

U81036
6091

机 械 原 理

实 驗 指 導 書

机械原理及設計教研組編

西安交通大學

1962年8月

机械原理实验指导书

編譯者：西 安 交 通 大 学
机械原理及設計教研組
发行者：西安交通大学教材供应科
印刷者：西 安 交 通 大 学 印 刷 厂

一九六二年八月第一版

印数：1,180 册

目 录

序 言		(1)
实验一	典型机构参观	 (2)
实验二	机构运动简图的测绘	 (3)
实验三	转子的静平衡	 (6)
实验四	转子的动平衡	 (10)
实验五	平面铰接四杆机构尺度综合实验法	 (12)
实验六	齿轮范成原理	 (17)
实验七	直齿圆柱齿轮的基本参数测定	 (21)
实验八	斜齿圆柱齿轮的基本参数测定	 (25)

序 言

本实验指导书是根据我校的实验设备结合对同学们在实验方面的具体要求而编写的，目的为便于同学们在实验前进行自习及实验后进一步巩固和加深理论概念。实验是机械原理课程中重要一环，同学们必须认真做好，并在参加实验前注意下列事项：

1. 实验之前，同学必须认真作好准备——阅读实验指导书，了解实验的目的、原理及实验步骤。

2. 在上实验课时，教师检查同学的准备情况，凡未作好准备的同学，由教师负责处理——例如令其重新准备或补作等。

3. 凡指导书中指定同学自带的文具用品必须事先备好带往实验室。

4. 凡因准备不充分需要补做的同学，以及因故缺席未做的同学，都要向教师申请补做。

5. 保持实验室安静、遵守实验操作规程。实验完毕后，同学应将仪器设备整理好并放置原处才能离开实验室。

6. 实验报告要编写清楚，数据要有足够的准确度。

实验一 典型机构参观

I. 目的

通过陈列室的典型机构参观要求同学能对本课程所讲的各种常用的典型机构有一概貌性的认识，并对其结构特征和运动特点有一初步了解。

II. 内容

1 参观各种型式的机构

从机构的外型构造出发把机构分成：(a)连杆机构，(b)齿轮机构，(c)凸轮机构，(d)摩擦轮机构等等。由于这样分类就可以对各种机构因外型构造特征而具有的某些特性进行综合性的研究、分析及设计。除此之外，还有从机构的性能和功用出发来进行分类的，例如：转化转动为移动的机构，间歇运动机构等等，这种分类法，便于设计师选用机构。

2 机构的组合：

实际工程上所使用的机器都是由若干个典型机构组合而成的，根据工作要求不同，可以由各种不同的组合方式。本实验室陈列有下列机器：

- (i) 牛头刨床，
- (ii) 制造订书钉的自动机器，
- (iii) 制造洋钉的自动机器，

实 驗 报 告

实 驗 一 典型机构参观

班級

姓名

学号

指导教师

实验日期

1. 本实验室中陈列了那些典型机构，有几种类型？每种类型中又有那些具体的型式？
2. 試以牛头刨床为例，分析一下这部机器中包含了几种类型的机构？它們在执行工作任务的过程中如何协调工作的？

实验二 机构运动简图的测绘

I. 机构运动简图测绘概述:

机构运动简图是用来研究机构结构,运动和力的图形。在研究机构运动时,必须知道组成该机构的构件数目,运动付的形式,机构的尺寸以及构件彼此间的相对位置等,而机构运动简图就是表示以上特征的图形。

平面机构是由转动付、移动付或高付联结若干构件而组成的。由于转动付的中心是组成该转动付的两个构件上具有相同运动的瞬时重合点,移动付只影响构件相对运动的方位,高付的运动决定于廓线的曲率中心的位置及曲率半径,因此平面机构的运动简图可以用转动付中心连线,移动付方位与高付廓线的曲率中心和曲率半径等所组成的简图符号来表示。

绘制运动简图的原则是:所绘的机构运动简图与机构的运动完全相当,即要满足以下几点要求:

- (1) 构件数目相同,
- (2) 运动付数目、性质相同,
- (3) 应以一定的比例尺作出运动简图,并精确的表示出各运动付之间的距离或运动付的方位以及原动件的坐标。

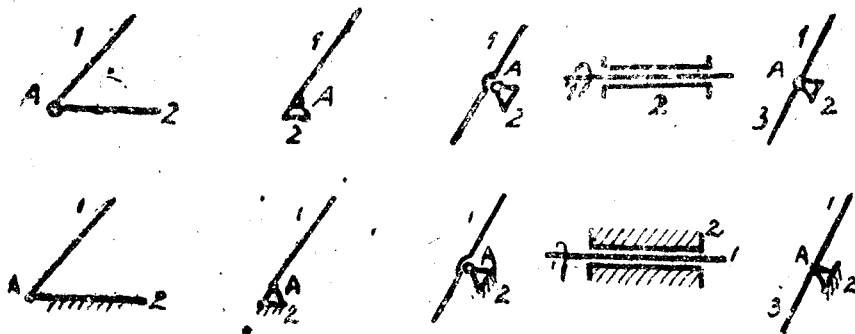
II. 实验部分

1. 实验目的

- (1) 了解机构运动简图的特征,
- (2) 学习机构运动简图的测绘方法。

2. 机构简图符号

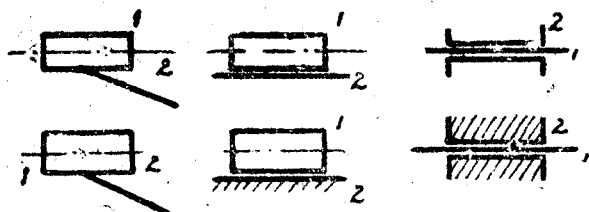
- (1) 用转动付联接的构件(固定构件加斜线表示):



■ (2) 用移动付拼接的构件

(3) 刚性连接的构件:

■ (固定构件加斜线表示):



图二

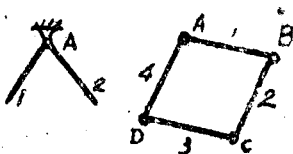


图三

(4) 非刚性连接的构件:

(5) 螺旋付:

(6) 球面付:



图四

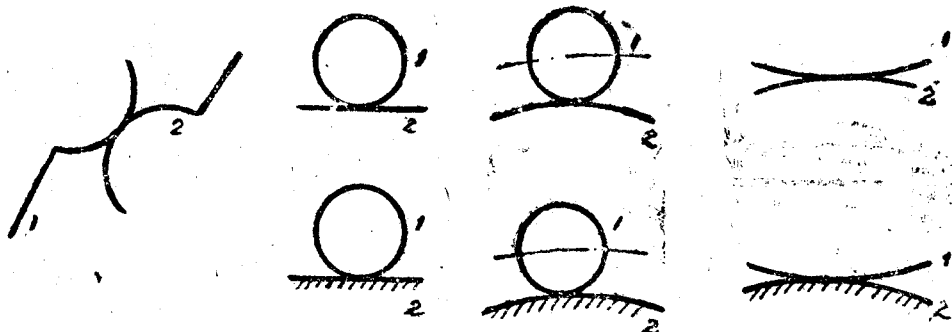


图五



图六

(7) 高付:



图七

3. 机构运动简图测绘方法示例:

偏心轮机构的简图测绘:

(1) 步骤:

i) 认清构件数目:

在测绘运动简图的时候, 首先应了解该机构的名称、用途, 然后转动手柄, 观察此机构是由那些构件和运动付组成的, 并标注号码符号 (如图八所示):

1 —— 机架,

2 —— 偏心圆盘 (偏心轮)

3 —— 连杆,

4 —— 滑块。

ii) 判明运动付的性质:

轉动手柄，經多次的反复轉动判明，1与2是繞D的轉动，組成轉动付（轉动付軸綫过0点），2与3形成O点的轉动，組成轉动付（轉动付軸綫过O点），4与1是沿其水平方向的移动，組成移动付。

iii)按以上分析用适当的符号联接各轉动付中心作为构件，以及表出移动付方位作为导路，繪出机构簡图。如要求按比例尺測繪，則可測量出各构件的实际长度，选定参考坐标（构架），确定构件間相对位置，然后选择一定长度比例尺繪制机构运动簡图。

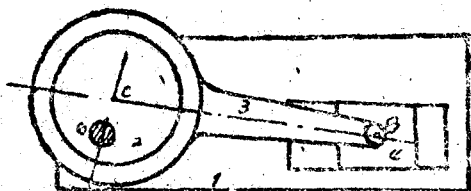


图 八

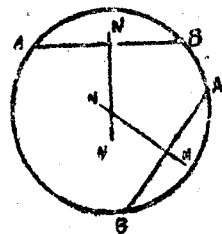
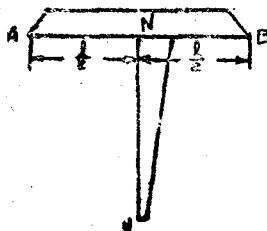


图 九

(2) 几項說明:

(i) 圓心的求作:

a) 划綫法: 主要用于求小直徑轉动付的圓心，鉗工实习已經学过，此处从略。

b) 法綫平分法: 由几何学知，圓中任兩弦綫的垂直平分綫的交点必过圓心。依此原理我們用繪尺一把，就能求得圓心。（如图九所示），这种方法适用于求大直徑的轉动付圓心。

(ii) 比例尺:

长度比例尺以 μ_L 表示，它的意义是:

$$\mu_L = \frac{\text{构件的实际长度 (米)}}{\text{图幅上所画的长度 (毫米)}}$$

(iii) 这里規定在測繪的模型中均选定与手柄固結的构件为原动件，和地面相对靜止的构件为机架。

实 驗 报 告

实 驗 二 机构运动簡图的測繪

班級

姓名

學號

指導教師

實驗日期

I. 測繪下列机构的运动簡图和結構簡图:

1. 測繪偏心搖杆式油泵的运动簡图 (計算机构的运动自由度。繪出机构运动簡图, 图上标明各构件的实际尺寸, 註上长度比例尺并以直角座标或极座标表示构件間的相对位置)。
2. 測繪偏心滑杆式油泵的运动簡图 (要求同 1)。
3. 測繪高付机构的結構簡图 (不按比例的运动簡图)。

II. 思考問題:

为什么一般以轉动付中心的联綫代表构件? 如果不, 則理論上是否可以?

实验三 轉子的靜平衡

I. 引言

如果迴轉构件(通称为轉子)的迴轉軸通过它的質心,我們就称它为靜平衡的构件。設 m 为轉子的質量。 e 为轉子質心距离轉动軸的偏距。当轉子以角速度 ω 轉动时,則产生沿半徑方向的离心慣性力 $P_{\pi} = me\omega^2$,这个慣性力的方向随着轉子的轉动而变化,并且傳給了机器的軸承和基础,引起附加的摩擦功損失和加速軸承的磨損。对高速轉动的构件其危害性尤其严重,因而必須首先进行靜平衡。靜平衡的条件是: $\sum P = 0$,亦即是附加适当的重量或除去多余的金属,使迴轉物体的質心落在它的迴轉軸上。

通常认为当迴轉构件的 $\frac{b}{D} < 0.2$ 时(图一),且轉速不太高的情况下,可单纯地采用靜平衡的試驗設備来确定其不平衡重量的大小和位置然后加以平衡,这种工作称为靜平衡实验。

II. 实验目的:

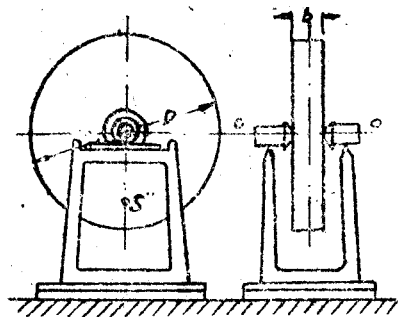
深入了解靜平衡原理,掌握对轉子进行靜平衡的方法。

III. 实验用儀器設備:

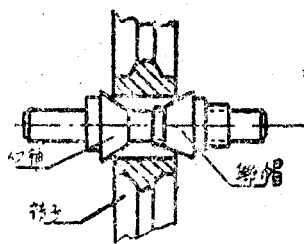
刀口式靜平衡仪(图一),滾子式靜平衡仪(图三),槓杆式靜平衡仪(图五),試件,油灰、天平、直尺,内外卡鉗等。

IV 靜平衡試驗:

(1) 刀口式及滾子式的靜平衡試驗:将要平衡的轉子裝在心軸上,該心軸是由兩錐形絲帽組成,可适合于不同孔徑的轉子(如图二所示),再将心軸擱在兩個水平刀口上(或滾子



图一



图二

上), 当轉子質心 s 不在軸綫 O 上时, 則必有一力矩 $M = G \cdot \rho$ 使轉子轉动, 直到質心 s 轉到最低位置时方能靜止。

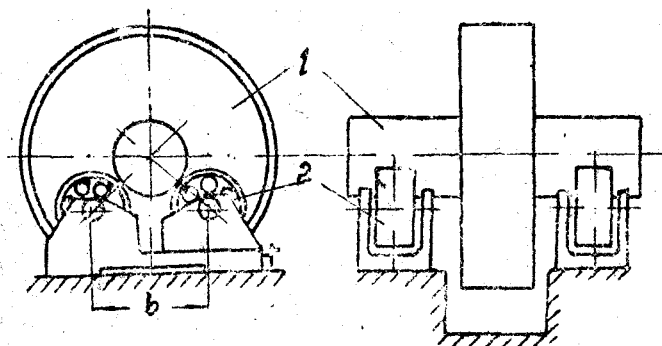


图 三

平衡时置心軸在刀口 (或滾子) 上, 微微滾动, 待滾动行止时, 就在通过軸綫 $O-O$ 的垂綫 os 的反方向上用試湊法胶粘一平衡重量 G_1 , (见图--) 則当 $G_1 \rho_1 = G \rho$ 时, 轉子就平衡了, 此时轉子就可在任何位置上靜止。

式中: G_1 —— 平衡重量。

G —— 轉子重量。

ρ_1 —— 平衡重量的質心到軸綫 $O-O$ 之距。

ρ —— 未平衡前轉子質心 s 到軸綫 $O-O$ 之距。

通常先选定 ρ_1 再用天平称得胶粘物重 G_1 后, 再以等重的金属块鋸接或鉚接在轉子上。若不加平衡重量, 則在相反的方向去掉相当金属材料亦可。

試驗步骤:

(i) 將試件 (轉子) 放在刀口 (或滾子) 上, 加一微小力矩使其滾动, 待靜止后, 在軸綫的垂直上方胶粘适当的平衡重量。

(ii) 再輕輕推动試件, 观察試件是否以所加的胶粘物为中心向兩面摆滾, 若摆滾偏于一方应移动平衡重量的位置, 再試, 直到轉子能在任何位置都靜止为止。从而定出平衡重量的位置。

(iii) 測量所加平衡重量 G_1 的大小和到軸心的距离 ρ_1 記入实验报告中以重徑积 $G_1 \rho_1$ 表示之。

(iv) 測量 ρ_1 的方法可用內外卡鉗量得 a 和 b , 則

$$\rho_1 = \frac{a+b}{2} \quad (\text{如图四所示})。$$

(2) 橫杆式靜平衡試驗: 橫杆式靜平衡試驗能直接讀出不平衡的重徑积 (如图五所示)。試驗时将需要平衡的轉子放在橫杆的 V 型口中, V 型口固定在平衡橫杆上, 使平衡杆所平衡的重心比平衡杆的摆动中心低 b , 这是要得到稳定平衡的条件。灵敏块 4 用来改变这系統的重心与摆动中心的距离 b 。調正橫杆左右兩端的法碼使橫杆保持水平, 然后使轉子在 V 型口中, 輕微旋轉一角度, 再加右边 (或加左边) 的法碼而使橫杆仍保持水平, 如此繼續直到轉子旋轉一整周为止。

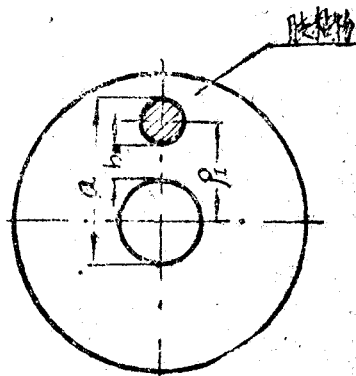


图 四

从图五可以看出,当转子质心 s 转至最右端时,转子对中心 O 产生一最大静力矩,使横杆发生右倾,要保持平衡,可在左法码盘中加法码。当转子质心 s 转到最左端时,其结果与前者相反。这样不平衡的重矩和易从图中关系求得:

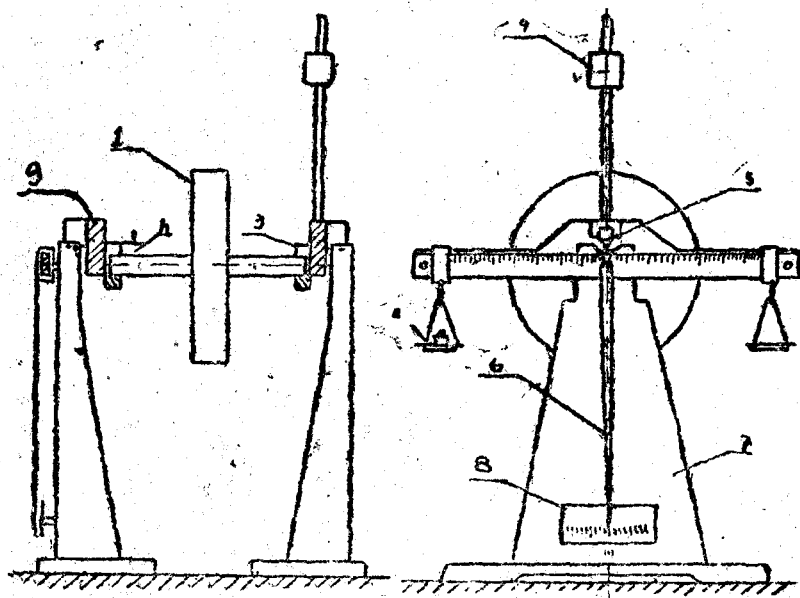


图 五

1. 转子 2. 法码盘 3. V型槽 4. 灵敏块 5. 刀口 6. 指针
7. 机架 8. 刻度板 9. 平衡杆

$$G\rho = \sum g \cdot L$$

式中: G ——转子静重。

ρ ——质心与轴心的偏距。

$$\sum g = \frac{\text{右端加上去的法码最大重量} + \text{左端加上去的法码最大重量}}{2}$$

L ——法码盘到中心的距离。

平衡重量的位置可用这样的一种方法来确定:即首先调好横杆至平衡状态,然后再将转子放在其V型口中,使其自由摆动,待横杆仍保持水平时,则可在转子轴心的铅垂方向画一直线作为标记,此后再将转子转过 90° ,若它向右倾倒,则平衡重的位置就可能在水平方向的左边,若向左倾倒,则可能在其右边,但必须多作几次。

实验步骤:

i 调好横杆式静平衡仪使其平衡。

ii 在V型口上轻轻放上试件,在法码盘中加以适当重量的法码,仍使其平衡。

iii 将试件转一角度(一般为 30°)再加重量保持平衡横杆水平。

iv 继续在同一方向转动试件,直到转动完一周为止。

v 称出右左两法码盘所加重量,及读出法码盘位置,则不平衡重矩即为 $\sum g \cdot L$ 。

实 验 报 告

实 验 三 轉子的靜平衡

班級

姓名

学号

指导教师

实验日期

I. 繪制平衡机結構簡图，并将試驗結果填入下列表格：

平衡机結構簡图	
試件號碼	
秤得油灰重量	克
油灰作用处离軸綫距离	毫米
不平衡量徑积	克毫米
平衡重块作用处离軸綫距离	毫米
加平衡重块大小	克

II. 回答問題：

1. 为什么說当 $\frac{b}{D} < 0.2$ 时 (图--) 只要做迴轉体的靜平衡?
2. 若轉子兩端的軸徑尺寸不一样时，能否在刀口式靜平衡仪上进行平衡?
3. 在使用刀口式或滾子式靜平衡仪，为什么要輕輕地推动試件?
4. 使用橫杆式靜平衡仪时，要使試件旋轉一周，若旋轉半周是否可以? 为什么?

实验四 轉子的动平衡

轉子的动平衡試驗是在专用的动平衡試驗机上进行的，动平衡試驗机的型式很多，这里介紹 $AM500$ 型动平衡机的工作原理。（ $AM50$ 型动平衡机的工作原理完全类似）。

$AM500$ 型动平衡机的工作原理（参閱图一—动平衡机结构示意图）是把轉子的振摆运动，經由联結的橫杆系統放大后，傳給橫放在測量台前的主摆杆，形成一个轉子所属的主振动系統。該振动系統作用在主摆杆上的振幅值是周期性变化的。同时在測量台箱体內，由主軸带动另一个可調节的补偿振动系統，經由另一套橫杆系統，通过一根付摆杆亦傳至主摆杆。补偿振动系統作用在主摆杆上的振幅值同样的

是周期性变化的，并且在机构結構設計上保証这两种振动系統的振动周期相等，振动的变化規律相同。进行試驗时，經适当的調节，可使加入补偿振动系統与主振动系統相位角相差 180° ，振幅值等相，主摆杆处于靜止（可在測微表中看出）。这样，从机器的測量裝置（标尺）中，可以讀出与产生强迫振动的振幅相应的轉子的不平衡的重徑积的数值。并且，在和主軸相联的紅綠兩色的定位盘上，定出轉子不平衡重徑积的位置。

现将主振动系統及补偿振动系統分述于下：

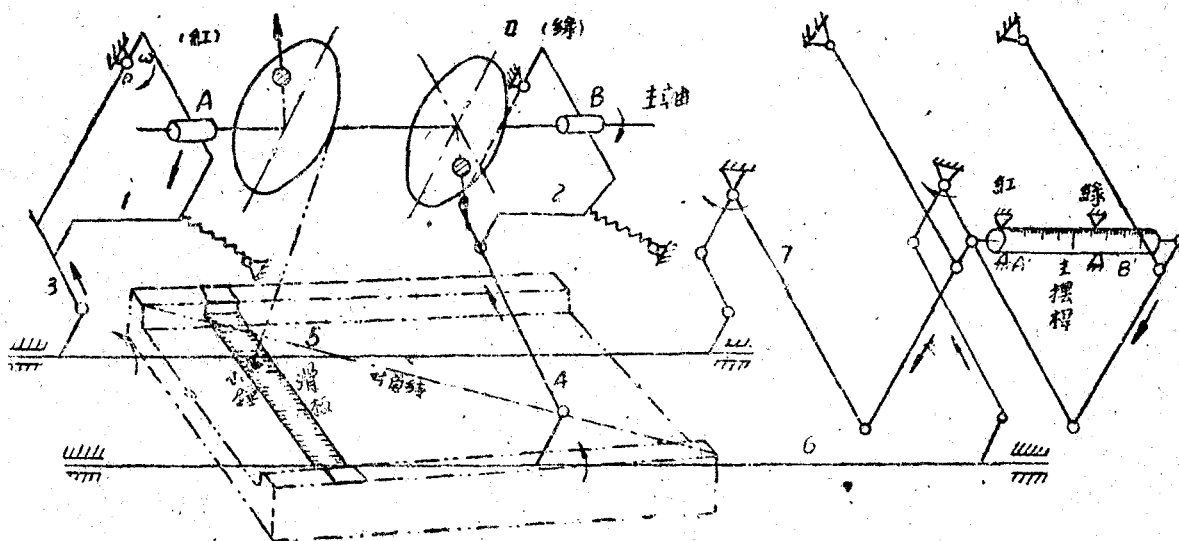


图 一

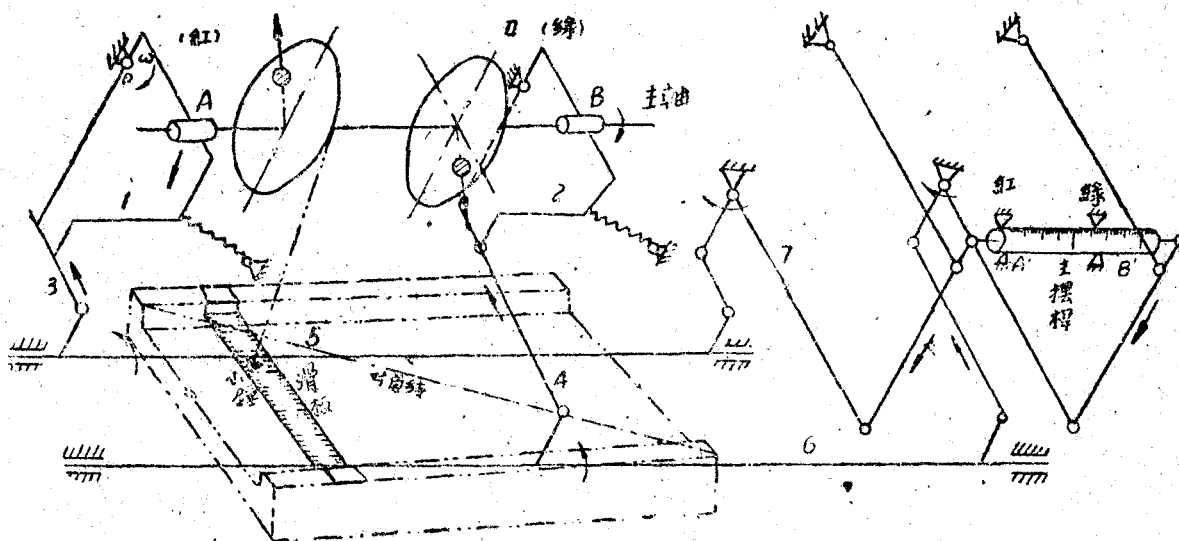


图 二

1. 主振动系統:

如图二, 轉子置于兩彈性支承 1, 2 上并以 ω 的角速度繞主軸轉动时, 由轉子上的不平衡質量而产生的慣性力, 使彈性支承产生一个强迫振动, 經由 3, 4, 5, 6, 7 等組成的橫杆系統傳至主摆杆, 繞主摆杆支点作周期性的振动, 并得到放大。

2. 补偿振动系統

如图三并參閱圖一, 由 9, 10, 11 所組成的偏心輪机构, 由主軸經差动輪系 18 傳动 (因此轉子的轉速与偏心輪的轉速相等)。摆杆 11 上各点的运动, 由 12, 13, 16 可傳至付摆杆 14 上, 14 上固有一重块, 因而亦产生一个强迫 (补偿) 振动。該强迫振动, 其振幅, 借轉动手輪 21, 使滾子 12 在不同的地方与 11 及 13 接触而得以調节。而其相位, 可轉动手輪 17 来調节, 使所生之补偿振动其振幅值恰与主振动相等, 而相位相差 180° , 这样一个补偿振动經由付摆杆 14 傳至主摆杆上, 就使主摆杆得到平衡。

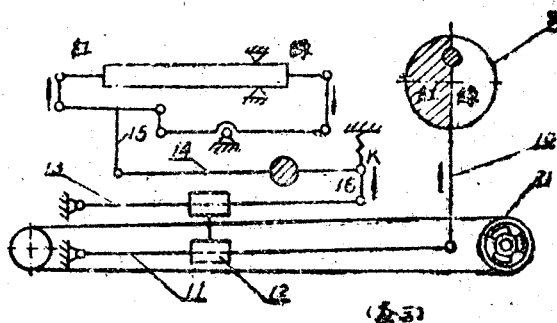


图 三

操作方法:

i) 选定兩平衡面 I、II (分別以紅綠兩色代表), 在平面 I 內懸一小錘 (見圖二), 移动滑板, 使其左边正好与錘尖接触, 讀出对角綫与滑板左边交点讀数, 移动主摆杆上的相应活节 (紅色) 使位于該讀数位置。同样方法, 施于平面 II, 得主摆杆上另一活节的位置。

ii) 將平衡面 I、II 間的距离, 反映到測量台上的橫标尺上, 供測定重徑积用。为此, 將用上法所測得的 I、II 兩平面讀数相減, 得一差值, 移动測量台上橫标尺上的滑块至該数值位置。

iii) 启动馬达, 进行試驗。

要求出平面 II 上的不平衡重徑积, 可將主摆杆上相应于平面 I 的活节固定, 然后轉动手輪 21, 以調节补偿振动的振幅, 轉动手輪 17 以調节其相位, 达主摆杆上振动完全消失 (可由千分表上看出), 則 II 平面上的不平衡重徑积 $m_{II}\rho_{II}$ 之值, 就可在測量台上的纵标尺上讀出。

iv) 关掉馬达, 确定平衡質量 m_{II} 的位置。

停車后, 順試驗时轉子轉动的方向, 用手搬动皮帶輪 19, 至偏心輪 9 上紅綠分界綫对准其上固定指針且綠色半圓靠近操作者 (在决定平面 I 上不平衡質量 m_I 的位置时, 則是紅色半圓靠近操作者), 此时平面 II 上垂直上方的徑向綫方向, 就是不平衡質量 m_{II} 所在位置。

v) 同理, 要求出平面 I 上的不平衡重徑积 $m_I\rho_I$ 的大小及位置, 可將主摆杆上代表平面 II 的綠色活节固定, 松开紅色活节, 按上述方法进行試驗。

实验五 平面铰接四杆机构的尺度综合

I. 实验目的

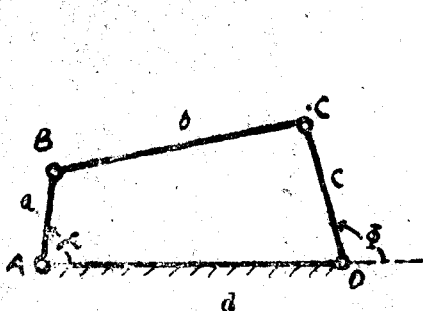
学习用实验的方法来进行平面铰接四杆机构的尺度综合,并了解应用图谱的一般绘制方法及其应用。

II. 尺度综合的原理

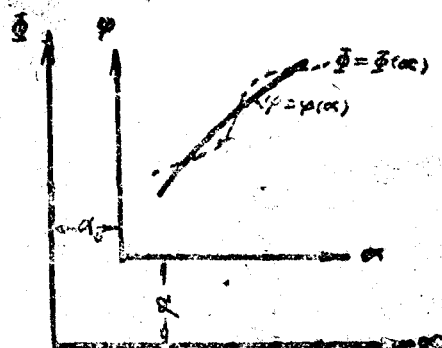
当进行平面铰接四杆机构或多杆机构的综合时,可利用图谱来确定所需要的机构尺度参数,这一套图谱是收集了一系列的以图形表出的主动件角位移和从动件角位移的函数关系而编成的。图一所示, Φ 是从动件 c 与固定件 d 之间的夹角, α 是主动件 a 与固定件 d 之间的夹角。

应用 $\Phi=\Phi(\alpha)$ 曲线图来进行平面铰接四杆机构的尺度综合,可解决三类基本问题:

(1) 给定条件为要求实现从动件与主动件的角位移函数曲线 $\varphi=\varphi(\alpha)$,角速度函数曲线 $\omega=\omega(\alpha)$,角加速度函数曲线 $\varepsilon=\varepsilon(\alpha)$,进行机构的尺度综合。



图一



图二

首先根据工作要求 $[\varphi=\varphi(\alpha)]$,在透明纸上画出从动件与主动件间的角位移函数曲线 $\varphi=\varphi(\alpha)$,然后将此曲线图拿到图谱中凑合,从图谱中找得一条与 $\varphi=\varphi(\alpha)$ 最接近的图谱曲线 $\Phi=\Phi(\alpha)$,然后根据 $\varphi=\varphi(\alpha)$ 以选定实现 $\Phi=\Phi(\alpha)$ 时的机构尺度参数。画曲线时所选取的比例尺应与图谱中的比例尺相同,在图谱中凑合曲线时应注意两个坐标系统的坐标比例尺应相同,坐标轴应相互平行(如图二)。

若给定的条件是 $\omega=\omega(\alpha)$ 或 $\varepsilon=\varepsilon(\alpha)$ 函数曲线,则可先用线图积分法把它们画成为相应的 $\varphi=\varphi(\alpha)$ 的曲线图,然后按上面所述的方法进行。

(2) 给定条件为连杆曲线进行平面铰接四杆机构的尺度综合。