

一. 离心泵的工作原理

驱动机通过泵轴带动叶轮旋转产生离心力,在离心力作用下,液体沿叶片流道被甩向叶轮出口,液体经蜗壳收集送入排出管。液体从叶轮获得能量,使压力能和速度能均增加,并依靠此能量将液体输送到工作地点。

在液体被甩向叶轮出口的同时,叶轮入口中心处形成了低压,在吸液罐和叶轮中心处的液体之间就产生了压差,吸液罐中的液体在这个压差作用下,不断地经吸入管路及泵的吸入室进入叶轮中。

二、离心泵的结构及主要零部件

一台离心泵主要由泵体、叶轮、密封环、旋转轴、轴封箱等部件组成,有些离心泵还装有导轮、诱导轮、平衡盘等。

1. 泵体:即泵的壳体,包括吸入室和压液室。

①吸入室:它的作用是使液体均匀地流进叶轮。

②压液室:它的作用是收集液体,并把它送入下级叶轮或导向排出管,与此同时降低液体的速度,使动能进一步变成压力能。压液室有蜗壳和导叶两种形式。

2. 叶轮:它是离心泵内传递能量给液体的唯一元件,叶轮用键固定于轴上,随轴由原动机带动旋转,通过叶片把原动机的能量传给液体。

叶轮分类:

①按照液体流入分类:单吸叶轮(在叶轮的一侧有一个入口)和双吸叶轮(液体从叶轮的两侧对称地流到叶轮流道中)。

②按照液体相对于旋转轴线的流动方向分类:径流式叶轮、轴流式叶轮和混流式叶轮。

③按照叶轮的结构形式分类:闭式叶轮、开式叶轮和半开式叶轮。

3. 轴:是传递机械能的重要零件,原动机的扭矩通过它传给叶轮。泵轴是泵转子的主要零件,轴上装有叶轮、轴套、平衡盘等零件。泵轴靠

两端轴承支承，在泵中作高速回转，因而泵轴要承载能力大、耐磨、耐腐蚀。泵轴的材料一般选用碳素钢或合金钢并经调质处理。

4. 密封环:是安装在转动的叶轮和静止的泵壳(中段和导叶的组合件)之间的密封装置。其作用是通过控制二者之间间隙的方法，增加泵内高低压腔之间液体流动的阻力，减少泄漏。

5. 轴套 轴套是用来保护泵轴的，使之不受腐蚀和磨损。必要时，轴套可以更换。

6. 轴封 泵轴和前后端盖间的填料函装置简称为轴封，主要防止泵中的液体泄漏和空气进入泵中，以达到密封和防止进气引起泵气蚀的目的。

轴封的形式：即带有骨架的橡胶密封、填料密封和机械密封。

7. 轴向力的平衡装置。

三. 离心泵的主要工作参数

1. 流量:即泵在单位时间内排出的液体量,通常用体积单位表示,符号 Q ,单位有 m^3/h , m^3/s , l/s 等,

2. 扬程:输送单位重量的液体从泵入口处(泵进口法兰)到泵出口处(泵出口法兰),其能量的增值,用 H 表示,单位为 $kgf \cdot m/kgf$ 。

3. 转速:泵的转速是泵每分钟旋转的次数,用 N 来表示。电机转速 N 一般在2900转/分左右。

4. 汽蚀余量:离心泵的汽蚀余量是表示泵的性能的主要参数,用符号 Δhr 表示,单位为米液柱。

5. 功率与效率:泵的输入功率为轴功率 N ,也就是电动机的输出功率。泵的输出功率为有效功率 N_e 。

四、泵内能量损失

泵从原动机获得的机械能，只有一部分转换为液体的能量，而另一部分则由于泵内消耗而损失。泵内所有损失可分为以下几项：

1·水力损失 由液体在泵内的冲击、涡流和表面摩擦造成的。冲击和涡流损失是由于液流改变方向所产生的。液体流经所接触的流道总会出现表面摩擦，由此而产生的能量损失主要取决于流道的长短、大小、形状、表面粗糙度，以及液体的流速和特性。

2·容积损失 容积损失是已经得到能量的液体有一部分在泵内窜流和向外漏失的结果。泵的容积效率 $\eta_{容}$ 一般为 0.93~0.98。改善密封环及密封结构，可降低漏失量，提高容积效率。

3·机械损失 机械损失指叶轮盖板侧面与泵壳内液体间的摩擦损失，即圆盘损失，以及泵轴在盘根、轴承及平衡装置等机械部件运动时的摩擦损失，一般以前者为主。

五、泵的变速--比例定律

1. 离心泵的变速:

一台离心泵,当它的转速改变时,其额定流量、扬程和轴功率都将按一定比例关系发生改变。目前,采用变频调速电机来实现离心泵的变速,是一条新的重要的节能途径。

2. 比例定律的表达式:

$$Q_1/Q_2=n_1/n_2$$

$$H_1/H_2=(n_1/n_2)^2$$

$$N_1/N_2=(n_1/n_2)^3$$

式中, Q、H、N 表示泵的额定流量、扬程和轴功率

下标 1, 2 分别表示不同的转速

n 表示转速

六、离心泵叶轮的切割

1. 切割的目的:

一台离心泵,在一定的转速下仅有一条性能曲线,为扩大泵的工作范围,常采用切割叶轮外径的方法,使其工作范围由一条线变成一个面。当切割量较

少时，可以认为切割前后叶片的出口安置角和通流面积基本不变，泵效率近似相等。

2. 切割定律的表达式:

$$Q' / Q = D2' / D2$$

$$H' / H = (D2' / D2)^2$$

$$N' / N = (D2' / D2)^3$$

式中, Q、H、N 表示泵的额定流量、扬程和轴功率

角标' 表示叶轮切割后的对应参数

D2 表示叶轮的外直径

七、离心泵的比转数

比转数是由相似定律导出的综合性参数，它是工况的函数，对一台泵来说，不同的工况就有不同的比转数，为了便于对不同类型泵的性能与结构进行比较，应用最佳工况（最高效率点）的比转数来代表这台泵。

在选泵时，可根据工作需要的 Q、H 和结合电机的转速，计算出 n_s 数，大致确定泵的类型。当 $n_s < 30$ 时，一般采用容积式泵，当 $n_s > 30$ 时，则采用离心泵、混流泵、轴流泵等。

八、离心泵的汽蚀与吸入特性

1. 汽蚀现象

根据离心泵的工作原理可知，液流是在吸入罐压力 P_a 和叶轮入口最低压力 P_k 间形成的压差 $(P_a - P_k)$ 作用下流入叶轮的，则叶轮入口处压力 P_k 越低，吸入能力就越大。但若 P_k 降低到某极限值（目前多以液体在输送温度下的饱和蒸汽压力 P_t 为液体汽化压力的临界值）时，就会出现汽蚀现象。

2. 汽蚀会引起的严重后果:

(1) 产生振动和噪音。

(2) 对泵的工作性能有影响: 当汽蚀发展到一定程度时，气泡大量产

生,会堵塞流道,使泵的流量、扬程、效率等均明显下降。

(3)对流道的材质会有破坏:主要是在叶片入口附近金属的疲劳剥蚀。

3. 离心泵的吸入特性:

1·泵发生汽蚀的基本条件是:叶片入口处的最低液流压力 $P_k \leq$ 该温度下液体的饱和蒸汽压 P_t 。

2·有效汽蚀余量:液体流自吸液罐,经吸入管路到达泵吸入口后,所富余的高出汽化压力的那部分能头。用 Δh_a 表示。

3·泵的必须汽蚀余量:液流从泵入口到叶轮内最低压力点 K 处的全部能量损失,用 Δh_r 表示。

4· Δh_r 与 Δh_a 的区别和联系:

$\Delta h_a > \Delta h_r$ 泵不汽蚀

$\Delta h_a = \Delta h_r$ 泵开始汽蚀

$\Delta h_a < \Delta h_r$ 泵严重汽蚀

5·对于一台泵,为了保证其安全运行而不发生汽蚀,对于泵的必须汽蚀余量还应加一个安全裕量,一般取 0.5 米液柱。于是,泵的允许汽蚀余量为: $[\Delta h_r] = \Delta h_r + 0.5$ 。

6·泵的允许几何安装高度表达式为: $[Hg1] = (P_a - P_t) / \rho - h_{A-s} - [\Delta h_r]$ 。

P_a ——吸入罐压力

P_t ——液体在输送温度下的饱和蒸汽压力

ρ ——液体重度

h_{A-s} ——吸入管内流动损失

$[\Delta h_r]$ ——允许气蚀余量

7·提高离心泵抗汽蚀性能的方法有:

A. 改进机泵结构,降低 Δh_r , 属机泵设计问题。

B. 提高装置内的有效汽蚀余量.最主要最常用的方法是采用灌注头

吸入装置。

此外，尽量减少吸入管路阻力损失，降低液体的饱和蒸汽压，即在设计吸入管路时尽可能选用管径大些，长度短些，弯头和阀门少些，输送液体的温度尽可能低些等措施，都可提高装置的有效气蚀余量。

· 8. 轴向力的平衡装置

① 轴向力的产生原因

a. 叶轮前后两侧因流体压力分布情况不同(轮盖侧压力低，轮盘压力高)引起的轴向力 A_1 ，其方向为自叶轮背侧指向叶轮入口。

b. 流体流入和流出叶轮的方向和速度不同而产生的动反力 A_2 ，其方向与 A_1 相反，所以总轴向力 $A=A_1-A_2$ ，方向一般与 A_1 相同(一般 A_2 较小)。

② 轴向力的平衡

a. 采用双吸式叶轮: 叶轮两侧对称，流体从两端吸入，轴向力自动抵消而达到平衡。

b. 开平衡孔或装平衡管:

A: 在叶轮轮盘上相对于吸入口处开几个平衡孔。

B: 为避免开平衡孔后，因主流受扰动而增加水力损失，可设平衡管代替平衡孔，即采用一小管引入口压力至轮盘背侧。

c: 采用平衡叶片: 在叶轮盘背面铸几条径向筋片，筋片带动叶轮背面间隙内的流体加速旋转，增大离心力，从而使叶轮背面压力显著降低。

d: 利用止推轴承承受轴向力。一般小型的单吸泵中止推轴承可以承受全部的轴向力，防止泵轴窜动。

③ 多级离心泵轴向力的平衡:

a. 同单级离心泵方法相同

b. 对称布置叶轮

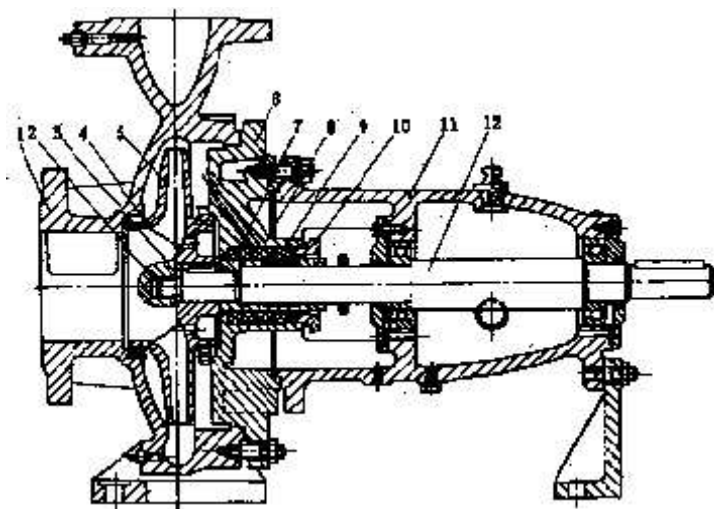
c. 采用平衡鼓，部分平衡轴向力

d. 采用自动平衡盘, 全部自动平衡轴向力。

离心泵检修部分

第一章 离心泵的检修

一、单吸离心泵的拆装



1、解体步骤

- (1) 先将泵盖和泵体上的紧固螺栓松开, 将转子组件从泵体中取出。
- (2) 将叶轮前的叶轮螺母松开, 即可取下叶轮(叶轮键应妥善保管好)。
- (3) 取下泵盖和轴套, 并松开轴承压盖, 即可将轴从悬架中抽出(注意在用铜棒敲打轴头时, 应戴上叶轮螺母以防损伤螺纹)。

2、装配顺序

- (1) 检查各零部件有无损伤, 并清洗干净;
- (2) 将各连接螺栓、丝堵等分别拧紧在相应的部件上;
- (3) 将“O”形密封圈及纸垫分别放置在相应的位置;
- (4) 将密封环、水封环及填料压盖等依次装到泵盖内;
- (5) 将轴承装到轴上后, 装入悬架内并合上压盖, 将轴承压紧, 然后在轴上套好挡水圈;
- (6) 将轴套在轴上装好, 再将泵盖装在悬架上, 然后将叶轮、止动垫圈、叶轮螺母

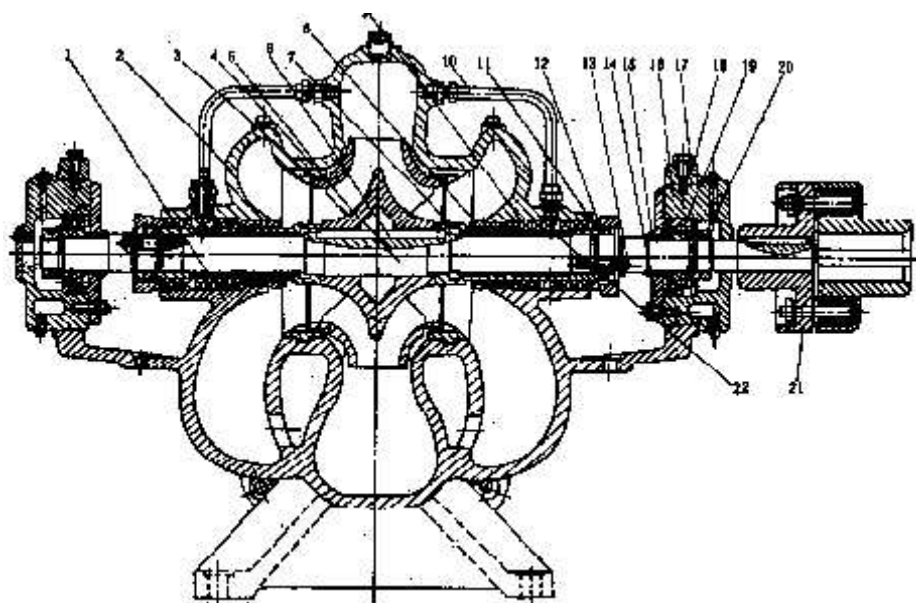
等依次装入并拧紧，最后将上述组件装到泵体内并拧紧泵体、泵盖的连接螺栓。

在上述过程中，对平键、挡油环、挡水圈及轴套内的“O”形密封圈等小件易遗漏或错装，应特别引起注意。

3、安装精度

这里给出的主要是联轴器对中的精度要求。泵与电机联轴器装好后，其间应保持2~3mm间隙，两联轴器的外圆上下、左右的偏差不得超过0.1mm，两联轴器端面间隙的最大、最小值差值不得超过0.08mm。

二、双吸水泵的拆装



型单级单吸式离心泵结构（甲式）

1-泵体；2-泵壳；3-叶轮；4-轴；5-双吸密封环；6-键；7-轴套；8-填料套；
9-填料；10-水封管；11-填料压盖；12-轴套螺母；13-双头螺栓；
14-轴承体压盖；15-轴承挡套；16-轴承体；17-螺钉；18-轴承端盖；
19-轴承；20-轴承螺母；21-联轴器；22-水封

解体步骤

1、分离泵壳

- (1) 拆除联轴器销子，将水泵与电机脱离。
- (2) 拆下泵结合面螺栓及销子，使泵盖与下部的泵体分离，然后把填料压盖卸下。
- (3) 拆开与系统有连接的管路(如空气管、密封水管等)，并用布包好管接头，以防

止落入杂物。

2、吊出泵盖

检查上述工作已完成后，即可吊下泵盖。起吊时应平稳，并注意不要与其它部件碰磨。

3、吊转子

(1) 将两侧轴承体压盖松下并脱开。

(2) 用钢丝绳拴在转子两端的填料压盖处起吊，要保持平稳、安全。转子吊出后应放在专用的支架上，并放置牢靠。

4、转子的拆卸

(1) 将泵侧联轴器拆下，妥善保管好连接键。

(2) 松开两侧轴承体端盖并把轴承体取下，然后依次拆下轴承紧固螺母、轴承、轴承端盖及挡水圈。

(3) 将密封环、填料压盖、水封环、填料套等取下，并检查其磨损或腐蚀的情况。

(4) 松开两侧的轴套螺母，取下轴套并检查其磨损情况，必要时予以更换。

(5) 检查叶轮磨损和汽蚀的情况，若能继续使用，则不必将其拆下。如确需卸下时，要用专门的拉力工具边加热边拆卸，以免损伤泵轴。

装配顺序

1、转子组装

(1) 叶轮应装在轴的正确位置上，不能偏向一侧，否则会造成与泵壳的轴向间隙不均而产生摩擦。

(2) 装上轴套并拧紧轴套螺母。为防止水顺轴漏出，在轴套与螺母间要用密封胶圈填塞。组装后应保证胶圈被轴套螺母压紧且螺母与轴套已靠紧。

(3) 将密封环、填料套、水封环、填料压盖及挡水圈装在轴上。

(4) 装上轴承端盖和轴承，拧紧轴承螺母，然后装上轴承体并将轴承体和轴承端盖紧固。

(5) 装上联轴器。

2、吊入转子

- (1) 将前述装好的转子组件平稳地吊入泵体内。
- (2) 将密封环就位后，盘动转子，观察密封环有无摩擦，应调整密封环直到盘动转子轻快为止。

3、扣泵盖

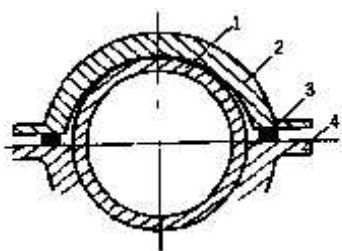
将泵盖扣上后，紧固泵结合面螺栓及两侧的轴承体压盖。然后，盘动转子看是否与以前有所不同，若没有明显异常，即可将空气管、密封水管等连接上，把填料加好，接着，就可以进行对联轴器找正了。

安装精度要求

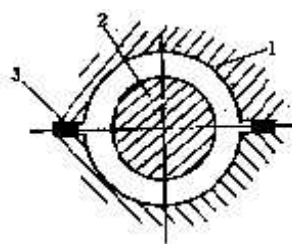
这里仅提出联轴器对中的精度要求。联轴器两端面最大和最小的间隙差值不得超过0.06mm，两外圆中心线上下或左右的差值不得超过0.1mm。

决定泵壳结合面垫的厚度

叶轮密封环在大修后没有变动，那么泵壳结合面的垫就取原来的厚度即可；如果密封环向上有抬高，泵结合面垫的厚度就要用压铅丝的方法来测量了。通常，泵盖对叶轮密封环的紧力为0—0.03mm。新垫做好后，两面均应涂上黑铅粉后再铺在泵结合面上。注意所涂铅粉必须纯净，不能有渣块。在填料涵处，垫要做得格外细心，一定要使垫与填料涵处的边缘平齐。垫如果不合适，就会使填料密封不住而大量漏水，造成返工，



决定泵盖对密封环的紧力



垫没做合适

三、联轴器的拆装

- (1) 拆下联轴器时，不可直接用锤子敲击而应垫以铜棒，且应打联轴器轮毂处而不能打联轴器外缘，因为此处极易被打坏。最理想的办法是用撬子拆卸联轴器。对于

中小型水泵来说，因其配合过盈量很小，故联轴器很容易拿下来。对较大型的水泵，联轴器与轴配合有较大的过盈，所以拆卸时必须对联轴器进行加热。

(2) 装配联轴器时，要注意键的序号(对具有两个以上键的联轴器来说)。若用铜棒敲击时，必须注意击打的部位。例如，敲打轴孔处端面时，容易引起轴孔缩小，以致轴穿不过去；敲打对轮外缘处，则易破坏端面的平直度，在以后用塞尺找正时将影响测量的准确度。对过盈量较大的联轴器，则应加热后再装。

(3) 联轴器销子、螺帽、垫圈及胶垫等必须保证其各自的规格、大小一致，以免影响联轴器的动平衡。联轴器螺栓及对应的联轴器销孔上应做好相应的标记，以防错装。

(4) 联轴器与轴的配合一般均采用过渡配合，既可能出现少量过盈，也可能出现少量间隙，对轮毂较长的联轴器，可采用较松的过渡配合，因其轴孔较长，由于表面加工粗糙不平，在组装后自然会产生部分过盈。如果发现联轴器与轴的配合过松，影响孔、轴的同心度时，则应进行补焊。在轴上打麻点或垫铜皮乃是权宜之计，不能作为理想的方法。

第二章：离心泵各零部件测量及计算

一、轴弯曲度的测量

泵轴弯曲之后，会引起转子的不平衡和动静部分的磨损，所以在大修时都应对泵轴的弯曲度进行测量。

①把轴的两端架在V形铁上，V形铁应放置平稳、牢固；

②再把千分表支好，使测量杆指向轴心。然后，缓慢地盘动泵轴，在轴有弯曲的情况下，每转一周则千分表有一个最大读数和最小读数，两读数的差值即表明了轴的弯曲程度。这个测量过程实际上是测量轴的径向跳动，亦即晃度。

③晃度的一半即为轴的弯曲值。通常，对泵轴径向跳动的要求是：中间不超过0.05mm，两端不超过0.02mm。

二、转子晃度的测量

测量转子晃度的方法与测量轴弯曲的方法类同。通常，要求叶轮密封环的径向跳动

不得超过0.08mm，轴套处晃度不得超过0.04mm，两端轴颈处晃度不得超过0.02mm。

第三节： 水泵密封的检修

1 泵用机械密封种类繁多，型号各异，但泄漏点主要有五处：

- (1) 轴套与轴间的密封；
- (2) 动环与轴套间的密封；
- (3) 动、静环间密封；
- (4) 对静环与静环座间的密封；
- (5) 密封端盖与泵体间的密封。

一般来说，轴套外伸的轴间、密封端盖与泵体间的泄漏比较容易发现和解决，但需细致观察，特别是当工作介质为液化气体或高压、有毒有害气体时，相对困难些。其余的泄漏直观上很难辨别和判断，须在长期管理、维修实践的基础上，对泄漏症状进行观察、分析、研判，才能得出正确结论。

一、泄漏原因分析及判断

1. 安装静试时泄漏。机械密封安装调试好后，一般要进行静试，观察泄漏量。如泄漏量较小，多为动环或静环密封圈存在问题；泄漏量较大时，则表明动、静环摩擦副间存在问题。在初步观察泄漏量、判断泄漏部位的基础上，再手动盘车观察，若泄漏量无明显变化则静、动环密封圈有问题；如盘车时泄漏量有明显变化则可断定是动、静环摩擦副存在问题；如泄漏介质沿轴向喷射，则动环密封圈存在问题居多，泄漏介质向四周喷射或从水冷却孔中漏出，则多为静环密封圈失效。此外，泄漏通道也可同时存在，但一般有主次区别，只要观察细致，熟悉结构，一定能正确判断。

2. 试运转时出现的泄漏。泵用机械密封经过静试后，运转时高速旋转产生的离心力，会抑制介质的泄漏。因此，试运转时机械密封泄漏在排除轴间及端盖密封失

效后，基本上都是由于动、静环摩擦副受破坏所致。引起摩擦副密封失效的因素主要有：

(1) 操作中，因抽空、气蚀、憋压等异常现象，引起较大的轴向力，使动、静环接触面分离；

(2) 对安装机械密封时压缩量过大，导致摩擦副端面严重磨损、擦伤；

(3) 动环密封圈过紧，弹簧无法调整动环的轴向浮动量；

(4) 静环密封圈过松，当动环轴向浮动时，静环脱离静环座；

(5) 工作介质中有颗粒状物质，运转中进入摩擦副，擦伤动、静环密封端面；

(6) 设计选型有误，密封端面比压偏低或密封材质冷缩性较大等。上述现象在试运转中经常出现，有时可以通过适当调整静环座等予以消除，但多数需要重新拆装，更换密封。

3. 正常运转中突然泄漏。离心泵在运转中突然泄漏少数是因正常磨损或已达到使用寿命，而大多数是由于工况变化较大或操作、维护不当引起的。

(1) 抽空、气蚀或较长时间憋压，导致密封破坏；

(2) 对泵实际输出量偏小，大量介质泵内循环，热量积聚，引起介质气化，导致密封失效；

(3) 回流量偏大，导致吸入管侧容器（塔、釜、罐、池）底部沉渣泛起，损坏密封；

(4) 对较长时间停运，重新起动时没有手动盘车，摩擦副因粘连而扯坏密封面；

(5) 介质中腐蚀性、聚合性、结胶性物质增多；

(6) 环境温度急剧变化；

(7) 工况频繁变化或调整;

(8) 突然停电或故障停机等。离心泵在正常运转中突然泄漏, 如不能及时发现, 往往会酿成较大事故或损失, 须予以重视并采取有效措施。

二、泵用机械密封检修中的几个误区

1. 弹簧压缩量越大密封效果越好。其实不然, 弹簧压缩量过大, 可导致摩擦副急剧磨损, 瞬间烧损; 过度的压缩使弹簧失去调节动环端面的能力, 导致密封失效。

2. 动环密封图越紧越好。其实动环密封圈过紧有害无益。一是加剧密封圈与轴套间的磨损, 过早泄漏; 二是增大了动环轴向调整、移动的阻力, 在工况变化频繁时无法适时进行调整; 三是弹簧过度疲劳易损坏; 四是使动环密封圈变形, 影响密封效果。

3. 静环密封圈越紧越好。静环密封圈基本处于静止状态, 相对较紧密封效果会好些, 但过紧也是有害的。一是引起静环密封因过度变形, 影响密封效果; 二是静环材质以石墨居多, 一般较脆, 过度受力极易引起碎裂; 三是安装、拆卸困难, 极易损坏静环。

4. 叶轮锁母越紧越好。机械密封泄漏中, 轴套与轴之间的泄漏(轴间泄漏)是比较常见的。一般认为, 轴间泄漏就是叶轮锁母没锁紧, 其实导致轴间泄漏的因素较多, 如轴间垫失效, 偏移, 轴间内有杂质, 轴与轴套配合处有较大的形位误差, 接触面破坏, 轴上各部件间有间隙, 轴头螺纹过长等都会导致轴间泄漏。锁母锁紧过度只会导致轴间垫过早失效, 相反适度锁紧锁母, 使轴间垫始终保持一定的压缩弹性, 在运转中锁母会自动适时锁紧, 使轴间始终处于良好的密封状态。

5. 新的比旧的好。相对而言, 使用新机械密封的效果好于旧的, 但新机械密封的质量或材质选择不当时, 配合尺寸误差较大会影响密封效果; 在聚合性和渗透性介质中, 静环如无过度磨损, 还是不更换为好。因为静环在静环座中长时间处于静止状态, 使聚合物和杂质沉积为一体, 起到了较好的密封作用。

6. 拆修总比不拆好。一旦出现机械密封泄漏便急于拆修，其实，有时密封并没有损坏，只需调整工况或适当调整密封就可消除泄漏。这样既避免浪费又可以验证自己的故障判断能力，积累维修经验提高检修质量。

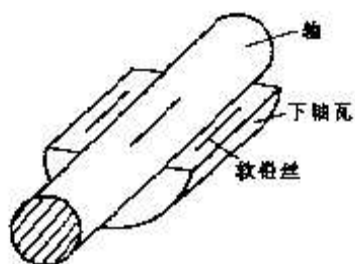
第五章 多级离心泵的检修工艺

一、水泵的拆装

DG型高压水泵是多级分段式结构的离心泵，在对其解体前应先熟悉图纸，了解泵的结构及拆装顺序，避免因失误而造成部件的损伤。同时，随着解体的进行，及时测取各有关数据，以便组装时参考。下面按顺序来介绍泵的解体。

1、轴瓦拆卸及轴瓦间隙的测量

在拆卸多级泵时，首先应对其两端的轴承（一般为滑动轴承）进行检查，并测量水泵在长期运行（一个大修间隔）后轴瓦的磨损情况。测量方法通常用压铅丝法，如图所示。



轴瓦的径向间隙一般为 $1\% \sim 1.5\%D$ (D 为泵轴直径)，若测出的间隙超过标准，则应重新浇注轴瓦合金并研刮合格。此外，还应检查轴瓦合金层是否有剥离、龟裂等现象，若严重影响使用，则应重新浇注合金。在轴瓦检测完毕后，即可按顺序拆卸，并注意做好顺序、位置标记。

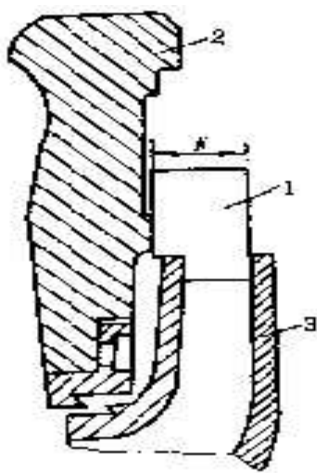
2、泵体的拆卸

在分解两侧的上轴瓦并测量其间隙和紧力后，即可取出油挡。再退出填料压盖，取出盘根及水封环，然后即可将轴承座取下。对DG型水泵，应先由出水侧开始解体，基本顺序为：

(1) 首先松开大螺母并取下拉紧泵体的穿杠螺栓，然后依次拆下出口侧填料室及动、静平衡盘部件。拆除的同时，要做好测量这些部件的调整套、齿形垫等的尺寸的工作。

(2) 拆下出水段的连接螺栓，并沿轴向缓缓吊出出水段，然后退出末级叶轮及其传动键、定距轴套，接着可逐级拆出各级叶轮及各级导叶、中段。拆出的每个叶轮及定距轴套都应做好标记，以防错装。

(3) 在拆卸叶轮时，需用定位片测量叶轮的出口中心与其进水侧中段的端面距离，



如图所示。

叶轮出口定位片测量

1-定位片； 2-进水段； 3-叶轮

叶轮的流道应与导叶的流道对准，不然应找出原因。在泵体的分解过程中，需注意以下事项：

(1) 拆下的所有部件均应存放在清洁的木板或胶垫上，用干净的白布或纸板盖好，以防碰伤经过精加工的表面。

(2) 拆下的橡胶、石棉密封垫必须更换。若使用铜密封垫，重新安装前要进行退火处理；若采用齿形垫，在垫的状态良好及厚度仍符合要求的情况下可以继续使用。

(3) 对所有在安装或运行时可能发生摩擦的部件，如泵轴与轴套、轴套螺母，叶轮和密封环，……均应涂以干燥的MoS₂粉(其中不能含有油脂)。

(4) 在解体前应记录转子的轴向位置(将动、静平衡盘保持接触)，以便在修整平衡盘的摩擦面后，可在同一位置精确地复装转子。

二、静止部件的拆装

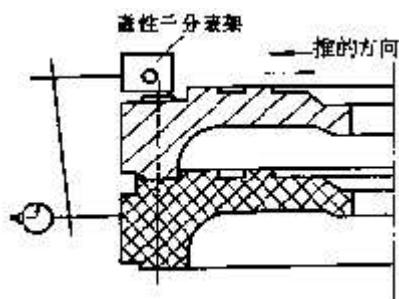
在泵体全部分解后，应对各个部件进行仔细检查，若发现损坏或缺陷，要予以修复或更换。本节将介绍对静止部件的检查与修复。

1、泵壳(中段)

(1) 止口间隙检查

多级泵的相邻泵壳之间都是止口配合的，止口间的配合间隙过大会影响泵的转子与静止部分的同心度。检查泵壳止口间隙的方法如下：

将相邻的泵壳叠置于平板上，在上面的泵壳上放置好磁力表架，其上夹住百分表，表头触点与下面的泵壳的外圆相接触，如图所示。



泵壳止口同心度的检查

随后，将上面的泵壳沿十字方向往复推动测量二次，百分表上的读数差即为止口之间存在的间隙。通常止口之间的配合间隙为0.04~0.08mm，若间隙大于0.10-0.12mm，就应进行修复。最简单的修复方法是在间隙较大的泵壳公止口上均匀堆焊6~8处，然后按需要的尺寸进行车削。

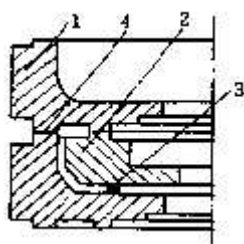
(2) 裂纹检查

用手锤轻敲泵体，如果某部位发出沙哑声，则说明壳体有裂纹。这时应将煤油涂在裂纹处，待渗透后用布擦尽面上的油迹并擦上一层白粉，随后用手锤轻敲泵壳，渗入裂纹的煤油即会浸湿白粉，显示出裂纹的端点。若裂纹部位在不承受压力或不起密封作用的地方，则可在裂纹的始、末端点各钻一个 $\phi 3\text{mm}$ 的圆孔，以防止裂纹继续扩展；若裂纹出现在承压部位，则必须予以补焊。

2、导叶

多级泵的导叶若采用不锈钢材料，则一般不会损坏；若采用锡青铜或铸铁，则应隔2~

3年检查一次冲刷情况，必要时更换新导叶。凡是新铸的导叶，在使用前应用手砂轮将流道打磨光滑，这样可提高效率2%~3%。此外还应检查导叶衬套(应与叶轮配合在一起)的磨损情况，根据磨损的程度来确定是整修还是更换。导叶与泵壳的径向配合间隙为0.04~0.06mm，过大时则会影响转子与静止部件的同轴度，应当予以更换。用来将导叶定位的定位销钉与泵壳的配合要过盈0.02~0.04mm，销钉头部与导叶配合处应有1.0—1.5mm的调整间隙。导叶在泵壳内应被适当地压紧，以防高压泵的导叶与泵壳隔板平面被水流冲刷。通常，压紧导叶的方法是在导叶背面叶片的肋上钻孔，加装3~4个紫铜钉(尽量靠近导叶外缘，沿圆周均布)，如图2-5所示，利用紫铜钉的过盈量使导叶与泵壳配合面密封。加装的紫铜钉一般应高出背面导叶平面0.50~0.80mm。



测量导叶在泵壳内轴向间隙

1-泵壳；2-导叶；3-紫铜钉；4-密封面

3、平衡装置

在水泵的解体过程中，应用压铅丝法来检查动、静平衡盘面的平行度，方法是：

- ①将轴置于工作位置，在轴上涂润滑油并使动盘能自由滑动，其键槽与轴上的键槽对齐。
- ②用黄油把铅丝粘在静盘端面的上下左右四个对称位置上，然后将动盘猛力推向静盘，将受撞击而变形的铅丝取下并记好方位；
- ③再将动盘转180°重测一遍，做好记录。用千分尺测量取下铅丝的厚度，测量数值应满足上下位置的和等于左右的和，上减下或左减右的差值应小于0.05mm，否则说明动静盘变形或有瓢偏现象，应予以消除。检查动静平衡盘接触面只有轻微的磨损沟痕时，可在其结合面之间涂以细研磨砂进行对研；若磨损沟痕很大、很深时，则

应在车床或磨床上修理，使动、静平衡盘的接触率在75%以上。

4、密封环与导叶衬套

目前，密封环与导叶衬套一般都是用不锈钢或锡青铜两种耐磨材料制成的。选用不锈钢制造的密封环与导叶衬套寿命较长，但对其加工及装配的质量要求很高，否则易于在运转中因配合间隙略小、轴弯曲度稍大而发生咬合的情况。若用锡青铜制造，则加工容易，成本低，也不易咬死，但其抗冲刷性能相对稍差些。新加工的密封环和导叶衬套安装就位后，与叶轮的同心度偏差应小于0.04mm。密封环与叶轮的径向间隙随密封环的内径大小而不同，具体可参阅表2-3-1。密封环与泵壳的配合间隙一般为0.03~0.05mm。

表2-1 密封环与叶轮的径向间隙 (mm)

密封环内径	装配间隙	磨损后的允许间隙
80~120	0.09 ~ 0.22	0.48
120~150	0.105 ~ 0.255	0.60
150~180	0.12 ~ 0.28	0.60
180~220	0.135 ~ 0.315	0.70
220~260	0.16 ~ 0.34	0.70
260~290	0.16 ~ 0.35	0.80
290~320	0.175 ~ 0.375	0.80
320~360	0.20 ~ 0.40	0.80

导叶衬套与叶轮轮毂的间隙一般为0.40~0.45mm。叶衬套与导叶之间采用过盈配合，过盈量为0.015~0.02mm，并需用止动螺钉紧固好。

三、转子部件的拆装

转子部件主要有泵轴、叶轮和平衡盘等。水泵能否长期安全可靠地运行，与转子的

结构、平衡精度及装配质量有密切的关系。下面将对这几个主要部件的检修工艺进行介绍。

1、泵轴

轴是水泵的重要部件,它不仅支承着转子上的所有零部件,而且还承担着传递扭矩的作用。

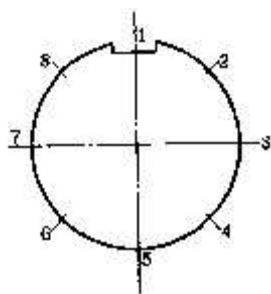
(1) 泵轴的检查与更换

泵解体后,对轴的表面应先进行外观检查,通常是用细砂布将轴略微打光,检查是否有被水冲刷的沟痕、两轴颈的表面是否有擦伤及碰痕。若发现轴的表面有冲蚀,则应做专门的修复。在检查中若发现下列情况,则应更换为新轴:

- 1) 轴表面有被高速水流冲刷而出现的较深的沟痕,特别是在键槽处。
- 2) 轴弯曲很大,经多次直轴后运行中仍发生弯曲者。

(2) 轴弯曲的测量方法及校正

- 1) 将泵轴放在专用的滚动台架上,也可使用车床或V形铁为支承来进行检查。
- 2) 在泵轴的对轮侧端面上做好八等分的永久标记,一般以键槽处为起点,如图所示。在所有检修档案中的轴弯曲记录,都应与所做的标记相一致。



泵轴对轮侧端面记号

- 3) 开始测量轴弯曲时,应将轴始终靠向一端而不能来回窜动(但轴的两端不能受力),以保证测量的精确度。
- 4) 对各断面的记录数值应测2~3次,每一点的读数误差应保证在0.005mm以内。测量过程中,每次转动的角度应一致,盘转方向也应保持一致。在装好百分表后盘动转子时,一般自第二点开始记录,并且在盘转一圈后第二点的数值应与原数相同。
- 5) 测量的位置应选在无键槽的地方,测量断面一般选10~15个即可。在进行测量

的位置应打磨、清理光滑，确保无毛刺、凹凸和污垢等缺陷。

6) 泵轴上任意断面中，相对 180° 的两点测量读数差的最大值称为该端面的“跳动”或“晃度”，轴弯曲即等于晃度值的一半。每个断面的晃度要用箭头表示出，根据箭头的方向是否一致来判定泵轴的弯曲是否在同一个纵剖面内。

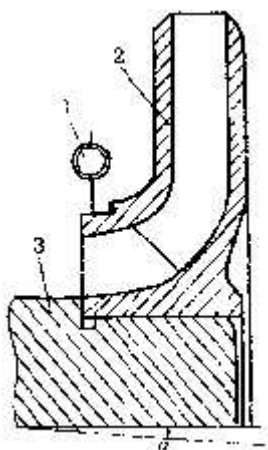
7) 测量完成后，根据每个断面的弯曲值找出最大弯曲断面，然后可用百分表进一步测量确定出泵轴的最大弯曲断面(此断面不一定恰好是刚才的测量断面)，并往复盘转泵轴，找到此断面最凸、最凹点并做好记录和标记。

8) 检查泵轴最大弯曲不得超过 0.04mm ，否则应采用“捻打法”或“内应力松弛法”进行直轴，而“局部加热直轴法”则尽量不要采用。具体的直轴操作详见后面的有关内容。

2、叶轮

(1) 叶轮及其密封环的检修

在水泵解体后，检查叶轮密封环的磨损程度，若在允许范围内，可在车床上用专门胎具胀住叶轮内孔来车修磨损部位，修正后要保持原有的同心度和表面粗糙度。最后，配制相应的密封环和导叶衬套，以保持原有的密封间隙。叶轮密封环经车修后，为防止加工过程中胎具位移而造成同心度偏差，应用专门胎具进行检查，如图所示。



检查叶轮密封环同心度

1-百分表； 2-叶轮； 3-专用胎具

具体的步骤为：

用一带轴肩的光轴插入叶轮内孔，光轴固定在钳台上并仰起角度 α ，确保叶轮吸入侧轮毂始终与胎具轴肩相接触并缓缓转动叶轮，在叶轮密封环处的百分表指示的跳动值应小于0.04mm，否则应重新修整。

对首级叶轮的叶片，因其易于受汽蚀损坏，若有轻微的汽蚀小孔洞，可进行补焊修复或采用环氧树脂粘结剂修补。测量叶轮内孔与轴颈配合处的间隙，若因长期使用或多次拆装的磨损而造成此间隙值过大，为避免影响转子的同心度甚至由此而引起转子振动，可采取在叶轮内孔局部点焊后再车修或镀铬后再磨削的方法予以修复。

叶轮在采取上述方法检修后仍然达不到质量要求时，则需更换新叶轮。

(2) 叶轮的更换

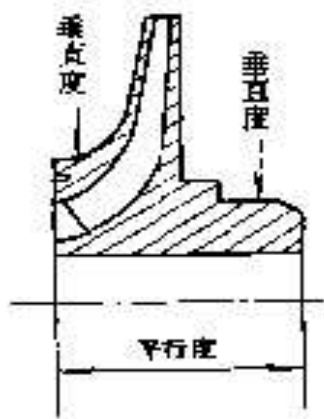
对新换的叶轮应进行下列工作，检查合格后方可使用：

1) 叶轮的主要几何尺寸，如叶轮密

封环直径对轴孔的跳动值、端面对轴孔的跳动、两端面的平行度、键槽中心线对轴线的偏移量、外径 D_2 、出口宽度 b_2 、总厚度等的数值与图纸尺寸相符合。

2) 叶轮流道清理干净。

3) 叶轮在精加工后，每个新叶轮都经过静平衡试验合格。对新叶轮的加工主要是为了保证叶轮密封环外圆与内孔的同心度、轮毂两端面的垂直度及平行度，如图所示。



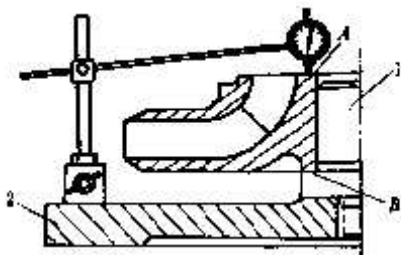
叶轮平行度和垂直度的检查

3、转子的试装

(1) 试装的目的及应具备的条件

转子试装主要是为了提高水泵最后的组装质量。通过这个过程，可以消除转子的紧

态晃度，可以调整好叶轮间的轴向距离，从而保证各级叶轮和导叶的流道中心同时对正，可以确定调整套的尺寸。在试装前，应对各部件进行全部尺寸的测量，消除明显的超差。各部件径向跳动的测量方法可参考前面的内容，对各部件端面晃度的检查方法为：叶轮仍是采用专门的心轴插入叶轮内孔，心轴固定在平台上，轻轻转动叶轮，百分表的指示数值即为端面的跳动。此跳动值不得超过0.015mm，否则应进



行车修，如图所示。

检查套装零件的垂直度和平行度

而轴套等部件端面跳动的检查可在一块平板上用百分表出，此跳动值不得大于0.015mm。

总之，在检查转子各部件的端面已清理，叶轮内孔与轴颈的间隙适当，轴弯曲不大于0.03~0.04mm，各套装部件的同心度偏差小于0.02mm且端面跳动小于0.015mm时，即可在专用的、能使转子转动的支架上开始试装工作。

(2) 转子试装的步骤

转子试装可以按以下步骤进行：

- 1) 将所有的键都按号装好，以防因键的位置不对而发生轴套与键顶住的现象。
- 2) 将所有的密封圈等按位置装好，把锁紧螺母紧好并记下出口侧锁紧螺母至轴端的距离，以便水泵正式组装时作为确定套装部件紧度的依据。
- 3) 在紧固轴套的锁紧螺母时，应始终保持泵轴在同一方位(如保持轴的键槽一直向上)，而且在每次测量转子晃度完成后应松开锁紧螺母，待下次再测时重新拧紧。每次紧固锁紧螺母时的力量以套装部件之间无间隙、不松动为准，不可过大。
- 4) 各套装部件装在轴上时，应根据各自的晃度值大小和方位合理排序，防止晃度在某一个方位的积累。测量转子晃度时，应使转子不能来回窜动且在轴向上不受太大的力。最后，检查组装好的转子各部位的晃度不应超出下列数值：

叶轮处 0.12mm

挡套处 0.10mm

调整套处 0.08mm

轴套处 0.05mm

平衡盘工作面轴向晃度 0.06mm

5) 装好转子各套装部件并紧好锁紧螺母后，再用百分表测量各部件的径向跳动是否合格。若超出标准，则应再次检查所有套装部件的端面跳动值，直至符合要求。

6) 检查各级叶轮出水口中心距离是否相符，并测量末级叶轮至平衡盘端面之间的距离以确定好调整套的尺寸。在试装结果符合质量要求并做好记录后，即可将各套装部件解体，以待正式组装。

四、水泵的总装与调整

将水泵的所有部件都经清理、检查和修整以后，就可以进行总装工作了。组装水泵按与解体时相反的顺序进行，回装完成后即可开始如下的调整工作：

1、首级叶轮出水口中心定位

准备好一块定位片(其宽度K是经测量后得出的)，把定位片插入首级叶轮的出水口。将转子推至定位片与进水段侧面接触(此时首级叶轮与挡套、轴肩不能脱离接触而产生间隙)，这时叶轮出水口中心线应正好与导叶入水口中心线对齐。在与入口侧填料室端面齐平的地方用划针在轴套外圆上划线，以备回装好平衡装置后检查出水口的对中情况和叶轮在静子中的轴向位置。

2、测量总窜动

测量总窜动的方法是：装入齿形垫，不装平衡盘而用一个旧挡套代替，装上轴套并紧固好锁紧螺母后，前后拨动转子，在轴端放置好的百分表的两次指示数值之差即为轴的总窜动量。另外，也可采用只装上动平衡盘和轴套的方式，将轴套锁紧螺母紧固到正确位置后，前后拨动转子，两次测量的对轮端面距离之差即为转子的总窜动量。不论采用何种方式测量总窜动量，在拨动转子的同时，用划针在轴套外圆上以入口侧填料室端面为基准划线，往出口侧拨动划线为a，往入口侧拨动划线为b，则首级叶轮出水口对中定位时的划线c应大致处于a b线的中间。当调整转子轴向位置时，应以此线(c线)作为参考。

3、平衡盘组装与转子轴向位置的调整

首先，将平衡盘、调整套、齿形垫、轴套等装好，再将锁紧螺母紧固好。前后拨动转子，用百分表测量出推力间隙。如果推力间隙大于4mm，应缩短调整套长度，使转子位置向出口侧后移；若推力间隙小于3mm，则应更换一新的齿形垫，增加其厚度，使转子位置向入口侧前移。注意：切不可采用加垫片的方法来进行调整。

最后，在与入口侧填料室端面齐平处用划针在轴套外圆上划线，此线应大致与前述的c线相重合。

转子的轴向位置是由动、静平衡盘的承力面来决定的。这两个部件的最大允许磨损值为1mm，故转子在静子里的轴向位移允许偏移值为：

入口侧 $4+1 = 5\text{mm}$

出口侧 $4 - 1 = 3\text{mm}$

这样，当平衡盘磨损或转子热膨胀伸长量超过静子的伸长量时，仍可保证叶轮与导叶的相对位置。

4、转子与静止部分的同心度的调整

水泵的机体部分组装完成后，即可回装两端的轴承，其步骤为：

- (1) 在未装下轴瓦前，使转子部件支承在静止部件如密封环、导叶衬套等的上面。在两端轴承架上各放置好一个百分表。
- (2) 用撬棒将转子两端同时平稳地抬起(使转子尽量保持水平)，做上、下运动，记录百分表上下运动时的读数差，此差值即转子同静止部件的径向间隙 Δd 。
- (3) 将转子撬起，放好下轴瓦，然后用撬棒使转子作上、下运动，记录百分表的读数差 δ ，直至调整到 $\delta = \Delta d/2$ 。调整时可以上下移动轴承架下的调整螺栓，或是采用在轴承架止口内、轴瓦与轴承架的结合面间加垫片的方法来进行。
- (4) 在调整过程中，要保持转子同静子之间的同心度，方法同上(需把下轴瓦取出)。测量时，可用内卡测出轴颈是否处于轴承座的中心位置。
- (5) 至此即可紧固好轴承架螺栓，打上定位销了。
- (6) 完成上述工作后，可研刮轴瓦和检验其吻合程度，回装好轴承。要求轴瓦紧力

一般为±0.02mm，轴瓦顶部间隙为0.12~0.20mm，轴瓦两侧间隙为0.08~0.10mm。

5、其余工作

水泵的检修完成后，检查水泵盘转正常，各部件无缺陷且运转时振动也很小，再次复测转子和静子的各项间隙、转子的轴向总窜动量等合乎要求，组装后的动静平衡盘的平行度偏差小于0.02mm，泵壳的紧固穿杠螺栓的紧固程度上下左右误差不大于0.05mm，则可以认为水泵检修、安装的质量合格

五、水泵按联轴器找正

在水泵检修完毕以后，为使其正常运行，就必须保证运转时水泵和原动机的轴处于同一直线上，以免水泵和原动机因轴中心的互相偏差造成轴承在运行中的额外受力，进而引起轴瓦发热磨损和原动机的过负荷，甚至产生剧烈振动而使泵组停止运行。

水泵检修后的找正是在联轴器上进行的。开始时先在联轴器的四周用平尺比较一下原动机和水泵的两个联轴器的相对位置，找出偏差的方向以后，先粗略地调整使联轴器的中心接近对准，两个端面接近平行。通常，原动机为电动机时，应以调整电机地脚的垫片为主来调整联轴器中心；若原动机为汽轮机，则以调整水泵为主来找中心。在找正过程中，先调整联轴器端面、后调整中心比较容易实现对中目的。下面就分步来进行介绍。

1、测量前的准备

根据联轴器的不同形式，利用塞尺或百分表直接测量圆周间隙 α 和端面间隙 b 。在测量过程中还应注意：

(1) 找正前应将两联轴器用找中心专用螺栓连接好。若是固定式联轴器，应将二者插好。

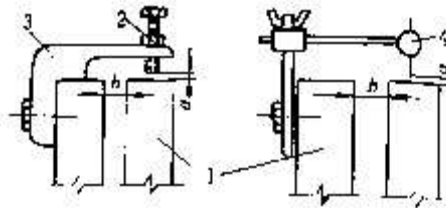
(2) 测量过程中，转子的轴向位置应始终不变，以免因盘动转子时前后窜动引起误差。

(3) 测量前应将地脚螺栓都正常拧紧。

(4) 找正时一定要在冷态下进行，热态时不能找中心。

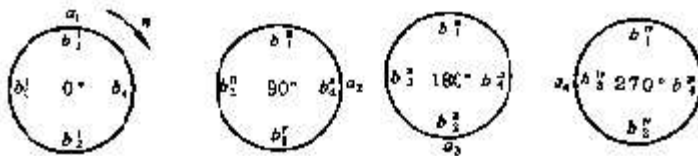
2、测量过程

将两联轴器做上记号并对准，有记号处置于零位(垂直或水平位置)。装上专用工具架或百分表，沿转子回转方向自零位起依次旋转 90° 、 180° 、 270° ，同时测量每个位置时的圆周间隙 α 和端面间隙 b ，并把所测出的数据记录在如图一所示的图内。根据测量结果，将两端面内的各点数值取平均数，按照图二所示记好。



一、联轴器a、b 间隙的测量（用百分表）

1-对轮； 2-可调螺栓； 3-桥尺； 4-百分表



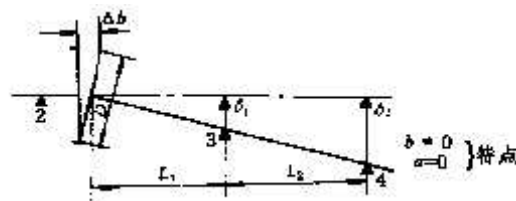
二、a、b 间隙记录图

综合上述数据进行分析，即可看出联轴器的倾斜情况和需要调整的方向。

3、分析与计算

一般来讲，转子所处的状态不外乎以下几种：

- (1) 联轴器端面彼此不平行，两转子的中心线虽不在一条直线上，但两个联轴器的中心却恰好相合，如图所示。调整时可将3、4号轴承分别移动 δ_1 和 δ_2 值，使两个转子中心线连成一条直线且联轴器端面平行。 δ_1 、 δ_2 值计算公式可根据相似三角形的比例关系推导得出，即

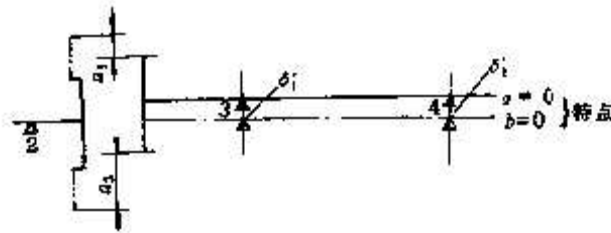


联轴器同心、不平行

式中， $\Delta b = b_1 - b_2$ ； D 是联轴器直径； L_1 是被调整联轴器至3号轴承的距离； L_2 是3、4号轴

承之间的距离。

(2) 两个联轴器的端面互相平行，但中心不重合，如图所示。



联轴器不平行、不同心

调整时可分别将3、4号轴承同移 $1/2 d$ ，则两个转子同心共线。'

(3) 两个联轴器的端面不平行，中心又不吻合，这是最常见的情况。

4、调整时的允许误差

调整垫片时，应将测量表架取下或松开，增减垫片的地脚及垫片上的污物应清理干净，最后拧紧地脚螺栓时应把外加的楔形铁或千斤等支撑物拿掉，并监视百分表数值的变化。至于联轴器找中心的允许误差随联轴器形式的变化而不同，具体可参考表所示。

表联轴器找中心的允许误差(mm)

联轴器类别	周距(a ₁ , a ₂ , a ₃ , a ₄ 任意两数之差)	面距(I、II、III、IV任意两数之差)
刚性与刚性	0.04	0.03
刚性与半挠性	0.05	0.04
挠性与挠性	0.06	0.05
齿轮式	0.10	0.05
弹簧式	0.08	0.06

此外，随着运行条件的改变，如水泵输送高温水(60℃以上)或水泵采用汽轮机驱动时，应分别将水泵和汽轮机转子因受热膨胀而使中心升高的情况与联轴器中心的公式计算数值综合起来加以考虑。例如，安装在同一个底座上的电机和水泵，若输送

水温在60℃时，电机约需抬高0.40—0.60mm，才能保证运行中水泵和电机的轴中心恰好对准。

六、直轴工作

当轴发生弯曲时，首先应在室温状态下用百分表对整个轴长进行测量，方法如前面所述，并绘制出弯曲曲线，确定出弯曲部位和弯曲度(轴的任意断面中，相对位置的最大跳动值与最小值之差的1/2)的大小。其次，还应对轴进行下列检查工作：

(1) 检查裂纹 对轴最大弯曲点所在的区域，用浸煤油后涂白粉或其他的方法来检查裂纹，并在校直轴前将其消除。消除裂纹前，需用打磨法、车削法或超声波法等测定出裂纹的深度。对较轻微的裂纹可进行修复，以防直轴过程中裂纹扩展；若裂纹的深度影响到轴的强度，则应当予以更换。裂纹消除后，需做转子的平衡试验，以弥补轴的不平衡。

(2) 检查硬度 对检查裂纹处及其四周正常部位的轴表面分别测量硬度，掌握弯曲部位金属结构的变化程度，以确定正确的直轴方法。淬火的轴在校直前应进行退火处理。

(3) 检查材质 如果对轴的材料不能肯定，应取样分析。在知道钢的化学成分后，才能更好地确定直轴方法及热处理工艺。在上述检查工作全部完成以后，即可选择适当的直轴方法和工具进行直轴工作。直轴的方法有机械加压法、捻打法、局部加热法、局部加热加压法和应力松弛法等。下面就一一加以介绍。

1、捻打法(冷直轴法)

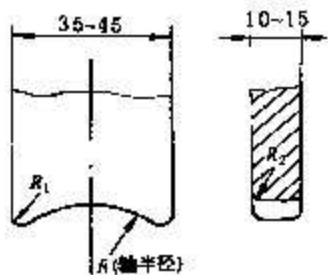
捻打法就是在轴弯曲的凹下部用捻棒进行捻打振动，使凹处(纤维被压缩而缩短的部分)的金属分子间的内聚力减小而使金属纤维延长，同时捻打处的轴表面金属产生塑性变形，其中的纤维具有了残余伸长，因而达到了直轴的目的。

捻打时的基本步骤为：

(1) 根据对轴弯曲的测量结果，确定直轴的位置并做好记号。

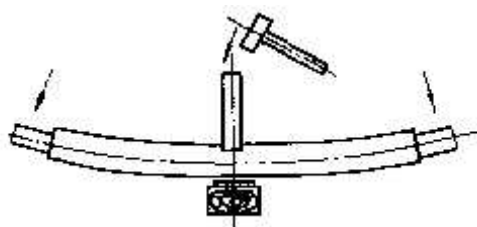
(2) 选择适当的捻打用的捻棒。捻棒的材料一般选用45#钢，其宽度随轴的直径而定(一般为15~40mm)，捻棒的工作端必须与轴面圆弧相符，边缘应削圆无尖角($R1=2\sim$

3mm)，以防损伤轴面。在捻棒顶部卷起后，应及时修复或更换，以免打坏泵轴。捻棒形状如图所示。



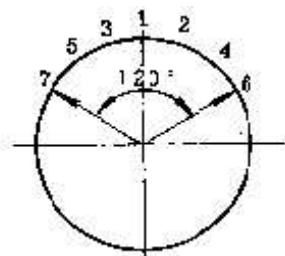
捻棒形状

(3) 直轴时，将轴凹面向上放置，在最大弯曲断面下部用硬木支撑并垫以铅板，如图所示。



另外，直轴时最好把轴放在专用的台架上并将轴两端向下压，以加速金属分子的振动而使纤维伸长。

(4) 捻打的范围为圆周的 $1/3$ （即 120° ），此范围应预先在轴上标出。捻打时的轴向长度可根据轴弯曲的大小、轴的材质及轴的表面硬化程度来决定，一般控制在 $50\sim 100\text{mm}$ 的范围之内。捻打顺序按对称位置交替进行，捻打的次数为中间多、两侧少，如图所示。



(5) 捻打时可用 $1\sim 2\text{kg}$ 的手锤敲打捻棒，捻棒的中心线应对准轴上的所标范围，锤击时的力量中等即可而不能过大。

(6) 每打完一次，应用百分表检查弯曲的变化情况。一般初期的伸直较快，而后因轴表面硬化而伸直速度减慢。如果某弯曲处的捻打已无显著效果，则应停止捻打并找出原因，确定新的适当位置再行捻打，直至校正为止。

(7) 捻打直轴后，轴的校直应向原弯曲的反方向稍过弯 $0.02 \sim 0.03\text{mm}$ ，即稍校过一些。

(8) 检查轴弯曲达到需要数值时，捻打工作即可停止。此时应对轴各个断面进行全面、仔细的测量，并做好记录。

(9) 最后，对捻打轴在 $300 \sim 400^\circ\text{C}$ 进行低温回火，以消除轴的表面硬化及防止轴校直后复又弯曲。

上述的冷直法是在工作中应用最多的直轴方法，但它一般只适于轴颈较小且轴弯曲在 0.2mm 左右的轴。此法的优点是直轴精度高，易于控制，应力集中较小，轴校直过程中不会发生裂纹。其缺点是直轴后在一小段轴的材料内部残留有压缩应力，且直轴的速度较慢。

2、内应力松弛法

此法是把泵轴的弯曲部分整个圆周都加热到使其内部应力松弛的温度(低于该轴回火温度 $30 \sim 50^\circ\text{C}$ ，一般为 $600 \sim 650^\circ\text{C}$)，并应热透。在此温度下施加外力，使轴产生与原弯曲方向相反的、一定程度的弹性变形，保持一定时间。这样，金属材料在高温和应力作用下产生自发的应力下降的松弛现象，使部分弹性变形转变成塑性变形，从而达到直轴的目的。

校直的步骤为：

- (1) 测量轴弯曲，绘制轴弯曲曲线。
- (2) 在最大弯曲断面的整修圆周上进行清理，检查有无裂纹。
- (3) 将轴放在特制的、设有转动装置和加压装置的专用台架上，把轴的弯曲处凸面向上放好，在加热处侧面装一块百分表。加热的方法可用电感应法，也可用电阻丝电炉法。加热温度必须低于原钢材回火温度 $20 \sim 30^\circ\text{C}$ ，以免引起钢材性能的变化。测温时是用热电偶直接测量被加热处轴表面的温度。直轴时，加热升温不盘轴。

(4) 当弯曲点的温度达到规定的松弛温度时，保持温度1h，然后在原弯曲的反方向(凸面)开始加压。施力点距最大弯曲点越近越好，而支承点距最大弯曲点越远越好。施加外力的大小应根据轴弯曲的程度、加热温度的高低、钢材的松弛特性、加压状态下保持的时间长短及外加力量所造成的轴的内部应力大小来综合考虑确定。

(5) 由施加外力所引起的轴内部应力一般应小于0.5MPa，最大不超过0.7MPa。否则，应以0.5~0.7MPa的应力确定出轴的最大挠度，并分多次施加外力，最终使轴弯曲处校直。

(6) 加压后应保持2~5h的稳定时间，并在此时间内不变动温度和压力。施加外力应与轴面垂直。

(7) 压力维持2~5h后取消外力，保温1h，每隔5min将轴盘动180°，使轴上下温度均匀。

(8) 测量轴弯曲的变化情况，如果已经达到要求，则可以进行直轴后的稳定退火处理；若轴校直得过了头，需往回直轴，则所需的应力和挠度应比第一次直轴时所要求的数值减小一半。

采用此方法直轴时应注意以下事项：

(1) 加力时应缓慢，方向要正对轴凸面，着力点应垫以铝皮或紫铜皮，以免擦伤轴表面。

(2) 加压过程中，轴的左右(横向)应加装百分表监视横向变化。

(3) 在加热处及附近，应用石棉层包扎绝热。

(4) 加热时最好采用两个热电偶测温，同时用普通温度计测量加热点附近处的温度来校对热电偶温度。

(5) 直轴时，第一次的加热温升速度以100~120℃/h为宜，当温度升至最高温度后进行加压；加压结束后，以50~100℃/h的速度降温进行冷却，当温度降至100℃时，可在室温下自然冷却。

(6) 轴应在转动状态下进行降温冷却，这样才能保证冷却均匀、收缩一致，轴的弯曲顶点不会改变位置。

(7) 若直轴次数超过两次以后，在有把握的情况下可将最后一次直轴与退火处理结合在一起进行。内应力松弛法适用于任何类型的轴，而且效果好、安全可靠，在实际工作中应用的也很多。关于内应力松弛法的施加外力的计算，这里就不再介绍，应用时可参阅有关的技术书籍中的计算公式。

3、局部加热法

这种方法是在泵轴的凸面很快地进行局部加热，人为地使轴产生超过材料弹性极限的反压缩应力。当轴冷却后，凸面侧的金属纤维被压缩而缩短，产生一定的弯曲，以达到直轴的目的。具体的操作方法为：

- (1) 测量轴弯曲，绘制轴弯曲曲线。
- (2) 在最大弯曲断面的整个圆周上清理、裂纹的情况。检查并记录好
- (3) 将轴凸面向上放置在专用台架上，在靠近加热处的两侧装上百分表以观察加热后的变化。
- (4) 用石棉布把最大弯曲处包起来，以最大弯曲点为中心把石棉布开出长方形的加热孔。加热孔长度(沿圆周方向)约为该处轴径的25%~30%，孔的宽度(沿轴线方向)与弯曲度有关，约为该处直径的10%—15%。
- (5) 选用较小的5、6号或7号焊嘴对加热孔处的轴面加热。加热时焊嘴距轴面约15~20mm，先从孔中心开始，然后向两侧移动，均匀地、周期地移动火嘴。当加热至500~550℃时(轴表面呈暗红色)，立即用石棉布把加热孔盖起来，以免冷却过快而使轴表面硬化或产生裂纹。
- (6) 在校正较小直径的泵轴时，一般可采用观察热弯曲值的方法来控制加热时间。热弯曲值是当用火嘴加热轴的凸起部分时，轴就会产生更加向上的凸起，在加热前状态与加热后状态的轴线的百分表读数差(在最大弯曲断面附近)。一般热弯曲值为轴伸直量的8~17倍，即轴加热凸起0.08~0.17mm时，轴冷却后可校直0.01mm，具体情况与轴的长径比及材料有关。对一根轴第一次加热后的热弯曲值与轴的伸长量之间的关系，应作为下一次加热直轴的依据。
- (7) 当轴冷却到常温后，用百分表测量轴弯曲并画出弯曲曲线。若未达到允许范围，

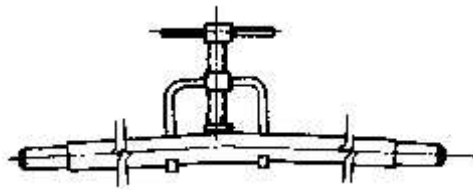
则应再次校直。如果轴的最大弯曲处再次加热无效果，应在原加热处轴向移动一位置，同时用两个焊嘴顺序局部加热校正。

(8) 轴的校正应稍有过弯，即应有与原弯曲方向相反的0.01~0.03mm的弯曲值，待轴退火处理后，这一过弯值即可消失。在使用局部加热法时应注意以下问题：

- (1) 直轴工作应在光线较暗且没有空气流动的室内进行。
- (2) 加热温度不得超过500~550℃，在观察轴表面颜色时不能带有色眼镜。
- (3) 直轴所需的应力大小可用两种方法调节，一是增加加热的表面；二是增加被加热轴的金属层的深度。
- (4) 当轴有局部损伤、直轴部位局部有表面高硬度或泵轴材料为合金钢时，一般不应采用局部加热法直轴。最后，应对校直的轴进行热处理，以免其在高温环境中复又弯曲，而在常温下工作的轴则不必进行热处理亦可。

4、机械加压法

这种方法是利用螺旋加压器将轴弯曲部位的凸面向下压，从而使该部位金属纤维压缩，把轴校直过来，如图所示。



机械加压法直轴

局部加热加压法

这种方法又称为热力机械校轴法，其对轴的加热部位、加热温度、加热时间及冷却方式均与局部加热法相同，所不同点就是在加热之前先用加压工具在弯曲处附近施力，使轴产生与原弯曲方向相反的弹性变形。在加热轴以后，加热处金属膨胀受阻而提前达到屈服极限并产生塑性变形。

这样直轴大大快于局部加热法，每加热一次都收到较好的结果。若第一次加热加压处理后的弯曲不合标准，则可进行第二次。第二次加热时间应根据初次加热的效果来确定，但要注意在某一部位的加热次数最多不能超过三次。在本节所讲的五种直

轴方法中，机械加压法和捻打法只适用于直径较小、弯曲较小的轴；局部加热法和局部加热加压法适用于直径较大、弯曲较大的轴，这两种方法的校直效果较好，但直轴后有残余应力存在，而且在轴校直处易发生表面淬火，在运行中易于再次产生弯曲，因而不宜用于校正合金钢和硬度大于HB180~190的轴；应力松弛法则适于任何类型的轴，且安全可靠、效果好，只是操作时间要稍长一些。

第二节；离心泵的启动及调试

水泵的试运转，是对水泵制造和安装质量的具体考验，同时，也是运行人员对设备操作性能的熟悉和掌握过程。

一、一般单级离心泵的试运转

1、试运转前应具备的条件

- (1) 系统安装完毕，管道已试压或灌水试验合格，管道的支、吊架都调整好。
- (2) 泵入口已加装适当通流面积的滤网。
- (3) 电气及控制系统都已安装完毕，电动机经过空转试验，方向正确。事故按钮试验合格。
- (4) 泵的测量表计经过校验、安装完毕。
- (5) 基础二次灌浆达到设计强度。
- (6) 设备周围有足够的空间，道路畅通，照明良好。
- (7) 通信联络正常。

2、泵的起动和停止

- (1) 准备充足的水源，并向水泵充水。
- (2) 切换系统。按照试运转系统要求，凡需要打开的阀门应打开，需要关闭的阀门应关闭。
- (3) 打开轴封及轴承冷却水，调整到合适的流量。
- (4) 起动水泵，待定速后，用就地事故按钮停泵。
- (5) 再次起动水泵，待定速后，逐步打开出口阀门，并根据出口压力表逐步调整流量。
- (6) 检查水泵及电动机振动情况。

(7) 检查水泵及电动机轴承润滑情况及轴承温升。

(8) 检查电动机电流及温升。

(9) 调整轴封冷却水，一般应每隔数分钟有水滴出为宜并用手触摸盘根温升。

如果上述振动、润滑、电流及温升正常，则可继续运行。如上述任何一项不正常，应停

泵查找原因，消除缺陷后，才能继续起动运行。

3、运行中的维护检查

(1) 水泵运行时，应定期检查振动、轴承温度、冷却水及轴端密封情况。发现异常，应设

法消除。如在运行中无法消除，应在停泵后消除。

(2) 定期检查水泵出、入口压力表，若发现水泵入口压力剧烈波动，可能是入口滤网堵塞

或其它原因造成的，应停泵检查清理后再起动。

4、停泵

(1) 逐步关闭出口阀，直至完全关闭。

(2) 按“停止”按钮，停泵。

(3) 停止冷却水。

(4) 关闭入口阀。

(5) 切断电源。

二、循环水泵的试运转

循环水泵具有大流量、低扬程的特点，因此，它具有高的比转速。所以无论是离心泵还是轴流泵，其运行方式基本相同。循环水泵的试运转，除应满足一般单级离心泵的要求外，还应注意：

1、循环水泵由于体积庞大等原因，试运转前泵内充水相当困难，一般多采用抽气法，将泵内空气抽出，使水泵充水。

2、高比转速水泵，应在水泵起动以后，立即开启出口阀或在起动时先微开出口阀，

然后再启动泵，使泵在保持部分流量下达到定速。特别是轴流泵，关死点功率最大，以后轴功率随流量增大而下降。因此，这类泵都配备了快速启闭的蝶阀。

3、停泵时应先停止电动机，随后迅速关闭出口阀，防止压力水倒灌。

三、给水泵的试运转

给水泵的试运转，一般应在调试人员的指导下进行运转前应制定试运转措施。

1、给水泵试运转的特点

给水泵所输送的介质是接近该压力下饱和温度的水，其试运转条件要求非常严格。

给水泵运行的主要特点有：

(1) 水泵转速高

过去锅炉给水泵的转速，由于受到电网频率的限制，电动机的最高转速不可能超过3000r/min。而现代高压锅炉给水泵有两种驱动方式：一种是由专用的汽轮机驱动的给水泵，其转速达5000~6000r/min；另一种是由电动机经增速齿轮升速后用液力耦合器驱动的给水泵，它的可变转速也高达5000~6500r/min。为了经济地获得很高的流量和扬程，提高水泵转速是最有效的途径之一。增高泵轴的转速，不仅可以缩小叶轮直径、减少级数（一般在8级以下），提高单级扬程（高达600~1000m以上），而且也可以缩短泵轴，增大泵轴刚度，减小泵轴挠度。由于泵轴静挠度的减少，从而提高了临界转速。所以，提高给水泵转速有利于提高水泵运行的可靠性。

(2) 配有前置泵

现代给水泵由处在接近汽化温度下的除氧器吸入给水。为提高给水泵的吸入压力，防止发生汽蚀，一般都配备一台低速的增压泵（前置泵）。

(3) 材料要求高

现代高压给水泵由于有很高的内压力和水流速度，具有极大的冲刷性，叶轮、导叶等大都采用高铬不锈钢材料制作。此材料具有耐冲刷、耐腐蚀、热膨胀系数小、机械性能好等特点。

(4) 配有平衡盘和止推轴承

现代高压锅炉给水泵采用平衡鼓式平衡盘，外加止推轴承来平衡轴向力，而不采用

单一的平衡盘。这是因为汽动给水泵的小汽轮机在起动前需要低速盘车，一方面由于可能有异物存在，使泵卡塞；另一方面在起动初期，平衡盘尚未建立压差，易和平衡座发生摩擦。解决的办法是将泵入口管道冲洗干净，不拆除入口滤网下定期清理。汽动泵小汽轮机在低速暖机阶段，应特别注意监视止推轴承瓦块的温升和油流情况，以防烧坏止推轴承。一旦小汽轮机达到额定转速，此时止推轴承瓦块温度应逐步下降。电动给水泵起动时，应缓慢地操作供油

调整装置，使工作油量逐步由小到大，使液力耦合器的输出转速缓慢上升。如果电动给水泵也有止推轴承，除监视止推轴承外，还应注意液力耦合器腔体的温升和油流情况，同时也要注意增速齿轮箱的振动情况。

(5) 采用迷宫式轴端密封结构和机械式轴端密封结构

现代高压锅炉给水泵的轴端密封，大多采用迷宫式轴端密封结构，还有少数用机械式轴端密封结构。采用迷宫式轴端密封结构的特点是：可以径向展开布置，轴向长度短，另外，能适应在短时间内汽化或汽蚀运行的要求，同时外来密封水供应中断也可以短时间在无水条件下运行。这就保证了水泵运行的可靠性。但这种密封对水质要求很高。一般用前置泵引出一支管经冷却器降温后进入贮水箱，还有的使用凝结水泵出口水源、除盐水做为备用。

(6) 双壳体或单壳体筒式结构

旧式高压给水泵的壳体常采用圆环分段式，而现代高压锅炉给水泵用双壳体或单壳体圆筒式结构。因为它各段壳体的温度、压力相差较小，水泵轴线周围的热流和应力均匀对称。当受到较剧烈的热变化时，水泵零件的同心性较好，密封性良好，从而减少了各级间的泄漏，提高了运行的可靠性和经济性。

(7) 起动前应进行暖泵

1) 暖泵的目的。给水泵的转动部分和静止部分的间隙相对都较小。当输送介质的温度与泵壳体温度相差超过 30°C 时，起动前如不进行暖泵，往往会出现动、静部分的温差，导致泵壳体变形，进而出现动、静部分摩擦，引起磨损或振动。暖泵就是要消除温差，使泵体各部温度趋向一致。这是保证给水泵正常起动的重要程序之一。

2) 暖泵的方式。高压锅炉给水泵暖泵方式一般分为正暖、倒暖两种。

① 正暖泵方式。锅炉给水泵的暖泵水从除氧器水箱经水泵入口管进入泵内，依次经过各级通流部件，然后再经出口暖泵管排掉。

② 倒暖泵方式。锅炉给水泵的暖泵水，是高压给水系统的热水，经备用泵出口处的暖泵管节流减压后，自备用泵出口止回阀前进入泵内。暖泵水从后往前依次经过各级通流部件，再从水泵入口管返回除氧器内。这种暖泵系统只增加一条从高压给水系统至水泵出口止回阀前的暖泵水管及节流孔板，其它和正暖泵系统基本相同。

(8) 必须保证最小流量

当水泵流量小于额定流量的25%—30%时，必须开启再循环阀，使部分给水通过再循环阀重新回到除氧器。这是因为，当给水流量过小时，水在水泵内由于摩擦而造成温度升高。特别是平衡盘处，由于处于水泵最后一级，水温最高。当平衡水的温度达一定程度时，平衡水开始汽化，压力突然降低，失去平衡作用。如发现这种情况，必须立即停泵，否则，将使平衡盘动、静部分发生摩擦而咬死。为了避免这一情况的发生，应该使泵内保持一定的流量，使水泵通流部件得到必要的冷却。使一部分给水经过再循环管返回除氧器。因此在给水泵的起动和升速过程中，给水再循环阀均应开启。只有当锅炉负荷增加，超过给水泵的额定流量的30%以上时，才可逐步关小再循环阀。现代锅炉给水泵，都装有最小流量控制装置，自动控制给水泵的流量，使给水泵的流量始终不小于最小流量。

(9) 必须严格监视和调控除氧器的水温、压力和水位在机组试运行期间，各系统调控功能尚未完全建立。因此，在给水泵试运时，必须严格监视除氧器水温、压力。勿使水温超过该压力下的饱和温度。同时，也必须使除氧器保持一定的水位。否则，在给水泵首级叶轮入口处会形成汽蚀，严重时还会使水泵汽化，造成严重后果。

此外，在运行初期，给水泵入口滤网经常被堵塞。虽然除氧器压力、温度、水位都正常，但由于入口滤网堵塞，通流面积减少，使水泵入口压力低于除氧器压力，也易造成水泵汽化。因此，在试运转时，若发现水泵入口压力低于除氧器压力时，应停泵清理入口滤网。

(10) 调试好给水泵的润滑系统

大型给水泵都配有独立的润滑系统，在水泵正式起动前，必须将油泵试运转，油系统应经过冲洗、油质合格。待油温和油压达到要求值后，才能正式起动给水泵。

2、电动机直接驱动的给水泵的试运转

电动机直接驱动的给水泵起动时，水泵转速在短时间内由零升至额定转速，对转速缺乏调控手段。特别在锅炉点火初期，给水流量小，水泵在高扬程、小流量的不利条件下运行。因此，在水泵达到额定转速后，必须立即打开再循环阀，使水泵流量保持不小于额定流量的30%，同时，密切注意平衡室水压。正常情况下，平衡室水压应与入口水压相等或略高一些，若平衡盘水压超过入口水压较多，说明平衡盘漏水严重，应停泵检查。电动机直接驱动的给水泵，一般都带有主油泵，与水泵转子同轴运转。水泵起动前应先起动辅助油泵，当主油泵运转正常后，才能停止辅助油泵。停止水泵时，应先起动辅助油泵，待辅助油泵运转正常后，才能停止水泵。当水泵做为备用泵时，辅助油泵应一直陪转。

三. 离心泵常见故障与处理

离心泵常见故障及处理方法表

序号	故障现象	故障原因	处理方
1	流量扬程降低	1. 泵内或吸入管内有气体 2. 泵内或管路有杂物堵塞	重新灌泵检查清理
2	电流超高	转子与泵体摩擦	解体修理
3	振动值增大	1. 泵轴与原动机对中不良 2. 轴承磨损严重 3. 转子部分不平衡 4. 地脚螺栓松动 5. 泵抽空 6. 轴弯曲 7. 泵内部磨擦 8. 转子零件松动或破损 9. 叶轮中有异物	重新校正更换 检查消除紧固螺栓工艺 调整矫直更换检查消除 紧固检查消除异物

机械密封 泄漏严重	<ol style="list-style-type: none"> 1. 机械密封损坏或安装不当 2. 封液压力不当 3. 操作波动大 4. 泵轴与原动机对中不良 5. 轴弯曲或轴承损坏 	检查更换 调整 稳定操作重新校正校验 找正 更换
轴承温度 过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 轴承箱内油过少或太脏 2. 润滑油变质 3. 轴承冷却效果不好 4. 转子不平衡或偏心 5. 轴承损伤 	加油换油 换润滑油 检查调整 检查消除 检查更换
泵输不出 液体	<ol style="list-style-type: none"> 1. 总扬程与泵额定扬程不符 2. 管路漏气 3. 泵转向不对 4. 吸入扬程过高或灌注高不够 5. 泵内或管路内有气体 	换泵 检查消除 调整转向 降低安装、增入口压 灌泵排气

四. 离心泵的操作方法

1. 离心泵启动前的检查

- 1) 电机检修后，在连接联轴器前，先检查电机的转动方向是否正确。
- 2) 检查泵进出口管线及附属管线，法兰，阀门安装是否符合要求，地脚螺栓及地线是否良好，联轴器是否装好。
- 3) 盘车检查，转动是否正常。
- 4) 检查润滑油油位是否正常，无油加油，并检查润滑油（脂）的油质性质。
- 5) 打开各冷却水阀门，并检查管线是否畅通。注意冷却水不宜过大或过小，过大会造成浪费，过小则冷却效果差。一般冷却水流成线状即可。
- 6) 打开泵的入口阀，关闭泵的出口阀，并打开压力表手阀。
- 7) 检查机泵的密封状况及油封的开度。

注意：热油泵在启动前要均匀预热。

2. 离心泵的启动

- 1) 全开入口阀，关闭出口阀，启动电机。
- 2) 当泵出口压力大于操作压力时，检查各部运转正常，逐渐打开出口阀。
- 3) 启动电机时，若启动不起来或有异常声音时，应立刻切断电源检查，消除故障后方可启动。
- 4) 启动时，注意人不要面向联轴器，以防飞出伤人。

3. 离心泵的停泵操作

- 1) 慢慢关闭泵的出口阀。
- 2) 切断电机的电源。
- 3) 关闭压力表手阀。
- 4) 停车后，不能马上停冷却水，应泵的温度的降到 80 度以下方可停水。
- 5) 根据需要，关闭入口阀，泵体放空。

4. 离心泵运转时的操作及维护

离心泵在正常运转时，司泵员要对以下内容认真巡检：

- 1) 检查机泵出口压力，流量，电流等，不超负荷运转，并准确记录电流，压力等参数。
- 2) 听声音，分辨机泵，电机的运转声音，判断有无异常。
- 3) 检查机泵，电机及泵座的振动情况，如振动严重，换泵检查。
- 4) 检查电机外壳温度，机泵的轴承箱温度，轴承箱温度不超过 65 度，电机温度不超过 95 度。
- 5) 保证正常的润滑油油质情况及润滑油箱的液位情况。润滑油箱液位，有刻度时以刻度为准；有看窗（油标）而无刻度线，油位应保持在 1/3~1/2 之间，在正常油位时，润滑油泄漏不大于 5 滴/分，压力注油，以机器说明为准。
- 6) 检查机泵密封及各法兰，丝堵，冷却水，封油接头是否泄漏。
- 7) 检查备用泵的备用情况，每天要盘车一次。

5. 离心泵的切换操作

为保证在切换泵时，其流量，压力等参数基本不变化，无波动，最好两人同时操作。

- 1) 做好启动泵开车前的准备工作。
- 2) 一人首先开启备用泵，待泵运转正常平稳后，慢慢打开出口阀，这时随泵出口阀的打开，泵的出口阀压力略有下降，但电机电流增加，同时另外一人缓慢的关闭要停泵的出口阀，待要运转泵的流量足够大时，再完全关闭要停泵的出口阀，切断电源，再作正常停泵处理。

6. 热油泵的预热

- 1) 离心泵在维修完毕后，首先用蒸汽贯通试压，检查机泵有无泄漏，同时将泵内的冷凝水扫出。
- 2) 缓慢打开泵入口阀（可度约 1~2 圈），保持泵内压力小于 0.2MP，待泵内灌满介质后，将泵入口阀全部打开。注意，调整预热泵的出口阀的开度，防止泵的倒转，同时要注意，预热的速度保持在 50 度/小时。
- 3) 在预热时，每隔 15 分钟盘车一次，使泵预热均匀。

7. 离心泵操作时的注意事项

- 1) 离心泵在运转时避免空转。
- 2) 避免在关闭出口阀时长时间运转。
- 3) 严禁用水冲电机。
- 4) 离心泵要在关闭出口阀的情况下启动。

总结

机泵的常见故障的分析与处理

1. 电机温度过高

原 因	处 理 方 法
绝缘不好	切换备用泵，联系维修
定子内绕组短路	切换备用泵，联系维修

电机轴承安装不正	切换备用泵，联系维修
润滑油变质	更换润滑油
超负荷，电流过大	请示调度，降低处理量
电压太低，电流过大	请示调度，降低处理量
外界环境温度高	加风冷却

2. 电机电流过大

原 因	处 理 方 法
泵流量过大	降流量
机泵找正不好	联系处理
密封填料压的过紧	联系处理
电机潮湿绝缘不好	联系维修
输送介质粘度过大	通知车间负责人

3. 泵出口压力超标

原 因	处 理 方 法
出口管线堵	吹扫泵出口管线
泵出口阀阀芯掉	更换阀
压力表失灵	更换表

4. 泵体振动过大及有杂音

原 因	处 理 方 法
泵地脚螺栓或垫铁松动	拧紧螺栓，点焊垫铁
机泵中心不正	切换备用泵，联系维修
轴承间隙过大	切换备用泵，联系维修
泵轴弯曲	切换备用泵，联系维修
转子不平衡，叶轮坏，流道堵塞，平衡管堵等	切换备用泵，联系维修
泵内构件松动	切换备用泵，联系维修
泵抽空	憋压处理
轴承滚筑破碎	切换备用泵，联系维修

5. 轴承发热

原 因	处 理 方 法
机泵中心不正或振动	联系维修
润滑油变质，量小或有杂物	更换或添加润滑油
冷却水过小	给足冷却水
轴承损坏	切换备用泵，联系维修
轴承箱漏水	切换备用泵，联系维修

6. 机械密封的泄漏

原 因	处 理 方 法
使用时间过长，造成磨损	切换备用泵，联系维修

介质有杂质，磨损密封	切换备用泵，联系维修
泵抽空	操作调整
冷却水中断	给上冷却水

密封泄漏指标:

- 白天: 机械密封: 轻油 10 滴/分 重油 5 滴/分
 盘根密封: 轻油 20 滴/分 重油 10 滴/分
 晚上: 机械密封: 轻油 20 滴/分 重油 10 滴/分

7. 泵的抽空

1) 泵抽空的判断方法，在下列情况下可能发生抽空现象

- a. 仪表流量指示大幅度波动或流量指示为零;
- b. 压力电流指示大幅度波动或无指示;
- c. 泵振动较大，并有杂音;
- d. 管线内有异常声音。

2) 泵抽空的原因分析及处理方法:

原 因	处 理 方 法
泵入口堵塞	换泵处理，清扫或反吹
泵入口漏气或漏水	换泵处理
预热泵出口开的太大，造成短路循环	关小预热口
泵内叶轮腐蚀	联系维修
泵入口压力不够或太低	提高泵入口管线的介质压力
泵内有水或蒸汽	换泵处理
泵断裂	联系维修
备用泵密封冷却水内漏	联系维修
介质温度过高饱和蒸汽压过大	降低介质温度将泵内气体从放空管线赶尽
泵入口阀未开或开的过小或阀芯脱落	开大入口阀，检查更换阀门

3) 防止泵抽空的措施

- a. 热油泵在预热时，严格控制预热速度为 50 度/时;
- b. 泵运转期间，严禁用泵的入口阀节流;
- c. 泵入口的液位控制的不得太低。