

JD-1 型 时 间 域 激 发 极 化 仪

桂林冶金地质研究所 物探室激发极化组

为适应无产阶级文化大革命以来我国金属物探迅速发展的需要,遵照毛主席关于“自力更生”和“洋为中用”的教导,结合我国具体情况,吸取国外同类仪器的先进技术,最近,我组采用集成电路试制成JD-1型时间域激发极化仪,为大打矿山之仗提供了一种新的找矿设备。

仪 器 特 点

JD-1型时间域激发极化仪的主要部件包括JDJ-1型接收器和JDF-1型2kw发送器两部分,其全貌示于图1。

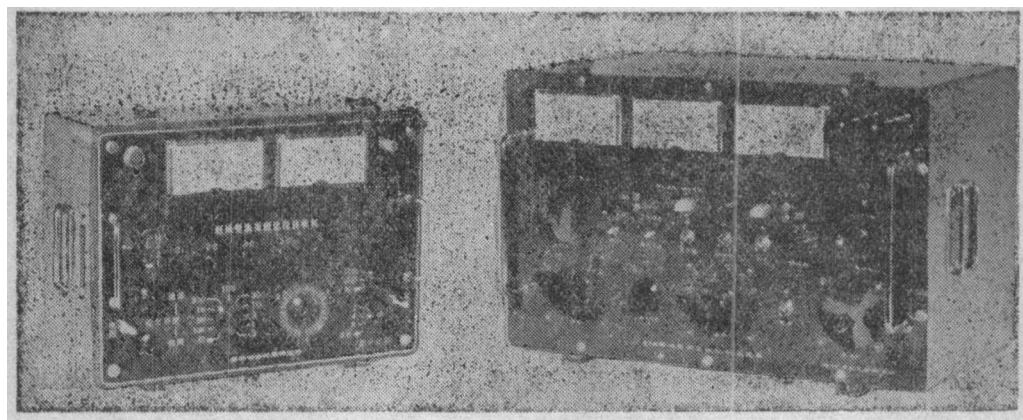


图1 JD-1型时间域激发极化仪外貌

图2为时间域测量供电电流和测量电压波形的示意图。JDF-1型发送器送入地下的电流为800Hz载波脉冲,周期固定为1:1:1:1(一通:断:反向通:断),脉冲宽度分2,4和8秒三种。JDJ-1是一种远距离启动的接收器具有以下几个特点:

(1)在接收器中设计有程序控制,利用一次电压脉冲实现远距离触发,以保证二次瞬变电压测量时间的准确性和测量自动化。接收器不用导线与发送器联接,因此在野外工作中接收器可随测量电极移动,也可用一台发送器供电,用多台接收器同时测量,

有利于大面积快速普查。

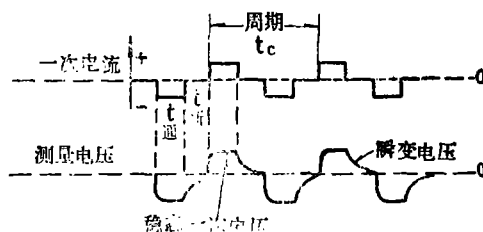


图2 时间域测量电流电压波形

[周期 $t_c = 8$ (16或32)秒, 占空比 $R = t_{通}/t_{断} = 1$]

(2)为克服天然电磁场和工业游散电流场的干扰,接收器中装有50周滤波器和低

通滤波,提高了仪器的抗干扰性能。

(3) 采用记忆电路,能在每一供电周期的末期对微弱的自然电位变化和残余的二次电位进行自动补偿。

(4) 对二次瞬变曲线采取积分读数,并可将多次的积分读数累加,从而消除随机干扰。

JDJ-1型接收器的测量参数如图3所示。

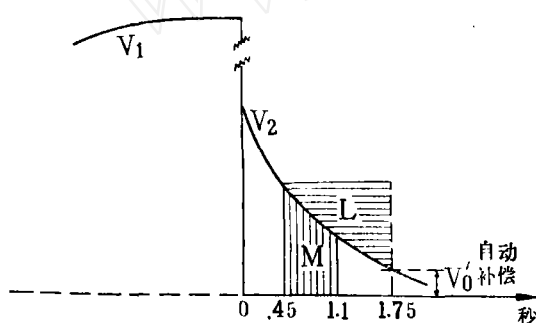


图3 表示所测量的参数

充电率M:一次电流断电后 t_1-t_2 区间内二次瞬变曲线下的面积,是表征激发极化效应和野外测量结果的一个基本参数,其数学表达式为:

$$M = \left(\int_{t_1}^{t_2} V_2(t) dt \right) / V_1$$

在JDJ-1型仪器中,积分时间 t_1-t_2 固定为0.45~1.1秒。M的单位为毫伏·秒/伏(或毫秒)。视充电率Ms与视极化率 η_s 是等效的。

衰减曲线形态因数L:L参数为断电后 t_1-t_2 区间内瞬变衰减曲线上方的面积,定义为:

$$L = \left\{ \int_{t_1}^{t_2} (V_1 |_{t=0.45 \text{秒}} - V_2(t)) dt \right\} / V_1$$

以断电后0.45秒的瞬时电压作为参考电压,积分时间 t_1-t_2 取0.45~1.75秒。L的单位也是毫秒。利用L/M比值的大小表示瞬变曲线的衰减特征,可以分辨地质体引起的异常与电磁耦合效应。

工作原理

1. JDF-1型2KW发送器

JDF-1型发送器包括一台2KW,单相230V,400周汽油发电机和一电子控制箱,其方框图示于图4。电子控制箱一方面对发电机的输出电压进行自动调整,另一方面将输出的230伏,400周的交变电压变成所需的超低频双向800周载波电流,向地下供电。有效输出功率为1.9KW,最大输出电压1300V,最大电流10A。

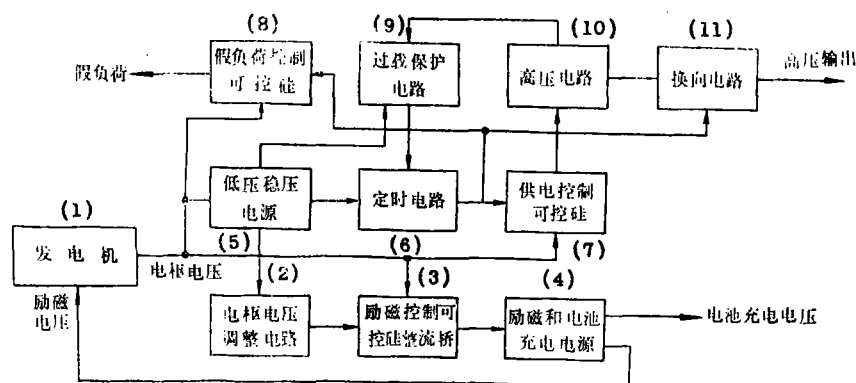


图4 JDF-1发送器方框图

现将各部分的作用及原理简述如下:

(1) 发电机电枢电压调整 为使发电

机输出电压稳定,发电机电枢电压是利用反馈电路产生可变励磁电压来进行控制的。由

低压电源⑤提供本机所需要的各种低压直流电源。

2. JDJ-1 接收器

图 6 为 JDJ-1 型接收器方框图。

由电阻、电位器和 4 伏电源接成的桥式自电补偿回路①串接在接收器输入端, 以补偿测量电极间的自然电位差, 补偿电压范围为 ± 1.5 伏。

双 T 型滤波器③, 有源低通滤波器⑥组合成很窄的通频带, 以压制工业电流及低频天然电流的干扰。

衰感器②和放大器 A_1 构成同相输入比例器, 作前置放大级, 改换 V_1 量程档, 电压增益按一定比例关系由 1.2×10^{-3} 变化到 1.2×10^2 。 A_2 接成增益可调差分放大器, 调节倍乘器⑦, 增益变化范围为 6 ~ 84 倍。放大器 A_2 还通过开关 K_3 和储存器 A_4 构成自动补偿回路。此电路的主要部分为储存器 A_4 。它是一种和积分器原理相类似的采样保持电路, 借此实现在测量 M 时对自电自动补

偿和完成 L 测量。 A_3 是反相器, 起变换信号极性的作用。 A_5 为积分器用来完成参数 M 和 L 的积分运算。

下面, 结合参数 V_1 、M、L 的测量, 进一步叙述各部分的作用。

(1) V_1 的测量 一次电位 V_1 的测量主要由放大器 A_1 、 A_2 和 A_3 来完成。根据被测信号的大小不同, 调节 V_1 量程 S_1 和倍乘器⑦, 将相应量程档上所示电压, 经 A_1 、 A_2 两级放大到标定值 ± 3 伏。此标定值由 V_1 表上指针指到红色标记所在位置来确定。这时一次电位 V_1 的测量值以 S_1 量程档数和倍乘器分度的乘积给出。当 V_1 表针偏转到红色标记线时, 参数 M、L 的测量值被 V_1 归一化。

(2) 参数 M 的测量 在测充电率 M 时, 继电器 K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 的作用时间如图 7 所示。供电脉冲断电后, K_1 在 0 ~ 0.45 秒区间内闭合, 取得 0.45 秒的延迟时间。在 0.45 ~ 1.1 秒区间内, K_2 接通 (K_1 断开)

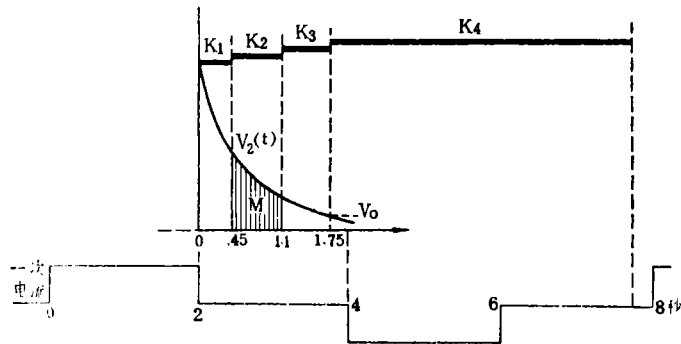


图 7 在测量 M 时各开关的动作时间

, 放大器 A_2 输出二次瞬变电压与基准电平的差值, 并将此差值送入积分器 A_5 进行积分, 测得的 M 值在积分表头上直接读出。为了使积分值为单极性, 继电器 K_4 在正负向脉冲供电时交替地与反相器 A_3 连接。

(3) 自电的自动补偿 在每一 M 测量周期末尾 (即断电后 1.1 ~ 1.75 秒区间) 继电器 K_3 闭合 (见图 7)。这时, 储存器 A_4

对放大器 A_2 反相输入端信号进行跟踪。1.75 秒瞬间 K_3 断开时, 储存器 A_4 对二次瞬变电压的残余值和自然电位可能发生的变化进行采样保持, 作为下一次测量 M 值的基准电平。因此自电的自动补偿实际上是借调整零电平的坐标来完成的。

(4) 参数 L 的测量 在测量参数 L 时, 继电器 K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 的作用时间示于

图8。断电后在0~0.45秒区间内 K_3 接通, 储存器 A_4 对 A_2 反相输入端的二次瞬变电压进行跟踪。当 K_3 断开时, 储存器 A_4 对跟踪信号采样。此参考电压经 A_4 输出加在放大

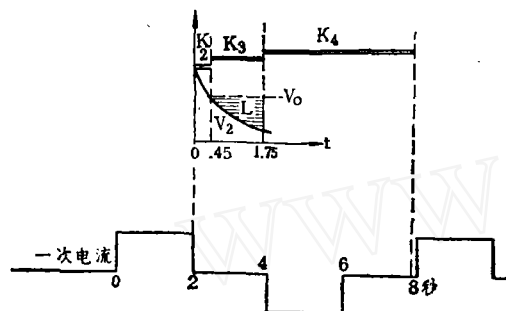


图8 测量L时各开关 $K_1 \sim K_4$ 的动作时间
(图中 K_2 应为 K_3 , K_3 应为 K_2)

器 A_2 的同相输入端, 则放大器 A_2 输出参考电压与二次瞬变电压的差值。此差值在 K_2 接通的时间内(0.45~1.75秒区间)送入积分器 A_3 进行积分。L值也由积分表头上直接读取, K_4 的作用同M测量。

接收器的程序装置用来控制继电器 K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 在预定的时间内动作, 整个程序部分由一次电位启动。其工作原理如下:

程序器由触发器⑬、缓冲电路、门电路⑭、移位寄存器⑯、单联时间电路⑰和振荡器⑱构成。

由反相器 A_3 输出的电压幅值为+3伏的一次电位信号, 经开关 K_4 启动触发器; 在一次电位脉冲后沿触发器输出一个负脉冲信号, 开启门电路使移位寄存器开始第一次移位。此时单联时间电路 K_1 接通, 振荡器起振, 以0.45秒周期给出信号, 第二次开启门电路, 移位寄存器第二次移位, 单联时间电路 K_1 断开, K_2 接通。此后振荡器以0.65秒的周期给出信号。第三次开启门电路, 移位寄存器第三次移位, 单联时间电路 K_2 断开, K_3 接通。振荡器仍以0.65秒的周期给出信号。第四次开启门电路, 移位寄存器返回原始状态, K_3 断开, 并输出一脉冲使继电器 K_4 电路翻转, K_4 换向一次, 则程序器完成

一个周期测量的时间控制。

积分计数器⑲由基本的二进制计数器、正与非门电路和继电器 K_5 、 K_6 电路构成, 与程序器同步启动。测量M和L时, 计数器对供电脉冲个数进行计数。当达到预期测量的脉冲个数为2、4、8时, 使继电器 K_5 、 K_6 同时断开, 积分器 A_3 的输出电压被保持。欲进行再一次读数时, 只须按一下手动复原电钮, 即可重复进行计数读数。如果不需要计数器计数读数时, 将积分计数开关放在累积档切断计数器, 可进行任意个数的积分读数。

试验结果

为考验仪器的工作性能和其找矿的适用性, 曾先后在实验室水槽、室外具有干扰的场地和某硫化物矿区进行了试验, 并与不同类型的仪器作了对比观测。结果表明, JD-1型时间域激发极化仪工作性能比较稳定, 可满足野外找矿工作的需要。

1. 水槽试验

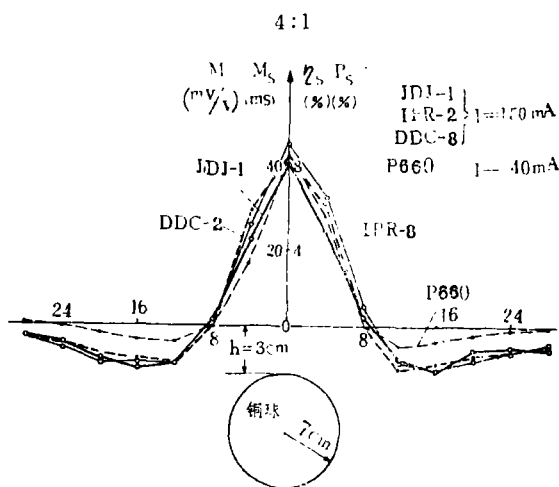


图9 模型试验观测曲线

图9为水槽中以铜球模拟矿体, 供电电流强度 $I=150\text{mA}$ 的均匀场条件下获得的异常曲线, 四种仪器(JDJ-1, IPR-8,

P660, DDC-2)不同测量参数反映的异常曲线形态是一致的。JDJ-1型接收器对充电率M重复观测的平均相对误差 $\delta=3.2\%$,

说明仪器完全能够满足室内模型试验工作的需要。

2. 场地试验

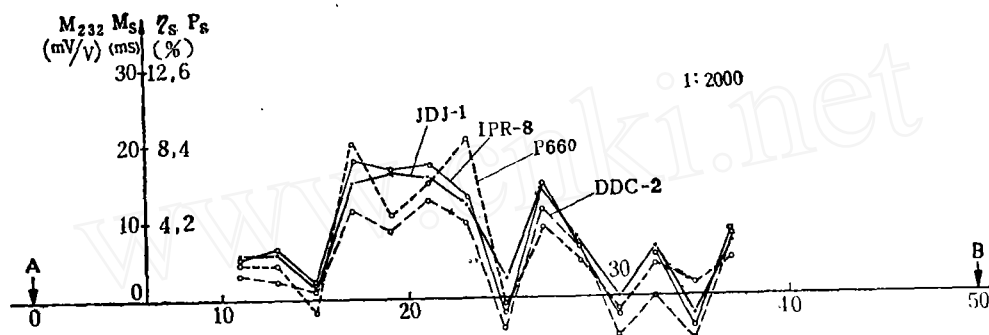


图10 异常曲线对比

试验剖面选在具有工业游散电流干扰的场地,地下埋设有多股水管,观测采用中梯装置,AB=500米,MN=20米,点距20米,供电电流强度 $I=500\text{mA}$ 。图10为不同类型仪器的观测结果。从图可见,地下管道所引起的激发极化干扰异常,分布地段和曲线特征具有相似性。对此干扰异常不同时间重复观测,每台仪器平均相对误差如表1:

表 1

仪 器 名 称	JDJ-1	IPR-8	P660
平均相对误差 $\delta(\%)$	6.10	8.79	10.0

对比结果 JDJ-1 接收器的精度可满足生产要求,内部程序控制未出现误触发现象。

3. 矿区试验对比

矿区出露岩石为沉积岩层和花岗岩,沉积岩层中夹有炭质灰岩。矿化以黄铁矿为主,矿体产在层间构造带内。在已知矿体的I号剖面上,采用中梯装置,以JDF-1型2KW发送器向地下供电(供电脉冲宽度4秒, $I=4.4\text{A}$),JDJ-1、IPR-7、IPR-8

三种接收器沿剖面移动测量,并重复观测,各台仪器充电率的平均相对误差如表2:

表 2

仪 器 名 称	JDJ-1	IPR-7	IPR-8
平均相对误差 $\delta(\%)$	5.12	3.49	3.82

不同类型仪器在矿体上获得的异常曲线特征极为相似(见图11)。不同的时间域测量仪器所得的充电率曲线的异常幅值不同,是由于积分时间和相应接收器标定值不同所造成。对标准衰减曲线形态来讲,当发送器定时为2秒,则充电率M参数之间的关系为:

$$\text{IPR-8 } M_{232} (\text{mV/V}) \\ = 0.7 \times \text{IPR-7 } M_N (\text{ms})$$

$$\text{JDJ-1 } M_N (\text{ms}) \\ = 1.1 \times \text{IPR-7 } M_N (\text{ms})$$

如果发送器脉冲宽度改变,以及异常体的瞬变衰减曲线与标准衰减曲线具有较大差异时,各接收器M读数之间的关系将复杂化,因此不能以M异常曲线的峰值相互对比。

在 I 号剖面上, AB 极距不变, 将供电电流强度减小到 500mA, 观测曲线示于图 13。不同仪器以 $I=4.4A$ 的观测曲线为基准, 与小电流获得的曲线对比, 并用两者的观测值计算平均相对误差, 结果如表 3。

表 3

	时 间 域			频 率 域
仪器名称	JDJ-1	IPR-7	IPR-8	P660
平均相对误差 $\delta(\%)$	9.6	6.9	8.7	9.3 ($2A:0.2A$) 8.8 ($2A:0.05A$)

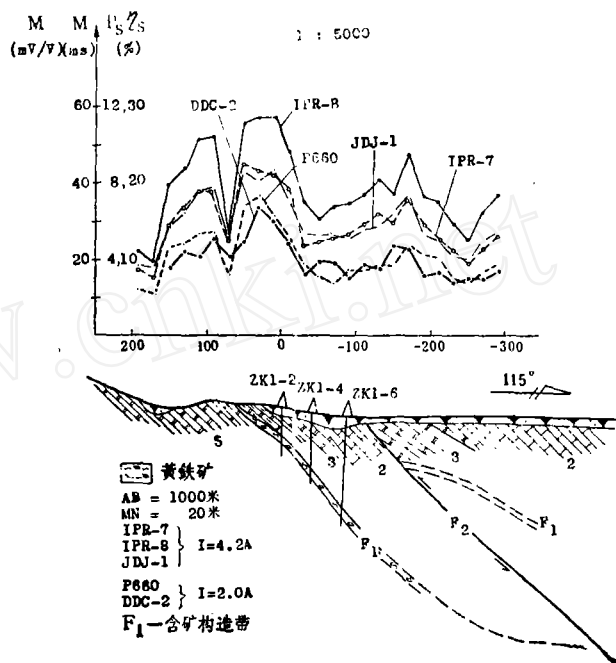


图 11 I 号线综合剖面图

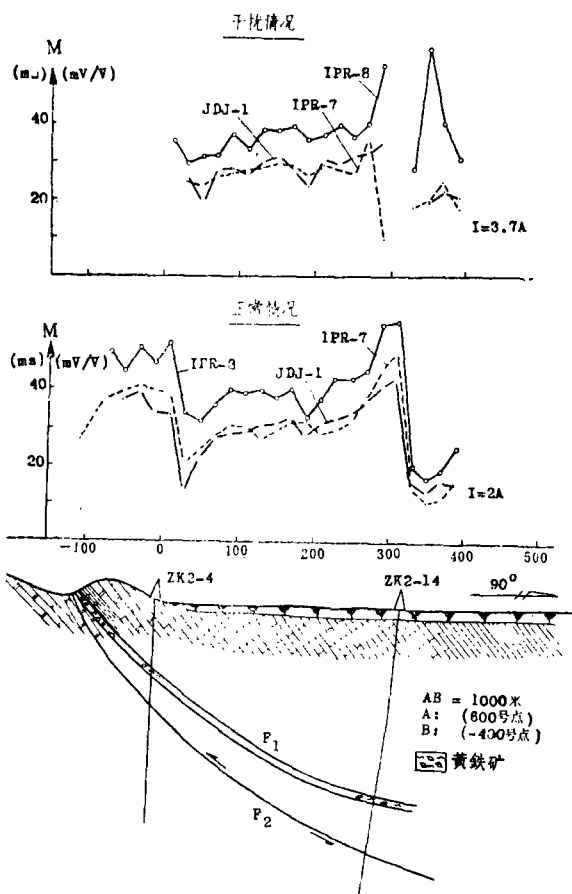


图 12 正常-干扰情况下观测曲线对比

在该测区地质-地电条件下, 当 $AB=1000$ 米, 小电流 (500mA) 供电时, 一次电位 V_1 最小读数值为 2 mV, 各种时间域仪器仍有效地分辨出矿体异常曲线的特点。

仪器抗干扰性能的试验选在正进行钻探的 I 号剖面上进行。首先, 停钻时以 $AB=1000$ 米的中梯装置 ($MN=20$ 米, $I=2.75A$) 作了没有工业电流干扰的观测对比。JDJ-1, IPR-7, IPR-8 获得的异常曲线形态一致。而后在钻机工作时, 其他条件不变进行重复观测, 在距钻机 30~50 米范围内, 所有对比仪器都不能取得可靠读数, 远离钻机 50 米以外则不受钻机影响。不同仪器两种情况下的观测曲线

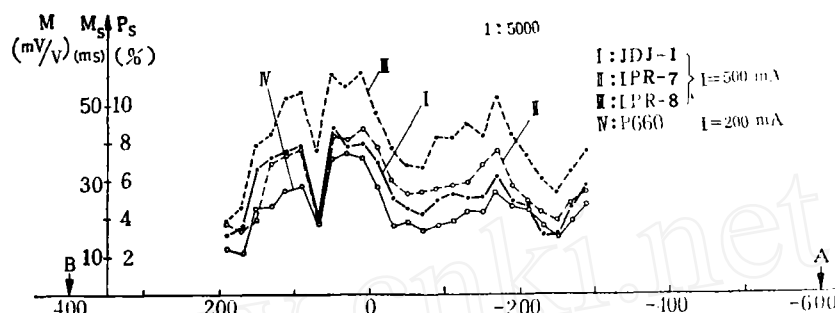


图13 小电流供电观测曲线对比

示于图12。所得结果表明,在一定距离内,对钻机不稳定的游散电流的干扰都不能有效地排除,需采用足够大的场源,藉信噪比的提高来克服。

试验矿区内,当 $AB=1000$ 米, $MN=20$

米,供电电流减小到 250mA 时,时间域测量一次电位最小读数为 $500\mu\text{V}$ 左右,随机的大地噪声干扰给充电率 M 读数造成困难,需采用多次积分累积读数进行观测,才有可能保证测量精度。

(上接第51页)

杯刻度乘4),精度也差些。我们设计的这种711—74型失水量仪,就是在分析其它型号仪器优、缺点的基础上,着重参考BM—6型,取长补短,因地制宜加以改进的。现对其结构简述如下:

一、采取胜利—2型泥浆杯的容积参数(128厘米^3)和滤板规格($\phi 50 \times 1.5$;孔径 1.5 ;孔数 73 ,排列方式不变,只将各同心圆的半径差由 5 毫米改为 4.5 毫米;滤钟截面为 128.94毫米^2)。测量时就由 30 分水缩短为 7 分半钟。

二、用现成的医用针管(注射器),代替加工困难的加压柱塞和缸套。针管是 5 毫升的上海产飞鸽牌针管(柱塞规格为 $\phi 13.14 \times 92$ 毫米的都可通用)重力加压部件的总重量为 1379 克,并按柱塞直径算出 10 毫升容积所需的长度(73.8 毫米)来作为仪器

40 毫升刻度的长度标准,据此,在 73.8 毫米内,均等地分刻 40 小格(每小格距离 1.845 毫米,为 1 毫升)。

三、将泥浆杯与滤板压盖由螺纹直接联接改为压梁顶丝联接方式。这样可以避免在旋紧压盖时滤纸易被撕破。

四、支架腿下配水平调整螺丝,以提高测量精度。

711—74型失水量仪的操作方法,基本与BM—6型的相同。为使测得数据精确,测量时室温不应低于 10°C 。这是因为泥浆失水量会随温度下降而减少,而机油粘滞阻力则因温度下降而增加。它与BM—6型的不同处,是测量的泥饼厚度读数要乘以 2 ,这一点又与胜利—2型相似。

由于加压柱塞(医用注射器)是玻璃的,故操作时要轻提轻放,携带时应拆卸下来加意保管。