

北京

比例积分器

BI LI

JI SUAN

QI



北京自动化技术研究所附属工厂

出版单位: 北京自动化技术研究所
附属工厂

地 点: 北京鼓楼西大街 64 号

电 话: 44.4358 号

印刷单位: 北京印刷三厂

出版日期: 一九七三年十一月



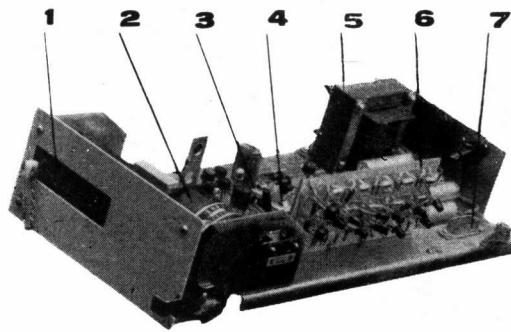
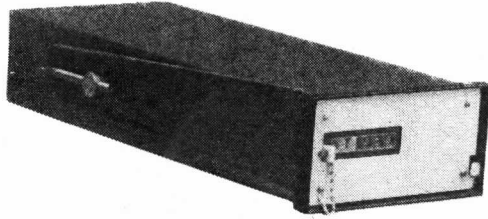
毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地

建设社会主义。

比例积算器外形及内部结构照片



- 1—六位机械计数器；2—永磁步进电机；3—比例关系调节电位器 W_1 ；
4—基准电压调节电位器 W_2 ；5—电源变压器；6—分频及驱动回路印刷板；7—插座

目 录

一、用 途	1
二、技术指标	1
三、工作原理简述	2
四、主要参数选择	3
五、线路工作原理	3
六、误差分析和精度调整	6
七、仪表结构与安装	9
八、仪表开箱与储藏	10
九、仪表校验、使用与维护	10
十、仪表检修	11
附录 1. 原理线路图	13
附录 2. 元件明细表	14

一、用 途

DXS-102 型比例极算器与流量变送器配用, 或与差压变送器及开方器联用, 可积算管道中各种流动性物质的物质质量 (以体积或重量表示)。

二、技 术 指 标

1. 输入信号: 0~10 毫安直流。
2. 截止电流: ≤ 0.2 毫安直流。
3. 基本误差: $\leq \pm 0.5\%$ (满刻度)。
4. 输入阻抗: ≤ 200 欧。
5. 显示方式: 六位机械数字显示, 带手动回零。
6. 显示速度: 额定显示数字 1000 字/小时。
7. 供电电源: 220^{+20}_{-30} V 伏, 50 ± 1 赫工业电网直接供电。
8. 消耗功率: 6 瓦。
9. 绝缘电阻: ≥ 50 兆欧 (室温及相对湿度 $\leq 85\%$ 条件下)。
10. 环境温度变化影响: 在仪表允许使用温度范围内, 温度每变化 20°C , 仪表附加误差不大于基本误差。
11. 电源电压波动影响: 电源电压在 220^{+20}_{-30} V 伏范围内波动时, 仪表附加误差不大

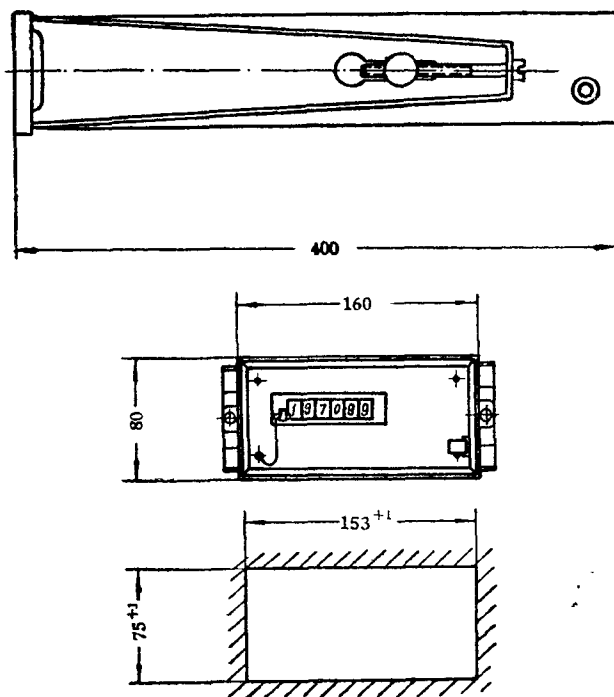


图 1 比例积算器外形及开孔尺寸图

于基本误差。

12. 工作条件:

- (i) 环境温度: $0 \sim +45^{\circ}\text{C}$
- (ii) 相对湿度: $\leq 85\%$ 。
- (iii) 振 动: ≤ 0.1 毫米 (双振幅), 频率25赫。
- (iv) 外 磁 场: 5 奥斯特 (400安匝/米)。
- (v) 周围环境中不含腐蚀性、易爆性气体。

13. 仪表重量: 4.5 公斤。

14. 外形尺寸: $160 \times 80 \times 420$ (深) 毫米。(图 1)

15. 仪表盘开孔尺寸: $75^{+1} \times 153^{+1}$ 毫米。(图 1)

三、工 作 原 理 简 述

比例积算器由图 1 所示之方框图中各部分组成。

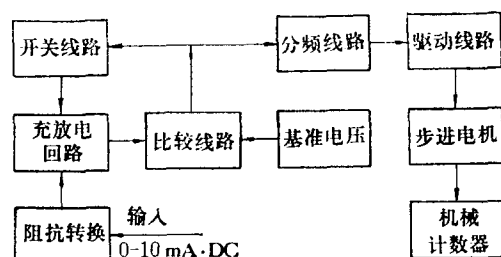


图 2

由流量变送器输入的 $0 \sim 10$ 毫安直流信号电流 I , 经阻抗转换电路对充放电电容 C_9 (参见原理线路图) 进行恒流充电, 在 T 时间内充电至电压 V , 有如下关系:

$$V = \frac{IT}{C_9}。$$

当 V 与基准电压 E 相等时, 比较回路动作, 产生一个脉冲。此脉冲一方面使开关电路动作一次, 将 C_9 电荷放掉, 然后开始下一次充电过程; 一方面经分频和驱动电路, 驱动步进电机转动。

由于比较线路开始动作瞬间有如下关系:

$$V = \frac{IT}{C_9} = E,$$

而

$$T = \frac{1}{f},$$

式中 f —— 输出频率, 所以得:

$$f = \frac{I}{EC_9},$$

因此输出频率与输入电流成比例。同时, 步进电机的转角为:

$$\theta = K \int_0^t f dt,$$

式中K——常数，故

$$\theta = \frac{K}{EC_9} \int_0^t I dt;$$

而I与流量成比例，所以 θ 表示在t时间内流过的总体积（或总重量）。

步进电机经减速箱带动机械计数器，进行显示；因此，显示的数值与流过的体积（或重量）成比例。

四、主要参数的选择

1. 步进电机：步距 12° ，输入10毫安时，工作频率6赫。
2. 减速箱齿轮减速比*i*：
计数器每小时1000字，即第一位计数齿轮每小时转100转。
步进机每小时数转 $6 \times 12 \times 3600 / 360 = 720$ 转/小时。
所以减速比 $i = 720 : 100 = 7.2 : 1$ 。
3. 选用分频触发器为5级，则10毫安信号电流时，充放电频率 $f = 6 \times 2^5 = 192$ 赫。
4. 取充放电电容 C_9 为4微法，则基准电压按下式计算：

$$E = \frac{I}{fC_9} = \frac{10 \times 10^{-3}}{192 \times 4 \times 10^{-6}} = 13 \text{伏}。$$

五、路线工作原理

1. 自动短接线路：

自动短接线路如图2所示，由稳压管 DW_1 和二极管 D_9 反向串联后焊接在接线端子上的输入信号源两端。

当正常工作时，输入电流与仪表的输入阻抗乘积小于 DW_1 的齐纳电压，信号电流全部输入仪表。当拔下接线插头时， DW_1 稳压在齐纳电压，而保证信号电流回路不断开。 D_9 对阻抗转换的电源电压 U_{1k} （参见图4及原理线路图）为反向接法，以防止由于 U_{1k} 的作用产生漏电流，而使仪表在无输入信号时发生错误动作。

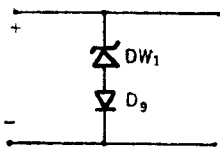


图 3

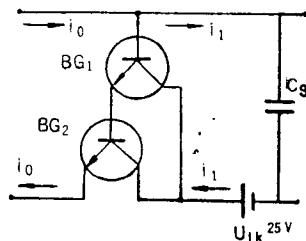


图 4

2. 阻抗转换线路:

阻抗转换线路如图 4 所示。其作用是使仪表具有较低的输入阻抗, 当对电容 C_9 充电时其输出具有较高的输出阻抗, 以保证 C_9 上电压线性增长, 并且在电容充电过程中输入阻抗不致发生大幅度变化。此外, 要求阻抗转换线路的输入和输出电流相等。因此采用两个晶体管组成的复合管共基极线路以满足上述要求。

在共基极线路中

$$i_i = \alpha i_o,$$

式中 α 为复合管等效的共基极电流放大系数,

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_1 \alpha_2 \approx 1,$$

式中 α_1 、 α_2 分别为 BG_1 、 BG_2 的共基极电流放大系数。

共基极线路具有较低的输入阻抗和较高的输出阻抗, 共基极接法的晶体管内部电压反馈系数 $h_{12} < 10^{-4}$, 所以当充放电电容的电压有伏特级的变化时, 其输入端只引起不到毫伏级的变化, 因此能满足要求。

3. 单稳触发器和放电回路:

单稳触发器和放电回路如图 5 所示。当无触发脉冲时, 单稳触发器的 BG_5 导通, BG_4 截止。此时, 由 R_{15} 、 R_{16} 分压, 在放电管 BG_3 的基极上加一负电压, 使其截止, 保证电流 I 向 C_9 充电。

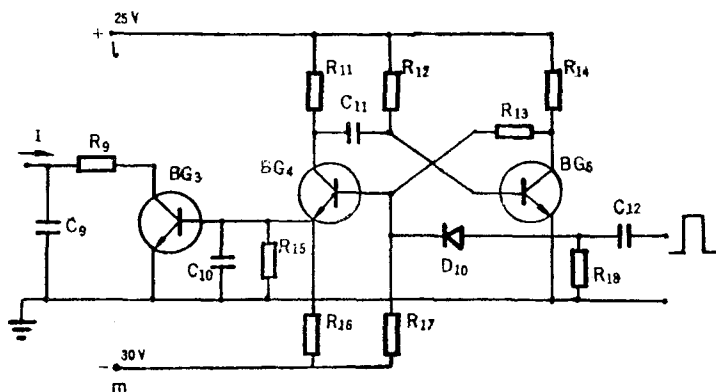


图 5

当有脉冲信号输入时, 单稳翻转, BG_4 导通, BG_5 截止。此时在 BG_3 的基极上加一正电压, 使其导通, C_9 即经 BG_3 放电。 BG_3 的导通时间决定于单稳宽度, 而单稳宽度主要决定于 R_{12} 和 C_{11} 。

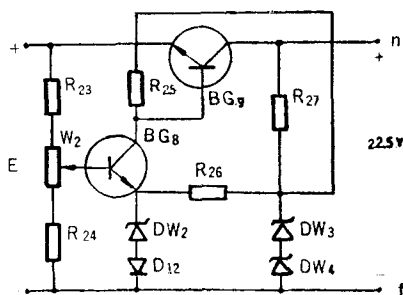
图中 R_9 为限制放电电流峰值之用, 同时与 R_7 、 R_8 、 W_1 共同组成补偿回路 (见“误差分析”一节)。

2. 基准电压线路:

基准电压线路如图 6 所示, 系采用一般稳压线路。稳压线路的基准电压采用两级稳压管稳压。图中 BG_9 为调整管, BG_8 为放大管。

D_{12} 为进行温度补偿之用。

为了简化线路, 放大管 BG_8 的电源由第一级稳压管 DW_3 、 DW_4 取出供给。



6 图

5. 比较线路:

图7所示为一振荡控制式电压比较线路。它由BG₇构成的开关及BG₆构成的间歇振荡器组成;若将BG₇的e和c短路则为一间歇振荡器。

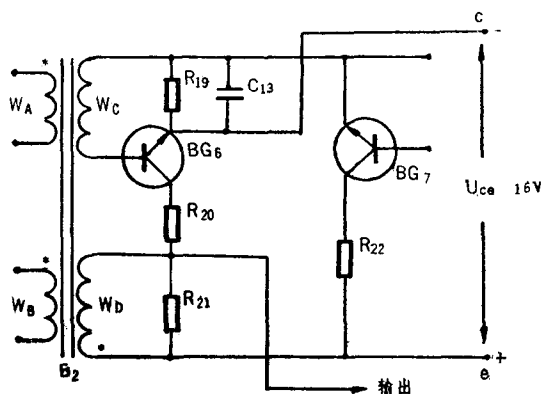


图 7

基准电压E与C₉上的电压按反极性串接,加在BG₇的e和b两点。在C₉起始充电时,b对e为负,BG₇截止;当C₉上的电压充电到略高于基准电压E时,BG₇的b相对于e为正,BG₇导通;这时由BG₆构成的间歇振荡器开始自振,其第一个振荡脉冲立即触发单稳触发器,控制BG₃导通,使C₉放电。C₉放电后,BG₇的b相对于e重新为负,BG₇截止,间歇振荡器停止振荡。

其参数的选择应保证振荡器的第一个脉冲产生到C₉开始放电的延迟时间小于间歇振荡器的振荡周期。

6. 分频和驱动线路:

分频器采用外加偏压的典型触发器线路,共五级(见原理线路图)。

驱动线路:由一级触发器BG₁₀₉、BG₁₁₀两管的发射极输出分别控制BG₁₁₁、BG₁₁₂两管轮流导通,使步进电机两绕组交替地通过电流,控制电机转动。

由于晶体管集电极回路具有电感性负载,因此接入二极管D₁₁₁和D₁₁₂,以便在断开电流时消除对集电极的反冲电压。

六、误差分析和精度调整

如果线路的工作是理想的，即当充放电电容的电压与基准电压相等时，电容瞬时放电完毕，则可得到：

$$f = \frac{I}{EC_9},$$

调整基准电压 E 使 f 达到需要的数值 (192 赫)，就可满足精度要求。实际上，放电过程并不是在 C_9 电压与基准电压相等时瞬时完成的。从比较线路开始动作到电容开始放电存在一个延迟时间 T_2 ，放电管 BG_3 也有一个闭合时间 T_3 。因此，决定频率 f 的，不仅是从电容充电到比较线路开始动作的时间 T_1 ，还包括 T_2 和 T_3 ，即

$$f = \frac{1}{T_1 + T_2 + T_3},$$

充放电过程的实际电压波形如图 8 所示。

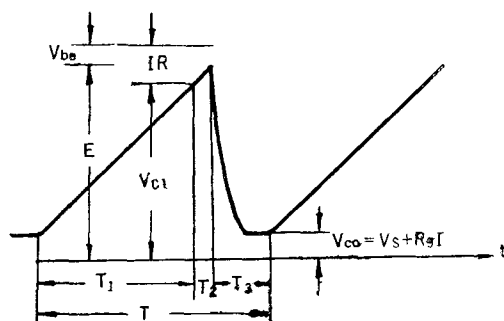


图 8

为了补偿 T_2 和 T_3 的影响，采用了由 R_9 和 R_7 、 R_8 、 W_1 组成的补偿线路（见原理线路图）。 R_8 与 W_1 并联后再与 R_7 串联的等效电阻以 R 表示，即

$$R = R_7 + \frac{R_8 W_1}{R_8 + W_1}.$$

设电容放电终了时的残留电压即下一次的起始充电电压为 V_{co} ，则

$$V_{co} = IR_g + V_s,$$

式中 V_s —— BG_3 的管压降。

设在比较线路开始动作时电容 C_9 上的电压为 V_{c1} ，则

$$V_{c1} + IR = E + V_{be},$$

式中 V_{be} ——打开 BG_7 发射结及二极管 D_{11} 两个 P-N 结所需的电压。

T_1 由下式决定：

$$T_1 = \frac{(V_{c1} - V_{co})C_9}{I},$$

将 V_{e0} 和 V_{e1} 的表示式代入上式得:

$$T_1 = \frac{[CE + V_{be} - IR] - (IR_9 + V_s) C_9}{I}。$$

由于线路工作时的实际频率系由 T_1 、 T_2 、 T_3 决定, 所以:

$$f = \frac{1}{T_1 + T_2 + T_3} = \frac{1}{\frac{(E + V_{be} - V_s) C_9}{I} - C_9 (R + R_9) + T_2 + T_3}。$$

如果调整线性调节电位器 W_1 , 使

$$C_9(R + R_9) = T_2 + T_3,$$

则得

$$f = \frac{I}{(E + V_{be} - V_s) C_9},$$

而此式中 V_{be} 、 V_s 为常数, 所以 f 与 I 成比例; 这样, 调整满度调节电位器 W_2 改变基准电压 E , 就可使 f 满足精度要求。

根据第四节“主要参数的选择”, 输入电流值和相对应的输出频率、周期理论值如表 1 所列:

表 1

电 流 (毫安)	频 率 (赫)	周 期 (微秒)
10	192	5208.3
7	134.4	7440.5
4	76.8	13020.8
1	19.2	52083

具体调整方法如下:

用标准电阻和数字电压表 (或电位差计) 测量输入信号电流, 将仪表的“频率输出”两端接入频率计测量周期。

输入电流调至 1 毫安, 调整 W_2 , 测得周期为 52083 微秒, 然后将输入电流调至 10 毫安, 调整 W_1 , 使周期为 5208.3 微秒。再将输入电流调至 1 毫安, 此时周期已不再是 52083 微秒, 再调 W_2 , 使周期为 52083 微秒。这样反复几次, 使 1、10 毫安两点的周期接近理论值, 再测量 4、7 毫安两点, 计算出最大频率偏差 Δf_{max} , 使满度误差 $\Delta f_{max}/192$ 小于 0.5%, 调整完成。

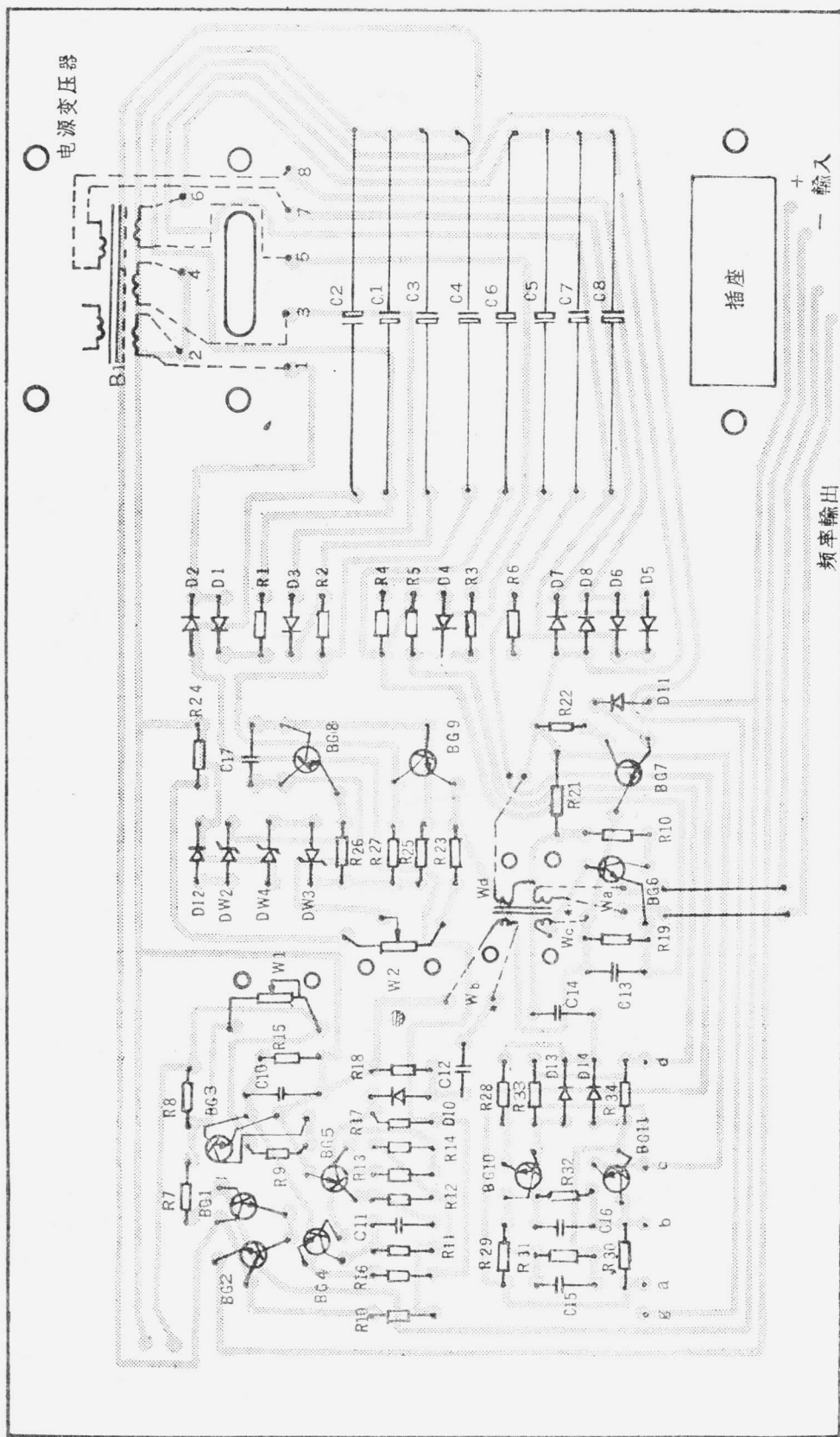


图 9

与外部的电联系。自动短接线路的元件 DW_1 、 R_9 接在端子上，其它线路部件和元件全部装在底盘上（见封三内部结构照片）。

分频线路第二、三、四、五级及驱动线路焊在立装的小印刷板上，线路中其他电气元件焊在大印刷板上。大印刷板和分频线路印刷板的元件布置分别如图9和图10所示。

仪表按如下步骤进行安装和接线：

1. 将仪表箱体两侧的支架板上的螺栓拧松，取下支架板、螺栓、螺丝套及仪表两侧的出线橡皮圈。

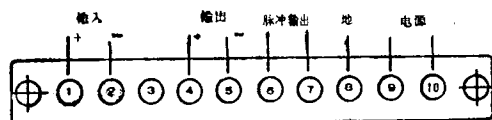


图 12

2. 由控制盘前将仪表推进去，在控制盘后面将仪表支架板按原来位置装好，拧紧螺栓，仪表便卡在控制盘的面板上。

3. 交流电源和信号输入线分别从两侧孔引入，打开仪表后盖，按仪表后面接线端子牌标记接线。如图12所示。

八、仪表的開箱和儲藏

仪表開箱时，应避免用力过大以致损伤仪表或碰坏仪表漆层。如果在严寒或酷暑的地方開箱时，仪表应至少先在室内环境放置3小时。

仪表儲藏时应尽可能存放在温度为 $10^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不超过80%及空气中无腐蚀性杂质的室内。

整箱仪表应有：

1. 比例计算器1台，
2. 产品合格证书1份，
3. 仪表使用说明书1份。

九、仪表的校验、使用和维护

在使用前应对仪表的基本性能进行校验。按图12所示的端子板标记正确接线，用一恒流单元给出0~10毫安电流，并以0.2级直流毫安表测量。将输入信号电流调至10、7、4、1毫安，各运行一小时，机械计数器显示数字的理论值如表2所列，各点偏差不应超过5个字。

表 2

输入电流 (毫安)	10	7	4	1
显示数字	1000	700	400	100

使用仪表时应注意下列事项：

1. 仪表按端子板标记正确接线，并应良好接地。

2. 仪表应保持清洁, 特别防止灰尘沾污机械转动部分, 并防止有关紧固螺钉松动, 以免机械部分失灵。

3. 电位器 W_1 、 W_2 应避免松动, 否则影响精度。

4. 仪表内晶体管损坏时, 除分频、驱动线路及阻抗转换线路外, 更换其它任一晶体管都会影响仪表精度, 需重新调整。

5. 200 伏交流电源及信号电流应同时接入, 避免在交流电源不存在时, 只有信号电流较长时间地输入仪表, 以致损坏阻抗转换线路的晶体管。

6. 当拉出底盘时, 在插座下部有 220 伏交流电, 应注意防止触电。

十、仪 表 检 修

当仪表发生故障时, 首先判断是电路部分还是电机及其它机械部分发生故障。方法是用万用表(直流电压, 50 伏档)测量 n 或 $j(+)$ 对 $g(-)$ 两点间即底盘上步进电机接线用的三角插头座的两点是否有摆动(此时信号电流不宜过大), 若表针有摆动, 而计数器不计数, 则说明是步进电机或机械计数器部分发生故障。

若系电路部分发生故障, 可参考如下步骤进行检查:

1. 检查电源部分, 在正常情况下(无信号流输入时)各点电压应如表 3 所列:

表 3

U_{ik}	U_{km}	U_{hf}	U_{ec}	U_{dc}	U_{ac}
+ 25 V	+ 30 V	+ 22.5 V	+ 16 V	+ 9 V	- 12 V

2. 检查基准电压, 应为 13 伏左右。

3. 当有信号电流输入时, 首先观察电容 C_9 两端有无锯齿波电压, 波形如图 13 所示, 幅值约为 13 伏, 周期 T 与信号电流的大小成反比。

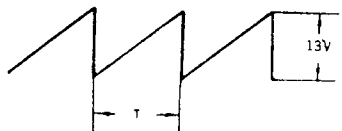


图 13

若锯齿波电压正常, 而电机不转动, 则应逐级检查分频及驱动线路部分。

4. 如电容 C_9 上无锯齿波电压, 可测量电容 C_9 上有没有直流电压。如果没有直流电压, 则故障原因可能是:

(i) 阻抗转换线路晶体管损坏;

(ii) 放电管 BG_3 的 e 、 c 短路;

(iii) 单稳触发器工作不正常。无触发脉冲输入时, BG_4 应截止 (e 、 c 两点电压约 22 伏), BG_5 应导通; 若无触发脉冲输入时, BG_4 仍导通, 就使 BG_3 导通, 信号电流即不能对 C_9 充电。

5. 若电容 C_9 上存在直流电压, 则进一步作如下检查:

(i) 用示波器观察 R_{18} 两端, 应有脉冲信号输出, 其波形如图 13 所示。

(ii) 若 R_{18} 两端有如图 14 所示波形, 而 BG_4 的 e、c 两端有如图 15 的波形, 则说明单稳正常, 此时需检查 BG_3 是否损坏。

(iii) 若 R_{18} 两端波形正常, 而 BG_4 的 e、c 两点无波形输出, 则说明单稳工作不正常。

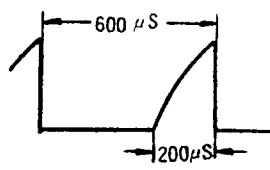


图 14

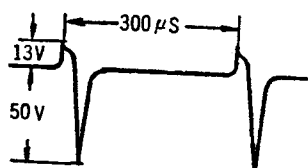


图 15

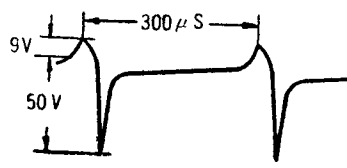


图 16

(iv) 若 R_{18} 两端无波形输出, 则应进一步检查比较线路。可将 D_{11} 取下, 并将 BG_7 的 e、c 两点短接, 观察 W_D 绕组两端, 在正常情况下应有如图 16 的波形。

(v) 若上述波形正确, 则应再检查 BG_7 、 D_{11} 是否损坏。

6. 精度的校验可参阅“误差分析和精度调整”一节。

7. 在检修时更换晶体管可按如表 4 所示参数范围选择。

表 4

符 号	型 号	数 量	参 数 范 围 及 测 试 条 件
$BG_1, BG_2,$	3 DG 4 E	2 只	$V_{ceo} \geq 40V, V_{cbo} \geq 40V$ $\beta \geq 60$ (测试条件: 20V, 10mA)
BG_3	3 DW 24 A	1 只	$V_{ceo} \leq 25V, V_{ces} < 0.4V$ $\beta \geq 30$ (测试条件: 5V, 10mA)
BG_4, BG_5	3 DG 403	1 对	$V_{ceo} \geq 40V, \beta \geq 40$ (测试条件: 20V, 10mA) β 要求配对性 $\leq 10\%$
BG_6, BG_7, BG_8, BG_9	3 DG 403	4 只	$V_{ceo} \geq 40V$ $\beta \geq 40$ (测试条件: 20V, 10mA)
$BG_{10}, BG_{11}, BO_{101},$ $BG_{102}, BG_{103}, BG_{104},$ $BG_{105}, BG_{106}, BG_{107},$ $BG_{108}, BG_{109}, BG_{110}$	3 DG 6 C	6 对	$V_{ceo} \geq 20V, \beta: 70 \sim 110$ β 配对性 $\leq 10\%$ (测试条件: 0.5V, 10mA) 用曲线配对
BG_{111}, BG_{112}	3 DG 7 C	1 对	$V_{ceo} \geq 45V, \beta: 60 \sim 110$ β 配对性 $\leq 10\%$ (10V, 10mA)