

校企合作双元开发“互联网+”立体化创新型教材
高等职业教育“十四五”测绘工程技能型人才培养实用教材

数字测图技术

(智媒体版)

主 编 ◎ 李金生 唐 均 王鹏生

副 主 编 ◎ 王 赫 尹宝田 郭 涛 赵淑湘

主 审 ◎ 张桂英

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

数字测图技术：智媒体版 / 李金生, 唐均, 王鹏生
主编. —成都：西南交通大学出版社, 2021.8
ISBN 978-7-5643-8147-9

I. ①数… II. ①李… ②唐… ③王… III. ①数字化
测图—高等职业教育—教材 IV. ①P231.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 141978 号

Shuzi Cetu Jishu (Zhimeiti Ban)
数字测图技术 (智媒体版)

主编 李金生 唐 均 王鹏生

责任编辑	刘 昕
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮 政 编 码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	成都中永印务有限责任公司
成 品 尺 寸	185 mm × 260 mm
印 张	17.75
字 数	378 千
版 次	2021 年 8 月第 1 版
印 次	2021 年 8 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-8147-9
定 价	49.00 元

课件咨询电话：028-81435775
图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562



前言 PREFACE

“数字测图”课程作为测绘地理信息技术专业群一门专业平台课程，在人才培养体系中起着举足轻重的作用。为满足培养适应行业需求、面向测绘生产和管理一线的工程测量高素质技能型人才的需要，在分析以往所用教材使用情况的基础上，我们特编写本书。

本书采用“项目导向+任务驱动”编写体系，注重“教中学”和“学中做”的有机衔接，根据高职教育特点，从企业聘请了生产一线专家、高技能人才共同开发完成，体现了校企合作特色。本书共分为7个学习项目，各项目、任务基于生产一线数字测图项目工作过程和学生的认知规律编排组织教学内容，并根据具体工作过程，以项目导向、任务驱动的形式展开教学。全书以数字测图工程项目作业流程为主线，从数字测图基础知识、数字测图系统、野外数据采集、内业计算机成图、地图数字化、数字测图质量控制与检查验收、数字地形图的应用方面阐述了数字测图的基本理论和作业方法，注重培养学生的工程实践能力。

本书为数字立体化教材，依托现代教育技术，以能力培养为目标，以纸质教材为基础，以多媒介、多形态、多用途及多层次的教学资源 and 多种教学服务为内容。教材丰富的数字化教学资源包括PPT课件、试题库、网络课程、资源库等，通过课程资源库平台、微信公众号等方式提供给读者。

本书由辽宁生态工程职业学院李金生、甘肃工业职业技术学院唐均、石家庄铁路职业技术学院王鹏生担任主编，辽宁生态工程职业学院王赫、尹宝田、长江工程职业技术学院郭涛、甘肃林业职业技术学院赵淑湘担任副主编。参加编写人员分工如下：李金生编写项目三、项目四；唐均编写项目六、附录一、附录二；王鹏生编写项目二中的任务一、任务二；郭涛编写项目二中的任务三；王赫编写项目七；尹宝田编写项目五；赵淑湘编写项目一；张桂英编写附录三以及项目二中的任务四；李金生统稿，制作并加入数字化资源、习题等。最后辽宁省检验检测认证中心（辽宁省测绘产品质量监督检验站）教授级高级工程师张桂英统审全书。

本书在编写过程中引用了大量的规范、专业文献和其他相关资料，恕未一一注明，在此向有关作者表示衷心感谢。另外辽宁省自然资源卫星应用技术中心教授级高级工程师吴善昌对本书全部内容进行了详细的审阅并且提出了很多很好的建议，在此表示衷心感谢。

鉴于编者水平有限、经验不足，本书难免存在疏漏和不妥之处，恳请广大读者提出宝贵意见，以便日后进一步修正与完善。

编 者

2021年3月



目录

CONTENTS

1	项目一	课程导入·····	001
	任务一	职业岗位分析·····	002
	任务二	认识数字测图·····	004
2	项目二	了解数字测图系统·····	015
	任务一	了解数字测图基本原理·····	017
	任务二	认识数字测图系统·····	025
	任务三	了解 GNSS 在数字测图中的应用·····	039
	任务四	大比例尺数字测图的主要方法·····	055
3	项目三	野外数据采集·····	062
	任务一	大比例尺数字测图技术设计·····	064
	任务二	图根控制测量·····	070
	任务三	碎部点数据采集方法与数据编码·····	075
	任务四	测记法野外数据采集·····	082
	任务五	电子平板法野外数据采集·····	091
4	项目四	数字测图内业数据处理·····	103
	任务一	数据传输及预处理·····	105
	任务二	平面图的绘制·····	114
	任务三	等高线的绘制与编辑·····	128
	任务四	数字地形图的注记与编辑·····	140
	任务五	数字地形图的整饰与输出·····	149

5	项目五	地形图数字化	156
	任务一	地形图扫描矢量化	157
	任务二	地形图手扶跟踪数字化	167
6	项目六	数字测图质量控制与检查验收	174
	任务一	数字测图的质量控制	176
	任务二	数字地形图的质量检查验收	184
	任务三	数字测图技术总结	191
7	项目七	数字地形图的应用	196
	任务一	地形图要素的属性查询	197
	任务二	纵横断面图的绘制及图数转换	201
	任务三	土石方工程量的计算	206
	附录一	数字地形图测绘技术设计书示例	217
	附录二	数字地形图测绘技术总结示例	237
	附录三	大比例尺地形图数字成果质量检查验收	262
	参考文献		277

项目一

课程导入

项目概述

本项目先对数字测图的职业岗位进行了分析，使学生了解典型的数字测图的工作任务、作业方法与工作特点，以及从事该岗位应该具备的知识、技能和素质要求；然后介绍了本课程的特点和主要内容，学习本课程的方法和建议，展望了数字测图技术的发展趋势，并重点介绍了数字地图的概念与特点。

学习目标

通过本项目的学习，了解目前数字测图常用的几种方法，数字测图的工作任务、内容、工作特点，理解数字测图的基本概念与特点，以及数字测图技术的发展趋势。

内容分解

项目	重难点	任务	学习目标	主要内容
课程导入	了解数字测图工作岗位、典型工作任务、数字测图职业能力以及素质要求；了解纸质地图和数字地图的特点、数字测图内外业工作相对于传统纸质测图的优点	任务一 职业岗位分析	了解数字测图工作岗位、典型工作任务、数字测图职业能力以及素质要求	岗位描述、典型工作任务、职业能力以及素质要求、本课程的主要内容、本课程与其他课程的关系和学习要求
		任务二 认识数字测图	掌握数字地图的概念、数字地图相对于纸质地图的优点； 掌握数字测图的概念、种类，数字测图内外业工作相对于传统手工测图的优点	数字地图的概念、数字地图相对于纸质地图的优点； 数字测图的定义、数字测图外业工作特点、数字测图内业工作特点、数字测图的发展历程、数字测图的发展趋势

测绘是指对自然地理要素或者地表人工设施的形状、大小、空间位置及其属性等进行测定、采集并绘制成图，为国民经济、社会发展及国家各个部门提供地理信息技术保障，并为各项工程顺利实施提供技术、信息和决策支持的基础性行业。以计算机和网络技术为支撑，以“3S”技术（全球卫星定位系统 GNSS、地理信息系统 GIS、遥感 RS 技术）为代表的测绘新技术正广泛应用于科研和生产，测绘产业已进入数字化、信息化时代。大比例尺地形图测绘是测绘、公路、建筑、水电、城乡规划、国土资源调查、矿山等行业的一项基础性、日常性测绘工作，随着现代绘图仪器的发展及计算机的普及，地形图的成图方法已经实现了由传统的白纸成图向数字成图转变。

一、岗位描述及典型工作任务

目前，数字测图方法可分为 3 种：利用全站仪、全球导航卫星系统（GNSS-RTK）或其他测量仪器进行野外数字测图；利用手扶跟踪数字化仪或扫描仪对纸质地形图的数字化；利用航测像片、遥感影像进行数字测图。前者是外业采集数据，后两者主要是室内作业采集数据。上述技术将采集到的地形数据传输到计算机，由数字成图软件进行数据处理，经过原图生成、编辑、整饰，生成数字地图。

（一）纸质图数字化

将已有的纸质图通过数字化仪或扫描仪完成数字化录入工作，这种方法获得的数字地图受原图精度以及数字化过程中所产生的各种误差的影响，其精度要比原图的精度低，而且它反映的只是白纸成图时地表的各种地物地貌，不能保证图纸的现势性，因而常需要进行修、补测。

（二）摄影测量与遥感数字成图

摄影测量与遥感数字成图是利用航片和卫片，通过 JX-4 等全数字摄影测量系统及专业软件处理，获得数字地图的方法。该方法适用于比较大范围测图，成图速度快，效率高，成本低，受气候与季节的影响相对较小，是大范围数字测图的一个重要手段。

（三）全野外数字测图

通过野外数据采集、数据处理、图形生成和编辑进行数字地图生产，称为全野外数字测图。传统测图方法主要是手工作业，外业测量人工记录，人工绘制地形图，最后为

用图人员提供晒蓝图纸。数字测图则自动记录、自动展点连线，并向用图者提供可供处理的数字地图，实现了测图过程的自动化。数字测图具有效率高，劳动强度小，错误（读错、记错、展错）概率小，获得地形图精确、可靠、翔实、规范等特点。

本书主要面向大比例尺全野外数字测图和纸质地图数字化这两个数字测图职业岗位，重点介绍数字测图作业员应具备的知识和技能。

在数字测图职业领域中，典型作业任务主要有大比例尺数字地形图测绘技术设计、控制测量、外业数据采集、内业编辑成图、成果质量检查验收、技术总结等。

二、职业能力及素质要求

大比例尺数字地形图测绘工作人员应具备的职业能力是，首先通过操作全站仪使用多种采集方式完成图根控制测量、碎部点采集工作，其次利用专业制图软件进行数字地形图绘制，最后进行数字测图成果检查，成果合格后将其应用在具体建设工程中。具体要求如下：

- (1) 能进行图根控制测量，使用平差软件完成图根控制测量数据处理；
- (2) 掌握野外碎部点数据采集的常用仪器及相应的采集方法；
- (3) 掌握大比例尺数字地形图测绘的基本理论和方法；
- (4) 能熟练运用一种地形地籍成图软件（如南方 CASS）绘制大比例尺数字地形图；
- (5) 掌握根据高程点数据文件熟练绘制等高线，并结合实地地形修改等高线的方法；
- (6) 能进行纸质图扫描矢量化；
- (7) 掌握大比例尺数字地形图在工程中的应用，掌握填挖方计算、断面图绘制的基本方法；
- (8) 掌握数字测图成果检查与验收的方法；
- (9) 掌握数字测图项目技术设计书、技术总结报告、自检报告的编写方法。

三、本课程的主要内容

数字测图是工程测量技术专业一门重要的专业基础课，是一门理论和实践相结合的课程。本书以数字测图工程项目作业流程为主线编排教学内容，从认识数字测图、数字测图系统、数字测图技术设计、野外数据采集、内业计算机成图、地图数字化、数字测图质量控制与检查验收、数字地形图的应用 8 个方面阐述了数字测图的基本原理和作业方法。数字测图包括地面数字测图、地图数字化和数字摄影测量等方法，而每种方法都包含地形数据的采集、数据处理和成图、成果和图形输出等作业过程。为了掌握大比例尺数字测图操作的全部过程，本书仅重点介绍地面数字测图和地图数字化成图，对航空摄影测量和遥感成图只简单地介绍其基本概念。

通过本课程的学习，学生要能掌握大比例尺数字地形图测绘的基本知识和技能，独立进行大比例尺数字地形图的测绘；掌握地图数字化的方法；在工程建设中正确应用数字地形图完成规划、设计和施工各阶段中的量测、计算和绘图等工作。

四、本课程与其他课程的关系和学习要求

（一）本课程与其他课程的关系

数字测图是一门实践性非常强的综合性课程，不仅有自身的理论、原则和作业方法以及步骤，而且与其他课程如地形测量、CAD 绘图、控制测量、地籍测量和数据库原理与应用等有着密切的联系，涉及这些课程中的相关基本知识（如图根控制测量、碎部测量、地形图的绘制方法、地形图图式符号的应用、全站仪和 GNSS 等测绘仪器的综合应用、数据入库前工作准备等）。

（二）学习本课程的方法

要学好数字测图，必须重视理论联系实际的学习方法，除课上研读教材、学习专业理论外，还要参加与理论教学相对应的实训课。在掌握课堂讲授内容的同时，认真完成每一次实训课的内容，以巩固和验证所学理论。课后要求完成思考与练习题的内容，以加深对基本概念和理论的理解，要自始至终完成各项学习任务。在条件允许的情况下，可使用指导老师提供的数字测图多媒体课件进行学习，并在指导教师的安排下，开展一些与本课程相关的专题参观或调查，了解新理论、新技术、新设备在本学科中的应用。

在完成课堂实验课和教学实习后，必须加强本课程综合应用能力的培养。在指导教师的组织安排下，按生产现场的作业要求拟订实践任务或组织参加教学生产实习，将大比例尺数字测图中地形数据采集、数据处理与成图、成果与图形输出等环节的操作过程衔接起来，掌握每一个环节的作业方法和步骤，完成大比例尺数字测图作业的全过程。通过理论联系实际的综合训练，培养分析问题和解决问题的能力及实际操作能力，养成良好的工作习惯，树立工匠精神，具有吃苦耐劳，踏实肯干的优良品质，为今后从事测绘工作打下良好基础。

任务二 认识数字测图

一、认识数字地图

（一）数字地图的概念

数字地图 (Digital map) 是指以数字形式存储在磁盘、磁带、光盘等介质上的地图。通常我们看到的地图是以纸张、布或其他可见真实大小的物体为载体的，地图内容绘制或印制在这些载体上。而数字地图存储在计算机的硬盘、光盘或磁带等介质上，地图内容通过数字形式表示，需要通过专用的计算机软件对这些数字进行显示、读取、检索、分析。

数字地图可以非常方便地对地图内容进行组合、拼接，形成新的地图，可输出任意比例尺的地图，易于修改，也可方便与卫星影像、航空像片等其他信息源结合使用，还可以利用数字地图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 (Digital Elevation Model , DEM)，将地表起伏以数字形式表现出来，可以直观、立体地表现地貌形态。这是普通地形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也越来越高。运用空间信息技术的工具和手段可以为监测全球变化和区域可持续发展服务，也可以为社会各行业服务。作为全球变化与区域可持续发展获取时空变化信息的技术方法，空间信息技术为政府部门提供决策支持、为普通大众提供日常信息服务的功能，越来越引起人们的重视，“数字地球”应运而生。

(二) 数字地图的优点

传统手工图解法测图的主要产品是纸质地形图，而数字测图得到的“数字成果”主要产品是数字地图。数字地图具有以下主要优点。

1. 便于成果更新

数字地图是以点、线、面的定位信息和属性信息存入计算机的，当地面有变化时，只需输入变化信息的坐标、代码，经过编辑处理，便可以得到更新的地图，从而可以确保地图的可靠性和现势性。

2. 避免因图纸伸缩带来的各种误差

纸质地图上的地图信息随着时间的推移，会因图纸的变形而产生误差。数字地图以数字信息保存，不会因时间的推移而产生误差。

3. 便于传输和处理，并可供多用户同时使用

用磁盘保存的数字地图，存储了图中具有特定含义的数字、文字、符号等各类数据信息，可方便地传输、处理和供多用户共享。数字地图的管理既节省空间，又操作方便。计算机与显示器、打印机联机时，可以显示或打印各种需要的资料信息。可以从显示器

上观看不同视角、输出立体景观图；打印绘制各种比例尺地图等。

4. 方便成果的深加工利用

数字测图分层存放，可使地面信息无限存放（其优点是纸质图无法与之相比的），不受图面负载量的限制，便于成果的深加工利用，从而拓宽测绘工作的服务范围。比如 CASS 软件中共定义 26 个层（用户还可根据需要定义新层），房屋、电力线、铁路、植被、道路、水系、地貌等均存于不同的层次中，通过关闭层、打开层等操作来提取相关信息，便可方便地得到所需测区内的各类专题图、综合图，如路网图、电网图、管线图、地形图等。又如在数字地籍图的基础上可以综合相关内容，补充加工成不同用户所需要的城市规划用图、城市建设用图、房地产图及各种管理用图和工程用图等。

5. 便于建立地图数据库和地理信息系统

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、办公自动化及人们日常生活中都有广泛应用。然而要建立 GIS，花在数据采集上的时间、精力及费用占整个工作的 80%，且 GIS 要发挥辅助决策功能，需要现势性强的基础地理信息资料。数字测图能提供现势性强的基础地理信息，经过格式转换，其成果即可直接导入 GIS 数据库，对 GIS 数据库进行更新。

6. 便于成果使用

数字地图不仅可以自动提取点位坐标、两点间距离、方位，自动计算面积、土方，自动绘制纵横断面图，还可以方便地将其传输到 AutoCAD 等软件系统中，以便工程设计部门进行计算机辅助设计。

总之，数字地图从本质上打破了纸质地形图的种种局限，赋予地形图以新的生命力，提高了地形图的自身价值，扩大了地形图的应用范围，改变了地形图使用的方式。

二、认识数字测图

（一）数字测图的概念

电子技术、计算机技术、通信技术的迅猛发展，使人类进入了一个全新的时代——信息时代。数字技术作为信息时代的平台，是实现信息采集、存储、处理、传输和再现的关键。数字技术也对测绘科学产生了深刻的影响，改变了传统的地形测图方法，使测图领域发生了革命性的变化，从而产生了一种全新的地形测图技术——数字测图。利用全站仪、GNSS-RTK 接收机等测量仪器进行野外数据采集，或利用纸质图扫描数字化及

利用航测像片、遥感影像数字化进行室内数据采集，并把采集到的地形数据传输到计算机，由数字成图软件进行数据处理，形成数字地形图的过程，称为数字测图。

广义的数字测图包括全野外数字测图、地形图扫描数字化、航空摄影测量数字成图和遥感数字成图。狭义的数字测图指全野外数字测图，本书详细介绍全野外数字测图。

（二）数字测图工作特点

全野外数字测图虽然是在白纸测图的基础上发展起来的，但它不同于传统的白纸测图，下面分别介绍数字测图的外业和内业工作特点。

1. 外业工作的特点

数字测图使用自动化程度较高的全站仪等测绘仪器，内业使用数字成图软件，与传统手工测图相比，具有以下显著的特点。

（1）测图过程自动化程度高。

白纸法在外业就基本完成了地形图的绘制，外业工作内容较多、手工记录、手工计算、自动化程度低、劳动强度大。而数字化测图在外业主要完成数据采集，成图工作主要在内业完成，加上数字化测图采用先进的电子仪器自动记录、自动计算、自动存储，自动化程度高，劳动强度低，错误（读错、记错、展错）概率小的优点，且可得到精确、可靠、翔实的地形图。

（2）作业效率高。

白纸测图必须严格遵循“先控制后碎部”的原则。而数字测图则允许图根控制和碎部测量同时进行，即采用“一步测量法”，即使在未知点上设站也可以采用“自由设站法”设站，利用全站仪的计算功能进行测图工作。这样便于同时大面积展开测图工作，提高作业效率。

（3）测站覆盖范围大。

手工图解法测图由于受到测距精度和成图方法的限制，测站点的测量范围较小。而数字测图采用全站仪能同时自动地测定角度和边长，所以一般用“极坐标法”测定地形碎部点。由于全站仪具有很高的测距精度，因此在通视良好、定向边较长的情况下，可以放宽测站点到碎部点间的距离，扩大测站点的覆盖范围。

（4）作业时工作范围易于划分。

白纸测图是以图板为工具，以图幅为单元组织测量。这种规则地划分测图单元的方法往往给图边测图造成困难。数字测图的外业一般没有图幅的概念，而是以自然界线（河流、道路等）来划分作业组的工作范围。这样便可灵活地组织施测工作，更为重要的是可以减少地物接边问题带来的麻烦。

（5）对测点依赖性强。

白纸测图的外业工作可以较多地融入人的经验，如线状地物的转折和地形起伏方面，

可以利用人的观察和判断来减少碎部点个数。数字测图则不然,它完全依赖所观测的点数。因此,一般情况下,数字化测图比常规测图需要较多的观测点数和较好的点位分布。

(6) 对记录要求高。

数字测图所获得的有关地物、地貌的数字信息,无法显示图形信息及其相互关系,直观性较差;对于一些有关实体的属性(如地理名称、房屋结构与用途等)也无法在野外注记。因此,碎部点记录要准确记录测点点号、连线关系与地物属性信息。在复杂测区,通常采用野外绘制草图和地物属性注记的方法进行内业注记、图形及相对关系的检查。

(7) 测量精度高。

全野外数字测图一般采用全站仪、GNSS-RTK进行碎部点数据采集,相对于传统的经纬仪模拟测图而言,碎部点测量具有较高的精度。

2. 内业工作的特点

数字测图内业成图工作主要依靠计算机及专业成图软件,其内业工作与手工图解法测图方法相比具有显著的特点。

(1) 成图速度快。

白纸测图的内业工作主要是利用坐标展点器等工具,手工对外业绘制的白纸图进行清绘、整饰、拼接,相对数字化测图,内业处理速度较慢,劳动强度高。而数字测图在内业工作中充分利用现代技术手段,利用计算机和地形图成图软件对野外测量采集的数据与地形信息进行处理,提高了内业成图的速度,缩短了成图周期。

(2) 绘制图形规范。

白纸测图内业处理是手工绘制地形图的点、线、符号,进行文字注记,显然线条难以均匀,绘制的符号难以规范,文字注记即手写字体更难以规范化。而数字测图的内业处理使用的绘图软件,能够使绘制的地形图的点、线、符号、文字注记等规范美观,符合地形图的成图规范。

(3) 成图精度高。

手工图解法测图的内业处理,不仅难以做到点、线、符号和文字注记等地形图图面信息的规范化,而且会造成点位精度的损失,降低地形图的质量。而数字测图的内业处理依据外业测量的点位信息和属性信息进行图形编辑,外业采集到的碎部点坐标在展点过程中,不像传统的直角坐标展点器那样存在精度损失,所以成图精度较高。

(4) 分幅、接边方便。

手工图解法测图一般是先分幅,然后逐幅测量,图幅接边不方便,相对数字测图精度低。而数字测图内业工作首先是图形编辑,将编辑好的图形按测区合成一体,然后统一进行地形图的分幅,省去了图幅接边的麻烦。

(5) 易于修改和更新。

白纸测图方法的内业处理结果体现在图纸上,发现错误必须擦掉,重新绘制,修改

很不方便。而数字测图内业处理是将处理结果储存在磁盘上，图形编辑中出现的问题易于修改和更新。

(6) 对野外数据采集依赖性强。

手工图解法测图是在外业中完成地形图的绘制，绘图员可以边观察地形，边绘图、注记，内业只进行加工处理。而数字测图的内业处理是根据外业测量的地形信息进行图形编辑、地物属性注记的，如果外业采集的地形信息不全面，内业处理就比较困难。因此，数字测图内业完成后，一般要输出到图纸上，到野外检查、核对。

三、数字测图技术的发展与展望

(一) 数字测图的发展历程

传统的测图手段是利用测量仪器对地球表面局部区域的各种地物、地貌特征点的空间位置进行测定，并以一定的比例尺按图式符号将其绘制在图纸上，也称为白纸测图(图解法测图)。在测图过程中，图形的精度由于刺点、绘图及图纸伸缩变形等因素的影响会有比较大的降低，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，纸质地形图已难承载过多的图形信息，图纸更新也极为不便，难以适应信息时代经济建设的需要。

随着科学技术的进步和计算机的迅猛发展及其向各个领域的渗透，以及全站仪和 GNSS-RTK 等先进测量仪器和技术的广泛应用，数字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步取代了传统的手工图解法测图的方法。

数字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它是一次根本性的技术变革，这种变革主要体现在手工图解法测图的最终目的是地形图，图纸是地形信息的唯一载体；数字测图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。目前，利用数字地图可以生成各种专题电子地图；利用三维坐标系统，以数学描述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。更具深远意义的是，数字地形信息作为地理空间数据的基本信息之一，已成为地理信息系统的重要组成部分。当前大比例尺数字地图可分为正射影像图（Digital Orthophoto Map，DOM），数字地面模型（DEM）、数字线划图（Digital Line Graphic，DLG）和数字栅格图（Digital Raster Graphic，DRG）即“4D”产品，一般经过逻辑与几何拼接处理后可以直接入库。

数字化成图是由制图自动化开始的。20 世纪 50 年代美国国防制图局开始对制度自

动化进行研究，这一研究同时推动了制图自动化配套设备的研制和开发。20世纪70年代初，制图自动化已形成规模，美国、加拿大及欧洲各国在相关重要部门都建立在自动制图系统。当时的自动制图系统主要包括数字化仪、扫描仪、计算机及显示系统4个部分。其成图过程：将地形图数字化，再由绘图仪在透明塑料片上回放地形图，并与原始地形图叠置以修正错误。

在20世纪80年代，摄影测量经历了模拟法、解析法，发展为今天的数字摄影测量。数字摄影测量是通过摄影的手段，对地面进行扫描得到的数字化影像，由计算机进行处理，从而提供数字地形图或专用地形图、数字地面模型等各种数字化产品。

大比例尺地面数字测图是20世纪70年代电子测速仪（电磁波测距仪或光电测距仪）问世后发展起来的，80年代初全站型电子测速仪的迅猛发展加速了数字测图仪的研究和应用。我国从1983年开始开展数字测图的研究工作。目前，数字测图技术已经得到广泛的应用，其技术手段成熟，为国民经济的发展做出重要贡献。其发展过程大体上可分为两个阶段。

第一阶段主要利用全站仪采集数据，电子手簿记录，同时人工绘制标注测点点号的草图，到室内将测量数据直接由记录器传输到计算机，再由人工按草图编辑图形文件，并输入计算机自动成图，经人机交互编辑修改，最终生成数字地形图，由绘图仪绘制地形图。在数字发展的初级阶段，人们看到了数字测图自动成图的美好前景。

第二阶段仍采用野外测记模式，但成图软件有了实质性的进展。一是开发了智能化的外业数据采集软件；二是计算机成图软件能直接对接收的地形信息数据进行处理。目前，国内利用全站仪配合便携式计算机或掌上计算机，以及直接利用全站仪进行大比例尺地面测图的方法已得到了广泛应用。

20世纪90年代出现了GNSS区域差分技术，又称GNSS-RTK（Real Time Kinematic）实时动态定位技术，这种测量模式是位于基准站（已知的基准点）的GNSS接收机通过数据链将其观测值及基准站坐标信息一起发给流动站的GNSS接收机，流动站不仅接收来自参考站的数据，还直接接收GNSS卫星发射的观测数据，从而组成相位差分观测值进行实时处理，能够实时提供测点在指定坐标系的三维坐标成果，在20 km测程内可达到厘米级的测量精度。实时差分观测时间短，并能实时给出定位坐标。目前，GNSS-RTK数字测图系统已经在开阔地区成为地面数字测图的主要方法。

（二）数字测图的发展趋势

随着科学技术水平的不断提高和地理信息系统的不断发展，全野外数字测图技术将在以下方面得到较快发展。

1. 无线传输技术的应用使得以镜站为中心成为可能

无线数据传输技术应用于全野外数字测图作业中，将使作业效率和成图质量得到进一步提高。目前生产中采用的各种测图方法，所采集的碎部点数据要么存储在全站仪的内存中，要么通过数据传输电缆输入电子平板（笔记本电脑）或 PDA（Personal Digital Assistant，手持终端）电子手簿中。由于不能实现现场实时连线成图，所以必然影响作业效率和成图质量。即使采用电子平板作业，也由于在测站上难以全面看清所测碎部点之间的关系而降低工作效率和质量。

为了很好地解决上述问题，可以引入无线数据传输技术，即实现 PDA 与测站分离，确保测点连线的实时完成，并保证连线的正确无误，具体方法是在全站仪的数据端口安装无线数据发射装置，它能够将全站仪观测的数据实时地发射出去；开发一套适用于 PDA 手簿的数字测图系统并在 PDA 上安装无线数据接收装置。作业时，PDA 操作者与立镜者同行（熟练操作员或在简单地区立镜者可同时操作 PDA），每测完一个点，全站仪的发射装置自动将观测数据发射出去，并被 PDA 接收，测点的位置实时在 PDA 的屏幕上显示出来，操作者根据测点的关系完成现场连线成图，这样就不会因为辨不清测点之间的相互关系而产生连线错误，也不必绘制观测草图进行内业处理，从而实现效率和质量的双重提高。


2. 全站仪与 GNSS-RTK 技术相结合

全野外数字测图技术的另一发展趋势是 GNSS-RTK 技术与全站仪相结合的作业模式。GNSS 具有定位精度高、作业效率高、不需点间通视等突出优点。实时动态定位技术（RTK）更使测定一个点的时间缩短为几秒钟，而定位精度可达厘米级。作业效率与全站仪采集数据相比，可提高 1 倍以上。但是在建筑物密集地区，由于障碍物的遮挡，容易造成卫星失锁现象，使 RTK 作业模式失效，此时可采用全站仪作为补充。所谓 RTK 与全站仪联合作业模式，是指测图作业时，对于开阔地区以及便于 RTK 定位作业的地物（如道路、河流、地下管线检修井等）采用 RTK 技术进行数据采集，对于隐蔽地区及不便于 RTK 定位的地物（如电杆、楼房角点等），则利用 RTK 快速建立图根点，用全站仪进行碎部点的数据采集。这样既可免去常规图根导线测量，同时又有效地控制了误差的积累，提高了全站仪测定碎部点的精度。最后将两种仪器采集的数据整合，形成完整的地形图数据文件，在相应软件的支持下，完成地形图（地籍图、管线图等）的编辑整饰工作。该作业模式的最大特点是在保证作业精度的前提下，易于技术普及且对操作者技术要求不高，从而得到迅速推广使用。

3. GIS 前端数据采集



课后习题答案 1

【课堂测验】

请同学们扫描以下二维码，完成本项目课堂测验及答案。



课堂测验 1

