

机械制造工艺

2016年6月30日出版

2016年第3期·总第218期

编印单位：中国机械制造工艺协会
发送对象：中国机械制造工艺协会会员单位
印刷单位：北京印刷学院实习工厂
印 数：2000册
出 版：中国机械制造工艺协会
网 站：www.cammt.org.cn
电 话：010-88301523
传 真：010-88301523
邮 件：cammt_bjb@163.com

《机械制造工艺》编委会

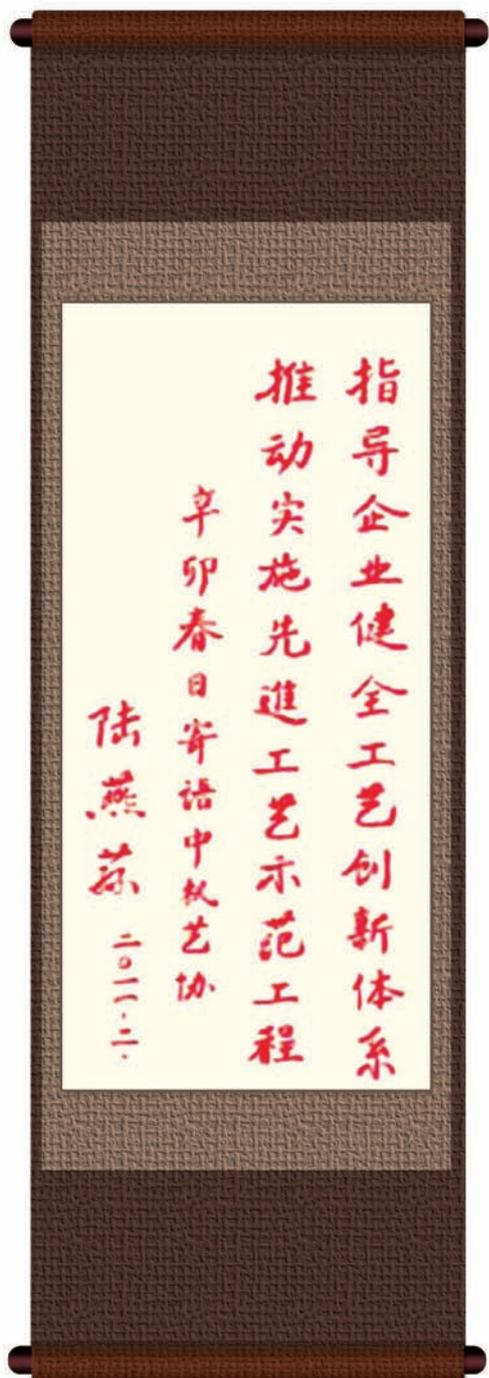
主任委员：王西峰
名誉主编：卢秉恒
副主任委员：单忠德 祝宪民
主 编：单忠德
责任编辑：徐先宜 田 媛 王争鸣

委员（按姓氏笔画排序）

王至尧 王绍川 龙友松 史苏存 刘泽林
李成刚 李敏贤 李维谦 朱均麟 杨 彬
杨尔庄 谷九如 张 科 张伯明 张金明
邵泽林 陈祖蕃 陈维璋 罗志健 周志春
郭志强 战 丽 费书国 夏怀仁 聂玉珍
徐先宜 蒋宝华 蔺桂枝 谭笑颖

中国机械制造工艺协会第五届理事会

名誉理事长：何光远 陆燕荪
高级顾问：张伯明 郭志坚 张德邻 曾宪林
朱森第 李 冶 王至尧
顾 问：刘明忠 田东强 刘 红 史建平
郭恩明 徐域栋 周清和 庞士信
依英奇 朱 鹏 刘仪舜
理 事 长：王西峰
常务副理事长：单忠德
副 理 事 长：（排名不分先后）
卢秉恒 刘泽林 董春波 费书国
郭志强 李成刚 李维谦 龙友松
史苏存 王 政 张金明 张 科
祝宪民 陈宏志 梁清延 左健民
王继生 苗德华
秘 书 长：战 丽



<u>会员传真</u>	.....	P01
<u>行业动态</u>		
中国机械工业联合会发布《机械工业“十三五”发展纲要》	.....	P04
<u>协会动态</u>		
机械科学研究总院研编的《2015年度中国制造强国发展指数报告》隆重发布	.....	P07
国家智能制造装备发展专项“60万台/年中重型发动机缸盖数字化铸造车间”项目顺利通过验收	...	P07
2016'智能装备与绿色制造创新发展论坛在潍坊召开	.....	P08
单忠德常务副理事长会见美国机械工程师协会（ASME）副秘书长Michael Ireland一行	.....	P09
<u>专家视点</u>		
关于数字化制造技术研发与推广的几点粗浅看法	.....	P10
云制造——服务型制造新模式	.....	P13
智能制造十大核心技术十大系统内涵和对标	.....	P16
<u>工艺创新</u>		
C131中置主焊夹具的设计	.....	P25
基于流程规划的产品装配工艺设计	.....	P32
成组技术在卷烟包装机制造中的应用	.....	P38
<u>优秀成果</u>		
三级定位精密主轴和无级进给传动创新技术的开发及应用	.....	P42
AP1000核电半速1250MW汽轮发电机制造工艺研究	.....	P43
基于精密塑性成形的锌制零件节能节材工业化生产关键技术开发与应用	.....	P44
<u>协会通知</u>		
关于召开2016年全国机电企业工艺年会暨第十届机械工业节能减排工艺技术研讨会的通知 （第三号）	.....	P45
关于收取2016年度会员会费的通知	.....	封三

中国西电西变承接首台核电站变压器通过试验

发布时间: 2016-06-13 文章来源: 仪器仪表网

近日,西安西电变压器责任有限公司承接的阳江核电首台SFZ-68000kVA/24kV电力变压器一次性通过全部试验,各项性能指标满足技术协议和核电标准要求。

该产品是西电西变今年制造的第一台核电产品,对进一步打开核电市场具有重要意义,西电西变上下均非常重视。产品开工前,生产车间召开了核电专项会议,对西电西变制定的核电风险防范措施等系列核电标准要求

及技术工艺文件进行学习,使各工序操作者充分了解了产品技术要求,提高操作人员的技能和质量意识。针对核电产品的每一道工序细节进行分析安排,做好生产准备、技术准备。各工序操作者严格按照核电标准要求生产精工细作,秉承“制造中国精品,装备世界电力”使命,发扬勇于吃苦、敢于拼搏的精神,加班加点完成各工序的生产任务。同时,车间加强对核电产品的质量管控,对原材料严格检查,专项

定置存放使用;生产专人全程跟踪拍照记录,遇到问题及时联系解决,确保核电质量。质管、设计、工艺各部门先后进行了多次联合大检查,及时督促解决质量问题。

西电西变各部门协同发力,全力以赴确保阳江核电产品一次送试合格。为不断发展壮大新能源市场做了铺垫,提升了企业品牌形象,为西电西变打造国际一流变压器制造企业贡献力量。

航天科工二院706所成功突破国产化计算机轻量级虚拟化技术助推安全可靠拥抱“云生态”

发布时间: 2016-06-03 文章来源: 中国航天科工集团公司网站

近日,中国航天科工二院706所突破国产化计算机轻量级虚拟化技术,成功将轻量级虚拟化平台迁移至自主研发的国产化计算机中,有力推动国产化计算机在云计算基础设施中的应用推广。

据了解,由于受限于国产处理器性能及其硬件虚拟化技术瓶颈,目前国产化计算机普遍不支持硬件辅助的虚拟化,性能无法满足较高的实用需

求。为率先突破技术瓶颈,706所充分发挥国产化计算机技术优势,有效解决了国产化主机轻量级虚拟化难题,使轻量级虚拟化技术在不需要硬件支持的环境下,可适配飞腾、龙芯等多款国产处理器,并获得与物理主机几乎一致的性能和处理能力。该技术的突破,还可将多个国产化主机整合为弹性伸缩的计算机集群,弥补目前国产计算机性能和可靠性短板,并大幅提

升系统整体稳定性。

目前,706所正在开展集轻量级虚拟化计算服务、云存储服务、数据库服务、安全可靠云开发环境于一体的自主可控云计算平台的构建,推动应用系统逐步向云平台迁移,大力构建安全可靠云计算生态环境,为确保信息安全和国家安全提供有力保障。

哈尔滨锅炉厂有限责任公司两项科技成果通过专家 评审660MW二次再热、新疆高碱煤技术国际领先

发布时间: 2016-05-25 文章来源: 哈尔滨锅炉厂有限责任公司网站

日前,黑龙江省机械工业联合会 在哈尔滨锅炉厂有限责任公司组织召开 了哈锅660MW超超临界二次再热 锅炉、燃用新疆高碱煤660MW超临 界锅炉等两项科技成果鉴定会,中国 工程院院士、哈尔滨工业大学秦裕琨 教授,东北电科院原院长张经武研究 员,东北电管局原总工程师刘武成研 究员以及行业知名专家等7人参会,黑 龙江省机械联合会会长兰丽秋,我公 司副总经理张彦军及相关职能部门 领导参加了鉴定会。以秦裕琨院士为 组长的鉴定委员会经过认真严格的评 审,一致认为哈尔滨锅炉厂有限责任

公司的两项成果达到国际领先水平, 并建议我公司加速科技成果的推广应 用,并加快开发更高参数更大容量的 产品。

公司还召开了塞尔维亚350MW 超临界塔式褐煤锅炉方案专家评审 会,与会专家和用户单位领导对锅炉 方案进行了认真细致的评审和讨论, 一致认为哈锅350MW超临界塔式锅 炉总体方案合理,具有技术可靠、运 行安全性高和成本较低等优点,同时 建议我公司与用户、设计院共同针对 塞尔维亚工程开展更为深入具体的方 案研发与设计,做好做优我国出口到

塞尔维亚的第一台燃用欧洲年轻褐煤 350MW超临界塔式褐煤锅炉的研制 工作,为哈锅后续开拓欧洲年轻褐煤 锅炉市场奠定坚实基础。

另外,国家科技支撑计划项目 “燃用新疆高碱煤600-1000MW等级 超(超)临界四角切圆燃烧π型锅炉关 键技术开发及示范”课题交流会在我 公司召开,新特能源股份有限公司、清 华大学、浙江大学等15家单位高校的 专家学者参加了交流会。课题交流 会就课题开展思路、经费管理要求、 课题研究内容、预期目标及工作进展 等问题进行了充分交流与深度探讨。

玉柴股份发动机生产一致性控制水平获欧盟认可

发布时间: 2016-05-06 文章来源: 玉柴机器集团有限公司网站

4月25日,由英国交通部车辆认证 局委派的审核组专家,经过两天的认 真审查,宣布玉柴股份顺利通过COP (Conformity Of Production 生产一 致性)审查。这表明玉柴的生产制造 流程和品质控制体系完全符合欧盟生 产法规要求,玉柴的品质再次获得欧 盟认可,玉柴前期所取得的一系列欧 盟证书继续有效。

这是继三年前玉柴股份工厂首次 通过生产一致性审查后,英国交通部 车辆认证局再次对玉柴欧盟认证产品 生产一致性的执行状况进行审查。

在为期两天的审查中,审核组专 家严格按照欧盟ECE/EEC相关法规 要求,对玉柴生产一致性的执行情况 进行审核,并来到生产车间进行实地 查看。审核组专家对玉柴的质量控制

系统表示满意,认为玉柴的生产流程 及记录完整详细,完全符合质量管理 体系要求,其质量控制系统能保证发 动机生产的一致性要求。

英国交通部车辆认证局是欧洲经 济委员会(ECE)授权的权威管理机 构,负责主管进入欧盟车辆产品认证 的发证,是欧洲为数不多的拥有从审 查到签字批准的认证机构之一。

自主创新 提质增效 ——锡柴缸盖座圈加工新工艺引领行业新趋势

发布时间: 2016-05-18 文章来源: 一汽解放汽车有限公司无锡柴油机厂网站

日前,由一汽锡柴科技人员新近获得的发明专利授权——“发生头及采用同型号发生头加工进排气门座圈锥面的方法”,不仅突破了发动机缸盖座圈传统加工工艺,更以其独特设计和非凡功能,开创了国内重型柴油发动机缸盖座圈加工新工艺,提升了自主品牌发动机缸盖座圈加工的技术水平。

在发动机缸盖进排气门座圈锥面加工中,常规方案会根据产品结构特点及孔隙布局,采用锥形旋转发生头

配套机械驱动进行座圈锥面的加工工艺,但由于发生头针对进排气座圈大小及锥面角度不同设计,而锥面的加工又依靠一套机械展开式机构拟合而成,故一旦设计制造完成,进排气发生头将无互换性,进气发生头只能加工进气门座圈,排气发生头只能加工排气门座圈。如对于锥面角度稍有调整的升级换代产品,该种发生头将无法使用,需全部重新设计制造,不仅难以适应产品的升级换代,更增加了工艺成本。而由锡柴科技人员创新发明

的“发生头及采用同型号发生头加工进排气门座圈锥面的方法”,则是一种全新气门座圈的加工方法,它突破了传统气门座圈加工刀具的设计思路,克服现有技术中存在的不足,采用同规格发生头通过NC程序插补,可实现不同大小、不同角度进排气门座圈锥面的精加工,在设计范围内可适应更大座圈锥面角度要求的加工,能大幅度提高发生头非标类刀具的柔性,适应产品升级换代,同时能降低设备的复杂度,从而降低了设备采购成本。

武钢高效化长寿化高炉冷却系统技术达国际领先水平

发布时间: 2016-05-04 文章来源: 武汉钢铁(集团)公司网站

近日,由武钢研究院、武钢股份炼铁厂、武汉科技大学、鄂钢炼铁厂等单位共同完成的《高效化、长寿化高炉冷却系统关键技术研究与应用》项目通过湖北省科技厅组织的成果鉴定。鉴定委员会专家一致认为,该成果达到国际领先水平,对高炉长寿技术发展具有引领性和示范性作用,经济、社会和环境效益显著。

在钢铁生产中,高炉长寿不仅可

以降低铁水成本、保障铁水供应,还可以减少高炉基建和维护费用,在当前钢铁行业形势严峻的背景下,对于企业降本增效,应对危机尤为重要。近年来,随着高炉冶炼强度逐渐增大,以及大喷煤、高风温、高富氧技术的推广应用,使得高炉高热负荷区域冷却系统破损问题日趋严重。

该项目成功对多座高炉冷却系统

运行参数进行分析,提出了满足高强度冶炼条件下长寿型高炉冷却系统新的运行参数体系,研制了新型冷却壁结构,开发了新的高炉冷却系统控制技术,解决了冷却壁破损严重等问题,提高了高炉作业效率并延长了高炉使用寿命。该项目已成功应用于武钢及鄂钢多座大型高炉,为公司生产提供了保障和支撑。

中国机械工业联合会发布 《机械工业“十三五”发展纲要》

发布时间：2016-04-01 文章来源：机经网

内容摘要：2016年3月24日，中国机械工业联合会四届三次会员大会在北京召开。大会总结了“十二五”和2015年工作，研判形势，凝聚共识，确定“十三五”行业发展和2016年重点任务，以良好开局为“十三五”发展奠定基础。同期发布了《机械工业“十三五”发展纲要》。

前言

机械工业是国民经济的支柱产业，是中国制造业的脊梁。机械工业在我国实现经济社会转型发展和参与全球经济合作、体现国家产业竞争力以及实现“中国制造2025”目标等方面具有战略性支撑作用。

“十二五”时期，我国机械工业全行业奋发努力，行业经济规模持续增长，创新能力日益增强，技术水平稳步提高，产业结构逐步优化，两化融合继续推进，转型升级进展明显。近年来，我国经济发展进入新常态，国内投资增长趋缓，国际市场需求低迷，产能过剩矛盾凸显，企业经营压力加大。机械工业由连续多年的高速增长转入以转型升级、结构调整为主基调的中速增长。

“十三五”时期是我国实现全面建成小康社会目标的决定性阶段，是实现全面深化改革目标的攻坚时期，也是机械工业大有作为的重大战略机遇期。中国机械工业联合会为动员全行业，以改革创新的精神，坚定信心，锐意进取，积极探求破解行业发展瓶

颈之道，引导我国机械工业在今后一个时期，进一步转变发展方式，推动机械工业转型升级、提质增效，实现由大到强的转变，特制定本纲要。

1 主要成绩

“十二五”以来，我国机械工业综合实力大幅提升。产业结构调整取得积极进展，行业基础领域得到强化，一批高端装备研制成功，企业创新成果不断涌现，两化融合取得新进展，绿色发展理念日渐深入。

1.1 产业规模持续增长，发展质量逐步提升

- (1) 行业经济规模保持增长
- (2) 重点产品产量实现增长
- (3) 对外贸易规模持续扩大
- (4) 行业经济效益有所提升

1.2 科技创新能力增强，高端装备成果丰硕

- (1) 攻克一批基础共性技术
- (2) 部分高端装备取得突破
- (3) 成套装备出口持续扩大
- (4) 研发试验能力有所增强

1.3 基础能力有所提升，转型升级初见成效

- (1) 机械基础水平得到提升
- (2) 企业整体素质有所提升
- (3) 智能制造装备增长较快
- (4) 绿色发展理念深入人心

2 存在问题

我国机械工业规模已连续多年稳居世界第一，但大而不强，还存在自主创新能力薄弱、共性技术支撑体系不健全、核心技术与关键零部件对外依存度高、服务型制造发展滞后、产能过剩矛盾凸显、市场环境不优等问题。

2.1 企业创新能力薄弱，研发体系亟待完善

- (1) 企业自主创新能力不足
- (2) 公共技术服务体系不健全

2.2 高端装备供给不足，核心部件依赖进口

- (1) 高端装备研制能力不足
- (2) 核心零部件自给率不高
- (3) 产品质量信誉有待提升

2.3 行业发展协作不够，跨界融合推进缓慢

- (1) 封闭发展阻碍行业壮大
- (2) 服务型制造发展滞后

(3) 两化融合亟待深化

2.4 产能过剩矛盾突出，竞争环境有待改善

(1) 产能过剩矛盾日益突出

(2) 公平竞争环境亟待加强

(3) 国产高端产品推广应用困难

3 面临形势

随着新型工业化、城镇化、信息化、农业现代化、绿色化同步推进，“一带一路”战略实施，国内外市场新的需求不断释放，机械工业发展潜力巨大、前景可期。但国际环境的复杂多变和国内经济发展的矛盾风险不可忽视，经济增长动力和下行压力并存。

“十三五”期间，机械工业要保持战略定力，坚定信心，抓住机遇，迎接挑战。

3.1 国际形势复杂多变，博弈竞争更趋激烈

(1) 新技术革命推动产业变革

(2) 国际经济格局重塑影响产业发展

3.2 国内需求潜力巨大，产业发展空间广阔

(1) 机械工业市场需求空间依然广阔

(2) 制造强国战略为行业发展注入新动力

3.3 发展方式面临转型，产业升级责任重大

(1) 行业发展呈现新特征

(2) 机械工业是实现“双中高”的重要支撑

4 指导思想与发展目标

4.1 指导思想

全面贯彻落实党的十八大和十八届三中、四中、五中全会精神，牢固树立

“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念，全面落实《中国制造2025》提出的各项战略任务，以提高质量和效益为中心，以问题为导向，以创新为动力，充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，突出创新驱动，优化产业结构，补齐行业短板，坚持质量为先，推动融合发展，推行绿色制造，加快人才培养，深化开放合作，在确保全行业平稳增长的基础上，实现机械工业企业创新有成果、结构调整有进展、质量效益有提高、产业升级有进步，为完成中国制造第一个十年目标打下坚实的基础。

总体要求是以《中国制造2025》提出的目标和任务为指引，紧密围绕机械工业的创新发展和转型升级，把握好平稳增长与结构调整的平衡发展关系，衔接好强化基础与发展高端的同步共进关系，处理好融合发展与创新驱动的协同引领关系，将“夯基础、补短板、攻高端、强管理”作为机械工业“十三五”的主攻方向，鼓励企业开展个性化定制、柔性化生产，培育精益求精的工匠精神，增品种、提品质、创品牌，围绕“强基固本、锤炼重器、助推智造、服务民生”的发展重点，实施“创新驱动、结构优化、质量兴业、融合发展、绿色低碳、国际合作、人才为本、文化提升”八大战略任务，建设机械制造强国。

4.2 发展目标

“十三五”期间，机械工业在新常态下保持平稳运行，实现有质量的中高速增长；创新驱动初见成效，自主创新能力提升；高端装备竞争力增强，行业基础有所改善；两化融合逐渐深入，智能制造开始示范；绿色发展理念确立，节能减排成效领先于工业平均

水平。

在稳步发展方面：全行业努力实现平稳增长，工业增加值年均增速保持在6.5%左右。全行业增加值率比2015年末提高2个百分点。全员劳动生产率年均增速保持在7.5%左右。主营业务收入利润率平均水平略高于“十二五”期间。主要机械产品的质量和可靠性基本达到发达国家水平，重点产品的可靠性、平均寿命显著提高。

在创新能力方面：规模以上企业研发经费内部支出占主营业务收入比重不低于1.5%。其中，大中型企业研发经费内部支出占主营业务收入比重不低于2.2%。高端装备、关键基础零部件的核心技术取得突破，行业共性技术支撑体系进一步完善，企业自主创新能力显著增强。

在结构优化方面：中低端产能过剩状况有所缓解，短板设备取得突破，高端装备和新兴产业发展提速。培育出一批世界知名品牌和具有国际竞争力的知名企业，中小企业专业化、特色化发展加快，细分领域“隐形冠军”显著增加。关键基础材料、基础工艺、核心基础零部件等取得较大突破，为高端装备的配套能力显著增强。服务型制造业务收入占主营业务收入的比重显著提高。出口结构继续优化，一般贸易方式出口比重继续提高，高端产品出口比重明显上升。

在两化融合方面：规模以上企业中数字化研发设计工具的普及率达到75%以上，关键工序数控化率提高到50%以上，数字化生产设备联网率稳步提升。两化融合总体水平达到“集成提升”阶段，重点行业智能制造示范应用取得成效。汽车、机床、工

程机械等重点整机产品智能化水平明显提高。

在绿色低碳方面：规模以上企业单位工业增加值能耗和耗钢量分别比2015年下降18%和10%。行业企业污染物排放明显下降。汽车、工程机械、机床等整机产品循环经济及再制造水平显著提高。高效节能产品与装备市场占有率达到50%，工业锅炉系统运行效率现有基础上提高10%，内燃机油耗现有基础上降低5%。

5 战略任务

为实现机械工业“十三五”发展纲要的各项目标，围绕提高行业创新能力，落实供给侧结构性改革战略重点，加快行业转型升级，实施“创新驱动、结构优化、质量兴业、融合发展、绿色低碳、国际合作、人才为本、文化提升”八大战略任务，解决长期制约行业发展的普遍性、基础性、体制性问题，努力提高发展质量和效益水平，提升我国机械工业的核心竞争力。

5.1 创新驱动

坚持把提高行业创新能力摆在首要位置，围绕创新驱动这一发展引擎，加强产业基础共性技术研究，突破重点领域关键技术；推进以企业为主体、产学研用相结合的技术创新体系建设；加强机制与模式创新，搭建行业公共技术平台，为企业创新发展提供技术支撑和保障。

(1) 加强基础研究，突破重点领域关键技术

(2) 以企业为主体，推进技术创新体系建设

(3) 创新机制模式，搭建行业公共技术平台

5.2 结构优化

以供给侧结构性改革为战略重点，积极推进产业结构优化升级，促进产品结构向高端智能发展，创新商业模式，推进机械工业由生产型制造向服务型制造转变，运用市场手段积极化解过剩产能。

(1) 重点发展短板设备，积极化解过剩产能

(2) 发展高端装备产品，满足制造业新需求

(3) 大力发展服务型制造，推动制造模式创新

5.3 质量兴业

适应经济发展新常态，开展质量兴业活动，推行全面质量管理，加快提升产品质量；完善行业标准体系，为质量升级提供支撑；推动行业诚信体系建设，打造知名品牌，不断提升企业品牌价值。

(1) 推行全面质量管理，切实提升产品质量

(2) 加强标准体系建设，发挥“标准化+”效应

(3) 推动诚信体系建设，强化企业品牌意识

5.4 融合发展

加快推动信息技术与制造技术的融合，着力提升生产过程信息化水平；打破传统行业界限，加快跨行业、跨领域的融合发展，促进机械工业全产业链、全价值链的创新发展；积极应用新一代信息技术、先进制造技术、新材料技术等高新技术，推动机械产品转型升级。

(1) 加快信息技术应用，推动两化深度融合

(2) 树立跨界协同意识，促进产业融合发展

(3) 积极应用高新技术，加快产品升级换代

5.5 绿色低碳

加快推动传统基础制造工艺绿色化发展，大力发展节能高效机电产品；建立并完善资源循环利用体系，大力推进高耗能设备的节能更新改造；积极倡导清洁生产，组织开展机械工业能效评价活动，全面推进机械工业绿色化、低碳化发展。

(1) 大力提升工艺技术，发展节能高效产品

(2) 加强资源循环利用，推进设备节能改造

(3) 大力倡导清洁生产，开展能效评价活动

5.6 国际合作

从战略高度积极推进国际产能和装备制造合作，强化我国比较优势，大力拓展海外市场，发挥行业协会的信息服务作用，开展多层次、多渠道的对外合作，推动装备、技术、标准和服务“走出去”，提高对外开放水平。

(1) 大力拓展海外市场，推动装备产品出口

(2) 发挥中介组织作用，鼓励产业链走出去

(3) 扩大对外开放合作，推动引资引智引技

5.7 人才为本

加强人才培养体系建设，重点培养优秀的管理人才、技术研发人才和专业技能人才；建立和完善绩效考核体系和人才激励机制，不断激发人才活力；开展多渠道人才交流合作，积极引进海外高层次人才。

(1) 建设人才培养体系，实施人才培养计划

(下转09页)

机械科学研究总院研编的 《2015年度中国制造强国发展指数报告》隆重发布

5月12日,《2015年度中国制造强国发展指数报告》在中国工程院隆重发布。

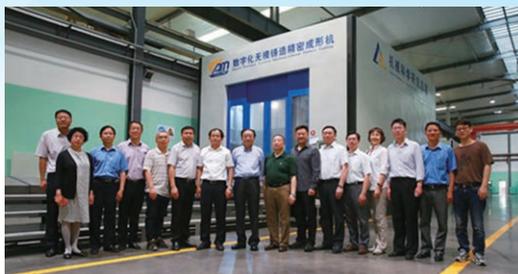
《2015年度中国制造强国发展指数报告》是基于中国工程院会同工业和信息化部等多部委联合组织开展的重大咨询研究项目“制造强国战略研究”所构建的指标体系,对我国2012-2014年制造强国进程进行研究形成的阶段性成果,报告基于前期大量数据

的收集整理及行业院士、专家的共同智慧编制,协会理事长单位机械科学研究总院作为课题承担单位负责该项报告的研究和编撰,并与中国工程院战略咨询中心联合发布。报告显示,2015年,中国制造强国综合指数位列全球第四,处于第三方阵前列。美国为第一方阵,德国、日本为第二方阵。同时揭示中国在制造强国之路上继续迈进,新常态下提高的步伐有所减缓,但

质量效益、结构优化以及持续发展三项指数我国仍有巨大提升空间。

机械科学研究总院将持续深入研究《中国制造强国指数年度发展报告》,根据制造业发展的新态势,不断优化相关指标及评价,为国家、政府及企业的科学决策提供参考,践行《中国制造2025》,支撑我国制造强国建设。T

国家智能制造装备发展专项“60万台/年中重型发动机缸盖数字化铸造车间”项目顺利通过验收



机行业提质增效,起到了良好的示范作用,同意通过验收。

该项目完成了车间型砂配置及造型制芯系

5月12日,由我会理事长单位机械科学研究总院和副理事长单位广西玉柴机器股份有限公司共同承担的2013年国家智能制造装备发展专项项目“60万台/年中重型发动机缸盖数字化铸造车间”顺利通过项目验收。

在验收会上,协会副理事长、广西玉柴机器股份有限公司梁清延副总裁、机械科学研究总院先进制造技术研究中心乔培新书记分别代表项目承

担单位致辞,梁清延副总裁汇报了项目建设与数字化铸造车间使用情况,协会常务副理事长、机械科学研究总院单忠德副院长汇报了项目完成情况与总结报告。验收专家对数字化铸造车间进行了现场验收,认为所建设的60万台/年中重型发动机缸盖数字化铸造车间达到项目批复要求,提高了劳动生产率和产品质量,成果已经得到进一步推广应用,对促进汽车发动

统、配料/熔化及浇注系统、铸件柔性清理系统、铸造表面缺陷自动检测系统、数字化铸造专家系统、数字化物流跟踪、生产决策管理系统以及数字化铸造环保系统的研制,实现从造型制芯到铸件清理全过程的数字化智能控制和生产过程的信息化管理,在主要性能参数和技术上达到国际先进水平。T

2016'智能装备与绿色制造 创新发展论坛在潍坊召开



6月16-18日2016'智能装备与绿色制造创新发展论坛在山东潍坊召开。本次论坛由中国机械制造工艺协会、山东省3D打印暨先进制造创新服务平台联合主办,同时得到潍坊高新区管理委员会、机械科学研究总院先进成形技术与装备国家重点实验室、潍坊光电创新创业服务中心、机械装备工业节能减排产业技术创新战略联盟、中关村未来制造业产业技术国际创新战略联盟、中国智能制造产业技术创新战略联盟等单位的大力支持。

17日上午,论坛开幕式在潍坊市东方大酒店举行,机械科学研究总院副院长,中国机械制造工艺协会常务副理事长单忠德研究员、潍坊高新区党工委副书记、管委会主任宋赤峰、潍坊高新区党工委委员、管委会副主任胡文星、潍坊市经信委副主任刘东、合肥工业大学副校长刘志峰教授、哈尔滨工业大学材料工程系主任刘钢教授、潍柴动力股份有限公司副总工程

师刘庆义研究员、一汽无锡柴油机厂副总工程师李建刚、上海航天精密机械研究所副所长李中权研究员、南京航空航天大学戴振东教授、南京神州航天智能科技有限公司支海波总经理等专家和领导以及来自中国机械制造工艺协会理事单位、会员单位代表,和潍坊市及潍坊高新区当地企事业单位代表约150人参加本次论坛活动。论坛开幕式由机械科学研究总院先进制造技术研究中心乔培新书记主持。

开幕式后,合肥工业大学副校长刘志峰教授作了题为《绿色制造-中

国制造业必由之路》的报告,从国内外的发展趋势介绍了绿色制造发展的重要性及研究内容。机械科学研究总院副院长、中国机械制造工艺协会常务副理事长单忠德作了题为《智能装备与数字化制造车间建设研究》的报告,介绍了智能制造装备、数字化制造车间国内外发展现状,智能制造典型案例及智能工厂的发展趋势。哈尔滨工业大学材料工程系主任刘钢教授作了题为《内高压成形技术与装备新进展》的报告,以丰富的案例介绍了内高压成形的特点和种类以及发展趋势。17日下午,论坛组织参会人员参观了山东省3D打印暨先进制造创新服务平台、潍柴动力工业园、盛瑞传动,了解了潍坊高新区制造行业企业发展情况,进行了现场交流,推动了企业间的合作交流。

本次论坛全面对接“中国制造2025”战略规划,研讨智能装备与绿色发展前沿及应用技术成果,秉承“智能、绿色、创新”理念,与会人员

代表共同交流各种新理念、新方法、新技术,进一步推动提升潍坊区域装备制造水平,促进智能装备制造技术、标准、产品和服务协同发展。**7**



单忠德常务副理事长会见美国机械工程师协会 (ASME) 副秘书长Michael Ireland一行

6月15日,单忠德常务副理事长在机械科学研究总院会见ASME副秘书长Michael Ireland、ASME会议活动部主任Timothy Graves、ASME北京代表处张强一行并进行了会谈。

会上,单忠德常务副理事长首先向来宾介绍了中国机械制造工艺协会和机械科学研究总院的概况,随后双方就2017年合作举办智能制造和绿色

制造国际会议进行磋商,并就有关工作达成一致意见。此次交流对于中国机械制造工艺协会和美国机械工程师协会未来开展深入合作奠定基础。

美国机械工程师协会(ASME)成立于1880年,在世界各地建有分部,是一个有很大权威和影响的国际性学术组织。ASME主要从事发展机械工程及其有关领域的科学技术,鼓励基础

研究,促进学术交流,发展与其他工程学、协会的合作,开展标准化活动,制定机械规范和标准。它拥有125000个成员,管理着全世界最大的技术出版署,主持每年30个技术会议,200个专业发展课程,并制订了许多工业和制造标准。**7**

(上接06页)

(2)完善绩效考核体系,建立人才激励机制

(3)加强高端人才引进,拓宽人才交流渠道

5.8 文化提升

继承和发扬行业优良的传统文 化,始终坚持以培育社会主义核心价值观为主线,加强企业文化中的精神文化、制度文化和物质文化三项基本建设,不断赋予体现时代精神的崭新内容。

(1)加强精神文化建设,大力提倡工匠精神

(2)加强制度文化建设,规范企业经营管理

(3)加强物质文化建设,全面提升企业形象

6 发展重点

“十三五”时期,机械工业要以提高质量和效益为中心,以问题为导

向,围绕“强基固本、锤炼重器、助推智造、服务民生”四大发展重点,努力实现我国机械工业“由大到强”的目标。

6.1 强基固本,奠定产业发展坚实基础

基础薄弱是长期制约我国机械工业发展的关键瓶颈问题,机械工业必须要强化基础、突破瓶颈、补齐短板,切实加强基础零部件、基础材料的研制以及基础工艺、基础共性技术的研究和开发,重点解决基础零部件、基础工艺和关键配套产品所需的专用生产和检测装备,奠定产业发展的坚实基础。

6.2 锤炼重器,提升重大技术装备水平

重大技术装备是国之重器,是国家综合实力的象征。“十三五”期间,机械工业一方面要继续推进重大技术装备的研制和突破,另一方面更为重要的是要对已取得突破的重大技术装

备千锤百炼,从“能做”向“做好、做精”转变,进一步提高重大技术装备的各项经济技术指标,在国际市场竞争中脱颖而出。

6.3 助推智造,加快智能制造装备研制

加快新一代信息技术的应用,推进智能制造战略实施,着力发展高档数控机床、工业机器人、自动化控制系统、智能仪器仪表、智能传感器等智能制造装备。

6.4 服务民生,切实提高人民生活质量

为满足人民基本生活需要、提高人民生活质量,加速全面建设小康社会目标实现,“十三五”时期,机械工业要重点发展先进高效农业机械、食品加工和包装机械、节能与新能源汽车、服务机器人、高性能医疗设备、先进环保装备,以及满足用户个性化需求的轻工纺织、制药、消费类电子等专用生产设备。**7**

关于数字化制造技术研发与推广的几点粗浅看法

宋天虎

专家简介: 宋天虎, 研究员级高工。历任哈尔滨焊接研究所工程师、总工程师、所长; 机械科学研究所所长; 机械工业部科技与质量司司长; 中国机械工程学会副理事长兼秘书长; 中国机械工程学会常务副理事长。现任中国机械工程学会监事长, 同时担任《机械工程学报》主编和全国科学技术名词审定委员会第二届机械工程名词审定委员会主任。曾获机械部科技进步一等奖, 国家科技进步二等奖, 并于2007年获中国焊接终身成就奖, 2011年获中国机械工程学会科技成就奖。享受国务院政府特殊津贴, 并被评为国家有突出贡献的中青年专家。

1 关于数字化制造的基本内涵

从狭义来看, 所谓数字化制造, 武汉理工大学周祖德教授及不少的专家学者们已有深入研究阐述。主要指的是在虚拟现实、计算机网络、快速成型、数据库和多媒体等先进技术的支持下, 根据用户的需求, 迅速搜集产品信息、工艺信息及其相关资源信息并进行分析、规划和重组, 进而实现对产品设计和功能的仿真以及原型制造并快速生产出达到用户要求的产品的整个制造过程。也就是说数字化制造实际上就是在对整个制造过程进行数字化描述而建立起来的并在数字空间中完成的产品制造过程。其目的就是使制造过程或制造系统中的力、热、声、振动、速度等物理量; 加工误差、位移等几何量以及对过程建模、控制规划、调度管理等有关计算问题和复杂问题这一系列的“事件”进行数字化表示、计算与推理, 最终使制造过

程或制造系统中的各种量值和各种信息实现可计算性和可控制性。可以看出, 数字化制造是制造科学和信息科学深度交叉融合的产物, 是制造技术现代化的最重要的体现之一, 现在数字化技术已经深入机械产品的制造过程之中, 数字化制造发展的必然趋势是网络化和智能化制造。

对制造设备和系统而言, 其控制参数均为数字信号; 对制造企业而言, 其各种信息(包括数据、图形、知识、技能等等)均以数字的形式通过网络在企业内部传递; 对全球制造而言, 用户通过数字网络发布需求信息, 各个企业则通过数字网络, 根据需求而优势互补、动态组合、迅速响应。进而敏捷的协调设计与制造出相应的产品。也就是说, 数字化制造是将制造过程的信息转变成计算机能够识别的信息, 进而进行加工和处理, 以支持制造过程的各种活动。

从产品全生命周期广义的角度

看, 它是在广域内形成的一个由数字织成的网, 其中个人、企业、车间、设备、经销商、服务商和市场已经成为网上的一个个结点。可见, 这些由产品在设计、制造、营销、服务这个产业链中所赋予的数字化信息已经成为制造过程最活跃的因素。其大致包括数字化设计与仿真、数字化工艺、数字化加工与装配、数字化控制、数字化生产管理、数字化远程运维修等六个阶段。这六个阶段的主要支撑技术如图1所示:

2 “数控一代”机械产品创新工程的战略意义

中国工程院院长、中国机械工程学会周济理事长在《“数控一代”机械产品创新工程》的战略意义和技术路线的学术报告中强调指出: 数控化也是全面创新机械产品的有效途径, 机械产品的创新主要有如下两种: 一是创新工作原理或者说工作装置; 二是



图1

创新运动的驱动和控制系统。

传统机械产品的构成如图2所示，包括动力装置、传动装置、工作装置。工作装置的创新是根本性的，极为重要。千百年来，人们一直在不断创造出各种新的机械，形成了适用于完成各



图2

数控化则是对于机械运动的驱动和控制系统的创新，数控机械产品的构成如图3所示。

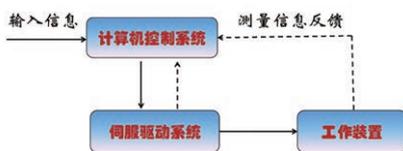


图3

其核心的技术路线是用伺服电机驱动系统取代传统机械中的动力装置与传动装置，更重要的是用计算机控制系统对机械运动与工作过程进行控制。数控技术的核心是数字化，是先进的信息技术与自动控制、机械制造技术相结合的集成技术，是机械产品创新的共性使能技术。数控技术的应

用引起机械产品本身的内涵发生根本性变化，使机械产品的功能极大丰富，性能发生质的变化，可以从根本上提高机械产品的水平和市场竞争力。

举例说明：江西工埠机械（GBM）是一家专业从事起重机械、港口机械、风力发电等设备所需要的永磁直驱机构研发、制造、销售的高科技企业（地处江西省樟树市）。其产品具有两个特点：一是实现并提供了起重机直接驱动的技术及产品；二是成为整机制造企业转型升级的合作伙伴。

2015年10月份，工埠机械“GBM无齿轮起重机”被工业和信息化部列入《首台（套）重大技术装备推广应用指导目录》。

综上，可以看到，对于驱动和控制系统的创新具有鲜明的特征和本质的规律，可以普遍运用于各种机械产品创新，可以引起机械产品的升级换代，引起机械工业的深刻变革。周济理事长强调指出：要着力推动政产学研有组织的协同创新，形成中国特色的“数控一代”机械产品创新体系，团结奋斗，努力完成这样一个伟大的创

新工程。

3 数字化网络化智能化制造是《中国制造2025》的重点主攻方向

经过改革开放三十多年的发展，至今中国机械制造产业有能力、有必要而且正在酝酿着一场深刻的变革。中国的千万家企业，应该积极顺应这一发展的态势，全力推进实施《中国制造2025》发展战略，调整企业定位，大力发展高端机械装备，积极推动产业转型升级，努力实现经济发展的中高速，积极迈向产业发展的中高端。

智能制造的内涵包括数字化网络化智能化制造，它是新一轮工业革命的核心技术，是世界各国全力争夺的技术制高点，为中国制造业结构优化和转变发展方式提供了历史性机遇，成为中国制造业“创新驱动、由大到强”的主攻方向。

制造业创新发展的内涵包括三个层面：第一，数字化网络化智能化是制造技术创新的共性使能技术，将革命性的提升制造业的设计、生产和管理水平；第二，数字化网络化智能化也是

实现机械产品创新的共性使能技术，使机械产品向“数控一代”和“智能一代”发展，从根本上提高产品功能、性能和市场竞争力；第三，数字化网络化智能化还是产业模式创新的共性使能技术，将大大促进服务型制造业和生产性服务业的发展，深刻地变革制造业的生产模式和产业形态。

在这里强调指出的是：机械产品的数字化网络化智能化是一种创新性共性使能技术，可以普遍运用于各种机械产品创新，引起机械产品的全面升级换代。

纵观全球实现产业结构调整 and 机械产品升级的历程，可以深入浅出的描述为“蒸汽一代”机械产品、“电气一代”机械产品、“数字一代”机械产品直至“智能一代”机械产品，见图4。

蒸汽技术使机械工业由人力制作时代进入机械化时代，电气技术使机械工业由机械化时代进入电气化时代，数字化技术正在使机械工业由电气化时代跃升为数字化时代，在可预见的将来，机械工业将由数字化时代进入智能化时代。可见“数字化”已从技术层面上升到了全球经济和社会发展的新高度。

4 工业发达国家目前仍然十分重视数字化技术的研发和应用

放眼各国，数字化技术至今仍不失其必要性和先进性，即使是工业发达国家，目前仍然十分重视数字化技术的研发和应用。

德国研究与创新专家委员会是德国政府设立的由资深专家学者组成的智囊团队，每年向政府提供评估报告。

就在2016年2月17日，该委员会向德国政府总理默克尔提交的年度评估



图4

报告认为，德国在发展数字化技术方面存在诸多“短板”，德国应当更加重视数字化技术的研发和应用，以在未来能更好地进行相关创新和创造就业岗位。该评估报告中指出，“德国政府过于重视适应性调整和捍卫德国的传统优势”，没有足够重视数字化带来的各种有决定意义的可能性。

德国大中小学也应充分重视与互联网和数字化相关的挑战，应将信息技术作为关键学科对待，“应在所有培训领域切实培养学生与数字技术和相关经营模式打交道的能力”。

专家委员会还指出，德国中小企业目前不擅长运用数字经济的经营模式。总体而言，在德国，企业规模越小，往往越不重视数字化技术。大多数中小企业低估了数字化变革的重要意义。

专家委员会的报告还特别提到数字化的机器人技术，认为德国虽然在工业机器人方面目前还处于国际领先地位，但在服务型机器人方面却存在不足。

专家委员会说，“人与物的互联日益扩展，将创造全新的行动空间。这一发展将给政界、经济界和社会提出巨大挑战。”为了更好地应对挑战，“德国政府需要反思”。

5 要全力推进以传统制造业为主体的供给侧数字化制造的转型升级

2015年12月5日全国工业和信息化工作会议在京圆满闭幕。会议强调

指出要下大力气抓好传统产业改造升级。由于我国传统产业规模体量大，在可以预见的未来仍是经济增长的主导力量，为此必须把传统产业改造升级摆在更加突出的位置。

众所周知，世界各国发展的历史充分表明了：工业稳，经济就能稳；工业强，国家就能强。鉴于上述，要着力推进以传统制造企业为主体的供给侧改革，除了要减少无效供给、创造新的供给以及扩大短缺供给之外，特别要加强改造落后供给，也就是要对传统产业进行数字化技术的管理理念的升级改造，提高机械产品的数字化技术含量和工艺水平，促进产业向中高端迈进，提高供给品质，满足消费者不断升级的现实需求。

大家知道，经过60多年的积累，我国已具有完整的产业体系和市场体系。当前，由于经济形势变化和自身存在问题的长期积淀，一些传统产业遇到了较大困难。经济能不能稳得住，当下主要取决于现有企业和产业能不能修复动力。要通过技术改造推动传统产业优化升级，盘活巨大存量资产，仍然是创造财富、推动经济增长的主要力量。

总之，我们一定要紧紧抓住以新科技革命为特征的这一历史机遇，我们一定能够走出一条“数字化、网络化、智能化”的高端发展道路，我们一定能够继续为中国现代化进程做出新的更大的贡献。7

云制造——服务型制造新模式

杨海成

杨海成，博士，教授，博士生导师。现任中国航天科技集团公司总工程师，北京神舟航天软件技术有限公司董事长，国家信息化专家咨询委员会委员，“十二五”国家863计划先进制造领域专家，智能制造专项专家组组长，国家制造业信息化工程专家组组长，中国机械工程学会副理事长，《计算机集成制造系统》杂志主编。

杨海成教授长期致力于应用信息技术改造和提升传统制造业，多年来一直从事制造业信息化、工业信息化、数字化制造等领域的研究，先后参加科技部、原国防科工委、工业和信息化部等部委信息化发展战略及有关规划的研究制定工作。杨海成教授先后主持完成国家科技攻关技术、国家863计划、国防型号预研等重大项目多项。发表学术论文100余篇，出版专著7部。

在制造业信息化和服务化的大背景下，针对传统的网络化制造模式的局限性，通过借鉴云计算的模式和技术，云制造这一网络化制造的新模式应运而生。云制造是在“制造即服务”理念的基础上，将云的思想渗透到制造全生命周期的重要环节，支持制造业在广泛的网络资源环境下，为产品提供高附加值、低成本和全球化制造的服务。云制造使面向服务的制造内涵更加丰富。

1 未来服务化制造的基本模式

作为国家实现工业化和现代化的主导力量，制造业成为衡量一个国家国际竞争力的重要标志。新中国成立以来，我国制造业获得了快速发展，增强了我国在全球化格局中的国际分工地位。从统计数据来看，我国制造大国的地位坚实而牢固，但我国离制造强国还有一定距离。要从制造大国迈向制造强国，实现中华民族伟大复兴大复

兴的中国梦，需要大力发展制造业。目前，我国制造业正处于从生产型向服务型、从价值链的低端向中高端、从中国制造向中国创造转变的关键历史时期。因此，对制造技术及制造模式的研究和实施是摆在我们面前刻不容缓的重要任务。在21世纪制造业全球化背景下，从传统“制造+销售”的生产型制造简单业态向“技术+管理+服务”的服务型制造复合业态转型，迈向价值链高端，是我国制造业发展的大趋势，同时也是实现我国机械制造业跨入世界先进行列的重要手段。

当前和未来一个时期，我国仍将面对复杂多变的国际环境和艰巨繁重的国内改革发展任务，制造业发展的内外环境也呈现出不同于以往的重要变化。全球产业格局正在进行重大调整，制造业重新成为全球经济竞争的制高点，各国纷纷制定以重振制造业为核心的再工业化战略，发达国家高端制造“逆回归”与中低收入国家争夺

中低端制造同时发生，我国制造业发展面临严峻的外部形势。

为应对新一代信息技术与制造业快速融合发展的趋势，各国纷纷出台了一系列新战略和新举措，如美国发布《先进制造业伙伴计划》、《制造业创新网络计划》，德国发布《工业4.0》，日本在《2014制造业白皮书》中重点发展机器人产业，英国发布《英国制造2050》等。2015年5月8日，中国出台制造强国中长期发展战略规划《中国制造2025》，全面部署推进制造强国战略实施，坚持创新驱动、智能转型、强化基础、绿色发展，加快从制造大国转向制造强国。

信息技术、新能源、新材料等重要领域和前沿方向的革命性突破和交叉融合，正在引发新一轮产业变革，将对全球制造业产生颠覆性的影响，并改变全球制造业的发展格局。特别是以物联网、大数据、云计算、信息物理系统、泛在连接和网络为代表的新的

一代信息技术与制造业的深度融合，将促进制造模式、生产组织方式和产业形态的深刻变革，智能化服务化成为制造业发展新趋势。为提升制造企业的综合竞争能力，中国正在开展一场以制造业信息化为特征的制造业变革，它是工业化与信息化的深度融合。与此同时，一批先进的制造技术应运而生，泛在连接和普适计算将无所不在，虚拟化技术、3D打印、工业互联网、大数据等技术将重构制造业技术体系。新一轮科技革命与产业变革给我国的制造业发展带来了重要机遇，在制造服务化的大背景下，云制造正在成为未来网络化、服务化制造的基本模式。

2 应“云”而生的云制造

云制造的理念最初是在2009年由李伯虎院士、张霖等人在《云制造——面向服务的网络化制造新模式》一文中率先提出，文中系统阐述了云制造的内涵/理论体系与技术框架等。云制造是先进的信息技术、制造技术以及新兴物联网技术等交叉融合的产品，是制造即服务理念 的体现。云制造强调利用信息技术整合各类制造资源，并通过虚拟化技术向用户提供标准化服务。通过制造云，用户可以像使用“水、电、煤气”一样，便捷地使用各种制造服务。

云制造具有三个方面的特点：资源整合，高效服务和多方共赢。在资源整合方面，云制造可以将分散的制造资源(如软件、数据、计算、加工、检测等)集中起来，形成逻辑上统一的资源整体，提高资源利用率、节省投资，极大地超越了单个资源的能力极限。云制造的实施将促进制造的敏捷化、服

务化、绿色化和智能化。

云制造与传统的制造系统集成方式不同。传统的制造系统集成技术是为解决“信息化孤岛”而生，面对软硬件结构等的动态变化，系统自适应能力较差，导致系统维护和扩展成本畸高，加上紧耦合的集成模式，不利于企业业务流程的调整和重组，缺乏可扩展性和灵活性整合。而Web服务和面向服务架构(Service-Oriented Architecture, SOA)为企业应用的松耦合集成提供了途径。云制造基于泛在网络，借助信息化制造技术、新兴信息技术、智能科学技术及制造应用领域技术等深度融合，使制造全系统及全生命周期活动中的各种要素及资源集成优化，进而优质、低耗、柔性地制造产品和服务用户。云制造是一种基于知识的网络化、敏捷化制造新模式和技术手段，由于制造应用运行在虚拟制造平台上，云业务的规模可以动态、敏捷伸缩。云制造支持用户在有网络的地方使用上网终端随时按需获取制造资源与能力服务，用户可以动态、敏捷地增减制造资源，进而智慧地完成其制造全生命周期的各类活动。在虚拟云制造系统上进行制造应用和业务运行，用户所请求的资源和能力来自于规模巨大的制造云池。

云制造引入了云计算的理念，是云计算在制造领域的落地与延伸。首先把制造资源汇聚起来，再经过虚拟化后以服务的形式提供给用户，制造资源概括起来分为五大类。第一类是与设计、制造及生产相关的软资源，包括CAD、CAE、PDM等软件资源。第二类是硬资源，包括生产用机床、试验用检测设备等与制作密切相关的资源，把这些资源整合后，发布到网上

去，需求者就可以高效、合理地进行使用。第三类是知识资源，包括设计、制造等相关知识。这些知识涉及多年实践积累下的知识与经验，以及研制过程所需的标准、规范、专利、情报、文献等。第四类资源是专家资源。第五类是与信息技术相关的云计算资源。

3 云制造的国内外发展

国外发达国家对云制造已开展了一些相关的研究。如欧盟第七框架于2010年8月启动了制造云项目(ManuCloud, Prject-ID: 260142)，总投资500多万欧元，目的是在一套软件即服务(software-as-a-service)应用支持下，为用户提供可配置制造能力服务。2013年，欧盟正式提出了“Cloud Manufacturing”(云制造)，并启动了一个项目，打算通过云制造向中小企业用户(SMEs)提供计算机辅助工艺规划(CAPP)。该项目由瑞典皇家理工学院牵头，瑞典、英国、希腊、德国和西班牙的4所大学、1家跨国制造公司和6个中小企业共同承担，旨在强调服务于产品全生命周期过程，支持中小企业高效配置和重新配置制造过程，支持产品定制化和变更，以适应快速变化的全球市场和更加苛刻的产品需求。美国在2000年搭建了目前世界上最大的制造能力交易平台MFG.COM，致力于为全球制造业伙伴提供更加快捷高效的服务。美国波音公司采用基于网络协同的制造服务外包的模式，组织全球40多个国家和地区的企业协同研发波音787，使研发周期缩短了30%，成本减少了50%。

在国内，云制造一经提出就受到国家部委的高度关注。鉴于云制造模

式对于支撑我国制造业转型的重要性，2010年云制造的研究得到科技部863计划的支持。863计划适时地提出了云制造服务平台关键技术研究的重大研究项目，有力地推动我国制造业信息化工作。目前全国约有五十家单位在该项目支持下开展云制造相关的研究与实践工作。

工信部已在16个省启动“工业云创新行动计划”，部分省市正开展云制造应用示范。例如：在集团企业云制造平台研发与应用示范方面，科技部设立了重大云制造专项，以航天两大集团公司和中小企业群的云制造应用为背景，开展关键技术、支撑平台及应用技术方面的研究。航天两大集团公司联合产、学、研、用等近50家单位，组成两个研制团队。目前，两个集团参与的项目均已取得阶段性成果，一期均已通过验收。在一期项目中，中国航天科技集团公司与一汽集团、宁波市以及天津大学、浙江大学等多所高校联合组成研发团队，开展了“大型复杂装备制造集团企业云制造服务平台研发及应用”项目的研究。

在中小企业云制造平台研发与应用推广方面，我国通过863计划、制造业信息化工程等计划部署了一系列研究课题，也形成了一系列应用平台，包括面向关中高新技术产业带、粤港渝陕、成德绵、浙江、北京地区等区域网络化制造系统，积累了大量的经验。北京神舟航天软件技术有限公司经过对宁波地区模具中小企业的深入调研，针对这些企业小而散的特点，为其量身打造了一个云平台。从行业内龙头企业到只有几台机床的个体户，都可进入“云端”，高效利用行业知识库的庞大信息资源。目前，云制造为当地制造产

业破解集群化发展瓶颈带去了曙光。

经过几年的发展，我国云制造阶段成果应用已初见成效，面向科研协作型集团企业云制造服务平台、面向生产协作型集团企业的云制造服务平台、面向轨道交通装备的集团企业云制造、支持产业集群协作的中小企业云制造等均已落地。佛山、北京、天津、宁波等正在实施智慧云制造。云制造为制造业信息化提供了一种崭新的理念与模式，给企业发展带来了可观的经济效益。

目前，云制造产业仍处于起步阶段，云制造模式逐渐被中国企业接受，但是云制造在实施中还面临新技术的很多共性问题。云制造的应用实施将是一个长期的阶段性渐进过程，发展云制造需要协调各方力量，加快突破核心关键技术，推广应用最新的科研成果。需要依靠政府、产业界、学术界等多方联合与共同努力。需要关注的问题主要有：通过应用需求牵引云制造系统建设、按复杂系统工程内涵实施云制造系统、重视企业产品全生命周期活动中的各类资源要素的集成优化、建立平台安全保障体系和统一的标准规范体系、发挥“政、产、学、研、金”的整体力量。

4 采用按需供应模式的云制造服务

随着全球经济一体化的日益发展，消费需求呈现出个性化、多样化的趋势，制造业和服务业出现互动融合、相互促进的现象，全球经济逐渐由产品经济向服务经济转变。当前，国际制造业正向着服务化、高效低耗、知识创新的方向发展，引领制造业产业升级的必将是制造业服务化的进程。

世界上很多知名的跨国企业集团原来都是集中在制造业领域，目前都已经实现了由传统制造向制造服务业的转身。

美国作为世界上的第一经济强国，就是有两个结构决定的。一是第三产业即现代服务业占三次产业的比重达到73%，一产、二产的比重非常小，都已经转移到国外，利用国外廉价的劳动力进行生产，再低价进口。主要集中精力发展服务业，靠服务业创造GDP、税收和就业。二是现代服务业中生产性服务业所占的比重也是73%，就是这两个73%奠定了美国世界第一经济强国的地位。

国内制造企业也尝试着类似的产业升级，由制造业向服务化的转型，其中不乏一些成功的案例。例如航天云制造应用服务运营中心，其基本职能是负责航天产品制造云平台的建设与运营，基础软硬件设施的建设与管理，以及对服务使用者的支撑与服务。

现代网络化先进制造技术与云计算、物联网等相结合所构建出的云制造服务模式，不仅可以实现资源的跨地区跨空间大规模配置，满足大规模复杂制造任务的需求，而且其专业化的服务平台可以实现大批量的资源匹配和信息检索，实现制造资源的智能化配置。云制造服务的按需供应模式是云制造区别于传统网络化制造的核心，它是对云制造环境下云制造服务平台、平台运营商、云服务用户、资源和服务提供方等要素及其交互机制、过程和关系的描述和规范，使云制造环境下的各要素可以有序地进行交互。云制造服务的按需供应模式旨在在不

（下转41页）

智能制造十大核心技术 十大系统内涵和对标

王至尧

专家简介: 王至尧, 中国空间技术研究院研究员, 中国科协特聘全国机械科学首席科学传播专家, 中国机械工艺协会高级顾问, 中国机械工程学会常务理事, 科普委员会副主任, 中国机械工程学会生物制造工程学会理事长。主要专业特种加工与航天器材料与工艺, 出版专著《电火花线切割工艺》, 主编《中、英、法、德、日、俄》特种加工术语词典, 《中国材料工程大典》——第24、25卷《特种加工成形工程》卷, 2007年获政府出版特别大奖, 编著《航天器材料与工艺》、《设计工艺性审查》、中国空间技术研究院神舟学院研究生教材《内部不对外》等。

1 智能制造含义

智能制造概念: 一般认为, 智能应该是知识和智力的总和, 前者是智能的基础, 后者是指获取和运用知识求解的能力。

智能制造概念是1988年出版美国纽约大学Prof.Wright 和卡耐基梅隆大学Prof.Bourne出版的《智能制造》一书中首先提出的。

所谓智能制造(Intelligent Manufacturing, IM)是指由智能机器和人类专家共同组成的人机一体化智能系统, 它在制造过程中能进行智能活动, 诸如分析、推理、判断、构思和决策等, 通过人与人、人与机器、机器与机器之间的协同, 去扩大、延伸和部份地取代人类专家在制造过程中的脑力劳动。

智能制造的典型特征是“状态感知——实时分析——自主决策——精准执行”, 如图1所示。

通常认为智能制造应当包含智能

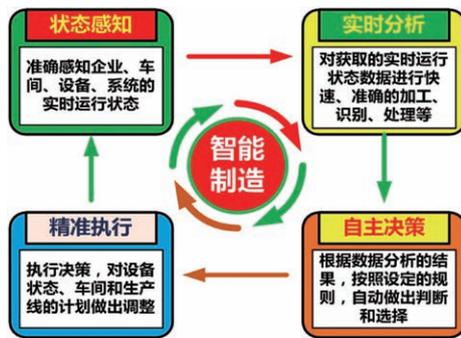


图1

制造技术和智能制造系统。

智能制造技术是在现代传感器技术、网络技术、自动化技术及人工智能基础上, 通过感知、人机交互、决策、执行和反馈, 实现产品设计过程、制造过程和企业管理及服务的智能化, 是信息技术与制造技术的深度融合与集成。

智能制造系统 不仅能够在实践中不断地充实知识库, 具有自学习功能, 还有搜集与理解环境信息和自身的信息, 并进行分析判断和规划自身行为的能力。

智能制造系统不只是“人工智能系统, 而是人机一体化智能系统, 是混合智能。

系统可独立承担分析、判断、决策等任务, 突出人在制造系统中的核心地位, 同时在智能机器配合下, 更好发挥人的潜能。机器智能和人的智能真正地集成在一起, 互相配合, 相得益彰。本质是人机一体化。

数字化工厂有别于智能工厂。德国工程师协会定义: 数字化工厂(DF)是由数字化模型、方法和工具构成的综合网络, 包含仿真和3D/虚拟现实可视化, 通过连续的没有中断的数据管理集成在一起。

数字化工厂(DF)集成了产品、过程和工厂模型数据库, 通过先进的可视化、仿真和文档管理, 以提高产品的质量和生产过程所涉及的质量和动态性能。

数字化工厂(DF)是智能工厂(IF)的基础, 但没有涉及智能化生产系统及过程研究。

2 智能制造的十大核心技术

智能制造的十大核心技术包括：赛博物理系统、人工智能、增强现实技术、基于模型的企业、物联网、云计算、工业大数据、预测与健康管理和混合制造、工厂信息安全。

2.1 赛博物理系统

赛博物理系统CPS (Cyber-Physical Systems), 是一个综合计算、网络和物理环境的多维复杂系统, 通过3C (Computing, Communication, Control) 技术的有机融合与深度合作, 实现大型工程系统的实时感知、动态控制和信息化服务, 让物理设备具有计算、通信、精确控制、远程协调和自治等五大功能, 从而实现虚拟网络世界与现实物理世界的融合。

CPS可以将资源、信息、物体以及人紧密联系在一起, 从而创造物联网及相关服务, 并将生产工厂转变为一个智能环境。

2.2 人工智能

人工智能AI (Artificial Intelligence), 它是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统。

它企图了解智能的实质, 并生产出一种新的能以人类智能相似的方式做出反应的智能机器, 该领域的研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。

2.3 增强现实技术

增强现实技术AR (Augmented Reality), 它是一种真实世界信息和虚拟世界信息“无缝”集成的新技术, 是把原本在现实世界的一定时间空间范围内很难体验到的实体信息(视觉、声音、味道、触觉等信息)通过电脑等

科学技术, 模拟仿真后再叠加, 将虚拟的信息应用到真实世界, 被人类感官所感知, 从而达到超越现实的感官体验。真实的环境和虚拟的物体实时地叠加到了同一个画面或空间同时存在。

增强现实技术, 不仅展现了真实世界的信息, 而且将虚拟的信息同时显示出来, 两种信息相互补充、叠加。增强现实技术包含了多媒体、三维建模、实时视频显示及控制、多传感器融合、实时跟踪及注册、场景融合等新技术与新手段。

2.4 基于模型的企业

基于模型的企业MBE (Model-Based Enterprise), 是一种制造实体, 它采用建模与仿真技术对其设计、制造、产品支持的全部技术的和业务的流程进行彻底的改进、无缝的集成以及战略的管理; 利用产品和过程模型来定义、执行、控制和管理企业的全过程; 并采用科学的模拟与分析工具, 在产品生命周期(PLM)的每一步做出最佳决策, 从根本上减少产品创新、开发、制造和支持的时间和成本。

2.5 物联网

物联网IT (Internet of Things), 物联网就是物物相连的互联网, 指通过各种信息传感设备, 实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程等各种需要的信息, 与互联网结合形成一个巨大网络。其目的是实现物与物、物与人, 所有的物品与网络的连接, 方便识别、管理和控制。

2.6 云计算

云计算CC (Cloud Computing), 是一种按使用量付费的模式, 这种模式提供可用的、便捷的、按需的网络访问, 进入可配置的计算资源共享池

(资源包括网络, 服务器, 存储, 应用, 软件, 服务), 这些资源能够被快速提供, 只需投入很少的管理工作, 或服务供应商进行很少的交互。

2.7 工业大数据

工业大数据IBD (Industrial Big Data), 是将大数据理念应用于工业领域, 将设备数据、活动数据、环境数据、服务数据、经营数据、市场数据和上下游产业链数据等原本孤立、海量、多样性的数据相互连接, 实现人与人、物与物、人与之间的连接, 尤其是实现终端用户与制造、服务过程的连接, 通过新的处理模式, 根据业务场景对实时性的要求, 实现数据、信息与知识的相互转换, 使其具有更强的决策力、洞察发现力和流程优化能力。

比其他领域的大数据, 工业大数据具有更强的专业性关联性、流程性、时序性和解析性等特点。

(说明, 因为对工业大数据尚未有成熟的定义, 本定义是在综合Gartner、IBM等对大数据的定义及李杰教授在《工业大数据》一书中的论述得出)

2.8 预测与健康管理和

预测与健康管理和 (PHM) (Prognostics and Health Management), 是综合利用现代信息技术、人工智能技术的最新研究成果而提出的一种全新的管理健康状态的解决方案。

一般而言, 预测与健康管理和 (PHM) 系统主要有六个部分构成: 数据采集、信息归纳处理、状态监测、健康评估、故障预测决策、保障决策。

2.9 混合制造

将3D打印(增材制造)技术与铣

削加工（减材制造）技术有机的结合起来，形成一种新型的制造模式。

通过混合制造可以有效借助增材制造的优势实现全新几何形状的加工，同时使增材制造技术不再只限于加工小型工件，加工效率也大幅得以提升。

2.10 工厂信息安全

工厂信息安全是将信息安全理念应用与工业领域，实现对工厂及产品使用维护环节所涵盖的系统及终端进行安全防护。

所涉及的终端设备及系统包括工业以太网、数据采集与监控（SCADA）、分布式控制系统（DCS）、过程控制系统（PCS）、可编程逻辑控制器（PLC）、远程监控系统等网络设备及工业控制系统的运行安全，确保工业以太网及工业系统不被未经授权的访问、使用、泄露、中断、修改和破坏，为企业正常生产和产品正常使用提供信息服务。

3 智能制造十大系统内涵和对标

智能制造融合了信息技术、先进制造技术、自动化技术和人工智能技术。

目前智能制造的“智能”还处于

Smart的层次，智能制造系统具有数据采集、数据处理、数据分析的能力，能够准确执行指令，能够实现闭环反馈；而智能制造的趋势是真正实现“Intelligent”，智能制造系统能够实现自主学习、自主决策，不断优化。所以，智能制造是一个系统工程。

3.1 系统工程思想及方法

(1) 系统工程核心思想

系统工程核心思想概括为8个方面：

- ① 综合集成→以依据产品设计任务书，跨学科集成；
- ② 迭代深化→产品型谱及同类产品国内外对标，三再（再设计再分析再验证）；
- ③ 集同工作；
- ④ 总体优化；
- ⑤ 放大细节→影响成效再放大→工艺文件精细化；
- ⑥ 定量控制→三个关键特性识别（设计工艺过程控制）；
- ⑦ 持续改进；
- ⑧ 快速成熟→固化→定型→升级→生产线→货架式产品。

(2) 产品型谱

产品型谱是产品工程的顶层规划和核心，规划了产品的发展和应用方

向，如图2所示。产品型谱应遵循总结过去，支撑现在，引领未来的基本原则。

(3) 系统工程方法论

系统工程方法论，可归结为“五个结合、五个转变”，即：定性性与定量相结合，由定性认识向定量认识转变；宏观与微观相结合，由实现宏观认识向微观认识转变；创新与规范相结合，技术活动由创新向规范化方向转变；人与计算机相结合，技术作业由人工作业向自动化作业转变；不确定性与确定性相结合，对系统风险的把握由不确定性向确定性方向转变。

3.2 智能制造十大系统内涵和对标

智能制造包括开发智能产品、应用智能装备、建立智能生产线、构建智能车间、打造智能工厂、践行智能研发、形成智能物流和供应链体系、开展智能管理、推进智能服务、最终实现智能决策。如图3所示。

智能产品与智能服务可以帮助企业带来商业模式的创新；智能装备、智能产线、智能车间到智能工厂，可以帮助企业实现生产模式的创新；智能研发、智能管理、智能物流与供应链可以帮助企业实现运营模式的创新；而智能决策则可以帮助企业实现

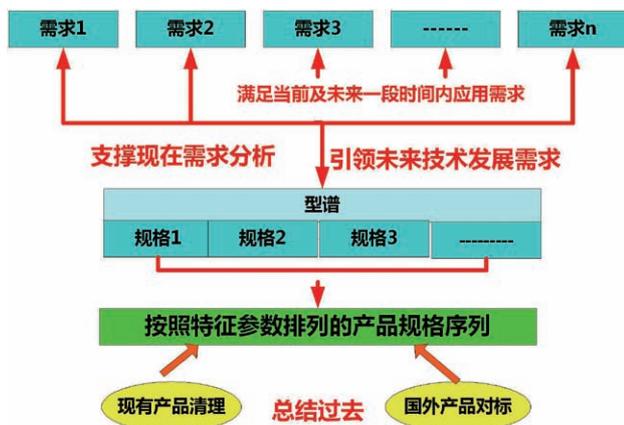


图2

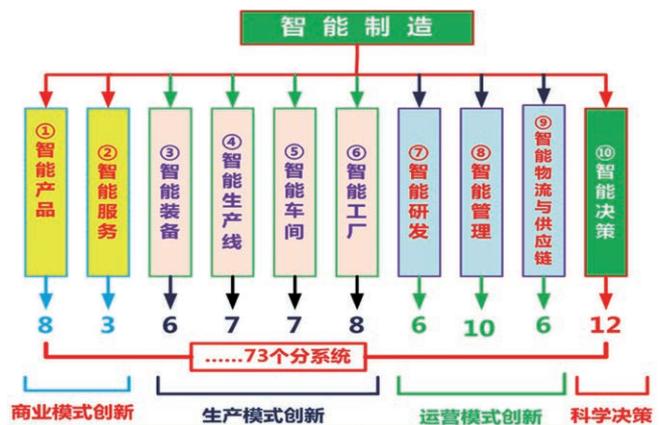


图3