



全国测绘地理信息职业教育教学指导委员会“十三五”推荐教材

# GNSS定位测量技术

GNSS DINGWEI CELIANG JISHU

主 编 张东明 邓 军

主 审 吕翠华



武汉理工大学出版社

全国测绘地理信息职业教育教学指导委员会“十三五”推荐教材

# GNSS 定位测量技术

主 编 张东明 邓 军  
副主编 武玉斌 谢 兵 冀念芬  
主 审 吕翠华

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

## 内 容 提 要

“GNSS 定位测量技术”是高职测绘地理信息类专业的一门必修的核心技能专业课程。本书共分为七个项目,分别为:认识 GNSS、GNSS 卫星导航定位基础、GNSS 接收机、GNSS 定位的基本原理、GNSS 静态控制测量、GNSS-RTK 测量以及 GNSS 在工程建设中的应用。通过本课程的学习,学生既能掌握 GNSS 测量的基本理论与方法,又能使用 GNSS 技术进行工程控制网的建立与地理空间数据的采集工作。

本书除了可作为高等院校测绘地理信息类专业的教材外,还可以作为相关专业的教学参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

GNSS 定位测量技术/张东明,邓军主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2016.1  
ISBN 978-7-5629-5079-0

I. ①G… II. ①张… ②邓… III. ①卫星导航-全球定位系统 IV. ①P228.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 027490 号

项目负责人:汪浪涛

责任编辑:雷红娟

责任校对:余士龙

封面设计:一 尘

出版发行:武汉理工大学出版社

地 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.wutp.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:武汉兴和彩色印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:12.5

字 数:304 千字

版 次:2016 年 1 月第 1 版

印 次:2016 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

• 版权所有,盗版必究 •

全国测绘地理信息职业教育教学指导委员会

“十三五”推荐教材

## 编审委员会

顾问:赵文亮 黄声亭

主任:李生平 陈传胜 田高

副主任(不分先后顺序):

牛志宏	王晓春	冯大福	刘仁钊	吴迪
李泽	李凤贤	李井永	李占宏	李孟山
张东明	张晓东	张福荣	杨旭江	杨晓平
郑毅	赵杰	赵红	赵雪云	高见
高小六	唐保华			

委员(不分先后顺序):

王芳	邓军	孔令惠	牛志宏	王超
王晓春	王朝林	王新鹏	王福增	左美蓉
冯大福	孙焱	孙茂存	刘飞	刘仁钊
江新清	吴迪	李井永	李凤贤	李占宏
张本平	张玉堂	张晓东	张桂蓉	张福荣
张慧慧	陈琳	邹娟茹	杨木生	杨旭江
杨晓平	周波	赵风阳	赵淑湘	胡良柏
郝亚东	高见	高小六	高永芹	翁丰惠
唐保华	谢爱萍			

秘书长:汪浪涛

## 出版说明

教材建设是教育教学工作的重要组成部分,高质量的教材是培养高质量人才的基本保证,高职高专教材作为体现高职教育特色的知识载体和教学的基本条件,是教学的基本依据,是学校课程最具体的形式,直接关系到高职教育能否为一线岗位培养符合要求的高技术应用型人才。

伴随着国家建设的大力推进,高职高专测绘类专业近几年呈现出旺盛的发展势头,开办学校越来越多,毕业生就业率也在高职高专各专业中名列前茅。然而,由于测绘类专业是近些年才发展壮大的,也由于开办这个专业需要很多的人力和设备资金投入,因此很多学校的办学实力和办学条件尚需提高,专业的教材建设问题尤为突出,主要表现在:缺少符合高职特色的“对口”教材;教材内容存在不足;教材内容陈旧,不适应知识经济和现代高新技术发展需要;教学新形式、新技术、新方法研究运用不够;专业教材配套的实践教材严重不足;各门课程所使用的教材自成体系,缺乏联系与衔接;教材内容与职业资格证书制度缺乏衔接等。

武汉理工大学出版社在全国测绘地理信息职业教育教学指导委员会的指导和帮助下,对全国二十多所开办测绘类专业的高职院校和多个测绘类企事业单位进行了调研,组织了近二十所开办测绘类专业的高职院校的骨干对高职测绘类专业的教材体系进行了深入系统的研究,编写出了一套既符合现代测绘专业发展方向,又适应高职教育能力目标培养的专业教材,以满足高职应用型高级技术人才的培养需求。

这套测绘类教材既是我社“十三五”重点规划教材,也是全国测绘地理信息职业教育教学指导委员会“十三五”推荐教材,希望本套教材的出版能对该专业的发展做出一点贡献。

武汉理工大学出版社

2016.1

## 前 言

GNSS 定位测量技术是测绘地理信息从业人员必须掌握的一项核心技能。根据高职测绘地理信息类专业人才培养的需要,在教育部 2012 年印发的《高等职业学校专业教学标准(试行)》中,高职所有测绘地理信息类专业把“GNSS 定位测量技术”作为一门必修的核心技能专业课程。为了配合该课程的教学工作,武汉理工大学出版社组织有关高校教师,开展“工学结合”教学资源开发,为高职测绘地理信息类专业高技能人才培养提供优质的教材支持。

“GNSS 定位测量技术”课程教学面向的工作岗位是“应用 GNSS 技术建立工程控制网”和“应用 GNSS 技术采集地理空间数据”。本书本着“基于工作过程系统化”的教学理念,突出“工学结合”,从 GNSS 接收机的选型与操作、GNSS 测量设计、GNSS 数据采集、GNSS 测量数据处理等典型工作任务入手,采用项目与工作任务的方式组织教材内容,主要包括:GNSS 工作岗位分析、GNSS 定位原理、GNSS 接收机的选型与操作、GNSS 静态控制测量、GNSS-RTK 测量、GNSS 连续运行参考站技术、GNSS 在工程测量中的应用等。通过本课程的学习,学生既能掌握 GNSS 测量的基本理论与方法,又能使用 GNSS 技术进行工程控制网的建立与地理空间数据的采集工作。

本书的编写,主要体现以下方面的特色:①按实际项目组织教材内容,根据具体的项目特点与技术要求,分解成若干个单项任务,提供了具体的操作要求与实施步骤,便于教学的组织与学生的自主学习;②以应用“GNSS 定位测量技术”建立工程测量控制网、采集地理空间数据等实际操作为主线,着力培养学生的 GNSS 定位技术理论、技术方法等实际工程应用能力;③课程中所介绍的接收机和实践项目,均源于工程中常用、常见和真实的工程案例,便于学生的学习与生产实际相结合,使学生在课程期间掌握 GNSS 定位技术要求、技术流程。

本书由昆明冶金高等专科学校的张东明和重庆工程职业技术学院的邓军担任主编,武玉斌(云南国土资源职业学院)、谢兵(四川建筑职业技术学院)、冀念芬(甘肃工业职业技术学院)任副主编,顾德茂(玉溪矿业大红山铜矿)任参编。各项内容的编写分工如下:项目一和项目二由谢兵编写,项目三由张东明编写,项目四由武玉斌编写,项目五由邓军编写,项目六由冀念芬编写,项目七由张东明、顾德茂共同编写,附录由武玉斌、张东明共同编写。本书由张东明负责统稿、定稿,并对部分项目的内容进行修改和调整。

本书由昆明冶金高等专科学校吕翠华教授担任主审,她为书稿提供了宝贵的修改意见。武汉理工大学出版社汪浪涛老师为书稿的出版付出了辛勤劳动,在此

表示衷心的感谢。本书的编写参阅了大量的书籍,在此对这些参考书籍的编者表示由衷的感谢。

由于GNSS技术的不断发展和更新,以及作者水平有限,时间仓促,书中错误在所难免,希望读者不吝指正。

编者  
2015年5月

# 目 录

项目一 认识 GNSS .....	(1)
任务一 职业岗位分析.....	(1)
一、课程面向的岗位描述 .....	(1)
二、课程设置及教学实施 .....	(2)
任务二 GNSS 概述.....	(3)
一、GNSS 的基本概念 .....	(3)
二、GNSS 的组成 .....	(3)
三、GNSS 的功能 .....	(6)
四、GNSS 的行业应用简介 .....	(8)
五、GNSS 的未来发展概述 .....	(9)
职业能力训练 .....	(10)
项目小结 .....	(11)
练习与思考题 .....	(11)
项目二 GNSS 卫星导航定位基础 .....	(12)
任务一 GNSS 测量的坐标系统 .....	(12)
一、坐标系统的类型.....	(12)
二、GNSS 作业中常用坐标系 .....	(14)
三、坐标系统的转换.....	(16)
任务二 GNSS 测量的时间系统 .....	(18)
一、世界时系统.....	(18)
二、原子时系统(AT) .....	(19)
三、协调世界时(UTC) .....	(19)
四、力学时(DT) .....	(20)
五、GPS 时间系统(GPST) .....	(20)
任务三 GNSS 测量的高程系统 .....	(20)
一、常用高程系统.....	(20)
二、GNSS 高程测量 .....	(22)
任务四 GNSS 卫星信号 .....	(24)
一、载波.....	(24)
二、测距码.....	(24)
三、导航电文.....	(25)
任务五 GNSS 卫星运动与星历 .....	(27)
一、GNSS 卫星运动 .....	(27)
二、GNSS 卫星星历 .....	(29)



职业能力训练 .....	(29)
项目小结 .....	(30)
练习与思考题 .....	(31)
<b>项目三 GNSS 接收机</b> .....	<b>(32)</b>
<b>任务一 GNSS 接收机的分类</b> .....	<b>(32)</b>
一、按接收机的用途分类 .....	(32)
二、按接收机接收的卫星信号分类 .....	(34)
三、按接收机通道数分类 .....	(35)
四、按工作原理分类 .....	(35)
五、按可接收不同卫星系统分类 .....	(36)
<b>任务二 GNSS 接收机的组成及功能</b> .....	<b>(37)</b>
一、GNSS 接收机的组成 .....	(37)
二、天线单元 .....	(38)
三、接收单元 .....	(40)
<b>任务三 GNSS 接收机的使用</b> .....	<b>(41)</b>
一、接收机的基本特征及功能 .....	(41)
二、常用 GNSS 接收机的介绍 .....	(43)
三、GNSS 接收机的基本操作 .....	(45)
<b>任务四 GNSS 接收机的选型与检验</b> .....	<b>(49)</b>
一、GNSS 接收机的选型 .....	(50)
二、GNSS 接收机的检验 .....	(51)
职业能力训练 .....	(53)
项目小结 .....	(54)
练习与思考题 .....	(54)
<b>项目四 GNSS 定位的基本原理</b> .....	<b>(55)</b>
<b>任务一 GNSS 测量方法</b> .....	<b>(55)</b>
一、GNSS 定位原理 .....	(55)
二、GNSS 定位方法分类 .....	(56)
<b>任务二 GNSS 定位的基本观测量</b> .....	<b>(59)</b>
一、测码伪距测量 .....	(59)
二、测相伪距测量 .....	(61)
三、整周未知数的确定 .....	(63)
四、周跳的探测分析与修复 .....	(64)
<b>任务三 绝对定位原理</b> .....	<b>(65)</b>
一、静态绝对定位原理 .....	(65)
二、动态绝对定位原理 .....	(69)
<b>任务四 相对定位原理</b> .....	<b>(70)</b>
一、相对定位原理概述 .....	(70)
二、静态相对定位原理 .....	(71)

三、差分定位原理	(73)
任务五 GNSS 测量误差影响及对策	(78)
一、GNSS 测量误差的来源及分类	(78)
二、GNSS 测量误差的影响及其对策	(80)
三、提高 GNSS 野外测量精度所采取的措施	(80)
职业能力训练	(82)
项目小结	(83)
练习与思考题	(84)
项目五 GNSS 静态控制测量	(85)
任务一 GNSS 控制网测量的技术设计	(85)
一、GNSS 控制网技术设计的基本依据	(85)
二、GNSS 控制网的布网原则	(86)
三、GNSS 控制网的基准设计	(87)
任务二 GNSS 控制网的图形设计	(89)
一、GNSS 控制网图形构成的基本概念和网的特征条件	(89)
二、GNSS 网的图形设计	(90)
三、GNSS 网的图形设计原则	(92)
任务三 GNSS 观测纲要设计	(93)
一、测区踏勘及资料收集	(93)
二、器材准备及人员组织	(94)
三、外业观测计划的拟订	(94)
任务四 GNSS 控制网技术设计书编写	(97)
任务五 GNSS 控制网外业观测	(98)
一、GNSS 控制网的选点与埋石	(98)
二、外业观测	(100)
三、外业观测质量的评价	(102)
任务六 GNSS 测量数据内业处理	(103)
一、观测数据传输与预处理	(104)
二、数据格式转换	(104)
三、基线向量解算	(106)
四、网平差	(108)
五、HGO 数据处理软件的使用	(111)
六、GNSS 水准测量	(117)
任务七 技术总结与上交资料	(117)
一、技术总结的作用	(117)
二、技术总结的内容	(118)
三、上交成果资料	(118)
职业能力训练	(118)
项目小结	(124)

练习与思考题	(124)
<b>项目六 GNSS-RTK 测量</b>	(125)
任务一 RTK 测量的基本原理	(125)
任务二 常规 RTK 测量系统	(126)
一、常规 RTK 的组成	(126)
二、常规 RTK 的操作	(129)
三、常规 RTK 作业的技术要求与注意事项	(136)
任务三 网络 RTK 测量系统	(140)
一、网络 RTK 的组成	(140)
二、网络 RTK 的常用技术与方法	(142)
三、网络 RTK 的操作	(146)
四、网络 RTK 作业的技术要求与注意事项	(148)
职业能力训练	(150)
项目小结	(151)
练习与思考题	(151)
<b>项目七 GNSS 在工程建设中的应用</b>	(152)
任务一 RTK 技术在控制测量中的应用	(152)
一、RTK 控制测量的一般技术要求	(152)
二、RTK 平面控制测量	(153)
三、RTK 高程控制测量	(154)
四、成果数据处理与检查	(155)
任务二 RTK 技术在地形测绘中的应用	(157)
一、RTK 地形测量的一般规定	(157)
二、RTK 图根点测量	(157)
三、RTK 碎部点测量	(158)
四、RTK 仪器设备要求	(159)
五、资料提交和成果验收	(161)
任务三 GNSS RTK 在施工测量中的应用	(161)
一、RTK 点位放样原理	(161)
二、RTK 点位放样操作过程	(163)
三、RTK 放样的优缺点	(164)
任务四 GNSS 在城市测量中的应用	(164)
一、城市地形图测量	(164)
二、城市管线测量	(165)
三、城市土地测量及评估	(165)
四、城市高层建筑监测	(166)
职业能力训练	(167)
项目小结	(169)
练习与思考题	(169)

---

附录一.....	(170)
一、GNSS 点之记 .....	(170)
二、GNSS 外业观测记录手簿 .....	(172)
附录二 ××县城市地形测量工程 GNSS 控制网测量技术设计书 .....	(173)
附录三 ××地形测绘工程四等 GNSS 控制网测量技术总结报告 .....	(181)
参考文献.....	(186)

# 项目一 认识 GNSS

## 【项目概述】

GNSS 是一个综合的星座系统,主要包括美国全球定位系统(GPS)、俄罗斯格洛纳斯导航卫星系统(GLONASS)、欧盟伽利略卫星导航系统(Galileo Positioning System)、中国北斗卫星导航系统(Compass Navigation System)。本项目主要介绍 GNSS 的基本概念,GNSS 组成部分、功能、行业应用简介和未来发展概述。

## 【学习目标】

- ①理解 GNSS 的概念;
- ②掌握 GNSS 组成部分、功能;
- ③了解 GNSS 未来发展趋势。

## 任务一 职业岗位分析

### 一、课程面向的岗位描述

“GNSS 定位测量技术”是测绘地理信息类专业的一门专业核心技能课程。GNSS 定位测量技术现已广泛应用于工程建设的各个领域,并积极引领着测绘科学技术的新发展,代表了工程测量技术的先进性和科技性,在现代测绘科学技术教学中处于重要地位。

国家测绘地理信息局、人力资源和社会保障部共同组织确定了测绘地理信息行业的六个特有职业,如表 1-1 所示。

表 1-1 测绘地理信息行业的六个特有职业工种

序号	职业名称	职业编码	职业等级	批准文号
1	大地测量员	6-01-02-01	初级、中级、高级、技师、高级技师	劳社厅发[2006]23号
2	摄影测量员	6-01-02-02	初级、中级、高级、技师、高级技师	
3	地图制图员	6-01-02-03	初级、中级、高级、技师、高级技师	
4	工程测量员	6-01-02-04	初级、中级、高级、技师、高级技师	
5	地籍测绘员	6-01-02-05	初级、中级、高级、技师	劳社厅发[2003]1号
6	房产测量员	6-01-02-06	初级、中级、高级、技师	

根据测绘地理信息行业这六个特有职业工种的技能进行分析,设置本书的教学任务。此六个职业工种与 GNSS 相关工作任务分析如表 1-2 所示。

表 1-2 GNSS 相关工作任务

职业	工作内容	工作任务	学习内容
大地测量员	静态数据处理	①收集和分析测区经济地理等情况以及已有的测绘成果成图资料,进行 GNSS 控制网的设计; ②选点与埋石,在收集的地形图、行政区划图上选点并与野外实地选点相结合确定点位位置,埋设标石; ③外业观测,确定合理的 GNSS 接收机进行野外观测; ④成果检核、数据处理,对采集的外业观测数据进行检查并且处理得出结果; ⑤编制报告,对所完成的项目进行总结	(1)GNSS 接收机认识与使用; (2)GNSS 静态控制测量
摄影测量员	地形测量	运用 GNSS 技术和摄影测量技术测绘各种比例尺的地形图、专题图、特种地图、正射影像地图、景观图,建立各种数据库,提供地理信息系统和土地信息系统所需要的基础数据	(1)GNSS 静态控制测量; (2)GNSS-RTK 控制测量
	非地形测量	运用 GNSS 技术和摄影测量技术于生物医学,公安侦破,古文物、古建筑,建筑物变形监测中	
地图制图员	普通地图制图	①地形图野外测绘; ②地形图室内成图	GNSS-RTK 地形地籍测量
	专题地图制图	专题地图的编绘工作	
工程测量员	勘测设计阶段的工程控制测量和地形测量	①控制点选择以及埋石; ②控制点的测量; ③控制网平差计算	(1)GNSS 静态控制测量; (2)GNSS-RTK 控制测量
	施工阶段的施工测量和设备安装测量	①建筑施工测量中的放样; ②公路施工中曲线的测设; ③设备安装测量	(1)GNSS-RTK 工程放样; (2)网络 RTK
	竣工和管理阶段的竣工测量、变形观测	①施工单位进行竣工测量; ②变形观测	(1)GNSS 静态控制测量; (2)GNSS-RTK 控制测量
地籍测绘员	地籍控制测量	①控制点选择以及埋石; ②控制点的测量; ③控制网平差计算	(1)GNSS 静态控制测量; (2)GNSS-RTK 控制测量
	地籍图测绘	野外地籍图 GNSS 测量	GNSS-RTK 地籍测量
房产测量员	控制测量	各级房产测量控制点	GNSS-RTK 控制测量
	碎部测量	外业碎部点测量	GNSS-RTK 地形测量

## 二、课程设置及教学实施

“GNSS 测量技术”是高职测绘地理信息类专业的核心技能专业课程。课程教学面向的工作岗位是“应用 GNSS 技术建立工程控制网”和“应用 GNSS 技术采集地理空间数据”。教材编写本着“基于工作过程系统化”的教学理念,突出“工学结合”。从 GNSS 接收机的选型与操作、GNSS 测量设计、GNSS 数据采集、GNSS 测量数据处理等典型工作任务入手,采用项目与工作任务的方式组织教材内容。本书在职业教育目标的指导下,在测绘地理信息行业和社会

发展的前提下,尽量做到紧跟 GNSS 技术应用行业的发展,体现职业教育的特点,根据 6 大职业的特点和工作任务设计课程内容,让学生不仅可以学习理论知识,并且可以学习到实际的操作技能。该课程还可以培养学生的综合素质,满足学生毕业后工作需要和将来的个人发展需要,增强学生的就业竞争力。通过本课程的学习,学生既能掌握 GNSS 测量的基本理论与方法,又能使用 GNSS 技术进行工程控制网的建立与地理空间数据的采集工作。

## 任务二 GNSS 概述

### 一、GNSS 的基本概念

GNSS 是 Global Navigation Satellite System 的缩写,译为“全球导航卫星系统”。另外一个著名的定位系统是美国的 GPS(Global Positioning System)全球定位系统,目前很多人将 GNSS 与 GPS 等系统并列而论。实际上,GNSS 是所有在轨工作的卫星导航系统的总称,目前主要包括美国 GPS 卫星全球定位系统(Global Positioning System)、俄罗斯 GLONASS 全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System)、欧盟伽利略卫星导航系统(Galileo Satellite Navigation System)、北斗卫星导航系统(BeiDou Navigation Satellite System),全部建成后在轨卫星数量达到 100 颗以上。截至目前,欧盟的伽利略卫星导航系统还没进入商用,中国的北斗导航定位系统陆陆续续进入商用。

除此之外,还包括 WAAS 广域增强系统、EGNOS 欧洲静地卫星导航重叠系统、DORIS 星载多普勒无线电定轨定位系统、PRARE 精确距离及其变率测量系统、QZSS 准天顶卫星系统、印度 GAGAN 辅助同步轨道增强导航系统、IRNSS 印度区域导航卫星系统。

### 二、GNSS 的组成

GNSS 主要由美国 GPS、俄罗斯 GLONASS、欧盟 Galileo、中国 BeiDou 等系统组成。

#### (一)GPS 全球定位系统

1973 年 12 月,美国国防部在总结了 NNSS(美国海军导航卫星系统)系统的优劣之后,批准美国海陆空三军联合研制新一代卫星导航系统即 navstar GPS,通常称为全球定位系统,简称 GPS 系统。GPS 全球定位系统是美国为军事目的而建立的。1983 年一架民用飞机在空中因被误以为是敌军飞机而遭击落后,美国承诺 GPS 免费开放供民间使用。美国为军用和民用安排了不同的频段,并分别广播了 P 码和 C/A 码两种不同精度的位置信息。美国在 20 世纪 90 代中期为了自身的安全考虑,在民用卫星信号上加入了 SA(Selective Availability),进行人为扰码,这使得一般民用 GPS 接收机的精度只有 100m 左右。2000 年 5 月 2 日,SA 干扰被取消,全球的民用 GPS 接收机的定位精度在一夜之间提高了许多,大部分的情况下可以获得 10m 左右的定位精度。美国之所以停止执行 SA 政策,是由于美国军方现已开发出新技术,可以随时降低对美国存在威胁地区的民用 GPS 精度,所以现在这种高精度的 GPS 技术才得以向全球免费开放使用。

GPS 全球定位系统是目前最成熟的卫星定位导航系统。它是美国从 20 世纪 70 年代开始研制,历时 20 年,耗资近 300 亿美元,于 1994 年全面建成的新一代卫星导航与定位系统。GPS 利用导航卫星进行测时和测距,具有在海、陆、空全方位实时三维导航与定位能力。它是

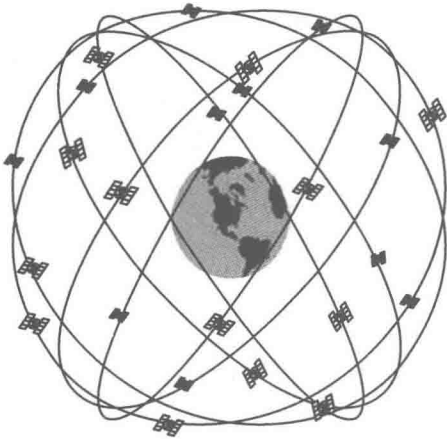


图 1-1 GPS 卫星星座

继阿波罗登月计划、航天飞机后的美国第三大航天工程。如今, GPS 已经成为当今世界上最实用, 也是应用最广泛的全球精密导航、指挥和调度系统。GPS 系统主要由空间星座部分、地面监控部分和用户设备三大部分组成。空间星座部分由 21 颗工作卫星和 3 颗备份卫星组成, 分布在 20200km 高的 6 个轨道平面上, 运行周期为 11h58min, 如图 1-1 所示。地球上任何地方任一时刻都能同时观测到 4 颗以上的卫星。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。GPS 的用户部分由 GPS 接收机、数据处理软件及相应的用户设备如计算机及其终端设备、气象仪器等所组成。

在 GPS 设计之初, 美国国防部的主要目的是为陆海空三大领域提供实时、全天候和全球性的导航服务, 并用于情报搜集、核爆监测和应急通信等军事目的, 随着 GPS 系统的开发应用, 被广泛用于飞机、船舶、汽车等各种运载工具的导航, 高精度的大地测量, 精密工程测量, 地壳变形测量, 地球物理测量, 地形测量, 各种工程测量等。

(二) GLONASS 卫星定位系统

格洛纳斯 GLONASS 是前苏联从 20 世纪 80 年代初开始建设的与美国 GPS 系统相类似的卫星定位系统, 覆盖范围包括全部地球表面和近地空间。虽然格洛纳斯系统的第一颗卫星早在 1982 年就已发射成功, 但受苏联解体影响, 整个系统发展缓慢。直到 1995 年, 俄罗斯耗资 30 多亿美元, 才完成了 GLONASS 导航卫星星座的组网工作。目前此卫星网络由俄罗斯国防部控制。

GLONASS 系统由 24 颗卫星组成, 原理和方案都与 GPS 类似, 不过, 其 24 颗卫星分布在 3 个轨道平面上, 这 3 个轨道平面两两相隔  $120^\circ$ , 同平面内的卫星之间相隔  $45^\circ$ 。每颗卫星都在 19100km 高、 $64.8^\circ$  倾角的轨道上运行, 轨道周期为 11h15min, 如图 1-2 所示。地面控制部分全部都在俄罗斯领土境内。俄罗斯自称, 多功能的 GLONASS 系统定位精度可达 1m, 速度误差仅为 15cm/s。如果需要, 该系统还可用来为精确打击武器制导。

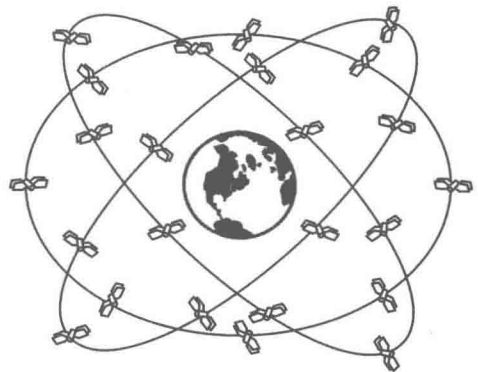


图 1-2 GLONASS 卫星星座

(三) 伽利略卫星导航系统

欧盟发展伽利略卫星定位系统可以减少欧洲对美国军事和技术的依赖, 打破美国对卫星导航市场的垄断。

伽利略计划是一种中高度圆轨道卫星定位方案。伽利略卫星导航定位系统的建设原计划将于 2007 年底之前完成, 2008 年投入使用, 总共发射 30 颗卫星, 其中 27 颗卫星为工作卫星, 3 颗为候补卫星。卫星高度为 24126km, 位于 3 个倾角为  $56^\circ$  的轨道平面内。该系统除了 30



颗中高度圆轨道卫星外,还有 2 个地面控制中心。

图 1-3 为 Galileo 卫星星座。

欧盟伽利略计划的首颗卫星在 2005 年 12 月 28 日升空。伽利略计划采用欧盟公共机构和联盟内私营企业合营的方式,而各国私营企业迟迟未就权利和利益分配达成一致。由于上述问题的存在,伽利略系统实现商业运行的时间已经被推迟。

与美国的全球定位系统(GPS)相比,建成后的伽利略系统将具备至少 3 方面优势:首先,其覆盖面积将是 GPS 系统的两倍,可为更广泛的人群提供服务;其次,其地面定位误差不超过 1m,精确度要比 GPS 高 5 倍以上,用专家的话说,“GPS 只能找到街道,而伽利略系统则能找到车库门”;再次,伽利略系统使用多种频段工作,在民用领域比 GPS 更经济、更透明、更开放。伽利略计划一旦实现,不仅可以极大地方便欧洲人的生活,还将为欧洲的工业和商业带来可观的经济效益。更重要的是,欧洲将从此拥有自己的全球卫星定位系统,这不仅有助于打破美国 GPS 系统的垄断地位,在全球高科技竞争浪潮中夺取有利位置,更可以为建设梦想已久的欧洲独立防务创造条件。

#### (四)我国的北斗卫星导航定位系统

2003 年 5 月 25 日,我国成功地将第三颗“北斗一号”导航定位卫星送入太空。前两颗“北斗一号”卫星分别于 2000 年 10 月 31 日和 12 月 21 日发射升空,第三颗发射的是导航定位系统的备份星,它与前两颗“北斗一号”工作星组成了完整的卫星导航定位系统,确保全天候、全天时提供卫星导航信息。这标志着我国成为继美国全球卫星定位系统(GPS)和前苏联的全球导航卫星系统(GLONASS)后,在世界上第三个建立了完善的卫星导航系统的国家。图 1-4 为北斗卫星星座。

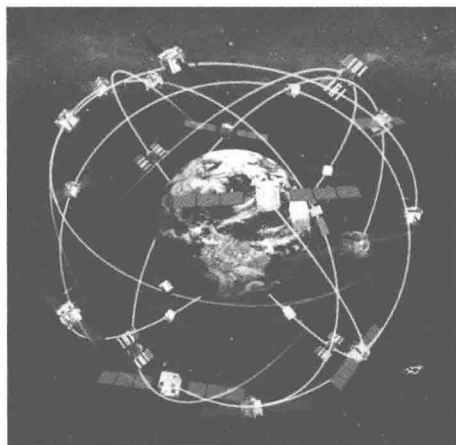


图 1-3 Galileo 卫星星座

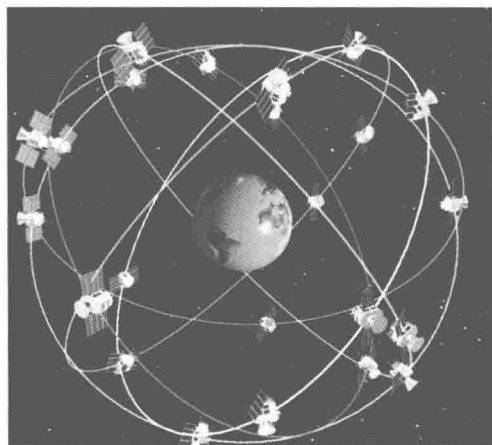


图 1-4 北斗卫星星座

我国的“北斗一号”卫星导航系统是一种“双星快速定位系统”。突出特点是构成系统的空间卫星数目少、用户终端设备简单、一切复杂性均集中于地面中心处理站。“北斗一号”卫星定位系统是利用地球同步卫星为用户提供快速定位、简短数字报文通信和授时服务的一种全天候、区域性的卫星定位系统。系统的主要功能是:①定位,快速确定用户所在地的地理位置,向用户及主管部门提供导航信息;②通信,用户与用户、用户与中心控制系统间均可实现双向短数字报文通信;③授时,中心控制系统定时播发授时信息,为定时用户提供时延修正值。“北斗