中国过程控制会议 30 周年专刊序言

柴天佑 [1,2] 王 伟 [3]

中国过程控制会议目前是由中国自动化学会过程控制专业委员会主办的国际性系列学术会议. 其宗旨是为海内外工业控制领域的专家、学者、研究生和工程师提供一个学术交流、研讨和报告他们最新研究成果的机会, 以便推动工业控制领域理论方法研究和工程应用的发展.

在孙优贤院士的提议和组织下, 1987 年浙江大学在宁波溪口主办了第一届中国过程控制学术年会. 30 年来, 中国过程控制会议从第一届不到百人的国内参会代表发展到现在有国内外 500 余名参会代表的规模, 现已成为国内外从事工业控制领域有影响的重要会议之一. 30 年来, 随着分布控制系统、现场总线技术、嵌入式控制技术的飞速发展, 无论是在过程控制理论和方法研究方面, 还是先进控制技术在工业生产过程中的应用方面都取得了显著的进步, 中国工业控制领域专家学者将建模、控制、优化以及通讯、计算机技术和中国工业发展的重大需求相结合, 为中国工业实现高效化和绿色化做出很大的贡献. 近年来, 随着工业互联网、工业云、大数据技术、人工智能技术的出现和 “中国制造 2025” 国家战略布局, 特别在当今网络信息模式下实现制造流程智能优化的新需求对传统的建模、控制与优化理论和方法提出了新的挑战. 国内从事自动化科学与技术专家学者应该面对现实, 抓住新机遇, 迎接新挑战.

适逢中国过程控制会议迎来 30 周年, 借此时机, 我们出版专刊以此纪念, 更重要的是希望自动化领域的专家学者能够关注工业控制新的发展需求, 在实现工业生产过程智能化方面进行积极探索, 交流新的成果, 启迪新的思路, 深入了解复杂工业系统的新特点与新要求, 不断完善和发展针对实现工业生产过程智能优化的新的建模、控制与优化的理论、方法和技术, 为提高中国自动化科学与技术水平做出积极的贡献.

在本专刊投稿论文中, 经推荐和审稿专家评审最后录用了 17 篇论文, 包括 8 篇综述论文, 9 篇研究论文, 下面先简介 8 篇综述论文.

孙备等针对有色金属矿源多变、净化反应复杂以及过程信息的不确定性等因素制约了湿法冶金净化过程的优质、高效和绿色生产的问题, 从湿法冶金净化过程的生产需求出发, 在分析净化过程工艺与化学反应原理的基础上, 对净化过程建模与优化控制进行了综述, 并以湿法炼锌净化过程为例, 介绍了在沉铁、除铜和除钴工序机理建模和除杂剂添加量优化控制方面的研究工作. 面对石油和化工行业智能优化制造若干问题及挑战.

钱锋等回顾了石油和化工行业在生产全流程的信息检测、数据集成和数据分析, 建模和优化控制, 企业经营管理决策以及故障监测和安全环保等几个方面的进展. 剖析了当前石油和化工行业存在的主要问题, 提出了利用现代信息技术从生产、管理以及营销全流程优化出发, 推进实现石化行业智能优化制造的高端化、智能化、绿色化、安全化的愿景目标, 讨论了石油和化工行业智能优化制造所面临的新挑战.

针对炼油工业过程控制的研究现状和问题, 黄德先等首先回顾了对炼油生产过程安全高效运行和节能增效至关重要的先进控制、软测量、实时优化技术的发展过程和研究应用现状, 并分析了制约炼油生产过程全流程优化实现的主要问题. 进而提出了一种面向原油性质分类和有限操作优化模式的多维模型描述结构, 为解决炼油企业在生产调度优化和先进控制实施中的应用难题开辟一条新路, 并对该解决思路在炼油生产、经营决策过程及智能制造中的进一步研究应用做了展望.

池荣虎等详细回顾了数据驱动的迭代动态线性化方法, 包括其详细的推导过程和突出的特点. 回顾和讨论了广义的数据驱动最优迭代学习控制方法, 包括面向完整轨迹跟踪的数据驱动最优迭代学习控制方法, 面向多中间点跟踪的数据驱动最优点到点迭代学习控制方法, 和终端输出跟踪数据驱动最优终端迭代学习控制方法. 进一步, 讨论了迭代学习控制研究中的关键问题, 如随机迭代变化初始条件, 迭

收稿日期 2017-04-18 Manuscript received April 18, 2017
DOI 10.16383/j.aas.2017.y000004
引用格式 柴天佑, 王伟. 中国过程控制会议 30 周年专刊序言. 自动化学报, 2017, **43**(6): 877−879
Citation Chai Tian-You, Wang Wei. Preface of the Special Issue for the 30th Anniversary of Chinese Process Control Conference. *Acta Automatica Sinica*, 2017, **43**(6): 877−879
1. 东北大学流程工业综合自动化国家重点实验室 沈阳 110004 2. 东北大学自动化研究中心 沈阳 110004 3. 大连理工大学控制科学与工程学院 大连 116023
1. State Key Laboratory of Synthetical Automation for Process Industries (Northeastern University), Shenyang 110004 2. Research Center of Automation, Northeastern University, Shenyang 110004 3. School of Control Science and Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116023

代变化参考轨迹, 输入输出约束, 高阶学习控制律, 计算复杂性等. 提出数据驱动的迭代学习控制方法的未来方向和一些开放的具有挑战性的问题.

批次过程是一类重要的化工过程. 因其本身的灵活性及高效性, 目前已被广泛应用于半导体制造, 塑料加工, 生物制药等领域. 同时, 针对批次过程的控制算法的研究也得到了大批学者的关注. 在近 30 年中, 批次过程控制算法得到了长足的发展. 但因其本身的复杂性, 以及人们对控制精度要求的日益增长, 现有的理论和方法仍面临着挑战. 卢静宜等从批次过程不同于连续过程的特性出发, 分析了批次过程控制算法设计的难点, 继而系统地回顾了近年来针对批次过程的控制算法研究, 并对几种经典的控制算法进行总结分析, 同时讨论了批次过程未来可能的发展方向.

生产过程关键指标预测对于流程工业生产调度、安全生产和节能环保有着重要作用. 目前, 已有不少学者基于工业生产中积累的数据提出了多种生产过程关键指标的预测方法, 主要涉及特征 (变量) 选择、预测模型构建及其模型参数优化这三个方面. 陈龙等分别针对以上三个方面论述了基于数据的生产过程关键指标预测的国内外研究现状, 并从学术角度分析了各种方法的优缺点. 最后, 在分析现有预测方法局限性的基础上, 指出了流程工业生产过程关键指标预测方法在工业大数据及知识自动化等方面的未来研究方向和前景.

作为现代工业过程运行的首道保护层, 报警系统对保障过程安全、可靠和高效生产起着举足轻重的作用. 然而, 目前工业报警系统普遍存在着 “报警泛滥” 这一问题, 严重影响了报警系统的应有功能. 朱群雄等结合工业过程特点、报警管理生命周期和操作员操作, 总结了导致 “报警泛滥” 的主要原因, 并依据这些原因, 从报警建模与报警根源分析、报警阈值设计、报警优先级划分、报警类型识别与处理、报警系统性能评估等分类综述了报警管理关键技术研究进展、报警管理框架以及工业报警规范、报警管理软件与应用现状. 最后, 探讨了报警管理领域存在的难题和新挑战.

近年来, 模型预测控制在不确定系统领域的理论和应用上得到了飞速发展. 谢澜涛等简要地回顾了不确定系统中鲁棒模型预测控制和随机模型预测控制的发展历史, 并较为细致地分析了近年来模型预测控制在不确定系统上的各种主要算法. 通过总结各种算法的通用模型、运作方式、计算复杂度, 以及它们保证循环可行性、稳定性的方法, 提出了算法可行域间满足的关系, 揭示了各种算法的主要特点和适用场合. 对鲁棒模型预测控制和随机模型预测控制在实际应用中仍存在需要解决的问题, 提出可能解决的办法和未来可能的研究方向.

9 篇研究论文简介如下.

赤铁矿再磨过程是以矿浆泵转速为输入、以给矿压力为内环输出、以泵池液位为外环输出的强非线性串级工业过程. 当赤铁矿粒度分布大范围变化, 导致一段磨矿与磁选矿浆流量和再磨排矿流量频繁波动, 使泵池液位频繁波动, 造成内外环频繁波动. 王兰豪等将上述动态特性变化用未建模动态来描述, 通过设计消除前一时刻未建模动态补偿信号叠加于基于线性模型设计的反馈控制器, 采用一步最优前馈控制律和提升技术, 提出了泵池液位和给矿压力双速率区间控制算法. 建立了所提算法的稳定性和收敛性分析, 采用工业现场实际数据的半实物仿真实验, 结果表明所提出的控制算法可以将处于频繁随机波动的泵池液位和给矿压力变化率控制在目标值范围内.

刘阳等针对油田油水井注采优化业务中, 油水井数据量大、地层结构复杂以及人类经验多的特点, 分析了传统推理方法在应对这类特点的处理弊端, 采用事件处理思想, 提出了一种基于 Bitmap 事件编码与匹配机制的推理引擎, 有效地实现了对无效事件的过滤并提升了事件与规则的匹配效率. 在油田实际数据试验平台上对该方法进行了验证并与 RETE 算法的性能对比, 验证了本文方法在实时推理能力上的有效性.

杨亚茹等针对非线性系统全局优化运行时, 不同模式间平稳切换和经济切换的需求, 提出了适用于待切换模式可控集中状态点不可达的经济预测控制算法, 该算法根据前后模式的经济指标求解和更新可行中间点及最优轨迹, 并构造基于耗散的 EMPC 辅助性能指标, 保证了状态至中间点的稳定性, 建立其逼近原经济性能的上界. 同时, 利用最优轨迹保证状态在模式间的平稳过渡, 并且分析了切换过程的暂态经济性, 此算法下实际经济性不劣于初始求解中间点问题的最优值加上一个误差项. 该方法实际可操作性强, 仿真结果说明了方法的有效性.

针对复杂环境下单传感器多目标跟踪方法效果不佳的问题, 申屠晗等基于 FISST (Finite set statistics,) 跟踪理论提出一种多传感器高斯混合 PHD (Probability hypothesis density) 多目标跟踪方法. 首先分析了 FISST 下多传感器 PHD 的形式化滤波器, 在此基础上构建一种反馈式多传感器 PHD 融合跟踪框架, 进一步利用高斯混合技术提出多传感器 PHD 跟踪方法, 最后通过解决多传感器后验 PHD 粒子匹配与融合问题提出三种工程算法.

针对污水处理过程控制能耗过大、水质超标严重等问题, 乔俊飞等提出一种基于知识的污水生化

处理过程智能优化控制方法. 该方法通过记忆多目标智能优化算法的动态处理信息, 建立环境变量参数与最优解之间的知识模型. 优化算法利用知识库中非支配解的引导, 结合定向局部区域寻优以及随机全局寻优策略, 提高了算法的收敛性, 获取了更高质量的解. 最后基于国际通用平台 BSM1 进行实验验证. 结果表明, 与其他优化算法相比, 该方法能够在保证出水水质的前提下获得更少的能量消耗.

由于湿法冶金过程具有反应机理复杂、工艺流程长、工序众多等特点, 由于模型误差等因素, 基于模型得到的生产过程最优工作点不是实际生产过程的最优工作点. 如何保持湿法冶金生产流程运行在经济效益最优的状态成为生产优化控制的难点. 李康等提出了一种基于数据的湿法冶金过程操作量优化设定补偿方法. 该方法在基于模型得到的最优工作点基础上, 采用即时学习的思想, 在当前工作点附近利用历史数据建立操作量补偿值和经济效益增量的相关模型, 优化求解在当前工作点下, 使经济效益增量最大化的操作量补偿值, 施加到生产流程, 并在新工作点进行迭代补偿. 将所提出的方法应用于某精炼厂的湿法冶金生产流程, 仿真结果验证了所提出方法有效性.

针对加热炉多个支路出口温度的平衡及跟踪控制问题, 栾小丽等提出具有分布式特点的支路平衡跟踪控制方案, 给出了基于分布式偏差的控制器设计方法. 该方法利用相邻支路的温度信息, 将各支路与相邻支路的温度偏差作为控制输入, 在加热炉所有支路的温度达到一致的同时, 也确保其跟踪同一设定值. 由于仅利用了相邻支路的温度信息, 使得所提分布式偏差控制方案在支路数目较多情形下更显优势. 最后仿真实例表明了该分布式控制方案的有效性与可行性.

钢铁工业发展面临能源的严重制约, 能源优化调配是钢铁企业系统节能的关键技术之一. 孙彦广等从钢铁制造流程物质流能量流耦合特点出发, 首先探讨了基于能量流网络仿真的钢铁工业多能源介质综合优化调配策略, 然后探讨了能量流网络化建模、生产流程与能源系统结合的能源仿真、多能源介质综合优化调配技术; 最后给出了在钢铁企业示范应用的效果.

化工生产是一类典型的多变量过程对象, 该类对象具有时变性, 耦合性, 时滞性等特点, 传统的单变量控制方法很难在此类系统中取得良好的控制效果. 针对时变性, 程赟等在假设对象模型未知的前提下, 利用阶跃响应数据, 研究了基于最小二乘的一阶, 二阶时滞系统辨识方法. 针对多变系统存在耦合性的特点, 采用逆解耦方法实现对象的解耦. 再对解耦后的时滞子系统设计了自抗扰控制器. 仿真实验中, 以精馏塔的 Wood-Berry 模型和 Ogunnaike-Ray 模型为例, 验证算法的有效性.

由于时间关系, 专刊发表的论文可能有不足, 反应的也不够全面, 敬请谅解. 借此机会感谢专刊论文的编委和审稿人对专刊论文审稿所作的辛勤工作. 也感谢自动化学报编辑部对专刊出版给予的大力支持.

客座编委

柴天佑 中国工程院院士, 东北大学教授. IEEE Fellow, IFAC Fellow. 1985 年获得东北大学博士学位. 主要研究方向为自适应控制, 智能解耦控制, 流程工业综合自动化理论、方法与技术.
E-mail: tychai@mail.neu.edu.cn
(**CHAI Tian-You** Academician of Chinese Academy of Engineering, Professor at Northeastern University, IEEE Fellow, IFAC Fellow. He received his Ph. D. degree from Northeastern University in 1985. His research interest covers adaptive control, intelligent decoupling control, and integrated automation theory, method and technology of process industry.)

王 伟 大连理工大学控制科学与工程学院教授. 1988 年获得东北大学博士学位. 国家杰出青年基金获得者. 主要研究方向为流程工业综合自动化, 知识自动化. E-mail: wangwei@dlut.edu.cn
(**WANG Wei** Professor at the School of Control Science and Engineering, Dalian University of Technology. He received his Ph. D. degree from Northeastern University in 1988. He was supported by National Outstanding Youth Fundation. His research interest covers integrated automation of process industry, knowledge automation.)