

摩擦式自动调整平衡器的设计原理

张智远

一般在使用手把式鑽探机进行鑽进时，当深度超过 200 公尺后就需要安装平衡器来保证工作顺利进行。但过去使用的平衡器多是用手来调整的，这样不仅需用人力而同时也不方便。针对这种情况 102 勘探队李連奎同志研究设计了一种适合 KA—2M—300 型鑽机使用的自动调整平衡装置。本文拟将它的构造和作用原理加以扼要介绍，并在设计原理上作一计算探讨。希望能引起从事这一方面工作的同志们注意，以进一步的研究和试作，使这一装置能很快的应用在生产实践中。

一、构造

自动调整平衡器是利用偏心的作用原理设计的，它能进行自动调整。自动调整平衡器的构造见图 1，平衡器的闸块是压在 KA—2M—300 型鑽机的大摩擦轮上，平衡器的偏心轴套，套在升降机轴的上部。见图 1。1 为大摩擦轮，是鑽机上的原有装置；2 平衡器杆，是平衡器的主要部件，杆之左端挂有重锤；3 闸块，用红松木材制成。闸块的作用是与摩擦轮接触，产生摩擦力，从而带动摩擦轮及卷筒，产生平衡作用；4 支撑架，支撑架上面与闸块连结，下面与平衡器杆接牢。使闸块、支撑架与平衡器杆成为一个整体；5 偏心轴套，在平衡器杆与升降机轴之间。由于它的偏心

作用，可以使平衡器起到自动平衡作用；6 定位棒，定位棒与偏心轴套一体，用以确定偏心轴套之角度。棒上挂有定位重锤，并可以根据需要加以调整；7 调整顶棒装置，它固定在机架上，通过顶棒的上、下，可以调整定位棒的位置与偏心轴套的角度。

二、作用原理

平衡器的作用原理主要是由于在构造上大摩擦轮与升降机轴的轴心一致，而平衡系统的中心则与偏心轴套的外圆圆心一致，使得在正常情况下，由于偏心的作用，使闸块在向左移动时，必然要靠紧摩擦轮，而向右移动时，就脱离摩擦轮。这就是自动平衡器利用偏心轴套的偏心作用来调整的作用原理。

在鑽进中，由于鑽具逐渐向井内下降，摩擦轮亦随之顺时针方向转动。由于闸块(3)是紧靠在摩擦轮上，因而要随着向右移动，平衡器杆也向上举起，但由于偏心轴套(5)并不随着转动(因有顶棒(7)顶住)，这样就使闸块(3)在向右移动时，必然产生与摩擦轮松开的趋势。在松到一定程度时，由于摩擦力不足，而发生滑动，使闸块及平衡器杆又回到原位。这就构成一次自动调整。

在鑽进中提动鑽具时，摩擦轮及闸块必同时向反时针方向移动，平衡器杆要下落。这时应要求定位棒与偏心轴套同时移动，否则，闸块和支撑架将因受力过大而破坏。因此就需要适当地确定定位棒上重锤的重量，并在实际操作中对其距离加以调整，使它在平衡器自动平衡时保持固定的位置，而在提动鑽具时又一起移动。

由于木质闸块在长期使用中要磨损，所以定位棒不可能永远保持水平位置，必须随时加以调整。调整的方法是调整顶棒的上、下，就可以使平衡器杆保持水平。

应该说明，当开始升或降鑽具时，首先将定位棒举起(参看

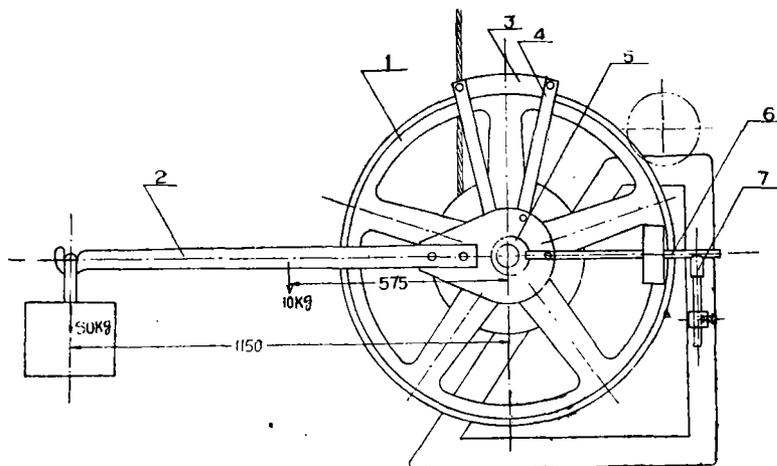


图 1

图 1)，使定位棒上小孔与支撑架上小孔重合，用销钉钉住。这时由于偏心作用使闸块与摩擦轮完全分离，使摩擦轮呈自由状态，即可升降鑽具。

三、受力情况之分析

1. 平衡器外部受力情况

平衡器的平衡棒与支撑架是固定在一体的。鑽进时平衡重量的力矩，是通过闸块的压力所产生的摩擦力 F_f ，而传给大摩擦轮的。

平衡器在工作时可视为静平衡状态，此时力的作用情况从图 2 中可以看出：

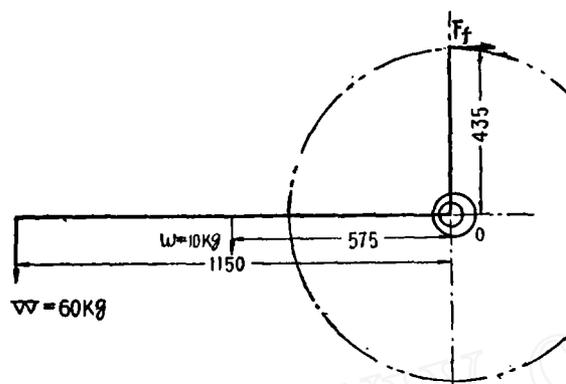


图 2

设 $w = 10\text{ kg}$ 平衡棒自重，作用于平衡棒中间；
 $W = 60\text{ kg}$ 最大平衡重量，作用于平衡棒端部；
 F_f 为平衡摩擦力，作用于摩擦轮上。

由于平衡器呈静平衡状态

$$\therefore \sum M_o = 0$$

$$F_f \times 43.5 = 60 \times 115 + 10 \times 57.5$$

$$\text{则 } F_f = \frac{7475}{43.5} = 172\text{ kg} \quad (1)$$

2. 摩擦面积之计算与闸块之设计

由于平衡器利用摩擦轮进行平衡作用，所以闸块与摩擦轮之间的配合，应当选择溝槽式配合。

① 摩擦面积计算：见图 3 所示，

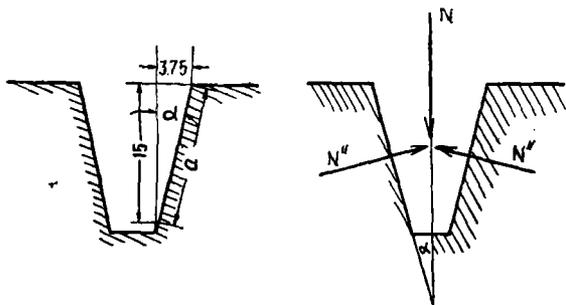


图 3

$$\tan \alpha = 3.75/15 = 0.25$$

$$\therefore \alpha = \tan^{-1} 0.25 = 14^\circ$$

设吻合深度为 12

吻合面斜长

$$a = \frac{12}{\cos 14^\circ} = \frac{12}{0.97} = 12.4\text{ 公厘}$$

设闸块之适宜长度为 200 公厘，接触面 8 个（按摩擦轮之构造）

则摩擦面积总计为 $A = 20 \times 1.24 \times 8 = 198\text{ cm}^2$

(2) 闸块设计：作用在闸块上正压力的求法如下（见图 3）

N 为正压力；

N'' 为垂直于摩擦面之压力。

根据 $F_f = 2N'' \cdot f$

式中： $f = 0.28$ （木—铸铁摩擦系数）

$$F_f = 172\text{ kg} \quad ((1)\text{式求出})$$

$$\therefore 172 = 2N'' \times 0.28$$

$$\therefore N'' = 307\text{ kg} \quad (\text{垂直摩擦面之压力}) \quad (2)$$

再据公式 $N = 2N'' \sin \alpha + 2fN'' \cos \alpha$

$$= 2 \times 307 \sin 14^\circ + 2 \times 0.28 \times 307 \cos 14^\circ$$

$$= 614 \times 0.242 + 172 \times 0.97$$

$$= 148 + 167 = 315\text{ g} \quad (\text{正压力}) \quad (3)$$

从上式可以得出作用在闸块上正压力为 315 公斤。

由于闸块为木質（可选用紅松）故必须核对其抗压强度是否满足要求。一般对于木材，其容许压力应小于 $4.0 \sim 6.0\text{ kg/cm}^2$ [合英制 $60 \sim 90\text{ PSI}$]

$$\text{按前式计算 } 2N'' = 2 \times 307 = 614\text{ g}$$

$$A = 198\text{ cm}^2$$

$$\therefore \text{压应力} = 614/198 = 3.1\text{ kg/cm}^2$$

校証结果证明在安全范围内。

此外，对于木質面料的容许最高工作温度为 72°C ，在设计也应注意其温昇问题。但由于这种平衡器虽然动作連續，但轉动速度非常低（进尺速度为每小时 2 公尺时，轉动速度每分钟 0.22 公分），因此在实际上可不考虑。

3. 定位棒及定位重量计算

定位棒在平衡器机构中所起的作用是：第一要保証在正常鑽进时，將偏心軸套固定在需要的位置，使平衡棒基本上保持水平；第二在提动鑽具时，使定位棒能与平衡棒共同移动，以免由于偏心作用，使闸块与摩擦轮之間产生过大的压力，破坏机构；第三在升降鑽具时，能使闸块离开摩擦轮，使平衡器失去作用，保証順利进行升降。因此在满足和解决这几个作

用时, 对前二项就需要进行一些计算工作, 而最后一项只要在升降锁具时将定位棒向上搬动90度左右就可以解决了。

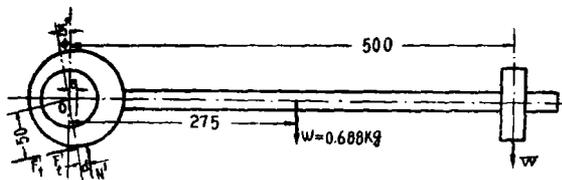


图 4

定位棒的构造见图 4, 其受到的作用力为: 因闸块的压力在偏心轴上所产生的反力 N' , $N'=N=315$ 公斤; 由于反力 N' 所产生的摩擦力 $F'f$; 因偏心轴面的斜面关系而产生的切力 $F't$ (见图 5); 定位重量 W ; 定位棒自重 ω 。

为保证前述的二个要求, 我们需要进行下列的试算:

设偏心轴的偏心距 $\delta=8$

在第一种作用情况下, 为使在正常锁进时平衡棒保持水平位置, 就必须求出正确的定位重量 W 之值。

设定位棒用 $\phi 1/2$ 黑铁管制成(重 1.25 公斤/公尺), 全长 550 公厘。共重 $\omega=0.55 \times 1.25=0.688$ kg

因系处于平衡状态所以

$$\sum M_0=0$$

$$\therefore N' \times 0.8 \cos \phi + (F'f + F't) \times 5 = 0.688 \times 27.5 + 50W \quad (4)$$

式中: $N'=N=315$ kg

$$F'f=fN'$$

设 $f=0.08$ (摩擦系数, 钢—铸铁 0.10~0.06)

故 $F'f=fN'=0.08 \times 315=25.2$ kg

$F't$ 之求法见图 5

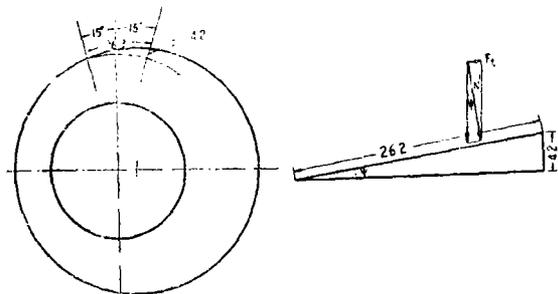


图 5

用图解法量出偏心轴套在转动 30° 时的升高距离为 4.2 m/m 其转动 30° 之距离为 $\frac{30}{360} \times \pi \times 100 = 26.2$ m/m。以近似三角形 (见图 5 右) 计算

$$\text{则 } 4.2/26.2 = \sin \phi$$

$$\therefore \phi = \sin^{-1} 0.16 \approx 9^\circ 10'$$

$$\therefore \tan \phi = 0.161$$

$$F't = N' \tan \phi = 315 \times 0.161 = 51 \text{ kg}$$

代入 (4) 式中

$$315 \times 0.8 \cos 15^\circ + (25.2 + 51) \times 5 = 0.688 \times 27.5 + 50W$$

$$315 \times 0.8 \times 0.966 + 76.2 \times 5 = 18.8 + 50W$$

$$243 + 381 = 18.8 + 50W$$

$$50W = 605.2$$

$$\therefore W \approx 12 \text{ kg}$$

即定位平衡重量 $W=12$ kg 时, 可使定位棒稳定。

在第二种作用情况下, 为使在提动锁具时, 定位棒与平衡棒能同时移动, 所以需要求出 N' 力之最大值。

设定位平衡重量 $W=14.4$ kg (大于需要重量 20%)

据前式

$$N' \times 0.8 \cos \phi + (0.08N' + 0.161N') \times 5 = 18.8 + 50 \times 14.4$$

$$0.77N' + 0.241N' \times 5 = 18.8 + 720$$

$$1.975N' = 738.8$$

$$\therefore N' = 374 \text{ kg}$$

即在提动锁具时, 闸块与摩擦轮之间的压力 N ($N=N'$) 最大达 374 公斤, 在考虑机构强度时, 必须注意这点。当然在实际操作情况下, 是会有出入的。这是由于接触面加工的光滑精度, 将要影响 f 值同时始动摩擦系数, 往往要大 35% 左右。克服这一问题, 可采用在操作中, 调整重锤的数量与距离的办法来解决。

四、试制中应注意的几个问题

自动平衡器目前在生产实践中还未使用, 对于一些实际资料还无法获得。但是我们从计算中可以得知, 在试制中必须注意以下几点:

1. 必须注意闸块的固定问题。因为闸块的圆心 (即偏心轴套外圆的圆心) 与大摩擦轮的圆心 (即升降机轴的圆心) 不是同心, 有时相差 8 公厘 (偏心距), 所以从理论上证明闸块的前后两端半径是不应相等的 (相差极微)。因此闸块的固定方式不应采取死固定方法, 而应采取可调整的方法固定。同时这种可调整的固定方法对于在闸块磨损后, 进行调整使定位棒基本上保持水平有很大好处;

2. 由于提升降下锁具的操作很频繁, 所以定位棒的销钉应采用弹簧式销钉 (参照 KAM-500 型锁具平衡器的弹簧销钉);

3. 正压力有时最大可达 374 kg 以上, 对于支撑架的强度问题必须考虑。同时应考虑采用双边式, 即在摩擦轮两边对称安置, 才能保证闸块平衡的工作。