



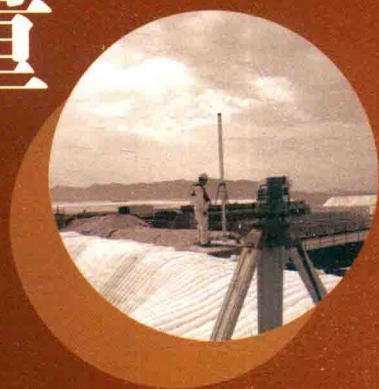
高等职业技术教育“十三五”规划教材——工程测量技术类

GAODENG ZHIYE JISHU JIAOYU SHISANWU GUIHUA JIAOCAI GONGCHENG CELIANG JISHU LEI

# 工程控制测量

(第2版)

GGONGCHENG  
KONGZHI CELIANG



主 编 ○ 杨 柳 左智刚  
副主编 ○ 曾庆伟 刘 莎  
主 审 ○ 孟鲁闽

高等职业技术教育“十三五”规划教材 工程测量技术类

# 工程控制测量

(第2版)

主 编 杨 柳 左智刚

副主编 曾庆伟 刘 莎

主 审 孟鲁闽

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

工程控制测量 / 杨柳, 左智刚主编. —2 版. —成

都: 西南交通大学出版社, 2017.5

ISBN 978-7-5643-5441-1

I. ①工… II. ①杨… ②左… III. ①工程测量—控制测量—教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 103448 号

**工程控制测量**

(第 2 版)

主 编 / 杨 柳 左智刚

责任编辑 / 王 旻

特邀编辑 / 王玉珂

封面设计 / 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(四川省成都市二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)

发行部电话: 028-87600564

网址: <http://www.xnjdcbs.com>

印刷: 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 12 字数 298 千

版次 2017 年 5 月第 2 版 印次 2017 年 5 月第 3 次

书号 ISBN 978-7-5643-5441-1

定价 28.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

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

## 第 2 版前言

本书以高等职业技术教育培养高素质高技能人才目标为指导思想,采用校企合作的方式,由有教学经验的教师和多年现场经验的企业人员参加编写,体现了工学结合的精神。本教材自 2014 年出版以来受到了广大读者的好评,并提出了宝贵的意见,本次修订主要是对第一版的不妥之处进行了修改和替换,并进行了内容的增补。

该版教材改变了以往教材理论与实践脱节的现象,将大量施工现场案例引入教材当中,使理论教学融入到现场实践当中,充分体现技能培养的重要性。根据教学内容的不同,该教材划分了两个学习项目:平面控制测量和高程控制测量。其中,在平面控制测量学习项目中安排了 5 个任务,包括:图根导线控制测量、精密导线控制测量、坐标间的转换与换带计算、三角形网控制测量和 GPS 控制测量;在高程控制测量学习项目中安排了 3 个任务,包括:四等水准控制测量、二等水准控制测量、三角高程控制测量。本书中每个教学任务的学习,都是以现场工作任务作为引子,能紧密结合实际,注重实用性。

本书共分 8 个任务。其中任务 1.1、1.2、1.3 和任务 2.2 由杨柳执笔,任务 1.4、1.5 由左智刚执笔,任务 2.1 由刘莎执笔,任务 2.3 由曾庆伟执笔。全书由杨柳、左智刚协调统稿,最后由杨柳执笔修改定稿。

孟鲁闽教授对教材第 2 版进行了审阅,并提出了宝贵的修改意见和建议,在此致以衷心的感谢。由于编者水平有限,对书中可能还存在的不足和错误之处,敬请读者批评指正。

编者

2017 年 3 月

## 前 言

“工程控制测量”是高职院校工程测量技术专业的一门核心课程，在专业课程设置中具有重要的地位和作用。近几年，高职院校正在如火如荼地开展教学改革工作，我们也在工程控制测量教学和课程建设等方面做了一定的改革工作，根据该课程的课程标准，为工程测量技术专业学生新编了该教材。

为了满足高职院校高端技能型人才培养的需要，《工程控制测量》教材改变了以往理论与实践脱节的现象，将理论教学融入到实践教学当中，充分体现技能培养的重要性。根据教学内容的不同，本教材划分了两个学习项目：平面控制测量和高程控制测量。其中，在平面控制测量学习项目中安排了5个任务，包括：图根导线控制测量、精密导线控制测量、坐标间的转换与换带计算、三角形网控制测量和GPS控制测量；在高程控制测量学习项目中安排了3个任务，包括：四等水准控制测量、二等水准控制测量、三角高程控制测量。本书中教学任务安排紧密结合工程现场实际，注重实用性。

本书由杨柳、左智刚主编，孟鲁闽主审。参加编写工作的还有：曾庆伟、刘莎、于春娟等。在本书编写的过程中，其他一些老师也提出了宝贵的意见，在此向他们表示感谢。

由于编者水平有限，不当之处在所难免，恳请广大读者批评指正！

编 者

2013年9月

# 目 录

概 述 .....	1
项目 1 平面控制测量 .....	7
任务 1.1 图根导线控制测量 .....	9
任务 1.2 精密导线控制测量 .....	29
任务 1.3 坐标间的转换与换带计算 .....	57
任务 1.4 三角形网控制测量 .....	85
任务 1.5 GPS 控制测量 .....	99
项目 2 高程控制测量 .....	135
任务 2.1 四等水准控制测量 .....	136
任务 2.2 二等水准控制测量 .....	154
任务 2.3 三角高程控制测量 .....	177
参考文献 .....	185

# 概 述

## 教学目标

对工程控制测量有概略认识, 基本掌握控制测量的基本内容和控制测量的任务及作用, 并对控制测量的发展状况有一定的了解。

### 一、控制测量的内容

工程控制测量是为工程建设测量而建立的平面控制测量和高程控制测量的总称, 它是工程建设中各项测量工作的基础, 其中平面控制测量是精确测定控制点的平面位置的测量工作, 高程控制测量是精确测定控制点高程的测量工作。它的主要内容包括以下几个方面:

#### 1. 控制网的设计阶段

主要是对控制网的可行性进行论证, 估算控制网的技术经济指标, 编写技术设计报告书等。

#### 2. 控制网的施测阶段

根据控制网设计报告进行控制网的实地布设和测量计算, 包括: 踏勘选点、埋石、造标、观测和数据处理等。

#### 3. 控制网的使用阶段

主要是对控制网的成果进行有效的管理和维护, 以便对各项工程建设提供及时、准确的资料。

以上 3 个阶段是紧密联系、相辅相成、缺一不可。对于不同的工程建设均包括这 3 个阶段。

### 二、工程控制测量的任务和作用

工程控制测量技术是研究如何测定和描绘地面控制点空间位置的一门技术。它是在大地测量基本理论上以工程建设与安全保证测量为主要服务对象而发展和形成的, 它在工程测量专业人才培养中占有重要地位。其主要任务是: 在测区内, 按测量任务所要求的精度, 测定一系列控制点的平面位置和高程, 建立起测量控制网, 作为各种测量的基础。

工程控制测量的服务对象主要是各种工程建设、城镇建设和土地规划管理等方面工作。

这就决定了它的测量范围比大地测量要小，并且在观测手段和数据处理方法上还具有多样化的特点。

在各种工程建设中，其任务主要分 3 个阶段：即规划设计、施工放样和运营管理。每个阶段的基本任务和作用如下：

### 1. 规划设计阶段的控制测量

控制测量的任务是要建立用来进行地形测图的图根控制网，用来控制整个测区，保证最大比例尺测图的需要，以及地形图的精度和各幅图的准确拼接。此外，随着房地产事业的飞速发展，这种测图控制网也在地籍测量方面发挥着重要的作用。

### 2. 施工阶段的控制测量

在这一阶段，主要是建立施工控制网。施工测量的主要任务是将图纸上设计好的建筑物标定到实地中去，以指导施工，那么施工控制网的作用是控制工程的总体布置和各建筑物轴线之间的相对位置，满足施工放样的需要。

对于不同的工程，施工测量的具体任务和技术要求则不同。比如，建筑施工测量的主要任务是使各建筑物按照设计的位置修建；隧道施工测量的主要任务是保证对向开挖的隧道能按照规定的精度贯通。因此，在施工放样前，要建立精度可靠的施工控制网。

### 3. 经营管理阶段的控制测量

在这一阶段，需要建立变形观测控制网。由于在施工阶段建筑物的重量会对地基及其周围地层产生影响，导致建筑物产生变形，这种变形情况如果超过允许的限度，势必带来安全隐患，从而可能造成危害。因此，建立变形观测控制网的目的是用来控制建筑物的变形，以鉴定工程质量，保证安全运营，分析变形规律和进行相应的科学研究。

以上各阶段所要建立的控制网，共同的特点是精度要求高，点位密度大。工程控制网具有控制全局，限制测量误差累积的作用，是各项测量工作的依据。由于网的作用不同，使得测图网、施工网和变形网又都有各自的布网方式和精度要求，因此多是分别依次建立或者在原有网的基础上改建。

## 三、建立控制网的方法

工程控制网包括平面控制网和高程控制网。平面控制网是各种测量工作平面控制的基础，需要确定地面点的平面位置；高程控制网是各种测量工作的高程控制的基础，需要确定控制点的高程。

### （一）建立平面控制网的方法

平面控制测量的任务就是用精密仪器和采用精密方法测量控制点间的角度、距离要素，根据已知点的平面坐标、方位角，从而计算出各控制点的坐标。



建立平面控制网的方法有导线测量、三角测量、三边测量、全球定位系统 GPS 测量等。随着测量技术的发展,导线测量和 GPS 测量已成为平面控制测量的主要方法。

### 1. 导线测量

导线测量是将各控制点组成连续的折线或多边形,如图 1 所示。这种图形构成的控制网称为导线网,也称导线,转折点(控制点)称为导线点。测量相邻导线边之间的水平角与导线边长,根据起算点的平面坐标和起算边方位角,计算各导线点坐标,这项工作称为导线测量。

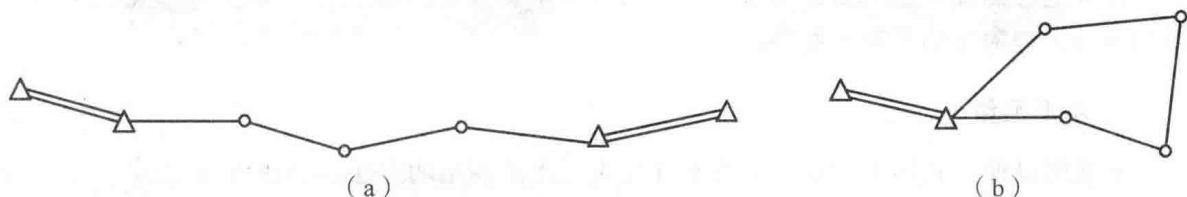


图 1

### 2. 三角测量

三角测量是将各控制点组成互相连接的一系列三角形,如图 2 所示,这种图形构成的控制网称为三角锁,是三角网的一种类型,所有三角形的顶点称为三角点,测量三角形的全部内角,根据起算点的坐标与起算边的方位角,按正弦定律推算全部边长与方位角,从而计算出各点的坐标,这项工作称为三角测量。

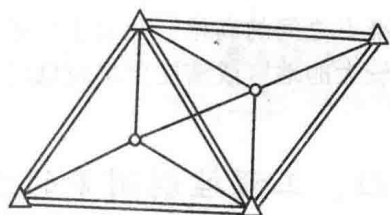


图 2

### 3. 三边测量

三边测量是指使用全站型电子速测仪或光电测距仪;采取测边方式来测定各三角形顶点水平位置的方法。三边测量是建立平面控制网的方法之一,其优点是较好地控制了边长方面的误差,工作效率高等。三边测量只是测量边长,对于测边单三角网,无校核条件。

### 4. GPS 测量

全球定位系统 GPS 测量具有在海、陆、空进行全方位实时三维导航与定位能力的新一代卫星导航与定位系统。GPS 控制测量控制点是在一组控制点上安置 GPS 卫星地面接收机接收 GPS 卫星信号,解算求得控制点到相应卫星的距离,通过一系列数据处理取得控制点的坐标。

GPS 以全天候、高精度、自动化、高效率等显著特点,成功地应用于工程控制测量,例如,南京长江第三桥、西康铁路线 18 km 秦岭隧道、线路控制测量等方面都运用了 GPS 测量。不仅如此, GPS 还用于建立高精度的全国性的地测量控制网,测定全球性的地球动态参数,改造和加强原有的国家大地控制网;建立陆、海大地测量的基准,进行海洋测绘和高精度的海岛陆地联测;监测地球板块运动和地壳形变等。

以上 4 种测量技术各有其优缺点。

在城市中,导线测量对周围环境的要求不是很高,观测方向少,相邻点通视等要求比较好达到,导线的布设比较灵活,观测和计算工作较简便,但是控制面积小,缺乏有效可靠的

检核方法；三角测量控制面积大，有利于加密图根控制网，但是需要构成固定的图形，点位的选择相对来说限制因素比较多；GPS 与以上两种方法相比，相对平面定位精度高，作业的速度快，经济效益好，测量时无须通视，但是 GPS 测量易受干扰（较大反射面或电磁辐射源），对地形地物的遮挡高度有要求。

## （二）建立高程控制网的方法

建立工程高程控制网的方法有两种：水准测量和三角高程测量。它是进行各种比例尺测图和各种工程测量的高程控制基础。

### 1. 水准测量

水准测量即是利用水准仪并配合水准尺进行水准测量的方法。利用该方法建立的控制网称为水准网。因为该方法操作起来方便、简单，且测量精度高，常被用于建立全国性的高程控制网、城市以及工程建设测量等方面。

### 2. 三角高程测量

三角高程测量主要是根据测站点观测照准点的垂直角和两点间的距离来计算测站点和照准点之间的高差，从而求得地面点高程的方法。该方法受地形限制较小，适合于地形起伏比较大的地区或精度要求较低的场合，但测量精度较低，因此，相对于水准测量，使用率较低。

## 四、工程控制测量的发展

### （一）控制测量仪器和测量系统出现新的发展格局

#### 1. GPS 技术为控制测量开创新局面

目前，GPS 接收机单点定位技术、相对定位技术以及差分 RTK 技术已发展到相当成熟的阶段，各种类型的 GPS 接收机在市场上争奇斗艳，此外，还出现了既能接收 GPS 信号又能接收 GLONASS 信号的所谓多系统接收机。随着其他卫星定位系统的出现，今后必将出现相应的新型卫星定位接收机。也就是说，GPS 测量技术必将成为控制测量的重要手段。

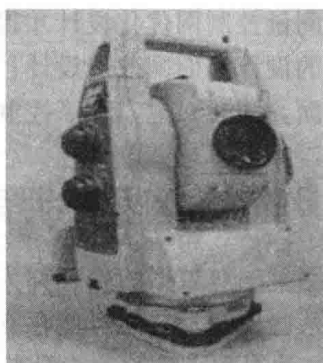
#### 2. 全站仪是数字化地面测量的主要仪器

全站仪已经作为地面控制测量的常用仪器，市场上品种繁多，完全取代了早期的光学经纬仪和红外测距仪。在高等级大范围的控制测量中它也许要让位于 GPS，而在工程测量、建筑测量及城市测量等方面仍将发挥重要作用。

随着科技的日新月异，全站仪也在不断的发展中，近年来市场上出现的测量机器人不但具有完善的智能化测绘软件，可实现对目标的快速判别、锁定、跟踪、自动照准和高精度测量，可以在大范围内实施高效的遥控测量。此外，全站仪还具备很强的环境适应能力，比如防水、防尘和耐高温、低温等（见图 3）。



SRX 测量机器人



GPT-9000A 彩屏 WinCE 测量机器人

图 3

### 3. 数字水准仪成为高程控制测量的重要手段

近 10 余年来,在仪器市场上出现新型的数字水准仪,实现了水准测量的数字化和操作上的自动化,可以实现同其他测绘仪器数据的通信、连接和共享,在国家高程基准建立及国家水准测量、工程测量及变形观测等方面得到广泛应用。

### 4. 专用的工程测量仪器应运而生

随着国家基础建设事业的发展,市场上出现的激光扫平仪、激光垂准仪、激光经纬仪、激光扫描仪等仪器,主要应用于建筑物和结构上的准直、水平、铅垂以及建立三维立体模型等测量工作,使用很方便。

### 5. 测量软件为数据处理提供方便

测量软件成为控制测量数据处理的重要手段。目前,市场上的测量软件种类繁多,有些是仪器自带的软件,比如 TGO、LGO 等软件,但也有不少软件是单独销售的软件,比如科傻、平差易等软件。可以通过数据线将测量的数据传到计算机上,从而实现对数据的处理。

总之,今后测绘仪器将在数字化、实时化和集成化方向更快、更好的发展。

## (二) 工程控制网优化设计取得长足发展

由于各种控制网的布网条件和精度要求不同,因此在它们的技术设计阶段,应对预期所能达到的精度进行估算,以便对设计方案是否合理进行评价。估算元素(点位中误差、边长或方位角的中误差、高程中误差)是观测元素平差值的函数,因而可用最小二乘法中求平差值函数中误差的方法进行精度估算。但技术设计阶段,观测尚未进行,精度估算所需观测元素的近似值可以在控制网的设计图上量取。随着测量成果数学处理理论的发展,以及电算技术的应用,控制网的技术设计已发展到一个崭新的高度,即将最优化的理论与方法应用于控制网的技术设计。控制网优化设计时,首先建立一个能体现所考虑的决策问题的数学模型,即具有确定变量的、有待于实现最优化的目标函数,以及附加的一个或几个约束条件,其次对这个数学模型进行分析,选择一个适当的求最优解的计算方法,以求得最优的布网方案。

20 世纪 70~80 年代,由于电子计算机在测量中的广泛应用和最优优化理论进入测量领域

的研究，测量控制网优化设计才得到迅速发展。主要研究范围包括：控制网基准设计、图形设计、权的设计和旧网改造设计；控制网优化设计的全面质量标准；控制网优化设计的各种解法等方面。同时，也实现了控制网优化设计和数据处理的一体化。

### （三）测量数据处理以及分析理论和方法取得新成果

控制测量中对数据的处理称为严密平差，它可分为条件平差和间接平差两大类。在间接平差中，某些未知量之间可能存有条件，将这种条件方程式连同误差方程式一起按最小二乘法求解，这种平差方法称为“附有条件间接平差”。当控制网按坐标平差时，对基线和方位角条件的处理，就采用这种平差方法。近些年来，数理统计、矩阵代数和可编程序袖珍计算机以及微型计算机的迅速发展，丰富了最小二乘法的理论，加速了微机在工程控制测量平差计算中的应用。例如，可以对平面控制网计算和绘画出每个控制点的点位误差椭圆与任意两个控制点间的相对误差椭圆，较为全面、精确地提供了计算和分析，又可以进行三维控制网的平差计算，一次得出控制点的平面坐标和高程成果。

在数据处理理论方面除了常规的最小二乘法外，还研究了观测值服从正态分布的最大似然估计法、最佳无偏估计法以及基于向量空间投影原理基础上的最小二乘法等，从而大大深化了参数估计原理和方法的研究。此外，工程建筑物变形观测数据处理的理论和方法（回归分析法、灰色系统分析模型、神经网络模型等）也得到很大发展，在构筑物的变形分析预报方面取得了一定发展。

工程控制测量将会继续在国民经济建设和社会发展中发挥着基础先行的重要作用，同时，在防灾、减灾、救灾及环境监测、评价和保护中，以及在国防建设等很多领域将有广阔的发展空间。

## 思考题与习题

1. 什么是控制测量？控制测量可以分为哪些类，如何定义？
2. 在工程测量的各个阶段，控制测量的任务分别是什么？
3. 建立平面控制网的方法有哪些？
4. 建立高程控制网的方法有哪些？各自有哪些优缺点？

# 项目1 平面控制测量

## 项目描述

平面控制测量工作是按照测量项目任务所要求的精度等级，根据测区情况编写测量技术设计书，在测区布设平面控制点，构建平面控制网，并按一定的方法测定控制点的平面坐标的工作。

## 教学目标

### 1. 知识目标

- (1) 掌握控制测量技术设计书的编写方法。
- (2) 掌握平面控制点的布设要求及选点方法。
- (3) 了解控制点标石的预制、埋设方法。
- (4) 掌握坐标间的换算原理与方法。
- (5) 掌握平面控制网的观测、数据采集方法。
- (6) 掌握观测数据处理的方法。
- (7) 掌握常用控制测量平差软件的使用方法。
- (8) 掌握控制测量技术总结的编写方法。

### 2. 能力目标

#### (1) 方法能力：

- ① 具备资料搜集整理的能力；
- ② 具备制订、实施工作计划的能力；
- ③ 具备综合分析判断能力；
- ④ 具备能正确应用行业技术规范的能力。

#### (2) 专业能力：

- ① 能够进行测区的踏勘，搜集相关资料；
- ② 能够编写测量技术设计书；
- ③ 能够按要求进行实地选点工作；
- ④ 能利用科傻软件进行坐标换算处理；
- ⑤ 能够正确使用全站仪进行外业数据采集；
- ⑥ 能够进行观测数据的处理及科傻软件的使用。

(3) 社会能力:

- ① 具备能迁移和应用知识的能力, 以及善于创新和总结经验的能力;
- ② 具备较快适应环境的能力;
- ③ 具备团队协作的能力;
- ④ 具备诚实守信和爱岗敬业的职业道德;
- ⑤ 具备工作安全意识与自我保护能力。

## 任务 1.1 图根导线控制测量

### 1.1.1 学习目标

#### 1. 知识目标

- (1) 熟练掌握全站仪测角、测距的基本原理和方法。
- (2) 掌握图根导线的布设及观测方法。
- (3) 掌握图根导线内业平差计算的方法。

#### 2. 能力目标

##### (1) 方法能力:

- ① 具备资料搜集整理的能力;
- ② 具备制订、实施工作计划的能力;
- ③ 具备综合分析判断能力;
- ④ 具备能正确应用行业技术规范的能力。

##### (2) 专业能力:

- ① 能够熟练使用全站仪测角、测距;
- ② 能够熟练进行图根导线的布设与观测;
- ③ 能够熟练进行图根导线内业平差计算。

##### (3) 社会能力:

- ① 具备能迁移和应用知识的能力, 以及善于创新和总结经验的能力;
- ② 具备较快适应环境的能力;
- ③ 具备团队协作的能力;
- ④ 具备诚实守信和爱岗敬业的职业道德;
- ⑤ 具备工作安全意识与自我保护能力。

### 1.1.2 工作任务

为了学校的进一步规划建设需要, 现需要学校的 1:500 的地形图一张, 但校园内没有足够的测图控制点。为了满足测图需要, 请根据图根导线的技术要求, 在校内实训基地布设图根导线, 完成导线观测、记录、计算、数据处理等任务, 为后续数字测图提供基准。

### 1.1.3 相关配套知识

#### 1.1.3.1 直线定向

在工程测量中, 要确定地面上两点之间的相对位置, 除了需要测两点间水平距离之外,

还须确定该直线的方向。直线方向是以该直线与基本方向线之间的夹角来确定的。如图 1-1-1 所示，确定直线方向与基本方向之间的关系，称为直线定向。

### 1. 基本方向的种类

#### 1) 真子午线方向

通过地球表面某点的真子午线的切线方向，称为该点的真子午线方向，真子午线方向可用天文观测方法或陀螺经纬仪来确定。

#### 2) 磁子午线方向

磁针在地球磁场的作用下自由静止时所指的方向，即为磁子午线方向。

#### 3) 坐标纵轴方向

以通过测区内坐标原点的坐标纵轴  $OX$  轴正方向为基本方向，测区内其他各点的子午线均与过坐标原点的坐标纵轴平行。这种基本方向称为坐标纵轴方向。

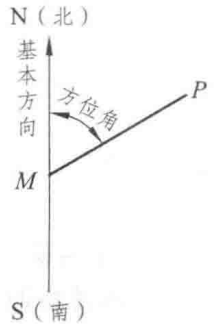


图 1-1-1 直线定向

### 2. 方位角

测量工作中，常常采用方位角来表示直线的方向。从过直线段一端的基本方向线的北端起，以顺时针方向旋转到该直线的水平角度，称为该直线的方位角。方位角的取值范围为  $0^\circ \sim 360^\circ$ 。

如图 1-1-2 所示，因基本方向有 3 种，所以方位角也有 3 种，真方位角、磁方位角、坐标方位角。以真子午线为基本方向线，所得方位角称为真方位角，一般以  $A$  表示。以磁子午线为基本方向线，则所得方位角称为磁方位角，一般以  $A_{磁}$  来表示。以坐标纵轴为基本方向线所得方位角，称为坐标方位角（有时简称方位角），通常以  $\alpha$  来表示。测量中，主要采用的方位角为坐标方位角。

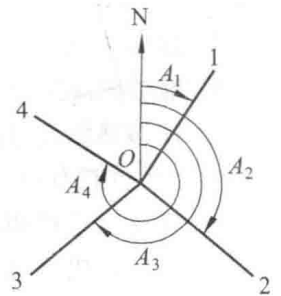


图 1-1-2 方位角

### 3. 正反坐标方位角

相对来说一条直线有正、反两个方向。直线的两端可以按正、反方位角进行定向。若设定直线的正方向为  $AB$ ，则直线  $AB$  的方位角为正方位角，而直线  $BA$  的方位角就是直线  $AB$  的反方位角。反之，也是一样。

若以  $\alpha_{AB}$  为直线正坐标方位角，则  $\alpha_{BA}$  为反坐标方位角，如图 1-1-3 所示，两者有如下的关系：

$$\alpha_{反} = \alpha_{正} \pm 180^\circ \tag{1-1-1}$$

当  $\alpha_{AB} < 180^\circ$  则有：

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180^\circ$$

当  $\alpha_{AB} > 180^\circ$  则有：

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} - 180^\circ$$



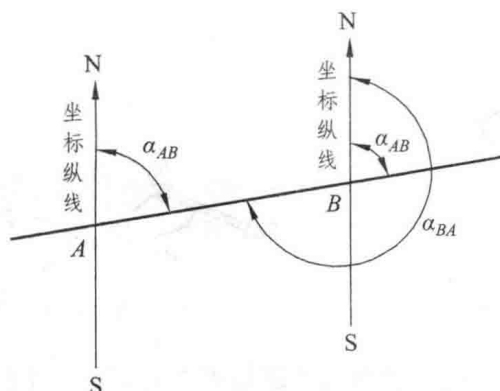


图 1-1-3 正反坐标方位角关系

### 1.1.3.2 导线测量的基本概念

为了测绘大比例尺地形图，需要在测区布设大量的控制点，这些为测图而布设的控制点，称为图根控制点。图根平面控制可以根据测区内的已知高级控制点采用三角网、导线的形式进行加密。目前，导线测量已成为图根控制的主要方法。

导线测量是将各控制点组成连续的折线或多边形，如图 1-1-4 所示。这种图形构成的控制网称为导线网，也称导线，转折点（控制点）称为导线点。测量相邻导线边之间的水平角与导线边长，根据起算点的平面坐标和起算边方位角，计算各导线点坐标，这项工作称为导线测量。

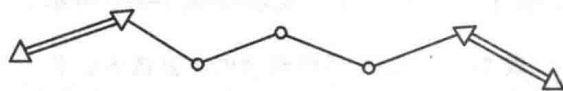


图 1-1-4 导线测量

#### 1. 导线的布设形式

在局部较小的范围内，特别是在障碍物较多的平坦地区、隐蔽地区、城市街区、地下工程以及 GPS 接收机天线接收信号受限的区域，用导线布设控制网的方法就显得非常实用。导线的等级选择和布设形式，主要取决于导线的用途和测区的地形、地物条件。一般导线或导线网的布设有以下几种形式：

##### 1) 单一导线

(1) 闭合导线。导线是从一高级控制点（起始点）开始，经过各个导线点，最后又回到原来起始点，形成闭合多边形，这种导线称为闭合导线，如图 1-1-5 所示。

闭合导线有着严密的几何条件，构成对观测成果的校核作用，常用于面积开阔的局部地区控制。

(2) 附和导线。导线是从一高级控制点（起始点）开始，经过各个导线点，附和到另一高级控制点（终点），形成连续折线，这种导线称为附和导线，如图 1-1-6 所示。附和导线由本身的已知条件构成对观测成果的校核作用，常用于带状地区的地区控制。