

## 内 容 提 要

本书旨在详细描述全球定位系统及相关的技术，讲述 GPS 如何工作以及如何应用，包括基本原理、系统结构、信号特点、坐标系转换、位置计算、差分技术、辅助 GPS、GLONASS、GALILEO 与北斗等其他 GNSS 介绍、数据格式与硬件结构，并包含了 GNSS 领域的新技术，以及 GNSS 应用等内容。本书条理清楚、内容丰富，易于理解和掌握，为 GPS 开发和 GPS 应用人员提供所需的参考内容，帮助读者快速和全面地理解 GPS 相关技术。

本书可以作为卫星导航定位技术开发者、导航技术应用者、软件工程师、硬件工程师、高等院校师生的工具书和参考书。

## 图书在版编目 ( C I P ) 数据

GPS 卫星导航基础/ (瑞士) 佐格 (Zogg, J. M.) 著  
 . — 北京 : 航空工业出版社, 2011. 8  
 ISBN 978 - 7 - 80243 - 789 - 0

I. ①G… II. ①佐… III. ①全球定位系统 IV.  
 ①P228. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 138680 号

## GPS 卫星导航基础 GPS Weixing Daohang Jichu

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010 - 64815615 010 - 64978486

中国电影出版社印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2011 年 8 月第 1 版

2011 年 8 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 10.75

字数: 211 千字

印数: 1—2000

定价: 39.00 元

# 目 录

导论 .....	1
第 1 章 卫星导航快速入门 .....	3
1.1 测量信号传输时间的原理 .....	3
1.1.1 卫星导航的基本原理 .....	4
1.1.2 信号行程时间 .....	6
1.1.3 测定位置 .....	6
1.1.4 时间误差的影响和修正 .....	7
第 2 章 坐标系 .....	9
2.1 引言 .....	9
2.2 地球体 .....	9
2.3 椭球与基准面 .....	10
2.3.1 椭球 .....	10
2.3.2 制定本地参考椭球与基准面 .....	11
2.3.2.1 本地参考椭球 .....	11
2.3.2.2 基准面、地图参考系 .....	11
2.3.3 国家参考系 .....	11
2.3.4 国际参考椭球 WGS-84 .....	12
2.3.5 从本地参考系变换至世界参考椭球 .....	13
2.3.5.1 大地基准面 .....	13
2.3.5.2 基准面转换 .....	14
2.3.6 转换坐标系 .....	14
2.3.6.1 将笛卡儿坐标转换为椭球坐标 .....	14
2.3.6.2 将椭球坐标转换为笛卡儿坐标 .....	15
2.4 平面地区坐标、投影 .....	15
2.4.1 高斯-克吕格投影（横切墨卡托投影） .....	15
2.4.2 UTM 投影 .....	16

2.4.3	瑞士投影系（正形双重投影）	18
2.4.4	全球范围的坐标转换	18
2.4.4.1	示例：将 WGS - 84 坐标转换为 CH - 1903 坐标	19
2.5	栅格地图地理对位	19
2.5.1	引言	19
2.5.2	变换基础	20
2.5.3	确定变换坐标	20
2.5.4	确定变换参数 $a, b, c, d, e, f$	21
2.5.5	示例（将栅格地图变换为 WGS - 84）	22
<b>第 3 章</b>	<b>卫星技术基础</b>	<b>25</b>
3.1	开普勒定律	25
3.1.1	开普勒第一定律	25
3.1.2	开普勒第二定律	26
3.1.3	开普勒第三定律	26
3.2	卫星轨道	27
3.3	轨道高度	28
3.4	无线电频率	29
3.5	时间系统	30
3.5.1	国际原子时（TAI）	30
3.5.2	协调世界时（UTC）	31
3.5.3	GPS 时	31
3.5.4	卫星时	31
3.5.5	地方时	31
<b>第 4 章</b>	<b>GNSS 技术：GPS 示例</b>	<b>33</b>
4.1	引言	33
4.2	全系统描述	34
4.3	空间部分	34
4.3.1	卫星的分布和运动	34
4.3.2	GPS 卫星	36
4.3.2.1	卫星结构	36

4.3.2.2 通信链路预算分析 .....	37
4.3.2.3 卫星信号 .....	37
4.3.3 生成卫星信号 .....	39
4.3.3.1 简化框图 .....	39
4.3.3.2 详细框图 .....	40
4.4 控制部分 .....	41
4.4.1 失效可能性与人为信号失真 (SA) .....	41
4.5 用户部分 .....	43
4.6 GPS 导航电文 .....	45
4.6.1 引言 .....	45
4.6.2 导航电文的结构 .....	46
4.6.3 子帧包含的信息 .....	47
4.6.4 遥测字 (TLM) 与转换字 (HOW) .....	47
4.6.5 25 页的细分 .....	47
4.6.6 星历与年历数据比较 .....	48
4.7 GPS 现代化 .....	48
4.7.1 新调制方法, BOC 和 MBOC .....	48
4.7.1.1 BPSK (1) —调制 .....	48
4.7.1.2 BOC—调制简介 .....	49
4.7.1.3 MBOC 调制 (多路 BOC, MBOC (6, 1, 1/11)) .....	51
4.7.2 GPS 现代化 .....	52
<b>第 5 章 GLONASS、GALILEO 和北斗系统 .....</b>	<b>54</b>
5.1 引言 .....	54
5.2 GLONASS: 俄罗斯系统 .....	54
5.2.1 GLONASS 的建成 .....	56
5.3 GALILEO .....	58
5.3.1 概述 .....	58
5.3.2 计划中的 GALILEO 服务 .....	60
5.3.2.1 开放服务, OS .....	60
5.3.2.2 商业服务, CS .....	60
5.3.2.3 人身安全服务, SoL .....	60

5.3.2.4	公共管制服务, PRS	60
5.3.2.5	搜索和救援, SAR	61
5.3.3	精度	62
5.3.4	GALILEO 技术	62
5.3.4.1	信号频率	64
5.3.4.2	时间计划	65
5.3.5	GNSS 最重要的三个特性	67
5.4	中国的北斗 1 代和北斗 2 代系统	68
5.4.1	目前的系统: 北斗 1 代	68
5.4.2	未来的系统: 北斗 2 代	68
<b>第 6 章</b>	<b>计算位置</b>	<b>70</b>
6.1	引言	70
6.2	计算位置	70
6.2.1	测量信号行程时间的原理 (伪距估算)	70
6.2.2	方程的线性化	72
6.2.3	解方程	73
6.2.4	小结	74
6.3	确定行程时间的具体方法	75
6.3.1	时间系统	75
6.3.2	确定行程时间的具体方法	75
6.3.2.1	第 1 步: 通过相关性确定信号到达时间	75
6.3.2.2	第 2 步: 对数据和/或导航电文进行重构	77
6.3.2.3	第 3 步: 确定发送时间	77
6.3.3	确定行程时间误差	78
6.3.4	影响行程时间的其他因素	78
6.4	误差分析与精度因子	79
6.4.1	引言	79
6.4.2	卫星几何形态对精度的影响, DOP 值	80
6.4.2.1	引言	80
6.4.2.2	图解 DOP 值成因	81
6.4.2.3	DOP 值的实际含义	82

6.4.2.4 总误差 .....	83
6.4.2.5 计算 DOP 值 .....	85
<b>第 7 章 改进的 GPS: DGPS、SBAS、A-GPS 和 HSGPS .....</b>	<b>87</b>
7.1 引言 .....	87
7.2 GPS 误差源 .....	87
7.3 减小测量误差的可行性 .....	89
7.3.1 基于信号行程时间延迟测量的 DGPS .....	90
7.3.1.1 工作原理详细说明 .....	91
7.3.1.2 确定修正系数 .....	91
7.3.1.3 发送修正值 .....	92
7.3.1.4 对测量伪距的修正 .....	93
7.3.2 基于载波相位测量的 DGPS .....	93
7.3.3 DGPS 后处理 (信号行程时间和相位测量) .....	94
7.3.4 发送修正数据 .....	94
7.3.5 根据播发范围对 DGPS 进行分类 .....	95
7.3.6 修正信号发送标准 .....	95
7.3.7 差分修正服务概览 .....	96
7.4 DGPS 实时修正服务 .....	96
7.4.1 引言 .....	96
7.4.2 基于 RTCM SC-104 的地面服务 .....	97
7.4.3 基于 RTCM SC-104 的卫星服务 .....	97
7.5 广域 DGPS (WADGPS) .....	99
7.5.1 星基增强系统, SBAS (WAAS, EGNOS) .....	99
7.5.1.1 引言 .....	99
7.5.1.2 最重要的 SBAS 功能 .....	99
7.5.2 现有系统和计划中的系统概览 .....	100
7.5.3 计划中的 RNSS 概览 .....	103
7.5.4 SBAS 系统描述 .....	103
7.5.5 使用 RTCM SC-104 的卫星 DGPS 服务 .....	104
7.6 使用 DGPS 和 SBAS 可达到的精度 .....	105
7.7 辅助 GPS (A-GPS, AGPS) .....	105

7.7.1	引言 .....	105
7.7.2	A-GPS 原理 .....	106
7.7.3	基准网络 .....	108
7.7.4	A-GPS 网络 .....	109
7.7.5	采用在线辅助数据的 A-GPS 方式 (实时 A-GPS) .....	109
7.7.6	采用离线辅助数据的 A-GPS 方式 (预测轨道) .....	110
7.7.7	架构 .....	111
7.7.8	控制平面架构 .....	111
7.7.9	用户平面架构 .....	112
7.7.10	架构优势 .....	112
7.7.11	OMA 安全用户平面定位架构 (OMA-SUPL) .....	113
7.8	高灵敏度 GPS (HSGPS) .....	114
7.8.1	提高振荡器稳定性 .....	114
7.8.2	天线 .....	114
7.8.3	噪声系数因素 .....	114
7.8.4	相关器和相关时间 .....	115
7.9	GNSS 转发器或转发天线 .....	116
7.10	室内用伪卫星 .....	116

## 第 8 章 数据格式与硬件接口 ..... 117

8.1	引言 .....	117
8.2	数据接口 .....	117
8.2.1	NMEA-0183 数据接口 .....	117
8.2.1.1	NMEA 协议结构 .....	118
8.2.1.2	GGA 数据集 .....	120
8.2.1.3	GLL 数据集 .....	121
8.2.1.4	GSA 数据集 .....	122
8.2.1.5	GSV 数据集 .....	123
8.2.1.6	RMC 数据集 .....	124
8.2.1.7	VTG 数据集 .....	125
8.2.1.8	ZDA 数据集 .....	126
8.2.1.9	计算校验和 .....	126

8.2.2 从 NMEA 转换为 KML .....	128
8.2.2.1 Google Earth 和 KML 简介 .....	128
8.2.2.2 将 NMEA 转换为 KML 的方法 .....	128
8.2.3 DGPS 修正数据 (RTCM SC-104) .....	131
8.2.3.1 RTCM 电文头 (2.3 版) .....	132
8.2.3.2 RTCM 电文类型 1 (2.3 版) .....	133
8.2.3.3 RTCM 电文类型 2~9 (2.3 版) .....	134
8.2.4 私有数据接口 .....	136
8.2.4.1 示例: 用于 u-blox GNSS 接收机的 UBX 协议 .....	136
8.3 硬件接口 .....	138
8.3.1 天线 .....	138
8.3.2 供电 .....	139
8.3.3 时间脉冲: 1PPS 与时间系统 .....	139
8.3.4 将 TTL 电平转换为 RS-232 .....	140
8.3.4.1 串行通信基础 .....	140
8.3.4.2 确定电平及其逻辑分配 .....	140
8.3.4.3 将 TTL 电平转换为 RS-232 .....	141
<b>第 9 章 GNSS 接收机</b> .....	<b>143</b>
9.1 GNSS 手持接收机基础 .....	143
9.2 GNSS 接收机模块 .....	144
9.2.1 GNSS 模块基本设计 .....	144
<b>第 10 章 GNSS 应用</b> .....	<b>146</b>
10.1 引言 .....	146
10.2 各种应用介绍 .....	146
10.2.1 基于位置的服务 (LBS) .....	147
10.2.2 商业和工业应用 .....	147
10.2.3 通信技术 .....	149
10.2.4 农业和林业 .....	149
10.2.5 科学与研究 .....	150
10.2.6 旅游和运动 .....	151



10.2.7 军事 .....	151
10.2.8 时间测定 .....	151
<b>附录</b> .....	153
<b>A 互联网上的资源</b> .....	153
A.1 概要报告和链接 .....	153
A.2 差分 GPS .....	153
A.3 GPS 机构 .....	154
A.4 GNSS 新闻组和 GNSS 技术刊物 .....	154
<b>B 资料来源</b> .....	155
<b>C 版本历史</b> .....	156