

鐵路航空勘察技術匯編

(7)

多倍投影測圖儀測圖

鐵路專業設計院航空勘察處編

人民鐵道出版社

本書介紹鐵路航空勘察實際工作中，用多倍儀編制比例尺1:10000的帶狀地形圖的整個工作過程，內容主要包括：多倍儀的構造、安裝、檢校，空中三角測量，隔絕基綫的大地四邊形平差，全能法測繪地物地貌以及其基本原理。

本書可供鐵路及其他部門的航空勘察工作人員參考，又可作鐵道學院測量專業教學參考。

本書編寫人：林玉華，魏星徽，易鉄云。

申校人：李 焯，楊涵清。



鐵路航空勘察技術彙編
(7)

多倍校影測圖儀測圖

鐵路專業設計院航空勘察處編

人民鐵道出版社出版

(北京市霞公府17號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第010號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印

書號1673 開本787×1092 1/32 印張2 1/2 字數58千

1960年4月第1版

1960年4月第1版第1次印刷

印數0,001—2,300冊

統一書號：15043·1203 定價(8)0.25元

目 录

第一章 概述	1
§1-1 多倍投影测图仪的构造.....	1
§1-2 多倍投影测图仪的安装及檢校.....	9
第二章 在多倍仪上进行空中三角測量	14
§2-1 概說.....	14
§2-2 准备工作.....	15
§2-3 象对的相对定向.....	21
§2-4 模型的绝对定向（模型的置平）.....	40
§2-5 在立体模型上量測高程及构网.....	43
§2-6 高程平差（拼接）.....	49
§2-7 变换光束的处理.....	50
第三章 在多倍仪上构成空中三角网后进行大地四 边形平差統一坐标	56
§3-1 概說.....	56
§3-2 四边形平差計算的基本原理.....	57
§3-3 四边形計算.....	58
§3-4 对四边形平差計算的一些意見.....	72
第四章 全能倍編制地形图	73
§4-1 概說.....	73
§4-2 利用杠杆縮放仪，多模型一次成图法.....	73
§4-3 单模型或双模型測图.....	78

第一章 概 述

§1-1 多倍投影测图仪的构造

多倍投影测图仪通常简称为多倍仪，是一种装有多投影器的摄影测量仪器。在多倍仪上可以进行空中三角测量和立体测图，在綜合法及微分法的测图中，可以利用单个投影器进行分带轉繪等工作。在鉄路勘察工作中还可以利用多倍仪进行立体选綫。

多倍仪的构造是由台桌(1)，座架(4)，投影器(10)，測繪器(17)几个主要部分及其他附件所組成(见图1-1)。

1. 台桌：

通常亦叫多倍仪工作桌，包括桌面、桌脚及調整螺絲等部分。台桌的大小一般有三种尺寸，其有效面积如下：

一米座架用的有效面积为 1×1 米；

二米座架用的有效面积为 2×1 米；

三米座架用的有效面积为 3×1 米。

桌面的材料一般为平滑的厚玻璃或磨平的大理石)，下垫絨布，利用調整螺絲，可将桌面調整水平，其平度誤差不应超过 0.1 毫米。因为用多倍仪进行空中三角测量或用全能法测图时，桌面同时就成为高程测量的参考平面，如桌面不平，就会直接影响到模型的量测精度。

2. 座架：

座架就是多倍仪的骨架，它是由主梁(8)和两个带橫杆(14)的螺旋柱(7)，以及四个脚螺絲所构成。主梁套在螺

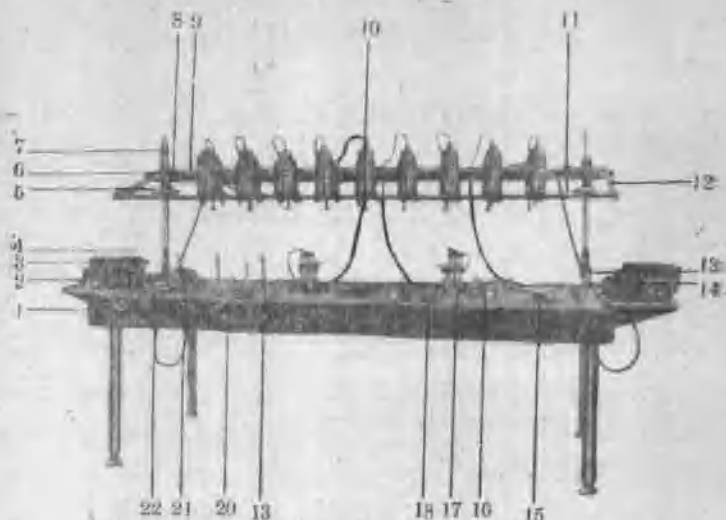


图 1-1 宽角投影器多倍投影测图仪

1. 台桌； 2. 电开关箱； 3. 变压器； 4. 座架； 5. 升降主梁的手轮； 6. 升降主梁的固定螺絲； 7. 螺旋柱； 7a. 螺旋柱的活动套筒； 8. 主梁； 9. 投影器的导轨； 10. 投影器； 11. 护杆； 12. 护杆的固定槽軌； 13. 座架的脚螺絲； 14. 横杆； 15. 手电筒； 16. 测角水准器； 17. 調精器； 18. 可迴轉的紅綠色眼鏡； 19. 控制点柱； 20. 保护盖； 21. 削鉛心机； 22. 安放测角水准器的平面。

螺旋柱活动套筒 (7a) 上，并作为仪器的 x 轴。主梁可借手轮 (5) 沿螺旋柱上下升降，并可借螺絲 (6) 来固定它。升降手轮时，可使主梁上的投影器共同作縱向即 x 方向傾斜。螺旋柱固定在横杆中部，横杆两端設有脚螺絲 (左右各一个)，轉动两对脚螺絲，可使主梁上的投影器共同作前后 (工作者的前后方向，即垂直于航綫方向或称橫向即 y 方向) 的傾斜。

主梁面前有一导轨 (9)，投影器 (10) 就悬挂在导轨上，可以沿主梁作 x 方向移动。为了讀取投影器在主梁上的

位置，在主梁的正面和背面刻有毫米分划綫（即橫坐标分划尺）。

主梁后面的板条上有一联串的插座，白色的插座連接測繪器和手电筒，其余的連接投影器，另有一个14极的插头用来連接电开关箱，由此再經過变压器而与电源相連接。

在主梁上装有一个管状水准器用以調整主梁的水平。

在主梁前面設有护杆（11）用来防止工作者与投影器相碰。护杆系用槽軌（12）借活动节头和主梁两端相連接。

3. 投影器：

投影器是多倍仪的最主要部份，它是根据航摄机的鏡箱来縮小的。投影器的縮小倍数用航摄机鏡箱焦距和投影器的主距的比值来确定。現在多倍仪的投影器縮小倍数（ n ）通常为4.5倍，为使多倍仪的投影光束与摄影时的光束完全相似，則装在投影器上的航摄像片（縮小正片）也要相应的縮小 n 倍。

投影器（图1～2）的主要組成部份有：投影鏡箱，照明装置和滑动支架。投影鏡箱（45）借助于轉向关节与活动支架相連接；照明装置（包括集光鏡筒（40）及灯头（39））套在投影鏡箱之上。

投影鏡箱下部安装有鏡頭（52），承片框（53）位于鏡頭的上面。承片框上装有一块平整的玻璃板，玻璃板的中心刻繪有0.2毫米的小黑点，此点即为鏡箱的主点。装入縮小正片时可用投影器底下的两个杠杆（47）抑制其彈力。并用偏心輪的調整螺絲（14）来轉动偏心輪使縮小正片的主点和鏡箱的主点相重合。再用压片彈簧条（50）使縮小正片的药膜面与承片框玻璃很好的相合。

在集光鏡筒的插口（58）內，可插入紅綠色濾光片。筒的上部是灯头，在灯头上可装入12V×50W的灯泡。灯泡的

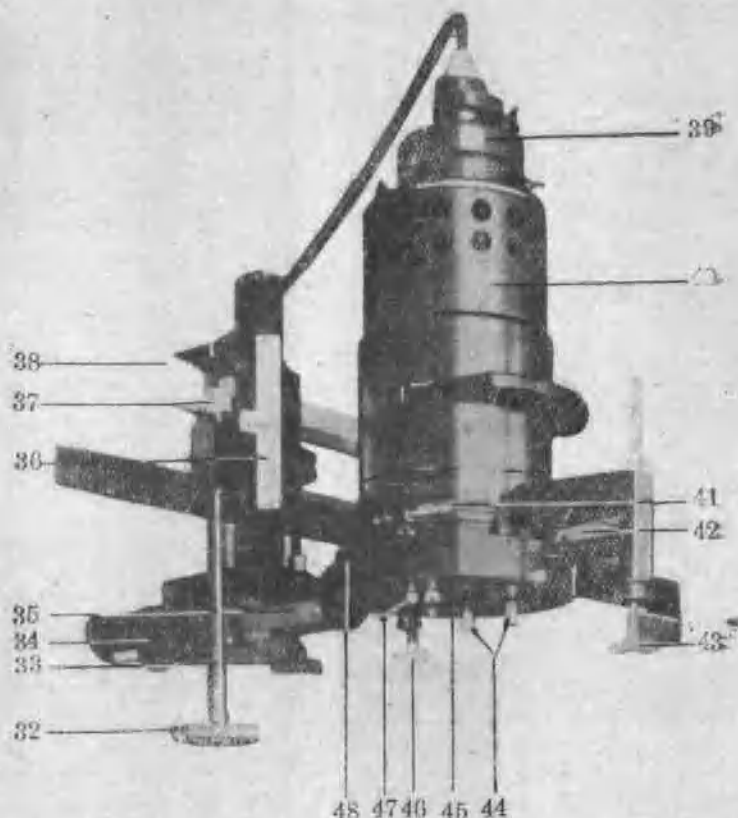


图 1-2 投影机

32. b_x 螺絲的調整鈕； 33. b_x 螺絲； 34. b_y 螺絲； 35. b_y 分划尺；
 36. b_z 分划尺； 37. b_z 螺絲的齒輪； 38. b_z 分划尺； 39. 燈頭；
 40. 集光鏡筒； 41. 旋角 K 微動螺絲； 42. 旋角 K 大動的固定螺絲；
 43. 橫向傾斜 α_y (或 ω) 螺絲； 44. 面心輪的調節螺絲； 45. 投影鏡
 箱； 46. 縱向傾斜 α_z 螺絲； 47. 控制彈簧螺絲的杠杆； 48. 圓環 (屬
 于投影鏡箱)。

高低位置借螺絲 (60) 來調整；燈泡的中心位置，則可轉動
 螺絲 (61) 來改正。借燈頭內對着調整螺絲緊壓着的反壓彈
 簧 (59)，可將整個燈頭取下。

投影器的插銷連接在主梁的黑色插座上。

每一投影器均能在空間三軸($x_1 y_1 z$)方向移動，并能依此三軸作各別的轉動。借此可以安置或恢復每一象片之六個外方位元素。

(1) x 方向的移動，用 b_x 的調節螺絲 (32)：這種移動是與主梁及桌面（承影面）平行，並可在主梁上的 b_x 分劃尺 (38) 上讀出它的數值。

(2) y 方向的移動，用 b_y 螺絲 (34)：這種移動是與主梁垂直而與桌面平行，並可在 b_y 分劃尺 (35) 上讀出它的數值，其移動範圍可達 ± 60 毫米。

(3) z 方向的移動，用 b_z 螺絲 (33)：這種移動是在桌面（或承影面）垂直方向的上下移動。並可在 b_z 分劃尺 (36) 上讀出它的數值。其移動範圍可達 ± 40 毫米。

(4) 旋角 K 的轉動，用 K 螺絲：這是使縮小正片在承片玻璃上依投影器主光軸的旋轉。 K 螺絲有兩個：一個是固定螺絲 (42)；一個是微動螺絲 (41)，在 K 角不太大時，只用微動螺絲就夠了（但先要把固定螺絲扭緊後微動螺絲才能發生作用）。

(5) x 方向的傾斜角 α_x ，用 α_x 螺絲 (46)：這是投影器依 y 軸旋轉，也就是縮小正片在工作者左右方向的傾斜，其傾斜範圍可達 ± 10 度，傾斜角的數值，可借測角水準器 (16) 讀出。

(6) y 方向的傾斜角 α_y (或 ω)，用 α_y 螺絲 (43)：這是投影器依 x 軸旋轉，也就是縮小正片在工作者前後方向的傾斜，其傾斜範圍可達 ± 10 度，傾斜角的數值，可借測角水準器 (16) 讀出。

4. 測繪器：

測繪器用於量測立體模型，轉動手輪 (78)，能使測繪器

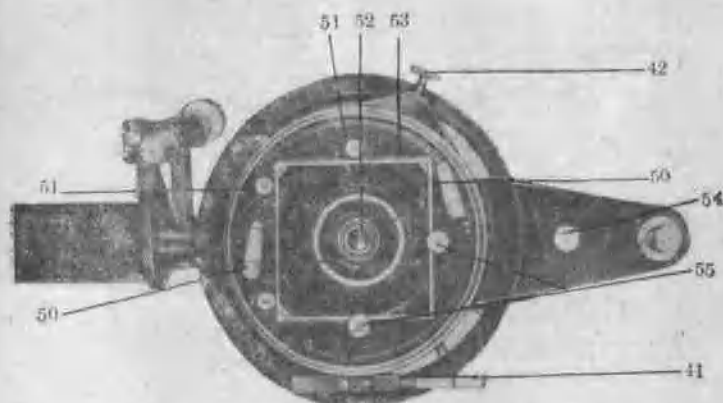


图 1-3 投影镜箱 (特宜角)

41. 旋角 K 微动螺丝; 42. 旋角 K 大动的固定螺丝; 50. 压紧弹簧条;
51. 偏心轴; 52. 物镜; 53. 承片框; 54. 调整水准器叉状缺口定位用的
导杆头; 55. 弹簧螺丝。



图 1-4 集光镜筒与灯头

58. 滤光片; 50. 灯头内对着调整螺丝紧压着的反压弹簧; 60. 调整灯泡上
下的固定螺丝; 61. 灯泡中心位置的调整螺丝。

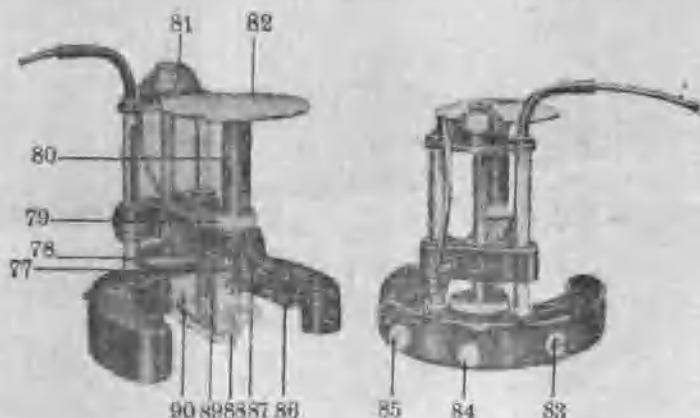


图 1-5 測繪器

77. 測繪照明設備歸心用的轉鈕； 78. 測標台升降的手輪； 79. 外套母螺旋； 80. 延長杆； 81. 高程讀數鼓； 82. 測標板； 83. 電箱； 84. 用以操作繪圖鉛筆升降用的轉鈕； 85. 控制測標台內灯泡电阻的小輪； 86. 照明小灯泡； 87. 封閉蓋； 88. 繪圖筆； 89. 重錘； 90. 升降繪圖筆用的升降板。

的測標板（82）上下移動。移動的數值可從讀數鼓（81）讀出來，讀數鼓上刻有固定圈帶的指標和兩個刻有分劃的測數鼓。下讀數鼓的分劃值為 1 毫米，上讀數鼓的分劃值為 0.1 毫米。用眼睛能估計讀到 0.01 毫米。這兩個讀數鼓可以安放到任何起始讀數上。

測標板的上下移動範圍為 80 毫米。若要求大於 80 毫米的移動範圍時，測標板可接上延長杆（80）以增加其移動值。延長杆用外套母螺旋（79）固定在支架上。延長杆有長短兩種，長杆為 80 毫米，短杆為 40 毫米。量測模型時，根據移動範圍的需要，可加一長杆（或短杆），必要時也可將這兩種延長杆互相聯接起來加長。

測標板的中央有一小孔，即是測標的本身，其直徑約為 0.1 毫米；下面裝有 $12V \times 0.15IV$ 的小灯泡照明，因而成為

亮測標。其亮度用變阻器（85）調節，變阻器裝在測繪器馬蹄形底座內。

若調換照明測標用的小燈泡，可先旋出支臂的封蓋（87），並移動轉鈕（77）使燈泡的燈口往外移出就行。

在測標下面的同一鉛垂線上，裝有繪圖鉛筆（88），使用轉鈕（84）及升降板（90），能使鉛筆上升或下降。小重錘（89）系加強對鉛筆心的壓力，電鈕（83）用於開關測繪器的照明。

測繪器的馬蹄形下面裝有三小塊瑪瑙，用以減少測繪器與桌面的摩擦。

5. 附件：

（1）縮小儀：是多倍儀的一種輔助儀器，利用它可以將航攝負片復制成縮小正片。根據所處理的航攝象幅和焦距的不同，利用各種不同的縮小儀。作業中採用的縮小儀，可分兩類：1. 固定系數（一個或幾個）的縮小儀；2. 不定系數的縮小儀（或稱作萬能縮小儀），它適合於各種不同象幅的航攝負片和縮小正片，以及各種不同的航攝儀焦距。

（2）測角水準器（跨乘水準器）（16）：是用來安置或測定投影鏡箱的傾斜角，以及標定座架和儀器的水平。讀水準器的縱向和橫向傾角的量測範圍為 0° 到 10° ；旋角的量測範圍為 0° 到 400° ；縱向與橫向傾斜角的讀數精度為 $2''$ （能估讀至 $1''$ ）；旋角的精度為 1° 。

（3）控制點柱（19）：是供模型大地定向用的。每個控制點柱由底座、插入底座的支柱和支柱上的測標板組成。測標板的中央有一個黑色測標，它和刺針在同一垂線上。按動小杠杆，可使針尖上升或下降。測標板的高度分劃尺上的讀數精度為1毫米，能估讀到0.1毫米，可由支柱側面的毫米分劃讀出。在多倍儀上進行平面控制加密，就是利用它將

模型上的加密点刺在构网图纸上。

(4) 紅綠色眼鏡 (18) 和濾光片 (58)：是用以按照互补色原理进行观察立体模型。

(5) 手电筒 (15)：供作业时寻找点位和辨認象片上的地物与控制点时照明之用。

(6) 变压器 (3) 与电开关箱 (2)：多倍仪所需的电源，先通过变压器，再接通至主梁与电开关箱。变压器能把电压由110V或220V降低到12V后再输入主梁的总电插和电开关箱的总电插。电开关箱上有六个电开关（用来开关投影器的电灯泡）及三个变阻器（用来調节灯光的亮度）。

(7) 削鉛心机 (21)：供削磨鉛笔心之用。

§1-2 多倍投影测图仪的安裝及檢校

一、多倍投影测图仪的安裝

安裝多倍仪的步骤如下：

1. 安裝台桌：打开包装箱后，将管状桌脚旋入带玻璃板的桌框，并将脚垫安放于桌脚的底下。为了使台桌放得平稳起見，須調整校正螺旋并使桌框成水平位置。

2. 安裝座架：把螺旋柱与横杆安装在一起成一T形的支柱，再将主梁套入活动套筒上，并用固定螺絲将它固定。在横杆的两端装上脚螺絲，整个座架就可安放在台桌上。脚螺絲的尖端应位于凹痕与圓孔內。調节脚螺絲使螺旋柱的豎立接近于垂直，并使四个脚螺絲平均分担座架的重量。利用主梁上的管状水准器将主梁整置水平。再把固定槽軌和护杆旋牢于座架上。調整护杆时要注意同时調正两个固定槽軌，調整值应大致相等。

3. 安裝投影器：平稳的使投影鏡箱悬挂在主梁的导軌上，取下保护盖，放上集光鏡筒，灯头內插入12V×50W的

灯泡，并将電纜接到主梁背后的插座上。然后依次开各投影器的灯光，調整灯泡位置，使亮度均匀，并使沒有色散現象。用水准器把投影器整置水平，并将 b_1 、 b_2 分划尺調整至中間讀数。若是特寬角投影器，应注意将标有紅色或綠色点的投影器間隔地挂在主梁的導軌上。

二、多倍投影測圖儀的檢校

1. 台桌（承影面玻璃）的置平：

（1）用精度为 $1'$ 的水准器在台桌的外框上，借桌腳上的校正螺旋将桌子外框的上部置平。

（2）利用螺帽固定在台桌外框上的升降螺旋将內框置平。

（3）校正承影面玻璃（或大理石）时，是将水准器順序地置放在每两个相隣的螺旋之間。最后借助于螺帽固定在台桌內框的螺旋，将承影面調整至水平位置。如果将水准器放在任何位置，水准器的气泡偏离中央不超过一个分划时，就可认为已将承影面整置水平。

（4）此外可用一架水平仪配合游标卡尺来調整螺帽固定在台桌內框的螺旋，使承影面放置成水平位置（这时将卡尺放在承影面上的任何位置，其水准讀数不应超过0.2毫米）。

在实际作业中是以游标卡尺、水平仪及 $1'$ 的水准器配合进行的。若承影面不平程度超过0.2毫米时，則应調換或重磨承影面。

2. 測角水准器零位置的确定：

将測角水准器安置在投影鏡箱上，同时在測角水准器的分划尺上使讀数等于零，利用投影器的 α_x 、 α_y 螺絲，使气泡居于中央，然后在測角水准器的分划尺上讀数，所得数值之半数即为水准器分划尺的零位置。如果零位置偏离零值超

过 2 分（百分之二度），则将螺旋头上的螺帽取下，并旋转螺旋的头部，使得分划尺上的读数等于零。

3. 测繪器的檢校：

（1）测繪器的测标中心在承影桌面的垂直投影，应和铅笔尖端一致。将测繪器的测标板 C 的测标对准任一投影下的地物点 A ，并用铅笔尖端在承影面 E 上标示其位置为 A_1 ，将测繪器旋转 180° ，再对准投影点 A ，

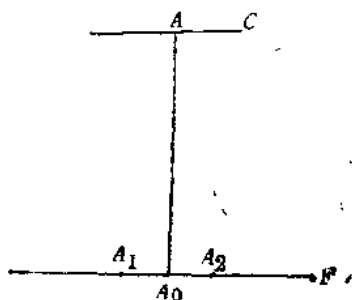


图 1-6

同样由铅笔尖端标示其位置为 A_2 ，如 A_1 与 A_2 重合（或该两点间的不符值小于 0.2 毫米时），证明测标中心与铅笔尖端在同一垂线上。否则取 $A_1 A_2$ 的中点 A_0 作为改正中心，可利用侧方改正螺丝与偏心改正螺丝进行改正。即将测繪器的铅笔尖移动，使笔尖落于 A_0 处；此法需反复进行，直至偏差 $\Delta \leq 0.2$ 毫米时为止。

（2）测繪器的垂直支柱应和基座平面垂直。检查方法与上项相同，不同者需将测标板放在最低和最高的位置分别检查；如低位置按上法改正好了，而高位置仍有偏差，则证明垂直支柱和基座平面不垂直，应由机械员进行改正。

4. 投影器内方位元素的檢校：

（1）投影器主点位置的檢校：

第一法：将投影器承片框平面和承影面严格整置水平后，利用已校正好的测繪器，使测繪器测标板的高度安置在物镜与承影面之中間，将测标对准投影镜箱的主点，然后利用测繪器的铅笔尖在鋪在承影面上的紙上刺点得 O_2 （图 1-7），拿开测繪器，在紙上刺出投影器镜箱主点的投影 O_1 。

在紙上表示出 O_3 的位置。这一点离开 O_2 点的距离应该与 O_1 点离开 O_2 的距离相等，但其方向相反。

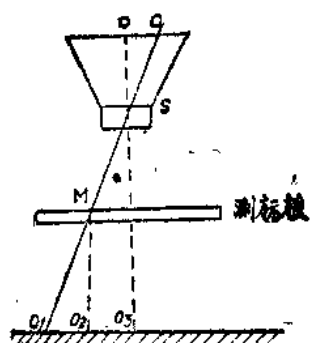


图 1-7

为了正确地确定主点的位置，可以移动承片框的玻璃位置，使該投影器主点的投影与 O_3 相重合。投影时不要用照明装置，而应该用手电筒，因为鏡箱上安置照明装置，多少会影响两平面間的平行。

第二法：同样将投影器承片框平面和承影面严格置平后，用控制点柱（定点器）的测标对准投影器鏡箱主点的投影，旋轉投影器 180° ，若测标与投影器鏡箱主点的投影影象不相重合，其偏差大于0.2毫米时，即表示投影器鏡箱主点的位置不正确，可移动承片框玻璃来改正。此法需反复进行，直至主点投影至测标板的投影中心至承片框中心的連線与承片框平面严格垂直时为止。采用此法适合于常角和寬角的投影器。实际作业时，物鏡离控制点柱之测标板之高度要适当，即要使投影器上承片玻璃的中心点（水銀点）的投影影象的大小約与控制点柱测标板上的小黑圓圈相等或略小。

（2）投影器主距的測定（參閱图 1-8）：

每架多倍仪上各个投影器的主距必須彼此相等，且应等于航摄机焦距按縮小倍数縮小后应得的长度，其測定方法如下：

- 1) 将仪器支架，主梁，投影器及承影面整置水平。
- 2) 在承影面上鋪一張平整的繪圖紙作为投影平面。
- 3) 用游标卡尺測定两个不同高度的控制点柱，求得

其高差为 Δz （精度为0.05毫米）。

4) 在坐标量测仪上量测方格网最外两方格点 m_1n_1 的距离设为 C 。

5) 将方格网片装在投影器上，用低控制点柱将方格网片上的 m_1n_1 的投影刺在繪图纸上，设其距离为 mn ；同样用高控制点柱将 m_1n_1 的投影也刺在繪图纸上，其距离为 $m'n'$ ；用日内瓦尺量取两次投影线段长度之差 $\Delta x = mn - m'n'$ ，则可按下式算出投影器主距 f_n 之长度。

$$f_n = \frac{\Delta z}{\Delta x} C \dots\dots\dots (1.1)$$

从上式可看出 f_n 的误差大小，主要取决于 Δz 和 Δx 的量测精度。因为 C 值是在坐标量测仪上测定的，精度很高其误差可不作考虑。

确定每一投影器镜箱的主距，应测定两次取其平均值（两次不符值不应超过0.03毫米）。每架多倍仪的投影器按其主距的大小，依次悬挂在仪器的主梁上。而相邻投影器主距之差，不应超过0.03毫米。

5. 投影器 b_z 分划尺零位置的测定：

第一法：先在主梁上挂一投影器，记下 b_x 分划尺上的读数（设 $b_x = 1500$ 毫米）。并安置

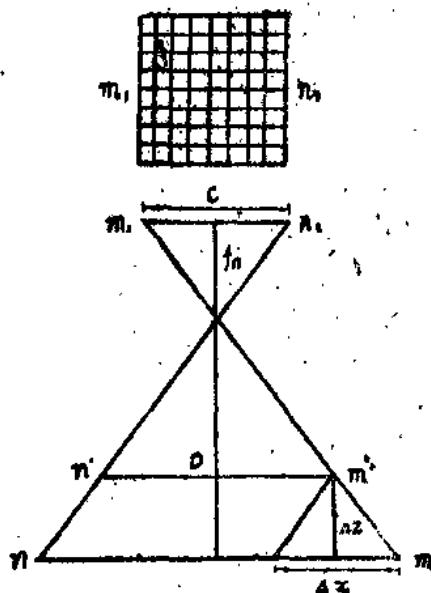


图 1-8

$b_z = 40$ 毫米处, $b_y = 60$ 毫米处。然后将主梁、横杆及投影器均整置水平, 装上方格網片, 打开投影器灯光, 量测方格網在承影面上投影的任意两个边长 (一般可量取方格網四个角的对角線)。将这次的投影作为起始投影器的 b_z 零位置。然后取下起始投影器, 换上第二个投影器, 如前同样量测方格網片在承影面上投影的相应边长, 并轉动 b_z 螺絲, 使其长度与起始投影器的相应边长相一致, 这时 b_z 分划尺上的讀数即为第二个投影器对起始投影器的相对零位置。依法类推, 可以测定各个投影器对起始投影器的相对零位置。

第二法: 是用游标卡尺来测定 b_z 的相对零位置。先在卡尺的支架上用線扎一細針, 再将起始投影器挂在主梁上, 安置 $b_z = 40$ 毫米处, $b_y = 60$ 毫米处; 并将投影器严格地整置水平后, 移动卡尺和調整卡尺支架上下升降的螺絲, 使支架上的細針精确地对准投影器物鏡的指标綫。然后輕輕地取下起始投影器, 换上第二个投影器, 此时应注意投影器不要碰着細針 (可使投影器离开細針約一厘米)。同样将投影器严格整置水平后, 移动 b_x 螺絲及 b_z 螺絲, 使細針對准物鏡的指标綫, 这时讀出 b_z 分划尺上的讀数, 即为第二个投影器对起始投影器的相对零位置。依法类推, 可以测定各个投影器对起始投影器的相对零位置。

第二章 在多倍仪上进行空中三角測量

§2-1 概 說

空中三角測量, 是利用象片根据野外实测少数控制点在室内进行加密控制点網的一种方法。在航空摄影測量的微分法和全能法中, 通常就包括了空中三角測量, 且为作业的一个主要过程。其目的是为了求得足够数量的加密控制点的平