

机械零件实验指导书

焦 作 工 学 院

一九九五年六月

第一章 胶带传动实验

§ 1-1 胶带传动实验机的用途

胶带传动试验机主要是为高等工科院校及中等专业学校的《机械设计》课程中测定带传动的滑动系数和效率，绘制带传动的弹性滑动曲线和效率出线专用的教学设备，是培养学生独立工作能力，加强实践性教学环节比较理想的工具，同时还可以对三角胶带在不同速度和载荷下运行寿命进行实验研究。

§ 1-2 胶带传动实验的目的

胶带传动实验的目的概括起来有以下三条：

- 1、了解带传动系统的组成及工作原理；观察带传动中的弹性滑动及打滑现象；
- 2、掌握带传动中扭矩、转速差的测定方法；
- 3、绘制胶带传动弹性的滑动曲线及效率曲线；计算胶带的有效应力及相对有效载荷。

§ 1-3 带传动实验的基本原理

一、试验台主要设备及规格参数 (DF-8型)

- | | | |
|---------------|----------------------------------|-----|
| 1、直流电动机 | Z ₂ -Z ₁ 型 | 1台 |
| 额定功率 | N=1.5千瓦 | |
| 最高转速 | $n_{max}=3000$ 转/分 | |
| 最低工作转速 | $n_{max}=1500$ 转/分 | |
| 电枢电压 | V ₁ =180伏 | |
| 励磁电压 | V ₂ =200伏 | |
| 2、直流发电机 | Z ₂ -Z ₁ 型 | 1台 |
| 额定功率 | N=1.5千瓦 | |
| 最高转速 | $n_{max}=3000$ 转/分 | |
| 电枢额定电压 | V ₁ =220伏 | |
| 励磁电压 | V ₂ =100伏 | |
| 3、电源的电器控制台 | | |
| 包括：a、主电源系统 | | |
| b、控制系统 | | |
| c、数显系统 | | |
| d、加载系统 | | |
| 4、转速差光电测试系统 | | 1套 |
| 5、输入-输出扭矩测试系统 | | 各1套 |
| 6、O型三角胶带 | | 1根 |

二、实验设备:

本实验采用DF-8型直流回输式带传动实验台,其主要构造如图所示:

三、主要规格及参数:

带传动中心距 $a = 900$ 毫米;

带轮直径 $D_1 = D_2 = 71$ 毫米;

传动比 $i = 1$

电动机额定扭矩 $T = 5$ 牛·厘米;

四、带传动实验的基本原理

实验前,由实验设备的技术数据可直接知道,带轮直径 D_1 , D_2 ; 胶带的剖面面积 A , 胶带包角 α_1 、 α_2 ; 带传动中心距。

由机械零件课程所学的知识可知,带传动的滑动曲线就是胶带有效拉力 P 变化时,滑动率 ε 随之变化的关系曲线,面带传动的有效拉力为胶带在运行中的紧边与松边的拉力差。如对其直接测量是相当困难的,故本实验是通过测扭矩 M_{R1} (主动轮) 和 M_{R2} (从动轮) 的测量,从而由式

$$P = \frac{1000 M_{R1}}{D_1 / 2} \quad (N) \quad (1-1)$$

计算出皮带载荷的。

滑动率 ε 由下式计算:

$$\varepsilon = \frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{\Delta n}{n_2} \quad (1-2)$$

式中 V_1 、 V_2 ; n_1 、 n_2 分别为主动和从动带轮的切向线速度和转速。

故欲知滑动率 ε , 须知转速 n_1 、 n_2 。

胶带传动的效率曲线是反映带传动的传动效率 η 随有效载荷 P 的变化而变化的关系曲线,胶带的传动效率 η 由下式计算:

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{M_{R2} \cdot n_2}{M_{R1} \cdot n_2} = \frac{M_{R2}}{M_{R1}} (1 - \varepsilon) \quad (1-3)$$

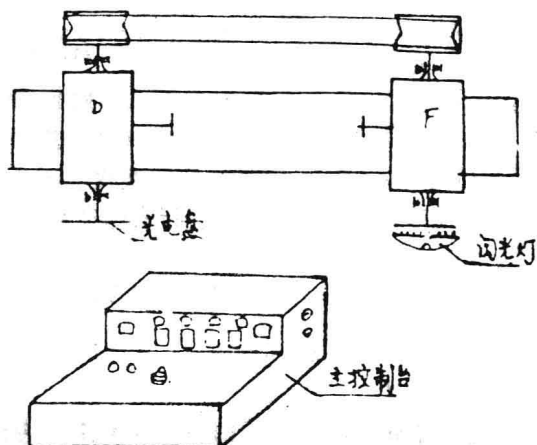
式中 η - 传动效率;

N_1 - 主动带轮的功率;

N_2 - 从动带轮的功率;

胶带传动中,胶带的相对有效载荷 ϕ 是有效载荷 P 与初张力 F_0 的比值。

$$\text{即: } \phi = \frac{P}{2F_0} \quad (1-4)$$



DF-8型直流回输带传动实验台

故实验前还应测出胶带的初张力 F_0 。

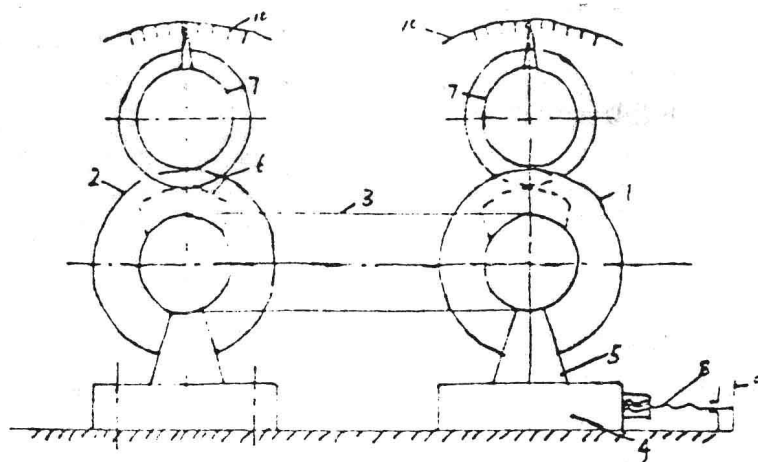
综上所述，该实验需测定的数据有：主、从动带轮的转速差 Δn ；主动带轮的扭矩 M_{R1} ；从动带轮的扭矩 M_{R2} ；开始时胶带调定的初张力 F_0 。

四、主要结构及工作原理

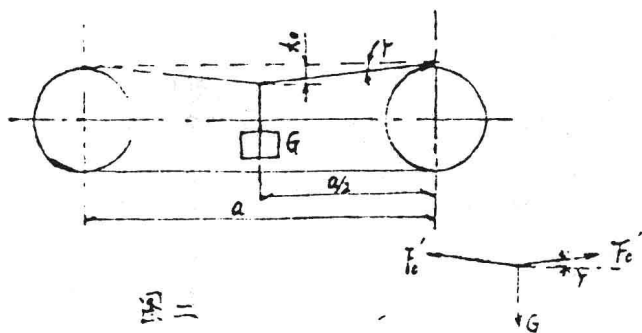
1、机械系统

如图一所示，主动带轮安装在直流电动机1的转子轴上，从动带轮安装在直流发电机2的转子轴上，试验胶带3套在主动带轮与从动带轮上。电动机和发电机的机壳分别由一对滚动轴承支承在机架4上，故两机壳可分别绕轴转动（简称悬浮式电机），同时在轴承端盖内部还分别装一扭簧。当机壳平衡在中位时，两扭簧为自由状态，当电机壳1和2向任一方向摆动，扭簧即产生角位移，从而产生弹力企图使机壳复位。直流电动机和发电机的机壳上分别固接一扇形齿轮弧板6与针轮7啮合，所以机壳的摆可使会轮7转动从而使指针指向任意刻度。

直流电动机的轴承座5可沿机架上水平导槽移动，导槽与机架是固接的，并且轴承座5还由一丝杆螺母与丝杠9相连接，丝杠只能周向旋转而不能轴向移动。轴承座9是与机架固接的，故直流发电机2是固定不动的。



图一



图二

(1) 初张力的调定:

初张力 F_0 的大小决定传动质量的重要因素之一,是保证实验效果的前提条件,所以做胶带传动实验之前必须给胶带调定一合适的初张力。

DF-8型直流回输式带传动实验台用下面的方法进行初张力调节的。

实验前在胶带的中点处(即 $a/2$ 处)挂一合适重量的重物,然后转动丝杠手轮9,使电机1抽外移动,同时胶带逐渐张紧,因重物 G 的作用而产生的垂直位移 t 逐渐减小(如图2)当 t 的值减小到某一确定的合适值 t_0 时,取去重物 G ,胶带即获得一合适的初张力。其中 t_0 和 G 的值可由机械设计手册查得。对该机所用的O型胶带来说应挂重物的重为 $G=0.51$ 公斤(正常)或 $G=0.71$ 公斤(新带) t_0 的值的按 $t_0=1/64 a$ 算得的,这样获得的胶带初张力 F_0 约为6.2公斤。

实际上,上述方法调定的初张力只能是一种很不精确的近似值。如要精确计算出直正的 F_0 值,则是相当困难的,通常按照这种计算胶带中的实际张力是按如下方法进行的。

如图2,根据受力平衡 $2F_0 \sin \gamma = G$

$$F_0' = \frac{G}{2 \sin \gamma} \quad (2-1)$$

由几何关系: $\operatorname{tg} \gamma = \frac{t_0}{a/2} = \frac{2t_0}{a}$

$\therefore \gamma$ 较小, $\therefore$ 可近似认为 $\operatorname{tg} \gamma = \frac{2t_0}{a}$

代入(1-5)式即得 $F_0' = \frac{G}{2 \cdot \frac{2t_0}{a}} = \frac{Ga}{4t_0} \quad (2-2)$

当去掉重物 G 后,胶带中的张力将有所减小,但通常近似的认为 $F_0 = F_0'$ 。

根据实验要求,误差不大于5%是允许的,所以我们近似的取 $F_0 = F_0'$ 。

(2) 输入-输出扭矩的测量

DF-8型直流回输式带传动试验台的扭矩测量的按如下方法进行的。

电机在某一转速下运行,如果没有加载则两电机均为空转,理论上应为同步运行,所受扭矩均等于零,轴承端盖内的扭簧处于自由状态,两电机外壳处于中位,两扭矩指针均指零位。当旋动加载旋钮给系统加载后,,电机1仍处电动工况,而电机2转为发电机工况,电机1的转子对定子(机壳)产生扭矩 $\overline{MR_1}$,使机壳转动使扭簧受扭产生一角位移,同时带动指针指向某一示数 MR_1 ,此即带传动的输入扭矩,此扭矩经过带传动系统后,因弹性滑动而损失了一小部分。其余,大部分则传递给电机1的转子,这部分即为 $\overline{MR_2}$, $\overline{MR_2}$ 作用于电机2的定子机壳旋转某一角度,同时扭动弹簧至某一角位移处,并且带动指针指向示数 MR_2 , MR_1 即为带传动系统的输出扭矩。

由虎克定律知道,扭簧产生角位移的大小与扭簧所受扭矩的大小成正比关系,故扭

矩指示盘上刻度是均匀的。

(3) 电气控制与数显系统

(一) 能量回输及加载原理：

能量回输及加载原理示意图如下所示：

两台电机D与F电枢并联后接一可控整流装置，电位器串在它们的激磁电路中。当动臂位置的改变，将引起D与F激磁电压的改变，因而引起它们的反电动势 E_D 和 E_F 的变化。我们总可以找到一个动臂位置，使 $E_D = E_F$ 。此时，SCR将同时向D与F供电，D与F处于电动工况，

且同步运转，两皮带轮均为主动轮，皮带也就不传递载荷（即空载）。当动臂向右滑动时，F的激磁电压增加，D的激磁电压将减小，这将使 $E_D > E_F$ 并产生回输电流 I_F ，此时D仍处于电动工况，而F已转为发电工况。D的电枢电流 I_D 两部分组成：一为回输电流 I_F ；一为SCR整流电流 I_{SCR} ，且 $I_D = I_F + I_{SCR}$ 。

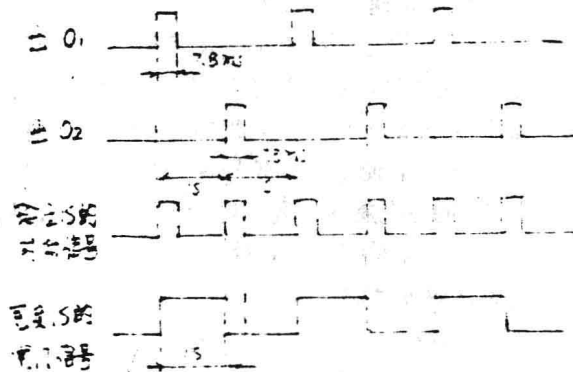
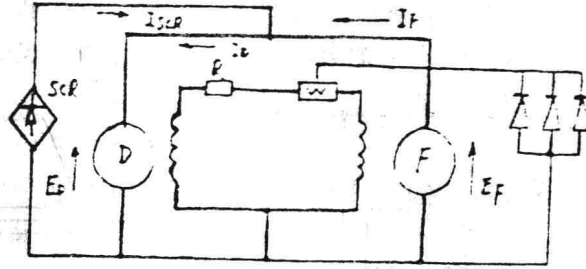
由于F已转为发电工况，它将能过皮带向处于电动工况的D取得机械能，皮带也就加上了载荷，显然，调节动臂位置，就将改变 I_F 的大小，也就调整了皮带载荷的大小。

发电机F发出的电流 I_F 在这里被送回给电动机D重新使用，并没有损耗在电阻箱或灯泡箱之类的负载上，因而能量得到了回收，大大提高了试验台效率。

(二) 光电测速原理

光电管BG₁、BG₂及非门V₁，施密特触发器V₂等组成转速测试线中。由于光电盘上钻有30个孔，线中又采用了倍频措施，因而光电盘转一转，线路将输出60个电脉冲。如果对此脉冲计数，则每秒钟的脉冲数将等于光电盘也即主动皮带轮每分钟的转数，这就加快了转速的测试速度。

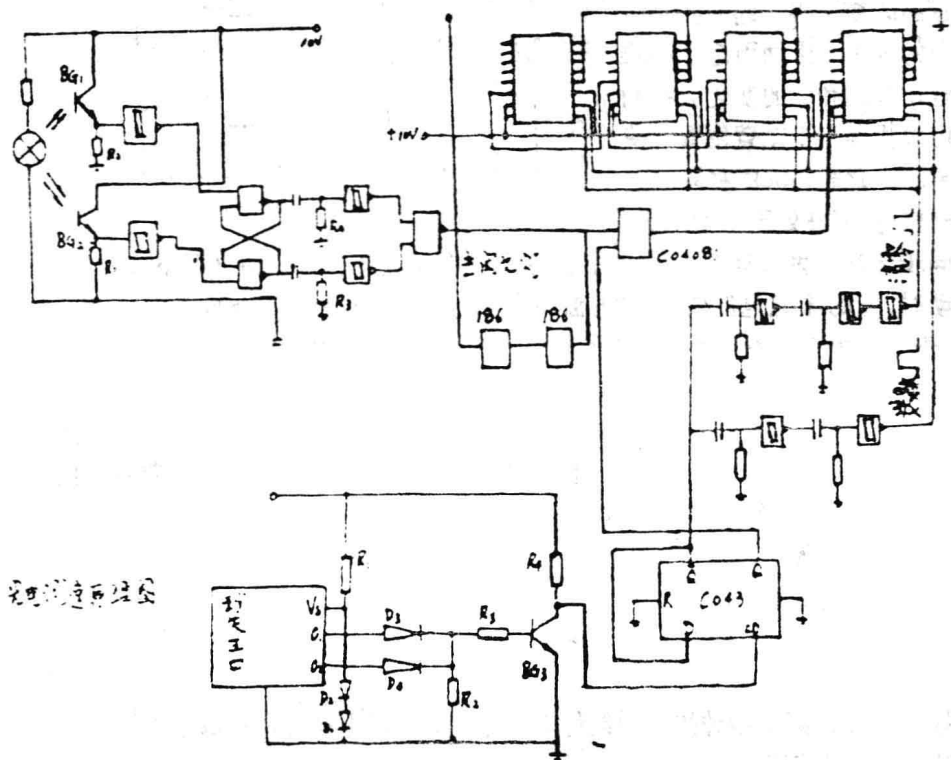
V₃为转数计数控制门，BG₃集电极输出周期为一秒的时标信号，经V₄双D型触发器二分频后，产生宽度为一秒的闸门信号，用以控制V₃的计数闸门时间。V₆-V₉为十进制计数；寄存译码及显示多功能器件，它对通过V₃的转数信号进行计数和显示。由于V₃每次开门时间为一秒，V₆-V₉的显示值正好就是光电盘（也即主动皮



带轮)的每分钟转数。

秒发生器可以选用C4001CMOS第三代电子表电路,其波形图变化:

施密特触发器 V_5 相应的电阻,电容组成延时送数及清零线路。当 V_3 每次计数完毕关闭时电路延时后产生送数信号,此信号经 C_7R_5 等组成的延时电路延时后产生送数信号,将 V_6-V_9 中计数器的数值(即每分钟转数)送至显示器显示。 Q 的正阶跃信号又经; C_3R_7 等组成的延时电路时产生清零信号,将 V_6-V_9 中的计数器清零,为下次 V_3 开门计数作准备。由于 $C_1R_5 > C_3R_7$,故送数脉冲先于清零脉冲,保证了先送数后清零的正常工作顺序。



三、闪光测试转速差的原理:

V_2 输出的转速信号频率是主动皮带轮转速60倍,经60分频线路后,又将还原为主动皮带轮的实际转速信号,此信号送至闪光测速仪。60分频器是由两个任意进制计数器C186完成的。这时也就是主动皮带轮每转一周,从动轮前的闪光测速仪闪光灯亮一下,在从动轮上面一白线,假使主从动轮转速一样,通过闪光灯可以看到从动轮上的白线向着与转动方向相反的方向旋转。我们可以用人工计时,测出单位时间内的白线旋转的圈数,即为主从动轮在单位时间内的转速差。

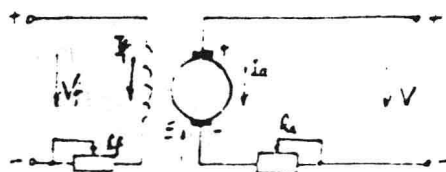
(四)可控硅调速线路原理

1、直流电动机

为了弄清可控硅的调速原理,我们必须先了解清楚直流电动机的机械特性及其调速

方法。

本实验的直流电机采用的他激式，原理图如右：



当电源电压 V_f 和励磁电路的 R_f 不变，则励磁电流 I_{fm} 及由它所产生的磁通 ϕ 也保持不变。即 $\phi = \text{常数}$ 。所以电动机的转矩也就和电枢电流成正比。

$$E \text{ 即: } m = \phi k_m \phi I_a = k I_a \dots \dots \dots (1-1)$$

式中 k_m 是与电动机结构有关的常数， ϕ 的单位是韦伯， I_a 的单位是安， m 的单位的牛顿米。

我们知道，当电动机的转矩 M 与机械负载转矩 m_z 及空载损耗转矩 m_0 相平衡的，电机将等速转动，当轴上的机械负载发生变化时，将引起电机的转速，电流及电磁转速等发生变化。

根据电动机的工作原理，电枢上的电动势 $E = KE \phi n$ 。式中 ϕ 是磁极的磁通； n 是电枢转速， KE 是与电机结构有关的常数， n 的单位是转/分。

$$n = \frac{E}{KE \phi} = \frac{V - I_a R_a}{KE \phi} \quad (1-2)$$

根据(1-1)式，用 M 替代 I_a ，则上式写成
$$n = \frac{V}{KE \phi} - \frac{R_a}{KE k_m \phi^2} M = n_0 - \Delta n$$

式中 $n_0 = \frac{V}{KE \phi}$ 是 $M=0$ 时的转速，理想化的，不可能为0。

$$\Delta n = \frac{R_a}{KE k_m \phi^2} M \text{ 是转速降，表示当负载增加，转速下降。因为负载增加，必须以}$$

减少反电动势，增大电枢电流为代价。

改变转速常用的两种方法

(I) 改变磁通 ϕ (调磁)

由式
$$n = \frac{V}{KE \phi} - \frac{R_a}{KE k_m \phi^2} M$$
 可见，将磁通 ϕ 减小， n_0 升高。调速过程：

当 V 一定，减小 ϕ ，由于机械惯性，转速不立即发生变化，于是反电动势 $E = KE \phi n$ 减小， $I_a \uparrow$ 由于 I_a 的增中的影响超过减小的影响，所以 $M = k_m \phi I_a$ 增加，直到转矩等于阻转矩时为止。

(II) 改变电压 V (调压)

由式
$$n = \frac{V}{KE \phi} - \frac{R_a}{KE k_m \phi^2} M$$
 可知， V 减小， n_0 减小，而 Δn 不变，所以转速

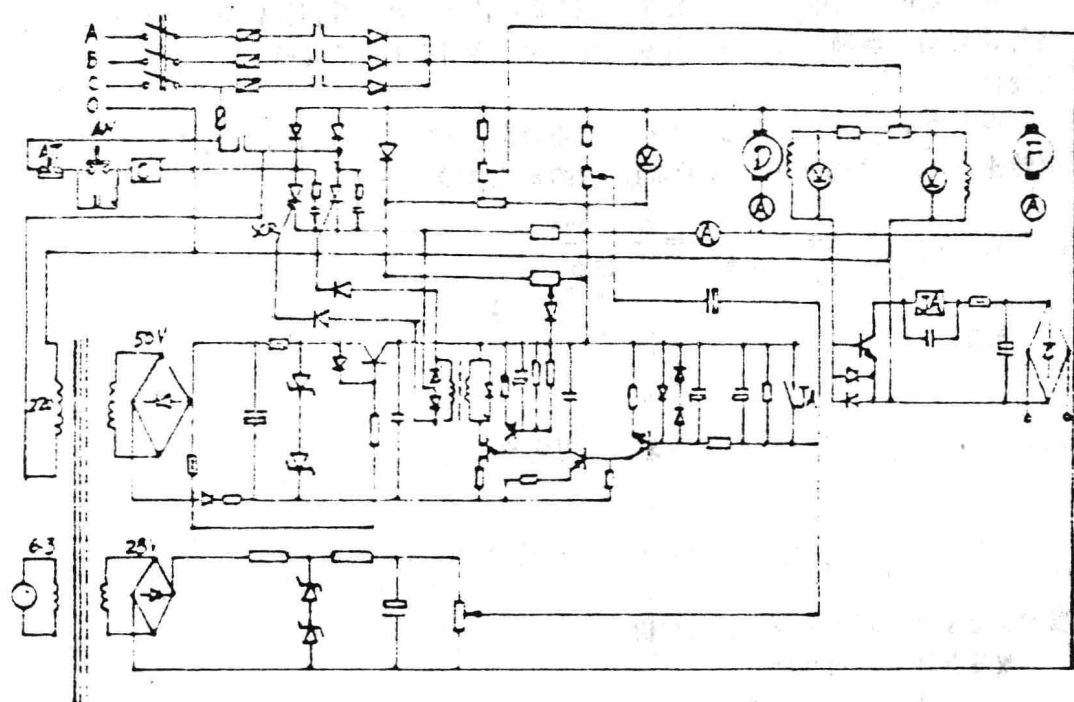
下降。调速过程，当磁通 Φ 不变时 V_0 由于转速不立即发生变化，反电动势不发生变化，于是 I_a 减小了，转矩减小。此时，阻转矩大于转矩，随着 n 的下降，反电动势 E 减小， I_a 和 M 也随着增大，直到转矩等于阻转矩为止。

2) 可控硅直流调速系统

其原理即如下所示：其励磁电流是由三相半波整流电路提供。

(1) 主电路：

如下图所示采用的是单相半控桥式整流电路， D_3 是续流二极管。按下起动按钮AN，C带电，C-1C-2C-3C-4C-5接通电路，其中C-1是自保接点，RC电路是阻容吸收电路，RD是快速熔断器，分别作可控硅的过电压和过电流保护。



可控硅调速系统原理图

(2) 放大器和触发电路

图中调节 R_{F3} ，调定一给定电压 V_0 ，由单独整流器供给，其值根据生产机械所要求的转速确定，可调节电位器 R_{F3} 来改变转速的大小。从电位器 R_{F4} 和电阻 R_5 上分别取得电压负反馈 V_{FV} 和电流正反馈电压 V_{FI} ，它们在放大中输入端与给定电压比较后，得出差值电压：

$$V_d = V_0 - V_{FV} + V_{FI}$$

作为晶体管 T_1 的输入电压。

当电动机的负载增加时，其电枢电流 I_a 也增大，因而使电动机的端电压 V 降低（由整流桥电源内部压降引起的），转速 n 也随之下降。这样就使 V_{T1} 减小， V_{T2} 增大，故 V_d 提高。 V_d 的提高，使晶体管 T_2 的电阻变小，因而电容器 C_2 充电加快，输出电压的平均值也就增大，在一定程度上补偿了电动机转速的下降，使转速得以自动调节，不致变化太大。

晶体管下输入端的二极管 D_5 用作负电压限幅，两串联二极管 D_6, D_7 也是以保护下的发射结不致承受过高的反向电压。 R_{12} 和 C_1, C_4 组成一 π 型滤波电路，滤去晶体管输入信号中的高频干扰量。因为可控硅极与限极间允许的反向电压很小，为了防止反向击穿，在脉冲变压器副边串联二极管 D_{10}, D_{11} 可将反向电压隔开，而并联 D_8, D_9 可将反向电压短路。

(3) 电流截止负反馈环节

晶体管 T_3 ，电阻 R_1, R_2 二极管 D_{12} 和电位器 RP_2 组成电流截止负反馈环节。当主电路的电流超过截止值时，二极管 D_{12} 导通，通过电阻 R_1, R_2 ，将电压加到基极，使 T_3 导通，把触发电路电容器 C 旁路，影响对 C_2 的充电，使触发脉冲后移，可控硅整流电压和电动机转速迅速下降，直到电动机堵转为止。等到主电路电流减小后，系统又自动恢复正常工作。

(4) 电压微分负反馈环节

如图所示， R_{F1} 和 C_6 组成电压微分负反馈环节，它有抑制电动机端电压突然变化的作用，使转速稳定，以改善系统的动态特性。

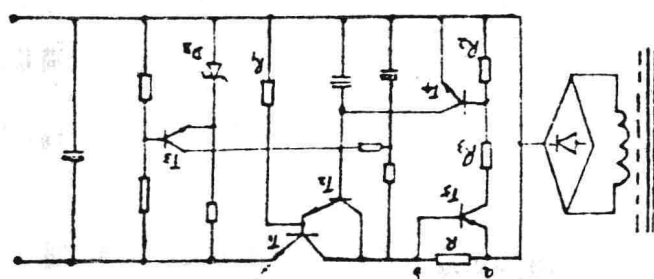
(5) 电机保护电路：

在正常情况下，由于电动机的励磁电压较小于发电机的励磁电压， a 总的电势略高于 b 点的电势（约0.7伏），一旦由于某种原因使 b 点的电势略高于 a 点时，则二极管导通， J_A 即通电，常开触头 J_A 闭合，即 $V_d=0$ ，此时主电路的压降也变为零，电机停止工作。

(6) 稳压电路图：

其原理图如下所示：

在电路 a, b 两端外接有过流保护电阻 R ，电容是来消除自激振的。图中的调整管采用复合管 T_1 和 T_2 ，这样，很小的基极电流 I_{B2} 就可以控制较大的输出电



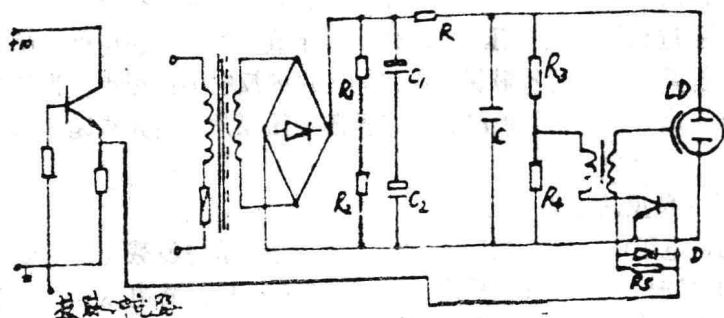
(稳压电源电路图)

流，接入 R_1 的目的是为了使 I_{CB01} （温度高时，其值较大）有一通路，不致影响 I_{B2} 的大小（两者的方向是相反的）。也就不影响 T_2 对 T_1 的控制作用。 T_3 构成放大环节。 T_4, T_5 正常情况下不导通， T_5 是过流保护用的，由于 R 的阻值很小，不足以产生和足够在的压降使 T_5 导通，但一当过载时， R 上流有较大的电流压降增加， T_5 加而导通。 T_5 导通后，

也使 T_4 导通, T_3 、 T_2 分压确定 T_4 的静态工作点, T_4 、 T_5 的导通, 使集电极与发射极之间的电压大为减小, 也就是降低了调整管的 V_{BE} 的大小, 因而使调整管的 V_{CE} 增高, 输出电压下降, 达到限流的目的。

(7) 闪光灯电路:

其原理图所示:



图中1点接脉冲信号, 每个脉经放大后, 接到闪光灯上, 都可以使闪光灯亮一次。其中 R_1 、 R_2 是分流电阻, RC 组成滤波器, R_3 、 R_4 是分压电阻。

实验报告 (一)

系别_____ 班级_____ 姓名_____ 学号_____

一、实验目的:

二、实验操作步骤:

1、课前仔细阅读讲义, 弄懂原理, 了解实验的目的、内容、实验台的主要结构及实验方法、实验注意事项。

2、检查初拉力调正是否合适; 测定皮带中心距; 将控制器上的旋钮开关旋回零位。检查无误后, 经教师批准方可开机。

3、启动开关, 调节旋钮使电动机开始转动。当转速稳定后 > 2500 转 / 分时, 松开

调速旋钮。

4、当转速稳定后，用秒表测出波轮轮的转速差（先查出径向反光盘上的反光线每分钟的转速后计算得出转速差），做好记录。

5、将扭矩盘上的指针对正“5”即“0”零位并固紧。

6、操作者调正加载旋钮缓慢加载，分五次进行。（一次一安培电流左右，从电流表上看出）。记录扭矩差 MR_1 ； MR_{21} ，转速差 Δn 、 n_1 ……再加载，再分别记录……直至反光线晃动线条不清楚为止（即产生打滑现象）。随加载的进行，皮带产生明显的松—紧边现象，主动被动一目了然。

7、将数据记录在下表，经计算后绘出有关曲线。

8、实验完毕，先卸载，而后向左旋转调速旋钮至关闭位置，当数显表上出现0000全部实验到此结束。

9、实验过程中如发生意外情况，不可乱动，通知实验教师处理。

三、实验数据：

1、实验条件及使用公式：

①皮带直轮直径 $D_1 = D_2 = 71mm$

②主动轮的转速 $n_1 =$ $r \cdot \pi \cdot m$

③皮带剖面面积： $A = 47 (mm^2)$

④包角： $\alpha_1 = \alpha_2 180^\circ$

⑤皮带的每次有效载荷 $P = \frac{100MR_1}{D_1/2}$ (kg) 式中 D —主动带轮直径

⑥计算每次的滑差率： $\varepsilon = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \times 100\%$

⑦计算每次的传动效率公式： $\eta = \frac{MR_2}{MR_1} (1 - \varepsilon) \times 100\%$

⑧计算每次的相对有效载荷公式为：

$p = \frac{P}{2F_0}$ ($F_0 = 6.2 \text{ kg}$)

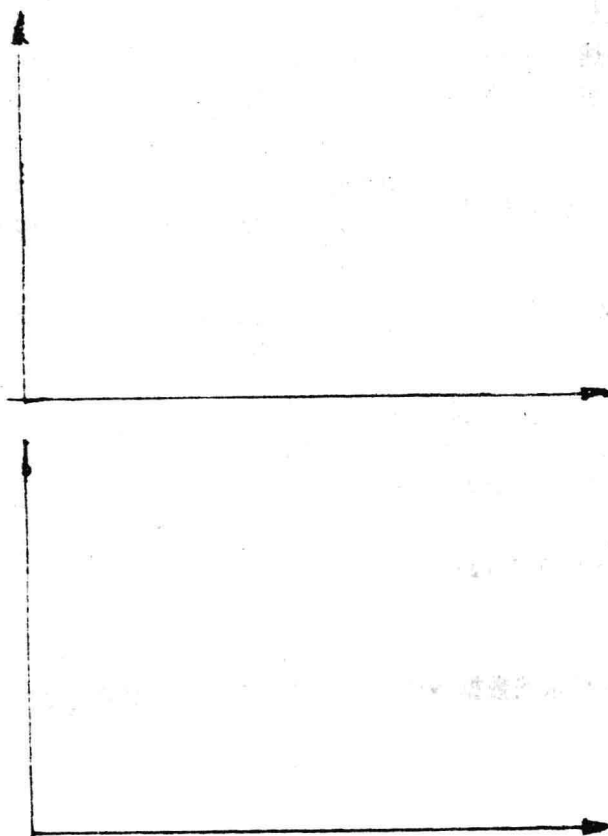
2、填表：

我们将在实验中记录的数据和按以上公式计算出的数据填入如下所设计的表格中：

测量次数	主动轮转速 $n_1(r.p.m)$	从动轮转速 $n_2(r.p.m)$	转差率 (滑动率) ε	主动轮扭矩 $M R_1$ (公斤米)	从动轮扭矩 $M R_2$ (公斤米)	有效载荷 (公斤)	相对有效载荷 Φ	效率 η
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

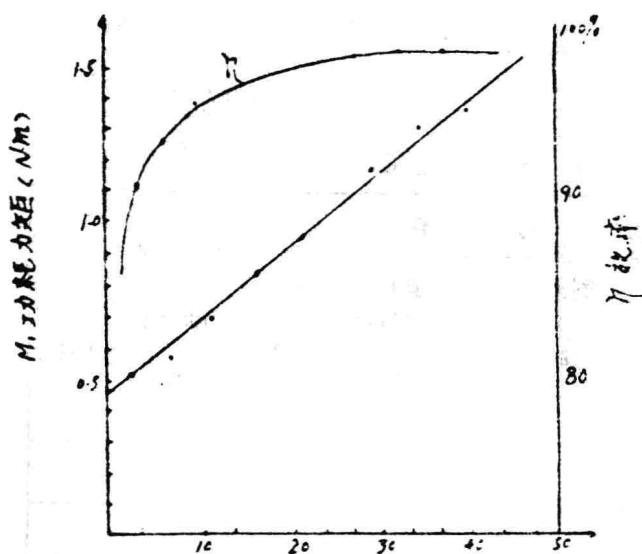
带传动实验数据表格

根据以上数据可以绘制的曲线和效率曲线



(选择适当比例绘制曲线)

审阅人 _____
 分 数 _____
 日 期 _____



图八 M_B 、 V_S 、 M_i ； M_B 、 V_S η 曲线

3、齿轮效率试验台电气控制原理图

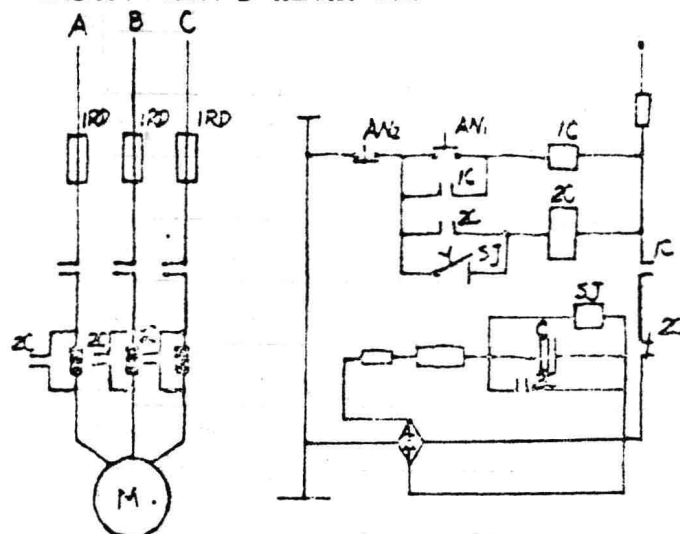


图 九

实验报告 (三)

系别_____ 班级_____ 姓名_____ 学号_____

一、实验目的

求: M_B 、 V_S 、 M_I 、 M_B 、 V_S 、 π 曲线。

二、实验记录

_____年____月____日 室温____℃

[illegible]

三、绘制两曲线图：

审阅人：_____
成绩：_____

第四章 螺栓组联接载荷分布及刚度实验

§ 4-1 概述

螺栓组联接试验机可以测试受翻动力矩作用的螺栓组联接的载荷分布和相对刚性系数

数 $\frac{C_1}{C_1+C_2}$ 。该机是为高等工科院校和中等专业学校机械类专业开设机械零件教学实验

的专用设备。

与要机配用的测量仪器是通用的电阻应变仪。

本机结构紧凑，直观性强、操作简便，性能、测量精度达到教学实验要求。

§ 4-2 实验目的及实验原理

1、实验目的

一、测试受翻动力矩作用的螺栓组联接的载荷分布。

二、测试联接的相对刚性系数 $\frac{C_1}{C_1+C_2}$ 。

2、实验原理

图一为螺栓组联接试验机简图。

基座1与底板2用10个螺栓3固紧。4为杠杆加载系统，砝码5的重力通过杠杆增力后加到底板的悬臂端，使底板受到翻动力矩M的作用，力矩为

$$M=PL=(iW+P_0)L \quad (1)$$

式中

P—作用在底板悬臂端力，

$$P=iW+P_0$$

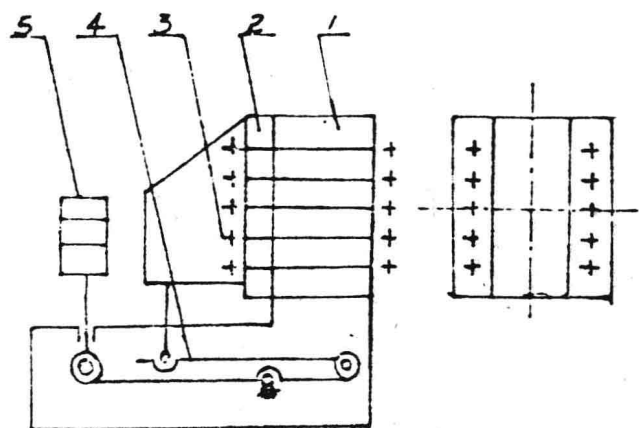
i—杠杆比，i=100

W—砝码重力，每块2kgf=20N，

L—底板的臂长，L=300mm； 20 N，

P₀—杠杆重量作用在底板悬臂的力，P₀=224kgf

螺栓3上贴有电阻应变片（图2）。用电阻应变仪测量微应变 $\mu\epsilon$ ，可计算出螺栓所受的拉力。



图一