

船用克令吊起升钢丝绳打扭的原因分析及解决方法

蔡 冲, 姚 丽

武汉船用机械有限责任公司, 湖北 武汉
Email: whcj@wmmp.com.cn

收稿日期: 2021年3月15日; 录用日期: 2021年4月12日; 发布日期: 2021年4月19日

摘 要

钢丝绳是船用克令吊重要配套件之一, 除了满足正常的破断力、长度及捻向外, 扭转性能也是一项重要机械特性。对于某些用途钢丝绳, 扭转特性是选择钢丝绳时首先要考虑的因素。部分船用克令吊在交船后出现起升钢丝绳打扭故障, 影响克令吊的正常使用, 对起升钢丝绳打扭的原因进行分析并找出其解决方法是非常必要的。

关键词

扭转性能, 不旋转(或者微旋转)

Analysis and Solution of Twisting Cause of Deck Crane Hoisting Wire Rope

Chong Cai, Li Yao

Wuhan Marine Machinery Plant Co., Ltd., Wuhan Hubei
Email: whcj@wmmp.com.cn

Received: Mar. 15th, 2021; accepted: Apr. 12th, 2021; published: Apr. 19th, 2021

Abstract

Wire rope is an important component of deck crane. Besides meeting the requirements of breaking load, length and lay direction, torsion performance of wire rope is also an important mechanical characteristic. For some purpose, the torsion performance is the priority factor to be considered while selecting wire rope. Some deck cranes appear twisting for hoisting wire ropes and af-

fect the normal use. It is necessary to analyze the causes of wire rope twisting and find out the solution.

Keywords

Torsion Performance, Non-Rotating (Or Micro-Rotating)

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

以 H300160-300 型船用克令吊为例, 主要参数为额定载荷 30 吨, 最大回转半径 30 米, 最大起升高度 35 米。在最小回转半径时, 吊臂头部到舱底的距离约为 60 米。该型克令吊在实船使用时均出现不同程度的起升钢丝绳打扭问题, 如图 1 所示。为了解决该问题, 降低用户的损失, 保证船用克令吊的正常使用, 有必要研究船用克令吊起升钢丝绳打扭的原因和相应的解决方法。



Figure 1. Twisting photos of hoisting wire rope

图 1. 起升钢丝绳打扭现象照片

2. 船用克令吊起升钢丝绳打扭的原因分析

为了找出船用克令吊起升钢丝绳打扭的主要原因, 通过理论计算、有限元分析及起升钢丝绳安装三个方面进行分析。

2.1. 理论计算

目前船用克令吊起升钢丝绳采用的型号为 35W*K7。参考文献[1]中提供的常用钢丝绳扭转系数, 35W*K7 的钢丝绳扭转系数为 0.02。国际知名品牌 BRIDON 钢丝绳样本中明确了 35W*K7 同类型交互捻钢丝绳的扭转系数是 0.008; 因此在以下理论计算船用克令吊起升钢丝绳扭转稳定性过程中, 35W*K7 的扭转系数分别取 0.02 和 0.008。

按照布顿钢丝绳样本提供的计算方法, 其计算公式是

$$S^2 = \frac{4000 * L * T_v}{\sin \theta}$$

其中 S 是指绳子之间的距离, 单位用 mm;

L 是每组绕绳系统的长度;

T_v 是绳子的扭矩值;

θ 是滑轮的角位移;

以上每个字符结构示意图如 **图 2**:

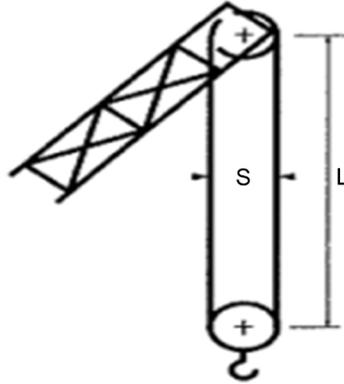


Figure 2. Working diagram of lifting wire rope

图 2. 起升钢丝绳工作示意图

根据公式 $S^2 = \frac{4000 * L * T_v}{\sin \theta}$ 得知, 当滑轮角位移超过 90° ($\sin \theta = 1$), 吊钩组扭转的不稳定性导致钢丝绳发生打结现象。因此钢丝绳绕绳系统的稳定性测试可以通过公式 $S > \sqrt{4000 * L * T_v}$ 表达, 进一步得知钢丝绳缠绕系统的稳定时绕绳系统的长度 $L < \frac{S^2}{4000 * T_v}$ 。

以 H300160-300 机型为例, 按照上述钢丝绳扭转系数 0.02 和布顿的计算公式得知以下信息:

其中 $S = 710 \text{ mm} + 34 \text{ mm} = 744 \text{ mm}$, $T_v = 0.02 * 34 \text{ mm} = 0.68 \text{ mm}$, 将其代入 $L < \frac{S^2}{4000 * T_v}$ 中, $L <$

203.5

米, 即在当绕绳系统长度在 203.5 米以内均不会出现钢丝绳打结现象;

我司 H300160-300 的绕绳系统的长度是 60 米, 通过公式 $\theta = \sin^{-1} \frac{4000 * L * T_v}{S^2}$ 得知吊钩到底舱底时, 滑轮的角位移约 17.1° ;

a) 若按照布顿钢丝绳厂家提供的 35W*K7 的交互捻钢丝绳的扭转系数取 0.008, H300160-300 绕绳系统的长度是 60 米, 其滑轮角位移约 6.77° 。

b) 按照文献[1]的计算方法, 核算 H300160-300 的钢丝绳打扭状况:

当安全系数 n 大于 1 时, 钢丝绳不会出现打结现象[2], 具体计算过程如下:

$$\text{安全系数: } n = \frac{T_k}{T_n};$$

钢丝绳缠绕系统反向扭矩:

$$T_k = \frac{2ls}{H};$$

其中 l 表示 2 个定滑轮间距的一半, 单位是 mm, 该值是 508 mm;

s 表示钢丝绳缠绕直径的一半, 单位是 mm, 该值是 355 mm;

H 表示钢丝绳最大悬长, 单位是 mm, 该值是 60,000 mm;

外扭矩:

$$T_n = T_g + T_z;$$

钢丝绳自旋对钢丝绳缠绕系统产生的旋转扭矩:

$$T_g = kda;$$

吊钩滑轮推力轴承的摩擦力矩

$$T_z = cPR = cRan\eta;$$

其中 k 表示钢丝绳自旋系数, 取值 0.02;

d 表示钢丝绳直径, 单位是 mm, 该值是 34mm;

a 表示钢丝绳分支数, 该值取 2;

c 表示推力轴承摩擦系数, 一般取 0.003;

R 表示推力轴承摩擦力臂, 单位是 mm, 该值是 61.25mm;

η 表示钢丝绳缠绕系统的效率, 该值取 0.99;

将以上公式及各个值带入 $n = \frac{T_k}{T_n}$, 得出 n 是 3.487, 即钢丝绳缠绕系统反向扭转大于钢丝绳的外扭矩,

钢丝绳不会出现打扭现象;

同时计算了当 H 为 203,500 mm 时(上述 2.1 计算得出的 L 值(203.5 米)), n 是 1.028, 钢丝绳处在打结的边缘, 与布顿钢丝绳厂家提供的样本计算结果基本吻合。

2.2. 仿真分析

通过对起升钢丝绳绕绳系统(钢丝绳的扭转系数取 0.02)仿真分析[3]得知, 钢丝绳吊钩在舱底(起升高度约 60 米)时其偏转角度约 13° , 如图 3 所示。



Figure 3. Diagram of simulation analysis results

图 3. 仿真分析结果图示

从吊臂头部向下看, 吊臂与吊钩组件理论上是垂直的, 二者之间的夹角定义为 90° , 其中左旋钢丝绳会使得二者时间的夹角变大, 右旋钢丝绳会使得二者时间的夹角变小, 因此上图中从上至下的含义是(钢丝绳的扭转系数为 0.02):

- 左旋钢丝绳, 绕绳高度是 60 米, 吊钩组件偏转约 13°左右;
- 左旋钢丝绳, 绕绳高度是 40 米, 吊钩组件偏转约 9°左右;
- 右旋钢丝绳, 绕绳高度是 40 米, 吊钩组件偏转约 9°左右;
- 右旋钢丝绳, 绕绳高度是 60 米, 吊钩组件偏转约 13°左右。

2.3. 起升钢丝绳的安装

起升钢丝绳不规范的安装过程, 容易将附加扭矩引入到起升钢丝绳中。在起升钢丝绳安装完后, 吊钩滑轮组上方的钢丝绳处于自由扭转状态, 此时引入到起升钢丝绳中的附加扭矩就会使起升钢丝绳和吊钩组发生旋转, 当引入的附加扭矩较大时, 吊钩滑轮组旋转超过 90°, 起升钢丝绳发生打结。

起升钢丝绳的安装均是按照克令吊舾装要领书上钢丝绳安装要求执行的, 因此起升钢丝绳安装不规范是次因。

3. 起升钢丝绳打扭的解决方法

通过查阅相关资料及实践试验的验证, 起升钢丝绳打扭解决方法如下:

- 1) 在吊钩空载下, 操作俯仰手柄将吊臂俯仰至大约 70°, 然后操作起升手柄, 将吊钩下降船舱内的下限位位置, 然后确认起升钢丝绳扭绞的圈数和吊钩扭转的角度;
- 2) 打开舱口盖, 将吊臂搁置在吊臂托架上;
- 3) 缓慢操作起升手柄, 慢慢将起升钢丝绳从滚筒上退出, 直到起升钢丝绳松弛限位起作用, 吊机停机;
- 4) 在距离起升钢丝绳琵琶头约 1 米的位置安装挡块(或链)用于固定住手动葫芦的链钩, 同时用链(或者钢丝绳)固定住手动葫芦;

注意: 葫芦要放在俯仰钢丝绳侧, 给起升钢丝绳琵琶头的安装预留出空间, 如图 4。



Figure 4. Fixing of wire rope joint
图 4. 钢丝绳琵琶头的固定

- 5) 如图 5 所示, 在起升钢丝绳琵琶头端上做标记, 以便确认起升钢丝绳扭绞的圈数;
- 6) 塔身顶部或吊臂头部从眼板中取下起升钢丝绳琵琶头;
- 7) 从上向下看, 当吊钩组件顺时针(或逆时针)旋转时, 逆时针(或顺时针)旋转起升钢丝绳(从塔身向吊臂看);

备注: 根据实际操作经验, 第一次转动最多可以转 1 圈, 后续最多转动 0.5 圈;

- 8) 在塔身顶部或者吊臂头部滑轮组里的起升钢丝绳做好标记;



Figure 5. Marking of wire rope joint
图 5. 钢丝绳琵琶头标记

- 9) 在吊臂头部用管钳和绳夹转动起升钢丝绳, 以便滑轮的另一边的起升钢丝绳能转动;
10) 解开扭绞的起升钢丝绳所需的转数(N)约等于起升钢丝绳扭绞圈数(n)的 3 倍, 如图 6 所示;

Intersection number of twisted wire	Number of turns (for reference)
n	$N=3 \times n$
n=1 ($\theta=180^\circ$)	N=3
n=2 ($\theta=360^\circ$)	N=6

where θ : twisted angle of hook block

Figure 6. Diagram of the relationship between the number of twisting turns and the number of untwisting turns of wire rope
图 6. 钢丝绳打扭圈数与解绳圈数关系图

11) 当起升钢丝绳转动几转后, 起升钢丝绳变得难以转动时, 将起升钢丝绳琵琶头装入塔身顶部(吊臂头部), 启动克令吊, 操作克令吊进行起升和变幅动作以便起升钢丝绳扭绞能够通过滑轮; 然后, 再取下起升钢丝绳琵琶头, 用相同的方法再次转动起升钢丝绳;

12) 在消除起升钢丝绳扭绞问题后, 按上述方法确认起升钢丝绳、吊钩是否扭绞。如果扭绞仍存在, 重复以上操作直到扭绞现象消除;

13) 在起升钢丝绳扭转消除后, 克令吊进行 3 个小时的额定载荷的耐久试验, 以消除钢丝绳内部的应力和定型钢丝绳结构形式。

4. 结论

综上所述, 找到起升钢丝绳打扭原因以及该问题的成功解决, 在保证船用克令吊的正常使用和船舶营运的同时, 对于同类钢丝绳打扭问题的分析和解决都有很好的指导性, 也能在深井起重设备和其他大起升高度起重设备的钢丝绳打扭问题的分析和解决时进行借鉴。

参考文献

- [1] 李宁, 等. 大起升高度门座起重机起升钢丝绳扭转打结分析和处理[J]. 起重运输机械, 2011(4): 53-56.
[2] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
[3] 中国船级社. 船舶与海上设施起重设备规范[M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.