

连续运行卫星定位 综合服务系统 建设与应用

广西第一测绘院组织编写

黄俊华 陈文森 主编

国内第一部连续运行卫星定位服务系统技术专著



科学出版社

www.sciencep.com

连续运行卫星定位 综合服务系统建设与应用

黄俊华 陈文森 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

连续运行卫星定位综合服务系统(CORS)的技术基础是全球卫星定位系统(GPS)。它是卫星定位技术发展的产物,是卫星定位技术应用的扩展和深化。本书旨在为推动 CORS 的发展而献出微力。它介绍了 CORS 的基础知识,收集了当前有关 CORS 的较新资料,全面阐述了 CORS 的特点和建设与应用。

全书共 16 章,每章都拟有小结和思考题,内容包括:全球卫星定位系统概论、GPS 差分技术、CORS 的发展与应用、CORS 体系结构、CORS 数据中心的建设、CORS 参考站建设、CORS 通信系统的建设、坐标联测和系统测试、CORS 建设管理与运行管理、网络 RTK 和网络 RTD 作业、事后差分 and 数据处理、CORS 服务系统、北部湾经济区 CORS 建设。

本书观点前瞻、面向应用、深入浅出、图文并茂、重于实用,以 CORS 的发展与应用为主线,涵盖了 CORS 工程全过程、全方位的内容。

本书可供各级空间信息技术相关职能机构、相关管理部门、各类测绘系统的领导、各类城乡建设的技术人员、行业协会、空间信息系统工程设计单位、建设单位和公司等参考,也可作为工科院校相关专业教学的辅导教材。

图书在版编目(CIP)数据

连续运行卫星定位综合服务系统建设与应用 / 黄俊华, 陈文森主编.
—北京: 科学出版社, 2009
ISBN 978-7-03-023564-0

I. 连… II. ①黄…②陈… III. 全球定位系统(GPS) IV. P228.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 190752 号

责任编辑: 孙力维 杨 凯 / 责任制作: 董立颖 魏 谨

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 李 力

北京东方科龙图文有限公司 制作

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

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 1 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2009 年 1 月第一次印刷 印张: 29 1/4 插页: 4

印数: 1—5 000 字数: 570 000

定价: 65.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈新欣〉)

前 言

人类活动中有 80% 的内容与空间位置有关,空间数据基础设施是信息社会、知识经济时代重要的基础设施。连续运行卫星定位综合服务系统(CORS)是空间数据基础设施重要的组成部分。

连续运行卫星定位综合服务系统是通过在某个区域范围内,建立若干永久性的连续运行定位卫星数据接收站(简称参考站),利用现代通信技术接收各个参考站卫星数据并进行处理,为用户提供各种高精度空间定位服务和多元化信息服务的系统。连续运行卫星定位综合服务系统的技术基础是全球卫星定位系统(GPS)和通信技术,是卫星定位技术发展的产物,是卫星定位技术应用的扩展和深化。

CORS 最早诞生于上世纪末。经过十多年的不断发展,CORS 在解算方法和服务功能上得到了不断的改善,已被广泛地应用于空间三维定位工作中。目前,国内外已将 CORS 列为现代空间定位技术应用的重点方向,加大推进 CORS 应用的力度,不断扩大其应用的范围。

CORS 是城乡与社会动态测绘参考基准建设发展的必然趋势,CORS 是城乡与社会环境、灾害、安全监测的必要手段,CORS 是规模化、集约化利用 GPS 技术的必然选择。

CORS 的建立将为国民经济建设与社会发展提供多元化空间信息服务。它可以满足不同行业、不同用户对精密定位、快速和实时定位、测速、测方位、测量位移及测量气象参数的要求,满足资源调查、城市规划、国土管理、城乡建设、基础测绘、灾害监测、环境监测、防灾减灾、精细农业及交通管理现代化、信息化管理的需求;可以对工程建设进行实时、有效、长期的变形监测;为城市诸多领域如气象、车船导航定位、物体跟踪、公安消防的应用等提供精度达厘米级的动态实时定位服务。

2008 年 5 月 12 日,我国四川省的汶川地区发生了里氏 8.0 级的大地震,造成了巨大的人员和财产损失,CORS 在汶川地震中的救援以及灾后重建中都起了重要的作用。同年,在北京举行的 29 届奥林匹克运动会中,CORS 为奥运场馆和基础设施建设以及各项赛事等活动提供了良好的定位综合服务。CORS 已经逐渐深入到国家建设和人民生活的各个方面。

为了满足国民经济建设的需要,我国加快了 CORS 建设的步伐。面对国内 CORS 进入了快速发展新阶段的建设热潮,必须要高度重视建设 CORS 的科学性、合理性和严谨性,防止盲目性,警惕由此带来的种种风险,谋定而后动,保证 CORS 的健康发展。

我们作为在国内较早涉足 CORS 的建设者,尽管水平不高,但为了加快我国

CORS 建设的发展,通过不断的研究和实践,把兄弟单位与我们近几年在 CORS 建设探索中积累的一些经验、获得的教训、领悟到的体会,进行认真的思考和总结,将其精华进行提炼。同时,选择了将成为中国继珠三角、长三角、环渤海湾之后的第四增长极的北部湾(广西)经济区 CORS 作为建设的案例进行解剖,写成一本有关 CORS 建设与应用的专著。我们将与一切热心 CORS 建设的人们进行交流,力求回答好什么是 CORS,为什么要建设 CORS,建设什么样的 CORS 和怎样建设 CORS 等几个问题。把它作为我们探索的习作,献给国家、献给社会、献给同行。希望本书的出版能对我国各地 CORS 的建设有一些启迪;同时,对我们自己也是一种鼓励和鞭策。

本书共 16 章,每章都拟有小结和思考题,内容从全球卫星定位系统概论到 GPS 差分技术;从 CORS 的发展与应用到网络载波相位动态实时差分(RTK)技术;从 CORS 体系结构到 CORS 数据中心的建设、CORS 参考站的建设、CORS 通信系统的建设、CORS 用户应用端的建设、CORS 参考站的基准坐标联测和系统测试、CORS 建设管理与运行管理、CORS 网络 RTK 和网络 RTD 作业方法、CORS 数据事后差分处理;从 CORS 服务系统到北部湾(广西)经济区 CORS 建设都有全面的介绍。全书以 CORS 的发展与应用为主线,涵盖了 CORS 工程全过程、全方位的内容;力求观点前瞻、理论翔实、内容全面、题栏醒目、结构新颖、案例典型;力求深入浅出,图文并茂,重在实用,启迪性强。本书可供各级空间信息技术相关职能机构、相关管理部门、各类测绘系统的领导、各类城乡建设的技术人员、行业协会、空间信息系统工程设计单位、建设单位和公司等参考,也可作为工科院校相关专业教学的辅导教材。

本书在编著过程中得到了广西测绘局、桂林工学院和广西联信科技顾问有限公司等单位的帮助和指导;还得到了谭庆红、唐君、卢冠合、覃炜革等同志从选题、编目、插画、绘图到录入、修改、制版、审校的具体帮助;在此还要特别感谢武汉大学测绘学院的黄劲松老师和梅文胜老师,他们在本书编著过程中给予了大量的指导,使本书能够按时完成;对上述单位和同志一并表示衷心感谢。

CORS 的题材新颖、范围广泛,涉及现代信息技术的各个门类和测绘学、工程管理学等多个学科,涉及技术管理、经济管理、组织管理、工作协调等领域;而且,我国的 CORS 建设起步不久,还需要随着社会发展和技术进步而不断完善,在这些方面,我们虽然有所感悟,但限于水平,书中难免会有缺点和错误。恳请各级领导和同行及读者批评指正,对我们提出宝贵意见,不胜感激。

《连续运行卫星定位综合服务系统建设与应用》编委会

2008 年 10 月

目 录

第 1 章 全球卫星定位系统概论	1
1.1 全球卫星定位系统的产生	1
1.1.1 早期的卫星定位系统	2
1.1.2 全球卫星定位系统(GPS)的建立	5
1.1.3 其他卫星导航定位系统	5
1.2 GPS 的技术基础	9
1.2.1 GPS 的特点	9
1.2.2 GPS 定位的基本原理	10
1.2.3 GPS 的组成	13
1.2.4 GPS 卫星信号结构	14
1.2.5 GPS 参考坐标系统	18
1.2.6 GPS 时间系统	21
1.2.7 GPS 技术指标	21
1.2.8 GPS 安全保密措施	22
1.3 卫星定位误差	23
1.3.1 卫星钟误差	23
1.3.2 卫星星历误差	24
1.3.3 电离层延迟误差	24
1.3.4 对流层延迟误差	25
1.3.5 多路径误差	25
1.3.6 其他误差	25
1.4 全球卫星定位系统技术发展	27
1.4.1 从 GPS 到 GNSS	27
1.4.2 差分 GPS 技术	27
1.4.3 GPS 精密单点定位	27
1.4.4 CORS 技术和网络 RTK	28
1.4.5 AGPS 技术	29
1.5 小 结	30
1.6 思考题	31
第 2 章 GPS 差分技术	32
2.1 概 述	32

2.1.1	差分 GPS 产生的诱因	32
2.1.2	差分 GPS 的出现	33
2.2	差分基本原理	33
2.2.1	位置差分	33
2.2.2	伪距差分	34
2.2.3	相位平滑伪距差分	35
2.2.4	载波相位差分	37
2.3	局域差分 GPS 系统	39
2.3.1	局域差分 GPS 系统的概念	39
2.3.2	局域差分 GPS 的实现方法	39
2.3.3	局域差分 GPS 的解算分类	40
2.4	广域差分 GPS 系统	40
2.4.1	广域差分 GPS 的实现方法	41
2.4.2	广域差分 GPS 工作流程	41
2.4.3	广域差分 GPS 的特点	42
2.5	常规 RTK 技术	42
2.5.1	RTK 技术概述	42
2.5.2	RTK 测量原理	43
2.5.3	RTK 测量方法	43
2.5.4	RTK 技术的应用	45
2.5.5	RTK 测量的误差分析	47
2.5.6	常规 RTK 主要问题	49
2.6	小 结	50
2.7	思考题	50
第 3 章	CORS 的发展与应用	51
3.1	CORS 概述	51
3.1.1	CORS 的定义	51
3.1.2	CORS 的特点	52
3.1.3	CORS 技术发展	53
3.1.4	CORS 发展存在的问题	56
3.2	CORS 建设的目的和意义	57
3.2.1	CORS 建设的目的	57
3.2.2	CORS 建设的意义	58
3.3	CORS 原理与结构	60
3.3.1	CORS 基本原理	60
3.3.2	CORS 基本结构	61

3.4	CORS 分类	62
3.4.1	分类方法	62
3.4.2	各级 CORS 关系	64
3.5	国外 CORS 发展现状	65
3.5.1	美国 CORS	65
3.5.2	日本 CORS	66
3.5.3	德国 CORS	67
3.5.4	加拿大 CORS	67
3.5.5	澳大利亚 CORS	68
3.5.6	国际 GNSS 服务系统(IGS)	68
3.6	CORS 在国内发展现状	70
3.6.1	中国 RBN-DGPS 系统	70
3.6.2	中国地壳运动观测网络	73
3.6.3	北京 CORS	74
3.6.4	上海 CORS	75
3.6.5	香港 CORS	76
3.6.6	深圳市 CORS	77
3.6.7	四川 CORS	78
3.6.8	昆明市 CORS	78
3.6.9	江苏省 CORS	79
3.6.10	北部湾 CORS	80
3.7	CORS 在各领域及各行业的应用	80
3.7.1	基础测绘	80
3.7.2	一般测量	81
3.7.3	工程建设	83
3.7.4	自然灾害监测和地壳运动监测	84
3.7.5	气象预报	84
3.7.6	地理信息数据采集	84
3.7.7	交通管理和监控	85
3.8	小 结	85
3.9	思考题	86
第 4 章	CORS 的网络差分技术	87
4.1	网络 RTK 概述	87
4.1.1	网络 RTK 概念	87
4.1.2	常规 RTK 与网络 RTK 的比较	88
4.1.3	网络 RTK 的关键技术	88

4.1.4 网络 RTK 误差改正模型	89
4.2 主流网络 RTK 技术	90
4.2.1 VRS 技术	90
4.2.2 MAC 技术	92
4.2.3 FKP 技术	93
4.2.4 综合内插技术(CBI)	94
4.2.5 联合单参考站 RTK 技术	94
4.3 几种网络 RTK 技术比较	95
4.4 网络 RTD	96
4.4.1 RTD 基本特点	96
4.4.2 RTD 定位原理	96
4.4.3 RTD 流动站	97
4.5 小 结	97
4.6 思考题	98
第 5 章 CORS 体系结构	99
5.1 CORS 的结构	99
5.1.1 系统总体结构	99
5.1.2 硬件系统	100
5.1.3 软件系统	101
5.1.4 CORS 的数据流	101
5.2 CORS 网络系统	102
5.2.1 建立 CORS 网络的需求分析	102
5.2.2 CORS 网络的动态行为	103
5.2.3 网络系统性能	103
5.2.4 CORS 网络系统结构	104
5.2.5 CORS 网络系统的数学内涵	106
5.3 CORS QoS 系统	114
5.3.1 CORS QoS 的组成	114
5.3.2 CORS QoS 具体指标计算	115
5.4 CORS 协议系统	116
5.4.1 CORS 协议来源	116
5.4.2 CORS 协议分类和内容	117
5.4.3 CORS 协议结构	118
5.5 小 结	119
5.6 思考题	120

第 6 章 CORS 建设的依据	121
6.1 相关的法规和标准.....	121
6.1.1 建设 CORS 最常用的相关标准	121
6.1.2 建设 CORS 相关的测绘行业规范与标准	122
6.1.3 建设 CORS 相关的信息技术标准	123
6.2 工程合同	127
6.2.1 工程合同的三要素.....	127
6.2.2 工程合同的组成.....	127
6.3 工程立项与设计文件.....	129
6.3.1 项目建议书与可行性研究报告.....	129
6.3.2 工程建设项目初步设计方案框架.....	131
6.4 小 结.....	133
6.5 思考题.....	133
第 7 章 CORS 数据中心的建设	134
7.1 数据中心主要功能.....	134
7.1.1 数据处理.....	134
7.1.2 监控管理.....	135
7.1.3 网络管理.....	136
7.1.4 用户管理.....	137
7.1.5 信息服务.....	137
7.1.6 扩展功能.....	137
7.2 数据中心的硬件.....	139
7.2.1 服务器.....	139
7.2.2 服务器控制终端.....	142
7.2.3 数据中心设备选择.....	144
7.3 数据中心软件.....	156
7.3.1 操作系统.....	156
7.3.2 数据解算软件.....	157
7.3.3 FTP 数据下载管理软件	162
7.3.4 其他服务软件.....	163
7.4 数据中心网络结构.....	163
7.4.1 网络 IP 地址结构	163
7.4.2 计算机服务端口.....	164
7.4.3 数据中心网络结构和路由结构.....	164
7.5 数据中心硬件建设.....	168
7.5.1 数据中心机房建设.....	168

7.5.2 数据中心设备安装	170
7.6 数据中心软件系统与安装	172
7.6.1 操作系统安装	172
7.6.2 核心软件安装	173
7.6.3 其他软件安装	173
7.6.4 远程监控	173
7.7 数据中心网络设置	175
7.7.1 IP 设置	175
7.7.2 双机热备设置	175
7.7.3 防火墙设置	176
7.7.4 路由器设置	177
7.8 数据中心测试	177
7.8.1 局域网测试	177
7.8.2 硬件设备测试	180
7.9 “总数据中心—分数据中心”结构体系	187
7.9.1 “总数据中心—分数据中心”概述	187
7.9.2 “总数据中心—分数据中心”的结构	189
7.9.3 “总数据中心—分数据中心”数据流程	192
7.10 数据中心的 管理	193
7.10.1 总数据中心对分数据中心的 管理	193
7.10.2 远程管理方式	193
7.10.3 管理级别和优先权	194
7.11 小 结	194
7.12 思考题	195
第 8 章 CORS 参考站建设	196
8.1 参考站的主要功能	196
8.1.1 接收卫星数据	196
8.1.2 传输数据	197
8.1.3 存储数据功能	197
8.1.4 持续供电	197
8.1.5 自动监测报警功能	198
8.1.6 远程管理功能	199
8.2 参考站点位选择	199
8.2.1 整体组网原则	199
8.2.2 参考站点位影响因素	200
8.2.3 参考站选址要点	201

8.2.4 参考站点位确定方法	202
8.2.5 参考站 GPS 数据分析方法	203
8.3 参考站建设	208
8.3.1 参考站的结构	208
8.3.2 天线墩的建设	209
8.3.3 机房建设	215
8.3.4 防电涌和防雷系统	218
8.3.5 参考站设备和安装	224
8.4 参考站测试	234
8.4.1 参考站电源测试	234
8.4.2 参考站防雷系统测试	235
8.4.3 参考站稳定性测试	235
8.5 参考站管理和维护	235
8.5.1 GPS 设备管理和维护	235
8.5.2 电源管理和维护	236
8.5.3 参考站环境变化记录	236
8.6 TEQC 使用方法简介	236
8.6.1 软件介绍	236
8.6.2 主要功能	237
8.6.3 数据格式转换模块(Translation)	237
8.6.4 RINEX 数据编辑模块(Editing)	238
8.6.5 应用 TEQC 进行数据质量检核模块(Quality Checking)	241
8.7 小 结	242
8.8 思考题	243
第 9 章 CORS 通信系统的建设	244
9.1 CORS 通信系统分类	244
9.1.1 “参考站—数据中心”通信	244
9.1.2 “总数据中心—分数据中心”通信	244
9.1.3 “数据中心—用户终端”通信	245
9.2 通信系统主要性能参数	245
9.2.1 传输时延	245
9.2.2 通信系统丢包率	246
9.2.3 误码率	247
9.2.4 可靠性	248
9.2.5 性价比要求	248
9.3 通信系统选择与建设	248

9.3.1 专线通信	248
9.3.2 ADSL 线路	252
9.3.3 CDMA/GPRS 与无线 VPN	253
9.3.4 几种通信方式比较	255
9.4 通信网络结构	256
9.4.1 多层通信结构	256
9.4.2 多传输通道通信结构	256
9.4.3 带备份通信结构	257
9.5 通信系统测试	257
9.5.1 CMD 命令测试	257
9.5.2 用设备测试网络	263
9.5.3 软件测试网络	264
9.6 “数据中心—用户终端”通信系统	265
9.6.1 “数据中心—用户终端”通信	265
9.6.2 “数据中心—流动站”通信	265
9.6.3 “数据中心—流动站”通信的主要协议	266
9.7 小 结	275
9.8 思考题	275
第 10 章 CORS 流动站—用户终端	276
10.1 流动站的功能	276
10.1.1 网络 RTK 设备的功能	276
10.1.2 网络 RTD 设备的功能	277
10.1.3 事后差分功能	277
10.1.4 其他功能	277
10.2 流动站的结构	278
10.2.1 基本结构	278
10.2.2 通信模块分类	279
10.3 主要品牌流动站及性能	279
10.3.1 市场上主要的 RTK 流动站概述	279
10.3.2 主要品牌 RTK 流动站性能	280
10.3.3 各品牌网络 RTK 设备评估	289
10.3.4 早期 RTK 设备升级方法	289
10.3.5 网络 RTD 设备	291
10.4 事后差分解算	296
10.5 小 结	297
10.6 思考题	297

第 11 章 坐标联测和系统测试	298
11.1 参考站坐标联测	298
11.1.1 坐标联测目的	298
11.1.2 坐标联测应注意的问题	298
11.1.3 坐标联测流程和方法	299
11.1.4 数据处理	300
11.1.5 测量和解算成果检验	302
11.2 系统测试	304
11.2.1 系统稳定测试	304
11.2.2 系统定位精度测试	305
11.2.3 系统有效服务范围测试	308
11.2.4 系统时间可用性测试	309
11.2.5 系统定位服务时效性测试	309
11.2.6 系统其他性能测试	310
11.3 小 结	310
11.4 思考题	310
第 12 章 CORS 建设管理与运行管理	311
12.1 CORS 工程建设的管理	311
12.1.1 工程建设前期管理的要点	311
12.1.2 CORS 工程建设的步骤	312
12.1.3 CORS 硬件设施的质量控制	313
12.1.4 CORS 应用软件的质量控制	315
12.1.5 CORS 建设的投资控制	316
12.1.6 工程建设管理中的进度控制	316
12.2 CORS 的运行管理	317
12.2.1 组织与制度管理	317
12.2.2 设备管理	318
12.2.3 软件管理	320
12.2.4 技术文档管理	322
12.2.5 场地设施管理	322
12.2.6 网络平台的监管与维护	323
12.3 小 结	326
12.4 思考题	327
第 13 章 网络 RTK 和网络 RTD 作业	328
13.1 网络 RTK 作业的通信模式	328
13.1.1 单向数据通信模式	328

13.1.2 双向数据通信模式	328
13.2 网络 RTK 作业前期准备	328
13.2.1 流动站仪器准备	328
13.2.2 进行卫星预报	329
13.2.3 RTK 作业时设备启动状况检查	329
13.3 网络 RTK 作业流程	329
13.3.1 通信模块的设置	330
13.3.2 利用通信模块连接 Internet 网络	334
13.3.3 网络 RTK 测量形式的参数设置	334
13.3.4 连接数据处理中心	339
13.4 网络 RTK 作业注意事项	339
13.4.1 测区转换参数的确定	339
13.4.2 与人为因素有关的事项	340
13.4.3 作业环境条件的选择	340
13.4.4 优化作业方法	340
13.5 网络 RTD 作业方法	340
13.5.1 网络 RTD 基本原理和优势	340
13.5.2 网络 RTD 作业要求	341
13.5.3 网络 RTD 作业方法介绍	341
13.6 小 结	347
13.7 思考题	347
第 14 章 事后差分和数据处理	348
14.1 事后差分概述	348
14.2 事后差分作业方法	348
14.2.1 快速动态测量事后差分	349
14.2.2 快速静态事后差分	349
14.3 事后差分数据处理方法	350
14.3.1 数据格式说明	350
14.3.2 软件解算	351
14.3.3 解算成果	352
14.4 GPS 数据处理软件的使用	352
14.4.1 TGO 软件使用	352
14.4.2 Trimble Pathfinder Office 软件使用	356
14.5 长时间静态观测	358
14.5.1 长时间静态观测目的和应用	359
14.5.2 长时间静态观测方法	359

14.5.3	长时间静态观测数据处理	360
14.5.4	BERNESE GPS 软件介绍	361
14.5.5	GAMIT/GLOBK 使用方法	368
14.6	小 结	370
14.7	思考题	370
第 15 章	CORS 服务系统	371
15.1	CORS 服务内容	371
15.1.1	CORS 应用推广中的问题	371
15.1.2	CORS 服务系统的目标和任务	371
15.1.3	服务系统的基本功能	372
15.2	CORS 服务网站	372
15.2.1	CORS 服务网站的功能	372
15.2.2	CORS 服务网站的结构	373
15.2.3	CORS 服务网站建设	375
15.2.4	在 IIS 进行网页发布	376
15.2.5	CORS 服务网站编制原则	378
15.3	CORS 的源数据服务	378
15.3.1	CORS 数据服务的任务	378
15.3.2	CORS 数据存储	379
15.3.3	CORS 数据下载	381
15.3.4	数据安全	381
15.4	区域坐标转换和似大地水准面数据服务	382
15.4.1	正常高和似大地水准面	383
15.4.2	测绘成果保密要求	388
15.4.3	三维坐标转换服务解决方案	388
15.5	精密数据处理服务	393
15.5.1	精密数据处理的作用	393
15.5.2	精密数据处理方法	394
15.6	定位数据传送服务	396
15.6.1	定位数据传送服务的目的	396
15.6.2	定位数据传送服务原理	396
15.7	CORS 服务展望	397
15.7.1	移动体监控物流	397
15.7.2	实时形变监控	397
15.8	小 结	398
15.9	思考题	399

第 16 章 北部湾 CORS 建设与应用	400
16.1 北部湾 CORS 概况	400
16.1.1 北部湾(广西)经济区概况	400
16.1.2 项目来源和依据	400
16.1.3 系统建设目标	401
16.1.4 系统介绍	402
16.1.5 系统结构	405
16.2 北部湾 CORS 数据中心建设	407
16.2.1 数据中心结构	407
16.2.2 数据中心设备	408
16.2.3 数据中心网络结构与安全设置	409
16.2.4 数据中心建设	411
16.2.5 数据中心组网	413
16.3 北部湾 CORS 参考站建设	416
16.3.1 BBW-CORS 参考站基本功能要求	416
16.3.2 参考站选址和测试	418
16.3.3 参考站天线墩建设	421
16.3.4 参考站机房建设	422
16.3.5 参考站网络接口	422
16.3.6 参考站设备	423
16.3.7 参考站运行和维护	423
16.4 通信系统建设	424
16.4.1 南宁地区通信系统建设	424
16.4.2 钦北防地区参考站通信系统建设	425
16.4.3 BBW-CORS 通信建设经验	426
16.5 BBW-CORS 服务系统建设	427
16.5.1 数据播发格式定义	427
16.5.2 用户管理信息系统开发	427
16.5.3 数据下载服务	430
16.5.4 坐标转换和似大地水准面数据服务系统	431
16.6 系统应用	438
16.6.1 应用于地理信息数据采集	438
16.6.2 控制测量	439
16.6.3 工程放样	439
16.6.4 建筑物形变监测	439
16.6.5 水准测量	441