

本书以普及离心泵设计知识为主要目的，所以是以设计计算过程为基础来编排章节。在内容方面以设计计算离心泵水力原件，绘制水力原件图纸和制订主要零部件技术要求为重点，根据部分中小型企业的要求，增加了叶轮模型制造方面的内容。在附录中除了列出计算例题和常用资料、数据外，还推荐了一批比较好的水力模型，供设计计算时参考。本书在编写中力求简明、易懂、实用，并列举了计算例题，以便读者掌握设计计算方法。

本书的主要读者对象是生产离心泵的中小企业中从事技术工作和有一定生产实践经验的工人和技术人员，也可供泵专业教学参考。

离心泵设计基础

《离心泵设计基础》编写组编

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

天津第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $11^{18/16}$ ·插页1·字数313千字

1974年8月北京第一版·1974年8月北京第一次印刷

印数00,001—25,800·定价1.15元

统一书号：15033·4210

前 言

在伟大领袖毛主席和党中央的英明领导下，全国解放以后，我国泵制造业和其他行业一样，由小到大，从仿制到自行设计，品种由少到多，得到了迅速发展。近年来改革了绝大部分老产品，设计制造了国家急需的多种新产品，发展了工农业生产不可缺少的主要系列产品，提高了产品的系列化、标准化、通用化程度；同时积极推广新工艺，采用新材料，劳动生产率显著提高，在泵制造业中出现了蓬勃发展的局面。

无产阶级文化大革命后，我国广大农村都在大搞农田水利建设，县、社工厂“自力更生”制造离心泵，加速实现农业机械化；矿山建设、石油化学等工业部门也在突飞猛进，对离心泵需要量越来越大。为了适应需要，由沈阳水泵厂、沈阳水泵研究所和甘肃工业大学三个单位组织编写了《离心泵设计基础》。

由于我们水平有限，编写时间仓促，有些生产实践经验还没有总结进去，因此书中会出现不少缺点和错误。望读者给以批评指正。

《离心泵设计基础》编写组

常用符号、注脚表

本书所有公式，凡未注明者，均采用括号外的单位。

符号	名称	单位
b	泵过流部件轴面宽度	米(厘米、毫米)
C	汽蚀比转数	—
D	直径	米(厘米、毫米)
D_w	密封环直径	米(厘米、毫米)
d_h	轮毂直径	米(厘米、毫米)
f	摩擦系数	—
G	泵的重量流量	吨/时(公斤/秒)
g	重力加速度	米/秒 ²
H	扬程	米●
H_g	几何吸上高度(即几何安装高度)	米
H_s	吸上真空度	米
H_T	理论扬程	米
$H_{T\infty}$	无穷多叶片的理论扬程	米
h_w	阻力损失	米
M	扭矩	公斤-厘米
M_b	弯矩	公斤-厘米
N	泵的轴功率	千瓦
N_g	泵的有效功率	千瓦
N_o	泵原动机的功率	千瓦
n	泵的转速	转/分
n_s	泵的比转数	—
P_a	大气压力	公斤/厘米 ²
P_0	液面压力	公斤/厘米 ²
P_s	泵入口法兰处静压力	公斤/厘米 ²

● 扬程的单位应为米液柱，但一般习惯简略为米。扬程的真正含意请参看第二章第一节。 H_g 、 H_s 、 H_T 、 $H_{T\infty}$ 、 h_w 、 Δh 的单位的含意同扬程一样。

P_v	液体汽化压力	公斤/厘米 ²
Q	泵的体积流量	米 ³ /秒(米 ³ /时、升/秒)
Q'	通过叶轮的流量	米 ³ /秒
q	泄漏量	米 ³ /秒
R_e	雷诺数	—
S	叶片实际厚度	米(厘米、毫米)
u	圆周速度	米/秒
V	液体的绝对速度	米/秒
V_m	绝对速度在轴面的分速度, 又称轴面速度	米/秒
V_u	绝对速度在圆周方向的分速度, 又称圆周分速度	米/秒
W	液体的相对速度	米/秒
α	绝对速度与圆周速度之间的夹角	度
β	叶片安装角	度
β'	液流角	度
γ	液体重度 (在标准状态下水的 $\gamma=1000$ 公斤/米 ³)	公斤/米 ³
$\Delta\beta$	冲角	度
Δh	汽蚀余量	米
ϵ	叶片排挤系数	—
η	泵的总效率	%
η_h	泵的水力效率	%
η_m	泵的机械效率	%
η_v	泵的容积效率	%
λ	放大或缩小系数	—
μ	流量系数	—
ν	液体运动粘性系数	米 ² /秒
φ	叶片包角	度
ω	角速度	弧度/秒
[]	允许值 例[H_s]为允许吸上真空度	

目 次

第一章 概论	1
第一节 泵的用途及分类	1
第二节 离心泵主要零部件及结构型式	3
第二章 离心泵的基本理论知识	23
第一节 离心泵的主要性能参数	23
第二节 液体在离心泵叶轮里的流动	25
第三节 离心泵扬程的产生	26
第四节 离心泵的能量损失	33
第五节 离心泵的性能曲线	50
第六节 相似理论在离心泵中的应用	60
第七节 离心泵的比转数 n_s	64
第三章 离心泵的汽蚀	71
第一节 离心泵中汽蚀现象的发生过程	71
第二节 吸上真空度 H_s	74
第三节 汽蚀余量 Δh	77
第四节 汽蚀比转数 C	83
第五节 例题	89
第六节 提高离心泵抗汽蚀性能的措施	91
第四章 离心泵结构方案的选择	102
第一节 离心泵设计流量和扬程的确定	102
第二节 泵吸入和吐出口径的确定	104
第三节 离心泵结构型式的选择	107
第四节 轴径的初步计算	113
第五章 离心泵叶轮的设计	119
第一节 相似设计法	119
第二节 速度系数设计法	127
第三节 叶轮的绘型	137
第六章 压出室及吸入室的设计	163
第一节 压出室的用途及分类	163

第二节	螺旋形涡室的设计	163
第三节	径向导叶的设计	170
第四节	扭曲叶片式导叶的设计	177
第五节	吸入室的设计	186
第七章	径向力、轴向力及其平衡	191
第一节	作用在叶轮上的径向力及其平衡	191
第二节	作用在叶轮上的轴向力	194
第三节	轴向力的平衡	198
第八章	离心泵主要零部件的强度计算	212
第一节	引言	212
第二节	叶轮强度计算	212
第三节	泵体强度计算	216
第四节	泵体密封面连接螺栓计算	219
第五节	泵轴的校核	222
第六节	键的校核	228
第七节	转子临界转速的计算	229
第九章	离心泵主要通用零部件的选择	237
第一节	正确选用离心泵主要通用零部件的重要性	237
第二节	轴封结构的选择	238
第三节	轴承部件的选择	254
第四节	冷却系统的选择	262
第五节	联轴器的选择	263
第十章	离心泵主要零部件的技术要求	272
第一节	离心泵主要零部件技术要求的特点	272
第二节	离心泵过流部件允许的铸造偏差	273
第三节	泵轴的技术要求	275
第四节	叶轮的技术要求	279
第五节	泵体的技术要求	281
第六节	泵常用公差配合及表面光洁度的选择	284
第七节	多级泵转子小装技术要求	287
第八节	悬臂泵托架部件小装技术要求	291
第九节	总装配的技术要求	293
附录 I	推荐几个水力模型	295

第一章 概 论

第一节 泵的用途及分类

一、泵的用途

劳动人民在与自然界的斗争中创造了最原始的提水工具，如戽斗、水车、辘轳等，这些就是水泵的雏形。随着生产的发展和自然规律的认识和掌握，这些原始的提水工具就发展成为现代的泵。

现在，泵作为一种通用机械，在国民经济各个领域中都得到了广泛的应用。农业的灌溉和排涝，城市的给水和排水都需要泵。在工业的各个部门中，泵更是不可缺少的设备。如在动力工业中需要锅炉给水泵、强制循环泵、循环水泵、冷凝泵、灰渣泵、疏水泵、燃油泵等；在采矿工业中需要矿山排水泵、水砂充填泵、水采泵、煤水泵等；在石油工业中需要泥浆泵、注水泵、深井采油泵、输油泵、石油炼制用泵等；在化学工业中需要耐腐蚀泵、比例泵、计量泵等；在交通运输工业中需要燃油泵、喷油泵、润滑油泵、液压泵等。

以前，泵只用来输送常温清水，所以常把泵称为水泵。但是，这个概念已经不十分确切了。现在，泵除了可以输送各种常温液体外，还可以输送温度高达 400°C 甚至 600°C 的液体和液态金属；也可以输送温度为零下 200°C 左右的液态氧、液态氢等低温液体；还可输送带有固体颗粒的液体（固体颗粒直径可以大至几百毫米），如煤、矿石、鱼、甜菜等。

二、泵的分类

什么样的机器可以叫泵呢？通常把提升液体、输送液体和使液体增加压力的机器统称为泵。

泵的用途各不相同，根据作用原理可将泵分为以下三大类：

1. 容积泵

利用工作室容积周期性变化来输送液体，如活塞泵、柱塞泵、隔膜泵、齿轮泵、滑板泵、螺杆泵等。

2. 叶片泵

利用叶片和液体相互作用来输送液体，如离心泵、混流泵、轴流泵、旋涡泵等。

3. 其他类型的泵

包括只改变液体位能的泵，如水车等；利用流体能量来输送液体的泵，如射流泵、水锤泵、酸蛋等。

各种类型泵的使用范围是不同的，常用泵的使用范围如图1-1所示。由图1-1可以看出，离心泵所占的区域最大。（流量在

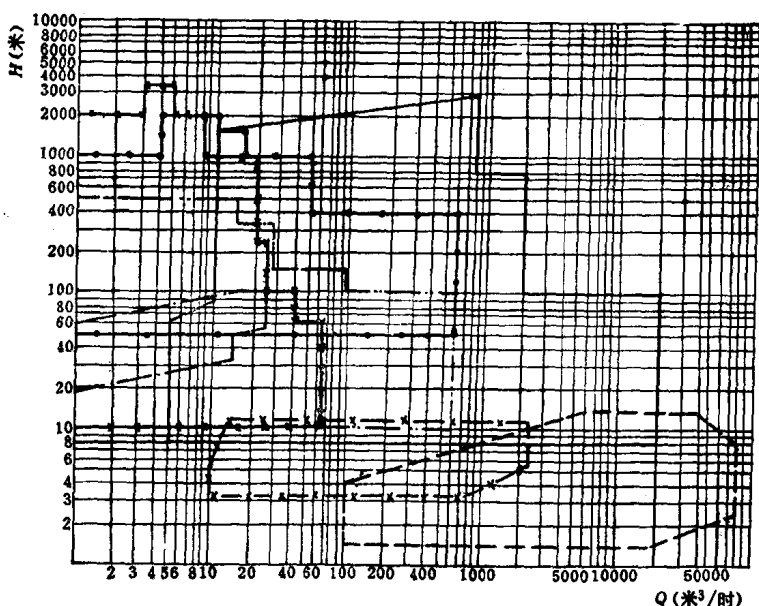


图1-1 各种常用泵的使用范围

- | | | | | | |
|---------|-------|-----------|--------|-----------|-------|
| — | 离心泵； | - - - - | 轴流泵； | - x - x - | 混流泵； |
| - . . | 旋涡泵； | - x - x - | 电动往复泵； | - O - O - | 三螺杆泵； |
| - . . . | 汽动往复泵 | | | | |

5~20000米³/时，扬程在8~2800米的范围内，使用离心泵是比较合适的。因为在此性能范围内，离心泵具有转速高、体积小、重量轻、效率高、流量大、结构简单、性能平稳、容易操作和维修等优点。国内外生产实践表明，离心泵的产值在泵类产品中是最高的。)

离心泵虽然有很多长处，但是也有它的短处，如起动前需要灌泵，液体粘度对泵性能有较大的影响等。离心泵输送液体的极限粘度如图1-2所示，图中 η_w 是输送常温清水时泵的效率。由图1-2可知，对某一流量的离心泵，有一个相应的粘度极限，如果液体粘度超过此粘度极限，泵效率会迅速降低，甚至无法工作。

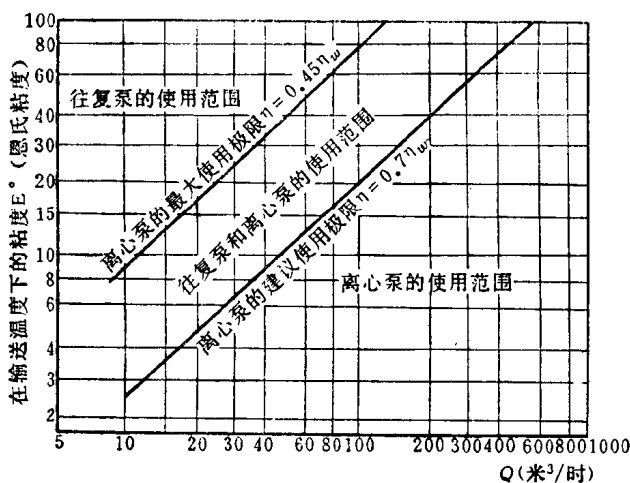


图1-2 离心泵输送液体的极限粘度

η_w —泵在输送常温清水时的效率

第二节 离心泵主要零部件及结构型式

一、离心泵的主要零部件

离心泵结构型式虽然很多，但由于作用原理相同，所以主要零部件的形状是相近的。离心泵的主要零部件有以下几种：

1. 叶轮

叶轮是将来自原动机的能量传递给液体的零件，液体流经叶轮后能量增加。叶轮一般由前盖板、后盖板、叶片和轮毂组成。图1-3a)所示，这种叶轮叫闭式叶轮；如果叶轮没有前盖板，就叫半开式叶轮，如图1-3b)所示。没有前盖板、也没有后盖板的叶轮叫开式叶轮，开式叶轮在一般情况下很少采用。

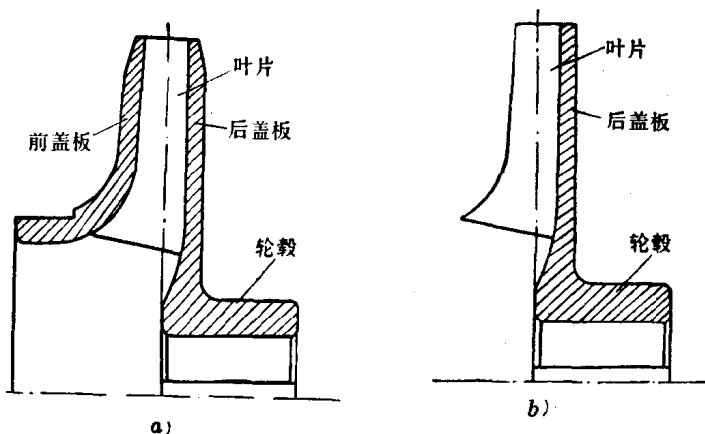


图1-3 离心泵的叶轮
a)-闭式叶轮；b)-半开式叶轮

2. 吸入室

吸入室的作用是使液体以最小的损失均匀地进入叶轮。吸入室主要有三种结构型式：锥形管吸入室（图6-15）、圆环形吸入室（图6-16）和半螺旋形吸入室（图6-17）。

3. 压出室

压出室的作用是以最小的损失，将从叶轮中流出的液体收集起来，均匀地引至泵的吐出口或次级叶轮，在这个过程中，还将液体的一部分动能转变为压力能。压出室主要有以下几种结构型式：螺旋形涡室（图6-1）、环形压出室（图6-5）、径向导叶

(图6-6)、流道式导叶(图6-9)和扭曲叶片式导叶(图6-11)等。

离心泵的叶轮、吸入室、压出室以及泵的吸入口和吐出口称为泵的过流部件。过流部件形状和材质的好坏是影响泵性能、效率和寿命的主要因素之一。

4. 密封环

由于叶轮旋转时将能量传递给液体,所以在离心泵中形成了高压区和低压区。为了减少高压区液体向低压区流动,在泵体和叶轮上分别安装了两个密封环。装在泵体上的叫泵体密封环,装在叶轮上的叫叶轮密封环。密封环磨损后应能很容易地更换。常用的密封环如图2-17所示。

5. 轴封机构

在泵轴伸出泵体处,旋转的泵轴和固定的泵体之间有轴封机构。离心泵的轴封机构有两个作用:减少有压力的液体流出泵外和防止空气进入泵内。离心泵中常用的轴封机构有四种结构型式:有骨架的橡胶密封(图9-1)、填料密封(图9-3)、机械密封(图9-7)和浮动环密封(图9-13)等。

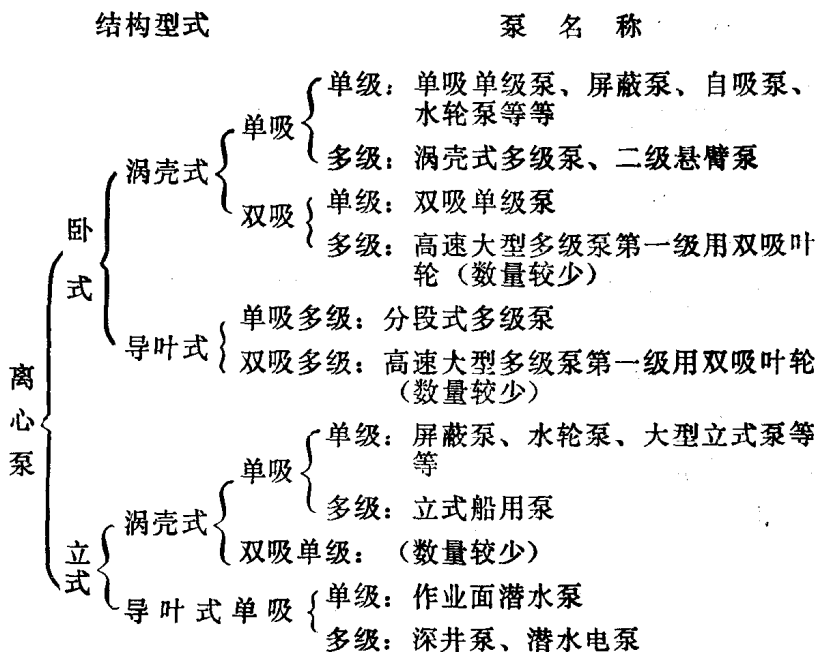
6. 轴向力平衡机构

泵在运行中由于作用在转子上的力不对称就产生了轴向力。单级泵主要采用平衡孔或平衡管平衡轴向力(图7-10);多级泵一般用平衡鼓(图7-13)或平衡盘(图7-15)平衡轴向力。

离心泵除了上述主要零部件以外,还有泵轴、中段、轴承体、托架、支架、联轴器等主要零部件。

二、离心泵的结构型式

离心泵的结构型式基本上可按轴的位置分为卧式和立式两大类,再根据压出室型式,吸入方式和叶轮级数又分为如下的几种基本型式:



泵的结构型式甚多，现将上表中最常遇到的几种结构型式简述如下：

1. 单吸单级泵

单吸单级泵的用途很广泛，在工农业各个部门均有采用，一般流量在 $5.5\sim 300\text{米}^3/\text{时}$ 、扬程在 $8\sim 150\text{米}$ 范围内都用这种泵。图1-4为典型的单吸单级泵结构。泵轴的一端在托架内用轴承支承，另一端悬出称为悬臂端，在悬臂端装有叶轮。所以，这种结构型式的泵常称为悬臂泵。轴承可以用机油润滑，也可以用黄油润滑。轴封机构可以采用机械密封，也可以采用填料密封和浮动环密封（图中所示为填料密封）。对于较小的泵还可以采用有骨架的橡胶密封。在叶轮上，一般均有平衡孔以平衡轴向力。这种泵结构简单，工作可靠，零部件少，易于加工，产量也比较大。

为了在检修时不拆卸泵的吸入管路和吐出管路，有的将悬臂

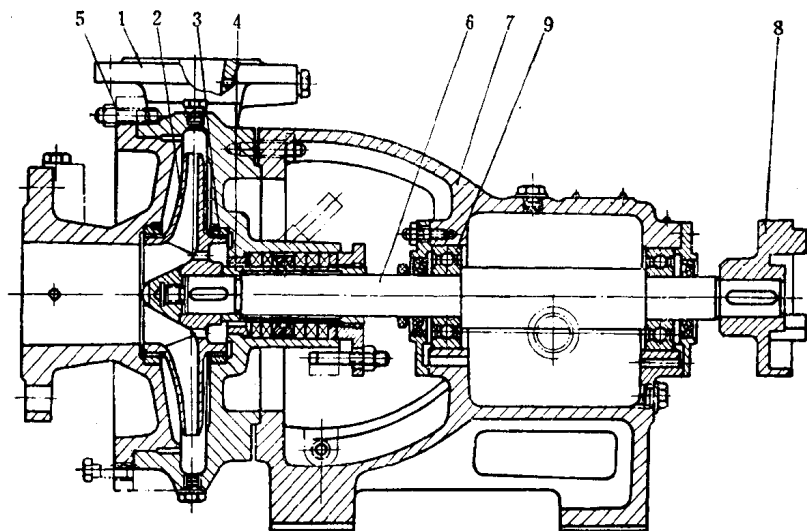


图1-4 典型的单吸单级泵

- 1-泵体； 2-叶轮； 3-密封环； 4-轴套； 5-泵盖； 6-泵轴；
7-托架； 8-联轴器； 9-轴承

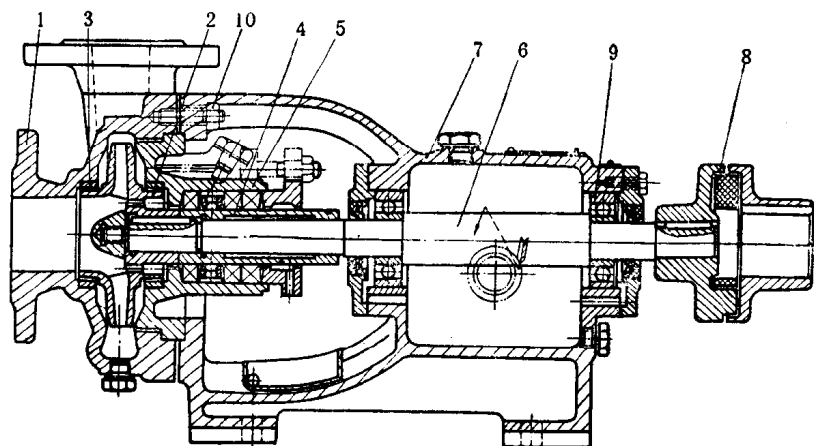


图1-5 后开门式的单吸单级泵

- 1-泵体； 2-叶轮； 3-密封环； 4-轴套； 5-后盖； 6-泵轴；
7-托架； 8-联轴器； 9-轴承； 10-托架止口螺母

泵制成如图1-5所示的后开门式的结构。在检修时，只要将托架止口上的螺母松开，即可将托架连同叶轮全部取出。

对于流量比较大（大于80米³/时），扬程比较低（小于15米）的泵还可以制成图1-6所示的结构，泵的轴承体（即悬架）也是悬臂地装在泵体上。这种泵的零件数和重量均较图1-4所示的结构有所减少。

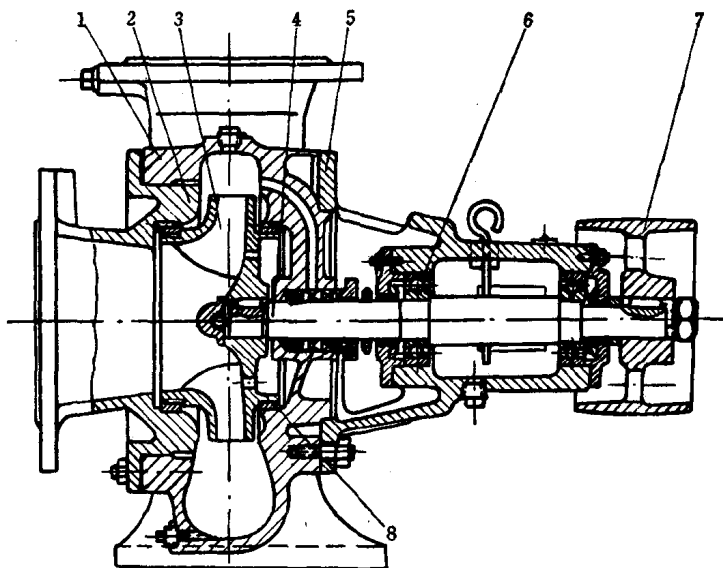


图1-6 悬架式单吸单级泵

1-泵体， 2-泵盖， 3-叶轮， 4-泵轴， 5-悬架， 6-轴承，
7-皮带轮， 8-密封环

对于较小的泵，还可以取消托架和轴承等部件，制成图1-7所示的直联式结构。叶轮可以直接装在加长了的电机轴上，也可以用套筒联接泵轴和电机轴，这种泵的零件数和重量较图1-4所示的结构大为减少。

在某些工业部门（如炼油厂、石油化工厂等），由于泵的工作条件比较特殊（如液体温度高，管路系统内压力高，检修时要求停车时间短等），所以将单吸单级泵设计成图1-8所示的支架

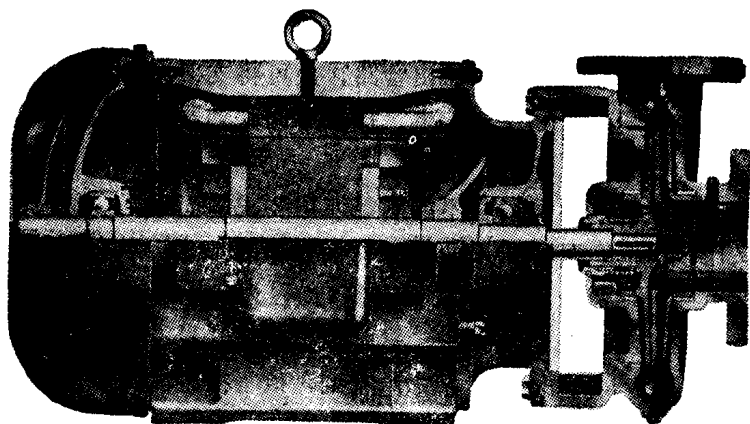


图1-7 直联式单吸单级泵

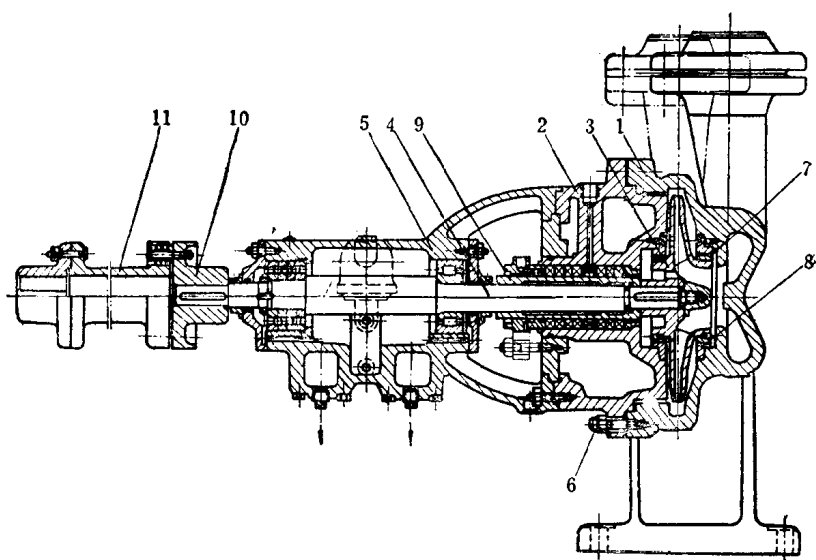


图1-8 支架式单吸单级泵

1-泵体； 2-泵盖； 3-叶轮； 4-泵轴； 5-支架； 6-泵体止口螺母； 7-叶轮密封环； 8-泵体密封环； 9-轴套； 10-联轴器； 11-中间联轴器

式结构，泵体和填料函均可通水冷却，以防高温液体热量传至轴承和电机。在检修时，将中间联轴器取下并松开泵体止口螺母后，不必拆卸吸入管路和吐出管路，便可将支架连同转子全部取出，再将备用转子和支架装上，接上中间联轴器即可工作。

2. 两级悬臂泵

在单级悬臂泵的扬程不能满足使用要求，而采用多级泵的级数又比较少时，可以采用两级悬臂泵，如图1-9所示。这种泵的性能范围一般流量为 $5\sim 100$ 米³/时，扬程为 $70\sim 240$ 米。两级悬臂泵的结构与单级悬臂泵相似，只是多了一个叶轮、压出室和级间隔板，两个叶轮一般都背靠背地排列，以平衡轴向力。

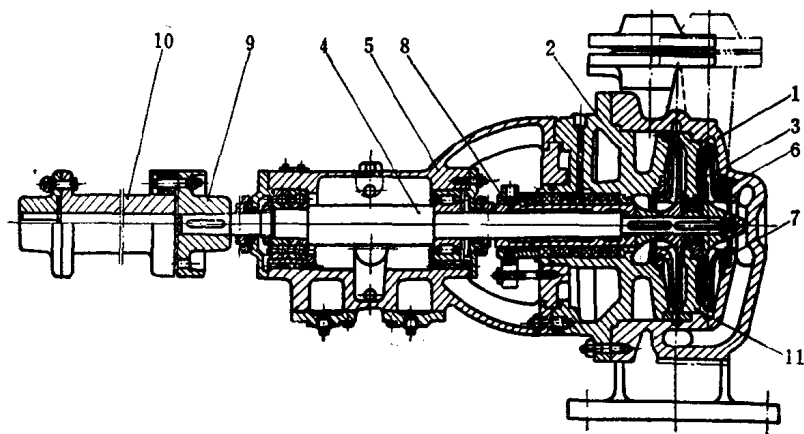


图1-9 两级悬臂泵

1-泵体； 2-泵盖； 3-叶轮； 4-泵轴； 5-支架； 6-泵体密封环； 7-叶轮密封环； 8-轴套； 9-联轴器； 10-中间联轴器； 11-级间隔板

3. 双吸单级泵

双吸单级泵在工业和农业各部门使用也比较广泛，产量也比较大。双吸单级泵实际上等于将两个相同的叶轮背靠背地装在一根轴上，并联地工作，如图1-10所示。所以，这种泵不但流量比较大，而且能自动平衡轴向力。双吸单级泵一般采用半螺旋形吸

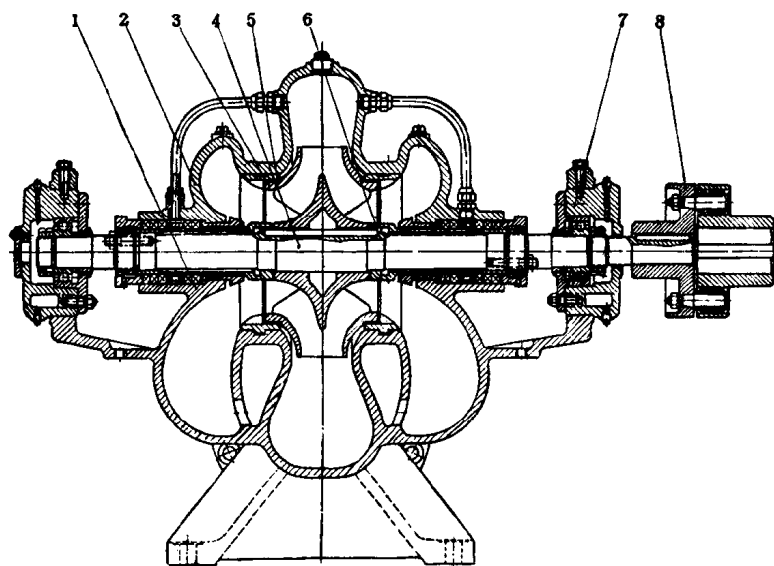


图1-10 双吸单级泵

- 1-泵体； 2-泵盖； 3-叶轮； 4-泵轴； 5-密封环； 6-轴套；
7-轴承； 8-联轴器

入室，泵体水平中开，大泵一般采用滑动轴承，小泵采用滚动轴承。轴承装在泵的两侧，工作可靠，维修方便，打开泵盖后即可将整个转子取出。我国的双吸单级泵，一般流量在 $120\sim 20000$ 米³/时，扬程在 $10\sim 110$ 米范围内。

4. 分段式多级泵

分段式多级泵的用途比较广泛，产量也比较大。这种泵实际上等于将几个叶轮装在一根轴上，串联地工作，所以泵的扬程一般都比较低，如图1-11所示。每个叶轮均有相应的导叶。第一级叶轮一般是单吸的，但在某种情况下，为了改善泵的汽蚀性能，也可将第一级叶轮制成双吸的。为了平衡轴向力，在分段式多级泵末级叶轮后面一般装有平衡盘，这种泵在整个转子在工作中可以左右串动，靠平衡盘自动地将转子维持在平衡位置上。我国的中压分段式多级泵，一般流量在 $5\sim 720$ 米³/时，扬程在 $100\sim$