

绪 论

水利是农业的命脉。机电排灌是整个水利事业中的一个重要组成部分，是抗御水旱灾害，确保农业增产的重要措施之一，是实现农业机械化、农村电气化的重要物质基础。

一、我国机电排灌事业的发展概况

我国是一个地大物博、历史悠久的国家。早在春秋时代（公元前770~476年），我国人民在劳动中就创造发明了符合杠杆原理的提水工具桔槔，随后又发明符合绞盘原理的提水工具辘轳。到了东汉末年（公元168~189年），又制造了汲水量较大的翻车，即龙骨车。唐宋时代（公元618~1279年），由于轮毂机械的发展和水排与水碓的运转经验导致了筒车的产生，它使连续提水有了可能，并可利用水力资源作动力。元明时代（公元1276~1644年）开始用畜力带动翻车，筒车也有了高转式的。到了明末，还创制了构造比较复杂的斗子水车，即八卦水车。这些工具的发明和创造，不仅促进了国内农业生产的发展，有的还流传到国外，对世界作出了贡献。但是，由于封建地主阶级的长期统治，束缚了生产力的发展，使提水工具的发展陷于停滞状态。十八世纪末叶，钢铁工业的发展和蒸汽机的出现，国外已由简单的提水工具发展成为由蒸汽机驱动的活塞式水泵。十九世纪末，电动机的发明，又发展成由电动机驱动的离心式水泵。我国在本世纪初开始运用机械进行排灌。在杭（州）嘉（兴）湖（州）地区以及太湖附近，首先采用了小型的抽水机和小型煤气机拖带龙骨车进行提水灌溉。1924年，江苏开始使用电动机驱动水泵。但是，在半封建、半殖民地的旧中国，由于帝国主义、封建主义、官僚资本主义的严重压迫和剥削，农村经济濒临破产，广大农民无力购置机械，直到建国初期，机电排灌动力仅有9.42万千瓦，提灌面积378万亩，约占当时灌溉总面积3.72亿亩的1.02%。机电排灌动力不仅数量少，在质量上也是很落后的。

建国后，为了适应工农业建设的需要，农用泵制造业迅速发展，规格品种和产品质量有了大幅度增长和提高。现在，我国不但能生产中小型农用泵，还能设计、制造大型水泵。目前我国最大的轴流泵叶轮直径为4.5米，单泵流量为60立方米每秒，单机功率为5000千瓦。最大的混流泵叶轮直径为5.7米，单泵流量为97.5立方米每秒，单机功率为7000千瓦。最大的离心泵叶轮直径为1.4米，单泵流量为2.2立方米每秒，单级扬程为225米，单机功率为8000千瓦。长轴井泵的最大扬程为270米。一些缺门产品如混流泵、贯流泵、潜水电泵、自吸泵、高速泵、微型泵等有了补充。在农用泵的系列化、标准化和通用化方面也做了不少工作，取得了很大成就。值得指出的是，我国还发展了一种利用水力提水的水轮泵，并已引起有关国际组织和许多国家的极大关注。建国以来，我国的机电排灌事业已经有了相当的规模。据1984年上半年统计，全国机电排灌动力已达5740万千瓦，相当于建国前几十年发展总量的600余倍。机电排灌动力约占全国农用动力的40%，我国农田排灌动力的保有量居世界首位。此外，还有水轮泵6万3千多台，喷灌设备20多万台套。全国使用机

电排灌的农田面积已达 4 亿 5 千万亩，约占全国总耕地面积 15 亿亩的 30%。其中机电提灌面积约 3.9 亿亩，占全国灌溉面积 7.3 亿亩的 53.4%；机电提排面积约 6000 万亩，占全国除涝面积的 25%。水轮泵的灌溉面积约 580 万亩，喷灌面积约 1000 万亩。这些提水设施，在抗旱灌溉、抗洪排涝、改善农业生产条件，改变农村面貌，提供城乡用水等方面发挥了重大作用，并取得显著的社会经济效益。

二、机电排灌事业在我国社会主义建设中的作用

在农田灌溉、排涝工程中，分自流和提水两种方式。机电提水排灌工程系指利用机电提水设备及其配套建筑物进行农田灌溉和排水的工程。机电提水排灌通常适用于自流引水排灌不可能或不经济的场合、采用自流与提水相结合的场合、采用喷灌的场合，以及跨流域调水和抽水蓄能等场合。

我国机电排灌事业发展的特点是：数量大、范围广、类型多、速度快。从工程规模看，多属于中、小型，少量为大型，大、中、小结合。从动力类型看，电力和机械约各占一半。从建站目的看，有灌溉、排水和灌排结合泵站。

我国地域辽阔，自然条件复杂，由于地形和气候的影响，降雨量的季节变化和地区变化都很大。南方沿江滨湖地区，雨量充沛，地势平坦而低洼，汛期江河水位常高于田面，圩内渍水无法排出，渍涝成灾。天旱需灌时，水源水位又低于地面，不能自流灌溉。因而既需提排又需提灌，发展机电排灌工程是保证农业生产的重要措施。如浙江省嘉兴地区，位于太湖流域杭嘉湖平原北部，农业生产以种植水稻为主。据 1982 年统计，全区机电排灌动力已达 23.52 万千瓦，建成泵站一万余座，受益面积 490 万亩。这些泵站在抗旱、排涝斗争中发挥了巨大作用。近几年，该地区粮食产量每亩已接近 1600 斤，每年为国家提供的商品粮几乎等于解放初一年的总产量。我国西北黄土高原地区，塬高沟深，雨量稀少，要发展农业生产，解决人畜饮水，必须发展高扬程提水工程。如 1969 年兴建的甘肃省景泰川电灌工程，总体规划提水 40 立方米每秒，发展灌溉面积 100 万亩，分期建设。1974 年建成第一批工程。其设计流量为 10.56 立方米每秒，灌溉面积 30.42 万亩，分十一级提水，总净扬程 444.64 米，总装机容量为 64200 千瓦，单机最大容量为 2000 千瓦。修建主要泵站 15 座，机组总台数为 88 台。景泰川电灌第一期工程灌区位于该省中北部的景泰县境内，这里少雨干旱，风沙大，年降雨量仅 180 多毫米，而年蒸发量高达 3200 毫米。由于缺水，千百年来大部分土地一直荒芜着。景泰川电灌第一期工程建成后，在原来风沙弥漫的荒滩上建成了田、渠、林、路配套的稳产高产农田。据 1980 年统计，粮食产量人均已达 1204 斤，树木人均已有一百余株。灌区内牧业、副业生产也有所发展。由于荒山变良田，植被面积大幅度增加，加上防风护田林网已初具规模，风沙危害得到一定控制，并初步改变了景泰川的小气候。我国北方平原属于干旱、半干旱地区，降雨量少，地表水缺乏，但地下水资源比较丰富。为了开发利用地下水资源，发展机井可以防旱抗旱，防涝治碱，保证农业稳产高产，同时解决人畜饮水。如河北省石家庄附近及其以东一带是井渠双灌地区，1982 年灌区上游黄壁庄水库蓄水量只能供部分小麦灌一次返青水，以后浇水全靠机井，小麦仍获得亩产 500~700 斤的好收成。山东省禹城县在 10 万亩盐碱地上利用机井抽水灌溉，降低地下水位。据统计，自 1966 年以来，在年提水量为 1000~2000 万

立方米的情况下，土壤脱盐率达30~50%，盐碱地已减少到2万亩以下，粮食产量由1966年的1920万斤上升到1982年的4911万斤，亩产最高的达到658斤。内蒙苏尼特右旗牧区，过去因缺水不能开发利用的草场共216万亩，但自六十年代建设机井以来，每年为10万头牲畜解决了6个月的放牧饮水问题，年纯增收达43.83万元。我国的水资源很不平衡，南方水多，北方水少。为了解决北方缺水问题，需要建设跨流域调水引水工程。江苏省江都排灌站就是连结长江和淮河下游的一项大型调水工程。该站由四座大型排灌站和十三座水工建筑物及引排河道组成。排灌站装机33台，总装机容量为49800千瓦，总抽水流量为473立方米每秒。江都排灌站能抽引长江水北上，直接灌溉大运河和苏北灌溉总渠自流灌区，并为淮北部分地区提供水源。既能及时排除里下河地区的内涝和补充苏北沿海垦区冲淤保港、改良盐碱地的水源，又有利航运、工业和生活供水。这一工程的实施，为彻底改变苏北地区的多灾低产面貌，建设高产稳产农田，加速发展农业生产创造了条件。1978年，江苏省遇到了六、七十年来所未有过的大旱，降雨量只有常年的40%左右。四座排灌站从四月中旬开机，连续运转222天，抽江水63亿立方米，加上配套工程自流引江，使这个地区在大旱之年获得大幅度增产。仅扬州地区就比上年增产20亿斤粮食。1980年，苏北地区受到洪涝灾害的夹击，淮河来水量超过5000立方米每秒，长江高潮时全部超过警戒水位，降雨量比常年多三、四成。由于江都抽水站及时排涝水23亿立方米，加上配套工程及时自流排水，涝水下降速度比1965年快了5倍以上，苏北地区在该年又夺得了丰收。

黄淮海平原是我国粮油棉和多种经济作物的重要产区，也是煤炭、石油和其他许多重要工业的生产基地。由于水资源不足，使这个地区工农业生产的发展受到很大影响。为保证这一地区国民经济的正常发展，国家将兴建南水北调东线工程。这项工程分两个步骤实施。第一期工程先解决黄河以南，京杭运河沿线最紧迫的用水矛盾，并逐步满足这一地区工农业生产和人民生活提高的需要。其调水规模是：自江都排灌站抽江水500立方米每秒，进洪泽湖400立方米每秒，进南四湖下级湖150立方米每秒，进上级湖100立方米每秒，进东平湖50立方米每秒。调水线路主要沿京杭运河的路线，由南而北，经20座大型抽水站把水逐级地抽送到洪泽湖、骆马湖、南四湖等黄河以南的湖泊，如图所示。第二期工程将扩大引江工程规模，并在黄河上建穿黄枢纽工程，把江水穿过黄河自流送到河北、天津，以解决黄河以北缺水最严重地区水资源的供需矛盾。这项工程是作为长江、淮河、黄河、海河四大流域间的水量调度工程，是我国水利建设上的一件大事。

综上所述，机电排灌设施对抗御旱、涝、渍等自然灾害，改善生产条件，提高劳动生产率，确保农田稳产高产，促进农业机械化，农村电气化，都起了重要作用。同时，对工业、生活用水以及航运事业等，也都起着越来越大的作用。

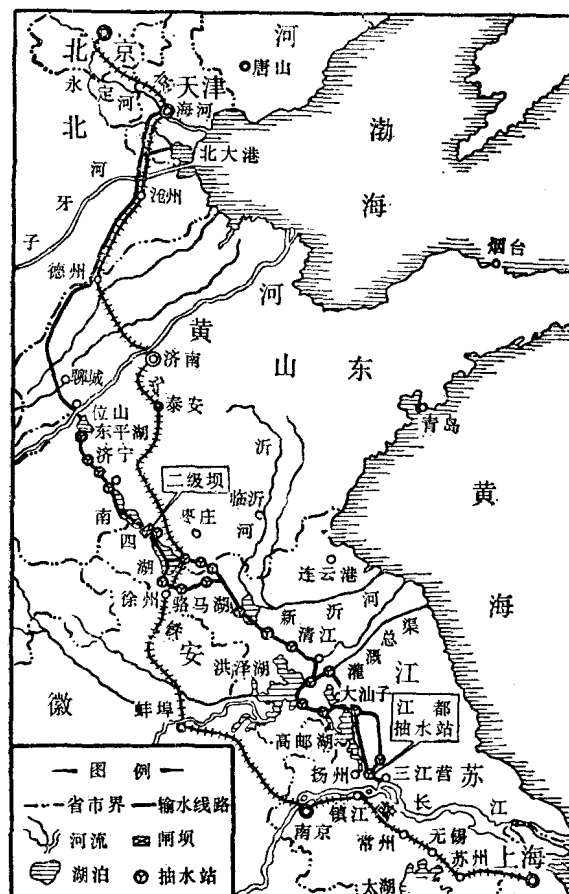
三、当前机电排灌中要解决的几个问题

建国以来，机电排灌事业发展很快，设备、容量和灌排效益都成百倍地增长。但是，随着四个现代化的进展，对机电排灌提出了越来越高的要求。目前我国机电排灌工作中有如下几个主要问题需要解决。

1. 搞好机电排灌规划

我国的机电提水工程虽然有了相当的规模，但还不能满足工农业生产的需要，因此要

继续发展。兴建机电排灌工程，必须认真做好规划工作。制定规划时，要根据建设旱涝保收、高产稳产农田的要求，结合本地区的自然地理条件和社会经济状况，因地制宜进行规划



南水北调东线工程示意图

规划和设计。在规划中要注意提水与自流结合，提水与蓄水结合，提灌与提排结合以及大、中、小泵站结合。合理地处理投资、耗能与效益三者的关系，局部与整体的关系，眼前与长远的关系。要通过认真的经济论证和比较，使机电排灌工程的规划设计方案尽可能作到技术上可行，经济上最优，力求以社会最小的投入获得最大的产出。

2. 提高经济效益

在机电排灌事业迅速发展，由于规划布局不当，选型配套不合理，工程不配套以及设备陈旧落后、安装运行不当等原因，使得泵站的效率低、能耗大、排灌成本高。机电排灌是通过消耗能源而取得效益的水利工程。目前，在我国能源十分紧张的情况下，必须积极进行技术改造，提高泵站效率、节约能源、降低成本。泵站的技术改造是一项技术性、经济性很强的工作，应该从实际情况出

发，通过测试分析，找出影响效益的主要因素，提出具体的技术改造措施，以达到提高经济效益的目的。

3. 加强经营管理

机电排灌站的兴建，只是为农田灌溉、排水创造了一个良好的条件，而管好、用好这些工程和设备，是提高经济效益的重要保证。要做好管理工作，必须建立、健全管理机构，明确职权范围，制定合理的规章制度；要加强机电设备管理，使机电设备经常保持良好的技术状态，确保安全生产；要加强工程管理，进行检查观测和维修，充分发挥工程效益，延长使用寿命；要加强灌排水管理，实行科学的有计划的灌溉、排水，以达到省水、节能、增产的目的；要严格经济核算，加强计划管理、成本管理、定额管理等，并在管好用好排灌设备的前提下，充分利用设备、动力、技术力量，开展综合经营，增加收入，提高自给率。

4. 重视科学研究

机电排灌工程涉及到机、电、水各个方面，是技术性较强的综合性工程。要搞好机电

排灌工程的规划、设计、安装、运行、维护和已建工程的技术改造工作，必须重视科学研究，依靠科学技术进步，才能达到提高经济效益的新水平。例如西北高扬程提水经济评价及提高经济效益的途径，北方机井装置效率的提高，南方机电排灌的合理布局与调节运用，机电排灌的节能途径，机电设备各项性能的测试技术和方法，防止泵站水锤、汽蚀和泥沙淤积的措施，提供节能高效的新型水泵和扩大水泵品种等课题都是当前生产中急需解决的问题。

四、本课程的任务和要求

本课程的任务是使学生获得抽水机与抽水站的基础理论和生产实际知识，能从事水利工程中的中小型抽水站的规划、设计和管理的工作。具体要求是：对叶片泵的工作原理、构造、性能、工况确定及调节方法等具有基本知识，并能进行机泵选型配套；能进行中小型抽水站工程的规划，初步掌握中小型抽水站的进出水建筑物和机房设计方法；具备中小型抽水站的安装、运行、管理方面的基本知识。

第一章 水泵的类型和构造

第一节 泵的定义和分类

泵是一种转换能量的机械，它把动力机的机械能或其他能源的能量传递给所抽送的液体，使液体的能量（位能、压能或动能）增加。用来抽水的泵，称水泵，也称抽水机。

水泵是一种通用机械，它的用途很广，除了农业上用它灌溉与排涝外，国民经济各个部门几乎都要应用它。如城市中的自来水、发电厂的锅炉给水，矿井的排水，油田的注水，潜艇的沉浮等等，都要用水泵来进行工作。所以，它是发展现代化工业、农业必不可少的机械设备之一。

泵的种类很多，按工作原理可分为以下三大类：

1. 叶片式泵

它是利用叶片的旋转运动来输送液体的。按工作原理可分为离心泵、轴流泵和混流泵三种。

离心泵是利用叶轮旋转时使水产生的离心力来工作的。按主轴方向分有卧式泵和立式泵，按叶轮数目分有单级泵和多级泵，按叶轮进水方式分有单吸泵和双吸泵，按是否能自动吸水分有自吸泵和非自吸泵。

轴流泵是利用叶轮旋转时叶片对水产生的推力来工作的。按主轴方向分有立式泵、卧式泵和斜式泵，按叶片调节的可能性分有固定式泵、半调节式泵和全调节式泵。

混流泵是利用叶轮旋转时使水产生的离心力和叶片对水产生的推力来工作的。按结构型式分有蜗壳式泵和导叶式泵。

按照叶片泵构造和使用上的特点分，还有长轴井泵、潜水电泵、水轮泵等。长轴井泵是专门从井中抽水的泵。根据扬程的不同，又分为深井泵和浅井泵。潜水电泵是将电动机和水泵直接制成一体，全部潜入水里工作的泵。根据使用场合不同，又分为深井潜水电泵和作业面潜水电泵。水轮泵是用水轮机作为动力带动水泵工作的泵。

2. 容积式泵

它是利用工作室容积周期性变化来输送液体的。容积式泵又分为往复泵和回转泵两种。往复泵是利用柱塞在泵缸内作往复运动来改变工作室的容积而输送液体的。例如拉杆式活塞泵是靠拉杆带动活塞作往复运动进行提水的，适用于深井提水。回转泵是利用转子作回转运动来输送液体的。例如单螺杆泵是靠螺杆转动时，螺纹所产生的挤压力量进行提水的，适用于深井提水。

3. 其它类型泵

它是指叶片式泵和容积式泵以外的特殊泵。主要有以下几种：

（1）射流泵 它是利用高速工作流体（液体或气体）的能量来输送流体的，在灌排

抽水站中主要用于深井提水、抽真空起动及提高水泵吸程等。

(2) 水锤泵 它是利用水流从高处下泄时的冲力,在阀门突然关闭时产生的水锤压力进行提水的。适用于解决山区、半山区农业生产及生活用水。

(3) 空气扬水机 它是利用空气和水混合后比重减轻而进行提水的。适用于深井提水。在打井工程中,常利用它作为洗井用。

以上各种泵,用于农田排灌的,以叶片式泵为最广。所以,本课程将着重介绍有关叶片泵的构造、工作原理、性能,以及泵型的选择、运用等方面的知识。

第二节 叶片泵抽水装置及其工作过程

由水泵、动力机、传动设备、管路、管路附件,以及进、出水池所组成的抽水总体,统称为抽水装置。只有构成抽水装置后水泵才能发挥其抽水的效益。

一、离心泵抽水装置

图1-1为离心泵抽水装置示意图。卧式双吸离心泵安装在进水池水面之上。泵运行时,动力机通过传动设备带动水泵叶轮旋转,进水池的水经进水管吸入泵内,从叶轮甩出的水经出水管流入出水池。管路系统中装有底阀、闸阀、逆止阀或拍门,以及弯管、渐变接管和测量仪表等附件。

底阀装在进水管的管口,它是个单向阀。它的作用是在水泵起动前,进行人工充水时,不让水漏掉,使水充满进水管和水泵,以便起动抽水。但底阀的水头损失较大,目前生产上大多取消底阀,而代之以其他设施,进行无底阀抽水。一般吸入口径大于300毫米的水泵用真空泵抽气充水。滤网装在底阀的下部,用以防止水中杂物吸入泵内。滤网俗称莲蓬头,一般用铁丝或铸铁制成。

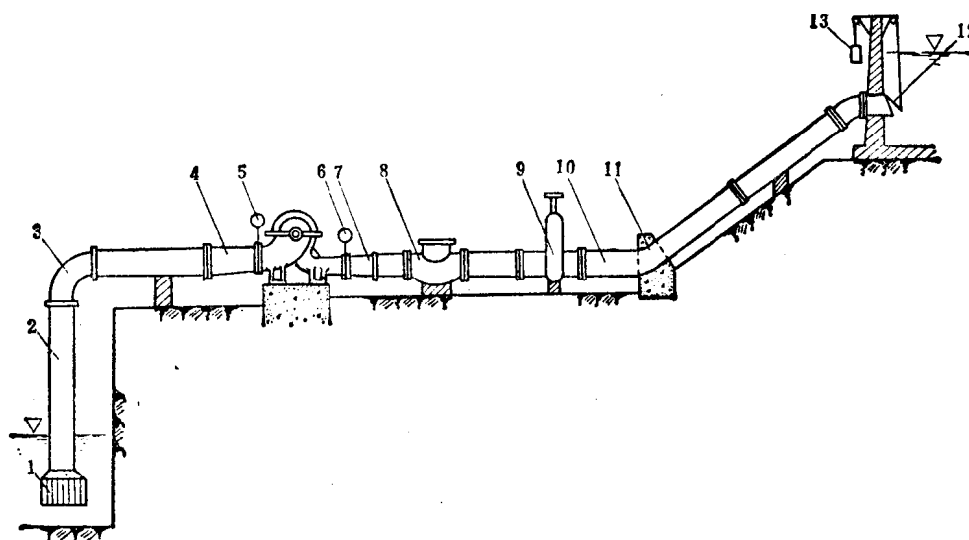


图 1-1 离心泵抽水装置示意图

1—滤网与底阀; 2—进水管; 3—90°弯头; 4—偏心渐缩接管; 5—真空泵; 6—压力表; 7—渐扩接管; 8—逆止阀; 9—闸阀; 10—出水管; 11—45°弯头; 12—拍门; 13—平衡锤

弯管又称弯头，用来改变管路的方向，弯管增加水头损失，管路上应尽量少用。渐变接管又称大小头，用来连接直径与水泵进、出口口径不一致的水管。水泵进口端用偏心渐缩接管，出口端用同心渐扩接管。

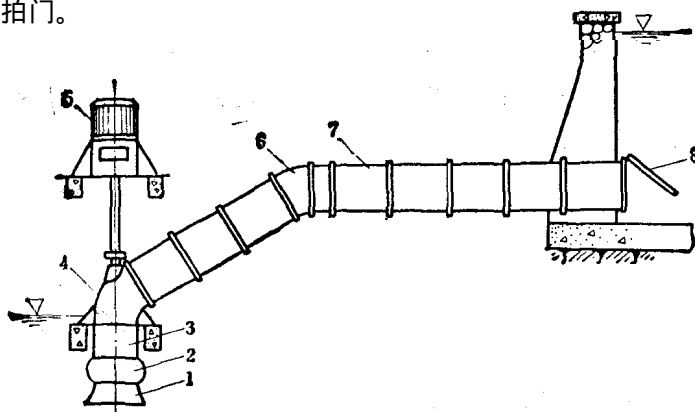
逆止阀装在水泵出口附近的出水管路上，它是一个单向突闭阀，其作用是当事故停机时，阻止出水池和出水管路中的水倒流，避免机组高速反转。但是，安装逆止阀后，不仅增加水头损失，而且由于它的突然关闭，会产生很大的水锤压力，可能导致机组损坏，甚至发生水管爆破事故。因此，目前在一些扬程不高、出水管路较短的泵站均不设逆止阀，而在管路出口用拍门代替，如图 1-1 所示。拍门也是一个单向阀门，由于它淹没于水下，停车时能自动关闭。对于高扬程泵站，目前多采用缓闭逆止阀代替突闭逆止阀。

闸阀一般安装在逆止阀后的出水管路上，它的作用是：离心泵关闸起动，可以降低起动功率，关闸停机；可防止水倒流；抽真空时关闭闸阀，隔绝外界空气；水泵或逆止阀检修时关闭闸阀，截断水流；调节水泵的流量或功率。

真空表和压力表分别安装在水泵的进、出口处，用以监测泵的运行情况。

二、轴流泵抽水装置

小型立式轴流泵抽水装置，如图 1-2 所示。水泵叶轮安装在进水池水面之下。泵运行时，动力机带动叶轮在水中旋转，进水池的水从喇叭管进入叶轮后，经导叶体、出水弯管和出水管流入出水池。由于叶轮淹没在水下，水泵起动前无需充水，故不设底阀和进水管。轴流泵不允许关闸起动，所以出水管路上不装闸阀。为防止停机时水倒流，仅在出水管路出口处设置拍门。



1—喇叭管；2—叶轮；3—导叶体；4—出水弯管；5—电动机；6—45°弯头；
7—出水管；8—拍门

混流泵抽水装置与离心泵抽水装置相同，但管路附件比较简单。当采用真空泵充水时，一般不用“三阀”（底阀、逆止阀、闸阀），仅在出水管路出口装设拍门。

第三节 叶片泵的工作原理与构造

一、离心泵

（一）离心泵的工作原理

离心泵是利用叶轮旋转而使水产生的离心力来工作的。图 1-3 为离心泵抽水示意图。

水泵在起动前，应先将泵壳和进水管灌满水，或用真空泵抽气。当动力机带动叶轮在泵体内旋转时，叶片拖带水使其作旋转运动水在离心力的作用下甩向叶轮外缘，并汇集到泵壳内。由于泵体的断面逐步增大，水流速度减慢，压力增加，于是有压水沿出水管输送出去。水被甩出后，在叶轮进口处形成负压或真空，而作用于水源水面上的压力为一个大气压，所以水源的水就通过进水管吸进了叶轮。叶轮不停地旋转，水就不不断地被甩出，又不断地被补充，这样连续不断地把水排出去又吸上来，这就是离心泵的工作原理。

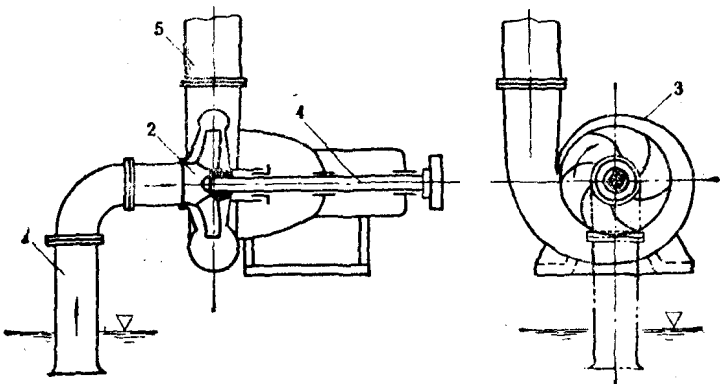


图 1-3 离心泵工作原理图
1—进水管；2—叶轮；3—泵体；4—泵轴；5—出水管

（二）离心泵的构造

离心泵的品种较多，下面简略介绍单级单吸悬臂式离心泵、单级双吸离心泵和分段式多级泵的构造。

1. 单级单吸悬臂式离心泵

单级单吸悬臂式离心泵常为卧式，如图1-4所示。它的结构如图1-5所示。这种泵叶轮仅有一个，液体从叶轮的一面进入，泵轴的一端用轴承支承，另一端悬臂端装有叶轮。所以，该型泵称为单级单吸悬臂式离心泵。其主要零件有叶轮、泵壳、密封环、填料函、泵轴，轴承等。分述于下。

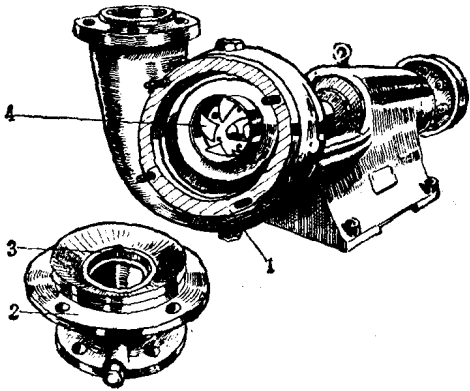


图 1-4 单级单吸悬臂式泵
1—泵体；2—泵盖；3—密封环；4—叶轮

（1）叶轮 叶轮是泵的核心，它的作用是将动力机的机械能传递给液体，使液体的能量增加。因此，它的几何形状、尺寸、所用材料和加工工艺等对泵的性能有极密切的关系。

农用离心泵一般采用封闭式叶轮，它由前盖板、叶片、后盖板和轮毂组成，如图1-6所示。盖板之间装有6~12片向后弯曲的圆柱形或扭曲形叶片。叶片和盖板的内壁构成了弯曲的槽道，称为叶槽。叶轮前盖板中间有一个进水口，水从进水口吸入，流过叶槽后再从叶轮四周甩出。所以，水在叶轮中的流动方向是轴向进水，径向出水。

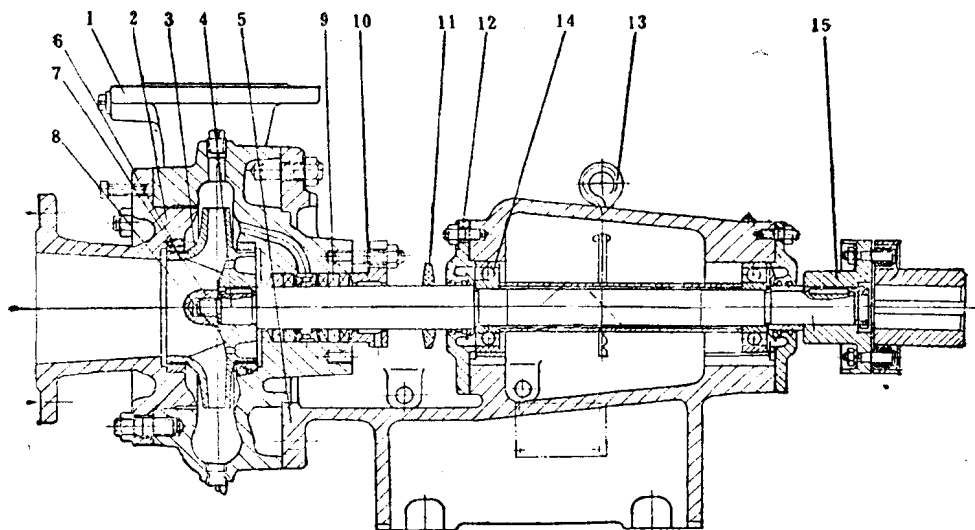


图 1-5 单级单吸悬臂式离心泵（BA型乙式）结构图

1—泵体；2—泵盖；3—叶轮；4—泵轴；5—托架；6—密封环；7—叶轮螺母；8—外舌止退垫圈；9—填料；10—填料压盖；11—挡水圈；12—轴承端盖；13—油标尺；14—滚珠轴承；15—联轴器

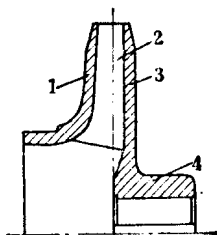


图 1-6 封闭式叶轮

1—前盖板；2—叶片；3—后盖板；4—轮毂

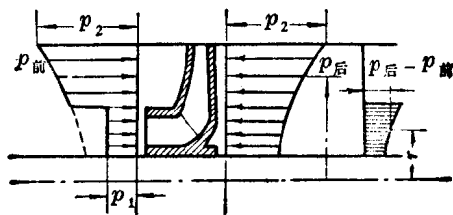


图 1-7 叶轮两侧压力分布图

叶轮尺寸基本上是根据流体力学计算并通过模型试验决定的，同时必须具有足够的机械强度。排灌用泵的叶轮大多用铸铁制成，大型水泵叶轮的材料一般用铸钢制成。叶轮铸件质量应符合要求，铸件不得有砂眼、气孔、裂纹等缺陷，叶槽要光滑平整，不得有粘砂、毛刺及凹凸不平，否则会影响泵的性能和叶轮使用寿命。

泵在运行时，由于作用在叶轮两侧的压力不相等，因此产生了一个指向进水侧的较大的轴向力。如图 1-7 所示。此力会使叶轮和轴发生串动，叶轮与泵壳发生摩擦，造成零件损坏。因此，必须设法平衡或消除作用在叶轮上的轴向力。对单吸式离心泵常用平衡孔平衡轴向力如图 1-5、1-8 所示。在叶轮后盖板靠近轮毂处开平衡孔，并在相应位置的泵体上加装密封环。压力水经泵体上密封环的间隙，再经平衡孔，流向叶轮进口，使叶轮两侧的压力大致平衡。但是，开了平衡孔后，水泵的效率有所降低。所以，对口径小的低扬程水泵，由于轴向力不大，滚动轴承可以承受，而不开平衡孔。

（2）泵壳 泵壳由泵盖和泵体组成，如图 1-5 所示。泵盖为泵的吸水室，是一段渐缩的锥形管，它的作用是把水以最小的损失均匀地引向叶轮。泵体为泵的压水室，由断面

逐渐增大的螺旋线流道和扩散管组成，由于它的外形象蜗牛壳，故又称蜗壳。如图 1-9 所示。它的作用是汇集从叶轮甩出来的水，送往出水管；降低水流速度，将水流的大部分动能转换为压力能；消除水流的旋转运动。泵盖和泵体一般用铸铁制成。泵盖进水口法兰上，制有安装真空表的螺孔。泵体出水口法兰上，制有安装压力表的螺孔。泵体顶部设有放气栓或加水孔，以便启动时抽真空或灌水。泵体底部设有放水孔，当泵停止使用时，泵内的水由此放出，以防锈蚀和冬季冻裂。

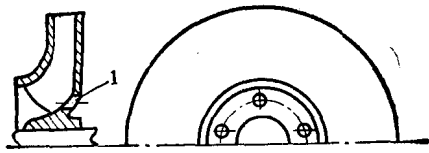


图 1-8 平衡孔示意图
1—平衡孔

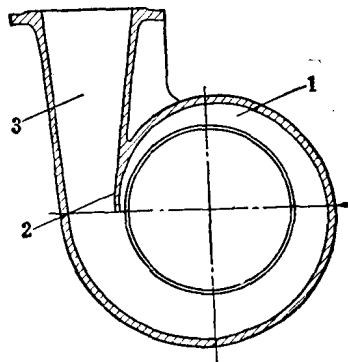


图 1-9 蜗壳
1—螺旋形流道； 2—隔舌； 3—扩散管

(3) 密封环 由于叶轮进口外缘与泵盖内缘之间留有间隙，这一间隙如过大，则泵体内高压水便会经过此间隙漏回到叶轮的进水侧，从而减少水泵的实际出水量，降低水泵的效率；这一间隙如过小，叶轮转动时就会和泵盖发生摩擦，引起机械磨损。为了尽可能减小漏水损失，同时又能保护泵盖不被磨损，在泵盖上或泵盖和叶轮上分别装一铸铁圆环，如图 1-5 所示，该环磨损后可以更换。因为该环既可减少漏水，又能承受磨损，且位于水泵进口，故称密封环，又称减漏环、承磨环、口环等。

除上述径向间隙密封外，目前有些离心泵采用轴向间隙密封，又称端面密封，如图 1-10 所示。密封环与泵壳之间采用过渡配合，轴向间隙可以移动密封环的位置来调整。

(4) 填料函 在泵轴穿过泵体处，为了防止高压水通过该处的间隙向外大量流出和空气进入泵内，必须设置轴封装置。一般用填料密封装置，称填料函。它由底衬环、填料、水封环、水封管和压盖等零件组成，其构造如图 1-11 所示。填料又称盘根，常用的有

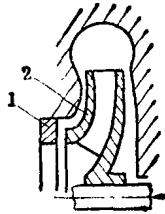


图 1-10 轴向间隙密封示意图
1—密封环； 2—叶轮

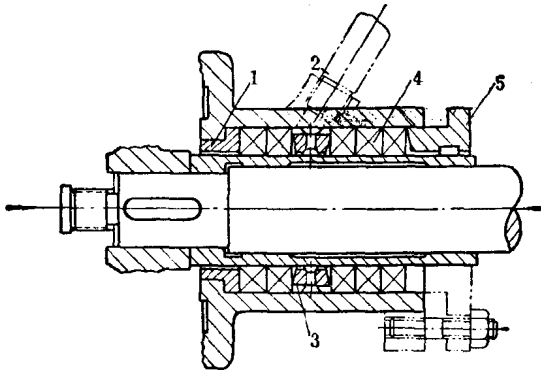


图 1-11 填料函构造图
1—底衬环； 2—水封管； 3—水封环； 4—填料； 5—填料压盖

石墨浸透的石棉填料以及石墨或黄油浸透的棉织填料等，外表涂黑铅粉，断面一般为方形。它的作用是填充间隙进行密封，通常用 4~6 圈。每圈的接头斜切成 30 度。装填料时，填料接头必须错开，通常交错 120 度。使用一定时期后，填料会磨损或硬化，应及时更换。填料的中部装有水封环，一般用铸铁制成，它是一个中间凹下外周凸起的圆环，该环对准水封管，环上开有若干个小孔。当水泵运转时，泵内的压力水通过水封管进入水封环渗入填料进行水封，同时还起着冷却、润滑泵轴的作用。底衬环和压盖通常用铸铁制作，套在轴上填料的两端，起阻挡和压紧填料用。填料压紧的程度，用压盖上螺丝来调节。如压得过紧，虽然能减少泄漏，但填料与轴套摩擦损失增加，缩短填料和轴套的使用寿命，严重时造成发热、冒烟，甚至将填料与轴套烧毁；压得过松，则会大量漏水，降低效率，甚至在泵的低压区有透入空气的危险。一般比较合适的压紧程度是使水能一滴一滴连续漏出为宜。填料密封装置结构简单，价格低廉，拆装方便，但填料本身易磨损变质，使用寿命短，需经常更换，且密封性能较差。所以，近年来国内外已采用了一些新的密封方法，如机械密封、有骨架的橡胶密封等。

机械密封如图 1-12 所示。由七个零件组成，静环和静环座被压在密封座内，动环组合件 1、2、3、4、5 装在泵轴上。弹簧的一端嵌在弹簧座上，另一端嵌在叶轮轮毂上。泵运行时，动环受水压和弹簧压力的作用，紧压在静环上作相对运动。在密封面上有一层液膜，起密封、润滑和冷却作用。机械密封的密封性能好，寿命长，消耗功率少，结构尺寸小。但结构较为复杂，需要一定的加工精度和安装技术，成本较高。用于密封有较高要求的泵上。

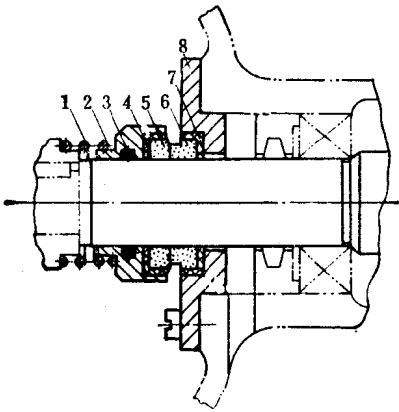


图 1-12 机械密封构造图

1—弹簧；2—弹簧座；3—O形胶圈；4—动环座；
5—动环；6—静环；7—静环座；8—密封座

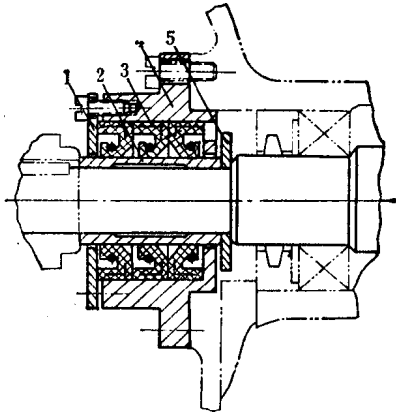


图 1-13 有骨架的橡胶密封构造图

1—压盖；2—轴套；3—有骨架的橡胶密封；4—密封座；5—挡水圈

有骨架的橡胶密封如图 1-13 所示。由密封座、有骨架的橡胶密封、轴套、压盖等组成。它是利用橡胶的弹力和弹簧压力将密封紧压在轴（或轴套）上进行密封。这种密封结构的优点是结构简单，体积小，密封效果比较显著。缺点是寿命短，安装要求较严。用于小型离心泵。

(5) 泵轴 泵轴是传递动力的零件。要求有足够的强度和刚度，用不低于 35 号的优质碳素钢制成。泵轴要直，以免在运转时，由于轴的弯曲引起叶轮摆动过大，加剧叶轮与

密封环的摩擦，损坏零件。泵轴一端用键、叶轮螺母和外舌止退垫圈固定叶轮，另一端装联轴器或皮带轮。为了防止填料与轴直接摩擦，有些离心泵的轴，在与填料接触部位装有轴套，轴套磨损后可以更换。

(6) 轴承 轴承用以支承转动部分的重量以及承受泵运行时的轴向力和径向力。根据轴承结构的不同，可分为滚珠轴承和滑动轴承两种。单级单吸泵采用滚珠轴承。

泵轴的支承方式有甲式和乙式两种。甲式泵泵轴的一个支承是滚珠轴承，用钙基黄油润滑，另一个支承是压入泵体内的填料套（即底衬环），用水润滑。乙式泵泵轴支承在轴承体两端的滚珠轴承上，用稀油润滑，如图 1-5 所示。滚珠轴承安装在托架的轴承体内，其内径与泵轴一般用过渡配合，外径与轴承体用过渡配合，两端用轴承端盖压紧。轴承端盖下方铣有一个小槽，小槽通过托架轴承体下部的小孔与油室相通，作为回油用。油室配有油标尺，用来检查油室内油位。油室侧面下方制有放油用的螺孔。挡水圈由橡胶制成，用来防止水渗入托架轴承体内。

我国有关部门对 BA 型泵的结构进行了革新，采用国际标准 ISO2858，制定了 B 型泵系列产品。这种泵是后开门式的结构，如图 1-14 所示。与 BA 型相比较，它的效率高、成本低、安装检修方便。

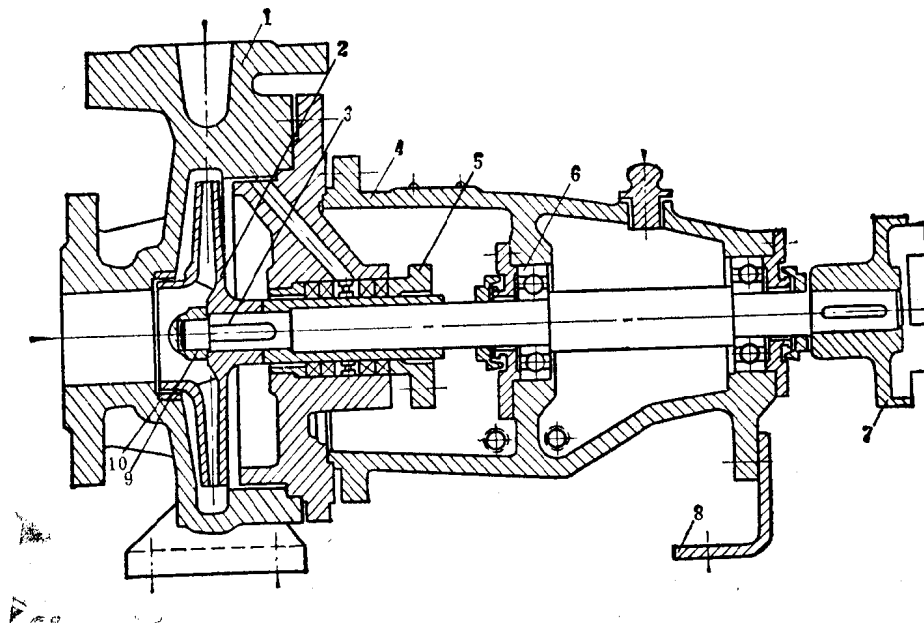


图 1-14 B 型离心泵结构图

1—泵体；2—叶轮；3—泵轴；4—轴承体；5—填料压盖；6—滚珠轴承；7—联轴器；8—支架；
9—叶轮螺母；10—密封环

单级单吸悬臂式离心泵的特点是扬程较高，流量较小；结构简单，维修容易；体积小，重量轻，移动方便；泵的出水口方向可根据安装使用要求作 90 度、180 度及 270 度的调整。其吸入口直径为 50~200 毫米，流量在 12.5~400 立方米每时、扬程在 20~125 米范围内。用于丘陵山区的一些小型灌区。

2. 单级双吸离心泵

单级双吸离心泵如图 1-15 所示，它的结构如图 1-16 所示，其主要零件与单级单吸离心泵基本相似。泵体与泵盖共同构成半螺旋形吸水室和蜗形压水室，两者均用铸铁制成。泵盖顶部设有安装抽气管的螺孔，泵体下部设有放水用的螺孔。泵的吸入口和出水口均在泵体上，与泵轴垂直，呈水平方向。水从吸入口流入后，沿着半螺旋形吸水室从两面流入叶轮，所以该型泵称双吸泵。因为泵盖与泵体的连接缝是水平中开的，所以又称水平中开式泵。叶轮的形状是对称的，好象是把两个相同的单吸泵叶轮背靠背地连结在一起，一般用铸铁制成。叶轮用键、轴套和轴套螺母固定在泵轴上。叶轮相对于泵体的位置可用两边的轴套螺母来调整，使其对中。泵壳内壁与叶轮进口外缘配合处，装有密封环两只，在密封环上有凸起的半圆环，嵌在泵体凹槽内，起定位作用。泵轴穿出泵壳的地方装有填料函，由填料套、填料、水封环、水封管和填料压盖组成。压力水通过泵盖上的水封管流入填料周围，起水封、冷却和润滑作用。泵轴两端由装在轴承体内的轴承支承。按照轴承结构的不同，又可分为甲、乙两种型式。甲式泵泵轴的两个支承都是滚珠轴承，如图 1-16 所示。乙式泵泵轴的两个支承都是巴氏合金滑动轴承。从进水口方向看，轴的右端安装联轴器，与电动机直接连接。在联轴器端不允许用皮带传动，若需用皮带传动时，必须另设传动架或传动装置支持皮带轮。从联轴器端看，泵为逆时针方向旋转。

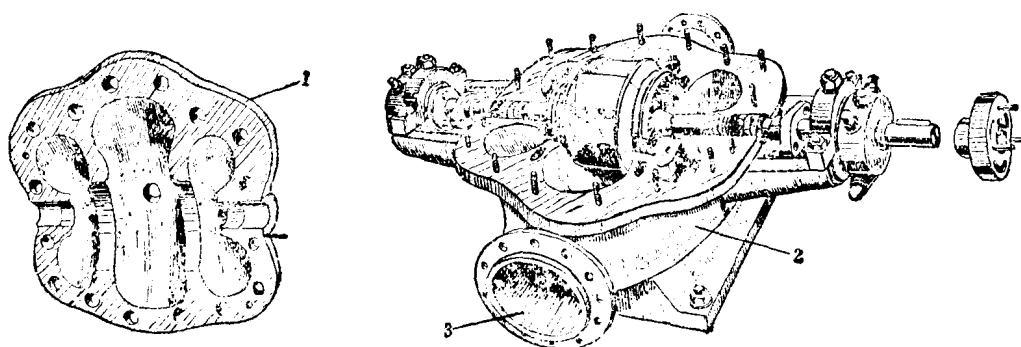


图 1-15 单级双吸离心泵
1—泵盖；2—泵体；3—吸入口

我国有关部门对 Sh 型泵进行了革新，制订了 S 型系列。S 型泵充分利用原有 Sh 型系列中较优的水力模型。在结构上取消了吸水室和压水室间的泥芯室；取消了水封管部件，在泵盖上铸有水封槽；350 毫米以上的泵，用滚动轴承代替滑动轴承。S 型泵的性能比 Sh 型泵先进，吸程和效率都有所提高，同时重量有所减轻。

单级双吸式离心泵的特点是流量较大，扬程较高；泵壳是水平中开的，检修水泵时，只要揭开泵盖就可以检查泵内全部零件，无需拆卸进、出水管路和移动电机，所以安装、维修都较方便；由于叶轮对称布置，基本上没有轴向力，故运转比较平稳。但这种泵比较笨重，机组占地面积较大，适宜于固定使用。我国常用的单级双吸泵，其吸入口直径为 150~400 毫米，扬程在 12~125 米、流量在 162~18000 立方米每时范围内。广泛使用在丘陵山区较大面积的农田灌溉。

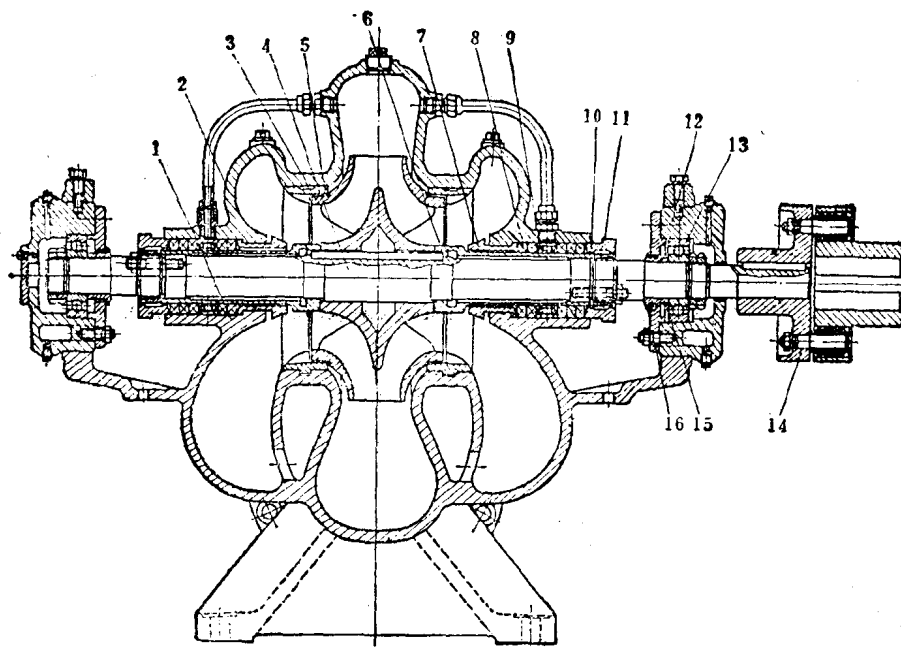


图 1-16 单级双吸离心泵 (Sh型甲式) 结构图

1—泵体；2—泵盖；3—叶轮；4—泵轴；5—密封环；6—轴套；7—填料套；8—填料；9—水封环；10—填料压盖；11—轴套螺母；12—轴承体；13—滚珠轴承；14—联轴器；15—轴承挡套；16—轴承端盖

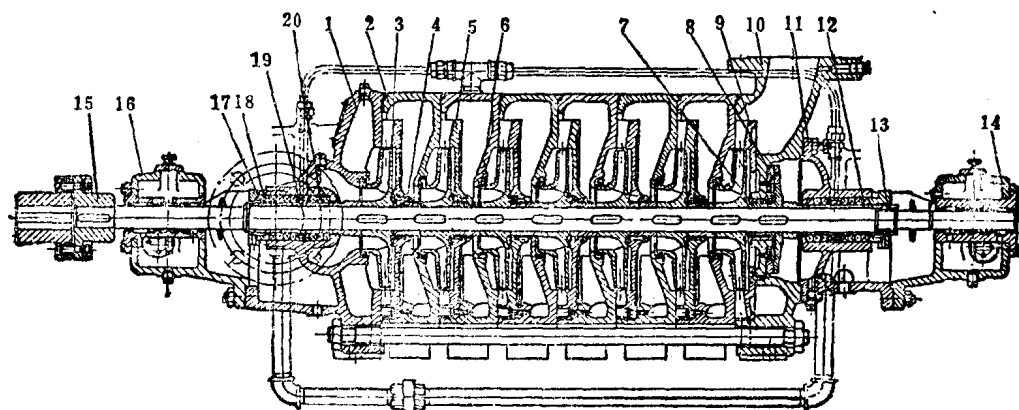


图 1-17 分段式多级离心泵结构图

1—进水段；2—中段；3—叶轮；4—泵轴；5—导叶；6—密封环；7—平衡盘；8—平衡环；9—出水段导叶；10—出水段；11—尾盖；12—轴套乙；13—轴套螺母；14—轴承乙部件；15—弹性联轴器部件；16—轴承甲部件；17—轴套甲；18—填料压盖；19—水封环；20—填料

3. 分段式多级离心泵

分段式多级离心泵的结构如图 1-17 所示，它是将若干个单吸式叶轮装在一根轴上串联而成，轴上的叶轮数目代表水泵的级数。泵体由进水段（进水部分）、中段（叶轮部分）和出水段（出水部分）组成，各段用长螺杆连接成为一整体。吸入口位于进水段上，成水

平方向。出水口在出水段上，垂直向上。水泵运行时，水流从第一级叶轮排出后经导叶进入第二级叶轮，再从第二级叶轮排出后经导叶进入第三级叶轮，依此类推。叶轮级数愈多，液体得到的能量愈大，扬程就愈高。泵体两端有轴封装置。进水段和中段的内壁与叶轮前盖板外缘配合处装有密封环。

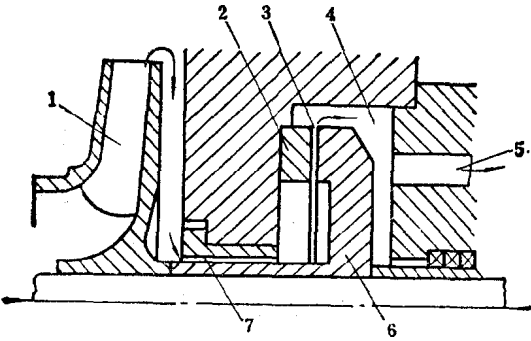


图 1-18 分段式多级泵的平衡盘装置

1—末级叶轮； 2—平衡板； 3—轴向间隙； 4—平衡室；
5—连通管； 6—平衡盘； 7—径向间隙

由于各级叶轮均为单侧进水，水的轴向力较大，为平衡其轴向力，在末级叶轮后面装设平衡盘，如图 1-18 所示。平衡盘用键固定于轴上，随轴一起旋转。泵运行时，末级叶轮排出的压力水经径向间隙和轴向间隙进入平衡室，最后经连通管流回第一级叶轮的吸入口。由于连通管与水泵叶轮吸入口相通，因而平衡盘后面的水流压力和水泵吸入口压力比较接近。平衡盘上便产生一个方向与轴向力相反的力，这个力称平衡力。当叶轮上的轴向力大于平衡盘上的平衡力时，叶轮就会向前移动，轴向间隙减小，从而使平衡力增加。叶轮不断向前移动，平衡力就不断增加，直至和轴向力平衡时，叶轮就不再向前移动。反之，当轴向力小于平衡力时，叶轮向后移动，轴向间隙增大，平衡力减小，直至和轴向力平衡时，叶轮就不再向后移动。由此可见，平衡盘装置可自动的平衡轴向力。

分段式多级离心泵的特点是流量小，扬程高。但结构较复杂，拆装较困难。我国的中压分段式多级泵，一般流量在 6.25~450 立方米每时、扬程在 25~650 米范围内。适用于高原山区农田灌溉。

二、轴流泵

（一）轴流泵的工作原理

轴流泵的工作原理与飞机飞行原理相仿。飞机靠飞行时机翼上产生的升力，支持它在空中飞行。轴流泵靠叶轮旋转时，叶片对绕流液体产生的升力（又称推力）工作。图 1-19 为轴流泵抽水示意图。

轴流泵叶片剖面和飞机机翼剖面相似，一般称机翼剖面为翼型。如果用同轴圆柱面切割轴流泵叶轮，将切得的截面展开成平面，就得到等距离排列的一系列翼型，称叶栅，如图 1-20 所示。翼型的前端圆钝、后端尖锐，上表面（叶片工作面）较平、下表面（叶片背面）较弯。当叶轮在水中旋转时，水流对于叶栅产生了沿翼型表面的绕流，水流以速度 w_{π} 与翼弦（翼型的前端和后端连接的直线）成 α 角流过。水流沿着翼型下表面的流动速度要比沿着翼型上表面的流动速度快，相应地，

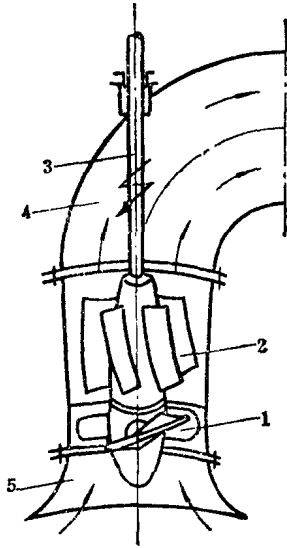


图 1-19 立式轴流泵抽水示意图

1—叶轮； 2—导叶； 3—泵轴； 4—出水弯管； 5—喇叭管

翼型下表面的压力要比上表面小，因此就产生了方向向下的作用力 R ； R 在 w_{π} 方向分力 R_D 为阻力，垂直于 w_{π} 的分力 R_L 为升力。由于叶片只能转动而不能上下移动，因而翼型对水也产生一个方向向上的力 R' 。合力 R' 可分解成沿轴向的分力 R'_z 和垂直于轴向的分力 R'_u 。前者使水沿泵轴上升，后者使水在叶轮中绕轴旋转。为了消除水流的旋转运动，并使一部分水流动能转变为压能，在叶轮后设有导叶，把流向导成轴向，使水流平顺地通过出水弯管经出水管流入出水池，如图 1-19 所示。

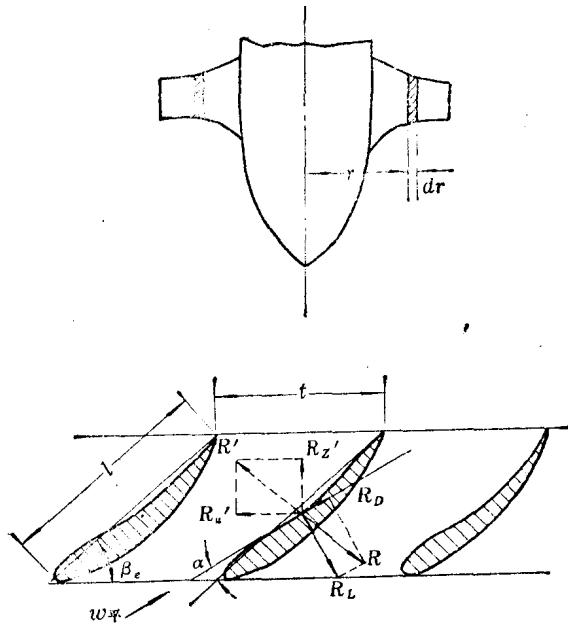


图 1-20 叶轮的圆柱截面及展开后所得的叶栅和作用在翼型上的力

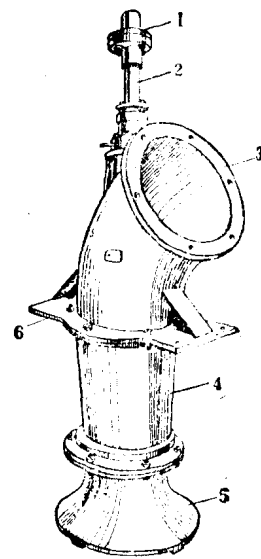


图 1-21 立式轴流泵外形图
1—联轴器； 2—泵轴； 3—出水弯管； 4—导叶体； 5—喇叭管； 6—水泵支座

(二) 轴流泵的构造

轴流泵按照泵轴的安装方式分有立式、卧式和斜式三种，它们的结构基本相同。目前使用较多的是立式轴流泵，如图 1-21 所示。它的结构如图 1-22 所示。其主要零件有：喇叭管、叶轮、导叶体、出水弯管、泵轴、橡胶轴承、填料函等。分述于下。

1. 喇叭管

喇叭管为中小型立式轴流泵的吸水室，它的作用是把水以最小的损失均匀地引向叶轮，如图 1-22 所示。喇叭管的进口部分呈圆弧形，进口直径约为叶轮直径的 1.5 倍左右，用铸铁制造。在大型轴流泵中，常用肘形或钟形进水流道（见第十章第一节）。

2. 叶轮

轴流泵的叶轮是开敞式（无前后盖板）的，它通常是由叶片、轮毂、导水锥等几部分组成，一般用优质铸铁制成，大型泵多用铸钢制成。

轴流泵的叶片一般为 2～6 片，呈扭曲形，装在轮毂上，如图 1-23 所示。根据叶片调节的可能性分有固定式、半调节式和全调节式三种。固定式的叶片和轮毂铸成一体。半调