

渡槽槽身 U 型止水闭水检测装置的设计与应用

杨君磊, 胡汤呷子, 周波

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川成都 610037)

摘要: 渡槽槽身 U 型橡胶止水带的安装是整个渡槽施工中的重要部分, 检测 U 型橡胶止水带安装后是否渗漏是整个工序必不可少的环节。在渡槽止水各工序施工过程中, 多采用闭水试验检测渗漏情况。阐述了根据现场实际情况采用渡槽槽身 U 型闭水检测装置对槽身 U 型止水进行的闭水渗漏检测过程, 对比了传统砖砌闭水试验方案, 其更为简便、经济、快捷。该装置在岷河供水一期工程项目中首次应用即获成功并获得国家实用新型专利成果。

关键词: 岷河供水; U 型薄壳渡槽; U 型 GB 复合橡胶止水; 闭水检测装置; 设计与应用

中图分类号: TU6; TU7; TU5; TU99; [TV91]

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2022)05-0065-05

The Design and Application of Closed Water Detection Device of U-shaped Water Stop for Aqueduct

YANG Junlei, HU Tanggazi, ZHOU Bo

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD., Chengdu, Sichuan, 610037)

Abstract: The installation of U-shaped rubber water stop belt of the aqueduct is an important part of the whole aqueduct construction. Detecting whether the U-shaped rubber water stop belt leaks after installation is an indispensable step in the whole process. In each construction process of aqueduct water stop, closed water tests are often used to verify the leakage. According to the actual situation in the field, the U-shaped closed water detection device of the aqueduct is used to detect the closed water leakage of the U-shaped water stop of the aqueduct. Compared with the traditional closed water test scheme using bricks, it is simpler, more economical and faster. The Pihe Water Supply Phase I Project is applied this device for the first time and has been registered as the national utility model patent.

Key words: Pihe Water supply; U-shaped thin shell aqueduct; U-shaped GB composite rubber water stop; Closed water detection device; Design and application

1 概述

四川省都江堰灌区岷河供水一期工程为国家重点水利工程之一, 是一项为解决资阳市境内诸多区县的灌溉用水、城镇供水并兼顾人畜用水和改善生态环境的重要民生工程。在该工程主干渠及支渠引水渠道建设中, 由于所跨越的地形条件较为复杂, 依托地形条件及当地的民生需求, 设计人员采用了诸多类型的引水水工建筑物, 如明渠、暗涵、隧洞、渡槽等。

其中渡槽作为引水工程的主要建筑物, 为确保引水渠道水流上跨河渠、溪谷、洼地和道路时所修建的桥式交叉建筑物(又称高架渠), 主要由进出口槽台、槽身、支撑结构(桩基础、板式基础、排

架柱、支座、垫石)及附属结构(止水、栏杆)组成。岷河供水一期工程渡槽槽身为 U 型薄壳钢筋混凝土结构, 横断面为半圆加直段, 在槽身顶部设置有拉杆, 渡槽槽身标准跨长度为 15 m, 在跨越特殊部位时采用预应力槽身, 跨度为 20~30 m 不等, 在槽身两端设置结构缝, 接缝下部宽 3 cm, 上部宽 20 cm。

在结构缝 U 型橡胶止水带施工完成后、嵌缝前需要进行闭水试验以检测止水带是否存在渗漏。砖砌挡墙蓄水是常规采用的闭水检测方式。该闭水检测试验通常需要在完成一跨或多跨槽身止水带安装后在其两端砌墙封闭、向槽身内充水至设计加大水深(设计允许过流最大水深)。该墙体横贯渡槽槽身, 占用空间较大, 同时对槽身前后

收稿日期: 2022-07-10
国家实用新型专利: 渡槽槽身 U 型止水闭水装置(ZL 2019, 2, 2051099. 9)

的交通造成阻塞,不利于其他工序的施工,鉴于砖砌挡墙形成的关水空间较大,其用水量亦较大。在渡槽高程较高、地势较为复杂、取水困难的部位,采用该施工方法将大大增加施工难度。在渡槽止水施工过程中,对止水带安装后的槽身进行闭水试验是其施工必要的过程,如果槽身闭水试验过于复杂,势必会影响到施工进度。为保证工程施工方便、经济,通过现场摸索,项目部技术人员研发出了渡槽槽身 U 型止水闭水检测装置,对其研发过程介绍于后。

2 渡槽槽身止水结构的形式及施工工序

在渡槽结构缝之间设置渡槽止水,其目的在于在渡槽运行过程中缓冲槽身与槽身之间的作用力,释放或减小槽身与槽身之间的各种应力(温度

应力、拉应力等),要求渡槽的结构缝必须具有一定的伸缩性,同时,渡槽结构缝设置的止水应具有防渗漏作用,以保证渡槽的稳定运行。该工程止水结构的形式选用 U 型 GB 复合橡胶止水带,其止水结构包含聚乙烯嵌缝板($\delta=3\text{ cm}$ 、 $\delta=5\text{ cm}$)、U 型橡胶止水带($\delta=8\text{ mm}$)、GB 胶板($\delta=4\text{ mm}$)、不锈钢螺栓(M10×100 mm)、不锈钢压板(30 mm×5 mm)、丙乳砂浆(根据设计要求配制)、聚硫密封膏及材料间粘接剂(氯丁酚醛胶粘剂强力胶等)。鉴于止水结构施工工序较为复杂,为确保止水的施工质量,做到不渗漏,要求各工序必须细致施工以避免返工。槽身止水的施工流程见图 1^[1]。

3 槽身 U 型止水闭水检测装置的设计

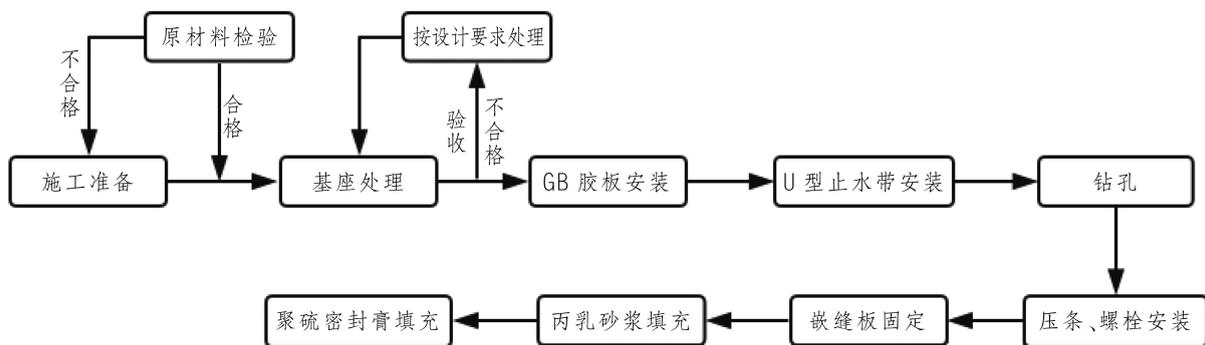


图 1 槽身止水施工流程图

按照渡槽槽身 U 型止水施工流程,在完成 U 型止水带及不锈钢压板、螺栓安装后需要对结构缝施工质量进行闭水检测,以检验止水带的安装是否满足质量要求,及时发现前期施工存在的问题,避免在后续施工完成后返工而浪费时间及材料。槽身闭水检测是在安装完成 U 型止水带后、通过向槽身内充水、在充水水位达到设计加大水深、参照水池满水试验要求闭水 72 h 后测得水位损失量并观察渡槽止水槽是否出现漏水或明显的渗水现象。

3.1 槽身 U 型止水闭水检测装置的设计原理

渡槽通水后,渡槽底部会受到持续的动水压力作用,当渡槽过水断面的过水流量恒定时,此时将渡槽的过流情况视作均匀流,即渡槽底部受到的动水压力作用与静水压力作用一致。因此,可以在静水压力的条件下考察渡槽止水在水压力作用下的防渗漏能力,这即为进行槽身止水闭水试验的基础条件。

在水静力学研究中得到静水压强公式^[2]:

$$P = P_0 + \rho gh$$

式中: P 为在水深 h 时的静水压强; P_0 为自由水面大气压强; ρ 为水的密度; h 为水深。

由静水压强公式得出重要的结论:同种液体中,淹没深度相等的各点静水压强相等^[3]。即在其他条件不变的情况下,水中某点的静水压强仅与该点所处水中的深度有关。因此,在如图 2 所示的两种关水情况下,渡槽止水部位受到的静水压强相等。这是槽身 U 型止水闭水检测装置的理论基础。槽身 U 型止水闭水试验对比情况见图 2。

由此可以根据施工现场的条件及砖砌挡墙闭水试验设计出土工膜封闭水试验装置,用于考察渡槽止水在同样的静水压强作用下是否能够达到防渗漏的质量要求。

3.2 槽身 U 型止水闭水检测装置的结构形式

渡槽槽身 U 型止水闭水检测装置是将复合土工膜覆盖在渡槽的止水槽上,封闭止水槽并形

成弧形闭水区间,闭水区间的两端均为用于向闭水区间灌水的灌水口。渡槽结构缝的上下游两端在距离其边缘 5 cm 范围均打磨平整并涂刷界面剂,再通过强力胶与复合土工膜连接。复合土工膜裁剪下料时要超出结构缝两侧宽度 5~10 cm。对于复合土工膜与槽身内壁结合部位粘贴 GB 胶

条,GB 胶条与复合土工膜之间通过强力胶连接,在每条 GB 胶条上部安装不锈钢压条并根据压条预留孔位钻孔,根据孔位的布置安装膨胀螺栓,依次穿过不锈钢压条、GB 胶条、复合土工膜后嵌入渡槽槽身固定。渡槽止水槽处的横纵剖面见图 3^[4]。

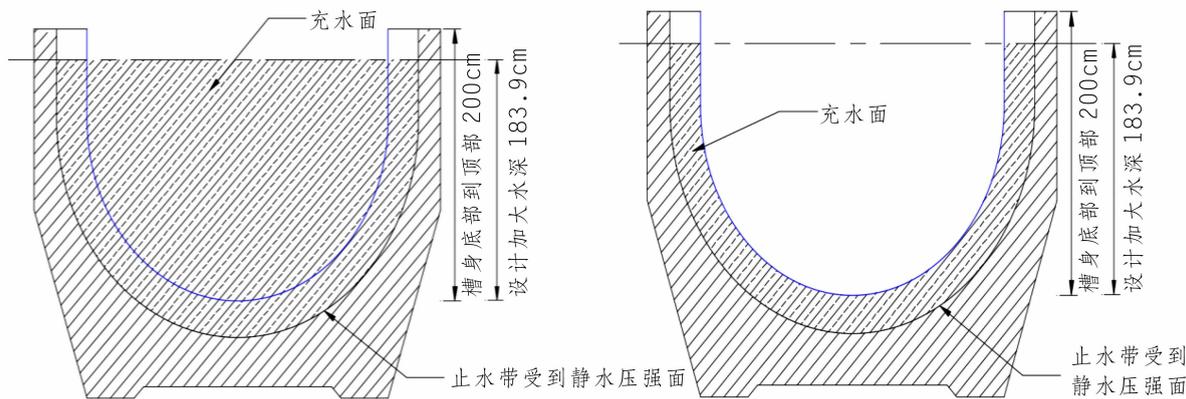
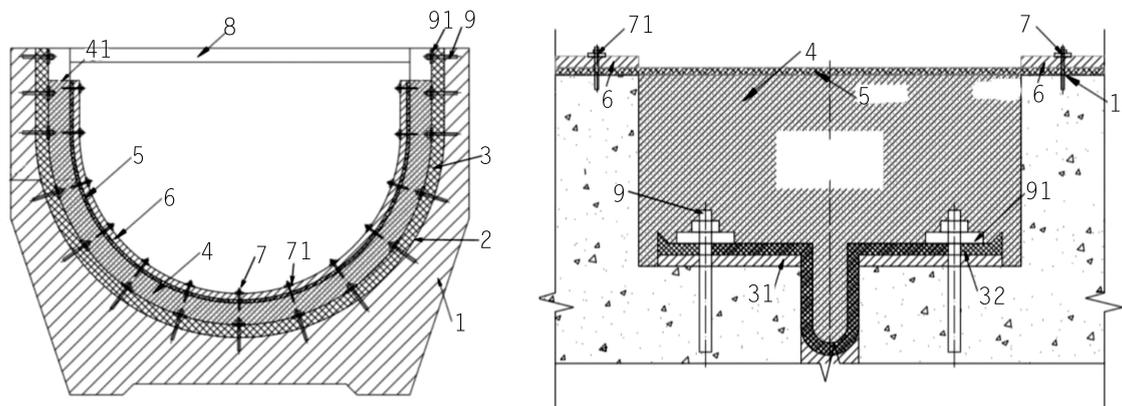


图 2 槽身 U 型止水闭水试验对比图



图中:1—渡槽槽身;2—止水槽基座;3—组合层结构;31—第一 GB 胶条;32—U 型止水带层;4—闭水区间;41—灌水口;5—复合土工膜;6—第二 GB 胶条;7—第一螺栓;71—第一不锈钢压条;8—槽身顶部拉杆;9—第二螺栓;91—第二不锈钢压条

图 3 渡槽止水槽处的横纵剖面图

4 槽身 U 型止水闭水检测装置的施工

程见图 4。

渡槽槽身 U 型止水闭水检测装置的施工流

(1)基础面打磨及界面剂的涂刷。在 U 型止

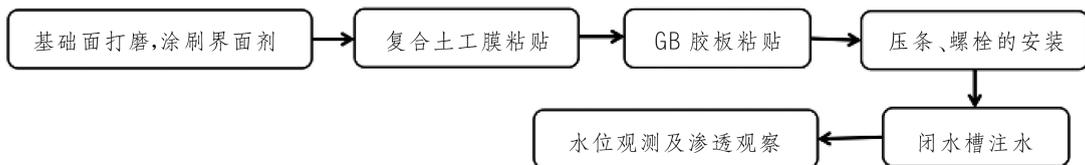


图 4 渡槽槽身 U 型止水闭水检测装置施工流程图

水闭水检测装置施工前,需要将原浇筑渡槽槽身端头部位打磨平顺,同时将槽身内侧表面混凝土乳皮打磨干净以确保复合土工膜与槽身紧密贴

合,打磨范围为 5~10 cm。基础面打磨完成后,用软毛刷均匀涂刷界面剂以增强复合土工膜与混凝土面的贴合性。

(2)复合土工膜的粘贴。毗河供水一期工程渡槽槽身分不同流量段,其槽身尺寸不尽相同,必须按照设计图纸采用美工刀或剪刀裁剪出相应尺寸的复合土工膜。复合土工膜多采用两布一膜,且土工膜与渡槽槽身粘贴侧需将土工膜保护布去除,使膜与混凝土基础面直接粘合并保证粘贴的严密性,在完成土工膜裁剪及准备工作后备用。

根据不同界面剂说明书要求,在完成界面剂涂刷且达到相应时间后开始涂刷强力胶水,同样按照强力胶水的性能要求和说明书将其均匀涂刷在混凝土基础面,待强力胶水满足时间要求后将准备好的复合土工膜按照先底部、后边墙,底部由中间向两端粘接,边墙由下向上粘接的顺序施工,在其铺设过程中采用刮片和胶锤连续压实土工膜,不得漏压。

(3)GB胶板的粘贴。清理土工膜表面的灰尘及污渍,GB胶板采用丙酮(或酒精)擦拭干净。使用毛刷在土工膜面和GB胶板上分别涂刷一层氯丁酚醛胶粘剂强力胶,要求涂胶2~3次,涂胶量按 $150\sim 250\text{ g/m}^2$ 实施,露置至完全不粘手(约

10~20 min)时将其压紧,按照先底部、后边墙,底部由中间向两端粘接,边墙由下向上粘接的顺序施工,并设置压板等固定压实。施工过程中,应避免沾水或进入灰尘,待胶体充分固化后拆除压板并进行清理工作。

(4)不锈钢压条及螺栓的安装。在铺设GB胶板位置顺直铺放不锈钢压条,再根据不锈钢压条上的空隙位置选取适合钻孔的位置并做好记号,使用电钻在标记的位置垂直止水槽环面钻孔,钻孔完成后,使用高压风枪将孔内的残渣清理干净,要求孔内无残渣和灰粉。确认孔的位置合适后,将膨胀螺栓穿过土工膜、GB胶板、不锈钢压板等,再插入已打好的螺栓孔内并确认完全插入。

如果螺栓孔过紧,需要用手锤将膨胀螺栓敲击入孔。此时应注意:不得直接敲击螺栓端部,这样做可能会导致螺栓的丝扣受到损坏,从而无法旋紧螺母并进行调节。应使用略大于螺杆的套管套在螺杆上进行敲击,使敲击力作用于螺母上。螺栓孔过紧的处理方法见图5。

螺栓的紧固顺序为从槽身底部向两侧依次

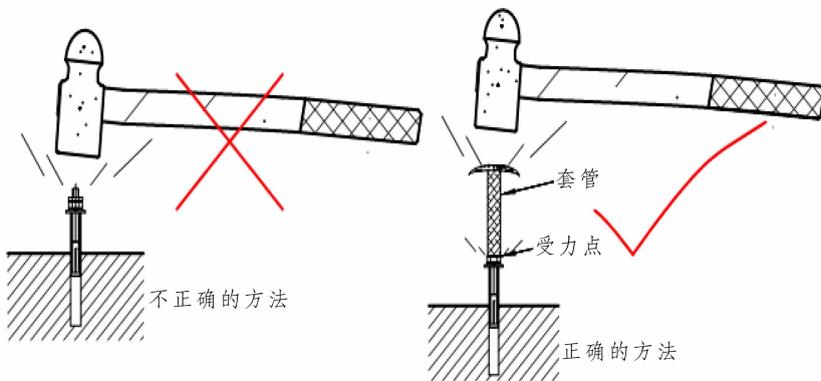


图5 螺栓孔过紧的处理方式示意图

紧固,螺栓的拧紧程度以压条空隙内橡胶稍有凸起为止。对于安装好的膨胀螺栓,其外露部分应与底板垂直,垫片与底板应完全紧密接触。螺母旋紧后,螺栓外露的丝扣应保持在2~5扣之间。U型止水闭水装置见图6。

(5)闭水检测装置的注水及渗漏检测。完成闭水检测装置的安装并经检验合格后,向该装置内缓慢注水,并在槽身混凝土上口端设置注水上限刻度即设计加大水深处,缓慢注水至上限刻度。注水过程中需安排人员观察渡槽槽身结构缝及闭水检测装置是否存在渗漏现象,若发现有渗漏情

况,应标记渗漏位置,立即停止注水、返工重做。若未发现渗漏,则在注水至上限刻度位置时停止注水并浸泡48 h,使槽身混凝土及土工膜吸水饱和,再次注水至上限刻度并记录初始刻度数据,待24 h后再次记录最终水位数据,并对结构缝及闭水检测装置进行检查,看其是否存在渗漏点,若无渗漏且最终水位差允许渗水量不超过 $17.6\text{ m}^3/(24\text{ h}\cdot\text{km})$ ^[5](参照市政工程管径不超过20 cm钢筋混凝土管无压管道闭水试验允许渗水量数据)即为合格。

5 槽身闭水试验对比



图6 U型止水闭水装置示意图

砖砌挡墙和槽身U型止水闭水检测装置两种槽身闭水试验方案均能达到渡槽在加大水深时的静水压强效果,故其均能达到检测渡槽止水是否渗漏的目的。

对于砖砌挡墙槽身闭水试验方案,在其施工过程中使用了砖、水泥砂浆两种主要材料且砖砌过程复杂。以岷河供水一期工程书永分干渠第四流量段渡槽为例介绍了具体的闭水试验过程。该渡槽完工后的砖墙面积为 4.5495 m^2 左右,两面砖墙形成前后宽 2 m 、高 1.85 m 的半封闭关水空间,此时渡槽的前后已不便于通行。进行闭水试验时,在关水空间内将水位关到设计加大水深 183.9 cm 处需要 $9\ 099\text{ L}$ 的水。为防止砖墙被水压推垮,在砖墙外侧需要堆砌砂袋以稳固墙体。

对于复合土工膜封闭的槽身充水试验方案,同样以岷河供水一期工程书永分干渠第四流量段渡槽为例,施工过程中使用了复合土工膜、GB胶板、不锈钢压条、膨胀螺栓、强力胶等材料,施工过程要求细致;完工后复合土工膜覆盖了止水槽的充水空间,该充水环形空间长 554.5 cm 、宽 20 cm 、深 10 cm ,对渡槽前后的交通基本无影响。进行闭水试验时,在关水空间内将水位关到加大水深 183.9 cm 处需要 110.9 L 的水。

对比上述两种槽身闭水试验方案得知,复合土工膜闭水检测装置较砖砌挡墙闭水试验方案具有以下优点:

- (1) 使用更少的施工材料,施工过程较简单;
- (2) 所形成的关水空间较小,闭水试验时用水量更少;
- (3) 完工后对交通通行的影响非常小,有利于其他施工作业进行;

(4) 闭水试验完成后的拆除、处理工作更为简单、方便。

由上述可知:在渡槽高度较高、施工材料不方便运输、水不方便泵送的位置,采用复合土工膜闭水检测装置在闭水试验中具有的优势更明显。

6 结 语

渡槽止水不漏水、不渗水是保证工程完工后渡槽稳定运行的重要条件,而槽身闭水试验是验证渡槽止水防漏水、防渗水性能的重要依据。在渡槽止水施工过程中,对止水带安装后进行槽身闭水试验是其必要的过程。但若槽身闭水试验过于复杂,势必会影响到施工进度。而采用复合土工膜闭水检测装置对槽身止水进行渗漏检测可行,其施工工序更为经济、简便、快捷。该装置在岷河供水一期工程渡槽止水渗漏检测中首次使用即获成功,并获得国家实用新型专利(ZL. 2019, 2, 2051099. 9)。

参考文献:

- [1] 解林,李斌. 浅谈南水北调中线湍河渡槽工程U型薄壁渡槽止水带施工工艺,城市建设理论研究[J]. 2014, 4(28): 664-665.
- [2] 给水排水构筑物工程施工及验收规范,GBJ141-90[S].
- [3] 吴持恭. 水力学(第四版)[M]. 北京:高等教育出版社, 2008.
- [4] 杨君磊. 渡槽槽身U型止水闭水装置,实用新型专利证书第10531840号[P]. 国家知识产权局, 2019. 11. 25.
- [5] 给水排水管道工程施工及验收规范,GB50268-2008[S].

作者简介:

杨君磊(1989-),男,湖北枝江人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

胡汤呷子(1987-),男,四川雅安人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

周 波(1993-),男,四川自贡人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)