

汽车卫星定位产线检测技术研究

刘冠宇

一 汽车卫星定位测试技术发展现状

二 汽车卫星定位下线检方案设计

三 汽车卫星定位下线检测实践

■ 产业背景

国务院部署推进实施北斗产业化等“十四五”重大工程项目

2021年6月9日，国务院总理李克强主持召开国务院常务会议，要将北斗产业化重大重大工程优先纳入各领域规划，科学制定实施方案，分年有序推进。



《工业和信息化部关于加强智能网联汽车生产企业及产品准入管理的意见》---(工信部通装(2021)103号)

(八) 确保可靠的时空信息服务。企业应当确保汽车产品具有安全、可靠的卫星定位及授时功能，可有效提供位置、速度、时间等信息，并应满足相关要求，鼓励支持接受北斗卫星导航系统信号。



2021和2022连续两年，作为工信部标准化工作要点

6.汽车电子领域。启动车载事故紧急呼叫系统、车载卫星定位系统、激光雷达等标准研制立项，满足不断增长的车载电子系统标准需求。



一、汽车卫星定位测试技术发展现状

■ 车载GNSS法律法规

01

道路运输车辆安装的卫星定位车载终端

交通部通过政策文件（交运发[2012]798号）和JT/T 794标准强制要求支持北斗卫星定位

02

新能源车T-BOX系统

公安部通过GB 7258-2017和GB/T 19056要求支持卫星定位。GB/T 19056进一步要求：记录仪应具有北斗卫星定位功能

03

校车、公路客车、旅游客车、危险货物运输货车装备的具有行驶记录功能的卫星定位装置

公安部通过GB 7258-2017和GB/T 19056要求支持卫星定位。GB/T 19056进一步要求：“记录仪应具有北斗卫星定位功能”

04

重型柴油车第六阶段排放相关车载终端

环保部通过GB 17691-2018要求车载终端应能提供GB/T 32960.3中规定的定位信息

除了法规要求之外，各大车企都为中高端车型自主装配了车载GNSS用于各类应用。

具有导航功能的车载多媒体

目前大多数车载多媒体都配备了卫星定位导航功能

行车记录仪

高端行车记录仪具有卫星定位功能

网联呼叫系统

通用的安吉星、丰田的G-book系统、红旗的紧急呼叫系统等

一、汽车卫星定位测试技术发展现状

■ 车载GNSS现状

全球系统 (GNSS)

区域系统



美国GPS



俄罗斯GLONASS



中国北斗



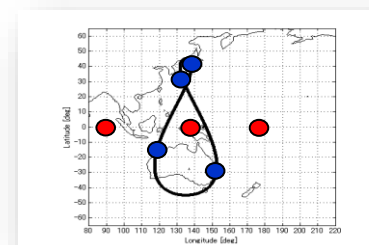
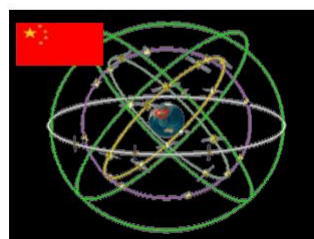
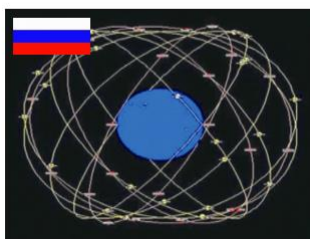
欧盟伽利略



日本QZSS

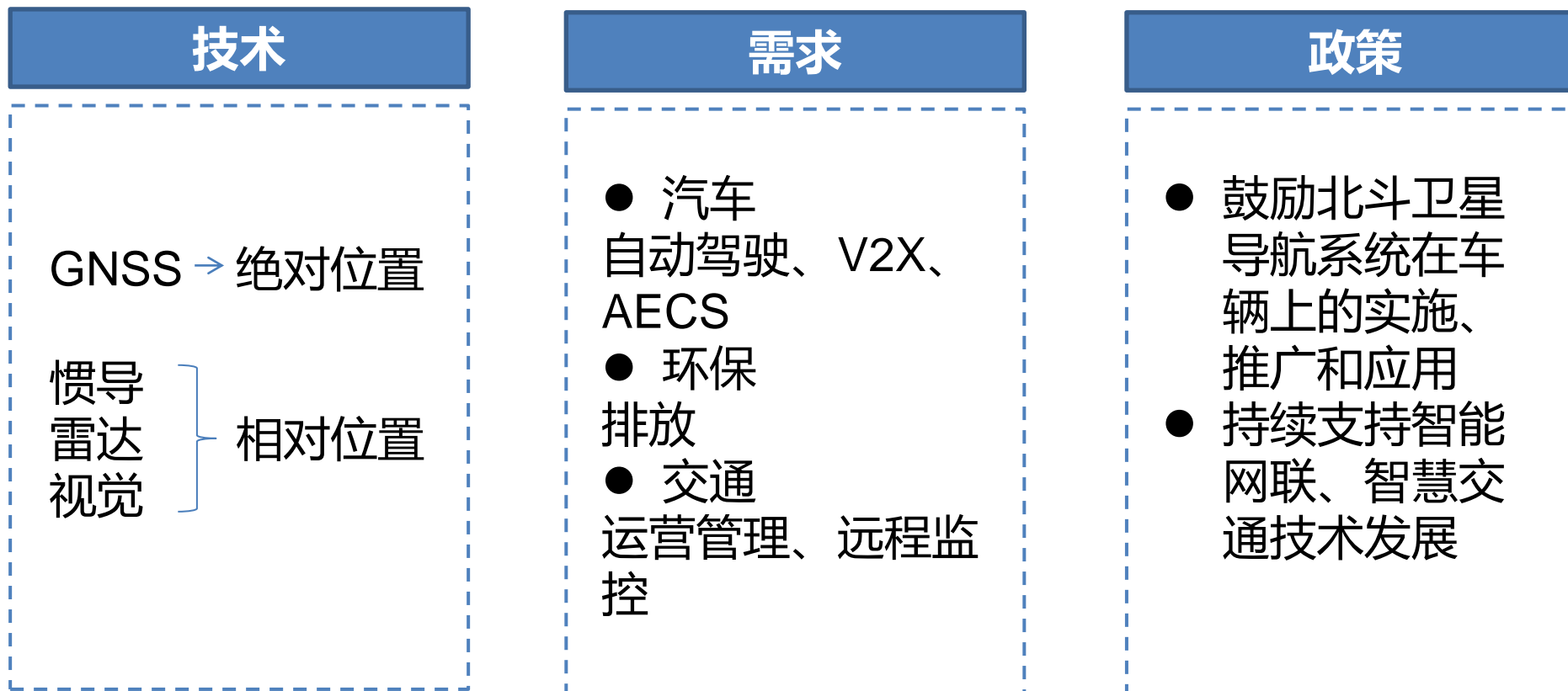


印度IRNSS



世界卫星导航系统既有竞争，也有合作，相互促进。在联合国框架下，成立了卫星导航领域的国际专业组织，即全球卫星导航系统国际委员会 (ICG, International Committee on Global Navigation Satellite Systems) 推动卫星导航系统的全球应用，是世界卫星导航领域交流、协调与合作的重要多边舞台，是卫星导航领域的“联合国”

■ 车载GNSS发展



从技术、需求和政策的发展趋势来看，GNSS技术在汽车上的重要性将持续提高，因此车载GNSS产品的质量把控也将成为各大车企的重要课题

一、汽车卫星定位测试技术发展现状

■ 车载GNSS测试标准现状



通用GNSS设备和北斗定位系统的规范

全国导航设备标准化技术委员会 (SAC/TC43)

全国北斗卫星导航标准化技术委员会 (SAC/TC544)

目前 (SAC/TC43) 与 (SAC/TC544) 已推出了30余项规范。

适用性：适用性：全行业通用性规范，适用于测绘、航天航空、测绘等各种领域，但**缺少针对性**



车载定位系统标准规范

全国汽车标准化技术委员会电子与电磁兼容分会 (TC114/SC29)

TC114/SC29从2021年开始以《车载定位系统技术要求及试验方法 第1部分：卫星定位》为主线开展了验证试验工作，预计于近期送审报批。

适用性：满足汽车行业**定位/授时性能、健壮性、安全性、前装车规**等要求

一、汽车卫星定位测试技术发展现状

■ 车载GNSS测试标准现状

国际上，针对GNSS产品的测试标准可以分为两大类：

通用GNSS接收机标准：如ETSI EN 303 413，主要规定了GNSS接收机的环境性能和射频性能，对定位/授时性能和其他性能没有明确要求。

4	Technical requirements specifications	10
4.1	Environmental profile	10
4.2	Conformance specifications	10
4.2.1	GUE adjacent frequency band selectivity performance	10
4.2.1.1	Definition	10
4.2.1.2	Specifications	10
4.2.1.3	Conformance	11
4.2.2	Spurious emissions	12
4.2.2.1	Definition	12
4.2.2.2	Limit	12
4.2.2.3	Conformance	12
5	Testing for conformance with technical requirements	12
5.1	Environmental conditions for testing	12
5.2	Interpretation of the measurement results	13
5.3	Test methodology for adjacent frequency band selectivity test	13
5.3.1	General	13
5.3.2	Test setup for conducted measurements	13
5.3.2.1	Test equipment	13
5.3.2.2	EUT configuration	13
5.3.3	Test setup for radiated measurements	14
5.3.3.1	General	14
5.3.3.2	Test equipment	14
5.3.3.3	EUT configuration	14
5.4	GUE adjacent frequency band selectivity test	15
5.4.1	General	15
5.4.2	Test conditions	15
5.4.3	Test method for GUE utilizing the 1 559 MHz to 1 610 MHz RNSS band	15
5.4.4	Test method for GUE utilizing the 1 164 MHz to 1 300 MHz RNSS bands	16
5.5	Receiver spurious emissions test	16
5.5.1	Test conditions	16
5.5.2	Test method	16
5.5.2.1	Conducted measurement	16
5.5.2.1.1	Introduction	16
5.5.2.1.2	Pre-scan	17
5.5.2.1.3	Measurement of the emissions identified during the pre-scan	18
5.5.2.2	Radiated measurement	18

汽车紧急呼叫 (eCall) 标准，如UN ECE R144、EU 2015/758，EU 2017/79等。规范中对车辆的GNSS定位功能做了部分性能指标要求，整体指标偏低

- 17.3.5. The GNSS receiver shall be able to obtain a position fix at least every second.
- 17.3.6. Horizontal position error shall not exceed:
 - (a) Under open sky conditions: 15 m at a confidence level of 0.95 probability with a PDOP in the range from 2.0 to 2.5;
 - (b) In urban canyon conditions: 40 m at a confidence level of 0.95 probability with a PDOP in the range from 3.5 to 4.
- 17.3.7. The specified requirements for accuracy shall be provided:
 - (a) At speed range from 0 to 140 km/h;
 - (b) Linear acceleration range from 0 to 2g.
- 17.3.8. Cold start time to first fix shall not exceed:
 - (a) 60 s for signal level down to minus 130 dBm;
 - (b) 300 s for signal level down to minus 140 dBm.
- 17.3.9. GNSS signal re-acquisition time after block out of 60 s at signal level down to minus 130 dBm shall not exceed 20 s after recovery of the navigation satellite visibility.
- 17.3.10. Sensitivity at receiver input shall be:
 - (a) GNSS signals detection (cold start) do not exceed 3,600 s at signal level on the antenna input of the AECD of minus 144 dBm;
 - (b) GNSS signals tracking and navigation solution calculation is available for at least 600 s at signal level on the antenna input of the AECD of minus 155 dBm;
 - (c) Re-acquisition of GNSS signals and calculation of the navigation solution is possible and does not exceed 60 s at signal level on the

综合来看，目前全球范围内对于车载GNSS终端，国内规范的性能要求高度、广度均领先于国际水平，因此主要以国内规范为基准进行进一步分析

一、汽车卫星定位测试技术发展现状

■ 车载GNSS测试标准分析

《车载定位系统技术要求及试验方法 第1部分：卫星定位》技术要求规范涵盖：

【功能一致性要求】

- (1) 接口与输出
- (2) 卫星信号支持一致性
- (3) 北斗性能

【范围】

车载全球卫星导航系统的性能要求和试验方法

【规范性引用文件】

【术语和定义】

【性能要求及试验方法】

- (1) 精度：（静态定位、动态定位、测速）
- (2) 首次定位时间：（冷启动、热启动）
- (3) 重捕获时间：
- (4) 灵敏度：（捕获、重捕获、跟踪）
- (5) 授时

【安全性】

- (1) 射频信号协调
- (2) 抗干扰

【车辆实际场景性能】

【健壮性】

【环境要求】

- (1) 电气性能
- (2) 电磁兼容
- (3) 机械性能
- (4) 环境耐候
- (5) 化学负荷
- (6) 耐久性

一、汽车卫星定位测试技术发展现状

■ 车载GNSS测试标准分析

性能、健壮性和安全性测试：

- (1) 采用传导方法测试，详细定义了测试方法和评价标准。
- (2) 忽略了车辆天线、车内线缆的影响，不能完全还原整车级的信号链路。

按照图1示意图进行试验连接，试验环境应尽量避免存在同频或邻频干扰。

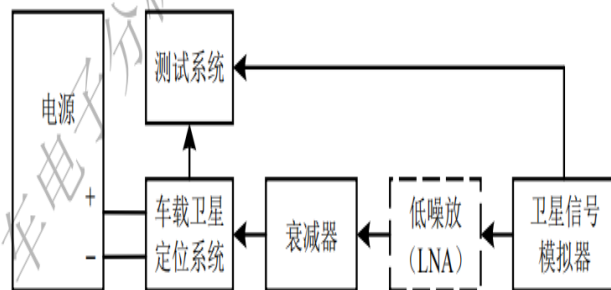


图1 定位试验连接示意图

2、性能要求
3、健壮性
4、安全性

5、车辆实际
场景性能

暗室仿真测试特性：

系统复杂，成本较高，但是可以稳定反复执行测试且相对更能体现整车级性能。

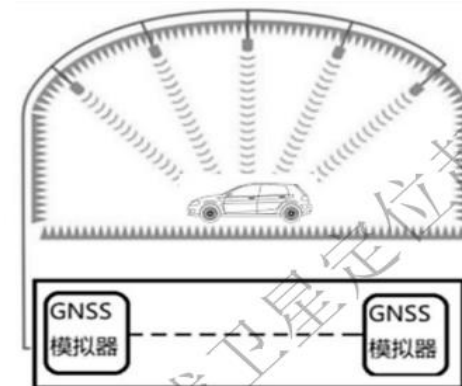


图 K.1 整车暗室卫星定位测试系统示意图

■ 车载GNSS测试总结

01

- GNSS技术在汽车上重要性不断提高
- 国家推荐性标准发布
- 客观存在的售后问题



车载GNSS检测将愈发重要

02

目前《车载定位系统技术要求及试验方法 第1部分：卫星定位》规范已经给出了较详尽的车载GNSS终端测试项、测试方法及评价指标，但是并不适用于整车下线检测环节。

将规范中“性能要求”、“健壮性”、“安全性”，测试与“整车暗室仿真试验”相融合，并根据下线检测的实际需求进行修改，研究适用于整车产线的GNSS下线检测方案。

一 汽车卫星定位测试技术发展现状

二 汽车卫星定位下线检方案设计

三 汽车卫星定位下线检测实践

二、汽车卫星定位下线检方案设计

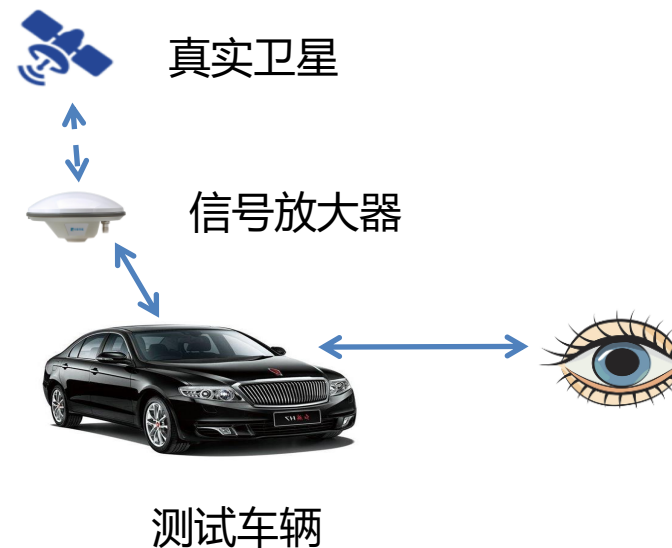
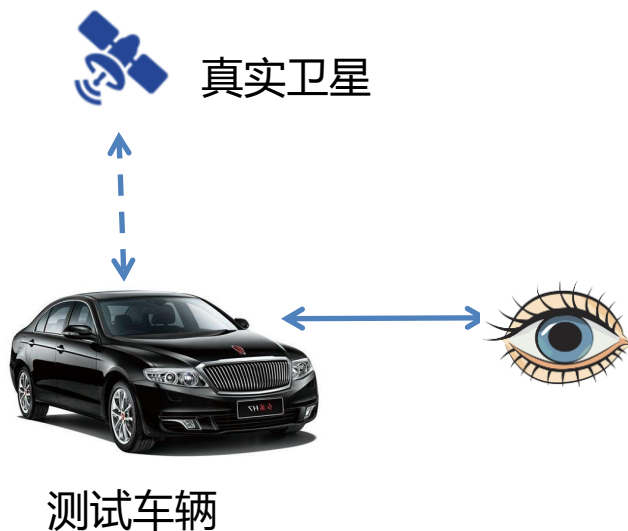
■ 现有的方案

缺点:

- 受气候条件干扰
- 额外的车辆调度成本
- 测试内容简单，检测效果有限
- 测试没有一致性和可重复性
- 几乎没有可扩展性

优点:

- 实施简单



缺点:

- 受气候条件干扰，北方地区还存在积雪问题
- 测试内容简单，检测效果有限
- 测试没有一致性和可重复性

优点:

- 可以自由选择测试位置
- 车辆接受的信号可被简单控制
- 有一定扩展潜力

■ 方案改进

改进后的方案：

1. 使用专业的卫星信号模拟器取代真实卫星信号；
2. 上位机控制模拟器发出各类测试场景；
3. 软件实现上位机、卫星模拟器、车辆之间的闭环测试。



优点：

- 模拟器信号稳定可靠不间断
- 模拟GNSS信号高度可控，可以实现不同测试场景
- 精确的测试一致性与可重复性
- 软件自动化测试，可以定量分析
- GNSS信号受软件控制可扩展性强

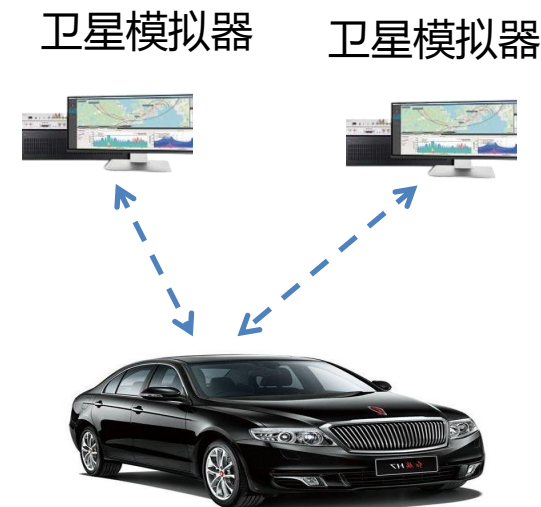
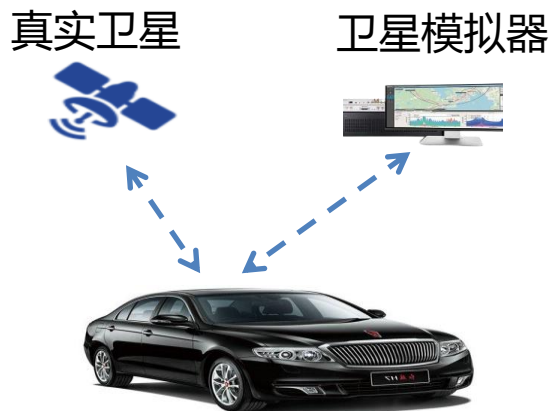
二、汽车卫星定位下线检方案设计

■ 方案改进

难点一：GNSS信号接入车辆

下线的商品车应通过OTA方式接收模拟器生成的GNSS信号。传统来说应当搭建屏蔽暗室，但是产线上通常没有足够空间满足暗室需求。

- 工厂内真实GNSS信号干扰
模拟器发出的GNSS信号与空间内的真实GNSS信号同时存在，工厂内大功率电器设备也可能产生电磁波干扰，会严重干扰车辆接收模拟器信号完成定位。

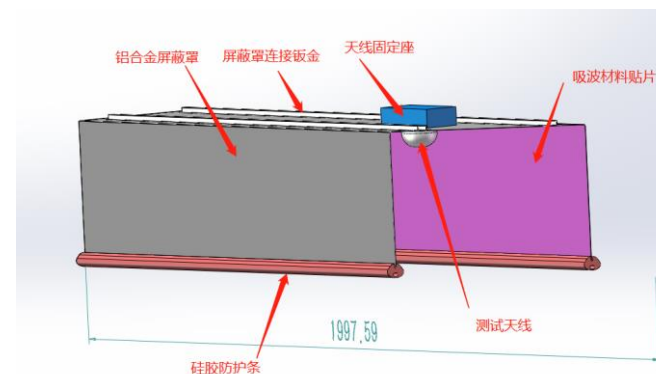
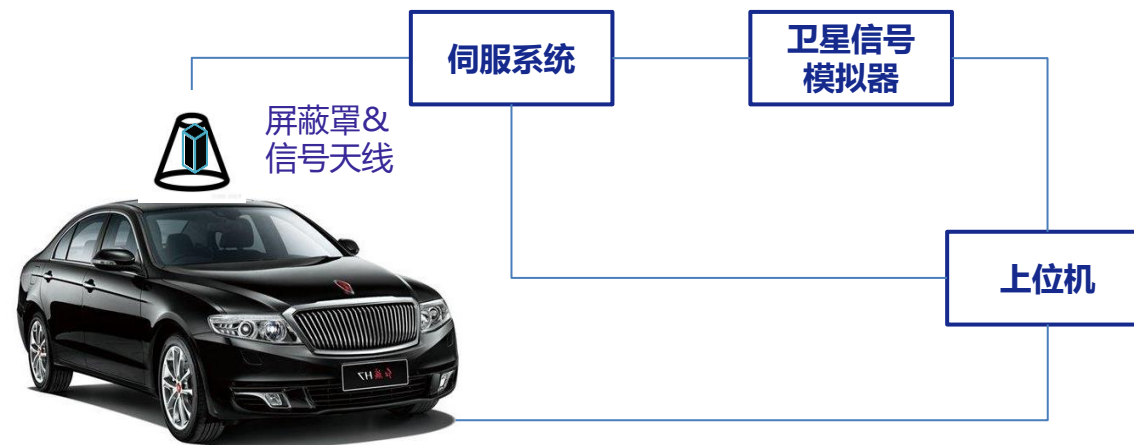


- 邻工位信号串扰
电检工位一般是3~4条检测线相邻排布，测试异步进行。每个工位上GNSS测试场景互相独立，因此必须做好邻工位信号隔离，避免互相干扰。

■ 方案改进

难点一：GNSS信号接入车辆

- 在每个工位上方吊装一个金属信号屏蔽罩，内付吸波材料，可以在很大程度上减弱车辆接收到相邻工位GNSS信号和空间真GNSS信号。
- 为满足混线生产条件下对不同车型都达到较好的屏蔽效果，在实践中配合天线罩设计了一套伺服系统，可以根据车型自动调整天线罩位置下降对准车辆GNSS天线。

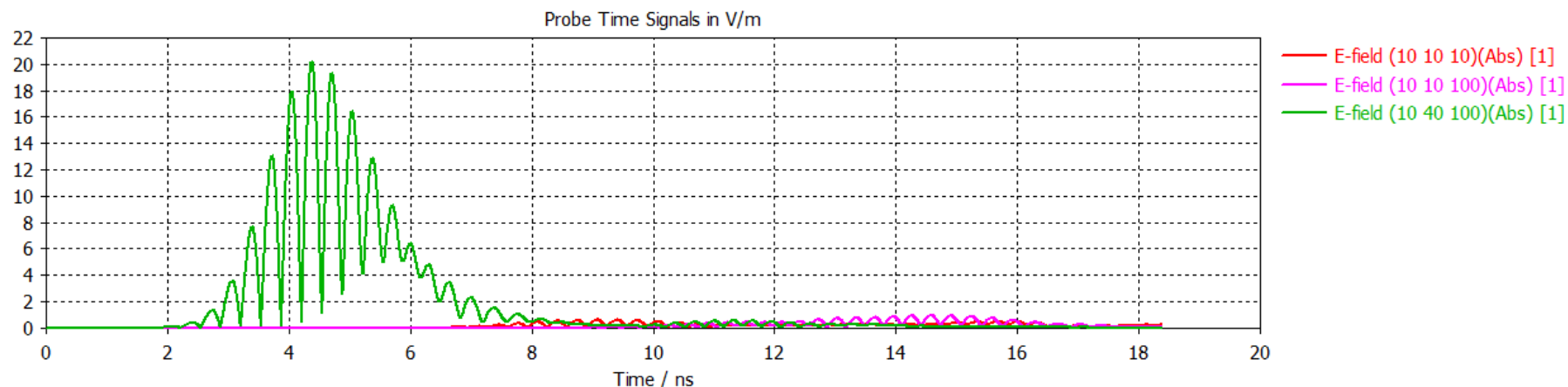
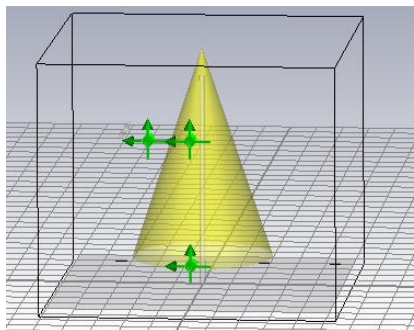


■ 方案改进

难点一：GNSS信号接入车辆

针对天线罩的实际效果，做了电磁仿真和实车测试

仿真建模如下图，分别对屏蔽罩外部（绿色曲线）、屏蔽罩内部发射天线处（紫色）、屏蔽罩底部与车顶接缝处（红色）的信号强度进行的仿真。可以看到在车辆天线位置，对外部信号有较好的屏蔽效能

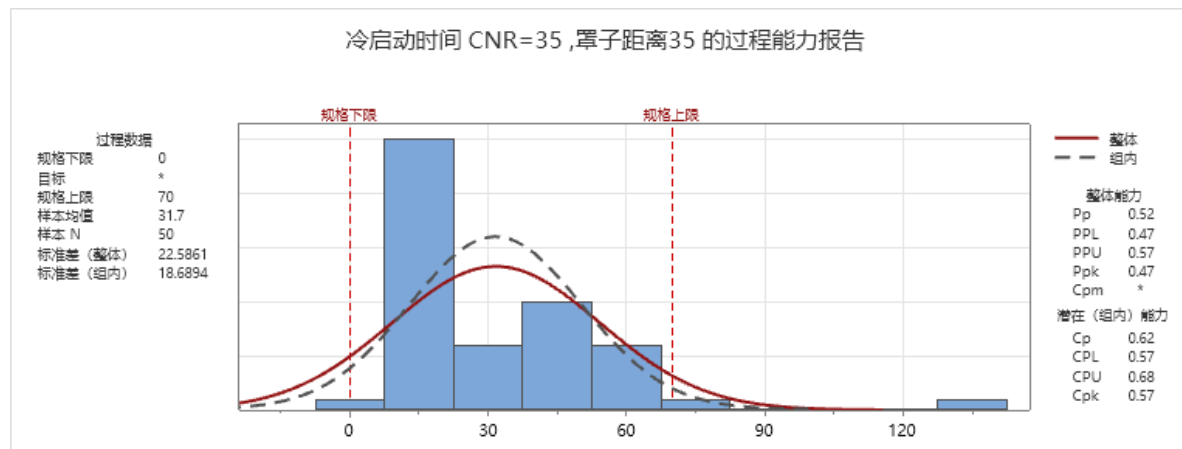
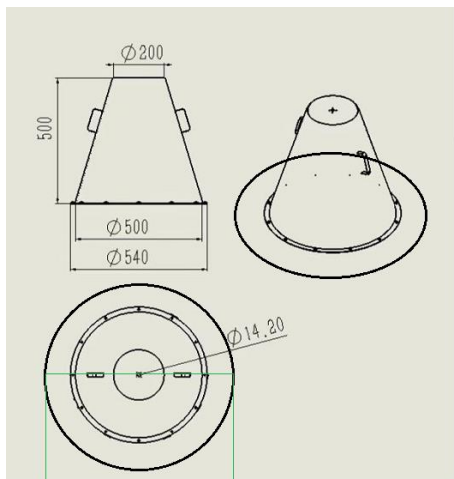


二、汽车卫星定位下线检方案设计

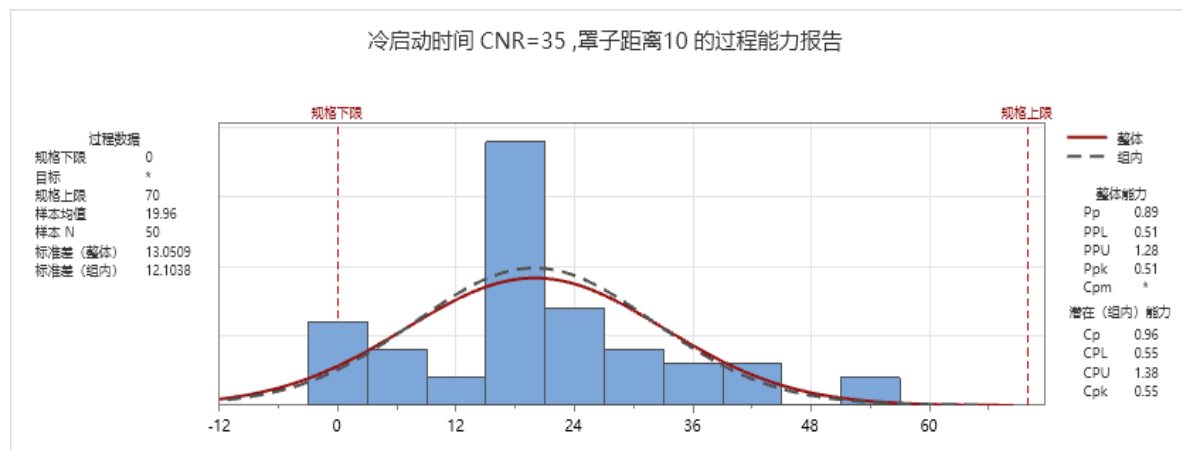
■ 方案改进

难点一：GNSS信号接入车辆

在实车验证阶段，使用简易天线罩原型在车顶不同高度处分别验证车辆冷启动时间，可以看到，在屏蔽罩距离达到10cm时，实车冷启动分布相比35cm对照组有显著改善



35cm下50次冷启动测试时长



10cm下50次冷启动测试时长

■ 方案改进

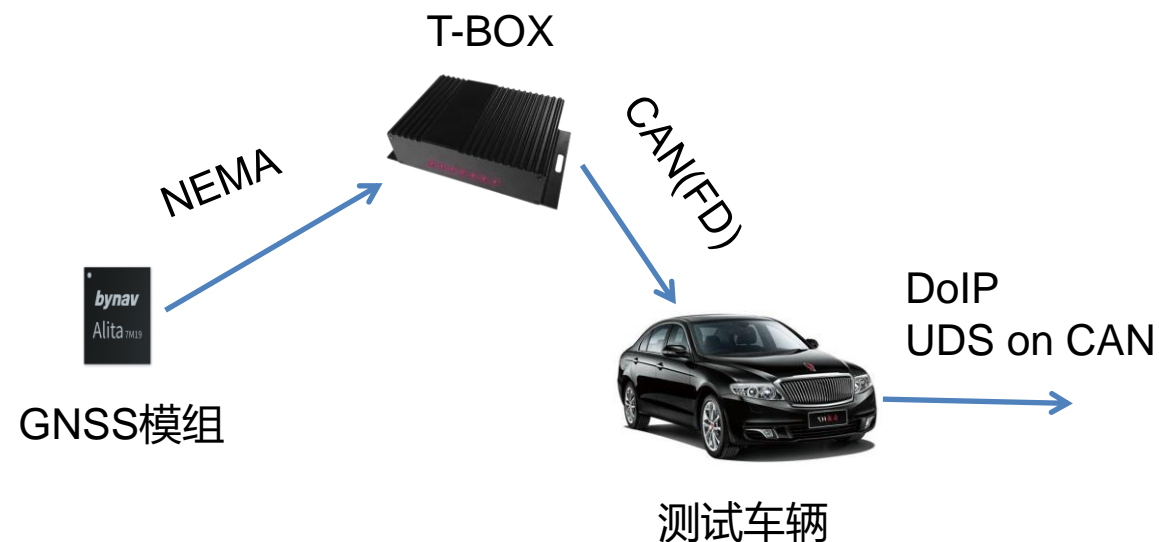
难点二：接口适配

在零部件测试中，测试系统直接从GNSS模组中读取原始NMEA报文进行分析，这种方式有以下优点：

- 通用性强
- 数据详细
- 同步性好

字段	参数	格式
字段0	帧头	\$GPRMC
字段1	UTC时间	hhmmss.ss
字段2	状态	A/V, A代表有效, V代表无效
字段3	纬度	ddmm. mmmm
字段4	北纬/南纬	N/S, N表示北纬, S表示南纬
字段5	经度	ddmm. mmmm
字段6	东经/西经	E/W, E表示东经, W表示西经
字段7	速度	节 (knots), 1 knots=1.852km/h
字段8	方位角	度 (以真北为参考基准)
字段9	UTC日期	日月年, ddmmyy
字段10	磁偏角	000~180度
字段11	磁偏角方向	E/W, 东/西
字段12	模式仅NMEA01833.00版本输出	A: 自动, D: 差分, E: 估测, N: 无效
字段13	校验值	hh

在整车级测试中，经过模组=>TBOX=>整车三层封装，无法直接读取到NMEA数据



■ 方案改进

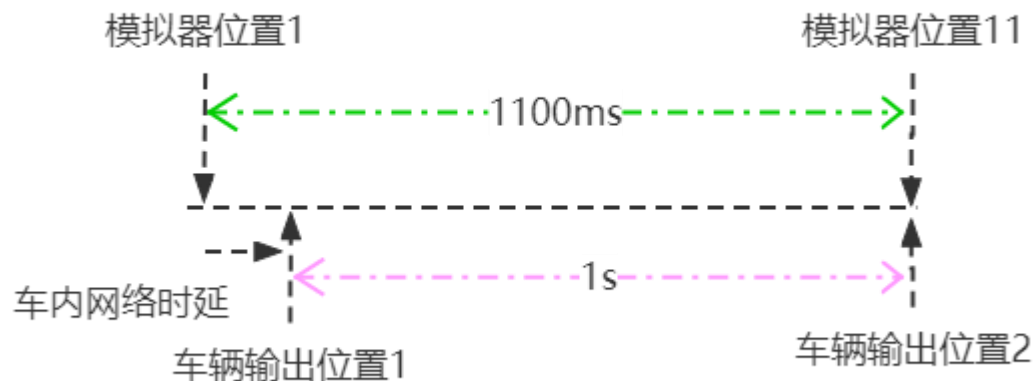
难点二：接口适配

前期验证工作中，直接读取车内控制器私有CAN解析数据，存在以下问题：

- 1、数据量不足：仅能读取到平面坐标及UTC时间
- 2、时间同步问题：
 - (1) 定位和时间不在统一帧中；
 - (2) GNSS模组1Hz刷新频率，CAN帧10Hz刷新频率，缺乏时隙对齐手段。

优化方法：

- 1、模组从1Hz提高到10Hz，时间误差变小。
- 2、使用DoIP技术，其传输速率相对UDS on CAN更加快，降低延时问题。
- 3、通过诊断打包提高数据同步性。



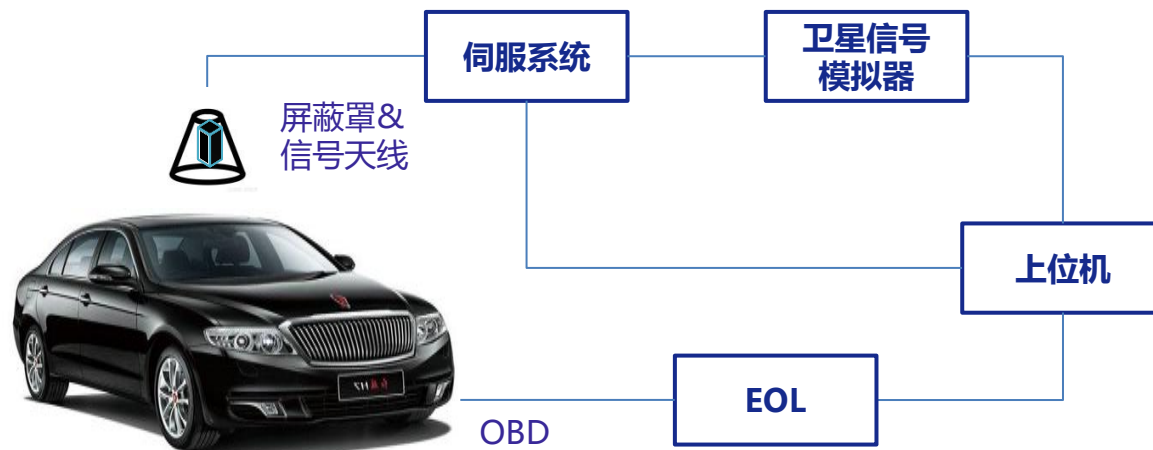
二、汽车卫星定位下线检方案设计

■ 方案改进

难点二：接口适配

在GNSS测试场景中，经常有测试步骤要求设备断电重启，通常GNSS模组会提供便利的按钮开关用于执行该操作。为了达到这一目的，在新车型中加入了重启TBOX的诊断命令供调用。

此外，为了便于测试系统适配不同车型，使用EOL设备作为车辆和系统的数据接口，便于后续系统扩展。



二、汽车卫星定位下线检方案设计

■ 方案改进

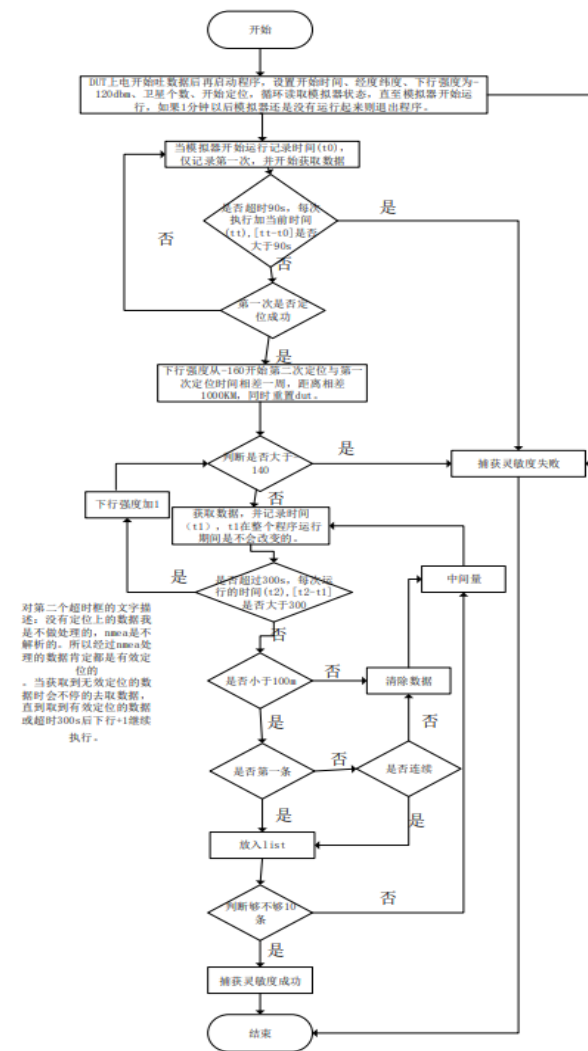
难点三：压缩测试时间

参考国标定义，每个GNSS测试场景的运行时间通常需要1小时，涉及到步进循环操作的测试项测试时间会更长，这显然是不符合产线上的节拍要求，因此必须对测试时间进行压缩。

表C.1 静态试验场景关键参数

参数	配置
位置	中国领土范围内的陆地位置
星座与信号	至少应涵盖GPS L1, BDS B1I, B1C, B2a, B3I, Galileo E1, GLONASS L1
仿真可见卫星数	GPS ≥ 6颗, BDS ≥ 6颗, Galileo ≥ 6颗, GLONASS ≥ 6颗
HDOP、PDOP	开阔天空: HDOP ≤ 1.5、PDOP ≤ 2.5 城市峡谷: HDOP ≤ 2、PDOP ≤ 4
场景仿真时长	1小时
轨迹	静态
信号输出功率	-130dBm
卫星功率是否相同	是

一般测试场景设置



涉及循环操作的复杂测试

二、汽车卫星定位下线检方案设计

■ 方案改进

难点三：压缩测试时间

- 对GNSS产品测试结果的判定使用了统计学方法。压缩测试时间势必会降低采样数据量，因此需要用实车测试来验证压缩时间后的测试效果。
- 前期验证工作中，实现了14个基础的测试场景并逐一实车验证效果，对能适应产线节拍要求的场景进行了梳理。

序号	场景	序号	场景
1	闰秒插入	8	热启动首次定位时间测试
2	开阔天空场景测试	9	重捕获时间
3	周翻转	10	开阔天空动态定位测试
4	城市峡谷定位测试	11	重捕获灵敏度
5	捕获灵敏度	12	城市峡谷动态定位测试
6	冷启动首次定位时间测试	13	开阔天空测速精度
7	追踪灵敏度	14	城市峡谷测试精度



场景验证软件

二、汽车卫星定位下线检方案设计

■ 方案改进

难点三：压缩测试时间

三、测试项产线适用性评定



2、周翻转

此场景测试目的是验证 GNSS终端能否处理周字节溢出而保证年月日不出异常，GF计数11个bit，在2048周之后从1开始，GNSS新周数的窗口约需要15分钟。不符合产线节拍

另外此测试场景是验证定位模块软件能处理周字节溢出，后的年月日显示是否正常，应用层测试

- 设置参数到模拟器运行起来时间 (t1) 30s
- 模拟器运行时间(t2)902s
- 程序统计出数据时间(t3)1s
- 当前测试项整体运行时间=t1+t2+t3=933s

三、测试项产线适用性评定



3、捕获灵敏度

此场景测试目的是验证车载卫星定位系统捕获卫星信号并正常定位所需的最低信号功率并满足连续10次三维定位误差小于100m信号强度作为结果此项由于需要从一个低信开始，到能稳定定位的过程，测试时间较长

- 设置参数到模拟器运行起来时间 (t1) 30s
- 第一次定位时间(t2)60s 重启dut(t3)5s(受环境影响)
- 第二次定位时间(t4)5110s(受环境影响因素较大)
- 程序统计出数据时间(t5)1s
- 当前测试项整体运行时间=t1+t2+t3+t4+t5=

三、测试项产线适用性评定



5、重捕获时间

此场景测试目的是验证车载卫星定位系统的卫星信号短时失锁后，从信号恢复到重新信号所需的时间。

由于是冷启动定位后中断信号30秒，希望赶上产线节拍

- 设置参数到模拟器运行起来时间 (t1) 30s
- 第一次定位时间(t2)60s 信号中断30s(t3)30s
- 第二次定位时间(t4)5
- 程序统计出数据时间(t5)1s
- 当前测试项整体运行时间=t1+t2+t3+t4+t5=

三、测试项产线适用性评定

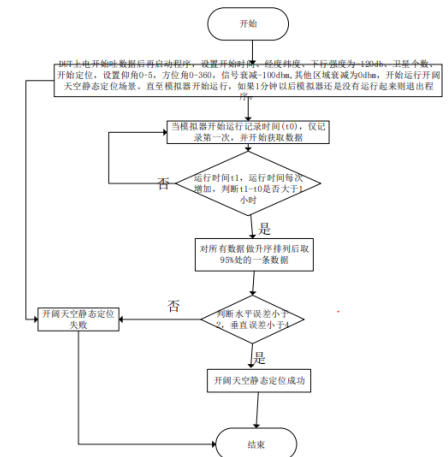


7、开阔天空静态定位

此场景测试目的是验证车载卫星定位系统在静态位置时的定位精度

规范要求取60秒的内的定位数据，误差从小到大排序，取95%处的结果作为精度判断，此测试项有望达到产线节拍

- 设置参数到模拟器运行起来时间 (t1) 30s
- 定位成功60s
- 模拟器运行时间(t2)60s
- 程序统计出数据时间(t3)2s
- 当前测试项整体运行时间=t1+t2+t3=152s

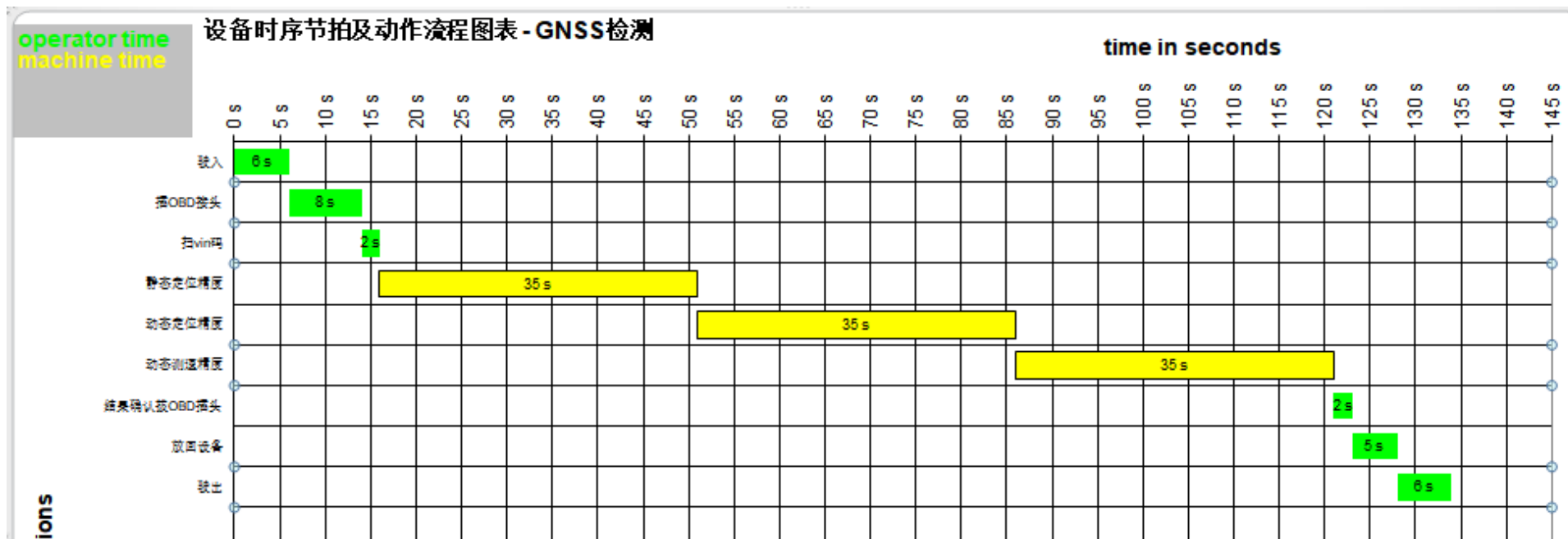


■ 方案改进

难点三：压缩测试时间

经过实车验证和应用场景分析，初步选择了以下4个场景作为第一批产线下线测试的检测项：

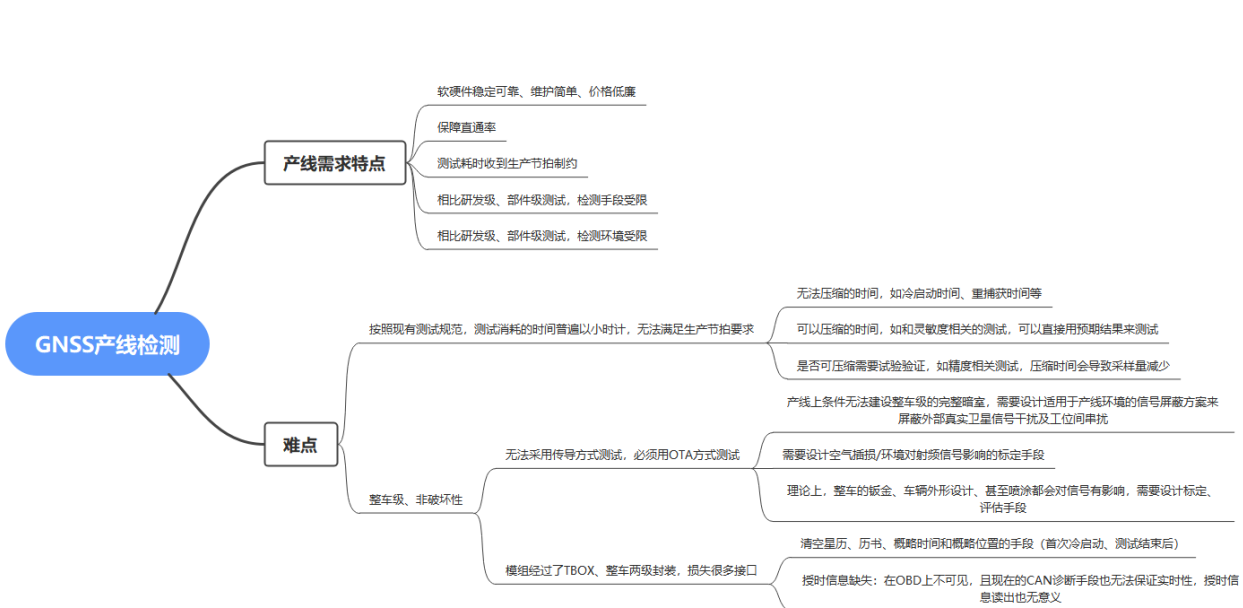
- 1、冷启动时间
- 2、静态定位精度（开阔天空）
- 3、动态定位精度（开阔天空）
- 4、动态测速精度（开阔天空）



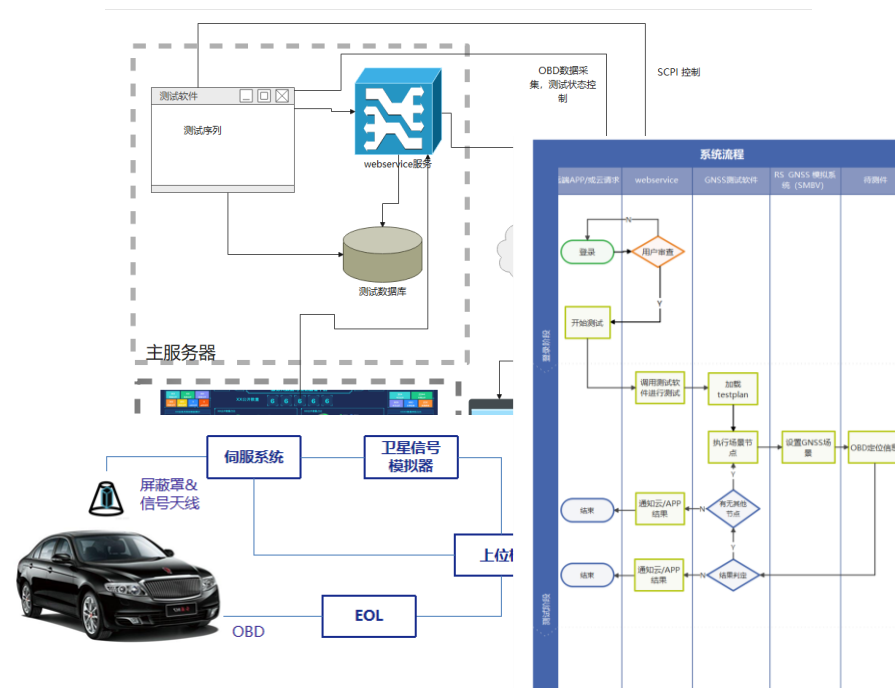
二、汽车卫星定位下线检方案设计

■ 小结

参考国标测试方法，以卫星信号模拟器代替真实GNSS信号作为测试输入，充分发挥模拟器高精度、可程序控制、可重复、高一致性的优点，提高产线检测的效果。同时也充分考虑产线检测的实际限制及难点，对方案进行针对性优化。



需求及难点分析



业务流程、系统架构、软件方案设计

一 汽车卫星定位测试技术发展现状

二 汽车卫星定位下线检方案设计

三 汽车卫星定位下线检测实践

三、汽车卫星定位下线检测实践

■ 测试系统搭建

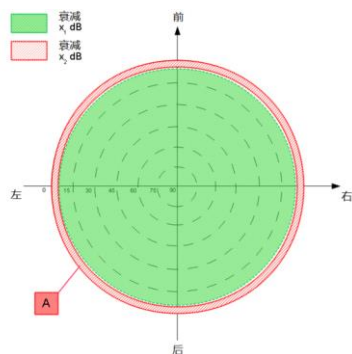
根据前期方案设计，目前在蔚山二厂已经实际搭建起一套4工位产线GNSS下线检测工站



■ 测试场景搭建

测试实践中，将4个测试项组合为一个混合测试场景，设置如表所示：

场景合计运行120s，可以测试车辆GNSS功能冷启动时间、静态定位精度、动态定位精度及测速精度。



其中：
 X_1 为0-dB。
 X_2 为-100-dB或信号关闭。

天空遮罩

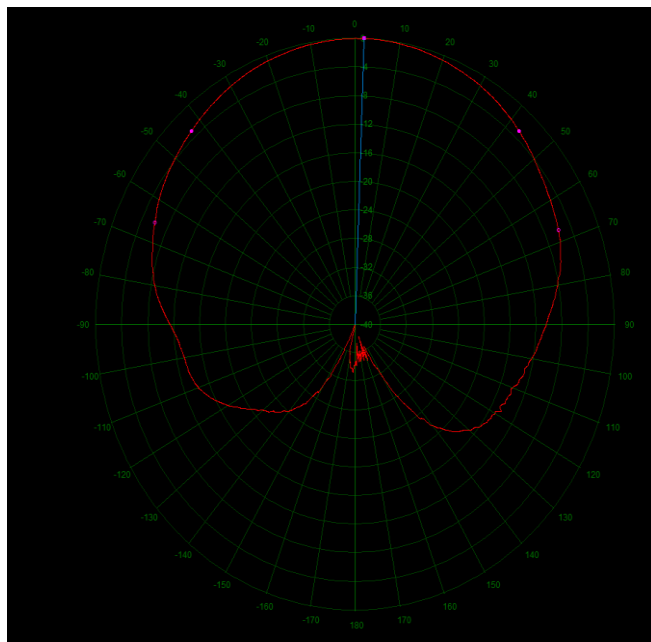
参数	配置
场景起始位置	距离工厂位置1000km以外
场景起始时间	距离现实时间7天以后
星座、信号与可见卫星数	GPS L1: 6颗, GPS L5: 6颗, 北斗 B1i: 6颗, 北斗B2a: 6颗。
PDOP	PDOP \leq 2.5
信号输出功率	标定后车顶天线位置等效-130dBm
卫星功率是否相同	是

■ 信号标定

不同车型上GNSS天线2种安装方式：

- 1、安装于车辆中轴线位置（传统鲨鱼鳍天线）
- 2、安装于车辆两侧（隐藏式天线）

不同车型的GNSS接收天线安装位置不同，空间信号损耗和发射天线旁瓣的信号衰减不同，须通过模拟车辆接收天线做信号标定。



标定方案：

采用预先标定参数的金机作为接收机，使用可调支架将金机天线固定在与车型GNSS接收天线相同的空间位置上。通过接收机接收功率反向调节仪表发射功率。



■ 信号标定

模拟器生成GNSS基带信号后，通过一系列射频器件到达TBOX内GNSS模组，整体路径如下图：

参考国标规范，应当使GNSS模组实际接收功率达到-130dbm，在整车上这个功率经过了接收天线和低噪放两道增益和车内线束衰减，不同车型可能有不同的系统特性，目前缺少技术指标输入。

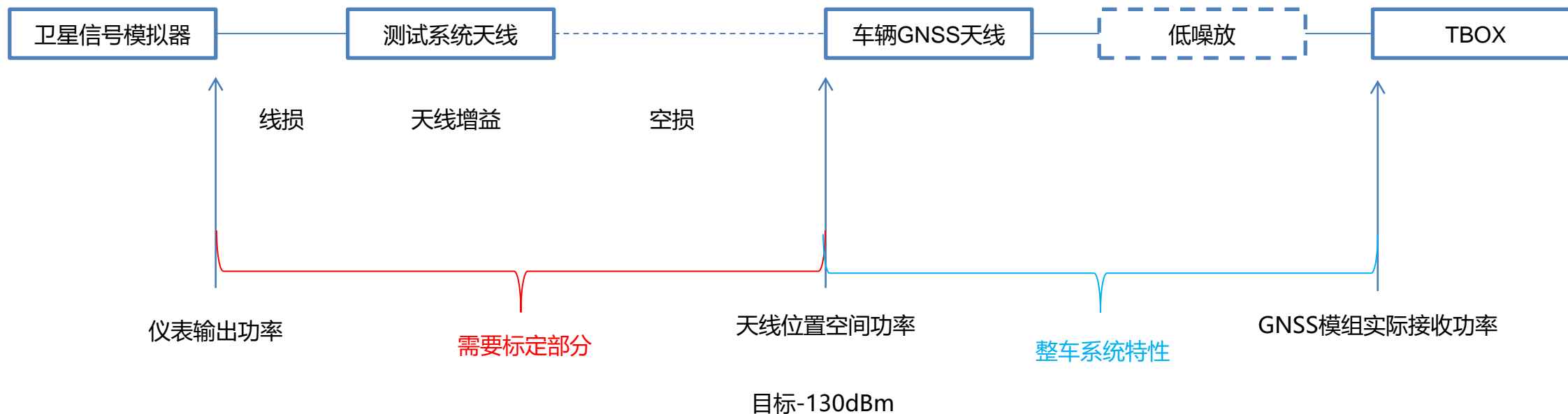


三、汽车卫星定位下线检测实践

■ 信号标定

从实践角度出发，车辆天线、低噪放、线缆等器件的安装连接质量、零部件性能差异等因素本身应当作为整车总装质量把控的一部分。

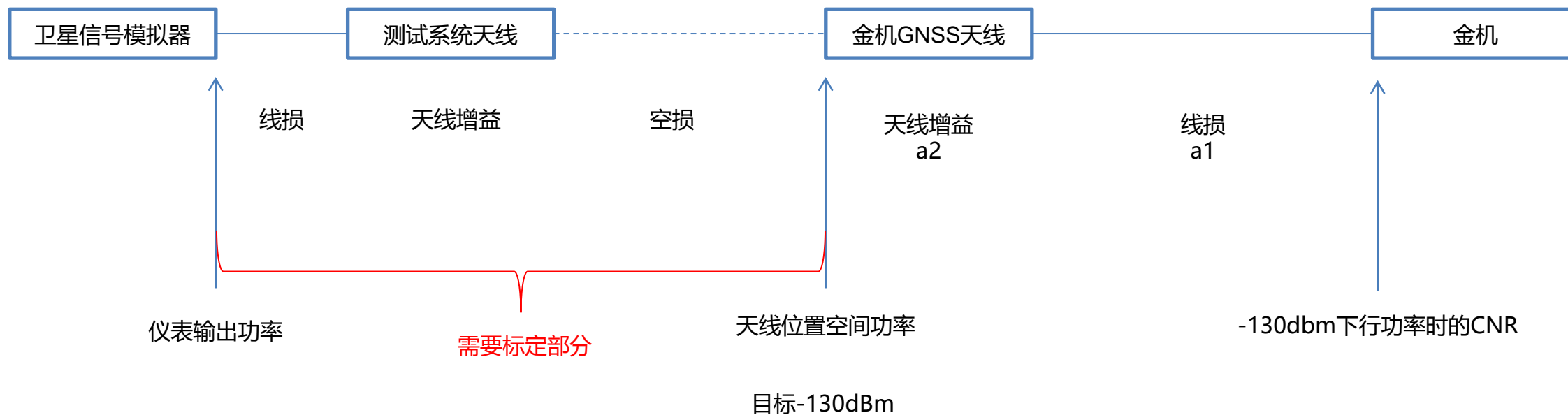
因此将标定信号的节点前移到车辆天线接收前，以天空卫星信号发射到地面位置的典型值-130dbm作为标定目标值。



■ 信号标定

事先对标定系统进行标定：

- 1、金机在接收-130dbm传导输入时对应的载噪比（CNR）值
- 2、金机射频线缆的线损a1
- 3、金机接收天线增益a2

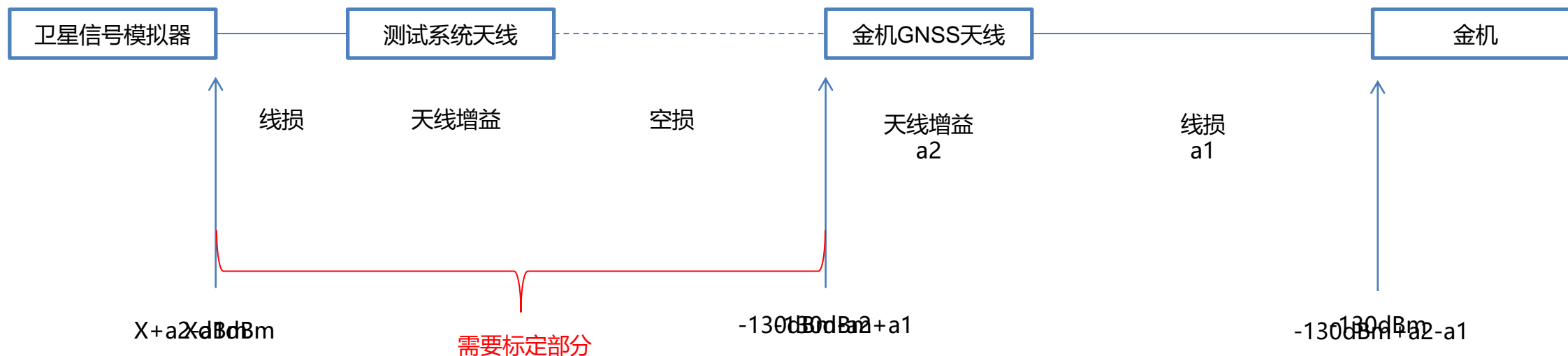


■ 信号标定

对系统标定时，首先调整GNSS模拟器发射功率，使金机CNR值达到-130dBm下行功率的对应值，记录此时模拟器设定的发射功率X。

此时设天线空间位置处的功率为Y，由 $Y+a_2-a_1=-130\text{dBm}$ ，得到 $Y=-130-a_2+a_1\text{ dBm}$

因此可以得出，当模拟器发射功率为 $X+a_2-a_1$ 时，天线空间位置处信号功率为-130dBm。



三、汽车卫星定位下线检测实践

■ 整车实测

测试项	测试标准	单位	测试值 A组	测试值 B组	测试值 C组	测试值 D组	测试值 E组
冷启动时间	≤60	s	18	36	失败	18	失败
静态水平定位精度	≤2	m	0.2897	0.52591	/	0.24118	/
静态垂直定位精度	≤4	m	1.7	1.9	/	5.6	/
动态水平定位精度	≤2	m	0.2571	0.25622	/	0.243814	/
动态垂直定位精度	≤4	m	1.8	1.9	/	5.6	/
动态测速精度	≤0.5	m/s	0	0.0249	/	0.0162	/

测试中，根据装配工艺中可能出现的问题，进行的分组对照分析，其中：

A组：正常车辆

B组：天线虚接

C组：天线严重虚接

D组：线束装反

E组：断路

■ 总结与展望

目前通过整车产线GNSS下线检测系统，已经可以对新下线车型的GNSS功能进行4个基础场景的定量测试，测试不受现实环境天气因素干扰，可连续稳定运行，在模拟典型故障时数据能体现差异性，但需要进一步分析。

借助卫星信号模拟器的强大功能，测试系统本身已经具备执行各类测试场景的技术基础，未来随着经验积累、测试方法改进及车型迭代，可能的改进方向包含：

- 1、测试参数改进
- 2、数据处理算法改进
- 3、设计更符合现实应用的测试场景
- 4、增加健壮性和安全性测试
- 5、为车辆GNSS模组开放更多接口，执行更丰富的测试内容
- 6、建立大数据模型，通过测试结果辅助返修排查问题

中国一汽 创领未来

禁止未经审核，扩大知悉范围