

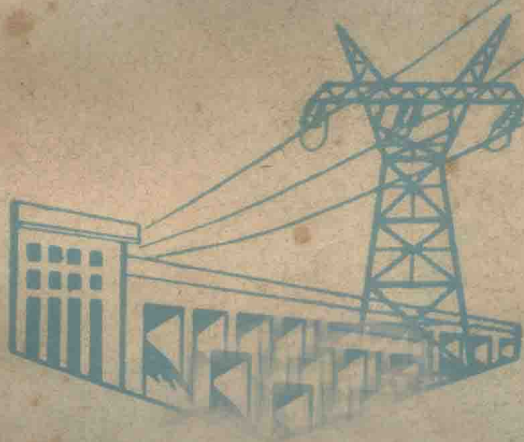
技工学校交流讲义

鍋炉輔助設備及热力系統

下 册

陝西省电业局技工学校編

学校内部使用



中国工业出版社

本书是电力技工学校鍋炉运行、檢修与鍋炉安装課程的教学用书，分上下两册出版。下册分泵、鍋炉的化学监督、汽輪机及其輔助設備、发电厂的热力系統等四章，分別介紹其工作原理、构造及使用特性等，并在书末附录中介绍水力学的基本知識。

本书适合于具有高小或初中程度的电力技工学校学生学习。

本书由陕西省电业局技工学校符光才、楊斌若，重庆电力技工学校黃恩洪、刘良倫，楊树浦发电厂技工学校陈守仁編写和修訂；并經陕西省电业局电力研究所毛朝阳和水利电力部技术改进局繆国鈞审查。

鍋炉輔助設備及热力系統

下 册

陕西省电业局技工学校編

*

水利电力部办公厅图书編輯部編輯（北京阜外月坛南營房）

中国工业出版社出版（北京修麟閣路丙10号）

（北京市书刊出版事业許可証出字第116号）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本787×1092 $\frac{1}{2}$ ·印張6 $\frac{51}{16}$ ·插頁1·字数153,000

1963年7月北京第一版·1963年7月北京第一次印刷

印数0001—4,390·定价(8-3)0.74元

*

統一书号：K15165·1618(水电-281)

目 录

第六章 泵	1
第一节 概述	1
第二节 活塞式泵(往复式泵)	4
第三节 离心式泵	8
第四节 水泵的运行	41
第七章 锅炉的化学监督	50
第一节 化学监督的意义	50
第二节 水的一般知識	51
第三节 锅炉因水质不良所引起的后果及其預防	56
第四节 锅炉水处理的基本知識	67
第八章 汽輪机及其輔助設備	73
第一节 汽輪机的分类及工作原理	73
第二节 汽輪机的构造	81
第三节 凝汽設備	101
第四节 除氧設備	105
第五节 加热設備	110
第九章 发电厂的热力系統	114
第一节 发电厂的原則性热力系統	115
第二节 发电厂的管道	125
第三节 发电厂的供水	157
第四节 热电厂的供热	166
第五节 发电厂的全面性热力系統	172
附录 水力学的基本知識	176
第一节 引言	176
第二节 水靜力学	180
第三节 水动力学	196
第四节 水力阻力的基本概念	209
主要参考书目	218

第六章 泵

第一节 概 述

泵是用来输送液体的机器。它应用于工业生产、农业灌溉、城市供水和消防设备以及交通运输等各方面。在火力发电厂中,泵更是不可缺少的设备,例如锅炉给水要用给水泵;凝汽器的冷却水依靠循环水泵输送;而凝结水必需用凝结水泵排出;其它还有疏水泵、补充水泵等等。此外还有专门用来输送润滑油、药液以及灰渣的泵。由此可见,泵是火力发电厂极重要的辅助设备之一,在运行中遇到水泵发生故障,往往会使锅炉、汽轮机的运行受到影响。例如给水泵突然发生故障,而没有及时处理,就会造成锅炉缺水事故,甚至使锅炉干锅引起爆炸的危险。

泵的种类和型式很多,这里只介绍发电厂使用较多的几种(按工作原理分类)。

(1) 活塞式泵(往复式泵) 如图 6-1 所示,其主要部件是由圆筒形的泵壳、活塞、吸水阀、压水阀所组成。当活塞在泵壳中作往复运动时,使液体得以输送,所以它也叫往复式泵。

往复式泵的主要优点是效率较高并能获得较高的压力。它的缺点是笨重和它所需要的动力是往复式的(一般都是用往复式蒸汽机直接带动),因而操作麻

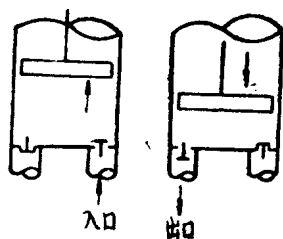


图 6-1 活塞式泵

煩，出水不均勻。

往復式泵除了可以用作輸水外，還可以用它來輸送粘性液體，如油類等，在鍋爐房內用活塞式泵作為重油式泵。但它不適宜輸送含有固體雜質的液體，因為這會使泵殼的內壁及活塞很快磨損。由於往復式泵具有上述的缺點，所以大型發電廠及現代化的發電廠已很少採用，目前只在一些舊式的中、小型電廠中還用它。

(2) 齒輪式泵 這種泵是由一對彼此相啮的齒輪裝在一個兩端開口的機殼內做成，如圖 6-2 所示。齒輪式泵的泵殼

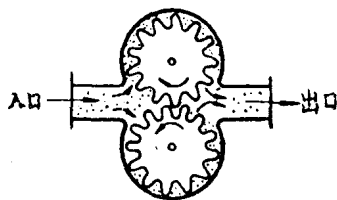


圖 6-2 齒輪式泵

和齒輪之間的間隙極小（一般是 $0.10 \sim 0.25$ 毫米），當齒輪旋轉的時候，將齒輪凹窩間盛滿的流體從吸入的一邊壓送到出口的一邊去。

齒輪式泵對於輸送粘性液體（例如油類）最為有效，所以發電廠中的潤滑油泵都採用這種型式。

(3) 離心式泵 其簡單構造如圖 6-3 所示。它的主要部分就是由螺旋形泵殼和葉輪所組成。液體的輸送是由於葉輪轉動時離心力作用的結果。

離心式泵具有很高的效率，構造也不算複雜，能夠直接和電動機連接，而且出水量均勻，容易調節。這種泵可以制成流量和出水壓力大小不同的各種型式。所以，它的应用最廣，發電廠中的水泵就是以離心式泵為主的。

離心式泵的缺點，是不適宜用以輸送粘度較大的液體，因為輸送粘度大的液體會使效率變得較低。

(4) 軸流式泵 其簡單的構造如圖 6-4 所示，是由圓筒

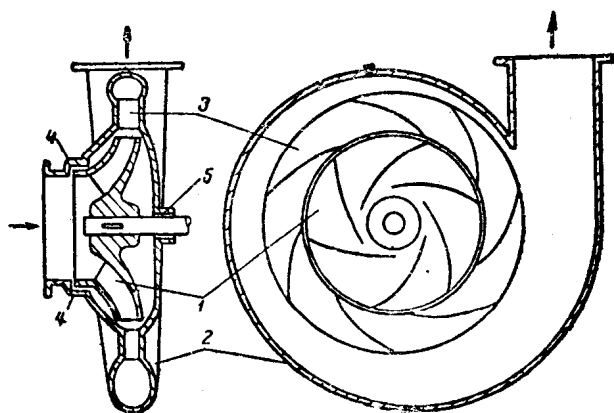


图 6-3 离心式泵

1—叶轮；2—泵壳；3—导轮；4—卡圈；5—盘根盒。

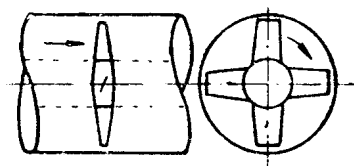


图 6-4 轴流式泵

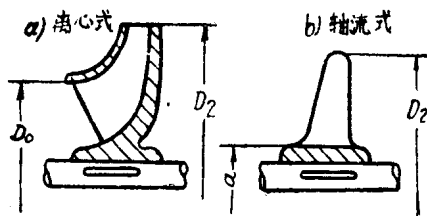


图 6-5 离心式泵和轴流式泵叶轮的比较

形机壳和叶輪所构成，叶輪上的叶片有一定的扭轉角度。軸流式与离心式的叶輪相比較，完全是另一种形式，如图 6-5 所示。后者当叶輪旋轉时，引起了液体沿轉軸方向的流动。

軸流式泵比离心式泵构造簡單，效率也高一些，而且有可逆性。要想变更出水方向，只要变更叶輪的轉动方向就可以达到。

軸流式泵能輸送很大的流量，但压力較低，发电厂中一般不用这种水泵。

第二节 活塞式泵(往复式泵)

一、单作用活塞式泵

图 6-6 所示为最簡單的单作用活塞式泵。它主要由內有吸水閥与压水閥的工作室、泵筒以及泵筒內作往复运动的活塞所組成，工作室上連有吸水管路和压水管路。其工作过程是：

活塞向右移动时，泵筒內产生真空，水池中液面和泵筒

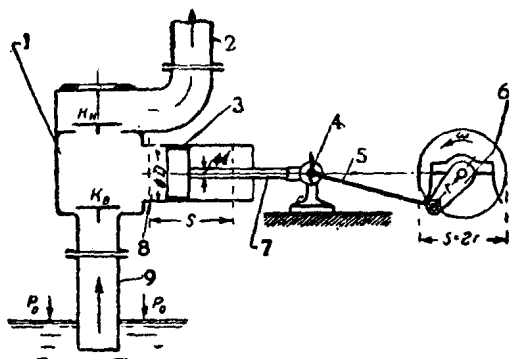


图 6-6 单作用活塞式泵筒图

1—工作室；2—压水管路；3—活塞；4—十字接头；5—連接杆；6—曲柄；7—活塞杆；8—泵筒；9—吸水管。

內产生压力差，吸水閥被頂开，液体从吸水管进入工作室(其容量等于活塞左边的泵筒容量)，压水閥依然关闭；活塞向左行时，吸水閥被关住，而压水閥被压开，工作室內液体被推入压水管路，就这样单作用活塞式泵周期性地发生吸入和压出液体的过程。活塞是借助于連接杆、曲柄傳动装置从原动机轉軸获得往复运动。

二、双作用活塞式泵

这种泵的构造如图 6-7 所示，它是由兩組汽缸和泵室組成。每組汽缸和泵室的活塞联在同一根杆上。两个汽缸的配汽机构如图 6-8 所示，是把一个汽缸的滑閥由另一个汽缸的

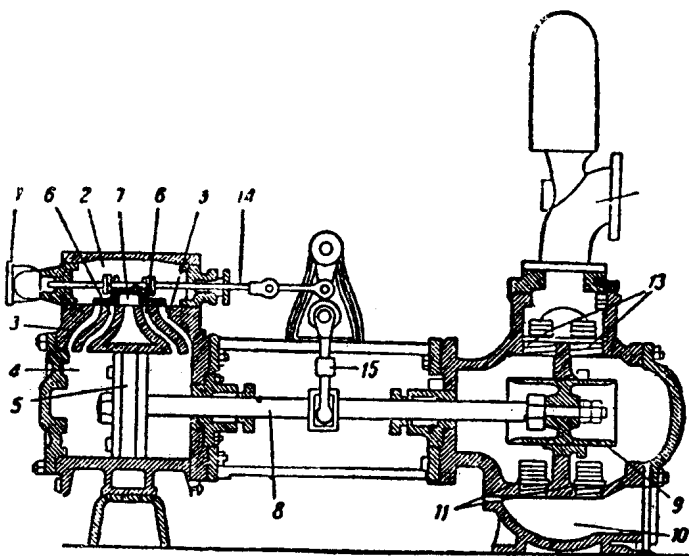


图 6-7 双作用活塞式泵

1—汽管；2—配汽箱；3—进汽口；4—汽缸；5—汽缸活塞；6—排汽口；7—滑閥；8—活塞杆；9—泵室活塞；10—吸水管；11—进水門，12—压水管；13—出水門；14—滑閥杆；15—拉杆。

活塞杆带动。当一个活塞杆运动时，由十字接头1推动长牵动臂2，再由3以推动短牵动臂4，再由5及6推动另一汽缸的滑阀。每个泵室都装有两个进水门和两个出水门，并连接吸水管和压水管。

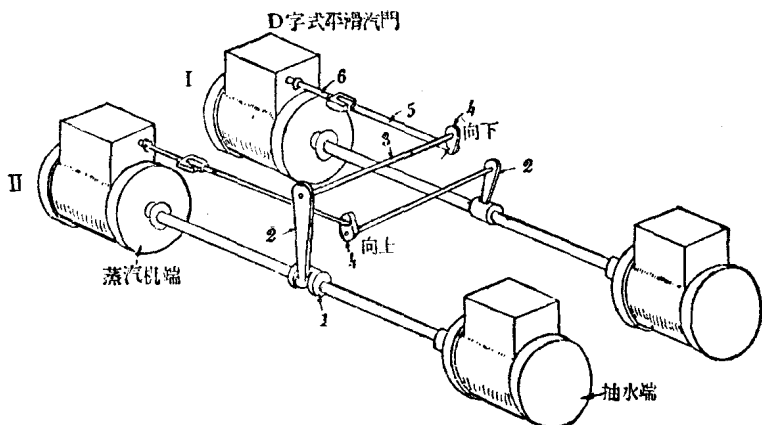


图 6-8 双作用活塞式泵配汽机构简图

1—十字接头；2—长牵动臂；3—牵动轴；4—短牵动臂；5—连杆；6—推动杆。

在图 6-7 上，蒸汽沿着汽管 1 进入配汽箱 2，再通过右边的进汽口 3 流入汽缸 4。活塞 5 在蒸汽压力作用下从右向左移动，乏汽则通过左边的出汽口 6 排出。而活塞杆 8 带着泵室活塞 9 向同一方向移动，这时，从右边的进水门 11 把水吸入泵室，同时还通过左边的出水门 13 将水压出。当汽缸活塞到达左边的极端位置时，右边的进汽口关闭，左边的打开，进入的蒸汽使活塞从左向右移动，这时泵室便从左边吸水，将右边的水压出。

三、活塞式泵的零件

活塞是活塞式泵的基本工作机体。活塞一般制造成一个

鑄鐵盤的樣子，如图 6-9 所示。它的直徑與汽缸直徑的差不大於 1%。泵所產生的壓力與活塞貼附於汽缸的嚴密度有關，為此在活塞上要安裝皮做的填料或彈性的金屬漲圈。

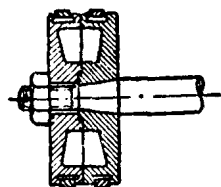


图 6-9 具有金屬環的活塞

图 6-10 是表示在壓力作用下活塞的填料筒，活塞杆用普通鋼或不銹鋼制成。為了防止滲漏，可以從泵中把壓力作用下的水用管子引到填料筒中。一般填料是用麻纖維做的，在高压下用皮革制成；對於輸送熱液體的填料，用抗磨合金做成。

泵的泵筒（或稱工作室）一般用生鐵鑄造，大型的高壓泵，則是用鍛鋼擡出來的。

為了保證均勻地供水，在泵室的出口處裝有一個空氣室，裡面充滿壓縮空氣。壓縮空氣的作用是緩和水泵動作時液體流動的水擊。

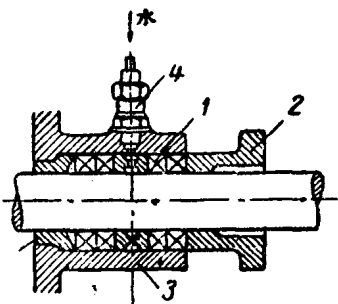


图 6-10 壓力作用下之填料筒

1—填料；2—壓筒；3—填料筒體；
4—水壓管管頭。

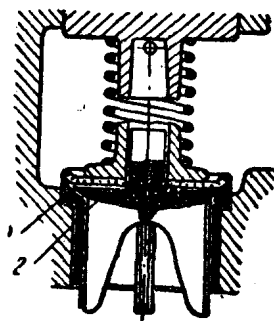


图 6-11 彈簧錐形閥

1—閥座；2—閥內表面。

閥是活塞式泵最重要的零件。最常用的是青銅做的彈簧錐形閥，如图6-11所示。在閥座1和閥內部表面2之間的填料，使填塞在磨蝕后能以替換。閥（吸液的及排液的）不仅只是安装在泵的本体上，而且也单独地安装在邻近泵的管路上。

第三节 离心式泵

一、离心式泵的工作原理

这种水泵的原理可以用一个简单的例子加以说明。取一个圆柱形桶，里面盛半桶水，拿一块长条木板用力旋轉攪拌，水便会在桶內旋轉，这时可以看到如图6-12所示的水面由开始的水平状态 $O-O$ 逐漸变成曲綫状态 $A-B-C$ ，四周水面变高，中間水面变低。也就是說四周

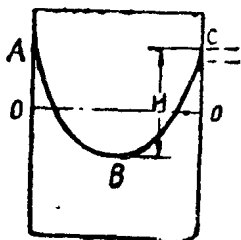


图 6-12 圆柱形水桶

的水头高，中間的水头低，在四周和中間，形成了图中所表示的 H 那么大的水位差。如在最高水面 C 的附近装一根短管，水便由管中流出。这时若由另一水源向桶內中心处（图中 B 点）注入相同数量的水，那末，水便源源不断地由 C 处短管向外流出。

为什么四周的水面高，中間的水面低呢？这是由于水因旋轉而受离心力的作用，这个离心力把水抛向四周，但由于周圍有桶壁阻拦，結果水只能沿桶壁上升，因此形成了水位差 H 。离心式泵就是按照这一原理制成的，如图6-13所示。在这里水桶为泵壳所代替，木板为水泵的叶輪所代替，人力为电动机的动力所代替。因电动机带动水泵的叶輪旋轉很快，也就能产生很大的水位差。

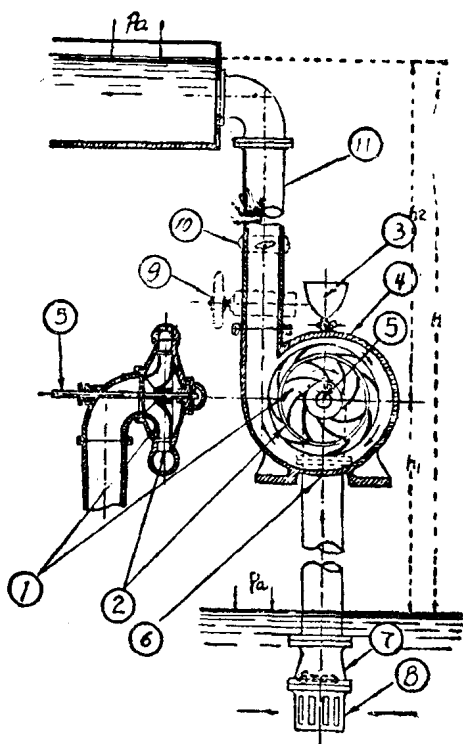


图 6-13 螺旋形离心式泵

1—叶轮；2—导水圈；3—填水漏斗；4—泵壳；5—轴；6—吸水管；
7—底阀；8—滤水器；9—出水门；10—逆止阀；11—排水管。

用电动机带动叶轮，因高速产生大的离心力可使叶轮中心处的水压降低到大气压力以下，叶轮四周(水泵出口)的水压会高出大气压力很多，如图6-14所示。将水泵的吸水口用管子和低处的水池连接，出口用管子接于高处的水箱，这时由于与水泵中心相连的吸水口的压力低于大气压力，也就是

具有一定的真空。而吸水池的水面，是处在大气压力作用之下，这样就在水池水面和泵中心之間形成一个压力差，在这个压力差的作用下，水便自动地流到泵的入口中来，經叶輪旋轉的离心力作用，再繼續不断地輸送出去，这样水泵就可以源源不断的輸水。

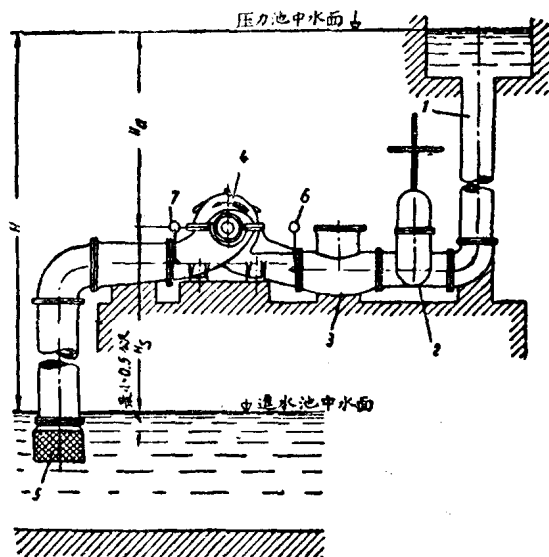


图 6-14 离心式泵装置簡图

1—压水管；2—出口閘門；3—逆止閘；4—水泵；5—底閘；6—压力表；7—真空表； H_s —靜力吸水高度； H_d —靜力压水高度； H —靜力給水高度。

从理論上讲，1个标准大气压（即760毫米水銀柱时）可以将0°C的水压到10.336米高的地方，而实际上，因为水通过管路和进入水泵时，有各种阻力損失；同时水泵中心也不可能产生完全的真空，所以在离心式泵中最多也只能将水吸起7~8米。水的温度較高时，所能吸起的高度就显得更小。

因为温度较高的水，可以在较低的压力下开始汽化，这样在吸入管路内上部的压力就会低于它的饱和压力，如果要把它吸得很高，水就变成蒸汽，使水流间断，破坏了水泵的工作。气体是有压缩性的，水管内存在着蒸汽，就能发生冲击，使水泵振动或损坏。同时在压力低的地方产生蒸汽时，一部分溶于水中的空气也分解出来，其中的氧气就会腐蚀水泵的金属。所以，水温较高时，吸水高度是受到限制的，当水温高于75°C时，要把水泵放低或把水源位置提高，使水泵入口处的水保持相当压力，以免水中发生蒸汽。表6-1是在各种温度时水泵吸入侧的最低容许压力。

表 6-1

水的温度 °C	10	30	50	70	80	90	100	110	120
吸入侧的最低绝对压力① 公斤/平方厘米	0.61	0.64	0.72	0.92	1.2	1.3	1.6	2.08	2.72
最低流注高度② 米水柱	—	—	—	—	2	3	6	10.8	17.2

① 表中所列的最低压力，还应加上在吸入管路中的压力损失。

② 流注高度就是水泵吸入管路中高于水泵中心的水柱压力，这个压力是用来防止吸入侧发生汽化现象的。

对于发电厂的给水泵来说，水泵的吸入侧是从除氧器来的饱和水，假如水泵入口的压力低于除氧器内的压力，水泵内部将产生汽化现象，不能工作，所以要有一定的静流注高度。一般情况下，这个高度不应小于7~8米。对于高压除氧器(如6大气压的除氧器)，这个高度还要高些。

水泵本身所能达到的扬水高度叫作水泵的扬程，也叫作水泵的水头，一般用米单位表示，有时也用压力单位(大气压或公斤/厘米²)表示。

水泵的揚程(即水头)决定于离心式泵的性能。一般水泵的轉數愈高,叶輪的外周直徑愈大,揚程就愈高;此外还与叶輪的數目和叶片的形狀有关。有时为了把水打的更高或使水产生的压力更大,我們可以把几个叶輪串列起来,也就是所謂多級离心式泵。

二、离心式泵的給水高度

1. 靜力給水高度 自吸水池水平面至离心式泵軸的中心綫之垂直距离称为靜力吸水高度,用符号 H_s 表示如图 6-15。

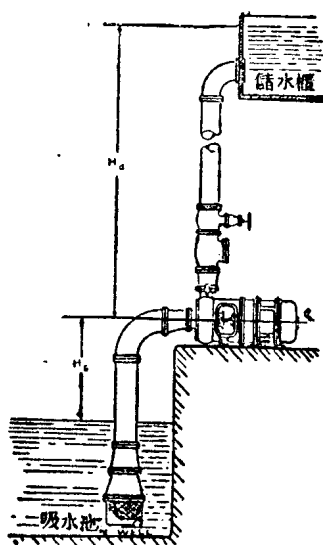


图 6-15 离心式泵在吸水池水平面之上的装設法

如吸水池水平面高于泵軸之中心綫,則吸水池內水量可直接流入水泵內工作,此一距离称为靜力流注高度,用符号 $-H_s$ 表示如图 6-16 所示。

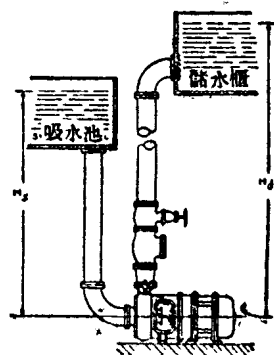


图 6-16 离心式泵在吸水池水平面下的装設法

自水泵中心綫至儲水池水平面之間的垂直距离称为靜力压水高度,用符号 H_d 表示。自吸水池水平面至儲水池最高水平面間之垂直距离称为靜力給水高度,用符号 H 表示,故

$$H = H_s + H_d \quad (6-1)$$

水泵工作时，若吸水池水平面和储水池水平面为变动的，则应以吸水池的最低水位至储水池的最高水位间之垂直距离来计算。

2. 总给水高度 由于水泵在实际安装上，吸水管和压水管并不一定垂直，同时，因为水泵的出水还有一定的压力高度和速度高度，以及水流在管内的阻力等等，故静力给水高度不能代表水泵工作时所需的能量。在计算离心式泵时，一般均以每一公斤的水量进入及离开水泵时所含的能量差来表示水泵工作时所需的能量。该能量称为水泵的总给水高度，用符号 H_{man} 表示，其单位为米（水柱）。

水泵的总给水高度数值可通过水泵吸水口上真空表和压水口上的压力表来求得。

总给水高度的计算方法如下（参照图6-17）：

设 P_s （公斤/厘米²）为水泵吸水口上的真空表所示的压力值。 P_d （公斤/厘米²）为水泵压水口上压力表所示的压力值。 γ （公斤/米³）为所

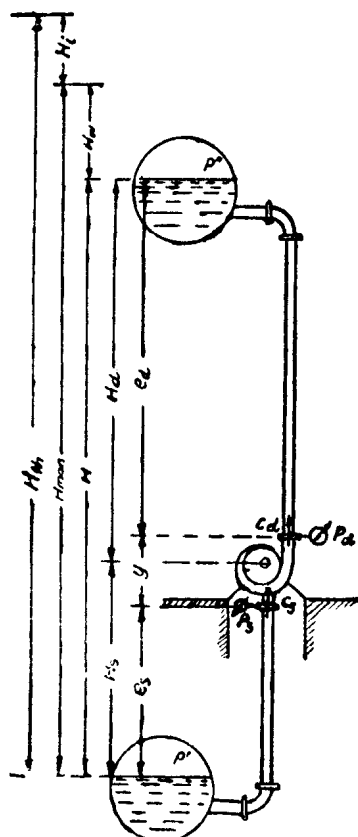


图 6-17 离心式泵装置简图

吸取水的比重, γ (米) 为真空表至压力表之间的垂直距离, C_d 、 C_s (米/秒) 分别为水量在压水口和吸水口的水流速度(可以用压水口或吸水口面积除以给水量求得)。根据伯努利方程式, 液体进入及离开水泵所消耗的总能量 H_{man} , 应为液体在进入及离开水泵时所含的流动能量之差。又因 $1 \text{ 公斤/厘米}^2 = 10000 \text{ 公斤/米}^2$, $h = \frac{P}{\gamma}$, 故得知: 水泵吸水口的能量 $= \frac{P_s}{\gamma} 10000 + \frac{C_s^2}{2g}$; 水泵压水口的能量 $= \frac{P_d}{\gamma} 10000 + y + \frac{C_d^2}{2g}$, 所以, 总给水高度应等于

$$H_{man} = \left(\frac{P_d}{\gamma} 10000 + y + \frac{C_d^2}{2g} \right) - \left(\frac{P_s}{\gamma} 10000 + \frac{C_s^2}{2g} \right)$$

或
$$H_{man} = \frac{P_d - P_s}{\gamma} 10000 + y + \frac{C_d^2 - C_s^2}{2g} \quad (6-2)$$

在发电厂内, 给水泵向锅炉供水, 它的吸水池(给水箱内)及储水池(汽鼓内)水面上均大于大气压力, 这种情况下的总给水高度 H_{man} 计算方法如下:

设 P' (公斤/厘米²) 为吸水池水面上的压力;

P'' (公斤/厘米²) 为储水池水面上的压力;

H_{ws} (米) 为吸水管内因液体摩擦阻力而损失之给水高度;

H_{wd} (米) 为压水管内因液体摩擦阻力而损失之给水高度。

若在吸水池及储水池中的水位并无波动现象时, 则按照伯努利方程式得知:

$$\frac{P'}{\gamma} 10000 = \frac{P_s}{\gamma} 10000 + e_s + H_{ws} + \frac{C_s^2}{2g};$$

$$\frac{P''}{\gamma} 10000 + e_d + H_{wd} = \frac{P_d}{\gamma} 10000 + \frac{C_d^2}{2g};$$