

Q/CR

中国国家铁路集团有限公司企业标准

Q/CR XXXXX—XXXX

北斗卫星导航系统铁路应用模组通用技术规范

General technical specification of BDS module for railway application

（报批二稿）

（本稿完成日期：2024.05.10）

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国国家铁路集团有限公司 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 要求 3

 5.1 一般要求 3

 5.2 功能要求 4

 5.3 性能要求 5

6 检验方法 6

 6.1 检验条件 6

 6.2 功能检验 7

 6.3 性能检验 9

附录 A （规范性） 定位精度的数据处理方法 15

附录 B （规范性） 载波相位观测量精度的数据处理方法 17

附录 C （规范性） 伪距观测量精度的数据处理方法 18

参考文献 21

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国铁道科学研究院集团有限公司电子计算技术研究所归口。

本文件起草单位：中国铁道科学研究院集团有限公司电子计算技术研究所、中国铁路设计集团有限公司、北京交通大学，中国铁路经济规划研究院有限公司，中国铁道科学研究院集团有限公司运输及经济研究所，中铁检验认证中心有限公司，中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所。

本文件主要起草人：白雪娇、李洋、郭辉、潘佩芬、秦健、封博卿、张云龙、刘国梁、张吉峰、王鹏海、纪飞、杨美皓、贺晗、臧钊、杨峰雁、梁坤、黄一昕、杨文韬、宋明、李超、譙兵、蒋丽丽、刘默涵、刘阳学。

在执行本文件过程中，希望各单位结合应用实践，认真总结和积累经验。如发现需要修改和补充之处，请及时将意见和有关资料、联系人及联系方式寄交中国铁道科学研究院集团有限公司电子计算技术研究所（北京市海淀区大柳树路2号，邮政编码：100081）。来信请注明：Q/CR **·202*意见反馈。

本文件版权归中国国家铁路集团有限公司所有，任何单位和个人未经许可不得复制及转让。

北斗卫星导航系统铁路应用模组通用技术规范

1 范围

本文件规定了定位型、定时型北斗卫星导航系统铁路应用模组的一般要求、功能要求、性能要求及检验方法。

本文件适用于定位型、定时型北斗卫星导航系统铁路应用模组的研发、制造、检验及应用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 39399-2020 北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范

BD 420002-2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）测量型 OEM 板性能要求及测试方法

BD 420005-2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）导航单元性能要求及测试方法

BD 420006-2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）定时单元性能要求及测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

模组 module

由数个组件组成，用来组成具备完整功能的系统或设备。

3.2

北斗卫星导航系统铁路应用模组 BDS module for railway application

集成在铁路产品中具备定位、定时、短报文通信等一种或多种北斗卫星导航系统功能的模块单元或板卡。

3.3

星基增强系统 satellite-based augmentation system

利用卫星播发差分修正、完好性信息及其他信息的 GNSS 增强系统。

[来源：GB/T 39267-2020，2.1.17，有修改]

3.4

精密单点定位 precise point positioning

利用单台 GNSS 接收机的载波相位观测值、伪距观测值，结合精密星历和精密卫星钟差等参数实

现高精度定位的一种技术。

[来源：GB/T 39267-2020，2.3.39]

3.5

差分全球卫星导航系统 differential global navigation satellite system

采用差分技术，提高 GNSS 用户定位精度的系统。

[来源：GB/T17424-2019，3.1.3]

3.6

伪距单点定位 pseudo-range point positioning

利用 GNSS 接收机的伪距观测值及广播星历实现定位的方式。

3.7

实时动态测量 real-time kinematic survey

GNSS 相对定位技术的一种，主要通过基准站和流动站之间的实时数据链路和载波相对定位快速解算技术，实现高精度动态相对定位。

[来源：GB/T 39267-2020，2.3.38]

3.8

基线 baseline

由同步观测的载波相位数据计算的两测量点间的向量。

3.9

RTK 初始化 RTK initialization

开始 RTK 测量前，在流动站上通过短时间的观测，准确测定载波相位整周模糊度的过程。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ASCII：美国标准信息交换代码（American Standard Code for Information Interchange）

BDS：北斗卫星导航系统（BeiDou Navigation Satellite System）

CAN：控制器局域网络（Controller Area Network）

DGNSS：差分导航全球卫星系统（Differential Global Navigation Satellite System）

GALILEO：伽利略卫星导航系统（Galileo Navigation Satellite System）

GLONASS：格洛纳斯卫星导航系统（Global Navigation Satellite System）

GNSS：全球卫星导航系统（Global Navigation Satellite System）

GPS：全球定位系统（Global Positioning System）

PDOP：位置精度因子（Positional Dilution of Precision）

PPP：精密单点定位（Precise Point Positioning）

PPS：秒脉冲（Pulse Per Second）

RDSS：卫星无线电测定业务（Radio Determination Satellite Service）

RTK：实时动态测量（Real Time Kinematic Survey）

SBAS：星基增强系统（Satellite-Based Augmentation System）

- TCP：传输控制协议（Transmission Control Protocol）
- UART：通用异步收发器（Universal Asynchronous Receiver Transmitter）
- UDP：用户数据报协议（User Datagram Protocol）
- UTC：协调世界时（Coordinated Universal Time）

5 要求

5.1 总则

本标准中的北斗卫星导航系统铁路应用模组（以下简称北斗铁路应用模组）应仅使用BDS播发的公开服务信号，实现卫星导航定位、定时、短报文通信等功能。

5.2 一般要求

5.2.1 分类

北斗铁路应用模组按照其应用功能和应用场景分为定位型、定时型、RDSS 短报文通信型，其中定位型北斗铁路应用模组又分为导航型和测量型。

导航型北斗铁路应用模组主要用于运动载体的位置和速度的测定。

测量型北斗铁路应用模组主要用于精密大地测量和工程测量。

定时型北斗铁路应用模组主要用于授时、时间同步。

RDSS 短报文通信型北斗铁路应用模组主要用于短报文通信。

5.2.2 组成

根据北斗铁路应用模组类型，北斗铁路应用模组可包括射频及信号处理单元、天线端口、输入输出端口、电源端口等组件。北斗铁路应用模组组成示意图见图1。

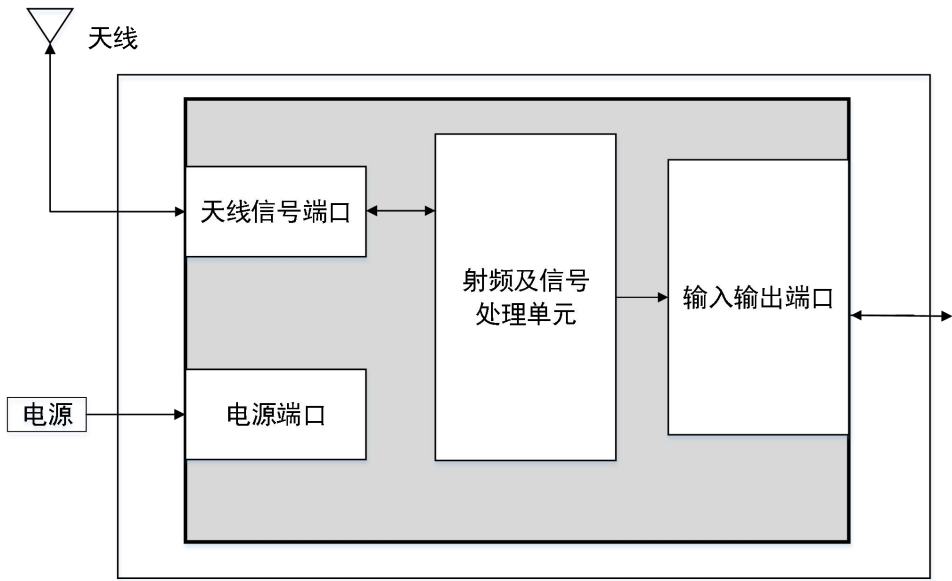


图1 北斗铁路应用模组组成示意图

5.2.3 尺寸与重量

北斗铁路应用模组尺寸与重量应符合其使用场合的要求，具体数值由集成该北斗铁路应用模组的铁路产品规范规定。

5.2.4 供电

北斗铁路应用模组正常工作的额定电压与集成该北斗铁路应用模组的铁路产品匹配。当直流供电电压在额定电压 $1\pm 5\%$ 范围内时，北斗铁路应用模组应能正常工作。

5.2.5 电气安全性

北斗铁路应用模组应具有过压保护功能，直流供电过压极限为额定值的 115%。

北斗铁路应用模组应具有天线短路保护功能。

5.3 功能要求

5.3.1 导航型北斗铁路应用模组

5.3.1.1 星基增强

可支持星基增强功能。

5.3.1.2 高精度定位

可支持 RTK、PPP 定位。

5.3.1.3 输入输出接口

应设置输入输出接口，并符合以下规定：

- a) 接口要求：支持 UART；
- b) 标准协议要求：支持 NMEA-0183 协议输出；
- c) 支持 RTK 定位时，差分数据格式要求：至少支持 RTCM2.x、RTCM3.x 格式的输入。

5.3.2 测量型北斗铁路应用模组

5.3.2.1 星基增强

可支持星基增强功能。

5.3.2.2 高精度定位

应支持 RTK、PPP 定位。

5.3.2.3 输入输出接口

应设置输入输出接口，并符合以下规定：

- a) 接口要求：支持 UART；
- b) 标准协议要求：支持 NMEA-0183 协议输出；
- c) 差分数据格式要求：至少支持 RTCM2.x、RTCM3.x 格式的输入/输出；
- d) 1PPS 输出：应具有 1PPS 输出接口。

5.3.3 定时型北斗铁路应用模组

5.3.3.1 定时模式

支持包括位置保持和自主定位两种模式。

5.3.3.2 GNSS 定时

具备通过设置选择输出 UTC 或卫星系统时间的功能。支持自主计算钟差，并修正本地时间，使本地时间与 UTC 或卫星系统时间同步。

5.3.3.3 输出信息

根据默认设置或交互指令输出标准时间信号、时码信息、定位信息、状态信息等。

5.3.3.4 输入输出接口

应设置输入输出接口，并符合以下规定：

- a) 接口要求：支持 UART、1PPS 输出接口，可支持以太网口；
- b) 脉冲信号：包括 1PPS 或可编程脉冲信号等；
- c) 串行口时间报文格式：串行口输出的报文采用 ASCII 码格式；
- d) 采用以太网口时，网口协议要求：采用 TCP/IP，报文格式为 TCP 或 UDP。

5.4 性能要求

5.4.1 导航型北斗铁路应用模组

应符合表1的规定。

表 1 导航型北斗铁路应用模组性能要求

指标		要求
冷启动首次定位时间		在输入卫星导航信号功率电平为-130dBm 时，不超过45s
热启动首次定位时间		在输入卫星导航信号功率电平为-130dBm 时，不超过5s
重捕获时间		在输入卫星信号功率电平为-130dBm 且正常工作状态时，不超过1s
捕获灵敏度		优于-140dBm
重捕获灵敏度		优于-145dBm
跟踪灵敏度		优于-150dBm
定位精度	伪距单点定位精度	水平：优于 3m (1σ) 垂直：优于5m (1σ)
	RTK 精度 ^a	水平：优于 20mm+1×10 ⁻⁶ ×D (1σ) ^b 垂直：优于40mm+1×10 ⁻⁶ ×D (1σ)
	PPP精度 ^c	水平：优于0.2m (2σ) 垂直：优于0.4m (2σ) 收敛时间：不大于20min
测速精度		优于0.2m/s (1σ)
RTK 初始化时间 ^d		不大于10s (10km 基线)
定位数据输出频度		定位数据（含 RTK 结果）的输出频度可配置
动态要求		速度 450km/h、加速度 0.5g 条件下，RTK 可固定并符合 RTK 定位精度要求
^a 支持RTK定位时。 ^b D为基线长度，单位为千米。 ^c 支持PPP定位时。 ^d 支持RTK定位时。		

5.4.2 测量型北斗铁路应用模组

应符合表2的规定。

表 2 测量型北斗铁路应用模组性能要求

指标		要求
捕获灵敏度		优于-133dBm
跟踪灵敏度		优于-136dBm
原始观测量精度		载波相位观测量精度：优于1mm（1σ） 伪距观测精度：B1I 优于0.16m（1σ）； B3I 优于0.12m（1σ）； B1C 优于0.15m（1σ）； B2a 优于0.12m（1σ） 试验条件：信号电平-130dBm
定位精度	伪距单点定位精度	水平：优于3m（1σ） 垂直：优于5m（1σ）
	DGNSS 定位精度	水平：优于0.3m+10×10 ⁻⁶ ×D（1σ） ^a 垂直：优于0.6m+10×10 ⁻⁶ ×D（1σ）
	静态定位精度	水平：优于2.5mm+0.5×10 ⁻⁶ ×D 垂直：优于5mm+0.5×10 ⁻⁶ ×D
	RTK精度	水平：优于8mm+1×10 ⁻⁶ ×D（1σ） 垂直：优于15mm+1×10 ⁻⁶ ×D（1σ）
	PPP精度	水平：优于0.2m（2σ） 垂直：优于0.4m（2σ） 收敛时间：不大于20min
RTK初始化时间		初始化时间：不大于10s（10km 基线）
原始观测量和定位数据输出频度		原始观测量数据输出频度可配置，支持最高频度不低于 20Hz；定位数据（含 RTK 结果）的输出频度可配置，支持最高频度不低于 20Hz
观测数据可用率		优于95%
1PPS精度		优于20ns（1σ）
^a D为基线长度，单位为千米。		

5.4.3 定时型北斗铁路应用模组

应符合表3的规定。

表 3 定时型北斗铁路应用模组性能要求

指标	要求
捕获灵敏度	优于-130dBm
跟踪灵敏度	优于-133dBm
冷启动首次定时时间	在输入卫星导航信号功率电平为-130dBm 时，不超过 100s
热启动首次定时时间	在输入卫星导航信号功率电平为-130dBm 时，不超过 15s
重捕获时间	在输入卫星信号功率电平为-130dBm 且正常工作状态下，不超过 5s
相对于 UTC 定时精度	位置保持模式：不大于 150ns 自主定位模式：不大于 250ns
相对于系统时间定时精度	位置保持模式：不大于 50ns 自主定位模式：不大于 150ns
定时稳定度	不大于 50ns（1σ）
PPS	上升沿：不大于 10ns 抖动：不大于 2ns
1PPS 精度	优于 20ns（1σ）
定位精度	水平：优于1.5m（1σ） 垂直：优于 3m（1σ）

6 检验方法

6.1 检验条件

6.1.1 检验环境条件

试验应在下列条件下进行：

- a) 星座 PDOP 不大于 4；
- b) 温度：15℃～35℃；
- c) 相对湿度：20%～80%。

6.1.2 检验场地

检验场地应符合下列规定：

- a) 检验点应远离高压输电线路和微波无线电信号传送通道，其距离不宜小于 50m；
- b) 检验点远离大功率无线电发射源，其距离不宜小于 200m；
- c) 检验点附近不应有强烈反射卫星信号的物体，如大型建筑物、水面等；
- d) 天线安装高度应高于地面 1m 以上；
- e) 检验场地的基线距离测定精度优于被测北斗铁路应用模组精度指标三分之一。

6.1.3 检验设备

现场主要试验仪器和设备包括：信号模拟器、基准站接收机、高精度测量型接收设备、精密位移台、时间参考源、示波器、时间间隔计数器、比相仪等。

检验设备功能应满足被测北斗铁路应用模组要求。其精度应至少优于被测指标精度的三分之一。

6.2 北斗模式检验

使用卫星信号模拟器进行试验。

a) 非北斗卫星信号接收处理能力检测：被测模组冷启动状态下，仿真动态、静态场景，播发 GPS、GALILEO、GLONASS 等非北斗卫星信号，此时被测模组应无法搜星。

b) 北斗卫星信号接收处理能力检测：被测模组冷启动状态下，仿真动态、静态场景，播发北斗卫星信号频点 B1I、B2I、B3I、B1C、B2a，此时被测模组应能完成搜星定位，实现卫星导航定位、定时等功能。查看被测模组输出的所有卫星信号频点信息，逐个关闭卫星频点信号，若被测模组不输出对应频点的卫星信号，则认为被测模组具有该频点的信号接收与处理能力。

c) 多系统卫星信号接收加偏处理能力检测：被测模组冷启动状态下，仿真动态、静态场景，播发北斗、GPS、GALILEO、GLONASS 导航信号，并对 GPS、GALILEO、GLONASS 等导航系统不同卫星信号随机施加伪距偏差(10m、50m、100m、300m 及以上)采集被测模组所上报的定位信息，将其与北斗导航系统定位位置进行对比，此时被测模组定位精度应符合 5.4 表 1 中伪距单点定位精度要求。

d) 多系统卫星信号增播接收处理功能检测：被测模组冷启动状态下，仿真动态、静态场景，首先播发 3 颗北斗可用卫星信号，被测模组冷启动并等待 120s 后，增播 3 颗 GPS 卫星，等待 10s，再增播 3 颗 GALILEO 卫星，等待 10s 后再增播 3 颗 GLONASS 卫星，整个过程中被测模组应无法搜星定位。

以上测试应全部合格。

6.3 功能检验

6.3.1 导航型北斗铁路应用模组

6.3.1.1 星基增强

使用实际卫星信号进行试验。

冷启动状态下开机。

待被测北斗铁路应用模组得到广域差分定位结果后开始记录输出的坐标，数据采样间隔不大于 30s，记录数据 1h。

按照附录 A 规定的方法计算其定位精度。

6.3.1.2 高精度定位

RTK 功能检验方法如下：

- a) 使用实际卫星信号进行试验；
- b) 基线长度不大于 10km，分别定义为基准站和流动站；
- c) 在其中一点上按照被测北斗铁路应用模组提供的技术文件安装基准站接收机；
- d) 通过网络或其他方式将基准站差分改正数据实时输出；
- e) 在另一点上按照被测北斗铁路应用模组提供的技术文件安装流动站接收机；
- f) 被测北斗铁路应用模组在冷启动状态下开机，将基准站的差分改正数据输入到流动站接收机中；
- g) 待被测北斗铁路应用模组得到 RTK 定位结果后，开始记录输出的坐标，数据采样间隔不大于 30s，记录数据 1h，按照附录 A 规定的方法计算其定位精度。

PPP 功能检验方法如下：

- h) 使用实际卫星信号进行试验；
- i) 被测北斗铁路应用模组冷启动状态下开机；
- j) 待被测北斗铁路应用模组得到 PPP 定位结果后，开始记录输出的坐标，数据采样间隔不大于 30s，记录数据 1h，按照附录 A 规定的方法计算其定位精度。

6.3.1.3 输入输出接口

输入输出接口检验方法如下：

- a) 接口要求：采用目视检查方法；
- b) 标准协议要求：使被测北斗铁路应用模组输出 NMEA 数据并保存，检查输出信息；
- c) 差分数据格式要求：配置被测北斗铁路应用模组输出差分数据，通过第三方试验工具，逐一确认其输出的差分数据类型，通过第三方接收器使其输出差分数据，接入被测北斗铁路应用模组，检验被测北斗铁路应用模组输出信息。

6.3.2 测量型北斗铁路应用模组

6.3.2.1 星基增强

按照 6.3.1.1 的规定试验。

6.3.2.2 高精度定位

按照 6.3.1.2 的规定试验。

6.3.2.3 输入输出接口

输入输出接口检验方法如下：

- a) 接口要求：采用目视检查方法；
- b) 标准协议要求：按照 6.3.1.3b) 的规定试验；
- c) 差分数据格式要求：按照 6.3.1.3 c) 的规定试验；
- d) 1PPS 输出：目视检查被测北斗铁路应用模组是否有秒脉冲接口，用示波器检查是否有秒脉冲信号输出。

6.3.3 定时型北斗铁路应用模组

6.3.3.1 定时模式

按照BD 420006-2015中5.5.2的规定试验。

6.3.3.2 GNSS 定时

按照BD 420006-2015中5.5.4和5.5.5的规定试验。

6.3.3.3 输出信息

按照BD 420006-2015中5.5.7的规定试验。

6.3.3.4 数据接口

按照BD 420006-2015中5.6.10的规定试验。

6.4 性能检验

6.4.1 导航型北斗铁路应用模组

6.4.1.1 冷启动首次定位时间

使用卫星信号模拟器进行试验。

删除被测北斗铁路应用模组当前历书数据，并关断电源。

设置模拟器仿真速度不高于 2m/s 的直线运动用户轨迹，设置模拟器输出的各颗卫星的信号电平为-130dBm，播发测试的北斗卫星信号频点。

接通被测北斗铁路应用模组电源。

以 1Hz 的位置更新率连续记录输出的定位数据。

找出首次连续 10 次输出三维定位误差不超过 100m 的定位数据的时刻，计算从开机到上述 10 个输出时刻中第 1 个时刻的时间间隔。

6.4.1.2 热启动首次定位时间

使用卫星信号模拟器进行试验。

设置模拟器仿真速度不高于 2m/s 的直线运动用户轨迹，设置模拟器输出的各颗卫星的信号电平为-130dBm，播发测试的北斗卫星信号频点。

在被测北斗铁路应用模组正常定位状态下，保持工作超过 3min 后，短时断电和模拟器卫星信号 60s。

被测北斗铁路应用模组重新开机，恢复卫星信号，以 1Hz 的位置更新率连续记录输出的定位数据。

找出首次连续 10 次输出三维定位误差不超过 100m 的定位数据的时刻，计算从开机到上述 10 个输出时刻中第 1 个时刻的时间间隔。

6.4.1.3 重捕获时间

使用卫星信号模拟器进行试验。

设置模拟器仿真速度不高于 2m/s 的直线运动用户轨迹，设置模拟器输出的各颗卫星的信号电平为-130dBm，播发测试的北斗卫星信号频点。

在被测北斗铁路应用模组正常定位状态下，保持稳定工作至少 3min。

中断模拟器信号输出 30s，然后恢复模拟器信号，以 1Hz 的位置更新率连续记录输出的定位数据。

找出自卫星信号恢复后，首次连续 10 次输出三维定位误差不超过 100m 的定位数据的时刻，计算从卫星信号恢复到上述 10 个输出时刻中第 1 个时刻的时间间隔。

6.4.1.4 捕获灵敏度

按照 GB/T 39399-2020 中 5.8.3 的规定试验。

6.4.1.5 重捕获灵敏度

按照 BD 420005-2015 中 5.4.7.2 的规定试验。

6.4.1.6 跟踪灵敏度

使用卫星信号模拟器进行试验。

设置模拟器仿真速度不高于 2m/s 的直线运动用户轨迹，设置模拟器输出的各颗卫星的各通道信号电平-130dBm，播发测试的北斗卫星信号频点。

被测北斗铁路应用模组稳定工作 3min，然后以 1dB 步进降低输出。

在模拟器输出信号的每个设置电平值下试验被测北斗铁路应用模组能否在 300s 内连续 10 次输出三维定位误差小于表 1 中“伪距单点定位精度”要求的定位数据。

找出能够使被测北斗铁路应用模组符合该定位要求的最低电平值，记录该设置电平值。

6.4.1.7 输出信息

将被测北斗铁路应用模组的输出接口接入计算机，通过厂家提供的软件或第三方软件读取信息，检查输出信息。

6.4.1.8 定位精度

定位精度检验方法如下。

a) 伪距单点定位精度：

- 1) 在 GNSS 接收机检定场中，使用实际卫星信号进行试验；
- 2) 天线安装在检定场的已知点位上；
- 3) 连续试验 24h 以上，将获取的定位数据与标准点坐标进行比较，按照附录 A 规定的方法计算其定位精度。

b) RTK 精度：

- 1) 实际信号试验方法：在 GNSS 接收机检定场中，使用实际卫星信号进行试验；天线安装在检定场的已知点位上，基线距离不大于 10km；设置基准站与相应流动站间的数据传输链路，形成差分工作模式；被测基准站在接收卫星信号同时，实时将基准站差分数据发送给流动站，被测流动站同时接收卫星信号和基准站差分数据；按 1Hz 输出定位结果，并记录 1.5h 定位数据，按照附录 A 规定的方法计算其后 1h 定位精度；
- 2) 模拟器信号试验方法：使用卫星信号模拟器进行试验；采用双用户卫星信号模拟器模拟一个基准站和一个流动站卫星导航信号；北斗卫星数目不少于 8 颗，其中流动站以固定运动轨迹移动；分别将信号接入基准站与流动站北斗铁路应用模组，基准站北斗铁路应用模组播发卫星信号载波相位差分改正数据；流动站北斗铁路应用模组成功单点定位后，接收基准站北斗铁路应用模组差分数据，初始化完成后，记录 RTK 定位结果；每组

连续采集不少于 100 个测量结果，共进行 10 组观测，每组测量结束后重新开机进行初始化，计算 RTK 测量的水平精度和垂直精度。

c) PPP 精度：

- 1) 使用实际卫星信号进行试验；
- 2) 将被测北斗铁路应用模组与安装在室外检验场观测点上的天线连接，接收实际卫星信号；
- 3) 以 1Hz 输出定位结果。被测北斗铁路应用模组在 PPP 收敛 20 min 后，记录数据不少于 300 个，按照附录 A 规定的方法计算其 PPP 定位精度。

6.4.1.9 测速精度

按照 BD 420005-2015 中 5.4.4.3 的规定试验。

6.4.1.10 RTK 初始化时间

使用实际卫星信号进行试验。

基线距离不大于 10km，分别定义为基准站和流动站，将其中一端按照被测北斗铁路应用模组提供的技术文件及设备设置为基准站，并通过网络或其他方式将基准站差分数据实时接入流动站被测北斗铁路应用模组。

将流动站天线与被测北斗铁路应用模组输入端之间增加程控射频开关。

在被测北斗铁路应用模组正常定位状态下，保持稳定工作至少 3min 后，短时中断卫星信号 30s 后，恢复卫星信号，以 1Hz 的位置更新率连续记录输出的定位数据。

找出自卫星信号恢复后，首次连续 10 次输出水平定位误差不超过 5cm 的定位数据的时刻，计算从卫星信号恢复到上述 10 个输出时刻中第 1 个时刻的时间间隔。

6.4.1.11 定位数据输出频度

在 GNSS 接收机检定场中，使用实际卫星信号进行试验。

天线安装在检定场的已知点位上，基线距离不大于 10km。

设置基准站与相应流动站间的数据传输链路，形成差分工作模式。

被测基准站在接收卫星信号同时，实时将基准站差分数据发送给流动站，被测流动站同时接收卫星信号和基准站差分数据。

按配置的频率输出定位结果，并记录 1.5h 定位数据，按照附录 A 规定的方法计算其后 1h 定位精度。

6.4.1.12 动态要求

使用卫星信号模拟器进行试验。

按照动态要求设置模拟器动态仿真场景，设置模拟器输出的各颗卫星的各通道信号电平-130dBm，播发测试的北斗卫星信号频点。

复位被测北斗铁路应用模组，设置被测北斗铁路应用模组打开 GGA 语句，并按 2Hz 实时上报 GGA 语句。

被测北斗铁路应用模组工作 3min 后采集数据，连续采集 20min。

按照附录 A，分析其定位精度。

6.4.2 测量型北斗铁路应用模组

6.4.2.1 捕获灵敏度

按照6.4.1.4的规定试验。

6.4.2.2 跟踪灵敏度

按照6.4.1.6的规定试验。

6.4.2.3 原始观测量精度

原始观测量精度检验方法如下。

- a) 载波相位观测量精度：
 - 1) 使用卫星信号模拟器进行试验；
 - 2) 设置模拟器仿真静态场景，设置模拟器输出的各颗卫星的各通道信号电平-130dBm，播发测试的北斗卫星信号频点；
 - 3) 复位被试设备，设置被测北斗铁路应用模组，每个系统强制所有频点通道跟踪同1颗卫星信号；
 - 4) 设置被测北斗铁路应用模组按照1Hz上报各通道载波相位观测值，采集不少于1200个历元并保存提交；
 - 5) 按照附录B进行数据处理。
- b) 伪距观测精度：
 - 1) 使用卫星信号模拟器进行试验；
 - 2) 设置模拟器仿真静态场景，设置模拟器输出的各颗卫星的各通道信号电平-130dBm，播发测试的北斗卫星信号频点；
 - 3) 复位被试设备，设置被测北斗铁路应用模组按照1Hz上报各通道伪距观测值，采集不少于1200个历元并保存提交；
 - 4) 于1200个历元并保存提交；
 - 5) 按照附录C进行数据处理。

6.4.2.4 定位精度

定位精度检验方法如下。

- a) 伪距单点定位精度：按照6.4.1.8 a)的规定试验。
- b) DGNSS定位精度：
 - 1) 在GNSS接收机检定场中，使用实际卫星信号进行试验；
 - 2) 天线安装在检定场的已知点位上，基线距离不大于10km；
 - 3) 将流动站北斗铁路应用模组配置为伪距差分工作模式，记录1.5h定位数据，按照附录A规定的方法计算其后1h定位精度。
- c) 静态定位精度：
 - 1) 有已知坐标条件的试验方法：采用同一型号被测北斗铁路应用模组进行试验；天线安装在检定场的已知点位上，基线距离8km~20km；按照规定的时间开机加电，进行静态测量数据采集，数据采集过程中天线保持静止不动，数据采集过程为2h；将原始观测数据转换为RINEX格式，使用后处理软件对数据进行解算，按照附录B进行数据处理；
 - 2) 无已知点坐标条件的试验方法：采用同一型号被测北斗铁路应用模组进行试验；当试验环境中无已知点坐标时，可采用相对测量方法试验；将被测北斗铁路应用模组安装在精密位移台上；在其附近设置一台高精度测量型接收设备作为参考站，使两台设备正常工作；每同步观测2h后，调整一次精密位移台位置，至少调整3次；以精密位移台调整位移量为真值，计算实际解算后的位移偏差与位移台调整值的差值，分析静态定位精度。
- d) RTK精度：按照6.4.1.8 b)的规定试验。

e) PPP 精度：按照 6.4.1.8 c) 的规定试验。

6.4.2.5 RTK 初始化时间

按照 6.4.1.10 的规定试验。

6.4.2.6 定位数据和原始观测量输出频度

定位数据和原始观测量输出频度检验方法如下：

- a) 原始观测量输出频度：通过被测北斗铁路应用模组数据接口记录原始观测量，转换为 RINEX 格式，检查数据完整性及输出频率；
- b) 定位数据输出频度：按照 6.4.1.11 的规定试验。

6.4.2.7 观测数据可用率

按照BD 420002-2015中5.3.5的规定试验。

6.4.2.8 1PPS 精度

按照BD 420002-2015中5.3.8的规定试验。

6.4.3 定时型北斗铁路应用模组

6.4.3.1 捕获灵敏度

按照6.4.1.4的规定试验。

6.4.3.2 跟踪灵敏度

按照6.4.1.6的规定试验。

6.4.3.3 冷启动首次定时时间

按照 BD 420006-2015 中 5.6.4.1 的规定试验。

6.4.3.4 热启动首次定时时间

按照BD 420006-2015中5.6.4.2的规定试验。

6.4.3.5 重捕获时间

按照BD 420006-2015中5.6.5的规定试验。

6.4.3.6 相对于 UTC 定时精度

按照BD 420006-2015中5.6.7.1的规定试验。

6.4.3.7 相对于系统时间定时精度

按照BD 420006-2015中5.6.7.2的规定试验。

6.4.3.8 定时稳定度

按照BD 420006-2015中5.6.7的规定试验，计算时间标准差，作为定时稳定度。

6.4.3.9 PPS

按照BD 420006-2015中5.6.8的规定试验。

6.4.3.10 1PPS 精度

按照6.4.2.8的规定试验。

6.4.3.11 定位精度

按照BD 420006-2015中5.6.6的规定试验。

附 录 A
(规范性)
定位精度的数据处理方法

A.1 统计水平和垂直定位误差

水平定位分量 (Δh_j) 按照公式 A.1~公式 A.3 计算, 垂直误差分类 (Δu_j) 按照公式 A.4 计算。

$$\Delta h_j = \sqrt{\Delta E_j^2 + \Delta N_j^2} \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

$$\Delta E_j = E'_j - E_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

$$\Delta N_j = N'_j - N_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

$$\Delta u_j = U'_j - U_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (\text{A.4})$$

式中:

j ——参加统计的定位结果样本序号;

n ——参加统计的定位结果样本总数;

Δh_j ——水平定位精度;

E'_j ——接收机解算出的第 j 个定位结果的东向分量;

E_j ——实际坐标点的第 j 个定位时刻的东向分量;

N'_j ——接收机解算出的第 j 个定位结果的北向分量;

N_j ——实际坐标点的第 j 个定位时刻的北向分量;

U'_j ——终端解算出的第 j 个定位结果的垂直分量;

U_j ——实际坐标点的第 j 个定位时刻的垂直分量。

A.2 定位点的三维定位误差

所有定位点的三维定位误差 ΔS_j 按照公式 A.5 计算。

$$\Delta S_j = \sqrt{\Delta h_j^2 + \Delta u_j^2} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (\text{A.5})$$

当 ΔS_j 大于 50m 时, 相应历元的定位点判定为无效。

将有效的定位点按三维定位误差按从小到大排序，取第 $(n \times 66.7\%)$ 个点的水平定位分量和垂直定位分量作为该应用模式下的水平定位精度和垂直定位精度。

附 录 B
(规范性)

载波相位观测值精度的数据处理方法

对同一信号分量的不同接收通道上报的载波测量值进行三差处理，消除各类系统误差、本地钟差及整周模糊度，去除周跳，统计不同信号分量的载波测量精度，按照公式 B.1 计算载波相位观测值精度。

$$\sigma(k) = \frac{1}{\sqrt{8}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta \nabla \Delta \phi_{ij}^2(k)}{n-1}} \dots\dots\dots (B.1)$$

- 式中：
- $\sigma(k)$ ——第 k 个信号分量的载波测量精度；
 - k ——信号分量编号；
 - i ——卫星观测数据历元序号；
 - $\Delta \nabla \Delta \phi_{ij}^2(k)$ ——第 $i + 1$ 个观测历元的第 j 颗卫星相对任意基准星的载波观测值双差与第 i 个观测历元的第 j 颗卫星相对任意基准星的载波观测值双差之差；
 - j ——可见卫星序号；
 - n ——三差观测值总数。

附录 C
(规范性)

伪距观测量精度的数据处理方法

对同一信号分量的不同接收通道上报的伪距测量值进行双差处理，消除各类系统误差及本地钟差，统计不同信号分量的伪距测量精度，按照公式 C.1 计算伪距观测值精度。

$$\sigma(k) = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta \nabla \Delta \rho_{ij}^2(k)}{n-1}} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- $\sigma(k)$ ——第 k 个信号分量的伪距测量精度；
- k ——信号分量编号；
- i ——卫星观测数据历元序号；
- $\Delta \nabla \Delta \rho_{ij}^2(k)$ ——第 i 个观测历元第 j 颗卫星相对任意基准星的伪距观测值双差结果；
- j ——可见卫星序号；
- n ——双差观测值总数。

参 考 文 献

- [1] GB/T 39267-2020 北斗卫星导航术语
 - [2] TB/T 3283-2015 铁路时间同步网技术条件
 - [3] GB/T 17424-2019 差分全球卫星导航系统（DGNSS）技术要求
-