



中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

工程测量

测量工程技术专业

主 编 郭启荣

中国建筑工业出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

工 程 测 量

(测量工程技术专业)

主 编 郭启荣
责任主审 田青文
审 稿 田青文 杨志强

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程测量/郭启荣主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2003

中等职业教育国家规划教材: 测量工程技术专业
ISBN 7-112-05425-7

I. 工... II. 郭... III. 工程测量—专业学校—教材 IV. TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 044818 号

本书是国家教育部职教司组织编写的中等职业学校测绘类相关专业系列教材之一, 是国家教育部规划教材。国土资源部相关部门的有关同志参加了本专业教学计划、教学大纲及教材编写的审定工作。

全书共六章, 主要内容包括工程测量的基本概念和基本知识、施工放样的基本方法和原理、工程测量的内容和方法及变形测量等。

本教材编写力求做到既能体现中等职业教育的特色、又能较好地反映当前工程测量领域新技术发展与应用。本书除可作为中等职业学校工程测量技术专业和测绘类相关专业的教材外, 也可供从事工程测量的技术人员参考。

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

工 程 测 量

(测量工程技术专业)

主 编 郭启荣

责任主审 田青文

审 稿 田青文 杨志强

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 10 字数: 240 千字

2003 年 6 月第一版 2003 年 6 月第一次印刷

印数: 1—2000 册 定价: 12.00 元

ISBN 7-112-05425-7

TU·4749 (11039)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2002 年 10 月

前 言

《工程测量》是工程测量技术专业必修的专业主课程，本教材是根据国家教育部审定的中等职业学校工程测量技术专业《工程测量教学大纲》编写的。

本教材编写力求做到既能体现中等职业教育的特色、又能较好地反映当前工程测量领域新技术发展与应用。教材内容由浅入深，衔接紧凑，简明扼要，通俗易懂。在编写过程中，全部采用最新颁布的工程测量国家标准，以及其他有关国家标准和部颁标准，具有很强的现实性。

本课程是工程测量技术专业在学习了《地形测绘》、《控制测量》、《航空摄影测量》等课程后开设的，所以书中有关这些课程的内容不再叙述，而是强调如何应用所学过的这些内容去解决实际问题。

本教材共六章。由云南省旅游学校（原昆明地质学校）郭启荣主编、吴云恩副主编，编写分工为：绪论、第二、六章由郭启荣编写；第一、三章由吴云恩编写；第四章由刘永兴编写；第五章由郭启荣和江西应用技术职业学院肖争鸣编写；吴云恩负责全书的初校；全书由郭启荣负责统一校定。并受教育部委托由长安大学地质工程与测绘工程学院田青文和杨志强教授审稿，由田青文教授主审。

在本教材的编写过程中，东南大学庄宝杰、戚浩平两位老师给予了热情的帮助，提出了很多宝贵意见和建议，得到了云南省旅游学校各级领导的大力支持，并参阅了有关院校、单位和个人的文献资料，还得到了广州开思有限公司黄伟明的软件支持。云南公路桥梁工程总公司的夏传有提供了相关数据。付秋林参加了教材录入及编排工作，在此，谨向他们表示衷心的感谢。

由于我们的水平所限，教材中难免会有许多缺点，敬请读者批评指正。

编 者

2002 年 4 月

目 录

绪论	1
第一章 工程测量的基本概念和基本知识	4
第一节 工程测量中地形图的作用与测绘	4
一、地形图在工程规划设计阶段的作用	4
二、工程设计用地形图的比例尺选择与精度分析	5
三、工厂区地形图测绘	6
四、水下地形测绘	7
第二节 施工控制测量	10
一、施工控制网的布设	10
二、平面施工控制网精度确定的方法	11
三、几种常用的施工控制网	11
四、GPS 控制网简介	15
第三节 误差椭圆及其在工程测量中的应用	16
一、任意方向点位中误差公式	16
二、位差的极值和极值方向	17
三、误差曲线与误差椭圆	17
四、利用误差椭圆求位差的方法（图解法）	18
五、相对误差椭圆	18
六、误差椭圆在工程测量中的应用	19
习题	21
第二章 施工放样	23
第一节 概述	23
一、施工放样的概念	23
二、施工放样的工作程序	23
三、施工放样的精度及方法	23
第二节 距离放样	24
一、直接法距离放样	24
二、归化法距离放样	26
第三节 直线放样	26
一、直接法直线放样	26
二、归化法直线放样	27
第四节 角度放样	28
一、直接法角度放样	28

二、归化法角度放样	29
第五节 点位放样	29
一、直接法点位放样	29
二、归化法放样点位	32
第六节 高程放样	34
一、水准测量法高程放样	34
二、水准测量法大高差放样	35
三、全站仪高程放样法	35
第七节 放样已知坡度的直线	36
一、水平视线法	36
二、倾斜视线法	37
第八节 铅垂线放样	38
一、悬吊垂锤法	38
二、经纬仪投测法	38
三、光学垂准仪法	38
四、激光铅垂仪法	38
第九节 放样点位的精度分析	39
一、极坐标放样点位精度分析	39
二、直角坐标法放样点位精度分析	40
三、前方交会放样点位精度分析	41
第十节 放样方法的选择	42
一、放样方法的选择应顾及的因素	42
二、各种放样方法的特点及选择	42
习题	44
第三章 建筑工程测量	46
第一节 建筑区控制测量	46
一、平面控制	46
二、高程控制	50
第二节 建筑物控制测量	51
一、建筑物控制网形式	51
二、矩形控制网测设	51
三、建筑物控制网技术要求	52
第三节 建筑物施工放样	53
一、基础施工测量	53
二、高层建筑施工测量的特点及基本要求	55
三、高层建筑施工中的竖向测量方法	56
第四节 建筑场地平整测量	58
一、方格法	58
二、等高线法	60

三、断面法	61
四、DTM 在场地平整测量中的应用	61
习题	61
第四章 地下工程测量	63
第一节 概述	63
一、地下工程测量的概念	63
二、坑道测量的内容和任务	63
三、地下工程测量的特点	64
第二节 坑道定线	65
一、地面控制测量和近井点的设置	65
二、坑口位置点的测量	67
三、定中线	67
四、定腰线	68
第三节 坑道内的导线测量	70
一、地下导线的布设方法	70
二、布设地下导线应注意的几点	71
第四节 竖井联系测量	72
一、竖井高程传递	72
二、竖井平面联系测量	72
第五节 贯通测量及其误差预计	77
一、贯通测量的概念	77
二、贯通测量的工作步骤	77
三、贯通测量几何要素的计算	77
四、贯通误差及其容许值	78
五、贯通测量误差预计	78
第六节 陀螺经纬仪定向	82
一、陀螺经纬仪的基本结构及其使用方法	82
二、陀螺灵敏部悬带零位测定与校正	83
三、陀螺经纬仪定向原理及其定向方法	85
四、陀螺经纬仪定向观测与计算实例	87
习题	89
第五章 线路测量	90
第一节 概述	90
一、线路测量的主要内容	90
二、线路测量的基本过程	91
三、线路测量与线路设计的关系	91
第二节 线路平面线形及曲线要素	92
一、圆曲线及其元素	92
二、缓和曲线及其元素	94

第三节	直线段任意点的直角坐标数学模型	98
一、	局部直角坐标系下直线段任意点的直角坐标数学模型	98
二、	在平面控制网坐标系下直线段任意点的直角坐标数学模型	99
第四节	缓和曲线段任意点的直角坐标数学模型	102
一、	局部直角坐标系下缓和曲线段任意点直角坐标数学模型	102
二、	在平面控制网坐标系下缓和曲线任意点的直角坐标数学模型	102
第五节	圆曲线段任意点的直角坐标数学模型	104
一、	局部直角坐标系下圆曲线段任意点直角坐标数学模型	104
二、	在平面控制网坐标系下圆曲线段任意点的直角坐标数学模型	105
第六节	匝道上回旋线段任意点直角坐标数学模型	108
第七节	线路的初测	110
一、	平面控制测量	110
二、	高程控制测量	112
三、	地形测量	113
第八节	线路的定测	113
一、	路线放线	113
二、	中线测量	114
三、	纵断面测量	115
四、	横断面测量	117
第九节	施工测量	122
一、	复测	122
二、	恢复中线	122
三、	设置施工控制桩	122
四、	路基放样	123
五、	路面边桩放样	124
六、	竖曲线测设	125
	习题	128
第六章	工程建筑变形测量	129
第一节	概述	129
第二节	沉陷观测	131
一、	水准基点和沉陷观测点的标志及埋设	132
二、	沉陷观测方法	134
第三节	水平位移观测	135
一、	基准线法测定水平位移	136
二、	前方交会法测定水平位移	137
三、	GPS测定水平位移	138
第四节	建筑物的倾斜、挠度及裂缝观测	139
一、	倾斜观测	139
二、	挠度观测	142

三、裂缝观测	142
第五节 变形观测数据的整理和分析	143
一、变形测量中几种常用的线图	144
二、一元线性回归分析	145
习题	147
主要参考文献	148

绪 论

在工程建设和资源开发中的设计、施工和管理各阶段中进行测量工作的理论、方法和技术,称为“工程测量”。工程测量是测绘科学与技术国民经济和国防建设中的直接应用,是综合性的应用测绘科学与技术。

工程测量是直接为工程建设服务的,它的服务和应用范围包括城建、地质、铁路、交通、房地产管理、水利电力、能源、航天和国防等各种工程建设部门。按工程测量所服务的工程种类,也可分为建筑工程测量、线路测量、桥梁与隧道测量、矿山测量、城市测量和水利工程测量等。此外,还将用于大型设备的高精度定位和变形观测称为精密工程测量;将摄影测量技术应用于工程建设称为工程摄影测量;而将以电子全站仪或地面摄影仪为传感器在电子计算机支持下的测量系统称为三维工业测量。

以上为各种不同工程服务的测量工作,虽然各有其特点与要求,但是从基本工作方法和基本原理来说,又有很多相似之处。按工程建设的进行程序,工程测量又可分为规划设计阶段的测量、施工兴建阶段的测量和竣工后的运营管理阶段的测量三个阶段。

①规划设计阶段的测量主要是提供地形资料。取得地形资料的方法是,在所建立的控制测量的基础上进行地面测图或航空摄影测量。

②施工兴建阶段的测量的主要任务是,按照设计要求在实地准确地标定建筑物各部分的平面位置和高程,作为施工与安装的依据。一般也要求先建立施工控制网,然后根据工程的要求进行各种测量工作。

③竣工后的运营管理阶段的测量,包括竣工测量以及为监视工程安全状况的变形观测与维修养护等测量工作。工程建筑物及与工程有关的变形的监测、分析及预报是工程测量学的重要研究内容。其中的变形分析和预报涉及变形观测数据处理。但变形分析和预报的范畴更广,属于多学科的交叉。

由上可见,工程测量学与其他测量学科的关系非常密切。例如,“地形测量学”和“控制测量学”其主要任务就是为工程建设的规划设计提供各种比例尺的地形图。而在施工放样和变形测量的研究中,有很多方面也是建立在地形测量学和控制测量学的基础上的。此外,用摄影测量方法测绘各种比例尺的地形图,现已广泛地应用于工程建设的规划设计中。目前用航空摄影测量方法除了制作常规的线划地形图以外,还制作影像地图供设计应用。用近景摄影测量的方法,还可以观测水流的形态及工程建筑物的变形,特别是用于滑坡监测,优点更为突出。航空摄影测量可以用来进行森林、土壤、地质等的判读,从而解决工程建设与资源勘察中的问题。用全球定位系统(GPS)进行工程测量时,还涉及空间大地测量和重力测量等学科。在大型精密工程测量中,要顾及重力场的变化,也要涉及重力测量学的知识。当然,工程测量也并非是简单地重复上述学科的内容,而是要根据不同工程的具体情况,着重研究相应测量工作的特点和方法。无论是工程进程各阶段的测量工作,还是不同工程的测量工作,都需要根据误差分析和测量平差理论选择适当的测量

手段,并对测量成果进行处理和分析,也就是说,测量数据处理也是工程测量的重要内容。

工程测量的主要任务是为各种工程建设提供测绘保障,为了满足工程所提出的要求。要求工程测量人员应具有一定的有关工程建设方面的知识。例如应该具备读图、识图和校核图纸的能力等。工程测量学在一定意义上讲是测量学与工程施工相结合的学科。测量工程人员只有把测量的理论和工程建设的实际结合起来,才能根据不同情况定出合理的测量方案,采取有效的测量方法完成各项测量工作,以确保工程建设项目能顺利进行。

近年来,由于微电子技术、光电技术、航天技术和计算机技术等迅速发展,极大地推动了工程测量学的飞跃和革新,比较显著的有以下几个方面:

①工程测量通用仪器迅速发展,如常规的光学经纬仪、光学水准仪和电磁波测距仪将逐渐被电子全站仪、电子水准仪所替代。电脑型全站仪配合丰富的软件,向全能型和智能化方向发展。带电动马达驱动和程序控制的全站仪结合激光、通讯及 CCD 技术,可实现测量的全自动化,被称作测量机器人。测量机器人可自动寻找并精确照准目标,在 1 秒内完成一目标点的观测,像机器人一样对成百上千个目标作持续和重复观测,可广泛用于变形监测和施工测量。GPS 接收机已逐渐成为一种通用的定位仪器在工程测量中得到广泛应用。将 GPS 接收机与电子全站仪或测量机器人连接在一起,称超全站仪或超测量机器人。它将 GPS 的实时动态定位技术与全站仪灵活的三维极坐标测量技术完美结合,可实现无控制网的各种工程测量。

②工程测量专用仪器是工程测量学仪器发展最活跃的,主要应用在精密工程测量领域。其中,包括机械式、光电式及光机电(子)结合式的仪器或测量系统。主要特点是:高精度、自动化、遥测和持续观测。如高程测量方面,最显著的发展应数液体静力水准测量系统。这种系统通过各种类型的传感器测量容器的液面高度,可同时获取数十乃至数百个监测点的高程,具有高精度、遥测、自动化、可移动和持续测量等特点。两容器间的距离可达数十千米,如用于跨河与跨海峡的水准测量;通过一种压力传感器,允许两容器之间的高差从过去的数厘米达到数米;再如各种机械式测斜(倾)仪、电子测倾仪都向着数字显示、自动记录和灵活移动等方向发展,其精度达微米级。

③电子计算机技术的应用。目前,电子计算机已成为测量工作的最优化设计、测量数据处理、数字化成图以及建立各种工程数据库与信息系统的最有效和必不可少的工具。例如,随着测量数据采集和数据处理的逐步自动化和数字化,为更好地使用好和管理好长期积累或收集的大量测绘信息,更好地为工程建设和经济建设服务,利用数据库技术及 GIS 技术建立数据库及信息系统是最有效的方法。如城市或工程控制网数据库、管线数据库、大坝变形观测数据库、城市基础地理信息系统等。

④激光技术的应用。如 LDM2 双频激光测距仪,中长距离测量精度可达亚毫米级;可喜的是,许多短距离、微距离测量都实现了测量数据采集的自动化;采用多谱勒效应的双频激光干涉仪,能在数十米范围内达到 $0.01\mu\text{m}$ 的计量精度,成为重要的长度检校和精密测量设备;再如可以利用激光经纬仪、激光平面仪进行放样;激光水准仪的应用使几何水准测量向自动化、数字化方向迈进;激光准直仪已成功地用于工业设备的安装与变形观测;可以利用激光导向仪在隧道中进行定线;激光铅直仪可以用于高大建筑物施工及矿山测量的竖井定向中。总之,这些激光仪器的使用,不仅节约了时间,提高了工效,保证了

定线放样的精度，而且为施工测量自动化创造了条件。

工程技术的发展不断对测量工作提出新的要求，同时，现代科学技术和测绘新技术的发展，给直接为经济建设服务的工程测量带来了严峻的挑战和极好的机遇。工程测量未来发展方向主要表现在以下几个方面：

①测量机器人将作为多传感器集成系统在人工智能方面得到进一步发展，其应用范围将进一步扩大，影像、图形和数据处理方面的能力进一步增强；

②在变形观测数据处理和大型工程建设中，将发展基于知识的信息系统，并进一步与大地测量、地球物理、工程与水文地质以及土木建筑等学科相结合，解决工程建设中以及运行期间的安全监测、灾害防治和环境保护的各种问题；

③工程测量将从土木工程测量、三维工业测量扩展到人体科学测量，如人体各器官或部位的显微测量和显微图像处理；

④多传感器的混合测量系统将得到迅速发展和广泛应用，如 GPS 接收机与电子全站仪或测量机器人集成，可在大区域乃至国家范围内进行无控制网的各种测量工作；

⑤全球定位系统 (GPS)、地理信息系统 (GIS)、遥感 (RS) 以及数字化测绘和地面测量先进技术的发展，使工程测量的手段和方法产生了深刻的变化，这些技术将紧密结合工程项目，在勘测、设计、施工管理一体化方面发挥重大作用；

⑥大型和复杂结构建筑、设备的三维测量、几何重构以及质量控制将是工程测量学发展的一个特点；

⑦数据处理中数学物理模型的建立、分析和辨识将成为工程测量学专业教育的重要内容；

⑧随着 GPS 载波差分技术 (RTK 技术) 的应用，在未来工程放样中，RTKGPS 放样方法将取代传统的放样方法。

综上所述，工程测量学的发展，主要表现在从一维、二维到三维、四维，从点信息到面信息获取，从静态到动态，从后处理到实时处理，从人眼观测操作到机器人自动寻标观测，从大型特种工程到人体测量工程，从高空到地面、地下以及水下，从人工量测到无接触遥测，从周期观测到持续测量。测量精度从毫米级到微米乃至纳米级。特别是工程测量的服务领域在进一步扩展，而且正朝着测量数据采集和处理的自动化、实时化和数字化方向发展。工程测量学的上述发展将直接对改善人们的生活环境，提高人们的生活质量起重要作用。

本教材的第一章是工程测量的基本概念和基本知识，介绍了地形图在工程测量中的作用、施工控制网和误差椭圆及其在工程测量中的应用。第二章是施工放样，讲述了施工放样方法及精度分析。这两章是学习后面章节的基础。第三、第四和第五章分别详细介绍了建筑工程测量、地下工程测量和线路测量的内容和方法。第六章是工程建筑的变形测量，介绍了工程建筑的变形测量的基本内容和几种常用的方法，对于变形观测数据的整理和分析作了简要的介绍。通过本课程的学习，应了解主要工程项目中有关测量工作的基本内容和一般过程，掌握工程测量的基本理论和方法，能够独立从事建筑工程测量、地下工程测量和线路测量等常规工程测量项目，并能在一定的指导下从事其他工程测量项目。

第一章 工程测量的基本概念和基本知识

第一节 工程测量中地形图的作用与测绘

地形图是按一定程序和方法,用符号、注记及等高线表示地物、地貌及其他地理要素平面位置和高程的正射投影图,由此决定了地形图的重要专业特性——对其所反映的地面上各种自然现象和社会经济现象,具有明确的定位、定量信息和定性描述。另外,按一定的法则还可衍生出其他在工程建设中有价值的信息,为工程建设服务。

一、地形图在工程规划设计阶段的作用

工程建设一般分成规划设计、施工、运营管理三个阶段。在规划设计时,必须要有地形、地质及经济调查等基础资料,其中地形资料主要是地形图。

在开发与利用水资源时,必须兴建水工建筑物。在进行全面规划时,应该有全流域的比例尺为 1:50000、1:100000 的地形图及水面与河底的纵断面图,以便研究河谷地形、地貌的特点,探讨各个梯级水利枢纽水头的高低、发电量的大小、回水的分布情况以及流域与水库的面积等。

为了进行水库设计,要采用 1:10000 至 1:50000 的地形图,以解决下述的一些重要问题:确定回水的淹没范围、量测淹没面积、计算总库容与有效库容、设计库岸的防护工程、确定沿库岸落入临时淹没或永久浸没地区的城镇、工厂企业以及重要耕地,并拟定相应的工程防护措施、设计航道及码头的位置、制定库底清理、居民迁移以及交通线改建等规划。

在初步设计阶段,还应有 1:10000 或 1:25000 的地形图,以便正确地选择坝轴线的位置。坝轴线选定以后,要利用 1:2000 或 1:5000 比例尺地形图来研究与水利枢纽相配套的永久性建筑物、临时性辅助建筑物及永久性和临时性的交通运输线路。在施工设计阶段,需要 1:500 或 1:1000 比例尺地形图,以便详细地设计该工程各部分的位置与尺寸。

在公路、铁路建设中,大的桥梁与隧道一般是线路上造价很高的关键性工程,对于大型桥梁而言,应首先在 1:25000 或 1:50000 比例尺地形图上研究,再到实地进行踏勘,了解地形、地质及水文情况,提出选址的几个可能的比较方案。之后,还需要比例尺为 1:1000 或 1:10000 的桥渡总平面图及 1:500 ~ 1:5000 的桥址地形图。前者用以选择桥位和桥头引线,确定导流建筑物的位置以及施工场地的布置,后者用以设计主体工程及其附属工程,并估算工程量与费用。

对于城市中的地下铁道网,首先用比例尺为 1:2000 或 1:5000 的城市地形图,以选定线路的布置。为了设计车站、进出口大厅、竖井及用明挖法施工的地区,需要该地区的 1:500 比例尺地形图。为了施工设计,要沿着设计的线路施测 1:500 比例尺带状地形图。

总之,地形图是工程建设规划设计阶段必不可少的重要基础资料,没有确实可靠的地形资料,是无法进行设计的。在有关的设计规范中就明确规定:“没有确实可靠的设计基

础资料，不能进行设计。”

二、工程设计用地形图的比例尺选择与精度分析

(一) 测图比例尺的选用

地形图比例尺的选择，反映用图方面对地形图精度和内容的要求，并关系到经济合理的问题。城市工程测图比例尺的选择与工程性质、测区大小、建筑密度和不同设计阶段的用途有关，工程规划设计、线路工程方案比较、大型厂址的选定、计算水库容积及汇水面积等，可选用 1:5000 或 1:10000 比例尺；工程初步设计或工程施工图设计、厂区新建与郊区普通工程设计用图等，可选用 1:1000 或 1:2000 比例尺；工程施工图设计、城区工程设计、厂区扩建与厂矿区竣工总平面图，以及独立建筑物设计等，可选用 1:500 比例尺；小型桥、涵、闸、坝、厂、站、所、场址与洞口、路口工程设计，以及独立建筑物的改建工程等，可选用 1:200 或 1:100 比例尺。

(二) 对高程精度的要求

地形图对高程精度的要求，很大程度体现在等高距的选择问题上。在实际工作中，可根据测图比例尺和测区地形类别选用相应的等高距，具体应用时，可按表 1-1 进行选用。

地形图的基本等高距 (m)

表 1-1

地形类型	比例尺			
	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
平坦地	0.5	0.5	1	2
丘陵地	0.5	1	2	5
山地	1	1	2	5
高山地	1	2	2	5

在工程设计中，土方预算、坡度确定、基础设计等与高程数据的关系较为密切，等高线插求点对邻近图根点的高程中误差应符合表 1-2 的规定。

等高线插求点的高程中误差

表 1-2

地形类别	平坦地	丘陵地	山地	高山地
高程中误差 (m)	$\frac{1}{3} H_d$	$\frac{1}{2} H_d$	$\frac{2}{3} H_d$	$1 H_d$

注： H_d 为基本等高距。

工矿区细部点的高程中误差应符合表 1-3 的规定。

(三) 对平面位置的精度要求

细部点位置和高程的中误差 (cm)

表 1-3

城市基本地形图是为城市规划设计、施工以及城市建设科学管理服务的，因此对于地形图精度的要求，首先要满足用户的需要，做到技术先进，同时也要考虑到城市测绘单位当前的实际情况和可能达到的技术水平，以获得较大的经济效益。《城市测量规范》CJJ8—99 规定，地物点平面精度以地物点相对于邻近图根点(或航测野外像控点)的点位中误差不得超过图上 0.5mm，邻近地物点间距中误差不得超过图上 0.4mm，山地(不包括山城建

地物类别	平面位置	高程
主要建筑物、构筑物	5	2
一般建筑物、构筑物	7	3

筑区)高山地与设站施测困难的旧街坊内部，其精度要求按上述规定放宽 0.5 倍。

在《工程测量规范》GB50026—93 中规定, 根据设计或工程维护管理方面应用原图时, 能给予足够高的精度, 以及符合新建建筑与邻近已有建筑的相关位置误差, 宜小于 10~20cm 的要求, 故工业建筑区主要建筑物、构筑物细部点相对于邻近图根点的点位中误差不应超过 $\pm 5\text{cm}$, 而工业建筑区一般建筑物、构筑物 (铁路、给水排水管道、架空线路等) 的细部点, 其位置中误差规定为 $\pm 7\text{cm}$ 。

三、工厂区地形图测绘

(一) 工厂区现状图的特点及测绘内容

工厂区现状图是反映厂区各种建筑物、构筑物在平面和立面的布置, 道路、各种管线的分布, 绿化和安全设施以及人工和自然地形地貌分布的图纸, 它是工厂的重要技术档案资料, 比例尺通常为 1:500。

工厂区建筑物、构筑物测量的取舍, 应根据工厂区建筑物、构筑物的疏密程度, 测图比例尺等, 与委托方共同商定, 其细部点选取的技术要求, 应符合表 1-4 的规定。

细部点选取的技术要求

表 1-4

类 别		坐 标	标 高	其他技术要求
建筑物、构筑物	矩形	主要墙角	主要墙外角、室内地坪	
	圆形	圆心	地面	注明半径、高度或深度
地下管道		起、终、转、交叉点的管道中心	地面、井台、井底、管顶、下水测出入口管底或沟底	经委托单位开挖后施测
架空管道		起、终、转、交叉点, 皆测支架中心	施测细部坐标的点和变坡点, 皆测基座面或地面	注明通过铁路、公路的净空高
架空电力线路、电讯线路		杆 (塔) 的起、终、转、交叉点, 皆测杆 (塔) 中心	杆 (塔) 的地面或基座面	注明通过铁路、公路的净空高
地下电缆		起、终、转、交叉点 (电缆或沟道中心), 入地口、出地口	施测过细部坐标的点或变坡处, 皆需测地面和电缆面	经委托单位开挖后施测
铁 路		车档、岔心、进厂房处, 直线部分每隔 50m 测一点	车档、岔心、变坡处、直线段每 50m、曲线内轨每 20m 测一点	—
公 路		干线交叉点	变坡处、交叉处、直线段每 30~40m 测一点	—
桥梁、涵洞		大型测四角, 中型测中心线两端, 小型只测中心点	施测过细部坐标的点、涵洞, 需测进出口底部高	—

注: 1. 建筑物、构筑物轮廓凹凸部分大于 0.5m 时, 应丈量细部尺寸;

2. 厂房门宽度大于 2.5m 或能通行汽车时, 应实测位置;

3. 对排列整齐的宿舍, 可只测其外围的四角细部坐标。

对永久性建筑物, 除测量细部点的坐标、高程及其主要尺寸外, 还须说明其结构, 例如钢 (结构)、钢混、混合 (砖墙承重、钢筋混凝土柱和屋架)、砖木、土木 (土墙承重, 木屋架等)。

(二) 精度要求

两相邻细部坐标点间反算距离与实地丈量距离的较差不应大于表 1-5 的规定。

项 目	较 差 (cm)
主要建筑物、构筑物	$7 + S/2000$
一般建筑物、构筑物	$10 + S/2000$

注：S 为两相邻细部点间的距离 (cm)。

(三) 现状图与专业图的绘制

工厂区可只绘制现状总图，当有特殊需要或管道密集时，宜分类绘制专业图，常用的专业图有给、排水管道图，动力、工艺管道图，输电及通讯线路图，综合管线图等。

四、水下地形测绘

在各项工程建设中，除了需要各种比例尺的陆上地形图外，有时还要了解水下的地形情况，这就需要测绘各种比例尺的水下地形图。

水下地形图是水上各工程建筑的重要基础资料，是进行水上工程勘探、设计的重要依据，例如：桥梁、港口、码头及水利工程建设、航道的整治和疏浚等都必须由水下地形图提供有关资料，在编制海图、编写航路指南及海洋科学研究中，也都必须有水下地形图。

水下地形测绘工作，包括测深、定位、判别底质、绘制地形图等。

水下地形测绘一般工作程序为：布置测深线、测深点定位、水深测量、数据处理等。

(一) 布置测深线

水下地形测量，一般是在测区范围内的水域上，测出一条条的水下地形断面，最后据此勾绘出水下地形图。断面间距和测深点间距的大小，应根据测图比例尺以及图的用途来确定，其测点宜按横断面布设，断面方向宜与岸线（或主流方向）相垂直；断面的间距宜为地形图上 2cm；测点间距宜为地形图上 1cm。根据地形变化和用图要求不同，断面间距可适当加密或放宽。

为了使测深点能分布均匀，不漏测，不重复，在进行水下地形测量前通常先布设测深线。然后沿测深线均匀布置测深点。测深线是测量人员在室内事先设计的，测深线的方向一般与岸线（或河流主线）垂直，可以相互平行，也可以呈放射状，如图 1-1 所示。

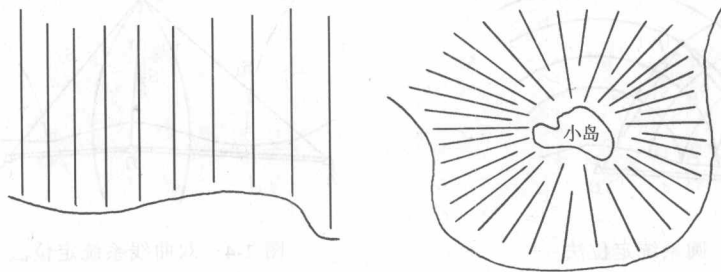


图 1-1 测深线布置

(二) 测深点定位

测深点定位方法的选择，可采用 GPS 定位技术，无线电定位法或选用经纬仪，平板仪前方交会，六分仪后方交会法，断面索法，单角交会法及极坐标法等，但究竟采用什么方法，应根据水域情况（水深、流速等）、测图比例尺及设备条件综合考虑确定，如海域宽广、深度大，简单方法就不行，下面对几种测深点定位方法作简要介绍：