

高等学校交流讲义

水力学及水力机械

SHUILIXUE JI SHUILI JIXIE

下 册

北京工业学院
西北工业大学 合編

人民教育出版社

高等学校交流讲义



水力学及水力机械

SHUILIXUE JI SHUILI JIXIE

下册

北京工业学院
西北工业大学 合編

人民教育出版社

本书是在1961年4月間，由华东水利学院、南京工学院、天津大学、清华大学、华中工学院、成都工学院、武汉水利电力学院和大連工学院等八所学校的水力学教研組的有关教师选自北京工业学院、西北工业大学所編写的讲义，經过了小的修改和編輯加工。

全书除緒論外，共有十二章，分上下两册出版。前六章为水力学的基本理論部分，包括：液体的主要物理性质，水靜力学，水动力学原理，层流、紊流，管路的水力計算，孔口及管咀的水力計算。后六章为水力机械部分，包括：水力机械概述，水泵概述，离心式水泵，活塞式水泵，回轉式水泵、水力傳动，水輪机。

本书的緒論，第一章至第七章的第一节取自北京工业学院水力学教研組的“水力学及水力机械”讲义，其余部分則取自西北工业大学的“工程流体力学”讲义。

本书可作高等工业学校机械类各专业“水力学及水力机械”課程的交流讲义，也可供有关工程技术人员参考。

簡装本說明

目前850×1168毫米規格紙張較少，本书暫以787×1092毫米規格紙張印刷，定价相应减少20%。希鉴諒。

水力学及水力机械

下 册

北京工业学院 合編
西北工业大学

北京市书刊出版业营业許可証出字第2号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

上海市印刷四厂印裝

新华书店上海发行所发行

各地新华书店經售

統一書号 15010·1050 开本 787×1092 1/32 印張 3 7/16
字数 79,000 印数 7,801—16,300 定价(7) 0.34

1961年9月第1版 1961年12月上海第2次印刷

下册目录

第七章 水力机械概述	267
§ 7-1. 水力机械概述	267
§ 7-2. 叶輪式水力机械的工作原理	280
第八章 水泵概述	285
§ 8-1. 水泵的用途和分类	285
§ 8-2. 水泵理論中应用的主要定义	285
第九章 离心式水泵	290
§ 9-1. 离心式水泵的分类	290
§ 9-2. 离心式水泵的构件和动作原理	291
§ 9-3. 离心式水泵的基本方程式	296
§ 9-4. 势水头和动水头·反应系数	300
§ 9-5. 叶片的形状及其对水泵工作的影响·引导装置	304
§ 9-6. 离心式水泵的相似理論	307
§ 9-7. 比轉速	309
§ 9-8. 离心式水泵的特性曲綫	312
§ 9-9. 离心式水泵构造举例·軸向力及减压方法	317
§ 9-10. 管路系統中离心式水泵的工作·并联和串联	320
§ 9-11. 离心式水泵的优缺点	323
第十章 活塞式水泵	325
§ 10-1. 活塞式水泵的工作原理及分类	325
§ 10-2. 活塞式水泵的出水量	327
§ 10-3. 空气室	334
§ 10-4. 吸水过程和压水过程	338
§ 10-5. 指示图·指示功率和有用功率	344
§ 10-6. 活塞式水泵的构造例子及其某些零件	346
§ 10-7. 活塞式水泵的优缺点	349
第十一章 回轉式水泵·水力傳动	351
§ 11-1. 回轉式水泵簡述	351

§ 11-2. 水力传动装置的工作原理和应用范围.....	354
第十二章 水轮机	367
§ 12-1. 水轮机的功用及分类.....	367
§ 12-2. 水轮机的基本方程式·比转速·工作轮名目.....	370

第七章 水力机械概述

在水力学中我們已經討論过了有关液体在静止或运动时的一般規律以及这些規律在工程实际中的具体应用。从能量观点来看,所討論的問題还只限于液体本身内部所具有的能量以及这些能量之間相互轉化的規律,从未談到液体能量和其他外部机械能量間有何轉化关系,而后一重要課題就正是在水力机械中所要討論的中心問題。

一般所謂水力机械系指水泵、水輪机、液压傳动以及液力傳动等装置而言。

本章将以水泵为重点加以讲述,对于其他水力机械只作一般介紹。

如同在本課程的緒論中所述,水泵几乎在所有的国民經济部門中都得到了广泛的应用,因此发展至今日,它的种类繁多,理論較为完整,內容也极为丰富。我們又仅以离心式水泵为讲述重点,以便通过本課程的学习使同学们掌握有关离心式水泵的理論基础,了解水泵的結構和性能达到正确地选用和使用水泵的目的。同时也給液压傳动及液力傳动等专业課打下一般的理論基础。

§7-1. 水力机械概述

从能量观点来看,所謂水力机械实质上是一种能量轉換器。也就是說水力机械是这样的一种装置,它能使流經其中的液体能量 H 轉化为机械功 N 或者是使机械功轉化为液体的能量。

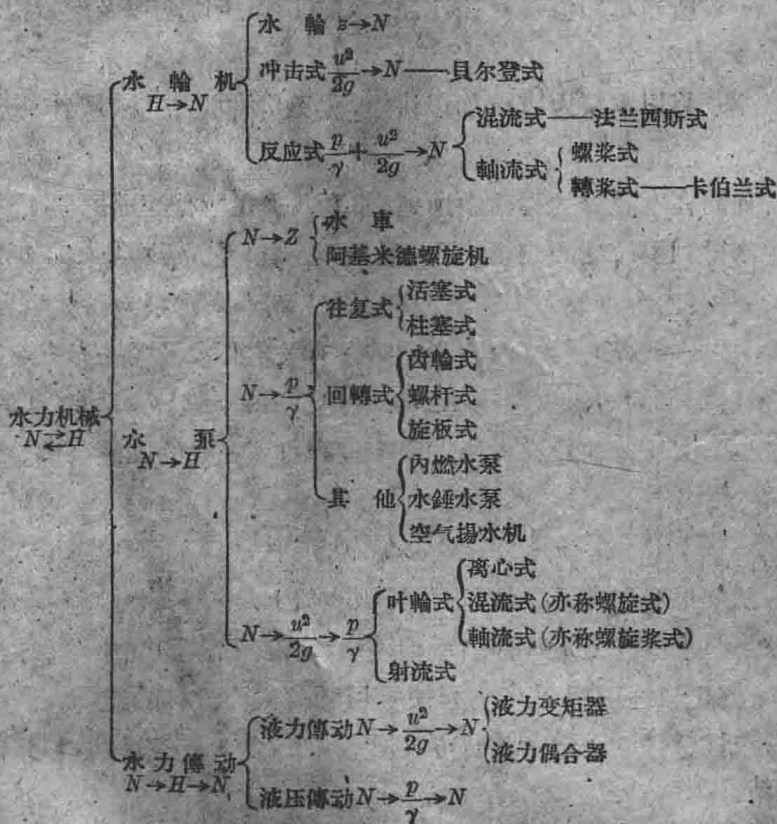
根据这样一个定义我們可以把水力机械分为三大类:其一,

使液体能量转化为机械功的称为水轮机类。其二，使机械功转化为液体能量的称为水泵类。其三，先使机械功转化成液体能量而后液体能量再转化为机械功的称为水力传动类，这后一种实际上就是前二者的联合应用。因此前二种是基本的，而后一种是派生的水力机械。

我們知道液体能量 H 具有位能 z 、压能 $\frac{p}{\gamma}$ 及动能 $\frac{u^2}{2g}$ 等三种形式，因而根据参与转化的能量形式又可把水力机械各自分成如下几种主要类型(表 7-1)。

现在简述一下表 7-1 中各种水力机械的简单原理及其应用。

表 7-1. 水力机械的分类



水輪——是一种最古老的水轮机。

如图 7-1 所示,引水槽中的水連續流入水輪的水斗中去,仅靠水的重力形成轉矩使水輪作旋轉运动。我国古代曾广泛地用它带动碓、磨、碾等机械,至今在我国西南各省农村中仍然采用之。

冲击式水轮机——又名貝尔登式水轮机。其构造簡图如图 7-2 所示,其主要部件为噴咀,及固定在輪上的水斗,其工作原理是,当具有高速度的射流噴射到水斗上时产生冲击力使轉輪旋轉。在水轮机工作时水斗只有部分充水,且射流射入或离开水斗时的压力都是大气压力故而沒有反击力。整个工作过程中只有液体的动能发生变化而位能及压能是沒有变化的。

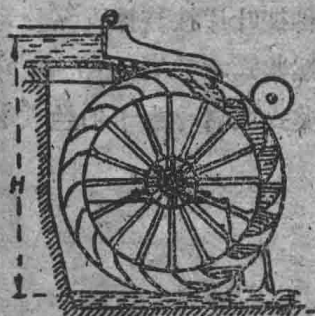


图 7-1. 水輪。

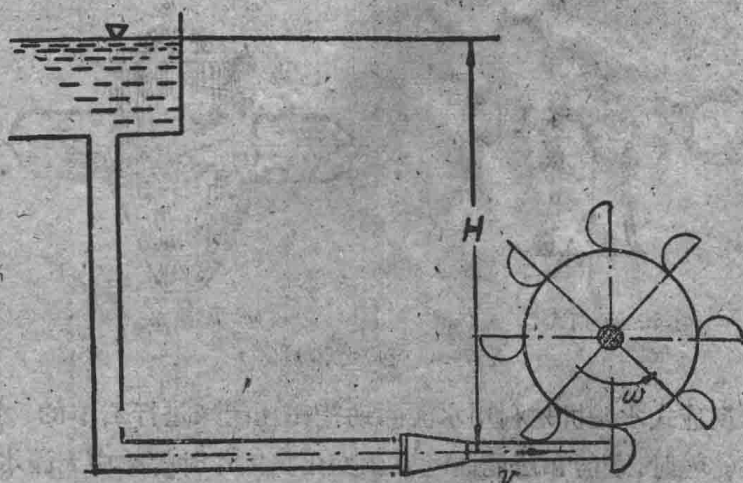


图 7-2. 冲击式水轮机。

这种水轮机是近代水轮机的一种。主要用在高水头小流量的水电站。

反应式水轮机——按水在转轮中流动方向又可分为混流式或称为法兰西斯式水轮机(图7-3, a), 以及轴流式水轮机。而后一种按叶片按装情况又分为二种; 其一为叶片固定在转轮上的称为螺旋桨式水轮机(图7-3, b), 其二为叶片可在转轮上转动的称为转桨式或者称为卡伯兰式水轮机(图7-3, c)。

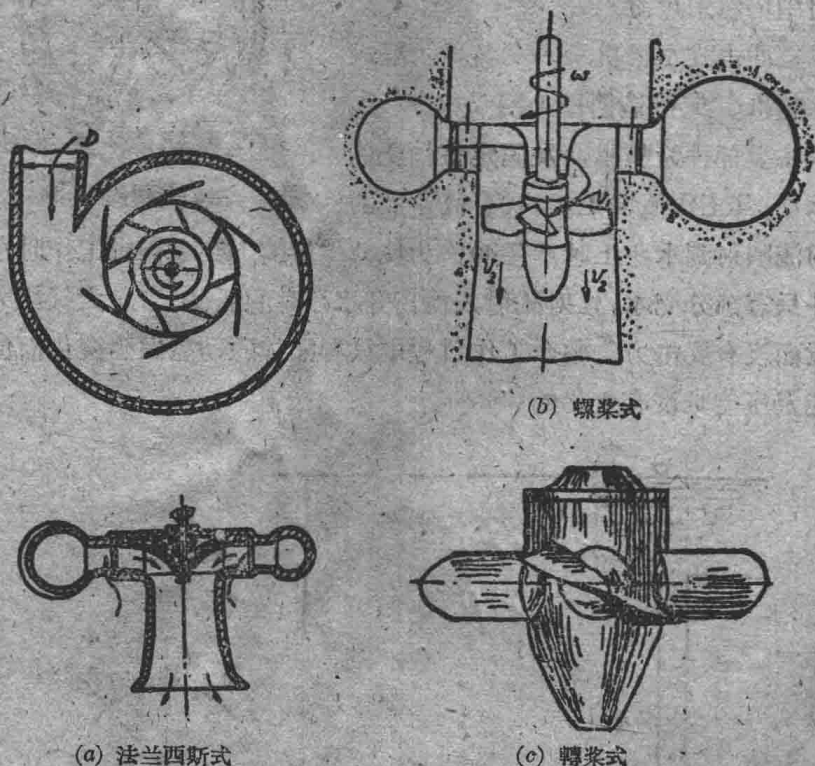


图7-3. 反应式水轮机。

反应式水轮机是利用水流的动能和压能来进行工作的, 水流流经转轮时, 动能和压能同时发生变化。工作时转轮中充满水流, 叶片上受有水流的作用力, 使转轮旋转。

上述各种反应式水轮机在现代的水电站中都得到极其广泛的应用。根据不同的水利资源可以适当选用。例如在大流量低水头

时可采用轴流式水轮机,而在大流量,中等或较高水头时采用法兰西斯式水轮机较为适宜。

水車——这是一种古老的提水工具,其构造如图 7-4 所示。它是由一个立管,以及带有许多圆板的链子所组成。链子上端绕过一个轮子。当轮子沿箭头指示方向旋转时,链子带动圆板上升并把圆板上面的液体提上来。在水車工作过程中只把液体从较低水面提上来亦即仅仅提高了液体的位能,而液体的压能和动能并未参与变化,故而在这种水力机械中只把机械功转化为液体位能。

阿基米德螺旋机——这种机械是在提水高度不太大的情况下使用的。其示意图如图 7-5 所示。在机壳内装有可以绕轴旋转的螺旋杆,水在螺旋面上的运动情况如同螺母一样,当螺旋杆旋转时水在机壳内沿轴线方向向上运动,直到出口处为止。

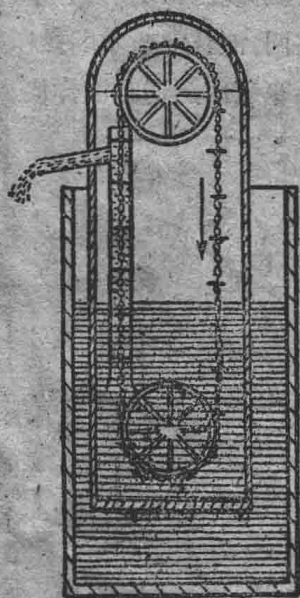


图 7-4. 水車。

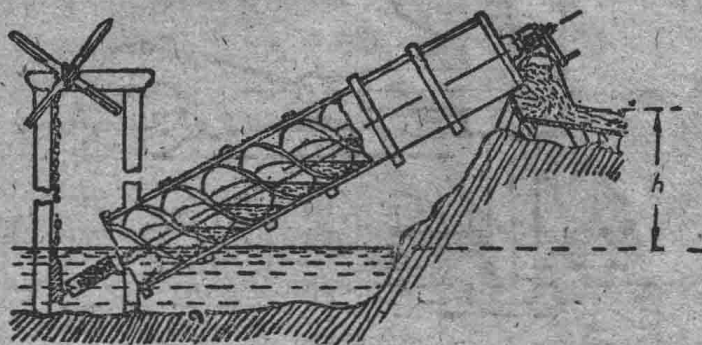
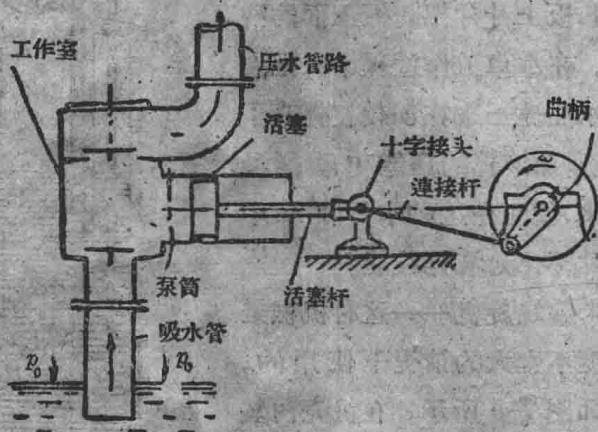
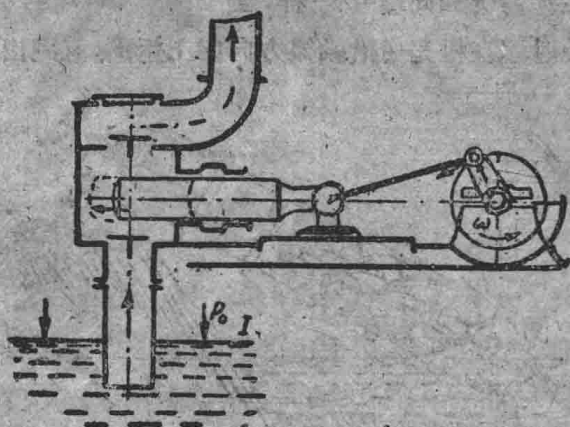


图 7-5. 阿基米德螺旋机。

往复式水泵——按结构形式又可分为活塞式水泵(图 7-6, a)及柱塞式水泵(图 7-6, b)。它们的主要部件为活塞(或柱塞)、泵筒、工作室、吸水阀、压水阀以及带动活塞或柱塞作往复运动的曲柄连杆机构。当活塞(或柱塞)从泵筒里向外运动时,泵内形成真空状的空间,液体经吸水阀被吸入泵筒而充满此空间,形成吸水过程。当活塞反向运动时液体便从泵筒经压水阀被挤压至压水管中形成压



(a) 活塞式



(b) 柱塞式

图 7-6. 往复式水泵。

水过程。如此一往一复不断地吸水及压水造成连续的水流。在锅炉给水及水压机供水等处多半都是应用往复式水泵。

齿轮泵——如图7-7所示，主要部件为一对齿轮（一为主动齿轮，一为被动齿轮）。当齿轮按指示方向转动时，在吸水口方面齿与齿脱离，齿隙被液体充满，并被齿轮带向压水口方面，当二齿重新啮合时就把夹在齿隙间的液体挤压至压水管，如此造成吸水及压水过程。齿轮泵及其他和转子泵特别适于压送粘性较大的液体如油类等，故机械中的润滑系统多半采用之。

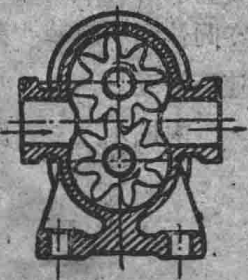


图7-7. 齿轮泵。

螺杆泵——图7-8所示为一双转子螺杆泵的示意图。它由二对螺杆组成。每一对中一个是右旋的，另一个是左旋的。二对螺杆借齿轮带动而作反方向旋转。二个转子都装在一个密封的具有光滑圆柱形内表面的泵壳内。在泵壳上开有吸水口及压水口。进口位于泵壳二端出口则开在螺杆上方两边螺纹相会合的中部。当螺杆旋转时液体便从那里被挤压出来。其工作原理与齿轮泵相同。但它的工作较齿轮泵平稳，流量及压力都相当平稳。

旋板泵——图7-9表示一旋板泵示意图。主要部件为滑板、

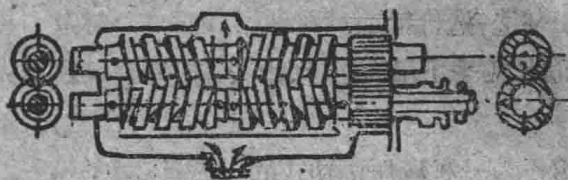


图7-8. 螺杆泵。



图7-9. 旋板泵。

轉子及泵壳。在泵壳上开有吸水口及压水口。滑板的彈簧的作用下使其頂端始終和泵壳的光滑內表面相接触。

当轉子按箭头指示方向旋轉时,在滑板左边空間体积逐漸扩大从而造成真空,液流由吸水口被吸入。与此同时在滑板右方的空間体积不断减少因而把其中所充滿的液体挤压出去,造成液体連續流动。

內燃水泵——图 7-10 为一內燃水泵原理图。

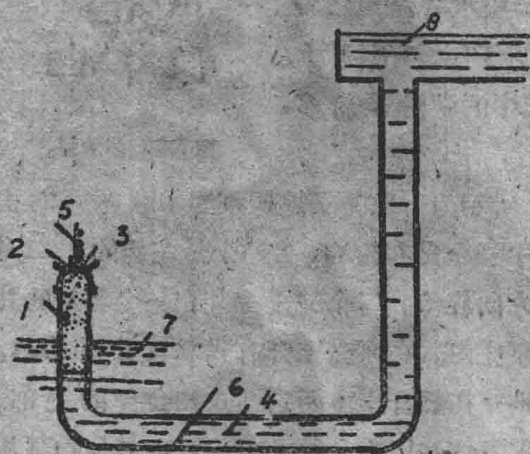


图 7-10. 內燃水泵原理图。

它是內燃机与水泵二者巧妙結合而成的一种水泵。煤气直接在水泵(实則只是一根水管)內燃燒形成四个工作循环过程,与此同时也就完成了吸水行程及压水行程。

这种水泵具有很多优点特别是和用煤气机带动的水泵相比更为明显,从目前已取得的成果来看它具有

下列优点:

1. 燃料消耗量很低,据初步試驗知其热效率高过任何热力抽水装置,比鍋駝机抽水装置的热效率高过一倍多。
2. 結構简单易于制造,造价低廉。
3. 沒有摩擦的机件,几乎不用潤滑,寿命长,維護与修理容易。
4. 操作簡便。
5. 可以綜合利用作为一种液压傳动式的內燃机。

由此可見內燃水泵非常适合于农田排灌事业,不难預料它在

我国将会有广阔的发展前途。

水锤水泵——图 7-11 为一水锤水泵。在这里水的升举是靠着水锤压力来完成的。它只能用在具有有利的地形条件的地方,也就是说只有在水的储量较大,大大超过所需要升举的水量而且在具有一定的水位差的地方才能使用。

空气扬水机——图 7-12 为空气扬水机简图。来自压气机的压缩空气通过喷气管而被输送到扬水管,这时在扬水管中形成的空气和水的混合物便沿扬水管上升流入集中箱式空气分离器。

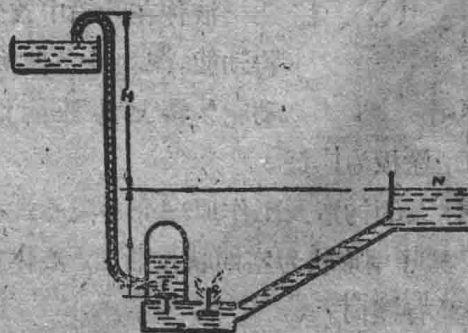


图 7-11. 水锤水泵。

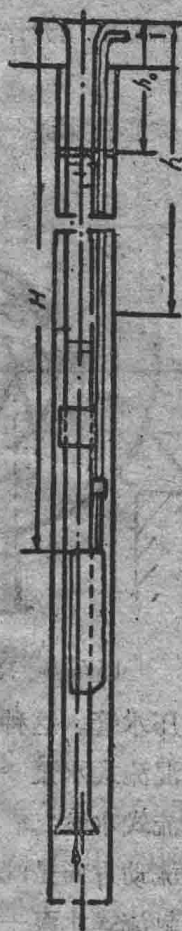


图 7-12. 空气扬水机。

这种扬水机的构造虽然简单,它的工作原理却较为复杂,至今尚无定论。过去一直用连通器原理来解释空气和水一起上升的运动。

但这种看法完全是水静力学观点出发,而并未考虑到运动的因素。根据苏联科学院通讯院士 H. M. 基尔谢凡诺夫等人研究

结果表明,空气和水之所以发生上升运动,主要是由于气泡的上升速度远远超过水的流速,二者之间产生了相对滑动,从而发生了气泡对水流的提升作用。在深井采油场应用这种装置以提升地下原油。

离心式水泵——如图7-13所示,它主要是由叶轮和泵壳所组成的。

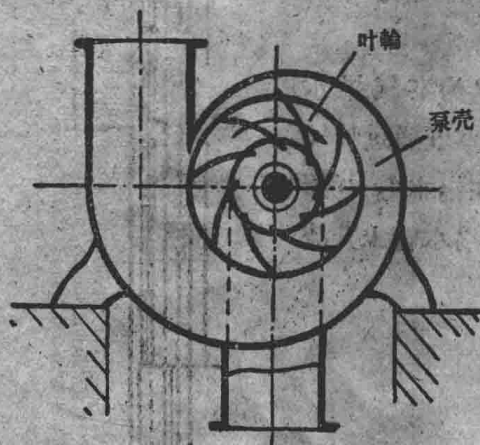


图7-13. 离心式水泵。

叶轮以高速度旋转,由于离心力的作用使在叶轮中心的液体被抛向叶轮外缘经泵壳集中后流至压水管。与此同时,等量体积的液体经吸水管流入叶轮中心,这样便形成连续的水流。

液体在叶轮中首先获得动能,流经泵壳时部分动能又转化为压能而后

流入压水管。这种水泵的用途极为广泛。

混流式水泵——这种水泵的构造及工作原理介乎离心式水泵及轴流式水泵二者之间。其叶片形状为空间状扭曲面,液体在叶轮中流动方向是既有轴向又有径向。

轴流式水泵——图7-14是一个轴流式水泵简图。其主要部件有与螺旋推进器或螺旋桨极相似的叶轮1和导流器2及泵壳3。泵轴从导流器的毂套里穿过。

当叶轮旋转时,叶轮上的叶片便把轴上的旋转力矩传给从吸水室流入叶轮中的液体。液体在叶轮中的流动和在螺旋表面上的运动相类似。因此,液体同时产生二种位移,即前进的和旋转的。当液体从泵内流出时便被迫流过导流器的叶片,并在那里消除了

旋轉运动而后以軸向运动进入压水管。

軸流式及混流式水泵用在大流量低揚程的地方。

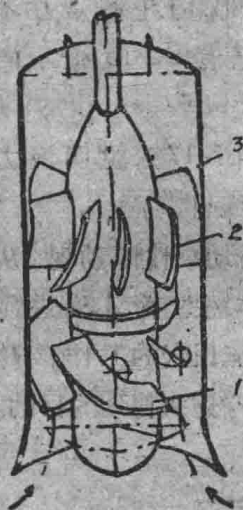


图 7-14. 軸流式水泵。

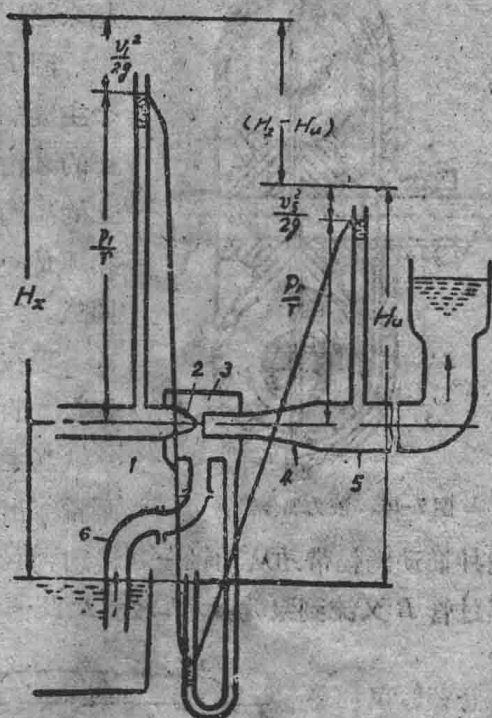


图 7-15. 射流泵。

射流泵——它是在一百多年前出現的，現在已被广泛采用在水力机械化施工等方面。其工作原理可从图 7-15 看出。具有一定压力的工作液体經過压力管 1 以高速度从噴咀 2 射入混合室 3，然后通过扩散管 4 进入水管 5。由于射流的速度高而压力低，故在混合室中造成真空状态。水源中的水在大气压力作用下經吸水管 6 被压送至混合室 3 而后又被射流带进扩散管最后进入压水管。可見被抽吸的液体流經射流泵时由工作液体中获得了动能。

液力傳动——按工作性能不同又可分为二种，一为液力变矩器；一为液力偶合器。前者的作用如同齿輪变速器，而后者如同彈

性联轴节。但是这种液力传动机械却比齿轮式传动机械具有许多优点因而它们在国内外已经得到了越来越广泛的应用。

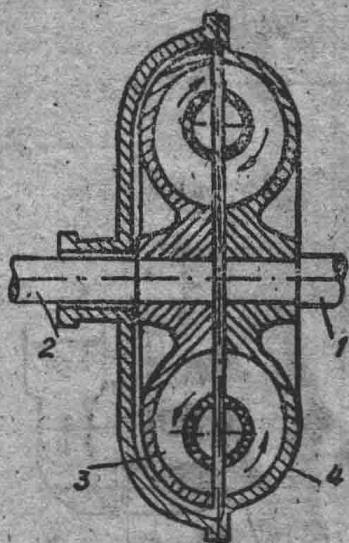


图7-16. 液力偶合器。

图7-16为一液力偶合器，有二个主要零件：其一为装在主动轴1上的泵轮4，其二为装在从动轴2上的涡轮3，在机构上它们是互不相连的，其间具有3—15毫米的间隙。

现在应用图7-17来说明液力偶合器的工作原理。

当主动轴带动泵轮转动时，从泵轮流出的液体经过管A流进涡轮并推动涡轮带动从动轴一起转动，而从涡轮流出来的工作液体经过管B又流到泵轮吸水口处，如此循环不已，达到传动的目的。

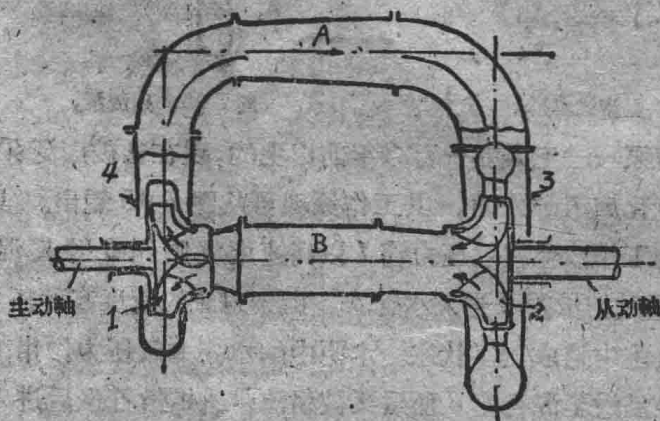


图7-17. 液力偶合器工作原理图。

实际上的液力偶合器，是把泵轮及涡轮放在同一外壳内。省掉了管A和管B以减少其中的水力阻力，即如图7-16所示。