

悬索桥主缆单元索股水平收放索技术 应用智能放索装置研制

沈 旺¹, 俞建群², 顾庆华², 毛优达¹

(1. 浙江省舟山连岛工程建设指挥部, 浙江舟山 316000; 2. 上海浦江缆索股份有限公司, 上海 201314)

[摘要] 介绍了悬索桥主缆单元索股放索时, 针对水平收放索技术的一种被动式智能放索装置的设计原理、组装和试验, 以及在使用此智能放索装置后, 主缆单元索股放索质量的提高。

[关键词] 悬索桥; 主缆单元索股; 智能; 放索装置

[中图分类号] U448.25 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)07-0004-04

1 前言

由于现代悬索桥的跨度纪录不断被刷新, 主缆索股的长度相应也越来越长, 使主缆单元索股的制作和现场的放索施工难度也加大。悬索桥主缆单元索股的放索方式取决于悬索桥主缆单元索股的收卷工艺。悬索桥主缆单元索股的收卷工艺可分为: 成圈和成盘。

在国内外, 主缆单元索股的收卷工艺传统上均采用成盘工艺。但因成盘工艺自身的工艺缺陷, 在成盘技术的基础上开发出了一种全新的主缆单元索股的收卷工艺: 成圈工艺。此次介绍的就是一种针对成圈工艺的被动式智能放索装置。

2 设计制造

2.1 传统 PPWS(预制平行钢丝索股法) 施工中存在的问题

传统 PPWS 架设施工, 索股放索与牵引系统各自分离, 在牵引系统牵引索股时, 放索装置与牵引速度不匹配、牵引卷扬机紧急停机或正常停机时, 索盘在惯性作用下不能同时停止转动, 造成索股在索盘内的“呼拉圈”现象, 导致索盘内缠绕索股间的挤压、摩擦, 从而引起索股缠包带断带、散丝、断丝等质

量事故, 影响了主缆的施工质量和效率^[1]。

2.2 被动放索装置传动原理

根据国内外已建成同类型悬索桥中主缆单元索股在放索中产生的不良现象, 经过综合比较研究, 该智能放索系统的研制采用油压制动的方式对放索盘进行辅助制动, 使放出索股始终处于张紧状态。在高速放索情况下(已试验最高速为 65 m/min)放索装置能在 3 s 以内克服惯性。为了方便成圈索股的放置以及适应多种规格成圈内径的索股, 整个放索盘或者索股托盘可以随着成圈索股的具体尺寸大小进行调整而不影响整个放索系统。

2.3 智能放索装置的介绍

智能放索系统主要有 3 个组成部分: 放索盘、导向架和放索控制设备(见图 1 至图 4)。为了提高工作效率和放索质量, 减轻操作人员的工作强度以及提高放索工作的安全性, 系统中的所有设备状态和测量数据都能得到显示和记录, 数据还可以形成报表, 操作更简单、方便, 整个过程实现自动化控制。

2.4 智能放索装置的功能

实现功能: a. 实现自动、手动放索操作; b. 实现按设定的速度放索; c. 实现按设定阻力放索; d. 自动调节导向架高度; e. 可以设定初始高度上限高度; f. 能在设定时间内刹车; g. 测量、显示并记录已放索

[收稿日期] 2010-04-20

[基金项目] 国家科技支撑计划项目(2008BAG07B03)

[作者简介] 沈 旺(1958-), 男, 浙江舟山市人, 高级工程师, 研究方向为交通工程建设与管理; E-mail: shenw@zsjtw.gov.cn

索长度、放索速度、放索拉力;h. 测量、显示并记录显示油压机电机电流、油压压力、油温度;i. 形成报表和打印报表;j. 系统报警功能;k. 联机/脱机功能。

2.5 智能放索装置的架构

系统采用现场总线控制器,通过便携式笔记本电脑进行监控,监控电脑和 PLC 间通过以太网进行通讯,PLC 主要控制油压机,导向架高度控制电机,放索架上升和下降,采集索股速度、导向架的高度、油压机油压、油温等数据。

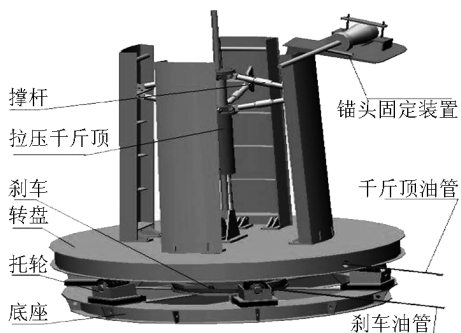


图 1 放索盘图

Fig. 1 Cable releasing plate

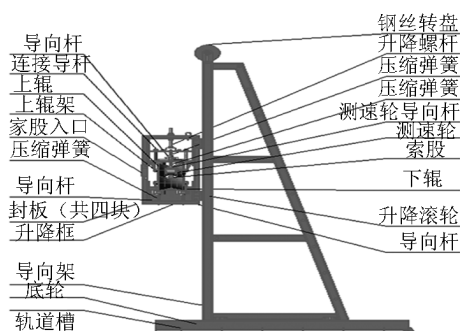


图 2 导向架

Fig. 2 Guide frame



图 3 控制设备控制画面

Fig. 3 Control picture of control device

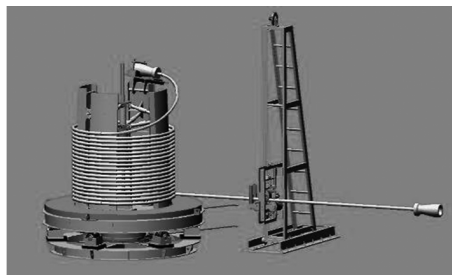


图 4 水平放索示意图

Fig. 4 Schematic figure of horizontal cable releasing

2.6 智能放索装置的实施方法

2.6.1 放索速度和长度测试

在导向架上安装一个圆滚轮和水平的索股保持接触,保证放索时,通过索股和圆滚轮之间的摩擦力让圆滚轮跟着一起转,再通过检测圆滚轮转的速度和转动的圈数来计算放索的速度和长度。

2.6.2 放索速度控制

在放索的牵引力满足速度的情况下,PLC 通过控制放索架底部刹车系统的摩擦力,从而控制放索的速度,通过 PID 调节,使放索的速度更加平稳。调节刹车系统的摩擦力是通过 PLC 控制变频器,变频器控制油压电机,从而调节放索盘的摩擦力。

2.6.3 按设定阻力放索

根据放索架刹车系统油腔内部半径的大小和油压的最大值,可以计算出该刹车系统的最大摩擦力,即是最大的阻力(其他摩擦力忽略),操作人员可设置在此范围的阻力值,通过使用 PLC 来控制油压机的转速以此改变油压压力,从而达到按设定的阻力来控制放索速度。

2.6.4 导向架高度自动调节

导向架支架上安装有 3 个轮子(上面一个,下面两个),导向架可以根据导向架左右两端索股的高度适当地调整,保证了放索过程稳定性。上滚轮正下方两侧分别安装两个测力传感器,可以测出当索股放在上面时的静态值,根据导向架两端索股高度的变化,两个传感器的受力之和就会发生变化,根据受力之和的变化来控制导向架的上升和下降(导向架安装原理如图 5 至图 7 所示)。

1) 测量放索架的高度:通过导向架最上端定滑轮上安装的一个旋转编码器可以计算出导向架升降的高度。

2) 系统自动和手动设置:处于对实际操作和安全可靠性的考虑,在上位机控制画面上可设置自动和手动放索点动切换按钮。

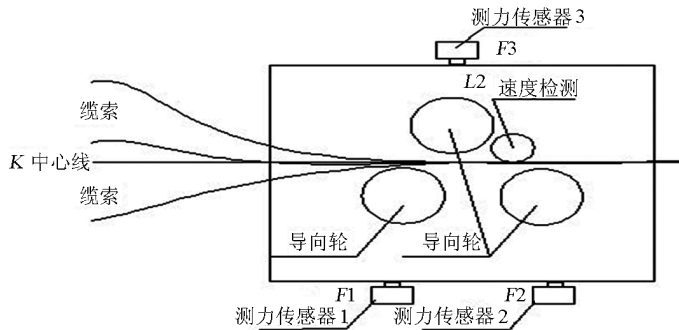


图5 进线索股与导向轮中心线K检测的压力

Fig. 5 Pressure detection of inlet cable strand and central line K of guide wheel

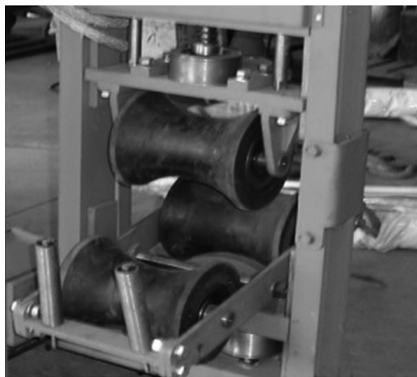


图6 现场测力传感器安装图

Fig. 6 Installation of pressure detection sensors



图7 现场放索架工作图

Fig. 7 A cable releasing frame is working

3) 系统报警功能:系统出现故障或报警时,PLC通过现场的声光报警器可以提示操作人员,在上位机系统里也能查看到相应报警信息,增加系统的安全性。

4) 其他主要信号采集:a. 导向升降架限位开关:为了保证滑动导向轮能正常地上下升降,在导向架上安装2个限位开关,作为滑动导向轮滑动的最高点和最低点,其信号接入PLC控制系统,参与对电机的保护和报警。b. 油压机油温、电流、压力:通过PLC控制系统采集油温、油压、电流,并在上位机上动态显示。c. 放索架索股中心架控制:通过控制油压电磁阀来控制油缸,控制放索索架索股中心架的收缩和舒张。d. 放索牵引力的采集:通过测力传感器和无线信号发射器,实时采集信号。

5) 联机/脱机功能:当PLC或上位机出现故障时(短时间无法处理好),PLC控制系统无法正常工作,为了不影响放索工作,设计“联机”和“脱机”选择功能,该功能主要是在应急情况下使用。

2.7 智能放索装置的试验、应用

智能水平放索装置经过设计、制造、安装,进行了一系列的调试试验工作后,该设备已基本达到设计要求,见图8、图9(已实验索股规格如图10、图11所示)。

试验用索股规格:

1) 美国旧金山海湾大桥索股规格为 $\phi 5.4 \times 127$,索股长度 1 378 m,单根索股重量 35 t,钢丝强度 1 760 ~ 1 960 MPa。

2) 超长高强度索股规格 $\phi 5.1 \times 169$,索股长度 4 250 m,单根索股重量 120 t,钢丝强度 1 860 MPa。

前述索股放索试验表明,使用智能放索装置后效果显著。基本消除了“呼啦圈”、断带、散丝、索股掉落等现象,且放索效率明显提升,减少了人力,放索实现了自动化,各种放索数据得以保存。



图 8 超长高强度索股智能放索试验
Fig. 8 Intelligent cable releasing test



图 9 测力装置和无线发送装置
Fig. 9 Stress detection sensor and wireless transmitter for super-long and super-strong cable

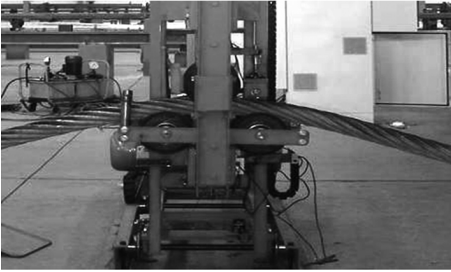


图 10 试用 90 mm 钢丝绳调试
Fig. 10 Debugging for 90 mm steel wire trial



图 11 试用 $\phi 5 \times 127$ 束股调试
Fig. 11 Debugging for $\phi 5 \times 127$ steel wire trial

3 结语

通过对水平收放索装置进行改制研究,在装置增加自动化控制仪器后,使装置在放索时可控可调,并实时监控放索相关数据,提高放索速度和效率,并减少使用人工,为特大跨径悬索桥使用 PPWS 架设

主缆索股技术提供了技术支持。

参考文献

- [1] 单继安,董浩泉,陆剑峰. 悬索桥主索股成圈与成盘工艺的对比研究[A]. 2004 年全国桥梁学术会议论文集[C]. 长沙: 中国公路学会桥梁和结构工程分会, 2004

Research on an intelligent device for releasing main cable strand of suspension bridge in horizontal direction

Shen Wang¹, Yu Jianqun², Gu Qinghua², Mao Youda¹

(1. Zhejiang Provincial Construction Headquarters of Zhoushan Islands Link Project, Zhoushan, Zhejiang 316000, China; 2. Shanghai Pujiang Cable Co., Ltd., Shanghai 201314, China)

[Abstract] The design principle, installation and test of a passive automatic cable releasing device were described. It is based on horizontal retractable technology and used for releasing main cable strand of suspension bridge. The release quality of main cable strand was greatly improved after the adoption of the device.

[Key words] suspension bridge; main cable strand; intelligent; cable releasing device