

# 中国石油大学（华东）

## 交叉学科博士研究生培养方案

**交叉学科名称：应用数学与能源数据科学 交叉学科代码：0820J7**

### 一、学科简介

应用数学与能源数据科学交叉学科是以服务国家能源发展战略需求为导向，聚焦能源科学中的重要数学问题，以微分方程理论及能源应用、数值分析与预测、能源大数据处理与算法的智能优化为主攻目标，在石油与天然气工程学科、力学学科、控制科学与工程学科三个博士学位授权一级学科的基础上设立的新型交叉综合性学科。

本学科理论与应用并重，主要开展非达西渗流等微分方程模型的定性分析、多尺度多场耦合等计算数学模型的高效数值模拟、能源大数据统计建模与算法的智能优化等一系列基础理论和应用研究。本学科瞄准国际学术前沿，汇聚国内外优秀师资队伍，注重数学基础，强化学科交叉，建设大数据和人工智能等高水平学科平台，聚力高层次创新型人才培养。

### 二、培养目标

面向国家能源重大战略中的数学应用需求，坚持以立德树人为根本，培育和践行社会主义核心价值观，培养具有高度社会责任感和事业心，德智体美劳全面发展，掌握应用数学与能源数据科学交叉领域的基础理论和专门知识，具有批判性思维和创新性思维，具备严谨求实的科学态度和学术素养，具有独立从事科学研究的能力并在能源数学领域做出创造性研究成果，具有多学科研究背景和国际视野的高层次创新型人才。

### 三、基本要求

1. 品德素质：遵纪守法、品行端正、诚实守信、身心健康，有社会责任感和团队合作精神。恪守学术道德，崇尚学术诚信，热爱科学研究。具有严谨的科研作风和锲而不舍的钻研精神。

2. 基本知识：适应科技进步和经济社会发展的需要，掌握本学科坚实宽广的基础理论和系统深入的专门知识，深入了解本学科发展方向及国际学术研究前沿。

3. 基本能力：掌握科学研究的先进方法，能熟练应用一门外语进行本专业学习，具备瞄准国际学术前沿并开展学术研究和学术交流的能力。能独立

从事创造性科学研究，探索 and 解决应用数学与能源数据科学中的重要问题。

#### 四、培养方向

方向一：微分方程理论及能源应用

针对油气能源领域中的各类微分方程问题，研究非达西渗流方程、反应扩散方程和不确定性微分方程等模型，重点采用先验估计、尺度变换等方法讨论解的适定性、渐近性等性质，分析诊断建模合理性，为研究石油与天然气领域的数学建模和数值模拟提供理论支撑。

方向二：能源数值模拟与科学计算

针对油气能源领域中的力学和数学问题，研究多尺度、多场耦合等计算数学模型，重点讨论有限差分、有限体积、有限元等保物理特性的高效高精度数值离散方法，构造大规模方程组的快速求解算法，并进行性能分析和仿真实现，为油气能源领域中的数值分析与预测提供理论基础和技术支持。

方向三：能源数据处理与智能优化

针对油气能源领域中的数据处理与优化控制问题，开展人工智能、机器学习和量子计算的理论和应用研究，重点讨论能源大数据的清洗诊断与统计建模、算法智能优化和模型反演预测等问题，为实现石油与天然气勘探、开发、储运等过程的智能管控和动态演化分析提供理论基础和技术支持。

#### 五、学习年限

交叉学科博士研究生基本学习年限为 4 年，最长学习年限为 8 年。

#### 六、培养方式

交叉学科博士研究生的培养主要采取课程学习、科学研究、学术交流、社会实践相结合的方式，实行团队导师指导或个别导师指导。

#### 七、学分要求

交叉学科博士研究生总学分不低于 14 学分，其中必修课不低于 8 学分。

#### 八、课程体系

交叉学科博士研究生课程体系由必修课、选修课和必修环节组成，必修课包括公共必修课、公共基础课、专业基础课；选修课包括公共选修课、专业选修课、Upcic 课程等；必修环节包括文献阅读与开题报告、境外学术交流与研修。

##### 1. 核心课程

本学科博士研究生核心课程为 5 门，具体如下：

### **核心课程 1:《能源数学科学前沿》(Frontiers of Energy Mathematics)**

课程简介：能源数学科学前沿以油气能源科学中的数学基础理论与应用创新为主要内容，介绍微分方程理论及能源应用的前沿进展，能源数值模拟与科学计算的应用进展，能源数据处理与智能优化原理和应用研究进展。使学生了解能源数学科学最新发展、掌握学科国际前沿，并能在交叉学科学术研究和实践中发挥作用。

### **核心课程 2:《机器学习》(Machine Learning)**

课程简介：机器学习是一门多学科交叉课程，涉及概率论、统计学、凸分析、算法复杂度理论等知识，主要介绍机器学习的主要方法，包括感知机、贝叶斯模型、支持向量机、逻辑回归、EM 算法、稀疏优化、聚类等。使学生掌握机器学习的基本算法，具备运用基本算法分析和解决实际问题的能力。

### **核心课程 3:《偏微分方程理论及应用》(Partial Differential Equations Theory and Applications)**

课程简介：本课程主要讲述广义函数与索伯列夫空间，二阶线性椭圆、抛物及双曲型方程的基本问题与理论。主要讲解广义函数空间及其相关的嵌入定理、迹定理，椭圆型方程边值问题解的正则性与两则性定理，抛物型方程中的算子半群方法，双曲型方程的能量估计与 Galerkin 方法等内容。使学生具备运用偏微分方程理论分析能源领域中实际问题的能力。

### **核心课程 4:《微分方程的现代数值方法及应用》(Modern Numerical Methods for Differential Equations and Applications)**

课程简介：本课程介绍如何利用数值逼近的思想解决能源科学与工程计算中的实际问题，主要讲解偏微分方程的各类求解方法，具体包括偏微分方程的模型推导、各类模型问题的有限差分、有限体积、有限元方法等、大规模线性和非线性问题的快速算法，研究各类数值方法的数值理论分析和程序设计与仿真等。使学生掌握数值求解的各类经典算法、基本数值理论和分析技巧，并能够灵活应用以解决油气能源领域中的实际问题。

### **核心课程 5:《大数据与人工智能》(Big Data and Artificial Intelligence)**

课程简介：本课程主要介绍大数据与人工智能的基本概念、基本模型、前沿科技应用及趋势，内容包括高维大数据问题的特征提取与特征选择等典型降维模型、以卷积和长短期记忆神经网络为代表的深度学习模型、基于自然选择法则为基础建立的遗传算法和差分进化模型、以蚁群和粒子群算法为

代表的群智能模型。目的是培养学生灵活运用大数据模型和人工智能算法解决实际问题的能力。

## 2. 课程设置

①国际学术交流英语，为博士生公共必修课，英语水平达到一定要求的博士生可以申请免修，依据《中国石油大学（华东）研究生公共英语课程免修办法（修订）》办理。

② Upcic[ˈʌpsɪk]是 UPC Intensive Curricula 的缩写，意为中国石油大学集中式课程，为拓展研究生学术视野而设置。研究生参加的各类学术交流与创新实践活动，如各类暑期学校、外聘专家短期集中课程、专题学术研讨会、学术论坛、重要学科竞赛、创新创业活动等，均可以换算成 Upcic 学分。Upcic 学分依据《中国石油大学（华东）课程学分认定与成绩转换办法》进行认定。

## 3. 必修环节

① 文献阅读与开题报告（1 学分）：入学后，博士生要结合本人培养方向和研究兴趣，积极开展文献调研与阅读，撰写文献综述或总结报告，并在导师组的指导下，紧密结合工程研究课题进行学位论文选题，完成学位论文开题工作。学位论文开题采取答辩方式进行，并要求提交书面开题报告。完成文献综述或总结报告，通过学位论文开题报告，获得 1 学分。学位论文开题报告应在第三、四学期完成。文献调研与开题报告应把握学科前沿，兼具广度和深度。

② 境外学术交流与研修（1 学分）：博士生在学期间要积极参加本学科重要国际学术交流活动，并作口头报告；或到国外一流高校或学术研究机构开展不少于 3 个月的访学研修活动，并提交研修报告，通过者可获得 1 学分。

## 九、中期考核

一般在第四或第五学期进行，由学院组织对研究生的思想品德表现，以及课程学习、专业实践、文献综述、开题报告及学位论文工作研究进展情况等进行全面考核。具体考核流程、考核要求等按照学校相关管理办法执行。

## 十、科学研究与学位论文

博士研究生在导师或导师组的指导下，通过充分的文献检索、调研、阅读与研究，确定研究课题，完成开题报告，独立开展学术研究，撰写学位论

文。论文选题应是本学科前沿领域课题或对我国经济和社会发展有重要意义的课题，具有创新性、先进性和科学性；论文应在充分调研文献资料的基础上，重点阐明研究领域前人已有的成果，并评述国内外有关的研究动态，提出作者的新观点、新见解；论文应能体现作者研究中使用的方法和关键技术，能反映出作者独立进行科研工作的能力，研究成果应具有重要的理论意义或实用价值；论文应有较高的写作水平，写作规范，文字流畅，立论正确，逻辑严谨，数据可靠。

### **十一、创新成果要求**

博士生创新成果需体现博士生对基础理论和专门知识的熟练和系统掌握，表明博士生具有独立从事创新研究的能力。

博士生申请学位基本创新成果需达到学校以及学院关于学术型博士生在学期间取得学术成果基本要求。

### **十二、学位论文评审与答辩**

博士研究生完成培养方案中规定的所有环节，成绩合格，达到培养方案规定的学分要求，符合学校相关规定的，可申请学位论文评审与答辩。学位论文评审与答辩一般在博士研究生入学后的第八学期进行。学位论文评审与答辩按照《中国石油大学（华东）学位授予工作细则》和其他有关规定进行。

通过学位论文答辩，符合毕业条件颁发相应学科毕业证书。达到本科学位（授予）标准及其他有关要求，符合学位授予条件的，可依据《中国石油大学（华东）学位授予工作细则》审批，授予工学博士学位。

## 中国石油大学（华东）研究生课程设置（交叉学科博士）

专业名称：应用数学与能源数据科学

专业代码：0820J7

课程类型		课程编号	课程名称	学时	学分	学期	备注
必修课 (8 学分)	公共必修课	7000001	中国马克思主义与当代	36	2	1	(中文授课国际博士生由《中国概况》替代, 硕士阶段已修过的, 可申请学分认定)
		7000011	国际学术交流英语	32	2	1	具有出国学习或交流经历, 英语水平优秀者可申请免修。(中文授课国际博士生由《汉语言基础》替代)
	专业基础课	7092031	能源数学科学前沿	32	2	1	平台核心课
		7092032	机器学习	32	2	1	平台核心课
选修课	专业选修课 (≥2 学分)	7092033	偏微分方程理论及应用	32	2	2	微分方程理论及能源应用方向核心课
		7092034	微分方程的现代数值方法及应用	32	2	2	能源数值模拟与科学计算方向核心课
		7092035	大数据与人工智能	32	2	2	能源数据处理与智能优化方向核心课
		5021009	高等渗流力学	32	2	1	
		7021001	油气田开发科学与技术进展	32	2	1	
		7092036	区块链与联邦学习	32	2	2	
		7092037	量子计算	32	2	1	
		7092039	数据同化	32	2	2	
		6021006	油藏数值模拟	32	2	2	
		7092040	矩阵计算	32	2	1	
		7092038	运筹学	32	2	1	
		6052001	现代信号处理(全英文)	48	3	2	
	公共选修课 (≥3 学分)	6000013	研究生英语视听说	16	1	2	7 选 2, 必选
		6000014	学术英语阅读与写作	16	1	2	
		6000015	英汉语言比较与翻译	16	1	2	
		6000016	跨文化沟通	16	1	2	
		6000017	英语国家经典文学作品赏析	16	1	2	
		6000018	能源英语	16	1	2	
		6000019	出国留学英语	16	1	2	
6000070		国际学术论文写作与发表	16	1	2	必选(在线 MOOC)	

	Upcic 课程 ( $\leq 3$ 学分)	6000069	中国石油大学(华东)集中式课程	-	$\leq 3$	1-6	
	补修课	7092011	有限元方法	48	3	1	
		6092003	代数学	56	3.5	1	
		7092023	神经网络	48	3	1	
必修环节(2 学分)		8060101	文献阅读与开题报告(博士)	-	1	4	
		8060102	境外学术交流与研修	-	1	1-8	

交叉学科博士研究生总学分不低于 14 学分，其中必修课不低于 8 学分。

