

全过程追踪智慧实验教学模式的构建与实践 ——以园艺瓜果类蔬菜产品品质评价课程为例

闫金姣^{1,2}, 刘航空², 王海英², 罗佳², 关长飞², 徐记迪^{1*}

¹广西大学农学院, 广西 南宁

²西北农林科技大学园艺学院, 陕西 咸阳

收稿日期: 2026年6月25日; 录用日期: 2026年8月5日; 发布日期: 2026年8月13日

摘要

新农科建设背景下, 园艺实验教学长期面临示教观摩受限、操作过程无法回溯、安全监管存在盲区、考核评价依赖纸质报告等问题。本文以瓜果类蔬菜产品品质评价实验课程为载体, 依托智慧实验室构建全过程追踪教学模式。该模式整合高清分屏示教、全程录播存储、分布式巡检、多媒体电子报告四个功能模块, 使示教、练习、监管、评价各环节的信息在同一平台内贯通流转。文章系统阐释了智慧实验室的三层技术架构与四模块功能设计, 结合课堂实操案例梳理了适配园艺实验的四条实施路径。实践表明, 该模式能够有效消解课堂观摩的空间限制, 为学生提供可对照复习的操作影像资源, 为教师提供可回溯的评价依据, 也为农林院校园艺类实验教学的数字化改造提供了一条可参照的实施路径。

关键词

智慧实验室, 全过程追踪, 教学模式, 过程性评价

Construction and Practice of Whole-Process Tracking Intelligent Experimental Teaching Model

—A Case Study of the Course on Quality Evaluation of Horticultural Melon and Fruit Vegetables

Jinjiao Yan^{1,2}, Hangkong Liu², Haiying Wang², Jia Luo², Changfei Guan², Jidi Xu^{1*}

¹College of Agriculture, Guangxi University, Nanning Guangxi

²College of Horticulture, Northwest A&F University, Xianyang Shaanxi

Received: June 25, 2026; accepted: August 5, 2026; published: August 13, 2026

*通讯作者。

文章引用: 闫金姣, 刘航空, 王海英, 罗佳, 关长飞, 徐记迪. 全过程追踪智慧实验教学模式的构建与实践[J]. 职业教育发展, 2026, 15(8): 234-244. DOI: 10.12677/ve.2026.158335

Abstract

Against the backdrop of New Agricultural Science construction, horticultural experimental teaching is plagued by limited demonstration observation, non-retraceable operational processes, incomplete safety supervision, and paper-dependent assessment. Taking the quality evaluation experiment of melon and fruit vegetables as the research carrier, this paper constructs a whole-process tracking teaching model based on smart laboratories. The model integrates four modules including high-definition split-screen demonstration, full-process recording and storage, distributed intelligent inspection, and multimedia electronic reporting, realizing seamless information circulation among teaching, practice, supervision and evaluation on a unified platform. This paper elaborates the three-tier technical architecture and four-module functional design of the smart laboratory, and summarizes four implementation paths suitable for horticultural experiments based on practical teaching cases. Practical results indicate that the proposed model effectively eliminates spatial limitations in classroom observation, provides retrievable video resources for students' review and traceable evaluation basis for teachers, and offers a replicable approach for the digital transformation of horticultural experimental teaching in agricultural and forestry universities.

Keywords

Smart Laboratory, Whole-Process Tracking, Teaching Model, Process-Oriented Assessment

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

实验教学是本科人才培养的重要实践环节，是理论知识与动手实践的关键纽带。随着“四新”建设的深入推进，新农科对农林人才的知识结构与实践素养提出了新的要求。教育部《关于加快新农科建设推进高等农林教育创新发展的意见》¹明确将强化实践教学、推动信息技术与教育教学深度融合列为改革重点。《教育信息化 2.0 行动计划》²则进一步提出开展智慧教育创新发展行动，鼓励依托人工智能、大数据、物联网等新兴技术，探索教育模式的变革与生态重构。在此背景下，智慧教室、智慧实验室等新型教学空间逐步进入高校实践视野，成为推动实验教学改革的技术支撑。

近年来，国内高校陆续推进智慧实验室建设，电力、化工、生物、医学等学科已形成较为成熟的成套方案，主要依托分层硬件架构、智能感知终端和云端存储系统，实现实验全流程的数字化管理[1] [2]。农林院校也同步开展了农业类智慧实验室的探索，大多集中于大田物联网监测和实验室安全管理两个方向[3] [4]。真正面向园艺理化检测、感官品鉴实验的一体化追踪教学体系尚不多见，能够直接适配瓜果品质评价这类实操型课程教学的落地模式仍然缺乏。

智慧实验室的引入，为实现实验教学过程的全记录、可追溯和智能化管理提供了技术可能。本文以智慧实验室在“瓜果类蔬菜产品品质评价”实验课程中的应用实践为案例，系统阐述全过程追踪理念在园艺实验教学中的具体实践，以为同类课程的建设与优化提供参考思路。

¹http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_740/s3863/202212/t20221207_1023667.html

²http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201804/t20180425_334188.html

智慧实验室发展现状

近年来,智慧实验室相关研究逐年增多,成果主要集中在三个方向。体系架构层面,现有研究普遍从分层视角设计智慧实验室结构,虽然具体层级划分不尽相同,但核心思路基本一致:以物联网感知设备采集数据,以网络通信打通传输链路,以云平台承载教学与管理功能,形成“感知-传输-应用”的技术框架[5]-[7]。学科应用层面,智慧实验室已逐步引入物理实验、程序设计实训、生态化教学等场景[8]-[10],农林领域也有所涉及[3][4],但多数实践仍停留在单一功能部署或局部环节的信息化改造阶段,尚未形成覆盖教学全过程的整合方案。研究趋势层面,文献计量分析表明,该领域的研究热点正从早期的基础技术探讨转向学科场景的深度融合[11],部分高校已基于云计算、物联网完成智慧实验室落地建设[12]。

综上所述,智慧实验室在硬件部署与系统集成方面已经积累了经验,但大多以实验室管理效能提升为目的,而尚未形成面向实验教学全过程追踪的闭环模式。本文依托已建成的园艺专业全过程追踪智慧实验室,以瓜果类蔬菜品质评价实验为实践载体,尝试构建适配实验教学需求的全过程追踪模式,并总结其落地实施路径。

2. 传统园艺瓜果品质评价实验教学固有痛点

2.1. 示教存在空间盲区,精细操作难以全员观摩

“瓜果类蔬菜产品品质评价”是园艺专业的一门重要实验课程,涉及风味品鉴、硬度测定、糖度测量鉴定及色泽评价等内容,对操作规范性和精准度均有较高要求。传统实验教学过程中,教师在讲台或实验台前进行操作示范,学生围在四周观看。由于教学班通常为20至30人,实验操作台空间有限,外围学生视线受阻,难以看清操作细节。为看得清楚,部分学生不得不频繁调整位置,甚至站立围观,既影响课堂秩序,也降低了学习效率。特别是在硬度计测定果肉硬度、糖度计校准与测量等精细环节,手指按压力度、仪器操作角度等细节对测定结果有直接影响。受空间等客观因素影响,这些操作细节难以被全体学生清晰观察和学习。教师往往需要多次重复示范以弥补视线遮挡造成的教学损耗,但因座位、角度不同而导致的教学信息接收不均衡,无法从根本上解决。

2.2. 实验过程无数字化存档,失误无法回溯复盘

传统实验教学中,教师示范是即时的,学生主要依靠现场观看和短时记忆完成后续操作。对于步骤较多、细节复杂的实验内容或仪器操作,学生很难通过一次观看就掌握全部要点,课后复习也没有可参照的范本。此外,学生独立操作过程中出现的偏差无法被有效记录。当实验数据异常或结果不理想时,教师只能通过询问学生来推测原因,无法直接回溯操作过程。例如,学生测得的西瓜糖度值明显偏低,经验分析可能是样品处理不及时、仪器校准不到位、读数有误等原因造成的。缺少操作过程的客观记录,问题诊断只能凭经验推断,难以准确锁定偏差发生在哪个环节。这种“过程不可追溯”的局限,使得实验教学的反馈与改进难以落到实处。

2.3. 课堂安全与仪器人工监管存在疏漏

园艺实验课程涉及水果刀、切菜板等锐器操作,以及硬度计、酸度计、糖度计等仪器的使用。学生因操作不当造成刀具划伤或仪器损坏的情况时有发生。传统实验室的安全管理主要依靠教师巡回查看,但教师在课堂上同时承担示教、答疑和设备调试等任务,难以对每位学生的操作行为保持全程关注。一旦发生安全事故或仪器损坏,教师无法还原事发经过,这给责任认定和后续改进带来困难。仪器设备的使用情况也缺少自动记录,难以为设备维护和管理提供准确依据。

2.4. 考核方式单一，缺失完整操作过程评价

传统实验教学主要依据学生提交的纸质实验报告进行考核。教师根据报告中的文字描述和数据记录评分，考察的重点实际上是“写得好不好”，而非学生“做得对不对”。这一问题的问题在于，实验报告反映的主要是学生的文字表达和数据整理能力，很难呈现操作过程中的真实表现——操作是否规范、步骤是否完整、仪器使用是否正确、应急处理是否得当，这些核心能力要素基本被排除在评价范围之外。这种只看结果、不看过程的评价方式，既难以全面衡量学生的学习效果，也容易引导学生把精力花在报告撰写上而忽视操作训练，这与实验教学培养动手能力的初衷存在偏差。

3. 面向园艺实验的全过程追踪智慧实验室体系搭建

3.1. 实验室三层整体技术架构

参考现有智慧实验室分层设计思路[5]-[7]，结合园艺教学场景进行改造，构建了硬件感知层、云平台中台、教学应用层三层一体化架构：

硬件感知层是整套系统的基础。讲台配备 4K 高清全景摄像头，每个实验工位安装独立的桌面摄像机，教室全域布设监控探头，同时配置智慧门禁、云存储服务器及学生终端一体机。该层负责实时采集教师示范画面、每位学生的完整操作视频以及人员进出记录，所有影像资料在本地录制的同时同步上传至智慧云课堂留存。

云平台中台承担数据处理与调度的中枢职能。平台集成视频流解析、任务调度、存储管理和权限管理四大模块，统一处理多路高清视频信号，支持视频分段归档、按班级或实验项目检索、回放倍速调节等功能，并为教师、学生、管理员配置三级登录权限。

教学应用层是面向用户的功能界面，包含高清示教、操作录播回放、分布式巡检、多媒体电子报告四个子系统，分别对应课堂教学、课后复盘、过程与结果评价等场景，从而以可视化方式支撑各项教学活动的开展。

3.2. 四大核心功能模块建设内容

本研究所依托的智慧教学云平台由上述硬件感知层、云平台中台和教学应用层三层构成，集成了高清示教、实验录播、电子实验报告、课堂巡检等核心功能模块。教师可通过主控端完成画面切换、录播控制、分布式课堂巡检等操作；学生通过桌面终端接收示教画面、调阅示范视频、提交电子报告。平台采用三级权限管理，教师、学生、管理员各有独立的操作界面与数据存储空间。以下从园艺实验教学的特殊需求出发，逐一说明各模块的功能配置及其客制化依据。

3.2.1. 高清分屏示教模块

讲台配备两台摄像机，一台以拍摄教师示教教学全景为主，一台以捕捉精细化示范细节为主。两台摄像机可以同步拍摄、分镜头同时播放，也可以只选择其中一个机位进行拍摄，拍摄方式可根据示范需要灵活调整。同时，教师可以灵活运用分屏演示模式提高课堂效率。教室大屏用于展示讲义等文字性内容，学生桌面终端同步显示教师示范性操作画面。学生可同步对照理论讲解与实操演示，建立理论与操作之间的直观对应。示教视频根据需求上传至智慧云平台，学生与教师可随时调出学习。

这一配置是基于园艺实验教学的特殊需求设计的。感官品质评价中，教师需要同时展示瓜果样品的整体形态和切面的微观细节，单一机位无法兼顾“全局”与“细节”两个层面的观察需求。全景摄像机记录操作的整体流程，如持刀姿势、切分角度、样品摆放等，使学生建立操作的整体认知；近景摄像机则聚焦于切面特写，将果肉纹理、果心边界、种子排列等关键特征放大呈现。两台摄像机可同步拍摄、

分屏推送，也可根据教学需要单独启用，灵活适配不同教学场景的示教需求。

3.2.2. 全程操作录播模块

每个工位安装独立高清摄像头，与教师端摄像机同步接入云端录制系统。教师示范的标准操作视频，实时推送至学生智慧云课堂账号；学生可在实操过程中随时调出对照，边看边做。学生独立操作时自主开启个人录制功能，将完整操作过程录制成视频，实时上传至个人账号。录制过程中还可同步拍摄关键操作节点的静态照片，如糖度计读数稳定时的数值、切面展示时的果心比特征等。所有视频支持分段回放与倍速调节，学生课后可针对掌握不扎实的环节反复观看。视频用于回溯完整流程，照片便于在报告中直接引用，两者形成互补。

录制功能设计为学生自主开启，考虑到本课程的特殊性。一次实验课涉及糖度、硬度、酸度等多个测定环节，各环节操作区域不同、时长不等。自动录制会产生大量无效画面，增加存储负担和检索成本。由学生在开始独立操作时按下录制键、结束后停止上传，既能完整记录关键操作过程，又避免了资源浪费。

3.2.3. 分布式巡检模块

教师在主控端开启课堂巡视模式，学生工位的实时操作画面会按设定节奏自动轮巡，或按照教师设定显示于教室大屏及教师机位，教师无需走动即可掌握全班实验情况。发现学生操作不规范或存在安全隐患，教师可即时通过系统提醒纠正；对于标准的操作，教师可以把该机位画面同步推送至所有学生端，作为现场示范案例供全班观摩学习。所有课堂影像长期留存，便于事后回溯。

3.2.4. 多媒体电子报告模块

电子报告模块支持多种形式的资料上传，包括文档、图片、视频等。教师可以根据课程需要，选用园艺专业通用的电子实验报告模板，也可依据课程特色自行设计模板，或完全开放由学生自由发挥。学生在智慧实验室系统中录制的操作视频或拍摄的照片，可直接导入实验报告；手机、电脑等设备中的资料也可便捷上传至系统。电子报告系统支持学生以多样化的方式表达实验过程与结果。教师在批改报告时，可综合参考学生的操作影像、实验数据与报告内容进行多角度评价。

四大模块的架构配置，围绕园艺瓜果类蔬菜产品品质评价课程的教学特性与特殊需求开展定制化设计。感官品质评价中，切面细节的精细化观察需要近景微距拍摄来完成；课堂空间有限导致的后排学生看不清楚问题，通过分屏推送得到了解决；操作过程的可追溯性与课堂效率之间，学生自主录播实现了平衡；多工位、多仪器交替操作场景下的安全监管需求，则通过巡检系统的画面轮巡设计来回应。四个模块的底层数据相互打通，示教、练习、监管、评价各环节的信息在同一平台内贯通流转。

3.2.5. 当前功能边界与后续可能方向

上述四个模块的功能定位均聚焦于教学信息的采集、传输、存储与人工调阅。当前系统的智能化水平处于辅助人工阶段。云平台已完成视频的存储、回放与检索功能，但尚未搭载 AI 视觉识别模块。经过多个学期的运行，平台已积累了一定规模的学生操作录像，为后续探索基于计算机视觉技术的操作行为识别与教学分析提供了数据基础。这是一个可能的方向，值得在实践中逐步推进。

4. 全过程追踪模式课堂落地实施路径

“瓜果类蔬菜产品品质评价”实验课程的教学流程涉及样品准备、感官品鉴、理化指标测定等环节。以下以该课程的一次典型实验课为例，按教学推进的自然顺序，逐环节阐述“全过程追踪”理念的落地实施路径(见图 1)。

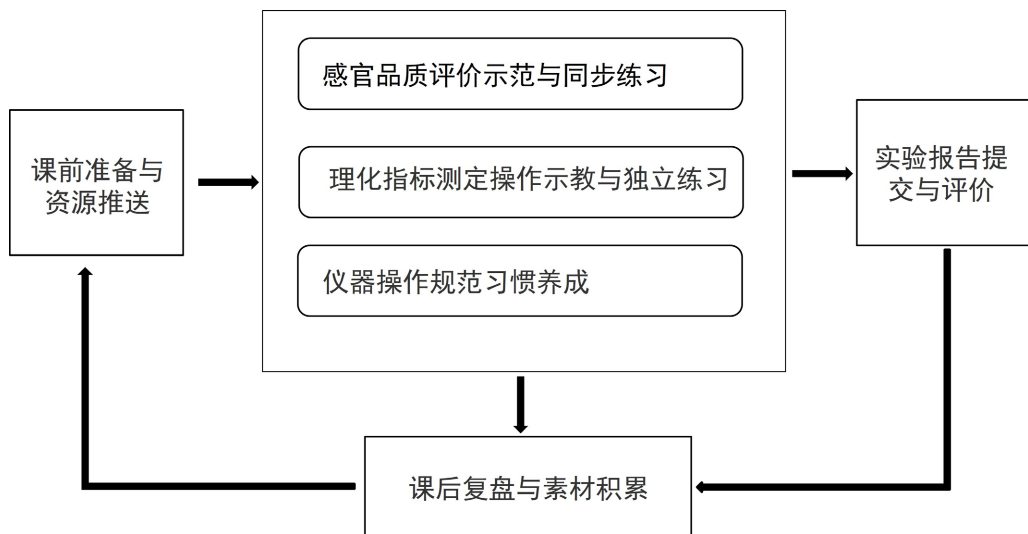


Figure 1. Implementation path of whole-process tracking mode in classroom teaching
图 1. 全过程追踪模式课堂落地实施路径

4.1. 课前准备与资源推送

实验课前一周，教师将课程内容、重点、难点等，推送至学生的智慧云课堂账号。学生提前观看，对整体实验设计与具体内容形成初步印象，同时了解需要特别注意的操作节点。

4.2. 感官品质评价示范与同步练习

感官品质评价是本节课的第一个教学模块，主要包括不同瓜果品种外观色泽判别、果形观察与剖面结构比较。教师选取三个不同品种的瓜果样品置于讲台操作区，依次进行横切与纵切，引导学生观察果皮色泽差异、果形指数、果肉厚度、果心比及种子分布等指标。

传统方式下，教师在操作台上切分样品，然后举起来向学生展示剖面，外围学生很难看清果心与果肉交界处的细微差异。若教师端着样品在教室中走一圈，则时间被拉长，学生注意力容易分散。

而在智慧实验室中，全景摄像机记录教师横切与纵切的完整动作，近景摄像机对准切面，捕捉果肉纹理、果心比、种子排列等关键特征。讲义与操作画面同步推送到学生的桌面终端。教师切开一个样品，学生即可在屏幕上同步看到切面的高清特写——横切面上果心与果肉的边界、纵切面果腔的深度、不同品种果肉色泽的差异。教师将多个品种的果蔬切面并排展示，引导全班同步观察比较。讲解完毕后，每组学生领取各自品种的瓜果样品，在工位上进行横切与纵切操作练习，拍摄切面照片留存。

4.3. 理化指标测定操作示教与独立练习

理化指标测定主要包括糖度、硬度、色差三项指标。教师在讲台摄像机位依次进行糖度计校准、硬度计操作、色差测量的分步示范。

以糖度测定为例。数显糖度计的操作流程主要有校准、测量、清洁三个环节。棱镜表面的清洁程度与干燥状态、蒸馏水的滴加量，共同决定零点校准的准确性。测量过程需要注意样品汁液要完全覆盖棱镜检测区域，不得夹带气泡。若覆盖不充分或存在气泡，仪器检测到的折射率会低于实际值，导致读数偏小。同时样品汁液不宜在空气中暴露太久，最好是现取现测。测量完成后，棱镜表面的糖液残留须及时冲洗并擦净，否则干涸后形成的结晶附着物会损伤棱镜表面，影响后续测量的透光性和准确性。

全景摄像机拍摄教师示范操作的整体场景，近景摄像机则以拍摄棱镜表面状态、液滴滴加方式等操

作为主，这些画面实时推送至学生终端并同步录制。学生观看后再进行自主练习，可将教师示范视频与自己当前操作画面并列显示，边看边做。

4.4. 仪器操作规范习惯养成

以糖度测量为例，实验完成后，教师提醒学生使用蒸馏水清洁棱镜表面的残留果汁，并擦拭干净。课堂巡检画面显示一名学生测量结束后直接将糖度计放回实验台，棱镜表面明显可见果汁残留。教师立即提醒该学生改正。学生需用蒸馏水冲洗棱镜，用擦镜纸单向轻轻擦拭干净，确认表面无残留后将仪器收好。

其他仪器的规范操作同样通过课堂巡检画面逐项确认。硬度计使用完毕后，应将探头复位，清洁仪器表面；游标卡尺归零后收纳。上述操作环节均通过课堂巡检画面逐一核实，确认无误后学生方可离开。

4.5. 实验报告提交与评价

实验报告以电子形式提交，报告内容涵盖文字描述、数据表格、操作照片及视频片段。文字部分记录实验过程、测量数据等常规内容。照片展示样品的色泽、形状、横切面与纵切面的实际状态、硬度等测量结果；视频留存糖度计校准、硬度计探头下压等关键操作步骤的影像记录。学生可以从个人云课堂账号中直接调取本节课拍摄的操作录像或照片，也可上传手机拍摄的补充素材，附于电子实验报告中。教师审阅报告时，文字描述、数据表格、照片与视频共同构成评价的完整依据。数据可靠性有了更客观的参照。

4.6. 课后复盘与素材积累

课后，学生可根据需要调取个人操作录像或教师示教资料，针对掌握不扎实的环节回看复习。教师可将本节课采集的规范操作片段与典型偏差片段分类保存，存入课程资源库。经过多个学期的持续积累，资源库逐步覆盖课程的关键操作节点。这些素材全部来源于本校课堂，更贴合自身的教学内容、仪器型号和实验条件。

5. 模式应用实践总结

经过“瓜果类蔬菜产品品质评价”实验课程的教学实践，该模式在以下几个层面体现出应用价值。

5.1. 全过程追踪对教学逻辑的重塑

智慧实验室引入后，教学中的几个基本关系发生了变化。

师生之间的信息不对称程度降低。传统课堂中，教师掌握标准操作的全部细节，学生只能靠课堂观看和课后回忆来还原操作流程。教师操作示范时学生看似记住了，但实际操作时很多细节已经模糊。学生缺少客观依据判断自己的操作是否准确。录播资源和分屏对照功能提供了一份可随时查阅的标准参照，学生不用完全依赖记忆来还原课堂内容，可以直接调取示范视频逐段比对。

教师反馈的时滞被大幅缩短。课堂巡视受限于教师人数，学生操作中的偏差往往要等到课后批改报告时才能发现，此时距离实验操作已经过去数天，学生很难准确回忆当时的状态。反馈与操作之间的脱节，使纠正的效果大打折扣。巡检系统让教师能够在操作过程中发现偏差并即时提醒，学生当场调整，问题在发生时即被处理。反馈从课后延迟变为课中即时，反馈机制本身的属性随之改变——从事后追溯转向事中校正。操作偏差若未能及时纠正，影响的不仅是数据的准确性，也可能带来设备损坏等安全隐患。课中即时反馈在保障数据可靠的同时，也降低了因操作偏差累积而引发安全事故的风险。

评价的指向从结果延伸到过程。纸质报告只能呈现结果，无法说明结果是怎么来的。同一组数据，

可能出自规范操作,也可能出自错误操作后的人为修正,教师缺少判断的依据。录播和照片使操作过程变得可见,教师能够区分操作规范但数据不理想和操作不当导致数据异常,评价不再局限于结果本身,而是将过程纳入考量范围。这一变化的意义在于,评价的指向从写得对不对转向做得对不对,后者才是实验教学真正应该关注的核心能力。

教学资源的积累方式发生变化。教师积累教学素材通常需要专门抽出时间录制示范视频或整理案例,资源建设与日常教学没有整合。智慧实验室运行后,每一节课都在同步产出教学素材——规范操作的片段、学生常见偏差的记录、课堂中即时生成的示范画面。这使得教学与资源积累从分离走向同步,课程资源库在常规教学中持续累积。资源建设从附加任务变为教学的自然产出。

5.2. 本模式的设计逻辑与一体化特征

本模式与单一功能智慧教学方案的核心区别在于设计逻辑的不同。单一功能方案是在既有教学流程上叠加技术工具——装一个录播设备用于课后回看,装一个示教设备用于课堂演示,各设备之间没有数据流通,各自解决各自的问题。本模式则将四个模块整合在同一底层数据平台上,使示教、录播、巡检、评价共用同一画面来源。同一段操作影像,课后可供学生回放复习;课堂进行中,教师可随时调取任意工位的实时画面进行观察;发现规范操作案例,可一键推送至全班作为示范;最终所有影像资料汇聚为评价依据。数据从采集端开始便在体系中自然流转,教师不需要在多个系统之间切换,只需在连贯的教学流程中完成授课、观察、反馈与评价。四个模块围绕同一教学闭环协同运转,而非各自为政地完成单一任务。这种一体化设计使有限的课堂数据在多个教学环节中反复发挥作用,避免功能模块之间的割裂与重复建设。

5.3. 新模式对教师信息化教学能力的新要求

课堂巡检、画面推送、录播回放、电子报告批改等功能的落地,对教师的操作习惯与课堂节奏均提出了新的要求与挑战。

以往教师上课,打开投影仪、调试仪器,即可进入教学流程。而面对智慧云平台,教师需要熟悉各功能模块的位置与调用方式,比如示教画面怎么切入、分屏显示如何操作、巡检画面如何设定等等。操作步骤并不复杂,但需要经过一段时间的反复熟练才能形成稳定的习惯,以不影响课堂节奏。

课堂节奏也会随之改变。教师在课堂上的注意力分配、信息获取方式均与以往不同。传统教学需要教师多次反复讲解仪器使用要点与实验注意事项,智慧教室环境下学生可以对照示范操作随时观摩学习;传统教学要求教师在学生操作期间不停地穿梭于教室中答疑以及防止实验安全事故发生,智慧教室环境下教师可通过课堂巡视及时发现问题、解决问题等等。教师需要逐步摸索出一套与之匹配的节奏:什么时段进行课堂巡检、什么时候集中讲解等等,需要在实践中慢慢积累判断经验。

初期教师可能感到不顺手,或不自觉地沿用旧的方法。只有在持续使用中逐步形成新的操作惯性,将各项功能自然融入教学常规,系统的价值才能真正发挥出来。这一过程无法通过一两次培训完成,需要在真实课堂中反复试错和磨合。

6. 实践落地现存局限、适用边界与数据安全考量

实验教学改革中,硬件设备的安装与功能上线在项目周期内有明确的完成节点,但改革能否真正落地并持续运转,取决于一系列超出技术本身的现实条件。教师能否主动调整固有课堂节奏适配智慧教学工具、课堂留存的操作影像素材能否系统梳理并优化教学、学生实验影像采集是否建立完善隐私管理规范,以及该教学模式适配的课程与实训场景范围,直接决定改革仅停留在项目试点,还是能够稳定融入日常教学。相较于硬件平台搭建,上述人文、管理、课程适配层面的因素,对改革长效实施效果影响更

为深远。下文从教师适配、教学素材利用、影像隐私管理、模式适用边界四个维度展开论述。

6.1. 教师适应的局限性

教师对新系统的适应需要时间。长期形成的教学习惯具有较强的惯性，新系统嵌入后，教师需要在讲授的同时兼顾画面切换、录播启停、巡检调取等操作，对注意力的分配提出了新要求。部分教师对平台各功能模块的整体理解尚不完整，使用主要集中在示教环节，对录播素材的课后分析、巡检画面的留存、历史视频的对比调用等功能涉及较少。多数教师习惯将精力放在内容设计上，较少考虑哪些环节适合推送画面、哪些时机适合开启录播，使得课堂中的技术应用缺乏前期规划。这些能力的养成无法靠一两次培训完成，需要在持续使用中逐步积累。

6.2. 数据利用的局限性

经过多个学期的积累，云平台中存储了大量学生操作录像，涵盖不同学生、不同环节的完整操作过程。这些素材理论上包含了丰富的信息：哪些步骤容易出错、哪些环节失误率较高、学生在哪些操作上反复出现同类问题，这些对于理解教学难点、优化课程设计具有参考价值。但就目前的使用状况来看，这些数据主要用于学生个人复习查阅，尚未被系统性地梳理和分析。其档案保存的意义远大于教学研究意义上的使用。主要障碍在于两方面：一是教师日常教学任务繁重，难以抽出专门时间对大量视频进行分类整理和系统分析；二是目前缺乏明确的分析框架和观察维度，面对大量素材时不知道应该从哪些角度切入。后续如果能有计划地组织教学团队，对积累的视频资源进行分类整理和专题分析，从中识别实验教学中的难点分布和学生操作中的共性偏差，或许能更有效地反哺教学内容调整和课程设计的优化。同时可探索引入计算机视觉技术，对积累的操作视频进行自动识别与分类分析，从中提取学生操作的共性偏差特征，辅助教师定位教学难点。这是一个可能的方向，值得在后续实践中进一步探索。

6.3. 数据安全与隐私保护的保障机制

实验课程录播涉及学生操作全程影像记录。本课程从账号权限、存储方式和知情告知三个层面做了保障。

权限方面，每位学生拥有独立账号，只能看到自己账号下的录像，其他学生的内容不可见。授课教师可以查看所授班级学生的实验报告及其中附带的操作影像，无权浏览学生账号内未经提交的其他录制内容。平台技术人员负责后台系统维护，按照校园网络安全管理规定执行运维，不具备查看录像内容的权限。所有跨权限的数据访问都需要经过教学团队审批并留操作日志。

存储方面，所有视频资源存储在学校统一管理的校园云盘中，不传输至校外第三方平台，物理存储和访问链路均在校内网络环境中完成。学生操作视频在课程结束后保留一个学期，超期后由系统自动归档清理。

学期初向学生说明录播功能的用途、存储方式和使用边界。录播功能由学生自主决定何时开启、录制什么内容。

6.4. 模式的适用边界

该模式并非适用于所有实践教学场景。根据课程类型的不同，适用性可分为三种情况。

室内固定工位、以精细操作为核心的实验课程，以及中小型仪器操作演示类教学适用。如园艺产品采后处理、食品感官品鉴等，操作步骤多、细节要求高，传统教学下后排学生难以看清示范，录播和分屏示教能够有效解决这一问题。对于光合仪、酶标仪等仪器的操作教学，学生虽不需要同步操作练习，但仪器面板复杂、操作流程长，教师演示时通过近景摄像机将细节推送至每个学生终端，学生同样受益

于“全员可见”的示教效果，课后也可调出视频复习。

大田实践、室外实训等场景中，学生分散在不同位置，无法安装固定摄像头和终端设备，全程录播和分屏示教难以实现。以小组讨论、课程设计为主的教学环节，不宜照搬该模式。

该模式的实施需要具备双摄像机系统、工位摄像头、桌面终端等基础硬件，以及能够支撑多路视频传输的校园网络环境。

7. 结论

实验教学的数字化转型，本质上是课堂信息流动方式的改变。本文针对瓜果品质评价实验教学中长期存在的示教盲区、过程难溯、安全死角、评价单一等问题，构建了集高清示教、全程录播、分布式巡检、多媒体电子报告于一体的全过程追踪教学模式。四个功能模块共享同一底层数据平台，使录制、巡检、示教、评价各环节的信息得以贯通流转——同一段操作影像，课后可供学生回放复习，课堂进行中可切换至巡检界面观察各工位动态，发现规范操作可即时推送全班作为示范，最终所有画面汇聚为评价依据。数据在体系内自然流动，教师无需在不同系统之间切换与搬运，这正是全过程追踪的核心。

在技术方案的客制化方面，四个模块的配置均针对园艺实验教学的特殊需求进行了针对性设计：近景微距拍摄服务于切面细节的精细化观察，分屏推送消除了围观失效的课堂空间限制，学生自主录播兼顾了操作过程的可追溯性与课堂效率，巡检系统的轮巡设计则回应了多工位、多仪器交替操作的安全监管需求。

然而，设备安装到位只解决了有没有的问题，用得好不好取决于教师是否愿意调整原有的课堂节奏、是否能在日常教学之外投入精力熟悉系统功能。目前实践中暴露出的使用熟练度不足、评价标准尚未细化、视频素材的教学分析价值未被充分挖掘等问题表明，技术与教学的深度融合仍然需要一个持续磨合的过程。

在数据利用层面，后续可探索引入机器学习与计算机视觉技术，对海量操作录像进行行为识别与自动评分、操作流程完整性检测与共性偏差挖掘，推动数据分析从人工判断向智能辅助升级。同时，须同步建立完整的伦理框架，包括知情同意、匿名化处理、分级访问授权、数据存留期限与销毁政策，确保学生隐私和数据安全得到有效保障。在技术发展层面，可在现有轮巡监看系统的基础上探索叠加 AI 视觉识别算法，推动巡检功能从“人工监看”向“人机协同”逐步升级。

未来可在持续使用中逐步积累经验、完善配套标准，使技术真正服务于教学本身。

基金项目

西北农林科技大学本科实验教学改革研究项目(SY202401006)；西北农林科技大学本科实验教学改革研究项目(SY202401005)。

参考文献

- [1] 杨九祥, 李明, 王荣, 等. 高等级生物安全实验室智慧化管理平台开发及关键技术研究[J]. 暖通空调, 2025, 55(8): 66-71.
- [2] 汤志伟, 黄亮, 施书彬. 基于物联网和神经网络的实验室安全智慧化管理系统[J]. 实验室研究与探索, 2025, 44(1): 249-255.
- [3] 金蓉, 黄冲平. 研究型大学大农类实践教学基地信息化建设的实践与探索[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(8): 25-28.
- [4] 韩勇, 费攀峰, 霍迎秋. 大数据时代智慧农业实验室管理创新策略研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2024, 55(3): 427-432.
- [5] 胡国强, 张森, 王敏. 智慧实验室“三融一新”模型构建及实践探索[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(10): 215-220.

- [6] 张丹, 崔光佐. “互联网 + 教育”背景下高校智慧实验室的构建[J]. 现代教育技术, 2019, 29(6): 122-126.
- [7] 洪艳坤, 万振环, 郑亦菲, 等. 新医科高校智慧实验室系统的构建及应用[J]. 医学信息学杂志, 2022, 19(4): 575-580.
- [8] 禰汉元, 周江, 肖荣军. 智慧实验室在大学物理实验课程中的建设探索与应用实践[J]. 科技资讯, 2022, 20(16): 151-154.
- [9] 刘建明, 咸琳涛, 刘晓兰, 等. 程序设计类课程“个性协同化”智慧实验教学改革探索[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(12): 179-183.
- [10] 王秀云, 王春燕, 宿艳, 潘玉珍, 崔淼, 谭大志, 姜文凤. 生态化 + 智慧化实验教学模式探索与实践[J]. 实验室科学, 2023, 26(1): 96-98.
- [11] 聂文博, 焦世惠, 陈亮, 等. 我国智慧实验室研究的热点、演进和趋势分析[J]. 实验室研究与探索, 2025, 44(11): 178-183.
- [12] 吴青林, 王焱. 基于“云计算 + 物联网”的高校智慧实验室探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(2): 226-230.