



中华人民共和国国家标准

GB/T 45579—2025

机器人智能化视觉评价方法及等级划分

Robot intelligent vision evaluation method and classification

2025-04-25 发布

2025-08-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 通则 3

5 视觉智能等级划分 4

6 测评条件 6

 6.1 数据集要求 6

 6.2 测试集要求 6

 6.3 测评环境 8

 6.4 测评设备和接口 9

7 测评方法 9

 7.1 测评流程 9

 7.2 确定测评方案 11

 7.3 构建测试集 13

 7.4 搭建测评环境 13

 7.5 指标测评 13

8 结果计算 20

 8.1 人体姿态估计 20

 8.2 人脸识别 22

 8.3 图像识别 23

 8.4 物体识别 24

 8.5 测距精度 25

 8.6 准测率 25

 8.7 角度分辨率 25

 8.8 测温准确度 25

 8.9 测温误报率 26

 8.10 测温漏报率 26

9 评价报告 26

附录 A（资料性） 机器人智能化视觉评价及等级划分示例 27

附录 B（资料性） 机器人视觉典型应用 32

参考文献 33

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国机器人标准化技术委员会(SAC/TC 591)归口。

本文件起草单位：上海机器人产业技术研究院有限公司、节卡机器人股份有限公司、广东博智林机器人有限公司、美的集团(上海)有限公司、上海飒智智能科技有限公司、法奥意威(苏州)机器人系统有限公司、上海擎朗智能科技有限公司、北京洛必德科技有限公司、启元实验室、中移(杭州)信息技术有限公司、上海电器科学研究所(集团)有限公司、上海国评智检机器人有限公司、威凯检测技术有限公司、华东师范大学、科沃斯机器人股份有限公司、磅客策(上海)智能医疗科技有限公司、上海中巽科技股份有限公司、赛那德科技有限公司、苏州明图智能科技有限公司、四川蓝海智能装备制造有限公司、互科智能科技(上海)有限公司、重庆凯瑞认证服务有限公司、上海图灵智造机器人股份有限公司、重庆凯瑞机器人技术有限公司、江苏汇博机器人技术股份有限公司、上海贝特威自动化科技有限公司、长三角哈特机器人产业技术研究院。

本文件主要起草人：郑军奇、许雄、胡佳文、奉飞飞、张建政、王超、唐旋来、霍向、梁斌、夏羿、邢琳、范佳琪、邢军、邱崧、严海、孟祥、张兆东、王铭秋、李华、吕新伟、兰冰、姜慧、唐臣玉、周俊杰、王雨琴、禹鑫焱、陈红光、赵立军。



机器人智能化视觉评价方法及等级划分

1 范围

本文件规定了机器人智能化视觉评价的通则、视觉智能等级划分、测评条件,描述了相应的测评方法、结果计算与评价报告。

本文件适用于工业机器人、个人/家用服务机器人、公共服务机器人、特种机器人(主要指建筑机器人)的智能化视觉评价及等级划分,其他类特种机器人参考使用。

本文件不适用于医疗机器人、军用机器人、具有机器人特性的玩具、无人驾驶航空器。

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 2423.10 环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc: 振动(正弦)
GB 4943.1 音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分:安全要求
GB/T 9254.1—2021 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第1部分:发射要求
GB/T 9254.2—2021 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第2部分:抗扰度要求
GB/T 12642—2013 工业机器人 性能规范及其试验方法
GB/T 26189—2010 室内工作场所的照明
GB/T 35273 信息安全技术 个人信息安全规范
GB/T 41987 公共安全 人脸识别应用 防假体呈现攻击测试方法
GA/T 1756—2020 公安视频监控人像/人脸识别应用技术要求
SJ/T 11461.6.2—2016 有机发光二极管显示器件 第6-2部分:测试方法-视觉质量

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机器人 robot

具有一定自主能力,执行运动、操作或定位的可编程机构。

注1: 机器人包括控制系统。

注2: 机器人机械结构示例为操作机、移动平台和可穿戴机器人。

[来源:GB/T 12643—2025,3.1]

3.2

机器人智能化 robot intellectualization

机器人感知、认知、决策等功能在非结构化或动态环境下实现自主作业的能力。

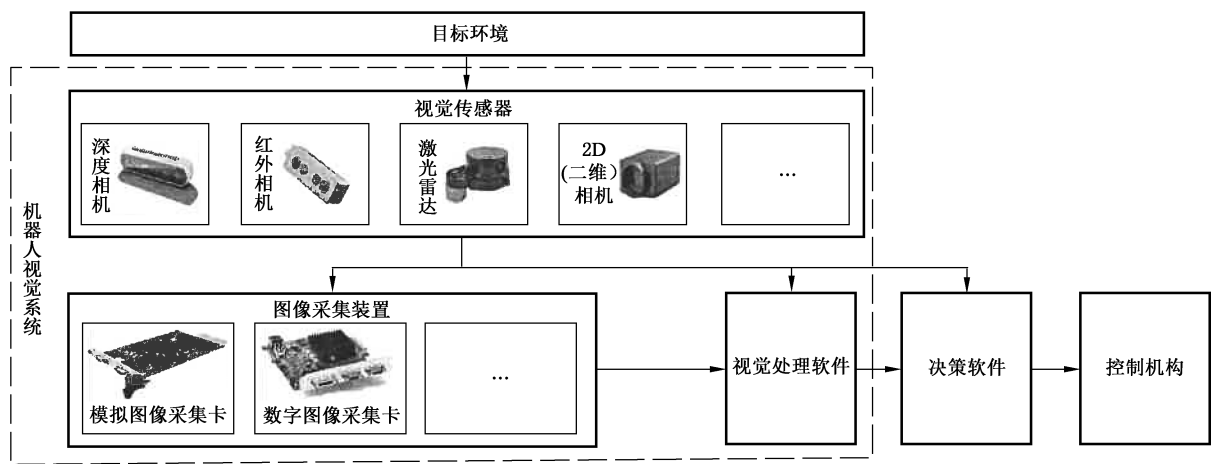
3.3

机器人视觉系统 robotic vision system

通过多模态视觉传感,采集目标环境的图像或视频,并对其进行分析处理以获取目标物相关信息

(如几何参数、位置姿态、表面形态及对象质量等)的软硬件机器人子系统。

注：机器人视觉系统主要包括视觉传感器、图像采集装置、视觉处理软件，见图 1。



注：图中所示机器人视觉系统的可能组成的相关元件,并不表示具体数量或一定需要包含所有元件。

图 1 机器人视觉系统示意图

3.4

人脸识别 face recognition

以人面部特征作为识别个体身份的一种个体生物特征识别方法。其通过分析提取用户人脸图像数字特征产生样本特征序列,并将该样本特征序列与已存储的模板特征序列进行比对,用以识别用户身份。

注 1：从应用方式不同,人脸识别分为人脸验证和人脸辨识。

注 2：人脸验证:人脸识别应用之一,将所产生的样本特征序列与按用户标识信息所给定的已存储的用户的模板特征序列进行比对(1 : 1 比对),以确认用户是否为所声明的身份。

注 3：人脸辨识:人脸识别应用之一,将所产生的样本特征序列与已存储的指定范围内的所有模板特征序列进行比对(1 : N 比对),确定用户身份。

[来源:GB/T 38671—2020,3.1.2,有修改]

3.5

目标检测 object detection

确认图像中是否存在指定类别的对象并确定其位置和大小。

[来源:GB/T 41864—2022,3.5.3.3]

3.6

召回率 recall

被正确预测的正样本占全部正样本的比率。

[来源:GB/T 13190.2—2018,3.65,有修改]

3.7

错误接受率 false acceptance rate

接受不该接受的样本的比率。

[来源:GB/T 44483—2024,3.2.18,有修改]

3.8

错误拒绝率 false rejection rate

拒绝不该拒绝的样本的比率。

[来源:GB/T 44483—2024,3.2.19,有修改]

3.9

人体姿态估计 human pose estimation

根据输入图像或视频计算人体各个部位状态(通常由人体关节点的位置坐标和置信度表示)与图像和视频实际各部位状态的相似度。

3.10

准确率 accuracy rate

预测类别和真实类别相同的样本数占全部样本数的比率。

[来源:GB/T 41864—2022,3.9.22]

3.11

宏平均准确率 macro accuracy rate

对多分类任务中每一个类别分别计算准确率,再对所有类别的准确率取平均值。

3.12

微平均准确率 micro accuracy rate

对多分类任务中所有类别的真正、真负、假正、假负平均值分别计算,然后计算类别预测的准确率。

3.13

字符识别准确率 character recognition accuracy rate

对于给定的数据集,被正确识别的字符占有所有识别出的字符数的比率。

3.14

字符识别召回率 character recognition recall

对于给定的数据集,被正确识别的字符占实际字符数的比率。

4 通则

4.1 机器人智能化视觉评价过程应公开透明,评价人员应向委托方详细说明测评要求与结果计算。

4.2 机器人智能化视觉评价应采用科学的方法和手段,对机器人视觉系统进行科学、合理的评价。

4.3 评测对象的机器人视觉系统应满足以下要求:

- a) 安全符合 GB 4943.1 的要求;
- b) 电磁发射符合 GB/T 9254.1—2021 中第 5 章的要求,电磁抗扰度符合 GB/T 9254.2—2021 中第 5 章的要求;
- c) 按照 GB/T 2423.10 的规定进行机械环境适应性试验,试验条件见表 1。试验结束后,机器人视觉系统能正常运行。

表 1 扫频振动试验条件

频率范围 Hz	位移幅值 mm	每一轴线上的扫频循环数 ^a	要求
10~30~10	0.75	5	样品应按工作位置在三个互相垂直的轴线上依次振动
30~55~30	0.15	5	样品应按工作位置在三个互相垂直的轴线上依次振动
^a 扫频速率为 0.5 OCT/min。			

5 视觉智能等级划分

智能等级从低到高分为 L1 级~L5 级,见表 2,测评指标的结果达到对应等级要求,即可判定该测评指标的智能等级,若未达到任一等级要求,视为未通过测评。机器人智能化视觉评价及等级划分示例见附录 A。

表 2 机器人视觉智能等级划分与测评指标要求

类别	测评指标	智能等级				
		L1	L2	L3	L4	L5
通用	二维每秒处理帧数(FPS)	[10 Hz,15 Hz)	[15 Hz,30 Hz)	[30 Hz,45 Hz)	[45 Hz,60 Hz)	≥ 60 Hz
	三维每秒处理帧数(FPS)	[5 Hz,10 Hz)	[10 Hz,15 Hz)	[15 Hz,30 Hz)	[30 Hz,45 Hz)	≥ 45 Hz
	安全功能	具备视觉系统故障报警功能。警报的响应时间 >1 s	具备视觉系统故障报警功能。警报的响应时间 ≤ 1 s,无明显误报	具备视觉系统故障报警功能。警报的响应时间 ≤ 0.3 s	1) 具备视觉系统故障报警功能。警报的响应时间 ≤ 0.2 s; 2) 具备切换到备用视觉系统并发出详细的故障报告的功能; 3) 能够有效防止欺骗攻击	1) 具备视觉系统故障报警功能。警报时间 ≤ 0.017 s; 2) 具备切换到备用视觉系统并生成详细故障报告的功能; 3) 具备实时诊断功能,正常工作时,自动进行故障检测,并显示有关信息和故障; 4) 能够有效防止欺骗攻击
人体姿态估计	单人姿态估计平均精度(AP)	[80%,85%)	[85%,90%)	[90%,95%)	[95%,99%)	$\geq 99\%$
	多人姿态估计平均精度(AP)	[70%,75%)	[75%,85%)	[85%,90%)	[90%,95%)	$\geq 95\%$
	平均精度均值(mAP)	[75%,80%)	[80%,90%)	[90%,95%)	[95%,98%)	$\geq 98\%$
	召回率	[70%,75%)	[75%,85%)	[85%,90%)	[90%,95%)	$\geq 95\%$
人脸识别	准确率(Acc)	[75%,80%)	[80%,90%)	[90%,95%)	[95%,99%)	$\geq 99\%$
	宏平均准确率(Macro Acc)	[70%,75%)	[75%,85%)	[85%,90%)	[90%,95%)	$\geq 95\%$
	微平均准确率(Micro Acc)	[70%,75%)	[75%,85%)	[85%,90%)	[90%,95%)	$\geq 95\%$
	错误接受率(FAR)	(10%, 15%]	(1%, 10%]	(0.1%, 1%]	(0.01%,0.1%]	$\leq 0.01\%$

表 2 机器人视觉智能等级划分与测评指标要求（续）

类别	测评指标	智能等级				
		L1	L2	L3	L4	L5
人脸识别	错误拒绝率（FRR）	(20%，30%]	(10%，20%]	(5%，10%]	(1%，5%]	≤1%
	召回率	[70%，75%)	[75%，85%)	[85%，90%)	[90%，95%)	≥95%
图像识别	手写文字字符识别准确率	[70%，75%)	[75%，85%)	[85%，90%)	[90%，95%)	≥95%
	手写文字字符识别召回率	[70%，75%)	[75%，85%)	[85%，90%)	[90%，95%)	≥95%
	印刷文字字符识别准确率	[80%，85%)	[85%，90%)	[90%，95%)	[95%，99%)	≥99%
	印刷文字字符识别召回率	[80%，85%)	[85%，90%)	[90%，95%)	[95%，98%)	≥98%
	手写文字字符识别平均编辑距离	(0.5,0.8]	(0.25,0.5]	(0.1,0.25]	(0.05,0.1]	≤0.05
	印刷文字字符识别平均编辑距离	(0.25,0.5]	(0.1,0.25]	(0.05,0.1]	(0.01,0.05]	≤0.01
	条码识别准确率	[80%，85%)	[85%，90%)	[90%，95%)	[95%，99%)	≥99%
物体识别	准确率（Acc）	[70%，75%)	[75%，85%)	[85%，90%)	[90%，95%)	≥95%
	宏平均准确率（Macro Acc）	[70%，75%)	[75%，85%)	[85%，90%)	[90%，95%)	≥95%
	微平均准确率（Micro Acc）	[70%，75%)	[75%，85%)	[85%，90%)	[90%，95%)	≥95%
	平均精度均值（mAP）	[75%，80%)	[80%，90%)	[90%，95%)	[95%，98%)	≥98%
	交并比（IoU）	[0.5,0.6)	[0.6,0.7)	[0.7,0.8)	[0.8,0.9)	≥0.9
	平均重叠率（AOR）	[0.45,0.55)	[0.55,0.65)	[0.65,0.75)	[0.75,0.85)	≥0.85
	召回率	[70%，75%)	[75%，85%)	[85%，90%)	[90%，95%)	≥95%
	测距精度 ^a	[20 mm,10 mm)	[10 mm,5 mm)	[5 mm,3 mm)	[3 mm,1 mm)	≤1 mm
	准测率 ^a	[90%，93%)	[93%，95%)	[95%，97%)	[97%，99%)	≥99%
	角度分辨率 ^a	[2°,1.5°)	[1.5°,1°)	[1°,0.5°)	[0.5°,0.1°)	≤0.1°
	测温准确度 ^b	[1.5℃,1℃)	[1℃,0.5℃)	[0.5℃,0.3℃)	[0.3℃,0.1℃)	≤0.1℃
	测温误报率 ^b	[15%，10%)	[10%，5%)	[5%，3%)	[3%，1%)	≤1%

表 2 机器人视觉智能等级划分与测评指标要求（续）

类别	测评指标	智能等级				
		L1	L2	L3	L4	L5
	测温漏报率 ^b	[15%,10%)	[10%,5%)	[5%,3%)	[3%,1%)	≤1%
^a 机器人视觉系统含有 3D(三维)视觉传感器的测评指标。 ^b 机器人视觉系统含有红外视觉传感器的测评指标。						

6 测评条件

6.1 数据集要求

6.1.1 应基于机器人的应用场景与任务需求建立数据集,应用场景与机器人任务需求的对应关系应符合 7.2 的要求。

6.1.2 数据集应划分为训练集、验证集与测试集,基于数据量大小、训练、验证与测试效果进行划分比例的设置。

示例:数据量较少或以万为单位的数据集采用 6:2:2 的比例进行划分,对于数据量超百万的数据集采用 99:0.5:0.5 的比例进行划分。

6.1.3 数据集建设原则包括但不限于:

- 多样性:选取符合实际应用场景的数据样本,确保数据集覆盖各种应用场景与预期任务需求;
- 独立性:数据集中每个样本互相独立,避免采集相同环境、角度、光照条件下的重复图像,防止模型产生过拟合现象;
- 代表性:数据能反映真实应用场景的分布情况,避免偏差;
- 合规性:数据集构建的各个环节符合法规、政策文件、标准规范相关要求;
- 持续更新:数据集能随着技术进步得到及时更新与扩展。

6.2 测试集要求

6.2.1 基本要求

6.2.1.1 测试集的数据安全应符合 GB/T 35273 的要求。

6.2.1.2 针对不同类型的机器人视觉传感器安装位置,应采用特定的测试集进行测评。

示例 1:扫地机器人的测试集视角距离地面 5 cm~10 cm;

示例 2:物流机器人用于人体、物体目标检测的测试集视角距离地面 80 cm~150 cm;

示例 3:工业机器人的测试集视角距离地面 20 cm~350 cm。

6.2.1.3 测试集应具有独立性,确保机器人视觉模型在训练、验证时没有使用过测试集中的数据。

6.2.1.4 测试集构建方式包括:

- 通过研制方搭载的视觉传感器进行数据采集,从中生成测试集;
- 选择一定比例方式将研制方搭载的视觉传感器采集到的数据集与自建数据集作为测试集。

6.2.1.5 测试集应包含不同时间、不同天气光照强度下的数据:

- 不同场所室内光照要求符合 GB/T 26189—2010 中表 5 的要求;
- 晴天室外(30 000 lx~100 000 lx)、晴天背阴处(5 000 lx~10 000 lx)、阴天室外(50 lx~1 000 lx)、夜晚(0.2 lx~10 lx)。

6.2.1.6 图片测试集分辨率的应满足：

- 工业机器人、特种机器人(主要指建筑机器人)用测试集分辨率不低于 512 像素×512 像素；
- 个人/家用服务机器人、公共服务机器人用测试集分辨率不低于 1 280 像素×720 像素。

6.2.1.7 测试集应包含不少于 2 个不同类物体同时出现在同一画面中的样本,以及不少于 2 个同类物体同时出现在同一画面中的样本。

6.2.1.8 可采取旋转、切变、光照变换等操作进行测试集扩充,亦可采用研制方提供的未含数据标注的样本进行测评,并加入对抗性样本。

6.2.2 数量要求

测试集考虑样本的多特征的完整性,每一类样本数量应不低于 100,总测试集样本数量应不低于 2 000,可根据实际应用进行数据扩充,6.2.3 给出了典型数据扩充方式,所有样本应按照选定的扩充方式进行等比例扩增,视频类样本不应采用切变的方式进行扩充。

示例：如制造业中工业机器人缺陷识别,以工业零部件太阳能电板为例,原有测试集中正常图片样本 554 张,残次图片样本 257 张,采用光照变换、旋转、噪声 3 种扩充方式,得到 2 216 张正常类图片样本,1 028 张残次类图片样本,得到最终测试集样本数量为 3 244。

6.2.3 扩充方式

6.2.3.1 旋转

以样本的平面视图为基准,宜选择不小于 3°的固定间隔进行旋转,范围为 0°~360°。

6.2.3.2 切变

宜选择某一固定角度进行切变,切变角度范围为-15°~+15°。

6.2.3.3 缩放

选取某一具体缩放比例,缩放时保持原样本的宽高比,缩放比例取值范围为 50%~200%。

示例：50%表示样本缩小到原始大小的 50%,150%表示样本放大到原始大小的 150%。

6.2.3.4 重叠

选取某一具体重叠方式与比例,重叠方式包括水平、垂直或随机重叠,重叠比例取值范围为 20%~50%。

6.2.3.5 视角

6.2.3.5.1 工业机器人、特种机器人(主要指建筑机器人)用测试集以样本的正视图为基准,从前、后、左、右四个方向选择固定间隔每 15°或每 30°进行旋转,范围为 0°~90°。

6.2.3.5.2 个人/家用服务机器人、公共服务机器人用测试集以样本的正视图为基准,从左、右两个方向随机旋转或固定间隔进行旋转,范围为 0°~30°。

6.2.3.6 光照变换

通过调节像素值实现调整样本亮度,选择某一适当的系数,系数取值范围包括：

- 降低亮度:系数取值范围为 0.1~1(不包括 1)；
- 增加亮度:系数取值范围为 1~10(不包括 1)。

6.2.3.7 椒盐噪声

6.2.3.7.1 工业机器人、特种机器人(主要指建筑机器人)用测试集添加一定比例的椒盐噪声,比例范

围为 0.1%~1%；

6.2.3.7.2 个人/家用服务机器人、公共服务机器人用测试集添加一定比例的椒盐噪声，比例范围为 1%~5%。

6.2.3.8 高斯噪声

对原始样本添加随机生成的高斯噪声进行数据扩充，均值设定为 0，确保在加入噪声后，样本的亮度不会产生明显的偏移，标准差的选择依据原始样本的亮度和对比度进行调整，取值范围为 0.01~0.1。

6.2.4 均衡性、数据集标注

6.2.4.1 数据集均衡性宜考虑各种类别的样本数量一致程度和数据集样本分布的偏差程度。

示例：人的数据集包括年龄、性别、种族、表情、体型等。

6.2.4.2 数据集标注信息应完备且准确无误。

6.3 测评环境

6.3.1 标准测评条件

6.3.1.1 测评场所的环境温度应满足机器人视觉系统实际使用条件，无明确使用条件规定的，环境温度应处于 15℃~35℃。

6.3.1.2 测评场所的相对湿度应满足机器人视觉系统实际使用条件，无明确使用条件规定的，环境相对湿度应处于 30%~70%。

6.3.1.3 测评场所的气压应满足机器人视觉系统实际使用条件，无明确使用条件规定的，气压应处于 86 kPa~106 kPa。

6.3.1.4 测评场所的网络环境要求应满足机器人视觉系统实际使用条件，无明确使用条件规定的，网络环境应满足：

- 传输速率不低于 10 Mb/s；
- 丢包率不超过 5%；
- 延时不超过 10 ms。

6.3.2 标准照明条件

6.3.2.1 暗室条件

测评应在屏蔽杂光的暗室条件下进行，通过显示屏播放测试集，机器人进行观看，背景照明光小于 0.01 cd/m²，或小于显示屏黑场亮度的 1/20，两者取数值较小者。如果不满足这些条件，背景光应扣除，同时评价报告中注明。

6.3.2.2 亮室照明条件

通过在暗室中增加直射光源模拟播放测试集的显示屏/实物在室内被灯照射或太阳光直射的效果。反射测试中播放测试集的显示屏/实物样本发射的荧光影响按照 SJ/T 11461.6.2—2016 中附录 A 可测得。如果同样的照明光谱分布和照明/测评条件用于反射测试、亮室对比度和亮室颜色的计算，那么荧光可归入反射系数。以下照明条件用于模拟室内和室外环境。

- a) 室内照明条件：光源应符合 SJ/T 11461.6.2—2016 中 5.2.2.2a)1)规定的标准照明体或荧光灯。根据实际的应用场合，另外的光源也可使用，如果使用不同光谱的光源，应在报告中注明。测评光源不应出现明显的荧光（光致发光强度小于 1%）。
- b) 室外照明条件：光源应符合 SJ/T 11461.6.2—2016 中 5.2.2.2b)2)规定的标准日光照明体。光

源的紫外部分(小于 380 nm)应被截止。显示屏在光源的照明下不出现明显的荧光。

6.4 测评设备和接口

6.4.1 测评中使用的设备和仪器应在使用有效期内或使用前经过上一级标准计量单位标定,性能指标等满足测评的要求。

6.4.2 测评设备应满足下列要求。

- 播放测试集的显示屏:显示屏对角线长度 215.9 cm(85 in),LED(发光二极管)屏,安装在可绕水平和垂直视角旋转的固定装置上,分辨率不低于 3 840 像素×2 160 像素;在使用前对波长准确度和光谱辐亮度响应度进行校准。
- 中央处理器:基础频率不低于 3.6 GHz,最大加速频率不低于 5.0 GHz。
- 内存:内存不低于 16 GB,对于某些大规模数据集和复杂任务,内存不低于 32 GB。
- 图形处理器:显存大小不低于 8 GB,主频大于 1.5 GHz。
- 系统:可采用 Ubuntu/Windows/国产操作系统等。
- 硬盘:128 GB SSD 及以上。
- 光谱辐射计:测量范围覆盖显示屏的工作谱段,光谱分辨率小于光谱定标峰值波长允许偏差,重复性小于 1%,并且在使用前对波长准确度和光谱辐亮度响应度进行校准。
- 运动捕捉系统:具备动态跟踪实物样品(机械臂)的功能,精度要求如下:
 - 捕捉速度不小于 2 m/s,
 - 位置精度不大于 0.3 mm,
 - 姿态精度不大于 1°,
 - 力位测量时间同步精度不大于 0.1 ms。
- 视觉智能化测评系统:功能包括对被测设备输出的数据进行显示、采集、存储和处理,生成测评结果及上传报告,满足被测设备的数传接口要求。

6.4.3 测评接口应满足下列要求:

- 被测设备与测评设备通过 TCP/IP(传输控制协议/网际协议)等协议建立连接;
- 作为机器人操作系统(ROS)的独立节点,与 ROS 实现数据交换与通信;
- 实现测试集读入、测评结果输出。

6.4.4 机器人与显示屏间的距离应满足机器人实际使用条件,无明确使用条件规定的,最佳观看距离为解析单个子像素的两倍距离,见公式(1)。

$$D = \frac{2L}{0.000\ 3} \dots\dots\dots (1)$$

式中:
D ——最佳观看距离,单位为米(m);
L ——子像素之间的水平距离,单位为米(m)。

注: 0.000 3 用于换算机器人视觉分辨率的间距,参见 SJ/T 11461.6.2—2016 中 6.3.1.3.2。

7 测评方法

7.1 测评流程

机器人智能化视觉的测评流程见图 2。



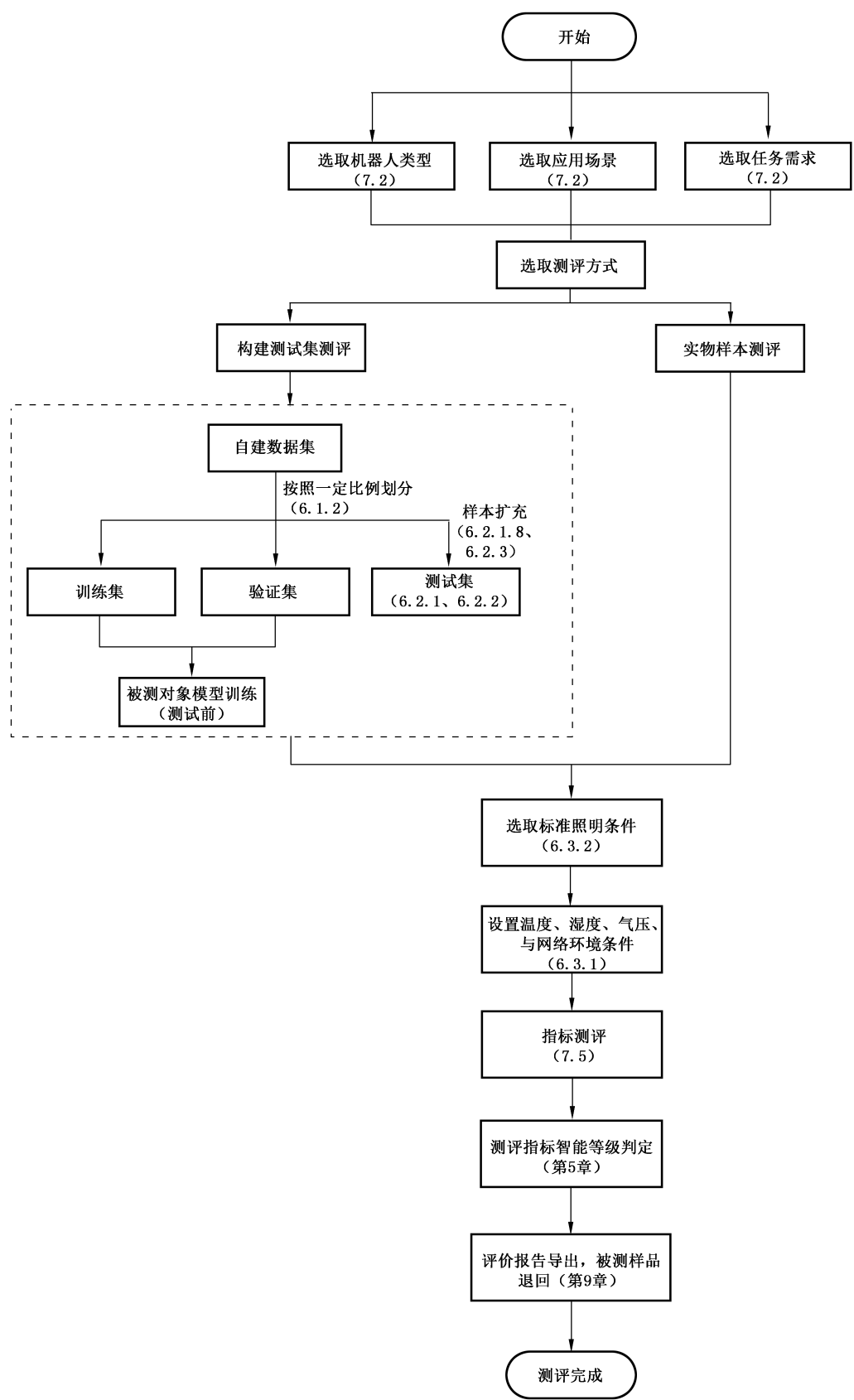


图 2 机器人智能化视觉测评流程

7.2 确定测评方案

通过以下步骤确定机器人智能化视觉的测评方案：

- a) 场景分析：分析机器人类型、应用场景相关参数和任务需求，机器人视觉典型应用见附录 B，各类机器人的应用场景与任务需求见表 3～表 6；

表 3 工业机器人应用场景与任务需求

序号	应用场景	任务需求		对象
1	制药	产品识别 产品质量检测 产品尺寸测量	缺陷识别	药丸等
2	制造业		缺陷识别	电子元器件、轴承、工业零部件、外壳、医药、食品、日化等各类包装塑料瓶、玻璃瓶、鞋、帽、箱包等纺织品、木地板、键盘等
3			字符读取识别	条码/字符等
4	计算机类、通信类和消费类电子产品生产		缺陷识别	芯片、元器件等
5	汽车生产		缺陷识别	车灯、变速箱壳体与套筒、滚针/滚子、同步器等
6	码垛、堆叠对位	装配定位/引导	机械手校正	机械手
7	工厂		入库、存储、拣选、搬运、上料、下料等	电子元器件、轴承、工业零部件、外壳、医药、食品、日化等各类包装塑料瓶、玻璃瓶、鞋、帽、箱包等纺织品、木地板、键盘等
8			导航	人、生产设备等
9			抓取	工业零部件等、定位
10	计算机类、通信类和消费类电子产品生产		焊接	芯片、元器件等
11	制造业	仪表盘分析	识别	指针类仪表、数字类仪表、状态灯等
12		设备运行动态检测	缺陷识别	皮带、钢丝绳等
13		工序控制检测	工序识别	人、生产设备等

表 4 个人/家用服务机器人应用场景与任务需求

序号	应用场景	任务需求		对象
1	家居	家务	家具及摆设识别	家具
2		教育	人识别	人、人脸等
3		娱乐	厨卫相关物品识别	垃圾桶、垃圾类别、菜品、厨具等
4		养老助残	家用电器识别	家用电器
5		家用安监 个人运输	房屋结构识别	阳台、房间、天花板等

表 4 个人/家用服务机器人应用场景与任务需求（续）

序号	应用场景	任务需求		对象
6	家居	家务	楼梯、电梯、门禁识别	楼梯、电梯、门禁等
7		教育	充电桩识别	充电桩
8		娱乐 养老助残 家用安监 个人运输	衣物鞋袜识别	衣物鞋袜

表 5 公共服务机器人应用场景与任务需求

序号	应用场景	任务需求		对象
1	餐饮	餐饮配送	公共场景布局识别	餐厅布局、桌子、椅子、厨房、垃圾桶等
2			人识别	人、人脸等
3			商品识别	菜品、厨具等
4			楼梯、电梯、门禁识别	楼梯、电梯、门禁
5			充电桩识别	充电桩
6			障碍物识别	障碍物
7	室内楼宇、商超、 室外景区	讲解导引	公共场景布局识别	车辆、场地、垃圾桶等
8			人识别	人、人脸等
9			楼梯、电梯、门禁识别	楼梯、电梯、门禁
10			障碍物识别	障碍物
11			充电桩识别	充电桩
12	外景区、 公共道路	公共区域代步	公共场景布局识别	车辆、场地、设施、垃圾桶、交通标志等
13			人识别	人、人脸等
14			障碍物识别	障碍物
15			充电桩识别	充电桩
16	室内商超	公共游乐 公共服务	人识别	人、人脸等
17			充电桩识别	充电桩
18			障碍物识别	障碍物

表 6 特种机器人（主要为建筑机器人）应用场景与任务需求

序号	应用场景	任务需求	对象
1	室内工厂、 建筑工地	障碍物识别	障碍物
2		目标对象识别	墙、砖、钢筋、混凝土、器械等
3		人识别	人等
4		环境识别	楼层、楼梯等

b) 风险分析：根据不同应用场景，分析可能出现的风险与对抗攻击手段；

- c) 确定测评方案:根据机器人类型、应用场景、任务需求与风险,确定测评方案,包括:
 - 1) 选择视觉智能等级划分测评指标;
 - 2) 选择下列测评方式之一:包括构建测试集测评、实物样本测试;
 - 3) 选择测评条件。

7.3 构建测试集

7.3.1 应根据不同场景制作测试集,测试集应符合 6.2.1、6.2.2、6.2.4 的要求。

7.3.2 人体姿态估计测试集样本应包括:

- 站立、坐姿、行走、跑步等自然姿态,以及部分特殊动作如瑜伽、舞蹈、体育运动等;
- 儿童、青少年、成人、老年人各年龄范围的人员;
- 男性、女性等性别;
- 不同身高、体重、身材比例;
- 不同着装。

7.3.3 人脸识别样本数据应符合 GA/T 1756—2020 中附录 B 的要求。

7.3.4 字符识别测试集中样本应包括:

- 印刷文字场景:包括但不限于卡证类、票据类、车牌类和文档类数据;样本图片类型包括不同拍摄角度;样本字符应包括中文简/繁体、生僻字、英文、特殊字符、多语言字符;
- 手写文字场景:包括作文类、试卷类、批注类数据;样本图片类型包括不同手写字体、不同版面类型及可能出现的遮挡、涂改、污损等;样本字符包括中文简/繁体、生僻字、英文、特殊字符、多语言字符。

7.3.5 其他图像识别与物体识别测试集所包括的样本范围应符合表 3~表 6 的要求。

7.4 搭建测评环境

根据测评方案和 6.3 的要求搭建测评环境,保证被测机器人在环境中正常运行。

7.5 指标测评

7.5.1 通用

7.5.1.1 每秒处理帧数

连接视觉智能化测评系统与被测机器人设备,被测机器人调整为视觉功能模式,通过视觉智能化测评系统记录数据样本处理开始时间戳 $time_{start}$ 和数据样本处理结束时间戳 $time_{end}$,计算每秒处理帧数 FPS,见公式(2),多次测量取最优结果:

$$FPS=\frac{1}{(time_{end}-time_{start})} \dots\dots\dots (2)$$

式中:
FPS ——每秒处理帧数;
 $time_{end}$ ——程序结束时间戳;
 $time_{start}$ ——程序开始时间戳。

7.5.1.2 安全功能

安全功能验证方法包括。

- a) 视觉系统故障报警功能检查:
 - 1) 设置触发视觉系统故障报警的条件,通过视觉、听觉或触觉检查被测机器人是否有明确的

警报信号,具备切换到备用视觉系统的能力,并形成详细的故障报告;

- 2) 连接视觉智能化测评系统与被测机器人设备,设置触发视觉系统故障报警的条件,通过视觉智能化测评系统记录触发警报信号时间戳 $\text{time}_{\text{start}}$ 和系统发出实际警报信号时间戳 time_{end} ,警报响应时间计算见公式(3),多次测量取最优结果:

$$\text{ResponseTime} = \text{time}_{\text{end}} - \text{time}_{\text{start}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

ResponseTime ——警报响应时间,单位为秒(s);

$\text{time}_{\text{start}}$ ——触发警报信号时间戳;

time_{end} ——系统发出实际警报信号时间戳。

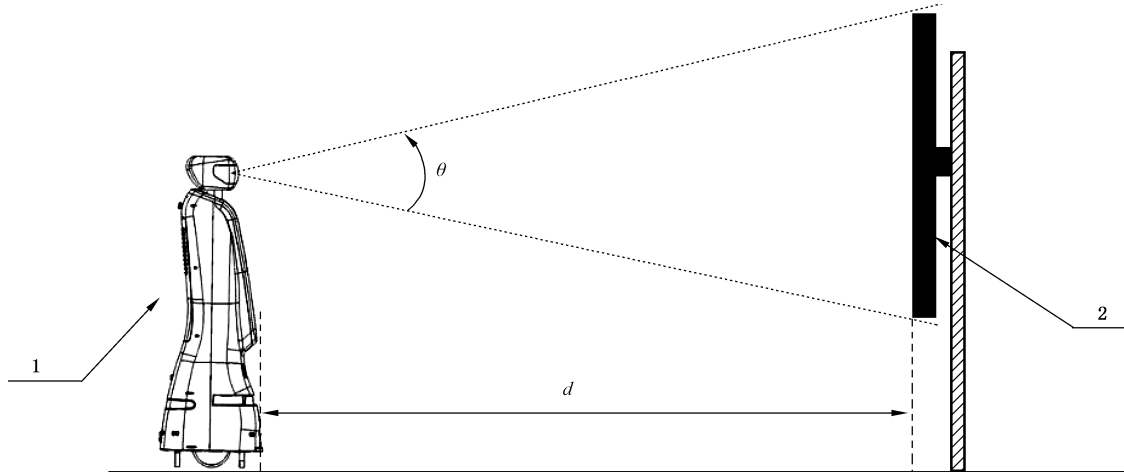
- 3) 防欺骗性攻击检测:包括能抵御二维假体攻击、三维假体攻击,按照 GB/T 41987 的方法进行测试。

- b) 实时诊断功能检查:正常状态下,开启实时诊断功能,检查诊断结果是否与实际情况一致。

7.5.2 人体姿态估计

7.5.2.1 采用被测机器人观看播放的测试集的方式,按如下步骤进行测评。

- a) 如图 3 所示,在 6.3.2 规定的标准照明条件下摆放被测机器人、播放测试数据集的显示屏,调整合适角度,确保被测机器人的视觉传感器能清晰看到显示屏的内容;被测机器人与显示屏之间的距离 d 应符合 6.4.4 的要求,机器人视角 θ 应至少覆盖整个显示屏的屏幕范围。



标引序号(符号)说明:

1——被测机器人;

2——机械臂;

d ——被测机器人与机械臂之间的距离;

θ ——机器人视角。



图 3 人体姿态估计测评原理(观看播放的测试集)

- b) 调整机器人参数设置,连接视觉智能化测评系统与被测机器人设备,确保实时接收机器人的输出数据。
- c) 开始播放测试集,视觉智能化测评系统实时记录下被测机器人对每一帧画面所做出的姿态估计结果;利用视频录像进行测试的情况下,应保证视频录像的播放速度与录制速度相同。
- d) 按照 8.1 的要求,计算单人姿态估计、多人姿态估计、平均精度均值等指标结果,按照第 5 章要求,生成对应测评指标的智能等级。

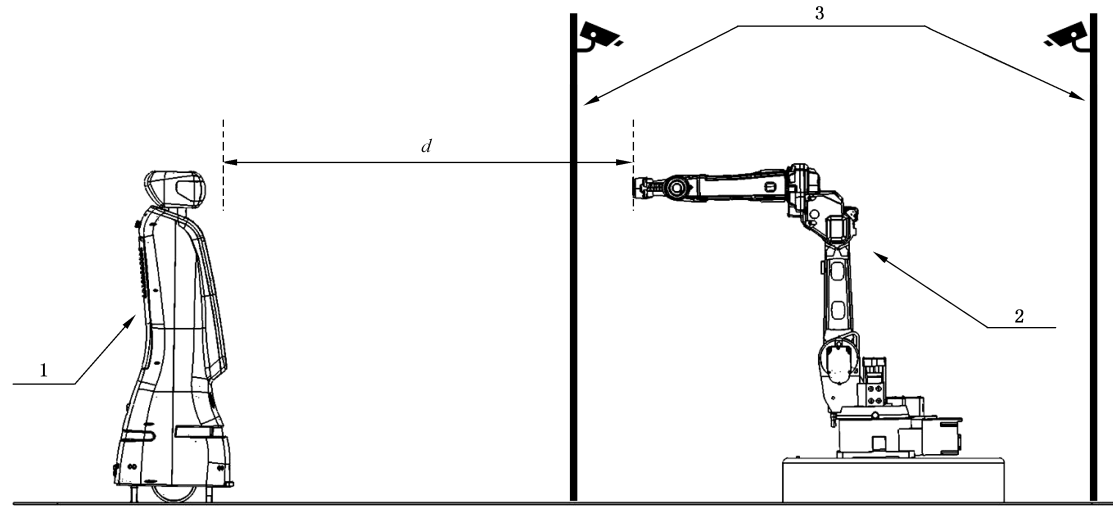
7.5.2.2 采用被测机器人观看实物样本的方式,按如下步骤进行测评。

a) 选择实物样本,机械臂应符合表 7 要求。

表 7 机械臂性能特性

名称	要求
运动范围	可达运动范围不应小于 GB/T 12642—2013 规定的边长为 250 mm 的立方体内的所有空间
运行速度	1) 最大速度不小于 250 mm/s; 2) 运行速度在 0 mm/s~250 mm/s 内连续可调
信号采集	速度及位移;运动方向与法向的连续采集频率不小于 1 000 Hz
参数	1) 位姿重复精度:±0.04 mm; 2) 轴数:6 轴; 3) 额定负荷:6 kg

b) 在 6.3.2 规定的标准照明条件下,被测机器人置于合适位置,确保其视觉传感器可清晰拍摄到机械臂的整个运动范围,如图 4 所示,被测机器人与机械臂之间的距离应满足机器人实际使用条件,无明确使用条件规定的,应不小于 2 m。



标引序号(符号)说明:

1——被测机器人;

2——机械臂;

3——运动捕捉系统;

d ——被测机器人与机械臂之间的距离。

图 4 人体姿态估计测评原理(观看实物样本)

- c) 调整机器人参数设置,连接视觉智能化测评系统与被测机器人设备,确保实时接收机器人的输出数据。
- d) 启动运动捕捉系统,确保实时捕捉机械臂位姿,预先设定机械臂的动作序列,需涵盖不同速度与角度,启动机械臂按照既定程序运行,得到机械臂位姿变化量 A 。
- e) 同时开启机器人姿态估计功能,得到观测到的机械臂位姿变化量 A' 。
- f) 视觉智能化测评系统实时记录实际机械臂位姿变化量 A 与被测机器人观测到的机械臂位姿变化量 A' 。

- g) 调整亮室光照条件,重复步骤 d)。
- h) 按照 8.1 的要求,计算单人姿态估计、多人姿态估计、平均精度均值等指标结果,按照第 5 章要求,生成对应测评指标的智能等级。

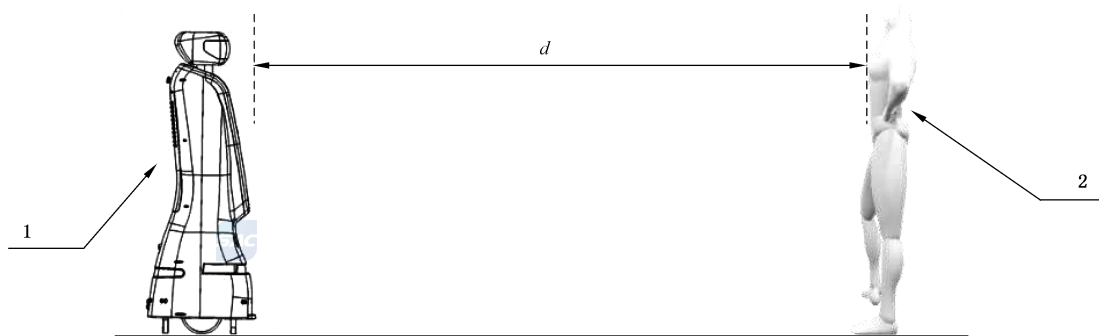
7.5.3 人脸识别

7.5.3.1 采用被测机器人观看播放的测试集的方式,按如下步骤进行测评:

- a) 准备阶段(提前一天):提供模型训练集,每个个体 2 张不同条件的图片,确保图像清晰无遮挡,对每张图片进行正确标注,包括但不限于人脸边界框、关键点坐标以及身份标签;
- b) 同 7.5.2.1 中 a);
- c) 调整机器人参数设置,加载准备阶段训练好的模型,连接视觉智能化测评系统与被测机器人设备,确保实时接收机器人的输出数据;
- d) 开始播放测试集,视觉智能化测评系统实时记录下被测机器人对每一帧画面所做出的人脸识别结果;
- e) 按照 8.2 的要求,计算准确率、宏平均准确率、微平均准确率、错误接受率、错误拒绝率等指标结果,按照第 5 章要求,生成对应测评指标的智能等级。

7.5.3.2 采用被测机器人观看实物样本的方式,按如下步骤进行测评:

- a) 在 6.3.2 规定的标准照明条件下,被测机器人置于合适位置,确保其视觉传感器可清晰捕捉到试验人员的脸部,被测机器人与试验人员之间的距离应满足机器人实际使用条件,无明确使用条件规定的,应不小于 1.2 m,如图 5 所示;



标引序号(符号)说明:

- 1——被测机器人;
- 2——试验人员;
- d ——被测机器人与试验人员之间的距离。

图 5 人脸识别测评原理(观看实物样本)

- b) 调整机器人参数设置,连接视觉智能化测评系统与被测机器人设备,确保实时接收机器人的输出数据;
- c) 试验人员通过指令要求进行动作,包括:转动人脸左右不超过 30° ,上下不超过 20° ,张嘴、眨眼、说指定的数字或文字等,同时开启机器人人脸识别功能,视觉智能化测评系统实时记录下被测机器人所做出的识别结果;
- d) 调整亮室光照条件,重复步骤 c);
- e) 按照 8.2 的要求,计算准确率、宏平均准确率、微平均准确率、错误接受率、错误拒绝率等指标结果,按照第 5 章要求,生成对应测评指标的智能等级。

7.5.4 图像识别

采用被测机器人观看播放的测试集的方式,按如下步骤进行测评:

- a) 同 7.5.2.1 中 a);
- b) 调整机器人参数设置,加载准备阶段训练好的模型,连接视觉智能化测评系统与被测机器人设备,确保实时接收机器人的输出数据;
- c) 开始播放测试集,视觉智能化测评系统实时记录下被测机器人对每一帧画面所做出的图像识别结果,利用视频录像进行测试的情况下,应保证视频录像的播放速度与录制速度相同;
- d) 按照 8.3 要求,计算字符识别准确率、字符识别召回率、平均编辑距离、条码识别准确率等指标结果,按照第 5 章要求,生成对应测评指标的智能等级。

7.5.5 物体识别

采用被测机器人观看播放的测试集的方式,按如下步骤进行测评:

- a) 同 7.5.2.1 中 a);
- b) 调整机器人参数设置,加载准备阶段训练好的模型,连接视觉智能化测评系统与被测机器人设备,确保实时接收机器人的输出数据;
- c) 开始播放测试集,视觉智能化测评系统实时记录下被测机器人对每一帧画面所做出的物体识别结果,利用视频录像进行测试的情况下,应保证视频录像的播放速度与录制速度相同;
- d) 按照 8.4 要求,计算准确率、宏平均准确率、微平均准确率、平均精度均值、交并比、平均重叠率、召回率等指标结果,按照第 5 章要求,生成对应测评指标的智能等级。

7.5.6 测距精度

采用被测机器人对规定实物样本进行测量的方式,按如下步骤进行测评:

- a) 在 6.3.2 规定的标准照明条件下,被测机器人置于合适位置,确保实物样本在视觉传感器的测程范围内,规定实物样品与被测机器人间的标定距离;
- b) 调整机器人参数设置,连接视觉智能化测评系统与被测机器人设备,确保实时接收机器人的输出数据;
- c) 测量实物样品与被测机器人间的距离,循环 10 次;
- d) 按照 8.5 要求进行计算,根据计算结果按照第 5 章的要求,生成测评指标的智能等级。

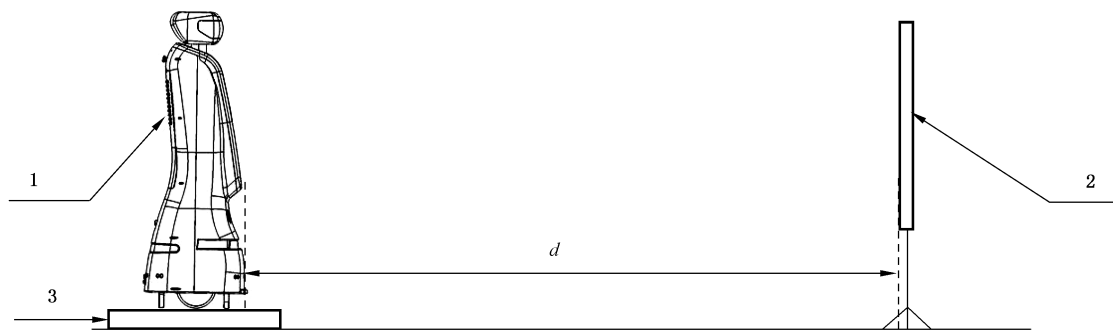
7.5.7 准确率

测评步骤同 7.5.6 中 a)~c),按照 8.6 要求进行计算,根据计算结果按照第 5 章的要求,生成测评指标的智能等级。

7.5.8 角度分辨率

按如下步骤进行测评。

- a) 在 6.3.2 规定的标准照明条件下,被测机器人置于高精度转台上,在距机器人水平距离 $0.95d_{N\min}^{+5\text{ cm}-5\text{ cm}}$ 处垂直放置漫反射板,如图 6 所示。漫反射板要求见表 8。



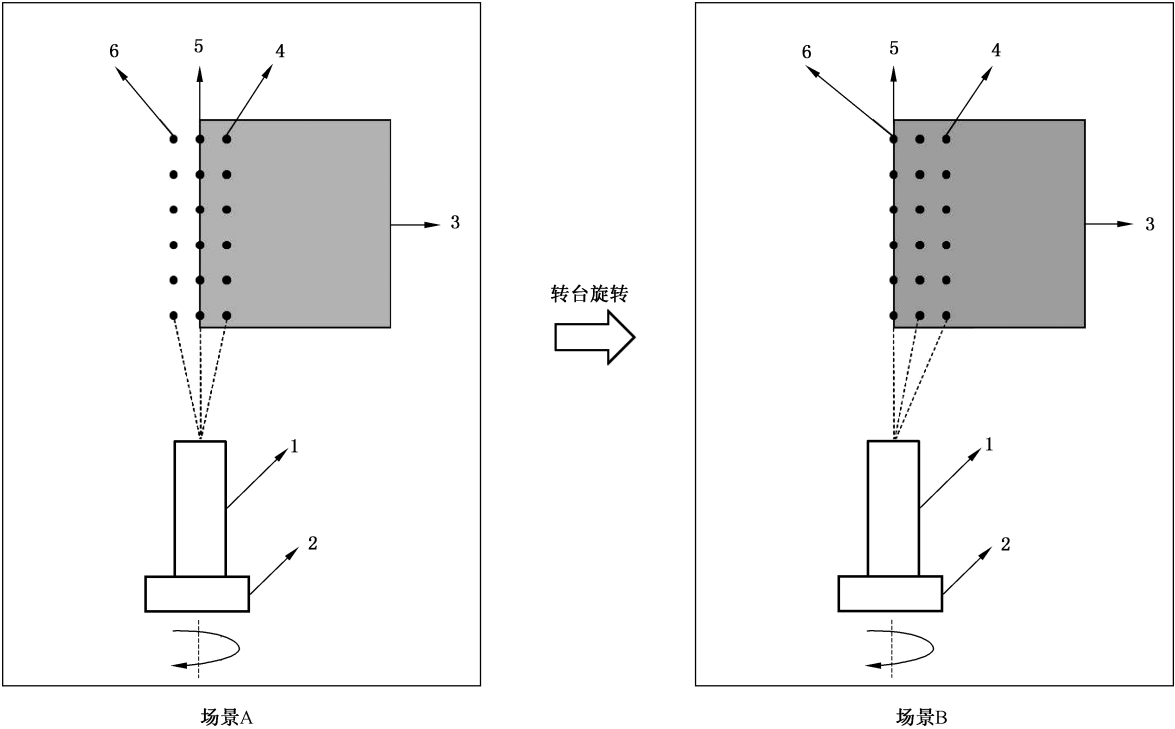
标引序号(符号)说明：
1——被测机器人；
2——漫反射板；
3——高精度转台；
 d ——被测机器人与漫反射板之间的距离。

图 6 角度分辨率测评原理

表 8 漫反射板要求

名称	要求
尺寸	宜为 1 m×1 m
反射率	90%
表面要求	宜具备朗伯体特性,即接近理想的漫反射面

- b) 通过视觉智能化测评系统观察被测机器人输出点云,水平旋转被测机器人,记录打在漫反射板左或右边缘位置的一个或一系列点云由图 7 中“第 2 个/列点云”变为“第 3 个/列点云”(场景 A 到场景 B)转台转过的角度,即为水平角度分辨率。垂直旋转被测机器人,记录漫反射板上或下边缘位置的一个或一系列点云变化转台转过的角度即为垂直角度分辨率。
- c) 根据计算结果按照第 5 章的要求,生成测评指标的智能等级。



标引序号说明：

1——被测机器人；

2——高精度转台；

3——漫反射板；

4——第 1 个、列点云；

5——第 2 个、列点云；

6——第 3 个、列点云。

图 7 角度分辨率测评

7.5.9 测温准确度

按如下步骤进行测评：

- a) 选择实物样本：标准黑体的要求见表 9；

表 9 标准黑体性能特性

名称	要求
有效发射率	近似为 1
可调温度范围	28 ℃～42 ℃

- b) 在 6.3.2 规定的标准照明条件下，标准黑体放置在被测机器人有效工作距离内，设定标准黑体温度；
- c) 调整机器人参数设置，连接视觉智能化测评系统与被测机器人设备，确保实时接收机器人的输出数据；
- d) 在 1 min 内，重复测量标准黑体温度 10 次；
- e) 重复步骤 d)，测试 5 组，每组间隔时间不小于 2 min；

f) 按照 8.8 要求,计算结果,按照第 5 章要求,生成对应测评指标的智能等级。

7.5.10 测温误报率

按如下步骤进行测评:

- a) 在 6.3.2 规定的标准照明条件下,被测机器人置于合适位置,确保其试验人员在被测机器人视觉系统有效工作距离内;
- b) 试验人员不少于 15 人,均为正常体温对象,正常行进速度不超过 1 m/s;
- c) 调整机器人参数,设置某一具体人体温度指标,超出该温度机器人需输出告警指令,连接视觉智能化测评系统与被测机器人设备,确保实时接收机器人的输出数据;
- d) 试验人员按照正常行进速度通过被测机器人视觉系统可检测范围,从第一次进入可检测范围到出范围视为完成一次测试,测试总量不少于 200 人次;
- e) 按照 8.9 要求,计算指标结果,按照第 5 章要求,生成对应测评指标的智能等级。

7.5.11 测温漏报率

按如下步骤进行测评:

- a) 在 6.3.2 规定的标准照明条件下,被测机器人置于合适位置,确保其试验人员在被测机器人视觉系统有效工作距离内;
- b) 试验人员不少于 15 人,均为正常体温对象,带有超温目标(一般不小于 8 cm×5 cm)的对象不少于 2 人,正常行进速度不超过 1 m/s;
- c) 调整机器人参数,设置机器人检测到超温目标的对应温度需输出告警指令,连接视觉智能化测评系统与被测机器人设备,确保实时接收机器人的输出数据;
- d) 试验人员按照正常行进速度通过被测机器人视觉系统可检测范围,从第一次进入可检测范围到出范围视为完成一次测试,测试总量不少于 200 人次,其中携带超温对象的测试总量不少于 60 人次;
- e) 按照 8.10 要求,计算指标结果,按照第 5 章要求,生成对应测评指标的智能等级。

8 结果计算



8.1 人体姿态估计

8.1.1 单人姿态估计

8.1.1.1 影响人体姿态的各个关节为人体关键点。对象关键点相似度(oks)通过计算真值和预测人体关键点的相似度,测评人体骨骼关键点检测算法,见公式(4):

$$\text{oks} = \frac{\sum_i \exp(-d_i^2 / 2s^2 \cdot v_i)}{\sum_i v_i} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- d_i ——预测关键点 i 和真实关键点 i 之间的欧氏距离;
- s ——尺度因子,通常设置为关键点标注的最大边缘长度;
- v_i ——二值指示函数,如果关键点 (i) 是可见的,则 ($v_i = 1$),否则 ($v_i = 0$);
- $\sum_i v_i$ ——所有可见关键点的总数。

8.1.1.2 单人姿态估计通过以任一单张测试集图片中的人进行关键点检测后获得的一组关键点,计算出人与关键点的相似度作为标量,并人为给定阈值 T ,通过所有图片的 oks 计算平均精度(AP),见公式(5):

$$\text{AP} = \frac{\sum \delta(\text{oks} > T)}{\sum 1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：
AP ——平均精度；
oks ——对象关键点相似度；
T ——指定的阈值。

8.1.2 多人姿态估计

多人姿态估计即同时检测和估计多个人体的关键点位置和姿势信息,对复杂场景中多人人体姿态计算平均精度(AP),见公式(6)：

$$AP = \frac{\sum_m \sum_p \delta(oks_{mp} > T)}{\sum_m \sum_p 1} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中：
AP ——平均精度；
oks_{mp} ——第 m 个图像中的第 p 个人的对象关键点相似度；
T ——指定的阈值。

8.1.3 平均精度均值

8.1.3.1 在二分类任务中,混淆矩阵是通过样本的标签和模型分类结果组成的 2×2 矩阵,其中,左上角为真正样本数(真实值和模型预测值同时为正,TP),左下角为假正样本数(真实值为负,而模型预测值为正,TP),右上角为假负样本数(真实值为正,而模型预测值为负,FN),右下角为真负样本数(真实值和模型预测值同时为负,TN),见表 10。

表 10 二分类混淆矩阵

真实值	预测值	
	Positive	Negative
Positive	真正 TP	假负 FN
Negative	假正 FP	真负 TN

8.1.3.2 在多分类任务中,混淆矩阵的每一列代表了预测类别,每一列的总数等于预测为该类别数据的数目;每一行代表了数据的真实归属类别,每一行的数据总数等于该类别数据样本的数目;第 i 行第 j 列的数值表示第 i 类数据被预测为第 j 类的数目,见表 11。

表 11 多分类混淆矩阵

真实值	预测值			
	第 1 类	第 2 类	...	第 n 类
第 1 类	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}
第 2 类	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}
...
第 n 类	a _{n1}	a _{n2}	...	a _{nn}

8.1.3.3 对于每一个类别,首先按照置信度(总体参数值落在样本统计值某一区间内的概率)把每个预测结果进行排序,再取不同置信度阈值,把每个预测结果分为真正、假正、真负和假负类,从而获得在该阈值下的精度和召回率值。画出该类别以精度为纵轴,召回率为横轴所绘制的 P - R 曲线,该类别的平均准确率就是此 P - R 曲线下的面积。以上过程遍历所有的类别之后,对所有类别的平均准确率求平均,即可得到模型的平均精度均值(mAP)。

8.1.4 召回率

召回率指对于给定的数据集,被正确预测的正样本占全部正样本的比率,见公式(7):

$$\text{recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

recall —— 召回率;

TP —— 真正样本数;

FN —— 假负样本数。

8.2 人脸识别

8.2.1 准确率

准确率为对于给定的数据集,被模型预测为正确分类的样本数(TP)占预测样本总数的比率,见公式(8):

$$\text{Acc} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{FP} + \text{TN} + \text{FN}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

Acc —— 准确率;

TP —— 真正样本数;

TN —— 真负样本数;

FP —— 假正样本数;

FN —— 假负样本数。

8.2.2 宏平均准确率

宏平均准确率指对多分类任务中每一个类别分别计算指标值,即把每个类别视作二分类任务情况进行统计,然后再对所有类的结果取算术平均值,见公式(9):

$$\text{Macro Acc} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\text{TP}_i + \text{TN}_i}{\text{TP}_i + \text{FP}_i + \text{TN}_i + \text{FN}_i} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

Macro Acc —— 宏平均准确率;

TP_i —— i 类任务的真正样本数;

TN_i —— i 类任务的真负样本数;

FP_i —— i 类任务的假正样本数;

FN_i —— i 类任务的假负样本数。

8.2.3 微平均准确率

微平均准确率指计算多分类任务中每个类别的真正、真负、假正、假负平均值,然后计算类别预测的统计指标,见公式(10):

$$\text{Micro Acc} = \frac{\overline{\text{TP}} + \overline{\text{TN}}}{\overline{\text{TP}} + \overline{\text{FP}} + \overline{\text{TN}} + \overline{\text{FN}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中：
Micro Acc ——微平均准确率；
 $\overline{\text{TP}}$ ——真正样本数的平均值；
 $\overline{\text{TN}}$ ——真负样本数的平均值；
 $\overline{\text{FP}}$ ——假正样本数的平均值；
 $\overline{\text{FN}}$ ——假负样本数的平均值。

8.2.4 错误接受率

错误接受率(FAR)指对于给定测试集,被错误预测的负样本占全部负样本的比率,见公式(11)：

$$\text{FAR} = \frac{\text{FP}}{\text{FP} + \text{TN}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中：
FAR ——错误接受率；
TN ——真负样本数；
FP ——假正样本数。

8.2.5 错误拒绝率

错误拒绝率(FRR)指对于给定的数据集,预测错误的正例样本占有所有实际为正例样本的比率,见公式(12)：

$$\text{FRR} = \frac{\text{FN}}{\text{TP} + \text{FN}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中：
FRR ——错误拒绝率；
TP ——真正样本数；
FN ——加负样本数。

8.2.6 召回率

按照 8.1.4 的方法进行计算。

8.3 图像识别

8.3.1 字符识别准确率

字符识别准确率指对于给定的数据集,被正确识别的字符占有所有识别出的字符数的比率,见公式(13)：

$$\text{precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中：
precision ——字符识别准确率；
TP ——真正样本数；
FP ——假正样本数。

8.3.2 字符识别召回率

字符识别召回率指对于给定的数据集,被正确识别的字符占实际字符数的比率,见公式(14)：



$$\text{recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

recall —— 字符识别召回率;

TP —— 真正样本数;

FN —— 假负样本数。

8.3.3 平均编辑距离

编辑距离为字符串 A 到字符串 B 最少需要的操作次数。操作次数为更改一个字符,删除一个字符或增加一个字符。对整篇文档所有行的编辑距离取平均值,即可求得平均编辑距离,见公式(15):

$$\text{AED} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{edit}_i \times 100\% \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中:

AED —— 平均编辑距离;

edit_i —— 字符识别中每一行的编辑距离。

8.3.4 条码识别准确率

条码识别准确率指对于给定的数据集,被正确识别的条码占有所有识别出的条码的比率,见公式(16):

$$\text{precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中:

precision —— 条码识别准确率;

TP —— 真正样本数;

FP —— 假正样本数。

8.4 物体识别

8.4.1 准确率

按照 8.2.1 的方法进行计算。

8.4.2 宏平均准确率

按照 8.2.2 的方法进行计算。

8.4.3 微平均准确率

按照 8.2.3 的方法进行计算。

8.4.4 平均精度均值

按照 8.1.3 的方法进行计算。

8.4.5 交并比

交并比用来评价目标框和预测框之间的重合度,见公式(17):

$$\text{IoU} = \frac{\text{area}(B_p \cap B_{gt})}{\text{area}(B_p \cup B_{gt})} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中：
IoU —— 交并比；
 B_p —— 预测的矩形框区域；
 B_{gt} —— 标注的矩形框区域。

8.4.6 平均重叠率

平均重叠率(AOR)计算每一帧真实标注和算法输出的交并比,对所有帧取平均值。


8.4.7 召回率

按照 8.1.4 的方法进行计算。

8.5 测距精度

测距精度为机器人视觉系统(含 3 维)测量的目标距离与标定目标距离的误差,见公式(18)：

$$\Delta = |d - d_i|$$



.....(18)

式中：
 d —— 被测机器人与目标样本的标定距离；
 d_i —— 第 i 次被测机器人测量距离；
 Δ —— 测量误差。

8.6 准测率

准确率为达到规定测距精度的测距概率,见公式(19)：

$$P = \frac{n_i}{n} \times 100\%$$

.....(19)

式中：
 P —— 被测机器人的准测率；
 n_i —— 测试中符合标称准确度要求的测距次数；
 n —— 测试中测距总次数。

8.7 角度分辨率

按照 7.5.8 的要求进行计算。

8.8 测温准确度

8.8.1 测温准确度指对已知温度的标准黑体进行测温,被测机器人测出的温度值和标准黑体实际温度值的差值。根据 7.5.9 中 d),得出平均值 \bar{T} ,见公式(20)：

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^{10} T_i}{10}$$

.....(20)

式中：
 \bar{T} —— 每组测量的平均值,单位为摄氏度(℃)；
 T_i —— 每次测量的温度值,单位为摄氏度(℃)；

8.8.2 根据 7.5.9 中 e),得出测温准确度 δ ,见公式(21)：

$$\delta = \frac{\sum_{j=1}^5 |T_b - \bar{T}_j|}{5} \dots\dots\dots (21)$$

式中：

δ ——测温准确度,单位为摄氏度(℃)；

T_b ——标准黑体的设定温度,单位为摄氏度(℃)；

\bar{T}_j ——每组计算得到的平均值,单位为摄氏度(℃)。

8.9 测温误报率

测温误报率指将正常温度的对象进行告警,根据 7.5.10 的测试步骤,得出测温误报率,见公式(22)：

$$W = \frac{n_1}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (22)$$

式中：

W ——测温误报率；

N ——试验人员通过总人次；

n_1 ——测试过程中的告警人次。

8.10 测温漏报率

测温漏报率指对超温对象未发出告警,根据 7.5.11 的测试步骤,得出测温漏报率,见公式(23)：

$$P = \frac{n_2}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (23)$$

式中：

P ——测温漏报率；

N ——携带超温对象的试验人员测试总人次；

n_2 ——发生测温漏报的人次。

9 评价报告

测评完成后应出具评价报告,评价报告内容包括但不限于：

- 测评目的、内容和结论；
- 测评依据；
- 测评时间、地点；
- 样品说明；
- 测评环境说明；
- 测评软硬件情况；
- 测评方法描述；
- 测评中发生的异常处理情况；
- 其他需要说明的有关事项。

附 录 A
(资料性)

机器人智能化视觉评价及等级划分示例

机器人智能化视觉评价记录表见表 A.1。

表 A.1 机器人智能化视觉评价实施示例

试品名称	建筑机器人			试品型号	墙砖铺贴机器人	试品编号	# 1																																																										
委托单位	—			测评依据	GB/T 45579—2025 《机器人智能化视觉评价方法及等级划分》																																																												
测评时间	—	环境温度	28 ℃	相对湿度	53%	气压	101.1 kPa																																																										
网络环境	二维相机采用千兆网线连接,传输速率高于 800 Mb/s;3D 相机采用 USB3.0,传输速率高于 1 024 Mb/s;丢包率不超过 0.5%;延时低于 10 ms																																																																
试品技术参数	视觉传感器 1:																																																																
	1) 2 个 realSense 3D 相机,型号 D435i。安装于底盘,用于精准引导底盘做二次精定位,相机具体参数如下:																																																																
	双目测距相机的参数				红外投射器参数																																																												
	<table><tr><th>Parameter</th><th>Camera Sensor Properties</th></tr><tr><td>Image Sensor</td><td>OmniVision OV9282</td></tr><tr><td>Active Pixels</td><td>1280 × 800</td></tr><tr><td>Sensor Aspect Ratio</td><td>8 : 5</td></tr><tr><td>Format</td><td>10-bit RAW</td></tr><tr><td>F Number</td><td>f/2.0</td></tr><tr><td>Focal Length</td><td>1.93 mm</td></tr><tr><td>Filter Type</td><td>IR Cut = D420, None = D430 D435/D435i</td></tr><tr><td>Focus</td><td>Fixed</td></tr><tr><td>Shutter Type</td><td>Global Shutter</td></tr><tr><td>Signal Interface</td><td>MIPI CSI-2, 2× Lanes</td></tr><tr><td>Horizontal Field of View</td><td>91.2°</td></tr><tr><td>Vertical Field of View</td><td>65.5°</td></tr><tr><td>Diagonal Field of View</td><td>100.6°</td></tr><tr><td>Baseline</td><td>50 mm</td></tr><tr><td>Depth FOV HD</td><td>H:67±3, V:58±1, D:95±3</td></tr><tr><td>Depth FOV VGA</td><td>H:75±3, V:62±1, D:89±3</td></tr><tr><td>Distortion</td><td>≤1.5%</td></tr></table>				Parameter	Camera Sensor Properties	Image Sensor	OmniVision OV9282	Active Pixels	1280 × 800	Sensor Aspect Ratio	8 : 5	Format	10-bit RAW	F Number	f/2.0	Focal Length	1.93 mm	Filter Type	IR Cut = D420, None = D430 D435/D435i	Focus	Fixed	Shutter Type	Global Shutter	Signal Interface	MIPI CSI-2, 2× Lanes	Horizontal Field of View	91.2°	Vertical Field of View	65.5°	Diagonal Field of View	100.6°	Baseline	50 mm	Depth FOV HD	H:67±3, V:58±1, D:95±3	Depth FOV VGA	H:75±3, V:62±1, D:89±3	Distortion	≤1.5%	<table><tr><th>Parameter</th><th>Properties</th></tr><tr><td>Projector</td><td>Infrared</td></tr><tr><td>Pattern Type</td><td>Static</td></tr><tr><td>Illuminating Component</td><td>Vertical-cavity surface-emitting laser(VCSEL) + optics</td></tr><tr><td>Laser Controller</td><td>PWM</td></tr><tr><td>Optical Power</td><td>~380 mW average, 4.25 W peak</td></tr><tr><td>Laser Wavelength</td><td>850 nm ± 10 nm nominal @20°</td></tr><tr><td>Laser Compliance</td><td>Class 1, IEC 60825-1:2007 Edition 2, IEC 60825-1:2014 Edition 3</td></tr><tr><td>Horizontal Field of Projection</td><td>90°±3°</td></tr><tr><td>Vertical Field of Projection</td><td>63°±3°</td></tr><tr><td>Diagonal Field of Projection</td><td>99°±3°</td></tr></table>			Parameter	Properties	Projector	Infrared	Pattern Type	Static	Illuminating Component	Vertical-cavity surface-emitting laser(VCSEL) + optics	Laser Controller	PWM	Optical Power	~380 mW average, 4.25 W peak	Laser Wavelength	850 nm ± 10 nm nominal @20°	Laser Compliance	Class 1, IEC 60825-1:2007 Edition 2, IEC 60825-1:2014 Edition 3	Horizontal Field of Projection	90°±3°	Vertical Field of Projection	63°±3°	Diagonal Field of Projection	99°±3°
	Parameter	Camera Sensor Properties																																																															
Image Sensor	OmniVision OV9282																																																																
Active Pixels	1280 × 800																																																																
Sensor Aspect Ratio	8 : 5																																																																
Format	10-bit RAW																																																																
F Number	f/2.0																																																																
Focal Length	1.93 mm																																																																
Filter Type	IR Cut = D420, None = D430 D435/D435i																																																																
Focus	Fixed																																																																
Shutter Type	Global Shutter																																																																
Signal Interface	MIPI CSI-2, 2× Lanes																																																																
Horizontal Field of View	91.2°																																																																
Vertical Field of View	65.5°																																																																
Diagonal Field of View	100.6°																																																																
Baseline	50 mm																																																																
Depth FOV HD	H:67±3, V:58±1, D:95±3																																																																
Depth FOV VGA	H:75±3, V:62±1, D:89±3																																																																
Distortion	≤1.5%																																																																
Parameter	Properties																																																																
Projector	Infrared																																																																
Pattern Type	Static																																																																
Illuminating Component	Vertical-cavity surface-emitting laser(VCSEL) + optics																																																																
Laser Controller	PWM																																																																
Optical Power	~380 mW average, 4.25 W peak																																																																
Laser Wavelength	850 nm ± 10 nm nominal @20°																																																																
Laser Compliance	Class 1, IEC 60825-1:2007 Edition 2, IEC 60825-1:2014 Edition 3																																																																
Horizontal Field of Projection	90°±3°																																																																
Vertical Field of Projection	63°±3°																																																																
Diagonal Field of Projection	99°±3°																																																																
RGB 相机参数																																																																	
<table><tr><th>Parameter</th><th>Camera Sensor Properties</th></tr><tr><td>Image Sensor</td><td>OmniVision OV2740</td></tr><tr><td>Color Image Signal Processor</td><td>Discrete</td></tr><tr><td>Active Pixels</td><td>1920 × 1080</td></tr><tr><td>Sensor Aspect Ratio</td><td>16:9</td></tr><tr><td>Format</td><td>10-bit RAW RGB</td></tr><tr><td>F Number</td><td>f/2.0</td></tr><tr><td>Focal Length</td><td>1.86 mm</td></tr><tr><td>Filter Type</td><td>IR Cut Filter</td></tr><tr><td>Focus</td><td>Fixed</td></tr><tr><td>Shutter Type</td><td>Rolling Shutter</td></tr><tr><td>Signal Interface</td><td>MIPI CSI-2, 1 Lane</td></tr><tr><td>Horizontal Field of View</td><td>68.4°</td></tr><tr><td>Vertical Field of View</td><td>42.5°</td></tr><tr><td>Diagonal Field of View</td><td>77°</td></tr><tr><td>Distortion</td><td>≤1.5%</td></tr></table>				Parameter	Camera Sensor Properties	Image Sensor	OmniVision OV2740	Color Image Signal Processor	Discrete	Active Pixels	1920 × 1080	Sensor Aspect Ratio	16:9	Format	10-bit RAW RGB	F Number	f/2.0	Focal Length	1.86 mm	Filter Type	IR Cut Filter	Focus	Fixed	Shutter Type	Rolling Shutter	Signal Interface	MIPI CSI-2, 1 Lane	Horizontal Field of View	68.4°	Vertical Field of View	42.5°	Diagonal Field of View	77°	Distortion	≤1.5%																														
Parameter	Camera Sensor Properties																																																																
Image Sensor	OmniVision OV2740																																																																
Color Image Signal Processor	Discrete																																																																
Active Pixels	1920 × 1080																																																																
Sensor Aspect Ratio	16:9																																																																
Format	10-bit RAW RGB																																																																
F Number	f/2.0																																																																
Focal Length	1.86 mm																																																																
Filter Type	IR Cut Filter																																																																
Focus	Fixed																																																																
Shutter Type	Rolling Shutter																																																																
Signal Interface	MIPI CSI-2, 1 Lane																																																																
Horizontal Field of View	68.4°																																																																
Vertical Field of View	42.5°																																																																
Diagonal Field of View	77°																																																																
Distortion	≤1.5%																																																																

表 A.1 机器人智能化视觉评价实施示例（续）

试品技术参数	<div>2) 用于识别二维码解算出 x 和 y 偏差,然后基于 PCL 点云处理解算出偏航角度,综合引导底盘做二次精定位;</div> <div>3) 工作距离 400 mm~1 600 mm,采集时间 0.5 s,解算时间 1 s 内,x 和 y 精度小于± 5 mm,z 距离精度小于 $1\% \times$ 工作距离,偏航角小于 0.5°。</div> <div>视觉传感器 2:</div> <div>1) 3 个黑白二维相机,型号 MV-CB060-10GM-S。安装于机械臂末端,用于视觉伺服引导墙砖精准铺贴;</div> <div>2) 手眼相机获取到图像后,通过语义分割深度学习模型对铺贴砖和待铺贴砖进行语义分割,然后根据深度学习模型给出的结果,通过数字图像处理算法,拟合出砖的边缘,从而解算出砖的顶点坐标,实时引导机械臂对齐铺贴;</div> <div>3) 工作距离 400 mm\pm20 mm,采集时间 20 ms,解算时间小于 40 ms,x 和 y 精度小于 0.5 mm,角度小于 0.1°</div>																											
测评项目	<div>通用:二维每秒处理帧数 FPS、三维每秒处理帧数 FPS 、安全功能。</div> <div>图片识别:条码识别准确率。</div> <div>物体识别:准确率 Acc、宏平均准确率、微平均准确率、平均精度均值、交并比 IoU、平均重叠率、召回率</div>																											
数据集介绍	<div>测试集(图片/视频)总样本数量:15 400,正样本总数量:12 320,负样本总数量:3 080。</div> <div>数据扩充方式包括:旋转、切变、缩放、重叠、视角、光照切换、平移、转置、模糊、插值等。</div> <div>进行数据扩充的样本数量:1 400,正样本数量:1 120 ,负样本数量:280。</div> <div>测试集图片/视频对象具体名称与数量:</div> <table><tr><th>对象名称</th><th>正样本数量</th><th>负样本数量</th></tr><tr><td>浅色砖</td><td>1 760</td><td>440</td></tr><tr><td>深色砖</td><td>1 760</td><td>440</td></tr><tr><td>条纹砖</td><td>1 760</td><td>440</td></tr><tr><td>花纹砖</td><td>1 760</td><td>440</td></tr><tr><td>砖表面砂浆污染</td><td>1 760</td><td>440</td></tr><tr><td>二维码</td><td>1 760</td><td>440</td></tr><tr><td>墙面</td><td>1 760</td><td>440</td></tr></table>				对象名称	正样本数量	负样本数量	浅色砖	1 760	440	深色砖	1 760	440	条纹砖	1 760	440	花纹砖	1 760	440	砖表面砂浆污染	1 760	440	二维码	1 760	440	墙面	1 760	440
对象名称	正样本数量	负样本数量																										
浅色砖	1 760	440																										
深色砖	1 760	440																										
条纹砖	1 760	440																										
花纹砖	1 760	440																										
砖表面砂浆污染	1 760	440																										
二维码	1 760	440																										
墙面	1 760	440																										
设备/软件名称	设备/软件型号	设备/软件编号	设备/软件检验	设备/软件有效期																								
视觉智能化测评系统	TES1332	/	正常 <input checked="" type="checkbox"/> 故障 <input type="checkbox"/>	/																								
显示屏	Dell	60.96 cm(24 in)显示器	正常 <input checked="" type="checkbox"/> 故障 <input type="checkbox"/>	/																								
中央处理器	研华 I7700	英伟达 TX2	正常 <input checked="" type="checkbox"/> 故障 <input type="checkbox"/>	/																								
内存	16 GB	/	正常 <input checked="" type="checkbox"/> 故障 <input type="checkbox"/>	/																								
图形处理器	算法自研	/	正常 <input checked="" type="checkbox"/> 故障 <input type="checkbox"/>	/																								
系统	算法自研	/	正常 <input checked="" type="checkbox"/> 故障 <input type="checkbox"/>	/																								

表 A.1 机器人智能化视觉评价实施示例（续）


硬盘		固态硬盘(SSD) 512 GB		/		正常 <input checked="" type="checkbox"/> 故障 <input type="checkbox"/>		/	
光谱辐射计		TES1332		/		正常 <input checked="" type="checkbox"/> 故障 <input type="checkbox"/>		/	
运动捕捉系统		自研		/		正常 <input checked="" type="checkbox"/> 故障 <input type="checkbox"/>		/	
测评过程		正常运行 <input checked="" type="checkbox"/> 异常现象 <input type="checkbox"/> ：							
测评结果	测评类别	测评指标	依据标准条款	测评方式	照明条件	测评距离	计算结果	智能等级	备注
	通用	二维每秒处理帧数 FPS	7.1.1	构建测试集测评 <input checked="" type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	室内照明条件	0.5 m	28 Hz	L2	/
	通用	三维每秒处理帧数 FPS	7.1.1	构建测试集测评 <input checked="" type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	室内照明条件	0.5 m	9 Hz	L1	/
	通用	安全功能	7.1.2	构建测试集测评 <input checked="" type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	暗室条件	0.5 m	1. 视觉系统故障时,能发出警报信号,警报的响应速度 0.1 s; 2. 具备切换到备用视觉系统并发出详细的故障报告的功能; 3. 能够有效防止欺骗攻击	L4	/
	人体姿态估计	单人姿态估计平均精度 AP	7.2.1	构建测试集测评 <input type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	/	/	/	/	N/A
	人体姿态估计	多人姿态估计平均精度 AP	7.2.2	构建测试集测评 <input type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	/	/	/	/	N/A
	人体姿态估计	平均精度均值 mAP	7.2.3	构建测试集测评 <input type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	/	/	/	/	N/A
	人体姿态估计	召回率	7.2.4	构建测试集测评 <input type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	/	/	/	/	N/A
	人脸识别	准确率 Acc	7.3.1	构建测试集测评 <input type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	/	/	/	/	N/A
人脸识别	宏平均准确率 Macro Acc	7.3.2	构建测试集测评 <input type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	/	 /	/	/	N/A	

表 A.1 机器人智能化视觉评价实施示例（续）

测评结果	人脸识别	微平均准确率 Micro Acc	7.3.3	构建测试集测评□ 实物样本测评□	/	/	/	/	N/A
	人脸识别	错误接受率 FAR	7.3.4	构建测试集测评□ 实物样本测评□	/	/	/	/	N/A
	人脸识别	错误拒绝率 FRR	7.3.5	构建测试集测评□ 实物样本测评□	/	/	/	/	N/A
	人脸识别	召回率	7.3.6	构建测试集测评□ 实物样本测评□	/	/	/	/	N/A
	图像识别	手写文字字符 识别准确率	7.4.1	构建测试集测评□ 实物样本测评□	/	/	/	/	N/A
	图像识别	手写文字字符 识别召回率	7.4.2	构建测试集测评□ 实物样本测评□	/	/	/	/	N/A
	图像识别	印刷文字字符 识别准确率	7.4.1	构建测试集测评□ 实物样本测评□	/	/	/	/	N/A
	图像识别	印刷文字字符 识别召回率	7.4.2	构建测试集测评□ 实物样本测评□	/	/	/	/	N/A
	图像识别	手写文字字符 识别平均编辑 距离	7.4.3	构建测试集测评□ 实物样本测评□	/	/	/	/	N/A
	图像识别	印刷文字字符 识别平均编辑 距离	7.4.3	构建测试集测评□ 实物样本测评□	/	/	/	/	N/A
	图像识别	条码识别准 确率	7.4.4	构建测试集测评☑ 实物样本测评□	室内照明 条件	0.5 m	100%	L5	/
	物体识别	准确率 Acc	7.5.1	构建测试集测评☑ 实物样本测评□	室内照明 条件	0.5 m	99%	L5	/
	物体识别	宏平均准确率 Macro Acc	7.5.2	构建测试集测评☑ 实物样本测评□	室内照明 条件	0.5 m	98%	L5	/
	物体识别	微平均准确率 Micro Acc	7.5.3	构建测试集测评☑ 实物样本测评□	室内照明 条件	0.5 m	98%	L5	/
	物体识别	平均精度均值 mAP	7.5.4	构建测试集测评☑ 实物样本测评□	室内照明 条件	0.5 m	98%	L5	/

表 A.1 机器人智能化视觉评价实施示例（续）

测评结果	物体识别	交并比 IoU	7.5.5	构建测试集测评 <input checked="" type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	室内照明 条件	0.5 m	0.95	L5	/
	物体识别	平均重叠率 AOR	7.5.6	构建测试集测评 <input checked="" type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	室内照明 条件	0.5 m	0.95	L5	/
	物体识别	召回率	7.5.7	构建测试集测评 <input checked="" type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	室内照明 条件	0.4 m	99.5%	L5	/
	测距精度		7.6	构建测试集测评 <input type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	/	/	/	/	N/A
	准测率		7.7	构建测试集测评 <input type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	/	/	/	/	N/A
	角度分辨率		7.8	构建测试集测评 <input type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	/	/	/	/	N/A
	测温分辨率		7.9	构建测试集测评 <input type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	/	/	/	/	N/A
	测温误报率		7.10	构建测试集测评 <input type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	/	/	/	/	N/A
	测温漏报率		7.11	构建测试集测评 <input type="checkbox"/> 实物样本测评 <input type="checkbox"/>	/	/	/	/	N/A
备注	(如有其他需要说明的信息,可以填写在此处) / ××××数据:××××,存储路径:××××。								
检测	—		记录	—		校核	—		



附 录 B
(资料性)
机器人视觉典型应用

机器人视觉的典型应用场景包括工业领域、个人/家用服务领域、公共服务领域、特种作业领域(主要为建筑领域),以业务为核心,分场景给出对应的业务需求,见图 B.1。

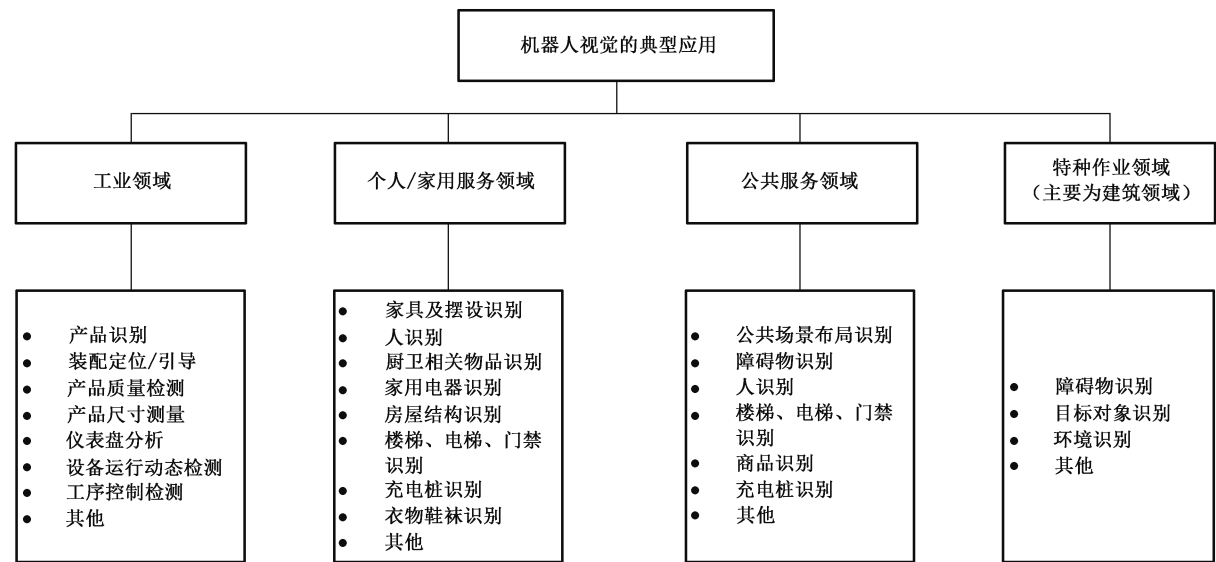


图 B.1 机器人视觉的典型应用概览



参 考 文 献

[1] GB/T 12643—2025 机器人 词汇

[2] GB/T 13190.2—2018 信息与文献 叙词表及与其他词表的互操作 第2部分:与其他词表的互操作

[3] GB/T 28219—2018 智能家用电器通用技术要求

[4] GB/T 38671—2020 信息安全技术 远程人脸识别系统技术要求

[5] GB/T 41864—2022 信息技术 计算机视觉 术语

[6] GB/T 44483—2024 安全与韧性 术语

[7] GA/T 1755—2020 安全防范 人脸识别应用 人证核验设备通用技术要求

[8] CIE 15 色度(Colorimetry)

[9] Du M,Liu N,Hu X.Techniques for interpretable machine learning[J].Communications of the ACM,2019,63(1):68-77

[10] Goodfellow I J, Shlens J, Szegedy C. Explaining and harnessing adversarial examples [C], ICLR.201

