



测绘新技术小丛书



张祖勋 编

航测自动化与数字化

测绘出版社

测绘新技术小丛书

航测自动化与数字化

张祖勋 编

测绘出版社

本书是《测绘新技术小丛书》中的一本，主要介绍航测自动化与数字化技术。本书共分五章，第一章介绍航测自动化的概念、意义、发展概况及主要技术；第二章介绍航测自动化的系统组成、功能及主要设备；第三章介绍航测自动化的软件系统、数据库及网络；第四章介绍航测自动化的应用；第五章介绍航测自动化的发展趋势。本书可作为测绘工程、计算机科学与技术、自动化等专业及相关专业的教材，也可供从事航测自动化工作的工程技术人员参考。

测绘新技术小丛书
航测自动化与数字化
张祖勋 编

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 2 1/2·字数 56 千字
1981 年 6 月第一版·1981 年 6 月第一次印刷
印数 1—10,200 册·定价：0.28 元
统一书号：15039·新 192

280443

出 版 说 明

为适应实现“四化”需要，测绘单位广大技术人员和干部迫切希望了解测绘新技术发展情况及其基本知识，为此，我们组织出版这套《测绘新技术小丛书》。

本套小丛书是入门性质的科普读物，适合于具有一定测绘知识的业务人员和业务管理干部阅读。

目 录

概述.....	(1)
第一节 航测自动化.....	(3)
第二节 扫描系统.....	(8)
第三节 相关系统.....	(17)
第四节 几种自动化测图仪的简介.....	(29)
第五节 数字地面模型及其应用.....	(44)
第六节 影象数字化自动测图系统.....	(56)

概 述

对于航空摄影测量自动化的概念，常常有着不同的理解，例如早期的立体测图仪 A8 等，就曾被称作为自动立体测图仪 A8，又如近代的解析测图仪，也有人将它称作“自动解析测图仪”。特别是最近一、二十年以来，随着数字化技术的逐步发展，常常又把数字化称作为自动化。数字化主要是将量测的结果或成果直接用数字形式表达。例如在测图过程中，可以将等高线数字化，并自动的记录下来。这样一张地图就可以用数字的形式记录在磁带上，形成数字地图，而不一定用图解的方式画在纸上。在数字化的过程中，必然也包括了自动化的因素，例如坐标的自动记录代替作业员的读数与记录的工作。但是从航空摄影测量测图的作业过程来说，作业员的主要作用是立体观测。当一个作业员在一台立体测图仪上作业时，他就需要通过立体观测，不断地从两张相邻象片上搜索同名象点，也就是探求影象的相关。在相对定向的过程中，作业员主要是消除 Y 视差（即左、右影象在 Y 方向的差异），建立立体模型；在测图或测点时，作业员主要是消除 X 视差（即左、右影象在 X 方向的差异），测绘地貌或地物。在这个过程中都需要人进行立体观测。因此，怎样才能代替人眼在立体测图仪上的立体观测，这就是航测自动化的根本问题。也就是说，真正的自动化测图仪是无须作业员进行立体观测，就能自动地完成定向或测绘工作。这时候，人的作用主要是管理、作准备工作以及协助自动测图仪解决一些疑难问题。因此，从这个角度上来说，自动化与数

字化是两个不同的概念，数字化不一定是自动化，自动化也不一定是数字化。但是随着影象数字化与数字计算机技术的发展，又把这两个概念紧密地联系在一起，也就是可以通过影象数字化的技术实现自动化。

下面将首先介绍航测自动化，而后介绍数字化以及如何通过数字化的途径实现自动化。

第一节 航测自动化

一、基本概念

为了实现立体测图仪的自动化，在仪器上不用人眼进行立体观测，就必须首先将两张象片上的影象，利用光电转换转变成电信号，这个过程称为扫描与光电转换。然后将两个电信号进行相关处理，寻找同名影象，这个过程称为相关。因此扫描系统与相关系统是自动化测图仪的核心，现扼要介绍如下。

1. 扫描系统的作用

扫描系统的主要作用是将象片上象点的灰度值，逐点地变成电信号，这个信号被称为视频信号。目前一般采用电子扫描，即利用一个特殊要求的阴极射线管（这种阴极射线管常被称为飞点扫描管）作为扫描器，如图 1（a）所示。图中 *CRT* 表示飞点扫描管，荧光屏上的光点经过光学系统成像在透明正片上。当光点透过象片到达光电倍增管 *PMT*，产生光电流。显然光电流的大小与象片上相应象点的灰度 D 有关，当象点的灰度值愈小（即比较透明），则透过的光线愈强，得到的光电流愈强，反之象点的灰度愈大，则光电流愈弱。当荧光屏上的光点从右向左移动（扫描）时，透明正片上的光点则随之移动（扫描）。这样，在光电倍增管上所得到的电信号（即视频信号）与透明正片上的灰度有关。图 1（b）表示扫描光点所扫过的影象灰度的变化曲线，图 1（c）就是相应的视频信号。

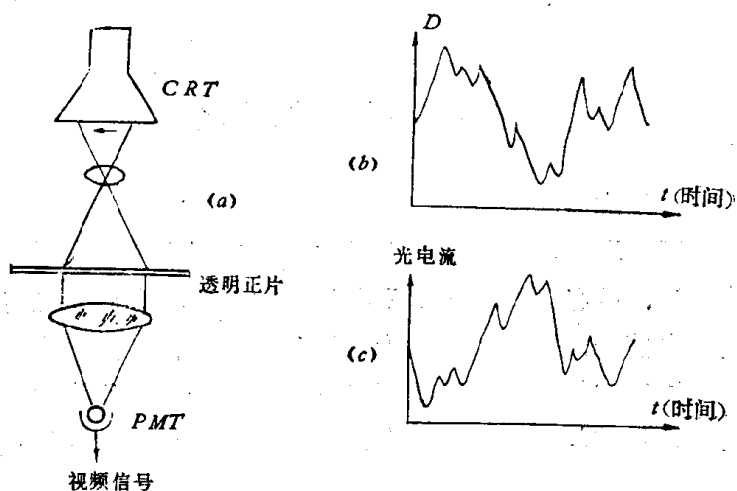


图 1

2. 相关系统的作用

假如扫描系统同步地对左右象片进行扫描，就能得到两个视频信号，如图 2 所示。图 2 (a) 和 2 (b) 分别表示扫描左、右象片所得到的视频信号。由图可以看出：这两个视频信号十分相似，但在曲线相应点处存在着移位（时间延迟），例如左象片的视频信号 a_1 比右象片相应的视频信号

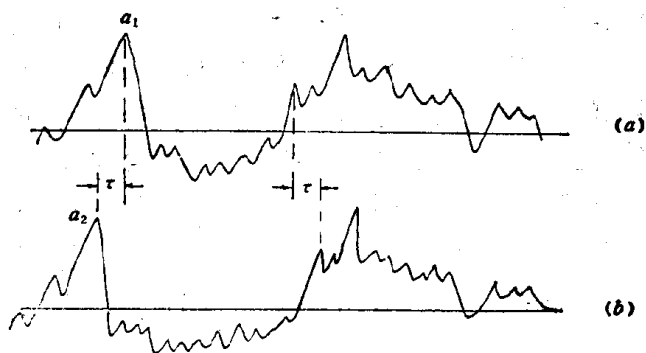


图 2

α_2 延迟的时间为 τ ，它就反映了左、右象片上同名影象 α_1 与 α_2 之间的左右视差较 $\Delta\rho$ 。若扫描的速度 v 是已知的，则可根据时间延迟 τ 求得左右视差较 $\Delta\rho$ ：

$$\Delta\rho = v \cdot \tau$$

相关系统的作用就是用于分析左、右视频信号之间的时间延迟。如果说扫描系统的作用是代替人眼进行观测，那么相关系统的作用是代替人脑分析是否已立体切准同名点。

二、自动化全能仪的一般结构

图 3 是由一台光学投影的全能仪改装而成的自动化测图仪。它用一个飞点扫描管代替该仪器上的测绘台。

飞点扫描管荧光屏上的扫描光点，通过投影器的物镜构象在象片上，然后透过底片投射到光电倍增管上。由于扫描光点的扫描图形是在同一个飞点扫描管上发出的，因此在两张象片上所得到的扫描图形必然是同步的。但由于这时象片是未经定向的，因此从两个光电倍增管上输出的视频信号必然存在时间延迟，这是由于相对方位元素与地面高差所引起的。当左、右象片上输出的视频信号输入相关

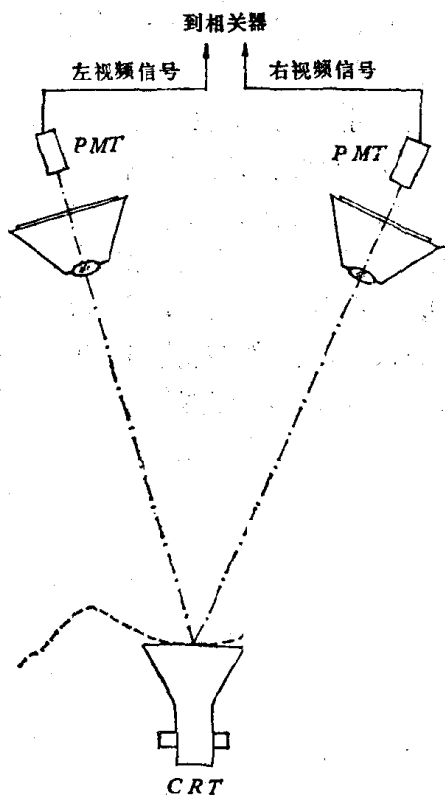


图 3

电路后,相关电路对左、右视频信号进行相关分析,自动地分析出视差量,若有上下视差存在,则说明相对定向尚未完成,这种上下视差的信号驱动伺服系统,选择相应的定向元素的动作,使投影器作必要的定向动作,以消除上下视差;若有左右视差存在,则说明飞点扫描管的扫描中心点未切准地面,这时左右视差的信号驱动 Z 伺服电机,升降飞点扫描管,使之扫描中心点切准地面为止。

三、航测自动化的发展概况

较早期的自动立体测图仪大多是利用光学投影的全能仪作试验,例如最早的一台自动化测图仪是1950年到1951年由美国的陆军工程研究与发展实验室和Bausch Lomb公司合作,利用该公司生产的多倍投影仪研制的自动化测图仪。该仪器只能对人工的高反差的透明正片进行试验。美国在这方面作了大量的试验工作。在五十年代末到六十年代初,又研究制作了自动立体测图仪Stereomat I型、II型、III型和IV型。前三种基本相似,它们都是使用光学投影器试制的,而Stereomat IV(又称为B8 Stereomat)则不同,它是第一台机械投影的自动测图仪。它是由美国与瑞士威特厂合作,将立体测图仪B8进行改装而实现自动化的。自动立体测图仪B8 Stereomat的结构原理如图4所示。它在立体测图仪B8的左、右象片盘上,加上两个飞点扫描管,同步地分别对左右象片进行扫描,扫描光点透过象片,投射到光电倍增管PMT上,获得视频信号,而后进行相关处理。为了适应自动化的需要,将原来的光学系统的运动,改为象片盘移动,而扫描系统可以固定不动。B8 Stereomat不仅能够完成自动地相对定向、自动地扫描跟踪断面,同时能自动测绘等高线和生产正射影象图,利用这种仪器进行自动的相对定向大约需要

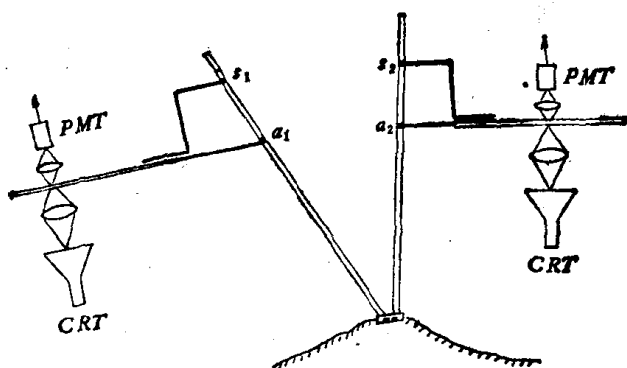


图 4

3.5 到4.5 分钟,当扫描纵断面时,平均扫描速度约 7mm/秒,生产一张正射象片约为 1.5 到 2 小时。

在 B8-Stereomat 的基础上,又试制了 A2000 自动立体测图仪。后来美国又与西德合作,在立体测图仪 Planimat D2 上增加了 EC5 相关器,使 D2 成为自动测图仪。但是所有这些自动测图仪,都处于研究试制阶段,只有样机,并无商品生产。到七十年代,东德 Zeiss 厂生产了一台自动立体测图仪 Topomat,它是由地形测图仪 Topocart C、正射投影装置 Orthophot C 加相关器 Oromat 构成。此仪器已在 1976 年第十三届国际摄影测量会议上展出。

除了自动的立体测图仪外,还有在一台解析测图仪上加入自动化系统,构成自动解析测图仪。在 1960 年初美国将手动的解析测图仪 AS-11A 改装成为自动解析测图仪,后来又发展成为 AS-11B 和 AS-11C。到七十年代,又将 AS-11B-1 改装成沿核线扫描的数字相关 AS-11B-X (称为高程数据收集系统),大大地提高了生产数字地面模型的效率。利

用该高程数据收集系统产生高程数据的速度达 200 点/秒, 对于一个标准的模型来说, 大约只要 10 分钟即能完成全部所需要的高程数据点的自动测定计算工作, 若利用原来的 AS-11-B-1, 则需 3 ~ 4 小时才能完成。但所有这些 AS-11 系统的自动测图仪均为美国军用。目前, 作为商品出售的自动解析测图仪是加拿大 Gestalt 公司生产的 GPM I 型, 在某些国家中已被用于生产。

目前在自动测图系统中, 主要是采用电子相关与电子扫描系统。较新的激光扫描、CCD 电荷耦合器件、数字相关与光学相关处理正在发展过程中, 并已逐步被应用于自动立体测图仪。例如 AS-11-B-X 就是使用高性能的激光扫描与数字相关。

在相关理论上, 开始由一般的二维相关转为采用一维相关 (即在相邻像对的同名核线上相关, 搜索同名象点)。这样, 把在一个平面上搜索同名点的问题转化为在一条直线上搜索同名点, 大大地减少了相关运算的工作量, 提高了速度。

第二节 扫描系统

欲将象片上各个象点的灰度变成电信号, 首先要产生一个光点在象片上扫描移动, 产生扫描光点的器件就称为扫描器。扫描器的种类很多, 在最早的自动化全能仪的试验样机中, 曾采用过机械扫描, 最新的扫描器是采用激光扫描器, 但目前最常用的是采用阴极射线管的电子扫描系统。

一、阴极射线管

阴极射线管的基本结构如图 5 所示。由于在阳极与阴极

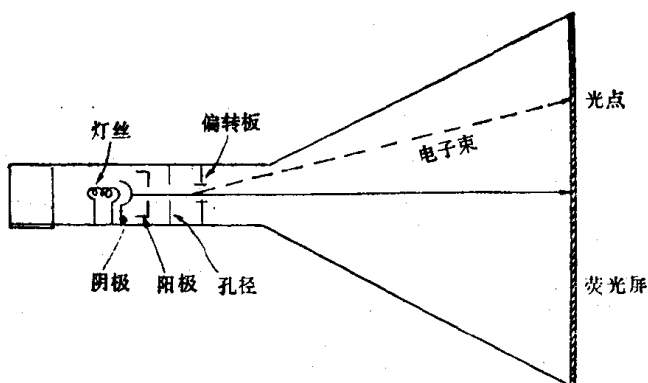


图 5

之间存在着几千伏的高压，当阴极射线管的阴极受热时，就会发射出电子，电子束通过阳极的小孔，射向荧光屏。由于荧光屏上涂有荧光物质，受到电子的冲击而发光。在阴极旁有两对（图中只画了一对）偏转板，使电子束能偏转到荧光屏的任意位置上。偏转的大小与加在偏转板上的电压成比例。当偏转板上的电压与时间成函数关系变化时，则荧光屏的光点也按相应的规律移动，形成光点的扫描运动。这样阴极射线管就成了一个飞点扫描器。

飞点扫描器是自动化测图仪的主要部件，它的质量好坏直接影响到仪器的精度。为了保证仪器的精度，飞点扫描管应满足下列要求：

（1）光点的大小

光点的大小直接关系到扫描系统的分辨率。为了不损失航空象片的分辨率，光点的直径一般应为 $0.1 \sim 0.02 \text{ mm}$ ，然后再经光学系统缩小，将光点直径缩小到 $50 \sim 5 \mu \text{m}$ 聚焦在象片上进行扫描。为了提高它的分辨率，飞点扫描管必须采

用磁聚焦与磁偏转。

(2) 光点的余辉时间要短

当电子束已经偏离某一点时,该点不能立即变暗,而是逐渐变暗。当该光点的亮度衰减到原来亮度的 30% 所需要的时间,称为余辉。为了保证扫描时不致出现一条“扫描亮线”,则余辉时间应短。余辉时间应与扫描的速度相适应。例如,当荧光屏上光点直径为 0.05mm,扫描速度为 50mm/秒时,那么余辉的时间应小于:

$$\frac{0.05}{50} = 0.001 \text{ 毫秒}$$

在多数自动测图仪上,荧光物质 P-16 是最常用的,其余辉很短,约在 0.01 微秒内光亮能衰减到 10%。

(3) 扫描图形的畸变小

畸变是表现在荧光屏上光点偏转位置与新加的偏转电压不成比例,或由于外界电磁场的影响,致使左、右扫描器的偏转不同步。因此扫描系统的屏蔽是十分重要的问题。

二、扫描系统的基本结构

图 6 是扫描系统的基本结构,它曾被用于 D2 自动立体测图仪上。由于在自动化测图仪上,有时要进行目视观测,进行监视。因此必须有一个双重光学系统,它既能用于飞点扫描,同时又能进行观测。在此光学系统中有两块“双色”反光镜 M_1 、 M_2 ,它能透过黄光而反射蓝光。目视光源通过黄色滤光片变成黄光,然后通过反光镜 M_1 、透明正片 P 、物镜 O 、反光镜 M_2 后,经反光镜的反射,进入原来的 D2 立体测图仪的观测系统。而由阴极射线管 CRT 发出扫描光点的光线,一部分经半镀银反光镜 S_1 、反光镜 M_2 、透明正片与反光镜 M_1 的反射,到达光电倍增管 PMT_1 ,输出视频信

号。 PMT_1 前面的蓝色滤光片是为了保护它不受旁杂光的影响，提高信号与噪声之比（即信噪比）。扫描光点光线的另外一部分，则透过半反光镜 S_1 到光电倍增管 PMT_2 ，进入抗荧光屏噪声电路 ASN ，补偿阴极射线管 CRT 的荧光噪音，提高信噪比。

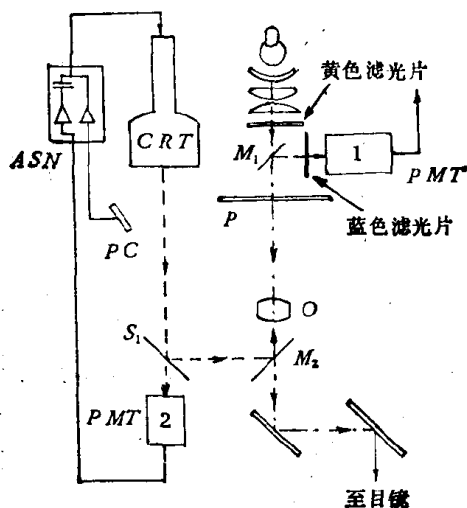


图 6

三、扫描图形及其改正

1. 扫描图形的产生

为了判断是否照准同名点，仅仅比较一个象点的灰度是不行的，而必须比较一个范围内影象灰度的变化。因此在飞点扫描管的荧光屏上必须有一个扫描图形。左、右两个扫描管的扫描图形必须相同且同步。扫描图形可以有不同的设计，例如在 AS-11-A 上使用的是随机扫描，如图 7(a)所示，它是由随机噪音发生器产生的扫描图形。另有电视扫描（如图 7(b)所示），螺旋形扫描（如图 7(c)所示）等。不同的扫描图形是由不同的扫描发生器产生的。例如为了产生电视型扫描，则要在飞点扫描管的两对偏转板（一对是水平偏转板、一对是垂直偏转板）上，加予频率不等的锯齿波电压，如图 8 所示。

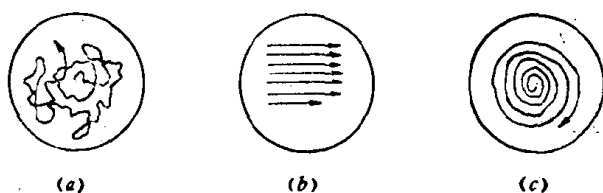


图 7

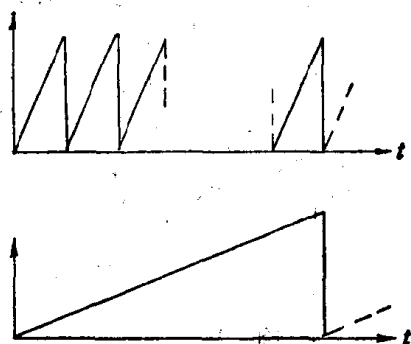


图 8

2. 扫描图形的改正

问题的提出：当象片水平、地面平坦时，则左、右象片上的同名影像大小与形状都一样。这时，当左、右扫描图形中心对准同名点时，则整个扫描图形扫过的影像都是同名影像，因此，两个视频信号得到最好的相关。但是，

当象片倾斜、地面倾斜时，情况就不同。如图 9 所示，假定

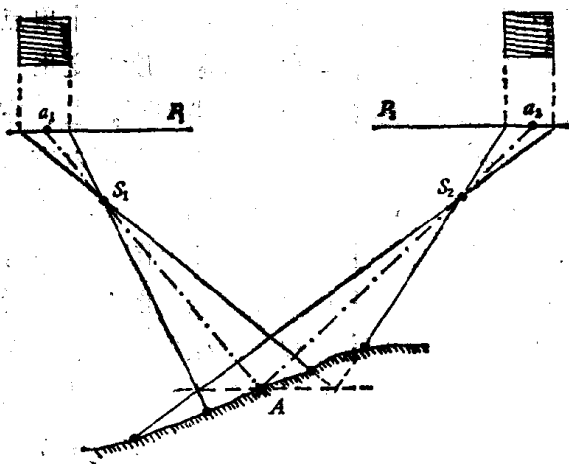


图 9