

第三篇 离心式压缩机

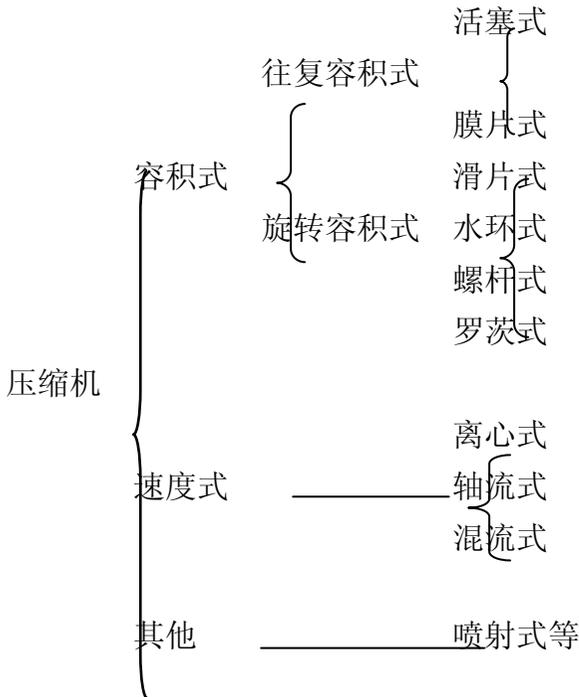
● 应知部分

1. 压缩机的作用是什么？

答：压缩机的作用是将气体压力增大或者将气体从一个设备送往另一个设备，它由蒸汽透平或电机驱动，将机械能转变为气体的压力能，使气体的体积缩小，压力增高。

2. 压缩机的基本类型有哪几种？

答：压缩机按作用原理可分为：



3. 什么是压缩比？

答：压缩机的最终排气压力 P_2 (绝)与最初吸气压力 P_1 (绝)之比，叫压缩比，以 ε 表示： $\varepsilon = P_2 / P_1$

4. 气体的三要素是什么？

答：通常把压力 P、温度 T、容积 V 称为气体的三个要素。

5. 离心式压缩机的主要结构有哪些？

答：(1)转动部分：由主轴、叶轮、平衡盘、推力盘、联轴器、轴套等零件组成，称为转子。

(2)固定部分：由机壳、隔板、密封和轴承等部件组成，称为定子。

(3)辅助系统：包括密封油系统、润滑油系统等。

6. 透平的主要结构有哪些？

答：(1)透平本体：

转动部分：由主轴、叶轮、轴套等组成。

固定部分：由汽缸、隔板、喷嘴、汽封等组成。

(2)调速保安系统：

由调速器、自保装置和油动机系统组成。

(3)辅助设备：

包括润滑油系统、控制油系统、汽封冷凝系统等。

7. 离心压缩机的工作原理是什么？

答：同离心泵一样，借助于机壳内作高速旋转的叶轮，带动气体一起旋转，使气体产生很大的离心力和很高的流速，离心力使气体的压力增大，而高速则使气体的动能增加，再通过扩压流动将动能转化为压力能，使气体的压力升高。

8. 简述蒸汽透平的工作原理？

答：蒸汽透平也叫汽轮机，是将蒸汽的热能转化为机械能的机械装置。

冲动式汽轮机的工作原理是：过热蒸汽以一定的压力和速度通过特殊形状的喷嘴，在喷嘴内膨胀，压力下降，速度上升，然后流入工作叶片，气流流过工作叶片时，改变流动方向，将它的一部分能量转换成转子旋转的机械能，而气流速度降低。因为，沿气流间隙的叶片间槽道截面相同，蒸汽不再膨胀，而经过排汽管离开汽轮机，即蒸汽的热能是在喷嘴内转化为动能，在叶片中再把动能转换为主轴的机械能，从而带动压缩机作功。

9. 汽轮机如何分类？

答：(1)按热力过程的特征分：

凝汽式：N

抽汽式：C

背压式：B

(2)按工作原理分：

冲动式

反动式

混合式。

(3)按进汽压力分为：

低 压：1.2 ~2.0MPa (绝压)

中 压：2.1 ~8.0MPa

高 压：8.1 ~15.0MPa

超高压：15.1~22.5MPa

超临界：22.5MPa 以上

10. 什么是背压式汽轮机？它的优点是什么？

答：蒸汽进入透平做功以后，全部以某一特定的压力排出(排出压力大于大气压力)，以供它用，这种汽轮机称为背压式汽轮机。

优点是：蒸汽的全部热能都能利用，而且可以省去凝汽器等设备，使汽轮机构造大大简化。

我车间的循环氢压缩机采用背压式汽轮机驱动，背压为 1.0 ± 0.2 MPa。

11. 压缩机的主要性能指标是什么？

答：主要性能指标有流量、压缩比(排气压力)、转速、功率、效率等。

12. 什么叫临界转速？本车间各装置汽轮机和压缩机的临界转速为多少？

答：离心式压缩机、汽轮机和鼓风机等高速旋转机械的转子，由于受材质、加工及装配等方面的影响，不可能作到绝对平衡，其质心与轴心之间总存在一偏心距 e 。在高速旋转时，由于偏心距 e ，在转子中的不平衡质量就会产生周期性的干扰力和干扰力矩，当作用于转子上的干扰力和干扰力矩的频率等于或接近于转子的固有震动频率时，机器便生强烈的振动，此振动称之为共振，机器发生共振时的转速称之为临界转速。

加氢裂化装置：

汽轮机的第一临界转速：5536r/min

压缩机的第一临界转速：5536r/min

压缩机的第二临界转速：22025r/min

13. 什么叫额定转速？本车间压缩机额定转数为多少？

答：压缩机达到铭牌额定的流量和压力应该具有的速度称为额定转速。在该额定点，一般来说，压缩机效率最高，也常作为设计点。

加氢裂化装置离心压缩机额定转速为：11970r/min

14. 什么叫静平衡？动平衡？它们之间有什么关系？

答：转子在静止状态时的平衡情况称为静平衡。

转子在转动状态时的平衡情况称为动平衡。

对单位叶轮而言，达到静平衡，即达到动平衡，对多个叶轮而言，静平衡不能等于动平衡。

静平衡试验是检验径向平面内的质量是否分布均匀。

动平衡试验是检验轴向和径向平面内的质量是否分布均匀。

15. 什么是离心压缩机的特性曲线？

答：特性曲线是反映其流量、压缩比、功率和效率相互关系的曲线，离心机转速可以在很大范围内调节，对应每个转速都有不同的特性。

由特性曲线可得出下列结论：

(1)在一定转速下，增大流量 Q ，压缩比将下降，反之则上升。

(2)在一定转速下，当流量为某个值时，压缩机效率达到最高值，当流量大于或小于此值时，效率将下降，一般以此流量的工况点作为设计工况点。

(3)性能曲线左边受到喘振工况的限制，右边受到滞止工况的限制，二者之间的区域称为压机的稳定工况区域，该区域的大小是衡量压机性能的一个重要指标。

(4)压缩机的级数愈多，则气体比重变化的影响越大，特性曲线越陡，稳定

工况区域也越狭窄。

(5)转速越高，性能曲线越陡，稳定工况区域越窄，此外，整个压缩机的性能曲线会向大流量方向移动。

16. 透平和压缩机在升速过程中为什么要快速通过临界转速？

答：在临界转速下，将发生强烈的转子共振，从而使得转子部件产生很大的附加应力，动静部分摩擦碰撞严重时会造成部件损坏、轴断裂、磨损加剧、密封损坏等，所以决不允许透平和压缩机在临界转速下长时间运转，升速过程中应快速通过，正常工作点应尽可能远离临界点。

17. 什么是喘振现象？什么叫喘振流量？

答：当压缩机的气量减少到一定程度，由于体积流量不足，引起瞬时的周期性的气体回流，伴随着低沉的噪音和强烈的震动，使压缩机操作极不稳定，这种现象称为喘振或飞动。

具体解释如下：当进入叶轮的气量小于额定流量时，在流道内会形成旋涡，产生气流分离现象。在流量进一步减少到某一值时，气流的分离区扩大到整个流道，产生严重的旋转脱离，使压缩机的出口压力突然下降，无法向管路压送气体。这时，具有较高压力的管路气流就会倒流进入叶轮，直至两者的压力相等，压缩机又恢复正常工作，重新向管路压送气体，但这样有使叶轮流量减小，气流分离重新发生，管路气体又倒回来，再一次重复上述过程，如此，周而复始地进行，使压缩机和其后的连接管线产生周期性的气流震荡现象，引起转子动应力的增加，机组强烈振动和压缩机的不稳定运行。

压缩机发生喘振时的流量叫喘振流量，不同转速下其喘振流量不同。

18. 如何防止喘振现象发生？

答：(1)根据工艺要求，保证足够的流量，使压缩机处于稳定工况区。

(2)根据工艺条件变化，及时调节转速，使压缩机远离喘振点。

(3)采取出口放空或出入口之间增加旁路（反飞动阀）的措施，保证入口足够的气体流量。

19. 汽轮机为什么设置滑销？

答：汽轮机在启动、停机和负荷改变时，汽缸各部分的温度都要发生很大的变化。这样，汽缸随着温度的变化，要发生相应的胀缩，这个胀缩如果不能合理、自由地进行，将会造成汽缸变形，各部件间隙发生变化，为了保证汽轮机安全运行，在汽缸、轴承座和机座间装设一系列滑销，引导汽缸沿横向、轴向、垂直方向合理胀缩，以保持汽缸中心位置不变。

20. 循环氢压缩机组采用了哪几种轴封型式？各有何作用？

答：采用了三种轴封型式：

(1)迷宫密封：透平和压缩机上都采用，主要是阻止蒸气或氢气沿轴外漏，它不能起到完全密封的作用，只能减少气体的泄漏。

(2)抽气密封：只用于透平，透平两端虽然安装有迷宫密封，但是仍然不能避免蒸汽沿轴泄漏，为了防止蒸汽沿轴向泄露到轴承箱。在透平上还设置了抽气密封装置。

(3)干气密封：在压缩机轴两端设置干气密封，用来密封从迷宫密封处泄露的少部分气体，C4102 采用这种密封。

21. 对压缩机出口反飞动阀的要求是什么？

答：当压缩机流量小于喘振流量时，应立即打开出口反飞动阀，使一部分气体返回入口以增加流量，避免压缩机在喘振工况下运转，要求该阀动作迅速、灵敏、阀位与信号成线性关系。关闭时，泄漏量小，具有较高的稳定性。

22. 汽轮机为什么会产生轴向推力？推力轴承和径向轴承各起什么作用？

答：汽轮机的每一级动叶片都有一定的反速度，因此，它的每一级叶轮前后都存在着一一定的压差，这些压差就产生了顺着气流方向的轴向推力。另外，还有隔板气封间隙中的漏汽也使前后叶轮产生压差，形成与蒸汽流向相同的轴向力。

推力轴承的作用是使汽轮机转子和汽缸之间的轴向位置相对固定，并承受转子在运行中的轴向推力。

与离心式压缩机同理，汽轮机也会产生轴向推力，径向轴承的作用是支持转子并保持汽缸与转子同心。

23. 润滑油的作用是什么？

答：减少磨损、降低温度、防止锈蚀、传递动力、减少振动，冲洗、密封。

24. 什么是轴位移？有什么危害？

答：压缩机与汽轮机在运转中，转子沿着主轴方向的串动称为轴向位移，轴位移变化说明机组的动、静部分相互位置发生变化，如果位移值接近或超过动、静部分的最小轴向间隙时，将发生摩擦碰撞，损坏机器。

25. 什么叫磨损？

答：物体工作表面的物质，由于接触面之间的摩擦而不断损失的现象称为磨损，分为粘着磨损、腐蚀磨损、磨料磨损、冲蚀和接触疲劳磨损五种。

26. 迷宫密封的原理是什么？

答：压缩机缸体的气体向外泄漏，其原因是机内压力高于外界压力，两者之间存在一个压差， ΔP 越大，泄漏量越大，当 ΔP 趋于零时，则泄漏量也趋于零。当带压气体通过迷宫密封的第一个梳齿时，截面积突然减少，气体产生节流，在齿尖处的流速大大加快，气体的部分静压能转为动能，气体通过齿头后截面积的突然增大，气体速度下降，气体的部分动能又转变为静压能，由于在齿尖处流通面积的突然缩小和扩大，阻力系数很大，高速气体通过时的压力损失也很大；同时，气流在两梳齿间的空腔内会产生旋涡，消耗部分动能。所以气体通过第一梳齿后的压力 P_2 必然小于缸内压力 P_1 同样道理，气体通过第二梳齿后，压力 $P_3 < P_2$ ，以此类推，当泄漏气体连续通过几个梳齿后，压力逐渐减少到等于大气压力，此时压差 ΔP 趋向与零，以达到密封的目的。

27. 迷宫密封有什么优缺点？

答：优点是：(1)对高温、高压、高速和大尺寸密封部位特别有效；(2)密封性能良好，特别在高速下密封性更好；(3)相互无摩擦，功率消耗少，使用寿命长；

缺点是：不能完全阻止气体的泄漏，梳齿加工精度高，装配困难，常因机组运转不良而磨损，磨损后密封性能大大下降。

28. 浮环密封的原理是什么？

答：浮环密封是一种非接触性密封，它的密封原理是建立在流体力学基础上，属动力密封。浮环是套在轴上的浮动环，与轴之间有一定的间隙，工作时从外界注入封油，这样在高速旋转轴与浮环内壁之间形成一层有张力的油膜，由于油的粘滞作用被轴带动，油膜作层流或紊流流动，产生很大的流体动力，因而可以把油膜看作一个“刚度”很大的圆柱面，这个“刚度”很大的油膜不仅可以托起浮环，使其悬浮在油中，随轴的位置而浮动，而且可以有效地阻止介质在压差下从浮环与轴之间的间隙通过，对介质起密封作用。

下图为浮环密封结构简图。

封油进入腔后，首先流经内浮环的外圆周，对其进行冷却，然后分两路进入浮环与轴之间的空隙，一路经外浮环流出，阻止外界大气串入机体，另一路通过内浮环与通过迷宫密封泄漏到 B 室的工艺气体接触混合后排出机体，经外浮环排出的油未受污染，可直接回油箱，重复利用，由内浮环排出的油受到污染，先排到油气分离器进行油气分离，气体排出，分离出来的酸性油经脱气槽处理后再回油箱使用。

29. TBS 的原理是怎样的？

答：TBS 是一种根据 ALLIS CHALMER 许可证协议制造的非接触性液体密封。旋转部件足够的尺寸间隙可以保证使用寿命长。

在压缩机停止过程中，TBS 的密封操作如下：密封油被送到密封处，与工艺气体相比，压强过剩。在密封中密封油被分为三个方向的支流。其中一股

比较小的支流经过浮动环和密封衬套的间隙，流到气体侧的密封油排放处；由于压力梯度，其中一股比较大的支流经过浮动环和密封衬套的间隙，流到空气侧的密封油排放处；另外一股支流则流经内密封壳的冷却孔。

在压缩机转子旋转过程中，TBS的内侧就象一台离心泵。在密封中密封油被分为三个方向的支流。其中一股比较小的支流经过浮动环和密封衬套的间隙时，由于旋转密封衬套的两次抽吸作用引起压力升高，密封油经加压后流到气体侧的密封油排放处；由于压力梯度，其中一股比较大的支流经过浮动环和密封衬套的间隙，流到空气侧的密封油排放处；另外一股支流则流经内密封壳的冷却孔。

由于密封油的压力在其高位罐压力控制下比气体压力高 0.015MPa，从而防止机内工艺气体泄漏。

30. 浮环密封的特点及优缺点？

答：特点是浮动环可随着轴的位置而浮动。当轴旋转时，在间隙中封油形成油膜，由于流体动力作用，这种膜具有支撑力，当支撑力足以克服浮环与端面的摩擦力和环的自重时，环就被封油托起，这样环与轴自动同心，它们之间形成一道“刚度”极大的膜，阻止介质泄漏的作用。

优点是具有稳定的密封作用，耐高温，可多个并排使用，组成多个浮动环，密封消耗功率小。

缺点是密封件制造精度要求高，结构复杂，价格昂贵，需要一套复杂的自动化供油系统。

31. 油气分离器的作用是什么？

答：从内浮环流出的密封油含有工艺气体，必须经油气分离器处理后才能排放，若气体不放空，将导致 B 室内压力不断上升，最后与压机侧压力平衡。B 室内的封油在温度和轴的扰动作用下，会形成油雾，油雾将沿迷宫密封扩散到气缸内，污染工艺气体，为防止油雾扩散到气缸内，应当使缸内气体以一定的速度通过迷宫密封向 B 室泄漏，油气分离器的作用就是通过气体排空进行减压，排气速度由排气管上的限流孔板来控制，排气量控制在压缩机气量的 0.05~0.1%。

32. 封油高位罐的作用是什么？

答：有两个作用：

(1)维持封油压力高于被密封气体的压力（0.035~0.04Mpa/柴油；0.013~0.015Mpa/渣油）

(2)在事故状态下，假若备用泵不能启动，可在限定时间内，保证向密封环供油。

33. 为什么要严格控制高位罐的液面？

答：高位罐的液面决定了封油压力高于气体压力的压差，另外高位罐上部还必须有一定的气相空间，如果液位过高，则气相空间减小，可能使封油倒流入压缩机，如果液位过低，则降低了封油压差，不能充分保证密封性能。封油高位罐液面低于一定值时，发出报警，并自启动备用泵；液面高于一定值时，也会发出报警，液面太低时，机组联锁动作，自动停机。

34. 润滑油和封油过滤器为什么要设置压差报警？

答：油通过过滤器，必须克服过滤器的阻力，这样就消耗掉一部分能量，在过滤器前后产生一定压差，如果过滤器被机械杂质堵塞，那么有效的流通面积就会慢慢减小，阻力增大，因此，过滤器前后压差大小，直接反映了过滤器的堵塞情况，过滤器堵塞将导致滤后油压下降和供油量减少，影响轴承润滑和密封，所以机组规定了过滤器前后压差的极限值，达到这个数值时就会发生报警，提醒操作人员对过滤器进行切换和清洗。

35. 过滤器前后压差突然降低是什么原因？如何处理？

答：正常情况下，过滤器前后压差随着过滤器的堵塞逐渐增大，为维持滤后的油压，滤前油压调节系统动作，通过控制回油量逐渐提高滤前油压，由于前后压差增大，有时会损坏过滤网，使其破裂，这样压差会突然降低，这意味着一部分油未经过滤就进入系统，是不允许的，应立即切换滤油器，对损坏的过滤网进行更换。

36. 如何对油气分离器液位进行手动调节控制？

答：正常情况下，分离器的液位是自动调节的，通过液位调节器控制调节阀的开度进行排油，用手动控制时，可采用三种：

- (1)利用两个分离器的连通阀，调节进两个分离器的流量。
 - (2)利用调节阀的副线阀，控制液位。
 - (3)将调节阀改为手动，人工控制风压大小，操作调节阀。
- 注：柴油加氢循环机两个分离器无连通阀。

37. 密封油高位罐的液位是如何实现自动控制的？

答：(1)C1101：高位罐的液位是一个非常重要的控制参数，为确保液位的平衡，采用双重控制调节措施，压差控制和液位控制，首先利用高位罐参考气压与过滤油压的压差，控制液位调节阀的压力，使封油压力始终高于参考气压力 0.04MPa，以尽量减小油压波动对后面液位调节的影响，其次利用高位罐液位调节器控制调节阀开度，以保证高位罐的液位平稳。

(2)C102 的封油高位罐液位控制与 C1101 不同，它是直接用高位罐液位控制阀控制回油箱的油量，来实现液位控制的。

38. 润滑油系统有什么作用？润滑油为什么要严格过滤？

答：在机组运行中，润滑油主要有三个作用：一是向机组的径向轴承、止推轴承、联轴节及其它传动部分供油，形成一层油膜，大大减小了磨擦阻力，起润滑作用。二是带走因磨擦而产生的热量和高温蒸汽及压缩后升温的气体通过主轴传到轴颈上的热量，以保证轴承及轴颈处温度不超过一定值（如一般不超过 60℃），起到冷却作用。三是向透平的调速系统提供控制油，作为各液压控制阀的传动动力，保证调速保安系统正常工作。

由于机组转速很高，如果油中含有杂质，会堵塞进轴瓦的通道，使轴瓦、轴颈磨损而且杂质本身也会磨损轴瓦。另外，油中的杂质可能会堵塞调速系统的油门及各个油的通道，造成调节失灵，所以对油的清洁度要求很高，除油泵入口装有粗滤器之外，出口还装有精度为 10um 的过滤器。

39. 润滑油为什么不能含水？

答：由于水起不到润滑作用，且会使油乳化，破坏轴瓦的油膜而造成磨损，另外控制油中含水会使得油门生锈，影响调速效果。

40. 封油系统的作用是什么？为什么要严格过滤？

答：主要是向压缩机浮环密封提供一定压力和流量的密封油，保证压缩机易燃易爆的氢气介质不泄漏到机外，工作时，封油要通过浮环和主轴之间的间隙，不清洁的油会堵塞管道，磨损部件，所以封油要严格过滤。

注：C102 内侧不采用回浮环，但封油系统作用相同，保证压机内氢气介质不沿转轴泄漏到机外。

41. 润滑油系统的蓄能器起什么作用？

答：润滑油系统的作用之一是向透平调速系统提供控制油，控制油量不大，但要求油压稳定，在滤油器后面安装有两个球胆式蓄能器，橡胶球胆内充入一定压力的氮气，壳内为贮油空间，蓄能器的作用主要是稳定控制油压，在主油泵停运，辅助泵启动瞬间或者在切换过滤器、冷却器瞬间油压将会下降，此时橡胶球胆依靠缓冲氮气的压力立即膨胀，使控制油压保持稳定。不至于造成油压的波动。

42. 润滑油系统的油压如何控制？

答：润滑油系统的作用一是向轴承提供润滑油，二是向调速系统提供控制油，控制措施是：

(1)利用泵出口回流到油箱的油量，排除过滤器及冷却器压差变化的影响，确保调速系统控制油压力 0.85MPa 左右。

(2)在控制油线上，引出润滑油线再安装调节阀，利用阀后压控制调节阀的开度，确保到轴承的润滑油压为 0.15MPa 左右。

43. 润滑油系统的低油压保护内容有那些？

答：①润滑油一次压力低于 0.72MPa，报警，备用泵自启动。

②润滑油总量压力低于 0.17MPa，报警。

③润滑油总量压力低于 0.15MPa，报警，主机停车。

④汽轮机控制油压低于 0.7MPa，报警。

⑤控制油压力低于 0.15MPa，报警，停机。

⑥主机启动时，润滑油压 \leq 0.15MPa，控制油压 \leq 0.15MPa，否则，主机无法启动。

44. 润滑油系统油温控制有那几点？为什么要进行控制？

答：油温控制有四个点：

- ①启动前油温必须达到正常 35℃，并以此为启动条件之一；
- ②当供油温度高于 55℃时，发出报警，提醒进行调节；
- ③当供油温度低于 35℃时报警。
- ④油罐油温高于 80℃时报警。

润滑油粘度是随温度而变化的，尤其是 50℃以前，变化范围较大，温度低，油的粘度大，油温度高，粘度小。透平和压机都是高速旋转的机械，轴承的间隙很小，如过油温低于 20℃，黏度过大，就不能保证油流畅地进入轴承，使轴承得不到均匀的润滑，当有温超过 50℃时，黏度小，油变稀，油膜太薄，刚度不均，保证不了润滑效果，使轴承磨损加大。

润滑油流经轴承，由于轴承和轴相对运动，磨擦生热，一般情况下，出口油温会略有升高，如果出口油温过高，超过 20℃，则表明润滑状态不好，轴承磨损大，应引起注意，及时检查处理。

45. 润滑油压力下降的主要原因有那些？

答：(1)控制阀失灵；

(2)冷却器泄漏；

(3)油箱液位低；

(4)泵故障不上量；

(5)过滤器堵塞。

46. 润滑油回油温度高的原因有那些？

答：(1)油量不足；

(2)油质劣化；

(3)冷却水不足；

(4)油路堵塞；

(5)轴承磨损大；

(6)油粘度大；

(7)油中带水；

(8)油压下降。

47. 润滑油含水原因有那些？

答：(1)冷却起泄漏；

(2)抽气密封真空度下降，汽轮机轴封处泄漏蒸汽串入润滑油；

(3)空气湿度大。

48. 润滑油质量劣化对机组有什么危害？

答：(1)润滑油由于和空气混合后，会出现泡沫过多，使油泵效率下降，油压降低，使调速器动作迟缓。

(2)由于油的氧化使酸值增高，呈现酸性，使同油接触的各个部件发生腐蚀、生锈，使轴承发热，调速系统出现卡涩，危急保安系统不能动作；

(3)油中含水和杂质，使油的色泽极不透明，变为乳化液，失去润滑作用，使轴承乌金熔化；

(4)由于油中混入了低沸点的液态烃和汽油等使油的粘度下降，造成润滑及密封性能下降，甚至会引起机组振动。

49. 轴承分为几类？本车间机组采用何种轴承？有什么特点？

答：按摩擦性质不同，分为滚动轴承和滑动轴承两大类，本车间机组采用滑动轴承。滑动轴承运转平稳，耐冲击，噪音小，承载能力强，大功率和其他条件比较苛刻的场合。缺点是对润滑要求比较高，结构较复杂。

50. 透平背压为什么不能太低？

答：本车间两台透平按设计要求背压为 1.2MPa，最低不得低于 0.75MPa。透平和压缩机进出口都存在着很大的压力差，压差的存在会产生轴向推力，设计时已考虑到使透平和压缩机产生的轴向推力方向相反，压缩机还设有平衡装置，这样很大一部分轴向力得到了平衡，剩余部分由止推轴承承受，如果透平背压太低，透平产生的轴向力增大，就会增加止推轴承的负荷，使其发热，磨损加快，同时机组振动和噪音增大，因而背压较低时，应注意重点检查止推轴承的温度和机组的振动与噪音情况。

51. 开机前汽轮机为什么要进行低速暖机？

答：低速暖机是透平在低转速下的预热过程，目的有两个：

(1)汽轮机在启动时，要求一个适当时间进行低速暖机，冷态启动时低速暖机的目的是使透平各部件充分预热膨胀，保证转子的弯曲度，各部件符合设计要求，使汽缸、隔板、喷嘴、轴、叶轮、汽封和轴封，避免发生变形和松弛，或者发生动静件摩擦。透平壳体很重，各部分厚薄不匀，入口蒸汽温度达到430℃，如不在低速下暖机，各部件受热不均匀，膨胀不一，会造成轴弯曲，各部间隙变化，轴承受受到附加压力，甚至导致迷宫密封的损坏而发生严重事故，一般暖机规定了转速，转速太低，油膜建立不好，会使轴承受损。

(2)为了彻底排出机壳内的凝结水，启动前，透平处于常温下，高温蒸汽进入机体内会凝结，严重时会产生水击，高速运转时会损坏叶片，振动加大。暖机过程中，通过预热升温，排净冷凝水，可避免事故发生。

(3)对于未完全冷却的汽轮机，特别是没有盘车装置的汽轮机，在启动时也必须低速暖机，其目的是防止轴弯曲变形及以免造成通汽截面动静部分的摩擦。

52. 低速暖机的转速为什么规定在 300~500 转/分？

答：规定在 300~500 转/分暖机，这主要因为转速太低，则轴承油膜建立不好，容易造成轴承磨损，太高则造成暖机速度太快。本机的低速暖机速度为 300~500 转/分。

53. 透平停车后为什么要盘车？

答：透平壳体薄厚不均，上部较薄，冷却速度快，下部与基座相连，冷却速度慢，停车后如不盘车，转子处于静止状态，其上部冷却快，下部冷却慢，这样上下的收缩率不一样，形成转子弯曲，轴和轴承产生附加应力，容易损坏，所以，停车后应每 15 分钟盘车一次，1 小时后每 30 分钟盘车一次，使转子均匀地冷却至较底温度。

54. 蒸汽喷射器（射汽抽气器）抽真空的工作原理是什么？

答：具有一定压力的蒸汽从喷嘴进入抽气器，在通过喷射器的喉管时，由于截

面积缩小，且蒸汽进入喷嘴时焓降很大，因此蒸汽流速很高，可达成 1000m/s 以上。在这样高速下，蒸汽压力非常低，同时在喷嘴的后部形成真空，于是汽封泄漏气体被抽出来与蒸汽混合，通过扩压段时，由于截面积逐渐增大，混合气流速度减小，压力逐渐增高，到达出口时已高于大气压，保证顺利排放，从而起到抽气的目的。

55. C4102 汽轮机密封冷凝器壳体上为什么要设置 U 形水管？

答：冷凝器在负压下操作，正常情况下，真空度为 300mm 水柱，蒸汽在容器内凝结，既要求冷凝水不断排出，又不允许外界大气串入，故设置 U 形水管，当容器的真空度升高时，水封高度也增加，即容器内的液位高低随真空度变化。

泄漏蒸汽在容器内冷凝，使得容器内的液位升高，此时，由于水封高度大于真空度，就会有一部分水从 U 形管内排出，压力又恢复平衡，开车前 U 形管内必须先充水密封，防止大气串入，否则抽不上真空。

56. 透平压缩机组有那几个启动条件？

答：

- (1)压缩机出口防喘振阀全开。
- (2)润滑油总管压力正常： $\leq 0.15\text{MPa}$
- (3)润滑油温度正常： 45°C
- (4)润滑油高位罐液位正常。
- (5)密封油高位罐液位 $\leq 22\%$ 。
- (6)密封油高位罐液位 $\geq 58.5\%$ 。
- (7)密封油温度正常 45°C
- (8)缓冲气压力： 15.6MPa 。
- (9)汽轮机控制油压正常： $\leq 0.15\text{MPa}$ 。
- (10)油气分离器液位 $\leq 15\%$ 。
- (11)汽轮机排汽压力 $\leq 0.95\text{MPa}$ 。
- (12)汽轮机排汽压力 $\geq 1.35\text{MPa}$ 。
- (13)汽轮机具备开机条件。

57. 推力轴承磨损或发生烧坏事故原因有那些？

答：①蒸汽带水；②推力瓦制造、安装质量差；③叶片积垢；④油质劣化，油中带水；⑤油中断；⑥机组膨胀不均；⑦串轴。

58. 汽轮机汽封抽汽器系统包括哪些设备？它们的作用是什么？

答：汽轮机汽封抽汽系统包括汽封冷却器、喷射器（汽抽子）。汽封冷却器用于冷却从汽轮机中抽出的空气和水蒸汽。喷射器用于造成冷凝系统负压，形成汽封冷却器和汽封之间的压差，把泄漏的空气和蒸汽排进冷却器。

59. 为什么要进行汽封抽汽？

答：起动前汽轮机内有空气，暖机过程中也会有部分蒸汽从轴封泄漏，因此起动前就应该先起动汽封冷却器和喷射器。

60. 汽轮机启动前为什么要暖管？

答：由于启动前主蒸汽管道和阀门、法兰等处于冷状态，故先以 0.05~0.5MPa 压力进行暖管，使管路缓慢受热膨胀均匀，不致于过大的热应力。暖管工作的要求是控制主蒸汽管道及其附件的温升速度，在一定压力下，把蒸汽管道连接法兰，阀门和汽空均匀地逐渐升温，然后升压，升压的目的是为了暖管，升压时每分钟 0.15~0.35MPa 升压速度逐渐额定压力。（本汽轮机升压速度规定为 0.35MPa/min）。

61. 汽轮机启动前为什么要疏水？

答：因为汽轮机启动前要暖管、暖机，蒸汽在汽缸内遇冷马上凝结成水，凝结水如不及时排出，高速的蒸汽流就会把水夹带到汽缸内把叶片打坏，或造成叶片冲蚀。另外，停机情况下，更要造成汽缸内部有凝结水腐蚀汽缸内部。此外，在运行中一些锅炉操作不当，发生蒸汽带水或水冲击，也要使汽缸过水，必需从汽缸把这些水放掉，以保证设备的安全。因此开机前必须打开疏水阀疏水。

62. 为什么启动前油温不能低于 25℃，升速时不能低于 30℃？

答：透平油粘度受温度影响很大，但油温太低油的粘度过大，会使油的分布不

均匀，增加磨擦损失，甚至造成轴承磨损，故启动时油温度规定不低于 25℃，升速时磨损失随转速增加而增加，故对润滑油要求更高，因此油温要求不能低于 30℃。

本机要求暖机时油温大于 30℃，低速暖机时供油温度为 40~50℃。

63. 汽轮机启动时什么时候开足主汽门？不开足有什么害处？

答：汽轮机启动时，在调速器起作用后，就可以开足主汽门，使汽轮机由调速器控制其运行，如果此时不开足主汽门，则会阻碍调速器的正常工作，使其不能根据负荷变化来调节汽轮机的示功及转速。

64. 汽温过高对汽轮机运行有什么影响？

答：汽温过高超过设计值，虽然从经济上来看是有利的，但从安全条件上来看是不允许的。因为在高温下，金属的机械性能下降恶化很快，会缩短汽轮机各部件的使用寿命。例如蒸汽室汽门、前级喷嘴、叶片、轴封、螺栓等。还有可能使前几级叶轮套装松弛。因此进汽温度过高是不允许的。

65. 汽温过低对汽轮机运行有什么影响？

答：汽温过低，低于设计值会使叶片反动度增加，造成轴向力增大。因为温度降低造成蒸汽点的热降减少，因此蒸汽绝对速度减少，它的相对速度方向改变，因而产生一股反力作用在叶片上，如果维持出力不变，则须增加汽耗，影响经济运行。此外汽温降低，将使后面是叶片温度增加，使叶片发生水蚀，缩短使用受命。

66. 汽压过高对汽轮机运行有什么影响？

答：汽轮机设计时是根据额定主蒸汽压力来考虑各部件的强度的，因此在主蒸汽压力高于额定值时，使主蒸汽管、管道上的阀门、汽轮机的调速汽门的蒸汽室和叶片等过负荷，甚至引起各部件的损坏。另外，汽压超过额定值，使蒸汽在汽轮机末级叶片工作时温度增加，工作条件恶化，严重时会造成水击事故，损坏设备。

67. 汽压过低对汽轮机运行有什么影响？

答：汽压低于设计值时，将使汽轮机效率降低，在同一负荷下所需蒸汽量增加，因而引起轴向推力增加，同时使后面几级叶片所承受的应力增加，严重时会使叶片变形。另外，汽压过低，将使喷嘴达到阻塞状态，则汽轮机的功率达不到额定数值。

68. 汽轮机叶片结垢有什么危害？

答：当蒸汽品质不好时，会使汽轮机通流部分结有盐垢，在汽轮机高压区结垢较严重，在低压区内，由于处于湿蒸汽条件下工作，很少结垢。汽轮机通流部分结垢大致有如下危害性：

(1)降低了汽轮机的效率，增加了汽耗量。

(2)由于结垢，汽流通过隔板及叶片的压降增加，工作叶片的反动度也随之增加，严重者会使隔板和推力轴承过负荷。

(3)尘垢附着在汽门杆上，容易使汽门杆产生卡涩。

(4)严重时出现汽阻，透平输出功率严重下降。

69. 主汽门前后都安装压力表，为什么？

答：主汽门后安装压力表可以观察主汽门是否严密，假如主汽门关闭后该表还反映示压力，说明主汽门不严。主汽门前装压力表，主要是用以监视汽压用的。通过主汽门前压力表和主汽门后压力表的指示，可以判别主汽门是否不足，滤汽网是否堵塞等。

70. 汽轮机为什么要规定最低负荷？

答：因为负荷过低，汽轮机节流损失大，既不经济，又造成汽轮机排汽温度高，因此，汽轮机要规定最低负荷，一般为额定负荷 15~25%。

71. 引起机组振动的原因有那些？

答：(1)轴承油压下降，油温过高，过低或油质劣化；

(2)喘振；

(3)蒸汽带水，氢气带液；

- (4) 主轴弯曲或叶轮与主轴结合处松动;
- (5) 叶片断裂, 动平衡破坏;
- (6) 轴封破坏, 迷宫梳齿之间碰撞或与轴发生摩擦;
- (7) 因升降温不合适, 热应力过大造成汽缸变形;
- (8) 转子与定子之间有异物;
- (9) 联轴节中心不对正或轴瓦间隙不合适;
- (10) 机组基础螺栓及轴承座与基座之间联结栓松动。

72. 主透平耗汽量增大是什么原因?

- 答: (1) 蒸汽压力低;
- (2) 蒸汽温度低;
 - (3) 排汽压力高;
 - (4) 循环氢带液, 分子量增大。

73. 透平气封处冒汽是何原因?

- 答: (1) 抽气密封真空度太低。
- (2) 蒸汽带水。

74. 什么叫多油楔轴承? 它的特点是什么?

答: 支撑轴承有三块或多块内表面浇有巴氏合金的瓦块, 瓦块沿轴颈外圆周均匀分布, 瓦块在结构上能就地摆动, 工作中可形成多个油楔, 这样的轴承叫多油楔轴承。

常用的有三油楔和五油楔, 三油楔承载能力高, 可用于高速重载场合, 五油楔适用于高速轻载场合。

多油楔轴承有以下特点:

- (1) 抗振性能好, 运行稳定, 能够减轻转子由于不平衡或安装误差造成的振动危害;
- (2) 不同负荷下, 轴颈的偏心度比普通轴承小, 保证了转子的对中性;
- (3) 当负荷与转速有变化时, 瓦块能自动调节位置。以保证有最好的润滑油楔, 所以温升不高。

75. 轴承进油管上的节流孔起什么作用?

答: 节流孔一般都设在下瓦上, 通过孔来控制进油量, 使供给轴承作冷却和润滑用的润滑油限制在需要的范围内, 保证油的温升维持在 12-15℃, 不超过 20℃, 以保证轴承得到正常的润滑。

76. 油箱的容量根据什么决定?油的循环倍率为多少合适?

答: 贮油量决定于油系统的大小, 他应满足机件充足的润滑及系统用油量.

油的循环倍率是指主油泵每小时的出油量与油箱总量之比, 一般应在 10.8-8.5 之间, 如果过小, 油箱容量不足, 使油在油箱内停留的时间减少, 来不及排除油中的水和空气, 促使油质恶化。

77. 汽轮机的暖机及升速时间有那些因素决定?

答: 汽轮机启动后, 蒸汽进入汽缸内, 各部温度迅速上升, 到满负荷时各部温度达到最高, 汽轮机的暖机及升速时间主要决定于这个温度。暖机及升速时间要考虑到转子和汽缸等部件温差的影响, 一般经常控制的指标有:

- (1)转子与汽缸盖的差胀不致造成动静部分发生摩擦;
- (2)上下缸温差 $\gt 35^{\circ}\text{C}$;
- (3)法兰内外壁温差 $\gt 130^{\circ}\text{C}$;
- (4)法兰螺栓温差 $\gt 30^{\circ}\text{C}$;

78. 汽轮机启动和运行中汽缸上哪些零件要产生热应力?

答: 汽轮机启动时, 汽缸内蒸汽温度急剧上升, 汽缸内外壁产生很大温差, 使内壁承受热压应力, 外壁承受热拉应力, 当温差很大时, 热应力也很大, 当应力超过缸体材质屈服极限时, 就会产生塑性变形, 甚至造成裂纹。汽缸法兰厚度比汽缸厚, 热应力的影响更大, 汽缸螺栓的受热是法兰传递的, 法兰温度比螺栓高, 这样螺栓就受到一个附加应力, 如果附加应力超过螺栓的强度极限时, 螺栓就有被拉断的危险。

79. 什么是汽轮机的差胀?

答：汽缸与转子之间的相对膨胀之差叫差胀。正差胀大，说明汽缸胀得慢，转子胀得快；负差胀大，说明汽缸未收缩，转子已收缩，或汽缸胀得快，转子胀得慢。

80. 差胀变化过大与哪些因素有关？

答：(1)暖机不当，如开机过快或暖机时转子与汽缸温度悬殊；
(2)增减负荷速度过快；
(3)空负荷或低负荷运行时间过长。

81. 造成汽缸温差大的原因？有何危害？

答：造成汽缸温差大的原因有：

- (1)机组保温不佳，材料选择不当；
- (2)启动方式不正确，如蒸汽参数不符合要求，启动时间过短，暖机转速不对，汽缸疏水不畅，暖机时间不足；
- (3)停机方法不正确，如减负荷过快，汽缸进水，轴封过早停用；
- (4)汽缸单面受冷。

危害是：

- (1)汽缸变形，中心不正；
- (2)螺栓断裂；
- (3)动静部分之间摩擦；
- (4)引起机组振动。

82. 汽轮机超负荷运行会产生什么问题？

答：(1)由于进气量增加，轴向推力增加，使推力瓦温度升高，严重时会使推力瓦烧坏；

(2)进气量增加，叶片上承受的弯曲应力增加，同时隔板、静叶所承受的应力与引起的挠度也增加；

(3)调速汽门开度达到接近极限位置，油动机也达到了最大行程附近，造成调速系统性能变坏，使运行的平稳性变差。

83. 汽轮机为什么会出断叶片事故？

答：(1)超负荷运行，使叶片超过许用应力而折断；
(2)运行中叶片发生共振而折断；
(3)由于机械杂质冲击，水蚀，化学腐蚀等原因，使叶片强度减弱而断裂；
(4)主蒸汽温度超高，使叶片产生高温蠕变而损坏；
(5)水冲击、轴承烧坏、轴位移过大，造成动静部分碰撞而断裂。

84. 叶片断裂的现象有那些？

答：(1)汽缸内有金属响声或冲击声；
(2)振动突然增大。

85. 循环氢带液的主要原因是什么？

答：(1)高分液面超高；
(2)分液罐液面超高；
(3)高分出口温度高。

86. 机组启动前、停运后盘车的目的是什么？

答：启动前盘车是为了检查机组内部有无摩擦碰撞等情况，以保证启动后安全运行，可以通过对比每次盘车用力大小来判断安装与检修质量，如联轴节对中的好坏，轴瓦间隙及有无异物留在机体内等。

停运后盘车，是为了防止汽缸的冷却温差引起轴弯曲。

87. 停机后为什么油泵尚需运行一段时间？

答：当机转子静止后，轴承和轴颈受汽缸及转子高温传导作用，温度上升很快，这时如不采取冷却措施，会使局部油质恶化，轴承和轴颈合金损坏，为消除这些现象，停机后油泵必需运行一段时间进行冷却，要求汽缸温度降到 130℃ 以下，轴承温度降至室温为止。

88. 封油系统有哪几部分组成？

答：由封油泵、过滤器与冷却器、调节阀、高位油罐、油气分离器、油箱、及

管道、管件组成。

89. 油箱为什么要装透气管？若油箱为密闭式有什么影响？

答：油箱透气管能排出油中的气体和水蒸汽，使水蒸气不能在油箱中凝结，保持油箱压力接近于零，轴承回油就能顺利回入油箱，也避免气体使油质劣化。

若油箱密闭，气体和水蒸气会积累，而产生压力，使回油困难，造成在轴承两侧泄漏，同时也使油质劣化。

90. 参考气在封油系统中的作用是什么？

答：能使高位罐与密封室内侧压力达到平衡。

91. 润滑油、封油系统冲洗的目的是什么？

答：除去系统中的杂质，避免这些杂质进入透平和压缩机轴承，以保证安全、长期、平稳操作。

92. 系统压力波动对机组有何影响？

答：将造成高位罐液面波动和整个封油系统波动，同时还可能造成机组转速波动。

93. 透平的安全设施有那几项？

答：(1)电动超速跳闸；
(2)机械超速跳闸；
(3)润滑油低油压跳闸；
(4)高位封油罐低液位跳闸；
(5)轴超振动跳闸；
(6)轴向位移超程跳闸；
(7)危急手动跳闸。

94. 汽轮机主要检修内容有那些？

答：(1)本体部分：汽缸解体检查，测试水平度及转子在汽缸内的相对位移，检查转子挠动度，喷咀间隙，调整转子与各汽封间隙和隔板各部位间隙，轴瓦检

查及修理，对轮对中找正等。

(2)调速保安油路系统，解体检查各部位间隙，并进行性能实验，保安系统检查实验；

(3)辅助系统，油冷却器、过滤器、喷射泵、油泵、管路、油箱等检查及清扫。

95. 润滑油、封油系统检修内容是什么？

答：(1)换油、油箱清扫；

(2)冷却器、过滤器清扫，油冷却器打压检查管束泄漏情况；

(3)更换法兰、垫片；

(4)控制阀校验。

96. 本车间机组调速系统的作用是什么？

答：调速系统的作用是调整和控制透平的转速，使汽轮机输出功率与负荷保持平衡。当蒸汽条件和负荷发生变化时，能相应地保持透平转速在规定值，并且动作迅速可靠，另外，当机组发生故障时，可防止超速给机组带来的危害。

97. 为什么要设置危急跳闸设施？有几部分组成？

答：透平是高速旋转的机械装置，运行条件十分严格，当出现调速油压低、轴位移轴振动过大等故障时，如不及时停车，将会造成严重的事故，危急跳闸设施是在故障状态下使透平自动或手动紧急停车的一种安全设施。

它主要由危急阀和三通电磁阀两部分组成。

98. 危急阀的作用是什么？

答：危急阀又称主汽门，它是蒸汽通过截止阀进入蒸汽柜的首要通道。危急阀的开启有自动和手动两种方式，本车间机组采用手动开启的危急阀，TS3000也可设置自动调节。

作用有两个：(1)在透平启动前，控制透平缓慢升速，进行暖机，当转速上升到额定转速的30%左右，开始由调速器控制危急阀不再起节流作用，而由调速气门控制透平转速。(2)运行过程中，在故障情况下，使透平紧急停车，危急

阀设有油缸和活塞，手动打开后，正常状态下，油压克服弹簧压力，使筏门开启，如果控制油压失控，危急阀在弹簧力的作用下迅速关闭，切断蒸汽使透平紧急停车。

99. 三通电磁阀的作用是什么？

答：电磁阀安装在危急阀供给控制油的管路上，正常情况下，三通电磁阀不通电，控制油经电磁阀流向危急阀的油缸，出现故障时，跳闸电路向电磁阀通电，切断向危急阀供油的同时，将油缸内的油放回油箱，控制油压下降，危急阀的活塞在弹簧力的作用下迅速移动，将危急阀关闭，切断蒸汽使透平紧急停车。

100. 机组自启动内容有哪几项？指标各是多少？

答：(1)润滑油一次压力低于 0.72MPa 备用泵自启动；
(2)密封油高位油罐液位低于 41.5%，启动备用泵；
(3)润滑油冷却器后温度低于 35℃，启动电动热器；
(4)密封油冷却器后温度低于 35℃，启动电加热器。

101. 机组跳闸内容有几项？指标是多少？

答：(1)润滑油总管压力低于 0.15MPa；
(2)汽轮机控制油压力低于 0.15MPa；
(3)封油高位罐液位高于 58.5%；
(4)封油高位罐液位低于 22%；
(5)油气分离器液位低于 15%；
(6)汽轮机排汽压力低于 0.95MPa；
(7)汽轮机排汽压力高于 1.35MPa；
(8)压缩机轴位移大于 2.2mm；
(9)汽轮机轴位移大于 2.2mm；
(10)汽轮机转速过大 13428r/min；
(11)汽轮机与撑轴承温度大于 130℃；
(12)汽轮机止推轴承温度大于 130℃；
(13)压缩排气温度大于 240℃；
(14)事故手动跳闸。

102. 机组开车前应做哪些物质准备？

答：水： 新鲜水 0.39Mpa；
 循环水 0.29—0.39Mpa；
电： 控制盘 100—115V；
 动力电压 380V；
蒸汽： 中压蒸汽
 低压蒸汽
风： 仪表风 0.4—0.59Mpa；
 氮气 0.7Mpa；
油： 润滑油箱液位正常， N46 透平油；
 密封油箱液位正常， N46 透平油。 .

103. 怎样理解焓、焓降的概念？

答：对水蒸汽来说，焓是指一定量的水蒸汽所具有的热能，它是温度的函数。温度越高，焓值越大，做功的能力越强。

焓降是蒸汽通过喷嘴后，牺牲本身的热量而转换成功能的过程：

$$\Delta H = i_0 - i$$

i_0 —初始焓值， i —放热后热值

104. 热功当量的意义是什么？

答：即 1 千卡=427 公斤·米，热能换算成机械能的一个当量系数。即一千卡的热量可做 427 公斤·米的功。

105. 什么叫饱和水？湿饱和蒸汽？干饱和蒸汽？过热蒸汽？

答：饱和水是指在某压力下，温度达到沸点温度的水。

湿饱和蒸汽水是指在某压力下，温度达到沸点温度，蒸汽中含有液态水珠的水蒸汽。

干饱和蒸汽是指在某压力下，温度达到沸点温度，但不含有液态水珠的水蒸汽。

过热蒸汽是指在某压力下，温度高于沸点温度的水。

106.汽轮机调节系统的功能及主要组成部件是什么？

答：调节系统用于驱动压缩机的汽轮机，它接收来自外部的控制信号，对汽轮机的转速进行控制，从而自动调节压缩机的出口压力。

调节系统主要由转速传感器（MPU），TS3000 数字式调节器，电液转换器，油动机，错油门和调节汽阀组成。

107.调节系统的作用原理是怎样的？

答：TS3000 数字式调节器同时接收二个转速传感器（MPU）变送的汽轮机转速信号，并将接收到的转速信号与调节器内部转速设定值比较后输出执行信号（4~20mA 电流），经电液转换器转换成二次油压，二次油压通过油动机操纵调节汽阀，使汽轮机转速保持稳定。

108.汽轮机的启动系统由哪些部件组成？各有何作用？

答：启动系统由启动装置和速关阀组成。启动装置仅用于开启速关阀，而速关阀则是主蒸汽管网和汽轮机之间的主要关闭机构，在运行中当出现事故时，它在最短时间内切断进入汽轮机的蒸汽。

109.WOODWARD 505 数字式调节器有哪几种工作方式？

答：505 调节器有 2 种工作方式：即程序方式和运行方式。所谓程序方式就是按汽轮机的用途，在选择项目中挑选出需要的内容给调节器组态；而运行方式即操纵汽轮机从起动到停机整个过程的工作方式。

110.WOODWARD 505 数字式调节器有几种操作功能？它们的基本功能是什么？

答：505 有 4 种操作功能，用 FUNC 键能从一个移到另一功能，也可以用 STEP 键在功能块中向上或向下移动，4 个功能块及它们的基本功功能是：

- (1)控制参数：显示正在执行机构位置的参数；
- (2)显示/调整：显示或调整所有输入、输出量及准确值；
- (3)报警：显示调节器的全部报警；
- (4)动态调整：显示或校正所有控制通道的动态调整。

111.WOODWARD 505 的自启动过程是怎样的？

答：在 WOODWARD 505 处于准备就绪状态时，按 RUN 键，待 LCD 显示提示后，手动开启速关阀。待速关阀全开后按一次 RUN 键，505 调节器开始自动将阀位限制从最小位置向最大位置移动（阀门关闭到阀门打开），汽轮机被冲转，当转速提升到低速暖机转速或调速器下限转速给定值时，505 将在控制住执行机构位置使转速保持在暖机或下限转速的同时，继续使阀位限制向它的最大位置移动，此后如按 SPD 键再按 ADJ 键可将转速基准移至另一转速。在转速及阀位被显示的任何时间，可通过按 ADJ 键使自动启动停止，阀位由手动控制，按 STOP 键或紧急停机按钮也能取消自动控制特性。

112. 起动过程中 WOODWARD 505 调速器何时开始起转速控制作用？

答：在汽轮机起动过程中，如果暖机/额定外部触点是断开的，那么 DG505 在转速达到暖机转速时开始起控制作用，此时，如果闭合触点，505 将以暖机/额定基准变化率匀速到额定转速，如在起动时暖机/额定触点被选定在闭合，那么 505 在额定转速时才开始起转速控制作用。

113. WOODWARD 505 的流程遥控有何作用？

答：流程遥控起二次转速设定作用，当流程遥控投用时，流程遥控器通过调节 505 的转速基准给定汽轮机转速，505 对流程遥控器所要求的转速与本身转速基准设定作比较，如两者不匹配，505 便增加或降低转速基准设定直到匹配为止。

114. 流程遥控如何投入或切出？

答：按 RMT/5 键，再按 YES/1 键可投入流程遥控，使流程遥控外部触点闭合也能投入遥控功能，要退出时则按 RMT/5 键，再按 NO/0 键或断开外部流程遥控外部触点。

115. WOODWARD 505 调节器的报警功能是怎样的？

答：报警工况出现时，ALARM（报警）键上红色灯发光同时触发报警继电器，按 ALARM 键原因会显示在 LCD 中，如报警原因不止一个，则按 STEP 键会显示其它原因。报警功能是锁住时，即使所有报警起因消失，报警指示灯会继续亮着。报警继电器保持触发状态，在报警起因得到校正时，须按 CLR 键以

消除报警。在报警状态仍然存在时，按 CLR 键使报警继电器不起作用，任何额外工况引起的报警继电器触发，每次都必须清除掉，在报警工况提到校正之前，红色报警指示灯会继续亮着。

116.错油门、油动机是怎样工作的？

答：它们的工作原理是：二次油压的变化使错油门滑阀产生上下运动，当二次油压升高时，滑阀上移，由接口通入的压力油进入油缸活塞上腔，而下腔与回油口相通，于是活塞向下移动，并通过调节汽阀杠杆系统使调节汽阀开度增大，与此同时，反馈导板，弯角杠杆将活塞的运动传递给杠杆，杠杆便产生与滑阀反向的运动使反馈弹簧力增加，于是错油门滑阀返回到中间位置。通过活塞杆与上调节螺栓调整反馈导板的斜度，可改变二次油压与活塞杆行程之间的比例关系。反馈系统的作用是使油动机的动作过程稳定，它通过弯角杠杆、杠杆、活塞杆、错油门滑阀等构成反馈环节。

117.汽轮机速关阀的试验装置有何作用？

答：试验装置的作用的在不影响汽轮机正常运行的情况下，检验阀杆的动作是否灵活。试验装置是通过一个二位三通阀使压力油流回试验活塞，将试验活塞压向后面宽它的终点位置，并通过活塞及活塞盘使阀杆向关阀的方向产生相应的位移，通过现场的压力表，可读得实际的试验压力，与使用压力相比，判断阀杆工作是否正常。若阀杆部分结盐或油缸部分有油垢，可通过多次重复试验而排除。

118.汽轮机调节系统中阻尼器有什么作用？

答：阻尼器安装在靠近油动机的二次油管上，在阻尼体上开有数条与流道孔相垂直的槽。于是，二次油路中出现的压力波动或振荡通过阻尼体上孔和槽沟成的迷宫式流道而被衰减，从而防止二次油路中出现的压力波动传递到油动机的错油门滑阀上。

119.什么是机组的惰走时间？惰走时间变化说明了什么？

答：机组的惰走时间是指机组切除系统，并尽可能降低机组的负载（流量降至飞动限）后，自主汽门和调速汽门关闭到转子完全静止这段时间，由于气体压

缩机组只能卸掉部分负载，格所测得的惰走时间是在负载条件下的惰走时间，为了使每次停机所测得的惰走时间能够互相比较，必须使每次测惰走时间的条件尽可能相同。

惰走时间变长说明汽轮机主汽门与调速汽门有泄漏现象。

惰走时间变短说明机组同心度变差，机械部分有磨擦，润滑油质劣化。

120.汽轮机为何要设置汽封装置？

答：因为汽轮机的动静部分之间存在着相对运动，为了避免动静之间的磨擦碰撞，必须留有一定的间隙，但间隙的存在又必然会导致蒸汽的泄漏，使汽轮机的效率降低，为了密封间隙处的泄漏，设置了汽封装置。

121.机组启动冲动转子，有时转子冲不动是什么原因？

答：冲转时转子冲不动的原因如下：

(1)因调速油压过低或操作不当，应开启的阀门未开，如危急遮断阀，调速汽门等；

(2)进口蒸汽参数太低或者凝汽器真空低(对凝汽式汽轮机)及背压太高(对背压式汽轮机)

(3)在用主蒸汽隔离阀的旁路阀启动时，由于蒸汽量小或汽温低使蒸汽在管道及汽缸内很快冷却凝结，转子不易冲动；

(4)转子与定子有发生磨擦的部位，特别是汽封齿与轴颈发生磨擦；

(5)整个机组负载过大，不是在低负载状态下启动。

122.汽轮机运行中常见有哪些事故？

答：汽轮机运行中常见的事故有六种：即断叶片、超速飞车、水冲击、强烈振动、缺油和失火、真空下降(对凝汽式汽轮机)或背压上升(对背压式汽轮机)。

123.控制脱气槽的温度有何意义？

答：脱气槽温度的高低，对溶解在油中的气体的脱逸有很大关系，温度过低，脱气不充分，温度过高，使油变质。

124.脱气槽为什么要通氮气？

答：脱气槽通氮气的作用：主要是搅动被蒸汽加热的油，便于溶解气体的脱逸，当然对于自脱气槽排出的气体也需要氮气混合更安全些。

125.油箱中的油为什么要用氮气保护？

答：因为油箱中的油是可燃物，它同空气接触易氧化变质，另外油中含有可燃性气体的释放，同空气接触也不好，且油位降低的过程中，空气总是往内吸的，因此油箱中允氮气可以有效地防止上述情况发生。

126.通风机、鼓风机、压缩机是怎样划分的？

答：通风机、鼓风机、压缩机其作用原理和基本结构是相同的，所不同的是出口气体的压力不同，习惯上按如下划分：

通风机：排气压力 $\leq 1.40 \times 10^4$ MPa （表压）

鼓风机：排气压力： $1.40 \times 10^4 \sim 2.45 \times 10^4$ MPa （表压）

压缩机：排气压力 $\geq 2.45 \times 10^4$ MPa （表压）

127.离心式压缩机有什么优缺点？

答：离心式压缩机有以下优点：

(1)结构紧凑，尺寸小，因而机组占地面积及重量比同一气量的活塞式压缩机小得多。

(2)运转平稳，操作可靠，备件的需用量少，因此它的运转率高，维护费用及人员少。

(3)离心式压缩机的压缩过程可以做到绝对无油，这对化工生产是很重要的。

(4)离心式压缩机是作回转运动的机械，它的转速较高，因此适用工业汽轮机及燃气轮机的直接拖动。

但是，它也存在一些缺点：

(1)离心式压缩机目前还不适用于气体量太小及压比过高的场合。

(2)离心式压缩机稳定工况区较窄，其气量调节虽较方便，但经济性较差。

(3)目前离心压缩机的效率一般低于活塞式压缩机。

● 应会部分

128. 循环氢压缩机开机应具备哪些外部条件？

答：(1)机组的辅助系统（包括润滑油系统、封油系统、压缩机进出口气动阀、气封冷凝系统）经试运合格。

(2)汽轮机已经单独试运合格，汽轮机和压缩机之间的联轴器已安装完毕，联轴器罩已装好。

(3)现场工具、杂物清理干净，临时棚架已全部拆除。

(4)公共介质通到现场，其中：

水：冷却水畅通；

电：动力及照明正常；

蒸汽：已接通到下列下列各点：压缩机、汽轮机、润滑油箱、密封油箱、润滑油高位油箱、密封油高位油箱，密封油脱气槽等。

(5)所有仪表安装完毕经校检合格。

(6)管线、阀门、机体各连接部位紧固良好，无泄漏现象。

(7)机组的保温、地坪已修复。

(8)消防器材齐备，符合质量要求。

(9)不安全的因素或隐患已消除。

129. 开机前润滑油系统应进行哪些检查和准备？

答：(1)确认润滑油箱已充满合适的 VG46 透平油，油位已符合要求，在系统管线充满油后能保持正常液位，即液位在液面计 1/2-2/3 之间。检查主油箱油温不得低于 25℃，如果小于 25℃，则开动油加热器，使油箱的油温达到 40℃。检查进油和回油过滤器是否已清洗。

(2)主油泵驱动透平轴承油标，在开机前应充满规定牌号的润滑油（驱动透平：VG32）。

(3)压力表、温度计、液位计、压力变送器已校验合格且齐全。

(4)系统管线是否按规定连接好。

(5)润滑油蓄能器、调节油蓄能器已按规定充好N₂。

(6)引N₂到润滑油箱和高位油箱。

(7)盘车检查有无偏重，卡涩现象。

- (8)检查汽轮机的进出口阀是否全关。
- (9)检查主汽门是否关闭，危急保安器是否复位。
- (10)上述检查完毕后可进行蒸汽管线预热
- (11)联系仪表准备启动。
- (12)联系油厂调度及动力调度，要求提供 3.43MPa 的蒸汽。

130. 开机前怎样改好润滑油流程？

答：(1)关闭以下阀门：

- ①油系统的高点放空阀，
- ②油系统的低点放空阀和排油阀，包括 油过滤器、油冷却器、液位器的各个低点放空阀和排油阀。
- ③油泵与油冷却器之间的润滑油压力控制阀（PCV3.23/柴油循环机；PCV812/渣油循环机）付线阀。
- ④轴承润滑油压力控制阀（PCV3.41/柴油循环机；PCV821 渣油循环机）付线阀。
- ⑤两个油冷却器和两个油过滤器的旁通阀。

(2)打开以下阀门：

- 1.主油泵的进出口阀门。
- 2.辅助油泵（电泵）的进出口阀。
- 3.到调节油和轴承润滑油蓄能器的连通阀。
- 4.通向润滑油高位油箱的上油阀。
- 5.油压调节阀的上下游阀。
- 6.压力开关、压力表、压力变送器、液面计等到仪表的引线阀。
- 7.小透平轴承冷却水的进出口阀。
- 8.油冷却器和过滤器入口六通阀应处于 A（或 B）的任一操作位置，不允许处于 A 或 B 的中间位置。
- 9.打开轴承冷却水排水阀，检查排水情况。
- 10.油泵与油冷却器之间润滑油控制阀（PCV323 柴油循环机；PCV812 渣油循环机）及轴承润滑控制阀（PCV341/柴油循环机；PCV821/渣油循环机）
- 11.打开油冷却器进水阀，通过回水视镜看窗检查排水阀，待开始运转后油温上升打开 排水阀调节油温。

131. 如何进行汽轮机蒸汽管线预热?

答：暖管前应确认界区中压和低压蒸汽已脱干净水且温度分别大于 270℃和 180℃以后，全开进汽阀前和排汽阀后的低点排凝阀后才开始引蒸汽暖管。待水脱干净后，开进汽阀前的放空阀和排汽阀后的安全阀付线阀进行预热，预热时间约为 30-45 分钟。当汽轮机入口阀前温度大于 290℃，排汽阀后温度大于 180℃后，关小进汽阀前和排汽阀后及管线低点放空阀的排凝阀。

引蒸汽预热注意事项：引蒸汽要操作要小心缓慢进行，防止水击损坏管线及设备。

安全措施：一旦发生轻微水击，应立即关小引汽阀至水击消失为止；如果水击严重，则立即关闭引汽阀。

132. 开机前密封油系统应进行哪些检查和准备?

答：(1)确认封油箱已充满合格的 N46 透平油，油位已符合要求，在系统管线充满油后能保持正常液位，即液位在液面计 1/2-2/3 之间。检查主油箱油温不得低于 25℃，如果小于 25℃，则开动油加热器，使油箱的油温达到 40℃。检查进油和回油过滤器是否已清洗。

(2)主油泵驱动透平、油泵轴承油标，在开机前应充满规定牌号的润滑油(驱动透平：T56，油泵 N32)。

(3)压力表、温度计、液位计、压力变送器已校验合格且齐全。

(4)系统管线是否按规定连接好。

(5)引N₂到密封油箱及脱气槽。

(6)盘车检查有无偏重，卡涩现象。

(7)检查汽轮机的进出口阀是否全关。

(8)检查主汽门是否关闭，危急保安器是否复位。

(9)上述检查完毕后进行蒸汽管线预热。

133. 开 C1101 前怎样改好密封油流程?

答：(1)关闭以下的阀门

①油系统的高点放空阀，

②油系统的低点放空阀和排油阀，包括 油过滤器、油冷却器、液位器、

脱气槽、油气分离器的各个低点放空阀和排油阀。

③高位油箱液面控制阀（LCV2.50）付线阀。

④油气分离器液面控制阀（LCV2.60 和 LCV2.62）的付线阀

(2)打开的阀门

①主油泵的进出口阀门。

②辅助油泵（电泵）的进出口阀。

③油压调节阀、液面控制阀的上下游阀。

④压力开关、压力表、压力变送器、液面计等到仪表的引线阀。

⑤小透平轴承冷却水的进出口阀。

⑥油气分离器去火炬线的放空阀。

⑦密封油压力控制阀（PCV240 即过滤器后回油箱的控制阀）付线阀。

(3)下列调节阀和控制阀及阀门在开机前的状态：

①密封油压力控制阀 PCV240 手动全开；

②高位油罐液位调节阀 LCV250 手动全关；

③油气分离器液面调节阀 LCV260 和 LCV262 全关。

④缓冲气差压调节阀 PdCV261 全关。但建立密封油循环之前应先打开此阀，让隔离气压力稍高于密封油压力。

⑤油冷却器和过滤器入口六通阀应处于 A（或 B）的任一操作位置，不允许处于 A 或 B 的中间位置。

⑥投用两组油气分离器。

⑦打开轴承冷却水排水阀，检查排水情况。

⑧打开油冷却器进水阀，通过回水视镜看窗检查排水阀，待开始运转后油温上升打开排水阀调节油温。

134. 开 C102 前怎样改好密封油流程？

答：(1)关闭以下的阀门

①油系统的高点放空阀，

②油系统的低点放空阀和排油阀，包括油过滤器、油冷却器、液位器、脱气槽、油气分离器的各个低点放空阀和排油阀。

③高位油箱液面控制阀（LCA629A，LCA629B）付线阀。

④油气分离器液面控制阀（LV619 和 LV620 或者 LV621 和 LV622）的付线阀

(2)打开的阀门

- ①主油泵的进出口阀门。
- ②辅助油泵（电泵）的进出口阀。
- ③油压调节阀、液面控制阀的上下游阀。
- ④压力开关、压力表、压力变送器、液面计等到仪表的引线阀。
- ⑤小透平轴承冷却水的进出口阀。
- ⑥油气分离器去火炬线的放空阀。
- ⑦密封油压力控制阀（PCV612/即泵出口回油箱的控制阀）付线阀。

(3)下列调节阀和控制阀及阀门在开机前的状态：

- ①密封油压力控制阀 PCV612 手动全开；
- ②高位油罐液位调节阀 LCA629A，LCA629B 手动全关；
- ③油气分离器液面调节阀（LV619 和 LV620 或者 LV621 和 LV622）全关。
- ④隔离氢（缓冲气）差压调节阀 PCV912 全关。但建立密封油循环之前应先打开此阀，让隔离氢压力稍高于密封油压力。
- ⑤油冷却器和过滤器入口六通阀应处于 A（或 B）的任一操作位置，不允许处于 A 或 B 的中间位置。
- ⑥投用两组油气分离器。
- ⑦打开轴承冷却水排水阀，检查排水情况。
- ⑧打开油冷却器进水阀，通过回水视镜看窗检查排水阀，待开始运转后油温上升打开 排水阀调节油温。

135. 开机前主汽轮机和压缩机本体要进行哪些检查和准备？

答：(1)检查机体联接螺栓、地脚螺栓、与管线连接的螺栓等紧固件是否上紧。

(2)机上所有指示仪表盘是否完好、齐全，并打开引线阀。

(3)汽轮机危急保安器电磁阀是否处于断开状态。

(4)必须的工具如盘车杆、阀门板手是否齐备。

(5)检修或其它原因遗漏下来的油渍是否已清除。

(6)厂房上部的起重机及吊钩是否按已放在规定的地方。

(7)联系仪表工起动全部仪表。

(8)引N₂至压缩机轴封，压力为 1.96kPa(G)。

(9)检查汽封冷凝系统是否完好，有无泄漏。

(10)盘车 2-3 圈，检查有无偏重、卡涩。

(11)检查压缩机进出口风动阀是否处于全关状态，气动阀以内机和各管线上的排凝阀或放空盲盖打开检查是否有积存有凝液然后关闭。

(12)上述检查完毕后可进行主汽轮机蒸汽管线预热。

136. 怎样起动润滑油主油泵？

答：(1)通过进汽阀前的放空阀排汽来提升蒸汽温度，当汽轮机进汽阀前蒸汽温度升到达 270℃后，确认排汽阀后排凝阀已无水排出时，打开机体进排汽阀侧的排凝阀和轴封排凝阀，慢慢打开汽轮机排汽阀用低压蒸汽暖机。此时，机内压力维持 0.29-0.49MPa，应防止水击现象。暖机约需 20 分钟，慢慢开大排汽阀直到全开。

(2)暖机前盘车，开始暖机后，每十分钟盘车一次。注意盘车前后转子的位置变化。

(3)背压暖机结束后，则可以进行低速暖机。方法是：一个人提起调转速手柄，一个人慢慢打开进汽阀。当汽轮机转子被冲转后，把机的转速调整到 500r/min 进行低速暖机。

注意事项：进口阀开度要慢，以防飞车。

(4)升速过程

当进汽温度升到 270℃以上时，按下列要求升速：

转速 500 r/min 恒速 10 分钟以上

转速 1000 r/min 恒速 10 分钟以上

升速以后，都应进行全面检查，看汽轮机和泵的振动、声音的无变化、有无异常现象。在转速升到 1350 r/min 无异常现象时，慢慢关闭汽封排凝阀，这时转速有可能升高。慢慢升速到额定转速（1450r/min/柴油；1550r/min/渣油），转速稳定后，慢慢把进汽阀全开，关闭所有蒸汽排凝阀。

(5)汽轮机直到转速稳定后，泵出口压力约为 1.5MPa。

(6)做透平超速试验：顺时针慢慢调节透平调速螺钉使透平转速到达跳闸转速（1755r/min/柴油）；试验完后按透平启动程序重新启动透平；

(7)打开两个油冷却器和两个油过滤器的旁通阀。

(8)打开准备投入使用的油冷却器和油过滤器的排空阀排净空气后再关上。

(9)稍开备用的油冷却器和过滤器的放空阀，待其充满油后再关闭。

(10)调节压力控制阀（PCV323 和 PCV341/柴油；PCV812 和 PCV821/渣油），控制调节油压力为 0.9MPa(G)，润滑油总管压力为 0.25MPa(G)，并改为自动控制。

(11)检查当润滑油高位罐开始回油后，关闭通高位油罐连通阀。

137. 在润滑油泵向系统供油后，应进行哪些检查？

答：(1)汽轮机和泵的运行情况，如振动、轴承温度、声音等，汽轮机的进排汽压力、温度。

(2)检查汽轮机轴承油杯中的油位。开始阶段，由于有部分油要供调速器，因而侧油杯中的油位下降较快，要及时补油。

(3)检查主油箱中的油位。由于油泵向系统供油后，管线、油冷器、油过滤器中存有部分油，油箱中的油位下降，如果油位低于规定要求，则要及时补油。

注意事项：补油时要考虑到停机后系统油回流到油箱时的液位不得超过油打的最高液位，以免油满溢出。

(4)通过回油看窗检查检查各点回油情况，并检查整个系统连接处有无漏油。

(5)检查高位油箱油位，如果低，则应打开通高位罐的连通阀进行补油达到要求的油位后，及时关闭连通阀。

(6)检查润滑油温度，如果冷却器出口油温达 40℃以上，则关闭油箱里的加热器，同时打开冷却器上水阀，调节油温。

(7)检查油过滤器的差压是否符合要求。压差大于 0.015MPa，则要切换过滤器并联系钳工清洗滤网。

经过上述的检查，确认泵和汽轮机的工作正常，系统都符合要求后，将辅助油泵的“手动---自动”选择开关置于“自动”位置。

138. 怎样起动 C1101 密封油主油泵？

答：(1)通过进汽阀前的放空阀排汽来提升蒸汽温度，当汽轮机进汽阀前蒸汽温度升到达 270℃后，确认排汽阀后排凝阀已无水排出时，打开机体进排汽阀侧的排凝阀和轴封排凝阀，慢慢打开汽轮机排汽阀用低压蒸汽暖机。此时，机内压力维持 0.29-0.49MPa，应防止水击现象。暖机约需 20 分钟，慢慢开大排汽阀直到全开。

(2)暖机前盘车,开始暖机后,每十分钟盘车一次。注意盘车前后转子的位置变化。

(3)背压暖机结束后,则可以进行低速暖机。方法是:一个人提起调转速手柄,一个人慢慢打开进汽阀。当汽轮机转子被冲转后,把机的转速调整到500r/min进行低速暖机。

注意事项:进口阀开度要慢,以防飞车。

(4)升速过程

当进汽温度升到270℃以上时,按下列要求升速:

转速 1000 r/min 恒速 10 分钟

转速 1500 r/min 恒速 10 分钟

转速 2000 r/min 恒速 10 分钟

转速 2500 r/min 恒速 10 分钟

升速以后,都应进行全面检查,看汽轮机和泵的振动、声音的无变化、有无异常现象。在转速升到2500 r/min无异常现象时,慢慢关闭汽封排凝阀,这时转速有可能升高。慢慢升速到额定转速2950 r/min,转速稳定后,慢慢把进汽阀全开,关闭所有蒸汽排凝阀。

(5)打开两个油冷却器和两个油过滤器的旁通阀。

(6)打开准备投入使用的油冷却器和油过滤器的排空阀排净空气后再关上。

(7)稍开备用的油冷却器和过滤器的放空阀,待其充满油后再关回上。

(8)控好缓冲气差压 PDCV261,压力控制在与密封油压力相当或稍高于密封油即可。

(9)慢慢关闭密封油压力调节阀的付线阀,通过调节密封油压力控制阀 PCV240,控制密封油压力为4.166MPa(G)。

(10)手动打开 LCV250,调节观察密封高位油罐中的油液位,当其达到后,将 LCV250 改为自动控制。

注意事项:在压缩机低压操作时,该压力应适当降低,要注意密封油泵入口不出现负压。

(11)压缩机通入隔离 N₂ 气,压力为1.96kPa(G)。

(12)密封油进机以后,检查回油情况,调节油气分离器液位控制阀,控制好液位。

139. 怎样起动 C102 密封油主油泵？

答：(1)通过进汽阀前的放空阀排汽来提升蒸汽温度，当汽轮机进汽阀前蒸汽温度升到达 270℃后，确认排汽阀后排凝阀已无水排出时，打开机体进排汽阀侧的排凝阀和轴封排凝阀，慢慢打开汽轮机排汽阀用低压蒸汽暖机。此时，机内压力维持 0.29-0.49MPa，应防止水击现象。暖机约需 20 分钟，慢慢开大排汽阀直到全开。

(2)暖机前盘车，开始暖机后，每十分钟盘车一次。注意盘车前后转子的位置变化。

(3)背压暖机结束后，则可以进行低速暖机。方法是：一个人提起调转速手柄，一个人慢慢打开进汽阀。当汽轮机转子被冲转后，把机的转速调整到 500r/min 进行低速暖机。

注意事项：进口阀开度要慢，以防飞车。

(4)升速过程

当进汽温度升到 270℃以上时，按下列要求升速：

转速 1000 r/min 恒速 10 分钟

转速 1500 r/min 恒速 10 分钟

转速 2000 r/min 恒速 10 分钟

转速 2500 r/min 恒速 10 分钟

升速以后，都应进行全面检查，看汽轮机和泵的振动、声音的无变化、有无异常现象。在转速升到 2500 r/min 无异常现象时，慢慢关闭汽封排凝阀，这时转速有可能升高。慢慢升速到额定转速 2900 r/min，转速稳定后，慢慢把进汽阀全开，关闭所有蒸汽排凝阀。

(5)打开两个油冷却器和两个油过滤器的旁通阀。

(6)打开准备投入使用的油冷却器和油过滤器的排空阀排净空气后再关上。

(7)稍开备用的油冷却器和过滤器的放空阀，待其充满油后再关回上。

(8)控好隔离氢（缓冲气）差压调节阀 PCV912，压力 控制在与密封油压力相当或稍高于密封油即可。

(9)慢慢关闭密封油压力控制阀的付线阀，通过调节密封油压力控制阀 PCV612（即泵出口返回油箱的控制阀），控制密封油压力为 17.4MPa。

注意事项：在压缩机低压操作时，该压力应适当降低，要注意密封油泵入口不出现负压。

(10)密封油进入机体后,要注意观察密封高位油罐中的油液位,当其达到正常液位后,要用 LV619A/B 控好高位罐液位。

(11)压缩机通入隔离 N₂ 气。

(12)密封油进以后,检查回油情况,调节油气分离器液位控制阀,控制好液位。

140. 在密封油泵向系统供油正常后,要进行哪些检查?

答:(1)汽轮机和泵的运行情况,如振动、轴承温度、声音等,汽轮机的进排汽压力、温度。

(2)检查汽轮机轴承油杯中的油位。开始阶段,由于有部分油要供调速器,因而侧油杯中的油位下降较快,要及时补油。

(3)检查主油箱中的油位。由于油泵向系统供油后,管线、油冷器、油过滤器中存有部分油,油箱中的油位下降,如果油位低于规定要求,则要及时补油。

注意事项:补油时要考虑到停机后系统油回流到油箱时的液位不得超过油打的最高液位,以免油满溢出。

(4)通过回油看窗检查各点回油情况,并检查整个系统连接处有无漏油。

(5)检查密封油温度,如果冷却器出口油温达 40℃以上,则关闭油箱里的加热器,同时打开冷却器上水阀,调节油温。

(6)检查脱气槽中油温超过 40℃后应关闭主油箱加热器。

(7)检查油过滤器的差压是否符合要求。压差大于 0.015MPa,则要切换过滤器并联系钳工清洗滤网。

(8)通过流量计检查外侧密封油油量。

(9)观察油气分离器液位,检查密封内回油情况,调节油气分离器液位控制阀,控制好液位,并将控制阀改为自动控制。

经过上述的检查,确认泵和汽轮机的工作正常,系统都符合要求后,将辅助油泵的“手动—自动”选择开关置于“自动”位置。

141. 开主汽轮机、压缩机机组前要进行哪些检查和准备?

答:(1)润滑油、密封油系统运转正常。检查润滑油路和密封油路的油压,使进

油总管路中的油压保持在规定值。(润滑油压: 0.25MPa, 密封油压适当) 检查进入各轴承的润滑油温度, 应保持在 40-50℃, 进浮环密封的油温度是否保持在 50℃。

(2) 引N₂气对压缩机机体进行置换, 置换前打开压缩机体各排凝阀, 检查有无液体, 确认无液体后关闭。经分析合格、含氧量≤0.5%, 再引氢气对机体进行置换二至三次。置换过程中将密封油辅助油泵启动开关应在手动位置, 以避免不必要的自启动。置换完后再切换到自动位置。

(3) 全开压缩机进口气动阀和进出口循环旁路阀。检查密封油和参考气之间的差压。

(4) 控好缓冲气差压 (PDCV261/柴油; PCV912/渣油)。

(5) 按开、停机条件检查操作各仪表。反飞动阀开 100%。并确认该阀已全开。

(6) 盘车几转, 轻松无卡涩, 引蒸汽至主汽门前脱水暖管。确认汽轮机主汽门和排汽阀后温度分别大于 270℃和 180℃, 排凝阀已无水排出后, 打开汽轮机机体及管线上的各排凝阀, 慢慢开出口暖管暖机阀用低压蒸汽暖机。此时, 机内压力维持 0.29-0.3MPa, 应防止水击现象。暖机时应对机组进行连续盘车。暖机约需 20 分钟, 此后慢慢开大排汽阀直到全开。

(7) 建立轴封抽汽系统, 透平轴封汽抽进口阀全开, 冷却器进出口水阀开。气抽至密封间手阀开。

(8) 稍开透平排汽放空阀。

(9) 透平排汽至低压蒸汽管网阀全开。

(10) 透平出口排汽安全阀上下游阀全开。

142. 正常开机的步骤是怎样的?

答: (1) 联系蒸汽调度。

(2) WOODWARD 505 调速器处于准备就绪状态, LCD 显示为 CONTROLLING PARAM/PUSH RUN OR PRG。

(3) 当蒸汽温度达到 270℃后, 将盘车装置退出并锁定;

(4) 断开 IDIE/RATED (暖机/额定) 外部触点;

(5) 按 505 键盘上的 RUN 键, LCD 显示 OPEN T&T VALVE/PUSH RUN OR CLR。

(6)把危急遮断器手柄挂上，检查启动油压，然后逆时针慢慢旋启手轮，建立速关油压。当速关阀开始移动时，停止转动手轮，直至启动油压消失，速关阀打开，再逆时针转动手轮到顶并锁住。

(7)再次按 RUN 键，LCD 显示 CONTROLLING PARAM/AUTO START，505 调速器便将自动以设定的转速变化率来提升透平转速至暖机转速（1000RPM）后稳住，此时可按 VALA 键来监视转速及阀位。在暖机转速下运行 20-30 分钟。

(8)全面检查机组运转是否正常。

(9)做危急保安器试验，手击危急保安器，主汽门应自动关闭。

(10)手按电磁阀按钮，电磁阀动作，主汽门应自动关闭。

(11)调试完毕后将系统恢复正常。

(12)关小各排凝阀。

(13)逐渐关小透平排汽放空阀，

(14)闭合 IDLE/RATED（暖机/额定）触点，使转速自动升至调速器的下限转速（5956r/min），保持 10-20 分钟，可根据需要用 ADJ 键来提速。

(15)进行机械超速跳闸试验，试验完后将系统复原。

(16)根据系统需要以 300r/min 的速度升速至工作转速。

(17)当机组运转正常后，详细检查机组各轴承温度、回油及振动情况及主蒸汽的温度、压力是否正常。如无异常，应把有关联锁投入自动。

(18)关闭各排凝阀及排汽放空阀。

143. 正常停机步骤是怎样的？

答：(1)联系调度、班长及有关操作人员统一指挥、协调配合，注意各参数。

(2)按 RMT/5 键，再按 0/ON 键来退出流程遥控功能。

(3)逐渐打开压缩机进出口循环旁通管道上的阀门（DN150），同时逐渐关闭进气管路上的进口风动阀和排气管路上的风动阀。

(4)按 STOP 键（LCD 显示 MANUAL SHUTDOWN/PUSH YES OR NO），再按 1/YES 键，LCD 显示 CONTROLLING PARAM/SHUTDN/MANUAL，505 调速器将自动控制汽轮机作正常停机。

(5)记录从汽轮机停车起到机组转子完全停止时的转动时间，如机组停车时间较正常时间短时，则检查原因是否有磨刮等现象存在。

(6)机停后，手击危急保安器，全关主汽门，开汽轮机体各排凝阀，停轴封

抽汽系统。

(7)打开压缩机体放空阀(火炬)。当压缩机排放气体时，检查密封油和参考气间的差压，不要引起指示值人为大的波动。放空后确认机机内压力为零后，打开管线放空阀放空。打开机体及进出口管线上的排凝阀，排出凝液后，关闭排凝阀。

(8)停轴封N₂气。

(9)机停后，要连续盘车 30 分钟，以后每隔 30 分钟盘车一次。每次 180°，直至机组冷却到常温为止。

(10)用N₂对机体内进行置换。置换时用盘车杆盘车。

(11)停封油系统

①将电泵开关从自动位置切换到手动，逐渐小汽轮机主汽门至全关，汽轮机速度下降至零。

②高位油罐液位调节自动改手动。

③全关排汽阀

④全开机体排凝阀。

⑤打开机体及进出口阀内管道上的排凝阀

⑥把压力调节及液位调节调回零位，停止向压缩机轴封 N₂。

⑦停冷油器冷却水，关闭供水阀，全开排水阀。

⑧停车后盘车要求与主汽轮机相同，直至常温。长期停泵，停辅助油泵供电。

⑨打开油气分离器放空阀减压。

⑩打开油气分离器至酸性油罐手阀，排净分离器残油。将酸性油罐残油装桶。

(12)停润滑油循环

①停润滑油主油泵。停泵前必须确认辅助油泵选择开关在自动位置。汽轮机驱动的主油泵停泵程序和密封油主油泵停机程序相同。

注意：在润滑油主油泵停机过程中，当润滑油压力降到报警值时，润滑油辅助油泵应自起动。如果辅助油不自起动，应停止停主油泵，并把主油泵调节到正常状态。

②确认主汽轮机和压缩机各轴承温度小于 35℃后，停辅助油泵。将选择开关置于手动位置，搬动停机开关停泵。关闭泵出口阀。

③停冷却器冷却水（与封油系统相同）。

144. 什么情况下会发生紧急自动停机？

答：(1)润滑油压力低低，PALL8805A/B/C 任何两个 $\leq 0.10\text{MPa(G)}$ 。
(2)密封油高位罐液位低低，LSA8804 $\leq 237\text{mm}$
(3)循环氢入口分液罐液位高高，LAHH8120 \geq
(4)压缩机轴位移高高报，ZAHH8801A 或 ZAHH8801B $\geq \pm 0.7\text{mm}$
(5)汽轮机轴位移高高报，ZAHH8802A 或 ZAHH8802B $\geq \pm 0.8\text{mm}$
(6)汽轮机转速大，超速跳闸，SAHH8801A/B/C 任何两个 $\geq 13507\text{r/min}$
(7)505 跳闸信号。

145. 在什么情况下要求紧急手动停机？

答：(1)机体内突然有严重的碰撞或刮磨声；
(2)转速达跳闸转速成而危急保安器不动作；
(3)虽然启动辅助油泵，而润滑油压力仍然在 0.1MPa(G) 以下；
(4)油系统着火，不能马上扑灭；
(5)油系统某部大漏，采取措施仍不能制止，油箱液位仍低于最低液位；
(6)机组突然发生强烈振动，轴振动值 $\geq 0.11\text{mm}$ 时；
(7)任何一个轴承温度过高，以致冒烟；
(8)轴承回油温度急剧升高 $\geq 115^\circ\text{C}$ 时（压缩机瓦块金属温度）；
(9)压缩机出现喘振，反飞动阀全开仍无效时；
(10)透平内出现严重水击而不能马上消除。
(11)蒸汽管网压力、温度突然降低。
(12)压缩机进口压力低（ $\leq 1.0\text{MPa}$ ）
(13)工艺要求

146. 手动紧急停机有哪三种方法？

答：(1)手击危急保安器；
(2)手按电磁阀带电按钮。
(3)就地仪表盘手动停车。

147. 紧急停车后的处理步骤是怎样的？

答：(1)紧急停车后，注意检查主汽门是否关闭，关闭透平排汽至管网阀，打开汽轮机机体各排凝。

(2)关闭压缩机进出口风动阀。

(3)其它按正常停车进行。

148. 各机组在运行中，主要振动的原因是什么？怎样处理？

答：原因及处理列表如下：

原因	处理
(1)转子部件腐蚀或结垢，产生振动	停机角体转子找动平衡
(2)转子和静子产生磨擦而振动	停机解体，大修处理
(3)转子在运行中间隙过大而振动	停机处理，从新调整间隙
(4)运行中飞动	重新调整操作

149. 油过滤器和油冷却器连通器上为什么加装孔板？如何进行操作？

答：机组过滤器和冷却器都是两个，每一个都可以单独承担其全部负荷，另一个备用，在连通器上装有阀门和孔板，其作用是在切换之前，利用阀门、孔板对备用设备进行充油，排气。如果备用设备没有充油就进行切换，油压会急剧下降，甚至可能导致跳闸停车，但在充油过程中又不允许油压大幅度波动，所以在连通线上加装限流孔板，使充油缓慢进行，尽量减少对油压的影响。

切换步骤如下：

(1)对备用设备进行检查，排液阀关闭，排气阀稍开油冷却器给上冷却水。

(2)打开连通阀，对备用设备进行充油，直到油从排气阀流出，关闭排气阀，

(3)关闭连通阀，

(4)快速转动六通阀，使标志箭头指向备用设备，

(5)对停用设备进行检查，清洗。

150. 怎样正确投用抽气密封系统？

答：(1)冷却器壳程 U 形水封充满水；

- (2)冷却器给上冷却水，循环正常；
- (3)开喷射泵蒸汽阀，调节阀门开度调节真空度大小。

151.主蒸汽带水有何危害？如何处理？

答：蒸汽带水转速降低，机体振动，气封处冒白气，并有水击声，严重时叶片损坏。发现情况后，应将各排凝阀打开，再将机组及气门排凝阀打开，加强排凝，严重时打闸停车。

152.离心式压缩机出现喘振现象时可根据下列现象进行判断？

- 答：(1)机组出现喘气般的孔叫声；
- (2)机组出现强烈振动、机后管线振动，如果有波形膨胀节，则膨胀节也以同样的频率伸缩。
 - (3)流量表和压力表波动。

处理：一般离心压缩机在设计时都考虑有反飞动（或防飞动线），即出现喘振时，为了能及时消除喘振，在压缩机出口处设置一条回路，将出口气体引至进口，以增加压缩机进口流量，所以在出现喘振时，一般开大回路阀，或打开紧急放空阀，使机组迅速离开喘振区，当机组恢复正常后，应对机组各部位的振动情况、声音等进行全面检查，如果机组喘振后出现反常现象，例如振动加剧，机内有金属敲击声，则应检查原因，较严重的情况，只能停机进行检查。

153.汽轮机叶片结垢后怎样处理？

答：汽轮机叶片结垢一个方法就是带负荷清洗，但带负荷清洗须事先定出清洗步骤，充分准备各种技术措施才能进行。

154.怎样进行机体氮气置换？

- 答：(1)打开压机出口放空阀（出、入口阀均关闭）；
- (2)打开N₂气入口阀，同时排凝；
 - (3)关出口放空升压至 0.7MPa；
 - (4)关N₂气入口阀；
 - (5)开出口放空阀降压至 0.02MPa；
 - (6)重复(2)—(5)，直至氧含量<0.2%；

155.透平背压高的原因？危害及处理？

答：透平背压升高，主要是由于低压蒸汽管网气量过剩，系统压力增高而造成的，多发生在低压蒸汽用量较小时，另外，当排气单向阀卡、阻或排气阀隔断阀阻力增大时，也会造成背压增加。

背压增高使汽机出口压力上升，造成进气量增加，而进一步增大背压的恶性循环，直到背压安全阀起跳。

处理：

- (1)稍开背压蒸汽放空阀，维持排气压力 0.9—1.2MPa
- (2)联系低压蒸汽管网降低压力。

156.如何建立封油压差？

答：由于封油与参考气的压差是由高位罐的液面决定的，所以建立封油压差的过程就是建立高位罐液面的过程。

157.封油压差小有什么危害？是何原因？如何处理？

答：压差小将造成氢气泄漏，内浮环处于无润滑油状态，造成浮环损坏。压差减小的主要原因是高位罐液面下降，应检查液面控制系统是否好用，必要时改手动或付线，主油泵有问题切换到电泵运行。

158.怎样进行汽泵与电动泵的正确切换？

- 答：
- (1)打开备用泵返回油箱阀；
 - (2)启动备用泵运转正常；
 - (3)逐渐关闭备用泵的循环阀，同时打开原运转泵的循环阀；
 - (4)检查切换后的供油情况；
 - (5)停止原运转泵，关闭循环阀作备用。

159.引中压蒸汽注意事项？

- 答：
- (1)严防水击；
 - (2)缓慢升温、升压、防止管路因膨胀不均匀而在法兰连接处泄漏。

160.停中压蒸汽如何处理？

答：透平将停止运转，关闭透平排汽阀，防止低压蒸汽倒串，中压蒸汽线放空、排凝，其余按紧急停车处理。

161.停低压蒸汽如何处理？

答：有可能造成机组飞车或透平串轴，因此应按紧急停车步骤立即停止机组运行。

162.停仪表风如何处理？

答：仪表风是电磁阀和控制盘风压的风源，停仪表风将造成电磁阀动作紧急停机，控制盘风压迅速下降至 30mm 水柱时抱井，此时应按紧急停车处理。

163.发生紧急停车应怎样处理？

答：(1)注意中压蒸汽系统的压力，防止憋压；
(2)保证封油和润滑油系统运行正常；
(3)按逆时针方向转动危急阀手轮，达到下次启动条件；
(4)其它按正常停车处理；
(5)查清原因，尽快恢复运行。

164.怎样验收检修后的汽轮机？

答：(1)检修质量符合“维修检修规定”检修记录齐全、准确；
(2)机组经试车后，各主要操作指标达到铭牌要求；
(3)各部振动 $\gt 0.04\text{mm}$ ，各轴承温度 $\gt 70^\circ\text{C}$ ；
(4)各仪表及自保系统灵敏，准确；
(5)调速器平稳，准确。

165.怎样对检修后的螺杆泵验收？

答：(1)试车前检查项目：
a、检修质量符合指标，记录齐全，准确；
b、盘车轻快自如，无轻重不均匀感；
c、填料压盖不偏斜，轴封泄漏符合要求；

d、打开入口阀自压灌泵、排空。

(2)带负荷试车应符合下列要求：

运行平稳、无杂音、无振动的流量，压力平稳，满足生产要求，密封不泄漏。

(3)试车合格后，办理验收手续，交付生产使用。

166. 画出润滑油系统控制流程图。

167. 画出密封油系统控制流程图。

168. 画出调速系统逻辑流程图。

169. 画出中压蒸汽流程图。

170. 画出低压蒸汽流程图。