

# 带回转吊门机抗倾覆稳定性不足的处理措施

王宣奇<sup>1</sup>, 王小慧<sup>2</sup>

(1. 自贡东方水利机械有限责任公司, 四川 成都 610100;

2. 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

**摘要:**带回转吊的门式启闭机是一种水利水电工程中常见的机械设备,通常采用主起升机构承担对闸门的启闭、安装及检修吊运任务,采用回转吊承担对液压启闭机油缸的安装及检修吊运任务,对所在部位的金属结构设备正常运行发挥着重要作用。回转吊悬伸于门架之外作回转运动,回转吊运行时的整机抗倾覆稳定性是确保门机安全运行的必要条件。某水电站工程 1 000 kN/160 kN 带回转吊的双向门式启闭机通过在回转吊立柱下方增加支承轮的处理措施,提高了门机的抗倾覆稳定性,成功解决了门机抗倾覆稳定性不足的问题。

**关键词:**门式启闭机;回转吊;支承轮;抗倾覆稳定性

**中图分类号:**TV664+.3;U294.27+5;TJ303+.5

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2023)03-0121-04

## Treatment Measures for Inadequate Stability Against Overturning of Gantry Crane with Rotary Hoist

WANG Xuanqi<sup>1</sup>, WANG Xiaohui<sup>2</sup>

(1. Zigong Oriental Hydraulic Machinery Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610100;

2. PowerChina Chengdu Engineering Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610072)

**Abstract:** The gantry crane with rotary hoist is a common mechanical equipment in water conservancy and hydropower projects. The main lifting mechanism is usually used to undertake the tasks of opening, closing, installation, and maintenance of the gate. The rotary hoist is used to undertake the tasks of installation, maintenance, and lifting of the hydraulic hoist cylinder, and plays an important role in the normal operation of the metal structure equipment. The rotary hoist overhangs outside the gantry for rotary motion. The stability of the entire machine against overturning during the operation of the rotary hoist is a necessary guarantee for the safe operation of the gantry crane. This article takes a 1 000 kN/160 kN gantry crane with a rotary hoist of a hydropower station as an example. By adding supporting wheels under the column of the slewing crane, the anti-overturning stability of the gantry crane has been improved, and the problem of insufficient anti-overturning stability of the gantry crane has been successfully solved. This provides a reference for solving such problems.

**Key words:** gantry crane; rotary hoist; supporting wheels; anti-overturning stability

## 1 概况

某水电站工程泄洪闸坝顶设有一台 1 000 kN/160 kN 带回转吊双向门式启闭机(以下简称门机),按工程设计,其 1 000 kN 主起升机构承担泄洪闸检修闸门的启闭、安装及维修吊运等任务,门机下游侧设置一套 160 kN 回转吊,承担液压启闭机油缸的安装及维修吊运任务。该门机于 2009 年 3 月完成现场安装后,按特种设备检验要求,对主起升机构和行走机构分别进行静载试验

和动载试验,均满足要求;在对回转吊进行静载试验时,发现当负载回转到平行大车轨道方向的位置时,回转吊对侧的大车行走车轮踏面离开轨面约 50 mm,门机存在倾覆隐患。

经设计复核,发现原设计方案在该试验工况下,确有抗倾覆稳定性不足的问题。为提高门机的抗倾覆稳定性,一般采用在下横梁上新增配重的方案,经计算需另加配重约 20 t。由于该门机回转吊侧的下横梁布置有爬梯、平台、栏杆及电缆卷筒,配重安装的空间不足;且配重 20 t 后门机

收稿日期:2023-03-09

自重增大,导致大车行走机构的动力不满足行走要求,配重方案存在较多的弊端。根据门机总体结构,提出了在回转吊立柱下方新增支承轮来改变该工况抗倾覆稳定计算的支点以提高门机的抗倾覆稳定性的措施,并完成了支承轮的安装布置和设备设计。支承轮做成后运往现场,由安装单位对该门机按支承轮安装布置图进行安装。安装完成,对该门机重新进行了静载和动载试验。试

验结果表明,改造后的门机在回转吊额定荷载回转至平行大车轨道方向时,整机抗倾覆稳定性满足要求。

## 2 带回转吊双向门机的主要部件

带回转吊双向门机主要由小车、回转吊、门架、大车运行机构、夹轨器、电缆卷筒、司机室等组成,1 000 kN/160 kN 带回转吊双向门机原设计总图见图 1。

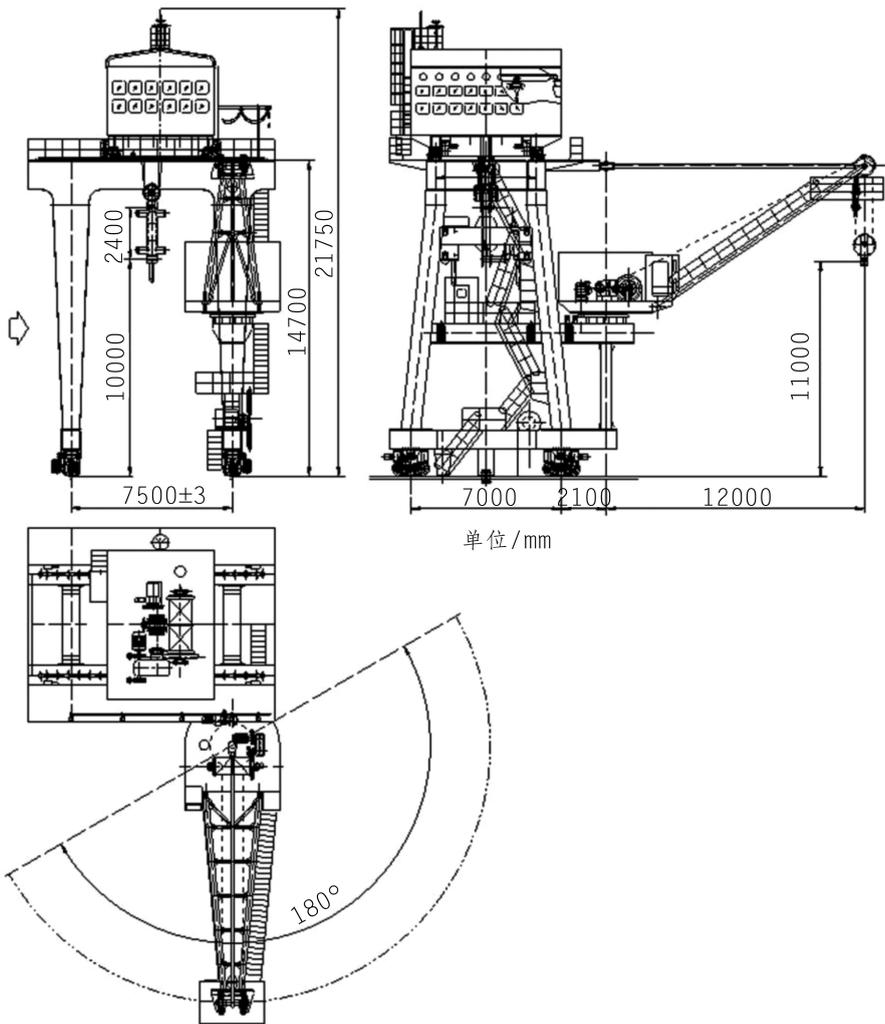


图1 1 000 kN/160 kN带回转吊双向门机原设计总图

## 3 门式启闭机的技术参数

### 3.1 主起升机构技术参数

起升荷载:1 000 kN;总起升高度:30 m;轨上揚程:8 m;起升速度:0.2~2 m/min;下降速度:2~4 m/min;工作级别:Q3—中。

### 3.2 回转吊起升机构技术参数

起升荷载:160 kN;总起升高度:20 m;轨上揚

程:11 m;起闭速度:2 m/min;工作级别:Q2—轻。

### 3.3 回转吊回转机构技术参数

回转半径:12 m;回转角度:180°;回转速度:0.4 r/min;工作级别:Q2—轻。

### 3.4 大车运行机构技术参数

运行荷载:630 kN;运行速度:20 m/min;车轮直径:Φ710 mm;轨距:7.5 m;轮距:7.0 m;工

作级别:Q3—中。

### 3.5 小车运行机构主要技术参数

运行荷载:630 kN;运行速度:2.0 m/min;车轮直径:Φ710 mm;轨距:4.7 m;轮距:4.3 m;工作级别:Q3—中。

## 4 原门机抗倾覆稳定性的复核

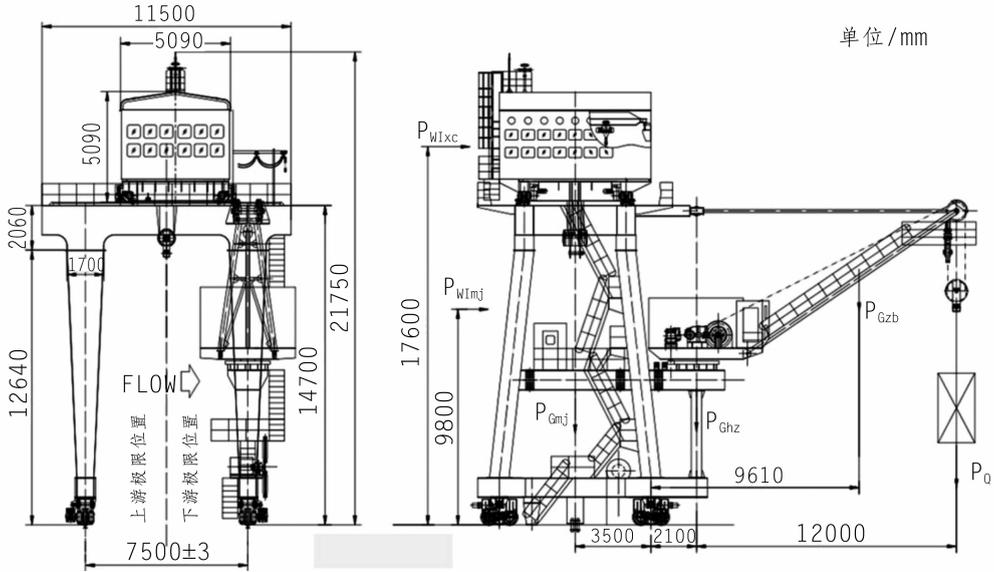


图 2 原门机抗倾覆稳定性复核计算简图

### 4.1 风荷载计算

(1) 小车承受的水平风荷载  $P_{wIIc}$  [1]

$$P_{wIIc} = C P_{II} A = 1.2 \times 150 \times 25.9 = 4\,663 \text{ N} = 4.663 \text{ kN}$$

式中  $C$  为小车风力系数, 机器房取 1.2;  $P_{II}$  为工作状态计算风压, 内陆地区取  $150 \text{ N/m}^2$ ;  $A$  为小车挡风面积,

$$A = 5.09 \times 5.09 = 25.9 \text{ m}^2.$$

(2) 门架承受的水平风荷载  $P_{wIIm}$ ;

$$P_{wIImj} = C P_{II} A = 1.4 \times 150 \times 100 = 21\,000 \text{ N} = 21 \text{ kN}$$

式中  $C$  为小车风力系数, 箱形截面取 1.4;  $P_{II}$  为工作状态计算风压, 内陆地区取  $150 \text{ N/m}^2$ ;  $A$  为门架挡风总面积, 约  $100 \text{ m}^2$ 。

### 4.2 门机的稳定力矩

在复核工况下, 门机的抗倾覆稳定力矩计算如下(按下游回转吊侧的单边计算):

$$\begin{aligned} \sum M &= \frac{P_{Gmj}}{2} \times 3\,500 - \frac{P_{wIxc}}{2} \times 17\,600 - \\ &\frac{P_{wIImj}}{2} \times 9\,800 - P_{Ghz} \times 2\,100 - P_{Gzb} \end{aligned}$$

复核工况: II 类风荷载, 小车不工作, 回转吊额定荷载回转至与大桥轨道平行。计算荷载主要包括门机自重、回转吊自重、回转臂自重、回转吊吊载物重、门架及小车所受 II 类风荷载(按内陆地区考虑)。该工况原门机抗倾覆稳定性复核计算简图见图 2。

$$\begin{aligned} &\times 9\,610 - 1.17 P_Q \times (12\,000 + \\ &2\,100) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M &= \frac{1\,210}{2} \times 3\,500 - \frac{4.663}{2} \times 17\,600 - \frac{21}{2} \\ &\times 9\,800 - 1.26 \times 2\,100 - 25 \times 9\,610 - \\ &1.17 \times 160 \times 14\,100 \\ &= -1170\,804.4 \text{ N} \cdot \text{m} < 0 \end{aligned}$$

式中 门机自重  $P_{Gmj} \approx 1\,210 \text{ kN}$ (含门架、梯子栏杆、小车及行走机构等自重, 小车居中; 不含抓梁及回转吊自重)、回转吊主体自重  $P_{Ghz} \approx 126 \text{ kN}$ 、回转臂自重  $P_{Gzb} \approx 25 \text{ kN}$ 、回转吊额定吊物重  $P_Q = 160 \text{ kN}$ 。

稳定力矩小于 0, 说明该原门机不满足该工况的抗倾覆稳定性要求。

### 5 提高门机抗倾覆稳定性的措施

根据以上计算结果, 若采用在下横梁配重的方案, 则需在门机回转吊对应的下横梁上配重约 34 t, 配重稳定力矩计算如下:

$$340 \times 3\,500 = 119\,000 \text{ N} \cdot \text{m} > 1170\,804.4 \text{ N} \cdot \text{m}$$

由于配重量大,存在下横梁配重空间不足、大车行走机构动力不足、配重堆叠安置不易固定和影响美观等一系列问题。通过认真分析,提出在回转机构立柱下方新增支承轮的处理措施,改变该工况抗倾覆稳定计算的支点,经计算复核(详见第6节),该处理措施提高了门机的抗倾覆稳定性,完成了支承轮的安装布置设计

和设备设计。

新增支承轮的支承架、车轮及轴的强度设计须满足承载能力不小于回转机构自重与回转吊荷重之和的两倍。为了不影响门机大车的正常行走运行,支承轮安装后车轮踏面与大车轨道踏面保留1~2 mm间隙。新增支承轮后的抗倾覆稳定性计算简图见图3。

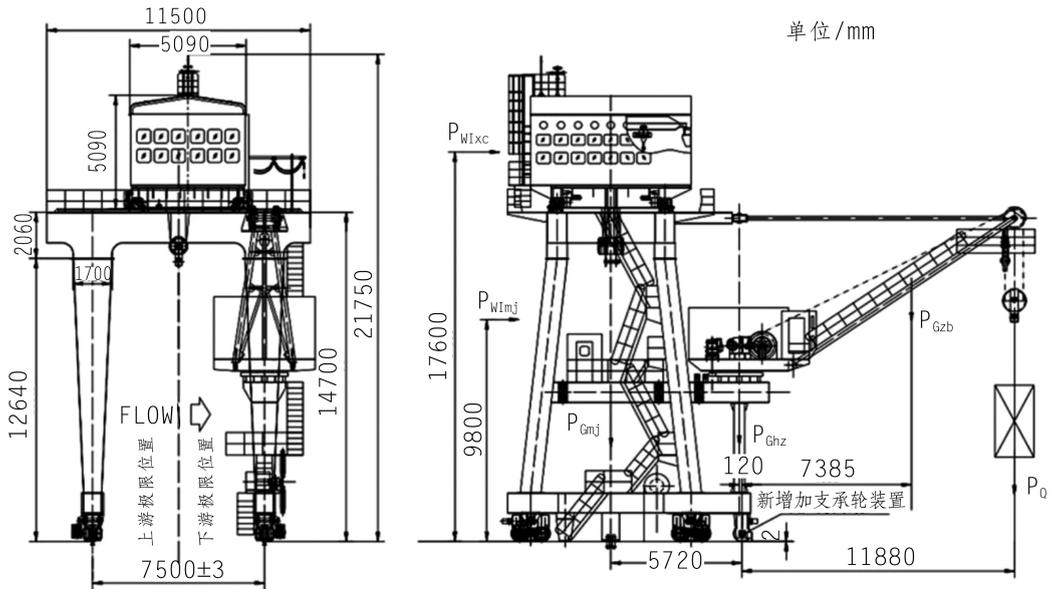


图3 新增支承轮后的抗倾覆稳定性计算简图

## 6 新增支承轮后门机的抗倾覆稳定性计算

新增支承轮后门机的抗倾覆稳定性计算复核工况同前。

### 6.1 风荷载计算

(1) 小车承受的水平风荷载与4.1(1)相同,即: $P_{w\parallel xc} = 4.663 \text{ kN}$ ;

(2) 门架承受的水平风荷载与4.1(2)相同,即: $P_{w\parallel mj} = 21 \text{ kN}$ 。

### 6.2 门机的稳定力矩

新增支承轮后,抗倾覆稳定计算的支点位置发生了变化,其稳定力矩计算如下:

$$\begin{aligned} \sum M &= \frac{P_{Gmj}}{2} \times 5720 - \frac{P_{w\parallel xc}}{2} \times 17600 - \\ &\quad \frac{P_{w\parallel mj}}{2} \times 9800 + P_{Ghz} \times 120 - P_{Gzb} \times \\ &\quad 7385 - 1.17P_Q \times 11880 \\ \sum M &= \frac{1210}{2} \times 5720 - \frac{4.663}{2} \times 17600 - \frac{21}{2} \\ &\quad \times 9800 + 1.26 \times 120 - 25 \times 7385 - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &1.17 \times 160 \times 11880 \\ &= 923225 \text{ N} \cdot \text{m} > 0 \end{aligned}$$

式中 门机自重  $P_{Gmj} \approx 1210 \text{ kN}$ (含门架、梯子栏杆、小车及行走机构等自重,小车居中;不含抓梁及回转吊自重)、回转吊主体自重  $P_{Ghz} \approx 126 \text{ kN}$ 、回转臂自重  $P_{Gzb} \approx 25 \text{ kN}$ 、回转吊额定吊物重  $P_Q = 160 \text{ kN}$ 。

稳定力矩大于0,表明在新增支承轮后,提高了门机在复核工况下的门机抗倾覆稳定性,满足要求。

## 7 结语

2009年4月完成对该门机新增支承轮的处理,至今运行正常。实践证明,对于该门机采用在回转立柱下方增加支承轮的处理措施,提高其抗倾覆稳定性的方案是可行的。该方案简单可靠,不需改变已有的门机结构,便于实施,且不影响门机大车行走机构的正常运行。有关专利技术“一种门式起重机抗倾覆装置”主要是解决门机停机

(下转第128页)

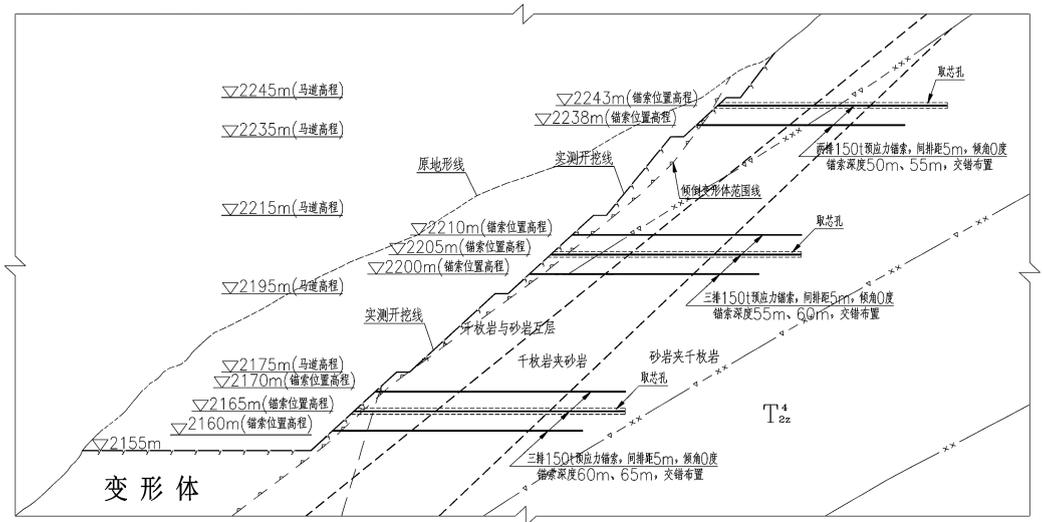


图4 锚索加固处理剖面布置图

大,但其失稳下滑对变形体整体边坡稳定性影响极为有限,对水库蓄水发电影响较小。

边坡变形监测资料表明,从2010年雨季以来边坡开始出现变形,2011年蓄水以来边坡变形迹象进一步发展;边坡变形与降雨、水库蓄水有一定关系。且在2011年10月锚索施工张拉后,对边坡的变形起到了一定的稳定作用。

## 6 结语

高边坡的治理一直是工程界和学术界讨论的热点问题之一,其失稳对周围建构筑物均可能产生极大的破坏与影响。结合毛尔盖水电站实际工程,对渔巴渡变形体失稳可能出现的风险进行了分析,根据变形体目前存在的问题,通过地质情况以及加固所需锚固力的计算,形成了针对性的加固技术,实现了对渔巴渡变形体的有效加固,使边坡变形得到有效控制,且使变形体的稳定性有了相对的提升。但是,变形体的岩土条件复杂且水库水位随调节发生抬升和下降,因此,对变形体单一进行加固不能完全消除变形体对大坝的威胁。建议结合“防治结合,以防为主”的原则,加强监测

频次和资料整理分析,发现问题及时处理。同时,制定在边坡变形出现异常情况下,开启左岸开敞式溢洪道、泄洪放空洞迅速减低库水位调节机组引用流量控制水位下降速率的水库紧急调度运行预案。

## 参考文献:

- [1] 王晓安,嵇红刚. 渔巴渡变形体失稳风险分析、预测及预警控制[J]. 地下空间与工程学报, 2017, 13(S2): 926-930.
- [2] 王晓安,许韬,索慧敏. 风险分析及控制在水库边坡治理工程中的应用[J]. 四川水力发电, 2013, 32(5): 95-97.
- [3] 潘家铮. 建筑物的抗滑稳定和滑坡分析[M]. 北京: 水利出版社, 1980.
- [4] 何凤. 渔巴渡变形斜坡稳定性、成灾危害性及防治措施研究[D]. 四川: 成都理工大学, 2017.
- [5] 张桥. 四川毛尔盖水电站麻窝集镇高边坡稳定性及支护方案研究[D]. 西南交通大学, 2011.

## 作者简介:

程能文(1979-),男,湖南醴陵人,工程师,本科,从事水利水电工程安全监测及实验检测技术与管理的相关研究;  
张强(1970-),男,河南巩义人,工程师,本科,从事水利水电工程混凝土缺陷处理及试验检测、材料研究工作。

(责任编辑:卓政昌)

(上接第124页)

锚定状态的抗倾覆稳定性,而本文所述的技术措施是提高门机运行时的抗倾覆稳定性。本技术措施可供水利水电工程建设中的类似问题处理参考借鉴。

## 参考文献:

- [1] 中国机械工业联合会. 起重机设计规范: GB/T3811-2008

[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 17.

## 作者简介:

王宜奇(1966-),男,四川成都人,高级工程师,本科,从事水利水电工程闸门、固定卷扬式启闭机、台车式和门式启闭机、清污机的设计、制造工作;  
王小慧(1982-),男,浙江东阳人,高级工程师,硕士,从事水利水电工程闸门及启闭机的设计研究工作。

(责任编辑:卓政昌)