

某水电站钢制拦污装置的设计应用

刘江林

四川大渡河双江口水电开发有限公司 四川 阿坝州 624000

摘要: 考虑到汛期该电站水库大量漂浮物将随水流到机组进水口, 进而可能堵塞机组进水口拦污栅形成压差, 影响机组出力。根据国内大型水力发电工程的成功经验, 结合该电站的实际情况, 设计了一种钢制拦污装置用于库区漂浮物的拦截, 为机组的稳定出力提供了可靠的保证, 取得了巨大的经济效益。

关键词: 水电站; 拦污装置; 设计应用

引言

某水电站位于大渡河中游石棉县挖角乡境内, 为大渡河干流水电规划的第十四级电站, 电站总装机容量2600MW, 在系统中担负调峰及调频, 枯期担负峰腰荷, 汛期主要担负基荷, 是四川电力系统中骨干电站之一。拦污装置的设计应用有利于保障电站设备的安全及稳定出力^[1]。

1 库区漂浮物情况

该水电站水库正常蓄水位1130.00m, 死水位1120.00m, 汛期排沙运行水位1123.00m, 干流回水32.1km, 支流田湾河库区回水长度5.41km。回水库区上游现有泸定县城, 沿岸的乡镇和工矿企业等生产生活设施也相对较多, 预计各种生活垃圾等杂物将会随水流进入水库; 同时, 库区右岸的磨西河、湾东河、什月河、田湾河, 以及左岸的加郡沟、雨洒河、王家沟等支流, 在汛期洪水季节常携带一些枯枝烂叶等固体径流物质进入库区, 仅部分物质沉积于大渡河中, 大量的漂浮物将随水流到电站坝前。特别是在汛期, 该库区漂浮物将激增, 可能堵塞机组进水口拦污栅形成压差, 造成机组发电出力减少, 严重时还将损坏拦污栅、机组导水机构等设备, 影响机组正常发电。为了解决库区漂浮物问题, 国内已投运水电站普遍安装了拦污装置, 因此该库区需设计安装拦污装置^[2]。

在当前拦污装置的应用中, 主要包含钢制拦污以及柔性拦污两种装置, 其中, 钢制拦污装置是通过钢管制作主浮体, 并将浮体固定在两岸的滑车轨道上, 在实际设计中, 拦污装置可以随着水位的变化而自动升降。柔性拦污装置在实际应用, 则是通过高分子材料合成绳索、拦污网、重锤等结构, 并通过增加长度的方式, 解决水位变化问题^[3]。在本次研究中, 结合实际应用需求,

作者简介: 刘江林(1983—), 男, 四川乐山人, 工程师, 工学学士, 从事水电站检修维护管理工作。

选择钢制拦污装置解决问题。

2 拦污装置主绳设计

主浮体在顺水流方向的受力只有由栅体前后水位差产生的水压力来定, 那么无论拦污栅在水压力作用下的变形情况如何, 水压力作用方向均为垂直立栅面, 且大小相等。拦污栅在理想情况下(无其他力的干扰, 如撞击等)为悬链线状态, 计算拦污栅张力时候可以根据悬链线内部张力的计算方法计算。根据悬链线的特点, 内部张力与跨度成正比, 与弧垂成反比, 内部张力的计算简图如图1所示。

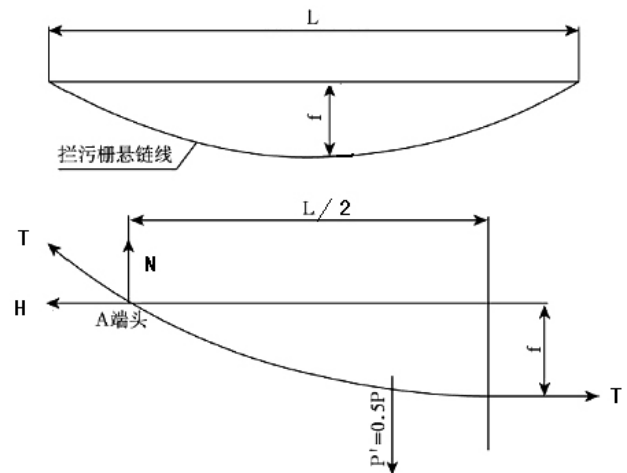


图1 受力分析计算简图

(1) 拦污栅水头差估算:

$$\Delta h = a \frac{v^2}{2g} = 0.5 \times \frac{3^2}{2 \times 10} = 0.225(\text{m})$$

本设计水头差按经验采用0.5m。

(2) 水头差水压力计算:

$$P_{\text{静水}} = \frac{1}{2} \times \gamma \times H_s^2 \times L = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.5^2 \times 118 = 148(\text{KN})$$

(3) 拦污栅风力计算:

以拦污栅水面以上堵塞高度1m为受风面积, 风速15m/s计算。

$$P_{风} = p_{风压} \times 1.0 \times L = 1.0 \times 1.4 \times 1.3 \times \frac{15^2}{1.6} \times 10^{-3} \times 1.0 \times 118 = 30(KN)$$

(4) 蓄水时流水压力计算

泄洪时流水流速按3m/s计算，过水堵断系数取0.8。L = 118m

$$P_{流水} = KA \frac{\gamma V^2}{2g} = 1.33 \times 1.8 \times 118 \times 0.8 \times \frac{10 \times 3^2}{2 \times 9.8} = 1006(KN)$$

(5) 泄洪时流水压力计算（与（2）、（3）、（4）项三力方向相反）泄洪时流水流速按3m/s计算，过水堵断系数取0.5。L = 236m

$$P_{泄水} = KA \frac{\gamma V^2}{2g} = 1.33 \times 1.8 \times 236 \times 0.5 \times \frac{10 \times 3^2}{2 \times 9.8} = 1272(KN)$$

$P_{泄水} \geq P_{静水} + P_{风} + P_{流水} = 1184KN$ ，按泄洪时流水压力控制设计。

(6) 荷载组合

按泄洪时流水压力 $P_{泄水} = 1272$ （KN）进行设计。

(7) 钢丝绳设计张力计算：

计算跨度： $L = 472/2 = 236m$ ，计算弧垂取： $f = 40m$

$$P_{泄水} = 1272(KN)$$

$$N = \frac{1}{2} \times P_{泄水} = 636(KN)$$

$$H = P_{泄水} L / 8f = 1272 \times 236 / 8 \times 40 = 938(KN)$$

$T = \sqrt{H^2 + N^2} = \sqrt{938^2 + 636^2} = 1133(KN)$ （主钢丝绳拉力）

(8) 主钢丝绳的理论长度：

$$S = 2 \times 2S_0 \approx 4 \sqrt{L_1^2 + \frac{4}{3} f^2} = 4 \sqrt{118^2 + \frac{4}{3} \times 40^2} = 507(m)$$

按力学计算选主绳6×37W-39-1770- I -甲级，单根长度525m与AB点滑环及拦污栅连接。

3 拦污装置主浮体

3.1 主浮体选型

主浮体主要有钢制和柔性两种，目前大渡河流域已投运的电站拦污装置主浮体结构形式是泸定、龙头石电站为钢制；瀑布沟、深溪沟、龚嘴电站为柔性。经了解，泸定、龙头石电站在使用过程中钢制拦污装置使用方便，维护量小，效果良好，因此该电站拦污装置采用钢制。钢制拦污装置相比柔性拦污装置主要有以下优点：

(1) 整体结构简单，易于制作安装。柔性拦污装置采用的柔性材料制作，结构复杂，设计施工难度较钢制拦污装置大。

(2) 浮筒之间采用铰接设计，能有效防止浮体旋转。钢制拦污装置主浮筒之间采用铰接设计，在水平方向可以自由活动，在垂直方向则不能自由旋转，如主浮体由于受到漂浮物的压力而产生旋转的话，旁边的主浮

体则会给予一个反作用力阻止其旋转。而柔性拦污装置之间采用绳索链接，在水平和垂直方向均可自由活动，拦污装置在受到漂浮物、水流、风等作用力的共同作用下，存在旋转倾覆的隐患^[4]。

(3) 主浮体拦污采用钢制拦污栅，能有效防止漂浮物钻过。柔性拦污装置主浮体拦污采用“拦污网+重锤”的结构，存在质量不均匀，在受到漂浮物的作用力推动下，拦污深度会由于拦污网的变形而减小，漂浮物容易钻过（见图2）。钢制拦污装置主浮体拦污采用钢制拦污栅进行拦污，拦污栅栅片间距为200mm，拦污栅在受到漂浮物的作用力推动下不会发生变形，仅会小角度旋转（见图3），能有效防止漂浮物钻过。

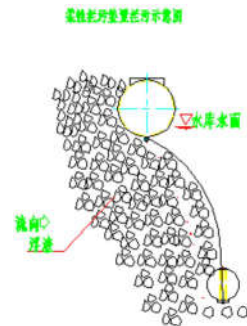


图2 柔性拦污装置拦污示意图



图3 钢制拦污装置拦污示意图

该装置已由四川省建南机电设备制造有限公司取得了实用新型专利，专利名称为一种水电站库区钢制拦污装置，专利号为ZL201320305688.5。钢制拦污装置主浮体结构见图4、5。

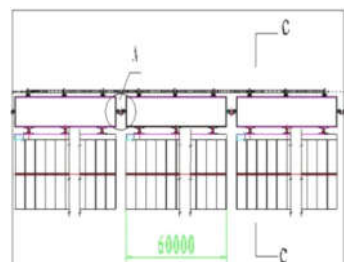


图4 拦污装置主浮体结构示意图

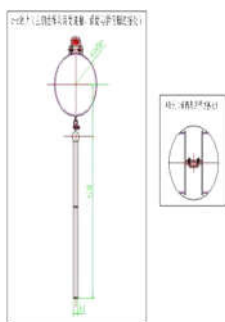


图5 拦污装置主浮体联接示意图

3.2 主浮体受力计算

根据该电站钢制拦污栅选址，河床长度462米及悬垂长度，主浮体长度理论长度为507米，将主浮体设计成80节，单节长度设计为6.0m，用主拉绳将滑环、拦污浮筒体全部联接起来。主浮筒选用 $\Phi 600*6*6000$ 钢管，浮力计算如下：

(1) 主浮筒 $\Phi 600*6*6000$ ，最大排水量：

$0.3*0.3*3.14*6 = 1.696\text{m}^3$ ，共80节，主浮筒总的排水量为： $1.696*80 = 135.65\text{m}^3$ 。

(2) 拦污栅单件最大排水量为 0.058m^3 ，共80件，总的排水量： $0.058*80 = 4.64\text{m}^3$ 。

(3) 拉锚钢丝绳重25.4t，在水中最大排量为： 3.23m^3 。

(4) 其它连接件重量为：2.16t，排水量为： 0.3m^3 。

综上(1)(2)(3)(4)，共计排水量： 143.878m^3 。

(5) 浮力最大值： $143.878\text{t}-73.2\text{t}$ （拦漂） -25.4t （拉锚绳） -5.5t （主钢丝绳） -2.16t 连接件 $\approx 37.5\text{t}$ 。

根据计算，浮筒浮出水面的高度为190mm，完全能满足拦污要求。

3.3 主浮体制作

主浮筒采用直径600mm、厚度6mm无缝钢管制作，两端封闭，封板厚度为10mm，单节浮筒之间采用平面活动锚销联接，浮筒与主拉钢丝绳之间采用锁扣联接，以便于单节浮筒检修更换，整个浮筒在长度方向为柔性，为增大主浮体的拦污深度，在主浮体下端挂1.4m高的拦污栅，拦污栅与浮筒用锁扣联接，拦污栅下端用钢丝绳将整个拦污栅联在一起，并与岸边浮体联接，这样可以避免拦污栅翻转。拦污栅栅片断面可以制作成椭圆状，减少水的阻力，这种结构拦污栅两栅片之间形成了文丘力效应，对较小垃圾特别是塑料袋等轻质垃圾产生吸力，不至于粘附在拦污栅上，便于垃圾清理，钢制拦污漂排结构简单，使用寿命长，减少维修时间，减轻工人的劳动强度。

4 某水电站钢制拦污装置的应用分析

结合水电站实际需求，在利用钢制拦污装置中，由

于其土建部分施工费用比较高，所以，钢制拦污装置的投资成本比较大，但是，在实际应用中，钢制拦污装置的耐久性比较好，日常维护可以对滑轨、钢绳等部位进行润滑即可，也可以采用局部防锈处理的方式，降低维护成本^[5]。在这一视角下，钢制拦污装置在具体应用中，可结合水电站的实际情况，从布置形式、安装位置等角度进行完善，对进一步提高钢制拦污装置的应用效果有促进作用。

(1) 布置形式，河道水流速度比较大的情况下，由于水电站的日均水头变化皮女郎比较大，所以，在这一情况下，选择钢制拦污装置的拦污效果最佳。

(2) 安装位置，考虑到水电站的泄洪需求，在选择钢制拦污装置后，可以将其安装在泄洪口，在保证泄洪效果的基础上，完成拦污任务。而柔性拦污装置在实际应用中，则需要原理泄洪洞口，避免出现装置损坏或被吸入的情况出现。

钢制拦污装置在实际应用中，比较关键的问题是金属结构件的防腐处理问题，所以，结合水电站的实际应用需求，需要重视防腐处理工作的开展，喷砂的表面应在Sa2.5以上，热喷锌需要达到120~140um，局部的最小喷涂厚度需要控制在120um，在强化封闭层喷涂质量的同时，钢丝绳以及锁扣等可以利用热浸锌的方式进行处理，并需要达到甲镀标准，从而提高钢制拦污装置金属结构件的防腐效果。

5 结语

自钢制拦污装置安装投运以来，该水电站钢制拦污装置已完成两个主汛期的考验，拦污装置运行情况良好，有效全面的拦截了库区漂浮物，确保了机组进水口机电设备及电力生产的顺利开展，为电网的安全稳定提供了可靠保证。水电站的拦污装置选择与应用，应结合工程实际需求，明确钢制拦污装置的技术要求及防腐标准等，对提高钢制拦污装置的应用效果有促进作用。

参考文献

- [1]中国水利水电第七工程局有限公司；大岗山水电站钢制拦污装置设计资料,2015年。
- [2]武建,张春树,张吉刚,等.基于水电站拦漂排的自动清污装置研究[J].水电站机电技术,2024,47(08):82-86.
- [3]董至辰.浅谈水库输水洞拦污栅水下更换作业要点[J].陕西水利,2024,(03):147-149.
- [4]王慧.大型泵站拦污栅设备的运行管理与维护方法探讨[J].清洗世界,2023,39(09):181-183.
- [5]封吴秋,林恰,唐榕蔚.抽水蓄能电站拦污栅桥梁设计标准及参数拟定研究[J].水利水电技术(中英文),2023,54(S2):76-80.