



2018 年第 4 期 总 52 期

(内部刊物·赠阅)
2018 年 12 月 27 日出版

主办：中国机械工程学会

地址：北京市海淀区首体南路 9 号
主语国际 4 号楼 11 层

邮编：100048

组稿：中国机械工程学会工作总部
教育与培训处

编辑：王玲 陈江 缪云
顾梦元 秦戎

编务：马驰

电话：010-68799015 68799016

传真：010-68799050

Email: tongxun@cmes.org

网址：www.cmes.org

发行：中国机械工程学会工作总部

目录 CONTENTS

科协要闻

- 工程能力国际论坛发布共识文件..... 01
中国科学技术协会工程能力国际论坛在京隆重举行..... 03

学会要闻

- 2018 年中国机械工程学会年会在成都举行 06

工作动态

- 中国机械行业卓越工程师教育联盟 2018 年理事大会在清华大学天津高端装备研究院举行..... 10
我会与马来西亚工程师学会商讨工程能力评价标准互认..... 16
中国机械工程学会国家级专业技术人员继续教育基地 2018 年工作总结及 2019 年工作计划 17

地方资讯

- 中国首批工业工程师资格考试颁证工作报道——深入推进工业工程 成就顶级管理专家 23



目录

CONTENTS

专家观点

教育部高教司司长吴岩：中国开始成为全球工程教育的“领跑者” 25

经典案例

数控铣车复合齿轮加工专用机床 26
基于工业以太网总线 PAC 系统的研发及应用 32
快速高效数控全自动冲压生产线 37
工程机械抛喷丸数控关键技术与应用 41

工程能力国际论坛发布共识文件

11月22日，以“加强能力建设，共建美好未来”为主题的工程能力国际论坛在北京闭幕。受邀参加大会的28个国家和地区的29个国际组织和国别组织的代表和境内外有关方面代表出席闭幕式，并共同发布共识文件。

论坛期间，与会嘉宾和代表围绕“加强能力建设，共建美好未来”主题，奉献了10个特邀报告、2场专题论坛，探讨了工程能力标准体系建设、工程教育认证标准体系建设等议题，对提升工程能力、加强工程能力国际互认交流形成广泛共识。为保证共识文件务实有效，经征求与会

代表意见，反复斟酌修改并与各方讨论，寻求各方利益最大公约数，在与会各方一致认可后，形成了工程能力国际论坛共识。英国工程技术学会全球首席执行官 Nigel Fine 和菲律宾工程技术认证委员会主席 Lydia Tansinsin 共同宣读了共识文件。

共识指出，与会各方充分意识到，当前随着经济全球化的不断发展，工程师国际流动日益增多，工程技术新发展目标对工程师的胜任能力提出新要求，可持续发展要求愈加迫切，全球工程界面临严峻挑战。未来的工程教育需要加强创新





能力培养，以应对更加复杂的工程问题。未来的工程能力建设需要关注非技术因素，将工程职业与环境和人类福祉紧密联系在一起。未来的工程能力建设需要广泛的国际合作，要积极推动跨学科、跨国家、跨区域的合作交流。与会各方一致认为，构建世界范围广泛适用的工程专业认证体系至关重要。与会各方一致同意通过全球性的对话与多边互认积极推动国际合作，共同努力提升世界工程师能力，创造人类更美好的未来。

2018年工程能力国际论坛共识

(2018年11月22日)

我们，来自全球工程界和工程教育界的朋友们，2018年11月21日-23日相聚北京，以“加强能力建设，共建美好未来”为主题，举办工程能力国际论坛。

工程为人类的生存与发展奠定了坚实的基础。我们深刻认识到人类的生存和发展需要可持续的自然环境，依靠科技创新解决社会问题。工程实践正在发生变化。迅速变化的世界为工程能力的发展提供了机遇和挑战，我们需要认真思考工程能力建设的未来。

我们意识到：

当前全球工程界面临挑战。随着经济全球化的不断发展，全球治理体系也发生着深刻变革，各国工程技术人员之间的流动和交流日益增多。同时，联合国可持续发展目标，以及各国对工程技术的新发展目标，要求工程师肩负更大责任，也对各国工程能力和工程师的胜任力提出新的要求，如何满足这些要求是世界工程界面临的共同问题。

未来的工程教育需要加强创新能力培养。工程师不仅要能洞察某一领域的技术发展趋势，更要能与不同学科、不同国家的人并肩合作，对复

杂工程问题提出创新性、综合性的解决方案。

未来的工程能力建设需要关注非技术因素。要关注人与社会、关注自然，推动可持续发展。要深刻理解工程在社会中所扮演的角色，要加强工程伦理、人文素养、资源环境、创业精神的培养，将工程职业与环境和人类福祉紧密联系在一起。

未来的工程能力建设需要广泛的国际合作。要致力于培养具有全面素质的工程人才，要积极推动工程知识、技术、人才的跨学科、跨国家和跨区域的流动与合作。

我们认为，一项世界范围广泛适用的工程专业认证体系对未来工程能力发展至关重要。为此，国际工程界应重点关注以下任务：

1. 使命愿景。工程肩负着实现可持续发展、创建更加美好世界的重任。塑造符合全球经济社会新发展要求的工程师能力、促进工程技术人员国际流动，从而构建可持续发展的未来是各方共同愿景。

2. 合作平台。工程能力国际论坛是促进世界工程界相互交流的重要平台，是创新工程能力互认和工程教育认证的对话合作机制，将促进更大范围上的国际交流与合作。

3. 认证体系。探索构建符合联合国可持续发展及新技术发展要求的工程教育认证标准和工程能力标准，推动世界各国（地区）在工程教育认证标准和工程能力标准的国际互认，对提升工程师能力和促进工程师国际交流，乃至未来全球工程能力的发展至关重要。

我们呼吁，全球工程界高度重视工程能力建设，并通过全球性的对话与多边互认积极推动国际合作。让我们共同努力，提升世界工程师能力，创造人类更美好的未来！

(文章来源：中国科协国际联络部，2018年11月)

中国科学技术协会工程能力国际论坛在京隆重举行

11月21日，由中国科学技术协会主办，世界工程组织联合会（WFEO）、亚太工程学会联合会（FEIAP）支持举办的工程能力国际论坛在北京隆重举行。东北大学校长、中国机械工程学会常务理事赵继教授出席并主持了大会会议。

此次论坛围绕“加强能力建设，共建美好未来”这一主题，包含了全体大会、“工程能力与标准”与“工程教育和认证”平行论坛与专业访问三个环节。中国科协党组成员、书记处书记束为，WFEO 候任主席、论坛程序委员会主席龚克，





联合国教科文组织亚太科学局主任 Shahbaz KHAN 在开幕式上致辞。论坛开幕式由中国科协国际联络部副部长王庆林主持。

全体大会上午的学术报告由中国机械工程学会常务理事赵继教授主持。WFEO 候任主席、论坛程序委员会主席龚克，亚太经合组织工程师协调委员会主席陈成川，中国工程教育认证协会理事长吴启迪，WFEO 副主席兼 WFEO 工程能力建设委员会主席 Yashin Brijmohan 分别做了题为《面向可持续发展的工程能力建设》、《APEC 工程师流动性—“一带一路”倡议带来的机遇》、《中国工程教育与认证》、《为不断发展的技术时代建设工程能力》的主旨报告。

下午的报告由亚太工程学会联合会秘书长 Yean Chin Tan 主持。中国科协副主席、中国科协工程能力建设联盟（筹）主席何华武院士，欧洲国家工程协会联合会主席 José VIEIRA，亚太工程学会联合会会长李建中，非洲工程组织联合

会候任主席 Martin Manuhwa，《华盛顿协议》候任主席 Elizabeth Taylor，亚太工程学会联合会前会长蔡贤德教授分别做了题为《面向未来的工程师》、《欧洲工程教育和职业：工程师能力和流动性》、《工程流动性和亚太经合组织工程师》、《FAEO 远景 达成非洲工程专业人员互认协议》、《通过国际工程联盟协议进行可持续发展能力建设》、《教育工程队伍：设计更美好的未来》的主旨报告。中国科协培训和人才服务中心代表在会上介绍了 10 月 30 日发布的《工程能力评价通用规范》的有关情况。

受中国科协培训和人才服务中心委托，中国机械工程学会参与了平行论坛“工程教育和认证”的筹备组织工作。经过前期的精心筹划，平行论坛于 11 月 22 日顺利召开，共有来自国内外的近 50 名嘉宾参加了此次论坛。论坛邀请了来自摩洛哥、英国、中国、马来西亚、缅甸、菲律宾、卢旺达、伊拉克、马其顿等国的九位专家做了主





题发言，针对各国 / 组织开展工程教育认证工作方面情况和经验展开了深入交流，取得了良好成效。

其中，中国机械工程学会特别邀请了北京交通大学机电学院副院长刘志明教授做了题为“基于 OBE 理念的机械工程人才培养及评价体系建设”的主旨报告。刘教授在报告中从校方的角度详细介绍了专业以符合工程教育专业认证标准为原则，以全面提高人才培养水平和教育教学质量为宗旨，以全面提升学生综合素质与实践创新能力为核心，建设的基于 OBE 理念的人才培养体系、教学质量监控体系、支撑毕业要求的达成度评价体系。刘教授的发言详实深入，获得了良好反响。

经过为期两天的交流与讨论，与会专家达成一致共识，一是在经济全球化的背景与“一带一路”倡议深度推进过程中，以促进工程技术人员的自由流动与就业为目标，持续探讨推动国际工

程师能力与标准的实质等效互认，并进一步推进执业标准互认；二是将联合国可持续发展目标与各国工业新发展目标融入工程能力建设中来，升级更新已有的工程能力标准，用工程师的智慧将蓝图转化为现实，为世界创造一个更加美好的未来。国际工程界应紧密配合、加强沟通，以更加开放、包容、合作、共赢的方式，共同提升工程能力，让工程技术不断造福人类，促进人类更好发展。在闭幕式上，中国科协与巴基斯坦工程师学会、马来西亚工程师学会、新加坡工程师学会、印度工程师学会、伊拉克工程师学会和卢旺达工程师学会分别签署了合作备忘录。

8 个国际科技组织、20 个国家的工程师组织代表和联合国教科文组织的代表 160 余人出席会议。

（文章来源：中国科协国际联络部及学会总部，
2018 年 11 月）



2018 年中国机械工程学会年会在成都举行

2018 年 11 月 9 日至 11 日，2018 年中国机械工程学会年会在四川成都举行。本届年会的主题是“科技创新质量强国”，设有主旨报告会和 7 个专题分论坛。年会各项活动吸引了 1100 余

名全国各地的机械科技工作者参加。

11 月 10 日上午，年会开幕式和主旨报告会在成都新华宾馆会议中心举行。中国机械工程学会理事长李培根院士，四川省经济和信息化厅



年会现场

党组书记、厅长陈新有出席开幕式并致辞。出席会议的还有中国机械工程学会常务副理事长张彦敏，副理事长兼秘书长陆大明，副理事长、国家市场监督管理总局党组成员陈钢研究员，副理事长、合肥通用机械研究院董事长陈学东院士，副理事长、上海交通大学校长林忠钦院士，副理事长、大连理工大学校长郭东明院士，副理事长、西安交通大学教授蒋庄德院士，副监事长包起帆、监事王玉明院士，四川省教育厅厅长朱世宏，四川省科协党组成员、副主席黄竞跃，西南石油大学校长、四川省机械工程学会理事长赵金洲，四川省机械设计研究院党委书记、院长、四川省机械工程学会副理事长兼秘书长赵其春，中国机械工程学会荣誉会员、上银科技股份有限公司董事长卓永财，中国机械工程学会荣誉会员、香港安乐工程集团主席潘乐陶以及来自全国各地的学会会员、科技工作者及获奖者代表。

李培根理事长在致辞中号召学会广大会员和机械科技工作者，紧紧团结在以习近平总书记为核心的党中央周围，围绕建设世界科技强国、制造强国、质量强国的宏伟目标，遵守科学道德和学术规范，在所在专业领域和工作岗位中深耕、发力，共同谱写新时代科技创新的新篇章。

开幕式由中国机械工程学会常务副理事长张彦敏主持。

开幕式上举行了中国机械工程学会国家级专业技术人员继续教育基地揭牌仪式，第八届上银优秀机械博士论文奖、第八届绿色制造科学技术进步奖、2018年中国大学生机械工程创新创意大赛最佳创新创意奖、《机械工程学报》第二届高影响力论文的颁奖仪式，中国机械工程学会首批会士证书颁发仪式。



中国机械工程学会常务副理事长张彦敏主持开幕式



中国机械工程学会理事长李培根院士致开幕辞



四川省经济和信息化厅党组书记、厅长陈新有致辞



李培根、林忠钦为中国机械工程学会国家级专业技术人员继续教育基地揭牌



李培根、卓永财共同颁发第八届上银优秀机械博士论文奖金奖



陈钢颁发《机械工程学报》第二届高影响力论文证书



李培根、卓永财共同颁发第八届上银优秀机械博士论文奖银奖



李培根向会士代表颁发证书



李培根、卓永财共同颁发第八届上银优秀机械博士论文奖铜奖

开幕式后举行了主旨报告会，主旨报告会由陈学东院士主持。

蒋庄德院士作了题为“高端智能传感技术及应用”的主旨报告。报告介绍了其所带领的研究团队在高端智能传感器方面的研究进展，尤其压力传感器、加速度传感器、集成传感器、超高温传感器、超声传感器、黏密度传感器等方面的最新成果，并探讨了智能传感技术在航空航天、国防军工、智能制造等领域的应用。



李培根颁发2018年中国大学生机械工程创新创意大赛最佳创新创意奖

林忠钦院士作了题为“制造质量发展战略与智能制造工程”的主旨报告。报告分析了我国制造质量的总体形势、取得显著成效和面临的新问题，介绍了制造质量控制方法的演变和大数据助力制造质量提升在汽车工程中的实践与案例，阐述了智能制造的时代背景，智能制造对工业带来的变化，以及航天智能制造的一些工程实践。

国家市场监督管理总局党组成员陈钢研究员作了



李培根、潘乐陶共同颁发第八届绿色制造科学技术进步奖

题为“适应新时代、把握新要求，探索以质量提升促进制造业优化升级”的主旨报告。报告以质量提升促进制造业优化升级为主题，阐述了新时代加强质量工作的重大意义；在简要回顾改革开放40年尤其是近年来质量发展历程、成效、经验的基础上，探讨了宏观质量与微观质量、科技创新与质量提升、顶层设计与举措落地、质量技术基础的统筹建设与综合应用、战略思维与系统方法等促进质量发展的重要关系和内在逻辑；并针对当下制约我国行业发展的瓶颈和薄弱环节，提出了推动制造业质量提升的建议。

中国科学院院士、西南交通大学首席教授翟婉明作了题为“中国高速铁路发展与展望”的主旨报告。报告概要回顾了中国铁路高速化发展历

程，重点介绍了中国铁路六次大提速进程和高速铁路发展现状，展望了未来中国高速铁路的发展走向及需要重点研究的问题。

年会期间，还举办了2018年制造业绿色发展论坛暨绿色制造科技成果交流会、中国机械工程学会年会青年论坛——绿色制造创新助推高质量发展、中国机械工程学会青年论坛——上银优博论文交流会、上银优秀机械博士奖颁奖典礼、大师讲堂暨《机械工程学报》第二届高影响力论文及2019年重点刊登方向发布活动、机械制造装备能力提升核心关键技术高端论坛、增材制造技术前沿学术报告会等专题活动。

（文章来源：工作总部，2018年11月）



中国机械行业卓越工程师教育联盟 2018 年理事大会在清华大学天津高 端装备研究院举行

10 月 27 日，中国机械行业卓越工程师教育联盟 2018 年理事大会在清华大学天津高端装备研究院举行。本次会议由中国机械行业卓越工程师教育联盟、教育部高等学校机械类专业教学指

导委员会、中国机械工程学会主办，清华大学承办，清华大学天津高端装备研究院协办。天津市东丽区区委书记夏新，清华大学校务委员会副主任韩景阳，中国机械工程学会监事长、中国机械



行业卓越工程师教育联盟理事长宋天虎，教育部高教司理工处副处长杨秋波，上海交通大学校长林忠钦院士，清华大学机械工程学院院长、清华大学天津高端装备研究院院长雒建斌院士等出席会议。来自全国 132 所高校、全国 33 家企业的 550 余名代表齐聚天津，围绕“工程教育 引领未来”主题，结合联盟发展实践，共议中国高等工程教育发展的新思路、新举措。大会由清华大学教授、联合国教科文组织国际工程教育中心副主任兼秘书长王孙禹与中国机械行业卓越工程师教育联盟秘书长何存富主持。

开幕式上，天津市东丽区区委书记夏新新致欢迎词，夏新书记表示，清华大学天津高端装备研究院落户东丽区后，在高新技术研发和高层次人才聚集等方面发挥了重要作用，本次会议也为工程教育搭建交流平台提供方向。



清华大学校务委员会副主任韩景阳代表清华大学致欢迎辞，韩景阳表示，“中国机械行业卓越工程师教育联盟”的成立，是应时代的需求而产生的。“联盟”建立起了企业界和教育界的纽带。2018年“中国机械行业卓越工程师教育联盟会议”在清华大学天津高端装备研究院召开，有着重要的意义。



中国机械工程学会监事长、中国机械行业卓越工程师教育联盟理事长宋天虎在会上发表了题为“不忘初心 追梦前行”的演讲，回顾了卓工联盟过去一年所做的工作、取得的成绩并提出了卓工联盟轮值工作第三年所需探索的问题。



教育部高教司理工处杨秋波副处长做了题为“新工科建设与卓越工程师教育培养计划 2.0”的主题报告。在报告中，他结合全国教育大会精神学习，分析了党和国家事业发展对高等教育需要的迫切性前所未有、高等教育所面临的重大机遇前所未有、高等教育内部的巨大变革前所未有、高等教育所积蓄的动能和所蕴含的希望前所未有。新时代呼唤高等教育创新，必须以高等教育创新引领大国崛起。杨秋波副处长还介绍了当前新工科建设的主要进展。最后，他提出要以新工科建设理念为先导凝聚更多共识、以项目群为平



台加强交流合作、以统筹内外资源为途径加大支持、以需求为牵引开展多样化探索，加快实施“卓越工程师教育培育计划 2.0”。



清华大学机械工程学院院长、清华大学天津高端装备研究院院长雒建斌院士从 2050 年的主要工程技术、2050 年工程教育的需求及 2050 年工程教育的目标等方面讲解了未来 30 年工程发展与教育之思考，提出了未来引领人才工程教育的“双 T”理念（创新的思想 Creative Thoughts、领先的技术 Leading Technology），以及校企合作“握手区”模式。



西安交通大学校长助理洪军做了联盟第二年工作报告，从联盟的宗旨与工作计划、联盟年度工作汇报及联盟工作推广与成效等方面报告了联盟为我国机械行业新型工程人才培养所做出的贡献。



大连理工大学李志义教授做了题为如何从“形似”到“神似”我国工程教育专业认证的“最后一公里”的报告，从何已“形似”、何未“神似”、何以“神似”3 方面论述了如何做成果导向教育。



中航工业成都飞机工业集团有限责任公司庞剑英从校企协同育人，人才助力企业发展等角度做了报告。



大会现场还颁发了第二届毕业设计大赛优秀



组织奖，重庆大学、河北科技大学等 20 所高校荣获优秀组织奖。

大会报告结束后，与会专家、学者还开展了分会场研讨。分会场一是校企合作项目对接会。带资毕业设计项目是联盟第三届毕业设计大赛新增的题目类型，清华高端院洛阳基地张妍在会上介绍了带资毕业设计项目管理办法，沈机集团昆明机床股份有限公司等出题企业在会上进行了带资毕设题目发布，随后联盟高校与出题企业就带资毕设进行交流洽谈并初步形成了合作意向。德铁工程与咨询公司的 Samjatin 先生、北京精雕集团李渊志总裁助理、中车株洲电力机车有限公司基础研究与仿真部蒋忠城部长分别在会上作了报告，分享了企业在校企协同育人方面的经验。会上，联盟、德铁公司分别与清华大学天津高端装备研究院签订了关于共建实训基地的协议，共同探索新模式实践育人。本次校企合作项目对接会，不仅搭建了校企之间的沟通桥梁，也探索了

校企协同育人的新模式，为校企共同培养新形势下能够快速适应企业发展的复合型人才奠定了基础。

分会场二在“全国机械制造教学研究会”的组织下，研究会发起人西安交通大学校长助理洪军教授首先阐述了研究会成立来由和未来发展，研究会秘书长西安交通大学张俊教授对过去一年研究会的工作进行了汇报。来自浙江大学、华中科技大学、北京理工大学、西安交通大学等 20 余所高校，40 多位老师和企业代表对研究会组织的前期课程知识点建设、课程的实验教学、课程设计、考试考核环节进行了详细讨论。本次全国机械制造教学研讨会形成了多校联合精品课建设的氛围，对今后机械制造类课程内容的完善和发展起到了指导作用。

分会场三为智能制造专业委员会成立大会暨第一次工作交流会。包括专委会主任委员、副主任委员、企业常务委员、高校常务委员、高校委



员以及其他自主参会代表共 150 余人参加了本分会场会议。会议的第一阶段为专委会成立大会，由王树新秘书长主持。会议通过了专委会工作条例和专委会组成机构名单。探讨了专委会工作任务，并对 2018-2019 工作计划进行了安排。会议第二阶段为大会交流，由副主任委员顾佩华教授主持。来自西安交通大学陈雪峰教授、西北工业大学张映锋教授、同济大学陈明教授、汕头大学吴涛副教授、哈尔滨工业大学闫纪红教授和宁夏大学张波教授分别就智能制造技术、智能制造工程专业建设、新工科智能制造项目等问题进行了交流；南京南戈特智能技术有限公司罗峰副总经理就智能制造领域的校企合作模式进行了探讨。最后，中

国机械行业卓越工程师教育联盟宋天虎理事长分析了中国智能制造技术现状，并对专委会的下一步工作提出希望。

第四分会场为“专业认证交流研讨会”，由湖南大学实验室建设设备管理处处长、机械类专业认证专家杨旭静教授主持。研讨会上，专家代表就工程教育专业认证工作中的关键问题及各高校在认证中的经验等内容做了主题报告。天津大学胡绳荪教授作了题为“专业认证新要求——基于 OBE 的课程建设”的报告；西安交通大学王永泉研究员结合该校开展机械工程专业认证的工作实践，分享了认证经验与思考；天津理工大学副校长郑青春教授的报告探讨了学校层面在工程教育专业认证工作中的顶层设计和政策引导作用。大连理工大学孙晶副教授从专业教师的角度，以两次专业认证为时间线，以专业教师的心路历程为空间线，介绍了专业教师认证理念的形成及专业教师认证理念与专业认证状态之间的关系。北京工业大学何存富教



授从认证专家、校长、院长、教师、学生等角度，全面而客观的分析了工程教育专业认证在不同主体下呈现出的特点。随后，与会者就本专业在工程教育专业认证过程中的难点、问题与专家代表进行了现场交流讨论。



本次大会的圆满召开促进了高校间、校企间的交流与合作，为中国机械行业卓越工程师教育联盟的发展壮大做出了贡献！与会专家、学者就机械行业卓越人才培养模式进行深入研讨，碰撞出了火花，助力机械行业的人才培养和发展！



附：第二届毕业设计大赛优秀组织奖获奖高校

重庆大学、河北科技大学、北京工业大学、合肥工业大学、西安理工大学、兰州理工大学、厦门理工大学、北京交通大学、江苏大学、哈尔滨石油学院、上海交通大学、盐城工学院、沈阳工业大学、长江大学、太原理工大学、重庆科技学院、青岛理工大学、河海大学、黑龙江工程学院、浙江大学

（文章来源：中国机械行业卓越工程师教育联盟，2018年10月）



我会与马来西亚工程师学会 商讨工程能力评价标准互认

2018年11月22日，马来西亚工程师学会（Institution of Engineers Malaysia, IEM）会长 David Lai Kong Phooi（黎广培）先生访问我会。我会（CMES）秘书长助理罗平、教育与培训处处长王玲、综合管理处处长栾大凯共同接待和会谈。

黎广培会长介绍了 IEM 的基本情况以及 IEM 在会员申请、评价与管理方面的做法。罗平介绍了 CMES 的基本情况、CMES 会员分类和申请条件、CMES 在建立工程能力评价体系等方面的信息。双方围绕开展工程师资格国际互认双边合作进行

了研讨。

经过交流，双方一致认为，实现工程师资格的双边互认可以从实现会员工程能力评价标准的实质等效做起，通过信息交换、现场观摩等方式，相互借鉴，逐步实现双方标准的实质等效。双方同意在本次会谈的基础上进一步加强联络，围绕标准互认的具体事项做更加深入的交流。

会谈期间，黎广培会长表示，明年是 IEM 成立 60 周年，希望 CMES 届时可以访问 IEM 并签订正式的合作备忘录。

（文章来源：教育与培训处，2018 年 11 月）





中国机械工程学会国家级专业技术人员继续教育基地 2018 年工作总结及 2019 年工作计划

2018 年 7 月，经中国科学技术协会推荐，人力资源社会保障部办公厅颁发《关于设立第八批国家级专业技术人员继续教育基地有关问题的通知》（人社厅发〔2018〕68 号），中国机械工程学会获批成为国家级专业技术人员继续教育基地。按照《国家级专业技术人员继续教育基地管理办法》（人社厅发〔2013〕53 号）文件要求，现将 2018 年度工作总结及 2019 年工作计划报告如下：

一、基本情况

中国机械工程学会国家级专业技术人员继续教育基地是依据人社部国家级专业技术人员继续教育基地管理办法中“应积极探索产学研相结合的人才培养培训机制，与重点领域权威研究机构 and 领头企事业单位建立长期合作关系，及时引入最新科研成果、先进技术经验和业务骨干，逐步形成专业品牌和培训特色”的要求，在中国科学技术协会具体指导下，整合机械行业、专业分会的优质资源，依托中国机械工程学会“教育培训工作委员会、教育与培训处、北京机械工程师进修学院”，重点面向高端装备制造技术、先进工艺与装备、增材制造（3D 打印）、智能制造、绿色制造、工业机器人、纳米设备与材料、物流工程、工业工程和工业设计等重点领域，结合机

械工业落实“中国制造 2025”国家战略发展要求和机械行业对专业技术人员继续教育的实际需求，开展有针对性的培训活动，培养急需紧缺人才和骨干专业技术人员。

二、基地建设

（一）明确组织结构，加强制度建设，确保基地有序运行

1、组织机制

中国科学技术协会是基地的管理单位，负责国家继续教育基地的规划和管理，制定实施具有本行业特色的基地管理政策措施。

中国机械工程学会是基地的建设单位，负责建立健全基地管理机构，配备专门人员，承担基地运行管理的具体工作。并已制定了基地的运行管理办法、基地财务管理办法及基地合作单位管理办法等一系列的规章制度。

2、组织架构

中国机械工程学会成立基地工作领导小组，领导小组办公室设在教育与培训处，由学会下属的北京机械工程师进修学院负责具体运营管理，办公室设有专人管理，负责协调各有关专业分会、省区市学会及合作单位在重点领域专业人才培养培训的工作开展。

3、制度保障



基地实行统一领导、分工负责、分类指导、分级组织的原则，采取年度计划审核备案制度。基地工作办公室根据合作单位上报的年度培训任务计划，落实具体的培训及相关经费的预算，做好监督检查工作。根据不同的领域、不同层次，安排专职人员落实基地工作部署。基地工作办公室负责做好培训情况的建档登记和效果评估工作，对各项任务执行情况进行评估检查，并作为下一年度任务批准的重要依据。

4、经费使用

2018年中国机械工程学会收到国家级专业技术人员继续教育基地补助经费共计290万元，按照要求设立了专项经费帐户并严格按照财政部、人力资源和社会保障部联合下发的《专业技术人员知识更新工程国家级继续教育基地补助经费管理办法》的通知，目前经费主要用于：组织召开分会、各省市学会继续教育基地建设研讨会；参加物流分会的现代物流采购培训；赴上海和南京进行相关培训课程调研；教学辅助设备的购置和运行维护支出；差旅费以及住宿费等。

（二）从教学组织着手，落实基地建设

1、培养机制建设

基地积极探索产学研相结合的人才培养培训机制，紧密联系行业机构，以企业为主体、市场为导向、多种形式的产学研战略联盟，与重点领域权威研究机构和领头企事业单位建立长期合作关系，及时引入最新科研成果和先进技术开发，逐步形成本行业的专业品牌和培训特色，打造形成一批特色鲜明的课程和教学名师，确保专业技能人员的培养质量。

2、培训模式、平台建设

基地培训以面授、函授、网络学习等多样化相结合的形式，自主开发“机械工程师在线学习

平台”和“制造业知识中心”平台。机械工程师在线学习平台，已制作多媒体课件及技术报告共计324门，累积超过1280学时；制造业知识中心，已建设标准和专业数据库，建有增材制造、机器人与自动化等专题数据资源，数据总量38.55万；初步构建形成了多层次、立体化的教育培训体系。

3、课程、师资建设

组织召开了核心专家及基地工作会议，重点研究了以下工作：

①组织建设。现已形成了以中国机械工程学会总部、北京机械工程师进修学院、专业分会、地方学会和北京机械工业自动化研究所等20个单位组成的基地培训核心组织；

②课程建设。2018年主要在软件开发和培训课程研发的基础上，在工业机器人、理化检验、无损检测、节能减排等专业领域开展项目培训。基地计划今后将重点在增材制造（3D打印）、工业机器人、绿色制造等领域开发教育培训课程

③师资建设。2018年设立了基地专家组，初步拟定了专家组成员，今后专家组将重点负责基地课程开发、师资遴选与师资的培养。

4、继续教育项目研究

基地按照机械行业人才培养体系建设要求，积极开展专业技能人员继续教育的调查研究。针对“中国制造2025”的重点领域，先后赴相关院校进行课程建设调研，赴北京精雕集团廊坊数控机床制造有限公司实地调研，结合企业人才的实际需求，制定相关的继续教育课题计划。

（三）积极推进急需紧缺人才及骨干专业技术人员培训项目实施

学会和专业分会及各省学会的紧密合作下，2018年共举办培训项目46个共66期，培训学员达5867人，详细情况如下表：

序号	培训班名称	培训时间	培训人数	分期数量
1	食品感官评价及感官实验室建设	7.11-14	12	1期
2	CL01-G003:2018《测量不确定度的要求》和JJF1059.1《测量不确定度评定与表示技术规范》	8.25-28 9.27-30	33	2期
3	一、二级理化检验人员技术培训班续证培训班	5.9-11	428	1期
4	实验室内审员培训	7.17-20	66	1期
5	失效分析技术培训	9.5-8	32	1期
6	盐城理化检验人员技术培训班	10.26-11.6	173	1期
7	2018年全国残余应力测试技术培训班	6.8-10	50	1期
8	智能制造系列课程培训班/3（机械设计分会）	7.16-20	130	1期
9	热处理金相检验及相关标准技术培训班	3.31-4.1	62	1期
10	全国材料热处理高级研修班	5.16-20 11.22-26	76	1期
11	感应热处理技术培训及研讨会	6.7-9	26	1期
12	特种设备管理	3.5-7 4.1-4	53	2期
13	现代设备管理	3.20-22 4.25-28 7.29-31	84	3期
14	节能减排	5.22-25	33	1期
15	无损检测3级培训考试	5.11-26 7.13-28 8.31-9.15 11.9-24	386	4期
16	ASNT 3级培训	8.10-22	8	1期
17	2018年全国失效分析培训班	8.19-25	30	1期
18	智能制造生产线运营与维护讲座	7.5	170	1期
19	装备制造“领军人才工业设计高级研修班”	10.25.	320	1期
20	射线检测2级	3.11-4.2	59	1期
21	超声检测2级	4.9-29 9.3-26	113	2期
22	渗透检测2级	5.15-26	41	1期
23	磁粉检测2级	5.27-6.7	41	1期
24	《液压控制系统》课程培训	2018.3-6	20	1期
25	《Labview虚拟仪器技术》课程培训	2018.9-10	10	1期
26	复合材料压机调平系统理论分析	2018.10-11	30	1期
27	一种新的结构浮动投射拓扑优化方法	10.10	15	1期



28	技术创新与汽车企业应对策略	9.19	15	1期
29	什么是喷涂机 / 岗位及职业技能	3.21-22	15	1期
30	第二届石材机器人雕刻加工培训班	8.24-30	25	1期
31	金相人员取证考核班	3.13-20	67	1期
32	力学性能人员取证考核班	4.9-16	65	1期
33	化学、光谱人员取证考核班	4.19-26	57	1期
34	粉末冶金技术及制品质量控制	7.5-8	50	1期
35	中国特种设备检测技术资格; ISO9712 国际认证体系技术资格	3.10-11.24	600	1期
36	安全生产标准化咨询	3.20-11.30	1500	11期
37	摩擦学现场油膜轴承故障维护	5.20	12	1期
38	企业创新人才能力拓展培训班	6.30-7.1.	60	1期
39	《电路设计与选型》培训	7.5.	60	1期
40	《电子专用设备电气设计软件》培训	7.13	60	1期
41	压力容器 HG/T20660 研讨	7.23-25	50	1期
42	TRIZ 理论概论及案例辅导重点培训	8.7-8	100	1期
43	无损检测相控阵新技术	9.3-7	200	1期
44	采掘运装备数字化集成设计技术与系统培训	9.6-7	50	1期
45	信息技术、标准化法、计量法培训	10.19-20	200	1期
46	创新方法知识培训班	12.5-7	180	3期

三、2019 年工作计划

基地以高层次、急需紧缺和骨干专业技术人员培养为核心。计划三年内，重点在智能制造、绿色制造、新材料、增材制造、工业工程、现代物流等高端制造技术领域开展培训项目，建立健全培训课程体系。以推动机械行业向中高端升级、产品质量向中高水平提升为目标，与行业各单位合作共建，致力于提升行业继续教育工作的能力和水平，为机械行业人才培养提供强有力的保障。并逐步形成大规模专业技能人员培养模式，基地计划 2019 年举办行业各类培训班 40 个以上，培训高层次、急需紧缺和骨干专业技术人才 2000

人以上，培训满意度在 90% 以上。年度具体计划如下：

(一) 基地建设

1、修订完善基地建设的各类规章制度，加强组织机构建设，完善基地下设部门及人员配备。

2、贯彻落实“制造强国”发展战略和具体要求，完成未来 5 年具有行业特色的系统性培训课程规划的编制。

3、围绕智能制造、增材制造（3D 打印）等重点领域，开展行业高端培训工作，打造机械行业继续教育高端培训品牌。

4、在中国科学技术协会的指导下，与机械

行业内各企事业单位、科研机构建立广泛联系。与企业协同共建创新实践基地，完善培训师资格体系，培养创新型高技术高水平技能人才。

5、推进基地的远程继续教育平台、机械工程师在线学习平台的建设与开发，探索互联网+教育模式的创新。

6、组织机械行业继续教育平台、课程资源等课题的申报立项。

(二) 培训工作

1、计划申报实施 2-3 个国家级高级研修班项目。

2、发展企事业单位管理综合培训，开发具有机械行业特色的课程，重点向机械行业各相关职能部门、企事业单位覆盖拓展。

3、完成社会及政府人才培养任务和其他有关培训工作。

详细培训项目计划如下表：

(文章来源：教育与培训处，2018 年 12 月)

序号	培训班名称	培训时间	培训人数	分期数量
1	新版不确定度 CL01-G003:2018《测量不确定度的要求》及设备管理内部校准期间核查方法	3.25-28 9月	40	2期
2	一、二级理化检验人员技术培训班	1.2-19 4月 6月 8月 10月 12月	1700	6期
3	失效分析技术培训	9月	30	1期
4	三级理化检验人员技术培训班	10月	70	1期
5	2019年全国残余应力测试技术培训班	待定	50	1期
6	2019年全国喷丸强化技术培训班	待定	50	1期
7	智造观名家讲堂 /5	待定	50	1期
8	智能制造教师培训班(机械设计分会)	2019.7	200	1期
9	机械设计工程师培训(机械设计分会)	2019.1	50	1期
10	机械设计工程师研修班(机械设计分会)	2019.4	20	1期
11	全国材料热处理高级研修班	5.22-26	30	1期
12	热处理金相检验及相关标准技术培训班	3.29-31	30	1期
13	感应热处理技术培训及研讨会	6.07-09	30	1期
14	模具热处理及表面改性技术培训班	10.26-27	30	1期
15	热处理质量控制体系培训班	6月上旬 11月	30	1期
16	激光热处理与增材制造培训班	4.20-21	30	1期
17	现代设备管理	1.10-13 10.22-25	50	2期
18	节能减排	4.22-25	30	1期



19	特种设备管理	6. 18-20 11. 17-20	65	2 期
20	无损检测分会 3 级十年到期培训考试	4. 8-12 9. 16-20	60	2 期
21	ASNT 3 级培训	8. 8-21	15	1 期
22	2019 年全国失效分析培训班	8. 19-25	40	1 期
23	M1/ 供应商管理与选择评估	3. 9-10 5. 25-26 7. 20-21	待定	3 期
24	M2/ 采购成本分析与控制	3. 23-24 5. 11-12 8. 24-25	待定	3 期
25	M3/ 如何控制合同风险与合规?	7. 6-7 9. 21-22	待定	2 期
26	G1 如何分析供应市场? G2 如何管理供应商关系? G3 如何通过供应商简介判断成本? G4 如何通过年报评估上市供应商?	4. 13-14	待定	1 期
27	G5 如何制定自制外包策略? G6 如何多种手段应对年降? G7 如何构建标准成本模型? G8 如何构建 TCO 总成本模型?	6. 22-23	待定	1 期
28	射线检测 2 级	3. 5-4. 25	55	1 期
29	超声检测 2 级	4. 9-29 10. 7-27	120	2 期
30	渗透检测 2 级	5. 3-14 11. 1-12	100	2 期
31	表面检测 (MT/PT) 培训考核班	6. 17-7. 06	40	1 期
32	《液阻网络系统学》课程培训	2019. 03-6	20	1 期
33	《多轴电液控制系统》课程培训	2019. 09-10	10	1 期
34	压机调平系统能耗分析技术	2019. 10-11	30	1 期
35	第三届石材机器人雕刻加工培训班	7. 15-20	30	1 期
36	金相人员取证考核班	3. 10-16	50	1 期
37	粉末冶金后处理技术及金相分析	7-9	40	1 期
38	企业职业理化培训班	2019. 03-6	200	1 期
39	激光加工与增材制造 (3D 打印) 技能培训	2019. 06	200	1 期
40	工程师技术创新理论与应用	2019. 10	100	1 期
41	先进焊接方法和焊接技术	2019. 10	200	1 期
42	3D 打印技术交流	2019. 10	200	1 期
43	矿用设备维修讲座	2018. 12	80	1 期
44	重大装备润滑与管理研讨会	2019. 11	50	1 期

中国首批工业工程师资格考试颁证工作报道

——深入推进工业工程 成就顶级管理专家

9月28日，中国首批工业工程师颁证典礼暨洛阳市第一届工业工程创新方法大赛专题讲座在中国一拖举办。中国机械工程学会秘书长助理罗平，中国机械工程学会工业工程分会理事长、天津大学教授齐二石，天津大学管理学与经济学部副教授蔺宇，中国机械工程学会工业工程分会副秘书长付萍，中国一拖股份公司总经理助理王建军等领导出席了典礼。典礼由河南省机械工程学会副秘书长、洛阳机械工程学会副会长兼秘书

长马伟主持。此次共为来自洛阳、广西的53名工业工程师颁发证书。

据悉，2017年3月中国机械工程学会工业工程分会委托洛阳机械工程学会工业工程专业委员会为首批中国工业工程师认证试点工作两家之一。为了让这项工作落到实处，洛阳机械工程学会的领导非常重视，学会及河科大专家老师多次走访企业，了解企业需求。把考试作为促进企业提质增效与转型升级的契机，先举办系统培训，





使企业能够长期用工业工程创新理论方法助力企业降本增效，提高企业的市场竞争力。因此，2017年9月28日至10月31日，洛阳市机械工程学会工业工程专业委员会组织了工业工程创新方法及其应用系统培训（中国一拖专场）与工业工程师资格认证工作。本次培训，聘请了工业工程领域具有丰富经验的专家学者共10人，他们分别是来自天津大学齐二石教授、藺宇副教授、浙江工业大学鲁建厦教授、河南科技大学杨晓英教授、东风汽车公司陈伟高级工程师、上海纤科公司李晚华等。

培训历时一个月，围绕工业工程创新方法及其应用系统的核心内容，采用课堂理论教学+专家讲座+综合实训+应用研究报告的培训形式，培训课程包括7门理论课、6个专题讲座、1个实训课，总学时达84学时。这是中国机械工程学会和河南省机械工程学会培训内容系统全面的专业培训之一。

本次培训得到了中国机械工程学会工业工程分会、河南省机械工程学会与洛阳市机械工程学会和中国一拖集团领导们的高度重视和大力支持。开班典礼由中国一拖公司总经理助理、河南省工业工程学会副理事长、洛阳工业工程学会理事长王建军教授主持，河南省机械工程学会副秘书长、洛阳市机械工程学会副理事长与秘书长、河南科技大学马伟教授代表省市机械工程学会致辞，中国一拖公司吴勇总经理出席开班典礼并讲话，对本次培训寄予了高度期望，中国一拖公司李锋军总工程师等领导们出席了开班典礼。中国机械工程学会工业工程分会理事长、科技部创新方法研究会管理技术分会理事长、天津大学齐二

石教授参加了开班典礼，并做了“企业转型升级与精益管理创新”精彩讲座，使企业领导们和学员们深受触动，产生了强力共鸣，开启了培训帷幕。

本次共培训人员156人，他们是来自工艺、生产、采购、物流、质量、信息等部门的领导和骨干。培训结束后，有62名学员参加了由中国机械工程学会工业工程分会组织的首批工业工程师资格认证理论考试（包括广西工业工程学会推荐的7名考生，洛阳市其它企业1名考生），56名学员通过了理论考试。根据他们撰写的工业工程技术应用项目研究报告，经过多位专家的评审，最终有53名学员达到要求，通过率达到85%。他们即将成为中国首批的工业工程师，成为制造业实施“强基工程”和“创新工程”的种子，即将生根发芽。本次培训与工业工程师资格认证对制造业提质增效与转型升级具有重要意义。

洛阳工业工程学会理事长王建军表示，工业工程创新方法在中国一拖的推广应用任重道远，在农机市场持续下滑的态势下，应用工业工程的理念和方法，减少浪费，是改变粗放式管理，向精益要效益的一个有力措施。对于如何开展工业工程工作，一是要从问题入手，坚持项目推动；二是要抓住解决问题的捷径——现场；三是要学以致用。希望通过专家老师的授课，能够打开解决问题的思路，在项目推进过程中学以致用，为中国一拖转型升级、提质增效做出贡献。

会议对获得中国首批工业工程师资格的学员颁发证书，并合影留念。

（文章来源：河南省机械工程学会工业工程专业委员会，2018年9月）



教育部高教司司长吴岩： 中国开始成为全球工程教育的“领跑者”

“世界正处于百年未有之变局，新一轮科技革命与产业变革扑面而来，引发、重塑、颠覆、重构、改变，技术和数字化在改变一切。工程科技改变世界，工程教育领跑创新，全世界工程教育者必须回答：我们准备好了吗？”在日前举行的“一带一路”背景下的工程科技人才培养暨第十三届科教发展战略国际研讨会上，教育部高等教育司司长吴岩作了《新工科：高等工程教育的未来——对高等教育未来的战略考虑》主题报告，他表示，“当前，中国开始成为全球工程教育的重要参与者、贡献者，从某种方面来说，我们已经开始领跑和引领。”

我国工程教育总体状况如何？

为世界高等教育发展提供中国经验

“我国高等工程教育总体可以概括为5个三分之一和1个90%，整体类型多样、专业齐全、区域匹配。”吴岩介绍，工科专业类92个，占总数三分之一；工科专业630种，占总数的三分之一；工科专业布点1.8万多个，占总数三分之一；在校生、毕业生人数也占总人数三分之一；90%以上的学校都开设工科。

2016年6月，我国正式加入国际工程教育“华盛顿协议组织”，意义深远，影响重大。吴岩用“六个一”总结：一个里程碑——标志着我国从

模仿到比肩而行；一张通行证——我国毕业生与国际学位互认，有了走向世界的通行证；一套新标准——我国教育标准与国际实质等效；一张入场券——为中国工程师获得国际职业资格提供资质；一个新声音——制定国际标准时有中国声音；一个新跨越——中国逐渐从教育大国走向教育强国。

“中国工程教育为全面建成小康社会提供基础支撑平台，为建成全面建成现代化强国提供战略引领力量，也将为人类命运共同体的发展提供中国经验。”吴岩表示，工程教育的中国模式有五个特点，一是生源优秀，工科专业依然吸引许多优秀学子；二是工科毕业生是中国高等教育的最大体量，也是全世界的最大体量；三是中国工程教育与国家经济社会发展同频共振、高度耦合；四是中国工程教育注重理工结合；五是在全世界率先探索提出新工科。

高等工程教育未来将走向何处？

新工科建设要立足当下、瞄准未来、主动变革

“新工科既包括新的工科专业，又包括工科的新要求。前者指一个全新的领域，后者指传统工科专业的理念、内容、标准、方法技术都需要更新改造。”吴岩强调，新工科建设要立足当下、

(下转第31页)



数控铣车复合齿轮加工专用机床

——龙口市蓝牙数控装备有限公司

国产数控机床中低档产品产能过剩，高档数控机床、特别是专用数控机床与国际先进水平有较大差距。斜齿轮、螺旋圆锥齿轮、端面齿轮、蜗轮蜗杆等复杂零件的传统加工工艺复杂，需要多工序、多台设备共同完成。采用集成展成法加工技术和数控技术开发的多功能数控复合加工机床，集车削、铣削、制齿等工序于一体，可实现复杂零件一次性加工完成。

一、引言

近年来，我国数控机床产业得到了长足发展，总体技术水平有了较大提高，普通级数控机床基本实现产业化，可以满足市场需求，但国产数控机床中低档产品产能过剩，高档数控机床及高速主轴、精密导轨、数控系统等高端产品依靠进口。一些国防基础工业发展的高端设备，西方发达国家对我国实行技术封锁政策，高效、精密、专用加工机床缺乏，对我国装备制造业的产业安全构成了威胁。

龙口市蓝牙数控装备有限公司的产品主要由数控机床、工业机器人和装配线工具三大产业组成，主要产品有 CXF80 数控车铣复合机床、CX60 数控铣车复合齿轮加工机床、SKCX100 立式数控铣车复合齿轮加工机床和数控高效径向冷挤压成

形机等。其中，以 SKCX100 立式数控铣车复合齿轮加工机床和数控高效径向冷挤压成形机等多项技术产品获得国家专利，2011 年获山东省科技进步二等奖，获山东省第六届发明创业奖二等奖。

二、数控铣车复合齿轮加工专用机床

1. SKCX100 立式数控铣车复合齿轮加工机床

斜齿轮、螺旋圆锥齿轮、端面齿轮、蜗轮蜗杆等复杂零件的传统加工工艺复杂，需要多工序、多台设备共同完成。集成展成法加工技术与数控技术开发的集车削、铣削、制齿等工序于一体的多功能复合加工机床，可实现零件一次性加工。

(1) 研发背景。

目前，国内外齿轮制造业（直）弧齿锥齿轮等复杂齿轮的加工普遍采用车外圆、铣键槽（花键）、制齿、磨齿等多道工序，工序相对比较分散，工件经多次装夹，加工精度和尺寸一致性难以保证，且加工辅助时间长，生产效率低。随着航空、航天、汽车等行业的发展升级，对复杂齿轮的精度要求也在日益提高，如对（直）弧齿锥齿轮及其关连轴柄的尺寸精度和位置精度的一致性要求至少提高了一个数量级，以现有的工艺和设备生产，只能采用选配方式筛选合格品，效率低、成

本高，且互换性仍难以保证。

(2) 关键技术。

1) 单刀硬齿面切削加工理论与技术研究。探索和研究单刀硬齿面切削加工理论，研发单刀硬齿面切削加工技术，优化单刀硬齿面切削加工工艺参数，实现 HRC58-62 的硬齿面切削加工，加工精度达到 5~6 级，实现以铣代磨。

2) 直齿、锥齿轮车铣组合加工工艺研究。研究铣削主轴和车削主轴相互之间的运动方位关系、运动方式、定比（同步）等关键技术，进行直齿锥齿轮车铣组合加工工艺研究，利用展成法实现各类齿轮、端面齿以及花键等零件的加工（图 1）。

3) 单角度摆动铣削加工技术及其工艺研究。研发单角度摆动铣削加工技术，确定铣削主轴最佳摆动角度，优化单角度摆动铣削加工工艺，实现对锥齿轮空间角度曲面的高精度加工。

4) X、Y、Z、A、C 五轴联动复合加工弧齿锥齿轮技术研究。研发 X、Y、Z、A、C 五轴联动技术，以实现利用展成法对弧齿锥齿轮的复合加工。

5) 专用 CAM 软件系统及数控立式数控车铣机床开发。开发（直）弧齿锥齿轮车铣复合加工的专用 CAM 软件系统，实现对复杂锥齿轮零件加工的精确控制；开发立式数控车铣机床，实现直齿锥齿轮车铣复合高效、高精度加工。

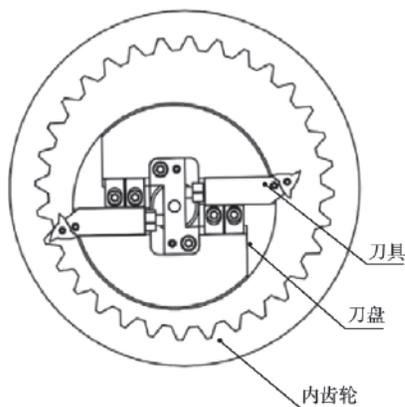


图 1 内齿加工

(3) 主要创新。

1) 自主开发立式铣削主轴角度摆动装置，提高铣削主轴的刚性。利用现代先进工艺和加工技术，对现有立式铣削主轴角度摆动装置机构进行了改进和重组，加装了旋转分度伺服电机轴和上下窜刀伺服电机轴，由系统控制驱动；增加了立式铣削主轴角度摆动装置（图 2），角度分度精准度，旋转更流畅，窜刀位置更加精确，操作更加方便、简易；立式铣削主轴角度摆动装置各结构部位进行了特殊设计和选材，并利用液压夹紧固定方式进行分度定位，铣削主轴整体刚性大幅提升，保证了立式铣削主轴角度摆动装置在加工工件的过程中的稳定性和可靠性；借助通过系统的控制把立式铣削主轴角度摆动装置的运行编制到程序中，按加工工艺自动运行。

2) 采用硬质合金刀片旋风铣削曲面齿加工工艺，可用于淬硬齿轮的加工，实现以铣代磨。结合现代硬质合金刀片的工艺技术，采用旋风铣削加工工艺，对曲面齿齿轮进行加工。由于采用了硬齿面的加工技术和淬硬刀片的运用，对精密工件的加工达到了以铣代磨的效果，可直接对淬硬后的工件加工直齿、斜齿、曲面齿等复杂工件，提高了加工精度和效率。

3) 自主研发五轴联动复合加工弧齿锥齿轮

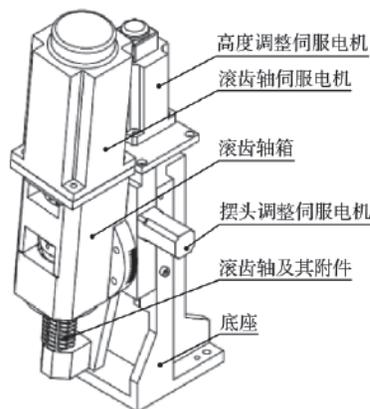


图 2 立式铣削主轴角度摆动装置



加工工艺，实现弧齿锥齿轮的铣车复合加工。铣削主轴与车削主轴垂直，铣削主轴镶嵌硬质合金刀片的刀杆，双主轴定比旋转（电子挂轮），X、Y、Z、B、C 五轴联动，可实现用展成法完成各类弧齿、锥齿轮、内齿轮等工件的加工；铣削主轴与车削主轴成一定角度，铣削主轴装镶嵌硬质合金刀片的刀杆，双主轴定比旋转（电子挂轮），可实现用展成法完成锥齿轮空间角度曲面的加工。加工时无需特殊夹具，避免了多次装夹，提高加工精度、增加刀具的有效切削刃长度，减小切削力，提高刀具使用寿命，降低成本。

4) 采用数控电子挂轮及展成法加工技术，实现分度平直面和端面及锥面等复杂廓形的加工。基于展成法加工原理研制开发机床机械系统，即在工件旋转的同时，刀具也以大于工件的转速旋转，通过改变刀具和工件的相对运动轨迹，加工各种齿轮和多边形工件及复杂工件。展成法加

工原理成功的关键在于车削主轴与铣削主轴转速比的精确度，采用了电子挂轮技术，基于数控技术实现多个轴的定比转速，实现了车削主轴和铣削主轴的任意定比转速同步功能，在保证功能和精度的基础上，省去了由车削主轴到铣削主轴（包括花键、离合等几十个零件）的动力和同步连接，大大简化了复杂的机械传动，增加了机床的通用性和标准化性。

通过对双轴同步技术的研究开发，研究了铣削主轴和车削主轴相互之间的运动方位关系、运动方式、定比（同步）等关键技术，进行了直齿锥齿轮车铣组合加工工艺研究，利用展成法实现了各类齿轮、端面齿以及花键等零件的加工（图3～图5）。

（4）技术质量效果。

主要应用于电动工具、工程机械配件、汽车零部件、海洋船舶配件等领域已取得较好的应用

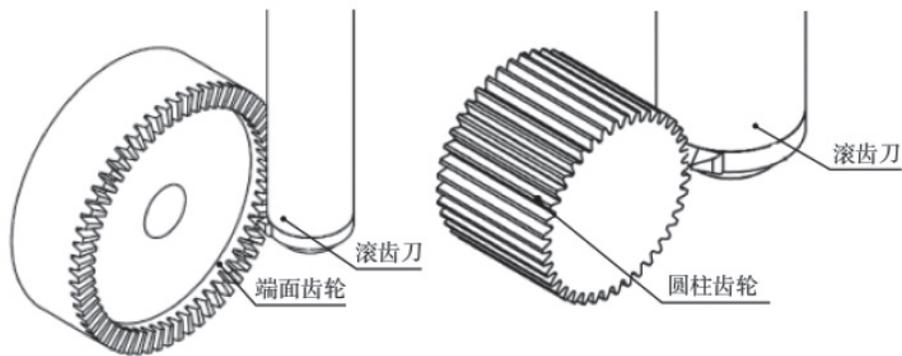


图3 端面齿轮

图4 圆柱齿轮加工

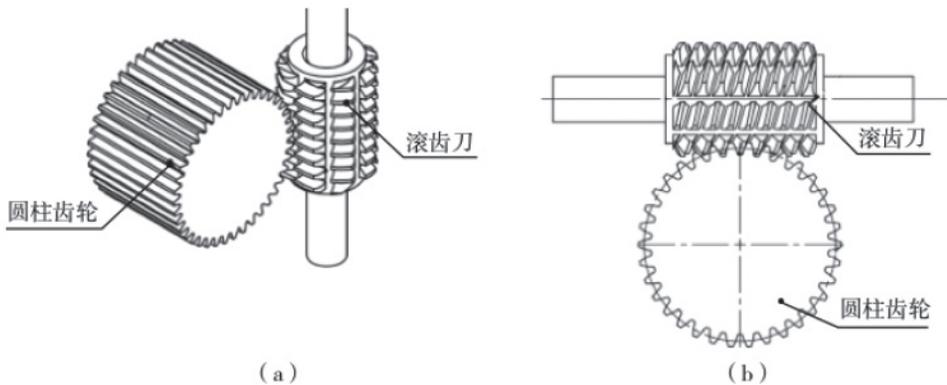


图5 展成法铣齿

效果，具有广阔的市场前景。

产品技术填补了国内研发和产业化能力的空白，进一步提高了我国齿轮行业的技术装备水平，推动我国机床制造业产业升级换代。同时，工艺装备水平的提高有助于提高齿轮产品质量，从而缩短与国外先进设备在制造水平上的差距。

项目年产立式数控铣车复合加工机床30台，为公司新增年销售收入6000万元，净利润1300万元，经济、社会效益显著。

(5) 主要成果。

SKCX100 立式数控铣车复合齿轮加工机床于2012年获国家发明专利，同时于2012年年底经省科技成果鉴定。2013年获烟台市技术发明三等奖。

2. 数控高效径向冷挤压成形机

数控高效径向冷挤压成形机是一种结构先进的新型冷挤压设备（图6和图7）。主要优点是可在整个较长行程上得到相同的压制力，提高冷挤压工件的精度，适用于楔块式径向多向挤压成形机构的压制力从90°垂直变向传递的结构形式，具有挤压行程较长、压力均匀，机械结构简单等特点，同时可根据具体的应用情况对压力机的行程、压制力和速度进行编程控制。



图6 数控高效径向冷挤压成形机床

(1) 研发背景。

目前国外已普遍采用冷挤压工艺生产低碳钢、中碳钢和合金钢工件，重量由几克到5000多克。冷精锻件的形状多种多样，如齿轮、齿条、同步齿圈、花键轴等。采用冷精锻工艺成形小模数行星伞齿轮的技术也日趋成熟。采用冷锻工艺（冷挤压成形或冷摆辗成形）生产的模数小于4的行星伞齿轮，其齿形精度可达DIN6级。

近几年来，我国随着工业生产以及科学技术的蓬勃发展，冷挤压技术得到了迅猛发展。不少高等学校、科研院所和企业公司都开展了冷挤压技术的实验研究，其成果已广泛应用于现代制造业。冷挤压技术的普及和推广，已成为现代工业发展水平的重要标志之一。

国内已具备设计和制造各级吨位挤压压力机的能力。但一些高精度、高效率、高难度的工件冷挤压制造目前大部分还要依靠进口冷挤压技术和设备来完成。此差距无疑阻碍了冷挤压技术在更大范围内的推广与应用。

(2) 关键技术。

1) 研发了径向冷挤压技术。冷挤压成形机采用液压流量控制的方式，与数控系统进行紧密配合，可根据具体的应用情况对压力机的行程、

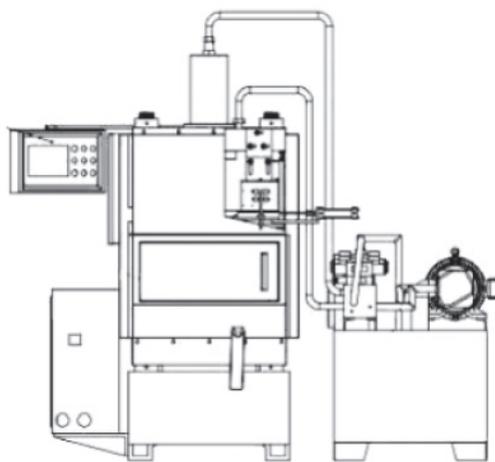


图7 数控高效径向冷挤压成形机简图



压制力和速度进行分段编程控制，加大压制力分段挤压成形，使材料可控成形，解决了在冷挤压当中工件由于受冲压速度过快而使材料组织结构破坏的问题，同时节约原材料，提高了冷挤压工件的精度和生产效率。

2) 研发与挤压机配套应用的组合模具。为适应带凸凹缘和多段不同形状等复杂工件冷挤压成形需要，组合模具通过在模腔内设置多个均匀分布的楔块、楔块内侧径向设置挤压成形刀具，楔块外侧楔面与模腔内斜面配合相对运动，由冷挤压成形机传输轴向动力，组合模具模腔中的楔块沿模腔内斜面运动，使冷挤压成形机传输轴向动力，转化为 90° 垂直变向压制方向力传递到成形模，实现了多方向一次径向挤压成形。

3) 伺服驱动送料一次成型。由于模具的送料结构采用了八工位转盘式旋转送料方式，在伺服电机的驱动下，带动工件依次循环进入模腔，同时模具采用了上下模腔分合同心技术，上下模腔可以同时进行工件压制工作，既可以保证工件的同心精度，又达到了合并工序、减化工艺流程的效果。结构简单、效率较高，原来需要多次成形的工件变为一次成形。

4) 开发带凸凹缘多段工件冷挤压成型工艺，实现了复杂形状工件的少无车削加工。改变了带

凸凹缘多段工件需要进行车削、铣削等传统机械加工工艺，加工效率高，设备投放量小，同时提高了模具使用寿命，提高了原材料利用率，实现了节能、降耗、环保。

研制冷挤压标准硬质合金刀具，解决刀具使用寿命低和更换工艺复杂的问题（图8）。刀具采用高硬度优质硬质合金材料，粗加工完成后进行淬火处理，经过精密研磨制作，精磨所使用的工装均通过三坐标测量，将公差控制在 0.01mm 以内。

(3) 主要创新点。

研究开发了径向冷挤压成形技术，可实现多段、复杂凸凹形面的一次成形加工，生产效率高，节约材料；采用 90° 楔式垂直运动和载荷变向传递的专利技术，研制了径向冷挤压组合成形模具，解决了传统轴向挤压方式无法完成复杂型面一次成形的难题，实现了复杂形状工件的少无切削加工；开发设计了八工位旋具送料机构及自动上下料系统，实现了设备运行一定时间内的无人值守；研发了特殊的、适用于本设备的冷挤压集润滑、冷却、清洗功能于一体的工作液，提高了模具的使用寿命和工件质量稳定性。

(4) 技术质量效果。

集成应用机、电、液、气一体化技术，研发了适合于旋具头类工件加工的数控高效径向冷挤压成形机，对于提高旋具头类工件加工专用装备技术水平具有重要意义。项目达年产立式数控铣车复合加工机床100台，项目的实施具有较好的经济、社会效益。

(5) 主要成果。

数控高效径向冷挤压成形机床已申请国家发明专利，并已被受理，处于公布和实质审查阶段。机床于2013年通过省科技成果鉴定，技术填补

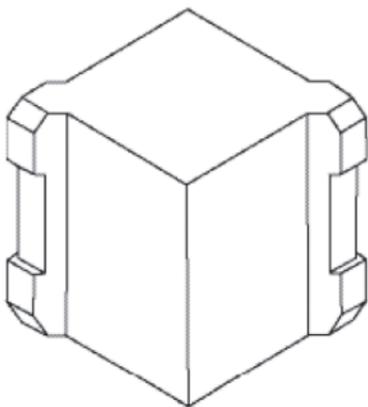


图8 双刃刀具

国内空白，总体技术达到了国际先进水平。

同时围绕数控装备产业已申报国家发明专利6项，其中3项已授权。以新技术为基础开发了新产品 CXF80 系列机床、CX60 数控铣车复合齿轮加工机床、SKCX100 立式数控铣车复合齿轮加工机床、数控高效径向冷挤压成形机和盘式旋风铣组合刀具等，其中 CXF80 系列机床于 2011 年获得山东省科技进步二等奖。

三、展望

数控铣车复合加工机床是一种集车削、铣削、制齿等工序于一体的全新结构多功能复合加工机床，集成了展成法加工技术与数控技术，可实现斜齿轮、螺旋圆锥齿轮、端面齿轮、蜗轮蜗杆等复杂零件加工。

冷挤压生产工艺技术已逐渐成为中小锻件精化生产的发展方向。冷挤压工艺的生产率比切削加工要高几倍到几十倍，材料利用率达 70%~80%。冷挤压件尺寸精度高、表面质量好、机械性能好，已成为金属塑性精密成形技术中不可缺少的主要加工手段之一。

随着机械、汽车工业的发展，零件的加工精度和加工效率要求不断提高，数控复合精密加工成为重要的发展趋势，齿轮及复杂形状零件的高精度高效加工与加工工艺密切相关，高档专用数控装备长期依赖进口，因此开发生产我国具有自主知识产权的高效高精专用数控机床有较好的应用前景。

（文章来源：《“数控一代”案例集（山东卷）》，中国机械工程学会、山东机械工程学会编著，中国科学技术出版社，2015 年）

（上接第 25 页）

瞄准未来、主动变革，要把学科导向变成产业需求导向，破除专业分割壁垒进行跨界交叉融合，把被动适应变成主动支撑引领。

中国的“新工科运动”如火如荼，吴岩介绍，新工科理念正在形成高度共识，612 个新工科研究与实践项目组成的 30 个项目群正在加速推进，大数据、机器人工程、智能制造、智能医学等新工科专业蓬勃兴起，“卓越工程师教育培养计划”2.0 等加快推进新工科建设的政策相继出台，产学研合作协同育人、现代产业学院、未来技术学院等新工科模式正在成型。依托产学研合作协同育

人项目平台，2018 年上半年行业、企业方面支持新工科建设的资金和软硬件支持达 42 亿，今年预计将超过 100 亿。

吴岩强调，创新是高等教育的生命线，下好应对第四次工业革命的先手棋，必须发展新工科、新医科、新农科、新文科。新工科与新医科、新农科交织交融、相互支撑，新文科为新工科、新医科、新文科注入新元素，“四新”是下一轮高等教育改革的先行者、探索者、引领者，是全球共同的责任、共同的探索、共同的行动。

（文章来源：人民网—教育频道，2018 年 11 月）



基于工业以太网总线 PAC 系统的研发及应用

——济南凌康数控技术有限公司

以太网总线平台 (EtherMAC) 是面向整个制造自动化控制的实时同步工业以太网总线平台, 适合于具有硬实时性和高同步性要求的运动控制系统应用。该平台的主控制器采用标准以太网卡, 不用硬实时操作系统可实现高性能实时同步, 系统扩展方便, 广泛应用于包括数控机床、机器人、IC 制造设备等各类运动控制设备的控制及解决方案。

一、引言

济南凌康数控技术有限公司主要从事基于以太网的实时同步多轴运动控制平台及其应用研究, 依托于山东大学科研力量, 研发了具有高性能实时同步的以太网总线平台 (Ethernet for Manufacture Automation Controller, EtherMAC), 申请了 7 项发明专利, 其中 3 项获得授权。该平台的主控制器采用标准以太网卡, 不用硬实时操作系统可实现高性能实时同步, 系统扩展方便, 可广泛应用于各类运动控制设备的控制, 包括数控机床、机器人、IC 制造设备、纺织设备、食品机械、印刷印染机械、医疗设备、造纸设备、木工机械、包装机械、装配线、材料处理、橡胶机械、自动缠绕设备、激光加工设备等。

公司专注于开放式、总线化、软件化运动控制平台研发、生产和销售, 为多领域和多行业提

供开放、易用、优质、可靠的 PAC (Programmable Automation Controller) 平台和系统解决方案。依托自主的创新技术优势, 致力于打造中国品牌的 PAC 平台, 为客户提供优质、便捷、高效的产品和服务。

二、EtherMAC 平台简介

EtherMAC 是面向整个制造自动化控制的实时同步工业以太网总线平台, 特别适合于具有硬实时性和高同步性要求的运动控制系统应用。

EtherMAC 技术在保证主控制器采用标准网卡的情况下, 无需硬实时操作系统支持可实现高性能的实时同步运动控制, 主控制器可采用具有标准以太网接口的嵌入式 PC 或触摸屏, 使得主控制器不依赖特定的供应商, 方便进行系统的升级扩展, 降低成本, 保护客户的投资。

EtherMAC 总线技术平台的系统结构如图 1。其产品体系有 3 层: ① PAC (可编程自动化控制器) 应用开发平台 (总线化功能模块 + 自动化软件平台); ② 各种应用控制系统; ③ EtherMAC 总线协议栈 IP。我们已完成如下产品体系的开发。

(1) 开发了以太网总线化功能模块: Cortex-A8 嵌入式主控制器模块、伺服驱动接口模块 e-Link (可以与日系、台系和国内主流的

伺服驱动接口)、松下总线型(RTEX)伺服驱动网关、安川MII、MIII总线伺服驱动网关、国产华中NCUC总线伺服网关、步进电机控制接口模块、各类数字I/O模块、模拟I/O模块、编码器接口模块以及多种功能模块等。

(2) 借用国际主流软运动控制、软PLC开发工具CoDeSys,开发了EtherMAC多轴运动控制开发平台,可供系统集成商二次开发集成不同的工艺需求,同时我们还提供底层通讯驱动DLL,可集成更加复杂的控制算法。

(3) 完成了机械加工、机器人、纺织机械、建材机械等行业10项应用系统的开发和市场销售。

(4) IP产品目前以FPGA的IP核授权形式与国内伺服驱动厂家合作,向市场提供EtherMAC总线接口的网络型驱动器和I/O模块。

基于EtherMAC总线技术平台的PAC系统,

主控采用标准的PC或嵌入式硬件,支持多种操作系统,可实现硬实时性能。平台具有软硬件的开放性、功能接口模块化,种类齐全,升级扩展方便;提供符合IEEE61131-3国际标准的PLCopen编程规范,方便现场应用工程师结合掌握的工艺知识实现个性化的控制系统。为数控一代产品提供完整的扩展解决方案。

三、数控一代典型应用

EtherMAC总线的PAC控制器是促进数控一代应用的关键控制平台,已在许多行业进行了配套应用,典型的案例如下。

1. 数控钢筋弯箍机

数控钢筋弯箍机将钢筋的矫直、送料和弯曲等工艺集成为一体。用户将钢筋盘条接入机器之后,可以直接加工出用户指定形状的箍筋。

利用WINCE嵌入式实时操作系统的高级图形

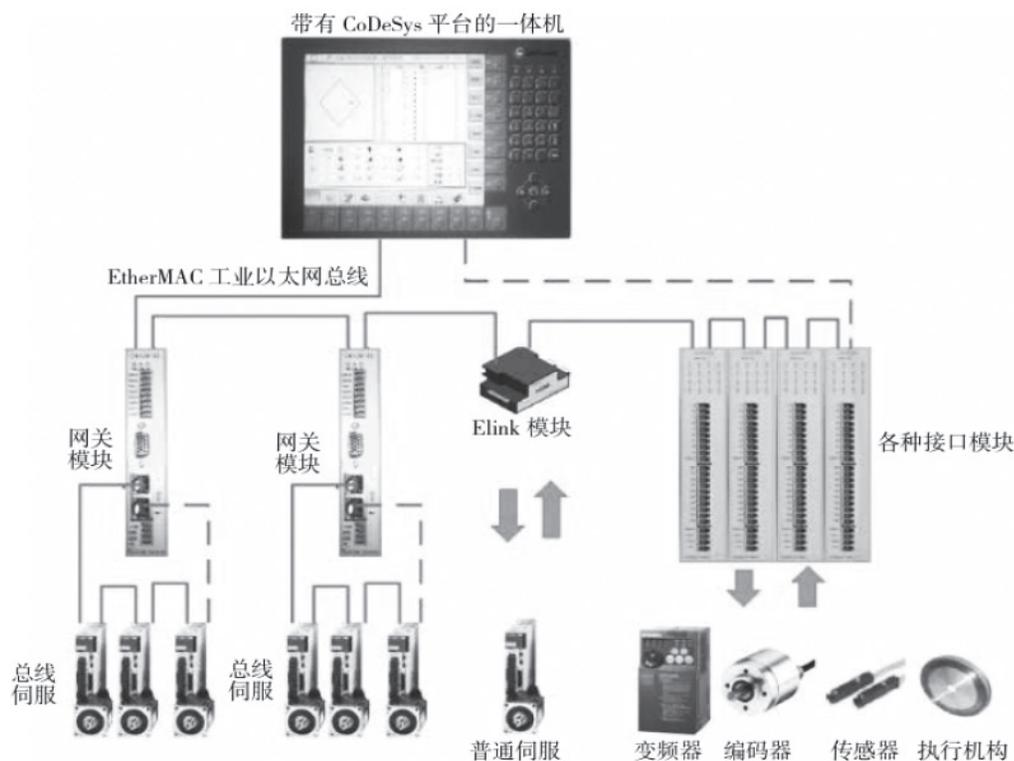


图1 EtherMAC总线技术平台的系统结构



开发环境，开发箍筋图形编辑和绘制功能。用户通过表格输入箍筋的各边边长和角度即可实现箍筋形状仿真和生产指定形状的箍筋。

钢筋弯箍机控制系统的结构框图和操作界面如图 2，系统需要 2~7 个伺服轴控制，用于控制钢筋的送料、弯曲和反退料等运动，可以生产最大长度为 8~12m 的箍筋，弯曲角度误差不大于 $\pm 1^\circ$ ，无需用户手动校正角度。

目前，该系统经过应用表明具有良好的抗振性和可靠性；可加工的箍筋最大长度为 10m 以上的，具有非常广泛的适用范围。

2. 数控铺网机

无纺布交叉铺网机是无纺布生产线中的重要设备，铺网机能把前道设备输入的单网均匀地铺叠在一起，形成一定宽度、比较均匀的厚网以满足下道工序的需要。它在非织造布生产线中应用广泛，入热轧线、针刺线等，铺网机的性能直接影响了整条生产线的产量与质量。目前，高性能的交叉铺网机大多数是国外厂家的产品，入网速度可达到 120~150m/min，CV 值已控制在 $\pm 3\%$ 以下。国内的部分厂家在吸收国外技术的基础上也相继开发出了自己的产品，但受控制方式的制约，入网速度已成为提高交叉铺网机性能的瓶颈，基于以上市场背景，我们采用了我公司自主研发

的以太网运动控制平台，设计了控制模型对交叉铺网机的五个伺服电机进行控制，其输入速度已达到 90m/min，CV 值已控制在 $\pm 3\%$ 以下，达到了比较满意的结果。

铺网机控制系统的结构框图和操作界面如图 3，该系统需要五个伺服轴控制，运用实时以太网运动控制平台加上两个绝对值编码器实现全闭环功能，可以保证两个小车误差不大于 $\pm 1\text{mm}$ ；工控机的强大计算性能，保证了小车在加减速时 S 曲线运算的快速执行，使小车在快速启动停止时的震动最小。

该系统可根据机械的尺寸生产不同规格的非织造布，具有非常大的适用范围。

3. 码垛机械手

码垛机械手应用于产品搬运、码垛等，广泛应用于汽车、物流、家电、医药、食品饮料等不同领域。

利用 WINCE 嵌入式实时操作系统的高级图形开发环境，开发基于机械手运动学模型的用户手动示教系统。用户通过校正理论模型位置点，微调获得示教点，大大简化了手动示教的过程，提高了调试效率。

码垛机械手控制系统的结构框图和操作界面见图 4，该系统需要 H 轴（水平）、V 轴（竖直）、

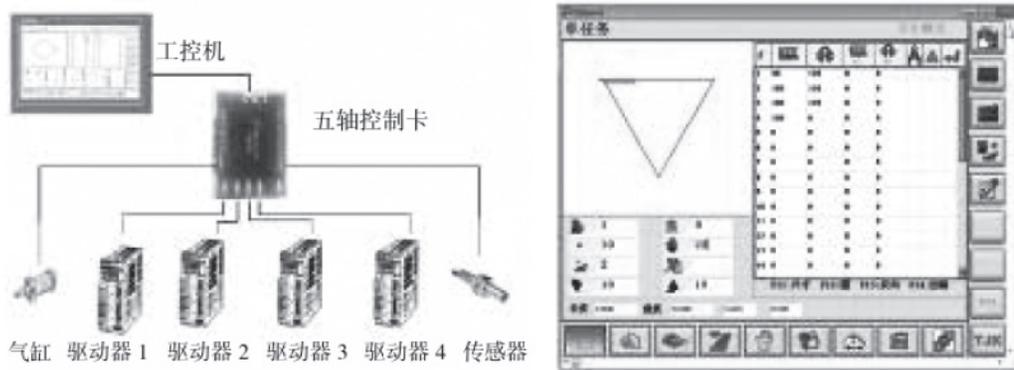


图 2 弯箍机系统结构和操作界面

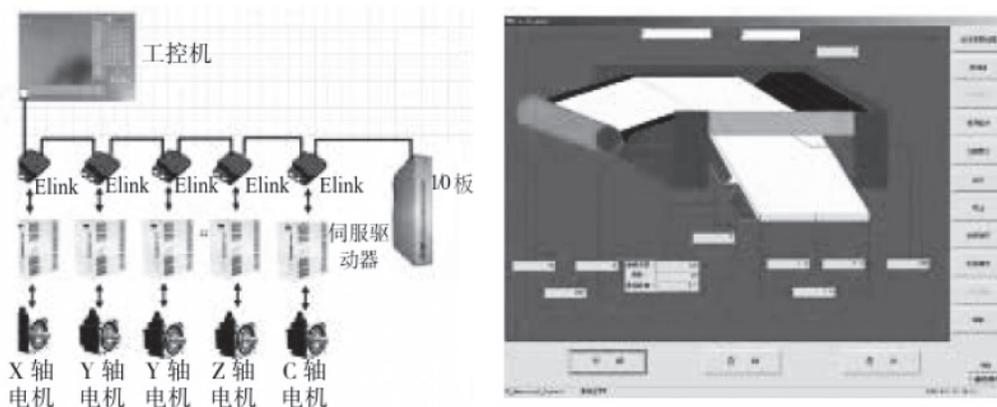


图3 铺网机系统结构和操作界面

B轴(底座旋转)、P轴(手抓旋转)四个伺服控制，通过四轴联动，完成工作空间内的抓放操作。

目前该系统已在国内多家码垛机械手企业应用，取得了良好的效果。在饲料、化工、食品等加工行业的多条码垛生产线中高效稳定地工作，极大地解放了人力，提高了生产效率。

4. 数控玻璃雕花机

玻璃雕花机是一种高效的玻璃雕刻设备，通过图形转换软件将复杂的CAD图形转换为加工代码，然后根据相应的雕刻工艺，对玻璃进行雕刻、抛光操作，能够按照用户的需求进行加工。

采用G代码生成软件可以方便地将图形转化为G代码，支持样条曲线的处理，可以根据加工要求，设置样条曲线的精度。

玻璃雕花机控制系统的结构框图和操作界

面见图5，该系统采用5个伺服轴进行控制，龙门上2个平行轴能够自动补偿误差以保持同步运动。能够达到10m/min的加工速度，支持参考原点的设置，能够根据加工时间，设置刀具的自动补偿深度。系统支持6把刀，在加工配方中设置各个刀具的使用次序，实现自动换刀操作。

5. 二十一轴数控组合机床

在停车设备的加工过程中，立柱、横梁、纵梁等结构通常以H型钢、槽钢为原材料，需要对其进行钻孔、铣槽以及等离子切割等操作。由于停车设备型材大多尺寸较大，若采用手工或半自动的加工方式，生产效率低，产品质量也很难达到要求。九通道二十一轴停车设备型材组合机床针对停车设备大尺寸型材加工任务，一次装夹定位，即可进行数控钻削、铣削、等离子切割，精



图4 码垛机械手系统结构和操作界面



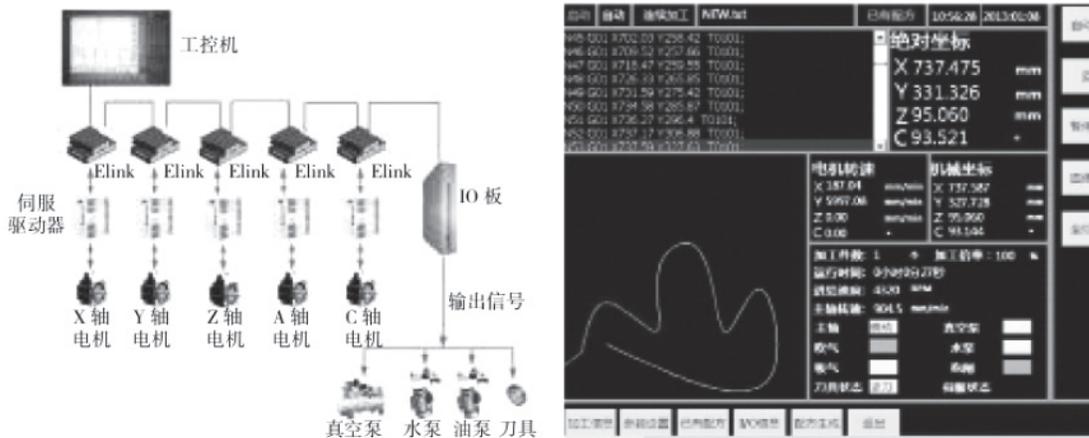


图5 玻璃雕花机系统结构和操作界面



图6 二十一轴组合机床

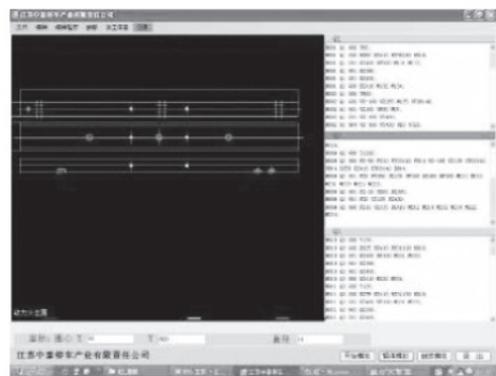


图7 系统操作界面

度高、效率快且操作简便。

图6和图7分别为机床照片和系统操作界面。该系统共有3个移动的龙门头，每个龙门头上装有3根主轴，每根主轴有2个进给运动轴，因此每个龙门头共有7个运动轴，整个机床总共有21个运动控制轴组成9个独立的运动坐标系。控制系统采用11块双轴控制卡、3块I/O控制模块。每块双轴控制卡可以控制两个伺服驱动器。11块运动控制卡可以控制22个伺服驱动器，实现组合机床上相关动力刀架的三轴之间的两两联动。3块I/O控制模块（共48路I/O点）负责处理主轴开关、切削液开关、急停和龙门架之间的安全限位等I/O信号。

开发了数控机床人机交互界面和工艺编程系

统，用户通过输入工艺参数和导入已设计好的型材CAD图纸，无需采用G、M代码编程，即可实现型材加工指令的自动生成并下发，实现自动加工。

四、展望

基于工业以太网总线APC系统可广泛应用于各类运动控制设备的控制，并方便扩展和二次开发。除以上典型应用案例之外，EtherMAC平台还在清角机、玻璃切割机、车磨数控机床、喷气织机和锯片磨床的设备控制系统获得推广应用。

（文章来源：《“数控一代”案例集（山东卷）》，中国机械工程学会、山东机械工程学会编著，中国科学技术出版社，2015年）



快速高效数控全自动冲压生产线

——济南二机床集团有限公司

随着汽车工业的快速发展，汽车正在向高档化、高效率、高柔性的方向发展，对冲压设备精度和效率的要求不断提高，大型多工位压力机、伺服传动压力机等大型数控冲压成型设备及关键功能部件技术，引领了技术发展并改变了大型零部件冲压成型的生产模式。济南二机床集团向福特汽车公司出口数控成套冲压设备，打破了德、日企业在高端冲压装备领域的长期垄断。

一、引言

近年来，随着汽车工业的快速发展，汽车正在向高档化、高效率、高柔性的方向发展，对冲压设备精度和效率的要求越来越高，国外发达国家开发的高速冲压生产线、大型多工位压力机、伺服传动压力机等大型数控冲压成型机及关键功能部件技术，引领了冲压成型技术发展并改变了大型零部件冲压成型的生产模式。高速冲压生产线技术结合自动快速送料、数控液压垫、湿式离合器等技术大幅度提高了生产效率，降低了劳动强度。大功率伺服电机及数字化控制技术不仅保证了冲压的高柔性 and 高质量，而且显著提高了能效。

济南二机床集团有限公司是国内规模最大的重型锻压设备和金属切削机床制造基地，中国机

床行业重点骨干企业之一，主要生产数控冲压机床、数控金切机床、自动化设备、铸造设备、数控切割设备等产品，广泛服务于汽车、航空、航天、船舶、机械制造、铁路、能源、军工等重点行业领域。为国家运载火箭、大飞机、三峡工程、南水北调、西气东输、上海磁悬浮列车等一批重点工程项目提供了以大扭矩机械五轴头数控机床等为代表的众多首台套重大技术装备，主导产品数控冲压机床和数控重型镗铣床已出口到世界 50 多个国家和地区（图 1），是世界前三数控冲压装备制造商之一。目前承接的锻压设备订单中，高端、数控产品的比重已经从原来的 10% 提高到 50% 以上，随着技术的不断创新和进步，高端、数控产品的市场占有率会不断地增长。

二、数控一代的高速冲压生产装备

1.42000kN 双臂送料冲压生产线

(1) 研发了大型快速高效数控全自动冲压生产线集成技术、快速双臂送料技术、长行程特殊传动技术和送料横杆自动更换技术，实现了整条生产线汽车大型覆盖件的生产节拍每分钟 15 件（是普通自动线的 2~3 倍），打破了此前由国外企业保持的每分钟 12 个的世界纪录。

(2) 开发了装模高度自动补偿、模具参数



自动存取等技术，通过时序分解、理论计算和试验验证，实现同步控制连续运行生产模式，整线换模时间仅为3min，节约约30%，解决了多品种冲压件共线频繁换模时间长、生产效率低的难题。

(3) 开发应用了大型冲压生产线连续运行的同步控制技术，实现了全线的数字化控制，运转平稳，控制可靠。以上海通用东岳汽车42000kN双臂送料冲压生产线为依托，承担实施的大型快速高效数控全自动冲压生产线项目，实现了生产线每分钟可生产15件，对整个冲压行业的规划布局起到了引领和示范作用(图2)。



图1 出口印度冲压机器人冲压线



图2 LS4B-2500B 闭式四点单动多连杆压力机

2.25000kN 大型伺服压力机

该项目依托为奇瑞汽车大连工厂提供的国内首台25000kN大型伺服压力机(图3)，实现了国产冲压技术的新突破。

(1) 在主传动系统进行了动力学分析、伺

服驱动及控制系统设计、伺服运动曲线仿真模拟优化，以及数控模垫开发设计、设备故障自诊断及远程监控等关键技术的研究开发，在运用单双臂快速送料冲压技术、大型多工位压力机技术的基础上，生产线生产覆盖件节拍达到每分钟15件，实现高效率、连续化、数控化生产(图4)。



图3 25000 kN 大型伺服压力机



图4 机器人送料系统

(2) 整线换模时间仅为3min，实现了柔性化和高效率换模；全线同步控制技术、融合多种网络技术，实现全线安全高效生产。

3. 出口福特汽车公司大型快速智能冲压生产线(图5)

(1) 多工位、全自动。由一台2500t打头的多连杆压力机和4~5台压力机以及双臂送料、拆垛机、清洗机、涂油机等自动化系统组成，其中两条冲压线总吨位为7100t、三条为6100t。



图 5 出口福特汽车公司的大型快速智能冲压生产线

(2) 高效率、同步控制。大型快速冲压线均应用了多连杆、数控液压拉伸垫、同步控制、全自动换模、整线防护等多项关键技术，不仅创造了生产节拍 15 次 / 分、全自动换模时间 3min 等新纪录，而且产品具有高效率、智能化的特点，除了可加工普通钢板，还可加工高强度钢板、铝板等，满足汽车轻量化的需求，代表了目前世界最先进的技术水平（图 6 和图 7）。



图 6 出口美国 MTD 公司的多连杆、多工位 2000t 压力机



图 7 25000kN 大型伺服压力机

福特汽车公司在美国两个工厂的全部 5 条大型快速智能冲压生产线将替代原有的 20 多条生产线，福特汽车整车生产基地将清一色地装备中国济南二机床集团有限公司的冲压装备。这也是福特汽车北美地区近 20 年来首次采购非德国生产的成套冲压设备，标志着济南二机床集团有限公司打破了德、日企业在高端冲压装备领域的长期垄断，具有了与国际顶级企业同台竞争的实力。

三、主要成果

大型快速高效数控全自动冲压生产线项目获中国工业大奖表彰奖大会技术进步奖，大型高效柔性全自动冲压生产线获国家科技进步二等奖；出口美国 5000t 多连杆机械压力机，荣获国家科技进步二等奖；双龙门大扭矩机械五联动数控机床，荣获机械工业科学技术一等奖。济南二机床集团有限公司作为主要起草单位，先后起草了 6 项国家标准、11 项行业标准，拥有 175 项技术专利，其中，发明专利 30 项，实用新型专利 145 项。

自 2011 年以来，42000kN 大型快速高效数控全自动冲压生产线等 73 种新产品获得省级以上科技部门的验收和鉴定，90% 达到国际或国内先进水平，研发能力跻身世界前三，形成了具有完全自主知识产权的技术体系和 JIER 品牌。其中，数控冲压设备的主要技术、质量指标达到国际先进水平；大、重型数控金切机床的设计、制造技术位居国内前沿；高性能大型高速五轴联动加工中心达到国际先进水平。所独立承担的 10 个高档数控机床与基础制造装备国家科技重大专项中，已有 5 个项目通过验收。



表 1 自 2009 年以来所承担的国家科技重大专项

序号	年度	项目名称	规格型号
1	2009	大型快速高效数控全自动冲压生产线	42000kN
2	2009	数控大型多工位压力机	5000t
3	2009	高速龙门五轴加工中心	XHV2525×50
4	2009	双摆角数控万能铣头	VXD4 电主轴式力矩电机驱动 A/C
5	2010	高架式五轴联动高速龙门镗铣加工中心	
6	2010	大型伺服压力机	25000kN
7	2011	大型精密复合冲压成形机床创新能力平台建设	
8	2012	高速龙门五轴联动加工中心	
9	2013	汽车车身大型智能冲压生产线	
10	2013	APM 系列翻板卧式加工中心	

近几年在行业经济形势持续低迷的情况下，济南二机床集团有限公司主要经济指标稳定增长。企业跃升为“中国机械工业百强”，名列 75 位，取得了较好的经济和社会效益。

四、展望

我国的现有成型核心技术与欧、美、日等地区和发达国家相比还存在一定差距，主要表现在：
①原始创新能力较弱，制约了新技术新产品的研发。目前高端冲压成型设备的核心部件如数控液压拉伸垫、高端自动化送料装置等关键技术被德国、日本等少数国家垄断，国内必须高价采购。

因此必须加强实验手段建设，提高原始创新能力，在伺服系统、控制系统、关键部件等领域实现突破。②产品的可靠性有待于加强。受实验手段等基础条件影响，在功能部件试验、先进控制系统实验、分析与仿真实验、整机可靠性实验等方面比较薄弱，必须提高试验、分析、验证能力和水平，进而提高冲压成套装备的自动化、智能化和可靠性水平。

（文章来源：《“数控一代”案例集（山东卷）》，中国机械工程学会、山东机械工程学会编著，中国科学技术出版社，2015 年）



工程机械抛喷丸数控关键技术与应用

——山东开泰抛丸机械有限公司

抛喷丸清理是机械装备制造过程中重要的表面处理工艺，抛喷丸清理机械的自动化、数字化、绿色化、成套化水平与国外产品相比还存在差距。通过对工件识别、抛头转换、节能优化、控制系统等关键技术的研发应用，开发生产了工程机械抛喷丸数控成套装备，解决了工程机械车架、臂架、超长钢管内壁等大型构件的高效、清洁清理。

一、导言

山东开泰抛丸机械有限公司是一家集科研、开发、生产于一体的国内最大的智能抛喷丸装备及其耐磨配件及专业生产商，也是一家提供全方位抛丸、喷砂工艺解决方案的供应商。主要经营抛喷丸机械系列产品，2013年，公司年产销售抛丸清理装备2500台。公司拥有省级企业技术中心、山东省抛喷丸装备与材料工程技术研究中心、山东省抛喷丸关键技术与工艺工程实验室等创新平台。

二、数控一代机械抛喷丸清理机

国内生产的机械抛喷丸清理机在控制智能化、信息数字化等方面与国外产品相

比还存在差距，具体表现为：

(1) 自动化程度不高。在抛丸工艺过程中，许多是人工操作，如吊钩中小车的控制都是用手工操作。抛丸机虽然进行自动化控制，但智能化程度不高，在工件的识别、抛头的转换等环节没实现智能化控制。

(2) 抛丸机工作室的除尘没有实现节能优化控制。虽然具有自主知识产权的KT-7001型智能脉冲除尘控制仪，但没有实现优化控制，在对不同种类工件处理、等待安装工程空闲或差压变换中，没有实现参数优化处理，造成能效较低。

(3) 清理工序繁琐，需要人工清理，易出现工件堆积。除尘同样没有实现节能及优化控制，电能损失严重。

(4) 各单元工作状态不能按工艺需求进行集成控制，生产效率低，难以组网。

(5) 抛丸机电机未实现智能调速控制和变频器网络化管理，不仅浪费能源，而且降低电机的使用寿命。

开发的数控一代抛喷丸清理成套装备



针对以上问题提出了解决方案，取得了良好的效果（图1）



图1 工程机械抛喷丸生产成套装备

1. 数控系统

(1) 计算机仿真软件。仿真软件主要是模仿实际工件的喷吹形式，寻找最佳参数，并进行仿真实验。

(2) 工件模式识别。模式识别采用特征提取方式识别设备工件种类。

(3) 抛丸机智能控制器。研制了抛丸机嵌入式智能控制器，申报实用新型和发明专利。该控制器采用自主研发的EtherMAC工业以太网作为控制方式，解决了高速、高精、同步网络控制问题。

(4) 轨道车智能控制器。该控制器通过接收标准Wifi无线网络信号控制变频电机的频率，进而改变轨道车的行驶速度。研制的EtherMAC工业以太网控制器可与标准以太网兼容，易于实现控制数据和管理数据的集成。

(5) 优化控制一体化除尘器。研制了滤筒、

布袋除尘器和智能脉冲控制仪，根据压差进行自动和智能控制脉冲阀进行清理滤筒和布袋。该脉冲控制仪申报专利，除尘器及脉冲控制仪如图2、图3所示。该控制仪模块结构可以控制40路脉冲。

为实现优化节能除尘，设计了优化控制一体化控制器，根据除尘器的气体进口与出口各点的压力与两者的差压，控制风速和脉冲除尘阀的启停；风机实现变频控制。该智能控制器可综合差压变化轨迹、抛丸机工作模式及状态进行优化计算分析，决策风机转速，达到充分节能。其设计原理如图4所示。

2. 主机结构及功能

(1) 抛喷丸清理生产线内部输送采用双电动葫芦进行吊装及驱动，满足大型工件的清理需求；清理彻底，运行速度最低可达1m/min（图5）。

(2) 弹丸循环系统采用双提升机双分离器的结构，解决了室体太宽丸料不好循环分离的问题；而且在分离器上设置溢流口，解决丸料分配不均的问题（图6和图7）。

(3) 丸料循环净化系统采用了溢流式可控满幕帘多级风选分离器和专用聚酯线芯提升机传动带，实现了丸料的分选与循环利用。

(4) 底部长距离输送丸料采用皮带输送机运输，解决了抛丸机上螺旋无法长距离运输的问

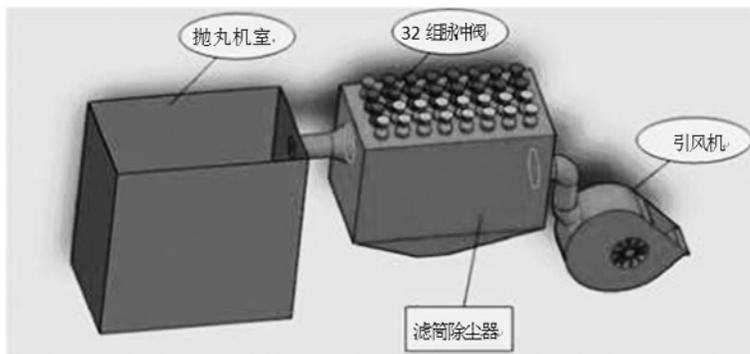
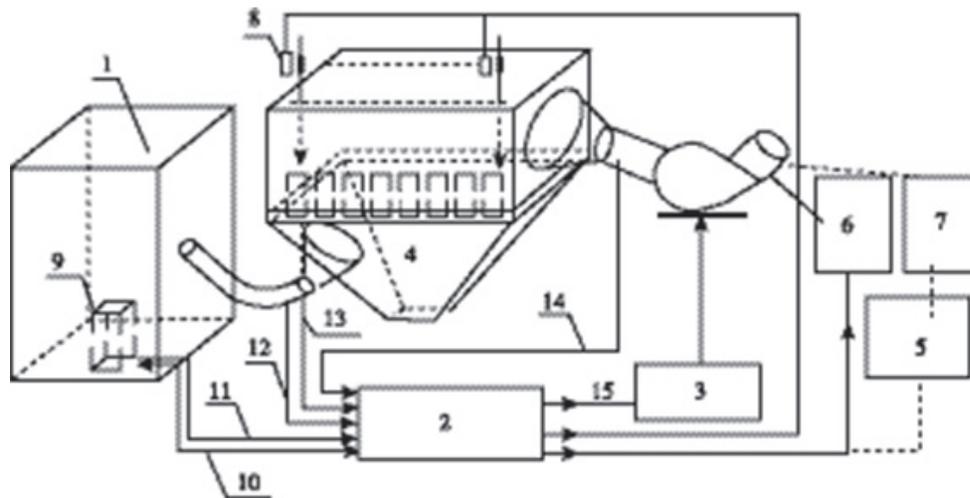


图2 32组滤筒及布袋除尘器模型



图3 KT-7001型智能脉冲除尘控制仪



1. 工艺室 2. 脉冲除尘优化处理的一体化控制器 3. 雨量传感器 4. 除尘器
 5. 在线净化控制仪 6. 计算机 7. 离线净化控制仪 8. 脉冲控制阀 9. 主 RS485
 10. 从 RS485 11. 温度传感器 12. 进口压力 13. 出口压力 14. 无线接收器 15. GPRS
 图 4 除尘优化控制一体化控制仪



图 5 机械抛喷丸清理生产线内部输送结构

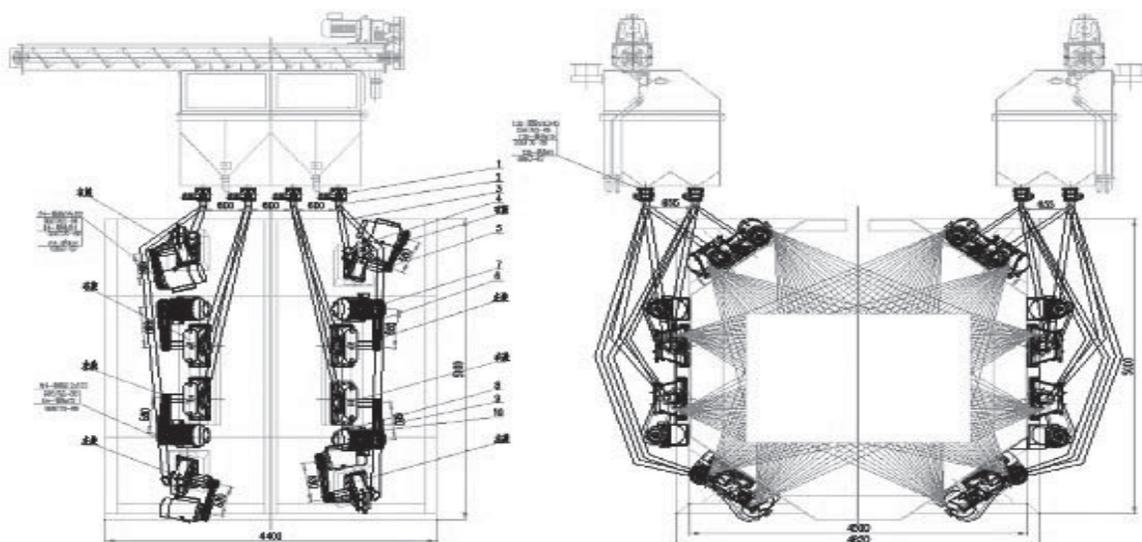


图 6 弹丸分配系统和抛丸器总成



题(图8)。

(5) 除尘系统采用旋风除尘加脉冲反吹滤筒除尘器, 滤筒斜插安放, 过滤孔径可选, 透气性强, 除尘率可达 99.99% 以上, 使用寿命长。

(6) 轨道车无线控制器基于 EtherMAC 工业以太网平台开发, 可方便地与车间设备和管理网络互联, 实现轨道车与整个执行系统、管理监控网络的数据无缝连接。

(7) 将所有控制器都进行以太网链接构成, 所有控制器通过 EtherMAC 工业以太网进行设备控制, 可实现与网络的无缝集成。

3. 关键技术

数控工程机械抛喷丸清理机 QT37 具有以下关键技术:

(1) 研制开发了智能化数字化控制的工程机械专用抛丸工艺与装备, 具有单元盘、曲面叶片、直联、大功率、速度可调、定向套窗口浮动可调等优势, 的 QKT065 直联抛丸器, 抛丸机专用脉冲反吹袋式电磁复合除尘器, 抛丸器耐磨件复合壳精铸工艺与设备系列产品。

(2) 研制了智能脉冲除尘控制仪、智能抛丸机控制器、电机轴承温度检测模块、数据交换接口器、抛丸机除尘优化控制一体化控制仪等, 实现了智能化控制, 达到国际先进水平。

(3) 提供机床联网整体解决方案, 构建 MES 系统, 解决设计、管理网络和生产设备之间的信息集成问题。将生产制造执行层纳入到整个管理网络, 最终实现智能化数控工程机械抛喷丸清理机, 实现生产的协调和同步以及除尘优化, 提高工作效率, 降低能源消耗, 延长设备寿命。

(4) 研发的以太网相关应用技术解决了设备组网控制问题, 已获 3 项发明专利, 分别是: 基于标准以太网的实时同步网络及其工作方法、一种实现以太网链状网络节点间同步的装置和方法、一种高速可配置扩展 SPI 总线及其工作方法。

通过关键技术的研发应用, 数控工程机械抛

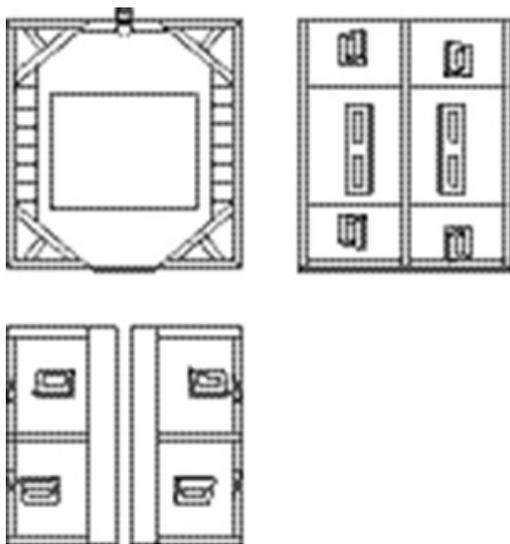


图 7 抛丸室三视图

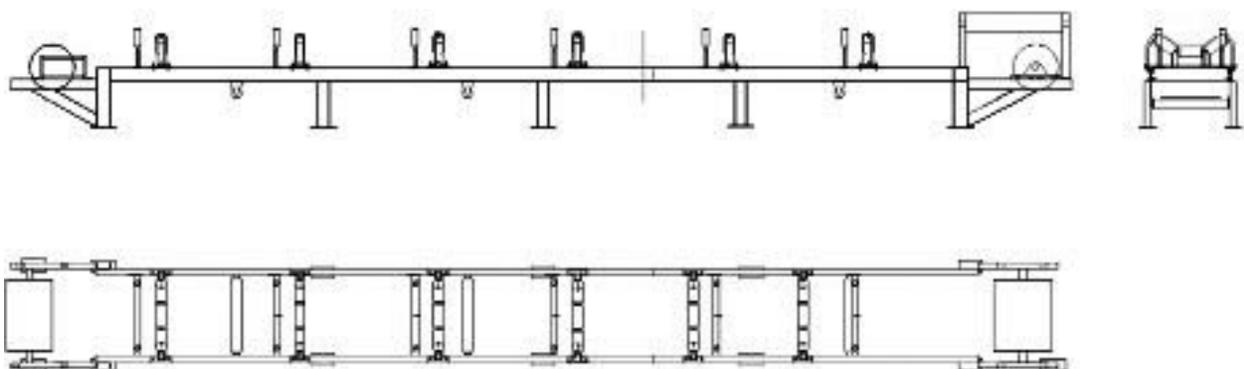


图 8 皮带输送机

喷丸清理机采用计算机仿真与模拟技术，以群组协同工作的方式，在计算机上实现产品制造的“本职”过程（包括产品的设计、性能分析、工艺规划、加工制造、质量检验、生产过程管理与控制）（图9）。

4. 经济效益和社会效益

项目成果已成功应用于工程机械车架、臂架

以及超长钢管内壁的清理，产品销售到马来西亚精科（太原）设备有限公司、新加坡海陆工程有限公司等多家外国公司，打破了国际垄断。项目成果在徐工集团工程机械股份有限公司等30余家国内公司使用，反响良好。

通过实施该项目的产业化，实现抛喷丸装备的自动化、网络化、智能化，使设备数控化率达

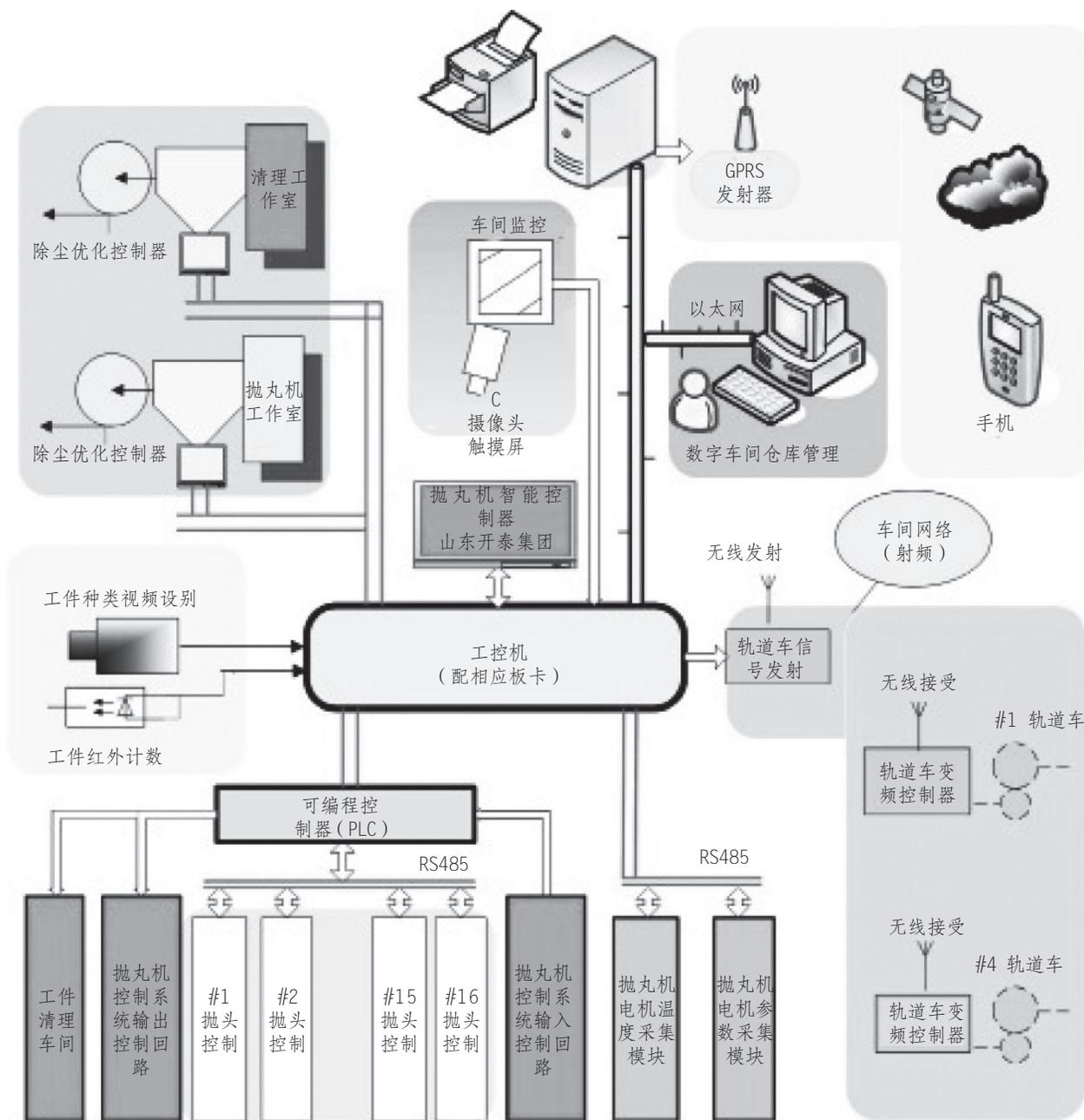


图9 工艺流程



到86%、生产效率提高70%，有效降低生产成本，使我国的抛喷丸装备的产品水平和制造技术达到国际先进水平，从根本上对抛丸清理管理水平带来质的提升，促进了领域内绿色制造和产业结构调整。

三、主要成果

公司申请专利150项，成果转化实施100余项。成果转化产品5.5米超宽钢板表面预处理生产线、QG系列钢管内外壁抛丸机、智能机械手式抛丸机等14类产品通过山东省科技成果鉴定，其中智能机械手式抛丸机等7类产品的技术水平达到国际先进，钢网带式抛丸机等7类产品技术水平达到了国内领先。转化产品获得山东省科技进步奖4项，滨州市科技进步奖10项。

数控装备钢网带式抛丸清理机被列入2013年度国家重点新产品计划；5.5米超宽钢板表面预处理生产线和工程机械专用抛丸清理机被评为山东省重点领域首台（套）重大技术装备；5.5米超宽钢板表面预处理生产线和QG系列钢管内壁抛丸清理机被列入山东省高端技术装备新产品推广目录。

通过该项目的实施，数控工程机械抛喷丸清理机共计获得国家标准3项：GB/T23576-2009《抛喷丸设备通用技术条件》、GB/T8923.1-2008《钢材表面的锈蚀等级和处理等级》、GB/T13288.2-2011《磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法比较样块法》；获得发明专

利授权3项，实用新型专利授权13项；被评为2013年度山东省重点领域首台（套）重大技术装备；入选2013年山东省自主创新重大科技专项项目；并获得2013年中国机械工业科学技术奖、山东省机械工业科学技术奖、山东省科技进步奖等。

四、展望

数控抛喷丸装备是表面清理的关键装备，广泛应用于冶金矿山、机械制造、船舶车辆、航空航天等领域的表面清理作业，其工艺范围亦从铸锻件的表面清理扩展到金属结构件的强化、表面加工、抛喷丸成形等不同的领域。

该产品集成应用了机械制造技术；信息处理、加工、传输技术；自动控制技术；伺服驱动技术；传感器技术；软件技术等，实现了抛喷丸装备的数字化、成套化和绿色化，显著提高了装备的自动化程度，提高了工作效率和产品质量。在计算机仿真模拟、视频模式识别、抛丸机控制系统、射频技术、以太网、智能优化控制除尘器等技术研发所取得的研发成果，可以应用到其他机械装备和工业生产领域，具有较大的经济效益和社会效益。

（文章来源：《“数控一代”案例集（山东卷）》，中国机械工程学会、山东机械工程学会编著，中国科学技术出版社，2015年）