

机械工程基础 实验指导书

_____学院_____专业_____班

学号_____ 姓名_____

天津科技大学机械工程学院机械基础实验中心

目 录

实验一	机械原理认知实验	1
实验二	机械设计认知实验	9
实验三	渐开线齿轮范成原理实验	20
实验四	带传动实验	24
实验五	轴系结构设计实验	30

实验一 机械原理认知实验

本实验是为了加强对机械和机器的认识，配合《机械原理》等课程的讲授，设置了 8 个展柜，较全面地介绍了机械原理的一些基本知识。它实际上是一部直观的、活动的《机械原理》教材。同学们应通过此认知实验，对机械原理方面的知识有概略的了解。

各柜内容简介如下：

第一柜 简要介绍了三种机器及各种运动副

单缸气油机模型 它是把燃气的热能通过曲柄滑块机构转换成曲柄转动的机械能。为了增加输出功率和运转平稳性，采用了四组曲柄滑块机构配合工作。采用齿轮机构来控制各气缸的点火时间；采用凸轮机构来控制进气阀和排气阀的开与关。

蒸气机模型 它也采用了曲柄滑块机构将蒸气的热能转换为曲柄转动的机械能。采用连杆机构来控制进气和排气的方向，以实现倒顺车。

家用缝纫机 它采用了多种机构相互配合来实现缝纫目的。针的上下运动是由曲柄滑块机构来实现，提线动作是由圆柱凸轮机构来实现，送布运动是由几组凸轮机构相互配合来实现。

三部机器有一个共同特点：机器都是几个机构按照一定的运动要求互相配合组成的。

运动副 运动副是构件之间的活动联接。运动副是以其运动特征和它的外形来给予命名，如球面副、螺旋副、曲面副、移动副、转动副等。

第二柜 平面四杆机构

平面连杆机构是被广泛应用的机构之一，而基本的是四杆机构。根据含转动副的数目，将它分为三大类。

1. 铰链四杆机构 （四个运动副均为转动副，它有三种运动型式。）

(1)**曲柄摇杆机构** 以最短杆相邻的杆作为机架，最短杆能相对机架回转 360° ，故为曲柄。曲柄作等速转动时，另一连架杆作变速摆动，称为摇杆。摇杆向右摆动慢，向左摆动快，这种现象称为“急回特征”。

(2)**双曲柄机构** 取最短杆为机架，与机架相联的两杆均为曲柄。当一个

曲柄等速转动时，另一个曲柄在右半周内转动慢，在左半周内转动快。这种现象 “急回特征”。

(3)**双摇杆机构** 以最短杆的相对杆作为机架，与机架相联的两杆均不能作整周回转只能来回摆动。

2. 带有一个移动副的四杆机构 它是以一个移动副代替铰链四杆机构中的一个转动副而演变得到的。(简称单移动副机构)

(1)**曲柄滑块机构** (以最短杆相邻杆的杆为机架)它是应用得最多的一种单移动副机构，可以将转动变为往复移动，或将往复移动转变为转动。曲柄匀速转动时，滑块的速度则是非匀速的。把这个机构倒置，可得到下面几种不同运动形式的单移动机构。

(2)**曲柄摇块机构** 它以兰色杆(最短杆的相邻杆)为机架，红杆为曲柄，黑杆绕固定点作摆动，也有急回特征。

(3)**转动导杆机构** 它以红杆(最短杆)为机架，其它两杆均为曲柄，黑杆的运动型式称为导杆。

(4)**移动导杆机构** 它以滑块为机架，此机构没有曲柄。

3. 带有二个移动副的四杆机构 (简称双移动副机构) 把它们倒置可得三种型式的四连杆机构。

(1)**曲柄移动导杆机构**(正弦机构) 黑色导杆作简谐移动，常用于仪器仪表中。

(2)**双滑块机构** 在机构连杆上的一点的轨迹是一个椭圆，所以叫画椭圆机构。机构上除滑块与连杆相联的两铰链和连杆中的轨迹为圆以外，其余所有点的轨迹均为椭圆。

(3)**双转块机构** (十字滑块机构) 如以一转块作等速回转的原动件，则从动转块亦作等速回转，且转向相同。当两个平行传动轴间的距离很小时，可采用这种机构。此机构通常作为联轴器应用。

第三柜 机构运动简图及画法和平面连杆机构的应用

机构运动简图是工程上常用的一种图形，它用规定的符号和线条来清晰地、简明地表达出机构的运动情况。本柜共陈列了三个机器模型，应注意看

懂工作原理和运动情况，以及机器由几个构件组成、是什么型式的运动副。

平面连杆机构的应用：第一类应用是实现给定的运动规律，第二类是实现给定的轨迹。

实现给定的运动规律：（有 4 个示例）

飞剪 这里采用了曲柄摇杆机构。它利用连杆上一点的轨迹和摇杆上一点的轨迹相配合来完成剪切工作，使剪切区域内上下两个刀刃的运动在水平方向的分速度相等，且又等于钢板的运行速度。

压包机 冲头在完成一次压包冲程后在最上端位置有一段停歇时间，以便进行上下料工作。

铸造造型机翻转机构 它是一个双摇杆机构。当砂箱在震动台上造型振实后，利用机构的连杆将砂箱由下面经 180° 的翻转搬运到上面位置，然后取模，完成一次造型工艺。机构实现了两个给定的不同位置。

电影摄影升降机 这里采用了平行四边形机构。工作台设在连杆上，这就保证了工作台在升降过程中始终保持水平位置。

实现给定的轨迹：（有一个示例）

港口起重机 它是一个双摇杆机构。在连杆上的某一点有一段近似直线的轨迹，起重机的吊钩就是利用这一直线轨迹，使重物水平移动，避免不必要的升高重物而消耗功能。

第四柜 凸轮机构

凸轮机构常用于将主动构件的连续运动，转变为从动构件的往复运动。只要适当地设计凸轮廓线，便可以使从动件获得任意的运动规律。凸轮机构结构简单而紧凑，它广泛地应用于各种机械、仪器和操纵控制装置中。

凸轮机构的组成：

1. 凸轮 它有特定的廓线。
2. 从动件 它由凸轮廓线控制着按预期的运动规律作往复移动或摆动。常见的结构有尖端、滚子、平底和曲面四种形式。

3. 锁合装置 为了使凸轮与从动件在运动过程中，始终保持接触而采用的装置。常见的有力锁合，利用重力、弹簧力或其它外力使从动件与凸轮始终保持接触；结构锁合，利用凸轮和从动件的高副几何形状，使从动件与凸轮始终保持接触。

常见的平面凸轮机构：

盘形凸轮机构 外形好似一个盘形，结构简单、设计容易、制造方便、应用很广。

移动凸轮机构 凸轮作直线往复移动，可把它看成转轴在无穷远处的盘形凸轮，应用也很广。

槽凸轮机构 从动件端部嵌在凸轮的沟槽中保证从动件的运动。其锁合方式最简单，缺点是增大了凸轮机构的尺寸及不能采用平底从动件。

带有交叉曲线槽的槽凸轮 凸轮旋转两周，从动件完成一个运动循环。

等宽凸轮机构 凸轮的宽度始终等于平底从动件的宽度，凸轮与平底始终保持接触。

等径凸轮机构 在任何位置时从动件两滚子中心的距离之和等于一个定值。

主回凸轮机构 它是用两个固结在一起的盘状凸轮来控制一个从动件。主凸轮控制从动工作行程，回凸轮控制从动件的回程。

常见的空间凸轮机构：

一般根据它们的外型给予命名，有**球面凸轮**、**双曲面凸轮**、**圆锥体凸轮**、**圆柱凸轮**。如球面凸轮，这个凸轮是圆弧回转体，它的母线是一条圆弧，一般都取摆动从动件，从动件的摆动中心就是母线圆弧的中心。圆柱凸轮在设计 and 制造方面都比其它空间凸轮简单，应用的最多。空间凸轮机构的共同特点是，凸轮和从动件的运动平面不是互相平行的，当取移动从动件时，移动从动件沿凸轮机械母线方向运动。

第五柜 齿轮机构

齿轮机构是一种常用的传动装置，它具有传动准确可靠，运转平稳，承载能力大，体积小，效率高等优点，在各种设备中被广泛地采用。根据主动轮与从动轮两轴的相对位置，可将齿轮传动分为平行轴传动，相交轴传动和交错轴传动三大类。

1. 传递两平行轴之间运动和动力的齿轮机构

外啮合直齿圆柱齿轮机构 它是齿轮机构中最简单最基本的一种类型，在学习上一般以它为研究重点，从中找出齿轮传动的基本规律，并以此为指导去研究其它类型的齿轮机构。

内啮合直齿圆柱齿轮机构 主、从动齿轮之间转向相同，在同样传动比情况下，所占空间位置小。

齿轮齿条机构 主要用在将转动转变为直线移动或者将移动变为转动的场合。

斜齿圆柱齿轮机构 它的轮齿沿螺旋线方向排列在圆柱体上。螺旋线方向有左旋和右旋之分。斜齿圆柱齿轮的传动特点是传动平稳，承载能力高，噪音小。但轮齿倾斜会产生轴向力，使轴承受受到附加的轴向推力。

人字圆柱齿轮机构 可将它看成具有左右两排对称形状的斜齿轮组成。因轮齿左右两侧完全对称，所以两个轴向力可互相抵消。人字齿轮传动常用于冶金、矿山等设备中的大功率传动。

2. 传递两相交轴之间运动和动力的齿轮机构

圆锥齿轮机构的轮齿分布在一个锥体上，两轴线的夹角 θ 可任意选择，一般常采用的是 90° 夹角。因轴线相交，两轴孔相对位置加工难达到高精度，而且一齿轮是悬臂安装，故圆锥齿轮的承载能力和工作速度都较圆柱齿轮低。

直齿圆锥齿轮机构 制造容易，应用广泛。

曲齿圆锥齿轮机构 它比直齿圆锥齿轮传动平稳，噪音小，承载能力大，可用于高速重载的传动。

3. 传递相错轴运动和动力的齿轮机构

螺旋齿轮机构 它由螺旋角不同的两个斜齿轮配对组成，理论上两齿面为点接触，所以轮齿易磨损、效率低。故不宜用在大功率和高速的传动。

螺旋齿轮齿条机构 它的特点与螺旋齿轮机构相似。

圆柱蜗杆蜗轮机构 两轴的夹角为 90° 。传动特点是传动平稳、噪音小、

传动比大，一般单级传动比 8~100，因而结构紧凑。

弧面蜗杆蜗轮机构 弧面蜗杆外形是圆弧回转体，蜗轮与蜗杆的接触齿数较多，降低了齿面的接触应力，其承载能力为普通圆柱蜗杆蜗轮传动的 1.4~4 倍。弧面蜗杆蜗轮机构制造复杂，装配条件要求较高。

第六柜 齿轮机构参数

本柜要注意观察渐开线和摆线的形成及重点了解渐开线齿轮基本参数的性质。

渐开线的形成：以一条直线沿一个圆周上作纯滚动时，直线上任一点 K 的轨迹，称为该圆的渐开线。这条直线称为发生线，这个圆称为基圆。请注意观察，发生线、基圆、渐开线三者的关系，从而可得到渐开线的一些性质。

- (1) 渐开线的形状取决于基圆大小；
- (2) 发生线是渐开线上点的法线，而且切于基圆；
- (3) 基圆内无渐开线；
- (4) 发生线沿基圆滚过的长度，等于基圆上被滚过的圆弧长度。

摆线的形成：一个圆在另一个固定的圆上滚动时，滚圆上任一点的轨迹就是摆线。滚圆称发生圆，固定圆称为基圆。它们有以下几种情况。

- (1) 动点在滚圆的圆周上时，所得的轨迹称为外摆线
- (2) 动点在滚圆的圆周内时，所得的轨迹称为短幅外摆线；
- (3) 动点在滚圆的圆周外时，所得的轨迹称为长幅外摆线；
- (4) 滚圆在基圆内滚动时，圆周上一点所画的轨迹称为内摆线。

渐开线标准齿轮的基本参数：

齿数 Z 在设计齿轮传动时，合理地选择齿数的问题，涉及的因素很多。在模数和压力角相同的情况下，齿数的多少对齿形有很大的影响。当齿数无穷多时，渐开线齿廓变成直线，齿轮变成齿条。当齿数少时，基圆小，齿廓曲线的曲率大。齿数少轮齿根部削弱，齿根高部分的渐开线减少。

模数 m 它等于两齿间的距离即周节 P 被 π 除，它是确定轮齿周向尺寸、径向尺寸、以及齿轮大小的一个参数。同时也是齿轮强度计算的一个重要参数。模数已标准化系列。

分度圆压力角 α 渐开线齿廓上各点的压力角是不同的，愈接近基圆压力角愈小，渐开线在基圆的压力角为零。国家标准规定标准齿廓上分度圆的压力角为 20° 或 15° 等，常用的为 20° 。

齿顶高系数 h^* 和顶隙系数 c^* 。轮齿的高度在理论上受到齿顶厚度过小所限制，为此使齿高与齿厚之间建立一定的关系。齿厚是模数的函数，所以齿高也取为模数的函数。国家标准中规定有正常齿和短齿两种齿高制。这两个系数已标准化了，我国规定正常齿标准齿轮的标准化数值为： $h_a^* = 1$ ， $c^* = 0.25$ 。

第七柜 周转轮系

几对齿轮组成一个传动系统称为轮系。在轮系运转时，其中至少有一个齿轮轴线的位置并不固定，而是绕其他齿轮的固定轴线回转，则这种轮系称为周转轮系。它有两类：差动轮系和行星轮系。

差动轮系 它有两个自由度 $F=2$ 。差动轮系可将一个运动分解为两个运动，也可将两个运动合成为一个运动。运动的合成在机械装置和自动调速装置中得到广泛应用。用差动轮系可得到加法机构，也可得到减法机构。实例：当需要将一个主动件的转动按所需比例分解为两个从动件的转动时，可采用差动轮系。如汽车后轮的差速传动装置，当汽车沿直线行驶时，左右两轮转速相等，当汽车转弯时，左轮转动慢，右轮转动快。

行星轮系 机构的自由度 $F=1$ 。当一轮系运转时，若一个或几个齿轮绕固定轴线回转，称为太阳轮，某一齿轮一方面绕自己的轴线作自转，另一方面又随着转臂 H 一起绕固定轴线作公转，就像行星的运动一样，这一齿轮称为行星轮。这种轮系称之为行星轮系。若把这个轮系中的转臂 H 固定不动，这时周转轮系就变为定轴轮系。本柜有一全部由外啮合齿轮组成的行星轮系，这一行星轮系齿数差为 4，传动比为 10。当每一对啮合齿轮采用少齿差时，可获得很大的传动比。如当每对齿轮齿数相差 2 时，传动比为 2500，齿数差相差 1 时，可得到传动比为 10000，这种结构的行星轮系，每对齿轮齿数相差愈小，传动比就愈大，传动效率就愈低。

简介一下**旋轮线**，在周转轮系中行星轮上某点的运动轨迹称为旋轮线。这里看到的内啮合行星轮系中，当行星轮的半径与齿轮半径之比值取不同数值时，可得到不同形状和性质的旋轮线。

简介一下三种减速器的特点：

行星减速器 它适合传递功率，结构紧凑，效率也不低，其一级传动比

为 1.2~12，柜中这个行星轮系的传动比为 7。

谐波齿轮减速器 最大的特点它有一个柔轮，柔轮是一个弹生元件。利用它的变形来实现传动。其传动比的计算与周转轮系相似，它的特点是，传动比大，元件少，体积小，同时啮合的齿数多，在相同条件下比一般齿轮减速器的元件上少一半，体积和重量可减少 30~50%。

摆线针轮行星齿轮减速器 体积小，重量轻，承载能力大，效率高，工作平稳。

第八柜 停歇和间歇运动机构

在机械中，常需要某些构件产生周期性的运动和停歇，这种运动的机构称为停歇和间歇运动机构。

1. 间歇运动机构

(1)**棘轮机构** 结构简单，制造方便，应用较广。棘轮机构常见的有齿式和摩擦式。①**齿式棘轮机构**运动可靠，棘轮运动角只能作有级调整，回程时棘爪在齿面上滑行，引起噪声和齿尖磨损。所以一般只能用低速和传动精度要求不高的情况下。②**摩擦式棘轮机构** 棘轮运动角可作无级调整。因摩擦传动，棘爪与轮接触过程无噪声，传动平稳，但很难避免打滑，因此运动的准确性较差，常用于超越离合器。

(2)**槽轮机构** 它也有结构简单，制造容易，工作可靠和机械效率高等优点。但槽轮机构在工作时有冲击，随着转速的增加及槽轮数的减少而加剧，不宜用高速场合，适用范围受到一定的限制。①**外啮合槽轮机构**是用的最多最广的。②**内啮合槽轮机构** 常用于槽轮停歇时间短，传动较平稳，减少机构空间尺寸和要求槽轮机构主、从方向相同的场合。外、内啮合槽轮都是传递平行轴之间的间歇运动。③**球面槽轮机构** 槽轮做成半球形，传递相交轴之间的间歇运动。

(3)**齿轮式间歇运动机构** 各种不同的齿轮式间歇运动机构，都是由齿轮机构演变而成的，它的外形特点是轮齿不满布于整个圆周上。

(4)**摆线针轮不完全齿轮机构** 它的轮齿也不满布于整个圆周上,不论那种齿轮式间歇运动机构,其特点是运动时间与停歇时间之比不受机构结构的限制,工位可任意配置。从动轮在进入啮合和脱离时有速度突变,冲击较大。一般适用于低速轻载的工作条件。

2. 停歇运动机构

(1)**具有停歇运动的曲柄连杆机构** 它是利用连杆上某点所描绘的一段圆弧轨迹,然后将从动的另一连杆与此点相连,取其长度等于圆弧的半径,这样当每一循环到此段圆弧时从动滑块停歇。

(2)**具有停歇运动的导杆机构** 在它的导杆槽中的某一部分用圆弧做成,其圆弧半径等于曲柄的长度,这样机构在左边极限位置时具有停歇特性。

实验二 机械设计认知实验

机械设计（机械零件）陈列柜全套共 18 柜，系统展示了联接、传动、轴系及其他零件的基本类型、结构形式和设计知识，目的在于帮助同学们增强这方面的感性认识，提高机械设计能力。

第一柜 螺纹联接的基本知识

一. 螺纹类型

螺纹联接和螺旋传动都是利用螺纹零件工作的。常见的螺纹有 8 种，其中用于紧固的螺纹有 5 种，用于传动的螺纹有 3 种。

1. 用于紧固的螺纹

(1)粗牙普通螺纹 (2)细牙普通螺纹 (3)圆柱螺纹 (4)圆锥螺纹 (5)圆锥管螺纹

2. 用于传动的螺纹

(1)矩形螺纹 (2)梯形螺纹 (3)锯齿形螺纹

二. 螺纹联接的类型

1. 螺纹联接有 4 种基本类型

(1)螺栓联接 (2)双头螺柱联接 (3)螺钉联接 (4)紧定螺钉联接

在螺栓联接中，又有普通螺栓联接与配合螺栓联接之分，普通螺栓联接的结构特点是被联接件上通孔和螺栓杆间留有间隙，而配合螺栓联接的孔和螺栓杆间采用过渡配合。

2. 螺纹联接的几种特殊结构类型

(1)吊环螺钉联接 (2)T 形槽螺栓联接 (3)地脚螺栓联接

三. 联接件

螺纹联接离不开联接件。螺纹联接件种类很多，常见的有螺栓、双头螺柱、螺钉、螺母、垫圈。它们的结构形式和尺寸已标准化，设计时可根据有关标准选用。

第二柜 螺纹联接的应用与设计

紧固用的螺纹联接要保证联接强度和紧密性；传递运动和动力的螺旋传动，则要保证螺旋副的传动精度、效率和磨损寿命等。

一. 预紧力

绝大多数螺纹联接在装配时都必须预先拧紧，以增强联接的可靠性和紧密性。对于重要的联接，如缸盖螺栓联接，既需要足够的预紧力，但又不希望出现因预紧力过大而使螺栓过载拉断的情况。因此，在装配时要设法控制

预紧力。控制预紧力的方法和工具很多，这里陈列的测力矩扳手和定力矩扳手就是常用的工具。测力矩扳手的工作原理是利用弹性变形来指示拧紧力矩的大小，定力矩扳手则利用了过载时卡盘与柱销打滑的原理，调整弹簧的压紧力可以控制拧紧力矩的大小。

二．防松措施

为了防止联接松脱以保证联接可靠，设计螺纹联接时必须采取有效的防松措施。

1. 摩擦防松 (1)对顶螺母 (2)弹簧垫圈 (3)自锁螺母
2. 机械防松 (1)开口销与六角开槽螺母 (2)止动垫圈 (3)串联钢丝
3. 特殊防松方法 (1)端铆 (2)冲点

三．提高螺栓联接强度

为了提高螺栓联接的强度，可以采取很多措施，本柜中陈列的腰状杆螺栓、空心螺栓、螺母下装弹性元件以及在汽缸螺栓联接中采用较大的硬垫片或密封环密封，都能降低影响螺栓疲劳强度的应力幅。采用悬置螺母、环槽螺母、内斜螺母等均载螺母，能改善螺纹牙上载荷分布不均现象。采用球面垫圈，腰环螺栓联接，在支承面加工出凸台或沉孔座，倾斜支承面，加斜面垫圈等，都能减少附加弯曲应力。此外，采用合理的制造工艺方法，也有利于提高螺栓强度。

第三柜 键、花键和无键联接

一．键的作用

键是一种标准零件，通常用于实现轴与轮毂之间的周向固定，并传递转矩。

二．键联接的主要类型

1. 普通平键联接
2. 导向平键联接
3. 滑键联接
4. 半圆键联接
5. 楔键联接
6. 切向键联接

三. 花键联接

花键是由外花键和内花键组成。花键联接按其齿形不同,分为**矩形花键**、**渐开线花键**、**三角形花键**,它们都已标准化。花键联接虽然可以看作是平键在数目上的发展,但由于其结构与制造工艺不同,所以在强度、工艺和使用上表现出新的特点。

四. 无键联接

凡是轴与毂的联接不用键或花键时,统称无键联接。本柜陈列的**型面联接模型**,就属于无键联接的一种。无键联接因减少了应力集中,所以能传递较大的转矩,但加工比较复杂。

五. 销

销主要用来固定零件之间的相对位置,也可用于轴与毂的联或其它零件的联接,并可传递不大的载荷。销还可作为安全装置中的过载剪断元件,称为**安全销**。销可分为**圆柱销**、**圆锥销**、**槽销**、**开口销**等。

第四柜 钎焊、胶接和过盈配合

一. 钎接

钎接是一种早就使用的简单的机械联接,主要由钎钉和被联接件组成。钎接具有工艺设备简单、抗震、耐冲击和牢固可靠等优点,但结构一般较为笨重。钎件上的钉孔会削弱强度,钎接时一般噪声很大。因此,目前除在桥梁、建筑、造船等工业部门仍常采用外,应用逐渐减少,并为焊接、胶接所代替。本柜陈列有三种典型的钎缝结构形式:**搭接**、**单盖板对接**、**双盖板对接**。

二. 焊接

焊接的方法很多,常见的有**电焊**、**气焊**、**电渣焊**。其中尤以电焊应用最广。电焊焊接时形成的接缝叫焊缝。按焊缝特点,焊接有**正接填角焊**、**搭接填角焊**、**对接焊**、**塞焊**等基本形式。

三. 胶接

胶接是利用胶粘剂在一定的条件下把预制元件联接在一起,并具有一定的联接强度。采用胶接时,要正确选择胶粘剂和设计胶接接头的结构形式。本柜陈列的是**板件接头、圆柱形接头、锥形及盲孔接头、角接头**等典型结构。

四. 过盈配合

过盈配合联接是利用零件间的配合过盈来达到联接目的的。本柜陈列的是常见的圆柱面过盈配合联接的应用示例。

第五柜 带传动

一. 带传动的功能

在机械传动系统中,经常采用带传动来传递运动和动力,带传动是由主、从动带轮及套在两轮上的传动带所组成。当电动机驱动主动轮转动时,由于带和带轮间摩擦力的作用,便拖动从动轮一起转动,并传递一定的动力。

二. 传动带的类型

传动带有多种类型,本柜陈列有**平带、标准普通 V 带、接头 V 带、多楔带、同步带**。其中以标准普通 V 带应用最广。这种传动带制成无接头的环形,按横剖面尺寸分为 Y、Z、A、B、C、D、E 七种型号。

三. V 带轮结构形式

本柜陈列 V 带轮结构形式有**实心式、腹板式、孔板式、轮幅式**。选择什么样的带轮结构形式,主要取决于带轮的直径。带轮尺寸由带轮型号确定。

四. 防止 V 带松弛,保证带的传动能力的措施

为了防止 V 带松弛,保证带的传动能力,设计时必须考虑张紧问题。常见的张紧装置有:**滑道式定期张紧装置、摆架式定期张紧装置、利用电动机自重的自动张紧装置、张紧轮装置**。

第六柜 链传动

一. 链传动的特点和组成

链传动属于带有中间挠性件的啮合传动,它由主、从动链轮和链条组成。

二. 链传动类型

按用途不同,链可分为**传动链和起重运输链**,常用的是传动链。本柜陈列有常见的**单排滚子链、双排滚子链、齿形链、起重链**。

三．链轮的类型

链轮是链传动的主要零件。本柜陈列有**整体式、孔板式、齿圈焊接式、齿圈用螺栓联接式**等不同的链轮。滚子链链轮的齿形已经标准化，可用标准刀具加工。

四．链传动的布置和张紧

链传动的布置是否合适，对传动的工作能力及使用寿命都有较大影响。水平布置时，紧边在上在下都可以，但在上好些；垂直布置时，为保证有效啮合，应考虑中心距可调，设张紧轮，使上、下轮偏置等措施。

链传动张紧的主要目的是，避免在链条垂度过大时产生啮合不良和链条的振动现象。本柜展示有**张紧轮定期张紧、张紧轮自动张紧、压板定期张紧**等方法。

第七柜 齿轮传动

一．常见的齿轮传动形式

齿轮传动是机械传动中最主要的一类传动，形式很多，应用广泛。本柜展示的是最常用几种形式：**直齿圆柱齿轮传动、斜齿圆柱齿轮传动、人字齿轮传动、齿轮齿条传动、直齿圆锥齿轮传动、曲齿锥齿轮传动。**

二．齿轮失效形式及设计准则

了解齿轮失效形式是设计计算齿轮传动的基础。本柜陈列展示齿轮常见的五种失效形式：**(1)轮齿折断 (2)齿面磨损 (3)点蚀 (4)胶合 (5)塑性变形**

针对失效形式，可以建立相应的设计准则。目前设计一般使用条件的齿轮传动时，通常只按保证**齿根弯曲疲劳强度**和**保证齿面接触疲劳强度**两准则进行计算。

三．轮齿的受力分析

为了进行强度计算，必须对轮齿进行受力分析，本柜陈列的直齿轮、斜齿轮和锥齿轮轮齿受力分析模型，可以形象地显示作用在齿面的法向力分解出**圆周力、径向力、轴向力**的情况。至于各分力的大小，由相应的计算公式确定。

四．齿轮的结构形式

常用的齿轮结构形式有：**齿轮轴、实心式、腹板式、带加强筋的腹板式、轮辐式**。设计时主要根据齿轮的尺寸确定。

第八柜 蜗杆传动

一. 蜗杆传动的特点

蜗杆传动是用来传递空间互相垂直而不相交的两轴间的运动和动力的传动机构。由于它具有传动比大而结构紧凑等优点，所以应用广泛。

二. 常见的蜗杆传动类型

本柜展示的常见的蜗杆传动类型：**普通圆柱蜗杆传动、圆弧齿圆柱蜗杆传动、圆弧面蜗杆传动、锥蜗杆传动**。其中应用最多的是普通圆柱蜗杆传动，即**阿基米德蜗杆传动**，在通过蜗杆轴线并垂直于蜗轮轴线的中间平面上，蜗杆与蜗轮的啮合关系可以看做是齿条和齿轮的啮合关系。

三. 蜗杆的结构形式

由于蜗杆螺旋部分的直径不大，所以常和轴做成一个整体。本陈列柜展示有两种结构形式：一种是**无退刀槽**，加工螺旋部分时只能用铣制的办法；

另一种则有**退刀槽**，螺旋部分可以车制也可以铣制。但这种结构的刚度较前一种差。当蜗杆螺旋部分的直径较大时，也可以将蜗杆与轴分开制做。

四. 蜗轮的结构形式

常用的蜗轮结构形式有：**齿圈式、螺栓联接式、整体浇铸式、拼铸式**等典型结构。设计时可根据蜗杆尺寸选择。在设计蜗杆传动时，同样要进行受力分析，按对应的公式计算出圆周力、径向力、轴向力。

第九柜 滑动轴承

滑动摩擦轴承简称滑动轴承，用来支承转动零件。

一. 按所能承受的载荷方向不同有**向心轴承**和**推力轴承**之分

1. 向心滑动轴承（用来承受径向载荷）

- (1)对开式向心滑动轴承 它由对开式轴承座，轴瓦及联接螺栓组成。
- (2)整体式向心滑动轴承
- (3)带锥形表面轴套轴承

(4)多油楔轴承

(5)扇形块可倾轴瓦轴承

2. 推力滑动轴承（用来承受轴向载荷）

由轴承座与推力轴颈组成。常见的结构形式有：

(1)实心式 (2)单环式 (3)空心式 (4)多环式

二. 轴瓦

在滑动轴承中，轴瓦是直接与轴颈接触的零件，是轴承的重要组成部分。

常用的轴瓦可分为**整体式**和**剖分式**两种结构。为了把润滑油导入整个摩擦表面，轴瓦或轴颈上须开设油孔或油槽。油槽的形式一般有**纵向槽**、**环形槽**、**螺旋槽**等。

三. 根据滑动轴承的两个相对运动表面间油膜形成原理的不同，滑动轴承有**动压轴承**和**静压轴承**之分

从本柜展示的**向心动压滑动轴承**的工作状况中可以看出，当轴颈转速达到一定值后，才有可能形成完全液体摩擦状态。**静压轴承**是依靠外界供给的压力油而形成承载油膜，使轴颈和轴承相对转动时处于完全液体摩擦状态的，这里的模型展示了这种滑动轴承的基本原理。

第十柜 滚动轴承类型

一. 滚动轴承的结构

滚动轴承由**内圈**、**外圈**、**滚动体**、**保持架**四部分组成。滚动体是形成滚动摩擦的基本元件，它可以制成球状或不同的滚子形状，相应地有**球轴承**和**滚子轴承**。

二. 根据承受的外载荷不同，滚动轴承分为三大类型

(1)推力轴承 (2)向心轴承 (3)向心推力轴承

在各个大类中，又可做成不同结构、尺寸、精度等级，以便适应不同的技术要求。

三. 常用的 10 类滚动轴承

(1)深沟球轴承 (2)调心球轴承 (3)圆柱滚子轴承 (4)调心滚子轴承

(5)滚针轴承

(6)螺旋滚子轴承 (7)角接触球轴承 (8)圆锥滚子轴承 (9)推力球轴承
(10)推力调心滚子轴承

四. 合理选用滚动轴承

国家标准 GB—T272—93 规定了轴承代号的表示方法,应熟悉基本代号含义,据此识别常用轴承的主要特色,合理的选用滚动轴承。滚动轴承工作时,轴承元件上的载荷和应力是变化的,连续运转的轴承有可能发生疲劳点蚀,因此需要按疲劳寿命选择滚动轴承的尺寸。

第十一柜 滚动轴承装置设计

要保证轴承顺利工作,必须解决轴承的**安装、紧固、调整、润滑、密封**等问题,即进行轴承装置的结构设计或轴承组合设计。

一. 常用的 10 种轴承部件结构模型

第 1 种 直齿轮轴承部件 它采用深沟球轴承,两轴承内圈一侧用轴肩定位,外圈靠轴承盖作轴向紧固,属两端固定的支承结构。右端轴承外圈与轴承盖有间隙。采用 U 型橡胶油封密封。

第 2 种 直齿轮轴承部件 这也是两端固定的支承结构,它采用深沟球轴承和嵌入式轴承盖,轴向间隙靠右端轴承外圈与轴承盖间的调整环保证,采用密封槽密封。

第 3 种 斜齿轮轴承部件 采用角接触轴承,两轴承内侧加挡油盘进行内封。靠轴承盖与箱体间的调整垫片来保证轴承有合适的轴向间隙,采用 U 型橡胶油封密封。亦属两端固定的支承结构。

第 4 种、第 5 种都是斜齿轮轴承部件,请自己分析它们的结构特点。

第 6 种 人字齿轮轴承部件 采用外圈无挡边圆柱滚子轴承,靠轴承内、外圈作双向轴向固定。工作时轴可以自由地作双向轴向移动,以实现自动调节。这是一种两端游动的支承结构。

第 7 种和第 8 种为小圆锥齿轮轴承部件,都采用圆锥滚子轴承。一种正装,一种反装。套杯内外两组垫片可分别用来调整轮齿的啮合位置及轴承的间隙,采用毡圈密封。正装方案安装调整方便,反装方案可使支承刚度稍大,但结构复杂,安装调整不便。

第 9 种和第 10 种为蜗杆轴承部件,第 9 种采用圆锥滚子轴承,呈两端固定方式。第 10 种则为一端固定,一端游动的方式,固定端采用一对角接触轴承,游动端采用一个深沟球轴承。这种结构可用于转速较高、轴承较大的场合。

二. 滚动轴承装置设计中需要注意的两个问题

1. 轴承内、外圈的轴向紧固的常用方法。
2. 为了提高轴承旋转精度和增加轴承装置刚性，轴承应以预紧，即在安装时用某种方法在轴承中产生保持一轴向力，以消除轴承侧向游隙。

第十二柜 联轴器

一. 联轴器的功能

联轴器是用来联接两轴以传递运动和转矩的部件。

二. 联轴器的基本类型特点

本柜陈列有**固定式刚性联轴器**、**可移式刚性联轴器**、**弹性联轴器**等基本类型。

1. 固定式刚性联轴器

- (1)凸缘联轴器 (2)套筒式联轴器

由于它们无可移性，无弹性元件，对所联接两轴间的偏移缺乏补偿能力，所以只适合转速低、无冲击、轴的刚性大和对中性较好的场合。

2. 可移式刚性联轴器

- (1)十字滑块联轴器 (2)滑块联轴器 (3)十字轴式万向联轴器 (4)齿式联轴器

这类联轴器因具有可移性，故可补偿两轴间的偏移。但因无弹性元件，也不能缓冲减振。

2. 弹性联轴器

- (1)弹性套柱销联轴器 (2)柱销联轴器 (3)轮胎联轴器
(4)星形弹性联轴器 (5)梅花形弹性联轴器

这类联轴器的共同特点是装有弹性元件，不仅可以补偿两轴间的偏移，而且有缓冲减振的能力。

上述各联轴器已标准化或规格化，设计时只需要参考手册，根据机器的工作特点及要求，结合联轴器的性能选定合适的类型。

第十三柜 离合器

一. 离合器的功能

离合器也是用来联接两轴以传递运动和转矩的，但它能在机器运转中将传动系统随时分离或接合。

二. 离合器的类型和特点

本柜陈列有**牙嵌离合器**、**摩擦离合器**、**特殊结构与功能的离合器**。

1. 牙嵌离合器

本柜展示的有应用较广的**牙嵌离合器、内啮合式离合器**。离合器由两个半离合器组成，其中一个固定在主动轴上，另一个用导键或花键与从动轴联接，并可用操纵机构使其作轴向移动，以实现离合器的分离与接合。这类离合器一般用于低速接合处。

2. 摩擦离合器

本柜展示有**单盘摩擦离合器、多盘摩擦离合器、锥形摩擦离合器**。与牙嵌离合器相比，摩擦离合器不论在任何速度时都可离合，接合过程平稳，冲击振动较小，过载时可以打滑，但其外廓尺寸较大。

3. 特殊结构与功能的离合器

本柜展示的有只能**传递单向转矩**的滚柱式定向离合器，**过载自行分离**的滚珠离合器，以及**控制速度**的离心离合器。

第十四柜 轴

轴是组成机器的主要零件之一，一切回转运动的传动零件，都必须安装在轴上才能进行运动及动力传递。

一. 轴的分类

工程上常见的轴，在本柜中展示的有**光轴、阶梯轴、空心轴等直轴，曲轴，专用的钢丝软轴**。直轴按承受载荷性质的不同可分为：

1. 心轴 心轴只承受弯矩
2. 转轴 转轴即承受弯矩又承受扭矩
3. 传动轴 传动轴主要承受扭矩

二. 轴上零件的定位

设计轴的结构时，必须考虑轴上零件的**轴向定位和周向定位**。轴上零件可分别利用轴肩、套筒、圆螺母、紧定螺钉、弹簧档圈、螺钉锁紧档圈、圆锥形轴端等进行零件的轴向定位；可利用键、花键、过盈配合等方法进行周向定位。

三. 轴的结构设计要注意的几个工艺性问题

轴肩的过渡结构，有利于减少轴在剖面突变处的应力集中，改善了轴的抗疲劳强度；砂轮越程槽、螺纹退刀槽都有利于加工。

第十五柜 轴的设计

轴的设计主要有两方面的内容：一是轴的结构设计，二是轴的工作能力计算。

轴的结构设计主要定出轴的合理外形和全部结构尺寸。本柜以减速器输出轴的结构设计为例，说明轴的结构设计过程与方法。这里假设轴上齿轮、轴承及联轴器的相互位置已确定，在此基础上，轴的结构设计过程分为三步进行。

最左边是表示第一步，即根据轴所传递的转矩，按扭转强度初步估算出轴的直径，此轴径可作为安装联轴器处的最小直径。

中间的模型表示第二步，即确定各段轴的直径及长度，以最小直径为基础，逐步确定安装轴承的齿轮处的轴段直径。各轴段的长度根据轴上零件宽度及相互位置确定。

最右边的模型为第三步，它的设计内容是考虑轴上零件定位紧固要求，确定轴的结构形状和尺寸。由模型可见，齿轮右端设计了轴环，以用其轴肩定位齿轮。右轴承和联轴器处都设计出定位轴肩，轴上设计出键槽以对齿轮、联轴器进行周向定位。

此外，常采用套筒、轴端压板、轴承盖等轴向定位方法及毡圈密封方式。

对于不同的装配方案，可以得出不同的轴的结构形式。柜中还陈列有另外两种轴的典型结构形式，要观察思考这两种结构特点。

注意：各定位轴肩的高度应根据结构需要确定，尤其要注意滚动轴承处定位轴肩，其高度不应超过轴承内圈，以便于轴承拆卸。为减小轴在剖面突变处的应力集中，应设计有过渡圆角。过渡圆角半径必须小于与之配合的零件的倒角尺寸或圆角半径，以使零件得到可靠的定位。为了便于安装，轴端应设计倒角。轴上的两个键槽设计在同一直线上，有利于加工。

在初步完成轴的结构设计后，便可进行轴的工作能力校核计算。计算准则是满足轴的强度或刚度要求，必要时还应校核轴的振动稳定性。校核满意，便可绘制轴的零件工作图。

第十六柜 弹簧

弹簧是一种弹性元件，它具有多次重复地随外载荷的大小而作相应的弹性变形，卸载后又能立即恢复原状的特性。很多机械正是利用弹簧的这一特性来满足特殊要求的。

弹簧种类较多，但应用最多的是圆柱螺旋弹簧。按照载荷分，它有拉伸弹簧、压缩弹簧、扭转弹簧三种基本类型。

除圆柱弹簧外，常见的还有：用作仪表机构的**平面蜗卷弹簧**，只能承受轴向载荷但刚度很大的**蝶形弹簧**以及常用于各种车辆减震的**板簧**。

第十七柜 减速器

一. 减速器的功能

减速器系指原动机与工作机之间独立闭式传动装置，用来降低转速和相应地增大转矩。

二. 减速器的类型

1. 单级圆柱齿轮减速器
2. 二级展开式圆柱齿轮减速器
3. 圆锥齿轮减速器
4. 圆锥圆柱齿轮减速器
5. 蜗杆减速器
6. 蜗杆—齿轮减速器

三. 减速器的组成及减速器上的附件

无论哪种减速器，都是由**箱体、传动件、轴系零件及附件**所组成。

箱体用于承受和固定轴承部件，并提供润滑密封条件。箱体一般用铸铁铸造，它必须有足够的刚度。剖分面与齿轮轴线所在平面相重合的箱体应用最广。

由于减速器在制造、装配及应用过程中的特点，减速器上还设置一系列的**附件**。如用来检查箱内传动件啮合情况和注入润滑用的**窥视孔及视孔盖**，用来检查箱内油面高度是否符合要求的**油标**，更换污油的**油塞**，平衡箱体内气压的**通气器**，保证剖分式箱体轴承座孔加工精度用的**定位销**，便于拆箱盖的**起盖螺钉**，便于拆装和搬运箱盖用的**铸造吊耳环螺钉**，用于整台减速器的**起重耳钩**以及润滑用的**油杯**等。

第十八柜 密封与润滑

一. 润滑装置

在摩擦面间加入润滑剂进行润滑，有利于降低摩擦，减轻磨损，保护零

件不遭锈蚀，而且在采用循环润滑时可起到散热降温的作用。本柜陈列的是常用的润滑装置，如手工加油润滑用的**压柱油杯**，**旋套式油杯**，**手动式滴油油杯**，**油芯式油杯**等。它们适用于使用润滑油分散润滑的机器。此外，本柜还陈列有用于脂润滑的**直通式压注油杯**和**连续压注油杯**。

二．密封装置

机器设备密封性能的好坏，是衡量设备质量的重要指标之一。机器常用的密封装置可分为：

1. 接触式密封

(1)毡圈密封 (2)皮碗密封 (3)O形橡胶圈密封

接触式密封的特点是结构简单、价廉，但磨损较快，寿命较短，适合速度较低の場合。

2. 非接触式密封

(1)油沟密封槽密封 (2)迷宫密封槽密封

非接触式密封适合速度较高的地方。

密封装置中的密封件都已标准化或规格化，设计时应查阅有关标准选用。

实验三 渐开线齿轮范成原理实验

一、实验目的

1. 掌握范成法切制渐开线齿轮的原理。
2. 观察齿轮加工时的根切现象，分析渐开线齿轮产生根切的原因，掌握避免根切的方法。
3. 分析比较标准齿轮和变位齿轮的异同点。

二、仪器和用具

1. 渐开线齿轮范成仪；
2. 齿轮毛坯（圆形纸）；
3. 圆规、直尺、铅笔（自备）。

三、齿轮范成仪的构造

范成仪是利用共轭齿廓互为包络线的原理加工齿轮的一种方法，范成仪可以真实地再现齿轮范成加工的全过程。

范成仪的构造如图 2 所示：圆盘 1 绕固定轴心 o 转动，圆盘背后装有与之固联的齿轮 2，并与固定在横动拖板上的齿条 4 啮合。横动拖板上装有齿条刀具 6，可在机架 3 上横向移动。由于齿轮 2 与齿条 4 的啮合关系，从而使圆盘 1 相对齿条刀具 6 的运动和被加工齿轮与齿条刀具的运动完全一样。根据横动拖板两侧的刻度 5，可调节齿条刀具中线与被加工齿轮的分度圆的相对位置。齿条刀具中线与被加工齿轮的分度圆相切，加工出来地是标准齿轮；反之加工的是变位齿轮。

齿条刀具参数： 模数 $m = 15$

压力角 $\alpha = 20^\circ$

齿顶高系数 $h_a^* = 1$

顶隙系数 $c^* = 0.25$

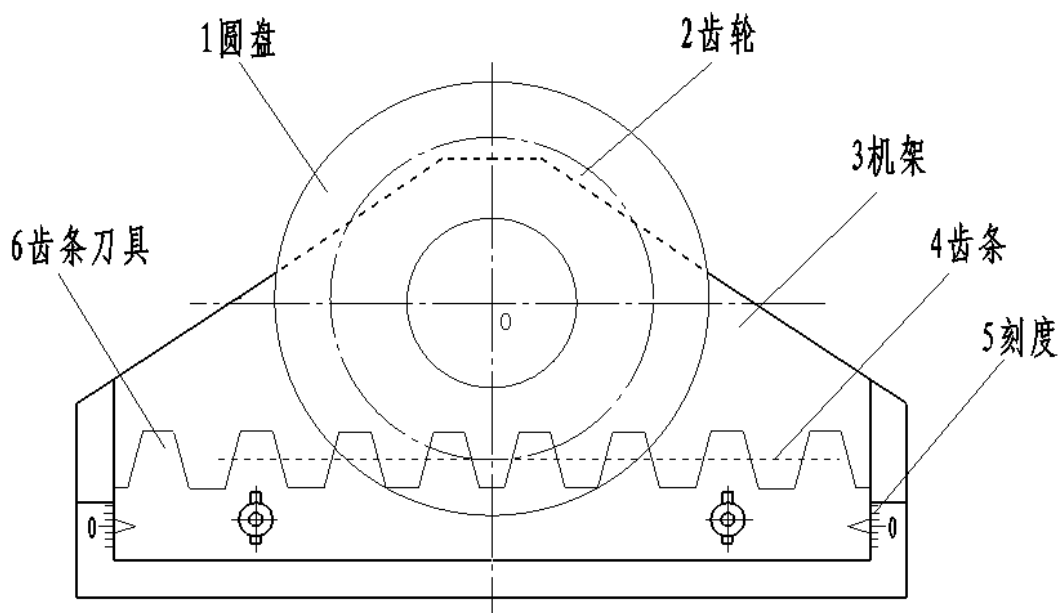


图2 齿轮范成仪示意图

四. 实验原理

运用一对齿轮在啮合时其共轭齿廓互为包络的原理加工齿轮的方法称为范成法。加工时其中一个轮为刀具，另一个为轮坯，由机床的传动系统保证刀具与轮坯以固定的角速比相对转动，和一对真正齿轮相互啮合传动一样，同时刀具还沿轮坯的轴向作切削运动。这样加工出来的齿轮齿廓就是刀具刀刃在各个位置的包络线。渐开线作为刀具齿廓，则其包络线必亦为渐开线。但是实际加工时无法看到刀刃在各个位置形成包络线的过程，故通过齿轮范成仪来复演这一刀具与轮坯间的传动过程。实验时通过用铅笔将刀具刀刃在切削时曾占据的各个位置记录在绘图纸（纸毛坯）上，这样我们就能清楚地观察到用范成法加工渐开线齿轮的过程。

五、实验步骤

1. 绘制标准齿轮

(1) 根据齿条刀具的参数和被加工齿轮的齿数 ($z=10$)，计算出该齿轮的齿顶圆半径 r_a ，分度圆半径 r ，基圆半径 r_b ，齿根圆半径 r_f 。

$$r_a = m\left(\frac{z}{2} + h_a^*\right) = \quad r = \frac{mz}{2} =$$

$$r_b = r \cos \alpha = \quad r_f = m\left(\frac{z}{2} - h_a^* - c^*\right) =$$

(2) 将绘图纸（纸毛坯）装在范成仪的圆盘上，并用压环压紧，然后以轴心为圆心，将根据已知的基本参数计算出来的被加工齿轮的齿顶圆、分度圆、基圆、齿根圆尺寸画在纸毛坯上。

(3) 调节刀具中线使其和分度圆相切，亦即使齿条刀具两端标记对准刻度的零点，然后用齿条刀具固定螺栓拧紧。

(4) 将齿条刀具移到最左端（或最右端）极限位置，用铅笔描齿条刀的外廓线，凡进入纸毛坯的齿条刀部分，且经铅笔描绘后即表示被加工齿轮该部分被切掉。

(5) 慢慢移动齿条刀具，每移动一次描绘一遍刀具的齿形。如连续地画下去代表刀具连续的插齿过程，最终这些稠密的齿形就显示了自己的包络线，即被切齿轮的齿廓曲线，直至将齿条刀具移到最右端（或最左端）极限位置。要求在纸毛坯上描绘出 2~3 个完整的齿形。通过观察，将会发现齿形根切很严重。

2. 绘制正变位齿轮

(1) 计算不产生根切的最小移距系数 $x_{\min} = \frac{17 - Z}{17}$ ，数据取整后，

取 $x = x_{\min} = 0.5$ 。

(2) 根据齿条刀具的参数和被加工齿轮的齿数（ $z=10$ ），计算出该齿轮的齿顶圆半径 r_a' ，齿根圆半径 r_f' ，且画在范成仪的纸毛坯上。

$$r_a' = m\left(\frac{z}{2} + h_a^* + x\right) =$$

$$r_f' = m\left(\frac{z}{2} - h_a^* - c^* + x\right) =$$

(3) 松开齿条刀具固定螺栓，将范成仪上齿条刀具 6 取下，转动圆盘 180° ，然后再装上齿条刀具 6，拧紧螺栓。

(4) 绘制变位齿轮对刀时，将齿条刀具平行退后（远离盘轮中心）一段距离 Xm （变位移距）。重新拧紧齿条刀具。此后，按照绘制标准齿轮的方式绘制变位齿轮。

六、实验要求

1. 在绘图纸（纸毛坯）上按机械制图的方式标出齿顶圆、分度圆、基圆、齿根圆的尺寸。

2. 在绘图纸（纸毛坯）的空白处写上被加工齿轮的主要参数 z, m, α, h_a^*, c^* 及 x 。

3. 在绘图纸（纸毛坯）的空白处写上班级、姓名、同组人、实验日期。

齿轮范成实验报告

班级_____ 姓名_____ 实验日期_____ 实验地点_____
审阅_____

一、齿轮基本参数

模数 $m =$ 齿数 $z =$ 压力角 $\alpha =$ 齿顶高系数 $h_a^* =$ 顶隙
系数 $c^* =$

二、实验结果比较（ $x > 0$ 的变位齿轮和标准齿轮参数比较）

项目	标准齿轮	变位齿轮	正变位齿轮相对 标准齿轮的变化
变位系数			
分度圆直径			
齿顶圆直径			
齿根圆直径			
基圆直径			
模数			
压力角			
分度圆齿厚			
分度圆齿槽 宽			
分度圆齿距			
全齿高			
齿顶高			
齿根高			
齿形			

三、齿轮范成图（附图）

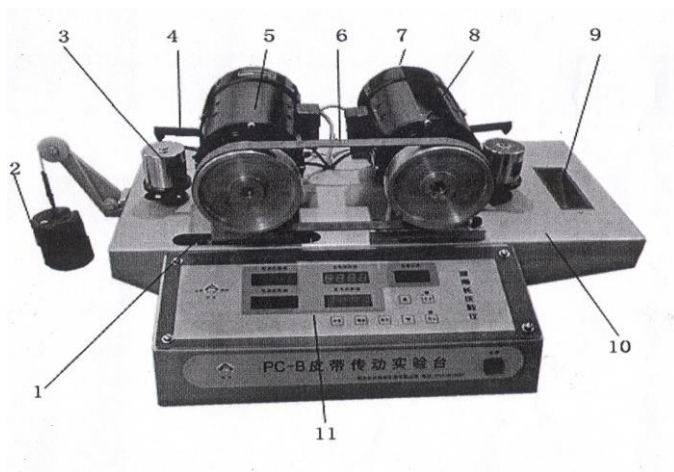
四、学习体会和建议

实验四 带传动实验

一、实验目的

1. 了解带传动实验台的结构和工作原理，观察带传动中的弹性滑动和打滑现象，分析影响因素。
2. 掌握扭矩 T 、转速 n 、转速差 Δn 的测量方法。
3. 实测弹性滑动系数 ε 和传动效率 η ，在直角坐标系中绘制 $\varepsilon - F$ 曲线和 $\eta - F$ 曲线。

二、实验设备



PC-B 型皮带传动实验台

1. 电机移动底板 2 砝码和砝码架 3. 力传感器 4. 转矩力测杆 5. 主动电动机
6. 平皮带 7. 光电测速装置 8. 发电机 9. 灯泡组 10. 座机壳 11. 操纵面板

1) 传动系统

由装有主动带轮的直流伺服电动机、平皮带、装有从动带轮的直流伺服发电机组成。在主、从动轮电机两端均特制滚动轴承座，电机外壳（定子）

均未固定，可相对其两端滚动轴承座转动。主动轮上的滚动轴承座固定在一个滑动的底板上，滑动的底板能相对机座在水平方向滑动。从动轮上的滚动轴承座则固定在机座机壳上。

2) 拖动与加载

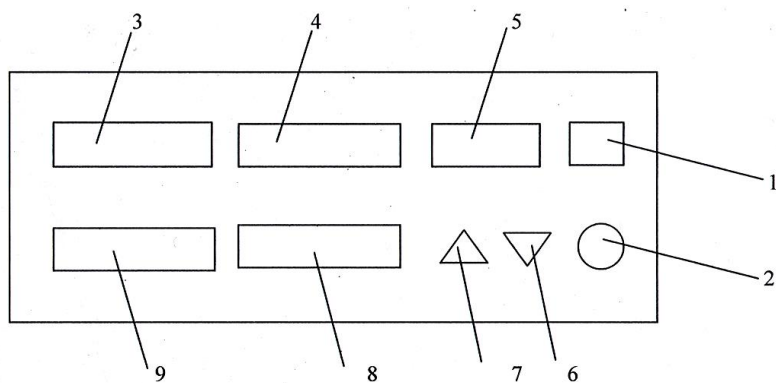
码架和砝码与滑动底板用绳和滑轮相连，通过张紧重砵的牵引作用，使测试带产生并保持一定的张紧力。增加或减少砝码，即可增加或减少带的初拉力。

PC-B 型带传动实验台由电动机拖动、发电机和灯泡组以及实验台内的电子加载电路组成加载系统。发电机发出的电能由灯箱内的灯泡进行消耗，用以实现加载。前面板上的触摸按钮进行手动控制和显示加载值的大小。

3) 数据采集

两电机的外壳上装有测力杆，测力杆触点与传感器触头相接触，带轮运行时电机外壳转动产生的支反力，通过测力杆传递给传感器。主、从动带轮的支反力 Q_1 、 Q_2 ，可直接在前面板各自的数码管上读取，进而能计算出扭矩。

两电机后端装有光电测速装置和测速转盘，采用红外线光电测速，主、从动带轮转速可直接在面板各自的数码管上读取。



1. 电源开关 2. 电动机转速调节 3. 主动轮支反力显示 4. 从动轮支反力显示

5. 加载(负载功率)显示 6. 卸载按钮 7. 加载按钮 8. 电动机转速显示 9. 发电机转速显示

4) 实验台主要技术参数

直流电机功率 355W

主电机调速范围 50~1500rpm

皮带初拉力值 2~3.5kgf

皮带轮直径 $D_1=D_2=120\text{mm}$

杠杆测力臂长度 $L_1、L_2$ —电动机、发电机中心至传感器中心触点的距离

$L_1=L_2=120\text{mm}$

压力传感器 精度 1% 测量范围为 0~50N

灯泡额定功率 320W (8 个 40W 灯泡)

工作场所 无强烈电磁干扰和腐蚀气体

环境温度 $0^\circ\text{C}\sim+40^\circ\text{C}$

电源电压 交流 $\sim 220\text{V}\pm 10\%$ 50HZ

相对湿度 $\leq 85\%$

实验台总重量 45kg

三、实验原理

1. 滑动系数的测试

由定义知，滑动系数

$$\varepsilon = \frac{V_1 - V_2}{V_1}$$

式中 $v_1、v_2$ ——主、从动带轮的圆周速度。m/s。

若分别设主、从动带轮的转速为 $n_1、n_2$ ，平皮带轮直径 $D_1、D_2$ ，则滑动系数

$$\varepsilon = \frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{n_1 - \frac{D_2}{D_1} n_2}{n_1} = 1 - \frac{D_2}{D_1} \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

通常带轮的直径 $D_1、D_2$ 为已知，故实验中只需测试主、从动带轮的转速 $n_1、n_2$ ，即可由式(1)计算出滑动系数。

2. 效率的测试

由效率的定义知，带传动的效率

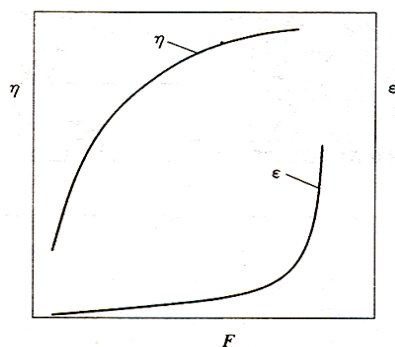
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2 n_2}{T_1 n_1} \quad (2)$$

式中 P_1 、 P_2 ——带传动的输入、输出功率，单位 KW

T_1 、 T_2 ——主、从动带轮轴的转矩，单位 N·mm

可见，在测主、从动带轮轴的转速 n_1 、 n_2 的基础上，只需测主、从动带轮轴上的转矩 T_1 、 T_2 ，即可由式(2)计算出带传动的效率。

事实上，带传动的滑动系数 ε 及其效率 η 均非常数，而是随传递功率的改变而变化。为了寻求变化规律，通常在保持主动带轮转速 n_1 和带张紧力 F_0 不变的前提下，实验中采用改变负载(即改变带传动传递功率)的方法，可分别求得不同有效拉力 F 下带传动的效率 η 和滑动系数 ε 。整理采集到的实验数据，可将其变化规律以曲线方式表示在直角坐标系中。



带传动的效率与滑动曲线

PC-B 型皮带传动实验台操作注意事项

- ①皮带和带轮要保持非常清洁，绝对不能粘油。
- ②皮带和带轮如果不清洁，请先用干净的汽油、酒精洗干净，再用干抹布擦干净。
- ③实验前电动机活动底板上要反复推动，以确保灵活。
- ④启动电源开关前，需将面板上的高速旋钮逆时针旋到底（转速最低位置），以避免电机高速运动带来的冲击损坏传感器。在砝码架上加上一定的砝码使皮带张紧，以确保实验安全。
- ⑤实验测试前，先开机将皮带转速调至 1200 转 / 分附近，运转 30 分钟以上，使实验台皮带预热性能稳定。
- ⑥在实验中采集数据时，一定要等数据采集窗口的数据稳定后再进行采集。每采集一次，时间间隔 5~10 秒钟。

⑦当皮带加载至打滑时，运转时间不能过长，防止损坏皮带。

⑧在皮带万一飞出的情况下，一般可将皮带调头，再装上进行实验。在皮带调头，实验仍不能进行的情况下，则需将电机支座固定螺钉松动，适当调整两个带轮的轴线，使其平行后，再拧紧螺钉。

带传动实验报告

班级_____ 姓名_____ 实验日期_____ 实验地点_____

审阅_____

一、试验数据记录

[illegible]

二、 $\varepsilon - F$ 曲线和 $\eta - F$ 曲线

三、学习体会和建议

实验五 轴系结构设计实验

一、实验目的

熟悉和掌握轴的结构设计和轴承组合设计的方法及基本要求。

二、实验设备

1. 模块化轴段（可组装不同结构形状的阶梯轴）。
2. 轴上零件：齿轮、蜗杆、带轮、联轴器、轴承、轴承座、端盖、套杯、套筒、圆螺母、轴端挡板止动垫圈、轴用弹性挡圈、孔用弹性挡圈、螺钉、螺母等。
3. 工具：活扳手、胀钳、木榔头、胶木榔头、铁榔头、铜套、铜棒等。
4. 量具：150mm 游标卡尺、300mm 钢板尺。

三、实验准备（各项准备工作应在进实验室前完成。）

1. 从轴系结构设计实验方案中选择设计实验方案号。
2. 根据实验方案规定的设计条件确定需要哪些轴上零件。
3. 绘出轴系结构设计装配草图，并注意以下几点：
 - （1）应满足轴的结构设计、轴承组合设计的基本要求。如轴上零件的固定、装拆、轴承间隙的调整、密封、轴的结构工艺性等（暂不考虑润滑问题）。
 - （2）标出每段的直径和长度，其余零件尺寸可不标注。

四、实验步骤

1. 利用模块化轴段组装阶梯轴，该轴应与装配草图中轴的结构尺寸一致或尽可能相近。
2. 根据轴系结构设计装配草图，选择相应的零件实物，按装配工艺要求顺序装到轴上，完成轴系结构设计。
3. 检查轴系结构设计是否合理，并对不合理的结构进行修改。合理的轴系结构应满足下述要求：

- (1) 轴上零件装拆方便，轴的加工工艺性良好。
- (2) 轴上的零件固定（轴向、周向）可靠。
- (3) 轴承固定方式应符合给定的设计条件，轴承间隙调整方便。
- (4) 锥齿轮轴系的位置应能作轴向调整。

注：因实验条件的限制，本实验忽略过盈配合的松紧程度、轴肩过渡圆角及润滑等问题。

- 4. 测绘各零件的实际结构尺寸（底板不测绘，轴承座只测量轴向宽度）。
- 5. 装配完毕，经指导教师审核后方可拆卸。将零件放回箱内，分门别类排列整齐。工具、量具放回原处。
- 6. 在实验报告上按 1:1 比例完成轴系结构设计装配图（只标出各段轴和直径和长度即可，公差配合及其余尺寸不用标柱，零件序号、标题栏可省略）。

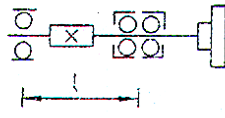
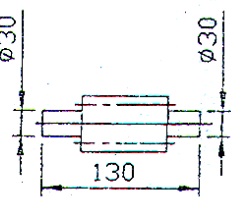
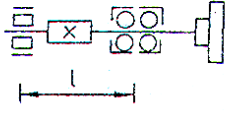
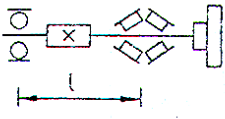
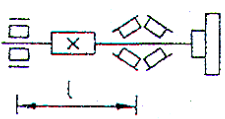
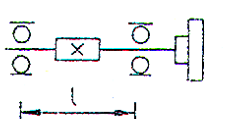
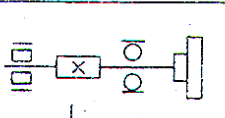
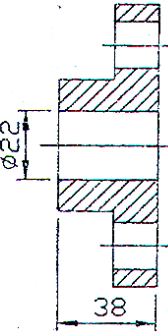
表1

传动件结构及相关尺寸

研 花			带 轮		联 粘 器		
A	B	C	A	B	A	B	C

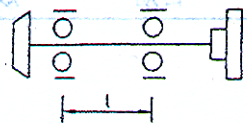
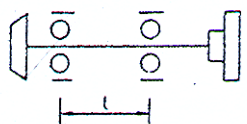
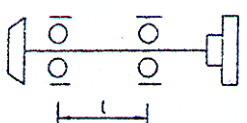
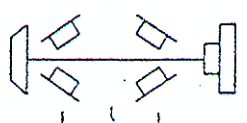
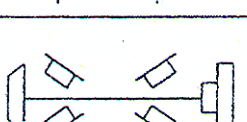
轴系结构设计实验方案

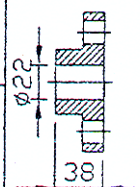
表2

方案类型	序号	方案号	设计条件				传动件
			轴系布置简图	轴承固定方式	轴承代号	$l \approx (\text{mm})$	
蜗杆减速器输入轴	09	3-1		一端固定 一端游动	固定端 7206c 游动端 6306	168	 蜗杆
	10	3-2		一端固定 一端游动	固定端 7206c 游动端 N306	168	
	11	3-3		一端固定 一端游动	固定端 30206 游动端 6306	168	
	12	3-4		一端固定 一端游动	固定端 30206 游动端 N306	168	
	13	3-5		一端固定 一端游动	固定端 6206 游动端 6206	157	
	14	3-6		一端固定 一端游动	固定端 6206 游动端 N206	157	
							 联轴器

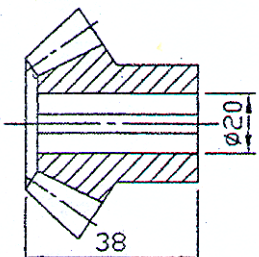
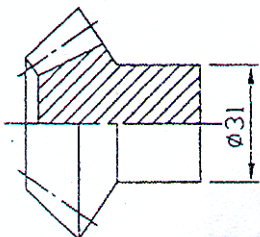
轴系结构设计实验方案

表3

方案类型	序号	方案号	设计条件					传动件	
			轴系布置简图	轴承固定方式	轴承代号	$l \approx (\text{mm})$		齿轮	联轴器
锥齿轮减速器输入轴	15	5-1		两端固定结构	6205	80		A	
	16	5-2		两端固定结构	6205	80		B	
	17	5-3		一端固定 一端游动	固定端 6205 游动端 6305	80		A	
	18	5-4		两端固定结构	30205	80		A	
	19	5-5		两端固定结构	30205	80		B	
	20	5-6		两端固定结构	30205	75		B	



齿轮结构及相关尺寸

A	B
	

轴系结构设计实验报告

轴系结构设计实验报告

班级_____姓名_____实验日期_____实验地点_____

一、按 1: 1 比例完成轴系结构设计装配图，尺寸主要标注轴段的长度、直径（单位 mm）

二、学习体会和建议