



中华人民共和国国家标准

GB/T 39772.2—2021

北斗地基增强系统基准站建设和 验收技术规范 第2部分：验收规范

Technical specification for reference station construction and acceptance of
BeiDou ground-based augmentation system—
Part 2: Acceptance specification

2021-03-09 发布

2021-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

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 1

4 验收要求 2

 4.1 功能和性能要求 2

 4.2 验收测试分类 2

 4.3 验收流程 2

 4.4 现场验收测试 2

 4.5 远程验收测试 4

 4.6 运行验收测试 5

5 测试方法 6

 5.1 测试条件 6

 5.2 原始观测数据采集功能 6

 5.3 气象数据采集功能 6

 5.4 数据传输功能 6

 5.5 数据整理与存储功能 6

 5.6 差分数据产品质量监测功能 6

 5.7 运行状态远程监测功能 6

 5.8 维护保障功能 7

 5.9 安全防护功能 7

 5.10 频点信号 7

 5.11 观测数据采集间隔 7

 5.12 数据质量 7

 5.13 观测数据发送间隔 10

 5.14 观测数据存储能力 10

 5.15 时间同步精度 10

 5.16 数据传输 10

 5.17 不间断电源供电时间 10

 5.18 防雷 11

 5.19 工作环境要求 11

 5.20 设备安装与集成调试 11

6 验收提交检查的文件..... 11

附录 A（资料性） 相关文件的主要内容 12

附录 B（资料性） 设备安装检查文档格式 16

参考文献 20

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。

本文件是 GB/T 39772《北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范》的第2部分。GB/T 39772已经发布了以下部分：

——第1部分：建设规范；

——第2部分：验收规范。

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。

本文件由中央军委装备发展部提出。

本文件由全国北斗卫星导航标准化技术委员会(SAC/TC 544)归口。

本文件起草单位：中国兵器工业标准化研究所、北方信息控制研究院集团有限公司、千寻位置网络(浙江)有限公司、中国兵器科学研究院。

本文件主要起草人：麦绿波、徐学永、张勤熙、王清太、徐波、徐惠、张国林、徐川、陈冬伟、王进、刘正凡、王伟。

引 言

北斗地基增强系统是国家重要的信息基础设施,用于提供高精度定位服务,主要由基准站网、通信网络系统、数据处理中心、运营服务平台、数据播发系统、用户终端、信息安全防护体系、备份系统等组成。

北斗地基增强系统通过在地面按一定距离建立的若干基准站接收导航卫星发射的导航信号,经通信网络传输至数据处理中心,处理后产生导航卫星的轨道改正数、钟差改正数、电离层改正数、区域差分数据、毫米级后处理数据等数据产品,通过卫星、数字网络(移动通信网、互联网等)、数字广播等方式播发,通过互联网提供后处理数据产品的下载服务,满足北斗地基增强系统服务范围内广域米级和分米级,区域厘米级的实时定位和导航需求,以及后处理毫米级定位服务需求。

为了系统性地优化、提升和固化北斗地基增强系统基准站、通信网络、数据处理、数据接口、数据播发、运营服务等主体技术,使这些技术为国内外同类建设项目提供技术支持和有益指导,构建了由《北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范 第1部分:建设规范》《北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范 第2部分:验收规范》《北斗地基增强系统通信网络系统技术规范》《北斗地基增强系统数据处理中心技术要求》《卫星导航地基增强系统数据处理中心数据接口规范》《卫星导航地基增强系统播发接口规范 第1部分:移动通信网》《卫星导航地基增强系统播发接口规范 第2部分:中国移动多媒体广播》《卫星导航地基增强系统播发接口规范 第3部分:调频频段数字音频广播》《北斗地基增强系统基准站入网技术要求》等国家标准组成的北斗地基增强系统相互支持、协调配套的标准系列。

本文件系统地规定了北斗地基增强系统基准站的测试验收内容,为北斗地基增强系统基准站的建设和测试验收提供依据。

北斗地基增强系统基准站建设和 验收技术规范 第2部分:验收规范

1 范围

本文件规定了北斗地基增强系统基准站的验收要求、测试方法、验收提交检查的文件等内容和要求。

本文件适用于北斗地基增强系统基准站(以下简称基准站)的建设和测试验收。

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 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 A:低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温

GB/T 2423.10 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fc:振动(正弦)

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ka:盐雾

GB/T 3482 电子设备雷击试验方法

GB/T 37018—2018 卫星导航地基增强系统数据处理中心数据接口规范

GB/T 39267—2020 北斗卫星导航术语

GB/T 39772.1—2021 北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范 第1部分:建设规范

GB/T 39723—2020 北斗地基增强系统通信网络系统技术规范

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 39267—2020 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

粗差 outlier

在相同观测条件下进行一系列的观测,其绝对值超过限差的离群测量偏差。

注:粗差一般指绝对值大于3倍中误差的观测误差,包括因疏忽大意而造成的差错。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

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

BDT:北斗系统时间(BDS Time)

GALILEO:伽利略全球导航卫星系统(Galileo Satellite Navigation System)

GPS:全球定位系统(Global Positioning 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)

RINEX:接收机自主数据交换格式(Receiver Independent Exchange Format)

UPS:不间断电源(Uninterruptible Power Supply)

PPP:精密单点定位(Precise Point Positioning)

4 验收要求

4.1 功能和性能要求

基准站功能和性能应符合 GB/T 39772.1—2021 中第 5 章、第 6 章的要求。

4.2 验收测试分类

基准站(或监测站)验收测试分为以下三类:

- a) 现场验收测试;
- b) 远程验收测试;
- c) 运行验收测试。

4.3 验收流程

基准站(或监测站)按图 1 规定的验收流程进行验收,验收流程示意图见图 1。

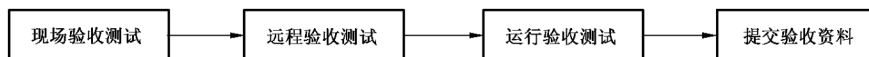


图 1 基准站(或监测站)验收流程示意图

4.4 现场验收测试

4.4.1 验收测试目的

通过对基准站(或监测站)进行土建工程现场质量检查、设备安装检查和资料的完整性和规范性检查,保证土建工程及设备安装符合建设规范的要求。

4.4.2 验收测试时机

现场验收测试应在基准站(或监测站)土建质量检查完成和设备安装完成后进行。

4.4.3 验收测试项目

现场验收的验收测试项目见表 1。

表 1 现场验收测试项目表

序号	验收事项	检查类型	测试项目	要求章条号	测试方法章条号	评价方法
1	土建工程	现场质量检查验收	观测墩	GB/T 39772.1—2021 中的 8.1	按 39772.1—2021 中 11.2.3 的方法	参见 39772.1—2021 附录 E 中的 E.2 打分评价
			观测室	GB/T 39772.1—2021 中的 8.2		
			防雷工程	GB/T 39772.1—2021 中的 8.3		
			辅助工程	GB/T 39772.1—2021 中的 8.4		
			其他土建要求	GB/T 39772.1—2021 中的 8.5		
2		建站资料质量检查验收	提交资料	GB/T 39772.1—2021 中的 8.6	按 39772.1—2021 中 11.2.4 的方法	参见 39772.1—2021 附录 F 中的 F.1 打分评价
3	设备与安装	设备安装检查验收	安装总体方案	GB/T 39772.1—2021 中的 9.1	按本文件中 5.20 的方法	参见本文件附录 B 中的 B.1 打分评价
			基准站接收机天线	GB/T 39772.1—2021 中的 9.2		
			基准站接收机	GB/T 39772.1—2021 中的 9.3		
			监测接收机及天线	GB/T 39772.1—2021 中的 9.4		
			原子钟	GB/T 39772.1—2021 中的 9.5		
			气象设备	GB/T 39772.1—2021 中的 9.6		
			集成机柜及机柜监控设备	GB/T 39772.1—2021 中的 9.7		
			通信设备	GB/T 39772.1—2021 中的 9.8		
			不间断电源	GB/T 39772.1—2021 中的 9.9		
			计算机	GB/T 39772.1—2021 中的 9.10		
			防雷设备	GB/T 39772.1—2021 中的 9.11		
4		集成与调试	设备集成调试	GB/T 39772.1—2021 中的 10.1		参见本文件附录 B 中的 B.2 打分评价
			提交资料	GB/T 39772.1—2021 中的 10.2		

4.4.4 验收测试

验收测试应对表 1 所列测试项目用其对应的测试方法进行测试,土建工程现场质量验收测试和设备安装的验收测试主要是对土建工程和基准站(或监测站)设备组成、安装、连接等进行现场检查和现场查看测试记录,必要时进行测试验证。

4.4.5 评价准则

基准站(或监测站)按表 1 要求的项目进行验收测试后,对基准站(或监测站)土建工程和设备安装按表 1 进行评分。对于土建工程的现场质量验收测试的评分在 95 以上,判定基准站(或监测站)土建工程的现场质量验收测试合格;对于设备安装验收测试的评分在 97 以上,判定基准站(或监测站)设备安装验收测试合格。对测试不合格的项目,应分析原因,采取整改措施,重新测试,直至测试结果合格。

4.4.6 测试文档编制

土建工程的现场质量验收测试和设备安装验收测试完成后,编制验收测试报告,验收测试报告应含基准站(或监测站)现场质量检查记录表、基准站(或监测站)建设现场质量检查评分表、建站资料要求及评分标准表、建站资料质量检查评分表、基准站设备安装检查评分表和基准站设备安装资料检查评分表。土建工程的建站资料质量检查验收的评分在 95 以上,判定基准站(或监测站)土建工程的建站资料质量检查验收合格;设备安装资料质量检查验收的评分在 97 以上,判定基准站(或监测站)设备安装资料质量检查验收合格。对于检查不合格的项目,进行修改,重新提交检查,直至检查合格。

4.5 远程验收测试

4.5.1 验收测试目的

通过对基准站(或监测站)主要功能和性能进行测试,以保证基准站的功能和性能满足使用要求。

4.5.2 验收测试时机

远程验收测试应在基准站(或监测站)现场验收测试合格后进行。

4.5.3 验收测试项目

远程验收的验收测试项目见表 2。

表 2 远程验收测试项目表

序号	验收事项	测试项目	要求章条号	测试方法章条号	评价方法
1	功能	原始观测数据采集功能	GB/T 39772.1—2021 中的 5.2	本文件中的 5.2	与要求对比
2		气象数据采集功能	GB/T 39772.1—2021 中的 5.3	本文件中的 5.3	与要求对比
3		数据传输功能	GB/T 39772.1—2021 中的 5.4	本文件中的 5.4	与要求对比
4		数据整理与存储功能	GB/T 39772.1—2021 中的 5.5	本文件中的 5.5	与要求对比
5		差分数据产品质量监测功能	GB/T 39772.1—2021 中的 5.6	本文件中的 5.6	与要求对比
6		运行状态远程监控功能	GB/T 39772.1—2021 中的 5.7	本文件中的 5.7	与要求对比
7		维护保障功能	GB/T 39772.1—2021 中的 5.8	本文件中的 5.8	与要求对比
8		安全防护功能	GB/T 39772.1—2021 中的 5.9	本文件中的 5.9	与要求对比
9	性能	频点信号	GB/T 39772.1—2021 中的 6.1	本文件中的 5.10	与要求对比
10		观测数据采样间隔	GB/T 39772.1—2021 中的 6.2	本文件中的 5.11	与要求对比
11		多路径影响	GB/T 39772.1—2021 中的 6.3	本文件中的 5.12.1	与要求对比
12		周跳比	GB/T 39772.1—2021 中的 6.4	本文件中的 5.12.2	与要求对比
13		观测数据完整率	GB/T 39772.1—2021 中的 6.5	本文件中的 5.12.3	与要求对比
14		观测数据发送间隔	GB/T 39772.1—2021 中的 6.6	本文件中的 5.13	与要求对比
15		观测数据存储能力	GB/T 39772.1—2021 中的 6.7	本文件中的 5.14	与要求对比
16		时间同步精度	GB/T 39772.1—2021 中的 6.8	本文件中的 5.15	与要求对比
17		数据传输	GB/T 39772.1—2021 中的 6.9	本文件中的 5.16	与要求对比
18		不间断电源供电时间	GB/T 39772.1—2021 中的 6.10	本文件中的 5.17	与要求对比
19		防雷	GB/T 39772.1—2021 中的 6.11	本文件中的 5.18	与要求对比
20		工作环境要求	GB/T 39772.1—2021 中的 6.12	本文件中的 5.19	与要求对比

4.5.4 验收测试

应对表 2 所列测试项目按测试大纲、测试细则和表 2 中测试项目对应的测试方法进行测试,验收测试大纲的内容框架参见附录 A 中的 A.1,验收测试细则的内容框架参见 A.2。

4.5.5 评价准则

基准站(或监测站)按表 2 要求的项目进行测试后,所有测试项目的测试结果均满足表 2 中的要求,则判定基准站(或监测站)测试合格;对测试不合格的项目,应分析原因,采取整改措施,重新测试,直至测试结果合格。

4.5.6 测试文档编制

测试完成后,编制验收测试报告,验收测试报告应含测试结果表,格式参见表 A.1,验收测试报告的内容框架参见 A.4。

4.6 运行验收测试

4.6.1 验收测试目的

对基准站(或监测站)数据质量和通信网络进行测试,掌握基准站(或监测站)数据质量和通信网络运行情况,以保证基准站(或监测站)的数据质量和稳定性满足要求。

4.6.2 验收测试时机

运行验收测试应在基准站(或监测站)联网稳定运行不少于三个月后进行。

4.6.3 验收测试项目

运行验收的验收测试项目见表 3。

表 3 运行验收测试项目表

序号	测试项目	要求章条号	测试方法章条号	评价方法
1	多路径影响	GB/T 39772.1—2021 中的 6.3	本文件中的 5.12.1	与要求对比
	周跳比	GB/T 39772.1—2021 中 6.4	本文件中的 5.12.2	与要求对比
	观测数据完整率	GB/T 39772.1—2021 中 6.5	本文件中的 5.12.3	与要求对比
2	网络延时	GB/T 39723—2020 中的 7.3	GB/T 39723—2020 中的 11.6	与要求对比
3	网络可用率	GB/T 39723—2020 中的 7.4	GB/T 39723—2020 中的 11.7	与要求对比

4.6.4 验收测试

验收测试的基准站(或监测站)测试的项目按表 3,对测试项目应连续观测 15 天或以上时间。运行的验收测试应对表 3 所列测试项目按测试大纲、测试细则和表 3 中测试项目对应的测试方法进行测试;验收测试大纲的内容框架参见 A.1,验收测试细则的内容框架参见 A.2。

4.6.5 评价准则

运行验收测试的基准站在连续观测 15 天或以上时间的测试结果均满足表 3 中的要求时,则判定基准站测试合格;合格的基准站按 GB/T 39772.1—2021 中的 4.1.2 的分类指标分别分出所属的基准站

(或监测站)级别;对测试不合格的项目,应分析原因,采取整改措施,重新测试,直至测试结果合格。

4.6.6 测试文档编制

测试完成后,编制验收测试报告,验收测试报告应含测试结果表,格式参见表 A.2,验收测试报告的内容框架参见 A.4。

5 测试方法

5.1 测试条件

5.1.1 测试环境

远程验收测试和运行验收测试应在北斗地基增强系统通信网络和北斗地基增强系统数据处理中心(以下简称数据处理中心)运行良好的情况下进行测试。

5.1.2 测试设备

测试设备应检定合格并在有效期内。

5.2 原始观测数据采集功能

基准站(或监测站)应接收并记录不少于 2 h 的原始观测数据,将数据转换为 RINEX 格式;查看 RINEX 文件中的 BDS、GPS、GLONASS、GALILEO 等四个系统的导航信号的伪距、载波相位、多普勒、导航电文、载噪比等数据,判断原始观测数据采集功能是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 5.2 的要求。

5.3 气象数据采集功能

在数据处理中心接收气压、温度、相对湿度等气象数据,记录气象数据不少于 20 min,判断气象数据采集功能是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 5.3 的要求。

5.4 数据传输功能

在数据处理中心用规定的传输协议和数据格式检查软件,接收基准站的观测数据、监测数据、运行状态数据、告警及故障信息、数据文件等,使用专用显控软件或打印查看,判断数据传输功能是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 5.4 的要求。

5.5 数据整理与存储功能

在数据处理中心使用网页浏览器或远程终端控制基准站在本地存储频率为 1 Hz、存储时长不少于 2 h 的观测数据文件,下载观测数据文件并转换为 RINEX 格式,判断数据整理与存储功能是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 5.5 的要求。

5.6 差分数据产品质量监测功能

在数据处理中心接收监测站的监测数据,记录每项数据不少于 20 min,检查数据项是否有缺项,检查差分数据产品数据格式是否符合 GB/T 37018—2018 规定的格式,判断差分数据产品质量监测功能是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 5.6 的要求。

5.7 运行状态远程监测功能

在数据处理中心接收并记录被测基准站接收机和监测接收机的工作状态数据、不间断电源工作状

态数据、通信设备的通信链路状态等数据不少于 20 min, 并进行查看分析; 对基准站(或监测站)的运行环境、数据采集、数据存储、传输、重启, 以及不间断电源切换等进行远程设置、控制, 判断运行状态远程监测功能是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 5.7 的要求。

5.8 维护保障功能

在数据处理中心接收 30 天的设备运行状态数据, 使用专用显控软件或打印查看设备的监控功能的工作状态, 以及对出现问题解决的时间; 在基准站人为模拟市电中断的情况, 检查不间断后备电源是否能自动启动, 判断维护保障功能是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 5.8 的要求。

5.9 安全防护功能

5.9.1 在基准站人为模拟入侵、烟雾、高温、高湿、水浸等条件, 在数据处理中心接收、记录和查看机柜告警数据和工作状态数据, 判断物理安全功能是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 5.9.1 的要求。

5.9.2 在基准站人为模拟断开主传输线路的情况, 在数据处理中心接收基准站传输的数据、信息、文件, 使用专用显控软件或打印查看这些数据; 在基准站人为模拟数据窃取和入侵状态, 在数据处理中心查看数据告警状态, 判断数据安全功能是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 5.9.2 的要求。

5.10 频点信号

在数据处理中心接收并记录不少于 2 h 的基准站(或监测站)的原始观测数据, 将数据转换为 RINEX 格式, 查看 RINEX 文件, 判断频点信号是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 6.1 的要求。

5.11 观测数据采样间隔

在数据处理中心控制基准站接收机在本地存储不少于 2 h 的观测数据文件, 下载观测数据文件并转换为 RINEX 格式, 使用专用显控软件或打印查看观测数据采样时间间隔, 判断数据采样间隔是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 6.2 的要求。

5.12 数据质量

5.12.1 多路径影响

在数据处理中心对持续观测 24 h 采样间隔为 1 s 接收的基准站(或监测站)的原始观测数据文件, 按公式(1)计算多路径影响 MP_{k_1} 和 MP_{k_2} 的值。

$$\begin{cases} MP_{k_1} = \rho_{k_1} - \frac{f_{k_1}^2 + f_{k_2}^2}{f_{k_1}^2 - f_{k_2}^2} \varphi_{k_1} + \frac{2f_{k_2}^2}{f_{k_1}^2 - f_{k_2}^2} \varphi_{k_2} \\ MP_{k_2} = \rho_{k_2} - \frac{2f_{k_1}^2}{f_{k_1}^2 - f_{k_2}^2} \varphi_{k_1} + \frac{f_{k_1}^2 + f_{k_2}^2}{f_{k_1}^2 - f_{k_2}^2} \varphi_{k_2} \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

MP_{k_1} 、 MP_{k_2} ——导航信号 k_1 、 k_2 频点上包含的多路径误差和整周模糊度信息的计算量;

ρ_{k_1} 、 ρ_{k_2} ——导航信号 k_1 、 k_2 频点上的伪距观测量, 单位为米(m);

f_{k_1} 、 f_{k_2} ——导航信号 k_1 、 k_2 频点的频率, 单位为兆赫(MHz);

φ_{k_1} 、 φ_{k_2} ——导航信号 k_1 、 k_2 频点上的相位观测量, 单位为米(m)。

公式(1)中的 k_1 、 k_2 两个频点的频率应有明显的频率间隔。

注: 单位米为载波波长乘以载波频率。

对于同一颗卫星在连续观测且无周跳的情况下组合的模糊度参数不会变化, 在无周跳的多个历元间按公式(2)进行计算, 得到多路径误差。

$$\overline{MP_k} = \sqrt{\frac{1}{N_{\text{slw}} - 1} \sum_{i=1}^{N_{\text{slw}}} \left(MP_k(t_i) - \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{slw}}} MP_k(t_i)}{N_{\text{slw}}} \right)^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\overline{MP_k}$ ——接收机观测到卫星在 k 频点上多路径误差的评估值;

N_{slw} ——滑动窗口的历元个数,默认为 50;

$MP_k(t_i)$ ——在历元 t_i 接收机观测到卫星在 k 频点上包含多路径误差和整周模糊度信息的计算量。

分析计算结果,判定多路径影响计算结果值所属的等级。

5.12.2 周跳比

5.12.2.1 基本步骤

在数据处理中心对持续观测 24 h 采样间隔为 1 s 接收的基准站观测数据文件,按下列步骤进行周跳比计算:

- 读取观测数据文件,统计该文件中具有完整观测值的历元数目;
- 联合粗差探测方法、周跳探测方法和接收机钟跳探测方法,确定周跳发生的历元并统计发生周跳的历元数目;
- 根据周跳比的定义计算评估值。

5.12.2.2 粗差探测

采用 MW 组合观测量 L_{MW} 为检测量进行粗差探测,主要步骤如下:

- 按公式(3)~公式(5)构造 MW 组合观测量 L_{MW} 和递推公式:

$$L_{\text{MW}} = \frac{1}{f_{k_1} - f_{k_2}} (f_{k_1} \varphi_{k_1} - f_{k_2} \varphi_{k_2}) - \frac{1}{f_{k_1} - f_{k_2}} (f_{k_1} \rho_{k_1} + f_{k_2} \rho_{k_2}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\overline{L_{\text{MW}}(t_i)} = \frac{i-1}{i} \overline{L_{\text{MW}}(t_{i-1})} + \frac{1}{i} L_{\text{MW}}(t_i) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\sigma^2(t_i) = \frac{i-1}{i} \sigma^2(t_{i-1}) + \frac{1}{i} [L_{\text{MW}}(t_i) - \overline{L_{\text{MW}}(t_{i-1})}]^2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$\overline{L_{\text{MW}}(t_i)}$ ——前 i 个历元 MW 组合观测值的平均值,单位为米(m);

$\overline{L_{\text{MW}}(t_{i-1})}$ ——前 $i-1$ 个历元 MW 组合观测值的平均值,单位为米(m);

$L_{\text{MW}}(t_i)$ ——第 i 个历元 MW 组合观测值,单位为米(m);

$\sigma(t_i)$ ——前 i 个历元 MW 组合观测值的均方根误差,单位为米(m);

$\sigma(t_{i-1})$ ——前 $i-1$ 个历元 MW 组合观测值的均方根误差,单位为米(m)。

- 对于第 i 个历元 MW 组合观测值 $L_{\text{MW}}(t_i)$,若 $|L_{\text{MW}}(t_i) - \overline{L_{\text{MW}}(t_{i-1})}| \geq 4\sigma(t_{i-1})$,则为超限,历元 t_i 可能是周跳,也可能是粗差。
- 为判断历元 t_i 是粗差还是发生了周跳,进一步分析 $i-1$ 、 i 、 $i+1$ 相邻 3 个历元之间的数据特征。由历元 t_{i-1} 的宽巷模糊度及方差按公式(6)、公式(7)计算历元 t_{i+1} 的宽巷模糊度及方差。

$$\overline{L_{\text{MW}}(t_{i+1})} = \frac{i}{i+1} \overline{L_{\text{MW}}(t_i)} + \frac{1}{i+1} L_{\text{MW}}(t_{i+1}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\sigma^2(t_{i+1}) = \frac{i}{i+1} \sigma^2(t_i) + \frac{1}{i+1} [L_{\text{MW}}(t_{i+1}) - \overline{L_{\text{MW}}(t_i)}]^2 \quad \dots\dots\dots (7)$$

- d) 若历元 t_{i+1} 的宽巷模糊度不超限,或者历元 t_i 和 t_{i+1} 的宽巷模糊度都超限且 $|L_{\text{MW}}(t_{i+1}) - L_{\text{MW}}(t_i)| > 1$,则判定历元 t_i 为粗差;若历元 t_i 和历元 t_{i+1} 的宽巷模糊度都超限且 $|L_{\text{MW}}(t_{i+1}) - L_{\text{MW}}(t_i)| \leq 1$,则认为历元 t_i 上有周跳。把前面 $i-1$ 个历元作为一弧段,记录其 $\overline{L_{\text{MW}}(t_{i-1})}$ 值和方差 $\sigma^2(t_{i-1})$ 用于后续处理,并从历元 t_i 开始划分为一个新的弧段。

注:“MW”是由人名分别为“Melbourne”和“Wubeena”两个人名字的英文首字母大写合成的符号,作为“MW 组合”的命名。

5.12.2.3 周跳探测

采用 MW 组合观测量 L_{MW} 和 GF 组合观测量 L_{GF} 联合进行周跳检测。按照 5.12.2.2 中的 d) 判定方法进行周跳的第一次探测,如果没有周跳,则利用 GF 组合观测量进行补充探测,其主要步骤为:

- a) 按公式(8)、公式(9)构造 GF 组合观测量 L_{GF} 和伪距电离层残差组合 P_{GF} 。

$$L_{\text{GF}} = \varphi_{k_2} - \varphi_{k_1} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$P_{\text{GF}} = \rho_{k_2} - \rho_{k_1} \quad \dots\dots\dots (9)$$

- b) 令 N 为观测历元总数, $x=0,1,2,\dots,N$ 对应于连续观测历元的序列号;按公式(10)对这些历元的数据进行拟合,求得各阶项参数 $a_q, a_{q-1}, \dots, a_1, a_0$, 其中,当 $N/100 \geq 6$ 时多项式阶数 $q=6$, 反之为 $q=N/100+1$;确定参数值后,将 x 代入公式(10),求得 P_{GF} 的理论值 Q_{GF} 。

$$P_{\text{GF}}(x) = a_q x^q + a_{q-1} x^{q-1} + \dots + a_1 x + a_0 \quad \dots\dots\dots (10)$$

- c) 如果满足公式(11),则可判定历元 t_i 上有周跳,并从历元 t_i 开始划分为一个新的弧段,向后滑动下一历元。

$$\begin{cases} | [L_{\text{GF}}(t_i) - Q_{\text{GF}}(t_i)] - [L_{\text{GF}}(t_{i-1}) - Q_{\text{GF}}(t_{i-1})] | > 6(\lambda_{k_2} - \lambda_{k_1}) \\ | [L_{\text{GF}}(t_{i+1}) - Q_{\text{GF}}(t_{i+1})] - [L_{\text{GF}}(t_i) - Q_{\text{GF}}(t_i)] | > (\lambda_{k_2} - \lambda_{k_1}) \end{cases} \quad \dots\dots (11)$$

式中:

$L_{\text{GF}}(t_i)$ ——历元 t_i 时的 GF 组合观测量值;

$Q_{\text{GF}}(t_i)$ ——历元 t_i 时拟合多项式的外推值;

$\lambda_{k_1}, \lambda_{k_2}$ ——导航信号 k_1, k_2 频点的波长,单位为米(m);

注:“GF”为 Geometry free,中文意思为几何无关。

5.12.2.4 接收机钟跳探测

接收机采集的观测数据进行钟跳的探测,采用基于观测值域的钟跳探测方法。其主要步骤为:

- a) 按公式(12)构造钟跳探测量 ΔL :

$$\Delta L = | [\rho(t_{i+1}) - \rho(t_i)] - [\varphi(t_{i+1}) - \varphi(t_i)] | \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

$\rho(t_i), \rho(t_{i+1})$ ——接收机观测到卫星在历元 t_i, t_{i+1} 上的伪距观测值,单位为米(m);

$\varphi(t_i), \varphi(t_{i+1})$ ——接收机观测到卫星在历元 t_i, t_{i+1} 上的载波相位观测值,单位为米(m)。

- b) 为了消除周跳对钟跳探测的不利影响,应先进行周跳探测,一旦发现周跳,该卫星将不参与后续的钟跳探测。利用公式(12)计算钟跳探测量,当 ΔL 满足公式(13)时认为该历元存在微秒级钟跳,当 ΔL 满足公式(14)时认为该历元存在毫秒级钟跳。

$$(10^{-7} \cdot c - 3\xi) < \Delta L < (10^{-5} \cdot c + 3\xi) \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\Delta L > (10^{-3} \cdot c - 3\xi) \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

c ——真空中的光速,单位为米每秒(m/s);

ξ ——观测噪声经验值,默认大小为 4,单位为米(m)。

- c) 受残余粗差或周跳等影响,利用公式(12)、公式(13)和公式(14)探测钟跳时,可能会造成误判,需要对做进一步的检验。在钟跳时刻,所有卫星、所有频率的观测值将产生数值相近的跳跃,从受影响的卫星数出发,当满足公式(15)时,认为该历元时刻存在钟跳。

$$n_s = n_{ms} + n_{\mu s} \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中:

n_s ——参与钟跳探测的有效卫星数;

n_{ms} ——发生毫秒级钟跳的卫星数;

$n_{\mu s}$ ——发生微秒级钟跳的卫星数。

分析计算结果,判定周跳比计算结果值所属的等级。

5.12.3 观测数据完整率

在数据处理中心对持续观测 24h 采样间隔为 1s 的接收并存储的基准站观测数据文件,按公式(16)计算观测数据完整率。

$$DI_s = \left(\sum_{j=1}^n C^j / \sum_{j=1}^n D^j \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中:

DI_s ——观测数据完整率,百分比(%);

C^j ——在观测时间段内,第 j 颗卫星具有完整观测值的历元数;

D^j ——在观测时间段内,第 j 颗卫星的理论历元总数。

分析计算结果,判断数据质量是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 6.3~6.5 的要求。

5.13 观测数据发送间隔

在数据处理中心接收并记录不少于 2 h 的观测数据文件,使用专用显控软件或打印查看,判断观测数据发送间隔是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 6.6 的要求。

5.14 观测数据存储能力

远程控制基准站(或监测站)在本地以 1 s 采样间隔存储观测数据文件,在网页浏览器或远程终端登录基准站查看,判断观测数据存储能力是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 6.7 a) 的要求。

远程控制基准站(或监测站)在本地存储告警及故障状态数据,在网页浏览器或远程终端登录基准站(或监测站)查看,判断观测数据存储能力是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 6.7 b) 的要求。

5.15 时间同步精度

检查接收机产品检测报告中的接收机时钟与北斗系统时间的同步精度指标,判断时间同步精度是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 6.8 的要求。

5.16 数据传输

在数据处理中心设置数据和信息的触发频度及控制指令,设置文件定时传输的间隔及指令,在数据处理中心接收并记录观测数据、监测数据、运行状态数据、告警及故障信息、数据文件,查看数据,判断数据传输是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 6.9 的要求。

5.17 不间断电源供电时间

将基准站(或监测站)断开市电 24 h,在数据处理中心接收基准站的观测数据,使用专用显控软件

或打印查看;在 24 h 后恢复市电供电,使用网页浏览器或远程终端登录基准站不间断电源(UPS),检查不间断电源工作和充电状况,判断不间断电源供电时间是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 6.10 的要求。

5.18 防雷

按 GB/T 3482 的试验方法对设备进行防雷试验,检查试验结果(或检查防雷建设施工方的防雷测试试验和测试报告),判断防雷是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 6.11 的要求。

5.19 工作环境要求

按 GB/T 2423.17 的方法进行盐雾试验,不出现腐蚀现象,具体检查试验的相关证明材料;分别按 GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.10 的试验方法对设备进行工作温度、储存温度、相对湿度、振动试验,检查设备供方试验的相关证明材料,判断工作环境是否符合 GB/T 39772.1—2021 中 6.12 的要求。

5.20 设备安装与集成调试

参见附录 B 中的 B.1、B.2 的项目检查设备的安装情况和设备测试、检定的合格资料。

6 验收提交检查的文件

基准站(或监测站)验收时,应按验收测试类别提交相应的文档,全部类别验收测试后,一般应提交以下文件进行检查:

- a) 技术文件目录;
- b) 基准站设计方案报告;
- c) 基准站研制工作总结;
- d) 基准站验收规范(技术条件);
- e) 基准站站点分布示意图;
- f) 重大技术问题攻关报告;
- g) 基准站安全性评估报告;
- h) 基准站经济性评估报告;
- i) 基准站可靠性维修性评估报告;
- j) 基准站验收测试大纲;
- k) 基准站验收测试报告;
- l) 基准站原材料、设备、软件汇总表。

以上基准站的设计方案报告、研制工作总结、测试大纲、测试报告应单独提供,其他文件可根据实际情况合并编写提供。

附 录 A
(资料性)
相关文件的主要内容

A.1 基准站验收测试大纲

基准站验收测试大纲一般应包括以下内容：

- a) 概述；
- b) 引用文件；
- c) 验收测试目的；
- d) 验收测试对象；
- e) 系统技术状态；
- f) 系统功能和性能要求；
- g) 验收测试项目；
- h) 验收测试方案；
- i) 组织实施；
- j) 技术流程与计划安排。

A.2 基准站验收测试细则

基准站验收测试细则是测试大纲的细化，是验收测试的实际依据，要具体、详细、可操作。

A.3 基准站验收测试结果表

基准站远程验收测试结果表的格式示例见表 A.1。

表 A.1 基准站远程验收测试结果表

站名： 代号： 站址： 类型：					
序号	类别	测试项目	指标要求	实测情况 (值)	判定结果
1	功能	原始观测数据采集功能	—	—	—
2		气象数据采集功能	—	—	—
3		数据传输功能	—	—	—
4		数据整理与存储功能	—	—	—
5		差分数据产品质量监测功能	—	—	—
6		运行状态远程监控功能	—	—	—
7		维护保障功能	—	—	—
8		安全防护功能	—	—	—
9	性能	频点信号	BDS(B1I、B1C、B2I、B2a、B2b、B3I 等)	—	—
10			GPS(L1C/A、L1C、L2C、L2P、L5)	—	—
11			GLONASS(L1、L2)	—	—
12			GALILEO(E1、E5a、E5b)	—	—
13		观测数据采样间隔	原始观测数据采样时间间隔:1 s	—	—
14			气象数据采样时间间隔:不大于 30 s(时间间隔可调)	—	—
15		多路径影响	各频点信号的多路径影响指标(未做平滑处理的): a) A 级基准站 ≤ 0.3 m,高度截止角 10° b) 0.3 m<B 级基准站 ≤ 0.5 m,高度截止角 10° c) 0.5 m<C 级基准站 ≤ 0.65 m,高度截止角 15°	—	—
16		周跳比	各频点信号的周跳比指标: a) A 级基准站:周跳比不小于 8 000,高度截止角 10° b) B 级基准站:周跳比不小于 4 000,高度截止角 10° c) C 级基准站:周跳比不小于 2 000,高度截止角 15°	—	—
17		观测数据完整率	各频点信号的观测数据完整率指标: a) A 级基准站:不小于 98%,高度截止角 10° b) B 级基准站:不小于 95%,高度截止角 10° c) C 级基准站:不小于 95%,高度截止角 15°	—	—
18		观测数据发送间隔	原始观测数据发送时间间隔 1 s	—	—
19			气象数据发送时间间隔:不大于 30 s(时间间隔可调)	—	—
20		观测数据存储能力	观测数据存储能力不小于 30 天(1 s 采样间隔) 告警及故障状态数据存储能力不小于 30 天	—	—
21		时间同步精度	同步精度:不大于 50 ns	—	—

表 A.1 基准站远程验收测试结果表 (续)

序号	类别	测试项目	指标要求	实测情况 (值)	判定结果
22	性能	数据传输	应能对观测数据、监测数据、运行状态数据、告警及故障信息按 GB/T 39772.1—2021 中表 2 规定的频度或触发指令实时传输	—	—
23			数据文件应能按约定时间间隔或指令定时传输;观测数据、监测数据、运行状态数据根据需要可进行定时传输	—	—
24		不间断电源供电时间	不小于 24 h	—	—
25		防雷	满足 GB 50057、GB 50343 的要求	—	—
26		工作环境要求	防腐蚀:按 GB/T 2423.17 的方法进行盐雾试验,不出现腐蚀现象 工作温度:—45℃~+70℃(室外) —30℃~+55℃(室内) 储存温度:—55℃~+85℃(室外) —40℃~+65℃(室内) 相对湿度:≤95% 振动:满足公路、铁路运输振动要求	—	—

填写人:

日期:

基准站运行验收测试结果表的格式示例见表 A.2。

表 A.2 基准站运行验收测试结果表

序号	测试项目	指标要求	实测情况 (值)	判定结果
1	多路径影响	各频点信号的多路径影响指标(未做平滑处理的): a) A 级基准站:≤0.3 m,高度截止角 10° b) 0.3 m<B 级基准站≤0.5 m,高度截止角 10° c) 0.5 m<C 级基准站≤0.65 m,高度截止角 15°	—	—
2	周跳比	各频点信号的周跳比指标: a) A 级基准站:周跳比不小于 8 000,高度截止角 10° b) B 级基准站:周跳比不小于 4 000,高度截止角 10° c) C 级基准站:周跳比不小于 2 000,高度截止角 15°	—	—
3	观测数据完整率	各频点信号的观测数据完整率指标: a) A 级基准站:不小于 98%,高度截止角 10° b) B 级基准站:不小于 95%,高度截止角 10° c) C 级基准站:不小于 95%,高度截止角 15°	—	—
4	网络延时	不大于 500 ms	—	—
5	网络可用率	不小于 95%	—	—

填写人:

日期:

A.4 基准站验收测试报告

基准站(或监测站)验收测试报告一般应包括以下内容:

- a) 被测试系统的全貌图或照片;
- b) 测试概况:包括测试依据、测试起止时间、被测试系统概况、参加测试的单位及设备、测试的目的和性质、测试组织机构及职责、测试实施计划的制定和落实情况、测试环境和条件;
- c) 测试内容和结果:所有集成调试和系统测试验证项目的测试目的、测试条件、参测设备、测试方法、测试数据处理和结果;
- d) 测试中出现的主要问题及解决情况;
- e) 测试结论;
- f) 存在问题和建议。

附 录 B
(资料性)
设备安装检查文档格式

B.1 基准站设备安装检查评分表

基准站设备安装检查评分表格式示例见表 B.1。

表 B.1 基准站设备安装检查评分表

检查项目	小项名称	一票否决项或扣分项	说明
设备组成	设备齐全性	一票否决项	—
集成安装	机柜放置	6	—
	机柜接地	一票否决项	—
基准站接收机 天线安装	安装位置	8	—
	安装方向	2	—
	线缆连接	6	—
基准站接收机 安装	安装位置	2	—
	线缆连接	6	—
	基准站接收机接地	一票否决项	—
	馈线防雷器安装	一票否决项	—
	电气、运行	一票否决项	—
监测接收机 天线安装	安装位置	8	—
	线缆连接	4	—
监测接收机 安装	监测接收机安装位置	2	—
	线缆连接	4	—
	接地	一票否决项	—
	馈线防雷器安装	一票否决项	—
	电气、运行	一票否决项	—
原子钟安装	安装位置	2	—
	线缆连接	4	—
	原子钟接地	一票否决项	—
	电气、运行	一票否决项	—
气象设备 安装	安装位置	2	—
	线缆连接	4	—
	气象设备接地	4	—
	电气、运行	一票否决项	—

表 B.1 基准站设备安装检查评分表（续）

检查项目	小项名称	一票否决项或扣分项	说明
集成机柜及机柜监控设备安装	环境监测设备安装位置	2	—
	线缆连接	4	—
	环境监测设备接地	4	—
	环境监测设备电气、运行	一票否决项	—
通信设备安装	安装位置	2	—
	线缆连接	4	—
	通信设备接地	一票否决项	—
	电气、运行	一票否决项	—
不间断电源安装	安装位置	2	—
	线缆连接	4	—
	防浪涌插座	4	—
	电源设备接地	一票否决项	—
	电气、运行	一票否决项	—
计算机安装	计算机安装位置	2	—
	线缆连接	4	—
	软件安装	4	—
	电气、运行	一票否决项	—
防雷设备安装	避雷针安装	一票否决项	—
	馈线安装	一票否决项	—
	网络防雷器	一票否决项	—
	防浪涌插座	一票否决项	—
合计	—	100	—
注：“说明栏”填写扣分原因或理由。			

填写人：

日期：

B.2 基准站设备安装资料检查评分表

基准站设备安装资料检查评分表格式示例见表 B.2。

表 B.2 基准站设备安装资料检查评分表

序号	大项	小项	一票否决项或扣分项	说明
(一)	设备入厂(场)验收资料	基准站接收机天线合格证	一票否决项	—
		基准站接收机天线检定合格证书	一票否决项	—
		基准站接收机合格证	一票否决项	—
		基准站接收机检定合格证书	一票否决项	—
		监测接收机天线合格证	一票否决项	—
		监测接收机天线检定合格证书	一票否决项	—
		监测接收机合格证	一票否决项	—
		监测接收机天线检定合格证书	一票否决项	—
		原子钟合格证	一票否决项	—
		原子钟检定合格证书	一票否决项	—
		气象仪合格证	一票否决项	—
		气象仪检定合格证书	一票否决项	—
		集成机柜及机柜监控设备合格证	一票否决项	—
		通信设备合格证	一票否决项	—
		不间断电源设备合格证	一票否决项	—
		计算机合格证	一票否决项	—
		防雷设备合格证	一票否决项	—
(二)	设备登记表	基准站接收机天线安装登记表	一票否决项	—
		基准站接收机安装登记表	一票否决项	—
		监测接收机天线安装登记表	一票否决项	—
		监测接收机安装登记表	一票否决项	—
		原子钟设备安装登记表	一票否决项	—
		气象设备安装登记表	9	—
		集成机柜及机柜监控设备安装登记表	9	—
		通信设备安装登记表	9	—
		不间断电源设备安装登记表	9	—
		计算机安装登记表	9	—
		防雷设备安装登记表	一票否决项	—

表 B.2 基准站设备安装资料检查评分表（续）

序号	大项	小项	一票否决项或扣分项	说明
(三)	设备安装照片	基准站接收机天线安装	5	—
		基准站接收机天线馈线	3	—
		基准站接收机安装	5	—
		监测接收机天线安装	5	—
		监测接收机天线馈线	3	—
		监测接收机安装	3	—
		气象设备安装	3	—
		集成机柜及机柜监控设备正面	5	—
		集成机柜及机柜监控设备反面	5	—
		防雷设备安装	3	—
(四)	设备安装技术总结	设备安装技术总结	15	—
合计	—	—	100	—
注：“说明栏”填写扣分原因或理由。				

填写人：

日期：

参 考 文 献

- [1] GB 50057 建筑物防雷设计规范
 - [2] GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
北斗地基增强系统基准站建设和
验收技术规范 第2部分:验收规范
GB/T 39772.2—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.org.cn

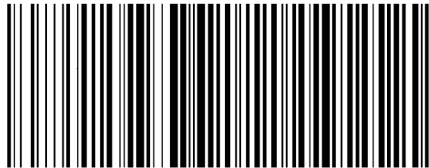
服务热线:400-168-0010

2021年3月第一版

*

书号:155066·1-66882

版权专有 侵权必究



GB/T 39772.2-2021



码上扫一扫 正版服务到