

耿兆满 郭蔚兴
郑儒根 何坚若 编著
雷玉堂

航测仪器自动化

测绘出版社

航测仪器 自动化

耿兆满 郭蔚兴
郑儒根 何坚若 编著

测绘出版社

内 容 简 介

本书内容包括航测仪器自动化的基础知识、基本概念和各部件的原理。主要内容有图像信息拾取、相关技术、显示设备、模拟数字和数字模拟的转换、等高线的自动描绘、正射像片及其生产、数字化器、数字地形模型、数字电子计算机在航测自动化仪器中的作用及自动化测图仪器的介绍等。

本书可供有关测绘工程技术人员参考。也可供大专院校测绘专业的教师和学生参考。

航 测 仪 器 自 动 化

耿兆满 郭蔚兴
郑儒根 何坚若 编著
雷玉堂

测绘出版社出版

山西新华印刷厂印刷

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 $8\frac{1}{2}$ ·字数184千字

1982年12月第一版·1982年12月第一次印刷

印数: 1—2,500 册·定价: 0.88元

统一书号: 15039·新220

前 言

常规的航测仪器，如机械投影式、光学投影式或光机混合投影式，它们都是通过人眼观察进行测图。这样作业员很容易疲劳，而且效率低，成图周期很长。随着科学技术的进一步发展，在国际上出现了各种类型的航测自动化仪器。它们不需要用人眼来进行观察立体，能自动进行作业，而且做到了快速成图。近年来我国逐渐开展了自动化测图的研究工作，自动化仪器有的也正在研制。

为了更好地了解航测自动化仪器的基础知识及基本概念、各部件的基本原理。我们结合在科研中的一些实际工作经验编写了这本书。由于水平有限，书中肯定会有不足及错误之处，殷切希望广大读者批评指正。

参加本书编著的有耿兆满、郭蔚兴、郑儒根、何坚若、雷玉堂诸同志。由耿兆满同志担任总编纂工作。

绪 言

航测仪器自动化的目的是使测图工作由仪器代替人来自动实现。在六十年代初期,随着科学技术的不断发展,对测图仪器的自动化进行了不同途径的探讨。一种是在全能测图仪器上配以光电扫描装置和电子相关装置来实现自动化。最早是美国和瑞士合作搞的 B8-Stereomat IV 型,它是在 B8 测图仪上加电子相关器实现自动测图,到 1967 年发展成为 V 型、VI 型。1968 年制成 A₂₀₀₀,它完全用于自动生产正射像片和自动描绘等高线。由于其性能不够完善,仅停留在试验样机阶段。另外美国为西德的 D2 立体测图仪配制了 EC-5 电子相关器称为 EC-5/Planimat D2 它也只作了两台试验样机没有投产。另一种是立体坐标仪式仪器的自动化,即以解析测图仪为基础的自动化,这方面发展较快,特别是军事部门,称为自动化的解析测图仪。

自从 1963 年 AP-2 型解析测图仪问世后,一方面向 AP/C 方向发展,另一方面在 AP/Z 型的改进型 AS-11A 的基础上进行自动化的研制。于 1966 年研制成了第一台自动化的解析测图仪 AS-11B,能自动测绘等高线和断面。接着又研制成 AS-11C,能自动晒印正射像片。后来又出现 AS-11BC,它具有上述两种仪器的功能。现在在美国又在研制一种新型的自动解析测图仪 AS-11B-X 型。

在五十年代初期,加拿大研制和生产的 GPM I 型自动测图仪,能自动晒印正射像片。1974 年又研制成 GPM II 型,它不仅能自动晒印正射像片,还能自动绘制等高线。除此外

还能晒印正射立体像对及获取地形数字模型数据，所以GPM II型仪器实际上成了全自动化的测图系统。

航测自动化仪器的基本组成部分见图1-0

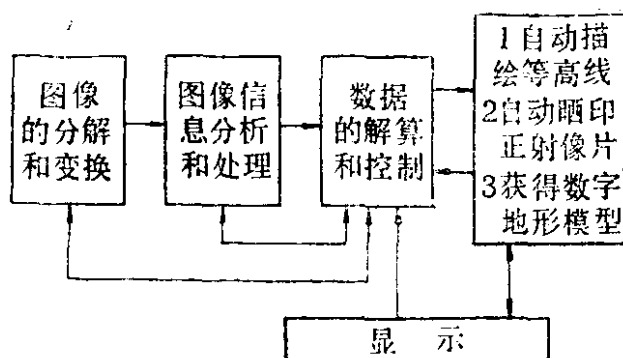


图1-0 航测自动化仪器基本组成部分

图像的分解和变换，是将航摄像片或透明正片的影像用电子或激光扫描器来分解成单元像素。该像素的光信号经过光电倍增管变换成电信号。

图像信息的分析和处理：是利用一个立体像对像片影像的电信号或灰度等级进行电子相关或数字相关技术的处理，来自动地寻找同名像点消除像差。完成这种功能的设备叫相关器。它是航测仪器自动化代替人眼观测的关键设备。

数据的解算和控制：它是利用数字式电子计算机来进行对数据的解算和控制的。在航测自动化仪器中，电子计算机是关键设备。它对电子计算机的运算速度及控制能力均提出了具体要求。

显示装置：其作用是显示像片的影像、作业过程中所求得元素、数据及进行人机联系等。

航测自动化仪器中配有自动描绘等高线的装置、自动晒印正射像片的装置及获取数字地形模型的装置。

本书根据上面所述的基本组成内容分成章节介绍其基础知识、基本概念及工作原理。

当前在国际上一些较先进的航测自动化仪器中，应用了数字化方面的技术。如图像的分解用数字化器来进行，关于这方面的内容本书也作了介绍。

本书最后一章，介绍了两种较先进的自动化测图仪器，以便于将上述各章节的内容和整个仪器结合起来。

目 录

绪 言

第一章 飞点扫描器及图像信息拾取	(1)
第一节 图像分解和机械扫描.....	(1)
第二节 电子扫描.....	(4)
第三节 电视摄像管形式的图像信息拾取.....	(6)
第四节 飞点扫描器的结构.....	(8)
第五节 飞点扫描器及其在航测自动化中的 应用.....	(16)
第六节 飞点扫描器的具体要求.....	(18)
第二章 图像信息的处理——相关技术	(20)
第一节 相关函数.....	(20)
第二节 电子相关器.....	(30)
第三节 数字相关器.....	(43)
第四节 光学相关器.....	(52)
第三章 显示设备	(64)
第一节 阴极射线管的结构.....	(64)
第二节 阴极射线管的工作原理.....	(67)
第三节 图像及图形的显示.....	(77)
第四章 模拟-数字转换	(84)
第一节 长度-数字转换.....	(84)

第二节	角度-数字转换	(92)
第三节	电压-数字转换	(95)
第四节	电子倍频原理	(99)
第五章	电子计算机在航测自动化中的应用	(106)
第一节	概 述	(106)
第二节	电子数字计算机的主要部件及其作用	(106)
第三节	电子数字计算机的工作原理及其所使 用的数制和码制	(113)
第四节	电子计算机的外部设备	(126)
第五节	微型电子计算机简介	(140)
第六节	电子计算机在解析测图仪中的应用	(143)
第七节	电子计算机在正射投影仪中的应用	(148)
第八节	电子计算机在图像数字处理及自动 测图系统中的应用	(150)
第六章	数字-模拟转换	(153)
第一节	基本原理	(153)
第二节	航测自动化中的几种数字-模拟转换 装置	(154)
第三节	开环伺服机构中的执行元件——步进 电机	(158)
第四节	开环伺服机构中的步进电机驱动电路	(168)
第五节	闭环控制系统中的直流伺服机构	(176)
第六节	闭环控制系统中的交流伺服机构	(182)
第七节	伺服机构中伺服电动机的选用	(186)
第八节	直线步进电动机	(187)
第九节	权电阻解码网络	(189)

第七章 影像数字化器和数字地形模型	(192)
第一节 扫描式影像灰度数字化器	(192)
第二节 电压-数字转换器	(196)
第三节 数字地形模型的获取	(200)
第八章 等高线的自动描绘	(205)
第一节 测图仪器的自动描绘等高线	(205)
第二节 用电子等高线仪自动描绘等高线	(210)
第三节 数字化自动描绘等高线	(215)
第九章 正射像片及其生产	(232)
第一节 投影关系——像片解析	(233)
第二节 正射像片的生产	(238)
第十章 自动化测图仪器介绍	(247)
第一节 自动解析立体测图仪AS-11B-X型	(247)
第二节 自动解析测图仪GPM II型	(250)

第一章 飞点扫描器及 图像信息拾取

第一节 图像分解和机械扫描

图像的分解是不难设想的。美丽的刺绣是一针一针地绣成的，嵌镶的画是由许多彩色小块拼成的。再如我们用的航摄像片，如果用放大镜仔细观察，可以发现它是由许多密度不同的点子组成的。可见航空像片和一般图像一样可以分解成许多基本单元，这些单元犹如图像的“细胞”一样，叫做像素。而人眼的感觉正是由于每一像素所反射出来的光线强弱不一，才在人眼里呈现一幅完整的图像。在分解航空像片上的图像时分割的像素数目越多，则加工处理的精度就会越高，也就更能真实、高精度地反映一幅图像的内容。不能以为笼统地把整幅图像所反射的总光线转换成电流记录就行了，而必须把图像所包含的全部像素所反映的不同亮度，毫无保留地变成电信号，再一一地加以记录并处理。现在的问题归结到怎样才能准确迅速而又简便地把像片分解成许多像素。最原始的设想是采用同时转换像素并同时拾取的方式，使像片经过光学透镜构像在光电管上，每一像素对应一个光电管以便一一地传输及记录，这样原有画面上各部分像素所反射的光线强弱不同，各个光电管所产生的电流大小也就不同，经过传输及记录就可以记录各相应像素的灰度。这种方法显然在航空像片上是无法应用的。因为要用航空像片进行测图分解力越高分解的像素就必须很多，至少要几十万个，

它的设备就将庞大得惊人，这样就得配备很多的光电管和传输电缆，可以说是很难实现的。因此采用同时变换像素的方法是行不通的。于是又出现了用轮换变换的像素的设备，最早用的是圆盘式机械扫描装置，它是用机械方法来分解像素轮流地感应成电流并加以记录。它的使用情况是在一个可以旋转的圆盘上开一圈螺旋形的小孔，像片透过的光线通过物镜和扇面形的限制框后，射到圆盘上，如图 1-1，其中大部分光线被圆盘遮挡住，只有正对圆盘小孔的一束光线才能

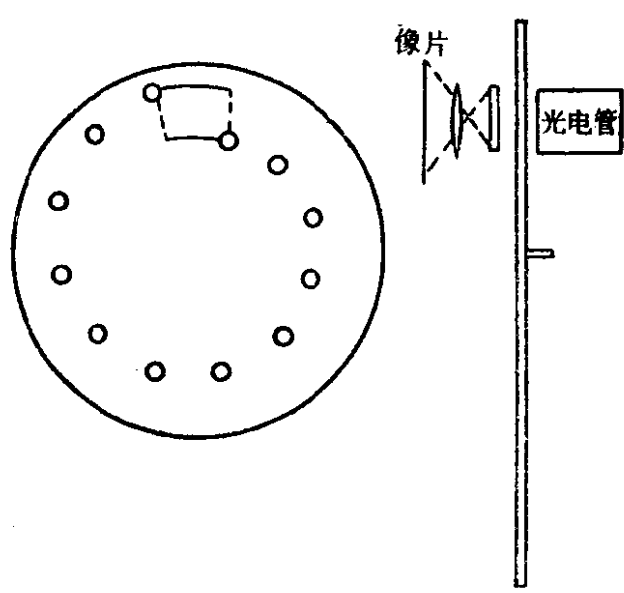


图1-1 圆盘机械扫描原理图

穿过小孔投射到光电管上，这样当圆盘迅速旋转时景象被小孔分解成许多像素并轮流地将各像素上反射的光线射到光电管上。例如，当圆盘按顺时针方向旋转时，首先第一个小孔正对着限制框中景象的左上角，然后小孔右移，迅速地扫过框中上方的第一行线条，当第一个小孔从框的右上方移出时，第二个小孔刚好从左方移入限制框开始扫第二行……，这样一行一行地继续扫下去，直到最后一个小孔从框右下方

移出，整个画面就被分割成许多像素，并按照一定的次序分别把各个像素的内容转换成电信号送出去。为了保证每移动一格进行记录，记录和移位要保持一定的关系，同时用一定的信号进行控制。这种轮流地扫过各个像素、使它完成光电转换的过程叫做扫描，由于它是用机械的方法实现的，所以称为机械扫描法。现在应用较多的是滚筒式机械扫描形式，其结构图如图 1-2。图中 1 表示一个滚筒，滚筒上装的是

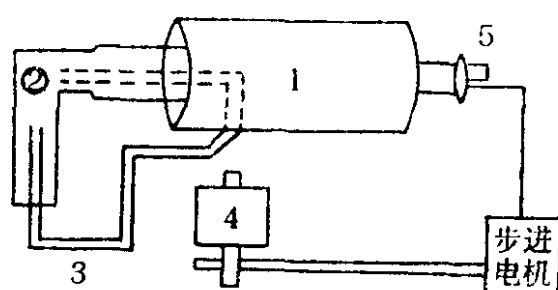


图1-2 滚筒机械扫描原理图

所需的扫描像片。滚筒在固定轴承上旋转，其转速一般为每分钟几十转到几百转。图中 2 为氙灯，氙灯作为一个光源通过光导纤维和透镜系统 3 将光线射到像片面上，在像片面上聚焦成一小点。将此光点的反射光用聚光镜会聚于光电倍增管上。由于反射光是按像片的灰度而变，所以这时在光电倍增管上所得的电信号也就是扫描到像片上对应点灰度的相应电量。图中 4 即是包含反射光聚光及光电倍增管的分析头，分析头在滚筒旋转一转（即完成像片上一条线的扫描后）在轴向就移动一步。这样在轴向移动了整个像幅时就完成了整张像片的扫描任务。图所示的光导纤维在实线方向是完成扫描像片（反射片）的示意图，如需扫的是透明正片则光导纤维按虚线方向通过轴向并经透镜投射到透明正片上，滚筒旋

转一周分析头同样在轴向移动一步，它是靠连接在图 1-2 中 5 码盘的作用。码盘旋转一周给出一个脉冲讯号，在脉冲作用下，步进电机才能驱动分析头前进一步。

第二节 电子扫描

在飞点扫描器中装置了两对偏转线圈来控制电子射线由点到行，由行到幅的扫描形成过程见图 1-3。控制电子射

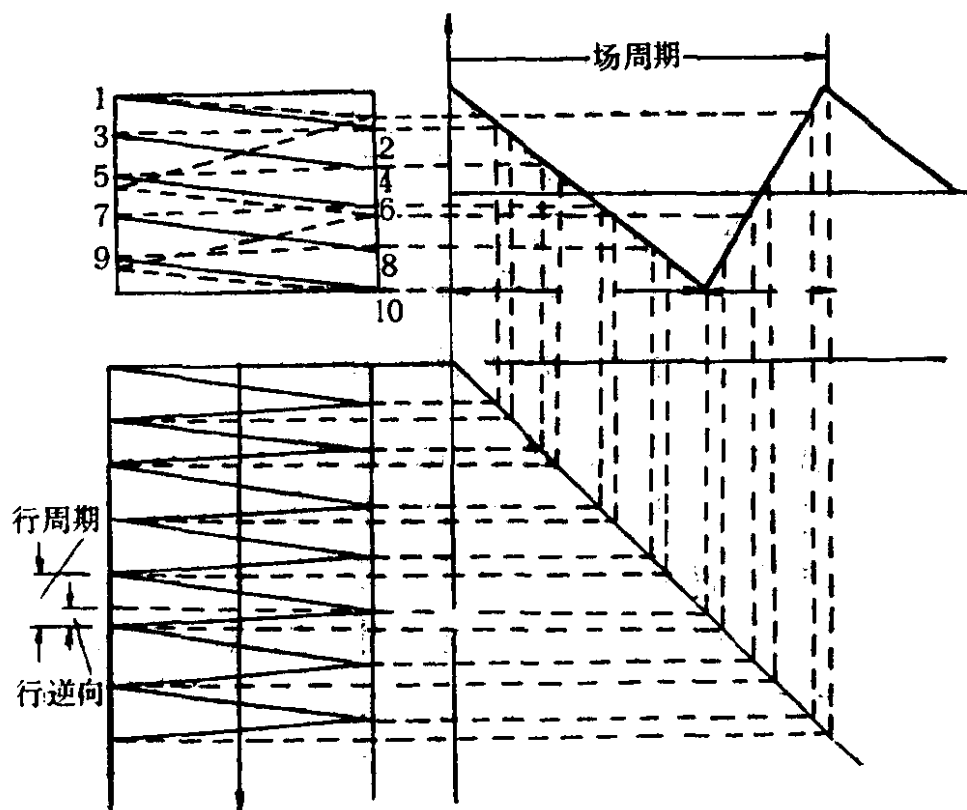


图1-3 扫描光栅图

线由点到行的扫描是由装置在飞点扫描管颈部的一对水平偏转线圈来实现的，当水平偏转线圈中没有电流的时候，电子射线就直射到萤光屏中间，如果偏转线圈加上由一定数值逐渐减少到零然后再反方向逐渐增加到一定数值的电流，那么

线圈之间就形成了由一定大小逐渐减少到零，又反方向逐渐增强到一定大小的磁场，以便使连续不断通过磁场的电子射线在萤光屏上从左边扫描到中间，再扫到右边，从而在萤光屏上显出一行光点的线条。当电子射线扫描到右端的时候，水平偏转线圈中的电流变化总是这样周期性地重复着，电子射线从左到右的扫描也就会重复地进行。控制电子射线由行到幅的扫描是由装置在显像管颈部的另一对垂直偏转线圈来实现的，不过在其中通过的电流的变化速度慢得多。它所产生的磁场使已经在水平方向进行扫描的电子射线同时逐渐从萤光屏的上方向下方移动。具体来说就是使电子射线在扫描另一行的时候正好移到刚刚扫描过的一行的下面。这样随着偏转线圈中电流的变化，电子射线也就一行挨着一行地扫描下去，一直扫描到萤光屏下端，又很快地回到萤光屏的上端，开始进行第二张像片的扫描。就这样在两对偏转线圈的联合作用下完成了射线的扫描任务。为了使扫描所出现的光点位置和后面记录时所处的位置完全相对应，必须严格的同步。因此扫描中的每一行开始以及记录中每一行的开始，必须加同一个同步讯号，以促使它们互相对应，即保证记录的开始点和扫描的开始点相一致，这就是要在偏转电流中必须加上同步信号的原因。

电子束的扫描过程还可以用一个画面上扫出七行光栅的例子来说明。在图（1-3）中 Y 代表垂直扫描波形， X 代表水平扫描波形，实线表示扫描轨迹的正向行程，虚线表示扫描轨迹的逆向行程。图中标有1，2，3……的各点相当于 t_1 ， t_2 ， t_3 ……等瞬间电子束的位置。

电子束从第1点由左至右以均匀速度正向扫过第一行到

第2点，再从第2点逆向扫到第3点，从第3点扫到第4点为第二行，这样依次类推下去。由于有Y方向锯齿波，扫描轨迹就会一行一行的逐渐向下移动，一直扫完整个画面到第10点。从第10点开始了垂直方向的逆向行程，再回到第1点，重新开始第二幅的扫描。

第三节 电视摄像管形式的图像信息拾取

前面介绍了用扫描的形式来分解图像并转换成信息。本节介绍采用电视摄像管的形式来拾取图像信息。

电视摄像管是利用光敏金属制成的，所谓光敏金属是指钾、铷、铯等金属。它们在光的照射下能发射电子，而且发射的电子的多少与光的强弱有关，光越强，发射的电子就越多，因为这类金属对光十分敏感，因此叫光敏金属。一般摄像管是一个圆柱形的真空玻璃泡，里面装了三种最主要的东西：光电变换靶、集电极和电子枪。管子前面的玻璃是平的，外界景物的光靠管子前面镜头的作用，透过玻璃在光电变换靶上形成光的影像。光电变换靶的主体是一片很薄的透明云母片，云母片的前面涂有一层导电薄膜，它能导电又能透过从镜头来的光。云母片的后面薄薄地涂有一层约有几百万个极为细小的光敏颗粒，它们虽然靠得很近，但是不连接又互不影响，光的影像就是在这些小颗粒上呈现的。在光的照射下，每个小颗粒都会发射出数量不同的电子束。对应于摄像中光弱的点的小颗粒，发射的电子就少；对应于影像中光强的点的小颗粒，发射的电子就多。因此每个小颗粒发射的电子的多少，是完全由它受的光的强弱来决定的，也就是取决于影像的明暗程度，我们用图1-4来进一步说明这一

问题。

图上只画出三个颗粒，上面一个假设对应于影像中光最强的部分，发射出四个负电子；中间的一个假设对应于影像中光较弱的部分，只发射出两个负电子；下面一个对应于影像中黑的部分，没有受光、没有发射电子。原来光敏金属的小颗粒是带有相同数量的正负电子的，由于受光的照射，失去了一些电子，颗粒上便多出了正电子，它的数目和失去负电子相同，因

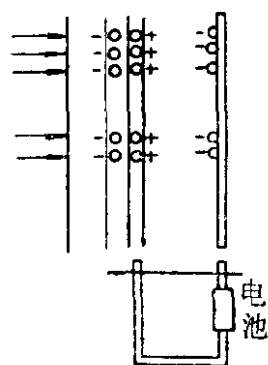


图1-4 摄像管工作原理

此图1-4上边的颗粒带了四个正电子，中间带了两个正电子，下边的一个正电子也不带。由此我们可以说在靶的后面形成了一个“电子影像”，它是由正电子描绘的即明暗程度完全由正电子的数目来代表。这样靠这个特制的云母片的作用就把光组成的影像变成了“电子影像”，因此也就把这部分称为“光电变换靶”。小颗粒带了正电子以后，根据同性相斥、异性相吸的道理，自然产生对负电子的吸引力。由于云母片非常薄，正电子的吸引力能透过它到达前面的导电膜上，使得在导电膜上相应的部位出现了数目相同的负电子。这时带四个正电的颗粒吸引了四个负电子，带两个正电的颗粒吸引了两个负电子。不带正电的颗粒不吸引负电子。这些负电子的来源由图可见在靶后边距离不远处有一导电的金属圈，它在电池的作用下带正电电子能吸收靶上小颗粒发射出来的负电子，因为这个金属圈具有收集电子的作用，所以叫集电极。它收集了所有的由靶上小颗粒发射到空间的负电子，这些负电子靠电池的作用，通过导线被搬到靶前面的导