

绪 论

一、化工机器的特点及其在石油化学工业中的作用

化工机器在过程工业生产中应用量大、应用面积广,起着心脏、动力和关键设备的重要作用,选好化工机器对工厂设备投资、产品质量、成本和效益等都具有十分重要的意义。

化工工艺过程种类繁多,各种过程进行的条件往往也各不相同,但大部分工艺过程都具有高温、高压、低温、低压、易腐蚀、有毒和易燃、易爆等特性,生产过程大都具有连续性,因此化工机器需与化工过程及化工企业特点相适应。

第一,化工机器要有较高的生产能力。近几十年来,化工生产采用大型生产装置是一个明显的趋势,生产装置的大型化必须要求化工机器与生产能力相适应。

第二,化工机器要具备较高的生产效率。

第三,在化工生产过程中,化工机器要求具有良好的安全性、密封性。

第四,化工生产用的机器需要长期连续运转,一旦停机将会造成严重的后果,故必须采取各种措施保证机器能长周期、安全、可靠、稳定地运行。

化工机器是以流体为介质进行能量转换与输送的机械,如水泵、风机、压缩机、水轮机、汽轮机等,主要用来给流体增加压力与输送流体,使其满足各种生产条件的工艺要求,保证连续性的管道生产,参与生产环节的制作,作为辅助性生产环节的动力气源、控制仪表的用气、环境通风等。化工机器在国民经济生产中,如煤炭、石油化工、电力、冶金、机械、建筑、交通运输、医药、食品、城市给排水、农业灌溉、环境治理、航空航天、国防装备等领域都有广泛而重要的用途。

二、本课程的性质、任务和内容

化工机器是为化工生产过程服务的,它是决定化工生产安全、产品质量和数量及产品成本的重要因素,因此本课程在整个专业课程体系中占具十分重要的地位,是培养化工机械检修人员和技术人员的重要组成部分。

学生通过对本课程的学习,能全面熟悉典型化工机器的基本结构、工作原理、检修维护方法,能熟悉从事化工机器维修、安装制造及管理的基础理论知识,较好地掌握化工机械检修的操作技能,从而具有从事化工机器的操作、维护、维修、选型和技术改造的能力和创新能力,这不仅是化工发展的需要,而且是化工生产优质、高产、稳定、安全运行的重要保证。

2 | 化工机器

化工生产过程中所用到的化工机器种类繁多,每种机器除了有各自的特点外,也具有结构和原理的普遍性特点,如泵、离心机、压缩机等结构上都具有以一定转速旋转的部件等。学生除了要对典型化工机器的原理作用、结构特点进行学习外,更要注重对化工机器拆装、维护等实操能力的培养。本课程介绍了化工生产过程中常用到的几类化工机器的结构原理、分类及应用特点,同时也着重介绍了其拆装检修操作和常见故障排除的方法知识;在转子的平衡部分,介绍了转子不平衡的原因、种类,平衡转子的方法、技术和设备;基于化工生产的特点,本课程讲授了动、静密封的常用知识,企业管理和安全检修的基础知识。

三、本课程的教学要求和学习方法

化工机器是一门理论性和实践性较强的课程,学生通过本课程的学习,需达到下列基本要求:

- (1)熟悉主要化工机器如离心泵、活塞式压缩机、离心式压缩机、风机等的工作原理、性能、结构特点和运转特性,具有正确使用、选型以及进行检修维护与故障分析的能力。
- (2)掌握化工机器常用密封和转子平衡的理论知识、基本操作技能和设备使用方法。
- (3)能查阅有关化工机器的资料、标准、图表、规范及手册等。

本门课程内容多,实践性强,因此在学习时要特别注意理论联系实际,将学到的知识不断地在生产实践中进行深化。在教学过程中,除课堂教学外,必须较多地组织实习,采取理论联系实际的方法,使课堂教学和实际操作相结合、校内教育和现场教学相结合,做到课堂教学实习化、实习教学课堂化,将理论知识与动手能力相结合,提高学生认识问题、解决问题的能力。

单元一 机 泵

课题一 概 述

在化工和石油部门的生产中,原料、半成品和成品大多是液体,而将原料制成半成品和成品,需要经过复杂的工艺过程,泵在这些过程中起到了输送液体和提供化学反应的压力流量的作用,此外,泵还用在很多装置中调节温度。

在农业生产中,泵是主要的排灌机械。我国农村幅员广阔,每年农村都需要大量的泵,一般来说农用泵占泵总产量的一半以上。在矿业和冶金工业中,泵也是使用最多的设备。矿井需要用泵排水,在选矿、冶炼和轧制过程中,需用泵来供水等。在电力部门,核电站需要核主泵、二级泵、三级泵,热电厂需要大量的锅炉给水泵、冷凝水泵、油气混输泵、循环水泵和灰渣泵等。在国防建设中,飞机襟翼、尾舵和起落架的调节、军舰和坦克炮塔的转动、潜艇的沉浮等都需要用泵。高压和有放射性的液体,有的还要求泵无任何泄漏等。

总之,无论是飞机、火箭、坦克、潜艇,还是钻井、采矿、火车、船舶,或者是日常的生活,到处都需要用泵,到处都有泵在运行。正是这样,才把泵列为通用机械,它是机械工业中的一类主要产品。

一、泵在石油化学工业中的应用

泵是用来输送液体并提高液体压力的机器,它是一种水利转换机械,从原动机得到能量的一小部分用于克服泵转动时所受到的阻力,大部分能量传给了液体,使液体具有一定的静压能和动能。图 1-1 所示为常见的化工泵。

泵是国民经济中应用最广泛、最普遍的通用机械,除水利、电力、农业和矿山等方面大量采用以外,尤其是在石油化工生产中用量最多,而且化工生产中原料、半成品和最终产品很多都是具有不同物性(如腐蚀性、固液两相性、高温或低温等)的液体,化工生产的这种特点要求有大量的具有一定特点的化工用泵来满足工艺上的要求,因此泵在石油化工生产中占有极其重要的地位。

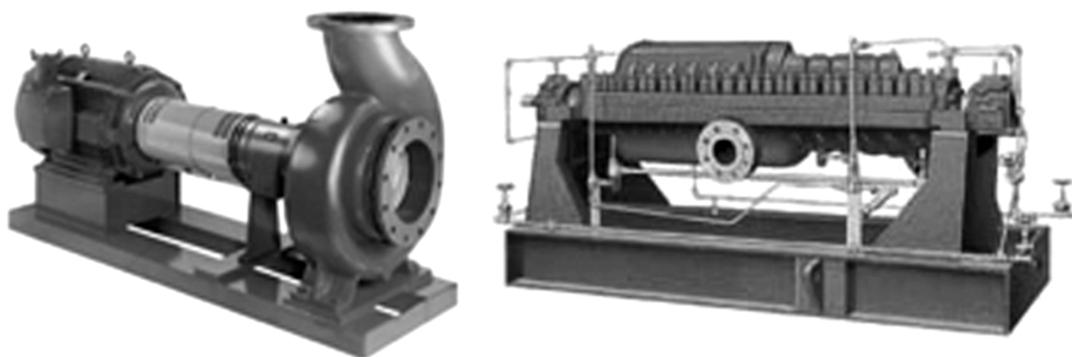


图 1-1 常见的化工泵

二、泵的分类

泵的用途极其广泛,种类繁多,分类方法也各不相同。下面简单介绍几种常用的泵的分类方法。

(一)按工作原理分类

按工作原理进行分类,泵可分为叶片泵、容积泵和其他类型泵。

1. 叶片泵

叶片泵也称透平式泵,其工作原理主要是依靠泵内做高速旋转的叶轮把能量传递给被输送的液体,从而实现液体的输送。这种类型的泵可按叶轮结构形式的不同分为离心泵、轴流泵、混流泵、旋涡泵等,如图 1-2 所示。



视频
化工泵的认识、
分类及型号

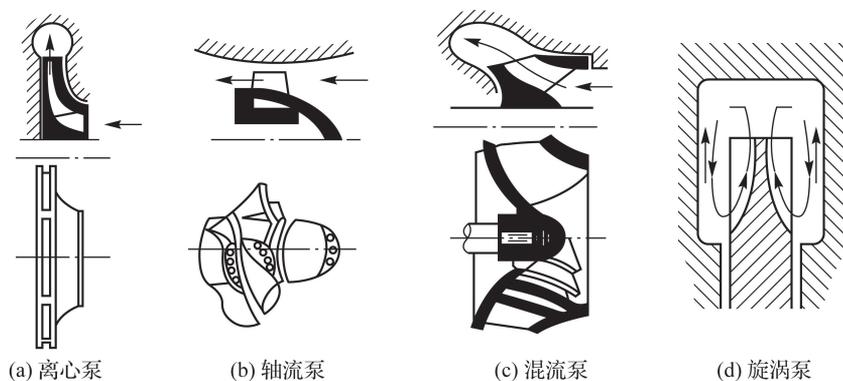


图 1-2 各种类型的叶片泵

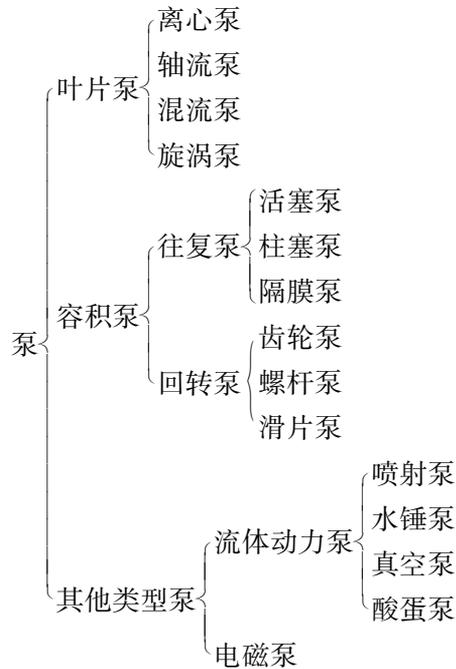
2. 容积泵

容积泵的工作原理主要是依靠泵内工作室(泵壳或缸)容积的大小做周期性的变化来输送液体并提高液体压力,工作过程为间歇排液过程。这种类型的泵主要包括往复泵(如活塞泵、柱塞泵、隔膜泵)和回转泵(如齿轮泵、螺杆泵、滑片泵)等。

3. 其他类型泵

其他类型泵是指除叶片泵和容积泵以外的特殊泵。这种类型的泵是利用流体静压力或流体动能来输送液体的流体动力泵,如喷射泵、水锤泵和真空泵等。

每一类型中,根据泵的结构和动力来源不同,又有许多不同的命名。



(二)按用途分类

按用途分类,泵可分为供料泵、循环泵、成品泵、高温泵和低温泵、废液泵、特殊泵等。

(1)供料泵。其为将液态原料从储池或其他装置中吸进,加压后送至工艺流程装置中去的泵。

(2)循环泵。其为在工艺流程中主要用于循环液增压的泵。

(3)成品泵。其为将装置中液态的成品或半成品输送至储池或其他装置的泵。

(4)高温泵和低温泵。其主要用于输送 300 °C 以上的高温液体或输送接近凝固点(或 5 °C 以下)的低温液体。

(5)废液泵。其为将装置中产生的废液连续排出的泵。

(6)特殊泵。如液压系统中的动力油泵、水泵等均为特殊泵。

(三)按出口压力分类

按出口压力分类,泵可分为低压泵、中压泵和高压泵。

(1)低压泵。出口压力小于 2 MPa 的泵为低压泵。

(2)中压泵。出口压力为 2~6 MPa 的泵为中压泵。

(3)高压泵。出口压力大于 6 MPa 的泵为高压泵。

三、泵的适用范围

各种泵的适用范围是不同的,常用泵的流量和扬程的适用范围如图 1-3 所示。容积泵一般适用于小流量、高扬程的场合;转子泵适用于小流量、高压力的场合;离心泵则适用于大流量(流量范围为 $5\sim 2\,000\text{ m}^3/\text{h}$)但扬程(扬程范围为 $8\sim 2\,800\text{ m}$)不太高的场合。

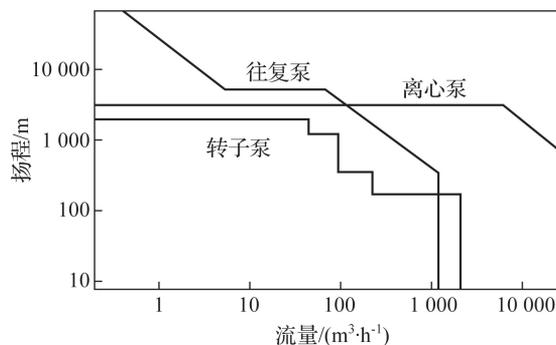


图 1-3 常用泵的流量和扬程的适用范围

离心泵具有转速高、体积小、质量轻、效率高、流量大、结构简单、性能平稳、容易操作和维修的优点,离心泵的缺点是启动前需要灌浆。另外,液体的黏度对泵的性能影响较大,对某一流量,离心泵有一相对的黏度极限,如果液体黏度超过此黏度极限值,那么泵的效率会迅速下降,甚至无法工作。

课题二 离心泵

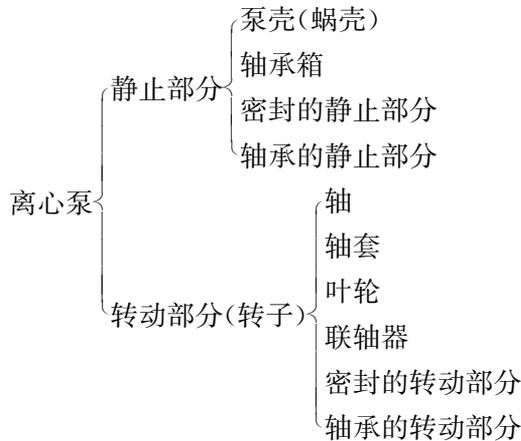
用离心力输水的想法最早出现在达·芬奇所作的草图中。1689 年,法国物理学家帕潘发明了四叶片叶轮的蜗壳离心泵。但更接近于现代离心泵的,则是 1818 年在美国出现的具有径向直叶片、半开式双吸叶轮和蜗壳的马萨诸塞泵。1851—1875 年,带有导叶的多级离心泵相继被发明,使得发展高扬程离心泵成为可能。

尽管早在 1754 年,瑞士数学家欧拉就提出了叶轮式水力机械的基本方程式,奠定了离心泵设计的理论基础,但直到 19 世纪末,高速电动机的发明使离心泵获得理想动力源之后,它的优越性才得以充分发挥。在英国的雷诺和德国的普夫莱德雷尔等许多学者的理论研究和实践的基础上,离心泵的效率大大提高,它的性能范围和使用领域也日益扩大,已成为现代应用最广、产量最大的泵。

一、离心泵的结构

(一)离心泵的结构组成

离心泵的种类虽然很多,但主要结构组成都是相近的。



视频
离心泵的结构

图 1-4 所示为 IS 型单级单吸离心泵结构图,它主要由泵体、轴、叶轮、轴承、密封部件和支座等构成。有些离心泵还装有导叶、诱导轮和平衡盘等。为防止液体从泵壳等处泄漏,在各密封点上分别装有轴密封环或箱密封垫。轴承及轴承悬架支撑着转轴,整台泵和电机安装在一个底座上。

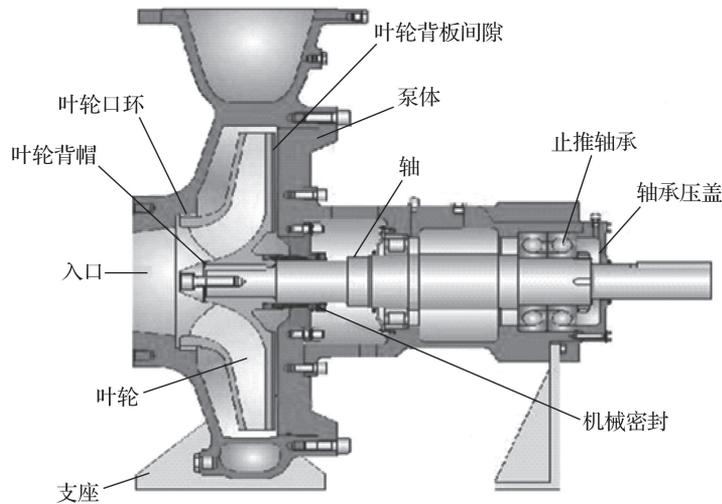


图 1-4 IS 型单级单吸离心泵结构图

(二)离心泵的主要部件

1. 叶轮

叶轮是离心泵中将驱动机输入的机械能传递给液体并转变为液体的动能和静压能的部件,它是离心泵中唯一对液体直接做功的部件。

叶轮有各种各样的结构形式,因分类方法不同,叶轮的名称也各不相同。常见的分类方法主要包括以下几种。

(1)按叶轮有无前后盖板分类。按叶轮有无前后盖板分类,叶轮可分为闭式叶轮、半开式叶轮和开式叶轮3种。

①闭式叶轮。如图1-5(a)、图1-5(d)所示,这种叶轮一般由前盖板、后盖板、叶片和轮毂组成,流道封闭,效率较高,扬程较高,抗气蚀性能较好,但制造复杂,一般适用于输送流量大、不含颗粒杂质的洁净流体。

②半开式叶轮。如图1-5(b)所示,这种叶轮没有前盖板,只有后盖板(或只有前盖板,没有后盖板),流道是半开式的,常用于输送黏性液体、易于沉淀或含有固体颗粒的液体,效率比较低。

③开式叶轮。如图1-5(c)所示,这种叶轮既无前盖板又无后盖板,只有叶片和轮毂,各叶片用筋条连接并加强或在叶片根部采用逐渐加厚的办法加强。这种叶轮流道完全敞开,叶轮效率较低,适用于输送含有杂质(如含泥沙或带有纤维)的液体。

开式叶轮和半开式叶轮的叶片数一般都比较少(一般为2~4片),而且较宽,可以让杂质、浆液自由通过以免造成堵塞,同时流道容易清洗,制造也比较方便。

(2)按流体吸入叶轮的方式分类。按流体吸入叶轮的方式,叶轮可分为单吸叶轮和双吸叶轮两种类型。

①单吸叶轮。液体从叶轮的一侧吸入叶轮,如图1-5(a)所示。液体在叶轮内的流动状况较好,结构简单,叶轮悬臂支承在轴上,适用于流量较少的场合,但这种叶轮两边受到的力不相等,每个叶轮要受到不平衡的轴向推力。

②双吸叶轮。如图1-5(d)所示,这种叶轮两边对称,犹如两个单吸叶轮背靠背贴合在一起,无轴向推力,适用于流量较大的场合。由于叶轮从两侧吸入液体,因而双吸叶轮具有较强的吸液能力,同时液体在叶轮进口处的流速较低,有利于改善泵的抗气蚀性能,但这种叶轮结构比较复杂,液流在叶轮中汇合时有冲击现象,对泵的效率有所影响。

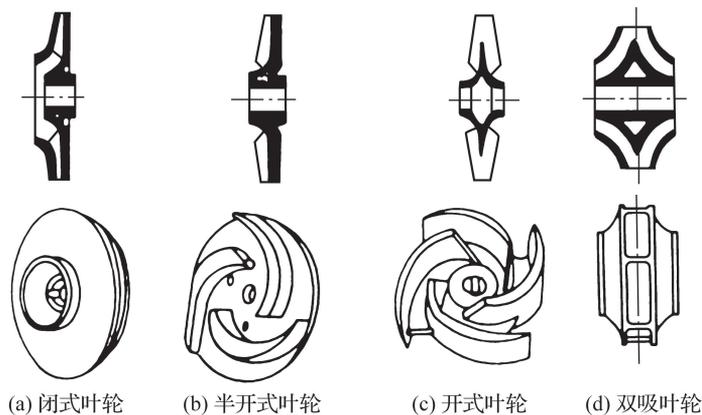


图 1-5 离心泵叶轮的结构形式

(3)按叶片的弯曲方向分类。根据叶轮出口处安装角度的大小可将叶轮分为前弯式、径向式、后弯式3种。其中以后弯式叶轮居多,因为后弯式叶轮效率最高,更有利于动能向静压能的转化。由于两叶片间的流动通道是逐渐扩大的,因而能使液体的部分动能转化为静压能,故叶片也是一种换能装置。后弯式叶轮进口处的安装角一般为 $B_{1A}=18^\circ\sim 25^\circ$,出口处的安装角 $B_{2A}=16^\circ\sim 40^\circ$,最常用的是 $B_{2A}=20^\circ\sim 30^\circ$ 。离心泵叶片的结构形式通常有圆柱形叶片和扭曲叶片两种类型。圆柱形叶片是指整个叶片沿宽度方向与叶轮轴线平行,如图1-6所示。扭曲叶片是指有一部分叶片与轴线不平行,如图1-7所示。

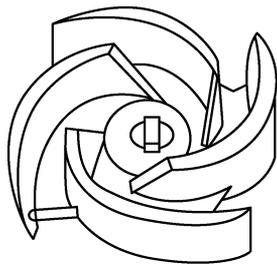


图 1-6 圆柱形叶片

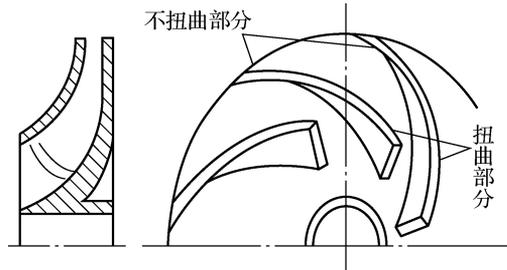


图 1-7 扭曲叶片

叶轮的材料主要是根据所输送液体的化学性质、杂质及在离心力作用下的强度来确定的。清水离心泵叶轮用铸铁或铸钢制造,输送具有较强腐蚀性的液体的离心泵可用青铜、不锈钢、陶瓷、耐酸硅铁及塑料等制造。

2. 蜗壳和导轮

蜗壳与导轮的作用有两种:一是汇集叶轮出口处的液体,并引入下一级叶轮入口或泵的出口;二是将叶轮出口的高速液体的部分动能转变为静压能。一般单级和多级泵常设置蜗壳,分段式多级泵则采用导轮。

(1)蜗壳。蜗壳是指叶轮出口到下一级叶轮入口或到泵的出口管之间、截面积逐渐增大的螺旋形流道,如图1-8所示。其流道逐渐扩大,出口为扩散管状。液体从叶轮流出后,其流速可以平缓地降低,使很大一部分的动能转变为静压能。

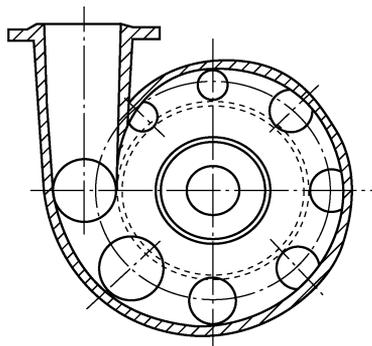


图 1-8 蜗壳

蜗壳的优点是制造方便,高效区宽,车削叶轮后泵的效率变化较小。缺点是蜗壳形状不对称,在使用单蜗壳时作用在转子径向的压力不均匀,易使轴弯曲。因此,在多级泵中只是首段(进入段)和尾段(排出段)采用蜗壳,而在中段采用导轮装置。

(2)导轮。导轮是一个固定不动的圆盘,正面有包在叶轮外缘的正向导叶,这些导叶构成了一条条扩散形流道,背面有将液体引向下一级叶轮入口的反向导叶,其结构如图 1-9 所示。液体从叶轮甩出后,平缓地进入导轮,沿着正向导叶继续向外流动,速度逐渐降低,动能大部分转变为静压能。液体经导轮背面的反向导叶被引入下一级叶轮。

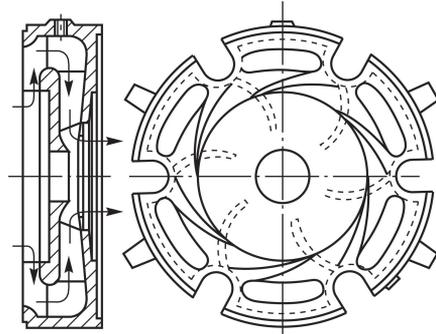


图 1-9 导轮

导轮上的导叶一般为 4~8 片,导叶的入口角一般为 $8^{\circ}\sim 16^{\circ}$,叶轮与导叶间的径向单侧间隙约为 1 mm。若间隙过大,则效率会降低;若间隙过小,则会引起振动和噪声。

与蜗壳相比,采用导轮的分段式多级离心泵的泵壳容易制造,导轮的效率也较高,但安装检修较蜗壳困难。另外,当工况偏离设计工况时,液体流出叶轮时的运动轨迹与导叶形状不一致,会产生较大的冲击损失。

3. 密封环

叶轮吸入口外圆直径与固定的泵壳之间存在间隙,使叶轮出口处的液体通过叶轮进口外圆直径与泵盖之间的间隙回流到泵的吸入口,这种泄漏称为内漏。因此,必须在泵壳和叶轮吸入口外圆直径之间安装密封环以减少泄漏。密封环有些安装在叶轮吸入口外圆直径上,有些安装在泵的壳体上。密封环按其轴截面的形状可分为平环式、直角式和迷宫式 3 种,如图 1-10 所示。

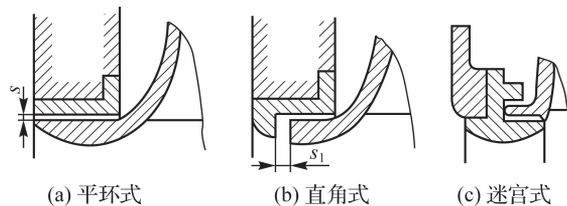


图 1-10 密封环形式

(1)平环式密封环。图 1-10(a)所示为平环式密封环结构示意图。由于泄漏液体具有相当大的速度,而且泄漏液体的运动方向与进入叶轮的液体主流方向相反,因而在叶轮入口处会产生较大的涡流和冲击,使叶轮的进口条件恶化,因此平环式密封环只适用于低扬程泵。这种密封环的单侧径向间隙 s 一般为 $0.1\sim 0.2\text{ mm}$,结构简单,制造方便,但密封效果差。

(2)直角式密封环。图 1-10(b)所示为直角式密封环结构示意图。由于泄漏液体在旋转 90° 之后速度就降低了,流动方向与液体主流方向垂直,因而造成的涡流损失和冲击损失比平环式密封环小,其密封效果也较平环式好,目前应用比较广泛,主要在中开双吸泵上应用较多。直角式密封环的轴向间隙 s_1 比径向间隙大得多,一般为 $3\sim 7\text{ mm}$ 。

(3)迷宫式密封环。图 1-10(c)所示为迷宫式密封环结构示意图。由于增加了密封间隙的沿程阻力,因而密封效果更好,但迷宫式密封环结构复杂,对制造及安装工艺要求高,故在一般离心泵中很少采用,主要用在高压离心泵中。

无论是平环式、直角式还是迷宫式的密封环,密封环的磨损都会使泵的泄漏量增加,泵的效率降低。因此,当密封环间隙超过规定值时,应及时修理或更换,同时为了减小密封环的磨损,应采用耐磨材料制造,常用材料有铸铁、青铜等。

4. 轴向力及其平衡装置

(1)轴向力的产生及危害。离心泵工作时,由于叶轮两侧液体压力分布不均匀(轮盖侧压力低,轮盘侧压力高),如图 1-11 所示,而产生一个与轴线平行的轴向力,其方向指向叶轮入口。此外,当液体从轴向流入叶轮,然后又立即转为径向进入叶片间的流道时,轴向动量突然变化,变成了作用于叶轮的轴向冲力。但是这个力比较小,并被压力差引起的轴向力抵消,一般可不考虑。轴向力的存在使泵整个转子发生轴向窜动,造成振动并使叶轮入口外缘与密封环产生摩擦,严重时使泵不能正常工作。因此,必须平衡轴向力并限制转子的轴向窜动。

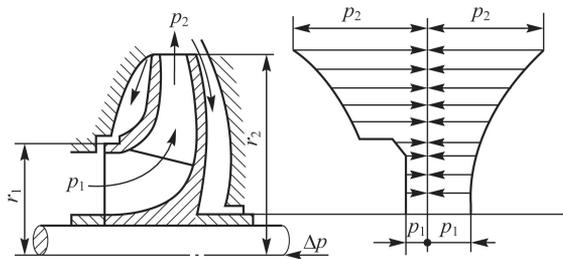


图 1-11 单吸叶轮的轴向推力

(2)单级离心泵轴向力平衡。平衡单级离心泵轴向力的措施如下:

①叶轮上开平衡孔。如图 1-12(a)所示,在叶轮上开平衡孔可使叶轮两侧的压力基本上得到平衡。但由于液体通过平衡孔有一定阻力,因而仍有少部分轴向力不能完全平衡,并且会使泵的效率有所降低。这种方法的主要优点是结构简单,多用于小泵。

②采用双吸叶轮。双吸叶轮的外形和液体流动方向均为左右对称,因此理论上不会产

生轴向力,但由于制造质量及叶轮两侧液体流动的差异,仍可能有较小的轴向力产生,该力由轴承承受。

③采用平衡管。如图 1-12(b)所示,将叶轮背面的液体通过平衡管与泵入口处液体相连通来平衡轴向力。这种方法比开平衡孔优越,它不干扰泵入口液体流动,效率相对较高。

④采用平衡叶片。如图 1-12(c)所示,在叶轮轮盘的背面装有若干径向叶片。当叶轮旋转时,它可以推动液体旋转,使叶轮背面靠叶轮中心部分的液体压力下降,下降的程度与叶片的尺寸及叶片与泵壳的间隙大小有关。此法的优点是除了可以减小轴向力以外,还可以减少轴封的负荷;输送含固体颗粒的液体时可以防止悬浮的固体颗粒进入轴封。但对易与空气混合而燃烧爆炸的液体,不宜采用此法。

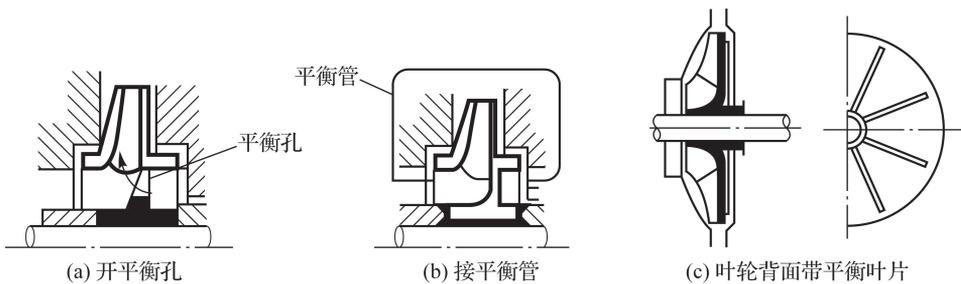


图 1-12 单级离心泵轴向力平衡措施

(3)多级离心泵轴向力的平衡。分段式多级离心泵的轴向力是各级叶轮轴向力的叠加,其数值很大,不可能完全由轴承来承受,必须采取有效的平衡措施。

①叶轮对称布置。将离心泵的每两个叶轮以相反方向对称地安装在同一泵轴上,使每两个叶轮所产生的轴向力互相抵消,如图 1-13 所示。这种方案流道复杂,造价较高。当级数较多时,由于各级泄漏情况不同和各级叶轮轮毂直径不相同,因而轴向力也不能完全平衡,往往还需采用辅助平衡装置。

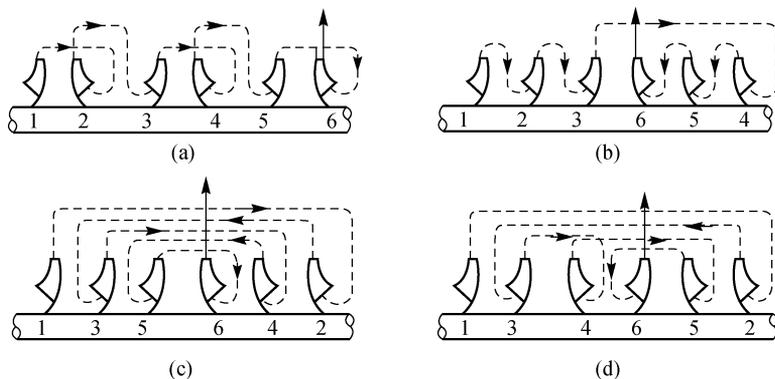


图 1-13 叶轮对称布置

②采用平衡鼓。如图 1-14 所示,为多级泵叶轮后边装一圆柱形平衡鼓(又称为卸荷盘),平衡鼓右边为平衡室。通过平衡管将平衡室与第一级叶轮前的吸入室连通,因此,平衡

室内的压力 p_0 很小,而平衡鼓左边则为最后一级叶轮的背面泵腔,腔内压力 p_2 比较高。平衡鼓外圆表面与泵体上的平衡套之间有很小的间隙,使平衡鼓的两侧可以保持较大的压力差,以此来平衡轴向力。当轴向力变化时,平衡鼓不能自动调整轴向力的平衡,仍需装止推轴承来承受残余轴向力。

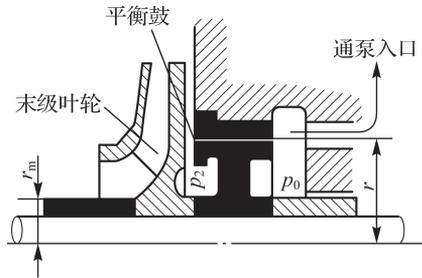


图 1-14 平衡鼓装置

③采用平衡盘。级数较多的离心泵,更多的是采用平衡盘来平衡轴向力。平衡盘装置由平衡盘(铸铁制)和平衡环(铸铜制)组成,平衡盘装在末级叶轮后面轴上,和叶轮一起转动,平衡环固定在出水段泵体上,如图 1-15 所示。

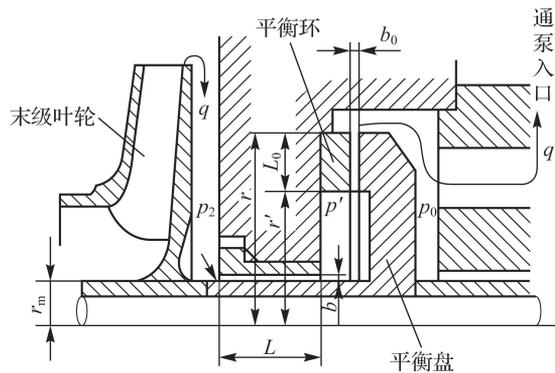


图 1-15 自动平衡盘装置

平衡盘左边和末级叶轮出口相通,右边则通过一接管和泵的吸入口相连。因此,平衡盘右边的压力接近于泵入口液体的压力 p_0 ,平衡盘左边的压力 p' 小于末级叶轮出口压力 p_2 。即高压液体能通过平衡盘与平衡环之间的间隙 b_0 回流至泵的吸入口,在平衡盘两侧产生一个平衡力。

平衡盘在泵工作时能自动平衡轴向力。若操作条件有了变化,使指向泵吸入口的轴向力稍有增大,则轴连同平衡盘将一起向左边吸入端移动,使平衡盘与平衡环的间隙 b_0 减小,液体流经此间隙时的阻力增大,引起平衡盘左边压力升高。 p' 的升高,使平衡盘两边的压差增大,这就推动平衡盘及整个转子向右移动,达到新的平衡,反之亦然。在实际工作中,泵的转子不会停止在某一位置,而是在某一平衡位置做左右脉动,当泵的工作点改变时,转子会自动从平衡位置移到另一平衡位置做轴向脉动。平衡盘由于有自动平衡轴向力的特性,因而得

到广泛应用。为了减少泵启动时的磨损,平衡盘与平衡环的间隙 b_0 一般为 $0.1\sim 0.2\text{ mm}$ 。

另外,还采用平衡盘与平衡鼓组合的装置,如图 1-16 所示,用于大容量、高参数的分段式多级泵中,效果良好。

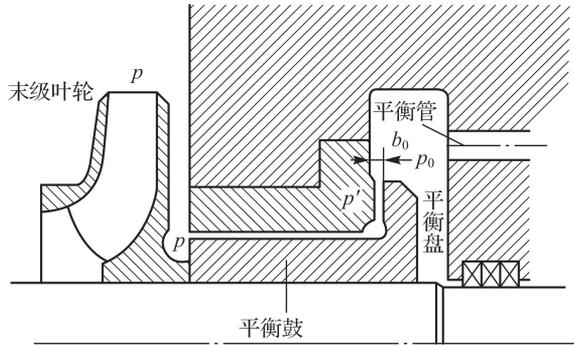
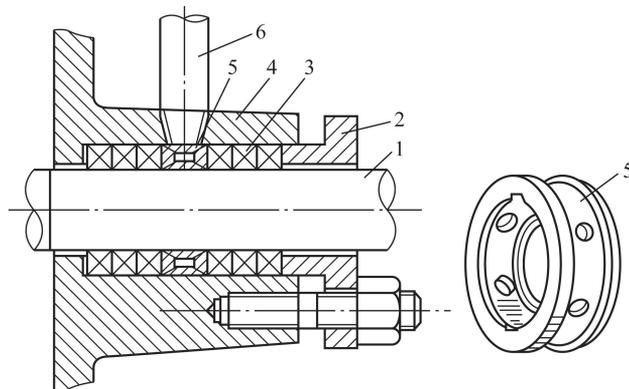


图 1-16 平衡盘与平衡鼓组合装置

5. 转轴密封装置

轴与泵壳处会发生液体泄漏,因此在此必须有轴封装置。如果泵轴在泵吸入口一边穿过泵壳,由于泵吸入口是在真空状态下,密封装置便可阻止外界空气漏入泵内,保证泵的正常操作。如果泵轴是在排出口一边穿过泵壳,由于排出液体压力较高,轴封装置便能阻止液体的外泄漏,提高泵的容积效率。离心泵常用的轴封装置有填料密封装置和机械密封装置。

(1) 填料密封。填料密封是依靠填料和轴(或轴套)的外圆表面接触来实现密封的。它由填料箱(又称填料函)、填料、液封环、压盖等组成。图 1-17 所示为带液封环的填料密封。为了避免泵工作时填料与泵轴摩擦过于剧烈,填料不应压得过紧,注意松紧要适度,允许液体成滴状漏出,以每分钟 $10\sim 60$ 滴的液体泄漏量为宜。



1—轴; 2—压盖; 3—填料; 4—填料箱; 5—液封环; 6—引液管。

图 1-17 带液封环的填料密封

常用的填料有以下 3 种：

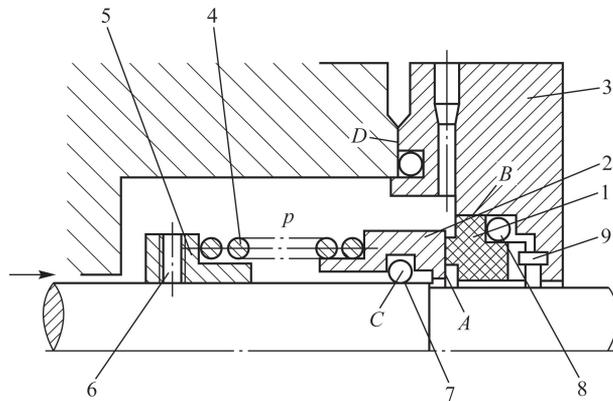
①石墨或黄油浸透的棉质填料。其常用于低压离心泵输送常温清水($T < 313 \text{ K}$)。

②石墨浸透的石棉填料。其适用于输送温度低于 523 K 、压力不超过 $10 \times 10^2 \text{ kPa}$ 的液体。

③金属箔包石棉芯子填料。其适用于输送石油产品,允许工作压力为 $25 \times 10^2 \text{ kPa}$,最高温度为 673 K 。

填料密封的泄漏量大,使用寿命短,且要经常更换,影响泵的工作。近年来,在石油化工、炼油厂用泵中已经广泛使用密封效果好、使用寿命长的机械密封。

(2)机械密封。机械密封又称端面密封,它是靠一组研配的密封端面形成的动密封。机械密封的种类很多,但工作原理基本相同,其典型结构如图 1-18 所示。



1—静环；2—动环；3—压盖；4—弹簧；5—传动座；6—固定销钉；
7、8—密封圈；9—防转销。

图 1-18 机械密封典型结构

①机械密封主要组成部分。图 1-18 中主要动密封件为动环 2 和静环 1。动环与泵轴一起旋转,静环固定在压盖 3 内,用防转销 9 来防止它转动。靠动环与静环的接触端面 A 在运动中始终贴合来实现密封。辅助密封元件包括各静密封点(B、C、D 点)所用的 O 形或 V 形密封圈 7 和 8。压紧元件为弹簧 4。传动元件为传动座 5 及键或固定销钉 6。

②密封点的密封原理。机械密封中一般有 4 个可能泄漏点 A、B、C 和 D。

密封点 A 在动环与静环的接触面上,它主要靠泵内液体压力及弹簧力将动环压贴在静环上,防止 A 点泄漏,但两环的接触面 A 上总会有少量液体泄漏,它可以形成液膜,一方面可以阻止泄漏,另一方面又可起润滑作用。为保证两环的端面贴合良好,两端面必须平直光洁。

密封点 B 在静环与压盖之间,属于静密封点。用有弹性的 O 形或 V 形密封圈压于静环和压盖之间,靠弹簧力使弹性密封圈变形而密封。

密封点 C 在动环与轴之间,此处也属于静密封,考虑到动环可以沿轴向窜动,可采用具有弹性和自紧性的 V 形密封圈来密封。

密封点 D 在填料密封箱与压盖之间,也是静密封,可用密封圈或垫片作为密封元件。

③机械密封的特点。机械密封将容易泄漏的轴封改为较难泄漏的静密封和端面径向接触的动密封。与填料密封相比,机械密封的主要优点是:泄漏量小,一般为 10 mL/h ,仅为填料密封的 1% ;寿命长,一般可连续使用 $1\sim 2$ 年。与填料密封相比,对轴的精度和表面粗糙度要求相对较低,对轴的振动敏感性相对较小,而且轴不受磨损。机械密封摩擦力耗功相对较小,约为填料密封的 $10\%\sim 50\%$ 。但是,机械密封造价较高,对密封元件的制造要求及安装要求较高,因此多用于对密封要求较严格的场合。

④机械密封的基本结构形式。机械密封的结构形式很多,主要是根据摩擦副的对数、弹簧的情况、介质和端面上作用的比压情况,以及介质的泄漏方向等因素来划分。

a. 内装式与外装式。内装式是弹簧置于被密封介质之内(图 1-18),外装式则是弹簧置于被密封介质的外部,如图 1-19 所示。

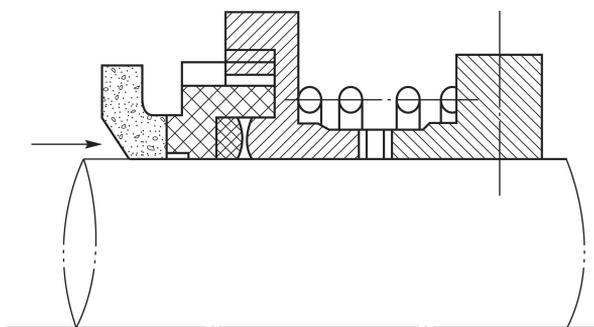


图 1-19 外装式机械密封

内装式可使泵轴长度减小,但弹簧直接与介质接触,外装式机械密封正好相反。在常用的外装式结构中,动环与静环接触端面上所受介质作用力和弹簧力的方向相反,当介质压力有波动或升高时,如果弹簧力余量不大,就会出现密封不稳定;而当介质压力降低时,又因弹簧力不变,使端面上受力过大,特别是在低压启动时,由于摩擦副尚未形成液膜,端面上受力过大容易磨伤密封面。因此,外装式适用于介质易结晶、有腐蚀性、较黏稠和压力较低的场合。

内装式的端面比压随着介质压力的升高而升高,密封可靠,应用较广。

b. 平衡型与非平衡型。在端面密封中,介质施加于密封端面上的载荷情况,可用载荷系数 K 表示,如图 1-20 所示。载荷系数 K 为介质压力的作用面积与密封端面面积之比,即

$$K = \frac{D_2^2 - D_0^2}{D_2^2 - D_1^2} \quad (1-1)$$

式中, D_1 、 D_2 分别为密封面的内径和外径; D_0 为装在动环处的密封圈滑动面的直径。

载荷系数 K 反映了密封端面上接受密封介质加载的程度。当 $K \geq 1$ 时,表示全部介质压力的作用都施于密封端面上,一点儿也没被平衡掉。这种类型称为非平衡密封,一般 $K = 1.1 \sim 1.8$ 。当 $0 < K < 1$ 时,因轴上有台阶,密封面内径小于轴肩直径,说明介质压力的影响变小,相当于介质压力被平衡掉部分。这种类型称为部分平衡型密封,输送介质黏度不大时

用 $K=0.58\sim 0.70$, 输送介质黏度大时用 $K=0.3\sim 0.4$ 。当 $K\leq 0$ 时, 该类型称为完全平衡型密封, 它表明介质载荷对密封端面不起作用, 密封端面上的压紧力只来自弹簧的预紧力。完全平衡型密封不太可靠, 一般不采用。

平衡型与非平衡型也可用平衡系数 β 来表示, 即

$$\beta=1-K \quad (1-2)$$

式中, K 为载荷系数。

如图 1-20 所示: $\beta\geq 1$, 则为完全平衡型; $0<\beta<1$, 则为部分平衡型; $\beta\leq 0$, 则为非平衡型。 β 反映了施于密封端面上的介质载荷被卸载的情况。

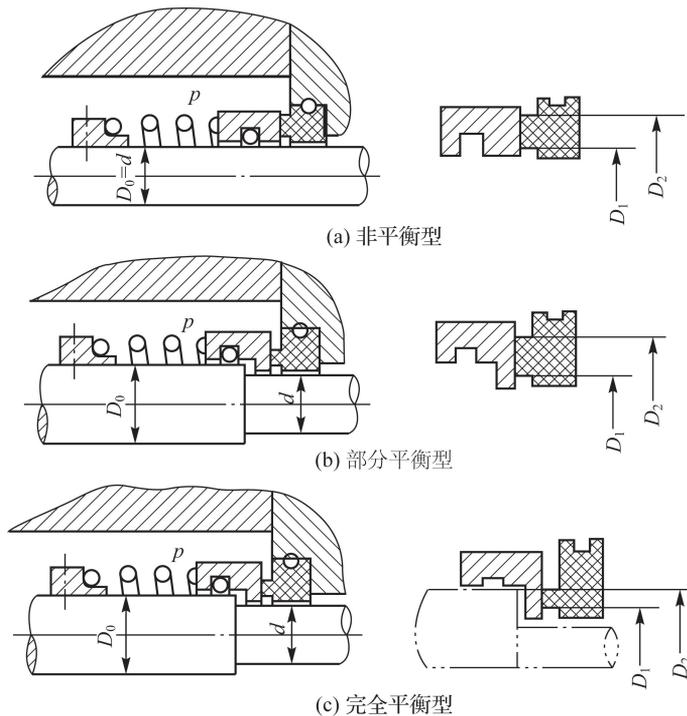
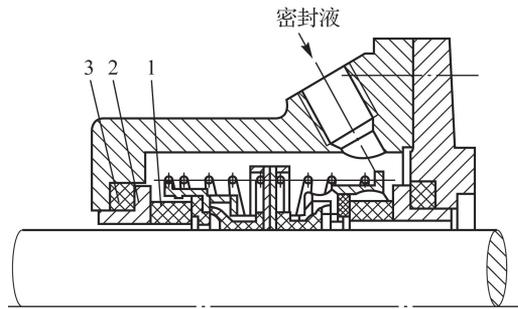


图 1-20 内装式非平衡型与平衡型机械密封

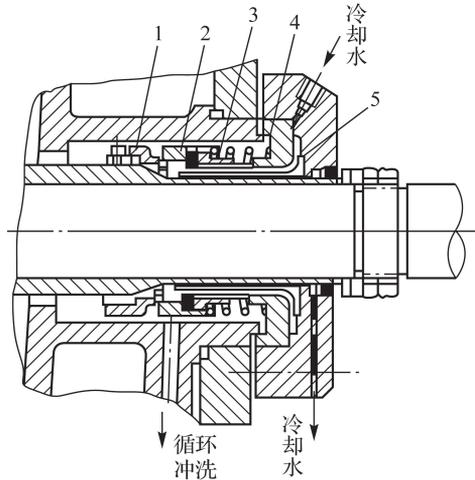
c. 单端面与双端面机械密封。单端面机械密封只有一对摩擦副。双端面机械密封有两对摩擦副, 如图 1-21 所示, 它们处于相同的液封压力作用下, 两对摩擦副背对背放置, 密封液压力一般比工作介质压力高 $0.05\sim 0.15$ MPa, 以起到堵封工作介质、防止其泄漏的作用, 同时密封液又可起到润滑和冷却的作用。对低黏度介质, 可选润滑性好的密封液以改善润滑条件; 对于带固体颗粒的介质, 密封液可防止固体颗粒进入摩擦副; 对于腐蚀性介质, 密封液也可起到保护密封元件不受腐蚀的作用。与单端面机械密封相比, 双端面机械密封有更好的可靠性, 适用范围更广, 可以完全防止被密封介质的外泄漏, 但结构较复杂, 造价高。



1—动环；2—静环；3—静环密封圈。

图 1-21 双端面机械密封

d. 旋转式和静止式机械密封。旋转式是弹簧随轴一起转动的机械密封。大多数泵都用此种形式的密封。但在转动时,当因弹簧受较大的离心力而对动平衡性要求很高时,则可采用弹簧不转动的静止式机械密封,如图 1-22 所示的高速泵用的静止式机械密封。



1—动环；2—静环；3—推环；4—弹簧座；5—挡水套。

图 1-22 静止式机械密封

e. 内向流与外向流机械密封。介质沿密封端面由外向内泄漏的称为内向流式,而由内向向外泄漏的则称为外向流式。内向流式泄漏方向与离心力方向相反,离心力可阻止液体泄漏,故内向流式较外向流式泄漏少。对含固体杂质的液体,采用内向流式更适合。

二、离心泵的基本原理

(一)离心泵基本性能参数

离心泵基本性能参数有流量、扬程、转速、功率、效率、允许吸上真空高度,以及允许气蚀余量等。

1. 流量

单位时间内泵所排出的液体量称为泵的流量。质量流量与体积流量的关



视频

离心泵性能参数及工作原理

系为

$$G = \rho Q (\text{kg/s}) \quad (1-3)$$

式中, Q 为体积流量, 单位是 m^3/s 、 m^3/h 或 L/s ; G 为质量流量, 单位是 kg/s 或 t/h ; ρ 为输送温度下的液体密度, 单位为 kg/m^3 。

单位时间内流入叶轮内的液体体积量称为理论流量, 用 Q_{th} 表示, 单位与 Q 一样。

2. 扬程

单位质量的液体从泵进口到泵出口的能量增值称为泵的扬程, 即单位质量的液体通过泵所获得的有效能量。扬程常用符号 H 表示, 单位为 J/kg 。

应该注意, 不要把泵的扬程与液体的升扬高度等同起来, 因为泵的扬程不仅要用来提高液体的位高, 还要用来克服液体在输送过程中的流动阻力, 以及提高输送液体的静压能和保证液体有一定的流速。

泵的扬程是指全扬程或总扬程, 它包括吸上扬程和压出扬程。吸上扬程包括实际吸上扬程和吸上扬程损失, 压出扬程包括实际压出扬程和压出扬程损失。



视频

离心泵的特性曲线及其操作利用

3. 转速

离心泵的转速是指泵轴每分钟的转数, 用符号 n 表示, 单位为 r/min 。在 SI 制(国际单位制)中转速为泵轴每秒钟的转数, 用符号 n_f 表示, 单位为 $1/\text{s}$, 即 Hz 。

4. 功率和效率

(1) 功率。功率是指单位时间内所做的功。常见的有以下几种表示法。

① 有效功率。单位时间内泵对输出液体所做的功称为有效功率, 用 N_e 表示。计算公式如下:

$$N_e = \frac{QH\rho g}{1\,000} (\text{kW}) \quad (1-4)$$

② 轴功率。单位时间内由原动机传递到泵主轴上的功率称为轴功率, 用 N 来表示。单位为 W , 即 J/s 。

(2) 效率。效率是衡量离心泵工作经济性的指标, 用符号 η 来表示。由于离心泵在工作时泵内存在各种损失, 因而泵不可能将驱动机输入的功率全部转变为液体的有效功率。效率值越大, 则泵的经济性越好。其定义式为

$$\eta = \frac{N_e}{N} \quad (1-5)$$

5. 允许吸上真空高度及允许气蚀余量

允许吸上真空高度 $[H_s]$ 及允许气蚀余量 $[\Delta h]$ 也是离心泵很重要的性能参数, 是表示离心泵抗气蚀性能的指标, 单位与扬程相同。

【例 1-1】 某离心水泵输送清水, 流量为 $30 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程为 25 m , 试计算: 有效功率为多少? 若已知泵的效率为 71% , 则泵的轴功率是多少?

解: 按式(1-4)计算

$$N_e = \frac{QH\rho g}{1\,000} (\text{kW})$$

常温清水密度可取 $\rho=1\ 000\ \text{kg}/\text{m}^3$, $Q=30\ \text{m}^3/\text{h}=30/3600\ \text{m}^3/\text{s}$, $H=25\ \text{m}$, 代入上式得:

$$N_e = 1\ 000 \times 30 \times 25 \times 9.81 / 3\ 600 \div 1\ 000 = 2.04 (\text{kW})$$

$$N = N_e / \eta = 2.04 / 0.71 = 2.87 (\text{kW})$$

(二) 工作原理

离心泵的工作原理可以通过日常生活中的现象加以说明。在日常生活中,雨天打伞外出时,如果将伞柄急速旋转,伞上的雨点由于离心力的作用便沿着伞向周围飞溅出去,如图 1-23(a)所示。伞面越大或旋转得越快,雨点飞溅得越远。离心泵的工作原理与该现象相似,如图 1-23(b)所示。



视频
离心泵输送
液体

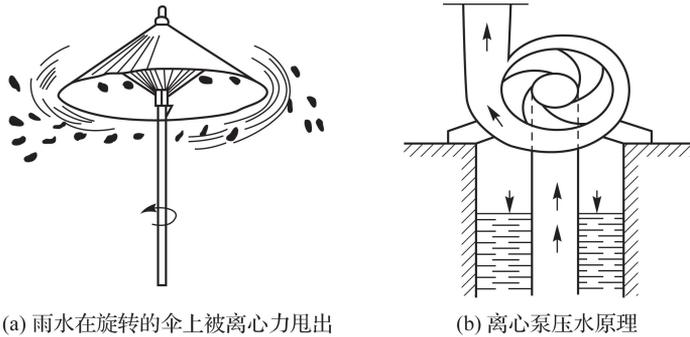


图 1-23 离心泵的工作原理

取一圆形水桶,里面盛一半水,取一长木棍用力回转搅动,水便以较高的转速在桶内旋转,结果发生水面中间凹下、边缘上升的现象,即四周水面与中间水面相差 H 的高度。这是因为水在旋转时产生离心力,这种力将旋转中心的水抛向四周,由于四周有桶壁阻拦,水只能沿壁上升,在这里动能转变为压力能。搅动的速度越快,液面上升就越高, H 值越大。采用同样的原理,若把桶密闭,内装几个叶片(图 1-24),当转动叶片后,同样出现中间压力下降、四周压力上升的现象,若在中央及周围各装一水管,则水由中央水管吸入,由周围的水管压出。离心泵就是按该工作原理制成的。

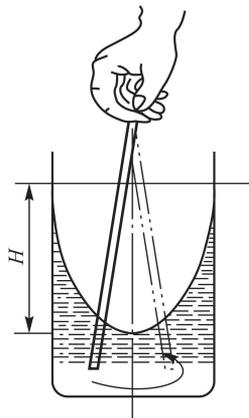
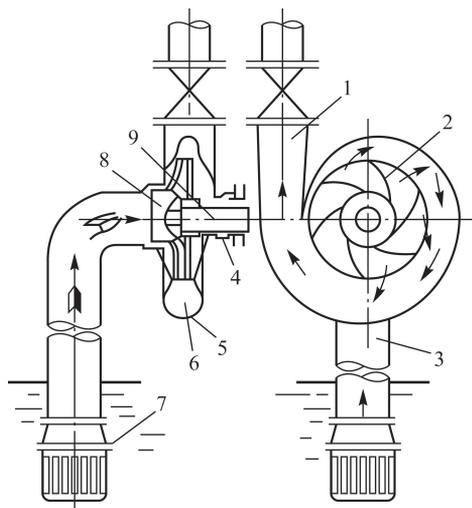


图 1-24 动能转变为压力能的演示

图 1-25 所示为离心泵装置示意图,它主要由叶轮、叶片、泵轴、填料函、排出管、压出室及吸入管等组成。泵壳相当于水桶,叶轮相当于木棍,人力为电力所代替。当用电动机带动叶轮旋转时,叶轮中的叶片驱使液体一起旋转,因而产生离心力。在该离心力的作用下,叶轮中的液体沿叶片流道被甩向叶轮外缘,流经泵壳,送入排出管,在叶轮中间的吸液口处形成低压区。因此,吸液槽中的液体表面和叶轮中心处即产生压力差。在此压力差作用下,吸液槽中的液体便不断地经吸入管进入泵的叶轮,而叶轮中的液体又不断经排出管排出。离心泵靠内、外压力差不断吸入液体,依靠高速旋转获得能量,经压出室将部分动能转换为压力能,由排出管排出。这就是离心泵的工作原理。



1—排出管; 2—叶片; 3—吸入管; 4—填料函; 5—泵壳;
6—压出室; 7—底阀; 8—叶轮; 9—泵轴。

图 1-25 离心泵装置示意图

三、离心泵的气蚀

(一)气蚀现象

根据离心泵的工作原理可知,离心泵的吸液是靠吸入液面与吸入口间的压差完成的。当吸入液面压力一定时,泵的安装高度越大,吸入口处的压力越小。当吸入口处压力小于操作条件下被输送液体的饱和蒸气压时,液体将会气化产生气泡,含有气泡的液体进入泵体后,在离心力的作用下进入高压区,气泡在高压的作用下又液化为液体,原气泡位置空出而造成局部真空,周围液体在高压的作用下迅速填补原气泡所占的空间。这种高速冲击频率很高,可以达到每秒几千次,冲击压力可以达到数百个大气压甚至更高。这种高强度、高频率的冲击,轻则造成叶轮的疲劳,重则可以将叶轮与泵壳破坏,甚至能把叶轮打成蜂窝状。这种由于被输送液体在泵体内气化再液化,对叶轮产生剥蚀的现象称为离心泵的气蚀现象。

气蚀现象发生时,会产生噪声和引起振动,流量、扬程及效率均会迅速下降,严重时不能吸液。工程上当扬程下降 3%时就认为进入了气蚀状态。



视频
离心泵的气蚀
现象

避免气蚀现象发生的方法是限制泵的安装高度。避免离心泵气蚀现象的最大安装高度称为离心泵的允许安装高度,也称允许吸上高度。

(二)气蚀的危害

1. 使泵产生振动和噪声

气泡溃灭时,液体互相撞击,同时也冲击着金属表面,产生各种频率的噪声,严重时可见泵内有“噼啪”的爆炸声,同时引起机组振动,而机组振动频率若与撞击频率相等,则会产生更强烈的气蚀共振,致使机组被迫停车。

2. 气蚀使过流部件点蚀破坏

通常受气蚀破坏的部位大多在叶片入口附近。气蚀初期,表现为金属表面出现麻点,继而呈现沟槽状、蜂窝状等痕迹,严重时可造成叶片或前后盖板穿孔,甚至叶轮破裂,酿成严重事故,因而气蚀严重影响了泵的使用寿命。

3. 气蚀使泵的性能下降

气蚀使叶轮和液体之间的能量传递受到严重干扰。发生气蚀现象时,大量气泡的存在会堵塞流道,破坏泵内液体的连续流动,使泵的流量、扬程和效率明显下降,表现为泵的性能曲线陡降,如图 1-26 中虚线所示,这时泵已无法继续工作。应当指出的是,在气蚀初始阶段,泵的性能曲线尚无明显变化,当性能曲线陡降时,气蚀已发展到相当严重的程度了。

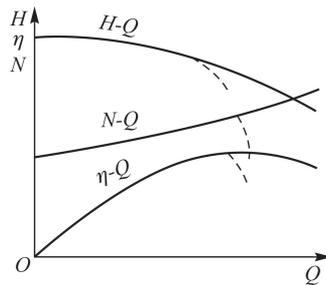


图 1-26 泵发生气蚀时性能曲线的变化

(三)允许安装(吸上)高度

离心泵的允许安装高度可通过计算得出,即

$$H_g = \frac{p_0 - p_1}{\rho g} - \frac{u_1 \cdot u_1}{2g} - \sum H_{f,0-1} \quad (1-6)$$

式中, H_g 为允许安装高度, m; p_0 为吸入液面压力, Pa; p_1 为吸入口允许的最低压力, Pa; u_1 为吸入口处的流速, m/s; ρ 为流体的密度; $\sum H_{f,0-1}$ 为流体流经吸入管的阻力, m。

从式(1-6)可以看出,允许安装高度与吸入液面压力 p_0 、吸入口允许最低压力 p_1 、液体密度 ρ 、吸入管内的动能及阻力有关。因此,增加吸入液面的压力、减小液体的密度、降低液体温度(通过降低液体的饱和蒸气压来降低 p_1)、增加吸入管直径(从而使流速降低)和减小吸入管内流体阻力均有利于允许安装高度的提高。在其他条件都确定的情况下,流量增加将造成动能及阻力的增加,安装高度会减小,气蚀的可能性增加。

离心泵的允许安装高度可以由允许吸上真空高度法或允许气蚀余量法来计算。近年来,前者已经很少使用,故此处只介绍后一种方法。

离心泵的抗气蚀性能参数可用允许气蚀余量来表示,其定义为泵吸入口处动能与静压能之和比被输送液体的饱和蒸气压头高出的最低数值,即

$$\Delta h = \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1 \cdot u_1}{2g} + \frac{p_s}{\rho g} \quad (1-7)$$

将上式代入式(1-6)得

$$H_g = \frac{p_0}{\rho g} - \frac{p_s}{2g} - \Delta h - \sum H_{f,0-1} \quad (1-8)$$

式中, Δh 为允许气蚀余量,m; p_s 为操作温度下液体的饱和蒸气压,Pa。其他符号意义同前。

同样,泵的生产厂家提供的允许气蚀余量是在 98.1 kPa 和 293 K 下以水为介质测得的,当输送条件不同时,应该对其校正,校正方法参见有关资料。

【例 1-2】 拟用 I65-40-200 离心水泵输送 323 K 的水。已知:泵的铭牌上标明的转速为 2900 r/min,流量为 25 m³/h,扬程为 50 m,允许气蚀余量为 2.0 m,液体在吸入管的全部阻力损失为 2 m。当场大气压力为 100 kPa,求泵的允许安装高度。

解:泵的允许安装高度

$$H_g = \frac{p_0}{\rho g} - \frac{p_s}{2g} - \Delta h - \sum H_{f,0-1}$$

式中, $p_0=100$ kPa, $\Delta h=2.0$ m, $\sum H_{f,0-1}=2$ m。自查资料可知,水在 323 K 下的密度为 988.1 kg/m³,饱和蒸气压为 12.34 kPa。所以

$$H_g = \frac{100 \times 1000 - 12.34 \times 1000}{988.1 \times 9.81} - 2.0 - 2 = 5.04 \text{ (m)}$$

因此,泵的安装高度不应高于 5.04 m。

(四)改善离心泵气蚀性能的途径

1. 采用超气蚀叶形的诱导轮

近年来,发展了一种超气蚀泵,在离心泵叶轮前加一轴流式的超气蚀叶形的诱导轮,如图 1-27 所示。

超气蚀叶形具有薄而尖的前缘,以诱发一种固定型的气泡,并完全覆盖叶片。气泡在叶形后的液流中溃灭,即在超气蚀叶形诱导轮出口和离心叶轮进口之间溃灭,故超气蚀叶轮叶片材料不会受气蚀破坏。这种在气蚀显著发展时把整个叶形都包含在气蚀空气之内的气蚀阶段称为超气蚀。

2. 采用抗气蚀材料

当使用条件受到限制,不可能完全避免发生气蚀时,应采用抗气蚀材料制造叶轮,以延长叶轮的使用寿命。常用的材料有铝铁青铜 9-4、不锈钢 2Cr13、稀土合金铸铁和高镍铬合金等。实践证明,材料强度和韧性越高,硬度和化学稳定性越高,叶道表面越光,则材料的抗气蚀性能也越好。

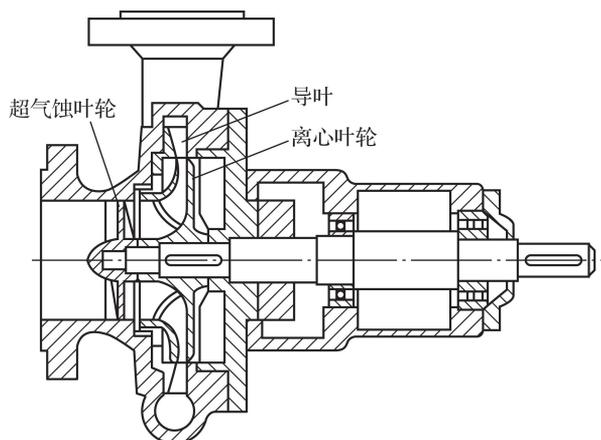


图 1-27 超气蚀泵

3. 降低吸入管阻力

在泵的吸入管路系统中,增大吸入管直径,采用尽可能短的吸入管,减少不必要的弯头、阀门等。

4. 采用双吸式叶轮

双吸式叶轮相当于两个单吸式叶轮背靠背地合并在一起工作,使每侧通过的流量为总流量的一半,从而使叶轮入口处的流速减小。

5. 采用诱导轮

在离心泵叶轮前加诱导轮能提高泵的抗气蚀性能,而且效果显著,如图 1-28 所示。诱导轮是一个轴流式的螺旋形叶轮,但与轴流泵叶轮又有明显差别。当液体流过诱导轮时,诱导轮对液体做功而增加能头,即对进入后面离心叶轮的液体起了增压作用,从而提高了泵的吸入性能。

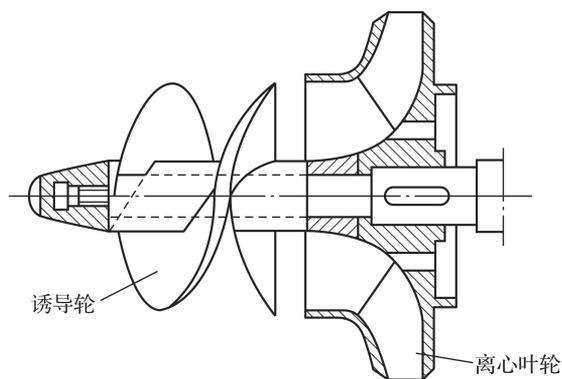


图 1-28 前置诱导轮

四、离心泵的拆装及检修

以单级离心泵为例。

(一)单级离心泵检修规程

1. 检修周期

由于泵的型号及输送介质不同,其检修周期不尽相同。一般小修 3 个月,中修 12 个月,大修 36 个月。

2. 检修内容

(1)小修。项目如下:

- ①检修填料密封,更换填料。检修机械密封,视情况局部更换或全部更换。
- ②检查与调整联轴器的同轴度及轴向间隙,更换联轴器的易损件。
- ③检查轴承及润滑油(脂)情况或更换润滑油(脂)。
- ④消除在运行过程中所发现的缺陷和渗漏,检查及紧固各部螺栓。
- ⑤清扫及检修所属阀门。

(2)中修。项目如下:

- ①包括小修内容。
- ②解体、检查各零部件的磨损、腐蚀和冲蚀程度,修复或更换。
- ③检查轴的磨损、腐蚀和直线度,进行修复。
- ④测定叶轮的静平衡及检查转子的晃动量。
- ⑤检查轴承的磨损情况,刮研轴瓦,调整间隙,更换轴承。
- ⑥检查与调整叶轮密封环、轴套、压盖、轴封等各部间隙。
- ⑦检查或校验压力表。
- ⑧检查、清扫以及修理电机。

(3)大修。项目如下:

- ①包括中修内容。
- ②更换叶轮。
- ③更换泵轴。
- ④泵体及衬板测厚、鉴定,并做必要的修复处理。
- ⑤测量及调整泵体的水平度。
- ⑥除锈防腐。

(二)单级离心泵的拆卸

1. 拆卸前的准备工作

- (1)切断电源,保证拆卸时的安全。
- (2)关闭出、入口阀门,隔绝介质来源。
- (3)开启放液阀,消除泵壳内的残余压力,除净泵壳内的残余介质。



视频

化工离心泵
拆装

- (4) 拆除两半联轴器的连接装置。
- (5) 拆下电动机机座螺栓,使电动机与泵体分离。

2. 拆卸顺序

以前开门式 IS 型离心泵为例简要说明其拆卸顺序。

- (1) 泵体的拆卸。拆下泵体的机座螺栓及泵后盖紧固螺栓,拆下泵体。
- (2) 叶轮及泵盖的拆卸。旋下连接泵盖与泵体的双头螺柱的螺母,拆泵盖。拆卸叶轮时,用专用扳手卡住叶轮前端的轴头螺母(又称叶轮背帽),沿离心泵叶轮的旋转方向旋下螺母,即可将叶轮从泵轴上拉出。

(3) 泵轴的拆卸。首先拆除填料,然后将轴组(包括泵轴、滚动轴承以及防松装置)从泵体上拆卸下来。为此,须按以下程序进行:

- ① 拆下泵轴后端的防松装置(大螺帽),用拉力器将离心泵的半联轴器拉下来,并且用通芯螺丝刀或錾子将平键冲下来。
- ② 拆轴承压盖螺栓,并把轴承压盖拆除,同时将润滑油倒出。
- ③ 将木块垫在轴头,用手锤敲击,使轴组沿轴向后端退出泵体。
- ④ 拆除防松垫片的锁紧装置,用锁紧扳手拆卸滚动轴承的圆形螺母,取下防松垫片。
- ⑤ 用拉力器或压力机将滚动轴承从泵轴上拆卸下来。

3. 单级离心泵拆卸时应检测的主要项目

(1) 转子的检测。

- ① 检测叶轮的腐蚀与磨损情况。
- ② 测量叶轮的径向跳动量。
- ③ 检测泵轴、轴套的磨损情况及轴的直线度。
- ④ 检查键与键槽的配合情况。

(2) 密封环的检测。

- ① 密封环的磨损情况。
- ② 密封环与叶轮进口端轴套外圆之间的径向间隙。

(3) 轴封的检测。

对于填料密封应检测:

- ① 泵壳与轴之间的径向间隙。
- ② 填料压盖外圆与填料函内孔的径向间隙。
- ③ 填料压盖内孔与轴套外圆之间的径向间隙。

对于机械密封应检测:

- ① 动环与静环贴合面的磨损情况及表面质量。
 - ② 弹簧的弹性。
- (4) 滚动轴承的检测。
- ① 滚动轴承的轴向间隙及径向间隙。
 - ② 滚动轴承内、外环的缺陷。

(三)单级离心泵主要零部件的检修

1. 转子的检修

(1)叶轮的检修。叶轮经过一段时间的使用后,会产生正常的磨损或腐蚀,也可能会因为外在情况而出现裂纹或破损。因此,应视不同情况予以修复或更换。

①叶轮与其他零部件相摩擦所产生的偏磨损,可用堆焊法来修理。

②对于玻璃钢或塑料叶轮的磨损,一般不进行修复,而用备件更换。

③叶轮的厚度减薄、铸铁叶轮的气孔或夹渣,以及因振动或碰撞所产生的裂纹或变形,一般情况下用新的备件来更换。若必须修理,可用补焊法进行修复。

④如果非金属叶轮出现裂纹或破损,可用环氧树脂粘接。

⑤大型化工用泵叶轮流道较宽,当它被腐蚀时,除了可以补焊修复外,还可用环氧黏结剂修补。

⑥叶轮进口端和出口端的外圆,其径向跳动量一般不应超过 0.05 mm。若超差在 0.1 mm之内,可在车床上车去 0.06~0.1 mm,使其符合要求;若超过很多,应检查泵轴的直线度偏差,并且可以用矫直泵轴的方法进行修理。

⑦叶轮修复后应找静平衡,去重时应从叶轮的两侧切削,切去的厚度不得超过原叶轮壁厚的三分之一。切削表面与圆盘面平滑相接。

(2)泵轴的检修。泵轴是带动叶轮做高速旋转并传递驱动机功率的元件。因此,轴要具有足够的强度和几何精度。为此,检修时应做探伤检查并测量轴的直线度和轴颈的圆柱度。

①当泵轴弯曲量超过允许范围时,可根据泵轴的弯曲量大小来选择冷矫直或热矫直法进行修理。

②对局部磨损的泵轴,若磨损深度不太大,可用堆焊法进行修理;若磨损深度较大,用补充零件法进行修理。对于磨损严重或出现裂纹的泵轴,应更换新轴。

③键槽磨损或与键配合松动,无论其间隙值大小,都可认定平键已经失去了使用价值。在不影响强度的原则下,可根据磨损情况适当加大键槽宽度,按照配合公差重新锉配平键。在结构和受力允许时,也可用换位法进行修理。

2. 滚动轴承的检修

滚动轴承质量的好坏,将直接影响离心泵的旋转精度,因此应对滚动轴承进行认真的检查。发现以下问题应予以更换:

(1)滚动轴承构件损坏。如轴承内、外环有裂纹,内、外环滚道上有缺损,滚动体上有斑点,保持架上有缺损和碰撞变形等。

(2)轴向及径向间隙过大。经过一段时间的使用之后,滚动轴承的轴向及径向间隙会有所增大,将会破坏轴承的旋转精度。可以用手感法和压铅法进行检查。

3. 泵壳的检修

泵壳内表面应光滑、平整,不能有粘砂、鼓包、气孔等现象。若有粘砂现象,可用砂纸打磨或用钢刷刷除。若有鼓包现象可用手工铲除,然后用砂纸磨光;若有气孔,可用手工电弧

焊补平,然后用錾子和砂纸修平、修光。由于泵壳又是承受液体压力的装置,因此不允许有裂纹存在,特别是穿透裂纹。若出现此情况,应及时更换泵壳。

4. 密封环的检修

密封环的磨损通常有圆周方向的均匀磨损和局部的偏磨损两种。均匀磨损使得密封环的厚度普遍减薄,与叶轮进口的径向间隙增大。偏磨损使密封环内圆的圆柱度偏差增大,与叶轮进口端的径向间隙也随之增大。当磨损超过规定值时应及时更换密封环。

5. 轴向密封装置的检修

(1) 填料密封装置的检修。

①泵壳与轴之间的径向间隙越小越好,但两个零件之间不能出现摩擦现象。径向间隙过大会出现所谓“吃填料”的现象。一般情况下,泵壳与轴套之间的径向间隙为 $0.3\sim 0.5\text{ mm}$ 。

②一般情况下,填料压盖外圆与填料函内孔的径向间隙为 $0.1\sim 0.2\text{ mm}$ 。当径向间隙过小时,可将压盖卡在车床上进行车削,或者用锉刀对压盖的外圆进行曲面锉削。若径向间隙太大,则应更换新件。

③一般情况下,填料压盖内孔与轴套外圆之间的径向间隙为 $0.4\sim 0.5\text{ mm}$ 。如果间隙过小,可以在车床上将填料压盖的内孔车大一些,以保证两零件之间的间隙。

(2) 机械密封装置的检修。

①动环和静环的检修。离心泵在运转一段时间后,应检查贴合面的磨损情况。检查时,可用 90° 角尺测量贴合面对中心线的垂直偏差。另外,对每个贴合面,应检查有无不平滑的划痕、裂纹、凹陷等现象。若摩擦面磨损严重或出现裂纹等缺陷,应更换新的零件。若划痕较浅,而呈现不平滑的表面,可先在磨床上进行磨削,然后在平板上修复。修复后的动环和静环,接触面表面粗糙度为 $0.2\sim 0.4\ \mu\text{m}$,接触面的平面度偏差不大于 $1\ \mu\text{m}$,接触面对中心线的垂直度偏差不大于 0.4 mm 。

②弹簧的检修。对于失去弹性的弹簧,应更换新的备件,在没有备件的情况下也可以自制。

6. 泵体的检修

(1)轴承孔的检修。泵体的轴承孔与滚动轴承的外环形成过渡配合。它们之间的配合公差为 $0\sim 0.02\text{ mm}$,可应用游标卡尺或内径千分尺对轴承孔的内径进行测量,检查轴承孔有无磨损,尺寸是否增大。除此之外,还要检查轴承孔内表面有无出现裂纹等缺陷。对于这类情况,可用补充零件法进行修理。

(2)泵体损伤的检修。对于泵体的裂纹,可用手锤对泵体的各个部位进行敲击听声法检查;对泵体上的穿透裂纹,还可以使用煤油浸润法来检查;对于铸铁泵体,出现夹渣或气孔等缺陷时,可先将缺陷处理干净,然后进行补焊,泵体出现裂缝时,可使用氧-乙炔气焊或电弧焊的方法进行补焊。

(四) 单级离心泵的装配

离心泵的各个零部件在完成修理、更换,经检查无误,确认其符合技术要求之后,即可进

行整机装配。离心泵的装配是恢复离心泵工作性能的重要步骤。一台离心泵,即使它的零部件质量完全合格,装配质量达不到技术要求,同样不能正常工作,甚至会出现事故。

1. 装配技术要求

- (1) 装配合格的离心泵应转动轻快,无机械摩擦现象。
- (2) 泵轴不应产生轴向窜动。
- (3) 离心泵的半联轴器与电动机半联轴器装配的同轴度偏差应符合技术要求。
- (4) 添加的润滑油、润滑脂应适量,并且牌号符合使用说明书的要求。
- (5) 设备清洁,外表无尘灰、油垢。
- (6) 基础及底座清洁,表面及周围无积水、废液,环境整齐、清洁。

2. 装配前的准备工作

- (1) 仔细阅读泵的有关技术资料,如总图、零件图、使用说明书等。
- (2) 熟悉泵的组装质量标准。
- (3) 检查泵的零件是否齐全、质量是否合格。
- (4) 备齐所使用的工具、量具等。
- (5) 准备好泵所需的消耗性物品,如润滑油、石棉盘根等。

3. 装配顺序

各种型号的离心泵,由于其结构不同,装配顺序不尽相同。下面仍以前开门式 IS 型离心泵为例,装配顺序如下。

- (1) 装配轴组,即把轴承装配在泵轴上。
- (2) 将轴组装入泵体。
- (3) 将泵壳安装在机座上。
- (4) 将泵盖套装在泵轴上,并安装叶轮。
- (5) 将泵盖安装在泵壳上,把泵体安装在机座上。
- (6) 装填料。
- (7) 联轴器找正。

五、离心泵的操作及常见故障排除

(一) 启动和停车

启动和停车是离心泵使用必不可少的操作,要加以重视,规范操作。

1. 启动前的检查

为了保证泵的安全运行,在泵启动前应对整个机组做全面的检查,发现问题及时处理。检查内容有:

- (1) 电动机和水泵固定时检查螺钉及螺母有无松动脱落。
- (2) 检查各轴承的润滑油是否充足,润滑油是否变质。
- (3) 如果是第一次使用或重新安装的水泵,应检查水泵的转动方向是否正确。



视频

离心泵的操作和常见故障排除

- (4)检查吸液池及水滤网上是否有杂物。
- (5)检查填料箱内的填料是否发硬。
- (6)检查排液管上的阀门启闭是否灵活。
- (7)检查电动机的电气线路是否正确。
- (8)检查机组附近有无妨碍运转的物体。

2. 启动前的准备

经过全面检查,确认一切正常后才可做启动的准备工作,应有以下几项工作:

- (1)关闭排水路上的阀门,以降低启动电流。
- (2)打开放气旋塞,向水泵内灌水,同时用手转动联轴器,使叶轮内残存的空气尽可能排出,直至放气旋塞口有水冒出,再将其关闭。
- (3)大型水泵用真空泵抽气灌水时,应关闭放气旋塞及真空表和压力表的旋塞,以保护仪表的准确性。

3. 启动操作

完成以上准备工作后,便可启动泵。启动后,待水泵转速稳定,电流表指针摇动到指定位置,这时再把真空表及压力表的旋塞打开,并慢慢开启出口阀门,水泵进入正常运行状态,与此同时将水封管的阀门打开。水泵启动后空转时间不能太长,通常以 2~4 min 为限,如果时间过长,水的温度就会升高,可能导致气蚀现象或其他不良后果。

4. 停车

在停车前应先关闭压力表和真空表阀门,再将排水阀关闭,这样在减少振动的同时可防止液体倒灌,然后停转电动机,关闭吸入阀、冷却水管、机械密封冲洗水管等。

注意:

- (1)离心泵装置在停车后仍然要做好清洁工作。
- (2)在寒冷季节,特别是在室外的泵,在停车后应立即放尽泵内液体,以防结冰,冻裂泵体。
- (3)备用泵应定期启动一次。

(二)运转时的维护

在水泵运行中,除了经常注视各仪表的读数是否正常外,还应该注意机组运转声音、振动、轴承润滑及密封装置的工作情况等。

- (1)注意轴承的润滑情况,应定时更换润滑油。
- (2)注意轴承温度不能超过 75 ℃。
- (3)检查水泵填料密封处滴水情况是否正常,泄漏量的大小由泵轴直径而定,一般要求能流成线,以每分钟 10~60 滴为合适。
- (4)运转一定时间后(一般 2 000 h),应更换磨损件。如环的间隙超过规定值,应更换密封环。

(三)常见故障及排除方法

为了便于分析比较,将离心泵在运行中常见故障产生的原因和排除方法,列成表 1-1。

表 1-1 离心泵常见故障现象、故障原因及排除方法

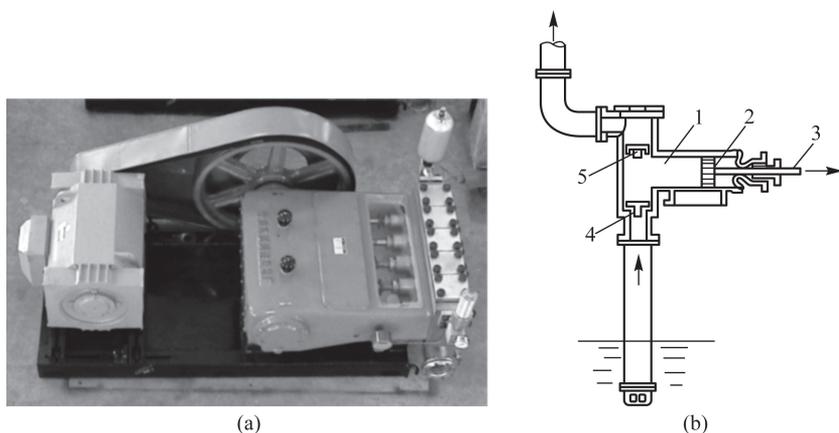
故障现象	故障原因	排除方法
流量扬程降低	泵内或吸入管内有气体	重新灌泵
	泵内或管路有杂物堵塞	检查清理
电流超高	转子与泵体摩擦	解体修理
振动值增大	泵轴与原动机对中不良	重新对中
	轴承磨损严重	更换
	转子部分不平衡	校正
	地脚螺栓松动	紧固螺栓
	泵抽空	检查
	轴弯曲	调整矫直
	泵内部摩擦	消除
	转子零件松动或破损	检查紧固,更换
	叶轮中有异物	检查消除异物
机械密封泄漏严重	机械密封损坏或安装不当	检查更换
	封液压力不当	调整
	操作波动大	稳定操作
	泵轴与原动机对中不良	重新校正校验
	轴弯曲或轴承损坏	矫直,更换
轴承温度过高	轴承箱内油过少或太脏	加油,换油
	润滑油变质	换润滑油
	轴承冷却效果不好	检查调整
	转子不平衡或偏心	检查消除
	轴承损伤	检查更换
泵输不出液体	总扬程与泵额定扬程不符	换泵
	管路漏气	检查消除
	泵转向不对	调整转向
	吸入扬程过高或灌注高不够	降低安装、增入口压
	泵内或管路内有气体	灌泵排气
泵不能启动或启动负荷大	电源或原动机不正常	检查电源和原动机情况
	泵卡住	解体检查
	排出阀未关	关闭排出阀,重新启动
	平衡管不畅通	疏通平衡管

课题三 往 复 泵

往复泵是容积泵的一种,它依靠活塞在泵缸内运动,使泵缸工作容积周期性地扩大与缩小来吸、排液体。往复泵由于结构复杂、易损件多,流量有脉动,大流量时机器笨重,因而在许多场合被离心泵所替代。但是在高压、小流量、输送黏度大的液体,要求精确计量及要求流量随压力变化小的情况下仍采用各种形式的往复泵。

一、往复泵的结构

往复泵实物如图 1-29(a)所示,其通常由两部分构成:一部分是直接输送液体把机械能转化为液体压力能的液力端(或称为液缸部分),主要由泵缸、活塞、活塞杆、吸入阀、排出阀等组成,如图 1-29(b)所示;另一部分是将原动机的能量传递给液力端(或称为动力端),主要由曲柄、连杆和十字头等部件组成。



1—泵缸; 2—活塞; 3—活塞杆; 4—吸入阀; 5—排出阀。

图 1-29 往复泵

二、往复泵的工作原理

如图 1-30 所示,往复泵是容积泵的一种,它主要是依靠活塞在泵缸内运动,使泵缸的工作容积周期性地扩大与缩小来实现吸、排液体的。当曲柄以角速度 ω 逆时针旋转时,活塞向右移动,活塞左侧液缸工作容积增大,泵体内压力降低,排出阀门关闭,吸液槽内的液体在液面压力的作用下通过吸液管上升,顶开泵缸内的吸液阀,液体进入液缸;当活塞在曲柄连杆机构的带动下由右支点向左支点移动时,吸入阀关闭,活塞左侧液缸工作容积减小,泵体内液体



视频
往复泵的结构
特点



视频
往复泵的工作
过程

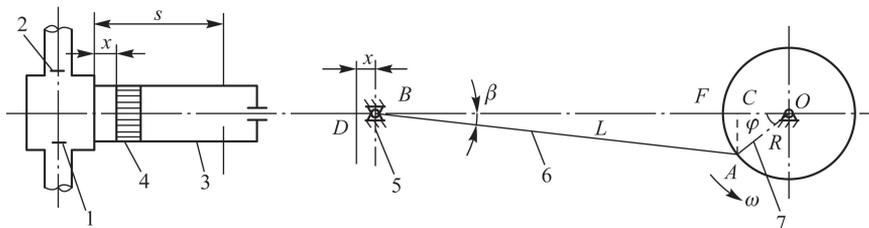


视频
往复压缩机的
结构特点及工
作原理



视频
往复泵的工作
原理

被挤压,液缸内液体压力急剧升高,在压力作用下吸入阀关闭,排出阀打开,液缸内的液体在压力差的作用下被输送到排液管路中,直到活塞运行到左支点为止,排液过程结束。当往复泵的曲柄以角速度 ω 不停地旋转时,往复泵就不断地吸入和排出液体。在往复泵中活塞往复运动一次称为泵的一个工作循环,往复泵的工作循环只有吸液和排液两个过程。往复泵左、右支点之间的距离称为活塞的行程或冲程,一般用 s 来表示。



1—吸入阀; 2—排出阀; 3—液缸体; 4—活塞; 5—十字头; 6—连杆; 7—曲柄。

图 1-30 单作用往复泵工作示意图

三、往复泵的操作及常见故障排除

(一) 往复泵的操作规程

1. 检查

- (1) 检查传动部件(包括十字头、柱塞等)是否完好。
- (2) 检查所有配管及辅助设备安装是否符合要求。
- (3) 检查泵联轴器的对中情况及防护罩是否齐全,紧固上、下阀座和阀套,均勿倒装或装错。

2. 准备工作

- (1) 检查泵体周围有无易燃、易爆物品和其他杂物。检查地脚螺栓和其他固定螺栓有无松动,防静电接地良好。
- (2) 检查泵机箱内润滑油面,中线为正常(初次加油,稍高于中线)。
- (3) 检查入口罐内液位,应高于 50%。
- (4) 检查管线、泵体是否有异常,附属设备是否好用;导通管路流程。
- (5) 盘车检查是否灵活轻松,应无异常声音和卡滞现象。
- (6) 查看压力表,应完好,打开压力表阀。

3. 往复泵的启动

- (1) 打开出口放气阀,将泵体内的空气排尽,关闭放气阀。
- (2) 初次启动往复泵时,手动盘车,给液压油排气,直至无气泡产生为止。
- (3) 在排出压力为零的情况下,打开泵的进口阀,灌泵,保证液体充满泵体。必要时关闭出口阀、打开放气阀排出管线及泵体内的气体。
- (4) 打开泵的入口阀、出口阀。
- (5) 用冲程调节手柄把冲程调到“0”的位置。



视频

往复泵的操作及常见故障排除

(6)检查柱塞冲程是否和调量表的指示相符。

(7)启动电机,注意检查压力、噪声和振动情况。

(8)调节计量旋钮,使泵达到正常流量。旋转调量表时,应注意不得过快过猛,应从小流量往大流量方向调节。当需要从大流量往小流量方向调节时应把调量表旋过数格,再向大流量方向旋至刻度。调节完毕后,用锁紧螺钉锁紧。

(9)如有必要,泵机械运转正常后可以进行流量校验。若经多次测定证明流量与冲程保持线性关系,且容积效率变化不大,则可投入正常运行。

4. 往复泵的停车

(1)冲程调零。

(2)停泵后切断电源。

(3)关闭进口阀。

(二)日常巡检维护

(1)检查泵的进、出口的压力、流量、电流是否正常。

(2)检查泵的轴承温度是否正常,泵体温度不得超过 65℃。

(3)检查泵的振动、声音是否正常。

(4)检查填料压盖压紧力,不得太紧,泄漏量为每分钟两滴以下,电动机温度不得超过70℃。

(5)定期清洗进出口阀,以免堵塞,影响计量精度。

(6)检查润滑油液位及其质量,经常保持纯净的指定油量,并注意适时换油。更换润滑油时注意要符合往复泵的换油周期,见表 1-2。

表 1-2 往复泵的换油周期

使用期限	开始运转 3 个月	4~6 个月内	6 个月以上
换油周期	3 个月换油 2 次	每季换油 1 次	每半年换油 1 次

(7)定期加注润滑脂,每年更换一次润滑脂。

(8)保持好泵的卫生,按规定时间做好各项记录。

(三)往复泵的切换

(1)备用泵做好启动前的一切准备工作。

(2)在入口阀、出口阀全开,柱塞冲程为零的条件下启动泵。

(3)备用泵启动正常后,逐步增加柱塞冲程,同时逐步减少原运转泵的柱塞冲程,使排出侧流量尽量保持不变,直到备用泵排出侧流量达到规定值,而这时原运转泵排出侧流量为零。

(4)按停车步骤关停原运转泵,切断原运转泵电源。

(四)往复泵常见故障现象及排除

往复泵的常见故障、故障原因及排除方法见表 1-3。

表 1-3 往复泵的常见故障、故障原因及排除方法

常见故障	故障原因	排除方法
不吸液	吸入的高度过大	降低吸入高度
	底阀的过滤器被堵或底阀本身有故障	清理过滤器或更换底阀
	吸入阀或排出阀泄漏太严重	修研或更换吸入阀或排出阀
	吸入管路阻力过大	清理吸入管,减少吸入管弯头或增大曲率半径,更换成较粗的管线,处理好漏处
流量小	泵缸活塞环及阀漏	更换活塞或活塞环
	吸入或排出阀漏	更换吸入、排出阀
	吸入管路漏气严重	处理漏处
压头不足	泵缸活塞环及阀漏	更换活塞环、修研或换阀
	动力不足、转动部分有故障	处理转动部分故障,加大电机
蒸气耗量大	蒸气缸活塞环漏气	更换蒸气缸活塞环
	盘根箱漏气	更换盘根
有异常响声	冲程数超过规定值	调整冲程数
	阀的举高过大	修理阀
	固定螺母松动	紧固螺母
	泵内掉入杂物	停泵检查,取出杂物
	吸入空气室空气过多排出,空气室空气太少	调整空气室的空气量
零件发热	润滑油不足	检查润滑油油质和油量,更换新油
	摩擦面不干净	修研或清洗摩擦面

课题四 齿 轮 泵

旋转泵是依靠转子运动造成工作室容积改变来对液体做功的机械,具有正位移特性。其特点是流量不随扬程而变,有自吸能力,不需要灌泵,采用旁路调节,流量小,泵液量比往复泵均匀,但受转动部件严密性限制,扬程不如往复泵高。常用的旋转泵有齿轮泵和螺杆泵两种。

一、齿轮泵的结构、特点

(一) 齿轮泵的结构

齿轮泵的形式有很多,但结构和工作原理基本相同,现以外啮合齿轮泵为



视频

齿轮泵的分类和结构特点及发展方向

例来说明齿轮泵的结构和工作原理。

外啮合齿轮泵主要是由两个相互啮合的齿轮以及容纳它们的泵体和前、后盖板组成的，在泵体上齿轮开始啮合和脱离啮合之处分别设置排油口和吸油口，由齿轮脱离啮合的轮齿表面和泵体的内表面组成吸油腔，由齿轮开始啮合的轮齿表面和泵体内表面组成排油腔，两腔互不相通。外啮合齿轮泵的结构如图 1-31 所示。

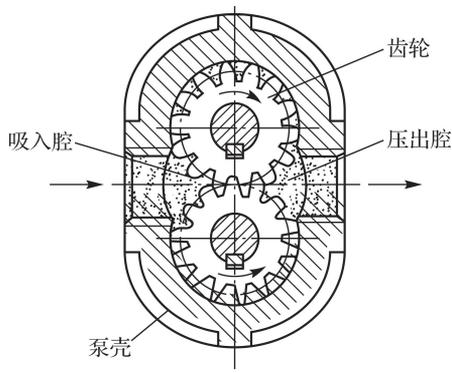


图 1-31 外啮合齿轮泵的结构

(二) 齿轮泵的特点

(1) 齿轮泵的流量与排出压力基本无关，流量和压力有脉动。

(2) 齿轮泵无进、排液阀，结构比往复泵简单，制造容易，维修方便，运转可靠，流量较往复泵均匀。

(3) 齿轮泵可产生较高的扬程，但流量小，适用于输送高黏度液体或糊状物料，一般用于输送具有润滑性质的液体，但不宜输送含固体颗粒的悬浮液。

(4) 为防止排出管路因堵塞等原因使排出压力过高而产生事故，齿轮泵泵体上装有安全阀。

二、工作原理

外啮合齿轮泵是依靠齿轮相互啮合，在啮合过程中依靠转子转动造成工作室容积的改变来对液体做功的机械，具有正位移特性。如图 1-32 所示，啮合齿 A、B、C 将工作容积空间隔成吸入腔和排出腔，当一对轮齿按图示方向转动时，位于吸入腔的 C 齿逐渐退出啮合，使吸入腔工作容积逐渐增大，压力降低，液体沿着管道进入吸入腔并充满齿间容积，随着齿轮的转动，进入齿间的液体被带到排出腔，由于轮齿啮合占据了齿间容积，使排出腔容积变小，液体被排出，这就是齿轮泵的工作原理。



视频

齿轮泵的结构特点及工作原理



视频

齿轮泵的工作原理与特点

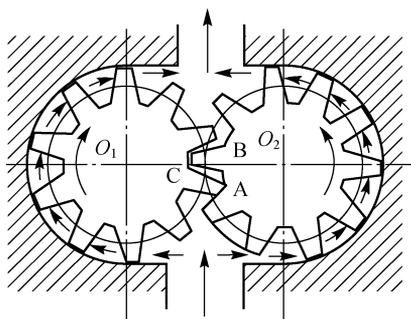


图 1-32 齿轮泵的工作原理

三、齿轮泵的操作及常见故障排除

(一) 齿轮泵操作规程

齿轮泵除具有自吸能力、流量与排出压力无关等特点外,泵壳上无吸入阀和排出阀,具有结构简单、流量均匀、工作可靠等特性,但效率低,噪声和振动大,易磨损,主要用来输送无腐蚀性、无固体颗粒并且具有润滑能力的各种油类,温度一般不超过 70°C ,如润滑油、食用植物油等。一般流量范围为 $0.045\sim 30\text{ m}^3/\text{h}$,压力范围为 $0.7\sim 20\text{ MPa}$,工作转速为 $1\ 200\sim 4\ 000\text{ r}/\text{min}$ 。

1. 准备工作

- (1) 认真进行外表检查,消除障碍物。必要时,人工盘转检查其内部有无卡阻。检查并确保泵内无干摩擦。
- (2) 全开油泵进出阀及吸排管有关各阀,确保来往管路畅通无阻。
- (3) 检查并确认电动机转向是否正确,不允许反向转动。
- (4) 检查确认吸入过滤器清通,吸入油温在允许范围,否则会影响泵油工作,甚至会产生摩擦,损坏机件。
- (5) 接通电源,按电钮启动。启动后如运转正常,启动工作则告完成。

2. 运转中管理

- (1) 检查各仪表读数是否正常,必要时进行详细检查和调节。
- (2) 经常检查轴封和各接合部位是否泄漏。
- (3) 检查吸入油温和油压是否在允许范围内,吸入过滤器是否堵塞。油压过低和油温过高都可能使油泵吸入侧气化和气蚀,影响泵油的正常进行,甚至损坏机件。

3. 停泵

- (1) 按电钮使泵停止转动,并切断电源。
- (2) 依次关闭油泵进出阀及吸排管路各有关阀。



视频

齿轮泵的操作及常见故障排除

(二) 齿轮泵的常见故障及排除方法

齿轮泵的常见故障、故障原因及排除方法见表 1-4。

表 1-4 齿轮泵的常见故障、故障原因及排除方法

常见故障	故障原因	排除方法
泵吸不上油或无压力 ^①	原动机与泵的旋转方向不一致	纠正原动机旋转方向
	泵传动键脱落	重新安装传动键
	进出油口接反	按说明书选用正确接法
	油箱内液面过低,吸入管口露出液面	补充油液至最低液位线以上
	转速太低,吸力不足	提高转速至泵的最低转速以上
	油液黏度过高或过低	选用推荐黏度的工作油液
	吸入管道或过滤装置堵塞造成吸油不畅	清洗管道或过滤装置,除去堵塞物;更换或过滤油箱内油液
	吸入过滤器过滤精度过高造成吸油不畅	按产品样本和说明书正确选用过滤器
	吸入管道漏气	检查管道各连接处,并予以密封、紧固
流量不足,达不到额定数值	转速过低,未达到额定转速	按产品样本或说明书指定额定转速选用原动机转速
	系统中有泄漏	检查系统,修补泄漏点
	泵长时间工作、振动导致泵盖连接螺钉松动	适当拧紧螺钉
	吸入管道漏气	检查管道各连接处,并予以密封、紧固
	吸入过滤器堵塞或通流量过小	清洗过滤器或选用通流量为泵流量 2 倍以上的过滤器
	吸入管道堵塞或通径小	清洗管道,选用不小于泵入口通径的吸入管
	油液黏度不当	选用推荐黏度的工作油液
压力升不上去	泵吸不上油或流量不足	同故障 ^① 的排除方法
	液压系统中的溢流阀设定压力太低或出现故障	重新设定溢流阀压力或修复溢流阀
	系统中有泄漏	检查系统,修补泄漏点
	油液黏度太高或油温过高	选择黏度适宜的液压油,如温度过高则应装冷却装置
	电动机功率与齿轮泵不匹配	选用相匹配的电动机
	滤油器堵塞	清理滤油器

续表

常见故障	故障原因	排除方法
异常发热	间隙选配不当,造成滑动部位过热	拆开清洗,测量间隙,重新配合达到规定间隙
	装配质量差,传动部分同轴度未达到技术要求,运转不畅	拆开清洗,重新装配,达到技术要求
	轴承质量差或装配时被打坏,或安装时未清洗干净,造成运转不畅	拆开检查,更换轴承,重新装配
	油液质量差	按泵要求选择或更换油液
	吸油管径细,吸油阻力大	加粗管径,减少弯头,减小吸油阻力
	外界热源高,散热条件差	清除外界影响,增设隔热措施
振动噪声过大	齿轮误差或两齿轮轴线不平行	更换精度齿轮,保证两齿轮轴线平行
	齿轮泵进油管直径太小	更换直径较大的进油管
	滤油器堵塞或转速过高	清理滤油器或降低转速
	泵体与端盖的两侧没有加纸垫而产生硬性冲击,泵体与泵盖不垂直密封,旋转时吸入空气	泵体与端盖间加入纸垫,研磨泵体与泵盖间的平行度(不超过 0.005 mm)
	电动机与齿轮泵轴不同心	调整泵体与电机的同轴度,使其误差不超过 0.01 mm
油液泄漏	轴的密封面被划伤	重新处理密封面
	泵盖与密封圈配合过松	调整泵盖与密封圈间隙
	油封骨架弹簧脱落	更换密封件
齿轮泵运转不正常或有咬死现象	泵体轴向间隙或径向间隙过小	调整轴向或径向间隙
	滚针转动不灵活	更换活动滚针轴承
	盖板与轴的同心度不够	更换盖板使其与轴同心
	压力阀失灵	更换弹簧,清除阀体小孔污物或换滑阀
	泵轴与电动机联轴器同心度不够	调整泵轴与电动机联轴器同心度,使其不超过 0.01 mm
	泵中有杂质	用细丝绸网过滤机油,清除污物

课题五 螺 杆 泵

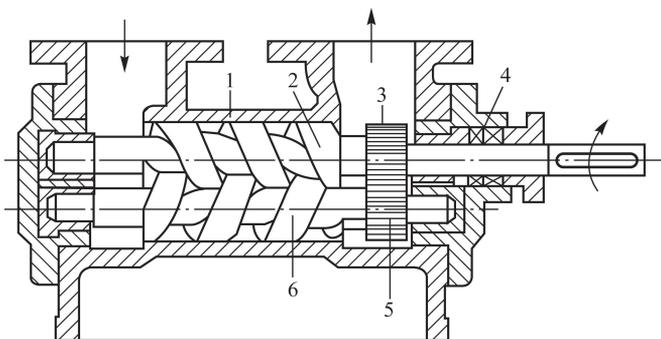
螺杆泵,也称螺旋扬水机、阿基米德螺旋泵,是利用螺旋叶片的旋转使流体沿轴向螺旋形上升的一种泵。其结构简单,制造容易,流量较大,水头损失小,效率较高,便于维修和保

养,但扬程低,转速低,需设变速装置,多用于灌溉、排涝,以及提升污水、污泥等场合。我国从 20 世纪 70 年代就开始使用螺杆泵。

一、螺杆泵的结构和特点

(一)螺杆泵的结构

螺杆泵是回转式容积泵的一种特殊形式,它是利用一根或数根螺杆相互啮合的空间容积的变化来输送液体的一种容积式转子泵,因此称为螺杆泵。螺杆泵按照相互啮合的螺杆数目可分为单螺杆泵、双螺杆泵、三螺杆泵、五螺杆泵等。图 1-33 所示为双螺杆泵结构示意图,主动螺杆通过填料函伸出泵壳,由原动机驱动,主动螺杆和从动螺杆的螺纹旋向相反,一个为左旋螺纹,一个为右旋螺纹。



1—泵壳; 2—主动螺杆; 3,5—齿轮; 4—填料函; 6—从动螺杆。

图 1-33 双螺杆泵结构示意图

(二)螺杆泵的特点

螺杆泵的特点如下:

- (1)流量均匀。当螺杆旋转时,密封腔连续向前推进,各瞬时排出量相同,因此流量比往复泵、齿轮泵均匀。
- (2)受力状况良好。多数螺杆泵的主螺杆不受径向力的作用,从动螺杆不受扭转力矩的作用,因此使用寿命较长,双螺杆结构的螺杆泵还可以平衡轴向力。
- (3)运转平稳,噪声低。螺杆泵输送的液体不受搅拌作用,螺杆泵密封腔空间较大,有少量杂质颗粒也不妨碍工作。
- (4)具有良好的自吸能力。螺杆泵密封性能好,可以排送液体,启动时不用灌泵,可以气液混相输送。
- (5)螺杆泵可以输送黏度较大的液体。

二、螺杆泵的工作原理

如图 1-34 所示,当主动螺杆旋转时,靠吸入一侧的啮合空间打开并与吸入室接通,使吸入室容积增大,压力降低,液体被吸入,液体进入泵以后被拦截



视频

螺杆泵的结构特点及注意事项



视频

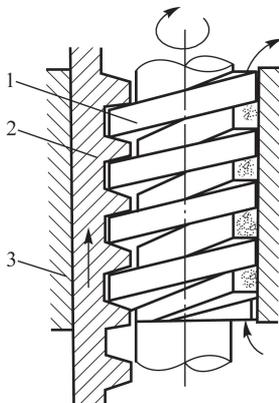
螺杆泵的结构特点及工作原理



视频

螺杆泵的工作原理及分类

在啮合室内,随螺杆旋转而做轴向运动,为了使充满齿杆齿槽的液体不至于旋转,必须以一固定的齿条(双螺杆齿槽接触的凸齿)紧靠在螺纹内将液体挡住,随着螺杆的不断旋转,液体即从吸入室沿轴向移动至排出室。



1—螺杆; 2—齿条; 3—壳体。

图 1-34 螺杆泵工作简图

三、螺杆泵操作规程及常见故障排除

(一)启动前准备工作

- (1)检查流程是否正确。
- (2)检查泵周围是否清洁,不应有妨碍物。
- (3)检查联轴器保护罩、地脚等部分螺钉是否紧固,有无松动现象。
- (4)轴承油盒要有充足的润滑油,油位应保持在规定范围内,油质完好。
- (5)按泵的用途及工作性质选配好适当的压力表。
- (6)有轴瓦冷却水及轴封水的机泵应保持水流畅通。
- (7)检查电压是否在规定范围内,电机接线及接地是否正常。
- (8)用手盘动联轴器,检查泵内有无异物碰撞杂声或卡死现象,有则予以消除。

(二)泵的启动与运行

- (1)将料液注满泵腔,严禁干摩擦。
- (2)打开螺杆泵的进出阀门后(要求阀门全开,以防过载或吸空),开启电机。
- (3)如果有旁通阀,应在吸排阀和旁通阀全开的情况下启动,让泵启动时的负荷最低,直到原动机达到额定转速时,再将旁通阀逐渐关闭。
- (4)运行中检查轴封密封是否完好,允许有微量的泄漏,若泄漏量不超过 20~30 滴/秒,则认为正常。检查泵出料量及振动或噪声是否正常,发现异常立即停车并排除故障。

(三)停泵

停车前需先停止电机运行,后关闭吸入管阀门,再关闭排出口阀门(防止干转,以免擦伤工作表面)。



视频

螺杆泵的基本
操作及常见故
障排除

(四) 运行中注意事项

(1) 启动前一般应全开入口阀、出口阀, 打开出口阀后, 应尽快将泵启动。严禁在没有打开出口阀的情况下开泵(如果出口阀关闭, 必须保证出入口连通阀全开)。

(2) 如果工艺所需流量小, 可稍开或不开出口阀, 同时全开进出口的连通阀, 然后启动机泵正常后, 根据工艺需要, 缓慢打开出口阀, 同时缓慢关小连通阀至正常工况。

(3) 严禁在没有灌泵的情况下长时间运转。

(4) 出现下列情况立即停泵: 严重泄漏、异常振动、异味、火花、烟气、撞击、电流持续超高。

(5) 螺杆泵在运行过程中, 轴承温度不能超过环境温度 35 °C, 最高温度不得超过 80 °C。

(6) 流量、压力平稳, 电流不超过额定值。

(7) 密封泄漏不超过下列要求:

① 机械密封: 重质油不超过 5 滴/分钟, 轻质油不超过 10 滴/分钟。

② 填料密封: 重质油不超过 10 滴/分钟, 轻质油不超过 20 滴/分钟。

(五) 常见故障及排除方法

螺杆泵的常见故障、故障原因及排除方法见表 1-5。

表 1-5 螺杆泵的常见故障、故障原因及排除方法

常见故障	故障原因	排除方法
泵启动后上量不足	泵体或吸入管线漏气	消漏, 排净机泵内的气体, 重新灌泵
	入口管线、过滤器堵塞或阀门开度小	开大出口阀, 疏通入口管线或拆开检查入口过滤器
	螺杆间隙过大	更换
	单向阀不严	检修或更换单向阀
运转不平稳或输出压力太低	联轴器找正差	重新找正
	泵壳内进入异物	打开泵体检查清理
	吸入阻力大, 轴承磨损或损坏	检查入口管线、过滤器是否堵塞或阀门开度是否太小, 并进行清理更换
	同步齿轮磨损或错位	调整、修理或更换
	地脚螺栓松动	紧固
出口压力突然升高	压力表坏	更换出口压力表
	出口管线堵塞或出口阀故障	清理出口管线或处理出口阀
轴封渗漏	机械密封安装不良或损坏	重新组装或更换
	轴颈磨损	修复

四、螺杆泵维护保养及保养注意事项

(一) 日常维护保养

1. 例行常规检查

- (1) 检查轴封及各接合密封面是否有泄漏。
- (2) 检查冷却系统是否畅通, 压力、温度是否在合理范围内。
- (3) 检查运转的平稳性, 是否有振动。
- (4) 检查机座螺栓是否松动。
- (5) 长时间停车应排净系统中的物料, 气温较低时检查防冻防凝情况。

2. 定期检查

- (1) 每周检查轴承箱润滑油或润滑脂油位情况。
- (2) 每月检查振动情况, 并判断轴承磨损情况。

3. 定期换油

(1) 根据换油周期进行定期换油。在工作第一个月内经 100 h 更换润滑油, 以后每隔 500 h 换油一次。

(2) 换油时目测箱体内部是否有沉积物或残留物, 并决定是否清洗, 若无须清洗, 则可直接加入新油。

4. 运行 8 000 h 后常规检查

检查轴承情况及易损件情况, 必要时更换; 清理过滤器、泵体内积物。

(二) 保养注意事项

(1) 螺杆泵长期储存、停用时, 做防锈处理。方法为用防锈脂涂抹非油漆金属表面, 包括轴表面、填料壳体内腔等。

(2) 润滑。良好的润滑是泵长期可靠工作的前提。

① 润滑部位有泵的轴承和传动轴的万向接头处。

② 润滑剂一般为锂基润滑脂, 若为输送食品介质的泵, 在传动轴球头处则采用食品润滑脂。

③ 泵的轴承按使用的环境和工作状况应定期拆下清洗, 并重新加润滑脂。充填量以填满轴承和轴承壳空间的 $1/3 \sim 1/2$ 为宜。

④ 传动轴的万向接头更换润滑脂的时间取决于输送介质的温度和压力, 并检查密封套及 O 形密封圈是否损坏。

(3) 轴封。

① 采用填料密封的螺杆泵, 需要经常检查泄漏情况, 并及时压紧填料盖, 以略有介质渗出为宜(压得过紧会使填料发热咬死)。

② 更换磨损的填料环时, 应全部更换掉。

③采用机械密封的泵,一旦发现泄漏应及时检查,对老化的 O 形密封圈、密封圈表面损坏的动环、静环应及时更换。

④对输送高黏度、易沉淀或固化、腐蚀性介质的泵,在长期停用前应充分清洗机械密封,并在动环、静环摩擦端涂上润滑脂。

(4)螺杆泵使用过程中,定子与万向节等部件是比较容易损坏的配件,用户在更换定子后应先用润滑剂将定子内部润滑,这样会大大增长定子的寿命。

(5)螺杆泵在寒冬季节使用时,停车后,需将泵体下部放水螺塞拧开将介质放净,防止冻裂。

(6)螺杆泵长期停用,需将螺杆泵全部拆开,擦干水分,将转动部位及接合处涂以油脂装好,妥善保存。

(7)一般每 3 000 h 对泵进行一次全拆大修,更换损坏的零件。经过大修的泵,一般要进行必要的测试,其主要性能要达到原来的技术指标。

①拆泵。拧出 4 根拉紧螺栓的螺母,拆下压出室;边旋转边拉出定子;拆下吸入室;打开万向节联轴器密封套,拆出销轴或万向节。

仔细清洗拆下零部件,及时更换易损零件。每 1 000~1 500 h 应拆下定子,检查定子、转子磨损情况并给万向节和轴承重新注油。

②大修理。

a. 拆泵。

b. 拆下半联轴器或皮带轮。

c. 打开圆螺母止动垫圈的止动舌,拧出圆螺母。

d. 将输入轴连同密封箱一起拆下,再进一步解体。

思 考 题

1. 按工作原理的不同,泵可以分为几类? 各类泵的工作原理是什么?
2. 简述离心泵的分类,并试述离心泵的工作过程。为何启动前要进行灌泵?
3. 简述离心泵的气蚀现象及其危害。
4. 提高离心泵抗气蚀性能的措施有哪些?
5. 离心泵在启动前应做好哪些工作?
6. 往复泵主要由哪些零部件组成? 简述往复泵的工作原理。
7. 往复泵分为几类? 各有什么特点?
8. 简述螺杆泵的工作原理及特点。
9. 简述轴封装置的分类及特点。
10. 为何要计算泵的安装高度?

11. 简述蜗壳与导轮的作用。

12. 某厂用离心泵将相对密度为 0.9 的石油产品自常压储罐压入后送到反应器中。在操作温度下,该油品的饱和蒸气压为 0.029 3 MPa,吸液管全部损失为 1.5 m。已知泵的许用气蚀余量为 3.5 m,当地大气压为 0.864 MPa,吸、排液管的直径相同,试求该泵的安装高度。