

1

模块 1

数字化测图概述

学习目标

- (1) 了解数字地图与数字化测图的概念及特点。
- (2) 掌握数字化测图的作业模式和作业过程。



本模块主要介绍数字地图的概念及优点、数字化测图技术的概念及特点、数字化测图的发展历史与发展趋势，以及数字化测图的作业模式与作业过程等。通过对本模块的学习，学生应能够正确陈述数字化测图的基本概念和主要特点，了解数字化测图的发展历程及发展趋势，理解数字化测图各种作业模式的优缺点，能够根据具体条件正确选择合适的数字化测图作业模式。

1.1 数字化测图的基础知识

传统的地形图测绘是由经纬仪（平板仪）通过测量角度、距离、高差并记录，在室内进行适当的计算、处理，绘制成地形图的过程。由于用此方法绘制的地形图是由测绘人员利用比例尺或量角器等工具模拟测量数据，并按照图式符号展绘到白纸或塑料薄膜上的，所以被称为白纸测图或模拟法测图。

近年来，随着计算机技术、光电测绘仪器、数字化绘图软件的产生与发展，数字化测图应运而生，并被广泛应用于测绘生产、土地管理、环境保护、城市规划、水利水电工程和军事工程等。数字化测图作为一种全解析机助测图技术，与白纸测图相比具有明显的优势，是近些年来测绘发展的前沿技术。作为反映测绘技术现代化水平的标志之一，数字化测图技术已经逐步取代了白纸测图，成为大比例尺测图的主流。目前几乎所有的测绘部门都已形成了数字地图的规模化生产。

1.1.1 数字地图的概念及优点

1. 数字地图的概念

数字地图是指以数字形式存储在磁盘、磁带或光盘等介质上的地图。通常我们看到的地图（以下称为“传统地图”）是绘制在纸、塑料薄膜或其他实物上的，而数字地图是存储在计算机的软盘、硬盘、光盘或磁带等介质上的，其内容是以数字形式表示的，需要通过特定的计算机软件、计算机屏幕进行显示、读取、检索和分析。数字地图的信息量远大于传统地图。

2. 数字地图的优点

数字地图的优点如下：

(1) 可以非常方便地对数字地图的内容进行任意形式的要素组合、拼接，形成新的地图。

(2) 可以以任意比例尺、任意范围绘图输出，且易于修改，极大地缩短了成图时间。



(3) 可以很方便地与卫星影像、航空摄影像片等信息源相结合,生成新的图种。

(4) 可以利用其记录的信息派生新的数据。例如,地图上等高线表示地貌形态,但非专业人员很难看懂,利用数字地图的等高线和高程点可以生成数字高程模型,将地表起伏状态以数字的形式表现出来,可以直观立体地表现地貌形态,这是传统地图不可能达到的表现效果。

在人类所接触到的信息中约有 80% 与地理位置和空间分布有关。因此,因特网(Internet)和地理信息系统等现代信息技术的发展对空间信息服务软件和提供服务的方式、方法的要求越来越高。运用空间信息技术的工具和手段,可为监测全球变化、区域可持续发展和社会各阶层服务。随着空间信息为全球变化与区域可持续发展研究提供获取时空变化信息的技术方法、为政府部门提供空间分析和决策支持、为普通大众提供日常信息服务的功能逐渐受到人们的重视,“数字地球”应运而生。数字地图是“数字地球”的重要组成部分,它实现了地球资源的数字化和信息化,解决了目前存在的海量地学数据分散、保存方法落后、查询困难、利用率低等问题。

1.1.2 数字地图与传统地图的比较

作为数字化测图的主要产品,数字地图与传统地图相比具有以下特点:

(1) 自动化程度高。白纸测图在外业基本完成地图的绘制,地形测图的主要成果是以一定比例尺绘制在图纸或薄膜上的地形图。地形图的质量除与点位精度有关外,往往与地形图的手工绘制有关。数字化测图由外业完成观测,记录观测值或坐标,输入信息码,不需手工绘制地形图,这使地形测量的自动化程度得到明显的提高。

(2) 碎部测图和图根加密一体化。白纸测图先完成图根加密,按坐标将控制点和图根点展绘在图纸上,然后进行地形测图;数字化测图的地形测图和图根加密可同时进行,即在未知坐标的测站点上设站,利用电子手簿测站点的坐标计算功能观测计算测站点的坐标后,就可进行碎部测量。这样就实现了碎部测图和图根加密一体化作业。

(3) 测量范围大、图根点密度小。数字化测图主要采用极坐标法测量地形点,根据红外测距仪的观测精度,要求几百米距离内的误差均为几厘米,因此在通视良好、定向边较长的情况下,地形点到测站点的距离相比白纸测图可以放长。同时,图根点密度比白纸测图也要小得多。

(4) 分区分幅自由、接边少。数字化测图在测区内部不受图幅的限制,作业小组的任务可按照河流、道路等自然分界来划分,以便于施测,减少白纸测图的接边问题。

(5) 角析点多。数字化测图直接测量地形点的数目仍然比白纸测图要多。在白纸测图中,作业员可以对照实地用简单的几何作图绘制一些规则的地物轮廓,用眼估测并绘制细小的地物形状;而数字化测图对需要表示的细部也必须立尺测量。



1.1.3 数字化测图的概念及特点

1. 数字化测图的概念

随着电子技术和计算机技术的发展及其在测绘领域中的广泛应用,20世纪80年代产生了全站型电子速测仪(以下简称“全站仪”),20世纪90年代产生了全球定位系统(global positioning system, GPS)、实时动态差分(real-time kinematic, RTK),并逐步形成了野外数据采集系统。测绘软件开发人员将其与内业机助制图系统相结合,形成了一套从野外数据采集到内业制图全过程数字化和自动化的测量制图系统,人们通常称其为数字化测图或机助成图。广义的数字化测图一般包括利用全站仪或GPS RTK等测量仪器进行野外数字化测图,利用手扶跟踪数字化仪或扫描数字化仪将纸质地形图数字化,利用航空摄影像片或遥感影像进行数字化测图等。利用上述技术将采集到的地形数据传输到计算机,再由成图软件对其进行处理、编辑、绘图,最后即可生成数字地图。在实际应用中,我们所说的大比例尺数字化测图主要是指利用全站仪等仪器进行野外采集并在室内成图,即野外数字化测图。

2. 数字化测图的特点

数字化测图的基本思想是将地面上的地形要素和地理要素转换为数字量,然后由计算机对其进行处理,得到内容丰富的数字地图,需要时由图形输出设备输出地图或各种专题图。将模拟量转换为数字量的过程通常称为数据采集。目前数据采集的方法主要有野外地面数据采集法、航空数据采集法、原图数字化法。随着科技的发展,白纸测图逐步被数字化测图所取代,这是因为数字化测图与白纸测图相比具有以下特点:

(1) 点位精度高。白纸测图图面上的点位精度主要受到展绘误差和测定误差的影响。展绘误差主要受到刺点等误差的影响,测定误差主要受到测角和测距的影响。实际上,图上的误差可达 $\pm 0.5\text{ mm}$ 。利用经纬仪以三角高程测量的方法测定地形点的高程时,当视距为150 m时,高程测定误差可达 $\pm 6\text{ cm}$ 。利用全站仪进行数据采集时,虽然测角、测距的精度大大提高,但若依旧采用白纸测图,受到展绘误差的影响,其绘制的地图中点位精度仍然不会明显提高。而数字化测图则不同,其测定地物点位的误差在300 m内为 $\pm 1.5\text{ cm}$,测定地形点的高程误差为 $\pm 1.8\text{ cm}$ 。将全站仪所测的数据作为电子信息,可以实现自动记录、存储、传输、处理、成图,在全过程中原始数据的精度无损失,从而可以获得高精度的测量成果。因此,数字化测图集中体现了测绘仪器的更新、绘图工具的发展所带来的地图成果精度的提高。

(2) 测图、绘图的自动化。数字化测图实现了野外测量数据的自动结算与记录,内业数据自动处理、自动绘图,地图以数字的形式被存储,方便了用户的查询与使用。其作业效率高、劳动强度小,产生错误的概率小,绘制的地图准确、美观、规范。



(3) 改进了作业方式。白纸测图主要是通过手工操作，外业数据采集时需要人工记录、人工绘制地图；对地图的应用（如量算距离或面积）都是使用人工的方式。而数字化测图可实现数据的自动记录、自动结算处理、内业自动成图，在相应的绘图软件中能够自动提取坐标、量算距离与面积、提取方位角等信息。

(4) 便于图件成果的更新。经济的快速发展加速了城乡建设的速度，建筑物变化频繁，采用数字化测图可克服白纸测图更新困难的缺点，由于数字化测图的成果是以数字的形式存储于计算机内的，当测区内的房屋、道路等地物发生变化时，只需对变化的地物进行修补，然后在原有数字地图的基础上进行补绘即可。这避免了数据的重复采集，节省了大量的人力和物力。

(5) 避免图纸变形带来的误差。随着时间的推移，传统地图会产生形变，从而使地图产生误差。数字地图的成果是以数字信息的形式保存的，即使随着时间的推移，也不会造成精度的损失。

(6) 成果的输出形式多种多样。绘制好的数字地图不仅可以在屏幕中显示出来，还可以通过打印机、绘图仪等设备输出，并可根据不同用户的需要绘制各种比例尺的地形图、专题图。

(7) 方便成果的深加工。现阶段的绘图软件均可以实现地物的分层存储，可以在一幅数字地图上无限制地存放信息。信息的分层存储方便了生产者对数据的深加工。通过打开、关闭图层，提取感兴趣的信息，便可方便地获取、制作满足用户需要的各种专题图、综合图，拓展了测绘工作的服务领域。

(8) 作为地理信息系统的重要数据源。地理信息系统（geographic information system, GIS）具有方便的空间信息查询检索功能、空间分析功能及辅助决策功能，这些功能在国民经济、办公自动化及人们的日常生活中都有广泛的应用。然而，要建立 GIS，花在数据采集上的时间、精力及费用约占整个工作的 80%，并且要使 GIS 发挥辅助决策功能，需要现势性强的信息地理资料。数字地图能提供现势性强的基础地理信息，经过转换格式，其成果即可直接被导入 GIS 数据库，对 GIS 数据库进行更新。

1.1.4 数字化测图的发展历史及发展趋势

1. 数字化测图的发展历史

20 世纪 50 年代，美国国防制图局开始研究制图自动化，即将地图资料转换成计算机可识别的形式，在计算机中进行存储、处理，并实现自动绘制地形图的工作。这一研究同时推动了与制图相关的设备和技术的研制，包括数字化仪、扫描仪、绘图仪及各类计算机接口技术。

20 世纪 70 年代，制图自动化已经形成了规模化生产，美国、加拿大等发达国家建



立了自动制图系统，并逐步得以应用。此时的自动化制图设备主要包括数字化仪、扫描仪、计算机及显示设备。

与此同时，光电测量仪器的问世使大比例尺数字化测图开始发展。20世纪80年代，全站仪的迅猛发展加快了数字化测图的研究与应用，并于80年代末期出现了全站仪采集、电子手簿记录、绘图软件绘图的数字化测图系统。

20世纪80年代，数字摄影测量的发展为数字化测图提供了多种数字化产品，如数字地形图、专题图、数字地面模型等。

我国对数字化测图的研究开始于20世纪80年代初，其发展过程大体分为以下两个阶段：

(1) 第一阶段主要实现全站仪野外数据采集、电子手簿记录、人工绘制草图，将测量的数据传输到计算机，然后按照草图的标注编辑图形文件，生成数字地形图，最后由绘图仪绘制地形图。

(2) 第二阶段虽然仍采用野外测记模式进行野外数据的采集工作，但绘图软件有了实质性的进展，一方面，出现了智能化的外业数据采集软件，另一方面，计算机成图软件能够直接对接收到的数据进行处理。

20世纪90年代，GPS RTK技术的出现大大提高了野外数据采集的速度，已成为野外开阔地区数字化测图数据采集的主要方法。

2. 数字化测图的发展趋势

在白纸测图过程中，数字的精度由于刺点、图纸伸缩变形等因素的影响会有较大程度的降低，而且存在工序多、劳动强度大、质量管理难等问题。特别是在当今的信息时代，传统地图已难承载过多的图形信息，图纸更新也极为不便，难以适应时代经济发展的需要。

随着科学技术的进步和计算机技术的迅猛发展及其向各个领域的渗透，以及全站仪和GPS RTK等先进测量仪器与技术的广泛应用，数字化测图技术得到了突飞猛进的发展，并以高自动化、全数字化、高精度的显著优势逐渐取代了传统的白纸测图技术。

数字化测图实质上是一种全解析机助测图方法，在地形测绘发展过程中是一次根本性和技术的变革，这种变革主要体现在：白纸测图的最终目的是得到地形图，图纸是地形信息的唯一载体；数字化测图中地形信息的载体是计算机的存储介质（磁盘或光盘），其提交的成果是可供计算机处理、远距离传输、多方共享的数字地形图数据文件，通过数控绘图仪可输出数字地形图。另外，利用数字地形图可以生成电子地图和数字地面模型，以数字和图像描述的数字地形表达方式，可实现对客观世界的三维描述。其更深远的意义是：数字地形信息作为地理空间数据的基本信息之一，已成为GIS的重要组成部分。大比例尺数字地图可分为正射影像图、数字地面模型、数字线划图



和数字栅格图，即“4D”产品，一般经过逻辑与几何拼接处理后可以直接入库。

随着科技的进步和 GIS 的发展，数字化测图的发展趋势如下：

(1) 全站仪与 GPS RTK 技术相结合。数字化测图技术的一个发展趋势是全站仪与 GPS RTK 技术相结合。在野外数据采集过程中，全站仪与 GPS RTK 技术相结合可以实现优势互补：GPS RTK 技术具有定位精度高、作业速度快、不需要点间通视、能够全天候作业等突出优点，可使测一个点的时间缩短为几秒钟，定位精度达到厘米级，作业效率相对于全站仪有很大程度的提高；但是在建筑物密集区，由于建筑物的遮挡容易产生卫星失锁现象，使 GPS RTK 作业难以进行，此时需要利用全站仪进行数据采集工作。也就是说，在野外数据采集过程中，对于开阔的、便于 GPS RTK 进行作业的地区采用 GPS RTK 技术进行数据采集，对于遮蔽较强、不便于 GPS RTK 作业的地区，利用 GPS RTK 快速建立图根控制点，再利用全站仪进行碎部点的采集。这样降低了传统导线测量建立图根控制网的工作强度，有效地控制了测量误差的积累，提高了野外碎部点采集的精度。最后将两种仪器采集的数据整合，形成完整的数据文件，在特定的绘图软件下完成地图的编辑、整饰工作。因此，该作业模式的重大优势为在保证作业精度的前提下，可以极大地提高作业效率。随着 GPS RTK 技术的普及和绘图软件功能的不断完善，全站仪与 GPS RTK 技术相结合的作业模式必将在野外数据采集中得到越来越广泛的应用。

(2) 建设规范化的数字化测图系统。随着 GIS 技术的不断发展，其空间查询与分析功能将不断增强与完善，数字化测图技术作为 GIS 的主要数据源，必须更好地满足 GIS 对数据的需求。为了实现 GIS 的查询与分析功能，数字地图不仅要有空间信息，还要包括属性信息。因此，在野外数据采集时，不仅要采集空间数据，还必须采集相应的属性数据。目前用于生产的各种数字化测图系统中大多只包含简单的图形绘制软件，这造成了前期数据采集和后期 GIS 数据库构建的脱节，使 GIS 数据建设复杂化。因此，建设规范化的数字化测图系统（包括科学的编码体系、标准的数据格式、统一的分层标准、完善的数据转换交换工程）越来越受到测绘作业单位的重视。

(3) 数字化测图系统的高度集成。发展创造需求，需求指引发展，测图系统的集成是必然趋势。GPS 和全站仪相结合的新型全站仪已被用于多种测量工作中。随着掌上电脑和全站仪的结合及全站仪自身功能的不断完善，如果全站仪的无反射镜测量技术进一步发展，测量精度达到标准要求，那么测量工作只需一名操作员携带一台新型全站仪和一个三脚架即可完成。展望未来，随着科技的进一步发展，大比例尺测图系统将没有全站仪和三脚架，只在操作员的工作帽上安装用于测距和测角的 GPS 接收器及激光发射和接收器，眼前搭小巧的照准镜，手中拿着带握柄、用于处理数据和显示图形的掌上电脑，腰上挂着用于将测得的数据实时传回测量中心的无线数据传输器，



测量中心收集来自各个测区的测量数据，即可生成整体大比例尺地图数据库。这就是大比例尺数字化测图的美好明天。

今后数字化测图应采用一种无点号、无编码的镜站电子平板测图系统。测站上的仪器照准镜站反光镜后，自动将经处理的三维坐标形式的数据用无线电传输到电子平板，并展点和注记高程。这种自动化测图系统解决了当今困扰人们的编码困难和数据在编码器内处理麻烦的问题，成为今后数字化测图的主要系统。

1.2 数字化测图的作业模式与作业过程

1.2.1 数字化测图的作业模式

数字化测图的作业模式是数字化测图内业和外业作业流程的总和。数字化测图根据使用的仪器设备、绘图软件不同可分为不同的作业模式，如图 1-1 所示。但总体来说，数字化测图的作业模式主要包括测记模式、电子平板测绘模式、地图数字化模式、解析法模式和编码模式等。

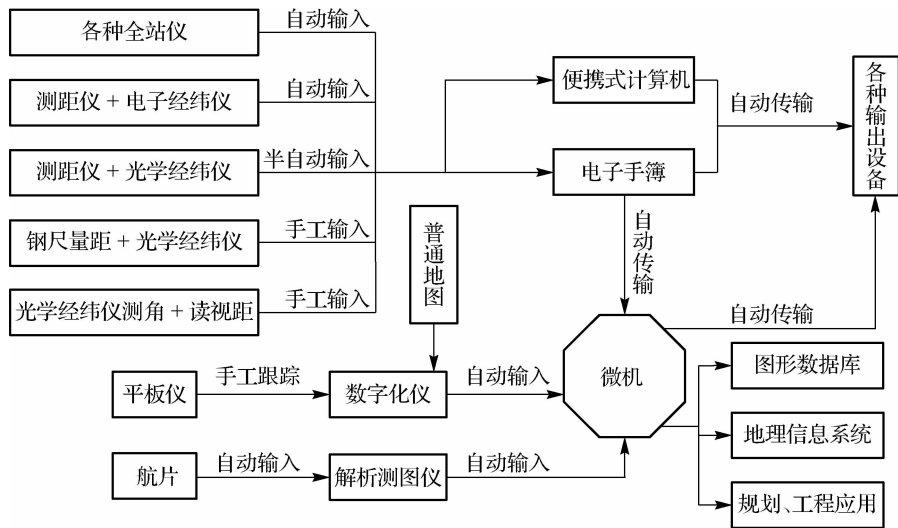


图 1-1 数字化测图的作业模式

1. 测记模式

1) 全站仪（或 GPS RTK）测记模式

全站仪（或 GPS RTK）测记模式是目前测绘生产单位运用最多的一种全野外数字



化测图模式。它是通过全站仪或 GPS RTK 在野外测量地形或地物特征点的平面与高程坐标，并自动记录这些数据，同时绘制草图描述观测点的几何信息和属性信息，在室内将数据传输到计算机，并利用相应的绘图软件编辑成数字地图。

全站仪（或 GPS RTK）测记模式的优点是自动化程度较高，可以显著提高外业工作的作业效率，内业成图较方便。在工作过程中，需要配备仪器操作者和草图绘制者各一人。如果使用全站仪测量，还需要增设跑棱镜者一人或两人。其中，草图绘制者在工作中占有核心地位，这是因为绘制草图在这种作业模式中非常重要。在采集数据过程中，采用全站仪或 GPS RTK 只是测得地形或地物点的三维坐标，虽然这些点位在计算机中可以确定或显示其位置，但是如果不知道这些点的属性和相互之间的连接关系，将很难绘制成图。因此，在野外采集数据过程中必须绘制草图，标注点的属性和连接关系，并保证草图中的点号和全站仪中记录的点号完全一致。若草图绘制不正确，则会给后期绘图带来很大麻烦。

如果利用全站仪采集数据，那么由于测站和棱镜间距离较远，测站上很难看清测点的属性和连接关系，会给绘制草图带来困难。解决的方法是：草图绘制者尽量接近镜站，并时刻保持与测站之间的联系，实时核对点号。

2) 经纬仪测记模式

经纬仪测记模式适用于没有全站仪但又要提供数字地图的情况。它使用经纬仪测角，用视距测量或测距仪、钢尺量距，再通过计算获得观测点的坐标与高程。

为了提高作业效率与精度，可以将原始观测值输入相应的计算机程序或软件，完成测量数据的计算。这种作业模式的人员配置为：经纬仪操作者一人、绘制草图者一人、记录观测数据者一人、跑尺者一人或两人。

这种作业模式用手工输入数据，因而数据的可靠性和工作效率会受到很大影响，但由于其对仪器设备要求较低，一些生产单位仍然还在采用。

2. 电子平板测绘模式

1) 测站电子平板测绘模式

此作业模式使用计算机屏幕来替代图板，在野外测量的同时将采集到的数据同步传输到计算机中，并利用绘图软件绘出相应的地物。这种工作模式的优点是可以在现场边测边绘，不需要代码，也不需要绘制草图；其缺点是需要配备便携式计算机，若测站距离棱镜较远则难以看清观测点的属性和连接关系。由于便携式计算机价格较高、体积大，因而难以适应野外的作业环境。掌上电脑的出现很好地解决了这个问题，如南方测绘仪器公司利用掌上电脑开发出的测图精灵就可以很好地适应这种作业模式。

2) 镜站遥控电子平板测绘模式

这种作业模式将通信手段与电子平板相结合，改变了传统的测图观念。作业员持

便携式计算机或掌上电脑在镜站上指挥立镜员跑点，并发出指令遥控全站仪或人工操作全站仪观测，而观测的结果通过无线电传输到便携式计算机或掌上电脑，并在屏幕上自动展绘测点，作业员根据测点的属性及连接关系现场绘图。

这种作业模式的优点是走到、看到即可绘到，能够同步实现测、绘、注，从而提高了测量工作的效率与质量，代表了未来野外测图的发展方向；其主要缺点是需要辅以无线电通信设备，仪器的投入较大。

3. 地图数字化模式

地图数字化是 20 世纪 90 年代初生成数字地图的主要方式。20 世纪末，我国很多地区已有精度较高的地图，加上当时全野外数字化测图技术还不够成熟，为了满足数字地图的需求，将原有传统地图数字化不失为一个好办法。地图数字化主要有两种方法，即手扶跟踪数字化仪数字化和屏幕扫描数字化。

1) 手扶跟踪数字化仪数字化

利用手扶跟踪数字化仪可以获取传统地图中点地物、线地物及多边形边界的坐标，通常可以采用点方式和流方式两种方式。其中，流方式又分为距离流方式和时间流方式。其作业过程为：首先将数字化仪与计算机正确连接，把准备数字化的地图放置于数字化仪上并固定，用手持定标器（游标）对地图进行定向，建立数字化仪设备坐标系和测量坐标系之间的转换关系；然后用手持定标器对准地图上的每个特征点进行数据采集，经软件编辑后获得最终的矢量数据，即数字地形图。

概括地说，手扶跟踪数字化仪数字化就是使用手扶跟踪数字化仪在传统地图上采集地物、地貌的特征点数据，然后输入计算机中，利用绘图软件编制成图。

手扶跟踪数字化仪数字化是地图数字化技术发展初期地图数字化的主要方式，但由于其存在精度低、速度慢、劳动强度大、自动化程度低、容易造成点的重复采集等缺点，目前已不适合用于大批量的地图数字化作业，一般只适用于小批量或简单地图的数字化工作。

2) 屏幕扫描数字化

屏幕扫描数字化也称为扫描矢量化，首先利用扫描仪得到地形图的栅格图像，再利用矢量化软件将栅格图像转换成矢量地图。其实质上是一个解译栅格图像并用矢量元素代替的过程。将栅格图像转换为矢量图形一般都是在计算机屏幕上采用人机交互和自动跟踪相结合的方法进行的。屏幕扫描数字化的工作主要包括传统地图扫描、拼接子图块、图像几何校正、屏幕跟踪矢量化、矢量图合成接边、矢量图编辑、存入空间数据库等。

屏幕扫描数字化具有精度可靠、速度快、自动化程度高等优点，适用于各种比例尺地图的数字化操作，且对大批量、复杂度高的地图具有明显的优势。随着扫描数字



化相关技术的不断发展和完善，该方法已成为地图数字化的主要方法。

4. 解析法模式

解析法模式是利用解析测图仪等测量影像上地物、地貌特征点的坐标，并将获取的结果传输到计算机中，并利用特定的绘图软件编辑成地图。

5. 编码模式

这里仅介绍全站仪（或 GPS RTK）编码模式。全站仪（或 GPS RTK）编码模式与全站仪（或 GPS RTK）测记模式基本相同，不同之处在于编码模式不需要绘制草图，而是在记录数据的同时利用代码表示观测点的属性和连接关系。在室内成图时，根据点的代码和测量人员的记忆来编辑成图。

全站仪（或 GPS RTK）编码模式的优点是可以减少草图绘制者的数量，提高外业工作的效率。外业测量的工作需要仪器操作者一人，跑棱镜者一人或两人。

在输入代码的过程中，涉及绘图软件的数据编码问题，而目前国内的绘图软件一般都是根据各自的需要、作业习惯、仪器设备及数据处理方法等设计自己的数据编码方案，还没有形成统一的标准。总体来说，数据编码按结构和输入方法不同可分为全要素编码、块结构编码、简编码和二维编码等。这些编码都具有一定的优点和科学性，但是在测绘生产工作中运用都不太方便。这种作业模式的主要问题，一方面是当测站和棱镜间的距离过远时，难以看清楚观测点的属性和连接关系，从而难以给出正确的编码；另一方面是在室内成图时凭借观测点的代码和测量人员的记忆容易编错图形。为了保证所编图形的正确性，最好将绘制好的图拿到野外再复核一遍。

测绘生产单位可以根据自身条件选择上述某种数字化测图的作业模式生产数字地图，以求获得最好的经济效益。

1.2.2 数字化测图的作业过程

数字化测图的作业过程主要与使用的仪器设备、数据源、绘图软件及地图的使用目的有关。虽然地图及其转换的形式多种多样（如各种专题图、行业管理用图等），但只要是通过测绘得到的数字地图，都必须经过数据采集、数据处理和成果输出 3 个阶段。

1. 数据采集

通常来说，野外调查资料、测量数据、航空航天遥感影像、已有的地形图、图形图像数据等都可以作为数字化测图的信息源。

1) 野外数据采集

野外数据采集是现阶段大比例尺数字化测图获取数据的主要方法，野外数据采集的方法根据使用的仪器设备和作业方法不同可以分为以下 3 种形式：

(1) 光学仪器测记法。传统的野外数据采集方法是使用光学测量仪器（如经纬仪、



水准仪、平板仪等)将外业观测成果以人工记录的方式记录于手簿中,再经过必要的内业数据计算,最后输入计算机中。

(2) 全站仪或 GPS RTK 数据采集法。利用全站仪或 GPS RTK 进行野外数据采集时,采集到的数据将自动存储于仪器自带的内存中,而后将数据通过数据传输接口传至计算机中。这种方法便于实现从野外数据采集到内业数据处理直至测绘成果输出整个流程的自动化。

(3) 航空摄影或遥感数据采集法。由于航空摄影与遥感获取信息具有速度快、范围广且信息丰富等特点,已成为当今空间信息获取和更新的重要手段与方法。航片或卫片中含有丰富的属性信息,为 GIS 提供了广阔的数据源。

2) 地图的数字化信息采集

在电子仪器被广泛应用在野外数据采集之前,地图数字化是一种方便快捷地获得数字地图的方法(详见 1.2.1 节)。

3) 航片数据采集

这是一种以航空摄影像片作为数据源,在解析测图仪上采集地物、地貌的特征点,然后将其自动传输到计算机,经软件处理后生成数字地形图的方法。这种方法工作量大、速度快、效率高,是我国野外数据采集的重要方法。而目前该方法已经逐渐被全数字摄影测量系统所取代,国内外已有多家厂商推出了全数字摄影测量系统,如武汉大学的 VirtuoZo 系统、北京测绘科学研究所的 JX-4 系统、美国 Intergraph 公司的 ImageStation 系统及 Leica 公司的 Helava 系统等。

全数字摄影测量系统的作业过程主要包括获取数字摄影、定向数字摄影、建立核线影像、匹配影像与建立数字地面模型、自动绘制等高线、制作数字正射影像、数字化测图、地图的编辑与注记。近年来,全数字摄影测量系统在我国得到了迅速推广和普及。

2. 数据处理

数据处理是指在数据采集以后到图形输出之前,对数据、图形的各种处理过程。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、图形整饰、地图的管理和应用等。

数据预处理主要包括坐标转换、图形比例尺的统一、数据结构的转换、数据资料的匹配等。其中,坐标转换是空间实体的位置描述,是从一种坐标系统变换到另一种坐标系统的过程,主要通过建立两个坐标系统之间的一一对应关系来实现。数据计算主要是指利用采集的数据绘制等高线、建立数字地面模型时,需要进行的插值计算、插值模型建立、等高线光滑处理等工作。在计算过程中,需要给计算机输入必要的计算数据(如插值的等高距、曲线光滑的拟合步距等),必要时需要对插值模型进行修



改, 其他工作全由计算机自动完成。

经过数据处理后, 即可产生图形数据文件或数字地形模型文件。为了得到符合规范的数字地图, 还需对处理后的图形进行修改、编辑、整理, 加入文字注记、高程注记等, 并填充各种地物符号, 最后对整个测区的图幅进行拼接、分幅及图廓的整饰等工作。

3. 成果输出

经过处理后的数字地图可由磁盘、磁带或光盘等存储介质做永久保存, 也可将数字地图转换成 GIS 所需的数据格式, 用于建立或更新 GIS 图形数据库。数字地图的输出是数字化测图的主要目的, 通过对图层的控制与图形的编辑, 可以编制成满足不同用户需要的专题地图, 如地籍图、平面图、规划图等。为了使用方便, 还可利用打印机、绘图仪等输出设备将数字地图输出。在使用绘图仪输出图形时, 可以设置图层和线条的粗细与颜色, 使输出的图形美观、实用。

思考与练习

一、名词解释

数字化测图 数字地图 扫面矢量化

二、填空题

1. 数字测图的基本思想是将地面上的_____要素和_____要素转换为数字量, 然后由计算机对其进行处理, 得到内容丰富的_____, 需要时由图形输出设备输出地图或各种专题图。

2. 数字化测图的基本过程包括_____, _____和成果输出。

3. 常说的“4D”产品主要是指_____, _____、_____和_____。

4. 地图数字化主要有两种方法, 即_____和_____。

三、选择题

1. 数字化测图是一种 () 测图技术。

- A. 图解法
- B. 全解析法
- C. 半解析法
- D. 文字解析法

2. 大比例尺地面数字化测图是 20 世纪 () 年代电子速测仪问世后发展起来的。

- A. 60
- B. 70
- C. 80
- D. 90

3. 数字化测图以 () 的形式表达地形特征点的集合形态, 其实质是一种全解



析机助测图的方法。

- A. 文字 B. 数字 C. 图像 D. 影像

四、判断题

1. 数字化测图可以实现作业自动化，信息数字化，以及采集、绘图、用图一体化。 ()
2. 野外数字化测图比白纸测图精度高。 ()
3. 使用普通经纬仪也可以进行数字化测图。 ()
4. 数字地图可以作为 GIS 的数据源。 ()

五、简答题

1. 与白纸测图相比，数字化测图有哪些特点？
2. 简述数字化测图的主要作业过程及数据采集的方法。
3. 简述数字化测图中的作业模式及其特点。
4. 结合对“数字化测图”这门课程的认识阐述数字化测图的发展趋势。

2

模块 2

数字化测图作业前的准备

学习目标

- (1) 掌握全站仪、GPS 及常用的数字化测图软、硬件的基础知识。
- (2) 掌握数字化测图技术设计书的编制方法。



本模块主要介绍数字化测图软、硬件的基础知识，常用的数字化测图软、硬件的特点及操作方法，以及数字化测图技术设计书的编制方法与主要内容，旨在使学生了解数字化测图作业前的准备工作，包括根据测区的特点选择相应的数字化测图软、硬件，编制数字化测图技术设计书等。

2.1 数字化测图的仪器设备及软件技术

数字化测图系统是以计算机为核心，在外连的输入、输出硬件和软件设备的支持下对地形空间数据进行采集、输入、成图、处理、输出、管理的测绘系统。其中，硬件主要包括计算机硬件系统、全站仪、GPS RTK、扫描仪、绘图仪及其他辅助输入、输出设备等，如图 2-1 所示。

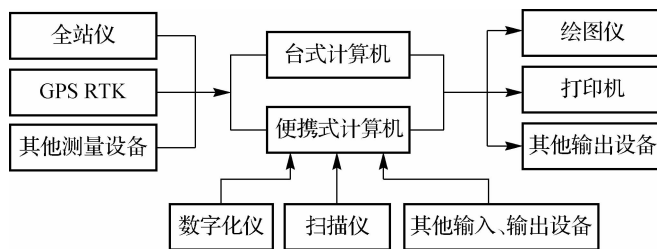


图 2-1 数字化测图系统的硬件

2.1.1 计算机硬件系统

计算机硬件系统主要包括计算机主机、输入及输出设备、存储设备和网络设备等，系统的功能、精度、速度、规模、使用方法甚至软件都与硬件有极大的关系，受硬件指标的支持与制约。

(1) 计算机主机。计算机主机是硬件系统的核心部分，主要包括主机、服务器、桌面工作站等，可实现对数据的输入、处理、管理、地形图的绘制和专题图的制作等。

(2) 输入及输出设备。输入及输出设备主要包括键盘、数字化仪、扫描仪、显示器、绘图仪、打印机等。

(3) 存储设备。存储设备主要有硬盘、磁带、光盘、磁盘阵列等。

(4) 网络设备。网络设备主要有集线器、交换机、路由器、调制解调器等。



2.1.2 全站仪

全站仪是随着光电测距技术、电子技术及计算机技术的发展而出现的集光、电、机为一体并且具有水平角测量、竖直角测量、距离测量、高差测量等功能的测绘仪器。

1. 全站仪的发展历程

全站仪的发展经历了组合式（光电测距仪与光学经纬仪组合或光电测距仪与电子经纬仪组合）、整体式（将光电测距仪光波发射接收系统的光轴和经纬仪的视准轴组合为同轴的整体式全站仪）等阶段。

早期测量点的平面位置是由方向测量加光学视距测量来实现的。电子测距技术的出现大大地推动了速测仪的发展。用电磁波测距仪代替光学经纬仪进行视距测量，使得测程更大、测量时间更短、测量精度更高。使用电磁波测定距离的速测仪笼统地称为电子速测仪。然而，随着电子测角技术的出现，电子速测仪的概念又发生了变化。根据测角方法的不同，电子速测仪分为半站型电子速测仪和全站型电子速测仪。半站型电子速测仪是指用光学方法测角的电子速测仪，也称为测距经纬仪。这种速测仪出现较早，并且得到了不断的改进，可将光学角度读数通过键盘输入测距仪，对斜距进行化算，最后得出平距、高差、方向角和坐标差，这些结果都可自动地传输到外部存储器中。全站型电子速测仪则是由电子测角、电子测距、电子计算和数据存储单元等组成的三维坐标测量仪器，其测量结果能自动显示，并能与外围设备交换信息。

2. 全站仪的分类

全站仪采用光电扫描测角系统，其类型主要有编码盘测角系统、光栅盘测角系统及动态（光栅盘）测角系统 3 种。全站仪按不同的方法可分为不同的类型。

1) 按外观结构分类

按外观结构分类，全站仪可分为积木型（组合型）全站仪和整体型全站仪两种。

（1）积木型（组合型）全站仪。早期的全站仪大部分是积木型结构，即电子速测仪、电子经纬仪、电子记录器相互独立为一个整体，既可以分离使用，也可以通过电缆或接口把它们组合起来，形成完整的全站仪，如图 2-2 所示。

（2）整体型全站仪。随着电子测距仪向轻巧化方向发展，现代全站仪大多把测距、测角和记录单元在光学、机械等方面设计成一个不可分割的整体，其中测距仪的发射轴、接收轴和望远镜的视准轴为同轴结构，称为整体型全站仪（见图 2-3），这对保证较大垂直角条件下的距离测量精度非常有利。

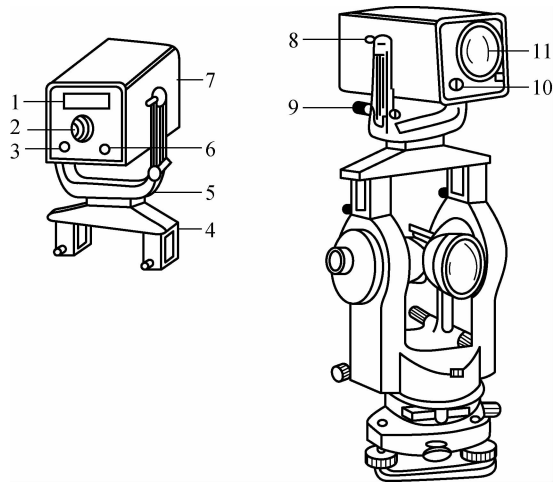


图 2-2 积木型（组合型）全站仪

1—显示窗；2—目镜；3—电源开关键；4—支架座；5—支架；6—测量键；7—主机；
8—竖直制动螺旋；9—竖直微动螺旋；10—电源电缆插座；11—发射接收镜的物镜

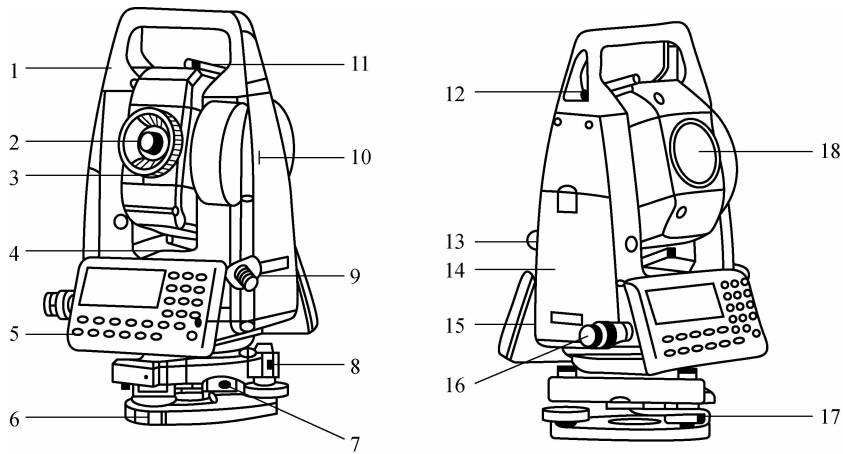


图 2-3 整体型全站仪

1—提柄；2—望远镜目镜；3—望远镜调焦环；4—管水准器；5—操作面板；6—底板；
7—三角基座制动控制杆；8—三角基座；9—光学对准器；10—仪器中心标志；
11—粗瞄器；12—提柄固定螺丝；13—垂直制动/微动螺旋；14—电池；
15—数据通信插口；16—水平制动/微动螺旋；17—脚螺旋；18—物镜

2) 按测量功能分类

按测量功能分类，全站仪可分为经典型全站仪、机动型全站仪、无合作目标型全站仪和智能型全站仪。

(1) 经典型全站仪。经典型全站仪也称为常规全站仪，它具备全站仪电子测角、电子测距和数据自动记录等基本功能，有的还可以运行厂家或用户自主开发的机载测量程序。具有代表性的为徕卡公司生产的 TCR 系列全站仪，如图 2-4 所示。



图 2-4 徕卡 TCR802 全站仪

(2) 机动型全站仪。在经典全站仪的基础上安装轴系步进电机，可自动驱动全站仪照准部和望远镜旋转。在计算机的在线控制下，机动型全站仪可按计算机给定的方向值自动照准目标，并可实现自动正、倒镜测量。徕卡 TCM 系列全站仪就是典型的机动型全站仪。

(3) 无合作目标型全站仪。无合作目标型全站仪是指在无反射棱镜的条件下，可对一般的目标直接测距的全站仪。因此，对不便安置反射棱镜的目标进行测量时，无合作目标型全站仪具有明显的优势。例如，徕卡 TCR 系列全站仪的无合作目标距离测程可达 1 000 m，可广泛用于地籍测量、房产测量和施工测量等。

(4) 智能型全站仪。在机动型全站仪的基础上，安装具有目标自动识别与照准功能的装置，便可克服需要人工照准目标的重大缺陷，实现全站仪的智能化。在相关软件的控制下，智能型全站仪在无人干预的条件下可自动完成多个目标的识别、照准与测量。因此，智能型全站仪又称为测量机器人，具有代表性的为徕卡 TCA 系列全站仪，如图 2-5 所示。



图 2-5 徕卡 TCA1100 全站仪



3) 按测距仪测程分类

按测距仪测程分类, 全站仪可分为短测程全站仪、中测程全站仪和长测程全站仪。

(1) 短测程全站仪。短测程全站仪的测程小于 3 km, 一般精度为 $\pm(5 \text{ mm} + 5 \text{ ppm})$, 主要用于普通测量和城市测量。其中, ppm 是一个比例单位, 为百万分之一, 代表 1 km (1 000 000 mm) 距离的最大比例误差是 1 mm, 下同。

(2) 中测程全站仪。中测程全站仪的测程为 3~15 km, 一般精度为 $\pm(5 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$ 、 $\pm(2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$, 通常用于一般等级的控制测量。

(3) 长测程全站仪。长测程全站仪的测程大于 15 km, 一般精度为 $\pm(5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$, 通常用于国家三角网及特级导线的测量。

3. 全站仪的结构

全站仪几乎可以用在所有的测量领域。电子全站仪由电源部分、测角系统、测距系统、数据处理部分、通信接口、显示屏、键盘等组成。这里介绍其中部分较重要的部件。

1) 同轴望远镜

全站仪的望远镜实现了视准轴、测距光波的发射与接收光轴同轴化。同轴化的基本原理是: 在望远物镜与调焦透镜间设置分光棱镜系统, 通过该系统实现望远镜的多功能, 即可瞄准目标, 使其在十字丝分划板上成像, 进行角度测量, 同时其测距部分的外光路系统又能使测距部分的光敏二极管发射的调制红外光在经物镜射向反光棱镜后, 经同一路径反射回来, 再经分光棱镜作用使回光被光电二极管接收。为了测量距离, 需要在仪器内部另设一个内光路系统, 通过分光棱镜系统中的光导纤维将由光敏二极管发射的调制红外光传送给光电二极管, 进而由内、外光路调制光的相位差, 间接计算光的传播时间, 计算实测距离。

同轴性使得望远镜一次瞄准即可实现同时测定水平角、垂直角和斜距等全部基本测量要素的测定。加之全站仪强大、便捷的数据处理功能, 使用极其方便。

2) 双轴倾斜自动补偿装置

测量作业时若全站仪纵轴倾斜, 则会引起角度观测的误差, 盘左、盘右观测值取中不能将其抵消。而全站仪特有的双轴倾斜自动补偿装置可对纵轴的倾斜进行监测, 并在度盘读数中对因纵轴倾斜造成的测角误差自动加以改正 (某些全站仪纵轴最大倾斜可允许至 $\pm 6'$), 也可通过微处理器将由纵轴倾斜引起的角度误差自动按纵轴倾斜改正计算式计算, 并加入度盘读数中加以改正, 使度盘显示读数为正确值, 即纵轴倾斜自动补偿。

双轴倾斜自动补偿装置的原理为: 使用一个水泡 (该水泡不能从外部看到, 与检验校正中所描述的不是一个水泡) 来标定绝对水平面, 该水泡中间填充液体, 两端是



气体。在水泡的上部两侧各放置一个发光二极管，而在水泡的下部两侧各放置一个光电管，用于接收发光二极管透过水泡发出的光。然后通过运算电路比较两个二极管获得的光的强度：当在初始位置（绝对水平）时，将运算值置零；当作业中全站仪倾斜时，运算电路实时计算出光强度的差值，从而换算成倾斜的位移，将此信息传达给控制系统，以确定自动补偿的值。自动补偿的方式除由微处理器计算后修正输出外，还可通过步进马达驱动微型丝杆将此轴方向上的偏移进行补正，从而使轴时刻保证绝对水平。

3) 键盘

键盘是用全站仪进行测量时输入操作指令或数据的硬件，全站仪的键盘均为双面式，便于正、倒镜作业时操作。

4) 存储器

全站仪存储器的作用是将实时采集的测量数据存储起来，再根据需要传送到其他设备（如计算机等）进行进一步的处理或利用。全站仪的存储器分为内存储器 and 存储卡两种。内存储器相当于计算机的内存（RAM）；存储卡是一种外存储媒体，又称 PC 卡，其作用相当于计算机的磁盘。

5) 通信接口

全站仪可以通过 RS-232C 通信接口和通信电缆将存储器中存储的数据输入计算机，或将计算机中的数据和信息经通信电缆传输给全站仪，实现双向信息传输。

4. 全站仪的使用

全站仪具有角度测量、距离（斜距、平距、高差）测量、三维坐标测量、导线测量、交会定点测量和放样测量等多种用途。内置专用软件后，其功能还可进一步拓展。全站仪的使用方法如下：

1) 仪器架设

仪器架设的操作步骤如下：

(1) 架设。将仪器架设到稳固的三脚架上，旋紧中心螺旋。

(2) 对中。利用光学对准器（激光对准器）使仪器中心与测站点位于同一铅垂线上。

(3) 粗平。观察圆水准器的气泡（精度相对较低），分别旋转仪器的 3 个脚螺旋，将仪器大致整平。

(4) 精平。使仪器照准部上的管水准器平行于任意一对脚螺旋的连线，旋转这一对脚螺旋，使气泡居中（最好采用左拇指法，即左右手同时转动两个脚螺旋，并且两拇指移动方向相向，左手大拇指方向与管水准器的气泡移动方向相同）；然后将照准部旋转 90° ，旋转另外一个脚螺旋，使管水准器的气泡居中。



(5) 精对中。松开三脚架的中心螺旋，观察光学对准器（激光对准器），使仪器精确对中。

(6) 检验。精平和精对中应反复进行，直到对中和整平都达到要求。

2) 水平角测量

水平角测量的操作步骤如下：

(1) 按“角度测量”键，使全站仪处于角度测量模式，照准第一个目标 A。

(2) 设置 A 方向的水平度盘读数为 $0^{\circ}00'00''$ 。

(3) 照准第二个目标 B，此时显示的水平度盘读数即为两方向间的水平角。

3) 距离测量

距离测量的操作步骤如下：

(1) 设置棱镜常数。测距前将棱镜常数输入仪器中，仪器会自动对所测距离进行改正。

(2) 设置大气改正值或气温、气压值。光在大气中的传播速度会随大气的温度和气压而变化， 15°C 和标准大气压是仪器设置的一个标准值，此时的大气改正值为 0 ppm。实测时，可输入温度和气压值，全站仪会自动计算大气改正值（也可直接输入大气改正值），并对测距结果进行改正。

(3) 量仪器高、棱镜高并将其输入全站仪。

(4) 测量距离。照准目标棱镜中心，按“测距”键，距离测量开始，测距完成时仪器显示斜距、平距、高差。

全站仪的测距模式有精测模式、跟踪模式和粗测模式 3 种。精测模式是最常用的测距模式，测量时间约为 2.5 s，最小显示单位为 1 mm；跟踪模式常用于跟踪移动目标或放样时连续测距，测距时间约为 0.3 s，最小显示单位一般为 1 cm；粗测模式的测距时间约为 0.7 s，最小显示单位为 1 cm 或 1 mm。在进行距离测量或坐标测量时，可按“测距模式”键选择不同的测距模式。

应注意的是，有些型号的全站仪在距离测量时不能设定仪器高和棱镜高，显示的高差值是全站仪横轴中心与棱镜中心的高差。

4) 坐标测量

坐标测量的操作步骤如下：

(1) 设定测站点的三维坐标。

(2) 设定后视点的坐标或设定后视方向的水平度盘读数为其方位角。当设定后视点的坐标时，全站仪会自动计算后视方向的方位角，并设定后视方向的水平度盘读数为其方位角。



- (3) 设置棱镜常数。
- (4) 设置大气改正值或气温、气压值。
- (5) 测量仪器高、棱镜高并将其输入全站仪。
- (6) 照准目标棱镜，按“坐标测量”键，全站仪开始测距并计算、显示测点的三维坐标。

5) 数据通信

全站仪的数据通信是指全站仪与计算机之间进行的双向数据交换。全站仪与计算机之间的数据通信方式主要有两种：一种是利用全站仪配置的 PC 卡进行数字通信，其特点是通用性强，各种电子产品间均可互换使用；另一种是利用全站仪的通信接口通过电缆进行数据传输。

6) 全站仪盘左、盘右的设置方法

全站仪的盘左和盘右实际上是沿用老式光学经纬仪的称谓，是根据竖盘相对于观测人员所处的位置而言的，观测时当竖盘在观测人员的左侧时称为盘左，反之称为盘右。对应于盘左和盘右，分别有正镜和倒镜，或 F1 (FACE1) 面和 F2 (FACE2) 面。

对于测量来讲，盘左、盘右测量可以消除某些人为误差及固定误差，对于可定义盘左和盘右称谓的仪器而言，这给用户增加了应用仪器的可选操作界面，对测量作业和测量结果没有影响。

2.1.3 GPS RTK 技术

GPS 是美国陆海空三军于 20 世纪 70 年底开始联合研制的新一代卫星导航定位系统，其主要目的是为陆海空三大领域提供实时、全天候和全球性的导航服务，并且收集情报、监测核爆和进行应急通信等。经过 20 余年的研究实验，其耗资 300 亿美元，到 1994 年全球覆盖率高达 98% 的 24 颗 GPS 卫星已布设完成。

1. GPS 的组成

GPS 由空间卫星部分、地面控制系统和用户设备组成。

1) 空间卫星部分

GPS 的空间卫星部分是由 24 颗卫星 (21 颗工作卫星和 3 颗备用卫星) 组成的，它们位于距地表 20 200 km 的上空，运行周期为 12 h。卫星均匀分布在 6 个轨道面上，每个轨道面 4 颗，这样的分布使得在全球任何地方、任何时间都可观测到 4 颗以上的卫星，并能在卫星中预存导航信息。GPS 的卫星因为大气摩擦等问题，随着时间的推移，导航精度会逐渐降低。每颗 GPS 卫星都可发出用于导航定位的信号，GPS 用户正是利用这些信号来进行工作的。



2) 地面控制系统

GPS 的地面控制系统由分布在全球的以若干个跟踪站所组成的监控系统构成, 根据作用的不同, 这些跟踪站又被分为主控站、监控站和注入站。GPS 地面控制系统包括 1 个主控站、4 个监控站和 3 个注入站。主控站位于美国科罗拉多 (Colorado) 的法尔孔 (Falcon) 空军基地, 它的作用是根据各监控站对 GPS 的观测数据计算出卫星的星历和卫星钟的改正参数等, 并将这些数据通过注入站注入卫星中去; 同时它还对卫星进行控制, 向卫星发布指令, 当工作卫星出现故障时, 调度备用卫星, 替代失效的卫星进行工作; 另外, 主控站也具有监控站的功能。4 个监控站分别位于夏威夷 (Hawaii)、阿松森群岛 (Ascencion)、迭哥伽西亚 (Diego Garcia) 和卡瓦加兰 (Kwajalein), 其作用是接收卫星信号、监测卫星的工作状态。3 个注入站分别位于阿松森群岛 (Ascencion)、迭哥伽西亚 (Diego Garcia)、卡瓦加兰 (Kwajalein), 其作用是将主控站计算出的卫星星历和卫星钟的改正参数等注入卫星中去。

3) 用户设备

用户设备即 GPS 信号接收机, 其主要功能是捕获按一定卫星截止角所选择的待测卫星并跟踪这些卫星的运行。当信号接收机捕获到跟踪的卫星信号后, 就可测量出接收天线至卫星的伪距离和距离的变化率, 从而解调出卫星轨道参数等数据。接收机中的微处理计算机根据这些数据就可按定位解算方法进行定位计算, 计算出用户所在地理位置的经纬度、高程、速度、时间等信息。

2. GPS 定位的基本原理

由于卫星的位置精确, 因此在 GPS 观测中便可得到卫星到信号接收机的距离, 利用三维坐标中的距离公式和 3 颗卫星就可以组成 3 个方程式, 解出观测点的位置 (X , Y , Z)。考虑到卫星的时钟与接收机时钟之间的误差 (钟差), 实际上有 4 个未知数, 即 X 、 Y 、 Z 和钟差, 因而需要引入第 4 颗卫星, 形成 4 个方程式进行求解, 从而得到观测点的经纬度和高程。

事实上, 信号接收机往往可以锁住 4 颗以上的卫星。这时, 信号接收机可按卫星的星座分布分成若干组, 每组 4 颗, 然后通过算法挑选出误差最小的一组用于定位, 从而提高精度。

由于卫星运行轨道、卫星时钟存在误差, 大气对流层、电离层对信号的影响, 以及美国实施的 SA 保护政策, 使得民用 GPS 的定位精度只有 100 m。为提高定位精度, 普遍采用差分 GPS (DGPS) 技术建立基准站 (差分台) 进行 GPS 观测, 将已知基准站的精确坐标与观测值进行比较, 从而得出修正数, 并对外发布。信号接收机收到该修正数后, 与自身的观测值进行比较, 消去大部分误差, 得到一个比较准确的位置。



3. GPS 的定位方式

按待定点的状态不同，GPS 的定位方式可分为静态定位和动态定位；按定位模式不同，GPS 的定位方式可分为绝对定位、相对定位和差分定位。

1) 静态定位和动态定位

(1) 静态定位。静态定位是指待定点相对于周围固定点无相对运动的 GPS 定位方式。它通过大量的重复观测，高精度地测定 GPS 信号传播的时间，根据已知 GPS 卫星的瞬间位置，准确确定信号接收机的三维坐标。静态定位多余观测量大、可靠性强、定位精度高，是测量工程中精密定位的基本方法。

(2) 动态定位。动态定位是指待定点相对于周围固定点显著运动（相对于地球运动）的 GPS 定位方式。它以车辆、舰船、飞机和航天器为载体，实时测定 GPS 信号接收机的瞬间位置。动态定位发展速度最快，应用较广，尤其与实时动态（RTK）测量系统结合，是 GPS 测量技术与数据传输技术相结合的一种新的定位方法。

在测得运动载体的实时位置的同时，测得运动载体的速度、时间和方位等状态参数，进而引导运动载体驶向预定的后续位置，此过程称为导航。导航是一种广义的动态定位。

2) 绝对定位、相对定位和差分定位

(1) 绝对定位。绝对定位又称为单点定位，即在一个待定点上用一台信号接收机独立跟踪 GPS 卫星，测定待定点（天线）的绝对坐标。其优点是作业方式简单，可以单机作业。由于受卫星星历误差、大气延迟误差等影响，绝对定位的定位精度较低，一般为 25~30 m。因此，绝对定位多用于导航和精度要求不高的情况，如船舶、飞机导航，勘探、海洋作业等方面。

(2) 相对定位。相对定位是采用两台或两台以上的信号接收机同步跟踪相同的卫星信号，以确定接收机天线间的相对位置（三维坐标或基线向量）的方法。只要给出一个测点的坐标值，其余各测点的坐标即可求得。由于各台信号接收机同步观测相同的卫星，因而卫星的时钟误差、卫星星历误差、大气延迟误差几乎相同，并且解算各测点坐标时可有效消除或大幅度削弱这些误差，具有较高的定位精度。相对定位一般采用载波相位测量，相对精度可达 ± 5 mm，一般在大地测量、精密工程测量等领域有广泛的应用。

(3) 差分定位。差分定位是在已知三维坐标的基准站上设置 GPS 接收机，求出观测值的校正值并将其通过无线电通信实时发送到各待测点上，通过对其信号接收机的观测值进行修正来提高实时定位精度的一种方法。差分定位采用的是单点定位模型，但同时需要用多台信号接收机在基准站和移动站之间进行同步观测，利用误差的相关性来提高定位精度。因此，差分定位是同时具有单点定位和相对定位特性的定位模式。



4. RTK 技术

RTK 是建立在实时处理两个测站的载波相位基础上的。它能实时提供观测点的三维坐标, 并达到厘米级的高精度。RTK 技术采用载波相位动态实时差分方法, 是 GPS 应用的重大里程碑, 它的出现为工程放样、地形测图、各种控制测量带来了新曙光, 极大地提高了外业作业效率。

1) RTK 技术的特点

RTK 技术具有以下几个特点:

(1) RTK 技术的作业集成化程度高、测绘功能强大、可实现自动化。RTK 移动站利用内装式软件控制系统, 无须人工干预便可自动实现多种测绘功能, 使辅助测量工作大大减少, 减小了人为误差, 保证了作业精度。

(2) 作业条件要求低。RTK 技术不要求两点间满足光学通视, 只要求满足电磁波通视和对天基本通视。因此, 和传统测量相比, RTK 技术受通视条件、能见度、气候、季节等因素的影响和限制较小。在地形复杂、地物障碍而造成的难通视地区, 只要满足 RTK 的基本工作条件, 即可轻松地进行快速的高精度定位作业。

(3) 定位精度高, 数据安全可靠, 没有误差积累。全站仪等测量仪器在多次搬站后, 都存在误差累积的状况, 搬的次数越多, 误差累积越大; 而 RTK 技术不存在这种情况, 只要满足 RTK 技术的基本工作条件, 在一定的作业半径范围内其平面精度和高程精度都能达到厘米级。

(4) 作业效率高。在一般的地形地势下, 高质量的 RTK 设站一次即可测完半径为 10 km 左右的测区, 大大减少了传统测量所需的控制点数量和测量仪器的搬站次数, 仅需一人操作, 在一般的电磁波环境下几秒钟即得一个点的坐标, 作业速度快, 劳动强度低, 节省了外业费用, 提高了测量效率。

(5) 操作简便、数据处理能力强。

2) RTK 技术在数字化测图中的应用

采用 RTK 技术进行数字化测图时, 仅需一个人手持移动站在待测的碎部点采集 1~2 s, 并同时输入特征码 (或绘制草图), 数据将自动被处理、存储于手簿中。在室内将数据传输到计算机中, 并利用特定的绘图软件绘制地形图。

由于 RTK 技术不需测点间通视, 测定范围大、观测速度快、点位精度高, 一人就可完成野外数据的采集工作, 极大地提高了数字化测图的效率。因此, RTK 技术已经成为全野外数字化测图的主要手段之一。



2.2 数字化测图的软件

数字化测图所用到的软件包括计算机软件和数字化测图软件，以及其他为数字化测图服务的应用软件，如图形、图像处理软件等。

2.2.1 计算机软件

计算机软件是指计算机系统上的程序、数据及其文档。程序是计算任务的处理对象和对处理规则的描述；文档用于让人了解程序所需的阐明性资料。程序必须装入机器内部才能工作，文档一般是给人看的，不一定装入机器。计算机的软件可分为系统软件和应用软件两种。

1. 系统软件

系统软件是指控制和协调计算机及外部设备、支持应用软件开发和运行的系统，是无需用户干预的各种程序的集合，其主要功能是调度、监控和维护计算机系统，负责管理计算机系统中各种独立的硬件，使它们可以协调工作。

系统软件主要包括操作系统和操作计算机所需的软件。目前，微型计算机上常用的操作系统包括 Windows 操作系统、UNIX 操作系统和 Linux 操作系统。

2. 应用软件

应用软件是用户可以使用的各种程序设计语言，以及用各种程序设计语言编制的应用程序的集合，分为应用软件包和用户程序。应用软件包是为了利用计算机解决某类问题而设计的程序的集合，供多用户使用。用户程序是为满足用户不同领域、不同问题的应用需求而提供的软件，它可以拓宽计算机系统的应用领域，放大硬件的功能。应用软件有办公软件（如微软的 Office）、图像处理软件（如 Photoshop）、媒体播放软件（如 RealPlayer）等。

2.2.2 数字化测图软件

数字化测图软件是数字化测图系统的重要组成部分，一个完整的数字化测图软件系统应具有的功能及特点是：数据（图形）输入、处理、存储、图形生成、图形编辑、数据或图形输出等功能；通用性强、稳定性好，符合测量人员的操作习惯；系统中所使用的地物符号、注记、地物编码等需符合国家（行业）规范的规定；包括多种作业模式，如测记模式、编码模式等；能够识别常用仪器设备的数据格式，能够直接与常

用的仪器设备进行数据传输，提供数据交换接口，以方便与其他软件进行数据共享；输出的成果应美观、符合规范的要求。

现阶段，国内测绘行业使用较广泛的数字化测图软件主要包括以下几种：

1. 南方 CASS 成图系统

南方 CASS 成图系统是南方测绘仪器有限公司基于 AutoCAD 平台技术研发的 GIS 前端数据采集、处理系统，被广泛应用于地形成图、地籍成图、工程测量应用、空间数据建库等领域，全面面向 GIS，彻底打通了数字化成图系统与 GIS 的接口，使用了骨架线实时编辑、简码用户化、GIS 无缝接口等先进技术。南方 CASS7.0 成图系统用户界面如图 2-6 所示。

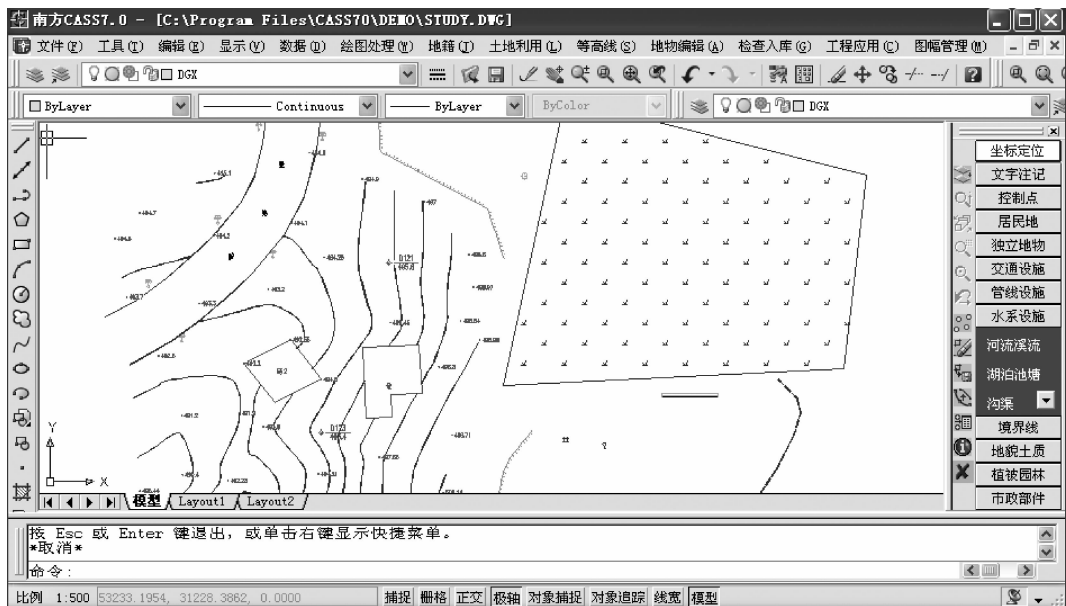


图 2-6 南方 CASS7.0 成图系统用户界面

自 CASS 成图系统推出以来，其已经成长为用户量最大、升级最快、服务最好的主流成图系统。

CASS 成图系统的主要功能如下：

(1) 数据处理。CASS 成图系统可以实现数据的录入，查看、添加数据的编码，生成、读取数据交换文件，进行数据通信和数据的格式转化等。

(2) 绘图处理。CASS 成图系统提供了草图法、简码法、电子平板法、数字化仪录入法等多种成图作业方式，并可实时地将地物定位点和邻近地物点、地形点显示在当前图形编辑窗口中，操作十分方便。

(3) 地籍成图。CASS 成图系统能够实现地籍调查数据的录入、权属线的绘制、权



属文件的生成、宗地图的绘制、地籍图的编辑、界址点的编辑与管理、地籍成果的输出等功能。

(4) 地物编辑。在编辑地物的过程中，CASS 成图系统可以轻松地实现线型转换，修改墙宽、坎高，进行植被、土质图案填充和图形接边、测站改正、直角纠正等。

(5) 工程应用。CASS 成图系统可以进行属性查询、土方量计算、数据文件生成等。

2. EpsW 全息测绘系统

EpsW 全息测绘系统是清华山维公司开发的集电子平板测图、掌上机测图、电子手簿、全站仪内存记录、动态 GPS 等多种测图方法及数据库管理、内业编辑、查询统计、打印出图、工程应用于一体的完全面向 GIS 的野外数据采集软件。它所采集的数据不仅符合国标图式规范的数字化成图和专业制图的要求，而且满足 GIS 对基础地理数据信息化和地理信息的完整性、拓扑性、图属一致性等各项性能要求，以及系统查询、统计、分析应用的需求。EpsW 全息测绘系统以国标、规范为依据，可实现信息化地理数据的采集与处理。EpsW 全息测绘系统的用户界面如图 2-7 所示。

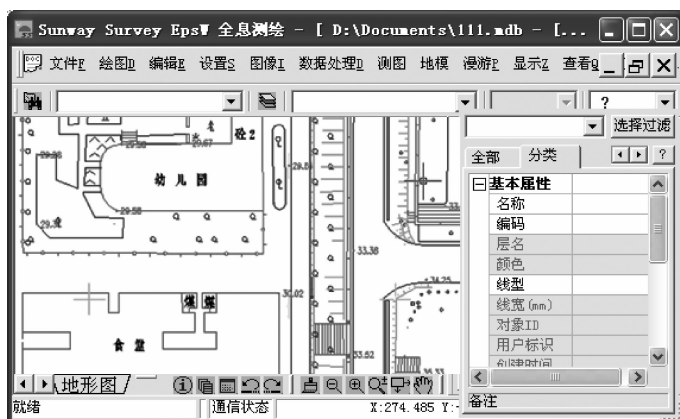


图 2-7 EpsW 全息测绘系统的用户界面

EpsW 全息测绘系统的主要特点如下：

- (1) 面向测绘和 GIS，支持多种模式和多种行业的数据采集。
- (2) 工程模板使数据生产标准化和规范化，可保证大规模生产时各作业小组的作业规格一致。
- (3) 支持编码符号自定义，以适应不同地区的要求。
- (4) 直接利用数据库存储技术，突破数据量的瓶颈。
- (5) 支持测站碎部坐标重算，控制和碎部测绘可同时进行。
- (6) 自动提取纵横断面数据并生成纵横断面，支持多种方法的土方计算。



- (7) 可实现灵活的分层、分类和分比例显示，交互操作灵活方便。
- (8) 支持多媒体属性和 OLE 链接与嵌入，支持三维显示和空间查询。
- (9) 系统支持二次开发。

3. RDMS 数字化测图系统

RDMS 数字化测图系统是一套集数据采集、数据处理、图形编辑于一体的数字化测图系统。RDMS 数字化测图系统具有灵活的数据采集方式、强大的图形及数据处理功能、图数合一的立体化操作能力、高效的事务性管理及多接口的数据输出功能，已被广泛应用于城市规划、土地管理、交通、水利、地矿、房产等行业，不仅可以满足地形测量、地籍测量、房产测量、管线测量等方面，还可进行三维图形的显示与漫游、土方工程量计算等。RDMS 数字化测图系统的用户界面如图 2-8 所示。

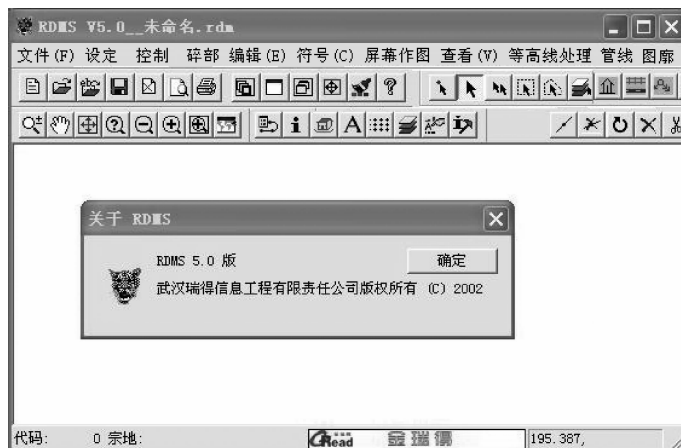


图 2-8 RDMS 数字化测图系统的用户界面

RDMS 数字化测图系统的主要特点如下：

(1) 具有灵活多样的数据采集方式。支持电子手簿作业、可移动式电子图板作业、直接读取全站仪内存数据成图；支持全站仪数据的多样化及其他采集数据的方式，如使用地面摄影、GPS 等方式采集数据。

(2) 具有强大的图形及数据处理功能。具有全新的操作界面，支持多视图的编辑操作和多方式的窗口排列；菜单配合工具条、对话框，易学易用，无须记忆任何命令和操作；操作可视化、图数合一；符号库开放；动态属性连接；自动拓扑检查；逼真的三维漫游；在生成等高线时，可选择三维显示或二维平面显示，无须任何特殊处理，系统自动生成逼真的三维图形，并可自由地进行漫游、水面淹没等模拟操作。

(3) 具有完备的事务处理功能。具有开放的数据接口，可进行标准数据交换和地籍、房产及管线数据的自动处理。

(4) 支持一体化的地类体系。地籍报表的输出支持一体化地类，可使用 RDMS 报



表进行编辑和输出，也可直接导入 Excel 表格中输出。

4. SV300 R2002 数字制图软件

SV300 R2002 是威远图公司于 2003 年推出的全新测绘软件。该软件采用 AutoCAD 2002 开发技术全面升级，可与 AutoCAD 2002 实现无缝集成，继承了 AutoCAD 强大的绘图编辑功能。

SV300 R2002 将地形测绘、地籍测绘、扫描矢量化等统一到同一环境中，兼备土方量计算、线路测设等工程量算功能，满足了大、中比例尺地形图成图的全部规范要求，成图方法有草图法成图、野外电子平板成图、扫描矢量化成图等。整个系统将数据的采集、地图的编辑加工、等高线的生成、数据的存储、面向对象的符号实体进行了集成，并依据图式规范设计了文字注记工具，理想地实现了不同比例尺图形的变换，以及自动分幅和灵活的图廓定制与图廓外整饰。SV300 R2002 的主要特性如下：

(1) 采用最新的 ObjectARX、ObjectDBX SDK 技术。SV300 R2002 应用了 AutoCAD 2002 的 ObjectARX、ObjectDBX SDK 技术。ObjectDBX SDK 是 AutoCAD 2002 的宿主程序 (ACAD)、图形文件 (DWG)、用户应用程序 (ARX) 和用户对象文件 (DBX) 的接口。SV300 R2002 开发了从 1:10 000 到 1:500 比例尺的国标地形图图式符号，增强了符号的可移植性和开放性。

(2) 具有多种数据采集方式。

(3) 提供 ASCII 格式的接口文件。SV300 R2002 中包括空间数据和属性数据及空间实体的连接关系，在此基础上同时提供转换接口，可进行与主流数据的交换。

5. SCS G200X 多用途数字测绘与管理信息系统

SCS G200X 多用途数字测绘与管理信息系统是广州开思数字测绘技术有限公司开发的具有完善设计、持续发展成熟的测绘 CAD 软件系统。其突出表现是：把野外信息采集并成图与信息动态更新并入库有机地结合起来，在数据与管理这两个不可分割的研究主题中首先打好数据的研究基础，再进入管理领域。

SCS G200X 多用途数字测绘与管理信息系统是定位为数据采集、更新、交换的多用途数字测绘成图和入库系统。它面向的专业是通用的，包括地形、地籍、详查、管线、房产、工程放样等，其出发点为外业数字测绘成图，而成果采集和生产的的信息包括空间和属性。

1) SCS G200X 多用途数字测绘与管理信息系统的主要设计特点

SCS G200X 多用途数字测绘与管理信息系统的主要设计特点如下：

(1) SCS G200X 多用途数字测绘与管理信息系统在设计上是一个数据采集和更新工具集，是一个数据平台，是一个包含空间数据和属性数据的“数据仓库”，是一个数据整合交换的“接插件”或“GIS 前端工具”，还是一个通用、统一的集成平台。



(2) 在信息交换方面, 创造出二维编码体系, 既能满足信息交换的需要, 又可以满足国标的要求。

(3) 在操作应用方面, 可实现智能操作。通俗地说就是除了右菜单、下拉菜单、图标菜单、快捷命令外, “图”就是菜单。单击已有的图, 能自动派生出编码属性和功能, 这大大提高了工作效率, 也从根本上解决了信息采集质量的难题。

(4) 在采集手段方面, 可连接各种硬件设备, 如电子手簿、全站仪内存或磁卡、掌上平板、遥控掌上平板、电子平板、遥控电子平板、数字化仪、扫描仪、摄影测量设备等; 把外业、内业、陆上、水上、数字化、矢量化、陆测、航测、矢量数据、栅格数据、二维、三维等采集方法统一起来; 把地形、地籍、详查、房产、放样、工程、缩编、管理等统一在一个平台之上。这就从生产工艺上实现了信息采集的外业与内业统一、不同专业的统一和通用等。

(5) 在信息化处理方面, 可以记载、表达和修改地物特征信息、地物属性信息和扩展信息, 并以集成的形式放在一个文件中。扩展信息可以自定义种类和记录方式。

(6) 在与专业内容的结合方面, 地形图是基本数据, 是人文景观数据的载体, 附载管线数据, 就表达了城市管线设施的分布和属性; 负载地籍数据, 就记载了土地分类和权属的内容; 负载房产数据, 就描述了房屋产权的关系和分布; 至此还可快速形成城市立体景观图。这就实现了基础与专业的结合、信息完整记载及一图多用和通用, 是数据共享、资源多方应用和沿用的有效构建方法。

(7) 在数据交换方面, 数据分类(细到图元)和数据定义(框架线、骨架线、轴线、标识点和线)的新做法, 以及扩展属性的自定义, 方便了与各种信息系统(如 ArcInfo 等)进行互逆和无损的数据交换。

2) SCS G200X 多用途数字测绘与管理系统的的主要操作特点

SCS G200X 多用途数字测绘与管理系统的的主要操作特点如下:

(1) 可使用智能化的操作命令。这些命令包括连续“图”操作记忆菜单、集成化的操作命令(通用工具箱)。

(2) 可进行图形图像平差(拼装七巧板、凑整)、文字/图形消影(识别、矩形、多边形)。

(3) 具备操作状态集(屏幕、坐标、点号、点名、简码、自由码、数字化、矢量化、影像、线符号化)。

(4) 自动处理悬挂点和交叉点等 GIS 功能。

6. 常用的扫描矢量化软件

1) 国外常用的扫描矢量化软件

国外常用的扫描矢量化软件有 VPSStudio 图形矢量化软件、R2V v5.5 自动矢量化



软件和 WinTopo v2.52 等。

2) 国内常用的扫描矢量化软件

国内常用的扫描矢量化软件有清华山维的 EPSCAN 2003 扫描矢量化软件、南方测绘的 CASSCAN 扫描矢量化软件、武汉瑞得的 RDScan 扫描矢量化软件和北京迪瑞斯新的 DrScan 扫描矢量化软件。

2.2.3 掌上平板测图软件

1. 清华山维的 EPSCE 掌上平板测图系统

EPSCE 掌上平板测图系统可以完成各种比例尺的地形图、地籍图、管网图等专业测图，且与 EPS 系列软件的数据双向完全兼容，与 EPS 系列软件配套使用，可灵活、便捷、高效地实现 GIS 数据库的更新与修测。

2. 南方测绘的测图精灵

测图精灵是南方测绘仪器有限公司推出的野外测绘数据采集与成图一体化软件，实现了坐标、图形、属性的同步采集、现场成图，做到了真正的内、外业一体化。

3. PalmRSP

PalmRSP（测绘熊掌）是由广州开思测绘软件有限公司研发的，主要用于大比例尺野外数字化测绘、地形修补测量及工程放样的成图系统。它是广州开思测绘软件有限公司研发的信息化测绘软件 SCS G2002 的配套系统，提供了与其他测绘数据采集系统数据交换的接口，主要用于完成空间数据与属性数据的野外采集。

2.3 数字化测图技术设计

数字化测图技术设计是数字化测图最基本的工作，是指依据国家有关规定（规程）及数字地图的用途、用户的要求、本单位的仪器设备情况等对数字化测图工作进行具体设计。因此，在数字化测图作业开始前，应编制数字化测图技术设计书。

2.3.1 数字化测图技术设计概述

技术设计的目的是制定切实可行的技术方案，保证测绘产品符合技术标准和用户的要求，并获得最佳的社会效益和经济效益。

技术设计分项目设计和专业设计两大内容。项目设计是对具有完整性的测绘工序内容且其产品可提供给社会直接使用和流通的测绘项目所进行的综合性设计。专业设



计是指在项目设计的基础上，对测绘专业活动的技术进行的设计。

数字化测图技术设计属于专业设计，按现行规范要求其主要包括一般规定、数据采集、数据处理与图形处理、地形图绘制及验收等内容。

1. 数字化测图技术设计的原则

数字化测图技术设计应依据设计内容，充分考虑用户的要求，遵循国家、行业或地方的相关标准和规范，重视经济效益和社会效益。

(1) 进行技术设计时应先考虑整体后考虑局部，兼顾发展；还要根据作业区域的实际情况，考虑作业单位的自身条件（如人员的技术能力、软硬件配置情况等），选择最合适的方案。

(2) 积极采用适用的新技术、新方法和新工艺。

(3) 充分分析和利用测区已有的测绘成果和资料，对于测绘外业工作，必要时需进行实地踏勘，并编写踏勘报告。

2. 踏勘调查和收集资料

在进行技术设计之前，需要到作业区进行踏勘调查和收集相关资料，其主要内容如下：

(1) 调查作业区的自然地理情况，如水系、山脉、主要地貌类型与特征、平均高程、地貌的自然坡度等。

(2) 调查作业区的行政区划、经济水平、踏勘时间、踏勘的人员组成与分工、踏勘的路线与范围等。

(3) 调查作业区的交通情况。

(4) 根据作业任务的具体情况，考察作业区内影响作业的气候因素（如气温、气压、能见度等）、气象因素、农作物种类、每年可作业的月份、平均作业天数等。

(5) 调查作业区内的土壤、水系、沼泽、土质等情况。

(6) 调查作业区内植被的种类与分布情况。

(7) 调查作业区内电力、生活用品、食品、饮用水、燃料等生活必需品的供应情况，就地取材的可能性，消耗品、材料、工具的采购地点。

(8) 调查作业区内的治安、卫生等情况及预防措施。

(9) 收集作业区的交通、水系、山体、居民地、管线、境界线等综合图。

(10) 调查作业区内已有的测绘成果及其质量情况，测量标志的完好情况。

(11) 收集典型地物、地貌调绘及影像资料。

(12) 根据作业区内的地貌特征、作业难度划分作业区的困难类别和具体图幅的困难类别。

(13) 收集其他需补充说明的作业区信息。



(14) 对技术设计方案和作业的建议。

2.3.2 数字化测图技术设计书的编制

为了保证数字化测图的顺利实施，在作业前必须对整个测绘工作进行统筹安排与合理规划。从测绘仪器的配置到绘图软件的选择，再到测绘方案、测绘方法、测绘精度的确定，以及数据的处理、图形的生成，各项工作之间均需要相互协调与密切配合，这样才能保证数字化测图的各类成果数据和图形文件符合规范（标准）和用户的要求。因此，数字化测图作业前需要进行技术设计，编制数字化测图技术设计书。

数字化测图技术设计书是根据测图比例尺、测图面积、测图方法及用户的具体要求，结合测区的自然地理条件和本单位仪器设备、技术力量、资金等情况，灵活运用测绘相关的理论与方法，制定出的经济上合理、技术上可行的技术方案、作业方法和实施计划。编制好的技术设计书需报呈上级主管部门或测绘任务的委托单位进行审批，经审批后的技术设计书是该测绘作业的技术依据和成果文件之一。在作业过程中，若需要对技术设计书的内容做原则性改动，则需由生产单位提出修改意见，报原审批单位批准后实施，未经批准，技术设计书不得擅自实施。

1. 数字化测图技术设计书编制的主要依据

(1) 上级下达任务的文件或测绘合同书。上级下达任务的文件或测绘合同书是测绘施工单位的上级主管部门或合同甲方下达的技术要求文件，包含了测绘的目的、测区范围、工作量、对测绘工作的主要技术要求和特性要求、上交资料的种类及施测工期的要求等内容，是进行技术设计的主要依据之一。

(2) 相关的技术标准和法规。目前，可用于数字化测图技术设计书编制的规范或规程主要有《工程测量规范》(GB 50026—2007)、《城市测量规范》(CJJ/T 8—2011)、《地籍测绘规范》(CH 5002—1994)和《地籍图图式》(CH 5003—1994)、《1 : 500 1 : 1000 1 : 2000 地形图数字化规范》(GB/T 17160—2008)、《1 : 500 1 : 1000 1 : 2000 外业数字测图技术规范》(GB/T 14912—2005)、《数字测绘成果质量检查与验收》(GB/T 18316—2008)、《城市基础地理信息系统技术规范》(CJJ 100—2004)、《测绘技术总结编写规定》(CH/T 1001—2005)。此外，还包括文件或合同书中要求执行的其他技术规范或规程。

(3) 测量的生产定额、成本定额和装备标准。

(4) 测区已有的资料。

2. 数字化测图技术设计书的编写要求

数字化测图技术设计书的编写要求如下：

(1) 技术设计书应内容明确、文字简练，对规范或标准中已有明确规定的，一般

可以直接引用，并在引用文件中列出所引用的规范或标准的名称及引用的章、条编号，对作业中容易混淆和忽略的问题应该重点描述。

(2) 名词、术语、符号、公式、代号及计量单位等应与有关法规和标准一致。

(3) 技术设计书的正、副封面的名称采用《图书和杂志开本及其幅面尺寸》(GB/T 788—1999) 规定的 A 系列规格纸张 A4 幅面，以便于阅读、复印及保存。

(4) 技术设计书的正、副封面名称的文字采用二号黑体，封面的其他文字均采用四号仿宋体，如图 2-9~图 2-12 所示。目次页的“目次”二字采用三号黑体，目次内容文字采用小四号宋体。

(5) 技术设计书正文中，章、条、附录的编号和标题文字用小四号黑体，图标的标题文字也用小四号黑体。条文、图、表的注、注脚文字用五号宋体，图、表中的数字和文字及图、表上方关于单位的陈述文字用五号宋体。正文和附录的其他内容文字均采用小四号宋体。

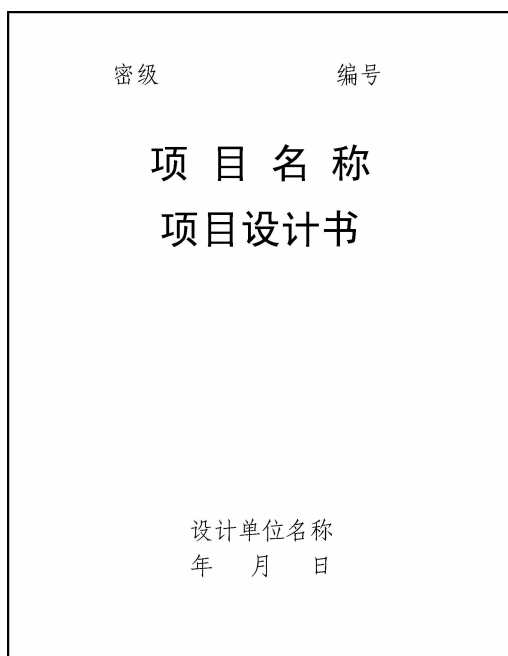


图 2-9 项目设计书正封面的格式



密级	编号
项 目 名 称 ×× 专业技术设计书	
设计单位名称 年 月 日	

图 2-10 专业技术设计书正封面的格式

项 目 名 称 项目设计书	
项目承接单位(盖章):	设计负责人:
审核意见:	主要设计人:
审核人:	
年 月 日	年 月 日
批准单位(盖章):	
审批意见:	
审批人:	
年 月 日	

图 2-11 项目设计书副封面的格式

<h2>项目名称</h2> <h3>×× 专业技术设计书</h3>	
测绘专业任务承接单位(盖章):	设计负责人:
审核意见:	主要设计人:
审核人:	
年 月 日	年 月 日
批准单位(盖章):	
审批意见:	
审批人:	
年 月 日	

图 2-12 专业技术设计书副封面的格式

3. 数字化测图技术设计书的编写内容

编写技术设计书之前,设计人员必须明确任务的特点、工作量、技术要求及设计原则,认真做好测区的踏勘与调查分析工作;然后根据测区的自然地理条件、本单位拥有的软硬件设备、技术力量、资金等情况,制定合理的技术方案与作业方法,并拟订作业计划。数字化测图技术设计书主要包括以下几方面内容:

1) 任务概述

技术设计书中要明确项目名称、项目来源、作业内容、任务的工作量、目标、作业区范围、作业区的地理位置、行政隶属、测图的比例尺、拟采用的技术依据、要达到的主要进度指标和质量要求、计划开工日期及完工日期、项目的承接单位、成果的接受单位等。

2) 作业区自然地理情况

技术设计书中需要介绍测区内自然、社会、地理、经济、人文、气候等方面的基本情况,其主要内容如下:

(1) 地理特征,如测区内的平均海拔、地势大致趋势、地形类别等。

(2) 交通情况,如公路、铁路的分布情况及通行情况。

(3) 居民地的分布情况,如测区内城镇、乡村居民地的分布,通信及电力供应情况。



- (4) 水系、植被的分布情况及主要特征。
 - (5) 气候特点、雨季及降水分布、有霜期、生活条件等。
 - (6) 综合考虑各方面因素并参照有关生产定额确定测区的困难类别。
- 3) 已有资料的利用程度

技术设计书中需说明现有成果的情况，包括等级、精度、图件的比例尺、施测单位与年代、所采用的图式规范、平面与高程系统等。此外，还要说明对拟利用资料的检测方法与要求，并对其主要质量进行分析评价，提出已有资料可利用程度和利用的方案。

4) 引用的文件

数字化测图作业所依据的规范（标准）、图式及有关的技术文件主要包括以下几项：

- (1) 本项目执行的规程（规范）及图式。
- (2) 上级下达的测量任务书、工程委托书（合同）。
- (3) 测区已有的测绘成果。

5) 成果主要技术指标和规格

成果主要技术指标和规格包括成果的种类形式、平面坐标系统、高程系统、比例尺、分幅编号、数据格式、数据精度及其他技术指标。

6) 控制测量实施方案

控制测量实施方案主要包括平面控制测量实施方案和高程控制测量实施方案两方面。

(1) 平面控制测量实施方案。对于平面控制测量实施方案，首先需要说明平面坐标系统的确定、投影带的选择。原则上应采用国家统一的坐标系统，只有在长度变形超过 2.5 cm/km 时才可另选其他坐标系统。对于小测区，在满足设计要求的前提下，可采用独立坐标系统；其次需说明首级平面控制网的等级、起算数据、控制网的加密方法、控制点的密度、标石的规格要求、施测的软硬件配置、使用的仪器与施测方法、数据的平差计算方法、各项主要限差及需达到的精度指标。方案制定后需绘制测区平面控制测量设计图。

(2) 高程控制测量实施方案。选择测图的高程系统时，应尽量采用国家统一的高程系统，如 1985 年国家高程系统。若测区远离国家高等级水准点，则可暂时建立地方高程系统，但条件成熟时应及时规划至国家统一的高程系统内。高程控制测量实施方案应阐明首级高程控制网的等级、起算数据、控制网的加密方法、水准点的密度、水准路线的长度、高程控制点的标志类型及埋设、使用的仪器及施测方法、数据的平差计算方法、各项限差要求及需要达到的精度指标。方案确定后需绘制测区高程控制测



量设计图。

7) 地形图测绘方案

测图前,首先要确定地形图的比例尺、基本等高距、地形图分幅与编号的方法、图幅的大小等,绘制测区地形图的分幅编号图;其次要确定数据采集、数据处理、图形的绘制与编辑及成果的输出等工序的要求。

(1) 数据采集。

①图根控制测量。阐述图根控制测量所采用的方法、观测要求、成果的精度要求及注意事项。

②数据采集的作业模式。数据采集的作业模式主要分为3种,即全站仪测记模式、电子平板测绘模式、地图数字化模式。作业单位可以根据自己的装备情况、测区的地形情况及自身的作业习惯选择合适的数据采集作业模式。

③碎部测量。首先应根据测量仪器的配置情况说明碎部点平面及高程坐标的测量方法;其次需说明碎部测量的设站要求、设站检查的限差要求、草图的绘制方法与要求、观测数据的取位、测距最大长度的要求、高程注记点的间距与注记位数要求、测绘内容及取舍要求、外业数据文件及格式要求,以及其他应注意的事项等;最后对有特殊要求的碎部点进行测定,需说明测定方法及保证措施。若将新技术、新方法应用于碎部测量,还应对其方法和精度进行说明与论证。

(2) 数据处理、图形的绘制与编辑及成果输出。数据处理、图形的绘制与编辑及成果输出是数字化测图工作的重要组成部分。

①数据处理。数据处理的目的是将不同方法采集的数据进行转换、编辑,为进一步进行图形编辑与处理提供必要的文件。因此,需要根据数据采集所用的仪器类型、原始数据格式、选用的绘图软件等,说明数据处理所包括的文件、要求和注意事项。

②图形的绘制与编辑。图形的绘制与编辑是将数据处理成果在绘图软件中转换成图形文件。绘图软件一般具有绘制点状符号、线状符号、面状符号、等高线及进行图廓整饰、图幅裁剪与接边等功能,处理后的成果为图形文件。图形文件应有很好的兼容性,与国家的标准格式统一,与数据文件保持一对一的对应关系,以便于显示、编辑和输出,方便成果共享。

③成果输出。成果输出是指将处理好的图形文件按照已定的分幅与编号方法利用打印机、绘图仪等输出设备打印出来。

8) 检查验收方案

检查验收是数字化测图的重要环节,是保证测图成果质量的重要手段之一。检查验收方案应着重说明数字地图的检查方法、实地检测的工作量与要求、中间工序检查



的方法与要求及自检、互查、组检的方法与要求。所绘地图的质量要符合规范的要求。

9) 工作量统计、作业计划安排、经费预算

(1) 工作量统计。工作量统计是指根据设计方案分别计算各项工序的工程量。

(2) 作业计划安排。作业计划安排是指根据工作量统计和计划投入的人力、物力,参照生产定额,分别列出各期进度计划和各工序的衔接计划。

(3) 经费预算。经费预算是根据设计方案和作业计划安排,参照有关生产定额和成本定额,编制分期经费和总经费计划,并做必要说明。

10) 应提交的资料明细

数字化测图成果不仅包括最终的地图文件,还包括成果的说明文件、控制测量成果文件、数据采集的原始数据文件、图根点成果文件、碎部点成果文件等。技术设计书中应根据单位对数字化测图成果资料的具体要求,提交相应资料的清单,并编制成表。

11) 建议与措施

在数字化测图过程中,不可避免地会出现一些问题或突发事件。为了能够顺利地完成任务,确保工程质量,技术设计书中要说明组织力量、提高效益、保证工程质量、业务管理、物资管理、食宿安排、交通设备、安全保障等方面的保障措施,且要充分、全面、合理地预见工程实施过程中可能遇到的技术难题和各种突发事件,并有针对性地制定处理预案,提出切实可行的解决方法。

思考与练习

一、名词解释

数字化测图系统 全站仪 差分定位 数字化测图技术设计

二、填空题

1. 全站仪是集_____测量、_____测量、_____测量和_____测量等功能于一体的测绘仪器。
2. 按外观结构分类,全站仪可分为_____和_____两种。
3. 按测距仪测程分类,全站仪可分为_____、_____和_____三种。
4. GPS 由_____、_____和_____三部分组成。
5. 按待定点的状态不同,GPS 的定位方式可分为_____和_____ ;按定位模式不同,GPS 的定位方式可分为_____、_____和_____。



6. 南方 CASS 成图系统是在_____平台上开发的。
7. 南方 CASS 成图系统的主要功能包括_____、_____、_____、_____和_____。
8. EpsW 全息测绘系统是_____公司开发的软件，SV300 R2002 是_____公司开发的软件。

三、选择题

1. 以下不能在全站仪中实现的功能是（ ）。
A. 观测方位角 B. 观测水平距离
C. 观测点平面坐标 D. 观测高差
2. 以下全站仪属于国产品牌的是（ ）。
A. 徕卡系列全站仪
B. 南方系列全站仪
C. 索佳系列全站仪
D. 宾得全站仪
3. 南方 CASS 成图系统不能实现的功能为（ ）。
A. 数据输入 B. 绘图处理
C. 数据的平差处理 D. 地籍成图
4. 数字化测图技术设计书应在测图作业（ ）编写。
A. 之前 B. 过程中 C. 之后 D. 之前或之后

四、判断题

1. 能同时测角、测距，并能自动计算坐标的电子仪器称为全站仪。 （ ）
2. 电磁波测距仪都是利用测定电磁波在测距仪和反射器之间直线传播往返时间的间隔来计算距离的。 （ ）
3. 光栅度盘每个位置的刻度值不固定。 （ ）
4. 大部分全站仪都有精测、粗测、跟踪测等模式。 （ ）
5. 数字化测图作业过程中，作业人员可根据具体情况自行修改技术设计书。 （ ）

五、简答题

1. 全站仪的基本功能有哪些？它由哪几部分组成？
2. 使用全站仪进行碎部点三维坐标测量之前，应进行哪些基本操作？
3. 常用的数字化测图软件有哪些？各有什么特点？
4. 常用的扫描矢量化软件有哪些？
5. 简述数字化测图技术设计应遵循的原则。

3

模块 3

全野外数字化测图的外业

学习目标

- (1) 能够完成测图区域的图根控制测量工作。
- (2) 熟练掌握利用全站仪、GPS RTK 进行数字化测图的野外数据采集与草图绘制和利用电子平板进行野外数据采集等工作。

本模块主要介绍数字化测图外业的工作，主要包括平面与高程控制测量的方法与实施过程、全站仪的操作方法与野外数据采集的过程、GPS RTK 的操作方法与野外数据采集的过程，以及利用电子平板进行野外数据采集的方法与过程。

3.1 图根控制测量

图根控制测量是进行碎部测量之前的一个重要步骤，其主要任务是布设足够密度的图根控制点。由于此前测区内的高等级控制点密度不能满足大比例尺测图对测站点密度的要求，因此需布置适当密度的图根控制点来满足测图的需求。图根控制点是控制误差累积、保证成图质量的重要手段，直接供测图使用。图根控制网在高等级控制下进行加密，一般不超过两级加密。

图根控制测量可分为图根平面控制测量和图根高程控制测量，两者既可以同时进行，也可以分别进行。目前，图根平面控制测量主要采用导线（网）测量或 GPS RTK 测量两种方法。导线测量一般适用于地物复杂的城镇和工矿地区，视线障碍较多、隐蔽及带状区域；GPS RTK 测量适用于对空通视良好的平原、丘陵或山区。除了这两种主要的方法外，支导线、极坐标、后方交会等方法也有所应用。图根高程控制测量主要采用水准测量的方法。

3.1.1 图根控制点的布设

根据测区实际测量条件，图根控制网布设的主要形式是附和导线（网）和闭合导线（网），个别无法附和闭合的地区可采用支导线的形式补充。

1. 图根控制点的密度要求

采用全站仪测距时，测站点到地物点、地形点的距离即使达 1 km 也能保证测量的精度，因此对图根控制点密度的要求应视测区的实际情况而定。通视条件好的地方，图根控制点可稀疏些；通视困难、地物密集的地方，图根控制点可以密些。进行数字化测图时图根控制点的密度要求见表 3-1。

表 3-1 进行数字化测图时图根控制点的密度要求

测图比例尺	1 : 500	1 : 1 000	1 : 2 000
点密度（点数/平方千米）	64	16	4

一般地区解析图根控制点的数量应符合表 3-2 的规定。



表 3-2 一般地区解析图根控制点的数量

测图比例尺	图幅尺寸/cm	解析图根控制点的数量/个		
		全站仪测图	GPS RTK 测图	平板测图
1 : 500	50×50	2	1	8
1 : 1 000	50×50	3	1~2	12
1 : 2 000	50×50	4	2	15
1 : 5 000	40×40	6	3	30

2. 图根控制点的选点与埋石

1) 选点

野外选点应遵循通视良好、视野开阔、有利于长期保存、地表稳定、交通便利、便于观测等原则。因此，图根控制点一般选在路口或道路的边缘，在山区一般选择在山头或制高点上；GPS 点应选在对空通视的空旷区。

2) 埋石

图根控制点的标志尽量采用固定标志。位于水泥地、沥青地的普通图根控制点应刻十字或用水泥钉作为其中心标志，周围用红油漆绘出圈（或方框）及点名，然后做好点之记图，如图 3-1 所示。

点名		点号		等级	
所在地					
埋石类型		通视点号			
点位影像图		点位略图			
点位说明	该点位于 ×××				
利用旧点及情况					
埋石员		日期	年 月 日		
单位					
备注					

图 3-1 点之记图

3.1.2 全站仪导线测量

1. 工具及资料

利用全站仪进行导线测量需要的工具及资料主要有全站仪、棱镜、三脚架、小钢尺、对讲机、导线测量记录手簿、已知控制点的坐标数据、图根控制点标志、锤子、油漆、毛笔、皮尺、计算器等。

2. 导线点的选择

导线测量的首要任务是踏勘选点，即根据测区的实际情况选择一定数量的导线点作为测图的控制点。选点前应收集测区内已有的控制点、地形图等资料，并根据已有控制点的情况和工程需要初步拟定出导线的布网方案。

在踏勘选点过程中需要注意以下内容：

(1) 导线点一般选在土质坚实、四周开阔、控制范围广、便于长期保存、方便安置仪器的地方。

(2) 相邻导线点之间应通视良好，便于测角与量边。

(3) 导线点一般在测区内均匀分布，边长应根据测图比例尺及工程精度要求而定，相邻边长度不宜相差太大，以免影响测角精度。

点位选定后，将木桩或钢钉打入地面；重要点位应埋设水泥桩，在桩顶做标记，并绘制点之记图。

3. 导线测量的技术指标

导线测量的技术指标应遵循《工程测量规范》(GB 50026—2007) 的规定，其主要技术指标应符合表 3-3 的要求。

表 3-3 导线测量的主要技术指标

等级	导线长度 /km	平均边长 /km	测角中误差 /(")	测距中误差 /mm	测距相对中误差	测回数/(")			方位角闭合差/(")	导线全长相对闭合差
						1"级仪器	2"级仪器	6"级仪器		
四等	9	1.5	2.5	18	1/80 000	4	6		$5\sqrt{n}$	$\leq 1/35\ 000$
一级	4	0.5	5	15	1/30 000		2	4	$10\sqrt{n}$	$\leq 1/15\ 000$
二级	2.4	0.25	8	15	1/14 000		1	3	$16\sqrt{n}$	$\leq 1/10\ 000$
三级	1.2	0.1	12	15	1/7 000		1	2	$24\sqrt{n}$	$\leq 1/5\ 000$

注：n 为测站数。



受地形条件的限制，当布设附和（闭合）图根导线有困难时，可布设支导线。支导线的布设参照表 3-4 进行。

表 3-4 图根导线的平均边长及边数

测图比例尺	平均边长/m	导线边数
1 : 500	100	3
1 : 1 000	150	3
1 : 2 000	250	4
1 : 5 000	350	4

4. 导线测量的外业观测

导线测量的外业观测主要包括测角和量边，并将观测数据记录于手簿中。测角就是利用全站仪观测相邻导线边所夹的水平角，测角时应遵循表 3-3 的规定。为了计算方便，应统一观测左角或右角。量边是利用全站仪测定每条导线边的水平距离，量边时应满足表 3-3 的规定。将所观测的数值记录于表 3-5 所示的观测手簿中。

表 3-5 全站仪导线测量观测手簿

工程名称： 仪器编号： 观测者： 记录者： 日期： 天气：

测站	照准点	盘左读数 /(° ' ")	盘右读数 /(° ' ")	2C/(")	中数 /(° ' ")	测回角值 /(° ' ")	平距/m	平均距离 /m	备注

在进行导线测量前应对全站仪进行检校，保证仪器的各项指标均满足规范的要求。多测回水平角观测应按照规定每测回配置水平度盘；多方向水平角观测应注意选择好零方向，一测站观测方向数超过 3 个时，应严格按照全圆方向观测法操作程序进行观



测。导线的折角一般以导线的前进方向为准，统一观测左角或右角，并在手簿中注明起始方向的点号。由于连接角不参与闭合差的计算，因此观测过程中需在手簿中注明，以免计算闭合差时发生错误。

图根导线边长通常较短，仪器的对中误差或目标偏心差对水平角观测产生的误差影响较大，所以在仪器架设过程中要注意仪器的对中与目标的对中。

水平角观测的各种限差应满足规范要求，成果不合格时需要重测。

3.1.3 高程控制测量

数字化测图除了要建立平面控制网以外，还需要建立高程控制网。高程控制测量常用水准测量、全站仪三角高程测量等方法进行。

1. 水准测量

1) 工具及资料

水准测量需用到的工具及资料有水准仪、三脚架、水准尺、尺垫、记录手簿、计算器等。

2) 水准路线的布设

水准测量的路线与导线测量的路线及点位应一致。

3) 水准测量的技术指标

水准测量的主要技术指标见表 3-6。

表 3-6 水准测量的主要技术指标

等级	每千米高差全中误差/mm	路线长度/km	水准仪型号	水准尺	观测次数		往返较差、附和或闭合环线闭合差	
					与已知点联测	附和或环线	平地/mm	山地/mm
四等	10	≤16	DS3	双面	往返各一次	往一次	$20\sqrt{L}$	$6\sqrt{n}$
五等	15		DS3	单面	往返各一次	往一次	$30\sqrt{L}$	

注：L 为水准路线的长度 (km)，n 为测站数。

4) 水准观测的主要技术要求

水准观测的主要技术要求见表 3-7。



表 3-7 水准观测的主要技术要求

等级	水准仪型号	视线长度/m	前后视的距离较差/m	前后视的距离较差累计/m	视线离地面的最低高度/m	黑红面读数较差/mm	黑红面所测高差较差/mm
四等	DS3	100	5	10	0.2	3.0	5.0
五等	DS3	100	近似相等				

2. 全站仪三角高程测量

山地或建筑物上图根控制点的高程可用全站仪三角高程测量的方法测定，与水准测量交替使用。

1) 工具及资料

三角高程测量需用到的工具及资料有全站仪、三脚架、棱镜、小钢尺、对讲机、三角高程测量记录手簿、计算器等。

2) 三角高程路线的布设

三角高程路线应与导线测量路线一致。

3) 三角高程测量的技术指标

三角高程测量的技术要求应遵循《工程测量规范》(GB 50026—2007)的规定，其主要技术指标见表 3-8。

表 3-8 电磁波三角高程测量的主要技术指标

等级	每千米高差全中误差/mm	边长/km	观测方式	对向观测高差较差/mm	附和或环形闭合差/mm
四等	10	≤ 1	对向观测	$40\sqrt{D}$	$20\sqrt{\sum D}$
五等	15	≤ 1	对向观测	$60\sqrt{D}$	$30\sqrt{\sum D}$

注：D 为测距边的长度 (km)，路线长度不应超过相应等级水准路线的长度限值。

4) 三角高程观测的主要技术指标

三角高程观测的主要技术指标见表 3-9。

表 3-9 电磁波测距三角高程观测的主要技术指标

等级	垂直角观测				边长测量	
	仪器精密等级	测回数	指标差较差	测回较差	仪器精密等级	观测次数
四等	2"级仪器	3	$\leq 7''$	$\leq 7''$	10 mm 级仪器	往返各一次
五等	2"级仪器	2	$\leq 10''$	$\leq 10''$	10 mm 级仪器	往一次
图根	2"级仪器	1	$\leq 25''$	$\leq 25''$	10 mm 级仪器	往一次
	6"级仪器	2				

3.1.4 GPS RTK 图根控制测量

实践表明，GPS RTK 测量精度与常规测量的一级导线、四等水准相当，可以满足各类测量的图根控制精度要求。由于 GPS RTK 测量具有实时提供坐标、无须进行室内计算、可以即测即用、各点之间不用通视、误差不积累等特点，深受广大测绘工作者的喜爱。利用 GPS RTK 进行图根控制测量的方法为：在待测碎部点附近较为开阔并且与碎部点通视的地方，用 GPS RTK 方法测定两个以上的控制点，在其中的任意一个点上架设全站仪，以另外一个点定向，测量碎部点的坐标。这种方法便捷迅速、精度可靠，已得到广泛应用。

1. 工具及资料

GPS RTK 图根控制测量用到的工具及资料包括 GPS RTK、RTK 记录手簿、配套电池、三脚架、对中杆、已知控制点的坐标数据、外置电台、天线、小钢尺等。GPS RTK 的基准站和移动站如图 3-2 所示。

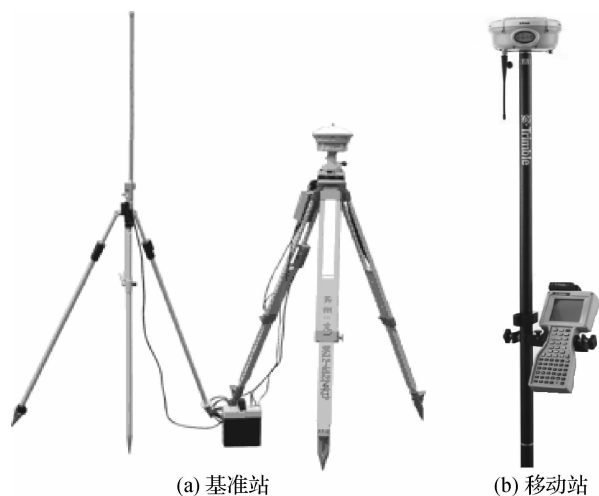


图 3-2 GPS RTK 的基准站和移动站



2. GPS RTK 图根控制测量的要求

(1) GPS RTK 图根控制测量卫星状态的基本要求见表 3-10。

表 3-10 GPS RTK 图根控制测量卫星状态的基本要求

观测窗口状态	截止高度角 15° 以上的卫星个数	PDOP 值
良好	≥ 6	< 4
可用	5	4~6
不可用	< 5	> 6

(2) GPS RTK 平面控制点测量的主要技术指标应满足表 3-11 的要求。

表 3-11 GPS RTK 平面控制点测量的主要技术指标

等级	相邻点间的距离/m	点位中误差/cm	边长相对中误差	与基准站的距离/km	观测次数	起算点的等级
一级	≥ 500	-5~5	$\leq 1/20\ 000$	≤ 5	≥ 4	四等及以上
二级	≥ 300	-5~5	$\leq 1/10\ 000$	≤ 5	≥ 3	一级及以上
三级	≥ 200	-5~5	$\leq 1/6\ 000$	≤ 5	≥ 2	二级及以上

(3) GPS RTK 高程控制点测量的主要技术指标应满足表 3-12 的要求。

表 3-12 GPS RTK 高程控制点测量的主要技术指标

高程中误差/cm	与基准站的距离/km	观测次数	起算点的等级
-3~3	≤ 5	≥ 3	四等及以上水准

(4) GPS RTK 基准站建立时至少应观测 3 个高级控制点，以解算坐标转换参数 (7 个参数)，并且所选起算点应分布均匀，能够控制整个测区。

(5) 利用 GPS RTK 进行图根控制测量时，对每个控制点需独立观测两次，两次观测过程中应将三脚架或对中杆重新对中、整平。图根控制点坐标的两次观测值互差的绝对值应不大于 5 cm，高程互差的绝对值应不大于基本等高距的 1/10，符合限差要求后取中数作为图根控制点坐标的测量成果。

3. GPS RTK 图根控制测量的实施过程

GPS RTK 图根控制测量或碎部点测量的过程如下：

(1) 收集作业区内控制点的资料。利用 GPS RTK 进行作业前，需要收集作业区内的控制点坐标、作业区所处分带的中央子午线经度、所用坐标系统、作业区内已有的地形图等。

(2) 新建作业。



①开机，新建作业（项目、任务）。

②新建作业投影，包括投影类型、投影基准椭球的长轴与扁率、测区所处分带的中央子午线经度、平均纬度、纵轴加常数、横轴加常数、尺度比例等。

③输入已知点的坐标。

(3) 安置并启动基准站。基准站的安置是实施 GPS RTK 测量的关键步骤之一，基准站的安置需要考虑以下问题：

①基准站应选在地势较高、视野开阔、高度角在 10° 以内且无障碍物的地方，有利于信号接收机接收卫星信号及电台数据链的发射。

②基准站周围应无大的反射物（大面积水域、大型钢筋混凝土建筑物等），防止 RTK 的电台数据链丢失及 GPS 信号的多路径效应。

③基准站应建立在土质坚实、不易被破坏的地方，以防基准站的控制点被破坏。

基准站安置后，需要对其进行必要的设置，主要包括连接基准站蓝牙、设置基准站信号接收机的参数 [包括接收机类型、接收机型号、高度角、数据传输格式 (CMR、CMR+、RTCM)、天线类型、量取天线高的方式 (倾斜高或垂高)]、配置基准站 RTK 的测量形式 (如电台类型、传播方式、端口、波特率、电台频率、高度截止角、端口、天线高、单位、主机类型、显示内容、测量点精度设置等)。以上设置完成后，启动基准站。

(4) 启动移动站。启动移动站的步骤为：连接移动站蓝牙、选择移动站信号接收机的类型、进行参数设置 [包括接收机类型、接收机型号、高度角、数据传输格式 (CMR、CMR+、RTCM)、天线类型、天线垂高]、配置移动站 RTK 的测量形式 (如电台类型及频率、高度角、端口、天线高、单位、主机类型、显示内容、测量点精度设置等)。以上设置完成后，启动移动站，手簿显示固定解后开始测量。

(5) 点校正 (解求测区内坐标系转换参数)。GPS RTK 直接测量值为 WGS-84 坐标系下的坐标，为地心坐标系坐标。我国测量工作常用的坐标为北京 54 坐标或国家 80 坐标，均为参心坐标系坐标。因此，在利用 GPS RTK 测量以前需要进行两种坐标的转换，解求坐标转换的参数。

坐标转换过程中，解求 4 参数需要获得两个以上的 WGS-84 坐标和北京 54 坐标系 (国家 80 坐标系) 的同名点坐标，如需解求 7 参数，则要获得 3 个以上的 WGS-84 坐标和北京 54 坐标系 (国家 80 坐标系) 的同名点坐标，再利用 RTK 手簿自带的转换模块解求转换参数。

(6) 测量控制点 (碎部点) 或放样。设置测量点位限差 (平面 2 cm，高程 3 cm)，然后进入测量菜单进行点采集或放样。



3.2 全站仪数据采集

3.2.1 全站仪数据采集的通用步骤

现在市场上的全站仪虽然种类繁多，但数据采集和数据通信的方法与步骤很相似，主要步骤如下：

1. 准备工作

(1) 新建文件（项目、任务）。

(2) 将已知控制点的数据输入文件。已知控制点的数据可以通过手工输入，也可以通过通信的方法传输至全站仪新建的文件中，因此，此过程可以在室内完成。

2. 测站定向

(1) 仪器对中与整平。在已知点上整平全站仪，对中偏差应小于 3 mm，量取并记录仪器高。

(2) 定向。

① 开机并打开新建的文件。

② 输入测站点仪器高、测站点编码（可选）、调入或输入测站点点名及坐标（ X ， Y ， H ）。

③ 调入或输入后视定向点的点名、坐标（方位角），并输入棱镜高。

④ 精确瞄准后视定向点定向。测量定向后视点的坐标或其他已知点的坐标，并将测量值与已知值进行比较，若其差值大于一定限差（如 2 cm），则必须分析产生差值的原因，解决产生差值的问题。一般来说，该检测点需存储，以备以后数据检查或图形、数据纠正之用。

3. 数据采集

输入起始碎部点名、编码（可选）、棱镜高后，开始测量、存储碎部点的坐标数据，然后循环测量、采集碎部点，并存储其他碎部点的坐标数据。当棱镜高有变化时，在测量碎部点前必须重新输入棱镜高方可采集碎部点坐标。

4. 数据通信

(1) DOS 系统全站仪通信。DOS 系统全站仪通信的操作如下：

① 设置通信端口。数据的通信端口包括 COM1、COM2、COM3 等，台式机一般为

COM1，笔记本电脑的通信端口可在计算机硬件管理中查询。

- ②设置波特率。全站仪与计算机通信的波特率应保持一致。
- ③设置数据位。
- ④设置数据流为 XON/XOFF。

此外，仪器型号选择应正确，并做到先接收后发送。

(2) WIN 系统全站仪通信。WIN 系统全站仪通信的操作如下：

①设置格式。数据文件的格式一般为南方 CASS 格式，每行的内容为点名、编码、东坐标、北坐标、高程。

②导出 CASS 格式的文件。使用通用电缆连接全站仪 USB 口或连接 CF 卡后将文件复制到计算机。如果全站仪有蓝牙功能，也可以通过蓝牙功能实现全站仪与计算机的通信。

3.2.2 全站仪数据采集的操作方法

本节以拓普康 GTS-200 型全站仪为例介绍全站仪数据采集的操作方法。

1. 准备工作

1) 新建文件

(1) 按 MENU 键进入图 3-3 所示的“菜单”界面，然后按 F1 键进入“选择文件”界面，如图 3-4 所示。

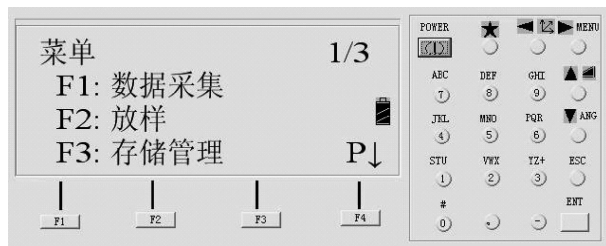


图 3-3 “菜单”界面

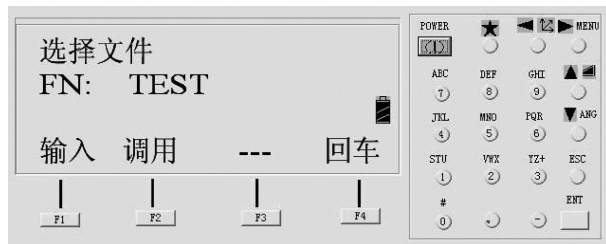


图 3-4 “选择文件”界面

(2) 按 F1 键可以新建文件，按 F2 键可以调用已存在的文件，按 F4 键可以确认操作。

2) 将已知控制点输入文件

将已知控制点输入文件的操作步骤为：按 MENU 键后，执行“存储管理(F3)”→“翻页 (F4)”→“输入坐标 (F1)”→“调用文件 (F2)”→“输入坐标数据 (F1)”命令，然后执行“输入点号”→“输入坐标及编码”→“ENT (F4)”命令，循环输入其他已知点的坐标。

3) 测量前的设置

测量前需按以下步骤进行设置：

(1) 按“★”键后，执行“翻页 (F4)”→“棱镜 (F1)”命令，设置棱镜常数。棱镜常数有+30、0 和-30 三种，根据所用棱镜不同输入不同值。

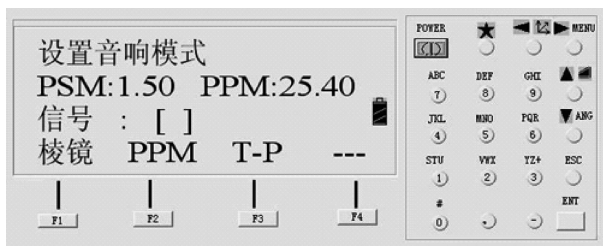


图 3-5 按 F4 键执行“翻页”命令后的界面

(2) 在图 3-5 所示的界面，按 F3 键根据测量时的具体情况输入温度值、气压值，按 ENT 键确认后，系统便自动计算出 PPM 值。

2. 测站定向

(1) 在已知点上将全站仪对中、整平，量取仪器高、棱镜高。

(2) 开机后按 MENU 键，然后执行“数据采集 (F1)”→“选择文件 (F2)”→“ENT (F4)”→“测站点输入 (F1)”（见图 3-6）→“输入测站点号、仪器高”→“输入测站坐标 (F4)”（如果仪器中有数据可以调用）→“坐标 (F3)”→“输入 N=X, E=Y, Z=H”（见图 3-7）→“记录 (F3)”→“是 (F3)”→“输入后视点 (F2)”→“输入后视点号”（如果仪器中有数据可以调用）→“输入棱镜高”→“后视 (F4)”→“NE/NZ (F3)”→“输入 N=X, E=Y, Z=H”→“精确照准后视点”→“测量 (F3)”命令。



图 3-6 “数据采集”界面

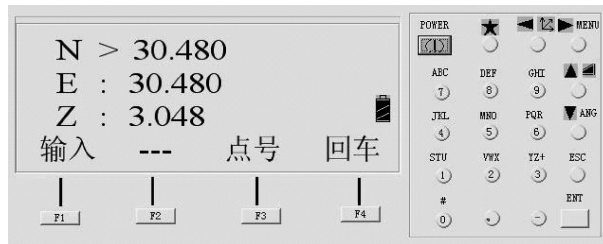


图 3-7 输入测站点坐标

3. 数据采集

进行数据采集前，首先实测定向点的坐标，检查定向点坐标的测量值与理论值无误后按 F3 键确认。执行“前视/侧视 (F3)” → “测量 (F3)” → “坐标 (F3)” → “记录存储 (F3)” 命令进行数据采集。在采集过程中，若棱镜高发生变化，则需重新输入棱镜高；否则可按 F4 键后重复以前的操作。

4. 数据通信

1) 计算机通信参数的设置

设置通信口为 COM1 或其他端口，设置与全站仪一致的波特率（这里设置为 1 200），设置奇偶检验、数据位、停止位分别为“无校验”、8 位、1 位，选择仪器为拓普康 GTS-200 坐标，如图 3-8 所示。

2) 全站仪通信参数的设置及与计算机通信

(1) 全站仪通信参数的设置。设置全站仪的通信参数分别为 N、8、1、9 600。

(2) 全站仪与计算机通信。按 MENU 键后，执行“存储管理 (F4)” → “数据传输 (F1)” → “GTS 坐标数据 (F1)”（检查通信参数） → “发送数据 (F1)” → “坐标数据文件 (F2)” → “选择 11 位或 12 位” → “调用文件” → “是 (F3)” 命令，如图 3-9 所示。



图 3-8 计算机通信参数的设置

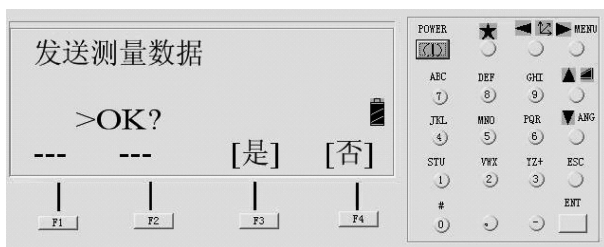


图 3-9 全站仪与计算机通信

5. 注意事项

- (1) 在测量距离和坐标时，一定要进行大气改正设置，输入正确的温度与气压值。
- (2) 进行数据采集时，测站点输入完成后必须记录，棱镜高度发生变化后，必须在仪器上输入新高度，放样则不必。
- (3) 定后视点时，能照到对中杆脚尖时尽量照准脚尖。
- (4) 后视点定好后，应进行检核。
- (5) 传数据时，仪器的通信参数应和传输软件的通信参数一致。
- (6) 全站仪属于精密电子测量仪器，在使用和搬运过程中应避免震动和碰撞。

3.2.3 全站仪野外数据采集

野外数据采集就是测定野外地物点、地貌点的平面位置和高程，并收集、记录相关信息，供内业成图使用。