

航 测 在 道 路、 交通工程上的应用

〔日〕 锻治晃三 中村英夫 著

赵 恩 棠 译

人 民 交 通 出 版 社

87.324

Hangce Zai Daolu、Jiaotonggongcheng

Shang De Yingyong

航测在道路、 交通工程上的应用

〔日〕鍛治晃三 中村孝雄 著

赵恩棠 译

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书除概述航空与地面摄影测量的基本知识外,主要讲述航测与电算在公路选线设计、透视图、交通调查和事故调查等方面的应用。内容深入浅出,容易理解,实例较多,便于学习与运用。可供公路、城市道路、公安部门的交通管理和技术人员参考,也可作为有关院校师生的教学参考书。

本书译文由陕西省测绘局于承潜、梅兴铨和沈阳曹铁铭三位工程师校核。全部插图由西安公路学院钟孝顺讲师描绘。

航测在道路、交通工程上的应用

鍛治晃三 中村英夫 著

道路工学と写真測量

技術書院

本书根据日本技术书院出版公司1972年东京版本译出

赵恩棠 译

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

北京通县里二泗印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 4.5 字数: 92千

1983年12月 第1版

1983年12月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2,000 册 定价: 0.84元

目 录

第 1 章 航测的基本知识	1
§ 1 中心投影	1
§ 2 立体视觉	1
§ 3 立体象对	5
§ 4 立体镜	5
§ 5 互补色立体观察	7
§ 6 垂直象片	8
§ 7 单张象片的几何关系	9
§ 8 两张重叠的完全垂直象片的几何关系	10
§ 9 视差杆	12
§ 10 平面坐标转换为立体坐标	14
§ 11 一般的航摄像片	16
§ 12 象片的比例尺	17
第 2 章 航测的作业程序	18
§ 1 测绘地形图的程序	18
§ 2 测绘地形图的规格标准	18
§ 3 拍摄计划	20
§ 4 拍摄	21
§ 5 地面控制点	23
§ 6 控制点地面标志	24
§ 7 象片处理	25
§ 8 立体测图仪	25
1. 多倍投影测图仪	26

2.双象投影测图仪.....	28
3.威特 A8、A7 精密立体测图仪.....	29
4.测图仪的分类.....	32
§ 9 象片的定向	33
§10 空中三角 测量.....	42
§11 地形图的 测绘.....	45
§12 地形图的 整饰.....	45
第3章 与交通工程有关的特殊摄影测量.....	47
§ 1 概说	47
§ 2 地面摄影测量	47
1.地面摄影测量的特点.....	47
2.地面摄影的方式.....	48
3.地面摄影的测图.....	50
§ 3 用直升飞机拍摄	52
§ 4 用缝隙摄影机拍摄	54
§ 5 用70毫米摄影机的航摄	55
§ 6 拍摄时刻的测定	57
§ 7 影象的沉浮	59
§ 8 象片平面图	61
§ 9 特种象片	64
1.红外线象片.....	64
2.天然色彩色象片.....	65
3.彩色红外线象片.....	66
第4章 在道路规划和设计上的应用.....	67
§ 1 道路选线的程序	67
§ 2 选线与航测	70
§ 3 在拟定比较路线上的应用	71
§ 4 在路线比较上的应用	77

§ 5 地形数字模型	81
1. 断面集合表现法	83
2. 曲面表现法	85
3. 等高线上选点法	88
§ 6 道路设计与地形数据的精度	89
§ 7 航测与电子计算机相配合的路线设计系统	93
第 5 章 在交通现象分析上的应用	97
§ 1 交通现象分析与航测	97
§ 2 交通量及交通密度的调查	98
§ 3 车速测定	99
§ 4 单车行驶调查	100
§ 5 车辆停放及交叉口调查	101
§ 6 利用航测调查汽车行驶路线	101
§ 7 利用航测分析交通现象时存在的问题	103
第 6 章 交通事故调查与摄影测量	110
§ 1 地面摄影测量在事故记录上的应用	110
§ 2 记录交通事故所需的摄影测量仪器	111
§ 3 事故现场的拍摄作业	112
§ 4 利用摄影测量时的优缺点	114
§ 5 用于事故调查的摄影测量的精度及图纸 比例尺	116
第 7 章 航测方法与道路透视图	120
§ 1 电算及航测方法与道路透视图	120
§ 2 中心投影的坐标转换	121
§ 3 透视图的绘制过程	123
§ 4 象片剪辑	124
§ 5 在航摄像片上描绘道路线形	130

§ 6 动画片133

§ 7 利用电算处理和航测法绘制透视图的优点135

参考文献

第1章 航测^①的基本知识

§1 中心投影

图1-1a是从日本东京上空用摄影机垂直向下拍摄的象片。图1-1b是大体相同地区的地形图。仔细观察此象片和地形图，即可发现，除地形图上把实物简化并使用了一些符号以外，两者之间还有一个重要的差别，那就是凡是细长的烟囱或建筑物的边角等垂直线，在地形图上均仅表现为一个点，而在象片上则拍成了线。这是因为象片并不是象地形图那样的平行投影，而是如图1-2所示的那样，光线都是通过投影中心 O 的中心投影。

这说明象片不可能直接成为地形图。但因象片是中心投影，就能表达出前面所看到的物体高差在象片上形成图象的平面偏移，这就可能测出物体的高程。

§2 立体视觉 (clues to depth)

当人们观看某一物体时，具有分辨该物体的位置距离自己有多远的能力。这种能力是由于人的头脑中有了下述感觉而产生的。

① 日文“写真测量”一词，即 photogrammetry，可译为摄影测量或摄影测绘，但从全书内容来看，大部分指“航空写真测量”即 aerial photogrammetry，故译做航空摄影测量，简称“航测”。只在明显地泛指一般摄影测量（包括地面摄影测量）时，才直译做“摄影测量”。——译注



图 1-1a) 东京的航摄影片

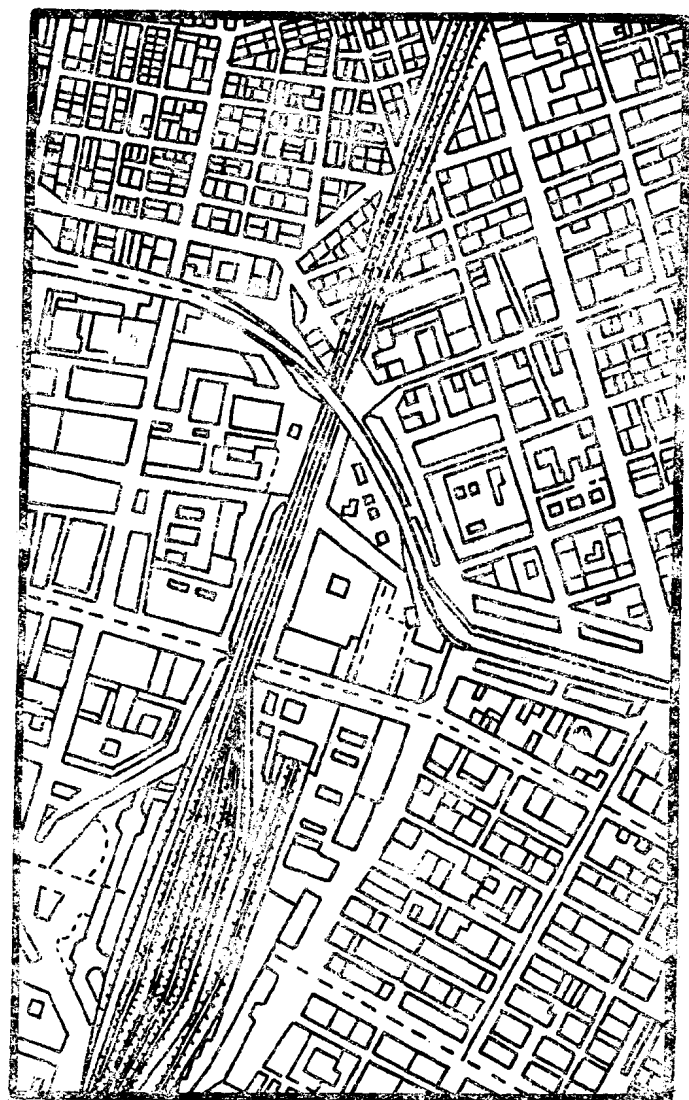


图1-1b) 与a图同一地区的地形图

(1)人在行动时,能感觉出与其具有不同距离的物体有不同的外在相对移动的量。

(2)眼睛的晶状体当看远处物体时,略趋于扁平;对近处物体则较凸起,以调节焦点距离。人脑能感觉出晶状体的状态。

(3)眼睛能改变眼球的视线方向,以使物体映现在视网膜的最敏感处。即对近处物体使眼球转向较收斂的方向,对远处物体则转向近于平行的方向。人脑能感受到眼球的方向。

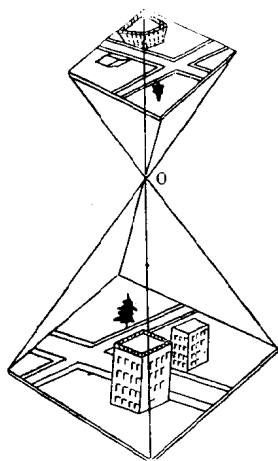


图1-2 中心投影

(4)因两只眼睛处于不同位置,其各自接受的影象稍有差异。这种差异量由眼睛到物体之间的距离而定,其大小由视网膜反映到大脑。

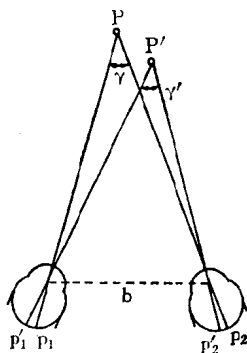


图1-3 立体视觉(视差

$$= p_1 p_1' - p_2 p_2')$$

由于有上述四种感觉作用,人就能辨别物体的远近,其中特别具有量的意义且对摄影测量至为重要的是第4个功能。在图1-3上给出了两个物体 P 和 P' 在两眼视网膜上的影象分别是 p_1 、 p_1' 和 p_2 、 p_2' ,而这两个影象之间的长度 $p_1 p_1'$ 与 $p_2 p_2'$ 有不同的情况。 $p_1 p_1'$ 与 $p_2 p_2'$ 的长度之差叫做视差,视差的大小就表示 P 与 P' 的远近之差。

§3 立体象对 (stereo pairs)

象片是中心投影，这相当于一只眼睛看到的影象。当在两个不同位置拍摄同一物体而成为两张象片时，这种象片就具有与在人的两只眼睛视网膜上的影象同样的效应。如果用右眼只看右边的象片，左眼只看左边的象片来进行观察时，人的视网膜上就会产生前述视差，从而使观察者得知物体的远近，能够看到立体影象。这样的一对象片，叫做立体象对。在这种情况下，由于眼睛到象片的距离是相等的，就不能产生前节§2的(2)所说的由调节焦点距离而有立体视觉；即或移动眼睛的位置来看，也不会产生(1)的因外在相对移动而有立体视觉。然而在这种情况下，由于视线方向随着调节焦点而面向象片的表面，故剩有交会视线的感觉。消除这种感觉而使视线方向朝向无限远方，也就是使两眼的视线方向平行，就能看到立体影象，只要经过简单训练，就可以做到这一点。这叫做人工立体观察。但更简便的立体观察办法是用下述仪器和象片来进行。

§4 立体镜 (stereoscope)

图1-4d是反光立体镜。图1-4a是人在看钉在木板上的钉子时，在视网膜上的影象。此时就有§2所述的(2)、(3)、(4)的立体感觉。图1-4b是从两个位置拍摄的一对象片的情况，钉子的影象是拍成了黑白颠倒的负片。负片经转印成正片，再放到图1-4c的反光立体镜下。此时，由象片发出的光，经过反光立体镜的四个反光镜 M 的反射而进入眼睛，成了图1-4c上用虚线所画的好似从钉子发出的光线。在这种情

况下，人们无论在调节焦点、视线方向和视网膜的视差上，
 都能有象图1-4a那样用肉眼看实物同样的感觉而得到立体

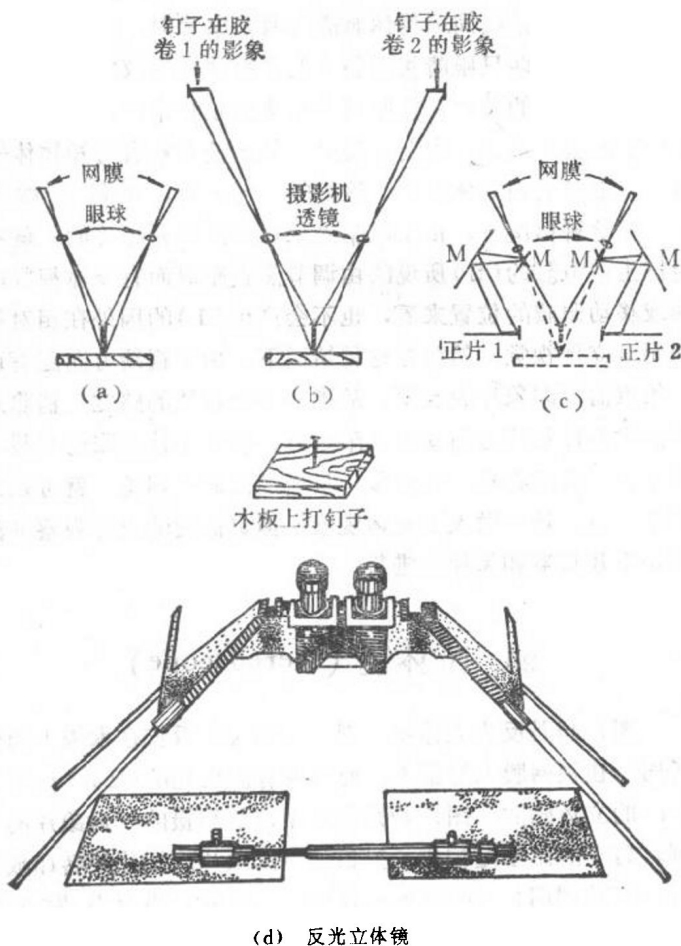


图1-4 用反光立体镜进行立体观察

感，也就是任何人都可以轻而易举地从立体象对观察到立体影象。

如图1-5a所示，航摄像片的拍摄点间的距离 O_1O_2 ①较长，视线的交向角②已超越了人的视力范围。为此，必须象图1-5b所示，将两张象片的位置适当拉开，使光线的交向角调整到人所能观察的范围之内。这样一来，映现到视网膜上的视差变大，如图所示，以扩大了立体感形态进入视觉。这叫做夸大感，由此可在航摄像片上观察到比实际地形等夸大了的起伏情况，这恰好等于提高了高程观测的精确度。

透镜式立体镜没有反光镜，仅由一组简单的透镜组成。由于透镜能在离眼睛10厘米左右的象片表面上聚焦，而可使双眼的视线方向保持平行，就能容易地进行立体观察。但因其视野较窄，不可能一次全面观察较大的象对。

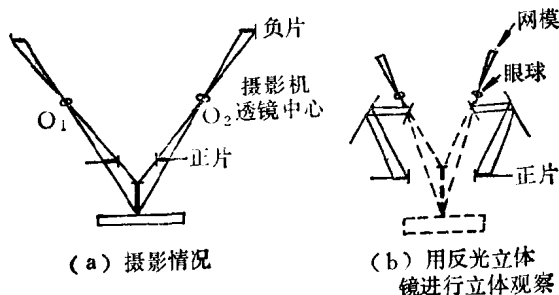


图1-5 航摄像片的立体观察

§5 互补色立体观察

将一对立体象对放在投影器中，使左边象片通过红色滤

① 原书误做 O, O_1 。——译注

② 也叫交会角、会聚角(Convergence angle, convergent angle)。

——译注

光片，右边象片通过红的互补色——青^①色滤光片，同时投射到一个网屏（screen）上；观察者的左眼戴上红色、右眼戴上青色眼镜进行观察时，因左眼只进入红色光而仅能看到左边的象片，右眼只进入青色光而仅能看到右边的象片，结果就能看到从双方来的光线成对交会的立体模型。可以用印在一张纸上的立体象对来代替两张象片的投影，即在左边用红色、右边用青色重叠印制而成。此时通过红色眼镜观看红色部分，则分不清周围的白色部分，只有戴上青色眼镜才能清晰地看出红色部分是黑色的。这对青色部分也是一样。因此所用的眼镜滤色片的颜色必须是与投影时的正相反，如图 1-6 所示，在左边用青色，右边用红色的。这种印制的立体象对，影象的鲜明度虽然差些，但因能大量印制，故可非常简便地应用于教学讲解。

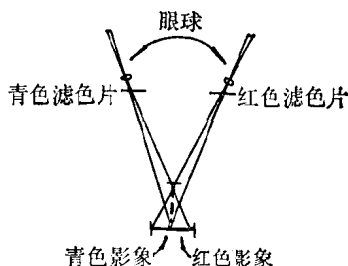


图1-6 互补色象片的原理

§6 垂直象片

从飞机上大致垂直向下拍摄的象片，叫做垂直摄影象片。其铅垂方向的偏差一般允许在 $2\sim 3^\circ$ 范围之内。航测用的象片大部分是这种垂直摄影象片，而拍摄方向与铅直轴倾斜再大的象片则叫做倾斜摄影象片，主要用于航测以外的其他

① 原书为“绿色”，但红与绿均为原色光，不可能互补，恐系“青绿色”即蓝与绿的间色，可译做青色。——译注

方面。摄影机通常备有叫做框标 (fiducial marks) 的标志, 其影象则如图 1-7 那样拍摄到象片上。连结框标的十字线交点, 相当于从透镜中心垂直于象片表面的点 (叫做主点^①)。

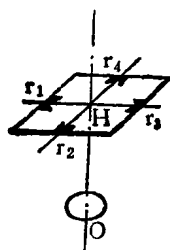


图1-7 象片框标与主点
 r_1 、 r_2 、 r_3 、 r_4 ——象片框标
 H ——主点

§7 单张象片的几何关系

试考察一张完全垂直拍摄的象片。图 1-8 上的 PP 是象面, f 是从透镜中心到象面的距离, 叫做象主距 (photo-principal distance)。由于航测时至被拍物体的距离很大, 故 f 大致等于透镜的焦距, 可从摄影机的出厂检定书上求得。

从图上可知:

$$\frac{f}{H} = \frac{t}{h} = \frac{p}{R} \quad (1-1)$$

$$\frac{d}{t} = \frac{p+d}{f} = \frac{R}{H-h} \quad (1-2)$$

由式 (1-1) 和 (1-2) 可得:

$$h = \frac{dH}{p+d} \quad (1-3)$$

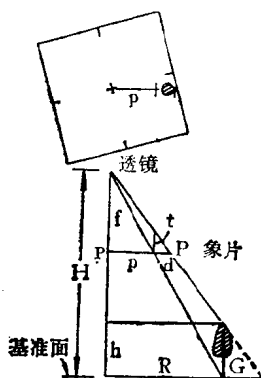


图1-8 单张象片的几何关系

① principal point, 即投影中心。——译注

因此，如已知拍摄高度 H ，主点到树根的影象距离 p 和树的影象长 d ，就可求出树的高度。例如设 $H=2,000$ 米， $p=75$ 毫米， $d=0.5$ 毫米，则

$$h = \frac{0.5}{75.5} \times 2,000 = 13.3 \text{ 米} \quad (1-4)$$

即从单张象片也可以通过计算求出树的高度来。这里的 d 叫做投影差 (relief displacement)，这明显地是以主点为中心的辐射方向的位移。

§8 两张重叠的完全垂直 象片的几何关系

图1-9表示的是沿着一条航线，从同样高度拍摄两张完全垂直象片①时的几何关系。图上的 O_1 、 O_2 分别是象片1和象片2的投影中心， O_1O_2 是两次摄影的间隔距离，也叫象片基线。立在水平地面上的木杆 AB 拍成影象 a_1b_1 和 a_2b_2 ；各

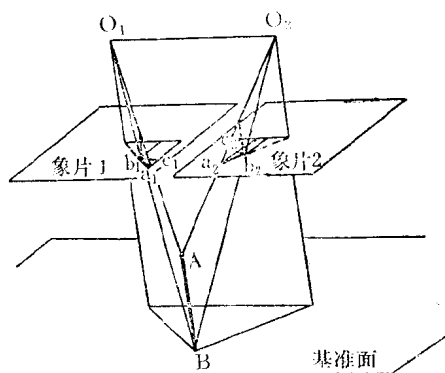


图1-9 垂直象对的几何关系

① true vertical photograph，即理想垂直摄影象片。——译注