产教融合促进分析化学课程建设的创新与实践

田 甜 刘骏先 杨健杭
沈阳工程学院，辽宁 沈阳 110136

[摘要]分析化学课程的主要产出就是学生完成检测任务的实验技术能力,但是目前教学与产业检测实践的操作规范、流程意识、数据质量控制等存在差距。基于产教融合的课程建设，是以实验技术训练与产业检测标准的实质性对接为起点，从基础操作规范与检测标准的逐项对标、阶梯式实验项目对检测全流程的拆解训练、校内实训平台的企业化配置和双师操作指导、以操作规范、过程记录、仪器维护为核心的考核方式调整，形成技术规范可执行、训练过程可观察、能力水平可检验的课程建设路径。

[关键词]产教融合；分析化学实验；实验技术
DOI：10.33142/fme.v7i10.20716 中图分类号：G64 文献标识码：A

Innovation and Practice in Promoting the Construction of Analytical Chemistry Curriculum through the Integration of Industry and Education

TIAN Tian, LIU Junxian, YANG Jianhang
Shenyang Institute of Engineering, Shenyang, Liaoning, 110136, China

Abstract: The main output of analytical chemistry courses is students' experimental technical ability to complete testing tasks, but there is currently a gap between teaching and industrial testing practices in terms of operational norms, process awareness, data quality control, etc. The curriculum construction based on the integration of industry and education starts from the substantive connection between experimental technology training and industrial testing standards. It involves benchmarking basic operating norms and testing standards one by one, dismantling and training the entire testing process through step-by-step experimental projects, enterprise oriented configuration of on campus training platforms and dual teacher operation guidance, and adjusting the assessment methods with operational norms, process records, and instrument maintenance as the core, forming a curriculum construction path with executable technical norms, observable training processes, and verifiable ability levels.

Keywords: integration of industry and education; analytical chemistry experiments; experimental technology

引言

产教融合在课程层面容易形式化，校企协议签署、基地挂牌不能自动转化为学生实验技术水平的提高。分析化学课程的实践性主要表现在滴定、分光光度测定、色谱分离等操作上，在检测机构中受方法标准、质量体系、数据溯源等要求的影响。学生课堂测定与检测岗位所要求的操作，差距一般不在于原理的理解上，而在于取样代表性、器皿洗涤等级、空白控制、原始记录书写、仪器状态判定等细节上。将产教融合下沉到实验技术训练层面，课程建设重心应该从是否与企业建立联系转向检测现场的规范要求是否进入每一个操作训练环节。

1 分析化学实验技术教学现状与问题

分析化学实验教学长期以来以验证性项目为主，训练目标重在测得准，缺少对怎样操作才规范的统一标准和可检验的尺度。学生做滴定分析时终点颜色判断和读数方法不同，使用分光光度计定量测定时比色皿配对、预热时间、标准曲线浓度点设置没有与检测方法标准相对应的要求。这种差别在基础教学阶段不能被察觉，但是进入到检测岗位之后，操作细节上的不同就会立刻反映到数据的质量上。

深层次的问题就是实验训练和检测的过程存在着结构上的分离。检测机构的一项常规工作就是样品接收和登记、方法确认、试剂和标准溶液的核查、仪器状态的检查、测定、数据审核、报告签发等，其中大部分环节在现有的实验课中并没有出现或者只用教师代劳的方式略过了[1]。学生反复练习的是流程中段的测定操作，对于样品链的完整性、原始记录的同步性以及仪器条件的前置确认没有经

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

验。毕业生进入检测岗位的时候，技术能力的不足并不表现为不会做某项测定，而是表现为不习惯于在测定前确认系统适用性、不习惯于同步书写可追溯的记录。

产教融合的实践案例显示，把检测机构的标准操作程序、质量控制文件加入到课程内容中去，可以提高学生对岗位规范的理解，但是这些经验大多只停留在课程内容的增补上。实验项目编排逻辑仍然按照分析方法类型进行，而不是按照检测任务的技术流程来组织，使得学生在不同方法之间迁移时没有贯穿始终的操作规范主线。

2 产教融合背景下实验技术课程内容重构

2.1 基础操作规范与产业检测标准对接

分析化学实验基础操作在检测机构中都有相应的检测方法标准或者技术规范做依据，课程内容重构第一步就是把操作要求从教师经验转变为标准条款。标准滴定溶液的制备按照 GB/T 601—2016 的规定进行，包括基准物质的前处理条件、标定方法和浓度修约规则；数值修约和极限数值的判定依据为 GB/T 8170—2008。把标准条款嵌入到基础操作训练中，学生面对的不是老师要求怎么做，而是方法标准要求在什么样的条件下、用什么样的方式来完成这一步操作。

对接的具体做法就是编制与实验项目配套的操作规范卡，对每一个步骤的操作标准来源、关键参数以及允许偏差范围进行详细的说明。以邻二氮菲分光光度法测定铁为例，规范卡上应注明标准曲线浓度点数、线性相关系数下限、空白吸光度控制范围、比色皿配对方式、显色时间允许区间。学生进入实验前对照规范卡自查，实验过程中按照卡上记录的实际执行情况填写，把标准文本变成训练工具。上述从标准条款到操作规范卡、再到训练执行的内容重构路径如图 1 所示。

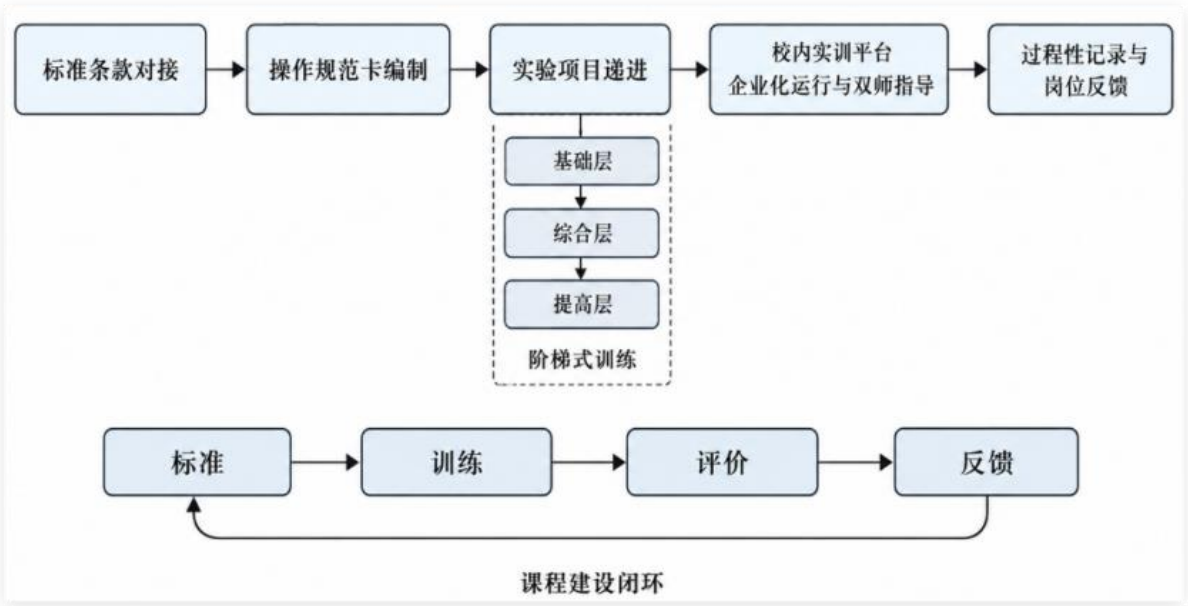


图 1　产教融合背景下分析化学实验技术课程内容重构路径图

2.2 阶梯式实验项目设置与检测流程训练

实验项目由原来的罗列方法转向了技术流程的逐级拆解。基础层保持经典的滴定和分光光度测定，把训练的重点从得到准确的结果前移到操作条件的确定和记录上，让学生自己完成标准溶液的配制、仪器的状态检查以及原始数据的同步登记。综合层以完整的检测任务为单位组织项目，给出企业实际样品检测委托，学生完成从样品登记、方法选择、标准曲线建立、测定到结果报告的全过程，每一步操作都指向相应的标准方法[2]。提高层加入异常情境处理，比如标准曲线线性不合格、空白值偏高或者仪器响应漂移，让学生不能依靠教师的提示去寻找原因，只能从操作记录中找出问题所在并给出改正建议。

三个层次的衔接是以学生在检测过程中所承担的技术责任为标准，即基础层是操作步骤的负责、综合层是数据链的完整负责、提升层是偏差及其处理的负责，与检测机构从辅助操作岗到主检岗的能力发展路径相符合。

三个层次的衔接及其与检测流程技术责任的对应关系如图 2 所示。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

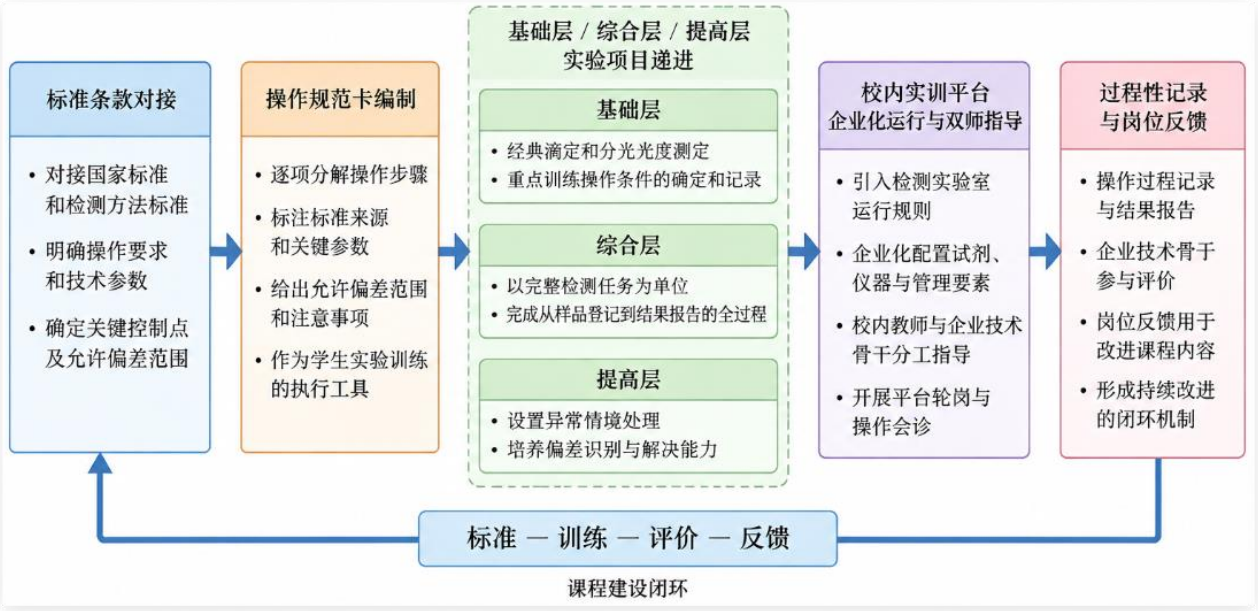


图 2　阶梯式实验项目与检测流程技术责任递进关系图

3 实验技术教学的实施条件建设

3.1 校内实训平台的企业化配置与运行

校内实验教学平台和检测机构实验室的差别不只是仪器型号不同，更主要的是运行规则不同。企业化配置的核心不是购买高端设备，而是把检测实验室的管理要素引入到日常的教学运行中去，试剂瓶标签上注明配制日期、浓度和配制人，标准溶液标定记录留作备查，仪器使用日志记载开机状态、测定条件和关机时间，废弃液分类存放并登记。不需要额外的花费，但是必须把它们作为课程教学中的一项实验技术训练内容来培养学生的实践能力。

运行层面的重要设置就是平台轮岗。学生轮流担当试剂管理、仪器开机检查、废液登记等辅助技术工作，每一个工作都必须有任务清单和确认签字的过程。轮岗让学生体会检测流程里技术环节之间的联系，试剂管理出错会直接导致测定结果不可靠，仪器使用记录不完整会造成异常数据无法追溯。

3.2 企业实践环节的实验技术岗位衔接

企业实践环节容易流于表面的参观式见习，原因是学生进入企业之前没有完成岗位基础操作的技术准备。解决此问题要将企业的实践时间点往后延，和校内训练的阶段相衔接，即学生完成综合层实验项目并取得操作规范考核合格之后，到企业检测岗位去实践不少于四周的时间，实践内容限定为与校内训练有直接对应的技术任务，比如按照标准方法完成样品前处理、在带教师傅的指导下进行仪器测定、整理原始记录并参与数据复核。

学生在实践结束后技术评价没有笼统表现分，而是一张实际操作项目表、操作数量表、操作偏差类型表和纠正情况表。评价结果返回到课程团队之后，可以用来对比校内训练内容的缺失或者薄弱之处，使企业实践成为实验技术训练链条中的一部分可以被反馈的环节。

3.3 双师指导下的实验操作规范化训练

双师指导在实验技术训练中有效的形态并不是两位教师同时在场，而是理论教师和企业技术骨干在操作规范的解释和示范上形成分工。校内教师对原理、标准条款进行讲解，企业技术骨干对检测现场条件下操作变通及边界进行演示。以滴定操作为例，企业技术骨干介绍实际检测中遇到有色样品或者浑浊样品时终点判断的替代方案及适用条件，校内教师引导学生参照方法标准判断该替代方案是否在允许范围内。

可操作的双师训练安排就是设置操作会诊环节，学生在综合层项目中出现的操作偏差，先由校内教师根据规范卡初步判断，涉及标准执行中的模糊地带或者产业现场的特殊情形，提交企业技术骨干在线上或者现场解析。会诊记录按偏差种类分类存放，渐渐塑造起契合本课程操作边界的情况资料库，将双师指导由示范性活动变成嵌入到日常训练中的一次次纠偏进程。

3.4 虚拟仿真辅助高成本仪器实验的补充机制

液相色谱-质谱联用仪、电感耦合等离子体质谱仪等

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

大型仪器在本科实验教学中台套数和机时的限制短时间内无法改变，虚拟仿真的合理定位是补充操作认知而不是取代实际操作。补充机制的设计要点是仿真训练和实际操作的衔接，仿真环节完成样品前处理流程的认知、仪器参数设置的条件实验和典型故障情境的判断训练，实际操作环节集中在学生通过仿真建立操作序列概念之后，以有限机时完成关键步骤的动手训练。

仿真训练效果的好坏，是由它和真实操作的可迁移性决定的。课程中可以使用的约束是仿真项目考核标准和真实操作规范卡使用相同的参数指标，参数设置有误或者前处理顺序颠倒就判定为不合格，必须重新完成。仿真成绩不单独计分，是取得实际操作资格的前置条件。

4 实验技术能力的考核与改进

现场考核的基本形式就是学生在规定时间内完成一个事先没有完全告知条件的操作任务，考核者根据观察量表来记录操作序列是否完整、关键动作是否规范、数据记录与操作是否同步。量表条目直接来源于操作规范卡，每一个条目都具有一个符合规范的条目、一个存在偏差的条目、一个未执行的条目，并且有简要的证据说明。数据质量不是单独作为评分项出现的，它是操作规范执行的累积结果被考察的对象，如果标准曲线相关系数或者平行测定相对偏差超过规范卡允许的范围，考核者会回到操作记录中去查找偏差产生的原因，是由于操作序列中的某个步骤导致的还是样品本身的性质造成的，把数据质量同操作过程放在同一个评价链条上。考核维度的框架见表 1。

4.1 企业检测流程中的过程性记录评价

综合层、提升层项目的学生在提交结果报告的同时，还应提交与检测过程同步产生的原始记录，即样品接收信息、试剂及标准溶液批号、有效期检查记录、仪器使用前后状态确认记录、测定过程中出现异常现象及处理措施[3]。企业技术骨干参与评价的方式为抽样复核，从学生原始记录中随机选取一定数量的文件，对照检测机构记录规范来判断信息是否完整、修改留痕是否规范、数据是否可以追溯，并将复核意见用记录偏差类型的形式反馈给课程团队。课程团队据此调整训练重点，比如多份记录表明学生在仪器状态确认环节经常省略了基线稳定性检查，那么下一轮教学就会在该环节增加独立的操作自查节点。

4.2 仪器维护与故障处理的阶段性考查

仪器维护和故障处理在传统的实验考核中常常被忽略，但是检测岗位对技术人员有明确的要求，即能完成所用仪器的日常维护保养，并对常见的故障进行初步的判断。阶段性的考查放在实验项目间隙进行。每个仪器分析模块完成后进行 30min 的维护操作考查，内容只限于该模块所用仪器的一级维护项目，即分光光度计光源检查和波长校准、气相色谱仪进样口隔垫更换和衬管检查、液相色谱柱冲洗和保存。

故障判断以情境题的形式出现，题面给出一组操作记录和仪器响应数据，要求学生找出最有可能的问题环节并说明判断依据。评分标准不重视正确答案的唯一性，重视判断依据是否来自于操作记录中的可观察信息，技术判断的可靠性来自于对操作过程以及仪器状态的持续观察。

4.3 毕业生实验技术岗位适应情况反馈

反馈工具是针对毕业一年内，从事分析检测相关岗位的学生所设计的一份简短问卷，条目直接对应课程训练的各个技术维度，在独立完成标准溶液标定时是否需要重新学习或者接受额外培训、在原始记录书写中是否因为不符合机构质量体系的要求而被要求修改、是否遇到过由于仪器日常维护不到位而影响检测的情况。每个条目用频率判断，留出一栏请毕业生举出一个具体的技能应用情境[4]。反馈结果要同课程考核数据相互参照，毕业生反馈里原始记录不符合机构要求的频率高时，校内过程性记录评价中相关偏差类型也多见，就说明训练环节存在系统性问题，校内考核良好却岗位反馈反映适应困难的，可能是由于企业实践环节岗位衔接不够深入或者双师指导缺少产业情境覆盖。

5 结束语

产教融合促进分析化学课程建设的本质，并不是课程表面多了多少产业元素，而是实验技术训练的操作依据、流程结构、评价证据是否发生了可以检验的改变。把检测标准融入基础操作当中，让规范由经验表述变成条款参照；按照检测项目的实验项目，依照检测流程的技术责任范围重新组织，使阶梯递进具有岗位能力成长的对应意义；把考核重心从结果准确度转移到操作过程的可追溯性上。该路径是否有效并不在于有多少合作企业，也不在于仪器设备是否先进，而在于每一个训练环节是否有明确的规范标准、可以观察的行为和可以追溯的记录证据。当学生反复经历按照标准操作、同步记录、对偏差做出判断的过程的时候，产教融合就成为实验技术教学的内在组织方式。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

表 1　分析化学实验技术能力考核维度与证据来源

考核维度	核心观察内容	证据来源	评价方式
基础操作规范	量器洗涤与校准、标准溶液配制与标定、仪器预热与参数设置的操作序列完整性	现场操作观察量表；操作规范卡执行记录	三级判断，以关键步骤缺失或顺序错误作为主要扣分依据
数据质量与记录	原始记录的同步性、有效数字与修约规则的执行、平行样偏差与标准曲线参数的合规性	原始记录单；仪器输出数据与记录的一致性核对	回溯判定，数据异常时追溯至具体操作环节
检测流程参与	样品登记与流转、试剂与标准溶液核查、废液分类暂存等辅助技术岗位任务的完成质量	轮岗任务清单确认记录；平台运行日志	合格性判定，出现记录缺失或程序遗漏即为不合格
仪器维护与故障判断	日常维护保养操作的规范性；常见故障现象与原因的对应判断	阶段性维护操作考查；故障情境书面或口头解析	阶段性考查，以能否依据操作记录定位问题为合格标准

[参考文献]

[1]金丽花,张景,田磊,等.标准化理念融于大学分析化学实验课程的实践与思考[J].大学化学,2026,41(3):216-220.

[2]白燕茹,许丹桐.产教融合背景下高职环境监测专业分析化学课程教学改革探索[J].造纸装备及材料,2024,53(8):225-227.

[3]吉薇,蔡文韬,生书晶,等.产教融合视域下应用型仪器分析课程改革与多层次人才培养模式创新研究[J].中国食品工业,2025(21):131-133.

[4]金鹿,李俊芳,陈燕勤,等.产教融合背景下农林院校分析化学课程思政的探索与实践[J].大学化学,2026,41(4):121-126.

作者简介：田甜（1991—），女，汉族，辽宁沈阳人，讲师，硕士研究生，毕业于辽宁师范大学有机化学专业，主要从事水处理、化学分析与检测技术方向教学科研，开展电厂水处理、环境分析、化学检测相关工程实践，聚焦化学应用型人才培养。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.