

文章编号:1001-4179(2011)23-0047-04

涪陵白鹤梁题刻原址保护参观廊道设计综述

刘忠铭¹, 仪彤²

(1. 中国船舶重工集团公司 第七一九研究所, 湖北 武汉 430064; 2. 长江勘测规划设计研究院 枢纽处, 湖北 武汉 430010)

摘要:经充分论证,白鹤梁题刻原址保护采用了全封闭金属结构工程体系。而金属结构的参观廊道长年浸泡于水下,并且要求达到100年的设计寿命,给设计带来了很大的困难。经反复分析比较,设计采用在参观廊道外壁喷涂聚氨酯酮体作为防腐材料,寿命不低于100年;采用两个观察窗,需要更换时拆除一个,另一个能保证密封可靠;设置潜水员舱(一个加压舱和一个减压舱),便于潜水员在水下对保护体进行维修。经两年多的运行实践考验,证明参观廊道的设计是成功的。

关键词:白鹤梁题刻; 保护工程; 水下参观廊道; 设计方案

中图分类号: K877.4 **文献标志码:** A

1 工程简介

涪陵白鹤梁题刻位于长江三峡库区上游涪陵城北的长江中,在长约1 600 m、宽10~15 m的天然巨型石梁上,刻有自唐广德元年(公元763年)至当代众多文人墨客如黄庭坚等镌刻的石刻题记165段,3万余字,反映了1200余年间72个年份的水位情况。刻有石鱼18尾,记录枯水变化,预卜农业丰歉。清代康熙24年,涪州牧萧星重刻之双鲤,其眼睛海拔高程为137.9 m,与长江涪陵水尺零点水位基本吻合。据此可推出长江枯水位和枯水发生的周期,对研究长江中上游水位消长规律、航运、农业生产等有重要的科学价值,为葛洲坝和三峡水库的兴建,提供了可靠的科学依据,堪称“长江水文资料的宝库”。由于埃及尼罗河等世界大江大河中的水文石刻在时间和数量上不能和白鹤梁石刻相比,1974年在巴黎召开的水文国际工作会议上,白鹤梁的科学价值得到世界公认,联合国教科文组织称其是“保存完好的世界唯一古水文站”(图1)。

三峡水库蓄水后,“白鹤梁题刻”将永远沉于江中。为保护这一世界水文奇观,国家有关部门经过科学论证,采纳了中国工程院院士葛修润教授提出的“无压力容器”保护方案,建成了水下碑林博物馆,白鹤梁这一水下瑰宝,方能为世人游览参观。

参观廊道是涪陵白鹤梁原址水下保护工程的核心部分(见图2),是无压力容器保护方案的关键部分,其设计的成功与否直接决定了整个保护工程的成败^[1]。它安装于水下保护体内,两端分别同交通廊道相通,游客透过参观廊道的观察窗可以观看白鹤梁题刻的全貌。廊道外配有水下CCD摄像系统,可将水下白鹤梁题刻画面传至岸上陈列馆大屏幕上播放,供游客观赏。参观廊道配有潜水员舱,作为潜水员进入水中对参观廊道的舱外设备进行维修或更换时的过渡舱室。

2 参观廊道的组成

参观廊道由3个部分组成:即结构部分、系统部分和电气系统。

2.1 结构部分

2.1.1 参观廊道结构

参观廊道的结构由廊道主体,设备舱和潜水员舱组成。参观廊道按最高水位179 m(黄海高程)计算其强度,廊道主体为直径3 150 mm的带肋圆柱壳。两端为“8”字体结构,直径3 150 mm,两圆心距为1 600 mm。设备舱和潜水员舱均为球形结构,直径2 400 mm。

潜水员舱设有3个通道,侧通道和参观廊道主体

收稿日期:2011-09-15

作者简介:刘忠铭,男,高级工程师,硕士,主要从事援潜救生体系研究及援潜救生设备研制工作。E-mail:lzmzk18@126.com

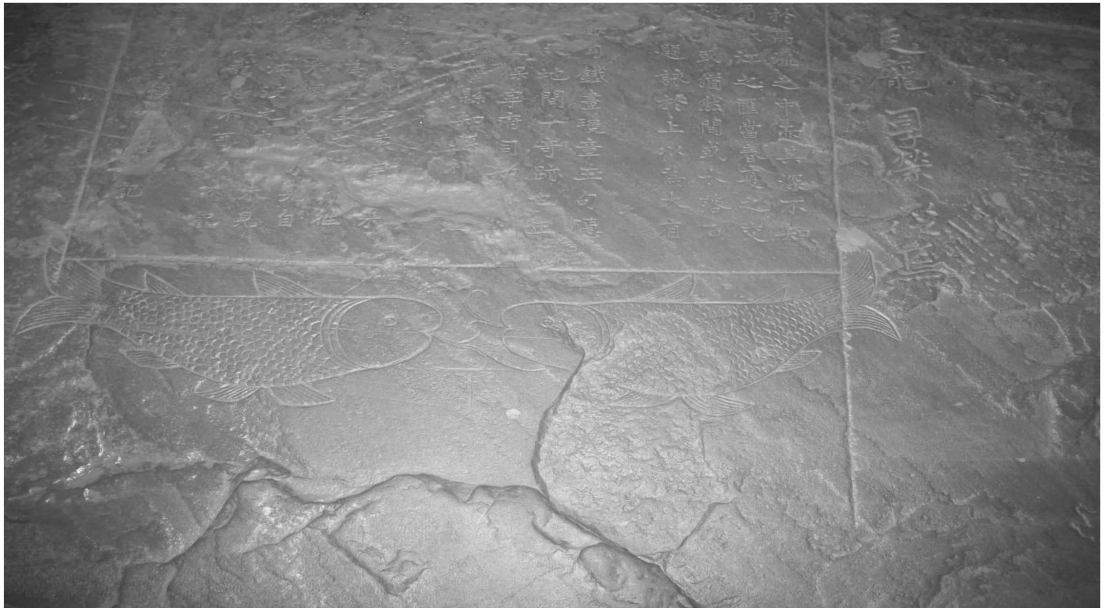


图1 白鹤梁题刻

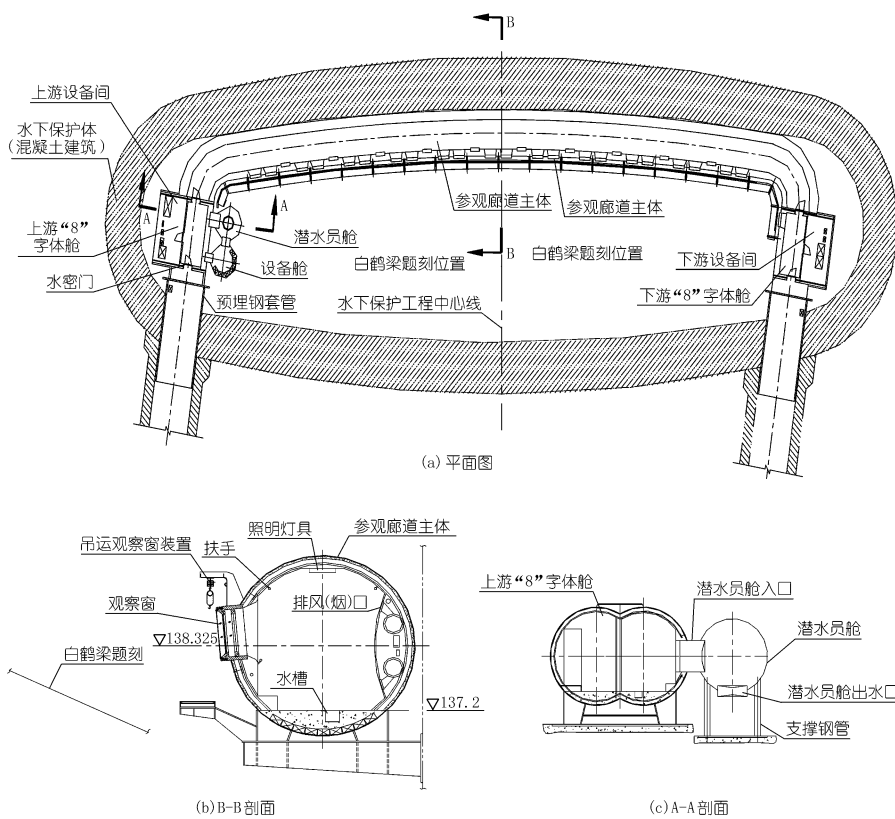


图2 参观廊道

连接,其上装有耐压门。下通道设有上下两个承压门盖。另有通道通向设备舱,通道两端均设有承压门盖^[2-4]。

2.1.2 观察窗

参观廊道主体内部设有23个观察窗(见图2b),观察窗为双层玻璃结构,所起作用是确保安全以及便于保护体蓄水后更换玻璃。

2.1.3 参观廊道支撑形式

参观廊道主体中间部分的底座焊接在其下的基座上,基座与混凝土水下导墙预埋钢板用螺栓连接,不再加焊防松。参观廊道主体弯道部分与“8”字体部分底部基座焊接在土建预埋钢板上。设备舱及潜水员舱则各通过4根 $\Phi 203 \times 18$ 钢管座焊接在土建的预埋钢板上(图2c)。

2.1.4 吊运观察窗装置及走道

参观廊道外窗的上部设有维修时吊运观察窗的轨道,潜水员更换外观察窗时,可通过安装在轨道上的手动葫芦及轨道小车将外层观察窗从潜水员舱吊运至工作点。维修轨道下方设有维修平台,为潜水员换装观察窗提供工作平台。

2.2 系统部分

2.2.1 潜水员舱控制系统

潜水员作业系统由综合控制台系统和潜水员舱舱内系统两部分组成。

综合控制台实施对潜水员舱的供气、加压、减压、舱内氧气和二氧化碳含量的监测以及舱外水深的显示。

2.2.2 参观廊道供气系统

参观廊道供气系统的主要作用是为参观廊道通风闸阀、排水闸阀提供应急气源并吹除观察窗内水汽,以

及在应急状态下为“8”字体舱段内的待救人员提供纯净的空气。参观廊道供气系统由地面气站供气。

2.2.3 疏排水系统

在参观廊道主体底铺板下设有疏水槽,疏水槽经过的“8”字体两端隔壁处设有气动蝶阀,端部连接至交通廊道的排水管。其功能包括以下几方面。

(1) 当更换观察窗外层玻璃时,疏排两层玻璃窗之间的积水(在每个窗座底部均设有阀和管路,将水排至廊道的疏水槽内)。

(2) 设备管道内的凝结水以及管道泄漏后的进水,通过安装的阀及管路将水疏排至疏水槽内。

(3) 清洗廊道时的水通过地漏排至疏水槽内。

(4) 如果参观廊道受损进水,在修复受损部位后,廊道内的水通过地漏流至疏水槽内,再通过交通廊道的排水管排出。

2.2.4 文物清洗管路系统

利用舱内外的压差,将文物表面的积尘通过软管抽吸至参观廊道主体内的排水总管,再排至交通廊道的排水管。整个参观廊道主体设有四处连接软管点,各点的壳体上均设有阀件和快换接头座,供软管接插,在舱内阀后接有管路通至排水总管。

2.2.5 空调通风及防排烟系统

参观廊道空调通风系统包括参观廊道和“8”字体舱段内送回风以及设备管道内空调风机盘管系统,系统风源及冷源由设在岸上陈列馆的空调设备提供。夏季设空调和通风,冬季设置通风。排烟风管与回风管公用。风管及风口采用非承压普通产品,穿越水密门处的风管采用焊接钢管,并在水密门设蝶阀,使之形成密封止水接口。管道及蝶阀按廊道承压等级设计。

2.2.6 自动喷淋系统

参观廊道自动喷淋系统按中危险级 I 级设计,系统给水管由两侧交通廊道喷淋干管接入。穿越水密隔壁处两侧设蝶阀。为了检验系统的可靠性、配水管道是否畅通、以及最不利点处喷头的工作压力等,系统中最不利点喷头处设末端试水装置。为保持系统管网内的压力,两侧入口处设止回阀。

2.2.7 火灾自动报警及联动控制系统

参观廊道内火灾自动报警及联动控制系统与交通廊道及地面陈列馆火灾的自动报警与联动控制系统统一设计,该系统的消防控制室位于地面陈列馆一层。火灾发生时,烟感探测器报警,将信号传至消控室内火灾报警控制器,控制器发出指令,通过中继器启动警铃,也可通过手动报警按钮将火灾信号发至火灾报警

控制器。发生火灾区域与消防控制室通讯由消防专用电话及消防广播完成。

2.3 电气系统

2.3.1 照明系统

电源进线分两路由岸上引至参观廊道入口与出口设备间内的配电箱中。每路电源进线又以双电源的形式分成两根电缆引入。

(1) 参观廊道正常照明。在廊道顶部每隔 3.6 m 布置 1 盏嵌入式吸顶灯,计 19 盏。其电源分两路分别由上游设备间的配电柜和下游设备间的配电柜供给。

(2) 参观廊道观察照明。当观察题刻时,为保证观察效果又不影响廊道内行走,廊道内共设置了两条可调节照度的光带,分别由设备间的两个配电柜控制。

(3) 应急照明。廊道内共设置了 13 个带应急装置的疏散指示灯,分别由两个设备间内的应急箱供给,在观察题刻时供观察照明,停电时便自动转为应急照明。两个设备间内吸顶灯的电源也由应急箱供给。

(4) 潜水员舱的照明。潜水员舱布置 1 盏防水耐压灯具,可承受 0.7 MPa 的压力,它的电源级别为 24 VAC,由低压照明箱控制。

2.3.2 漏电保护

在参观廊道内,距廊道地面 200 mm 处的不同位置,设置了两个带电接点的水位探头;在设备管道的不同位置也设置了两个带电接点的水位探头用来监测事故进水,进水信号引入设备间的监控柜内进行报警提示,监控柜同时将报警信号传至岸上。为避免误操作,在确认发生事故漏水后,可由工作人员手动切断水密门外的电源,使廊道内断电。整个参观廊道(包括设备管道)均做了可靠的接地处理,并在廊道相应位置设置了多个等电位接地端子。

2.3.3 内部通讯系统

设备间与潜水员舱以及设备舱的通讯采用内部对讲电话联络方式。设备间控制台上为嵌入式对讲电话主机,潜水员舱为壁挂式对讲电话分机,设备舱安装 1 台壁挂式对讲电话分机。

3 安全措施

参观廊道设计在满足使用功能的情况下,将安全性置于首要位置。

(1) 廊道结构有足够的强度,并按能使用 100 a 来考虑。除油漆涂层保护外,浸水部分留有 6 mm 腐蚀裕量,非浸水部分留有 2 mm 腐蚀裕量。

(2) 观察窗采用双层玻璃结构,万一外层玻璃破

损,则由内层玻璃承压,确保水体不会浸入廊道内。

(3) 保护体内照明等用的设备,安装在专设的设备管道内,以减少参观廊道主体上的开孔,提高了安全性。

(4) 参观廊道两端的“8”字体舱段作为应急时的救生舱,“8”字体舱段两端均设有承压的水密隔壁和水密门,各系统通过隔壁口处均设有阀件。对平时常开的阀件采用手动气阀,在参观廊道出现损漏进水时,首先关闭和交通廊道接口处的水密门,然后关闭有关阀门,引导游客进入两端“8”字体舱段后,再关闭该处的水密门。此时,舱内人员可呼吸气垫内的空气,当水密门关闭后,“8”字体舱段内的进水可通过疏水管道排出,待水排除后舱内外压力相等时,即可从“8”字体舱段进入交通廊道返回地面。当人员在“8”字体舱段内时可启动供气系统向舱内提供新鲜空气,使舱内的氧气和二氧化碳的含量保持在正常的范围内。

4 关键技术

由于参观廊道长年浸泡于水下,并且要求达到 100 a 的设计寿命,因此以下的几个关键问题是设计必须解决的。

4.1 防腐蚀

水上航行的船只可以通过进船坞来更换防锈漆,而参观廊道不行。经过反复比较,设计采用了在参观廊道外壁喷涂聚氨酯酮体作为防腐材料,这种防腐材料在钢结构表面形成一层玻璃钢状饱和层,与外壁结合紧密,寿命不低于 100 a。同时,在设计中留有防腐蚀裕量。

4.2 观察窗设计

观察窗的设计在潜器中被广泛应用,但像白鹤梁这种长年处于水下环境中的观察窗一旦漏水,后果严重。另一方面,由于必须在水下更换(出现问题时),

因此必须考虑方便潜水员作业。设计最终采用内外两个观察窗来确保观察窗处不漏水,而且在需要更换时,在拆除一个观察窗时,另一个观察窗能保证密封可靠。为方便潜水员水下作业,设计了吊运轨道及踏步,可方便运送需更换观察窗。

4.3 保护体内维修

由于保护体内有照明灯具、水下摄像机等设备,需要经常维护。因此,设计中采用了 1 个潜水员舱,它实际上是 1 个潜水加减压舱,潜水员在这里加压后进入水中进行维护作业,作业完毕,再通过潜水员舱完成减压,然后返回到参观廊道,完成潜水作业。

5 运行效果

白鹤梁题刻水下原址保护工程是世界上唯一的水下文物综合保护工程(水下博物馆),参观廊道作为它的核心部分,是目前世界上较复杂、设计难度较高的参观廊道。三峡水库从 2005 年开始蓄水,参观廊道随即淹没入水中,至今已有 6 a。白鹤梁水下博物馆自 2009 年 5 月试运营至今也有 2 a 多时间,已接待了大量的游客参观。通过这些年的实际运行考验,各部分均运行正常,证明参观廊道的设计是成功的。2010 年联合国教科文组织在参观了白鹤梁水下博物馆后召文物保护工作会议,会上充分肯定了白鹤梁水下博物馆这项世界上唯一的水下文物保护工程对于文物保护的重要作用和意义。

参考文献:

- [1] 吴建军,韩建成,章荣发.三峡库区白鹤梁题刻原址水下保护工程设计[J].人民长江,2011,42(4):5-7.
- [2] 潜水器系统及潜水器入级与建造规范[M].北京:中国船级社,1986.
- [3] 钢质海船入级与建造规范[M].北京:中国船级社,2001.
- [4] 成大先.机械设计手册[M].北京:化学工业出版社,2005.

(编辑:徐诗银)

Review on design of protection and visiting corridor project of White Crane Ridge Inscription

LIU Zhongming¹, YI Tong²

(1. 719 Institute, China Shipbuilding Industry Corporation, Wuhan 430064, China; 2. Hydraulic Complex Design Department, Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, 430010, China)

Abstract: The core part of the in-situ cultural relic protection project of White Crane Ridge Inscription was a fully-closed metal structure system. As the corridor is submerged all year around with 100 years' design life, its design is challenged. After a comprehensive comparison, the following measures were taken, spraying polyurethane outside wall of the corridor for anticorrosion whose design life is more than 100 years; adopting 2 viewing windows which were alternation for each other; adopting a diver chamber (composed by a compression chamber and a decompression chamber), which was convenient for divers' repairing work to the protection structure. The 2 years' operation shows the design of the corridor is successful.

Key words: White Crane Ridge Inscription; protection project; submerged visiting corridor; design scheme