

无綫电与測繪

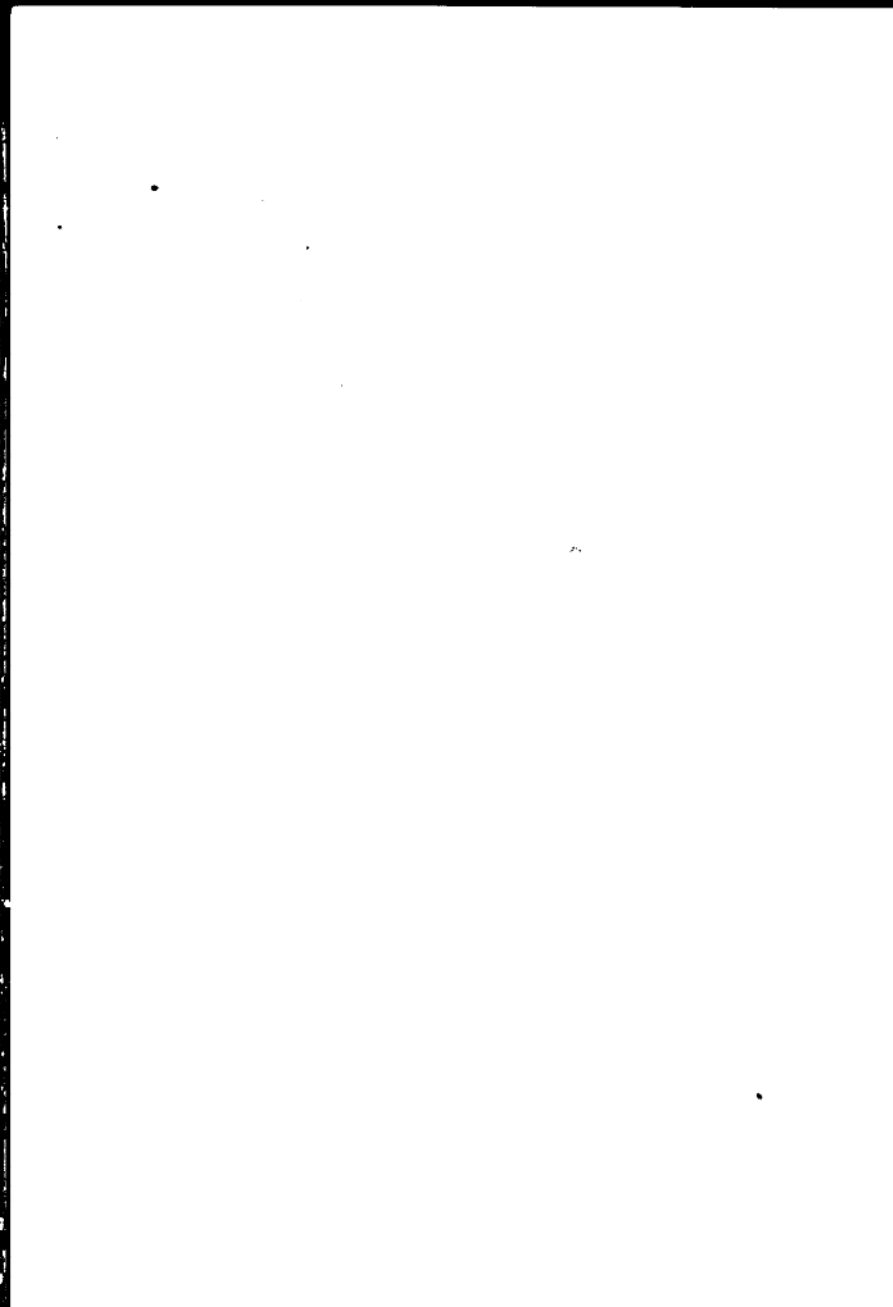
出 版 說 明

目前，无綫电技术在測量上的应用正越来越广泛。无论大地、航測或制印等新技术的研究和革新都与它有密切的关系。除了电子计算机、光电及微波測距和空中雷达应用于大地、航測外，电子自动制圖的技术也引起了人們極大的兴趣和关心。我們这本小冊子系根据現有部分国外資料編譯而成，供我局內部参考。同样性質的資料我所以后将陆繼收集編譯出版。

1960.8

目 录

无线电电子学与测量	3
电子测距的现状	10
用光速测距导线建立国家大地网的经验	45
关于制造中等精度光速测距仪的科学 工作及其使用经验	55
波导杆在微波测距仪上的应用	74
微波测距仪及其实验结果	79
美国在南美的微波测距导线测量	95
由飞机发询问脉冲的测距系统	96
空中雷达系统	107
发展中的军用测量仪器	109
微波测距仪器的新发展	114
电子印刷	120
东方文字照象植字机	121
电子阅读机	122
自动制图	123



无线电电子学与测量

[苏] A.B.康特拉什可夫

——为纪念 A.C.波波夫诞生一百周年而作——

1959年3月16日，是俄国偉大科学家亚历山大·斯杰潘諾維奇·波波夫誕生的一百周年紀念日。波波夫的發明在人類所積累的电学知識的基础上产生，同时又推动了另外一門重要的科学技术——电子学的发展。

无线电工程和电工学在其共同发展的过程中，是如此紧密地結合在一起，以致离开了其中一个的成就和发展，也就談不到另一个的成就和发展。

但是在沙皇时代的俄国由于技术和工业的落后，波波夫的發明所蘊藏着的巨大可能性不可能得到实现，只是在十月革命之后，无线电电子学才获得了广闊发展的余地。在开始的时候，无线电电子学只用在通訊工具上，后来才逐渐地滲入到各种技术部門和工业部門中去，为这些部門的飞跃发展創造了条件。同时，它又被广泛地用来研究各种自然現象。无线电电子学所以能被广泛用于技术、工业和科学研究，都是因为电子仪器具有把一种能变为另一种能的本領，它們具有非凡的灵敏度，能够大大增益电压和电流，并且进行各种各样的变换。

快速、无慣性、控制（包括搖控）灵活，是电子仪器的宝贵特性。

目前，已經根本找不出一个不采用无线电电子学的科学技

术部門，而且某些科学技术部門的出現离开了它則是完全不可能的。如果沒有无綫电电子仪器将人造卫星和宇宙火箭引上軌道，它們就无法发射出去。天文学上的一根新枝——射电天文学的发展更应归功于无綫电电子学。

电子計算机目前正在使数学及其他一切需要处理和利用大量信息的技术，知識部門实现一个轉折。

在人类掌握新的能源——原子能的事业中，无綫电电子学也起着巨大的作用。

此外，无綫电电子学也正在越来越多地使用于医学和生物学。

无綫电电子学的胜利发展也影响到了測量科学和測量技术的进步。測量科学的成就目前已在很大程度上有賴于无綫电电子学。它在測量中的应用开始于地面点天文坐标的測定工作。測定地表面点的天文坐标，不仅为确定大地起算数据、檢查三角測量和导綫測量中的角度測量所必需，而且也為获得有关地球形状和大小的精确資料，以及通过天文大地和天文重力水准測量获得大地水准面所必需。

測定經度是实用天文学中一个最困难的任务。在无綫电通訊未发明以前，測定經度的方法是在数个地面点上观测同时看見的天象，搬运时表和接收有綫电报訊号。但是这些方法的精度低，费时大，而且不可能在三角网中更多地和按照全国統一的理想方案布置天文点。采用了无綫电通訊方法之后，就能够用測定緯度一样高的精度測定經度，根据科学的方案在三角网中进行天文測定工作。

利用无綫电通訊术可以組織广泛的授时网；各授时台的联合工作能保証以誤差小于 ± 0.01 的精度获得格林威治时号。这样高精度的時間及其訊号之所以能够获得，就是因为在授时

台的各个工作环节上采用了无线电电子装置。

原来，授时台工作中最困难的一环就是用天文观测来测定时间，因为这种观测常带有明显的 ± 0.02 的人差。采用照相记录方法摄取恒星通过子午仪目镜丝的时刻，就能使这个误差减小到 $\pm 0.005 - \pm 0.008$ 左右。

利用摆钟保存时间具有 ± 0.003 左右的周日差，因为摆钟对于震动和碰撞很敏感。无线电电子学给授时站装备了钟速变化不超过 ± 0.001 的石英钟，最近几年来又装备了钟速变化更小的原子钟。关于时间的信息，也就是各种各样的时号，也都用无线电发送。

授时台上的其他一系列辅助工作，例如验时和比较用来保存时间的各个天文钟，也都要靠无线电电子装置来完成。授时勤务在利用无线电电子学后所获得的工作成就，不仅大大提高了三角测量中天文测定的精度，而且可以发现地球旋转的不规律性；而这种发现可为地球物理学家提供珍贵的资料，以便更加全面地研究我们借以生存的这个行星。

在提高经度测量方面所取得的成就，使我们有可能通过定期测定许多地面点经度的方法，来确定地球的形变。

为了获得不同地面点的重力加速度值，也必须测定时间。

在全国范围内建立精密重力网时，要求在大量地面点上精确地测定时间；这种测定工作也必须由授时台的活动及其所发送的无线电时号加以保证。有了精确的时号，就可以大大提高摆仪相对测定重力加速度的精度，并且减少点上观测的时间。如果利用石英钟代替天文表，则更能够提高重力测量的精度和提高重力测量的速度。这样的石英钟在有些地方已经开始应用（如国立施天堡天文研究所的重力研究室）。在进行海上重力

測量時，由於時間有限，測定鐘速經常遇到困難，因此具備一種日差高度穩定的鐘表，就顯得特別重要。施天堡天文研究所正是為了這個目的才創造了那種專用的石英鐘。

大家知道，為了絕對測定重力加速度，必須測量重力擺擺動的長度和周期。但這種測量的精度受到了限制，其基本原因是擺刀——擺墊系統（因查考不到，僅就原文直譯——譯者）的一種複雜現象。由於上述原因所引起的誤差難以消除，最近幾年來人們就不得不轉向用衝擊法來作重力加速度的絕對測定。這種方法的基礎是測量落體下落的路線和時間，因此需要製造一種能夠精確測定落體經過的路線及一個非常短暫的時間的儀器。目前，這種儀器已經由全蘇計量科學研究所利用電子學原理製造出來，並已成功地用於絕對測定重力加速度的工作。他們利用自由落體和非自由落體的方法測定重力加速度，誤差僅為 ± 0.0016 厘米/秒² 和 ± 0.0020 厘米/秒²。

利用晶体振蕩器測定三個迴轉擺的振動周期，一共費時 17 分鐘，獲得的精度為 $1.1 \cdot 10^{-7}$ 。

目前，用衝擊法測定重力加速度的國家有英國、法國、加拿大、西德和美國。

目前，基本的重力測量工具是重力儀。最近幾年來，重力儀的靈敏度和精度所以能提高幾十倍甚至幾百倍，其原因就是在儀器內部採用了電子裝置。以電子學為保證的現代重力儀的高度靈敏性，不僅能保證測定重力，而且能保證測定由於地球內部的變化和天體影響所造成的重力值的變化。也是無線電電子學，使一種在水底測定重力，但由水面進行控制的獨特重力儀的製造成為可能。

曼捷耳施塔姆院士和帕帕列克西院士共同提出了無線電波的干擾檢查法，利用這種方法測量地表面上空無線電波傳播的

速度，并将这种方法应用在远距离测量中，从而产生了一种测量距离和确定地面点坐标的独特方法，为无线电电子装置应用于测量奠定了基础。根据他們的建議所制造的一种仪器，目前正在水文测量、小比例尺测图和地质勘探中应用，从而縮短了完成工作的期限。

像加拿大那样，把为了建立大地控制而采用的紹兰和希兰雷达测量系統，与航测相結合，能在短期內完成大片領土的制图工作。

利用无线电电子装置，可以实现各大陆間三角网联测。目前，美洲和欧洲的三角联测即已开始。

测量长度从来就是大地测量中最費时最麻煩的工作。但是无线电电子学的发展，为测量工作者带来了光电测距仪和微波测距仪，大大簡化和加快了长度的测量。无线电电子学在这方面成就的惊人程度由下面的計算可以看出，测量比 $2 \cdot 10^{-4}$ 秒还要短的时间，其绝对誤差竟可达 $2 \cdot 10^{-10}$ 秒左右！

光电测距仪与微波测距仪的出现，使大力提高基本三角测量的精度成为可能，并使一种非常灵活的控制测量的方法——精密导线测量重新获得了生命。

即使在普通的测角三角网中，无线电电子学也获得了应用。测角仪器中加上光电视准装置，在目前已能使三角网中的角度测量誤差限制在 $\pm 0''.4 - \pm 0''.9$ 之內。采用光电视准装置，可以利用光輻射中的紅外部分以及由此而产生的全部有利条件，来进行角度测量。

在测量工作中采用无线电通訊联络，能显著簡化作业組織和作业领导。現有的資料表明，采用这种方法还可以提高劳动生产率 20% 左右。

一种体积不大但能够記下大地測量結果的磁帶記錄机，为

實現以下理想提供了現實的可能，這就是使測量的結果具有一種最便于在電子計算機上處理，和最便于實現測量工作全盤自動化的形式。

無線電電子學不僅為創造測定平面位置的新儀器提供了可能，而且也為制造加速高程測量的自動電子測高儀提供了可能。隨着這些儀器的進一步改進，毫無疑義其精度也會得到提高。

採用電子計算機處理大地測量成果，不但顯著減輕了這些工作的負擔，而且能在很短的期限內完成這一工作。測量專用電子計算機里裝有典型的測量計算程序和用表，不僅能在平差計算中，而且也能在基本測量和普通測量的其他計算中，代替許多人的勞動。

無線電電子學也影響到了航測的發展。航測中，利用無線電導航裝置和無線電測高儀確定飛機在飛行時的位置，明顯的降低了对地面控制點密度的要求，並有可能在短時間內測出大塊領土上的較大比例尺的地圖。

用航空攝影測量的方法加密圖根網時，用無線電測高儀就能夠採用要求大地網點較少的加密方法。

在攝影測量儀器中採用電動的和電子的解算裝置，可以在建立輻射三角網的作業中逐步取消圖解法，而全部代之以解析法。

電子裝置可以消除航攝軟片的缺陷，使以後的作業不受其影響。

此外，還應該提到的是：目前，某些國家正在研究在航攝時將地面變成電象，再用电視將電象傳給地面站，然後由地面站將其制成普通像片或直接用于制圖。此外，還在研究用磁帶記錄航攝結果，然後通過一系列電子裝置將記在磁帶上的影像編制成地圖。

无线电电子学也正在逐步地渗入到制图技术中去，如制造专门的电子绘图工具和电子印刷装置。

在测量中利用无线电电子学是势不可挡的；这个过程发展得愈快，测量理论和测量实践的成就也就愈大。我们不应该认为将无线电电子学应用于测量科学和实际作业是一种与测量工作者无关的任务。无线电电子学的发展，它的应用范围的日益扩大，要求各行各业的专家，都来研究无线电电子学，只要他们的专业的发展前途涉及到这门科学的利用问题。他们应该一方面自己进行研究，一方面同无线电专家合作，共同寻找在本部门利用无线电电子学的具体道路。

无线电电子仪器日益广泛地应用于测量工作，以及这种应用的发展前景，要求我们除了要大力传授测量方面的专业知识外，在干部的培养方面，还应该加强无线电电子学知识的教学，并且在测量科学研究工作中更加广泛地利用无线电电子学的成就。

译自“莫斯科测绘学院

著作集” 39 期

（1960年）。

译时略有节删。

电子测距的现状

关于华盛顿专业座谈会的报导

作者: W. 豪卜克

1957年, 国际大地测量学会在加拿大多伦多举行的第九次全会上, 决定组织一个专业座谈会, 从事电子测距方法的研究。该会在当年5月5日至12日在国际大地测量学会三角测量组主席安顿尼·麦鲁西 (Antorio Marussi) 教授的主持下在华盛顿召开。由国际测量学会第一副主席查理 A·威顿 (Charles A. Whitten) 进行组织和担任主席。会议厅设在美国海岸大地测量局上级机关美国商务部的大厅内。在大厅的前厅里, 由美官方机构和公司以及芬兰大地测量研究所展出一部分仪器。为了进一步获悉这些仪器的使用及操作情况, 曾经参观了工程研究和发展实验所 (Engineering Research and Development Laboratories) 的所在地拍弗尔堡 (Belvoir)。这些以及其他地方都配备有不同型号的光速测距仪和微波测距仪。

在这方面研究工作的项目是非常广泛的。会议获悉了电子测距的物理基础、测量原理、经验介绍、计算方法、发展趋势以至将来的展望。这篇报导既不可能详尽地把这些问题都来介绍, 倒不如对它们作一概括的总览。

物 理 基 础

一般說来，电子测距可解釋为時間的測量。在电子测距时，測出电磁波在一段距离上往返的时间，我們就可以得出距离：

$$2S = C \cdot t$$

式中 C 为电磁波在大气中的速度，而 t 为測得的时间。因为这里所经历的时间非常短促，所以它的測定就必需相应地要有一个很精密的单位，这个单位大致就是 10^{-9} 秒。这样微小时间单位是由电磁波振动周期的特性来提供的。时间的度量永远和频率的标准有密切的关系，所以时间的測量可以归結为频率的測量。但在技术上适应于任务的要求（譬如：作用半径，精度，明确度，直接距离測量，或者是用双曲线系統或截弧法作双向定位），有各种各样的解决办法。在这些技术問題的解决办法上，除了各个方面都已经获得一些进步以外，座谈会尚未能取得共同的結果。为此在下面必須就每个方法来介紹。

大气情况对电磁波傳播速度有影响在所有的都是共同的，只是这种影响对不同的方法有所差异。光纖路徑上任意一点在大气中的光速等于真空中的光速与空气的折射率之比：

$$C = \frac{C_{\text{真空}}}{n}$$

式中 n 以空气的密度（或密度的元素：温度、气压、湿度）来表示，并有下列的光譜关系式：

$$n = f(T, B, e, \lambda)$$

这就是华盛顿国家計量局（NBS）关于电磁波的傳播所研究的一部分問題。国家計量局关于大气干扰对微波傳播时间的影响的报导在这里有着根本性的意义。

湯姆 (M. C. Thompson) 认为：測綫上整个光綫路徑的实际折射率，應該严格地定义为以下的积分中数：

$$\bar{n} = \frac{1}{S} \int_0^S n(x) dx$$

但当气象数据只在某几个地点（或只在某几个不同高程处）测定时， $\bar{n}$ 是通过

$$\frac{1}{k} (n_1 + n_2 + \dots + n_k) \neq \bar{n}$$

来表示的，如果气象数据只在測綫的两端点上测定，則 $\bar{n}$ 通过下面非常概略的公式来表示：

$$\frac{1}{2} (n_1 + n_2) \neq \bar{n}$$

在光綫路徑上的空气层相差非常悬殊的情况下，这样所产生的誤差可能是很大的。这一点可以由夏威夷群島毛易島 ($B=20^{\circ}45'$, $L=156^{\circ}15'$ 西) 上一系列实验的結果来証明。1956年11月6日至9日，我們对该处长約25公里的距离每小时測一次（图1）。我們所選擇的时间 and 地点，是要使气温和湿度都相差悬殊，以及对电波的傳播有极大的干扰。此次实验的图解（图2）表明：即使加了气象改正，空气的状态对观测結果的影响仍非常强烈，特别是当我们只在測綫的两端点观测气象因素时。当然这是一种不寻常的情况，在平地上是不会有有的。

这种研究一共进行了四年之久，在研究中我們設計了一种能指示小于1微微秒的傳播时间变化的仪器，同时創造了微波折射仪，这种仪器能够测定折射率，其精度达到小数第7位的若干个单位。因此可以想像，在匀质的空气中測量距离，其精度現已超过 10^{-6} 。但是，由于我們对于大气干扰的知識目前

还远远不够，只好把野外测量的精度限制定为 $5 \cdot 10^{-6}$ 左右。因为从另外的观点来看，大气的干扰现象也有着重大的意义，所以国家计量局正在对它作进一步实验和理论上的研究。

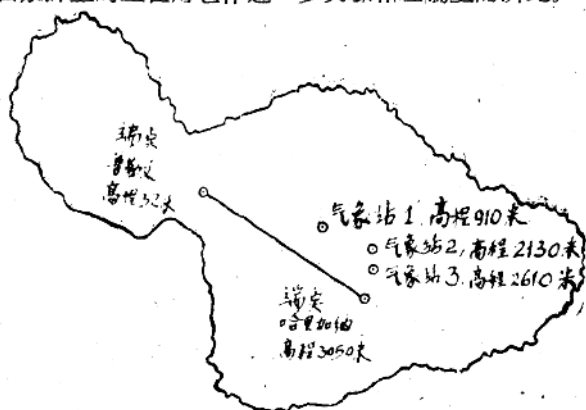


图 1

在毛易島上的实验位置略图

用距离变化表示的传播时间变化

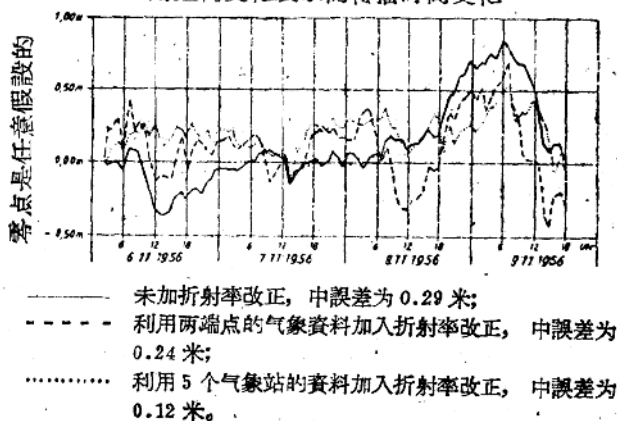


图 2

对于电子测距的物理基础，卡魯司（*A. Karolus*）作过另一次报告。他一生中对于光电方面的物理研究卓著成效，在报告中申述了根据目前情况改进电子测距法的可能性。他的建議經過了热烈的討論，因該文已曾用德文出版（巴威尔科学院論文集 *Math. Nat. W. Klasse* 92 期），茲不贅述。

加拿大采用紹兰系統和希兰系統的情况。

在此次坐談会上，加拿大的代表勞斯（*I. E. R. Ross*）作了关于目前已完成的加拿大紹兰方案（图3，略）的报告。整个紹兰网分成两部分，它們的觀測方法不同，而且是分成两次平差。加拿大在 1949 至 1955 年間曾用战时的紹兰装置进行了測量，紹兰网从加拿大南部的固定点开始一直延伸到北极海岸。在此範圍內，已于 1956 年进行了局部的平差。此后在 1956 年—1957 年間又成功地采用了更为精确的希兰方法。除了三个点留待 1958 年补測以外，整个网均用此法来觀測。这种网現在已布滿了北极島屿，到达北緯 82° 处的“雾湖”点，同时在格林兰島上也建立了两个測站。平差計算符合于第一部分最北面的各点上。

格林兰边的长度和方位角与美国陆軍制图局所用的数值接近。

整个网的平差改正数平均为 6.5 米或 1:56000，第一部分的平差改正数略大，为 10.5 米或 1:36500，第二部分因使用了精确的方法所以比較小，为 4.7 米或 1:77000。

中間用三角測量法所測定的两个紹兰点，其位置誤差为 5.5 米和 9 米。距最近的三角測量起始边距离达到 1300 公里的北方各点，其位置誤差最大的为 25 米。这里假定一年的校准誤差可以部分地相消。

勞斯认为，如果設立更多的測站使边长較短的話，由于許多边相交，可以提高网的强度，从而用希兰法就可能达到 1:100000 的精度。为此，观测边与几何上必要的边之比应为 3:1，但在加拿大的紹兰网中只达到了 2:1。

一等三角測量决不能放弃。根据长远的规划，为了在三角网中逐渐加入更多的紹兰雷达站，加拿大的三角网将继续向北方扩展。目前已经有两条鎖在施测，到 1959 年年底，这两条鎖可以为三个紹兰点提供更好的数据。随着时间的推移，紹兰网将被三角鎖分割成許多部分，其中每一部分将只有少量的紹兰点。这种小网重新平差之后，就可以得出目前尚待估計的距离系統誤差以及远距离的紹兰站的位置誤差。

加拿大的三边測量首先是作为 1:250000 摄影測图的基础而建立的。目前紹兰法是用作航摄时的飞行定向。航摄时，它連續測定飞机至两固定紹兰点的距离。在固定紹兰点个数不足的地方，必須事先插入“穿过直綫”法的中間点。

基本的摄影飞行构成一般按主方向（即东南西北）定向的垂直摄影航綫构架网。此构架网中每一方框的长为 30 弧分，寬 20 弧分。每第三条东西向的飞行位于整度数的緯圈上，而每第二条南北向飞行位于整度数的經圈上。在沿海岸及北极各島的整个范围内，摄影航綫和海岸綫一致，故不宜按此規則划分。

因摄影鏡箱和紹兰記錄器鏡箱的快門可以同步启閉，所以很容易立即获得摄影点的坐标。利用多倍仪測图时，这些坐标就可以标示出各投影器所据以定向的像底点。这样一来，我們就有了表示投影器透鏡垂直光綫的方法。

在多倍仪上构成立体模型至少需要 4 張連續拍摄的像片，并且还要用外垂点来定向。內业測图时投影的像底点与計算出来的像底点，两者相差不得超过 20 米。否則，就必需改进定