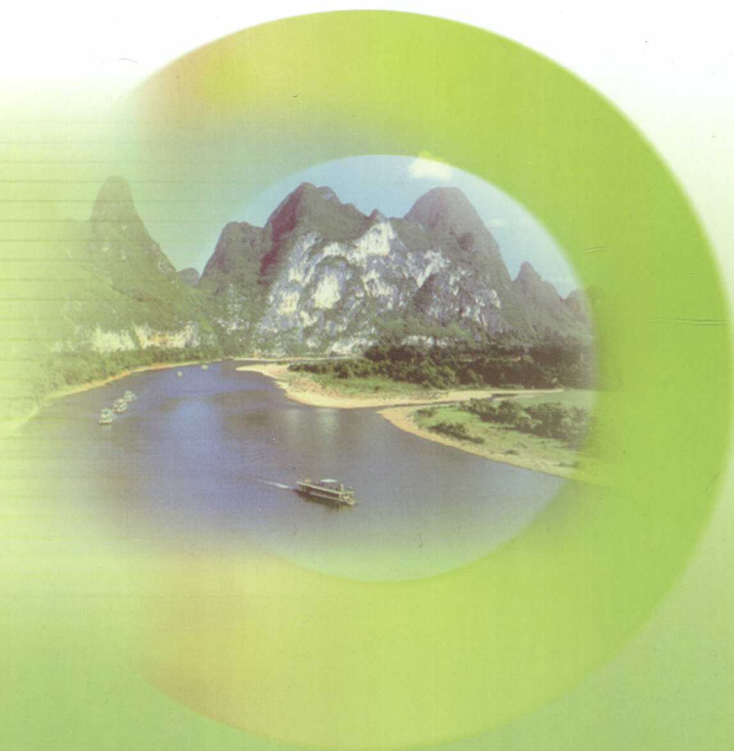




高等学校实验实训规划教材

基础地质学实习教程

钱建平 余 勇 胡云沪 编著



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

高等学校实验实训规划教材

基础地质学实习教程

钱建平 余 勇 胡云沪 编著

北 京

冶金工业出版社

2009

内 容 简 介

本实习教程分为野外地质工作基础知识准备、实习区地质概况、野外实习教学内容与要求、附录四大部分。其中以地质路线和地质现象为核心,并配有相应的地质现象照片和素描图。

本实习教程适合地质类本科生、专科生和研究生的实践教学,同时也可作为桂林地质旅游、观光和考察的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

基础地质学实习教程/钱建平,余勇,胡云沪编著. —北京:
冶金工业出版社, 2009. 3

高等学校实验实训规划教材

ISBN 978-7-5024-4582-9

I. 基… II. ①钱… ②余… ③胡… III. 地质学—高等
学校—教材 IV. P5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 065749 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 王之光 美术编辑 张媛媛 版式设计 张 青

责任校对 栾雅谦 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4582-9

北京印刷一厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2009 年 3 月第 1 版, 2009 年 3 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 8.25 印张; 198 千字; 123 页; 1-1500 册

26.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

桂林基础地质实习基地拥有一系列得天独厚的地质条件：名甲天下的漓江沿岸风光瑰丽的喀斯特地貌；中国唯一的岩溶博物馆；以砂岩丹霞地貌为特征，总面积达 125km^2 的资源国家地质公园；以花岗岩地貌为特征，号称华南第一峰的猫儿山国家级自然保护区；南边村国际泥盆-石炭系界线副层型剖面。

特别是南边村剖面是由我院教师韦炜烈副教授首先发现的，它位于桂林西北郊的南边村附近，并于 1988 年 5 月被国际地质科学联合会、国际地层委员会泥盆—石炭系界线工作组确定为国际泥盆-石炭系界线辅助（副）层型剖面（全世界仅有三处）。该剖面的建立，为世界研究泥盆-石炭系界线提供了地点和丰富资料，近年已接待了近 30 个国家及地区上百位专家考察和研究。

区内先后开展过 1:20 万和 1:5 万地质填图，具有一定的地质工作基础。区内不同时代地层出露较全，自前寒武纪以来的地层均有分布，但以上古生界特别是泥盆系分布面积最广，下石炭统次之，其中泥盆-石炭纪地层古生物化石甚多。区内三大类岩石出露齐全，褶皱、断裂发育，滑坡、崩塌现象广泛，各类地质作用与地质现象非常丰富，其中尤以河流地质作用和地下水地质作用更为典型。此外尚有铁、铜、铅、锌、钨和金等金属矿产产出，石灰岩、白云岩、大理岩、重晶石、硅灰石、石英砂岩、磷、煤、滑石等非金属矿产亦非常丰富。

桂林基础地质实习基地建于 20 世纪 50 年代，迄今已有五十余年历史。经过桂林工学院老一辈地质工作者辛勤耕耘，先后开辟了反虹管实习路线（河流地质作用）、白竹境实习路线（人工湖及区域性断裂）、大圩实习路线（泥盆-石炭纪地层剖面及古生物和牛軋湖）、杨堤实习路线（深水相泥盆纪地层剖面）、永福实习路线（奥陶系与白垩系角度不整合）、唐家湾实习路线（浅水相泥盆纪地层剖面及地下河地质作用）、牛塘界实习路线（花岗岩及钨矿）、公平实习路线（溶蚀天生桥及宁乡式铁矿）、螺蛳山实习路线（褶皱及断裂）、尧山实习路线（滑坡作用）和漓江实习路线（岩溶地貌及溶洞），近年根据新专业建设和实习教学内容的改革，又新增了古东实习路线（多级瀑布及石灰华）、雷劈山实习路线（崩塌作用）和猫儿山实习路线（花岗岩及土壤剖面分带）等。实习区自然地理条件较好，交通便利，是基础地质实习理想的基地。

本教程分为野外地质工作基础知识准备、实习区地质概况、野外实习教

学内容与要求以及附录四篇。内容的选择主要着眼于学生使用方便、实际工作能力和新技术的使用。基础知识准备一篇包括地质罗盘的结构及使用、GPS 的原理及使用、岩石的野外观察与描述、地层的野外观察与描述、常见构造的野外观察与描述和野外记录的方法及要求。实习区地质概况一篇使学生概略了解实习区的地层、构造、岩浆岩、变质岩和矿产情况。野外实习教学内容与要求一篇中路线地质教学内容是本教程的核心内容,其中实习路线包括实习的目的、内容和思考题;实习点包括点号、点位、规范的描述、地质现象的现场照片和手绘素描图,便于学生学习参考。本篇还介绍了关于实习报告编写要求。第四篇附录则提供了《基础地质学》实习大纲和常用地质图例。为便于学生课前预习和课后复习,切实提高教学效果,本教程还配有多媒体课件(《普通地质学实习 CAI》,高等教育电子音像出版社出版)。

本教程的出版得到桂林工学院《基础地质学》国家级精品课程、桂林工学院基础地质实验教学中心(国家实验教学示范中心)、地质资源与地质工程广西高校人才小高地创新团队项目的资助。

本教程是《基础地质学》国家级精品课程和基础地质国家级实验教学示范中心建设所取得的部分成果。应该指出,出版这样一本实习教程在本基地尚属首次,不足之处在所难免,欢迎各位同行和读者阅后提出宝贵意见,以便在再版时加以修正。

作 者

2008 年 12 月

目 录

第一篇 野外地质工作基础知识准备

第一章 地质罗盘的结构及使用	1
第一节 地质罗盘的结构	1
第二节 地质罗盘的检查、校正与保护	2
第三节 地质罗盘的使用	4
第二章 GPS 的原理及使用	6
第一节 GPS 系统的基本构成	6
第二节 GPS 定位原理	7
第三节 GPS 定位方法	8
第四节 GPS 定位误差	9
第五节 GPS 定位技术的应用	10
第六节 eTrex SUMMIT 手持 GPS 功能和使用方法简介	11
第三章 岩石的野外观察与描述	17
第一节 沉积岩的野外观察与描述	17
第二节 岩浆岩的野外观察与描述	21
第三节 变质岩的野外观察与描述	25
第四章 地层的野外观察与描述	29
第一节 岩性、岩性组合及地层结构的观察描述	29
第二节 古生物化石的观察和采集	30
第三节 地层接触关系的观察与描述	30
第四节 地层系统和单位的建立	31
第五节 沉积构造及沉积相分析	32
第五章 构造的野外观察与描述	36
第一节 褶皱的野外观察与描述	36
第二节 断层的野外观察与描述	37
第三节 节理的野外观察与描述	38
第四节 劈理的野外观察与描述	39

第六章 野外记录的方法及要求	40
----------------------	----

第二篇 实习区地质概况

第七章 桂林实习基地地质概况	43
第一节 桂林地理概况	43
第二节 地层	45
第三节 构造	49
第四节 岩浆岩	53
第五节 变质岩	57
第六节 矿产	58
第七节 桂林地质发展简史	61

第三篇 野外实习教学内容与要求

第八章 路线地质教学内容	65
第一节 反虹管实习路线（河流地质作用）	65
第二节 白竹境实习路线（断层现象）	68
第三节 大圩实习路线（泥盆-石炭系剖面及古生物）	70
第四节 杨堤实习路线（中-上泥盆统剖面）	73
第五节 永福实习路线（断层及角度不整合）	77
第六节 唐家湾实习路线（地下河地质作用）	80
第七节 牛塘界实习路线（花岗岩及钨矿）	82
第八节 公平实习路线（天生桥及铁矿）	85
第九节 螺蛳山实习路线（泥盆-石炭系剖面及褶皱）	86
第十节 尧山实习路线（滑坡）	88
第十一节 南边村实习路线（泥盆-石炭系剖面）	92
第十二节 漓江实习路线（岩溶地貌及溶洞）	95
第十三节 古东实习路线（瀑布）	97
第十四节 雷劈山实习路线（崩塌）	99
第十五节 猫儿山实习路线（花岗岩及土壤剖面分带）	100
第十六节 胡家洞实习路线（考核）	102
第九章 实习报告编写提纲	103

第四篇 附 录

附录1 基础地质学实习大纲	105
附录2 常用地质图例、花纹、符号	107
参考文献	123

第一篇 野外地质工作基础知识准备

第一章 地质罗盘的结构及使用

地质罗盘，简称罗盘，它与地质锤、放大镜一起统称为“地质三件宝”，是地质工作者进行野外地质调查必备的重要工具之一。借助它，我们可以确定方向，测量各种面状构造（如岩层层面、断层面、节理面、劈理面等）、线状构造（擦痕）和地质体（岩体、岩脉和矿体等）的产状。正确使用地质罗盘是地质工作者的一项基本功。本章主要介绍地质罗盘的结构、检校与使用方法。

第一节 地质罗盘的结构

地质罗盘的结构原理与普通指南针一样，它的磁针是按照地球的磁场方向指向南北。地质罗盘的种类很多，但主要有两种：一种外形呈长方形，简称长罗盘；另一种外形呈近圆形、盒式，简称圆罗盘或盒式罗盘，又称盒式袖珍经纬仪。尽管地质罗盘的样式较多，但它们的基本结构和功能都相同，现以盒式地质罗盘为例予以说明。

盒式地质罗盘是用连接合页将上盖、外壳与底盘连成一体，且可以开合的罗盘仪。最主要的元件是磁针、玛瑙轴承和顶针。此外，还配有反光镜、水平刻度盘、底盘水准器、垂直水准器、瞄准视板及磁针制动螺旋等部件（图 1-1）。

磁针安装在底盘中心的顶针上，可自由转动。不用时需旋紧制动螺旋，以固定磁针；测量时放松磁针制动器，使磁针自由摆动，最后磁针静止时所指的方向就是磁子午线的方向。由于我国位于北半球，磁针受磁北极的引力较大，故在磁针的南端绕上几圈细铜丝，

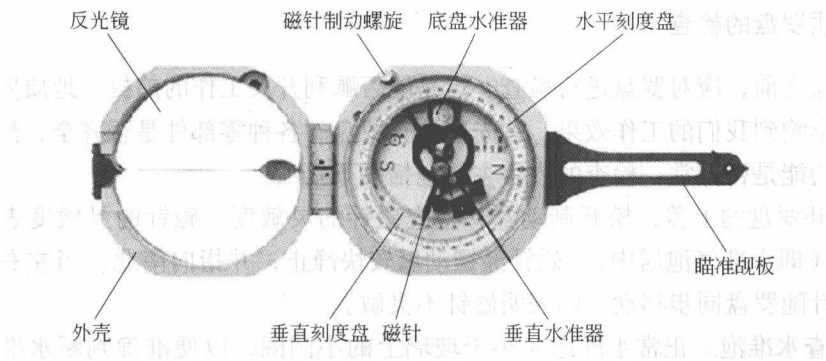


图 1-1 盒式罗盘结构图

使磁针受力平衡,保持水平;同时,也便于区分磁针的南端和北端。

水平刻度盘的刻度有两种标记方法:一种是方位角罗盘仪,度盘从 0° 开始按反时针方向,连续刻 360° ,其中 0° 、 90° 、 180° 和 270° 分别为北(N)、东(E)、南(S)和西(W),用它可直接测量某方向的方位角;另一种是象限罗盘仪,地质上很少用。

需要注意的是:刻度环上的北(N)、东(E)、南(S)和西(W),除南(S)、北(N)之外,其东(E)、西(W)与正常的左西右东方向恰好相反,这主要是为了读数方便的缘故。罗盘的工作原理是:当磁针开关打开后,无论罗盘如何旋转,磁针永远指北,但随罗盘的旋转,刻度环上的南北线也随着旋转。我们测量某一方向时,是将罗盘的南北线对准或与所测方向一致后取磁针的读数。开始测量时,我们先把罗盘置水平,使磁北针与刻度环“北”一致,这时罗盘南北线所指方向为正北 0° 方向。如果将罗盘向东旋转 90° 而指向实际方向“东”时,待磁针静止后,这时磁北针所指读数恰好是刻度环上的“西”,造成了磁北针读数和实际所测方向相差 180° 。由此可知,要想从刻度环上直接读出所测方向,必须将刻度环上的“东”、“西”互换才能实现,这就是罗盘刻度环上“东”、“西”反刻、角度反向的原理(图1-2)。

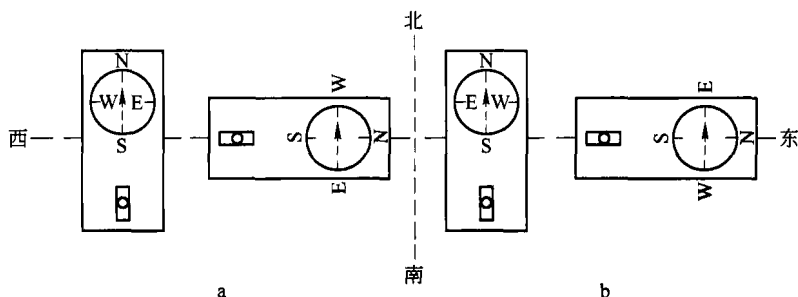


图 1-2 罗盘刻度环东、西反刻原理

a—罗盘刻度按实际方向标注时,所测方向不能从磁针指向上直接读取;

b—罗盘刻度环按东、西反刻标注时,所测方向能够从磁针所指的刻度直接读取

第二节 地质罗盘的检查、校正与保护

一、地质罗盘的检查

使用罗盘之前,应对罗盘进行检查,这是能否顺利开展工作的前提,地质罗盘质量的好坏将直接影响到我们的工作效率。首先应检查罗盘的各种零部件是否齐全,然后再检查各零部件的功能是否正常。检查的内容主要包括以下几项:

(1) 打开罗盘的上盖,松开制动器,检查磁针的灵敏度。磁针的灵敏度表现在当把罗盘放平时(即水准气泡居中),磁针经摆动后较快静止,并指向南北。当左右摆动罗盘方向时,磁针随罗盘同步移动,则表明磁针不灵敏。

(2) 检查水准泡。正常水准泡应小于玻璃上的小圆圈,以便准确判断水准气泡是否居中。当水准气泡的大小接近玻璃上的小圆圈大小时,准确度不高;无水准气泡时,说明

该罗盘不能使用。

二、地质罗盘的校正

由于地磁的南、北两极与地理上的南、北两极位置不完全一致，相应的有地磁子午线与地理子午线亦不重合，地球上任一点的磁北方向与该点的正北方向不一致，此两方向间的夹角称为磁偏角 (δ) (图 1-3)。因此，在使用罗盘之前必须进行磁偏角的校正。

地球上某点磁针北端偏于正北方向的东边称为东偏，偏于西边称为西偏。东偏为“+”，西偏为“-”。

地球上各地的磁偏角都按期计算和公布，以备查用。若某点的磁偏角已知（通常地形图上都有说明），则测线的磁方位角 $A_{\text{磁}}$ 和正北方位角 A 的关系为 $A = A_{\text{磁}} \pm \delta$ 。若 δ 为东偏 10° ，所测得的方位角 (α) 为 NE 20° ，则 $A = \alpha + \delta = 20 + 10 = \text{NE}30^\circ$ (图 1-4)；若 δ 为西偏 15° ，所测得的方位角 (α) 为 SE 130° ，则 $A = \alpha - \delta = 130 - 15 = \text{SE}115^\circ$ 。应用这一原理可进行磁偏角的校正。校正时可旋动罗盘的刻度螺旋，使水平刻度盘向左或向右转动，磁偏角东偏则向右，西偏则向左，使罗盘底盘南北刻度线与水平刻度盘 $0^\circ \sim 180^\circ$ 连线间夹角等于磁偏角。经校正后测量时的读数就为真方位角。

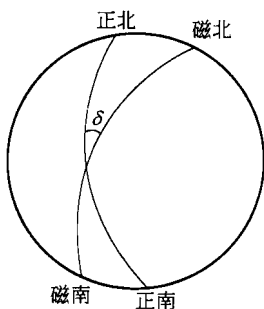


图 1-3 磁偏角示意图

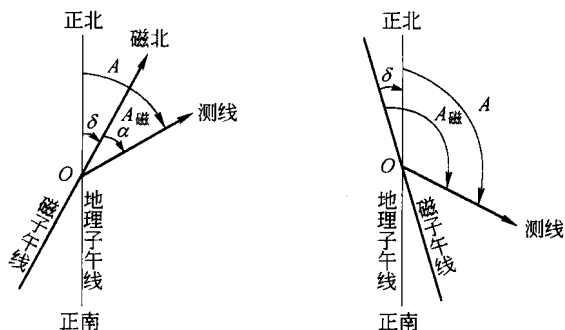


图 1-4 磁偏角东、西偏示意图

三、地质罗盘的保护

在使用地质罗盘时，要经常注意以下几个问题：

- (1) 罗盘不使用时，一定要装在特制的皮盒内，最好系在腰带上，养成用完放回的习惯，避免遗忘或损坏。
- (2) 磁针制动器的旋紧或松开一定要轻，以防顶针尖受损而降低磁针灵敏度。罗盘用完应及时旋紧制动器，避免顶针受振动而磨损。
- (3) 严防罗盘被摔、碰、振，避免磁针失去磁性，或磁针和顶针振断，玻璃盖及反光镜破碎等。
- (4) 严防罗盘水浸雨淋，避免磁针和顶针氧化生锈不能灵活转动。如果罗盘受到水浸雨淋，需及时拆开拭干后放在阴凉通风处，待完全干燥后再行装上。
- (5) 切记罗盘不能在强烈日光下暴晒或放在火旁烘烤，否则易使内部金属元件骤然膨胀发生误差，或使水准器水泡中的乙醚挥发。

第三节 地质罗盘的使用

一、目的物方位的测量

目的物方位的测量是测定目的物与测者间的相对位置关系，也就是测定目的物的方位角。

测量时放松制动螺丝，使觇板指向被测物，即罗盘北端对着目的物，南端靠着自己，进行瞄准，使目的物、觇板小孔或中线、反光镜上的中线细丝在一直线上，同时使底盘水准器水泡居中，待磁针静止时指北针所指度数即为所测目的物之方位角。

若用觇板对着观测者（此时罗盘南端对着目的物）进行瞄准时，指北针读数表示观测者位于测物的什么方向，此时指南针所示读数才是目的物位于测者什么方向，与前者比较这是因为两次用罗盘瞄准测物时罗盘之南、北两端正好颠倒，故影响测物与测者的相对位置。

为了避免时而读指北针，时而读指南针，产生混淆的麻烦，测量目的物方位时应以觇板指向目的物，然后恒读北针，此时所得读数即所求测物的方位角。

二、岩层产状要素的测量

岩层的空间位置决定于其产状要素，岩层产状要素包括走向、倾向和倾角。测量岩层产状是野外地质工作的最基本的工作方法之一，必须熟练掌握。

1. 岩层走向的测定

岩层走向是岩层层面与水平面交线的方向，也就是岩层任一高度上水平线的延伸方向。

测量时将罗盘长边紧贴层面（图 1-5），然后转动罗盘，使底盘水准器的水泡居中，读出指针所指刻度即为岩层的走向。

因为走向是代表一条直线的方向，它可以两边延伸，指南针或指北针所读数正是该直线的两端延伸方向，如 $NE30^\circ$ 与 $SW210^\circ$ 均可代表该岩层的走向。

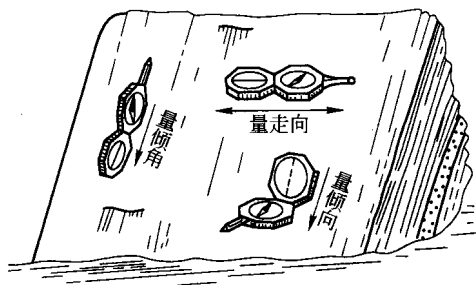


图 1-5 地质罗盘测量产状示意图

2. 岩层倾向的测定

岩层倾向是指岩层向下最大倾斜方向线在水平面上的投影所指的方向，与岩层走向垂直。在野外实际操作过程中，量取了倾向之后，加或减 90° ，即得走向。

测量倾向时，将罗盘北端或觇板指向倾斜方向，罗盘南端紧靠着层面上并转动罗盘，使底盘水准器水泡居中，读北针所指刻度即为岩层的倾向。

假若在岩层顶面上进行测量有困难，也可以在岩层底面上测量。测量底面时可用罗盘南端紧靠岩层底面，因顶面和底面相反，差 180° ，而南针和北针正好相差 180° ，故可直接读南针，或读北针，然后再加或减 180° 。

3. 岩层倾角的测定

岩层倾角是岩层面与假想水平面间的最大夹角，即真倾角，它是沿着岩层的真倾斜方向测量得到的，沿其他方向所测得的倾角是视倾角。视倾角恒小于真倾角，也就是说岩层面上的真倾斜线与水平面的夹角为真倾角，层面上视倾斜线与水平面的夹角为视倾角。野外分辨层面的真倾斜方向甚为重要。它恒与走向垂直，此外可用小石子使其在层面上滚动或滴水并在层面上流动，此滚动或流动的方向即为层面的真倾斜方向。

测量时将罗盘直立，并以长边靠着岩层的真倾斜线，沿着层面左右移动罗盘，并用中指搬动罗盘底部的活动扳手，使测斜水准器水泡居中，读出悬锥中央所指最大读数，即为岩层的真倾角。

岩层产状的记录方式通常采用下面的方式：

(1) 方位角记录方式，如果测量出某一岩层走向为 310° ，倾向为 220° ，倾角 35° ，则记录为 $220^\circ \angle 35^\circ$ 或 $\text{SW}220^\circ \angle 35^\circ$ 。

(2) 野外测量岩层产状时应该在岩层露头上测量，不能在转石（滚石）上测量，因此要善于区分露头和滚石。区别露头和滚石，要勤于观察和追索，并与周围岩层产状对比。

(3) 测量岩层面的产状时，如果岩层凹凸不平，可根据岩层的产状趋势，把记录本平放在岩层上当做层面以便进行测量。

第二章 GPS 的原理及使用

GPS 全球定位系统 (Global Positioning System, GPS) 是美国从 20 世纪 70 年代开始研制, 历时 20 年, 耗资 300 亿美元, 于 1994 年全面建成, 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, 还提供实时、全天候和全球性的导航服务, 并用于情报收集、核爆监测和应急通讯等一些军事目的, 是美国称霸全球战略的重要组成。早期仅限于军方使用, 由美国国防部 (Department of Defense, DOD) 所计划发展, 其目的针对军事用途, 例如战机、船舰、车辆、人员、攻击标的物的精确度定位等。时至今日, GPS 早已开放给民间作为定位使用, 这项结合太空卫星与通讯技术的科技, 在民间市场已蓬勃展开, 除了能提供精确的定位之外, 对于速度、时间、方向及距离亦能准确地提供信息, 运用的范围相当广泛。截至 1994 年 3 月, 全球覆盖率高达 98% 的 24 颗 GPS 卫星星座已经布设完成。

第一节 GPS 系统的基本构成

GPS 系统共由三部分构成:

(1) 地面控制部分, 由主控站 (负责管理、协调整个地面控制系统的工作)、地面天线 (在主控站的控制下, 向卫星注入导航电文)、监测站 (数据自动收集中心) 和通讯辅助系统 (数据传输) 组成。

(2) 空间部分, 由 24 颗卫星组成, 分布在 6 个轨道平面上 (图 2-1)。

(3) 用户装置部分, 主要由 GPS 接收机 (图 2-2) 和卫星天线组成。

GPS 系统的空间部分使用 24 颗高度约 2.02 万 km 的卫星组成卫星星座。21 + 3 (21

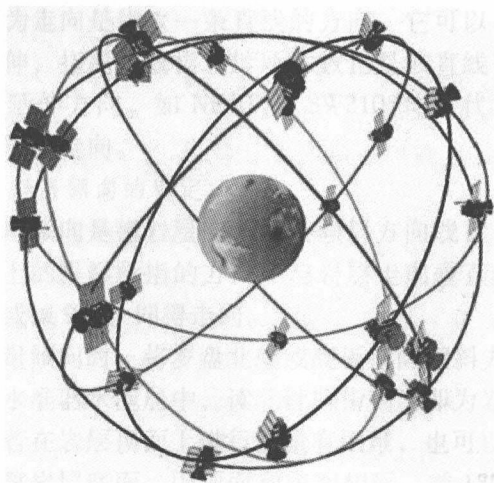


图 2-1 GPS 卫星星座系统示意图



图 2-2 一种 GPS 接收机

颗卫星和 3 颗备份卫星) 颗卫星均为近圆形轨道, 运行周期约为 11h58min, 分布在 6 个轨道面上 (每个轨道面 4 颗), 轨道倾角为 55° 。卫星的分布使得在全球的任何地方, 任何时间都可观测到 4 颗以上的卫星。决定地面接收器的位置需要 4 颗卫星。前 3 颗卫星用来相对精确地决定接收器的位置, 第 4 颗卫星用来使接收器上的时钟和卫星上非常准确的原子钟进行同步。

GPS 的控制部分由分布在全球的由若干个跟踪站所组成的监控系统所构成, 根据其作用的不同, 这些跟踪站又被分为主控站、监控站和注入站。主控站有一个, 位于美国科罗拉多 (Colorado) 的法尔孔 (Falcon) 空军基地, 它的作用是根据各监控站对 GPS 的观测数据, 计算出卫星的星历和卫星钟的改正参数等, 并将这些数据通过注入站注入到卫星中去; 同时, 它还对卫星进行控制, 向卫星发布指令, 当工作卫星出现故障时, 调度备用卫星, 替代失效的工作卫星工作; 另外, 主控站也具有监控站的功能。监控站有 5 个, 除了主控站外, 其他 4 个分别位于夏威夷 (Hawaii)、阿松森群岛 (Ascension)、迭哥伽西亚 (Diego Garcia)、卡瓦加兰 (Kwajalein), 监控站的作用是接收卫星信号, 监测卫星的工作状态; 注入站有 3 个, 它们分别位于阿松森群岛、迭哥伽西亚、卡瓦加兰, 注入站的作用是将主控站计算出的卫星星历和卫星钟的改正数等注入卫星中去。

用户接收机, GPS 接收机能够捕获到按一定卫星高度截止角所选择的待测卫星的信号, 并跟踪这些卫星的运行, 对所接收到的 GPS 信号进行变换、放大和处理, 以便测量出 GPS 信号从卫星到接收机天线的传播时间, 解译出 GPS 卫星所发送的导航电文, 实时地计算出用户接收机所处的三维位置、三维速度和时间。

第二节 GPS 定位原理

GPS 系统采用“时间同步、单程测距”的原理来实现定位, 简单地说就是用户同时向已知其位置的 3 个导航卫星分别进行距离测量, 然后再以该卫星为球心, 以所测得的距离为半径, 在空间画出 3 个球面, 则该 3 个球面的相交点, 就是用户的所在位置了。所谓“时间同步”是指卫星上的时钟与用户设备内的时钟是精确同步的 (譬如说校准到两者之间几万年才差 1s); 而“单程测距”则是指从导航卫星上发出的无线电测距信号在传播到用户设备的这一单向行程中, 就可以把它们之间的距离测量出来。这里做一下简单的计算: 假定卫星以整秒时刻 (即 1、2、3) 向外发播无线电测距信号, 而用户设备所接收到的测距信号比整秒时刻晚了 0.0666s, 已知电波的传播速度为 300000km/s, 则用户至该卫星的距离就等于 300000km/s 与 0.0666s 的乘积, 即 19980km。需指出, 这里是假定卫星和用户的时钟是完全同步的, 即它们之间没有上点误差, 这样的计算才是正确的。如果用户时钟与卫星时钟存在着时间误差, 则还必须根据这个误差对计算结果进行一些修正。GPS 卫星组网之所以采用 24 颗卫星的配置方案, 就是为了保证位于世界任一地点的用户, 都可以随时接收到至少 4 颗导航卫星的信号, 其中 3 颗卫星的信号来测距定位, 第 4 颗卫星的信号就是用来计算用户时钟的误差的, 至于其具体的算法, 在这就不予评述了。

第三节 GPS 定位方法

GPS 定位的方法是多种多样的, 用户可以根据不同的用途采用不同的定位方法。GPS 定位方法可依据不同的分类标准, 作如下划分。

一、根据定位所采用的观测值

1. 伪距定位

伪距定位所采用的观测值为 GPS 伪距观测值, 所采用的伪距观测值既可以是 C/A 码伪距, 也可以是 P 码伪距。伪距定位的优点是数据处理简单, 对定位条件的要求低, 不存在整周模糊度的问题, 可以非常容易地实现实时定位; 其缺点是观测值精度低, C/A 码伪距观测值的精度一般为 3m, 而 P 码伪距观测值的精度一般也在 30cm 左右, 从而导致定位成果精度低。

2. 载波相位定位

载波相位定位所采用的观测值为 GPS 的载波相位观测值, 即 L1、L2 或它们的某种线性组合。载波相位定位的优点是观测值的精度高, 一般优于 2mm; 其缺点是数据处理过程复杂, 存在整周模糊度的问题。

二、根据定位的模式

1. 绝对定位

绝对定位又称为单点定位, 这是一种采用一台接收机进行定位的模式, 它所确定的是接收机天线的绝对坐标。这种定位模式的特点是作业方式简单, 可以单机作业。绝对定位一般用于导航和精度要求不高的应用中。

2. 相对定位

相对定位又称为差分定位, 这种定位模式采用两台以上的接收机, 同时对一组相同的卫星进行观测, 以确定接收机天线间的相互位置关系。

三、根据获取定位结果的时间

1. 实时定位

实时定位是根据接收机观测到的数据, 实时地解算出接收机天线所在的位置。

2. 非实时定位

非实时定位又称后处理定位, 它是通过对接收机接收到的数据进行后处理以进行定位的方法。

四、根据定位时接收机的运动状态

1. 动态定位

所谓动态定位, 就是在进行 GPS 定位时, 认为接收机的天线在整个观测过程中的位置是变化的。也就是说, 在数据处理时, 将接收机天线的位置作为一个随时间的改变而改变的量。动态定位又分为 Kinematic 和 Dynamic 两类。

2. 静态定位

所谓静态定位,就是在进行 GPS 定位时,认为接收机的天线在整个观测过程中的位置是保持不变的。也就是说,在数据处理时,将接收机天线的位置作为一个不随时间的改变而改变的量。在测量中,静态定位一般用于高精度的测量定位,其具体观测模式多台接收机在不同的测站上进行静止同步观测,时间由几分钟、几小时甚至数十小时不等。

第四节 GPS 定位误差

在利用 GPS 进行定位时,会受到各种各样因素的影响。影响 GPS 定位精度的因素可分为以下四大类。

一、与 GPS 卫星有关的因素

美国政府从其国家利益出发,通过降低广播星历精度(技术)、在 GPS 基准信号中加入高频抖动(技术)等方法,人为降低普通用户利用 GPS 进行导航定位时的精度。

1. 卫星星历误差

在进行 GPS 定位时,计算在某时刻 GPS 卫星位置所需的卫星轨道参数是通过各种类型的星历提供的,但不论采用哪种类型的星历,所计算出的卫星位置都会与其真实位置有所差异,这就是所谓的星历误差。

2. 卫星钟差

卫星钟差是 GPS 卫星上所安装的原子钟的钟面时与 GPS 标准时间之间的误差。

3. 卫星信号发射天线相位中心偏差

卫星信号发射天线相位中心偏差是 GPS 卫星上信号发射天线的标称相位中心与其真实相位中心之间的差异。

二、与传播途径有关的因素

1. 电离层延迟

由于地球周围的电离层对电磁波的折射效应, GPS 信号的传播速度发生变化,这种变化称为电离层延迟。电磁波所受电离层折射的影响与电磁波的频率以及电磁波传播途径上电子总含量有关。

2. 对流层延迟

由于地球周围的对流层对电磁波的折射效应, GPS 信号的传播速度发生变化,这种变化称为对流层延迟。电磁波所受对流层折射的影响与电磁波传播途径上的温度、湿度和气压有关。

3. 多路径效应

由于受周围环境的影响,接收机所接收到的卫星信号中还包含有各种反射和折射信号的影响,这就是所谓的多路径效应。

三、与接收机有关的因素

1. 接收机钟差

接收机钟差是 GPS 接收机所使用的钟的钟面时与 GPS 标准时之间的差异。

2. 接收机天线相位中心偏差

接收机天线相位中心偏差是 GPS 接收机天线的标称相位中心与其真实的相位中心之间的差异。

3. 接收机软件和硬件造成的误差

在进行 GPS 定位时, 定位结果还会受到诸如处理与控制软件和硬件等的影响。

四、其他

1. GPS 控制部分人为或计算机造成的影响

由于 GPS 控制部分的问题或用户在进行数据处理时引入的误差等, 造成 GPS 控制部分人为或计算机的影响。

2. 数据处理软件的影响

数据处理软件的算法不完善对定位结果的影响。

第五节 GPS 定位技术的应用

GPS 技术具有全天候、高精度和自动测量的特点, 作为先进的测量手段和新的生产力, 它已经融入了国民经济建设、国防建设和社会发展的各个应用领域。

一、民用领域

1. 车船管理调度

在出租车行业、长途运输业、租车服务业等将能够对车辆进行跟踪、调度管理。在拥挤的停车场、火车调度场能够准确地确定车辆的位置, 实施跟踪一个或多个指定的运输车辆, 有效地调动车辆。

2. 邮递服务

对重要的货物、包裹与信函等进行跟踪、引导与保护。对货场物品入库与出库的调度能有效地确定货物的存放地点, 提高出货效率, 增加管理手段、避免积压。

3. 民航运输

使飞机着陆时驾驶员通过仪表操作对准跑道。

4. 渔业生产

GPS 能满足渔猎对定位的要求。同时能为捕鱼船队在法律上避免发生捕鱼边界的纠纷, 提高在经济专属区的作业效率。

5. 搜索与求援

将更加有效地对在人迹罕至、条件恶劣的航海、登山探险、滑雪、沙漠作业中失踪的人员进行求援搜索。

二、军用领域

GPS 是自动化指挥系统、先进武器系统及新的战役战术理论的一项关键性基本保障技术, 能为地面车辆、人员以及航空、航海、航天等领域的飞机、船只、潜艇、卫星、航天飞机进行导航定位; 武器发射、侦察、飞机进场着陆、交通管制、搜索营救, 战场部队、车辆以及单兵定位; 精确制导导弹打击目标坐标定位及弹道导引。