



西安交通大学  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

## 未来技术学院博士生学位论文开题报告<sup>1</sup>

学 号： 4122198033<sup>2</sup>

姓 名： 王志博<sup>3</sup>

校内导师： 吴荣谦<sup>4</sup>

企业导师： 龚霄雁<sup>5</sup>

创投导师：<sup>6</sup>

论文题目： 微创肝胆手术术中影像智能识别  
与辅助系统研究<sup>7</sup>

学科名称： 生物医学工程<sup>8</sup>

学科方向： 医工学<sup>9</sup>

填写时间： 2023 年 12 月 19 日<sup>10</sup>

## 未来技术学院博士研究生学位论文选题报告有关规定<sup>1</sup>

博士学位论文选题报告是做好学位论文的基础，为了完善博士研究生过程质量监控体系，提高博士研究生培养质量，要求在校博士生一般应在入学第三学期内，完成学位论文选题报告。<sup>2</sup>

一、博士生应在校内外导师团队指导下严格论文选题，面向国际前沿、国家重大需求、核心科学技术重大关切，尤其是“卡脖子”的技术领域，结合参与项目确定论文题目，在查阅一定的国内外文献资料基础上，填写完成《未来技术学院博士研究生学位论文选题报告》（以下简称《选题报告》）。<sup>3</sup>

二、《选题报告》完成以后，需参加学院组织的公开学位论文选题报告会。

三、选题报告会后，评审专家组负责就选题的意义、文献综述、研究内容、可能遇到的问题、是否同意选题等写出结论性的审查意见，并将结果和相关材料留学院备案。

四、《选题报告》由学院归档。

五、《选题报告》填写的格式规范请参考《西安交通大学硕士、博士学位论文规范》（西交研〔2018〕6号），须采用 A4 纸双面打印，左侧装订成册，各栏空格不够时，请自行加页。

## 一、论文概况

**论文题目：**微创肝胆手术术中影像智能识别与辅助系统研究

**论文类型：**（1）基础研究；（2）应用基础研究；（3）应用研究；（4）其它

**项目来源：**（1）纵向课题；（2）横向课题；（3）自选课题；（4）其它

### 摘要：

微创技术作为现代外科领域的重要革命，近年来已取得显著进展，并在临床实践中得到广泛应用。它结合了尖端的医学影像系统和先进的医疗器械，相比传统外科手术，展现了显著的优势：人性化的操作方式、减少的患者创伤、加快的术后恢复速度和降低的风险。然而，在手术视野的展现和深层次解剖结构的识别上，微创外科仍面临一定挑战。

在本研究项目中，我们致力于开发一系列前沿的术中影像处理技术，涵盖了影像分割识别、高级影像增强技术，以及多模融合导航系统的优化。这些创新技术旨在提高关键脏器的术中识别能力，有效应对微创肝胆手术中常见的视觉干扰因素，如烟雾和雾气，以及确保解剖结构的精准导航。我们的目标是通过这些技术的应用，大幅提升手术的精确度和安全性。此外，本研究还涉及构建一个多模融合的导航平台，采用混合现实技术推动外科手术的数字化、信息化和智能化进程，并且可以为初学者和低年资医生提供有效的手术技能培训和评估工具。这些创新措施预计将极大提升微创手术的整体效率和安全性，并为医疗团队提供关键的技术支持。

**二、选题的科学依据**（不含参考文献不少于 8000 字，如有创业计划需介绍相关内容）

### 1. 选题来源或研究背景

#### 1.1. 肝胆微创手术的发展背景

1795 年，德国医生 Bozzini 由管路、镜子和蜡烛制成光线传导装置，用于探索人体的各个孔道和管腔，开创了内窥镜的起源。1910 年，瑞典

Jacoaeus 首次报道用腹腔镜检查了人体的腹腔、胸腔、和心脏，完成了人类历史上第一次真正意义的腹腔镜检查，被誉为腹腔镜之父。1987 年，法国医师 Philippe Mouret 实施了世界上首例腹腔镜胆囊切除术，拉开了腹腔镜在肝胆外科领域的应用。此后，多位学者应用并逐步完善了腹腔镜肝切除术，如 Wayand(1993)、Fermi(1995)、Cherqui(2002)、Descottes(2003)等。1991 年 2 月，云南曲靖第二人民医院荀祖武完成了中国内地第一例腹腔镜胆囊切除手术，这是国内第一例腹腔镜外科手术<sup>[1]</sup>。

腹腔镜技术进入我国已 30 余年，以标清及准高清为起步时代，到高清、3D、4K、机器人、能量器械的普及时代，微创手术为膜解剖、器官功能保护、精准外科等各种理念的落实提供更为客观的视觉基础和操作基础，从而推动整个外科朝着微创化、精准化方向迈出的前进步伐<sup>[2-3]</sup>。微创手术的兴起标志着现代外科学的一次重大变革。历经 30 年的发展，尤其是最近几年随着仪器设备的更新和技术的不断进步，我国肝胆微创外科技术取得了显著的进步，其适应证也越来越广泛。从早期的腹腔镜胆囊切除、胆总管探查到如今的腹腔镜和机器人辅助下复杂肝切除、胰十二指肠切除和肝门部胆管癌根治术，从单独使用腹腔镜完成单个肝胆疾病的手术治疗到联合腹腔镜、内镜、超声介入和放射介入等多种微创技术同时治疗复杂的肝胆疾病，微创技术已经拓展并深入到几乎所有疾病所有术式，绝大部分传统的肝胆外科手术均可被微创外科手术所替代<sup>[4-8]</sup>。在先进的肝胆外科中心或团队，肝胆胰脾疾病四类手术的微创率已达 98%以上<sup>[9]</sup>。从普及程度上看，尽管在我国各大学附属医院、省级医院，各市县医院甚至区级医院已普遍开展腹腔镜、内镜、介入等微创手术治疗肝胆外科疾病。综上，微创手术以其最小化的切口、更快的术后恢复和较低的并发症风险，正在成为优选的治疗方式。然而，微创手术也带来了新的挑战，特别是在术中影像识别和辅助方面。

## 1.2. 术中影像识别的重要性<sup>1</sup>

在微创肝胆手术的精细领域中，外科医生面临着一个独特的挑战：由于直接的视觉和触觉反馈受限，他们极度依赖术中影像以获取关键的解剖和病理信息<sup>[10]</sup>。然而，传统影像技术在处理诸如出血、肿瘤浸润、新辅助治疗后的组织改变、先前的盆腔手术史或患者肥胖等复杂情况时，常常显得力不从心<sup>[11]</sup>。这些因素共同作用，使得在手术过程中准确识别和操作脏器成为一项艰巨的任务。

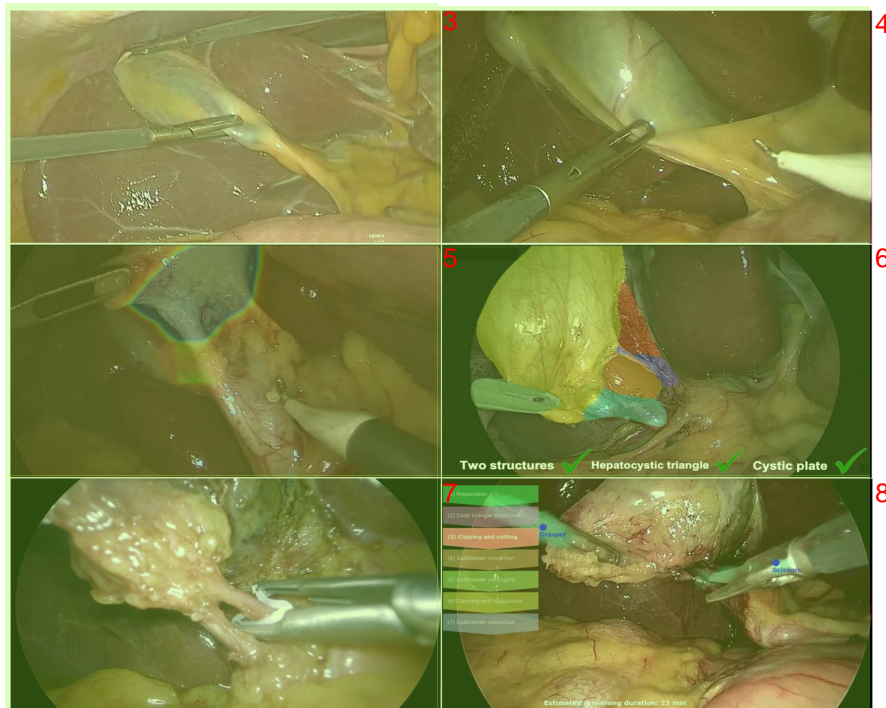


图 1 基于计算机视觉的实时辅助腹腔镜胆囊切除术<sup>9</sup>

随着人工智能和图像处理技术成为医工结合的热点领域，利用深度学习算法，经过大量的临床数据训练，计算机现在已经能够执行复杂的图像分类、目标检测和区域分割等任务<sup>[12]</sup>。这种高级的智能影像识别技术，能够在现有的腹腔镜影像的基础上进行深入的分析 and 处理，如图，提供更为精确的组织辨别、病灶定位以及风险评估<sup>[13, 14]</sup>。这不仅极大地丰富了术中影像的信息内容，也为外科医生提供了实时的、有力的决策支持，从而显著提升了手术的安全性和成效。通过这种技术的应用，微创肝胆手术的精

确度和可靠性有望达到前所未有的高度。<sup>1</sup>

### 1.3. 术中影像增强的迫切需求<sup>2</sup>

在进行微创肝胆等复杂手术时，手术烟雾和雾气的产生是一个常见但经常被忽视的问题，尤其是在执行如组织消融和烧灼等典型手术操作时。这些烟雾主要由电凝刀、超声刀等电外科设备在与生物组织相互作用时产生，通过加热细胞直至蒸发，使细胞破裂，产生由 CO<sub>2</sub> 和水蒸气组成的烟雾<sup>[15]</sup>。这不仅严重恶化了术中影像的质量，还大幅度影响了外科医生的视野。在紧急情况下，如意外损伤到重要血管结构时，模糊不清的视野会极大地增加手术难度，增加中转开腹的发生率<sup>[16]</sup>。

目前，针对腹腔镜手术中的雾气问题，已有一些物理去雾方法，如加温镜头、防雾溶液、腹腔镜防雾镜片等<sup>[16, 17]</sup>。然而，这些方法主要针对由于人体内环境和外界环境的温度湿度差引起的雾气，而对于手术术中电外科设备产生的烟雾，这些传统的物理去雾方法往往难以应对。电外科设备烟雾的产生机理与仅仅由温湿度差引起的雾气不同，它们是由手术电刀、超声刀等设备在使用过程中产生的，这种烟雾对手术视野的干扰更为严重，对术中影像质量的影响也更大。

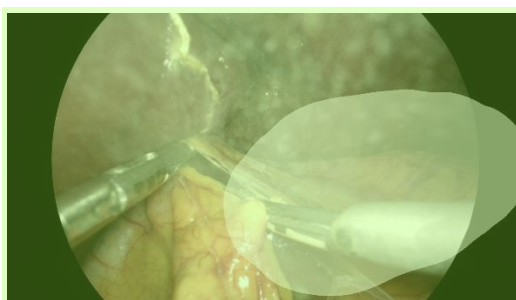


图 1 浓雾场景下内窥镜影像图<sup>6</sup>

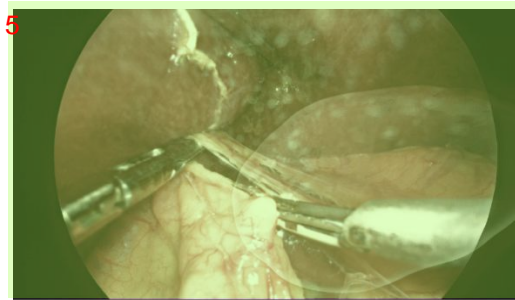


图 2 内窥镜影像自动去雾结果图像<sup>8</sup>

因此，为了有效处理微创肝胆手术中产生的多种烟雾，需要开发更为先进和针对性的去雾技术。目前人工智能图像增强技术，特别是深度学习和卷积神经网络，被用于显著提高了图像的清晰度和细节，起到关键性的图像恢复功能<sup>[18-20]</sup>。与传统物理去雾方法相比，AI 图像增强技术更加灵活

高效，对于保证手术过程中的视野清晰和操作精确至关重要。如图 1、图 2 所示，有效的烟雾管理对于确保手术顺利进行和提高手术安全性至关重要，同时也对于依赖于高质量术中影像的先进医学成像技术而言尤为关键 [21]。

#### 1.4. 基于术中影像的多模融合辅助的重要意义<sup>2</sup>

在微创肝胆手术中，术中导航的精确性对于手术的成功至关重要。由于微创手术的操作局限性和视野限制，加之肝胆区域解剖结构的复杂性及其邻近重要血管和器官，任何微小的误差都可能引发严重的并发症<sup>[10]</sup>。为了克服腹腔镜手术的缺点，引入术中导航系统辅助开展外科手术，让外科医师在手术过程中获得导航信息，而无需将他们的注意力从手术区域转移开，对提高手术安全性和减少风险是必不可少的。这种手术中的融合导航系统不仅能够减少手术中的不确定性，还能够增强医生对手术过程的控制，从而提高手术的整体效率和安全性。

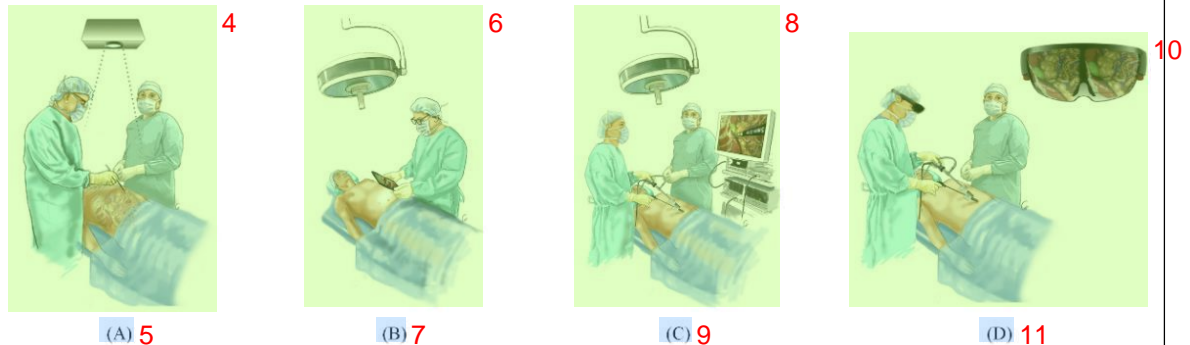


图 3 影像数据融合引导手术的应用的不同显示方式<sup>12</sup>

(A) 投影式；(B) 穿透式；(C) 视频式；(D) 混合式<sup>13</sup>

为了实现这一目标，基于腹腔镜术中影像的影像多模融合导航技术的应用成为了关键。这种技术通过整合术前如 CT 的影像资料与术中内窥镜影像，构建了一个全面且详细的视觉参考框架。这样的融合不仅提供了丰富的维度和信息量，而且能够根据手术区域的实时变化进行动态更新。借助先进的算法和计算技术，不同来源的影像数据能够叠加融合，为外科医生在手术过程中提供直观而可靠的视觉指导。如图 3 所示，影像数据融合

引导手术的应用中根据显示方式的不同，可分为四种不同的类型<sup>[22]</sup>。<sup>1</sup>

这种多模融合导航辅助系统的应用，极大地提高了手术的精确度和效率<sup>2</sup>。它不仅使外科医生能够更准确地识别病灶和避开关键结构，还能有效应对手术过程中遇到的突发情况，如组织形态的变化或出血点的准确定位<sup>[23]</sup>。此外，实时图像更新和动态导航增强了手术的适应性和灵活性，有助于减少术后恢复时间和降低并发症的风险，最终促进了患者的整体康复。因此，基于术中影像的多模融合辅助不仅在提高手术精确性和安全性方面发挥着重要作用，还在提升手术响应能力和患者康复效果方面显示出其不可替代的价值。

### 1.5. 构建低年资外科医生教学系统<sup>3</sup>

微创肝胆手术因其复杂性和高技术要求而拥有较长的学习曲线<sup>[24]</sup>。这类手术不仅要求外科医生对肝胆区域的解剖结构有深刻理解，还要求在手术操作中达到极高的精确度。由于这些手术涉及重要器官，任何操作上的不精确都可能导致严重的术中或术后并发症，甚至需要转为开腹手术。因此，为外科医生提供有效的训练，尤其是对初学者而言，是确保手术安全和提高手术成功率的关键。<sup>4</sup>



图 4 VR 手术教学系统<sup>6</sup>

目前，外科医生的教学主要依赖于经典的师徒制和使用人工模拟器或<sup>7</sup>

如图 4 所示的计算机模拟系统进行的基础手术技能训练<sup>[25, 26]</sup>。然而，这些传统的教学方法往往缺乏针对具体手术场景的实时反馈和个性化指导，使得学习效果受限于模拟环境与真实手术场景之间的差异<sup>[27]</sup>。这种教学模式虽然在基础技能训练方面发挥了作用，但在应对复杂的微创手术操作时显得不足。

因此，基于实际术中影像的脏器分辨训练与模拟训练在外科教学中显得尤为重要。这种方法通过提供真实的手术场景和动态的学习环境，使医生能够在模拟中直观地学习到复杂手术的具体步骤和技巧。同时，它还能提供即时反馈，帮助医生及时纠正操作中的错误，从而加强学习效果。此外，这种教学系统还可以用作技能评估和认证工具，确保医生在独立进行此类手术前具备足够的知识和技能。这样的训练不仅有助于缩短医生的学习曲线，提高手术技能，还能显著降低手术并发症的风险，提升整体手术质量。

## 2. 研究意义及应用价值<sup>3</sup>

### 2.1. 研究意义<sup>4</sup>

本研究在微创肝胆手术领域具有深远的意义，特别是在术中影像识别与辅助系统方面。首先，研究的核心目的在于提升术中影像识别技术，这一点对于提高手术精确性和安全性至关重要。微创手术因其有限的视野和高度的操作复杂性，使得精确的影像识别成为手术成功的关键。通过改进影像识别技术，外科医生能够在手术中更准确、高效地进行判断和操作，这直接关系到手术结果和患者的安全。

其次，本研究还着重于开发先进的图像增强技术，尤其是运用深度学习和卷积神经网络等尖端技术。这些技术能有效地应对手术过程中常见的视觉障碍，如烟雾和雾气，从而保证术中视野的清晰。在微创肝胆手术中，

清晰的视野对于避免损伤重要血管和组织、准确切割病灶至关重要，因此，<sup>1</sup> 这些图像增强技术在减少术中并发症和提高手术成功率方面发挥着关键作用。

最后，本研究强调了基于术中影像的多模融合辅助系统的重要性。<sup>2</sup> 通过将术前影像（如 CT）与术中实时影像（如内窥镜图像）进行融合，可以为外科医生提供更全面和详细的解剖信息，从而大大提高了术中导航的准确性。这种多模融合技术对于应对肝胆手术中的复杂情况，如解剖结构的变异、病变的精确定位等，提供了强大的支持。因此，这种技术不仅提高了手术的效率，还降低了风险，增强了手术的整体安全性。

本研究在微创肝胆手术中的术中影像识别与辅助系统领域具有显著的<sup>3</sup> 实践意义。通过提高影像识别的准确性、发展图像增强技术和实现多模融合辅助，可以有效提升手术的安全性、准确性和效率，对提高患者治疗效果和生存质量有着直接的积极影响。

## 2.2. 研究应用价值<sup>4</sup>

在提高手术成功率和安全性方面，本研究将在提升微创肝胆手术中<sup>5</sup> 术中影像识别的能力和质量方面发挥着至关重要的作用。通过精确的影像识别和辅助系统，手术过程中能够更准确地定位病变，避免误伤重要血管或其他器官，显著提高手术的成功率。这种技术上的进步直接对患者的治疗效果产生积极影响，降低手术并发症的风险，从而提高患者的生存质量和术后恢复。

在教育和培训的创新方面，本研究为外科医生的教育和培训提供了全<sup>6</sup> 新的视角。尤其是对于初学者和低年资医生，基于实际术中影像的训练能够帮助他们更快地掌握微创手术的关键技能。这种训练方法不仅能增强他们对手术流程的理解，还能提高操作的精确度，减少手术错误。这对于提高整个医疗团队的技术水平和手术成果具有重要意义，尤其在高风险的手

术如微创肝胆手术中尤为突出。<sup>1</sup>

在推动医学成像和人工智能技术发展方面，本研究还促进了医学成像和人工智能技术的发展。通过深入研究和应用深度学习、卷积神经网络等先进技术在医学成像领域的应用，可以为未来的医疗技术创新提供坚实的基础。这不仅限于微创肝胆手术，其影响将扩展到整个医疗领域，为各种复杂手术提供更高效、更安全的解决方案。

最后，本研究的成果将有助于微创手术技术的全面优化。通过改善术中影像的识别和分析能力，未来的微创手术将更加精确、高效，同时减少对患者的创伤。这意味着更短的术后恢复时间、更低的并发症风险，以及更高的患者满意度。在医疗资源日益紧张的今天，这种优化将大大提高医疗系统的整体效率和质量。

### 3. 国内外研究动态及分析<sup>4</sup>

(动态需用中文和英文表述，分析用中文表述)<sup>5</sup>

#### 3.1. 国内外研究动态（中文）<sup>6</sup>

在微创肝胆手术领域，医疗影像识别与辅助系统的研究正日益成为全球医学界的焦点。国际上，多个研究团队正在深入探索先进的图像处理技术，尤其是深度学习和卷积神经网络（CNN）等领域的创新应用，以克服微创手术中的视觉障碍<sup>[28, 29]</sup>。在欧美等地区，研究人员成功开发了基于人工智能的影像分析工具，这些工具可以准确地执行组织辨识和病灶定位任务，从而为手术决策提供了强有力的支持<sup>[13, 14]</sup>。此外，还有研究集中于开发复杂的图像增强系统，旨在解决手术过程中普遍存在的烟雾和雾气问题<sup>[30-32]</sup>。这些系统利用先进的算法实现了术中影像的实时清晰化，有效提升了手术的安全性和操作效率<sup>[32]</sup>。

国内在术中影像技术的发展上虽然正在取得进展，但相比国际先进水<sup>8</sup>

平仍有较大的追赶空间。目前，国内的研究机构和医疗中心主要集中在对 CT 等术前影像的处理上，而在术中影像识别相关系统的研发方面则相对落后<sup>[33-35]</sup>。国内尚缺乏成熟的术中影像识别系统，且在肝胆微创外科领域进行的术中多模态导航系统研究相对初步，远未达到国际先进水平<sup>[36]</sup>。同时，这些研究往往停留在理论和初步实验阶段，远未形成成熟的临床应用解决方案。此外，尽管国内研究者致力于将这些技术整合进医学教育体系，特别是在提升初级医生和低年资外科医生的手术技能方面，但目前这些努力仍然面临诸多挑战。国内的手术教育和训练方法仍需进一步革新，以便更好地利用现有技术，通过模拟和实践相结合的方式，加速医生对微创手术技术的掌握和应用。

### 3.1. 国内外研究动态（英文）<sup>2</sup>

In the field of minimally invasive hepatobiliary and pancreatic surgery, research on medical image recognition and assistance systems is increasingly becoming a focal point in the global medical community. Internationally, numerous research teams are delving into advanced image processing technologies, particularly the innovative applications of deep learning and convolutional neural networks (CNN), to overcome visual obstacles in minimally invasive surgery. In regions like Europe and America, researchers have successfully developed artificial intelligence-based image analysis tools. These tools can accurately perform tasks such as tissue identification and lesion localization, thereby providing strong support for surgical decision-making. Additionally, there is focused research on developing sophisticated image enhancement systems aimed at addressing the common problems of smoke and fog during surgery. These systems utilize advanced algorithms to achieve real-time clarification of intraoperative images, effectively enhancing surgical safety and operational efficiency.

Although progress is being made in the development of intraoperative

imaging technology in China, there is still a considerable gap compared to the international advanced level. Currently, domestic research institutions and medical centers are mainly focusing on the processing of preoperative images such as CT, while development in systems related to intraoperative image recognition lags behind. China still lacks mature systems for intraoperative image recognition, and research on multimodal navigation systems in minimally invasive hepatobiliary and pancreatic surgery is relatively preliminary and far from reaching the international advanced level. Moreover, these studies often remain at the theoretical and preliminary experimental stages and have yet to form mature clinical application solutions. Despite efforts by domestic researchers to integrate these technologies into the medical education system, especially in enhancing the surgical skills of junior doctors and less experienced surgeons, these efforts still face many challenges. The surgical education and training methods in China need further innovation to better utilize existing technologies, combining simulation and practice to accelerate the mastery and application of minimally invasive surgery techniques by doctors.

### 3.2. 国内外研究动态分析<sup>2</sup>

在全球范围内，微创肝胆手术的术中影像识别与辅助技术领域正经历技术创新和研究突破。然而，此领域的研究仍然面临若干共通性挑战，其中最显著的是如何高效地融合和应用海量的临床数据来训练和完善基于深度学习的模型。这一挑战不仅涉及到先进的计算机视觉和机器学习技术，还需要跨学科的协同合作、数据整合与共享。与此同时，如何将这些尖端技术从实验室研究转化为临床实践，也是一个关键问题。这包括考量手术实际操作环境的特殊性、外科医生的使用习惯以及患者安全等方面。

在国内，微创手术相关的术中影像技术正在快速发展，但相较于国际先进水平，尚存在一定差距，尤其在高级影像处理算法和高性能医疗成像

设备的研发方面。国内研究者应更加关注于针对中国临床环境的特定需求，发展适合本土实际应用的技术方案。同时，国内研究界也需要积极参与国际学术交流，与全球研究网络共享成果和经验，以促进国内外的技术进步和知识共享。

总体而言，无论在国内还是国际层面，微创肝胆手术的术中影像识别与辅助系统的研究展现了巨大的发展潜力和广阔的应用前景。这些研究不仅对医学成像技术的未来发展具有重要推动作用，更对提升微创手术的安全性、精确性和效率具有重要意义，有望在改善临床手术成果和提高患者康复效果方面发挥显著作用。

## 4. 现有研究存在问题及本研究的改进思路<sup>3</sup>

### 4.1. 现有研究存在问题<sup>4</sup>

在微创肝胆手术的术中影像识别与辅助系统领域所取得的进展尽管显著，但技术应用依然面临不少挑战。最明显的问题是，现有影像识别技术主要集中于对手术器械的识别，在处理复杂临床场景，尤其是涉及到重要脏器的识别和分割时显得不足，尤其是缺乏专门针对微创手术中重要脏器的影像数据库。同时，手术中的特殊状况也会影响智能系统对影像的识别，例如，使用电凝刀、超声刀等电外科设备时产生的烟雾和雾气严重影响术中影像的清晰度，降低了影像的可用性，增加了手术中对关键解剖结构的识别难度。这不仅影响手术的精确性和安全性，同时也显著凸显出术中去雾的重要性。有效的术中特殊状态处理措施可以确保外科医生能够清晰地观察到手术区域，准确辨别脏器边界和病变部位，从而避免误切或遗漏重要结构。因此，手术中的影像去雾不仅是提升视觉质量的技术挑战，更是保障手术顺利进行和患者安全的关键因素。

目前由于成像原理不同,单一模态的影像学信息量相对片面,存在各自<sup>6</sup>

的缺陷和不足,使得即使拥有如此多模态的影像学检查技术仍无法完全实现对复杂疾病的精确评估。如果能够将不同模态的影像信息整合在同一体系内,即多模态影像融合,通过计算机进行数字化综合处理,经过适当的分层匹配和空间配准,加以必要的几何变换处理,使其在空间坐标上进行匹配,融合成一种蕴含更多信息价值的新图像,从而实现不同模态影像间的优势互补及交叉验证。现有的多模融合导航系统虽然提升了手术的精度和效率,但其实际临床应用仍存在明显不足。系统在数据整合、实时性以及用户界面设计方面存在局限性,导致术中信息更新不够及时,用户界面也不足以满足外科医生的直观操作需求,增加了操作的复杂性,并可能在紧急情况下影响医生的决策速度。

在教育和培训方面,当前的模拟训练方法无法完全再现真实手术环境的复杂性。传统训练主要集中于基本手术技能,而在模拟高难度手术情境如急性出血、组织粘连或肿瘤不规则生长等方面则显得力不从心。这限制了外科医生,特别是初学者在高难度手术操作中的技能提升,影响了整体医疗团队的技术水平和手术成果。

#### 4.2.本研究的改进思路<sup>3</sup>

鉴于现有研究在微创肝胆手术的术中影像识别与辅助系统领域存在的问题,本研究提出了以下改进思路:

##### 建立专门的脏器识别影像数据库<sup>5</sup>

针对现有技术的重要脏器识别和分割方面的不足,本研究计划建立一个专门针对微创手术中重要脏器的影像数据库。这个数据库将包括各种复杂临床场景下的脏器影像,以提供更丰富、更具针对性的训练数据,从而提高深度学习模型在脏器识别和分割上的准确性。

##### 开发高级的手术去雾技术<sup>7</sup>

考虑到手术烟雾和雾气对术中影像质量的严重影响,本研究将专注于

开发先进的去雾技术。这包括利用深度学习算法进行实时影像清晰化，从而确保外科医生能够在手术过程中保持清晰的视野，准确辨别脏器边界和病变部位。

## 优化多模融合导航系统<sup>2</sup>

为解决现有多模融合导航系统在数据整合、实时性和用户界面设计方面的不足，本研究将探索新的系统架构和算法。目标是实现更高效的数据整合，改善系统的实时响应能力，并设计更符合外科医生直观操作需求的用户界面，从而提高手术的精确性和效率。

## 创新教育和培训方法<sup>4</sup>

针对当前模拟训练方法无法完全再现真实手术环境的问题，本研究计划开发新型模拟训练系统。这一系统将结合虚拟现实和增强现实技术，以更真实地模拟复杂的手术情境，如急性出血、组织粘连或肿瘤的不规则生长等。这样的训练将有助于提升外科医生，尤其是初学者在高难度手术中的应对能力和技术水平。

本研究旨在通过这些改进措施，克服现有技术的局限性，从而提高微创肝胆手术的安全性、精确性和效率，并推动外科医生教育和培训的发展。

## 附：主要参考文献<sup>7</sup>

[1] HARADA H, KANAJI S, HASEGAWA H, et al. The effect on surgical skills of expert surgeons using 3D/HD and 2D/4K resolution monitors in laparoscopic phantom tasks[J]. Surg Endosc, 2018, 32(10): 4228-4234.

[2] WAHBA R, DATTA RR, HEDERGOTT A, et al. 3D vs. 4K Display System - Influence of "State-of-the-art"-Display Technique On Surgical Performance (IDOSP-Study) in minimally invasive surgery: protocol for a randomized cross-over trial[J]. Trials, 2019, 20(1): 299.

[3] 洪希周, 马君俊, 余超然, 等. 4K 和 3D 腹腔镜结直肠癌根治术中主观感受调查

研究[J]. 中国实用外科杂志, 2019, 39(10): 1077-1080.

[4] 杨自逸, 刘诗蕾, 蔡晨, 等. 胆囊癌临床诊疗的新进展[J]. 中华外科杂志, 2022, (08): 784-791.

[5] 唐任斌. 肝胆管结石的微创手术治疗进展[J]. 医学理论与实践, 2019, 32(12): 1826-1828.

[6] TODANI T, WATANABE Y, NARUSUE M, et al. Congenital bile duct cysts: Classification, operative procedures, and review of thirty-seven cases including cancer arising from choledochal cyst[J]. Am J Surg, 1977, 134(2): 263-269.

[7] 中华医学会外科学分会肝脏外科学组. 腹腔镜肝切除术专家共识和手术操作指南(2013版)[J]. 中华外科杂志, 2013, (4): 289-292.

[8] HAMZA N, AMMORI BJ. Laparoscopic drainage of pancreatic pseudocysts: a methodological approach[J]. J Gastrointest Surg, 2010, 14(1): 148-155.

[9] 尹新民, 朱斯维. 我国肝胆胰微创手术现状及发展趋势[J]. 中国医刊, 2022, 57(11): 1168-1172.

[10] CUSCHIERI A. Minimally invasive surgery: hepatobiliary-pancreatic and foregut[J]. Endoscopy, 2000, 32(4): 331-344.

[11] FUCHS KH. Minimally invasive surgery[J]. Endoscopy, 2002, 34(2): 154-159.

[12] TWINANDA AP, SHEHATA S, MUTTER D, et al. EndoNet: A Deep Architecture for Recognition Tasks on Laparoscopic Videos[J]. IEEE Trans Med Imaging, 2017, 36(1): 86-97.

[13] HASAN MK, CALVET L, RABBANI N, et al. Detection, segmentation, and 3D pose estimation of surgical tools using convolutional neural networks and algebraic geometry[J]. Med Image Anal, 2021, 70: 101994.

[14] ROß T, REINKE A, FULL PM, et al. Comparative validation of multi-instance instrument segmentation in endoscopy: Results of the ROBUST-MIS 2019 challenge[J]. Med Image Anal, 2021, 70: 101920.

[15] LEE E, WONG WF, 黄倩, 等. 腹腔镜下止血设备新进展[J]. 中国微创外科杂志, 2011, 16(05): 385-390.

[16] 李进义, 王存川, 潘运龙, 等. 1200例完全腹腔镜甲状腺手术及术中烟雾处理技术

的应用[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2012, 33(02): 180-182.

1

[17] HASHIMOTO D, SHOUJI M. Development of a fogless scope and its analysis using infrared radiation pyrometer[J]. Surg Endosc, 1997, 11(8): 805-808.

[18] BOLUN C, XIANGMIN X, KUI J, et al. DehazeNet: An End-to-End System for Single Image Haze Removal[J]. IEEE Trans Image Process, 2016, 25(11): 5187-5198.

[19] CARL B, BOPP M, SAß B, et al. Augmented reality in intradural spinal tumor surgery[J]. Acta Neurochir (Wien), 2019, 161(10): 2181-2193.

[20] EDGCUMBE P, SINGLA R, PRATT P, et al. Follow the light: projector-based augmented reality intracorporeal system for laparoscopic surgery[J]. J Med Imaging (Bellingham), 2018, 5(2): 021216.

[21] YASUDA J, OKAMOTO T, ONDA S, et al. Novel navigation system by augmented reality technology using a tablet PC for hepatobiliary and pancreatic surgery[J]. Int J Med Robot, 2018, 14(5): e1921.

[22] GUAN S, LI T, MENG C, et al. Multi-mode information fusion navigation system for robot-assisted vascular interventional surgery[J]. BMC Surg, 2023, 23(1): 51.

[23] FAN J, CAO X, WANG Q, et al. Adversarial learning for mono- or multi-modal registration[J]. Med Image Anal, 2019, 58: 101545.

[24] 耿小平. 人工智能时代肝胆胰外科微创技术与开放手术之争[J]. 中国实用外科杂志, 2022, 42(08): 845-849.

[25] 司徒升, 李玉巧, 方万强, 等. 基层医院外科医生腹腔镜技术培训方式的探索[J]. 微创医学, 2011, 6(01): 78-79.

[26] 汪泽厚, 王亚平, 颜伟, 等. 关于腹腔镜外科医师培训的几点思考[J]. 西南国防医药, 2009, 19(05): 544-545.

[27] KANG SH, CHO YS, MIN SH, et al. Early experience and learning curve of solo single-incision distal gastrectomy for gastric cancer: a review of consecutive 100 cases[J]. Surg Endosc, 2019, 33(10): 3412-3418.

[28] ZHANG J, TAO X, JIANG Y, et al. Application of Convolution Neural Network Algorithm Based on Multicenter ABUS Images in Breast Lesion Detection[J]. Front Oncol, 2022, 12: 938413.

[29] ZHONG Z, WANG X, LI J, et al. A study on the diagnosis of the Helicobacter pylori coccoid form with artificial intelligence technology[J]. Front Microbiol, 2022, 13: 1008346.

[30] WANG F, SUN X, LI J. Surgical smoke removal via residual Swin transformer network[J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2023, 18(8): 1417-1427.

[31] TAKAHASHI H, YAMASAKI M, HIROTA M, et al. Automatic smoke evacuation in laparoscopic surgery: a simplified method for objective evaluation[J]. Surg Endosc, 2013, 27(8): 2980-2987.

[32] CHEN L, TANG W, JOHN NW, et al. De-smokeGCN: Generative Cooperative Networks for Joint Surgical Smoke Detection and Removal[J]. IEEE Trans Med Imaging, 2020, 39(5): 1615-1625.

[33] FU F, SHAN Y, YANG G, et al. Deep Learning for Head and Neck CT Angiography: Stenosis and Plaque Classification[J]. Radiology, 2023, 307(3): e220996.

[34] LI K, ZHANG R, CAI W. Deep learning convolutional neural network (DLCNN): unleashing the potential of (18)F-FDG PET/CT in lymphoma[J]. Am J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 11(4): 327-331.

[35] KITAJIMA K, MATSUO H, KONO A, et al. Deep learning with deep convolutional neural network using FDG-PET/CT for malignant pleural mesothelioma diagnosis[J]. Oncotarget, 2021, 12(12): 1187-1196.

[36] ZHENG Q, YANG R, NI X, et al. Development and validation of a deep learning-based laparoscopic system for improving video quality[J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2023, 18(2): 257-268.

### 三、主要研究内容和方案（不少于 6000 字，如有创业计划需介绍相关内容）<sup>2</sup>

#### 1. 研究目标、研究内容和拟解决的关键问题<sup>3</sup>

##### 1.1. 研究目标<sup>4</sup>

**开发术中影像分割识别系统：**本研究旨在建立一个全面的术中影像关键脏器与手术器械分割识别数据库。重点是构建一个高精度的术中影像识别系统，能够准确地识别和分割肝胆等关键脏器，从而显著提高在复杂临

床场景下的脏器和病灶识别精度；<sup>1</sup>

**开发先进的术中图像增强技术：**利用先进算法和非物理操作手段，本研究致力于减少手术过程中因烟雾和雾气导致的影像清晰度降低问题。这一技术的发展旨在提高临床医生在特殊手术环境下的处理速度，从而增强手术过程的安全性和效率；

**实现多模融合导航系统的优化：**通过将术前数据与术中实时数据进行高效融合，本研究将为医生提供精确的临床辅助。特别是在术中关键步骤，利用先进的跟踪技术进行导航，致力于开发更符合外科医生需求的多模态影像可视化方式，从而确保数据的高效整合和实时更新；

**创新外科医生的教育和培训方法：**本研究将通过结合真实的术中影像与创新的教育工具（如混合现实和增强现实技术）来模拟真实的手术环境。这种方法不仅提高了外科医生的手术技能，特别是对于临床初学者和低年资医生，而且在提升肝胆外科手术水平方面具有重要意义。

## 1.2. 研究内容<sup>5</sup>

在构建术中影像分割识别系统方面，本研究将重点收集和处理大量微创肝胆手术中的影像数据，包括关键脏器解剖过程和手术器械操作的影像，构建术中影像关键脏器和手术器械识别影像分割数据集。这些数据将用于建立一个全面的术中影像数据库，支持深度学习模型的训练和验证。利用先进的机器学习技术，尤其是半监督学习算法，在充分利用现有标注数据和非标注数据的基础上，我们计划开发一个能够高精度识别和分割肝胆脏器的影像识别系统，以提高在复杂手术场景中的识别精度。

在开发术中图像增强技术方面，本研究将结合肝胆外科临床术中场景下腹腔镜影像存在的实际痛点问题，对现有影像增强方法进行深入研究，以理解其优势和局限性，并基于深度学习等算法开发针对术中烟雾和雾气的图像清晰化技术。重点是实现一种能够增强手术中影像的技术，确保在

实际手术中的有效应用和效果，以提升术中特殊状况下医生的处理速率和手术的安全性。

实现多模融合导航系统的优化是本研究的另一关键目标。我们计划将术前影像数据（如 CT）与术中实时影像（如内窥镜图像）进行高效融合，基于影像融合或虚拟现实等方式，开发一个集成了这些多模态数据的导航系统。该系统将在现有术中腹腔镜影像的基础上，提供术前重建的解剖结构或其他病灶信息，并配有直观、易用的用户界面，使外科医生在手术过程中能够轻松获取和解读融合后的影像信息，提升手术的精确度与安全性。

最后，本研究致力于创新外科医生的教育和培训方法，尤其针对初学者和低年资医生。通过结合虚拟现实和增强现实技术，我们将开发一个模拟真实手术环境的训练系统，该系统不仅提供多样化的手术场景，还能根据学习者的需求调整难度和复杂性。这种个性化的训练方法使初学者和低年资医生能够在无风险的环境中练习复杂手术操作，如解剖识别、病变定位和手术工具的正确使用。此外，该方法还强调在模拟手术中的决策制定能力的提升，让医生在处理突发情况如出血或组织粘连时，能够快速有效地作出反应。这种即时反馈和动态调整的训练方式，不仅提高了手术技能，还增强了医生的自信和应急处理能力，从而有望显著提升整体医疗团队的技术水平和手术成果。

### 1.3. 拟解决的关键问题<sup>4</sup>

**(1) 术中影像数据集构建：** 在建立术中影像数据集方面，面临的挑战包括高质量数据的采集、安全存储、快速准确标注以及医疗伦理的考量。解决这些问题对于构建一个全面且实用的影像数据库至关重要，这将直接影响后续影像识别系统的训练效果和精确度。

**(2) 术中影像识别的精准度：** 鉴于目前高质量标注医疗数据的稀缺性，

传统的监督学习算法在处理术中影像识别时面临局限。如何更好地利用有标注和无标注术中影像数据，增加分析数据的数据类型和分析数据量，以提高术中在复杂的术中环境中影像分割模型的学习效率和识别精度。

**(3) 提升术中影像增强效果：**针对手术中常见的烟雾和雾气问题，本研究将开发先进的图像增强技术。通过应用深度学习等算法实现实时影像清晰化，本研究旨在确保外科医生在手术过程中拥有清晰的视野，以提高手术的安全性和效率。

**(4) 多模融合导航系统的优化：**目前多模融合导航系统在数据展示和用户交互方面存在提升空间。本研究将探索更直观、更易于理解的数据可视化方法，以及更符合外科医生操作习惯的用户界面设计，从而提高系统的实用性和效率。

**(5) 外科医生教育和培训的创新：**在当前医学教学体系和微创化大趋势下，为初学者和低年资医生，提供一个接近真实手术环境的学习平台，是提高临床的学习效率的关键。本研究将基于微创手术中的腹腔镜影像，开发新型的教育和培训工具，结合虚拟现实和增强现实技术，以模拟真实的手术场景，有助于提升他们的手术技能和决策能力。

## 2.拟采用的研究方法、技术路线、实验方案及可行性分析<sup>2</sup>

### 2.1. 拟采用的研究方法与技术路线<sup>3</sup>

#### 技术路线总述：<sup>4</sup>

本研究项目致力于精进微创肝胆手术的实践和教育层面，核心聚焦于术中腹腔镜影像的采集、深入分析及其在临床手术中的应用。项目旨在通过高效的影像数据采集、先进的分析技术以及创新的应用方法，显著提升手术过程中的临床辅助效果。此外，本研究依托于丰富的实际手术数据和先进的技术手段，通过模拟真实手术环境的训练系统，为医学生和初级医

生提供更为实际和全面的手术技能训练，以改进当前临床医学教育体系。这一研究不仅对提升手术安全性和效率具有重要意义，也对培养下一代外科医生具有深远影响。

本研究，首先专注于建立全面的术中影像数据集，包括自主设计的术中影像采集硬件装置和多中心数据收集，确保采集数据的有效性和清晰度。随后，将重点放在开发基于半监督学习的术中影像识别技术上，以提高手术中关键解剖结构和手术器械的识别精度。并行地，本研究将致力于研发先进的术中图像增强技术，以实时处理手术中常见的影像干扰因素，如烟雾和雾气。此外，研究还将包括多模融合导航系统的优化，结合虚拟现实等技术手段，以提供更加直观和交互式的导航平台。最终，研究将致力于基于现有的术中影像数据集，结合虚拟现实和增强现实技术，开发创新的外科医生教育和培训工具。这些工具将模拟真实的手术环境，为外科医生提供个性化的训练方案，特别是对初学者和低年资医生，提供一个接近真实手术环境的学习平台，以提升其手术技能和决策能力。

**术中影像数据集构建：**为确保采集数据的有效性与清晰度，本研究将自主设计术中影像采集硬件装置，结合先进的影像采集技术。通过多中心合作收集数据，确保数据的多样性和代表性。此外，将采用专门的图像处理算法对采集的影像进行预处理，以提高数据的质量和可用性；

**术中影像识别技术开发：**将重点研发基于半监督学习的图像处理和机器学习算法，以提高术中影像的自动识别和分割精度。这些技术将允许快速识别手术过程中的关键解剖结构和手术器械位置，以辅助医生进行精准手术，缩短手术进行时间，提升手术安全性；

**术中图像增强技术研发：**基于人工智能影像增强技术，开发先进的术中影像增强算法，以实时处理术中常见的影像干扰因素，如烟雾和雾气，确保术中影像的清晰度和细节，从而提高手术安全性和效率；

**多模融合导航系统优化：**将基于虚拟现实等技术手段开发多模融合导航系统。这一系统将整合术前和术中影像信息，提供一个直观、交互式的导航平台，帮助外科医生在手术过程中做出更准确的决策；

**外科医生教育和培训工具开发：**本研究将基于现有的术中影像数据集，结合虚拟现实和增强现实技术，开发创新的外科医生教育和培训工具。这些工具将模拟真实的手术环境，提供个性化的训练方案，使医生能够在无风险的环境中练习和完善其手术技能。

## 2.2. 拟采用实验方案<sup>3</sup>

**实验方案总述：**研究集中于实现术中影像的高效识别与利用，关键在于提升微创手术的精确度和安全性。通过构建详尽的术中影像数据集、开发先进的影像处理技术，并优化导航系统，本研究致力于强化手术过程中的临床决策支持。同时，结合实际手术影像，为外科医生提供创新的教育与培训工具，旨在提升医学生和低年资医生的实战技能，为微创手术领域带来质的飞跃。

**术中影像数据集的构建：**首先，将开展大规模的术中影像数据收集工作，涉及多个临床中心以确保数据的广泛性和多样性。利用自主设计的影像采集设备，确保数据质量与清晰度。收集后的数据将进行必要的预处理，以提高其在后续分析中的可用性和准确性；

**术中影像快速分割标注系统的开发：**为提高数据处理效率，将开发一个基于最小点标注的术中影像分割系统。这个系统将使影像分割和标注过程更加迅速和精确，为后续的图像分析和学习算法提供高质量的训练数据；

**术中影像识别技术的开发：**利用先进的机器学习和深度学习技术，开发能够高效识别手术过程中关键结构和器械的图像识别系统。该系统旨在提升手术过程中的识别精度和速度，辅助医生进行更安全、更准确的手术

操作;<sup>1</sup>

**术中图像增强技术的研发:** 针对手术过程中常见的视觉干扰问题, 如烟雾和雾气, 研发一套先进的图像增强算法。该技术将实时提高术中影像的清晰度, 确保医生在手术中拥有最佳的视觉支持;

**多模融合导航系统的优化:** 结合术前和术中影像数据, 开发一个集成的多模态导航系统。该系统将融合虚拟现实等技术, 提供一个更加直观、互动的操作平台, 增强医生在手术中的决策能力和操作精度;

**外科医生教育和培训工具的开发:** 基于集合的术中影像数据和识别技术, 开发一个创新的外科医生教育和培训系统。该系统将利用虚拟现实和增强现实技术, 为医生提供一个高度仿真的手术环境, 以提高他们的操作技巧和临床决策能力, 尤其对于初学者和低年资医生而言。

### 2.3. 可行性分析<sup>5</sup>

**项目可行性分析总述:** 项目的核心在于综合利用最新的影像采集技术、深度学习算法、虚拟现实等前沿技术, 这些技术已经在其他领域证明了其高效性和可靠性。通过多中心合作收集丰富的术中数据, 保证了数据集的广泛性和代表性, 为后续的影像处理和模型训练提供了坚实基础。此外, 采用半监督学习方法针对有限的标注数据问题提供了创新的解决方案。在图像增强技术和多模融合导航系统优化方面, 利用现有的深度学习模型和虚拟现实技术, 可以有效提升术中影像的质量和导航系统的用户体验。同时, 通过结合真实的术中影像和虚拟现实技术开发的教育培训工具, 旨在提高医生的操作技巧和临床决策能力, 特别是对初学者和低年资医生而言, 提供了一种接近真实手术环境的高效学习方法。综上所述, 该项目在技术实现、数据获取、方法创新以及教育应用方面均显示出强大的可行性和潜在价值, 预期能够为微创肝胆手术领域带来显著的提升。

**术中影像数据集的构建可行性:** 面临的主要挑战是确保数据质量和多<sup>7</sup>

样性。为此，我们计划采用自主设计的影像采集装置，并与多个中心合作，确保收集到的数据具有代表性和高清晰度。此外，我们将应用高级图像处理算法进行数据预处理，从而提高数据的可用性。

**术中影像识别技术的开发可行性：**在数据标注不足的情况下，传统的监督学习方法可能效果有限。为解决这一问题，我们将采用半监督学习方法，结合有标注和无标注数据，以提高模型的学习效率和准确性。

**术中图像增强技术的研发可行性：**手术中的烟雾和雾气是影响影像质量的主要障碍。我们将开发基于深度学习的图像增强算法，针对这些具体问题进行了优化，以保证术中影像的清晰度。

**多模融合导航系统的优化可行性：**数据整合和实时更新是主要挑战。我们将探索新的系统架构和算法，以实现更高效的数据融合和实时性，同时优化用户界面，使其更符合外科医生的操作习惯。

**外科医生教育和培训工具开发可行性：**模拟真实手术环境的复杂性是关键难点。我们计划采用虚拟现实和增强现实技术，结合真实的术中影像数据，提供高度逼真的手术训练体验，以提高教育工具的效果。

### 3. 本研究的创新之处<sup>6</sup>

本研究项目在微创肝胆手术的术中影像识别与辅助系统领域展现了多方面的创新。首先，研究的一个重要创新点在于建立一个全面的术中影像数据库，包括自主设计的影像采集硬件和多中心数据收集。这不仅保证了数据的高质量和多样性，而且是在这一领域尚未广泛应用的新方法。

其次，本研究在术中影像识别技术的开发上采用了半监督学习方法。这种方法能够在有限的标注数据下提高模型的学习效率和识别精度，这在传统的完全监督学习方法中是难以实现的。

第三个创新点是术中图像增强技术的研发。本研究针对手术过程中常

见的视觉干扰问题（如烟雾和雾气）开发了一套基于深度学习的图像增强算法，这在确保术中影像清晰度方面具有重要意义。

此外，本研究还在多模融合导航系统的优化方面取得了创新。通过结合术前和术中影像数据，开发了一个更加直观和互动的操作平台，这在提高医生手术中决策能力和操作精度方面发挥着关键作用。

最后，项目在外科医生教育和培训工具的开发上也展现了创新性。通过结合虚拟现实和增强现实技术以及真实的术中影像数据，我们为医生提供了一个高度仿真的手术环境，这种方法对于提高初学者和低年资医生的操作技巧和临床决策能力具有重要意义。

综上所述，本研究在数据采集、影像处理技术、系统优化以及教育训练工具的开发方面均展现了明显的创新，预计将对微创肝胆手术的实践和教育产生深远影响。

## 4. 研究计划及预期进展<sup>5</sup>

### 4.1. 研究计划<sup>6</sup>

#### 第一阶段：数据收集与标注处理<sup>7</sup>

- (1) 设计并测试术中影像采集硬件；<sup>8</sup>
- (2) 与多个临床中心合作，开展大规模术中影像数据收集；
- (3) 构建基于最小点标注的术中影像半自动标注系统；
- (4) 进行数据预处理，包括清洁、标准化和初步分析；

#### 第二阶段：术中影像识别技术开发<sup>9</sup>

- (1) 开发基于半监督学习的影像识别算法；<sup>10</sup>
- (2) 对算法进行初步测试，优化模型性能；
- (3) 进行影像识别性能测试及验证实验；

#### 第三阶段：术中图像增强技术研发<sup>11</sup>

(1) 开发针对手术中视觉干扰问题的图像增强算法;<sup>1</sup>

(2) 在实际手术影像上测试算法效果;

(3) 进行算法迭代和优化;

#### 第四阶段：多模融合导航系统优化<sup>2</sup>

(1) 患者术前数据三维可视化重建;<sup>3</sup>

(2) 开发和整合多模融合导航及配准系统;

(3) 测试系统的实用性和有效性;

#### 第五阶段：外科医生教育和培训工具开发<sup>4</sup>

(1) 结合虚拟现实和增强现实技术，开发教育工具;<sup>5</sup>

(2) 在医学教育环境中进行初步应用和评估;

(3) 根据反馈进行必要的调整;

### 4.2. 预期进展<sup>6</sup>

#### 短期目标:<sup>7</sup>

(1) 成功收集构建术中影像数据集;<sup>8</sup>

(2) 完成最小点标注算法设计与开发，构建分割影像数据集;

(3) 完成影像识别算法的初步开发和测试;

#### 中期目标:<sup>9</sup>

(1) 实现患者术前影像重建等算法软件设计;<sup>10</sup>

(2) 实现术中图像增强技术的有效应用;

(3) 完成多模融合导航系统的初步开发和测试;

#### 长期目标:<sup>11</sup>

(1) 完成外科医生教育和培训工具的开发;<sup>12</sup>

(2) 临床中心或教学单位进行广泛的测试和优化;

(3) 发布研究成果，并寻求进一步的临床应用和推广;

### 5. 预期取得的成果<sup>13</sup>

### 5.1. 技术创新及应用成果:<sup>1</sup>

- (1) **术中影像数据集:** 构建一个全面、高质量的微创肝胆手术术中影像数据库，包括多样化的临床场景和广泛的解剖结构，为后续研究提供宝贵的资源;
- (2) **术中影像识别技术:** 开发高精度的术中影像自动识别系统，利用半监督学习方法提高模型的效率和准确性，对手术中的关键结构和器械进行快速准确识别;
- (3) **术中图像增强算法:** 研发先进的图像增强技术，有效清除手术中的视觉干扰，如烟雾和雾气，确保手术影像的清晰度和可用性;
- (4) **多模融合导航系统:** 实现一个集成了术前和术中影像数据的多模态导航系统，通过虚拟现实等技术，提高外科医生的手术导航精度和决策效率;

### 5.2. 教育与培训创新:<sup>3</sup>

- (1) **外科医生教育和培训工具:** 开发的教育和培训工具将结合现实手术场景与虚拟现实技术，为医生提供高度逼真的手术模拟环境，有助于提高他们的手术技能和临床决策能力;
- (2) **提升医学教育效果:** 通过这些创新工具，医学生和初级医生能够在无风险的环境中练习复杂手术，加快学习进度，提高教育效果;

### 5.3. 学术成果:<sup>5</sup>

- (1) **研究论文与发表:** 在国际知名期刊发表多篇研究论文，分享研究成果，推动学术界对微创手术影像技术的研究;
- (2) **会议和研讨:** 在国际医学或工程学术会议上展示研究成果，促进国际与国内学术交流与合作;

#### 四、研究基础（不少于 1000 字，如有创业计划需介绍相关内容）<sup>1</sup>

##### 1.与论文有关的研究工作积累和已取得的研究工作成绩<sup>2</sup>

(1) 正在收集微创肝胆术中影像，构建微创肝胆术中影像数据集；<sup>3</sup>

(2) 已完成基于最小点标注的术中影像分割标注系统设计，正在撰写相关文章与专利；

(3) 已完成基于现有公开分割影像数据集的，影像分割算法训练、运行与算法调优；

(4) 已完成相关微创肝胆外科患者术前 CT 影像收集、重建工作；

(5) 已完成混合显示设备基本功能性测试与可视化尝试；

##### 2.已具备的实验条件<sup>4</sup>

本课题依托“精准外科与再生医学国家地方联合工程研究中心”，该中心于 2018 年 1 月经国家发展和改革委员会批准建设，其前身是“陕西省再生医学与外科工程研究中心”。是在 2010 年 6 月组建的西安交通大学“外科梦工场”及 2011 年 11 月批准成立的“西安交通大学先进外科技术与工程研究所”基础上逐渐建设和发展而来。目前中心获批“陕西省高等学校学科创新引智基地-西安交通大学智能物理医学”、中国医师服务平台磁外科灯塔学院创新思维教育基地；陕西省医工融合产业技术创新战略联盟”、“中国医学装备协会转化医学分会磁外科创新专家委员会”、“全国卫生产业企业管理协会医疗科技创新发展分会”等主委（理事长）单位。下设茵络医疗器械西部研发中心、教授工作室、西安交通大学医学大学生创新创业竞赛工作室等。<sup>5</sup>

实验室建设初心为以临床问题为导向，以创新思维为灵魂，以理工医学科交叉外科技术创新为特色，以服务患者为宗旨。发展理念为秉持着“理工医协同创新”的学科发展理念，坚持“临床问题——实验研究——临床应用”的医工结合外科创新之路；培养创新性复合型人才。<sup>6</sup>

### 3. 近期已发表的本论文有关的主要文章及科研成果<sup>1</sup>

级别	赛事	时间
国家级	产业融合发展——新工科创新大赛全国总决赛一等奖	2023. 8
国家级	中国移动创客马拉松大赛云算终端专题赛决赛一等奖	2023. 10
国家级	智慧医疗创新大赛全国总决赛二等奖	2023. 9
国家级	“华为杯”第五届中国研究生人工智能创新大赛二等奖	2023. 9
国家级	第十三届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛全国总决赛二等奖	2023. 8
国家级	第二届中国研究生“双碳”创新与创意大赛二等奖	2023. 10
国家级	“数创未来慧聚独墅湖”第九届卓越校友创新创业大赛二等奖	2023. 11
国家级	第八届全国大学生生物医学工程创新设计竞赛三等奖	2023. 7
国家级	第六届（2023）中国医疗器械创新创业大赛优胜奖	2023. 8
省级	第九届互联网+创新创业大赛陕西省省赛金奖	2023. 9
省级	第十三届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛陕西省省赛特等奖第一名	2023. 8
省级	第六届智慧医疗创新大赛陕西赛区决赛一等奖	2023. 7
省级	新工科创新创业大赛华西分赛一等奖	2023. 8
省级	第十三届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛陕西省省赛最佳创业奖	2023. 8
省级	第十三届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛陕西省省赛最佳创意奖	2023. 8
省级	2023 年陕西省科技工作者创新创业大赛三等奖	2023. 12
省级	西安市灞桥区“白鹿英才”特别荣誉奖	2023. 8
校级	中国移动创客马拉松大赛高校联合研究院专题赛决赛二等奖	2023. 11
校级	西安交通大学第三十四届“腾飞杯”创新创业大赛创业赛道金奖	2023. 5
校级	西安交通大学第三十四届“腾飞杯”创新创业大赛创新赛道特等奖	2023. 5
校级	第十三届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛西安交通大学校级赛一等奖第一名	2023. 6

本课题在现有研究成果的基础上，在各项国家级、省部级赛事中取得了优异成果，包括 9 项国家级表彰、8 项省级表彰和 4 项校级表彰，同时已在中文核心期刊发表 2 篇论文，分别为：《智能化辅助图像实时去雾技术在腹腔镜胆囊切除术中应用研究》，《探索未来：增强现实、虚拟现实与混合现实在腹腔镜肝脏外科中的应用进展》；另发表 8 篇会议论文，其中 3 篇发表于 FIS2023 中国普外科焦点问题学术论坛，分别为：Apolication of Orthogonal Decompositon n Surgical Image Segmetation -for Unsupeised

Adaptability in Intraoperative Surgical Image Recognition Navigation ,  
Intraoperative Image Detection and Clearing System Based on Generative  
Adversarial Network、Prospects for intelligent surgical machine assistants in  
precision liver segment resection; 2 篇发表于 ACS Clinical Congress 2023, 分  
别为: Intelligent surgical confidential assistant helps precise magnetic assisted  
vascular anastomosis , Application Of Computer Intelligent Surgical  
Confidential Assistant In Laparoscopic Liver ; 1 篇发表于 2023 中国生物医  
学工程大会暨创新医疗峰会 (BME2023): Research on lung cancer organoid  
model based on precision medicine; 2 篇发表于中国医学人工智能大会青年  
论文论坛, 分别为: Intelligent Surgery Enters the Blind Spot of Lumpectomy  
Liver Resection, Intelligent digital fogging technology shows great potential in  
laparoscopic hepatectomy surgery。

## 五、导师意见

校内主导师意见:

签名:

日期:

企业导师意见:

签名:

日期:

创投导师意见（如有创投导师）：

签名：

日期：

六、选题汇报记录（着重记录对选题报告提出意见、评价、问题及对问题的解答等，如要修改时，指出修改的部分）

七、选题汇报评语（请评审专家在相应等级后打“√”，并给出评语）

评价结果： 通过（ ）； 修改后通过（ ）； 不通过（ ）

评语：

开题报告专家组签名：组长\_\_\_\_\_

成员\_\_\_\_\_

时间： 年 月 日

