



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

遥感实习教程

刘慧平 秦其明 彭望琬 梅安新



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

图书在版编目(CIP)数据

遥感实习教程/刘慧平等. —北京:高等教育出版社,2001(2003重印)

ISBN 7-04-009484-3

I. 遥… II. 刘… III. 遥感技术-高等学校-教材 IV. TP7

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第025855号

责任编辑 靳剑辉 封面设计 张楠 责任绘图 朱静
版式设计 周顺银 责任校对 李辉 责任印制 陈伟光

遥感实习教程

刘慧平 秦其明 彭望琰 梅安新

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街55号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京民族印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 10
字 数 160 000

版 次 2001年7月第1版
印 次 2003年4月第4次印刷
定 价 17.10元(含1张光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

内 容 提 要

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材和教育部理科地理学“九五”规划教材,同时也是全国高等学校地理类专业公共核心课程教材。

教材着眼于培养学生的动手能力和解决实际问题的能力。内容上紧密结合当今遥感数据、遥感设备、计算机图像处理工具软件等的最新现状和技术,力图通过学生的动手实践,使之对遥感的原理、概念、应用有进一步的认识和理解。主要内容包括 7 部分 22 个实习,即电磁辐射与地物波谱、遥感成像原理与遥感图像特征、遥感图像处理、遥感图像目视解译与制图、遥感数字图像计算机解译、遥感应用实例、3S 综合利用。书后所附的 CAI 教学软件以遥感数字图像处理为主,基于当前遥感图像处理商用软件的功能,但脱离任何一种商用软件平台,可直接在 Windows 上运行,以解决目前尚不具备遥感教学软硬件条件,特别是缺乏遥感图像处理教学软件学校的遥感概论课程教学问题。本教材与《遥感导论》构成系列教材,配合使用。

本书适合于地理类、测绘类、地质类、农林类、水利类等相关专业作教材,以及相关专业人员阅读参考。

前 言

遥感是资源与环境探测的新手段,发展迅速,应用广泛。遥感概论已经被列为高校地理类专业主干课程。本教材既可与《遥感教程》(梅安新等主编,高等教育出版社,2001年出版)配套使用,也可以单独使用。本教材在编写时注重培养学生进行遥感技术应用的全面的实际操作能力。同时,由于遥感技术的发展和计算机技术的普及,遥感图像数字处理等定量遥感分析方法在遥感应用中处于越来越重要的地位,因此本教材重点培养学生的数字图像处理技术,使之掌握数字图像处理的方法。

为了帮助理解遥感学习中的疑难问题,并顺利进行遥感实习,本书配有一张实习用CAI光盘。CAI包括两大部分:遥感原理计算机辅助教学软件和实习图像。其中教学软件包括地物波谱和遥感图像、光学合成原理、遥感图像处理、遥感与GIS字典四部分。而实习图像部分则是本书各实习中所使用的图像。

本书包括7部分22个实习,其体系与《遥感教程》基本对应。全书分别由刘慧平、秦其明、彭望琬、梅安新编写,由刘慧平统稿。其中的实习光盘由彭望琬和刘慧平编写脚本,刘利、李小英、周慧娟、刘臻、陈先念等制作完成。孔令彦进行了教材附录部分的资料整理。

本教材在实习内容安排和选取上,在教学手段的运用上,均为初次尝试。热忱希望使用本教材的教师和同学提出宝贵意见。

编者

于2001.2

目 录

第一部分 电磁辐射与地物电磁波谱	1
实习一 地物光谱反射率的野外测定	1
第二部分 遥感成像原理与遥感图像特征	5
实习二 摄影图像的特性(比例尺计算、像点位移)	5
实习三 航空像片的立体观测与高程测量	10
实习四 遥感仪器设备介绍与操作	15
第三部分 遥感图像处理	19
实习五 遥感图像的光学合成原理	19
实习六 遥感图像的几何校正	24
实习七 遥感图像增强(Ⅰ)——对比度变化	31
实习八 遥感图像增强(Ⅱ)——彩色合成	40
实习九 遥感图像变换(Ⅰ)——滤波	43
实习十 遥感图像变换(Ⅱ)——主成分分析(K-L变换)	49
实习十一 遥感图像变换(Ⅲ)——缨帽变换(K-T变换)	54
实习十二 遥感图像变换(Ⅳ)——HIS彩色空间变换	58
第四部分 遥感图像目视解译与制图	62
实习十三 航空像片的判读	62
实习十四 热红外图像判读	68
实习十五 扫描图像判读	70
第五部分 遥感数字图像计算机解译	78
实习十六 图像分类(Ⅰ)——非监督分类	78
实习十七 图像分类(Ⅱ)——监督分类	87
第六部分 遥感应用实例	104
实习十八 地质地貌判读与制图	104
实习十九 植被判读与制图	108
实习二十 土壤判读与制图	110
实习二十一 土地利用/覆盖判读与制图	111
第七部分 遥感、地理信息系统与全球定位系统综合应用	115
实习二十二 RS、GIS、GPS 综合应用实习	115
附录 主要遥感图像处理软件介绍	119

一、 Idrisi	119
二、 PCI	123
三、 ERDAS	137
四、 ENVI	143
参考文献	150

第一部分 电磁辐射与地物电磁波谱

实习一 地物光谱反射率的野外测定

原理及方法简介

地物光谱反射率的野外测定原理参见《遥感导论》第二章。

实习采用垂直测量方法，计算公式为：

$$\rho(\lambda) = \frac{V(\lambda)}{V_S(\lambda)} \cdot \rho_S(\lambda)$$

式中， $\rho(\lambda)$ 为被测物体的反射率， $\rho_S(\lambda)$ 为标准板的反射率， $V(\lambda)$ ， $V_S(\lambda)$ 分别为测量物体和标准板的仪器测量值。

实习仪器

1. 可见光－近红外光谱辐射计，波长范围 $0.4 \sim 2.5 \mu\text{m}$ （有 $0.4 \sim 1.1 \mu\text{m}$ 或 $1.3 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 二种仪器），仪器性能稳定，携带方便，数据提取容易。表 1.1 列出了目前常用的光谱仪，仪器的使用方法见仪器说明书。

2. 标准参考板（白板或灰板）。

表 1.1 常见的光谱辐射仪

型 号	生 产 地	波长范围/ μm
WDY-850 地面光谱辐射计	中科院长春光机所	0.38~0.85
DG-1 野外光谱辐射计	中科院安徽光机所	0.4~1.1
SRM-1200 野外光谱辐射计	日本	0.38~1.2
SE-590 便携式光谱辐射计	美国	0.38~1.1
WDY-2500 红外地物光谱辐射计	长春	0.8~2.5
DG-2 野外光谱辐射计	安徽	1.3~2.5
DW 地物光谱仪	北京师范大学	0.4~1.1

实习目的

1. 学习地物光谱的测定方法；
2. 认识地物光谱反射率的规律；

实习步骤

主要内容如下，可由教师自定，制成表格填写，见表1.2。

表 1.2 环境参数

1 测量日期	20 年	2 测量时间 (北京时间)	上午 时 分			3 试验场 所在省份	
	月 日		下午 时 分				
4 测点位置	县(市)	5 经度	度	6 纬度	度	7 试验场 海拔高度 m	
	乡(镇)		分		分		
8 坡 度		度	9 坡向(坡面		度	10 测点海拔高度	m
(坡度与水平线夹角)		分	从正北顺时针计)		分		

续表

11 坡位	度 分	12 云量(占天空 10% 为 1 级, 0 为碧空)	12.1~0 级、12.2~1 级、12.3~2 级、 12.4~3 级、12.5~4 级、12.6~5 级、 12.7~6 级、12.8~1 级、12.10~9 级		
13 云 状		14 总辐射(太阳直接辐射 加天空辐射), 用 Lux 计测		15 天空辐射(挡住太 阳直接辐射时测天空), 用 Lux 计测	
16 能见度(目视、抄 气象资料)	km	17 太阳高度角(太阳和测点 连线与天顶方向夹角)	度 分		
18 太阳方位角(测点与天顶连线、 测点与太阳连线构成的平面与正北 方向的夹角)	度 分	19 风 向 (取 8 级)	19.1E、19.2S、19.3W 19.4N、19.5SE、19.6SW 19.7NW、19.8NE		
20 仪器型号		21 视场角		22 波长范围 nm	
23 测量度高 (仪器与目标间)		24 仪器平 台	三角架、遥感车、高塔、气球、飞机		
25 仪器方位(仪器光轴在水平 面上的投影与正北方向的夹角)	度 分	26 仪器倾角(仪器 光轴与垂线的夹角)	度 分		
27 测量次数(一次目标均值测量的 次数)		28 测值记录号(磁 带、磁盘、打印纸)			
29 标准板编号		30 测试单位		31 测试者	
备 注					

4. 安装仪器开始测试

- (1) 对准标准板, 读取数据为 V_S 。
- (2) 移开标准板对准地物, 读取数据 V_g 。
- (3) 重复(1)(2)步骤, 测量 5~9 次, 记录数据, 计算平均值。
- (4) 更换目标, 做好信息记录, 重复(1)~(3)步。
- (5) 整理数据, 根据上述公式计算反射率 $\rho_g(\lambda)$, 标准板的反射率 $\rho_S(\lambda)$ 为已知值。

仪器安装注意事项:

测量高度: 仪器保持水平架设, 距离被测地物表面不小于 1 m。

几何关系: 仪器轴线与天顶的倾斜角 $< \pm 2^\circ$, 标准面水平放置, 太阳天顶

角 $\theta_i < 50^\circ$, 被测面与仪器观测之间夹角 $\theta_i < 30^\circ$ (植物 $\theta_r = 0^\circ$), 仪器方位角 ϕ_r 与太阳方位角 ϕ_i 之间应满足:

$$\phi_i + 45^\circ < \phi_r < \phi_i + 135^\circ \text{ 或 } \phi_i - 45^\circ > \phi_r > \phi_i - 135^\circ$$

5. 分析实测结果

(1) 根据计算结果, 准确绘出地物光谱反射率曲线图(每一测量目标一图);

(2) 根据所绘曲线, 比较不同地物光谱特征, 分析在遥感影上可能产生的差异;

(3) 分析实习过程中可能引起误差的因素。

6. 完成实习报告

内容包括: 目的、仪器、测量目标基本信息、环境参数表、测试数据表(自制)、一组反射率曲线图、地物光谱特征与遥感影像的对比分析、实习误差分析等。

第二部分 遥感成像原理与遥感图像特征

实习二 摄影图像的特性(比例尺计算、像点位移)

原理及方法简介

1. 像片的比例尺

指像片上两点之间的距离与地面上相应点之间实际距离之比。设 H 为摄影平台的高度(航高), f 为摄影机的焦距, 则像片的比例尺大小取决于 H 和 f 。在地形平坦、镜头主光轴垂直于地面时, 像片的比例尺为:

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H} = \frac{ab}{AB}$$

式中, H 为摄影平台高度; $\frac{1}{m}$ 为像片比例尺; a, b, A, B 分别为像片上和实际地面的对应点; f 为摄影机的焦距。通常 f 值可以在像片的边缘或相应的遥感摄影报告、设计书中找到, H 由摄影部门提供。

2. 像点位移

(1) 因地形起伏引起的像点位移——投影误差

在中心投影的像片上, 地形的起伏除了引起像片比例尺的变化外, 还会引起平面上点位在像片上相对位置的移动, 这种现象称为像点位移。其位移量就是中心投影与垂直投影在同一水平面上的投影误差。

$$\sigma = \frac{hr}{H}$$

式中, σ ——位移量;

h ——地面高差;

r ——像点到像主点的距离;

H ——摄影高度。

由公式可以看出:

1) 位移量与地面高差 h 成正比, 即高差越大引起的像点位移量也越大。当地面高差为正时(地形高于摄影基准面), σ 为正值, 像点位移是背离像点方移动的; 当高差为负时(地形低于摄影基准面), σ 为负值, 像点向像主点方向移动。

2) 位移量与像主点的距离 r 成正比, 即距像主点越远的像点位移量越大, 像片中心部分位移量较小。像主点处 $r=0$, 无位移。

3) 位移量与摄影高度 H (航高) 成反比。即摄影高度越大, 因地表起伏引起的位移量越小。例如地球卫星轨道高度 $H=700\text{ km}$, 当像片大小为 $18\text{ cm} \times 18\text{ cm}$ 时, 处于像片边缘的像点的地面高差 h 为 $1\ 000\text{ m}$ 时, 其位移量约 0.13 mm 。

(2) 因像片倾斜产生的像点位移——倾斜误差

在航摄过程中, 因飞机倾斜产生地物点在影像上的位移, 称为倾斜误差。如图 2.1 所示。

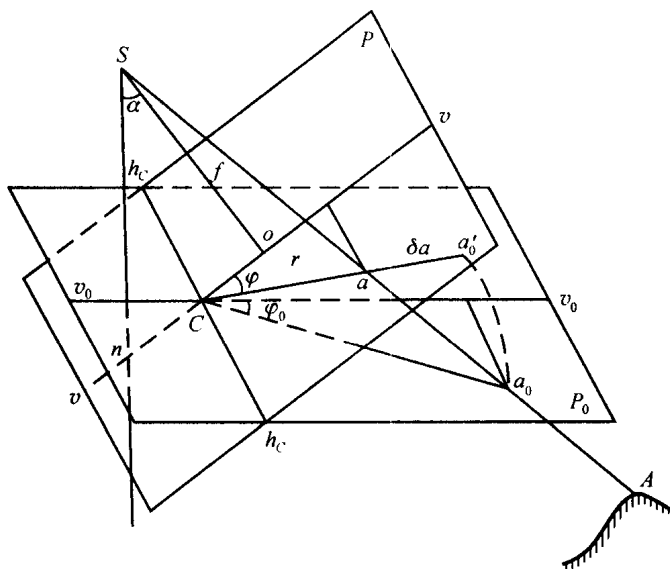


图 2.1 因像片倾斜引起的像点位移

像点位移的方向, 如图 2.1 中, P_0 与 P 为同一摄影站的水平像片和倾斜像片, A 为地面任一点, a_0 点和 a 点分别为地面 A 点在水平面像片和倾斜像片上的像点, $h_c h_c$ 为等比线, C 为等角点, Cv_0 、 Cv 为主垂面在两像片上的交线, φ_0 、 φ 分别为像点 a_0 和 a 与等角点 C 连线与主纵线的夹角。

若将水平像片 P_0 绕等比线向上旋转与倾斜像片 P 重合, 根据等角点的性质, 倾斜像片上以等角点 C 为顶点的方向角与水平像片的对应方向角, 大小是相等的, 所以 $\varphi = \varphi_0$ 。因此, 在主纵线 Cv_0 与 Cv 重合的同时, 直线 Ca 与 Ca_0 必然重合, a 点落在 P 像片的 Ca 延长线上为 a'_0 , 线段 aa'_0 是点 a_0 因像片倾斜而产生的位移距离, 即倾斜误差, 用 δa 表示。因此航空像片因倾斜而引起的像点位移方向是在像点与等角点的连线上。

倾斜误差可简化表示如下:

$$\delta a = -2r/f \sin \alpha \cos \varphi$$

式中, α 为像片倾斜角, r 为像片上从等角点到像点的辐射距, φ 为由主纵线方向至像点位移方向的方向角, f 为航摄镜头焦距。

倾斜误差的规律是: 等角点和等比线上无倾斜误差, 倾斜误差的位移在等角点(C)为直线的辐射线上, 焦距越大倾斜差越小, 等比线($h_c h'_c$)把像片分成两部分, 像底点(n)所在的部分, 位移向外, 像主点(o)所在的部分, 位移向内, 如将倾斜像片平面内的图形绘出, 可以看到正方形变成了等腰梯形(图 2.2)。

3. 像片重叠度

在拍摄特定目标时, 常采用航线连续摄影。为了使各张相邻像片之间连续, 需要相邻像片间具有一定的影像重叠, 航线之内像片间的重叠称为航向重叠(endlap), 一般要求达 60%, 不能小于 53%。当进行大面积航摄

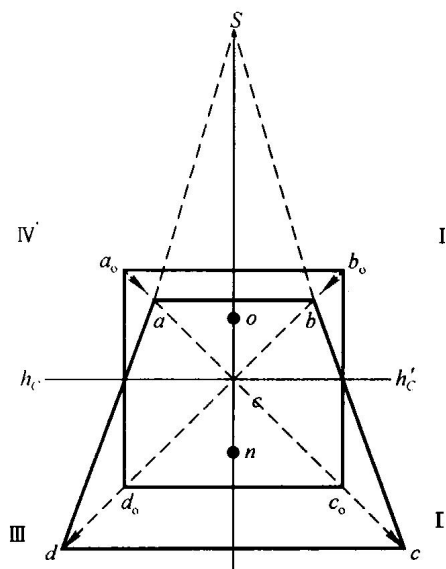


图 2.2 像片倾斜引起的像点位移规律

时, 各航线之间的像片重叠称为旁向重叠(sidlap), 重叠应达到 40%, 不能小于 15%, 重叠不足称为航摄漏洞。为了保证像片的重叠度, 航摄飞行中, 要求航线与纬线平行, 并且航线的长度限制在 60~120 km。像片重叠的关系如图 2.3 所示。

实习目的

1. 掌握航空摄影像片比例尺的计算方法;
2. 了解航片上像片重叠度;
3. 计算航片上的投影误差。

实习步骤

打开实习 CAI 光盘中“实习图像”子目录下的航片 A、航片 B 和航片 C。其中, 航片 A 和航片 B 为同一航线上的相邻图像, 航片 C 与航片 B 为相邻航线上的相邻图像。它们的摄影焦距 $f = 152 \text{ mm}$, 航高为 10 640 m。

1. 计算航片的比例尺

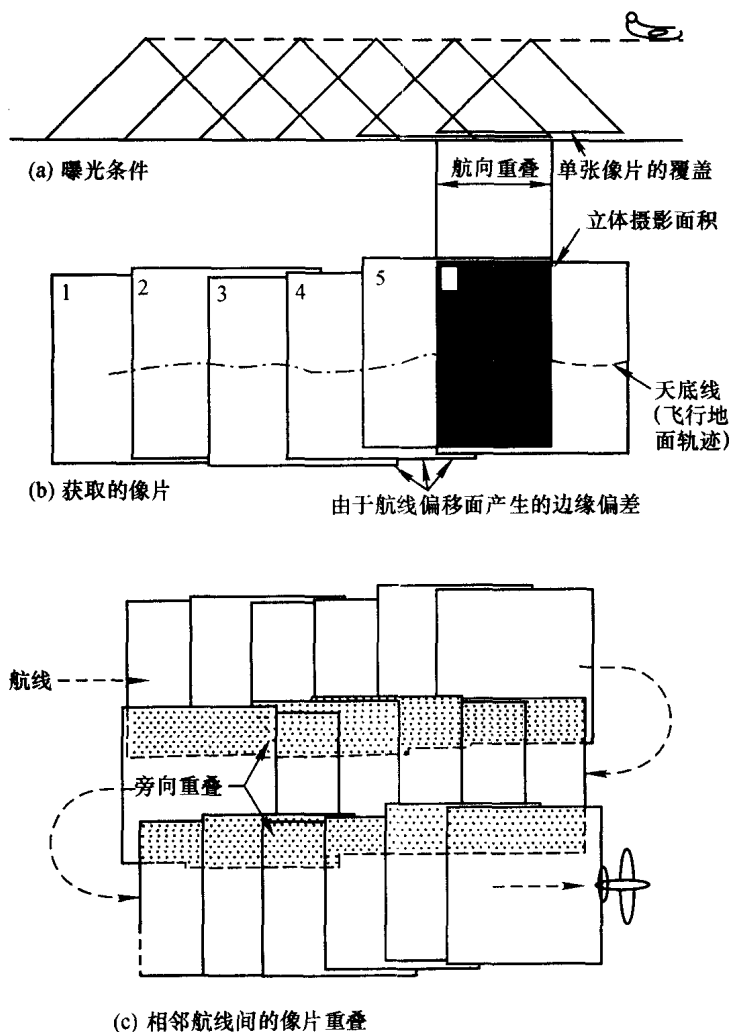


图 2.3 航空摄影中像片重叠关系

根据航片比例尺的计算公式，计算这三张航片的比例尺。

2. 了解航片上的像片重叠度

(1) 将航片 A 和航片 B 上的 A、B 点重合，航片 A 上 AB 连线的右边部分为航片 A 与航片 B 的航向重叠。

(2) 将航片 B 和航片 C 上的 C、D 点相重合，航片 B 上 CD 连线到航片底边的距离为航片 B 与航片 C 的旁向重叠。

(3) 分别量取航向重叠和旁向重叠的宽度以及航片的幅宽，计算航向重叠宽度与幅宽之比即为航向重叠度，计算旁向重叠的宽度与航片幅宽的比值即为旁向重叠度。

3. 计算航片上的投影误差

航片 A 上, O_a 是其中心点(像主点), e 点的高差(高于摄影基准面)是 200 m, 计算 e 的投影误差。

方法: 量取像点 e 到像主点 O_a 的距离, 根据投影误差的公式计算。

实习三 航空像片的立体观测与高程测量

原理及方法简介

1. 像对的立体观察

两个像机从相距一定距离的两点对同一目标进行摄影，产生的重叠图像，称立体像对(stereoscopic images)，成为立体像对的必要条件是像片的重叠度大于 53%。将成为像对的两张遥感影像并排排列，如果左眼看左边的图像，右眼看右边的图像，就可以产生目标物的立体视觉效果，这称为立体观察(stereoscopy)。

人眼能够观察到具有立体感的客观世界，其原理是一对眼睛在观察物体时，物体在两眼的视网膜上产生的影像之间存在生理视差。同理，像对是从不同角度摄制的同一地物的一对影像，因此存在类似生理视差的影像视差，叫做左右视差。当双眼分别观察这一对像片时，存在左右视差的像片会反映到眼睛的视网膜上，构成生理视差，由此便产生了与观察实物时一样的立体视觉效果。通常称这种人为条件下，对立体像对进行观察，而获取立体感觉为人造立体观察。这就是利用航片像对进行立体观察的基本原理。

利用航片进行人造立体观察的条件是：

- (1) 必须是两张相邻且有部分重叠的像对；
- (2) 两眼必须分别各看一张像片，通常称之为“分像”；
- (3) 像片安放时，对应点的连线必须与双眼基线平行，且两像片的距离需要调整，应与双眼的交会角相适应；
- (4) 两张像片的比例尺尽可能一致，最大差值不超过 16%。

通常进行航片的立体观察要使用立体镜。立体镜是为了便于进行立体观察而设计的工具。常用立体镜有：透镜式立体镜(袖珍立体镜)、发射式立体镜(反光立体镜)和可变焦距立体镜等(图 3.1)。

应用立体镜进行航片立体观察的主要步骤有：

- (1) 取一对航片像对，分别找出像主点；
- (2) 将像片按左右放置，使影像的重叠部分向内，使像对像主点连线置于平行于眼基线的直线上。移动立体镜，使立体镜的基线平行于像主点连线；
- (3) 在立体镜下移动像片间的距离，直到观测到相应的像点融合为一体而获得立体感觉，且观察时没有不适的感觉；

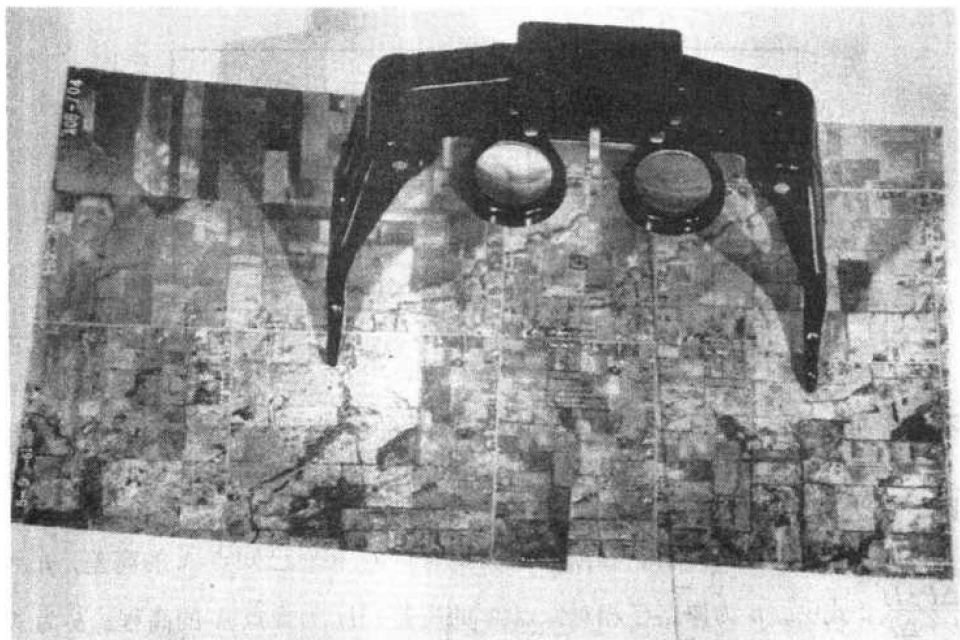


图 3.1 用立体镜进行航片立体观察

(4) 当立体像对范围内高差太大时, 在某一部分不易同时看出山顶及山谷的立体模型, 需调整基线长度, 才能实现立体观察。

在实际操作时, 为取得较好的立体效果, 需要确定两像片间的相对位置。可用两个食指在立体镜下分别指着两张像片的对应像点, 然后, 左右移动食指(连同像片), 直至看到两个食指重合在一起, 此时就可以看到较好的立体效果。

需要提及的是, 上述立体观察, 能获得与实物相似的立体模型, 称为正立体效应; 若将左像片与右像片对调, 则获得与实际相反的立体, 称为反立体效应。

2. 像对的立体量测

(1) 像点坐标: 通常采用以方位线为轴的直角坐标系(图 3.2)。像主点为坐标原点, 像片的方位线为 x 轴, 以右方向为正, y 轴是通过像主点且垂直于 x 轴的直线, 以上方向为正。

图中, 像点 a_1 和 a_2 的坐标分别为 (x_{a_1}, y_{a_1}) 和 (x_{a_2}, y_{a_2}) 。

(2) 像点视差: 像点的左右视差又称横视差, 是指像对同名像点坐标之差, 即左像片像点的横坐标减去右像片像点的横坐标, 以 P 表示。如 a 点的