



高职高专土建类精品规划教材

● 工程测量 (测绘版) ●



主 编 王金玲 甄红锋 高永芹
副主编 杨晓平 江新清
主 审 龚玉珍



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高职高专土建类精品规划教材

工程测量 (测绘版)

主 编 王金玲 甄红锋 高永芹

副主编 杨晓平 江新清

主 审 龚玉珍



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为全国高职高专工程测量技术专业技能型系列规划教材，全书共分 14 章，内容包括绪论、工程建设中地形图的应用、施工控制网的建立、施工测量的基本工作、线路工程测量、曲线测设、河道测量、电力工程测量、工业与民用建筑施工测量、桥梁施工测量、地下工程施工测量、水工建筑物的施工测量、工程建筑物变形观测和 GPS 在工程测量中的应用等。

本书适合高职高专测绘类专业师生使用，亦可供从事测绘工作的工程技术人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程测量：测绘版/王金玲，甄红锋，高永芹主编。
北京：中国水利水电出版社，2008
高职高专土建类精品规划教材
ISBN 978-7-5084-6195-3

I. 工… II. ①王…②甄…③高… III. 工程测量—高等学校：技术学校—教材 IV. TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 212199 号

书 名	高职高专土建类精品规划教材 工程测量 (测绘版)
作 者	主 编 王金玲 甄红锋 高永芹 副主编 杨晓平 江新清 主 审 龚玉珍
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 16 印张 399 千字
版 次	2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	29.50 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

高职高专土建类精品规划教材

编 审 委 员 会

主 任 孙五继

副主任 罗同颖 史康立 刘永庆 张 健 赵文军 陈送财

编 委 (按姓氏笔画排序)

马建锋	王 安	王付全	王庆河	王启亮	王建伟
王培风	邓启述	包永刚	田万涛	刘华平	汤能见
佟 颖	吴伟民	吴韵侠	张 迪	张小林	张建华
张思梅	张春娟	张晓战	张漂清	李 柯	汪文萍
周海滨	林 辉	侯才水	侯根然	南水仙	胡 凯
赵 喆	赵炳峰	钟汉华	凌卫宁	徐凤永	徐启杨
常红星	黄文彬	黄伟军	董 平	董千里	满广生
蓝善勇	靳祥升	颜志敏			

秘书长 张 迪 韩月平

前 言

本书是由中国水利水电出版社组织，全国 20 余所院校测量教师参加研讨的全国高职高专工程测量技术专业技能型系列规划教材，是根据教育部《关于加强高职高专人才培养工作的意见》、《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神以及高职高专工程测量技术专业指导性教学计划及教学大纲组织编写的。

为使本书体现出技能型这一特色，充分展示技能性、实用性、通用性和先进性等特点，各院校的参编老师历时两年多的时间先后进行了多次的研讨和交流，主编老师深入工程实践单位进行调研，广泛征询测绘单位和施工单位专家的意见和建议，综合考虑各行业对工程测量技术人才培养的要求，商讨制定编写大纲，完善编写纲要，力求体系完整、结构合理、主线清晰、概念明确、文字简洁、篇幅适中。

本教材主要特点如下。

(1) 技能性。本书注重工程测量基本技能的叙述，概念简要明确，方法步骤叙述条理清晰、通俗易懂，注意讲解操作中的道理，避免操作的盲目性，强调操作的要点和技能。

(2) 通用性。本书综合考虑各行业对工程测量人才的需求，编写中注重工程测量基本原理、基本方法等共性的阐述，普遍适合于各行业工程测量的基本工作。

(3) 实用性。本书按照高职高专教育的培养目标，理论上以“必需、够用”为度，突出“实用性”，着重介绍与工程实践密切关联的作业方法和步骤，以使达到“零距离”上岗的目的。

(4) 先进性。本书是根据最新的《工程测量规范》(2008 年 5 月 1 日起执行)进行编写的。对传统的测绘仪器和方法进行了取舍、补充和改进，并介绍了新仪器、新方法和新技术。

参加本书编写的人员均是在本专业有多年教学经验的老师和工程实践单位从事工程测量工作的技术人员。本书由王金玲、甄红锋、高永芹担任主编，杨晓平、江新清担任副主编，参编人员分工如下：杨晓平编写第 3 章、第 10 章，江新清编写第 8 章，王稳江编写第 2 章，周无极编写第 5 章，彭绍才编写第 13 章，张艳华编写第 7 章，马晶编写第 12 章，甄红锋编写第 9 章、第 11 章，高永芹编写第 4 章、第 14 章，王金玲编写第 1 章、第 6 章并统稿。

本书由武汉大学龚玉珍教授主审，特此致谢！

尽管我们做了大量的工作，仍难免有疏忽和遗漏之处，恳请读者批评指正。如发现问题，有待改进或有宝贵建议，请发电子邮件至 wjlclpc@163.com，在此特表谢意。

编 者

2008 年 12 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 工程测量研究的对象和内容	1
1.2 工程测量的地位及其与邻近学科的关系	2
1.3 工程测量的发展趋势	3
本章小结	4
思考与练习	4
第 2 章 工程建设中地形图的应用	5
2.1 地形图在工程建设各阶段的作用	5
2.2 设计用地形图的特点	7
2.3 设计用地形图比例尺的选择	9
2.4 大比例尺数字测图的地形图精度	11
本章小结.....	14
思考与练习	15
第 3 章 施工控制网的建立	16
3.1 施工控制网的布设	16
3.2 施工坐标与测图坐标的转换	18
3.3 工程建筑物放样的程序和要求	19
3.4 施工控制网精度的确定方法	20
3.5 几种常用的施工控制网	23
本章小结.....	25
思考与练习	26
第 4 章 施工测量的基本工作	27
4.1 概述	27
4.2 测设的基本工作	28
4.3 极坐标法和直角坐标法放样点位	33
4.4 前方交会法放样	37
4.5 方向线交会法	40
4.6 距离交会法放样	41
4.7 直线放样方法	42
4.8 放样方法的选择	44

本章小结	44
思考与练习	45
第 5 章 线路工程测量	47
5.1 概述	47
5.2 新建公路的初测	48
5.3 定线测量	50
5.4 线路施工测量	63
5.5 管道施工测量	65
本章小结	68
思考与练习	68
第 6 章 曲线测设	69
6.1 概述	69
6.2 圆曲线的测设	70
6.3 综合曲线的测设	77
6.4 综合曲线详细测设	82
6.5 困难地段曲线的测设	88
6.6 复曲线与反向曲线的测设	90
6.7 竖曲线的测设	91
本章小结	94
思考与练习	94
第 7 章 河道测量	96
7.1 概述	96
7.2 测深线和测深点的布设方法	97
7.3 水下地形点平面位置的测定	98
7.4 水位观测	99
7.5 水深测量	101
7.6 水下地形图的绘制	103
7.7 河道纵、横断面图的测量	106
本章小结	108
思考与练习	108
第 8 章 电力工程测量	110
8.1 概述	110
8.2 选线定线测量	110
8.3 桩间距离及高差测量	113
8.4 平断面测量	113
8.5 杆塔定位测量	119
8.6 杆塔基坑放样	120
8.7 拉线放样	122

8.8 导线弧垂的放样与观测	125
本章小结	127
思考与练习	127
第9章 工业与民用建筑施工测量	129
9.1 概述	129
9.2 建筑场地施工控制测量	129
9.3 民用建筑施工测量	133
9.4 工业建筑物放样测量	140
9.5 高层建筑物放样测量	148
本章小结	152
思考与练习	152
第10章 桥梁施工测量	153
10.1 桥梁施工控制网	153
10.2 桥墩台基础施工放样	155
10.3 桥梁施工测量	160
10.4 桥梁施工中的检测与竣工测量	162
本章小结	162
思考与练习	162
第11章 地下工程施工测量	163
11.1 概述	163
11.2 地面控制测量	164
11.3 地下控制测量	166
11.4 竖井联系测量	168
11.5 隧道贯通误差	173
11.6 隧道施工测量	178
本章小结	183
思考与练习	183
第12章 水工建筑物的施工测量	184
12.1 概述	184
12.2 土坝的施工放样	185
12.3 混凝土坝体放样线的测设	190
12.4 水闸的放样	193
12.5 安装测量	196
本章小结	202
思考与练习	202
第13章 工程建筑物变形观测	203
13.1 概述	203

13.2	工作基点位移对变形值的影响	207
13.3	垂直位移观测	210
13.4	水平位移观测	217
13.5	裂缝观测	225
13.6	倾斜观测	227
13.7	观测资料的整编和分析	231
	本章小结	235
	思考与练习	235
第 14 章	新技术在工程测量中的应用	236
14.1	近景摄影测量在工程测量中的应用	236
14.2	GPS 测量在工程测量中的应用	239
14.3	GPS 测量的特点	245
	本章小结	247
	思考与练习	247
	参考文献	248

第1章 绪 论

教学目标

学习本章，要求学生熟练掌握工程测量的定义、研究对象及其特点、工程测量的分类；了解工程测量与其他学科的关系及工程测量的发展动态。进而使学生对工程测量这门应用学科有一个较为全面的了解，形成对本门课程初步理性认识。

1.1 工程测量研究的对象和内容

工程测量是研究地球空间中具体几何实体测量和抽象几何实体测设的理论、方法和技术的一门应用学科。一般将“工程测量”定义为：在工程建设勘察设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作。工程测量是一门应用学科，主要应用在工程与工业建设、城市建设与国土资源开发、水陆交通与环境工程的减灾救灾等事业中，进行地形和相关信息的采集与处理、施工放样、设备安装、变形监测与分析预报等方面的理论和技术，以及与之有关的信息管理与使用。

工程测量的内容，按照服务对象来讲，大致可分为工业与民用建筑工程测量，水利水电工程测量，铁路、公路、管线、电力线架设等线路工程测量，桥梁工程测量，矿山工程测量，地质勘探工程测量，隧道及地下工程测量等。为各项工程建设服务的测量工作，各有其特点与要求，但从其基本原理与基本方法来看，又有许多共同之处。因此，也可以不分工程的种类，而按照工程建设中测量工作进行的次序以及所用的测量理论与作业方法的性质，综合地讲述工程测量的内容。一般的工程建设，基本上可以分为三个阶段，即勘测设计阶段、建筑施工阶段和运营管理阶段。这三个阶段的测量工作可分为如下几项工作。

(1) 勘测设计阶段的测量工作。工程在勘测设计阶段需要各种比例尺的地形图、纵横断面图及一定点位的各种样本数据，这些都必须由测量工作来提供或到实地定点、定线。

(2) 施工阶段的测量工作。每项工程建设的设计，经过讨论、审查和批准之后，即进入施工阶段。这就需要将设计的工程建筑物，按照施工的要求在现场标定出来（即定线放样），作为实际施工的依据。此外，在施工过程中还需对工程进行各种监测，确保工程质量。

(3) 工程运营管理阶段的测量工作。工程竣工后，需测绘工程竣工图或进行工程最终定位测量，作为工程验收和移交的依据。在工程竣工后运营期间，为了监视其安全和稳定的情况，了解其设计是否合理，验证设计理论是否正确，还需定期地对其安全性和稳定性进行监测，为工程的安全运营提供保障。

可见，工程测量就是围绕着各项工程建设对测量的需要所进行的一系列有关测量理论、方法和仪器设备进行研究的一门学科，它在国民经济建设和国防建设中起到了极其重要的作用。



因为工程测量是直接为工程建设服务的,所以工程测量工作者还必须具有一定的有关工程建设方面的知识。例如,在为工程建设的规划设计进行勘测时,应该了解该项工程的作用、总体布置的特点以及它与周围环境的关系等。当为工程的施工进行定线放样时,必须了解工程的结构,掌握其各部分的关系,了解工程施工的步骤和方法与施工场地的位置情况,以便确定在现场应该放样的点和线,找出它们之间的关系,算出它们的平面与高程位置。因为设计图样是工程师的语言,一般的工程结构都是通过各种图纸来表示的,所以工程测量工作者必须善于识图和读图,才能正确执行定线放样任务。当进行变形观测时,为了合理地进行观测点和控制点的布置,确定观测的精度,选择观测的方法,以及合理地进行成果的整理与分析,都需要具有该项工程的构造及其使用情况的知识。所以,在工程建设的三个阶段进行测量工作时,都需要有关的工程知识,这样,才能使测量工作有针对性,避免盲目性,从而合理地解决工程建设中的测量问题。

1.2 工程测量的地位及其与邻近学科的关系

工程测量学科的发展,与现代科学技术的发展水平、与人类社会的生产活动等密切相关。随着学科的发展,工程测量已由原来的历史的土木工程测量向“广义工程测量”发展。即“不属于地球测量,不属于有关国家地图集的陆地测量和不属于公务测量的实际测量课题,都属于工程测量。”

工程测量在我国国民经济建设中发挥着巨大的作用。

在工业方面,各种工业厂房的建设,设备的安装、调试都要进行工程测量。

在交通运输方面,各种道路的修建,隧道的贯通,桥梁的架设,港口的建设等,如青藏铁路、康藏公路、兰新铁路、安康铁路、成昆铁路都是巨大而艰难的工程。工程测量是完成这些工程的重要保证。

在水利建设方面,各种水库、水坝及引水隧洞、水电站工程,例如三峡工程、长江葛洲坝工程、黄河小浪底工程及二滩电站都是大型的拦洪蓄水发电、灌溉的水利工程,这些工程不仅需要在清理地基、浇灌基础、竖立模板、开挖隧道、建设厂房和设备安装中进行工程测量,而且建成后还须进行长期的变形观测,监测大坝和河堤的安全。

国防工业和军事工程建设方面配合各种武器型号的试验,卫星、导弹和其他航天器的发射,都进行了大量的军事工程测量工作,为其提供了可靠的保障。

工程测量在国家建设中越来越体现出其重要性,在工程测量应用的同时也与其他学科产生了越来越紧密的联系。一方面它需要应用测量学、摄影测量与遥感、地图制图、地理学、环境科学、建筑学、力学、计算机科学、人工智能、自动化理论、计量技术、网络技术等新理论新理论解决工程测量中的难题,丰富其内容;另一方面,通过在工程测量中的应用,使这些新的科学更加富有生命力。例如GPS、GIS和RS应用于工程勘测、资源开发、城市和区域专用信息管理系统及工程管理信息数据库。CCD固态摄影机使“立体视觉系统”迅速发展,应用到三维工业测量系统中;机器人技术应用于施工测量自动化,传感器技术和激光技术、计算机技术促进了工程测量仪器的自动化。

由此可见,这些新技术新理论不断充实工程测量,成为工程测量不可缺少的内容,同时也促进了工程测量学科的发展和应用。



1.3 工程测量的发展趋势

随着传统测绘技术走向数字化, 工程测量的服务不断拓宽, 与其他学科的互相渗透和交叉不断加强, 新技术、新理论的引进和应用不断深入, 因此可以看到, 工程测量将会沿着测量数据采集和处理向一体化、实时化、数字化方向发展; 测量仪器向精密化、自动化、信息化、智能化发展; 工程测量产品向多样化、网络化和社会化方向发展。

1.3.1 大比例尺工程测图数字化

大比例尺地形图和工程图的测绘是工程测量的重要内容和任务之一。工程建设规模扩大、城市迅速扩展以及土地利用、地籍图应用都需要缩短成图周期和实现成图的数字化。国内大比例尺工程测图数字化在近几年内得到迅速发展, 测量仪器的软件不断得到创新和推出, 如南方测绘仪器公司、北京博飞测绘仪器公司、江苏光学仪器公司都推出了价廉物美的全站型速测仪和 GPS 全球定位系统。软件方面也趋于成熟, 如南方公司的 CASS 测图软件, 中翰测绘仪器公司的 CSC 测图软件, 清华山维推出的测图软件, 各测绘单位也自主开发了测图软件等, 使中国的数字化测图由不知到应用甚少发展到目前成为测图的主流方法, 为推动中国测绘走向数字化、信息化作出重要贡献。

1.3.2 工业测量系统的最新进展

20 世纪 80 年代以来, 现代工业生产进入了一个新阶段, 许多新的设计、工艺要求对生产的自动化流程、生产过程控制、产品质量检验与监测等工作进行快速、高精度的测点定位, 并给出工作时复杂形体的三维数学模型, 利用传统的光学、机械等工业测量方法都无法完成, 而利用电子经纬仪、全站仪、数码相机等作为传感器, 在计算机的控制下, 工业测量系统完成工作的非接触和实时三维坐标测量, 并在现场进行测量数据的处理、分析和管理的系统, 与传统的工业测量方法相比较, 工业测量系统在实时性、非接触性、机动性和与 CAD/CAM 连接等方面有突出的优点, 因此在工业界得到广泛的应用。

1.3.3 施工测量仪器和专用仪器向自动化智能化方向发展

施工测量的工作量大, 现场条件复杂, 施工测量仪器的自动化、智能化是施工测量仪器今后发展的方向。具体体现在以下几个方面。

(1) 精密角度测量仪器发展到用光电测角代替光学测角。光电测角能够实现数据的自动获取、改正、显示、存储和传输, 测角精度与光学仪器相当并且甚至超过光学仪器的测角精度, 如 T2000、T3000 电子经纬仪采用动态测量原理, 测角精度达到 $0.5''$ 。马达驱动的电子经纬仪和目标识别功能实现了目标的自动照准。

(2) 精密工程安装、放样仪器以全站型速测仪发展最为迅速。全站仪不仅能自动测角、测距、自动记录、计算、存储等, 还可以在完善的硬件条件下, 进行软件开发, 实现控制测量、施工测量、地形测量一体化及中文显示的人机对话功能。

(3) 精密距离测量仪器的精度与自动化程度愈来愈高。

(4) 高精度定向仪器, 如陀螺仪采用电子计时法, 定向精度从 $\pm 20''$ 提高到 $\pm 4''$ 。目前陀螺仪正向激光陀螺定向发展。

(5) 精密高程测量仪器, 采用数字水准仪实现了高程测量的自动化。例如, Leica NA3003 和 Topcon DL101 全自动数字式水准仪的条码水准标尺, 利用图像匹配原理实现自



动读取视线高和距离,测量精度达到每千米往返高差均值的标准差为 0.4mm,测量速度比常规水准快 30%。而德国 REAN002A 记录式精密补偿器水准仪和 TELAMAT 激光扫平仪实现了几何水准测量的自动安平、自动读数和记录、自动检核,为高程测量和放样提供了极大的方便。

(6) 工程测量专用仪器,主要指用于应变测量、准直测量和倾斜测量等需要的专用仪器。

(7) GPS 在工程测量中的应用,用 GPS 进行工程测量有许多优点:精度高,作业时间短,不受时间、气候条件和两点间通视的限制。可在统一坐标系中提供三维坐标信息等。在控制网的建立、地形测绘、高速公路、地下铁路、隧道贯通、大坝监测等诸多工程测量中有着极广的应用。

1.3.4 特种精密工程测量的发展

为满足大型精密工程施工的需要,往往要进行精密工程测量,大型精密工程不仅施工复杂,难度大,而且对测量精度要求高。这就需要将大地测量学和计量学结合起来,使用精密测量计量仪器,在超出计量的条件下,达到 10^{-6} 以上的相对精度。如研究基本粒子结构和性质的高能粒子加速器工程,要求安装两相邻电磁铁的相对精度不超过 $\pm(0.1\sim 0.2)$ mm,这就要求我们必须采用最优布网方案,研制专门的测量仪器,采用合理的测量方法和数据处理方法来实施该测量方案。

1.3.5 工程摄影测量和遥感技术的应用

由于摄影测量和遥感技术的非接触性、实时性使得其在工程施工、监测方面应用相当普遍,主要体现在以下几个方面。

- (1) 在建筑施工过程中,利用地面立体摄影方法检核构件的装配精度。
- (2) 以解析法地面立体摄影测量配合航空摄影测量进行滑坡监测与地表形变观测。
- (3) 应用精密地面立体摄影方法测定工程建筑物与构筑物的外形及其变形。
- (4) 应用摄影测量技术为造船、汽车、飞机制造企业进行各种特性测试。

本 章 小 结

本章首先介绍了工程测量的研究对象、定义及内容、工程测量工作的三个环节;简单叙述了工程测量在国民经济发展中的地位及其与邻近学科的关系;较为详尽地叙述了工程测量的发展趋势。

思 考 与 练 习

1. 工程测量的定义是什么?其工作分为哪几个阶段?
2. 举一个身边发生的与工程测量相关的例子,说明工程测量对工程建设的重要性。
3. 举例说明利用 GPS 进行工程测量的优点。
4. 举例说明工程测量学科的发展方向。

第2章 工程建设中地形图的应用

教学目标

通过本章的学习，使学生能够熟练掌握地形图在工程建设各阶段所起的作用、设计用地图的特点以及大比例尺数字测图的精度要求。进而使学生能够根据工程的具体需要合理地选择设计用地形图的比例尺，并能够进行大比例尺数字化测图的精度估算。

2.1 地形图在工程建设各阶段的作用

地形图是进行各项工程规划、设计的主要依据，地形图能够从总体上全面地反映地面上的地物、地貌情况。通过它可以了解某地区的地面起伏、坡度变化、建筑物的相互位置、交通状况、土地利用现状、河流分布等情况，各种工程建设在工程规划、设计阶段，都必须对拟建地区的情况作系统、全面的调查，其中的一项主要内容就是地形。运用所掌握的地形图基本知识和测绘技术，可从图上取得各项工程规划、设计所需要的各种要素。在地形图上可以确定点的直角坐标、确定两点间直线的长度、计算点的高程，计算地面两点间的坡度、按预定坡度选定公路和铁路的路线、确定汇水面积、计算库存容量、绘制某一特定方向的断面图、确定填挖方范围等。地形图的作用可概括为：地形图是进行工程规划、设计的重要依据之一；在不同的工程建设规划、设计中起着不同的作用；在工程建设规划、设计的不同阶段所起的作用也不同。地形图等测绘资料若要满足工程建设的需要，还应达到一定的精度要求和适宜的比例尺。

2.1.1 地形图在工矿业建设中的作用

工矿企业建设是国民经济发展的主要组成部分，没有比较完整准确的地形图作为修建、扩建企业的基本技术资料，就无法实现企业的正常运转。在改建、扩建和生产管理的过程中，设计、施工的建设者和工厂的生产管理者，都必须了解掌握厂区范围地面上全部现有建筑物、构筑物、地下和架空的各种管道线路的平面位置和设计元素，以及施工场地中地物与地形的关系等详细的工业场区现状图和有关数据资料，作为工业建设、设计以及生产管理的重要依据。

在工矿企业建设的设计阶段，地形图是进行工程规划、设计的主要依据，从地形图上可以图解平面坐标和高程，进行面积、土方、坡度和距离等计算，并结合实地地形提出几种可供选择的方案，再作方案比例、筛选，选出实施的最佳方案，从而保证工程施工的合理性、经济性，克服盲目性。

每项工程的设计经过论证、审查、批准之后，即进入施工阶段。施工测量人员首先将设计的工程建筑物和选用的特征点按施工的要求通过图纸在现场标出来，即所谓定线放样，作为施工的依据并指导施工。为此，要根据工地的地形、工程的性质及施工的组织与计划等，建立不同形式的施工控制网，作为定线放样的基础。然后，按施工的需要，采用各种不同的放样方法，将图纸上设计的内容转移到实地。



在整个建设工程完工以后，还要进行竣工测量。因为原设计意图不可能在施工中被毫无变动地体现出来。竣工测量就是使施工后的实际情况得以反映。竣工测量的主要成果是总平面图，各种分类图、断面图以及细部坐标高程明细表。竣工总平面图编制者签字后交给使用单位存档、备用。

总之，在工矿企业建设过程中，地形图等基础资料是否正确、适用，直接影响到工矿企业的设计与施工质量，关系到能否为国家节约财富，加速企业自身的建设速度，能否为工矿企业创造良好的经营管理条件和生产环境等。

2.1.2 地形图在道路桥梁工程建设中的作用

下面以铁路为例，说明地形图在道路建设规划中所起的作用。

对于铁路建设中的铁路勘测工作，在最初阶段，必须搜集有关设计线路所必须的技术资料，其中包括各种比例尺的地形图和各种勘测设计资料，作为方案研究的依据。方案研究工作是利用已掌握的资料，在1:50000或1:100000的地形图上选出几种可能的线路方案，经过全面的分析比较，提出对主要方案的初步意见。为了保证线路设计方案可行，需要对线路的局部重点地段作现场调查研究，掌握确切的第一手资料，以使方案决策建立在切合实际的基础上。

方案基本确定后，要进行初测，所谓初测是对方案研究中认为可行的几条线路或一条主要线路，结合现场的实际情况，进行选点、标出线路方向。然后根据实地上选定的点进行控制测量，测出各点的平面位置和高程，再以这些控制点为图根控制，测绘比例尺为1:5000~1:2000的带状地形图，或者叫初测地形图，以供编制初步设计使用。初步设计是由设计人员在初测带状地形图上，研究路线的方向、坡度、曲线半径以及工程的难易程度，在图上绘出所选定的线路（线路转弯处用适宜的半径曲线连接）。之后，即可编制主要线路方案的详细纵断面图及有关线路比较方案的简明纵断面图，最后进行工程费用概预算。

在道路施工之前，首先要熟悉设计图纸和施工现场的情况，在了解设计意图及测量精度要求的基础上，掌握道路中线位置和各种附属构造物位置的施测数据及相互关系。

目前，用航测方法进行线路勘测仍被广泛应用，并在不断完善之中。航测选线的准备工作包括：首先根据勘测地区的地形图、控制资料以及航测像片等，在室内利用1:50000的地形图进行方案研究，建立立体模型，再在立体模型上选线，研究方案，提出线路方案。然后，在地形图上确定测图和摄影范围。一般地，为了保证测图的质量，防止造成漏测现象，摄影范围要比测图范围略大一些。摄影范围确定以后，根据测区的地形、地貌，测图的比例尺和测图方法等选择适当的航测仪。在摄影范围和航摄比例尺选定以后，就可以进行设计工作和航摄工作了。

2.1.3 地形图在水利工程建设中的作用

我国水利资源丰富，河川纵横，湖泊星罗棋布，蕴藏着极为丰富的水利资源。除了内陆河川的水利资源外，蜿蜒数千里的海岸线也蕴藏着大量的潮汐资源。由于水资源在地区、年际和年内分配的不均匀性，造成枯水季节出现干旱，洪水季节又因水量过多而发生洪涝灾害。因此，修建水利工程十分重要。

对于一条河流或者一个水系工程而言，首先应该有一个综合开发利用的全面规划，对全流域提出规划报告，确定河流的梯级开发方案，拟定开发方式，合理选择枢纽位置分布。使其在发电、航运、防洪、灌溉等方面都能发挥最大效益。这时应具有1:50000或1:



100000 的整个流域范围内的地形图, 在进行梯级布置时, 不仅需要在地形图上确定合适的位置, 而且还应确定各水库的正常高水位; 不仅要考虑国民经济发展的因素, 还要考虑流域地形、地质、水文等一系列其他因素。

对于水利枢纽工程, 水库是重要组成部分。而水库建设的核心是大坝建设。为此, 可利用地形图并结合实地地形与地质条件进行选择比较, 选择坝址。为进行水库设计, 一般要利用 $1:50000 \sim 1:10000$ 的地形图。主要为了解决下列问题: 确定各级水库的淹没情况及库容; 计算有效库容; 设计库岸的防护工程等; 确定沿库岸落入临时淹没或永久淹没地区的城镇、工矿企业及重要耕地, 并拟定防护工程措施; 设计航道及码头的位置; 选定库底清理、居民迁移以及交通线路改建等的规划。当然, 在解决这些问题时对地形图的要求不完全一致。如计算库容需要整个库区范围内精度统一的地形图, 防护工程等则需要局部有较高精度的地形资料。在初步设计阶段, 除了库区的地形图以外, 在可能布设枢纽工程的地区, 还应有比例尺为 $1:25000 \sim 1:10000$ 的地形图, 以便正确选择坝轴线的位置。坝轴线选定以后, 在规划的枢纽布设地区, 通过比例尺 $1:2000$ 或 $1:5000$ 的地形图研究下面几类建筑物的布设方案: ①主要的永久性建筑物及灌溉渠道、船闸等; ②水利枢纽各种临时性的辅助建筑物——围堰、临时性土方工程用的取沙坑; ③长期及临时性的铁路专用线、公路及输电线; ④施工期间所需要的附属企业; ⑤长期或临时的工人住宅区等。

在各施工阶段, 要有 $1:1000$ 的地形图, 以便详细设计工程各部分的位置尺寸。对于港口码头的设计, 一般分为两个阶段: 在初步设计阶段, 需要比例尺为 $1:2000 \sim 1:1000$ 的陆上地形图与水下地形图, 以便布设仓库、码头及其他的附属建筑物, 并进行方案比较; 在施工阶段, 宜采用 $1:500$ 或 $1:1000$ 的地形图, 以便进一步精确确定建筑物的位置与尺寸。

对于其他工程, 如桥梁、山岭隧道、建筑工程等, 在初始规划阶段都必须以地形图为基础依据, 根据实地地形地貌选择合适的几种方案, 经比较选出其中最有价值的一种, 在施工阶段也要以地形图为基础, 进行放样定线工作。竣工以后同样要进行竣工测绘及质量分析。

2.1.4 地形图在工业与民用建筑工程设计中的作用

在工业与民用建筑的设计中, 测绘资料 (主要是各种大比例尺的地形图) 是必不可少的基础资料之一。在改建、扩建、城市规划等工作中, 都需要提供具有一定精度的解析坐标和高程。设计人员要在这种地形图上找位置、放样设施、测设高程, 它是设计定点、定位、定向、定坡以及计算工程量的主要依据。工程设计人员只有全面掌握了正确可靠的自然地理、资源以及经济条件等基础资料后, 才有可能根据工艺流程和投资限额正确合理地进行设计。

因此, 基础资料是否正确和适用, 将直接影响到工程的设计质量, 同时关系到能否为国家节约资源、加快建设速度, 能否为企业创造良好的经营管理条件和生产环境等。所以没有合适的地形图资料就不能作出合理设计。

2.2 设计用地形图的特点

为了能很好地配合设计做好测量工作, 工程测量工作者首先应该对自己所提供的资料的优良性能有充分了解。

2.2.1 地形图的特点

地形图是地图的一种, 《中国大百科全书》(测量学卷, 第 119 页) 定义地图为按照一定



数学法则，运用符号系统和地图制图综合原则，表示地面上各种自然现象和社会经济现象的图。绘制地形图的数学法则是按一定比例进行正形投影。由此决定了地形图的一个突出优点——可量性、可定向性。地形图与其他工程图纸不同，其他工程图纸上图形本身没有可量性或只有粗略的可量性，其精确的尺寸是靠注记来确定的，地形图却是严格按比例绘制地形地物的形象。设计人员可以在地形图上对地形地物作定量分析。例如可以确定图上某点的平面坐标及其高程，可以测算面积、体积，可以利用地形图了解某地的坡度、坡向，可以利用地形图绘制某方向的断面图等。

地形图的另一个特点是综合性和易读性。地形图上表现的内容很丰富，如居民地、交通网、境界线等各种社会经济要素以及水系、地貌、土壤和植被等自然地理要素，还有控制点、坐标网格、比例尺等数学要素，此外还有注记等。但是实际上这些社会经济要素、自然地理要素极其丰富，它们绝不可能全部、详尽地表示在缩小千百倍的图纸上。加上实物是三维的，而图纸是二维的，因此必须采用某种综合归纳的手法才可制作不仅科学性强，同时又美观实用的地形图。所谓综合手段就是从大量制图对象中选择出较大较重要的地物和现象，舍去次要或非本质的地物和现象的一种方法。有些地物虽然小，如通信线、电力线等，但因其重要，仍要把它们突出地表明在图上，对于大多数地物往往要去掉其轮廓细部而代之以总的形体特征，另外把类似的地物或现象归纳在一起以减小分类数目，并设计了一系列地形符号用来生动地、科学地反映制图对象的特征，用等高线、地貌符号及高程注记等综合方法表示地面起伏状况。在小比例尺图中还利用色彩来丰富地形图的表现手段，增加它的易读性。综合的结果使地形图提供的信息不仅内容丰富，而且重点突出，清晰易读。这一特点是它赢得广大用户的重要原因。

2.2.2 中小比例尺地形图的特点

工程测量工作者习惯于把 $1:2000 \sim 1:500$ 地形图称为大比例尺地形图，而称 $1:50000 \sim 1:10000$ 为中小比例尺地形图。

当我们说地形图是客观地反映了实际地形地物时，这个“客观性”是在某个取舍标准下的客观，而不是绝对的客观。而取舍标准首先取决于图的用途。国家规定，中小比例尺地形图是多用途的地形图。它首先可用于军事活动，在中、小比例尺图中反映较多与军事活动有关的地形和地物。例如，在这些地形图中房屋按耐火性能划分等级，并用醒目的符号突出那些特别坚固的耐火建筑物。桥梁荷重、道路等级、沼泽地的通行性、涉水处河床的底质、陡坎的比高等内容，对部队（包括坦克等机械化部队）行军有重要意义，因此都要在图上标明。独立、明显的地物对行军定向定位有重要意义。中小比例尺地形图占地面积大，例如一幅 $1:50000$ 比例尺地形图反映实地 400 多 km^2 面积上的地形地物。测绘它要花费相当可观的人力、财力和物力，经历相当长时间，如果考虑印刷，又要付出很大花费。一测多用就可减少重复浪费，因此制定取舍标准时要使地形图能有相当大的综合性，从而使这些图能在地质、水利、农业、交通等众多国民经济部门及很多管理和科研部门中获得广泛的应用。所以国家测绘局把“一测多用”定为测绘管理的原则。为了实现一测多用，就一定要对测绘成果制定统一的规格：统一的精度、统一的内容、统一的坐标系、统一的分幅方法、统一的图式，甚至统一的整饰规格等。

2.2.3 大比例尺地形图的特点

大比例尺地形图主要用于经济建设。《工程测量规范》规定：“ $1:5000$ 比例尺地形图，