

19.892
174.6

目 录

一、概述	1
二、电路结构	6
三、平衡机构	8
四、指示记录机构	16
五、间歇机构	21
六、走纸机构	23
七、结束语	28

一、概 述

我国自 58 年以来,随着大跃进的形势和工业生产的需要而开始生产各种电子自动记录仪表,到目前已有较多品种,但由于这些仪表大都是仿造国外的产品,在品种上已满足不了工业发展的需要,在仪表结构上和外形体积上以及技术水平上等,都已比较落后,为此根据工业发展的要求和国家规划的任务需要,应以创为主,制造出我国自行设计的较先进的电子自动记录仪表,1966年初在部和局的关怀下,组织了国内各兄弟厂和科研单位,共同协作,进行了统一设计。经过一年多的时间,在小表工作上进行了设计,改进,试制。已初步完成基型仪表的设计,试制工作。现正在基型仪表基础上继续进行系列变型产品的设计试制中。

现在所完成的仪表是小型记录仪系列中的三个基型品种,即单笔记录,双笔记录,多点打印三个品种,仪表的基本技术指标如下:

1. 满标尺的电量程 ≥ 10 毫伏
2. 指示值的允许基本误差 $\pm 0.5\%$
3. 记录的允许基本误差 $\pm 1\%$
4. 灵敏限 0.1%
5. 来回变差 $\leq 0.5\%$
6. 标尺全长(有效刻度) 120 毫米
7. 满标尺电量程反应时间 < 5 秒
8. 记录纸移动速度 甲组: 15·60 毫米/时
乙组: 30·120 毫米/时
9. 抗干扰性能 纵向: 量程的一万倍
最大 100V, 50Hz
横向: 最大 10 毫伏
10. 仪表正面尺寸 横×高: 162×160 毫米

仪表内的电子部件采用晶体管元件及印刷电路技术,对于仪表具有直流测量系统的,采用硅稳压管(即齐纳二极管)定电压单元作为直流电源。

仪表的结构设计是采用单元化部件，组合化整机的方式，这样结构，是把仪表分成各个独立的组件，各自单独装配，在总装中把各组件组合成整机仪表。

仪表在作用上可分为两大系统，即记录指示系统及伺服平衡系统，现把这两部分的设计概况简述于下：

(一) 伺服平衡系统：

电子自动平衡记录仪的原理结构图见图 1。

在原理结构图中，虚线点出的是伺服系统，它是用被测电压与测量电路中的滑线电阻上滑触头位置所处的电位两者之差 Δu ，加入到放大器内进行放大，被功率放大的电压送入可逆电机使之转动，经过减速器移动滑触头，使测量线路的电压与被测量之间的关系是使 $\Delta u \rightarrow 0$ 的位置，使仪表伺服系统平衡，这个系统是仪表作用原理的主要部分。

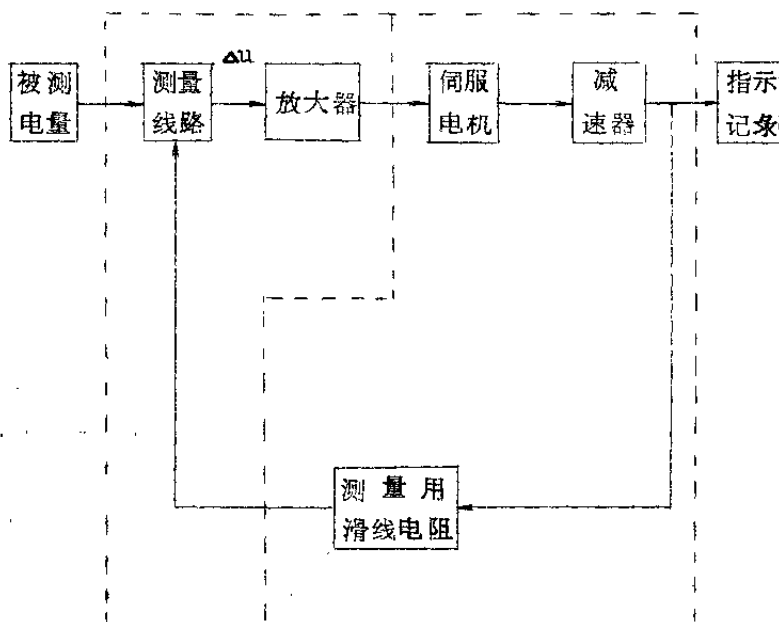


图 1 仪表的结构原理图

1. 测量线路：有三种测量线路结构，对于测量电压，电位差时，是采用桥式电位差计电路。对于测定电阻时，是采用惠氏电桥电路。对于测定电流时，是采用被测电流经过标准电阻上所产生的电压降，再用桥式电位差计电路测定。三种线路原理见图2。

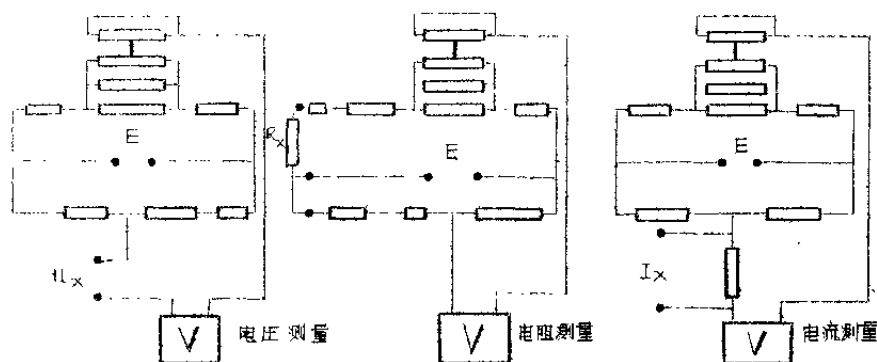


图2 三种测量线路

三种线路在具体设计上，有其共同特点，即(一)所有固定电阻均集中安装在印刷电路板。(二)采用圆形双线滑线电阻，用以补偿移动时产生的热电势。(三)滑线电阻用滚动式触头，加以约等于20克的力。滑线电阻材料采用高阻值的伊文合金丝编制。

2. 放大器：放大器是小型化了的，采用晶体管和小型电子元件，放大器是由变流级（对直流），四个电压放大级，和一个功率输出级组成，其原理图见图3。

变流级由振动变流器及输入变压器组成。振动变流器将测量通路的平衡讯号调制成交流讯号，送入到输入变压器，为了提高输入阻抗，振动变流器采用常开式的，输入变压器的变比是1:1。

电压放大级是采用四级晶体管直接耦合放大电路，该电路与阻

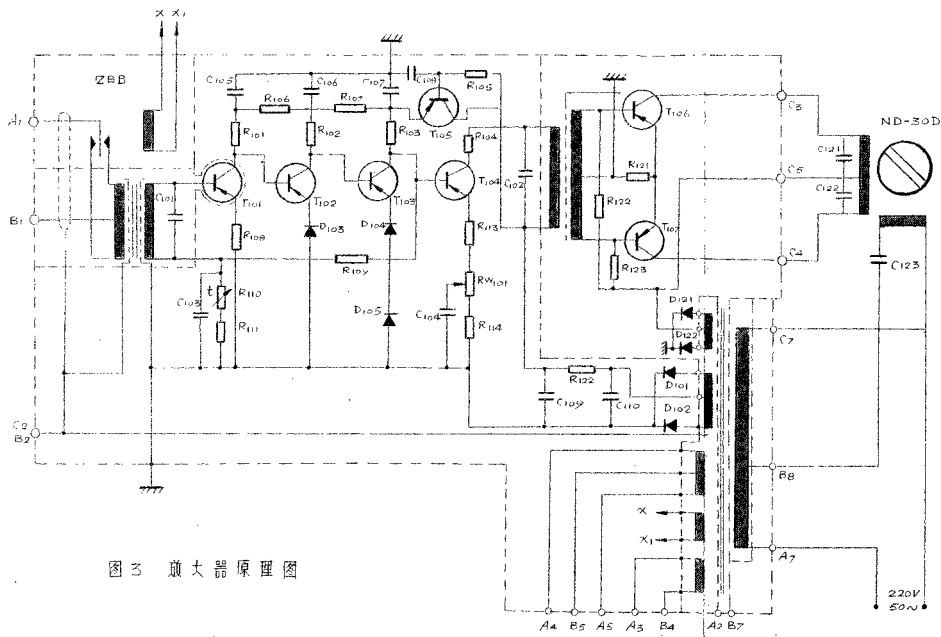


图3 放大器原理图

容耦合电路比較，有以下的优点，(1)可省去阻容耦合电路中的耦合电阻与电容，以减小体积和成本。(2)在相同负反馈下直耦的增益較阻容耦合的为大。(3)在直耦电路中，基波 50Hz 的傳遞系数 $k(\omega_{50})$ 与干扰倍頻波傳遞系数 $k(\omega_{100})$ 之比大于阻容耦合电路，

$$\text{即 } \frac{k(\omega_{50})}{k(\omega_{100})} \Big|_{\text{直耦}} > \frac{k(\omega_{50})}{k(\omega_{100})} \Big|_{\text{阻容耦合}}$$

为保証放大器能正常工作，因此对晶体管有一定要求，要求有一定的 β 值，对于第一级的晶体管，須使用低噪声，选用 3AG72 三极管，而且对不同灵敏度的放大器，对该管的不同噪声水平有不同要求。

功率放大级是以前末级用耦合变压器及双臂功率放大输出级，它在伺服电机軸上被制动时最大能使输出軸上产生约 5 克—厘米的制动力矩。

3. 执行部件，伺服电机及减速器滑线电阻組成执行部件，伺服电机是二相低压控制的电动机，該电动机具有較高灵敏度和較大的旋转力矩。减速器由三级减速，采用漸开线正齿轮，其总减速比为 89.6 。被放大的功率訊号送入可逆电动机的控制繞組，使电机旋转，通过减速器，最后使滑线臂转动，以达到平衡（即使訊号为零）的目的。

二、指示记录部分：

仪表的指示记录部分是仪表最后显示的重要部分。它是通过指针、记录笔（或打印机构）对标尺、和记录紙的相对位置来显示出被測参量。

指针的设计应尽可能保証在读数时有高的正确度，为此在单笔多点式记录仪的设计，是采用指针与标尺在同一平面內，使之视差最小。记录笔采用大容量固定式貯水器利用毛细管式引墨水，以减少电机的負荷。对于多点打印采用颜色轮換打印。

记录紙的傳动，用同步电动机驅动减速器来达到預定走紙速度。为保証仪表在刻度上限部分有較高的精度，因此记录紙的定位孔安放在刻度上限一侧。

其他为保証仪表的运用可靠，在仪表的輸入端裝有滤波器，以

减小仪表的外来干扰，又由于使用了定电压单元，所以省去了直流标定系统及机构。

仪表的外形及内部见图4的照片。

二、电路结构

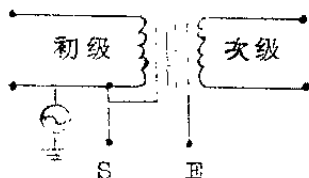
电子自动平衡记录仪表的很大一部分与热电偶，热电阻配套测定温度。对于在工频电源加热的场合下，常因各种原因产生测量端的任一端对地有电位，引起对仪表的干扰，这叫纵向干扰（或称对地干扰），也有仪表内部电源（如电源变压器的初次级交连）的对地所引起的纵向干扰。另一种是线间出现的静电感应、电磁感应等引起的干扰叫横向干扰或称线间干扰。这些干扰，往往会使仪表发生很大误差或不稳定，有甚至严重到不能使用的程度，为消除这种干扰，除了在检测仪表（如热电偶等）使用时应采取防止干扰的措施外，在记录仪表本身也应加强适当的措施以保证仪表工作的可靠。所以仪表的电路结构，即是使仪表能一般工作的电路外，同时加上了抗干扰的措施。

对于防止横向干扰的措施除了在仪表外部的措施外，在仪表的输入端到测量线路之间安装了二级π形滤波器，该滤波器对50赫的工频干扰电压约衰减40db左右（即约100倍）使线间干扰大大地削弱。

对于防止纵向干扰的措施，主要是使外来的工频干扰电流，不通过仪表的测量与放大回路。仪表内部电源所存在纵向干扰源，也采取同样的措施使干扰源不造成回路。在仪表内的措施有三个同时实行。

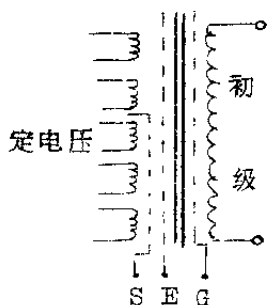
(1) 在输入变压器上加强屏蔽，现在的输入变压器采用双层屏蔽方法，即初次级绕组各自分别屏蔽，使初级绕组与初级屏蔽间的电位相同，次级屏蔽层接E——即放大器底壳，所以干扰电流流经屏蔽间电容，不经过绕组。

图5 输入变压器的
双层屏蔽



(2) 电源变压器的初次级也要双层屏蔽。

各屏蔽层的接法：



初级屏蔽层接地（大地）

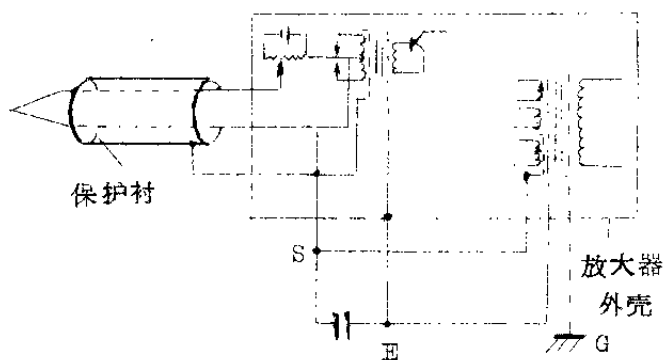
次级屏蔽接 E（放大器底壳）

供给定电压电源的绕组再加一层屏蔽。

该屏蔽层接 S（即隔离层），使之
初级电源的干扰通过 G 的屏蔽层入
地。

图 6 变压器的屏蔽

(3) 为保证仪表的抗干扰性能，必须保证干扰源不通过放大及测量回路，因此放大器对仪表机箱是“浮空”式装置，即放大器的外壳与仪表的外壳是绝缘的。



G — 仪表外壳一般接大地

S — 屏蔽层

E — 放大器外壳

图 7 仪表的抗干扰的措施

经过实验，上述措施初步能达到技术条件的要求，但为使仪表工作可靠起见，要求在使用时，自测温点到仪表输入端间还应有所措施，（见图7的保护衬），这可避免因为外来干扰太强而使仪表仍不能理想抗住干扰。

三、平衡机构

平衡机构是仪表主要部件，它是由可逆电动机，减速器，滑线臂及滑线电阻组成。其作用是把放大器所放大的功率电压送到可逆电动机上，电机转动，经过减速器，使滑线臂向减小不平衡电势的方向移动，最终到达新的平衡点。

可逆电动机是ND-30D型，无齿轮箱，该电动机的特性数据如下：

	激磁绕组	控制绕组
极 数	4	4
工作频率(赫)	50	50
空载时电流(mA)	55±5	205±5
额定电压(V)	110	15
制动时通过电流(mA)	45±5	125±5
电容器(μf)	0.75	120
空载时消耗功率(V·A)	10	2
制动时消耗功率(V·A)	8	3
起动电压(V)	110	0.4以下
直流电阻(Ω)	830±50	7±0.5
空载阻抗(Ω)	2000±50	125±5
制动时阻抗(Ω)	2400±50	75±5

该可逆电机具有的机械特性，输出特性和调节特性见图表：

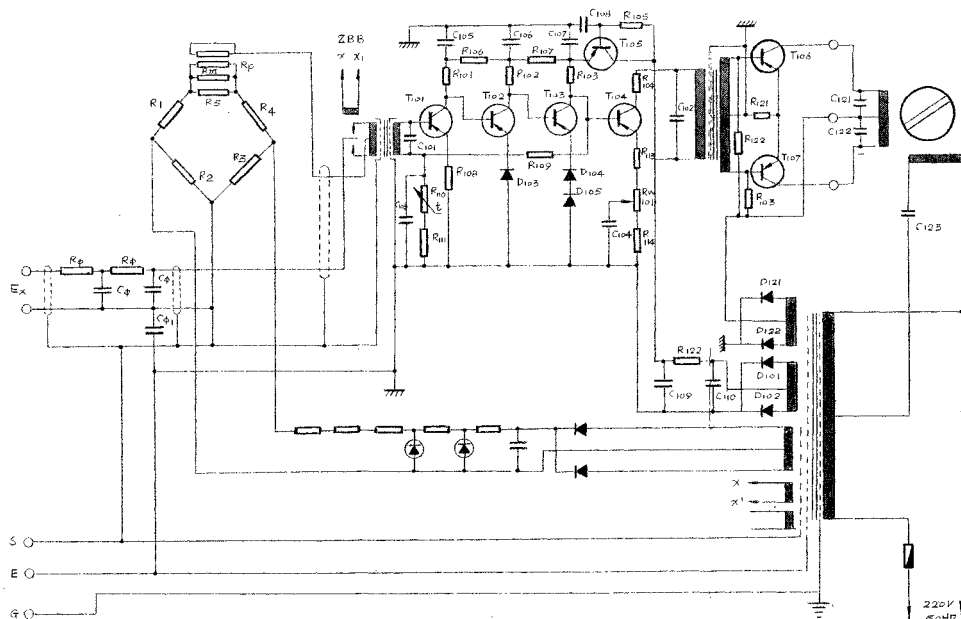
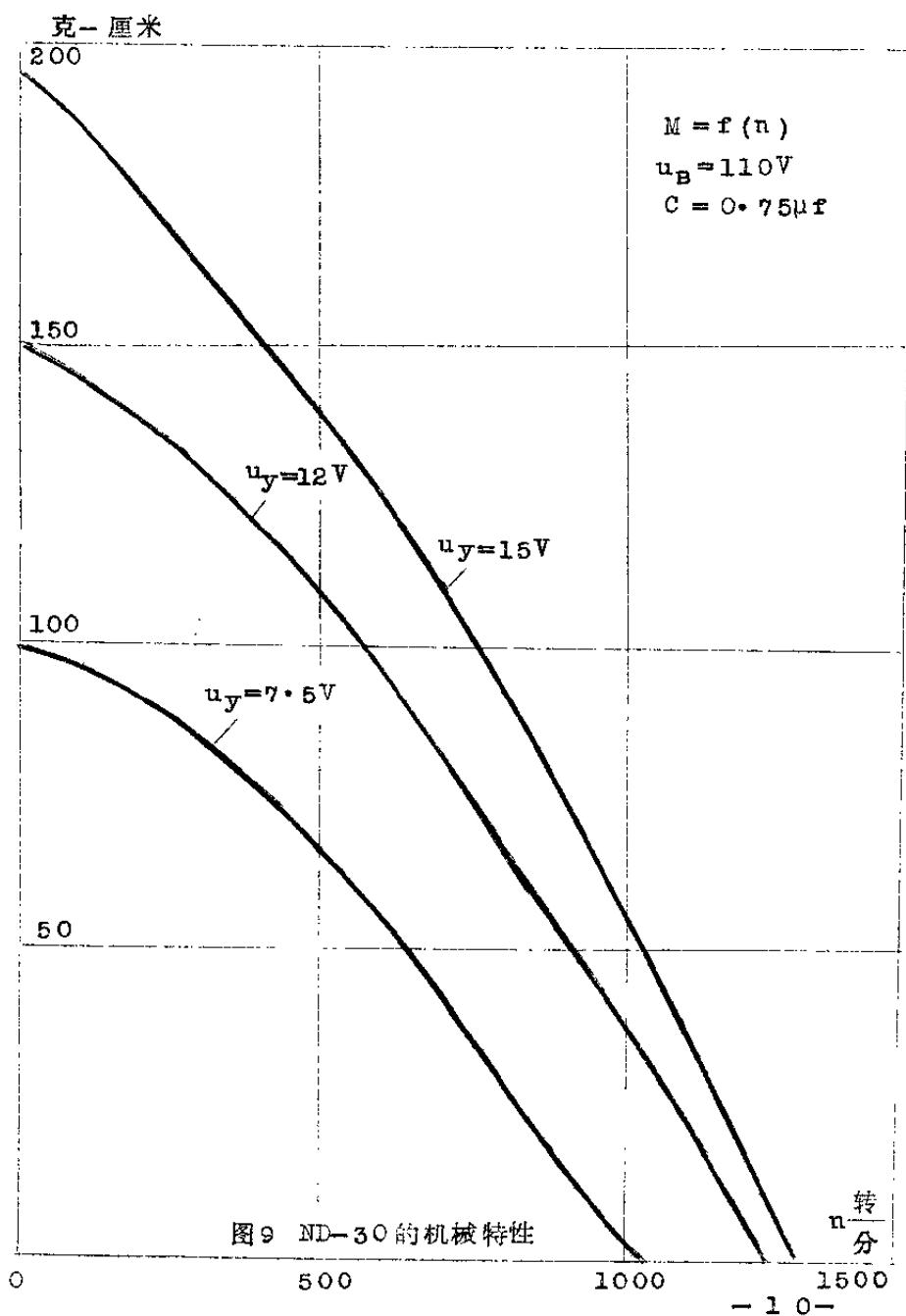


图 8 伏表 (电位差计) 电路结构原理图



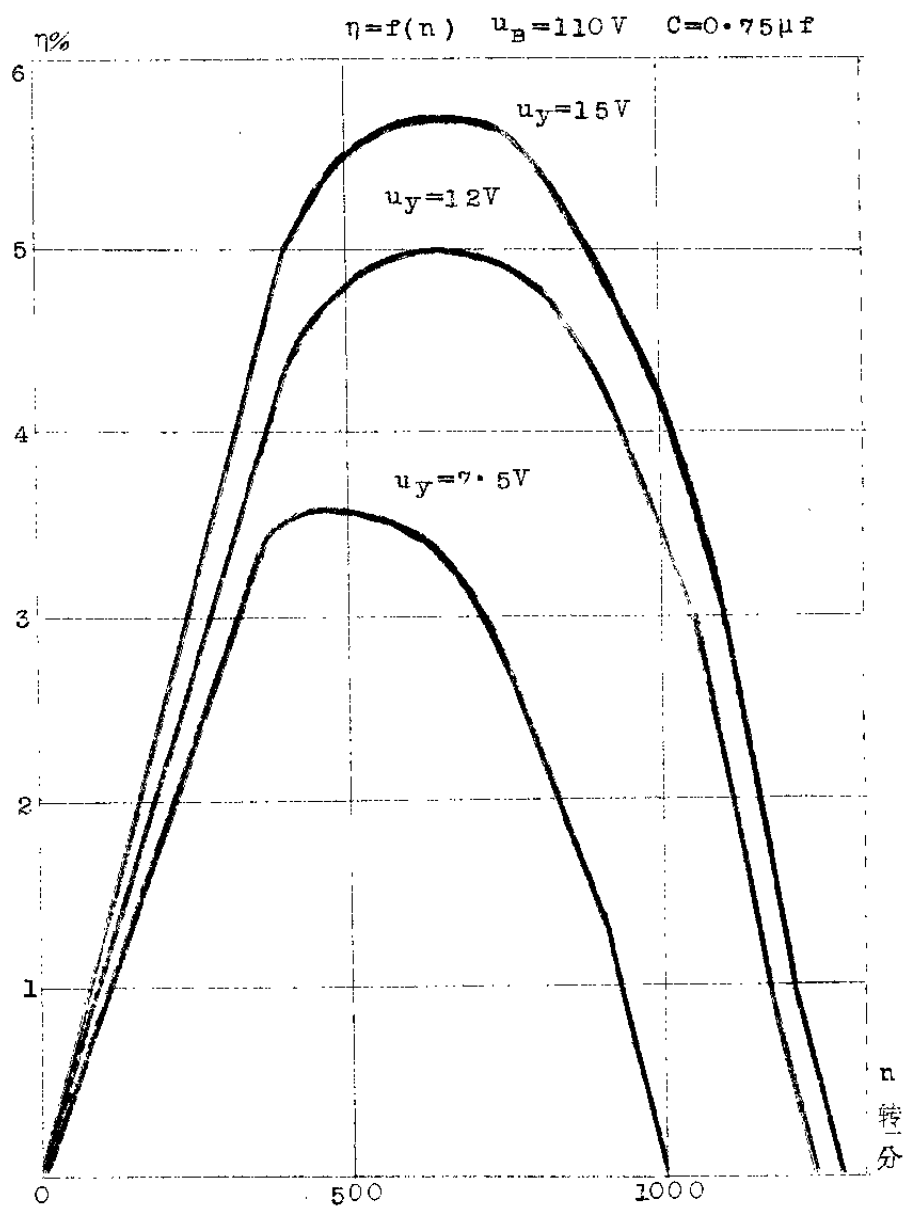


图 10 ND-30D 的效率特性

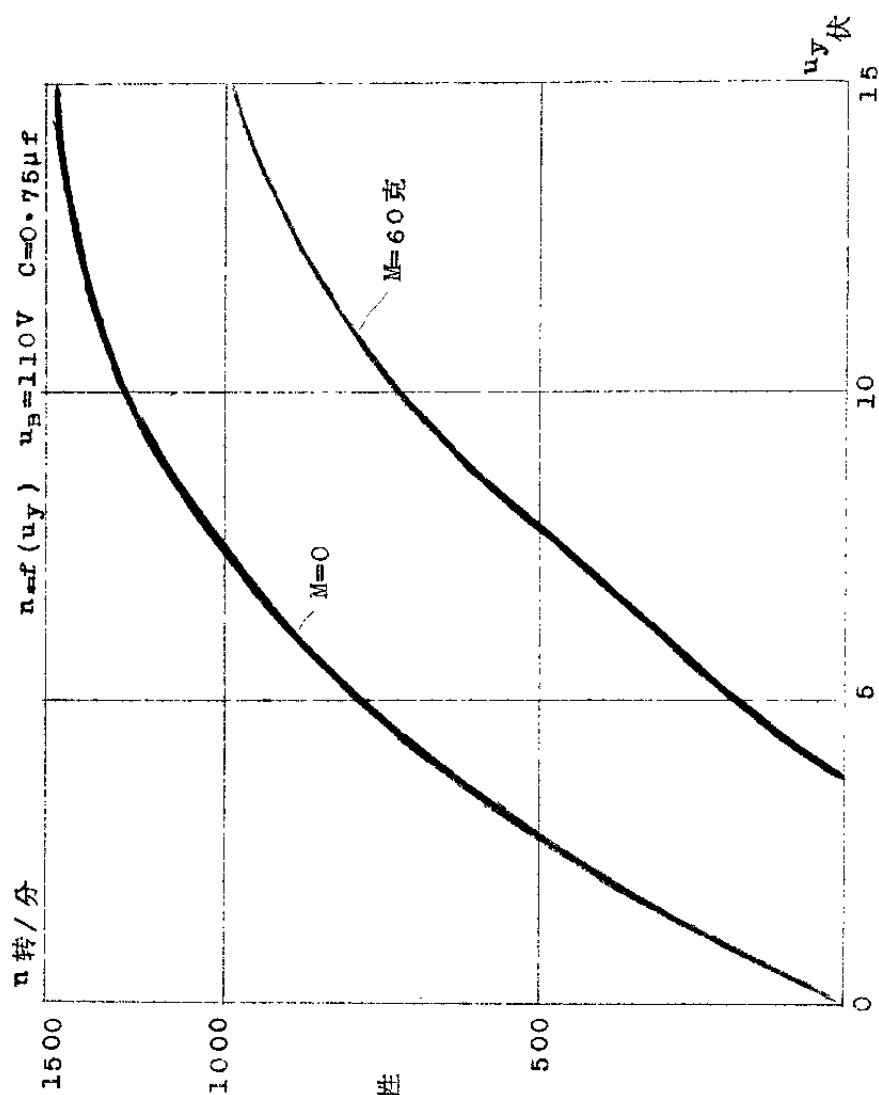


图 11
ND-30D
的调节特性

可逆电机的异步空载转速为 1200 转/分，滑线电阻的滑臂转角为 315° ，折合指示记录器的直线行程约 123 毫米，经过全行程时间小于 5 秒，因此电机输出轴至滑臂转动的转速比为：

$$i_0' \leq \frac{1200 \text{ 转/分}}{60} \div \frac{315}{360} \cdot \frac{1}{5} \text{ 转/秒} \leq 114.3$$

为保证仪表全行程时间在 5 秒以内，并考虑到电机转速在有负载下的变化，所以在转速比上应较额定时要小（即要求设计全行程时间小于 5 秒）。为此：

$$\text{今 } i_0 = i_0' \times 0.8 = 114.3 \times 0.8 = 91.44$$

由于减速比较大，考虑到结构设计的紧凑，把总减速比分为三级减速组成。

$$\text{即 } i_0 = i_{12} \times i_{24} \times i_{56}$$

三级减速齿轮的组成形式见图 12，最后一个齿轮是滑线臂移动和带动记录指示器的执行齿轮。

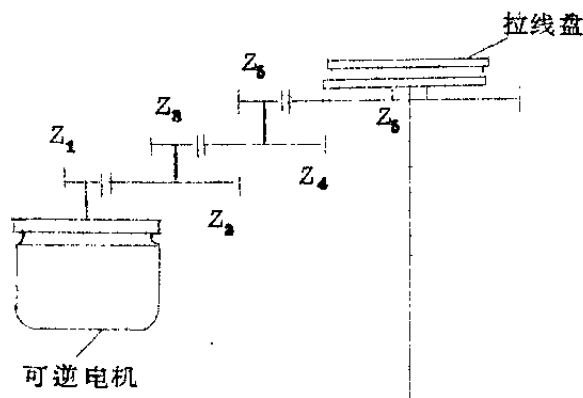


图 12 伺服系统减速部份组成图

减速齿轮的各个轮的参数及材料见表：

名 称	参 数					
齿 轮 号 N	1	2	3	4	5	6
齿 数 Z	16	64	20	64	20	140
节圆直径 (mm) D_0	8	32	10	32	10	70
顶圆直径 (mm) D_a	9	33	11	33	11	71
齿顶高 (mm) h_1	0.5					
齿根高 (mm) h_2	0.6					
齿 高 (mm) h	1.1					
压力角 α	20°					
模 数 m	0.5					
齿 廓	渐开线					
精 度	2 级					
材 料	钢	钢	黄 铜	钢	黄 铜	酚醛布板
	20#	20#	HP659-1	20#	HP659-1	33931

所有齿轮加工完毕后不进行热处理等加工，以免变形，由以上齿轮的各齿数，得到此减速系统的实际减速比为

$$i_0 = i_1 \times i_2 \times i_3 = \frac{64}{16} \times \frac{64}{20} \times \frac{140}{20} = 4 \times 3.2 \times 7$$

$$= 89.6$$

由于工艺上的要求，设计是由电机到齿轮5的范围各齿轮，连同电机均在一平板上装配成独立部件，构成一个减速器组件。

齿轮6是装在托架的主轴上的，通过该齿轮传动主轴，从而带动固定在主轴上的滑线臂及拉线盘。拉线盘是传动指示记录器的，拉线盘转动角为315°，直线位移为124毫米，则拉线盘直径为：

$$D_0 = 2R_0 = Z \cdot \frac{124 \times 360}{315 \cdot 2\pi} = 22.5 \times 2 = 45 \text{ 毫米}$$

考虑到牵引线的直径最大为0.5毫米。

则拉线盘实际直径：

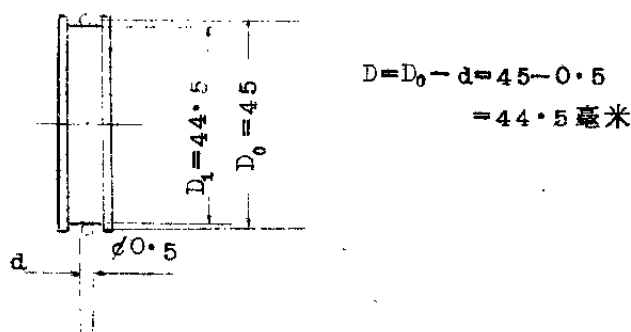


图13 拉线盘

对于单笔仪表的平衡机构，其构成即如图13那样，是由一个减速器组与主架上的主軸組成一整体即可。

对于双笔仪表的平衡机构，则由两个各自独立的组件构成。它是由两个相同结构而方向相反的两组减速器，分别与主架上的两个同心复合主軸各自组合，成为两个独立平衡系统，其构成简图见图14。

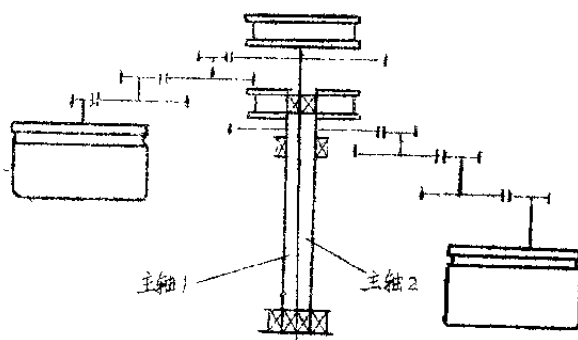


图14 双笔的平衡机构简图

四、指示记录机构

指示记录机构是仪表最后表达被测参量的显示部分，对这部件的技术要求是能确切反映被测量，尽可能减少读数时带来的误差，同时对平衡机构的负荷尽量地小。

由于仪表有单笔、双笔、多点三种，因此记录指示机构也有不同结构。

在指示方式上，为了减小由视差而引起的读数误差，仪表中采取了刻度板与指示器在同一平面的措施，其结构示意图 1 5。

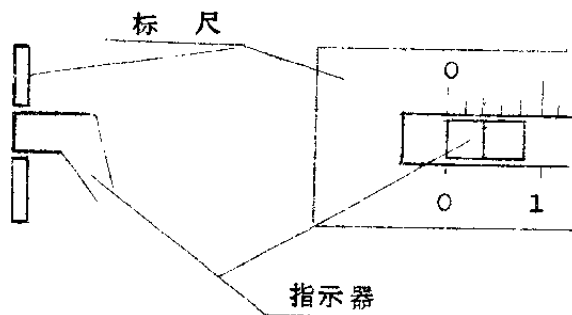


图 1 5 指示器与标尺的安排图

这种形式，是使指示器上的指示线与标尺刻度线同处在一个平面上，在读数时，能避免一般不在同一平面而引起的视差。这种结构形式的缺点是因为指示器面积比较小，距离远一些指示器就不够明显了。这种指示方式应用在单笔记录和多打印的基型品种上，对于双笔由于有两个指示器，只能用一般的指针方法。

记录方法有两种即笔式和打点两种。笔式记录是用管式笔尖，毛细管式输送记录墨水，这样可使墨水瓶与记录笔分开，即可增加墨水储存量，又可减轻记录笔的重量，记录笔尖可以卸下后进行清洗和疏通。笔架在滑杆上滑动笔架滑动的轴套采用低摩擦系数和小