

高等学校教学用书

航空摄影测量学

下 册

武汉测绘学院航空摄影测量教研组编



中国工业出版社

高等学校教学用书



航空摄影测量学

下 册

武汉测绘学院航空摄影测量教研组编

中国工业出版社

本书是根据武汉测绘学院航空摄影测量专业的航空摄影测量学教学大纲编写的，作为航空摄影测量专业讲授和函授的教材。

下册的主要内容是航空立体摄影测量学。内容包括航测全能法和分工法的理论、方法及仪器。由于地面摄影测量是一种重要的立体摄影测量方法，所以也列入本书范围。

本书的特点是系统性较好，结合生产实际，理论推导以及方法和仪器叙述简明扼要。书中反映出了这门科学某些最近成就，如用物理方法确定外方位元素的记录的处理和变换光束测图仪器的介绍等。

本书也可供航空摄影测量工程技术人員参考之用。

航空摄影测量学

下 册

武汉测绘学院航空摄影测量教研组編

(根据测绘出版社紙型重印)

*

国家测绘总局测绘书刊编辑部編輯 (北京三里河国家测绘总局)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张 $17^{3/4}$ · 插頁 7 · 字数 403,000

1961年2月北京第一版

1963年2月北京新一版·1963年12月北京第三次印刷

印数 1,661—2,173 · 定价 (10-5) 2.25元

*

統一书号: K15165·1923 (测绘-47)

目 录

第十四章	立体摄影测量的基本概念	6
§ 14-1	立体摄影测量的概念	6
§ 14-2	立体摄影测量的坐标系统	10
§ 14-3	立体象对的相对定向元素和大地定向元素	12
§ 14-4	理想象对的前方交会公式和高差公式	13
第十五章	多倍仪成图过程的理论和实际操作	16
§ 15-1	多倍仪成图的一般概念及特点	16
§ 15-2	互补色立体观测原理	16
§ 15-3	多倍仪的结构	18
§ 15-4	多倍仪的检校	23
§ 15-5	象片对的相对定向	30
§ 15-6	相对定向的精度	38
§ 15-7	模型大地定向	40
§ 15-8	测繪地物和地貌	44
§ 15-9	相对定向不定性的原理	45
§ 15-10	立体模型高程的扭曲	49
§ 15-11	在多倍仪上进行空中三角测量	50
§ 15-12	空中三角测量精度估算	60
第十六章	其他类型全能仪器的介绍	66
§ 16-1	威特A ₈ 立体测图仪	66
§ 16-2	精密立体测图仪	72
§ 16-3	精密全能仪器的检校	82
第十七章	变换光束测图的理论和实际操作	88
§ 17-1	变换光束测图的概念	88
§ 17-2	豎直摄影变换光束测图的基本理論	89
§ 17-3	变换光束测图的投影誤差	91
§ 17-4	在全能仪上应用变换光束测图的实际操作方法	94
§ 17-5	立体投影仪 (СПР-2)	96
§ 17-6	立体测图仪 (СД)	101
第十八章	相对定向元素的测定	105
§ 18-1	概 述	105
§ 18-2	立体坐标仪的结构	105
§ 18-3	立体坐标仪的检校	107

§ 18-4	利用立体坐标仪量测任意象点坐标的基本步骤	112
§ 18-5	上下视差与相对定向元素的基本关系公式	113
§ 18-6	测求相对定向元素的一次项公式	118
§ 18-7	茹考夫(Г. П. Жуков) 二次项公式	121
§ 18-8	瓦洛夫(Валов) 公式	129
§ 18-9	在立体坐标仪上测定相对定向元素	132
第十九章	分工法(微分法)概念和基本公式	134
§ 19-1	分工法概念	134
§ 19-2	倾斜象片与理想象片间坐标关系的严格公式	135
§ 19-3	坐标关系的简化公式	138
§ 19-4	外方位元素对左右视差的影响	141
第二十章	立体量测仪 СТД-2 的构造及其原理	145
§ 20-1	立体量测仪的结构	145
§ 20-2	立体量测仪改正机件的结构和原理	146
§ 20-3	立体量测仪的检校	152
§ 20-4	精密立体量测仪	155
第二十一章	分工法成图的实际操作	159
§ 21-1	分工法成图过程概述	159
§ 21-2	立体量测仪定向的理论和实际操作	159
§ 21-3	航高和摄影基线的测定	169
§ 21-4	立体量测仪上测绘地貌的作业过程	178
§ 21-5	利用反光立体镜描绘地貌	184
§ 21-6	地形原图的编制	186
第二十二章	分工法加密平面及高程控制	188
§ 22-1	概 述	188
§ 22-2	象片导线测量	189
§ 22-3	无扭曲模型法	198
§ 22-4	苏联中央测绘科学研究所法	209
§ 22-5	连续法加密高程	222
§ 22-6	直线法加密高程	224
第二十三章	用物理方法测定外方位元素资料的整理和应用	233
§ 23-1	测微高差仪记录的整理及其应用	233
§ 23-2	无线电测高仪记录的整理及其应用	238
§ 23-3	航空无线电水准测量	247
§ 23-4	具有无线电测高仪及测微高差仪资料时空中三角测量的精度	249
§ 23-5	雷达测量介绍	250
第二十四章	地面立体摄影测量	254
§ 24-1	地面立体摄影测量概述及其应用	254

§ 26-2	地面摄影经纬仪及其检校	255
§ 26-3	地面摄影测量的作业公式	261
§ 26-4	地面摄影测量的外业	264
§ 26-5	地面立体摄影测量的内业	286
§ 26-6	地面立体摄影测量的误差理论	280

第十四章 立体摄影测量的基本概念

§ 14—1 立体摄影测量的概念

在本书上册或称摄影测量学中，我們已經研究过用航摄像片来测定所摄物体平面位置的各种摄影测量方法；至于地貌的測繪就需要在野外实地进行地形測量，最后才能获得具有等高綫的地形图，这种成图方法称为航測綜合法。在本书下册或称立体摄影測量学中所研究的測图方法不仅要藉象片測得所摄物体的平面位置，而且还要利用这些象片在室内測出地物、地貌的高程，以获得所摄地区的地形图。至于这些地物和地貌的量測，仅需极少量的野外工作，大部分是利用專門的摄影測量仪器在室内根据象片对所組成的地面立体模型来进行量測的。此外在立体摄影測量学中还要研究在室内加密的方法，故立体摄影測量是摄影測量更进一步的研究，用更多的室内方法来代替野外的实测，以求得所摄地区的平面位置和高程。

(一) 航空立体摄影測量与地面立体摄影測量

为了获得立体模型，必需要在同一地区而用不同摄影中心摄取一对具有一定重迭度的象片，此对象片称为立体象对。而摄取立体象对的方法，有地面立体摄影測量和航空立体摄影測量两种。地面立体摄影測量乃是把专用的地面摄影机安装在地面上固定基綫的两端点上来摄取同一地区的构象，然后根据野外所摄的象对，可以在室内进行測图。航空立体摄影測量是把摄影机安装在航空摄影的飞机上，由空中向地面进行地区摄影，来获得立体象对然后在室内进行測图。这两种成图方法在理論上和实际操作上比較起来，地面立体摄影測量較為简单，因为地面摄影时可以通过輔助的量測，把象片在空間的位置确定出来，从而簡化了室内的作业过程，可是它摄取的象片包含的摄区面积較小，而且野外工作較多，一般只应用在某些特殊的工程方面的測量制图工作。对于大規模的国家測图只占次要的地位。相反地在航空立体摄影測量的情况下由于空中摄影是在移动的基点——飞机上进行的，飞机在空間位置一般不易准确地知道，所以它的測图过程要比地面立体摄影測量制图过程繁复得多，但它一次飞行可摄得很多的象片，同时每一立体象对所包含的測区面积要比地面立体摄影測量大得多，而所需的野外控制点为数极少，大大地縮短了成图的时间，这就能符合我国大跃进的形势，貫徹多、快、好、省地建設社会主义的总路綫，故現今国家測图已广泛采用航空立体摄影測量，尤其是在中国共产党领导下，成立国家測繪总局以后，可以集中人力物力进行航空摄影測量成图，使得航空立体摄影測量有了更进一步的发展。在本书中，我們主要是研討航空立体摄影測量的問題，而把地面立体摄影測量放在最后一章加以叙述。

(二) 立体象对中常遇到的点、綫、面的名詞解釋

图(14—1)为处于航空摄影位置时的一个立体象对。

1. 图中 S_n 和 S'_n 分别为左右两个摄影中心，从同一摄影中心出发的投射光綫束称为光束，其中 $o_n S_n$ 和 $o'_n S'_n$ 分别为两光束的主光綫， o_n 、 o'_n 分别为左右象片的象主点，

主光线乃是垂直于航摄像片平面。

2. 象点 a_n 和 a_n 或 c_n 和 c_n 等是地面上某任意点 A 或 C 在两张象片上的构象, 称为相应象点或同名象点。

3. 由相应象点所投射的光线例如 $a_n S_n A$ 和 $a_n S_n A$ 称为相应光线, 或同名光线。

4. 两摄影中心的距离称为摄影基线, 其长度用 B 表示之。

5. 通过摄影基线与任一地面点所作的平面称为核面, 如 W_A 平面。若核面通过象主点的称为主核面, 如 V , 主核面在左右象片上各有一个, 在一般情况下这两个主核面是不相合的。

6. 核面与左象片 P_n 和右象片 P_n 平面的交线称为核线, 如图上的 l_n 和 l_n , 若核线通过象主点的称为主核线。

7. 延长基线与象平面的交点称为核点 (在图上未表示出), 由于所有的核面都通过基线, 故每张象片上的诸核线均通过该象片的核点。

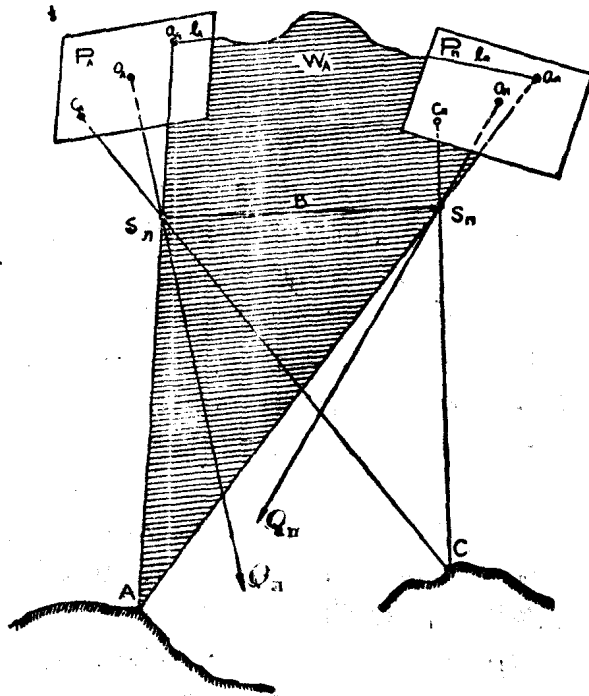


图 14-1

(三) 摄影过程的几何反转

当向地面摄影时, 由地面上各个点所反射出的光线通过摄影机的物镜在航摄底片感光层上构得影象, 这是航空摄影时的情况 (图 14-2, a)。现在我们假设把这样所获得的两张底片安装在与摄影机相同的两个投影器内, 而且设法把投影器分别安置在与当初摄影时完全相同的方位, 只是此时的基线为任意的数值 b (图 14-2, b), 再用光照以相反的次序在室内进行投影, 此时诸同名光线两两相交, 便可获得与所摄地区完全相似的光学的立体模型。如果我们再用量具在室内来测绘地面的光学立体模型, 便可以代替实地

的量测。因此图 14—2, b 所示投影的情况实质上就是图 14—2, a 所示的摄影情况下的几何反转, 这种基本思想可以应用在立体摄影测量制图。

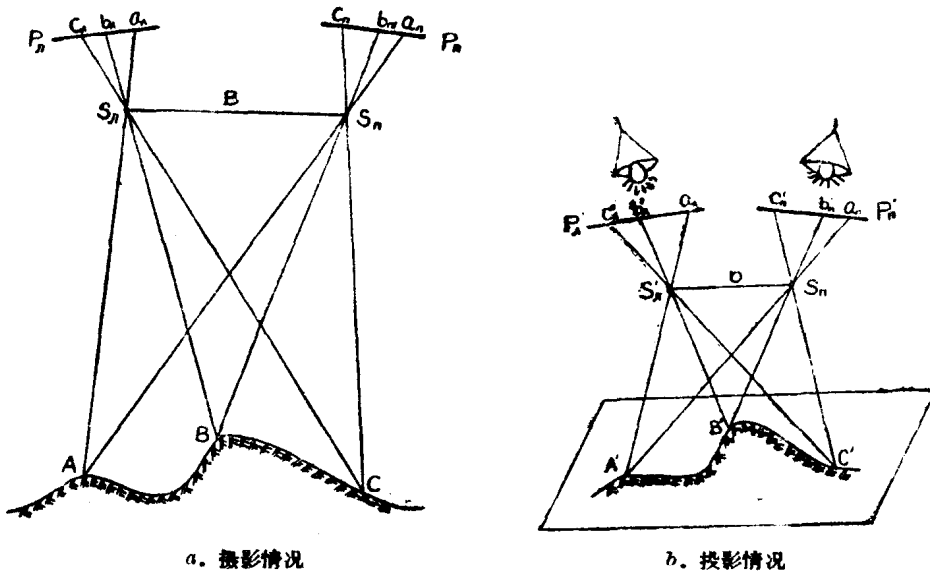


图 14—2

在航摄像片上构象的任意一对同名点, 例如 a_n 和 a'_n 是由同一个地面点 A (图 14—2, a) 所发出的光线构成的, 因此在投影时 (图 14—2, b) 所建立的一对空间射线 $a'_n S'_n$ 和 $a_n S_n$ 亦必相交于一个点 A' , 但这是只有当两个投影器的相对位置安放在与摄影时的相对位置相同时才如此的。因此可以说: 当两个投影器安置在与摄影时的相对位置, 则所有各投影的同名射线必会对对相交。相反我们也可得出一个重要的结论, 那就是: 根据投影时同名射线是否对对相交的条件就可以判断两个投影器的相对位置是否已经正确地建立起来。这种同名射线对对相交的客观存在的条件在立体摄影测量的制图过程中有很大的应用。

投影时基线长度 b 的大小用以确定模型比例尺的大小而与所构成光学模型的相似性无关。按图 14—3 例如 S_n, S'_n 为摄影时的两个站点, 其间距为基线长 B 。现在, 如果把 S_n 连同其相应的航摄像片沿着基线 B 作平行的移动至 S'_n 时, 则由于各空间射线在移动过程中始终保持其平行的位置, 所以各相应同名射线始终是对对相交的 (因投影光线始终是在本身原来的核面上)。由许多相交而得的新点综合而成的表面例如 $A' B' C' D'$ 就是地面 $A B C D$ 的立体模型, 此模型与所摄地区是完全相似, 只不过模型尺寸与实地大小不同而已。从而产生的比值 $\frac{1}{m_\phi} = \frac{b}{B}$ 称为模型比例尺。由此可知, 立体模型的投影基线 b 是可以任意变动的, 故我们可以根据实际成图比例尺的需要来安置 b 值, 获得一定大小的立体模型。

(四) 全能法与分工法

航空立体摄影测量根据量测方法和作业过程的不同, 可分为两种成图方法: 全能法和分工法, 这两种方法原则上都是采用前方交会形式测求点的空间位置。但是具体的实现前方交会的方法, 在基本思想上有所不同。

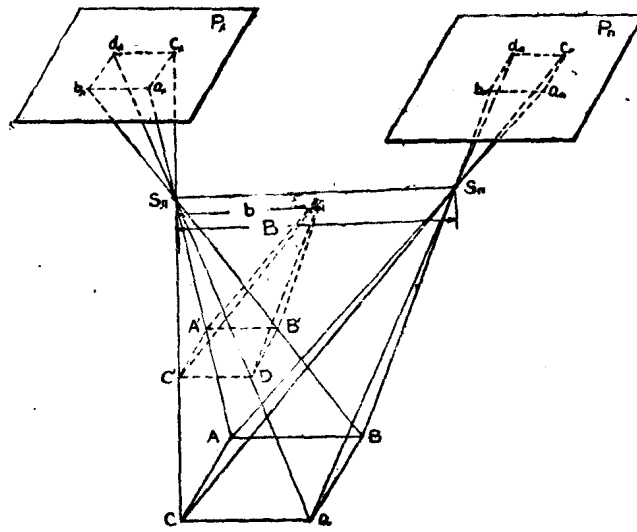


图 14—3

全能法测图的原则是采用直接解求前方交会的形式，所谓前方交会的直接解求，就是按照上述的摄影过程几何反转理论为基础，依据象片构象，借助于投影器建立起投影光束，进而根据同名光线对对相交得出地区的几何模型，而直接量测几何模型以获得地面点的空间坐标值（图14—4）。分工法是根据间接解算前方交会的原则测图，所以在整个工作中不需恢复原来摄影时的投影射线束，只需根据象片上量测的数据，而把这些数据用数学或机械的方法把它们转换成相应于理想象片对时的相应数据（如图14—5），然后，再在理想象片对的基础之上实现空间的交会。这里所说的理想象片对就是当左右两张航摄像片在毫无倾斜地并且两个测站的高程相同时所摄得的象对，有时也叫正直摄影。在正直摄影的情况下，一切的几何关系都是非常简单的。

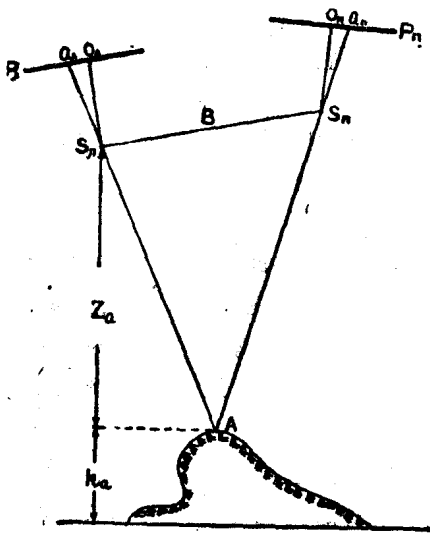


图 14—4

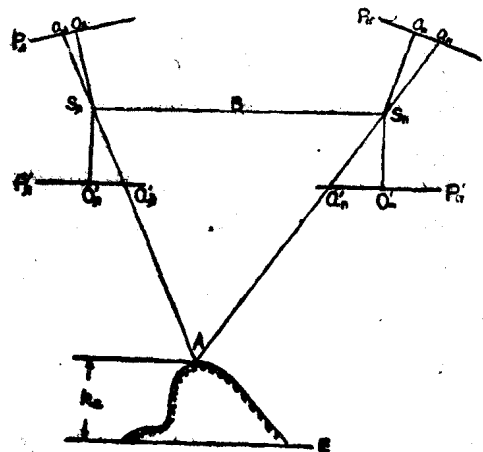


图 14—5

由于全能法测图是建筑在严格的理論基础上的，因此在仪器上实现这种交会成图时对摄影傾角及基綫傾斜方面没有任何的限制。但是在分工法测图时由于把傾斜了的象片要轉換到其相应正直摄影时，一般都是使用近似的关系公式进行演算，因此为了减少作业过程中的誤差，要求航摄象片和摄影基綫具有尽可能小的傾角，并且对地形起伏也有一定的限制。

在全能法测图时为了恢复空間的光束，需要应用空間式的仪器，即具有三个量測軸 XY 及 Z 的仪器，其构造复杂，价格昂貴。而分工法不需按摄影过程的几何反轉原理建立投影射綫，故可应用平面式的仪器即具有 XY 軸的仪器，这种仪器构造較簡單，輕便，且价廉得多。

此外，在全能法中所使用的仪器价值都很貴而每架仪器上往往仅能容一二人参加工作，因而在大量生产和急需成图的情况下，人手无法增添。而分工法就不同，所使用的仪器都是簡單价廉，而整个的作业分为許多过程，可以采用流水作业的方法由更多的作业人员共同分工負責来完成，这是分工法的最大优点。

总而言之，这两种方法的采用，还是要根据所提出的测图任务和地形起伏的性質而定的，如山区高差特別大，一个象对范围内的地形高差往往可达到一千米，因此在分工法的仪器上已无能为力，必須采用全能式的仪器。一般地講，在測量地形起伏較大的地区，应采用全能式的仪器，而在測量地形起伏較小的地区，則应广泛地采用分工法。

另外还应该注意，航测方法的选择应该根据具体的条件以及我国各地区的地形特征加以判断。如何能够使我国的測繪工作胜利地进行，就需要我們測繪工作者，在党的领导下，鼓足革命干劲，力爭上游，开动脑筋，攻下科学堡垒，使祖国的航测事业不仅在作业方法上更趋完善和更多地提高作业定額，而且要在原有的基础上打破陈規，大胆革新，为創造切合我国实际需要的，又能保証作业精度的且造价低廉的新仪器而努力。

§ 14—2 立体摄影測量的坐标系統

立体摄影測量制图的原始資料是航摄象片，而地图上的点位坐标应该最后是高斯投影坐标系中的坐标数据，因此在討論象片上构象点和相应地面点的数理关系时往往需要推导出这些坐标数据間的基本关系。

首先我們先用图 (14—6) 所示的情况來說明在立体摄影測量学中所使用的一部分坐标系統。在图 (14—6) 中不論直綫坐标或轉角系統都是用正号表示其相应数值。

在象片面 P 上的坐标系是象点坐标，这个坐标軸是由通过象片主点 o 的二个相互垂直的直綫組成，一个近似地与摄影基綫相平行的称为 x 軸，另一个为 y 軸，例如象点 a 的象点坐标为 x_a, y_a 。

任意地面点的坐标是用一个地面直角坐标系 XYZ 来表示，其坐标原点是某一点 O ，例如某点 A 的坐标是 $X_A Y_A Z_A$ ，有时候为了便于計算起見也可以把坐标原点暂时假定在空中攝站的垂足 N 处或者在必要时也可以移到空間点 S 处，根据推演的方便設定。

在以 O 点为原点的地面直角坐标系中空中摄站点 S 的坐标为 $X_s Y_s Z_s$, 这三个数值就是图 (14—6) 所示航摄像片的三个直线外方位元素。

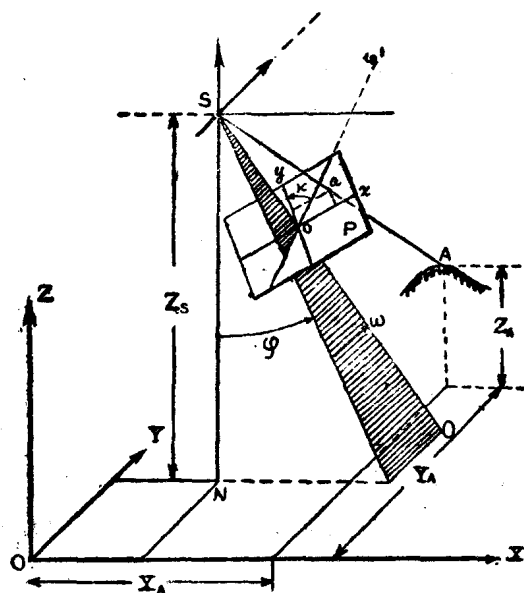


图14—6

为了确定象点 a 的象点坐标 x_a, y_a 和其相应地面点 A 的地面直角坐标 X_A, Y_A, Z_A 间的关系, 就有必要再建立航摄像片的一种转角系统, 用图上的 φ, ω 和 κ 来表示称之为航摄像片的三个角外方位元素。这些角度的意义如下

φ 称为偏角是投影主光线从严格竖直向下的位置依 Y 轴为转轴所旋转的角度, 也就是摄影方向线 SO 在平面 XZ 内的投影与通过点 S 的铅垂线间所组成的角度, 其符号的正负与 X 轴方向的正负相同。

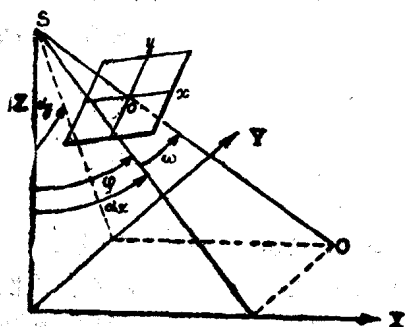


图14—7

ω 称为倾角, 是摄影主光轴在旋转 φ 角后绕 X 轴 (已转 φ 角后的 X 轴) 所旋转的角度, 也就是摄影方向线 SO 与该摄影方向线在 XZ 内的投影所组成的角度, 其符号的正负与 Y 轴方向的正负相同。

κ 称为旋角, 系象片绕主光轴 SO 所旋转的角度, 通过摄影方向轴 SO 作与 Y 轴平行的平面, 该平面与象片相交得迹线 Oi_2 , 迹线 Oi_2 与象片上所取 x 轴之间所夹的角度称为旋角, 旋角 κ 由迹线 Oi_2 起算反时针方向旋转为正。

在整个立体摄影测量中我们所讨论的都是属于竖直摄影的范畴, 也就是非常接近于正直摄影的情况, 因此 φ, ω 和 κ 角一般都是极小的角度 (不超过 2°)。在这种情况下我们也可以用象片倾斜角在 XZ 平面上的投影 α_x 和在 YZ 平面上的投影 α_y 来表示, 前者称为航向倾角, 而后者称之为旁向倾角。在竖直摄影情况之下一般都可以近似地认为,

$$\alpha_x = \varphi$$

$$\alpha_y \approx \omega$$

§ 14—3 立体象对的相对定向元素和大地定向元素

在前面討論利用摄影过程几何反轉的原理測图时，曾經談到过把两个投影器安置得与在摄影瞬間位置相同的必要性。这种安置过程即所謂象对的定向过程，因此我們还需解求象片对在定向时所应用的外方位元素之間的关系。假設有一对豎直摄影的航摄像片 P_n 和 P_n ，投影中心各为 S_n 和 S_n ，每一张航摄像片的外方位元素相应地为：

$$X_{S_n}, Y_{S_n}, Z_{S_n}, \varphi_n, \omega_n, \kappa_n,$$

和

$$X_{S_n}, Y_{S_n}, Z_{S_n}, \varphi_n, \omega_n, \kappa_n \quad (14-1)$$

确定此象对在空間的位置必須要解决上述的12个数据。一般外方位元素在航空摄影过程中是未知的，須要利用地面上輔助的量测数据測求。故在立体摄影測量中就是設法应用摄影过程中客观存在的原理，在利用尽可能少的地面輔助量测数据的条件下解决象片对的定向問題。

为此，我們利用摄影过程的几何反轉的特性，首先借助象片对建立起地区模型，實質上，这也就是首先确定两航摄像片之間的相互关系，然后再把所建立的地区模型进行定向。这样，象片对的外方位元素12个，在立体摄影測量中就可以分成两类，第一类是象片对的相对定向元素，用以确定象片对間的相互位置，数据計 5 个。象片对間相互位置确定之后就可以构成地区的几何模型。第二类是模型的大地定向元素，用以确定模型（或象片对）相对于地面的位置关系，数据共 7 个。現在来进一步說明这个問題。

我們由式 (14—1) 所列的12个外方位元素出发，保留第一行而用第二行減第一行相应項的数值来代替原来的第二行的各相应值，得出

$$\left. \begin{array}{l} X_{S_n}, Y_{S_n}, Z_{S_n}, \varphi_n, \omega_n, \kappa_n \\ \Delta X, \Delta Y, \Delta Z, \Delta \varphi, \Delta \omega, \Delta \kappa \end{array} \right\} \quad (14-2)$$

第二行內的各項就是相对定向的各元素， $\Delta \varphi$ 、 $\Delta \omega$ 和 $\Delta \kappa$ 是角值的相对元素，而 ΔX 、 ΔY 和 ΔZ 是直綫值的相对元素。 ΔX 、 ΔY 和 ΔZ 乃是基綫 B 在軸系 X 、 Y 和 Z 上的投影，可用 B_x 、 B_y 和 B_z 来表示，其中 B_x 一般是与基綫 B 的方向很相近，因此 B_y 和 B_z 都是比較小的数值。我們已知变換摄影基綫的长度进行投影只改变模型的比例尺并不会改变其相互的关系，故 B_x 按其性質可改列在第一行內。

$$\left. \begin{array}{l} X_{S_n}, Y_{S_n}, Z_{S_n}, \varphi_n, \omega_n, \kappa_n, B_x \\ B_y, B_z, \Delta \varphi, \Delta \omega, \Delta \kappa \end{array} \right\} \quad (14-3)$$

这样式 (14—3) 內第二行就代表着那五項相对定向元素。第一行內 $B \approx B_x$ 代表立体模型的比例尺，而其余的六項本来是代表左方象片的外方位元素，由于在已經确定了相对

定向的基础上, 左方象片的方位实际上就代表了整个立体模型的方位, 所以总的讲起来, 在概念上第一行的七项数值就代表模型的大地定向。

在实际解算定向问题时, 为了完成象对的相对定向, 可以由任意设定的起始情况出发。并可任意地选择五项独立的相对定向元素。例如考虑一个单独象对进行定向时也可以由一个水平的空间基线出发, 而取左方象片的 φ_n, x_n 及右方象片的 φ_n, x_n 和 ω_n 共五项元素来完成其相对定向。至于大地定向就是确定模型比例尺和整个模型在空间三个轴綫方向的移动以及绕着空间三个轴綫的转动。但大地定向的过程是要求具备有已知地面坐标的若干个控制点的。

§ 14—4 理想象对的前方交会公式和高差公式

立体摄影测量学的基础是测定点的空间坐标 X, Y 和 Z , 故必须要用从某一个基綫上摄取的二张互相有重叠度的独立象片, 组成立体模型, 然后利用摄影基綫的前方交会形式来测定点的空间坐标。现从最简单的理想摄影 (也就是正直摄影) 情况来讨论: 设象片对 P_n 和 P'_n 为水平象片, 而摄影基綫 $S_n S'_n$ 也是水平的, 在图 (14—8) 中, 取左

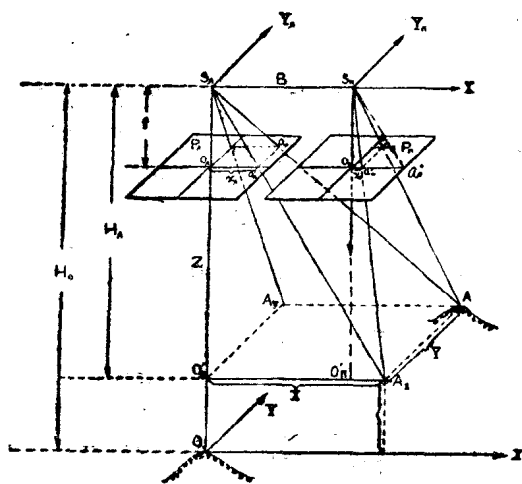


图 14—8

方投影中心 S_n 为空间辅助坐标系的原点, 取摄影基綫 $S_n S'_n$ 方向为 X 轴, 左方象片的主光轴方向为 Z 轴, 坐标系的 Y 轴垂直于 ZX 平面, 现在的问题是按这种系统如何来求出地面点坐标和象片上相应构象点的坐标系统, 即在给定已知一点例如 a 点在左右两张象片上的象点坐标 x_n, y_n 和 x'_n, y'_n , 试求出该地面相应点 A 的空间位置 X, Y 和 Z 。按图 (14—8) 所示把点 A 和射线 $S_n A$ 和 $S'_n A$ 投影到 XOZ 平面内得相应点 A_x 和射线 $S_n A_x$ 和 $S'_n A_x$ 并得与象片上 X 轴交点 a'_n 和 a''_n 。再过 S_n 作 $S_n a'_n$ 的平行綫 $S_n a''_n$, 则 $a'_n a''_n = x_n -$

x_n , 在图 (14-8) 中可看出 $\Delta S_n S_n A_x \sim \Delta S_n a'_n a''_n$ 故可得

$$\frac{H_A}{B} = \frac{f}{x_n - x_n} \quad \text{即} \quad H_A = \frac{f \cdot B}{x_n - x_n} \quad (14-4)$$

式中 $x_n - x_n$ 为象对上同名点构象的横坐标差数称为左右视差, 用字母 p 表之, 代入上式

即得
$$H_A = \frac{B \cdot f}{p_a} \quad (14-5)$$

故若已知某点的左右视差 p 就可计算出相对于该点的豎直距离 H , 当 S_n 距地面坐标原点 O 間的豎距 H_0 为已知时, 还可以计算出某点的高程差 $Z = H_0 - H_A$ 。其次根据左方象片上的构象 a_n 可以确定点 A 的 X_A 和 Y_A 值。

由于 $\Delta S_n O a'_n \sim \Delta S_n O' n A_x$ 和 $\Delta S_n a'_n a_n \sim \Delta S_n A_x A$, 則得

$$X_A = H_A \frac{x_n}{f} = B \frac{x_n}{p_a} \quad (14-6)$$

$$Y_A = H_A \frac{y_n}{f} = B \frac{y_n}{p_a}$$

同理, 根据右方象片上的构象 a_n 来确定点 A 的 X 和 Y 值。

由于 $\Delta S_n O a'_n \sim \Delta S_n O' n A_x$ 和 $\Delta S_n a_n a'_n \sim \Delta S_n A_x A$, 則得

$$X_A = B + H_A \frac{x_n}{f} = B + B \frac{x_n}{p_a} \quad (14-7)$$

$$Y_A = H_A \frac{y_n}{f} = B \frac{y_n}{p_a}$$

由此可見根据公式 (14-5) 到 (14-7) 完全可以解决所提出的問題。

但在实际作业中, 測求某一点的高程, 并不采取直接解求的形式, 而是測定該点高程相对于某起始点高程之差即高差, 用 h 表之, 其值乃是豎距的增量, 現将高差公式推导如下:

設某起始点的高程为 A_0 , 欲求点的高程为 A , 則高差 h 为

$$h = A - A_0$$

按豎距公式来表示, 則

$$h = H_0 - H$$

用公式 (14-5) 代入得

$$h = B \frac{f}{p_0} - B \frac{f}{p} = B f \left(\frac{1}{p_0} - \frac{1}{p} \right) = B f \left(\frac{p - p_0}{p_0 p} \right) = H_0 \frac{p - p_0}{p}, \quad (14-8)$$

式中 $p - p_0$ 为欲求点相对于 o 点的左右视差較用 Δp 表示之, 代入上式則得高差公式:

$$h = H_0 \frac{\Delta p}{p} = H_0 \frac{\Delta p}{p_0 + \Delta p} \quad (14-9)$$

反之可以得出:
$$\Delta p = \frac{h}{H_0 - h} p_0 \quad (14-10)$$

公式(14-9)与(14-10)为高差和左右视差较间的严格关系公式,当知道了两个象点的左右视差较 Δp 之值就可按公式(14-9)求得两相应地面点的高差。反之,已知两点的高差,可按公式(14-10)求得 Δp 值,这些在以后实际作业中经常要用到。

根据上述公式(14-5)和(14-9)可看出左右视差 p 和左右视差较 Δp 在立体摄影测量中具有很重要的意义,故有必要作更进一步的讨论。

在公式(14-5)中, H_A 为相对于点 A 的航高, f 为摄影机主距,所以 $\frac{f}{H_A}$ 乃是对于点 A 航高的摄影比例尺,故左右视差可写为

$$p_a = B \frac{f}{H_A} = B \frac{1}{m} = b \quad (14-11)$$

这就是说,某点的左右视差亦可解释为摄影基线 B 在象片上按该点航高所决定的比例尺的构象长度如图(14-9)中 M 点的左右视差为 b ,而 M' 点的左右视差为 b' 。可看出由于航高不同,则 $b \neq b'$ 。

至于左右视差较就是二个点左右视差之差值,如图(14-10)中地面上有二点 M 和 N ,则其左右视差较

$$\begin{aligned} \Delta p &= p_N - p_M = (o_N n - o_N n') - (o_N m - o_N m') \\ &= (o_N n - o_N m) - (o_N n' - o_N m') = nm - n'm' \end{aligned}$$

在立体摄影测量中还有所谓上下视差的,其定义为象对上同名点构象纵坐标差数 $y_N - y_M$,用符号 q 表示之。

$$\text{比较式(14-6)和(14-7)可以得出 } y_N = y_M = \frac{Yp}{B}$$

这就是说在正直摄影情况下,象对上任意同名构象点的纵坐标是相等的。也就是其任意点的上下视差为零。可是这仅限于在正直摄影的情况下。否则各点的上下视差 q 不一定为零。因为上下视差 q 的产生是由于外方位元素不为零的后果。所以通过 q 值的量测可借以测求相对定向元素的数值。

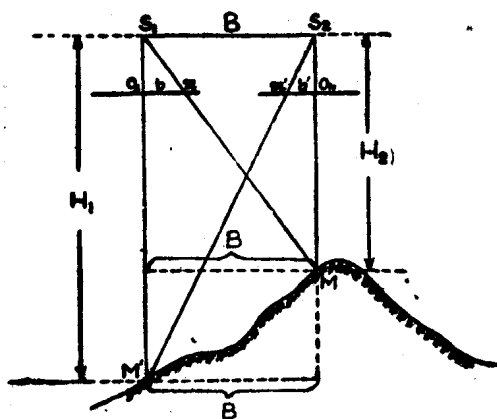


图 14-9

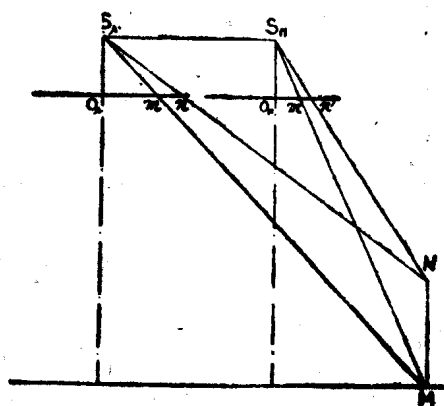


图 14-10

上下视差可以在象片面上量取,但也可以在承影面上量取,按图(14-2)(b)的讨论。如果两投影器的相对定向方位没有安置正确时则不能获得同名光线的对对相交,这时候在承影面上所量得两个投影点在 Y 方向的差异也叫做上下视差,一般用 q 表示之。

第十五章 多倍仪成图过程的理论和实际操作

§ 15—1 多倍仪成图的一般概念及特点

多倍投影测图仪是全能仪器类型中构造最简单的一种测图仪器，它最适宜于山区地形图的测绘和进行空中三角测量，故在生产中得到广泛的应用。本章将叙述在多倍仪上的成图过程的理论和实际操作，其中大部分也适用于所有其他类型的全能仪器。

利用多倍仪测制地形图的原理与其他全能仪一样是以“摄影过程的反转性”为基础的。这种原理的概念已经在第十四章内加以叙述。在多倍仪上具体实现这种测图的思想具有以下的几种特征。

在其他各种类型的全能仪中，投影器只有二个，但在多倍仪上投影器的数目一般不只二个而是并列的3个、6个或者多至24个。这样就可便于进行空中三角测量的作业。由于在仪器上要放置许多的投影器，为了减轻仪器的总重量，所有的投影器都是在保持象场角与其相应摄影机象场角相等的条件下按一定的倍数缩小。同样，航摄像片亦以相同倍数进行缩小而制成透明正片，其缩小倍数为投影主距与摄影机焦距之比。

把缩小的透明正片分别安装在左右两投影器中，上面经集光器照亮，两张象片的影象便都投影在作为承影面的小测绘台上。测绘台可以在承影面上自由移动和上下移动，这样就可以求得任意同名象点两投影射线的交点。这种纯粹光学投影的全能仪要求满足光学清晰的条件，但是多倍仪只利用景深允许范围而并没有任何其他附加设备。当山区测图时，小测绘台须作较大的上下移动，这就要求投影器具有很大的景深才能经常保持投影点的清晰。为了增大景深范围必须尽可能地缩小物镜的光圈和投影器物镜的焦距。

两张相邻象片的摄影影象共同投射在一个测绘台上，经过确定了相对的方位元素，各同名象点的同名射线便两两相交而建立起地面的光学立体模型，再经模型的大地定向之后，光学的立体模型便安置至绝对的位置。多倍仪测图时与其他类型全能仪不同的地方就是要直接地根据这些同名射线的交点来进行测绘的。但是，为了要用立体观测的原理必须要让观测者能把混合投射在一起的左右两张象片的影象分开，使得每个眼睛只能看到一个影象，为此乃利用互补色法原理在暗室中达成。

§ 15—2 互补色立体观测原理

互补色立体观测法是把投影在共同的承影面上的一对象片，分别染以光谱中互补颜色——红色和绿色，再借互补色的红绿眼镜观察之，就可以完成一只眼睛只观察到一张象片构象的条件，而观察到一个光学的立体模型。设在暗室中有一对投影器 S_n 和 S_n ，我们分别把左方象片和右方象片的透明正片安装在左方和右方投影器内，并用集光器照明之；在光源到透明正片的光线路径中安放红（或绿）色的滤光片，设左方投影器内放红色滤光片，右方投影器内放绿色滤光片。这时候我们用以下二种情况来说明互补色立