

# 提升千斤顶主顶密封结构探讨

梁 涛 李兴奎 梁黎霞

(柳州欧维姆机械股份有限公司 广西柳州 545005)

**摘 要:**在桥梁施工中,由于受施工过程中封航时间影响,一般河道管理方要求尽量减少封航时间,因此对提升速度就提出了更高要求,其瞬时速度达到30mm/s。以往提升千斤顶在活塞大端采用扣压铜环作导向,两侧用格莱圈密封的结构已不能满足高速提升的要求。该文以重庆青草背长江大桥缆载吊机所用提升千斤顶为例,介绍采用1道格莱圈密封+酚醛夹布导向带的密封结构,来达到高速提升的要求。

**关键词:**提升技术 高速提升 密封结构

## 1 前言

重庆青草背长江大桥在桥梁施工中,由于受施工过程中封航时间影响,需要尽量减少封航时间,因此对提升速度提出了更高要求,其瞬时速度达到30mm/s。提升千斤顶原来活塞的密封结构已不能满足高速提升的要求,需要更改密封结构。

## 2 提升千斤顶工作原理及密封件作用

### 2.1 千斤顶工作原理

提升千斤顶是缆载吊机主要吊装的执行元件,其结构简图如图1。通过液压泵站向提升千斤顶提供压力油,推动提升千斤顶活塞作伸、缩缸运动,伸缸时设置在活塞顶端的上夹持器卡紧承载钢绞线使提升的钢桁梁随之一同向上移动,缩缸时与油缸相连的下夹持器卡紧承载钢绞线保证提升重物安全可靠的停留在新的位置,同时设置在活塞顶端的上夹持器放松承载钢绞线,活塞回程准备下一行程的提升。当提升到位后,千斤顶活塞在近乎完全伸缸的位置处上夹持器卡紧承载钢绞线,下夹持器放松承载钢绞线,活塞缩缸带动重物下降。在接近完全缩缸的位置处下夹持器卡紧承载钢绞线,上夹持器放松承载钢绞线后活塞空载伸缸,在近乎完全伸缸的位置处上夹持器再次卡紧承载钢绞线,下夹持器又放松承载钢绞线,如此依次循环直至钢桁梁准确可靠地在设计位置就位。

### 2.2 密封件作用

液压千斤顶的这种可靠性,在很大程度上取决于液压千斤顶密封结构的设计和密封件的选

择。密封结构用来防止工作介质的泄漏及外界灰尘和异物的侵入,避免由于泄漏而引起事故。

外漏会造成工作介质的浪费,污染机器和环境,甚至引起机械操作失灵及设备人身事故。

内漏会引起液压系统容积效率急剧下降,达不到所需要的工作压力,甚至不能进行工作。

侵入系统中的微小灰尘颗粒,会引起或加剧液压元件摩擦副的磨损,进一步导致泄漏。

因此,密封结构是液压设备的一个重要组成部分。它的工作可靠性和使用寿命,是衡量液压系统好坏的一个重要指标。

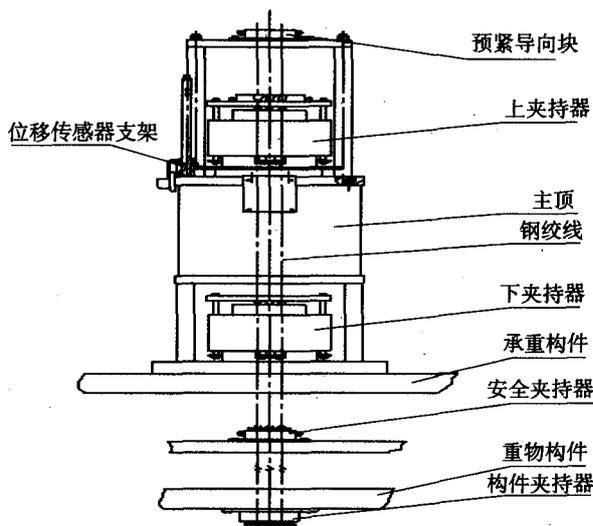


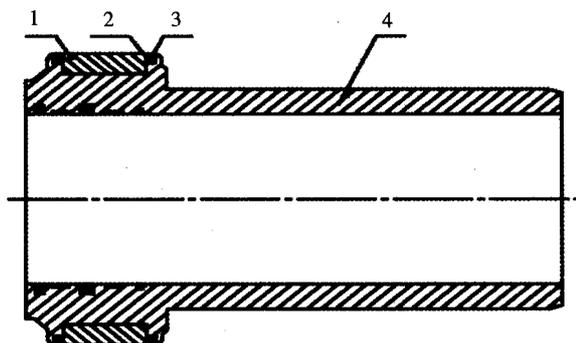
图1 提升千斤顶结构简图

## 3 常规千斤顶主顶密封结构分析

### 3.1 常规千斤顶密封结构(如图2)

早期由于受密封材质的限制,为了安全、可靠起见,通常采用了图2结构,在活塞大端采用

扣压铜环作导向，两侧用格莱圈密封，使用这种结构一般提升速度都不高，其瞬时速度15mm/s；两道格莱圈之间液压油可从有杆腔侧的格莱圈泄漏一部分，不容易形成高压，其密封件也就不致于损坏。但对于桥梁施工，由于受施工过程中封航时间影响，一般河道管理方要求尽量减少封航时间，因此对提升速度就提出了更高要求，其瞬时速度达到30mm/s。采用图2结构已不能满足高速提升需求。



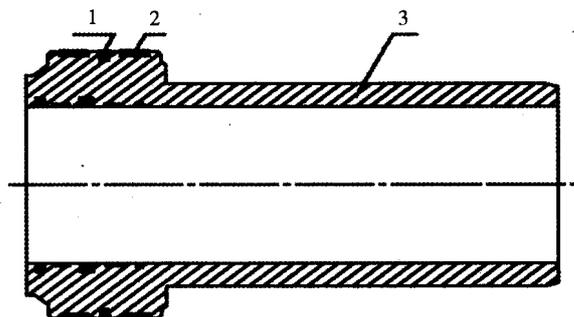
1 导向铜环 2 挡圈 3 格莱圈 4 活塞  
图2 常规千斤顶密封结构

### 3.2 原因分析

在活塞大端上设置双层格莱圈，虽然其格莱圈具有双向密封，但也存在泄漏。当无杆腔高压进油时，活塞处于伸缸过程中，由于高压侧泄漏少量的高压油进入到两道格莱圈之间，时间长了，两道格莱圈之间油液增多，其压力开始升高，但在结构设计时考虑到导向是靠中间铜环起作用，为了防止活塞刮碰油缸，格莱圈两侧挡圈与油缸设计有间隙，当两道格莱圈之间的油压增到一定压力时，其格莱圈就可能从该间隙挤出，损坏密封件。早期由于提升千斤顶速度慢，两道格莱圈之间液压油可从有杆腔侧的格莱圈泄漏一部分，不容易形成高压，其密封件也就不致于损坏。但对高速提升来说，其两道密封圈之间经过连续运行1小时，其压力就足以将格莱圈挤出导致损坏。后来通过试验也得到证明，如果连续工作0.5小时，休息0.5小时，让两道密封圈之间的高压油自然泄掉后，再接着施工就不致于使密封件损坏。

### 4 解决方案

根据上面对密封结构及现场工况的分析，决定取消原两道格莱圈密封结构，采用1道格莱圈密封+酚醛夹布导向带的密封结构（如图3）。



1 格莱圈 2 酚醛夹布导向带 3 活塞  
图3 采用酚醛夹布导向带装配图

#### (1) 从材质本身特征上：

格莱圈：材料主要是四氟乙烯类+丁腈橡胶或氟胶，超高硬度聚氨酯+丁腈橡胶。具有摩擦力低，抗挤压，无爬行等优点。

酚醛夹布导向带优点：1) 良好的耐磨特性；2) 避免金属间的接触；3) 能抑制机械震动。

(2) 从结构上看，导向带的作用是为在液压缸内运行的活塞提供精确的导向支撑，并可吸收径向力，使装配在两个导向带中间的格莱圈密封效果得到更好的保证，减少了液压缸金属部件损伤，设备运行更平稳。除此外，还有如下优点：1) 简化零件加工步骤；2) 拆装更换方便，工艺简单，提高工作效率；3) 低维修成本；4) 沟槽简单，易于安装。

根据以上分析，我们设计了用于重庆青草背桥缆载吊机的提升千斤顶，主顶结构如图4所示。

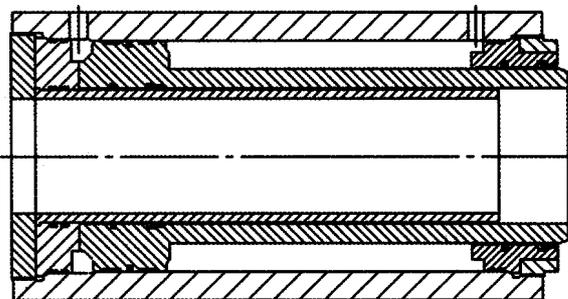


图4 主顶结构示意图

## 5 应用效果

重庆青草背长江大桥路线等级为双向四车道高速公路,全长1719米、主跨788米,索塔高167米,主梁分50个吊装梁段,最大的吊装重量为242.3吨,提升高度最高达100米。每个钢桁梁节段采用缆载吊机吊装就位(如图5所示)。

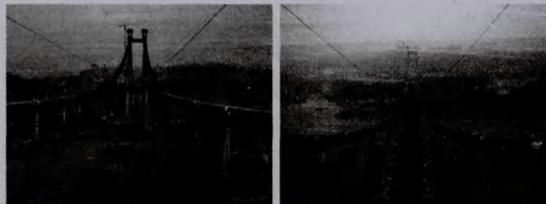


图5 重庆青草背长江大桥钢桁梁吊装施工现场

(上接第8页)

(3) 由零状态下所需施加的初应变( $F_A$ )换算成的应力,经内力重分布后,与初始态下的内力在大小与分布上均有较大差别,故弦支穹顶的找力分析是必需的。

(4) 找力与找形同时进行,可以有效地解决找力+找形问题,且计算迭代较快。

(5) 结构通过找形计算出的各单元长度与已知结构几何构形下各单元的长度相差甚小,但部分节点坐标却相差较大,所以如将已知几何构形作为初始态时结构的几何构形,那么结构的找形分析也是必需的,建议结构在建造时可直接按已知几何构形来进行下料,但应按找形后的计算结果进行放样安装。

### 参考文献

- [1] Kawaguchi M, Abe M, Hatato T, et al. Structural tests on a full-size suspend-dome structure[C]//IASS International Symposium'97 on Shell & Spatial Structure. Singapore, 1997:431-438
- [2] Kawaguchi M, Abe M, Tatemichi I. Design, tests and realization of "suspend-dome" system[J]. Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures, 1999, 40(3):179-192
- [3] 张明山. 弦支穹顶结构的理论研究[D]. 浙江:浙江大学, 2004 (Zhang Mingshan. Theoretical Research on Suspend-Dome [D]. Zhejiang: Zhejiang University, 2004 (in Chinese))
- [4] 郭云. 弦支穹顶结构形态分析、动力性能及静动力试验研究[D]. 天津:天津大学, 2003 (Guo Yun. Shape Analysis,

经过更改后的提升千斤顶在重庆青草背大桥上成功吊起了50片梁,平均每片梁的提升高度为100m,总共提升了5000m,瞬时速度达到35mm/s左右,经计算活塞往复运动40000余次,直至该部分工程完工,提升千斤顶的密封性均能得到很好的保证,这充分说明,在高速提升情况下,采用1道格莱圈密封+酚醛夹布导向带,取得很好的效果,具有较高的应用价值。

### 参考文献

- [1] 梁利文, 李兴奎等. 液压提升设备在桥梁钢桁梁高速提升中的应用[J]. 预应力技术, 2010.3
- [2] 何存兴. 液压元件[M]. 机械工业出版社, 1982
- [3] 刘金标, 全志永等. 密封装置的泄漏与防控[J]. 液压气动与密封, 2011.2
- [4] Dynamic Properties Study and Static and Dynamic Field Tests of Suspend-dome Structure[D]. Tianjin: Tianjin University, 2003 (in Chinese)
- [5] 李永梅, 张毅刚, 杨庆山. 索承网壳结构施工张拉索力的确定[J]. 建筑结构学报, 2004, 25(4): 76-81 (Li Yongmei, Zhang Yigang, Yang Qingshan. Determination of cable forces during construction for cable supported lattice shells[J]. Journal of Building Structures, 2004, 25(4): 76-81 (in Chinese))
- [6] 吕方宏, 沈祖炎. 修正的循环迭代法与控制索原长法结合进行杂交空间结构施工控制[J]. 建筑结构学报, 2005, 26(3): 92-97 (Lü Fanghong, Shen Zuyan. Control of erection of hybridized space structure using the modified cyclic iteration and initial length control methods[J]. Journal of Building Structures, 2005, 26(3): 92-97 (in Chinese))
- [7] 钱若军, 杨联萍. 张力结构的分析·设计·施工[M]. 南京: 东南大学出版社, 2003
- [8] 张莉. 张拉结构形状确定理论研究[D]. 上海: 同济大学, 2000 (Zhang Li. Research on Form-Finding Theory of Tension Structures[D]. Shanghai: Tongji University, 2000 (in Chinese))
- [9] 卓新, 石川浩一郎. 张力补偿法及其在预应力空间结构中的应用[C]//第二届全国现代结构工程学术报告会论文集. 北京: 工业建筑杂志社, 2002: 310-316
- [10] 李庆扬, 王能超, 易大义. 数值分析[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2001 (Li Qingyang, Wang Nengchao, Yi Dayi. Numerical Analysis [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2001 (in Chinese))
- [11] Press W H, Teukolsky S A, Vetterling W T, et al. Numerical Recipes in C[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1993