 实行质量交底制度,严格按设计图纸、工程招标合同文件、有关现行施工规范和质量标准制定实施措施,使施工人员都明确质量标准和技术要求、工艺方法和注意事项^[4]。

b. 经常进行技术方案的研究,对施工中容易出现的质量通病制定预防措施及保证措施。经常检查各级质量计划的执行情况及反馈意见,及时协调。

c. 施工测量根据建设单位提供的测量基准和水准点的数据经复核建立高精度施工控制网,对于所有永久性标桩,包括中心线、转角点、水准基点、三

角网点加以保护。

d. 疏浚土方工程质量技术措施。①平面开挖控制。建立工程施工现场控制网,并绘制测量放样图,将工程中各项目位置标注在坐标图中,然后根据工程项目部位放样定位并校核。控制点建立必须相互通视,且地基坚固不易被破坏,所有控制点均设立保护装置,并经常复核、检查。②挖宽控制。施工中加强测量放样,并在设计边线设立醒目标志,严格按照超宽标准进行开挖,定期对开挖过的航道进行挖宽检查。③挖深控制。严格按施工图施工,严格执行一岗多测制度并记录检测时的水深,当超深大于0.3m时,立即查找原因并调整挖掘深度。④边坡控制。挖泥船进行水下边坡开挖时,采用阶梯方式开挖。边坡开挖为全导标控制,严格按“下超上欠”“超欠平衡”的要求^[5],根据已设立的断面加密控制网,计算各级导标设立位置。

7 结 语

南通市通吕运河市区段疏浚整治工程很好地解决了弃土区选择困难,减少了土地的压废,做到了废物利用;合理选择施工机械、设备,解决了含杂质较多土方吹填问题,可为今后类似工程提供参考。

参考文献:

- [1] 严六四. 国内外河道疏浚工程施工技术发展[J]. 水利水电施工, 2006(4):33-39.
- [2] 赵政. 浅谈上海地区河道淤积成因及对策[J]. 上海水务, 2001(3):6-9.
- [3] 南通市通吕运河市区段整治工程可行性研究报告[R]. 南通:南通市水利勘测设计研究院, 2011.
- [4] 蔡跃忠. 市政施工质量常见问题及对策[J]. 科技资讯, 2011(15):110.
- [5] SL17—90 疏浚工程施工技术规范[S].

(收稿日期:2013-03-07 编辑:熊水斌)

(上接第71页)

4 结 语

a. 进水口相对淹没深度 S/d 及其水流弗劳德数 Fr 的相对关系区域图对判断进水口是否产生漩涡有一定的借鉴意义。

b. 深溪沟水电站泄洪冲砂洞出口改建完成且参与了泄洪,从运行情况来看,进口未出现较明显的串通吸气漏斗型漩涡,进口漩涡栅的漩涡效果明显,这

说明消涡栅的设计合理,该消能工能起到消涡作用。

参考文献:

- [1] 徐自立,梁宗祥. 泄洪排沙洞进口消涡措施试验研究[J]. 人民黄河, 2009(1):94-95.
- [2] 杜敏,高学平. 进水口最小淹没水深和消涡措施[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2007, 26(Sup1):237-239.
- [3] 施祖辉,陈青生,周春天. 消涡梁在抽水蓄能电站进水口中的应用[J]. 红水河, 2005, 24(4):16-19.

(收稿日期:2013-02-21 编辑:骆超)