

软件需求规格说明书

目录

1、引言	3
1.1 编写目的	3
1.2 项目背景	3
1.3 参考资料	3
2、总体描述	3
2.1 目标	3
2.1.1 开发意图	3
2.1.2 应用目标及范围	3
2.1.3 产品前景	4
2.2 用户场景	4
2.2.1 PCB 焊盘缺陷在线检测场景	4
2.2.2 金属手机外壳微划痕出厂质检场景	4
2.2.3 博物馆青铜文物 3D 数字化存档场景	4
3、具体需求	5
3.1 类图	5
3.2 特性	5
3.2.1 可用性	5
3.2.2 安全性	6
4、界面原型	7
5、功能描述及验收验证标准	8
5.1 详细功能描述	8
5.1.1 图像导入功能	8
5.1.2 参数配置功能	8
5.1.3 算法运行功能	8
5.1.4 结果导出功能	8

5.1.5 二次开发支持功能	8
5.2 输入输出格式	8
5.2.1 输入格式要求	8
5.2.2 输出格式要求	9
5.3 界面验收标准	9
5.4 功能验收标准	9
5.4.1 图像导入功能验收	9
5.4.2 参数配置功能验收	9
5.4.3 算法运行功能验收	9
5.4.4 结果导出功能验收	10

1、引言

1.1 编写目的

明确“棱光智构”工业级机器视觉软件的核心需求、设计边界及验收基准，为开发团队提供统一需求依据，为测试验证提供标准，确保 stakeholders 对产品目标达成共识，规避开发偏差。

1.2 项目背景

1. **行业痛点：**传统视觉检测对光照敏感，低对比度缺陷（如金属微划痕）难识别；商业系统硬件成本高（40 万级）、操作门槛高，适配性差。
2. **项目定位：**项目为福州大学 EE308 课程学期项目（Lightning Vision 团队），定位“全栈机器视觉软件原型”，基于光度立体技术，解决低对比度缺陷检测问题，降低应用成本。
3. **支撑条件：**技术栈含 C++/QT/OpenCV/CMake，团队分工覆盖算法、工程化、前端、测试；采用 OKR/KPI 管理，Git 版本控制，保障流程规范。

1.3 参考资料

1. 项目需求网页：<https://bbs.csdn.net/topics/619989693>
2. 项目汇报 PPT：《棱光智构-Lightning Vision》
3. 技术文档：OpenCV 官方手册、QT 框架指南、CMake 配置规范
4. 行业标准：GB/T 38336-2019《工业视觉检测系统通用技术要求》

2、总体描述

2.1 目标

2.1.1 开发意图

攻克“低对比度缺陷检测难、光照敏感、成本高”痛点，开发开源、工业级精度、易用的视觉软件原型，实现“算法封装化、界面可视化、部署轻量化”。

2.1.2 应用目标及范围

- **核心场景：**PCB 焊盘缺陷检测、金属外壳微划痕质检、文物 3D 数字化
- **目标用户：**工业自动化工程师、质检人员、科研工作者
- **适配范围：**Windows 系统，兼容单反/工业相机，支持二次开发

2.1.3 产品前景

未来可拓展 GPU 加速、深度学习缺陷分类、多品牌相机兼容，建立插件市场，从“原型”迭代为“轻量化工业视觉平台”。

2.2 用户场景

2.2.1 PCB 焊盘缺陷在线检测场景

1. **场景描述：**PCB 生产线需实时检测 $\leq 5\mu\text{m}$ 焊盘凹陷，传统人工漏检率高，现有系统成本高、光照敏感。
2. **用户需求：**针对不同用户需求提供适配功能：面向工程师，软件可对接 PLC 实现自动化分拣，检测精度达 0.01mm 级，单块检测耗时控制在 1 秒以内，满足工业生产效率要求；面向质检人员，支持通过伪彩色标注缺陷位置，并能直接导出 PDF 格式检测报告，便于记录与复盘。
3. **业务流程：**
相机触发信号接入 SDK→采集 4 张多光源图像→光度立体重建高度图→阈值分割标记缺陷→TCP 回传 PLC+界面展示。
4. **问题与方案：**针对项目实际应用中的核心问题，分别制定针对性解决方案：针对图像采集不同步问题，采用时间戳校准方式，确保采集间隔控制在 10ms 以内；针对生产线振动导致的图像模糊问题，通过清晰度评估机制识别模糊图像并触发重新采集，同时提供振动补偿参数以优化后续采集效果。

2.2.2 金属手机外壳微划痕出厂质检场景

1. **场景描述：**检测 $\geq 0.05\text{mm}$ 划痕，传统人工依赖光照，漏检率高；商业设备成本 ≥ 20 万。
2. **用户需求：**针对不同角色需求提供适配功能：面向质检人员，软件支持批量检测模式，单件检测耗时控制在 30 秒以内，同时通过伪彩色标注清晰呈现缺陷位置；面向管理者，可自动统计检测合格率，生成的数据支持导出为 Excel 格式，便于后续生产分析与决策。
3. **业务流程：**
外壳放入暗箱→自动拍摄 8 张光源图→光度立体+超分辨率生成 8K 法线图→伪彩色标记→导出报告。
4. **问题与方案：**针对实际检测中的图像质量问题制定对应解决方案：面对金属反光过曝问题，软件内置预设曝光模板适配常见场景，同时支持用户自定义调节曝光参数；针对伪彩色对比度低的问题，提供 3 套不同伪彩色方案供选择，且支持透明度调整以优化图像视觉效果，提升缺陷识别清晰度。

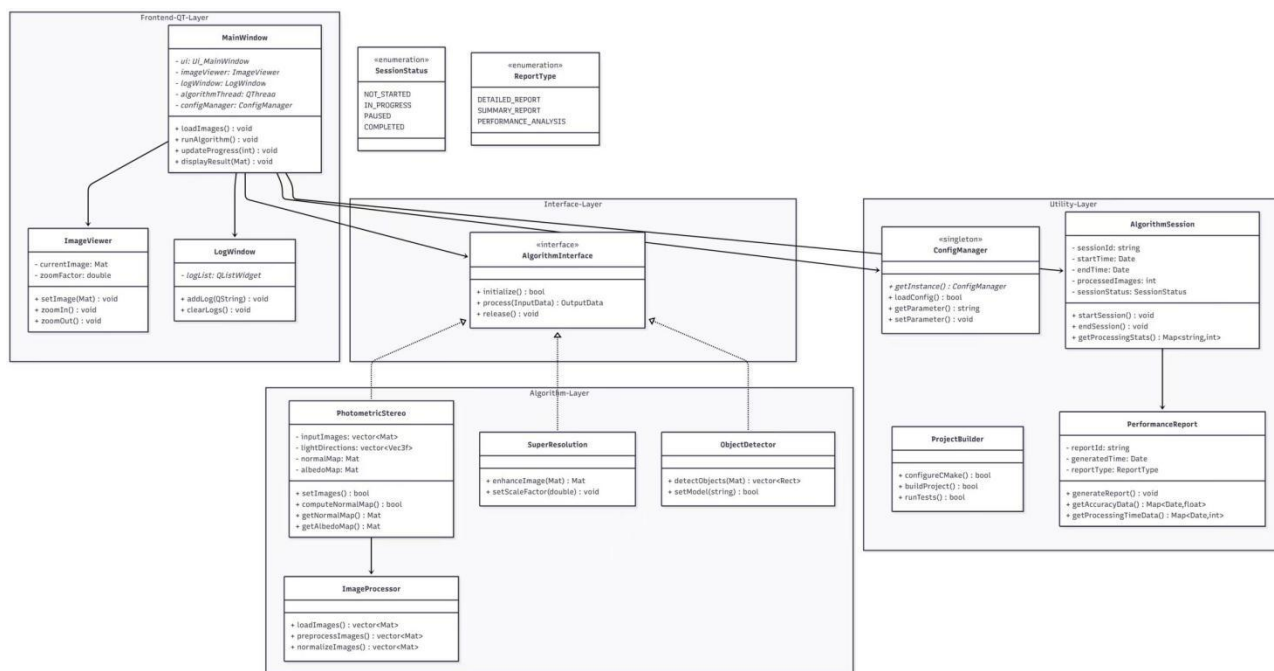
2.2.3 博物馆青铜文物 3D 数字化存档场景

1. **场景描述：**非接触式 3D 存档，传统设备成本 ≥ 40 万，轻量化方案精度不足。

2. **用户需求：**针对不同用户场景提供适配功能：面向科研者，软件兼容成本 ≤ 5000 元的普通单反设备，5分钟内可输出 ply 格式数据，且支持 DLL 加载以满足二次开发需求；面向文保人员，采用非接触式数据采集方式，全程无化学污染，契合文物保护的特殊要求。
3. **业务流程：**
导入 36 张单反图→预处理（去噪/对齐）→光度立体生成法线/深度图→导出. ply+加载纹样匹配 DLL。
4. **问题与方案：**针对项目实操中的关键问题制定对应解决方案：针对单反图像分辨率不一致的问题，软件可自动将图像缩放至统一分辨率，同时生成质量评估提示，确保后续算法处理的一致性；针对 DLL 加载崩溃问题，通过前置接口校验拦截异常，并弹出清晰错误提示，搭配规范的接口文档，辅助快速定位与解决加载故障。

3、具体需求

3.1 类图



3.2 特性

3.2.1 可用性

1. 用户友好的交互设计

基于 QT 框架开发的图形界面，深度贴合工业用户操作习惯，将复杂的机器视觉功能转化为直观易懂的交互逻辑，降低专业操作门槛；同时，软件能实时显示法线图、增强图像等

核心处理结果，让检测效果一目了然，配合算法执行进度的动态反馈机制，进一步消除用户等待焦虑，全方位提升使用体验。

2 灵活的参数配置

软件提供图形化参数配置界面，支持参数调整后的实时预览功能，用户无需专业编程知识即可直观把控参数效果；针对不同工业场景，设计了参数预设保存与加载功能，大幅减少重复配置时间；此外，界面主题切换、多语言选择等个性化设置，也能满足不同用户的使用偏好。

3 高效的工作流程

为适配工业批量检测需求，软件支持多图像批量处理模式，可一次性完成大量样本的分析，显著提升检测效率；处理结果支持 PNG、CSV 等多种格式导出，方便用户对接后续数据分析或报告生成工作；同时，系统会自动保存所有处理记录，包含参数设置、结果文件路径等关键信息，便于用户追溯历史检测数据，满足工业场景下的可查性要求。

3.2.2 安全性

1 数据安全保护

所有图像数据本地处理，杜绝敏感信息外泄；采用智能指针与 RAII 机制防内存泄漏，搭配全流程异常处理，保障数据安全与系统可靠。

2 系统稳定性

动态监控内存分配避免资源耗尽，算法与 UI 线程分离防界面卡顿；前置输入验证与边界检查，从源头预防非法数据导致的系统崩溃。

3 工业环境适应性

兼容主流工业相机与采集设备，支持 Windows/Linux 跨平台运行；经 72 小时压力测试验证，可满足工业场景长时间稳定作业需求。

4、界面原型



本软件界面原型采用绿色系为主的视觉风格，融合科技感与工业属性，系统呈现了基于光度立体视觉技术的工业检测软件“棱光智象”的品牌定位、功能亮点与团队构成。

5、功能描述及验收验证标准

5.1 详细功能描述

5.1.1 图像导入功能

用户通过主界面“文件-导入”菜单或左侧“图像导入”模块，选择本地图像文件（支持常见格式如 JPG、PNG、BMP），可单次导入单张图像或批量导入多张图像，导入后图像将在原始图像显示栏中展示，系统自动记录图像路径与分辨率、格式、大小等基本信息）。

5.1.2 参数配置功能

用户在参数配置界面设置光源、算法、输出相关参数，系统提供参数合法性校验，支持参数保存为配置文件，方便后续重复使用；可加载已保存的配置文件，自动填充对应参数，无需重复设置。

5.1.3 算法运行功能

用户完成图像导入与参数配置后，点击主界面“运行”按钮启动算法，系统通过多线程机制运行光度立体算法，后台处理图像数据并计算法向量、反射率等核心结果，运行过程中在日志输出区显示进度，处理完成后自动在结果显示区展示各类输出图像。

5.1.4 结果导出功能

用户可选择单个或多个处理结果，通过“文件-导出”菜单设置保存路径与格式，点击确认后完成导出，系统提示导出成功并显示文件保存位置；支持导出配置文件与处理日志，便于后续追溯与分析。

5.1.5 二次开发支持功能

软件提供核心算法动态库及接口文档，开发者可通过接口调用光度立体算法核心功能，支持自定义参数传入与结果接收，可基于现有框架扩展新的功能模块或集成到其他工业软件中。

5.2 输入输出格式

5.2.1 输入格式要求

图像输入：支持 JPG、PNG、BMP 格式，单张图像分辨率不低于 320×320 像素，不高于 4096×4096 像素，单张大小不超过 10MB；批量导入时图像格式需一致，分辨率建议统一。参数输入：光源数量为 3-6 个，光源方向角度范围为 -180° 至 180° ，算法精度设置为低、中、高三档，输出路径需为本地有效路径，文件名不包含特殊字符。配置文件输入：支持.ini 格式文件，文件结构需符合系统预设规范，参数值在合法范围内。

5.2.2 输出格式要求

图像输出：支持 JPG、PNG、TIFF 格式，输出分辨率与输入图像一致，画质无损，单张输出图像大小不超过 20MB；法向量图以伪彩色形式展示，缺陷增强图突出显示检测到的瑕疵区域。

文档输出：配置文件为.ini 格式，包含完整参数信息；处理日志为.txt 格式，记录操作时间、参数设置、运行状态、处理结果等信息；接口文档为 PDF 格式，包含动态库调用方法、参数说明、示例代码。

5.3 界面验收标准

主界面布局合理，各功能模块分区清晰，无遮挡或重叠现象；菜单栏选项命名规范，逻辑连贯，常用功能设置快捷键，支持自定义快捷键修改。参数配置界面各参数板块分类明确，控件布局整齐，输入框、滑动条等交互控件响应灵敏，参数输入错误时即时提示，提示信息准确易懂。图像显示区支持鼠标滚轮放大/缩小、拖拽移动图像，放大倍数最大支持 10 倍，缩小至原始大小的 10%，图像显示无失真、无卡顿；对比显示功能可同步切换不同结果图像，切换延迟不超过 0.5 秒。日志输出区实时刷新运行信息，字体清晰，错误信息标红显示，支持日志清空、保存功能，保存后文件格式正确、内容完整。界面支持中文显示，无乱码现象，窗口大小可自由调整，调整时各模块自适应布局，无排版错乱。

5.4 功能验收标准

5.4.1 图像导入功能验收

测试用例 1：导入单张 320×320 像素 JPG 图像，检查是否成功显示在原始图像栏，基本信息记录准确；测试用例 2：批量导入 10 张不同格式图像，检查是否全部正常显示，无遗漏或错误；测试用例 3：导入超过 4096×4096 像素或超过 10MB 的图像，检查是否提示“图像规格超出限制”；连续测试 10 次导入操作，无卡顿、无崩溃，成功率 100%。

5.4.2 参数配置功能验收

测试用例 1：输入合法参数并保存配置文件，检查文件是否生成，参数信息完整；测试用例 2：加载已保存的配置文件，检查参数是否自动填充正确；测试用例 3：输入无效参数（如光源数量 2 个、角度 190°），检查是否即时提示错误，不允许继续操作；测试 10 组不同参数配置，保存与加载功能均正常，参数校验准确无误。

5.4.3 算法运行功能验收

测试用例 1：导入标准测试图像，设置默认参数运行算法，检查是否在 30 秒内完成处理（针对 1920×1080 像素图像），结果显示区正确展示法向量图与缺陷增强图，缺陷区域识别准确；测试用例 2：运行过程中点击“暂停”“取消”按钮，检查是否即时响应，暂停后可恢复运行，取消后清理中间数据；连续运行 5 次算法，无卡顿、无内存泄漏，日志输出进度与实际进度一致，处理结果稳定。

5.4.4 结果导出功能验收

测试用例 1：选择单张结果图像导出为 PNG 格式，检查文件是否成功生成，图像质量与显示效果一致；测试用例 2：批量导出 3 张不同类型结果图像，检查是否全部导出成功，文件名与保存路径正确；测试用例 3：导出配置文件与处理日志，检查文件内容完整、格式正确；导出操作成功率 100%，无文件损坏或内容缺失现象。