

1.1 汽轮机结构及系统的一般说明

1.1.1 结构概述

汽轮机转子由二级复速级和九压力级组成，调整抽汽通过中间蒸汽室调节汽阀及连杆控制。装于前汽缸上端蒸汽室内的配汽机构是提板式调节汽阀，借助机械杠杆与油动机相连，调节汽阀的结构为群阀提板式，由六只汽门组成。汽轮机前轴承座的前端装有测速装置，在座内装有油泵组、危急遮断装置、轴向位移发送器、推力轴承前轴承及调节系统一些有关部套。前轴承座的上部装有油动机。前轴承座与汽缸相连，在横向和垂直方向均有定位滑键，以保证轴承座在膨胀时中心不致变动。在前座架上装有热膨胀指示器，以反映汽轮机静子部分的热膨胀情况。

汽轮机通过一副刚性联轴器与发电机相连，转子盘车装置装于后轴承盖上，由电动机驱动，通过蜗轮蜗杆副及齿轮减速达到所需要的盘车速度。当转子的转速高于盘车速度时，盘车装置能自动退出工作位置。在无电源的情况下，在盘车电动机后轴上装有手轮，可进行手动盘车。

1.1.2 热力系统

1.1.2.1 主汽系统

来自锅炉的新蒸汽经隔离阀到主汽门。主汽门内装有蒸汽滤网，以分离蒸汽中的水滴和防止杂物进入汽轮机。蒸汽由主汽门经三通接头分别进入汽轮机蒸汽室两侧，蒸汽在汽轮机中膨胀做功后排入冷凝器凝结成水，借助凝结水泵打入低压加热器及除氧器。经除氧器除氧后的凝结水，借助给水泵升压，进入锅炉。

凝结水泵后有一路凝结水可引入冷凝器上部，在启动、低负荷或作滑参数启动时用于冷却蒸汽和主汽门前来的疏水。

汽轮机具有二级抽汽，第一道抽汽供给可调工业抽汽，第二道抽汽供给低压加热器。在各级抽汽管道上装有液压止回阀或普通止回阀，以避免蒸汽倒流影响汽轮机运行安全。当主汽门关闭时，抽汽阀联动装置亦动作，泄去操纵座活塞下方之压力油，使抽汽阀在压力油作用下自动关闭。第二道抽汽，由于汽压较低，采用了普通止回阀，也同样可以满足逆止的作用。

1.1.2.2 汽封系统

汽轮机前后汽封近大气端的腔室和主汽门、调节汽阀及各抽汽阀门等各阀杆近大气端的漏汽均有管道除氧器相连，使各腔室保持 $-1.013\text{KPa}\sim-5.066\text{KPa}$ 的真空，以保证蒸汽不漏入大气。同时将此漏汽加热凝结水以提高机组的经济性。

1.1.3 真空系统

蒸汽在汽轮机内膨胀做功后排入冷凝器凝结成水，在冷凝器内即形成真空。为了去除在运行中逐渐积聚在冷凝器中的空气，在冷凝器两侧装有抽气管，合并后接到射水抽气器进气口，由射水抽气器将空气吸出排入大气。射水抽气器由射水泵提供压力水。凝汽器与射水抽气器相连的抽气管道上设有真空破坏阀，作用有：一是在汽机启动及正常停机过程中调节凝汽器的真空；二是汽机事故紧急停机时，破坏真空，以缩短汽机转子的惰走时间，防止事故扩大。

1.1.4 供油系统

本汽轮机供油系统由主油泵向汽轮发电机各轴承提供润滑油及调节保安系统提供压力油。本机组推荐采用 GB11120-89 中规定的 L-TSA46 汽轮机油。

供油系统主要包括主油泵，注油器，高压交流油泵，交、直流润滑油泵，油箱，冷油器，滤油器，润滑油压力控制器等。

径向主钻孔油泵由汽轮机主轴直接带动，正常运转时主油泵出口油压为 0.86MPa ，该压力油除

供给调节系统及保安系统外，供给注油器及经冷油器、滤油器后供给润滑油系统。

机组启动时应先开低压润滑交流油泵，以便在低压的情况下驱除油管道及各部件中的空气。然后再开启高压交流油泵，进行调节保安系统的试验调整和机组的启动。在汽轮机启动过程中，由高压交流电动油泵供给调节保安系统和供给各轴承润滑用油。为了防止压力油经主油泵泄走，在主油泵出口装有逆止阀。当汽轮机升速至额定转速时（主油泵出口油压高于电动油泵出口油压），由主油泵向整个机组的调节保安和润滑系统供油。在停机时，可先启动高压电动油泵，在停机后的盘车过程中再切换成交流润滑油泵。

为了防止调节系统因压力油降低而引起停机事故，所以当主油泵出口油压降低至 0.65MPa 时，由压力开关使高压交流油泵自动启动投入运行。

当运行中发生故障，润滑油压下降时，由润滑油压力控制器使交流润滑油泵自动启动，系统另备有一台直流润滑油泵，当润滑油压下降而交流油泵不能正常投入工作时，有润滑油压力控制器使直流润滑油泵自动启动，向润滑系统供油。

正常的润滑油为：0.078~0.147MPa

油压降低时要求：小于 0.078 MPa 发信号

小于 0.054 MPa 交流润滑油泵自动投入

小于 0.039 MPa 直流润滑油泵自动投入

小于 0.02 MPa 自动停机

小于 0.015 MPa 停盘车装置

注意：机组正常运行时，电动辅助油泵都应停止运行，除非在特别情况下，允许启动投入运行。

油动机的排油直接引入油泵组进口，这样，当甩负荷或紧急停机引起油动机快速动作时，不致影响油泵进口油压，从而改善了机组甩负荷特性。

1.1.5. 调节保安系统

调节保安系统包括伺服执行机构、保安系统等

伺服执行机构

主要包括驱动器，油动机三套。

保安系统

本系统包括机械液压保安装置和电气保护装置两部分，机组设置了三套遮断装置：运行人员手动紧急脱扣的危急遮断装置（超速脱扣的危急遮断器）；轴向位移油压超压遮断装置；电动脱扣的电磁保护装置。主要保护项目有超速、轴向位移、润滑油压降低，轴承回油温度偏高，冷凝器真空低及油开关跳闸等。当出现保护（停机）信号时，电磁阀动作，即使主汽门、调节汽阀关闭，同时报警；油开关跳闸可根据具体情况关闭调节汽阀，或者控制油泄放来实现的。

①机械超速保护装置

危急遮断器采用飞环式，当机组转速升至 3300~3360r/min 时，飞环因离心力增大克服弹簧力而飞出撞击危急遮断油门的挂钩，使其脱扣，保安油泄放，关闭主汽门、调节汽阀。

②危急遮断装置及复位装置

当机组发生特殊情况，可手拍危急遮断装置紧急停机，使活塞移动，油路改变，关闭主汽门和调节汽阀。重新启动时需将手柄拉出复位，使油路正常。

③电磁保护装置

电磁保护装置由 AST 电磁阀执行，机组正常时 AST 电磁阀不带电，AST 电磁阀接受不同来源的

信号，电磁阀得电动作，保安油和控制油泄掉关闭主汽门，调节汽阀，切断汽轮机进汽而使其停机。信号来源可以是轴向位移超限，润滑油压降低，轴承回油温度升高或瓦温度高，冷凝器真空降低等保护信号，也可是手控开关停机信号等。

AST 电磁阀操作注意事项

当汽轮机打闸时：第一步，操作人员到机头手动打闸；第二步，将主汽门向减少方向旋转到底，使主汽门关闭不能开启；

④机组的紧急停机

当机组转速超过额定转速的 109-111%时，危机遮断器动作，使机组紧急停机。

当汽机发生下列 5 种监视参数中的任何一种超过规定值时，均应使电磁阀动作使机组紧急停机。

- a 轴向位移油压低于 0.25MPa
- b 润滑油压力低于 0.02MPa
- c 凝汽器真空低至-0.061MPa

如果机组发生其他故障，运行人员认为必须停机，或正常情况下需停机时就地用手拍装在前轴承座端面的危急遮断装置或手动电磁保护装置按钮，泄去保安油和控制油，使机组停机。

1.1.6. 汽轮机监测仪表系统

本机组采用涡流式探头监测仪表，现将本机所选用的 TSI 系统概述如下：

本机监测仪表系统，在汽轮机盘车，启动，运行和超速试验以及停机过程中，可以连续显示和记录汽轮机转子和气缸机械状态参数阀门位移，并在超出预置的运行极限时发出报警，当超出预置的危险值时使机组自动停机。系统由仪表组件及相应的前置放大器和带有导线的传感器所组成。

装于汽轮机轴承在内的传感器（探头）是由接长电缆连接到相应的前置放大器的，前置器就地装在轴承座的接线盒内，然后用屏蔽电缆接到装于集控室内仪表框架的相应组件板上。

涡流式探头及前置器是用来检测汽轮机的各种变量的，使其产生一个与探头及监测表面之间的距离成正比例的信号，该信号输入监视器，监视器把输入信号转换成表的读数并为直流记录仪提供输出信号。

位移传感器用于测量机组绝对膨胀。速度传感器用于测量机组振动。

本系统由轴向位移、转速、振动、机壳膨胀等项目组成。

1.2 汽轮机的运行及维护

1.2.1 总述

汽轮机的合理启动、运行、停机、是汽轮机的可靠性、经济性、及长寿命的可靠保证。

1.2.2 汽轮机在升速过程中应注意下列各点：

升速时，真空应维持-0.08MPa 以上，当转速升至 3000r/min 时，真空应达到正常值。

轴承进油温度不应低于 30℃。当进油温度达 45℃时，投入冷油器（冷油器投入前应先放出油腔室内的空气），保持其出油温度 35~45℃。

升速过程中，机组振动不得超过 0.03mm（通过临界转速时除外），在冷态启动时一旦超过该数值，则应降低转速直至振动消除，维持此转速运转 30min，再升速，如振动仍不消除，需再次降速运转 20min.，再升速，如振动仍不消除，则必须停机检查。

1.2.3 运转正常后，按规定做各部套试验并作全面检查，一切正常后，即准备并网和接带负荷。

并入电网后立即带 0.6MW 电负荷，停留 5min，再以 0.3MW/min 的转速增负荷 3.5MW，停留 8min，

仍以 0.3MW/min 的转速增负荷至 7.5MW。

当电负荷 2MW 后，即可接带热负荷。

接带热负荷前，如果已带了较大的电负荷，抽汽口压力已高出所要求的供汽压力，则应先减少电负荷，使抽汽口压力低于所要求的供汽压力 0.049MPa。

抽汽量的增加速度不得大于 5t/min。

电负荷和热负荷不准许同时增加。

减负荷的速度和加负荷的速度一样。

1.2.4 运行中的维护

运行中应特别注意下列主要参数，使其符合规定：

a. 新蒸汽参数（见技术规范）。

b. 电网周波应为 50 ± 0.5 Hz

c. 调节系统工作油压力为 0.85MPa

主油泵入口油压为 0.02MPa

轴承润滑油压力 0.8~0.15MPa

d. 轴承进口油温 35~45℃

轴承最高回油温度 65℃

轴承最高瓦温 80℃

e. 滤油器压力降 0.0196~0.0392MPa

f. 汽封系统：

g. 后汽缸排汽温度：

带负荷时 < 65℃

空负荷时 < 100℃

经常监视各表计的指示，并定时作记录，在负荷变动或发现异常情况时，应作详细记录。

1.3 停机

1.3.1 通知热网、电网、锅炉、电气，准备停机。

1.3.2 减负荷

a. 首先逐渐减少热负荷直至零。

b. 逐渐减少电负荷（也可在减热负荷时，同时减少电负荷）至零。

c. 与电网解列。

1.3.3 确定解列后，随即停止向后汽封送汽，手拍危急遮断装置或按停机按钮，主汽门首先关闭，自动抽汽阀也关闭，然后旋动主汽门手轮至关闭位置。

1.3.4 在减热负荷时，若热网仍须用汽，则应操纵减温减压器供汽。

1.3.5 在减速过程中，应监视润滑油压，不应低于 0.049MPa

1.3.6 转子完全停转时应立即投入盘车装置并连续盘车直至转子冷却。在连续盘车时，必须连续供油。

1.4 事故处理

1.4.1 汽轮机在下列情况下应破坏真空紧急停机：

a. 机组突然发生强烈振动或金属撞击声。

b. 汽轮机转速升高至 3360r/min，而危机遮断装置不起作用。

- c. 水冲击。
- d. 轴端汽封冒火花。
- e. 任何一个轴承缺油或轴承回油温度急剧升高。
- f. 轴承回油温度升高超过 75℃、瓦温超过 90℃或轴承内冒烟。
- g. 油系统失火且不能很快扑灭。
- h. 油箱内油位突然下降到最低油位以下。
- i. 润滑油压降至 0.02MPa
- j. 转子轴向位移超过 1.0mm。
- k. 主汽管破裂。

- l. 发电机内冒烟。
- m. 后汽缸排汽门动作。

1.4.2 汽轮机在下列情况下应不破坏真空故障停机：

- a. 进汽压力大于 3.6MPa 或进汽温度大于 450℃。
- b. 进汽压力小于 2.5MPa 或进汽温度小于 360℃。
- c. 冷凝器真空低于-0.061MPa。
- d. 调节连杆脱落或折断，调节汽阀或旋转隔板卡死。
- e. 轴承振动大于 0.07mm。

1.4.3 汽轮机出现下列情况而在 15min 内不能恢复时，应不破坏真空故障停机：

- a. 进汽压力低于 3MPa，但高于 2.5MPa。
- b. 进汽温度低于 370℃，但高于 360℃。
- c. 冷凝器真空低于-0.073MPa，但高于-0.061MPa。

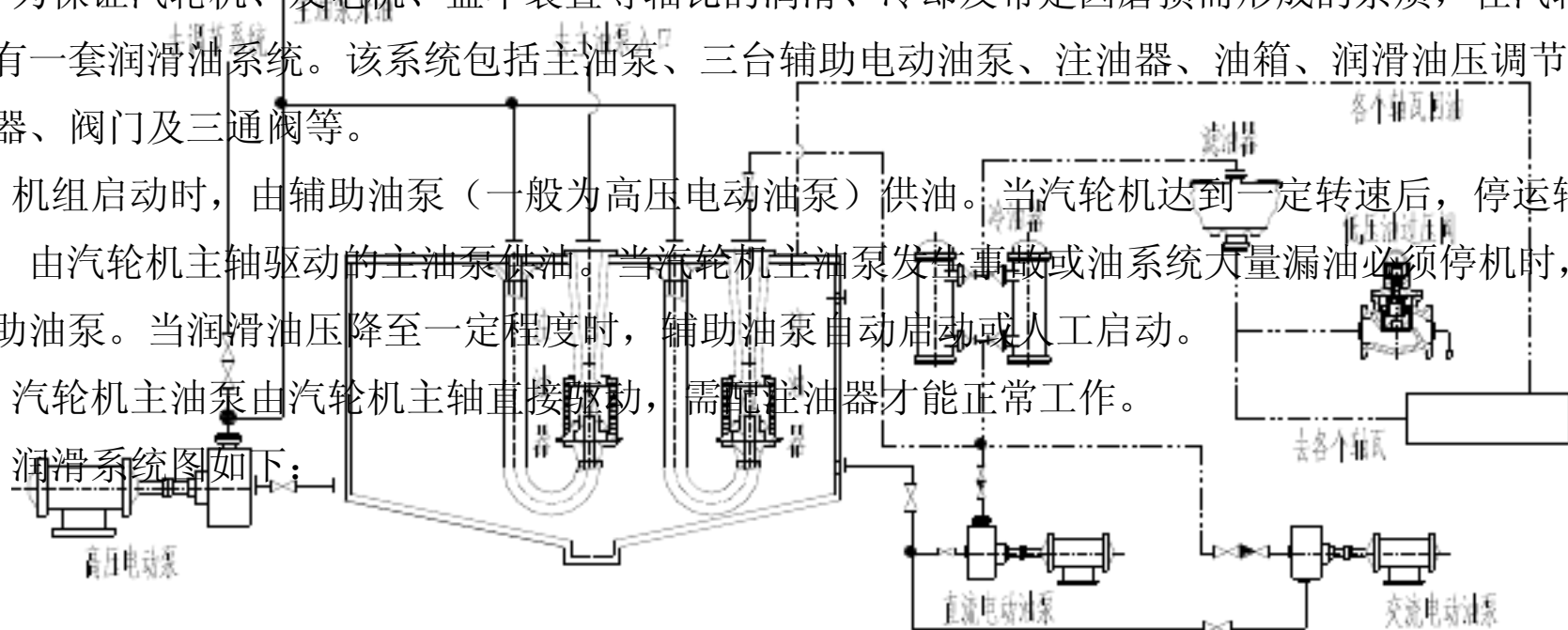
2.1 汽轮机润滑系统

为保证汽轮机、发电机、盘车装置等轴瓦的润滑、冷却及带走因磨损而形成的杂质，在汽轮机中设有一套润滑油系统。该系统包括主油泵、三台辅助电动油泵、注油器、油箱、润滑油压调节阀、滤油器、阀门及三通阀等。

机组启动时，由辅助油泵（一般为高压电动油泵）供油。当汽轮机达到一定转速后，停运辅助油泵，由汽轮机主轴驱动的主油泵供油。当汽轮机主油泵发生故障或油系统大量漏油必须停机时，投入辅助油泵。当润滑油压降至一定程度时，辅助油泵自动启动或人工启动。

汽轮机主油泵由汽轮机主轴直接驱动，需配注油器才能正常工作。

润滑系统图如下：



2.2 注油器

为使主油泵正常工作，不发生入口侧不严而吸入空气，造成吸油中断事故，必须采用一个注油器向主油泵入口侧连续供油，使主油泵入口形成正压。另外一个注油器向润滑系统供油。

2.3 主油泵

主油泵直接装在汽轮机主轴上，运行可靠，但效率较低。

2.4 辅助电动油泵

辅助电动油泵有高压交流油泵、交流油泵、直流油泵各一台。

高压交流油泵在机组启动时提供调节系统动力油及润滑系统润滑油。停机时，主油泵转速降低不能正常供油，向润滑系统提供润滑油。停机时若高压交流油泵有故障，用交流油泵或直流油泵向润滑系统提供润滑油。

2.5 润滑油油压调整阀\截止止回阀

在汽轮机的供油系统中，为防止系统倒流及调整润滑油压，需要在供油系统中设置润滑油油压调整阀、截止止回阀。

2.6 冷油器

为了降低润滑油温（60℃以上降至35~45℃），润滑系统中设置两台立式、单流程冷油器。管程走水、壳程走油，要保证油压大于水压，防止铜管泄露水中进油。

冷油器运行中易出现的问题：

气温高，进水阀开至最大，油温仍高于规定值时，如果进水压力正常，进出口水温差较小，考虑是否因污泥或杂物堵塞铜管，可以停一台，轮换清理。不要等两台进水阀全开至最大，油温仍很高时再清理。

铜管泄露，可从油箱油位不正常降低或冷却水中有油珠等现象判断。

冷油器进出口油阀阀芯脱落，一旦发生后果十分严重。为防止不测，已将进出口油阀水平安装、阀杆朝一侧布置。但切换冷油器时仍要严格监视进出口油压的变化，一旦出现异常，立即切换为正常的一台，并迅速汇报。

2.7 油箱

油箱对汽轮机油的净化意义重大，制造、安装、检修、运行产生的杂质、水分、空气等必须在油箱中加以过滤、沉淀、分离。

空气分离后从排烟机排出，定于每三天将杂质及水分由油箱底部排出，每月真空滤油机过滤一次。

3. 汽轮机运行中的维护与试验

3.1 汽轮机运行中重要指标的监督

监视段压力的监督

除最后一、二级外，调节级汽室及各段抽汽室压力均与主蒸汽流量近似成正比。监视这几处的压力变化，就可以有效地监督通流部分工作是否正常。因此，通常把调节级汽压和各段抽汽压力称为

监视段压力。同一负荷下，监视段压力升高，说明该监视段以后的通流面积减小。

注意监督汽轮机通流部分的结垢情况，一般应每星期和干净状态时的压力数值比较核对一次。发现结垢后应每天测量核对，并记录。在相同运行方式和相同蒸汽流量下，监视段汽压的相对增长值 ΔP 不得超过 15%。

$$\Delta P = \frac{P_{\text{脏}} - P_{\text{净}}}{P_{\text{净}}} \times 100\%$$

$P_{\text{净}}$ ——表示大修后测的干净的监视段压力；

$P_{\text{脏}}$ ——运行中测得的结垢的监视段压力。

轴向位移的监督

汽轮机转子在运行中受到轴向推力的作用，会发生轴向位移，通常称为“窜轴”。监督窜轴指标，可以了解推力轴承的工作状况及汽轮机动、静部分轴向间隙的变化情况。轴向位移增大会使汽轮机动静部分碰摩而损坏设备。

引起轴向推力增大的原因：

- ①负荷增加，主蒸汽流量增大，各级蒸汽压差增大，使机组轴向推力增加。
- ②主蒸汽参数降低，各级的反动度都将增加，轴向推力也随着增加。
- ③隔板汽封磨损，漏汽量增加，使级间压差增大。
- ④机组通流部分因蒸汽品质不佳而结垢，相应级的叶片和叶轮前后压差将增大，使机组的轴向推力增加。
- ⑤发生水冲击事故，机组的轴向推力也明显增大。

机组运行中发现轴向位移增大时，应对汽轮机进行全面检查：监视推力瓦块温度升高程度，仔细倾听机内声音，测量各轴承振动值等。

初参数与终参数的监督

在汽轮机实际运行中，各种参数很难保持设计值，这种与额定工况不符合的运行工况，称为汽轮机的变工况。这时汽轮机的蒸汽参数、流量和凝汽器真空的变化，将引起各级的压力、温度、焓降、效率、反动度及轴向推力等发生变化。这不仅影响汽轮机运行的经济性，还将影响汽轮机运行的安全性。因此，汽轮机必须严格控制在“热力特性曲线”所规定的工况范围内运行。

①主蒸汽压力升高

当主蒸汽温度不变和凝汽器真空不变，而主蒸汽压力升高时，蒸汽在汽轮机内的总焓降增大，末级排汽湿度增加。主蒸汽压力升高，虽对运行的经济性有利，但如果超出规定范围，将直接威胁机组安全。危害如下：

- a 主蒸汽压力升高，要维持负荷不变，会引起调节级动叶片过负荷，甚至可能被损坏。
 - b 主蒸汽压力升高后，蒸汽比容减小，总焓降增大，将使末级叶片过负荷，此时应控制机组负荷。
 - c 主蒸汽温度不变，只是主蒸汽压力升高，将使末几级蒸汽湿度变大，末几级动叶片被水滴冲刷加重。
 - d 承压部件和紧固部件的内应力加大，会缩短其使用寿命，甚至造成这些部件变形或受到损伤。
- 主蒸汽压力升高超出规定范围时，不允许在此压力下继续运行。应及时联络锅炉值班员尽快恢复至正常范围，调整无效时应利用电动主闸阀节流降压。如果上述措施均无效，应立即打闸停机。

②主蒸汽压力下降

当主蒸汽温度和凝汽器真空不变，而主蒸汽压力降低时，蒸汽在汽轮机内的总焓降减小，蒸汽比容将增大。如果主蒸汽压力降低，还要维持额定负荷，就要开大调速汽门增加蒸汽流量，将会使汽轮机末几级特别是最末级叶片过负荷，影响机组安全运行。

主蒸汽压力降低超过允许值时，联系锅炉值班员尽快恢复汽压，当汽压降低至最低限度时，应采用降负荷和减少进汽量的办法来恢复汽压至正常。

③主蒸汽温度升高

主蒸汽温度变化对机组安全性、经济性的影响比主蒸汽压力变化时的影响更为严重。当主蒸汽温度升高时，主蒸汽在汽轮机内的总焓降、汽轮机的相对内效率和热力系统的循环热效率都有所提高，热耗降低，运行经济效益提高。但超过允许值，对设备的安全十分有害：

a 调节级叶片可能过负荷。

b 金属材料的机械强度降低，蠕变速度加快。

c 加大金属部件的热变形和热膨胀，若膨胀受阻，则可能引发机组振动。

当主蒸汽温度变化超过规定范围时，应联系锅炉值班员尽快调整、降温，司机应加强全面监视检查。温度超过汽缸材料允许的最高使用温度时，立即打闸停机。

④主蒸汽温度降低

主蒸汽压力和凝汽器真空不变，主蒸汽温度降低时，主蒸汽在汽轮机内的总焓降减小，要维持额定负荷，必须开大调节汽阀开度，增加主蒸汽流量。主蒸汽温度每降低 10℃，耗汽量要增加 1.3~1.5%，不但影响机组运行的经济性，也威胁着机组的运行安全。主要危害是：

a 要维持额定负荷不变，则增加主蒸汽流量，末级焓降增大，末级叶片可能处于过负荷状态。

b 主蒸汽压力不变，温度降低时，末几级叶片的蒸汽湿度将要增加，这样除了会增大末几级叶片的湿汽损失外，同时将加剧末几级叶片的水滴冲蚀，缩短叶片的使用寿命。

c 各级反动度增加，轴向推力增加，机组运行的安全可靠降低。

d 主蒸汽温度降低较多时，高温部件的内壁温度急剧下降而产生很大的热应力和热变形，甚至产生裂纹或造成动、静磨损事故。主蒸汽温度降至极限值时，应打闸停机。

e 主蒸汽温度急剧下降 50℃以上时，往往是发生水冲击事故的先兆，司机必须密切注意，当主蒸汽温度还继续下降时，应立即打闸停机。

主蒸汽温度降低超过允许的变动范围时，及时联系锅炉值班员调整、恢复汽温；若进一步降至额定工况下调节级汽室的汽缸壁温度，机组应减负荷；主蒸汽温度降至低于额定工况下调节级汽室的汽缸壁温度 30℃左右，负荷应减至零；仍继续降低，则打闸停机。主蒸汽温度急剧下降 50℃以上时，若判断是水冲击的先兆，应立即打闸停机。另外，发现主蒸汽温度降低时，要注意监视推力瓦块温度、轴向位移、汽机胀差和机组的振动等各项指标的变化，若某一指标超过规定值，应按事故处理规程中的规定进行处理。

⑤凝汽器真空降低

主蒸汽压力和温度不变，凝汽器真空降低（即排汽压力升高）时，蒸汽在机内总焓降减小，排汽温度升高。不但影响机组运行的经济性，对安全性也有较大的影响，主要表现为：

a 主蒸汽的可用焓降减小，排汽温度升高，冷源损失增大，机组的热效率明显下降。真空每降低 1%，发电热耗增加 1%。凝汽器真空降低，机组的出力也将减少，甚至带不上额定负荷。

b 当凝汽器真空降低，要维持机组负荷不变时，需增加主蒸汽流量，这时末级叶片可能超负荷。

c 当凝汽器真空降低使排汽温度升高较多时，将使排汽缸等部件受热膨胀，机组变形不均匀，

引起机组中心偏移，可能发生振动。

d 当凝汽器真空降低，排汽温度过高时，可能引起凝汽器铜管的胀口松弛，破坏凝汽器的严密性。

e 凝汽器真空降低时，排汽的体积流量减小，对末级叶片的工作不利。会使叶片产生自激振动，极易损坏叶片。

⑥凝汽器真空升高

主蒸汽压力和温度不变，凝汽器真空升高时，机组运行的经济性提高。但要维持较高的真空度，循环水泵就要消耗更多的电能。另外，真空提高到汽轮机末级喷嘴的蒸汽膨胀能力达到极限时，电负荷就不再增加，超过经济真空还会使末几级的蒸汽湿度增加，末几级的湿汽损失增加，加剧了蒸汽对叶片的冲蚀作用，缩短了叶片的使用寿命。

⑦另外，运行中还需经常监视、巡视的参数有：汽轮机的负荷与转速；各抽汽口的汽压；供热蒸汽的压力、温度与流量；凝结水的过冷度；循环水出入口温升及凝汽器的端差；凝结水硬度；各加热器进出口水温及疏水水位、温度；除氧器含氧量；发电机出入口风温；主油泵出口压力；调速油、脉冲油、保安油、润滑油压力；冷油器出口油温度；轴承和推力瓦温度；推力瓦工作面的乌金温度；主油箱油位与油过滤网前、后油位差；均压箱的汽压、汽温；转子的轴向位移；汽轮机的胀差；调速汽阀、油动机开度等。

3.2 运行中发生下列情况，应特别注意监视机组运行情况：

负荷发生急剧变化时。

蒸汽参数或真空发生变化时。

热网负荷发生急剧变化时。

锅炉并炉或运行不正常时。

机组单机运行时。

3.3 运行工况

为了保证机组安全，经济地运行，汽轮机必须严格控制在“热力特性曲线”所规定的工况范围内运行。

3.4 运行人员的基本工作

通过监盘，定时抄表，对各种表计的指示进行观察、对比、分析，并做必要的调整，保持各项数据在允许变化范围内。

定时巡回检查各设备、系统的严密性；各转动设备的电流，出口压力，轴承温度，润滑油量、油质及汽轮机振动状况；各种信号显示、自动调节装置的工作；调节系统动作是否平稳和灵活；各设备系统就地表计指示是否正常。保持所管辖区域的环境清洁，设备系统清洁完整。

按运行规程的规定或临时措施，做好保护装置和辅助设备的定期试验和切换工作，保证它们安全、可靠地处于备用状态。

除了每小时认真清晰地抄录运行记录表外，还必须填写好运行交接班日志，全面详细地记录8小时值班中出现的问题、解决办法以及处理结果。

3.5 运行中的巡回检查

巡回检查是了解设备、系统的运行情况，发现隐患、缺陷，保证安全运行的重要措施。因此运行人员必须认真仔细地做好检查，发现异常情况，要分析、判断，找出原因，及时予以消除，不能及时消除的，要采取措施，防止事态扩大，并及时汇报，做好记录交代。巡回检查的内容有：

汽轮机本体的检查

①前箱 调节系统的工作情况，如高、中、低压油动机的位置，传动机构有无卡涩，背紧螺母有无松动，窜轴和总膨胀，推力瓦温度，振动等情况。

②自动主汽阀 自动主汽阀开度。

③汽缸 前后轴封泄露情况，机组运转声音，排汽缸温度及振动。每当负荷变化和交接班时，必须听音。

④轴承 各轴承的温度、振动、轴瓦的回油温度及回油量，各油挡是否漏油。

⑤发电机、励磁机 出入口风温，冷却器的水压及出入口水温。

⑥主表盘 各种仪表、信号、自动装置、联动装置的工作状况，表管有无泄露和振动。交接班时必须试验热力信号的灯光、音响及联络信号。

一般运行泵的检查

对于电动机，应检查的内容包括：电流；出口风温；连锁装置的工作状况；轴承温度与振动；运转声音；电动机外壳接地线是否良好；地脚螺栓是否牢固等。

3.6 正常运行中的定期试验

为了防止自动主汽门被锈垢卡涩，每天白班运行人员将自动主汽阀手轮缓慢关回 1~2 圈，动作应灵活，然后再开启到原来的全开位置。

为了掌握机组的振动情况，每周一白班运行人员将 1~4#轴承的垂直、横向、轴向振动值测量一次，记录在振动记录簿上，同时记下当时的负荷、主蒸汽参数、凝汽器真空等数值。振动标准：20 μm 以下为优秀，30 μm 以下为良好，50 μm 以下为合格。

每月进行一次润滑油低油压及辅助油泵试验。联动高压油泵；联动交流油泵；联动直流油泵。

射泵、凝泵、循泵，每班盘泵一次，每月最后一白班应切换一次，并保证非运行泵处于良好备用状态。

4. 汽轮机的停机

4.1 停机前准备工作

接到值长的停机命令后，联系锅炉、电气运行人员和汽轮机运行的有关值班员，准备停机。

试转高压电动油泵、交直流低压油泵应正常，如果辅助油泵不正常时，应迅速检修好，否则不允许停机。

空转盘车马达应正常。

检查自动主汽门状况，其动作应灵活，不应有卡涩现象。

根据热网要求，做好投减温减压器的准备。

准备好必要的停机专用工具。

准备好停机操作票，并完成审批手续。

4.2 减负荷

1 当电负荷降至 2000KW 时，停抽汽。停抽汽前应将减温减压器投入运行，以保证热网正常供汽。

2 负荷降，低加出口水阀，保持凝结水母管水压，防止除氧器内的蒸汽向凝结水母管返汽，发生水击。

3 随负荷降低，及时开启各部疏水，注意润滑油温和机组热膨胀指示，注意调速系统的动作状况及轴承温度。

4 负荷到零，向电气发“注意”、“解列”信号。

5 减负荷时的注意事项：

①注意金属部件温降速度和温差，每下降一定负荷后，必须停留一段时间，使汽缸转子的温度缓慢均匀下降，一般金属的降温速度不超过 $1.5\sim 2.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，为保证这个降温速度，需以每分钟降 $300\sim 500\text{KW}$ 的速度减负荷。

②检查调速汽门有无卡涩现象，如有卡涩而不能在运行中消除时，应在通知电气后采取关闭自动主汽门或电动隔离门的方法进行减负荷解列停机。

③监视润滑油压，不应低于 0.05 MPa 。

④注意监视转子的轴向位移，汽轮机胀差的变化。

4.3 解列

接到电气发来的“注意”、“已解列”信号后，要密切注视汽轮机的转速，检查调节系统能否维持机组空负荷运行，当汽轮机超速时，应立即打闸停机。

确定解列后随即调整向后汽封的送汽，将自动主汽门关至 $1/3$ 开度，手拍危急遮断装置或按停机按钮，检查自动主汽门、调速汽门、抽汽逆止门应全关闭，并有信号发出。仔细倾听机组内部声音，注意各轴承振动。

记录转子惰走时间，汽轮机转速降低后，润滑油压降低时启动低压油泵，保证润滑油压正常，并注意主汽门是否关闭严密。如出现三台辅助油泵都不正常或不能启动时，应及时恢复向汽机供汽，维持主机正常转速，用主油泵工作保持油压，迅速处理油泵至正常后再停机。

开启汽缸及主蒸汽管道的疏水。

转速降至约 $1500\text{r}/\text{min}$ 时，停射水泵、停汽封加热器、停均压箱及轴封供汽，开真空破坏门，控制转速到零时，真空接近零。

关闭电动主闸阀，关闭送汽门，开启其它有关疏水。

绘制惰走曲线，记录惰走时间。

4.4 转子静止后应做如下工作：

转子静止后应立即投入盘车装置，连续盘动转子，盘车到调节级处汽缸温度降至 250°C 后，停止连续盘车，然后改为每过半小时把转子盘转 180° ，直到调节级处汽缸温度降至 150°C 为止。以后可间断盘车 180° 直至转子冷却。开机前 2 小时改为连续盘车。

转子静止后，必须保证润滑油泵连续向各轴承供油，一则是盘车需要，另外因为停机后，汽轮机转子温度仍然很高，其热量会沿轴颈向轴承传导，这就需要有足够的润滑油来冷却轴瓦，否则轴瓦温度将会上升得很高，甚至损坏乌金和引起洼窝内油质劣化。

当发电机风温降至 30°C 以下；回油温度降至 35°C 以下时，停空冷器，停冷油器。润滑油泵是否停运，还应根据盘车能否停止来确定。

在转子静止 1 小时后，排汽缸温度又不超过 50°C 时，停冷凝器的循环水，然后要特别检查汽水系统有无向汽缸漏汽、漏水现象。

关凝结水泵出口门，停凝结水泵。

关闭通向汽缸本体的各疏水门，严防在静止时漏汽到汽缸内，增加汽缸和转子的变形程度，在下次起动时磨弯大轴并严防停机后漏水到凝汽器时，在热状态时淹没转子使大轴弯曲。

(7)因特殊情况转子静止后，没能立即进行盘车，必须将转子静止时的位置做出记号，情况正常，预备启动盘车时应特别小心，当转子转动 180° 时，应停在此位置等待一段时间（略大于停止时间），等转子自己调直一些后，再根据情况进行连续盘车或定期盘车。

(8)盘车时一定要注意各轴承油流情况，无油流时严禁启动盘车。

若停机时间超过 15 天，应每天盘车 180° 。

5 汽轮机组的事故处理

5.1 故障处理原则

电力生产的基本方针是“安全第一”。

发生故障时，运行人员应迅速解除对人身和设备的危险，找出发生故障的原因，消除故障；同时应注意保持非故障设备的继续运行，必要时增加非故障设备的负荷，以保证正常供电供热。在处理过程中运行人员应设法保证厂用电的正常供应。为了完成上述任务，运行人员必须坚守岗位，集中全部精力来保持设备的正常运行，消除所有的不正常情况，正确迅速地执行上级命令。

机组发生故障时，运行人员一般应按照下面所述方法、顺序进行工作，消除故障：

①根据仪表的指示和机组外部象征肯定设备已发生了故障；

②迅速解除对人身和设备的危险，必要时立即解列发生故障的设备；

③迅速查清故障的性质，发生地点和损伤的范围；

④保证所有未受损害的机组能正常运行；

⑤消灭故障的每一个阶段，都需要尽可能迅速地报告值班长和车间主任，以便及时采取更正确的对策防止事故蔓延。

⑥如果班长、值班长不在事故现场，运行人员应根据运行规程有关规定，自己及时进行处理，如果已达到紧急故障停机条件，为保证主设备的安全，应果断打闸，破坏真空停机，千万不可存在侥幸心理或担心承担责任而犹豫不决，拖延了处理时间，造成事故扩大。

消灭事故时，动作应当迅速正确，但不应急躁、慌张。在处理事故时接到命令后应复诵一遍，如果没有听懂，应反复问清，命令执行后，迅速向发令者报告。

运行班长在处理事故时受值长的领导，但在汽机车间的范围内工作完全独立。发生故障时，班长应迅速参加消灭故障的工作，并尽可能首先通知值班长，同时将自己所采取的措施报告值班长和车间主任，值班长的所有命令，班长必须听从。

在机组发生故障时，必须到现场监督消除故障工作，并给予运行人员必要的指示，但这些指示不应和值长的命令相抵触。

(6)从机组发生故障起直到消除故障机组恢复正常状态为止，值班运行人员不得擅自离开工作岗位。如故障发生在交接班的时间，应延迟交接；在未签写交接班日志前交班的运行人员应继续工作，并在接班人员协助下消除故障，直到机组恢复正常运行状态或接到值班长关于接班的命令为止。

禁止与消灭故障无关的人员停留在发生故障的地点。

班长在机组发生故障时对所属工作人员发布的命令，应以工作人员不离开原来岗位地点就能执行为原则，并使工作人员能兼顾到原来岗位工作，和继续监视主要仪表指示的情况。

运行人员发现自己不了解的现象时，必须迅速报告班长，共同实地观察研究查清。当发现本规程没有规定的故障现象时，运行人员必须根据自己的知识判断，主动采取对策，并尽可能迅速把故障情况通知班长。

故障消除后，班长应将所观察到的现象、故障发展的过程和时间、所采取的消除故障措施，正确的记录在班长工作记录本上；司机应同时将机组故障的情况和经过记录在运行工作日志上。

5.2 故障停机

故障停机，不破坏真空。

故障停机的操作步骤

①应联系电气，降负荷到零，解列发电机。

②手打危急保安器或手按“停机”按钮，检查主汽门、调速汽门及抽汽逆止门应关闭，并有信号发出。

③接到电气发来的“注意”“已解列”信号后，查看转速是否下降，若没有下降，应手按发电机事故按钮自行解列。

④启动交流油泵或直流油泵。

⑤开启再凝结泵循环门，保持热井水位。

⑥保持轴封供汽。

⑦根据要求投入减温减压器，关闭抽汽电动门。

⑧以下操作按正常停机操作进行。

汽轮机在下列情况下应破坏真空紧急停机

紧急停机的操作步骤：

①手打危急保安器或手按“停机”按钮，检查主汽门，调速汽门及抽汽逆止门应关闭，并有信号发出。

②发电机分闸。

③查看转速是否下降，若没有下降，应手按发电机事故按钮自行解列。

④启动交流油泵或直流油泵。

⑤通知班长和值长，必要时通知车间主任。

⑥停射水泵，停轴封供汽，开启真空破坏门，破坏真空。

⑦开启凝结泵再循环门，保持热井水位。

⑧解开调压器。

⑨必需时通知电气加上励磁，加快转速降低速度。

⑩关闭抽汽电动门，根据要求投入减温减压器。

(1)以下操作按正常停机操作进行。

5.3 主蒸汽参数不符合额定规范

主蒸汽压力变化

①正常运行时主汽门前主蒸汽压力允许 3.1-3.5MPa 范围内变化。

②主蒸汽压力升高至 3.5MPa 时通知锅炉降压，当汽压升高至 3.6MPa 时，报告值长要求降压。

若 30 分钟不能恢复正常，且节流无效，应开放空泄压。在此情况下每次连续运行不得超过 30 分钟，全年累计不得超过 20 小时。

③当主蒸汽压力降到 3.10MPa 时通知锅炉升压，当汽压低于 3.0MPa 时报告值长要求升压，同时联系电气按下表减负荷，直至停机。

主蒸汽温度变化

①在正常运行中主汽门前主蒸汽温度允许在 440-425℃ 范围内变化。

②当汽温升高大于 440℃ 时，通知锅炉降温，当汽温升高至 445℃ 时，报告值长要求降温，若 30 分钟不能恢复正常，应故障停机。在此情况下不得超过 30 分钟，全年累计不得超过 20 小时。

③当汽温降至 425℃ 时，通知锅炉升温，当汽温降至 420℃ 时，报告值长要求升温，同时开启主蒸汽管道疏水，并减负荷直至停机。

④当主蒸汽压力、温度同时下降时，总的减负荷量为各自应减负荷之和。

⑤汽温汽压变化时，应注意调整轴封供汽，注意检查机组振动，推力瓦轴承温度、转速、有无水击现象，发现异常应及时处理。

5.4 冷凝器真空下降

真空变化范围

正常运行冷凝器真空允许在 -0.084~-0.096MPa 之间变化。

冷凝器真空下降的象征

①真空指示下降，信号报警。

②排汽温度、凝结水温度升高。

③同负荷下进汽量增加或进汽量不变而负荷下降。

发现真空下降时检查的项目

①迅速检查循环水压力，温度是否正常。

②检查冷凝器水位是否升高及凝结泵是否正常。

③检查汽封供汽情况及汽封加热器，均压箱工作是否正常。

④检查射水泵工作情况及射水箱水位和温度是否正常。

⑤检查加热系统水位是否正常或空气门开的是否过大。

⑥检查与冷凝器有关的疏水门和空气门的盘根、法兰是否漏汽。

真空下降的原因

①循环水量不足或中断，冷凝器循环水集结空气。

②冷凝器铜管结垢或污脏。

③凝结泵工作失常，热井水位过高或备用泵逆止门不严。

④轴封供汽中断或不足。

⑤真空系统的管道、法兰或附件漏气。

⑥射水泵工作失常。

⑦低加空气门开度过大。

⑧凝汽器铜管泄露。

⑨循环水温度是否过高。

⑩射水箱水温过高。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/708007030112007000>