

# 水泵知识培训

2013年6月



# 内 容

一、概述

二、水泵的分类、型号、工作原理

三、离心泵的结构

四、单级离心泵的检修

五、水泵的测量

六、水泵检修相关的工作

七、水泵检修中的重点和特殊项目

八、水泵的振动处理



# 概述

水泵是用来把原动机的机械能转变为流体的动能和势能的一种动力设备，在发电厂中，它是维持蒸汽动力循环不可缺少的设备，是发电厂的主要辅助设备之一。在火力发电厂中，有许多不同类型的泵配合主机工作，如：给水泵向锅炉提供给水，凝结水泵将凝汽器中的凝结水输送到除氧器，循环水泵向凝汽器供应冷却水，为便于凝汽器中的不凝结气体排出，要用真空泵和射水泵，为排除管路和加热器中的疏水，要用疏水泵，为补充发电厂的汽水损失，要用补充水泵，汽轮机组在启动和运行中各轴承与轴的润滑要用顶轴油泵、启动油泵和主油泵等。

# 概述

火力发电厂中，各种泵都参与电厂的生产过程，它是否安全运行直接影响到电厂的安全生产。如果给水泵发生故障，将影响到锅炉的供水，甚至造成锅炉断水发生干锅事故；如主油泵事故可能引起汽轮发电机组轴承断油烧瓦，严重时会造成汽轮机动、静叶片磨损的重大事故，循环水泵发生故障，电厂就要降低出力。

发电厂中使用的泵种类繁多，数量大，同时消耗的电量也很大，发电厂中的给水泵、凝结水泵、循环水泵占厂用电的一半左右。所以对泵的安全、经济运行必须引起足够的认识，对泵的维修及保养予以高度重视，才能确保发电厂安全、经济、稳定的运行。

# 水泵的分类、型号、工作原理

## 一、水泵的主要参数：

不论什么水泵，在工作时都具有一定的参数，通常在水泵的铭牌中给出，主要有以下参数：

- 流量：单位时间内抽送水的数量叫流量，用 $Q$ 表示，单位为 $m^3/h$
- 扬程：1Kg水在通过水泵后所获得的能量称为扬程，用 $H$ 表示，单位为m；
- 转速：指泵叶轮每分钟的转数，以 $n$ 表示，单位为转/分（r/min）
- 轴功率：指原动机传到水泵轴上功率；
- 效率：指被输送的液体实际获得的功率与轴功率的比值。





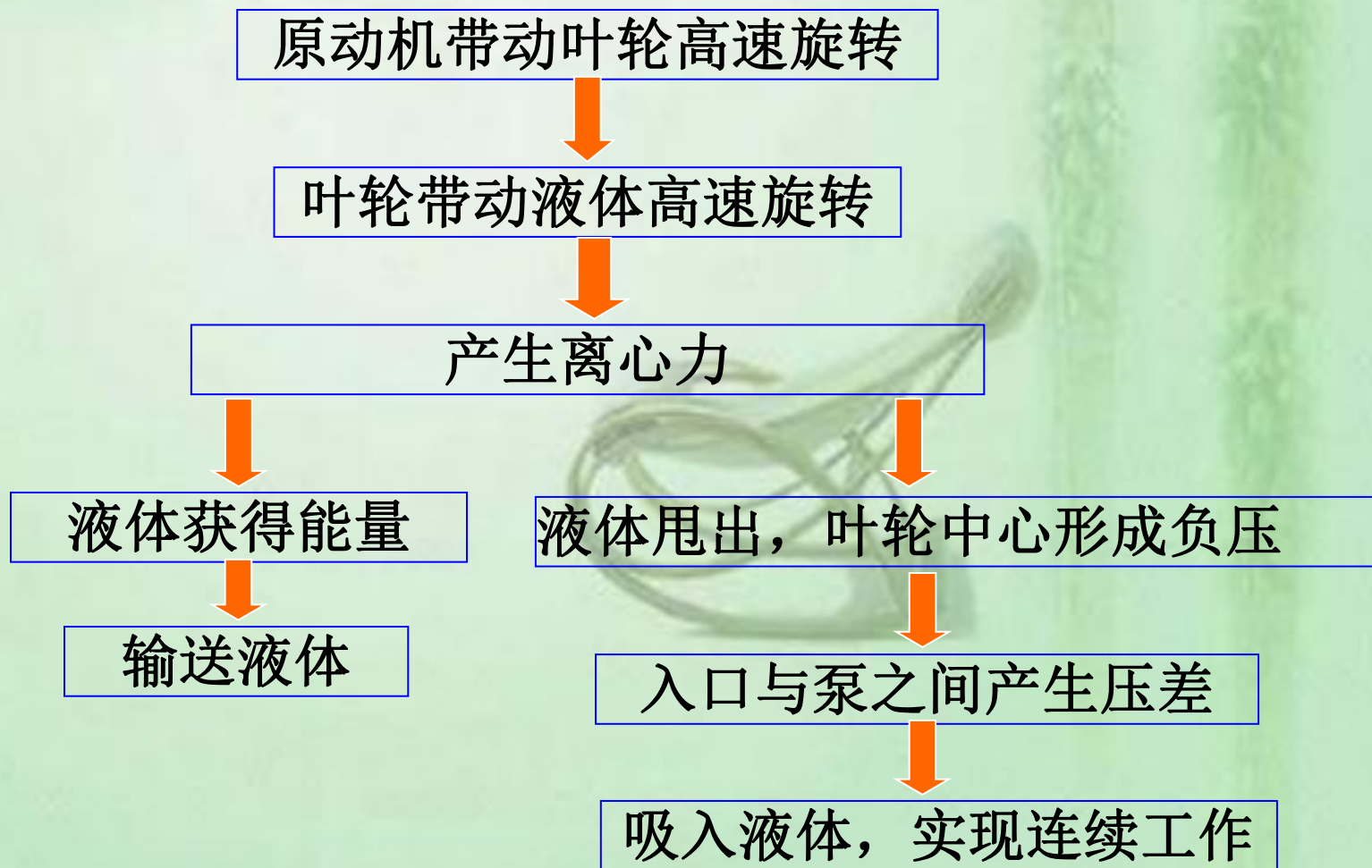
# 水泵的分类、型号、工作原理

1、离心式水泵：用电动机带动泵轴使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，其压力和速度不断提高，最后以很高的流速和压力流出叶轮进入泵壳内，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，在入口和叶轮中心处的液体之间就产生了压差，入口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。

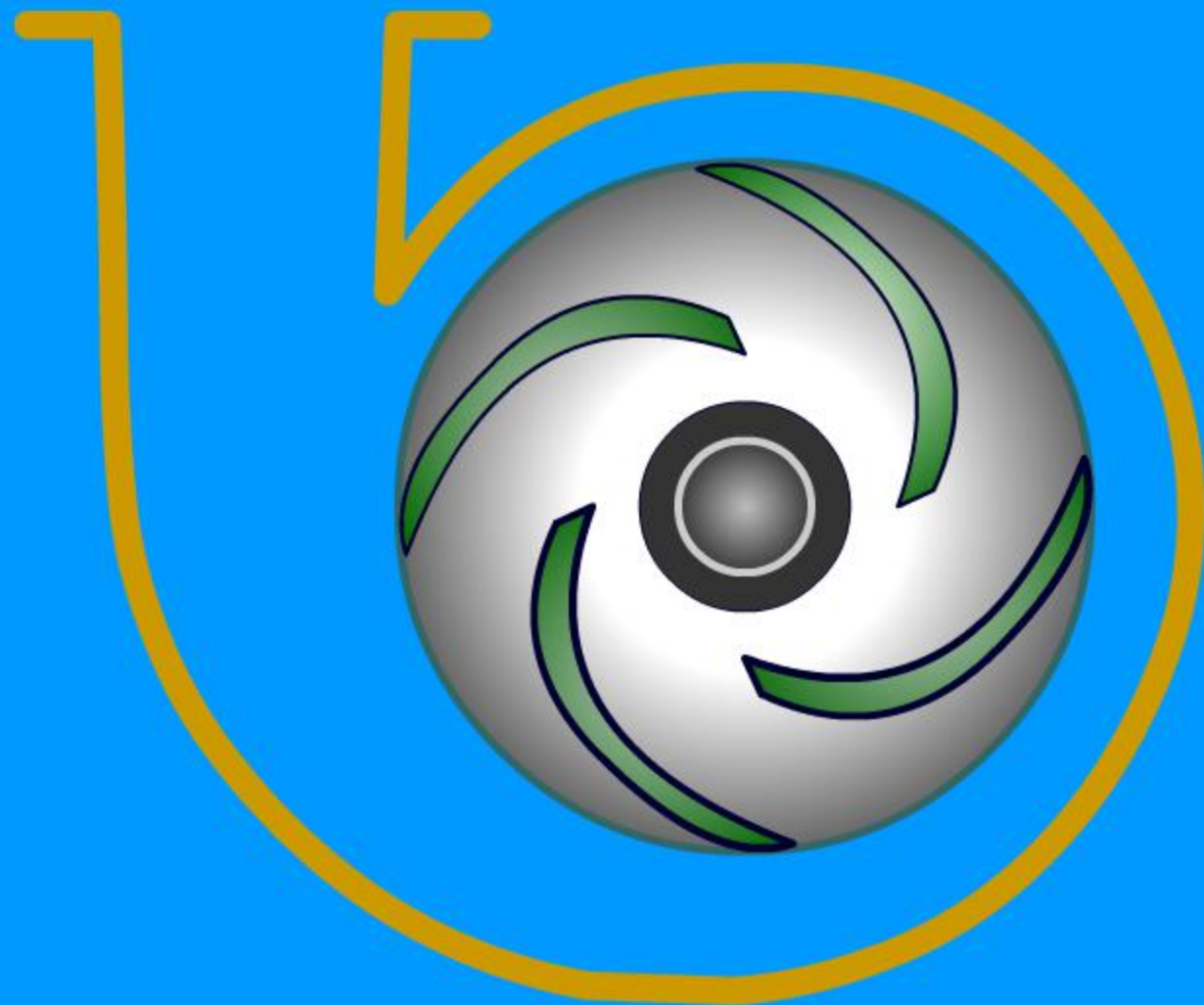
# 水泵的分类、型号、工作原理

离心泵工作流程：





# 离心泵

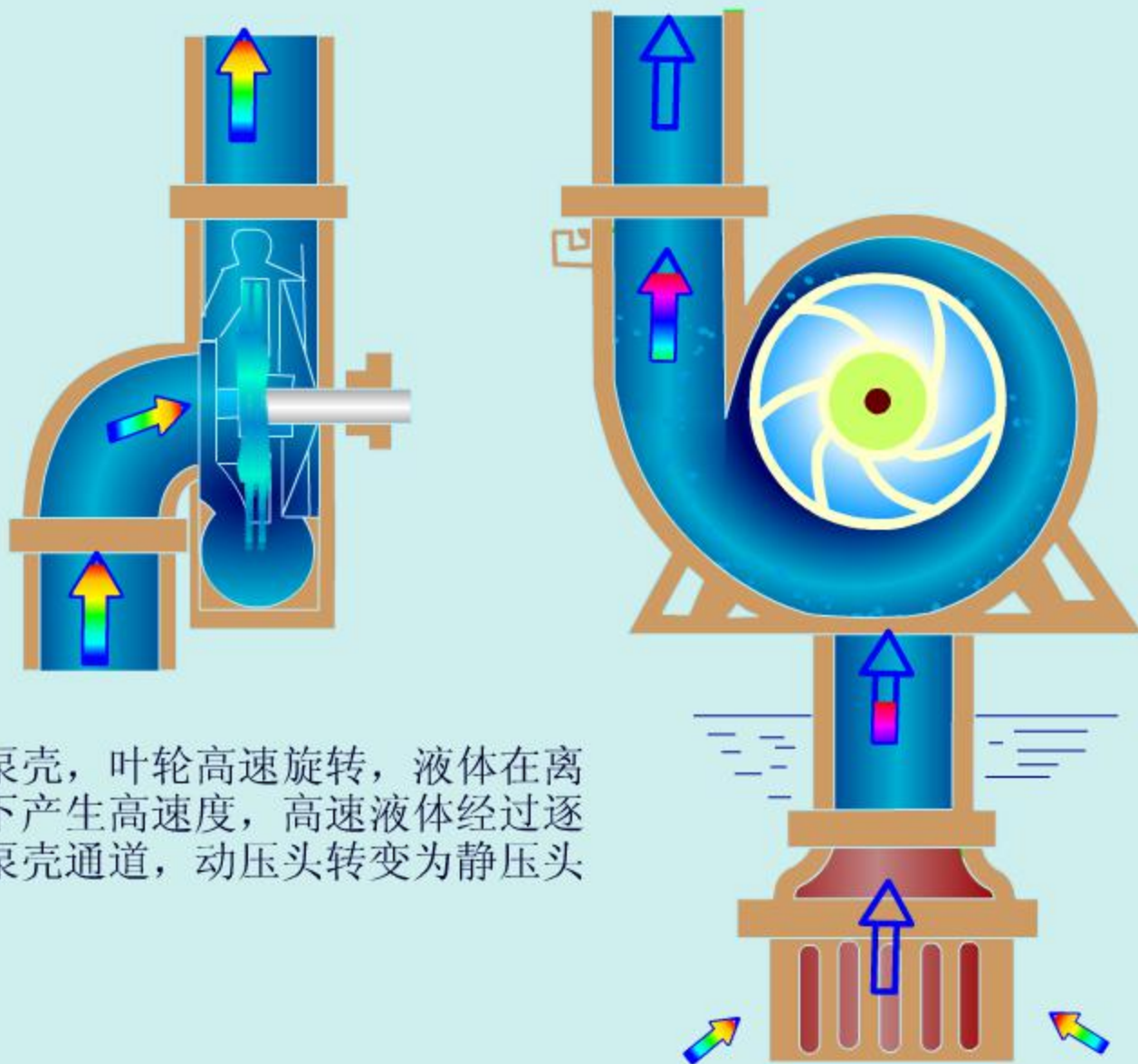


播放

暂停

说明

# 离心泵原理



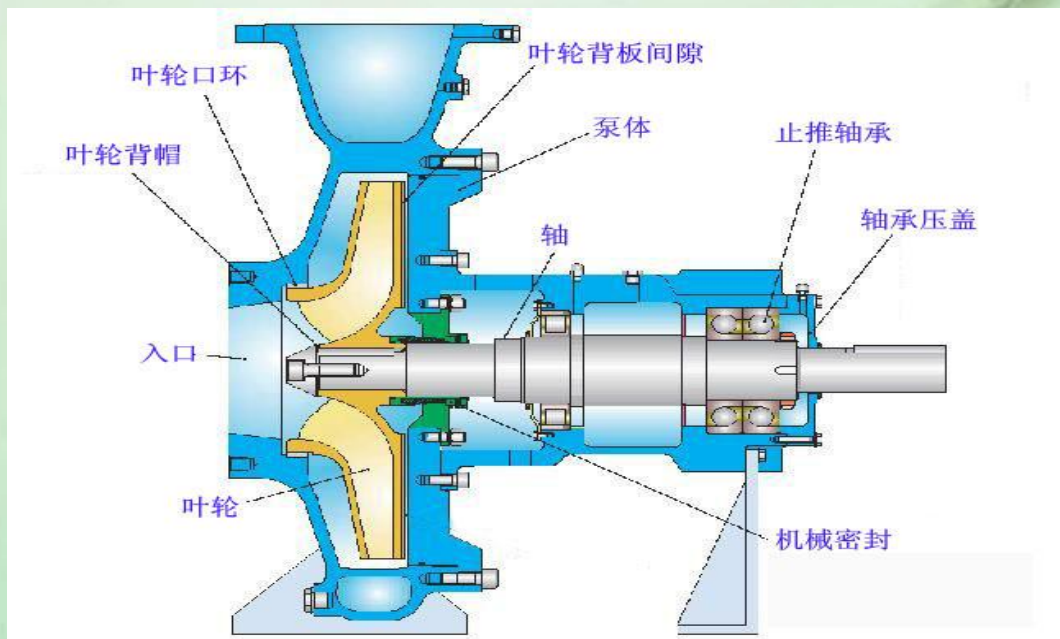
液体注满泵壳，叶轮高速旋转，液体在离心力作用下产生高速度，高速液体经过逐渐扩大的泵壳通道，动压头转变为静压头

# 水泵的分类、型号、工作原理

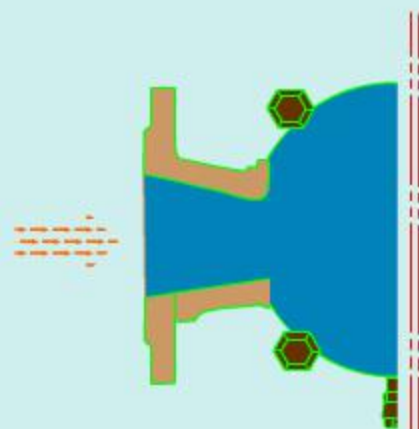
离心泵是火电厂使用最广、数量最多的一种泵，按其结构特点的不同，有以下几种分类：

按叶轮数目多少分为单级泵和多级泵

- 单级泵：只用一级叶轮
- 多级泵：在同一根轴上装有两个以上的叶轮，并且具有前后相联系的泵壳。



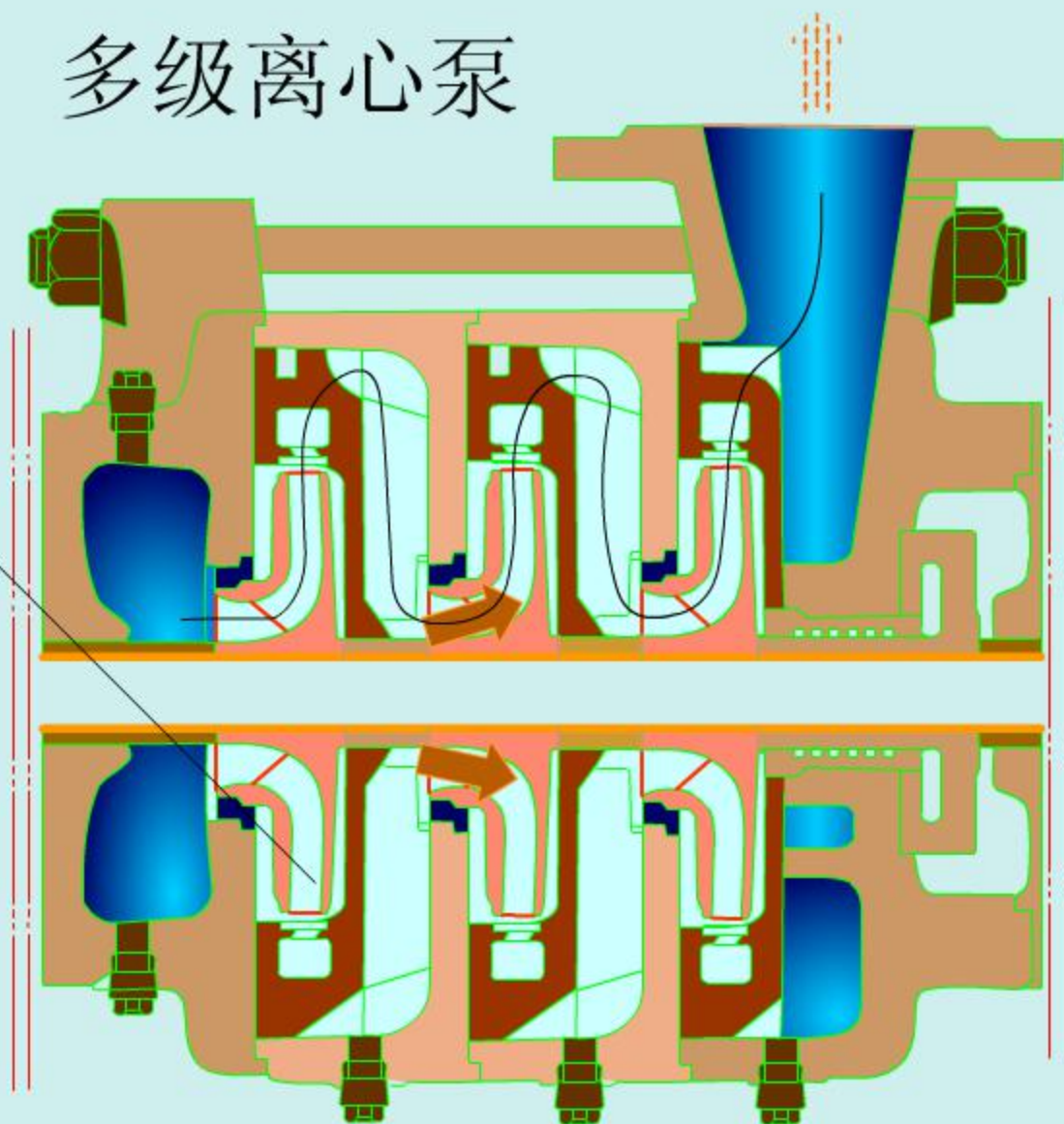
# 多级离心泵



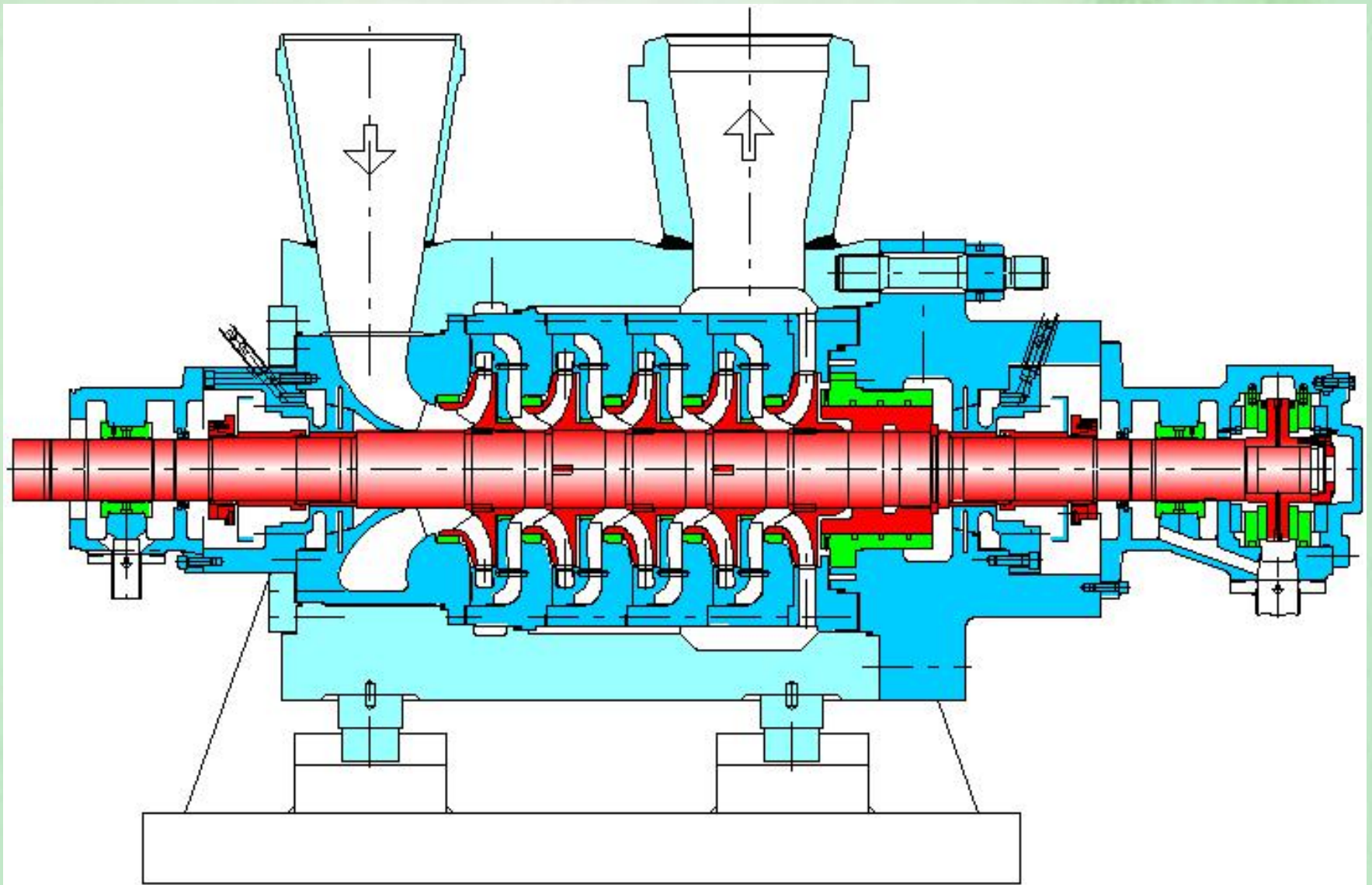
左视图

叶轮

相当于多个离心泵串联，  
一级一级增压，可获得  
较高压头







# 水泵的分类、型号、工作原理

按泵的总扬程分为低压泵、中压泵和高压泵三种。

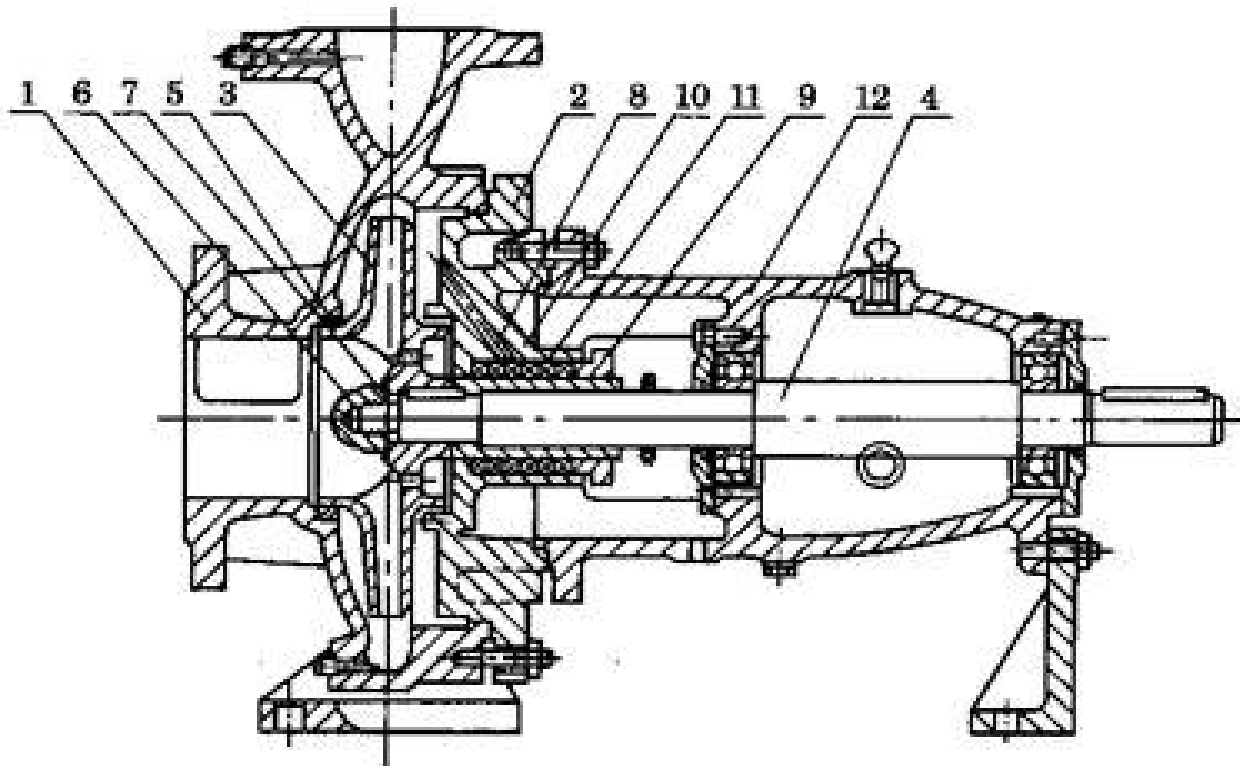
- 低压泵：总扬程低于2MPa以下的泵；
- 中压泵：总扬程为2—6MPa之间的泵；
- 高压泵：总扬程高于6MPa以上的泵；

按照叶轮吸入方式分为单吸式泵和双吸式泵两种。

- 单吸泵：此种泵的叶轮只有一侧有吸入口；
- 双吸泵：此种泵的叶轮两侧都有吸入口。



# 水泵的分类、型号、工作原理



- 1.泵体
- 2.泵盖
- 3.叶轮
- 4.轴
- 5.密封环
- 6.叶轮螺母
- 7.止动垫圈
- 8.轴套
- 9.填料压盖
- 10.填料环
- 11.填料
- 12.悬架轴承部件

# 水泵的分类、型号、工作原理

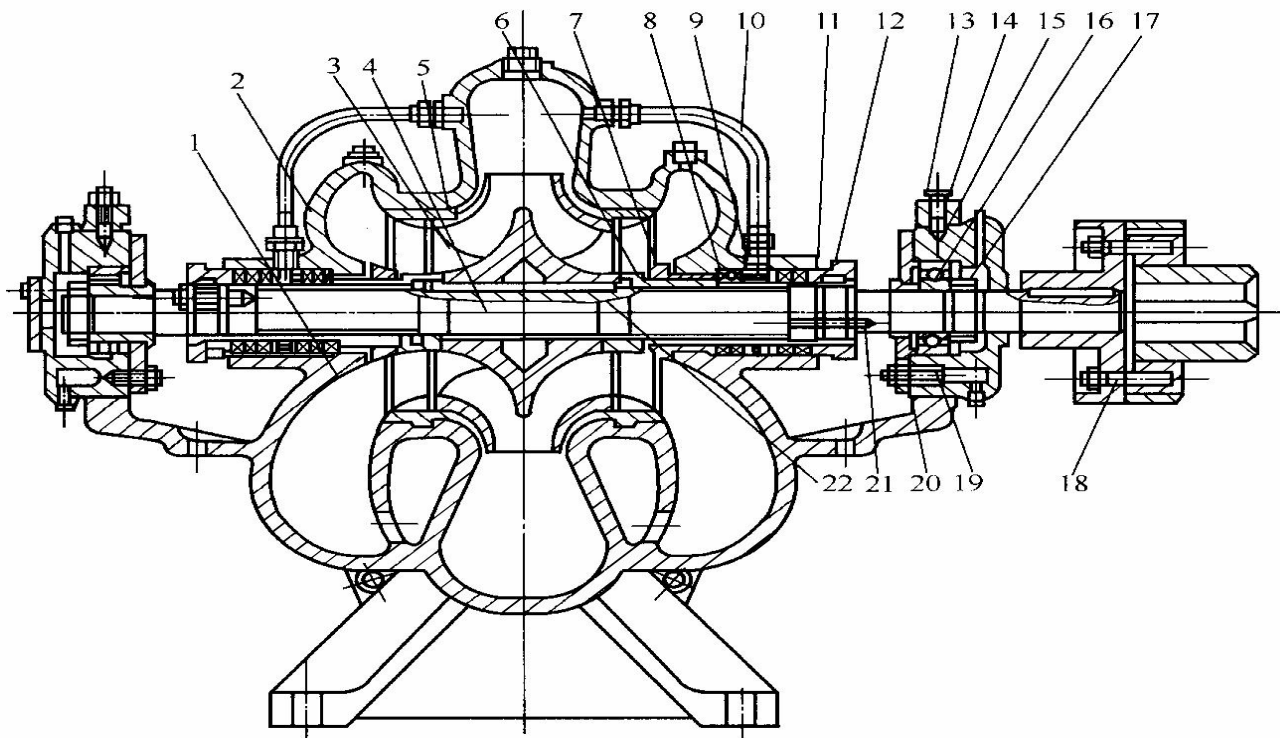


图 1—3 单级双吸离心泵

1—泵体；2—泵盖；3—叶轮；4—泵轴；5—密封环；6—轴套；7—填料挡套；8—填料；9—填料环；10—水封管；11—填料压盖；12—轴套螺母；13—固定螺栓；14—轴承架；15—轴承体；16—单列向心球轴承；17—圆螺母；18—联轴器；19—轴承挡套；20—轴承盖；21—双头螺栓；22—键

# 水泵的分类、型号、工作原理

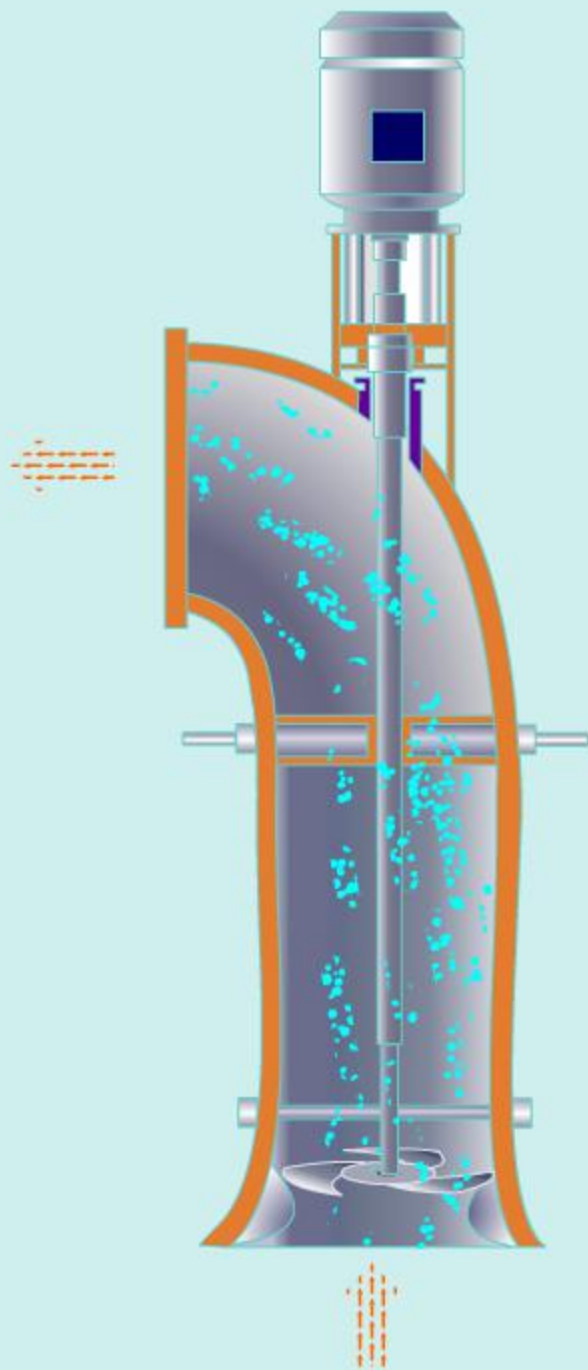
按主轴方向分为卧式泵和立式泵两种

- 卧式泵：此类型泵的主轴为水平放置，具有安装和检修方便的特点；
- 立式泵：此类型泵的主轴为垂直放置；

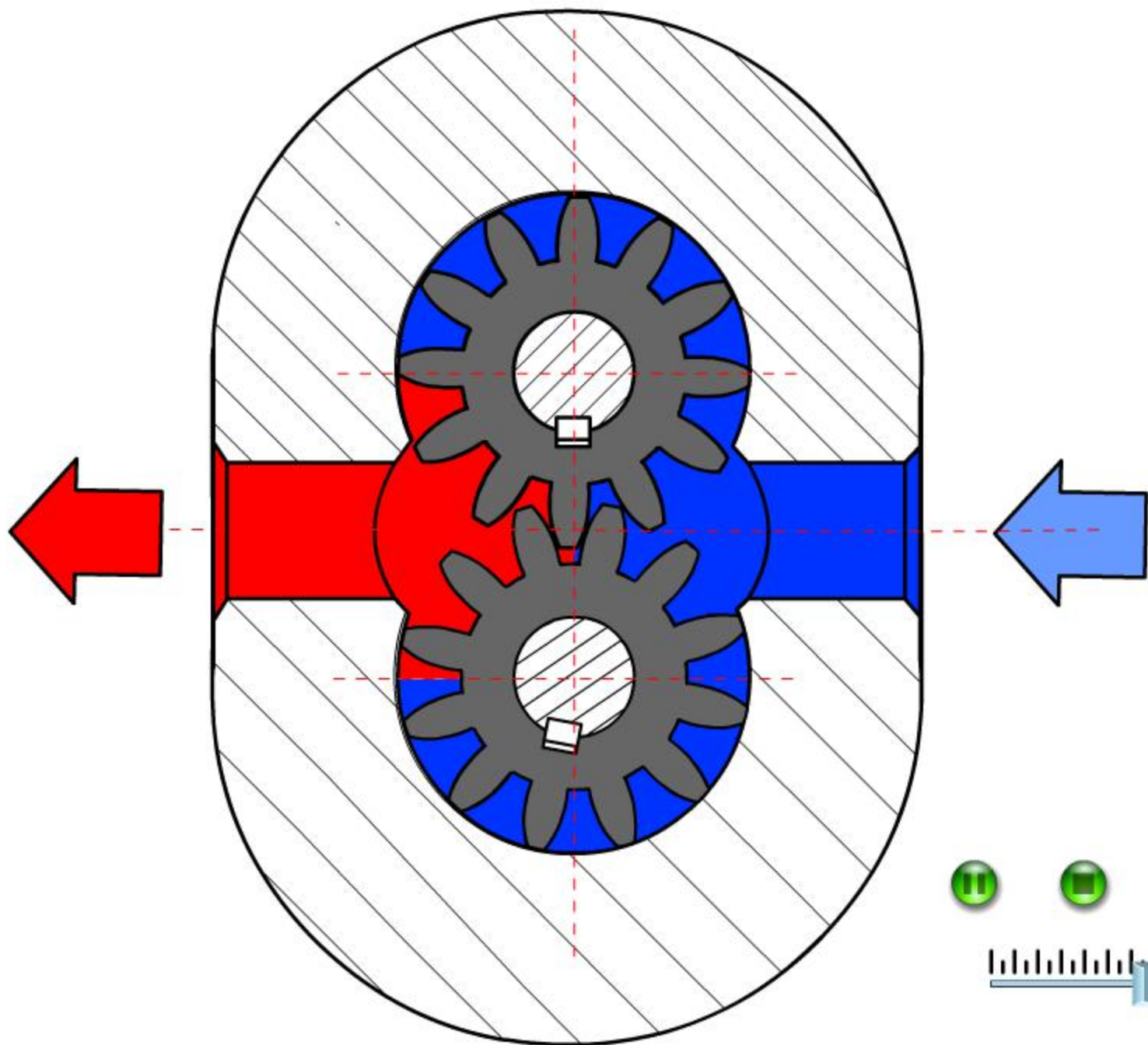
按泵壳结合面形式分为水平中开式泵和分段式泵两种；

- 水平中开式泵：此类型泵是在通过轴心线的水平面上开有结合缝的泵，它具有检修方便的特点；
- 分段式泵：此类型泵的结合面与轴心线垂直。

# 轴流管道泵



叶轮设计成轴流式。  
转速很高，如果电机  
功率、叶轮直径、管  
道直径足够大的话，  
流量可以很大。

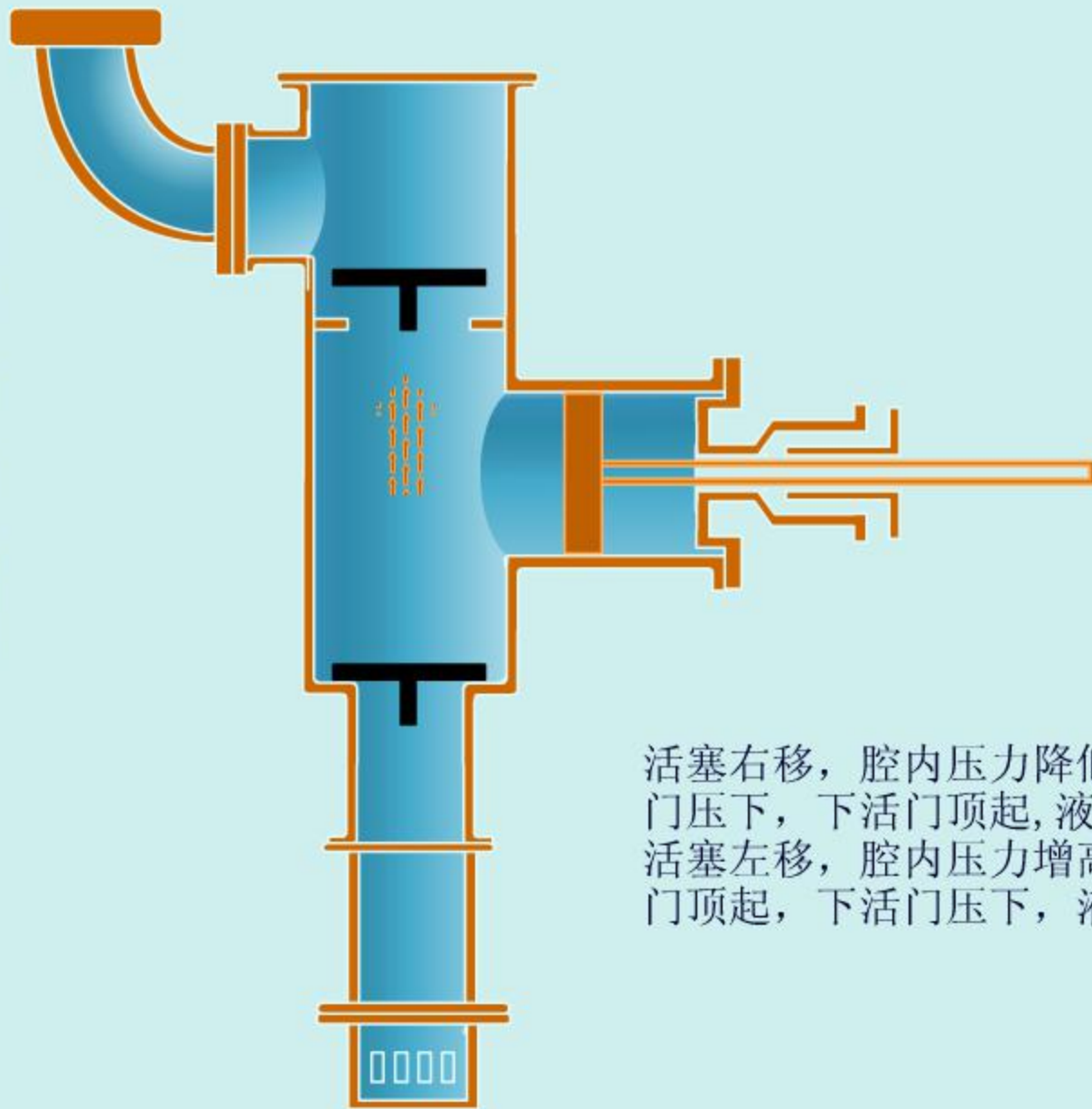


返回上页



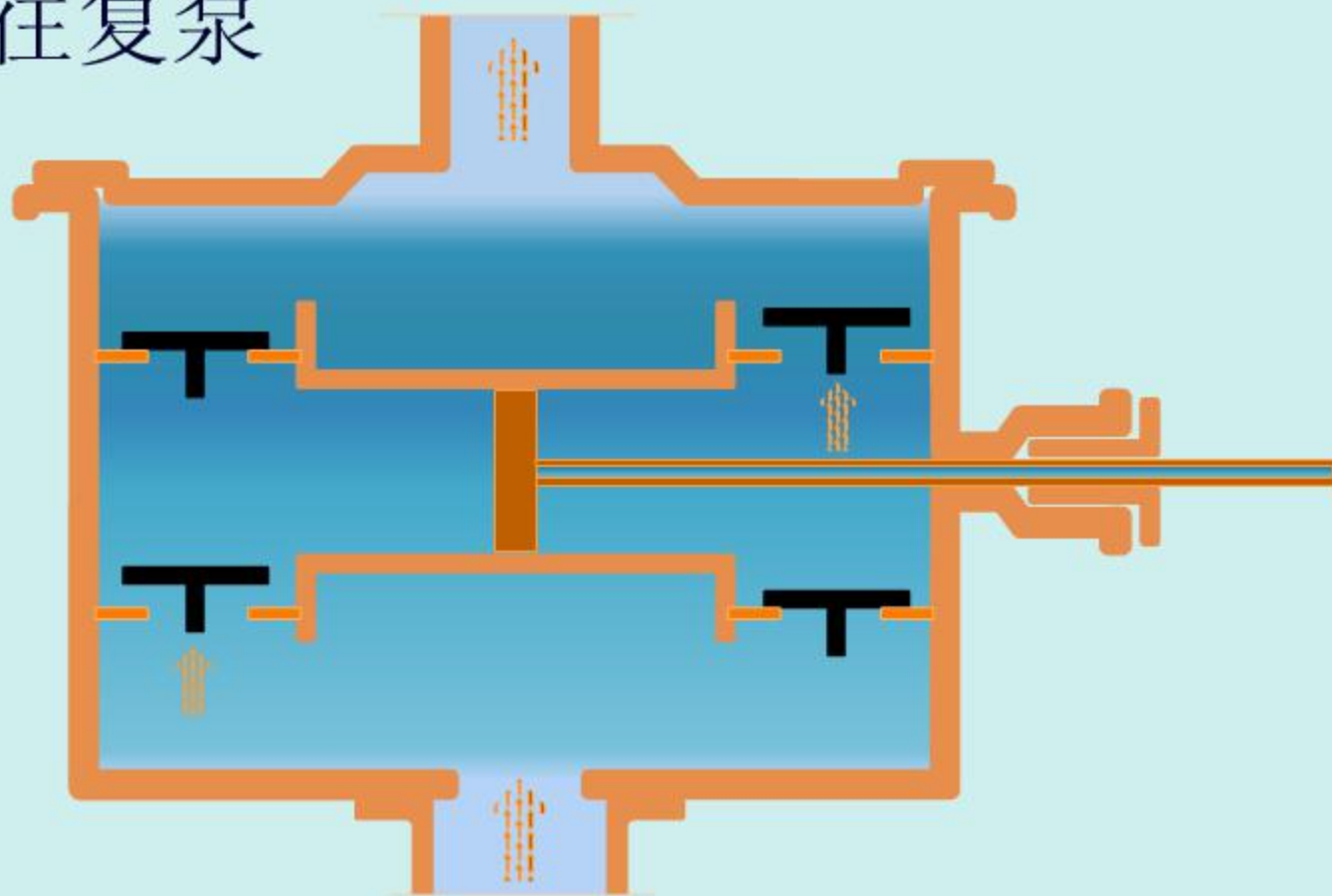


# 往复泵原理



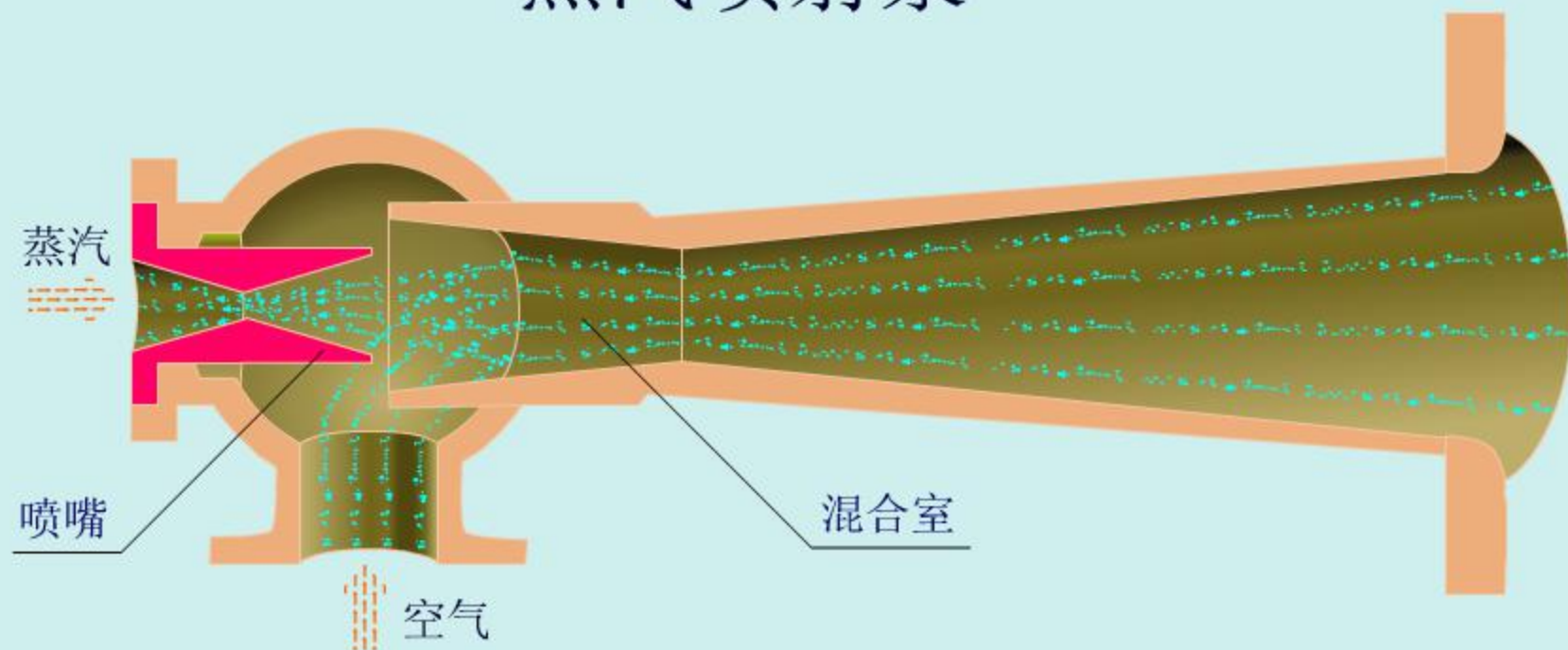
活塞右移，腔内压力降低，将上活门压下，下活门顶起，液体吸入；  
活塞左移，腔内压力增高，将上活门顶起，下活门压下，液体排出。

## 双动往复泵



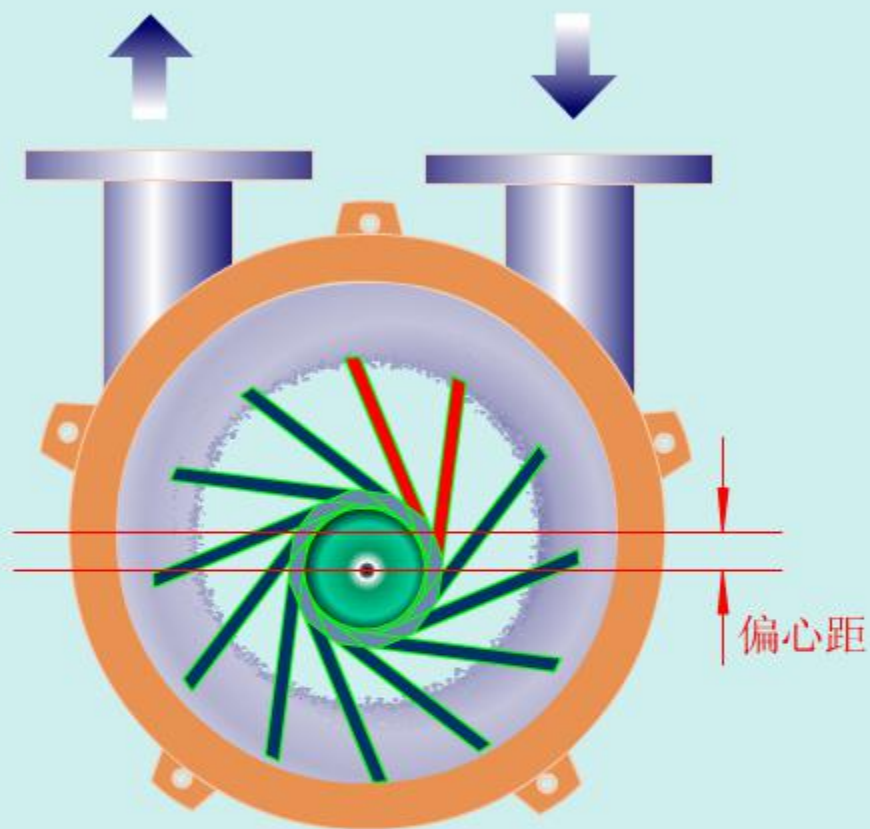
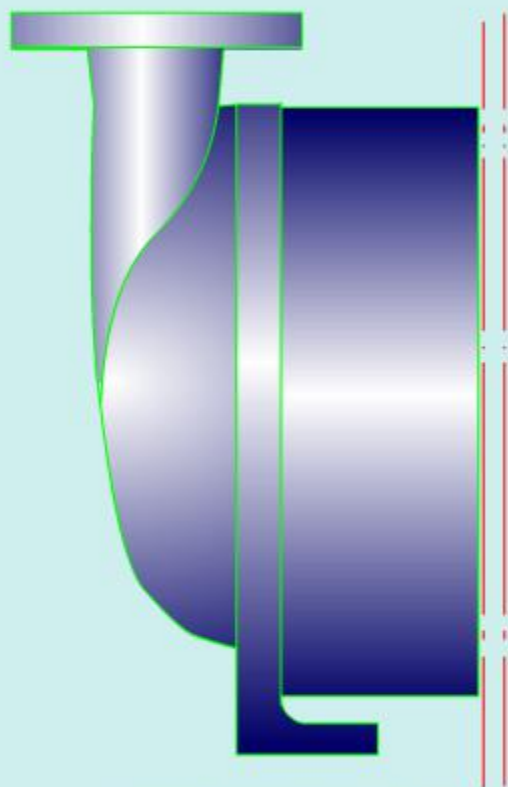
活塞右移，左下吸液，右上排液。活塞左移，右下吸液，左上排液。  
活塞往复一次，有两次吸、排液，流量更加均匀。

# 蒸汽喷射泵



蒸汽进入喷嘴后，高速喷出，产生低压，将气体吸入并在混合室混合，经扩大管后，动能转变为压强能。如果吸入的气体来自容器，容器减压，即可称作喷射真空泵

# 水环式真空泵



叶轮与泵壳成偏心，泵壳内充一定量的水，叶轮旋转使水形成水环。相邻叶片（如图中红色叶片）旋转时，与水环形成的空间（气室）变大即进气，空间（气室）逐渐变小，即空气被压缩。多组相邻叶片，即多组往复压缩。

# 水泵的分类、型号、工作原理

## 二、水泵的型号

通常水泵型号由三部分组成，第一部分为数字，表示缩小为 $1/25$ 的吸水管直径（mm），或是用英寸表示的吸水管直径(in)；第二部分为大写字母，表示水泵的结构类型；第三部分为数字，表示缩小 $1/10$ 并化为整数的比转数。

在水泵型号说明中，常见的字母有：

BA型——代表单级单吸悬臂式离心泵；

Sh型——为单级双吸、水平中开泵壳式离心泵；

FD型——为多级低速离心泵；

DG型——多级分段式电动给水泵；

NL----立式凝结水泵；

PW型——供排污水用的单级泵，





# 水泵的分类、型号、工作原理

例如：型号8BA-18A表明：

8——吸人管直径为8in;

BA——单级单吸式离心泵;

18——缩小1/10并化为整数的比转数;

A——车削了叶轮的外径。

型号DG270---150表明：

DG——多级分段式电动给水泵;

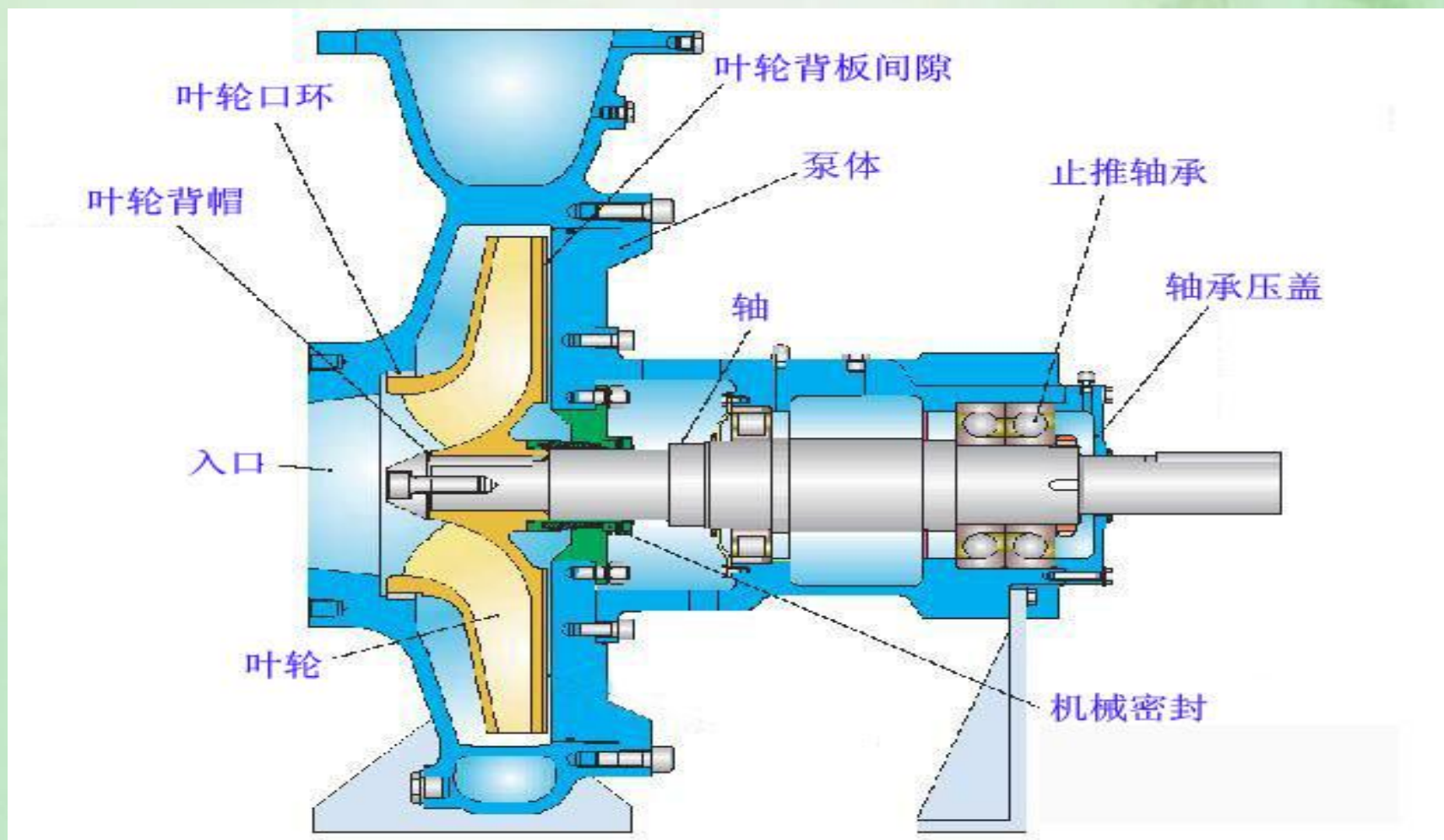
270——泵的流量， $\text{m}^3/\text{h}$ ;

150——泵的出口压力



# 离心泵的结构

以小型泵为例，离心泵的基本构造主要包括泵壳、转子、轴封装置、密封环、轴承、泵轴及轴向推力平衡装置等部分。



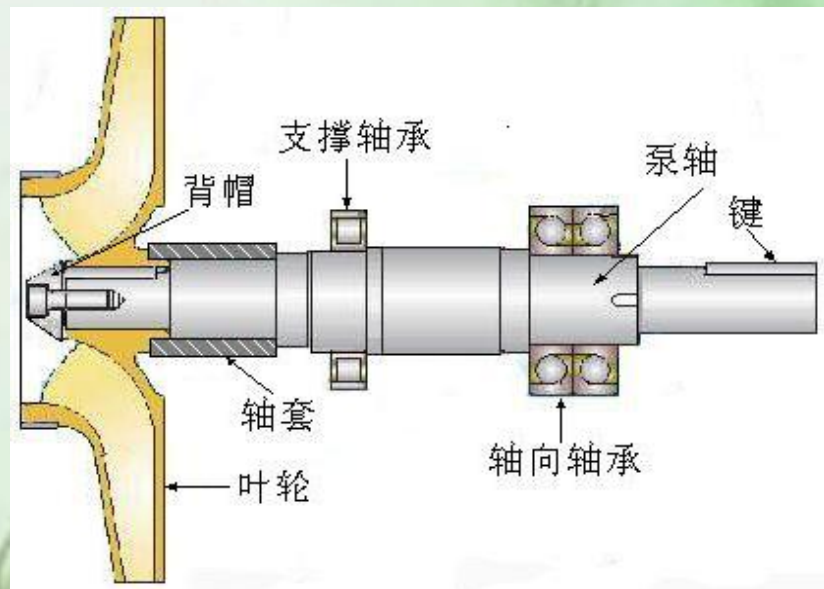
# 离心泵的结构

泵壳：泵壳包括进水流道、导叶、压水室和出水流道。

低压单级离心泵的泵壳多采用蜗壳形，而高压多级离心泵多采用分段式，泵壳并装有导叶，导叶片数目比叶轮叶片少1-2片。泵壳的作用一方面是把叶轮给予流体的动能转化为压力能，另一方面是导流。泵壳所用材质以铸铁最多，随着压力增高，也常用铸钢等。

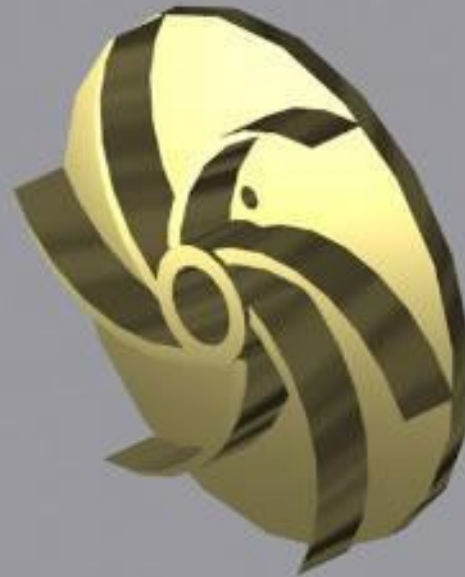
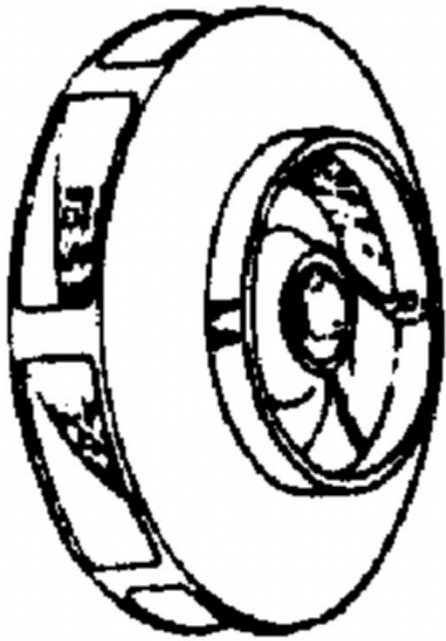
# 离心泵的结构

转子包括叶轮、轴、轴套及联轴器等。其作用是将原动机的机械能传给液体，使流体的动能和压力能增加。叶轮有开式、半开式和封闭式三种，开式叶轮两侧均无盖板，半开式只有一侧盖板，而封闭式叶轮两侧均有盖板。



封闭式叶轮泄漏少、效率高，因而应用得最多，当水中杂质较多时 可选用开式或半开式叶轮，这样不易卡住，但泵的效率较低。









# 离心泵的结构

轴封装置：因为在转子和泵壳之间需留有一定的间隙，所以在泵轴伸出泵壳的部位应加以密封。水泵吸入端的密封可防止空气漏入，破坏真空而影响吸水，出水端的密封则可防止高压水漏出。轴封装置包括有填料轴套、填料涵和水封等。

## 1) 轴套

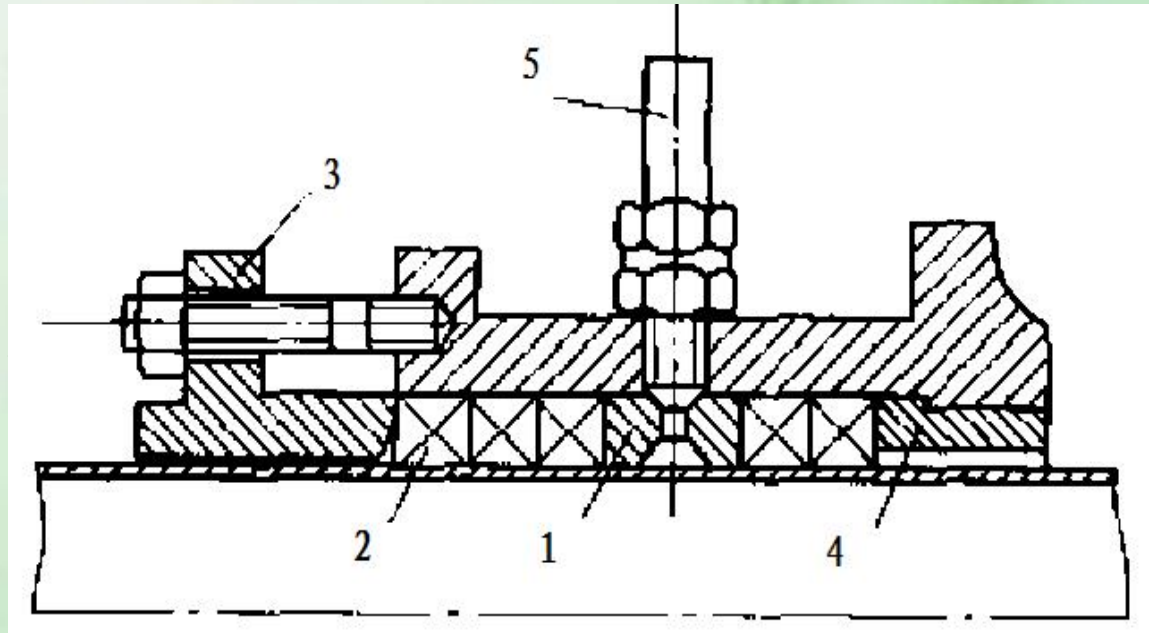
轴套是用来保护轴的。一方面它可防止液体对轴的腐蚀，另一方面是使轴不直接与填料产生摩擦。



# 离心泵的结构

2) 填料函亦称盘根筒，一般设置在轴伸出泵壳的地方，起着把外部与泵壳内部隔断的作用，以减少泄漏量。在中低压水泵中，广泛采用压盖填料进行填塞的方法。

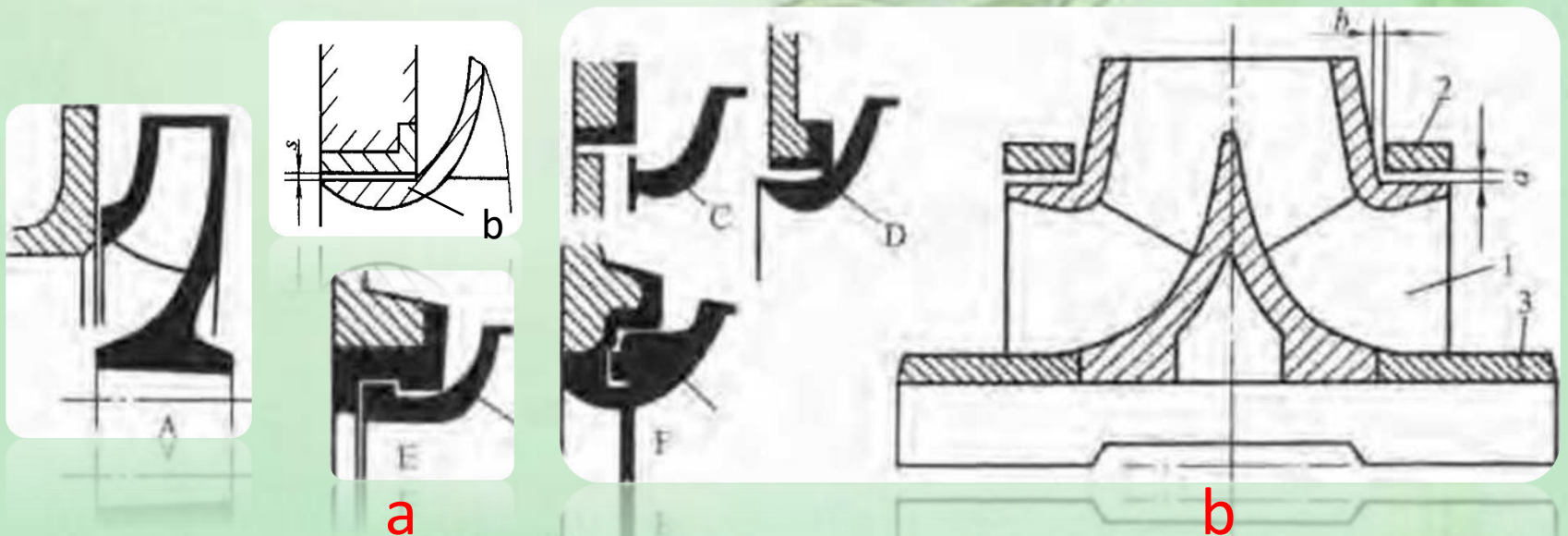
高压高速泵或不允许泄漏的化学液泵中，常采用机械密封的方法。水封是把水封环加在填料函内工作时水封环四周的小孔和凹槽处形成水环，从而阻止空气漏入泵内。



# 离心泵的结构

密封环：密封环又叫口环，密封环一般用青铜或铸铁制成，其作用是防止泵内高压水倒流回低压侧而使泵效率降低。密封环装在叶轮进、出水侧的外缘与泵壳之间。安装水泵时，密封环的间隙应符合规定，过大会增加泄漏量，太小又易产生摩擦。

密封环的形式有三种：平环式、直角式、迷宫式。





# 离心泵的结构

## 轴承

轴承是用来支持水泵转子重量的，以保证转子的平稳运转的。常见的水泵轴承有滚动轴承和滑动轴承。中小型水泵多用滚动轴承，转速高、转子重的水泵则用滑动轴承。滚动轴承可用润滑脂或润滑油来润滑，滑动轴承则靠润滑油形成的油膜来润滑。

## 泵座

泵座是用来承受水泵及进出口管件全部重量的，并保证水泵转动时的中心正确。泵座一般由铸铁制成，且大多与原动机的底座合为一体。



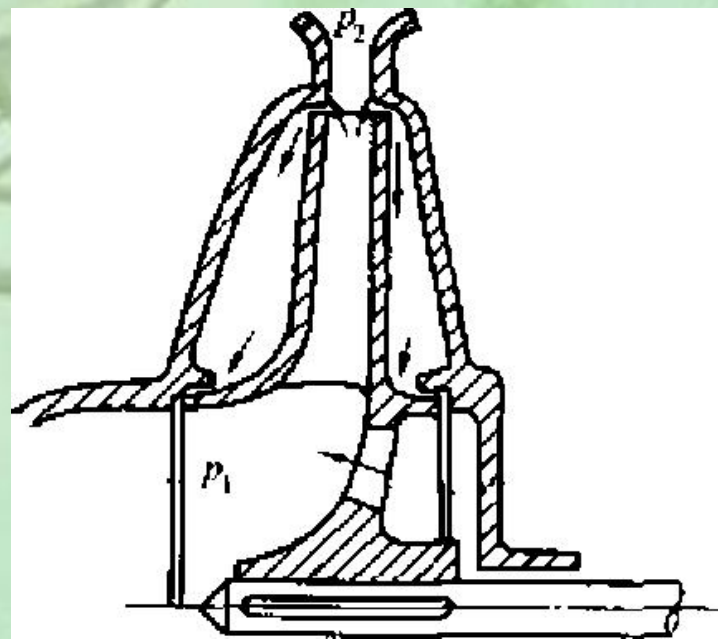
# 离心泵的结构

## 轴向推力平衡装置

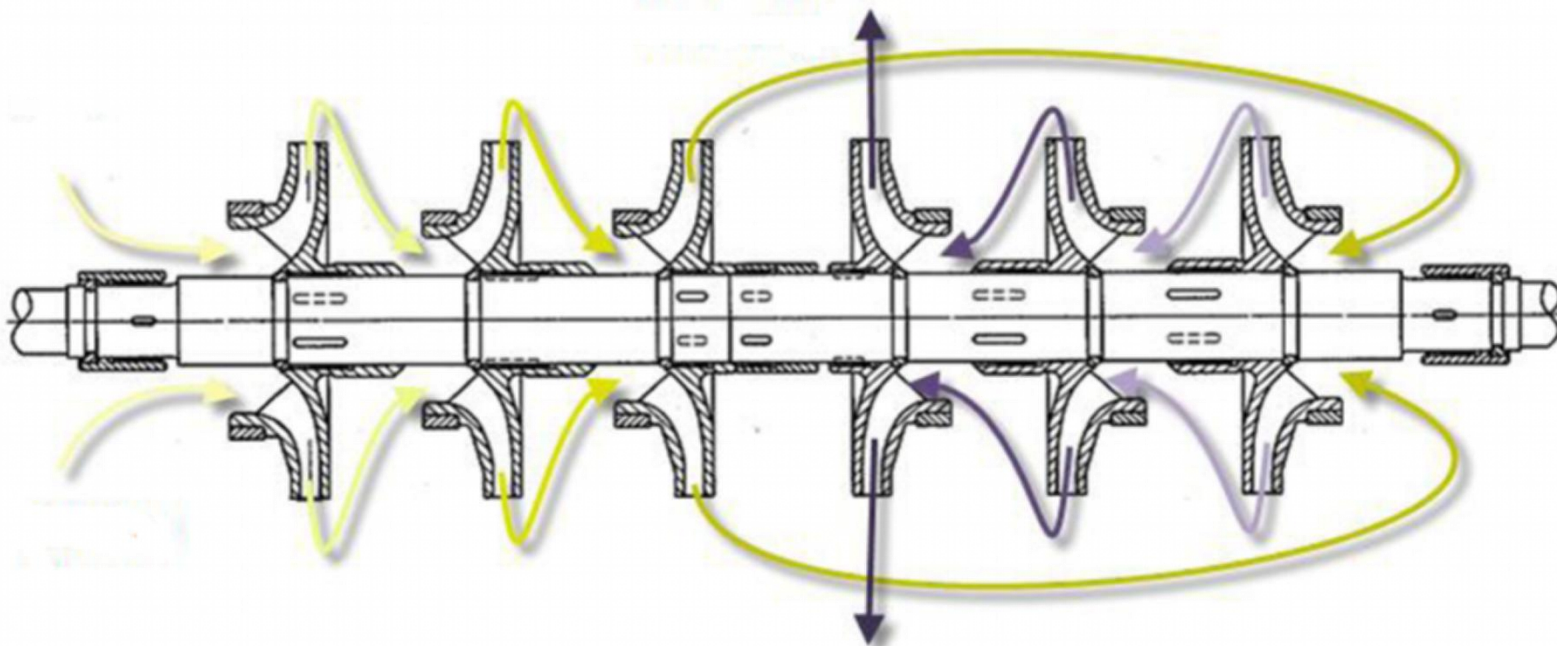
水泵工作时，由于进、出水端存在压差而在叶轮上作用着一个指向进水端的轴向力，这就是水泵的轴向推力。对多级泵来说，此力可达数吨，若不去平衡的话就会使转子发生轴向位移，严重时会造成水泵动、静部件摩擦而损坏设备。通常的采用以下几种平衡方法。

### (1) 平衡孔法：

对单吸式水泵，可在叶轮后盖板上开设平衡孔，让出水端经密封间隙漏至后盖板处的水流回叶轮入口处，从而降低叶轮两侧止差，使轴向推力减小。



# 离心泵的结构



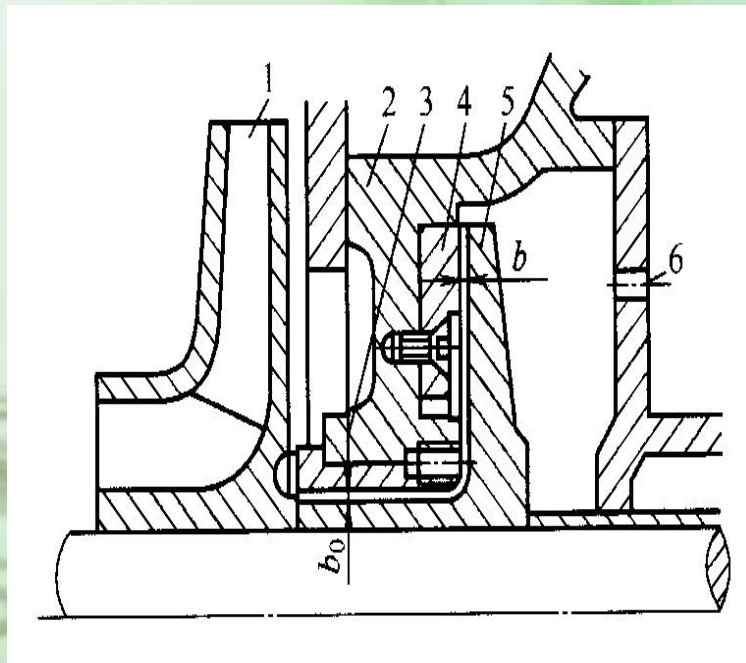
## (2) 对称进水法:

将水泵叶轮进水方式布置为对称的。单级离心泵采用双侧进水，多级离心泵则将叶轮采用对称布置，以便轴向推力相互抵消。

# 离心泵的结构

## (3) 平衡盘法：

对多级离心泵，可在最末级叶轮后端的泵轴上装一个平衡盘。平衡盘后的均压室与水泵的进口相通，从而在平衡盘上产生一个与水泵轴向推力相反方向的推力起到平衡轴向推力的作用，



## (4) 推力轴承法：

对中、低压水泵来说，在其轴向推力不大的情况下，如双吸式叶轮水泵，通常采用在轴上装设向心式的滚动推力轴承来平衡转子轴向推力的。有时，亦设置滚动轴承作为平衡盘的辅助装置。

# 单级离心泵的检修

不论什么形式的水泵，在大修之前，我们都必须明白其所处状况，了解哪些部件可能损坏而需在大修时更换，并预先把备件准备好。

在停泵之前，应对设备进行一次详细的检查，然后办理工作票。检修水泵前要检查安全措施是否完备、泵内压力是否放净等。

离心泵的大修按程序，就是拆卸、检查、组装三大步。由于泵的构造不同，具体的检修程序也不一样。

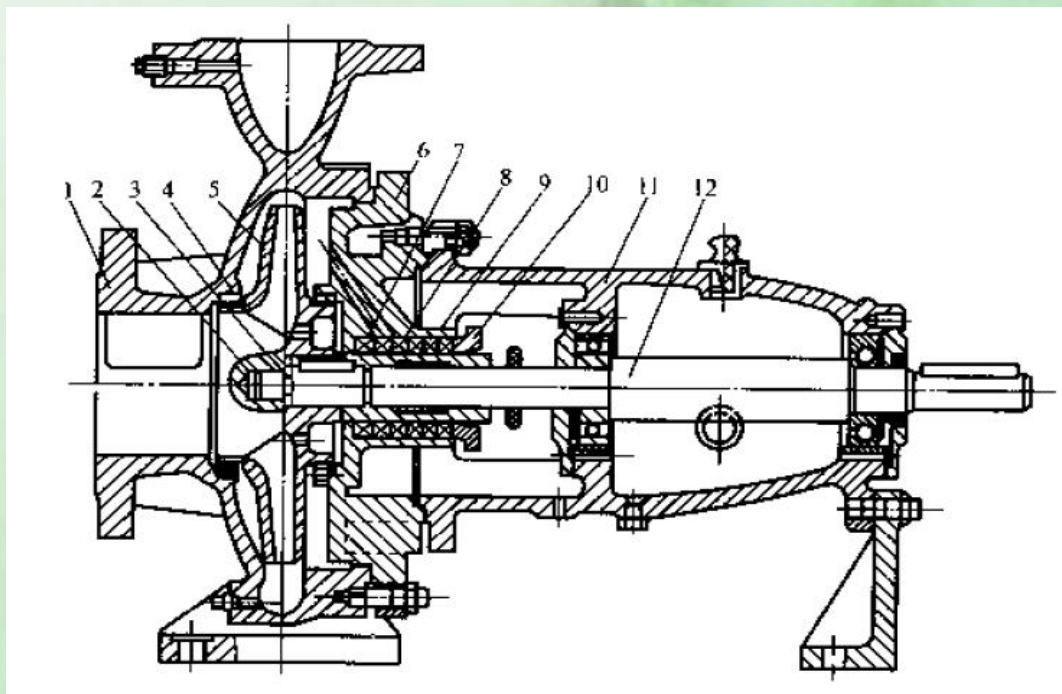


# 单级离心泵的检修

## 一、IS型单级单吸式离心泵

IS型系列泵的性能范围是：转速 $1450 \sim 2900 \text{r/min}$ ，流量 $6.3 \sim 400 \text{m}^3/\text{h}$ ，扬程为 $5 \sim 125 \text{m}$ ，其基本结构如图所示。

该型泵主要由泵体、泵盖、叶轮、轴、密封环、轴套、叶轮螺母、止动垫片、填料压盖及悬架轴承部件等组成。





# 单级离心泵的检修

- 泵体和泵盖是从叶轮背面处剖分的，即通常所说的后开门形式。检修时不用动泵体、吸入管路和出水管路，只要拆下联轴器和中间连接件，即可退出转子部分进行检修。
- 悬架轴承部件用来支撑泵的转子，采用滚动轴承来承受泵的径向力和轴向力。
- 为平衡泵的轴向力，在叶轮后盖板上设有平衡孔。
- 泵的轴封是用填料密封的，主要由填料压盖、水封环及填料组成，用以防止漏入空气和水。
- 为避免磨损，在轴穿过填料涵的部位装有轴套来加以保护。轴套与轴之间装有“O”型密封圈，以防止沿配合间隙进气和漏水。

# 单级离心泵的检修

## 一、IS型泵的拆装

### （一）解体步骤

- ◆ 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。
- ◆ 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）
- ◆ 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）

# 单级离心泵的检修

## （二）装配顺序

- ◆ 检查各零部件有无损伤，并清洗干净。
- ◆ 将各连接螺栓、丝堵等分别拧紧在相应的部件上。
- ◆ 将“O”形密封圈及纸垫分别放置在相应的位置。
- ◆ 将密封环、水封环及填料压盖等依次装到泵盖内。
- ◆ 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。
- ◆ 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。

# 单级离心泵的检修

## (三) 安装精度

这里给出的主要是联轴器对中的精度要求。泵与电动机联轴器装好后，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。

# 单级离心泵的检修

## 二、Sh型单级双吸式离心泵

Sh型泵的性能参数范围是：流量 $144\sim 12500\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $9\sim 140\text{m}$ ，其结构所示。

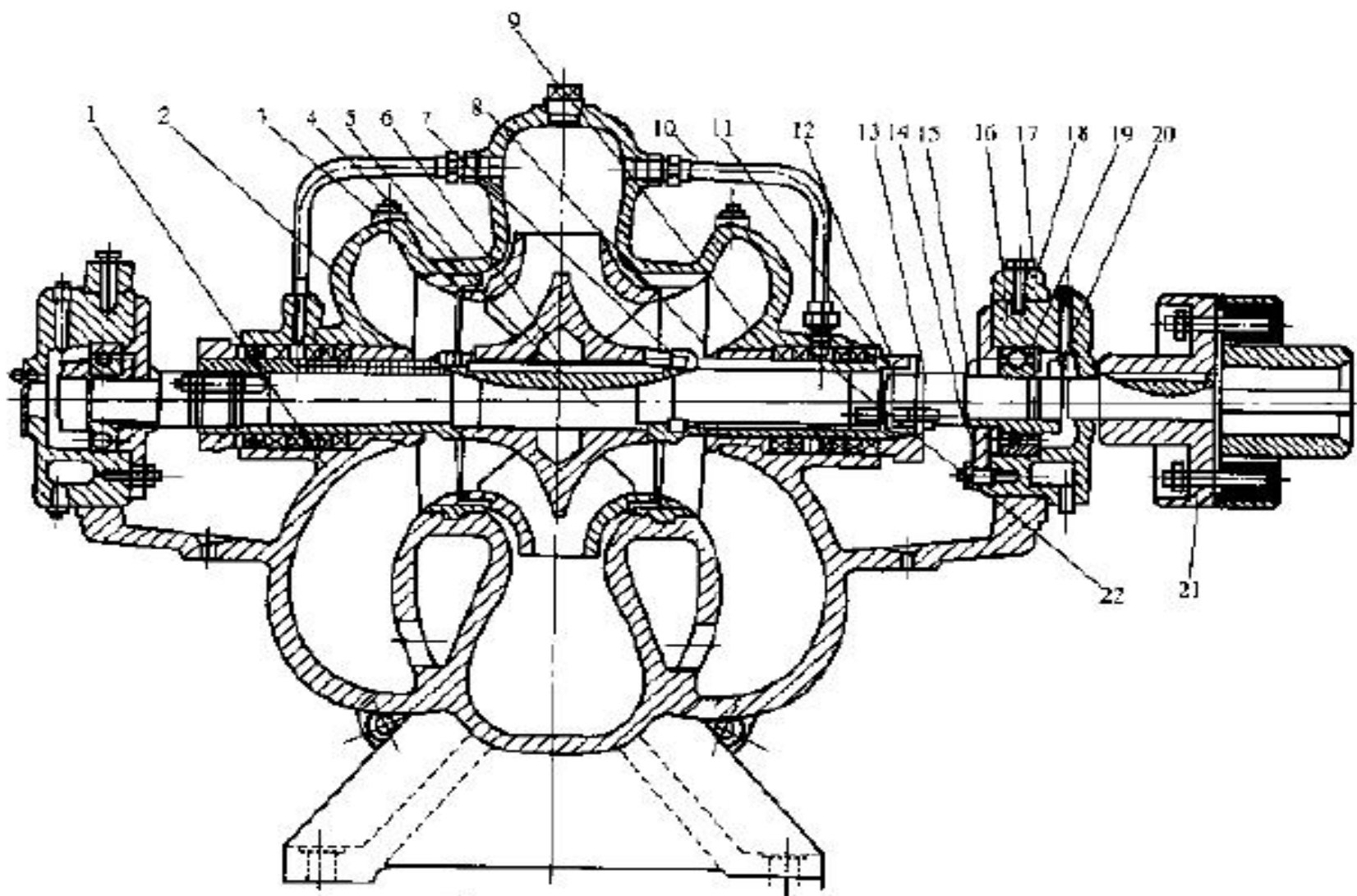
该型泵为单级、双吸式，泵体作成沿轴中心线水平中开式结构，吸入管和出口管与下半部泵体（泵座）整体浇铸，这种泵的优点是拆卸装配方便，只需将上泵体（泵盖）吊开即可取出或装入整个转子

泵的轴向力主要由叶轮平衡，残余的轴向力由轴承负担。

该型泵的轴封为软填料密封，用少量的高压水通过水封管及水封环流入填料函中，起水封的作用。

该型泵的泵体、叶轮、轴套及密封环等均采用铸铁制成，泵轴则用优质碳素钢制成。





Sh型单级双吸式离心泵结构

# 单级离心泵的检修

## 二、Sh型水泵的拆装

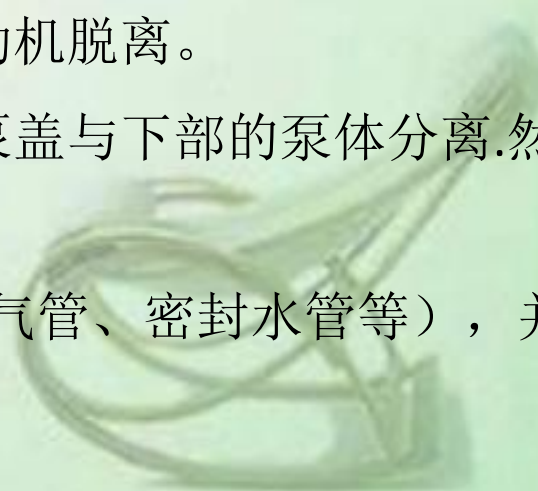
### (一) 解体步骤

#### 1. 分离泵壳

- 拆除联轴器销子，将水泵与电动机脱离。
- 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
- 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，并注意不要与其他部件碰磨。



# 单级离心泵的检修

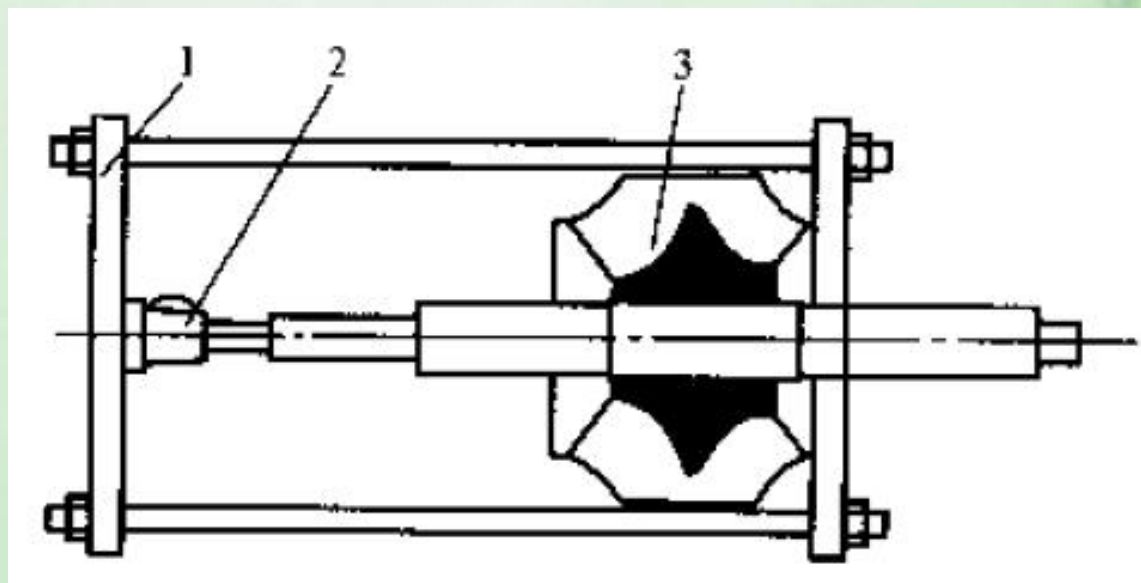
- 吊转子，将两侧轴承体压盖松下并脱开。
- 用钢丝绳栓在转子两端的填料压盖处起吊，要保持平稳、安全。转子吊出后应放在专用的支架上，并放置牢靠。

## 3.转子的拆卸

- 将泵侧联轴器拆下，妥善保管好连接键。
- 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。
- 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。
- 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。

# 单级离心泵的检修

- 检查叶轮磨损和气蚀的情况，若能继续使用，则不必将其拆下。如需拆下时，要用专门的工具（所示）边加热边拆卸，以免损伤泵轴。



拆卸叶轮工具

1—专用工具；2—千斤顶；3—叶轮

# 单级离心泵的检修

## (二) 装配顺序

### 1. 转子组装

- 叶轮应装在轴的正确位置上，不能偏向侧面，否则会造成与泵壳的轴向间隙不均而产生摩擦。
- 装上轴套并拧紧轴套螺母。为防止水顺轴漏出，在轴套与螺母之间要用密封圈填塞，组装后应保证胶圈被轴套已套紧。
- 将密封环、填料套、水封环、填料压盖及挡水圈装在轴上。
- 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。
- 装上联轴器，吊入转子



# 单级离心泵的检修

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

## 2.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。

## (三) 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。

# 水泵的测量

## 晃度与瓢偏的测量

旋转零件对轴心线的径向跳动称为晃动，而晃动程度的大小称为晃动度，旋转零件端面与轴线的不垂直度即轴线晃动称为瓢偏，而瓢偏程度的大小称为瓢偏度。

晃动和瓢偏不能超过允许值，否则转体在高速运转时，由于离心力的作用将使设备的振动加剧或转体与静止部分相摩擦造成大的事故，因此，在检修中，对转子上的固定件如叶轮、齿轮、皮带轮、联轴器等都要进行晃动和瓢偏的测量。

测量瓢偏与晃动，可以在机体内也可以在机体外进行，一般应尽量在机体内进行，这样得出的数据较准确。

# 水泵的测量

## 一、晃动测量

- 将所测旋转体的圆周分成八等分，并编上序号。固定百分表架，将表的测量杆按在被测转体的上部，并过轴心，如图a所示，被测处的圆周表面必须是经过精加工的，否则测量就失去意义。
- 把百分表的测杆对准图的位置“1”，先试转一圈。若无问题，即可按序号转动转体，依次对准各点进行测量，并记录下读数。如图b所示。
- 根据测量记录计算出最大晃动值。如图的测量记录，最大晃动位置为1-5方向，最大晃动值为 $0.58-0.50=0.08\text{mm}$



# 水泵的测量

● 在测量工作中应注意以下两点：

- 1、在转子上编序号时，按习惯以转体的逆转方向顺序编号；
- 2、晃动的最大值不一定正好在序号上所以应记下晃动的最大值及其具体位置，并在转体上打上明显记号，以便检修时查对。



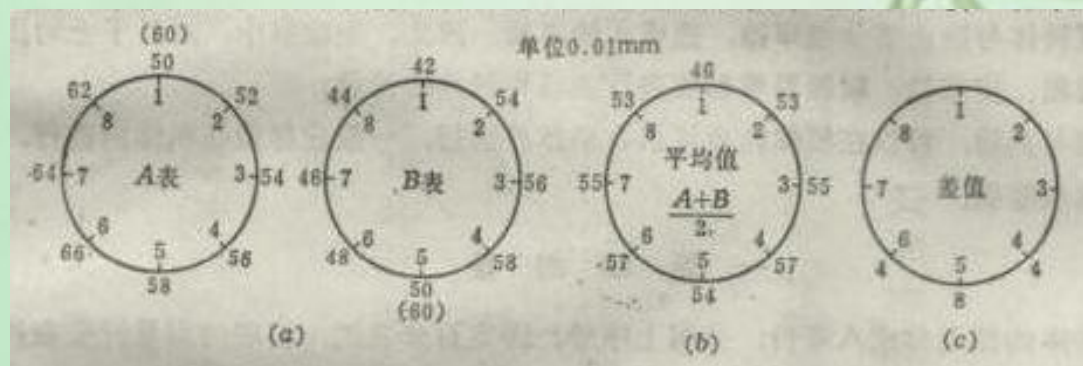
# 水泵的测量

## 二、瓢偏测量

- 测量瓢偏必须安装两只百分表，因为测件在转动时可能与轴一起沿轴向移动，用两只百分表可以把此移动的数值（窜动值）在计算时消除。装表时，将两表分别装在同一直径相对的两方向上，如图所示，将表的测量杆对准图的位置1和5点，两表与边缘的距离应相等。表计经调整并证实无误后，即可转动转体，按序号依次测量，并把两只百分表的各点测量读数记录在各表记录图上，如图所示

# 水泵的测量

- 计算时，先算出两表同意位置的平均数，然后求出同一直径上两数之差，即为该直径上的瓢偏度，其中最大值为最大瓢偏度，从图中可看出最大瓢偏位置为5-1方向，最大瓢偏度是0.08mm。求瓢偏度除用图记录外，也可以用表格来记录和计算。



# 水泵的测量

| 位置编号 |    | A表 | B表 | A—B | 瓢偏度                                                                                                                          |
|------|----|----|----|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A表   | B表 |    |    |     |                                                                                                                              |
| 1-5  |    | 50 | 50 | 0   | $\begin{aligned} \text{瓢偏度} &= \frac{\text{最大值}(A - B) - \text{最小值}(A - B)}{2} \\ &= \frac{16 - 0}{2} \\ &= 8 \end{aligned}$ |
| 2-6  |    | 52 | 48 | 4   |                                                                                                                              |
| 3-7  |    | 54 | 46 | 8   |                                                                                                                              |
| 4-8  |    | 56 | 44 | 12  |                                                                                                                              |
| 5-1  |    | 58 | 42 | 16  |                                                                                                                              |
| 6-2  |    | 66 | 54 | 12  |                                                                                                                              |
| 7-3  |    | 64 | 56 | 8   |                                                                                                                              |
| 8-4  |    | 62 | 58 | 4   |                                                                                                                              |
| 1-5  |    | 60 | 60 | 0   |                                                                                                                              |

# 水泵的测量

- 从图和表中可以看出测点转完一圈后，两只百分表在1-5点位置上的读数未回到原来的读数，由50变成60.这表示在转动过程中转子窜动了0.10mm，但是由于用了两只百分表，在计算时该窜动值被减掉。
- 测量瓢偏，应进行两次。第二次测量时，应将测量杆向转体中心挪动5-10mm，两次测量结果应很接近，如相差较大，则必须查明原因（可能是测量上的差错，也可能是转体端面不规则），再重新测量。
- 测量瓢偏的注意事项与测量晃动的注意事项相同。

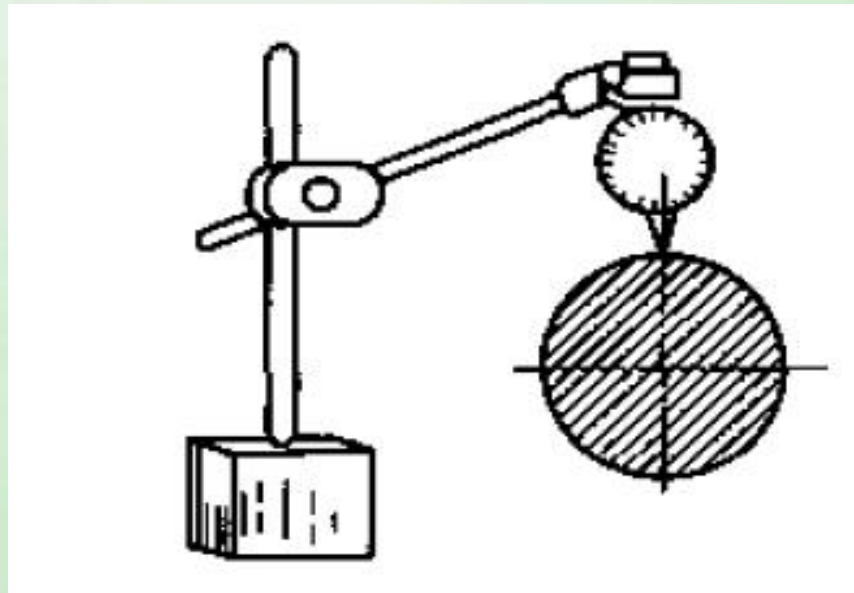
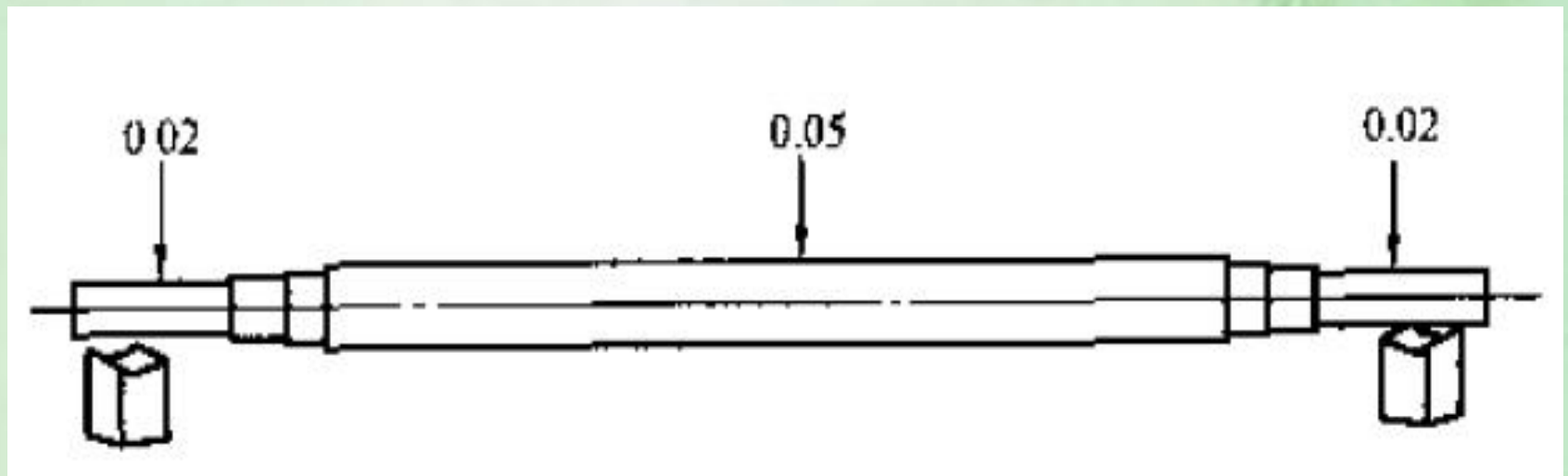
# 水泵的测量

## 三、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，在大修时都应对泵轴的弯曲度进行测量。测量轴弯曲时，应在室温状态下进行。大部分轴可在平板上或平整的水泥地上，将轴颈两端支撑在滚珠架或V型铁上进行测量，而重型轴如汽轮机转子轴，一般在本体的轴承上进行。测量前应将轴向窜动限制在0.10mm以内，测量轴弯曲的步骤如下：

- 1、将轴沿轴向等分成若干段，测量表面应尽量选择为正圆没有磨损和毛刺的光滑轴段；
- 2、将轴的端面分成若干等份（一般为八等份），带联轴器的轴，可按联轴器的螺栓孔等分，没有联轴器的轴，可以键槽为起点等分，并做上永久性记号。等分点作为测点，以后的一切测量记录都应与此些记号一致；



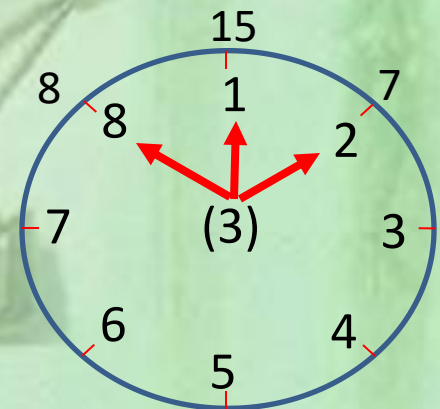
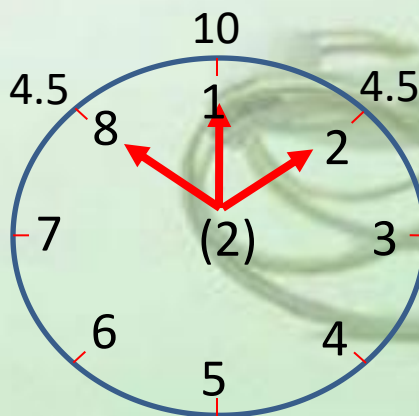
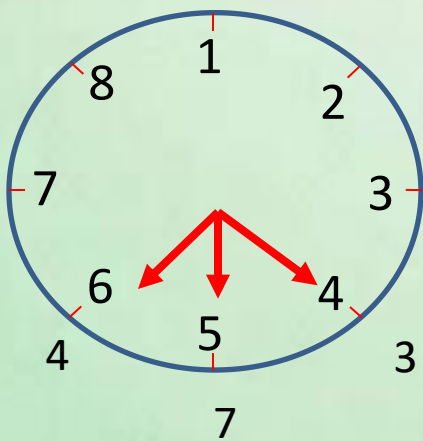
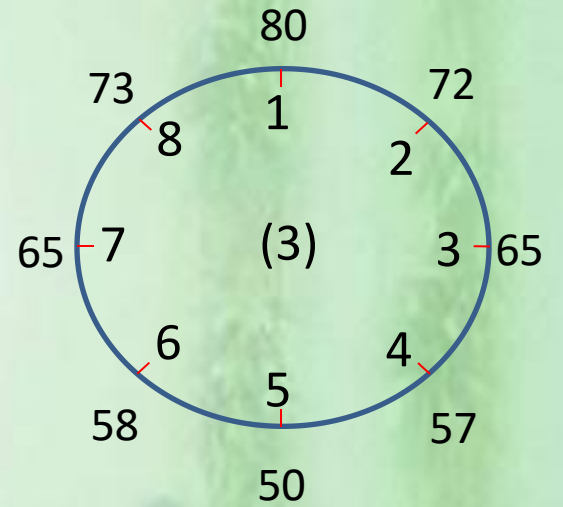
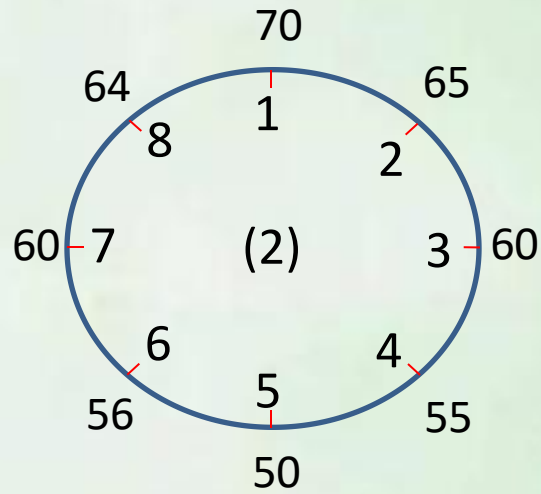
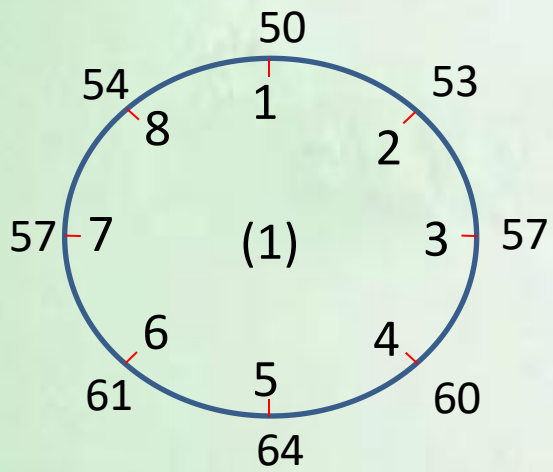


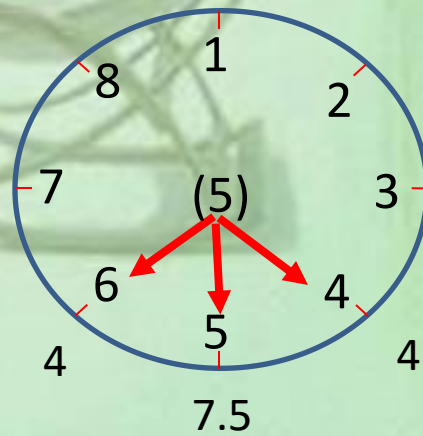
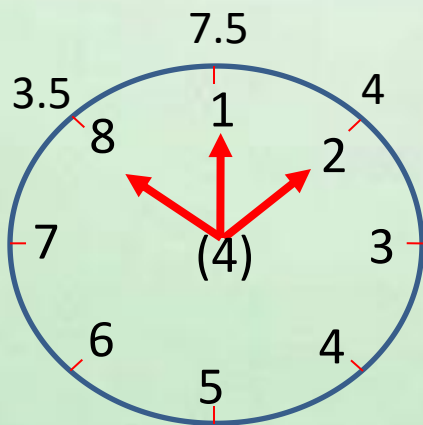
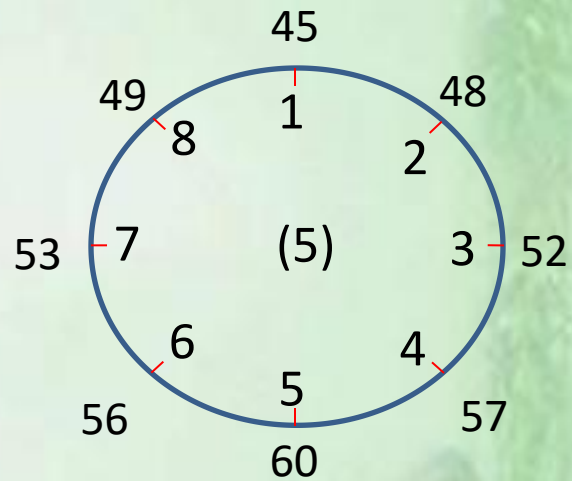
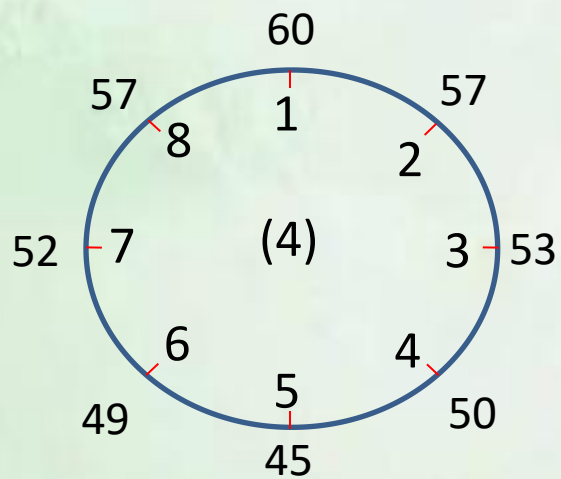
上图：泵轴两端放在V型铁上

下图：百分表测量杆正对轴心

# 水泵的测量

- 3、将百分表装置测量位置上，测量杆要垂直轴线，其中心通过轴心，将表的大针调到50处，把小针调到量程中间，然后缓缓将轴转动一圈，表针应回到始点。
- 4、将轴按同一方向缓慢地转动，依次测出各点读数，并作好记录，如图所示，有5个测量端面，每个断面测8点，测量时各断面应测两次，以便校对。每次转动的角度应一致，读数误差应小于0.005mm
- 5、根据记录，算出各断面的弯曲值。取同一断面内相对两点的差值的一半，绘制相位图。



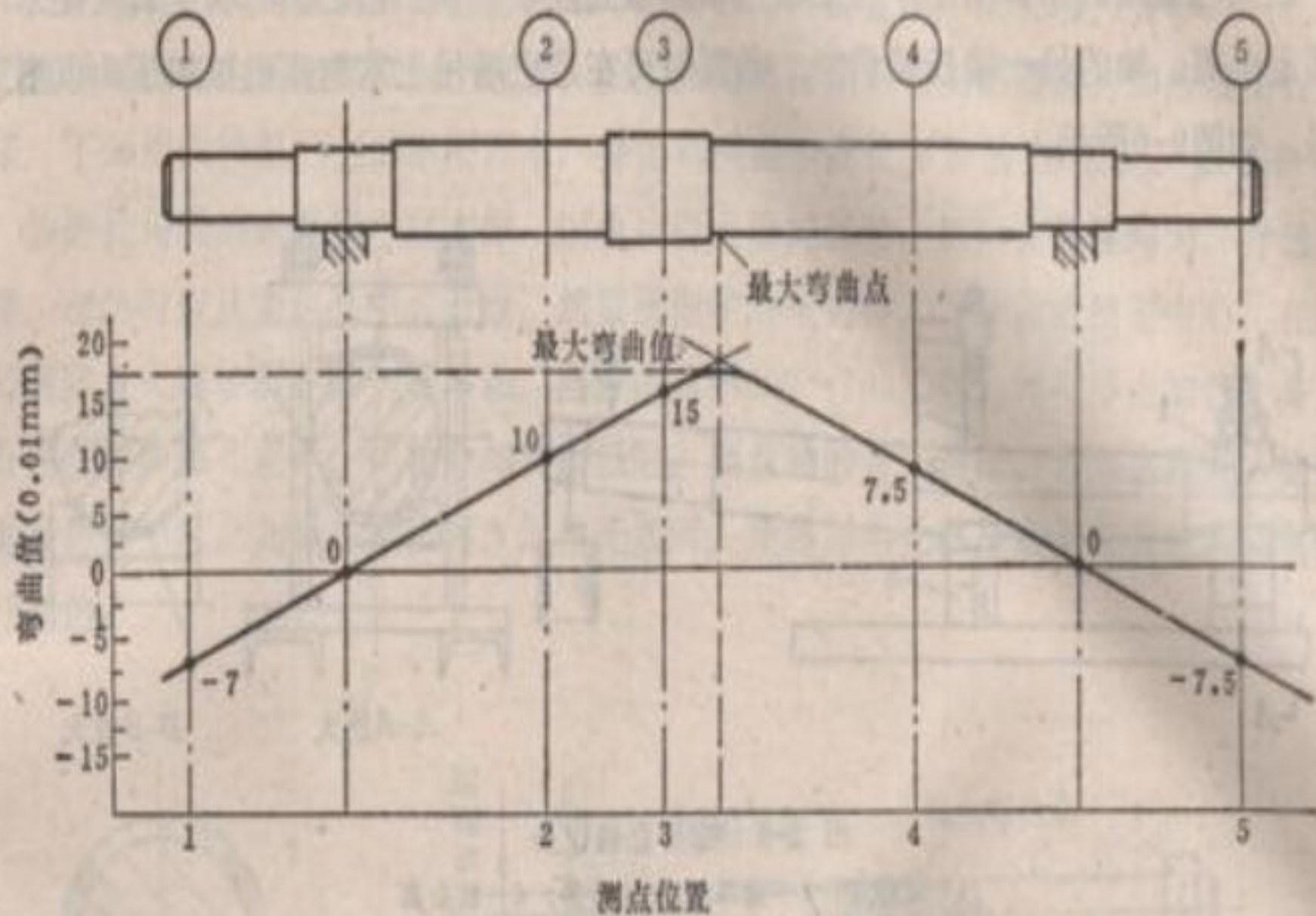


# 水泵的测量

6、将同一轴向断面的弯曲值，列入直角坐标系，纵坐标表示弯曲值，横坐标表示轴全长和各测量断面间的距离。根据向位图的弯曲值可连成两条直线，两直线的交点为近似最大弯曲点，然后在该点两边多测几点，将测得各点连成平滑曲线与两直线相切，构成一条轴的弯曲曲线，如图所示。

如果轴是单方向弯曲的（一个弯），那么自两个支点与各点的连线应是两条相交的直线。若不是两条相交的直线，则有两个可能：在测量上有差错或轴有几个弯。经复测证实测量无误时，则应重新测绘其它断面的弯曲图，求出该轴有几个弯、弯曲方向及弯曲值。





# 水泵的测量

四、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，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。

# 水泵的测量

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。

# 水泵的测量

- 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：

根据对轴弯曲的测量结果，确定直轴的位置并做好记号。

选择适当的捻打用的捻棒。捻棒的材料一般选用

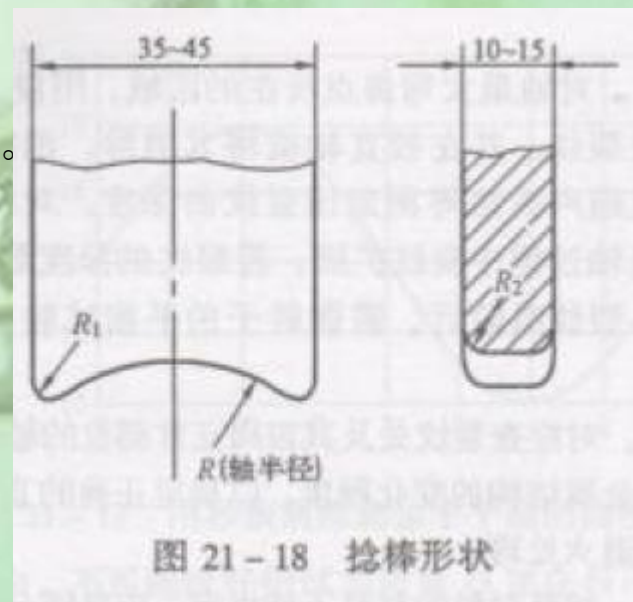
45#钢，其宽度随轴的直径而定(一般 15~40mm)，

捻棒的工作端必须与轴面圆弧相符，边缘应削圆无

尖角( $R_1=2\sim3\text{mm}$ )，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 2--18 所示。





# 水泵的测量

- 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。
- 捻打的范围为圆周的  $1/3$ （即  $120^\circ$ ），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。





# 水泵的测量

- 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。
- 捻打时可用 1~2kg 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。
- 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。



# 水泵的测量

- 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。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。

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  $0.2\text{mm}$  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。

# 水泵的测量

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  $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，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：

- 测量轴弯曲，绘制轴弯曲曲线。
- 在最大弯曲断面的整修圆周上进行清理，检查有无裂纹。

# 水泵的测量

- 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  $20-30^{\circ}\text{C}$ ，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。
- 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。

# 水泵的测量

- 由施加外力所引起的轴内部应力一般应小于  $0.5\text{MPa}$ ，最大不超过  $0.7\text{MPa}$ 。否则，应以  $0.5\sim 0.7\text{MPa}$  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。
- 加压后应保持  $2\sim 5\text{h}$  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。
- 压力维持  $2\sim 5\text{h}$  后取消外力，保温  $1\text{h}$ ，每隔  $5\text{min}$  将轴盘动  $180^\circ$ ，使轴上下温度均匀。



# 水泵的测量

- 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：

- 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。
- 加压过程中，轴的左右(横向)应加装百分表监视横向变化。
- 在加热处及附近，应用石棉层包扎绝热。
- 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。

# 水泵的测量

- 直轴时，第一次的加热温升速度以  $100\sim 120^{\circ}\text{C} / \text{h}$  为宜，当温度升至最高温度后进行 加压；加压结束后，以  $50\sim 100^{\circ}\text{C} / \text{h}$  的速度降温进行冷却，当温度降至  $100^{\circ}\text{C}$  时，可在室温 下自然冷却。
- 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。
- 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。

# 水泵的测量

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：

- 测量轴弯曲，绘制轴弯曲曲线。
- 在最大弯曲断面的整个圆周上清理、裂纹的情况。检查并记录好裂纹的处理
- 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。
-

# 水泵的测量

- 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  $25\% \sim 30\%$ ，孔的宽度(沿轴线方向)与弯曲度有关，约为该处直径的  $10\% - 15\%$ 。
- 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  $15 \sim 20\text{mm}$ ，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  $500 \sim 550\text{ }^{\circ}\text{C}$  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。

# 水泵的测量

- 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。
- 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。



# 水泵的测量

- 轴的校正应稍有过弯，即应有与原弯曲方向相反的  $0.01\sim 0.03\text{mm}$  的弯曲值，待轴退火处理后，这一过弯值即可消失。

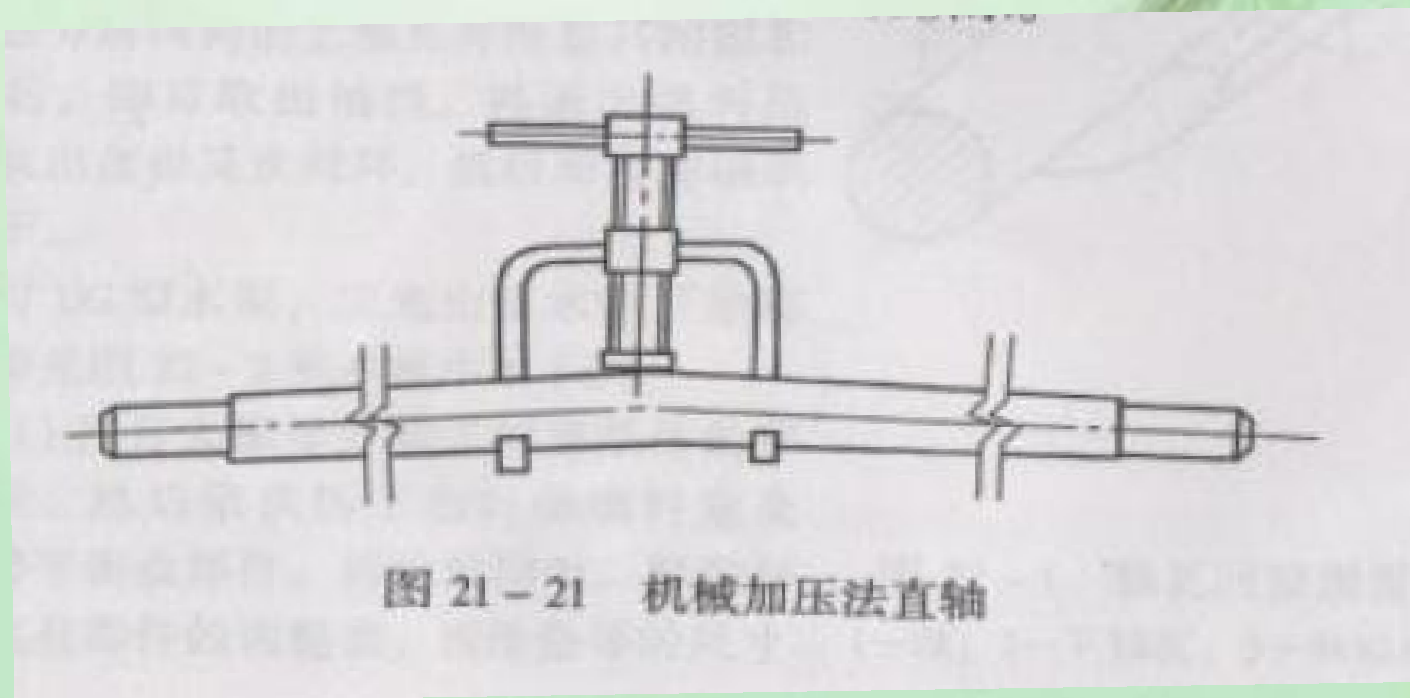
在使用局部加热法时应注意以下问题：

- 直轴工作应在光线较暗且没有空气流动的室内进行。
- 加热温度不得超过  $500\sim 550^{\circ}\text{C}$ ，在观察轴表面颜色时不能带有色眼镜。
- 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。
- 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。

# 水泵的测量

## 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。



# 水泵的测量

## 5、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。

# 水泵的测量

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 HBI80~190 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。

# 水泵的测量

## 五、水泵联轴器找正方法

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，应以调整电动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：



# 水泵的测量

## 1、测量前的准备

根据联轴器的不同形式，配以图 所示的专用工具架(桥尺)，利用塞尺或百分表直接测量圆周间隙 $\alpha$ 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。

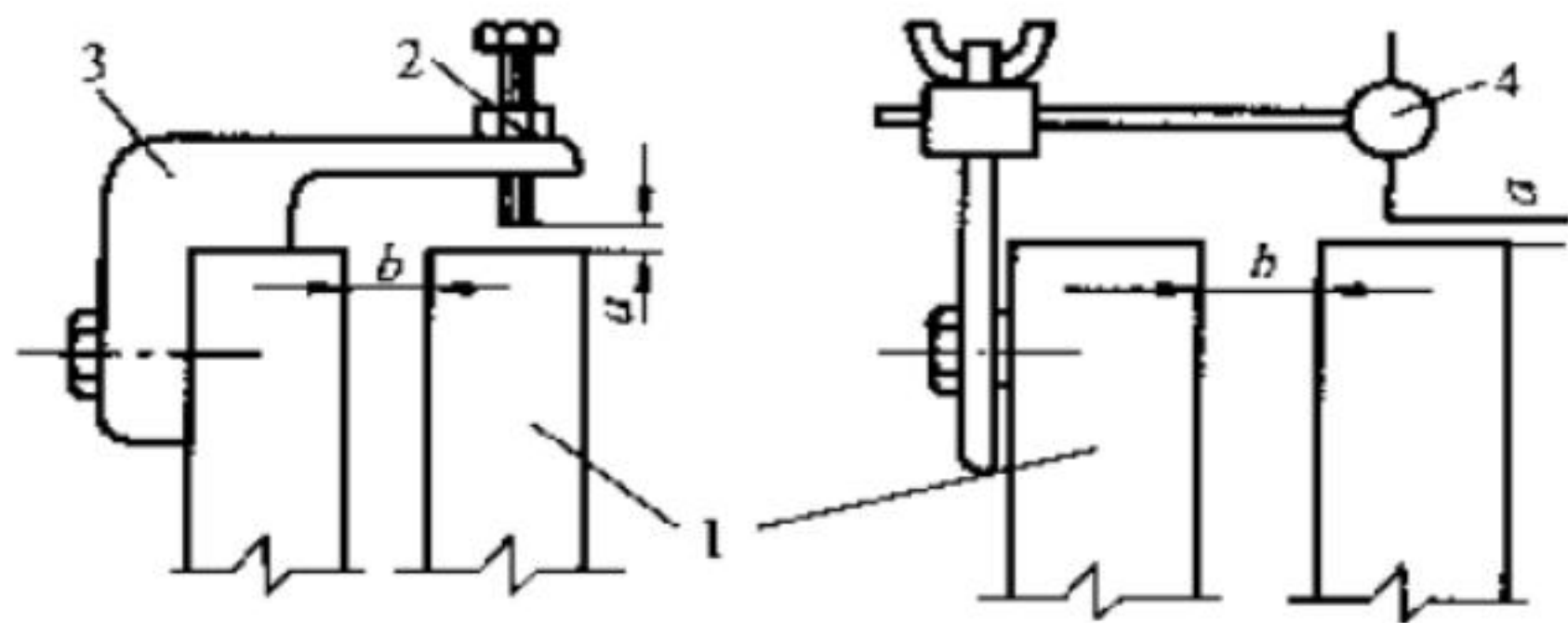


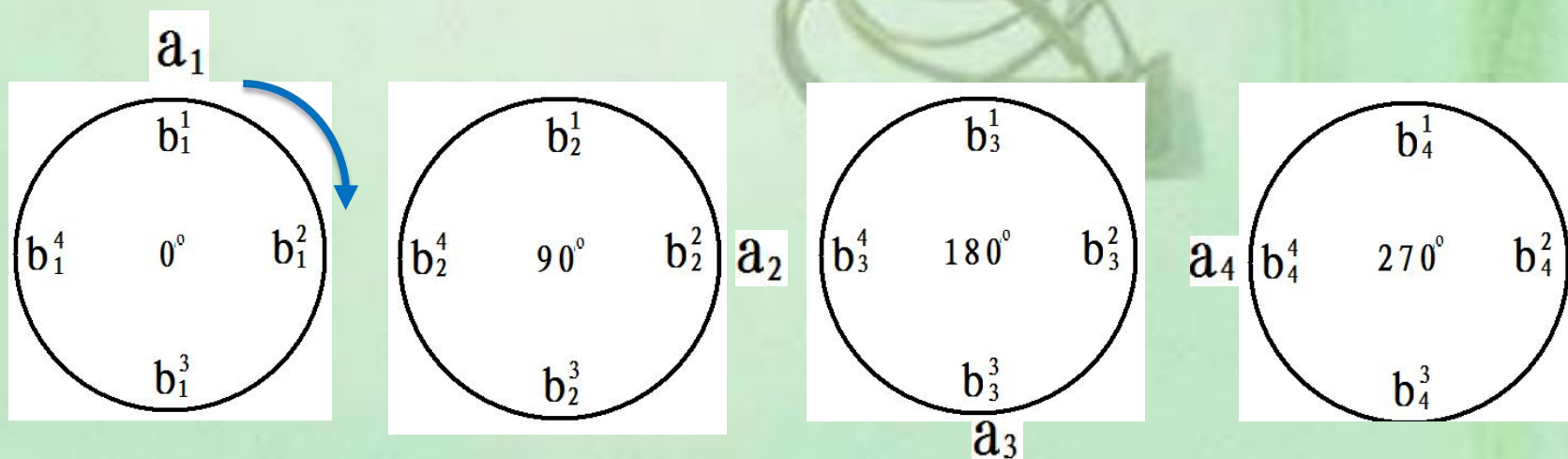
图 21-10 联轴器  $a$ 、 $b$  间隙的测量  
(用桥尺或百分表)

1—对轮；2—可调螺栓；3—桥尺；4—百分表

# 水泵的测量

## 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  $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ ，同时测量每个位置时的圆周间隙  $a$  和端面间隙  $b$ ，并把所测出的数据记录在如图 2-13 所示的图内。



# 水泵的测量

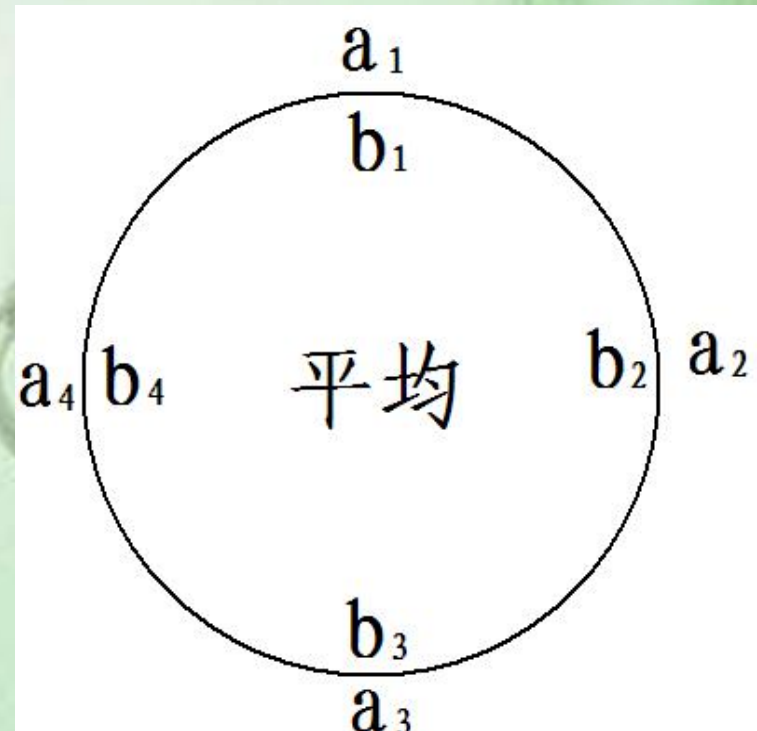
- 根据测量结果，将两端面内的各点数值取平均数按照下图所示记好

$$b_1 = \frac{b_1^1 + b_2^1 + b_3^1 + b_4^1}{4}$$

$$b_2 = \frac{b_1^2 + b_2^2 + b_3^2 + b_4^2}{4}$$

$$b_3 = \frac{b_1^3 + b_2^3 + b_3^3 + b_4^3}{4}$$

$$b_4 = \frac{b_1^4 + b_2^4 + b_3^4 + b_4^4}{4}$$



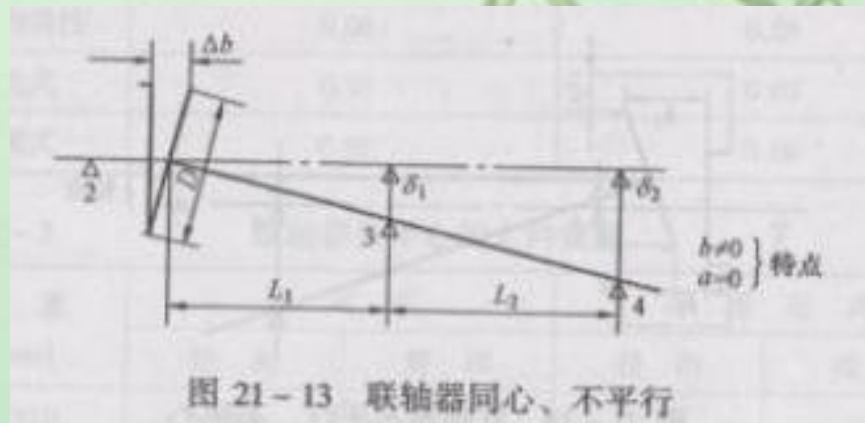
# 水泵的测量

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。





# 水泵的测量

调整时可将 3、4 号轴承分别移动 $\delta_1$  和 $\delta_2$  值，使两个转子中心线连成一条直线且联轴器 端面平行。 $\delta_1$ 、 $\delta_2$  值计算公式可根据相似三角形的比例关系推导出，即

$$\delta_1 = \Delta b \frac{L_1}{D} \quad \delta_2 = \Delta b \frac{(L_1 + L_2)}{D} \quad \Delta b = b_1 - b_2$$

式中  $D$ --联轴器直径；

$L_1$ --被调整联轴器至3号轴承的距离

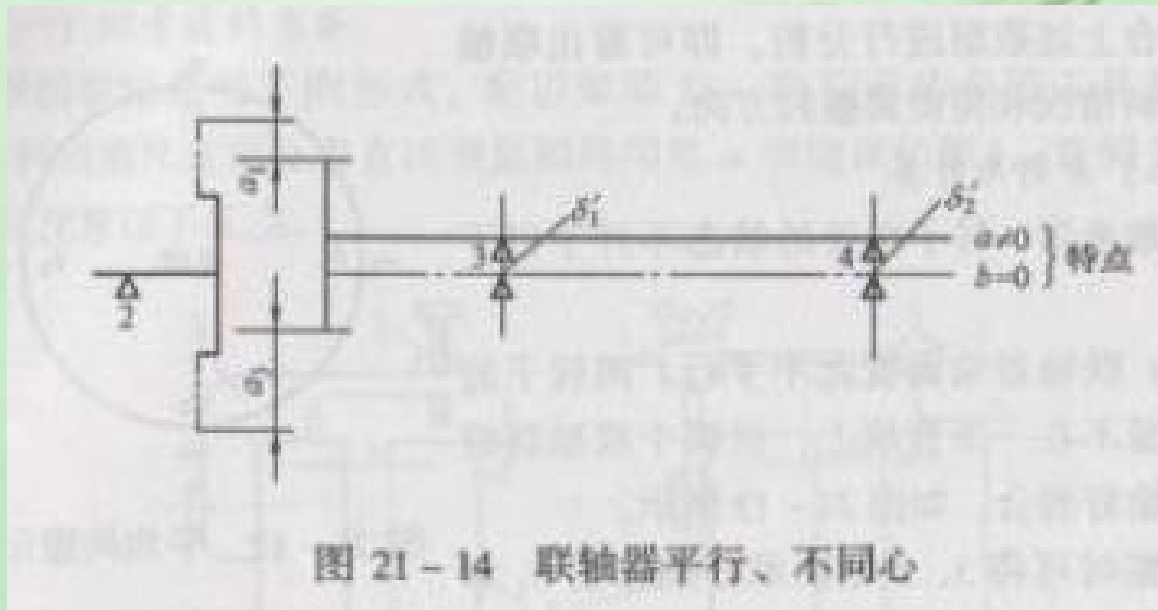
$L_2$ --3, 4号轴承之间的距离

$$\delta_1' = \delta_2' = \frac{(a_1 - a_3)}{2}$$

# 水泵的测量

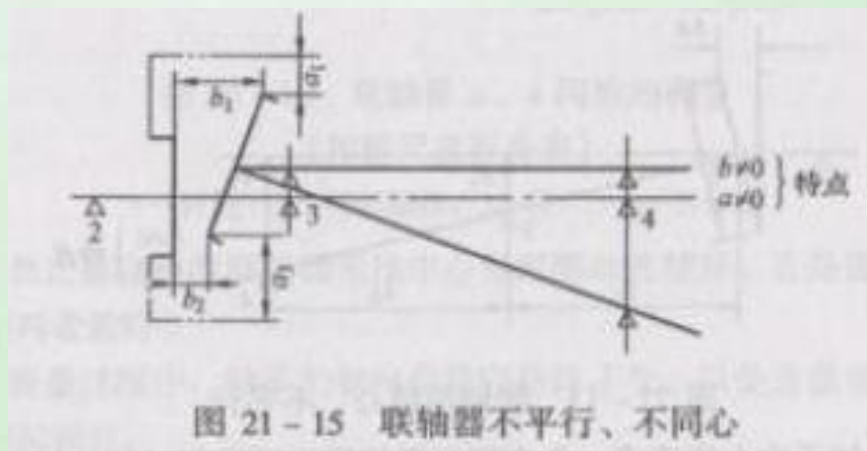
(2)两个联轴器的端面互相平行，但中心不重合，如图所示。调整时可分别将3、4号轴承同移  $\delta_1'$ 、 $\delta_2'$ ，则两个转子同心共线。 $\delta_1'$ 、 $\delta_2'$  的计算公式为：

$$\delta_1' = \delta_2' = \frac{(a_1 - a_3)}{2}$$



# 水泵的测量

(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，如图所示。调整量的计算公式如下：



➤ 3号轴承的上、下移动量为：

$$\delta_3 = \delta_1 + \delta'_1 = \frac{\Delta b}{D} + \frac{(a_1 - a_3)}{2}$$

$$\Delta b = b_1 - b_2$$

# 水泵的测量

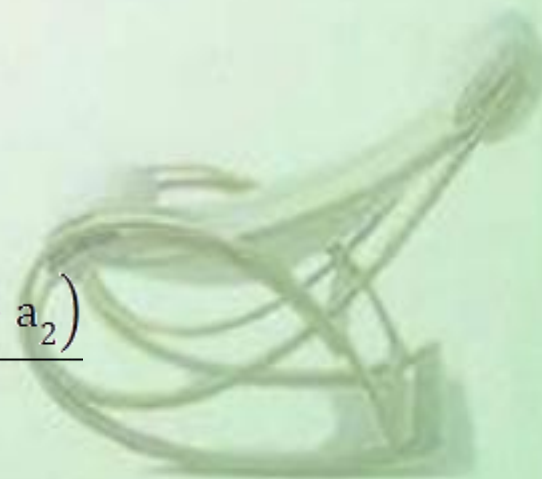
➤ 4号轴承的上、下移动量为

$$\delta_4 = \delta_2 + \delta_2' = \frac{\Delta b}{D} (L_1 + L_2) + \frac{(a_1 - a_3)}{2}$$

➤ 3号轴承的左右移动量为

$$\delta_3' = \Delta b' \frac{L_1}{D} + \frac{(a_4 - a_2)}{2}$$

$$\Delta b' = b_3 - b_4$$



# 水泵的测量

➤ 4号轴承的左右移动量为

$$\delta_4' = \frac{\Delta b}{D(L_1 + L_2)} + \frac{(a_4 - a_2)}{2}$$

当  $\delta_3$ 、 $\delta_4$ 、 $\delta_3'$ 、 $\delta_4'$  的计算结果均为正数时，3、4号轴承应向上、向左（这里的左、右方向是假想观察者站在两联轴器间，面对被调整转子的联轴器而得到的）移动；若计算结果均为负值时、3、4号轴承则应向下、向右移动。



# 水泵的测量

## 4、调整时的允许误差

### 联轴器找中心的允许误差

| 联轴器类别   | 允许误差(mm)                                  |                       |
|---------|-------------------------------------------|-----------------------|
|         | 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                  |

# 水泵的测量

## 联轴器找中心的允许误差

| 转速<br>(r/min)        | 固定式     |      | 非固定式 |      |
|----------------------|---------|------|------|------|
|                      | 径向<br>向 | 端面   | 径向   | 端面   |
| $n \geq 3000$        | 0.04    | 0.03 | 0.06 | 0.04 |
| $3000 > n \geq 1500$ | 0.06    | 0.04 | 0.10 | 0.06 |
| $500 < n \leq 750$   | 0.10    | 0.05 | 0.12 | 0.08 |
| $750 > n \geq 500$   | 0.12    | 0.06 | 0.16 | 0.10 |

# 水泵的测量

水泵找中心时注意事项:

- 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铁或千斤顶等支撑物拿掉，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和转速而不同，在没有具体要求的情况下可参考上表。
- 此外，随着运行条件的改变，如水泵输送高温水（60度以上）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动机和水泵，若输送水温在60度时，电动机约抬高0.40 ~ 0.60mm才能保证运行中水泵和电动机的轴中心对准。

# 水泵的测量

- 另外，水泵与电动机联轴器实现对中后，其间还应保证留有一定的轴 向距离，这主要是考虑到运行中两轴会发生轴向窜动，留出间隙可防止顶 轴现象的发生。

一般联轴器端面的距离随水泵的大小而定，见下表。

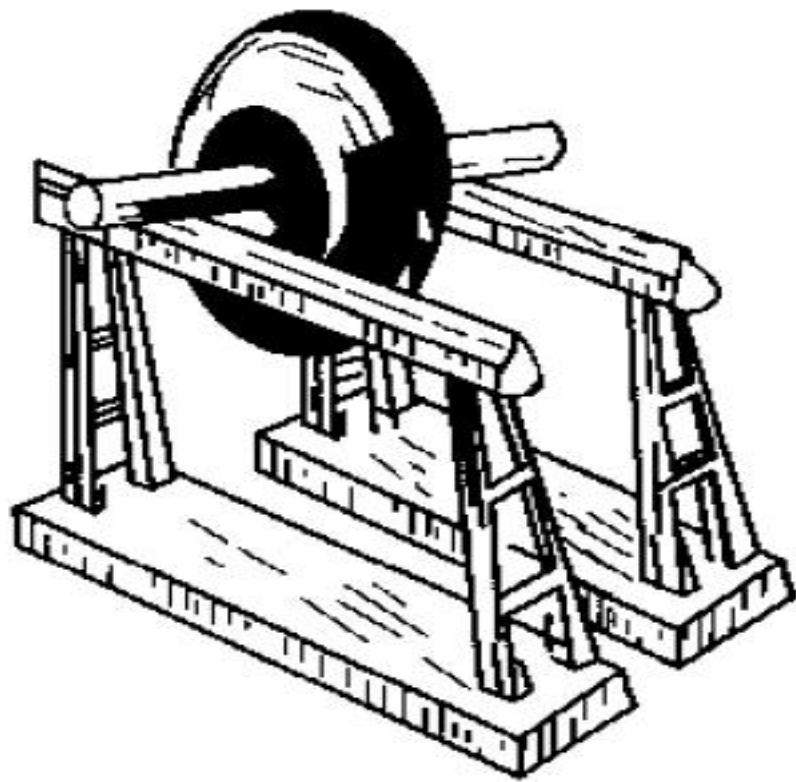
水泵联轴器端面距离 mm

| 设备大小 | 大型   | 中型  | 小型  |
|------|------|-----|-----|
| 端面距离 | 8-12 | 6-8 | 3-6 |

# 水泵相关的检修工作

## 一、叶轮的静平衡

水泵转子在高转速下工作时，若其质量不均衡，转动时就会产生一个较大的离心力，造成水泵振动或损坏。转子的平衡是通过其上的各个部件（包括轴、叶轮、轴套、平衡盘等）的质量平衡来达到的，因此对新换装的叶轮都应进行静平衡校验工作，如图所示。具体的方法如下：





# 水泵相关的检修工作

(1)将叶轮装在假轴上，放到已调好水平的静平衡试验台上. 试验台上有两条轨道，假轴可在其上自由滚动。

(2)在叶轮偏重的一侧做好标记。若叶轮质童不平衡，较重的一侧总是自动地转到下面。在偏重地方的对称位置（即较轻的一方）增加重块(用面粘或是用夹子增减铁片），直至叶轮能在任意位置都可停住为止。

(3)称出加重块的质量。通常，我们不是在叶轮较轻的一侧加质量，而是在较重侧通过减质量的方法来达到叶轮的平衡<sup>3</sup>。减重时，可用铣床铣削或是用砂轮磨削(当去除量不大时），但注意铣削或磨削的深度不得超过叶轮盖板厚度的 $\frac{1}{3}$ 。

经静平衡后的叶轮，静平衡允许偏差值不得超过叶轮外径值与 $0.025\text{g\%/mm}$ 之积。

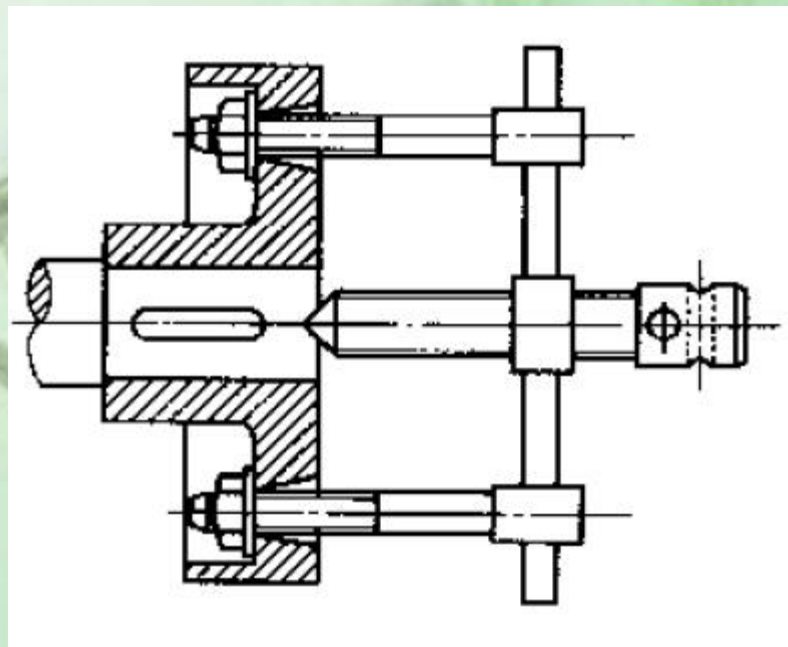
例如，宵径为 $200\text{mm}$ 的叶轮，允许偏差为 $5\text{g}$ 。

# 水泵相关的检修工作

## 二、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，如图所示。

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。



# 水泵相关的检修工作

(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。

(3) 对过盈量较大的联轴器，则应加热后再回装。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。

# 水泵相关的检修工作

- 联轴器与轴的配合一般均采用过渡配合、既时能出现少量过盈，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，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，应进行补焊。在轴上打麻点或垫铜皮乃是权宜之计，不能作为理想的力法。

# 水泵相关的检修工作

- 三、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，如图20-7所示。
- 通常，泵盖对叶轮密封环的紧力为 $0-0.03\text{mm}$ 。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，如图



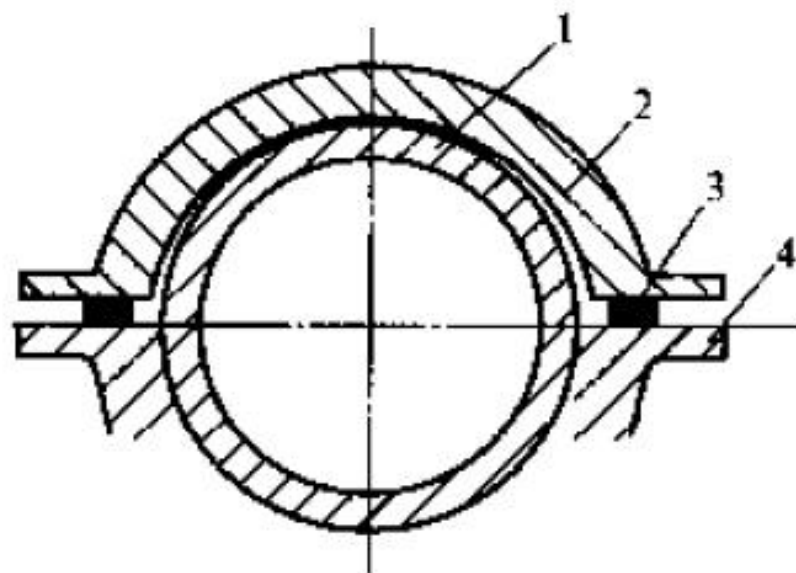


图 20-7 决定泵盖对  
密封环的紧力

1—密封环；2—泵盖；  
3—铅丝；4—泵体

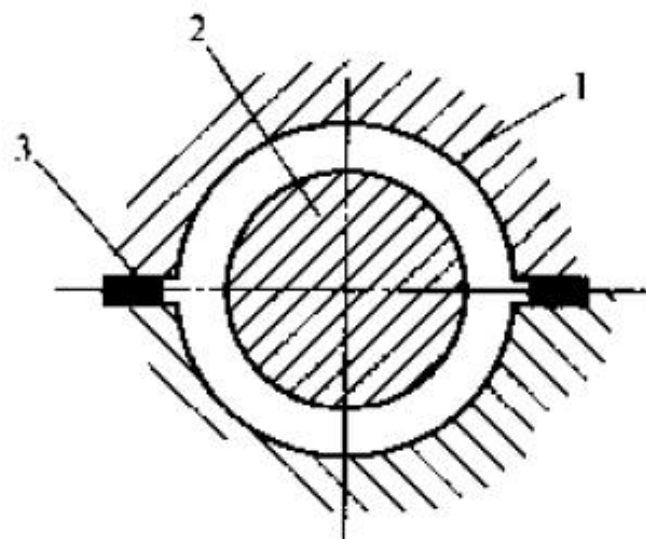


图 20-8 垫没做合适

1—泵盖；2—轴；3—垫

# 水泵检修中的重点和特殊项目

## 一、轴封泄漏的处理

轴封泄漏是水泵运行中最常见的缺陷，它直接影响到泵的安全运行和效率。这里我们介绍的就是填料密封泄漏的处理方法，即通常所说的加盘根的方法。

### （一）、工作过程

- （1）将填料涵内彻底清理干净，并检查轴套外表面是否完好，有无明显的磨损情况。若确认轴套可以继续使用，即可加入新的盘根圈。
- （2）盘根的规格应按规定选用，性能应与所输液体相适应，尺寸大小应符合要求。如果盘根过细，即便填料压盖拧得很紧，也起不到轴封的作用。
- （3）切割盘根时刀子的刀口要锋利，每圈盘根均应按所需长度切下并靠在靠膜A面上，接口应切成30-45度的斜角，切面应平整，如图21-1所示。切好的盘根装在填料涵内之后必须是一个整圆，不能短缺，也不能超长。

# 水泵检修中的重点和特殊项目

- (4) 切好的盘根装入填料涵内以后，相邻两圈的接口要错开至少90度。如果轴套内部有水冷却结构时，要注意硬盘根圈与填料涵的冷却水进口错开，并把水封环的环形室正好对正此进口，如图21-2所示。
- (5) 当装入最后一圈盘根时，将填料压盖装好并均匀拧紧直至确认盘根已经到位，然后，松开填料压盖，重新拧紧到适当的紧力。
- (6) 盘根被紧上之后，压盖四周的缝隙 $a$ 应相等。有些水泵的填料压盖与轴之间的缝隙较小，最好用寒尺测量一下，以免压盖与轴产生摩擦。

# 水泵检修中的重点和特殊项目

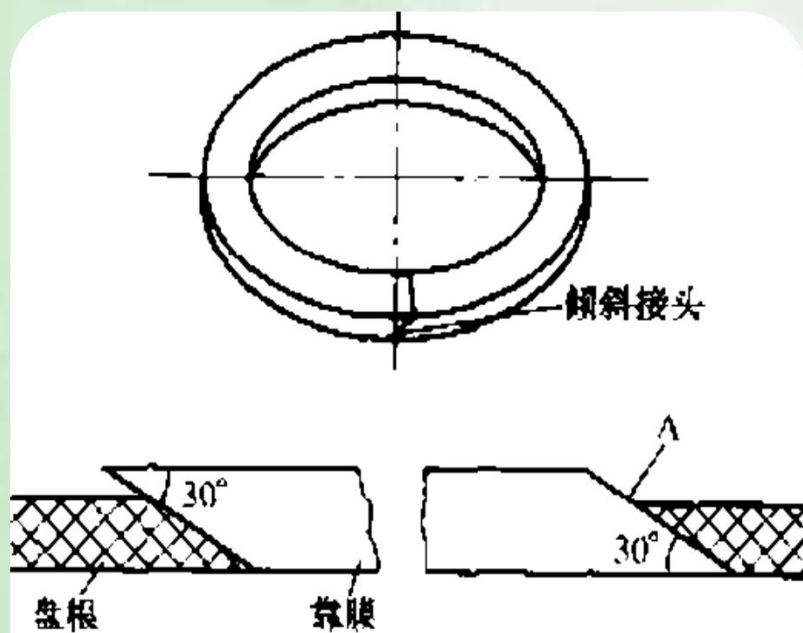


图 21-1 盘根接口切面

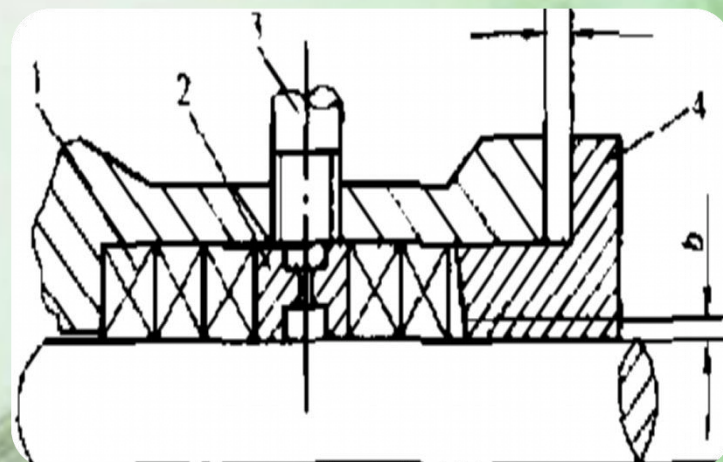


图21-2 填料涵的结构

1-填料 2-水封环 3-密封水来水管 4-填料压盖



# 水泵检修中的重点和特殊项目

## （二）、填盘根后的检查

- 填完盘根后，还应检查填料压盖紧固螺母的紧力是否合适。若紧力过大，盘根在填料涵内被过分压紧，泄漏量虽然可以减少，但盘根与轴套表面的摩擦将迅速增大，严重时会导致发热、冒烟，直至把盘根与轴套烧毁；若紧力过小，泄漏量又会增大。因此，填料压盖的紧力必须适当，应使液体通过盘根与轴套的间隙逐渐降低压力并生成一层水膜，用以增加润滑、减少摩擦及对轴套进行冷却。水泵启动后，应保持有少量的液体不断地从填料涵内流出为佳。填料压盖的压紧程度可以在水泵启动后进行调整，直至满意为止。



# 水泵检修中的重点和特殊项目

## 1、轴承温度高的原因

- 轴承发热的主要原因有：
- 油位过低，使进入轴承的油量太少；
- 油质不合格，掺水、混入杂质或乳化变质；
- 带油环不转动，轴承的供油中断；
- 轴承的冷却水量不足；
- 轴承已损坏；
- 轴承压盖对轴承施加的紧力过大而使其径向间隙被压死，轴承失去了灵活性，这也是轴承发热的常见原因。



# 水泵检修中的重点和特殊项目

## 2、滚动轴承发热的处理方法

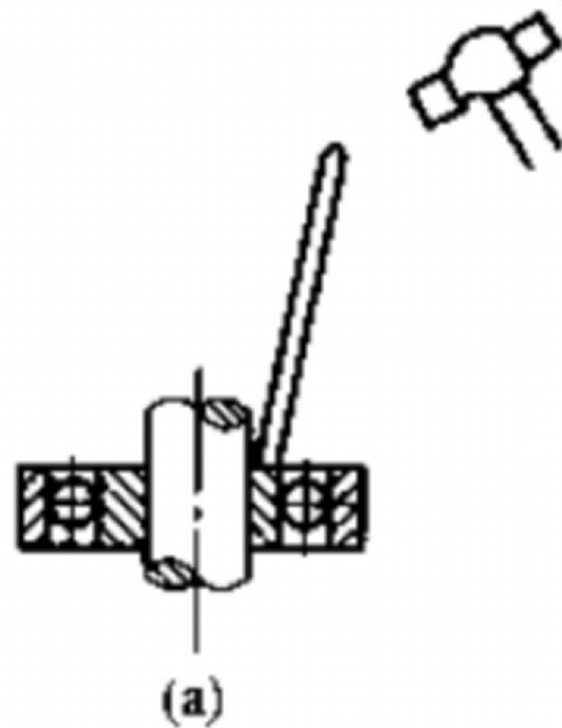
- 对因润滑油位低而引起的轴承发热，将润滑油加到规定位置即可；
- 因油质损坏时引起的轴承发热，可将轴承油室彻底清理干净后，更换上合格的、新的润滑油或润滑脂。
- 对采用润滑脂润滑的轴承，若油脂供给太多，反而会因油脂的搅拌使轴承发热。因此，在更换润滑脂时，只需注满轴承室容积的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 即可。
- 由于轴承损坏而引起的轴承发热，应更换新的轴承。
- 因冷却水不足而引起轴承发热，应将轴承的冷却水增大到适当程度即可。
- 因其他原因造成轴承发热的，可根据实际情况加以适当调整即可。

# 水泵检修中的重点和特殊项目

## 3、滚动轴承的拆装方法及注意事项

### 拆装方法

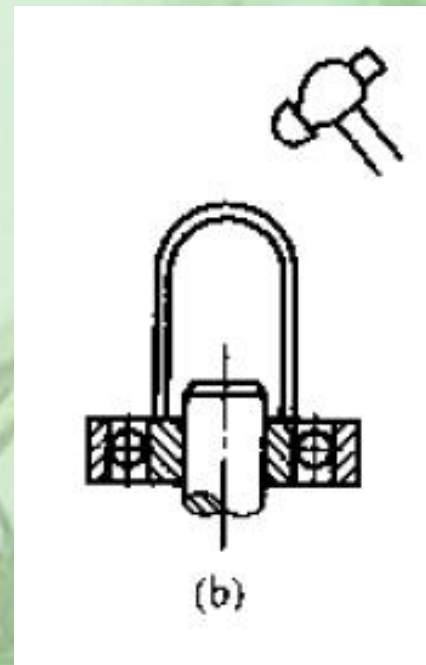
- 铜棒手锤法。如图所示，其优点是方法及工具简单，缺点是铜棒易滑位而使支架受伤及铜屑易落入轴承的滚道内。



(a)

# 水泵检修中的重点和特殊项目

- 套管手锤法。如图所示，此法较前方法优越，能使敲击的力量均匀地分布在整個滚动轴承内圈的端而上。注意所选套管的內径要稍大于轴径，其外径要小于轴承內圈的滾道直径。



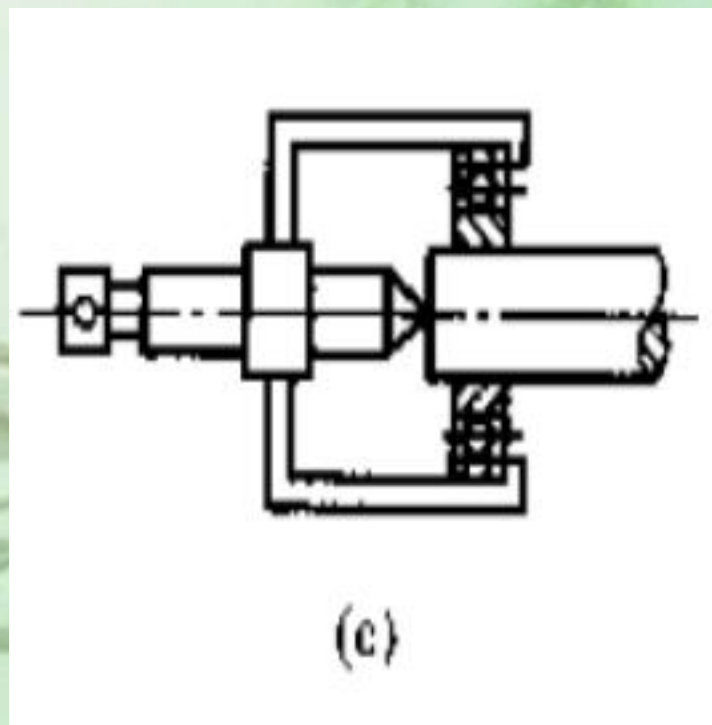
# 水泵检修中的重点和特殊项目

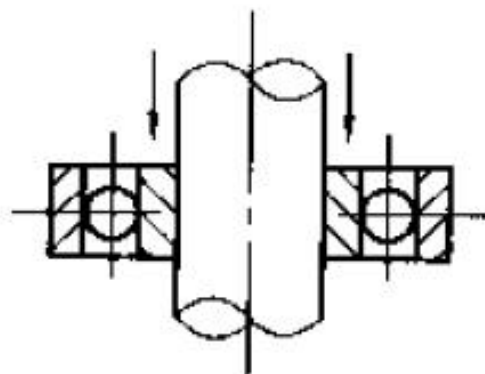
- 加热法。即在拆装滚动轴承之前，先将其加热，此时轴承内径胀大，不用很大的力量就可在轴上拿下或装上。在生产现场安装轴承时，一般是用热源体（如电热炉、热管道等）直接传热或是用热油浸泡加热的方法，以使轴承胀大而便于装配，此时应注意对加热温度的控制，以防轴承退火。另外，安装轴承时也可用蒸汽或热水加热，但应保证轴承不会生锈，注意在轴承装好后将水除净并涂上润滑油。拆卸轴承时可用热油浇淋，但应将附近的轴包好不使其受热。对已损坏的轴承可用气焊加热，实在太紧时可用气割法割掉。



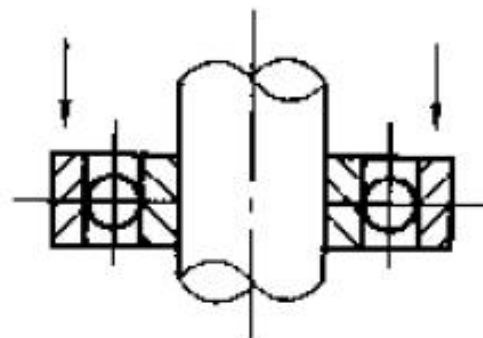
# 水泵检修中的重点和特殊项目

- 撬子法：主要用在拆卸轴承时，如图所示。操作时要保持主螺杆与轴心线一致，不能偏斜。

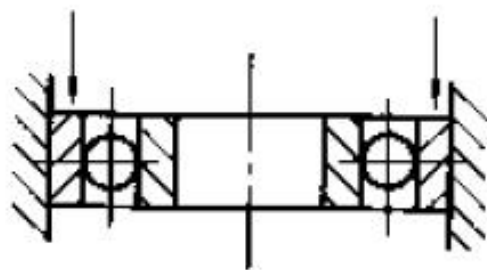




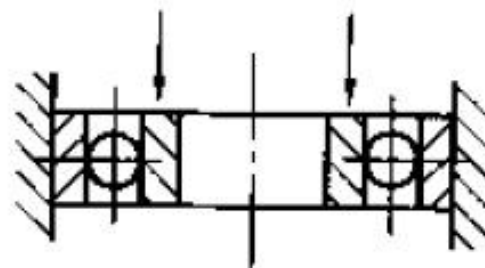
正确



不正确



正确



不正确

滚动轴承拆装时施力部位

# 水泵检修中的重点和特殊项目

## 三、滑动轴承

### (一)、滑动轴承的种类和构造

滑动轴承的种类有整体式轴承和对开式轴承，如图21-5所示。根据润滑方式又可分为自身润滑式轴承和强制润滑式轴承。整体式轴承是个圆柱形套筒，它以紧力镶入或螺栓连接的方式固定在轴承体内。其与轴接触的部分可以镶青铜或挂乌金。对开式轴承由上下两半组成，也

轴瓦上由  
轴承盖压紧。

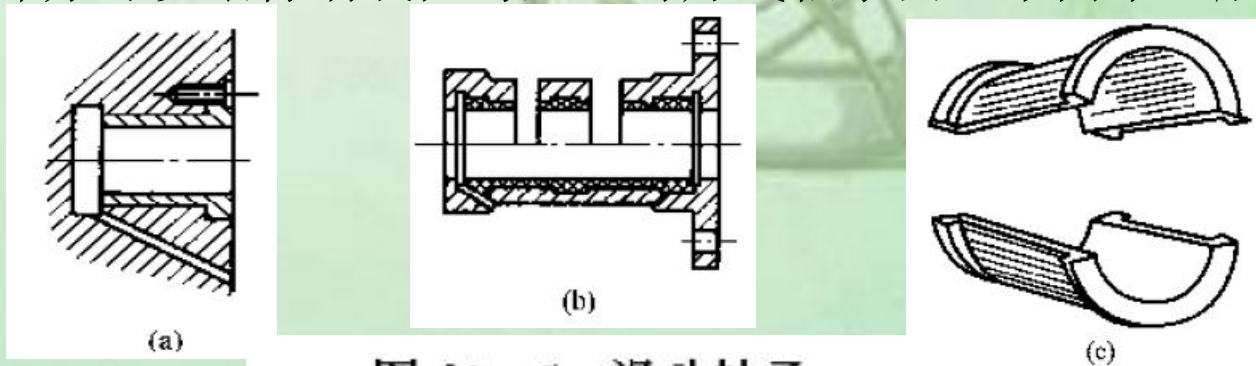


图 21-5 滑动轴承  
(a)、(b) 整体式；(c) 对开式

# 水泵检修中的重点和特殊项目

## 顶部间隙

- 为便于润滑油进入，使轴瓦与轴径之间形成楔形油膜，在轴承上部都留一定的间隙。

一般为 $0.002d$ ， $d$ 是轴直径。

间隙过小会使轴承发热，特别是高速机械，在转数高时采用较大间隙。两侧的间隙应为顶部间隙的  $1/2$ ，下瓦与轴接触，如图所示。

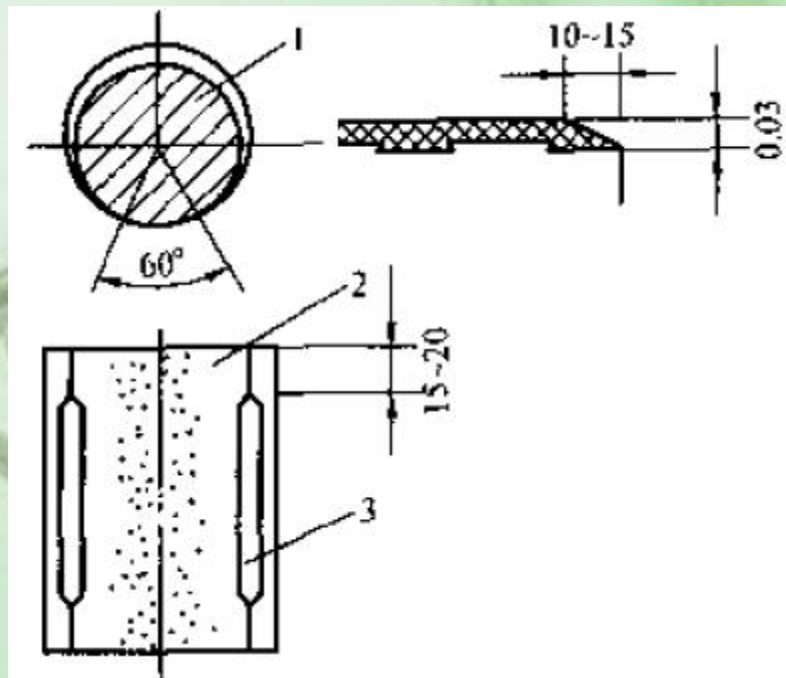


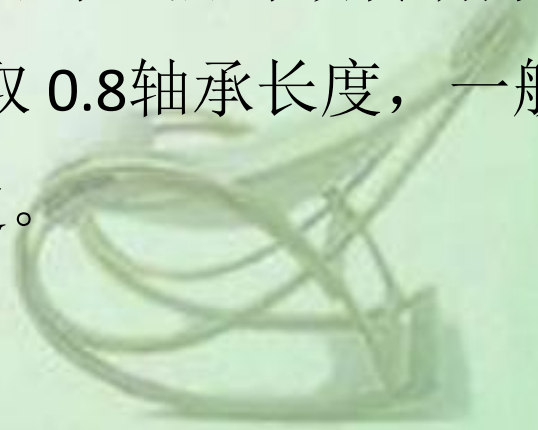
图 21-6 轴瓦与轴的接触

1- 泵轴；2- 下瓦接触印痕；3- 油沟

# 水泵检修中的重点和特殊项目

## 油沟

为了把油分配给轴瓦的各处工作面，同时起贮油和稳定供油作用，在进油一方开有油沟。油沟顺转动方向应具有一个适当的坡度。油沟长度取 0.8 轴承长度，一般是在油沟两端留有 15~20mm 不开通。





# 水泵检修中的重点和特殊项目

## 油环

正常情况下，一个油环可润滑两侧各50mm以内长度的轴瓦。轴径小于50mm与转数不超过3000r/min的机械都可以采用油环润滑。

大于50mm 的轴径采用油环时，其转数应放低一些。油环有矩形和三角形等，内圆车有3~6条沟槽时可增加带油量。

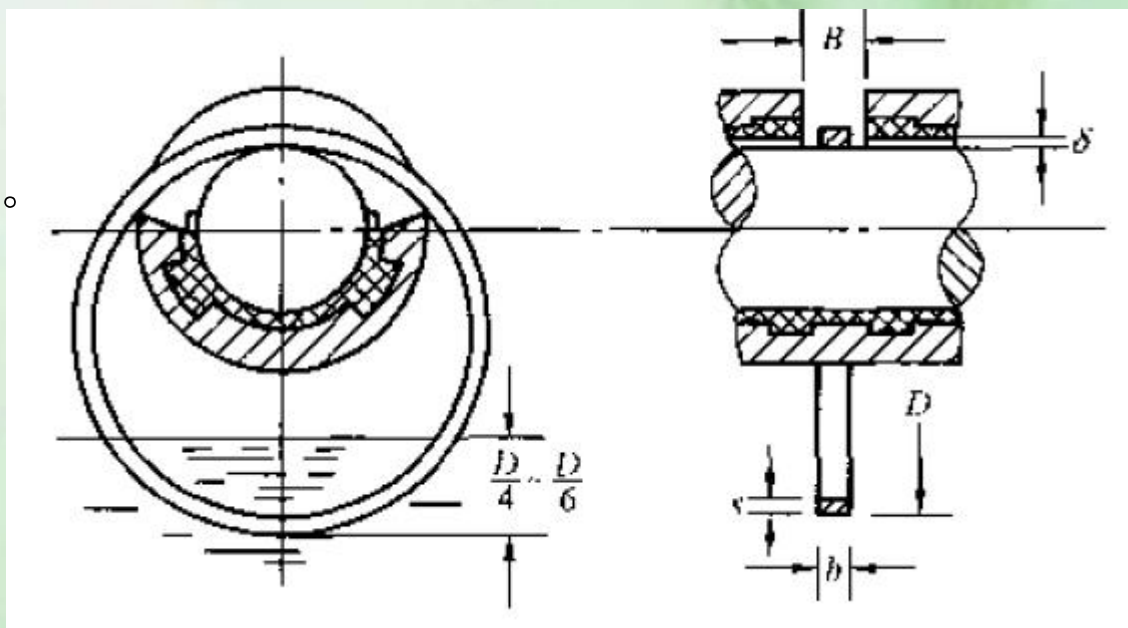


图 21-7 油环

# 水泵检修中的重点和特殊项目

- 油环宽度  $b = B - (2 \sim 5) \text{ mm}$
- 油环厚度  $S = 3 \sim 5 \text{ mm}$
- 油环浸入油面的深度为  $D/4 \sim D/6$  左右。
- 滑动轴承的轴承胎大多是用生铁铸成的，大型重要的轴承胎则用钢制成。由于生铁含有片状石墨，不易与乌金结合，所以轴承胎上开有纵横方向的燕尾槽。

# 水泵检修中的重点和特殊项目

## （二）、瓦衬常用的几种材料

锡基巴氏合金：含锡83%，另外含少量的锑和铜，是很好的轴承材料，用于高速重载机械。

铅基巴氏合金：含锡15%-17%，用于没有很大冲击的轴承上。

青铜：有磷锡青铜、锡锌铅青铜、铅锡青铜、铝铁青铜等。青铜耐磨性、硬度、强度都很好，在水泵中常用在小轴径或低转数的轴承上。

以上材料作瓦衬时，厚度一般都小于6mm，直径大时取大值。巴氏合金作瓦衬时，厚度应小于3.5mm，这样可使疲劳强度得到提高。

滑动轴承的优点是工作可靠、平稳、无噪声，因润滑油层有吸振能力，所以能承受冲击载荷。

# 水泵检修中的重点和特殊项目

## （三）、滑动轴承的修刮

一个新更换的滑动轴承，在装配前必须进行细心的修刮。

（1）首先，进行外观检查，看有没有气孔、裂纹等缺陷；检查尺寸是否正确；乌金是否脱胎，如合格，可进行第二步工作。

（2）第二步属于初步修刮，目的是使轴与轴瓦之间出现部分间隙。一般来讲，车削后的轴承内径比轴径要大一些，只留一半左右的修刮量。但有时也会内径小，轴放不进去。这时就要扩大间隙，方法是：把轴瓦扣在轴上，轴瓦乌金表面涂一层薄薄的红丹粉，然后研磨。研后用刮刀把接触高点除去。对圆筒式轴套，则试往轴上套，如套不进，可均匀地刮去一层乌金，再试，直到出现部分间隙为止。间隙一般不超过正常间隙的 $\frac{2}{3}$ 。这一步的特点是轴瓦扣在轴上研，而不是放在轴承体内之后再与轴研。

# 水泵检修中的重点和特殊项目

把轴承放在轴承体内，涂上红丹粉研磨。此项工作不可在初步修刮中就把轴瓦间隙刮够，因为初步修刮后的轴承中心，不一定和轴承体的中心相一致，如图所示。这样虽然在初步修刮中就把间隙磨够了，但当轴承放入轴承体内之后，间隙就不合适。因轴承内孔与轴承体中心产生了扭斜，使轴承间隙偏向了一侧，这样的轴承是无法工作的。所以必须限制第二步的修刮量，进行把轴承放在轴承体内的修刮工作，这样才能把现的扭斜纠正过来。

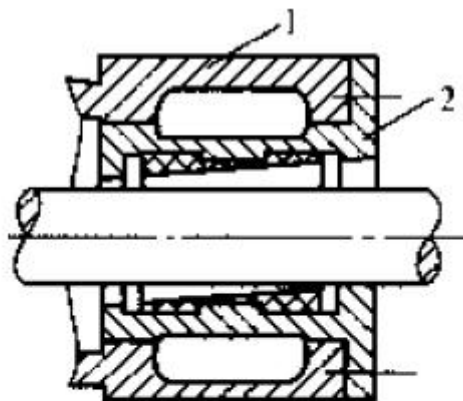


图 21-8 轴承内孔与  
轴承体不同心  
1—轴承体；2—轴承



# 水泵检修中的重点和特殊项目

- 研刮合适后的轴承，其下部与轴的接触角为 $60^{\circ}$ 左右，接触面上每平方厘米不少于3块接触点。两侧间隙用塞尺测量，插进深度为轴径的 $1/4$ 。下瓦研刮好之后，再把上瓦放在轴承体内研刮，并把两侧间隙开够。圆筒式轴承用长塞尺测量顶部和侧面间隙。间隙合适后，在水平结合面处开油沟，油沟大小要合适，一般来说，瓦大油沟大，瓦小油沟小。为了使润滑油顺利流出，在轴瓦两端开有 $0.03\text{mm}$ 的斜坡。

# 水泵检修中的重点和特殊项目

- 在没有进行第三步工作之前，要检查轴承放在轴承体内后，轴瓦的下部是否有间隙。如属于局部间隙，则有可能在修刮中消除；如属于全部有间隙，则是不合适的，因为这样的轴承失去了支承转子的作用。因此首先检查泵的穿杠（拉紧）螺栓，由于水泵上部的几根螺栓紧力不够，使中段的接合缝上部张口，出现轴承托架向下低头，使轴瓦下出现间隙。也可能是轴承托架本身紧偏造成的，对于蜗壳式水泵来说，不涉及穿杠螺栓的问题，这时只有将轴瓦垫高或重新浇铸轴瓦。

# 水泵检修中的重点和特殊项目

## 四、密封环的磨损与间隙调整

在水泵叶轮的人口处，一般均设有密封环。当水泵工作时，由于密封环两侧存在压差，即可近似认为是叶轮出口压力，另一侧为叶轮入口压力，所以始终会有一部分水沿密封间隙自叶轮出口向叶轮人口泄漏。这部分水虽然在叶轮里获得了能量，却未能输出，这样就减少了水泵的供水量。水泵在运行的过程中，随着密封环的磨损将使密封环与叶轮之间的间隙加大，泄漏量增多。

在水泵大修的解体过程中，应注意检查叶轮和密封环的间隙，若此间隙太大，则要重新配制密封环，方法是：将固定密封环内径车一刀（见圆为止），然后按该尺寸做一个保护环镶在叶轮上。一般大型低压泵的叶轮原来就镶有保护环，重新配制时应先将旧环卸下后再换上新的。至于叶轮与密封环的配合间隙。

# 水泵的振动处理

在水泵的运行过程中，常由于各种因素的影响而引起水泵的振动现象，严重地影响了水系的稳定运行，甚至还会造成设备的损坏。

振动的原因十分复杂，但可大致地分为水力振动和机械振动两大类。

## 一、水力振动

水力振动主要是由于泵内或管路系统中水的流动不正常引起的。产生水力振动的原因主要有水力冲击，压力脉动及汽蚀等。

### （一）、水力冲击引起的振动

水流由叶轮叶片的外端经过导叶或蜗壳泵舌头部附近时，就会产生水力冲击，且冲击的程度随水泵转速和尺寸的加大而增高。当这一水力脉冲传至管路系统及基础上时，就会产生噪声和振动；若这个水力脉冲的频率和泵轴、管路系统或基础的固有频率相近，将会产生更为严重的共振。

# 水泵的振动处理

水力冲击引起的振动的频率是叶片数和泵轴转速的乘积或是其倍数。防止水力冲击而引起的振动的方法如下，

- 1、适当地增大叶轮外直径与导叶或泵壳舌部内直径的距离，即放大叶轮出水口的间隙。
- 2、变更流道的型线以缓和冲击。
- 3、水泵总装时，应将各级叶轮的叶片出口边按一定的节距错开，同时导叶片的组装位置方位不要相互重叠，而是按一定顺序错落布置，这些措施都将会减轻水力脉冲。

改变管路系统的共振频率不能减小泵的水力冲击，只有在水泵的水力设计上想办法降低叶片脉冲的强度才能根本解决问题。



# 水泵的振动处理

## （二）、压力脉动引起的振动

高压给水泵有设计规定的允许最小流量，若低于此流量运行，则会导致叶轮中的流动恶化，甚至在叶轮的进、出口处产生内部回流，形成局部的涡流区和负压并沿圆周方向旋转。由此而引起的压力脉动使泵的压力高低不定、流量时大时小，并且会引发压水管路的剧烈振动和类似喘气的声响（即“喘振”现象）。我们把上述这种现象称为“旋转失速”，其振动的频率约在0.1~10Hz范围内。

### 1、压力脉动的产生必须同时具备的条件。

- 1）、 $q_v-H$ 性能曲线出现蛇峰部分，且恰好在泵的运转范围之内。对高压给水泵，则在 $q_y-H$ 曲线的关死点附近易于形成向右上方倾斜的部分。
- 2）、泵的压出管路中有积存空气的部位。
- 3）、调节阀等节流装置位于上述可积存空气的部位之后。

# 水泵的振动处理

## 2、防止水泵发生压力脉动的主要方法：

- 1)、改善水泵的设计，如适当地减小叶片出口角，使泵的曲线 $q_v-H$ 成为只向右下倾斜的曲线。
- 2) 布置管路时不要有起伏并保持一定的斜度，以免压出管内积存空气。另外，尽量把调节阀、流量计等节流装置放在靠近泵的出口处安装，以确保泵和这些节流装置叠加后的 $q_v-H$ 性能曲线没有向上倾斜的部分，从而减少产生压力脉动的危险，
- 3) 装设再循环管来改善泵在低负荷工况下的运行，使泵内的流量始终不低于泵的 $H$ 曲线中向上倾斜部分的流量。
- 4)、在运行中负荷减小时，若几台泵并联运行，则应尽量提前停掉富裕的水泵，保证其余的泵在正常流量下运转。

# 水泵的振动处理

## （三）、因汽蚀而引起的振动

高压给水泵的汽蚀主要在大流量时发生，并引起泵的剧烈振动和发出噪声。由汽蚀引起的振动的频率约为 $600 \sim 25000\text{Hz}$ 。在设计和运行中可采取以下措施加以防止。

- 1）、除氧器水箱的容量应满足给水泵急剧增减负荷时的需求，除氧器水箱与给水泵的标高差应适当地增大，以确保泵入口有足够的富裕压差。
- 2）、水泵的吸入管路应尽可能地缩短，以减少吸入管的阻力损失，并且避免有较长的、水平的吸入管段。
- 3）、运行中的负荷变化应尽量平缓，一旦发生汽蚀，应适当地减小流量或降低转速。

# 水泵的振动处理

## 二、机械振动：

机械振动是由于各种机械原因而引起的振动，造成的原因主要有以下几方面：

### 1、回转部件不平衡引起的振动

回转部件不平衡是泵轴产生振动的最可能原因，其特征是振动的振幅不随负荷大小及吸入口压力的高低而变化，而是与水泵的转速相关，泵轴的振动频率和转速高低相一致。

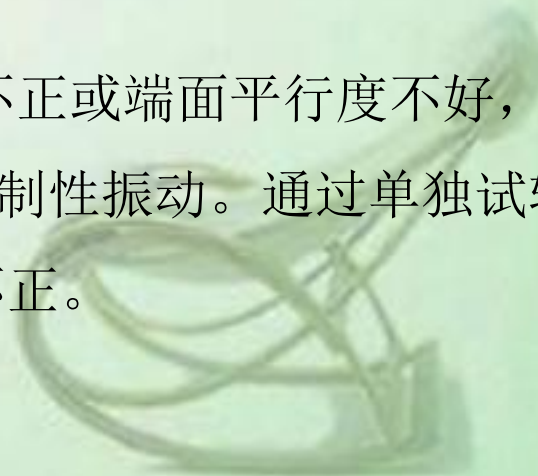
造成回转部件不平衡而振动的原因很多，如随着运行中的局部腐蚀或磨损使振动逐渐增大，又如回转部件局部破坏及杂物堵塞而引起的振动等。

# 水泵的振动处理

为确保回转部件的平衡，对低转速泵可以只做静平衡试验，而高转速泵则必须分别进行动、静平衡的检查。

## 2、中心不正引起的振动

如果水泵与原动机联轴器中心不正或端面平行度不好，就会因水泵与原动机的结合状态不平衡而产生强制性振动。通过单独试转原动机而不振动，这时就可能是联轴器中心不正。





# 水泵的振动处理

造成中心不正的原因如下。

1)、水泵在安装或检修后找中心不正，试转时就会产生振动。这种情况应重新进行找正工作。

2)、暖泵不充分而造成水泵因温差引起变形，从而使中心不正。应选择适当的暖泵系统和方式以增强暖泵的效果。

3)、水泵的进出口管路重量若由泵来承受，当其质量过大时，就会使泵轴中心错位、这样在泵启动时就开始振动。所以在设计或布置管路时，应尽量减少作用于泵体上的载荷及力矩。

4) 轴承磨损也会使中心不正，此时振动是逐渐增大的，必要时应尽早修复或更换。

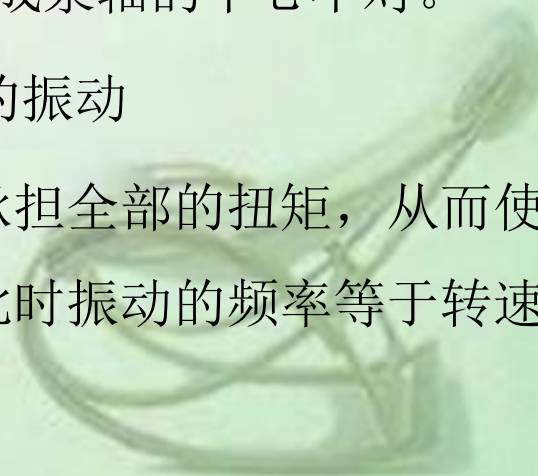
# 水泵的振动处理

5)、联轴器的螺栓配合状态不良或齿形联轴器的齿轮啮合状态不佳，都会影响中心的对中而使振动逐渐加大。

6)、轴承架刚性不好，也会造成泵轴的中心不对。

## 3、联轴器螺栓加工精度不高引起的振动

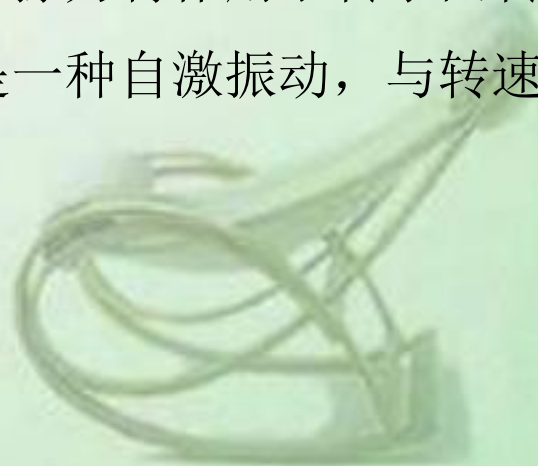
- 在这种情形下，只有部分螺栓承担全部的扭矩，从而使原本没有的不平衡力传至泵轴上引起振动。此时振动的频率等于转速，振幅则随负荷的增加而变大。



# 水泵的振动处理

## 4、因动、静部件摩擦而引起的振动

- 如果由于热应力而使泵体变形过大、泵轴弯曲，或是其他原因使泵内动、静部件接触，则接触点的摩擦力将作用于转子回转的反方向上，迫使转子剧烈地振摆旋转。这是一种自激振动，与转速无直接关系，其频率等于转子的临界速度。



# 水泵的振动处理

## 5、因泵轴的临界转速引起的振动

➤如果水泵的工作转速接近其临界转速，就会产生共振。所以在设计时，需将泵的工作转速与临界转速错开，留有一定的安全距离。在泵的使用中，还应考虑管路支持不当、地脚螺栓松弛和轴承座刚度变化等因素对水泵转子固有频率的影响。

此外，还必须注意水泵和原动机连接以后临界转速的改变。

## 6、因油膜振荡引起的振动

这是滑动轴承上因油膜的作用而发生的一种自激振荡，其频率等于转子的一半转速或转子的临界转速。

➤ 消除油膜振荡的方法是使泵轴临界转速不在其工作转速的一半以下。另外，还可选择适当的轴承长径比，合理地布置油楔和改变油膜的刚度等。

# 水泵的振动处理

## 7、因平衡盘不良引起的振动

- 由于平衡盘设计的稳定性差，在运行工况改变时就会产生左右的晃动，造成泵轴有规则的振动和动、静盘的磨损。
- 为增加平衡盘工作的稳定性，可采用调整平衡盘第一间隙及第二间隙的数值，在静盘上增开方形螺纹槽以稳定平衡盘前水室的压力，调整平衡盘内外直径直径的尺寸等方法。

## 8、基础及泵座不良引起的振动

- 由于基础的下沉使转子中心改变，将引起泵的振动；若基础的固有频率不大恰与泵的转速一致，就会产生共振。
- 另外，泵座本身的刚性不好，则其抗振件差也易于引起振动。



# 水泵的振动处理

## 9、由原动机引起的振动

- 驱动水泵的各类原动机由于自身的特点，也会产生振动。这样，与水泵连接后就会引起泵的振动



谢谢！

