

## 上海交通大学大学生创新实践计划项目申请表

### 一、 基本情况

项目名称	基于相机标定与物体识别的智能检测算法研究												
英文名称	Study on intelligent detection algorithm based on camera calibration and object recognition												
所属学科	学科一级门：工学		(根据教育部学科分类填写)			学科二级类：计算机类		(根据教育部学科分类填写)					
相关学科	学科一级门：		(学科交叉选填)			学科二级类：		(学科交叉选填)					
项目来源	导师科研/企业课题												
申请金额	10000 元			执行期限		1 年							
导师配套	0 元			企业赞助		10000 元		申请学分		3-4 分			
负责人姓名	焦天成		性别		男	民族		汉		出生年月		2002 年 10 月	
学号	521370910139		所属院系		密西根学院				专业		联合学院		
联系方式	邮箱： jtc1246@sjtu.edu.cn                      手机: 15021805270												
负责人曾经参与科研的情况			关于校园环境和设施对学生学习效率影响的研究										
指导教师	陈松良		联系方式		邮 箱 ： sungliang.chen@sjtu.edu.cn    手 机 ： 13120958820								
导师工号	50376		所在学院		密西根学院/未来技术学院								

指导教师承担科研课题情况		<p>在研项目：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 上海市科学技术委员会，上海市自然科学基金，22ZR1428900，基于锂金属电池原位在线光声成像与人工智能的锂金属生长规律研究，2022-04 至 2025-03, 20 万元，在研，主持</li> <li>2. 国家自然科学基金委员会，重点项目，82130057，基于跨尺度光声分子影像与人工智能的颈动脉斑块诊断研究，2022-01-01 至 2026-12-31, 290 万元，在研，参与</li> </ol> <p>已结题项目：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 国家自然科学基金委员会，面上项目，61775134，基于微型光纤光声成像头与镜像合成孔径的“免对焦”光声显微内窥镜，2018-01 至 2021-12，66 万元，已结题，主持</li> <li>2. 中组部，青年千人计划（2014 年度），2015-01 至 2018-12，已结题，主持【人才项目】</li> <li>3. 国家重点实验室，启动项目，非接触式全光学光声显微内窥镜，2016-01 至 2017-12，20 万元，已结题，主持</li> <li>4. 科技部，青年 863 项目，2015AA020944，用于动脉粥样硬化诊断的光学相干层析-光声双模态内窥成像技术，2015-01 至 2017-12, 118 万元，已结题，参与</li> <li>5. 国家自然科学基金委员会，青年基金项目，61405112，基于光学毫米环谐振器的大景深光声显微成像方法研究，2015-01 至 2017-12，26 万元，已结题，主持</li> <li>6. 上海市科学技术委员会，浦江人才计划，14PJ1404400，全光学式集成光学和声学分辨率的光声显微镜，2014-07 至 2016-06，20 万元，已结题，主持【人才项目】</li> </ol>			
指导教师对本项目的支持情况		每周安排一次例会，让同学们汇报研究进展，同时积极参与项目推进工作。在经费支持上，将按需求提供横向项目的配套经费，可高达 1 万元。			
项目组主要成员	姓 名	学号	手机	邮箱	项目中的分工
	焦天成	521370910139	15021805270	jtc1246@sjtu.edu.cn	二维圆形相机标定与物件识别的算法优化
	梁钊源	520370910123	15821110269	liang-zy@sjtu.edu.cn	三维圆柱底面相机标定与物件识别的算法优化

二、 立项依据（可加页）

（一）项目简介（200 字以内）

本项目基于前一期 IPP 的研究结果，提出对于相机标定和物体识别算法的优化研究。项目拟通过算法获得同组地脚螺栓中心对主柱的中心偏移量，前者为 4 个小圆柱体，后者为 1 个平面圆。前期研究已能通过相机标定与物体识别算法来获得偏移量，但存在计算结果不一致、误差大、和鲁棒性低等问题。因此，本项目旨在对算法进行进一步优化，在单调场景下先提高计算的准确度与一致性；随后再在复杂场景下提高计算的鲁棒性。确保算法的实用价值。

（二）研究目的

如图 1 所示，本项目旨在通过计算机视觉来自动计算 4 个小圆柱体中心与 1 个平面圆中心的偏移量。其计算步骤为：（1）中间放置棋盘格，用于**相机标定**算法，目的为恢复与重建出与棋盘格所在的平面坐标系；（2）通过**物体识别**算法，进一步侦测出 4 个小圆柱体底面圆（即与棋盘格位于同一平面，简称 4 小圆）和 1 个平面圆（简称大圆）；（3）最终，可计算出 4 小圆中心坐标、大圆中心坐标、及两中心的偏移量。图 2 为计算流程示意图。



图 1. 同组地脚螺栓与主柱模型，前者为 4 个小圆柱体，后者为 1 个平面圆；中间为相机标定用的棋盘格。



图 2. 计算流程示意图。

（三）研究内容

本项目包含下述 3 点研究内容：

1. 算法准确性：如上所述，目前虽然程序能计算出中心偏移量，但与实验量得的结果（金标准）仍存在不小误差。为了对程序进行除错（debug）和优化，拟分别对 4 小圆中心坐标和大圆中心坐标的计算准确度进行较为全面的研究。具体而言，如图 1 中仅摆放棋盘格与大圆，然后进行相机标定与物体识别，获得大圆中心坐标，再与实验量得的金标准比较，整个过程持续对算法改进优化，直到误差在 1 mm 以内；同样地，4 小圆中心坐标的算法也依照上述步骤优化，知道误差在 1 mm 内。最终，同时摆放 4 个小圆柱与 1 个平面圆，计算中心偏移量，通过多组测试结果评估误差，确保计算误差在 2 mm 内。（实际应用中，中心偏移量 10 mm 为合格，8 mm 为优良。因此，我们将算法的目标定在计算误差 2 mm 内，中心偏移量不大于 8 mm 为通过检查，否则为不通过。考量到 2 mm 的误差，即使是最大误差 10 mm [= 8+2]，仍为合格。）

2. 算法一致性：在相机标定步骤中，需从多个角度对实物拍照（约 10–15 张图片），确保相机标定的准确性。然而，在下一步的物体识别中，使用不同图片来计算中心，会得到不同结果，使得计算结果不一致。此外，不同的图片组（比如第一组的 10 张图片和第二组的 10 张图片）也会造成不同的计算结果。因此，本项目将研究如何对实物进行拍照（改善不同图片组的算法一致性）、如何在一个图片组内选取图片进行计算（改善同一图片组内的算法一致性）。

3. 算法鲁棒性：在实际应用场景中，图片背景可能是比较复杂的，称为复杂场景。如图 3 所示，大圆外部有泥土与石子，大圆内部则有水泥颜色与泥土颜色，且纹理不一致，4 个小圆柱也有颜色不一致的情况。为了确保所开发算法能在这种复杂场景下运行，不牺牲计算准确度与一致性，本项目也将测试这类图片，并针对这类图片对算法进行开发，提高算法的鲁棒性。必须说明的是，研究内容 3 将在研究内容 1 和 2 的完成度都比较高了之后才进行。



图 3. 复杂场景的同组地脚螺栓与主柱图片范例。

#### （四）国、内外研究现状和发展动态

相机标定和物体识别在许多领域有着广泛应用。例如，物体识别算法是自动驾驶、自动结账等应用的关键技术之一；而相机标定可用于扩增实境与工程量测。

国家电网是重要的基础建设，在电网建设和维护的过程中牵涉到许多方面的质量与安全检查。其中，同组地脚螺栓中心对主柱中心的偏移量是安全检查的项目之一，牵涉到电网机械结构的稳定性。两中心的便宜两必须控制在 10 mm 以内（合格），如果能在 8 mm 以内更好（优秀）。

目前该中心偏移量的是通过人工方式进行检查的。具体而言，如图 4(a)所示，以 8 个地脚螺栓为例，通过分别向对侧的地脚螺栓拉线，4 条拉线的交点即为地脚螺栓中心；如图 4(b)所示，通过对 3 条以上的弦取垂直平分线，其交点即为主柱中心或圆心。可想而知，这种人工检查方法具有费时、费人工、结果因人量测而异等问题。因此，项目前期提出基于计算机视觉，采用相机标定与物体识别等技术，通过算法来完成中心偏移量的自动检测。

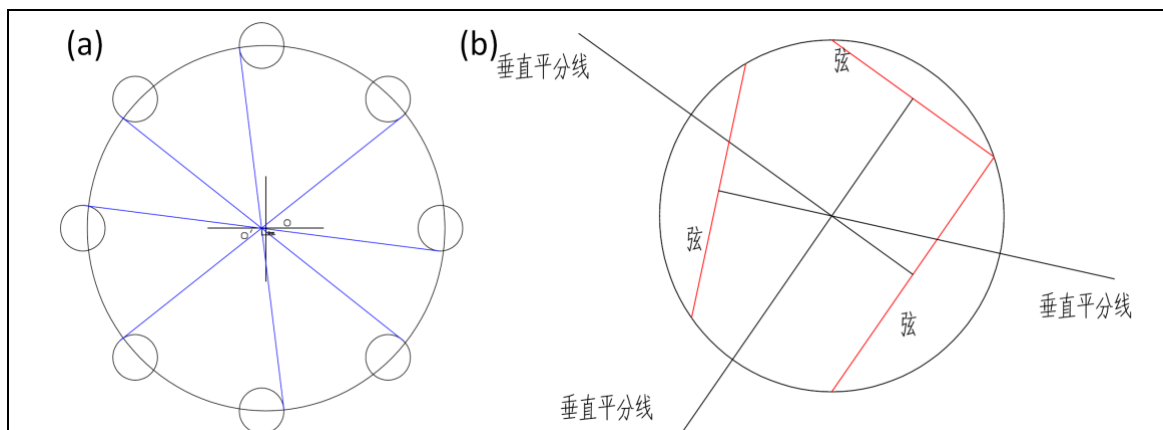


图 4. 人工量测地脚螺栓与主柱中心示意图。(a)地脚螺栓中心。(b)主柱中心。

## 1. 国内研究现状和发展动态

①电网智能检测算法研究：通过文献调研，发现了许多相关研究。例如，有使用卷积神经网络对电力杆塔图像进行智能识别的算法研究。简要地说，目前电力杆塔图像的识别算法耗时较长、且误差大；而基于卷积神经网络的算法能提取电力杆塔原始图像特征，选择多区域图像的最优网络，在识别的效率和准确度上有明显地改善。又例如，有使用卷积神经网络对架空线路的目标识别的算法研究，该方法能在复杂的背景之下，在最短的时间内选择所需要的目标，完成相关信息识别和特定目标选取。

②中心偏移量智能检测算法研究：我们以关键字“地脚螺栓”与“图像处理”进行查询，并未发现有与本项目类似的研究报道。

## 2. 国外研究现状和发展动态

①相机标定：相机标定在上世纪 90 年代就已有许多相关研究，1998 年微软公司的 Zhang 等提出一种以棋盘格为参考物的标定方法，该方法简单可靠。尽管该方法需要使用参考物，但从实现的成本、效果来说，都具有较大的优势。

②物体识别：物体识别在计算机视觉中一直举足轻重的一个环节，早期主要使用算法为边缘提取、霍夫圆检测等，可归类为传统算法。近年来，人工智能发展迅猛，已被广泛应用于物体识别，如 K-means 聚类算法等。

③中心偏移量智能检测算法研究：我们以关键字“anchor bolt”与“image processing”进行查询，并未发现有与本项目类似的研究报道。

## （五）创新点与项目特色

1. 计算准确度研究：基于前期阶段性研究结果，对 4 小圆中心的计算与大圆中心计算“拆开”研究，能厘清计算误差来源，确保提高计算准确度。

2. 计算一致性研究：实际应用时，如果每次自动检测的结果有很大的不一致性，将导致算法的实用价值不高。本项目对计算结果的一致性进行较为全面的研究，将更符合实际应用需求。

3. 计算鲁棒性研究：针对应用时存在复杂场景的情况，对算法进行相应的调试，可大大地增进算法的鲁棒性与对背景变化的容忍程度。

## （六）技术路线、拟解决的问题及预期成果

1. 技术路线：如图 5 所示。

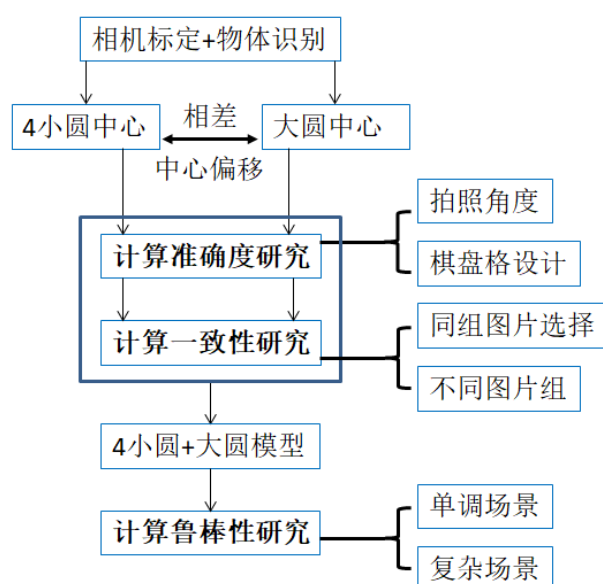


图 5. 技术路线图。

2. 拟解决的问题：项目主要解决 3 个关键问题，

①计算准确度问题：通过对 4 小圆中心和大圆中心的分别测试，具体厘清误差来源，从而可以对准确度进行提高和优化。

②计算一致性问题：通过研究同组图片选择造成的差异、和不同图片组造成的差异寻找具体原因与规律，从而提高计算一致性。

③计算鲁棒性问题：通过对算法在复杂场景下进行相应调试，使得算法能对图片

进行预处理，保证计算结果能与单调场景类似，提高算法鲁棒性。

### 3. 预期成果：

①技术目标：对于 4 小圆中心，计算误差在 1 mm 以内；对于大圆中心，计算误差在 1 mm 以内；对于 4 小圆中心和大圆中心的偏移量，计算误差在 2 mm 以内。确保计算结果有不超 2 mm 的一致性。确保计算可在复杂场景下进行。

②完成发明专利 1 项。

## （七）项目研究进度安排

2022.4-2022.5：学习相机标定与物体识别理论。阅读文献。复现前期计算结果。

2022.6-2021.7：制作模型。按测试所需拍照，分别进行 4 小圆与大圆中心的计算准确度测试。

2022.8-2022.9：按测试所需拍照，分别进行 4 小圆与大圆中心的计算一致性测试。

2022.10-2022.11：以 4 小圆加上大圆为模型，测试该模型的计算准确度和一致性，对结算结果进行优化调试。准备期中报告。

2022.12-2023.1：拍摄复杂场景图片，调试算法。进一步完善复杂场景下的计算准确度和一致性。润色专利申请书内容。

2023.2-2023.3：撰写多个技术文档与报告，准备项目验收与结束事宜。提交专利申请。

## （八）已有基础

### 1. 与本项目有关的研究积累和已取得的成绩

目前已经分别进行了 4 小圆中心与大圆中心的算法测试。

①4 小圆中心：图 6 为 4 小圆中心的相机标定测试。图 6 左图是做完相机标定和透视变换之后的图，可以看到，棋盘格内的格子呈现出非常方正的分布，说明算法具有一定的效果。接着，我们尝试了多种算法来识别 4 个小圆柱，包括 canny、霍夫圆、K-means、sobel 算子等，目前发现 sobel 能获得不错的效果，如图 6 右图所示。需要说明的是，sobel 算子的物体识别仍有不足之处，从图 6 右图可以看出，



所识别出来的圆并非小圆柱的底面圆，这样在后续计算 4 小圆中心时会产生很大的误差；此外，sobel 算子除了识别 4 个小圆柱之外，也将棋盘格的边缘识别出来了，在后续复杂背景的应用中是否会识别到不想要的物体而造成干扰，也需要在本项目进一步明确。

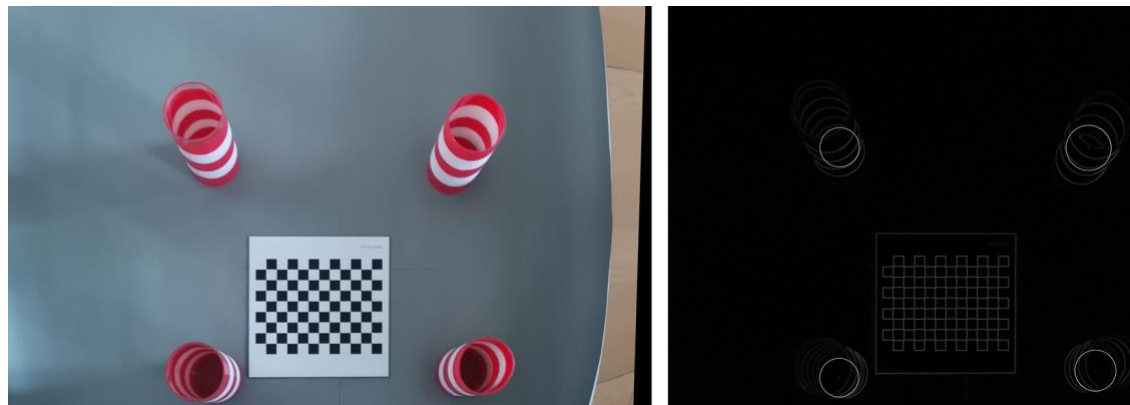


图 6. 4 小圆中心的相机标定测试。

②大圆中心：如图 7 所示，我们使用一块灰布来做大圆，大圆中心摆放棋盘格。接着，使用固定焦距的相机从不同的角度对该模型拍了 10 张左右照片。将此照片组输入 Matlab 的 Camera Calibrator 小程序里进行相机标定，最终获得结果如图 8 所示。必须说明的是，经过相机标定后的图片有较严重的畸变（从图 7 中底板的纹理可以看的出来），可能是因为棋盘格仅处于视场中一个很小的区域，而离棋盘格太远处的标定结果可能很不准确。因此，本项目在开展过程中将聚焦于解决这个问题。

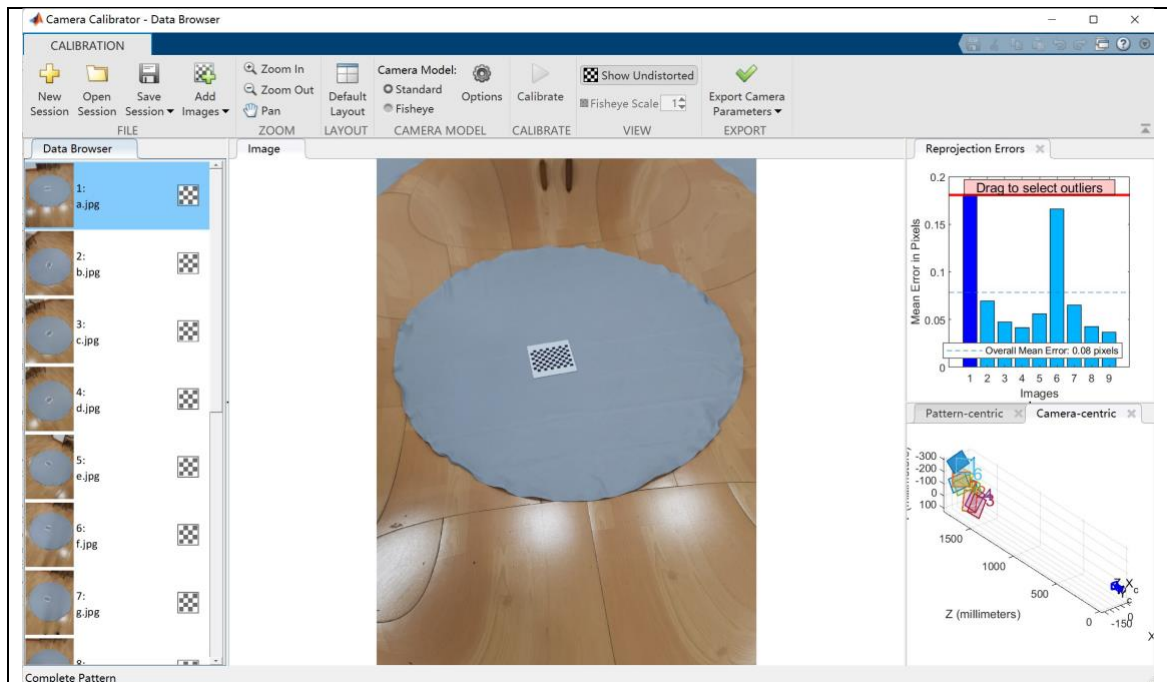


图 7. 大圆中心的相机标定测试。

## 2. 已具备的条件，尚缺少的条件及解决方法

①已具备的条件：目前已初步制作相关模型，包括 4 个小圆柱以及 1 个平面圆，也具备相机标定所需的棋盘格；后续将根据项目需要，进一步制作和改善模型，及购买更多的棋盘格。目前也有性能较好的计算机，能支持项目所需的计算。

②尚缺少的条件及解决方法：目前主要使用手机内置的相机进行拍照，调整成固定焦距，确保相机的内在参数不变。项目开展过程中，将根据测试结果，决定是否需采购性能更好的相机。另外，也将考虑采购不同规格的相机，测试算法效果是否会因使用不同规格的相机而有所变化。

(九)

### 三、 经费预算

开支科目	预算经费 (元)	主要用途
预算经费总额	<b>10000</b>	(与申请金额相等)
1. 办公费	<b>0</b>	
2. 印刷费	<b>1000</b>	用于相关文献的打印费用
3. 邮电费	<b>0</b>	
4 市内交通费 (不超过 5%)	<b>500</b>	用于与企业工程师交流时所产生的交通费用
5. 差旅费	<b>1000</b>	用于在施工现场采集照片时所产生的交通费用
6. 会议费	<b>0</b>	
7. 培训费	<b>0</b>	
8. 材料费	<b>5000</b>	包括棋盘格、大圆模型、小圆模型、及相关加工费用
9. 实验测试费	<b>0</b>	
10. 图书资料费	<b>1000</b>	用于计算机视觉相关书籍的购买费用
11. 其他费用	<b>1500</b>	专利申请费用 (部分)

### 四、 指导教师意见

(需填写指导老师意见，无需签章。)

该项目具有较好的研究意义与实用价值。所提的方案也具有较好的可行性。同意并推荐申报。