

· 研究简报 ·

(24) 135-140

CYM 型液压锚固站的强度及稳定性分析^{*}

Analysis of the Strength and Stability of
Type CYM Hydraulic Anchor Station

赖云林
Lai Yunlin

高天林
Gao Tianlin

TD 528

(重庆大学资源及环境工程学院, 重庆, 630044)

A 摘要 简要介绍了CYM型液压锚固站的结构及原理, 分析了它的强度及稳定性。

关键词 液压锚固站; 防滑; 强度; 稳定性

中国图书资料分类法分类号 TD528

刮板输送机

ABSTRACT The structure of type CYM hydraulic anchor station and its principle of operation are briefly introduced, and its strength and stability are analyzed.

KEYWORDS hydraulic anchor station; antislip; strength; stability

0 引言

解决倾斜极薄煤层采煤工作面刮板输送机的防滑问题是四川省“七·五”重点科技攻关项目“极薄煤层采煤机械化的研究”中需要攻克的难题之一。CYM 防滑系统则是我们承担该课题后在防滑研究方面所取得的成果。该系统主要由 CYM 型液压锚固站和两个锚固油缸组成。锚固站放在回风巷道, 与伸进回风巷道的输送机机头相连。两个锚固油缸则与输送机机尾相连。该系统与 MG-150WD 型无链电牵引采煤机及 SGD-420/40 型刮板输送机配套使用时, 适用于采高 0.55~0.8 m, 倾角 0~35° 的煤层。在薄煤层及中等厚度煤层中也可望将其推广应用。

由于 CYM 型液压锚固站担负着防止输送机下滑, 保障采煤机和输送机安全运行的重任, 它的强度和稳定性极为重要, 因此本文将着重从理论上分析它的强度及稳定性。

1 结构及工作原理

CYM 型液压锚固站采用了积木式结构。它主要由五根立柱 1 至 5、推移油缸 6、机头支承架 7、防滑梁 9、四个螺旋支承器 10 及操纵阀组 8 等部分组成, 如图 1 所示。各部件之间大都采用销轴联接, 很容易组装和拆卸, 便于拆开后分件运往井下, 再快速组装起来。

* 修改稿收文日期 1993-09-20

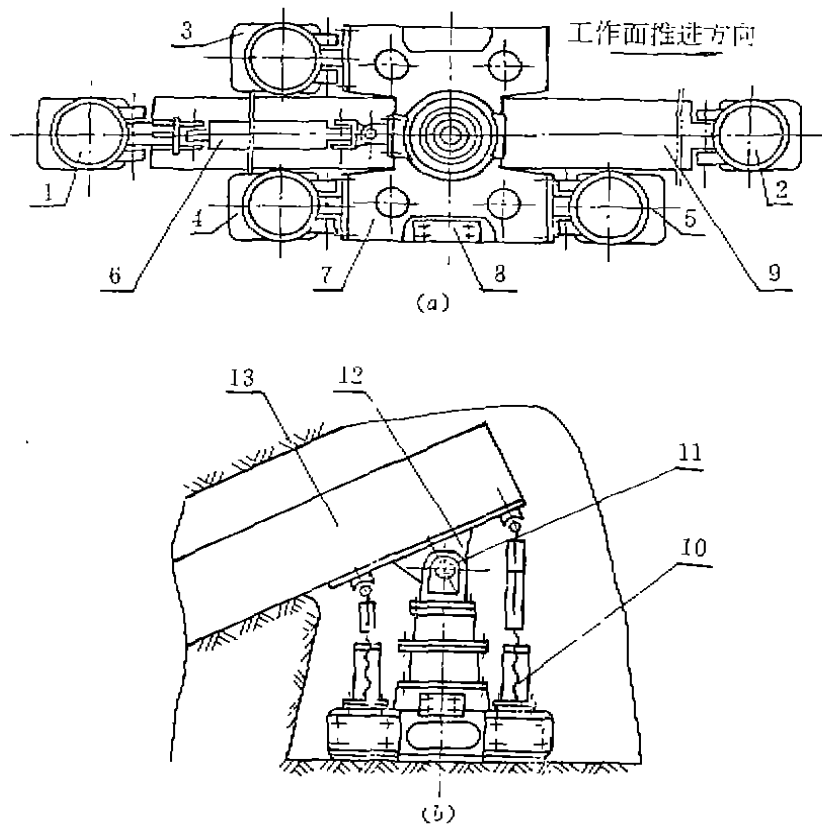


图1 CYM型液压锚面站结构示意图

(a) 沿巷道的布置情况

(b) 与输送机的连接情况

1至5——立柱；6——推移油缸；7——机头支承架；8——操纵阀组；9——防滑梁；
10——螺旋支承器；11——销轴；12——底托架；13——输送机机头

立柱用于锚固机头支承架或防滑梁。它的缸径为180 mm，杆径为150 mm，最小高度为1363 mm，最大高度为2800 mm，额定工作压力为14.7 MPa，额定工作阻力为374 kN，安全阀调定压力为24.5 MPa，相应于安全阀调定压力时的阻力为624 kN。

推移油缸用于推移输送机机头或防滑梁，以实现机组的迈步式动作。它的缸径为110 mm，杆径为80 mm，行程为850 mm，额定工作压力为14.7 MPa，推力为110 kN，拉力为81 kN。

机头支承架用于支撑输送机机头，并在锚固状态时承受下滑力或上推力。其立轴通过销轴11与机头架下部的底托架12相联接。立轴装在两个圆锥滚子轴承上，因而可绕其轴心线转动。销轴孔中心至底面的高度借助于中间加高筒和调整半环来调节，可在850~1300 mm的范围内变动，必要时还可高达1680 mm。

扁圆形的防滑梁穿过机头支承架下部的扁圆形孔，可在孔中自由滑动。在推移输送机机头时，处于锚固状态的防滑梁起防滑和导向的作用。该梁高为151 mm，宽为108 mm，总长为1391 mm。

螺旋支承器下部与机头支承架的底座相联接，上部顶在底托架上，用于正常工作时输送机机头的辅助支撑，以增加机头的稳定性。

锚固站及机尾锚固油缸的工作液均由泵站供给,可与顶板支护系统共用一个泵站。

CYM型液压锚固站的工作原理可按以下三种情况来说明:

1) 正常工作状态

正常工作状态是指采煤机和输送机都在工作。此时立柱3至5锚固,立柱1和2卸载降柱,四个螺旋支承器旋紧。由于机头支承架被三根立柱锚固,因而能够承受由于牵引力和重力所引起的下滑力或上推力。

2) 推移输送机机头

推移机头必须在输送机和采煤机停止工作的状态下进行。此时,立柱1和2锚固,立柱3至5卸载降柱,四个螺旋支承器旋松。通过操纵阀使推移油缸的活塞杆伸出,推动机头支承架沿防滑梁移动,从而带动输送机机头及立柱3至5沿工作面推进方向移动。

3) 推移防滑梁

当需要推移防滑梁时,应将立柱3至5锚固,立柱1和2卸载降柱。通过操纵阀使推移油缸的活塞杆缩入缸内,便可带动防滑梁及立柱1和2沿工作面推进方向移动。

2 强度分析

锚固站工作时,防滑梁和机头支承架立轴是承载的关键部位,因此本文仅对这两个零部件讨论其强度问题。

2.1 载荷分析

由于CYM型液压锚固站主要在没有牵引的情况下使用,因此它除了承受来自输送机的下滑力,还可能承受来自输送机的上推力。这些力通过销轴传递给机头支承架。在不同的工况下,受力状态各不相同。下面讨论当煤层倾角 $\alpha=35^\circ$ 时三种不同工况下的受力情况。

第一种工况是采煤机未工作,例如停机推移输送机机头。在这种工况下,锚固站只承受输送机和采煤机的自重引起的下滑力,其大小应等于重力的切向分力减去摩擦力。根据相应的数据,可算出这时的下滑力 $F_{s1}=43\text{ kN}$ 。

第二种工况是采煤机以最大牵引力(196 kN)上行割煤。在这种工况下,由于采煤机牵引力造成的反向推力向下,因此下滑力将达到最大值,属于条件最恶劣的工况。这时下滑力 F_{s2} 应等于 F_{s1} 加上牵引力造成的反向推力。由于反向推力的大小可近似地认为与牵引力相等,因此可算出 $F_{s2}=239\text{ kN}$ 。

第三种工况是采煤机以最大牵引力(196 kN)下行割煤。在这种工况下,由于牵引力造成的反向推力向上,它不但抵消了重力的切向分力,而且使输送机受到一个上推力,该力又通过销轴传递给机头支承架。上推力的大小应等于牵引力减去重力的切向分力和摩擦力。根据相应的数据可算出这时的上推力 $F_t=38.8\text{ kN}$ 。

由锚固站的工作原理可知,它在工作过程中只有两种锚固状态:在停机推移输送机机头时用两根立柱锚固防滑梁;在其它情况下用三根立柱锚固机头支承架。第一种锚固状态仅在上述第一种工况下存在,而第二种锚固状态在上述三种工况下均存在。

由于第一种工况是典型而又重要的工况,第二种工况是条件最恶劣的工况,所以在讨论强度时主要涉及这两种工况。

2.2 防滑梁的强度分析

由于防滑梁仅在停机推移输送机机头时才被锚固而承受输送机的下滑力所造成的载荷。因此防滑梁的强度应按第一种工况计算。由材料力学可知,在这种工况下防滑梁将受到弯曲与扭转的联合作用。用静力学的平衡方程不难求出作用于防滑梁的外力(包括支座反力),然后用截面法便可确定防滑梁的弯矩和扭矩^[1]。通过分析和计算,可知当机头支承架位于防滑梁正中时,所受的弯矩最大,危险截面在梁的中点。如果 $\alpha=35^\circ$, 则该截面处的弯矩 $M_z=41.65 \text{ kN}\cdot\text{m}$, 扭矩 $M_x=13.56 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 。

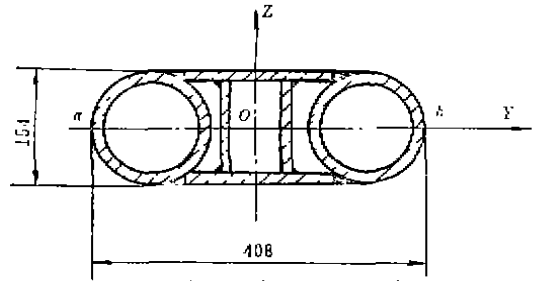


图2 防滑梁中部的横截面

防滑梁中点处的截面形状如图2所示,其抗弯截面模数 $W_z=1478 \times 10^3 \text{ mm}^3$ 。该截面上 a、b 两点分别受到最大的弯曲拉应力和压应力,其值为

$$\sigma_{\max}^+ = |\sigma_{\max}^-| = M_z / W_z = 28.18 \text{ MPa}$$

该截面的扭转剪应力可按铁摩辛柯在《材料力学(高等理论及问题)》§48中所述的“逐次近似法”求解^[2]。为了简化计算,不考虑截面中间部分的两块加强板,而将该梁视为只有三个腔的薄壁管件。这是偏于安全的简化。计算的结果是 a、b 两点处的应力 $\tau_x = 9.41 \text{ MPa}$ 。

按第三和第四强度理论算出的相当应力 σ_{r3} 和 σ_{r4} 分别为 33.89 和 32.55 MPa。该处材料(钢管)的许用应力 $[\sigma] = 130 \text{ MPa}$ 。 σ_{r3} 和 σ_{r4} 均小于 $[\sigma]$, 因而是安全的。

至于防滑梁两端,弯矩很小,忽略不计,只考虑扭矩 M_x (其值仍为 $13.56 \text{ kN}\cdot\text{m}$) 的作用。用材料力学中的相应公式可算出在其矩形截面上的最大扭转剪应力 $\tau_{\max} = 39.4 \text{ MPa}$ 。而该处材料的许用剪应力 $[\tau] = 50 \text{ MPa}$ 。 τ_{\max} 小于 $[\tau]$, 因而是安全的。

2.3 立轴的强度分析

立轴的强度应按第二种工况计算。下滑力 F_{12} 使立轴受到弯曲和压缩的联合作用。利用静力学的平衡方程求出各轴承的径向负荷,再用计算向心推力轴承轴向负荷的有关公式算出各轴承的轴向负荷后,便可绘出图 3(b) 和 (c) 所示的弯矩图和轴力图。从这些图中可以看出,立轴的危险截面在 A 处。该截面的抗弯截面模数 $W = 102 \times 10^3 \text{ mm}^3$, 面积 $A = 2.01 \times 10^4 \text{ mm}^2$ 。于是可算出该截面所受到的最大拉应力 σ_{\max}^+ 和最大压应力 σ_{\max}^- :

$$\sigma_{\max}^+ = N / A + M_{\max} / W = 110.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max}^- = N / A - M_{\max} / W = -176.4 \text{ MPa}$$

材料的许用应力 $[\sigma] = 220 \text{ MPa}$ 。由于 σ_{\max}^+ 和 $|\sigma_{\max}^-|$ 均小于 $[\sigma]$, 因此是安全的。

需要说明的是,在分析立轴的强度时所作的这些计算实际上是偏于安全的。因为在第二种工况下,

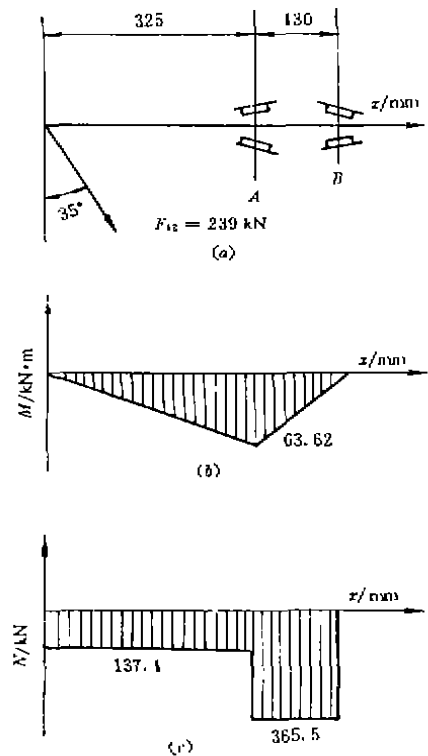


图3 立轴的(a)载荷图; (b)弯矩图; (c)轴力图

旋紧的螺旋支承器还可分担一部分载荷,可使立轴的受力状况大大改善。

2.4 对锚固站强度的评价

对CYM型液压锚固站一些主要零部件所做的强度计算表明,该锚固站具有足够的强度,能在额定负荷下安全地工作。由于井下工作环境和条件十分恶劣多变,存在很多难以预料的因素,因此像防滑梁这样的关键零部件具有较多的强度储备是必要的,这也有利于扩大它的使用范围。当然,从强度的角度出发,在设计第二代产品时也可考虑适当减小某些部位的尺寸和重量。

3 稳定性分析

锚固站的稳定性主要是指机头支承架在额定载荷范围内不产生滑动或倾翻的性能。这里所说的滑动是指垂直于防滑梁方向的滑动。锚固站的这种性能是输送机和采煤机正常工作的重要前提和可靠保证。

由上述定义可知,锚固站的稳定性分析实际上就是锚固站的防滑和防倾翻能力分析。

3.1 防滑能力分析

以下按两种不同的锚固状态进行分析。

在第一种锚固状态下(即推移输送机机头时),下滑力 $F_{s1}=43\text{ kN}$,其水平分力(35.2 kN)使机头支承架有垂直于防滑梁方向滑动的趋势。但因防滑梁穿过其底座上的扁圆形孔,且被两根立柱所锚固,因而能起到阻止滑动的作用。若取钢与岩石之间的摩擦系数 $f=0.3$,则两根立柱产生的防滑力最大可达224.4 kN。这里只考虑了每根立柱的底座与巷道底板间的摩擦力,这是因为防滑梁离底板很近,由防滑梁传递给立柱的下滑力之水平分力主要应由该处的摩擦力来平衡。这样考虑是偏于安全的。由于能够产生的最大防滑力远远大于下滑力的水平分力,因而机头支承架不可能产生垂直于防滑梁方向的滑动。

在第二种锚固状态下,机头支承架被三根立柱所锚固,产生的防滑力最大可达336.6 kN。即使处于第二种工况,下滑力 $F_{s2}=239\text{ kN}$,其水平分力也只有195.8 kN,远远小于能够产生的最大防滑力,因而机头支承架仍然不会产生垂直于防滑梁方向的滑动。

需要说明的是,以上所说的防滑力的最大值是就系统潜在的防滑能力而言的,并非防滑力的实际值。因为只要机头支承架未产生垂直于防滑梁方向的位移,在该方向的各种力就应该是平衡的,即防滑力和下滑力是相等的。此外,在锚固站自重及下滑力的铅直分力作用下产生的摩擦力也将起到防滑的作用。

3.2 防倾翻能力分析

这里仍按两种不同的锚固

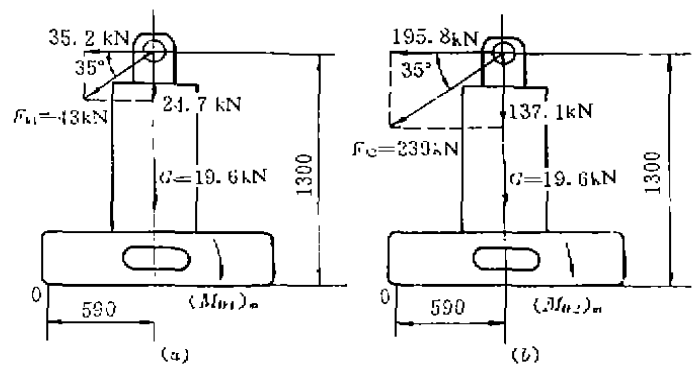


图1 稳定性分析的计算简图

(a) 第一种锚固状态; (b) 第二种锚固状态

状态进行分析计算。图4提供了计算中所需要的各种数据,但并非完整的受力分析图。

在第一种锚固状态下, F_{d1} 的水平分力将产生一个反时针方向的倾翻力矩 M_{d1} ,其大小为45.8 kN·m。该力矩使机头支承架具有绕O点反时针方向转动的趋势。

F_{d1} 的铅直分力和重力 G 则产生顺时针方向的力矩,其大小分别为14.6和11.6 kN·m。两根立柱的顶盖与巷道顶板间的摩擦力也能产生顺时针方向的力矩 $(M_{w1})_m$ 。假设巷道高度为2 m,则 $(M_{w1})_m$ 最大可达448.8 kN·m(这是按顶板水平时的情况计算的,若顶板倾斜,则此力矩将更大)。以上三个力矩均为稳定力矩。因此稳定力矩之总和最大可达到475 kN·m。

由于它远大于 M_{d1} ,因此在这种锚固状态下机头支承架不可能倾翻。

在第二种锚固状态下,按第二种工况讨论。此时 F_{d2} 的水平分力产生反时针方向的倾翻力矩 M_{d2} ,其大小为254.5 kN·m。

F_{d2} 的铅直分力和重力 G 产生的稳定力矩分别为80.9和11.6 kN·m;三根立柱的顶盖与顶板间的摩擦力所产生的稳定力矩 $(M_{w2})_m$ 最大可达673.2 kN·m。因此稳定力矩之总和最大可达765.7 kN·m。

由于它远远大于 M_{d2} ,因此在这种锚固状态下机头支承架仍然不可能倾翻。

最后仍需说明一下,以上所说的稳定力矩之总和的最大值是就系统潜在的防倾翻能力而言的,并非稳定力矩的实际值。因为只要机头支承架未倾翻,以O点为矩心的各种力矩就应该是平衡的,即稳定力矩与倾翻力矩是相等的。

3.3 对锚固站稳定性的评价

以上分析说明CYM型液压锚固站能在额定负荷下具有足够的防滑能力和防倾翻能力。该系统在稳定性方面的能力储备较大,使它能更好地适应多变的地质条件和恶劣的工作环境,有利于扩大它的使用范围。另一方面,在保证稳定性的前提下还可根据具体工作条件酌情降低液压系统的工作压力,这对于延长液压系统的使用寿命是有好处的。当然,从稳定性的角度出发,在设计第二代产品时仍可考虑适当减小某些零部件的尺寸和重量。

4 结 论

通过本文的分析和计算,可以得出这样的结论:CYM型液压锚固站具有足够的强度、防滑能力和防倾翻能力,在与MG-150WD型采煤机及SGD-120/40型刮板输送机配套使用时,能安全而稳定地工作。就其各方面的潜在能力来看,要在薄煤层和中等厚度煤层中将其推广应用也是大有希望的。但在今后的改进设计中,可以考虑适当减小某些零部件的尺寸和重量。

参 考 文 献

- 1 刘鸿文主编.材料力学(第二版),上册.北京:高等教育出版社,1984.92~160
- 2 S. 铁摩辛柯著;任一麟译.材料力学(高等理论及问题).北京:科学出版社,1979.214~220
- 3 徐灏.安全系数和许用应力.北京:机械工业出版社,1981.242~261
- 4 国外采煤工作面综合机械化设备编译组.国外采煤工作面综合机械化设备(运输机械).北京:煤炭工业出版社,1978.325~365