

# 山东省工业和信息化厅

---

## 关于征集全省“人工智能+制造” 百项创新应用典型案例的通知

各市工业和信息化局、有关企业：

前期，我省组织开展“百模百景”遴选工作，发掘形成一批垂域大模型赋能制造业的实践样本。为巩固拓展前期工作成果，深挖制造业一线真实应用实践，强化典型示范引领，以点带面推动人工智能与制造业深度融合，助力发展新质生产力，拟进一步开展全省“人工智能+制造”百项创新应用典型案例征集工作。

现将有关事项通知如下：

### 一、征集重点

聚焦化工、钢铁、铝业、高端装备、轻工纺织等我省优势制造业领域，重点征集垂域大模型、多模态机器视觉、工业智能体等人工智能技术，在研发设计、工艺优化、质量检测、设备运维、安全生产、生产调度、供应链协同等环节的成熟落地应用案例。

### 二、报送有关要求

（一）材料撰写规范。报送案例请参考附件1模板体例撰写，单篇案例正文不少于3500字，完整包含案例背景、痛点问题、具体做法、应用成效、经验启示五个部分，做到见组织推进模式、见实施路径举措、见量化落地成效、见可推广经验启示，避免空泛理论、概念化表述，立足生产现场写实案例。

（二）确保真实准确。案例素材来源于企业实际生产运营，各项数据真实可核查，成效指标尽量量化，客观反映项目实施情况。案例撰写过程中，对具备场景展示价值、能够直观体现案例实施思路、落地应用成效、可宣传推广的相关内容，可配套插入图片予以展示，图片须配简洁图注，嵌入文档对应段落位置，不单独打包报送。

（三）内容生动务实。案例背景要紧扣行业发展实际，明确标注具体应用场景案例；痛点问题立足生产一线，写实行业真实堵点难点；具体做法如实还原企业实施路径，体现智能化政策培训、项目落地等实操过程；应用成效客观反映改造带来的实际变化，用业务事实说话；经验启示摒弃空泛论述，提炼企业实践得来的真切感悟，杜绝套话空话。

（四）严格审核把关。各市工业和信息化局负责本辖区内案例征集、初审筛选，择优汇总报送，没有可不报送。请各单位于9月15日前，将案例正文电子版统一报送至指定工作邮箱。

### 三、其他事项

本次征集重点遴选已实际投产运行、切实解决生产实际痛点、具备复制推广价值的落地应用案例，不接收概念方案、实验室原型、演示验证类未落地项目。省厅将组织专家开展评审，择优遴选100项左右典型案例，汇编形成典型案例集，通过专题会议、平台宣介等多种形式予以推广。对示范价值突出、实践成效显著的案例，省厅将组织专题实地调研，会同申报单位共同打磨提升，

形成一批落地成效扎实、行业影响力较强的专题经验报告。

联系人：杨洪于，联系电话：51782640

电子邮箱：cytjc@shandong.cn

附件 1：“人工智能+制造”创新应用典型案例报送参考模板

山东省工业和信息化厅

2026 年 8 月 27 日



## 附件 1

# “人工智能+制造”创新应用典型案例参考模板

## 多模态机器视觉赋能轮胎智能质检

### ——基于深度学习的轮胎缺陷识别应用案例

#### 一、案例背景

轮胎是汽车唯一与地面接触的部件，车辆的驱动、制动与转向均须通过其与地面之间有限的接触区域实现，因而其制造质量直接关系行车安全。当前，全球轮胎年产量已突破二十亿条，我国轮胎年产量超过十一亿条，在全球轮胎制造与消费市场中占据越来越重要的地位，产业发展模式正从“追求产量”转向“追求质量与效益”。世界轮胎看中国，中国轮胎看山东——山东轮胎产量约占全国一半，拥有完整的产业链和产业集群，是我国轮胎产业转型升级的核心承载区。

在轮胎制造的众多环节中，质检是守住产品质量的最后一道关口。然而，传统的轮胎质检方案长期依赖人工目视检测，效率低、成本高、漏检误判等问题突出，已成为制约轮胎工业智能化升级的关键瓶颈。

为破解这一难题，中国移动通信集团山东有限公司联合北京化

工大学、青岛科技大学开展产学研联合攻关，提出“5G+平台+算法+应用”的一体化轮胎视觉质检方案。其中算法层面构建多模态轮胎质检模型，实现轮胎典型缺陷的高精度自动识别；平台层面搭建轮胎质检平台，实现多工位检测数据的实时汇聚与统一调度；网络层面依托 5G 大带宽、低时延特性，支撑高清检测图像的稳定回传与快速处理。该方案无需对现有产线进行改造，即可将机器视觉质检嵌入制造流程、替代传统人工目检，已在××企业××条轮胎产线投入运行，检测效率与精度显著优于人工，实现了轮胎制造过程的高精度在线质检。



图 1 轮胎视觉质检方案架构

## 二、痛点问题

### （一）人工质检效率低、成本高。

轮胎制造流程虽已高度自动化，质检环节却仍是典型的劳动

密集型环节，传统人工目视质检方式下，质检员目视判读单条轮胎的 X 射线图像平均需要约 8 秒，且须全程高度专注，连续作业后判定标准随疲劳程度波动；一条产线需 2~3 名质检员轮班值守，人力成本居高不下，且人工检测难以跟上流水线日益加快的生产节拍。

## （二）漏检误判风险大。

人工检测漏检率达 3%~5%，针对复杂缺陷的误判率更是高达 12%，且判定结果受质检员经验、疲劳程度等主观因素影响大。轮胎一旦带着隐患出厂、装车行驶，将直接威胁人身安全。

## （三）现有自动检测技术能力不足。

轮胎缺陷种类繁多，气泡、杂质、缺胶、裂口、接头异常、帘线外露、胎侧凹凸不平等缺陷形态复杂、特征差异大。现有技术存在三重局限：一是单一模态数据难以准确捕捉多类型缺陷特征，表面视觉、X 射线透射、三维轮廓等检测手段彼此割裂；二是在复杂光照条件下，传统算法对微小缺陷的纹理提取精度受限；三是高通量生产数据下，传统检测模型实时性不足，难以匹配流水线的高效生产需求。



图 2 轮胎质检现状问题分析

### 三、具体做法

针对上述痛点,团队沿着“数据筑基—模型攻关—难例精检—知识沉淀—平台集成”的技术路径,逐一破解。

#### (一) 筑牢数据底座: 缺陷样本数据治理。

工业质检模型的性能高度依赖训练数据的数量与质量。团队构建了覆盖“采集—清洗—标注—增强—管理”全流程的数据治理体系。一是多源采集,整合不同生产线、不同花纹规格、不同光照条件下,由 X 射线检测设备(X 光机)、线阵相机、面阵相机、3D 结构光、激光轮廓仪等多种成像设备采集的图像与点云数据,并为每条数据记录规格型号、生产批次、成像参数、环境温湿度等完整元信息,确保来源可追溯。二是清洗标注,剔除无效数据,由经验丰富的操作人员依据严格的缺陷分类标准进行像素级标注,采用“多人标注、交叉验证、专家仲裁”机制保证标注质量。三是数据增强,综合运用旋转、平移、缩放、翻转、加噪等传统增强

技术，结合轮胎圆柱曲面特性开展几何感知增强，并利用生成对抗网络、扩散模型合成罕见缺陷、模拟复杂工况，提升模型泛化能力。四是数据管理，运用 Git LFS 对数据集实施版本管理，分层抽样划分训练、验证、测试集，综合运用过采样、欠采样、代价敏感学习等方法缓解类别不平衡。

## （二）构建识别引擎：多模态深度学习质检模型。

针对单一模态难以全面刻画复杂缺陷的问题，团队以深度学习为识别引擎，同时接入 X 射线透射图像、表面视觉图像与 3D 点云三类模态数据，构建多模态轮胎质检模型，作为缺陷识别的主体方案。一是多模态特征融合。三类模态成像机理各异——X 射线透射图像反映胎体内部结构，表面视觉图像呈现外观形态，3D 点云刻画几何轮廓。团队采用特征级融合为主、决策级联合判定为辅的融合策略：各模态数据分别经独立骨干网络提取特征，经特征对齐后，由注意力融合模块按缺陷类型自适应加权——胎内结构类缺陷以 X 射线特征为主导，外观类缺陷以表面视觉特征为主导，几何形位类缺陷以点云特征为主导，同部位多模态特征互补印证，既扩展了可识别的缺陷类型与形态范围，也抑制了单一模态的误报。二是检测模型设计。以单阶段目标检测框架

（YOLO 系列）为基础，针对轮胎图像特点进行三项改进：其一，轮胎 X 射线图像具有周期性帘线纹理背景强、缺陷与背景对比度低的特性，在骨干网络中引入注意力模块，抑制背景纹理干扰、强化对微弱缺陷特征的响应；其二，轮胎缺陷尺度跨度大——从

毫米级的气泡、杂质到大面积的脱层、形变——采用多尺度特征融合结构并增设小目标检测层，提升微小缺陷的检出能力；其三，增设像素级分割分支，对检出缺陷区域进行精细勾勒，为缺陷定位测量与自动判级提供支撑。模型以大规模数据集预训练权重初始化，在自建轮胎缺陷数据集上迁移微调。三是小样本与类别不平衡学习。依托数据治理体系提供的增强样本与合成样本，综合运用代价敏感学习、难例挖掘等训练策略，并对各类别识别效果进行分类均衡评估，提升罕见缺陷与小样本类别的识别能力。四是推理部署优化。采用“云端训练—边缘推理”的部署架构：模型训练与迭代升级在云端完成，成熟模型经剪枝、量化等压缩加速处理后，部署至产线侧边缘计算设备就近推理，检测流程嵌入产线节拍，单条轮胎3秒内完成多模态数据的推理判定，满足在线质检的实时性要求。

### （三）攻克识别难点：两类核心缺陷算法。

多模态深度学习模型承担常规缺陷的自动识别，但帘线类、贯穿类缺陷特征细微、形态多变，是行业公认的识别难点，需要专门的算法攻坚。团队为此研发了规则化精检算法，与深度学习模型形成“主体识别+难例精检”的互补架构。

一是帘线类缺陷识别。帘线是轮胎内部骨架，细如发丝、藏于橡胶，其缺陷识别是行业公认的难点。团队先通过图像预处理抑制噪声、增强帘线特征——采用高斯滤波去噪，在消除噪声的同时保留边缘信息；通过直方图均衡化增强局部对比度；运用

Sobel 算子进行边缘增强，强化帘线边缘。随后，采用 Zhang-Suen 细化算法，将帘线二值图像转化为单像素宽骨架；再结合广度优先搜索（BFS）与方向约束，自主研发“帘线遍历”技术，完整遍历每根帘线骨架。在此基础上，运用最小二乘法对帘线路径点集拟合直线、计算拟合误差，误差超过阈值即判定为弯曲异常。

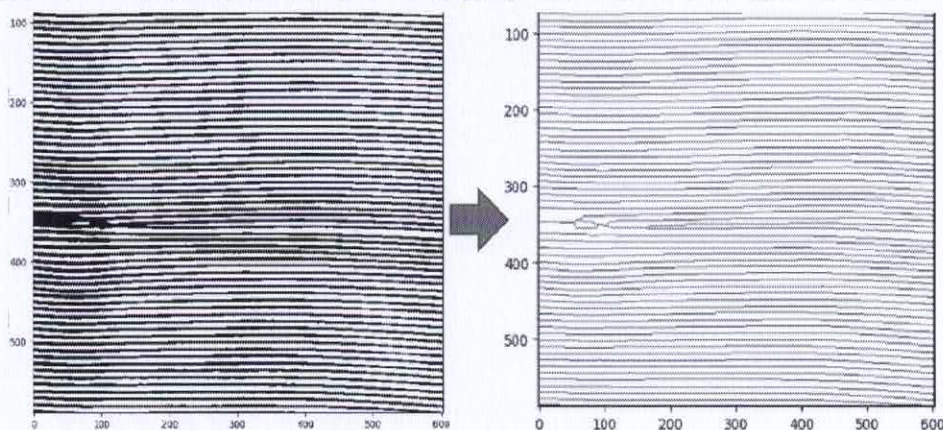


图 3 帘线增强与提取

在缺陷判定上，通过连续性分析（相邻骨架点距离超阈值判定断裂）、曲率计算、分支点统计，精准识别断线、散线、稀线、接头开裂等缺陷。同时，团队运用“穿线法”进一步捕捉异常：垂直穿线沿垂直于帘线的方向生成一组扫描线，与帘线骨架形成一系列交叉点。正常帘线近似平行等距排布，交叉点间距分布稳定；散线、稀线等异常导致间距紊乱，通过交叉点间距的均值、方差与离群点分析即可定位异常。水平穿线沿帘线走向生成扫描线，正常情况下与帘线平行、不相交；帘线弯曲时与扫描线形成交叉点，依据交叉点数量即可判定弯曲、散线等缺陷。最后辅以形态学闭操作（先膨胀后腐蚀）弥合骨架化处理引入的虚假断点，降

低误报，完成帘线类缺陷的精准识别。

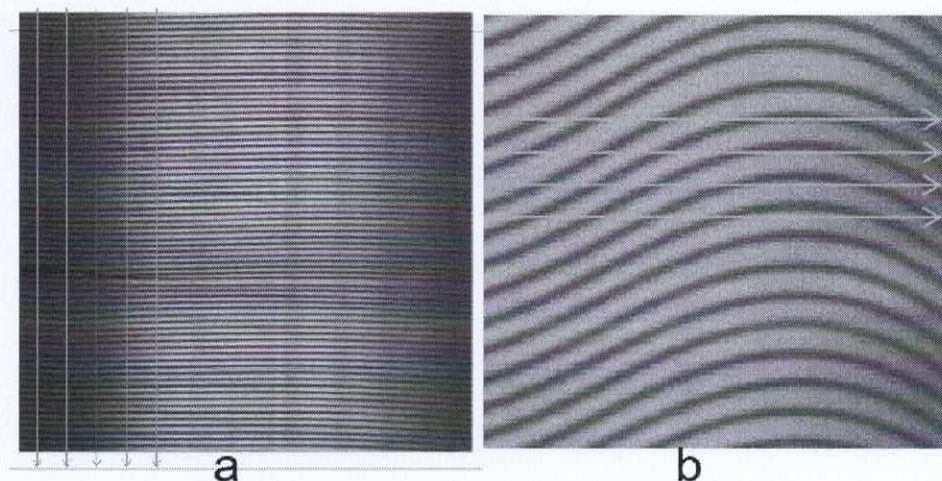


图 4 垂直穿线 (a) 和水平穿线 (b)

二是贯穿类缺陷识别。先基于各部件在 X 射线图像上的灰度分布差异，将图像沿垂直方向分割为带束层、钢圈、加强层、胎侧帘线区等部件区域，再在各部件区域边缘作垂直辅助线，初步判断部件是否变形，并通过坐标对比设定偏离阈值，判定部件是否偏心；在此基础上，结合高斯滤波去噪、梯度边缘检测、自适应阈值分割与最佳拟合直线，实现贯穿类缺陷的精准识别。

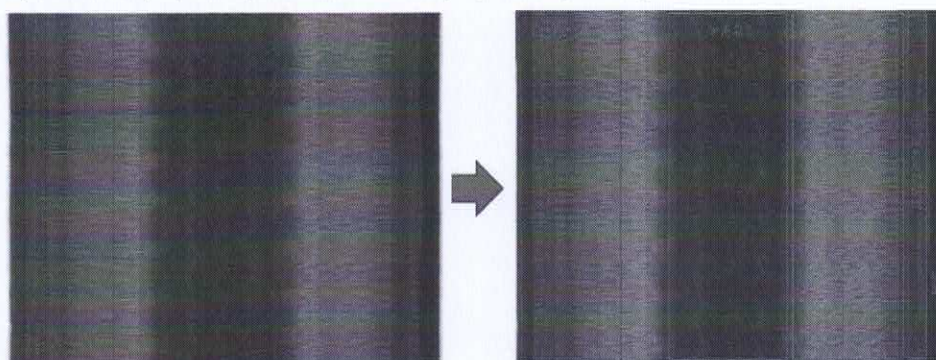


图 5 贯穿类缺陷识别

(四) 沉淀知识资产：轮胎缺陷特征库构建。

构建结构化轮胎缺陷特征库，将视觉特征（形状、纹理、灰度、边缘）、深度特征（卷积神经网络提取的高层语义）、几何特征（基于 3D 点云的深度、高度差、体积、曲率）及上下文特征（缺陷位置与轮胎结构的相对关系）统一存储管理。特征库支持向量化快速检索（Faiss、Annoy），实现缺陷的相似检索、成因诊断、过程监控与根因分析，并将专家经验与验证有效的特征沉淀入库，形成企业核心知识资产。

#### （五）集成系统能力：轮胎质检平台建设。

基于物联网、大数据、人工智能等技术构建轮胎质检平台，实现五大功能模块的统一管理。设备管理模块实现相机、光源、传送带、可编程逻辑控制器（PLC）等设备的统一接入与监控）、算法仓管理模块实现各类质检算法的注册、纳管、编排，通过统一配置化接口推送至算法侧推理，接收结果并上传至 MES、WMS、SRM 等系统；智能检测模块实现自动判级、复检返修、工单上报的全流程线上闭环；数据分析模块引入 Kettle、Hadoop 与自定义报表等组件，结合 MES 数据自动生成生产人员质量分析报告，辅助定位缺陷、优化工艺；系统管理模块提供账号、权限、租户、接口等支撑功能。平台通过 PLC 与产线联动，实现质检全流程闭环管理。



图 6 轮胎质检平台

## 四、应用成效

### （一）效率大幅提升。

单条轮胎结构质检时长由人工目视判读的 8 秒缩短至自动检测的 3 秒；每台 X 光机的检测由 2~3 名质检员轮班目视判读，升级为全天候自动检测，人力成本显著下降。

### （二）质量显著改善。

模型可精准识别 36 种常规胎内缺陷，漏检率由人工的 3%~5% 降至 2.5% 以下，轮胎交付合格率大幅提高。

### （三）管理全面升级。

质检由“人工经验驱动”转向“数据智能驱动”，质检过程与结果全程可追溯，质量分析报告自动生成，助力企业快速定位缺陷、反推工艺改进，实现质量闭环管理。

## 五、经验启示

### （一）数据治理是 AI 在工业领域落地的前提。

工业 AI 的成败，七分在数据，在轮胎质检场景推广过程中，数据治理基础较好的企业适配应用效果较好，缺乏数据治理基础的企业则推广落地难度较大。本项目通过构建覆盖采集、清洗、标注、增强、管理的全流程数据治理体系，有效缓解了工业缺陷样本稀缺、类别不平衡、成像环境复杂等难题，为模型训练筑牢了根基。这一做法对工业视觉、工业质检类 AI 应用具有普遍借鉴意义。

### （二）多模态融合是破解复杂场景的关键。

轮胎质检既包含表面划痕、外观瑕疵等表层性能检测，也涵盖内部气密性等内在质量检验。单一模态检测手段，难以完整刻画轮胎复杂多样的缺陷类型。本项目融合 X 射线透射图像、表面视觉图像、3D 点云等多源数据，兼顾轮胎外观与内部形态双重质检，实现内外缺陷一体化识别检测，显著提升了复杂缺陷的识别能力，为多模态 AI 在工业领域的落地提供了范例。

### （三）平台化是 AI 走向规模化复制的方向。

本项目不止步于单一算法，而是构建了“设备—算法—检测—数据—管理”一体化平台，实现从算法到产线的无缝集成。这一模式具极强的复制推广价值，可延伸至光伏组件、锂电池等领域的质检场景，为制造业智能化升级提供了可落地的样板。