

研究生课程优秀教学案例

——高等工程流体力学

石油化工学院：余龙

“高等工程流体力学”是针对石油化工学院热能及动力工程、化工过程机械、制冷工程以及安全工程等专业学硕的学位基础课程，该课程是研究流体（液体和气体）受力及其宏观运动规律的一门科学，是介于基础科学和工程技术之间的一门理论基础课和必修课之一。本课程是在本科阶段对流体力学的基本概念、基本原理和基本方法了解并掌握的基础之上强化数学工具在流体分析中的应用。本课程将在讲授矢量分析、场论、张量基础上建立连续介质流动方程，并对流动中涡量、边界层分离、流动失稳、湍流转捩等复杂流动问题进行分析，通过课程学习将提高学生分析解决复杂工程流动问题的能力，培养学生严谨求实的科学研究精神。

“高等工程流体力学”课程采用了线上线下混合式教学方法，课程建设基本思路是：以专业特色为背景，培养目标为指导，学科前沿为方向，持续学习为目标。课程的教学目标有三点：首先是知识技能方面的培养，学生能运用数学、自然科学、工程基础理论、专业知识及现代工具，分析解决化工过程复杂流动工程问题并能得出有效结论；第二是能力方面的培养，学生能灵活应用流体力学理论，以及流体力学理论分析和推导的方法，并具有不断学习和适应学科发展的创新能力；第三是职业道德和素养的培养，通过学习学生应具有遵守法律法规以及职业道德的基本素养。

由于“高等工程流体力学”的讲解以数学推导和理论分析为主，并且结合特殊时期长时间线上教学的特点，因此本课程授课过程中采用线上线下相互补充的方式进行，在线下授课时，线上的课程资源可以保证学生补充学习和参考；在线上授课时，线下查阅文献和研究讨论可以加强互动效果。

如图1所示，“高等工程流体力学”课程在超星平台建立有课程网站，为研究生线上教学提供了很大帮助。此外已经结课的“CFD理论及软件应用”研究生课程网站资源，在线上教学中起到了非常大的作用。



图1 课程教学网站

如图2所示，“高等工程流体力学”课程在线教学过程中，使用教师出镜的方式进行授课讲解，课程教学使用的幻灯片与课程内容高度符合，并且图文并茂，尽可能减少学生学习过程中的枯燥感。

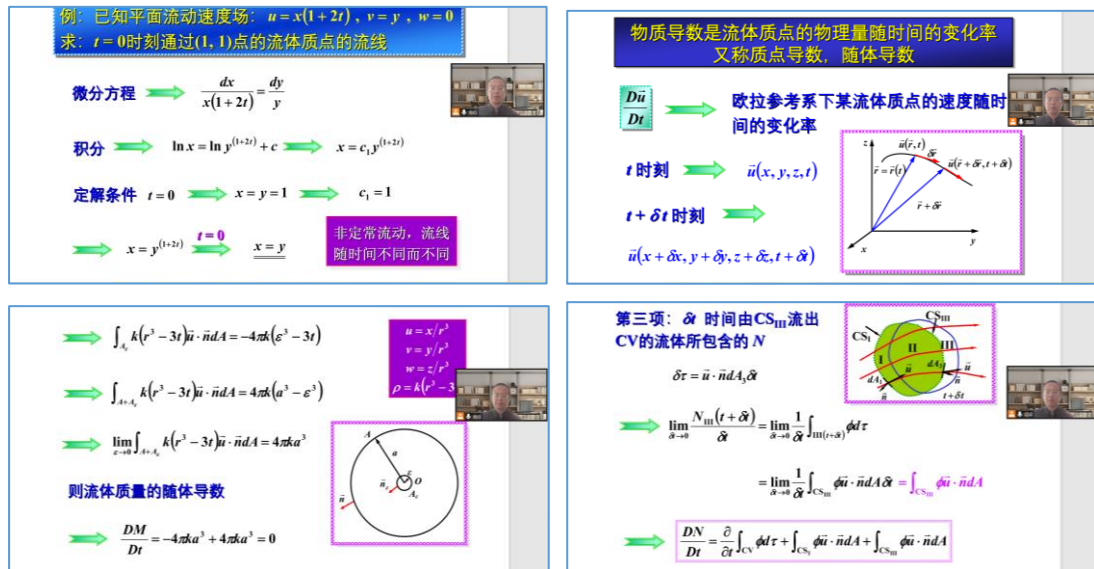


图2 线上授课实况

如图3所示，“高等工程流体力学”课程主要由理论分析构成，因此数学推导演算贯穿授课过程始终，在线授课过程中使用了白板进行逻辑推演，有针对性地对重点和难点内容进行详细讲解，便于学生对所学内容的理解和吸收。部分替代了线下授课过程中的黑板推演和师生交流过程。

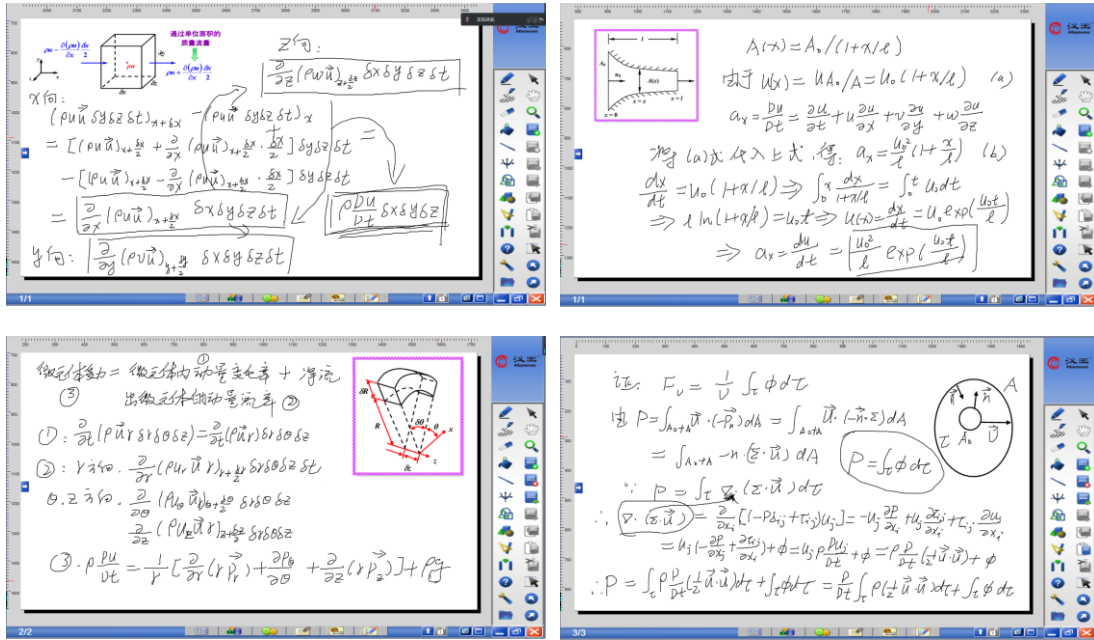


图3 线上授课白板展示

如图4所示，与传统板书相比，白板书写具有直观性较差，手感不准，字迹较难工整，书写效率较低的弱点。受限于白板教学过程中，推演效率以及展现效果的局限，为了提高教学效果以及效率，授课教师专门录制了重点和难点内容的推演过程，并上传到教学网站以共学生复习参考。

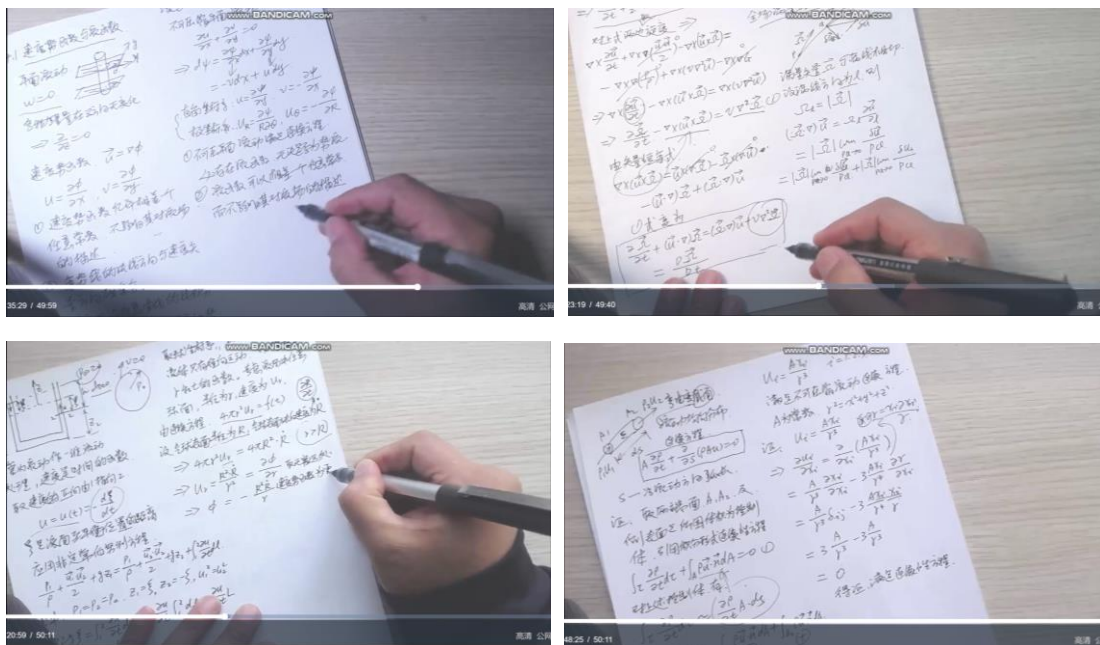


图4 自录推演过程视频

“高等工程流体力学”课程的师生教学模式如图5所示，教学主体分为教师端和学生端。授课教师在网课教学中多种手段并举，确保教学质量。

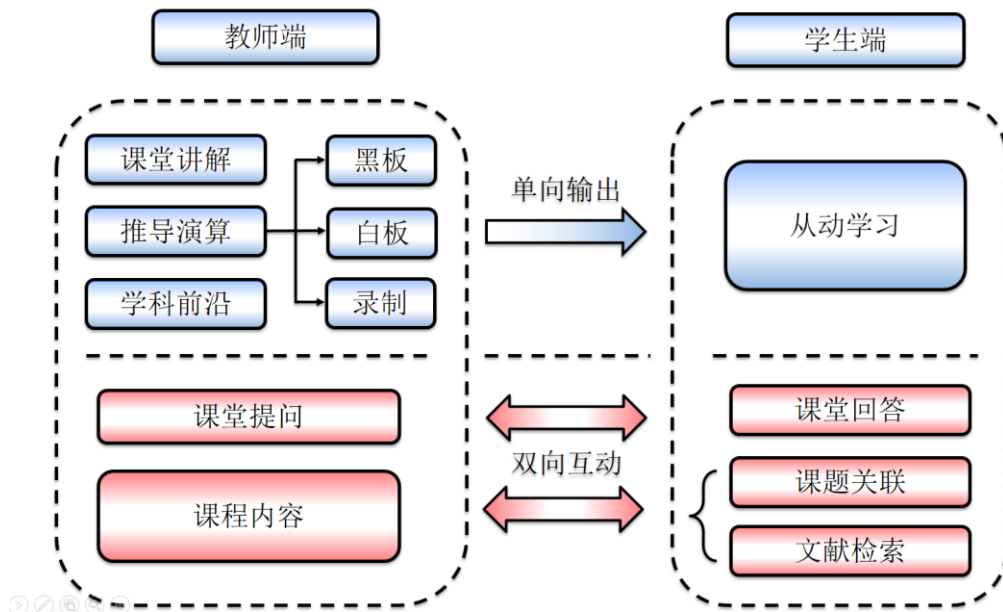


图5 “高等工程流体力学”教学模式

线下使用课堂讲解的方式，推导演算是课程讲解的主要手段，线下使用黑板讲解，线上使用白板的方式，为了可以更加清晰高效的表达推导分析的过程，本课程还专门录制了相关的教学视频，并且上传到教学网站上，以便学生们学习和回顾。还有授课教师自己录制的实验现象视频，在展示的过程中结合课程内容与学生共同分析其原理。另外，本课程中积累有大量课程相关的学科前沿资料，其中包括了国际前沿的实验演示视频。上述方式均是以教师为行为主题，学生为行为受体的单向输出教学方式。在学生在学习过程中，学生的参与度较少。虽然在教学结构上学生是目标，教师是驱动，但是在线上教学过程中，很难避免教师为主学生为辅的主从动关系，导致学生被动学习，其主观能动性受到抑制和削弱。因此，为了避免学生加剧学习被动性，“高等工程流体力学”课程在授课过程中重点加强了师生的互动环节。

线上师生双向互动环节包含课堂提问与课堂回答，在这个环节中教师与研究生均是主体。线上授课中任课教师在课程结束最后十分钟，定时安排问答环节，首先由学生提出问题，由教师回答，待学生们提完问题后，如果还有时间，由教师提问，学生回答，为了便于交流，教师主要以选择的形式提出问题，由学生以回复数字或字母的方式回答问题，这样即快捷又高效，教师可以随时掌握学生对学习内容的了解情况，并可以针对性的进行讲解。

线上师生双向互动环节还包含课程内容的关联性拓展，由授课教师组

织在线讨论，要求学生们结合本课程的内容，与自己所从事的课题进行关联分析，或者与所查阅的文献内容相互联系，教学目的是训练学生们学以致用，将课程的教学效果尽可能大的发挥，该过程正在计划实施阶段。

本课程开始于本学期第四周，迄今仍在进行。虽然本课程以理论分析和数学推导为主，课程理论深，教学难度大，而且在网上教学，受限于展示形式单一的约束，授课难度较大，但是采取了上述教学方式和手段之后，教学效果良好，学生反映积极。