

中华人民共和国

内河船舶船员适任考试培训教材

轮机基础

中国海事服务中心组织编审

主 编 印洪浩
副主编 孙 鹏

轮机专业



大连海事大学出版社

内 容 简 介

本书为轮机基础科目,适用于轮机专业一类、二类证书适任船员考前培训,主要包括理论力学、材料力学、流体力学、热力学、传热学、金属材料、机械制图、度量仪表,船舶基础知识、船舶航行性能、船体强度与结构。

图书在版编目(CIP)数据

轮机基础 / 印洪浩主编. —大连:大连海事大学出版社,2010. 12
中华人民共和国内河船舶船员适任考试培训教材
ISBN 978-7-5632-2502-6

I. ①轮… II. ①印… III. ①轮机—技术培训—教材 IV. ①U676.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 243861 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路 1 号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com>

E-mail: cbs@dmupress.com

大连华伟印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2010 年 12 月第 1 版

2010 年 12 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:8.75 字数:212 千

责任编辑:杨子江

封面设计:王 艳

ISBN 978-7-5632-2502-6

定价:23.00 元

前 言

根据《中华人民共和国内河船舶船员适任考试和发证规则(2010)》和《内河船舶船员适任考试大纲(2010)》，中国海事服务中心组织在内河船舶运输领域有着丰富教学和培训经验的专家、教授、高级讲师在 2006 年培训教材的基础上重新编写了《内河船舶船员适任考试培训教材》，并组织实践经验丰富的海事管理机构专家和船公司的指导船长、轮机长对教材进行了审定。

在本套教材编写前，中国海事服务中心组织参编专家对内河船舶运输现状进行了广泛的调研和深入的讨论，确保教材内容符合船上实际，反映最新航海应用技术和最新法律、法规、规范与标准，并在表达方式上通俗易懂、易于理解，符合内河船舶船员业务学习和技能培训的需要。

本系列教材分驾驶专业和轮机专业两部分：驾驶专业包括《船舶操纵》、《避碰与信号》、《航道与引航》、《船舶管理》、《船舶驾驶与管理》五种教材；轮机专业包括《主推进动力装置》、《船舶辅机与电气》、《机舱管理》、《轮机基础》、《船舶动力装置》、《轮机管理》六种教材。另外，单独编写和开发了内河船舶船员适任考试模拟练习软件，以光盘的形式出版，驾驶专业和轮机专业各一种。

《轮机基础》由重庆交通大学印洪浩任主编，孙鹏任副主编，第一～八章由印洪浩编写，第九～十一章由孙鹏编写。由江苏海事职业技术学院安翔、刘万鹤任主审。

教材在编写过程中得到了交通运输部海事局领导和专家的关心和指导，相关海事部门和船公司对教材编写也提供了热情的帮助和支持，在此一并表示感谢！由于时间仓促，书中难免存在错误和疏漏，欢迎广大读者和专家批评指正。

中国海事服务中心
2010 年 11 月

目 录

第一章 理论力学	(1)
第一节 力的概念.....	(1)
第二节 力的性质种类、表示方法	(1)
第三节 力的三要素及作用效果.....	(1)
第四节 力的平衡.....	(2)
第五节 机械振动.....	(3)
第二章 材料力学	(5)
第一节 材料力学的主要任务.....	(5)
第二节 交变应力、疲劳极限、疲劳破坏.....	(5)
第三节 机械传动.....	(8)
第三章 流体力学	(13)
第一节 流体的物理性质	(13)
第二节 流体在管路中的流动阻力(沿程阻力、局部阻力)损失的概念.....	(15)
第四章 热力学	(16)
第一节 状态参数	(16)
第二节 工质的概念,基本热力过程.....	(19)
第三节 柴油机循环热效率和影响循环热效率的主要因素	(21)
第四节 蒸气的热力性质	(22)
第五节 湿空气的热力性质	(23)
第六节 绝对湿度和相对湿度的概念	(24)
第五章 传热学	(25)
第一节 热传递的三种基本形式的概念、特点.....	(25)
第二节 三种基本热传递的传热过程及热阻分析	(25)
第三节 换热的概念和基本形式、增强与削弱换热在轮机管理中的应用.....	(26)
第四节 船用换热器的结构和换热特点	(28)
第六章 金属材料	(33)
第一节 金属的基本性能	(33)
第二节 焊接的概念及分类、特点.....	(35)
第三节 船舶常用材料	(37)
第四节 金属材料的腐蚀	(47)
第七章 机械制图	(49)
第一节 制图的基本知识	(49)
第二节 几何体投影及尺寸标注	(50)
第三节 机件表达方法:基本视图的概念和表达方式.....	(54)

第四节	零件图	(55)
第五节	公差与配合	(56)
第六节	装配图	(58)
第七节	管路图的识读	(60)
第八章	度量仪表	(64)
第一节	常用参数的公制、英制单位及换算	(64)
第二节	工具与量具	(67)
第九章	船舶基础知识	(76)
第一节	船舶种类	(76)
第二节	船体形状	(80)
第三节	排水量、载重量、吨位	(81)
第四节	干舷、水尺、载重线	(83)
第五节	内河航区的划分	(85)
第十章	船舶航行性能	(86)
第一节	船舶浮性	(86)
第二节	船舶稳性	(90)
第三节	船舶抗沉性	(95)
第四节	船舶摇荡性	(95)
第五节	船舶阻力	(98)
第十一章	船体强度与结构	(100)
第一节	船体强度	(100)
第二节	船体结构	(102)
习题及答案		(113)
参考文献		(131)

第一章 理论力学

第一节 力的概念

力是物体间的相互机械作用。

力的概念是从劳动中产生的。人们在生活和劳动中,由对肌肉紧张收缩的感觉,逐渐产生了对力的认识。力的作用一般有两种情况:一种是通过物体间的直接接触产生的,例如机车牵引车厢的拉力、物体之间的压力等就是这样的;另一种是通过非直接接触产生的,比如地球对物体产生的重力。

第二节 力的性质种类、表示方法

经实践中总结,力有如下一些性质,这些性质是最基本的规律。

二力平衡:作用于同一物体(刚体)上的两个力如果大小相等,方向相反,作用在同一直线上,则物体将保持平衡。如图 1-1 中, F_1 与 F_2 二力平衡,物体静止不动,处于平衡状态。

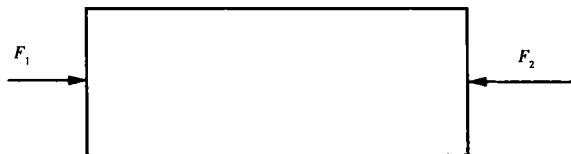


图 1-1 二力平衡示意图

作用与反作用定律:两物体间相互作用的力,总是大小相等、方向相反、沿同一直线,分别作用于该两物体上,这被称为力的成对性。比如,用手推箱子的时候,箱子受到手的作用力;而同时手又受到箱子的反作用力,而且这两个力大小相等,方向相反,分别作用在箱子和手这两个物体上。

作用于物体上某一点处的力称为集中力,但物体之间相互接触时,其接触处多数情况下并不是一个点,而是一个面,这时,无论是施力物体还是受力物体,其接触处所受的力都是作用在接触面上的,这种分布在一定面积上的力称为分布力。

力既有大小又有方向,集中力常用带箭头的直线段表示(图 1-1)。力的符号表示用英文字母 F 。

第三节 力的三要素及作用效果

力的大小、方向和作用点称为力的三要素。其中,力的作用点是指力在物体上的作用位置。力的三要素决定了力的作用效果。图 1-2 中,力的方向是水平向左,而力的作用点就是箭

头和箱子接触的位置 A。

力的作用效果是使物体的运动状态改变或形状发生改变。如图 1-2 所示,当力 F 用来推一个箱子,箱子由静止开始运动,运动状态发生了变化;如图 1-3 所示,用箭头表示的力 F 作用在气球上,气球由圆形变成了椭圆形,形状改变。

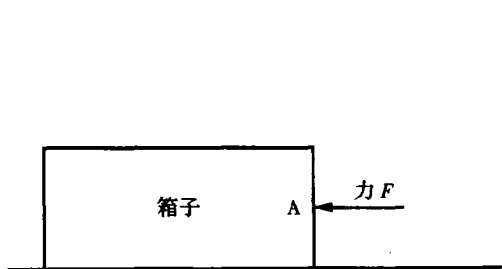


图 1-2 力的三要素

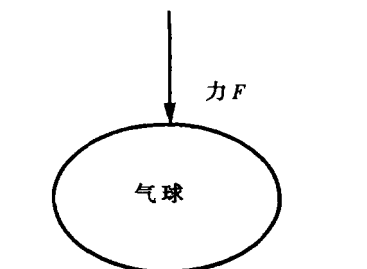


图 1-3 力的作用

第四节 力的平衡

按照力系中各力作用线在空间分布的不同形式,力系可划分为以下三种:

汇交力系 各力作用线相交于一点;

平行力系 各力作用线相互平行;

一般力系 各力作用线既不相交于一点,又不相互平行。

如果作用于物体上各力的作用线都在同一个平面内,并且各力作用线相交于一点,则这种力系称为平面汇交力系;如果各力作用线不相交于一点,则这种力系称为平面一般力系。

一、平面汇交力系及平衡条件

使一个力系成为平衡力系的条件称为力系的平衡条件。平面汇交力系的各力可采用两两合成的办法,最终可合成为两个力 F_1 和 F_2 ,当 F_1 和 F_2 满足二力平衡条件时,平面汇交力系达到平衡条件。

二、平面一般力系及平衡条件

平面一般力系平衡的条件是:由于各力作用线不相交于一点,可能引起物体转动,因此,只有同时满足物体转动平衡条件和平面汇交力系的平衡条件,才能实现平面一般力系的平衡。

三、重心的概念及确定方法

(一)重心的概念

地球上的物体都受到地心引力的作用。物体内每个微小部分上受到的地心引力被认为是组成了一个空间平行力系。此平行力系的合力就是物体的重力,重力的作用点称为物体的重心。掌握重心的有关知识,在工程实践中很有用处。例如,高速旋转的柴油机飞轮,必须使它的重心尽可能位于转轴上,否则会引起强烈振动,甚至造成破坏。

(二)重心的确定方法

1. 对称性法

均质物体若具有对称面、对称轴或对称中心,其重心一定在对称面、对称轴或对称中心上;如果物体有两个对称面,则重心必在两个对称面的交线上;若物体有两根对称轴,则重心必在两对称轴的交点上。

例如,球心是圆球的对称中心,也是它的重心;矩形的重心在两个对称轴的交点上。

2. 悬挂法

对于形状复杂或非均匀物质的物体,工程上采用实验法测定其重心位置。常用的方法有悬挂法。对于平板形物体或具有对称面的薄零件可采用悬挂法。先将其悬挂于任一点 A ,见图 1-4(a),根据二力平衡条件,重心必在过 A 点的铅直线 $A-A'$ 上。再选一悬挂点 B ,重复以上过程,画出直线 $B-B'$,见图 1-4(b)。根据对称性,则 $A-A'$ 与 $B-B'$ 的交点 C 即为重心。

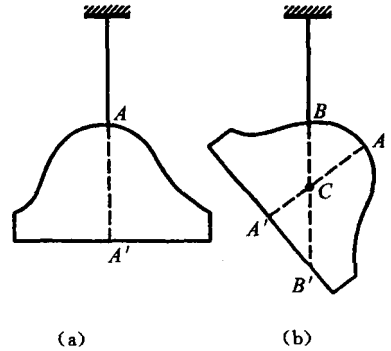


图 1-4 悬挂法

3. 组合法

组合法是将形状比较复杂的物体分割开,得到几个较简单的形体部分作为研究对象。由于各部分形状简单,各部分的重心位置已知,然后根据重心坐标公式求出整个物体的重心。

第五节 机械振动

一、振动的原因

机械振动就是在一定的条件下,物体在其平衡位置附近所作的各种往复性的机械运动。机械振动主要是由机械部分的惯性力、摩擦力及其他力的干扰造成的。

振动是日常生活和工程实际中普遍存在的一种物理现象,例如汽车行驶在不平路面上的上下颠簸,发动机运转时的振动,地震时地面的强烈震动等。很多振动表现有周期性,例如钟摆的摆动。也有一些振动比较复杂,不具有那么严格的周期性,例如汽车的颠簸和地震等。

悬挂在弹簧上的物体在外界干扰下所作的往复运动,就是最简单、最直观的振动。广泛地说,各种机器设备及其零部件和基础,都可以看成是不同程度的弹性系统,在一定的条件下,都会发生振动。

在许多情况下,振动是有害的,各种机械都可能因振动而使机件损坏,机床振动会影响加工精度和工件的表面粗糙度。但是振动也有其有利的一面,例如,工程中利用振动原理设计制造的大量振动机械,如振动打桩机、振动造型机、振动清砂机、振动运输机等,大大提高了劳动生产率。

二、振动的物理量

实际中的振动系统是很复杂的。为了便于分析研究和用数学方法进行计算,需要在满足工程要求的条件下,把实际的振动系统进行抽象简化。用来描述振动的物理量主要有“振

幅”、“周期”和“圆频率”。振动体偏离振动中心或平衡位置的最大距离称为振幅；如果振动每经过一段时间 T 后，会重复原来的运动，那么 T 称为振动的周期；振动体在 $2\pi s$ 内的振动次数，称为圆频率。

三、共振的概念

工程中的自由振动，都会由于阻尼的存在而逐渐衰减，最后完全停止，但实际上又存在有大量不衰减的持续振动，这是由于外界有能量输入以补充阻尼的消耗。有的承受外加的激振力，在外加激振力的作用下的振动称为受迫振动。比如，船舶柴油机在工作时，由于气缸内气体压力变化，运动部件的重力和惯性力等因素，会引起轴系的振动。

研究发现，当激振力频率等于系统的固有频率时，振幅在理论上趋向无穷大，这种现象称为共振。实际上，由于系统存在阻尼，共振时振幅不可能达到无限大。但一般来说，共振时的振幅都是相当大的，往往使机器产生过大的变形，甚至造成破坏。工程中必须采取措施避免共振的发生。

四、减振与隔振的常用方法

将振源与需要防振的物体之间用弹性元件或阻尼元件进行隔离的方法称为隔振。使振动物体的振动减弱的方法称为减振。为避免和减少振动的不良影响和危害，常用的方法措施有：

- (1)削弱振源，如控制内燃机工质的压力升高率、减少非匀速运动的运动部件质量；
- (2)用加配重来使不平衡离心力得到平衡、对高速回转部件作好动平衡试验等；
- (3)合理地提高运动部件的制造与装配精度；
- (4)合理地提高有关构件的刚度；
- (5)采用吸振性强的材料；
- (6)采用减振器、弹性支座、弹性联轴器等设备吸收振动能量；
- (7)使用中避免产生共振。

第二章 材料力学

第一节 材料力学的主要任务

机械或结构物的每一组成部分称为构件。能主动地使物体运动或有运动趋势的力,称为主动力或载荷。材料力学的任务就是在保证满足工作要求的前提下,以最经济的代价,为构件选择适宜的材料,确定合理的形状和尺寸,为设计构件提供必要的理论基础和计算方法。

第二节 交变应力、疲劳极限、疲劳破坏

构件在未受外力作用时,其内部各部分之间存在着相互作用的力以维护它们之间的联系,保持构件的形状。当构件受到外力的作用下产生变形,其内部各部分之间的相对位置发生变化,因而它们的相互作用力也发生改变。这种由于外力作用而引起的构件内部各部分之间的相互作用力的改变量,称为“附加内力”,简称内力。内力随外力的增加而加大,到达某一限度时就会引起构件的破坏,因而它与构件的强度是密切相关的。

研究构件的内力通常采用截面法。截面法是假想地用一个平面将构件切开,以显示内力,并根据平衡条件由外力来确定内力。

如图 2-1 所示,截面法主要过程可以归纳为四个字:

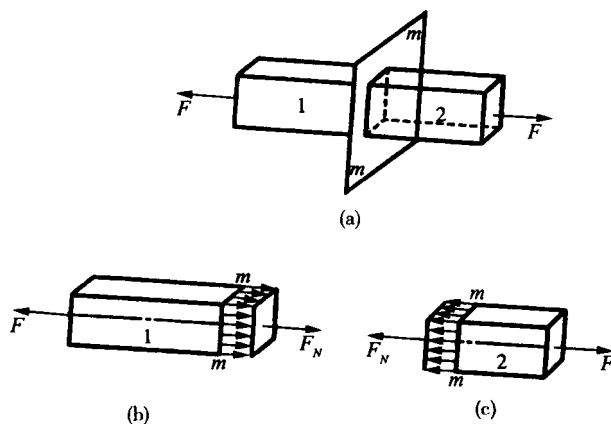


图 2-1 截面法主要过程

切 沿所求截面假想地将构件切开。

取 取出其中任意一部分作为研究对象。

代 以内力作用代替被舍去部分对选取部分的作用,图中如选取左边部分,就用 F_N 代替右部分的作用。

平 列平衡方程求解内力。

构件某一截面上的内力只表示截面上总的受力情况,还不能说明分布内力系在截面上各点处的密集程度(简称集度)。

两根材料相同的拉杆,一根较粗、一根较细,二者承受相同的拉力,当拉力同步增加时,细杆将先被拉断。这表明,虽然两杆截面上的内力相等,但内力的分布集度并不相同,细杆截面上内力分布的集度比粗杆截面上的集度大。为了解决构件的强度问题,还必须研究截面上内力分布的集度。在材料相同的情况下,判断构件破坏的依据不是内力的大小,而是内力分布的集度。为此,引入应力的概念。

应力是指受力构件内力系在截面上各点处的密集程度。

一、交变应力、疲劳极限、疲劳破坏的概念

(一)交变应力

大小和方向随时间发生周期性变化的载荷称为交变载荷,交变载荷引起的应力称为交变应力,使构件内每一点的应力随时间而作交替变化。交变应力的产生有两种情况:一种是构件在交变载荷下工作,因而构件内产生交变应力,如内燃机中的连杆、齿轮的轮齿、气锤的锤杆等;另一种是载荷不变,但构件本身在转动,如电机轴和火车轮轴,从而引起构件内部各处(除轴心外)的应力发生交替变化。

(二)疲劳极限

有些机器零件和工具在工作时要受到冲击作用,如蒸气锤的锤杆、柴油机的曲轴、冲床的冲头等。冲击韧性是材料在冲击载荷作用下抵抗破坏(断裂)的能力。由于瞬时的外力冲击作用所引起的变形和应力,比静载荷的大得多,因此,在设计受冲击载荷的零件和工具时,必须考虑所用材料的冲击韧性。在机械中有许多零件,如曲轴、齿轮、连杆、弹簧等是在交变载荷的作用下工作的。这种受交变应力的零件,发生断裂时的应力,远低于该材料的屈服强度,这种破坏现象叫做疲劳破坏。据统计,约有80%的机件失效都可归咎于疲劳破坏。当材料在无数次重复或交变载荷作用下而不致引起断裂的最大应力,叫做疲劳极限。另外,由于轮机设备中很多零件是长期在高温条件下工作的,比如柴油机进排气阀、增压器涡轮叶片等,这类零件还需考虑其金属材料在高温下的力学性能指标,主要有热强度和热硬度。

(三)疲劳破坏

疲劳破坏是一种普遍而又严重的失效形式,是船机零件故障的常见情况。零件材料长时间在交变载荷作用下产生裂纹和断裂的现象称为疲劳破坏。零件长期在交变的机械应力或热应力下工作,即使最大工作应力小于静载下的极限,但在长期工作后也会产生裂纹或断裂,即产生疲劳破坏。零件发生疲劳断裂时具有以下特征:

- (1)零件是在交变载荷作用下经过较长时间的使用;
- (2)断裂应力小于材料的许用极限应力;
- (3)断裂是突然的,无任何先兆;
- (4)断口形状特殊,断口上有明显不同的区域;
- (5)零件的几何形状、尺寸、表面质量和表面受力状态等均直接影响零件的疲劳断裂。

二、疲劳破坏的种类及其应对方法

(一)疲劳破坏的种类

1. 按零件所受应力大小和循环周数分类

低应力、高寿命的疲劳破坏称为高周疲劳。最常见的高周疲劳破坏,如曲轴、弹簧等零件的断裂。这种情况下,零件所受应力较低,小于屈服极限,但应力循环周数较高,周数一般超过 $10^6 \sim 10^7$ 。

高应力、低寿命的疲劳破坏称为低周疲劳。比如,压力容器、高压管道等的裂纹和断裂。这种情况下,使用中应力很高,但循环周数很少时发生疲劳破坏,应力循环周数少于 $10^4 \sim 10^5$ 。

2. 按零件工作环境和接触情况分类

有腐蚀疲劳、热疲劳、接触疲劳、微动磨损疲劳和激冷疲劳等。

由于零件受热温度变化引起热应力的反复作用造成的疲劳破坏称为热疲劳。例如柴油机气缸套、气缸盖受热面的裂纹。

零件在腐蚀性介质中受到腐蚀,并在交变载荷作用下产生的疲劳破坏称为腐蚀疲劳。

3. 按应力状态分类

有弯曲疲劳、扭转疲劳、轴向拉压疲劳和复合疲劳等。

柴油机在运转中发生曲轴裂纹和断裂事故不少见,尤其是发电柴油机曲轴疲劳破坏较多。曲轴在回转中受到各缸交变的气体力、往复惯性力和离心力,以及由其所引起的弯矩、扭矩的作用。这些力不仅随曲柄转角变化,也随负荷变化。因此曲轴在这些力的作用下发生弯曲和扭转变形,产生复杂的交变应力和引起曲轴的弯曲振动、扭转振动,从而又产生很大的附加应力。曲轴的形状复杂,截面变化较多,刚性很差,存在严重的应力集中,容易产生疲劳破坏。曲轴裂纹和断裂是属于高周低应力疲劳破坏。其断裂应力甚至仅为 $1/3$ 屈服极限,循环周次高于 $10^6 \sim 10^7$ 。依曲轴产生裂纹的交变应力的性质不同,主要有以下三种疲劳裂纹:弯曲疲劳裂纹、扭转疲劳裂纹和弯曲—扭转疲劳裂纹。

(二)应对方法

防止或减少船机零件的疲劳破坏,从根本上就要消除或降低零件上的应力集中和附加应力,即消除或减少疲劳裂纹源和降低交变应力。具体措施要从零件的结构设计和制造方面着手,同时从轮机管理方面减少船机零件的疲劳破坏。

1. 结构设计方面

(1)设计合理。对于零件上截面变化处,如孔、键槽、过渡圆角、螺纹等处要注意截面变化不可突然,孔的边缘、过渡圆角处应圆滑,表面要光洁。例如曲柄过渡圆角半径不应小于曲柄销径直径的 5% ,否则就会产生严重的弯曲应力集中。

(2)改进不合理的设计。设计不合理会引起附加应力导致零件的疲劳破坏。

2. 制造方面

(1)毛坯制造缺陷(如铸、锻件和焊接件中的气孔、缩孔、夹渣和微裂纹等)引起的应力集中,尤其是截面变化处缺陷更危险,容易形成裂纹源,所以,制造中首先要提高零件毛坯质量。

(2)零件加工表面粗糙度等级低、太粗糙、应力集中严重,容易导致裂纹。

(3)强化表面,提高疲劳强度。采用渗碳、渗氮、碳氮共渗等表面化学热处理可有效地提高零件的表面疲劳强度。例如,球墨铸铁曲轴渗氮处理可使弯曲疲劳强度提高 $20\% \sim 29\%$ 。

3. 轮机管理方面

加强对主、副柴油机的管理,尤其要加强曲轴的维护保养,对减少曲轴的疲劳破坏,延长曲轴的使用寿命和柴油机的正常运转十分重要。

(1)定期检测曲轴臂距差,监控曲轴轴线状态和监控主轴承下瓦的磨损情况,防止曲轴的弯曲疲劳破坏。

(2)加强主轴承润滑,定期检测主轴颈与主轴承的配合间隙,防止轴承下瓦过度磨损。

(3)柴油机运转时避免在转速禁区持续运转。

(4)加强扭振减振器的维护管理,保证其在运转中处于良好的工作状态。

第三节 机械传动

在工程实际中,人们常根据实现往复或回转等运动形式的构件的外形特点,把相应的一些构件的组合称为机构。机构起着运动传递和运动形式转换的作用,比如柴油机中的齿轮机构、凸轮机构和连杆机构。

机器是由机构组成的,可以是多种机构的组合体,如内燃机由齿轮机构、凸轮机构和连杆机构等组合而成;机器也可以是一个最简单的机构,如电动机由定子和转子所组成的双杆回转机构。

一、凸轮、曲柄连杆机构的工作原理、特点和应用

(一) 凸轮机构

凸轮机构是由凸轮、从动件和机架组成的机构。凸轮是一种具有曲线轮廓或凹槽的主动件,一般作等速连续转动,也有作往复移动的。凸轮机构可将凸轮的转动,变成从动件的连续或间歇的往复移动或摆动;或者将凸轮的移动转变为从动件的移动或摆动。

凸轮机构的主要优点有:只要适当地设计凸轮轮廓,可以使从动件实现生产要求的运动规律,且结构简单紧凑。缺点是:凸轮与从动件以点或线相接触,不便润滑,容易磨损;凸轮为曲线轮廓,加工比较复杂;由于凸轮尺寸的限制,从动件工作行程较小。

凸轮机构主要用于转换运动形式。例如图 2-2 所示为船用柴油机配气机构。盘形凸轮 1 作等速转动,通过主从动件接触点处半径的变化可使从动杆 2 按预期规律作上下往复移动,从而达到控制气阀开闭的目的。

(二) 曲柄连杆机构

平面连杆机构在生产生活中应用较多,比如家用缝纫机的踏板机构。在轮机工程中,通常将曲柄滑块机构称为曲柄连杆机构。将柴油机中的曲柄连杆使用机构示意图表示,得到图 2-3。曲柄连杆机构主要由曲柄、连杆、滑块、机架等部分组成。柴油机中的曲柄连杆机构将活塞的直线运动转换为曲柄的旋转运动,从而将功率输出。

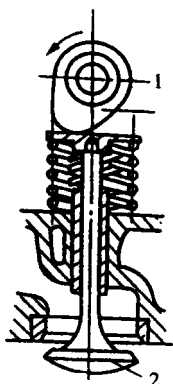


图 2-2 船用柴油机配气机构

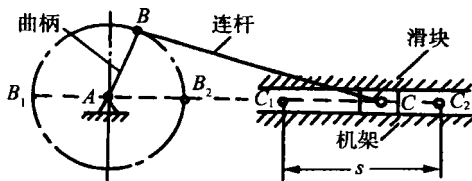


图 2-3 曲柄连杆使用机构示意图

四冲程柴油机中连杆与活塞相接,工作时活塞的往复运动将产生周期性的大小、方向都发生变化的往复惯性力。惯性力的大小与加速度成正比,方向与加速度相反。活塞在燃气膨胀做功时,往复惯性力的方向正好与气体力方向相反,致使柴油机做工能力下降,效率降低。四冲程机在换气上止点时,气体力较小,甚至小于此时的往复惯性力,使得连杆受拉伸作用。往复惯性力将使柴油机产生上下振动。

曲柄连杆机构在柴油机中实现了运动形式的转换,具有十分重要的作用。不仅如此,曲柄连杆机构在船舶辅助机械中的应用也很广泛,如往复式空压机、活塞式制冷压缩机等等。

二、带、链、齿轮、液力传动方式、特点及应用

(一)带传动

船用柴油机配气机构带传动一般由主动带轮 1、从动带轮 2 和传动带 3 组成(图 2-4)。由原动机带动主动带轮旋转,并通过传动带,带动从动带轮旋转,利用传动带的运动或者从动轮的转动达到工作目的。

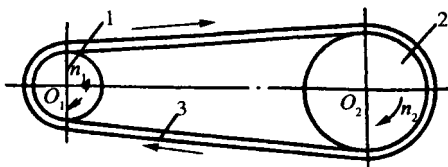


图 2-4 带传动的组成

根据传动原理不同,带传动可分为摩擦型带传动和啮合型带传动两大类。

摩擦型带传动利用带与带轮间的摩擦力传递运动和动力(图 2-5)。



图 2-5 摩擦型带传动

啮合型带传动有同步带传动、齿孔带传动等类型;同步带传动工作时,利用带上内侧凸齿

与带轮齿槽的啮合传递运动和动力(图 2-6),齿孔带传动工作时,利用带上的孔与带轮上的齿啮合传递运动和动力(图 2-7)。

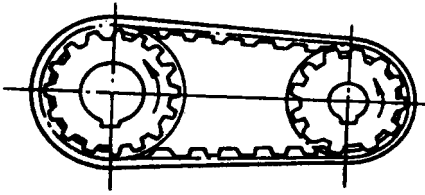


图 2-6 同步带传动

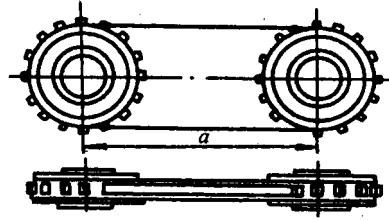


图 2-7 齿孔带传动

摩擦型带传动由于需要施加张紧力,轴和轴承受力较大。适用于要求传动平稳,传动比不要求准确,中小功率及中心距较大的场合。不适宜在高温、易燃、易爆、有腐蚀介质的场合下工作。其主要特点是:带富有弹性,能缓冲和吸振,传动平稳,噪声小。过载时,带在带轮上打滑,可防止其他零件的损坏,起到过载保护作用。由于弹性滑动,不能保证准确的传动比。传动效率较低,带的寿命较短。

同步带传动常用于要求传动比准确的中小功率传动,如电子计算机、数控机床及纺织机械等。传动带的内周有一定形状的齿和带轮上相应的齿槽相啮合,带和带轮接合面之间无滑动,因而能保证准确的传动比。其适应的速度范围广,传动比大,传动效率高,传动结构紧凑。

啮合型带传动中的齿孔带传动,常用于放映机、打印机中,以保证同步运动。

(二)链传动

链传动是一种具有链的啮合传动装置,它由链条和主、从动链轮组成,如图 2-8 所示。工作时,依靠链条与链轮轮齿的啮合来传递运动和动力。

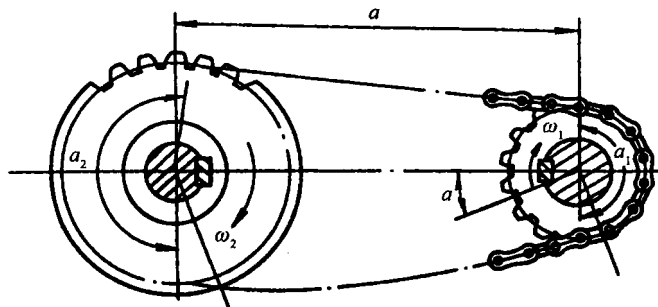


图 2-8 链传动

链传动与摩擦型带传动相比,无弹性滑动和打滑现象,平均传动比准确,工作可靠,效率较高;传递功率大,过载能力强,相同工况下的传动尺寸小;所需张紧力小,作用于轴上的压力小;能在高温、多尘、潮湿、有污染等恶劣环境中工作;与齿轮传动相比,制造和安装精度要求较低,成本低,易于实现较大中心距的传动或多轴传动。主要缺点是:瞬时的链速和传动比不恒定,传动平稳性较差,有噪声。

适用于中心距较大又要求平均传动比准确的传动、环境恶劣的开式传动、低速重载传动、润滑良好的高速传动的场合,不宜用于载荷变化很大和急速反向的传动中。按用途不同,链可分为传动链、起重链和牵引链。起重链和牵引链主要用于起重和输送机械中,在一般机械传递

运动和动力的链传动装置中,常用的是传动链。

(三) 齿轮传动

齿轮传动指的是由齿轮副组成的传递运动和动力的装置,如图 2-9 所示。当一对齿轮互相啮合而工作时,主动轮 O_1 的轮齿,通过力 F 的作用逐个推进从动轮 O_2 的轮齿,使从动轮转动,将主动轮的动力和运动传递给从动轮。

齿轮机构的传动比指的是主从动轮的瞬时转速之比,一对齿轮传动中两轮的转速与其齿数成反比。在图 2-9 中,设主动轮与从动轮的转速和齿数分别为 n_1 (r/min) 和 z_1 , n_2 (r/min) 和 z_2 ,则传动比

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}。$$

齿轮传动主要特点有:

- (1) 能保证瞬时传动比恒定不变,实现刚性传力。
- (2) 适用范围广,圆周速度可达 300 m/s,传递的功率可从 1 瓦(W)至十几万千瓦(kW),直径可从几十毫米(mm)至 15 米(m)。
- (3) 传递效率高,结构紧凑。可以实现大传动比,工作可靠,使用寿命长。

(4) 不足之处是齿轮的制造和安装精度要求较高;不适于远距离传动;运转中伴有噪声、冲击和振动;无过载保护作用;需专用机床制造。

齿轮传动主要用于传递任意两轴或多轴间的运动和动力,比如柴油机常采用齿轮系来实现曲轴和凸轮轴之间的传动。

(四) 液力传动

液力传动是利用工作液体的动能变化来实现动力传递,即将液体的动能转变为机械能。常见的液力传动机械有液力耦合器和液力变矩器。

图 2-10 为液力传动的工作示意图。原动机 1 带动离心泵 2 高速旋转,离心泵通过进水管 8 由贮水池 7 吸入液体,液体在离心泵内加速获得动能,即离心泵 2 是将原动机 1 的机械能转换成液体动能的主要装置。由离心泵打出的高速液体,由连接管路 3、导向装置 4 进入涡轮机 5,冲击涡轮机叶片,从而使涡轮机旋转,并由输出轴 9 输出机械能驱动工作机构运动。常见的设备有液力耦合器和液力变矩器。

液力传动的特点有:

(1) 自动适应性。液力变矩器具有自动变矩、变速的特性;涡轮扭矩能随外界负载扭矩的增加而自动增加,同时其转速自动降低;负载扭矩减少时,涡轮扭矩随着自动减少,同时其转速自动增加。液力耦合器有自动无级变速的特性。

(2) 无级调整性能。在动力机外特性和工作机负载特性不变的情况下,可以通过改变液力传动的特性来无级地调整工作机的转速(液力耦合器和液力变矩器均有)。

(3) 无磨损。因为液力传动是利用工作液体作为介质传递动力,泵轮与涡轮之间没有机械

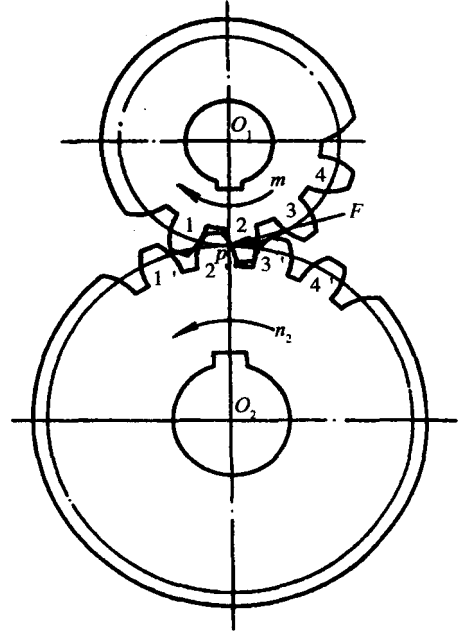


图 2-9 齿轮传动

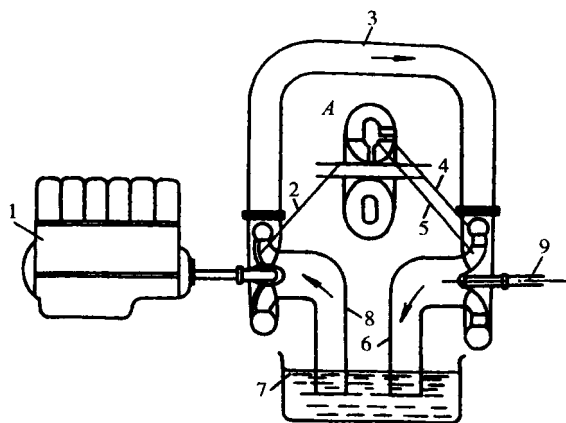


图 2-10 液力传动

1—发动机;2—离心泵;3—连接管路;4—导向装置;5—涡轮机;6—出水管;
7—贮水池;8—进水管;9—输出轴

直接接触,故没有磨损。

(4)防振隔振作用。能减弱动力机扭振和隔离载荷振动,故可提高动力机和传动装置的寿命。

(5)反转制动性能。反转制动性能稳定。

(6)良好的启动性能。由于泵轮扭矩与其转速的平方成正比,故动力启动时,其载荷甚微,启动时间短,尤其适用于大型设备的启动。

(7)限矩保护性能。在一定的转速下,泵轮、涡轮及导轮的扭矩只能在一定的范围内随着工况而改变,如果外载荷扭矩超过涡轮扭矩,各个叶轮的扭矩也不会超过其固有的变化范围,能起到过载保护的作用。

(8)效率随工况变化。工况的变化对效率影响较大。

(9)便于远距离操纵。对主、从动轮的对中要求不高,但不适于低速重载场合和精密传动。

液力传动的主要用途有:

(1)作为交通运输车辆的主传动。

(2)调整用。电站锅炉给水泵、化工厂的化工泵、钢厂风机等往往都是用液力耦合器或液力变矩器进行调整的。

(3)启动用。惯性大的设备,启动时困难,利用液力传动十分有利。如大型皮带运输机、破碎机,由于载重量大,惯性也很大。若直接用电机驱动,启动时间长,启动电流大,配备的电机容量也要增大,遇到故障电机可能会烧坏。采用液力传动,大大改善了启动性能。

(4)过载保护。如工程机械的负荷变化幅度很大,常常出现过负荷,使用液力传动对传动装置能起保护作用。

(5)并车。在船舶、钻机及其他机械中采用几个动力机驱动一个工作机时,常用液力传动并车,这样动力机工作容易协调。

(6)制动。液力制动器已广泛地在重型汽车及内燃机车上应用。利用液力变矩器涡轮反转制动特性来控制重物下放的速度,在起重机和工程船上应用得很成功。