

# 麻家梁矿副立井提升大型液压支架的实践

郭耀清

**摘要** 因综采工作面液压支架无法满足生产需求, 改用了高性能液压支架, 液压设备增大导致提升系统运行超载和制动安全系数降低, 通过增加制动闸和更换首钢丝绳型号的方法, 提高了提升机的提升能力和系统的安全可靠性能。

**关键词** 制动闸; 钢丝绳; 安全校验及检测

中图分类号 TD534.1

文献标识码 B

文章编号 1000-4866 (2015) 04-0042-03

## 0 引言

麻家梁矿副井一号提升系统采用德国西马格 JKMD-5.7×4 多绳落地摩擦式提升机, 罐笼自重 54 t, 设计最大有效提升负载能力为 52 t (需拆除两层罐笼门减重 1.7 t)。因井下开采的需要, 麻家梁矿又增加了 2 套型号为 ZF15000/28/41 放顶煤新型液压支架, 这就造成了运输新支架提升系统超载的状况。

## 1 原因及问题

液压支架运输方式为罐笼配合无轨胶轮车及卡特彼勒斗式支架运输车运输, 原支架重 38 t (ZF13000/25/38), 斗式支架运输车重 12 t, 负载总重 50 t, 罐笼自重 53.6 t (实际运行中, 上层罐门 0.85 t 不能拆除, 另加装罐顶灯箱重 0.45 t), 负载加罐笼不超载。

运输新支架时, 支架重 43 t, 斗式运输车 12 t, 负载总重 55 t, 罐笼自重 53.6 t, 负载加罐笼实际超重 4.3 t。这种工况下, 罐笼下放时安全制动最小减速度为  $1.37 \text{ m/s}^2$ , 不符合规程不小于  $1.5 \text{ m/s}^2$  的要求, 首钢丝绳的安全系数为 7.77, 也不符合规程不小于 7.91 的要求, 因此需要对系统进行改造。

## 2 解决方法和相关计算

通过分析论 55 t 负载运行时首绳的安全系数和下放时的安全制动减速度不符合《煤矿安全规程》的

要求, 而系统的其它性能及参数均符合设计和规程要求, 采取增加制动闸对数提高制动安全系数和更换新型首绳方法进行了改造。

### 2.1 相关计算

#### 2.1.1 提升机防滑安全系数校验

等重尾绳提升系统 (见图 1), 在载荷下放减速阶段防滑安全系数最小, 而静防滑安全系数为常数, 因此选取满载罐笼在下到位时的工况对系统的静、动防滑安全系数进行校验。

参数: 罐笼重 53.6 t (拆一层门, 加灯箱重 450 kg), 平衡锤重 77.6 t, 提升距离 537.7 m, 载重 55 t,  $L_1=575 \text{ m}$ ,  $L_2=34 \text{ m}$ ,  $L_3=29 \text{ m}$ ,  $L_4=572 \text{ m}$ ,  $L_{3-1}=53.9 \text{ m}$ ,  $L_{4-2}=44.5 \text{ m}$ ,  $L_{5-3}=7.1 \text{ m}$ ,  $L_{6-4}=7.2 \text{ m}$ 。

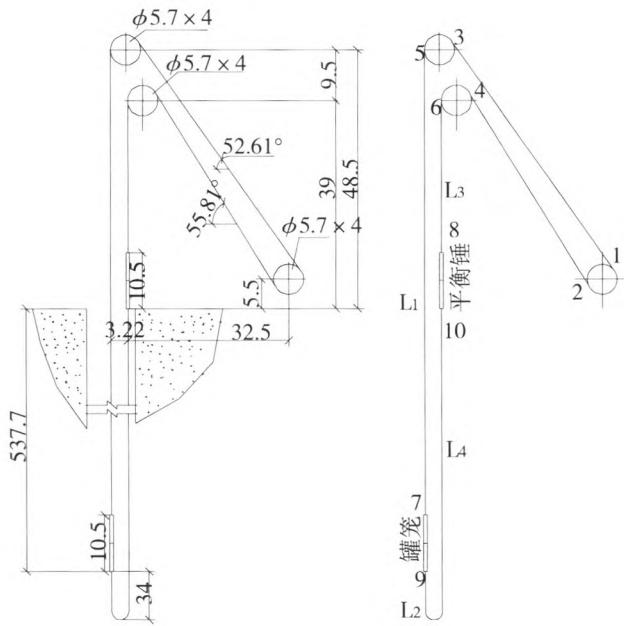


图 1 提升系统

### 2.1.1.1 静防滑安全系数

计算时考虑提升机主绳轮上、下出绳段钢丝绳部分质量对主绳轮出绳静张力的影响<sup>[1]</sup>。

式中： $e$ ——自然对数底 2.731；

$\mu$ ——绳与摩擦衬垫间摩擦系数 0.25；

$\alpha$ ——钢丝绳与摩擦衬垫上的围包角弧度：  
 $183.2^\circ = 3.196 \text{ rad}$ ；

$F_{sj}$ ——下绳侧钢丝绳静张力  $F_{sj} = [55 + 53.6 + (L_1 + L_2 - L_{3-1}) \text{ 质量}] \times 9.81 = 1387.53 \text{ kN}$ ；

$F_{sj}$ ——上绳侧钢丝绳静张力  $F_{sj} = [77.6 + (L_4 + L_3 - L_{4-2}) \text{ 质量}] \times 9.81 = 1098.52 \text{ kN}$ ；

$$\text{则: } \sigma_j = \frac{F_{sj} (e^{\mu\alpha} - 1)}{F_{sj} - F_{sj}} = \frac{1098.52 (e^{0.25 \times 3.196} - 1)}{1387.53 - 1098.52} = 4.65$$

### 2.1.1.2 动防滑安全系数

在等重尾绳提升系统，重载下放减速段，忽略井筒提升阻力及天轮轴承阻力的条件下， $F_s$ 、 $F_x$ 除计入静张力还应计入制动减速度时的惯性力<sup>[1]</sup>。同时考虑上、下出绳段钢丝绳全部质量，在制动过程中产生的动张力对主绳轮出绳动张力的减少和增强作用<sup>[2]</sup>。

$$\sigma_d = \frac{(F_{sj} - m_s a) (e^{\mu\alpha} - 1)}{(F_{sj} - F_{sj}) + (m_x + m_s) a} = 2.53$$

其中： $F_{sj}$ ——上升侧静张力；

$F_{sj}$ ——下放侧静张力；

$m_s$ ——上升侧运动部分总质量 184.51 t<sup>[3]</sup>；

$m_x$ ——下放侧运动部分总质量 216.35 t<sup>[3]</sup>；

$a$ ——减速度 0.5 m/s<sup>2</sup>。

由上可知：静防滑系数  $\sigma_j = 4.65 \geq 1.75$ ，动防滑系数  $\sigma_d = 2.53 \geq 1.25$ ，符合规定。

### 2.1.2 新绳安全系数校验

提升系统采用 4 根德国达高型号为 Φ62 mm 6\*36WS+FC 的圆股首绳，抗拉强度 1 770 N/mm<sup>2</sup> 破断力为 2 754 kN，更换为同厂生产的型号为 Φ62 mm 6\*36WS+FC 的圆股钢丝绳，抗拉强度 1 770 N/mm<sup>2</sup> 破断力 2 896 kN。

55 t 重载时钢丝绳安全系数：

$$M = \frac{Q_d}{F_{jm}}$$

$$F_{jm} = \frac{Q + Q_z}{n} + p H_0 + \frac{n_l}{n} q H_w$$

式中：M——安全系数；

$Q_d$ ——单根首绳中所有钢丝破断力 2 896 kN；

$F_{jm}$ ——单根首绳实际所受的最大静张力；

$Q$ ——罐笼载荷最大支架 43 t，斗式拖车 12 t；

$Q_z$ ——罐笼设计自重 54 t，拆掉下层罐笼门

0.85 t，同时罐顶加灯和箱增重 0.45 t，

实际罐笼重 53.6 t；

$p$ ——首绳每米重量 14.8 kg/m；

$q$ ——尾绳每米重量 19.5 kg/m；

$H_0$ ——罐笼卸载位置至天轮中心线位置 575 m；

$H_w$ ——在卸载位置时，罐笼尾绳垂悬高 34 m；

$n$ ——首绳根数 4；

$n_l$ ——尾绳根数 3；

代入式中可得  $M=8.17$ ，安全系数  $8.17 \geq 7.91$  符合规程要求。

### 2.1.3 电机功率的估算

提升系统采用直连式交直交变频同步电机驱动，电机功率 3 600 kW，定子额定电压 3 300 V，额定电流 701.3 A，超载 4.3 t 对提升驱动功率需求增加 8.2%。选择驱动电动机时已经留有 5%~10% 的富裕，再加上电动机自身设计时也留有 150%~200% 过载能力，故提升驱动功率是富裕的。

## 2.2 改造内容

### 2.2.1 制动闸改造

提升制动系统为液压盘式制动，制动器型号为 ST3-D，制动闸型号为 BE100，原设计是 4 个闸座共 12 对制动闸，每个闸座带有 3 对制动闸。利用每天的检修时间，将滚筒出绳侧的 2 个闸座更换为可装 4 对闸的闸座，每个闸座各再增加 1 对新制动闸，改造成为带有 14 对制动闸的制动系统。

### 2.2.2 更换钢丝绳

在保证交通罐运行的前提下，利用 4 天的时间将大罐系统的 4 根首绳更换为抗拉强度 1 770 N/mm<sup>2</sup>

破断力 2 896 kN 型号为  $\Phi 62 \text{ mm } 6*36\text{WS+F}$  的圆股钢丝绳。

### 3 性能测试结果

#### 3.1 最大不平衡载荷的静态制动安全系数试验

改造后对 14 对闸进行静态制动拉力试验, 测得每 1 对闸的制动力为 70 kN, 制动闸全部制动时的制动力为:  $14 \times 70 \text{ kN} = 980 \text{ kN}$ , 滚筒两侧最大不平衡载荷为 289.01 kN, 最大不平衡载荷的静态安全系数为  $980/289.01=3.39$  符合《煤矿安全规程》不小于 3.0 的要求。

#### 3.2 盘形闸的空动时间测试

对盘形闸贴闸时间测试得, 28 个闸的空动时间最小为 0.19 s, 最大为 0.23 s, 符合《煤矿安全规程》不超过 0.3 s 要求。

#### 3.3 全载全速试验

对系统进行全载全速 (55 t、9.97 m/s) 急停试验, 测得在重载下放制动最小减速度为  $1.58 \text{ m/s}^2$ , 达到《煤矿安全规程》 $\geq 1.5 \text{ m/s}^2$  的要求。

提升机的其它各项检验项目全部达到 AQ 检验规范要求。

电动机的电压、电流、功率以及温升均在正常值范围内。

### 4 应用效果

提升系统改造后运行了 1 年时间, 分别完成了两个新工作面设备稳装和 2 个旧工作面设备的拆除工作, 共运输支架 562 个 (下放 ZF15000/28/41 型支架 270 个, ZF13000/25/38 支架出井 292 个), 系统一直运行平稳, 经山西煤矿设备安全技术检测中心对系统进行了年检, 检测项目全部符合要求。此项目的改造, 节省了时间、节约了费用, 在基本不影响生产的情况下解决了运输大型重型液压支架的实际问题, 提高了提升机的提升能力, 保障了提升系统原有效能的发挥, 保障了矿井安全平稳、高效运行的生产。

### 参考文献

- [1] GB50215—2005, 煤炭工业矿井设计规范 [S].
- [2] 国家安全生产监督管理总局, 国家煤矿安全监察局. 煤矿安全规程 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2011.
- [3] 曾涛. 关于矿井摩擦式提升机滑动极限减速度公式的讨论 [J]. 煤炭工程, 2009, (7): 10–12.

### 作者简介

郭耀清, 男, 1970 年 12 月出生, 大学本科学历, 现在同煤浙能麻家梁煤业公司大型设备队工作, 工程师。

收稿日期: 2015-10-11

## Practice of Lifting Large Hydraulic Support by Hoist in Assistant Vertical Shaft of Majaliang Mine

Guo Yaoqing

**Abstract:** Because of hydraulic support of fully mechanized working face that is unable to meet the production requirements, the high performance of hydraulic support is used, increasing hydraulic equipment leads to the operation overload of hoisting system and the reduction of brake safety factor, by increasing the brake and changing the model of wire rope, the lifting capacity of hoist and the safe and reliable performance of system are improved.

**Key words:** brake; wire rope; safety calibration and inspection