

小汽輪机簡易 危急保安裝置

北京电业管理局中心試驗所編

水利电力出版社

內 容 提 要

这本小册子以简洁的文字阐述了小汽輪机的危急保安装置的用途、动作原理及运行情况；对危急保安器的构造和計算，联接系統，以及快速遮断閥門的作用等均作了介紹。

本書可供全民办电力中自制或使用土汽輪机的人员閱讀。

小汽輪机簡易危急保安装置

北京电力管理局中心試驗所編

*

1999R436

水利电力出版社出版（北京西郊科聯路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 1/32开本 * 32印張 * 13千字

1959年3月北京第1版

1959年3月北京第1次印刷(0001—5,090册)

統一書号：15143·1584 定价(第8类)0.08元

目 录

一、危急保安装置的用途	2
二、动作原理	3
三、危急保安器的构造	4
四、危急保安器的计算	8
五、快速遮断閥門	13
六、联接系統	15
七、危急保安装置的运行	17

一、危急保安裝置的用途

用土法制造的小汽輪机，一般都是单級冲动式汽輪机。由噴咀流出的蒸汽，以很高的速度冲击轉子上的叶片，使轉子轉动。轉子除接受这一轉动力矩作用外，还接受发电机的反作用力矩，以及軸承摩擦等反作用力矩的作用。这些反作用力矩会使汽机停止轉动。

当轉动力矩大于反作用力矩时，汽机的轉速会升高；相反，如果反作用力矩大于轉动力矩，則汽机的轉速会下降；当两个力矩相等时，汽机轉速則保持不变。

在汽机运行时，不論是轉动力矩或反作用力矩都可能发生变化。例如，当鍋炉的汽包压力升高时，或是鍋炉的其他蒸汽負荷突然减少时，都会使汽机的进汽压力升高，因而使轉动力矩增大。当負荷减小，或电負荷突然甩掉时，反作用力矩就会减少。在上述情况及其他許多情况下，汽机轉速会升高。

为了保持汽机的轉速不变，在“洋”汽輪机上都装有調速裝置，虽然如此，在某些情况下(例如电負荷突然甩掉及其他等原因)，它的轉速也可能突然升高。对于土汽輪机來說，一般是不装調速裝置的。因此，其轉速升高的可能性就更大一些。

对于小汽輪机來說，~~超速~~是很危险的。因为，由于轉速的增加可能使某些部件所受到的离心力超过它的机械强度，引起汽机振动加大及其他一些不正常的現象，从而毀坏了汽輪机。严重的时候甚至会使轉子飞离汽缸，造成很严重的后果。

危急保安裝置的用途在于防止上述超速現象的发生。当汽

机轉速超过其額定轉速达10%时，危急保安装置能自动快速地切断汽輪机的进汽，轉速就会立刻下降，避免了发生超速的危險。

整个危急保安装置可分为：危急保安器、联接系統和快速遮断閥門三部分。下面将对各部分进行詳細的叙述。

二、动作原理

簡易危急保安器是利用物体旋轉时所产生的离心力随轉速的增加而增加这一原理而构成的。我們知道，任何一物体，当它圍繞一固定点轉动时，就会产生离心力。离心力的大小与該物体質量、轉速和旋轉半徑有关。例如：有一質量为 m 的物体，以 r 为半徑，繞固定点 A 轉动，它轉动的角速度为 ω ，这时它所产生的离心力：

$$F = m\omega^2 r \quad (1)$$

即离心力与該物体的質量、旋轉半徑成比例，而与轉动角速度的平方成比例。

如果我們在汽机轉子上放置某一重量，那么，当汽輪机轉动时該物体也会受到离心力，而且該离心力与轉速平方成比例。当轉速超过某一个規定值时，該物体所受离心力也就超过了某个数值。利用該离心力的增大，可以产生一信号。該信号經過联接系統后，能使快速遮断閥門将进汽立即切断。

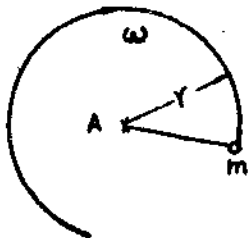


图 1

三、危急保安器的构造

危急保安器在构造上可以分成两大类，一类是利用偏心环构成的，另一类是利用飞锤构成的。

首先说明一下利用偏心环构成的危急保安器。在图2中所示的是一种最简单的偏心环式的危急保安器。

偏心环套在汽机轴上，用弹簧将其压紧，弹簧压力可以用调整螺丝调整。当汽机转动时，由于偏心环的重心与转动中心不重合，因此它就会产生离心力，该离心力会使得偏心环向外移动。但是，在较低转速时，由于离心力较弹簧的反作用力小，所以偏心环实际上不能向外移动。而当转速升高到某一数值后，离心力将大于弹簧反作用力，这时偏心环就将向外移动。利用偏心环的移动作为信号，经联接系统后就可以使快速遮断阀门将进汽切断。具体的联接方式将在后面谈到。改变弹簧的压缩力就可以改变偏心环开始向外移动时的转速。

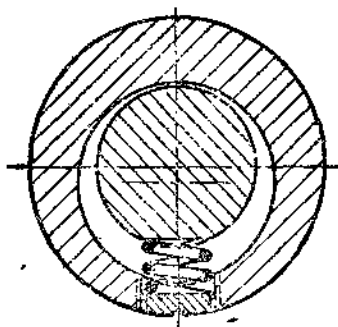


图2

图2中所示的偏心环，制造起来并不复杂。但是，制造飞锤比制造偏心环更为简单。所以，在一般情况下，大都采用飞锤而不采用偏心环。只有在某些特殊情况下才采用偏心环，例如由于强度的限制，不允许在轴上打孔，而在轴头上又无法加装套轴的时候，就只好采用偏心环了。

由于采用偏心环式危急保安器的机会不多，因此，在这里就不准备详细地讨论它了。

下面将要比较详细地说明一下飞锤式危急保安器的构造。飞锤式的危急保安器的形式很多，图3中所示的为最简单的一种。

制造这种危急保安器非常简单，只要在轴上打一个孔（如图3所示），在孔中放一个弹簧，再找一个螺丝杆从当中穿过去，用螺母旋紧就可以了。当汽机转速超过某一数值后，飞锤就会向螺母那个方向飞出去。要想改变飞锤的动作转速也很容易，最简单的办法是改变弹簧的压缩程度，也就是将螺母多拧几圈或少拧几圈。螺母拧进的圈数愈多，则危急保安器动作时的转速愈高。除此之外，改变螺母的重量也可以改变它的动作转速，如果螺母用得愈大，则动作时的转速愈低。另外，改变螺丝杆的长度也足以影响其动作转速。

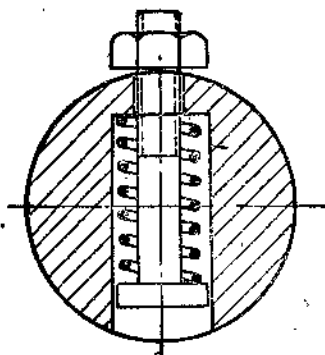


图3

这种危急保安器虽然制造特别简单，但是却有一段螺丝杆和螺母伸在轴的外面。在汽机转动以后，它又不容易被人发现，因此如果稍不注意，就有被它击伤的危险。

为了克服这一缺点，应设法将飞锤完全藏在轴里面，不使它有露出的部分。为此，我们制造了另一种危急保安器（如图4所示）。制造这种危急保安器实际上也并不麻烦，只要在轴上打一个孔，将飞锤放入，再压入一个弹簧就可以了。弹簧的压紧程度可以用上面的螺丝母调整。当汽机转速升高后，飞锤的

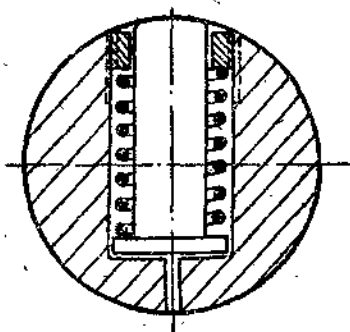


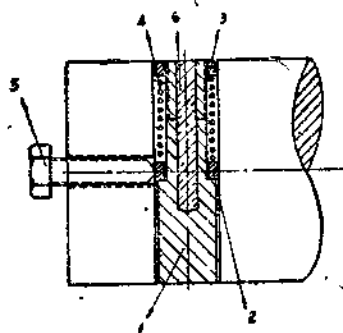
图 4

离心力就增加，直到离心力大于弹簧压力后，飞锤就向外飞出一段距离。

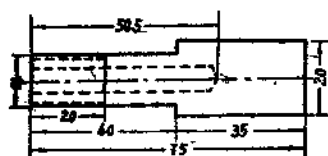
小汽轮机的轴一般是不很粗的，因此飞锤的大小也就受到了一定的限制。所以，要想利用改变飞锤来变化危急保安器的动作转速是很困难的。所以就只能依靠改变弹簧的初压缩度和弹性系数来改变危急保安器的动作转速。

在用土法制造小汽轮机及危急保安装置时，一般是不自行制造弹簧的。因为制造一个弹性系数为给定值的弹簧是很困难的，而要找一个弹簧却并不困难，可是要想找到一个具有指定的弹性系数的弹簧却又并不容易。由于飞锤的重量较小，所以，被找到的弹簧的弹性系数往往显得太大。这样一来就可能发生这样一种情况：当汽机转速到达危急保安器动作转速后，飞锤的离心力大于弹簧的初压缩力，飞锤就开始向外移动。可是飞锤的移动就会使弹簧受到压缩，因而使弹簧的压力加大。由于弹簧的弹性系数大，也就是说弹簧比较硬，因而弹簧压力增加得比离心力增加得快。在这种情况下，若汽机转速不继续升高，飞锤就不会继续向外移动。也就是说，在这一转速下，危急保安器实际上不动作。

在制造危急保安器的时候，应善于根据客观条件，变化危急保安器的构造，使它符合安全运行的要求。例如，为了克服上述这一困难，我们还制造过如图 5 所示的危急保安器。它与前面一种危急保安器没有原则上的区别。



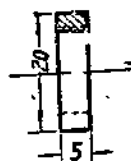
总图



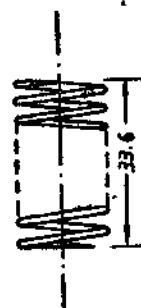
1. 飞



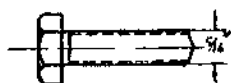
2. 固定环



3. 调整环



4. 弹簧



5. 固定螺絲

图 5

为了增加飞锤的重量，才尽可能地加大了飞锤的尺寸，而且还在飞锤中灌了铅。具体的构造，在图5中已表示得很清楚，在此就不再多说了。

四、危急保安器的计算

在上述的三种飞锤式危急保安器中，最后一种计算比较复杂。因此，就将它的计算方法列出来，作为计算危急保安器的例子。其他两种也可按此方法计算，因为其比较简单，故在此不再列出。

汽机的额定转速是1,500转/分，危急保安器的动作转速是

1,650转/分，构造已表示在图6中。

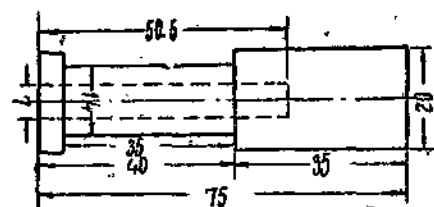


图6

首先计算一下飞锤的总重量。计算飞锤时，应包括调整环在内，因为调整环实际上是和飞锤联成一体的。

飞锤的重量等于它的体积乘上比重。假如飞锤全部是由钢做成的，那么它就可以被看成是两个圆柱，直径为20公厘的圆柱分成两段，一段长35公厘，另一段长5公厘，而直径为14公厘的圆柱则长达35公厘。

圆柱的体积应该等于： $\frac{1}{4}\pi d^2 l$ ； d 是圆柱直径； l 是长度。

所以总的体积应等于：

$$\frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 \times (35 + 5) + \frac{1}{4} \times \pi \times 14^2 \times 35$$

$$= 18,000 \text{ [公厘}^3 \text{]}$$

鋼的比重是 $7.8 \text{ [克/公分}^3 \text{]}$ ，所以，假定飞錘是全部由鋼構成的，那么它的重量等于：

$$18,000 \times 7.8 \times 10^{-3} = 140.1 \text{ [克]}$$

但是，由于飞錘内部有鉛，因此，应该从上述重量中减去这一部分鋼的重量，而加上鉛的重量。这一部分的体积等于：

$$\frac{1}{4} \times \pi \times 7^2 \times 50.5 = 194.7 \text{ [公厘}^3 \text{]}$$

鋼的重量等于：

$$194.7 \times 7.8 \times 10^{-3} = 15.2 \text{ [克]}$$

鉛的比重为 $11.37 \text{ [克/公分}^3 \text{]}$ ，所以鉛的重量为：

$$194.7 \times 11.37 \times 10^{-3} = 22.1 \text{ [克]}$$

因此，飞錘总重量等于：

$$G = 140.1 - 15.2 + 22.1 = 147 \text{ [克]}$$

知道了飞錘的重量以后，就需要找出其重心的位置。重心位置可以实际测量，也可以由計算求出。用計算法求重心是根据重心对任何一点的重量矩应该等于該物体各部分对该点的重量矩之和这一原理求出的。上述原理可用下式表示：

$$GX = \sum gx \quad (2)$$

式中 G —— 物体的全部重量；

X —— 重心到某一指定点的距离；

g —— 物体某一部分的重量；

x —— 物体某一部分的重心到指定点的距离；

所以 GX —— 該物体对指定点的重量矩；

gx —— 該物体某一部分对指定点的重量矩；

$\sum gx$ —— 該物体各部分对指定点的重量矩之和。

先求出飞錘各部分对 A 点的重量矩（见图 7）。

假定飞錘全部由鋼造成，則图 7 中 ab 段对 A 点的重量矩

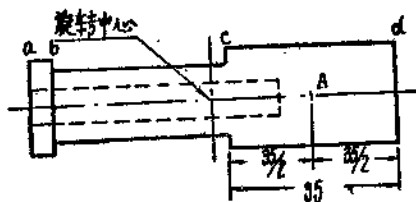


图 7

$$gx_{ab} = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 \times 5 \times 7.8 \times 10^{-8} \right) \times \left(\frac{5}{2} + 35 + \frac{35}{2} \right) \\ = 676 \text{ [克} \cdot \text{公厘]}$$

bc段对A点的重量矩

$$gx_{bc} = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 14^2 \times 35 \times 7.8 \times 10^{-8} \right) \times \left(\frac{35}{2} + \frac{35}{2} \right) \\ = 1470 \text{ [克} \cdot \text{公厘]}$$

cd段对A点的重量矩等于零。

考虑到飞锤中的铅，则应加上铅对A点的重量矩，而减去与铅同体积的钢对A点的重量矩。

铅柱对A点的重量矩

$$gx_{\text{铅}} = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 7^2 \times 50.5 \times 11.37 \times 10^{-8} \right) \times \left(75 - \frac{50.5}{2} - \frac{35}{2} \right) \\ = 714 \text{ [克} \cdot \text{公厘]}$$

与铅同体积的钢对A点的重量矩

$$gx_{\text{钢}} = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 7^2 \times 50.5 \times 7.8 \times 10^{-8} \right) \times \left(75 - \frac{50.5}{2} - \frac{35}{2} \right) \\ = 490 \text{ [克} \cdot \text{公厘]}$$

$$\therefore \Sigma gx = 676 + 1470 + 714 - 490 \\ = 2369 \text{ [克} \cdot \text{公厘]}$$

代入公式(2)中:

$$GX = \Sigma gx = 2369$$

$$\therefore G = 147 \text{ (克)}$$

$$\therefore X = \frac{2369}{147} = 16.1 \text{ (公厘)}$$

即重心与A点的距离为16.1[公厘]。

重心与旋轉中心的距离

$$r = \frac{75}{2} - \left(\frac{35}{2} + 16.1 \right) = 3.9 \text{ (公厘)}$$

现在计算一下当汽輪机轉速到达1,650[轉/分]时, 飞錘所产生的离心力。根据公式(1)

$$F = m\omega^2 r$$

式中 m ——飞錘的质量。

$$\therefore m = \frac{G}{g} = \frac{147}{980} \times 10^{-3}$$

当轉速 $n = 1,650$ [轉/分] 时, 角速度

$$\omega = 1,650 \times \frac{2\pi}{60} = 172.8 \text{ (1/秒)}$$

$$r = 0.39 \text{ (公分)}$$

$$\therefore F = \frac{147}{980} \times 10^{-3} \times 172.8^2 \times 0.39 = 1.75 \text{ (公斤)}$$

在离心力的反方向上, 飞錘受到彈簧的压力。我們所采用的彈簧的彈性系数 $C = 3.8$ (公斤/公分), 其自由长度为 3.36 [公分]。彈簧被裝到危急保安器中后, 被壓縮 0.46 [公分]。所以, 它产生的压力

$$F' = 0.46C = 0.46 \times 3.8 = 1.75 \text{ (公斤)}$$

也就是說, 在汽輪机轉速到达1,650[轉/分]时, 重錘受到的

离心力与弹簧的反作用力刚好相等。当转速超过1,650(轉/分)时,离心力即将大于弹簧反作用力,因此飞锤将向外面移动。

現在,叙述一下飞锤开始动作以后的情况。当飞锤产生位移以后,飞锤的重心与旋轉中心的距离 r 将增大,因而离心力也将成比例地增大。与此同时,弹簧所受的压缩也将加大,因而弹簧的反作用力也将加大。这两个力的增长速度是不一样的。如果离心力增长得比弹簧反作用力快,那么飞锤就可以繼續向外移动。否則,如果弹簧反作用力增长得比离心力快,那么飞锤就不能向外移动。現在計算一下,当飞锤移出1公分时,两个力的增长情况。

$$\begin{aligned}\text{离心力 } F &= \frac{147}{980} \times 10^{-3} \times 172.8^2 \times (0.39 + 1) \\ &= 6.25(\text{公斤})\end{aligned}$$

弹簧反作用力

$$F' = (0.46 + 1) \times 3.8 = 5.55(\text{公斤})$$

由計算可以看出,离心力的增长較弹簧反作用力增长得

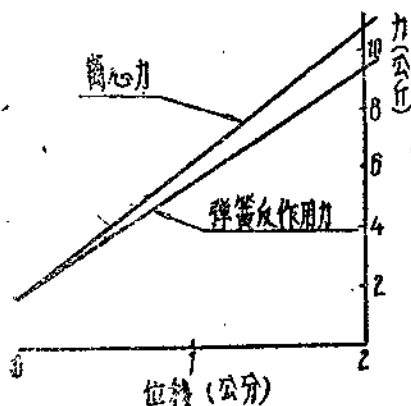


图 8

快。所以飞锤將繼續向外移动,直到弹簧被完全压紧为止。

离心力与反作用力随位移增长的情况表示在图 8 中。

从上面求离心力 F 的公式中可以看出,如果飞锤的质量愈大,則在相同的位移情况下,离心力 F 增长得愈快。

在飞锤中充铅的目的正是为了加大飞锤的质量，以使得离心力 F 的增长超过弹簧反作用力 F' 的增长，这样就保证了飞锤的准确动作。

五、快速遮断閥門

小汽輪机上用的快速遮断閥門是用普通的閥門改装的。改

装的目的是要使它能够快速地将进汽完全切断。图9中所示的快速遮断閥門，可以作为一个很好的例子。

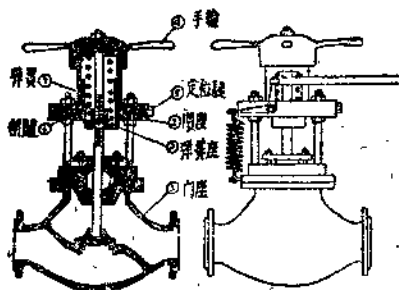


图9

在这个閥門中，装有彈簧7，閥門的門心就是利用这彈簧来迅速关闭的。彈簧压在彈簧座2上面，而彈簧座在正常时則

被閥鍵擋住不能向下。閥門的門杆与彈簧座用螺絲杆相联。当用手輪轉动門杆时，門杆与彈簧座可以产生相对位移，而彈簧座則因为受定位鍵的阻擋而不能轉动。

为了清楚起见，把閥鍵的图形单独地表示在图10中，正常时閥鍵的位置如图10中的(1)图所示。当閥鍵沿反时针方向轉动某一个角度以后，彈簧座就不受閥鍵的阻擋，而能在彈簧的压力下迅速向下移动，因而也就带动了門杆和門心向下移动，使进汽切断。

当进汽切断以后，要想再打开閥門可按下述步骤进行。首

先，把手輪向关闭閥門的方向轉动。这时候，由于門心已压紧在門座上，所以門心和門杆是不会向下移动的。可是，由于門杆的轉动却使得彈簧座向上移动，使彈簧受到压缩，直到閘鍵按照图10中(1)的方式重新挂上为止。在挂上閘鍵以后，就可以用手輪把閥門打开了。

制造快速遮断閥門不需要什么特殊的技术，但是要善于根据找到的材料，用最简单的办法来制造。^{*}还曾經用更简单的方法改装过一个閥門，如图11所示。

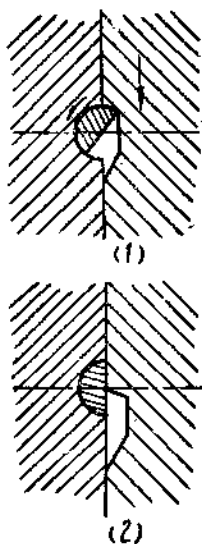


图 10

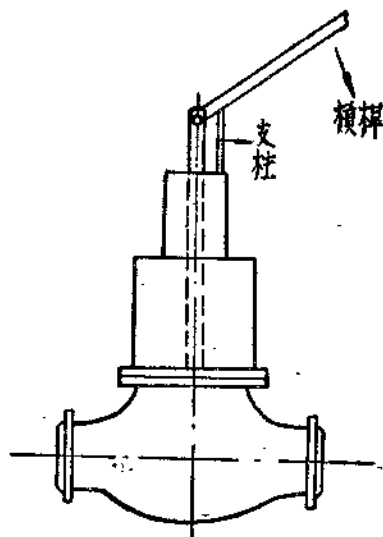


图 11

这个閥門在内部构造上和图9中所示的閥門没有什么区别。只是在改装时没有用閘鍵(因为閘鍵加工比較麻煩)而且也省去了手輪。在这个閥門的頂部装了一根支柱，实际上也就是

在頂部鑽一個螺絲孔，用一個螺絲杆旋在里面去就可以了。這支柱被用來作為一個支點。在門杆上接上一個杠杆，這個杠杆就架在支柱上，當按照圖11中箭頭所示的方向將杠杆下壓時，門杆和門心就被提起來，蒸汽就可以流進汽輪機。

在運行的時候，杠杆可以利用掛鉤把它挂住。而在危急保安器動作以後，就利用聯接系統使掛鉤脫落。因而，門杆在彈簧的壓力下迅速下降，使進汽被切斷。

後一種閘門比起前一種來，在改裝時要容易很多。但是，它也有一個缺點，那就是當閘門關閉以後，由於蒸汽壓力壓在門心上（從圖9中可以看出來），因而，要想再打開閘門就不可能了。這時就必須將快速遮斷門前面的一個閘門關閉，也就是使得門心上面的壓力消失以後，才能將閘門再打開。

六、聯接系統

聯接系統用來把危急保安器的動作傳遞給快速遮斷閘門，所以聯接系統必須根據危急保安器和快速遮斷閘門的位置和要求來決定。

例如，對於圖9中所示的閘門來說，可以利用圖12中的聯接系統。在閘門上有一彈簧，彈簧拉力是使得閘門的閘鍵脫口的。但是，在聯接系統的阻擋下，閘鍵不能運動。在危急保安器動作以後，圖12中上面一個連杆在飛錘打擊下會沿順時針方向轉動，因而使得第二個連杆在閘門彈簧的拉力下也能

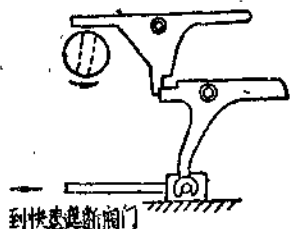


圖 12