

攝影測量學 及 立體攝影測量學

第五卷

副 教 授 尼·德·伊里尹斯基編著
技術科學候補博士

同濟大學航空測量教研組譯

1956

上海

摄影测量学与立体摄影测量学

第V卷講義序言

本講義是由刘葆樑講師翻譯成中文，而譯文的校訂工作是由王之卓教授担任的。校認時由刘葆樑講師担任翻譯，講課時的表教材等是由唐培壘和金強孫兩同志准备。最后請允許我向備課及講課中曾給予我幫助的王之卓教授，陈 這副教授以及教研組内的其他人員表示衷心的感谢。

尼·德·伊里英斯基

1956年於上海市

序 言

第 七 篇

坐标系统和单张航摄像片的定向元素，当取倾斜航摄像片平面内主点 O_1 作为辅助坐标系统的坐标原点的情况下，倾斜航摄像片和水平航摄像片上透视共轴点坐标间的解析关系。

- § 1. 坐标系统和单张航摄像片的定向元素 ----- 5-1
- § 2. 确定航摄像片上若干主要象点的空间坐标和推演倾斜航摄像片 P 的平面方程式 ----- 5-14
- § 3. 确定水平和倾斜航摄像片上任意透视共轴点的空间坐标 ----- 5-23
- § 3'. 若已知在倾斜航摄像片上象点 M 在辅助坐标系 X_0Y_0 内的坐标，确定其在水平航摄像片平面上透视共轴点 M 的坐标 $(X_{1,m}$ 和 $Y_{1,m})$ ----- 5-25
- § 4. 莫斯科测量书籍出版社于 1951 年出版，A. C. 斯基里道夫所著教科书“立体摄影测量学”中所推导出的倾斜航摄像片和水平航摄像片坐标关系公式 ----- 5-32
- § 5. 在本章 § 3, § 4 中所推演公式 (26) 和 (37) 的一般研究 ----- 5-38
- § 5'. 设已知水平航摄像片平面上象点 M 的坐标 $(X_{1,m}$ 和 $Y_{1,m})$ ，确定其透视共轴点 m 在倾斜象片 P 上辅助坐标系中的坐标 $(X_m$ 和 $Y_m)$ ----- 5-45

- § 6 倾斜航摄像片上某点主要象点在辅助坐标系 $X(i), O, y$ 内的坐标 (X 和 y) ----- 5-48
- § 7 水平航摄像片面上主要透视共轭点的坐标 X_t 和 y_t ----- 5-52
- § 8 单张航摄像片的全部角度定向 (在倾斜航摄像片面上采取辅助坐标系 $X(i), O, y$) ----- 5-54
- § 9 倾斜航摄像片和所摄水平地面上的透视共轭点坐标间的解析关系 ----- 5-57

第 八 篇

- 当底点 n_2 作为倾斜航摄像片 P 上的辅助坐标系原点时, 倾斜航摄像片 P 和水平航摄像片 P_1 上, 以及倾斜航摄像片 P 和水平面上的透视共轭点坐标间的解析关系 ----- 5-59
- § 10. 确定位在倾斜航摄像片面 P 上 d 点的空间坐标 (X_D, Y_D, Z_D) ----- 5-59
- § 11. 设已知倾斜航摄像片 P 平面: d 点的坐标 (X_d 和 y_d), 确定其在水平航摄像片面上的透视共轭点 D 的坐标 (X_D, y_D, z_D) ----- 5-70
- § 12. 设已知水平航摄像片面上的 D 点的坐标, 确定其倾斜航摄像片面上的共轭点 d 在辅助坐标系 X, n_2, y_1 中的坐标 (X_d 和 y_d) ----- 5-72
- § 13. 单张航摄像片的全部角度定向 (辅助坐标系 X, n_2, y_1 取在倾斜航摄像片平面上), 倾斜航摄像片和所摄水平地面上的透视共轭点坐标间的解析关系 ----- 5-76
- 第八篇的结语 ----- 5-78

第九篇

- 当所摄地域有地形起伏的情况下，倾斜航摄影片与地面上透视共轭关系坐标间的解析关系-----5-79
- § 14. 在象底关系 \mathcal{N}_2 取作为倾斜航摄影片平面内辅助坐标系原点的场合下，倾斜航摄影片与地面（地面是起伏不平的）透视共轭关系坐标间的解析关系-----5-79
- § 15. 当象主关系 \mathcal{O} 取作为倾斜航摄影片平面上辅助坐标系的原点的场合下，倾斜航摄影片和地面（地面有地形起伏）透视共轭关系坐标的解析关系-----5-83

第十篇

- 为推演近似公式关于级数的运用，推演倾斜航摄影片和水平航摄影片，倾斜航摄影片和地面上透视共轭关系坐标关系解析关系的近似公式，推演确定航摄影片上若干主要象点位置的近似公式-----5-86
- § 16. 为推演近似（作业）公式关于级数的运用-----5-86
- § 17. 推演倾斜航摄影片和水平航摄影片透视共轭关系坐标间解析关系的近似公式-----5-102

第十一篇

- 在象底关系 \mathcal{N}_2 取作为倾斜航摄影片 P 辅助坐标系的原点，但向量 \mathbf{x} 先作 α_1 角的旋转，而后旋转 α_2 角（ $K_2=0$ ）场合下，倾斜航摄影片 P 与水平航摄影片 P_1 上透视共轭关系坐标间的解析关系-----5-131
- § 18. 确定位于倾斜航摄影片 P 平面上 d' 的空间坐标 $(X_{d'}, Y_{d'}, Z_{d'})$ -----5-132

摄影测量学与立体摄影测量学

4

- § 19 确定点在水平航摄影片平面上的坐标
(X_D, Y_D) - - - - - 5-138
- § 20 假如已知 D 点在水平航摄影片平面内 X_0, Y_0 坐标系内的坐标, 确定其在倾斜航摄影片平面上的透视共轭点 d' 于辅助坐标系内的坐标 ($X_{d'}$ 和 $Y_{d'}$) - - - - - 5-139
- § 21 用扩展级数的方法推演精确函数 (139) 的近似 (作业) 公式 - - - - - 5-142

第十二篇

- 某些近似 (作业) 公式的总索 - - - - - 5-146
- § 22 当先旋转 K_1 角, 次转 α_x 角, 而后旋转 α_y 角时, 包含 α_x, α_y 和 K_1 角小至 2 次项的作业公式 - - - - - 5-146
- § 23 当先作 K_1 角的旋转, 次转 α_y 角, 而后转 α_x 角时, 含有 α_x, α_y 和 K_1 角小至 2 次项的作业公式 - - - - - 5-147
- § 24 确定不因于绕固定坐标系旋转次序的不同而异的若干主要像点坐标的作业公式 - - - - - 5-148

第十三篇

- 单张象片的外部定向 - - - - - 5-149
- § 25 借地平线摄影法测定倾斜角 - - - - - 5-150
- § 26 利用迴转儀器的装置确定倾斜角 - - - - - 5-157
- § 27 测定投影中心的坐标, 無線电定位術 - - - - - 5-161
- § 28 無線电测高仪 (PB-10) - - - - - 5-170
- § 29 無線电测高仪記錄的換算 - - - - - 5-173
- § 30 测微高表仪 - - - - - 5-190
- § 31 自动测微高表仪的結構 - - - - - 5-191
- § 32 测微高表仪記錄的整理 - - - - - 5-195

第 VII 篇

坐标系统和单张航摄像片的定向元素 当取倾斜航摄像片平面内主光心 O_0 作为辅助坐标系统的坐标原点的情况下，倾斜航摄像片和水平航摄像片上透视共轭点坐标间的解析关系，及倾斜航摄像片和水平地面上透视共轭点坐标间的解析关系。

§1 坐标系统和单张航摄像片的定向元素

航摄像片是投影中心 S 点（航空摄影机的物镜）的中心投影。在一般的情况下，虽然地面是一个平面，航摄像片却不是平行于所摄的地面的。

利用透视理论的规律，就可以推导出倾斜像片和地面透视共轭点坐标间的解析关系。认识这一关系公式就可以根据单张航摄像片（航摄像片）上所求得透视共轭点的坐标确定水平地面点的坐标。所以我们就在这一节中研究单张航摄像片的坐标系统和定向元素。

为了解答一系列的实际问题，首先必须选择像片上量测时和在地面上量测时的坐标系统，并建立这些坐标系统间的联系。

可以作为研究的坐标系统可采取许多不同的种类，但是对正像的应用中，我们讲述以下几种：

a) 固定的坐标系统 X, Y, Z ，其坐标原点位于投影中心 S （图 1），在这坐标系统内：横坐标轴 X 平行于水平的航摄像片平面，并平行于该点所摄地面水平面上的横轴 X' ；竖坐标轴 Z 是通过投影中心 S ，和通过位于所摄地面水平面上的系统 $X'Y'Z'O'$ 坐标原点的竖直线；纵坐标 Y 和 Y' ，则垂直于横坐标轴和竖轴。

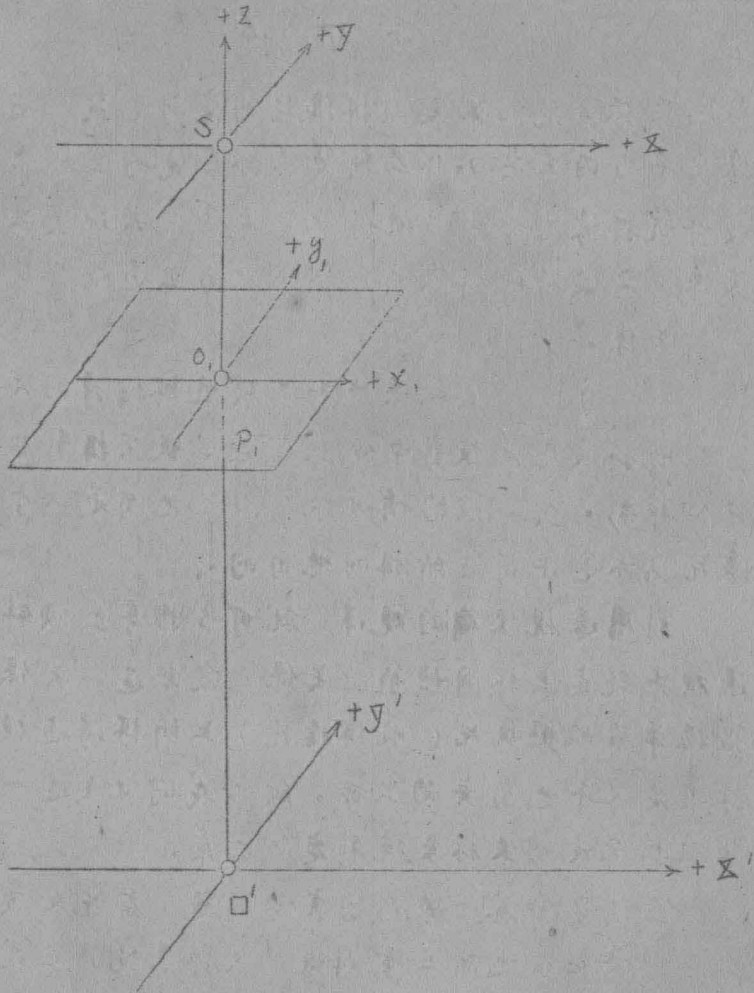


图 1

α) 辅助直角坐标系 x_1, y_1 是位在水平的航摄像片 P_1 平面内 (图 1), 其坐标轴 x_1 和 y_1 平行于固定的主坐标系统的 x 和 y 轴, 而坐标原点 O_1 是 z 轴与 P_1 平面的交点。

β) 辅助的直角坐标系 x', y' 是依倾斜航摄像片 P 平面由 (倾斜航摄像片的主点 O_2 作为坐标的原点), 在这个坐标系里, 横轴 x' 是倾斜航摄像片平面 P 与通过固定坐标系统的 x 轴和 O_2 点的平面相交的交线 O_2i_1 ; 而取

横轴 x 的垂直线作为纵轴 y' (图2)。

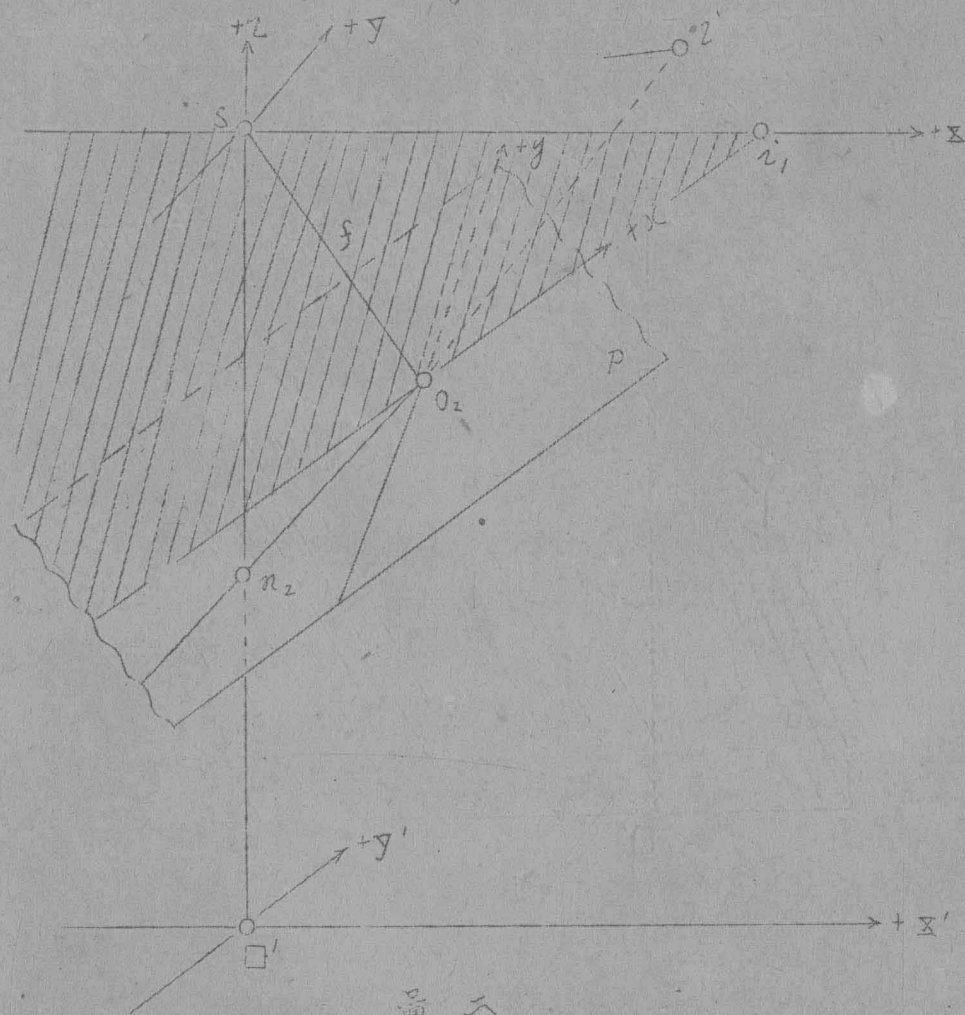


图 2

2, 假定把像底点 n_2 作为倾斜航摄像片 P 平面内的坐标原点, 则倾斜航摄像片所在平面内的辅助坐标系为 $x(n_2)y$, 在这坐标系里, 倾斜航摄像片 P 平面与固定坐标系统的 XZ 平面的交线当作为在倾斜航摄像片内的横轴 x , 其垂直线作为纵轴 y'' (图3)。

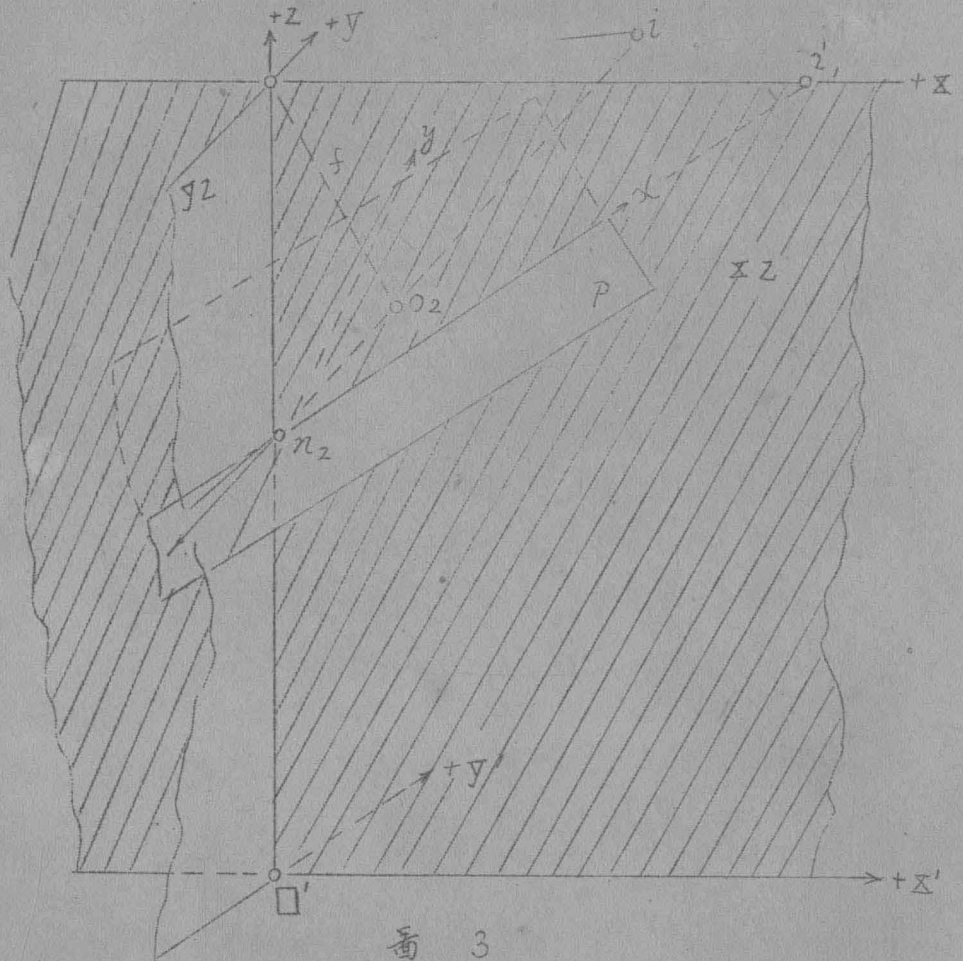


图 3

g) 假如取等角关系, C_2 当作倾斜航摄像片 P 平面内的坐标原点, 则倾斜航摄像片所在平面内的辅助直角坐标系为 $x'(z_1) C_2 y'$, 在这些坐标系里, 倾斜航摄像片 P 平面与通过固定坐标系 x 轴和 $-C_2$ 角的平面相交的交线, 作为倾斜航摄像片上的横轴 x' , 而与 x 轴相垂直线当作纵轴 $-y''$ (图 4)。

为了推导出倾斜和水平航摄像片, 以及倾斜航摄像片和水平地面间透视共轭关系坐标的解析关系, 首先必须确定

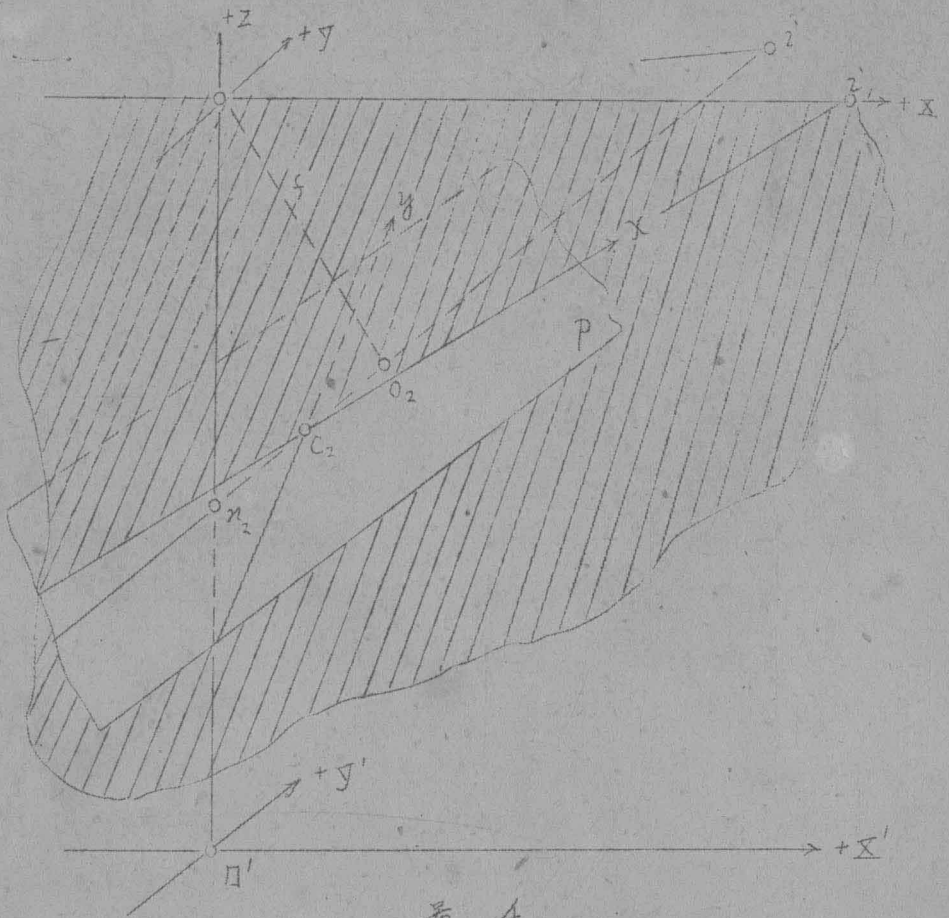


图 4

建立坐标系和上述各辅助坐标系间的联系，以及确定地面坐标系 $X'Y'Z'O'$ 和固定的大地坐标系 $XZY S$ 间的联系。

这一联系係通过定向元素来确定的，其藉助于定向元素确定投影中心相对于像片的位置，以及确定像片本身在摄影瞬间相对于地面坐标系 $X'Y'Z'O'$ ，或相对于大地坐标系 $XZY S$ 的位置。

定向元素可分成为两组：内定向元素和外定向元素，现在再分别加以讨论。

内定向元素

内定向元素是决定投影中心 S 位置的元素，属于内定向元素的是：投影镜箱的主距 f （有时称为投影镜箱内主距），和像片主点相对于投影镜箱承片框的位置。假使在镜箱承片框平面内取一假定的坐标系，而其坐标轴 x 和 y 係用某一种方式表标誌（图 5），则像片主点可用 x_0 和 y_0 来表示。

最常见的摄影机承片框上框标的位置

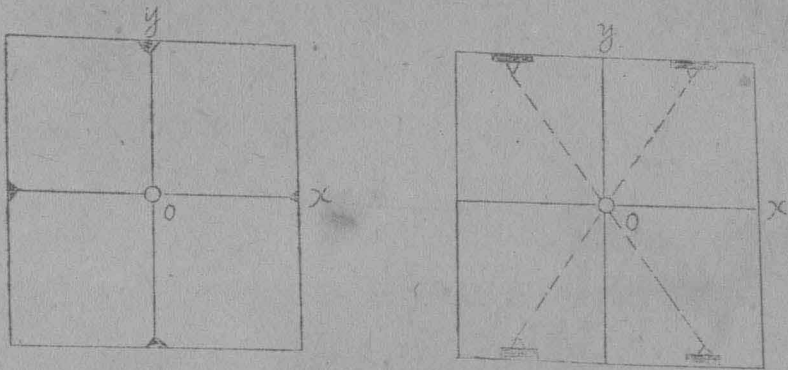


图 5

摄影机承片框上的框标位置总是尽量设法这样地安置，使得主点坐标 x_0 和 y_0 等于零，但是这点不都是能保持的，所以坐标 x_0 和 y_0 也可以不等于零。通常坐标 x_0 和 y_0 与零的差别是非常微小，并保持百分之几的公厘上下，很少达 0.1—0.2 公厘。

为了要求得投影中心 S 相对于像片的位置，必须在像片上按坐标 x_0 和 y_0 求得像点 o 的位置，而在该点上竖立直线，并截取等于 f 的距高（图 6）。

对于每只摄影机，内定向元素 f 和像片主点 o 的位置，像在实验条件下，以高精度加以测定的。

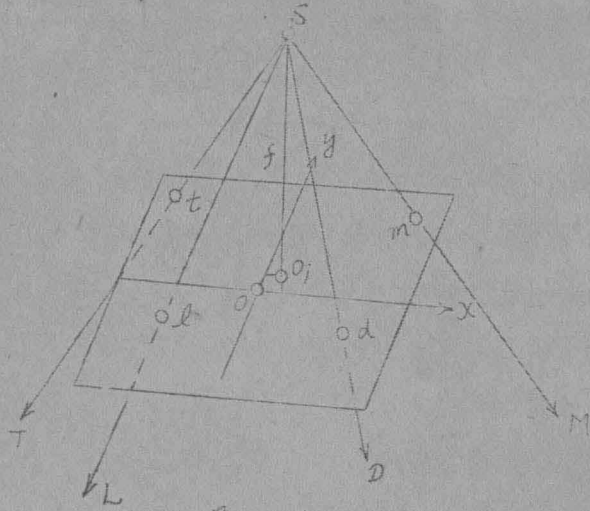


图 6

知道了内定向元素，就能够恢复在摄影瞬间所实现的
光轴关系；为此要自所求得的投影中心 S 向各像点引绘光
线（直线）（图 6）。

外定向元素

像片在曝光瞬间相对于地面坐标系 $X'Y'Z'O'$ 的位置，
在一般的情况下，像由外定向元素来确定。属于这些定向
元素的有 6 个数值（图 7）：

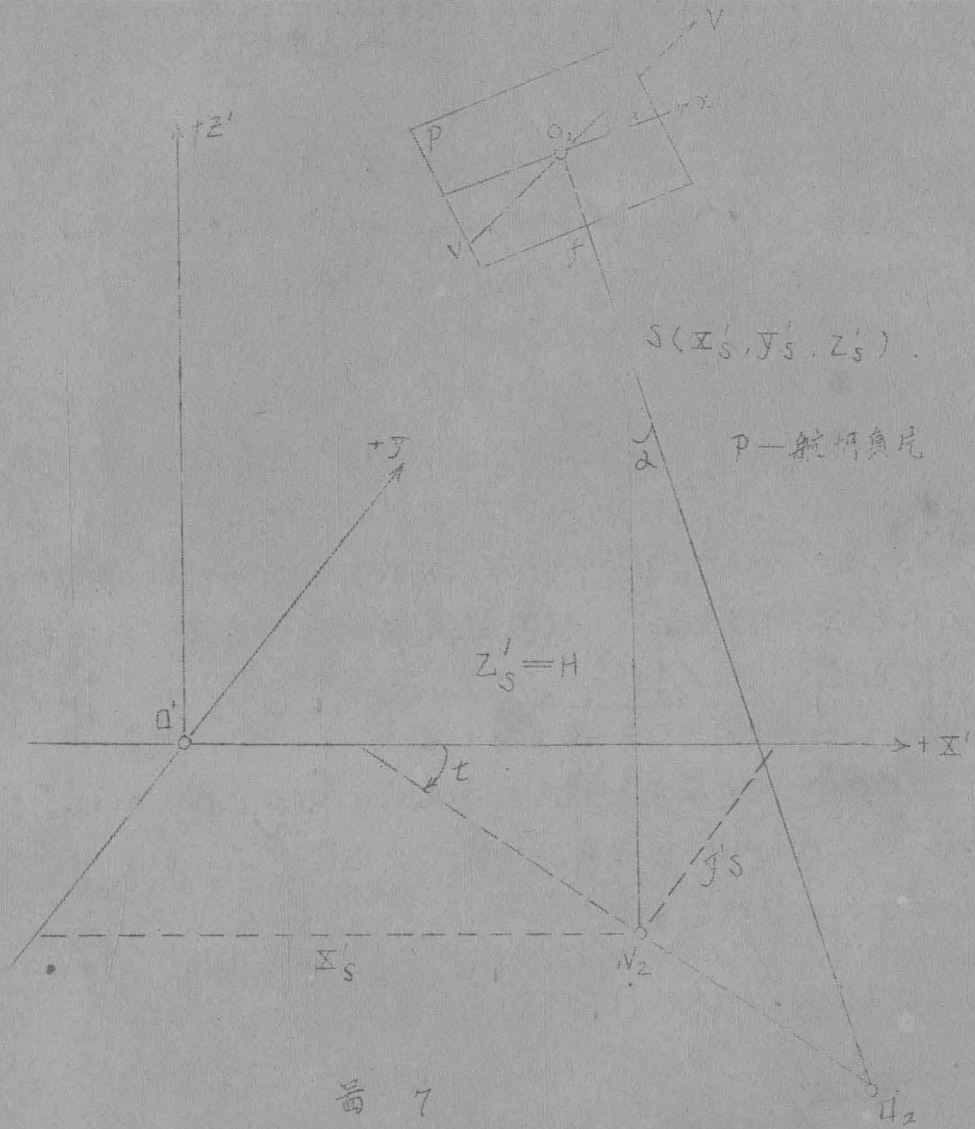


图 7

x'_s, y'_s, z'_s —— 投影中心的坐标

τ —— 摄影机主光轴方向至摄影时的方向角

α —— 摄影机主光轴对通过投影中心的竖直线的偏斜角

α_2 —— 倾斜像片平面上的 X 轴与主纵线 $\nabla\nabla$ 间的夹角

尤角像位在 $x'y'z'$ 平面内，从 x 轴的正方向至投影机主光轴的投影按顺时针方向向右计算。

K角像位在航摄像片所夹的平面内，自主纵轴 VV 向右至 x 轴的正方向按顺时针方向计算。知道了所述的内定向元素和外定向元素，那么航摄像片（航摄像片）在空中相对于地面坐标系统 $x'y'z'o'$ 的位置就不难获得了。

在第一节中（参阅“a”节），坐标原点在投影中心 S 上的坐标系统 $x'y'z'o$ 是取作为主要的，固定的坐标系统。在这种坐标系统里，横轴 x 平行于像片摄影地面水平平面上的 x' 轴；竖轴 z 是共同的；而纵轴 y 垂直于横轴和竖轴。假设，固定的主坐标系统 $x'y'z'o$ 相对于坐标系统 $x'y'z'o'$ 的坐标已经求得，则航摄像片（我们所讨论的是正像）相对于 $x'y'z'o$ 的位置就确定了，如果（图8）已知：

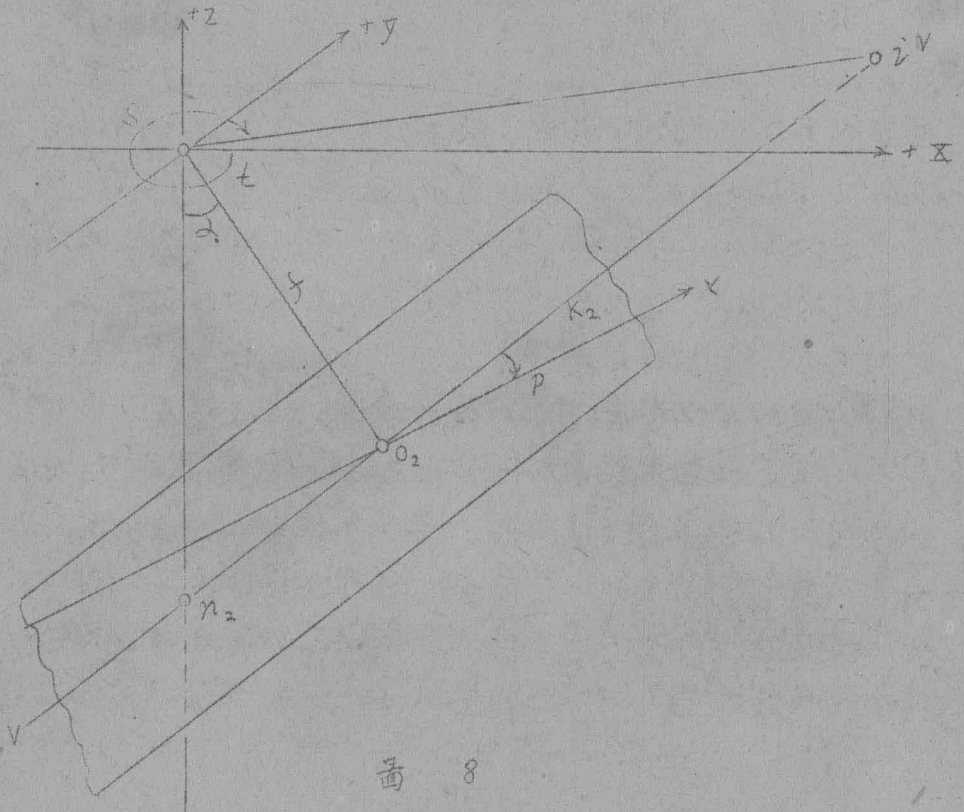


图 8

α ——摄影机主光轴对通过投影中心 S 的铅直线的偏斜角。

τ ——航片和主光轴方向的方向角。

K_2 ——倾斜航摄像片所在平面内主纵线 VV 和辅助坐标系统 $X_1O_1Y_1$ 的 X_1 轴两方向间所组成的夹角。

以及航摄像片的内定向元素 (f 和 O_2)。

τ 角是在 X_1Y_1 平面内，并自 X_1 轴的正方向起算至摄影机主光轴的投影。

K_2 角位在倾斜航摄像片所在的平面上，并自主纵线 VV 方向起算至航摄像片 X_1 轴的正方向。

所以，在这种情况下，为了要确定倾斜航摄像片在空间相对于（坐标原点在投影中心 S 的）固定的主要坐标系 $X_1Y_1Z_1S$ 的位置，必须要知道三个外定向元素。

在研究“航摄像片的解析”的章节中，通常假定主纵线 VV 的方向是与像片（航摄像片）的 X_1 轴方向相重合的，并且还重合于固定的坐标系统 $X_1Y_1Z_1S$ 的 X_1 轴方向，所以 τ 和 K_2 角取等于 0。 α 角认为是已知的。

实际上，在目前的技術情況下，用物理的方法測定 α 角还不够精確，所以要利用測定定向元素的間接方法，這種方法係以定向元素與航攝像片和地面上的透視共軛點坐標間的解析關係為基礎的。投影中心 S 的坐標可以用物理上的方法（如無線電定位術）或者用間接方法（例如根據在地面上實測所得的控制點）求得。當在同一塊地塊上自兩個投影中心 S_1 和 S_2 作攝影時，就可以根據定向元素和在地面上實測所得的同一組像點坐標間的解析關係以確定兩投影中心 S_1 和 S_2 的相對位置，以及兩張航攝像片的

相对位置，这一类将在以后引证。

关于立体航空测量中的叙述，也就是当在两张自不同投影中心向同一地点所取得的航摄像片上作像点坐标的测量时，外定向元素，通常并不认为是 x_0, α 和 K_2 ，而是另一些代替它们的数值： $d x_0, \alpha_0$ 和 K_2 。这些数值用间接方法测定是最容易且最精确，且不论在解析法或（藉各种不同的立体摄影测量仪器的）机械法中，均利用以测定地面点的坐标。

因此为了在以后研究像片对时，能充分利用对于单像片的公式推导，我们也对以前在单航摄像片所采取的坐标系中加以某些改变。

首先假设：投影中心 S 相对于地面坐标系统的位置是已知的。其次， S 要是固定的空间坐标系 $X \cdot Y \cdot Z$ (S 是 Z) 的原点。空间任意一点 O_2 相对于这固定的坐标系的位置不被确定，如果 O_2 点与这坐标系是藉长度为已知的像段 $S O_2$ 相固连，并且这一线段的方向余弦也是已知的（图 9）。

