

DOI:10. 3969/j. issn. 1674 - 1951. 2019. 09. 009

斜拉式漂浮物拦捞装置的设计与应用

Design and application of cable-stayed device for trapping
and raising floating trash

杨小东¹, 尚力阳¹, 范素香², 于鹏辉¹
YANG Xiaodong¹, SHANG Liyang¹, FAN Suxiang², YU Penghui¹

(1. 黄河水利委员会黄河机械厂, 郑州 450006; 2. 华北水利水电大学 机械学院, 郑州 450045)
(1. Yellow River Machinery Factory, Zhengzhou 450006, China; 2. School of Mechanical engineering,
North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450045, China)

摘 要:为解决南水北调中线总干渠沿线分水口漂浮物影响供水质量的问题,设计了一种斜拉式漂浮物拦捞装置,该装置在不破坏原分水口水工建筑物结构的基础上,将覆有滤网的梯形拦捞框架铰接于分水口闸前,采用卷扬起吊机构进行升降调节,有效地阻止了干渠中各种漂浮物由分水口进入取水管,从源头上解决了水厂阀门和设备堵塞问题,提高了生产效益。

关键词:漂浮物;拦捞装置;南水北调工程;分水口

中图分类号:TV 732.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1674 - 1951 (2019)09 - 0036 - 03

Abstract:To protect the water along the main canal of the middle rout project in South-to-North Water Diversion from being affected by floating trash at intakes, a cable-stayed device for trapping and raising floating trash was designed. Without damaging the original structure of the hydraulic structure, a trapezoidal trapping frame covered with filter was articulated in the front of diversion gate, and it was adjusted by winch hoist. The device effectively avoided various floating debris in main canal flowing from water diversion to intakes, which fundamentally solved the problem blockage of valves and equipment in water plants, and improved their production efficiency.

Keywords:floating trash; trapping and raising device; South-to-North Water Diversion Project; water diversion

0 引言

保持良好达标的水质输送,是南水北调工作的重中之重。南水北调中线工程输水总干渠明渠段全长 1 432 km(包括北京段和天津段),共有 64 座节制闸、53 座退水闸和 88 座分水闸^[1],流经豫、冀、京、津等地。工程通水运行后,渠水中会携带各种漂浮杂物,以水草、枯枝、树叶、浮生藻类为主,秋冬季时最为严重。渠水由分水口进入当地自来水厂时,漂浮杂物易堵塞进水口处的相关设备,造成输水不畅,影响正常生产。分水口是明渠主干渠向分支分流的关键点,因此从分水口拦捞漂浮物是最佳解决方式。吴怡等^[2]构建了南水北调中线干线工程一维非恒定流水力学仿真模型,研究了节制闸闸前水位变化对

分水口(退水闸)流量变化的敏感性,为工程实际运行调度管理提供了技术支持。吴时强等^[3]针对漂浮物运动特性与堆积形态模拟存在无法同时满足的问题,在分析漂浮物随水流运动特性的基础上,提出了漂浮物模拟的相似条件,采用正态模型或小变率的变态模型来模拟漂浮物堆积形态,为漂浮物治理奠定了基础。蔡莹等^[4-5]研究了三峡工程漂浮物的危害及治理现状,分析了目前采取拦漂、排漂、清漂 3 种主要治漂措施存在的优势和不足,提出了在坝前建设聚漂区,采用“以捞为主,以排为辅”的治理方式,为解决漂浮物问题提供了工程参考。景洪水电站在进水口前设置了垂直升降式拦污漂,对污物进行拦截清除,大大减少了电站进水口拦污栅处漂污物的堵塞^[6]。郑江等^[7]结合锦屏一级水电站工程现场实际情况,开展了斜坡固定导槽水力自升降拦漂技术的研究,设计了适应超大水位变幅水力的斜坡式水力自升降拦漂设施,有效保障了拦漂系统运行的稳定性和安全性。以上研究对河道、水电站漂

浮物治理进行了深入探索,并将研究成果应用于工程实践。本文针对南水北调中线工程分水口处的漂浮物问题,探索一种斜拉式漂浮物拦捞装置。

1 斜拉式漂浮物拦捞装置

拦捞装置为斜拉式框架结构,安装在分水口地面建筑物上,依附在分水口坡面处。如图 1 所示,拦捞装置由安装座、拦捞框架、滤网、卷扬起吊装置、铰支座组成,沿分水口到干渠由上向下倾斜,逐渐由水上过渡到水下,拦捞框架宽度从分水口到干渠逐渐变大,呈等腰梯形结构。为了保证结构牢固,拦捞框架设置有纵横交错的支杆。拦捞装置主体覆有滤网,阻拦漂浮物进入取水管。携带有漂浮物的渠水经过分水口附近时,漂浮物会在滤网上聚集或随水流向下游流走。当滤网上的漂浮物聚集到一定量时,卷扬机可将拦捞主体拉出水面。拦捞主体两侧安装有护栏,维护人员可登上拦捞主体清理杂物。

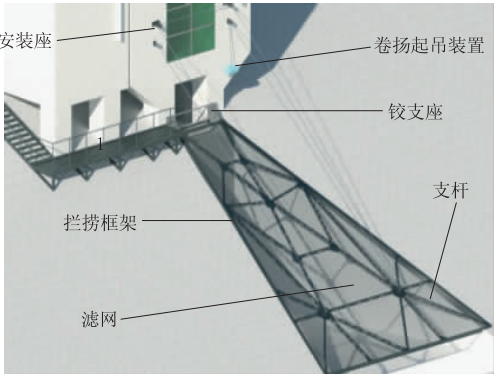


图 1 斜拉式漂浮物拦捞装置结构

Fig.1 Cable-stayed device for trapping and raising floating trash

如图 2 所示,铰支座固定在建筑物的承重结构上,拦捞框架一端通过铰支座转动连接,框架上设置有不锈钢滤网。

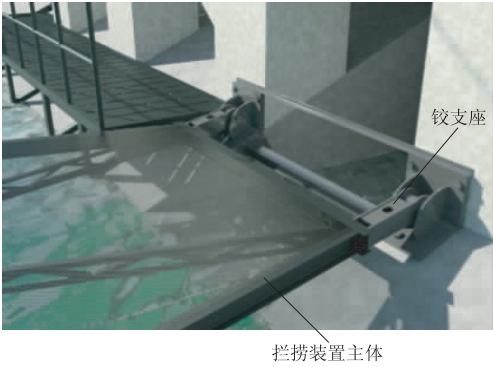


图 2 拦捞装置铰接形式

Fig.2 Articulated structure of the trapping and raising device

如图 3 所示,卷扬起吊装置由卷扬机、钢丝绳、滑轮组组成,卷扬机固定在安装座上。卷扬起吊装

置设置 2 套,别位于拦捞框架两侧,通过钢丝绳和滑轮与框架前端连接。通过卷扬机的正反转收放钢丝绳,使拦捞框架绕铰支座转动,实现框架的升降。

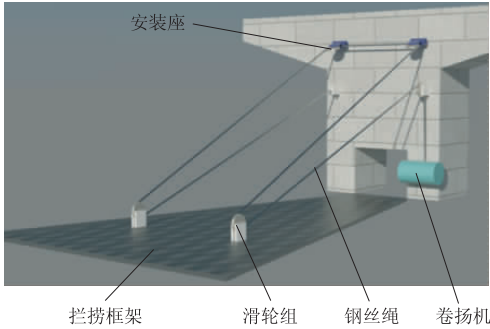


图 3 卷扬起吊装置结构

Fig.3 Structure of the winch hoist

2 拦捞框架有限元静力学分析

拦捞框架为桁架结构,选用 201 不锈钢材料,工作时受重力、浮力、钢丝绳拉力和水流力,其结构和受载比较复杂,需要计算应力及挠度变化情况,判断是否在允许值范围内^[8-9]。拦捞框架所受的水流力最大值为^[10]

$$F_w = c_w \frac{\rho}{2} v^2 A , \tag{1}$$

式中: F_w 为水流力,kN; c_w 为水流阻力系数; ρ 为水密度,t/m³; v 为水流设计流速,m/s; A 为构件在与流向垂直平面上的投影面积,m²。

根据实际情况,计算时水流阻力系数取 1.99,水密度取 1 t/m³,水流设计流速为 1 m/s,得出构件及其滤网在与流向垂直平面上的投影面积为 19.551 7 m²,因此算得水流力为 19.453 9 kN。

建立拦捞框架三维模型,在铰支座、支杆处设置约束,加载重力、惯性力、浮力及水平水流力,利用有限元分析软件对框架进行工作时的结构静力学分析^[11],分析结果如图 4 所示。图 4 中:最大变形量为 1.212 9 mm,满足刚度要求;最大应力为 13.431 MPa,远小于 275 MPa,满足强度要求,不需要做进一步的应力分析。

3 斜拉式漂浮物拦捞装置的特点

- (1) 可根据分水口的形状与大小量身定做。
- (2) 拦捞主体上所覆滤网可根据当地水况进行定制。单一拦捞主体可根据水层特性,覆盖不同孔型的滤网。

(3) 安装时不需要对现有土方工程或建筑物进行大规模改造。干渠分水口处启闭机多安装在机房内,根据机房的结构特征,可将铰链与卷扬机安装在建筑物的承重柱上,钢丝绳及导轮可安装于建筑物外墙上。

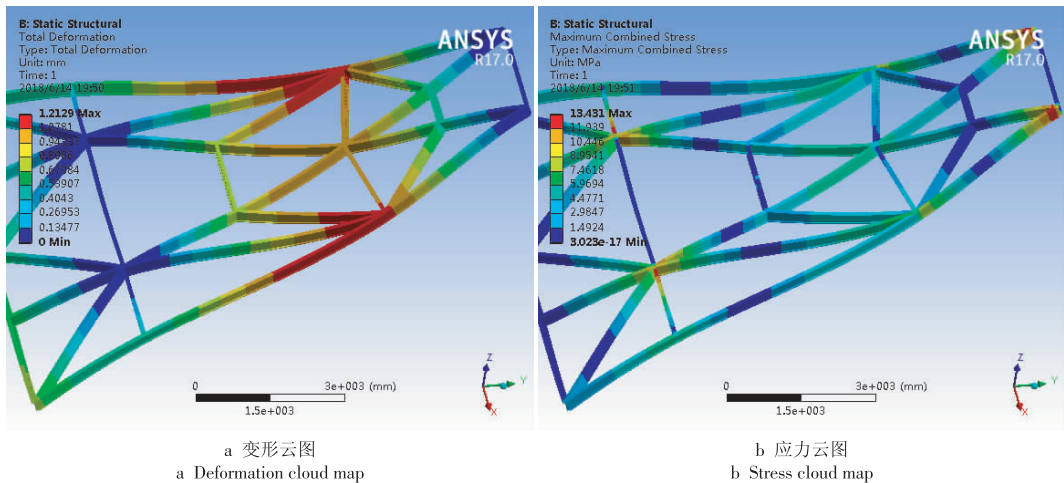


图 4 拦捞框架变形云图及应力云图

Fig. 4 Deformation cloud map and stress cloud map of the trapping and raising frame

(4) 拦捞主体采用分节制作、现场拼装的方式，便于运输与吊装。在不完全拆解的情况下，中型卡车即可运输。

(5) 主体材料为不锈钢，可避免锈蚀或材料自身毒性对水体产生的二次污染。

4 工程应用

斜拉式漂浮物拦捞装置安装在南水北调中线工程长葛段洼里分水口处，根据分水口处建筑物形态特点，铰链座安装于分水口水工建筑物下部混凝土基础位置，如图 5 所示。铰链座安装完毕后，安装拦捞装置主体，保证拦捞梯形框架中心线与两铰链中心线重合。设备工作时，拦捞主体放入水下，依附在分水口坡面上。当过滤网上漂浮物过多可能会影响输水量时，可将拦捞主体通过斜拉的方式拉出水面，人员可登上主体进行清理。



图 5 斜拉式漂浮物拦捞装置现场图

Fig. 5 Site scene of cable-stayed device for trapping and raising floating trash

5 结束语

斜拉式漂浮物拦捞装置的实际应用表明，体积较大的漂浮、悬浮杂物被阻拦于滤网上，或远离分水口随水流流向下游，体积较小的杂物如藻类吸附在

滤网上，起到了拦藻作用。供给地方的渠水中漂浮物大量减少，不但保证了输水质量，还降低了当地水厂相关设备的故障率，保证了生产的正常运行。

参考文献：

[1] 肖万格, 吴泽宇. 南水北调中线一期工程总干渠总体布置原则及特点[J]. 水利水电快报, 2006, 27(18): 14-17.

[2] 吴怡, 郑和震, 雷晓辉, 等. 南水北调中线工程分水口敏感性研究[J]. 人民黄河, 2018, 40(7): 121-123, 128.

[3] 吴时强, 童中山, 周辉, 等. 水电站漂浮物堆积形态模拟方法探讨[J]. 水利水电科技进展, 2010, 30(2): 24-28, 39.

[4] 蔡莹, 唐祥甫, 蒋文秀. 河道漂浮物对工程影响及研究现状[J]. 长江科学院院报, 2013, 30(8): 84-89.

[5] 蔡莹, 李章浩, 李利, 等. 河道型水库漂浮物综合治理措施探究[J]. 长江科学院院报, 2010, 27(12): 31-35.

[6] 艾京, 丁波. 景洪水电站进水口垂直升降式拦污漂设计[J]. 云南水力发电, 2017, 33(5): 80-82, 85.

[7] 郑江, 刘勇, 倪迎峰. 超大水位变幅水力自升降拦漂设施研究与应用[J]. 人民长江, 2017, 48(2): 71-73.

[8] 杨逢尧. 水工金属结构[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.

[9] 杨兴丽. 泵站拦污栅拦污阻水研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2012.

[10] 港口工程荷载规范: JTS 144-1-2010[S].

[11] 张岩. ANSYS Workbench 17.0 有限元分析从入门到精通[M]. 北京: 机械工业出版社, 2017.

(本文责编: 刘芳)

作者简介：

杨小东(1969—), 男, 河南周口人, 高级工程师, 工学硕士, 从事水利工程施工及爆破等方面的研究(E-mail: 292681741@qq.com)。