·腔镜系统应用示范与评价技术·

应用示范综合信息平台赋能微创外科人才培养体系建设研究

孙斐[1] 张小妍[2] 王之晨[1] 张倩[1,3] 刘济全[2*] 冯靖祎[1,3*]

（1.浙江大学医学院附属第一医院医学工程部，杭州 310003；2.浙江大学生物医学工程与仪器科学学院，杭州 310000；3.全省医疗器械临床评价技术研究重点实验室，杭州 310003）

【摘要】 目的 针对微创外科人才培养中情境依赖与实践操作并重的特点，以及传统带教模式难以满足各级医疗机构规范化、同质化培训需求的问题，探讨信息化平台在国产创新高端微创外科医疗器械应用示范中对人才培养体系的支撑作用。**方法** 依托全国联动应用示范综合信息平台，构建体现平台核心功能的视频教学模块——腔镜手术视频影像大数据平台与智能分析和处理系统。前者实现手术视频的标准化采集、转码与管理；后者基于深度学习算法，实现影像去烟增强、手术场景行为识别、工作流时序分析、图像长文本描述生成及含语义信息合成图像生成等功能。二者共同嵌入培训内容建设环节。**结果** 截至2025年10月，平台累计收录覆盖13个术种的临床手术视频1 045例；配套学员用户中心汇聚来自全国约300家医疗机构的500余名注册学员的学习档案。示范期内总学习时长达2 924 h，调阅视频总量达7 565例次；智能分析功能已应用于胆囊切除术、肾部分切除术等代表性术式。**结论** 标准化的影像数据平台可为微创外科人才培养提供信息化支撑，智能分析功能具有辅助视频观摩学习的应用价值，可为微创外科人才培养提供实际支撑，但是其效能尚需进一步验证。

【关键词】 微创外科；腔镜手术；视频影像大数据平台；人工智能；人才培养；应用示范综合信息平台

【中图分类号】 R197.3 **【文献标识码】** A **【DOI】** 10.11876/mimt202604004

Development of minimally invasive surgery talent training system enabled by integrated information platform for application demonstration

Sun Fei[1], *Zhang Xiaoyan*[2], *Wang Zhichen*[1], *Zhang Qian*[1,3], *Liu Jiquan*[2*], *Feng Jingyi*[1,3*]

(*1.Department of Clinical Engineering, the First Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310003, China; 2.College of Biomedical Engineering & Instrument Science, Zhejiang University, Hangzhou 310000, China; 3.Zhejiang Key Laboratory of Clinical Evaluation Technology for Medical Device, Hangzhou 310003, China*)

【Abstract】 Objective In view of the characteristics of context dependence and practical operation emphasized in the training of minimally invasive surgery talents, as well as the problem that the traditional teaching model is unable to meet the standardized and homogeneous training needs of various medical institutions, this study explores the supporting role of the information platform in the application demonstration of domestic innovative high-end minimally invasive surgical medical devices on the talent training system. **Methods** Relying on the national collaborative application demonstration comprehensive information platform, a video teaching module reflecting the core functions of the platform—the laparoscopic surgery video image big data platform and intelligent analysis and processing system was constructed. The former realizes the standardized collection, transcoding

收稿日期： 2026-07-24

基金项目： 国家重点研发计划（2022YFC2407300,2022YFC2407301）；中央引导地方科技发展资金项目（2025ZY01066）

第一作者： 孙斐，男，硕士研究生，研究方向：医疗器械评价

通信作者： 刘济全，男，博士研究生，教授，研究方向：医学影像信息学、医学图像分析与人工智能；冯靖祎，女，硕士研究生，研究员，研究方向：医疗器械管理评价与应用示范

and management of surgical videos; the latter, based on deep learning algorithms, realizes functions such as image smoke removal enhancement, surgical scene behavior recognition, workflow sequence analysis, image long-text description generation and synthetic image generation with semantic information. Both are jointly embedded in the training content construction process. **Results** As of October 2025, the platform has cumulatively collected and covered 1,045 clinical surgical videos of 13 surgical types; the supporting user center for trainees has gathered the learning archives of about 500 registered trainees from approximately 300 medical institutions across the country. During the demonstration period, the total learning time reached 2,924 hours, and the total number of video accesses reached 7,565 times; the intelligent analysis function has been applied to representative surgical procedures such as cholecystectomy and partial nephrectomy. **Conclusion** The standardized image data platform can provide information support for the training of minimally invasive surgery talents, and the intelligent analysis function has application value in assisting video observation learning, which can provide practical support for the training of minimally invasive surgery talents, but its efficacy still needs further verification.

【**Key words**】 Minimally invasive surgery; Endoscopic surgery; Video imaging big data platform; Artificial intelligence; Talent training; Integrated information platform for application demonstration

近30年来，微创外科已由探索性术式发展为众多疾病的标准治疗方式，腔镜系统作为其核心装备，在我国不同区域、不同层级医疗机构之间的开展水平呈现显著差异。一项覆盖全国数百家医疗机构的调查[1]表明，高端腔镜系统与配套微创器械的推广，不仅受设备采购与维护成本的制约，亦明显受制于操作者的能力储备和配套培训的完善，单纯增加设备投放并不能自动转化为规范的临床使用。目前问题主要体现在两个层面：一是高端腔镜系统、超声刀及吻合器等器械在基层的配置与使用率偏低；二是能够独立完成复杂微创操作的术者储备明显不足。就国产高端腔镜系统而言，其在成像清晰度、色彩还原及功能集成上已接近主流进口产品，但“配置到位、应用不佳”的落差依然存在。国产器械的临床接受度与规范化应用水平，直接关系到应用推广的实际成效[2]。国产高端腔镜系统的应用推广，既取决于产品自身的质量与性能水平，也取决于临床端的接受度与选择偏好。临床对国产器械的现实需求主要体现在手术操作与教学培训两个维度：一方面需借助标准化术式路径，提升手术质量与安全性；另一方面需依托信息化技术手段，推动手术经验向基层医疗机构有序辐射与下沉。

在应用推广信息化层面，依托统一信息平台汇聚示范数据、贯通器械评价与推广反馈，已成为提升国产创新医疗器械应用示范效能的重要路径。当前国内已建成面向应用示范的信息管理系统与区域医联体云平台[3-4]，然而此类系统多聚焦示范项目管理与器械应用评价，普遍缺乏面向人才培养的手术影像资源及智能分析能力，难以直接支撑临床技能的规范化培训。因此，有必要依托全国联动应用示范综合信息平台，在应用示范信息化基础之上，进一步集成标准化腔镜手术视频大数据及面向手术场景理解的智能分析模块，使器械应用示范与人才培养在同一平台内实现有机衔接。

在临床教学需求层面，微创外科对术者的手眼协调能力及实践经验均提出较高要求。然而，当前合格术者储备相对不足，优质带教资源区域分布不均，因此，信息化与数字化教学手段成为缓解人才匮乏困境的重要途径。围绕手术教学信息化建设目前已有若干实践，功能定位各有侧重。在手术视频教学方面，现有实践[5]构建了人工剪辑式手术视频资源库及术野直播回放系统，辅以人工量化评价表实施教学评估，但多局限于单一科室或单体医院；尽管相关研究[5]已证实视频教学方式优于传统带教模式，但受限于单一机构数据规模，缺乏跨机构的标准化数据采集与处理体系。在智能化教学方面，部分研究[6]构建了具备手术阶段自动识别功能的网络教学平台，然而其智能功能维度及术式种类覆盖单一。总体而言，现有平台仍存在跨机构标准化手术影像数据匮乏、智能分析任务局限及术式覆盖不足等问题，下一步需要着力解决。

鉴于此，本研究依托国产创新高端微创外科医疗器械应用示范项目搭建全国联动应用示范综合信息平台，其中，腔镜手术视频影像大数据平台与智能分析和处理系统是体现平台核心功能的视频教学模块。本文围绕该系统的建设和应用，探讨其在微创外科人才培养体系建设中的作用及局限性，并提出相关实践建议。首先，系统梳理微创外科人才培养体系的构成要素，旨在厘清影像平台在培训内容建设、教学方式选择等关键环节的嵌入逻辑与作用路径。在此基础上，阐述全国联动应用示范综合信息平台的架构设计，重点介绍腔镜手术视频影像大数据平台与腔镜影像智能分析和处理系统，分别阐明二者在构建标准化影像数据基础、赋能面向教学的智能分析能力方面的技术实现与功能定位。最后，通过总结平台建设成果及其在应用示范期间的初步成效，评估该影像平台对微创外科人才培养的实际支撑效能，并探讨其当前存在的技术局限及未来优化方向。

1 微创外科人才培养体系构成要素

作为现代外科发展的重要方向，微创外科在操作技能、临床经验与认知能力等方面对从业者均有严苛要求，其人才培养面临诸多特殊挑战。腔镜技能习得与开放手术明显不同，初学者需在镜头放大、视野受限及触觉反馈弱化的条件下重新建立手眼协调，操作不规范易延长手术时间、增加并发症风险，甚至削弱微创技术的预期获益[7]。临床实践中，规培学员多作为扶镜助手参与手术，独立操作机会有限；同时，带教评价依赖考官目测与主观打分，缺乏客观、量化的反馈指标，导致技能短板难以精准识别与针对性纠正[8-9]。上述问题在基层及边远地区尤为突出，区域间微创技术发展不均衡的状况长期存在。

国产创新高端微创外科医疗器械应用示范项目所构建的人才培养体系，以推动设备“愿意用、用得好”为目标，依托全国多中心联动示范网络，覆盖胸外科、肝胆胰外科和泌尿外科 3 个微创手术应用相对集中的领域。在结构上，人才培养体系包含培训基地、师资队伍、培训内容、培训方案、培训考核与培训质量评价 6 个相互衔接的部分，见图 1。

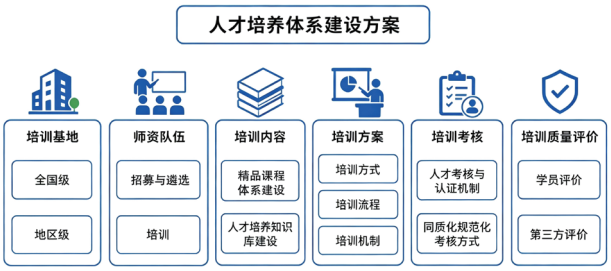


图 1 微创外科人才培养体系框架

培训基地以设有外科门诊与病房、具备相应科室规模和腔镜设施的三级甲等综合医院为基本条件，按国家级与地区级两个层级布局。师资队伍面向上述 3 大领域，吸纳临床、护理、麻醉、医学工程等多学科专业人员，强调医工结合背景下的带教能力。在培养对象上，体系主要纳入中心示范点的进修人员与各示范点副高级及以上职称骨干医师，分别对应初、中级与高级培养需求，采用线上与线下相结合的组织形式。该框架并未将培训简单等同于手术录像观摩，而是将内容建设、方式选择、考核认证与质量评价视为一个连续的过程。其中，考核认证与质量评价环节借鉴柯氏四级评估模型，以“胜任力”为导向衡量培养目标的达成度。影像平台的作用主要体现在内容建设这个对影像资源依赖度最高的环节，通过嵌入体系发挥作用。在培训过程中，学员可根据培训课程安排或个人学习需求，按照术种分类检索典型手术病例，在集中培训或自主学习阶段观看完整手术视频，熟悉术式流程、解剖层次及器械操作特点。对于需要重点掌握的操作环节，可结合手术工作流时序分析结果定位相应手术阶段和步骤，对关键操作片段进行针对性回看；通过手术场景行为识别所形成的器械、动作及解剖对象信息，则可辅助学员理解具体操作行为与术野结构之间的对应关系。基于上述功能，影像平台可用于典型病例观摩、关键步骤重复学习和课后自主复习，并与线下示范手术、临床带教及实操培训形成互补。

2 全国联动应用示范综合信息平台：一体化信息化支撑架构

应用示范综合信息平台作为国产创新高端微创外科医疗器械应用示范工作的信息中枢，围绕 3 大

体系即应用示范体系、人才培养体系以及微创器械性能与临床应用评价体系进行建设。该平台的核心理念是通过统一的数据采集机制与信息共享通道，消除联盟单位间的数据孤岛，实现数据采集规范化、数据流转标准化与应用智能化，为人才培养体系提供完整而连贯的信息化支撑。

在总体架构上，平台整合了6大功能模块：应用示范综合服务、医疗器械在线评价、应用示范标准化数据库、腔镜手术视频影像大数据平台、智能分析和处理系统以及应用示范评价，见图2。其中，腔镜手术视频影像大数据平台与智能分析和处理系统是面向人才培养的核心子系统。技术实现方面，平台基于Web 2.0框架开发，采用前后端分离架构：前端运用HTML5、CSS3、JavaScript、EasyUI等构建多模块页面并管理信息发布；后端依托SpringMVC与MyBatis框架构建业务逻辑层，使用关系型数据库完成数据持久化存储。前、后端之间通过HTTPS协议实现加密通讯，保障数据安全，并通过OAuth2.0认证机制进行跨平台用户身份验证和数据对接，实现无重复登录的便捷访问体验。



图2 全国联动应用示范综合信息平台框架

在用户管理方面，平台支持PC端与移动多终端登录访问，根据临床医师、护理人员及工程师等不同角色采集差异化信息并经后台审核确保人员与机构真实性；系统按用户角色类型配置相应的角色权限与模块访问范围。此外，平台开设微创外科人才培养专题栏目，集中展示政策动态、培训进展、成果转化、专家风采及精品课程等资源，实现培养过程透明化与信息资源共享。配套的医疗器械在线评价功能则基于可视化分析工具，支持问卷设计分发与统计分析，服务器械性能及临床应用评价，相关数据纳入应用示范闭环管理体系中。

3 腔镜手术视频影像大数据平台：标准化影像数据基础

手术视频在微创外科教学中的价值已获得充分验证。相较于传统图谱与幻灯片结合现场讲解的模式，术者视野下的手术全流程视频能消除图文与静态图像的理解偏差，有助于学员建立活体解剖与操作流程的直观联系，多项对照研究[5,10-11]表明，视频教学在提升理论考核成绩、操作技能及教学满意度方面具有显著优势。高清乃至4K超高清影像进一步增强精细解剖层次的辨识能力，使学员能清晰观察亚微结构的毗邻关系[12]。然而，要使手术视频转化为有效的教学资源，必须跨越一项常被忽视的工程化挑战，即原始录像格式不统一、命名混乱、存储分散，导致调阅与共享困难，这也是部分医院手术视频“重采集、轻应用，存储分散难检索”的核心瓶颈[13-14]。

腔镜手术视频影像大数据平台的核心意义在于提供标准化的腔镜影像视频处理与管理流程，见图3。平台使用关系型数据库管理术种类别、文件名、存储路径、上传时间及视频状态等结构化元数据，并结合标准化的影像管理工具，对源自不同录像设备的MP4、TS等格式视频进行归类、清洗、格式统一、合并及重新编码，采用通用的音视频编解码标准，消除编码差异带来的播放与分析障碍。在数据分发层面，平台采用基于HTTP的动态自适应流媒体协议，将视频切分为可独立传输的片段，并根据实时网络带宽在多分辨率间自动切换，保障在不同网络条件与终端设备下的稳定播放。上述工作保障了教学资源能够实现规模化及跨机构复用。

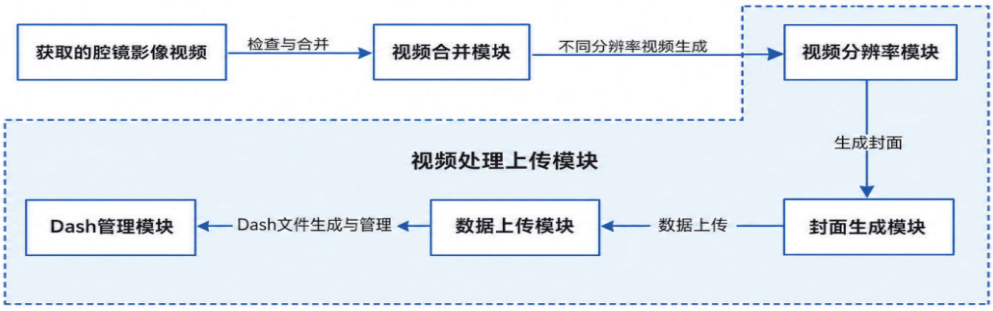


图 3 标准化的腔镜影像视频处理与管理流程

这种以标准化数据库为核心的资源组织方式，与传统教学视频素材库、专科手术视频资源库的建设思路一脉相承，但在数据规模、标准化程度及跨机构协同方面实现了提升[6]。平台立足底层数据治理，其核心价值不在于直接产生教学成果，而是为上层的智能分析与教学应用提供不可或缺的数据支撑。

4 腔镜影像智能分析和处理系统：面向教学的影像增强与分析

微创手术视频信息量庞大且结构复杂，术中灼烧组织产生的烟雾可遮蔽术野、影响教学质量，大型手术时间长、步骤繁多，学员从原始录像中提取关键信息的效率较低。该系统基于深度学习算法对医用腔镜影像库进行训练，将上述痛点转化为可由算法承担的分析与处理任务，主要包含视频影像增强与场景解析两个方面。

在视频影像增强方面，针对灼烧组织产生的烟雾干扰，系统采用生成对抗网络对含烟图像进行实时清晰化处理，使被遮挡的术野得以恢复，类似的去烟处理方法在医学手术图像处理研究[15]中已有报道。在场景解析方面，系统主要包含 4 个子模块，分别介绍如下。

（1）手术场景行为识别。构建多任务深度学习网络，实现手术视频中器械、动作与解剖对象（以下简称“三元组”）的类别识别与位置检测，见图 4。该网络将多分类模型与具备强泛化能力的视觉大模型相融合：先由视觉大模型在零样本条件下生成候选区域，再借助注意力引导机制完成对“三元组”的准确分类，并对作用部位的关注区域加以校正，最终通过类别响应与候选区域的匹配实现各目标的精准定位。通过识别“三元组”，实现对术中行为的细粒度描述，该方法在腹腔镜手术技术评价中已显示出一定价值[16-17]。

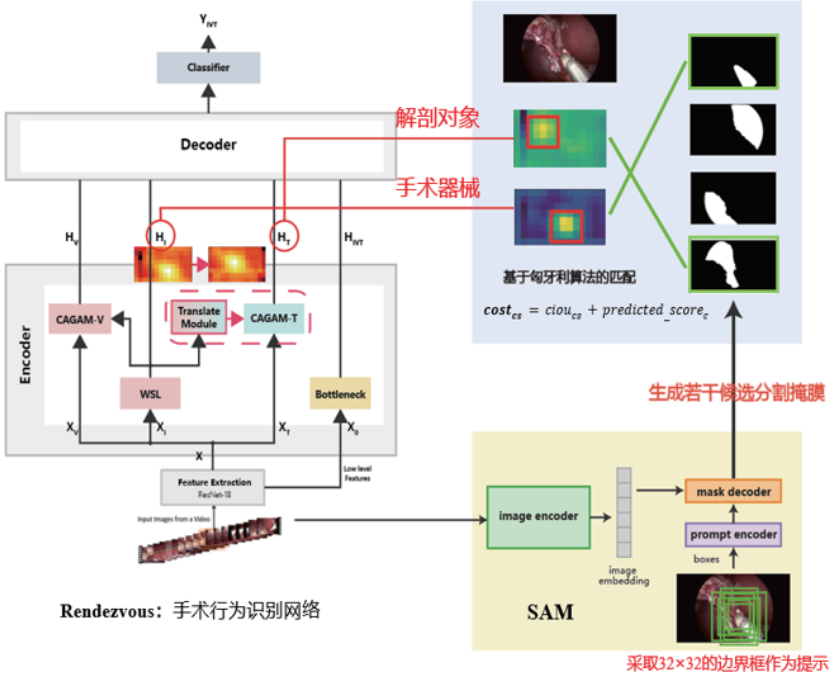


图 4 手术场景行为识别

（2）手术工作流时序分析。针对手术阶段与步骤的自动划分，通过优化传统的多阶段时间卷积网络（multi-stage time convolutional network, MS-TCN），引入时间感受野自适应机制，有效提升腔镜手术视频中阶段与步骤识别的准确度，可对手术过程实施阶段与步骤的时序切分，便于按需跳转与回看，见图5。

（3）手术图像长文本描述的自动生成。系统构建了面向腔镜手术关键帧的图像描述自动生成模型，见图6。模型借助多模态视觉编码器Contrastive Language-Image Pretraining（CLIP）提取多尺度、语义丰富的视觉特征，并引入查询变换器模块Querying Transformer（Q-Former），通过交叉注意力机制捕捉手术关键元素及其相互关系，结合外部知识库检索到的手术概念，生成准确且上下文连贯的长文本描述。在训练策略上，模型采用主体参数冻结、仅对查询模块进行局部微调的方式，在降低训练成本的同时有效缓解小样本数据导致的过拟合；外部知识库的引入则显著抑制描述中的“幻觉”现象，使生成内容与真实手术情境相符。

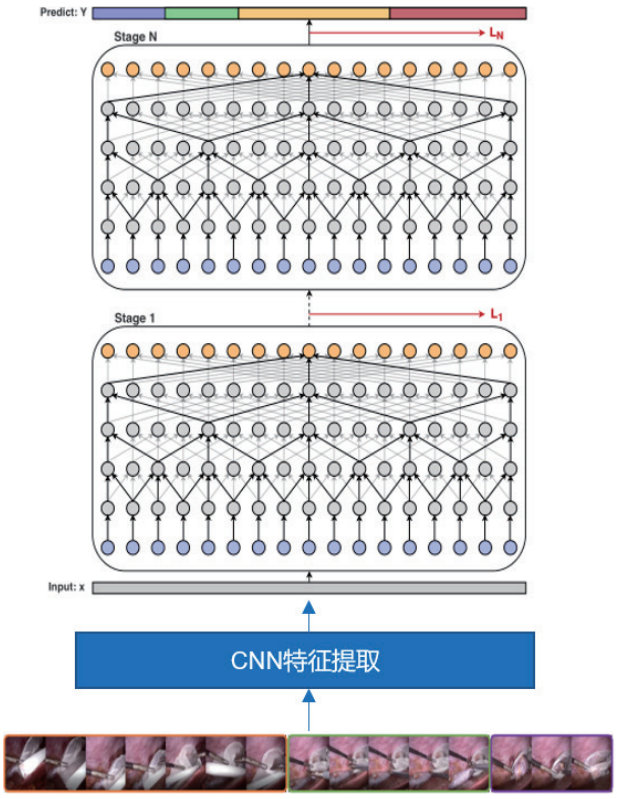


图5 手术工作流时序分析

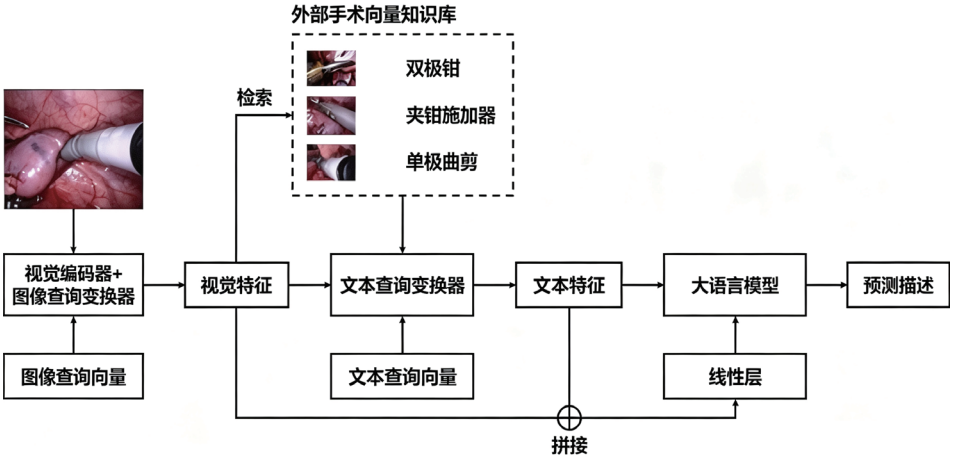


图6 手术图像长文本描述的自动生成过程

（4）含有语义信息的手术合成图像生成。系统构建了含有语义信息的手术合成图像的生成模型，主要由3部分构成。①基于Stable Diffusion（SD）的图像生成模块：通过在腔镜手术图文数据上对SD模型进行微调，实现指定手术行为“三元组”的图像合成。②语义分割模块：该模块从微调后的SD模型的U-Net特征层提取多尺度特征，并对基于Transformer的语义分割网络进行训练与推理。③少样本类别的掩膜匹配模块：针对现有数据集类别缺失的问题，通过查询图像与少量支持图像之间的特征对齐，实现对少样本类别的语义分割。模型以手术行为“三元组”构建的提示语句为输入，输出多张合成图像及其对应的语义分割掩膜，从而灵活、智能地扩充腔镜手术图像数据，见图7。

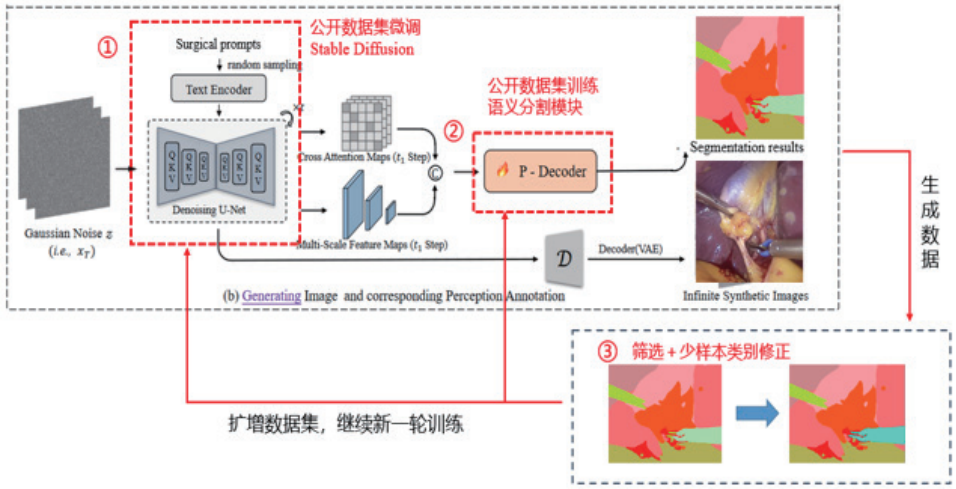


图 7 含有语义信息的手术合成图像生成

从教学应用角度看，智能分析和处理系统的核心价值在于改变了学员与手术视频之间的交互模式，使手术视频从单向播放的影像资料转变为可对话、可探究的教学资源。需要说明的是，上述智能功能目前多处于样例验证与特定术式应用阶段，系统已可对胆囊切除术、肾部分切除术两种术式开展智能分析，现正在将其推广至前列腺癌手术等其他术式。

5 应用示范期间的实践成效

全国联动应用示范综合信息平台在示范期内实现了规模化运行。截至 2025 年 10 月 31 日，平台累计注册用户 3 156 人，覆盖医疗机构 1 627 家，录入业务信息条目共计 10 914 条；门户网站、人才培养展示及医疗器械在线评价等核心功能模块均已投入使用。该平台及下属的腔镜手术视频影像大数据平台与智能分析和处理系统均已通过第三方检测机构认证。

在应用示范阶段，平台稳步积累了标准化的影像视频资源。截至 2025 年 10 月，共收录来自 13 个术种的临床手术视频 1 045 例，其中，胸外科 380 例、肝胆胰外科 502 例、泌尿外科 163 例，并建立涵盖 9 台代表性手术的精品教学演示库以及包含百科知识与课程课件的专用知识库，知识库按专科分类细分为泌尿系统疾病、肝胆胰脾病变、胃肠道肿瘤等类别。所有视频数据均经统一清洗、转码与标准化处理，并在通过科研伦理审查后实现存储与共享，旨在为不同专业层级学员的差异化学习提供基础保障。

依托于配套的学员用户中心，平台持续追踪学员观看频次、累计学习时长及学习履历等。截至 2025 年 10 月，平台已汇聚来自全国约 300 家医疗机构的 500 余名注册学员的学习档案；示范期内总学习时长达 2 924 h（人均约 5.8 h），调阅视频总量为 7 565 例次（人均 15 例次）；在人员构成上，参训主体为临床医师，包括副高级及以上骨干医师 194 人（约占 38.3%）、主治医师 229 人、住院医师 37 人及少量临床工程技术人员。

6 讨论

对于影像平台在微创外科人才培养中的实际作用，仍需秉持客观审慎的态度加以评估，目前尚有若干关键问题亟待深入探讨。

首先，在技术局限性方面，现有智能分析功能受限于标注数据规模，识别与生成结果存在不确定性，跨术式与跨中心的泛化稳定性尚未经过充分验证，尤其是自动生成的文本描述与合成图像，虽已采取偏差抑制措施，但仍可能产生与实际情境不符的内容。此类局限在相关研究[18]中已有明确论述。

其次，在数据安全与伦理方面，手术视频涉及患者隐私与机构权益，大规模汇聚与智能分析必须建立在严格的伦理审查、数据脱敏及访问控制基础之上。本平台在建设与运行过程中，严格遵循相关

法律规定，并依据《涉及人的生命科学和医学研究伦理审查办法》完成科研伦理审查；手术视频等数据的采集、传输、存储与访问，均在加密传输、数据脱敏及分级授权访问的前提下开展，以切实保障患者隐私与机构权益。人工智能介入医学教育伴随着责任归属、数据偏倚与伦理风险等问题，提示在平台推广应用过程中需保持必要的审慎[19]。

7 总结与展望

本研究面向国产创新高端微创外科医疗器械应用示范中的人才培养需求，依托全国联动应用示范综合信息平台，构建了腔镜手术视频影像大数据平台与智能分析和处理系统，二者共同构成平台的核心视频教学模块。应用示范期间，平台累计收录涵盖13个术种的手术视频共1 045例，注册用户及覆盖机构均达相当规模；智能分析功能已在胆囊切除术、肾部分切除术等代表性术式中获得初步应用。总体而言，标准化的影像数据平台可为微创外科人才培养提供信息化支撑，智能分析功能具有辅助视频观摩学习的应用价值，该实践有望形成一种可复制、可推广的国产创新医疗器械应用示范与人才培养协同发展范式。

受项目周期与数据积累等条件所限，本研究仍有若干不足之处，后续可从以下方面继续推进：第一，扩充多中心、多术种的标注数据规模，提升智能分析模型的准确性及跨机构、跨术式的泛化能力；第二，开展前瞻性对照研究与长期随访，验证智能化培训对学员操作技能与真实手术结局的影响，进一步完善评价闭环；第三，加强面向带教师资的人工智能工具培训，并探索将本平台与住院医师规范化培训、专科医师规范化培训等既有培训体系对接，推动其常态化、规模化应用。

利益冲突：作者声明没有利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] 王之晨, 孙斐, 张倩, 等. 医疗机构高端腔镜系统和微创外科器械配置调查及应用推广障碍的识别：基于全国320家医疗机构的调研数据[J]. 中国医院建筑与装备, 2024, 25(5): 17–21.
[2] 李迪, 张瑾, 张真榕, 等. 基于国产高端腔镜系统的微创手术标准化路径构建[J]. 中国医院建筑与装备, 2025, 26(9): 2–8.
[3] 魏群婵. 国产医疗器械应用示范信息管理系统设计[D]. 重庆: 重庆大学, 2023.
[4] 王浩. 基于区域医联体模式的国产创新诊疗设备云平台建设与应用[J]. 信息与电脑, 2021, 33(15): 110–112.
[5] 张鹏, 陶凯雄. 微创手术视频教学体系在胃肠外科中的应用[J]. 医学教育研究与实践, 2021, 29(2): 314–318.
[6] 游嘉颖. 智能网络腹腔镜胰十二指肠切除术手术教学平台开发与初步应用[D]. 成都: 四川大学, 2022.
[7] 庞涛, 陈玮, 丁鸿, 等. 面向规培生的腹腔镜基本技能培训体系的应用研究[J]. 腹腔镜外科杂志, 2023, 28(10): 779–783.
[8] 陈波, 梁玮丽. 人工智能赋能医学规培生腔镜甲状腺手术技能培训：路径探索与实施策略[J]. 腹腔镜外科杂志, 2025, 30(6): 401–403.
[9] 周健, 廖虎, 郑权, 等. 腔镜模拟培训和考核研究现状分析与探讨[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2024, 31(5): 667–671.
[10] 吁丽平. 腹腔镜手术视频在普通外科临床教学中的应用价值研究[J]. 当代医学, 2022, 28(16): 187–190.
[11] 杨小李, 郑冬宁, 高本见, 等. 腹腔镜手术视频教学模式在肝胆外科研究生临床教学中的应用研究[J]. 现代医药卫生, 2023, 39(15): 2681–2683.
[12] 胡俊丹, 易明, 曹仲, 等. 4K超高清手术视频在泌尿外科临床教学中的应用效果分析[J]. 中国继续医学教育, 2025, 17(2): 138–141.
[13] 周子建, 游嘉颖, 高攀, 等. 腹腔镜胰十二指肠切除术手术视频录制、存储管理及使用的现状调查研究[J]. 腹腔镜外科杂志, 2023, 28(5): 382–386.
[14] 张坤, 高小惠, 闫宏宇, 等. 医学院校建立教学视频资源库的思考和建议[J].医学信息学杂志, 2021, 42(9): 90–93.
[15] 马悦. 基于条件生成对抗网络的医学手术图像去烟算法[J]. 计算机与现代化, 2021(1): 50–55.
[16] 张珂诚, 乔治, 杨力, 等. 计算机视觉人工智能技术在腹腔镜胃癌根治术中对器械和脏器的检测识别：一项多中心临床研究[J]. 中华胃肠外科杂志, 2024, 27(5): 464–470.
[17] 马闰卓, 苟龙飞, 余江, 等. 人工智能与手术动作识别：智能微创外科时代的手术技术评价新范式[J]. 中华消化外科杂志, 2025, 24(4): 480–486.
[18] 苏柏尔, 张颖, 闫智娴, 等. 人工智能在微创外科手术技能评估与质量控制中的应用研究进展[J]. 南方医科大学学报, 2026, 46(7): 1711–1718.
[19] 徐梓硕, 曲巍, 徐晶格. 人工智能赋能医学教育的伦理困境与疏解[J]. 中国医学伦理学, 2026, 39(3): 320–327.

专栏—— 探索脑机接口与神经调控技术的应用

栏目主编 :陈树耿



陈树耿，复旦大学医学博士，复旦大学附属华山医院康复医学科主管物理治疗师，澳大利亚昆士兰大学访问学者。现担任中国康复医学会脑机接口与康复专业委员会委员，中国康复医学会青年工作委员会第二届委员会神经网络康复专业组委员，中国研究型医院学会神经再生与修复专业委员会脑机接口学组委员，上海“地高建”高水平地方高校创新团队“神经重建及功能可塑研究团队”成员，上海市脑机接口临床试验与转化重点实验室成员，脑机接口产业联盟“青百荟”，中国生理学会脑节律专委会首批会员。复旦大学附属华山医院“潜力新秀”，健康科普青年讲师团讲师。

长期从事脑机接口与神经调控方面的临床与机制研究，目前主持脑机接口相关项目 4 项，包括国家自然科学基金青年、面上项目各 1 项，上海“科技创新行动计划”启明星扬帆专项 1 项，上海市“科技创新行动计划”养老科技支撑专项课题 1 项；作为骨干成员参与项目 21 项，包括科技部 863 科技计划项目 1 项，国家重点研发计划 1 项，国自然重大集成计划 1 项，国家自然科学基金 3 项，上海市“地高建”项目 1 项等。目前为国家重点研发计划（2018YFC2002300）推广单位全国对接人。以第一作者、通信作者身份在 *Research*、*NPJ Biomedical Innovations*、*Small Methods*、*Brain-X* 等杂志发表研究论著，共计发表中英文论文 74 篇，其中 SCI 一作/通信 25 篇，高被引 1 篇，H 指数 21（Scopus 数据库）。发表国际会议文章 13 篇。2024 年、2025 年连续两年获中国知网高被引学者 TOP 5%，荣获 Wiley 中国颁发的“2025 年第一季度高贡献作者奖”，*Brain-X* 杂志优秀青年编委；2025 年度《现代仪器与医疗》杂志优秀专栏主编、优秀编委。获国家授权专利 7 项，获批软件著作权 1 项；参编脑机接口国家团体标准 2 项，参编国内首部《非侵入式脑机接口在神经康复临床应用中的专家共识》和首部《脑机接口康复评估临床应用专家共识》；主编《基于想象的脑机交互原理与实践》，参编专业书籍 13 本。担任 *Frontiers in Neuroscience*、*Frontiers in Human Neuroscience*、*Biomedicines* 杂志客座编辑，*Brain-X* 杂志候任编委，Military Medical Research 杂志青年编委，*Brain-Apparatus Communication: A Journal of Bacomics* 杂志青年编委，《现代仪器与医疗》编委，《解放军医学杂志》青年编委，《中国临床医学》首届青年编委，*Lancet Regional Health*、*IEEE Transactions on Biomedical Engineering*、*IEEE Transactions on Neural Systems & Rehabilitation Engineering*、*Journal of Neural Engineering*、*Scientific Data*、*Scientific Reports*、*NeuroImage: Clinical*、*Communications Medicine*、*Neurocomputing* 等杂志审稿人。入选 2022 年度“上海市青年科技英才扬帆计划”；获得中国产学研合作创新与促进奖、上海康复医学科技奖一等奖等。

栏目简介 :

神经调控技术，作为脑科学研究领域的前沿热点，在医学，特别是临床医学与康复医学领域，展现出了极为广阔的应用前景，并扮演着至关重要的角色。这一技术体系涵盖了脑机接口、经颅磁刺激、经颅直流/交流电刺激、镜像疗法以及经颅超声刺激等多种新兴手段，它们在各类疾病的治疗与康复干预中得到了广泛应用。例如，脑机接口训练对于脑卒中患者上肢与手运动功能的改善呈现积极影响，经颅磁刺激技术能够有效调控脑卒中后的脑功能康复进程，而经颅超声刺激则在前沿脑机制研究领域备受瞩目，这些均是当前研究的焦点。神经调控技术的研究与应用范围极为广泛，其发展路径从基础研究起步，逐步推进至动物实验阶段，再深入到临床研究，最终致力于实现“产学研”的深度融合与落地转化。在所涉及的疾病和功能障碍方面，其应用方向多元且全面，涵盖了脑卒中、脊髓损伤、抑郁症、消化道功能性疾病、儿童发育问题、睡眠障碍、重症患者以及昏迷促醒等多个重要领域，为众多患者带来了新的希望与可能，有力地推动了医学事业在神经调控这一前沿方向上的不断前行。