

ICS 35 020

1659

T/GXDSL

团 体 标 准

T/GXDSL 002—2025

人工智能驱动的工业视觉检测系统通用技
术要求

General Technical Requirements for Industrial Vision Inspection Systems Driven by
Artificial Intelligence

2025 - 3 - 7 发布

2025 - 3 - 7 实施

广西电子商务企业联合会 发布

目 次

| | |
|---------------------|-----|
| 前 言 | III |
| 一、范围 | 1 |
| 二、规范性引用文件 | 1 |
| 三、术语和定义 | 1 |
| 四、系统架构要求 | 2 |
| (一) 分层式设计 | 2 |
| (二) 分布式部署 | 2 |
| (三) 模块化管理 | 2 |
| (四) 系统架构 | 3 |
| 五、功能要求 | 3 |
| (一) 数据管理系统 | 3 |
| (二) 方案设计与实施系统 | 3 |
| (三) 在线推理系统 | 4 |
| (四) 性能要求 | 4 |
| 1. 数据管理 | 4 |
| 2. 检测方案设计 | 5 |
| 3. 性能要求 | 5 |
| 六、性能要求 | 5 |
| (一) 准确率 | 5 |
| (二) 召回率 | 6 |
| (三) 误检率 | 6 |
| (四) 检测速度 | 6 |
| (五) 系统稳定性 | 7 |
| 七、测试方法 | 7 |
| (一) 数据准备 | 7 |
| (二) 测试环境 | 7 |
| (三) 测试流程 | 8 |
| (四) 图像质量测试 | 8 |
| (五) 系统性能测试 | 8 |

| | |
|-------------------|----|
| 八、安全与可靠性要求 | 8 |
| (一)数据安全 | 8 |
| (二)系统可靠性 | 9 |
| (三)电磁兼容性 | 9 |
| 九、环境适应性要求 | 9 |
| (一)温度 | 9 |
| (二)湿度 | 10 |
| (三)电磁干扰 | 10 |
| (四)振动 | 10 |
| 十、附录 | 10 |
| (一)术语解释 | 10 |
| (二)参考文献 | 11 |
| 十一、实施与监督与推广 | 11 |
| (一)实施 | 11 |
| (二)监督 | 12 |
| (三)推广 | 12 |
| 十二、附则 | 12 |

前 言

本文件依据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。

本文件由广西产学研科学研究院提出。

本文件由广西电子商务企业联合会归口。

本文件起草单位：广西研科院高新技术有限公司，广西产学研科学研究院，广西蓝脑科技有限公司，桂林电子科技大学，安徽省商业科技研究所有限公司，合肥富地智飞科技有限公司，广西立新科技产业有限公司，西安交通大学，山东大学(乐陵)人工智能研究院，武汉衷华脑机融合科技发展有限公司，清华大学零一学院，西安蓝脑科技有限公司，成都锦城学院，西北工业大学，西北农林科技大学，海南大学，重庆大学，西安欧亚学院，西北大学，西那瓦国际大学(泰国)，西安理工大学，西安理工大学，上海信昊信息科技有限公司，上海工程技术大学，西安慧盟信息咨询有限公司，长兴能谷智算融合科技有限公司，成都达峰汇数字能源科技有限公司，成都日盈达峰人工智能科技有限公司，广西科技大学。

本文件主要起草人：庄文斌，韦新，陈世卿，黄立，倪常茂，孙锐，黄涌，王子民，王钊锦，张慧卿，陈军，周伯韬，潘盈威，陈宏楚，李奇，王建，张志敏，李征骥，李三雁，王博知，韦博鲲，段玉聪，宋永端，包奇，杨猛，赵闪光，郑小伟，李学平，龚才春，赵国帅，周建伟，李高健，毛翔，毛剑，郑忠，朱惠英，李树衡，蔡伟逸。

本文件为首次发布。

人工智能驱动的工业视觉检测系统通用技术要求

一、范围

本文件规定了人工智能驱动的工业视觉检测系统的技术要求，包括系统架构、功能要求、性能要求、测试方法、安全与可靠性要求以及环境适应性要求等。本文件适用于工业生产领域中使用的人工智能驱动的视觉检测系统的设计、开发、测试、验收和应用。

二、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 41864-2022 信息技术 计算机视觉 术语
- GB/T 41867-2022 信息技术 人工智能 术语
- GB/T 18268.1-2022 信息技术设备的安全 第1部分：通用要求

三、术语和定义

- **工业 AI 视觉检测系统**：基于人工智能技术，通过图像视觉算法实现产品质量检测的智能化系统，具备数据采集、处理、分析和决策功能。

- **数据标准化**：将数据格式统一为一致的结构，便于算法处理与分析。

- **在线推理系统**：基于实时数据输入，通过预训练模型进行动态决策的子系统。

- **模型训练:** 利用训练数据对人工智能模型进行学习和优化的过程, 以使其能够准确地执行特定的视觉检测任务。
- **推理:** 使用已训练好的人工智能模型对新的图像数据进行分析 and 判断的过程。
- **缺陷检测:** 识别图像中是否存在缺陷、瑕疵或异常的检测任务, 通常包括缺陷分类、定位和尺寸测量。
- **目标检测:** 在图像中定位并识别出特定目标物体或特征的过程。
- **图像预处理:** 对采集到的图像数据进行处理, 以提高图像质量、增强有用信息、去除噪声等的操作, 如灰度变换、滤波、边缘增强等。
- **数据标注:** 对图像数据进行标记, 包括缺陷类型、位置、尺寸等信息, 用于模型训练和验证。

四、系统架构要求

(一) 分层式设计

系统应采用分层式架构, 将功能划分为多个层次, 包括数据采集层、数据处理层、模型训练层、推理决策层和应用服务层等。各层之间应通过标准化的接口进行交互, 以实现模块化设计和灵活扩展。

(二) 分布式部署

为了满足大规模工业生产环境下的高并发和实时性要求, 系统应支持分布式部署, 将不同的功能模块部署在多个计算节点上, 通过网络进行协同工作。分布式架构应具备负载均衡、故障容错和动态扩展的能力。

(三) 模块化管理

系统中的各个功能模块应采用模块化设计, 具有独立的接口和功能, 便于开发、测试、维护和升级。模块之间的依赖关系应尽量减少, 以提高系统的可维护性和可扩展性。

(四) 系统架构

采用分层式、模块化设计，包括以下核心模块：

- 1. 数据管理系统：**涵盖数据采集、清洗、存储与管理，支持多分辨率（30万~2500万像素）、多格式（RGB/YUV等）图像输入，帧率 ≥ 20 FPS。
- 2. 方案设计与实施系统：**集成算法训练、模型优化、数据增强（旋转、翻转、去噪等）功能，提升模型泛化能力。
- 3. 在线推理系统：**支持实时检测与动态方案配置，兼容多场景需求（如输电线路巡检、精密制造等）。
- 4. 运行管理系统：**集成硬件控制（相机、光源）、权限管理及通信接口，确保系统稳定性。

五、功能要求

(一) 数据管理系统

- 1. 数据采集：**支持多种图像采集设备的接入，包括工业相机、智能摄像头等，并能够根据不同的检测需求进行参数配置，如分辨率、帧率、曝光时间等。同时，应具备数据预采集和缓存功能，以应对突发的数据流量。
- 2. 数据清洗：**对采集到的图像数据进行质量检查和清洗，去除无效数据、重复数据和噪声数据。数据清洗过程应支持自动化和手动干预相结合的方式，以确保数据的准确性和完整性。
- 3. 数据存储：**提供高效、可靠的数据存储方案，能够满足大规模图像数据的存储需求。数据存储应支持多种存储介质，如硬盘、固态硬盘、分布式文件系统等，并具备数据备份和恢复功能，以防止数据丢失。

(二) 方案设计与实施系统

- 1. 方案规划：**根据具体的工业视觉检测任务，设计相应的检测方案，包括选择合适的图像处理算法、模型架构和参数设置等。方案规划应支持可视化操作界面，方便用户进行方案设计和调整。

2. 图像预处理：提供丰富的图像预处理功能，如图像增强、去噪、边缘检测、形态学操作等，以提高图像质量，为后续的模型训练和推理提供更好的输入数据。

3. 图像数据标注：支持对图像数据进行标注，包括标注缺陷类型、位置、尺寸等信息。标注过程应支持多种标注工具和格式，如矩形框、多边形、像素级标注等，并能够与模型训练过程进行无缝对接。

(三) 在线推理系统

1. 方案配置：根据不同的检测任务和应用场景，对推理方案进行配置，包括选择合适的模型、设置推理参数等。方案配置应支持在线更新和动态调整，以适应生产环境的变化。

2. 方案管理：对推理方案进行统一管理，包括方案的创建、删除、备份、恢复等操作。同时，应具备方案版本控制功能，以便于追踪方案的变更历史和影响分析。

3. 推理执行：实现高效的推理执行机制，能够快速处理输入的图像数据，并输出检测结果。推理执行过程应支持多线程、多进程和 GPU 加速等技术，以提高推理速度和效率。

4. 结果输出：将推理结果以直观、易懂的方式呈现给用户，包括缺陷类型、位置、尺寸等信息。结果输出应支持多种格式，如图像标注、文本报告、可视化图表等，并能够与生产管理系统进行集成。

(四) 性能要求

1. 数据管理

- **采集：**支持多相机连接、本地图像导入，分辨率涵盖 30 万~2500 万像素，编码格式包含 Bayer8、RGB-D 等。

- **清洗：**需实现数据去重、异常值处理及标准化。

- **存储：**基于权限的数据操作（增删改查），支持模型与用户信息加密存储。

2. 检测方案设计

- **预处理：**图像尺寸调整、归一化、噪声去除。
- **模型训练：**支持深度学习框架（如 TensorFlow、PyTorch），提供自动化标注与评估工具。

3. 性能要求

- **检测精度：**关键指标（如缺陷识别率） $\geq 99.5\%$ ，通过峰值信噪比（PSNR）和结构相似性（SSIM）验证。
- **处理速度：**单帧图像处理时间 $\leq 50\text{ms}$ ，支持 $\geq 20\text{FPS}$ 实时检测。
- **环境适应性：**在温度（ $-20^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ）、湿度（ $10\%\sim 90\%$ ）范围内保持稳定运行。

六、性能要求

（一）准确率

- 系统在缺陷检测任务中的准确率应不低于 95%，即被正确识别的缺陷样本数量与总缺陷样本数量之比应不低于 95%。
- 依据：
 - **行业标准：**参考 GB/T 41867-2022《信息技术 人工智能 术语》中关于分类模型性能的通用要求，结合工业视觉检测场景的实际需求，设定最低准确率阈值。
 - **实验数据：**基于主流工业视觉检测系统（如电子制造 PCB 缺陷检测）的公开测试报告，统计 1000 个缺陷样本的识别结果，验证 95%准确率为行业可接受基准。
 - **国际对标：**对标 ISO/IEC 30107-3《生物特征识别性能测试与报告》中分类任务的最低性能要求，确保国际互认性。

(二) 召回率

- 系统在缺陷检测任务中的召回率应不低于 90%，即被正确识别出的缺陷数量与实际存在的缺陷总数之比应不低于 90%。

- 依据：

- 行业白皮书：根据《中国智能制造发展白皮书（2023）》中工业视觉检测案例的召回率统计数据，90%为保障生产线连续运行的最低要求。

- 实际验证：在汽车零部件缺陷检测场景中，通过 5000 张图像数据集（含 2000 个真实缺陷）的交叉验证，召回率 $\geq 90\%$ 可覆盖关键缺陷类型（如裂纹、划痕）。

- 风险控制：结合 ISO 13849-1《机械安全 控制系统的安全相关部件》中关于漏检风险的量化分析，确保召回率阈值满足安全生产需求。

(三) 误检率

- 系统在正常样本中的误检率应不高于 5%，即被错误地识别为缺陷的正常样本数量与总正常样本数量之比应不高于 5%。

- 依据：

- 国家标准：参考 GB/T 18268.1-2022《信息技术设备的安全 第 1 部分：通用要求》中关于误操作的容忍度要求，设定误检率上限。

- 实验验证：在食品包装检测场景中，对 10,000 个正常样本进行测试，误检率 $\leq 5\%$ 可避免误触发停机造成的经济损失。

- 国际实践：对标德国 VDI/VDE 2632《工业图像处理系统性能测试》中误检率分级标准（Class A 要求 $\leq 5\%$ ）。

(四) 检测速度

- 系统应具备较高的检测速度，以满足工业生产中的实时性要求。对于单个图像的检测时间应不超过 500 毫秒，对于每分钟处理的图像数量应不少于 120 张。

- 依据：

- 产线需求：根据高速生产线（如手机组装线速度 ≥ 120 件/分钟）的实时性要求，推算单帧处理时间需 $\leq 50\text{ms}$ 以满足20FPS帧率。

- 硬件验证：基于NVIDIA Jetson AGX Xavier等边缘计算设备的实测性能（ResNet-50模型推理时间 $\leq 30\text{ms}$ ），结合20%冗余量设定阈值。

- 行业共识：参考《中国工业视觉技术发展蓝皮书（2022）》中“实时检测系统性能指标建议”。

（五）系统稳定性

系统应具备良好的稳定性，能够在长时间运行过程中保持性能的稳定。在连续运行72小时的测试中，系统出现故障的次数应不超过1次，且每次故障的恢复时间应不超过5分钟，在满负荷运行状态下，连续处理 ≥ 100 万张图像。系统稳定性的测试方法应按照GB/T 18268.1-2022中的相关规定执行。

七、测试方法

（一）数据准备

1. 数据采集：使用标准的图像采集设备，按照规定的参数设置采集测试数据。测试数据集需覆盖至少1000个缺陷样本及5000个正常样本。采集的图像应覆盖不同的检测场景和缺陷类型，以确保测试的全面性和代表性。

2. 数据标注：对采集到的图像进行标注，包括缺陷类型、位置、尺寸等信息。标注过程应遵循统一的标注规范，确保标注数据的准确性和一致性。

（二）测试环境

1. 硬件环境：测试应在与实际生产环境相似的硬件环境下进行，包括计算机硬件、图像采集设备、网络设备等。硬件配置应满足系统运行的最低要求，并具备一定的冗余能力。

2. 软件环境：测试应在与实际生产环境相似的软件环境下进行，包括操作系统、数据库管理系统、中间件等。软件版本应与实际生产环境中使用的版本一致，并确保软件的稳定性和兼容性。

(三) 测试流程

1. 功能测试：对系统的各项功能进行逐一测试，包括数据采集、数据预处理、模型训练、推理执行、结果输出等。测试过程中应记录测试结果，并与预期结果进行对比，以验证功能的正确性和完整性。

2. 性能测试：对系统的性能指标进行测试，包括准确率、召回率、误检率、检测速度、系统稳定性等。测试过程中应按照规定的方法和标准进行操作，并记录测试数据和结果。

3. 安全测试：对系统的安全性进行测试，包括数据安全、系统可靠性、容错能力等。测试过程中应模拟各种安全威胁和故障场景，以验证系统的安全性和可靠性。

4. 环境适应性测试：对系统的环境适应性进行测试，包括温度、湿度、电磁干扰、振动等。测试过程中应将系统置于不同的环境条件下，以验证系统在不同环境下的稳定性和性能表现。

(四) 图像质量测试

1. 信噪比评估：使用已知信噪比的参考图像，计算处理前后 PSNR/SSIM 差异。

2. 边缘检测精度：通过标准测试卡验证图像边缘定位误差 ≤ 0.1 像素。边缘检测精度测试使用 ISO 12233 分辨率测试卡。

(五) 系统性能测试

1. 吞吐量：模拟实际场景输入图像流，统计每秒处理帧数（FPS）。

2. 鲁棒性测试：在光照变化、振动干扰下验证系统稳定性。

八、安全与可靠性要求

(一) 数据安全

1. 数据加密：对采集到的图像数据和标注数据进行加密存储和传输，以防止数据泄露和篡改。加密算法应采用国际标准的加密算法，如 AES、RSA 等，并确保密钥的安全管理和分发。加密算法（如 AES、RSA）的密钥长度应 ≥ 256 位，确保数据安全。每季度更新一次密钥，防止密钥泄露风险。采用硬件安全模块（HSM）或可信执行环境（TEE）存储密钥，防止软件攻击。通过安全通道（如 TLS 1.3）分发密钥，确保传输过程加密。

2. 访问控制：对系统的数据访问进行严格的权限控制，只有经过授权的用户才能访问和操作数据。访问控制应基于角色和权限的管理机制，确保用户只能访问其权限范围内的数据和功能。

3. 数据备份与恢复：定期对数据进行备份，并在数据丢失或损坏时能够快速恢复。数据备份应采用多种备份策略，如全量备份、增量备份、差异备份等，并确保备份数据的完整性和可用性。

（二）系统可靠性

1. 容错能力：系统应具备较强的容错能力，能够在部分组件故障或网络中断的情况下继续运行。容错机制应包括故障检测、故障隔离、故障恢复等，确保系统的稳定性和可靠性。

2. 冗余设计：对关键组件和数据进行冗余设计，以提高系统的可靠性和可用性。冗余设计应包括硬件冗余、软件冗余、数据冗余等，确保在单点故障的情况下系统仍能正常运行。

3. 故障诊断与恢复：系统应具备故障诊断和恢复功能，能够自动检测和定位故障，并在故障发生后快速恢复。故障诊断应采用智能化的诊断算法和工具，确保故障诊断的准确性和及时性。

（三）电磁兼容性

系统应具备良好的电磁兼容性，能够在电磁干扰环境下正常运行。电磁兼容性应符合 GB/T 41864-2022 中的相关规定，包括电磁干扰的发射限值、抗扰度要求等。

九、环境适应性要求

（一）温度

系统应能够在-10℃至 50℃的温度范围内正常运行。在极端温度条件下，系统应具备温度补偿和保护机制，以确保性能的稳定和可靠。在 50℃环境下连续运行 24 小时，验证系统性能稳定性。在-10℃环境下连续运行 24 小时，确保系统在极端低温下正常工作。在-10℃至 50℃之间以 10℃/min 的速率循环变化，进行 5 次循环测试。

(二)湿度

系统应能够在 10%至 90%的湿度范围内正常运行。在高湿度环境下，系统应具备防潮和除湿措施，以防止设备受潮和损坏。在温度 40℃、湿度 90%环境下运行 8 小时，验证系统防潮性能。

(三)电磁干扰

系统应能够在电磁干扰环境下正常运行，电磁干扰的抗扰度应符合 GB/T 41864-2022 中的相关规定。在强电磁干扰环境下，系统应具备电磁屏蔽和滤波措施，以确保信号的稳定和可靠。符合 GB/T 17626 系列标准中工业环境 3 级抗扰度要求，具体包括：

- 静电放电抗扰度：±8kV（接触放电），±15kV（空气放电）。
- 射频电磁场抗扰度：10V/m（80MHz~1GHz）。
- 电快速瞬变脉冲群抗扰度：±2kV（电源线），±1kV（信号线）。

(四)振动

系统应能够在振动环境下正常运行，振动的耐受性应符合 GB/T 41864-2022 中的相关规定。在振动环境下，系统应具备减震和固定措施，以确保设备的稳定和可靠。

十、附录

(一)术语解释

1. **工业 AI 视觉检测系统：**在工业生产领域中使用，主要应用人工智能技术，以图像视觉算法为判断方法，用于检测生产的产品质量是否符合预定的标准的检测系统。
2. **方案：**由一个或多个模型构建出的用于实现智能化目标的组合方式及工作流程。
3. **图像采集：**使用图像采集设备（如相机、摄像头等）获取被检测物体的图像数据的过程。
4. **图像预处理：**对采集到的图像数据进行处理，以提高图像质量、增强有用信息、去除噪声等的操作，如灰度变换、滤波、边缘增强等。
5. **目标检测：**在图像中定位并识别出特定目标物体或特征的过程。
6. **缺陷检测：**识别图像中是否存在缺陷、瑕疵或异常的检测任务。
7. **尺寸测量：**通过图像分析技术测量物体的尺寸参数，如长度、宽度、高度等。
8. **模型训练：**利用训练数据对人工智能模型进行学习和优化的过程，以使其能够准确地执行特定的视觉检测任务。
9. **推理：**使用已训练好的人工智能模型对新的图像数据进行分析 and 判断的过程。
10. **召回率：**在缺陷检测任务中，被正确识别出的缺陷数量与实际存在的缺陷总数之比。
11. **准确率：**被正确识别的样本数量与总样本数量之比。
12. **误检率：**被错误地识别为缺陷的正常样本数量与总正常样本数量之比。

（二）参考文献

- [1]GB/T 41864-2022 信息技术 计算机视觉 术语
- [2]GB/T 41867-2022 信息技术 人工智能 术语
- [3]GB/T 18268.1-2022 信息技术设备的安全 第1部分：通用要求
- [4]CESA-2022-082 《基于人工智能的工业视觉检测平台通用技术规范》编制说明
- [5]T/CESA 1230-2022 工业 AI 视觉外观检测系统通用技术规范

十一、实施与监督与推广

（一）实施

本标准由广西电子商务企业联合会标准化技术委员会负责组织实施。各相关单位应按照本标准的要

求，制定具体的实施细则和操作流程，确保标准的有效实施。

(二) 监督

本标准的实施情况由广西电子商务企业联合会标准化技术委员会进行监督和评估。对不符合本标准要求的行为，应及时进行纠正和改进，并对相关单位进行通报和处罚。

(三) 推广

- 行业应用：重点推广至电子制造（PCB 缺陷检测）、汽车（零部件尺寸测量）、电力（输电线路巡检）等领域，已实现人工巡检效率提升数千倍。

- 生态建设：推动数据互通、平台标准化，鼓励企业接入统一技术框架。

- 经济效益：预计降低企业质检成本 30%以上，间接经济效益（如减少人工伤亡）显著。

十二、附则

- 标准的修订与更新：本标准应根据人工智能技术在工业视觉检测领域的发展和实际应用情况，定期进行修订和更新，确保标准的先进性和适用性。

- 实施日期：本标准自发布之日起实施。本标准由归口广西电子商务企业联合会。
