

天元数学国际交流中心
“数学控制理论与人工智能”
研讨会



2026年4月12日 — 4月18日

中国 昆明

会务组：郭宝珠（中科院数学与系统科学研究院）

王军民（北京理工大学）

康文（北京理工大学）



目录

会议报告安排表	2
会议日程（一）	3
会议日程（二）	4
会议日程（三）	5
会议日程（四）	6
Abstract 会议摘要	7



会议报告安排表

日期 安 排 时 间	4月13日 (周一)	4月14日 (周二)	4月15日 (周三)	4月16日 (周四)	4月17日 (周五)
9:15 - 10:15	李 韬	张利国	郭宝珠	张焕水	自由讨论
10:15 - 10:30	茶 歇				
10:30 - 11:30	李世华	韩忠杰	张 旭	徐 翔	
11:45 - 14:00	午餐、午休				
14:00 - 15:00	刘康生	吴付科	罗 雪	程 毅	自由讨论
15:00 - 16:00	徐娟娟	王寒霄	陶 强	王 骥	
16:00 - 16:30	茶 歇				
16:30 - 17:30	郜传厚	张 琼	康 文	向圣权	
17:45	晚 餐				

会务组联系方式:

冯 雷 (天元数学中心办公室负责人) : 13683660139

康 文 (会务组) : 18210520481

庞尔鑫 (会务组) : 18456540352

王 琪 (会务组) : 18811096998



会议日程 (一)

4月12日 (周日全天), 会议报到			
4月13日 (周一)			
9:00 - 9:15		开幕式, 合影	
时间	报告人	题目	主持人
上午	9:15 - 10:15	李 韬 中国科学院数学与 系统科学研究院	基于非平稳数据流的分布式 在线学习与优化
	10:15-10:30	茶歇	
	10:30-11:30	李世华 东南大学	机电系统安全抗干扰控制研 究进展
	11:45	午 餐	
下午	14:00-15:00	刘康生 浙江大学	Uniform observability and uniformly exponential stabilization for a sequence of elastic systems under the modal approximation
	15:00-16:00	徐娟娟 山东大学	最优控制器的分布式求解及 应用
	16:00-16:30	茶 歇	
	16:30-17:30	郜传厚 浙江大学	神经网络算法的生化反应网 络实现: 收敛性和误差分析
	17:45	晚 餐	



会议日程 (二)

4 月 14 日 (周二)				
时间		报告人	题目	主持人
上午	9:15 - 10:15	张利国 北京工业大学	ARZ 交通流模型的边界控制理论与方法	张 琼
	10:15-10:30	茶 歇		
	10:30-11:30	韩忠杰 天津大学	Optimal Decay Rate for Degenerate Hyperbolic-Parabolic Coupled System	
	11:45	午 餐		
下午	14:00-15:00	吴付科 华中科技大学	Analyzing Systems of Coupled Forward-Backward Stochastic Differential Equations: Fast and Slow Motions, Associated Quasi-Linear Partial Differential Equations, and Applications	张利国
	15:00-16:00	王寒霄 深圳大学	BSDEs and BSVIEs with anticipating generators	
	16:00-16:30	茶 歇		
	16:30-17:30	张 琼 北京理工大学	Stability for Weakly Coupled System with Partial Controls	
	17:45	晚 餐		



会议日程 (三)

4 月 15 日 (周三)				
时间		报告人	题目	主持人
上午	9:15-10:15	郭宝珠 中科院数学与系统 科学研究院	偏微分系统的零点问题与输出跟踪	孙 兵
	10:15-10:30	茶 歇		
	10:30-11:30	张 旭 四川大学	确定性和随机波方程的能控性	
	11:45	午 餐		
下午	14:00-15:00	罗 雪 北京航空航天大学	The Gaussian Mixture Optimal Transport Ensemble Kalman Filter and Its Applications to Partially Linear Systems	康 文
	15:00-16:00	陶 强 深圳大学	Controllability of the viscous micropolar fluids	
	16:00-16:30	茶 歇		
	16:30-17:30	康 文 北京理工大学	Stabilization of PDE systems and its application in Multi-agent systems	
	17:45	晚 餐		



会议日程 (四)

4 月 16 日 (周四)				
时间		报告人	题目	主持人
上午	9:15 - 10:15	张焕水 山东科技大学	OCP 优化方法及应用	向圣权
	10:15-10:30	茶 歇		
	10:30-11:30	徐 翔 南方科技大学	具有分布式内联的抛物型 PDE-ODE 系统边界控制	
	11:45	午 餐		
下午	14:00-15:00	程 毅 渤海大学	Boundary Stabilization for a Class of Nonlinear Axially Moving Systems with Coupling Transverse and Longitudinal Vibrations	徐 翔
	15:00-16:00	王 骥 厦门大学	分布参数系统安全边界控制	
	16:00-16:30	茶 歇		
	16:30-17:30	向圣权 北京大学	Symmetry and observability for wave equations on the torus	
	17:45	晚 餐		
4 月 17 日 (周五)				
自由讨论				



Abstract 会议摘要

基于非平稳数据流的分布式在线学习与优化

李 韜 中国科学院数学与系统科学研究院

Abstract: 研究了几类基于非平稳数据流的分布式学习与优化算法的收敛性, 包括: 针对分布式线性回归建立了保证算法均方强一致(consistent)收敛的“随机时空激励条件”; 对带有L2正则项的情形, 建立了保证算法强一致的“样本轨道随机时空激励条件”; 对随机梯度下降算法, 在不要求次梯度函数有界的情况下建立了算法的收敛性条件; 对一类随机反问题, 建立了保证算法均方且几乎必然强一致的“无穷维随机时空持续激励条件”。

机电系统安全抗干扰控制研究进展

李世华 东南大学

Abstract: 机电系统存在各类非线性环节: 摩擦、间隙、滞环、死区、气动、液压非线性等, 参数不确定、摄动、噪声、测量时延以及外部干扰等难以避免, 这些因素极大地影响了机电系统性能、易用性与可靠性。本次报告将讨论如何从模型预测控制、约束安全控制、干扰观测、预见与补偿角度提高闭环系统的抗干扰性能和精度, 给出了这方面的一些最新理论研究进展, 及其在机电系统验证结果。

Uniform observability and uniformly exponential stabilization for a sequence of elastic systems under the modal approximation

刘康生 浙江大学

Abstract: This paper is devoted to the investigation of modal approximation for elastic systems with damping or control. The so-called modal approximation projects the system into a finite-dimensional space spanned by the modal vectors of free vibration without damping or control. First, we consider a complete second-order variational evolution equation in a Hilbert space, which can model elastic systems with unbounded damping. By adapting the Trotter-Kato Theorem concerning the convergence of a sequence of C_0 -semigroups on a fixed space, we establish the convergence of a family of C_0 -semigroups on the different spaces associated with approximation systems. Second, we discuss an elastic system, a second-order differential equation in a Hilbert space, with bounded control and dual observation. It is proved that the equivalence between the uniform observability, the uniformly exponential stabilization under the modal approximation and the eigenfunctions test.



最优控制器的分布式求解及应用

徐娟娟 山东大学

Abstract: 在大规模网络、集群系统等实际应用场景中，系统的全局信息无法被单一智能体获取，而是由一组智能体分布式采集，且各智能体所掌握的信息均为私有。在此情形下，全局最优控制器的设计与求解受限于全局信息的缺失，分布式求解方法的研究成为亟待解决的核心问题。本报告将首先介绍线性二次最优控制器的分布式求解思路，进而将该方法应用于异构多智能体系统的一致性控制、智能电网的分布式负荷频率控制以及无人机-无人车协同编队控制等典型问题。

神经网络算法的生化反应网络实现：收敛性和误差分析

郜传厚 浙江大学

Abstract: 我们将报告如何用生化反应网络实现全连通神经网络的各个功能模块及步骤，包括赋值、前向传播、条件判断、循环、反向学习、中止等，给出设计的生化反应网络的收敛性证明及编译各个功能模块的误差上界。

ARZ 交通流模型的边界控制理论与方法

张利国 北京工业大学

Abstract: 自动驾驶与智能网联技术能否彻底解决交通拥堵？如何利用新一代信息技术抑制交通停走波？如何建立交通控制的闭环反馈系统？针对上述问题，本报告主要介绍基于 Aw-Rascle-Zhang 宏观交通流模型的交通激波建模、模型适定性与边界反馈镇定等研究工作，不同于传统交通控制依赖于模型离散化或线性化，本研究在系统论、控制论框架下，探索基于双曲型 PDE 交通流模型的边界反馈控制理论与方法。

Optimal Decay Rate for Degenerate Hyperbolic-Parabolic Coupled System

韩忠杰 天津大学

Abstract: This talk is concerned with the explicit decay rates of a coupled PDE system composed of a wave equation and a degenerate heat equation posed on two adjoining domains. We first consider the one-dimensional setting and derive an explicit decay rate for the solutions, depending solely on the degree of degeneracy of the heat equation's diffusion coefficient near the interface. Moreover, we show that this rate is optimal. We then investigate the system on a rectangular domain where the Geometric Control Condition (GCC) fails, and establish an explicit polynomial decay rate. Remarkably, this rate coincides with the optimal one obtained by Batty et al. [SIAM J. Math. Anal., 2018] for the corresponding systems with constant diffusion coefficients. In this



sense, the decay rate derived here may also be regarded as sharp for this class of degenerate systems.

Analyzing Systems of Coupled Forward-Backward Stochastic Differential Equations: Fast and Slow Motions, Associated Quasi-Linear Partial Differential Equations, and Applications

吴付科 华中科技大学

Abstract: This work analyzes systems of coupled forward-backward stochastic differential equations with fast and slow motions. First, well-posedness and a number of estimates of the systems are established. Then the paper is focused on obtaining averaging principles in the sense of mean-square convergence uniform in finite time interval for solutions of both forward and backward stochastic differential equations. The averaging principle enables us to further analyze certain associated quasi-linear PDEs. In addition, as an application, the convergence of a class of associated singularly perturbed stochastic control problems is established.

BSDEs and BSVIEs with anticipating generators

王寒霄 深圳大学

Abstract: For a backward stochastic differential equation (BSDE, for short), when the generator is not progressively measurable, it might not admit adapted solutions, shown by an example. However, for backward stochastic Volterra integral equations (BSVIEs, for short), the generators are allowed to be anticipating. This gives, among other things, an essential difference between BSDEs and BSVIEs. Under some proper conditions, the well-posedness of such BSVIEs is established. Further, the results are extended to path-dependent BSVIEs, in which the generators can depend on the future paths of unknown processes. An additional finding is that for path-dependent BSVIEs, in general, the situation of anticipating generators is not avoidable, and the adaptedness condition similar to that imposed for anticipated BSDEs by Peng and Yang [Ann. Probab., 37 (2009), pp. 877--902] is not necessary. Joint work with Jiongmin Yong and Chao Zhou.

Stability for Weakly Coupled System with Partial Controls

张 琼 北京理工大学

Abstract: We study the stability of general weakly coupled systems subject to a reduced number of local or boundary controls. We show that, under Kalman's rank condition, the exponential stability of the underlying scalar equation implies polynomial stability of the full coupled system. Moreover, the decay rate remains unchanged regardless of the number of equations in the system.



偏微分系统的零点问题与输出跟踪

郭宝珠 中科院数学与系统科学研究院

Abstract: 控制系统处理输入输出信号的反馈，以达到输出跟踪的目的。有两种极端情况：一个是某些信号输入系统，产生无穷大的输出信号，这就是极点。如果某些信号输入后，输出看不到，这就是零点。极点可以通过反馈消除，零点则不可以。所以零点问题会产生很大的困难。无穷维系统的零点问题尤其复杂，控制和输出不在同一位置的非同位问题经常产生非极小相位问题，但传递函数可能没有任何的零点。即使系统是可控可观的，非极小相位系统不能跟踪任意的 L^2 信号。这个问题在偏微分系统中少有研究，特别是带有干扰的偏微分系统，那些总干扰可以用输出估计，那些则不可以。本报告讨论一些我们近期得到的基本结果。

确定性和随机波方程的能控性

张 旭 四川大学

Abstract: 本报告将回顾确定性和随机波方程能控性的主要方法和结果，分析菲尔兹奖得主 L.Hörmander 在上世纪 60 年代提出的伪凸条件对建立变系数波方程能观性估计的基本重要性，并提出一些公开问题。

The Gaussian Mixture Optimal Transport Ensemble Kalman Filter and Its Applications to Partially Linear Systems

罗 雪 北京航空航天大学

Abstract: In this talk, we revisit the Gaussian mixture optimal transport Ensemble Kalman filter (GM-OT-EnKF) to make it more efficient in some partially linear problems. We first show the equivalence between the OT-EnKF with the classical Kalman filter (KF) in the linear system with Gaussian initial distribution. Next, we compare the Gaussian sum filter (GSF) with the GM-OT-EnKF in the setting of linear system with GM initial distribution. The updating of the components' weights in GM-OT-EnKF is finer than those in the GSF, due to the flexibility induced by the particles. These observations in the linear system suggest two adaptations to the original GM-OT-EnKF corresponding to partially linear systems. The one is when the state's equation is linear, the EM algorithm is unnecessary in every cycles; the other one is when the observation is linear, the posterior mean and covariance matrix should be updated explicitly, rather than the empirical ones. The GM-OT-EnKF with either one of the two adaptations above is called the compact GM-OT-EnKF in this paper. The efficiency and accuracy of our proposed algorithm have been numerically verified in the estimation of the states in the Lorenz 63 system and the prediction of the remaining useful life of the lithium-ion batteries.



Controllability of the viscous micropolar fluids

陶 强 深圳大学

Abstract: In this talk, we will begin by briefly reviewing recent advances in the controllability of viscous fluid dynamics equations. We then focus specifically on the controllability of two classes of models associated with viscous micropolar fluids: the global controllability of incompressible micropolar fluids, and the local controllability of compressible micropolar fluids.

Stabilization of PDE systems and its application

in Multi-agent systems

康文 北京理工大学

Abstract: Many important plants (e.g. flexible manipulators or chemical reactors) are governed by PDEs and are often described by models with a significant degree of uncertainty. Stabilization for infinite-dimensional PDE systems is a challenging problem. We aim to provide efficient methods for stabilization of PDEs and for PDE-based multi-agent deployment.

OCP 优化方法及应用

张焕水 山东科技大学

Abstract: 优化在应用数学中具有关键作用，它同时也是工程与信息领域的重要科学基础。优化理论的发展已有数百年历史，期间涌现出诸如梯度下降、改进型梯度下降、牛顿迭代以及增强型拟牛顿方法等经典算法。尽管这些算法各有优点，但也存在局限性：梯度下降稳定却往往收敛慢，而牛顿迭代虽然收敛速度快，却容易发散，其改进版本也存在类似问题。本报告提出了一种新的优化算法，它兼具快速收敛与稳定性，其核心思想源于最优控制原理（OCP）。该算法将迭代过程中的更新步长视为控制输入，通过设计该输入以最小化未来时刻的目标函数均控制能量之和，最小化目标函数确保最快的收敛，而最小化控制能量则保证算法的稳定性。借助泰勒展开进行近似化处理，该算法进一步被转化为迭代形式，从而避免了求解非线性前向-后向差分方程的复杂性。严格的理论分析表明，该算法能够实现类似牛顿迭代的超线性收敛，同时兼具梯度下降的稳定性。此外，该算法还能够涵盖梯度下降、牛顿法、改进的加速梯度下降以及正则化牛顿方法，从而在数学基础上为这些算法提供了统一的理论框架。报告最后介绍 OCP 在智能车辆轨迹跟踪、三维图像恢复、电力系统潮流计算、大规模深度学习等领域的成功应用。



分布参数系统安全边界控制

王 骥 厦门大学

Abstract: 本报告研究由偏微分方程 (PDE) 描述的分布参数系统中的安全边界控制问题, 重点介绍在外部扰动与模型不确定性作用下, 如何实现稳定性、输出调节与安全约束的统一边界控制设计。首先, 针对控制输入作用于边界而安全约束施加于系统无控制输出端所带来的高相对阶特性, 提出一种基于反步法与控制屏障函数 (CBF) 框架的边界控制设计方法, 在实现系统稳定与输出调节的同时, 保证系统输出始终满足预设安全要求: 若输出初始值位于安全域内, 则始终保持安全; 否则, 在预设有限时间内进入并保持在安全域。进一步, 针对参数不确定性问题, 设计一种新的自适应控制屏障函数 (aCBF) 方法, 将 BaLSI (Batch Least-Squares Identification) 参数辨识机制融入 CBF 安全控制框架, 在无需依赖高自适应增益或持续激励条件的情况下, 有效降低现有安全自适应控制方法的保守性。最后, 通过仿真算例验证了所提方法在安全约束与控制性能协同实现方面的有效性。

Boundary Stabilization for a Class of Nonlinear Axially Moving Systems with Coupling Transverse and Longitudinal Vibrations

程 毅 渤海大学

Abstract: This talk discusses boundary stabilization within the framework of absolute stability for axially moving systems experiencing transverse and longitudinal coupling vibrations. These vibrations are described by a nonlinear coupled beam model derived from Hamilton's principle. A boundary feedback sector criterion is proposed, encompassing a wide array of linear and nonlinear functions, to reduce vibrations within the axially moving systems by measuring boundary transverse, longitudinal, and angular velocities. Under these control strategies, the resulting closed-loop coupled system has been proven to be well-posed using the nonlinear semigroup approach. Furthermore, the study employs a combination of a generalized Gronwall-type integral inequality and the integral multiplier method to investigate the explicit decay rate of the closed-loop coupled system. This investigation involves the construction of a novel energy functional. Numerical simulations validate the effectiveness of the proposed controls, with the explicit exponential decay rate closely mirroring the actual decay rate.

具有分布式内联的抛物型 PDE-ODE 系统边界控制

徐 翔 南方科技大学

Abstract: 抛物型偏微分方程(PDE)-常微分方程系统(ODE)可应用于工业制造、温度控制、化学过程控制等方面。本次报告主要介绍具有分布式内联的抛物型 PDE-ODE 系统的边界控制。传统的无穷维反步法只能针对严格反馈的 PDE-ODE 系统, 而分布式内联的存在使得系统不具有严格反馈的特性。基于此, 报告提出了两类新的边界控制器设计方法: 反步-前馈



方法及低增益控制方法，实现了多种具有分布式内联的抛物型 PDE-ODE 系统的边界镇定。报告通过数值仿真例子进一步阐述了边界控制器的有效性，并展望 PDE 系统边界控制理论与应用的未来发展方向。

Symmetry and observability for wave equations on the torus

向圣权 北京大学

Abstract: In this talk, I will discuss observability for wave equations, with particular emphasis on symmetry. I will focus on spacetime measurable observation sets on the one-dimensional torus, where a complete characterization is available.

I will first describe a counterexample showing that the Geometric Control Condition (GCC), while sufficient in many settings, does not guarantee observability when observation is restricted to certain spacetime measurable sets. Inspired by this counterexample, we introduce a symmetry condition, referred to as the Observable Symmetry Condition (OSC), which captures an additional structural constraint underlying observability.

We show that OSC, together with GCC, provides a necessary and sufficient characterization of observability on spacetime measurable sets. Finally, motivated by OSC, we introduce a weak GCC and show that, when combined with OSC, it yields a necessary and sufficient condition for unique continuation. Based on recent joint work with Jingrui Niu and Ming Wang.



昆明 · 2026 年 4 月