**项目名称：**非线性时间序列结构突变的统计推断及在煤炭资源投资管理中的应用研究

**完成人（限11人）：**金 浩、张金锁、杨秀妮、杨云锋、张 思、张守刚、丁正生、郑颖春、冯卫兵、苏 军、秦瑞兵

**完成单位（所有单位）：**西安科技大学、西北工业大学

**项目简介：**

我国是煤炭资源消费大国，能源资源富煤、缺油、少气的特点和现阶段的经济实力，决定了煤炭在能源结构中的地位将是稳定和长期的。经济的高速增长和煤炭需求的持续增加推动了煤炭行业的快速发展，我国煤炭资源在享受“两个市场、两种资源”经济便利的同时，也面临着国内外的风险和不确定性，确保煤炭资源经济安全已是相关决策部门亟待解决的热点问题。

国内关于期权定价理论在能源资源投资决策方面的应用研究尚处于初期阶段，对煤炭资源投资决策方法的专门研究未见较成熟的成果。已有贴现现金流量法(DCF)方法的研究主要集中在利率不变、标的资产价格连续变化和便利收益为零的情况下，直接运用布莱克斯科尔斯期权定价模型来确定煤炭资源投资价值。但现实的煤炭投资具有如下特点：**第一，未来收益和利率是不确定的。尤其是在重大事件的冲击下，不能精确的描述其概率分布情况，导致投资风险较大。**由于煤矿经营期较长，利率变动对项目投资价值的影响也就变得较为突出；同时在许多情况下煤炭价格是由供需变化决定的，出现暴涨这极端的能源价格发生频率通常高于几何布朗运动模型所指的概率。**第二，“柔性或灵活性”。**因为煤炭项目在真正投资的时间上有选择的余地，根据市场情况，扩大勘探规模，或暂停，或永久放弃。这些灵活性提高了项目的投资价值。**第三，不可逆性。**煤炭资源投资形成的资产，都具有极强的专用性，这些专有资源则无法转化为其他用途，也就变成了沉没成本。鉴于此，传统的DCF方法不能很好地考虑上述煤炭资源投资的特点，无法根据新信息的不断出现捕捉项目整个投资决策中存在的灵活性、选择权和不确定性，从而低估了煤炭资源投资项目价值。因此必须探索出符合我国煤炭资源实情的，科学、合理的资源投资决策和管理方法。

在国家自然科学基金、陕西省自然科学基金及软科学项目、陕西省教育厅自然科学专项基金等项目联合资助下，本项目属于能源经济与管理、应用数理统计的交叉领域，通过新思想、新模型、新方法的持续创新，系统突破并解决了上述难题。**主要创新点有:**

1. **在不确定性环境下，系统的研究煤炭资源投资多阶段之间的相互联系、相互作用的运行机制和原理，并这种“不确定性”的思想给予特别的关注。**根据煤炭资源投资的特点，具有实物期权的显著特征，清楚梳理了投资项目价值形成机理，正确识别和评估不确定条件下煤炭资源投资蕴涵的实物期权，解析这些实物期权的因素并明确其作用原理。充分考虑了实物期权的价值形成不是确定条件下的线性形成过程，而是不确定条件下复合期权互耦作用下的动态变化过程，煤炭投资价值不是各阶段投资项目的静态NPV之和，也不是单个实物期权价值的简单相加，而是多阶段多因素复合期权的动态变化过程，进而建立了实物期权的煤炭投资多阶段的决策流程。
2. **采用时间序列结构突变的变点模型来研究影响煤炭资源投资价值的不确定因素的随机变动规律。**价格、成本、利率等这些不确定因素对我国煤炭资源投资管理决策提出了严重的挑战。这些不确定因素相互作用，其动态随机变动规律比较复杂，目前还没有完全被解析出来。同时，学术界认为随着现代新兴学科对金融时间序列分布尾部特征精细量化的发展需要，利用变点模型描述金融数据的方法受到广泛的关注。课题组针对进价格、利率、成本三者的显著的结构突变特征，以最小二乘和累积和方法作为变点检测的突破口，利用数值模拟测算变点位置和跳跃度以及变化方向对变点检测的影响效应，从而分别建立价格的持久性变点模型、利率的方差变点模型及成本的趋势变点模型。
3. **将多目标约束优化、智能优化算法、统计计算算法等有机集成，解决煤炭资源投资管理的目标制定和控制策略问题。**首先确定煤炭资源风险投资管理目标，然后识别影响项目价值的不确定性因素，以不确定因素为基础，利用遗传法法、退火算法、Subsampling和Bootstrap重抽样等相关方法实现情景模拟以找到最优路径，提出具体的控制策略。因此，针对投资管理复杂系统，本研究集成多种方法，既保证了研究过程的可行性，也提高了研究结果的可靠性，在方法上具有集成创新。

通过仿真和实证分析可以达到如下运行目标：(1) 厘清影响我国煤炭资源投资管理的不确定性因素，并对不确定性因素的变化规律进行定量化描述；(2) 建立煤炭资源多阶段投资管理系统仿真模型，揭示煤炭资源多阶段投资期权价值形成机理；(3) 构建我国煤炭资源最优开发路径模型，给出具体可行的控制策略，为实现我国煤炭资源多阶段投资项目评估和管理的目标和策略提供决策依据。

该项目围绕煤炭资源投资期权价值形成机理问题，以及测算期权价值的因素价格、利率、便利收益的结构突变属性对价值估计模型的影响效应，阐释他们的关系、逻辑和动力。15篇SCI代表性论文，累计影响因子19.235，发表于中科院二区期刊5篇，三区5篇，SCI他引100余次。授权发明专利6项。上述研究成果的应用，从源头上实现煤炭资源可持续开发与利用的政策主张，为煤炭资源有偿取得和转让制度建立提供了方法和政策的支持。建立了能源资源合理开发跨期优化模型，提出了环境、经济、社会协调发展的战略框架，对陕西能源化工基地的建设和发展具有重要的参考价值。

**主要知识产权目录：**

1. **文章（限15篇）（文章的第一作者、通讯作者必须为奖励申报完成人）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 文章题目 | 期刊名称 | 作者（所有人） | 发表时间 | 完成单位（所有） |
| Estimation Mean Change-Point in ARCH Models with Heavy-Tailed Innovations | Communication in Statistics -Simulation and Computation | Hao Jin,  Zheng Tian, Yunfeng Yang | 2010.02 | 西安科技大学、西北工业大学、中科院 |
| Subsampling tests for variance changes in the presence of autoregressive parameter shifts | Journal of Multivariate Analysis | Hao Jin, Jinsuo Zhang | 2010.11 | 西安科技大学 |
| Subsampling tests for the mean change-point with heavy tailed innovations | Mathematics and Computers in Simulation | Hao Jin, Zheng Tian, Ruibing Qin | 2009.03 | 西北工业大学、中科院 |
| Bootstrap tests for structural change with infinite variance observations | Statistics and Probability Letter | Hao Jin,  Zheng Tian, Ruibing Qin | 2009.07 | 西北工业大学、中科院 |
| Modified tests for Variance changes in autoregressive regression | Mathematics and Computers in Simulation | Hao Jin, Jinsuo Zhang | 2011.02 | 西安科技大学 |
| Complexiton solution of the mKdv equation with self-consistent sources | Physics Letters A | Jun Su, Wei Xu, Liang Gao, Genjiu Xu | 2010.03 | 西北工业大学、西安科技大学 |
| The spurious regression of AR(p) infinite-variance sequence in the presence of structural breaks | Computational Statistics and Data Analysis | Hao Jin,  Jinsuo Zhang,  Si Zhang,  Weibing Feng | 2013.11 | 西安科技大学 |
| Strong convergence rate of robust estimator of change point | Mathematics and Computers in Simulation | Ruibing Qin, Zheng Tian, Hao Jin, Xiaowei Zhang | 2010.06 | 西北工业大学、中科院、电子科技大学、西安科技大学 |
| Truncating estimation for the change in stochastic trend with heavy-tailed innovations | Statistical Papers | Ruibing Qin,  Zheng Tian,  Hao Jin. | 2011.02 | 西北工业大学、中科院 |
| Theory and Numerics of Double-Vibrational Resonance in the Overdamped Oscillator | Chinese Journal of Physics | Yunfeng Yang, Canjun Wang | 2013.08 | 西安科技大学、宝鸡文理学院 |
| Negaton position and complexiton solutions of the nonisospectral Kdv equations with self-consistent sources | Commun Nonlinear Sci Number Simulat | Jun Su, Wei Xu, Genjiu Xu | 2012.01 | 西北工业大学、西安科技大学 |
| Vibrational resonance in an asymmetric bistable system with time-delay feedback | Acta Physica Sinica | Yang Xiu-Ni, Yang Yun-Feng | 2015.04 | 西安科技大学 |
| Spurious regression due to neglected of non- stationary volatility | [Computational](https://link.springer.com/journal/180" \o "Computational Statistics)  [Statistics](https://link.springer.com/journal/180" \o "Computational Statistics) | Hao Jin,  Si Zhang,  Jinsuo Zhang,Zhengsheng Ding | 2017.09 | 西安科技大学 |
| Evidence of spurious regression driven by heavy-tailed observations with structural changes | Communications in Statistics-  Simulation and Computation | Hao Jin,Jinsuo Zhang, Yingchun Zheng, Shougang Zhang | 2017.02 | 西安科技大学 |
| Spurious regression between long memory series due to mis-specified structural breaks | Communications in Statistics-  Simulation and Computation | Hao Jin,  Si Zhang | 2018.02 | 西安科技大学 |