

CH

中华人民共和国测绘行业标准

CH/T XXXXX—XXXX

自动驾驶卫星导航增强与惯导组合定位 技术规程

Technical regulations for autonomous driving
using GNSS augmentation and INS integrated positioning

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(报批稿)

(本草案完成时间: 20xx 年 xx 月 xx 日)

- XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

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 基本要求	2
5 卫星导航增强系统建设	3
5.1 一般要求	3
5.2 卫星导航定位基准站	3
5.3 系统监测站	5
5.4 数据中心	6
5.5 数据传输链路	7
6 车端组合定位实现	8
6.1 一般要求	8
6.2 车辆定位终端技术指标	9
6.3 定位实现过程	11
7 安全要求	13
7.1 数据安全	13
7.2 运维安全	13
7.3 车端信息安全	14
8 测试	14
8.1 一般要求	14
8.2 设备要求	14
8.3 内容及方法	14
附录 A（规范性）屋顶配重观测墩标	17
附录 B（资料性）数据中心运行维护记录	18
附录 C（资料性）卫星导航增强系统测试记录	19
附录 D（资料性）车端组合定位测试记录	21
参考文献	22

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。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国地理信息标准化技术委员会测绘分技术委员会（SAC/TC230/SC2）归口。

本文件起草单位：北京市测绘设计研究院、国汽大有时空科技（安庆）有限公司、广州导远电子科技有限公司、北京北斗星通导航技术股份有限公司、武汉大学、中移智行网络科技有限公司、国家基础地理信息中心、上海华测导航技术股份有限公司、自然资源部测绘标准化研究所、广州市城市规划勘测设计研究院、千寻位置网络有限公司、南京市测绘勘察研究院股份有限公司、车百智能网联研究院（武汉）有限公司、天津市测绘院有限公司、重庆市勘测院、国汽（北京）智能网联汽车研究院有限公司、北京华为数字技术有限公司、北京车网科技发展有限公司、辽宁工程技术大学、聊城大学

本文件主要起草人：张凤录、李庆建、曾艳艳、李楠、陈良、邵璠、刘韶军、张全、蒋鑫、王孝青、邓海峰、刘小强、刘洋、史睿、胡春霞、徐红、张志全、郭彩立、陈明、刘建琴、闫宁、牛小骥、高凤飞、张啸、董国锋、顾博、解修平

自动驾驶卫星导航增强与惯导组合定位技术规程

1 范围

本文件规定了自动驾驶卫星导航增强与惯导组合定位的基本要求、卫星导航增强系统建设、车端组合定位实现、安全要求及测试等内容。

本文件适用于智能汽车自动驾驶的卫星导航增强与惯导组合定位。

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 28588 全球导航卫星系统连续运行基准站网技术规范
- GB/T 35273 信息安全技术个人信息安全规范
- GB/T 37018 卫星导航地基增强系统数据处理中心数据接口规范
- GB/T 37019.1 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
- GB/T 39615 卫星导航定位基准站网测试技术规范
- GB/T 39618 卫星导航定位基准站网运行维护技术规范
- GB/T 39723 北斗地基增强系统通信网络系统技术规范
- GB/T 39772.1 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
- BD 420021 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

3 术语、定义和缩略语

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

卫星导航增强与惯导组合定位 GNSS augmentation and INS integrated positioning
融合处理GNSS观测数据、增强服务数据、惯性导航数据、车辆辅助信息，实现导航定位的技术。

3.1.2

精密单点实时动态定位 precise point positioning real-time kinematic (PPP-RTK)
通过对卫星导航定位基准站观测数据进行实时处理，实现精密卫星轨道、卫星钟差、卫星相位偏差、卫星码偏差、电离层延迟、对流层大气延迟等全状态域卫星导航定位增强信息的分离与建模，通过4G/5G通信网络或卫星播发方式播发，支持大范围海量用户并发的实时高精度定位技术。

3.1.3

增强服务数据 augmentation service data

利用卫星导航定位基准站观测数据，通过高精度数据处理产生的实时差分数据、精密卫星轨道、精密卫星钟差、电离层延迟和对流层延迟等服务数据。

3.1.4

车辆定位终端 vehicle positioning terminal

车辆上用于卫星导航增强与惯导组合定位的模块，包括卫星导航定位单元、惯性测量单元（IMU）、计算单元。

3.1.5

系统监测站 system monitoring station

具备卫星导航信号进行长期连续观测，以及增强服务数据质量监测和定位精度实时评估等功能的卫星导航定位基准站，简称监测站。

3.1.6

定位收敛时间 positioning convergence time

卫星导航定位单元锁定卫星后，开始进行位置解算到获得满足精度要求的定位结果所需要的时间。

3.1.7

实时坐标监测精度 real-time coordinate monitoring accuracy

利用监测站获取的GNSS观测数据和增强服务数据进行实时处理得到的监测站位置精度。

3.1.8

增强服务数据龄期 Age of augmentation service data

增强服务数据参考历元与车辆定位终端观测数据历元的时间差。

3.1.9

服务时间可用性 service time availability

在一段时间内，卫星导航增强系统能够为车辆提供有效增强服务数据的时长占总时间的百分比。

[来源：CH/T 2018-2018, 3.3, 有修改]

3.1.10

完好性 integrity

卫星导航增强系统在不能用于服务时及时向用户提出告警的能力。

3.1.11

卫星定位失效 failure of GNSS positioning

车辆定位终端因卫星导航定位信号被遮挡、干扰、欺骗，或因硬件故障等情况导致无法输出有效定位信息的状态。

3.2 缩略语

BDS: 北斗卫星导航系统 (BeiDou 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)

GPS: 全球定位系统 (Global Positioning System)

GNSS: 全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System)

IMU: 惯性测量单元 (Inertial Measurement Unit)

INS: 惯性导航系统 (Inertial Navigation System)

IP: 因特网互联网协议 (Internet Protocol)

NTRIP: 通过互联网传输RTCM格式数据的协议 (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol)

PPP: 精密单点定位 (Precise Point Positioning)

RMS: 均方根误差 (Root mean square error)

RTK: 利用载波相位差分的实时动态定位 (Real-time Kinematic)

RTCM: 国际海运事业无线电技术委员会标准协议 (Radio Technical Commission for Maritime Services)

TCP: 传输控制协议 (Transmission Control Protocol)

4 基本要求

4.1 大地基准应采用 2000 国家大地坐标系，时间基准应采用协调世界时或中国标准时间。

4.2 自动驾驶卫星导航增强与惯导组合定位应支持 BDS、GPS、GLONASS 和 GALILEO 等多个卫星导航系统。

5 卫星导航增强系统建设

5.1 一般要求

5.1.1 卫星导航增强系统服务流程见图 1，并应符合下列要求：

- 基准站应实时接收 GNSS 观测数据，通过数据传输链路将 GNSS 观测数据实时发送到数据中心；
- 数据中心应进行数据处理并生成增强服务数据和中心管理信息；
- 监测站应接收 GNSS 观测数据和数据中心的增强服务数据，进行实时定位解算，并通过数据传输链路将 GNSS 观测数据、定位结果数据发给数据中心；
- 数据传输链路应支持基准站、监测站、车辆定位终端与数据中心之间的数据传输。

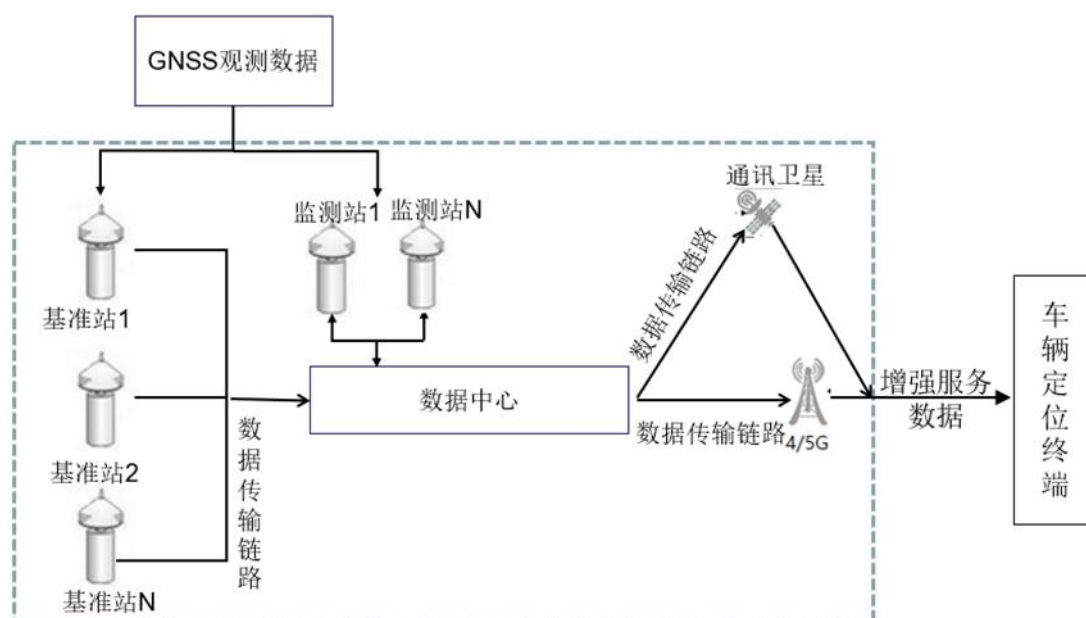


图1 卫星导航增强系统服务流程图

5.1.2 卫星导航增强系统可提供网络 RTK 服务和 PPP-RTK 服务，也可根据需求提供单一服务。

5.1.3 基准站、监测站的坐标更新应符合 GB/T 39618 相关要求，更新周期不超过 1 年。

5.1.4 监测站获取的 GNSS 观测数据不应参与系统的增强服务数据解算。

5.2 卫星导航定位基准站

5.2.1 建设要求

5.2.1.1 布设要求

基准站的布设应符合下列要求：

- 基准站应综合考虑区域大小、地理环境、人口分布、社会经济发展等因素进行布设，在低、中、高纬度地区的布设间距应符合表 1 的要求；
- 相隔 500km 宜布设一个稳定的基岩或土层基准站点，布设应符合 GB/T39618 的要求；

- c) 应充分利用已有的国家和区域基准站；
- d) 当高速公路（或主要公路）沿线构网困难或区域高程变化较大时，基准站间距应适当缩短。

表1 基准站布设间距要求

地区	纬度	网络 RTK (km)	PPP-RTK (km)
低纬度	$<30^{\circ} \text{ N}$	≤ 60	≤ 120
中纬度	$\geq 30^{\circ} \text{ N}$ 且 $\leq 45^{\circ} \text{ N}$	≤ 70	≤ 150
高纬度	$>45^{\circ} \text{ N}$	≤ 80	≤ 180

5.2.1.2 选址要求

基准站的选址应符合 GB/T 28588 并满足下列要求：

- a) 屋顶配重墩标不宜设在基本风压大于 0.85kN/m^2 的区域；
- b) 基准站站址选定后应进行环境测试，技术指标应符合表 2 要求。

5.2.1.3 建站要求

基准站的建站应符合下列要求：

- a) 观测墩标类型主要包括基岩混凝土观测墩、土层混凝土观测墩、屋顶混凝土观测墩、屋顶钢标、屋顶侧墙标、屋顶配重标，观测墩标建设应符合 GB/T 39772.1 和 GB/T 28588 的要求，其中屋顶配重标设计建设要求见附录 A；
- b) 基准站选在楼面抱杆通讯塔附近时，基准站天线宜设置于移动通信定向天线背部，基准站天线与通讯塔距离宜大于 2m ；基准站选在天面角钢通讯塔附近时，基准站天线与通讯塔距离宜大于 50m ；
- c) 观测墩标应安装强制对中器，使连接杆垂直，垂直倾斜角应小于 $6'$ ；
- d) 强制对中法兰盘面与水平面最大差异应小于 $\pm 1^{\circ}$ ；
- e) 接收机与天线的馈线长度不宜超过 100m ；当超过时，应加装信号放大器。

5.2.1.4 设备要求

基准站的设备应符合下列要求：

- a) 接收机、天线的技术指标应符合 GB/T 39772.1 的要求；
- b) GNSS 天线应使用具备抗多路径效应的扼流圈或抑径板天线；
- c) GNSS 天线定向指北标志与磁北方向差异应小于 5° 。

5.2.2 功能要求

基准站的功能应符合 GB/T 39772.1 的规定，并满足下列要求：

- a) 应具备全天候 24 小时连续实时采集 GNSS 卫星信号的伪距、载波相位、导航电文、载噪比等 GNSS 观测数据的功能；
- b) 应具备支持基准站接收机时间与卫星导航系统时间同步的功能；
- c) 应具备有线网络或无线网络自动切换的功能；
- d) 应具备无人值守全天候自主运行的功能。

5.2.3 性能要求

基准站的性能指标应符合表2的要求。

表 2 基准站性能指标

项目	内容	指标
基准站	GNSS 观测数据采样时间间隔	$\leq 1s$
	接收机时间与中国标准时间的同步精度	$\leq 50ns$
	GNSS 观测数据传输时延 (基准站到数据中心通信延迟)	$\leq 500ms$
	载波相位噪声	≤ 0.01 周
实时数据流传输模式	GNSS 观测数据传输间隔	1s
	星历数据传输间隔 (可选)	5min
	气象数据传输间隔 (可选)	$\leq 30s$
本地存储能力	GNSS 观测数据	≥ 30 天
	基准站告警	≥ 30 天
	故障日志	≥ 30 天
数据质量 (高度截止角 10°)	可用率	$\geq 95\%$
	多路径误差	$\leq 0.5m$
	周跳比	≥ 4000
注：困难条件下，数据质量指标可适当放宽：高度截止角可设置为 15° ，数据可用率不小于 85%，多路径误差不大于 0.65 米，周跳比不小于 2000。		

5.2.4 运行维护要求

基准站的运行维护应符合 GB/T 39618 的规定并满足下列要求：

- 应全天候 24 小时正常运行；
- 应 24 小时自动监控运行状态和性能指标；当出现故障时，应及时处理，困难地区不超过 48 小时；
- 应定期进行设备检测，及时对软硬件进行升级或更换，困难地区周期不超过 1 年；
- 应定期进行现场巡视及维护，困难地区周期不超过 1 年。

5.3 系统监测站

5.3.1 建设要求

监测站的建设应符合 5.2.1 的规定并满足下列要求：

- 应选择在服务覆盖区域内，数量不少于 2 个；
- 在大中城市、重点服务区域和低纬度电离层活跃区域宣布设监测站；
- 接收机应具备网络 RTK 或 PPP-RTK 定位解算的功能。

5.3.2 功能要求

监测站的功能应符合 5.2.2 的规定并满足下列要求：

- 具备接收卫星、数字网络、数字广播等播发的增强服务数据的功能；
- 具备将 GNSS 观测数据、监测站定位结果数据传输到数据中心的功能。

5.3.3 性能要求

监测站的性能应符合 5.2.3 的规定并满足下列要求：

- a) 具备网络 RTK 定位解算功能的监测站，其性能应符合表 3 要求；

表 3 具备网络 RTK 定位解算的系统监测站性能指标

内容	指标
实时坐标监测精度	水平方向：≤0.03m 垂直方向：≤0.05m
传输协议支持	Ntrip、TCP/IP
增强服务数据格式支持	RTCM 3.0/3.2 及以上
定位数据格式支持	NMEA-0183
定位数据输出频率	≥1Hz

- b) 具备 PPP-RTK 定位解算功能的监测站，其性能应符合表 4 要求。

表 4 具备 PPP-RTK 定位解算的系统监测站性能指标

内容	指标
实时坐标监测精度	水平方向：≤0.08m 垂直方向：≤0.10m
通讯模式支持	Ntrip、TCP/IP、L-Band
增强服务数据格式支持	自定义格式
定位数据格式支持	NMEA-0183
定位数据输出频率	≥1Hz

5.3.4 运行维护要求

监测站运行维护应符合 5.2.4 的要求。

5.4 数据中心

5.4.1 建设要求

数据中心的建设应符合下列要求：

- a) 应包括计算机设备、存储设备、网络设备、安全设备等；
b) 应按照设计的存储、计算处理和服务需求进行建设，宜增加系统冗余，不少于 30%。

5.4.2 功能要求

数据中心的功能应符合下列要求：

- a) 应具备基准站数据、监测站数据、卫星轨道及钟差改正等的接入、存储功能；
b) 应具备地球定向参数、行星星历等数据的下载、定时更新功能；
c) 应具备多格式、多模式数据的查询访问和分析计算的功能；
d) 应具备 BDS 单系统、多系统解算的功能，支持基准站自动组网、模糊度确定和误差估计与建模、完好性信息生成；
e) 应具备生成增强服务数据的功能，数据编码应符合 GB/T 37018 的要求；
f) 应具备卫星、数字网络、数字广播等播发增强服务数据的功能，播发接口应符合 GB/T 37019.1 的要求；
g) 应具备用户认证鉴权、并发连接数弹性扩展的功能；
h) 应具备数据质量监测、接收机运行状态监控、系统运行监控、系统服务监测等功能。

5.4.3 性能要求

数据中心的性能应符合下列要求：

- a) 提供网络 RTK 服务的数据中心，其性能指标应符合表 5 要求；

表 5 提供网络 RTK 服务的数据中心性能指标

内容		指标
定位精度	三维分量内符合中误差	$\leq 0.02\text{m}$
	水平方向外符合中误差	$\leq 0.03\text{m}$
	垂直方向外符合中误差	$\leq 0.05\text{m}$
定位收敛时间		$\leq 5\text{s}$
增强服务数据龄期		$\leq 10\text{s}$
服务时间可用性		$\geq 99.9\%$
系统完好性		$\leq 10\text{E}-6/\text{h}$
兼容性		BDS (B1/B2/B3) GPS (L1/L2/L5) GLONASS (G1/G2) GALILEO (E1/E5)
并发能力		≥ 10 万

b) 提供 PPP-RTK 服务的数据中心，其性能指标应符合表 6 要求。

表 6 提供 PPP-RTK 服务的数据中心性能指标

内容		指标
定位精度	坐标分量内符合中误差	$\leq 0.05\text{m}$
	水平方向外符合中误差	$\leq 0.08\text{m}$
	垂直方向外符合中误差	$\leq 0.10\text{m}$
定位收敛时间		$\leq 1\text{min}$
服务时间可用性		$\geq 99.9\%$
系统完好性		$\leq 10\text{E}-6/\text{h}$
兼容性		BDS (B1/B2/B3) GPS (L1/L2/L5) GLONASS (G1/G2) GALILEO (E1/E5)

5.4.4 运行维护要求

5.4.4.1 数据中心运行维护应符合 GB/T 39618 的要求。

5.4.4.2 数据中心发生事件、出现问题和变更时，应处理并做好记录，记录格式参见附录 B。

5.5 数据传输链路

5.5.1 基准站(或监测站)数据传输链路

5.5.1.1 建设要求

数据传输链路建设应符合 GB/T 39723 的规定。

5.5.1.2 功能要求

数据传输链路功能应符合 GB/T 39723 的规定并满足下列要求：

- a) 具备数据包传输功能；
- b) 具备监控告警功能；

- c) 具备安全服务功能;
- d) 具备网络远程配置与监控功能。

5.5.1.3 性能要求

数据传输链路性能应符合GB/T 39723的规定并满足下列要求:

- a) 全天 24 小时应正常运行;
- b) 接入层带宽应不小于 2Mbps;
- c) 站点到数据中心的总延时不大于 500ms;
- d) 单条传输链路可用率单日平均丢包率小于 1%。

5.5.1.4 运行维护要求

数据传输链路运行维护应符合 GB/T 39618 的规定, 宜与基准站、监测站、数据中心运行维护同步开展。

5.5.2 增强服务数据传输链路

5.5.2.1 建设要求

数据传输链路建设应符合 GB/T 39723 的规定并满足下列要求:

- a) 数据传输网络应覆盖服务区域;
- b) 网络的接入能力和数据传输能力应满足设计要求, 同时具备扩展能力;
- c) 宜采用两条并发链路。

5.5.2.2 功能要求

数据传输链路功能应符合 GB/T 39723 的规定并满足下列要求:

- a) 应采用符合数据交互需求的高速移动通信方式;
- b) 数据传输网络应支持 TCP/IP 协议。

5.5.2.3 性能要求

数据传输链路性能应符合 GB/T 39723 的要求。

6 车端组合定位实现

6.1 一般要求

6.1.1 车辆定位终端出厂前, 应对IMU安装误差、杆臂值、轮速/车速系数等参数进行状态标定。

6.1.2 车端组合定位实现的技术流程见图2并应符合下列要求:

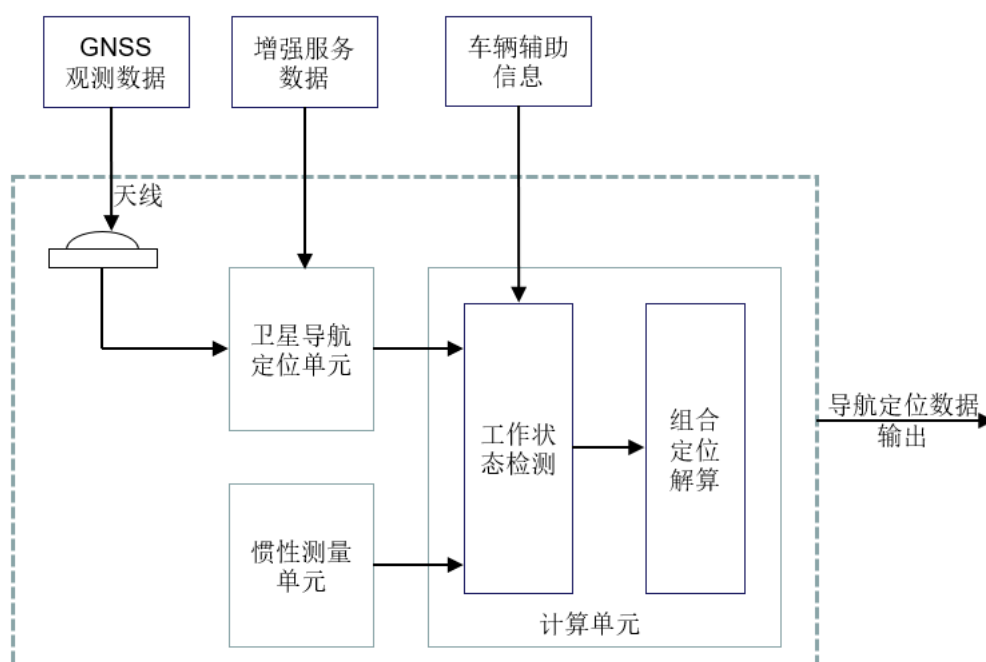


图2 车端组合定位技术流程图

- 卫星导航定位单元应接收 GNSS 观测数据和增强服务数据，并将数据传输给计算单元；
- IMU 应提供车辆运行状态的角速度和加速度数据；
- 计算单元应对卫星导航定位单元和惯性测量单元提供的数据及车辆辅助信息进行工作状态检测和组合定位解算；
- 计算单元应输出时间、位置、速度、姿态、角速度及加速度等导航定位数据；
- 卫星导航定位失锁时，应利用车辆辅助信息对惯性导航进行修正，抑制惯性导航误差发散。

6.1.3 车端组合定位的技术指标见表7。

表7 车端组合定位技术指标

项目	内容	指标
卫星导航增强与惯导组合导航定位精度（95%）	水平方向	$\leq 0.5\text{m}$
	垂直方向	$\leq 0.6\text{m}$
	航向	$\leq 0.2^\circ$
卫星定位失效 10s 内定位精度（95%）	水平方向	$\leq 0.8\text{m}$
	航向	$\leq 0.3^\circ$
定位收敛时间	定位收敛时间	$\leq 10\text{s}$
数据更新频率	组合数据更新率	$\geq 100\text{Hz}$
实时性	数据解算到输出之间的时延	$\leq 10\text{ms}$

6.2 车辆定位终端技术指标

6.2.1 卫星导航定位单元的性能指标宜符合表8的要求。

表8 卫星导航定位单元性能指标

内容	指标
系统支持	BDS+GPS/Galileo/GLONASS 中至少一个
信号追踪	各系统至少可追踪双频信号 BDS (B1/B2/B3) GPS (L1/L2/L5) GLONASS (G1/G2) GALILEO (E1/E5)
天线性能	天线最高增益: 5.5dBi 相位中心误差: $\leq 3.5\text{mm}$ 提供 PCO 标校参数
定位精度 (RMS)	RTK $\leq 0.2\text{m}+1\text{ppm}$ 单点定位 (SPP) $\leq 3\text{m}$ PPP $\leq 0.5\text{m}$ (可选) PPP-RTK $\leq 0.5\text{m}$ (可选)
测速精度 (RMS)	$\leq 0.1\text{m/s}$
授时精度	$\leq 100\text{ns}$
输出频率	$\geq 1\text{Hz}$

6.2.2 IMU的性能指标宜符合表9的要求。

表9 IMU性能指标

内容	指标
陀螺	
轴数	3 轴
量程	$\geq 250^\circ / \text{s}$
零偏不稳定性	$\leq 4^\circ / \text{h}$ (Allan 方差)
全温零偏	$\leq 0.3^\circ / \text{s}$ (1σ , 10s 平滑)
标度误差	$\leq 0.2\%$
角度随机游走	$\leq 0.35^\circ / \sqrt{h}$
输出频率	$\geq 200\text{Hz}$
加速度计	
轴数	3 轴
量程	$\geq 4\text{g}$
零偏不稳定性	$\leq 0.1\text{mg}$ (Allan 方差)
全温零偏	$\leq 3\text{mg}$ (1σ , 10s 平滑)
标度误差	$\leq 0.3\%$
速度随机游走	$\leq 0.04 \text{ m/s} / \sqrt{h}$
输出频率	$\geq 200\text{Hz}$

6.2.3 计算单元的性能指标宜符合表10的要求。

表10 计算单元性能指标

内容	指标
CPU	
工作频率	$\geq 300\text{MHz}$
运行速度	$\geq 2\text{DMIPS/MHz}$
存储器	
Flash 存储器	$\geq 512\text{ KB}$
SRAM 存储器	$\geq 512\text{ KB}$
时钟	
时间同步精度	$\leq 1.0\text{ms}$

6.3 定位实现过程

6.3.1 车辆定位终端应连续不间断提供导航定位数据，流程见图 3。

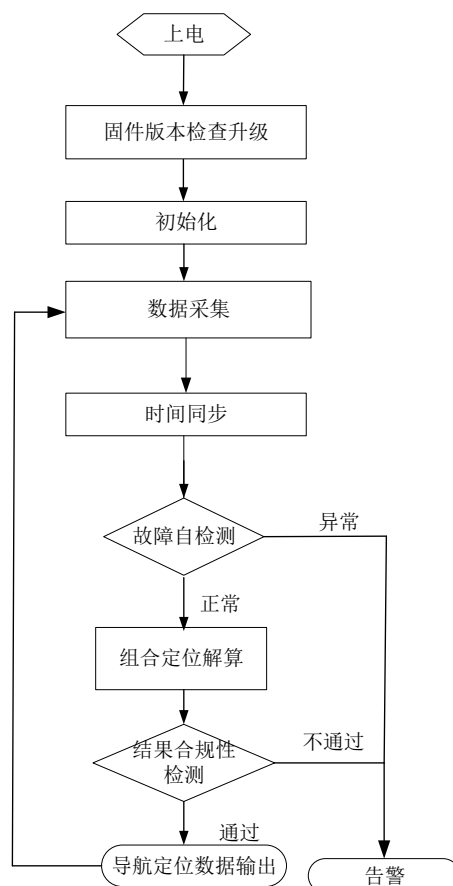


图3 车端组合定位实现流程图

6.3.2 固件版本应按下列步骤进行检查升级：

- 车辆定位终端上电后，应利用空中下载技术接收车企提供的固件信息；
- 当接收到固件更新信息后，应进行升级；
- 当无固件更新信息时，应进入初始化。

6.3.3 组合定位应按下列步骤进行初始化:

- a) 应对卫星导航定位单元、IMU 及计算单元等进行开机检查,各部件应运行正常;
- b) 应将标定参数以及观测噪声、系统噪声等参数加载至计算单元,完成初始化。

6.3.4 组合定位数据采集主要包括以下内容:

- a) 卫星导航定位单元应接收卫星的伪距、载波相位等观测数据以及增强服务数据;
- b) 惯性测量单元应采集车辆在三维空间中的角速度和加速度数据;
- c) 计算单元应通过车辆传感器采集车辆轮速、档位、方向盘转角等车辆辅助信息。

6.3.5 组合定位应按下列步骤进行时间同步:

- a) 以 GNSS 卫星的 PPS 脉冲信号和时间为准,应同步计算惯性导航数据和车辆辅助信息的时间;
- b) 时间同步精度的技术指标应符合表 10 的要求。

6.3.6 组合定位应按下列步骤进行故障自检测:

- a) 利用监控软件对电流、电压、数据输入/输出等软硬件运行状况进行周期检测,周期不超过 1s;
- b) 当软硬件出现故障时,应给出单元异常状态告警提示;
- c) 当 GNSS 卫星导航数据、惯性导航数据出现量程超限、卡滞、循环冗余校验码(CRC)校验不通过、跳变及漂移等故障情况,或当车辆辅助信息出现轮胎打滑、爆胎等故障情况时,应定位到具体单元,并记录故障次数;
- d) 当 GNSS 卫星导航数据、惯性导航数据、车辆辅助信息等数据的一至两类出现故障,应给出数据缺失状态告警提示;当三类数据均出现故障时,应给出退出服务告警提示。

6.3.7 组合定位应按照下列步骤进行数据解算:

- a) 计算单元应利用卫星导航单元及 IMU 提供的数据,处理得到组合定位需要的位置、速度和姿态数据初始值;
- b) 采用最优估计方法进行组合定位解算,减弱 GNSS 卫星数据受干扰和惯性导航数据发散对导航位置和方向的影响。

6.3.8 导航定位数据的合规性检测应符合下列要求:

- a) 当 GNSS 卫星导航数据、惯性导航数据、车辆辅助信息均有效时,导航定位数据应符合表 7“卫星导航增强与惯导组合导航定位精度(95%)”指标;
- b) 当 GNSS 卫星导航数据失效,惯性导航数据及车辆辅助信息有效时,导航定位数据应符合表 7“卫星定位失效 10s 内定位精度(95%)”指标;
- c) 当检测结果不符合表 7 要求时,应给出退出服务告警提示。

6.3.9 导航定位数据的输出应符合下列要求:

- a) 应包括时间、位置、速度、姿态、角速度和加速度等数据,要求见表 11;
- b) 宜包括采用的大地基准、定位精度、接收卫星数和导航定位模式等状态因子;
- c) 可通过车端以太网、控制器局域网(CAN)总线输出,数据记录可采用二进制、十六进制。

表11 导航定位数据信息

信息	内容	要求
时间	北斗周	自 2006-1-1 至当前的周数
	周内秒	自本周日 0:00:00 至当前的秒数, 单位 (s)
位置	纬度	取值范围为 -90° 至 90°
	经度	取值范围为 -180° 至 180°
	大地高	单位 (m)
速度	北向速度	单位 (m/s)
	东向速度	单位 (m/s)
	垂向速度	单位 (m/s)
姿态	偏航角	取值范围为 0° 至 360°
	俯仰角	取值范围为 -90° 至 90°
	横滚角	取值范围为 -90° 至 90°
角速度	前向陀螺仪 X 轴	单位 ($^{\circ}/s$)
	右向陀螺仪 Y 轴	单位 ($^{\circ}/s$)
	垂向陀螺仪 Z 轴	单位 ($^{\circ}/s$)
加速度	前向加速度计 X 轴	单位 (m/s^2)
	右向加速度计 Y 轴	单位 (m/s^2)
	垂向加速度计 Z 轴	单位 (m/s^2)

7 安全要求

7.1 数据安全

数据安全应符合下列要求:

- 应按照测绘地理信息相关要求数据进行采集、处理、传输、存储、使用及销毁;
- 个人隐私数据的采集、使用及存储应符合 GB/T 35273 的要求;
- 应对增强服务数据进行抗重放保护;
- 应具备发现数据安全缺陷、漏洞等风险的能力;
- 应具备数据备份和恢复的能力。

7.2 运维安全

7.2.1 网络环境安全

网络环境安全应符合国家计算机信息系统安全的规定并满足下列要求:

- 应采用安全域划分方式确定部署环境, 并采用相应方式进行安全防护;
- 基准站 (或监测站) 到数据中心的数据传输应采用通信专网或商用密码手段加密保护技术。

7.2.2 权限要求

权限应符合下列要求:

- 应根据权限分离原则建立系统管理员、安全管理员、审计员等多种角色, 多权限账户应具备安全访问的控制机制;
- 应采用高密码强度的口令及验证码机制, 防止暴力破解攻击;

7.2.3 审计安全

审计安全应符合下列要求:

- a) 应包括以下事件：审计功能的启动和关闭，审计日志的导出、另存和删除，设置鉴别的尝试次数，鉴别机制的使用，用户的创建、修改、删除和授权，设备状态的变化，其他系统参数配置和管理安全功能的操作行为等。
- b) 审计记录应包括事件日期、时间、用户、类型、描述和结果等，留存时间不应少于 6 个月。
- c) 应对审计记录进行保护，避免非授权的访问、篡改、覆盖或删除。

7.2.4 安全事件管理及响应

安全事件管理及响应符合下列要求：

- a) 应能检测及处置分布式拒绝服务（DDoS）、病毒木马、全球广域网（WEB）等常见攻击行为；
- b) 应建立安全事件管理责任和应急响应制度。

7.3 车端信息安全

车端信息安全符合下列要求：

- a) 应采用审核注册的方式接入服务；
- b) 应采用身份认证、权限访问、商用密码、安全协议等安全防护措施完成数据接入与访问。

8 测试

8.1 一般要求

8.1.1 卫星导航增强系统、车端组合定位的测试应依次进行，经测试符合要求的卫星导航增强系统方能提供服务，经测试符合要求的被测设备方能在车端部署使用。

8.1.2 卫星导航增强系统的定位精度、服务时间可用性、并发能力及系统完好性测试方法应符合 GB/T 39615 及 BD 420021 的规定。

8.1.3 测试前应编制测试方案，测试方案应主要包括测试场景、测试内容、设备要求、测试方法等内容。

8.1.4 测试完成后应提交测试报告、测试记录表。测试报告应主要包括测试方案执行情况、测试结果及分析、结论及评价等内容，测试记录表参见附录 C、附录 D。

8.2 设备要求

8.2.1 卫星导航增强系统测试设备

卫星导航增强系统测试设备应符合下列要求：

- a) 测试设备应包括大地测量型 GNSS 接收机、天线和用户端模拟软件等。
- b) 测试设备应支持接收卫星导航增强数据。
- c) 大地测量型接收机的标称精度应符合下列要求：
 - 1) 水平方向固定误差不超过 10mm，比例误差系数不超过 1mm/km；
 - 2) 垂直方向固定误差系数不超过 20mm，比例误差系数不超过 1mm/km。
- d) 天线的指标应符合 GB/T 39772.1 的要求。
- e) 用户端模拟软件指标应符合 BD 420021 的要求。

8.2.2 车端组合定位测试设备

车端组合定位测试设备应包括基准设备和被测设备，并满足下列要求：

- a) 被测设备的标称精度应符合表 8 和表 9 的要求；
- b) 基准设备的标称精度应至少比被测设备高一个数量级；
- c) 被测设备与基准设备应共用同一 GNSS 天线。

8.3 内容及方法

8.3.1 卫星导航增强系统测试

8.3.1.1 功能测试

功能测试应包括下列内容并满足 GB/T 39615 和 BD 420021 的要求：

- a) 基准站数据的接入、存储、分析功能；
- b) 监测站的增强服务数据质量监测功能；
- c) 数据中心的基准站组网、基线解算、误差建模功能；
- d) 数据传输链路的数据包传输、支持 TCP/IP 协议等功能。

8.3.1.2 性能测试

8.3.1.2.1 定位收敛时间测试

定位收敛时间测试应符合下列要求：

- a) 测试点应均匀分布在系统服务范围内，数量不应少于卫星导航增强系统的站点数量，且不应少于 20 个；
- b) 测试设备接入卫星导航增强系统，记录从卫星锁定完成并正常接入服务，到获得符合表 5、表 6 定位精度结果的时间差值；
- c) 每个测试点宜独立记录至少 3 个时段，每次测试应重新进行初始化，各观测时段结果的最大值作为该测试点结果；
- d) 所有测试点结果从小到大排序，取第 95%的测试结果作为系统的定位收敛时间测试结果，测试结果应符合表 5、表 6 的定位收敛时间指标。

8.3.1.2.2 增强服务数据龄期测试

增强服务数据龄期测试应符合下列要求：

- a) 通过用户端模拟软件进行，模拟用户数不少于 20 个；
- b) 每个模拟用户接入卫星导航增强系统服务，记录从增强服务数据播发与模拟用户观测数据接收的时间差值；
- c) 每个模拟用户应接收不少于 15 分钟的增强服务数据；
- d) 将所有模拟用户增强服务数据龄期从小到大排序，取第 95%的测试结果作为系统差分龄期测试结果，测试结果应符合表 5、表 6 要求。

8.3.1.2.3 兼容性测试

兼容性测试应符合下列要求：

- a) 应接收卫星导航增强系统支持的 GNSS 数据，时间应不少于 24 小时。
- b) 应对单 BDS 数据、BDS 与其他 GNSS 数据组合，分别进行解算；
- c) 分析 BDS、BDS 与其他 GNSS 数据组合解算结果，评价兼容性，测试结果应符合表 5、表 6 要求。

8.3.2 车端组合定位测试

8.3.2.1 场景设计

测试场景应包括下列三种典型应用场景，见表 12。

表12 典型应用场景要求

序号	典型应用场景	场景要求
1	开阔环境	在城市、郊区、城市快速路、高速公路等开阔区域，GNSS信号基本无遮挡的环境
2	部分遮挡环境	在高架桥下、林荫环境、城市峡谷等GNSS信号部分遮挡的环境
3	完全遮挡环境	在隧道等无GNSS信号的环境

8.3.2.2 导航定位数据输出测试

导航定位数据输出测试应符合下列要求：

- a) 应对测试设备进行初始化；
- b) 记录导航定位数据输出结果并与 6.3.9 进行比较，检查导航定位数据的完整性；
- c) 记录导航定位数据输出结果，检查数据更新频率，结果应符合表 7 要求。

8.3.2.3 定位精度测试

定位精度测试应包括卫星导航增强与惯导组合定位、卫星定位失效 10s 内定位等内容，并满足下列要求：

- a) 测试环境应涵盖表 12 的各类场景；
- b) 应对测试设备进行初始化；
- c) 应包括静态测试和动态测试，静态测试的数据采集时间不少于 2 个小时，动态测试的数据采集时间不少于 10 分钟；
- d) 将被测设备与基准设备采集每个历元结果的差值作为测试结果；
- e) 将所有历元的测试结果从小到大排序，取第 95%的测试结果作为最终测试结果，并应符合表 7 要求。

8.3.2.4 定位收敛时间测试

定位收敛时间测试应符合下列要求：

- a) 测试环境应涵盖表 12 的各类场景。
- b) 测试次数不少于 20 次。
- c) 单次测试应符合下列要求：
 - 1) 对测试设备进行初始化；
 - 2) 记录从卫星锁定完成并正常接入增强导航定位数据，到获得符合表 7 定位精度结果的时间差值，作为一次测试结果。
- d) 将所有测试结果从小到大排序，取第 95%的测试结果作为最终测试结果，并应符合表 7 要求。

8.3.2.5 实时性测试

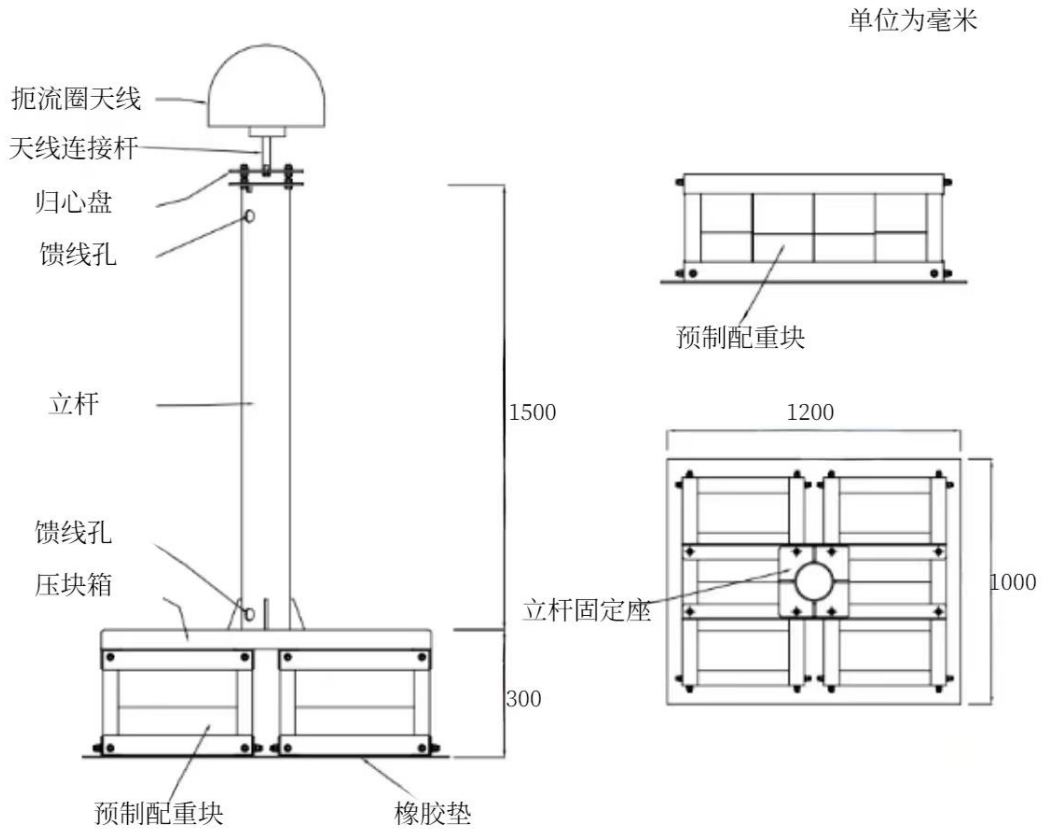
实时性测试应符合下列要求：

- a) 测试次数不少于 20 次。
- b) 单次测试应符合下列要求：
 - 1) 应对测试设备进行初始化；
 - 2) 记录从导航定位数据结果的输出到车辆接收的时间差值，作为一次测试结果。
- c) 所有测试结果从小到大排序，取第 95%的测试结果作为最终测试结果，并应符合表 7 要求。

附录 A
(规范性)
屋顶配重观测墩标

A.1 屋顶配重观测墩标应符合下列要求，建设规格见图 A.1。

- a) 预制配重块应采用 C20 及以上强度的混凝土制作，重量宜大于 250kg；
- b) 建筑物经结构复核满足承重要求后方可安装配重立杆；
- c) GNSS 天线应安装在配重立杆顶部；
- d) 配重立杆底部应通过螺丝固定或焊接固定方式与压块箱连接，当采用焊接方式时，焊接缝应连续光滑均匀，不得有虚焊、漏焊等现象；
- e) 钢结构件施工前应进行除锈、热镀锌或其他防腐措施处理；
- f) 应进行防雷工程建设，若利用原有防雷系统进行保护时，观测墩标应建在保护范围内。



图A.1 屋顶配重标观测墩标

附 录 B
(资料性)
数据中心运行维护记录

B.1 数据中心运行维护记录表参见表 B.1。

表 B.1 数据中心运行维护记录表

编号	类型（事件/问题/变更）	内容描述	处理措施	发生时间 (年/月/日)	处理时间 (年/月/日)

附 录 C
(资料性)
卫星导航增强系统测试记录

C.1 定位收敛时间测试记录参见表 C.1。

表 C.1 定位收敛时间测试记录表

测试人员：_____

测试日期：_____

测试点	时段	终端锁定卫星时间 (时/分/秒)	终端满足定位精度时间 (时/分/秒)	定位收敛时间 (秒)
平均值				

C.2 增强服务数据龄期测试记录参见表 C.2。

表 C.2 增强服务数据龄期测试记录表

测试人员：_____ 测试日期：_____

用户	增强服务数据 参考历元 (时/分/秒)	车辆定位终端 观测数据历元 (时/分/秒)	增强服务数据龄期 (秒)
平均值			

附 录 D
(资料性)
车端组合定位测试记录

D.1 车端组合定位测试记录参见表 D.1。

表 D.1 车端组合定位测试记录表

测试人员：_____

测试日期：_____

测试地点		天气	
测试设备型号		测试设备 S/N 号	
基准设备型号		基准设备 S/N 号	
服务模式	<input type="checkbox"/> 网络 RTK <input type="checkbox"/> PPP-RTK	服务账号	
开始时间 (时/分/秒)		结束时间 (时/分/秒)	
坐标框架		杆臂参数	
定位结果输出内容	<input type="checkbox"/> 时间 <input type="checkbox"/> 位置 <input type="checkbox"/> 速度 <input type="checkbox"/> 姿态 <input type="checkbox"/> 角速度 <input type="checkbox"/> 加速度		
数据更新频率			
测试路线			
场景	时段		
	时段号	定位精度(米)	定位收敛时间(秒)
开阔环境			
统计值			
部分遮挡环境			
统计值			
完全遮挡环境			
统计值			

参 考 文 献

- [1] GB/T 18314-2009 全球定位系统（GPS）测量规范
 - [2] GB 22021-2008 国家大地测量基本技术规定
 - [3] GB/T 34590.2-2017 道路车辆 功能安全 第2部分：功能安全管理
 - [4] GB/T 35658-2017 道路运输车辆卫星定位系统平台技术要求
 - [5] GB/T 35768-2017 卫星导航定位基准站网服务管理系统规范
 - [6] GB /T 37019.3 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
 - [7] GB/T 39267-2020 北斗卫星导航术语
 - [8] GB/T 39611-2020 卫星导航定位基准站术语
 - [9] 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
 - [10] GB/T 40429-2021 汽车驾驶自动化分级
 - [11] BD 450026-2021 车用外接式亚米级北斗定位模块通用规范
 - [12] CH/T 2009-2010 全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范
 - [13] CH/T 2018-2018 卫星导航定位基准站网测试技术规范
 - [14] NMEA 0183 Interface Standard (Version 4.11)
-