

应力检测法在麒麟寺水电站 2×2500 kN 门式启闭机荷载试验中的应用

向颖，骆红兵

(中国水利水电第五工程局有限公司 第三分局, 四川成都 610225)

摘要:采用应力检测法确定门式起重机在试验工况下的应力分布状态,通过模型或实物的应力测定与分析,对关键构件的强度是否满足工程要求做出了结论,为水电站坝顶门式启闭机的安全运行提供了科学依据。

关键词:应力检测法;门式启闭机;荷载试验;麒麟寺水电站

中图分类号:TV7;TV53 + 2

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)03-0065-03

1 概述

麒麟寺水电站坝顶 615 m 高程的 2×2500 /250 kN 双向门式启闭机主起升机构设计启闭能力为 2×2500 kN, 起升总高度为 55 m, 坡顶轨距 10 m; 回转吊设计启闭能力为 250 kN, 最大回转半径 $R = 16$ m, 起升总高度为 36.6 m, 整机工作级别为 A2, 主要用于启闭电站厂房进水口事故检修闸门与工作闸门排沙孔进口工作门及泄洪闸坝段检修事故门, 最大起重件为机组进水口事故闸门, 总重量为 1590.6 kN, 其中门叶重 890.6 kN、配重 700 kN。机组进水口事故闸门为潜孔式平板闸门,(宽)6 m × (长)13.5 m, 设计水头 35 m, 操作方式为动水闭、静水启。

通常,国内水电站启闭机验收时的试重一般采用专用试块。而本工程坝顶门机试验荷载选择为称重钢筋。确定采用结构应力检测的方法,对门式启闭机进行主要受力结构静应力测试,依此做出设备安全评价。

2 试验方案

试验依据:

- ① GB3811-2008《起重机设计规范》;
- ② GB5905-2011《起重机试验规范与程序》;
- ③ GB6067.1-2010《起重机械安全规程 第一部分:总则》;
- ④ DL/T5019-94《水利水电工程启闭机制造、安装及验收规范》;
- ⑤ DL/T5167-2002《水利水电工程启闭机

收稿日期:2013-05-08

设计规范》;

- ⑥ GB50205-2001《钢结构工程施工及验收规范》;
- ⑦ TSG Q7003-2007《门式起重机型式试验细则》;
- ⑧ SL381-2007《启闭机制造与验收规范》;
- ⑨ 其他现行标准等。

根据《水利水电工程启闭机制造安装及验收规范》(DT/L5019—94)7.3.5款:荷载试验用的试块一般采用专用试块,当起升额定荷载超过 2000 kN、采用专用试块有困难时,可用液压测力器只做静荷载试验。按照特种设备安全技术规范 TSG Q7003-2007《门式起重机型式试验细则》要求,采用结构静载应力测试时,小车应位于跨中起吊额定荷载,测定启闭机主要受力构件的最大应力值不得超过其许用应力值。

本工程坝顶门式启闭机荷载试验按照常规方法采用专用试块或液压测力器均有困难,故采用结构静应力测试法,根据各测点应力片在测试工况下的应力值,通过钢的力学性能 $\sigma - \varepsilon$ 曲线关系,求出各测试点在门机跨中起吊试验载荷时的计算应力值。

所设定的测试工况见表 1。

表 1 测试工况及荷载表

序号	小车位置	荷载/t	备注	Q
工况 1	跨中	127	钢筋	~50%
工况 2	跨中	182	钢筋	~75%
工况 3	跨中	257	钢筋	~100%

3 测点布置

本次结构静应力测试设备为3台静态应变采集仪(DH3815N振弦应变测试分析系统),在启闭机主要受力构件的典型截面上共布置高精密电阻应变片30片,分布位置见表2,门机工作状态见图1,门机轮压值见表3。

4 试验程序

(1)小车位于主梁跨中位置,空载时各测点应变仪读数调零。

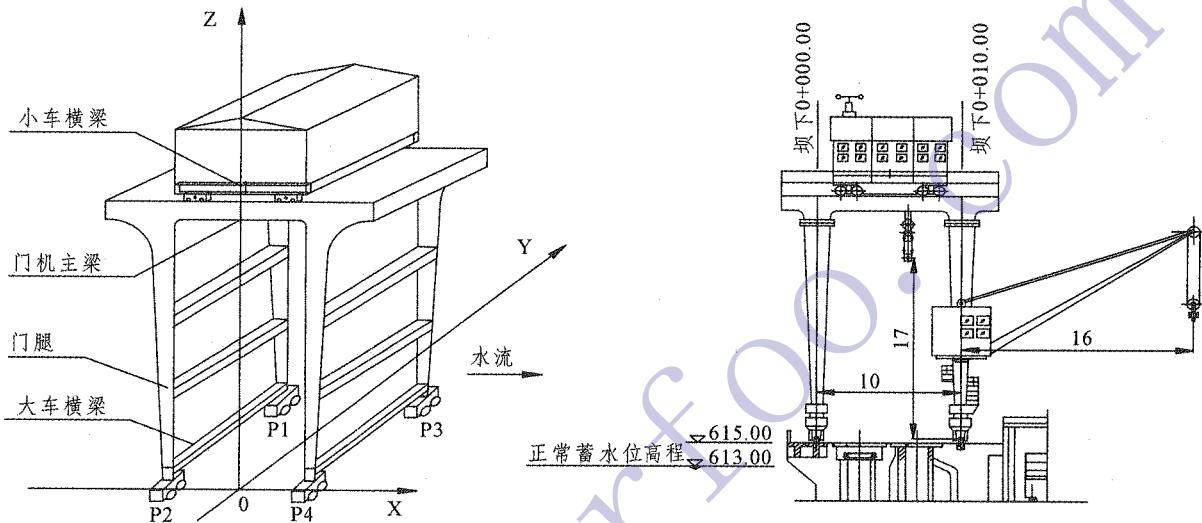


图1 工作状态图(单位:m)

表3 大车轮压值表

工况	小车位置	P1 /kN	P2 /kN	P3 /kN	P4 /kN
主钩起吊额定荷载	上游极限	789.5	789.5	466.7	585.1
主钩起吊运行荷载	上游极限	542.1	542.1	314.1	432.5
主钩起吊额定荷载	下游极限	514.8	514.8	789.4	907.8
主钩起吊运行荷载	下游极限	344.4	344.4	511.8	603.2

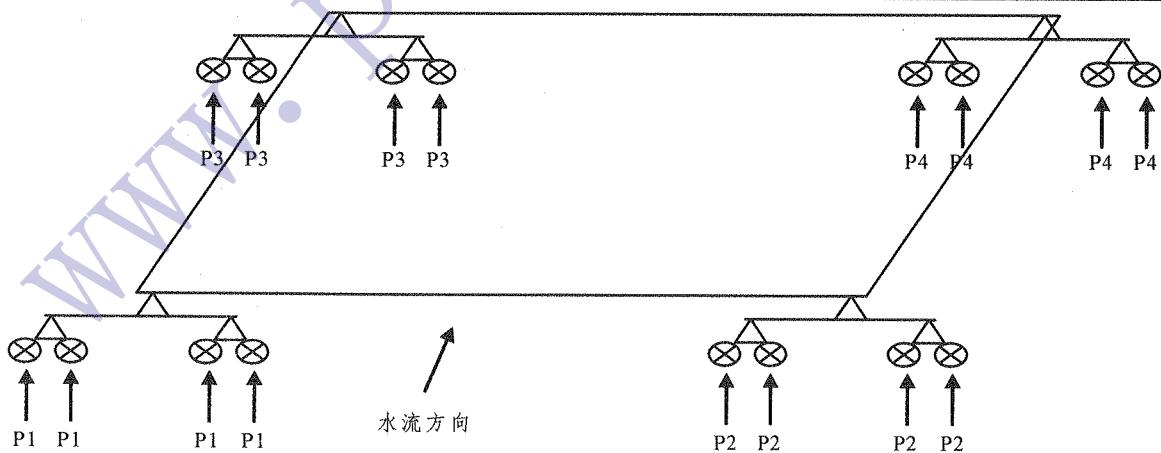


图2 门机轮压分布图

(2)逐渐起升钢筋进行荷载试验,离地面100~200 mm,悬停不少于10 min。起升过程中观察

主要受力部位的变形情况。记录三种试验工况时各测点的应变值。

(3)记录试验读数后,卸去荷载,检查门架是否有永久变形、门机主梁跨中实际挠度值。上述静荷载试验结束后,门机各部位不能有破裂、连接松动或损坏等影响启闭机安全和使用性能的现象存在。

5 试验结果分析

根据各点实测静应力结果分析,起重机在大车行走及小车行走横梁的应力最大。Q345为低合金结构钢,弹性模量 $E = 2.03 \times 10^5$ MPa, $\sigma = E\varepsilon$,其应力—应变曲线见图3。当拉伸到超过比例极限 σ_s (习惯上采用残余应变为0.01%时的应力)后, $\sigma - \varepsilon$ 关系呈非线性变化,没有明显的屈服点。当拉伸超过 $\sigma_{0.2}$ (产生塑性变形为0.2%)后,应变 ε 增加较快;当拉伸至最大应力 σ_b 时,应变 ε 继续发展,在 $\sigma - \varepsilon$ 曲线上呈现为一水平段,然后断裂。最大应力实测值及推測值见表4。

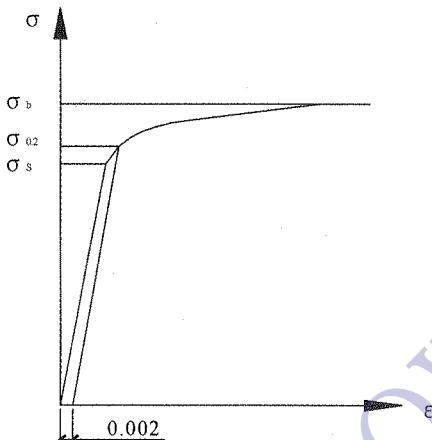


图3 Q345B $\sigma - \varepsilon$ 曲线图

表4 实测及推測最大应力值表

工况	小车横梁/MPa		大车横梁/MPa	
	实测值	推算值	实测值	推算值
1	-15.8	-62.6	+16.1	+63.1
2	-22.4	-68.8	+22.3	+69.4
3	-32.2	-78.2	+32.4	+78.8

注:表中“-”为压应力,“+”为拉应力。

选择工况3跨中吊载257t(其他工况与此相同)为例,根据GB3811-2008《起重机设计规范》5.3.1.2,对于 $\sigma_s/\sigma_b \geq 0.7$,主要受力构件使用Q345B高强度钢材,基本许用应力 $[\sigma]$ 即包括拉伸、压缩、弯曲的许用应力。

当 $\sigma_s/\sigma_b \geq 0.7$ 时, $[\sigma] = (0.5\sigma_s + 0.35\sigma_b)/n$

当 $\sigma_s/\sigma_b < 0.7$ 时, $[\sigma] = \sigma_s/n$

式中 σ_b 为材料抗拉强度,取值为 490 N/m^2 ;钢板厚50mm, σ_s 取值为 325 N/m^2 ; n 为与荷载组

合相应的强度安全系数,对于荷载组合A(考虑自重、起重量、水平惯性载荷及冲击系数),强度安全系数为1.48;对于荷载组合B(考虑自重、起重量、水平惯性载荷及冲击系数、风力、侧向力等),其强度安全系数为1.34。

故门机采用Q345B时的基本许用应力 $[\sigma]$:

$$\because \sigma_s/\sigma_b = 325/490 = 0.66 < 0.7$$

$$\therefore [\sigma] = \sigma_s/n = 325/1.48 = 219.6 \text{ (MPa)}$$

小车行走横梁:小车行走横梁根据应力应变曲线直线比例推算得推算应力值为 -78.2 MPa ,小于许用应力 -219.6 MPa ,此梁在工况3荷载下,应力满足设计要求。

大车行走横梁:大车行走横梁根据应力应变曲线直线比例推算得推算应力值为 69.4 MPa ,小于许用应力 219.6 MPa ,此梁在工况3荷载下,应力满足设计要求。

6 结语

在门式起重机荷载试验中,采用结构应力检测方法,通过模型或实物的应力测定与分析,其计算结果满足规范规定的强度要求,以此对关键构件的强度是否满足工程要求作出结论,为麒麟寺水电站坝顶门式起重机安全运行提供了科学依据。

在水利水电工程中,对于结构型式和支承条件均较复杂、承受载荷又较大的机械零件和构件,应用有限元法或其他数值方法计算应力后,常用结构应力检测实验的方法来验证计算时所作的假设和假定的有效性,并分析校核计算所得到的结果。结构应力检测的电阻应变测量方法具有测量精度高、测量范围广、应变计频率响应好等优点,因此,结构应力检测的方法在水利水电工程金属结构施工中值得推广应用。

参考文献:

- [1] 水利水电工程启闭机制造安装及验收规范, DT/L5019—94 [S].
- [2] 张如一, 陆耀桢, 主编. 实验应力分析 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1981.

作者简介:

向颖(1982-),女,四川巴中人,项目工程部副主任,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
骆红兵(1982-),男,四川简阳人,项目副经理,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)