



国防特色教材·职业教育

工程测量

• 杨 华 主编

HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社



国防特色教材·职业教育

工 程 测 量

主 编 杨 华

副主编 王金山 王利军

哈尔滨工程大学出版社

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社

哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社

内容简介

本书主要介绍了工程施工控制测量、工程施工放样的基本方法,建筑工程施工测量、曲线测设、线路工程测量、桥梁工程测量、水利工程测量、地质勘探工程测量、矿区工程测量和变形监测等内容。在叙述基本理论和常规测量方法的同时,紧密结合目前测绘生产单位对测绘新仪器、新技术应用的实际,有较强的实用性。

本书被列为国防特色“十一五”规划教材,是为高职高专院校测量工程技术专业编写的教材,也可供成人教育和中等职业技术教育工程测量专业教学使用,并可作为从事各种工程测量技术人员的工具性参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/杨华主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2010.8

ISBN 978-7-81133-841-6

I. ①工… II. ①杨… III. ①工程测量-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 152263 号

工程测量

主 编 杨 华

责任编辑 张淑娜

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南岗区东大直街 124 号 发行部电话:0451-82519328 传真:0451-82519699

<http://press.hrbeu.edu.cn> E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂印刷 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:16.75 字数:307 千字

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷 印数:1 000 册

ISBN 978-7-81133-841-6 定价:33.00 元

前 言

本书被列为国防科工委高职高专“十一五”规划教材。是依据国防科工委高职高专教学指导委员会审定的测量工程技术专业《工程测量》教学大纲,在总结多年的教学经验和测绘生产实践的基础上编写的。全书共分11章,主要介绍施工控制测量、工程施工放样的基本方法,建筑工程测量、曲线测设、线路工程测量、桥梁工程测量、水利工程测量、地质勘探工程测量、矿区工程测量和变形监测等内容。在叙述基本理论和常规测量方法的同时,紧密结合目前测绘生产单位对测绘新仪器、新技术应用的实际,增加了全站仪、GPS、数字化测绘等新技术的应用知识,具有较强的实用性。

为了使本教材具有较强的实用性和通用性,突出高职教育“以能力为本位”的指导思想,力求体现高职教育和测绘行业的特点,以满足不同行业工程建设对高技能工程测量专业人才培养的要求,教材的编写力求精练、突出应用、强化实践,突出基于工程实际中知识的系统应用。

为体现教材的特色,突破学科型教材程式,按照“必须、够用”的原则,对传统教材内容作了适度的调整。一是淡化学科概念和系统理论,突出职业技能;二是为避免课程间内容的重复,对在地形测量(或测量学基础)、控制测量课程中已讲过的内容,如测量仪器的结构、检校、使用及观测方法,导线测量,水准测量,三角高程等内容进行了删减,不再系统讲述。为了便于对基本理论和基本技能的掌握,书中配有一定数量的例题和章后复习思考题。

本书由甘肃工业职业技术学院杨华任主编,王金山、王利军任副主编。编写分工如下:杨华编写第1章、第3章、第5章、第6章;王金山(内蒙古科技大学职业技术学院)编写第2章、第4章及第10章部分内容,并对第10章的内容进行了审核;王立军(甘肃工业职业技术学院)编写第9章、第10章1至7节;唐均(甘肃工业职业技术学院)编写第8章、第10章第8节、第11章;刘安伟(甘肃工业职业技术学院)编写第7章。杨华负责全书的组织、设计、统稿。

本书由中南大学博士生导师刘庆元教授主审,并提出了很多宝贵的意见和建议,在此表示感谢!张亚中对本书中的图表绘制做了大量的工作,在此表示感谢!

本书在编写过程中参阅了大量的文献,并引用了同类书刊的部分图表数据,列入参考文献。在此,对文献作者表示衷心地感谢!

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中难免有不妥之处,恳请使用本教材的教师和广大读者批评指正。

编 者

2010年2月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 工程测量的任务及其在国民经济建设中的作用	1
1.2 工程测量学的发展概况	2
1.3 工程测量课程的特点及与其他课程的关系	4
复习思考题	5
第2章 施工控制测量	6
2.1 概述	6
2.2 施工控制网的布设	8
2.3 工业厂区建筑方格网的测设	10
2.4 施工控制网精度的确定方法	12
2.5 误差椭圆的应用	14
复习思考题	16
第3章 施工放样的基本方法	17
3.1 概述	17
3.2 平面位置放样的基本操作	17
3.3 平面位置放样	20
3.4 高程放样	27
复习思考题	29
第4章 建筑工程施工测量	30
4.1 概述	30
4.2 场地平整测量	30
4.3 民用建筑工程中的施工测量	36
4.4 工业建筑施工测量	40
4.5 高层建筑施工测量	45
4.6 烟囱与塔体工程施工测量	47
复习思考题	49

第5章 曲线测设	50
5.1 概述	50
5.2 圆曲线的测设	51
5.3 综合曲线的测设	57
5.4 其他形式的曲线测设	67
5.5 竖曲线的测设	69
复习思考题	72
第6章 线路工程测量	74
6.1 概述	74
6.2 公路、铁路初测中的测量工作	74
6.3 公路、铁路的中线测量	78
6.4 公路、铁路线路纵横断面测量	82
6.5 铁路、公路施工测量	87
6.6 隧道施工测量	93
6.7 GPS 技术在道路施工测量中的应用	99
6.8 架空送电线路测量	100
6.9 地下管线工程测量	105
复习思考题	110
第7章 桥梁工程测量	112
7.1 桥梁结构基础知识	112
7.2 桥梁施工控制测量	114
7.3 桥梁施工测量	116
7.4 桥梁施工和运营期间的变形监测	125
复习思考题	126
第8章 水利工程测量	127
8.1 概述	127
8.2 水下地形测量	127
8.3 河道纵、横断面测量	136
8.4 水利枢纽工程施工测量	142
复习思考题	146

第9章 地质勘探工程测量	147
9.1 概述	147
9.2 勘探矿区控制测量和地形测量	147
9.3 勘探网设计及测设	148
9.4 地质点、探槽、探井、钻孔等测量.....	154
9.5 勘探线剖面测量	158
9.6 坑道探矿测量	163
9.7 物(化)探网设计及测设	164
复习思考题.....	168
第10章 矿山工程测量	169
10.1 概述.....	169
10.2 建井工程测量.....	171
10.3 矿井联系测量.....	178
10.4 地下控制测量.....	190
10.5 贯通测量.....	196
10.6 陀螺经纬仪及其定向测量.....	208
10.7 巷道施工测量.....	212
10.8 露天矿测量.....	226
复习思考题.....	234
第11章 工程建筑物变形观测	236
11.1 概述.....	236
11.2 垂直位移观测.....	238
11.3 水平位移观测.....	243
11.4 高耸建筑物的倾斜观测.....	248
11.5 滑坡体观测	251
11.6 观测成果整理.....	253
复习思考题.....	257
参考文献	258

第1章 绪 论

1.1 工程测量的任务及其在国民经济建设中的作用

工程测量学是研究各种工程在规划设计、施工建设和运营管理阶段所进行的各种测量工作的一门学科,是测绘学科的一个重要分支。

人们通常把工程建设中的所有测绘工作统称为工程测量。实际上它包括在工程建设勘测、设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作。它是直接为各个建设项目的勘测、设计、施工、安装、竣工、监测以及营运管理等一系列工程工序服务的。

工程测量一般可按工程建设的规划设计、施工建设和管理运营三个阶段分为工程勘测、施工测量和安全监测三大部分,这三个阶段对测绘工作有不同的要求。

1.1.1 工程建设规划设计阶段的测量工作

每项工程都必须按照自然条件和预期的目的进行勘测、规划设计。在这个阶段中的测量工作,主要是提供各种比例尺的地形图,另外还要为工程地质勘探、水文地质勘探以及水文测验等进行测量。对重要的工程,某些大型特种工程或地质条件不良的地区建设,还要对地层的稳定性进行观测。

1.1.2 施工阶段的测量工作

施工阶段的测量工作是施工测量和设备安装测量。它的任务是将所设计的工程建筑物按照施工的要求在现场标定出来,即所谓的放样,作为实地施工的依据。为此,要根据工地的地形、工程的性质以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。然后再按照施工的需要,采用各种不同的放样方法,将图纸上设计好的内容测设安置到实地。此外,还要进行施工质量的控制,主要是几何尺寸、平整度、垂直度等的监测控制。为监测工程进度,还要进行开挖与建筑方量测绘以及竣工测量、变形观测、设备安装测量等。

1.1.3 工程建设运营管理阶段的测量工作

工程竣工后,进入运营与管理阶段。为了监视工程建筑物安全情况,特别是对高层建筑物,重要水利枢纽工程的坝体等重要建筑物、构筑物定期进行变形观测。对于建立在地质条件不良地区的城市,以及地下采矿区,需要进行地表沉降观测。分析和掌握其沉降变形的规律,以便采取防护措施。对大型工业设备,还要经常进行检测、校正,以保证其按设计安全运行。

工程测量按所服务的对象分为建筑工程测量、水利工程测量、铁路工程测量、公路工程测量、桥梁工程测量、隧道工程测量、地下工程测量、海洋工程测量、军事工程测量、三维工业测量、矿山测量、城市市政工程测量等。

工程测量工作遍布国民经济建设和国防建设的各部门和各个方面,并贯穿于各种工程建设的始终。没有测量工作为工程建设提供数据、图纸和测绘保障,任何工程建设都无法进行和完成。

尽管工程在不同阶段的测量任务和内容不同,而且各项服务对象的测量工作都有其独自的特点和要求,但从其测量的基本理论与方法来看,又有很多共同之处。工程测量最基本的任务可概括为两点:一是确定被测对象上任意一点的位置,用二维或三维坐标来表述,称为测量;二是将设计的或具体的物体根据已知数据设置到实地,称为测设或放样。从测量工作在整个工程建设中的地位和作用来看,工程测量最基本的任务就是为各项工程建设提供测绘保障,是直接为工程建设服务的。

1.2 工程测量学的发展概况

工程测量学科是一门应用学科,它是直接为国民经济建设和国防建设服务,紧密与生产实践相结合的学科,是测绘学科中最活跃的一个分支学科。工程测量有着悠久的历史,近20年来,随着测绘科技的飞速发展,工程测量的技术面貌发生了深刻的变化,并取得了很大的成就。主要原因有两点:一是科学技术的新成就,电子计算机技术、微电子技术、激光技术、空间技术等新技术的发展与应用,以及测绘科技本身的进步,为工程测量技术进步提供新的方法和手段;二是改革开放以来,城市建设不断扩大,各种大型建筑物和构筑物的建设工程、特种精密建设工程等不断增多,对工程测量不断提出新任务、新课题和新要求,使工程测量的服务领域不断拓宽,有力地推动和促进了工程测量事业的进步与发展。

1.2.1 工程测量仪器的发展

工程测量仪器可分为通用仪器和专用仪器。通用仪器中常规的光学经纬仪、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、通信及 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秒钟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,在工程测量中得到了广泛应用。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。

专用仪器是工程测量学仪器中发展最活跃的,主要应用在精密工程测量领域,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。

用于建立水平或竖直的基准线或基准面,测量目标点相对于基准线(或基准面)的偏距(垂距),称为基准线测量或准直测量。这方面的仪器有正、倒锤与垂线观测仪,金属丝引张线,各种激光准直仪、铅直仪(向下、向上)、自准直仪以及尼龙丝或金属丝准直测量系统等。

在距离测量方面,包括中长距离(数十米至数千米)、短距离(数米至数十米)和微距离(毫米至数米)及其变化量的精密测量。以 ME5000 为代表的精密激光测距仪和 TERRAMETER LDM2 双频激光测距仪,中长距离测量精度可达亚毫米级;目前许多短距离、微距离测量都实现了测量数据采集的自动化,其中最典型的是钢瓦线尺测距仪 DISTINVAR、应变仪 DISTERMETER ISETH、石英伸缩仪、各种光学应变计、位移与振动激光快速遥测仪等。采用多普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;采用 CCD 线列传感器测量微距离可达到百分之几微米的精度,它们使距离测量精度从毫米、微米级进入到纳米级世界。

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公里,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。

与高程测量有关的是倾斜测量(又称挠度曲线测量),即确定被测对象(如桥、塔)在竖直面内相对于水平或铅直基准线的挠度曲线。各种机械式测斜(倾)仪、电子测倾仪都在向数字显示、自动记录和灵活移动等方向发展,其精度达微米级。

具有多种功能的混合测量系统是工程测量专用仪器发展的显著特点,采用多传感器的高速铁路轨道测量系统,用测量机器人自动跟踪沿铁路轨道前进的测量车,测量车上装有棱镜、斜倾传感器、长度传感器和微机,可用于测量轨道的三维坐标、宽度和倾角。液体静力水准测量与金属丝准直集成的混合测量系统在数百米长的基准线上可精确测量测点的高程和偏距。

陀螺经纬仪是用于矿山、隧道等工程测量的仪器,新一代的全自动陀螺经纬仪是由微机控制,仪器能自动、连续地观测陀螺的摇动并能补偿外部的干扰,观测时间短、精度高。如德国威斯特法伦采矿联合公司生产的 Gyromat 陀螺经纬仪在不足 10 min 的观测时间内能获得 $\pm 3.2''$ 的定向精度。

综上所述,工程测量专用仪器具有高精度(亚毫米、微米乃至纳米)、快速、遥测、无接触、可移动、连续、自动记录、微机控制等特点,可作精密定位和准直测量,可测量倾斜度、厚度、表面粗糙度和平直度,还可测量振动频率以及物体的动态行为。

1.2.2 工程测量学的发展前景

随着测绘科学理论、技术和测绘仪器的发展,以及传统测量技术向数字化测绘技术的转化,未来我国工程测量技术的发展趋势和方向是:测量数据采集和处理的自动化、实时化、数字化;测量数据管理的科学化、标准化、规格化;测量数据传播与应用的网络化、多样化、社会化。GPS 技术、RS 技术、GIS 技术、数字化测绘技术以及先进地面测量仪器等将广泛应用于工程测量中,并发挥其主导作用。

随着 3S 技术的应用与发展,网络技术、通信技术、GPS 基准站的建立和发展,工程测量学在以下方面将得到显著发展:

(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将进一步增强;

(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等各种问题;

(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) GPS 技术、GIS 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。

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,从人工测量到无接触遥测,从周期观测到持续测量,测量精度从毫米级到微米级乃至纳米级。工程测量学的上述发展将对改善人们的生活环境,提高人们的生活质量起到重要作用。

1.3 工程测量课程的特点及与其他课程的关系

本教材取名为《工程测量》而非《工程测量学》,主要是依据高职高专人才培养目标,淡化系统理论研究,淡化学科体系观念,有别于本科专业的教学内容和培养目标。本书在教学内容的编排遴选上,按照“理论基本够用”的原则,重在测量基本技能和技术方法的应用,注重职业技能的培养。

工程测量课程是工程测量技术专业最主要的专业必修课,该课程是在学完测量学基础或地形测量之后进行。同时要有一定的测量平差和控制测量的基础,因此工程测量课程应在测量平差和控制测量课程之后进行教学。

根据工程测量专业的知识结构,除了学好该专业设置的有关专业基础课和专业课外,还要扎扎实实地学好数学、英语、计算机基础等基础课程。另外,工程测量人员还必须学习掌握工程设计、工程的构造和使用情况、工程的施工组织、施工方法等有关工程知识,并具备对施工图的判读,对设计图纸的校核,根据工程设计和图纸获取所需的测量数据等能力。这些知识和能力,除了需在开设的土木工程概论、地质工程概论等课程的教学中的学习和提高之外,更需要在工作实践中不断地学习和提高。

复习思考题

- 1-1 工程测量学的研究、服务对象是什么?
- 1-2 工程建设一般可分为几个阶段,各个阶段的测量工作有哪些?
- 1-3 工程测量的内容主要包括哪些方面?
- 1-4 工程测量最基本的任务是什么?
- 1-5 试述工程测量的发展概况及其发展前景。

第2章 施工控制测量

2.1 概 述

勘测设计阶段,为工程建设提供了施工图和设计图资料,作为工程施工的依据。在工程施工阶段,则要把图纸上的设计工程在实地付诸实现。此时,工程测量人员的主要任务就是按照设计要求为工程修筑进行施工测量,即建立施工控制网,并进行施工放样,作为工程施工的出发点。

施工控制网是专门为工程建设施工而建立的,是工程施工放样的基础,其有别于勘测设计阶段所布置的测图控制网,一般而言,测图控制网不能代替专用施工控制网。

2.1.1 布设施工控制网的必要性

从控制点点位分布来看,测图控制网主要是为测图服务的,其点位的选择主要是根据测图比例尺和地形条件进行,以密度满足测图最大视距要求、精度均匀、控制面积最大为目的,其不可能考虑建筑物的总体布置情况(当时建筑物尚未布置),测图控制网的点位分布是均匀型的。而施工控制网则要以满足施工放样为目的,根据设计工程的结构特点来进行点位的布置,其点位的分布疏密有别,且具有较强的针对性。所以,在点位的分布和密度方面,测图控制网不能代替施工控制网。

从精度来看,测图控制网也不能满足施工放样的要求。测图控制网的精度要求是由测图比例尺的大小确定的,而施工控制网的精度要求则要根据工程建设的性质来确定。若施工控制网仅用于放样建筑物的主轴线时,精度要求不高,比如工业厂房主轴线放样精度为 $\pm 2\text{ cm}$ 。但施工控制网除了用于放样主轴线外,尚需直接用于放样辅轴线和个别细部结构时,对施工控制网的精度要求就大大提高。一般说来施工控制网精度要高于测图控制网。

另外,即使测图控制网的点位分布和精度可以满足放样要求,也很难为施工放样所采用,这主要是因为测图控制点点位在施工过程中被破坏的情况非常严重。

因此,从点位的分布、精度和点位的保存情况来看,测图控制网都不能满足施工放样的要求,必须针对工程的性质和特点,布设其施工控制网。

2.1.2 施工控制网的特点

相对于测图控制网而言,一般的施工控制网具有以下几个特点。

第一,施工控制网控制范围小,控制点密度大,精度要求较高。与测图区域比较,工程施

工范围较小,因此,施工控制的控制范围就比较小。例如,某大型冶金工业场地勘测设计阶段,测图控制网的面积达几十平方千米,而工业建设场地的面积却只有几平方千米。

对于一般工业企业,其面积多在 1 km^2 以下,这并非意味着其复杂程度减小了,而是在这个小的区域内,有着错综复杂的建筑物分布。如果没有足够密度的施工控制点,是无法胜任施工期间的放样工作的。

施工控制网的主要任务是放样建筑物的轴线,其限差是相当小的。比如,工业厂房主轴线的定位要求为 $\pm 2 \text{ cm}$; 4 km 以下山岭隧道,相向开挖贯通时,其放样中线的横向中误差不应大于 $\pm 5 \text{ cm}$,而根据测图比例尺 ($1:1\,000$) 确定的测图控制网的平面点位精度为 $\pm 0.1 \text{ mm} \times 1\,000 = \pm 10 \text{ cm}$,无法满足 $\pm 2 \text{ cm}$ 或者 $\pm 5 \text{ cm}$ 的精度要求。可见,施工控制网的精度要求一般高于测图控制网。

另外,测图控制网的精度是比较均匀的,且首级控制的精度高于二级控制;而施工控制网精度是具有针对性的非均匀精度,其二级控制的精度不一定比首级控制低。

第二,施工控制网使用频繁。在施工过程中,控制点常直接用于放样,且是随着工程施工的进展而不断进行的,一个控制点在放样过程中可能使用多次,乃至几十次。这样,对于控制点的稳定性、使用的方便性以及点位在施工期间保存的可能性要求较高。因此,大型工程场地,在控制点上一一般建立观测墩;而在工业建设场地上常用混凝土桩,其顶面带有金属标板用以标定设计的方格网点位。

第三,施工干扰大。现代工程施工,常采用立体交叉作业的方法,工地上各种建筑物的施工高度相差悬殊,加上施工机械林立,运输车辆、施工人员往来频繁,严重地影响了控制点之间以及控制点与各放样点之间的通视条件。因此,施工控制点的位置应分布恰当,密度应较大些,以便在作业时可有所选择。

根据以上所述,施工控制网的布设应作为整个工程施工设计的一部分。布网时,必须考虑施工的程序、方法、施工场地的布置情况。为了防止控制点的标桩被破坏,所布设的点位应标在施工设计的总平面图上,并让施工人员注意保护。

第四,坐标系选择灵活。在工程设计总平面图上,建筑物平面位置采用施工坐标系统的坐标来表示。所谓施工坐标系,就是以建筑物的主轴线作为坐标轴而建立起来的局部独立坐标系,也称建筑坐标系。例如水利枢纽地区常用大坝轴线作为坐标轴;大桥用桥轴线作为坐标轴;曲线隧道用其一条切线作为坐标轴;工业建设场地则采用主要车间或主要生产设备的轴线作为坐标轴来建立施工坐标系。所以在布设施工控制网时,应尽可能将这些主要轴线包括在控制网内使其成为控制网的一条边。

第五,投影面不同。施工控制与大地控制、勘测控制在投影面的选择上是不同的,因为施工放样需要应用的是控制点之间的实际距离,所以施工控制网的基线长度不是投影到大地水准面或参考椭球面所对应的高斯平面上,而是投影到最能反映工程精度的高程面上。例如,工业建设场地是将施工控制网投影到厂区平均高程面上,而桥梁施工控制网基线长度则要求化

算到精度要求最高的桥墩顶部平面上,以保证放样精度。

2.2 施工控制网的布设

2.2.1 平面控制网的布设

与测图控制网的布设一样,施工控制网一般采取分级布设的原则。首级控制网布满整个工程地区,主要作用是对各个建筑物的主轴线进行放样。二级控制网在首级的基础上加密,主要对建筑物的细部进行放样。工业场地的首级控制网称为厂区控制网,二级控制网称为厂房控制网。大型水利工程的首级控制网称为基本网,二级网称为定线网。

施工控制网的布设形式,应根据工程性质,设计精度要求,施工地区大小及场地地形,地物现状条件,以及现有的测量仪器设备等因素来确定。下面介绍几种常见的施工控制网的布设形式。

1. 建筑基线

一般在面积不大的居住建筑小区中,常布设一条或几条基准线组成的简单图形,作为施工放样的平面控制,称为建筑轴线或建筑基线,如图 2.1 所示。

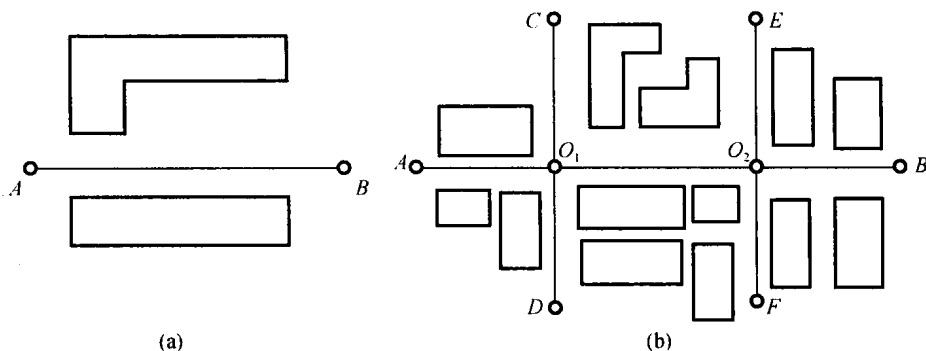


图 2.1 建筑基线

2. 建筑方格网

在工业建筑的场地中,若建筑场地地势平坦,建筑物布置规整,多采用方格形式的控制网,称为建筑方格网或建筑矩形网。

建筑方格网是在建筑施工坐标系中建立的,网中的几何图形一般均为矩形,即相邻边的交角均为 90° ,矩形的边与主要建筑物的主轴线平行或垂直,而新建厂区的建筑物布置其轴线也大都与建筑坐标轴相平行或垂直,如图 2.2 所示。

建筑方格网是传统的布网形式,其最大优点是可采用直角坐标法进行细部点放样。这对

于主要测量工具只有经纬仪和钢尺的条件下,在大型工业厂区建立建筑方格网放样具有计算简单、方便快捷、不易出错等优势。在全站仪和 GPS 接收机普及的情况下,由于建筑方格网图形死板,点位不便于长期保存,在厂区施工控制中将逐渐被淘汰。而导线网、边角网特别是 GPS 网具有很大的灵活性,在选点时完全可以根据场地和需要设定点位。用全站仪在一定的范围内只要视线通视,就能很容易地放样出各细部点。但在厂房施工放样中,方格网仍具有其优点。

3. 三角网、边角网

在大型工程,如水利枢纽工程、桥梁工程中,常采用三角网或边角网,如图2.3、图2.4所示。图2.3为某大型水利枢纽施工控制网的基本网图形,坝轴线包括在三角网内,并作为三角网的一条边(01-06),这样,三角网可直接采用以坝轴线方向为坐标轴的施工坐标系。图2.4为桥梁施工三角网, AB 、 ED 为基线, BE 为桥轴线, BE 边的布设与桥梁的轴线相重合。

4. 导线网、GPS网

GPS是一种全天候、高精度的连续导航定位系统,并且具有定位速度快、费用低、布点灵活、作业方法多样等特点,所以,它广泛地应用于各种形式的控制测量中。图2.5为秦岭隧道地面GPS施工控制网。隧道设计长度10 km,是我国目前最长的铁路隧道。

由于全站仪和GPS接收机的普及,工业建筑厂区施工控制网不一定要布成方格网的形状,可根据厂区实际,采用导线、导线网、边角网和GPS网等形式建立。首级网中的点可以自由地选择在便于保存并便于使用的地点。随着施工的进展,用首级网点逐步放样出车间的主轴线,在此基础上建立所需精度的厂房矩形控制网或设备安装控制网。

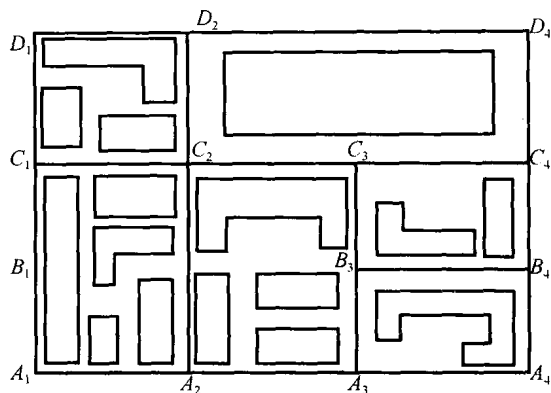


图2.2 建筑方格网

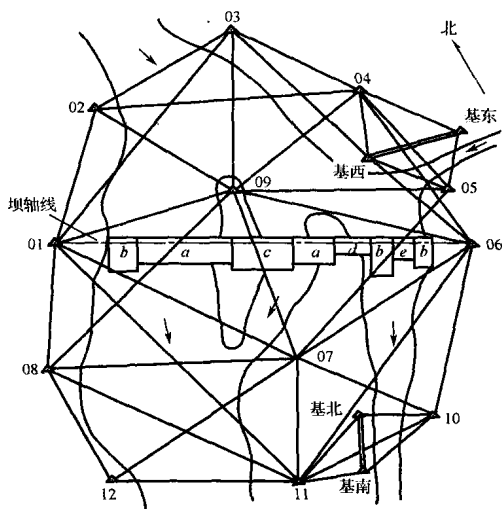


图2.3 水利枢纽施工控制网

a —电站; b —船闸; c —泄水闸; d —混凝土坝; e —冲沙闸

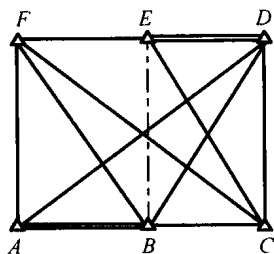


图 2.4 桥梁施工控制网

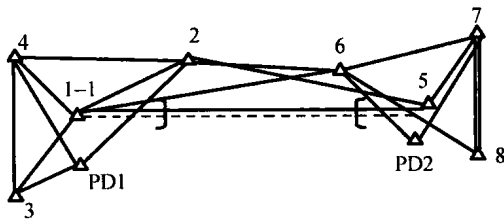


图 2.5 秦岭隧道地面 GPS 控制网

在旧城区建设和管线工程,以及隐蔽地区、地下工程中,一般采用光电测距导线或导线网。在某些工业与民用建筑中,当点位和精度能够满足放样的要求,且工作方便时,也可直接以原来的测图控制点作为施工放样的控制点。特别是在改建、扩建工程中,通常直接采用原来的测图控制网或旧工程的施工控制网作为放样的基点,以便在保证工程质量的情况下,节省开支,缩短工期。

2.2.2 高程控制网的布设

与平面控制网一样,勘测阶段的高程控制网在点的分布与密度方面一般也不能满足施工测量的需要。因此,必须根据工程施工的要求在建立施工平面控制网的同时,重新建立施工高程控制网。

为施工服务的高程控制网一般也分两级布设:第一级布满整个工程地区,称为基本高程控制,常用三等水准测量施测;第二级为加密网,以四等水准布设,加密网点通常与建筑方格网点共用,采用临时水准点时,要求布设在建筑物旁的不同高度上,其密度应保证放样时只设一个测站,即能将高程传递到放样点上。另外,在厂房施工中,为了方便高程放样,常常在厂房地内建立施工专用水准点。点位埋设以后,要把它标顶调整到厂房地坪的设计高程,这样的水准点称 ± 0 水准点。有时也把 ± 0 水准点的位置选在较稳定的墙面或柱侧面上,用红油漆绘成上顶为水平线的倒三角形 ▼。

对于起伏较大的山岭地区,平面和高程控制网通常各自单独布设。而平坦地区,平面控制点通常联测在高程控制网中,兼作高程控制使用。

水准网的测设及其精度应根据水准测量规范以及相关的工程测量规范进行。

2.3 工业厂区建筑方格网的测设

《施工测量规范》规定,当建筑区域面积大于 1 平方千米时,可分两级布网。首先建立布满整个工地的厂区控制网,其目的是放样各个建筑物的主轴线。然后,在厂区控制网定出的各