

实验一 机构运动简图的测定

一、目的

- 1.学会撇开机械的实际构造而仅仅从运动的观察来绘制其机构的运动简图。
- 2.验证和巩固自由度的计算。
- 3.分析一些四杆机构的演化过程和验证其曲柄存在条件。

二、设备和工具

(一)设备

1. 插齿机
2. 小型冲床
3. 油泵模型
4. 摆杆导杆机构模型
5. 其它机械模型
6. 缝纫机
7. 内燃机
8. 抛光机
9. 颚式破碎机
10. 制动机构
11. 步进输送机
12. 假肢关节机构
13. 装订机构
14. 机车驱动机构等模型。

(二)工具

三角尺、纸等（自备）

三、原理和方法

1. 原理：

由于机构的运动仅与机构中所有的构件数目、运动副的类型和相对位置有关，因此在机构运动简图中可以撇开机构的复杂外形和运动副的具体构造而用简单的符号来代替构件和运动副，并按一定的比例尺表示运动副的相对位置，以此说明实际机构的运动特征，

常用的运动副代表符号见教科书。须注意有三种运动副构件的表示方法。

2. 测绘方法：

- a. 测绘时使被测绘的机器或模型缓慢地运动，从原动构件开始仔细观察机构的运动，分成几个运动单位，从而确定组成的构件数目。
- b. 根据相联接的两构件间的接触情况及相对运动的性质确定各个运动副的类型和数目。
- c. 在草稿纸上按规定的符号及构件的联接次序，在确定原动件的合适位置后，从原构件开始。逐步画出机构运动简图的草稿，用数字 1、2、3……分别表示各构件，用 A、B、C、……分别标注各运动副。在原动件上画箭头表示原动件及原动件的转向或移动方向。

仔细测量与机构运动有关的尺寸，既转动副间的中心距和移动副导路的位置尺寸或角度等，在所确定的原动件的位置按一定的比例尺将草稿画成正式的运动简图，注意这里的比例与机械制图中中的不同。

$$\text{比例尺} = \frac{\text{实际长度 (L}_{AB}\text{) m}}{\text{图上长度 (L}_{AB}\text{) mm}}$$

四、实验步骤

1. 阅读教科书有关章节，从所举实例中，熟悉绘制机构运动简图的方法。
2. 在草稿上绘制指定的几个机构运动简图。要求如下：
3. 冲床模型须要求按比例绘出冲压机构的机构运动简图。指出它属于哪一种四杆机构，并指出各个运动副，计算自由度。
4. 油泵模型须测量各构件的实际尺寸，按比例绘出其机构运动简图。指出它们是哪一种四杆机构，如何演化而成？并计算其自由度。其各构件的长度是否符合四杆曲柄存在条件？
5. 绘出插齿机插刀上下往复运动机构的运动简图。计算其自由度。为节省时间可不进行测量。但应目测使实物大致一样。
6. 绘出摆动导杆机构的运动简图，计算其自由度，也不进行测量，凭目测使图与实物大致相等。
7. 绘出转动杆机构或其它机构的运动简图，计算自由度。实验完成后将草稿交给教师

审阅。

8. 绘出缝纫机的脚踏板部分和机针部分的机构示意图。

五、思考题

1. 一个正确的“机构运动简图”应能说明那些内容？
2. 绘制机构运动简图时，原动构件的位置为什么可以任意选定？会不会影响简图的正确性？
3. 机构自由度的计算对测绘运动简图有何帮助？

六、实验报告要求

在实验报告中，要写上所测绘机构运动简图的名称，并计算其自由度。

实验二 齿轮范成原理

在工程中，齿轮齿廓的制造方法很多。其中以用范成法制造最为普遍，因此，有必要对这种方法的基本原理及形成过程加以研究。

一、实验目的

1. 掌握用范成法制造渐开线齿轮的基本原理。
2. 了解渐开线齿轮产生根切现象的原因和避免根切的方法。
3. 分析比较标准齿轮和变位齿轮的异同点。

二、设备和工具

齿轮范成仪、圆规、三角尺、剪刀、绘图纸、圆珠笔。

三、原理和方法

范成法是利用一对齿轮互相啮合时共轭齿廓互为包络线的原理来加工齿轮的，加工时，其中一轮为刀具，另一轮为齿坯，它们仍保持固定的角速比传动，完全和一对真正的齿轮互相啮合传动一样；同时刀具还沿轮坯的轴向作切削运动。这样所制作的齿轮的齿廓就是刀具刀刃在各个位置的包络线。若用渐开线作为刀具齿廓。则其包络线亦为渐开线。由于在实际加工时看不到各个位置形成的包络线的过程，故通过齿轮范成仪来实现轮坯于刀具之间的传动过程，并用笔将刀具刀刃的各个位置记录在绘图纸上，这样我们就能清楚地观察到齿轮范成的过程。范成仪所用的模型为齿条插刀，仪器构造如图 3—1 所示：圆盘 1 绕其固定的轴心 O 转动，平衡板 5 上装有刀具 6，平衡板 5 与圆盘 1 同步模拟齿条与齿轮的啮合运动。刀具 6 在平衡板 5 上的垂直方向位置可以调节，以实现刀具中线至轮坯中心的距离可调。

在切制标准齿轮时，将刀具中线调节至与被加工齿轮分度圆相切的位置（或者使刀具的齿顶与齿轮的齿根相切）；当切制变位齿轮时，应重新调整刀具中线的位置，其变位值 x_m 。

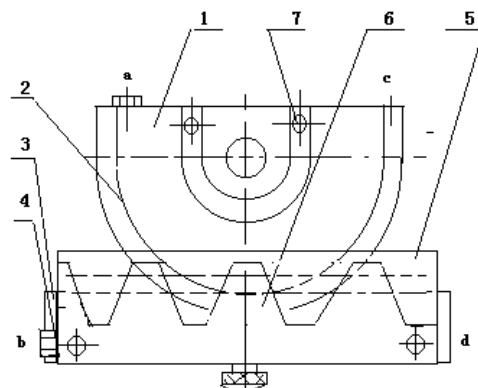


图 3—1

1—半圆盘 2—钢丝 3—纵拖板 4—机架 5—平衡板 6—齿条刀具 7—压环 8—纵杆

下面是实验时所用的公式：

基圆直径： $d_b = d' \cos \alpha$

齿轮分度圆直径： $d = mz$

齿轮齿顶圆直径： $d_a = d + 2(h_a^* + x)m$

齿轮齿根圆直径： $d_f = d - 2((h_a^* + c^* - x)m)$

齿轮分度圆上的齿厚： $s = \frac{\pi m}{2} + 2xm \tan \alpha$

式中 x 为变位系数，其值应满足关系： $x \geq h_a^* \frac{z_{\min} - z}{z_{\min}}$

当 $h_a^* = 1$ $\alpha = 20^\circ$ 时， $z_{\min} = 17$

$$\therefore x \geq \frac{17 - z}{17}$$

则齿条的径向移动距离为 xm

四、实验步骤

1. 绘制标准齿轮

(1) 在图纸上作中心线。按基本参数 $m=25\text{mm}$ 、 $z=8$ 、 $\alpha=20^\circ$ 、 $h_a^*=1$ 、 $c^*=0.25$ （或 $m=20\text{mm}$ 、 $z=8$ 、 $\alpha=20^\circ$ 、 $h_a^*=1$ 、 $c^*=0.25$ ）分别绘制分度圆、齿顶圆、齿根圆及基圆（一般只画半个圆即可）。

(2) 将超出齿顶圆图纸留下 1mm 的余量后剪去，然后通过圆环（及螺钉）把图纸加紧在圆盘上，并注意使图纸中心与圆环中心重合。

(3) 调整刀具使其中心线与分度圆相切（或调节刀具的齿顶线使其与齿轮的齿根圆相切）即此时刀具处在切制标准齿轮的位置上。

(4) 切制时，首先将齿条推至左边（或右边）极端位置用于推动齿条使其移动。每移动一格则用笔沿齿条轮廓在图纸上画下该齿廓在齿坯上的投影线，直到形成 2—3 个完整的齿轮图形为止。此过程中要注意轮坯上齿廓的形成过程。

(5) 观察所得的齿廓是否有根切现象，找出原因，以便进行变位。

2. 绘制变位齿轮

按上述位置把齿条刀退后（远离齿轮中心）距离 xm （不产生根切的最小变位系数

（ $x_{\max} = \frac{17 - z}{17} = \frac{17 - 8}{17}$ ）。然后按标准齿轮相同方法绘出 2~3 个齿即可。

五、思考题

1. 通过实验说明你所观察到的根切现象是怎样的，是由什么原因引起？如何避免根切？
2. 比较用同一齿条刀具加工的标准齿轮与变位齿轮的几何参数与几何形状哪些相同哪些不相同？何故？
3. 进一步理解分度圆和基圆的关系，在一对标准齿轮或一对变位齿轮啮合传动中有何相同，有何不同？
4. 观察齿轮的齿廓曲线是否全是渐开线，根切现象发生在基圆之内，还是基圆之外，用齿厚公式计算任意齿厚的尺寸。
5. 齿条刀具的齿顶高和齿根高为什么都等于 $(h_a^* + c^*) m$ 。
6. 加工标准齿轮时，刀具和齿坯之间的相对位置和相对运动有何要求，为什么？

六、实验报告要求

1. 把刀具和被加工齿轮的原始数据填入范成出的齿轮的齿根圆内。
2. 按照下表要求计算被加工的齿轮的参数，并标注到最终模拟加工好的齿轮上。

名称	符合	计算公式	计算结果 (mm)			
			m=25, z=8		m=20, z=8	
			标准 齿轮	变位 齿轮	标准 齿轮	变位 齿轮
最小变位 系数	$x_{\min}$					
基圆直径	d_b					
齿顶圆直径	d_a					
齿根圆直径	d_f					
分度圆齿厚	S					
基圆齿厚	s_b					
齿顶圆齿厚	s_a					
齿距	p					

实验三 带传动实验指导书

一、实验目的

1. 测定带传动滑动率曲线和效率曲线
2. 测定带传动滑动功率
3. 测定带传动效率
4. 测定张紧力工作中的弹性打滑现象

二、思考题

1. 为什么从动轮的实测转速会比计算转速略小？
2. 打滑与弹性滑动有何区别？它们发生于哪个轮子，发生在什么时候？能否避免？
3. 影响效率 η 和滑动率 ε 的主要因素是哪些？它们在设计皮带中有何用处？设计皮带中一般取 $\eta = ?$ $\varepsilon = ?$ 为什么？

三、带传动实验台使用说明书

带传动是广泛应用的一种传动，其性能试验为（机械设计）教学大纲规定的必作实验之一，也是产品开发中的一项重要鉴别手段。本实验台的完善设计保证操作者用最简便的操作，同时又概念形象地获得滑动曲线及传动的效率曲线。由于采用了直流电机为原动机及负载，具有无级调速功能，使得本实验台可在操作者希望的任意转速条件下进行实验。本实验台设计了专门的带传动预张力形成机构，预张力可预先准确设计，在实验过程中，预张力稳定不变。在实验台的控制箱中配置了单片机，设计了专用的软件，使本实验台具有数据采集、显示、保持、记忆等多种人工智能。本实验台与其它仪器有良好的兼容性能，可与杭州星辰仪器设备公司已开发的机械动态 MEC-B 参数测试仪组合使用，也可与 386、486 等微机对接（本实验台已备有接口），这时可自动显示并打印实验数据及实验曲线。

（一）主要技术参数

1. 直流电机功率：2 台 $\times 50\text{W}$
2. 主动电机调速范围：500~2000r/min
3. 额定转矩： $T=0.24\text{N} \cdot \text{m}=2450\text{g} \cdot \text{cm}$
4. 实验台尺寸：长 $\times$ 宽 $\times$ 高 = 600 $\times$ 280 $\times$ 300
5. 电源：220V 交流

计算公式

$$\text{滑动率} \quad \varepsilon = \frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{\pi n_1 D_1 - \pi n_2 D_2}{\pi n_1 D_1} = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

$$\text{效率} \quad \eta = \frac{T_2 n_2}{T_1 n_1}$$

式中： V_1 、 V_2 — 主、从动轮的圆周速度；

n_1 、 n_2 — 主、从动带轮的转速 r/min

T_1 、 T_2 — 主、从带轮上转矩，N·m

（二）结构特点

1. 机械结构

本实验的机械部分，主要由两台直流电机组成，如图 1 所示。其中一台作为原动机，另一台则作为负载的发电机。

对原动机，由可控硅整流装置供给电动机电枢以不同的端电压实现无级调速。

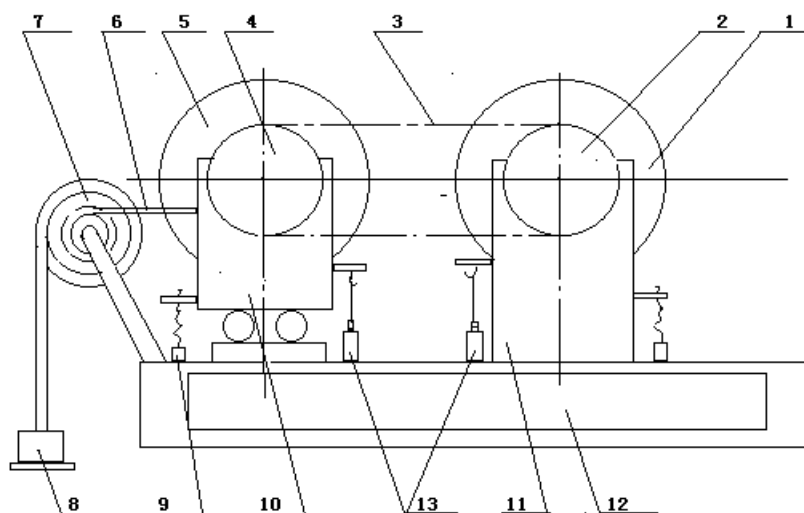


图 2—1 实验台机械结构

1—从动直流电机 2—从动带轮 3—传动带 4—主动带轮 5—主动直流电机 6—牵引
7—滑轮 8—砝码 9—拉簧 10—浮动支座 11—固定支座 12—底座 13—拉力传感器

对发电机、每按一下“加载”按键，就相当于并上一个负载电阻，使发电机负载逐步增加，电枢电流增大，随之电磁转矩也增大，即发电机的负载转矩增大，实现了负载的改变。

两台电机均为悬挂支承，当传递载荷时，作用于电机定子上的力矩 T_1 （主动电机力矩）、 T_2 （从动电机力矩）迫使拉钩作用于拉力传感器（序号 13），传感器输出的电讯号正比于 T_1 、 T_2 ，因而可以作为测定 T_1 、 T_2 的原始讯号。

原动机的机座设计成浮动结构（滚动滑槽），与牵引钢丝绳、定滑轮、砝码一起组成带传动预紧力形成机构，改变砝码大小，即可准确预定带传动的预紧力 F_0 。

两台电机的转速传感器（红外光电传感器）分别安装在带轮轮背后的环形槽（本图未表示）中，由此可获得必需的转速讯号。

2. 电子系统

电子系统的结构框图如图 2—2 所示。

实验台内附设单片机，承担检测、数据处理、信息记忆、自动显示等功能。如外接本公司定型产品 MEC-B 机械动态参数测试仪或 386、486 微型计算机，这时测试仪或计算机就可自动显示并能打印输出带传动的滑动曲线 $\varepsilon-T_2$ 及效率曲线 $\eta-T_2$ 关数据。

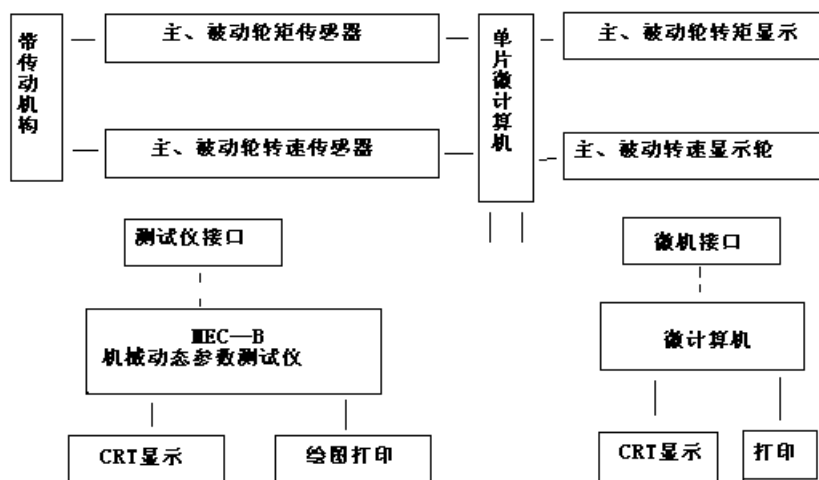


图 2—2 实验台电子系统框图

3. 操作部分

操作部分主要集中在机台正面的面板上，面板的布置如图 2—3 所示。

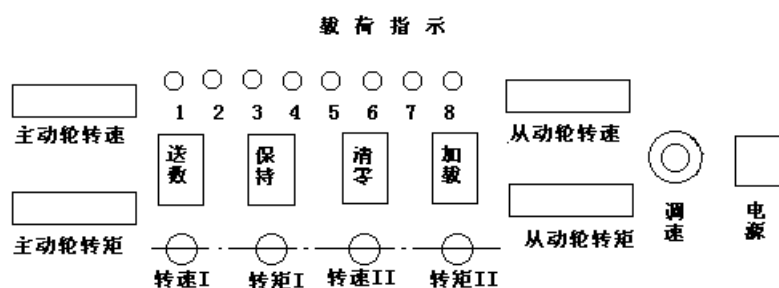


图 2—3 实验台面板布置图

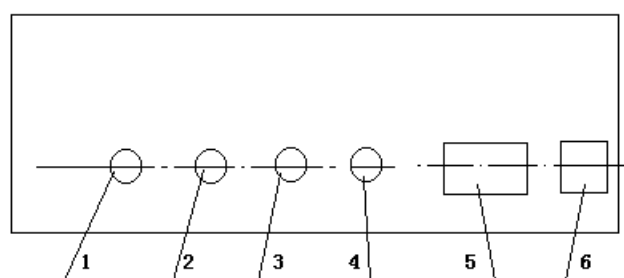


图 2—4 实验台背面布置图

- 1—主动力矩放大倍数调节 2—接地端子 3—被动力矩调零 4—主动力矩调零 5—RS232 接口 6—电源插座

在机台背面有微机 RS232 接口、主动轮转矩 I 及被动轮转矩 II 调零旋钮等，其布置情况如图 4 所示。

（三）实验操作

（1）人工记录操作方法

1. 不同型号传动带需在不同预紧力 F_0 的条件下进行试验，也可对同一型号传动带，采

用不同预拉力，试验不同预拉力对传动性能的影响。为了改变预紧力 F_0 ，如图 16—1 所示，只需改变砝码 8 的大小。

2. 接通电源

在接通电源前首先将电机调速旋钮逆时针转至“最低速”(0 速)位置，掀电源开关接通电源，按一下“清零”键，然后将调速旋钮顺时针相向“高速”方向旋转，电机由起动，逐渐增速，同时观察实验台面板上主动论转速显示屏上的转速数，其上的数字即为当时的电机转速。当主电机转速达到预定转速(本实验建议预定转速为 1000~1050r/min 左右)时，停止转速调节。此时从动电机转速也将稳定的显示在显示屏上。

3. 转矩零点及放大倍数调整

在空载状态下调整机台背面(参见图 2—4)调零电位器，使被动转矩显示(参图 2—3)上的转矩数 0~0.030N.m，主动轮在 0.050~0.090N.m。待调零稳定后(一般在转动调零电位器后，显示器跳动 2~3 次即可达到稳定值)按加载键一次，最左边 1 个加载指示灯亮，待主、被动轮转速及转矩显示稳定后，调节主动轮放大倍数电位器，使主动轮转矩增量略大于被动轮转矩增量(一般出厂时已调好)。显示稳定 后按清零键，在进行调零。如此反复几次，即可完成转矩零点及放大 倍数调整。

4. 加载

在空载时，记录主、被动轮转矩与转速。按“加载”键一次，第一加载指示灯亮，待显示基本稳定后记下主、被动轮的转矩及转速值。再按“加载”键一次，第二个加载指示灯亮，待显示稳定后再次记下主、被动轮的转矩及转速。第三次按“加载”键，三个加载指示灯亮，记录下主、被动轮的转距、转速。

重复上述操作，直至 7 个加载指示灯亮，记录下八组数据。根据这八组数据便可作出带传动滑动曲线 $\varepsilon-T_2$ 及效率曲线 $\eta-T_2$ 。

在记录下各组数据后应及时按“清零”键。显示灯泡全部熄灭，机构处于空载状态，关电源前，应将电机调速至零，然后再关闭电源。

为便于记录数据，在试验台的面板上还设置了“保持”键，每次加载数据基本稳定后，按“保持”键即可使转矩，转速稳定在当时的显示值不变。按加载键，可脱离“保持”状态。

(2) 与 MEC—B 机械动态参数测试仪连接

如前所述，DSC—II 型智能带传动试验台，可与 MEC—B 机械动态参数测试仪连接，组成试验系统，其操作步骤如下：

1. 联接试验台与 MEC—B 测试仪

使用所配的 4 根连接线，通过试验台面板上的信号输出接口，将试验台转矩 I、II 及转速 I、II 输出信号接入测试仪第 1、2、5、6 通道(参见 MEC—B 机械动态参数测试仪说明书)。使用导线连接试验台后板的接地端子与测试仪后板接地端子(消除干扰)。

2. 测试仪参数预置

打开测试仪电源，通过键盘置入：

4	0	1	5.	0	0	EXEC	MON
4	0	2	5.	0	0	EXEC	MON

其中 $\times\times\times$ 在此表示对试验台的转矩输出电压信号 5V 时所对应的力矩值(参见测试仪使用说明书)。一般可先置入 $\times\times\times=5.00$ 。为使测试仪显示的力矩尽量和试验台显示值接

近,可在试验过程中,作进一步调整。

再键入:

3	4					EXEC	MON
3	3					EXEC	MON

测试仪处于带传动试验待命状态。测试仪 CRT 显示曲线 $\varepsilon-T_2$ 、 $\eta-T_2$ 坐标图。

3. 设定试验台预 紧力 F_0 及接通电源启动电机 (同前一节)。

4. 试验台转矩零点及放大倍数调整 (同前一节)。

5. 加载

当测试仪处于带传动试验待命状态,试验台处于空载状态时,按一下测试仪 EXEC 键,测试仪 1、2 通道采样指示灯亮,测试仪对试验台主、被动带轮转矩及转速采样,结束后在 CRT 显示屏上显示当时的转矩及转速值,LED 数码显示 33。

按一下试验台“加载”键,载荷指示灯亮,待试验台转矩、转速显示稳定后,再按测试仪 EXEC 键。结束后,CRT 显示试验台加载一点后的转矩、转速值,LED 数码管显示 33。

再按“加载”键一次,加载二点,显示稳定后再按测试仪 EXEC 键,显示第二次加载的转矩转速值。

重复上述操作,直至试验台“加载”7 次,7 个载荷指示灯亮,再按一下 EXEC 键,结束后,测试仪 CRT 屏显示如图 2—5 所示带传动试验 $\varepsilon-T_2$ 、 $\eta-T_2$ 曲线,LED 显示 33 表示试验结束。若要输出试验结果,则按一下测试仪 PRINT 键,即可将 CRT 显示屏通过 PP—40 打印机拷贝,并同时输出各试验点参数。如图 2—5 所示。

$n_1(rpm)$	$n_2(rpm)$	$T_1(Nm)$	$T_2(Nm)$	$\eta\%$	$\varepsilon\%$	NO
1936.00	1932.50	0000.08	0000.01	0017.35	0000.20	1
1699.50	1682.50	0000.38	0000.30	0078.99	0000.99	2
1616.50	1548.50	0000.67	0000.52	0074.19	0004.20	3
1528.00	1346.50	0000.85	0000.64	0066.46	0011.90	4
1562.50	1189.50	0000.87	0000.68	0059.46	0023.87	5
1558.50	1077.50	0000.86	0000.69	0055.42	0030.87	6
1546.50	0987.50	0000.88	0000.71	0051.41	0036.15	7
1546.00	0938.50	0000.84	0000.70	0050.83	0039.32	8

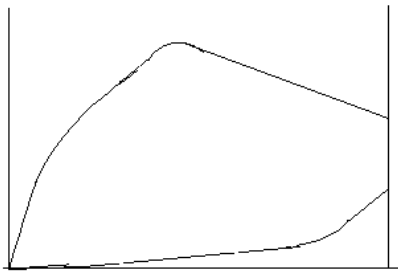


图 2—5

$$\eta_{\max} = +0078.99(\%)$$

$$T_{2\max} = 0000.70(Nm)$$

$$\varepsilon_{\max} = +0039.32(\%)$$

$$T_{2\min} = 0000.01(Nm)$$

(3) 试验台与计算机接口

在 DSC-II 型带传动试验台后板上设有 RS232 串行接口, 可通过所附的通讯线直接和计算机相连, 组成带传动试验系统, 操作步骤为:

1. 将随机携带的信号线一端接到实验机构 RS232 插座, 另一端接到计算机串行输出口 (串行口 1# 或 2# 均可, 但无论联线或拆线时, 都应先关闭计算机和试验台机构电源, 以免烧坏接口元件)。

2. 打开计算机, 在 DOS 状态下, 插入随机携带的软盘 (或将磁盘文件拷入相应的子目录), 运行 DCS、EXE 文件, 屏幕将提示要求输入串行口通道号, 根据通信线所接的通道, 输入 1# 或 2# 通道, 经回车确认后屏幕将出现功能菜单, 选择“输入”功能并回车确认, 计算机将处于等待信号输入状态。

3. 打开试验机构电源, 并调整主、被动力矩的零点及放大倍数至合适位置 (方法同前)。

4. 按下“加载”键, 待转速稳定 (一般需 2—3 个显示周期) 后, 再按“加载”键, 以此往复, 直至试验机构面板上的八个发光管指示灯全亮为止, 此时, 实验机构面板上四组数码管将全部显示“8888”, 表明所采数据已全部送至计算机。

5. 当试验机构全部显示“8888”时, 计算机屏幕将显示所采集的全部八组主、被动轮的转速和转矩。

6. 移动功能菜单的光标, 选择“曲线”功能, 屏幕将显示本次试验的曲线和数据。

7. 移动功能菜单的光标至“打印”功能, 打印机将打印试验曲线和数据 (目前仅适配 EPSONLQ1600K 打印机)。

8. 实验过程中如需调出本次数据, 只需将光标移至“输入”功能, 并回车确认, 同时, 按下实验机构的“送数”键, 数据即被送至计算机, 可用上述 6、7 项实验操作进行画图 and 打印。

9. 一次实验结束后如需继续实验, 可按下实验机构的“清零”键, 同时将计算机屏幕中的“输入”菜单中, 重复上述第 4-7 项即可。

10. 实验结束后, 将实验台电机转速调到零, 关闭实验机构的电源, 将计算机屏幕菜单选至“退出”, 回车确认后即可退出。退出后应及时关闭计算机。

注: 本实验曲线是以 T_2 为字变量的为的保证输出曲线的单值性, 从动力矩 T_2 值应该逐步递增。本实验装置是以直流电机为原动机和负载的, 单值性, 加载后应观察 T_2 的显示值, 适当调整直流电机的转速, 使 T_2 的后一次值始终大于前一次数值。一般的情况下, 维持主动转速在 $1000 \sim 1050r/min$, 即可保证加载时 T_2 值处于递增状态。

实验四 轴系结构测绘实验

一、测绘目的：

熟悉并掌握轴、轴承、轴上零件结构形状与功用，工艺要求，尺寸装配关系以及轴、轴上零件的定位固定方式，为轴系结构设计学习提供感性认识。

二、测绘要求

1. 轴系结构分析

分析和测绘轴系实物（或模型）的结构，明确轴系结构设计需要满足的要求。应了解轴的各部分结构作用，形状尺寸，它与强度、刚度、加工装配的关系，轴上各零件的用途，轴承类型、布置、安装调整方式，轴和轴上零件的定位及轴向固定方法，润滑和密封结构等。

2. 画轴系结构装配图一张

将测量各零件所得的尺寸对照轴系实物，画出轴系结构配图，图纸用方格纸，图幅及比例自定。要求结构合理，装配关系清楚，绘图正确，注明必要的尺寸（如轴承间距、齿距直径与宽度，主要零件的配合尺寸），写标题栏和明细表。

对于因拆卸困难或需专用量具等原因而难以测量的有关尺寸，允许根据实物相对大小和结构关系估算出来，或利用标准查出来。对支承的箱体部分只要画出与轴承和端盖相配的局部。

三、测绘设备

圆柱齿轮轴系，蜗杆轴系，蜗轮轴系，小圆锥齿轮轴系，大圆锥齿轮轴系等。每个学生可任选一种进行分析和测绘。轴系可以是实物或模型，均应包括轴、轴承、轴上零件、端盖、密封件等。

思考题

1. 轴为什么做成阶梯形状，那些部位叫做轴颈、轴头、轴身、轴肩，它们尺寸是怎样确定的，轴各段的过渡部位结构应注意什么？
2. 轴系中是否采用了卡圈、挡圈、紧定螺钉、压板、定位套筒等零件，它们的作用是什么，结构形状和特点？
3. 轴承采用什么类型，它们的布置和安装方式有什么特点，轴承的销进和固定是什么结构，如何调整轴承间隙及轴承轴向位置？
4. 轴系采用什么密封装置，为什么？
5. 轴上传动件及轴承采用什么润滑方式，是否在轴承里侧采用了挡油环，它们的作用是什么？
6. 轴系各零件的材料是什么？（如测绘模型样品，则要求选定各零件的材料）