

安全检测与安全性分级综合评价法在 水利工程安全鉴定中的应用

张 羽¹, 许 可²

(1. 上海市堤防(泵闸)设施管理处, 上海 200080;
2. 淮河流域水工程质量检测中心, 安徽 蚌埠 233000)

摘要: 2015 年水利部最新颁布施行的《水闸安全评价导则》提出了新的水闸安全评价体系, 本文将新的安全检测与安全性分级综合评价法运用于上海叶榭塘水利枢纽工程安全鉴定, 表明新的水闸安全评价方法更具操作性和科学性, 也为今后水闸安全鉴定工作的开展提供借鉴。

关键词: 水利枢纽; 安全鉴定; 检测; 分级

中图分类号: TV66

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2016) 12-0063-06

Application of comprehensive evaluation method-safety inspection and safety classification on safety appraisal of water conservancy project

ZHANG Yu¹, XU Ke²

(1. Shanghai Embankment (Pump Gate) Facilities Management Department, Shanghai 200080, China;
2. Huaihe River Basin Water Quality Inspection Center, Bengbu 233000, Anhui)

Abstract: New sluice safety evaluation system was put forward in "Sluice Safety Assessment Guide", which is promulgated by Ministry of Water Resources in 2015. New comprehensive evaluation method of safety inspection and safety classification is applied to safety assessment of Yexietang water conservancy project in Shanghai. The results show that the new sluice safety evaluation method is more practical and scientific. References for the future development of sluice safety appraisal work are provided.

Key words: water control project; safety appraisal; detection; classification

1 问题的提出

正确评价水闸的安全类别对于水闸管理单位采取有针对性的养护、维修和加固措施至关重要。《水闸安全鉴定规定》(SL214-98)中规定的水闸安全评价方法过于依赖专家的经验 and 主观判断, 缺乏定量的指标, 相互之间易产生分歧, 不利于实际运用^[1]。

2015 年水利部最新颁布施行的《水闸安全评价导则》(SL214-2015), 对《水闸安全鉴定规定》(SL214-98)进行了修编, 重点对原有的水闸安全评价方法作了调整, 提出新的水闸安全评价体系, 规定水闸安全类别根据安全检测评价的工程质量和安全复核分析的安全性分级结果综合确定。新规范中明确, 工程质量和各安全性分级均设 A、B、C 三级, 各分项等级确定后水闸安全类别也就

收稿日期: 2016-08-04

作者简介: 张羽(1987-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事工程建设与运行管理工作。

确定。

2 实践与应用

叶榭塘水利枢纽为Ⅱ等水利工程,由节制闸和船闸组成,节制闸闸孔净宽为 $3\times 8\text{ m}$,闸首采用钢筋混凝土坞式结构,采用上卧式平面钢闸门,电动卷扬机启闭;船闸为100 t级简易船闸,内、外闸首均为钢筋混凝土坞式结构,口门宽均为10 m,闸室长200 m,闸上布置启闭机、工作桥及汽-15交通桥,内外闸首均采用上卧式平面钢闸门,电动卷扬机启闭。

工程位于黄浦江南岸,上海市松江区叶榭镇松浦大桥的东侧,北邻黄浦江,南接上海市金山区龙泉港,2001年1月10日开始兴建,2003年10月竣工投入使用。主要功能是保障上海市浦南东片北部区域防洪、排涝、水资源调度及船舶通航。为全面了解水闸运行状态,上海市堤防(泵闸)设施管理处2015年对叶榭塘水利枢纽组织安全鉴定^[2]。

2.1 现状调查分析

2.1.1 混凝土结构

节制闸、船闸首启闭机梁、排架柱、门槽、工作桥、闸首底板、墩墙和各部位挡墙均为钢筋混凝土结构。启闭机梁,混凝土表面较好,有混凝土局部老化,部分位置可见混凝土破损、钢筋锈蚀以及钢筋出露现象。

2.1.2 砌体结构

交通桥桥台及人工岛挡墙均为浆砌石结构。挡墙外观基本完好,局部微风化。初步分析,砌石结构基本完好,满足工程使用要求。

2.1.3 金属结构

3扇节制闸门两侧均有不同程度漏水现象,闸门门槽埋件锈蚀严重,闸门及配套启闭机均运行正常,闸门电器设备外观陈旧,接线规范,无备用发电机组,配备两路10 kV电源,两路电源互为备用。

船闸内外闸首闸门及配套启闭机均运行正常,内外闸首闸门均有漏水现象,门槽埋件局部锈蚀,内闸首面板处有碰撞变形,电器设备外观陈旧,接线规范,无备用发电机组,配备两路10 kV电源,两路电源互为备用。

2.1.4 启闭机

节制闸、船闸内外闸首工作闸门及配套启闭机运行基本正常。启闭机整体外观尚可,各零部件均有锈蚀,启闭机控制柜运行正常,动力线路完好。

2.1.5 电气设备

电气设备的接线可靠、无乱拉乱接、超荷载工作等现象,自动化控制室、配电房、备用电源房及启闭机房顶均布有避雷网,避雷网通过扁铁串联,防雷及接地系统均完整、可靠。避雷网及接地设备局部锈蚀较严重,控制设施和配电设施基本满足运行要求。

2.1.6 观测设施有效性

节制闸通信、广播,信号等设备均可正常运行,上下游水位观测显示准确可靠,操作室照明设施均良好,线路接线可靠,闸室两侧照明设施部分损坏。

船闸通信、广播,信号等设备均可以正常运行,外闸首内外侧LED警示牌已无法显示,上下游水位观测显示准确可靠,操作室照明设施均良好,线路接线可靠,闸室两侧照明设施均良好。

2.1.7 工程安全管理评价

工程管理范围明确可控,有围栏标识;技术人员满足管理要求;运行管理和维修养护经费由市财政直接划拨、落实;安全管理制度完备,操作程序表格上墙,船闸、节制闸运用计划符合全市及本地要求;工程建筑物、金属结构和机电设备符合设计要求,处于安全和完好的工作状态,并有人经常维护;管理设施基本满足要求;工程安全监测按要求开展,并有监测记录,所有监控探头均无法正常运行,自动化软件无法远程操控,船闸中控室需重新装修;部分挡墙沉降超出规范设计值^[3]。

3 安全检测分析

3.1 节制闸

3.1.1 内外河连接段

(1)内外河翼墙为钢筋混凝土结构,混凝土受常年冲刷作用,表面麻面露石。内河侧右翼墙与闸墩接缝部位存在明显错位现象。外河侧右翼墙背水侧存在2处混凝土开裂脱落,钢筋外露且锈蚀。消力池底部及海漫段均存在不同程度淤积现

象,消力池壁完好。

(2)抽检的外河侧翼墙混凝土现龄期抗压强度推定值为 27.0 ~ 29.7 MPa,均满足设计强度等级 C25 的要求。抽检的内河侧翼墙混凝土现龄期抗压强度推定值为 27.4 ~ 30.7 MPa,均满足设计强度等级 C25 的要求。

(3)抽检的外河侧左右翼墙混凝土保护层厚度合格点率为 70.0%,竖筋间距平均值符合设计要求。抽检的内河侧左右翼墙混凝土保护层厚度合格点率为 81.7%,竖筋间距平均值符合设计要求。

(4)内、外河翼墙抽检部位的碳化深度值均小于钢筋的保护层厚度,钢筋不易锈蚀。

3.1.2 闸室

(1)闸墩及排架柱外粉涂料,外观完好,无明显缺陷。启闭机房板底混凝土老化麻面,吊孔处存在漏油现象。交通桥桥墩及桥面板整体外观完好,下游侧右桥墩底部存在 3 条环形裂缝,缝宽 0.05 ~ 0.25 mm。闸室底板为混凝土结构,底板存在淤积现象,底板平整,无明显冲坑。

(2)抽检的左右边墩混凝土现龄期抗压强度推定值分别为 34.4 MPa 和 33.7 MPa,满足设计强度等级 C30 的要求。抽检的交通桥桥墩混凝土现龄期抗压强度推定值为 31.3 MPa,满足设计强度等级 C30 的要求。抽检的交通桥桥面板混凝土现龄期抗压强度推定值为 32.1 MPa,满足设计强度等级 C30 的要求。

(3)抽检的左右边墩混凝土保护层厚度合格点率为 95.0%,竖筋间距平均值符合设计要求。抽检的交通桥左墩及桥面板混凝土保护层厚度合格点率分别为 100% 和 95.0%,竖筋间距平均值符合设计要求。

(4)左右边墩抽检部位的碳化深度值部分大于钢筋的保护层厚度,锈蚀情况不确定。现场对闸墩钢筋剥开验证,钢筋表面存在明显锈斑。交通桥墩及桥面板抽检部位的碳化深度值部分大于钢筋的保护层厚度,锈蚀情况不确定。

(5)抽检的排架柱垂直度满足规范允许偏差要求。

3.1.3 闸门

(1)节制闸 3 孔闸门门体外观均一般,水上部分面积较大的区域均有锈斑,水平次梁内侧均锈蚀;水下部分表面均锈蚀;所有闸门焊缝未见脱

焊现象,焊缝外观有局部咬边;闸门主要构件未发现碰撞变形;吊头、滚轮均运行正常,滚轮均锈蚀且有局部锈损;止水压板和螺栓均锈蚀,侧止水橡皮局部存在老化,底止水橡皮及止水木均破损。

(2)所有闸门外观一般,表面有明显的蚀斑,水下部分局部有少量蚀斑;主要构件无明显变形,水平次梁涂层与金属分离且中间夹有腐蚀皮,有密集成片的蚀坑,深度在 1.0 ~ 2.0 mm 范围。综合评定该闸 3 扇钢闸门均为 B 级,建议对所有闸门水平次梁锈蚀进行处理。

(3)根据《水工金属结构防腐蚀规范》(SL105-2007)及设计要求,闸门门体的防腐层厚度要求为 230 μm ,85% 以上测点的厚度应达到设计厚度;没有达到设计厚度的测点,其最低厚度应不低于设计厚度的 85%,要求闸门门体的防腐层厚度最低厚度为不小于 196 μm ;本次所检测 3 扇构件涂层平均厚度在 198 ~ 555 μm 之间;涂层厚度满足设计和规范要求。

(4)闸门的焊缝外观及焊缝内部质量抽检结果符合《水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范》(GB14173-2008)的技术要求。

(5)该闸进行全行程启闭试验时,所有闸门升降过程中吊头连接可靠、正常,滚轮锈蚀转动不灵活,侧止水橡皮紧压侧止水座板,启闭机在升降过程中闸门未发现卡阻现象,其他电气设备等未出现异常。

3.1.4 启闭机

(1)现场调查表明,该闸启闭机定期进行常规保养,但使用年限较长。大小开式齿轮的齿面、制动器的制动面均有不同程度的磨损,其硬度略低于规范要求。2#、3# 启闭机制动轮与瓦闸间隙低于规范要求,建议对 2#、3# 启闭机制动轮与瓦闸间隙进行调整。

(2)现场调查表明,该闸 3 孔钢丝绳均为 2013 年更换。钢丝绳定期进行常规保养,钢丝绳表面无锈蚀,未见钢丝绳表面有明显断丝、破损现象。检测结果表明被检钢丝绳轻度磨损,根据《钢丝绳(缆)在线无损定量检测方法和判定规则》(MT/T970-2005)中相关规定,该节制闸的钢丝绳继续使用。

(3)该闸的静水启闭的启门力符合设计要求。

3.1.5 电气设备质量检测

(1) 该闸启闭机电动机铭牌参数清晰, 3 台启闭机电动机三项电流的不平度、绝缘电阻及直流电阻均满足规范和设计要求。

(2) 该闸电气设备的绝缘电阻均符合《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》(GB 50150-2006) 的技术要求; 接线可靠、无乱拉乱接、超荷载工作等现象。避雷设施的完整可靠性及接地电阻均符合《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》(GB 50150-2006) 的技术要求^[4]。

3.2 船闸

3.2.1 内外河连接段

(1) 内外河翼墙为钢筋混凝土结构, 翼墙迎水面常水位以下部位由于受河水浸泡及冲刷, 表面普遍露石。外河侧左右翼墙均普遍存在竖向裂缝, 最大缝宽 0.30 mm。内河侧左翼墙有 3 段存在竖向裂缝, 缝宽 0.05 ~ 0.30 mm。部分翼墙间伸缩缝混凝土老化脱落, 止水材料失效。爬梯受船闸碰撞, 普遍损毁。外河侧东翼墙背水侧填土存在填土流失现象, 水位较高时孔中有水冒出。内外河消力池底部及海漫段均存在不同程度淤积现象, 消力池壁完好。

(2) 抽检的外河侧翼墙混凝土现龄期抗压强度推定值为 31.4 ~ 34.8 MPa, 均满足设计强度等级 C30 的要求。抽检的内河侧翼墙混凝土现龄期抗压强度推定值为 30.6 ~ 33.5 MPa, 均满足设计强度等级 C30 的要求。

(3) 抽检的外河侧左右翼墙混凝土保护层厚度合格点率为 70.0%, 竖筋间距平均值符合设计要求。抽检的内河侧左右翼墙混凝土保护层厚度合格点率为 70.0%, 竖筋间距平均值符合设计要求。

(4) 内、外河翼墙抽检部位的碳化深度值均小于钢筋的保护层厚度, 钢筋不易锈蚀。

3.2.2 外闸首

(1) 墩墙存在大面积船只刮痕, 无其他明显缺陷。启闭机房板底混凝土老化麻面, 吊孔处存在漏油现象。交通桥桥面板普遍麻面, 桥墩存在多处钢筋外露且锈蚀。左侧桥头堡内河侧存在一条竖向裂缝, 底部最大缝宽 0.40 mm。外闸首底板为混凝土结构, 底板存在淤积现象, 无明显冲坑。

(2) 抽检的左墩墙混凝土现龄期抗压强度推

定值为 32.6 MPa, 满足设计强度等级 C30 的要求。抽检的交通桥桥墩及桥面板混凝土现龄期抗压强度推定值分别为 35.1 MPa 和 35.6 MPa, 满足设计强度等级 C30 的要求。

(3) 抽检的墩墙混凝土保护层厚度合格点率为 95.0%, 竖筋间距平均值符合设计要求。抽检的交通桥左桥墩混凝土保护层厚度普遍偏小, 竖筋间距平均值符合设计要求。抽检的交通桥桥面板混凝土保护层厚度合格点率为 100.0%, 竖筋间距平均值符合设计要求。

(4) 墩墙抽检部位的碳化深度值均小于钢筋的保护层厚度, 锈蚀情况不确定。现场对闸墩钢筋剥开验证, 钢筋表面存在明显锈斑。交通桥墩抽检部位的碳化深度值部分大于钢筋的保护层厚度, 现场可见桥墩存在露筋且锈蚀现象。交通桥桥面板抽检部位的碳化深度值均小于钢筋的保护层厚度, 钢筋不易锈蚀。

(5) 抽检的左墩墙垂直度满足规范允许偏差要求。

3.2.3 闸室

(1) 闸室挡墙为钢筋混凝土结构, 混凝土表面存在因老化导致的麻面现象, 水下部位受水流冲刷作用, 普遍存在露石。挡墙间接缝部位部分存在混凝土脱落现象, 爬梯多数已损坏。闸室底板为局部淤积, 部分区域存在船只刮擦导致的混凝土表面凹凸不平。闸室北段路面存在路面开裂现象, 裂缝长约 50 m, 最大缝宽 3 cm。

(2) 抽检的闸室挡墙混凝土现龄期抗压强度推定值为 30.5 ~ 34.2 MPa, 满足设计强度等级 C30 的要求。

(3) 抽检的闸室挡墙混凝土保护层厚度合格点率为 73.3%, 竖筋间距平均值符合设计要求。

(4) 闸室挡墙抽检部位的碳化深度值部分大于钢筋的保护层厚度, 钢筋不易锈蚀。

3.2.4 内闸首

(1) 墩墙存在大面积船只刮痕, 右闸墩与闸室挡墙存在错位现象。人行桥桥面板存在因混凝土老化导致的麻面起皮, 桥墩迎水侧均存在不同程度船只刮痕。内闸首底板为混凝土结构, 底板存在淤积现象, 无明显冲坑。

(2) 抽检的墩墙混凝土现龄期抗压强度推定值分别为 30.1 MPa 和 35.4 MPa, 均满足设计强度

等级 C30 的要求。抽检的人行桥左墩混凝土现龄期抗压强度推定值为 32.7 MPa, 满足设计强度等级 C30 的要求。

(3) 抽检的左墩墙混凝土保护层厚度合格点率为 90.0%, 竖筋间距平均值符合设计要求。抽检的人行桥左墩混凝土保护层厚度合格点率为 90.0%, 竖筋间距平均值符合设计要求。

(4) 左闸墩抽检部位的碳化深度值均小于钢筋的保护层厚度, 钢筋锈蚀概率大于 90%。人行桥左墩抽检部位的碳化深度值均小于钢筋的保护层厚度, 钢筋不易锈蚀。

3.2.5 闸门

(1) 该闸外观质量检测结果表明: 外闸首钢闸门门体外观较一般, 水上部分面积较大的区域均有锈斑, 水下部分表面均锈蚀, 主要构件未发现碰撞变形; 所有闸门未见脱焊现象, 焊缝外观有局部咬边; 吊头、滚轮均运行正常, 滚轮锈蚀且有局部锈损; 侧止水橡皮磨损较严重, 局部破损; 底止水橡皮及止水木均破损。内闸首钢闸门门体外观较一般, 水上部分面积较大的区域均有锈斑, 水下部分表面均锈蚀, 面板局部碰撞变形; 所有闸门未见脱焊现象, 焊缝外观有局部咬边; 吊头、滚轮均运行正常, 滚轮锈蚀且有局部锈损; 侧止水橡皮磨损较严重, 局部破损, 底止水橡皮及止水木均破损。

(2) 内外闸首闸门外观一般, 表面涂层基本完好, 局部有明显的蚀斑, 主要构件无明显变形, 综合评定该闸首钢闸门为 B 级。

(3) 根据《水工金属结构防腐蚀规范》(SL105-2007) 及设计要求, 闸门门体的防腐层厚度要求为 230 μm , 85% 以上测点的厚度应达到设计厚度。没有达到设计厚度的测点, 其最低厚度应不低于设计厚度的 85%, 要求闸门门体的防腐层厚度最低厚度为不小于 196 μm 。本次所检测内外闸首涂层平均厚度在 197 ~ 442 μm 之间, 涂层厚度满足设计和规范要求。

(4) 闸门的焊缝外观及焊缝内部质量抽检结果均符合《水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范》(GB14173-2008) 的技术要求。

(5) 该闸进行全行程启闭试验时, 所有闸门升降过程中吊头连接可靠、正常, 滚轮锈蚀转动不灵活, 侧止水橡皮紧压侧止水座板, 启闭机在升

降过程中闸门未发现卡阻现象, 其他电气设备等未出现异常。

3.2.6 启闭机

(1) 现场调查表明, 该闸启闭机定期进行常规保养, 但使用年限较长, 外闸首大小开式齿轮及制动轮局部锈蚀且有磨损现象, 内闸首制动轮硬度及外闸首制动轮与瓦闸间隙均不符合《水利水电工程启闭机制造安装及验收规范》的技术要求 (SL381-2007)。

(2) 现场调查表明, 该闸内外闸首钢丝绳在今年近期新更换故未做检测。

(3) 该闸的静水启闭的启门力符合设计要求。

3.2.7 电气设备质量检测

(1) 该闸启闭机电动机铭牌参数清晰, 内外闸首电动机三项电流的不平衡度、绝缘电阻及直流电阻均满足规范和设计要求。

(2) 该闸电气设备的绝缘电阻、接地电阻均符合《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》(GB50150-2006) 的技术要求; 所有线路接线可靠、无乱拉乱接、超荷载工作等现象^[5]。

3.3 层面高程

叶榭塘枢纽平均沉降量为 -154 mm; 最大变化点为 B118, 该点位于节制闸外河侧消力池末端位置, 单点沉降量为 -410 mm, 该区域平均沉降量为 -309 mm, 该翼墙处道路有明显裂缝和沉降; 最小变化点为 B88, 该点位于节制闸外河测灯塔位置, 单点变化量为 -63 mm, 该区域平均沉降量为 -90 mm; 差异沉降最大值为 122 mm, 沉降缝位于节制闸外河侧公路桥处, B125 点沉降量为 -344 mm, B126 点沉降量为 -222 mm。

3.4 河道断面检测

船闸自内闸首内河引航道端头至外闸首外河引航道位置共计 20 个断面, 平均淤泥深度约为 -465 ~ 1305 mm。节制闸共检测 14 条断面, 平均淤泥深度约为 -33 ~ 808 mm。

3.5 观测设施有效性

该节制闸通信、广播、信号等设备均可以正常运行, 上下游水位观测显示准确可靠。操作室照明设施均良好, 线路接线可靠, 闸室两侧照明设施部分损坏。

该船闸通信、广播、信号等设备均可以正常运行, 外闸首内外侧 LED 警示牌已无法显示, 上下

游水位观测显示准确可靠。操作室照明设施均良好,线路接线可靠,闸室两侧照明设施均良好^[6-7]。

3.6 工程质量分级

根据安全检测分析结论,运行中发现的质量缺陷尚不影响工程安全,评定为B级。

4 安全复核分析

(1)叶榭塘水利枢纽工程等别与原设计一致;除内河高水位和外河高潮位外,其余水位未发生变化;外河翼墙高程、外河堤顶高程、闸顶高程虽不满足规划要求,可以通过对其进行加高加固或者局部拆除重建的方式达到规划要求。水闸过流能力满足规划要求。防洪标准安全复核综合评定为B级。

(2)叶榭塘水利枢纽基底渗流和侧向渗流均满足标准要求,运行正常。渗流安全复核综合评定为A级。

(3)叶榭塘水利枢纽稳定复核满足规范要求,结构应力复核满足规范要求。内、外河翼墙结构应力复核均满足规范要求,消能防冲设施满足规范要求。结构安全复核综合评定为A级。

(4)闸室在地震工况下均满足规范要求。抗震安全复核综合评定为A级。

(5)节制闸和套闸闸门强度均满足规范要求,启闭机运行状态良好,但闸门滚轮材料采用灰铸铁不尽合理,部分滚轮轮缘发生局部疲劳剥落现象,金属结构安全综合评定为B级。

(6)叶榭塘水利枢纽机电设备满足标准要求,运行正常,机电设备安全复核综合评定为A级^[8]。

5 安全评价

枢纽投入运行已近13年,工程等别未发生变化,内外河规划水位发生了改变。根据《水闸安全评价导则》(SL214-2015),工程质量与各项安

全性分级有一项为B级(不含C级),可评定为二类闸;工程质量与抗震、金属结构、机电设备三项安全性分级中有一项为C级,可评定为三类闸;防洪标准、渗流、结构安全性分级中有一项为C级,可评定为四类闸。本工程工程质量、防洪标准安全复核、金属结构安全均评定为B级,因此评定为二类闸。

6 结语

通过此次安全鉴定,有助于水闸管理单位全面了解叶榭塘水利枢纽设施设备的运行状态,为下阶段制定有针对性的维修、加固措施提供科学意见和指导。采用最新的安全检测与安全性分级综合评价法来评定水闸的安全类别相比较更加科学,更具操作性,应当积极推广运用到今后水闸安全鉴定工作中。

参考文献:

- [1] 宋志权.水闸安全鉴定技术研究与实践[D].郑州:郑州大学,2012.
- [2] 邵洪生,许可,苗康,蒋洪伟,等.上海市叶榭塘水利枢纽工程现场安全检测报告[R].蚌埠:淮河流域水工程质量检测中心,2016.
- [3] 褚益清.水闸安全鉴定应注意的问题[J].水利技术监督,2016(1):12-14.
- [4] 叶小强,杜玲,薛铮.苏州长江口门水闸安全鉴定及病害处治[J].江西建材,2015(3):130-131.
- [5] 刘峰,张建成,郭庆山.浅谈水闸的安全鉴定[J].科技视界,2012(28):433.
- [6] 邱彩云.浅谈水闸安全评估鉴定[J].学术,2013(9):76-77.
- [7] 朱亚东.水闸安全鉴定初探[J].水利建设与管理,2009(7):58-60.
- [8] 哈顺格日乐.水闸安全鉴定复核计算分析—以若羌河山口渠首工程为例[J].中国水运,2016(1):170-174.

(责任编辑:徐丽娜)