各位评委老师，大家好，我是22级硕士研究生许鑫栋，我的指导老师是孟建军老师

我今天报告的题目是：

基于双光照视觉成像的采血管血样 分层检测系统设计 及性能验证

本次开题报告将从以下四个方面展开介绍

医学检验对诊断治疗至关重要，约70%的临床诊断信息来自实验室结果

在血液检验中，尽管分析仪、流水线和移液平台不断涌现，部分样本预检的质量评估与页面分层判读仍主要依赖人工目测

如图2和3对储存或离心后的血浆，溶血脂血的质量检查及移液前的液面定位任务，都需要检验人员逐一观察

目测受主观影响，无统一标准；当人均日处理上千份标本时，既耗时费力又易误判，已经成为医学检验全自动化过程中的突出瓶颈

由此，本项目聚焦于，解决 离心后采血管血液样本 分层位置自动化定位的难题  
如图4所示，血样经离心后形成三层结构：上层为血浆，中间为乳白色白膜层（富含白细胞和血小板），底部为红细胞与血块沉淀。

实际检验需先判断样本是否存在溶血脂血等异常，随后精准识别各层的边界与厚度。

然而，如图5所示，液面界限模糊、白膜极薄、试管姿态变化大，以及图像中存在标签遮挡与光照干扰，使人工或传统方法难以稳定判读。  
为此，我们构建双光照视觉图像的分层检测系统，利用蓝光增强结构细节、白光提供色彩语义，实现更高精度与更强泛化能力的分层识别。

接下来介绍国内外研究现状，我们将主要介绍几篇通过视觉实现的血液分析工作 以及双光路输入的视觉检测任务的方法 与存在的问题

首先与血液样本处理相关的研究中，目前已有如图6的PerkinElmer公司推出的JANUS工作站，通过K-Means分割与自动移液模块，实现了血浆与白膜层的自动定位，误差率分别是5%和10%，

但该方法仅基于单光源和传统的机器学习方法，无法识别干扰样本也无法识别溶血问题。

另一类工作则采用深度学习网络对白光图像进行质量分类，能判断溶血、黄疸、乳糜等干扰，分类准确率高达98%，但不具备层高定位能力。

总体来看，现有方案在精度、通用性或任务覆盖面上仍存在明显局限。

在这里我们介绍多光照条件检测任务中的特征融合策略方法及其问题。

工作8和9中研究者提出直接将可见光与红外图像堆叠输入和基于亮度自适应的多模态特征加权方法，

后者在光照充足时增强可见光分支，在昏暗环境中强化红外特征。

然而，这两方法多局限于浅层融合或固定参数，缺乏多输入之间深层次的交互。

另外，2024年Li等人提出了双光照条件下的透明材料缺陷检测方法。该方法采用正向与背向照明同步成像，并在特征层通过维度拼接与注意力模块进行特征融合。

但其融合操作是特征堆叠后在统一空间中完成的，忽略了不同模态间图像在空间上的位置偏差与细节对齐。

因此，当前在血液样本视觉分析方面，

我们总结存在单光照输入局限，浅层融合局限和特征不对齐等问题

对于目前已经开展的研究基础与进展

首先，我们旨在构建一个融合双光路成像、样本质量评估和液面精准定位于一体的智能采血管分层系统。

我们目标，系统识别精度为0.5mm即5%以内的误差率，视觉算法处理速度在1秒/管以内，支持多种试管类型与分析结果入库。

本系统由机械执行、视觉采集、视觉识别和数据交互四个模块构成。

采血管首先由机械模块抓取，并送入具备双光路高分辨率成像能力的视觉采集模块。

随后，系统将图像送入视觉识别模块进行分析。该模块被设计为集成了质量判断和血样分层位置精准定位的双重能力。

最终采血管分析结果可以可视化的交互展示，同时存入实验室/系统数据库。

对于视觉算法模块的验证方面，我们当前采用基于单光照的蓝光图像模型，

对神经网络方法识别分层位置的可行性进行了实验验证。

我们目前采用了900张人工打标的分层图像，微调训练了开源的yolo11卷积神经网络，并考察其识别结果。

初步识别效果如图所示，红色打标点代表了此前检验人员在实验室中基于人眼的白膜层识别点位，绿点则代表模型在推理中预测的白膜层边界位置。

现有的基于单光照的视觉模型的效果达到了95%的准确率，以及平均3-4个图像像素的分割误差，

在白膜层平均高度只有40个像素的情况下，误差率达到8-9%。

以上结果会作为基线效果，与后续我们开发的双光照视觉检测模型的能力做比较。

对于视觉模块以外的系统模块设计与实现，该视频展示了项目目前的平台搭建效果

在我们的近期研究计划中，为有效利用白光与蓝光图像在语义信息与结构细节上的互补性，

我们设计了双分支骨干网络结构，分别提取双光输入的多尺度特征。

每个分支采用通用的卷积与下采样操作，以获得不同感受野的图像信息，并在网络的颈部层对对应尺度的特征图进行融合。

我们将探索三种双光路特征融合策略：

其中可变形的跨注意力机制模块则通过学习偏移，实现跨模态特征跨区域的信息对齐，可以做到更精细的特征融合。

更远的下阶段研究中，在完成对蓝白光双光路分层定位模型的实现，训练和优化后。

我们计划在目标医疗实验室中完成实际部署，实现实时检测、结果可视化和数据入库功能，确保模型在实际场景中的稳定性和实用性。

以上是我的开题内容，敬请各位评委老师批评指正。