

珠江水系内河船舶船员适任培训系列教材

# 轮机基础

主 编 张少明

副主编 高 炳 朱波华

主 审 付子文

轮机专业

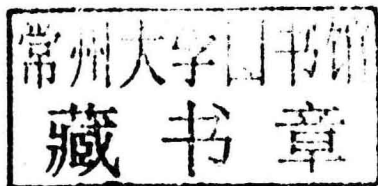


大连海事大学出版社

珠江水系内河船舶船员适任培训系列教材

# 轮机基础

主 编 张少明  
副主编 高 炳 朱波华  
主 审 付子文



大连海事大学出版社

© 张少明 2011

### 图书在版编目(CIP)数据

轮机基础 / 张少明主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2011. 7  
珠江水系内河船舶船员适任培训系列教材  
ISBN 978-7-5632-2590-3

I. ①轮… II. ①张… 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(2011)第 125431 号

### 大连海事大学出版社出版

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

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连美跃彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2011年7月第1版 2011年7月第1次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 字数:339千 印张:13.75

责任编辑:王桂云 封面设计:王艳 责任校对:苏炳魁

ISBN 978-7-5632-2590-3 定价:40.00元

## 内 容 提 要

本书根据《中华人民共和国内河船舶船员适任考试大纲》(2010版)的要求编写,是全国内河一类、二类、三类船舶轮机员的适任考试培训教材。

本书共分为11章,第一章理论力学;第二章材料力学;第三章流体力学;第四章工程热力学;第五章传热学;第六章金属材料;第七章机械制图;第八章度量仪表;第九章船舶基本知识;第十章船舶航行性能;第十一章船体强度与结构。

本书在编写时注意了我国内河船员的实际情况,文字简练易懂,内容紧扣大纲,力求为培训与适任考试工作提供帮助,也可以作为轮机工作者的自学读物。

## 《轮机基础》参编人员

赵 芳 李伟良 李国明 罗发强 金吉军 叶军辉 马明生 顾亚平  
许建生 冯锦源 杨海涛 江伟平 李树坚 林拱喜 周国辉 朱国仁  
俞昌寿 余传波 孙 涛 林如芳 杨全本 潘晓峰 庄文聪 孙钦同  
赵孝光 江志君 王益权 徐剑峰 邹理光 张海南 李 伟 冯玉成  
张成才 王三弟 周序亮 叶家艳 叶强盛 梁 亮 张进财 陶永涛

# 前 言

为了履行2011年1月1日起施行的《中华人民共和国内河船舶船员适任考试和发证规则》(简称《2010内河船员规则》),广东海事局、广西海事局组织了广东、广西两省区的高等院校、内河船员培训中心及内河航运企事业单位有丰富教学、培训和实践经验的学者、专家根据《中华人民共和国内河船舶船员适任考试大纲》(2010版)的要求,针对珠江及广东、广西两省区内河船员、船舶、航道的特点编写了内河船舶船员适任培训考试系列教材。

《轮机基础》教材编审人员在对珠江及广东、广西两省区的内河船舶运输现状、船员实际状况进行了深入调研分析,在研读了大量的有关轮机基础的专著、教材的基础上,有针对性地内容进行筛选和梳理。本教材的特点是紧扣大纲,注重实用性,语言通俗,理论适度,强调操作性。

本教材由广东交通职业技术学院张少明担任主编,广东交通职业技术学院高炳、广州海事局朱波华担任副主编,广东海事局付子文主审,广东交通职业技术学院陈文彬、广州海运技工学校吴增华参与了编写工作。

本教材在编写过程中得到了广东海事局领导和专家的关心和指导,对教材编写也提供了热情的帮助和支持,在此一并感谢!由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者和专家批评指正。

编 者

2011年3月

# 目 录

<b>第一章 理论力学</b> .....	(1)
第一节 力的概念和性质 .....	(1)
第二节 机械振动 .....	(5)
第三节 运动学 .....	(6)
<b>第二章 材料力学</b> .....	(10)
第一节 应力的概念 .....	(10)
第二节 材料的力学性能指标 .....	(13)
第三节 交变应力、疲劳极限、疲劳破坏 .....	(14)
第四节 机械传动 .....	(16)
<b>第三章 流体力学</b> .....	(23)
第一节 流体的物理性质 .....	(23)
第二节 流体在管路中的流动阻力损失 .....	(25)
<b>第四章 工程热力学</b> .....	(28)
第一节 状态参数 .....	(30)
第二节 工质的概念、基本热力过程 .....	(33)
第三节 柴油机循环效率 .....	(40)
第四节 蒸汽的热力性质 .....	(42)
第五节 湿空气的热力性质 .....	(43)
第六节 绝对湿度和相对湿度 .....	(43)
<b>第五章 传热学</b> .....	(45)
第一节 热传递 .....	(45)
第二节 换热的概念及应用 .....	(47)
第三节 船用换热器 .....	(47)
<b>第六章 金属材料</b> .....	(52)
第一节 金属的基本性能 .....	(52)
第二节 焊接 .....	(56)
第三节 船舶常用材料 .....	(59)
第四节 金属材料的腐蚀 .....	(74)
<b>第七章 机械制图</b> .....	(76)
第一节 制图的基本知识 .....	(76)
第二节 几何体投影及尺寸标注 .....	(80)
第三节 机件表示方法 .....	(85)
第四节 零件图 .....	(92)
第五节 公差与配合 .....	(97)

第六节 装配图 .....	(99)
第七节 管路图的识读 .....	(102)
第八章 度量仪表 .....	(105)
第一节 单位制及单位换算 .....	(105)
第二节 常用度量仪表的使用 .....	(106)
第九章 船舶基本知识 .....	(117)
第一节 船舶种类 .....	(117)
第二节 船体形状 .....	(122)
第三节 排水量、载重量、吨位 .....	(127)
第四节 干舷、水尺、载重线 .....	(128)
第五节 内河航区的划分 .....	(131)
第十章 船舶航行性能 .....	(133)
第一节 船舶浮性 .....	(133)
第二节 船舶稳性 .....	(137)
第三节 船舶抗沉性 .....	(141)
第四节 船舶的摇荡性 .....	(144)
第五节 船舶阻力 .....	(147)
第十一章 船体强度与结构 .....	(150)
第一节 船体强度 .....	(150)
第二节 船体结构 .....	(152)
复习题 .....	(163)
复习题参考答案 .....	(203)
附录 “轮机基础”考试大纲 .....	(207)
参考文献 .....	(211)





# 第一章 理论力学

静力学是研究物体在力系作用下平衡规律的科学。力系是指作用在物体上的一组力。

在一般工程问题中,平衡是指物体相对于地球保持静止或做匀速直线运动。显然,平衡是机械运动的一种特殊情况。物体的平衡总是暂时的、相对的。例如,在直线轨道上运动的列车,当牵引力和摩擦力相等时做匀速直线运动,但这种关系很难时刻维持,所以平衡是暂时的。又如,地面上的建筑看来是静止的,但它随着地球的自转和公转不断地运动着,所以平衡是相对的。

静力学主要研究的问题:

1. 力系的简化;
2. 建立力系的平衡条件,并应用平衡条件求解工程实际问题。

## 第一节 力的概念和性质

### 一、力的概念

人们在生活和生产实践中,经过长期地观察和分析,逐步形成和建立了力的科学概念:力是物体间相互的机械作用,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1-1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;如图1-2所示,当用力 $F$ 来推一个箱子,箱子由静止开始运动,运动状态发生了变化。

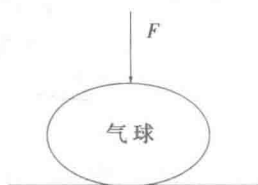


图 1-1

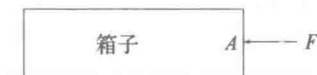


图 1-2

### 二、力的性质种类、表示方法

#### (一) 力的表示方法

力既有大小又有方向,常用带箭头的直线段表示(见图1-1)。力的符号用 $F$ 表示。

按照我国单位制的规定,力的单位用牛顿(N)或千牛(kN)。在工程单位制中,力的单位是公斤力(kgf)。二者换算关系为 $1\text{kgf} = 9.8\text{N}$ 。

## (二)力的性质

经实践总结,力有如下一些性质,这些性质是最基本的规律。

### 1. 二力平衡

作用于同一物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 1-3 所示, $F_1$  与  $F_2$  二力平衡,物体静止不动,处于平衡状态。



图 1-3

### 2. 作用与反作用定律

两物体相互作用的力,总是同时存在、大小相等、方向相反、沿一直线,分别作用于该物体上,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,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。

## (三)力的三要素

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。如图 1-2 所示,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。

## (四)力的平衡

### 1. 平面汇交力系与平面一般力系

为了便于研究问题,通常将力系按其各力作用线的分布情况进行分类,凡各力的作用线都在同一平面内的力系称为平面力系;凡各力的作用线不在同一平面内的力系,称为空间力系。在平面力系中,各力作用线交于一点的力系,称为平面汇交力系;各力作用线互相平行的力系,称为平面平行力系;各力作用线任意分布的力系,称为平面一般力系。

平面汇交力系是力系中最简单的一种,在工程中有很多应用实例。例如,起重机起吊重物时,如图 1-4 所示,作用于吊钩 A 的三根绳索的拉力  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  都在同一平面内,且汇交于一点,就组成了平面汇交力系。如图 1-5 所示,置于光滑 V 形铁上的工件受到重力  $W$ ,约束反力  $N_A$ 、 $N_B$  作用,它们也处于同一平面内,而且汇交于 O 点,也组成平面汇交力系。

### 2. 平面汇交力系的平衡条件

平面汇交力系的合成结果是一个合力,此合力矢量等于该力系中各力的矢量和,合力的作用线通过各力的汇交点。

平面汇交力系平衡的充分必要条件是力系的合成等于零,即力系是所有各力在两个坐标轴上投影的代数和分别等于零,又称为平面汇交力系的平衡方程。

三力平衡汇交定理:若刚体受同一平面内三个力作用而处于平衡状态,其中两个力的作用线交于一点,则第三个力的作用线必通过该点,如图 1-6 所示。

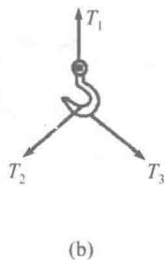
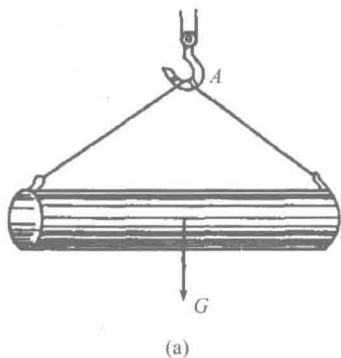


图 1-4

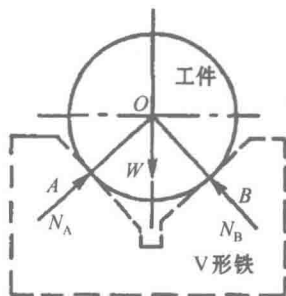


图 1-5

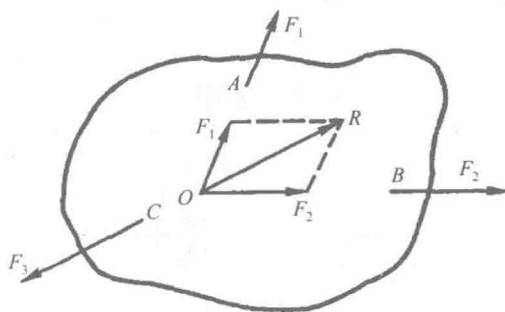


图 1-6

## (五) 重心的概念及确定方法

### 1. 重心的概念

掌握重心的有关知识很有用处。例如：调整旋转的柴油机飞轮，必须使它的重心尽可能位于转轴上；否则会引起强烈振动，甚至造成损坏。地球上的物体都受到地心引力的作用，物体所受的引力称为物体的重力，重力的作用点称为物体的重心。

### 2. 重心的确定方法

方法一：对称性法。均匀物质形成的物体，如果具有对称面、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，则重心一定在这两个对称面的交线上；如果物体有两根对称轴，则重心一定在两对称轴的交点上。

方法二：悬挂法。对于形状复杂或非均匀物质形成的物体，工程上采用实验法测定其重心位置。对于平板形成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 [图 1-7(a)]，根据重力与绳拉力二力平衡条件，重心一定在过 A 点的铅直线 AA' 上，再选一悬挂点 B，重复以上过程，画出铅直线 BB' [图 1-7(b)]。根据对称性，则 AA' 与 BB' 的交点 C 即为重心。

## (六) 刚体的转动

刚体是指在力的作用下，大小和形状始终保持不变的物体。事实上，刚体是不存在的，任何物体在力的作用下都将发生不同程度的变形。但是工程结构中的构件和机器零件在外力作

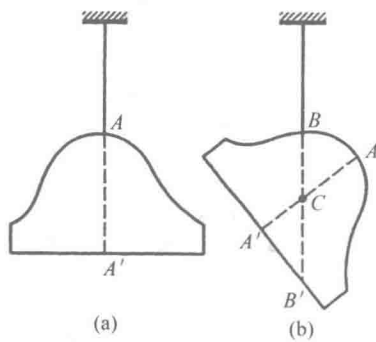


图 1-7

用下的变形都是很小的,因而可以忽略不计。

### 1. 转动的概念

任何情况下形状都不会发生变化的物体称为刚体。刚体运动时,如果刚体内有一条直线始终保持不动,则这种运动称为定轴转动。如图 1-8 所示,虚线所示为转轴。

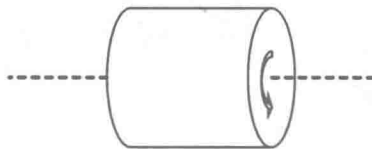


图 1-8

### 2. 力矩的概念和表示方法

力矩是度量力使刚体绕某点转动效应的物理量。

例如,用扳手拧紧螺母时,作用于扳手上的力  $F$  使扳手绕  $O$  点转动(图 1-9)。它的转动效应不仅与力的大小和方向有关,而且与  $O$  点到力作用线的距离  $d$  有关。

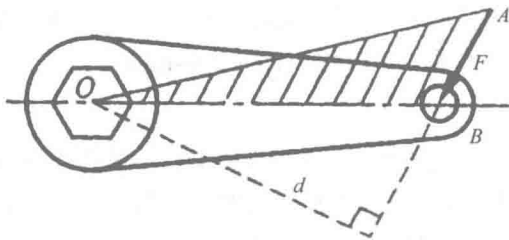


图 1-9

力矩的表示方法:把行程  $F \cdot d$  冠以适当的正负号,称为力  $F$  对  $O$  点之矩,简称力矩,用  $M$  ( $F$ ) 表示。力  $F$  使物体绕  $O$  点逆时针转动时力矩为正;反之为负。

### 3. 力偶的概念和表示方法

在日常生活和工程中,经常会遇到力偶作用,此时物体受到大小相等、方向相反、作用线互相平行的两个力作用。例如,汽车司机用双手转动方向盘[图 1-10(a)],钳工用丝锥螺纹[图 1-10(b)]等。实践证明,这样的两个力,只会使物体转动,而不产生移动。

像这样大小相等、方向相反,且不共线的一对平行力所组成的力系,称为力偶,用符号  $F$ 、 $F'$  表示。

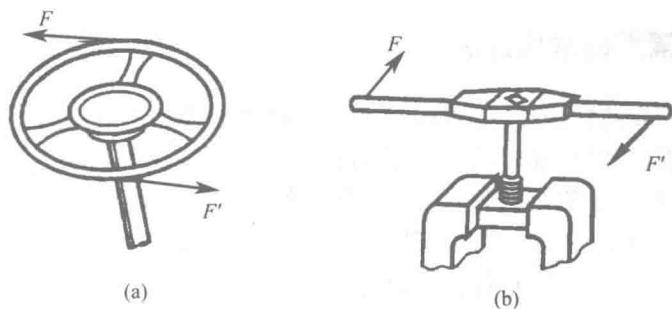


图 1-10

#### 4. 转动的平衡条件

转动的平衡条件是:作用于刚体的所有外力对转轴的力矩之和总是为零。若刚体处于转动平衡,外力对转轴之矩的和始终为零,如刚体静止或做匀速转动。

## 第二节 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做的各种往复性机械运动。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践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、柴油机运转时的振动,地震时地面的强烈振动等。

### 二、振动的物理量

实际振动是一个比较复杂的过程,用来描述热运动的物理量主要有“振幅”、“周期”、“频率”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;单位时间内完成振动的次数称为频率(Hz);振动体在  $2\pi$  秒内的振动次数,称为圆频率。

### 三、共振的概念

工程中的自由振动都会逐渐衰减,最后完全停止。但实际上又存在大量不衰减的持续振动,这是由于外界有能量输入以补充能量消耗。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振动。比如:船舶柴油机在工作时气缸内的气体压力变化,加上运动部件的重力和惯性力等因素,会引起轴系的受迫振动。

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。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,必须采取措施避免共振的发生。

## 四、减振与隔振的常用方法

将振动源与需要防振的物体之间用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。减振隔振常用的方法有:

1. 削弱振源,如控制柴油机燃气的压力升高率。
2. 用加配重来使不平衡离心力得到平衡。
3. 合理地提高运动部件的制造与装配精度。
4. 采用吸振性强的材料。
5. 使用中避免产生共振等。

## 第三节 运动学

### 一、运动学的基本概念

作用于物体上的力如果不满足平衡条件,则物体运动状态将发生改变。为了研究方便,常将运动物体看作一个有质量的“点”。研究点的运动常用的物理量是速度和加速度。

#### (一)速度的概念与表示方法

速度是表示物体运动快慢的物理量。在图 1-11 中它可用带箭头的直线段表示,箭头所指方向为物体运动方向。速度常用字母  $v$  表示。速度既有大小,又有方向。速度的单位是“米/秒”。如图 1-11 所示,一个足球在地面上滚动,其重心移动速度为  $v$ ,方向水平向右。



图 1-11

#### (二)速率的概念

运动物体在某一时刻速度的大小称为速率。速率只考虑数值大小,不考虑方向。

#### (三)加速度的概念

加速度是用来描述运动点速度变化情况的物理量。加速度越大,则运动速度在单位时间内的变化越大。例如,图 1-11 中的足球如果最初的移动速度是  $5\text{ m/s}$ ,一段时间后,速度变为  $10\text{ m/s}$ ,则足球在作加速运动,其加速度不为零。

#### (四)重力加速度

物体因受重力作用而产生的加速度,称为重力加速度。地球内部物质分布不均匀,重力异常同地质构造有关。重力随高度增大而减小,也随纬度而变化,从而带来重力加速度的变化。

## 二、机械能

### (一) 功的概念

功是度量力在一段路上对物体作用的累积效果的物理量,其结果是引起物体能量的改变和转化,常用  $W$  表示。

如图 1-12 所示,设箱子在大小不变的常力  $F$  作用下做直线运动,力的方向与运动方向相同,箱子移动的直线路程是  $s$ ,那么,力与路程  $s$  的乘积,称为常力在这一路程上对质点做的功,即  $W = F \cdot s$ 。



图 1-12

### (二) 功率的概念、表示与计算

力在单位时间内做的功称为功率,用  $P$  表示。例如船用主机的功率越大,表示单位时间内它所做的功越多。设作用于物体上的力为  $F$ ,在  $\Delta t$  时间内力  $F$  做的功为  $W$ ,则功率  $P$  可表示为  $P = W/\Delta t$ 。

### (三) 机械效率

在船上,泵等机械工作时需要输入功率,输入的功率也都不可能完全转变为有效的输出功率。机器运转过程中,必然有一部分机械能转化为热能、声能等,从而消耗部分功率。在工程上,常把有效功率与输入功率的比值称为机器的机械效率,用  $\eta$  表示,即:

$$\eta = \frac{\text{有效功率}}{\text{输入功率}} \times 100\%$$

通常  $\eta < 1$ 。

### (四) 动能

能量简称为能,如果一个物体能够做功,我们就说这个物体具有能量。因此,能量是表示物体做功能力大小的物理量。判断一个物体有没有能量,依据是它能不能做功而不是是否在做功。例如,吊在高处的重物在空中静止不动,它虽然没有做功,但松开绳索后重物下落就会做功,因此,它具有能量。一个物体做功能力越大,它具有的能量也就越大。例如,同一个重锤被举得越高,落下时会把木桩砸入地下越深,这说明被举得越高的重锤能够做的功越高,它具有的能量就越大。因此,可用能够做功的多少来衡量物体具有能量的大小。

物体由于运动而具有的能量,叫做动能。运动的物体具有做功能力。如流动的空气、行进的汽车、高速飞行的炮弹等都能够做功。它们具有动能。我们凭经验可知,飞行的炮弹比飞行的子弹做功本领大,因为炮弹的质量比子弹质量大得多;可以很简单地抓住飞行的篮球,而抓不住飞行的子弹,就因为子弹的速度比篮球大得多,所以说动能是和质量与速度密切相关的。

质量越大、速度越大的物体具有动能越大。经研究发现:物体的动能  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ , 等于其质量

$m$  与质点速度  $v$  平方乘积的一半。

### (五) 势能

势能又分为重力势能和弹性势能两种。

#### 1. 重力势能

物体由于被举高而具有的能量,叫做重力势能。例如:被举高的重锤、空中的飞机以及空中的篮球等都具有重力势能。我们举重锤实验可得出重力势能的大小由物体的质量和被举高的高度决定。质量越大,被举得越高,它拥有的重力势能就越大。重力势能的计算公式为  $E_p = mgh$ ,即物体所具有重力势能等于它所受到的重力  $mg$  和它的高度  $h$  的乘积。

#### 2. 弹性势能

物体由于发生弹性变形而具有能量,叫做弹性势能。例如,拉长的橡皮条、弯曲的直尺、拉开的弓等都是因为弹性变形而具有的能量,所以具有弹性势能。

物体在外力作用下形状发生变化,如果撤去外力,形变恢复,这种形变才叫做弹性形变。决定物体弹性势能大小的是物体弹性形变的程度,而且弹性形变也有限度。比如弹簧,若把弹簧拉成钢丝,那么这种形变已不再是弹性形变,也就谈不上弹性势能了。

### (六) 机械能

动能和势能统称为机械能。机械能是常见的一种形式的能量,即  $E = E_k + E_p$ 。能量是与做功有密切联系的概念。能量反映了物体做功本领的大小。能量的大小可以用能够做功的多少来量度。

### (七) 省力机械的简单应用

常见的省力机械归纳起来有以下四种形式:

#### 1. 杠杆

一根硬棒,在力的作用下如果能绕着固定点转动,这根硬棒就叫做杠杆。杠杆不一定省力,必须得考虑支点的位置。实际生活中的省力杠杆有钳子、起子、剪刀等。

#### 2. 滑轮

滑轮可分为定滑轮、动滑轮、滑轮组三种。

①定滑轮:轴固定不动的滑轮叫做定滑轮。定滑轮实质是一个等臂杠杆,使用它不省力,但可改变力的方向。例如:在旗杆上装一个定滑轮,人站在地上就能把旗子升到高处。

②动滑轮:滑轮和重物一起移动,这样的滑轮叫做动滑轮。使用动滑轮能省一半力,但是不能改变力的方向。动滑轮在很多情况下使用不方便,因此很少单独使用。

③滑轮组:动滑轮与定滑轮组合在一起叫滑轮组。这种机械使用起来既方便又省力,例如:汽车起重机、塔式起重机等。

#### 3. 轮轴

由轮和轴组成,能绕共同轴线旋转的简单机械,叫做轮轴。轮轴的实质是可以连续旋转杠杆,例如汽车方向盘、手摇卷扬机、辘轳等。





#### 4. 斜面

与水平方向有一个倾角的面叫做斜面。使用斜面可以省力,但不能省功。例如:为了省力,人们在把重的物体搬到车上时,常常搭上一块木板。