



## 1 头条信息

## RAL 成果分别入选 2022 年世界钢铁工业十大产业要闻、十大技术要闻

近日,世界金属导报作为国内钢铁行业权威性的专业媒体,重磅揭晓了“2022 年世界钢铁工业十大产业要闻”和“2022 年世界钢铁工业十大技术要闻”。经过网络投票、行业知名专家评选等环节的层层筛选,轧制技术及连轧自动化国家重点实验室(RAL)“《数字钢铁白皮书》发布推动钢铁数字化转型”成果入选“2022 年世界钢铁工业十大产业要闻”;“全系列高韧性铝硅镀层热冲压钢突破万吨应用”成果入选“2022 年世界钢铁工业十大技术要闻”。

### 成果介绍

#### (1)《数字钢铁白皮书》发布推动钢铁数字化转型

2022 年 11 月 23 日,《数字钢铁白皮书》(以下简称《白皮书》)首发仪式在东北大学举行。《白皮书》的编写历时两年多,由 53 名各领域、多学科交叉的专家和学者共同完成。在此期间,得到了中国钢铁工业协会、中国金属学会、冶金工业出版社的精心指导和大力支持。参编单位包括东北大学、宝信软件、冶金自动化院、宝钢、鞍钢、河钢、山钢、沙钢、本钢、鞍钢北京院、浪潮、燕山大学、华为、中冶长天、建龙、南钢等。《白皮书》系统介绍了钢铁数字化转型的整体态势、应用路径、技术进展和产业生态等,观点清晰、案例翔实。《白皮书》以材料创新基础设施建设为主体,将钢铁行业与数字经济、数字技术相融合,发挥钢铁行业应用场景和数据资源的优势,以工业互联网为载体、以底层生产线的数据感知和精准执行为基础、以边缘过程设定模型的数字孪生化和信息物理系统化为核心、以数字驱动的云平台为支撑,推动数字钢铁建设。

《白皮书》是由东北大学牵头发布的系统性专题研究报告,力图凝聚产业共识、引领行业创新、加速应用推广,发挥数字技术在钢铁行业的放大、叠加、倍增作用,推动国际先进的产业集群建设,为政府和钢铁行业推动数字化技术发展提供参考。

#### 点评

当前中国钢铁行业正处于新旧动能转换的关键时期,企业对数字化转型的认识和接受程度已经有很大提升,《白皮书》的发布恰逢其时。其不仅为钢铁企业数字化转型在路径选择上提供了系统的理论指导,同时也为行业生态建设提供了专业化的规范,是一本指导钢铁行业数字化转型的宝典。其发布对带动整个流程制造行业数字化发展具有重大的借鉴意义。

#### (2)全系列高韧性铝硅镀层热冲压钢突破万吨应用

2022 年,由东北大学与育材堂(苏州)材料科技有限公司(以下简称:育材堂)联合研发的全系列高



韧性铝硅镀层热冲压钢(1000/1500/2000MPa),搭载于长城汽车等量产车型上,实现规模化应用。目前,高韧性铝硅镀层热冲压钢已正式进入万吨级工业化应用阶段,预计2023年其应用量将超过10万吨。该材料各项性能表现突出,符合GMW14400标准要求。该材料不仅具有高韧性优势,还实现了全系列强度产品供货,以及免镀层剥离直接激光拼焊,大幅降低生产成本,彻底解决了整车企业在材料选择上的一大痛点。经测算,百万台规模的车企每年可实现亿元级降本效果,经济效益显著。

2021年,鉴于该材料所具有的性能优势,中国汽车工程学会牵头,联合产业链伙伴,共同发布了T/CSAE 179—2021新标准。同年,经中国汽车工程学会及中国金属学会的专家组评定,该材料技术被认定为“国际领先”。

作为该材料应用的产业链保障,育材堂于2022年开始布局基于该材料的首个车身技术——高效率一体式热冲压成型门环激光拼焊项目,已于2022年8月正式落地扬州经济开发区,2024年将达到150万台车的激光拼焊门环生产能力。

#### 点评

该系列产品首次解决了热冲压钢韧性不足和延迟开裂两大难题,打破了国际技术垄断,达到国际领先水平。高韧性铝硅镀层热冲压钢技术的突破,极大地推动了热成型技术的进步,真正解决了汽车行业“卡脖子”技术难题,是一个真正意义上的从0到1的颠覆性创新。

#### 背景介绍

《世界金属导报》作为国内钢铁行业权威性的专业媒体,通过网络征集、自主推荐、报社初选、组织网络投票、行业知名专家评选,最终确定了“2022年世界钢铁工业十大产业要闻”和“2022年世界钢铁工业十大技术要闻”,内容涵盖钢铁行业政策、热点、动态等方面的重大事件与钢铁生产主流程工序重大技术创新成果,以期把握行业脉络、洞悉未来发展、全面了解钢铁行业重大技术研发动向。

## 《数字钢铁白皮书》开启中国钢铁数字化转型新里程碑 ——《数字钢铁白皮书》首发暨钢铁工业数字化转型座谈会成功召开

11月23日下午,由中国金属学会、冶金工业出版社有限公司主办,东北大学、轧制技术及连轧自动化国家重点实验室协办的“《数字钢铁白皮书》首发暨钢铁工业数字化转型座谈会”成功召开。作为第十三届中国钢铁年会的分会场,会议采用“线上+线下”相结合的方式召开,线下会场设在东北大学轧制技术及连轧自动化国家重点实验室。

出席线上会议的领导和嘉宾由中国金属学会名誉理事长、中国工程院院士干勇,华东理工大学教授、中国工程院院士钱锋,中国金属学会理事长张晓刚,中国金属学会常务副理事长田志凌,中国金属学会专家委员会副主任李文秀,中国钢铁工业协会发展与科技环保部科创委秘书程四华,鞍钢股份有限公司董事长王义栋,河钢集团有限公司副总经理李毅仁,山东钢铁集团日照有限公司副总经理孙卫华,江苏沙钢

集团有限公司副总经理陈少慧，南京钢铁联合有限公司党委副书记王芳，本溪钢铁集团公司总工程师蒋光炜，浪潮工业互联网恒熠睿云总经理邵长涛，冶金自动化研究设计院副院长孙彦广，鞍钢集团钢铁研究院院长王军生，首钢技术研究院常务副院长朱国森，沙钢钢铁研究院常务副院长麻晗，上海宝信软件股份有限公司副总经理钱卫东，鞍钢集团信息产业有限公司董事长刘凯，河钢数字技术股份有限公司总经理申培，中冶长天国际工程有限责任公司副总经理叶恒棣，中冶南方工程技术有限公司副总工程师叶理德，中冶华天工程技术有限公司副院长方实年，北京京诚鼎宇管理系统有限公司副总经理李胜，冶金工业信息标准研究院、全国钢标委智能制造标准化工作组秘书长刘斓冰，山东钢铁集团研究院院长周平，中兴通讯股份有限公司冶金钢铁业务部总监周峰，北京科技大学国家板带生产先进装备工程技术研究中心主任杨荃，中国钢铁工业协会副秘书长、冶金工业出版社党委书记、社长苏长永，中国钢铁工业协会副秘书长、中国冶金报社党委书记、社长陈玉千，东北大学轧制技术及连轧自动化国家重点实验室副主任刘振宇教授，东北大学低碳钢铁前沿技术研究院院长储满生教授，东北大学袁平副教授、曹光明副教授、吴思炜副教授、唐珏副教授等。

东北大学副校长、中国工程院院士唐立新，东北大学教授、中国工程院院士王国栋，东北大学科学技术研究院院长徐伟教授、资源与土木工程学院院长韩跃新教授、冶金学院院长刘承军教授、材料学院院长秦高梧，东北大学轧制技术及连轧自动化国家重点实验室主任袁国教授、副主任张殿华教授、副主任赵宪明教授、副主任丛广宇，东北大学低碳钢铁前沿技术研究院副院长张琦教授，东北大学机械工程与自动化学院副院长孔祥伟教授，东北大学雷洪教授、闵义教授、罗小川教授、罗森教授、孙杰教授、矫志杰副教授、李海军副教授、唐帅副教授、丁敬国副教授、彭文副教授等领导和专家在东北大学出席线下会议。

此外，冶金工业出版社各部门的负责人，以及来自《世界金属导报》《中国冶金报》的记者参加了会议。

会议由冶金工业出版社总编辑任静波，东北大学教授、轧制技术及连轧自动化国家重点实验室副主任张殿华共同主持。



东北大学线下会场



## 一、致辞

唐立新在致辞中表示,《数字钢铁白皮书》是王国栋院士牵头完成的一项重点工作,今天的首发恰逢第十三届中国钢铁年会召开之际,意义深远。钢铁工业是国民经济的重要基础产业,是国之基石。我国成为制造业大国,钢铁工业功不可没。在全球新一轮科技革命和产业深度变革的时代背景下,钢铁行业面临的新任务主要有三点:一是如何使我国的钢铁产品更加高端化,不断实现从0到1的突破;二是对于现有产品,如何提升价值,变成好产品;三是下游行业,特别是装备制造业、建筑行业等急需的产品,如何保证它们的量,未来在这方面还有很大的研究空间,也是努力的方向。另外,产品的开发要实现三低,一是资源消耗要降低;二是能源消耗要实现极致化;三是二氧化碳的排放要降低。他指出,新时代,利用数字化和智能化手段,在推动钢铁行业提质增效方面还有很大的潜力可挖。今天发布《数字钢铁白皮书》,就是期待在钢铁界长期工作、热爱钢铁的各位专家给予精心的指导,促进其更加完善,更加准确地反映行业的发展需求。最后,他对长期以来关注和支持东北大学发展的各位专家、各位前辈表示感谢!

苏长永在致辞中指出,由东北大学联合国内钢铁领域相关单位共同编写的《数字钢铁白皮书》,系统介绍了钢铁数字化转型的整体态势、应用路径、技术进展和产业生态等,观点清晰、案例翔实,必将对凝聚行业共识、加快推动钢铁工业数字化转型发挥积极作用。数字技术逐渐与钢铁行业深度融合。钢铁行业发挥应用场景和数据资源的优势,建设钢铁企业数字化创新基础设施,加速建设数字钢铁,实现钢铁行业的数字化转型。冶金工业出版社多次走访企业,与专家交流了解钢铁数字化智能化技术的进展及企业应用情况。在此基础上,近两年冶金工业出版社先后出版了多部相关的图书,将来会继续组织更多服务于行业,有助于研发,实用于企业的好书。他衷心希望、也相信中国钢铁能在数字化转型方面做出成绩,在智能化、绿色化方面实现突破,推动我国钢铁工业高质量发展、为世界钢铁工业的可持续发展作出中国贡献,在世界钢铁科技发展史上留下属于中国时代印记。

## 二、首发仪式

东北大学孙杰教授首先代表《数字钢铁白皮书》编写组,向参会嘉宾介绍了此书的构思、编写过程和主要内容。他表示,自2020年9月王国栋院士首次提出撰写数字钢铁白皮书的构想,到正式出版,历经两年多的时间,这本书可谓团队呕心沥血之作。此书编写以及出版过程中得到了中国金属学会、中国钢铁工业协会、冶金工业出版社,以及各参编单位的精心指导和大力支持。《数字钢铁白皮书》以材料创新基础设施建设为主体,将钢铁行业与数字经济、数字技术相融合,发挥钢铁行业应用场景和数据资源的优势,以工业互联网为载体、以底层生产线的数据感知和精准执行为基础、以边缘过程设定模型的数字孪生化和信息物理系统化为核心、以数字驱动的云平台为支撑,推动数字钢铁建设。

最后,他指出,《数字钢铁白皮书》是由东北大学牵头发布的系统性专题研究报告,力图凝聚产业共识、引领行业创新、加速应用推广,发挥数字技术在钢铁行业的放大、叠加、倍增作用,推动国际先进的产业集群建设,为政府和钢铁行业推动数字化技术发展提供参考。

激动人心的时刻到了!东北大学唐立新副校长、王国栋院士、徐伟院长、韩跃新院长、刘承军院长、袁国主任、张殿华副主任、赵宪明副主任,在东北大学线下会场上台共同按下手印,为《数字钢铁白皮书》一书启动首发仪式。



《数字钢铁白皮书》首发仪式

### 三、领导讲话

干勇院士在讲话中表示,《数字钢铁白皮书》的发布,是钢铁行业的一大盛事!钢铁工业为大型复杂的流程工业,虽然具有先进的数据采集系统,也有自动化系统和研发设施等先天优势,但钢铁生产全流程各个工序具有多变量、强耦合、非线性等特点,且全流程各个工序均存在黑箱,过程变量类型混杂、维数高、规模大,简化机理模型难以描述生产工艺变化的复杂过程,同时各工序单元均为孤岛式控制,尚未做到单元界面的无缝、精准衔接。新一代信息技术为解决钢铁生产的不确定性提供了新的方法和途径。由王国栋院士牵头完成的《数字钢铁白皮书》是一个系统性的专题研究报告,它对钢铁行业数字化转型的整体态势,应用路径,包括技术进展和产业生态进行了全面的论述,观念是非常清晰的,案例也很翔实,所以在凝聚产业共识、引领行业整体创新、加速应用推广等方面具有非常重要的意义。他认为,此书为钢铁行业推动数字化的技术发展,提供了非常有意义的参考,为数字化在钢铁制造业中如何深入实施,为未来实现智能梦工厂提供了一大创新手段。

钱锋院士首先祝贺东北大学《数字钢铁白皮书》的发布,他表示,这本书的发布不仅将推动钢铁行业的数字化转型,而且对带动整个流程制造行业数字化发展都将发挥很大的借鉴作用。党的二十大报告提出,坚持把发展经济的着力点放在实体经济上,推进新型工业化,加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。《数字钢铁白皮书》的发布便是真正践行国家的制造强国、网络强国和数字中国战略。党的二十大报告指出,教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力,深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略,开辟发展新领域新赛道,不断塑造发展新动能新优势。《数字钢铁白皮书》的发布,为钢铁行业优化升级,开辟新领域新赛道指明了方向。最后,他提出,我国钢铁工业在引领全球发展的同时,一定要抢占无人区,这要借助于数字化智能化这样的现代信息技术。在新一轮科技革命和产业变革中,我国钢铁制造产业一定要走向高端,抢占世界的制高点。



张晓刚理事长在讲话中指出，“未来10年数字技术将会颠覆几乎所有行业的商业模式。工业智能化的顺利实现，特别是要达到工业革命效果的智能化，我们人类还有很长的路要走。”《数字钢铁白皮书》的发布，将开启中国钢铁数字化转型的一个新的里程碑。他希望，中国的钢铁企业都能够再钢铁数字化转型过程中，在自己企业已有的ERP、MIS系统的基础上，进一步地完善数字化基础设施，在基于大数据和机器学习的钢铁流程管理的系统优化中，去实现对自己企业钢铁生产设备质量、能源库存，也包括物流的管理优化，从而实现生产过程中质量成本和效率的进一步提升，进而实现钢铁企业的数字化转型。最后，他建议，中国钢铁行业的各个龙头企业，不仅要在钢铁管理的优化上下功夫，实现数字化转型，更重要的是，要在中国钢铁数字化转型当中更加关注智能化技术的基础设施的投入，要敢于投入，并能够结合智能化各个相关领域顶级专家的智慧，为中国和全球钢铁工业实现智能化，甚至实现工业革命的效果来贡献中国钢铁的智慧和中国钢铁的解决方案。

田志凌常务副理事长在讲话中表示，“党的二十大报告指出，加快发展数字经济，促进数字经济和实体经济深度融合，赋能传统产业转型升级，催生新产业、新业态、新模式，不断做强做优做大我国数字经济。”我国钢铁工业具有丰富的数字化技术的应用场景。新世纪以来，我国钢铁工业的技术变革，尤其是过去10年的技术变革，主要体现在自动化、信息化的水平提升方面，目前钢铁行业已经具备先进的数据采集系统，自动化控制系统可以为我们提供海量的数据资源。数字化转型将成为推动钢铁行业转型升级、实现高质量发展的一条重要路径。他指出，《数字钢铁白皮书》是王国栋院士牵头完成的、具有划时代意义的一部巨作，它的发布，对钢铁工业数字化转型具有非常重要的指导意义。会后，中国金属学会将组织行业的科技工作者，认真学习领会《数字钢铁白皮书》传达的内涵，推动钢铁工业数字化转型。

#### 四、主题座谈会

在座谈会上，中国金属学会、中国钢铁工业协会、鞍钢股份、河钢集团、山东钢铁集团日照公司、沙钢集团、南钢、本钢、浪潮工业互联网、冶金自动化研究设计院、鞍钢集团钢铁研究院、首钢技术研究院、沙钢钢铁研究院、上海宝信软件股份有限公司、鞍钢集团信息产业有限公司、河钢数字技术股份有限公司、中冶长天、中冶南方、中冶华天、北京京诚鼎宇管理系统有限公司、冶金工业信息标准研究院、山东钢铁集团研究院、中兴通讯冶金钢铁业务部、北京科技大学国家板带生产先进装备工程技术研究中心等单位的领导和专家向参会代表分享了各自阅读《数字钢铁白皮书》的心得体会，介绍了企业在数字化转型、智能化提升等方面进行的有益探索和实践，以及取得的效果和当前面临的挑战。

大家首先对《数字钢铁白皮书》的发布给予了充分肯定，一致认为，这是钢铁行业的一大盛事，具有里程碑意义。当前我国钢铁行业正处于新旧动能转换的关键时期，应该说企业对数字化转型的认识和接受程度已经有了很大的提升，可以说，《数字钢铁白皮书》的发布正是应运而生，恰逢其时。之所以这么说，是因为这本书不仅为钢铁企业进行数字化转型，在路径选择上提供了系统的理论指导，同时也为行业生态建设提供了专业化的规范。可以说，这是一本指导钢铁行业数字化转型的宝典。

《数字钢铁白皮书》不仅分析了钢铁行业数字化转型的意义、面临的问题，还提出了钢铁行业数字化转型的主要任务以及发展路线图。而且，这本书还从数据到平台，从算法到模型，从基础到网络安全，从



生产控制到资源管理,从智能到绿色都进行了详细的论述,特别是针对边缘云的生产管控和云端的资源管理,给出了丰富的案例。所以大家一致认为,这本书的内容博大精深,是一本难得的教科书,将为钢铁行业的科技工作者提供重要的指导和参考。

## 五、总结发言

王国栋院士作总结发言,他表示:“与会的各位领导、各位专家对《数字钢铁白皮书》给出了很多赞美之词,那是我们的努力方向,也提出了很多很重要的建议,会后我们要好好总结学习。”他简要介绍了东北大学开展钢铁行业数字化工作的发展历程。他说,东北大学自 2017 年开始就承担了国家十三五智能制造项目,当时对信息物理系统只有一些模糊的认识,直到 2019 年,韩国浦项和日本 JFE 的信息物理系统在高炉上的应用取得了很好的效果,这一点对国内触动很大。从那时起,东北大学联合钢铁企业、互联网企业便开始了钢铁企业数字化技术以及应用研究之路。虽然研究过程历经坎坷,但最终结果是好的。在此过程中,他也充分认识到,企业是集聚科技创新要素的天然载体,是开展科技创新工作的实施主体,担负着科技创新主要需求者、积极推动者、要素集成者和重要管理者等多重角色。为此,东北大学不断加强产学研深度融合。“所谓深度融合,也就是真正地深入到钢铁企业一线,与企业结成一体,体会企业希望要什么,他们希望做什么,我们就怎么做。”王国栋院士是这样说的。

他表示,《数字钢铁白皮书》的发布,得到了中国金属学会、冶金工业出版社的大力支持。在此基础上,东北大学和冶金工业出版社正在筹划出版“钢铁全流程的数字化转型”丛书,从炼铁开始,到炼钢、连铸,再到热轧、冷轧,甚至到热处理,还有云端的资源配置管理,做好这些工作将对进一步推动钢铁行业的数字化水平、智能化水平提升发挥不可或缺的作用。当然做好这些工作,离不开行业同仁们的共同协作、共同努力!

他指出,钢铁行业实现数字化转型,具有极大的优越性,在于其很容易实现共享,很容易推广,能将数字技术的放大、叠加、倍增作用发挥得淋漓尽致。这便是习近平总书记提出的要推动数字经济和实体经济融合发展,要产业数字化,只有这样才能进一步提高生产效率,提高产品质量稳定性,降低生产成本。

最后,他衷心希望,也相信我国钢铁工业一定会在比较短的时间内,率先实现数字化转型升级,建成国际先进的工业集群,让中国人在国际上扬眉吐气!





(下文为【光明日报】勇当科技强国的钢铁脊梁文字内容)

千秋基业，人才为本。

“民族复兴迫切需要培养造就一大批德才兼备的人才。”2022年4月21日，习近平总书记在给北京科技大学老教授的回信中强调。

今年是北京科技大学（原北京钢铁学院）成立70周年，值此之际，15位北京科技大学老教授给习近平总书记写信，汇报学校70年来的发展情况，表达了为我国钢铁产业高质量发展培养更多高素质人才的坚定决心。

“培养更多听党话、跟党走、有理想、有本领、具有为国奉献钢筋铁骨的高素质人才，促进钢铁产业创新发展、绿色低碳发展，为铸就科技强国、制造强国的钢铁脊梁作出新的更大的贡献！”习近平总书记对老教授，也对奋战在绿色低碳发展道路上的科研工作者提出了殷切期望。

铸就科技强国、制造强国，关键在科技、核心靠人才。实现碳达峰碳中和目标，促进钢铁产业创新发展、绿色低碳发展，需要一代代科研工作者敢啃硬骨头、敢探深水区的钻研与付出。

### 矢志报国鉴丹心

“收到总书记的回信，我们备受鼓舞，这既是肯定也是鞭策，激励我们投身科研、培养更多高素质人才。”致信人之一的中国工程院院士胡正寰说。

1952年，胡正寰成为北京钢铁学院的第一批学生，也由此开启了自己与学校、与国家钢铁事业共发展的奋斗历程。70年，从青丝到华发，胡正寰一辈子投入在轴类零件轧制技术的研究、开发与产业化工作中，使我国成为世界上少数掌握这项高新技术的国家之一。

“工业是国民经济的脊梁。总书记字里行间充满对学校建校以来工作的认可，更体现出对包括我国钢铁工业在内的制造业的重视。”致信人之一的中国工程院院士蔡美峰感怀于心。从事岩石力学与采矿工程方向研究的蔡美峰，十分注重矿山开采的科学性，开发出了我国具有自主知识产权的地应力测量技术，提出了安全高效开采、矿山动力灾害预测与防控等技术。今年79岁的他，还坚守在推动绿色矿业建设与矿山生态修复治理工作一线。

勇攀高峰，矢志报国。胡正寰、蔡美峰等老教授们心系党和人民的事业、饱含对科学的研究的热忱，为年轻一代科研工作者树立了榜样。“老教授们的科研成果和奉献精神是我们永远的珍贵财富。”北京科技大学冶金与生态工程学院党委书记张建良说。

长流程的高炉炼铁是钢铁制造过程中碳排放的主要来源。近年来，张建良带领团队改进传统高炉炼铁工艺，研究利用氢能代替焦炭等传统能源实现铁矿石还原的新工艺。氢冶金的实现与应用，将较大程度减少钢铁生产过程中的碳排放。

“实现全氢还原技术应用还面临一些难题，但我们会继续攻关克难，这不仅是对钢铁专业的初心传承，更是对总书记回信精神的贯彻践行！”张建良说。

### 绿色低碳谋发展

科技是国家强盛之基，创新是民族进步之魂。建设钢铁强国、制造强国，必须牵住科技创新这个“牛



鼻子”。数据显示，目前国内整个钢铁行业碳排放量约占国内碳排放总量的15%，仅次于电力行业。

“实现‘双碳’目标任重道远，我们会牢记总书记的嘱托，不断突破、勇攀高峰。”中国工程院院士、中南大学教授姜涛说，钢铁低碳生产从原料就得要精，但我国钢铁精料长期存在优质品种少、能耗高、排放大、成本高等问题。

为此，姜涛和团队反复试验，创造设计出高料层均热烧结的理想料层结构，成功实现了以进口粗粒粉矿为主要原料的超高料层均热烧结，年节能1100万吨标煤、年减少二氧化碳排放2900万吨以上，显著提高了生产效率和产品质量。

初秋时节，北京科技大学的校园里仍是满目绿意。在冶金生态楼，冶金与生态工程学院教授朱荣正在和学生讨论科研问题，“厚德立人、集智创新、鼎力实践”十二个字醒目地悬挂在办公室。

实现钢铁行业近零碳排放，是朱荣40年来投身于电弧炉炼钢的目标与使命。尽管业界一段时间曾对电弧炉炼钢关注度不高，但他却越走越坚定：“一般生产1吨钢，碳排放量接近2吨，而电弧炉炼1吨钢，碳排放仅有四五百公斤，甚至将来可降到一百公斤以下。”如今，朱荣带领团队研发的电弧炉炼钢复合吹炼技术、二氧化碳绿色洁净炼钢技术等荣获国家科技进步二等奖、冶金科学技术特等奖等奖项，且正在规模化应用。

“我们要把论文写在祖国的钢铁生产线上。”中国工程院院士、东北大学教授王国栋深有感触地说，“总书记的回信对我们教育工作者提出了殷切期望。”

被誉为“中国超级钢之父”的王国栋虽已步入耄耋之年，但他丝毫没有放慢紧跟数字化时代的脚步。“数字化（智能化）和低碳化是钢铁行业高质量发展必不可少的两个方面。”王国栋介绍，钢铁生产流程复杂，充满不确定性，“大数据+机器学习”为把握规律增加了可能。2019年开始，他领衔团队在原有研究的基础上，收集处理大量数据，建立起数字化高炉，使生产过程逐渐透明化并能得到实时反馈，提高产品质量，减少资源浪费，为绿色低碳发展提供了数字化支撑。

## 薪火相传育芬芳

科教兴邦，育国之栋梁。“作为一名人民教师要言传身教，以模范行动影响学生，让学生站在自己的肩膀上，去攀登一个接一个理论和实践的高峰！”蔡美峰讲述着自己的教育思想。

9月初，东北大学钢铁智能制造班迎来第二批学生。“面向国家重大战略需求，我们与未来技术学院合作，增设了人工智能、机器学习等方面的课程，着力培养智能制造方向的人才。”东北大学轧制技术及连轧自动化国家重点实验室主任袁国介绍，实验室开发出了以超级钢为代表的系列先进钢铁材料、全套知识产权的轧制过程工艺与自动控制系统，相关钢铁材料加工关键工艺核心技术打破国外技术垄断。

“我们将以总书记回信精神为指引，以‘立德树人’为根本，充分发挥黄大年式教师团队精神，培养德智体美劳全面发展的冶金事业建设者。”中南大学冶金与环境学院院长闵小波说，他们开展“冶金+资源、环境、新能源材料、智能”等交叉牵引的人才培养创新模式，将科学家精神等元素融入专业课程，打造中南炽金文化品牌，开展科普在线直播、“问渠长廊”晨读、院士报告会等素质教育活动。

十年树木，百年树人。北京科技大学建校以来，为国家培养了26万多名科技人才。北京科技大学冶金与生态工程学院院长焦树强说，近年来，学院持续完善“冶金+”新工科人才培养体系，构建“课堂实践、



社会实践、工程实践”相衔接的“钢铁实践”体系，每年组织学生深入企业一线开展科技咨询和技术服务，鼓励学生勇敢挑战“卡脖子”问题。

践行习近平总书记回信精神，争做听党话、跟党走、有理想、有本领、具有为国奉献钢筋铁骨的高素质人才，正成为实现科技强国、制造强国道路上科研工作者的使命担当。他们弘扬科学家精神，推动我国科技事业发生历史性、整体性、格局性重大变化，为实现民族复兴中国梦凝聚起蓬勃能量。

新闻来源：《光明日报》2022年09月25日07版

## 非凡十年——勇于创新，钢铁报国 | 轧制技术及连轧自动化国家重点实验室的创新发展之路

党的十八大以来，东北大学坚持立德树人根本任务，坚持服务国家战略需求，服务行业创新驱动和区域经济社会发展，努力建设轧制技术及连轧自动化国家重点实验室（RAL）这一我国轧制技术领域唯一的国家重点实验室。实验室面向钢铁材料发展进程的关键共性技术问题，结合钢铁流程工业特点，更加注重多学科交叉、全流程一体化解决行业共性问题，强化产学研用融通和协同创新，坚持把论文写在钢铁生产线上，推动我国钢铁领域实现“基础研究、技术创新、成果转化、产业应用”四位一体创新突破；相继承担行业及企业重大科研项目400余项，总经费约33亿元，解决了大量行业和企业急需的关键共性技术难题和前沿技术问题；其研究成果相继获得国家级科技奖励8项，省部级科技奖励112项，为我国钢铁行业的创新发展与技术进步做出了突出贡献。

### 服务重大需求 构建创新体系

——系统布局钢铁材料领域科技创新平台，构建“冶金工业流程”学科群，加强通过顶层设计形成有组织科研创新模式，在技术创新、转移和产学研合作方面成效特色更为凸显。

2012年起，东北大学RAL实验室基于国家及行业重大需求，系统布局钢铁材料科技创新平台；2014年，牵头建设“2011计划”钢铁共性技术协同创新中心工艺与装备平台；2019年，依托材料科学与工程、冶金工程等国家一级重点学科，构建“冶金工业流程”学科群。

为进一步推动科研成果快速转化，东北大学RAL实验室深化产教融合，聚焦产业技术难点、痛点问题，持续推动产业关键技术协同创新攻关，实验室学术带头人王国栋院士提出“理论—工艺—装备—产品—应用”一体化的“R&DES”创新新机制，采用“四维汇聚”（在学科交叉、产学研深度融合、行业协同、R&DES四个维度有机结合），构建产学研深度融合的技术创新体系，坚持全流程一体化创新，为钢铁领域的原始理论创新与关键共性技术突破奠定了坚实基础。

### 聚焦前沿问题 取得技术突破

——围绕钢铁材料高质化、工艺绿色化和全流程数字化重大需求的关键科学问题和共性技术难题开展

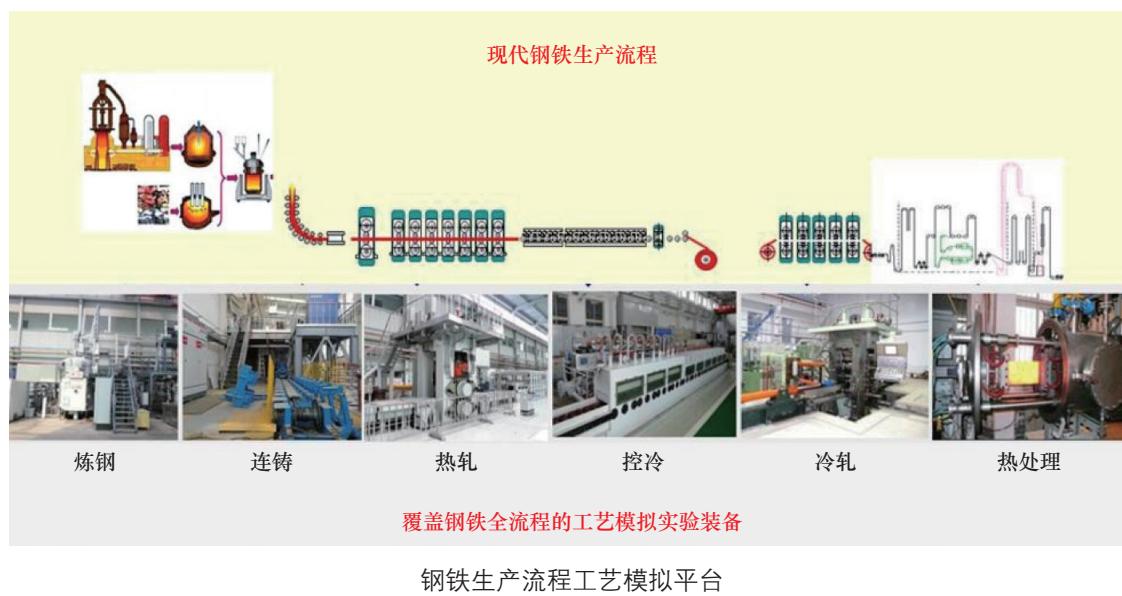


研究, 相继在核心工艺、流程再造、材料研发和智能制造等领域取得理论突破与关键技术创新。

### 先进钢铁材料组织性能调控基础理论与前沿技术

#### » 现代轧制技术、装备和产品研发创新平台

东北大学 RAL 实验室长期致力于钢铁中试实验技术和装备的研发工作, 解决了实验与大生产的工艺条件相似性、大生产工艺的实验室再现等关键技术问题; 开发出涵盖钢铁生产全流程的熔炼、热轧、冷-温轧、退火、热模拟等系列化中试实验装备, 形成了功能完备、高效准确的中试实验设备技术。



相关技术已应用到宝武、河钢、鞍钢、首钢、中国台湾中钢和日本冶金等近 30 家大型中外钢铁企业, 为钢铁领域原型工艺与材料技术开发提供研发手段。

#### » 连铸凝固末端重压下基础理论与工艺技术

研究团队通过系统揭示重压下过程连铸坯变形规律及两相区内溶质传输行为规律, 明确了内外温差是影响压下量向铸坯心部传递效率的最关键因素, 开发出准确、高效、稳定压下的连铸凝固末端重压下技术, 突破了常规连铸机无法稳定实施大变形压下的装备瓶颈, 显著改善连铸坯中心偏析缺陷所导致的带状组织等质量问题。该成果已用于河钢、鞍钢等企业, 并输出至韩国现代钢铁。

#### » 新一代控轧控冷 (TMCP) 理论与技术

热轧钢材产品占我国钢材总量 90% 以上, 是品种规格最多的轧制钢材产品, 但热轧工序资源能源消耗大、产品成型及组织性能调控能力亟待提升。为此, 东北大学 RAL 实验室提出新一代 TMCP 理论与技术, 成功研制了首台套热轧板、带、管、型、棒、线材等超快速冷却成套装备, 解决了热轧钢材高冷速条件下冷却均匀性控制这一行业公认技术难题, 实现了以“资源节约、节能减排”为特征的热轧钢铁材料绿色制造技术新突破。

该项技术已应用于宝武、鞍钢、首钢等大型钢企 50 余条产线, 实现了高品质节约型热轧钢材的大规模生产。



新一代 TMCP 机制及开发的我国首套 TMCP 工业化装备

### »» 高端金属材料成套核心热处理工艺技术

高等级中厚板是重大装备重大工程建设所必需的关键基础原材料，其开发生产的关键技术—热处理工艺及装备是制约我国生产这类板材的关键。为此，东北大学 RAL 实验室相继攻克高端板带钢高强度高均匀性淬火机制和系列大型喷嘴、工艺模型等关键技术，高端高精铝合金热处理装备核心部件和系统技术，实现完全自主化和国产化。

### 钢铁全流程绿色化冶金理论与工艺装备



自主研发的南钢 5000mm 辊式淬火机设备

### »» 贫杂铁矿石资源化利用基础理论与关键技术

我国铁矿石资源禀赋差、难利用，对外依存度持续超过 80%。我国及权益铁矿的贫杂铁矿石储量达 300 亿吨以上，采用常规选矿技术无法有效利用，又造成严重的资源浪费和环境污染。

东北大学 RAL 研究团队创建了“固–固罩盖界面调控”浮选理论体系，阐明了氧化矿浮选药剂极性基与矿物表面氢键吸附的重要作用；创造性地提出了铁矿石浮选药剂“氢键耦合多基团协同”的分子结构设计新理论，破解了含碳酸盐铁矿石和极贫赤铁矿石资源化高效利用技术难题，成果已应用于鞍钢、河钢等企业，取得显著的经济和社会效益。



东北大学 RAL 实验室自主开发的薄带连铸产线

### »» 低碳钢铁基础理论与前沿技术

东北大学 RAL 实验室围绕高能效低碳化高炉集成关键技术、高炉富氢还原等新工艺，与宝武、抚顺新钢铁合作，研发顶煤气循环—氧气高炉前沿技术；开展富氢还原低碳高炉理论的关键技术研究和工业化应用，形成了以富氢气体喷吹、系统安全与智能控制等为核心的富氢还原高炉炼铁技术。

在铸轧一体化短流程技术领域，东北大学 RAL 实验室提出薄带铸轧高品质电工钢理论体系，开发建设我国自主知识产权的首台套电工钢薄带铸轧产线。铸轧短流程高质化技术创新，对实现我国重大冶金工艺流程自主创新具有重要的战略意义。

### »» 热轧过程组织性能与表面氧化智能预测与工艺优化

东北大学 RAL 实验室提出热轧钢材组织性能与氧化行为预测与智能控制技术，开发出自主知识产权的

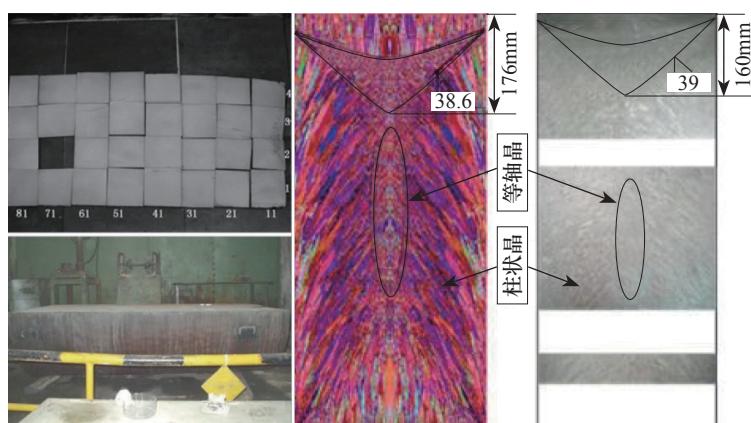


氧化行为控制技术并大规模工业应用, 解决了因表面缺陷引发的钢材使用性能和服役性能降低等问题。

“钢铁产品组织性能与表面氧化状态智能预测及工艺协同优化系统”已在鞍钢、梅钢、涟钢等企业得到推广应用, 解决了焊瓶钢屈强比窄幅(0.735~0.785)控制这一世界性难题, 并出口应用于韩国现代钢铁热连轧线。

### 高品质特殊钢制备理论与关键技术

高品质特殊钢是保障国家工业化和国防安全不可缺少的重要基础材料, 电渣重熔是生产高端特殊钢和合金不可或缺的冶金方法。东北大学 RAL 实验室团队针对我国电渣重熔技术存在电耗高、污染重等问题,



电渣重熔大型钢锭及组织模拟仿真结果  
和电渣重熔大型钢锭

形成了“CSP 超高洁净度控制”和“SCOM 均质化凝固理论”原创性理论, 研发出高洁净高均质电渣重熔成套技术与装备, 实现我国电渣技术“从跟跑、并跑到领跑”的历史性跨越, 总体技术经济指标处于国际领先水平。

研究成果推广到宝武、河钢、通裕重工等 60 多家企业, 为我国重大工程和国防建设研制了系列关键核心材料, 包括世界首套 AP1000 核电主管道用百吨级电渣钢

锭、乌东德和白鹤滩水电站等。

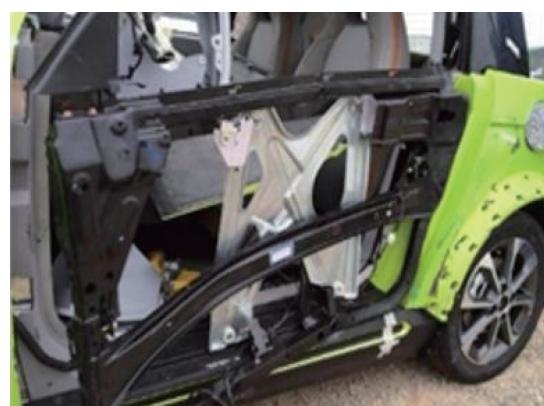
### 高性能钢铁材料基础理论与关键制备技术

#### » 节约型高性能 LNG 储罐用钢开发

开发低成本高性能液化天然气(LNG)储罐用低温钢对于我国能源结构转化和升级意义重大, 但我国节镍型 LNG 储罐用钢尚属空白。为此, 东北大学 RAL 实验室团队创新提出 Cr-Mo 合金化和低 Si 的高强韧性合金体系, 开发出“低温控轧+超快冷+亚温淬火+回火”一体化生产工艺, 制备出屈服强度>590MPa、拉伸强度>680MPa、KV2(-196℃)在 150~210J 的国内最低 Ni 含量(6.5%Ni) LNG 原型钢。这是国内首次实现低镍 LNG 储罐用钢生产认证, 其性能达到 9Ni 钢国标。

#### » 2000MPa 及 Al-Si 镀层汽车钢开发

为提高碰撞安全性、进一步实现轻量化, 东北大学 RAL 实验室提出钢中纳米尺度析出物能够提高强度、同时增加韧性的全新强韧化机制, 提出镀层和钢基体界面间高碳致脆的理论和界面降碳韧化技术, 实现全球首发 2000MPa 级超高强韧汽车钢及 Al-Si 镀层韧化领域“从 0 到 1”的引领性原创成果重大突破, 解决了制约汽车轻量化技



2000MPa 热冲压成型钢在  
北汽 LITE 车型应用

术发展中的重大科技问题。

### »» 高强度、大规格、易焊接海洋工程用钢研发及应用

针对高端海工钢开发需求,东北大学 RAL 实验室提出了高端海工钢高强度特厚板尺寸效应形成与控制原理、大线能量焊接粗晶热影响区韧化新机制,攻克了特厚板高强均匀淬火、一体化组织性能调控等高端海工钢制备关键技术难题,开发出国内最厚的 FH790 (180mm 厚) 和 FH690 (256mm 厚) 高强韧特厚齿条钢产品。产品用于国产 2500t 自升式海上风电等海工装备关键桩腿结构,有力提升了国产化高端海工钢技术水平。

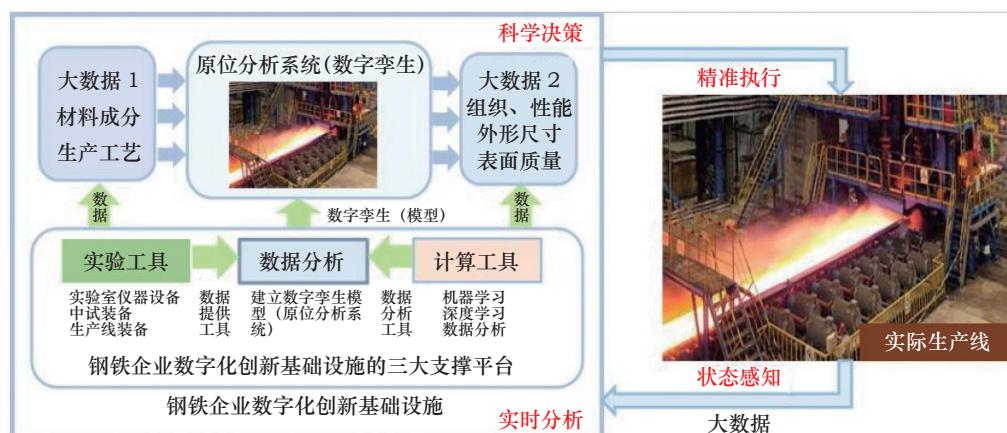
### 金属材料高精度轧制理论与智能优化技术

#### » 轧制过程自动化控制与智能优化

东北大学 RAL 实验室率先研发出具有全套自主知识产权的中厚板、热连轧、冷连轧自动化控制系统,实现中厚板综合成材率提高 1%~2%,0.17mm 极薄带材厚度精度小于  $\pm 2.5\mu\text{m}$ , 板形标准差小于 7I, 产品质量及系统运行水平全面对标国际最高水平。该技术已推广应用到宝武、鞍钢、河钢等 50 余家大中型钢铁企业,并实现了引进控制系统的国产化替代,引领了大型主力轧机国产化进程。

#### » 钢铁全流程数字化关键技术

东北大学 RAL 实验室从 1988 年起就开展数字化研究工作,分别围绕物理冶金模型预测热轧过程钢材组织与性能的研究、工业大数据研究与应用,形成热连轧过程数字孪生;利用大数据/AI 对数学模型进行优化,建立高精度的动态数据孪生,形成 CPS 系统的核心;基于钢铁流程工业特点,CPS 由热轧过程推向炼铁、炼钢、连铸、冷轧、热处理等钢铁全流程;同时联合宝武、华为、清华大学等各领域优势力量,率先开发出金属材料生产全流程的系列动态数字孪生模型,形成了多工序协调优化的信息物理系统,提出原位分析系统与钢铁材料数字化创新基础设施。



原位分析系统与钢铁材料数字化创新基础设施

### 致力于我国钢铁技术领跑全球

——展望未来,实验室将以国家战略需求为导向,持续加强有组织科研,强化原始创新突破,学科交叉、产教融合、协同创新,推动我国钢铁领域高水平科技自立自强。



东北大学 RAL 实验室科研工作将继续围绕“四个面向”（面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，不断向科学技术广度和深度进军），以致力于使我国成为钢铁技术的全球领跑者为目标，聚焦钢铁行业“产业数字化、产品高质化、工艺绿色化”三大战略，基于冶金工业全流程创新链，强化重大原始创新能力，支撑重大科技突破，加速科技成果转化，解决一系列满足国家重大战略需求和支撑关键技术突破的重大科学问题，提升我国钢铁材料领域核心技术创新能力和研发能力。

同时，实验室将面向钢铁材料高质化，致力于解决国家特种金属材料“卡脖子”和高端钢铁材料质量不稳定难题，满足重大工程建设的需求；面向工艺绿色化，致力于解决清洁生产、超低排放的技术难题，服务国家实现双碳战略目标；面向产业数字化，建成全流程数字化 CPS 工业软件和系统平台，全面实施数字钢铁。

实验室还将大力推进产教融合，打造材料—工艺—装备—服务自主创新的科学研究前沿阵地，增强我国钢铁材料领域优秀人才培养能力，建成支撑我国钢铁材料高质化、工艺绿色化和产业数字化发展的人才培养基地；继续加强国际学术交流与合作，为实现我国引领国际先进钢铁材料与轧制加工领域的科技发展方向做出贡献！

## 2 RAL 要闻

### 《Scripta Materialia》发表东北大学 RAL 实验室 徐伟教授团队研究成果

目前先进高强钢（AHSS）的强韧化设计主要是通过调控亚稳奥氏体的稳定性实现，其调控方式主要包括合金成分、晶粒尺寸和奥氏体形貌等。预应变作为材料成型过程中必不可少的阶段，其对奥氏体热稳定性的影响更为复杂。众所周知，奥氏体的大幅变形会导致马氏体转变的起始温度 ( $M_s$ ) 点降低，使其不利于马氏体转变，这被称为奥氏体的机械稳定化。研究学者发现小预变形能升高  $M_s$  促进马氏体转变，并表明奥氏体失稳来源于预应变引入的更多马氏体形核质点。然而，目前对预应变作用下奥氏体热稳定性的转变机制尚未做出明确解释，这对利用成型预应变对奥氏体热稳定性的主动调控，实现低温应用 AHSS 的组织调整尤其重要。因此，明确其中的物理转变机制将更有利于设计可以经受预应变的热稳定性用钢。

东北大学轧制技术及连轧自动化国家重点实验室徐伟教授团队利用原位磁场检测与详细的微观实验从形核与长大的角度揭示了预应变作用下亚稳奥氏体由机械失稳到稳定的转变机制。相关论文“Transitions in the thermal stability of pre-strained austenite – competing effects between defect density and slip band spacing”于近期发表在 Scripta Materialia 上。文章通讯作者为徐伟教授与王灵禹博士后，第一作者为博士研究生董广起。

论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2022.115077>

塑性应变能在奥氏体晶粒内部引入大量缺陷为马氏体相变提供形核质点，因此影响到奥氏体稳定性。

研究学者表明低预应变降低奥氏体热稳定性, 这正是由于预应变引入的缺陷为马氏体相变提供了形核位点, 而高预应变将会摧毁马氏体的形核质点, 使其热稳定性增加。因此, 预应变作用下奥氏体的热稳定性转变依赖于预应变引入的缺陷。本文分别从宏观与微观角度探究了预应变下奥氏体内部的缺陷演变规律, 结果表明缺陷密度与滑移带数量和应变量呈正相关(图 1), 但滑移带间距与应变量呈负相关(图 2)。

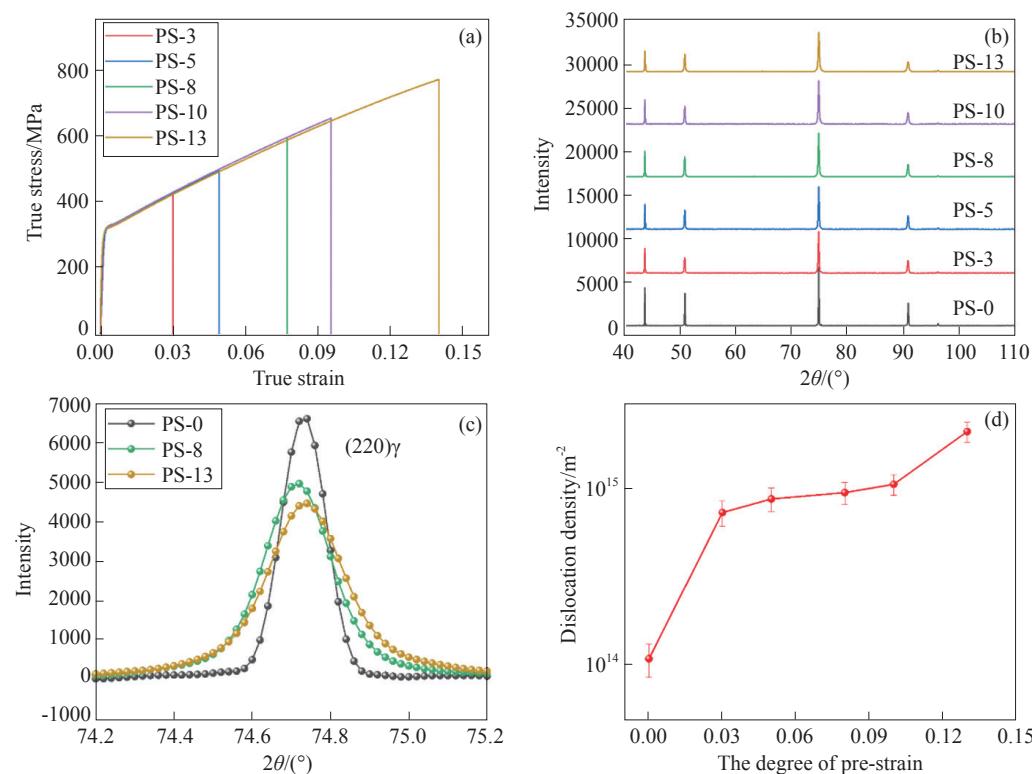


图 1 预应变试样的强度与缺陷演变

(a) 真应力 - 真应变曲线; (b) XRD 图谱; (c) (200) 奥氏体峰演变; (d) 奥氏体位错密度 - 预应变曲线

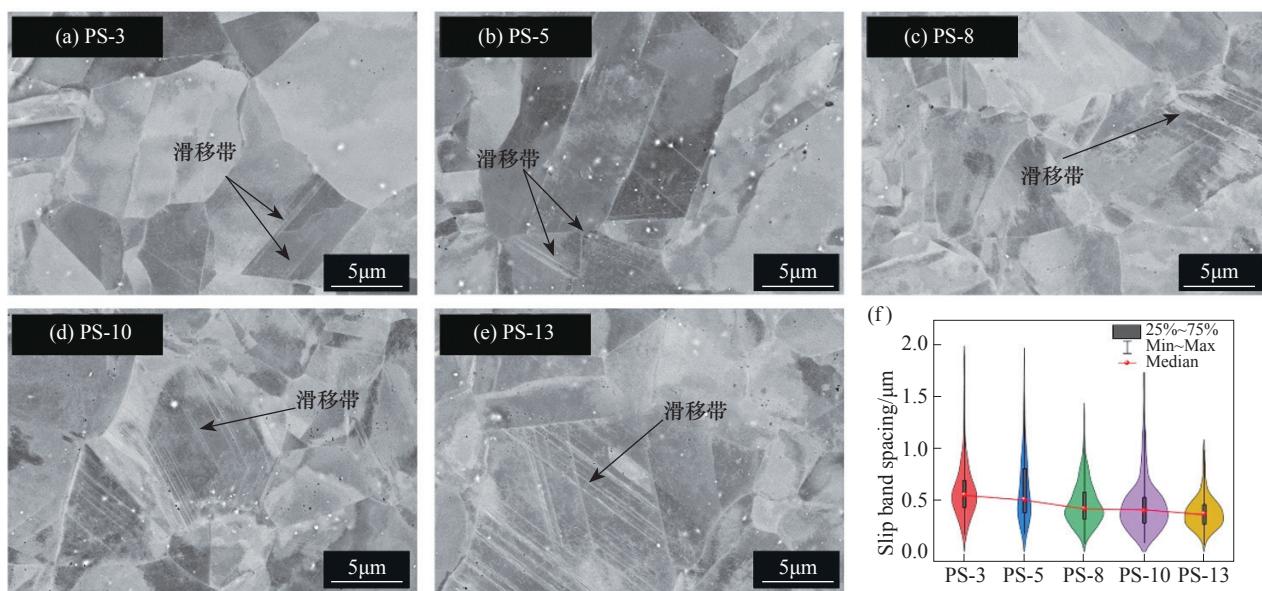


图 2 (a~e) 通过 ECCI 表征的微观亚结构演变; (f) 滑移带间距的小提琴统计图

在探究了预应变下微观亚结构的演变规律后, 文章进一步从  $M_s$  和最终马氏体转变量的角度探究了导致奥氏体热稳定转变的主要根源。预应变总是导致奥氏体失稳, 并且较高预应变导致奥氏体失稳略微减小(见图3(c))。图3(d)表明马氏体最终相变量随预应变增加达到峰值后大幅下降。这暗示了尽管奥氏体失稳, 但必定有竞争因素抑制了马氏体转变。

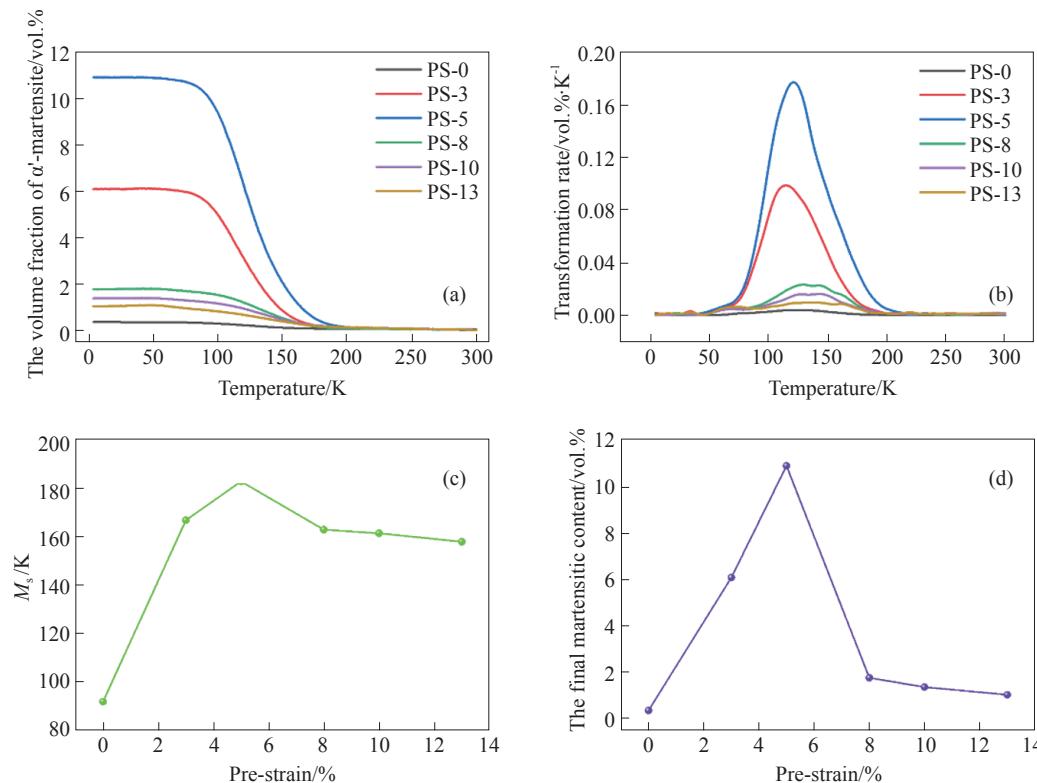


图3 马氏体转变特征

(a) 连续冷处理过程中马氏体体积分数变化; (b) 连续冷处理过程中马氏体转变速率;  
(c) (d)  $M_s$  和最终马氏体转变量

本文再次证明了滑移带可以为马氏体相变提供形核位点(图4蓝色方框), 这是低预应变导致奥氏体失稳的原因。图4微观组织结构表明P3样品马氏体占据了整个奥氏体晶粒, 而P13样品马氏体仅分布于上半部分, 并且高预应变下马氏体板条宽度降低, 这都表明滑移带对马氏体生长产生了一定的阻碍。总之, 奥氏体热稳定性从失稳到稳定的转变归因于缺陷密度与滑移带间距的竞争。

文章首次提出了预应变强化了马氏体的变体选择新观点。马氏体的变体数量与预应变量呈负相关, 这主要归因于惯习面与滑移面几乎平行的变体更容易形成。马氏体形核后的生长会被相邻的滑移带阻止, 只有首选的变体生长阻较小。该情况类似于奥氏体晶粒细化, 当奥氏体晶粒尺寸减小时, 变体的数量随之减少。变体选择能有效增加转变过程中的弹性应变能, 这揭示了较高预应变减低  $M_s$  的原因。

综上所述, 本文通过精细的表征手段定量化实验将马氏体尺寸与变形诱发缺陷的特征联系起来, 证明了奥氏体的热稳定性转变来源于缺陷密度与滑移带间距的竞争效应。这一研究成果对指导利用材料成型工艺调整奥氏体内部缺陷, 实现对奥氏体热稳定性的主动调控, 保证低温服役 AHSS 的组织需求, 优化低温

环境服役 AHSS 的综合性能具有重要意义。

本论文研究得到了国家自然科学基金 (52101133 和 52071066)、中央高校基本科研业务费 (N2107005)、中国博士后科学基金 (2022M710627) 的资助。

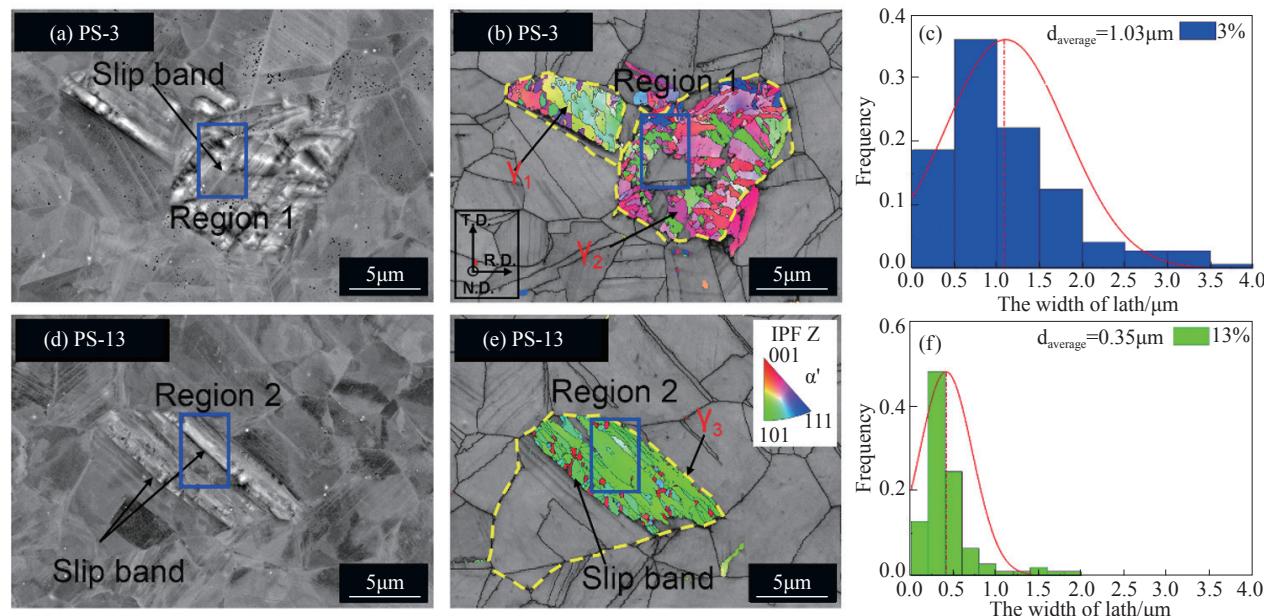


图 4 冷处理后的微观结构 ( a~c: PS-3, d~f: PS-13 )  
 ( a ) ( d ) 表面形貌; ( b ) ( e )  $\alpha'$  IPF Z 和背景对比图; ( c ) ( f ) 马氏体块宽度统计分布图

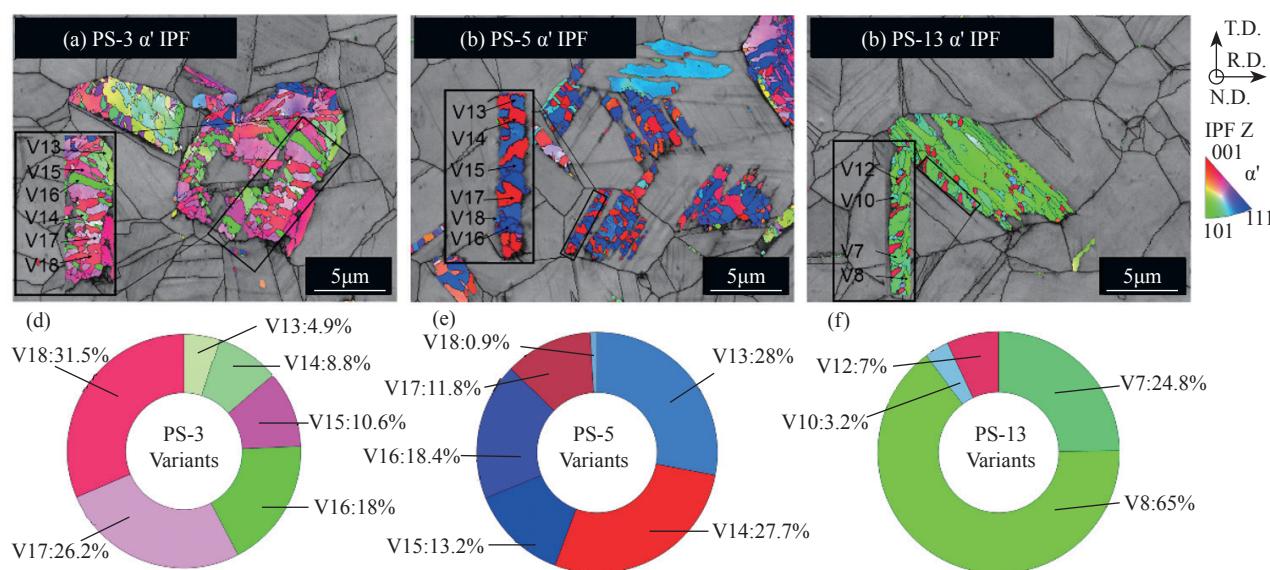


图 5 不同预应变样品冷处理后的马氏体变体选择行为  
 ( a ) ( b ) ( c )  $\alpha'$  IPF Z 和背景对比图; ( d ) ( e ) ( f ) 各变体的体积分布图

## RAL 第七届“材料加工工程研究生学术论坛”成功举办

12月2日, RAL第七届“材料加工工程研究生学术论坛”以线上形式成功举办, 并通过“蔻享”科学平台进行了全程直播, 累计观看人数超过1.2万人次。本届论坛由轧制技术及连轧自动化国家重点实验室与“2011”钢铁共性技术协同创新中心联合主办, 吸引了来自清华大学、哈尔滨工业大学、西北工业大学、湖南大学、中国科学院金属研究所、新加坡南洋理工大学、香港城市大学等来自海内外51所高校的优秀博(硕)士生积极投稿, 共收稿180余篇。

此次论坛开幕式邀请了东北大学研究生院副院长兼党委研究生工作部部长、马克思主义学院丁义浩教授、东北大学材料科学与工程学院副院长王建军教授、轧制技术及连轧自动化国家重点实验室主任袁国教授出席并致开幕词。丁义浩部长代表东北大学研究生院对全体参会研究生致以热烈的欢迎并肯定了论坛举办的重要意义, 同时他鼓励广大参会的研究生学子们要不断思索、珍惜机会、勇于就学术问题进行交流, 将理论创新与实践发展相结合, 胸怀家国使命, 勇毅前行, 争取未来取得更好的成绩。王建军副院长高度肯定了论坛已取得的成就以及RAL实验室在特殊时期对论坛精心细致的筹备工作, 希望该论坛能够帮助同学们启发创新精神, 拓宽学术视野, 提升科研能力。袁国主任在致辞中表示希望参会的研究生们在相互交流中交换宝贵意见, 学习先进经验, 切实提升大家的学术与交流能力, 并借助此次论坛搭建的交流和创新平台取得更丰硕的成果。



开幕式



研究生院副院长兼党委研究生工作部部长、  
马克思主义学院丁义浩教授致辞



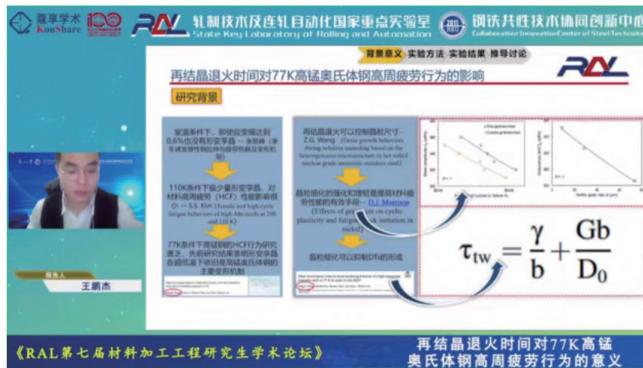
材料科学与工程学院副院长  
王建军教授致辞



轧制技术及连轧自动化国家重点实验室主任  
袁国教授致辞

本次论坛按照汇报主题共设有五个分会场, 分别为“钢铁材料组织性能调控1”“钢铁材料组织性能调控2”“金属材料成型及加工工艺”“特种金属材料制备理论与技术”“有色金属材料组织性能调控与工艺”。在为期一天的分会场报告中, 参会人员就各自研究领域当前所处的发展状态及已取得的科研成果进行了深入的交流和讨论, 对钢铁、特种金属、有色金属微观组织调控以及加工工艺等热点问题进行广泛讨论。

### 会场一: 钢铁材料组织性能调控1



**再结晶退火时间对77K高锰奥氏体钢高周疲劳行为的影响**

报告人: 王鹏杰

《RAL第七届材料加工工程研究生学术论坛》



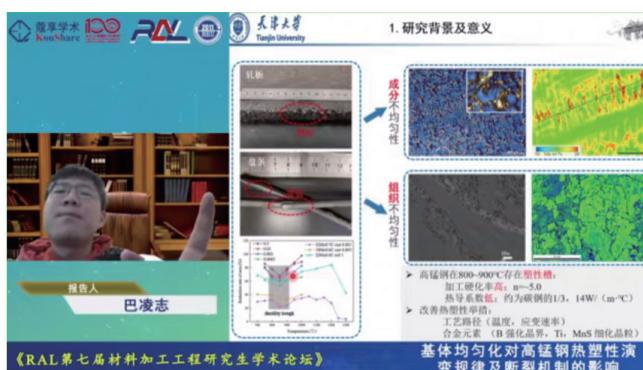
**二、研究内容与思路**

Al/Ta协同调控NiCoCr合金组织与性能

报告人: 张东东

《RAL第七届材料加工工程研究生学术论坛》

### 会场二: 钢铁材料组织性能调控2



**1. 研究背景及意义**

报告人: 巴凌

《RAL第七届材料加工工程研究生学术论坛》



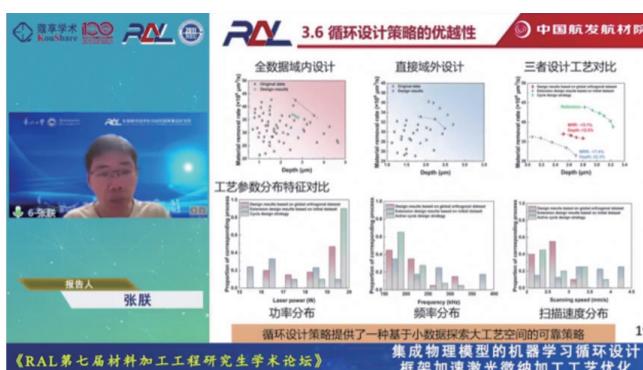
**研究背景-轻量化**

报告人: 杨铭

《RAL第七届材料加工工程研究生学术论坛》

一种含钒高比杨氏模量钢的开发

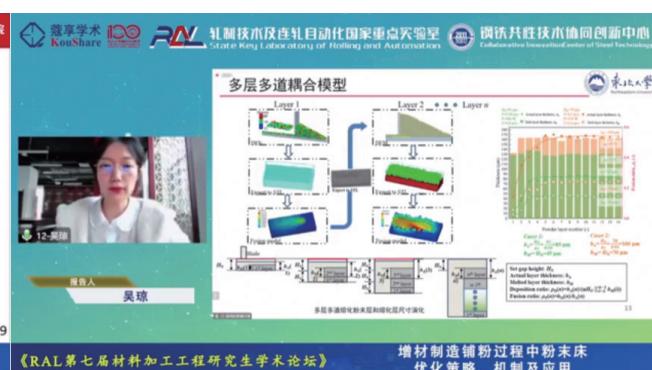
### 会场三: 金属材料成型及加工工艺



**3.6 循环设计策略的优越性**

报告人: 张朕

《RAL第七届材料加工工程研究生学术论坛》



**中国航发航材院**

**多层多道耦合模型**

报告人: 吴琼

《RAL第七届材料加工工程研究生学术论坛》

增材制造铺粉过程中粉末床优化策略、机制及应用

## 会场四：特种金属材料制备理论与技术

## 会场五：有色金属材料组织性能调控与工艺

经过一天的精彩汇报，论坛圆满落幕。本次论坛共评选出王旭等五名研究生获得一等奖，吴泽华等十名研究生获得二等奖，王鹏杰等十五名研究生获得三等奖，并在闭幕式上进行了隆重的颁奖仪式。

迄今为止，RAL“材料加工工程”研究生学术论坛已成功举办七届，论坛由实验室研究生组担任主角，全面负责论坛策划宣传、日程安排以及线上会场组织等所有事项，报告内容深度与广度进一步逐年提升，得到了各单位领导和广大研究生同学的共同认可与支持。今后 RAL 实验室会将研究生论坛持续办下去，形成机制、创新形式、丰富内容，继续保持浓厚的学术氛围，引导研究生拓宽学术视野，增强科研积极性，为科教兴国、人才强国战略作出贡献。

### 获奖名单







3 专家观点

### 王国栋：只有数字化转型才能解决行业不确定性问题

“数据科学、数字技术是解决钢铁全流程‘黑箱’等生产不确定性问题最好的一把钥匙。同时，钢铁行业全流程‘黑箱’生产又是数字化技术应用的最佳场景。”11月23日，中国工程院院士、东北大学教授王国栋在第十三届中国钢铁年会上表示，“现今，信息技术和数据科学的发展强力支撑钢铁行业数字化转型，成为钢铁行业崛起的一个重要机遇。”



图为王国栋在线上做报告（视频截图）

他介绍，工业互联网、云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术的快速发展和应用，正式宣告了数据时代的来临。在数据时代，数据成为社会发展的重要驱动力，成为全球新一轮产业竞争的制高点、改变国际竞争格局的新变量。“所以，我们对于数据这个新的生产要素要给予充分的重视。”他指出，通过数据 / 机器学习进行数据分析，成为数据时代解决不确定性问题最强有力的科学方法。

“钢铁行业全流程生产都是‘黑箱’，包括高炉里的铁水、转炉里的钢水、连铸坯与轧件内部复杂的组织等，具有严重的不确定性，看不见、摸不着，更测不了，但又事关钢铁行业的生产效率、产品质量、工序稳定性、成本、生态等最核心问题。”对此他指出，钢铁行业只有进行数字化转型，才能突破这些不确定性问题，实现高质量发展。

钢铁行业自身生产特色和数据时代发展特点的契合度极高。王国栋分析道，一方面，钢铁行业有着发



达的数据采集系统和自动化控制系统，更有着大量的数据积累。这些数据中蕴含着企业生产过程的全部规律，是关键的生产要素。由此可见，钢铁行业在充分利用丰富的数据资源、实现产业数字化方面具有巨大潜力。作为世界上最先进、最高级的智能系统，信息物理系统特别强调，我们对于物理世界进行的分析计算，不仅仅深深嵌入到系统的每一个相互连通的物理组件中，甚至可能嵌入到物料中。因此，作为流程工业的钢铁行业可以针对物料建模，即建立物料的数字孪生，并将得到的数字孪生用于反馈控制，形成闭环赋能的信息物理系统。相较制造业来说，这一点是钢铁等材料行业解决不确定性的特有优势。

“因此，我们要万分珍惜这个优势，要充分发挥这个优势，抢先建设和应用信息物理系统。”王国栋进一步介绍，这个信息物理系统的底层是原位分析系统，主要包括两个部分。第一部分是实验工具，包括实验室的仪器设备、中试装备和生产线装备。第二部分是计算工具，包括机器学习、深度学习和数据分析。实际生产线等实验工具提供状态感知的数据，由计算工具对这些数据进行实时分析，分析的结果是可以对过程进行预测的数字孪生，再用数字孪生对过程进行优化设定，给出科学决策，并反馈赋能实现精准执行。这样就形成了基于数据自动流动的状态感知、实时分析、科学决策、精准执行的闭环赋能体系。

这个系统具有数据驱动的特征。“这意味着我们的控制模型由机理或经验驱动的传统模型转变为数据驱动的数字孪生模型。”王国栋对比分享了传统机理模型驱动与数据驱动的控制系统架构之间的不同，以及后者的优势。

他介绍道，以往机理驱动的过程控制数学模型是将传感器信号汇集到定序器等下位计算机后，经过多个传感器的逻辑运算、阈值处理等，分层地汇集到上位计算机，常常不得不舍弃大量数据。在这样的结构中，大数据的分析和运用是非常困难的。而数据驱动的系统能够有效且公平地收集与处理所有数据，并通过大数据 / 机器学习，建成数字孪生过程控制模型。这样一来，就可以将底层传感器得到的信息，直接送到大数据中心，经过处理后用机器学习来进行运算，得到数字孪生模型，并将这个数字孪生模型送到边缘决策系统进行决策，最后再将决策结果送到底层执行机构，完成闭环。“当然，数据驱动的数据中心，不仅可以存储数据，还必须具有数据处理功能，能够对数据进行提取、转换和加载，以满足下一步机器学习的需求。”他特别说道。

王国栋认为，钢铁行业必须与数字经济、数字技术相融合，发挥钢铁行业应用场景和数据资源的优势，以工业互联网为载体、以底层生产线的数据感知和精准执行为基础、以边缘过程设定模型的数字孪生化和 CPS（信息物理系统）化为核心、以数字驱动的云平台为支撑，建设钢企数字化创新基础设施，加速建设数字钢铁。

同时，他根据产学研深度融合的实践，介绍了企业建设数字钢铁的经验。一是信息采集与精准执行是数字化转型的基础，是必备项，不完全、不完善的要先补课。二是软件定义。主要指软件改造，硬件可以利用已有的系统，将大幅降低数字化转型的成本、提高转型效率。三是数据驱动。采用数据 / 机器学习方法对数据进行运算，可以将机器学习的模型做到标准化，以实现对不同规模的装置采用各自的数据处理来建成最终的用于控制的数据孪生模型，便于推广、掌握、共享，有助于缩短工期、降低成本。四是数据驱动采用双层架构，容易实现离线调试—在线并行—实时上线，可避免风险，系统可快速由传统系统过渡为数字化系统。



王国栋指出, 钢铁行业实现数字化转型须攻克的一系列关键共性技术, 其中包括数据驱动的IT系统架构、数据驱动的信息感知、数据驱动的数据中心、数据驱动的科学分析、数字驱动的智慧决策、数据驱动的回馈赋能、制造主流程及一体化的虚拟模型与实际过程实时融合的CPS化、数据驱动的资源配置与管理云平台、自动化系统补课、软件定义、软件、网络、安全和系统开发与上线。

“钢铁行业要充分发挥海量数据和丰富应用场景优势, 促进数字技术与实体经济深度融合, 建设钢铁创新基础设施, 加速钢铁行业的数字化转型, 增强企业核心竞争力, 赋能高质量发展, 打造新动能, 将中国钢铁行业建设成为国际领先的工业集群。”王国栋最后说道。