

# 刘山站节制闸卷扬式启闭机改造技术探讨

葛 浩<sup>1</sup>, 沙福全<sup>2</sup>, 王泽忠<sup>3</sup>, 李蕴升<sup>3</sup>, 戴 义<sup>4</sup>, 于贤磊<sup>4\*</sup>

(1. 南通市水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 南通 226001; 2. 江苏天星建设集团有限公司, 江苏 南通 226001;  
3. 江苏省江都水利工程管理处, 江苏 扬州 225200; 4. 南水北调东线江苏水源有限责任公司, 江苏 南京 210019)

**摘要:** 针对南水北调刘山站节制闸卷扬式启闭机运行过载问题, 分析其原因按照通常正向挡水启门力选型时, 还需进一步考虑闸门反向挡水时下泄水流对闸门主梁冲击引起的附加荷载。基于上述原因分析, 通过重新选型计算, 更换配套电机及相应减速机, 从而解决电机过载问题, 研究成果可为节制闸卷扬式启闭机选型优化和技术改造提供参考。

**关键词:** 水利工程; 节制闸; 卷扬式启闭机

中图分类号: TV664

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2025)03-0059-0003

## Discussion on the renovation technology of the gate lifting hoist for the control gate at Liushan Station

GE Hao<sup>1</sup>, SHA Fuquan<sup>2</sup>, WANG Zezhong<sup>3</sup>, LI Yunsheng<sup>3</sup>, DAI Yi<sup>4</sup>, YU Xianlei<sup>4\*</sup>

(1. Nantong Surveying & Design Institute of Water Resources Co., Ltd., Nantong 226001, China;  
2. Jiangsu Tianxing Construction Group Co., Ltd., Nantong 226001, China; 3. Jiangdu Water Conservancy Project Management Office of Jiangsu Province, Yangzhou 225200, China; 4. The Eastern Route of South-to-North Water Diversion Jiangsu Water Resource Co., Ltd., Nanjing 210019, China)

**Abstract:** This article focuses on the overload problem of the gate lifting hoist for the control gate of Liushan Station in the south-to-north water diversion project. The cause is attributed to the need for further consideration of the additional load caused by the impact of the downstream water flow on the main beam of the gate during reverse water blocking, in addition to the usual selection based on the forward water blocking gate lifting force. Based on the above reasons, by re-selecting and calculating, replacing the matching motor and corresponding reducer, the problem of motor overload can be completely solved. The research findings can serve as a reference for the optimal selection of gate lifting hoists for control gates and their technical renovation.

**Key words:** water conservancy project; control gate; gate lifting hoist

## 1 概 述

南水北调刘山站为南水北调东线一期第7梯级泵站, 工程位于沂沭泗流域的京杭运河不牢河段, 在邳州市宿羊山镇境内, 距徐州市区约60 km。该站主要功能是实现不牢河段从骆马湖向南四湖调

水75 m<sup>3</sup>/s的目标, 在提供城市生活、工业用水的同时改善徐州市的用水和不牢河段的航运条件, 工程设计流量125 m<sup>3</sup>/s, 装机5台套(含备用机组1台)。泵站与节制闸合建的主要作用是泵站向北送水、节制闸向闸下排涝。节制闸地处徐州市泄洪主要通道, 承担着重要的防汛任务。刘山站节制闸采用带

收稿日期: 2024-11-05

基金项目: 江苏南水北调科技研发项目(JSNSBD202201)

作者简介: 葛 浩(1992—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事水利工程设计工作。E-mail: 472839878@qq.com

通信作者: 于贤磊(1992—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事南水北调泵站工程管理研究工作。E-mail: 2521002697@qq.com

胸墙的开敞式结构,设计流量 828 m³/s(100 年一遇),校核流量 1 370 m³/s(300 年一遇),共 5 孔,单孔净宽 10 m,分设 2 块底板 3 孔一联、2 孔一联。闸门

为平板钢闸门,配 QP-2×250 kN 卷扬式启闭机<sup>[1-2]</sup>,启门高度 12 m,总传动比 248.2,启门速度 2.20 m/min。启闭机主要参数如表 1 所示。

表 1 节制闸启闭机主要参数

电动机型号	电动机额定电流/A	电动机转速/(r/min)	联轴器型号	减速机型号	制动器型号
YZ200L-8-15 kW	34.8	680	LMZ7-11-300	ZQY650-50	TJ2-300

针对节制闸卷扬式启闭机在实际运行过程中出现的减速机启闭时电机过载问题,通过分析问题产生的原因,经选型计算,更换配套电机及相应减速机,从而解决电机过载问题,为节制闸卷扬式启闭机优化选型和同类工程技术改造提供指导。

2 运行状况

节制闸曾在闸门启闭时发现电机过载现象,启门过程中启门扬程、开启高度、电流、电压及启闭时间等参数见表 2。表 2 数据显示,在上下游水位差为 3.79 m、启闭高度为 1.5 m 时,启闭机电流最大,达到 51 A,电机过载量达到 50% 以上。电动机所带负载过重时,转子转速下降,电动机的转差率增大,这时电动机的定子电流将增大。当定子电流较长时间超过额定值运行时,发热量的增加将使电动机温度升高,使绝缘过热加速老化。节制闸承担排泄徐州市丰、沛县西南部和徐州市区故黄河以北地区的洪涝水,且上游为河道无调蓄功能,需要及时开启闸门泄洪。

表 2 节制闸闸门启门参数

编号	扬程/ m	开启高 度/m	电流/A			电压/ V	启闭时 长/s
			A 相	B 相	C 相		
4 <sup>#</sup>	1.23	0~2.25	39	38	41	380	55
3 <sup>#</sup>	3.79	0~1.50	50	51	50		38
4 <sup>#</sup>	3.79	0~0.75	48	49	50		27
2 <sup>#</sup>	3.79	0~0.73	45	46	47		26
1 <sup>#</sup>	3.79	0~0.68	40	40	42		24
5 <sup>#</sup>	3.79	0~0.73	45	45	46		24

3 原因分析

在上游水位 26.47 m(底板高程 20.5 m)、下游水位 24.37 m 条件下,现场实测了启门过程中闸门不同开高时的启闭机启门功率,如表 3 所示。

表 3 实测启门时不同开高启闭机功率与启门力

开高/m		启闭机功率/ kW	启门力/kN
起始阶段	结束阶段		
0.00	0.22	13.48	263.26
0.22	0.42	13.77	268.93
0.42	0.61	16.12	314.82
0.61	0.81	17.93	350.17
0.81	1.01	17.80	347.63
1.01	1.21	18.40	359.35
1.21	1.41	19.48	380.44
1.41	1.61	20.21	394.70
1.61	1.80	20.60	402.32
1.80	2.00	21.02	410.52
2.00	2.20	21.96	428.88
2.20	2.41	21.76	424.97
2.41	2.61	21.20	414.04

启闭机启门时传递到吊点的功率计算式为

$$P=P_{\text{电机}}\times\eta_{\text{电机}}\times\eta_{\text{齿轮箱}}\times\eta_{\text{滑轮}}=F_{\text{绳}}V_{\text{绳}} \tag{1}$$

式中: $P_{\text{电机}}$ 为电机输入电功率,kW; $\eta_{\text{电机}}$ 、 $\eta_{\text{齿轮箱}}$ 、 $\eta_{\text{滑轮}}$ 分别为电机、齿轮箱和定滑轮的效率,%; $F_{\text{绳}}$ 为 2 根钢丝绳拉力,kN,启门力  $F_{\text{启}}=2F_{\text{绳}}$ ; $V_{\text{绳}}$ 为启闭机卷筒卷动钢丝绳的速度,m/s,是启门速度  $V_{\text{启}}$  的 2 倍,即  $V_{\text{绳}}=2V_{\text{启}}$ 。

试验启门力计算公式为

$$F_{\text{启}}=2F_{\text{绳}}=\frac{2P_{\text{电机}}\eta_{\text{电机}}\eta_{\text{齿轮箱}}\eta_{\text{滑轮}}}{V_{\text{绳}}} \tag{2}$$

式中, $\eta_{\text{电机}}$ 、 $\eta_{\text{齿轮箱}}$ 、 $\eta_{\text{滑轮}}$ 分别取为 0.8、0.9、0.99。

经计算  $V_{\text{绳}}$  为 0.073 m/s,则启门力计算式为

$$F_{\text{启}}=2F_{\text{绳}}=\frac{2P_{\text{电机}}\eta_{\text{电机}}\eta_{\text{齿轮箱}}\eta_{\text{滑轮}}}{V_{\text{绳}}}=19.53P_{\text{电机}} \tag{3}$$

式中: $F_{\text{启}}$ 为启门力,kN; $P_{\text{电机}}$ 为电机输入电功率,kW; $\eta_{\text{电机}}$ 、 $\eta_{\text{齿轮箱}}$ 、 $\eta_{\text{滑轮}}$ 分别为电机、齿轮箱和定滑轮的效率,%; $F_{\text{绳}}$ 为 2 根钢丝绳拉力,kN。

根据现场实测的启闭机电动机输入电功率,应用式(3)即可计算出启门时各开高时的启门力。

由表3可知,节制闸最大启门力发生在闸门开启高2.2 m时,最大启门力为428.88 kN,启闭机设计启门力为500 kN,因此启闭机选择合理。但启闭机配套电动机额定功率为15 kW,而实际工作功率达22 kW时将超载。这是由于按照通常正向挡水启门力选择启闭机时,还需进一步考虑闸门反向挡水时下泄水流对闸门主梁冲击引起的附加荷载。

## 4 改造措施

为保证节制闸启门安全,需对电动机功率重新配套选型,增大配套电动机功率。

### 4.1 电动机选型

为了满足电动机起动时间和不过热要求,根据《水利水电工程启闭机制造安装及验收规范》(SL/T 381—2021)初步选择电动机功率为22 kW。该启闭机1次连续运行约为5 min,可按30 min短时工作制定额选择电动机功率。经查产品目录,电动机选择为YZ225M-8型电动机,该型号电动机相应参数为 $P=22$  kW、 $FC=40\%$ 、 $n=690$  r/min,额定电流为49.50 A。

### 4.2 电动机过载校验

按照《水利水电工程启闭机设计规范》(SL41—2018)<sup>[3]</sup>附录进行电动机过载校验,校验公式为

$$P_n \geq \frac{H}{m\lambda_m} \times \frac{Q_{\text{起}}v}{100\eta} \quad (4)$$

式中: $P_n$ 为基准工作制时电动机额定功率,以上所选电动机功率为18.5 kW; $H$ 为系数,笼型异步电动机取2.2; $m$ 为电动机个数,此处为1个; $\lambda_m$ 为基准工作制时电动机转矩允许过载倍数,经查询取2.7。

经计算可得 $P_n=22$  kW > 16.39 kW,电动机过载校验满足规范要求。

### 4.3 减速器选型

电动机转速不变,起升速度不变,则总传动比不变,减速机的传动比 $i=48.57$ ,经查减速机样本,选择ZQ650-6硬齿面型减速机,输入功率24 kW > 22 kW,可以满足使用要求。

### 4.4 改造调试情况

电动机出厂前,开展了电机出厂试验和启闭机空载试运行,经检测,线路绝缘电阻为500 M $\Omega$ ,满足0.5 M $\Omega$ 的质量要求。电动机三相定子(线)电流分别为A相23.69 A、B相24.08 A、C相23.8 A,不平衡度 $B$ 计算式为

$$B = \frac{I_i - I_{\text{平1}}}{I_{\text{平2}}} \times 100\% \quad (5)$$

式中: $I_i$ 为三相电流最大值; $I_{\text{平1}}$ 为除最大值外的其余两项平均值; $I_{\text{平2}}$ 为三相电流平均值。

根据式(5)计算可得不平衡度为1.40%,三相电流不平衡满足规范 $\pm 10\%$ 的要求<sup>[4]</sup>。改造项目实施完成后,现场管理人员进行了启闭机调试,调试过程中,电动机运行平稳,电气设备无过热现象,所有保护装置和信号准确可靠,所有机械部件在运行中无冲击声,制动器无打滑、焦味和冒烟现象。荷重指示器与高度指示器的读数能够准确反应在不同开度下的启闭力值。

对启门扬程、开启高度、电流、电压及启闭时间等参数进行了记录(表4),由表4可看出,电机电流最大值为42 A,均小于额定电流49.50 A。

表4 节制闸闸门启门参数记录

编号	扬程/ m	开启高度/ m	电流/A			电压/ V	启闭时 长/s
			A相	B相	C相		
4 <sup>#</sup>	4.39	0~0.50	37	38	38		13
1 <sup>#</sup>	4.39	0~0.50	38	37	37		14
3 <sup>#</sup>	4.68	0~0.30	41	42	42		8
2 <sup>#</sup>	4.68	0~0.30	41	41	42		7
3 <sup>#</sup>	2.38	1.65~2.50	35	34	34	380	20
4 <sup>#</sup>	2.38	1.65~2.50	34	35	34		20
2 <sup>#</sup>	2.38	1.65~2.50	34	33	34		19
1 <sup>#</sup>	2.38	1.65~2.50	35	34	34		18
5 <sup>#</sup>	2.38	1.65~2.50	35	34	34		20

基于上述研究,针对南水北调刘山站节制闸卷扬式启闭机启门电机过载的问题,分析设计选型电机功率较小导致启门力不足的原因,通过将电机功率提高至22 kW,同时采取更换配套减速机等措施进行了设备优化与技术改造。

#### 参考文献:

- [1] 于贤磊,鲁健,倪春,等.南水北调解台站节制闸液压启闭机改造技术探讨[J].江苏水利,2023(7):59-62.
- [2] 佚名.南水北调东线刘山站工程试运行成功[J].江苏水利,2008(11):54-55.
- [3] 中华人民共和国水利部.水利水电工程启闭机设计规范:SL41—2018[M].北京:中国水利水电出版社,2018.
- [4] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.卷扬式启闭机:GB/T 10597—2022[S].北京:中国水利水电出版社,2022.