

# 一种5 t乳化液葫芦关键机械零部件要点分析

陈 凯\*, 马洪琛#

北京天玛智控科技股份有限公司, 北京

收稿日期: 2024年11月11日; 录用日期: 2024年12月4日; 发布日期: 2024年12月11日

## 摘 要

本文介绍了影响乳化液葫芦正常工作的主要机械结构件, 并针对各主要零部件如下吊钩的铸钢盖板重载下的塑性变形、下吊钩链轮材质对承载能力的影响、链条材质对链条耐用性的影响、摩擦片材质不同对额定载荷条件下持续升降的影响、多头螺纹传动配合间隙和热处理等对乳化液葫芦性能的影响等, 针对这些因素从实际工程应用角度提出了合理化的设计和改进思路, 确保煤矿井下用乳化液葫芦长期良性工作。

## 关键词

乳化液葫芦, 下吊钩, 链条, 摩擦片, 多头螺纹

# Analysis of Key Mechanical Parts of a 5 t Emulsion Hoist

Kai Chen\*, Hongchen Ma#

Beijing Tianma Intelligent Control Technology Co., Ltd., Beijing

Received: Nov. 11<sup>th</sup>, 2024; accepted: Dec. 4<sup>th</sup>, 2024; published: Dec. 11<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

This paper introduces the main mechanical structure parts that affect the normal operation of the emulsion hoist. Considering the plastic deformation of the cast steel cover plate of the main parts, such as the hook under heavy load, the influence of the sprocket material of the lower hook on the bearing capacity, the influence of the chain material on the durability of the chain, the influence of different friction plate materials on the continuous lifting under rated load, the influence of multi-thread transmission clearance and heat treatment on the performance of the emulsion hoist, etc.,

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 陈凯, 马洪琛. 一种 5 t 乳化液葫芦关键机械零部件要点分析[J]. 机械工程与技术, 2024, 13(6): 564-568.  
DOI: 10.12677/met.2024.136065

In view of these factors, reasonable design and improvement ideas are put forward from the perspective of practical engineering application to ensure the long-term good work of the emulsion hoist used in coal mines.

## Keywords

Emulsion Gourd, Lower Hook, A Chain, Friction Plate, Multiple Thread

Copyright © 2024 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

目前搬运煤矿井下设备时主要采用的是手动葫芦, 手动葫芦具有结构轻巧, 使用维护方便的特点, 但当搬运较大载荷的重物时对工人体力要求较高, 且效率偏低[1]-[5]。综采工作面作业空间狭小、视觉环境差、温度高的特点, 是需确保安全的重点区域, 且多粉尘和易燃气体。虽然气动葫芦、电动葫芦、液压葫芦等能够解放人力, 提高工作效率, 但气动葫芦噪音偏高且机械效率偏低, 电动葫芦和液压葫芦不能起到很好的防火、防爆效果, 都不适用于煤矿井下工况。对于乳化液葫芦, 以高水基乳化液为驱动介质替代空气与矿物油, 对于保持设备工作平稳、保证煤矿生产安全具有重要意义[6]-[11]。本文将针对乳化液葫芦的重要机械结构零部件进行分析论证, 探索葫芦正常运转所需具备的条件。并且本文所述乳化液葫芦的机械结构件是对手拉葫芦结构的改进, 在添加乳化液马达这一动力源后对部分结构进行了优化改进, 改善了手拉葫芦不适用记载结构的机械零部件, 切实保证了乳化液葫芦的耐用性。

## 2. 主要结构件分析

### 2.1. 下吊钩偏载

砝码所在平台平整和倾斜两种工况下分别进行 2.5 t 和 5 t 砝码反复升降 0.5 m 高度试验, 下吊钩盖板发生明显塑性变形前砝码的累积升降次数不同, 如表 1 所示。

**Table 1.** The number of cycles before the lower hook undergoes obvious plastic deformation when the weight placement platform and weight are different

**表 1.** 不同砝码放置平台和砝码重量时下吊钩发生明显塑性变形前循环次数

| 平台状态   | 2.5 t 砝码累积升降次数/次 | 5 t 砝码累积升降次数/次 |
|--------|------------------|----------------|
| 砝码平台平整 | 521              | 446            |
| 砝码平台倾斜 | 237              | 125            |

在不同载荷条件下链轮随链条升降而转动, 下吊钩的销轴与链轮在摩擦力的作用下同向转动, 此时销轴与两侧外壳发生相对运动而产生摩擦磨损, 负载越大摩擦磨损也就越快。下吊钩两块钢制外壳发生塑性变形, 原因是链轮销轴被链轮在摩擦力的带动下发生转动, 导致销轴与两侧钢制外壳板发生相对转动, 且在有负载时循环升降条件下重物下面的平台不平整导致下吊钩偏载, 运转一定时间后钢制外壳会发生明显的塑性变形。从表 1 可以看出同种砝码平整度条件下负载越大, 下吊钩可累计工作时长越短。

对比表 1 每一列, 发现负载相同且砝码下面平整时比倾斜时下吊钩可持续工作时长更长。所以葫芦升降时尽量沿竖直方向起吊重物, 避免销轴两侧外壳偏载, 这样更能够有效延长葫芦下吊钩的使用寿命。

2.2. 下吊钩链轮材质

下吊钩链轮目前市场上有两种材质, 分别为灰铸铁和球墨铸铁。灰铸铁具有良好的减振性和良好的切削加工性能。但灰铸铁中的片状石墨对基体的割裂严重, 在石墨尖角处易造成应力集中, 使灰铸铁的抗拉强度、塑性和韧性远低于钢, 但抗压强度与钢相当, 是常用铸件中力学性能最差的铸铁。球墨铸铁具有中高等强度、中等韧性和塑性, 综合性能较高, 耐磨性和减振性良好等特点。

有的链轮在额定载荷以内转动几分钟就会发生碎裂, 针对这种链轮进行金相检测, 测得这种链轮的材质为灰铸铁, 如图 1(a)所示。这主要是因为灰铸铁的抗拉强度很差, 约 250 MPa, 所以下吊钩链轮的承载能力很差, 在额定载荷试验刚开始就被压碎。而对经过 500 次 5 t 载荷下升降后仍能正常工作的链轮进行成分鉴定, 为球墨铸铁, 这与球墨铸铁抗拉强度在 500 MPa 以上且具有很好的耐磨性有关。如图 1(b)内的球状石墨相对于灰铸铁的片状石墨对铸铁具有较弱的分割作用, 所以强度硬度更高, 且石墨具有一定的润滑性, 链轮在工作过程中会有因长期摩擦磨损而产生的黑色粉末。说明下吊钩内的链轮采用球墨铸铁比灰铸铁更合适。

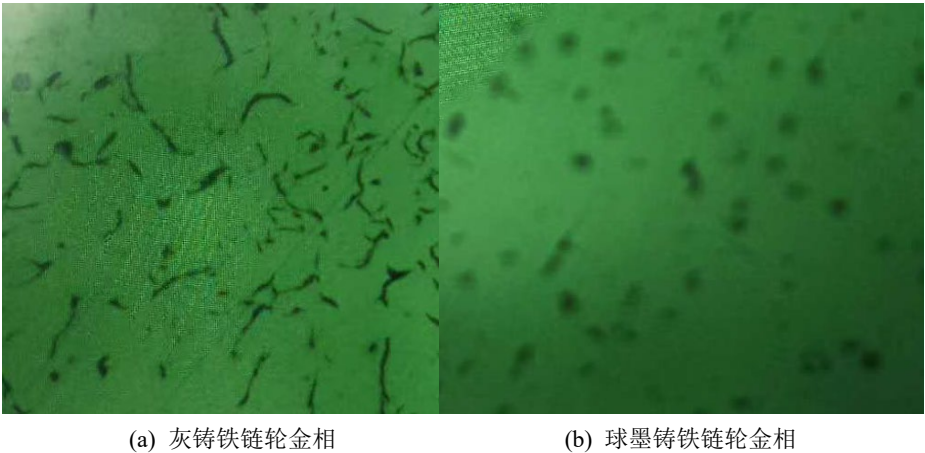


Figure 1. Metallographic structure of lower hook sprocket of different materials  
图 1. 不同材质的下吊钩链轮金相组织

2.3. 链条

5 t 葫芦分别选用同种尺寸的 G80 链条和 G100 链条进行寿命试验时链条在发生明显塑性变形前葫芦的累积升降次数如下表 2 所示。

Table 2. Accumulated number of cycles before plastic deformation during the rated load life test of chains of different materials  
表 2. 不同材质的链条额载寿命试验时塑性变形前累积循环次数

| 链条材质        | G80 链条累积升降次数/次 | G100 链条累积升降次数/次 |
|-------------|----------------|-----------------|
| 链条塑性变形前循环次数 | 108            | 466             |

选用的链条材质为 G80 时, 葫芦在累计升降约 108 次时链条会发生明显的磨损和塑性变形, 主要部位在两环链衔接的圆弧接触位置和与链轮接触承载的位置, 不能满足 MT/T884-2000 的液压葫芦相关寿命试验要求[12]。而当采用 G100 材质的同尺寸链条后进行额定载荷寿命试验, 链条的磨损和塑性变形明

显减弱，466 次循环升降后链条仍能正常工作，且仅发生轻微的塑性变形。说明 G100 材质的链条能满足 5 吨乳化液葫芦的安标寿命试验要求，但同尺寸的 G80 链条不能满足额载寿命要求。

2.4. 摩擦片材质

为探索不同材质的摩擦片对 5 t 葫芦连续升降性能的影响，分别选用手拉葫芦常用的胶木材质摩擦片和粉末冶金材质的摩擦片进行测试，记录可持续升降时间，结果如表 3 所示。

Table 3. Continuous working time of friction plates of different materials under 5 t load  
表 3. 不同材质的摩擦片 5 t 载荷下可持续工作时间

| 摩擦片材质             | 胶木材质摩擦片 | 粉末冶金摩擦片 |
|-------------------|---------|---------|
| 5 t 载荷可持续工作时间/min | 30      | 7       |

基体为钢材且表面进行粉末冶金处理的摩擦片比普通手拉葫芦用摩擦片强度和刚度更高，但长时间工作时摩擦系数降低明显，实际实验表明在 5 t 载荷下反复升降 7 min 后粉末冶金摩擦片摩擦系数将明显降低，以致因打滑而不能起吊 5 t 重物。而选用手拉葫芦所用摩擦片能持续升降 30 min 以上，所以优选手拉葫芦所用的胶木材质的摩擦片。这主要是因为摩擦片在葫芦持续重载运转过程中会对表面产生磨损，粉末冶金材质的摩擦片在持续工作一段时间后表面防滑槽变浅，且温度随摩擦制动而上升，导致摩擦系数降低，所以 7 min 后葫芦能起吊 2.5 t 重物却不能起吊 5 t 重物。在使用手拉葫芦用胶木材质的摩擦片一段时间后虽然也会有摩擦磨损，但磨损后的摩擦片摩擦系数仍较大，5 t 荷载下仍具有持续制动和承载能力。

2.5. 多头螺纹传动

内齿轮座和长齿轮轴间靠多头螺纹传动，初始时多头螺纹副间隙偏小，且内齿轮座和棘轮座仅做调质处理而不做表面硬化处理时进行葫芦额定载荷状态下的反复升降试验，运行 30 min 左右后多头螺纹粘扣。这主要是因为多头螺纹在传动过程中承载较大，对应的扭矩也很大，在葫芦升降过程中多头螺纹反复发生相对运动，因反复发生滑动摩擦而受热，当齿轮座和棘轮座多头螺纹表面不进行氮化处理时表面强度和硬度偏低，多头螺纹容易发生塑性变形，容易造成粘扣；同时如多头螺纹副间隙偏小，如采用普通螺纹连接的螺纹副公差配合带 7 H/6 g 时，因螺纹副持续发生相对运动而摩擦生热，发热后金属材质变软，容易诱发多头螺纹副粘扣。

为改善粘扣，将多头螺纹件间隙做大以减小多头螺纹副之间的相对摩擦，同时长齿轮轴采用低碳钢渗碳淬火、两个内多头螺纹件调质处理和渗氮处理后再进行试验[13]，粘扣问题消失。这主要是因为多头螺纹副配合间隙做大后，相对运动的多头螺纹件摩擦阻力减小，摩擦产热也变小；同时，对多头螺纹副零件进行表面硬化处理后金属材料的表面硬度和强度提高，所以在摩擦阻力较小且材质表面硬化处理后粘扣现象消失。

3. 结论

- 1) 葫芦工作时尽量避免吊装偏载，因为下吊钩盖板重载下易与承载销轴摩擦而发生塑性变形；
- 2) 要选用球墨铸铁材质的下吊钩链轮，避免使用灰铸铁材质的链轮；
- 3) 同种尺寸规格下 G100 材质的链条满足乳化液葫芦寿命试验条件，而 G80 材质的链条不能满足；
- 4) 选用手拉葫芦的胶木材质摩擦片时额定载荷下持续运转时间要比粉末冶金材质的摩擦片长；
- 5) 对多头螺纹传动副进行表面硬化处理和做大配合间隙可避免或减弱粘扣现象的发生。

## 参考文献

- [1] 马洪琛, 周如林, 宋艳亮, 黄园月. 煤矿用五吨乳化液葫芦的机械结构件研制[J]. 矿山工程, 2024, 12(3): 541-548.
- [2] 王海勇. 手拉葫芦齿轮参数的合理设计[J]. 起重运输机械, 2003(11): 17-20.
- [3] 王凤喜. 手拉葫芦发展概况[J]. 建筑机械, 1994(3): 34-39.
- [4] 阳廷军. ZRS20-50/370 手持式乳化液钻机的设计研究[J]. 煤矿机械, 2013, 34(4): 17-18.
- [5] 马海生, 马魏, 周翔, 等. 梅花井煤矿 2 号煤自燃特征及分级预警[J]. 陕西煤炭, 2024, 43(10): 39-43, 59.
- [6] 周如林, 黄园月, 王统诚. 高水基乳化液马达的结构分析与应用[J]. 煤矿机械, 2019, 40(12): 113-115.
- [7] 王军宁, 张丽华. 非圆行星齿轮乳化液马达及其展望[J]. 机械工程师, 2010(2): 121-123.
- [8] 栾振辉, 李毅华. 基于乳化液的齿轮马达设计[J]. 液压与气动, 2006(7): 81-82.
- [9] 栾振辉, 孟庆虎. 同步齿轮马达在乳化液煤层液压钻中的应用[J]. 煤炭科学技术, 2004, 32(6): 9-11.
- [10] 郭俊明, 郝兴明. 乳化液马达的研究[J]. 太原工业大学学报, 1996(3): 66-70, 111-112.
- [11] 薛晓珍. 基于 Solidworks Simulation 的液压葫芦吊钩设计及分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2020, 10(7): 48-50.
- [12] 赵国平, 边会杰, 王福义. MT/T 884-2000 煤矿用液压葫芦[S]. 北京: 中国煤炭工业出版社, 2001.
- [13] 付海峰, 李俏, 徐跃明. 重载齿轮热处理及应用[J]. 金属热处理, 2020, 45(3): 178-185.