|  |  |
| --- | --- |
| ICS 35.240.50 |  |
| CCS  | L 70  |

|  |
| --- |
| D:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T.pngD:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T后面的反斜杠.pngSAIAS  |

 |

上海市人工智能行业协会团体标准

T/SAIAS XXX—2025

金属回转体外观缺陷机器视觉在线

采集系统技术规范

Technical specification for online detection system based on machine vision

 for appearance defects in metal rotating bodies

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

上海市人工智能行业协会  发布

目次

[前言 IV](#_Toc191538569)

[引言 V](#_Toc191538570)

[1 范围 6](#_Toc191538571)

[2 规范性引用文件 6](#_Toc191538572)

[3 术语和定义 6](#_Toc191538573)

[4 缩略语 7](#_Toc191538574)

[5 机器视觉在线采集系统架构 7](#_Toc191538575)

[5.1 整体架构 7](#_Toc191538576)

[5.2 输入模块 9](#_Toc191538577)

[5.3 成像控制模块 10](#_Toc191538578)

[5.4 光源控制模块 10](#_Toc191538579)

[5.5 处理模块 10](#_Toc191538580)

[5.6 输出模块 10](#_Toc191538581)

[5.7 存储模块 11](#_Toc191538582)

[6 机器视觉在线采集系统功能要求 11](#_Toc191538583)

[6.1 远程控制 11](#_Toc191538584)

[6.2 操作模式 11](#_Toc191538585)

[6.3 系统配置 11](#_Toc191538586)

[6.4 系统自诊断 11](#_Toc191538587)

[6.5 远程维护 12](#_Toc191538588)

[6.6 通信 12](#_Toc191538589)

[6.6.1 通信硬件 12](#_Toc191538590)

[6.6.2 通信协议 12](#_Toc191538591)

[6.6.3 通信接口 12](#_Toc191538592)

[6.6.4 通信数据质量 12](#_Toc191538593)

[7 机器视觉在线采集系统性能要求 12](#_Toc191538594)

[7.1 安全性 13](#_Toc191538595)

[7.1.1 电气与机械安全 13](#_Toc191538596)

[7.1.2 功能安全 13](#_Toc191538597)

[7.1.3 信息安全 13](#_Toc191538598)

[7.2 可靠性 13](#_Toc191538599)

[7.2.1 平均故障间隔时间（MTBF） 13](#_Toc191538600)

[7.2.2 平均修复时间（MTTR） 13](#_Toc191538601)

[7.3 可维护性 13](#_Toc191538602)

[7.3.1 模块化维护 13](#_Toc191538603)

[7.3.2 维护工具兼容性 13](#_Toc191538604)

[7.4 兼容性 13](#_Toc191538605)

[7.4.1 内部兼容性 13](#_Toc191538606)

[7.4.2 外部兼容性 13](#_Toc191538607)

[7.5 速度 13](#_Toc191538608)

[7.6 稳定性 13](#_Toc191538609)

[7.6.1 成像稳定性 13](#_Toc191538610)

[7.6.2 系统运行稳定性 13](#_Toc191538611)

[8 机器视觉在线采集系统测试方法 14](#_Toc191538612)

[8.1 测试环境 14](#_Toc191538613)

[8.2 功能测试方法 14](#_Toc191538614)

[8.2.1 远程控制 14](#_Toc191538615)

[8.2.2 操作模式 14](#_Toc191538616)

[8.2.3 系统配置 14](#_Toc191538617)

[8.2.4 系统自诊断 14](#_Toc191538618)

[8.2.5 远程维护 15](#_Toc191538619)

[8.2.5.1 状态监测 15](#_Toc191538620)

[8.2.5.2 远程在线升级 15](#_Toc191538621)

[8.2.5.3 双因素认证 15](#_Toc191538622)

[8.2.5.4 维护日志加密存储 15](#_Toc191538623)

[8.2.6 通信 15](#_Toc191538624)

[8.2.6.1 通信协议 15](#_Toc191538625)

[8.2.6.2 通信接口 15](#_Toc191538626)

[8.2.6.3 通信数据质量 15](#_Toc191538627)

[8.3 性能测试方法 16](#_Toc191538628)

[8.3.1 安全性 16](#_Toc191538629)

[8.3.1.1 电气与机械安全 16](#_Toc191538630)

[8.3.1.2 功能安全 16](#_Toc191538631)

[8.3.1.3 信息安全 16](#_Toc191538632)

[8.3.2 可靠性 16](#_Toc191538633)

[8.3.2.1 平均故障间隔时间（MTBF） 16](#_Toc191538634)

[8.3.2.2 平均修复时间（MTTR） 16](#_Toc191538635)

[8.3.3 可维护性 16](#_Toc191538636)

[8.3.3.1 模块更换 16](#_Toc191538637)

[8.3.3.2 维护工具兼容性 16](#_Toc191538638)

[8.3.4 兼容性 16](#_Toc191538639)

[8.3.4.1 内部兼容性 16](#_Toc191538640)

[8.3.4.2 外部兼容性 16](#_Toc191538641)

[8.3.5 速度 17](#_Toc191538642)

[8.3.6 稳定性 17](#_Toc191538643)

[8.3.6.1 成像稳定性 17](#_Toc191538644)

[8.3.6.2 系统运行稳定性 17](#_Toc191538645)

[附录A （资料性） 汽车等速万向节外套外观缺陷机器视觉在线采集方法 18](#_Toc191538646)

1. 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这些专利的责任。

本文件由上海市人工智能行业协会提出并归口。

本文件起草单位：上海精智实业股份有限公司、湖大粤港澳大湾区创新研究院、杭州海康机器智能有限公司、迈德威视科技江苏有限公司、上海孚根自动化科技有限公司、上海理工大学

本文件主要起草人：XXXXXXXXXXXXXXXXXXX

本标准首次制定。

本文件版权归上海市人工智能行业协会所有。未经许可，不得擅自复制、转载、抄袭、改编、汇编、翻译或将本标准用于其他任何商业目的。

1. 引言

在现代制造业的广阔领域中，金属回转体作为机械、汽车、航空航天等诸多行业不可或缺的关键零部件，其质量与性能直接关乎整个产品的可靠性及安全性。鉴于此，设计一套稳定且可靠的视觉采集系统，对于提升检测效果的精准度与有效性具有至关重要的作用。

近年来，机器视觉采集系统凭借其非接触式检测、高精度、高效率、高度自动化以及出色的可重复性等多重显著优势，在工业产品质量检测领域取得了迅猛的发展。针对金属回转体外观缺陷的检测，机器视觉在线采集系统采用了对称分布的“半隧道光”照明技术，对检测目标的轴面进行全方位照明。同时，基于高速视频融合的多工位并行回转体外表面图像重建算法，该系统展现了普通线扫相机难以匹敌的光学灵活性、大景深以及广泛的工业场景适用性。该算法生成的图像光照均匀，缺陷对比鲜明，为后续的缺陷检测与识别提供了坚实可靠的保障。这不仅有助于企业提升自动化检测技术，降低生产成本，还能显著提高产品质量，增强市场竞争力。

为规范金属回转体外观缺陷机器视觉采集系统的应用，确保检测结果的准确性、可靠性和可比性，特制定本团体标准。本标准旨在全面阐述金属回转体外观缺陷机器视觉采集系统的方法原理、通用要求、检测程序、检测记录及报告等相关内容。通过为相关企业、检测机构及科研单位提供统一的技术指导与规范依据，本标准旨在促进金属回转体制造行业的质量控制水平与技术创新能力的双重提升，进一步推动机器视觉检测技术在金属回转体领域的广泛应用与健康发展。

金属回转体外观缺陷机器视觉在线采集系统技术规范

* 1. 范围

本文件确立了金属回转体外观缺陷机器视觉在线采集系统（以下简称“机器视觉在线采集系统”）的架构，规定了功能要求、性能要求，并描述了相关的测试方法。

本文件适用于金属回转体外观缺陷机器视觉在线采集系统。

* 1. 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 5080.7-1986 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案

GB/T 5226.1 机械电气安全机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 20438.1 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第1部分：一般要求

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 25000.51-2016 系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价（SQuaRE） 第51部分：就绪可用软件产品（RUSP）的质量要求和测试细则

GB/T 28448 信息安全技术 网络安全等级保护测评要求

GB/T 28449 信息安全技术 网络安全等级保护测评过程指南

GB/T 33863.8-2017 OPC统一架构 第8部分：数据访问

GB/T 36344-2018 信息技术 数据质量评价指标

GB/T 39786 信息安全技术 信息系统密码应用基本要求

GB/T 42980-2023 智能制造 机器视觉在线检测系统测试方法

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

金属回转体 metal rotating bodies

以金属材料为基础，通过平面母线绕固定旋转轴回转生成的几何对称三维实体。其数学表征要求母线为旋转轴坐标的单值连续函数，确保表面曲率及轮廓的严格可测性。

本文件适用的场景要求：

1. 典型应用：各种轴类、盘类部件，一般存在于机械传动系统。
2. 检测要求：工作表面粗糙度宜≤Ra12.5，满足光学检测系统对漫反射噪声的抑制需求。

机器视觉在线采集系统 online acquisition system based on machine vision

融合了光学成像、数字图像处理、计算机视觉以及自动化控制等多领域技术，能够在生产或检测过程中实时获取目标物体图像信息的智能系统。

隧道光源（Tunnel Lighting）

一种应用于机器视觉系统的结构化照明光源，采用反射式光学组件构建均匀多角度照明，隧道状反射穹顶不仅可抑制杂散光干扰还可形成均匀的反射光场，照明区域呈隧道形分布。适用于边缘识别、表面形貌检测及微缺陷辨识等高精度视觉任务。

半隧道光 semi-tunnel lighting

也称半隧道光源（Half-Tunnel Lighting），是由隧道光源沿轴线分割形成的可调式分体双光路光学系统，通过动态调节分体结构间距适配不同轴径的检测需求。其继承隧道光源的均匀反射光场与抗杂散光特性，同时具备光斑混合调节功能，可精准匹配回转体曲面轮廓，实现金属工件表面细微缺陷识别与形貌解析。

* 1. 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

APS 高级计划与排程(Advanced Planning and Scheduling)

DMS 文档管理系统(Document Management System)

GigE 千兆以太网（Gigabit Ethernet）

HTTPS：超文本传输安全协议（Hypertext Transfer Protocol Secure）

MES 制造执行系统(Manufacturing Execution System)

MTBF：平均故障间隔时间（Mean Time Between Failure）

MTTR：平均修复时间（Mean Time to Repair）

OPC UA：用于过程控制的 OLE 统一架构（OLE for Process Control Unified Architecture）

SPC 统计过程控制(Statistical Process Control)

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

UDP：用户数据包协议（User Datagram Protocol）

* 1. 机器视觉在线采集系统架构
		1. 整体架构

机器视觉在线采集系统的整体架构见图1。



1. 机器视觉在线采集系统整体架构

金属回转体外观缺陷机器视觉在线采集系统涉及设备层、控制层和车间层：

1. 设备层主要涉及接收相关控制指令并反馈系统在线检测信息的各类检测执行设备，包括：待检产品的输送，定位，OK/NG 产品的分拣等。设备层借助检测执行模块与控制系统建立连接后，通过千兆以太网（GigE）与车间层进行数据通讯，，传输生产数据、质量检测结果、设备状态等信息。
2. 控制层主要涉及机器视觉系统的参数配置模块、输入模块、光源控制模块、成像控制模块、处理模块、输出模块、存储模块等。
3. 车间层主要涉及与 MES、SPC、DMS、APS 等车间管理系统。

在车间的信息流中，机器视觉在线采集系统实现流程如下（见图2）。附录A给出了一个金属回转体机器视觉在线采集的示例。

1. 参数配置模块接收车间管理系统中的各项检测要求，将相应参数配置至输入模块、光源控制模块、处理模块和输出模块；
2. 输入模块由若干组面阵相机组成。
3. 光源控制模块对回转体端面采集工位进行多重曝光亮度控制，对轴面采集工位 “半隧道光”开合度进行控制。
4. 成像控制模块用于轴面采集工位中相机采集帧率和回转体转速的同步控制。机器视觉在线采集系统的轴面采集工位的图像采集为基于固定帧率的视频采集。
5. 处理模块接收图像和视频数据，运用传统图像处理方法和机器学习方法对数据进行检测处理，输出判别结果。
6. 输出模块依据特定形式和接口要求，将处理结果及检测相关信息分别传输至检测执行设备和存储模块。
7. 存储模块将处理结果和相关信息数据统一存储于本地或云端数据库，满足检测数据管理、查询等需求，同时为处理模块提供样本数据（包括样本图像和对应处理结果）。



1. 机器视觉在线采集系统实现流程
	* 1. 输入模块

输入模块应满足以下要求：

1. 端面采集系统：
	1. 每个端面布置至少1组全局快门面阵相机（分辨率≥130万像素）；
	2. 光源配置：平面端面采用同轴光源（亮度≥5000Lux），碗型凹面采用高角度环形光源（入射角≥60°）；
	3. 图像采集过程中待检目标应保持静止。
2. 轴面采集系统：
	1. 相机配置：高速工业相机（分辨率≥1280×1200像素，帧率≥1000fps@光照强度≥1000Lux）；
	2. 光源配置：对称分布的半隧道光（照度范围XX～XX，适配轴径φ20mm～φ200mm）。
	3. 接口支持Cameralink、万兆网或CoaxPress（带宽≥2Gbps）；
	4. 图像采集过程中待检目标应以恒定的转速匀速旋转，轴面相机采集完完整回转体一周的数据后，目标转动停止。
		1. 成像控制模块

成像控制模块应满足以下要求：

1. 同步控制：
	1. 通过编码器反馈实时调整相机帧率，确保图像采集与回转体转速严格同步。
	2. 允许转速偏差≤±1r/min，帧率偏差≤±5fps。
	3. 轴面采集工位中，相机帧率（f）与回转体转速（w）应满足同步关系：

 $f=wπd/60nσ$ ()

式中：

f——帧率（fps）；

w——转速（r/min）；

d——轴外径（mm）；

n——融合系数（默认值1）；

σ——检测精度（mm/pixel）。

1. 图像校准：
	1. 每周进行一次光学校准，使用标准棋盘格标定板（精度：±0.01mm）。
	2. 校准后图像畸变率≤0.1%。
		1. 光源控制模块

光源控制模块应满足以下要求：

1. 端面多重曝光控制：
	1. 曝光时间范围：5000μs～30000μs，可调级数≥3级；
	2. 亮度动态范围≥80dB，融合后图像灰度差异≤5%；
	3. 数字控制器：可调级数≥255级。
2. 轴面半隧道光控制：
	1. 开合度调节步长≤5°，适配不同轴径；
	2. 光源均匀性测试：使用漫反射板检测，灰度标准差≤10；
	3. 数字控制器：可调级数≥255级。
		1. 处理模块

处理模块应满足以下要求：

1. 算法要求
	1. 传统算法：

——Canny边缘检测：处理延迟≤50ms；

——形态学操作：腐蚀/膨胀迭代次数≤3次。

* 1. 深度学习算法：

——模型类型：YOLOv5或U-Net；视频融合算法、滤波算法和图像增强算法。

——鲁棒性验证：按GB/T 25000.51-2016注入噪声（信噪比≤20dB）测试。

1. 输出要求：

轴面展开图和实际物理尺寸一一对应，不变形。

* + 1. 输出模块

输出模块应满足以下要求：

1. 通讯输出：
	1. 接口类型：Profibus DP、EtherCAT或24V数字信号；
	2. 响应时间：指令传输延迟≤10ms。
2. 文件输出：
	1. 检测结果格式：CSV（字段包含时间戳、缺陷类型、坐标）、XML（符合ISO/IEC 19776标准）；
	2. 图像格式：PNG（无损压缩）、JPEG（压缩比≤10%）。
3. 显示输出：
	1. 工业显示屏：分辨率≥1920×1080，刷新率≥60Hz；
	2. 实时显示内容：检测结果、系统状态、报警信息。
		1. 存储模块

存储模块应满足以下要求：

1. 本地存储：
	1. 硬盘容量≥4TB，支持RAID 1冗余备份；
	2. 存储周期：原始图像≥6个月，检测结果≥1年。
2. 云端存储：

数据加密：AES-256算法，传输协议为HTTPS（TLS 1.2以上）。

1. 数据检索：

支持按时间范围、批次号、缺陷类型查询，响应时间≤3s。

* 1. 机器视觉在线采集系统功能要求
		1. 远程控制

系统应支持以下远程操作功能：

1. 启动：通过指令触发系统初始化，启动时间≤10s；
2. 停止：紧急停止响应时间≤200ms；
3. 模式切换：自动/手动模式切换延迟≤1s；
4. 关机：安全关机时数据保存完整性=100%。

远程操作应通过HTTPS协议加密传输（TLS 1.2及以上）；

操作日志应记录时间戳、操作类型及执行结果。

* + 1. 操作模式

机器视觉在线采集系统应具备通过命令、设置菜单或操作按钮更改操作模式的功能。应至少支持以下四种操作模式。

1. 单机操作模式：使用内置程序、控制菜单或按钮控制，根据需要更改系统操作参数，系统可独立执行所有操作。在此模式下，其他系统或控制器不可控制机器视觉在线采集过程。
2. 在线操作模式：系统应支持在线远程控制。在此模式下，其他系统可远程监控和维护。
3. 协作操作模式：若系统的检查周期大于生产线周期，则应将机器视觉在线采集系统设置为协作模式。在此模式下，每个机器视觉在线采集系统只完成部分任务。
4. 校准操作模式：用于机器视觉在线采集系统的标定过程。在此模式下，机器视觉在线采集系统应参考已知模式进行校准，确保所有系统设置参数和判别结果一致。
	* 1. 系统配置

机器视觉在线采集系统应提供配置管理菜单或编程工具，供用户按照各类用途配置系统功能或更改系统性能。以下情况应重新配置机器视觉在线采集系统。

1. 计划新建生产线时，应评估机器视觉在线采集系统的采集周期与生产周期的匹配度。
2. 计划设置新的质量控制标准时，应提供调整质量控制参数的方法。
	* 1. 系统自诊断

机器视觉在线采集系统应具备系统自诊断的功能。系统自诊断应满足以下要求：

1. 开机诊断：通电后，使用特定的应用程序执行全面运行诊断。开机诊断应自动提示错误代码或错误消息，以便进行故障定位。只有当全部开机诊断项目都正常通过后，系统才能进入正常运行准备状态。
2. 实时诊断：系统正常工作时，运行内部诊断程序，对系统本身及外部输入 / 输出设备进行自动测试、检查，并显示相关信息和故障。实时诊断一般会在系统工作时反复进行。
	* 1. 远程维护

机器视觉在线采集系统应具备远程维护功能，远程维护应满足以下要求：

1. 状态监测：实时上传设备温度、湿度及运行日志；
2. 远程升级：
	1. 固件/软件升级支持断点续传，升级失败自动回滚成功率 ≥ 99%；
	2. 远程操作延迟 ≤ 2s；
	3. 日志需包含操作时间、用户ID、操作结果。
3. 安全：
	1. 远程维护需通过VPN接入，双因素身份认证（用户名+动态令牌）；
	2. 维护操作日志加密存储（AES-256算法）。
		1. 通信
			1. 通信硬件

通信硬件应满足以下要求：

1. 工控机：
	1. 配备GigE接口；
	2. 采用高性能处理器并具备足够内存，以满足图像数据处理和其他通讯任务的需求。
2. 网络设备：
	1. 使用工业级交换机；
	2. 确保网络稳定性和抗干扰能力。
3. 环境：
	1. 采用屏蔽网线或光纤通信，减少电磁干扰；
	2. 确保工控机、相机和网络设备在规定的温度和湿度范围内运行。
4. 安全：
	1. 启用网络防火墙，防止未经授权的访问，对敏感数据进行加密传输，确保数据安全；
	2. 设置用户权限，限制对工控机和车间层系统的访问。
		* 1. 通信协议

应适配两种以上的工业以太网接口，支持 OPC UA，数据访问应符合 GB/T 33863.8-2017。

* + - 1. 通信接口

通信接口应满足以下要求：

1. 接口类型：GigE（带宽≥1Gbps）、USB3.0（带宽≥5Gbps）、Cameralink；
2. 接口安全性：支持MAC地址绑定，非法设备接入阻断时间≤1s。
	* + 1. 通信数据质量

通信数据质量应满足以下要求：

1. 完整性：系统应通过数据校验机制（如CRC校验）和冗余传输协议，数据丢包率≤0.01%。
2. 实时性：端到端延迟≤100ms（示波器测量）。
3. 加密传输：应符合GB/T 39786（AES-256算法）。
	1. 机器视觉在线采集系统性能要求
		1. 安全性
			1. 电气与机械安全

电气与机械安全应符合GB/T 5226.1的规定。

* + - 1. 功能安全

功能安全应符合GB/T 20438.1的规定。

* + - 1. 信息安全

信息安全应符合GB/T 22239的规定。

* + 1. 可靠性
			1. 平均故障间隔时间（MTBF）

平均故障间隔时间（MTBF）应≥30天。

* + - 1. 平均修复时间（MTTR）

平均修复时间（MTTR）应≤2小时。

* + 1. 可维护性
			1. 模块化维护

故障模块（如相机、光源）更换时间≤30分钟。

更换后系统功能正常，参数配置自动恢复率=100%；

支持热插拔功能，更换后系统自识别时间≤10s。

* + - 1. 维护工具兼容性

维护工具兼容常见工业接口（如M12、RJ45）。

工具适配率=100%（无兼容性报错）。

* + 1. 兼容性
			1. 内部兼容性

采集系统支持至少3种品牌工业相机，在相机驱动程序安装完成后可实现即插即用；

光源的波长应与相机的感光范围匹配，亮度与强度可调整，调节误差≤5%，光源选用LED光源，使用寿命满足工业应用需求。

* + - 1. 外部兼容性

与MES系统数据交互符合ISA-95的要求。

通信协议支持OPC UA。

* + 1. 速度

系统采集全流程时间应满足以下要求：

a) 外径 ≤ 100mm时，t ≤ 60s（视频采集 ≤10s，处理 ≤45s，输出 ≤5s）；

b) 外径 ＞ 100mm时，t = 60 + 0.5 × (d - 100)（d为外径，单位mm）。

* + 1. 稳定性
			1. 成像稳定性

连续运行24小时成像失败率≤0.1%。

* + - 1. 系统运行稳定性

平均CPU负载≤70%，内存占用率≤80%。

无故障连续运行时间≥7天。

* 1. 机器视觉在线采集系统测试方法
		1. 测试环境

除另有规定外，测试环境应满足以下要求：

1. 测试工具及仪器仪表应经过校准，且部署了与待测系统相适应的测试场景；
2. 环境温度：0℃～45℃；
3. 相对湿度：35%～85%；
4. 照度：≥ 300lx；
5. 按照说明书启动待测系统并进行一次图像采集，系统应能输出采集结果。
	* 1. 功能测试方法
			1. 远程控制

该功能的测试步骤包括：

1. 通过远程指令触发系统启动，记录启动时间。
2. 发送停止指令或触发急停按钮，记录响应时间。
3. 通过HMI界面或远程指令切换模式，记录切换延迟时间，查看是否满足以下要求：
	1. 自动模设式下，系统按预流程执行检测；
	2. 手动模式下，人工干预可调整参数（如曝光时间、ROI区域）。
4. 通过远程指令关闭系统，检查数据保存完整性=100%。
5. 检查系统日志文件，验证是否记录时间戳、操作类型及执行结果。
6. 模拟操作失败（如网络中断），检查日志是否记录失败原因。
7. HTTPS加密传输验证：
	1. 使用Wireshark等网络抓包工具捕获系统远程操作时的通信数据；
	2. 验证通信协议是否为HTTPS（TLS 1.2及以上）；
	3. 检查捕获的数据包是否为密文，确保未经授权的第三方无法解密。
		* 1. 操作模式

该功能的测试步骤包括：

1. 按照说明书将待测系统设置为操作者模式，按照说明书操作该模式下的菜单或命令清单，查看操作结果，操作者应具有对异常、缺陷报警处理等权限；
2. 按照说明书将待测系统设置为管理者模式，按照说明书操作该模式下的菜单或命令清单，查看操作结果，管理者模式应具有账号权限管理等权限。
	* + 1. 系统配置

该功能的测试步骤包括：

1. 根据说明书指导，修改待测系统配置管理菜单或编程工具，保存、退出、关机、重启，再次进入系统配置功能，检查配置是否与关机前一致；
2. 根据说明书指导，操作待测系统的配置管理菜单或编程工具修改系统配置，加载已保存的系统配置，检查该配置是否生效。
	* + 1. 系统自诊断

该功能的测试步骤包括：

a) 根据说明书进入系统设置，开启自诊断功能；

b) 打开系统电源，系统应自动进入开机自检状态，查看系统指示灯或者显示屏是否显示诊断结果状态或报告；

c) 根据说明书启动实时诊断功能，检查诊断结果是否与实际情况一致；

d) 人工模拟访问异常、软件异常、数据传输异常等情况，查看待测系统是否报警；

e) 按照说明书处理异常，查看待测系统是否继续报警。

* + - 1. 远程维护
				1. 状态监测

在网络环境正常情况下运行待测系统，在用户需求文档指定测试周期内，通过远程计算机控制待测系统，查看待测系统是否具备远程状态监测功能。

* + - * 1. 远程在线升级

该功能的测试步骤包括：

1. 通过VPN远程登录系统维护端口；
2. 执行软件升级操作（如从V1.0升级至V1.1）；
3. 模拟升级失败，触发回滚机制；
4. 检查日志记录完整性。
	* + - 1. 双因素认证

该功能的测试步骤包括：

1. 使用VPN远程登录系统维护端口。
2. 输入用户名和动态令牌，验证是否成功登录。
3. 模拟动态令牌错误，检查是否拒绝登录。
	* + - 1. 维护日志加密存储

该功能的测试步骤包括：

1. 执行远程维护操作（如固件升级）。
2. 检查维护日志文件是否为加密存储。
3. 尝试解密日志文件，验证是否无法解密。
	* + 1. 通信
				1. 通信协议

该功能的测试步骤包括：

a) 将检测执行设备、车间管理系统通过设置 TCP、UDP 等 2 种以上通信协议与待测系统建立连接；

b) 车间管理系统按照说明书发送检测要求；

c) 查看待测系统是否按要求运行任务，检查判断结果是否与要求一致；

d) 查看检测执行设备是否按要求执行检测任务。

* + - * 1. 通信接口

该功能的测试步骤包括：

a) 将检测执行设备、车间管理系统通过设置工业以太网等两种以上通信接口与待测系统建立连接；

b) 车间管理系统按照说明书发送检测要求；

c) 查看待测系统是否按要求运行任务，检查判断结果是否与要求一致；

d) 查看检测执行设备是否按要求执行检测任务。

* + - * 1. 通信数据质量

完整性测试应符合 GB/T 36344-2018中5.3的规定。

端到端延迟测试步骤包括：

1. 触发信号：通过PLC发送检测触发脉冲，同时由PLC打印触发脉冲时间Log，精确到ms级；
2. 结果输出：另一端系统收到触发脉冲后，打印接受到的时间Log；
3. 数据采集：重复测试100次，记录每次延迟时间。

加密传输测试步骤包括：

1. 使用协议分析工具（如Wireshark）捕获通信数据，验证是否为密文；
2. 模拟中间人攻击，验证数据是否无法解密；
3. 检查加密算法是否符合GB/T 39786（AES-256）。
	* 1. 性能测试方法
			1. 安全性
				1. 电气与机械安全

电气与机械安全测试应符合 GB/T 5226.1-2019 第 18 章。

* + - * 1. 功能安全

功能安全测试应符合 GB/T 20438.1-2017 第 8 章。

* + - * 1. 信息安全

信息安全测试应符合 GB/T 28448 及 GB/T 28449。

* + - 1. 可靠性
				1. 平均故障间隔时间（MTBF）

平均故障间隔时间（MTBF）应依据 GB 5080.7-1986 第 5 章进行测试并记录结果。

* + - * 1. 平均修复时间（MTTR）

平均修复时间（MTTR）应依据 GB/T 42980-2023 进行测试。

* + - 1. 可维护性
				1. 模块更换

该功能的测试步骤包括：

1. 模拟相机模块故障（如断开电源或信号线）；
2. 记录从故障报警到备件更换完成的总时间；
3. 使用标准工具（如M3螺丝刀、RJ45拔插器）执行更换操作；
4. 重启系统并验证功能恢复。
	* + - 1. 维护工具兼容性

测试工具包括：

1. 工业级万用表（精度：±0.5%）；
2. 通用维护工具包（含M12接口扳手、光纤清洁笔）；
3. 品牌A/B/C相机模块备件。

该功能的测试步骤包括：

1. 使用工具拆卸/安装相机、光源模块；
2. 更换不同品牌备件；
3. 验证系统即插即用功能。
	* + 1. 兼容性
				1. 内部兼容性

该功能的测试步骤包括：

1. 安装至少3种品牌工业相机的驱动程序；
2. 验证相机是否能够即插即用，系统是否自动识别；
3. 检查光源波长与相机感光范围是否匹配，亮度调节误差≤5%。
	* + - 1. 外部兼容性

该功能的测试步骤包括：

1. 配置MES系统与机器视觉在线采集系统的通信接口。
2. 按ISA-95标准发送工单，验证系统是否能够正确接收并执行检测任务。
3. 检查通信协议是否支持OPC UA。
	* + 1. 速度

速度测试应符合 GB/T 42980-2023。

* + - 1. 稳定性
				1. 成像稳定性

该功能的测试步骤包括：

1. 样本设置：连续运行系统检测1000件标准金属回转体（含人工缺陷样本）；
2. 数据采集：记录成像失败次数（如图像模糊、丢失帧）。
	* + - 1. 系统运行稳定性

该功能的测试步骤包括：

1. 负载监测：连续运行24小时，实时记录CPU负载（≤70%）、内存占用（≤80%）、GPU温度（≤85℃）；
2. 故障统计：统计系统宕机、通信中断等异常事件次数。
3. （资料性）
汽车等速万向节外套外观缺陷机器视觉在线采集方法
4.
5. （资料性）
汽车等速万向节外套外观缺陷机器视觉在线采集方法
	1. 原理

汽车等速万向节外套外观缺陷机器视觉在线采集的原理如下：

1. 图像采集。根据回转体特征设置多组检测工位，零件端面检测工位各设置一套相机和光源采集单帧图像，轴面检测工位根据轴长和汽车等速万向节外套直径大小配置多套相机和光源采集定长的视频流。
2. 图像处理。使用视频融合的方式，将相机采集到的单帧图像和定长视频留，通过视频融合和增强算法的处理得到抗高反图像。
	1. 汽车等速万向节外套轴面缺陷在线采集方法
		1. 系统布置

汽车等速万向节外套轴面缺陷在线采集布置见下图A.1。



* 1. 汽车等速万向节外套表面缺陷在线采集布置图
		1. 相机参数设置

采用高帧率工业相机，相机参数配置如下表A.1所示。

* 1. 相机参数配置

| **参数项** | **指标要求** |
| --- | --- |
| 分辨率 | ≥1280×1200像素 |
| 帧率 | ≥1000fps（光照≥1000Lux） |
| 接口带宽 | ≥5Gbps（USB3.0/CXP） |

* + 1. 图像处理

以分辨率1280×1200像素的相机为例，步骤如下：

1. 图像裁剪：原始图像裁剪为1280×30像素条带；
2. 帧率提升：帧率$f$从216.25fps提升至1000fps（光照强度≥1000Lux）；
3. 视野范围：96mm×76.8mm；
4. 计算检测精度$σ$（按公式A.1计算）。

 $σ=\frac{96mm}{1280pixel}=0.075 mm/pixel$ (A.1)

* + 1. 视频采集参数设置

以产品直径 d=87.8mm 为例，融合系数n=1，视频采集参数设置步骤如下：

1. 计算周长$ L$ (按公式A.2计算)：

 $L=π × d = 276.32 mm$ (A.2)

1. 视频采集速度$ v$ 设定 (按公式A.3计算)：

 $v=f×σ=1000× 0.075= 75 mm/s$ (A.3)

1. 转速 $w$ 设定(按公式A.4计算)：

 $w=\frac{60×n×v}{L}=\frac{60×1×75}{276.32}=16.285 r/min$ (A.4)

1. 视频录制时间$ t$ 设定(按公式A.5计算)：

 $t=\frac{L}{v}=\frac{276.32}{75}= 3.684 s$ (A.5)

* + 1. 其他外圈录制参数计算

帧率设定：以最大圈为标准，反推出其他几个面的帧率设定。

帧率调整：通过在相机软件中设置帧率限定范围或者调整相机软件中的曝光时间，将帧率调整在预定的范围内。

* + 1. 视频解码和拼接

解析视频码流中的分辨率、帧率、编码格式等参数。

采用加权叠加算法融合多段视频，生成无缝轴面图像。

* 1. 汽车等速万向节外套端面（平面和碗形凹面）缺陷在线采集方法
		1. 系统布置

汽车等速万向节外套端面（平面）缺陷在线采集布置见下图A.2，汽车等速万向节外套端面（碗形凹面）缺陷在线采集布置见下图A.3。



* 1. 汽车等速万向节外套端面（平面）缺陷在线采集布置图



* 1. 汽车等速万向节外套（碗形凹面）缺陷在线采集布置图
		1. 光源配置与曝光控制

采用全局快门面阵相机（分辨率≥500万像素）及同轴光源，通过多重曝光模式（如曝光时间为5000μs、15000μs和30000μs）采集图像，见下图A.4。



* 1. 不同曝光时间采集图片
		1. 视频融合

利用融合工具，对三种图片进行合成，见下图A.5。



* 1. 融合后图片
		1. 分析

对合成以后的图片进行外观检测分析。

