

光电测距仪

说明书

目 录

1. Bergstrand 方法的一般原理 .-----	1
2. 测距仪的基本设计 -----	6
3. 机械装配, 量测和重量 .-----	7
4. 详细说明 .-----	9
4.1. 电动机供应 -----	9
4.2. 晶体振荡器及功率放大器 .-----	11
4.3. 倍增管, 前级放大器和零位指示器 -----	14
4.4. 克尔盒 .-----	18
4.5. 光学系统 -----	19
5. 大气影响 .-----	21
6. 精度和范围 -----	26
7. 装配和量测的一步一步的程序 -----	30
7.1. 装配测距仪 .-----	30
7.2. 发电机 -----	31
7.3. 量测准备工作 .-----	31
7.4. 操 作 .-----	32
7.4.1. 在测距仪一端的加热时间 .-----	32
7.4.2. 镜子的读数 .-----	33
7.4.3. 光路读数 .-----	34
7.4.4. 一组的完成 .-----	35
7.4.5. 观测组 .-----	36
7.4.6. 观测的安排 .-----	36
7.5. 反射端 -----	37
7.5.1. 平面镜反射系 .-----	37
7.5.2. 球面镜反射系 .-----	38

7.5.3. 稜鏡反射系 .	37
8. 距离計示例 .	40
9. 修理和維護 .	47
9.1. 电学系統的排列 .	47
9.2. 頻率的控制量測 .	48
9.2.1. f_1 的控制和調節 .	48
9.2.2. f_2 和 f_3 的量測 .	49
9.3. 光学系統的排列 .	50
9.3.1. 发送光学 .	51
9.3.2. 接收光学 .	53
9.3.3. 偏光滤波器 .	54
9.3.4. 光 路 .	54
9.3.5. 鏡子的清洁 .	55
9.4. 檢定操作 .	56
9.5. 錯誤設置指南 .	58
10. 其 他 .	61
11. 图书目錄 .	
12. 說 明	
13. 附有部份名称的示意图	
14. 在光电体内的温度、压力湿度和色彩改正数图	

NASM-2A型 Bergstrand 式的AGA测距仪

AGA测距仪是一种以E. Bergstrand 博士在“Arkiv för Fysik”第2卷No.15所发表的原理为依据的。量测距离的光电仪器。

这本技术小册将详述仪器的设计，而且也说明如何在现场使用这种仪器，并举例说明如何取观测值。自从这种仪器的早期类型NAS-1和NASM-2分别于1953及1955年在实际中应用之后已发表了一些关于仪器本身的设计以及在工作中所得到的一些结果。这些文章的名称将刊印于11节中，我们建议研究一下这些文章，特别是最近几年的，因为这些文章将会给出对于大地测量学者很有价值的测距仪的知识。

NASM-2A是NASM-2经改良后的成品。这些改良主要包括有：用光电法以减少光电管的渡越效能；灯座及镜子装置的新设计，以便更易于灯及镜子的对中最终得到更好的延滞电路的温度稳定。这些改良提高了仪器的精度，更便于仪器的操作。

1. Bergstrand方法的一般原理。

距离是以间接法求得的，即测定测距仪发出的光束先经过欲测距离后，然后由末端反射又返回测距仪的时间。因为光速是曾用各种方法精密测定的基本常数，因而对于求得距离则成为简单的事情。

测定时间间隔的原理为略加改变的Fizeau法，图1。

发出来的光束用两片交叉的偏光片和克尔盒来调制。在克尔盒的二极之间加一晶体控制的高频电压，克尔盒的调制性能见图2。

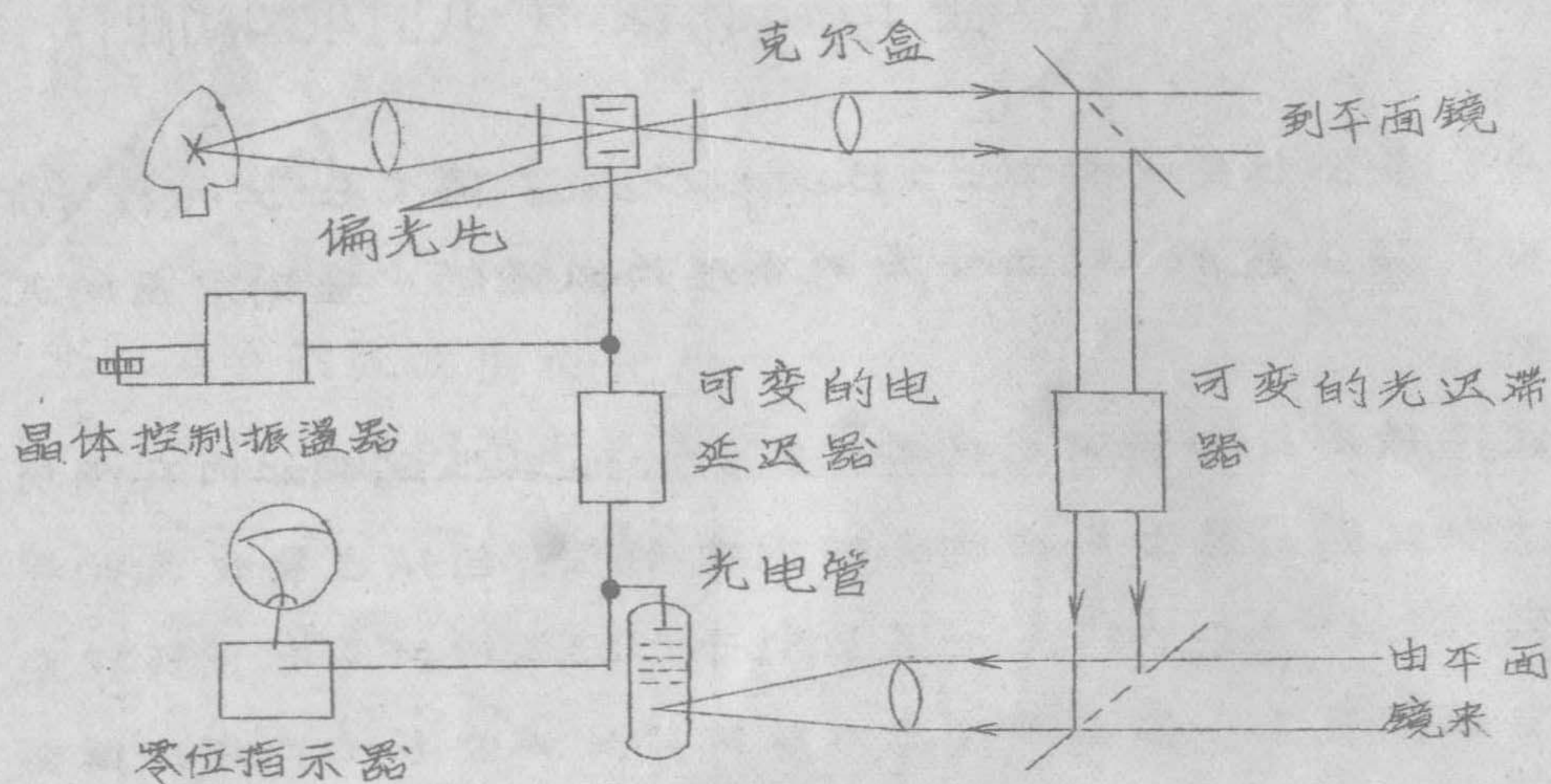


图1 测距仪示意图。

为了得到接近线性的调制，就需要加一偏压，它的最大振幅如图所示。在下面的分析中，假定这种偏压是一低频矩形电压，这偏压的极性一改变就使着光线调制的相位改变 180° ，并且偏压在正半周期和负半周期时的光强度可表示为

$$I_+ = I_0 + I_1 \sin \omega(t - t_1) \quad (1)$$

$$I_- = I_0 + I_1 \sin [\omega(t - t_1) + \pi] \quad (2)$$

式中 I_0 = 常数光强，

I_1 = 光强改变的振幅，

ω = 高频调制电压的角频率，

t_1 = 加克尔盒电压和光强改变间的延迟。

在调制光线离开克尔盒发送器，并已从远方反射器反射回来，就被光电倍增管的阴极所接收，光电倍增管的灵敏度可用在阴极和第一栅极之间加一调制频率的电压来改变。这个电压的延迟用可逐步调节的延迟线的方法改变之，而延迟线备有连续改变的装置。假设当第一个栅极对阴极而言为负时光电管不导电，并且在正半周期时，灵敏度正比于所加的电压。在正、负偏移

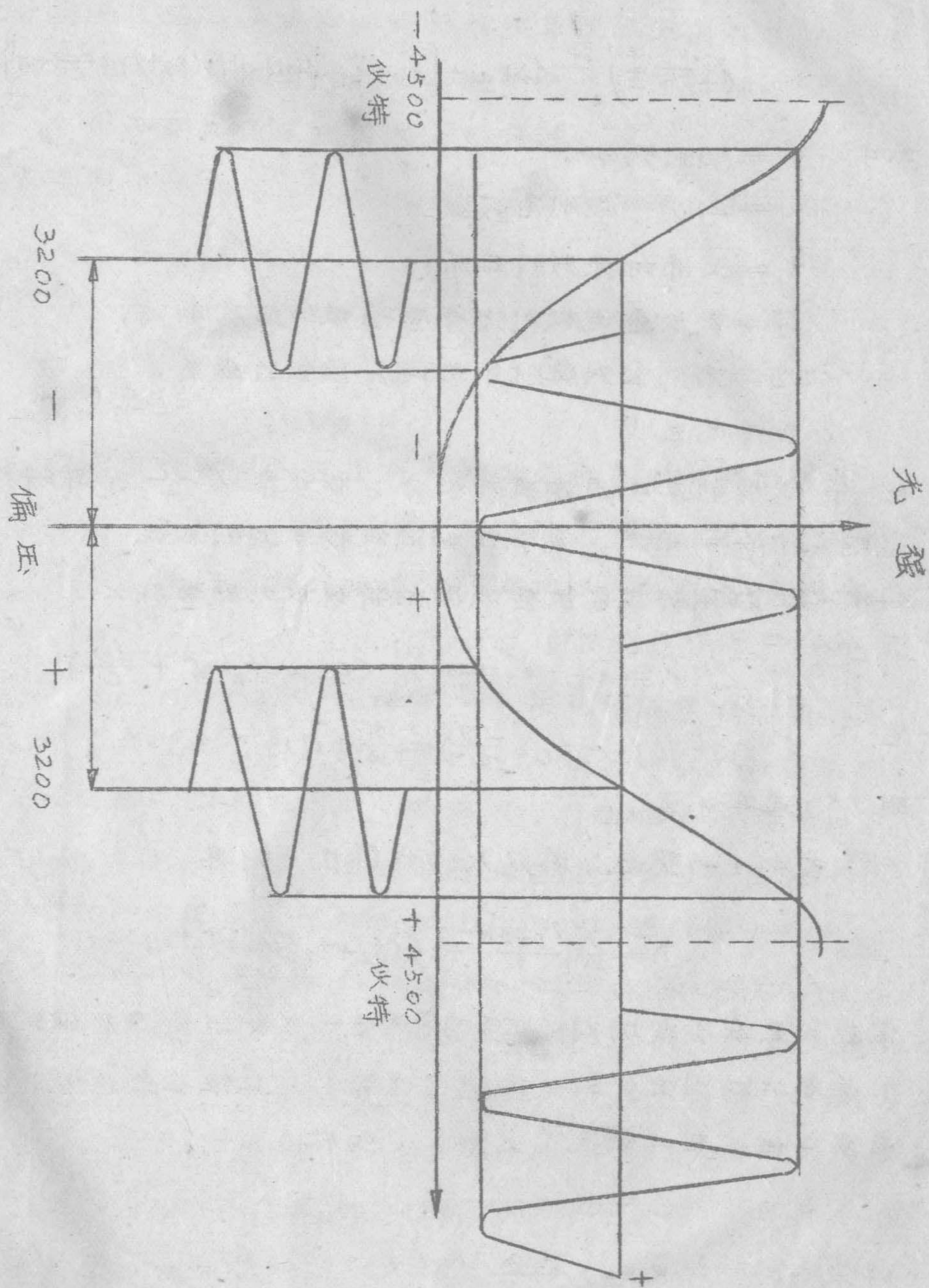


图2 克尔盒的调制性能

期间光电流公式可分别写为

$$i_+ = \frac{f}{2} \int_0^{\frac{1}{2f}} \sin \omega t \left\{ i_0 + i_1 \sin \omega \left[t - (t_2 + t_1 + \frac{2D}{c}) \right] \right\} dt \quad (3)$$

$$i_- = \frac{f}{2} \int_0^{\frac{1}{2f}} \sin \omega t + \left\{ i_0 + i_1 \sin \left[\omega \left[t - (t_2 + t_1 + \frac{2D}{c}) + \pi \right] \right] \right\} dt \quad (4)$$

式中 f = 调制频率,

$\omega = 2\pi f$ = 调制角频率,

t_1 = 上面所提到的延滞

t_2 = 克尔盒电极到光电管阴极的延迟时间,

$2D$ = 克尔盒到反射系光电管阴极的距离,

c = 光速

在 $\frac{1}{2f}$ 长度的正半周期进行积分。积分乘以 $\frac{f}{2}$ 即得所产生的光电流, 而 $\frac{f}{2}$ = 在正、负偏压期间每秒半调的数目。

i_+ 和 i_- 之数用所谓零位检波器的特殊放大器量测之。

$$i = i_+ - i_- = i_1 \frac{\omega}{4} \cos \omega \left(t_2 - t_1 + \frac{2D}{c} \right). \quad (5)$$

若
$$\left(t_2 + t_1 + \frac{2D}{c} \right) = \frac{\pi}{2} + n\pi \quad (6)$$

则 (5) 式等于零。

(6) 式中 n 为整数。若以 λ, f 代替 c , 则得

$$D = \frac{\lambda}{4} \left[\frac{1+2n}{2} - 2f(t_2 + t_1) \right] = \frac{2n+1}{8} \lambda - K. \quad (7)$$

常数 K 是在不变时间延迟带的情况量之已知距离 l 来确定的。这个长度构成测距仪的一部份 (光路), 并能在全长度的范围内连续变化, 在此情况下 $n=0$, 如此

$$l = K - \frac{\lambda}{8} \quad (8)$$

所以
$$K = l + \frac{\lambda}{8} \quad (9)$$

和
$$D = l + n \cdot \frac{\lambda}{4} \quad (10)$$

这四分之一的波长 $\frac{\lambda}{4}$ 对于每一种频率来说为一特征常数，并在以后称为单位长度 U_0 。由公式(10)很显然，距离要确实知道在单位长度范围之内。可是，因为测距仪能判别出单位长度的个数是奇数还是偶数，事实上，祇要知道这段距离在 $\pm U$ 之内。用这种测距仪再量已有大地三角网的边长时，这种情况总是满足的。如果不确定的范围更大，因而就需要用另一种或另二种的频率重复量测。在N4SM-24可用三种频率，并须解以下方程式

$$\begin{aligned} D &= l_1 + n_1 U_1 + dc & a) \\ D &= l_2 + n_2 U_2 + dc & b) \\ D &= l_3 + n_3 U_3 + dc & c) \end{aligned} \quad (11)$$

式中 dc 为与大气情况和距离有关的改正数。假定单位长度是当温度为 0°C ，大气压力为 760 mm ，相对湿度为 0% 和所用光的标准波长时的仪器常数。这样，引进了 dc 一项就能简化计算工作。

在(11)式中 D ， n_1 ， n_2 和 n_3 为未知，因而需要第四个独立条件。这可由下述理由而得。设 $U_1 > U_2 > U_3$ 。所以当距离从零增加时，直至某一距离 D_1 止，所有 n ： S 都相等，这里， $D_1 = n_1 U_1 = n_3 U_3 = (n_1 + 1) \cdot U_3$ 。每把距离再增加一个 D_1 ，差数 $(n_3 - n_1)$ 就增加一个单位。并且还知道 n_1 和 n_3 是偶数或奇数，很显然，仅需要知道距离在 $\pm D_1$ 范围之内。对于测距仪所用的频率($U_1 = 1.0 \cdot 3 U_3 = 7.5\text{ m}$)未定数必小于 $\pm 250\text{ m}$ ，并一般可把距离写为，

$$D = l_1 + dc + m \cdot 500 + n \cdot 15 \quad (12)$$

利用 $U_1 = 1.005 U_2$ 的这个关系，可得另一式子

$$D = l_2 + dc + m' \cdot 3000 + n' \cdot 15 \quad (13)$$

U_1 和 U_2 的组合显然可允许未定数之范围较之 U_1 和 U_3 的组合大到

六倍，並且可能有人要問后一種組合是否必需。緻細觀察一下(11)式無論如何將說明，從實用現象來看是必需的。(114)減(116)得

$$n_1 U_1 - n_2 U_2 = l_2 - l_1 \quad (14)$$

加在 n_1 和 n_2 上加 2，相當於在測定 n 的兩個單位長度的誤差。由此得

$$(n_1 + 2) U_1 - (n_2 + 2) U_2 = l'_2 - l'_1 \quad (15)$$

假定光路誤差是 l'_1 和 l'_2 。合併(14)和(15)得

$$2(U_1 - U_2) = (l'_2 - l'_1) - (l_2 - l_1) \quad (16)$$

上式在這種特殊情況下為

$$2 \times 0.005 U_2 = (l'_2 - l'_1) - (l_2 - l_1) \quad (17)$$

為了達到正確測定各 n 的目的，因而就要以足夠高的精度測定各 l 使差數 $l_2 - l_1$ 不大於 $0.5 \times 7.5 \text{ cm}$ 的誤差。雖然儀器的精度可能是足夠的，但大氣常數的變化可能大得多特別是在長距離或在不利的情況下，足以產生這樣大小的誤差。

按同樣理由， U_1 和 U_3 的組合，容許測定 l 的誤差大到六倍，才引起一個長度倍數的誤差。

所以計測距離的一般程序為：用 U_1 和 U_2 以求得相差在幾個單位長度之內的近似距離。然後在 U_1 和 U_3 的組合將給出正確距離。與以前的僅用兩種頻率的 VASM—1 型相比較，新型儀器可使近似距離的概數有較大的範圍，並使着能夠更可靠地確定單位長度的個數。

2. 測距儀的基本設計。

回到圖 1，現在給出測距儀的一些簡單說明在 4 節中再作詳細解釋。

從白熱燈發出的任意偏振的光經過偏光片后会聚在克爾盒的二極之間。第二片偏光片與第一片偏光片成交叉。僅當在克爾盒

加电压时光线才会通这个系统。调制的高频电压是由高度稳定的晶体控制振荡器产生。还有一从克尔盒而来的同样频率的电压，这个电压经由可调节的电路延迟滞（或移相器）调制光电管，调节后的光线是以凹镜投射到在另一末端的反射系统上，并在反射之后为另一把光会聚在倍增管上的凹镜所接收。可调节的电路相位延迟允许调制电压对进来光线而言造成 $\pm 90^\circ$ ，即零位指示器为零读数的情形。假若这光束不是投射在反射系统上，而是穿过光路器，就有可能调节光路的长度直至以同样的电路延迟得到零读数为止，同样的电路延迟就是当光线投射在远处反光器上的指零所观察到的。用检定过的光路就有可能比较电路延迟的反光镜读数和光路读数的方法间接测定到第一个零点的距离。这样，理论上所有内部误差都被消除而可以得到(11)中的距离 L 。

3. 机械装配。量测和重量。

测距仪包括两部份，装置电学设备的量测部份，和包括有光路和二个大的球面镜的光学部份。用铸成的轻合金框架可得到足够的机械稳定性，在运输时能抗拒震动而不受损害。仪器的两部份在运输时要装在震动吸收器上并放在二木箱内。每一木箱都备有两个手柄以便于二人携带。在使用时，光学部份放置在量测部分之前。连锁装置是使二部分之间有完全固定的相对位置。两块大反光镜是定装在光学部分的框架之内。反射透镜连同它们的对光设备安装在以球链附着在光学部分之前的一横梁上。这就使着全部光学系对于量测部分的位置固定了，因而调节可减至最少为了保护鍍有铝的镜子的玻璃面，在面上加一层很薄的一氧化硅，稜镜和透镜有一层普通的反反射层。

重量和大小	重量	大小 (mm)
a). 量测部分	46 公斤 (108 磅)	880×430×350
b). 光学部分	48 " " (113 ")	870×460×530
能量耗损	准备 (祇加热)	37 W
" " " "	量 测	140 W

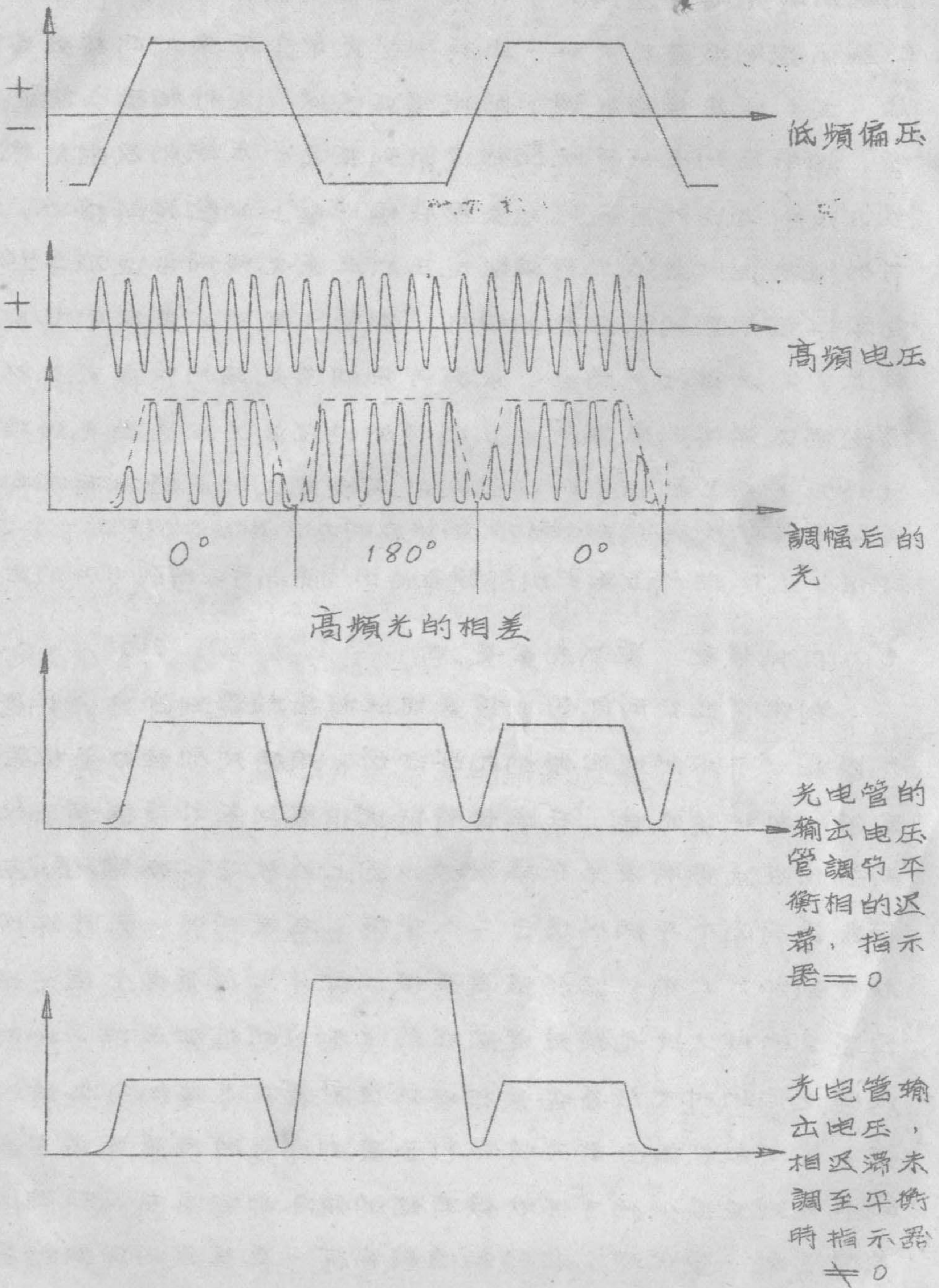


图3 克尔盒与光电管的电压

4、详细说明

光电测距仪由两部分组成：电子系统包含晶体振荡及强力放大部分，作为调变光之用。光电倍增管及附属电路用于指示信号和指示。电流部分供给电子管以需要的各种电压。线路都装在测量单元的內部。光学系统是为了投射调变光到目标上去并把反射回来的光聚到光电管上。另外还有可变的线路也装在机器上以做校准仪器之用，使得精度提高。光学系统的主要部分和线路做在一起装于光学单元内。

4.1 电流

有一个装在机器上的自耦变压器，电压由 230、220、130、120 或 110 伏的 50—60 周变为 220 伏然后供给仪器用。初级功率约为 140 瓦，在电流部分内把交流变为需要的交流电压或直流供应线路，输入分为两路；一路给光流的灯泡而另一路供电子部分，因此在调整光学系统时可以不开电子线路少耗功率。到灯泡变压器 (T-1) 有 0.5 的保险丝 F-4，并有一变阻器 P-1，平常在最大位置灯两端电压用面板上的电压表测量。(电压表分段开关扳到“灯”位置。变阻器可以调动灯丝电压由 3.2—4.2 伏。

上面一次电流有三只变压器，开关排成连锁式，前一开关可以断掉后面电流。这样就不可能在灯丝未加时开高压。

接着开灯丝的开关之后就是灯丝变压器 (T-2)。有三个次圈，其中有两个 6.3 伏，一个是对地平衡供给另指示器和光电放大器，另一个一端通地，供其他电子管、晶体盒、面板和小灯泡。这个电压板在“灯丝”的位置可以量出。在输入电压合适时一般应为 6.3 ± 0.3 伏。这个读数同时也可以看出电流电压的高低。“外用灯”的插口在面板上，也接在 6.3 伏，由“外灯”开关控制。第三个次圈供给晶体盒控制管以 150 伏交流，

(有一端通地)。

继灯丝变压器之后是屏电流变压器(T-3)。经由0.5安的保险丝和屏压开关接到灯丝变压器去。它和克尔盒偏压光电管电流的变压器同装在一只密封充油的盒子里,按在机器的中部。硒整流器也放在这里面。屏电在整流后输入到常用的电容输入式滤波器。〔由 $20\mu F + 20\mu F$ (C-1)和扼流圈(L-2)组成〕。这个电压直接送给强放管和最后一级倍频器,再经过一次用电阻稳压R-14、R-13(它的电压依赖电阻值)组成的光电放大器和另指示器所需的更稳定的电压则由(R-46)和两只稳压管VR 105(V-11, -12)组成。

当屏压加上后,就有一风扇冷却克尔盒。空气进入前经过滤尘器。在清洁仪器时从侧面可以松动螺絲把它拆下来。为了使克尔盒和光电管的温度低,以便获得最好的结果,要经常检查风扇和滤尘器的工作情况。

克尔盒的偏压和光电管电流变压器通过0.5安保险丝“偏压”开关和一个阻流圈接至前面的变压器。阻流圈将在另一处说明用途。

光电管电压由其中的一个次级圈经硒整流而获得。滤波是电容输入(C-2)。稳压电压由电阻(R-10)和14只NE-51辉光管来取得。电阻(R-50)和电容(C-3)则作更进一步的滤波。电阻(R-60)保证辉光管在低电压或衰老时能起辉。

另一次级送交流给克尔盒,两只电阻(R-51)和(R-52)限制最大电流在安全值。

由于光电管滤波器是电容输入式,初级电流只在被整流电压高于电容器的电压时才有,而是一串脉冲。这些电流脉冲在初级扼流圈上造成降压,因此初级电压被切去了峰顶。这个切

割的程度視扼流圈的阻抗电流的大小而定。适当的取舍数值可以获得一个梯形初级电压，在每半周中平顶约占70%。峰值是3200伏，以便克尔盒工作于电压光强曲线的直线部份。

“光电管”开关把负载连到整流器，平常应总在“开”的位置。由于滤波器的时间常数很大，放电慢，用仪器时必须注意。在刚关掉变压器电压以后，光电管不能见强光。“光电管”开关只在校对仪器的运用数据时才可以关掉，这一关将在使用维护一章里谈到。

4.2 晶体振荡和功率放大器

由于测距的精度不能超过频率的精度，所以对于频率的稳定性要求很高。因此振荡器是由晶体控制的。晶体工作于四分之一调谐频率。后者是 10mc/s 晶体便是 2.5mc/s 。事实上只有一个晶体是准确的 2500KC/s ，其他两个（装在一个玻璃泡裡面）频率各高出 $\frac{1}{2}\%$ 和 3% 。为了避免环境温度变化所产生的影响，把晶体放在恒温室内用接触水银温度计（Q-4）保持在 $+50^\circ\text{C}$ 。因为电流很小（约2微安）避免了水银的变质，所以延长了接触温度计的寿命。这方法是这样做的：控制恒温加热的继电器（T-10）由（V-6）EL42的屏流来磁化，它的屏压由灯丝变压器（T-2）的一个单独线圈来供给，电容器（C-38）滤去交流成份和电压波动。在接触打开时，在电阻（R-1）上只有很低的偏压加于阴极，所以屏流足够使继电器吸住，这时加热电路接通，同时面板绿色指示灯也亮了。当温度到达 50°C 时触头闭合，栅压实际上是0，因为这时R-4只有 $100\text{k}\Omega$ 远比（R-3） $=2.2\text{Meg}\Omega$ 小。有效栅偏压是由阴极（R-2），（R-1）相串的阻值来决定，它使屏流小到足以使继电器（T-10）放开。这部分时间是由红色灯表示。加热丝被断开，温度开始下降，直到接触头重新断开为止。然后又进行下次循

环。

加热的平均功率由环境温度决定，每循环需 30—60 秒，看温度计本身的特性而定。最大功率是 8 瓦。在 20°C 的时候约需 2.5 瓦。断开时间约为加热时间的一倍。

当面板指示灯开始由红变为绿时，温度计平均温度是 50°C ，但由于晶体放在真空内，晶体的温度将迟于盒内温度的变化。这个延迟一般比例于恒温盒壁的加热时间和温度计的加热时间。测定从开始到第一次灯光变换的时间，就能大约估计晶体到达正确温度的时间。晶体的全部加热时间约为恒温盒的加热时间的 150%。若灯光在 20 分钟以后开始变动，则晶体将在再过 10 分钟微到达恒温。但是在后一段时间内晶体频率的变化很小对初测并无影响（相对频率变化的量级是 1×10^{-6} ）。

晶体振荡是用所谓 Colpitts 式线路，回输是经由电容（C-5）和（C-4, -9, -26）来供给的。这些电容的值比常用者为大，以消减管子参数变化对频率的影响。由次级栅极所产生的自动振幅调节使得激励减小，以增进频率稳定性。管子 V-2 没有阴极偏压，故栅极的高频电压在栅漏电阻（R-8）上产生一个直流电压。这个电压又回输到振荡管栅极，其间，（R-9）（C-7）组成一个低通滤波器。这样就使高频电压既有小的振幅（约 0.2V 有效值）而又具有稳定的起始条件，并且栅负压也相当大（约 2V）足以防止栅流和晶体的过荷。

在 NASM-2 中振荡线路和早期的 NASM-1 相比，只有无关紧要的变动。虽然频率稳定度已经合乎要求，但一些使用人建议其中一个频率应能与国际标准频率重合在 10mc/s 上。如华盛顿的 W W V，英国的 D. C. 或 Rugby。那样就能随时在野外进行必要的校准。因此其中一个频率可以用可变电容器（C-26）校准。这个电容是在频率转换开关板在 f_1 位置时接

入线路的，所以 f_2 和 f_3 不会受它的影响。电容器端有旋鈕、度盤和一个摩擦式鎖定裝置。旋鈕位在光流灯之下，在調整时必须打开蓋子。关于如何校准 f_1 和測量 f_2 ， f_3 的問題将于 9.2 节談到。

振盪管屏路的线圈 (T-5) 調諧到約 2535 KC/S，就是说在三个周率 2500，2512.5，2575 KC/S 的中点。Q 值是相当低而 L/C 比值卻高，这样就結合了低选择性和高增益两个方面的特点。

(V-2) 管 EF-42 的屏路有两个迴路，(T-6) (T-7) 调到 5070 KC/S。线路交连用 (C-11) 并且这样选择，使得响应曲线是双峰的；也就是对于中点周率的增益小于波带边界频率的增益。这样做的目的在于使放大器的响应比单个迴路的响应来得平。由于屏路調在两倍于栅极输入周率，故对于二次谐波的阻抗远大于基波，因此输出只有两倍于晶体的周率。于是得到二倍频率，同时功率也增大了。

另一个二次倍频在 (V-3) 0E 04/10 管产生，它的屏路 T8 調在 10.15 MC/S。它与强放栅极有对称的感应交连 (T-9)。强放用推挽放大，栅极输入有 180° 的相差，屏极输出亦是这样差 180° 推挽放大供给克尔盒有效值 1000 伏的高频电压，前面曾提到在光通过电极时，这可以获得 100% 的調变。克尔盒的电容量約 13 PF，等效串联电阻約 4 几，因此对高周的阻抗是相当高的。屏极电容 (C-21)、电感 (L-8) 和克尔盒，三者组成所谓 π 滤波器，这样接可以将高周电压升高。

线路調諧用 (C-21)，在变周率时和加热期间，必须調动。克尔盒的电容也是調諧电路的一部分，它会随温度而变，因为硝基苯的温度係数很大。这个变化可以随时調动 (C-21) 来抵消。克尔盒线路是否正确調諧，可以由面板上“克尔盒調諧”来看。这一部分是从調諧线圈交连一部分高周经过整流而

指示的。(C-25)(R-22)组成低通滤波,以除去高周。

高周扼流圈(L-4), (L-5)(C-22)(C-23)一起组成低通滤波器,以便于克伦盒的交流偏压之用。也同时防止高周走入其他线路。

面板右面“控制仪表”带有一根电缆,有两个头。把它插入底板上标有V1、2-----V8,9,等孔能测出屏极、阴极电流;以与图上数字相比。用了一些固定分流电阻以便满格读数符合上面的标示例如“5”表示满格是5毫安,而必须用表上对应的这一条来读数。每一台出厂的光电测距仪都附有一个正常情况下表的读数的记录,注明那只管子是多少。同时也给云在一些校对点的高周电压和直流电压的测量数值。

4.3、光电倍增管、前置放大和另指示器。

光电倍增管用束把由接受光学系统聚到它的阴极上的光信号变为电的脉冲再送到前置放大器去进一步放大。在另指示器里使电流脉冲与加在克伦盒上的偏压波形相比。比较所得的结果由“另指示器”来表云。

光电倍增管用IP21型,在这管子里,初次电子离开阴极,(约几百个光子产生几百个电子),并且受到第一个反射极的高周电场的加速。反射极由具有二次放射的材料制成。每一个打到反射极的电子能产生几个(平均3-5个)二次电子。适当的采用电极的形状、安排好电极位置和电场分佈(静电场聚焦),电子的轨道会顺路跑到下一个反射极。于是电子经过了所有的九个反射极,以致最后的屏流比阴极增大几十万倍。屏极电路主要是一个高电阻,因此电流将在它上面产生电压降,这个信号被送到前置放大的栅极,使前置放大所受到的电压直接比例于光子数,也就是光程度。只要第一反射极的电压是正的就会有屏流,而且大小比例于光强和阴极——第一反射极