

水位波动对沙沱升船机闸门调整的影响分析和优化应用

刘珂

(贵州省沙沱通航管理处, 贵州 铜仁 565300)

摘要: 本文介绍了乌江沙沱升船机闸门的结构和工作原理, 分析了闸门调整临界值水位波动对其影响, 经比选形成方案, 对 PLC 程序优化, 解决闸门反复调整问题。经运行验证, 满足实际控制需求, 消除了临界值水位波动的影响。

关键词: 水位波动; 升船机; 闸首工作门; 程序优化; 延时指令

中图分类号: U642

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2022) 09—0110—03

乌江沙沱升船机为全平衡钢丝绳卷扬式垂直升船机, 设计规模 500t 级, 最大提升高度 75.38m。设计上游最高通航水位 365.00m, 最低通航水位 353.50m; 设计下游最高通航水位 300.38m, 最低通航水位 289.62m。

1 闸门的结构特点

正常通航时, 闸首工作门是升船机的挡水门, 上(下)闸首工作门布置于过坝渠道最末端(下闸首最前端), 均为带卧倒小门的下沉式平面钢闸门, 呈 U 型结构。

上闸门挡水底高程 348.50m, 最大工作水头 16.50m, 可适应上游水位的变幅。卧倒小门可适应 1.65m 通航水位变化。下闸门挡水底高程 285.12m, 最大工作水头 15.26m, 可适应下游航道水位的变幅。卧倒小门可适应 1.95m 通航水位变化。水位变幅超过卧倒小门适应数值时, 由闸门带压操作, 适应水位变化。工作时, 闸门两侧的锁定机构锁定在门槽内。

2 闸门的工作原理

沙沱升船机上闸首工作门设置有 7 个停位和 7 个锁定位, 下闸首工作门设置有 6 个停位和 6 个锁定位。停运时, 闸门均处在最高停位(也称“停运位”), 且闸门锁定装置处在锁定状态。

闸首调整子程序设计为 3 种模式。分别是初始化闸门调整(见图 1)、水位变化的闸门调整(见图 2)和下班停运闸门调整。调整规则: 运行系统自动采集水位值和闸首工作门高程值, PLC 程序根据采集的数据值, 按预设区间自动判定闸门目标停位。闸门的升降动作:

从当前停位, 提升到对应锁定位, 执行解锁, 然后从锁定位升降至目标停位对应的锁定位, 执行锁定后, 下降到目标停位。



图 1 “初始化”闸门调整界面图



图 2 水位变化闸门调整界面图

3 临界值水位波动对闸门调整的影响

沙沱水电站总装机容量 1120MW。4 台机组运行时, 发电负荷变化较为频繁, 下泄流量变化较大, 下游水位变幅也较大, 影响升船机的安全运行。通航时, 申请机组稳定发电负荷, 保障通航水位的相对稳定, 但水位波动不可避免。

3.1 水位波动特性

当机组发电负荷稳定时, 分别采集了 2 个小时在临界值(上游 361.70m 和下游 291.52m)波动的水位值数据,

以分钟为单位，分别绘制了上游水位波动曲线图（见图3）和下游水位波动曲线图（见图4）。

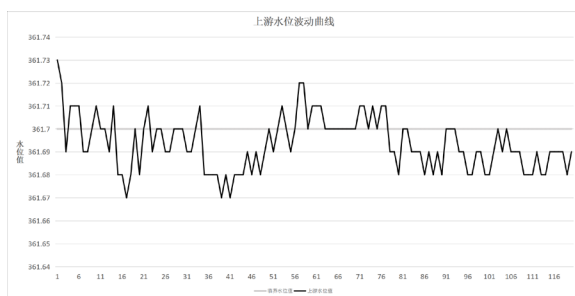


图3 上游水位波动曲线图

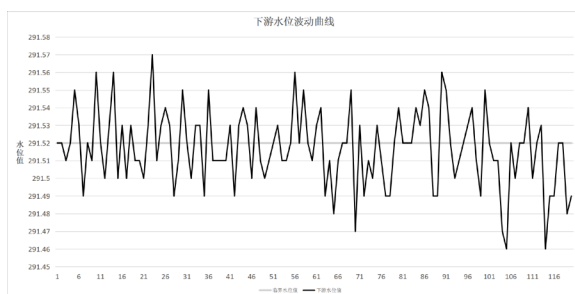


图4 下游水位波动曲线图

据图3和图4可知：上游水位波动频率低于下游水位波动频率，上游水位波动起伏缓于下游水位波动起伏。在选取的时间段内，上游水位最高值和最低值相差0.06m；下游水位最高值和最低值相差0.11m，通航水位相对稳定。

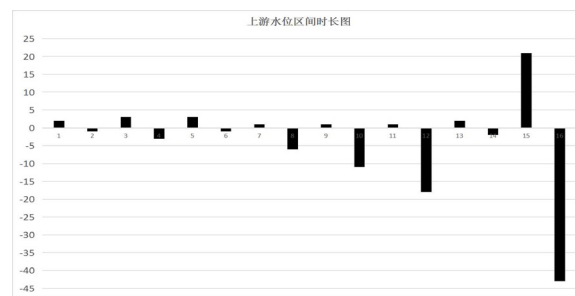


图5 上游水位区间时长图

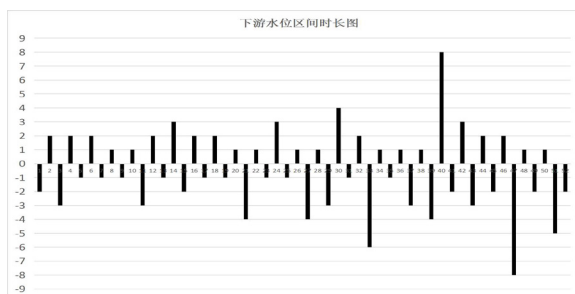


图6 下游水位区间时长图

将水位连续超过临界值的时长记为正值，将连续低于临界值的时长记为负值，统计后，得到上游水位区间

时长图（见图5）和下游水位区间时长图（见图6）。在采集的时间段内，上游共有16次时长，下游共有52次时长。据图可知，在不考虑上游水位呈现下降趋势外，上游和下游水位区间时长多在5分钟以内。

3.2 水位波动带来的影响

以上闸首工作门为例，上游水位在临界值(361.70m)波动时，水位高于临界值时，闸首工作门应停在6#停位；水位低于临界值，上闸首工作门应停在5#停位。上游水位临界值波动，船厢和闸首工作门处于解除对接状态时，PLC程序将中断主提升机的运行，提示“水位上涨，需提升闸门”或“水位下降，需下降闸门”，需反复手动执行闸门调整子程序，影响升船机的正常稳定运行。现行工作机制，不能快速有效地实现机组运行负荷的临时增减，确保通航水位波动不受临界值影响。因此，需采用技术方式，消除临界值水位波动的影响。

4 确立优化思路

4.1 设计思路

通航水位值按区间划分，闸门适应水位区间停位，闸门高程呈“阶梯状”调整。思路一：变更设计，对闸首工作门高程采用手动赋值，预留安全高度，使闸门高程可随水位值呈“线性”调整，不受临界值影响。思路二：维持当前设计，考虑在闸门调整程序段中增加延时功能。水位波动，闸门高度安全可控。水位变幅，亦可执行闸门调整程序。

4.2 便捷性和安全性分析

采用思路一，需变更设计，PLC程序编写和HMI人机界面编程，难度较大，调试周期长，不易操作；闸门高程“线性”变化后，闸门的锁定装置将会弃用，闸门启闭机带压运行，不适应长时间运行，若液压管路爆裂，设备安全性无法保障；闸门预设安全高度，运行安全可以保障。

采用思路二，需对PLC程序段进行优化，增加延时功能，操作较为容易。增加延时功能后，延时闸门提升时，闸门高程高于临界值超0.7m，延时闸门下降时，闸门门槛水深2.7m（高于承船厢有效水深2.5m），参考沙沱水位波动情况，运行安全可控。经比选，思路二安全性更高，且容易操作。

5 优化方案应用

明确采用增加延时功能的优化方案后，需解决三个

问题：一是功能流程的设计；二是延时数值的确定；三是程序段的优化。

5.1 功能流程的设计

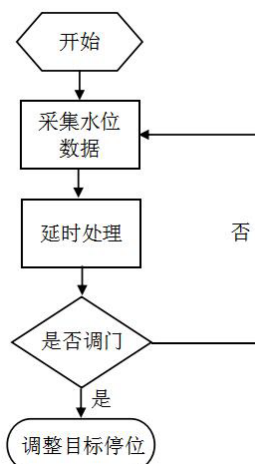


图 7 功能流程图

5.2 延时数值的确定

船舶过坝时，经多次运行统计，升船机主提升的运行时长均为 7 分钟，结合上游和下游水位区间时长大多在 5 分钟以内的特性，宜选择延时数值为 5 分钟。

5.3 程序段优化

考虑到上游水位相对稳定，闸门调整 PLC 程序段中仅需增加 TON 指令即可，延时闸门下降和延时闸门提升。

考虑到下游水位变幅较大，将临界值上下放宽 30mm（见图 8），规定在重叠区间内，优先提升闸门；同时，在闸门调整 PLC 程序段中增加 TON 指令，延时闸门提升（见图 9）和延时闸门下降（见图 10），保障升船机稳定运行。

6 结语

乌江沙沱升船机闸首工作门子站的 PLC 程序段，已实施了优化，经多次运行验证，尤其是机组负荷稳定时，通航水位在临界值波动，延时满足控制需求，解决了水位波动带来的影响，保障了沙沱升船机稳定安全运行。

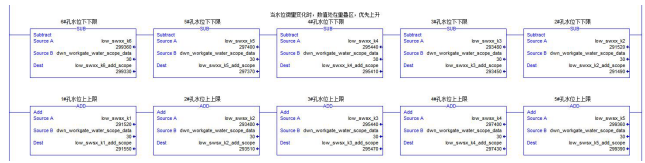


图 8 临界值上下放宽 30mm 程序段图



图 9 闸门延时下降程序段图



图 10 闸门延时上升程序段图

参考文献：

[1] 胡亚安, 安建峰, 赵建钧, 王新. 向家坝升船机下游引航道口门区水力波动特性原型观测 [J]. 水运工程, 2020(12):22-26.

[2] 尚桦, 李若. 水位变动对三峡升船机船厢下游对接运行操作的影响 [J]. 水运工程, 2020(02):62-66.

[3] 龚国庆, 徐刚, 徐渊. 三峡升船机闸首工作门位与通航水位关系研究 [J]. 水道港口, 2019,40(05):572-577.

[4] 李秋平, 闫金波. 三峡升船机下游引航道水位波动分析 [J]. 水利水电快报, 2019,40(02):10-13.

[5] 李友明, 黄猛. 沙沱水电站升船机上下闸首工作门门叶制作关键技术 [J]. 四川水力发电, 2016,35(06):45-48+87.

[6] 谭守林. 思林水电站 500t 级垂直升船机设计布置 [J]. 贵州水力发电, 2008(04):62-65.

[7] 刘小敏, 伍友富. 适应大水位变幅的垂直升船机上闸首布置探讨 [J]. 人民长江, 1998(03):35-37.

