

地形測量學

上册第六分册

布拉諾夫、彼特羅夫 合著
伊茲馬依洛夫、特羅伊茨基
斯洛博德奇科夫 總編
地質部教育司 譯

地質部南京地質學校印

目 錄

第十六章 像片的平面控制測量（平面連接）.....1-47

§226. 平面控制測量的目的.....	1
§227. 編製平面控制測量的計劃圖.....	2
§228. 利用平面連接進行大地測量工作的方法.....	4
§229. 平面連接時的大地測量工作.....	9
§230. 用三角形和按餘切公式計算控制點的坐標.....	13
§231. 極坐標連接法.....	26
§232. 前方交會.....	27
§233. 用完全四邊形連接控制點.....	29
§234. 用中心點多邊形連接控制點.....	30
§235. 根據三個已知點確定第四點.....	32
§236. 經緯儀導線連接法.....	39

第十七章 地形調繪。地貌測量..... 48-70

§237. 航空像片地形調繪的一般基礎.....	48
§238. 調繪所用的顯示符號.....	49
§239. 調繪程序.....	51
§240. 在像片平面圖、像片略圖和像片上的地貌測量.....	52
§241. 像片平面圖地貌測量中的高程控制.....	53
§242. 圖根測站點.....	57
§243. 地貌測量.....	59
§244. 航空像片和像片略圖的地貌測量.....	66

第十六章 像片的平面控制測量 (平面連接)

§ 226. 平面控制測量的目的

利用大地測量來測定航空像片上所識別各點的平面位置的方法，稱為像片的平面控制測量。航空像片上所識別出來的、帶有坐標(由地面大地測量測定)的地面上的地物點，稱為平面控制點(縮寫為 ОП)。

在糾正像片時，必須保證每一張像片上要有四個平面控制點，而且要位於像片有效面積的四個角上(圖526)。如果在縱向重疊和橫向重疊中間直線的交點上沒有適合於識別的清晰地物時，那麼應取其附近的地物點，並測定該點的平面位置，利用它來作為平面控制點。

保證每一張航空像片上有四個大地點的平面控制測量方法，稱為全面的平面控制測量。全面的平面控制測量是一種繁重的、費用昂貴的野外工作。所以在測定糾正點的平面位置時，通常是採用像片三角測量法。在這種情況下，必須利用地面大地測量在航空攝影航綫上祇是測定幾個控制點的坐標，並利用所測定的坐標進行室內加密，使航綫上的每一張像片達到有四個平面控制點。

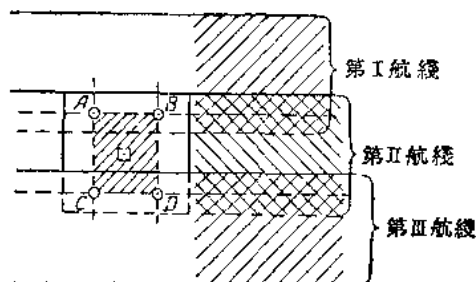


圖526 糾正點的佈設

平面控制點的坐標可以利用各種大地測量方法來測定，這些方法

基本上都是依據測區的特徵而決定的。在開闊地區內，平面控制測量應當利用三角法，根據全國大地控制點建立三角鎖、中心點多邊形鎖、完全四邊形鎖並再用前方交會和後方交會測定點的坐標來進行。在隱蔽地區內，平面控制測量應當利用敷設經緯儀導線和視距儀導線的方法來進行。

在個別的情況下，控制點的平面位置雖然可以利用平板儀測量用圖解法來測定，但是這種方法在生產中是較少被採用的。

像片的平面控制測量包括下列各種工作：

- (1) 編製平面控制測量的計劃圖；
- (2) 規定完成大地測量工作的方法；
- (3) 識別航空像片上的地物點和進行測定平面控制點坐標的地面大地測量工作；
- (4) 計算平面控制點的坐標。

§ 227. 編製平面控制測量的計劃圖

平面控制點佈設的計劃圖，或者是根據整個測區進行編製或者是根據個別測區進行編製；其時，必須特別注意在相鄰測區內飛行的銜接點。最好是在像片和鑲嵌複製圖上，初步識別出主要大地控制點的位置，或大略地將其表示出來。在航空像片上所識別的三角點應轉移到鑲嵌複製圖上去。

當計劃平面控制點時必須注意，擴展像片三角測量時的平面控制點的位置，是由像片的主點或輻射中心點所引出的方向綫相交而測定的。兩張相鄰像片上輻射中心點之間的距離，即綫段 o_1 和 o_2 (圖527)，

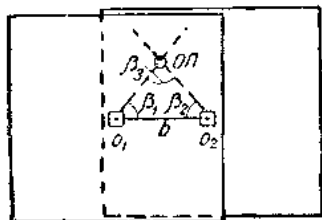


圖527 平面控制點的測定

可以作為交會的基綫。如果交會的 β_3 角接近於直角時，那麼利用前方交會所測定的平面控制點的位置是最可靠的。在計劃時，不許可平面控制點的位置由小於 30° 角或大於 150° 角的交會來測定。

在計劃每一個控制點時，應使該控制點位於橫向重疊的中間，也就是說，應使該控制點能在兩條航綫上，同時位於一條或兩條相鄰航綫的三片縱向重疊帶內（圖528）。

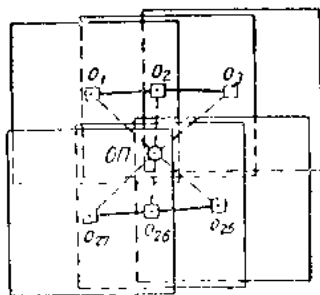


圖528 控制點的佈設

控制點佈設的密度是依據航空攝影比例尺、像幅、成圖比例尺、飛行質量、地形和攝影測量處理方法而決定的。如成圖比例尺愈大和地形起伏愈大，則平面控制點在被處理面積內測定的數目就愈多。

在依據像幅 18×18 公分的像片編製比例尺 $1:10000$ 和 $1:25000$ 的像片平面圖時，控制點之間的容許距離*列述於表43。

表43 控制點之間的距離

平面圖 的 比例尺	依據處理方法而決定的控制點之間的距離（公里）； 像幅 18×18 公分									
	像片三角測量的擴展									
	利用精 密立體 測圖儀	利用多 倍投影 測圖儀	圖解像片三角測量——像片上的 地貌起伏（公尺）							
			0	0—50	50— 100	100— 150	0—50	50— 150	150— 300	300以上
$1:10000$	9.0	7.0	5.0	4.5	3.5	2.0				
$1:25000$	22.0	17.0					12.0	11.0	8.0	5.0

* 比例尺 $1:10000$ 地形測量規則。蘇聯測量出版社1953年出版“野外工作”第40節。

比例尺 $1:25000$ 地形測量規範，第一篇。蘇聯測量出版社1949年出版“野外工作”第95節。

上列的距離限度當像幅為 23×23 公分時，可增加到 20%，而當像幅為 30×30 公分時可增加到 40%。

如果平面控制點是沿着航綫均勻佈設時，那麼上列表內的距離要縮小三分之一。

在計劃平面控制點時，必須特別注意航空攝影地區的邊界，而且在每一條航綫的終點上都必須要保證有平面控制點。

縱向重疊不足的航空像片，必須用四個由大地測量所測定的、位於航空像片有效面積四個角上的點來進行連接。

控制點佈設的計劃圖應展繪在像片上並標示在鑲嵌複製圖上。所有已標示出的平面控制點，必須是能夠毫無誤差地測定地面上相應點的清晰地物影像；在供平面連接用的像片上，平面控制點要用鉛筆描繪出來（圓圈的直徑約等於 10—15 公厘）。在描繪有平面控制測量計劃圖的鑲嵌複製圖上，要用紅墨水來註記：三角點繪以邊長為 5 公厘的三角形，控制點繪以直徑為 4 公厘的小圓圈。

由溝渠、交叉路和相交成接近於 90° 角的野外農作物界綫所形成的綫狀地物，可以選擇作為平面控制測量所要標定的點。在圓形地物上、建築物或樹林的陰影上，禁止標示和識別點子；在谷地的底部、在河岸上，也就是在點的高度與地面平均高度有顯著差別的地方，最好也不要選擇控制點。在計劃平面控制點時，必須估計到能夠利用最簡單的大地測量來測定這些點。

§ 228. 利用平面連接進行大地測量工作的方法

在開闊的、非森林的地區內進行大地測量時，三角法應當算是一種在經濟方面最合理、並在測定平面控制點位置方面較精確的方法。

當在蔭蔽的和崩陷的地區內無法擴展三角測量時，平面控制測量

應當利用敷設經緯儀導線和視距儀導線的方法來完成。

所有的三角點都一定要在像片上識別出來。遇無法識別出三角點時，必須要可靠地識別出附近的地物點和利用大地測量方法將其連接到三角點上。如果平面控制測量是按照三角法計劃時，那麼必須同時力求使所構成的、利用大地測量測定平面控制點坐標的圖形，易於計算，合乎規定的精度和易於檢查。

利用三角法所構成的、測定點平面位置的標準圖形有下列幾種。

前方交會(圖 529)。如要測定 D 點上控制點的坐標，必須在點 A, B 和 C 上量出角 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ 。在所構成的兩個三角形 ABD 和 ADC 內，已知一條邊和兩個角。在解算每一個三角形時，可以兩次測定 D 點的坐標並根據坐標的一致性來判斷工作的精度。

後方交會(圖 530)。 D 點上控制點的位置可以用已知坐標的三個點 A, B, C 來測定。

為此，在 D 點上必須量出方向綫 DA 和 DB 之間的夾角 α_1 和方向綫 DB 和 DC 之間的夾角 α_2 。所量得的兩個夾角 α_1 和 α_2 及點 A, B, C 的坐標，就可以計算出 D 點的坐標。

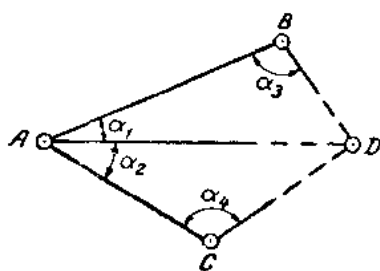


圖529 利用前方交會測定控制點

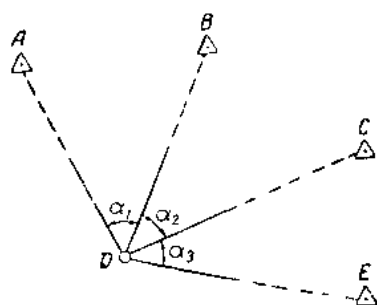


圖530 利用後方交會測定控制點

在檢查 D 點時，必須量出第四點 E 和第三點 C 的兩方向綫之間的

夾角 α_3 。在此種情況下，當利用角 α_2 和 α_3 並利用點 B, C, E 的坐標時，就可以得出 D 點坐標測定問題的第二種圖解解算方案。

這兩種利用後方交會法計算 D 點坐標的方案，都能得出 D 點的坐標，並進行可靠的檢查。

側方交會(圖 531)。根據所求點 D 上量得的角 α_1 和 α_2 並根據點 A, B, C ，可以解算後方交會並計算出 D 點的坐標。在檢查時，必須量出 A 點上的 α_3 角。那時根據三角形 ABD 中的 AB 邊和 α_1 角及 α_3 角，即可求得 AD 邊和 AD 邊的坐標方位角，這就使得有可能第二次計算出 D 點的坐標。

完全四邊形(圖 532)。完全四邊形可以根據兩點的已知坐標計算出其他兩點的坐標。為此，必須在已知點 A 和 B 及所求點 C 和 D 上量出角 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_8$ 。已知的三角點之間的 AB 邊和該邊的坐標方位角，是計算三角形各邊和點 C 及 D 的坐標的起算基綫。

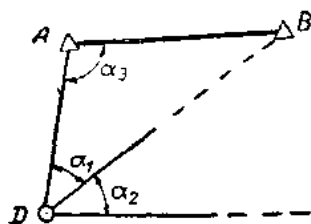


圖531 側方交會

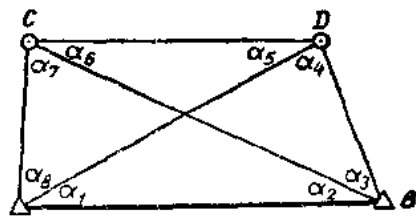


圖532 完全四邊形

中心點多邊形(圖 533) 中心點多邊形是由具有一公共頂點 P 的各相鄰三角形組成的，頂點 P 稱為該多邊形的極點或中心點。各相鄰三角形在中心頂點 P 上的角為 360° 。在測定中心點多邊形內各點的坐標時，必須量出外點 A, B, C, D, E 上的角 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{10}$ 和中心點 P 上的角 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_5$ 。當計算三角形的各邊和所求點的坐標時，三角點之間的已知邊 AB 可以利用來作為基綫和起算坐標方位角。

在中心點多邊形內，和在完全四邊形內一樣，由於具有互相連接的三角形，所以能夠可靠地檢查所求得的點 C 、 D 、 E 和 F 的坐標。

半網中心點多邊形(圖 534)。半網中心點多邊形和全網中心點多邊形相同，可以利用所量得的角 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ 和 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ (即把三個三角形 ABD 、 BED 和 BCE 納入定角 ABC 中) 計算所求點 D 和 E 的坐標，並進行可靠的檢查。

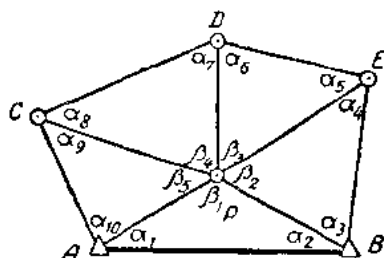


圖533 中心點多邊形

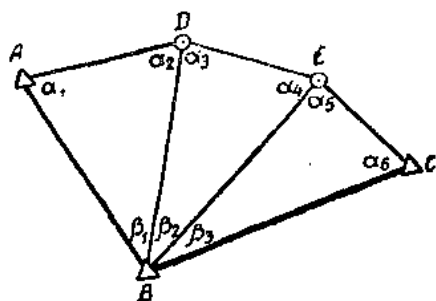


圖534 半網中心點多邊形

三角系支鎖 在圖 535 所示的三角鎖 ABC 、 DCB 和 ECD 中，三角點的一邊 AB 是起算邊——基綫。在點 A 、 B 、 C 、 D 、 E 上應量出各三角形的內角，這樣才有可能計算出點 C 、 D 和 E 的坐標。測定點坐標的可靠與否是取決於角度量測的精度。

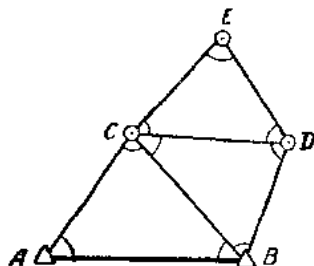


圖535 三角系支鎖

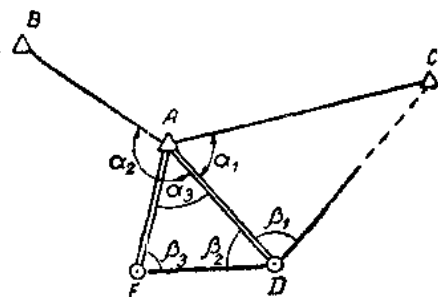


圖536 控制點連接的極坐標法

極坐標連接法 如果在航空像上無法直接識別出三角點時，那麼該三角點應當利用極坐標法來進行連接。為此，必須在 A 點的附近（圖 536）識別出像片上的地面點 D 。 D 點的平面位置可以利用下列方法來測定：在三角形兩邊 AB 和 AC 之間的 A 點上測出角 α_1 和 α_2 ；同時兩次丈量距離 AD 。利用角 α_1 和 α_2 可以兩次確定方向綫 AD 的坐標方位角，並由距離 AD 可以測定 D 點的坐標。如果有可能的話，應在 D 點再量出 β_2 角，利用它來檢查控制點 D 的坐標的確定。

當利用極坐標連接法〔有時稱為“八字式連接法（привязка усом)”〕時，還可以利用其他檢查的大地測量方法，例如，加入輔助點 E 和進行補充測量——距離 AE 和 A 點的 α_3 角、 D 點的 β_2 角和 E 點的 β_3 角。 D 點和 E 點單獨的坐標，可以根據量得的距離 AD 和 AE 及方向綫 AD 和 AE 的坐標方位角來確定。用 ED 邊計算 D 點的坐標這就是檢查，該 ED 邊是根據已知邊 AE 和所量得的角，解算三角形 ADE 而求得的。

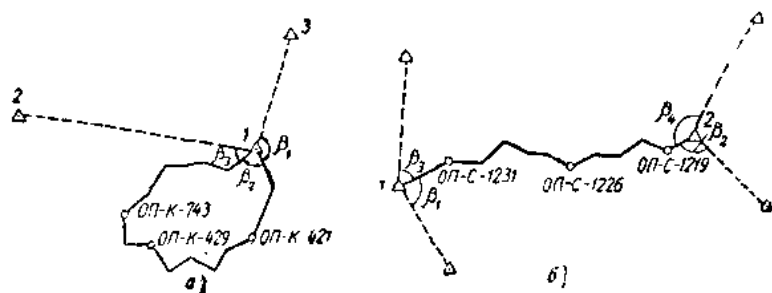


圖537 用經緯儀導綫連接控制點

在蔭蔽地區內，平面控制測量應利用敷設經緯儀導綫、經緯儀高程導綫和視距儀導綫的方法來進行。根據主要大地控制點的密度、地面的條件和所要求的確定控制點坐標的精度的不同，可以採用不同的方

法。經緯儀導線和視距儀導線可以敷設成爲依靠一個大地點的閉合多邊形導線、依靠兩個三角點的不閉合多邊形導線和構成結點的多邊形導線(圖 537, 538)。

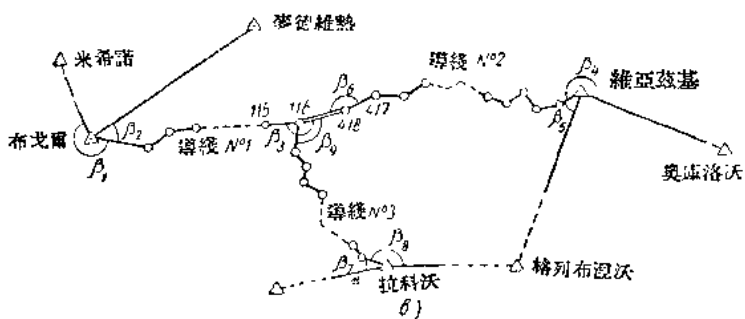


圖538 利用經緯儀導線多邊形連接控制點

§ 229. 平面連接時的大地測量工作

在連接像片以前,必須進行地區的踏勘,踏勘的任務是使利用大地測量測定平面控制點坐標的計劃圖更加精確。

識別點子就是找出地面上和像片上所計劃的圓圈內的某個同名地物點,並在該地面上和像片上使其固定。所有的主要大地控制點和所有計劃好的平面控制點都必須要經過識別。

爲了避免識別的誤差,必須根據像片上地物的影像仔細地校對地面上的地物,不僅在所識別的點上,而且在周圍的地物上也要校對。

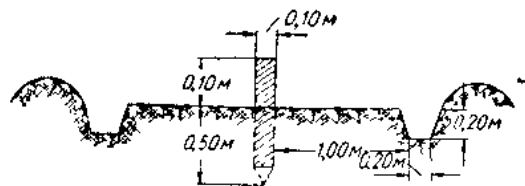


圖539 控制點的固定

所識別的地物點，應當在地面上用長為 0.6 公尺、直徑為 0.1 公尺的木樁打入地下使其固定。在該點的四周挖一小溝（圖 539）。當進行比例尺 1:10000 或 1:10000 以上的測量時，所有的平面控制點應較堅固地固定在地面上，以便能保持很長的時期並能在進行各種大地測量和其他測量工作時可以利用。在所識別的點的原地上挖一深度為 1.0 公尺的坑（圖 540）；在坑底埋設一基面為 30 公分和高度為 20 公分的混凝土盤石（磚砌柱石或石砌柱石）；在盤石的頂面作一十字形的刻紋。埋設一個長度為 1.45 公尺的標樁作為外部標誌；把標樁的頂端削成圓錐體並在其上註寫點號。在標樁的頭部釘一釘子，作為外部標誌的標心。標樁應埋設在盤石的十字絲上面，使釘在標樁頭部上的釘子的護帽和盤石上的刻紋位於同一鉛垂線上。在標樁的四周挖一小溝，將挖出的泥土堆在標樁的周圍，成一小土堆。

所識別的地面點用銳利的細針刺在航空像片上。在地面上識別地物點的誤差不應超過平面圖比例尺上 0.1 公厘（當測量比例尺為 1:10000 時，誤差不應超過 1.0 公尺，而當測量比例尺為 1:25000 時，誤差則不應超過 2.5 公尺）。

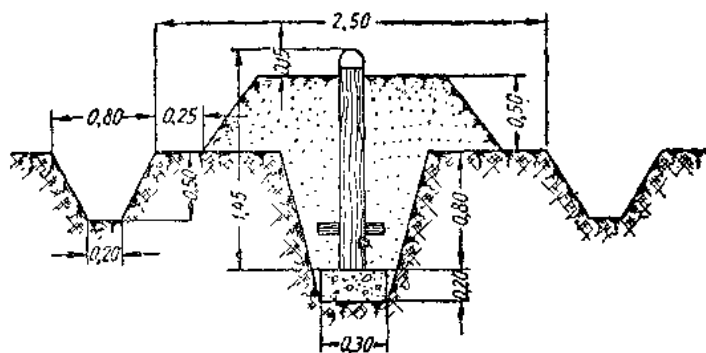


圖 540 埋石控制點

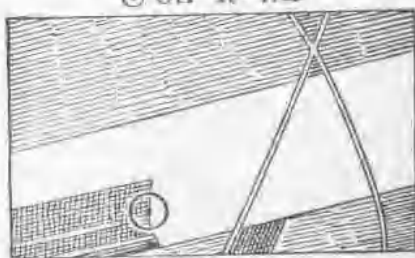
識別並刺出像片上相應點的誤差，不應超過 0.1 公厘。針孔應刺得儘可能小而且要易於透光。刺點時，最好在航空像片下面墊一明膠三角板。

刺在像片正面上的點，要用紅墨水加以整飾（圖 541）；所識別的三角點用邊長為 1 公分的雙三角形來表示，未識別的三角點用虛綫的單三角形來表示，平面控制點用半徑為 0.5 公分的雙圓圈來表示；在符號的右面，用分數形式在分子上註寫點名，而在分母上註寫地面高程；在像片的反面（圖 542），圍繞刺點繪一直徑為 3 公厘的圓圈和並



圖 541 像片上控制點的標記

И-39-140-A-B 航綫 №3
◎ ОП-К-1729



ОП-К-1729

圖 542 控制點的草圖和簡單記號

控制點的地號是 ОП-К-1729
控制點是識別在四面道路附近的
耕地——暗黑地區的兩端
識別的誤差為 0.5 公尺
識別者：二級技術員
1954 年 5 月 18 日（彼得洛夫）

列地註寫控制點的號碼。在刺點的一邊——在較大比例尺的像片的像框內，用普通黑鉛筆繪畫識別地物點與鄰近地物相對的位置，在這個草圖上應附註簡單記號，並註明識別的日期和執行者的簽署。控制點的記號和草圖，在擴展像片三角測量時，對於轉刺控制點到相鄰像片和航空底片上是不可缺少的。

在所有的平面控制點上應註有經過識別的航空像片的號碼。控制

點的名稱是由字母 ОП、執行者的縮寫字母和航空像片的號碼所組成的，例如，ОП-Б-3478，其中 ОП 是表示平面控制點，Б 是表示縮寫字母，3478 是表示像片的號碼。如果在同一張像片上有好幾個控制點，那麼在每一個控制點上應附註一小寫字母，例如，ОП-Б-3478a，ОП-Б-3478b 等等。在像片反面的左上角，用黑墨水註寫包括該像片的梯形圖幅的編號。在鑲嵌複製圖上應描繪出所有被識別的點——三角點、導線點和控制點，並用紅墨水將其表示出來，符號的大小要小於航空像片上符號的二分之一，同時要註以註記。

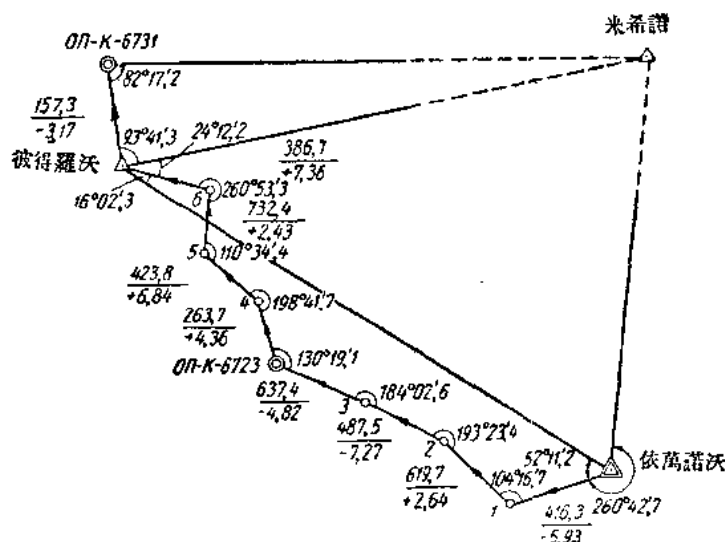


圖543 控制點 ОП-K-6723 和 ОП-K-6731 的連接

控制點 ОП-K-6723 是利用經緯儀高程導線連接的，而控制點 ОП-K-6731 是利用“八字式 (усом)”連接的。

註釋：1. 紅墨水描繪的小圓圈表示控制點。

2. 略圖中的分數：分子表示直線的長度，分母表示平均高差，符號是根據略圖中用箭頭所表示的導線而取得的。

略圖編製者：二級技術員 彼得洛夫

檢 查 者：隊長二級工程師 依萬諾夫

控制點佈設計劃圖的一切改變都要在簡明的說明書中加以說明。

野外分隊應派遣第二個執行者帶着一套新的航空像片到實地所有被連接並固定的點上，去檢查點的識別。基礎像片和檢查像片上所刺出的平面控制點相同與否，完全能夠證明所作的識別的正確與否。

計算平面控制點坐標所需的大地測量成果，應在按複製圖比例尺製定的略圖上表示出來；在大地測量手簿的略圖中，記錄測定每一個平面控制點坐標的角度數據和長度數據；如果利用三角網或經緯儀導線多邊形來測定兩個或很多控制點時，那麼所有的控制點都要在略圖上一一列舉出來。

隊長或隊的總工程師應檢查略圖，檢查後，把略圖分成四個或六個梯形圖幅製成手簿。

野外分隊在連接像片的工作結束後，應呈交下列資料。

1. 標定有平面控制點和三角點的基礎航空像片和檢查航空像片。
2. 標定有三角點和平面控制點的鑲嵌複製圖。
3. 大地測量測定平面控制點坐標略圖和高程平差略圖的手簿。
4. 計算表格和控制點費用坐標成果表。
5. 記錄有大地測定資料的野外手簿。
6. 野外分隊領導者的檢查和驗收工作書。
7. 圖歷簿，其中包括：副封面、大地控制圖、航空攝影圖、平面控制測量圖，以及梯形圖幅內和處理梯形圖幅時所必需的圖廓外的控制點坐標的成果表。

§ 230. 用三角形和按餘切公式計算控制點的坐標

用三角形把控制點連接到三角點的一邊上 當利用三角法進行平面控制測量時，計算工作應按照所製定的略圖利用對數表或三角函數

表來完成。

因為在進行這種計算時，所求三角形的各邊的邊長通常不超過幾公里，而各邊的絕對誤差約為 0.1—0.2 公尺，所以一切計算都要按五位對數表或五位三角函數表來進行；在三角形各邊距離較大的情況下，計算時最好採取六位。

在下面所分析的各例題中，列舉計算公式，而在計算格式中，用順序號碼註明記錄和計算的順序。

大地反算問題解算的例題 在三角點的一邊依夫列沃——布克里諾，構成三角形 $ON-K-3287$ ——依夫列沃——布克里諾；在三角形的已知點上量出內角（圖544）。

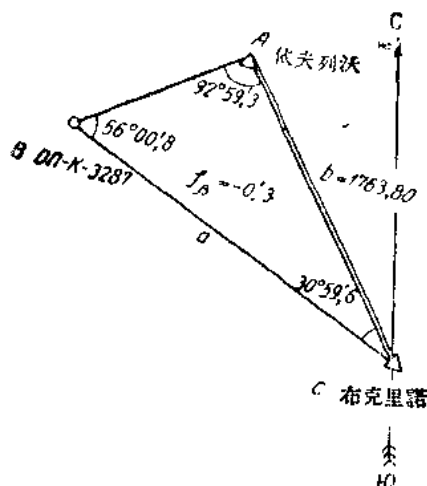


圖544 用三角形連接控制點

已知點的坐標等於：

C 布克里諾……… $x_1 = 6385\ 112.2$; $y_1 = 9517\ 261.6$

A 依夫列沃……… $x_2 = 6386\ 779.5$; $y_2 = 9516\ 686.2$

在三角點和控制點上所測得角度的數值如下:

A 依夫列沃..... $92^{\circ}59'.3$

C 布克里諾..... $30^{\circ}59.6$

B ОП-K-3287..... $56^{\circ}00.8$

求出確定控制點 ОП-K-3287 的坐標。

計算的順序。

1. 根據三角點 A 和 C 的坐標, 解算大地反算問題和求得方向綫 CA 的坐標方位角和邊 AC 的長度 (表 44 和 45)。

2. 常利用作為基綫的直綫 AC 的長度時, 用對數 (表 46) 或計算機 (表 47) 來計算三角形的其他兩邊。

3. 常解算正算問題時, 利用對數 (表 48) 或計算機 (表 49) 來計算控制點 ОП-K-3287 的坐標。

從布克里諾 (1) 到依夫列沃 (2) 的坐標方位角和直綫布克里諾——依夫列沃的長度, 都按下列公式來確定

$$\operatorname{tg} \alpha_{1,2} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1};$$

$$d = \frac{y_2 - y_1}{\sin \alpha} = \frac{x_2 - x_1}{\cos \alpha}.$$

利用對數法 (表 44) 解算大地反算問題的規定

1. 記錄 A 點和 C 點的坐標 —— 演算 (1—4)。

2. 確定坐標 $(y_2 - y_1)$ 和 $(x_2 - x_1)$ 的差數 —— 演算 (5—6)。

3. 求出坐標差數的對數 —— 演算 (7—10)。

4. (7) 減 (9) 求出 $\operatorname{tg} \alpha_{1,2}$ 的對數值 (11)。

根據對數表內的數值 $\lg \operatorname{tg} \alpha_{1,2}$ 求出角值, 根據該角求出 $\lg \sin \alpha_{1,2}$ 和 $\lg \cos \alpha_{1,2}$ (13—14) 來計算 d 邊, 然後兩次 確定 AC 邊的對數