

以解决工程问题能力为导向的 研究生教学改革与实践

——以“油气管道流动保障技术”课程为例

中国石油大学（北京）机械与储运工程学院 黄启玉

摘要：随着油气开发及储运领域对高级应用型人才的需求增加和新工科背景下教学方式改革的迫切要求，研究生教学方式与培养体系需不断创新和完善，以培养具备独立处理工程问题能力的应用型人才。以油气管道流动保障技术研究生课程为例，通过探索以培养工科研究生解决工程问题能力为导向的多元化教学与评价改革思路并初步实践，着力夯实学生理论基础，提升研究生的综合水平，培养学生解决实际工程问题的能力，以期对工科研究生的教学模式提供建议。

关键词：新工科 研究生教学 多元化教学体系 翻转课堂

文章编号：2095-6711-09-2022-19-0029

为培养多元化和创新型工程人才以应对产业变革和科技革命，教育部制定了“新工科”战略。工科研究生的培养应服务于国家战略需求、适用国际竞争形势并构建以提升研究生处理工程问题创新能力为核心的教育新结构。“新工科”背景下的研究生教育方式方法应结合教学目的考虑和教学手段的进步进行改革和创新。目前，研究生课堂教学以教师教授理论知识为主，教师主要通过课堂作业、期末考试或大作业来评价学生的成绩，学生在课堂上倾向于被动学习新的知识，这种传统的教学方式虽能够给学生传授知识，提高学生认知能力，但使得学生缺乏主观能动性及课堂参与感，所学到的知识也都是理论多、应用少，缺少一定实践的认知和锻炼，难以高效培养工科专业研究生解决实际工程问题的能力。研究生课程是培养学生综合能力的主要载体，是研究生构建知识体系、培养创新能力和提升工程素养的关键环节。研究生课程应由本科阶段被动学习逐渐转变为自主学习，不断提升学生的科研水平和创新能力。

能源安全作为国家安全体系的重要部分，目前面临严峻的挑战。油气管道运行时面临蜡晶析出与沉积、水合物生成与防治、管道结垢和停输再启动等一系列流动保障问题，这些现象的出现会提高管道运行成本，威胁管道的运行安全。为了保证我国能源供给安全，需要大量的工程创新型和应用型人才进行油气管道流动安全保障的研究与实践。为此，中国石油大学（北京）以培养研究生工程能力为导向，通过改革油气管道流动保障技术课程教学授课和考核方法，提高学生发现问题和解决问题的能力，培养油气储运领域的高级专业应用型人才。

一、油气管道流动保障技术课程内容

油气管道流动保障技术是研究生的选修课，但却是一门不容忽视的“必修课”。课程着眼于油气管道的输送安全，主要讲授流体性质、流动保障技术、流动方程等知识。主要内容有原油析蜡、结蜡特性及对管道安全运行的影响；沥青质析出特性及对管道安全运行的影响；水合物形成原因、预防和控制技术、方法；管道的结垢及防治与清除；多相流管

道的严重段塞；易凝高粘原油的管道停输再启动及其安全性评价。这些内容是油气储运行业面临的实际生产问题，是将来研究生工作后在管道安全方面可能遇到的实际工程问题，因此需要通过系统的课程学习，提高学生解决生产实际问题的能力。

二、油气管道流动保障技术课程教学目标

油气管道流动保障技术课程建设以解决实际生产管道流动保障问题为研究背景，通过多种教学手段及方法的改革和实施，培养学生自主学习的能力、分析和解决问题的能力、搜集和处理信息的能力以及交流与合作的能力，使学生具备解决实际管道流动保障问题的基础知识和处理能力。为实现这一目标，同时增加每一位学生的课堂参与感，提升学生独立思考、严谨分析、批判思维及创新能力的意识。

课程建设项目的具体内容为：流动保障启发式授课及模块化教学方法探究；师生互动方式及翻转课堂式学生参与形式探究；以实际流动保障工程问题为背景的多样化考核评价方法探究。

三、油气管道流动保障技术课程多元化教学改革思路

课程建设项目采用“教师启发式模块化授课—翻转课堂式学生专题互动展示一定制式工程问题考核”的模式进行相关教学改革的研究与实践，构建自主、开放、合作、探究、讨论、答疑的课堂氛围，提升学生的课堂主人翁意识、自主学习能力、合作学习能力、科学探索精神及工程问题应对能力。启发式模块化授课中教师负责制定讲义、专题讲解、了解最新进展，主要考查的是学生提出问题和解决问题的能力；翻转课堂式专题互动中教师负责设立学习小组、制定相关专题、对汇报内容进行总结补充，学生主要考察汇报答辩能力、提出问题能力及文献综述阅读总结能力；定制式工程问题解决中教师负责定制问题、问题讲解及报告的审阅，学生主要考察的是其解决问题的能力 and 报告撰写能力。最终通过三大模块的合力，来提高课程的教学质量，提升学生的课程理解能力，从而锻炼到学生方方面面的能力，多元化教学思路如图1所示。

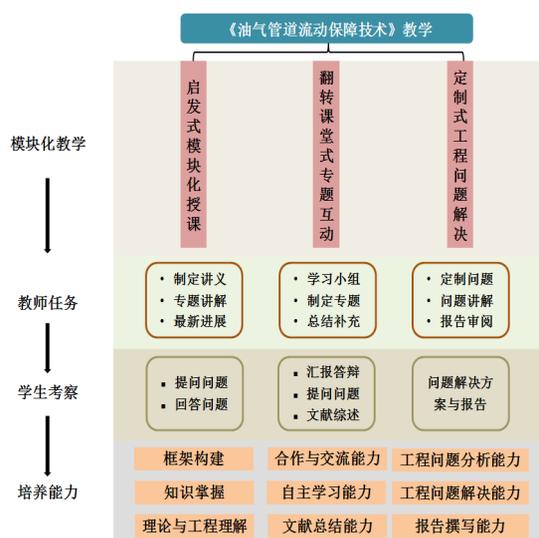


图1 油气管道流动保障技术多元化教学体系

1. 专业化讲义制定与更新

深入调研国内外流动保障方面的教材和文献资料，掌握国内外流动保障领域的研究现状和相关技术，了解相关企业的工程应用现状，通过下载、购买、借阅等方式尽可能全面地囊括相关教材、最新文献及现场上的应用成果。充分了解流动保障问题在油气储运工程等专业中的应用范围及知识点，根据知识点范围收集国内外众多教材中有针对性的内容，同时不断更新流动保障领域的最新研究进展及工程应用情况。根据收集的文本材料及中国石油大学油气储运工程系多年的工程实际经验编写校内讲义，并以讲义为基础制作课件，准备讲稿。同时，根据每年流动保障领域的国内外最新进展，在保留精华的基础上进行课件及讲义的实时更新。

2. 启发式模块化授课

采用三分之一的课时进行教师启发式专题授课。通过文字、图片及视频进行蜡沉积与清管、水合物生成与防治、沥青质析出、管道结垢与防治和停输再启动等流动保障问题的专题模块化讲解，以理论知识、工程实际问题，及问题研究现状为授课内容主体，并在课堂上进行启发式提问与探讨，引导学生自主思考。提出现场对应的流动保障问题，如曾发生的问题或事故，构建相关情景，让学生身临其境，想象作为现场的工作人员该去如何处理，并提出相应的解决思路及方法。整体的授课方式具有灵活性，可采用线上、线下或者两者结合等多种形式。通过教师启发式授课帮助研究生构建知识框架，掌握管道流动保障实施面临的具体问题和处理方式，从理论和工程理解两方面提升研究生专业素养。

3. 翻转课堂式学生专题互动展示

增强研究生课堂上的主人翁意识，采用三分之一的课时进行翻转课堂式学生专题互动展示与讨论。将学生分成不同的小组，各小组通过自主合作进行油水乳状液、管道结垢、多相管道段塞流等某一流动保障具体问题的调研工作，从问题背景、发生情形、产生原因、解决方法、预防措施等方面进行专题调研学习，小组内进行内部学习讨论，并将相关内容制作成PPT，在课堂上向其余内容进行讲解展示，在讲解结束后就剩余所有学生的问题依次进行解答和辩论。同时，

组内每个学生对自己研究的部分形成文献综述报告。教师在此过程中负责引导、总结和补充，以此提升所有学生的课堂参与度，培养学生的团队合作与交流能力、自主学习能力和文献的总结能力以及语言表达能力和逻辑思维能力。

4. 定制式工程问题考核

为提升学生独立解决实际工程问题的科研能力，为每个学生制定具有特定工程背景的流动保障问题。每个学生都会收到一份某一工程应用下的具体问题，对应的参数、变量以及出现的问题等都是因人而异的，教师采用剩余的课时对问题进行综合分析和讲解，并结合现场工程实际问题处理要求，学生需通过相关专业知识和理论知识去分析问题，得到相应的规律和方法，并通过编程和计算等方式解决问题，最终形成问题分析与处理方案报告。该部分内容可培养学生对实际流动保障问题的分析与处理能力，提高研究生报告撰写的水平，为研究生毕业时撰写毕业论文及毕业后的工作夯实基础。

5. 多元化考核评价体系构建

构建学生多元化考核评价体系。考核制度上将学生的出勤率作为基础评价指标，将更加注重学生的综合能力，包括课堂问题提出与回答（思考与表达能力）、小组合作中的表现（团队合作与交流能力）、文献综述报告的撰写（自主学习与文献阅读总结能力）、特定工程问题的解决方案与报告撰写（解决实际工程问题的能力与报告撰写的能力）等，同时结合其余学生互评的相关分数、小组成员的贡献度，最终基于上述评价指标，进行不同权重的计算，从而得出某位具体同学的评价分值。

6. 学情跟踪及优化

研究生作为学习知识的主体，是反映教学进度与改革效果的关键。教师加强与研究生的课下交流，并在教学过程中随时收集学生的反馈意见，掌握研究生对教学内容、教学进度和方式方法等方面的想法，不断根据学生反馈的内容进行课程安排调整，吸取有利于学生接受知识、增长技能的建议和方法，不断提升课程教学质量，提升课程教学品质，加强课程实践育人能力，尽可能满足班内同学的需求和诉求，打造精品课程。同时，定期组织线下及线上答疑课进行学生问题答疑，针对学生提出的问题除进行引导式解答外，适当增加问题和知识的延伸性，开拓学生的思维和视野，以及考虑问题的角度和格局，适时进行教学方法的调整并不断总结经验。

四、油气管道流动保障技术课程教学改革实践

根据教学改革内容和评价体系，研究生总成绩由以下六部分组成。

一是汇报PPT占10%，由组内同学根据每个人的方向制作PPT并汇总，每位同学参与修改和调整，形成本组最终汇报PPT。

二是翻转课堂式PPT讲解汇报占10%，汇报同学随机确定，要求每位同学都熟练汇报内容，汇报完由组内同学补充说明。

三是提问问题占10%，一组同学汇报完成后，其他组同学轮流根据汇报的内容提问问题，根据每位同学提问的问题

思路和对问题的理解水平确定每位同学分数，每位同学有5次提问的机会。

四是回答问题占10%，汇报组的同学汇报完成以后对其他组同学的问题进行回答，根据回答问题的准确程度确定每位同学成绩，每位同学有5次回答问题的机会。

五是文献综述论文占20%，每位同学根据自己的专题内容，搜索国内外相关文献，撰写不少于5000字文献综述论文，要求综述内容要和自己的专题紧密相关，要分析和明确文献研究的核心成果和不足之处。

六是工程问题解决方案占40%，根据管线沿线地温、输量、输送原油性质计算不同月份沿线蜡沉积速率、不同季节经济清管周期，根据清管器前原油物性分析蜡堵风险，确定清管器泄流量。具体而言，需要首先根据原油输量、地温、原油凝点、总传热系数等基础参数确定管道进出站温度，没有进出站温度扣10分；根据已给的蜡沉积模型，计算管壁剪切应力、温度梯度、蜡分子浓度梯度等参数，计算不正确扣10分；计算不同工况下管道沿线蜡沉积速率，该部分40分，少计算一种工况扣5分；计算不同工况下清管周期，该部分30分，少计算一种工况扣5分；计算清管器前沉积物含量，确定清管器泄流量，该部分10分，没计算清管器前沉积物含量扣5分，没有计算清管器泄流量扣5分。根据上面六项评分标准，对2021级学生的成绩进行了评定，结果见表1。

表1 油气管道流动保障技术课程学生成绩表

学生	PPT	汇报	提问问题	回答问题	文献综述	工程问题解决	总成绩
亓 × ×	80	90	80	78	75	70	76
张 ×	80	90	84	96	80	90	87
周 ×	80	90	82	80	70	85	81
贺 × ×	80	70	84	86	78	80	80
满 × ×	80	70	84	84	85	83	82
孙 × ×	80	70	86	84	80	85	82
刘 × ×	80	70	80	84	90	90	85
王 × ×	90	90	86	90	75	80	83
张 × ×	90	90	84	92	88	88	88
苏 ×	90	85	88	90	90	90	89
吴 ×	80	70	84	84	75	85	81
吴 × ×	80	70	86	84	85	75	79
徐 ×	80	70	86	92	70	70	75
王 ×	80	90	86	82	50	65	70
陈 ×	80	70	86	88	80	75	78
马 × ×	90	80	88	86	75	83	83
尚 ×	90	80	84	80	85	85	84
成 × ×	90	80	86	88	83	88	86
陈 ×	80	90	88	92	80	83	84
刘 × ×	90	90	84	88	80	80	83
穆 ×	90	90	86	86	85	90	88
徐 × ×	90	85	86	88	85	85	86
涂 × ×	90	90	90	92	75	70	79
单 × ×	90	85	82	92	80	80	83

表1的成绩反映了学生在不同环节学习情况，大部分学生在不同环节都有较好表现，说明提高改变考核方法，可以提高学生解决工程问题的能力。部分组学生汇报过程中分数较低，说明大家在展示自己成果的过程中还需要加强，要给学生更多机会上台展示自己。部分学生文献综述和工程问题解决方案较差，需要提高分析总结的能力。

五、结束语

“新工科”背景下研究生教育应着眼于实际工程需要，培养能解决工程难题的多元化、创新型和应用型人才。油气管道流动保障技术是一门理论与实性并重的研究生课程。结合该课程的特点和当前研究生教育面临的问题，以该课程为例，探索了培养工科研究生解决工程问题能力为导向的多元化教学改革思路，制定了“教师启发式模块化授课—翻转课堂式学生专题互动展示一定定制式工程问题考核”的模式进行相关教学改革的研究与实践。通过课程的改革，可提升学生的课堂主人翁意识，提高自主学习能力、合作学习能力及工程问题应对能力，有利于工程型创新性人才的培养。该教学改革思路可为工科研究生的教学模式提供建议和经验。

参考文献：

- [1] 周 围, 苏宛筠, 孙凌宇, 等. 新工科背景下工科研究生课程教学改革思路[J]. 科技视界, 2021
- [2] 王迎迎. 新工科背景下专业基础课程之改革探究[J]. 科教文汇, 2021
- [3] 高井祥, 陈国良, 王潜心, 等. 面向新工科的行业特色测绘工程专业转型升级实践[J]. 测绘通报, 2022
- [4] 祝士明, 李 珊. 我国新工科研究热点、主题演进与未来展望——基于Ucinet和Cite Space的可视化分析[J]. 天津大学学报(社会科学版), 2022
- [5] 杨宗仁. “新工科”建设的理念内涵及模式综述[J]. 兰州交通大学学报, 2019
- [6] 王后能, 李自成, 田 斌. 多元化研究生课程体系的构建与改革研究——以控制科学与工程学科为例[J]. 高教学刊, 2022
- [7] 汪四成, 梅 冰, 方涵先, 等. 双一流背景下硕士研究生“空间天气学”课程教学改革实践[J]. 教育教学论坛, 2021
- [8] 黄维和, 韩景宽, 王玉生, 等. 我国能源安全战略与对策探讨[J]. 中国工程科学, 2021
- [9] 黄启玉, 李瑜仙, 张劲军. 普适性结蜡模型研究[J]. 石油学报, 2008
- [10] 刘朝阳, 栾石柱, 韩文超, 等. 含蜡原油蜡沉积影响因素对比试验[J]. 油气储运, 2021
- [11] 张在孝, 黄启玉, 张 汛, 等. 流花16-2油田海底管道原油蜡沉积规律模拟分析[J]. 中国海上油气, 2020
- [12] 李建秋, 程 茹, 王 栋. 天然气水合物在输气管道中的生成预测及防治技术研究[J]. 油气田地面工程, 2022
- [13] 张东旭, 伍 奕, 杨 明, 等. 重质原油组分对水合物生成影响的研究进展[J]. 油气储运, 2022
- [14] 汪益宁, 肖 伟, 吴 晗, 等. 油田给油管道的结垢机理及治理措施[J]. 油气田地面工程, 2015
- [15] 薛兴昌, 刘华平, 汪 洋, 等. 聚驱稠油采出液管道的停输再启动特性[J]. 油气储运, 2020
- [16] 祝守丽, 李长俊, 马志荣, 等. 含蜡原油停输再启动环道优化及模拟试验[J]. 油气储运, 2019
- [17] 李 璇, 杨百忍, 李朝霞. 工科专业课程“翻转课堂”教学模式的改革与实践——以《给水工程》为例[J]. 科技视界, 2020

作者简介：黄启玉（1969—），男，汉族，山东单县人，博士，中国石油大学（北京）机械与储运工程学院教授，研究方向：油气管道流动安全保障技术