



远程实验室：支撑环境与创新动力

——“中国远程教育学术论坛”综述

□ 本刊记者 郝丹



程教育学术论坛”。

与会的研究者与实践者从信息技术与教育深度融合的视角，围绕远程实验室与远程开放教育实践教学问题，结合浙江广播电视大学远程实验室建设的案例及其探索中的思考与感悟，就如何形成远程教育教学的支撑环境，如何为远程教育人才培养模式改革提供创新动力，展开学术研讨与交流。论坛由中央广播电视大学副校长、《中国远程教育》杂志主编严冰和浙江广播电视大学副校长龚祥国主持。正在杭州参加国家开放大学教学工作专题研讨会的近70位代表列席了此次学术活动。

严冰在论坛小结中指出，本次学术论坛从不同侧面、不同角度反映了远程实验室建设及远程教育实践教学体系建设的进展情况，尤其是新的探索和研究成果，并提出了许多值得进一步探讨的课题。实践教学体系建设是远程开放教育包括作为新型大学实体的开放大学的基本建设，远程实验室是推进实践教学体系建设的重要切入点和突破口。关键问题是在实践教学中探索信息技术和教育教学深度融合的实现路径，为远程教育包括开放大学人才培养模式改革提供支撑环境和创新动力。浙江广播电视大学十年来持之以恒的探索及其取得的成果，可以给予我们许多有益的启示，有些方面的探索是有引领和示范作用的。

上篇

**方志刚（浙江广播电视大学党委书记，校长）：
在开放大学建设的统筹规划中推进远程实践教学**

远程实践教学是指借助网络服务平台、网络实验室、虚拟实习、网络虚拟设计等平台和技术开展的虚

拟实践教学活动。为远程实践教学提供技术支撑，首先要优化远程实践教学的环境，其次要利用信息技术在远程开放实验系统上实现资源的高度共享和数据的深度挖掘，最后还需要组建研究团队，对相关问题进行技术攻关。

在远程教育系统内推进实践教学工作，需着力在以下几个方面解放思想、力求创新。



严冰



方志刚



蔡祥国

其一，以实践育人推动开放教育人才培养创新。校内与校外、网上与网下、现实与虚拟等多处融通，多方面创造实践教学的条件，搭建能够助力实践教学开展的教学与实训条件。

其二，以综合课程实践教学推动开放教育课程体系创新。公民参与终身学习的最主要动力来源于应对就业和谋生的压力，成人学习者更多是基于自身需求、自身经验和个人理解的，面向生活回归地学习。因此，开放教育的课程设置首先需要考虑陈述性知识与程序性知识的配比问题，尽量弱化前者，强化后者。

其三，注重开放教育实践教学模式与方法的创新。实践教学模式的构建应该遵循五大原则，即：课程性原则、创新性原则、融合性原则、层次性原则和规范化原则。

其四，注重开放教育实践教学运行机制的创新。开展实践教学的体系运作研究，要科学合理地构建实践教学内容体系，建立健全完备的运行机制。在实践教学的内容体系方面，尽可能考虑学生群体的知识水平差异以及学习需求，努力构建一套全程化、层次化、多元化、综合化的完整实践教学内容体系。实践教学的运行机制方面似乎更应该得到充分的认识与强调。

总体来说，运行机制的构建至少包括五个大的方面：实践教学的领导机制；实践教学的管理机制；实践教学的评估机制；实践教学的激励机制；实践教学的保障机制。只有这五个方面的工作做好了，实践教学的运行才能顺畅有效地开展。

实践教学问题虽然已属老生常谈，但如果不能将之放在开放大学建设的统筹规划中给予充分重视，实践教学问题必将在相当程度上阻碍远程教育教学改革进程，不利于开放大学的整体实施与系统推进。借力现代信息技术与实践教学的深度融合，突破远程教育教学领域内原有思想观念对实践教学的束缚，推动实践类课程、实践类教学活动的发展与实施，在开放教

育、开放大学建设的整体框架下，进行一些前瞻性的思考，探索出较为可行的路径，将是推动实践教学发展和开放大学建设工作的需要，也是当前信息化时代对于现代信息技术综合有效地运用于实际教学工作的需要。

蔡祥国（浙江广播电视大学副校长）：构建开放大学实践教学环境，推进开放教育教学改革

浙江电大希望通过远程开放实验室的建设和应用，在实践教学上有突破，在关键技术上有创新，并形成在实践教学领域可持续发展的实验、实践课程体系，解决学校目前普遍存在的规模与质量的矛盾，克服实验资源不均衡、创新能力不足等问题，为构建现代远程教育创新体系、培养创新性人才提供一个高效的实践教学手段和环境。

建设远程开放实验平台，有五点意义：第一，可接入、整合浙江广播电视大学现有及第三方课程实验项目；第二，能够规范实验教学的管理，解决当前实验教学软硬件单一、零散、孤立等问题；第三，能够使各类实验项目具备统一的操作模式和管理方式，以方便学生进行远程实验；第四，还可支持教师对学生课程实验进行远程教学与辅导；第五，能打造统一而便捷的实验管理平台。

浙江电大远程开放实验平台迄今已经获得了8项奖项。依托这一平台，还产生了十余篇学术论文。所有这些成绩，都是我们在整个实验室建设、试运行过程中对教学改革思考或对教学改革的推进。关于构建开放大学实践教学环境、推进教学改革，我有以下四点思考。

首先是构建开放大学远程实践教学系统，引用严冰副校长的话，“实践教学体系建设无疑是开放大学作为新型大学实体非常重要的教学基本建设，包括实践教学制度、实践教学条件建设，而实践教学条件建设又包括实践教学资源、实践教学环境、实践教学团队、实践教学基地等方面的建设。”。



第二是建立开放大学远程实践教学运行机制。这是由电大办学和管理的特点所决定的。实践教学的建设与运行也有其自身的复杂性和特性，而运行机制包括实践教学的领导机制、管理机制、评估机制、激励机制和保障机制。

第三是推进信息技术与远程教育的融合。开放大学的实践教学要主动适应并且能够在某种程度上促进这种融合，使学习者的学习过程成为体验信息技术的过程，成为形成和提升利用信息技术的意识、习惯和能力的过程。

第四是要推进开放大学的教学改革。实践环节的建立、实践系统的过程、实践教学的应用等等都会反过来迫使我们在专业培养方案、课程设计、课程教师资源建设、课程教学模式、学习方式和学习效果评价方式方面做出改变。

总而言之，就是要构建一个远程开放大学的实践教学环境，要通过实践教学在有困难的地区着力推进信息技术和远程教育的融合，以此来深化开放大学的教学改革，最终提高教学质量。

齐幼菊（浙江广播电视大学信息与工程学院院长）：发挥开放大学远程实验云平台建设的重要示范作用

目前，浙江电大的远程开放实验平台已经集成了工学、管理学、经济学、法学等学科专业课程的200余个虚拟实验、远程控制实验项目，可为80余门课程提供实践教学服务。目前平台能够实现课程实验管理、实验预约与调度、实验数据处理和实验指导批阅等功能。平台技术架构可实现平台与接入实验系统之间的通信，规范实验教学的管理，避免当前实验教学软件存在的单一、零散、孤立等诸多问题，使各类实验项目具备统一的操作模式和管理方式。平台可支持实验中心管理员、教学管理员、教学点管理员、实验责任教师、课程责任教师、实验辅导教师和学生等7种用户角色，以满足电大开放教育教学实践以及服务

社会终身学习的需求。

我们在实践教学改革研究中，形成了远程实验多层次实验教学模式：基础性实验以培养学生发现、分析、解决问题的能力及严谨的科学态度和基本操作技能为主；综合性实验以吸引、激发学生的求知欲，培养学生综合把握和运用学科知识的能力为主；设计性实验和研究性实验则以探索性、设计性实验及科研训练、社会实践、毕业设计论文为主，突出学生创造性、探索性能力的培养。

目前高校过分强调知识的传授，忽略了学生应用和创新能力的培养。且在实际教学过程中，应用性和创新性的研究性教学难以开展，而接受性教学易于操作、控制和评价，所以往往偏重接受性教学。

远程实验教学是当前现实压力下承担研究性学习培养任务的最佳途径。它能在教学过程中最大限度地刺激学生的感觉、运动和思维，促进感性认识向理性认识的转化，还能直观自动地对学生的掌握程度和实践教学效果进行评价和反馈，教师能根据这种信息完善自己的实践教学，学生也能从信息中发现自身的不足。

结合自己参与远程实验云平台建设的实践，可以用三句话来总结：利用云计算技术服务教育信息化平台已成为一种趋势；浙江电大远程实验平台的发展需要云计算服务的支撑；开放大学远程实验云平台的建设将具有重要示范作用。

阮晓芳（浙江广播电视大学信息与工程学院教师）：虚实结合推进远程开放教育的实验教学

由于受到传统实验教学方法在时间、空间和硬件资源等方面的限制，实验课程的教学始终是远程教育发展的瓶颈。为了解决这一问题，将虚拟仿真实验与远程物理实验相结合是远程实验教学的发展趋势。

基于远程控制的原理，结合浙江广播电视大学电子类课程实验教学的需求，我们建立了远程物理实验系统。该系统以美国国家仪器提供的ELVIS平台为基

础,支持图形化系统设计环境LabVIEW。目前,这套系统由“电路分析”、“模拟电路”、“数字电路”、“模数系统综合设计”等4个模块构成,可以覆盖电子技术基础课程中的大部分实验。该系统可以作为理论教学辅助演示系统,教师不必携带实验设备到教室,就可以在课堂上给学生做硬件实验的演示,增强学生的直观感受与体验。该系统也可以作为全天候开放的实验室,学生可以随时登录该系统并完成实验预习等工作。

基于浙江广播电视大学新建成的远程物理实验系统,我们提出了虚实结合实验教学设计方案。在教学过程中分阶段使用虚拟实验平台和远程物理实验系统,保持了基于网络远程操作的特点。首先由教师选定实验项目,学生进入远程实验系统平台后首先阅读实验原理和实验要求,然后进入虚拟仿真平台构建实验电路,根据实验要求完成电路仿真,并提交电路仿真报告,教师对提交的报告进行评价,仿真报告达到要求的学生可进入下一步远程物理实验系统,在物理实验系统中调整电路参数,观察实验现象,记录由虚拟仪器采集到的实验数据,在分析实验数据的基础上,撰写并提交实验报告,最后由教师进行网上审阅。

通过这样一个过程将虚拟仿真实验和远程物理实验的优点结合起来,可达到四个方面的教学目标:首先,通过仿真实验检验和加深了学生对原理的理解;其次,通过实验课程的训练了解并掌握目前在工业上广泛应用的数据采集系统和虚拟仪器的工作原理与使用方法;第三,通过摄像头能够直观地观察实验现象和电子电路,从而建立直观认识;第四,由于实验电路和数据检测过程的真实性,对实验数据的后处理和误差分析成为必要环节。与传统实验教学所能达到的教学目标进行对比可以看出,除了动手能力和传统仪器的使用之外,其他教学目标均已实现,是目前较为理想的一种实验教学方式。

吴乐珍(浙江广播电视大学文法学院教师):基于远程实验平台开展情景模拟教学

所谓“情境模拟实验教学法”,要求围绕有待探讨的某一管理问题,从实践、案例和相关资料中,收集相应素材,编写“剧本”,让学生扮演其中的角色,从中学习并运用知识进行操作,达到提高学生运用所学管理知识解决问题的能力。“情境模拟实验教学法”的核心是学生充当管理者角色或“演员”,激

发学生的学习积极性、主动性和创造性,这是一种体验式教学方法。

在电大的实际教学过程中面临很多问题。特别是近几年来,“公共组织绩效评估”课程的注册人数直线上升,到2011年已经突破了1,200人。面对这么多学生,如何改进教学方式,为学生创造更好的学习体验,已成当务之急。

在实验软件中,“情境模拟实验教学法”的教学思路和方法贯穿始终。学生在实验辅导教师的指导下,利用实验软件开始模拟整个绩效评估活动的全过程。根据本课程特点,我们制定了三大教学策略:面授教学从简入手,通过课后任务来巩固效果,以考促学激发学生积极性。

我们所使用的实验软件于2012年春季在浙江电大开放学院、衢州电大进行试点,试点学生62人,学生通过率为95.2%。综合来看,我们取得了四个方面的成效:时空约束减少,教学过程标准化,学习效果可测化,改善了学习体验。

当前实验教学依然面临困境。学生对于实验教学的形式感觉比较新鲜,但同时也存在一定的不适应性和畏难情绪。地方电大的阻力也是客观存在的,由于采用新的教学模式和实验平台,势必会给教务和教学工作增加不少工作量。软件本身的设计也需要进一步完善,比如,实验中融合了评估主体和评估对象的互动过程,为了顺利完成实验,需要在不同角色之间来回切换,导致部分学生在理解上出现困难。

下一步我们将在四个方面努力改进。

首先,要取得地方电大的支持和配合,这是实验教学顺利实施的基础。同时,还要加强对地方电大辅导教师的导教,组织地方电大任课教师进行交流和研讨,对“情境模拟实验教学法”在本课程中的应用产生共识,并不断丰富和补充实验情境材料,这是有效开展实验教学的关键。第三,要提高对学生实验辅导的有效性,完善实验辅导材料,并进一步完善关于实验软件的操作流程的辅导,使得学生能够尽快地适应实验教学的平台环境。最后,在有条件的情况下,还要进一步完善实验软件。

谢锐兵(浙江广播电视大学东阳学院辅导教师):借助远程实验平台,实现案例化教学

“组网技术”是计算机网络管理(网络技术)专业中一门实践性较强的专业选修课程。过去,该课程缺少实验条件,无法开展实践教学,且教学模式单



一，学生学习积极性较低，课程内容也多，但面授时间有限，教学效果不佳。

案例教学法是运用成功的案例完成教学活动的一种方法。基于远程实验平台的案例化教学可以弥补实验条件的限制，丰富课程教学手段，提高学生学习兴趣，让学生在实践中学，应用性和针对性大大加强。

在案例设计时，我们以真实网络环境为轴心，设计若干个来自于真实情景的实践案例，由单一到复杂，由基本到综合，并在案例中融入理论要点。在远程开放实验平台上建设课程实践项目时，可以建设尽可能全面的实践项目，并把项目分为必修的基本技能项目和选学的拓展技能项目。各教学点、各学生在掌握基本技能后可自主选择选学项目。利用真实的网络环境进行实地体验，在有一定了解和认识后再回到远程实验平台完成相关实验内容。实验内容并不一定要在辅导课内完成，可以课后自行登录继续完成，但每位学生都必须完成实验任务。

课程基于远程实验平台的案例化教学实践试点取得了比较好的效果。通过远程开放实验平台做实验能降低实验成本，解决了学院实验条件缺乏的问题，更便于开放教育实验教学的实施。利用远程实验平台，课程的实验率可达100%。通过远程开放实验平台能远程访问实验，突破了实验时间和实验空间的限制，提高了学生自主实验学习的几率。上学期该课程自主实验完成率为40%。通过远程开放实验平台能提供个性化学习，更能改善开放教育的教学效果。由于远程开放实验平台突破了时空限制，使得学生在实际实验过程中，可以结合自身的需要和条件，制定个性化实验计划，有利于改善开放教育的实验教学效果。远程开放实验平台的开放性，更有利于资源的共享和利用。

未来，我们还可以在平台中引入更多更新的案例，作为学生自主学习的拓展。远程实验平台还应该进一步和教务教学软件衔接，简化教务教学人员的操作流程，方便课程的推行。网络实验所用的虚拟软件还存在升级空间，希望能进一步升级完善。

严超君（浙江广播电视大学信息与工程学院教师）：多层次立体化实践教学探索

“工程造价管理”专业是中央电大开放专科土建类专业之一，目前浙江电大的招生人数稳中有升，学生基本上以在职人员为主。本专业的实践环节与土建

类其他专业相比，现场实际操作的内容相对较少，但是课程实训环节比较多。

当前“工程造价管理”专业实训课程的开展主要存在的问题有：全省各级电大师资薄弱，分配不均；各级电大实训环境条件参差不齐；学生差异大、学习积极性不高。

本专业远程实验平台的设计就是要解决目前存在的困难，依托远程实验的优越性来切实开展实训。依托远程实验平台首先可以实现全省师资共享，同时，还可以为学生创造良好的实训环境和有针对性的教学服务，增强学生参与实训或实践环节的意愿。

为此，我们探索了多层次立体化的实践教学模式。首先创设“基本实践教学—学生自主开放性实验教学—自主创新实践”体系，所有学生都接受基本实践教学并达到合格标准，学有余力且有兴趣的学生则能够适度地参与综合性实践与创新实践，主动地构建实践知识体系。二是创设基于项目（做中学）的多学科交叉和多元智能小组，土建工程项目涉及多学科的配合与交叉，可以充分利用现有学生专业方向丰富的特点，建立多专业学生联合的实践小组，同时还可开展多元智能小组活动，根据设计任务的侧重点和学生的特长兴趣布置工作。

以工程造价基础知识课程为例，本课程是浙江电大的一门省开课程，形成性考核和终结性考核各占一半，其中形成性考核以远程实验形式开展。在实践过程中，我们首先全省选课、统筹师资、学生分组、发布任务。然后是由辅导教师引导，学生体验实训过程，师生可以远程沟通。第三步，采用分层次评价法开展实训（实验）教学评价。针对最后提交的不同水平的实训作业，不单纯以成果的质量来评定，还要综合考虑学生的基础、从事工作及提高幅度来合理评分。还可以利用平台自带的统计分析，对学生的学习情况、实训开展情况进行分析，发现问题，以便于我们进一步改善。

下篇

陈德人（浙江大学电子服务研究中心主任，教授，博导）：推动云计算环境下的实验教学改革

我想从信息生产业的角度来说云计算和教育之间的关系，进而讨论一下云计算和远程实验教学的关系。

信息生产力主要是由信息或知识劳动者，信息技



陈德俊



黄荣怀



李静



王晓平



谢才平

术和信息（处理、传输、监测、协调、控制、管理）网络，以及适应各行各业生产、服务和人们生活需要的信息资源等形成的新型的、社会化的生产能力。它与现代能量、材料和机械系统密切结合组成信息时代的生产力。信息生产力正在导致生产方式的重大变革，带来了分布式协同型的生产方式。发展信息生产力对社会经济具有深远影响，将改变社会发展的形态和人类生存的方式。现代社会需要具有信息生产力能力的人才。

当今信息社会的重要特征就是无时无刻的创新。我们面对的应用环境已经发生变化：指数增量的数据、不断变化的需求、无处不在的连接和随时需求的服务体现了大数据、物联网、大服务和云计算的特点。

云计算是服务计算时代的共享环境，能够适应降低IT成本、简化IT管理和快速响应市场变化的商业需求，规范流程、降低成本、节约能源的运营需求，以及更大数据量、更多用户的计算需求，也体现了虚拟化、多核、自动化、Web技术为代表的技术进步。云计算让我们能够在任何时间、任何地点访问动态提供的IT资源。云计算已成业界趋势，引领了第三次IT变革浪潮，带来了集中化大资源池、弹性快速和按需使用、IT服务专业化、海量数据处理。

在信息化环境下，特别是基于云计算场景下，从教育教学改革的角度来看，我们发现：越来越多的教学活动都需要网上网下协同；记忆型的知识传授方法将被彻底淘汰；实用性教学兴起，方法学重于理论学；教学活动从固定时段演变为随时随地；越来越多的教学活动演变成了实验教学，课堂教学和实验教学的界限慢慢模糊。

云计算环境下的实验教学改革力图让学生掌握在大数据环境下如何随时随地快速获取所需数据、信息和知识的方法。实验教学是一个充分利用共享资源的协同交互过程，其中的关键是“共享”和“协同交互”，其重点是选择掌握活动的方法和过程，而不是

实验的结果。云计算环境下的实验教学当中，教师工作的重点转变成在教学过程中做好服务，特别是教育云服务。这个时期，由于信息工具的掌握越来越便捷和傻瓜化，使得信息生产力的教学作用还远远没有体现出来，我们还需要充分利用这些信息工具。

黄荣怀（北京师范大学教育学部副部长，教授，博导）：虚拟实验在远程开放教育中具有不可替代的优势

在传统教学当中，教学实验室是理工科（STEM）教育的必备设施，教学实验室除了各学科相应的培养目标以外，通常包含以下教学目标：学习者在教师以及学习同伴的指导和帮助下，利用所学概念和原理，采用科学的方法，熟悉仪器设备的使用和操作，掌握仪器设备的规范操作和实验流程，以促进对课堂所学概念和原理的理解和掌握，进而培养学生的批判思维和创新思维。

然而，传统的实验室面临诸多限制，比如课时长度及安排不够灵活、需要投入大额资金、专用仪器难以获得、时间和资源配置有限、部分实验存在安全隐患、学生动手能力逐渐减弱等。三维建模技术、虚拟现实技术、数字化控制技术、增强现实技术等新技术的发展，使得虚拟实验成为可能，这在很大程度上弥补了传统实验室的不足。

虚拟实验室是以计算机技术、网络技术为支撑，通过开发虚拟实验的组件，模拟和再现真实的实验场景、实验设备和实现过程的一种虚拟实验环境。虚拟实验室因其成本低、可重用性高、可共享性强、不受时空限制、不易损坏、安全性高等特征在实验教学领域特别是远程教育领域，以及对实验安全性要求较高的领域受到教师和学生的青睐。

虚拟现实技术被普遍认为是虚拟实验最核心的支撑技术，但目前虚拟现实技术比较成熟的应用领域主要是游戏产业、电影产业和汽车、飞机等特殊的培训行业。若将虚拟现实的理论和技术“机械地”应用于



教学实验和科学研究，其可信度将面临巨大挑战。

虚拟实验系统开发的好坏、质量的高低决定了它的应用效果。因此，评价虚拟实验系统的实验环境是否真实、交互是否友好、过程与数据是否可信就至关重要。从用户（实验操作者）对虚拟实验的认知来看，虚拟实验的可信度认知可以从环境拟真度、操控可信度和用户体验度三个维度进行衡量。按可信度从低到高来分，虚拟实验可分为模拟性实验、探究性实验和实证性实验三个层级。模拟性实验适用于一般性原理演示和过程体验，探究性实验适用于特殊事物的属性呈现和事物关系的体验性发现，实证性实验适用于科学原理和事物关系的验证。从现实世界获取真实数据或利用传感技术实时采集数据是增强实验可信度的必然途径。

在远程教育领域中，由于学习地点分散、学习者差异显著、集中实验的高成本等特点，虚拟实验具有其不可替代的优势。虚拟实验能够满足不同地点、不同时间的具有不同风格的学习者进行学习的需求，其可重用性强，实验过程可再现性高，可有效实现数据、设备和资源的共享，能够克服传统实验室的弊端，成为学习者协同交流与共享的学习平台。

李金平（北京联合大学信息学院电子工程系主任，教授）：远程实验室建设中应该注意六个问题

我国远程教育有其自身的特点，也有其长期以来一直存在的问题，远程实验确实成为制约人才培养的一个主要的瓶颈。

透明性、共享性、时空性、灵活性是现代远程实验室的特点。一般对现代远程实验室提出的要求包括：实时性，即要求远程实验平台不仅能远程控制实验设备或设置实验参数，还要求对采集到的实验数据进行实时的传输、分析和处理；交互性，即远程用户进行远程实验不仅能方便地选择实验、设置实验参数以及进行数据分析与处理等操作，还要随时掌握实验数据的处理进程，人机交互界面友好；共享性，即要

求远程实验平台不仅能大面积实现实验数据的网上共享，还要能实现实验设备的共享以及设备共享基础上的实验系统的网上共享；协同性，即当用户请求实施远程实验，系统中心服务器、测试服务器、前端实验系统、实验智能指导系统等各部分能有序协同并正确地完成实验内容；自主性，即用户可以采取必要措施保护自己的实验数据和资料；开放互联性则是要求远程实验平台不仅可方便扩展实验系统规模（互联）而且能方便地扩充实验门类或实验内容；至于安全可靠，远程实验室一般要求全天候开放，因此远程实验平台的安全、可靠性及系统软件的鲁棒性就显得至关重要。

远程实验室建设当中应注意以下六个问题。

第一是实时性问题。远程实际实验室的硬件电路、仪器设备在多用户使用，是通过电子开关切换的，实际是分时分用的，因此，并行用户数量是有限的，实践证明，远程实际实验室同一实验同时面对的用户不多于60人，否则实时性就有问题；远程虚拟实验室受网络环境和系统处理速度的制约，并行用户数量也是有限的，一般不超过几万人。因此规划建设时，应根据实验需要和面向对象的规模综合考虑远程实验室类型配置。第二是实效性问题。远程实验室虽具有诸多优点，但在提高能力实效性方面仍不及真实实验室，建设时，要适当考虑后者的存在比例。第三是现实性问题。为了提高实验效果和使用者的技术应用能力，远程实验室的人机交互平台环境、器件与设备越接近现实环境越好。第四是正确性问题。远程虚拟实验室所提供的实验手段、方法及实验测试结果，特别是仿真结果，一定要正确、严谨，与理论分析相吻合，使学习者获得正确的概念和实验方法，真正有助于提高动手能力。第五是指导智能化问题。远程实验的实验过程中，系统要尽可能提供智能化指导，要自动生成实验报告，对数据与结果要进行智能化监管，以保证实验质量。第六个问题是远程实验系统的可靠性问题。这个问题的重要性是显而易见的，不

再赘述了。

王晓平（同济大学电子与信息工程学院，副教授）：虚拟实验室的建设要重视教学设计、教学方法和教学评估

建设虚拟实验室有七个方面的意义：成本低，可实现开放式、个性化教学，效率高，功能全，安全性高，有利于设计性和综合性实验的开展，可观察现实当中无法实现的实验。

国外虚拟实验室主要以教学培训为目标，参与单位众多，学科覆盖面广，发展十分迅速。其中著名网络虚拟教学实验室有爱丁堡大学的虚拟控制实验室、FutureLab 虚拟教学实验室、Erlangen-Nuremberg 大学的 Virtual Classroom 虚拟教室和 LAAPhysics (Learn Anytime Anywhere Physics) 物理实验室等。国内虚拟实验虽然起步较晚，但也发展迅速，较有代表性的有：北京大学的基于 WWW 的网上虚拟教学实验室 3WNVLAB、浙江大学的 iVlab 和中国科学技术大学的“几何光学实验设计平台”等。总的来说，虚拟教学实验室以教学为目的，应充分考虑教师、学生、远程实验室管理者的特点，打造人性化网络实验平台

虚拟实验网络化的新型实验，除了要符合一般传统课程的基本要求以外，还有一些与网络相关的要求：强调交互的重要性，重视教师、学生、实验场景之间的交互；重视学习环境的创设，学习的发生是学习者与周围环境交互的结果；要有一个完整的管理系统，包括课程实验管理、用户管理、成绩管理等；注重虚拟实验室的扩展性能，注重新功能的增加和现有功能的完善。

虚拟实验是通过实验界面模拟实验场景和实验构件来实现实验功能，并考虑到其用户为广大师生，对其易用性要求也颇高。所以虚拟实验的教学设计基本内容可以从以下四个方面考虑：①教学内容：科学的实验目的、过程及结果；②实验构件：实验构件设计的科学性、易用性、灵活性、组合重用性等；③用户界面：实验界面的交互性，及布局、风格、颜色搭配的合理性；④易用性：实验平台使用方便、实验操作方便易学等等。

我们在同济大学控制学科虚拟实验室的开发和应用过程中，非常重视教学设计、教学方法和教学评估。在设计中，我们分析传统实验环境，结合虚拟技术，激发学生实验热情，合理设计实验内容，使学习

者明确学习与自身相关，并且在学习过程中适时提供帮助和鼓励，保持学生的自信心，及时反馈信息，制定科学合理的评价机制，帮助学习者减少“认知摩擦”，最终确定了虚拟实验和传统实验相结合的混合式学习。

熊才平（华中师范大学信息技术系教授，博导）：远程实验室建设应注重资源再生、师生互动和泛在学习

在建设远程实验室的过程中，如果站在学习者的角度来看，我们应该注重加强三方面的学习。

首先，应该加强远程实验室建设中的信息资源的动态发展利用，鼓励资源再生。在书本时代或 Web1.0 时代，资源建设具有独占性，而到 Web2.0 时代，资源建设本身就具有了互动性，所以，资源的建设者和资源的使用者之间的界限就模糊了。资源本身在用户的互动过程中就形成了一个可持续、滚动发展的态势，非常典型的如百度百科，里面的资源都是用户在使用百度百科的过程中建设的资源。远程教育实验室如果要想实现泛在学习，必须为学习者提供丰富的资源，提供满足学习者共建共享资源的需求的平台，使学习者在没有教师指导的情况下能够自行下载资源、使用资源、更新资源，随时随地开展学习。把云计算和 Web2.0 技术应用到远程教育实验室，能够搭建这样一种网络平台，把实验室内外的学习者联系起来，加强师生、生生之间的交互，促进师生共同建设和发展实验室资源。

其次，远程实验室要加强生生互动和师生互动。很多网上资源本身就是在互动的过程中产生的，我们往往只是注重人和实验、装备之间的互动，但是忽视了师生互动、生生互动。这是技术很难解决的。缺少互动就很难吸引学习者坚持学下去。远程教育实验室借助多终端同步视频会议系统，完全可以让教师对异地学生实施“面对面”的授课，实现师生异地之间声画同步的即时互动。使用多终端同步视频网络教学模式，让异地学习者在网络环境中感受到类似于课堂授课的教学氛围，实现了真正意义上的“教学”。

第三，从需求来讲，未来的远程教学实验室应该注重学习的泛在性。光有泛在的理念不行，还要能够实际做到。远程教育实验室要确保最大限度地支持泛在学习，在多个远程教育实验室之间、远程教育实验室与课堂教学现场之间通过架构云环境实现互联互通。

总之，远程教育实验室建设应该具有前瞻性，准确把握信息社会的时代脉搏，深刻理解终身学习的需要。

朱敬东（浙江工业大学现代教育技术中心主任，教授）：开展基于个性化推送的远程开放实验指导模式设计

2012年开始，浙江电大在全省21所市县电大大力推行远程开放实验平台，应用成效显著。集团式的运作使实验成本降低了，许多师资及实验条件不足的学校能开启相应的实验项目；时间和空间的限制突破了，学生能随时随地实现自主的实验学习；提供了个性化学习环境，提升了开放教育的教学实效性；打破了时间和地域的限制，提高了教育资源的共享性，实践探索了信息时代人才培养的创新途径。然而，作为数字化的一种“创新产物”，远程实验室建设如何更好地满足远程学习者的需求，如何适应远程学习者的个体差异性，需要我们认真思考。如何满足学生在远程开放实验中的实验指导需求，就是在实际教学过程中必须考虑的一个问题。

实验指导是对整个实验过程的计划和安排，是学生安全、高效完成实验过程的保障，是学生创新至关重要的实践教学环节。远程开放实验室在实验指导上存在以下问题：由于师生时空分离，学生实验时间分散，使教师很难在线开展实验指导；远程实验室的自适应的智能指导功能仅能在验证类实验演示过程中起作用，无法有效指导学生进行主观性较强的设计类和综合创新类实验；数字资源库很难在实验进行过程中开展及时有效的指导服务。

将“个性化推送”引入远程开放实验室，可以把实验资源与指导“按需推送”到学习者面前，避免学习者盲目检索。根据学习者的个体差异性，结合验证类实验、设计类实验和综合类实验不同的指导需求，可设计出相应的“个性化实验指导推送模式”。

平台主动推送应该遵循推送方式选择、按需推送和推新服务的原则。基于这些原则设计的“个性化实验指导推送模式”主要由实验属性库、用户属性库以及属性关系推理等三个模块组成。“个性化推送”为远程开放实验室的实验指导提供了新的途径。随着远程教育技术的发展，探索更多远程开放实验室的建设与应用模式，设计和开发出效果好、性能稳定、操作便捷的个性化推送系统，才能更好地发挥远程开放实验室的巨大作用。

焦建利（华南师范大学教育技术学院副院长，教授）：远程实验教学应与远程科学研究紧密结合

Web2.0为研究者带来了Research2.0。过去的Research可以称为Research1.0。在过去的Research1.0里，我们注重的是杂志、会议、记录、编辑部、个人照片和幻灯片的收集、百科全书、个人收藏夹、导师导读、个人想法的交流、出版，以及“你去寻求合作”。而在今天出现的Research2.0里，我们可以有一些科研者的社区，通过网络开展互动会议，使用个人博客，采用Digg与评价体系，分享照片、幻灯片等，共同撰写维基百科，使用社会化书签，注重同行集体推荐和集体讨论，大家一起写作，以及“合作来找你”。这其中体现了一系列社会性网络对我们的研究活动的支持 and 应用。

从现有的相关实践和研究来看，目前有四个可能的趋势。第一，国内远程教育主要有三股力量：电大系统、普通高校的网络学院、企业。不管是何种远程教育机构，资源平台建设方面关注的焦点都正在从教学平台、课程资源的开发向教学支持环境（远程实验室）的建设转变。第二个趋势是从满足自身实验教学和科研需要到开放共享实验（教学）资源的转变，逐渐把实验教学和真正的科学研究打通并结合起来。第三个趋势是，现有实验室的数字化改造、虚拟及仿真实验室创建以及分布式培养环境的建设相结合。第四个趋势是由专项、单向逐步走向大型、综合型的远程实验室。

最后，我觉得还有四个值得思考的问题。其一，远程（虚拟）实验室不是实验室的替代品，而是它的补充；其二，远程实验教学（研究）与传统实验教学（研究）高度相关，但有自己的特殊性和复杂性，这需要我们特别思考；其三，正是因为这样的特殊性和复杂性，我们不能把传统实验教学的策略运用在远程实验室去开展教学和研究；其四，远程实验教学应该与远程科学研究紧密结合起来，这是互联网给我们的一个可能性，这种可能性也会对实验教学、人才培养做出应有的贡献。

李青（北京邮电大学网络教育学院，副教授，博士）：远程虚拟实验室的现实探索与移动化、泛在化趋势

北京邮电大学教育技术研究所的研究团队具有多年的虚拟实验室研究和开发经验，其开发的虚拟实验系列产品已经在北京邮电大学网络教育学院和国内其

他20多所院校中部署应用。

和传统实验室相比,基于网络的远程虚拟实验室不仅突破了时间、地点和设备数量的限制,而且减少了设备消耗,实验成本更低,并能加强学生创新意识和创新能力的培养。实验过程中更容易获得相关知识,实验结果更容易保存,过程更容易控制。对指导教师来说,实验教学更容易与其他形式的教学手段配合,实验教学的指导效率得到了提高。总结北邮虚拟实验团队在研发和实践中的经验,主要有以下几个要点:首先,开发要有规划、有步骤、有重点,形成产品体系;其二,考虑将所有实验部署在统一的实验平台,统一管理;其三,在架构设计上,要适应不同操作系统和不同硬件平台,要注重接口的标准化;最后,还要强化教学设计和用户体验设计,关注实验之外的相关环节。

随着学习技术进入到移动学习时代,虚拟实验正在呈现移动化特点,学习者也逐步感受到了移动应用带来的便利。作为教学资源的一部分,虚拟实验室也要顺应这个潮流。移动虚拟实验室呈现了诸多方面的优势:使用方便,可随时随地使用,并可适应多种场合和用途;多媒体性能较好,沉浸感好;操控方便、交互性强,用户体验好;人际互动更加方便;可充分利用移动设备的多传感器构建智能化的实验环境。

增强现实是目前移动实验平台上的热点技术,软件市场上已有一些基于增强现实的学习软件或训练软件出现,应用于医疗、生物、建筑、汽车修理等领域。目前这类应用中展示型的实验较多,具有有限的交互性,可以用于创建探究学习环境,但教学功能较弱,社会性互动元素较少。

另一个值得关注的前沿技术热点是泛在学习环境中虚拟实验室应用的构建。这当中涉及多种设备的组合使用的问题。在泛在学习阶段,多屏幕应用和云服务已经开始成为学习环境的一部分,他们有多种配合模式,如一致性模式、同步式模式、补偿模式、设备转换模式等。多屏幕和多设备环境下虚拟实验设计需要合理规划多设备使用流程,以一个完整的实验体验作为考量。我们可利用手机、平板电脑和电视等构建完整的多设备实验环境,在设备应用方案中要充分发挥各种屏幕的优势。此外,还要作好容错准备,并在设备不可使用时提供补偿措施。

总之,远程虚拟实验室将逐步移动化和泛在化。在此过程中,移动设备提供了便捷的学习方式和丰富的学习体验。情境和虚拟现实相结合可以构建情境化

的学习环境,而泛在学习的虚拟实验环境中多屏配合的应用将是一个重要研究方向。

李国斌(奥鹏远程教育中心副总经理):虚拟实验在远程教育公共服务体系中的实践探索

中央广播电视大学公共服务体系——奥鹏远程教育中心,自2003年以来,先后与49所国内著名高校网络教育学院(继续教育学院)合作,为累计345个专业、近90万远程教育学员提供学习服务,累计毕业学生已超过33万人,在读学生超过50万人。奥鹏中心充分利用信息技术,尤其是互联网技术支撑远程教育,在教、学、服务等所有环节均实现了信息化、网络化操作。随着远程教育教学的深入开展,远程教育中课程的实践环节如何完成,如何通过信息技术、虚拟现实技术满足远程教育中课程实践教学的需求,值得我们去思考和探索,实验环境创建则是一个典型的需求牵引。

2009年,由华中科技大学、北京航空航天大学、浙江大学、同济大学、北京联合大学等12所高校,及奥鹏中心和武汉天喻2家企业联合申报了“十一五”国家科技支撑计划——“虚拟实验教学环境关键技术研究与应用示范”项目。该项目包括应用示范研究、关键技术研究和虚拟实验支撑环境研究,共6个课题。其中,课题六“虚拟实验应用示范工程”由奥鹏中心牵头,联合华中科技大学、浙江大学、同济大学、北京联合大学4所高校以及武汉天喻,参加人员包括教授、博士、技术研发人员、示范应用技术支持人员共143人。该课题已经提交行业规范或国内标准草案8项,形成国际标准草案1项;同时,为了解决虚拟实验资源分散、不能共享的问题,开发了面向服务架构的开放式虚拟实验教学支撑平台VeePalms。这个平台集成了包括计算机、机械工程、电工电子、控制工程、中学学科在内的5个学科、27门课程的182个典型虚拟实验,可支持同时在线用户数达6.5万人。

该课题的示范应用主要是在高校,以线下课程和线上实验相结合的方式,在5所高校开展了示范应用,包括32个本科班、1个二学位班、1个职技培训班、9个中学班级。奥鹏中心联合东北大学、北京交通大学等10余所高校网院开展了远程示范应用,根据不同专业推送相关实验,学生可以登录奥鹏学习平台进行实验操作,并以线下、线上形式填写调查问卷。示范应用期间,通过网络收集反馈问卷2,689



份。统计这些问卷反馈的结果,可以看到:学生对物理实验的可替代性等方面的满意率超过了80%,对软件使用效果满意率达到了83%。

“虚拟实验教学环境关键技术研究与应用示范”项目于2012年5月和8月分别通过了教育部、科技部组织的专家验收。但是项目成果的真正应用,目前还是处于继续探索阶段;课题研究成果如何用到教学当中去,还有大量的工作要做。要充分发挥网上实验的作用,不仅要调动教师、学生的积极性,更要重视课程评价、教学模式改革等,同时还需要关注实验内容和平台持续升级及运行保障。

郭鸿(中央广播电视大学工学院院长,副教授):远程实验室建设为教学改革提供创新动力

长期以来,实践环节的教学一直是影响远程开放教育的一个瓶颈,是远程开放教育的软肋。实践教学组织难、落实难、质量保证难一直困扰着远程开放教育的组织和管理者,实践教学质量也一直为社会各界所关注,事实上,远程开放教育实践环节的改革需求是全方位、全过程的。

浙江电大的远程实验室是一个非常有益的探索,它是集远程实验学习、远程实验指导、远程实验实施和远程教学管理于一体的在线实践教学环境。在这个环境下,一个实践教学任务可以基于网络完整地实现,跨越了时空,有效地解决了教师、学生和实践设施(环境)分离状态下实践教学的组织实施问题。利用这种基于网络的实践教学平台组织实践教学,提高了实践教学的效率,有利于保障实践教学质量,确保应用型人才培养目标的实现。同时,还能大幅节省实践环节的教学成本和组织教学的难度。远程控制实验、虚拟仿真实验、实景实验等在线实验确实是远程教育解决实践教学的一条有效途径。

远程实验室的开发建设,我想至少在以下五个方面为远程开放教育的改革与创新提供了新的动力。

其一,为实践教学内容的创新提供新动力。在实践教学内容的选择上,要以行业发展、岗位需求为依据,以职业基本能力、专项能力、岗位能力和综合能力为主线选择实践内容,构建具有特色的实践教学体系。

其二,为实践教学资源(软件)的创新提供新动力。远程实验室创新了教学资源的建设模式和机制,采用新建、引进、整合等方式,建设体现行业和岗位特点,符合成人认知规律和远程教育规律,基于工

作、任务和项目的数字化实践教学资源或软件,全面提升实践教学学习资源的建设质量。

其三,为实践教学手段的创新提供新动力。远程实验室在开发实践课程教学软件时,可以充分利用现代教育技术、信息技术、多媒体技术,开发集“教—学—做—测—管”于一体的多样化实践课程学习资源(软件),并运用多种教学手段,以适应学生多样化、个性化的学习需求。

其四,为实践教师队伍建设的创新提供新动力。远程实验室可以实现集远程实验学习、远程实验指导、远程实验实施和远程教学管理于一体的在线实践教学环境,完全基于网络,跨越时空的限制,实现“一站式”实践教学。有利于实现在全国范围遴选指导教师,并可基于远程实验室建立指导教师培训制度和认证制度,有效保证指导教师的水平,形成实践指导教师建设的新机制。

其五,为实践教学管理的创新提供新动力。要基于远程实验室,创新教学管理和运行机制,重新构建新型实践教学过程“四级”组织的“责、权、利”关系,将实践课程实施主体由地市级电大(学院)上移至省级电大(分部),提高实践课程教学的科学化、规范化、标准化水平,从而有效保证教学质量。

(根据会议资料整理,未经发言者本人审阅。)

摄影 陈海江
常琨
责任编辑 池塘