

全國測繪科學技術經驗交流會

技 術 資 料

第 十 一 冊

實際設計的無線電控制測量鎖的結構精度

利用具有平行玻璃板的水准儀跨越河川障

礙物傳遞高程

旁折光對城市導線水平角觀測精度的影響

測 繪 出 版 社

实际設計的無線电控制測量網的結構精度①

§1. 在廿世紀的卅年代，为了軍事的目的，出現了无綫电定位的新技术。并且，在第二次世界大战和战后的年代里，无綫电定位的技术繼續获得了迅速的发展。应用无綫电导航系統，可以迅速地决定目标的坐标，求出兩点之間的边長；并且，測量的成果又具有一定的精度。这个事实，引起了測量学者們极大的兴趣。經過了測量工作者的努力，在測量作业中出現了一門新的技术，这就是无綫电控制測量。在現在，这新的技术在許多国家中已經被廣泛地研究着和逐步使用到生产作业中去。

在困难地区和勘察甚少的地区，无綫电控制測量会比三角測量和導綫測量經濟許多倍。例如在我国的西藏，在西北和西南的一些地区編制1/10万和1/50万的地形图时，使用无綫电控制測量以建立平面控制的基础。这無論在時間上或經濟上都是有利的。而为了軍事上的目的，当必須測制敌占区的地形图以供指揮員参考或使用时；或者，需要較精密地决定敌縱深內重要目标的坐标时，无綫电控制測量更可以完成三角測量或者導綫測量所难以完成的任务。

无綫电控制測量網的特点就是它是測边的，而且边長在200—300公里。但无綫电控制測量網的設計和測角的三角網一样，它必須要考虑到下述的条件：

測区的自然地理条件；

航攝工作对无綫电控制測量網的要求；

技术要求和所使用的技术能力；

图形的强度最好而推进比最大。

当然，在設計中我們可以設計成各种形式的控制網式控制網。但

①本文是原設計的詳細摘要，設計中的若干部分略去。

研究和分析的結果給我們指出了：使用單鎖形式的控制鎖要比使用連續的控制網有利得多。

本設計要解決的問題是：在我國某地區 $\times \times \times$ 萬平方公里的面積上，為保證 $1/10$ 萬比例尺測圖的平面控制，敷設無線電控制測量鎖和起算邊。並對所設計的無線電控制測量鎖作出幾何上和經濟上的評價。同時，將無線電控制測量和三角、導線測量的效率作一比較，從而得出必要的結論和建議。

在設計中沒有涉及到航攝的平面控制問題，也沒有涉及到高程的保證問題。

在設計中，我們使用的是Шоран類型的無線電導航系統。它的全套設備包括飛機場和若干個地面站。在進行控制測量的同時，進行氣象觀測。

航測工作區的決定，在圖上設計中採取圖解的辦法。因為圖解法很簡單而且準確。同時，為了在設計時作參考我們又作了一個計算：

設導航系統的最大作用距離為 D ，地面站的距離為 S 。

$$S = KD \quad (k \leq 1)$$

若決定飛機場坐標的允許交會角取 $\alpha = 30^\circ, 150^\circ$ 時，則 k 值和航測工作區的面積 Q 有如下的關係：

k	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
Q	$1.05D^2$	$1.29D^2$	$1.37D^2$	$1.58D^2$	$1.61D^2$	$1.11D^2$	$0.95D^2$	$0.54D^2$	$0.21D^2$

可見，取 $k = 0.9 - 0.6$ 時，是最有利的。因為這時地面起算邊所能保證的航測工作區面積為最大。

其次，對無線電控制測量鎖的推進比問題，也作了一個計算：

假定鎖長 $L = 1000\text{km}$ ，導航系統的最大作用距離 $D = 250\text{km}$ ，地面站距離 $D = 200\text{km}$ ，圖形採用大地四邊形，則有下表之結果：

表中 $1/P_1$ 及 $1/P_2$ 為鎖長縱橫向誤差權倒數， $1/P_3$ 為最弱邊方位角誤差權倒數。由下表可以看出：設計無線電控制測量鎖時，圖形推進比最好選擇在 $k = 0.6 - 1.2$ 之間。因為這時能保證的航測工作區

推进比 l	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	4.0
$b(a)km$	80	120	160	200	167	143	125	111	100	67	50
n	12	8	6	5	5	5	5	5	5	5	5
$Q万km^2$	57.5	62.5	59.0	60.0	56.7	54.3	52.5	51.1	50.0	46.7	45.0
$1/P_1$	11.70	7.61	5.53	4.48	4.37	4.27	4.19	4.12	4.07	3.92	3.85
$1/P_2$	163.47	119.34	93.56	86.4	124.04	168.44	219.62	277.57	341.13	767.60	1362.77
$1/P_3$	25.46	16.98	12.73	10.61	15.38	20.74	27.23	34.60	42.44	94.86	170.60

的面积最大,而 $1/P_2, 1/P_3$ 在此时均取得最小值。至于 $1/P_1$,则在 $l=0.6$ 以后,它的变动就不太大。 $l=0.8$ 以后,变化更是平缓,而 $1/P_2$ 和 $1/P_3$ 在 $l=1.4$ 以后,增长得十分迅速。

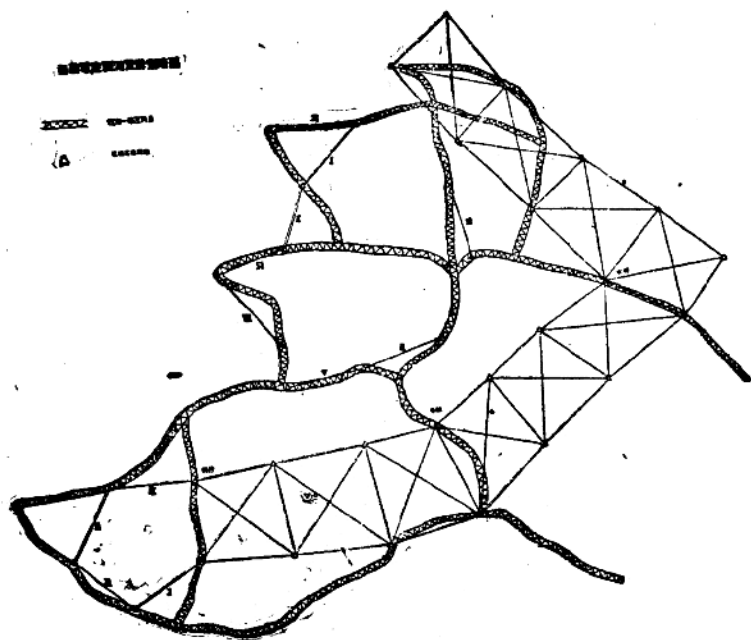


图 1

§ 2. 实际设计的无线电控制测量锁及其结构精度。

设计时所采用的有关数据是：

测区的平均高程 $H_{cp} = 1000m$ ，飞机的航高 $H_e = 4500m$ ，飞机的航速 $V = 250km/小时$ ，故导航系统的最大作用距离 $D \approx 230-240km$ 。

在全测区内，敷设了十二条起算边。另外，布置了两条无线电控制锁，锁的两端均依附在一等三角系上。并且设计了四个单图形，但这些单图形是互相连成控制锁的。在处理时，可以作为控制锁处理。

整个设计如图所示。

十二条起算边的边长和 k 值是：

边号	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	K	X	XI	XII
S km	172	160	170	180	166	184	200	156	140	174	168	148
k	0.75	0.70	0.74	0.78	0.7	0.80	0.87	0.68	0.61	0.76	0.73	0.64

在无线电控制锁中，各个图形的对角线所对的角度为

θ	60°—70°	70°—80°	80°—90°	90°—100°	100°—110°	110°—120°
数 目	1	5	17	11	5	1
百 分 比	2.5%	12.5%	42.5%	27.5%	12.5%	2.5%

控制锁中所采用的推进比为：

科什——赤城控制锁：0.9—1.2左右；

赤城——水井控制锁：1.0—1.2左右；

各个单图形的推进比分别为1.2, 1.0, 1.5, 1.2左右。

为了对控制锁作出几何上的评价和考察多种情况，我们作了六个计算。

1) 科什——赤城控制锁最弱边方位角权倒数计算；

2) 赤城——水井控制锁最弱边方位角权倒数计算；

3) 科什——水井控制锁最弱边方位角权倒数计算。这里假定控制锁是由科什到水井。中间的一等三角系不存在。这条长锁共有六个

图形。在这锁的中央不加测方位角。

4) 科什——水井控制锁，在控制锁中央利用短边测方位角时，最弱边方位角权倒数计算。所谓利用短边测方位角，是指在控制锁的中央，选择某两个图形缩短它们的公共边，以便在这条短边上直接用光学仪器观测方位角。这条边的边长用基线网、大型光速测距仪或微波雷达测距仪测定，其精度应不低于各边精度。

5) 科什——水井控制锁。在锁中央利用辅助点测方位角时，最弱边方位角权倒数计算。这就是在控制锁中央某地面站M附近选择辅助点N。用光学仪器测定MN间的方位角。MN间的距离同样可以用基线网、大型光速测距仪或微波雷达测距仪测定，其精度应不低于各边的精度。N与周围地面站的边长亦用无线电控制测量的方法测定。

6) 科什——水井控制锁。采用加大图形推进比时，最弱边方位角权倒数计算。这就是将原有的两个小图形合成一个大图形，使全锁由六个图形变成三个图形。在锁中央没有加测方位角。

此外，为了考察方位角条件对无线电控制锁的影响，又在计算科什——赤城控制锁和赤城——水井控制锁的最弱边方位角权倒数时，分别就顾及方位角条件和不顾及方位角条件两种情况计算。

计算的結果如下表所示。

情 况	$1/p$
1) 科什—赤城控制锁 (三个图形)	4.34
2) 赤城—水井控制锁 (三个图形)	5.49
3) 科什—水井控制锁 (中央不加测方位角)	6.15
4) 科什—水井控制锁 (中央用短边测方位角)	4.34
5) 科什—水井控制锁 (中央用辅助点测方位角)	4.34
6) 科什—水井控制锁 (加大图形推进比)	4.35
顾及方位角条件时	
科什—赤城控制锁	1.29
赤城—水井控制锁	1.60

計算的結果表明：設計的科什——赤城控制鎖和赤城——水井控制鎖完全能滿足1/10万比例尺測圖控制的要求。因為計算所得的最弱邊方位角權倒數之值遠小於44。

分析比較上面計算的結果，我們可以得出幾個很有意義的結論：

1) 圖形的角度對圖形強度有着重大的影響。圖形的好壞就體現在它的角度上。科什——赤城控制鎖和赤城——水井控制鎖都同樣是兩端依附在一等三角系上，都同樣有三個圖形，也都同樣在控制鎖中央沒有加測方位角。可是，後者比前者，最弱邊方位角權倒數增加了26%強。當然，原因是多方面的，但是，角度的影響應該視為主要的因素。在赤城——水井控制鎖中，由於各方面條件的限制，在一個圖形中，最小的角度為 66° ，最大的達 119° 。這樣，使圖形變壞，因而控制鎖的結構精度也隨之而降低。同時，我們在分析典型圖形結構精度的公式時（這一部分從略）也得到了相一致的結論。因此，我們可以這樣說：在設計無線電控制測量鎖時，如果使用大地四邊形，那麼，圖形對角線所對的角度，以 90° 為最有利。對控制1/10万比例尺測圖來說，圖形角度在 90° 附近變化的振幅不應超出 $\pm 30^\circ$ 。否則，就會由於圖形變壞而使控制鎖的結構精度有很大的損失。而對於控制1/5万比例尺測圖來說，對角度的要求更應嚴格一些。最好控制在 70° — 110° 之間。

2) 分析計算的結果，我們可以取得這樣的經驗：在設計為保證1/10万比例尺測圖的無線電控制鎖時，實際上可以允許全鎖具有六個圖形，而在鎖部的中央則不一定要加測方位角。但是，考慮到還有縱橫向誤差的影響，圖形數目大於6時，就難于起到控制作用。因為當全鎖的圖形數目 $n = 6$ 時，對於推進比 $l = 1.0$ 的矩形鎖，縱向誤差和橫向誤差已分別達到 $\pm 2.4\text{m}$ 和 $\pm 6.6\text{m}$ 左右（假定單位權中誤差 $\mu = \pm 2\text{m}$ ）。當然，如果在控制鎖的中央加測了方位角，那麼，對橫向位移的影響肯定會得到很好的補償。這點我們在下面還可以看到。因此，如果為保證1/10万比例尺的地形測圖，則作為無線電控制鎖起算基礎的一等三角系相距1000—1200km時仍然是够用的。也就是說：進行1/10万比例尺測圖時，如果使用無線電控制測量的方法建立平面控

制基础,那么,一等三角系的密度加密到相距1000—1200km就足够了。就从这一点上,也可以使我们认识到无线电控制测量的经济意义。

对于控制 1/5 万比例尺的测图来说,无线电控制测量锁的图形数目 n 就不应大于 3。同时在 $n=3$ 时,图形中的角度还必须限制得比较严格。这就是说,如果使用无线电控制测量的方法,在进行 1/5 万地形测图时,一等三角系应加密到使两相邻一等三角系之间的距离不大于 600km。

3) 将情况 3,4,5 的计算结果加以比较。我们还可以看出,不管使用什么方法,只要在锁部的中央加测了方位角,就会同样的使最弱边方位角中误差降低到原来的 $1/1.2$ (还没有达到 $1/\sqrt{2}$)。又从科什——赤城控制锁和赤城——水井控制锁分别顾及和不顾及方位角条件下的计算结果比较中,我们可以看到顾及方位角条件时,最弱边方位角的中误差降低了一倍。由此,我们得出一个重要的结论:在无线电控制测量锁中加测方位角是具有重要意义的。可以这样说:在无线电控制锁中测定方位角和在三角测量中测定基线一样,都对控制锁的结构精度有着极其重要的意义。

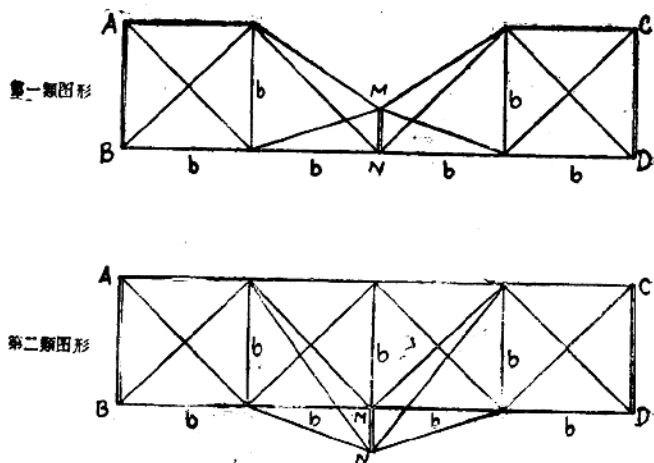


图 2

为了再进一步研究加测方位角和一等三角系对无线电控制鎖的控制作用，我們还分別作了几个計算。

假設了兩类不同图形的控制鎖。

兩类图形均帶有典型的性質，图形中的b边假定長为100km，MN边長为20km，兩端之A，B，C，D为一等三角点。图形之推进比为1。

我們分別計算这两类图形M点的縱橫向誤差。計算的結果是：

第一类图形：

橫向誤差权倒数 $1/P = 4.41$

縱向誤差权倒数 $1/P = 1.47$

第三类图形：

橫向誤差权倒数 $1/P = 4.57$

縱向誤差权倒数 $1/P = 0.97$

比較兩個結果，可以認為在橫向誤差方面，兩種图形的結果是近乎相等的。因为第二类图形橫向誤差的权倒数只比第一类图形大4%弱。而在縱向誤差方面，第一类图形的权倒数要比第二类图形大51%强。

从这里可以得出一个很有意义的結論：采用縮短边長加测方位角的方法，确实可以对无线电控制鎖的方位角和橫向位移起到巨大的控制作用。但同时，由于縮短边長就会在一定程度上破坏了图形的强度，因而帶來了縱向位移方面的損失。

还采用上面的第一类和第二类图形。分別計算M点和D点的縱橫向位移。也就是說分別計算控制鎖兩端依附于一等三角系时和一端依附于三角系时的縱橫向位移。計算时只組成图形条件，沒有加入方位角条件。計算的結果如下表所示。

图 形 种 类	兩端依附三角系		一端依附三角系	
	縱 向	橫 向	縱 向	橫 向
第一类图形	1.74	7.41	3.48	296.15
第二类图形	1.78	8.53	3.58	45.95

从上表列出的結果中可以看到：在第一类图形中，兩端依附三角系时，橫向誤差的权倒数減少了40倍弱。而縱向誤差減少了2倍强。在第二类图形中，兩端依附三角系时，橫向誤差減少了5倍强。而縱向誤差則減少了2倍强。

这样，我們又得出了一個重要的結論。那就是：若無線电控制鎖的兩端依附在一等三角系上时，可以大大降低無線电控制鎖的縱橫向位移，提高了全鎖的几何强度。从而提高了控制鎖的結構精度。而对于不良图形，这个控制作用則更其显著。也可以反过來說，在敷設無線电控制鎖时，不應該敷設自由鎖。在迫不得已的时候，敷設自由鎖必須減少图形数目。更重要的是強調图形的强度。因为这时，不良图形对控制鎖結構精度的影响，就远远的超过了兩端有一等三角系作控制的时候。

同时，从上面的計算結果中，我們还能发现这样一个事实。图形的强度，对全鎖的結構精度影响很大，这是已經反复証明了的。但如果在实际工作中，由于自然地理条件以及其他許多条件的限制，因而在控制鎖中出現了不良图形的时候，我們可以采取补救的办法。就是在短边处加測方位角。这样一来，可以在頗大程度上补偿由于图形不良而帶來的結構精度方面的損失。这特别是对橫向位移和方位角的控制更为有效。

至于在控制鎖中央加測方位角时，采用那种方案較好的問題，在上面的計算中已給我們作了原則的解答。縮短边長加測方位角的方案，在图形数目不多，控制鎖兩端有坚强的控制，鎖內其他图形又很好的时候，这个方案是可以采用的。但还应该慎重，儘量把縮短的边放長，例如放長到30—40km。在这距离上，光学仪器是可以观测的。而距离則可用微波測距仪測定。同时，必須对全鎖的精度比較有把握时才能采取这方案。采用这方案可以不增加測边的工作量，这是它最大的优点。

用加大图形推进比的方法，不但可以降低方位角的中誤差，同时也相应地降低了全鎖的縱橫向誤差。但是它只能是解决無線电控制測量鎖結構精度的一个手段，不能解决航攝的平面控制問題。因为对航

攝平面控制來說，加大了推進比之後，地面站的分布顯得過於稀疏了，無法保證敷設骨架航綫。如果把敷設無線電控制鎖和航攝平面控制分開進行的話，那麼，在經濟上我們會要多花一倍以上的代價。而如果使兩者同時進行，則在加大控制鎖圖形的推進比時，使用的地面電台就不能是四台，而必須為六台。就是說，地面的設備必須增加50%，而無線電控制鎖測邊的工作量也要增加36%（本來每兩個圖形要測十一條邊，現在要測十五條邊）。也就是說全隊人員的工作日要增加36%。而由於地面設備增加50%，也就要求增加50%的地面站工作人員。這也就同時增加了整個無線電控制測量工作的工作日。因此，這在經濟上是不合算的。同時，加大了圖形的推進比之後，將來的內業計算也相應的增加了。在計算中先要計算大圖形的頂點坐標，然後又計算小圖形的頂點坐標。

如果我們無線電控制鎖中央某地面站M附近，選擇輔助點N，觀測MN間的方位角，再測得N與周圍地面站的邊長。這樣加測方位角，在工作量上，只多測了四條邊到五條邊。

§ 3. 無線電控制測量和三角導綫測量的比較

為了比較無線電控制測量和三角導綫測量的效率，在同一測區內，依照同樣的條件，同樣的技術要求，又設計了一個三角導綫測量的作業方案。在導綫測量中，大量地使用了GBB-1光速測距儀來測定導綫主邊的邊長。根據作業率來計算，我們得到了無線電控制測量和三角導綫測量工作量的比較表。

作業種類	總工作日	軍官工作日	軍士工作日	戰士工作日
無線電控制測量	31.731天	7.460天	8.417天	16.854天
三角導綫測量	124.189天	25.732天	18.090天	79.767天

从上表可見，就整個工作日來說，三角導綫測量是無線電控制測量的3.8倍。就作業員（軍官）的工作日來說，三角導綫測量是無線電控制測量的3.4倍。軍士工作日，三角導綫測量是無線電控制測量的2.2倍，而對戰士工作日來說則是4.7倍。

这就是說，无綫电控制測量可以大大地节省一般的劳动力，但是要求我們必須加强技术力量。所以战士的工作日节省了4.7倍，而軍士的工作日只节省了2.2倍。

同时，在这 $\times \times \times$ 万平方公里的面积上，为要建立1/10万比例尺測图的平面控制基础，如果使用三角导綫測量的方法，得143个作业員花上整整一个作业年度的時間；而无綫电控制測量只需要89名作业員五个月的劳动。并且，无綫电控制測量不仅建立起全部測图的平面控制，还同时摄取了极有价值的五万多公里的骨架航綫照片。这在三角导綫測量中是不可能的。在无綫电控制測量中，可以得出骨架航綫上每一个攝影站的平面位置，从而对內业工作提供了更有利的条件。但三角导綫測量則只能保証在骨架航綫的交点处有一組可靠的大地控制点。

§ 4. 因此，我們可以得出这样的結論：利用无綫电控制測量，能大大的节省劳动力，縮短作业時間。对建立1/10万比例尺測图的平面控制來說，最客觀，最审慎的說法，是无綫电控制測量的效率，要比三角导綫測量提高四倍左右，甚或更高一些。但是，无綫电控制測量也有着它本身的缺点，它不能同时給科学研究提供大量地面控制点的資料。同时，无綫电控制測量本身也需要一定的大地測量保証工作輔助它。

設計中还給我們指出：就保証1/10万比例尺測图而言，只需要把一等三角系加密到成一个長1000—1200km，寬600km的矩形就够了。在这矩形內，可以不再加密大地点，而使用无綫电控制測量的方法就可以測制全部的地形图。但这里有一个保留条件，就是还必须考虑到檢查地段的大地連測。

关于无綫电控制測量对于三角导綫測量的效率比較，仅仅在一个設計中是难以得到全面結論的。但是，这个設計已經給我們指出了一个方向。不过在对待这个問題上还必须十分慎重。因为无綫电控制測量的效率实际上主要取决于兩個条件：

- 1 自然地理条件和測区的面积；
- 2) 測区大地測量的保証情况。

所以，不能說在任何情況下，特別是在我國目前的條件下，使用無線電控制測量總是有利的。

對於軍事工作而言，無線電控制測量有着為三角導線測量所遠遠不及的優點，這就是迅速。

國民經濟和軍事工作的日益發展，要求無線電控制測量必須利用最新的科學技術成就以進一步滿足測量工作更高的要求，例如：有把握地測制1/5萬以至1/2.5萬比例尺的地形圖。毫無疑問，這可以大大地節省大地和地形測量的外業工作，縮短成圖時間，以便使最新的地形資料更快地為國民經濟和國防服務。

在我國沿海，有着許多具有軍事意義的大小島嶼，把它們上面的大地控制點和我國大陸統一的三角系聯繫起來，這也是無線電控制測量可以完成的任務。

我們還相信，正在飛躍地發展着的、並日趨完善的紅外線技術，將會幫助無線電控制測量走上更廣闊的發展道路。

参 考 文 献

- 1) 無線電控制測量概要 (И.А.庫圖佐夫)
- 2) И.А.Кутузов, точность построения рядов триангуляции с измеренными сторонами
- 3) Г.А.Бурмистров, об измерении больших расстояний при помощи радионавигационных систем

利用具有平行玻璃板的 水准仪跨越河川障碍物傳遞高程

中国人民解放军測繪学院

指导教师： 胡应生 设计者： 熊思义

結 論

渡河水准測量是水准測量中的一種特殊情況。在我國河流很多，分布很廣，要求得全國水准網統一，缺少渡河水准是不可能。因此，在過去，華東水利委員會在鎮江作過一次大規模的渡河水准試驗。一九五七年，總參測繪局在北京昆明湖也組織了不同距離上的渡河水准試驗。在同年，長江流域規劃委員會在武漢長江大橋也組織了一次長距離的渡河水准試驗。所有這些試驗在方法上都是採用我們現在知道的螺旋法與移動觇板法，試驗結果表明，在這兩種方法中，螺旋法的精度比移動觇板法為高。而現在我們一般都採用螺旋法。但是，假如從工作量上來考慮，移動觇板法的計算比螺旋法要簡便得多。

實際上，移動觇板法的實質與一般水准測量中的重合法的實質是相似的，差別只是採取不同的方法重合。但在移動觇板法中，信號對於記下重合的時刻起着決定作用，這正是移動觇板法的缺點。因此，很自然的就會提出這樣的問題：是否可以用平行玻璃板來代替觇板的移動？在多長的距離上可以利用？精度又如何？這些問題必需經過實驗性的研究才能解決。

本文是試圖以一副 N_3 水准儀單向觀測的實驗，說明利用重合法可能達到的最大距離和精度。在第一章中，概述了現有的各種方法以及利用重合法的情況，第二章敘述實驗的情況，第三章是成果的分析，第四章是按照第三章的分析計算作出了初步的結論，它表明：在500m

左右的距离內利用重合法是可能的，其精度較螺旋法为高。

一、現有的渡河水准測量方法

§ 1. 现在采用的渡河水准測量方法有以下两种：

(1) 升降規板法：这种方法的實質就是用移动規板的方法在对岸标尺上确定相应于仪器水平視綫的远尺讀数，从而求得兩岸渡河点之高差。

在远标尺上采用一根中心綫与讀数指标严密重合的照准标志，当仪器观测完本岸的标尺以后，照准对岸的标尺以旗語指揮对岸規板上下移动，至标志与水平綫重合为止。这样重合若干次，每次都讀取相应的讀数。在观测中測微鼓应对零或对它其它固定位置，水准气泡应严密居中。以上多一个往测。返测是將仪器移至对岸后，依相反的顺序进行，在迁站中要严格保持仪器焦距不变。

升降規板法的成果处理是將本岸标尺讀数之中数，減去对岸标尺讀数之中数，即得半測回高差。

(2) 傾斜螺旋法：簡称螺旋法，这种方法的實質就是測量固定距离指标綫的微小傾角，按角度之比等于正切之比列出公式：

$$x = \frac{l \cdot \alpha}{\alpha + \beta} \quad A = x + a,$$

按公式計算，求得对岸标尺在本岸仪器水平时之讀数 A ，从而求得兩岸渡河点之高差。

上述公式中： l 为兩标志間之距离。

α, β 为仪器在水平时对兩标志之傾角，

x 为相应于 α 角的标志至仪器水平时在标尺上相应讀数的距离，

a 为相应于 α 角的标志在标尺上相应的讀数。

目前我国的渡河水准大多采用这种方法。在具体操作上，測繪局采用四根照准标志，它对称地分布在水平位置的上下，它的距离 Q ，按不同的渡河距离而定，原則上使观测时只利用傾斜螺旋水平位置左右25格的位置。因此， Q 按下式計算：

$$Q = \frac{50(\text{格}) \times 2'' \times S(\text{距离})}{\rho''}$$

其中 Q 与 S 均以 m 为單位，而計算標誌的寬度按公式：

$$d = \frac{S}{25} \text{ mm}$$

計算。

觀測時，先讀完本岸標尺后，照准对岸標尺，將測微器對零，按以傾斜螺絲分別照准標誌 1、2，使氣泡水平照准標誌 3、4 的順序，各讀出傾斜螺旋的分划數，往返的讀數合為一組，觀測至与距离相应的組數為止。

目前，水利电力部所采用的傾斜螺旋法在原理上是相同的，但在实际操作上略有差異。他們采用的是兩根標誌。在照准的次序上，有人認為往返采用同一次序不一定比采用相反的次序差。

傾斜螺旋法的計算比較复杂，根据1957年总參測繪局在昆明湖所作的實驗来看，螺旋法的計算工作量約为升降觇板法的5倍。但前者比后者的精度高，因此，目前作业中多采用螺旋法。

§ 2. 利用重合法进行渡河水准測量

由于近代水准仪的日益改进，在高精度水准測量中，都采用了具有平行玻璃板的水准仪，这种水准仪是按照一般水准測量中所采用的重合法而設計的。

我們知道，在一般的水准測量中，重合法是最好的一种方法，但是，是否可以將重合法应用于渡河水准測量中？它的精度又如何？关于这一点，苏联莫斯科測繪分局實驗室，根据工程师高雷宁的設计与建議作过一次研究。高雷宁所提出的重合法的實質，就是当水准仪严密水平的，移动標誌至水平絲附近，利用測微器进行多次重合照准，而求得这標尺上相应于水平視綫的讀數，从而求得兩岸渡河点之高差。

他們的實驗采用与直接水准附合的方法，并且就重合法、移动觇板法、螺旋法进行了比較。他們所采用的仪器是 III₁ 型水准仪（用照准法时是采用吉尔捷布蘭德水准仪），最后的結論指出：利用具有平行

玻璃板的水准仪进行渡河水准测量是可能的，它的最大距离为 500m，它的优点在于原理簡單，处理成果容易，减少了对远标尺的观测时间，并可提高成果的精度。但是应当指出：上述实验的测回数太少，在三种不同的距离上最多的测回数为 6 测回，同时，在实验时，不同的方法采用了不同的仪器，这就意味着在不同方法所得成果中包含了不同的仪器误差。因此可以这样的說，上述結論是不够充分的。

目前，有的人認為：由于渡河視綫較長，在几百公尺的距离上，轉动平行玻璃板，使視綫升降 1cm，不能发现标志与水平絲的相对移动。最近，在新的水准測量細則草案 § 186 中曾經这样規定：“若渡河視綫長度不超过 500m，亦可用重合法观测对岸远标尺，傾斜螺旋分划鼓之格值甚大，或其分划誤差異常不均时更宜采用此法……”，这种規定不够明确，看来，在目前我們对于重合法与螺旋法在工作量的繁簡与精度的高低上还没有实验性的研究过。采用高精度水准測量的 N₂ 水准仪进行重合法渡河观测在所能达到的精度与最大距离上是否符合于按 III₁ 型水准仪进行实验的結論也沒有实验性的研究过。

我們知道，在我国小于 500m 的河流是很多的，同时，渡河水准的重合法計算的繁簡上要优于螺旋法是肯定的。假如，我們通过研究認為重合法的精度高于螺旋法，这就可以有根据的建議作业單位在一定距离上采用重合法进行观测。因此就提出了实验性的研究利用具有平行玻璃板的水准仪越跨河川傳遞高程的可能性及精度的任务。

二、渡河水准的試驗

§ 1. 实验工作的內容

主要的目的在于探討 N₂ 水准仪按重合法观测所能达到的最大距离，并与螺旋法进行比較。附帶探討在 300 多公尺距离上夜间观测的可能性及精度等問題。試驗的基本方法是繞湖进行一等水准測量作为对渡河观测成果分析的基础。

实验中实际完成的情况如下：

1) 繞湖进行一等水准測量。