



全民节约用电 全民兴办电站

防止土汽轮机飞车 的安全保护装置

徐殿荣 编



辽宁人民出版社

何德报版

防止土汽輪机飞車的安全保护装置

辽吉电业管理局沈阳中心試驗所机爐科徐殿荣編

☆

辽宁人民出版社出版（沈阳市沈阳路二段宫前里2号） 沈阳市书刊出版业营业許可証文出字第1号
沈阳新华印刷厂印刷 辽宁省新华书店发行

787×1092毫米· $\frac{1}{32}$ 印张·9,000字·印数：1—4,000 1959年3月第1版
1959年3月第1次印刷 統一书号：15090·120 定价(5)0.06元

前 言

在全民办电的高潮中，土汽輪机是比較简单易制的动力設備，发展非常迅速。由于土汽輪机高速回轉之故，在安全保护上要求特別严，但这方面往往被忽視，致使在实际运行中造成一些設備和人身事故，主要的原因是当土汽輪机的負荷突然甩掉，蒸汽动能全部轉为轉速，使轉速急剧上升，若土汽輪机各零件的强度較差，則超速时，很容易造成飞车事故。

这本小冊子介紹了一种简单的土汽輪机安全保护装置，本着土洋結合的方針，主要是参考洋汽輪机危急保安器的設計原理，利用土办法进行制造，并应用在沈阳中心試驗所自制的土汽輪机和沈阳冶炼厂的土汽輪机上，經過实际运行証明，其动作灵敏可靠，防止了許多超速事故。这本小冊子可供設計土汽輪机的同志参考。

中共辽宁省委电力指揮部办电組

目 录

一	危急保安器的作用	1
二	危急保安器的构造和动作原理	1
三	危急保安器的設計实例	6
四	危急保安器的調整試驗及维护	9
五	危急保安器的缺陷及消除方法	12
六	附图說明	13

一 危急保安器的作用

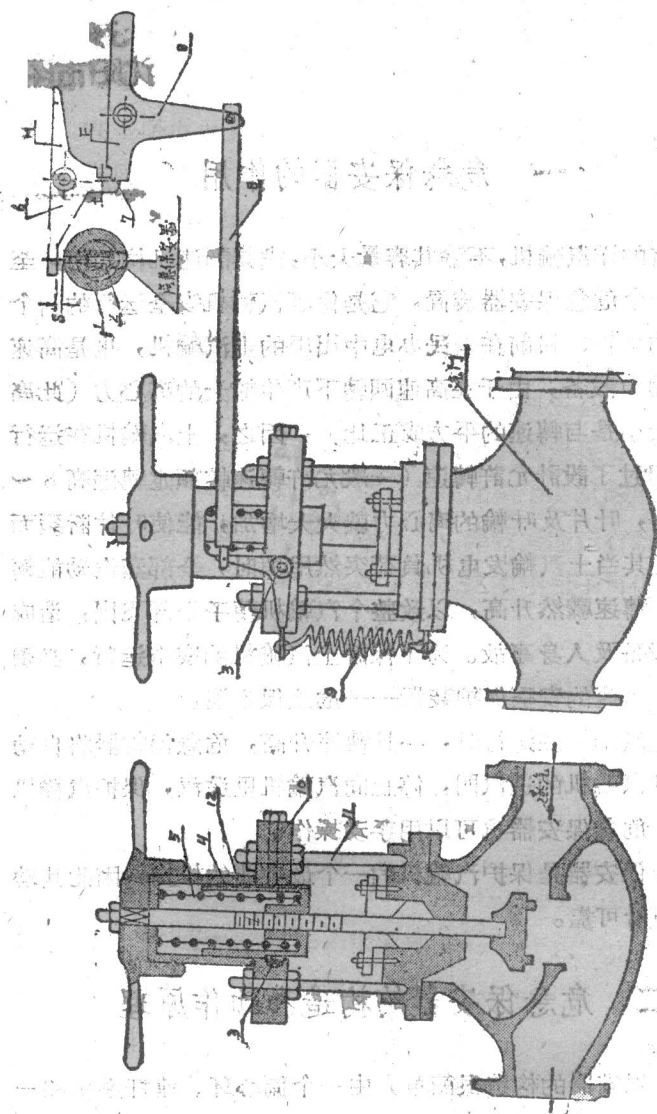
所有的洋汽輪机，不論其容量大小，或其調速机构如何，至少应有一个危急保安器装置，它是保証汽輪机安全运行的一个最主要的机构。目前在全民办电中出現的土汽輪机，也是高速回轉的动力設備，由于在高速回轉下产生較大的离心力（此离心力的大小是与轉速的平方成正比），因之，土汽輪机在运行中，当超过了設計允許轉速（一般允許轉速較額定轉速高8~10%）后，叶片及叶輪的离心力就大大增加，能使叶片断裂而甩出。尤其当土汽輪发电机負荷突然甩掉时，全部蒸汽动能轉为轉速，轉速驟然升高，以致整个汽輪机轉子全部飞出，造成严重的設備及人身事故。为了保証土汽輪机的安全运行，必須加装防止超速的安全保护装置——危急保安器。

当土汽輪机在运行时，一旦轉速升高，危急保安器将自动关闭控制汽輪机的进汽門，停止向汽輪机里送汽，保护汽輪机的安全。危急保安器也可以用手动操作。

危急保安器是保护汽輪机的一个最主要的机构，因此其动作必須絕對可靠。

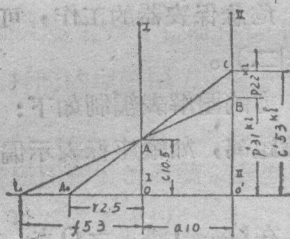
二 危急保安器的构造和动作原理

危急保安器的构造很簡單，由一个偏心环、連杆系統和一



附圖一 危急保安器系統圖

三、偏心度 e 是偏心环的重心与轴的旋轉中心之間的距离（如附图二）。距离 a 为危急保安器的冲程（如附图二）。因为偏心



危急保安器力的图解

附图二 危急保安器原理图

环的重心不在轴的旋轉中心上，所以軸在旋轉时，将产生离心力，使重錘偏心率增加。这个离心力由彈簧的紧力所約束。当离心力小于彈簧的紧力时（即轉速較低时），彈簧将重錘压住，不使其移向軸的外側，由于轉速增加，离心力也随着增大，对彈簧初紧力的調整，应使在极限轉速时，离心力等于彈簧的紧力。这样，当轉速超过极限轉速时，离心力即开始大于彈簧所作用的紧力，同时偏心率增加，彈簧受压縮，偏心环将加速移向另一側（在附图一中的上側）。

由于偏心环被甩出，当偏心环移动一定行程时就打动杆6，并松开挂钩7，在弹簧9拉力的作用下，杆8向左移动，挂钩3即按逆时针方向转动。这时挂钩3就从套筒4上的槽子

里滑出来,并使閥門在彈簧5的压力作用下很快的关上,切断进入汽輪机的蒸汽。

汽門的开启用下述操作方法进行:按关闭汽門的方向轉动手輪,这时套筒4就沿着閥杆上的螺紋上升。当套筒上升到正常位置时,連杆系統7和8与挂鈎3即可放到工作位置。此后才能轉动手輪打开汽門。

危急保安器的工作,可在力的图解表中很清楚的看出(如附图二)。

力的图解表編制如下:横座标表示偏心环的位移及彈簧的压縮距离,如縱座标表示偏心环产生的离心力与彈簧产生的紧力。

在I—I綫上之O点,相当于偏心环的重心,量一段OA等于极限轉速时产生的离心力,离心力可由公式表示。

$$OA = \frac{Gr}{981} \omega^2 \text{ 公斤} \dots\dots (1)$$

式中G——偏心环的重量,公斤;

r——偏心环重心与軸中心間的距离,公分;

ω ——极限轉速时的角速度,由公式

$$\omega = \frac{\pi n_{np}}{30}, \text{ 式中 } n_{np} \text{——极限轉速,角速度的单位}$$

为(1/秒)

由O点向左量 $OA_0=r$ 而向右量 $oo'=a$, 式中a——在偏心环一端到另一端的位移绝对值公厘(行程),a的大小一般采用5~10公厘。

通过O'点作垂綫II—II,经过A₀及A两点連直綫与垂綫II—II相交得O'C,即当极限轉速时偏心环在行程位移时的离

心力:

$$O'C = \frac{G(r+a)}{981} \left(\frac{\pi n_{np}}{20} \right)^2 \text{ 公斤} \dots\dots (2)$$

极限轉速的彈簧初緊力，必須與重錘離心力OA相等，表示彈簧特性的直線LB與A₀C相交於A點，AB的坡度應低於AC，這個條件需要使離心力達到OA後，重錘離心力的繼續增加較彈簧緊壓力的增加為大，這樣CB就表示了保證危急保安器可靠動作的剩餘離心力（克服連杆間的摩擦阻力）。一般規定剩餘離心力約為10~20公斤。

LO=f表示安裝偏心環時預先壓緊彈簧的數值。根據彈簧緊力與其壓縮距離成正比的關係，可寫成下式：

$$OA = Q_0 = Kf \text{ 公斤} \dots\dots (3)$$

式中Q₀——預先壓縮彈簧的緊力，公斤；

f——預先壓縮彈簧長度，公分；

K——彈簧的剛度公斤/公分（彈簧被壓縮1公分的載荷）。

由公式（1）可求得OA，知道彈簧剛度K，可由（3）式中求得預先壓緊彈簧的長度。

在危急保安器動作後，汽輪機的轉速開始下降，而偏心環仍在其邊緣位置直至偏心環產生的離心力等於壓縮彈簧的力為止，以O'B表示，

$$O'B = K(f+a) \dots\dots (4)$$

當轉速繼續下降即離心力小於彈簧緊力時，偏心環被彈簧壓至原來的位置。由O'B可求出偏心環恢復其原來位置時的轉

速，然后危急保安器才能再挂上。 n_z 可由下式求得：

$$Q_B = \frac{G(r+a)}{981} \cdot \left(\frac{\pi n_x}{30} \right)^2 \text{公斤} \dots (4a)$$

式中 n_x —— 为危急保安器的挂闸转速， n_x 的大小最好等于或近于汽轮机的额定转速。

三 危急保安器的设计实例

在设计危急保安器时，首先要知道土汽轮机的工作转速及汽轮机轴的直径，然后适当的选擇危急保安器的偏心环尺寸，再根据危急保安器的工作原理计算后就可以求出危急保安器工作时的力的图解及平衡偏心环的弹簧紧压力。

危急保安器的设计与计算方法如下：

已知土汽轮机的工作转速为1500轉/分。

汽轮机的轴头直径为60公厘（装危急保安器处）。则选择危急保安器偏心环的外径 $d_a = 100$ 公厘；

偏心环的内径 $d_i = 70$ 公厘；

(3) 由偏心环厚度 $l = 40$ 公厘。

设偏心环的偏心距 $e = 5$ 公厘，则偏心环重心的偏心

$$r_0 = \frac{d_i^2 \cdot e}{d_a^2 - d_i^2} = \frac{70^2 \cdot 5}{100^2 - 70^2} = 4.8 \text{公厘。}$$

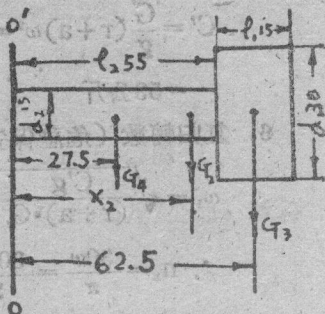
1. 求偏心环的重量

$$G_1 = \frac{\pi}{4} (d_a^2 - d_i^2) l \cdot r = \frac{3.14}{4} (100^2 - 70^2) 40 \cdot 0.0078 = 1.25 \text{公斤}$$

式中 r —— 为钢的比重公斤/（公厘）³。

2. 求小軸重量及重心位置 (不包括偏心环中的小軸重量及长度) 如附图三。

$$\begin{aligned}
 G_2 &= G_3 + G_4 = \frac{\pi}{4} \\
 & (d_1^2 \cdot l_1 + d_2^2 \cdot l_2) r \\
 &= \frac{\pi}{4} (30^2 \cdot 15 \\
 &+ 15^2 \cdot 55) 0.0078 \\
 &= 82 + 75 \\
 &= 0.157 \text{ 公斤。}
 \end{aligned}$$



附图三

$$x_2 = \frac{75 \times 27.5 + 82 \times 62.5}{157} = \frac{7180}{157} = 45.7 \text{ 公厘}$$

3. 求偏心环与小軸組合后的重心位置，可用細鉄絲悬吊方法确定或计算方法求出：

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{G_1 \left(\frac{d_a}{2} - r_0 \right) + G_2 \left(x_2 + \frac{d_a - d_1}{2} + e \right)}{G_1 + G_2} \\
 &= \frac{1.25 \left(\frac{100}{2} - 4.8 \right) + 0.157 \left(45.7 + \frac{100 - 70}{2} + 5 \right)}{1.25 + 0.157} \\
 &= \frac{1.25 \times 45.2 + 0.157 \times 65.7}{1.407} = 47.5 \text{ 公厘}
 \end{aligned}$$

最后确定了危急保安器的重心与汽机軸的旋轉中心之偏差

$$r = \frac{d_a}{2} - x = 50 - 47.5 = 2.5 \text{ 公厘。}$$

4. 当轉速增加至額定轉数的10% (即1650轉/分) 时的离

$$\text{心力为 } C = \frac{G}{g} r \omega^2 = \frac{1.407}{9810} \times 2.5 \left(\frac{\pi \times 1650}{30} \right)^2 = 10.5 \text{ 公斤。}$$

5. 当偏心环飞至终端时的离心力为

$$C' = \frac{G}{g} (r+a) \omega^2 = \frac{1.407}{9810} (2.5+10) \left(\frac{\pi \times 1650}{30} \right)^2$$

$$= 53 \text{ 公斤}$$

6. 复归轉数 (危急保安器挂閘轉速)

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{C'g}{(r+a) \cdot G}} = \sqrt{\frac{53 \times 9810}{(2.5+10) \cdot 1.407}} = 131 \text{ 1/秒}$$

$$\therefore n_x = \frac{30\omega}{\pi} = \frac{30 \times 131}{3.14} = 1250 \text{ 轉/分。}$$

7. 設偏心环动作撞击力P (即剩余离心力) 为22公斤, 則彈簧的剛度为

$$k = \frac{C' - 22 - C}{10} = \frac{53 - 21.4 - 10.6}{10} = 2 \text{ 公斤/公厘}$$

8. 彈簧圈数

$$i_p = \frac{Gd}{8k \left(\frac{D}{d} \right)^3} = \frac{7.5 \times 10^3 \times 3}{8 \times 2 \times \left(\frac{20}{3} \right)^3} = 5 \text{ 圈}$$

式中 G——材料之滑动模数 公斤/公厘²

d——彈簧絲直徑 公厘

k——彈簧剛度 公斤/公厘

D——彈簧的平均直徑 公厘

9. 彈簧应力

$$\tau = K \frac{8P'D}{\pi d^3}$$

$$\text{式中 } K = \frac{4 \frac{D}{d} - 1}{4 \frac{D}{d} - 4} + \frac{0.615d}{D}$$

$$= \frac{4 \times \frac{20}{3} - 1}{4 \times \frac{20}{3} - 4} + \frac{0.615 \times 3}{20} = 1.227$$

P' ——彈簧最大壓縮力

$$\therefore \tau = 1.227 \frac{8 \times 31 \times 20}{3.14 \times 27} = 58.5 \text{ 公斤/公厘}$$

(3公厘鉻釩鋼絲彈簧允許應力為80公斤/公厘，故符合要求)。

危急保安器的彈簧尺寸：

彈簧材料為鉻釩鋼絲；

彈簧自由長度46公厘；

有效圈數5圈；

總圈數7圈；

彈簧絲直徑3公厘；

彈簧剛度2公斤/公厘；

彈簧平均直徑20公厘；

彈簧節距8公厘。

注：彈簧的選擇與計算可參考“螺旋彈簧的種類計算與製造”一書。

四 危急保安器的調整試驗及維護

1、危急保安器的試驗調整

危急保安器是保證土汽輪機运行的最主要的保護設備，為此要求危急保安器的動作必須絕對可靠。危急保安器安裝以後，當土汽輪機空負荷运行时，必須做好調整試驗，合格後方可帶負荷运行。

进行危急保安器試驗时，应預先用手檢查傳动机构和主汽門动作的可靠性。当主汽輪机在額定轉数运行之下，先用手打掉傳动杠杆停机，如主汽門能迅速落座，則表明傳动机构沒有失常現象，若汽輪机轉数能迅速下降，則表明主汽門落座严密。

只有确信危急保安器的傳动机构完全正常和主汽門落座迅速而严密以后，才能在升高轉数的条件下，对整个危急保安器装置进行全面的檢查和試驗。

在进行危急保安器的超速試驗时，首先应做好准备工作，一人操縱汽門控制主汽輪机轉数，一人拿手携轉数表測量轉数，一人注意危急保安器的动作，如果在試驗中，发现主汽輪机的运行有失常現象时，必須用手迅速打掉危急保安器傳动杠杆或关闭汽門，切断通向汽輪机的进汽，停机檢查失常的原因。

危急保安器安装以后，一般可用以下的方法进行試驗和調整：

危急保安器在安装时，首先按着計算数值，先調整好彈簧的紧力，进行試驗，如果試驗时发现危急保安器沒有按照規定的极限轉数动作，这可能由于彈簧在制造上不合乎要求，这时再重新調整彈簧的紧力，再按以下两个步驟进行調整和試驗。

第一，將彈簧的紧力調整到小于使危急保安器在极限轉数下动作所需的紧力（稍松彈簧），并确定紧定彈簧的位置，然后再升高轉数試驗危急保安器，并注意危急保安器动作时的轉数 n_1 。

第二，停机以后，將彈簧的紧度改变，改变的数值等于任

一数值1，然后再重新启动土汽輪机进行試驗，来确定危急保安器的动作轉数 n_1 。

通过以上的二步試驗，最后就可以确定危急保安器在极限轉数动作时，所需彈簧紧度X可按下式求出：

$$X = 1 \frac{n_{kp}^2 - n_2^2}{n_2^2 - n_1^2}$$

式中 n_{kp} ——預定的极限轉数。

如果通过以上調整試驗后，仍然不能使危急保安器按所預定的极限轉数动作，則可能由于彈簧剛度不合要求，或者彈簧过硬，使調整的范围过小。于是这个彈簧就不能使用，应重新換彈簧，使彈簧剛度合乎要求，或使剛度变軟些。可以用增加彈簧的自由长度和圈数来增大彈簧的調整范围，然后再按以上的方法进行調整試驗。

2. 危急保安器的維護

(1) 危急保安器傳动机构的活节及汽門滑套应定期用透平油潤滑，檢查所有連接部分是否正常，有无損坏。

(2) 为避免連杆受偏心环冲击而使偏心环及連杆表面剧烈磨耗，在危急保安器动作后，轉数未降低到偏心环恢复至原来位置前，不得将危急保安器挂上。

(3) 土汽輪机每当运行1000小时以后，以及土汽輪机經過檢修（曾經拆卸过危急保安器），或土汽輪机在長時間备用状态中再行启动时，都必须做危急保安器試驗。

五 危急保安器的缺陷及消除方法

危急保安器在运行中，可能产生下列不正常现象：

1. 低于规定极限轉数时，危急保安器即动作。
2. 高于规定的极限轉速才开始动作或不动作。

第一种缺陷的原因及消除方法：

1. 危急保安器調整的不正确（偏心环与連杆装置都动作）。

2. 假如危急保安器在安装时已正确調整，則其变化可能由于彈簧变形或生銹积垢的影响，使偏心增加。在这种情况下，偏心环与連杆都动作。前一种情况时，必須將彈簧更換，第二种情况时，必須將危急保安器拆开，用煤油將零件仔細的清洗干淨。

3. 傳动装置連接不良（仅傳动装置动作），可能由于杠杆挂鈎（ t ）值不够，挂鈎接触面角度不好及支持杠杆 M 及 F （如附图一）的力量不够或 S 的間隙不足。在这种情况下，必須增大挂鈎的接触面或連杆上彈簧 9 的作用力或間隙 S 。挂鈎接触面 t 的角度一般为 90° 。

4. 由于土汽輪机有較大的振动（可能使偏心环及傳动装置都动作），这时也应按照第3条处理和調整。

第二种缺陷的原因及消除方法：

1. 危急保安器調整的不当（偏心环及傳动装置均不动作）。

2. 偏心环或彈簧因生銹結垢而卡住（偏心环及傳动杠杆

均不动作)，消除这一缺陷必須將偏心环拆卸檢查。

3. 傳动装置有卡住現象（傳动装置不动作），則消除这一缺陷应将傳动装置所有杠杆的連接部分仔細地清洗和調整。

4. 傳动装置挂鈎太紧（傳动装置不动作），可能是杠杆連接挂鈎 t 值太大，或支持杠杆 M 及 F 的力量太大（如附图一）。在这种情况下，必須减少挂鈎接触面或减少彈簧 9 的作用力。

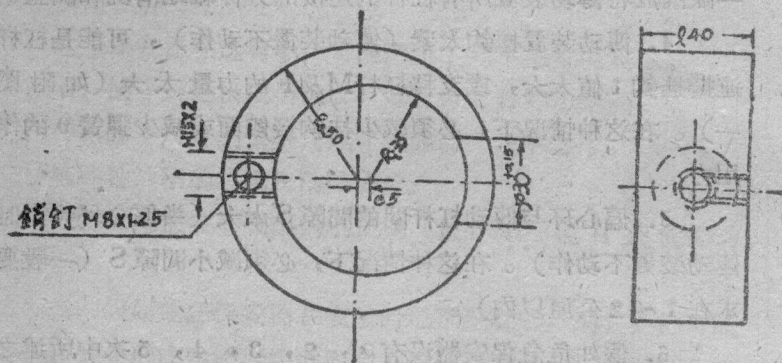
5. 偏心环与傳动杠杆間間隙 S 太大（当偏心环飞出时傳动装置不动作）。在这种情况下，必須减小間隙 S （一般要求在 $1 \sim 2$ 公厘以內）。

6. 假如危急保安器沒有 1, 2, 3, 4, 5 次中所述之缺陷，而傳动装置在偏心环飞出时，仍不动作（連杆不脫开），則表示偏心环的行程不够。在这种情况下，必須增加偏心环飞出的行程，在此同时首先檢查彈簧的位置是否适合。

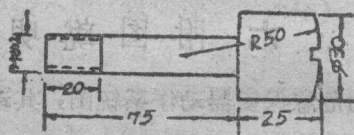
六 附 图 說 明

附图一为危急保安器动作系統图，其动作原理已在第二节中述及，請参考前节。

附图一中的汽門是一般球型閥門改装的，汽門的大小是根据蒸汽管的直徑而选择的。汽門的大小确定后，再根据汽門由全关闭至全开的最大行程来設計和加装汽門上的托板 10，套筒 4 和 5 及門杆、手輪等装置，如附图四中的图 c、d、e 零件图。



图a. 危急保安器偏心环



图b. 约束弹簧小轴

附图四甲 危急保安器及汽门改装零件