

高等学校交流讲义

抽水机及抽水站

上册

武汉水利电力学院抽水站教研组编

学校内部用书



中国工业出版社

高等学校交流讲义



抽水机及抽水站

上册

武汉水利电力学院抽水站教研组编

学校内部用书

中国工业出版社

本书分两册出版。上册包括緒論和上編。在緒論中，論述了我国提水灌排事业的发展簡史和現狀。在上編中，介紹了抽水机的构造、原理、性能、运用和配套，并按教学进度順序編入了实验課与习题課的簡要內容。下册包括中編和下編。其中介紹了灌排抽水站的规划、設計、安装、管理与自动化等內容。

本书为农田水利工程专业的教学用书，也可供工程技术人员作为参考。

抽水机及抽水站

上册

武汉水利电力学院抽水站教研組編

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

开本 $737 \times 1092^{1/16}$ ·印張 $9\frac{1}{2}$ ·插頁2·字數218,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印數0001—833·定价(10-6)1.25元

統一書号: 15165·357 (水工-57)

編 者 的 話

农田水利工程专业的“抽水机及抽水站”这门课程在我国还很年轻，我院从1955年开出这门课程，以自编讲义作为教材。1958年，在教育革命获得初步成果的基础上，为了适应当时迫切的需要，尽管当时讲义还很不成熟，曾将上册整编成书公开出版，下册也作了出版的准备。

经过两年来的试用，曾收到各方面对本书提出的许多宝贵意见，对进一步提高质量有很大帮助。再者，由于1958年以来的连续大跃进及人民公社的无比优越性，使我国的机械灌排事业和其它事业一样得到空前的壮大和发展。技术革新和技术革命运动的蓬勃展开，使我国的机械灌排工作的面貌为之一新。因此，原有教材中有许多内容必须进一步充实与提高，才能适应教学与生产上的要求。

此次改编，系以原有讲义作基础，并吸取了各方面的意见。在内容方面力求正确的贯彻党的方针政策，反映国内外的先进科学技术水平，尤其是我国的重大技术革新成就。选材方面注意了贯彻少而精、理论联系实际的原则以及通用教材的特点，加强了叶片泵性能、工况确定及配套三章，取消了风动机及其配套等内容。但限于水平，内容难免没有错误和缺点，希望通过它在不久的将来能发挥群众智慧和力量，编出一本内容丰富与更切合我国农田水利专业使用的教本，以适应教学与生产上的需要。

武汉水利电力学院抽水站教研组

1961年4月

目 录

編者的話

緒論

- §0-1 我国提水灌排事业发展簡史..... 3
- §0-2 机械灌排事业在我国社会主义建設中的作用..... 5
- §0-3 我国机械灌排事业今后发展的方針和現阶段的几个問題..... 6

上編 抽水机

第一章 泵的基本知識 8

- §1-1 泵的用途及其分类..... 8
- §1-2 叶片泵裝置图及基本工作参数..... 9
- §1-3 叶片泵的构造..... 11
- 实验一 水泵認識实习..... 18

第二章 叶片泵的性能 21

- §2-1 叶片泵的工作原理(基本方程式及升力理論)..... 21
- §2-2 叶片泵的相似律及比速..... 30
- §2-3 叶片泵的基本性能曲綫..... 35
- 实验二 离心泵基本性能实验..... 39
- §2-4 叶片泵的相对性能曲綫..... 42
- §2-5 叶片泵的通用性能曲綫..... 44
- §2-6 叶片泵的全面性能曲綫..... 46
- §2-7 叶片泵的綜合性能曲綫..... 52
- §2-8 叶片泵的吸水性能..... 57
- 实验三 离心泵汽蝕实验..... 65

第三章 叶片泵工作状况的确定 67

- §3-1 正常情况下叶片泵的工作..... 67
- §3-2 叶片泵与引渠共同工作..... 68

- §3-3 叶片泵与水井共同工作..... 70

- §3-4 叶片泵串联工作..... 70

- §3-5 叶片泵并联工作..... 71

- §3-6 叶片泵同时向两个压力水池供水情况下工作..... 72

- §3-7 叶片泵在反常情况下工作..... 73

实验四 离心泵并联实验 73

- 习题一 离心泵的工作状况及安装高程的确定..... 75

第四章 叶片泵工作状况的调节 78

- §4-1 变閘调节..... 78
- §4-2 变徑调节..... 78
- §4-3 变角调节..... 81
- §4-4 变速调节..... 83
- §4-5 变压调节..... 84

第五章 动力机与水泵的配套 85

- §5-1 电动机与水泵的配套..... 86
- §5-2 热力机与水泵的配套..... 92
- §5-3 灌排用动力机的选择..... 95
- §5-4 抽水机组傳动方式的选择..... 96

第六章 抽水装置 100

- §6-1 叶片泵抽水装置..... 101
- §6-2 噴流泵抽水装置..... 112
- §6-3 空气揚水装置..... 118
- §6-4 水輪泵抽水装置..... 133
- §6-5 內燃泵抽水装置..... 141
- §6-6 风力抽水装置..... 143
- 抽水机抽水站复习思考題..... 147
- 参考文献..... 149

緒 論

实现我国农业机械化，对于根本改变我国农业的面貌和促进国民经济的全面跃进，有极端重要的意义。在我国社会主义改造还没有完成的时候，毛主席就已经指出：“中国只有在社会经济制度方面彻底地完成社会主义改造，又在技术方面，在一切能够使用机器操作的部门和地方，通通使用机器操作，才能使社会经济面貌全部改观。”〔1〕党中央和毛主席为实现我国农业机械化提出了“四年以内小解决、七年以内中解决、十年以内大解决”（从1959年算起）的具体要求。党中央和毛主席十分重视我国农业机械化问题，把实现农业机械化作为改变我国经济落后面貌的一个根本问题来看待。

农业社会主义改造的胜利，促进了农业生产的发展，保证了社会主义工业化对农业的需要。但在我国社会主义建设进入连续跃进的新阶段以后，农业的发展如何适应国民经济全面发展的要求的问题，又突出起来了。党中央和毛主席及时提出了加速农业机械化的指示，并且提出了解决的步骤。提水机械化是农业机械化的一个重要组成部分；是发展农业生产的重要措施之一。

§0-1 我国提水灌排事业发展简史

兴修水利是农业增产的主要措施之一。早在春秋以前，我国劳动人民就开始修建堤防和沟渠等防洪灌排工程。在水源较低，不能自流引水的场合，就“抱甕而出灌”〔2〕，采用纯粹人工提水的原始方法。

“抱甕灌地用力甚多而见功寡”，所以我国农民有“桔槔”的创造与应用。桔槔是“引之则俯，舍之则仰”、符合杠杆原理的一种取水吊杆。符合绞盘原理的轆轤发明的时日大概迟于桔槔。两种工具比较起来，桔槔便短而汲浅，独轆轤深浅俱适其宜”〔4〕。

但是，“用桔槔轆轤，功劳又甚细己”〔5〕。到了东汉末年灵帝的时候，毕岚总结劳动人民的经验，制造了汲水量较大的翻车〔6〕。元朝王禕在他所撰的“农政全书”卷十八中解释：“翻车，今人谓龙骨车也”。那时的翻车，大概不外乎明朝宋应星所著“天工开物”附图所示的拔车与踏车，前者是用手摇的，后者是用脚踏的。三国时，马钧“……作翻车，令儿童转之，……其巧百倍于常”〔7〕。可见马钧改进了翻车，大大提高了它的效率。

用人力驱动翻车，功效究竟是比较低的。唐宋时代轮轴机构的进步和水排与水碓的运转经验导致了筒车的产生。筒车不但机械效率较高，而且利用了水力，“昼夜不息，百亩无忧”〔6〕，所以唐宋诗人曾经作赋歌颂它的功效。从古人留下的诗篇里，还可以知道，在南宋时代，江浙一带使用翻车进行农田排水，收到很大的效果。

从东汉起一千多年一直用人力驱动翻车在元明时代开始用畜力带动了。筒车也有了高转式的〔5〕，解决向高地引水的困难。到了明末，还创制了构造比较复杂的斗子水车，即八卦水车。这些改进与创造的主要原因，在于那时轮轴与转轴等机构已获得了更大的进步〔8〕。

从以上的簡短叙述可以看出，自古以来，在提水工具方面，和在其它許多方面一样，我国劳动人民有过許多可貴的創造和发明。这些創造发明不仅解决了国内农业生产問題，有的还流傳到国外。

我国开始运用机械进行灌排約在清朝光緒年間，靠近上海市的杭嘉湖地区，以及太湖附近的某些地区开始安装少数小馬力的抽水机，同时，也有利用小型煤油机拖带龙骨車灌溉的。在1911年，无錫发生水災，农民集資购买了十部小型煤油机拖带龙骨車排水搶救。1920年，无錫、常州的鉄工厂开始仿照外国貨制造小型柴油机与水泵，从此用它来提水灌溉的逐渐增多。1924年，江苏省人民利用戚墅堰电厂的余电使用电动机带动水泵，这可能是我国电力灌溉的开始。后来在华北天津地区也陸續地修建了几座較大型的电力抽水站。由于当时我国是殖民地、半殖民地、半封建的社会，在帝国主义、封建主义、官僚資本主义的严重压迫下絕大部分抽水机是掌握在地主和資本家手里，他們以抽水机为工具剝削农民，或利用动力机經營副業賺錢，根本不是为了发展农业生产。广大的劳动人民，由于农村經濟瀕于破产，不要說抽水机，就連提水工具也无力购置。直到全国解放时止，我国利用工具提水灌溉的面积只有1500多万亩，利用机械提水灌溉的面积有300多万亩，分别为当时灌溉总面积的6.6%与1.6%。不仅数量少，在质量上也是很落后的。

全国解放后，在国民經济恢复时期，党和政府为了进一步发展机械灌排事业，首先在机械灌排事业比較发达的地区，如江浙一带成立專門机构，加强对机械灌排工作的领导。一方面由国家貸款，大力扶助民营抽水机站的发展，从1950到1952年三年中，銀行发放各地抽水机的貸款，仅浙江一省就达200多万元(折合新币)。另一方面，国家开始在許多地方举办国营抽水机站，使用国产的机器，重点示范，积累經驗。由于国营站增产效益显著，深受羣众欢迎。

1953年以后，在党的过渡时期总路綫的光輝照耀下，各地的机械提水灌排工作逐步走上了有計劃、有步驟的发展阶段，相继在各地又兴建了一批国营抽水站。从此社会主义性质的国营抽水站在机械灌排事业中奠定了领导地位。同时政府又把各地經營抽水机打水的商人組織起来，使他們納入国家資本主义的軌道。

1955、1956年随着农村社会主义革命高潮的到来和农业生产的蓬勃發展，以及在各地国营抽水站良好示范作用的推动下，同时各地在党的领导下認真贯彻了大力鼓励和扶助农业生产合作社自办小型机械灌排工程的方針以后，全国各地自办小型机械灌排工程得到了很大發展。并且在經營方式上抽水站除掉担負灌溉排水任务外，还利用站內动力设备进行粮食、飼料加工，利用站內设备办起修配厂，因此被羣众称为“万能厂”、“造福站”。

在我国工业大发展、农业大发展、农田水利事业大发展的基础上，机械灌排事业是适应农业社会主义改造和技术改造的需要而不断發展的。特别是由于1958年以来的連續大跃进和人民公社化运动，使机械灌排事业的发展更为迅速。三年中灌排设备增加了八倍左右，大、中、小型抽水站遍布全国各地。蓬勃开展的技术革新和技术革命运动正在迅速地改变着机械灌排工作的面貌。每馬力受益面积得到成倍增长，抽水成本大大降低。在合理配套安装、节约油燃料等方面創造了丰富多采的經驗。

§0-2 机械灌排事业在我国社会主义建设中的作用

我国幅员辽阔，由于地形和气候的影响，降雨量的季节变化和地区变化都非常大，经常发生旱涝现象。在南方沿江滨湖地区雨量多，经常发生渍涝；在西部有广大面积的少雨与无雨区，没有水利设施就无法进行农业生产。所以，灌溉排涝的任务非常艰巨。

在需要灌排的区域中，有 $\frac{1}{3}$ 以上不能或不适宜采用自流方式，必须采用提水灌排。这些地区大致可以分为：

(1)平原河网地区。这些地区地势过于平坦，虽然境内河湖遍布，但也不能进行自流灌溉，必须用机械提水。如我国的江浙一带河网化地区。

(2)井灌地区。我国的华北平原、汾河平原、关中平原、渭北高原及松辽平原，地下水蕴藏丰富，是多年的井灌地区。一般水头从几米到几十米，适于用机械提水灌溉。

(3)丘陵地区。我国湖北、湖南、江西、四川等省及安徽中部，属于丘陵地区，不能引水自流灌溉。

(4)高原地区。我国西北高原，气候干旱少雨，水源缺少，即便邻近有水源也常由于水面与地面高差过大而不能引水上原，必须用机械提水。

(5)圩垸地区。我国安徽、湖南、广东、江西等省沿江及滨湖洼地，圩田很多，对机械提水灌排的要求很迫切。

(6)低洼地区。地势低洼易涝、不能自流排水的地区，如天津地区、辽宁南半部、黑龙江沿江地区以及滨海地带。

机械灌排事业在我国社会主义建设中的作用主要有以下几方面：

1. 抗御水旱灾害，保证高产稳收。

有了灌排机械设施，可以及时排除渍涝和及时提水灌溉，还可以将旱作改水田、单季稻改双季稻或双季稻改三季稻，以及作到渠灌、井灌双保险等，以充分地保证农作物高额而稳定的产量。

在没有水利设施的地方，机械提水可以扩大灌溉面积，解决干旱高原、山区及丘陵地区等不能进行自流灌溉的地区的水利化问题。

在灌溉水源保证率较差的地区还可以充分利用地下水利资源，提取地下水进行灌溉。

2. 节省劳动力，降低提水成本。

提水灌排是繁重而又有季节性的农业劳动之一，如果运用旧式工具来提水，需要集中使用大量人力与畜力。据估计，1马力小时相当于1.2个普通劳动力一天的工作量。如果全国按600万马力的灌排机械，以一年平均运转1,200小时计算，则全年可以完成大约86亿个工的劳动。根据江苏省水利厅1955年的资料，受益农田每亩的机械提水成本约为当

地人力戽水成本的 $\frac{1}{6}$ 至 $\frac{1}{2}$ 。

3. 促使农村工业发展，加速科学技术的传播。

我国抽水机站遍布于广大农村各个地区，它拥有许多机电设施和大批技术力量，无疑对农村工业的发展和技术的传播起着巨大的促进作用。

机械提水工程(抽水站)是灌排工程中不可能或不适合采用自流方式引水或为了增加防旱防涝的保证率时而采用的一种渠首,它必须与一系列的水工建筑物配合才能完成灌排任务。就其工程本身与自流引水工程比较,兴建机械提水工程时,一般不需修建大型的水工建筑物(如坝等),故很少受到水文或地质条件的限制,兴建时也不需要很多劳动力。因此,修建抽水站工期短,收效快,一次投资少。尤其是所提的流量占水源流量的比重越小,需要提升的扬程越高,这优点就越显著。一般地说,机械灌排工程在任何条件下都可以兴建,并且在工作中有极大的灵活性和机动性,因此工作可靠,旱涝可保丰收。

从上述情况可以看出,提水机械化是农业机械化、水利化的一个重要组成部分,是发展农业的重要措施之一。

§0-3 我国机械灌排事业今后发展的方针 和现阶段几个问题

在灌排机械大发展的新形势下,机械灌排事业发展的方针是〔9〕:“全面规划,合理布局,安好用好管好,及时灌排,综合利用,发挥设备效能保证农业增产。并抓好制造、配套、安装、使用、修理五个关键,以不断地提高设备利用率,扩大受益面积降低灌排成本,增加公社收入,保证农业生产继续跃进,促进农林牧副渔的全面发展”。

根据上述发展方针,我国机械灌排工作中急需解决的有如下几个问题:

1. 设计工作定型化。

我国的抽水站设计任务很大,并且90%以上均为人民公社经营的中、小型抽水站。为了适应高速度普遍发展的需要,不但水泵和动力机应当配套,还应当和建筑物、附属设备配套。因此,中、小型抽水站的定型设计必然会成为一项值得重视的工作。

2. 规划工作向综合方面发展。

提水机械化将在三、四年内基本实现〔9〕,规划工作必须跟上去,才能做到心中有数,合理布局,多快好省地发展。这个规划是农业机械化、电气化、水利化的重要组成部分。所以,制定规划时必须综合考虑以下一些问题:除采用先进的定额、节约设备、提高效益以外,还要与县社工业的布局,农林牧副渔的全面发展,新的居民点和道路等规划相结合,并且还要大站、小站及提水工具相结合,自流灌排和机械灌排相结合。

3. 迅速提高管理水平。

我国解放以来发展的灌排机械马力很大,今后每年均将增加更多的马力。因此,如何安好、用好、管好,是一项很重要的任务。管理中的中心问题,是不断地提高机组的效率和利用率,保证抽水站能长期地、安全地运转,使单位面积上的水费最少。因此,提高管理人员的政治思想水平和技术水平,发展综合利用,充实和改进量测设备,实行经济核算等措施,应当给予足够的重视。

4. 机械灌排工作逐渐向深、广方面发展。

从我国机械灌排事业的发展史中,可以看出我国的抽水站是从东南各省、沿江滨湖地区,逐渐向中南、西北等丘陵、高原地区发展的;亦即由低水头、小流量、单级站工作的小型抽水站,逐渐发展成高水头、大流量、多级站联合工作的大型抽水站,由机械拖动逐渐变为电力拖动。因此,产生的问题就不仅限于单个站的工作问题,还必须研究

許多抽水站配合在一起工作的可能性。

另一方面是由从淺井中用机具提水而逐漸发展成向深井中用机械提水，这也产生了許多新問題。其它如跨流域引水所必需的巨型抽水站的兴建以及大面积抽水机羣的供电、自动化、远动化等新課題均有待于进一步研究。

5. 水泵制造問題。

为了适应我国机械灌排事业高速度发展的新形势，为了减少制造工时、节约原料、降低成本，水泵制造方面已提出提高水泵轉速、双吸改单吸、多級改单級、泵和机直联，以及簡化配件、增加品种、扩大系列等新課題。

参 考 文 献

- 〔1〕毛泽东：“关于农业合作化問題”，人民出版社1955年第一版，第33頁。
- 〔2〕“庄子”“外篇”，“天地篇”与“天运篇”。
- 〔3〕“事物原始”。
- 〔4〕元王禎“农政全书”。
- 〔5〕明宋应星“天工开物”，“乃粒”篇“水利”条。
- 〔6〕“后汉书”卷一〇八“張让傳”。
- 〔7〕“三国志”“魏志”卷二九“杜夔傳”。
- 〔8〕程溯洛：“中国水車历史底发展”，载“中国科学技术发明和科学技术人物論集”，三联书店1955年第一版，第170~185頁。
- 〔9〕何基澧：“思想不断革命，技术不断革新，把机械排灌工作推向一个新的阶段”。“农田水利”1960年第9期。

上 編 抽 水 机

第一章 泵的基本知識

§1-1 泵的用途及其分类

泵是把动力机的机械功轉变为輸送液体能量的水力机械。用于抽水的泵叫作水泵或抽水机。

在各个不同方面广泛的采用着泵，所以使泵不論在动作原理上以及結構特征上产生了許多不同的型式。近代所应用的泵可分为叶片型泵；容积型泵；噴流泵；內燃泵；空气揚水机；水錘揚水机等六个基本类型。

叶片型泵包括离心式、軸流式及混流式三种，一般由較高轉速的动力机驅动。这些泵的叶輪旋轉的結果，使液体质点获得了动能，这个动能再轉变成压力能，将液体升高或輸送。离心式及軸流式泵具有較大的流量，較高的效率，并且运行簡單，因此它在近代有着非常广泛的应用。

容积泵又分为往复式和回轉式两种：

往复式泵的作用主要是借活塞在泵缸內的往复运动来使液体产生压力。这种泵与离心泵比較起来，在較小的流量时，可以产生很大的压力。往复式水泵的流量，按時間上來說是不均匀的。由于往复式泵的构造較簡單，所以应用的时间也显著地比离心式泵早。在目前往复式泵的使用仍很普遍，尤其是在流量較小而需要高压的情况中。例如，在水压机系統中。但在机械灌排方面是不常采用的。

回轉式泵是属于特殊型式的泵，主要用在机械制造工业上（油路設備，水力轉动，水力換矩器等）。在这种泵中，压力的产生是由于具有挤送器轉子轉动的結果，在这个作用下，液体被挤送到管路中去。因此，按照动力机能量的轉換方式来看，回轉式泵是接近于活塞式泵的，但它的流量則大为均匀。回轉式泵的流量是不大的，但它可以获得較大的压力。回轉式泵有下列不同型式：活板式，轉子式，螺杆式，轉叶式，摆动活塞式。

噴流泵是把工作流体的动能傳給被抽升的流体。它被广泛的应用在抽取井水，及水力机械化施工等方面。

內燃泵是直接將气缸內煤气燃燒爆炸的力量施加于所要提升的液体的，而不是通过活塞、連杆、曲柄等傳动机件来完成能量的傳遞的机械。

空气揚水机是一种揚升井水的机械，由空气管、噴气管和揚水管构成，用空气压缩机以足够的有压空气通过空气管和噴气管把空气压入揚水管內的水中，則使水上升。

水錘揚水机是利用水力冲击的原理进行工作的。一般流量不大，常应用在农村供水

中。

在机械提水灌溉排水事业中广泛被采用的是叶片型泵，因此，今后我們將着重介紹有关叶片型泵的构造、工作原理、性能及运用等方面的內容。根据农田水利专业的特点，其中又以叶片型泵的性能及运用为重点。

§1-2 叶片泵装置图及基本工作参数

如图 1-1 所示为一离心泵的装置简图，泵的轴线高程比下水面高。

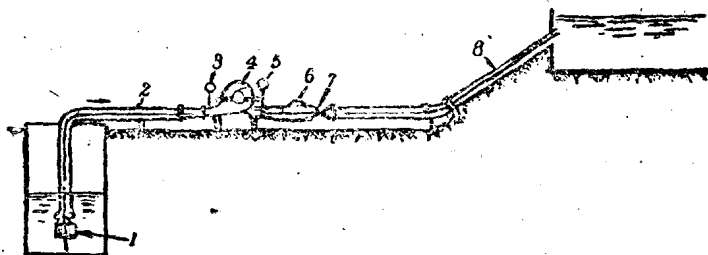


图 1-1 离心泵抽水装置的管路及其附件

1—带底阀的进蓬头；2—吸水管；3—真空表；4—水泵；5—压力表；6—逆止阀；7—调节阀门；
8—压力水管。

当泵运行时，由于叶轮的转动将水甩出，而在泵的进口处造成负压。致使液体经过底阀 1 而被抽上然后流入吸水管 2。底阀上装有进蓬头，以防集水池里脏物和其它漂浮物流入泵内，泵进口处产生的负压应该足够将水由集水池水面提升到泵轴线高 H_s 。

液体从吸水管出来便流到泵 4 内，由于泵内叶轮不停地、高速的转动，使叶片上的液体沿着叶片径向移动，在离心力的作用下，液体便被抛入螺旋形泵壳 4 内，然后经过逆止阀 6 和阀门 7 流入压力水管 8，最后流入压力水池。

离心式泵在开始工作时没有抽吸液体的能力，也就是说当离心泵和吸水管还没有被液体充满时，它是不能排出里面空气的。这是因为空气的密度比液体的密度小，在叶轮旋转时所产生的离心力不足以把空气甩入压水管而造成必要的真空度的缘故。

因此，离心泵在开动之前必须设法将吸水管和泵壳充满液体，底阀便是用来防止在开动前灌到泵里的液体漏入集水池用的。

底阀对于流过的液体有相当大的阻力，因此，对于流量大的泵常常不装底阀，而采用一种特殊的水环式真空泵灌注泵和吸水管。

阀门 7 是开动泵用的。当在阀门关闭的情况开动泵时，所消耗的功率大约为泵在全负荷时所消耗的正常功率的 30%。但是，当开着阀门的时候开动泵，则开始的功率会突然的增大。

当离心泵的转速不变时，阀门也可用来调节流量。

逆止阀是流量很大同时压力水管很长时的一种必要的附件。

当阀门开着而原动机骤然停止工作时，则泵在压力水管内液体静压头的作用下便向相反的方向旋转。

装有逆止阀 6 时，则只要泵所产生的压力低于压力水管内的压力时，它便会有自动的阻止水从压力水管流进泵去。

离心泵的操作是否正常一般靠装在压力水管上的压力表 5 和装在吸水管上的真空表 3 来检查。

叶轮是离心泵的一个最主要零件，多半是一个铸件，由两块盖板和装在盖板之间的 6~12 个叶片组成。

装在离心泵叶輪周圍的螺形室是用来收容被叶輪甩出来的液体和引导液体流入压力水管用的。

叶片泵的工作参数

叶片泵的性能是由工作参数来表示的，在阐述叶片泵的原理和性能之前，必須簡單說明下列六个工作参数的意义。

(1) 流量(輸水量) Q 說明一台水泵在单位時間內能輸送多大体积的水，单位是升/秒、千升/秒或千升/小时。

$$1 \text{ 升/秒} = 3.6 \text{ 千升/小时};$$

$$\text{水的容重 } \gamma = 1 \text{ 公斤/升};$$

$$= 1 \text{ 吨/千升}。$$

(2) 总水头 H 說明水泵能把多少公斤·米的能量傳給它所提升的每公斤水，单位是 $\frac{\text{公斤} \cdot \text{米}}{\text{公斤}} = \text{米}。$

对于用来提水的泵而言，总水头可以称作总揚程，簡称揚程。

知道了流量 Q 和总水头 H ，就可以按下列公式算出水泵傳給它所提升的水的功率，即所謂有效功率 $N_{\text{效}}$ ：

$$\left. \begin{aligned} N_{\text{效}} &= \gamma Q H \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒}; \\ &= \frac{\gamma Q H}{75} \text{ 馬力}; \\ &= \frac{\gamma Q H}{102} \text{ 千瓦}. \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

这一組公式中的数字75和102表示：

$$1 \text{ 馬力} = 75 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒};$$

$$1 \text{ 千瓦} = 102 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 1.36 \text{ 馬力}。$$

(3) 功率 N 是水泵所需要的外来功率。它是由动力机通过轉軸輸給叶片泵的，所以也称为軸功率。它的单位也是馬力或千瓦。

(4) 效率 η 标志着水泵效能的高低。水泵得自动力机的功率 N ，由于遭受了各种損失，不能全部化为有效功率 $N_{\text{效}}$ 。两种功率之比，以百分数表示，就是水泵的效率：

$$\eta = \frac{N_{\text{效}}}{N} \times 100\%。 \quad (1-2)$$

所以，

$$\left. \begin{aligned} N &= \frac{N_{\text{效}}}{\eta} = \frac{\gamma Q H}{\eta} \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒}; \\ &= \frac{\gamma Q H}{75\eta} \text{ 馬力}; \\ &= \frac{\gamma Q H}{102\eta} \text{ 千瓦}. \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

(5) 轉速 n 就是泵的每分钟轉數。泵是按一定的轉速設計制造的，当轉速不同于設計轉速时，其它工作参数都会发生变化。

(6) 容許吸上真空高度 $H_{\text{容許}}$ 說明泵的吸水性能，我們將在§2-8加以討論。

§1-3 叶片泵的构造

在下雨打伞的时候，如果把伞转动，伞上的雨水便被离心力所甩出，转动越快，离心力就越大，雨水也就甩得越远。

若想象有一把特殊的金属伞(图1-2)，它的盖是夹层的，由 a 与 b 两个圆盘构成，圆盘 a 和伞柄 c 连接，圆盘 b 的中部开了一个圆孔，两个圆盘之间有伞盖骨 m 六根。

我们用一个外壳 d 把夹层 a 与 b 包围起来，在柄 c 穿出外壳的地方装置防止漏水的设备，再在外壳上接装两根管子 e 与 f ，前者引向高处，后者通往水池。在管 f 和壳 d 中灌满了水，然后把伞转动，就会发生下述的现象。

伞盖夹层里的水，受到离心力的作用，向外流出。例如图中虚线所示的靠近轴心的一圈水1，向外流出，经过某一时段，流到了2-2的位置，然后被甩出夹层。圈1内变成了真空，池中水面上的大气压力就把水向圈1推去，以填补那里的空隙，池里的水便源源不断地被压入夹层，再从夹层被甩向四周，为壳 d 所收容，最后通过管 e 被引向高处。象这样，我们已经构思了一台最简单的离心水泵。

轮船的尾部，安装着螺旋桨式推进器。当螺旋桨转动的时候，桨叶把水往后推，水的反作用就把轮船往前推。如果把螺旋桨安在一根管子里，用轴承支持转轴，使它能旋转但不能移动，我们就得到了最简单的螺旋桨水泵，简称螺旋桨泵(图1-3)。把管子的下端浸入水源，并使管内充满了水，那么在转动螺旋桨时，桨叶就把水往上推。水是沿着泵轴的方向往上流的，所以螺旋桨泵也叫做轴流泵。

实际上，离心泵和轴流泵的形状有如图1-4与图1-5所示，它们的构造比图1-2与1-3所示的复杂得多，因为它们要以很高的效率满足运转上的许多条件，但其基本工作原理与上述相同。

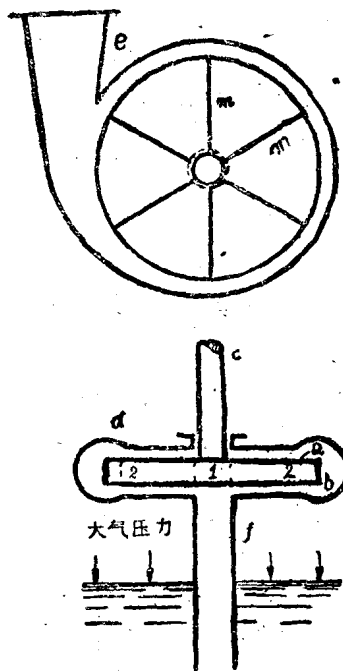


图1-2 最简单的离心泵

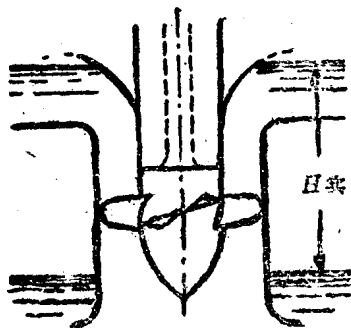


图1-3 最简单的螺旋桨泵

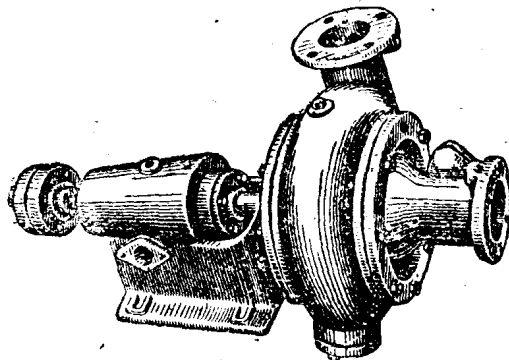


图1-4 离心泵

水泵的主要零件

我們根据水泵的作用，把(一)叶輪、(二)泵軸、(三)泵壳、(四)軸承和(五)填料函看作水泵的主要零件。现在把这五种零件的构造簡述如下：

(一)叶輪 叶輪是最重要的水泵零件。离心泵的叶輪，两边都有盖的称为封閉式，以別于半开式(或称半閉式)与敞开式(图1-6)。輪盖之間安装了6~12个叶片。叶片和輪盖的内壁构成了一系列弯曲；叶槽。叶輪可以是单面进水的，也可以是双面进水的(图1-7)；装备前一种叶輪的泵称为单吸式泵，装备后一种叶輪的泵称为双吸式泵。一台水泵可以只有一个叶輪，也可以具有若干个串联的叶輪，它們分別叫做单級泵和多級泵。軸流泵的叶輪具有2~6片装在粗大輪轂上的叶片，叶片的断面和流綫型飞机翼断面形状十分相似，前端(迎水端)呈圓形，后端是尖削的(图1-8)。軸流泵也有单級和多級之分。

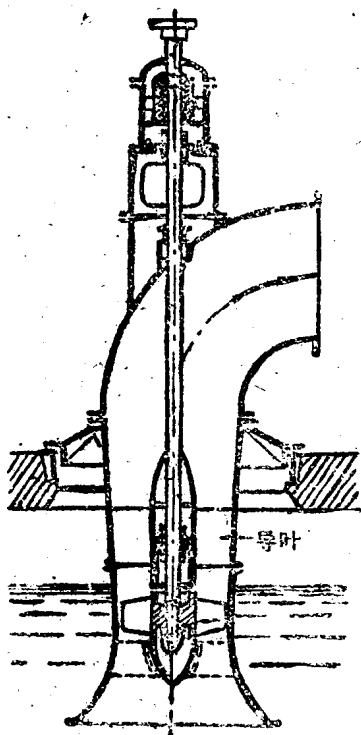


图 1-5 軸流泵

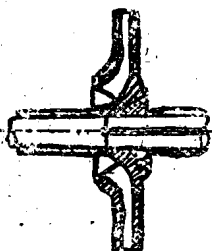


半开式

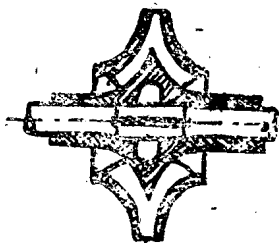


敞开式

图 1-6 半开式与敞开式叶輪



单吸式



双吸式

图 1-7 单吸式与双吸式叶輪

叶輪尺寸是根据水动力学計算决定的，但同时必須用模型試驗进行修正，并具有足够的机械强度。抽冷水的叶輪內，主要的应力通常由离心力引起。离心力所引起的应力不能超过叶輪材料的容許应力。

在选择叶輪材料时，除了要保證足够的机械强度外，还要考虑下列几点：

(1) 如叶輪內有侵入固体异物的可能，最好选用有相当可塑性的材料，以免叶輪损坏。

(2) 水泵轉子与定子^①之間的空隙很小，两者有时可能发生摩擦，可能摩擦的部分最好选用具有抗磨性能的材料。

(3) 水对金属有腐蝕性，特别是轉子和定子間隙中的高速水流会冲刷掉由氧化物构成的表面保护层，对腐蝕有促进作用，因此所选用的材料应能抵抗水的腐蝕。

(4) 叶輪有时在部分汽蚀情况下运转，故所选用的材料最好有較好的抗汽蚀性能。

(5) 叶輪大多是鑄成的，而且构造复杂，內面不便加工，所以叶輪材料要有易于鑄造的性质。

(6) 叶輪連接泵軸之处和叶輪外周在加工时需要很高的精度，因此所用材料应该易于切削。

能够最全面滿足上列要求的材料是青銅，所以在有些国家的水泵制造业中青銅用得非常普遍，有的国家把有青銅制的叶輪和其它零件的泵叫作“标准配备的泵”。但青銅是比较貴重的金属，因此我国一般采用鑄鉄或良质灰鑄鉄作为中小型清水离心泵的叶輪材料，它們的性能虽然比青銅差些，但已能滿足抽清水的要求。功率較大的清水离心泵与軸流泵內，可以用性能比鑄鉄好的不銹鋼作为叶輪的材料。

(二) 泵軸 泵軸的尺寸必須滿足下列三个要求：

(1) 有足够的扭轉强度——必須把泵軸設計得足够粗，使泵軸材料的許用扭轉应力大于实际的扭轉应力。清水离心泵与軸流泵的軸普遍采用碳鋼制造。

(2) 撓度不超过容許值——泵軸除了承受着本身和叶輪的靜荷重外，运转时在叶輪徑向还承受着泵壳內水流的动压力和由于靜荷重重心与泵軸心不重合(轉子不平衡)而引起的离心力。这些力所造成的泵軸撓度必須不超过轉子与定子的間隙，否則会迅速引起金属的磨損，泵的工作也会受到影响。

(3) 轉速不能接近临界轉速——上述离心力与由于泵軸和动力机轉軸的軸綫不对准

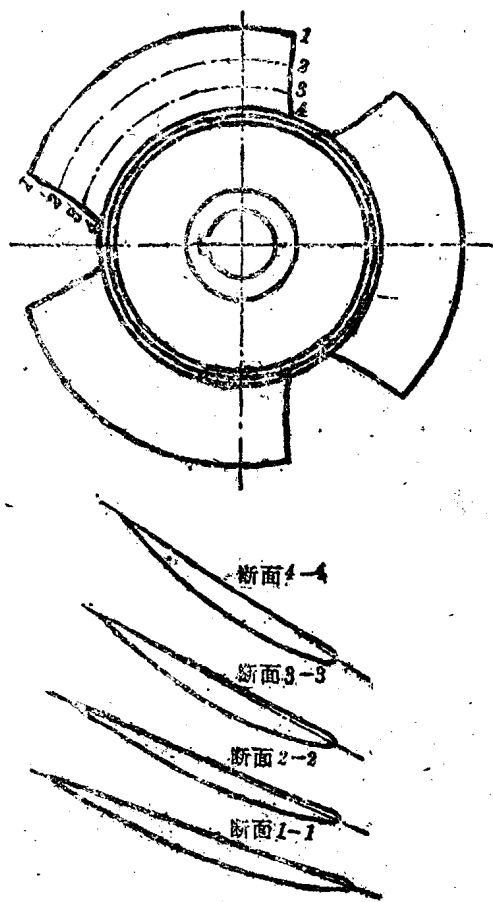


图 1-8 軸流泵的叶輪与叶片

① 叶輪、泵軸等轉动的部分合称轉子，泵壳和其它固定部分合称定子。

而引起的周向力以及其它具有周期性扰动作用的外力会导致轉子的受迫振动。同时，泵軸的形变和其它以程消散着振动的一部分能量，起着阻尼的作用。倘若受阻尼后的受迫振动的頻率与轉子固有振动的頻率相等，就发生共振现象，这时振动的能量由于外力所作的功，作周期性的递增，轉子振幅越来越大，终于使泵軸折毀。

产生共振现象时的泵軸轉速叫作临界轉速。泵軸的轉速必須大于或小于临界轉速，而且两者相差不得小于30%。

泵軸可以是橫軸或豎軸，装有橫軸的泵叫作臥式泵，装有豎軸的泵叫作立式泵。軸流泵也有装斜軸的。

(三)泵壳 泵壳的用途是：(1)把水引向叶輪，并汇集由叶輪流出的水；(2)把叶輪甩出的水的动能化为压能；(3)把所有固定部分联成一体——定子。

离心泵壳的压力侧有两种不同型式：蜗壳式和导水器式。前者的外形如蜗壳，内部具有螺旋道(图1-9)；后者是具有导叶的固定环(图1-10)。有的书把具有导水器的水泵叫做透平式水泵。

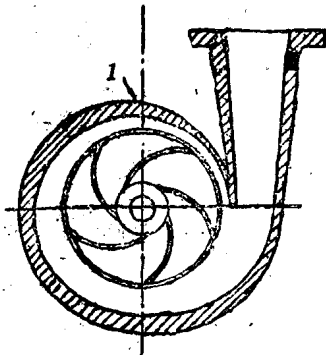


图 1-9 蜗壳式离心泵

1—蜗壳。

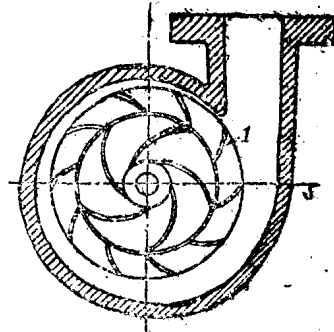


图 1-10 具有导水器的离心泵

1—导叶。

前面说过，轉子和定子間隙处最容易发生金属的磨損。为了既能保持很小的間隙，以减小漏水量，又能代替泵壳与叶輪承受磨損，通常在間隙处的泵壳上安装一个环，或在間隙处的泵壳和叶輪上各安装一个环(图1-11)。这种环在磨損到不能再用时可予以更換。它有上述双重作用，因此可以叫作减漏环，也可以叫作承磨环。如图1-11所示，有的减漏环做成L形或曲折形，目的在于增加水力阻力，借以减小漏水量。采用蜗壳比較符合水动力学要求，并可以大量减少机械加工，但制造合格的蜗壳，和制造合格的叶輪一样，需要很高的鑄造质量，否則效率会大大降低。根据全苏水力机械制造研究所的实驗数据，鑄造质量不高可使小型单級单吸离心泵效率降低10%左右，这个經驗應該引起我国水泵制造者和使用者的注意。

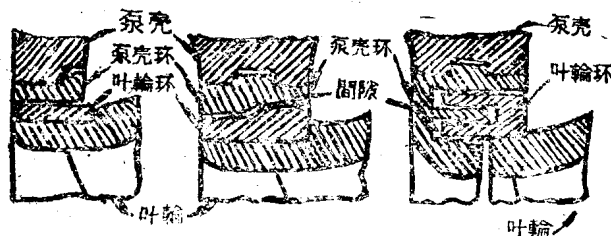


图 1-11 減漏环