

# 大学生创新训练计划项目 申 请 书

项目名称	基于计算机视觉的多功能轮毂尺寸形状检测 一体化设备的研究		
项目类别	创新训练项目		
项目负责人	冯天润	联系电话	18912009495
学 号	202311200104	电子邮箱	18912009495@ 163.com
学 院	西里西亚智能科 学与工程学院	年级专业	2023 级自动化
指导教师	孙建亮	联系电话	13722550756
填表日期	2024 年 11 月 16 日		

燕山大学创新创业教育与指导中心制

一、基本情况

项目名称		基于计算机视觉的多功能轮毂尺寸形状检测一体化设备的研究					
选题来源		<div><input type="checkbox"/> 学生自主创新项目</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> 指导教师课题子项目</div> <div><input type="checkbox"/> 学科竞赛延伸项目</div> <div><input type="checkbox"/> 其他_____</div>					
申请经费		10000 元		起止年月	2025 年 1 月至 2025 年 12 月		
项目团队情况	序号	姓名	学号	学院	年级专业	联系电话	项目分工
	负责人	冯天润	202311200104	西里西亚智能科学与工程学院	2023 级自动化	18912009495	统筹规划 图像处理 电路控制
	成员 1	刘慕一	202211200012	西里西亚智能科学与工程学院	2022 级机械设计制造及其自动化	19810964687	模型搭建 电路控制
	成员 2	周婧	202311200284	西里西亚智能科学与工程学院	2023 级软件工程	19883668572	平台开发 算法优化
	成员 3	卢琦	202311200068	西里西亚智能科学与工程学院	2023 级机械设计制造及其自动化	13656762269	查阅资料 模型搭建
	成员 4	陈致元	202411200139	西里西亚智能科学与工程学院	2024 级自动化	13081916756	原料采购 组织调研 电路控制

## 项目团队简介

本项目团队由孙建亮教授带领的五名燕山大学全日制在读本科生组成。团队成员优势互补，能够发挥各自专业的特点并解决实际问题。团队成员来自三个专业，分别承担机械结构、电路控制、数据分析、机器视觉检测等方面的任务。组内成员在各自专业成绩都名列前茅，并取得一定的科创成果。团队成员分工明确，团结一致，能够运用专业知识解决课题问题。

### 团队成员

**冯天润：**2023 级自动化专业本科生，曾获燕山大学一等奖学金、二等奖学金各一次，曾获校级“三好学生”、院级优秀团员等荣誉称号，曾获 NECCS 全国大学生英语竞赛三等奖、SIAC 全国仿真创新应用大赛省级二等奖、全国大学生数学竞赛省级二等奖；能熟练使用 VScode、MathType、Visio、Origin 等工具；具有较强的团队协作能力，对深度学习、计算机视觉、网页前端设计有浓厚兴趣。项目中主要负责计算机视觉检测、机械自动控制等部分。

**刘慕一：**2022 级机械设计制造及其自动化专业本科生，曾获燕山大学二等奖学金、三等奖学金多次，曾获校级“三好学生”、院级优秀共青团干部等荣誉称号，曾获全国大学生数学竞赛省级二等奖、“汇川杯”全国智能自动化创新大赛华北赛区一等奖、全国二等奖、SIAC 全国仿真创新应用大赛省级二等奖；能熟练使用 Solidworks、CAXA CAD、Matlab、Procast 等工具；具有较强的团队协作能力，对轮毂测量兴趣浓厚。项目中主要负责整体机械结构设计和建模。

**周婧：**2023 级软件工程专业本科生，曾获燕山大学一等奖学金两次，曾获校级“三好学生”、院级优秀团干、优秀团员等荣誉称号，曾获全国大学生数学建模竞赛推荐国二，大创校级立项；专业基础扎实，熟悉 C++、Python、C#、SQL 等多种编程语言，能熟练使用 VScode、VS、SQLserver 等编程工具；对前后端开发，数据分析等方面有浓厚兴趣。项目中主要负责可视化平台的设计与开发等部分。

**卢琦：**2023 级机械设计制造及其自动化专业本科生，软著授权一项，实用新型专利在审一项；曾获燕山大学一等奖学金两次，曾获校级“三好学生”、院级优秀团员等荣誉称号，曾获中国国际大学生创新大赛院特等奖，大创校级立项；能熟练使用 SolidWorks 等工具；对机械结构设计、传动设计、零部件设计有浓厚兴趣。项目中主要负责建模和模型搭建部分。

**陈致元：**2024 级自动化专业本科生，熟练掌握 Python 编程语言，熟练使用 WPS office 等软件应用，对机器视觉、深度学习有浓厚兴趣。项目中主要负责数据整理、PPT 制作、计算机视觉检测、机械自动控制等部分。

指导教师	孙建亮	联系电话	13722550756	学 院	机械工程学院
学 历	博士	职 称	教授	研究方向	先进轧制成形和热处理、 轧机系统动力学和稳定运行控制、冶金设备和产品质量故障诊断

**指导教师简介**

孙建亮，男，中共党员，博士，教授，博士生导师，现任燕山大学国家冷轧板带装备及工艺工程技术研究中心副主任；河北省杰出青年基金获得者、中国金属学会冶金设备分会委员、全国冶金设备标准化技术委员会委员、中国振动工程学会转动动力学分会理事、河北省机械工程领域青年学术英才、燕山大学第十二届学术委员会委员。先后主持和参与国家和省部级纵向科研项目 16 项，其中作为负责人的项目 10 项，包括国家自然科学基金面上项目、国家科技支撑计划项目、国家重点研发计划子课题、河北省自然科学基金项目等。主要从事先进轧制成形和热处理、轧机系统动力学和稳定运行控制、冶金设备和产品质量故障诊断方面研究。获 2022 年中国机械工业科学技术进步一等奖、2020 年河北省科学技术进步一等奖、2017 年河北省科学技术进步一等奖、2017 年度天津市科学技术进步一等奖。出版专著 2 部，发表学术论文 130 余篇，授权发明专利 40 余项。

## 二、立项依据

### （一）项目简介

本项目将设计一种多功能轮毂尺寸形状检测装置，为自动化、智能化检测轮毂尺寸项目提供一种可行的方案。项目首先确定轮毂检测的流程，并在对应的功能模块中设计检测动作相对应的机构。对于初步设计的方案进行分析与对比，最终选择出合适的机构方案。利用 Solidworks 软件进行三维模型的绘制，同时选出相应驱动装置的型号，使用 Solidworks 三维建模软件进行模型绘制并且对整机进行重要参数确定。同时，对轮毂图像的处理即尺寸识别进行程序设计，结合不同的轮毂尺寸检测模块进行相关尺寸项目的程序方案设计。最后将检测结果以可视化网页形式呈现给用户，完成一整套自动化工作流程。

### （二）研究目的

随着汽车制造技术的不断发展，国内汽车的保有量急剧增长。汽车保有量的增加意味着汽车的生产需要更高效、更精确的流程。汽车零部件行业已经实现了相关产品设计、制造及生产的自动化。为满足汽车生产及制造行业的国家生产安全标准，需要对相关产品的尺寸及性能等产品属性进行严格的质量把控。轮毂作为汽车的关键部件，在汽车的转向、驱动与制动等方面发挥重要的作用<sup>[1]</sup>。轮毂相关属性与尺寸的保证，直接影响汽车驾驶过程驾驶的安全与稳定性，同时轮毂的质量也极大程度影响到汽车轮胎的寿命，因此需要严格保证轮毂的质量，故保障轮毂几何尺寸精度成为质量检测的重点任务，因而对于轮毂生产线质量检测提出了更高的要求。目前轮毂尺寸检测大多依靠人工，局部尺寸检测也有检测装置，但是适用于工业应用的一体化多功能检测装置还有待进一步研发。本项目将提出一个基于机器视觉的多功能轮毂尺寸形状检测一体化设备，以填补国内外对于该部分的空缺。

### （三）国内外研究现状和发展动态

日本的东芝公司研发的 X 射线无损检测系统广泛应用于二次电池、铝制轮毂、发动机罩、电源模块、印刷电路板等设备和产品的检测中，其检测系统的产品特点是可以对制造过程进行反馈，产品质量稳定，减少损耗，基于 X 射线无损检测系统的轮毂检测设备如图 1 所示。该公司的基于上述 X 射线无损检测系统的铝制轮毂检测装置：Xs-AW 系列产品可以稳定快速地进行轮毂尺寸检测。该产品将由铸造机制造出的铝制轮毂经由传送带送至检测区域，通过该公司的核心技术—X 射线无损检测系统对轮毂进行检测，不仅检测其尺寸是否合格，而且检测所制造的轮毂有无裂缝和孔洞，同时可以自动识别轮毂的尺寸，使检测装置处于与被检测轮毂尺

寸相匹配的条件下进行检测，确保检测的精确性。该设备具有组装、测试及生产线内置的相关专用设备，可以根据轮毂的尺寸设定相应的定位机构，且可以调节工作节拍进而调整检测时间，该可以检测 13-20 英寸的轮毂尺寸。检测完毕后，经过由专业算法构建的缺陷检测软件进行自动判断，分析图像及数据，最终得出检测结果。



图 1 东芝公司生产的基于 X 射线无损检测系统的轮毂检测设备图

图 2 所示为美国阿尔派公司 MD860 模块化轮毂检测设备图。MD860 模块化轮毂检测系统可以实现针对轮毂不同尺寸检测项目的检测工作，通过模块化的设计，该测试系统可以直接集成在生产线上，并使用摄像系统或数据矩阵阅读器识别各自的车轮类型。这意味着该系统是为完全混合作业而设计的，它可以测量和测试 14 英寸到 24 英寸的轮毂，而无需重新加工。该设备拥有极大的灵活性，通过单个测量模块的模块化结构实现其灵活性。径向和轴向跳动、节圆和螺栓孔测量、壁厚测量、不平衡测量和中心孔测量模块可以任意排列。后续扩展和集成额外的测量模块可以在每个位置。由于模块的紧凑设计，模块化内联轮测量基本机的扩展不超过 1 米为每个额外的测量模块。如果车轮配备了数据矩阵标记，所有测量数据都可以唯一地分配给相应的车轮。为了便于维护，测量模块可以从机器中取出。有了内置的定心夹具，模块可以很容易地放回原来的位置。轮毂由抓手系统操纵，然后在可控的基础上放置在 MAKRA 大范围夹紧系统上。高度动态的垂直和水平运动采用伺服驱动器。



图 2 MD860 模块化轮毂检测设备图

丹东奥龙射线仪器有限公司设计一种利用 X 射线对轮毂进行尺寸检测的设备<sup>[2]</sup>，如图 3 所示。该设备通过调控轮毂的位置，使用 X 激光进行尺寸检测工作，其检测动作主要以 PLC 进行控制，该设备具有尺寸检测的集中性和稳定性，通过 PLC 的控制，设备具有较高的自动化程度。



图 3 丹东奥龙轮毂 X 射线检测系统设备图

德国依科视朗国际有限公司是一个专业从事工业 X 射线检测设备的开发制造的具有创新精神的高科技公司。该公司旗下的型号为 YXLON MU231 的 X 射线检测设备是号称世界公认的合金轮毂 X 射线检测设备。YXLON MU231 是专为合金轮毂设计的 X 射线检测设备。该设备以高可靠性和稳定性运行在线检测流程，进而实现顶级可用性。同时自动缺陷检测功能保证了显著的工作效率、数据收集和质量评估。



图 4 YXLON MU231 设备图

该设备所包含的独特梭式输送机技术和其专利 L 链可以缩短产品循环时间，减少停机时间，通过这样的技术可以保证产品吞吐量和系统正常运行时间，减少停机时间，这对于在生产线上使用 X 射线检查铸造轮毂时非常重要。在自动化方面。该产品使用该公司的另一项 YXLON AI 软件，系统可以全自动工作，无需操作员运行系统。高度的重复精度确保了最低的伪拒绝率。定期监控图像质量可确保一致的检查质量。同时系统以交叉链接方式工作，实时生成大量的统计数据被用于稳定和改进铸造工艺本身，形成强力的负反馈，优化生产流程。

Y.AI 软件提供了一种客观、精确和可重复的 X 射线图像检查。轮毂的每个区域都可以在应用不同规格进行检查时进行测试。每个特定区域所需的最高质量在达到最低伪拒绝率的同时

达到。有关轮毂检查的大量统计数据通过该软件生成。它们可以实时检索并在统计服务器上合并。这些数据有助于在铸造过程中进行有针对性的干预。在短时间内，这些干预措施的成功已经可以在下一轮中得到控制。

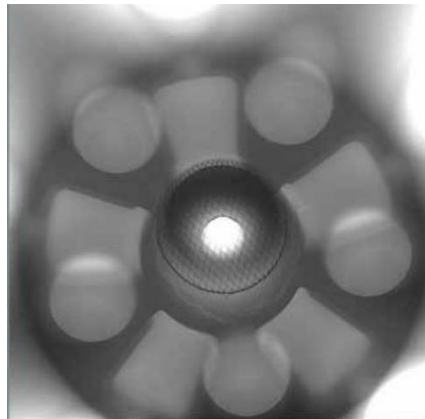


图 5 轮毂中心部位 X 射线图像

在 Y.MU231 和 Y.AI 软件一起使用的情况下，检查质量可以随时得到保障。调试运行后，使用校准轮进行系统之间的比较并记录。测量结果的分布可以通过重复测试来计算。

浙江四点灵机器人股份有限公司发明了一种基于三维线激光扫描仪的金属轮毂尺寸测量装置<sup>[3]</sup>。装置包括用于放置且输送轮毂的检测平台、激光轮廓测量仪，固定连接激光轮廓测量仪的转盘、与激光轮廓测量仪连接的处理器。激光轮廓测量仪绕着旋转轴在平面上进行旋转，发出的激光线落在以轴为圆心的目标圆上，激光轮廓测量仪扫描得到目标圆边缘附近的轮廓的高度信息，激光轮廓测量仪在转盘的带动下绕旋转轴匀速转动，以该装置的检测方式简单高效，并且可以通过调整机械装置，来调整检测仪器的水平位置和垂直高度，来满足不同类型轮毂的精准测量。

河北科技大学发明了一种用于检测汽车轮毂安装孔尺寸和位置的装置<sup>[4]</sup>。装置包括框架、XYZ 方向传动装置、轮毂孔尺寸和位置检测系统及轮毂气动夹紧装置；采用触针检测系统和 CCD 视觉检测系统相结合的方式对汽车轮毂孔尺寸和位置进行检测。把 CCD 光源和星形触针同时安装在 Z 轴上，光源在触针上面，利用触针先对轮毂中间阶梯孔中与轮轴配合的大孔进行接触检测，检测精度高，解决了传统 CCD 视觉检测无法实现对上边孔径小下边孔径大的阶梯孔中大孔尺寸检测的问题；利用 CCD 视觉检测对周围小孔进行非接触检测，这样就可以使用一台机器对全部轮毂孔进行尺寸和位置检测，节省了购买仪器的成本，提高了检测效率。

综上所述，国内外诸多学者、公司与企业致力于通过各种研究，通过改善检测流程，采取更加先进的检测原理与方式，对轮毂尺寸与形状进行检测。在结构设计、流程设计等诸多方面，我国技术与国外先进技术仍存在较大差异。国外汽车配件生产商常将激光传感器应用在汽车轮毂检测设备上，设备全自动控制，我国企业的轮毂检测设备多以半自动控制为主，劳动力成本



高，且国内汽车轮毂检测大多是对单一参量的检测，检测精度及效率低。因此，设计一款多功能轮毂尺寸形状检测装置具有重要意义，识别轮毂目标检测项目的实际尺寸，提高轮毂生产的精准性。

（四）创新点与项目特色

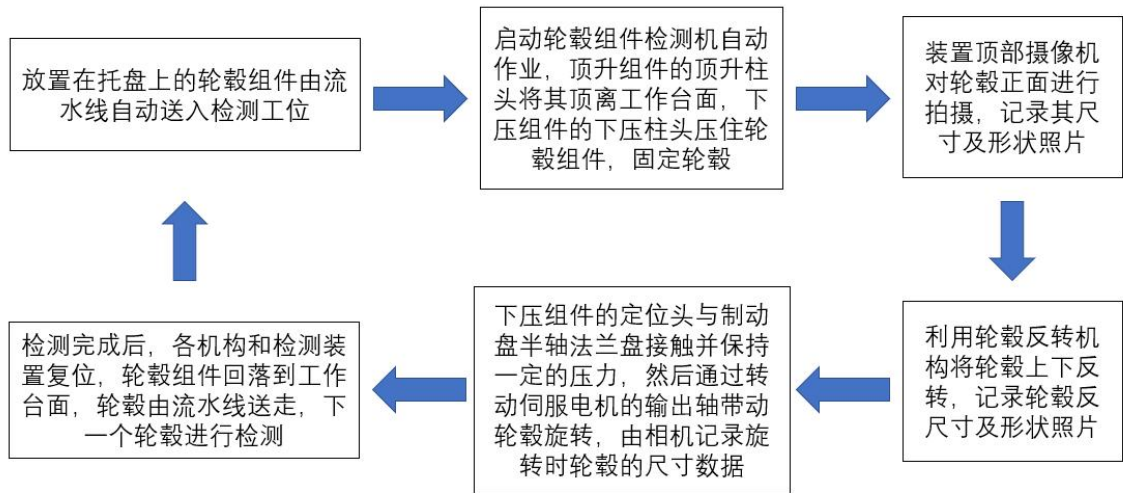


图 6 检测设备流程设计图

创新点 1. 单工位模块化轮毂检测方案

将轮毂检测所需的各项机构整合为模块化，通过单工位设计实现高效检测<sup>[5]</sup>。轮毂毛坯件经过传送至检测工位，对中模块确保轮毂位于中心位置，中心夹紧模块和侧面夹紧模块分别实现轮毂的抬升、旋转和翻转操作，以拍摄并检测轮毂的尺寸形状。检测结果由后台计算机记录并判断是否符合公差范围，合格轮毂继续下一工位，不合格则进行记录并送至修改工位。

创新点 2. 中心夹具模块方案

中心夹具模块是轮毂检测装置中的关键部分，其主要功能包括夹紧轮毂中心孔、抬升轮毂并带动其旋转，以检测轮毂的径向圆跳动尺寸。该模块由以下三个核心机构组成：

（1）升降机构

在中心夹紧机构将轮毂夹紧后，升降机构负责将轮毂抬升至一定高度，使其脱离辊道传送装置表面。采用电推杆加四组导轨滑块的组合。电推杆提供抬升动力，而四组导轨滑块作为导向装置，确保抬升方向的准确性和整体模块的稳定性。

（2）中心夹紧机构

通过夹紧轮毂中心孔内壁，使中心夹紧机构与轮毂形成一个刚体，为后续旋转测量提供基础。采用滚珠丝杠带动剪叉机构。剪叉机构因其三角形结构的稳定性，能够传递较大的力并确保工作过程中的稳定性。滚珠丝杠则提供精确的定位和自锁功能，确保夹紧过程中不会因外力

而松开。

### （3）旋转机构

在中心夹紧机构夹紧轮毂后，旋转机构负责带动轮毂进行旋转，以便测量径向圆跳动尺寸。采用电机带动非标外壳旋转。外壳内嵌有滚珠丝杠电机，并与升降机构顶部的推力轴承内圈相连。这种设计既实现了旋转功能，又确保了旋转过程中的稳定性和承载能力。

### 创新点 3. 侧面夹具模块方案

侧面夹具模块主要功能是从轮毂两侧夹紧轮毂胎圈座边缘部位，包括伸出、夹紧、抬升、放回等一系列工作流程，该模块主要由升降机构、伸出机构、抓手机构三种机械机构组成，以下是对各机构方案的讨论：

#### （1）升降机构

侧面夹具模块的升降机构作用对象与中心夹具模块相同，可参考中心夹具模块设计，采用电推杆与四组导轨滑块的组合，这种组合既能保证升降推力，又能使升降机构之上的平台保持平衡稳定，增强整体装置的稳定性。

#### （2）伸出机构

伸出机构的功能是将抓手机构伸出以抓取轮毂胎圈座，便于后续轮毂的抬升和翻转。经分析，传统的平行四边形直线机构和曲柄摇块机构不能满足本设计要求，电推杆或滚珠丝杠等机构不符合单工位式模块化轮毂检测方案特点，会浪费空间和增加成本<sup>[6]</sup>。从设备空间角度考虑，可采用滚珠丝杠与杆件组合，使滚珠丝杠方向与伸出机构运动方向垂直，既能利用滚珠丝杠的强推力和精准性，又能减少空间占用和降低成本。

伸出连杆机构定为蚱蜢近似直线机构(Scott-Russell 机构)<sup>[7]</sup>，该近似直线机构工作原理图如图 7 所示。直线运动端设计为由导轨滑块模组带动的抓手机构，设计尺寸要求如式(1)所示。

$$2 \times AB = OA \times AC \tag{1}$$

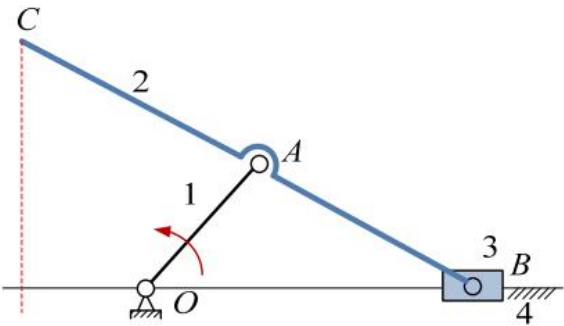


图 7 侧面夹具模块伸出机构工作原理图

### (3) 抓手机构

抓手机构需实现伸出抓取轮毂、离开轮毂缩回以及带动轮毂翻转的功能。对于伸出缩回的直线运动，可将抓手连接到电推杆顶端来实现；对于轮毂的翻转动作，则由电机带动抓手进行。其装配逻辑为电推杆连接电机支架，电机支架上的电机连接抓手，这样可保证抓手的伸出缩回和轮毂的翻转动作。

#### 创新点 4. 计算机视觉尺寸形状检测方案

通过视觉识别和图像处理技术进行轮毂的尺寸项目检测时，需要通过机械结构将轮毂的位置放置于摄像机的正下方，使轮毂的检测尺寸项目所处平面与摄像机安置平面处于平行的状态，便于工业摄像机拍摄出精确的轮毂照片。获取能够拍摄轮毂检测的尺寸项目的精确照片之后，通过摄像机与 PC 端的信息接口，将轮毂的照片导入到 PC 端，对轮毂的照片进行处理与识别，进而得到轮毂各项尺寸检测项目的实际尺寸，从而完成轮毂尺寸与形状检测的任务<sup>[8]</sup>。

它包括四个处理过程：图像灰度化、滤波处理、阈值处理、边缘与尺寸检测。首先，图像灰度化将采集到的轮毂原始图像转化为灰度图像，这一步骤能够简化图像数据，减少后续处理的复杂性<sup>[9]</sup>；滤波处理对灰度图像进行操作，其目的在于去除图像中的噪声，通过特定的算法和技术，使得图像质量得到提升，为更精确的检测打下基础；阈值处理是通过设定合理的阈值，将图像中的目标和背景进行分离，突出轮毂的轮廓和关键区域；最后，边缘检测和尺寸检测精确地获取轮毂的边缘信息和尺寸数据，这是判断轮毂是否符合标准的关键数据。

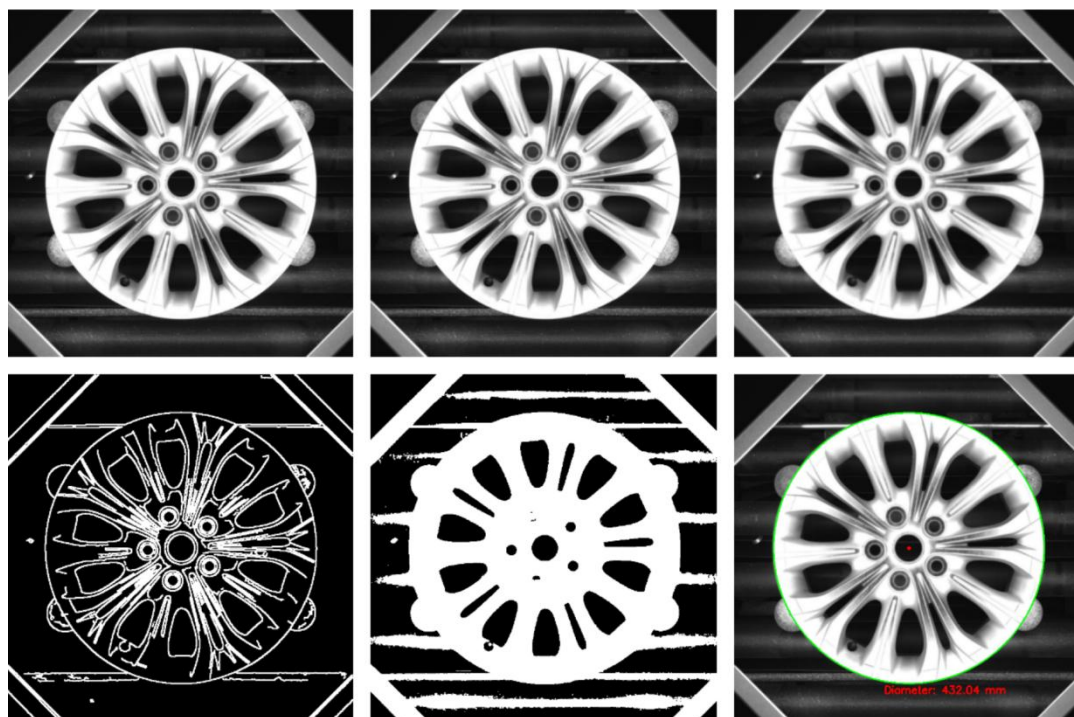


图 8 轮毂图像处理及直径测量结果

在项目后期考虑使用神经网络进行轮毂图像处理<sup>[1]</sup>，针对轮毂灰度图像进行轮毂的边缘、中

心孔分割图像数据集的制作<sup>[10]</sup>，通过改进现有神经网络算法进行模型训练<sup>[11]</sup>。使用训练好的模型分割轮毂待测部分的轮廓，并对分割后的图片做测量，得到分割部分的平均像素直径长度，通过比例转化为轮毂待测参数的实际值并与标准值做比对。

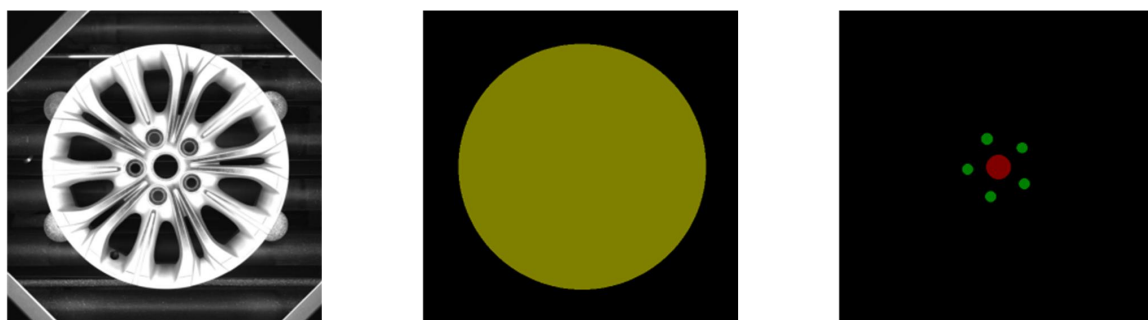


图 9 对灰度图进行标注

#### 创新点 5. 设备运行状态和检测结果的可视化方案

通过使用 HTML、CSS、JS 搭建网页前端、使用 Django 框架搭建网页后端、使用 ECharts 可视化库设计动态图表，使设备运行情况、轮毂各参数和轮毂产品合格率可以通过可视化形式呈现给用户，提高企业在产品分拣方面的效率。该平台可呈现设备的运行记录、轮毂检测数目、合格品和次品的占比等数据，可调取设备传送带上方的监控以供工作人员查看设备的实时情况，可接收轮毂的原图像并显示处理后的图像及相应数据。

#### 创新点 6. 基于 PLC 的装置控制系统设计方案

选用西门子 S7-1200 系列 PLC 作为核心控制单元，触摸屏选用昆仑通态 TPC7062KX，操作人员可通过触摸屏方便地进行工作模式选择、参数设置及查看检测结果等操作，同时还能够查询报警记录、实时及历史曲线。传感器采用欧姆龙 E2E-X18D1-N 非接触式电感接近开关来检测轮毂的位置，确保轮毂在各工位的精确定位；同时选用 E6C3-A 绝对值编码器检测轮毂的旋转角度，为后续尺寸检测提供准确的数据支持。伺服电机选用深圳锐特 RSNA M06 产品，其具有高精度、高响应速度的特点，能精确控制轮毂的旋转和夹具的运动；电磁阀选用亚德客 4V210-08，用于控制夹具的夹紧与松开动作。





图 10 自动控制技术架构

本项目针对轮毂检测提出了六大创新点，旨在全面提升检测效率与精度。通过单工位模块化设计，将各项检测机构整合，实现了高效自动化检测；中心夹具与侧面夹具模块的设计，确保了轮毂的稳定夹持与全方位检测；采用计算机视觉技术，实现了对轮毂尺寸与形状的精准识别；通过可视化方案，实时呈现了设备运行状态与检测结果，提升了管理效率；基于 PLC 的控制系统设计，实现了对检测装置的精准控制，确保了检测过程的稳定性与可靠性。这六大创新点共同构成了高效、精准、智能的轮毂检测系统，为轮毂制造业提供了有力的技术支持。

（五）技术路线、拟解决的问题及预期成果

技术路线：

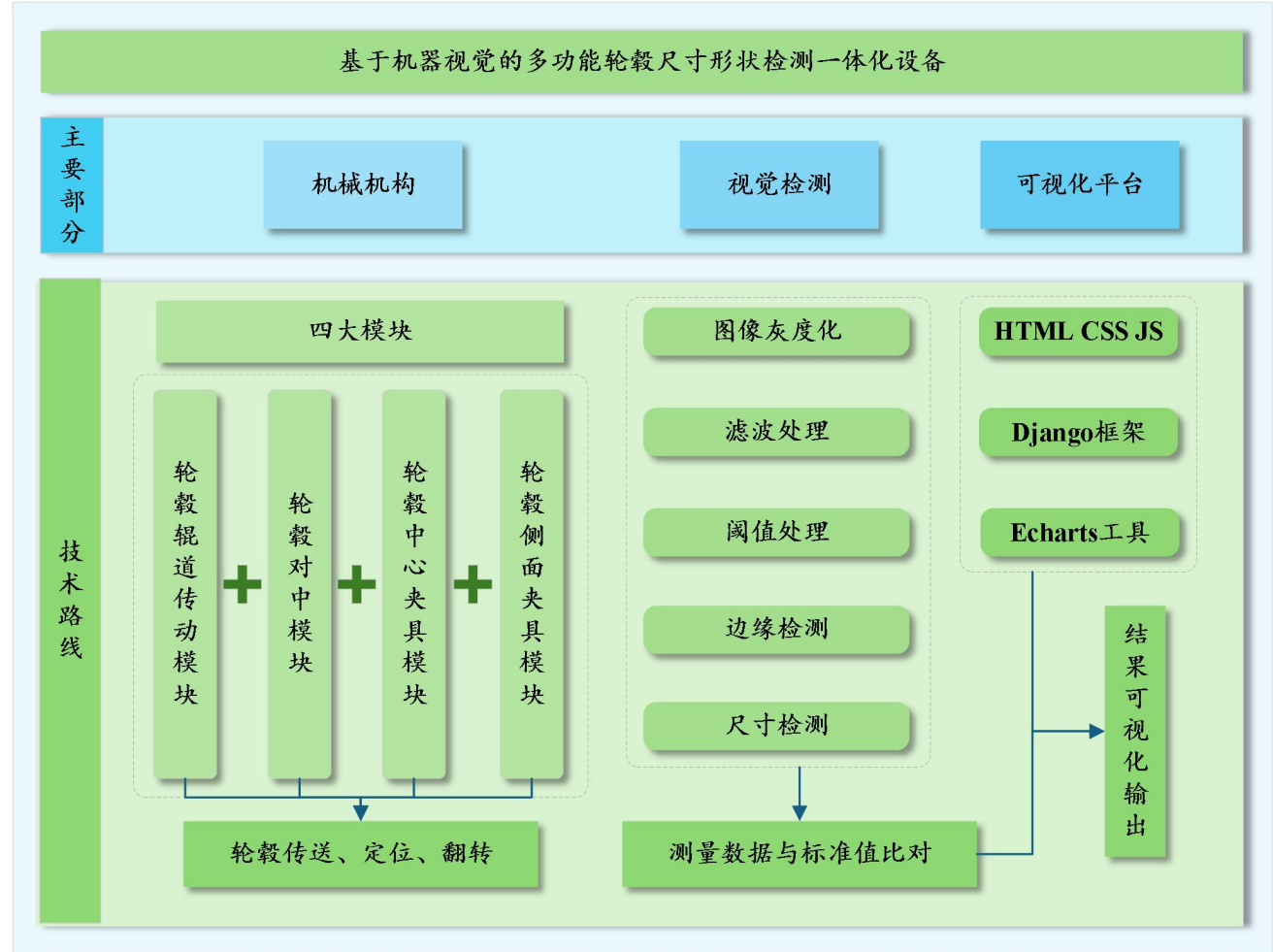


图 11 技术路线图

该设备的技术路线围绕着对轮毂的精确检测展开。其主要由机械机构、视觉检测和可视化平台构成。机械机构负责轮毂的基础操作，包括轮毂传送、定位以及翻转等，这是整个检测流程的前提，确保轮毂在检测过程中处于合适的姿态和位置，以便后续的检测工作能够顺利进行。视觉检测是核心环节，在视觉检测获取数据后，会将这些数据与标准值进行比对，通过可视化平台将结果呈现出来。可视化平台利用 HTML、CSS、JS、Django 框架和 Echarts 工具，将比对结果以直观的图表或者数据形式展示给用户，使用户能够方便、快捷地判断轮毂的尺寸和形状是否符合要求，从而实现对轮毂的高效、准确检测。

自动控制技术架构涉及多个硬件设备和高效的通信方式。硬件方面，主要有昆仑通态 TPC7062KX 触摸屏、西门子 S7-1200 系列 PLC、欧姆龙电感式接近开关 E2E-X18DN1-N、RSNA M06 伺服电机、亚德客 4V210-08 电磁换向阀等。这些设备通过程序能够稳定、快速、准确地完成各种控制动作。

在操作流程上，昆仑通态 TPC7062KX 显示屏实现人机交互功能，操作人员可以通过该显

示屏设置参数，并查看检测结果，这种设计极大地方便了操作人员对整个系统的控制和监控。通信方式上，PLC 与触摸屏之间采用以太网通信，这种通信方式能够确保数据传输的高速和稳定性，实现对系统的实时监控。同时，PLC 与伺服电机控制器之间通过 PROFINET 总线进行通信，这种通信方式可靠性高、实时性强，能够保证系统各部分之间的数据交互准确无误。在检测和控制功能方面，各个传感器和电机协同工作，例如检测轮毂旋转角度、轮毂位置、伺服电机运动、换向阀动作等，这些检测和控制操作能够为轮毂的精确检测和整个系统的稳定运行提供保障，确保整个自动控制过程的高效性和准确性。

#### **拟解决的问题：**

##### **（1） 检测装置的适用性问题**

目前轮毂尺寸检测大多依靠人工，局部尺寸检测虽有装置，但适用于工业应用的一体化多功能检测装置有待进一步研发。国内轮毂检测设备多以半自动控制为主，劳动力成本高，且大多是对单一参量的检测，检测精度及效率低。

##### **（2） 检测流程与结构设计问题**

需将流水线中各工位的检测机构与方法集成到一个工位，整合检测流程与结构设计，确保检测过程逻辑合理，机械结构合理且能实现轮毂的输送与检测。

##### **（3） 检测尺寸完整性问题**

在现有检测轮毂主要尺寸的基础上，进一步检测气门孔直径与位置、轮缘厚度、法兰深度与厚度、胎圈座角度等尺寸，实现汽车轮毂尺寸的全面检测。

##### **（4） 技术应用与优化问题**

学习并应用视觉识别知识，深入理解通过拍照识别尺寸进行轮毂尺寸检测的原理，优化多功能轮毂尺寸形状检测装置的结构。学习电机控制和调速知识，编写电机以及电推杆等控制元件的控制程序，实现装置的自动化控制。

##### **（5） 装置安全性与合理性问题**

使用 Ansys 对关键非标件如连接板、电机支架连接装置、剪叉机构杆件、侧边夹具底板等进行应力校核，以及对连接部分的螺栓等进行应力校核，确保装置的安全性和合理性。

##### **（6） 一体化、自动化检测流程问题**

该项目提出的基于计算机视觉的多功能轮毂尺寸形状检测一体化设备，运用于轮毂生产线中，辅助企业进行轮毂产品的分类、合格率统计等工作，大大提高自动化水平，减少时间、金钱成本。

#### **预期成果：**

（1）设计并实现一个汽车轮毂尺寸形状检测的一体化、自动化工作系统，包括机械结构、计算

机视觉检测以及网页平台监控三部分。通过精确的检测装置和高效的检测流程，提高轮毂的检测效率，降低生产成本，并通过网页平台实时展示设备运行情况、轮毂参数及合格率。

（2）根据本项目提出的基于计算机视觉的多功能轮毂尺寸形状检测一体化设备申请发明专利、新型实用专利并发表论文。

**（六）项目研究进度安排（查阅资料、选题、自主设计项目研究方案、实验研究、数据统计、处理与分析、研制开发、填写结题表、撰写研究论文和总结报告、参加结题答辩和成果推广等）**

2024 年 12 月：查阅文献，收集资料、进行构思、了解轮毂结构和检测内容，熟悉检测装置检测流程

2025 年 1 月 – 2025 年 2 月：各模块可行性分析，建模，CAD、PLC 技能培训，

2025 年 3 月：完成检测装置结构设计、检测流程制定，完成检测装置零部件设计，完成设备、材料选购

2025 年 4 月：实地调研，获取轮毂标准数据，构建检测算法，完成三维动态仿真分析和力能参数校核

2025 年 5 月：调试视觉检测部分，搭建实物模型，设备调试，准备中期答辩

2025 年 6 月 – 2025 年 7 月：设备功能优化，搭建操作及可视化网页平台

2025 年 8 月 – 2025 年 9 月：完成检测装置其他部件图和零件图绘制工作

2025 年 10 月：检查图纸、准备结题答辩 PPT 撰写研究论文和总结报告

2025 年 11 月：参加结题答辩和成果推广



### 三、经费预算

开支科目	预算经费（元）	主要用途
仪器设备购置费	5000	传感器、电机、触摸屏、西门子 PLC 等
材料费	500	打印机耗材
办公用品费（附明细）		
测试化验加工费		
印刷费（附印刷清单）	500	纸质材料打印
版面费（附录用通知）	4000	专利、论文发表
图书费（不包括图书馆已有图书）		
文献检索费		
调研费（附调研报告）		
会议费（附会议通知）		
其他_____		
合计	10000	

序号	文献目录（作者、题目、刊物名、出版时间、页次）
1	侯永涛, 黎良臣, 顾寄南, 等. 基于 SURF 特征的汽车轮毂型号识别[J]. 机械设计与制造, 2021(8): 5-6.
2	丹东奥龙射线仪器有限公司. X 射线轮毂自动检测装置: CN201120468924. 6[P]. 2012-07-25.
3	浙江四点灵机器人股份有限公司. 一种基于三维线激光扫描仪的金属轮毂尺寸测量装置及方法: CN202110928035. 1[P]. 2021-11-26.
4	河北科技大学. 一种用于检测汽车轮毂安装孔尺寸和位置的装置: CN201810097693.9[P]. 2018-08-17.
5	裴贵. 基于工厂仿真的 DMA 铝合金轮毂混流生产线规划及优化研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2019: 12-14.
6	徐小明, 张武翔, 丁希仑. 基于模块化的缠绕机设计方法[J]. 北京航空航天大学学报, 2018, 44(04): 37-42.
7	Dezman M, Asfour T, Ales U, et al. Mechanical design and friction modelling of a cable-driven upper-limb exoskeleton[J]. Mechanism and Machine Theory, 2022(171): 2-3.
8	李雅琪, 冯晓辉, 王哲. 计算机视觉技术的应用进展[J]. 人工智能, 2019(02): 18-27.
9	Jimenez M, Vazquez-Leal H, Filobello-Nino A, et al. Exploring the use of two-dimensional piecewise-linear functions as an alternative model for representing and processing grayscale images[J]. Journal of Applied Research and Technology, 2016, 14(5): 311-314.
10	杜丽峰, 周正, 王天琪. 基于机器视觉的铝合金轮毂尺寸测量[J]. 机械设计, 2022, 39(S2): 193-198.
11	夏辉. 基于机器视觉的轮毂识别与气阀孔定位检测[D]. 无锡: 江南大学, 2023: 27-41.
12	Yu F, Gong X, Li H, et al. Differential cryptanalysis of image cipher using block-based scrambling and image filtering[J]. Information Sciences, 2021(554): 145-147.
13	闫龙龙. 基于拓扑优化的轮毂轻量化造型设计[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2019: 3-5.
14	Brandt A, A signal processing framework for operational modal analysis in time and frequency domain[J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2019(115): 382-388.
15	Elaziz A, Bhattacharyya S, Lu S. Swarm selection method for multilevel thresholding image segmentation[J]. Expert Systems With Applications, 2019(138): 2-3.
16	Maksimovic V, Petrovic M, Savic D, et al. New approach of estimating edge detection threshold and application of adaptive detector depending on image complexity[J]. Optik, 2021(238): 2-3.
17	徐帅强, 张彦彬, 周宗明, 等. 汽车轮毂洁净制造自动化生产线设计[J]. 制造技术与机床, 2022(04): 32-37.
18	曹恩国, 刘坤, 吉硕, 等. 减重站起康复训练系统机械结构设计与优化[J]. 吉林大学学报(工学版), 2019, 49(5): 1558-1566.
19	Wang Z, Wang K, Peng Q, et al. Mechanical design of an asymmetric-deformation-driven rotating machinery[J]. Mechanics Research Communications, 2021(117): 4-6.