

任务2 数字测图的基本方法

2.1 数字测图的基本原理

2.1.1 数字测图的基本思想

传统的地形测图(白纸测图)实质上是将测得的观测值(数值)用图解的方法转化为图形。这一转化过程几乎都是在野外实现的,即使是原图的室内整饰一般也要在测区驻地完成,因此劳动强度较大;再则,这个转化过程将使测得的数据所达到的精度大幅度降低。特别是在信息剧增、建设日新月异的今天,一纸之图已难载诸多图形信息,变更、修改也极不方便,实在难以适应当前经济建设的需要。

数字测图就是要实现丰富的地形信息和地理信息数字化和作业过程的自动化或半自动化。它希望尽可能缩短野外测图时间,减轻野外劳动强度,而将大部分作业内容安排列室内去完成。与此同时,将大量手工作业转化为电子计算机控制下的机械操作,这样不仅能减轻劳动强度,而且提高了观测精度。

数字测图的基本思想是将地面上的地形和地理要素(或称模拟量)转换为数字量,然后由电子计算机对其进行处理,得到内容丰富的电子地图,需要时由图形输出设备(如显示器、绘图仪)输出地形图或各种专题图图形。将模拟量转换为数字这一过程通常称为数据采集。数字测图的基本思想与过程如图1.1所示。数字测图就是通过采集有关的绘图信息并及时记录在数据终端(或直接传输给便携机),然后在室内通过数据接口将采集的数据传输给电子计算机,并由计算机对数据进行处理,再经过人机交互的屏幕编辑,形成绘图数据文件,存储在硬盘、光盘等存储介质中。如果需要纸质地形图,由计算机控制绘图仪自动绘制。

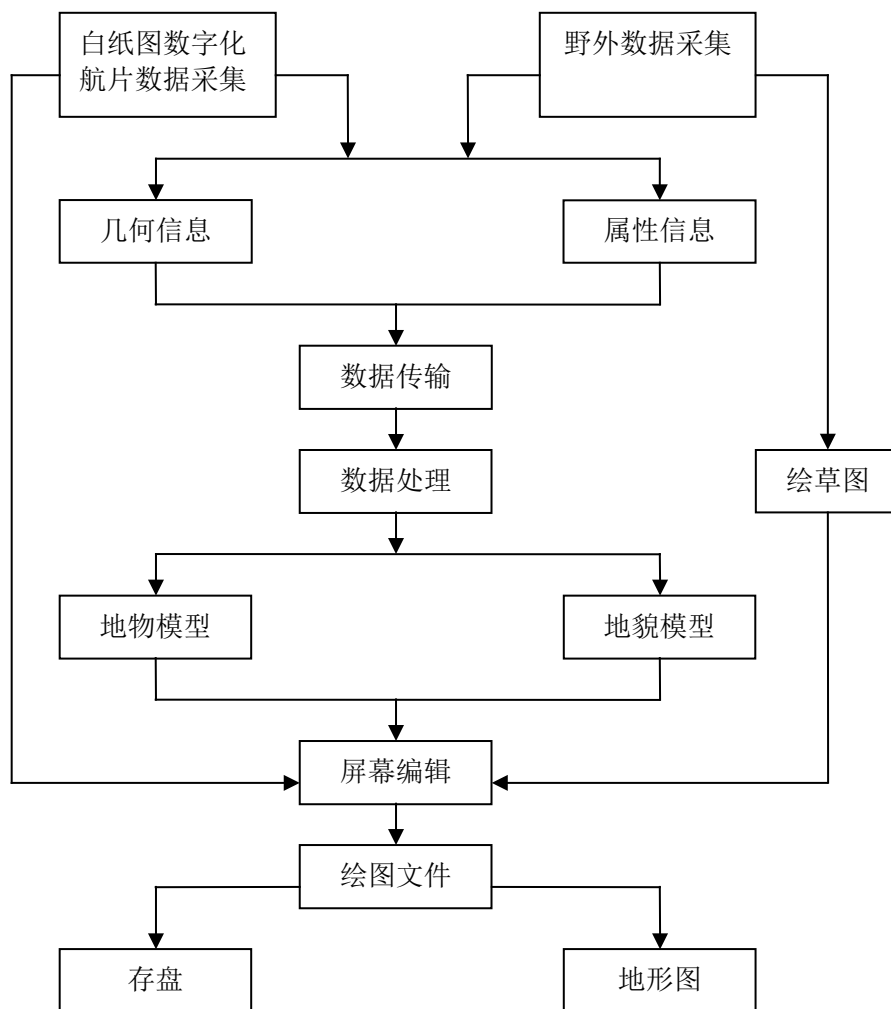


图 1-1 数字测图的基本思想和过程

2.1.2 数字测图的图形描述

一切地图图形都可以分解为点、线、面三种图形要素，其中点是最基本的图形要素。这是因为一组有序的点可连成线，而线可以围成面。但要准确地表示地图图形上点、线、面的具体内容，还要借助一些特殊符号、注记来表示。独立地物可以由定位点及其符号表示，线状地物、面状地物由各种线划、符号或注记表示，等高线由高程值表达其意义。

测量的基本工作是测定点位。传统方法是用仪器测得点的三维坐标，或者测量水平角、竖直角及距离来确定点位，然后绘图员按坐标(或角度与距离)将点展绘到图纸上。跑尺员根据实际地形向绘图员报告测的是什么点(如房角点)，这个房角点应该与哪个房角点连接等，绘图员则当场依据展绘的点位按图式符号将地物(房屋)描绘出来。就这样一点一点地测和绘，一幅地形图也就生成了。

数字测图是经过计算机软件自动处理(自动计算、自动识别、自动连接、自动调用图式符号等)，自动绘出所测的地形图。因此，数字测图时必须采集绘图信息，它包括点的定位信

息、连接信息和属性信息。

定位信息亦称点位信息，是用仪器在外业测量中测得的，最终以 x 、 y 、 z (H) 表示的三维坐标。点号在测图系统中是唯一的，根据它可以提取点位坐标。连接信息是指测点的连接关系，它包括连接点号和连接线型，据此可将相关的点连接成一个地物。上述两种信息统称为图形信息，又称为几何信息。以此可以绘制房屋、道路、河流、地类界、等高线等图形。属性信息又称为非几何信息，包括定性信息和定量信息。属性的定性信息用来描述地图图形要素的分类或对地图图形要素进行标名，一般用拟定的特征码(或称地形编码)和文字表示。属性的定量信息是说明地图要素的性质、特征或强度的，例如面积、楼层、人口、产量、流速等，一般用数字表示。进行数字测图时不仅要测定地形点的位置(坐标)，还要知道是什么点，是道路还是房屋，当场记下该测点的编码和连接信息，显示成图时，利用测图系统中的图式符号库，只要知道编码，就可以从库中调出与该编码对应的图式符号并绘制成图。

2.1.3 数字测图的数据格式

地图图形要素按照数据获取和成图方法的不同，可区分为矢量数据和栅格数据两种数据格式。矢量数据是图形的离散点坐标(x , y)的有序集合；栅格数据是图形像元值按矩阵形式的集合。由野外采集的数据、由解析测图仪获得的数据和手扶跟踪数字化仪采集的数据是矢量数据；由扫描仪和遥感获得的数据是栅格数据。矢量数据结构是人们最熟悉的图形表达形式，从测定地形特征点位置到线划地形图中各类地物的表示以及各类数字图的工程应用基本都使用矢量格式数字图。而栅格数据不能编辑修改、不便于工程量算、数据量大、放大输出时图形变得模糊等问题，数字测图通常采用矢量数据结构和画矢量图。若采集的数据是栅格数据，必须将其转换为矢量数据。由计算机控制输出的矢量图形不仅美观，而且更新方便，应用非常广泛。

2.2 数字测图的基本过程

数字测图的作业过程与使用的设备和软件、数据源及图形输出的目的有关。但不论是测绘地形图，还是制作种类繁多的专题图、行业管理用图，只要是测绘数字图，都必须包括数据采集、数据处理和图形输出三个基本阶段。

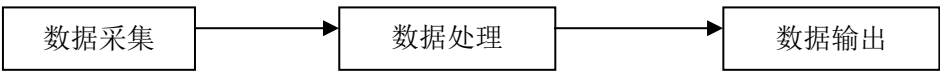


图 1-2 数字测图的基本过程

2.2.1 数据采集

数据采集工作是数字测图的基础。地形图、航空航天遥感像片、图形数据或影像数据、统计资料、野外测量数据或地理调查资料等，都可以作为数字测图的信息源。数据资料可以通过键盘或转储的方法输入计算机；图形和图像资料一定要通过图数转换装置转换成计算机能够识别和处理的数据。

数据采集主要有如下几种方法。

(1) GNSS RTK 法，即通过 GNSS 接收机采集野外碎部点的信息数据；

(2) 大地测量仪器法，即通过全站仪、测距仪、经纬仪等大地测量仪器实现碎部点野外数据采集；

(3) 数字化仪法，即通过数字化仪在已有地图上采集信息数据；

(4) 航测法，即通过航空摄影测量和遥感手段采集地形点的信息数据。

前两者是野外数据采集，后两者是室内数据采集。

野外数据采集时采用全站仪或者 GNSS 接收机实地测定地形点的平面位置和高程，将这些信息自动记录和存储在电子手簿中，再传输到计算机。若野外配置有便携机或电子平板，可以直接点位信息存储到便携机或电子平板中。每个地形点的记录内容包括点号、平面坐标、高程、属性编码及与其它点的连接关系。点位通常按照测量顺序自动生成，也可以按需要外业现场编辑；平面坐标和高程是全站仪或 GNSS 接收机自动解算的；属性编码指示了该点的性质，野外通常输入简编码，或不输入编码而绘制草图记录碎部点的属性信息；点与点之间的连接关系表明了哪些点按照何种顺序构成实体，通常采用草图或在便携机上采用边测边绘的方式确定。

对于已有纸质地形图的地区，数据采集可在室内通过数字化仪和扫描仪在相应地图数字化软件的支持下进行。早期采用数字化仪进行数字化，常用的方法是手扶跟踪数字化，由于获取数据速度慢、精度低而被扫描数字化法取代。利用扫描仪将地图扫描得到栅格形式的地图数据，即一组阵列式排列的灰度数据(数字影像)。将栅格数据转换成矢量数据可以充分利用图像处理的先进技术进行曲线自动跟踪和注记符号的自动识别，这样既可减轻人工劳动强度，而且精度几乎没有损失。需要指出的是，由于我国的大比例尺地形图已经基本完成由模拟图向数字图转换的过程，白纸图的数字化工作现在进行的越来越少。

航测法以航空摄影获取的航空相片作为数据源，使用全数字摄影测量系统将影像数据解析获取地形点信息。航空摄影测量起源于 20 世纪 50 年代末期，历经“模拟摄影测量”、“解析摄影测量”，发展到“数字摄影测量”时代。随着数字图像处理、模式识别、人工智能、

计算机视觉等学科的不断发展，摄影测量技术与理论的各个环节都“数字化”了，尤其是数字影像（如 SPOT 影像）或数字化图像更多地代替了（航空）像片；计算机视觉代替了人眼的立体观测；计算机及其外设代替了昂贵的立体摄影测量仪器，使得数字摄影测量技术得到了迅速的普及。

2.2.2 数据处理

数据处理阶段是指在数据采集以后到图形输出之前对图形数据的各种处理。数据处理主要包括数据传输、数据预处理、数据转换、数据计算、图形生成、图形编辑与整饰、图形信息的管理与应用等。

数据传输是指将全站仪内存或 GNSS 电子手簿中的数据传输至计算机。

数据预处理包括坐标变换、各种数据资料的匹配、图形比例尺的统一、不同结构数据的转换等。

数据转换内容很多，如将野外采集到的带简码的数据文件或无码数据文件转换为带绘图编码的数据文件，供自动绘图使用；将 AutoCAD 的图形数据文件转换为 GIS 的交换文件。

数据计算主要是针对地貌关系的。当数据输入到计算机后，为建立数字地面模型绘制等高线，需要进行插值模型建立、插值计算、等高线光滑处理三个过程的工作。数据计算还包括对房屋类呈直角拐弯的地物进行误差调整，消除非直角化误差等。

数据处理是通过相应的计算机软件来完成的，经过数据处理后，可产生平面图形数据文件和数字地面模型文件。要想得到一幅规范的地形图，还要对数据处理后生成的“原始”图形进行修改、编辑、整理；还需要加上文字注记、高程注记，并填充各种面状地物符号；还要进行测区图形拼接、图形分幅和图廓整饰等。数据处理还包括对图形信息的全息保存、管理、使用等。

数据处理是数字测图的关键阶段。在数据处理时，既有对图形数据进行交互处理，也有批处理。数字测图系统的优劣取决于数据处理的功能。

2.2.3 图形输出

经过数据处理以后，即可得到数字地图，也就是形成一个图形文件，由磁盘或磁带作永久性保存；也可以将数字地图转换成地理信息系统所需要的图形格式，用于建立和更新 GIS 图形数据库。图形输出是数字测图的最后阶段，可在计算机控制下通过数控绘图仪绘制完整的纸质地形图。除此之外，还可以根据需要绘制不同规格和不同形式的图件，如开窗输出、分层输出和变比例输出等。

2.3 全野外数字测图的基本方法

由于使用的硬件设备和软件不同，以及采用的作业方法不同，数字测图有不同的作业方法。就目前全野外数字测图而言，可分为数字测记模式和电子平板测绘模式。

2.3.1 数字测记模式

数字测记模式就是用全站仪(或 GNSS 接收机)在野外测量地形特征点的点位坐标，用全站仪内存或电子手簿记录测点的几何信息，用编码在仪器上或草图在白纸上记录测点的属性信息和连接信息，到室内将测量数据由仪器传输到计算机，经人机交互编辑成图。数字测记模式的优点是外业设备轻便，操作方便，野外作业时间短。根据作业方法的不同又可以分为编码法和草图法。

1、编码法

编码法即利用成图系统的地形地物编码方案，在野外测图时不用画草图，只需将每一点的编码和相邻点的连接关系直接输入到全站仪或电子记录手簿中去，成图系统就会自动根据点的编码和连点信息进行图形生成。编码法突出的优点是外业只需要两个人即可完成，内业自动化程度较高，工作量相对较少，符合测量作业自动化的大趋势。但这种作业模式要求观测员熟悉编码，并在测站上随观测随输入。

2、草图法

草图法是指在外业过程中绘制草图来记录地物属性和点与点直接的连接关系，不用为每一点都赋予编码，也不用加注点的连接信息，当系统把所测的点展到计算机屏幕上之后对照草图就可以在屏幕上直接进行编辑成图。草图法的优点是外业数据采集过程简单，内业对照草图编辑较为直观，但是作业效率相对较低。

编码法和草图法成图模式无法实时显示和处理图形，图形信息很大程度上靠数据来体现，这就给测绘地面情况比较复杂的地形图、地籍图等带来困难。

2.3.2 电子平板测绘模式

电子平板测图是利用电子平板测绘成图系统，把便携计算机或 PDA（掌上电脑）与全站仪连接，实时进行数据采集，数据处理与图形编辑。电子平板测绘系统是在传统数字化成图系统的基础上开发而成，其数据采集与图形处理在同一环境下完成，实时处理所测数据具有现场直接生成地形图“即测即显，所见所得”等优点，实现了内外业的一体化，但对阴雨天、暴晒或灰尘等条件难以适应。

电子平板测绘模式按照便携机所处的位置，分为测站电子平板和镜站遥控电子平板。测

站电子平板是将装有软件的便携机直接与全站仪连接，在测站实时展点绘图。测站电子平板受视野所限，对碎部点的属性和连接关系不易判断准确。而镜站遥控电子平板是将便携机放在镜站，测站观测结果通过无线传输到便携机，并在屏幕上自动展点。镜站遥控电子平板能够“走到、看到、绘到”，不易漏测，克服了测站电子平板的不足，提高了成图质量，但对仪器要求较高。