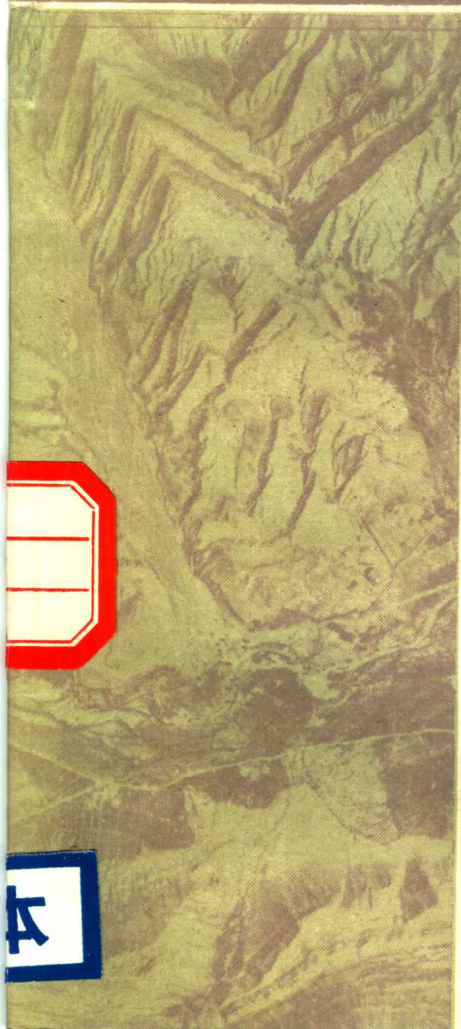


光学投影型和机械投影型 测图仪

——美国《摄影测量手册》节选之四

[美]卡尔·J·博恩 等著



测绘出版社

光学投影型和机械 投影型测图仪

——美国《摄影测量手册》节选之四

主编：[美]卡尔·J·博恩

编者：布兰科·马卡罗维奇

爱德华·斯皮克曼

译者：楚良才、孙莉元

测绘出版社

出版说明

由 C C 斯拉麦主编的美国《摄影测量手册》(1980年第四版)是摄影测量学的重要著作,在国际上有很大影响。它的翻译出版对我国摄影测量与遥感事业的发展,必将会有所促进。原书篇幅较长,若全面进行介绍,工作量大,出版周期要拖得很久。现根据我国目前摄影测量书籍的出版和需求情况,按轻重缓急采取节译办法,以一章为一单行本的形式,陆续介绍给广大读者。

本书是原手册的第十二章,较详细地介绍了目前摄影测量中广泛使用的各类光学投影型和机械投影型立体测图仪器。取材广泛,内容全面,包括了近卅年世界各国生产的主要测图仪器。书中对每一仪器的结构特点、投影方式、观测手段和量测装置进行了分析和比较。是摄影测量工作者在生产、教学、科研方面很有价值的工具书,也是石油、地质、冶金、煤炭、建筑、铁道、交通、农林、水利等院校测量专业理想的辅助参考书。

光学投影型和机械投影型测图仪

——美国《摄影测量手册》节选之四

[美]卡尔·J·博恩等

楚良才 孙莉元 译

*

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 1/32·印张 7.125·字数 155 千字

1986 年 12 月第一版·1986 年 12 月第一次印刷

印数 0,001—1,500 册·定价 1 50 元

统一书号: 15039·新 546

责任编辑：王 岩

封面设计：杨永德

科技新书目

[137—237]

统一书号

15039 · 新 546

定 价：1.50 元



目 录

1. 基本原理	(1)
1.1. 引言	(1)
1.2. 模拟测图仪器的主要部件	(2)
1.2.1. 投影装置	(2)
1.2.2. 量测和测图装置	(5)
1.2.3. 观测系统	(7)
1.2.3.1. 直接对投影进行观测	(7)
1.2.3.2. 通过投影器透镜用望远镜观测	(7)
1.2.3.3. 在透射光中观测直接投影的影 像	(9)
1.2.3.4. 直接观测像片	(9)
1.2.3.5. 与观测方法有关的一些问题	(10)
1.2.3.5.1. 左像点和右像点比例尺 相等	(10)
1.2.3.5.2. 核线平行于眼基线	(13)
1.3. 补偿透镜畸变的几种方法	(14)
1.3.1. 波柔-柯贝系统	(15)
1.3.2. 无畸变正片的使用	(15)
1.3.3. 补偿板的使用	(16)
1.3.4. 主距的变化	(17)
1.4. 蔡司平行四边形	(18)
1.5. 用于模型定向和扫描的旋转轴	(22)
1.5.1. 概述	(22)
1.5.2. 采用波柔方法在带有像片测角仪 的仪器中旋转角的分配	(22)

1.5.3. 扫描轴位置的影响	(24)
1.6. 仪器的分类	(25)
2. 通过望远镜直接观测投影图象的仪器	(28)
2.1. 概述	(28)
2.2. 精密立体测图仪所用辅助望远镜系统原理	(28)
2.3. 蔡司精密立体测图仪	(30)
2.3.1. 精密立体测图仪的发展历史	(30)
2.3.2. 精密立体测图仪 C8介绍	(31)
3. 像片量角仪型的仪器	(38)
3.1. 发展历史	(38)
3.2. 普瓦维利埃立体地形测图仪	(41)
3.2.1. 历史	(41)
3.2.2. B型立体地形测图仪的一般介绍	(43)
3.3. 尼斯特里立体测图仪	(47)
3.3.1. 历史	(47)
3.3.2. 像片立体测图仪B型简介	(49)
3.4. 汤姆逊-瓦茨测图仪	(51)
3.4.1. 汤姆逊-瓦茨测图仪简介	(51)
4. 机械投影型仪器	(55)
4.1. 历史	(55)
4.2. 伽里略-桑通尼机械投影型仪器	(56)
4.2.1. 桑通尼立体测图仪 V型	(56)
4.2.1.1. 机械设计	(56)
4.2.1.2. 观测系统	(64)
4.2.1.3. 量测系统和绘图系统	(64)

4.2.2. 伽里略-桑通尼简易立体测图仪	
(Stereosimplex Id).....	(66)
4.2.2.1. 投影系统.....	(66)
4.2.2.2. 观测系统.....	(72)
4.2.2.3. 量测装置和绘图装置.....	(74)
4.3. 机械投影的威特仪器.....	(74)
4.3.1. 威特自动测图仪 A7.....	(75)
4.3.1.1. 与威特 A5的比较.....	(75)
4.3.1.2. 观测系统.....	(75)
4.3.1.3. 有关机械设计和使用的进一步探讨.....	(78)
4.3.2. 威特 A8立体测图仪.....	(80)
4.3.2.1. 引言.....	(80)
4.3.2.2. 一般介绍.....	(81)
4.3.2.3. 光学系统.....	(82)
4.3.2.4. 威特 PPO-8 正射投影设备.....	(84)
4.3.3. 威特自动测图仪 A9.....	(85)
4.3.4. 威特自动测图仪 A10.....	(86)
4.3.4.1. 引言.....	(86)
4.3.4.2. 一般介绍.....	(89)
4.3.4.3. 光学系统.....	(89)
4.3.4.4. 投影系统.....	(89)
4.3.4.5. 机械设计和使用.....	(91)
4.3.5. 自动测图仪的坐标记录.....	(92)
4.3.6. 威特立体测图仪.....	(93)
4.3.6.1. 引言.....	(93)
4.3.6.2. B8S 的投影系统.....	(94)

4.3.6.3.	B8S 的观测系统·····	(95)
4.3.6.4.	B8S 的测图装置和量测装置·····	(99)
4.4.	克恩厂 (Kern) 立体测图仪 ·····	(99)
4.4.1.	克恩 PG2 ·····	(99)
4.4.1.1.	概述·····	(99)
4.4.1.2.	投影系统·····	(101)
4.4.1.3.	观测系统·····	(107)
4.4.1.4.	绘图和量测装置·····	(109)
4.4.1.5.	克恩 OP2 正射投影仪 ·····	(111)
4.4.2.	克恩 PG3·····	(113)
4.4.2.1.	概述·····	(113)
4.4.2.2.	投影系统·····	(113)
4.4.2.3.	观测系统·····	(120)
4.4.2.4.	绘图和量测装置·····	(120)
4.5.	卡尔·蔡司 (奥本科亨) 机械投影型测图仪·····	(122)
4.5.1.	蔡司平面测图仪 Planimat ·····	(123)
4.5.1.1.	概述·····	(123)
4.5.1.2.	投影系统·····	(123)
4.5.1.3.	观测系统·····	(126)
4.5.1.4.	绘图和量测系统·····	(127)
4.5.2.	蔡司平面绘图仪 Planicart ·····	(128)
4.5.2.1.	概述·····	(128)
4.5.2.2.	投影系统·····	(129)
4.5.2.3.	观测系统·····	(129)
4.5.2.4.	绘图和量测系统·····	(131)
4.5.3.	蔡司平面地形测图仪 (Planitop)·····	(131)

4.5.3.1.	概述.....	(131)
4.5.3.2.	投影系统.....	(133)
4.5.3.3.	观测系统.....	(133)
4.5.3.4.	绘图和量测系统.....	(133)
4.6.	索泊莱姆 普雷萨 (Sopllem Presa)	(135)
4.6.1.	概述.....	(135)
4.6.2.	投影系统.....	(138)
4.6.3.	观测系统.....	(140)
4.6.4.	驱动和跟踪装置.....	(141)
4.6.5.	量测和绘图装置.....	(141)
4.6.6.	附件.....	(142)
4.7.	蔡司 耶那 Stereometrograph 立体 测图仪.....	(143)
4.7.1.	概述.....	(143)
4.7.2.	投影系统.....	(143)
4.7.3.	观测系统.....	(147)
4.7.4.	驱动与跟踪装置.....	(149)
4.7.5.	量测和绘图装置.....	(150)
4.7.6.	附加装置.....	(151)
4.8.	蔡司(耶那) Topocart B 地形测图仪.....	(152)
4.8.1.	概述.....	(152)
4.8.2.	投影系统.....	(153)
4.8.3.	观测系统.....	(158)
4.8.4.	驱动和跟踪装置.....	(159)
4.8.5.	量测和绘图装置.....	(160)
4.8.6.	正射像片附加装置.....	(160)
5.	采用变换光束的立体测图仪器.....	(162)

5.1. 引言.....	(162)
5.2. 立体绘图仪 SD	(163)
5.2.1. 概述.....	(163)
5.2.2. 投影系统.....	(163)
5.2.3. 观测系统.....	(178)
5.2.4. 使用和精度.....	(180)
5.2.5. SD-3 立体测图仪	(181)
5.2.6. 勘察用的立体测图仪 SD-3	(185)
5.2.7. 立体测图仪 Photostereograph FSD... (186)	
5.2.8. 带正射像片附加装置 FPD-2 的 立体测图仪 SD-3	(188)
5.3. 耶那蔡司厂的立体测图仪 Stereotri- gomat	(189)
5.3.1. 概述.....	(189)
5.3.2. 投影系统.....	(191)
5.3.3. 观测系统.....	(199)
5.3.4. 正射投影附件.....	(201)
5.3.5. 量测和绘图装置.....	(203)
5.3.6. 断续线记录装置.....	(203)
5.4. 立体投影仪 SPR(STEREOPROJE- CTOR SPR).....	(204)
5.4.1. 概述.....	(204)
5.4.2. 投影系统.....	(204)
5.4.3. 观测系统.....	(215)
5.4.4. 绘图和量测装置.....	(216)
5.4.5. 立体像片投影仪 (Stereophoto- projector)	(216)

1. 基本原理

1.1. 引言

由教授 W·斯克默霍恩博士和布兰科·马卡罗维奇博士编写的《摄影测量手册》第三版第十四章曾广泛介绍了光学类和机械类投影式立体测图仪器。本书题目与以前的相同，所以很多可用的资料直接取自上一版，但需指出下述重要变化，即只保留了当前仍在生产或广泛使用的仪器。当然，自第三版出版以后新发展的仪器必然补充了进去，如果有读者需要旧型号的立体测图仪器或需要过时的仪器资料，请查阅第三版。

由于当前正射像片很流行，所以很多新仪器都备有生产正射像片的附件，本章只对这些附件做简要介绍。《摄影测量手册》的第十五章专讲正射投影和它的准备工作。因此，也包括对这些辅助仪器的详细描述。

希望读者注意将本书所介绍的仪器与《摄影测量手册》的第十一和第十三章介绍的仪器加以区别。第十一章包括下述两类仪器：

(a) 第一类仪器中相邻二连续曝光站的光束直接用光学投影法予以恢复，在这类仪器上可直接观测影象；

(b) 第二类仪器是低精度仪器，也称三级仪器或接触晒印片仪器。这类仪器价格低，只能近似地解决几何关系，但这类仪器的精度对于小比例尺测图等特殊用途来说是够用的。

第十三章讨论的是解析测图仪。这些仪器不是用恢复投

影光束的办法实现像片和地面坐标系之间的关系，而是用电子计算机或数学办法确定坐标关系。

1.2. 模拟测图仪器的主要部件

在设计一个完整的测图仪器或成图仪器时，一般包括下述部件：

- (a) 投影装置；
- (b) 观测像片或模型的装置；
- (c) 量测坐标或测绘模型的装置。

在以后各节中人们将会发现，这三个部件有时是由专门的装置来表示的，并不符合一般分类法。下边分别论述这些内容。

1.2.1. 投影装置

在本书讨论的所有仪器中都是采用以某种方式重建光束的原理，即重现曝光瞬间由像片发出的光束。在图中 O' 和 O'' 点是投影机镜头节点对乳剂面的两个曝光中心。 A_1 和 A_2 是地面点， a'_1 、 a'_2 和 a''_1 、 a''_2 是它们在第一个（左）和第二个（右）曝光站的像。如果我们能把两个严格相似的摄影机放回空中并把像片放在曝光时的同样位置，则通过 a'_1 和 O' ， a''_1 和 O'' 的直线将交于 A_1 点。同理也适用于两张像片上的所有相应点。所有交点均从同一位置以相同比例尺构成地面的一个完善的几何模型。当沿空中基线移动左镜箱至 Q'_1 位置而不改变光轴方向时，模型比例尺将以 $O'_1O'' : O'O'' = b : B$ 的比例缩小，其中 b 是缩小的空中基线， B 是原来的空中基线。

很显然，人们可以把这对镜箱放在空间的任何位置，只

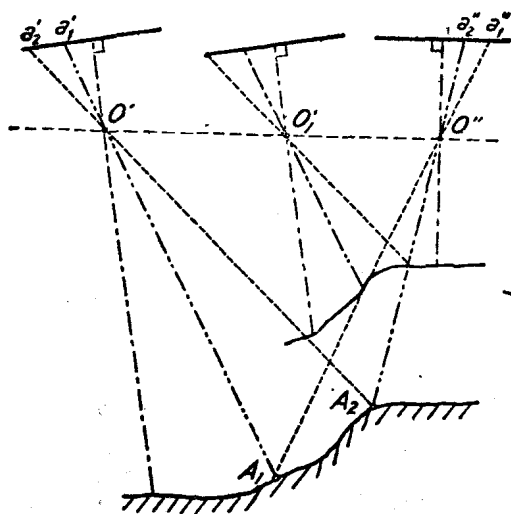


图 1 摄影原理图

要它们的相互位置是正确的，模型即可作为相应投影光线交点的轨迹之和重建起来。这个模型的定向及比例尺将取决于基线 b 的位置和长度，也取决于与主核面正交的该模型的旁向倾角 Ω 。

成图仪器的这个原理可以通过替换 O' 和 O'' 处的两个假想的镜箱来实现。

(a) 在引入相对于空间基线和两个镜箱相互之间的正确内定向和相对定向之后，两个投影器在空间以直接的光学投影方式形成模型。(美《摄影测量手册》第十一章全部双投影式仪器都基于这个简单原理)；

(b) 两个机械的或部分光学部分机械的装置人工地模仿 (a) 中双投影器式的投影系统。

在这两种情况下，只有当两投影器所产生的光束（可以是直接光学投影的也可以是人工间接模拟的）在各自的设计限差之内与摄影机的光束恒等，才可以使模型正确无变形。

为了满足这一要求，像片在投影器中应当对中并安置在垂直于投影器实际光轴或假定光轴的正确距离处。这种对中和引入主距称为安置内定向元素。主距对于同一次飞行的所有像片来说是常数。每一软片或硬片的对中最好在特制的硬片架中进行，并用对中装置上的四个框标来实现(图2)。

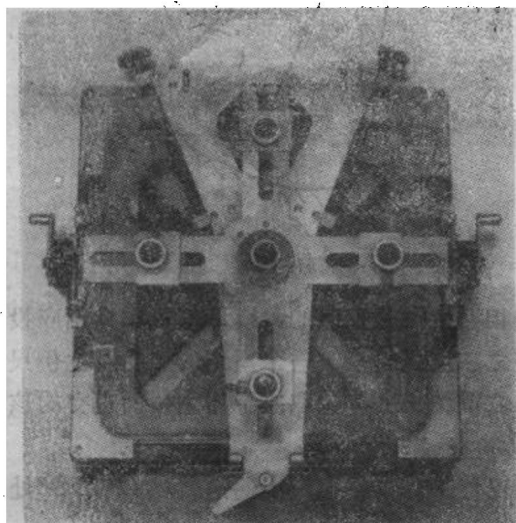


图 2 对中装置

通常在大多数情况下，每个投影器有六种动作用于相对定向，三个旋转和三个平移。旋转是沿三个轴进行的，三个轴在零位时互相垂直(见图3)。三轴之一是固定的，叫做第一转轴。在某些仪器中第一转轴平行于 x 轴(即飞行线)而在另一些仪器中第一转轴垂直于 x 轴。前一种情况下旁向倾

角 ω 是第一转角，在后一种情况下纵向倾角 φ 是第一转角。第二转轴沿固定的第一转轴旋转，第三转轴几乎总是投影器轴， κ 旋角就绕这个轴旋转。然而，有几种仪器并不全具备每个投影器的六个自由度，只有相对定向所必不可少的五种运动分布在两个投影器上。为了获得正确的绝对定向，某些仪器允许有补充的公共倾角 Φ (沿 X 方向) 和 Ω (沿 Y 方向) 而在另一些仪器上用于相对定向的同类动作也可以服务于这一目的。此外，用改变基线长度的办法来归化模型比例尺的可能性总是存在的，只有在所谓的全能仪器中每个投影器才需要六种自由度。

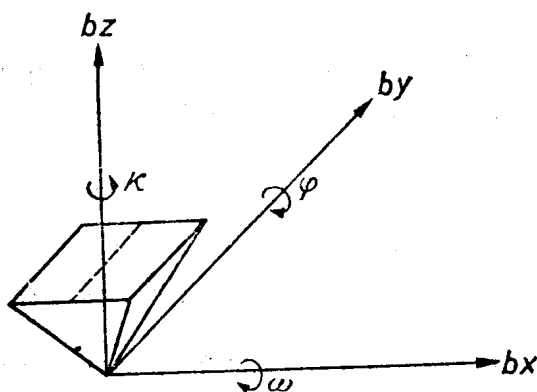


图 3 定向动作 (ϕ 、 ω 、 κ 、 bx 、 by 、 bz)

1.2.2. 量测和测图装置

在任何一种测图仪中，不管仪器可能多么简单或多么复杂，每一仪器中总有一个测图装置。在某些情况下，这个装置也可用于量测模型点的坐标，这是由一个与扫描模型的源

统相连的标志（一个点、一个圆，甚至是一个格网）所组成。如在 1.2.3 节中所示，这个标志总是被用做立体观察，叫做测标。经常可用手自由推动测标本身来进行扫描，利用某种传动装置实现手推，在很多仪器中是用手轮在 x 和 y 方向运动来实现扫描的。在所有仪器中必须有第三个运动以便相对于模型的已知点给测标以正确的高程。

这样考虑的结果是，在所有的仪器中必须区别两组运动：

(a) 定向运动，由投影器的三个转角和基线端点的三个平移组成，其中 y 向的平移可用图板的旋转予以代替；

(b) 扫描模型的运动，这种运动绝不干扰定向，扫描装置取决于仪器的结构，例如下边 1.4 节中所叙述的蔡司平行四边形。

然而对定向问题的研究使人们知道，尽管需要区别上述两类动作，但如不使用测标运动和扫描运动则任何相对定向和绝对定向都是不可能的。

在一个模型中可用不同的系统来量测点的坐标：

(a) 用显微放大镜或是小型放大镜读取精密刻划尺；

(b) 把线性运动转换成轴杆的旋转运动再在记数鼓上读数。

(c) 采用机械方式或电子方式自动记录读数。

并不是所有的仪器都能读出任何模型点的 X 坐标和 Y 坐标，可是对于绝对定向来说，一定要能够量测和读出模型点的高程。

美国《摄影测量手册》第十一章所介绍的双投影器式仪器，大部分（仅有少数例外）除手推测标运动外，没有其他扫描装置，而且几乎也没有读取和记录 X 坐标和 Y 坐标的手段。

1.2.3. 观测系统

几乎所有立体像对的三维测图仪器，都是以模型和测标的立体观测为基础的，而测标又与扫描系统相连。有三种不同的观测方法：

- (a) 直接对投影进行观测；
- (b) 通过测图镜箱的透镜用望远镜观测像片；
- (c) 用双目放大镜直接对像片进行观测。

这些观测系统在设计测图仪器时是非常重要的。根据它们的差别，结合 1.2.1 节中所讲的投影系统的差别，将对仪器进行分类(见本书 1.6 节)。

1.2.3.1. 直接对投影进行观测

仅对于直接向投影屏进行光学投影的仪器才可能直接观测。这个投影屏的测标位于其中心，可在 Z 方向运动(见美《摄影测量手册》第十一章)。有各种不同的观测方法，包括熟知的带红绿滤光片和眼镜的互补色系统，偏振光系统，交换中断照明的闪烁系统和最新的克恩-依泽曼 SDI 系统。

1.2.3.2. 通过投影器透镜用望远镜观测

使用 1.2.3.1 节中的观测系统，人们只能得到一个有限的清晰度适当的影象区。结果在山区模型中山峰和山谷的影象质量低于处于中间某处的最佳清晰面的影象质量。在二十年代初，当设计第一批大型测图仪器时，这类仪器上透明正片的照明系统的实现条件远不能与现在相比。因此，当时采用了另一种解法来克服这种困难，使得在模型的各个位置上都能观测到底片所有各点的清晰影象。如果使用一个与曝光镜箱具有完全相同的焦距和主距的投影器透镜，则一束平行光将从正片的每一点上发出并通过透镜。如果用一个聚焦于