

水下检修装置的新发展

周和平¹, 刘兆正¹, 房向阳¹, 周立持², 谢永军²

(1. 江苏省骆运水利工程管理处, 江苏 宿迁 223800; 2. 江苏省淮河入海水道管理处, 江苏 淮安 223200)

摘要:针对水下检修钢围堰排水不彻底的问题,在围堰底部周边设置集水室,将集水室与真空罐串联、真空罐与真空泵串联,构成能彻底排除围堰内水体的排底水系统。介绍该排底水系统的排水原理、运行步骤和所存在的问题。为解决该排底水系统排水效率较低、适用水深不到9 m的问题,将真空泵与集水室顶部相连构成排气系统,将潜水泵装配逆止阀安装在集水室上部构成排水系统,从而形成了由围堰底部集水室、真空泵、潜水泵三部分组成的新型排底水系统。实际应用情况表明,新型排底水系统排水效率较高,使钢围堰的适用水深突破了大气压力的局限,得到了大幅度提高。

关键词:水下检修装置;钢围堰;排气系统;排水系统;排底水系统

中图分类号:TV734

文献标志码:B

文章编号:1006-7647(2012)06-0064-03

New development of underwater overhaul device//ZHOU Heping¹, LIU Zhaozheng¹, FANG Xiangyang¹, ZHOU Lichi², XIE Yongjun²(1. *Luoyun Hydraulic Engineering Management Division, Jiangsu Province, Suqian 223800, China*; 2. *Administration of Project of Huaihai River Waterway to the Sea in Jiangsu Province, Huai'an 223200, China*)

Abstract: To solve the problem of halfway drainage inside a steel cofferdam, catchment rooms were installed around the bottom of a steel cofferdam. These catchment rooms, a vacuum container, and a vacuum pump were put together in a series to form a bottom water drainage system, which could drain the water inside the cofferdam completely. This paper introduces the drainage principle, operation procedure, and existing problems of the system. The system is only suitable for a depth less than 9 m, and had low drainage efficiency. In order to solve these problems, a new bottom water drainage system, composed of a catchment room around the steel cofferdam bottom, the vacuum pump, and the submersible pump, was developed. The top of the catchment room was linked to the vacuum pump, forming an exhaust system. The submersible pump with the check valve was installed in the catchment room, forming a drainage system. Practical applications of the new system show that it has a higher drainage efficiency, and that the suitable depth significantly increases because it can break through the limitation of atmospheric pressure.

Key words: underwater overhaul device; steel cofferdam; exhaust system; drainage system; bottom water drainage system

目前常用的水下混凝土和水下设备的检修辅助设备有气压沉柜和钢围堰。气压沉柜专用于水下平面或斜面结构的检修,通过向工作室内加压排水创造无水施工界面,适用水深为2.8~7.5 m^[1](亦说3.3~7.5 m^[2])。钢围堰形式多样,可用于水下混凝土平面、斜面、立面的检修,通过抽排围堰内水体创造施工条件。两种水下检修装置各有利弊,气压沉柜的不足是适用水深范围较小、工作室内气压大;钢围堰的主要弊端在于排水不彻底。2004年,江苏省灌溉总渠管理处成功研制了水下混凝土工程无水检修围堰^[3](后更名为开敞式水下检修装置),该装置以普通钢围堰为基础,配置了专门设计的排底水系统,成功解决了钢围堰排水不彻底的问题,但排水流量较小,实际适用水深不到9 m。为解决该问题,将

真空泵与集水室顶部相连构成排气系统,将潜水泵装配逆止阀安装在集水室上部构成排水系统,从而形成了由围堰底部集水室、真空泵、潜水泵三部分组成的新型排底水系统,2011年取得成功。本文简要回顾了水下检修装置的发展历程,详细介绍了水下检修装置的最新研究成果,比较了新旧排底水系统的结构组成、排水原理、排水效果和在实际工程中的应用情况。

1 气压沉柜

气压沉柜由江苏省江都水利工程管理处处于1979年研制,获得江苏省重大科技成果二等奖。2006年中国葛洲坝集团机械船舶有限公司在其基础上研发出新产品,并获得国家实用新型专利,专利

号 ZL200620163305。气压沉柜下部为覆于水底的钢结构半球壳工作室,工作室顶部安装筒状通道至水面以上,通道上部装配过渡舱。通道与工作室直接相通,与过渡舱之间设内舱门,过渡舱与室外之间设外舱门。工作室外侧装有压重块及浮箱,另配有空气压缩机、储气罐、工作船。运行时关闭内舱门,利用空气压缩机向工作室加压排水,创造无水施工界面。当工作人员、材料、设备需要进入工作室时,先进入过渡舱,关闭外舱门,增加过渡舱内压力达工作室压力后,打开内舱门;当工作人员、材料、设备需要退出工作室时,先进入过渡舱,关闭内舱门,调减过渡舱内压力达到大气压后,打开外舱门。气压沉柜需要移位时,利用空气压缩机向浮箱充气排水,气压沉柜浮动后由工作船牵引或由工作人员推至指定位置。

气压沉柜的优点是排水彻底,无渗漏,但工作室内压力大于一个大气压与水深压力之和,工作人员必须有较好的身体素质,且工作人员、材料、机械进出工作室需通过过渡舱中转,耗时长,不方便。

2 开敞式水下检修装置

开敞式水下检修装置(图 1)以普通钢围堰为基础,配有排底水系统,是用于水下混凝土平面或斜面检修的一种新型装置,已获国家实用新型专利(专利号 ZL200420080320.4),先后应用于阜宁腰闸上游铺盖检修、渠北闸消力池检查、高良涧闸消力池和铺盖局部维修以及三河闸铺盖检查中,实际应用效果良好。

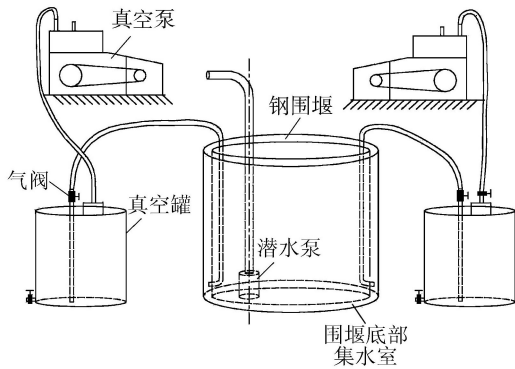


图 1 开敞式水下检修装置

2.1 钢围堰

钢围堰由若干节圆筒组成,圆筒为箱梁结构体^[4-5],每节圆筒设有止水、爬梯、吊耳、节间排水系统、对接装置、锁定装置等,施工时逐节安装,形成整体后安放于检修面上。目前开发应用的钢围堰有内径 2 m 和 3 m 两种,适用水深定位在 9 m 以内。水深越大或钢围堰直径越大,对结构强度的要求越高,需专门设计制造。

2.2 排水系统

排水系统包括常规排水设备、节间排水系统、排底水系统三部分。常规排水设备为污水潜水泵、泥浆泵等,运行时放置于围堰内,用于抽排围堰内水体;节间排水系统用于排除各节围堰之间的漏水,节间漏水通过每节围堰上部的集水槽拦截,经由管道逐节汇入底部集水室后集中排除;排底水系统用于排除常规排水设备不能彻底排除的围堰内底水及围堰外漏水。原排底水系统(图 2)由三部分组成:一是围堰底部集水室,二是真空罐,三是真空泵,三部分以钢丝管相连。围堰底部集水室为设置在围堰下部的一个环形密闭空腔,底部装有双向止水,底板设有进水孔,侧面排水排气管与真空罐、真空泵连接。

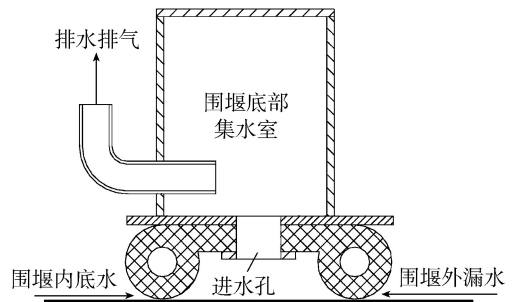


图 2 原排底水系统示意图

2.3 检修装置运行步骤及条件

运行时,首先启动潜水泵抽排围堰内水体,当围堰内水深较小(10 cm 左右)时,启动真空泵,真空罐内压力下降,围堰内底水及围堰外漏水汇入围堰底部集水室,当真空罐内压力足够低时,围堰内底水及围堰外漏水沿管道注入真空罐,达到排除底水创造无水施工界面的目的。设计安装多套由真空泵与真空罐组成的排水排气系统(图 1 中仅有 2 套),取水口分布在围堰底部集水室下部。运行时,当其中一个真空罐储水快满时暂时退出运行,排除其内部储水后再投入使用。多套排水排气系统轮流作业,以维持工作面持续排水。

该排底水系统必须具备以下 3 个条件才能正常发挥作用:一是真空罐进水口与围堰底部的相对高差不大于 9 m^[6](1 个标准大气压相当于 10.3 m 水柱高的压力,考虑各种局部水头损失和沿程水头损失,结合设备实际情况,将该排底水系统适用水深定在 9 m 以内);二是总的排水排气流量大于围堰底部总的漏水漏气流量^[7];三是真空罐内的真空度足够低,可将集水室内的水体吸入真空罐。

2.4 主要性能

开敞式水下检修装置的主要性能为:①保持水下混凝土表面无水,以便水下混凝土检修或设备检修安装;②围堰内壁无射水、滴水;③适用水深在

9 m 以内;④工作面开敞,检查维修方便。

3 开敞式水下检修装置的新型排底水系统

3.1 原排底水系统的局限性

开敞式水下检修装置原排底水系统有其局限性:①适用水深囿于大气压力,在 9 m 以内;②当其中一个真空罐内部储水快满时需要放空其水体再投入使用,如此反复,操作频繁;③排气系统需将真空罐内气压降低到能将集水室内水体吸入真空罐的程度,真空泵工作强度大,对相关设备抗压要求也较高;④排水管细而长,沿程水头损失、局部水头损失大,排水效率低。

3.2 新型排底水系统的组成

新型排底水系统(图 3)由围堰底部集水室、真空泵、潜水泵三部分组成,真空泵通过钢丝管与集水室顶部相连,构成排气系统;潜水泵取水口安装在集水室内,为满足潜水泵利用水体散热的要求泵身安装在集水室外,出水口安装逆止阀,构成排水系统。新型排底水系统已获国家实用新型专利,专利号 ZL201120070743.8。新型排底水系统突破了大气压力的局限,使开敞式水下检修装置的适用水深扩展至十几米甚至几十米。目前新一代开敞式水下检修装置已投入使用。

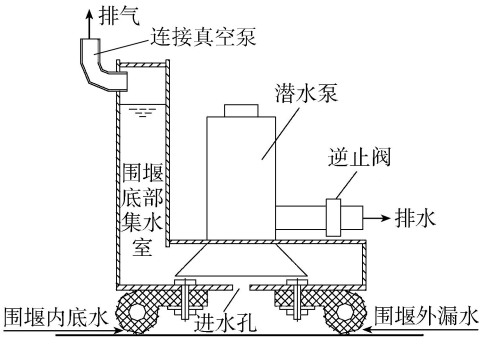


图 3 新型排底水系统示意图

3.3 新型排底水系统的运行原理

启动真空泵后,集水室内压力下降并低于大气压,围堰内底水及围堰外漏水在大气压的作用下经由集水室底部孔洞汇入集水室,集水室内水位逐渐升高,当水深淹没潜水泵取水口即可开启潜水泵排除集水室内水体。为减少潜水泵启动频次,可以在集水室充盈、看到水体沿钢丝管上升时启动潜水泵排水(为防止水体意外进入真空泵,在真空泵和集水室之间仍需连接一个真空罐,以截留水体)。当集水室内水位下降且潜水泵不出水时,关闭潜水泵,但真空泵继续运行,以保证围堰内底水及围堰外漏水持续汇入围堰底部集水室,维持水下混凝土检修界面无水。为防设备发生故障,排气系统和排水系

统均不低于 2 套。为防潜水泵堵塞或锈蚀卡阻,选用不锈钢排污潜水泵。

新型排底水系统必须具备以下两个条件才能正常发挥作用:一是真空泵总的排水排气流量大于围堰底部总的漏水漏气流量;二是潜水泵扬程大于水深,排水速率大于总的漏水速率。

3.4 新型排底水系统的优势

新型排底水系统具有 5 个方面的优势:①突破了大气压力的制约,使开敞式水下检修装置的适用水深在理论上能达十几米甚至几十米;②不使用真空罐转存水体,设施简化,运行简便;③对排气系统排气强度的要求大幅度降低,只需维持集水室内适当真空度、满足潜水泵抽水需要的淹没深度即可,同时降低了整套排气系统的抗压要求,减少了漏水漏气量;④新型排底水系统结合潜水泵的安装,围堰底部集水室外径相对于围堰外径扩大了约 60 cm,有利于围堰运行期的稳定,能使围堰更好地抵御风浪、水流的作用;⑤排水系统与排气系统分离,选用不锈钢排污潜水泵,排水排气流量适当,排底水能力增强,效率提高。

3.5 新型排底水系统的应用

目前,新型排底水系统在安徽省淮南市第一污水处理厂水下设备安装中首次得到应用。淮南市第一污水处理厂的两座卡鲁塞尔氧化沟混凝土地板上共装配了 4 台水下推进器,但已损坏停运多年。为恢复生产能力,该厂于 2010 年引进了 4 台新型氧化沟推进器,需要安装在混凝土地板上。安装推进器有其严格的精度和强度要求,混凝土地板必须无水。最可靠的方案无疑是干池安装,但是,多年来氧化沟内培育了良好的微生物群,干池施工会导致微生物群死亡殆尽,将长时间影响污水处理效果,危害生态环境;而且氧化沟池底沉积了约 1.5 m 厚的活性污泥,全部清除需较长时间,费用较多。比较经济、快捷、环保的方案就是选用开敞式水下检修装置。推进器外形平面最大尺寸为 2 m,使用内径为 3 m 的开敞式水下检修装置即能满足设备安装调试的空间要求;新型排底水系统能确保施工界面无水,能满足设备安装技术要求。正常情况下,从检修装置吊装就位,经过冲淤、排水、清洗等环节,到围堰内洁净无水具备安装水下推进器条件约需 6 h。

现场施工主要工序如下:①拼装围堰;②将围堰整体吊装就位;③用高压水枪冲刷池底活性污泥;④用潜水泵抽排围堰内水体;⑤运行真空泵,维持集水室真空度在-0.1 个大气压左右,间歇运行集水室潜水泵;⑥冲洗混凝土底板,向围堰内吹送新鲜空气;⑦提供洁净无水的设备安装界面。需要注意的是,施工作业时除了做好防潮、防坠落、(下转第 83 页)

报,2001,3(4):61-63.

[9] PRITCHARD R S,KNOKE G S,ECHERT D C S. Sliding friction of sea ice blocks [J]. Cold Regions Science and Technology,2012,76:8-16.

[10] BARKER A,TIMCO G. The friction coefficient of a large ice block on a sand/gravel beach [C]//12th Workshop on the Hydraulics of Ice Covered Rivers. Edmonton: CGU HS Committee on River Ice Processes and the Environment,2003.

[11] 翟玉生,李安,张金中. 应用摩擦学[M]. 东营:石油大

学出版社,1996:50-53.

[12] 林复生. 简明摩擦学[M]. 重庆:重庆大学出版社,1987.

[13] MEINE K, SCHNEIDER T, SPALTMANN D, et al. The influence of roughness on friction part II. the influence of multiple steps [J]. Wear,2002,253(7/8):733-738.

[14] STAMBOULIDES C, ENGLEZOS P, HATZIKIRIAKOS S G. The ice friction of polymeric substrates [J]. Tribology International,2012,55:59.

(收稿日期:2012-08-17 编辑:周红梅)

(上接第 69 页)

3 结 语

本文通过自行研制的试验装置对自激脉冲射流装置的结构参数和运行参数进行试验研究,分析了上喷嘴直径为 8 mm 和腔径为 95 mm 时的自激脉冲射流装置结构参数和运行参数对打击力和脉冲效果的影响,故精确地给出了产生最佳脉冲效果的工作压力和结构参数范围,为自激脉冲射流结构参数和运行参数优化设计提供依据。分析可知:当下喷嘴直径在 14 ~ 20 mm、腔长为 30 ~ 90 mm 时均能产生脉冲;随着下喷嘴直径增加,与之配比腔长需相应增加,才能产生较好的脉冲效果。本次试验只采用了一种腔径,对于其他腔径的脉冲规律还需进一步通过试验进行探讨。

参考文献:

[1] 高传昌,陈豪,雷霆. 自激振荡脉冲射流的研究与进展 [J]. 华北水利水电学院学报,2009,30(3):41-44.

[2] 王循明,焦磊,王乐勤. 自激脉冲发生机理数值模拟及参数影响分析[J]. 浙江大学学报:工学版,2005,39(9):1450-1454.

[3] 李江云. 自激脉冲喷嘴发生机理数值模拟[J]. 工程热物理学报,2005,25(2):241-243.

[4] 王乐勤,王循明,徐如良,等. 自激振荡脉冲喷嘴结构参数配比试验研究[J]. 工程热物理学报,2004,25(6):956-958.

[5] 高传昌,雷霆,王好锋,等. 低压大流量自激式脉冲射流喷嘴装置性能参数试验研究[J]. 华北水利水电学院学报,2010,31(2):47-51.

[6] 李晓红,杨林,王建生,等. 自激振荡脉冲射流装置的固有频率特性[J]. 煤炭学报,2000,25(6):641-644.

[7] 高传昌,雷霆. 自激振荡脉冲射流喷嘴装置系统频率特性理论研究[J]. 应用力学学报,2009,27(1):33-38.

[8] 裴江红,廖振方,唐川林. 自激振荡脉冲射流频率特性实验研究[J]. 中国机械工程,2009,20(1):60-63.

(收稿日期:2012-02-27 编辑:周红梅)

(上接第 66 页)

防触电、防高空坠物等安全工作外,还应做好防毒、防菌等保护工作。

4 结 语

长期以来,钢围堰作为一种水下检修装置,由于不能彻底排除底水,应用受到很大限制。新型排底水系统的发明使钢围堰的适用水深在理论上突破了大气压力的制约,效率更高,使用更便捷,能设计安装在用于混凝土平面、斜面、立面维修的钢围堰上,维持施工界面无水。开敞式水下检修装置一般适用于混凝土检修或固定在混凝土表面的设备、金属结构的检修,对混凝土结构强度有一定要求,能否使用开敞式水下检修装置,还应对相关混凝土结构进行核算。

参考文献:

[1] 蔡平,周灿华,徐惠亮. 自浮式气压沉柜在水下工程检修中的应用[J]. 水利水运工程学报,1998(增刊1):64-67.

[2] 王德俊. 自浮式气压沉柜在谏壁闸水下检修中的应用与改进[J]. 江苏水利,2009(10):21-22,24.

[3] 周和平,汤可方,孙猛,等. DDC 开敞式水下混凝土无水检修装置研究与应用[J]. 治淮,2006(7):30-31.

[4] 曹周平,朱召泉. 钢结构[M]. 北京:科学技术文献出版社,1999.

[5] 徐道远,黄孟生,朱为玄,等. 材料力学[M]. 南京:河海大学,2000.

[6] 李家星,赵振兴. 水力学[M]. 南京:河海大学出版社,2001.

[7] 朱立明,柯葵. 流体力学[M]. 上海:同济大学出版社,2009.

(收稿日期:2012-02-16 编辑:骆超)