ICS 35.020
CCS L70

# 团 体 标 准

T/ISC 0163-2026

# 面向 XR 内容应用的空间计算技术要求与测评方法

Technical Requirements and Assessment Methods for Spatial Computing Technology Targeted at XR Content Applications

（发布稿）

2026－10－28 发布 2026－11－28 实施

中 国 互 联 网 协 会 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
3.1 意图 ..... 1
3.2 视效范围 ..... 1
3.3 手势识别 ..... 1
3.4 查准率 ..... 1
3.5 查全率 ..... 1
3.6 轨迹绝对误差 ..... 1
3.7 重建精度 ..... 2
3.8 空中手势 ..... 2
3.9 触控手势 ..... 2
4 符号和缩略语 ..... 2
5 空间计算技术要求 ..... 2
5.1 总体要求 ..... 2
5.2 定位能力要求 ..... 3
5.3 感知能力要求 ..... 3
5.4 交互能力要求 ..... 3
6 测评条件 ..... 4
6.1 测试对象 ..... 4
6.2 适用性说明 ..... 4
6.3 测试场景 ..... 4
6.4 位置刷新频率 ..... 4
6.5 测试设备要求 ..... 4
6.6 测试准备 ..... 5
6.7 测试次数和数据有效性 ..... 5
6.8 测试记录与报告 ..... 5
7 测评方法及判定准则 ..... 5
7.1 定位能力 ..... 5
7.2 感知能力 ..... 12
7.3 交互能力 ..... 20
8 基础能力评估准则 ..... 25
附录 A （规范性）适用性说明 ..... 27

# 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。

本文件由中国互联网协会归口。

本文件起草单位：中国信息通信研究院、中电万维信息技术有限责任公司、甬江实验室、联通（广东）产业互联网有限公司、浙江生一光学感知科技有限公司、杭州易现先进科技有限公司、浙江商汤科技开发有限公司、中兴通讯股份有限公司、上海诠视传感技术有限公司、亮风台（上海）信息科技有限公司、北京邮电大学、咪咕文化科技有限公司、紫光展锐（上海）有限公司、杭州灵伴科技有限公司、北京天图万境科技有限公司、北京虚拟动点科技有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、北京七鑫易维信息技术有限公司、天元瑞信通信技术股份有限公司、四川华体照明科技股份有限公司、工业云制造（四川）创新中心有限公司。

本文件主要起草人：翟云、陈曦、高峰、马国祖、张旭、王春生、张昊、吕婧、王波、曹伟、陈鑫、李国鹏、崔立臣、郑福春、陶柏帆、舒子超、陈泽涛、李立俊、吕召彪、王非、曹鹤婷、丛林、张双力、朱铭德、陈志国、王楠、陆平、周琴芬、刘彦宾、江洪峰、施文哲、林璎、徐飞、田苏苏、叶浩、侯晓辉、张建伟、刘理想、乔秀全、黄亚坤、商彦磊、毕蕾、罗德海、李丛蓉、周军、王文兵、图拉古、刘耀东、崔超、王梓钦、安岗、刘洋、许丽丽、王宣、黄通兵、路伟成、聂雪松、姜超、李树磊、赵战飞、张星智、段琼、张超、刘永亮、陈琳。

本文件为首次发布。

# 面向 XR 内容应用的空间计算技术要求与测评方法

## 1 范围

本文件规定了空间计算技术的定位、感知、交互能力的基础要求及评估方法。

本文件适用于指导空间计算技术设计、开发及服务等。

## 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 31101-2023 信息技术 实时定位系统性能测试方法

GB/T 38259-2019 信息技术 虚拟现实头戴式显示设备通用规范

GB/T 41813.2-2022 信息技术 智能语音交互测试方法 第 2 部分：语义理解

GB/T 38665.1-2020 信息技术 手势交互系统 第 1 部分：通用技术要求

## 3 术语和定义

引用文件界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 意图

语音交互过程中需要系统执行的任务或达成目标。

[来源：GB/T41813.2-2022 3.3]

### 3.2 视效范围

视觉有效范围，视觉能够检测、感知的空间范围。

### 3.3 手势识别

从输入的手势数据判别出手势。

[来源：GB/T38665.1-2020 3.5]

### 3.4 查准率

对于给定的数据集，预测为正例的样本中真正例样本的比率。

### 3.5 查全率

对于给定的数据集，预测为真正例的样本占所有实际为正例样本的比率。

### 3.6 轨迹绝对误差

被测系统输出轨迹与真值轨迹对应位姿之间的旋转/平移差异。

### 3.7 重建精度

在三维重建过程中重建结果与实际物体的真实几何形状和位置之间的一致性程度。

### 3.8 空中手势

空中手势是非接触式的手势交互方式，允许用户以徒手方式进行操作。空中手势使用户能够通过自然的手指、手腕和手臂动作与设备进行交互，如指、挥手、握拳和手掌转动等，从而提供更广阔的交互空间、更高的灵活度和更好的交互体验。

### 3.9 触控手势

是触摸屏或触控板上的操作方式，通过单指、双指、三指或四指的不同动作，如轻点、双击、滑动、捏合和旋转等，来进行各种操作。

## 4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件:

RMSE 均方根误差（root mean square error）

mAP 全类平均精度（Mean Average Precision）

IoU 交并比（Intersection over Union）

ATE 轨迹绝对误差（Absolute Trajectory Error）

6DoF 六自由度（Six Degrees of Freedom）

## 5 空间计算技术要求

XR内容应用中的空间计算系统应具备空间定位、环境感知和自然交互能力，支持虚实空间融合、环境理解和用户意图交互。空间计算能力要求包括定位精度、稳定性、鲁棒性、环境重建能力、目标识别能力、多模态交互能力等。

### 5.1 总体要求

空间计算技术能力主要包括定位能力、感知能力和交互能力三类基础能力。针对XR内容应用场景，空间计算系统应具备空间位置确定、环境理解、人机自然交互等基础技术能力，其能力架构如图1所示。

定位能力通过确定终端的空间位姿，提供实现虚实结合效果的关键位置信息，为空间计算应用提供基础，定位能力技术要求主要包括全局定位能力、不同终端的实时定位能力、定位鲁棒性、定位稳定性以及实时重定位能力。

感知能力是空间计算系统对物体和环境的感知,感知能力技术要求主要包括对不同工况条件下的环境和物体重建能力、平面检测能力、静态物体检测识别能力、动态的单物体和多物体追踪能力、追踪过程中的抗干扰能力等。

交互能力主要体现在空间计算系统与人和环境的交互，包括空间计算系统与用户的交互，以及在环境中自适应的任务执行。交互能力技术要求主要包括自适应交互能力、触控手势交互能力、空中手势识别及关键点跟踪能力、眼动交互能力、语音交互能力、手柄交互能力、协同交互能力等。

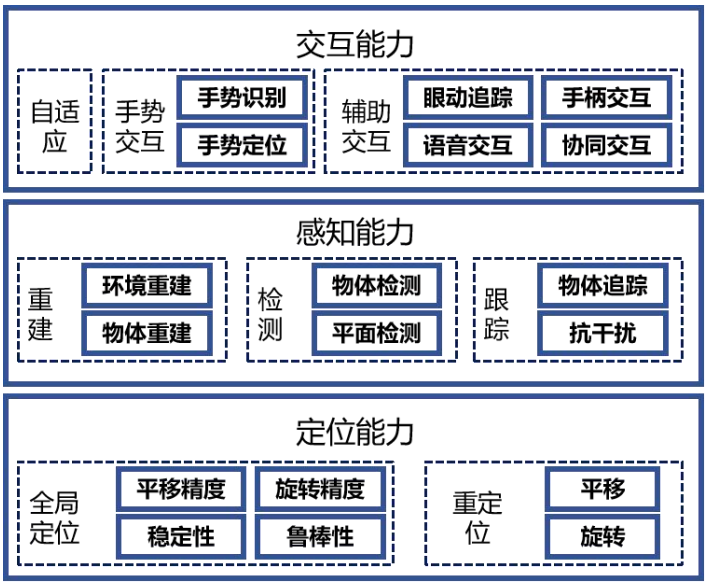


图1　空间计算基础能力

## 5.2 定位能力要求

定位能力应满足空间计算应用对空间位置和姿态确定的需求，包括：

a）空间位姿输出能力；

b）定位稳定性；

c）定位实时性；

d）复杂环境适应能力；

e）重定位恢复能力。

## 5.3 感知能力要求

感知能力应支持空间环境理解，包括：

a）空间三维重建；

b）平面检测；

c）物体识别；

d）动态目标跟踪；

e）环境变化适应。

## 5.4 交互能力要求

交互能力应支持用户与空间计算系统之间自然交互，包括：

a）触控交互；

b）空中手势交互；

c）语音交互；

d）眼动交互；

e）多终端协同交互。

# 6 测评条件

## 6.1 测试对象

测试对象可以是一个完整的空间计算系统，支持感知、定位、交互三种基础能力，或以空间计算算法/平台为测试对象，在不同终端上实现不同的能力。

## 6.2 适用性说明

标准内容适用范围分为B、O和C,共3种，B为必选项，O为可选项，C为条件触发项，在触发条件下该项为必选、可选项或不涉及。

## 6.3 测试场景

a）室外空间测试场景

对于涉及室外场景的测试，宜包含楼宇、道路、路灯等典型空间结构。

b）室内空间测试场景

对于涉及室内场景的测试，室内空间通常指50000㎡以内封闭空间，宜包含桌椅等典型物体。

c）物体测试场景

对涉及物体模型场景的测试，物体体积宜在10m³以内，由复杂曲面、平缓曲面、锐角、钝角等构成。

d）光照环境（自然光与弱光）

本标准所涉及的自然光宜为上午8:00-下午17:00时的户外光线，或室内开灯时的光线，通常为100勒克斯(lx)以上。

本标准所涉及的弱光宜为16:50-19:45间（不同季节日落时间不同）日落之后不久的自然户外光线，或室内拉上窗帘且关灯的情况下仍由外部或间接光源提供的光线，强度通常低于100 lx,但确保有足够的光量以进行基本视觉任务。

e）测试环境限制

本标准所涉及的深色背景板宜为深蓝色、墨绿色或黑色幕布，浅色背景板宜为白色幕布。本标准所涉及的测试环境不宜包括镜面、玻璃，不宜在非常规气压、非常规自然气温中，不宜在液态空间中。

## 6.4 位置刷新频率

定位测试过程中采样位置更新频率不应低于20Hz。

## 6.5 测试设备要求

定位真值系统的位移测量误差宜小于1 mm，旋转测量误差宜不大于0.01°，有效测量范围应覆盖全部测试路径和测试空间。同时，真值系统及相关测试设备的测量误差应满足相应测试项目要求，并宜不大于被测指标最低判定限值的三分之一。

测试设备应在检定、校准或自校准有效期内使用。测试前应对真值系统、图像采集设备、光照测量设备、声级计、高速相机等进行工作状态检查。

测试报告中应记录测试设备名称、型号、编号、主要参数、校准状态及所使用的软件版本。

### 6.6 测试准备

测试前应完成下列准备工作：

a）确认被测空间计算系统的名称、型号、硬件配置、操作系统、算法版本、应用版本、传感器配置和运行模式；

b）明确本次测试对象是完整空间计算系统、终端设备、算法模块或软件平台；

c）按照产品正常使用要求完成设备安装、佩戴、启动和预热，预热时间宜不少于10 min；

d）完成被测空间计算系统与真值系统的坐标系标定和时间同步；

e）确认被测系统是否使用预构建地图、历史空间锚点、缓存数据或预训练场景信息，并在测试报告中记录；

f）根据测试项目预先确定测试路径、运动速度、测试距离、测试次数、输入数据、测试人员及环境条件；

g）测试前应验证数据采集、原始数据保存和结果导出功能正常。

### 6.7 测试次数和数据有效性

除具体测试项目另有规定外，现场测试的重复次数M不应少于3次，数据集测试所选取的测试场景、测试序列或测试数据组N不应少于3组。各次重复测试应采用相同的测试设备、测试参数和环境条件。需要改变测试条件时，应分别形成独立测试结果。因测试设备故障、真值数据缺失、操作人员误操作或外部环境异常造成的数据无效，可在说明原因后重新测试。

因被测空间计算系统自身定位丢失、输出中断、识别失败或程序异常造成的结果，应作为有效测试结果记录，不应作为异常值删除。

对测试数据进行插值、平滑、滤波或异常值剔除时，应说明处理方法、参数及处理前后的数据差异。未经说明，不应仅使用经过二次处理的数据进行判定。

对具有随机性的算法，应固定并记录随机数种子；无法固定随机数种子时，应通过增加重复测试次数等方式获得稳定的测试结果。

### 6.8 测试记录与报告

测试过程中应至少记录以下内容：

a）被测对象及软硬件版本；

b）测试日期、地点和测试人员；

c）测试环境，包括空间尺寸、光照、背景、噪声、网络条件等；

d）测试设备及主要参数；

e）测试路径、输入数据、测试动作、测试次数和运行参数；

f）原始输入数据、被测系统原始输出数据和真值数据；

g）数据处理方法、计算过程和中间结果；

h）各次测试结果、平均结果、判定结果和异常情况说明。

测试报告应能够支持对测试过程和计算结果进行复核。

## 7　测评方法及判定准则

### 7.1 定位能力

### 7.1.1 实时定位漂移测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统在常规场景下实时定位的漂移。

适用性：B

测试条件：

a）测试路径总长度不应小于20 m，宜包括直线运动、至少两次90°转向和一次闭环或往返运动；

b）穿戴式和手持式终端的运动速度宜保持在0.5 m/s～1.5 m/s；

c）真值系统有效测量范围应覆盖全部测试路径；

d）测试期间光照和场景布置应保持稳定；

e）测试重复次数M不应少于3次。

测试步骤方法1:

1）按照产品正常使用方式完成被测空间计算系统初始化。当系统连续输出有效位姿数据不少于5s后，开始测试。

2）按照规定测试路径和速度运动被测空间计算系统终端，同步采集被测系统输出的位姿、时间戳及真值系统输出的位姿和时间戳。每次测试应完整通过规定路径，中途不应人为暂停或重新初始化。

3）将空间计算系统的终端输出有效轨迹第一帧的时间戳、自身坐标系以及世界坐标系与真值轨迹对齐，按照时间戳建立两条轨迹中各位姿的对应关系。对于建立对应关系后的位姿，参考真值轨迹的位姿，每隔1m对位姿进行一次采样，得到采样后的位姿。对于无法建立有效时间对应关系的位姿，应记录其数量和占比。因被测系统自身输出中断造成的数据缺失，不应通过人工补点方式删除或掩盖。

4)根据公式(7.1.1-1)和(7.1.1-2),计算输出定位轨迹每运动1m的平移漂移误差$RMSE_{平移}$和旋转漂移误差$RMSE_{旋转}$。

$$\mathrm{RMSE}_{平移}=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n-1}\left\|\left(t_{i+1}^{est}-t_{i}^{est}\right)-\left(t_{i+1}^{gt}-t_{i}^{gt}\right)\right\|^{2}} \tag{7.1.1-1}$$

$$\mathrm{RMSE}_{旋转}=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n-1}\left\|\log\left(\left(R_{i}^{gt\,-1}R_{i+1}^{gt}\right)^{-1}\left(R_{i}^{est\,-1}R_{i+1}^{est}\right)\right)\right\|^{2}} \tag{7.1.1-2}$$

上式中 n 为轨迹中建立对应关系并每隔 1m 采样后的位姿的总数，$t_i^{est}$与$t_i^{gt}$为采样后位姿中第 i 组对应位姿的平移部分，$R_i^{est}$与$R_i^{gt}$为第 i 组对应位姿的旋转部分，log 为旋转矩阵的对数映射。

5）重复上述测试 M 次，计算 M 次平均平移漂移误差和平均旋转漂移误差，并分别列出各次测试结果。

判定准则1:

对于穿戴式终端：

1)$mRMSE_{平移}$>25mm/m或$mRMSE_{旋转}$>0.5°/m,该项不通过。

2)$mRMSE_{平移}$≤25mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.5°/m,该项为60分。

3)$mRMSE_{平移}$≤20mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.4°/m,该项为70分。

4)$mRMSE_{平移}$≤15mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.3°/m,该项为80分。

5)$mRMSE_{平移}$≤10mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.2°/m,该项为90分。

6)$mRMSE_{平移}$≤5mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.1°/m,该项为100分。

对于手持式终端：

1)$mRMSE_{平移}$>50mm/m或$mRMSE_{旋转}$>1.0°/m,该项不通过。

2)$mRMSE_{平移}$≤50mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤1.0°/m,该项为60分。

3)$mRMSE_{平移}$≤40mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.8°/m,该项为70分。

4)$mRMSE_{平移}$≤30mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.6°/m,该项为80分。

5)$mRMSE_{平移}$≤20mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.4°/m,该项为90分。

6)$mRMSE_{平移}$≤10mm/m且$mRMSE_{旋转}$*≤0.2°/m,该项为100分。

测试步骤方法2:

1）评测方选取适合的公开数据集，例如 EuRoC、TUM 和 ADVIO。从公开数据集中选择 N 组数据作为测试数据集，将被测空间计算系统运行在指定计算设备上，并向被测空间计算系统输入测试数据。

2）将被测空间计算系统输出有效轨迹第一帧的时间戳、自身坐标系以及世界坐标系与真值轨迹对齐，按照时间戳建立两条轨迹中各位姿的对应关系。

3）计算 N 组测试数据集下的平均绝对定位误差 mATE。

判定准则 2：

当测试数据集来源于 EuRoC 数据集时：

1)当 mATE>0.25m 时，该项不通过。

2)当 0.2m<mATE≤0.25m，该项为 60 分。

3)当 0.15m<mATE≤0.2m，该项为 70 分。

4)当 0.10m<mATE≤0.15m，该项为 80 分。

5)当 0.05m<mATE≤0.10m，该项为 90 分。

6)当 0≤mATE≤0.05m,该项为 100 分。

其他数据集可以此为参考。

### 7.1.2 实时定位时延测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统在常规场景下实时定位的延时。

适用性：C

测试条件：

a）测试设备应能够同步记录终端真实运动和被测系统位姿输出变化；

b）平移激励行程宜不小于0.2m，旋转激励角度宜不小于30°；

c）每种运动方式应分别重复不少于10次。

测试步骤：

1）按照GB/T 38259—2019规定布置移动延迟和转动延迟测试装置；

2）分别对被测终端施加平移和旋转运动激励，同步记录运动起始时刻和被测系统输出位姿开始变化的时刻；

3）平移和旋转测试分别重复不少于10次；

4）剔除因测试装置未触发或真值数据未记录造成的无效测试，因被测系统无输出造成的结果应作为测试失败记录；

5）分别计算平移平均时延和旋转平均时延。

判定准则：

对于穿戴式终端：

1)$mdt_{平移}$>50ms且$mdt_{旋转}$>50ms,该项不通过。

2)$mdt_{平移}$≤50ms且$mdt_{旋转}$≤50ms,该项为60分。

3)$mdt_{平移}$≤40ms且$mdt_{旋转}$≤40ms,该项为70分。

4)$mdt_{平移}$≤30ms且$mdt_{旋转}$≤30ms,该项为80分。

5)$mdt_{平移}$≤20ms且$mdt_{旋转}$≤20ms,该项为90分。

6)$mdt_{平移}$≤10ms且$mdt_{旋转}$≤10ms,该项为100分。

对于手持式终端：

1)$mdt_{平移}$>100ms且$mdt_{旋转}$>100ms,该项不通过。

2)$mdt_{平移}$≤100ms且$mdt_{旋转}$≤100ms,该项为60分。

3)$mdt_{平移}$≤80ms且$mdt_{旋转}$≤80ms,该项为70分。

4)$mdt_{平移}$≤60ms且$mdt_{旋转}$≤60ms,该项为80分。

5)$mdt_{平移}$≤40ms且$mdt_{旋转}$≤40ms,该项为90分。

6)$mdt_{平移}$≤20ms且$mdt_{旋转}$≤20ms,该项为100分。

### 7.1.3 实时定位抖动测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统在常规场景下实时定位的抖动。

适用性：C

测试条件：

a）静止测试时，被测终端应固定在稳定支架上，连续记录时间不应少于60 s；

b）运动测试路径和速度应符合7.1.1测试条件；

c）静止和运动测试应分别重复不少于3次；

d）测试过程中不应对被测系统原始位姿数据进行额外平滑或滤波。被测系统自身内置滤波功能应保持产品默认状态并记录。

测试步骤：

1)按照预设方式对被测空间计算系统的终端进行运动激励，完成初始化。

2)在常规场景下，分别记录被测空间计算系统终端的静止和运动轨迹。对于静止情况将被测空间计算系统终端静置1min，对于运动情况，以预设的方式运动被测空间计算系统的终端。以统一频率获取被测空间计算系统终端的定位轨迹和真值轨迹。

3)将空间计算系统的终端输出有效轨迹第一帧的时间戳、自身坐标系以及世界坐标系与真值轨迹对齐，按照时间戳建立两条轨迹中各位姿的对应关系。

4)根据公式(7.1.3-1)和(7.1.3-2)计算被测空间计算系统终端输出定位轨迹帧间的平移抖动误差$RMSE_{平移}$和旋转抖动误差$RMSE_{旋转}$。

$$RMSE_{平移}=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n-1}\left\|\left(t_{i+1}^{est}-t_{i}^{est}\right)-\left(t_{i+1}^{gt}-t_{i}^{gt}\right)\right\|^{2}} \quad (7.1.3\text{-}1)$$

$$RMSE_{旋转}=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n-1}\left\|\log\left(\left(R_{i}^{gt-1}R_{i+1}^{gt}\right)^{-1}\left(R_{i}^{est-1}R_{i+1}^{est}\right)\right)\right\|^{2}} \quad (7.1.3\text{-}2)$$

上式中n为轨迹中建立对应关系的位姿总数，$t_i^{est}$与$t_i^{gt}$为采样后位姿中第i组对应位姿的平移部分，$R_i^{est}$与$R_i^{gt}$为第i组对应位姿的旋转部分，log为旋转矩阵的对数映射。

5)重复上述步骤2)、3)和4)M次，计算M次的平均平移抖动误差$mRMSE_{平移}$和旋转抖动误差$mRMSE_{旋转}$。

判定准则1:

对于穿戴式终端：

1)静止$mRMSE_{平移}$>2.5mm或静止$mRMSE_{旋转}$>0.25°或运动$mRMSE_{平移}$>5mm或运动$mRMSE_{旋转}$>0.5°，该项不通过。

2)静止$mRMSE_{平移}$≤2.5mm且静止$mRMSE_{旋转}$≤0.25°且运动$mRMSE_{平移}$≤5mm且运动$mRMSE_{旋转}$≤0.5°，该项为60分。

3)静止$mRMSE_{平移}$≤2.0mm且静止$mRMSE_{旋转}$≤0.20°且运动$mRMSE_{平移}$≤4mm且运动$mRMSE_{旋转}$≤0.4°，该项为70分。

4)静止$mRMSE_{平移}$≤1.5mm且静止$mRMSE_{旋转}$≤0.15°且运动$mRMSE_{平移}$≤3mm且运动$mRMSE_{旋转}$≤0.3°，该项为80分。

5)静止$mRMSE_{平移}$≤1.0mm且静止$mRMSE_{旋转}$≤0.10°且运动$mRMSE_{平移}$≤2mm且运动$mRMSE_{旋转}$≤0.2°，该项为90分。

6)静止$mRMSE_{平移}$≤0.5mm且静止$mRMSE_{旋转}$≤0.05°且运动$mRMSE_{平移}$≤1mm且运动$mRMSE_{旋转}$≤0.1°，该项为100分。

对于手持式终端：

1)静止$mRMSE_{平移}$>5mm或静止$mRMSE_{旋转}$>0.5°或运动$mRMSE_{平移}$>10mm或运动$mRMSE_{旋转}$>1.0°，该项不通过。

2)静止$mRMSE_{平移}$≤5mm且静止$mRMSE_{旋转}$≤0.5°且运动$mRMSE_{平移}$≤10mm且运动$mRMSE_{旋转}$≤1.0°，该项为60分。

3)静止$mRMSE_{平移}$≤4mm且静止$mRMSE_{旋转}$≤0.4°且运动$mRMSE_{平移}$≤8mm且运动$mRMSE_{旋转}$≤0.8°，该项为70分。

4)静止$mRMSE_{平移}$≤3mm且静止$mRMSE_{旋转}$≤0.3°且运动$mRMSE_{平移}$≤6mm且运动$mRMSE_{旋转}$≤0.6°，该项为80分。

5)静止$mRMSE_{平移}$≤2mm且静止$mRMSE_{旋转}$≤0.2°且运动$mRMSE_{平移}$≤4mm且运动$mRMSE_{旋转}$≤0.4°，该项为90分。

6)静止$mRMSE_{平移}$≤1mm且静止$mRMSE_{旋转}$≤0.1°且运动$mRMSE_{平移}$≤2mm且运动$mRMSE_{旋转}$≤0.2°，该项为100分。

#### 7.1.4 实时定位鲁棒性测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统在挑战场景下实时定位的鲁棒性。

适用性：0

测试条件：

a）弱光场景的环境照度应低于100 lx，并记录实际照度；

b）低纹理场景中，被测终端主要视场内宜有不低于70%的区域由颜色或纹理变化较少的表面构成；

c）快速运动测试中，平移速度宜为1.5 m/s～2.0 m/s，或旋转角速度宜为90°/s～180°/s；

d）移动物体干扰场景中，宜设置不少于2个移动物体横向或纵向穿过终端主要视场；

e）各挑战因素应分别进行测试。除被考察因素外，其余测试条件应保持与常规场景一致；

f）每种挑战场景应重复测试不少于3次。

测试步骤：

1)按照预设方式对被测空间计算系统终端进行运动激励，完成初始化。

2)依次在弱光、低纹理、快速运动和移动物体干扰场景中进行测试。每种场景均按照规定测试路径运动终端，同步采集被测系统轨迹、真值轨迹和环境参数。不同挑战因素不宜在同一次测试中叠加，确需叠加时应单独说明。

3)将空间计算系统的终端输出有效轨迹第一帧的时间戳、自身坐标系以及世界坐标系与真值轨迹对齐，按照时间戳建立两条轨迹中各位姿的对应关系。对于建立对应关系后的位姿，参考真值轨迹的位姿，每隔1m对位姿进行一次采样，得到采样后的位姿。

4)根据公式(7.1.4-1)、(7.1.4-2)和(7.1.4-3),计算被测空间计算系统终端输出定位轨迹每运动1m的平移漂移误差RMSE$_{平移}$、旋转漂移误差RMSE$_{旋转}$和轨迹完整度C。

$$\mathrm{RMSE}_{平移}=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n-1}\left\|\left(t_{i+1}^{est}-t_{i}^{est}\right)-\left(t_{i+1}^{gt}-t_{i}^{gt}\right)\right\|^{2}} \quad (7.1.4\text{-}1)$$

$$\mathrm{RMSE}_{旋转}=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n-1}\left\|\log\left(\left(R_{i}^{gt^{-1}}R_{i+1}^{gt}\right)^{-1}\left(R_{i}^{est^{-1}}R_{i+1}^{est}\right)\right)\right\|^{2}} \quad (7.1.4\text{-}2)$$

$$\mathrm{C}=\frac{t_{eff}}{t_{total}} \quad (7.1.4\text{-}3)$$

上式中n为轨迹中建立对应关系并每隔1m采样后的位姿的总数，$t_i^{est}$与$t_i^{gt}$为采样后位姿中第i组对应位姿的平移部分，$R_i^{est}$与$R_i^{gt}$为第i组对应位姿的旋转部分，log为旋转矩阵的对数映射。$t_{eff}$为待测终端输出轨迹的有效时长，即待测终端按照本次测试规定的位姿输出频率，连续输出有效位姿的累计时长，$t_{total}$为待测终端输出轨迹的总时长。

5）重复上述步骤2）、3）和4）M次，计算M次的平均平移漂移误差mRMSE$_{平移}$、平均旋转漂移误差mRMSE$_{旋转}$和平均轨迹完整度mC

判定准则：

对于穿戴式终端：

1)mRMSE$_{平移}$>50mm/m或mRMSE$_{旋转}$ >1.0° /m或mC<55%,该项不通过。

2)mRMSE$_{平移}$≤50mm/m且mRMSE$_{旋转}$≤1.0° /m且mC≥55%,该项为60分。

3)mRMSE$_{平移}$≤40mm/m且mRMSE$_{旋转}$ ≤0.8° /m且mC≥65%,该项为70分。

4)mRMSE$_{平移}$≤30mm/m且mRMSE$_{旋转}$ ≤0.6° /m且mC≥75%,该项为80分。

5)mRMSE$_{平移}$≤20mm/m且mRMSE$_{旋转}$≤0.4° /m且mC≥85%,该项为90分。

6)mRMSE$_{平移}$≤10mm/m且mRMSE$_{旋转}$ ≤0.2° /m且mC≥95%,该项为100分。

对于手持式终端：

1)mRMSE$_{平移}$>100mm/m或mRMSE$_{旋转}$>2.0° /m或mC<55%,该项不通过。

2)mRMSE$_{平移}$≤100mm/m且mRMSE$_{旋转}$≤2.0° /m且mC≥55%,该项为60分。

3)mRMSE$_{平移}$≤80mm/m且mRMSE$_{旋转}$≤1.6° /m且mC≥65%,该项为70分。

4)mRMSE$_{平移}$≤60mm/m且mRMSE$_{旋转}$≤1.2° /m且mC≥75%,该项为80分。

5)mRMSE$_{平移}$≤40mm/m且mRMSE$_{旋转}$≤0.8° /m且mC≥85%,该项为90分。

6)mRMSE$_{平移}$≤20mm/m且mRMSE$_{旋转}$≤0.4° /m且mC≥95%,该项为100分。

### 7.1.5 重定位能力测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统在常规场景下重定位的性能。

适用性：C

测试条件：

a）测试前应明确被测系统采用在线重定位、已有地图重定位或云端地图重定位；

b）遮挡持续时间宜为3 s；

c）90° 、180° 和270° 三种旋转角度应分别测试，每种角度不少于3次；

d）取消遮挡后，应继续运动不少于5 m，用于判断重定位后的轨迹稳定性；

e）测试过程中不应人工触发重新初始化或手动选择重定位位置。

测试步骤方法1：

1)按照预设方式对待测定位终端进行运动激励，完成初始化。

2)被测终端稳定输出位姿后，遮挡定位摄像头和真值系统定位标记物3s。遮挡期间按照规定角度转动终端，分别完成90°、180°和270°旋转，然后取消遮挡并继续沿规定路径运动不少于5m。

3)将空间计算系统的终端输出有效轨迹第一帧的时间戳、自身坐标系以及世界坐标系与真值轨迹对齐，按照时间戳建立两条轨迹中各位姿的对应关系。对于建立对应关系后的位姿，参考真值轨迹的位姿，每隔1m对位姿进行一次采样，得到采样后的位姿。

4)首先参考真值轨迹计算在遮挡后被测空间计算系统终端位姿出现跳变（完成重定位）的时间相较于真值系统出现位姿时间的延迟dt并对90°、180°、270°不同旋转角度的结果取平均。其次根据公式(7.1.5-1)和(7.1.5-2),计算被测空间计算系统终端位姿出现跳变(完成重定位)后每运动1m的平移漂移误差$RMSE_{平移}$和旋转漂移误差$RMSE_{旋转}$，并对不同旋转角度的结果取平均。对于穿戴式终端若$RMSE_{平移}$>50mm/m或$RMSE_{旋转}$>1.0°/m则认为重定位失败，对于手持式终端若$RMSE_{平移}$>100mm/m或$RMSE_{旋转}$>2.0°/m则认定重定位失败，取消计算，统计能够重定位成功的旋转角度，作为重定位的有效范围R。当被测系统恢复连续有效位姿输出不少于2s，且恢复后的定位误差满足本条款规定的重定位成功阈值时，判定该次重定位成功。

$$\mathrm{RMSE}_{平移}=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n-1}\left\|\left(t_{i+1}^{est}-t_{i}^{est}\right)-\left(t_{i+1}^{gt}-t_{i}^{gt}\right)\right\|^{2}} \quad (7.1.5\text{-}1)$$

$$\mathrm{RMSE}_{旋转}=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n-1}\left\|\log\left(\left(R_{i}^{gt^{-1}}R_{i+1}^{gt}\right)^{-1}\left(R_{i}^{est^{-1}}R_{i+1}^{est}\right)\right)\right\|^{2}} \quad (7.1.5\text{-}2)$$

上式中n为轨迹中建立对应关系并每隔1m采样后的位姿的总数，$t_i^{est}$与$t_i^{gt}$为采样后位姿中第i组对应位姿的平移部分，$R_i^{est}$与$R_i^{gt}$为第i组对应位姿的旋转部分，log为旋转矩阵的对数映射。

5）重复上述步骤2）、3）和4）M次，计算M次的平均重定位延时mdt、平移漂移误差$mRMSE_{平移}$、平均旋转漂移误差$mRMSE_{旋转}$和平均重定位有效范围mR。

判定准则1：

对于穿戴式终端：

1)mdt>5s或$mRMSE_{平移}$>25mm/m或$mRMSE_{旋转}$>0.5°/m或mR<90°，该项不通过。

2)mdt≤5s且$mRMSE_{平移}$≤25mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.5°/m且mR≥90°，该项为60分。

3)mdt≤4s且$mRMSE_{平移}$≤20mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.4°/m且mR≥180°，该项为70分。

4)mdt≤3s且$mRMSE_{平移}$≤15mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.3°/m且mR≥180°，该项为80分。

5)mdt≤2s且$mRMSE_{平移}$≤10mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.2°/m且mR=270°，该项为90分。

6)mdt≤1s且$mRMSE_{平移}$≤5mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.1°/m且mR=270°，该项为100分。

对于手持式终端：

1)mdt>10s或$mRMSE_{平移}$>50mm/m或$mRMSE_{旋转}$>1.0°/m或mR<90°，该项不通过。

2)mdt≤10s且$mRMSE_{平移}$≤50mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤1.0°/m且mR≥90°，该项为60分。

3)mdt≤8s且$mRMSE_{平移}$≤40mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.8°/m且mR≥90°，该项为70分。

4)mdt≤6s且$mRMSE_{平移}$≤30mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.6°/m且mR≥180°，该项为80分。

5)mdt≤4s且$mRMSE_{平移}$≤20mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.4°/m且mR≥180°，该项为90分。

6)mdt≤2s且$mRMSE_{平移}$≤10mm/m且$mRMSE_{旋转}$≤0.2°/m且mR=270°，该项为100分。

评估方法2:

1)评测方选取适合的公开数据集，例如Aachen Day-Night Dataset。从公开数据集中选择测试数据，将被测空间计算系统运行在指定计算设备上，并向被测空间计算系统输入测试数据。

2)按照测试数据要求，通过被测空间计算系统计算重定位性能测评结果。统计重定位平移/旋转误差分别在(0.25m，2°)/(0.5m，5°)/(5m，10°)以下的测试样本比例$r_1$、$r_2$、$r_3$。

判定准则2:

1)$r_1$<50%或$r_2$<60%或$r_3$<65%,该项不通过。

2)$r_1$≥50%且$r_2$≥60%且$r_3$≥65%,该项为60分。

3)$r_1$≥65%且$r_2$≥70%且$r_3$≥75%,该项为70分。

4)$r_1$≥70%且$r_2$≥80%且$r_3$≥85%,该项为80分。

5)$r_1$≥75%且$r_2$≥85%且$r_3$≥90%,该项为90分。

6)$r_1$≥80%且$r_2$≥90%且$r_3$≥95%,该项为100分。

## 7.2 感知能力

### 7.2.1 自然光下室内环境三维重建精度测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统在自然光条件下对室内环境的三维重建能力。

适用性：B

测试条件：

a）测试区域宜包含墙面、地面、顶面、转角和不同深度层级的物体；

b）标记点数量不应少于12个，应分布在测试区域的中心、边缘、转角和不同高度位置，不应集中于单一平面；

c）相邻图像宜具有不低于60%的重叠区域；

d）图像采集路线应覆盖测试区域，宜包括至少3种不同采集路线；

e）自然光或弱光条件下均应记录测试区域内不少于5个位置的照度；

f）每种采集路线应独立完成三维重建，不应将不同重复测试数据合并后再输出单一模型。

测试步骤：

1)评测方在本次测评室内空间选取N个位置作为标记点进行标记，标记点应覆盖场景重点区域，通过高精度测量设备获取标记点的空间坐标真值$X_i^m$。

2)按照规定采集路线以稳定速度采集图像。图像应覆盖全部标记点和主要空间结构，图像模糊、过曝或欠曝时应重新采集。应记录图像分辨率、曝光方式、采集数量和相邻图像重叠率。将采集图像输入被测空间计算系统，完成三维重建，并输出重建模型及标记点在模型中的坐标。

3)评测方根据被测空间计算系统输出结果对齐真值坐标系和重建模型坐标系，基于公式(7.2.1-1)计算对齐后标记点在模型中坐标与真实坐标之间的均方根误差RMSEK。坐标对齐所使用的标记点和误差计算所使用的标记点宜分别设置；使用同一组标记点时，应在测试报告中说明。

$$RMSE_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i^q - X_i^m)^2}{N}} \quad (7.2.1\text{-}1)$$

4)评测方按照不同的采集方式重复2)、3)M次，基于公式(7.2.1-2)计算M次每平方米平均均方根误差mRMSE。

$$\mathrm{mRMSE} = \frac{1}{\mathrm{M}} \times \frac{\sum_{k=1}^{\mathrm{M}} \mathrm{RMSE_k}}{Area} \quad (7.2.1\text{-}2)$$

其中Area为场景投影面积。

判定准则：

1)当mRMSE>1mm/m²时，该项不通过。

2)当0.8mm/m²<mRMSE≤1mm/m²时，该项为50分起，mRMSE每降低0.02mm/m²,多1分。

3)当0.6mm/m²<mRMSE≤0.8mm/m²时，该项为60分起，mRMSE每降低0.02mm/m²,多1分。

4)当0.4mm/m²<mRMSE≤0.6mm/m²时，该项为70分起，mRMSE每降低0.02mm/m²,多1分。

5)当0.2mm/m²<mRMSE≤0.4mm/m²时，该项为80分起，mRMSE每降低0.02mm/m²,多1分。

6)当0mm/m²≤mRMSE≤0.2mm/m²时，该项为90分起，mRMSE每降低0.02mm/m²,多1分。

### 7.2.2 弱光下室内环境三维重建精度测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统在弱光条件下对室内环境的三维重建能力。

适用性：0

测试条件：

a）测试区域宜包含墙面、地面、顶面、转角和不同深度层级的物体；

b）标记点数量不应少于12个，应分布在测试区域的中心、边缘、转角和不同高度位置，不应集中于单一平面；

c）相邻图像宜具有不低于60%的重叠区域；

d）图像采集路线应覆盖测试区域，宜包括至少3种不同采集路线；

e）自然光或弱光条件下均应记录测试区域内不少于5个位置的照度；

f）每种采集路线应独立完成三维重建，不应将不同重复测试数据合并后再输出单一模型。

测试步骤：

1)评测方在本次测评室内空间选取N个位置作为标记点进行标记，标记点应覆盖场景重点区域，通过高精度测量设备获取标记点的空间坐标真值$X_i^m$。

2)按照规定采集路线以稳定速度采集图像。图像应覆盖全部标记点和主要空间结构，图像模糊、过曝或欠曝时应重新采集。应记录图像分辨率、曝光方式、采集数量和相邻图像重叠率。将采集图像输入被测空间计算系统，完成三维重建，并输出重建模型及标记点在模型中的坐标。

3)评测方根据被测空间计算系统输出结果对齐真值坐标系和重建模型坐标系，基于公式(7.2.2-1)计算对齐后标记点在模型中坐标与真实坐标之间的均方根误差RMSEK。坐标对齐所使用的标记点和误差计算所使用的标记点宜分别设置；使用同一组标记点时，应在测试报告中说明。

$$RMSE_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i^a - X_i^m)^2}{N}} \qquad (7.2.2\text{-}1)$$

4)评测方按照不同的采集方式重复2)、3)M次，基于公式(7.2.2-2)计算M次每平方米平均均方根误差mRMSE。

$$\mathrm{mRMSE} = \frac{1}{\mathrm{M}} \times \frac{\sum_{k=1}^{\mathrm{M}} \mathrm{RMSE_k}}{Area} \qquad (7.2.2\text{-}2)$$

其中Area为场景投影面积。

判定准则：

1)当mRMSE>2mm/m²时，该项不通过。

2)当1.6mm/m²<mRMSE≤2mm/m²时，该项为50分起，mRMSE每降低0.04mm/m²,多1分。

3)当1.2mm/m²<mRMSE≤1.6mm/m²时，该项为60分起，mRMSE每降低0.04mm/m²,多1分。

4)当0.8mm/m²<mRMSE≤1.2mm/m²时，该项为70分起，mRMSE每降低0.04mm/m²,多1分。

5)当0.4mm/m²<mRMSE≤0.8mm/m²时，该项为80分起，mRMSE每降低0.04mm/m²,多1分。

6)当0mm/m²≤mRMSE≤0.4mm/m²时，该项为90分起，mRMSE每降低0.04mm/m²,多1分。

### 7.2.3 自然光下物体三维重建精度测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统在自然光条件下对物体的三维重建能力。

适用性：B

测试条件：

a）测试物体不应少于3个，宜覆盖平面、曲面、锐边、细小结构和不同纹理特征；

b）应记录测试物体尺寸、材料、表面颜色、反光情况及真值模型获取方式；

c）真值模型精度应优于相应判定阈值的三分之一；

d）图像采集时应环绕物体360°，相邻拍摄方位角间隔宜不大于15°；

e）物体在图像中的有效占比宜为30%～80%，并保证物体完整可见；

f）每个物体应至少独立重建3次。

测试步骤：

1)评测方可通过高精度扫描等方式获得物体的三维真值模型。

2)在自然光下，评测方应环绕物体360°采集图像，至少覆盖水平环绕视角；对于具有顶部、底部或明显遮挡结构的物体，还应补充俯视、仰视视角。将不同视角采集的物体图像提供给被测空间计算系统，被测空间计算系统基于上述图像对单个物体进行三维重建，输出三维重建模型。

3)评测方对三维重建模型与三维真值模型进行坐标对齐，基于公式(7.2.3-1)计算对齐后重建模型每个顶点到真值模型表面最近距离$d_i$。

$$d_i = \min_{j \in Vert_{GT}} \left| (X_i^{q^*} - X_j^{m^*}) N_j^{m^*} \right| \quad (7.2.3\text{-}1)$$

其中$X_j^{m^*}$表示真值模型顶点坐标；$N_j^{m^*}$表示真值模型顶点法向量。

4)基于公式(7.2.3-2)和(7.2.3-3)计算平均绝对误差MAE和标准差SD。

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{M} d_i}{M} \quad (7.2.3\text{-}2)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{M} (d_i - \bar{d})^2}{M}} \quad (7.2.3\text{-}3)$$

其中 M 表示重建模型顶点总数，$\bar{d} = \frac{\sum_{i=0}^{M} d_i}{M}$。

判定准则：

1)当MAE>10mm或SD>10mm时，该项不通过。

2)当MAE≤10mm且SD≤10mm时，该项目得分60分。

3)当MAE≤8mm且SD≤8mm时，该项目得分70分。

4)当MAE≤6mm且SD≤6mm时，该项目得分80分。

5)当MAE≤4mm且SD≤4mm时，该项目得分90分。

6)当MAE≤2mm且SD≤2mm时，该项目得分100分。

### 7.2.4 弱光下物体三维重建精度测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统在弱光条件下对物体的三维重建能力。

适用性：O

测试条件：

a）测试物体不应少于3个，宜覆盖平面、曲面、锐边、细小结构和不同纹理特征；

b）应记录测试物体尺寸、材料、表面颜色、反光情况及真值模型获取方式；

c）真值模型精度应优于相应判定阈值的三分之一；

d）图像采集时应环绕物体360°，相邻拍摄方位角间隔宜不大于15°；

e）物体在图像中的有效占比宜为30%～80%，并保证物体完整可见；

f）每个物体应至少独立重建3次。

测试步骤：

1）评测方可通过高精度扫描等方式获得物体的三维真值模型。

2)在弱光下，评测方应环绕物体360°采集图像，至少覆盖水平环绕视角；对于具有顶部、底部或明显遮挡结构的物体，还应补充俯视、仰视视角。将不同视角采集的物体图像提供给被测空间计算系统，被测空间计算系统基于上述图像对单个物体进行三维重建，输出三维重建模型。

3)评测方对三维重建模型与三维真值模型进行坐标对齐，基于公式(7.2.4-1)计算对齐后重建模型每个顶点到真值模型表面最近距离$d_i$。

$$d_i = \min_{j \in Vert_{GT}} \left| (X_i^{a^*} - X_j^{m^*}) N_j^{m^*} \right| \quad (7.2.4\text{-}1)$$

其中$X_j^{m^*}$表示真值模型顶点坐标；$N_j^{m^*}$表示真值模型顶点法向量。

4)基于公式(7.2.4-2)和(7.2.4-3)计算平均绝对误差MAE和标准差SD。

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{M} d_i}{M} \quad (7.2.4\text{-}2)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{M} (d_i - \bar{d})^2}{M}} \quad (7.2.4\text{-}3)$$

其中M表示重建模型顶点总数，$\bar{d} = \frac{\sum_{i=0}^{M} d_i}{M}$。

判定准则：

1)当MAE>20mm或SD>20mm时，该项不通过。

2)MAE≤20mm且SD≤20mm,该项目得分60分。

3)MAE≤16mm且SD≤16mm,该项目得分70分。

4)MAE≤12mm且SD≤12mm,该项目得分80分。

5)MAE≤8mm且SD≤8mm,该项目得分90分。

6)MAE≤4mm且SD≤4mm,该项目得分100分。

### 7.2.5 开放空间三维重建精度测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统对开放环境的三维重建能力。

适用性：O

测试条件：

a）应记录公开数据集的名称、版本、测试序列和数据授权情况；

b）所选测试数据不应作为被测算法的训练数据；

c）测试场景不应少于3个，宜覆盖建筑物、道路、植被和开放区域；

d）应固定算法参数和运行硬件，记录CPU、GPU、内存、操作系统及算法版本；

e）被测系统应输出能够与真值数据比较的点云、网格模型或标记点坐标。

测试步骤：

1)评测方选择适合的室外开放场景公开数据集作为测试数据，测试数据应提供相机位姿和深度图真值生成场景的真值点云，可选择ETH3D、KITTI等数据集。

2)被测空间计算系统基于测试数据中的图像对开放空间进行三维重建。对具有随机性的重建算法，同一测试场景应重复运行不少于3次；确定性算法可运行1次，但应说明其确定性条件。

3)评测方根据被测空间计算系统输出结果对齐真值坐标系和重建模型坐标系，在重建模型和真值点云分别选取N个对应位置标记点，分别记录其空间坐标为 $X_i^a$、$X_i^m$

4)基于公式(7.2.5-1)计算对齐后重建模型和真值点云对应位置标记点的均方根误差。

$$RMSE_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i^a - X_i^m)^2}{N}} \quad (7.2.5\text{-}1)$$

5)选择M个不同室外开放场景测试数据，重复以上过程，基于公式(7.2.5-2)计算M次平均均方根误差。

$$\mathrm{mRMSE} = \frac{1}{\mathrm{M}} \times \sum_{\mathrm{k}=1}^{\mathrm{M}} \mathrm{RMSE_k} \quad (7.2.5\text{-}2)$$

判定准则：

1)20cm<mRMSE,该项目不通过。

2)16cm<mRMSE≤20cm,该项目50分起，mRMSE每降低0.4cm，多1分。

3)12cm<mRMSE≤16cm,该项目60分起，mRMSE每降低0.4cm，多1分。

4)8cm<mRMSE≤12cm,该项目70分起，mRMSE每降低0.4cm，多1分。

5)4cm<mRMSE≤8cm,该项目80分起，mRMSE每降低0.4cm，多1分。

6)0≤mRMSE≤4cm,该项目90分起，mRMSE每降低0.4cm，多1分。

### 7.2.6 平面检测能力测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统对视效范围内水平面、竖直平面及规则的几何图形的检测能力。

适用性：O

测试条件：

a）测试场景中应至少设置2个水平面、2个垂直面和1个规则几何图形；

b）主要测试平面的尺寸宜不小于1 m×1 m；

c）测试距离宜覆盖0.5 m、1.5 m和3 m三个距离；

d）应分别从正视、斜视和移动观察状态进行测试；

e）每种平面或几何图形应重复测试不少于3次。

测试步骤：

1)评测方启动被测空间计算系统平面检测功能，测试被测空间计算系统是否能够添加、更新、删除跟踪平面。

2)评测方启动被测空间计算系统平面检测功能，测试被测空间计算系统是否能够添加、更新、删除跟踪的几何图形。

3)评测方启动被测空间计算系统平面检测功能，测试被测空间计算系统是否能够实现水平面检测。

4)评测方启动被测空间计算系统平面检测功能，测试被测空间计算系统是否能够实现垂直平面检测。

5)评测方启动被测空间计算系统平面检测功能，测试被测空间计算系统是否能够实现几何图形检测。

判定准则：

1)不支持平面检测功能，该项不通过，为0分。

2)支持评估方法中1项功能为60分，另外多支持评估方法中任1项功能加10分，满分100分。

### 7.2.7 静态三维物体检测识别能力测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统对静态三维物体的检测识别能力。

适用性：B

测试条件：

a）测试数据集应采用其公开测试集或预先划分的独立测试集；

b）应说明测试数据是否参与被测算法训练或参数调优；

c）应固定置信度阈值、IoU阈值、输入分辨率和运行硬件；

d）推理时间T应定义为单个测试样本输入被测系统后至输出完整检测结果的时间，不包括数据集文件读取和结果写入时间；

e）正式计时前可进行不超过10个样本的预热，预热样本不计入最终结果。

测试步骤方法1：

1)评测方选择合适的静态三维物体数据集作为测试数据和真值结果。数据集中物体种类C应不少于2种，宜不超过10种，数据集应包含物体3D边缘轮廓信息。可使用Aria Digital Twin Dataset数据集中的数据。

2)被测空间计算系统在测试数据集上输出各个物体的三维轮廓估计值和相应的置信度r、推理时间T,并与数据集提供的真值标注进行比较，参考公式(7.2.7-1)计算指标mAP[50%::5%::95%]。对测试集全部样本进行一次完整推理，不应根据测试结果调整置信度阈值后重新选取最优结果。

$$\mathrm{mAP}[50\% :: 5\% :: 95\%] = \frac{1}{|C|}\sum_{c=1}^{C} AP_c \quad (7.2.7\text{-}1)$$

其中：

$$AP_c = \frac{1}{|T|}\sum_{t\in T} AP_{c,t} = \frac{1}{|T|}\sum_{t\in T}\int_0^1 p(c,r,t)dr \quad (7.2.7\text{-}2)$$

C为所有不同类别的集合，$AP_c$为类别为c的物体的平均精确度；

T={50%,55%,60%,65%,…,95%}是所有的阈值组合；

p(r，t)表示当交并比(Intersection over Union,IoU)阈值为t,物体3D检测置信度为r时的精确度。

$AP_t = \int_0^1 p(r,t)dr$计算的是当IoU阈值为t,通过改变检测置信度r,所产生的精确率一召回率曲线下的面积。

判定准则：

1)当mAP≤50%时，该项不通过。

2)当50%<mAP≤60%,该项为50分起，mAP每提升1%,多1分；当T>1s时，每超过0.1s减2分。

3)当60%<mAP≤70%,该项为60分起，mAP每提升1%,多1分；当T>1s时，每超过0.1s减2分。

4)当70%<mAP≤80%时，该项为70分起，mAP每提升1%,多1分；当T>1s时，每超过0.1s减2分。

5)当80%<mAP≤90%时，该项为80分起，mAP每提升1%,多1分；当T>1s时，每超过0.1s减2分。

6)当90%<mAP≤100%时，该项为90分起，mAP每提升1%,多1分；当T>1s时，每超过0.1s减2分。

测试步骤方法2：

1)评测方选择合适的物体识别标准数据集作为测试数据集，可使用LINEMOD、RBOT等数据集。

2)被测空间计算系统基于测试数据集生成6DoF位姿估计结果，评测方将被测空间计算系统生成结果与测试数据集的真值进行比较，得到算法每帧的误差值。

3)以cmd5指标来评估算法精度，其中cmd5的定义为，整个序列中位置误差小于5cm,角度误差小于5°的占比。

判定准则2:

1)当cmd5<60%,该项不通过。

2)当60%≤cmd5≤100%,该项得分为cmd5×100。

### 7.2.8 单物体实时追踪能力测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统对视效范围内单个物体的追踪能力。

适用性：B

测试条件：

a）每段测试序列持续时间宜不少于30s；

b）测试序列帧率宜不低于30帧/s；

c）测试序列不应少于3段；

d）目标物体进入画面后，应在规定初始帧完成初始化；

e）应记录跟踪初始化时间、跟踪中断次数、中断持续时间和恢复情况。

测试步骤：

1)评测方选取一段合适的测试数据，测试数据应包含单个动态物体三维轮廓真值信息，物体屏占比应小于70%,可使用Aria Digital Twin Dataset数据集中的数据。

2)被测空间计算系统基于测试数据集输出追踪物体的三维轮廓信息,评测方将输出结果与数据集提供的三维轮廓真值信息进行比对，统计3D mIoU<70%的帧数占测试数据总帧数，记为追踪丢失比率P。

3)评测方选取不同测试数据N段，重复上述过程，基于公式(7.2.8-1)计算N次测试的平均追踪丢失比率。

$$\bar{P}=\frac{\sum_{i=1}^{N}P_i}{N} \quad (7.2.8\text{-}1)$$

判定准则：

1)当$P$>30%时，该项不通过。

2)当25%<$P$≤30%时，该项为50分起，$P$每减少0.5个百分点,多1分。

3)当20%<$P$≤25%时，该项为60分起，$P$每减少0.5个百分点,多1分。

4)当15%<$P$≤20%时，该项为70分起，$P$每减少0.5个百分点,多1分。

5)当10%<$P$≤15%时，该项为80分起，$P$每减少0.5个百分点,多1分。

6)当0≤$P$≤10%时，该项为90分起，$P$每减少1个百分点,多1分。

### 7.2.9 单物体追踪抗干扰能力测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统对视效范围内单个物体追踪抗干扰能力。

适用性：O

测试条件：

a）每段测试序列持续时间宜不少于30s；

b）测试序列帧率宜不低于30帧/s；

c）测试序列不应少于3段；

d）目标物体进入画面后，应在规定初始帧完成初始化；

e）应记录跟踪初始化时间、跟踪中断次数、中断持续时间和恢复情况。

f）干扰源宜与被追踪目标在外观、尺寸或运动轨迹方面具有相似性，测试过程中干扰源应与目标发生不少于3次交叉、接近或部分遮挡。

测试步骤：

1)评测方选取一段合适的测试数据，测试数据应包含被追踪运动物体及与被追踪物体相似的干扰源，被追踪物体屏占比应小于70%,干扰源屏占比应小于50%,同时能够提供被追踪物体及干扰源的三维轮廓真值信息，可使用Aria Digital Twin Dataset数据集中的数据。

2)被测空间计算系统基于测试数据集输出追踪物体的三维轮廓信息，评测方将输出结果与数据集提供的三维轮廓真值信息进行比对，当输出结果与被追踪物体的3D mIoU大于输出结果与干扰源的3D mIoU时记为抗干扰成功，统计抗干扰成功的帧数占测试数据总帧数，记为抗干扰比率P。

3)评测方选取不同测试数据N段，重复上述过程，基于公式(7.2.9-1)计算N次测试的平均抗干扰比率。

$$\overline{P}=\frac{\sum_{i=1}^{N}P_i}{N} \quad (7.2.9\text{-}1)$$

判定准则：

1)当$\overline{P}$<50%时，该项不通过。

2)当50%≤$\overline{P}$≤60%时，该项为60分。

3)当60%<$\overline{P}$≤70%时，该项为70分。

4)当70%<$\overline{P}$≤80%时，该项为80分。

5)当80%<$\overline{P}$≤90%时，该项为90分。

6)当90%<$\overline{P}$≤100%时，该项为100分。

### 7.2.10 多物体实时追踪能力测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统在自然光条件下对视效范围内多个物体的追踪能力。

适用性：O

测试条件：

a）每段测试序列持续时间宜不少于30s；

b）测试序列帧率宜不低于30帧/s；

c）测试序列不应少于3段；

d）目标物体进入画面后，应在规定初始帧完成初始化；

e）应记录跟踪初始化时间、跟踪中断次数、中断持续时间和恢复情况。

f）多个目标之间宜包含交叉运动、相互遮挡和进出视场等情况。各目标在测试序列中应具有唯一真值标识，用于判断身份切换。

测试步骤：

1)评测方选取一段合适的三维物体数据集作为测试数据和真值结果，数据集中物体种类K应不少于2种，宜不超过10种，数据集应包含物体3D边缘轮廓信息。可使用Aria Digital Twin Dataset数据集中的数据。

2)被测空间计算系统基于测试数据输出实时追踪结果，与测试数据真值进行比对，分别计算K种物体被追踪过程的3D mIoU,每种物体的3D mIoU<70%的帧数占该物体存在的总帧数的比率作为追踪丢失比率$T_i$计算K个物体的平均追踪丢失率$P=\frac{\sum_{i=1}^{K}T_i}{K}$。

3)评测方选取不同测试数据N段，重复上述过程，计算N次测试平均追踪丢失率的平均值$\overline{P}$

判定准则：

1)当$\overline{P}$>30%时，该项不通过。

2)当25%<$\overline{P}$≤30%时，该项为50分起，P每减少0.5个百分点,多1分。

3)当20%<$\overline{P}$≤25%时，该项为60分起，P每减少0.5个百分点,多1分。

4)当15%<$\overline{P}$≤20%时，该项为70分起，P每减少0.5个百分点,多1分。

5)当10%<$\overline{P}$≤15%时，该项为80分起，P每减少0.5个百分点,多1分。

6)当0≤$\overline{P}$≤10%时，该项为90分起，P每减少1个百分点,多1分。

## 7.3 交互能力

### 7.3.1 触控手势交互能力测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统触控手势交互能力。

适用性：C

测试条件：

a）被测方应提供系统声明支持的触控手势清单；

b）测试应至少覆盖轻点、长按、滑动、拖动、缩放和旋转中系统实际支持的手势；

c）每种触控手势应独立测试不少于20次；

d）测试过程中应关闭与本次操作无关的辅助输入方式。

测试步骤：

1）按照被测系统声明的标准操作方式执行一种触控手势；

2）记录系统是否识别正确、是否触发目标功能、是否产生非预期操作；

3）对每种手势重复不少于20次；

4）计算每种手势的正确响应率。

判定准则：

系统声明支持的各类触控手势正确响应率均不低于95%，且未出现影响任务完成的非预期操作时，该项为100分；否则该项不通过。

### 7.3.2 空中手势识别能力测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统对空中手势的识别能力。

适用性：C

测试条件：

a）现场测试人员宜不少于5人，宜覆盖不同手型和左右手使用习惯；

b）被测终端与手部的距离应处于产品声明的有效识别范围内，并记录实际距离；

c）手势种类N不应少于5种；被测系统声明支持不足5种时，应对其声明支持的全部手势进行测试；

d）每名测试人员在每种背景条件下，对每种手势测试不少于10次；

e）手势出示顺序应随机，测试人员不应通过固定顺序预测下一手势。

测试步骤方法1：

1）评测方在深色背景、自然光环境下，组织测试人员对被测空间计算系统声明支持的N种手势逐一进行测试。每种手势应测试不少于20次，测试次数宜在不同测试人员之间均匀分配。每次随机出示1种手势，记录真实手势种类、系统识别结果及是否产生有效响应。

2）评测方在浅色背景、自然光环境下，按照与步骤1）相同的手势种类、测试人员、识别距离和测试次数进行测试。每种手势应测试不少于20次，每次随机出示1种手势，继续按照表1记录真实手势种类和系统识别结果。

3）测试过程中，系统输出结果与真实手势一致时，记为正确识别；系统输出其他手势时，记为误识别；系统在规定响应时间内未输出有效结果时，记为漏识别。误识别和漏识别均应如实记录，不应在测试过程中重复出示同一手势以替代原测试结果。

表1空间计算系统手势识别结果

| 真实情况 / 识别结果 | | 第 1 种手势 | 第 2 种手势 | 第 3 种手势 | ... | 第 N 种手势 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 第 1 种手势 | | $a_1$ | $a_2$ | $a_3$ | ... | $a_N$ |
| 第 2 种手势 | | $b_1$ | $b_2$ | $b_3$ | ... | $b_N$ |
| 第 3 种手势 | | $c_1$ | $c_2$ | $c_3$ | ... | $c_N$ |
| ... | | ... | ... | ... | ... | ... |
| 第 N 种手势 | | $N_1$ | $N_2$ | $N_3$ | ... | $N_N$ |

4)分别统计深色背景和浅色背景下各类手势的识别结果，并根据公式（7.3.2-1）计算各类手势及全部手势的查准率P、查全率R和$F_1$ 值。现场测试的最终结果取两种背景条件下相应指标的算术平均值，同时应分别报告两种背景条件下的测试结果。

$$P=\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N}P_i \qquad R=\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N}R_i \qquad F_1=\frac{2\cdot P\cdot R}{P+R} \qquad (7.3.2\text{-}1)$$

其中以i=1为例，$P_1=\frac{a_1}{a_1+b_1+\ldots+N_1}$，$R_1=\frac{a_1}{a_1+a_2+\ldots+a_N}$，其他以此类推。

判定准则1:

1)当P≤88%或R≤88%或$F_1$≤88%时，该项不通过。

2)当P>88%且R>88%且$F_1$>88%时，该项为60分。

3)当P>92%且R>92%且$F_1$>92%时，该项为70分。

4)当P>94%且R>94%且$F_1$>94%时，该项为80分。

5)当P>96%且R>96%且$F_1$>96%时，该项为90分。

6)当P>98%且R>98%且$F_1$>98%时，该项为100分。

测试步骤方法2：

1）评测方选择适合的主视角空中手势公开数据集作为测试数据，记录数据集名称、版本、测试集范围、手势种类、样本数量、图像分辨率和帧率。原则上应采用数据集公开划分的测试集；测试数据曾用于被测系统训练或参数调优的，应在测试报告中说明。

2)将测试数据按照数据集原始顺序完整输入被测空间计算系统。测试过程中，被测系统的软件版本、运行硬件、输入分辨率和识别参数应保持不变，不应根据测试结果临时调整置信度阈值。

3）记录被测空间计算系统对每个测试样本输出的手势类别、置信度和响应时延。响应时延T为单个

测试样本输入被测系统至系统输出最终识别结果之间的时间。

4）计算被测空间计算系统对测试数据集中手势识别的查准率P、查全率R、$F_1$ 值和平均响应时延T。对于无识别结果的样本，应计为漏识别，不应直接删除。

判定准则2:

1)当P≤95%或R≤95%或$F_1$≤95%或T>500ms时，该项不通过。

2)当P>95%且R>95%且$F_1$>95%且T≤500ms时，该项为60分。

3)当P>96%且R>96%且$F_1$>96%且T<400ms时，该项为70分。

4)当P>97%且R>97%且$F_1$>97%且T<300ms时，该项为80分。

5)当P>98%且R>98%且$F_1$>98%且T<200ms时，该项为90分。

6)当P>99%且R>99%且$F_1$>99%且T≤100ms时，该项为100分。

### 7.3.3 空中手势关键点跟踪能力测评方法及判定准则

评估目的：测试空中手势关键点跟踪系统的精度。

适用性：C

测试条件：

a）应记录测试数据集名称、版本、测试序列和关键点定义；

b）测试数据不应参与被测算法训练或参数调优；

c）关键点集合宜至少包括腕部、各指关节和指尖等关键位置；

d）被测系统关键点定义与测试数据集不一致时，应建立明确的关键点映射关系；

e）计算平移误差前，应明确是否进行腕部根节点对齐、尺度对齐或坐标系对齐。

测试步骤：

1)评测方从公开数据集或自建测试数据集中选择N段相互独立的测试序列，N不应少于3。测试数据应包含手部关键点三维位置真值、对应图像、时间戳和帧率信息，可采用InterHand等公开数据集。评测方应记录数据集名称、版本、测试序列名称、关键点数量及坐标单位。

2)评测方按照测试数据的原始时间顺序，将测试序列输入被测空间计算系统。被测空间计算系统应逐帧输出各手部关键点在三维空间中的位置、时间戳及跟踪状态。测试过程中不应针对单个测试序列重新调整算法参数或人工重新初始化跟踪结果。

3）评测方应将被测空间计算系统输出结果与测试数据真值进行时间戳匹配和坐标系对齐。被测系统输出的坐标单位、坐标轴方向或坐标原点与测试数据不一致时，应采用统一的刚体变换完成坐标系转换，并在测试报告中说明转换方法。

测试数据本身缺少图像、真值标注或时间戳的帧，可作为无效数据帧剔除；被测空间计算系统未输出关键点、输出关键点数量不足或跟踪状态为丢失的帧，应记为跟踪丢失帧，不应作为无效数据直接删除。

4）对建立有效对应关系的关键点位置，基于公式（7.3.3-1）计算关键点平移误差$RMSE_{平移}$，基于公式（7.3.3-2）计算关键点帧间抖动误差$RMSE_{抖动}$。

$$RMSE_{平移} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\sqrt{(\dot{x}_i - x_i)^2 + (\dot{y}_i - y_i)^2 + (\dot{z}_i - z_i)^2} \quad (7.3.3\text{-}1)$$

$$RMSE_{抖动} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n-1}\sqrt{\|(\dot{p}_{i+1} - \dot{p}_i) - (p_{i+1} - p_i)\|^2} \quad (7.3.3\text{-}2)$$

其中，$\dot{p}_i = (\dot{x}_i, \dot{y}_i, \dot{z}_i)$表示在第i帧图像中食指关键点在空间中的真值位置，$p_i = (x_i, y_i, z_i)$在第i帧图像中被测算法输出的食指关键点的估计位置。

5)分别计算每段测试序列的关键点平移误差、关键点抖动误差和跟踪丢失帧比例。基于N段测试序列的结果，计算平均平移误差$mRMSE_{平移}$和平均抖动误差$mRMSE_{抖动}$，并在测试报告中分别列出各测试序列结果及总体平均结果。

判定准则：

1)当$mRMSE_{抖动}$>2.5cm或$mRMSE_{平移}$>5cm时，该项不通过。

2)当4cm<$mRMSE_{平移}$≤5cm时，该项为60分起，$mRMSE_{平移}$每减少0.1cm多1分。

3)当3cm<$mRMSE_{平移}$≤4cm时，该项为70分起，$mRMSE_{平移}$每减少0.1cm多1分。

4)当2cm<$mRMSE_{平移}$≤3cm时，该项为80分起，$mRMSE_{平移}$每减少0.1cm多1分。

5)当0cm≤$mRMSE_{平移}$≤2cm时，该项为90分起，$mRMSE_{平移}$每减少0.2cm多1分。

### 7.3.4 空中手势关键点跟踪时延测评方法及判定准则

评估目的：测试空中手势关键点的跟踪时延。

适用性：C

测试条件：

a）高速相机拍摄帧率不应低于240帧/s；

b）显示设备刷新率宜不低于90Hz；

c）高速相机画面应同时完整包含手部模具和跟踪结果显示区域；

d）机械臂每次运动的起始位置、运动方向、运动速度和运动幅度应保持一致；

e）测试应重复不少于30次。

测试步骤：

1）评测方将手部模具装于机械臂上先保持静止。

2)准备显示屏放在手部模具旁边，将手势跟踪算法的结果实时输出到显示屏上。

3)准备高速拍摄相机对着手部模具，保证能同时拍到手和显示屏结果，高速相机拍照时需要同时记录时间戳。

4)控制机械臂让手部模具由静止开始运动起来。

5)根据高速相机拍摄结果，确定手部模具开始运动时的时间戳$t_{gt}$，以及显示屏上手势跟踪结果开始变化的时间$t_{pred}$,计算手势跟踪时延$t_{延时} = |t_{gt} - t_{pred}|$。高速相机帧时间应作为统一时间基准。若测试结果受显示器刷新延迟影响，应说明是否进行显示延迟补偿及补偿方法。

6）重复多次计算$m_t_{延时}$

判定准则：

1)当$m_t_{延时}$>50ms时，该项不通过。

2)当$m_t_{延时}$≤50ms时，该项为60分。

3)当$m_t_{延时}$≤40ms时，该项为70分。

4)当$m_t_{延时}$≤30ms时，该项为80分。

5)当$m_t_{延时}$≤20ms时，该项为90分。

6)当$m_t_{延时}$≤10ms时，该项为100分。

### 7.3.5 语音交互能力测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统的语音交互能力。

适用性：O

测试条件：

a）测试语句K不应少于20句，宜覆盖启动、选择、确认、取消、导航、查询和内容操作等不同意图；

b）测试人员宜不少于5人，并覆盖不同性别、音色和普通话口音；

c）测试人员与被测终端麦克风的距离宜为0.5 m～1.0 m，并在全部测试中保持一致；

d）环境噪声应使用声级计在被测终端麦克风附近测量，记录等效连续A计权声压级；

e）应记录所使用噪声的类型，例如人声、交通声、室内设备声或宽带噪声；

f）正常语速和较快语速应在测试前规定，较快语速宜比正常语速提高不少于20%；

g）四种测试条件的执行顺序应随机，每种条件应独立测试；

h）系统测试前应清除上一条语句产生的对话状态，连续对话功能测试除外。

测试步骤：

1)评测方选取K句常用交互语句在正确使用语音交互功能时进行测试,每名测试人员在4种测试条件下分别朗读全部K句测试语句。每条语句只朗读一次，不应在系统无响应后立即重复或人工纠正。系统能够正确响应意图的次数为K1,正确响应率N1=K1/K×100%,系统错误响应意图次数为K2,错误响应率N2=K2/K×100%。N1、N2应分别按每名测试人员、每种测试条件计算；汇总结果应以相应统计范围内的实际测试语句总次数为分母。

条件1:环境噪声小于60 dB,测试人员使用正常语速读交互语句。

条件2:环境噪声不小于60 dB且小于80 dB测试人员使用正常语速读交互语句。

条件3:环境噪声小于60 dB,测试人员使用较快语速读交互语句。

条件4:环境噪声不小于60 dB且小于80 dB,测试人员使用较快语速读交互语句。

2）分别记录正确响应、错误响应和无响应三种结果。

3）正确响应是指系统识别的意图及执行结果均与测试语句预期一致；仅正确转写文本但未正确执行意图的，应记为错误响应。

4）分别计算四种测试条件下的正确响应率和错误响应率，并给出总体结果和分条件结果。

判定准则：

1)当N1<80%且N2≥20%时，该项不通过。

2)当80%≤N1<85%且10%≤N2<15%时，该项为60分。

3)当85%≤N1<90%且5%≤N2<10%时，该项为70分。

4)当90%≤N1<95%且5%≤N2<10%时，该项为80分。

5)当95%≤N1≤100%且2%≤N2<5%时，该项为90分。

6)当95%≤N1≤100%且0%≤N2<2%时，该项为100分。

### 7.3.6 手柄交互能力测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统的手柄交互能力。

适用性：C

测试条件：

a）手柄应按照产品正常使用方式完成配对和校准；

b）测试操作宜包括指向、选择、拖动、旋转、缩放、返回和菜单调用等系统支持的功能；

c）每种操作应测试不少于20次；

d）交互方式切换测试应不少于10次。

测试步骤：

1）使用手柄依次完成系统声明支持的操作；

2）记录操作是否正确执行及是否出现误触发；

3）从手势、触控或其他交互方式切换到手柄交互，并完成指定任务；

4）记录切换是否成功、切换过程中是否出现功能中断及任务完成情况。

判定准则：

1)无响应，此项不通过。

2)可以手柄交互，此项为100分。

### 7.3.7 协同交互能力测评方法及判定准则

评估目的：测试空间计算系统的协同交互能力。

适用性：O

测试条件：

a）应分别使用2个和3个终端开展协同测试；

b）各终端应连接同一协同服务或共享空间，并完成空间坐标系或空间锚点对齐；

c）应记录网络类型、上下行带宽、平均网络时延、抖动和丢包率；

d）各终端时间同步误差宜不大于10ms；

e）每种协同任务应重复不少于10次。

测试步骤：

1）终端A创建或修改一个空间标注、三维对象或设计内容；

2）终端B和终端C保持在能够观察对应空间位置的状态；

3）记录终端A完成操作并提交的时间，以及其他终端显示稳定、正确结果的时间；

4）跨终端时延T取操作提交时刻至最后一个参与终端正确显示该结果时刻的时间差；

5）分别测试新增、移动、修改和删除等协同操作；

6）每种操作重复不少于10次，计算平均时延、最大时延和操作成功率。

判定准则：

1)不能实现协同功能，该项为不通过。

2)能够实现协同功能且T>3s,该项为60分。

3)能够实现协同功能且2s≤T≤3s,该项为70分。

4)能够实现协同功能且1s≤T<2s,该项为80分。

5)能够实现协同功能且0.5s≤T<1s,该项为90分。

6)能够实现协同功能且0s≤T<0.5s,该项为100分。

## 8 基础能力评估准则

根据测试结果，可对感知、定位和交互能力分别进行等级评估，空间计算基础能力共分为5级，其中1级为基础级，5级为最高级，根据测评表现结果可参考以下评估准则进行判定。

表2 评估准则

| 能力级别 | 条件 |
| --- | --- |
| 1级 | 必选项（包含条件触发后构成的必选项）：全部完成测试且各测试项分数均不低于60分。 |
| 2级 | 必选项（包含条件触发后构成的必选项）：全部完成测试且各测试项分数均不低于60分，同时必选项所获得的分数大于必选项分数总和的80%。 |
| 3级 | 必选项（包含条件触发后构成的必选项）：全部完成测试且各测试项分数均不低于60分，同时必选项所获得的分数大于必选项分数总和的80%。<br>可选项（包含条件触发后构成的可选项）：所获得的分数大于可选项分数总和的50%。 |
| 4级 | 必选项（包含条件触发后构成的必选项）：全部完成测试且各测试项分数均不低于60分,同时必选项所获得的分数大于必选项分数总和的90%。<br>可选项（包含条件触发后构成的可选项）：所获得的分数大于可选项分数总和的70%。 |
| 5级 | 必选项（包含条件触发后构成的必选项）：全部完成测试且各测试项分数均不低于60分,同时必选项所获得的分数大于必选项分数总和的90%。<br>可选项（包含条件触发后构成的可选项）：所获得的分数大于可选项分数总和的80%。 |

# 附录 A

（规范性）

## 适用性说明

表A.1 空间计算基础能力测评项目适用性及触发条件

| 序号 | 一级指标 | 细分项 | 适用性 | 触发条件说明 |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 定位能力 | 实时定位漂移测评 | B | |
| 2. | | 实时定位时延测评 | C | 当被测系统包含手持或穿戴式终端，此项为必选项，否则为不涉及。 |
| 3. | | 实时定位抖动测评 | C | 当被测系统包含手持或穿戴式终端，此项为必选项，否则为不涉及。 |
| 4. | | 实时定位鲁棒性测评 | O | 当被测系统包含手持或穿戴式终端，此项为可选项，否则为不涉及。 |
| 5. | | 重定位能力测评 | C | 当被测系统包含手持或穿戴式终端，此项为必选项，否则为可选项。 |
| 6. | 感知能力 | 自然光下室内环境三维重建精度测评 | B | |
| 7. | | 弱光下室内环境三维重建精度测评 | O | |
| 8. | | 自然光下物体三维重建精度测评 | B | |
| 9. | | 弱光下物体三维重建精度测评 | O | |
| 10. | | 开放空间三维重建精度测评 | O | |
| 11. | | 平面检测能力测评 | O | |
| 12. | | 静态三维物体检测识别能力测评 | B | |
| 13. | | 单物体实时追踪能力测评 | B | |
| 14. | | 单物体追踪抗干扰能力测评 | O | |
| 15. | | 多物体实时追踪能力测评 | O | |
| 16. | 交互能力 | 触控手势交互能力测评 | C | 当被测系统包含手持式终端，此项为必选项，否则为不涉及。 |
| 17. | | 空中手势识别能力测评 | C | 当被测系统包含穿戴式终端，此项为必选项，否则为可选项。 |
| 18. | | 空中手势关键点跟踪 | C | 当被测系统包含穿戴式终端，此项 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 能力测评 | | 为可选项，否则为不涉及。 |
| 19. | | 空中手势关键点跟踪时延测评 | C | 当被测系统包含穿戴式终端，此项为可选项，否则为不涉及。 |
| 20. | | 语音交互能力测评 | O | |
| 21. | | 手柄交互能力测评 | C | 当被测系统包含交互手柄，此项为必选项，否则为不涉及。 |
| 22. | | 协同交互能力测评 | O | |