

# 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：能源物理科学与技术 交叉学科代码：0805J8

### 一、交叉学科简介

能源物理科学与技术学科以服务国家能源发展战略需求为导向，以深地和深海目标探测、油气藏物性参数和渗流、能量转换与存储等领域的基础理论与技术创新为主攻目标，是在材料科学与工程、地球物理学和石油与天然气工程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。

本交叉学科主要开展复杂地层情况下地下物理场的分布特征和传播规律、物理场与油气藏物性参数和油气渗流耦合、新能源相关物理过程中能量转换和提高能源利用效率等一系列基础理论和创新技术研究。本交叉学科瞄准国际学术前沿和国家能源战略需求，建设高水平学科平台，构建基于科教融合和学科融合的复合型创新人才培养体系，培养理论基础扎实、科研创新能力强，能在能源领域相关交叉学科从事基础理论研究和创新技术研究的高级专业技术人才。

### 二、培养目标

面向国家能源重大战略需求，坚持以立德树人为根本，培养政治觉悟高，道德修养好，具有高度社会责任感和事业心，德智体美劳全面发展，掌握能源物理交叉领域坚实的理论基础和系统的专门知识，具有较强的批判性思维和创新性思维，具有独立从事科学研究的能力并在能源物理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级人才。毕业后能够胜任高校、科研院所、企事业等单位的教学、科学研究、产品研发及其相关工作。

### 三、基本要求

1. 品德素质：掌握马列主义、毛泽东思想、邓小平理论、“三个代表”、科学发展观和习近平新时代中国特色社会主义思想的重要思想，遵纪守法，具有强烈的事业心和责任感；恪守学术道德，崇尚学术诚信，热爱科学研究；具有良好的学术修养、严谨的科研作风和锲而不舍的钻研精神。

2. 基本知识：掌握能源物理领域坚实宽广的基础理论知识和系统深入

的专门知识，深入了解能源物理领域的进展、动向和最新发展前沿及国际学术研究前沿，注重知识交叉应用。

3. 基本能力：具备发现并解决能源物理领域相关科学研究和工程技术问题的能力；具备国际视野和跨文化交流能力；能胜任高等院校教学、科学研究、工程技术或科技管理等工作。

#### 四、培养方向

能源物理科学与技术交叉学科学术学位博士授权点设 3 个培养方向：地下物理场分析方法及探测技术、油气藏多物理场耦合理论与技术、能量转换与新能源物理。

1. 地下物理场分析方法及探测技术：基于物理学基本理论研究复杂地层情况下地下物理场的分布特征和传播规律，通过正演数值模拟和反演成像技术的研究获得描述复杂地层物理参数分布状况的方法，并将相关理论与方法应用于深地、深海的目标探测之中，为探测仪器的研发和测量数据的处理提供理论和方法支持。研究内容包括：(1)电磁探测、声波探测和光探测技术基本原理与方法研究；(2)高频电磁波散射和逆散射方法研究，复杂介质中电磁波传播规律研究；(3)典型深地或深海目标的物理场信号产生机理、分布特征及传播规律研究；(4)物质光学性质的应用基础研究及光学方法在海洋与能源领域应用的重大关键技术和前瞻性技术研究。

2. 油气藏多物理场耦合理论与技术：应用现代物理方法及技术研究多物理场与油气藏物性参数和油气渗流耦合问题。研究内容包括：(1)油气藏物性物理场法检测及反演理论：通过核、磁、X 射线及各种物理场理论和测量手段，认识油藏岩石、油、气、水物性及孔隙结构，结合现代反演理论，探索油气藏物理的新型物理场测量理论及方法。(2)油气藏渗流的多物理场耦合理论与技术：研究多种物理场对油气藏，特别是非常规油气藏渗流规律的影响，探讨物理场强化开采油气藏理论与方法。(3)油气藏多物理场耦合的微观模拟：利用量化计算和分子动力学方法，研究多种物理场对油、气、水赋存和渗流的微观作用机理，阐释物理场作用下油气藏物性及多相流动规律。相关研究可为油气藏，特别是非常规油气藏的开发和利用提供理论基础、方法和技术支持。

3. 能量转换与新能源物理：基于凝聚态物理基本理论和计算模拟，研究新能源相关物理过程中力、热、电和光等能量转换与存储机制和调控问题，

探索提升能量转换效率的高效方法。研究内容包括：(1) 钙钛矿太阳能电池光-电转换基本过程与原理：研究钙钛矿太阳能电池光电转换过程的机理、理论与模拟，揭示高效钙钛矿太阳能电池光-电转换的新机制，建立以性能预测为导向的计算方法与高效钙钛矿太阳能电池器件物理模型。(2) 超级电容器能量存储性能：研究碳材料电极双电层电容器和金属氧化物赝电容器的电荷存储机制和能量存储性能，探索电极拓扑结构、电解质类型、表面改性和掺杂等对电容器储能过程的影响规律，优化设计高性能超级电容器。(3) 纳米孔隙能量转换系统：研究纳米孔隙中流体机械能-电能转换的微观过程和机理，探索孔隙微观结构、界面作用和流体输运等对能量转换效率的影响规律，实现动电效应提高能量转换效率。

## 五、学习年限

交叉学科普通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。

## 七、学分要求

普通博士研究生总学分不低于 16 学分，其中必修课不低于 8 学分。

## 八、课程设置

交叉学科博士研究生课程体系一般由必修课、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

本学科研究生核心课程为 4 门，具体如下：

#### (1) 核心课程 1：能源物理科学前沿（Frontiers of Energy Physics）

课程简介：能源物理科学前沿以深地和深海目标探测、油气藏物性参数和渗流、能源转换和节约等领域的物理基础理论与技术创新为主要内容，介绍电磁探测、声波探测和光探测技术在深地和深海能源领域应用的前沿进展，物理场前沿理论与计算方法在石油工程领域中的应用进展，多尺度模拟方法在纳米能源材料设计和提高利用效率的机理和应用研究进展。为学生

从事物理、材料、油气田开发、地球物理勘探多个交叉学科的基础理论和技术创新研究奠定基础。

## **(2) 核心课程 2: 非均匀介质中的场与波 (Waves and Fields in Inhomogeneous Media)**

课程简介: 全面、深入讨论非均匀介质中波的传播、辐射和散射问题。系统介绍各种解析方法、数值方法和半解析半数值混合方法在一维和多维非均匀介质场与波分析中的应用, 通过数值方法尝试解决复杂而难于求解的问题。课程深入的研究和讨论有关波在非均匀介质中的传播、辐射和散射问题的前沿课题, 介绍当代电磁学的一些最新进展。通过学习对比各种数值方法的实际应用, 为解决非均匀介质中场与波的各种具体问题提供数值求解方法。

## **(3) 核心课程 3: 多相渗流力学及其计算方法 (Multi-phases Flow in Porous Media and its Calculation Methods)**

课程简介: 多相渗流现象具有广泛的科学研究和工程应用背景, 从油气开采、水文地质、核废料处理到新能源电池等等都与多相渗流密切相关。该课程的主要内容为多相渗流理论、计算方法及其在石油工程中的应用, 通过本课程学习, 系统掌握解析法、数值解法、格子 Boltzmann 方法、计算流体力学方法的原理, 及其在多相渗流模型求解中的应用, 掌握多相渗流反问题的求解, 深入理解极大似然法和集合卡尔曼滤波方法的原理及其在油藏历史拟合中的应用。

## **(4) 核心课程 4: 表面与界面物理力学 (Physical mechanics of surface and interface)**

课程简介: 表面与界面物理力学是表面与界面力学、表面与界面物理、表面与界面化学等的新兴交叉科学, 以固-气、固-液、固-固、固-生物、生物-流体等界面的原子、分子结构的微观物理和化学性质为基础, 主要从从表面和界面的微观结构出发, 运用近代表面物理学、表面物理化学和分子模拟等方法, 研究表面或界面弹性变形、流动与表面其他物理和化学耦合作用的规律, 预见微纳米结构和系统的力学性能的影响规律以及黏附、接触、界面强度、摩擦润滑等问题。

## **2. 课程设置及培养环节说明**

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。

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

普通博士研究生一般在第四学期进行中期考核，需要对博士研究生的课程学习、文献综述、开题报告及学位论文工作研究进展情况等进行一次全面的考核。对照检查研究生培养计划执行情况，全面考核博士生的思想品德和业务情况。思想品德考核要对博士生思想政治、道德品行、学习态度等方面做出综合评价。业务考核包括培养计划中课程学习（成绩与学分）完成情况，开题报告完成情况与质量以及综合能力考察。具体考核依据《中国石油大学（华东）研究生中期考核规定》和本学科有关要求实施。。

## 十、科学研究与学位论文

进行科学研究、开展学术训练、撰写学位论文，是博士研究生培养的重要内容。博士研究生入学后，应在导师组的指导下，明确研究方向，收集资

料，进行调查研究，确定研究课题，开展科学研究和学术训练，并撰写学位论文。

博士研究生学位论文基本要求：

1. 论文选题：应来自能源物理相关领域中的科学问题、重要工程技术问题，紧密结合科学研究前沿和工程实际，具有重要的理论研究意义和工程应用价值。

2. 研究内容：学位论文内容应与能源物理及相关交叉学科中的科学问题和工程技术问题紧密结合，围绕基础理论、学科前沿、研发和工程应用等开展创新性工作。

3. 成果形式：学位论文应独立做出创造性成果，成果形式包括学术论文、发明专利、行业标准、科技奖励等。成果应与学位论文内容密切相关，并在攻读学位期间取得。

4. 水平评价：对博士学位论文应评价其学术水平、技术创新水平与社会经济效益，并着重评价其创新性和实用性。

#### **十一、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》(中石大东发[2015]33号)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。达到本学科学位(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》(中石大东发[2015]33号)审批，授予理学博士学位。

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：能源物理科学与技术

专业代码：0805J8

课程类型	课程编号	课程名称	学时	学分	学期	备注	
必修课	公共必修课 (4 学分)	70000 01	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)
		70000 11	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)
	公共基础课 (2 学分)	70000 24	现代应用数学选讲	32	2	1	
	专业基础课 (2 学分)	70930 21	能源物理科学前沿	32	2	1	平台核心课
选修课	专业选修课 (≥ 2 学分)	70930 22	非均匀介质中的场与波	32	2	1 或 2	地下物理场分析方法及探测技术方向核心课
		70930 23	多相渗流力学及其计算方法	32	2	1 或 2	油气藏多物理场耦合理论与技术方向核心课
		70930 24	表面与界面物理力学	32	2	1 或 2	能量转换与新能源物理方向核心课
		70930 25	地球物理方法与技术	32	2	1 或 2	
		70930 26	油气藏多物理场耦合理论与技术进展	32	2	1 或 2	
		71431 05	能量储存和转化中的计算科学	32	2	1 或 2	
		80140 21	地球物理测井前沿	32	2	2	
		70230 01	提高油气采收率科学与技术进展	48	3	1	
		71451 01	能量储存与转化材料	32	2	2	
	公共选修课 (≥ 3 学分)	60000 13	研究生英语视听说	16	1	2	7 选 2, 必选
		60000 14	学术英语阅读与写作	16	1	2	
		60000 15	英汉语言比较与翻译	16	1	2	
		60000 16	跨文化沟通	16	1	2	
		60000 17	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 (≤3 学分)	6000069	中国石油大学（华东）集中式课程	-	≤3	1-6	
	补修课程	6093002	高等电动力学	48	3	1	
		6093003	计算物理	32	2	1	
		6093004	多孔介质物理学	32	2	1	
		6093005	计算凝聚态物理	32	2	1	
必修环节 (2 学分)		8140101	文献阅读与开题报告（博士）	-	1	4	
		8140102	境外学术交流与研修	-	1	1-8	

普通博士研究生总学分不低于 16 学分，其中必修课不低于 8 学分。



## 交叉学科研究生培养方案培养目标要求指标点分解与实现矩阵

培养目标要求		指标点	支撑课程与培养环节
素质要求	思想政治素质	掌握马列主义、毛泽东思想、邓小平理论、“三个代表”、科学发展观和习近平新时代中国特色社会主义思想的重要思想,遵纪守法,具有强烈的事业心和责任感。	中国马克思主义与当代
	学术素养	具有良好的学术修养、严谨的科研作风和锲而不舍的钻研精神。恪守学术道德,崇尚学术诚信,热爱科学研究。	能源物理科学前沿 学术英语阅读与写作
知识要求	基础理论知识	掌握能源物理领域坚实宽广的基础理论和系统深入的专门知识	非均匀介质中的场与波
			多相渗流力学及其计算方法
			表面与界面物理力学
			中国石油大学(华东)集中式课程
专业知识	掌握能源物理领域系统深入的专门知识	地球物理方法与技术	
		油气藏多物理场耦合理论与技术进展	
		能量储存和转化中的计算科学	
深入理解能源物理领域发展方向及国际学术研究前沿	能源物理科学前沿		
	中国石油大学(华东)集中式课程		
能力要求	自主学习能力	具备凝练科学问题,提出新的科学命题和方法,独立开展学术研究和学术交流的能力。	地球物理测井前沿
			提高油气采收率科学与技术进展
			能量储存与转化材料
			境外学术交流与研修
			学术英语阅读与写作
	科学研究能力	具备发现并解决能源物理领域相关科学和技术问题的能力;	地球物理方法与技术
			油气藏多物理场耦合理论与技术进展
			能量储存和转化中的计算科学
	沟通交流能力	具备跨文化交流能力;	国际学术交流英语
			境外学术交流与研修
其他能力	具备国际视野	出国留学英语	
		境外学术交流与研修	