

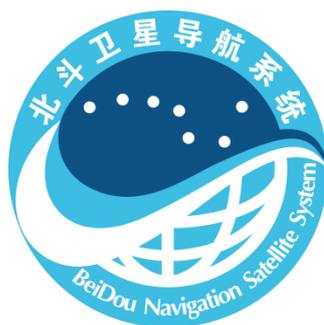
BD

中国第二代卫星导航系统重大专项标准

BD 420021—2019

北斗/全球卫星导航系统（GNSS）网络 RTK 中心数据处理软件要求与测试方法

Requirements and test method for BDS/GNSS network RTK server software



2019-11-07 发布

2019-12-01 实施

中国卫星导航系统管理办公室 批准

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	2
4 要求	2
4.1 软件架构	2
4.2 软件功能	3
4.3 软件性能	6
4.4 软件接口	7
4.5 其它要求	7
5 测试	8
5.1 一般要求	8
5.2 测试环境	8
5.3 功能测试	10
5.4 性能测试	13
5.5 接口测试	15
6. 使用说明	15
6.1 使用说明（书）的编写	15
6.2 使用说明的验证方法	15
附录 A（资料性附录） 测试数据统计方法	16
附录 B（资料性附录） 测试软件需求	21

前 言

为适应我国卫星导航对标准的需要，由全国北斗卫星导航标准技术委员会组织制定北斗专项标准，推荐有关方面参考采用。

本标准由中国卫星导航系统管理办公室提出。

本标准由全国北斗卫星导航标准技术委员会归口。

本标准的起草单位：武汉大学、武汉导航与位置服务工业技术研究院、清华大学、广州中海达卫星导航技术股份有限公司、广州南方测绘仪器有限公司、国家光电测距仪检测中心、北京卫星导航中心、中国科学院数学与系统科学研究院。

主要标准起草人：刘 晖、张 明、舒 宝、张如飞、张 一、过静珺、钱 闯、徐龙威、郭海荣、翟清斌、李成刚、文述生、周 斌、吕金虎、蒋 军、刘经南。

北斗/全球卫星导航系统（GNSS）网络 RTK 中心数据处理软件要求与测试方法

1 范围

本标准规定了GNSS网络RTK中心数据处理软件产品的功能要求、性能要求和测试方法等。

本标准适用于GNSS网络RTK中心数据处理软件的研制、测试，以及基准站网系统建设、运维和用户服务。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修订版）适用于本文件。

GB/T 8566-2007 信息技术软件生存周期过程

GB/T 8567-2006 计算机软件文档编制规范

GB/T 9386-2008 计算机软件测试文档编制规范

GB/T 11457 信息技术软件工程术语

GB/T 15532-2008 计算机软件测试规范

GB/T 25000.51-2010 软件工程软件产品质量要求与评价

CH 8016-1995 全球定位系统（GPS）测量型接收机检定规程

CH/T 2008-2005 全球卫星系统连续运行基准站网建设规范

BD110001-2015 北斗卫星导航术语

BD410001-2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机数据自主交换格式

BD410002-2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机差分数据格式（一）

BD410003-2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机差分数据格式（二）

BD410004-2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机导航定位数据输出格式

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

BD 110001-2015 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

网络 RTK 技术 network Real-Time Kinematic (RTK)

由数据处理中心对覆盖在一定范围内的多个基准站的同步观测数据进行处理，生成差分数据并通过通信网络播发，该区域内的流动站接收卫星信号和差分信号，实现实时动态定位（RTK）的技术。

3.1.2

整周模糊度 integer ambiguity

GNSS 卫星信号从发射点到接收点之间的距离所对应的载波整周期个数，也称为整周未知数。

3.1.3

周跳 cycle slip

在卫星导航接收机进行载波相位测量中，载波周期计数值的不连续现象。

3.1.4

差分全球卫星导航系统 Differential Global Navigation Satellite System (DGNSS)

在一个坐标精确已知的基准站上进行连续观测，计算得到伪距观测值改正数或者坐标改正数，供流动站改正伪距观测值或者直接进行坐标改正，以提高流动站定位精度。

3.1.5

基准站 reference station

又称参考站。在控制点上架设GNSS测量型接收机、通信终端等设备，并在一定时间内连续观测、记录卫星信号，将数据传输给数据处理中心或经处理后直接播发差分改正数据的设施。

3.1.6

流动站 rover station

用于接收差分数据并进行定位的设备，一般由GNSS测量型接收机、通信终端和控制手簿等组成。

3.1.8

内符合中误差 internal accord accuracy

在某点上测量得到的瞬时坐标值与观测值均值较差后的统计值。

3.1.9

外符合中误差 external accord accuracy

在某点上测量得到的坐标值与准确坐标较差后的统计值。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BDS——BeiDou Navigation Satellite System，北斗卫星导航系统；

GNSS——Global Navigation Satellite System，全球卫星导航系统；

GPS——Global Positioning System，全球定位系统；

RTK——Real-time Kinematic，实时动态差分；

UTC——Coordinated Universal Time，协调世界时。

4 要求

4.1 软件架构

网络RTK中心数据处理软件应包括基准站管理、GNSS数据处理、实时数据服务、事后数据服务、用户管理和数据通信等模块。组成见图1，各模块的功能如下：

- a) 基准站管理模块：对基准站设备进行监控，对基准站数据进行实时分析；
- b) GNSS数据处理模块：进行基准站间基线组网、站间整周模糊度确定、误差估计建模、载波差分和伪距差分改正数计算等处理；
- c) 实时数据服务模块：软件与用户交互，将改正数据编码后发送给用户；

- d) 事后数据服务模块：软件向外提供基准站原始观测数据用于后处理计算；
- e) 用户管理模块：软件实时管理、监控和跟踪用户使用情况；
- f) 数据通信模块：软件与基准站之间、与用户之间不间断的实时数据通信。

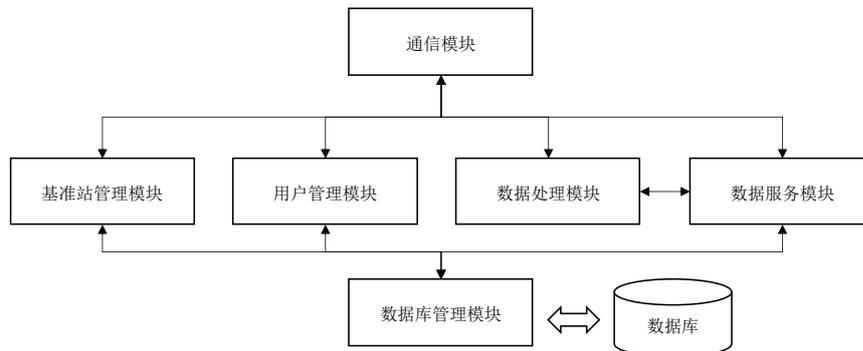


图1 软件架构图

4.2 软件功能

4.2.1 一般要求

软件应具备初始化与自检、数据通信、数据处理、系统完好性监测、数据服务、用户管理、基准站管理和辅助等多项功能，一般包括：

- a) 初始化与自检功能：软件首次启动与故障重启后系统应自动执行并恢复工作状态的能力；
- b) 数据通信功能：软件与基准站之间、与用户之间不间断的实时数据通信的能力；
- c) 数据处理功能：进行基准站间基线组网、站间整周模糊度确定、误差估计建模、载波差分 and 伪距差分改正数计算等处理的能力；
- d) 数据服务功能：软件向外提供基准站原始观测数据用于后处理计算，以及与用户交互，将改正数据编码后发送给用户的能力；
- e) 完好性监测功能：对卫星信号以及基准站坐标位置进行监测，在卫星信号或站坐标出现偏差时给出警示的能力；
- f) 系统管理功能：软件所具备的对使用权限、数据库访问权限以及对基准站设备访问权限管理的能力；
- g) 数据管理功能：存储、下载和归集GNSS基准站原始观测数据；
- h) 用户管理功能：软件实时管理、监控和跟踪用户使用情况的能力；
- i) 基准站管理功能：对基准站设备进行监控，对基准站数据进行实时分析的能力；
- j) 辅助功能：软件具有的可提高系统管理效能、提升服务质量的能力。

4.2.2 初始化与自检

软件在重启时应可读取系统配置文件并进行初始化和自检，一般包括：

- a) 具备系统配置存储功能，并以配置文件方式存储，该文件应存储基准站信息、数据通信参数、数据处理各项参数和用户账号管理等参数；
- b) 启动后可自动根据系统配置文件的参数，连接基准站接收机进行检查并初始化；
- c) 自动配置数据处理参数并启动数据处理模块进行数据同步、数据计算等操作；

- d) 自动设置并启动用户接入服务器，侦听接入端口，等待用户接入；
- e) 具备事件记录功能，可以按照时间顺序记录基准站通信状态、用户接入状态和数据处理状态等信息。事件记录可以以文件方式存储。

4.2.3 数据通信

软件应具备实时数据通信功能，一般要求：

- a) 通信协议：应支持TCP/IP协议；
- b) 通信模式：与基准站设备的通信宜采用客户端方式(client)，也可用服务器端方式(server)。与用户的通信应采用服务器端方式(server)；
- c) 中心间连接：支持与其他控制中心间的数据传输；
- d) 通信状态监控：实时监测数据传输状态，在无数据反馈时激发超时异常；
- e) 通信自动重连：与基准站通信中断后，可自动与基准站连接。

4.2.4 数据处理

软件的数据处理功能一般包括：

- a) 精密星历等信息下载：根据设置自动下载精密星历等信息；
- b) 基准站自动组网：根据站点分布，采用不规则三角形构网或其它方法进行基准站组网，确定基准站间基线网的拓扑结构；
- c) 基准站间整周模糊度的确定：根据基线网拓扑结构，利用基准站数据实时解算基线整周模糊度；
- d) 误差的估计和建模：基于基线整周模糊度的计算，建立区域内对流层和电离层的残差模型；
- e) 载波相位改正数计算：输入概略位置，利用残差模型进行内插，得到载波相位改正值并发送给用户；
- f) 伪距差分改正数计算：向用户提供伪距差分改正数。

4.2.5 数据服务

软件的数据服务功能一般包括：

- a) 实时数据服务：实时提供伪距改正、载波相位改正和完好性监测数据等信息；
- b) 事后数据服务：包括实时存储基准站GNSS原始观测数据、气象观测数据和运行状态等信息；
- c) 数据库管理：以数据库或其它方式存储并管理运行状态、异常事件记录、运行参数和原始数据存储等信息。

4.2.6 完好性监测

软件的完备性监测功能一般包括：

- a) 基准站数据质量分析：包括观测数据的完整性、周跳发生的频度、伪距和载波观测值的精度、接收机钟稳定性和基准站稳定性等；
- b) 系统完备性监测：具备实时监测卫星信号可用性，在发现异常时提示报警的能力；
- c) 具备利用一个或多个监测站对实时定位服务精度进行监测，发现问题时提示报警的能力；
- d) 具备监控设备运行状态，发现异常时提示报警并启动备份机的能力。

4.2.7 系统管理

软件的系统管理功能一般包括：

- a) 操作者权限：设置登陆用户名和保密字，对使用权限进行管理；
- b) 设备操作权限：通过授权，实现对远程访问基准站设备进行操作权限管理；
- c) 数据库访问权限：对访问数据库许可进行管理；
- d) 事件记录：可实时显示并记录软件运行状态，对通信中断、用户接入和挂断、数据处理异常、操作者登陆、设备远程访问和访问数据库等事件进行记录。

4.2.8 数据管理

软件应对基准站数据、系统运行状态数据等进行管理，一般包括：

- a) 基准站数据实时存储：存储基准站实时数据流，以数据库或文件方式进行管理；
- b) 基准站数据远程下载：通过人工或自动方式下载基准站原始观测数据；
- c) 基准站数据自动补缺：基准站实时数据流发生中断并恢复后，可以自动连接基准站GNSS接收机等设备，自动下载其内存中相应的数据，从而补齐缺失的数据项；
- d) 系统运行状态数据管理：以数据库或文件方式管理事件记录；
- e) 数据库管理：若建立了系统数据库，则应具备数据库修改、删除、检索和创建等基本功能。

4.2.9 用户管理

用户管理指对使用系统数据服务的用户进行管理，一般包括：

- a) 用户账号管理：对用户名、密码和单位等信息的注册、修改和删除等；
- b) 用户权限管理：设定用户使用区域范围、使用时间、使用频率、是否允许同一账号多次登陆等信息的注册、修改和删除等；
- c) 使用计费管理：对流动站用户计费模式和单价等信息的注册、修改和删除等；
- d) 使用状态分析：对流动站用户使用时间、流量、次数和定位位置等数据的统计、分析与汇总等。

4.2.10 基准站管理

软件应对基准站设备和数据等进行管理，一般包括：

- a) 权限管理：通过设定不同的用户名和密码，对基准站设备的访问权限进行管理；
- b) 基准站设备管理：包括监控GNSS接收机剩余内存、电压、温度和数据显示状态等运行状态，重启GNSS接收机等主要设备，远程升级GNSS接收机固件，设置基准站设备的截止高度角、采样率、概略坐标、记录方式和输出协议等参数，监测到基准站的通信延迟量，可通过视频、音频等方式对基准站周围环境进行监控等；
- c) 基准站数据管理：包括下载基准站GNSS原始观测数据、气象观测数据等，远程删除文件释放基准站设备内存等；
- d) 基准站数据分析：对基准站GNSS原始观测数据进行数据质量分析，以图形或其他形式显示星空图、站址多路径、数据可用性和卫星信噪比等信息。

4.2.11 辅助功能

软件可具有事件记录、登陆许可和数据格式转换等辅助功能，一般包括：

- a) 数据格式转换：可将GNSS原始观测数据转换为RINEX格式；
- b) 二次开发接口：可提供二次开发接口，用于扩展系统应用；
- c) 坐标转换：支持实时或事后坐标转换功能。

4.3 软件性能

4.3.1 一般要求

软件性能指标主要包括处理能力、用户并发数、响应时间、资源利用率、数据接口、兼容性、稳定性和容错性等指标：

- a) 处理能力：可同时接入并处理的基准站数量以及基准站间最大距离；
- b) 用户并发数：可同时提供服务的用户数量；
- c) 响应时间：完成初始化和自检的时间，以及用户从接入到获得数据服务的时间；
- d) 资源利用率：软件运行时CPU、内存和存储占用率等要求；
- e) 稳定性：软件可以长期稳定工作的能力；
- f) 容错性：指故障存在的情况下软件仍能够正常工作的特性。

4.3.2 处理能力

软件处理能力一般要求：

- a) 基准站接入数量
 - 1) 城市或小范围地区的系统，应可同步接入并处理至少30个基准站的数据；
 - 2) 省及直辖市使用的系统，应可同步接入并处理至少80个基准站的数据。
- b) 相邻基准站间距
 - 1) 城市或小范围地区的系统，相邻基准站间距40km~50km；
 - 2) 在省及直辖市使用的系统，相邻基准站间距50km~80km。

4.3.3 用户并发数

软件用户并发数一般要求：

- a) 对于城市或小范围地区系统，应可同时向至少200个用户提供实时数据服务；
- b) 对于省级系统，应可同时向至少500个用户提供实时数据服务。

4.3.4 响应时间

软件从启动到能够提供实时数据服务的时间，一般要求：

- a) 应用于城市系统的软件，首次启动初始化和自检时间不超过60min，重启时初始化和自检时间不超过10min；
- b) 应用于省级系统的软件，首次启动初始化和自检时间不超过120min，重启时初始化和自检时间不超过10min；
- c) 用户接入到获得数据服务的时间不大于30s。

4.3.5 资源使用率

软件正常运行时，对 CPU、内存及存储等资源的一般要求：

- a) CPU占用率应低于70%；
- b) 内存占用率不超过50%，且无内存泄漏等问题；
- c) 硬盘上应留有至少2GB空间。

4.3.6 稳定性

软件稳定性一般要求如下：

- a) 当软件与基准站通信反复通断时，其运行不受影响；
- b) 当软件与用户通信反复通断时，其运行不受影响；
- c) 连续正常运行的时间至少应达到95%。

4.3.7 容错性

软件的容错性要求一般如下：

- a) 当输入错误的精密星历、基准站坐标和参数时，软件应能正常运行并提出警示；
- b) 当有25%基准站失效时，软件应能正常运行并继续提供数据服务。

4.4 软件接口

4.4.1 基准站数据接口

软件与基准站的通信协议和数据协议等应符合以下要求：

- a) 与基准站的通信协议宜采用TCP/IP，也可以采用RS-232或其它通信协议；
- b) 与基准站GNSS接收机实时通信所采用的数据协议应符合BD 410002-2015或BD 410003-2015的要求，也可采用基准站GNSS接收机支持的数据协议；
- c) 与基准站UPS和气象仪等设备通信的数据协议可采用设备支持的协议；
- d) 基准站GNSS接收机内部存储的原始数据可按照其支持的二进制协议；
- e) 软件所存储的基准站GNSS原始观测数据文件须符合BD 410001-2015的要求。

4.4.2 流动站数据接口

软件与基准站的通信协议和数据协议等应符合以下要求：

- a) 与流动站间宜采用移动通信方法，可采用4G/3G/2G/1G协议，也可以采用RS-232或其它通信协议；
- b) 软件向流动站通信的数据协议应符合BD 410002-2015或BD 410003-2015要求；
- c) 流动站可以向软件回传位置信息，回传数据应符合BD 410004-2015的要求。

4.5 其它要求

软件其它要求如下：

- a) 软件可以采用Linux、Unix架构或Windows 架构；
- b) 软件部署可采用分布式或集中式架构；
- c) 软件可以与其它服务系统相连，用于发布系统运行状态和服务提示等信息。

5 测试

5.1 一般要求

软件测试一般要求包括：

- a) 软件应通过由GB/T 8566-2007规定的测试。测试内容应满足GB/T 25000.51-2010的基本要求，测试方法应满足GB/T 15532-2008的基本要求，软件的测试文档等应满足GB/T 8567的基本要求；
- b) 应根据4的要求进行功能测试和性能测试；
- c) 测试时所使用数据的采集应在GNSS接收机等设备正常工作的情况下进行；
- d) 测试前应根据测试内容和需求选择并组建测试环境；
- e) 功能测试可以与性能测试一起进行。

5.2 测试环境

5.2.1 一般要求

通过模拟或其它等方式建立软件与基准站和用户的通信，运行软件后测试软件功能和性能指标是否满足要求。测试环境可分为模拟测试环境和真实测试环境：

- a) 硬件配置：模拟测试的硬件测试环境由2~3台计算机、网络设备、路由器等组成。真实测试时除需要模拟测试的计算机和网络设备之外，还需要外部若干基准站和流动站，所有设备连入互联网形成一个整体，测试环境硬件配置见图2；
- b) 模拟测试环境：部署基准站端和用户端模拟软件与待测软件，接入基准站原始观测数据、流动站原始观测数据和精密星历构成完整的测试环境。实际操作软件，检查软件状态和处理结果进行软件测试。模拟测试环境的软件配置见图3；
- c) 真实测试环境：利用真实基准站数据流、真实用户流动站数据、精密星历、用户端模拟软件和待测软件一起构成测试环境，实际操作软件，检查软件反应和处理结果进行软件测试。真实测试环境的软件配置见图4。

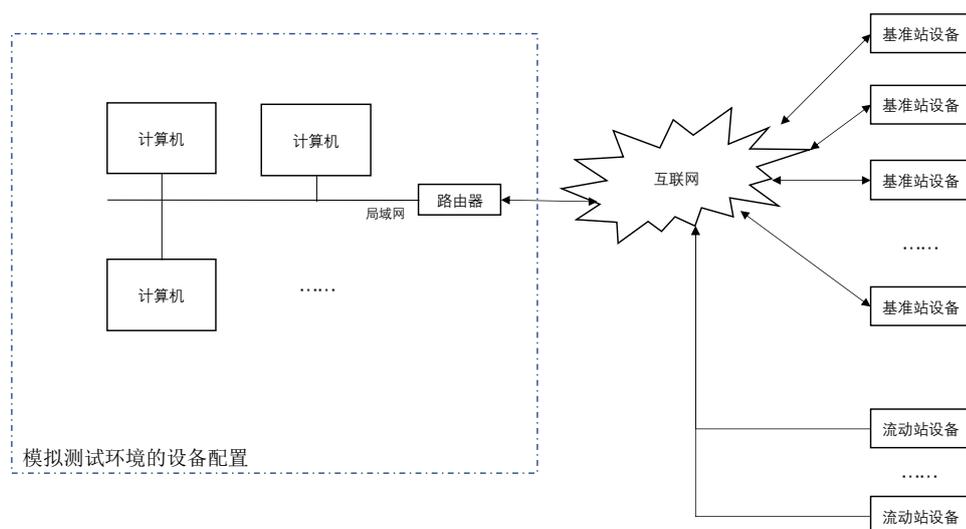


图2 测试环境的硬件配置

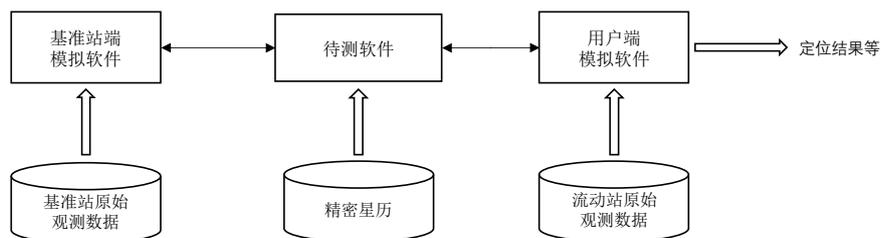


图3 模拟测试环境软件配置

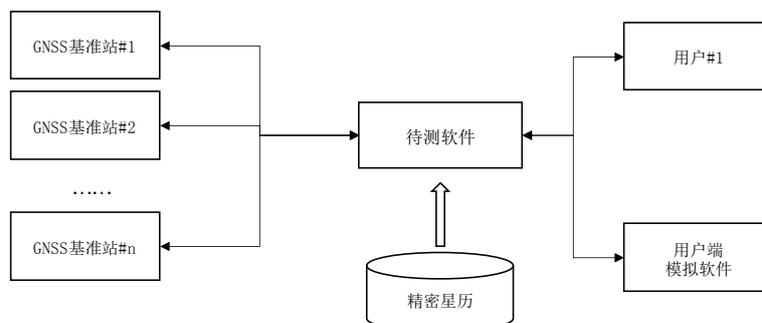


图4 真实测试环境软件配置

5.2.2 模拟测试环境

模式测试环境测试前应准备各类测试数据，一般包括：

- 单机运行测试：即不建立软件与基准站和用户的通信，单机运行软件后测试软件是否具备相应的功能；
- 用户端模拟软件：模拟多个用户与软件进行通信连接的软件，具备流动站RTK定位功能，可以显示接收到的差分数据并进行解码，软件需求见附件B；
- 基站端模拟软件：模拟多个基准站数据流的可与待测软件进行通信连接的测试专用软件，软件需求见附录B；
- 基站原始观测数据：至少30个坐标已知的基准站原始数据文件，采样间隔为1s，连续观测时间长度不少于23.5h；
- 用户流动站原始观测数据：1个坐标已知的用户流动站原始数据文件，采样间隔1s，连续观测时间长度不少于2h，且位于基准站原始观测数据的时间段内；
- 精密星历：与基准站观测数据时间段相应的精密星历文件。

5.2.3 真实测试环境

真实测试环境测试前应准备各类测试数据，一般包括：

- 基准站数据流：至少30个坐标已知的基准站原始数据流，采样间隔应为1s；
- 流动站数据流：1个坐标已知的流动站原始数据流，采样间隔应为1s；
- 用户端模拟软件：可模拟多个用户与软件进行通信连接的软件，具备流动站RTK定位功能，可以显示接收到的差分数据并进行解码，软件需求见附件B；
- 精密星历：与基准站起止时间段相应的精密星历文件。

5.2.4 测试过程

软件功能测试和性能测试按照以下流程进行：

- a) 功能测试：运行软件并按照5.3逐项操作，检查运行状态，部分功能可在性能测试时一起进行；
- b) 性能测试：按照5.2配置后运行软件，按照5.4逐项操作，检查运行状态；
- c) 在性能测试时，也可进行功能测试。

5.3 功能测试

5.3.1 自检与初始化

建立模拟或真实测试环境，通过对软件的实际操作，测试软件是否具备 4.2.2 中的功能，主要包括：

- a) 检查软件是否能够以配置文件方式存储基准站信息、数据通信参数、数据处理各项参数和用户账号管理等参数；
- b) 检查软件是否可自动根据系统配置文件的参数，连接基准站接收机进行检查并初始化；
- c) 检查软件是否能够自动配置数据处理参数并启动数据处理模块进行数据同步、数据计算等操作；
- d) 检查软件是否能够自动设置并启动用户服务器，侦听接入端口，等待用户接入；
- e) 检查软件是否能够按照时间顺序记录基准站通信状态、用户接入状态和数据处理状态等信息。事件记录可以文件方式存储。

5.3.2 数据通信

建立真实测试环境，通过对软件的实际操作，测试软件是否具备 4.2.3 中的功能，主要包括：

- a) 检查软件是否可以根据设置的IP地址、端口以及通信模式连接基准站设备，读取设备信息，不间断地接收基准站原始观测数据流；
- b) 检查软件是否可以根据设定的协议格式对原始观测数据流进行解码，实时显示并更新基准站接受的卫星数、载波相位观测值、伪距观测值和多普勒观测值等；
- c) 采用用户端模拟软件连接软件系统，检查是否可正常连接并进行通信，软件应可显示用户连接状态并询问保密字等信息。

5.3.3 数据处理

建立模拟或真实测试环境，通过对软件的实际操作，测试软件是否具备 4.2.4 中的功能，主要包括：

- a) 信息下载：检查软件是否具有设置精密星历等信息下载地址、下载频度和星历类型等设置项，软件运行时，应能给出当前所用精密星历的类型、地址和其它信息；
- b) 基准站信息：检查软件是否具备基准站点位图显示界面，在运行时，软件应可实时动态显示每个基准站观测的卫星数、观测值及其信噪比等信息；
- c) 基准站自动组网：检查软件是否具备显示基准站自动组网结果的显示界面，软件应以图形给出基准站网结构，实时显示并更新基线解算状态；
- d) 误差估计与建模：检查软件是否具备各类误差的显示界面，软件应可实时动态显示并更新基准站网各类误差残差的计算结果；
- e) 载波相位改正数计算：此项检查在5.3.4中完成；

f) 伪距差分改正数计算：此项检查在5.3.4中完成。

5.3.4 数据服务

建立模拟或真实测试环境，通过对软件的实际操作，测试软件是否具备 4.2.5 中的功能，一般包括：

- a) 实时数据服务：
 - 1) 检查用户端软件是否接收到系统软件发送的差分信息，若接收到的信息解码后符合BD 410002-2015或BD 410003-2015的要求，则表明软件具备实时数据服务能力；
 - 2) 统计用户端软件定位结果与已知坐标的偏差、内符合和外符合中误差：提供伪距差分服务时用户端应达到米级和亚米级精度，提供载波相位差分服务时用户端应达到厘米级精度；
 - 3) 内符合中误差和外符合中误差计算见附录A。
- b) 事后数据服务：
 - 1) 检查系统软件是否具备设置GNSS原始观测数据实时存储的界面，并将文件保存间隔设定为1h 1个文件；
 - 2) 软件运行2h后，检查在设定目录中是否存有基准站GNSS原始观测数据文件，且数据文件格式是否符合BD 410001-2015 的要求，若符合，则表明系统软件具备事后数据服务能力。
- c) 数据库管理：检查软件能否将运行状态、异常事件、系统配置等参数以数据库或其它方式存储并管理，在自检和初始化时可自动读入相关配置文件。

5.3.5 完好性监测

建立真实测试环境，通过对软件的实际操作，测试软件是否具备 4.2.6 中的功能，一般包括：

- a) 基准站数据质量分析：软件应能输出并显示观测数据的完整性、周跳发生的频度、伪距和载波观测值的精度、站址多路径信息、接收机钟稳定性和基准站稳定性等信息；
- b) 系统完备性监测：软件应能实时监测卫星信号可用性，在发现异常时提示报警；能否监测一个或多个站的实时定位服务的精度，发现问题时提示报警；监控设备运行状态，发现异常时提示报警并启动备份机。

5.3.6 系统管理

建立真实测试环境，通过对软件的实际操作，测试软件是否具备 4.2.7 中的功能，一般包括：

- a) 检查软件是否具备使用者管理界面，检查是否可以对登陆用户名和密码以及使用权限设置进行设置和管理；
- b) 检查软件是否具备设备管理界面，检查是否可以设置远程设备访问地址、访问权限和定时监控间隔等信息，实现对基准站设备的远程访问操作，是否可以远程访问GNSS基准站的设备，并对设备进行规定权限下的操作；
- c) 检查软件是否具备数据库管理界面，检查是否可以设置访问用户、密码以及权限；
- d) 检查软件是否具备事件记录管理界面，检查是否可以设定事件存储类型和文件目录等信息，是否可以文件形式存储软件运行过程中的通信中断、用户接入和挂断、数据处理异常、操作者登陆、设备远程访问和访问数据库等各项事件。

5.3.7 数据管理

建立真实测试环境，通过对软件的实际操作，测试软件是否具备 4.2.8 中的功能，一般包括：

- a) 检查软件是否具备基准站数据实时存储设置界面，是否可以设置数据存储间隔、内容、存储目录、存储文件形式和文件格式等内容；软件运行1小时后，检查相应目录中是否存有基准站的原始观测数据文件，且其数据格式应满足BD410001-2015或软件使用说明要求；
- b) 检查软件是否具备基准站数据远程下载设置和操作界面，是否可以设置基准站地址、下载方式和数据存储目录等内容，是否可以远程下载某个基准站的原始观测数据并在本地生成原始数据文件；
- c) 检查软件是否具备基准站数据自动补缺设置界面，是否可以设置自动检查数据间隔、数据补缺模式和数据文件格式等内容；人为终止某个基准站通信连接，等待15分钟后再恢复连接，检查存储的原始数据文件，文件中应完整，且无数据缺失；
- d) 检查软件是否具备系统运行状态数据管理界面，是否可以设置文件生成、存储目录及间隔等信息；系统运行1h后打开系统事件记录文件，检查是否有数据文件生成等记录项；
- e) 对于以数据库方式进行系统管理的软件，应具备数据库管理界面，对数据库进行检索、更新、添加等操作，在该界面中进行实际操作，并调取数据库，以确认对数据库的各项操作真实有效。

5.3.8 用户管理

建立真实测试环境，通过对软件的实际操作，测试软件是否具备 4.2.9 中的功能，一般包括：

- a) 检查是否可以在用户管理界面增加、修改和删除用户名、密码、单位信息和使用等内容；操作用户终端软件，用不正确的用户名和密码来登陆软件，检查软件是否可以拒绝该用户的访问；
- b) 检查是否可以在用户管理界面中注册、修改和删除用户作业区域范围、作业时间、是否允许同一账号多次登陆等信息；
- c) 操作用户终端模拟软件，分别输入超出许可使用范围、使用时间的信息，检查软件是否可以拒绝该用户的访问；运行两组用户终端模拟软件，用同一个账户登录，检查软件是否可以识别用户账号并根据设定值来接受或拒绝用户的访问；
- d) 检查是否可以在用户管理界面中注册、修改和删除用户计费模式和单价等信息；运行用户终端软件，连接系统并得到数据服务后，检查系统中的在线时间是否正常计数；
- e) 检查软件是否具备用户使用状态分析功能项，按照时间顺序对用户使用时间、流量、位置和账号复用等信息进行统计和分析；
- f) 运行用户终端软件，记录获取数据服务的累积时间，使用该功能项进行用户使用情况分析，所得的用户使用时长应与记录的累积时间相符。

5.3.9 基准站管理

建立真实测试环境，通过对软件的实际操作，测试软件是否具备 4.2.10 中的功能，一般包括：

- a) 检查软件是否具备基准站管理界面，是否可以设置用户名、密码和读取权限；运行软件后，在基准站管理界面中设定某基准站设备的访问权限，远程访问该基准站并进行操作，检查是否可

以了解到基准站设备；

- b) 检查软件是否可以设置截止高度角、采样率、概略坐标和输出协议等参数，设置后基准站设备应可作出响应，并将观测参数设定为设定值；
- c) 检查软件是否具备基准站设备运行状态界面，是否可以显示设备剩余内存、电压、温度、数据输出状态和通信延迟量等各类信息，这些信息应根据数据通信情况实时更新；
- d) 检查软件能否下载并在本地存储基准站GNSS原始观测数据、气象观测数据等，是否可以通过软件删除基准站GNSS接收机内的文件；
- e) 检查软件是否可以图形或其他形式显示星空图、站址多路径、数据可用性和卫星信噪比等信息并根据通信情况实时更新。

5.3.10 辅助功能

建立模拟测试环境，通过对软件的实际操作，测试软件是否具备 4.2.11 中的功能，一般包括：

- a) 运行软件，利用软件提供的数据格式转换将GNSS原始观测数据文件进行格式转换，检查转换后的数据文件是否符合BD 410001-2015 的要求；
- b) 检查软件的使用说明是否有对软件进行二次开发的介绍；
- c) 选取一个具备两个坐标系统坐标的已知点，利用软件提供的坐标转换功能，检查是否能够在两套坐标之间相互转换，转换结果差异应小于1.0mm。

5.4 性能测试

5.4.1 处理能力

建立模拟或真实测试环境，测试软件是否满足 4.3.2 的性能要求，一般要求：

- a) 基准站接入数，建立模拟测试环境，通过调整基准站的接入数量进行测试：
 - 1) 设置基准站端模拟软件为连接20个基准站，按照5.3.4检查软件数据服务是否正常；
 - 2) 设置基准站端模拟软件每次增加1个基准站，按照5.3.4检查软件数据服务是否正常；
 - 3) 软件数据服务出错或无法增加新的基准站时，停止测试，基准站端软件中的基准站连接数即为软件处理能力中的最大基准站接入数；
 - 4) 对于城市或小范围地区系统，最大基准站接入数应大于或等于30；
 - 5) 对于省级系统，最大基准站接入数应大于或等于80。
- b) 相邻基准站间距，建立模拟或真实测试环境，根据站间距选择接入的基准站进行测试：
 - 1) 对于城市或小范围地区系统，选择4个相邻站间距为40km~50km的基准站，接入软件后按照5.3.4检查数据服务能力是否正常；
 - 2) 对于省级系统，选择4个相邻站间距为50km~80km的基准站，接入软件后按照5.3.4检查数据服务能力是否正常。

5.4.2 用户并发数

建立模拟测试环境，测试软件是否满足 4.3.3 的性能要求，包括：

- a) 设置用户端模拟软件为1个用户，按照5.3.4确定软件数据服务处于正常状态；

- b) 设置用户端模拟软件依次增加5个、10个、50个用户，按照5.3.4确定软件数据服务是否正常；
- c) 在软件数据服务出错或无法增加用户连接数时，停止测试，用户端模拟软件中的用户连接数即为软件容许的最大用户并发数；
- d) 对于城市或小范围地区系统，最大用户并发数应大于或等于200；
- e) 对于省级系统，最大用户并发数应大于或等于500。

5.4.3 响应时间

建立真实测试环境，测试软件是否满足 4.3.4 的性能要求，包括：

- a) 应用于城市系统的软件，检查软件首次启动初始化和自检时间是否超过60min，重启时初始化和自检时间是否超过10min；
- b) 应用于省级系统的软件，检查软件首次启动初始化和自检时间是否超过120min，重启时初始化和自检时间是否超过10min；
- c) 检查用户从接入到获得数据服务的时间是否超过30s。

5.4.4 资源利用率

建立模拟测试环境，测试软件是否满足 4.3.5 的性能要求，包括：

- a) 城市系统接入30个基准站和10个用户；
- b) 省级系统接入80个基准站和20个用户；
- c) 检查计算机的CPU占用率，应低于70%；
- d) 检查计算机的内存占用率，应低于50%，且在1h内占用率稳定无显著变化。

5.4.5 稳定性

建立模拟测试环境，测试软件是否满足 4.3.6 的性能要求，包括：

- a) 接入基准站和1个用户数据，按照5.3.4确认软件数据服务功能正常；
- b) 设置基准站端模拟软件建立1个新的基准站，以5s间隔反复连接软件20次，软件数据服务应不受影响；
- c) 设置用户端模拟软件建立1个新的用户，以5s间隔反复连接软件20次，软件数据服务应不受影响；
- d) 连续运行软件24h并记录用户定位数据，对用户定位结果进行统计，符合精度要求的历元数与理论历元数之比应大于或等于95%。

5.4.6 容错性

建立模拟测试环境，测试软件是否满足 4.3.7 的性能要求，包括：

- a) 接入基准站和1个用户数据，按照5.3.4 确认软件数据服务功能是否正常；
- b) 向软件输入错误的精密星历、基准站坐标等参数，软件应给出提示，并正常运行；
- c) 设置基准站端模拟软件，软件运行状态下取消25%的基准站数量，按照5.3.4检软件数据服务功能是否正常。

5.5 接口测试

5.5.1 基准站数据接口

建立模拟测试环境，测试软件是否满足 4.4.1 的接口要求，一般包括：

- a) 修改基准站数据协议，检查软件是否能够提供正常的数据服务；
- b) 向基准站数据中加入错误信息，检查软件是否能够检测错误并正常工作；
- c) 修改基准站数据长度，检查软件是否能够检测错误并正常工作；
- d) 检查软件所存储的原始观测数据文件是否符合BD410001-2015的要求。

5.5.2 流动站数据接口

建立模拟测试环境，测试软件是否满足 4.4.2 的接口要求，一般包括：

- a) 检查软件提供的服务数据是否符合BD410002-2015 或BD410003-2015的要求；
- b) 采用用户端模拟软件向软件回传符合BD410004-2015的位置信息，检查软件是否能正常识别并解析得到用户位置；
- c) 向流动站回传的位置信息中加入错误字段，检查软件是否能识别错误并正常工作。

6. 使用说明

6.1 使用说明（书）的编写

应符合计算机软件产品开发文件编制指南（GB/T8567-2006）和计算机软件测试文件编制规范（GB/T9386-2008），具体包括以下相关内容：

- a) 软件需求说明；
- b) 数据要求说明；
- c) 软件功能及操作；
- d) 软件测试分析。

6.2 使用说明的验证方法

按GB/T8567-2006的规定执行。

附录 A
 (资料性附录)
 测试数据统计方法

A.1 内符合中误差

设在某测试点上进行 RTK 观测共得到 n 个坐标观测值, 第 i 次 ($i \leq n$) 的空间直角坐标值为 (X_i, Y_i, Z_i) , 经投影换算得到的平面和高程值为 (x_i, y_i, H_i) , 则该点的内符合中误差可按照式 (A.1) 到式 (A.6) 计算:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \\ \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \\ \bar{Z} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n} \end{array} \right. \dots\dots\dots (A.1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \\ \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \\ \bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n} \end{array} \right. \dots\dots\dots (A.2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} dX_i = X_i - \bar{X} \\ dY_i = Y_i - \bar{Y} \\ dZ_i = Z_i - \bar{Z} \\ dS_i = \sqrt{dX_i^2 + dY_i^2 + dZ_i^2} \end{array} \right. \dots\dots\dots (A.3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} dx_i = x_i - \bar{x} \\ dy_i = y_i - \bar{y} \\ dH_i = H_i - \bar{H} \\ ds_i = \sqrt{dx_i^2 + dy_i^2} \end{array} \right. \dots\dots\dots (A.4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (dX_i dX_i)}{n-1}} \\ M_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (dY_i dY_i)}{n-1}} \\ M_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (dZ_i dZ_i)}{n-1}} \\ M_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (dS_i dS_i)}{n-1}} \end{array} \right. \dots\dots\dots (A.5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (dx_i dx_i)}{n-1}} \\ M_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (dy_i dy_i)}{n-1}} \\ M_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (dH_i dH_i)}{n-1}} \\ M_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ds_i ds_i)}{n-1}} \end{array} \right. \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

n ——观测值个数；

i ——观测序号， $i \leq n$ ；

(X_i, Y_i, Z_i) ——第 i 次观测得到的空间直角坐标值，单位 m；

(x_i, y_i, H_i) ——由第 i 次空间直角坐标值投影得到的平面坐标和高程值，单位 m；

$(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})$ ——根据 n 次观测值得到的空间直角坐标值均值，单位 m；

$(\bar{x}, \bar{y}, \bar{H})$ ——经投影转换得到的测试点平面坐标均值和高程均值，单位 m；

(dX_i, dY_i, dZ_i) ——第 i 次观测值空间直角坐标分量与坐标分量均值的差值，单位 m；

(dx_i, dy_i, dH_i) ——第 i 次观测值平面坐标分量与平面坐标分量均值的差值，单位 m；

dS_i ——第 i 次观测值与均值的点位差值，单位 m；

ds_i ——第 i 次观测值与均值的点位平面差值，单位 m；

(M_x, M_y, M_z) ——该测试点空间直角坐标分量的内符合中误差，单位 m；

(M_x, M_y, M_H) ——该测试点平面坐标分量和高程的内符合中误差，单位 m；

M_s ——该测试点三维点位内符合中误差，单位 m；

M_s ——该测试点平面点位内符合中误差，单位 m。

A.2 外符合中误差

设在某测试点上进行 RTK 观测共得到 n 个坐标观测值，第 i 次 ($i \leq n$) 的空间直角坐标值为 (X_i, Y_i, Z_i) ，经投影换算得到的平面和高程值为 (x_i, y_i, H_i) ，已知空间直角坐标为 $(\hat{X}, \hat{Y}, \hat{Z})$ ，投影换算得到的已知平面坐标和高程为 $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{H})$ 。则该点的外符合中误差可按照式 (A.7) 到式 (A.10) 计算：

$$\left\{ \begin{array}{l} d\hat{X}_i = X_i - \hat{X} \\ d\hat{Y}_i = Y_i - \hat{Y} \\ d\hat{Z}_i = Z_i - \hat{Z} \\ d\hat{S}_i = \sqrt{d\hat{X}_i^2 + d\hat{Y}_i^2 + d\hat{Z}_i^2} \end{array} \right. \dots\dots\dots (A.7)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} d\hat{x}_i = x_i - \hat{x} \\ d\hat{y}_i = y_i - \hat{y} \\ d\hat{H}_i = H_i - \hat{H} \\ dp_i = \sqrt{d\hat{x}_i^2 + d\hat{y}_i^2} \end{array} \right. \dots\dots\dots (A.8)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{\hat{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d\hat{X}_i d\hat{X}_i)}{n}} \\ M_{\hat{Y}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d\hat{Y}_i d\hat{Y}_i)}{n}} \\ M_{\hat{Z}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d\hat{Z}_i d\hat{Z}_i)}{n}} \\ M_{\hat{S}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d\hat{S}_i d\hat{S}_i)}{n}} \end{array} \right. \dots\dots\dots (A.9)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{\hat{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d\hat{x}_i d\hat{x}_i)}{n}} \\ M_{\hat{y}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d\hat{y}_i d\hat{y}_i)}{n}} \\ M_{\hat{H}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d\hat{H}_i d\hat{H}_i)}{n}} \\ M_P = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (dp_i dp_i)}{n}} \end{array} \right. \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

n ——观测值个数;

i ——观测序号, $i \leq n$;

(X_i, Y_i, Z_i) ——第 i 次观测得到的空间直角坐标值, 单位 m;

(x_i, y_i, H_i) ——由第 i 次的坐标值经投影转换得到的平面坐标和高程, 单位 m;

$(\hat{X}, \hat{Y}, \hat{Z})$ ——测试点的空间直角坐标值已知值, 单位 m;

$(\hat{x}, \hat{y}, \hat{H})$ ——经投影转换得到的测试点平面坐标已知值和高程已知值, 单位 m;

$(d\hat{X}_i, d\hat{Y}_i, d\hat{Z}_i)$ ——第 i 次观测值空间直角坐标分量与已知值的差值, 单位 m;

$(d\hat{x}_i, d\hat{y}_i, d\hat{H}_i)$ ——第 i 次观测值平面坐标分量与已知值的差值, 单位 m;

$d\hat{S}_i$ ——第*i*次观测值与已知坐标的点位差值，单位 m；

dp_i ——第*i*次观测值与均值的点位平面差值，单位 m；

$(M_{\hat{x}}, M_{\hat{y}}, M_{\hat{z}})$ ——该测试点空间直角坐标分量的外符合中误差，单位 m；

$(M_{\hat{x}}, M_{\hat{y}}, M_{\hat{H}})$ ——该测试点平面坐标分量和高程的外符合中误差，单位 m；

$M_{\hat{s}}$ ——该测试点三维点位外符合中误差，单位 m；

M_p ——该测试点平面点位外符合中误差，单位 m。

A.3 时间可用性

系统的时间可用性按照式(A.11)计算：

$$V_T = \frac{n}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (A.11)$$

式中：

V_T ——时间可用性；

n ——固定且满足精度要求的历元数；

N ——观测历元总数；

A.4 空间可用性

系统的空间可用性由式(A.12)计算：

$$V_S = \frac{s}{S} \times 100\% \dots\dots\dots (A.12)$$

式中：

V_S ——表示空间可用性；

s ——表示定位结果达标区域，单位 km^2 ；

S ——基准站网覆盖范围，单位 km^2 。

附录 B
(资料性附录)
测试软件需求

B.1 总则

为了进行软件性能测试，在不具备实际测试条件时，可以研制模拟测试软件对软件的处理能力、稳定性、响应时间等进行模拟测试，测试结果可以反映出软件的性能。

B.2 基准站端模拟软件

B.2.1 功能需求

基准站端模拟软件一般要求具备以下功能：

- a) 可接入多个基准站的静态数据文件，每个基准站设定一个端口向外转发；
- b) 支持以客户端或服务器端的网络连接方式；
- c) 可设定数据转发间隔，转发时可显示基准站数据；
- d) 多个基准站数据转发时，可以模拟基准站的同步转发、延迟转发等。
- e) 可以客户端方式发起向待测软件的网络连接。

B.2.2 性能需求

基准站端模拟软件性能要求如下：

- a) 在客户端网络连接方式下，可至少模拟 1000 个基准站的网络连接；
- b) 可在 0~1000ms 范围内设定基准站数据同步时延；
- c) 可以读入至少 100 个基准站的数据，并逐个历元向外播发。

B.3 用户端模拟软件需求

B.3.1 功能需求

用户端模拟软件一般要求具备以下功能：

- a) 可接入多个用户观测的数据文件；
- b) 可以客户端或服务器端的网络连接方式与待测软件进行通信；
- c) 具备网络 RTK 流动站定位解算和定位精度统计分析功能；
- d) 具备差分数据解码和数据显示功能。

B.3.2 性能需求

用户端模拟软件性能要求如下：

- a) 在客户端网络连接方式下，可至少模拟 1000 个用户的并发网络连接；
- b) 可读入至少 30 个用户观测的数据文件，模拟 30 个用户同时完成 RTK 定位解算。