

汽輪機事故資料匯編

水利电力部生产司編

· 內 部 資 料 ·

中国工业出版社

汽輪机事故資料汇编

水利电力部生产司編

• 內部資料 •

中国工业出版社

前 言

“汽輪机事故資料汇编”系选自1959至1961年所发生的一部分汽輪机及其附属設備的事实的資料，作为內部資料发行，供各火力发电厂作为人員培訓和制訂反事故措施的参考。

在汇编本册时，技术改进局和各有关局、厂在提供資料和编写方面做了很多工作。

水利电力部生产司

1962年8月

目 录

前 言

I. 汽輪机叶片损坏、汽封磨损、大軸弯曲等事故	1
一、叶片损坏事故	1
二、31-12型汽輪机水冲击损坏叶輪和叶片的故事	2
三、31-6 型汽輪机凝汽器滿水倒灌入汽缸引起汽輪机大軸 弯曲的故事	6
四、B11T-25-3 型汽輪机主汽門滤网破碎引起 叶片损坏事故	8
五、2EK1-12/25/17 型汽輪机大軸弯曲事故	11
六、輻流式軸封汽輪机大軸弯曲事故	18
II. 超速及調速系統失灵事故	22
一、汽輪机超速事故	22
二、汽輪机超速損毀事故	25
三、B11T-25-3 型汽輪机誤解列引起严重超速事故	28
四、B11T-50-2 型机危急保安器活动試驗时 誤操作跳閘事故	31
III. 軸承烧毁和油系統事故	34
一、切换冷油器誤操作引起軸承熔毀事故	34
二、B11T-50-2 型汽輪机推力軸瓦燒毀事故	37
三、31-32型汽輪机汽动油泵损坏事故	41
四、31-25型汽輪机主油泵入口油管法兰漏油 引起火灾事故	44
五、油系統着火事故	45
六、31-12型汽輪机軸瓦燒損的故事	47
七、軸瓦磨損事故	48

八、BПT-25-3型机减速齿輪损坏事故	49
IV. 循环水和給水系統的事故	52
一、BПT-25-3型汽輪机真空降落被迫停机事故	52
二、31-12-1型汽輪机循环水量不足真空下降 冲破安全膜被迫停机事故	53
三、某发电厂除氧器缺水、給水泵汽化被迫停机事故	55
四、高压給水泵逆止門不严、停泵的操作不当引起 电动机燒毀事故	56
五、工业水质不良、生水泵滤网堵塞全厂 降低出力事故	57
六、用盐酸清洗凝汽器损坏銅管事故	58

I. 汽輪机叶片损坏、汽封磨損、 大軸弯曲等事故

一、叶片损坏事故

(一)設備概况

发生事故的汽輪机是捷克布尔諾工厂出品，单缸軸流凝汽式，額定出力为12000瓩，汽压为35公斤/厘米²，汽温为435°C。該机有1个双列速度級、5个冲动級和24个反动級，其中第1，14，23，28級后共有四段不調整抽汽。在1958年下半年投入运行。

(二)事故經過

1959年8月3日晨該机带負荷11600~12000瓩，各級抽汽都使用，軸承油温正常。晨5时司机听到机內有“莎莎”声，同时发现汽輪机有振动現象，根据經驗判断当时振动在0.2毫米以上。事后又听到很大声音。当班长聞訊赶来时，振动及声音都已消失。声音及振动从开始到消失延續了3分钟。振动消失后司机发现在同样負荷下第一段監視段压力已从12表压力升高为12.6表压力。第二段監視段压力已从3.9表压力升高为4.6表压力。流量从45吨/时升高为47吨/时。在振动发生的同时，控制室也曾发现該机負荷表指針摆动，由12000瓩摆至10000瓩，后又回到11500瓩。

当值长接到司机报告到現場会同司机檢查时，振动已消失，但各監視段压力都有升高，流量也增加了。值长判断不

清原因，拟向厂领导请示，未找到人，即继续运行而未进行任何处理。当日上午厂内开会研究后决定暂时减负荷运行。在当日13时许汽机又发生振动，但厂领导仍决定暂不停机，仅将负荷从10700瓩减为7500瓩，直到20时20分才停机。在转速下降时，听到汽机内部有明显的金属声，立即破坏真空紧急停机。

经揭盖检查发现第18、19级动叶片已全部断落，第17级动叶全部挤伤，第20~26级动叶局部受伤。静叶片第18级有88个、第19级有105个、第20级有53个破裂，其余都挤伤。汽缸内壁也局部受到摩擦损伤。

(三) 事故原因分析

(1) 汽轮机运行时叶片应力过高 这是该机叶片断落的主要原因。此外拉金应力也很高，并且经常发生断头，从而更提高了叶片的应力。

(2) 叶片安装质量不好，个别级的频率不合格。

(3) 运行情况不正常 如超额定出力(1959年2、3月间曾经带13500瓩，甚至14000瓩)、低参数、低周波等都会提高叶片的应力。叶片有时严重结垢，一方面降低了机组效率，增大了蒸汽流量，同时也减小了叶片通流面积，使得中间级的焓降和叶片前后压差大大增加，经常超过制造厂规定的监视段压力(13.5绝对大气压)运行，从而会大大增高叶片的弯应力。

注：技术改进局曾对该机叶片在各种工况下所受弯曲应力进行了计算，现摘录一部分数字(不考虑拉金作用)如下：

反动式汽轮机叶片许用弯曲应力尚未有比较肯定的标准，一般采用500公斤/厘米²。以此标准衡量，即便在正常参数下带额定负荷时，应力也是很高的。

工 况	級 別	15	16	17	18	19
		(应力, 公斤/厘米 ²)				
1. 12000瓩(正常参数)		632	689	496	533	584
2. 12000瓩 (汽压 29 絕對大气压, 汽溫 400°C)		711	783	569	628	632
3. 監視段压力 13.5 絕對大气压		803	856	655	699	812
4. 13500瓩		834	886	644	689	766
5. 監視段压力 15.5 絕對大气压		883	931	720	770	900
6. 11000瓩 (汽压 27.5 絕對大气压, 汽溫 400°C)		823	855	639	699	810

(四) 几点教訓

(1) 司机和班长等值班人員必須掌握事故的处理, 熟悉各种异常情况的意义, 知道正确处理的方法, 这是防止事故发生和扩大的重要关键。一般說来反动式汽輪机掉落个别叶片是比較不容易察覺的, 但断落叶片引起事故扩大的后果往往又是极严重的。因此看管反动式汽輪机的司机在工作中就要格外警惕。

(2) 該机出事故时发生了振动, 产生了响声, 接着流量和抽汽段压力等都增加了。这些現象綜合起来很明显指出汽輪机內部已經发生故障。但是司机和班长, 甚至后来的值长等都沒有認識到事态的严重性, 也沒有采取紧急停机的措施, 因而使事故扩大, 这是一个严重的教訓。今后在現場規程內應該把必須紧急停机的故障征象写明在規程內, 并規定在这些情况下司机有权紧急处理。

(3) 为了防止事故, 对事故要有充分的預見性, 及时采取預防的措施。該厂在发生这次事故前, 在 5 月份檢修另一台汽輪机时, 已經发现第 15 段掉落了一个叶片, 并发现了拉金断头等現象, 这些都是很重要的信号。如果当时全面地分

析发生的原因，考虑重复发生的可能性以及可能引起扩大的后果，及时采取防止叶片断落的措施，检查发生断叶片时紧急处理的规定是否已妥善地订入现场规程，是否为司机所掌握，则这次事故可能就不会发生或扩大。

(4)新机投入运行前，必须把设备的情况，特别是可能存在的一些薄弱环节充分掌握起来，以便在运行中得到应有的注意。对于新的汽轮机的通流部分，必须在投入运行前作好必要的试验和测量工作，包括叶片的频率试验，转子和叶轮的幅度的测量，各种重要间隙的测定，对通流部分进行仔细的外观检查，以及对于汽缸的抽汽、疏水、轴封供汽等系统的必要的检查。发现问题就应该及时纠正。

二、31-12 型汽轮机水冲击损坏叶轮和叶片的故事

(一)设备概况

发生事故的設備是上海汽輪機制造厂出品 31-12 型单缸冲动純凝汽式汽輪機。

(二)事故經過和主要部件损坏情况

1960年6月24日零时左右該機因供汽鍋爐汽溫过低，最低曾达 260°C (額定主汽溫度为 435°C)，故按規程規定打危急保安器緊急停機。零点11分汽溫逐漸恢復正常，該機也隨即恢復帶負荷。至零点25分汽機負荷帶到7000瓩時，運行人員启用第一段抽汽(第一段抽汽設計時未裝逆止門)。剛把抽汽門开启時，就發現抽汽管路冒出白汽和水。當發現這種情況後，運行人員却未進一步尋找原因，未監視高壓加熱器水位變化情況，也沒有採取必要的措施。到零点27分時，在抽汽閘門和汽缸接合面處突然冒出大量的白汽和水，此時汽輪

机已遭到水冲击，这时才打掉危急保安器紧急停机。停机后进行检查，发现高压加热器铜管有一根在U形处破裂，裂口断面约有250平方毫米，这说明发生事故时压力为60公斤/厘米²的高压给水已经过抽汽管进入汽轮机内部。因此决定揭开汽缸进行检查。经检查发现第5级叶轮受水冲击严重损伤，擦伤深度约0.6毫米。复速级导叶环及汽缸受低温高压给水冷却，发生变形、收缩，以致被复速级第一列叶轮擦伤；第一列叶轮复环铆钉也受到严重的擦伤；推力瓦块工作面发黑，有擦亮的痕迹。

(三)事故原因分析

(1)高压加热铜管破裂是这次事故的起因。由于该机供汽锅炉汽温几度变化，影响汽机的正常运行，在高压加热器几度开停时，铜管受到胀缩而遭致破裂。

(2)第一段抽汽管路上未设计安装逆止门，高压给水就经过抽汽管倒回进入汽轮机内部。

此外，在启用第一段抽汽时，运行人员已经发现抽汽管道和抽汽阀门有白汽和水冒出，这已说明是高压加热器铜管破裂，高压给水倒回进入抽汽管道内，同时高压加热器的水位已经呈现出稳定状态，可是这些征象虽被发觉却未引起足够的重视，没有及时将高压加热器停用和隔断，终于导致汽轮机遭受严重的水冲击。

(四)事故对策

为了防止以后再发生类似情况，制定了以下措施：

(1)汽轮机发生水冲击时应按法规的规定立即停机。

(2)对高压加热器铜管应加强检修和运行中的监视，发现有泄漏情况应及时更换或进行处理，保证检修质量，避免事故再次发生。

(3) 为了避免因高压加热器銅管破裂，高压給水进入汽輪机发生水冲击，损坏設備，对沒有安装第一段抽汽逆止門及高压加热器旁路門的汽輪机应即設法装上，否則不应该投入运行。

三、31-6型汽輪机凝汽器滿水倒灌入汽缸 引起汽輪机大軸弯曲的事故

(一) 設備概况

发生事故的設備是上海汽輪机制造厂的31-6型单缸冲动純凝汽式汽輪机。

(二) 事故經過及主要损坏情况

該机为了消除缺陷决定于23点19分停机。23点48分轉子惰走靜止，至第二天零点15分停用主抽气器，零点35分停用凝結水泵。在整个停机过程中未发现异常現象。1点30分副班长和司机突然发现高低压汽封信号管冒出大量汽水，同时凝汽器已看不見水位。当时副班长和司机均认为是凝汽器銅管破裂，大量冷却水漏入凝汽器，故打开凝汽器排水門，切断循环水，并通知化学人員化驗水质。但是化驗得出的凝結水硬度并未升高，証明銅管不漏。接着班长赶到事故現場，檢查发现主抽气器出水截門未全关闭(約留2轉)，就启动凝結水泵排水，直至凝汽器水位恢复正常。17时45分，檢修工作完毕，重新启动汽輪机，当轉速升至1700~2200轉/分时，汽机端部发生剧烈振动，声音也不正常，軸向位移指示器摆动。当时就降低轉速，繼續暖机40分钟，然后再行升速，但轉速达到1700~2200轉/分时，同样发生上述异常現象。随又降速，加长暖机時間至1小时以上，重新升速到临界轉速时，其振动仍无好轉，故决定停机进行檢查(见图1)。

經揭開汽缸大蓋檢查，發現第三、第四級葉輪之間主軸彎曲度為 0.07 毫米；在危急保安器偏心處測定其晃動度為 0.20 毫米。由於主軸彎曲，在三次啟動中，發生了很大的振動，故已將 1 號、2 號軸承局部磨損，高低壓軸封及隔板汽封全部磨壞，並發現第七級葉輪部分葉片有鬆弛現象。

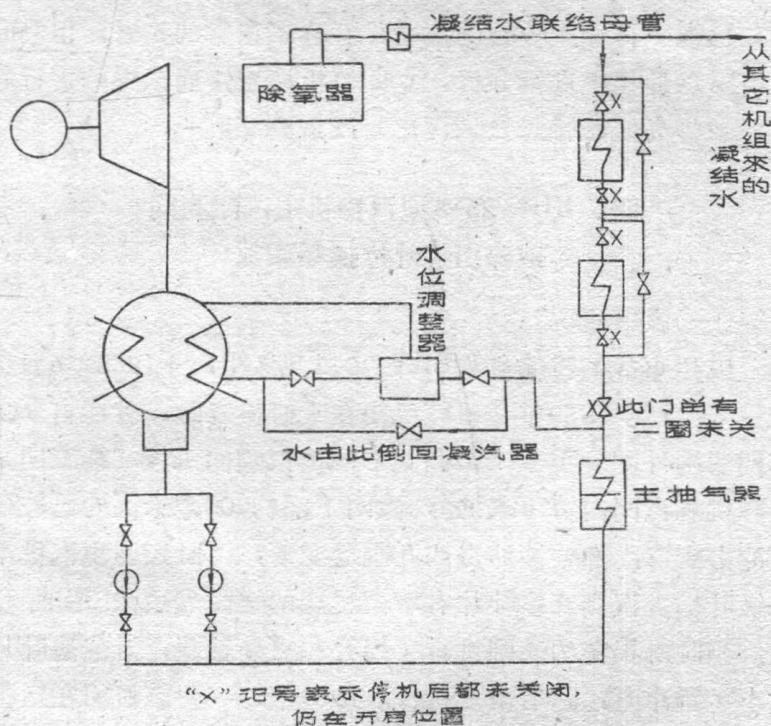


圖 1 發生事故時水系統示意圖

(三) 事故原因分析

造成這次汽輪機滿水、嚴重損壞設備事故的主要原因如下：凝汽器值班工嚴重失職，在停機時停止凝結水泵後，未將主抽汽器出口截門完全關閉，也未將低壓加熱器的進、出

水門關閉。同时又未注意凝汽器的水位（后曾发现凝汽器水位計无指示，也未寻找原因），致使其他正在运行机組的凝結水經联络母管倒回进入凝汽器，灌滿汽缸，使下汽缸突然冷却，并使主軸弯曲。发现汽封信号管内冒出汽水时，副班长和司机等对管路系統都不够熟悉，因而未能作出正确的判断，尽快地找到滿水的原因，影响及时处理。在停机后启动时，已經一再发生較大的振动，且有不正常的声音，但当时沒有对这种現象进行分析，立即停机檢查，而又繼續进行启动，致将高低压軸封及隔板汽封严重磨坏。

四、BПT-25-3型汽輪机主汽門滤网 破碎引起叶片损坏事故

（一）設備概况

发生事故的汽輪机为BПT-25-3型机組，于1958年6月正式投入生产。1959年2月該机組在大修檢查时，曾在自动主汽門滤网外圍发现了一个橢圓形的蒸汽閥門压板（經查明是从該机总汽門内掉下来的），滤网下部約200毫米高处已被压板冲击变形，部分被冲击的孔眼已变形，同时还发现汽机第一級叶輪进汽側許多叶片有不同程度的輕微卷边和弯曲現象。当时对损伤的滤网进行了焊补和重新钻眼，对卷边叶片用小手錘冷直，随后恢复运行。1959年5~6月該机組在运行中曾发现自动主汽門内有异音。9月14日該机在帶負荷清洗叶片时，自动主汽門内突然发生一次剧烈响声，此后在自动主汽門内，經常有滤网轉动声音。同年10月1日对該机自动主汽門作了檢查，发现滤网有下列损坏：

1. 滤网定位銷子已經磨掉，滤网經汽流冲击在运行中已轉动180°角位置。

2. 滤网有拉筋一根已掉落在自动主汽門內。

3. 滤网面向进汽側右下部破損一块，破損面积約为 350 厘米²，缺落部分在主汽門中未找到。經对滤网进行金属定性分析，确定滤网的材料是碳鋼，当时檢修人員在采取了下列檢修措施后，將該机投入运行。

(1) 將損坏部分焊上一块 200 × 600 × 5 毫米的普通鉄板。

(2) 焊补了已磨坏的定位銷子，焊上落下的拉筋。

(二) 事故經過

11月16日為消除該机 8~13 大气压抽汽管法兰漏汽，曾停机檢修，檢修后于 23 点 53 分起動。当轉速升到 2500 轉/分时，因油减压閥避振室进油孔板被洋干漆堵塞，油压降低，这时調速系統发生一次强烈振动。于是馬上停机消除堵塞，并于 17 日又重新起動投入运行。

18 日汽机分場分析运行記錄时，发现寇蒂斯段压力較 16 日停机前升高 6.3~9.0 公斤/厘米²，并发现当負荷增至 29000 瓩时，寇蒂斯段压力已达极限值，已相当于过去負荷在 35000 瓩时的压力，数字見下表：

日 期	电負荷	寇蒂斯段 压力	第五段 压力	第九段 压力	第十二段 压力	真空度，%
3 月 14 日	35000 瓩	51.8 公斤/厘米 ²	25.8 公斤/厘米 ²	12 公斤/厘米 ²	5.45 公斤/厘米 ²	94.8
11 月 20 日	29000 瓩	51.5 公斤/厘米 ²	21.0 公斤/厘米 ²	11 公斤/厘米 ²	4.5 公斤/厘米 ²	95.4
极限值		50 公斤/厘米 ²	25.8 公斤/厘米 ²	13 公斤/厘米 ²	5.55 公斤/厘米 ²	

从上表判断，該叶片可能有損坏，經停机檢查，发现叶片已有严重損伤：

(1) 調速汽門和第一、三噴嘴組噴嘴出口都有程度不同

的輕微裂紋或小缺口。

(2)寇蒂斯段导向叶片进、出汽側邊緣都有輕重不同的卷边，其中較严重的有42片。

(3)寇蒂斯叶輪第一、二列叶片有輕重不同卷边弯曲和冲蝕的麻点，其中严重者8片。

(4)压力級第一、二、三、四級叶片有輕重不同的卷边，其中严重者有230片，且多数叶片在全长内有2~3个缺口。

(5)第一、二、三級隔板噴嘴邊緣有不同程度的卷边、弯曲和裂紋。

此外，还发现在噴嘴、隔板等处有3~10厘米²的許多鉄块和滤网碎片，合成面积約300厘米²。

(三)事故原因

滤网的损坏原因分析

(1)該机总汽門压板沒有螺絲帽，运行中压板掉落，随汽流进入自动主汽門，直接冲击滤网。但該螺絲帽是基建时未安装呢还是运行中受高温后破裂进入滤网，沒有查明。

(2)第一次发现滤网损坏，修理时焊口不牢，經压板冲击，滤网已可能有裂紋，但未被发现，促成第二次滤网破裂一个350厘米²的缺口。

(3)在进汽压力为90絕對大气压力、进汽温度为500°C的高温高压下，該机滤网是用碳鋼做的，强度也不够。

汽叶损伤的原因

(1)第二次发现滤网破裂一个350厘米²缺口时，未认真追查已破裂滤网碎片的下落。事实上滤网破裂时大量破碎鉄片已随汽流进入噴嘴的进汽室。檢修时未将滤网碎片清理干净，这是叶片损坏的根本原因。

(2)11月16日主汽門因調速系統油流堵塞发生振动时，

在噴嘴組進汽室內的破碎的濾網片大量進入汽機內部打傷葉片。

(四)修復措施

用 XMΦ 合金鋼管做成 5 毫米厚的鋼板，然後製成新濾網，並將濾網銷子間隙減小，在原定位銷子對面增加一個銷子，以增強濾網強度和固定力。

五、2EK1-12/25/17 型汽輪機大軸彎曲事故

(一)設備概況和事故前運行進況

發生事故的設備為 2EK1-12/25/17 型高溫高壓雙缸供熱凝汽式汽輪機，德意志民主共和國格列斯廠出品。容量為 25000 瓩。主蒸汽溫度為 510°C ，壓力為 90 絕對大氣壓。調整抽汽壓力為 10.5 絕對大氣壓。三段非調整抽汽供再生加熱之用。

本機在 1960 年 4 月 4 日正式投入運行，到 1960 年 8 月 15 日，共運行了 231 小時，備用和檢修共停用 60 小時，在此期間內開停機達 19 次。在運行期間除了發電之外，並以 10.5 絕對大氣壓 260°C 調整抽汽供給熱力用戶。由於調速系統有缺陷，正式投入運行時就有不規律性的擺動現象，負荷擺動約 4000 瓩左右，有時瞬間擺動還要大些。在運行過程中，汽壓不穩定，最低到過 55 公斤/厘米²，最高到過 120 公斤/厘米²（瞬間）；汽溫經常低，常處在 $470\sim 480^{\circ}\text{C}$ 之間，尤其是在試運行時間，經常在 450°C 左右，帶滿負荷運行時，最高汽溫也曾短時間到過 530°C 。從安裝試運一直到投入正式運行的初期，機組運行平穩無振動，除上述情況外，一切均正常。

(二)事故經過

該機自 1960 年 4 月 4 日到 8 月 15 日運行以來，開停的次數達 19 次之多，其中曾有六次發生振動。停機時發生過兩

次，启动时发生过四次，詳細情况分述如下。

(1)第一次启动发生振动，是在4月28日。这一次启动的前一次停机是为了把第三段調整抽汽門(10.5絕對大气压)的彈簧放回去，以便供給热力用戶用汽，所以这次启动是在停机12小时又22分的热状态下进行的。当升速到1700轉/分左右时发生了振动。繼續盘車2小时再启动，升速至1700轉/分时又发生了振动，随又降低轉速。前后經過約5小时之久才到达額定轉速。

在过去試运行时，由于10.5絕對大气压調整抽汽門跳動，曾將彈簧取下用鋼管把門頂死，此次停机就是为了供热而將彈簧装上。在停机后，为了安装彈簧，曾两次停止盘車，一次停3分钟，一次停8分钟，前后共停止盘車約11分钟，同时又由10.5絕對大气压抽汽門漏汽入高压汽缸。因此，用千分表在高压轉子后軸上測得幌動度为0.06毫米，这說明当时轉子已有暫时的热弯曲現象。启动时又未增加暖机時間，所以发生了振动。

(2)第二次启动发生振动是在6月28日，在停机后約16小时后启动。发生的振动情况与第一次相似，并发现安全油压摆动大($2.3 \sim 5.8$ 公斤/厘米²)，曾跳閘两次。前后經過2个半小时才并列帶負荷。此次启动前曾有5小时停止了盘車，由于漏汽使軸产生暫时的热弯曲，故启动时振动較大。

当軸向位移超过一定值后，由于油噴嘴与軸上危急保安器圓盘間的泄油間隙增大，致使安全油压下降而低于2.6公斤/厘米²，保护装置动作，将自动主汽門、高低压調速汽門及抽汽門等关闭。此次軸弯曲时，圓盘发生了瓢偏，使安全油压发生摆动，因而引起掉閘。

(3)第三次启动时发生振动，是在7月30日，当日在停