

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.02.031

水闸安全鉴定成果研究及其应用分析

李瑜

(上海市水利管理事务中心,上海市 200002)

摘要:安全鉴定工作目的是准确查找工程隐患、及时掌握水闸工程的安全状况,是合理确定水闸管理措施的依据,是确保水闸安全运行的重要手段。通过调查分析上海近十年水闸安全鉴定成果,梳理分析了各项安全等级评价为C的主要问题,初步分析了除险加固主要措施及效果,对上海水闸安全鉴定及其应用提出了一些建议。

关键词:水闸;安全鉴定;除险加固

中图分类号:TV66

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2024)02-0135-05

0 引言

水闸作为挡水、泄水或取水的水工建筑物,应用广泛,我国修建水闸历史悠久,数量众多。以上海为例,上世纪七十年代以来,根据洪涝分治的要求,上海实施大控制、小包围的“两级控制、两级排涝”的综合治理,相继在沿江沿海一线主要干支河口、圩区边界以及省界河道建设了2700多座水闸^[1]。受建设时技术水平、资金投入限制,环境及空气污染的侵蚀,加上现行防洪和建设标准的提高,部分水闸工程存在一定安全隐患,制约了水闸综合效益的发挥。

水闸安全鉴定是准确查找工程隐患、及时掌握水闸工程的安全状况,是合理确定水闸管理措施的依据,是确保水闸安全运行的重要手段。

1 上海市水闸基本情况

截至2022年,上海市水闸共2713座^[1],涉及全市16个行政区、14个水利片,按最大过闸流量划分:中型水闸($100\text{ m}^3/\text{s} \leq \text{过闸流量} < 1\,000\text{ m}^3/\text{s}$)66座,基本位于沿江、沿海一线堤防岸线上;小(1)型($20\text{ m}^3/\text{s} \leq \text{过闸流量} < 100\text{ m}^3/\text{s}$)1481座、小(2)型($5\text{ m}^3/\text{s} \leq \text{过闸流量} < 20\text{ m}^3/\text{s}$)1166座,主要分布在沿江沿海堤防岸线、各水利片片边及圩区边界。水闸工程规模情况,见表1所列。

全市水闸按最大过闸流量看,无大型水闸,中型水闸仅有66座,其余均为小型水闸,占比达到97.6%。小型水闸中以圩区水闸为主,圩区水闸数量

收稿日期:2023-04-03

作者简介:李瑜(1977—),女,工学硕士,高级工程师,从事水利设施管理等工作。

表1 水闸工程规模情况表

单位:座

行政区	中型	小(I)型	小(II)型	合计
黄浦区	1	0	0	1
徐汇区	1	6	9	16
长宁区	0	5	9	14
静安区	0	1	3	4
普陀区	0	10	11	21
虹口区	0	1	0	1
杨浦区	1	7	0	8
闵行区	3	48	38	89
宝山区	8	10	31	49
嘉定区	2	35	97	134
浦东新区	8	23	3	34
金山区	2	427	39	468
松江区	4	51	692	747
青浦区	2	841	31	874
奉贤区	4	8	68	80
崇明区	30	8	135	173
总计	66	1481	1166	2713

为2101座,占全市水闸数量的77.4%。

全市14个水利分片外围(含敞开门圩区边界)的水闸发挥了防洪、挡潮、排涝、航运、灌溉及水资源调度等综合作用,构成了全市外挡内控、除涝排水的一级防线,是全市防洪除涝体系中重要的一部分,共934座;水利片内水闸共1779座,占比达到65.6%。

2 上海市水闸安全鉴定情况分析

2.1 上海市水闸安全鉴定情况

2014年7月,上海市水务局印发了《上海市水闸安全鉴定专项规划(2013~2020年)》^[2],2021年1月又印发了《上海市水闸、水利泵站安全鉴定规划

(2021~2030年)》^[3],极大地推进了全市水闸安全鉴定工作,保障了水闸的安全运行。经统计,近10a全市共162座水闸开展了安全鉴定,其中一类闸12座、占比7.4%,二类闸81座、占比50.0%,三类闸48座、占比29.6%,四类闸21座、占比13.0%,见表2所列。

表2 上海市水闸安全鉴定情况表 单位:座

行政区	一类闸	二类闸	三类闸	四类闸	合计
黄浦区	0	0	0	0	0
徐汇区	0	2	0	0	2
长宁区	1	5	0	0	6
静安区	2	2	0	0	4
普陀区	0	4	5	2	11
虹口区	0	0	0	0	0
杨浦区	0	2	1	1	4
闵行区	3	16	10	0	29
宝山区	1	5	3	1	10
嘉定区	0	6	6	1	13
浦东新区	4	5	6	1	16
金山区	1	4	1	0	6
松江区	0	6	6	3	15
青浦区	0	1	3	1	5
奉贤区	0	2	4	5	11
崇明区	0	21	3	6	30
总计	12	81	48	21	162

2.2 水闸存在主要问题

全市近十年开展的162座水闸安全鉴定中三、四类闸共69座,占比为42.6%。对鉴定为三、四类水闸的鉴定结论,从各项安全等级及存在问题进行了调查分析,对于2015年以前安全鉴定的水闸各项安全等级并结合存在问题,根据《水闸安全评价导则》(SL214-2015)给定。各项安全等级评价为C的情况,见表3所列。

经调查分析,鉴定为三、四类闸中,结构安全、工程质量、金结安全、机电设备安全评价等级为C占据前四位,其中结构安全主要表现为稳定安全及结构强度安全两方面。消能防冲安全除个别水闸外,基本无安全问题。防洪标准方面除个别闸外河侧高程低于设防要求过大,无法通过简单的工程措施解决外,其余水闸虽存在设防高程不满足,但可通过简单的工程措施解决。渗流安全方面除个别闸结构存在缺陷外,其余水闸基本无安全问题。

结合水闸实际运行情况,各项安全评价等级为C的水闸主要问题,见表4所列。

2.3 原因分析

2.3.1 防洪标准

2020年9月,上海市人民政府批复了《上海市防洪除涝规划(2020~2035年)》,对防洪标准及各水利片外围除涝泵闸规模进行了调整。将崇明岛及横沙岛

表3 鉴定为三、四类闸各项安全等级评价为C的情况表

行政区	水闸数量	评价等级为C数量								
		工程质量	防洪标准	渗流安全	结构安全			抗震安全	金结安全	机电设备安全
					稳定安全	结构强度安全	消能防冲安全			
黄浦区	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
徐汇区	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
长宁区	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
静安区	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
普陀区	7	4	0	3	0	1	0	1	5	2
虹口区	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
杨浦区	2	1	0	0	1	1	1	1	1	2
闵行区	10	5	0	0	1	1	0	1	2	1
宝山区	4	2	1	0	1	2	0	2	2	1
嘉定区	7	4	0	0	1	2	0	0	4	5
浦东新区	7	2	1	0	2	3	0	1	4	2
金山区	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
松江区	9	5	1	0	4	5	2	4	3	1
青浦区	4	0	2	0	0	1	0	0	0	2
奉贤区	9	2	1	0	4	5	1	4	3	5
崇明区	9	7	4	0	1	6	0	4	8	5
总计	69	33	10	3		46		18	32	26

表4 各项安全等级评价为C的主要问题一览表

安全鉴定情况		主要问题
安全 评价 等级 为C	工程质量	主体结构老化严重;存在多处贯穿性裂缝,分缝处错位;破损严重;检测结果(混凝土抗压强度、碳化深度)大部分不满足要求
	防洪标准	不满足规划,外河侧高程不满足设防要求
	渗流安全	防渗长度不满足规范要求;已出现危及结构安全的渗水状况
	稳定安全	桩基承载力不足;闸室抗滑稳定不符合规范要求;不均匀系数不满足规范要求
	结构安全	闸墩等主体结构配筋不满足规范要求;裂缝开展宽度不满足规范要求
	消能防冲安全	消能防冲段不符合规范要求;海漫段破损严重
	抗震安全	抗震稳定不满足规范
	金属结构安全	闸门锈蚀老化严重;闸门主梁应力不满足规范要求;启闭机存在严重质量缺陷
	机电设备安全	启闭机、电动机型号为淘汰产品;设备使用超年限;电气设备老化严重

主海塘防御标准标准由原 100 a 一遇高潮位加 11 级风提高至 200 a 一遇高潮位加 12 级风;黄浦江上游及其支流防洪标准由原来防御 50 a 一遇太湖流域洪水提升至防御太湖流域不同降雨典型 100 a 一遇、区域 50 a 一遇洪水标准。上位规划要求发生变化,相应区级规划同步调整,同时结合实际运行情况及开发建设需要对部分圩区规划进行了调整。

同时由于全球气候变化、海平面上升、风暴潮加剧、地面沉降及洪涝水归槽等综合影响,黄浦江沿岸水位出现了趋势性抬高,水闸设防高程相应提高。

多重因素导致部分水闸工程不满足规划要求,部分运行年代久远的工程低于现行防洪标准,存在防洪隐患;部分工程结构高程低于防洪设防高程,且无法通过简单的工程措施解决。

2.3.2 工程质量及结构安全^[4-5]

近 10 a 安全鉴定为三、四类闸的水闸大部分建于上世纪七、八十年代,受当时资金投入、施工水平、建设标准等局限,设计标准普遍偏低,混凝土强度等级低、结构用料省、钢筋配置量低、地基处理强度弱,结构耐久性差,易产生沉降及不均匀沉降,导致结构普遍表面麻面露石、骨料外露,混凝土胀裂、分缝处错位,甚至存在贯穿性裂缝。上海市通航船(套)闸实际上普遍超标准运行,受到船舶撞击、挤靠,混凝土破损情况尤为严重,影响结构的稳定及强度安全。

多年运行水闸结构暴露在日晒、雨淋、大气污染等环境下,混凝土碳化严重,削弱其对钢筋的保护作

用,导致钢筋锈蚀,沿江沿海水闸受氯离子侵蚀,混凝土发生膨胀反应,情况更严重,结构的耐久性及其承载能力下降,影响结构的稳定及强度安全。

2.3.3 金属结构及机电设备

上海市水闸不仅具有防洪除涝功能,在水资源调度方面也发挥了重要作用,闸门启闭运行频繁,使得闸门处于频繁交替的干湿环境下,导致闸门门体、埋件等装置易发生锈蚀,水位线及以下部位锈蚀尤为明显,沿海水闸闸门锈蚀现象更加严重。通航水闸闸门主要构件受船闸碰撞发生变形,损坏情况尤为严重。

部分运行年代久远的水闸阀件技术落后,部分电动机型号甚至为淘汰产品,加上运行磨损,保养不及时等原因,导致启闭机状态差,液压式启闭设备存在装置漏油、老化等现象,卷扬式启闭机存在制动轮、闸瓦不均匀磨损,启闭卡阻等现象,线路老化开裂、电气接地及防雷设施老化锈蚀。

2.3.4 维修养护不到位

维修养护是水闸工程管理中一项很重要的工作,但受到以往“重建轻管”的思想影响,加上水闸工程位置分散偏僻、管理技术落后、管理环境和管理水平较差、维修养护经费不足等原因,给水闸的维修养护带来了诸多困难,长期以往导致水闸出现结构破损、设备老化、年久失修等问题。

3 上海市水闸安全鉴定成果应用分析

水闸安全鉴定成果作为水闸除险加固及改造设计的依据,确保了除险加固各项工程措施的实效性、针对性;同时也为水闸日常控制运行及维修养护等工作提供科学依据,保障水闸工程安全运行,推动工程规范化、标准化管理。

根据《水闸安全评价导则》(SL 214—2015),按照鉴定结论,进行分类处置。其中,对于一类闸需开展常规维修养护,对于二类闸需进行大修,对于三类闸需除险加固,对于四类闸需降低标准运用或报废重建^[6]。

上海市水闸实际管理中,二类闸大修列入水闸日常维修养护工作中;三、四类闸的除险加固及拆除重建一般列入市水利专项工作范畴。对于四类闸一般采用拆除重建,彻底解决水闸存在的安全隐患,近 10 年内有 21 座水闸鉴定为四类闸,其中 20 座水闸已完成或已列入计划拆除重建,1 座水闸由于水闸选址问题,仅进行了除险加固,保证现阶段运行需求。

对于三类闸一般采用除险加固,部分结合规划等原因进行拆除重建,近10 a内有48座水闸鉴定为三类闸,32座已完成除险加固,其中8座水闸进行了拆除重建,其余25座水闸进行了除险加固,保持主体结构不变,根据安全鉴定结论,采取工程措施解决水闸存在的安全隐患,但部分结构安全隐患未能彻底解决,仍存在安全隐患。

除险加固主要措施及效果分析如下。

3.1 工程质量

对混凝土结构老化严重,表面存在麻面露石及骨料外露,混凝土剥落,局部破损,钢筋裸露锈蚀,采用多功能砂浆修补并涂刷防水涂料,若钢筋锈蚀严重则增加补强钢筋后修复混凝土,具有通航功能的水闸在迎水面增设防撞钢板。

对混凝土结构存在裂缝,根据裂缝开展宽度情况采用涂膜封闭法、低压注浆法、开槽填补法等多种方法修复。

对混凝土结构分缝处错位、不均匀沉降,修复混凝土结构的同时对止水结构进行修复。

对上下游海漫及连接段浆砌块石结构存在勾缝脱落,块石松动,采用水泥砂浆重新勾缝,或局部拆除重砌。

以上措施可缓解工程质量存在的问题,满足近期工程运行需要,但随着时间推移,工程质量仍然会出现问题,需在日常运行养护中对发现的问题及时修复。

3.2 防洪标准

对工程结构高程低于防洪设防高程,加高至设防高程。

3.3 结构安全

3.3.1 稳定安全

对闸室、翼墙抗滑稳定不满足规范,一般采用前设抗滑桩(见图1)或后设隔离、拉力桩(见图2)。

前设抗滑桩通过桩基提供稳定所需的抗滑力,后设隔离或拉力桩可降低或抵消部分墙后土压力,理论上可解决抗滑稳定不足,但由于力传递过程的复杂性,增设桩基与原结构间可能存在结构受力与变形行为不连续区域,故前设抗滑桩或后设隔离、拉力桩可一定程度上降低因抗滑稳定不足发生险情的风险,但并不能彻底解决隐患。

对地基承载力不足,不均匀系数不满足规范要求,虽可通过压力注浆等方式修复,但效果与施工质量关系大,很难准确计算。

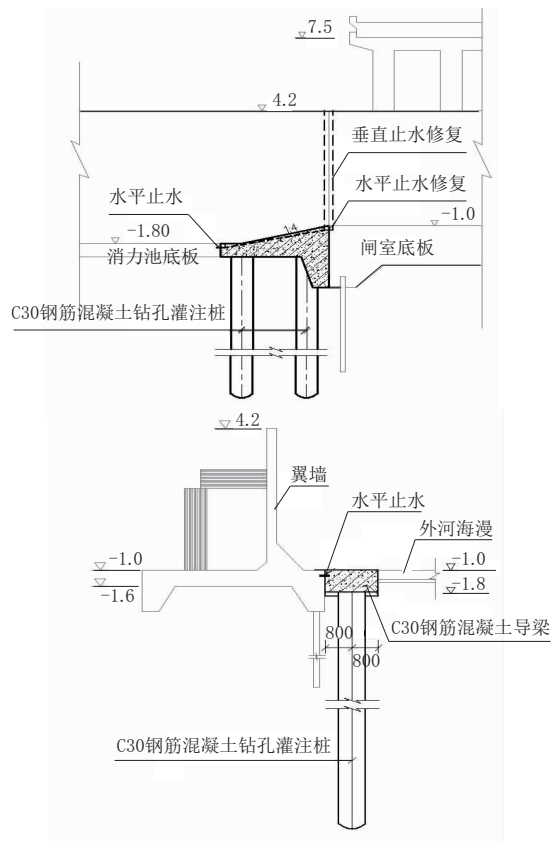


图1 前设抗滑桩示意图

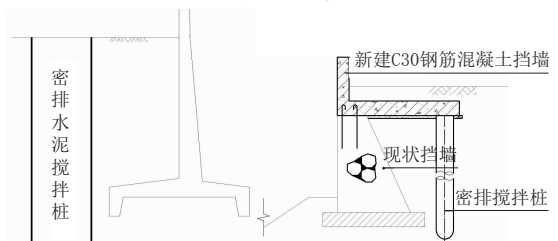


图2 后设隔离或拉力桩示意图

3.3.2 结构强度安全

对闸墩等主体结构配筋及裂缝开展宽度不满足规范要求,虽可通过外贴钢板增加结构的强度,但不能彻底解决安全隐患,尤其对于闸室底板底面配筋不足,无法通过除险加固解决。

3.3.3 消能防冲安全

对海漫段破损严重,采用重新铺设块石护底或护坡,可有效解决安全隐患。

3.3.4 金属结构

对闸门门体、埋件、支承行走结构等装置锈蚀,止水老化、漏水,涂层厚度不满足规范要求,通过防腐除锈,重做止水等大修措施,若闸门运行时间超过使用折旧年限、强度不满足要求,则更换闸门;启闭机结构老旧,不满足运行要求,则更换启闭机。均可有效解决安全隐患。

3.3.5 机电设备

对存在问题的机电设备通过维修或更换等措

施,可有效解决安全隐患。

综上所述,水闸除险加固,在保持主体结构不变,对防洪标准、金属结构、机电设备等方面的问题可通过工程措施有效解决。上海市水闸水头差较小,消能防冲仅少数水闸存在安全隐患,可通过工程措施有效解决。对于结构稳定及强度问题通过工程措施虽然可一定程度上降低隐患风险,但并不能彻底解决隐患,日常运行过程中需加强监测。对于工程质量存在的问题,通过工程措施可满足近期工程运行需要,但随着时间推移,工程质量仍然会出现问题,需在日常运行养护中对发现的问题及时修复。

4 上海市水闸安全鉴定及其应用思考

鉴于上海水闸在防洪、挡潮、排涝、航运、灌溉、改善水环境及保护水资源等方面发挥了重要作用,一方面积极推进水闸安全鉴定工作,充分发挥水闸的综合效益,另一方面加快推进三、四类的水闸除险加固和更新改造工作。

上海境内多为小型水闸,占全市水闸的97.6%,且结构简单。现行的《水闸安全评价导则》(SL 214—2015),标准适用于大、中型水闸的安全评价,小型水

闸和水利部门管理的船闸的安全评价可参照执行,鉴定内容包括现状调查、现场安全检测、复核计算、安全评价四部分^[6]。若所有水闸均参照《水闸安全评价导则》(SL-214—2015),安全鉴定程序复杂,且鉴定费用巨大,经济效益较差,故有必要针对上海市小型水闸特点,适当简化安全鉴定内容,制定符合本市小型水闸的安全鉴定法规。

注重鉴定为三、四类的水闸除险加固效果评估,对于未能彻底解决隐患的部位建议加强监测,同时结合运行情况开展单项鉴定工作,确保水闸设施运行安全。

参考文献:

[1] 上海市水利管理事务中心.2022年度上海市水闸设施年报[R].上海:上海市水利管理事务中心,2022.

[2] 程松明,卢伟华.上海市水闸安全鉴定规划研究[J].城市道桥与防洪,2016(6):192-194.

[3] 上海浦河工程设计有限公司.上海市水闸、水利泵站安全鉴定规划(2021—2030年)报告[R].上海:上海浦河工程设计有限公司,2020.

[4] 梁民阳,吴兴龙.浙东海塘上水闸病害成因分析及对策[J].中国农村水利水电,2006(7):107-108.

[5] 李红健.温州市中小型病险水闸的原因分析及处理对策[J].中国农村水利水电,2001(9):98-99.

[6] SL 214—2015,水闸安全评价导则[S].

(上接第 134 页)

[2] 速宝玉,沈振中,赵坚.用变分不等式理论求解渗流问题的截止负压法[J].水利学报,1996(3):22.

[3] 金伟,姜媛媛,沈振中,等.两河口心墙堆石坝渗流特性及其控制方

案[J].水电能源科学,2009,27(3):45-48.

[4] 李琛亮,沈振中,张华.乌塔沟分洪道试验段堤防渗流场分析与渗控研究[J].水电能源科学,2009(5):55-57.