

辛集闸闸门和启闭机安全检测与评估

杨光明 ,叶华顺

(水利部水工金属结构安全监测中心 江苏 南京 210098)

摘要 :简要介绍闸门及启闭机安全检测项目和方法 ,并根据辛集闸闸门和启闭机安全检测与计算的主要成果 ,对其安全状况进行评估 .评估结果表明 :辛集闸闸门及启闭机应予报废 ,建议对辛集闸闸门及启闭机进行全面更新改造 .

关键词 :闸门 ;启闭机 ;安全检测 ;安全评估

中图分类号 :TV66 文献标识码 :B 文章编号 :1006-7647(2002)07-0075-03

漳卫新河是漳河和卫河泄洪、沥水的主要入海通道 ,漳卫新河主槽上共建有 6 座蓄水闸 .辛集闸是位于下游的最后一级防潮、蓄水闸 ,主要作用是挡潮、蓄水 ,供沿海两岸农田灌溉及人畜饮水 ,同时兼顾泄洪、排涝任务 .辛集闸全闸共 12 孔 ,每孔净宽 10.0 m ,总宽 133.2 m ,设有 12 扇升卧式平板钢闸门 ,闸门启闭设备为 12 台固定卷扬式启闭机 ,双吊点启闭 .闸门和启闭机主要技术参数见表 1 .

表 1 闸门和启闭机主要技术参数

露顶升卧式平板钢闸门		固定卷扬式启闭机	
闸门尺寸	10.0 m×6.5 m	额定容量	2×250 kN
设计水头	6.5 m	启门高度	13.0 m
操作条件	动水启闭	启门速度	1.65 m/min
闸门自重	164 kN	吊点距离	6.0 m

辛集闸于 1971 年冬季开始施工 ,1973 年汛前主体工程全部完成并投入运用 ,至今已近 30 a ,经多年运行后 ,闸门和启闭机会产生不同程度的锈蚀与磨损 .而辛集闸又地处滨海 ,闸门锈蚀较重 ,其运行安全系数不可避免地会有所降低 .因此 ,为确保工程安全运行 ,有必要对闸门和启闭机进行安全检测 ,评估其安全状况 ,并提出相应的维修加固或更新改造的建议 ,为工程加固或更新设计提供可靠的依据 .

1 检测内容及方法

1.1 闸门外观检查

外观检查以目测为主 ,配合使用量测工具 ,对闸门的外观形态和锈蚀状况进行检查 .主要检查闸门整体变形及主要构件的折断、损伤和局部明显变形 ,零部件的损伤、变形、脱落、转动及固定状况 ,同时对

闸门各构件的锈蚀分布、锈蚀面积及锈蚀部位等进行描述 ,评定各构件的锈蚀程度 .

1.2 闸门锈蚀量检测

对闸门主要构件进行锈蚀量检测 ,可以判断闸门各构件的锈蚀程度 ,计算各构件的锈蚀速率 ,确定构件的蚀余厚度 ,为结构应力计算和安全评估提供必要的数据 .

锈蚀量检测采用的方法有直接测量法、橡皮泥法、割取试件法等 .在锈蚀均匀处 ,可使用超声波测厚仪测量 ,在局部蚀坑处 ,可使用特制的游标卡尺和千分表测量 ,亦可使用橡皮泥法或割取试件法进行测量 .

1.3 闸门焊缝超声波探伤

焊缝缺陷会降低焊缝的抗拉强度、延伸率、冲击韧性和疲劳强度 ,从而对闸门的承载能力和安全运行产生影响 .无损探伤常用的方法有射线探伤、超声波探伤、磁粉探伤和渗透探伤 .每一种探伤方法都有各自的适用范围 ,对缺陷的检出精度也不一样 .

超声波探伤是利用材料本身或内部缺陷的声学性质对超声波传播的影响 ,非破坏性地探测材料内部缺陷的大小、形状和分布情况 ,检测方法和缺陷评判标准按文献 [1] 执行 .

1.4 闸门材料检测

材料检测是对结构材料的机械性能和化学成分进行测试分析 ,从而鉴别材料的牌号 .

安全检测时 ,由于在役的设备往往不允许取样做机械性能试验 .因此 ,材料检测更多地采用综合分析的方法 ,在设备非受力部位钻取屑样进行化学成分分析 ,同时测定材料硬度并换算出材料的抗拉强度值 ,综合分析两项检测结果 ,确定材料牌号 .

作者简介 杨光明(1966—)男 ,江苏南京人 ,工程师 ,从事水工金属结构安全监测工作 .

1.5 闸门结构应力检测

结构应力检测采用电测法,通过粘贴在构件上的电阻应变片将力学量转化为电阻量,通过屏蔽导线传递电信号给静态检测系统获取应变值,从而确定结构应力的分布及危险截面的部位。

1.6 闸门结构应力有限元计算与分析

闸门结构有限元计算分析采用美国 Algor 软件公司研制的 Super SAP 程序。该程序由于采用等参单元,计算出来的应力值只能是高斯积分点的应力值,为此,采用局部最小二乘法从高斯点外推到节点而获得每个节点上的应力确定值,从而使计算结果达到较高的精度。

计算时构件的截面厚度应采用现场实测的蚀余厚度,并根据构件的锈蚀程度不同,对不同或同一构件的截面蚀余厚度分区或分段取用。因处于对称位置的构件蚀余厚度不尽相同,所以闸门并不是对称结构,因而计算结果亦不完全对称。

1.7 闸门启闭力检测

启闭力检测采用动态测试系统进行,检测状态应尽可能接近设计状态,否则,应根据实测结果进行反演计算,最终获得设计水位下的启闭力。检测结果与启闭机的额定启闭力进行比较,可得到闸门启闭安全系数。

1.8 启闭机运行状况检查

启闭机运行状况检查是对启闭机进行外观检查和电气参数检测。外观检查是对启闭机的主要零部件,如开式齿轮、减速箱、卷筒、制动器等进行检查,主要检查零部件的磨损、损伤、锈蚀及润滑状况等,以及其他可直接检查到的异常情况。电气参数检测主要是对电机的绝缘电阻、电流、电压、转速和温升等进行检测^[2]。

2 检测与计算成果

2.1 闸门外观检查与锈蚀检测

a. 闸门主轮、侧导轮、动滑轮组及吊耳严重锈蚀,侧导轮多已锈死不能转动,部分主轮及动滑轮转动不灵活。

b. 钢丝绳水下部位严重锈蚀,闸门前后淤积严重,致使闸门提升困难,曾发生过闸门提升时钢丝绳拉断的现象。

c. 12 扇闸门锈蚀状况基本相似,主横梁、小横梁、拉杆、纵梁锈蚀严重,面板锈蚀相对较轻。锈蚀量检测数据统计结果见表 2。

2.2 闸门焊缝超声波探伤

边柱腹板对接焊缝(一类焊缝)和面板对接焊缝(二类焊缝)存在超标的制造缺陷(未焊透),但未发现裂纹缺陷。

表 2 锈蚀量检测统计结果

部 位	平均锈蚀量/mm	标准差/mm	锈蚀速率/(mm·a ⁻¹)
面 板	0.9	0.37	0.033
主横梁	1.3	0.56	0.048
纵 梁	1.0	0.39	0.037
小横梁及拉杆	1.1	0.55	0.041
总 体	1.1	0.49	0.041

2.3 闸门材料检测

通过对闸门主要构件的试样材料进行化学成分化验、硬度及抗拉强度检测,检测分析结论为:闸门主要构件所使用的钢材为碳素钢 Q235。

2.4 闸门结构应力检测

在实测水位(作用水头 3.26 m)下,闸门主要构件实测最大应力见表 3。

表 3 闸门构件实测最大应力 MPa

门号	主横梁跨中		主横梁跨端腹板		边柱		纵梁	
	前翼缘	后翼缘	端腹板	τ	腹板	τ	后翼缘	后翼缘
4 号	-29.7	77.4	35.2		35.3		21.1	27.9
5 号	-38.0	78.6	32.7		34.7		21.3	28.8

2.5 闸门结构有限元计算与分析

将闸门面板和主横梁、纵梁、边柱的腹板离散为板单元,前、后翼缘及拉杆离散为桁架杆单元,小横梁离散为梁单元。计算模型的节点总数为 1056 个,板单元总数为 1000 个,梁单元总数为 132 个,桁架杆单元总数为 340 个。计算荷载主要考虑作用于闸门上的静水压力和闸门自重。5 号闸门主要构件在设计水位(作用水头 6.5 m)下的最大应力计算成果见表 4,实测水位(作用水头 2.6 m)下,相同部位的实测与计算应力比较见表 5。从表 5 中可以看出,实测及计算情况下,结构受力特点及应力分布规律是一致的,实测与计算结果亦满足要求,表明计算结果是合理的。

表 4 闸门构件在设计水位下的最大应力 MPa

面板	主横梁			边柱			纵梁		小横梁
	σ_{zh}	σ	τ	σ_{zh}	σ	τ	σ_{zh}	σ	
109.5	123.2	88.8	178.4	88.1	50.4	138.8	-59.9	-208.4	

表 5 实测水位下 5 号闸门应力比较 MPa

应 力	主横梁跨中		主横梁跨端腹板		边柱		纵梁后翼缘	
	前翼缘	σ 后翼缘	σ	τ	后翼缘	σ	腹板	τ 翼缘
实测应力	-38.0	78.6	32.7		34.7		21.3	28.8
计算应力	-21.9	62.4	54.4		54.9		22.1	28.9

2.6 闸门启闭力检测

闸门在平压状态、实测水位和设计水位下的最大启闭力见表 6。

表 6 闸门最大启闭力 kN

启闭力	4 号闸最大启闭力			5 号闸最大启闭力		
	平压	实测水位	设计水位	平压	实测水位	设计水位
启门力	168	241	293	161	234	275
闭门力	-146	-99	-65	-152	-88	-52

2.7 启闭机运行状况检查

- a. 启闭机减速箱齿轮轮齿磨损严重,齿面受损.开式齿轮轮齿润滑、啮合不良,承载不均,齿面有较深的划痕.
- b. 钢丝绳缠绕设计不合理,相互干涉,致使两侧吊点不同步,闸门启闭过程中左右摇摆、颤振.
- c. 启闭机电机三相电流及电压的不平衡度不满足安全运行要求,启闭机电气控制元件老化、失灵.

3 评估结论与建议

3.1 评估结论

- a. 闸门门体锈蚀严重,主要构件多被评为“严重锈蚀”.
 - b. 闸门主轮、侧轮、动滑轮及吊耳严重锈蚀,侧轮多已锈死不能转动,部分主轮及动滑轮转动不灵活.
 - c. 在设计水位下,闸门上下主横梁的最大剪应力及折算应力均已超过容许应力,最大剪应力为 88.8 MPa,大于容许应力 77.0 MPa 约 15%,最大折算应力为 178.4 MPa,大于容许应力 143.0 MPa 约 25%.
 - d. 在设计水位下,闸门 6 根小横梁已有 4 根小横梁的应力超过容许应力,最大应力为 208.4 MPa,大于容许应力约 60%.
- 文献 3 规定,整扇闸门因强度条件需要更换的构件超过 30%,该闸门应报废.据此,辛集闸闸门应予报废.
- e. 传动系统的开式齿轮轮齿润滑不良,齿面磨损严重,轮齿啮合不良;减速箱齿轮轮齿损伤、磨损严重.
 - f. 钢丝绳缠绕设计不合理,致使两侧吊点不同步.
 - g. 在设计水位下,闸门最大启门力为 293 kN,小于启闭机额定启闭力 2×250 kN,但由于闸门前后

淤积严重,运行过程中曾出现钢丝绳拉断的事故.故闸门的实际启门力将大于实测启门力.

检测结果表明,启闭机的传动系统及卷筒应更新.根据文献 1 的规定,固定卷扬式启闭机传动系统及卷筒报废,则应整机报废.故辛集闸启闭机应报废.

3.2 建议

- a. 闸门及启闭机更新应在 2003 年前完成.
- b. 闸门及启闭机更新前应控制在设计水位以下运行.
- c. 闸门和启闭机更新设计应充分考虑管理中存在的问题及管理所必需的设施.同时应考虑设备的现代化和自动化要求,为管理单位创造良好的运行管理条件.

4 结 语

工程运行多年后,进行全面的安全检测与评估是十分必要的,通过检测可以发现工程中存在的隐患,提出消除隐患的措施和建议,为主管部门决策提供科学依据.

水工金属结构安全检测与评估是一项非常重要的工作,有着巨大的社会效益和经济效益.辛集闸闸门和启闭机安全检测与评估成果可作为闸门和启闭机更新改造的设计依据,同时,安全检测与评估的内容和方法亦可供其他工程参考借鉴.

参考文献:

[1] GB11345-89 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级[S].
[2] SL101-94 水工钢闸门和启闭机安全检测技术规程[S].
[3] SL226-98 水利水电工程金属结构报废标准[S].
[4] SL74-95 水利水电工程钢闸门设计规范[S].

(收稿日期 2002-02-25 编辑 张志琴)

(上接第 33 页)表面和保温层间形成水蒸气垫,保证了水泥的水化作用在一良好潮湿环境下进行,同时使混凝土表层减少热扩散,延长散热时间,提高混凝土表面较高的温度,减少混凝土块体内表温差和延长降温速度和时间.

4 结 语

炎热期施工对混凝土的强度和耐久性会带来各种影响,通过分析病害的成因,提出了消除病害的各种技术措施,这些技术措施是环环相扣,相互联系又相互影响的,都是为了有效地降低混凝土水化热温

升和控制混凝土浇筑温度以及确保护期间混凝土内外温差小于 25℃.通过这些技术措施完全可以保证炎热季节水工混凝土的施工质量.

(收稿日期 2002-03-18 编辑 熊水斌)

