

一种液压支架抬底机构损坏原因分析与改进措施

庞矿安
(淮北矿业集团公司 生产管理部, 安徽 淮北 235000)

[摘 要] 淮北矿区井下综采工作面使用的一种带抬底机构的液压支架, 经过 4 年多的使用, 发现在抬底千斤顶的耳轴及其他部位有损坏的现象, 经过对抬底机构损坏部位进行现场考察、分析、论证, 并对其损坏部位进行力学分析, 找到了损坏的具体原因, 根据损坏情况提出预防与改进措施。

[关键词] 液压支架; 抬底千斤顶; 损坏分析

[中图分类号] TD355.41 [文献标识码] B [文章编号] 1006-6225 (2011) 02-0077-03

Cause of Failure of Base-lift Structure of Powered Support and Its Improvement Measure

近年来随着长壁综采技术在国内的推广应用, 以及一大批千万吨级矿井的出现, 强力、高端支架迅猛发展。液压支架立柱、千斤顶缸径不断扩大, 类型不断增多, 抬底千斤顶作为支架千斤顶的一种, 发挥着重要作用。

抬底千斤顶一般安装在底座过桥上, 其作用是移架时将底座前端抬起从而减小移架阻力, 加快移架速度。其主要由缸体、活塞、活塞杆、导向套及密封件等组成。按装配型式可把抬底千斤顶分为正装和倒装 2 种型式。正装抬底千斤顶缸底向下, 活塞杆固定在过桥板上, 缸筒作为活动体作用在推杆上面把支架前端抬起; 相反, 倒装千斤顶缸底向上, 缸筒固定在过桥板上, 活塞杆作为活动体作用在推杆上面把支架前端抬起。由于安装方式的不同, 抬底千斤顶在使用过程中部件受力的形式也不同, 其损坏的方式也千差万别。根据近年来的支架大修经验, 对正装抬底千斤顶和倒装抬底千斤顶作比较, 找出抬底千斤顶损坏原因, 并提出相应的解决办法, 以提高抬底千斤顶的可靠性。

1 抬底千斤顶损坏形式

从多年的支架大修中发现, 正装抬底千斤顶明显优于倒装形式。正装抬底千斤顶大部分都是密封件的老化、磨损造成内部窜液以及其他方面损坏。倒装抬底千斤顶损坏形式比较多样: 千斤顶耳轴沿根部断裂; 由于压力和摩擦力的作用, 活塞杆出现弯曲、涨头现象; 千斤顶缸口部位受力变形, 导致蕾型圈、O 型圈失去密封作用; 支架底座过桥上的耳板容易变形、撕裂; 其他方面的损坏。

两套支架大修时抬底千斤顶的损坏形式及其所

占比例如表 1。

表 1 抬底千斤顶损坏形式		
类别	损坏形式	约占比例 /%
正装	密封件失效	8
	其他方面损坏	1
	耳轴沿根部断裂	25
	过桥耳板撕裂	7
倒装	密封件失效	9
	活塞杆损坏	3
	其他方面损坏	2

2 倒装千斤顶损坏原因分析

从表 1 中可以看出两套支架抬底千斤顶的损坏形式共同点是: 密封件失效和其他方面损坏, 都占抬底千斤顶总数量的 10% 左右。不同点是: 倒装抬底千斤顶耳轴沿根部断裂和过桥耳板撕裂约占总数量的 32%。从损坏的比例和形式上看密封件失效和其他方面损坏是正常损坏, 符合支架大修的标准。而耳轴沿根部断裂和过桥耳板撕裂所占比例较大, 是不正常损坏, 应是设计强度问题。

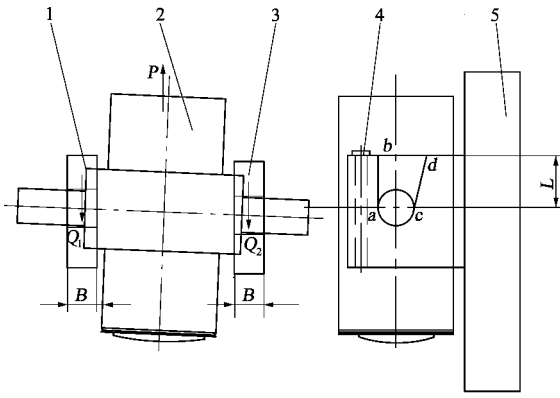
2.1 过桥耳板抗拉强度计算

根据现场损坏的耳板情况, 分析结果如下: 耳板受力时存在着不同程度的偏载, 耳板受拉, 拉裂的耳板先发生表面塑变, 然后出现裂缝, 裂缝方向如图 1 所示沿 α 方向, 与垂线夹角近似 3° 。

忽略耳板与销轴间隙, 则 $\alpha = \arccos \frac{ab}{L} = 3^\circ$ 。

(1) 耳板 I 剪力 Q_1 的计算 在抬底千斤顶 P 力的作用下, 耳板 I 和耳板 II 有 4 个截面受剪。由于千斤顶作用力不对称, 使耳板受偏载, 其中一个耳板的两个截面受剪力较大。为使耳板强度足够, 取偏载系数为 1.5, 作用在耳板 I 上的剪力 $Q_1 =$

[收稿日期] 2010-12-16
[作者简介] 庞矿安 (1963-), 男, 安徽蒙城人, 高级工程师, 从事煤矿生产技术管理工作。



1—耳板 I；2—抬底千斤顶；

3—耳板 II；4—耳轴；5—过桥板

图 1 倒装抬底千斤顶耳板受力

1 $5P/2=0.75P$ 。式中， P 为千斤顶所受最大外力。

考虑到两个受剪面中一个受剪面先出现裂缝，因此，在承载分配中对一受剪面取 1.1 倍的载荷不均匀系数。因此，作用在 cd 截面上的剪力 $q=1.1 Q_1/2=0.41P$ 。

(2) 耳板 I 剪应力的计算：

$$\tau = \frac{0.41P}{BL} \leq [\tau]$$

$$[\tau] = 0.5\sigma$$

2.2 耳轴抗弯强度计算

在实际抬架时千斤顶受到偏载作用产生偏扭力矩。设千斤顶支撑力为 P ，偏扭力矩为 M_p ， $P=Q$ ，由偏扭力矩产生的力 $F_p=M_p/B$ (F_p 一般取 $P/10$)，则 $F=P+F_p$ 。销轴受力如图 2 所示，对 Q_2 力作用点取矩，则 $Q_1L=F(L-\Delta)$

$$Q_1 = \frac{F(L-\Delta)}{L}$$

$$Q_2 = F - Q_1$$

弯矩 $M=Q\Delta$ 剪力 $Q=Q_1$ 则

$$\text{弯曲应力 } \sigma = \frac{M}{W} = \frac{M}{\pi d^3/16} = \frac{16M}{\pi d^3}$$

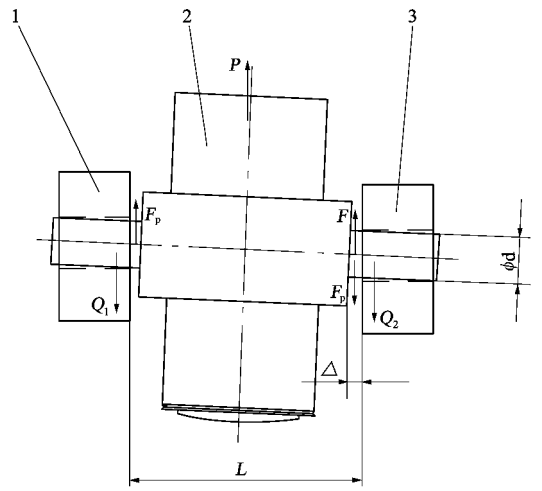
$$\text{剪切应力 } \tau = \frac{4Q_1}{\pi d^2}$$

根据第四强度理论，耳轴强度应满足：

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} < [\sigma]$$

式中， $[\sigma]$ 为耳轴材料的屈服强度。

抬底千斤顶一般都是根据井下地质条件设计的，设计时一般都考虑安全系数，没有特殊情况结构件一般不会出问题。支架抬底装置正确的操作方法为当采煤机采过一个截深后，开始推溜拉架，拉架时应首先降架收回立柱，然后抬脚装置中千斤顶活塞腔进液，使抬脚千斤顶活塞杆伸出将支架底脚



1—耳板 I；2—抬底千斤顶；3—耳板 II

图 2 抬底千斤顶耳轴受力

抬起，此时移溜千斤顶活塞腔进液、活塞杆腔回液实现拉架，当支架移到位后应先将抬底千斤顶活塞杆缩回，手把打到零位，然后再升起立柱。

由于现场经常出现抬底千斤顶没有收回而升立柱的误操作现象，造成立柱的初撑力直接作用在抬底千斤顶上，导致千斤顶受力过大损毁耳轴。

装置销轴孔强度不够，变形甚至损坏。立柱初撑力为 2533kN，考虑到抬底千斤顶和底座后部同时受支撑力，故取两棵立柱初撑力之和的 1/2 为千斤顶所受正压力，即为 2533kN。

耳板 I 剪应力的计算：

$$\tau = \frac{0.41P}{BL} = \frac{0.41 \times 2533000}{89 \times 60} = 194 \text{ N/mm}^2 \leq$$

$$[\tau] = 0.5[\sigma] = 275 \text{ MPa}$$

式中， $[\sigma]$ 为 Q550 耳板材料的屈服强度，MPa

$$n_1 = \frac{[\tau]}{\tau} = \frac{275}{194} = 1.42 > [n_1]$$

式中， $[n_1]$ 为许用安全系数，一般取 1.05~2。

耳轴抗弯强度计算：

$$\text{弯曲应力 } \sigma = \frac{M}{W} = \frac{16M}{\pi d^3} = \frac{16 \times 2533000 \times 3}{2 \times 3.14 \times 45^3} = 212 \text{ (MPa)}$$

$$\text{剪切应力 } \tau = \frac{4Q_1}{\pi d^2} = \frac{4 \times 2533000}{2 \times 3.14 \times 45^2} = 797 \text{ (MPa)}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{212^2 + 3 \times 797^2} = 1397 \text{ (MPa)} > [\sigma] = 835 \text{ (MPa)}$$

式中， $[\sigma]$ 为 27SMn 耳轴材料的屈服强度，MPa

$$n_2 = \frac{[\sigma]}{\sigma} = \frac{835}{1397} = 0.6 < [n_2]$$

由以上计算可知，耳板的安全系数 n_1 为 1.42 满足许用安全系数 $[n_1]$ 的要求。千斤顶耳轴的安全系数 n_2 为 0.6，不能满足许用安全系数 $[n_2]$ 的要求。因此，要对耳轴进行必要的加强。

2.3 耳轴改进措施

根据以上最恶劣的工况，考虑工人误操作的情况下，对耳轴强度加强，将耳轴直径提高为 60mm。

耳轴抗弯强度计算：

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{16M}{\pi d^3} = 89 \text{ (MPa)}$$

$$\tau = \frac{4Q_1}{\pi d^2} = 448 \text{ (MPa)}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{89^2 + 3 \times 448^2} = 781 \text{ (MPa)} < [\sigma] = 835 \text{ MPa}$$

$$n_2 = \frac{[\sigma]}{\sigma} = \frac{835}{781} = 1.07$$

此种情况下，可以满足强度的需要。

3 预防与改进措施

液压支架千斤顶在使用中正常的损坏是不可避免的，抬底千斤顶也不例外，如表 1 中提到的密封件失效，接触面磨损，镀层脱落等形式。这些损坏形式虽然所占比例较大，但不致于千斤顶报废，就目前的检修手段完全可以恢复其性能。

(上接 25 页)

过程减缓；一方面，快速度过顶板破碎区，防止由于破碎造成的周边应力集中，而使破碎加重，向周边发展。

2.4 保证内错尾巷底板与工作面顶板合理间距

内错尾巷底板与工作面顶板间距应有一个合理值。沿直接顶割顶煤，割煤要平，不要出现起伏，从而保证合理间距，防止由此引起的顶板破碎。

2.5 工作面顶板注浆

采用注浆方法，把浆液注入顶板节理、裂隙及空洞，改善结构面力学性质，提高煤岩体自承载能力，提高岩体整体性，控制岩体进一步变形，防止岩块滑落滚动、漏冒失稳，维护顶板稳定。

3 结束语

寺家庄煤矿 15104 大采高工作面在来压期间瓦斯内错尾巷下顶板破碎，通过现场观测研究、分析其机理，提出了防治措施。通过加强现场管理及其他措施的应用，逐步控制了顶板破碎，前 3 次周期来压之后，顶板基本完好。发挥了瓦斯内错尾巷的

因此，对该种型式千斤顶可进行如下改进：

方法 1：由于耳轴的弯曲应力与耳轴直径的立方成反比、剪切应力都与耳轴直径的平方成反比，只要加大耳轴直径对提高耳轴强度十分显著。

方法 2：通过表 1 的对比表明，正装千斤顶明显优于倒装抬底千斤顶，因此，改变千斤顶的型式也是一种有效途径。

强化支架操作工的培训，拉架后要先收抬底机构然后升柱。

4 结束语

鉴于以上 2 种改进方法，在大修支架时采用了第 1 种方法，简单易行，成本较低，取得了良好的社会和经济效应。第 2 种方法在支架设计初期值得借鉴和推广。

[参考文献]

[1] 王国法，等·液压支架技术 [M]·北京：煤炭工业出版社，1990。
[2] 雷天觉，等·液压工程手册 [M]·北京：机械工业出版社，1990。
[3] 成大先·机械设计手册第四版 [M]·北京：化学工业出版社，2002。
[4] 刘鸿文·材料力学第二版 [M]·北京：高等教育出版社，1987。
[责任编辑：王兴库]

作用，保障了 15104 综采工作面的安全生产。

[参考文献]

[1] 王德明·矿井通风与安全 [M]·徐州：中国矿业大学出版社，2005。
[2] 俞启香·矿井瓦斯防治 [M]·徐州：中国矿业大学出版社，1992。
[3] 薛军正，张 启·内错尾巷在高瓦斯矿井中的应用实践 [J]·山西煤炭，2007，27 (2)：49—51。
[4] 何毓俊，吴继园·瓦斯尾巷在低透气性厚煤层放顶煤开采中的应用 [J]·煤炭科学技术，2009，37 (4)：27—33。
[5] 王志玉·内错尾巷在寺河矿 2308 综采放顶煤工作面的应用 [J]·华北科技学院学报，2004 (4)：70—78。
[6] 郭奉贤，魏胜利·矿山压力观测与控制 [M]·北京：煤炭工业出版社，2005。
[7] 史济怀，刘太顺·复变函数 [M]·合肥：中国科学技术出版社，1998。
[8] Г.Н. 萨文·孔附近的应力集中 [M]·卢鼎霍译·北京：科学出版社，1958。
[9] (苏) [Н.И 穆斯海里什维里] МЫСЛИШ ВЛИИ. 数学弹性力学的几个基本问题 [M]·赵惠元译·北京：科学出版社，1965。
[责任编辑：李宏艳]