

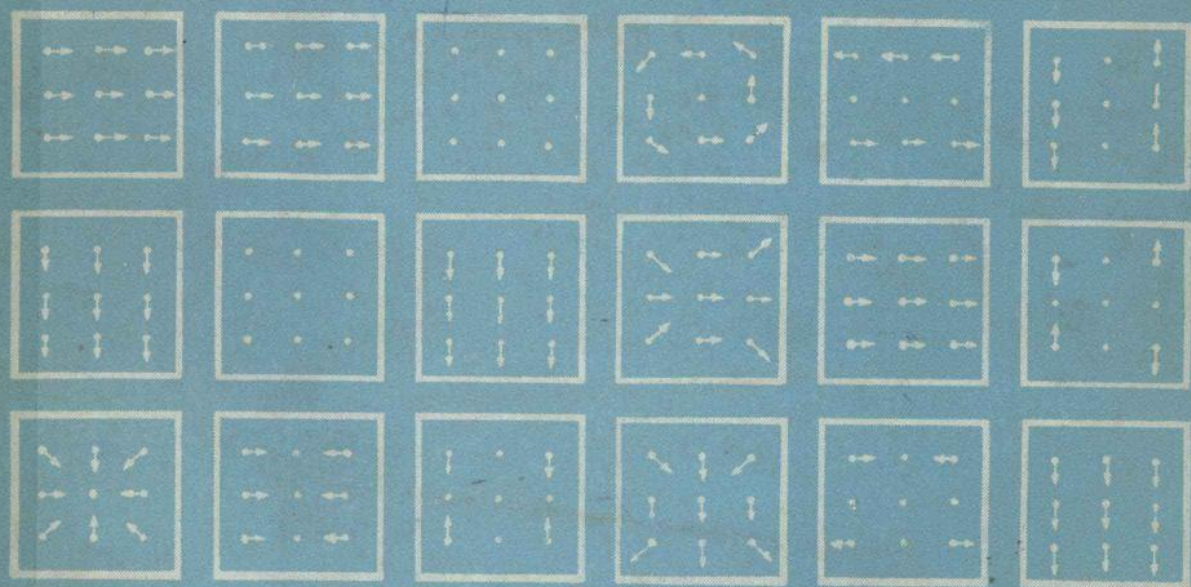
中等专业学校试用教材

# 航空摄影测量学

Hangkong Sheying Celiangxue

下 册

熊天球 主编



测绘出版社

中等专业学校试用教材

# 航空摄影测量学

## 下 册

熊天球 主编

## 内 容 简 介

本书密切结合航空摄影测量生产，详细介绍了航空摄影测量的基础理论、作业方法，并对正在发展中的新技术作了必要的介绍。

本书主要内容有：立体测图仪，航测原图的编绘，解析空中三角测量，航测生产系统设计，测图自动化、正射影像技术、解析测图、数字地面模型等。

本书可作为中等专业学校测绘专业教材，也可供航测生产技术人员参考。

中等专业学校试用教材

—航空摄影测量学

(下册)

熊天球 主编

测绘出版社出版

测绘出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16·印张 17·字数 387千字

1986年6月第一版·1986年6月第一次印刷

印数 0,001—3,400册·定价 2.50元

统一书号：15039·新 464

# 目 录

|                                                                    |         |
|--------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>第十章 立体测图仪</b> .....                                             | ( 1 )   |
| 第一节 概述.....                                                        | ( 1 )   |
| 第二节 C <sub>6</sub> 型立体测图仪 (Stereoplanigraph C <sub>6</sub> ) ..... | ( 6 )   |
| 第三节 B 8 S 型立体测图仪 (Aviograph B 8 S) .....                           | ( 16 )  |
| 第四节 D <sub>2</sub> 型立体测图仪 (Planimat D <sub>2</sub> ) .....         | ( 35 )  |
| 第五节 A <sub>10</sub> 型立体测图仪 (Autograph A <sub>10</sub> ) .....      | ( 42 )  |
| 第六节 Topocart 地形立体测图仪 .....                                         | ( 49 )  |
| <b>第十一章 航测原图的编绘</b> .....                                          | ( 64 )  |
| 第一节 原图编绘的任务及要求.....                                                | ( 64 )  |
| 第二节 地物地貌在航测原图上的表示.....                                             | ( 65 )  |
| 第三节 地物地貌的综合取舍.....                                                 | ( 71 )  |
| 第四节 航测原图的注记.....                                                   | ( 74 )  |
| 第五节 航测原图的图外整饰与接边.....                                              | ( 75 )  |
| <b>第十二章 解析空中三角测量</b> .....                                         | ( 76 )  |
| 第一节 概述.....                                                        | ( 76 )  |
| 第二节 象点坐标系统误差及其改正.....                                              | ( 77 )  |
| 第三节 坐标系统与坐标变换.....                                                 | ( 83 )  |
| 第四节 航带法单航带解析空中三角测量.....                                            | ( 93 )  |
| 第五节 航带法区域网.....                                                    | ( 129 ) |
| 第六节 独立模型法区域网.....                                                  | ( 140 ) |
| 第七节 光线束法区域网.....                                                   | ( 166 ) |
| 第八节 自检校法区域网平差的概念.....                                              | ( 169 ) |
| 第九节 区域网解析空中三角测量精度估算的概念.....                                        | ( 170 ) |
| 第十节 电算加密的生产作业过程.....                                               | ( 174 ) |
| <b>第十三章 正射投影技术、解析测图仪、立体测图的自动化、数字地面模型</b> .....                     | ( 223 ) |
| 第一节 正射投影技术.....                                                    | ( 223 ) |
| 第二节 解析测图仪.....                                                     | ( 237 ) |
| 第三节 立体测图的自动化.....                                                  | ( 247 ) |
| 第四节 数字地面模型.....                                                    | ( 256 ) |
| <b>第十四章 航测生产的技术设计概要</b> .....                                      | ( 261 ) |
| 第一节 测绘地形图的基本规格.....                                                | ( 261 ) |
| 第二节 航测生产的技术设计简述.....                                               | ( 264 ) |

## 第十章 立体测图仪

### 第一节 概 述

根据“摄影过程的几何反转”原理,应用双象投影,建立地面的几何模型,并对之进行量测与测绘的航测成图方法称为全能法。按此原理设计的测图仪器称为全能型立体测图仪。多倍投影测图仪就是结构上最简单的一种全能型立体测图仪。

为了充分利用航摄资料所具有的精度来获得精确的测绘成果以及适应立体测图自动化的发展趋势,各种类型的精密立体测图仪不断研制成功,使航测成图得到了重大发展。

精密立体测图仪的设计思想与多倍投影测图仪的设计思想基本相同,即用两个投影器模拟两个摄影机的方位使象对的同名光线相交,建立起被摄物体的几何模型,并能对之进行量测,取得成果。但在体现这个思想的设计时,有多种方式,例如,同名光线的成对相交的体现,可由实际的两条投影光线相交,也可以用两根金属制成的机械导杆代表光线相交等等。各种立体测图仪基本上都是由投影系统、观察系统和量测系统等部分组成。所以立体测图仪设计思想和结构原理基本相同,但形式很多,分类方法也不一致,最常用的是按投影方式进行分类,可分为以下三类。

#### 一、光学投影的立体测图仪

光学投影的立体测图仪的交会,是由两投影器射出的实际光线体现的。其量测方式有单测标和双测标两种形式。图 10—1 为单测标形式,单测标的光学投影立体测图仪,是由由投影基线与一对投影光线组成的交会三角形  $\triangle S_1 S_2 M$  来确定模型点的位置的。多倍投影测图仪就是一种单测标的光学投影立体测图仪,在多倍投影测图仪上,为了避免投影基线缩小时可能发生的投影器相碰,采用了缩小投影镜箱和缩小航摄像片的措施,结果损失了精度。不采用缩小镜箱的单测标光学投影立体测图仪有 Kelsh 型立体测图仪(美国),DP-2 型立体测图仪(西德)等,但结构笨重庞大,使用上不够理想。

为了充分利用航摄资料的精度,大多数的立体测图仪应用象幅和主距都与航摄机相同的投影镜箱,同时采用双测标方式来扩大眼基线,以避免投影器相碰。其结构原理如图 10—2 所示。按摄影过程的几何反转原理,两投影器在  $S_1$  和  $S_2'$  处以交会三角形形式模拟地建立了几何模型。当以单测标对准模型点  $A$  时,单测标就既位于左投影光线  $a_1 S_1$  上,也位于右投影光线  $a_2 S_2'$  上,且同名象点  $a_1$ 、 $a_2$  的投影点都与单测标  $M$  重合。

现在将右投影器保持方位不变地平移至  $S_2$ ,同时将单测标分成双测标,其中一个随  $S_2'$  同步地移至  $M_2$  处,形成平行四边形  $S_2' S_2 M_2 M_1$ 。显然,这样移动后,左测标  $M_1$  仍然位于左象点  $a_1$  的投影光线  $a_1 S_1$  上,而右测标则位于右象点  $a_2$  的投影光线  $a_2 S_2$  上。当

应用立体镜式的观察系统观察时，无论是观察到的切准模型情况，还是模型点量测的结果，都与移动前相同。这样就避免了投影器相碰。

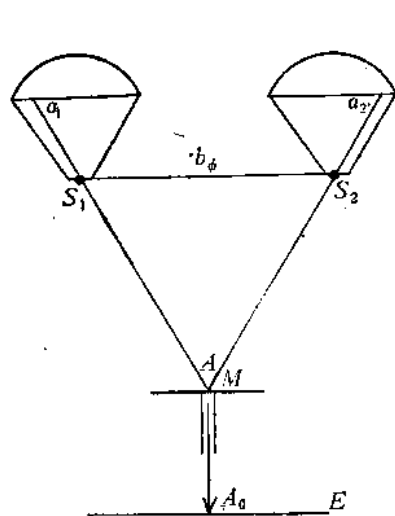


图 10—1

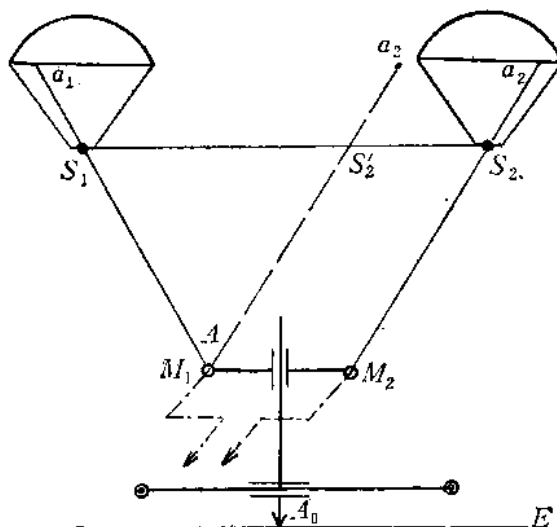


图 10—2

右投影器移动后所构成的平行四边形  $S_1'S_2M_2M_1$  叫做辅助平行四边形，或叫做蔡司 (Zeiss) 平行四边形。这样形式的交会称为“交会三角形加平行四边形”交会。

光学投影的立体测图仪存在着投影影像的成象清晰问题，有些仪器例如多倍投影测图仪利用景深以获得清晰的投影影像，但不是理想的办法。有些仪器，其投影物镜与航摄物镜的结构完全相同，根据光的可逆性，这时象点的投影影像应在等于航高的距离处清晰，事实上这是办不到的。这种立体测图仪解决成象清晰问题的方法是在投影物镜前附加一个焦距可以改变的辅助光学系统 (亦称 ZOOM 系统)，使象点的投影影像清晰构象在测标上。再通过固定的光学系统到达目镜后进行立体观察。这类仪器有  $C_3$  型立体测图仪 (德国)， $C_2$  型立体测图仪 (德国) 以及  $CHB$  型立体测图仪 (苏联) 等。

光学投影的立体测图仪的缺点是在使用上受到投影主距的限制，一种投影主距的投影镜箱，原则上只能适应同一种主距的航摄机摄取的象片进行作业，此外，仪器的结构和光学系统，均较复杂，因而在六十年代后就没有多大发展。

## 二、机械投影的立体测图仪

机械投影的立体测图仪上的交会，是用绕着投影中心旋转的机械导杆代替投影光线相交来体现。这种机械导杆亦称为投影导杆。此时投影中心  $S_1$ 、 $S_2$  已不是物镜，而是个万向关节，见图 10—3。该图表示的机械投影立体测图仪的结构特点与光学投影仪器很相似，但所使用的双测标  $M_1$ 、 $M_2$  分别设置在观察系统的光路中，而不是处于真实位置了。当象对在仪器上定向以后，左右测标分别对准象片上同名象点时，投影导杆下端的万向关节就体现了模型点的位置。

机械投影仪器在结构设计上,为了能严密正确地实现以机械投影交会取代光学投影交会,采用了一些措施,形成了机械投影仪器的一些特点,分述如下。

### 1. 参考象点与投影主距

机械投影立体测图仪的投影导杆上,有三个万向关节,其上端一个与观察镜相连的万向关节模拟象点,如图 10—4 中的点  $a$ ,它不是真正的象点  $a_1$ ,但是在实现交会时,点  $a$  所起的作用与象点  $a_1$  相同。因此称为参考象点。显然,参考象点连同投影导杆如果由点  $a'$  处平移至新点  $P$  处,见图 10—5 中的  $P_1$ 、 $P_2$ ,也可以实现正确交会,此时点  $P$  即为参考象点。可以看出,应用这种装置,可以无须使用辅助四边形交会,也可避免投影器相碰。参考象点的移动平面与模拟投影中心的万向关节  $S$  之间的

垂直距离就是投影器主距  $f$ 。当投影器主距安置成等于航摄机主距时,就能使投影光束等同于摄影光束。安置不同的  $f$  值,就能适应不同主距的航摄资料,也就是说,一台机械投影的立体测图仪,可以适用于几种不同主距的航摄机摄取的航摄像片作业,这是机械投影仪器的主要优点。并且由于采用了机械投影,使仪器省却了用于投影的光学系统,从而简化了结构,降低了造价。

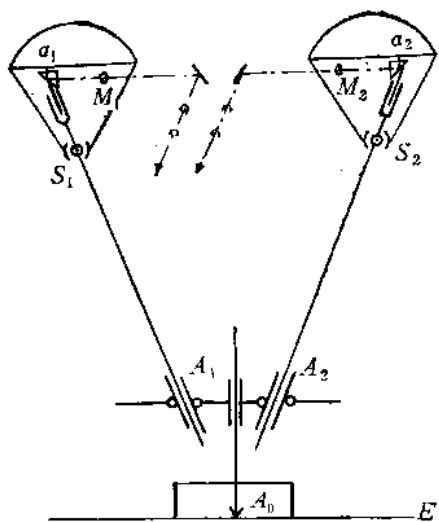


图 10—3

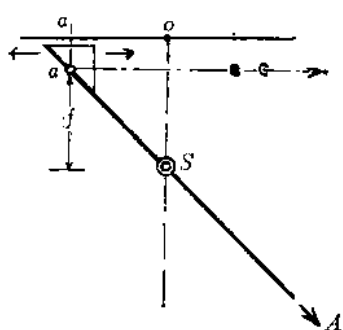


图 10—4

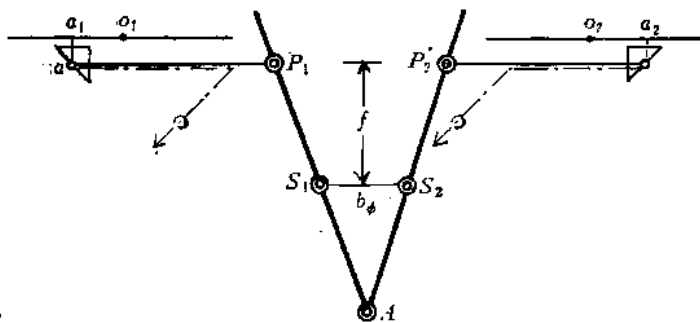


图 10—5

### 2. 投影时,观测系统与象片的运动方式

在机械投影仪器上,投影时观测系统与象片的运动方式基本上有下列三种。

#### (1) 象片固定不动,观测系统移动

图 10—4 和图 10—5 就是这种运动方式的结构示意图,此时投影导杆与观测系统固连,二者联动。当观测系统的测标对准左象主点时,左投影导杆呈铅垂,从这个位置开始,移动观测系统对准一象点时,投影导杆绕投影中心旋转,其位置体现了该象点的投影光线。

在这类仪器上作业时，象对如系透明正片，则应药膜朝上，重叠向外地安装。

## (2) 象片移动，观测系统固定不动

图 10—6 为其结构示意图，此时投影导杆与象片盘固连，二者联动。当左象主点对准观测系统的测标时，左投影导杆呈铅垂，从这个位置起始，移动象片，使某一象点被观测系统的测标对准，投影导杆的位置即体现为该象点的投影光线。图 10—6 中投影导杆与象片（盘）的连结关节  $o$  即为参考象点。图 10—7 为参考象点移到  $P_1$ 、 $P_2$  处的结构示意图。在这类仪器上作业时，如象对为透明正片，应将药膜朝上，重叠向内地安放象片。

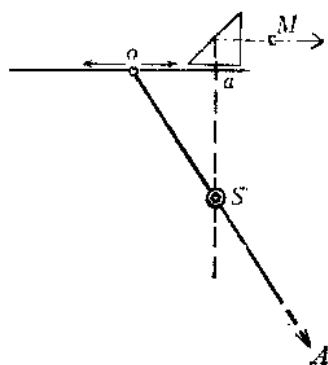


图 10—6

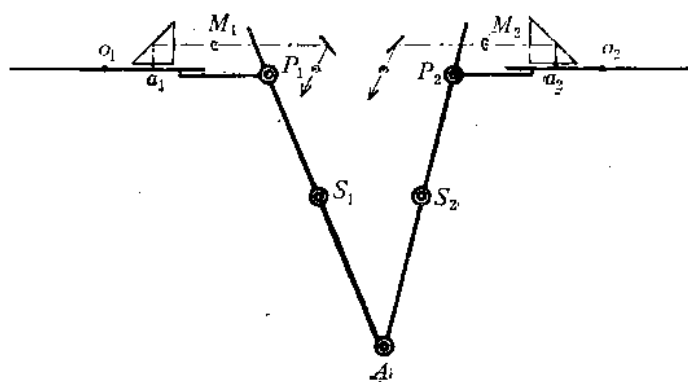


图 10—7

## (3) 象片相对于观测系统作 $X$ 方向移动，观测系统相对于象片作 $Y$ 方向移动

这种移动方式与第一种方式相比较，只是在  $X$  方向两者相反，因此安放象片时，只要在第一种安放形式的基础上，在  $X$  方向翻转  $180^\circ$ ，保持  $Y$  方向不变，即药膜朝下，重叠向内地安装象对两象片（透明正片）。这类移动方式的仪器较少。

### 3. 阴位式投影结构和阳位式投影结构

前面所述的立体测图仪，都是以投影中心处于象点与模型点之间的投影形式叙述的，这种位置在中心投影中我们称为阴位投影。按阴位投影顺序设计的立体测图仪结构称为阴位式结构，也称双臂式。显然，光学投影的仪器结构只能是阴位式的。而对于机械投影的仪器结构来说，就不是必然的了，而是可以将象点与模型点安排在投影中心的同一侧，也就是结构成阳位投影的形式。这种仪器结构形式称为阳位式投影结构，也叫单臂式。

我们知道，把阴位象片旋转  $180^\circ$ ，并向下平移  $2f$ ，即得阳位象片，且同一象点的投影光线无论是由阴位象点或阳位象点来确定都是一样的，见图 10—8，阳位结构形式仪器就是基于这个思想设计的。采用阳位式结构的立体测图仪，投影高度  $Z$  恒大于投影器主距  $f$ ，所以建立起的几何模型的比例尺一定大于象片比例尺，且在结构上要比阴位式仪器更为紧凑，图 10—9 为表示采用观测系统移动形式的阳位结构式仪器的结构示意图。可以看出当在阳位式仪器上进行作业时，透明正片应药面朝上，重叠向内地安放。

简言之，阴位结构式机械投影仪器是按象点万向关节、投影中心万向关节、模型点万向关节的次序，由上而下地排列的设计结构形式，而阳位结构式则是按投影中心万向关

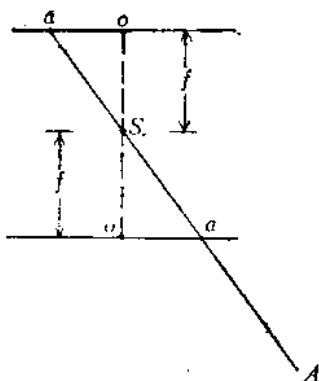


图 10—8

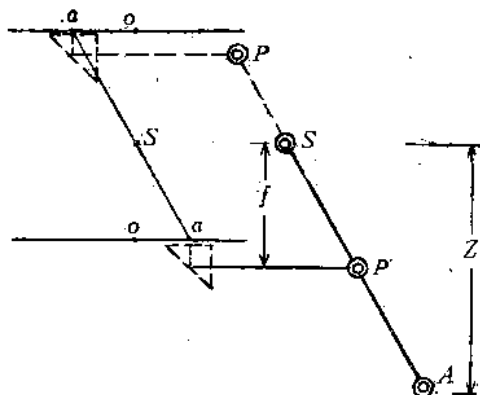


图 10—9

节、象点万向关节、模型点万向关节次序排列的设计结构形式。

### 三、光学机械投影的立体测图仪

光学机械投影的立体测图仪，将实现投影交会用的象点投影光线分为两部分，投影器内的部分由实际光线体现，投影中心至模型点部分则由投影导杆来实现。图10—10为其结构示意图，容易看出，当实际投影光线射出作为投影中心的物镜 $S$ 后，为投影导杆上端的光学系统所接受，开始改为由投影导杆来体现，所以这种投影形式叫做光学机械投影。如同机械投影一样，投影导杆绕投影中心旋转，测标在投影导杆的上端，由反射镜折射入观测系统，这类仪器结构复杂，发展不大，国内也较少使用。

光学投影、机械投影、光学机械投影三种类型的立体测图仪，都是实现了空间交会，所以总称为空间型的立体测图仪。

除了上述的分类方法外，机械投影的立体测图仪又分为平面型和空间型。另外也有按仪器的用途和精度分类。例如将立体测图仪分为3级，一级立体测图仪精度较高，除了能作航测成图外，还能直接进行模拟空中三角测量与地面摄影测量成图；二级测图仪，精度与一级测图仪相仿，但不能直接进行模拟空中三角测量；三级测图仪也称地形测图仪，精度略低于前两种，但仍然是精密的立体测图仪器，适用于测绘大、中比例尺地形图。

上述各类仪器都是比较直观地以建立和量测地面的几何模型为特点的，所以又可统称为模拟型的立体测图仪。

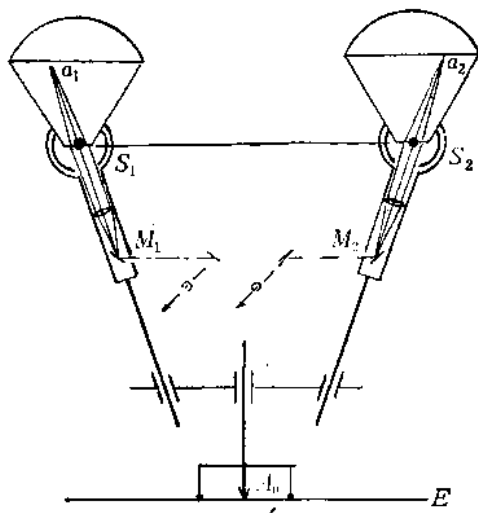


图 10—10

由于应用电子计算机进行解析法空中三角测量加密控制点,精度好效率高,获得日益推广。所以六十年代以来,立体测图仪上一般不再考虑装备用于直接进行模拟空中三角测量的设备。而是着重为立体测图仪配置一些外围设备,例如配置正射投影装置以制作正射投影象片,配置自动记录装置以提高工效,并为自动化测图作准备等。随着电子计算机的发展,现代又研制出以量测象点坐标为基础,通过电子计算机解算地面点坐标并自动绘制地形图的立体测图仪器,这类仪器称为解析型立体测图仪,它已失去了模拟型仪器的直观性。

## 第二节 C<sub>5</sub>型立体测图仪 (Stereoplanigraph C<sub>5</sub>)

C<sub>5</sub>型立体测图仪是光学投影类空间型立体测图仪,系德国蔡司(Zeiss)厂生产,图10—11为其全貌图,它直接使用象幅为18厘米×18厘米的航摄像片或由航摄底片以接触晒印所得的透明正片进行作业。采用了“三角形加平行四边形”交会形式,并采用双测标景测方式来避免投影器相碰。该仪器适用于常角与宽角航摄机摄取的象片作业。可以测绘各种比例尺地形图、断面图以及进行直接的模拟空中三角测量,不仅可以应用航空摄影象对作业,亦可应用地面摄影象对作业。

### 一、C<sub>5</sub>型立体测图仪的基本结构

图10—12为C<sub>5</sub>型立体测图仪的基本结构示意图。C<sub>5</sub>型立体测图仪的空间坐标轴由X、Y、Z三导轨构成。X和Y导轨位于水平位置,互相垂直固联,构成稳固的“⊥”形基座。基座下面以三个脚螺旋支撑着。仪器主体的各个部件都安装在这个基座上。在X导轨上安有X车架,X车架上装有b<sub>1</sub>导轨,而在b<sub>1</sub>导轨上左右两边各装有一个承托着测标镜的测标架,在测标镜上分别有测标M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>。b<sub>1</sub>导轨加上左右两测标架所构成的组合体称为基线架。当转动X手轮(见图10—11)时,通过丝杆转动,可使X车架连同基线架在X导轨上左右移动。当摇动Y手轮时,则可使Y车架在Y导轨上作前后移动。在Y车架上安装有成竖直式的Z导轨,其上安有Z车架,当转动脚盘时,转动丝杆可使Z车架沿Z导轨作上下移动。X、Y、Z车架沿X、Y、Z导轨的移动值,分别显示在相应的分划尺上。

基线架安装在X车架上。转动b<sub>1</sub>螺旋可使左右两测标架带着左右测标M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>沿着b<sub>1</sub>导轨作向内或向外的相对移动,其移动值可在b<sub>1</sub>计数器上以0.01毫米精度读出。此外,左右测标M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>在各自的b<sub>2</sub>螺旋和b<sub>3</sub>螺旋的作用下,可以分别沿Y方向和Z方向作单独移动,这些移动为正确安置投影基线所必需,其移动值可以在相应的分划尺上读出。b<sub>2</sub>和b<sub>3</sub>分划尺的零位置分别为30毫米和20毫米。

在Z车架上固联有一横梁,称作悬臂。左右投影器悬挂于悬臂两端,两投影器除了随同Z车架作上下移动外,还在各自的相应螺旋作用下,可以分别作以过物镜中心的Y轴为主轴的转角运动,即左投影器的 $\alpha_{11}$ 、 $\omega_1$ 、 $\kappa_1$ 和右投影器的 $\alpha_{12}$ 、 $\omega_2$ 、 $\kappa_2$ 。为了绝对定向时置平模型,还可在公共偏角螺旋作用下,使两投影器通过联动杆同步旋转相等的偏角

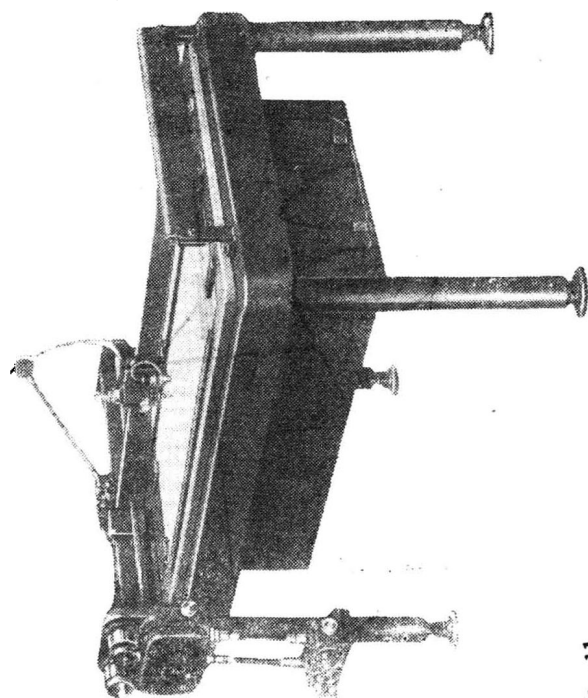
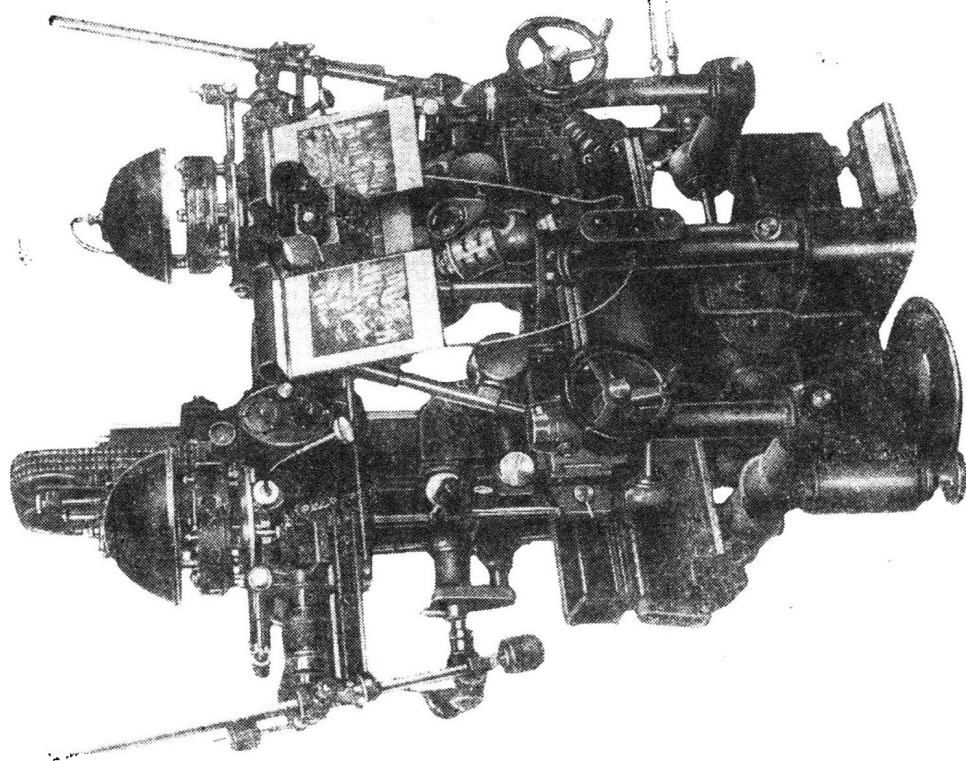


图 10-11

$\phi$ ，转动公共倾角螺旋可使两投影器一起旋转公共倾角  $\Omega$ 。

借助于以上所述的运动，就能实现仪器上的相对定向和绝对定向工作以及量测描绘工作。模型上的点位测定和地形图或断面图的测绘是通过机械传动到绘图桌上进行的。

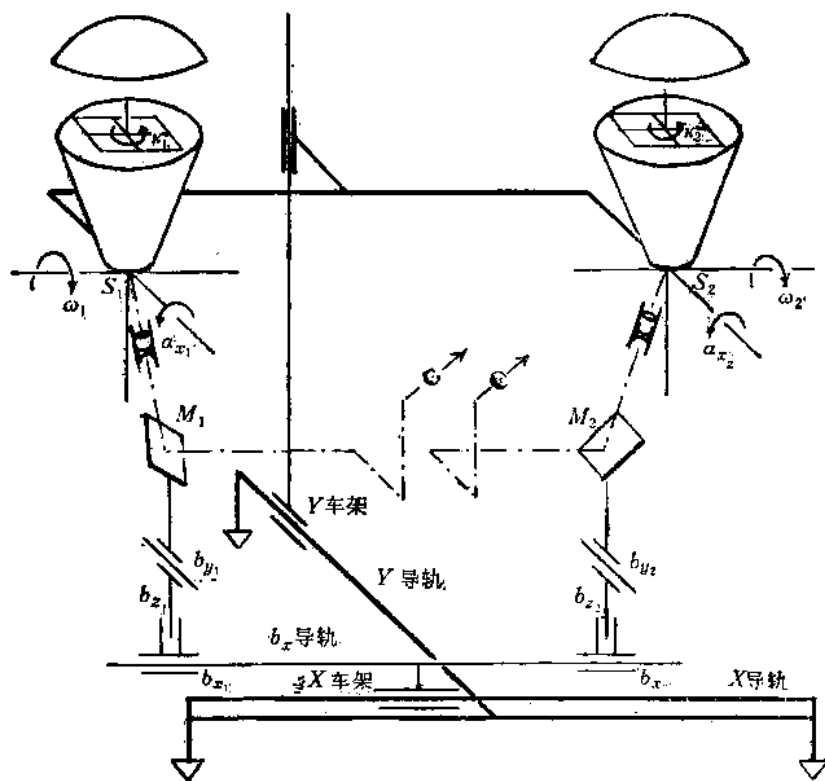


图 10—12

C<sub>0</sub>仪器上还装有转换机件，用以改变投影轴与投影面的相对关系，以分别适应航空摄影象片作业和地面摄影象片作业。

## 二、投影系统

投影系统包括投影器、悬挂投影器的悬臂、可变焦距的辅助光学系统和照明装置等组成部分。

C<sub>0</sub>型立体测图仪的投影器有两套，一套投影器的主距为 100 毫米，另一套为 210 毫米，象幅都是 18 厘米 × 18 厘米，可以更换使用，以适应于宽角和常角航摄影象片作业，投影器的主距还可在 ± 5 毫米的范围内作变动，以便使仪器上实际安置的主距严格相等于航摄影象片的主距值。

C<sub>0</sub>型立体测图仪的投影器上，根据波柔-柯贝 (Porro-Koppe) 原理，采用与航摄机物镜相同的投影物镜进行投影的方法，来消除航摄机物镜畸变差的影响。所谓波柔-柯贝原理是：摄影物镜存在着畸变象差，根据光的可逆性，按相反方向投影到原处的影象无畸

变象差。但是我们已经知道，这样的投影物镜投射出的投影光线，将在距离为航高值的地方清晰构象，为了解决这个矛盾，在C<sub>0</sub>型立体测图仪的投影物镜下，装置了一个焦距可变辅助光学系统，其作用是可以使象点的投影光线保持会聚在测标平面上，从而在立体观察时看到清晰的投影影象。

这种焦距可变的辅助光学系统，包括射象镜1及凝象调节器2两部分，如图10—13所示。射象镜亦称前附镜或前置镜，它由一个凸透镜和一个凹透镜所组成，两透镜的焦距绝对值相等，设都为 $f_e$ ，两透镜间的距离为 $e$ 。射象镜的物方节点 $S_0$ 同投影物镜3的象方焦点 $S'$ 近似重合，是射象镜的旋转中心。如果射象镜的合成焦点是 $F_e$ ，则由投影物镜射出的投影光线，通过射象镜后会聚于安装在射象镜前方焦点处的测标 $M$ 上清晰构象。

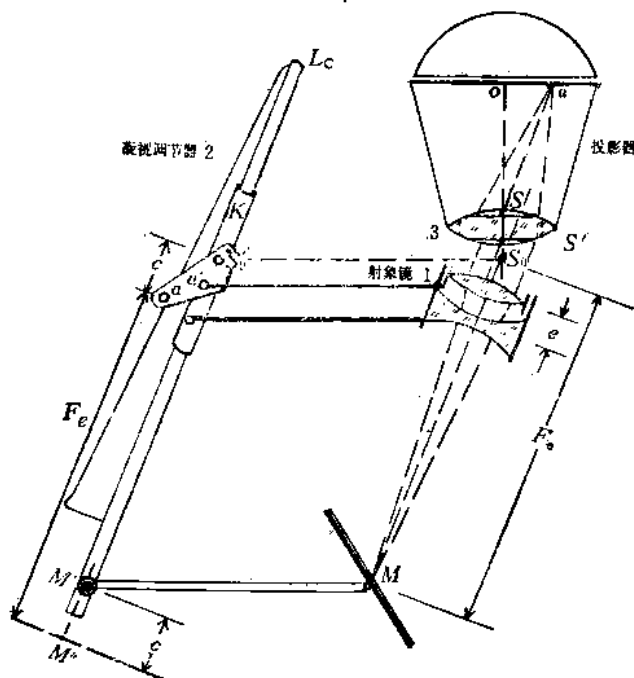


图 10—13

由几何光学可知， $f_e$ 、 $e$ 、 $F_e$ 三者之间的关系式（即构象公式）为

$$F_e = \frac{f_e^2}{e} \quad (10-1)$$

作业中要求照准不同的模型点，所以 $F_e$ 值是不断变动的，在 $f_e$ 为定值的情况下，只能是使 $e$ 值作相应合理的变动来配合不断变动的 $F_e$ 值，才能始终满足式（10—1），从而观测高低不等的模型点时，射象镜能自动调焦，使观察得的模型点构象保持清晰。

凝象调节器实际上是一种曲线板控制器，现按图10—13将其构造和作用原理简述如下：与投影光线 $S_0M$ 始终保持平行的方向导杆 $L_c$ 上，固联有一个曲线板，这个曲线板的使用边是按公式（10—1）以横轴为 $e$ ，纵轴为 $F_e$ 描绘的曲线。当方向导杆 $L_c$ 上的滑动套筒 $K$ 随投影器的升降而在方向导杆 $L_c$ 上滑动时，套筒 $K$ 上的三角形金属板就会绕着固定点 $S'_0$ 旋转，此时 $S'_0$ 与点 $S_0$ 等高。金属板上的滑轮点 $a$ 始终紧贴于曲线板的使用边，

这样当  $F_e$  值改变时, 点  $S'$  在纵轴上移动了一段距离  $\Delta F_e$ , 而点  $a$  则随之在横轴方向移动了  $\Delta e$  值 ( $\Delta F_e$  和  $\Delta e$  图 10—13 中未画出)。这个  $\Delta e$  值便通过点  $a'$ , 在连动杆及射象镜附近的齿轮的作用下, 传导给凸透镜, 使之沿  $S_0M$  方向等量移动一个  $\Delta e$  值, 从而使在变化了的  $F_e$  距离处影象保持清晰。由于点  $S'$  与点  $a$  沿纵轴方向相差一段距离  $c$ , 所以曲线板也相应下移了一段距离  $c$ 。在图 10—13 中曲线板的使用边不是以点  $M'$  为原点, 而是以下移一段距离  $c$  之后的点  $M''$  为原点制作的。

### 三、观测系统

前面讲的投影系统解决了投影光线沿正确方向到达测标镜以及在测标处的清晰构象问题, 但是这时仍然无法直接进行观测, 还需要有另一套光学装置来解决从测标镜到供眼睛直接观测的目镜之间这段光学问题, 这套光学装置就是观测系统。

观测系统实质上就是由目镜到测标镜的双筒显微镜。为了作业方便, 供作业者观察的目镜位置固定不动, 但为了安置投影基线以及照准不同模型点, 两测标镜应该是能移动的, 所以观测系统便分成固定部分和可动部分。图 10—14 为观测系统结构示意图, 图中只绘出

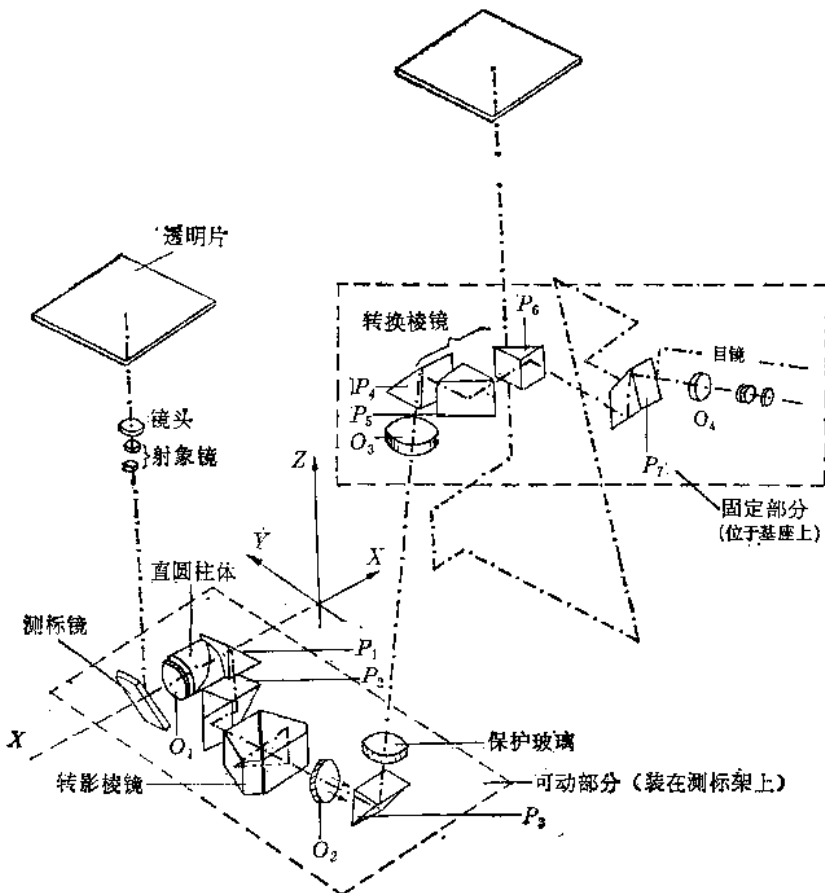


图 10-14

了左方光路。固定部分安装在仪器的基座上；可动部分分别安装在基线架的左右测标架上，能随着基线架作仪器  $X$  方向的移动。

由透明正片射出的投影光线，穿过镜头，经过可变焦距辅助光学系统的射象镜，清晰地构象在测标镜上，这是投影系统部分的光路。由测标镜开始直至目镜的光路就是观测系统的光路了，简述如下。

投影光线由测标镜反射后，经凸透镜  $O_1$  会聚并射入直角棱镜  $P_1$ ，经  $P_1$  反射至复合棱镜  $P_2$ ，由  $P_2$  作两次反射后进入转影棱镜，由转影棱镜射出的光线经过凸透镜  $O_2$  变为平行光束，再经过直角棱镜  $P_3$  反射出去便开始进入固定部分。首先是进入透镜  $O_3$  并射入转换棱镜中的直角棱镜  $P_4$ 、 $P_5$  和  $P_6$ ，然后进入目镜  $O_4$  而达于观测者眼睛，实质上是观测者经过对目镜  $O_4$  视度调节后，观察得位于透镜  $O_3$  后焦面上的放大虚像。

观测系统中的直圆柱体是为了在观察光路中加入发光的有色测标而设置的，应用这种光点测标可提高量测精度。图10—15为其结构示意图。它由光源 1、多种颜色的滤光片 2、有多种形状测标的测标盘 3、凸透镜 4 和棱镜 5 组成。接通光源后，形成的有色光点测标经过凸透镜和棱镜成象于观察光路上，使观测者感到测标镜 6 上有一光点测标。实际上测标镜是块精密研磨成的不锈钢反光镜，其上并无测标，而只是个有色光点测标的象作为光点测标使用。滤光片有浅红、深红、绿、白、黄五种颜色，测标的形状有圆点和圆环两种，各有大、中、小三种大小。

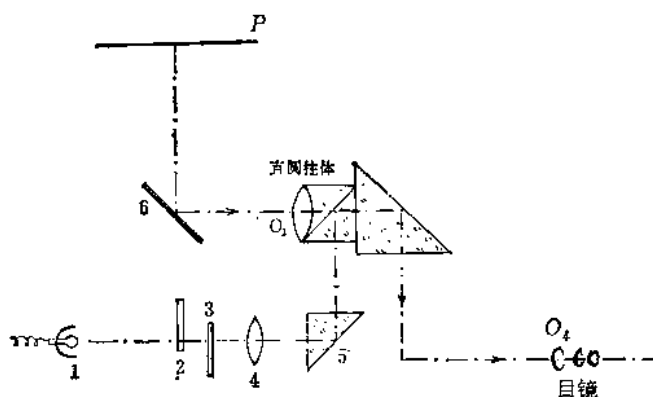


图 10—15

转影棱镜是为了消除观测过程中，由于观察模型点所必须的测标镜转动所引起的转影现象而设置的，这种转影现象会影响立体观察的效果。转影棱镜能随着测标镜的转动而作适量的反向转动，以抵消因测标镜转动而引起的转影。在仪器上测标镜的转动和旋象棱镜的反向转动都是按光学要求用机械装置自动完成。C<sub>60</sub> 仪器的转影棱镜为作五次反射的棱镜，称为别汉棱镜，它是由被空气层分开的两块四棱柱形棱镜组成。转影棱镜也叫做旋象棱镜，转影现象也称为旋象现象。

转换棱镜系位于观测系统的固定部分，它是由左方光路中的三个直角棱镜  $P_4$ 、 $P_5$ 、 $P_6$  和右方光路中的三个直角棱镜  $P'_4$ 、 $P'_5$ 、 $P'_6$  共同组成，图 10—16 为其结构原理图。当

棱镜位于实线位置时,左投影光线进入左目镜,右投影光线进入右目镜,这时观察到的是正立体。转动目镜下方两个黑色套筒,可使转换棱镜系的左右两部分作相对移动,设移动后棱镜系处于虚线位置,此时,左投影光线进入右目镜,而右投影光线进入左目镜,观察得的是反立体。可见依靠转换棱镜系,便可在仪器上作正或反立体观察,这对于直接作空中三角测量或连续测图来说是很必要的。

C<sub>8</sub>型立体测图仪备有两套目镜,一套用于观察航摄负片,称负目镜组;另一套用于观察透明正片,称为正目镜组。由于负片与正片在仪器上都是药膜朝下安置,致使二者方位不同,即正片在Y方向上与装负片时反向,X方向则未变。为了使观察正片时的影象方位与观察负片时一致,所以在正目镜组中的棱镜系增加一次反射。

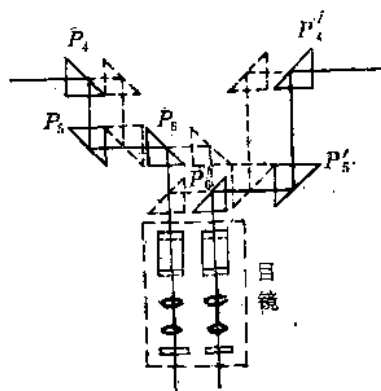


图 10—16

#### 四、基线架的作用及投影基线的安置

C<sub>8</sub>型立体测图仪上作业时,由于采用“三角形加平行四边形”交会,并采用双测标与之配合,因此投影基线不是在两投影器物镜之间安置,而是用安置双测标来实现投影基线的安置,为此,设置了基线架,下面按图 10—17 说明用双测标安置投影基线的原理。

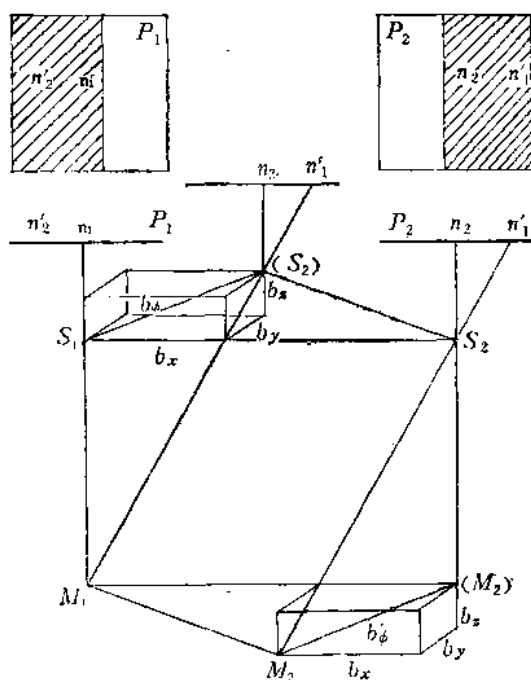


图 10—17

设象对两象片在  $S_1$  和  $(S_2)$  处按交会三角形  $\triangle S_1(S_2)M_1$  交会获得几何模型,此时投影基线为  $S_1(S_2)$ 。然后按交会三角形加平行四边形交会时,则使右投影方位不变地平移至  $S_2$  处,双测标中的右测标随之平移至  $M_2$  处,我们已经知道这两种交会是等效的。但是此时两投影中心间的距离  $S_1S_2$  并非投影基线。在 C<sub>8</sub> 立体测图仪上两投影器的投影中心位置固定在  $S_1$ 、 $S_2$  处,双测标的左右两测标的起始位置在投影中心的正下方  $M_1$ 、 $(M_2)$  处,此时  $S_1S_2(M_2)M_1$  为一矩形。按交会三角形交会时,投影基线为  $S_1(S_2)$ ,其分量为  $b_x$ 、 $b_y$ 、 $b_z$ ,转为按交会三角形加平行四边形交会时,投影基线  $S_1(S_2)$  已不存在,同时出现了右测标  $M_2$ ,理论上讲它是由  $M_1$  处随  $(S_2)$  的移动平移来的,然而在仪器上结构成由右测标起始位

置 $(M_2)$ 处移来。由图10—17不难证明, 线段 $(M_2)M_2$ 与 $S_1(S_2)$ 既平行且相等, 这就是说, 交会三角形加平行四边形交会时, 其投影基线就是右测标 $M_2$ 与其起始位置 $(M_2)$ 间的距离, 它可以从起始位置开始按该象对投影基线的分量 $b_x$ 、 $b_y$ 、 $b_z$ 移动至 $M_2$ 处安置而得, 图10—17的基线安置形式为测标向内安置, 这时的投影基线称为正基线。正基线的安置时, 双测标之间的距离 $M_1M_2$ 恒小于两投影中心间的距离 $S_1S_2$ 。

当右测标 $M_2$ 未作移动而位于起始位置 $(M_2)$ 处时, 此时线段 $M_2(M_2)$ 为零, 称为零基线。仪器在零基线位置时, 如果左测标照准了左象盘中心, 则右测标照准了右象盘中心。上面是以右测标配合右投影中心移动的形式叙述的, 它同样适用于以左测标配合左投影中心移动的情况。

在作直接的模拟空中三角测量或连续测图中, 当第一象对 $P_1P_2$ 做完后, 进入第二象对 $P_2P_3$ 作业时, 就需要作连续相对定向。在 $C_s$ 型立体测图仪上进行这项工作时, 其象片安装和基线安置的方法如图10—18所示。此时保持第二张象片 $P_2$ (右投影器)不动, 将第三张象片 $P_3$ 取代第一张象片 $P_1$ 安装在左投影器上。此时投影基线又如何安置呢? 设想有第三个投影器 $(S_3)$ , 并在其上安放了第三张像片 $P_3$ 后进行了按交会三角形交会, 其投影基线为 $S_2(S_3)$ , 基线分量为 $b_x$ 、 $b_y$ 、 $b_z$ 。今将第三张象片安装在左投影器上并位于 $S_1$ 处, 可以认为是由 $(S_3)$ 处平移而来, 则按交会三角形加平行四边形交会原理, 只要双测标中的左测标由 $M_2$ 处随 $(S_3)$ 平移到 $M_1$ 处, 交会依然存在而且等效。容易证明线段 $M_1(M_2)$ 平行且相等等于投影基线 $S_2(S_3)$ 。所以线段 $M_1(M_2)$ 就是投影基线, 它可以从左测标起始位置 $(M_1)$ 开始, 按投影基线分量 $b_x$ 、 $b_y$ 、 $b_z$ 安置而得。图10—18中安置投影基线的形式称为基线向外安置, 这时的投影基线称为负基线, 负基线安置时,

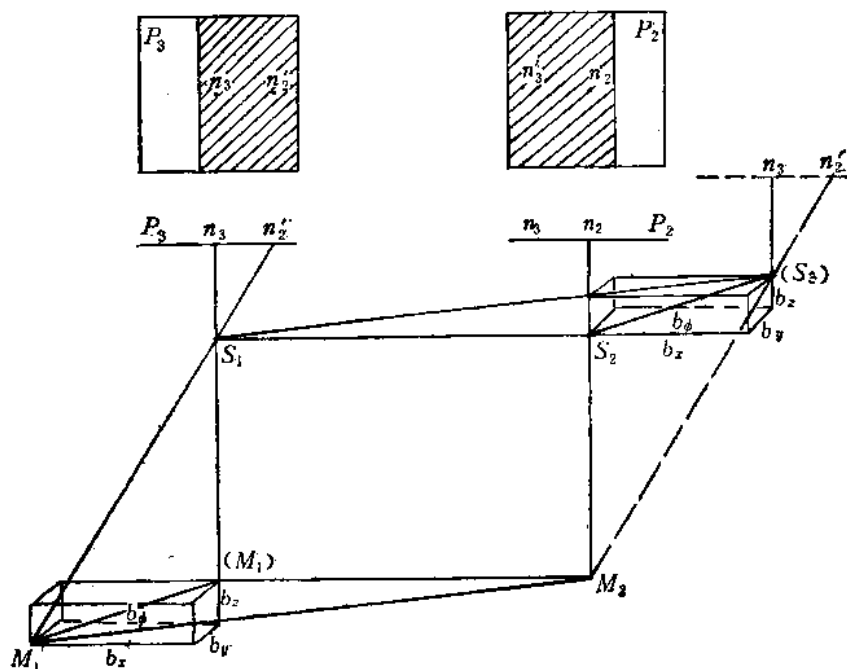


图 10—18