

# 团体标准

T/CAMETA XXX—2024

## 工业机器人视觉多曲面零部件表面 检测技术规范

Industrial machine vision - Technical specification for surface inspection of  
multi-curved parts

(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中国机电一体化技术应用协会 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  |
| 4 缩略语 .....                  | 1  |
| 5 工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统架构 ..... | 2  |
| 5.1 图像采集装置硬件系统 .....         | 2  |
| 5.2 输入模块 .....               | 2  |
| 5.3 处理模块 .....               | 3  |
| 5.4 输出模块 .....               | 3  |
| 6 系统功能要求 .....               | 3  |
| 7 系统性能要求 .....               | 3  |
| 7.1 设备性能 .....               | 3  |
| 7.2 过程性能 .....               | 4  |
| 7.3 检测步骤 .....               | 4  |
| 7.4 制造管理性能 .....             | 4  |
| 7.5 检测性能 .....               | 4  |

## 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XXXX提出。

本文件由XXXX归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人



# 工业机器人视觉多曲面零部件表面检测技术规范

## 1 范围

本文件规定了工业机器人视觉多曲面零部件表面检测的工业视觉系统架构、系统设备要求、系统功能要求、系统性能要求、人员要求等通用要求。

本文件适用于工业曲面零部件研发设计单位、生产制造企业、科研院所、行业协会以及第三方服务商进行多曲面零部件表面视觉扫描缺陷检测。其他检测对象的视觉扫描检测可参照本文件执行。

## 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 40659—2021 智能制造 机器视觉在线检测系统通用要求

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**工业机器人视觉多曲面零部件表面检测系统** Industrial machine vision multi-Surface parts surface inspection system

利用机器视觉技术实现多曲面零部件车间生产线实时检测和判别的系统。

### 3.2

**逃逸率** Escape rate

机器视觉在线检测系统未检测出的不合格品数量占该检测批次总数量的百分比。

### 3.3

**误报率** False alarm rate

实际为合格品但被机器视觉在线检测系统检测为不合格品数量占该检测批次总数量的百分比。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CNN:卷积神经网络(Convolutional Neural Networks)

DMS:数据管理系统(Database Management System)

MES:制造执行系统(Manufacturing Execution System)

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)

LAN:局域网(Local Area Networks)

WLAN:无线局域网(Wireless Local Area Networks)

## 5 工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统架构

### 5.1 图像采集装置硬件系统

工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统主要包括图像采集单元、图像处理单元、数据存储单元、图像分类单元、结果显示单元、外接信号单元及信号传输单元。

在生产系统中，多曲面加工零部件工业视觉检测系统涉及到设备层、控制层及车间层。

——设备层主要涉及接收相关控制命令并反馈多曲面零部件视觉检测的各类检测执行设备，诸如表面成像设备、数据采集设备和数据传输设备等；

——控制层主要涉及多曲面加工零部件工业视觉检测系统的图像采集单元、图像处理单元、数据存储单元、图像分类单元、结果显示单元、外接信号单元、LAN 及信号传输单元等；

——车间层主要涉及与 MES、SPC、DMS 等车间管理系统的相互通信及反馈。-

在车间的信息流中，多曲面加工零部件工业视觉检测系统的实现流程为：

——输入模块首先由外部信号输入单元发送工件即将到来的信号给多曲面零部件工业视觉检测系统的输入模块，输入模块中的光源和相机开始进行按照既定的成像方案启动图像采集；

——处理模块接收到输入模块通过成像和系统 LAN 提供的图像数据，通过图像分类单元深度学习方法对图像数据进行长度和宽度检测处理，通过表面缺陷检测模型对工件表面的缺陷进行检测及缺陷类型判别；通过表面粗糙度检测模型实现工件表面粗糙度信息的检测及等级判别，输出工件表面缺陷和粗糙度检测结果；

——输出模块按照特定形式和接口要求将判别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中的数据存储单元、结果显示单元及系统 LAN，以供 MES、SPC、DMS 等车间管理系统使用数据；

——存储模块将曲面加工零部件的表面缺陷信息和缺陷类型以及粗糙度信息和等级判别结果等相关信息数据统一存储在本地数据库中，以满足检测数据管理、查询等需求，同时为处理模块提供样本数据(包括零件表面缺陷样本图像和对应判别结果、零件表面粗糙度样本图像及对应的判别结果)；

——根据存储模块及结果显示单元判别结果执行检测任务，并反馈执行信息给车间管理系统，形成信息流闭环。

### 5.2 输入模块

多曲面零部件工业视觉检测系统的输入模块主要包括外部信号输入单元、成像系统和扫查机构等三个部分：

- 外部信号输入单元将用于检测零件即将到来的信号发送到成像系统，外部信号来源通常有编码器、光电触发器或其他设备控制；
- 成像系统用于将零件表面转换为图像信号，通常由光源、镜头、工业相机、采集控制器、耐高温耐粉尘防护装置、表面清洁吹扫装置等组成；
- 扫查机构用于带动成像系统完成对多曲面零部件所有表面的图像采集，通常由机械手臂、夹持机构等组成；
- 环境要求：包括温度、湿度、清洁等级、照明等；
- 检测要求：包括工作距离、图像采集和传输速度、检测速度、工件尺寸、表面状况、颜色、反射、粗糙度等以及多曲面零部件工业视觉检测系统的当前工作状态等；
- 采集要求：包括图像质量（分辨率、对比度、透视、畸变等）和数量，以及采集的速度等。

### 5.3 处理模块

多曲面零部件工业视觉检测系统的处理模块宜采用机器学习方法及视觉检测技术实现检测处理，主要包括样本标注、表面缺陷检测、表面粗糙度检测和检测判别四个主要步骤。

- a) 样本标注：对采集的零件表面图像以及存储模块中样本图像中的常见缺陷进行人工标注，可以借助部分标注工具进行统一标注。
- b) 表面缺陷检测：将完成缺陷标注的样本图像和对应判别结果标签组成训练样本集，输入到CNN等机器学习模型中进行参数训练，生成缺陷检测算法模型，实现工件的表面缺陷检测。
- c) 表面粗糙度检测：零件表面粗糙度检测一般通过以下4个步骤：（1）使用工业相机对工件表面进行图像采集；（2）提取与表面粗糙度参数相关的图像特征指标；（3）建立图像特征指标和表面粗糙度之间的模型关系；（4）通过对待测样块进行图像采样，实现工件的表面粗糙度的准确预测。
- d) 检测判别：将输入模块获取的工件表面图像输入到训练好的表面缺陷检测模型和工件表面粗糙度检测模型中进行判别，输出工件表面的缺陷类型检测结果和表面粗糙度检测结果。

处理模块在进行图像检测处理时应满足以下要求：

- 处理速度应满足生产系统节拍要求，并与资源消耗和检测效果相适应；
- 处理过程应满足硬件负载，并与图像采集、输入、输出的资源占用相适应；
- 处理结果应满足用户设定的逃逸率和误报率限值的要求。

### 5.4 输出模块

多曲面零部件工业视觉检测系统输出的判别结果通过LAN传输给结果显示单元，同时还通过外部系统接口传输给其他系统进行数据交互和共享，传输的方式包括有线传输（串行接口、以太网、现场总线等）和无线传输（WLAN、工业WiFi、蓝牙、4G、5G等）。

输出模块应满足以下要求。

- 输出数据：输出数据的格式应满足与车间管理系统和检测设备相适应的编码和存储要求。
- 输出形式：输出形式应满足输出显示设备和相关生产管理系统接口的要求。
- 输出文件：输出文件宜包含文件设置相关信息、工件物流号相关信息、工件生产批次相关信息、生产设备相关信息、检测相关信息、缺陷结果和粗糙度检测结果等相关信息（缺陷长度、缺陷宽度、缺陷深度、缺陷数量、缺陷位置、缺陷类型、粗糙度等）、报告相关信息等。

## 6 系统功能要求

多曲面零部件工业视觉检测系统远程控制、操作模式、系统配置、系统自诊断、远程维护和互联互通等功能应满足GB/T 40659的要求。

## 7 系统性能要求

### 7.1 设备性能

多曲面零部件工业视觉检测系统的设备性能要求主要包括：

- 能够输入信号并输出待测工件外表面缺陷长度、宽度、深度、数量、类型、位置、粗糙度等级、粗糙度位置等处理结果。
- 外观应满足设备要求，应无瑕疵、无活动、无断裂、无机械损坏，且相关铭牌标识应清晰。
- 应符合设备安全性和信息安全性的要求，避免诱发危险。
- 应具备可靠性：衡量标准可包括平均故障间隔时间、平均修复时间、可用性和使用寿命。
- 应具备可维护性：在特定条件下经指定程序和资源执行系统修复后，可维持或恢复到指定功能。

## 7.2 过程性能

多曲面零部件工业视觉检测系统的过程性能要求一般包括：

- 精度：系统检测到的被检测对象特征值的邻近度应满足用户要求。
- 速度：系统对与输入对象相关的输入信号的反应速度应满足用户要求。
- 稳定性：系统可在检测各阶段和工作环境中对静态或动态的产品进行稳定的图像采集和图像处理分析，包括成像稳定性和软件稳定性。
- 灵活性：系统应适应外部需求的变化。
- 学习能力：当被检测对象发生异常变化时，系统可自行学习并检测出异常情况。
- 表面信息检测的多样性和全面性：表面缺陷检测模型应能识别出工件外表面的常见缺陷，并给出缺陷的位置、长度、宽度、深度、数量、类型等具体信息；表面粗糙度检测模型应能准确对工件表面粗糙度进行检测并准确预测粗糙度等级。
- 软件功能全面性：运行质量检测软件，为用户提供缺陷报警、缺陷分布预览、历史数据查询等多种表面质量检测应用。以及系统维护、缺陷样本和表面粗糙度样本收集等功能。

## 7.3 检测步骤

多曲面零部件工业视觉检测系统的检测步骤一般包括仪器通电与标定、设备对中调整、检测主机调整、检测灵敏度调整、判别阈值调整等主要环节。

- 仪器通电、标定：检测仪器在调试前应预先通电、进行校准，以确保仪器使用过程中性能稳定。
- 设备对中调整：设备应根据工件尺寸的变化进行检测中心线对中。
- 检测主机调整：工件直径和检测要求，调整检测主机高度、工件检测速度和检测时间，以确保检测的覆盖率。
- 检测灵敏度调整：为检测对比试样上的人工缺陷和表面粗糙度，对系统判定阈值等进行的调整。
- 判别阈值调整：检测前，在上述调整的基础上，用选定的检测速度连续运行与检测同一规格的工件对比试样，保证至少通过3次，每次对比试样上的所要求的人工缺陷和不合格的粗糙度均能可靠报警，作为检测阈值。

## 7.4 制造管理性能

多曲面零部件工业视觉检测系统的制造管理性能要求主要包括：

- 质量保证：硬件与软件的开发、制造、集成等活动应严格符合质量保证体系的要求和程序。
- 维护支持：系统生命周期的所有阶段都应有维护系统支持，以确保其满足指定的工作质量。
- 兼容性：应满足内部兼容性和外部兼容性的要求。
- 物理特性：应考虑物理特性造成的约束，包括质量、体积、散热等因素。

## 7.5 检测性能

多曲面零部件工业视觉检测系统的检测性能要求主要包括：

- 准确性：使用规定方法在指定时间检测一定数量产品样本的正确率应满足企业生产现场逃逸率、误报率等目标要求。
- 一致性：多次重复执行相同的检测任务，判别结果应一致。



——实时性：系统应满足用户在循环时间内完成的检查任务，通常要求检测速度应比信号采集间隔速度快，计算及控制系统对工件检测的识别周期不大于1秒。

——表面信息检测的多样性和全面性：应准确的检测出工件外表面的划伤、裂纹、折叠、凹坑、粗糙度等表面信息。

——检测结果数据可保存性：软件应具备严重缺陷报警、缺陷分布预览、缺陷统计、粗糙度检测、粗糙度等级划分等功能，能保存3年以上的表面信息检测统计数据，且可转存到其他存储介质。

# 《智能制造 工业机器人视觉多曲面零部件表面检测技术标准》

（征集意见稿）

编制说明

## 一 工作简况

### （一） 任务来源

工业视觉表面检测技术能大幅提升零部件表面检测的效率，配合上质量预判模型，能够减少因生产工艺问题导致的生产质量风险，对于保障工厂生产平稳生产具有重要意义。近年来，国家各类政策举措密集出台，支持引导传统制造业智能化发展。《“十四五”数字经济发展规划》提出，推动传统制造业通过引入先进的信息技术和自动化技术进行智能化升级等。其中工业视觉表面检测系统的引入是推动工厂智能化，实现智能制造不可或缺的一环。《“十四五”智能制造发展规划》也提出，推进智能制造发展，建设智能制造示范工厂。发展智能制造对于巩固实体经济根基、建成现代产业体系、实现新型工业化具有重要作用。建设智能制造示范工厂。加快新一代信息技术与制造全过程、全要素深度融合，推进制造技术突破和工艺创新，推行精益管理和业务流程再造。工业机器视觉表面检测是指利用工业相机为主的机器视觉检测硬件系统采集零部件图像，将先进的人工智能算法、缺陷检测算法等应用于工厂的检测环节，以实现零部件表面质量检测的智能化和高效化，推进工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统建设是制造工厂走向升级转型，提高生产质量的重点任务。

工业机器视觉多曲面零部件表面检测的生命周期始于工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统设计，智能检测系统的建设对于智能工厂具有重要意义，在《国家智能制造标准体系建设指南》中，定义了检验检测装备作为智能制造标准体系结构之一。因此，参考和借鉴国内外的相关标准和规范，编制工业机器视觉多曲面零部件表面检测规范，明确定义工业机器视觉多曲面零部件表面检测内容和设计要求，为生产制造企业规划设计智能检测系统提供指导，意义重大，任务迫切。目前，《GB/T 40659-2021 智能制造 机器视觉在线检测 通用要求》等国家标准已经发布，为工厂工业机器视觉多曲面零部件表面检测技术标准的制定奠定了坚实基础，经调研，未发现已发布的工业机器视觉多曲面零部件表面检测技术标准，因此本标准不和已有标准冲突。

### （二） 国内关于工业机器视觉多曲面零部件表面检测规范的制定情况及最新要求

2021年发布的国家标准《GB/T 40659-2021 智能制造 机器视觉在线检测 通用要求》，主要内容包括了机器视觉系统架构，系统功能要求，系统性能要求。该文件适用于工厂智能检测系统的整体设计阶段。多曲面零件检测等与工业机器视觉多曲面零部件表面检测其他密切相关的内容不在文件范围内。

随着制造企业数字化转型和智能制造应用的深入，一大批具备较高数字化和智能化水平的工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统正在建设或准备建设，其主要构成包括硬件系统和软件算法两部分。在智能检测系统建设前期，规划设计工程师需要明确智能检测系统的设计目标和总体设计框架，以及各模块的设计任务和要求，目前这方面的研究内容和智能检测系统设计的要求比较混乱，因此亟需通过标准进行规定和指导。

在此背景下，北京科技大学结合自身在智能制造及工业视觉检测方面所积累的丰富经验，作为主编单位承担了《智能制造 工业机器视觉多曲面零部件表面检测技术标准》的标准编制工作。

### （三） 标准编制的目的、意义

编制该标准的主要目的在于为工业机器视觉多曲面零部件表面检测提供规范指导，即明确定义工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统的设计目标，归纳必需开展的设计任务，并给出总体设计框架。工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统架构包括图像采集装置硬件系统、输入模块、处理模块、输出模块四部分内容。其中图像采集装置硬件系统的目标是确定科学的硬件系统设计，首先要开展智能检测系统的设计，并借助建模仿真软件，来验证光学设计方案以及硬件内部步距的合理性，并进行优化。输入模块设计的目标是提出外部信号输入以及成像系统传输的设计方案。处理模块设计的目标是借助缺陷检测以及人工智能算法来对采集到图像进行检测判别。输出模块设计的目标是借助有线传输或无线传输手段来将检测结果传输到现场生产单位指导质量判定，以及工艺管控部门进行多因素耦合的工艺生产模型分析。

编制本标准的意义非常重大，原因在于：1）工业机器视觉多曲面零部件表面检测亟需标准指导；2）国家智能制造标准体系建设指南明确了工业机器视觉多曲面零部件表面检测技术标准的重要性；3）目前缺乏智能工厂工业机器视觉多曲面零部件表面检测技术标准。

### （四） 标准特点

1. 本标准完全遵循了《国家智能制造标准体系建设指南》的总体要求。在该指南的智能工厂标准部分，定义了“智能工厂设计”、“智能设计”、“智能生产”等部分，本标准就是智能生产中质量管控的一部分，目前针对工厂多曲面零部件表面检测系统的目标、任务和功能要求，尚无相关标准出台；

2. 本标准在《GB/T 40659-2021 智能制造 机器视觉在线检测 通用要求》国家标准指导下进行多曲面工件表面检测系统设计目标和任务分解。该国标给出了机器视觉在线检测系统定义，即“利用机器视觉技术实现车间生产线实时检测和判别的系统。”本标准内容依据上述机器视觉在线检测系统的关键要素：机器视觉技术和在线检测。对工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统设计阶段的目标和任务进行了解析，并规定工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统硬件系统、输入模块、处理模块、输出模块的基本要求。

#### （四）主要工作过程

##### 1. 编制准备阶段

2024年1月-4月。主编单位接到编制任务后，组织专业技术人员成立编制组，开展大量的资料收集和前期调研工作，编写完成标准大纲、标准初稿等。

##### 2. 征求意见阶段

未进行

##### 3. 送审阶段

未进行

##### 4. 报批阶段

未进行

## 二 标准编制原则

（一）科学性原则：本标准编制是在科学理论和实践经验基础上，确保技术要求和规范具有科学性和可行性，能够有效指导实际施工过程。

（二）统一性原则：本标准编制统一了各方的要求和标准，确保项目参建单位在工业机器视觉多曲面零部件表面检测过程中能够按照该标准进行操作。

（三）公正性原则：本标准编制过程公正、公平、透明，确保标准的制定过程中各方利益的平衡，不偏袒任何一方，保证标准的客观性和公信力。

（四）可操作性原则：本标准编制时充分考虑了可操作性，确保项目参建

单位能够对照标准的要求进行工业机器视觉多曲面零部件表面检测，避免标准过于理论化或难以实施的情况。

(五)合规性原则：本标准编制符合国家法律法规和相关行业的规范和标准，确保标准的合法性和合规性，遵循国家政策和法律要求。

### 三 标准主要内容

1. 范围：介绍工业机器视觉多曲面零部件表面检测技术标准的制定背景、目的和适用范围等；
2. 规范性引用文件：本标准编制时引用的标准规范等文件；
3. 术语与定义：对本标准中所涉及的名词术语进行定义；
4. 缩略语：对本标准中的缩略语进行解释；
5. 工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统架构：定义工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统的图像采集硬件系统、输入模块和处理模块和输出模块；
6. 工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统功能要求：多曲面零部件工业视觉检测系统应该包含远程控制、操作模式、系统配置、系统自诊断、远程维护和互联互通等功能；
7. 工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统性能要求：明确了工业机器视觉多曲面零部件表面检测的设备性能要求，在这里规定了检测系统硬件、检测过程性能、制造管理性能、检测性能的基本评定指标和要求；

### 四 预期经济效果

工业机器视觉多曲面零部件表面检测技术标准的实施，预期将带来显著的经济效果。一方面，通过规范定义多曲面零部件表面检测系统的架构，可以为制造企业的多曲面零部件表面检测设计与建设提供全面的指导建议，避免企业只见树木不见森林，忽视关键建设内容或者过分强调部分内容，造成不合理的资金投入。另一方面，本标准针对系统的硬件性能以及算法识别性能都给出了明确评定指标，可以促进相关硬件提供商和工业软件提供商更有针对性地优化自身产品，以满足工业机器视觉多曲面零部件表面检测系统的建设要求，从而推动我国工业机器视觉多曲面零部件表面检测产业的发展。

## 五 采用国际标准和国外先进标准情况

在编制工业机器视觉多曲面零部件表面检测技术标准过程中，我们充分借鉴了国际标准和国外先进标准，结合国内实际情况进行了深入研究与修订。通过与国际接轨，确保我国工业机器视觉多曲面零部件表面检测技术标准达到国际先进水平，为产业发展提供有力支撑。

## 六 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

在编制工业机器视觉多曲面零部件表面检测技术标准过程中，我们严格遵循了相关的现行法律、法规和强制性国家标准，确保标准的合规性和权威性。同时，我们也充分考虑了工业机器视觉多曲面零部件表面检测技术标准的发展趋势和应用需求。

## 七 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在起草过程中未出现重大分歧意见。

## 八 标准性质的说明

建议本标准为推荐性标准。

## 九 贯彻标准的要求和措施建议

本标准经征求各相关方意见，已形成共识，标准实施之日起，各相关方将遵照执行。

## 十 废止现行有关标准的建议

无。

## 十一 主要起草单位和联系方式

本标准主编单位：北京科技大学

本标准参编单位：XXXXX，XXXXX

本标准主要起草人：XXX、XXX、