

# 影响克令吊起升钢丝绳使用寿命因素分析

金林武<sup>1</sup>, 宁 辉<sup>2</sup>

(1. 南通中远海运川崎船舶工程有限公司 技术本部, 江苏 南通 226005;

2. 大连船舶重工集团设计研究院有限公司 船装室, 辽宁 大连 116011)

**摘 要:**钢丝绳在克令吊中应用广泛,但由钢丝绳引发的安全事故时有发生。文章以克令吊起升钢丝绳为例,通过对船东使用反馈及对影响钢丝绳寿命因素进行分析,提出钢丝绳系统设计选型,安装、使用、维护的改善措施。针对灵便型散货轮克令吊存在挂钩和抓斗模式特点,进而提出延长起升钢丝绳使用寿命的改善对策,提高钢丝绳配置的经济性和船东满意度。

**关键词:**船用克令吊;起升钢丝绳;使用寿命

**中图分类号:**U664.4

**文献标志码:**A

**文章编号:**1671-9891(2019)4-0037-04

## 0 引言

起升是克令吊的主要工作机构,用以实现货物的垂直运输。由于钢丝绳具有高速运行下平稳及成本低等优点,钢丝绳配合滑轮组起升机构在克令吊中一直广泛应用。2012 年 12 月巴拿马籍散货船“敦维”轮在南通港锚地卸货过程中,3 号货舱克令吊起升钢丝绳断裂,导致卸货抓斗连同其所装货物直接砸落至驳船货舱舱底事故。2016 年 11 月中国海员在新西兰港口布拉夫德和马斯登的港口之间的通道上,对“New Legend Pearl 轮”2 号克令吊起升钢丝绳更换作业时因安全带锁扣损坏引发坠落事故。以上两起事故都由克令吊起升钢丝绳引发,一起是直接原因,另一起是间接原因。钢丝绳断裂或更换时操作不当都极易引发事故,尤其近十年持续大批量灵便型散货船交付市场使用,克令吊钢丝绳保养成为重要一环,船东希望钢丝绳能得到合理使用和保养,从而延长其使用寿命。

本文通过调查克令吊起升钢丝绳船东使用反馈并进行分析、对比克令吊使用抓斗模式和挂钩模式差异点、润滑对钢丝绳破坏的影响,提出几种选型、安装、使用和维护的措施,从而有效发挥和保障钢丝绳使用寿命,提高经济性,减少不必要事故的发生,供业者参考。

## 1 克令吊起升钢丝绳常见损伤类型

克令吊起升机构钢丝绳使用后会逐渐出现损伤,常见的损伤有:磨损、锈蚀、过载、断丝等。克令吊起升钢丝绳损伤类型如表 1 所示。

## 2 影响起升钢丝绳使用寿命因素分析

### 2.1 钢丝绳结构

普通钢丝绳具有一定的旋转性,船用克令吊采用高扬程钢丝绳,不允许旋转,主要有两种结构:一种是采取内、外层绳旋转平衡的多股不旋转钢丝绳;另一种是股和绳旋转平衡的少股不旋转钢丝绳<sup>[1]</sup>。目前主流克令吊厂家采用的起升钢丝绳为 4 股结构,如图 1(a)所示,4 股钢丝绳为面接触钢丝绳,面接触钢丝绳股内钢丝间呈面接触状态,钢丝绳密度系数更大,股结构更紧密,钢丝之间接触应力小,无二次弯曲。4 股钢丝绳有着出色的防扭转性、耐磨性、防变形性,且价格便宜。但影响起升钢丝绳使用寿命的主要因素为挠曲疲劳,4 股钢丝绳的抗挠曲疲劳性能稍差。根据挠曲疲劳理论计算,4 股起升钢丝绳的使用寿命约为:吊钩模式 700~900 h、抓斗模式 350~450 h。

收稿日期:2019-10-16

作者简介:金林武(1982—),男,江苏南通人,南通中远海运川崎船舶工程有限公司技术本部高级工程师。

表 1 船用克令吊起升钢丝绳损伤类型

损伤类型	常见表现	是否为损伤 主要原因	备注
磨损	使用过程中外周与滑轮槽、钩头等表面接触引起的磨损属于外部磨损	是	钢丝绳相互缠绕挤压变形
	由振动、碰撞造成的表面撞损属于变形磨损	是	
	经过卷筒或滑轮时反复弯曲,由于应力集中而被折断,构成了内部磨损	否	
锈蚀	在海洋露天环境下使用缺少润滑导致锈蚀	是	钢丝绳未全面涂抹润滑油
过载	除了承受货物、吊具自重等静载荷外,还受到因加速度和冲击引起的动载荷。其它载荷增多,实际安全系数降低,引起过载	是	钢丝绳处于运动状态
断丝	使用后期由疲劳和磨损引起。钢丝表面反复塑性变形,裂纹扩展产生断裂	否	断丝特征:断口平齐,出现在钢丝绳外层

为了提高起升钢丝绳使用寿命,船东会采用多股钢丝绳,如图 1(b)所示,多股钢丝绳股绳中各层钢丝间呈线接触状态,线接触钢丝绳结构较为紧密,股绳内钢丝受接触应力小,各层钢丝间不产生二次弯曲应力,由于钢丝绳与轮槽接触面积更大,因此耐疲劳性能好。多股钢丝绳在抗挠曲方面性能较高,理论计算寿命可达 3 000 h,但多股钢丝绳耐磨性和防变形性略差,且价格较高。

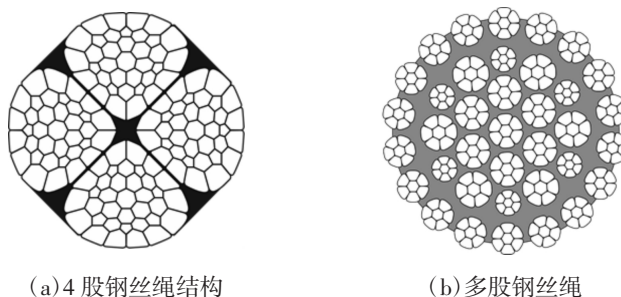


图 1 4 股钢丝绳和多股钢丝绳结构

## 2.2 使用模式

船用克令吊有两种使用模式:挂钩使用模式和抓斗使用模式。根据船东使用情况调查,在挂钩使用模式下,下述三种情况会对钢丝绳使用寿命产生较大不利影响:(1)货物到达上/下限位时,造成吊机急停,负载对钢丝绳造成瞬间冲击;(2)吊运时起吊钢丝绳不垂直——①使钢丝绳偏离滑轮槽中心,造成额外摩擦,加快磨损;②钢丝绳与货舱突出船体结构摩擦,加快磨损;(3)突然快速操作会在瞬间对钢丝绳形成冲击,尤其是钢丝绳松弛状态下进行快速提升,更易造成钢丝绳瞬间张紧,形成巨大冲击力,造成损伤。

在抓斗模式下使用,钢丝绳寿命会显著缩短。首先,抓斗本身自重约 8~10 t,该重量始终作用于钢丝绳上;其次,抓斗从货堆中提起时,抓斗与货物之间有较大摩擦力,需要通过向上提升排出超重部分货物,这会造成钢丝绳过载<sup>[2]</sup>,且抓斗在张开卸货时会在瞬间造成对钢丝绳的冲击。因此,抓斗操作比挂钩模式更加恶劣,产生的应力波情况更加严重<sup>[3]</sup>,设计时已将抓斗模式的最大允许负载设定为挂钩模式的 0.8 倍,并配有两种模式的选择开关。即便如此,钢丝绳在抓斗模式下使用寿命仍大大缩短,而且以下因素也会缩短钢丝绳寿命:(1)假设抓斗模式额定载荷为 24 t,由于液压系统的固有特性,抓斗模式时能以较低速度吊起大于 24 t 的货物;(2)驾驶员在挂钩模式误操作抓斗;(3)抓斗容量调节挡板设置不当,造成吊机长期处于过载状态;(4)揽货时钢丝绳倾斜,造成额外磨损,加大对钢丝绳的冲击。吊机抓斗模式图解如图 2 所示。

图 3 为某船克令吊抓斗模式下钢丝绳的损伤情况,虽然钢丝绳润滑很充分,但抓斗模式下运行时间长,如操作不当,会导致提升钢丝绳断丝严重,不得不提前报废。

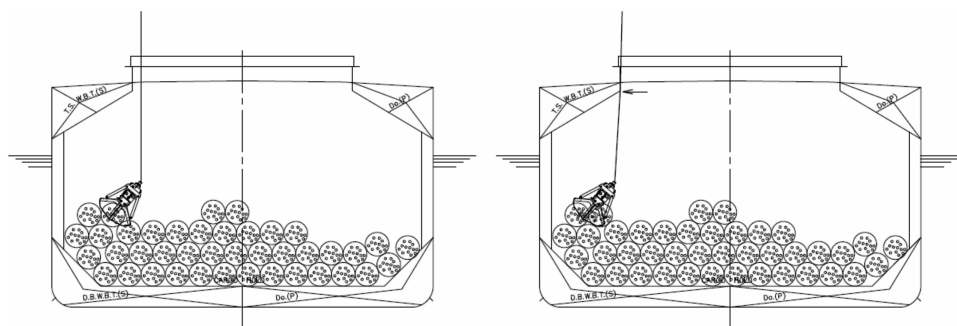


图2 吊机抓斗模式图解



图3 克令吊抓斗模式下钢丝绳损伤情况

### 2.3 润滑情况

通常情况下, 钢丝绳完整寿命周期内外部磨损如图4所示, 表面润滑均匀, 此时应按照钢丝绳维护标准确认是否需要更换。而非正常断裂钢丝绳, 拆开单股检查, 破损端部表面有非正常镀锌层磨损, 断裂处前后几米范围内表面滑油完全干裂, 钢丝锈蚀程度较重, 此种情况即为钢丝绳未全面润滑所致, 如图5所示。

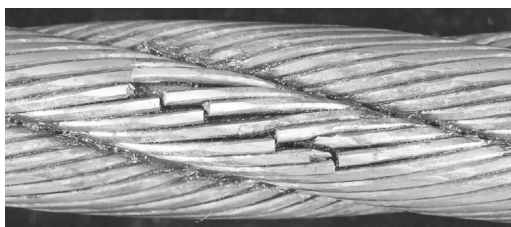


图4 正常润滑的钢丝绳磨损情况

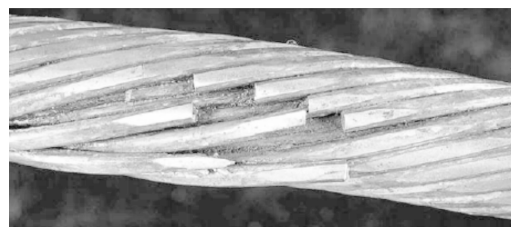


图5 未全面润滑钢丝绳磨损情况

## 3 改善措施

### 3.1 钢丝绳系统设计选型

(1) 结构差异主要影响钢丝绳的抗挠曲性能。设计时对经常使用挂钩模式的克令吊, 推荐选用4股钢丝绳。虽然4股钢丝绳使用寿命稍短, 但通过在船上存放备用钢丝绳等措施, 可以减少订货及更换时间, 这种配置性价比更高; 对船舶标配抓斗、且可预见营运周期中会多次使用抓斗模式场合, 推荐选用多股钢丝绳, 因其耐疲劳性优于4股钢丝绳, 虽然初期投入多, 但使用寿命长, 可有效减少更换次数, 提高营运效率。

(2) 卷筒尺寸和结构主要影响钢丝绳的抗变形性。卷筒应优先布置一层钢丝绳, 有效防止多层钢丝绳之间的咬合。有条件时, 可在起升机构中设置压绳装置, 防止钢丝绳出现卷乱而导致钢丝绳变形。

(3) 安全系数主要影响钢丝绳寿命。根据机构工作级别选用钢丝绳安全系数, 减少静载荷以外的其他载荷对钢丝绳的影响。资料表明, 当安全系数从4增大到7时, 线接触钢丝绳寿命可提高2倍以上, 且绳径比较大时, 对安全系数的影响更明显。此外, 给吊机安装超负荷限制器, 可减少钢丝绳过载。液压系统不能仅通过调定安全阀压力来限定载荷, 应在液压回路设置压力开关精确限定挂钩和抓斗两种模式下的载荷值。对灵便型散货轮克令吊, 如仅通过安全阀调定进行限制, 其精度在0~+2.5 t, 而压力开关可以精确到0~+0.5 t。

### 3.2 钢丝绳的安装、使用和维护

(1) 安装。由于不旋转钢丝绳的旋转趋势已自身得以平衡, 钢丝绳在安装时不能有外力使钢丝绳绕自身轴线紧捻或松捻, 尤其是多股不旋转钢丝绳, 否则将造成内层绳先期断裂(严重时钢丝绳产生灯笼变形)或



者内层绳被挤出钢丝绳外。选用合适绳槽的滑轮也很重要。安装新绳前须彻底检查,轮槽与钢丝绳必须留有空隙,且对钢丝绳有包角为  $60^\circ$  的环形支撑,保证绳股正常运行并允许弯曲。

(2)使用。在钢丝绳使用时,需注意避免钢丝绳碰撞。经常检查、调整钢丝绳与设备的不正常运行,并及时进行修复。避免急停、斜拉等不规范操作,这些不规范操作会减少钢丝绳寿命或直接造成钢丝断裂,甚至引发吊机失控相互碰撞等事故。在钢丝绳使用中期,可以采取变换磨损位置(换头)的方法使磨损在钢丝绳通条上进行,在全长度上尽量形成均匀磨损,提高钢丝绳使用寿命。

(3)维护。钢丝绳制造时已涂有足够初始润滑油,在克令吊使用过程中,钢丝绳上的润滑油会氧化和脱落,导致润滑不足、干涩,加大钢丝绳与滑轮的摩擦,进而加速磨损;另外,润滑不足也会加快钢丝绳腐蚀,缩短使用寿命。建议选用优质润滑油,按克令吊保养手册进行润滑保养,良好的润滑可增强钢丝绳耐疲劳性能。推荐涂油方式为:抹油、刷涂、滴油。无论哪种方法,需保证油脂渗入股绳内部,保证润滑效果。<sup>[4]</sup>

部分克令吊厂家基于理论计算定义起吊钢丝绳使用寿命,由于吊机工作环境无法预测,所以工作时长不宜作为钢丝绳报废的唯一评判标准,应以钢丝绳实际的磨损和断裂程度作为判断依据。且更换钢丝绳时也应检查绳槽,新绳与旧轮槽直径有明显差异,轮槽半径与钢丝绳直径比应为  $0.525 \sim 0.550$ ,若新绳换上后轮槽磨损过大,可通过机加工轮槽来校正。

#### 4 结束语

钢丝绳的破坏具有多样性但有规可循。本文通过调查分析船东使用反馈,主要从钢丝绳结构和液压系统载荷限制方面提出钢丝绳系统设计选型对策,以及安装、使用、维护的改善措施。特别针对灵便型散货轮克令吊存在挂钩和抓斗模式特点,进而提出延长起升钢丝绳使用寿命的对策。在常规原因中找出适合船用克令吊起升钢丝绳延长使用寿命的方法,提高生产作业的安全,降低使用成本。从业者需特别关注吊机的使用模式,找到钢丝绳结构选型的经济性平衡。

#### 参考文献:

- [1]张质文.起重机设计手册[M].北京:中国铁道出版社,1998.
- [2]秦涛,高建.抓斗钢丝绳磨损报废周期的影响因素[J].起重运输机械,2006(10):68-69.
- [3]赵茹,尚永春,邢丽丽.关于船用钢丝绳使用过程中容易被忽略的几个力学问题[J].船舶,2003(1):44-47.
- [4]朱永俊.克令吊钢丝绳的润滑研究[J].南通航运职业技术学院学报,2014(1):26-28.

(责任编辑:张 利)

## Analysis of Factors Affecting the Service Life of a Crane's Lifting Wire Rope

JIN Lin-wu<sup>1</sup>, NING Hui<sup>2</sup>

- (1. Headquarters Technology Department, Nantong COSCO KHI Ship Engineering Co., Ltd., Nantong 226005, China;
- 2. Ship Assembly Office, Design and Research Institute Co., Ltd., Dalian Shipbuilding Industry Group, Dalian 116011, China)

**Abstract:** Wire ropes are widely used in cranes, but safety accidents caused by wire ropes occur from time to time. Taking a lifting steel wire rope as an example, the article makes analysis of it based on feedback by ship owners and the factors that affect the service life of the steel wire rope, and proposes the improved measures for design, selection, installation, use and maintenance. Focusing on the characteristics of the hook and grab of the crane on a handy size bulk carrier, it further puts forward the improved measures to prolong the service life of the lifting wire rope to improve the economic features of wire rope configuration and ship owners' level of satisfaction.

**Key words:** marine crane; lifting wire rope; service life