



中国自动化学会通讯

COMMUNICATIONS OF CAA

主办：中国自动化学会

<http://www.caa.org.cn>

E-mail: caa@ia.ac.cn



ISSN 2151-335X



6 915920 700067

2013年6月

第2期

第34卷 总第171期

Contents



第34卷 第2期 总第171期 2013年6月

www.caa.org.cn

主办单位：中国自动化学会



主编的话

英国《经济学人》杂志在2012年4月推出了“第三次工业革命”的封面文章，认为3D打印技术将引发新一轮的“工业革命”浪潮，势必改变现有的生产制造模式并引领未来制造业的发展趋势。3D打印技术又称“加式制造技术”，利用计算机设计好的物体三维图形，采用分层加工、逐层堆积的方式逐层增加材料来打印真实物体。3D打印技术最重要的优点是可以生产传统加工方法难以制造的零件，不需要模具和机械加工就能够成型。3D打印机目前已经可以成功打印出形状复杂的工艺品、零部件、生物器官等产品。

为促进自动化领域的研究人员对3D打印技术的了解，《中国自动化学会通讯》2013年的第二期专刊关注的主题是3D打印技术。本期专刊共包含了5篇优秀的文章，在此向为本刊贡献稿件的各位专家表示衷心感谢。

中国科学院自动化研究所的王飞跃研究员全面综述了3D打印技术的发展历史、研究现状及面临的挑战，建议把社会计算和社会制造这两个密切相关的新兴领域有机地结合起来，并提出了社会制造平行运营和管理思想。亚洲制造业协会首席执行官、中国3D打印技术产业联盟副理事长兼秘书长罗军介绍了3D打印技术的历史背景，分析了3D打印产业的未来发展趋势，并介绍了中国3D打印技术产业联盟的情况。华南理工大学的杨永强教授以激光选区熔化技术为例概括介绍了金属3D打印设备与技术。中国科学院自动化研究所的吴怀宇博士阐述了智能数字化技术对3D打印产业的作用。

3D打印的兴起源于普通大众可以借助互联网和3D打印机即可进行个性化生产，并通过电子商务的方式将这些产品销售出去。3D打印技术满足了人们未来对自动化、智能化、网络化、个性化、快速化生产的需求。然而3D打印现在的市场规模还较小，与传统制造技术还存在差距，3D打印技术改变传统制造行业的路还很漫长。正如Autodesk公司主席Carl Bass所言：就像微波炉没有取代厨房里的其他厨具一样，3D打印不会因为任何理由而取代任何已经在制造业具有一定规模的技术。


刘德荣

专题

- 4 3D打印和社会制造：历史与未来
- 6 从社会计算到社会制造：一场即将来临的产业革命
- 21 正确认识和扶持3D打印技术产业发展
- 29 金属零件激光选区熔化3D打印装备与技术
- 38 智能数字化与3D打印：“中国智造”推动“全球第三次工业革命”

译文

- 46 3D打印：新的工业革命

新闻

- 54 中国自动化学会九届九次常务理事会在京召开
- 54 中国自动化学会微博直击第九届“自动化之光”公众科学日活动
- 55 2013年度CAA科技奖励评审结果公告
- 57 “2013中国自动化产业年会”在京隆重举行
- 58 Roberto Tempo教授做客“钱学森国际杰出科学家系列讲座”

本刊声明

为支持学术争鸣，本刊会登载学术观点彼此相左的不同文章。来稿是否采用并不反映本刊在学术分歧或争论中的立场。每篇文章只反映作者自身的观点，与本刊无涉。

录

Chinese Association of Automation

会员园地

- 59 第八届全国技术过程故障诊断与安全性学术会议成功召开
- 59 浙江省自动化学会第七次会员代表大会纪要
- 60 山东省自动化学会召开2013常务理事会会议
- 61 “两化”互动搭平台 创新驱动谋发展
- 64 第五届控制科学与工程前沿论坛在青岛召开

党建强会

- 65 抓住改革机遇 拓展学会功能 扩大科协影响
- 67 筑就民族复兴的“中国梦”



刊名题字：宋 健

编辑：中国自动化学会办公室

地址：北京市海淀区中关村东路95号 邮编：100190

电话：(010)6254 4415 E-mail:caa@ia.ac.cn

传真：(010)6252 2248 http://www.caa.org.cn

中国自动化学会通讯

Communications of CAA

编辑委员会

荣誉主编

戴汝为 CAA理事长、中国科学院院士、中国科学院自动化研究所研究员
孙优贤 CAA理事长、中国工程院院士、浙江大学教授

主 编

刘德荣 CAA常务理事、中国科学院自动化研究所研究员、复杂系统管理与控制国家重点实验室副主任

副主编

陈俊龙 CAA常务理事、澳门大学教授
张化光 控制理论专业委员会委员、东北大学教授

专题栏目

主 编

周东华 CAA常务理事、副秘书长、清华大学教授

编 委

蒋昌俊 CAA常务理事、同济大学教授
戴国忠 CAA理事、计算机图形学与人机交互专业委员会主任委员、中国科学院软件研究所研究员
张丽清 CAA理事、生物控制论与生物医学工程专业委员会主任委员、上海交通大学教授

观点栏目

主 编

孙彦广 CAA理事、副秘书长、冶金自动化研究设计院教授级高工

编 委

范 铠 CAA理事、仪表与装置专业委员会主任委员、上海工业自动化仪表研究院教授级高工
陈宗海 CAA理事、系统仿真专业委员会主任委员、中国科技大学教授
张文生 计算机图形学与人机交互专业委员会秘书长、中国科学院自动化研究所研究员

新闻栏目

主 编

陈 杰 CAA常务理事、副秘书长、北京理工大学教授

编 委

熊范纶 CAA理事、农业知识工程专业委员会主任委员、中国科学院合肥物质科学研究院研究员
李艳华 CAA理事、遥测遥控专业委员会主任委员、中国航天科技集团公司第704研究所研究员
郝 宏 系统复杂性专业委员会秘书长、中国科学院自动化研究所高级工程师

译文栏目

主 编

刘 民 CAA理事、名词委员会主任委员、清华大学教授

编 委

王庆林 CAA理事、北京理工大学教授

会员栏目

主 编

张 楠 CAA专职副秘书长、办公室主任

编 委

孙长银 CAA理事、青年工作委员会主任委员、北京科技大学教授
王兆魁 平行控制与管理专业委员会秘书长、清华大学副教授

3D打印和社会制造：历史与未来

王飞跃

中国科学院自动化研究所 复杂系统管理与控制国家重点实验室，北京 100190

2012年底，我与同事赴美考察了十余个3D打印和社会制造的相关公司，亲身经历使我深感到精确地把握这一新兴行业的现状与随之即来的发展是一项困难的任务。因此，这里我只能回顾历史，展望未来，抛砖引玉。

二百多年前，瓦特发明了蒸汽机，拉开了近代工业革命的序幕。实际上，瓦特只是改进了蒸汽机的设计；在他之前，其他的工程师和科学家都曾制出过各种工业蒸汽机，最早甚至可以追溯到公元一世纪古希腊数学家希罗（Hero of Alexandria）发明的气转球。

回顾历史，蒸汽机的真正作用其实不在于一种省力的机器，而是在于使机械动力驱动成为主流的社会理念和主要的开发手段。正是这一理念，使人类社会真正地从以开发地表资源为主的农业社会，一步跨入了以开发地下资源为特征的工业社会。

二十年前，MIT的三位研究生萌生了利用普通打印机进行3D打印的想法。今天，许多人认为3D打印机能像二百年前的蒸汽机一样，引发甚至其本身就是第三次工业革命。其实，3D打印与之前的快速成型、快速制造技术一脉相承，目前都是走向加式制造的主要途径和工具，其思想可回溯到一百多年前法国的照相雕塑（Photosculpture）和美国的地貌成形（Topography）等专利技术，甚

至回追到远古时代的房舍构建技术。

然而，正如蒸汽机促成第一次工业革命是通过引发人类理念的变革而完成的，3D打印机要催生新的产业革命，也必须通过诱发新的人类理念转化来实现。问题是：新的理念是什么？

我们认为，这一新的理念如果不直接是社会制造，也一定与社会制造直接相关。社会制造将使得传统的企业转变为能够主动感知并且响应用户大规模定制需求的智能企业，其核心就是主动、实时地将社会需求与社会制造能力有机地衔接起来，从而有效地实现需求和供应之间的相互转化。为此，我们必须把社会搜索、社会计算、社会制造等相关的新兴领域有机地结合起来，将互联网、物联网和物流网与3D打印机组成的社会制造网无缝地连接，通过众包等方式使社会民众充分参与产品的全生命制造过程，促成个性化、实时化、经济化的生产和消费模式，形成新的产业革命。

正如Google依靠大规模的计算机服务器阵列满足人们信息搜索的需求，从而改变人类生活与工作方式一样，我们可以设想未来的3D打印机组成大规模的社会制造阵列，实时方便地满足人类对各种个性化产品的物质需求，使生活和产业中的“长尾效应”常态化，进而更加深刻地改变我们生活的社会；这就是为什么3D打印将改变我们的

注：本文发表于2013年第9卷第4期《高科技与产业化》，在此处转载。

世界，这就是为什么社会制造将带来一场产业革命的真正原因。

具体而言，3D打印技术可使生产制造从大型、复杂、昂贵的传统工业过程中分离出来，凡是能接上电源的任何计算机都能够成为灵巧的生产工厂；人类将以新的方式合作进行生产制造，制造过程与管理模式将发生深刻变革，目前的制造格局必将被打破。显然，作为今日世界的制造大国之中国将面临严峻的挑战，西方媒体甚至直白地宣称：“天将变了”，“未来的制造业将再次回流到先进发达国家”，“美国制造，出口中国”的新时代即将来临！就连美国总统奥巴马也在上月的国情咨文讲话里特别地强调3D打印技术，全国上下将其视为拯救美国制造业的希望之光。

我们认为，与信息行业的发展历程相比较，快速成型相当于上世纪60年代的专用和大型计算机，而3D打印机则是上世纪70年代的个人PC和苹果台型计算机。令人担心的是，我们在这一新兴领域目前所处的地位，差不多就是半个世纪前我国在世界信息行业所处的地位！

显然，我们必须尽快补上3D打印这一课，但我们切不可忘记信息行业在个人计算机出现之后浪潮般的发展进程：Microsoft的快速崛起，还有随之而来的Oracle, Yahoo, Amazon, eBay, Google, Facebook, Twitter, 国内的百度、阿里巴巴、QQ和微博等等。以目前的情况判断，3D打印机的核心价值必将展现于社会制造的发展与成熟。社会制造对于制造行业而言，就是信息行业中从Microsoft至Amazon再到Google和Twitter的一体化合成，可视为虚拟网络世界与真实物理世界的首次完美结合。因此，在关于3D打印机之大量媒体渲染的背后，社会制造才应当是我们关注的要点，否则，我们可能错失良机，一误再误，代价将难以估量。

在社会制造的环境中，消费者与企业通过网络世界能够随时随地参加到生产流程之中，社会需求与社会生产能力将实时有效地结合在一起，“想法到产品（Mind to Product）”，“需求就是搜索，搜索就是制造，制造就是消费”将成为现实。最终意味着生活和产业中的“长尾效应”之常态化。因此，社会制造必将极大地刺激社会需求，同时有效地提升整个社会的参与程度，其直接结果就是社会就业率的大幅度提高。而且，加速发展社会制造产业，不但能够解除我国长期在模具和材料工业落后受制于人的不利局面，还可以使我国蓬勃发展的社会媒体和网络文化得到进一步的升华，使其成为促进社会经济科学发展的有力工具：从被动到主动，从消极到积极。一言蔽之，社会制造对于提高我国制造业的竞争力、加速产业升级和转型、扩大社会内需、繁荣国家经济，具有至关重要的战略意义。

希望像蒸汽机一样，3D打印机能够通过社会制造的理念和实践，使人类社会再一次从以开发地下资源为主的工业社会，一步跃入以开发“地上”数据和智力资源为特征的“智业”社会，充分发挥人类共同的智力，使数据真正地成为驱动和支撑大数据时代社会发展的“石油”和“黄金”矿藏。

参 考 文 献

- [1] 王飞跃，从社会计算到社会制造：一场即将来临的产业革命，中国科学院院刊，第27卷，第6期，658-669页，2012年。

从社会计算到社会制造：一场即将来临的产业革命

王飞跃

中国科学院自动化研究所 复杂系统管理与控制国家重点实验室，北京 100190

摘要：通过社会计算，社会制造可以使得传统的企业转变为能主动感知并且响应用户大规模定制需求的智能企业。社会制造的关键就是主动、实时地将社会需求与社会制造能力有机地衔接起来，从而有效地实现需求和供应之间的相互转化过程。为此，必须把社会计算和社会制造这两个密切相关的新兴领域有机地结合起来，将互联网、物联网和物流网与3D打印机组成的社会制造网络无缝连接，通过众包等方式使社会民众充分参与产品的整个制造过程，促成个性化、实时化、经济化的生产和消费模式，形成新的产业革命。

关键词：3D打印，加式制造，社会制造，社会计算，网群运动组织，平行系统

1 引言

源自快速成型和快速制造,以3D打印技术为核心手段的加式制造(Additive Manufacturing),被许多人认为是一项将要改变世界的“破坏性”新技术,已引起全球性的关注。2012年3月,英国《经济学人》杂志就此以“第三次工业革命”为主题,宣称3D打印技术即将引发新一轮的“工业革命”浪潮,并认为生产制造将从大型、复杂、昂贵的传统工业过程中分离出来,凡是能接上电源的任何计算机都能够成为灵巧的生产工厂;人类将以新的方式合作进行生产制造,制造过程与管理模式将发生深刻变革,目前的制造格局必将被打破:“未来的制造业将再次回流到先进发达国家”。

在过去的几个月,包括《纽约时报》在内的多家美国媒体持续就3D打印技术的新进展及应

用进行报道,以详实的案例为佐证,直白地宣称“天将变了”,“美国制造,出口中国”的新时代即将来临!众多由年轻创业者发起且具有鲜明创意的加式制造企业,落户于以虚拟经济著称的纽约曼哈顿城区。2008年该地引发了世界性的经济大滑坡,然而,这些企业仍保持快速发展,拉动了萧条的经济。据美国商务部国际贸易管理局最近发布的报告,纽约城区2011年的出口额居全美之冠,从2010年的850亿美元上升到2011年的1050亿美元,创历史新高。

目前,我国在高精小型3D打印机的生产方面几乎是空白,仅有几家海外产品的代理。如何应对这一局面,是我国制造业乃至整个国家层面所必须认真考虑的重大问题。近期有关部门已经加大了对一些特定领域的快速成型与制造技术的支持力度;对于3D打印与加式制造,许多部门和企业亦表现出了极大兴趣。

注：本文发表于2012年第27卷第6期《中国科学院院刊》，在此处转载。

我们认为：快速成型和3D打印机是加式制造行业的重要组成部分，正如计算机之于信息行业。以信息行业的发展历程来讲，快速成型相当于20世纪60年代的专用和大型计算机，而3D打印机则是20世纪70年代的个人PC和苹果台型计算机。令人担心的是，我们在加式制造这一领域目前所处的地位，差不多就是半个世纪前我们在世界信息行业所处的地位！

显然，我们必须尽快补上快速成型和3D打印机这一课，但我们切不可忘记信息行业在个人计算机出现之后浪潮般的发展进程：Microsoft的快速崛起，还有随之而来的Oracle, Yahoo, Amazon, eBay, Google, Facebook, Twitter, 国内的百度、阿里巴巴、QQ和微博等等。以目前加式制造的发展情况判断，3D打印机之后，必将是社会制造的迅猛发展。社会制造对加式制造行业而言，就是信息行业从Microsoft至Amazon再到Google和Twitter的一体化合成，可视为虚拟网络世界与真实物理世界的首次完美结合。因此，在关于快速成型和3D打印机之大量媒体渲染的背后，社会制造才应当是我们关注的要点，否则，我们可能将错失良机，一误再误，代价难以估量。

在社会制造的环境中，消费者与企业通过网络世界能够随时随地参加到生产流程之中，社会需求与社会生产能力将实时有效地结合在一起，“想法到产品（Mind to Product）”，“需求就是搜索，搜索就是制造，制造就是消费”将成为现实。因此，社会制造必将极大地刺激社会需求，同时有效地提升整个社会的参与程度，其直接结果就是社会就业率的大幅度提高。一言蔽之，社会制造对于提高我国制造业的竞争力、加速产业升级和转型、扩大社会内需、繁荣国家经济，具有至关重要的战略意义。

加速发展社会制造产业，不但能够解除我国长期在模具和材料工业落后受制于人的不利局面，还可以使我国蓬勃发展的社会媒体和网络文

化得到进一步的升华，使其成为促进社会经济科学发展的有力工具：从被动到主动，从消极到积极。在这一方面，社会计算研究将发挥关键性的作用，从专注社会舆情分析到满足社会经济需求，为社会制造的发展与成功提供有力保障。

2 从减式制造到加式制造：历史与现状

加式制造是相对于减式制造而言的，二者过去都不是严格意义下的制造专业术语。所谓减式制造，即通过模具、车铣等机械加工技术与工具将原材料转化成产品的工艺过程与设备的总称，其特征为利用缩削、减少材料来生产部件。自古以来，减式制造就是人类生产的主要方式，更是现代制造工业的基础。

近十年来，随着快速成型、快速制造、3D打印等技术的成熟与普及，加式制造已成为日益风行的制造专业术语。在很多文献中，将加式制造等同于3D打印技术；但实际上3D打印只是实现加式制造的一种方式。加式制造的主要特征就是利用逐层增加材料的方式生产各种产品，无须模具，因此也被称为无形制造技术（简称FF或FFF）。

2009年，美国材料与试验协会成立了加式制造标准委员会（ASTM F-42），开始制定标准术语并研发相应的工业标准。在该委员会颁布的第一项标准（F2792-10）中，加式制造被简洁地定义为：

“基于3-D模型数据，通常采用与减式制造技术相反的逐层叠加的方式，结合材料来生产物品的过程。”

实际上，加式制造的思想也是自古有之。从远古时期至今，房舍楼宇的构建技术始终体现了加式制造的思想。工业时代早期，就有许多加式制造的技术和专利出现。根据美国学者

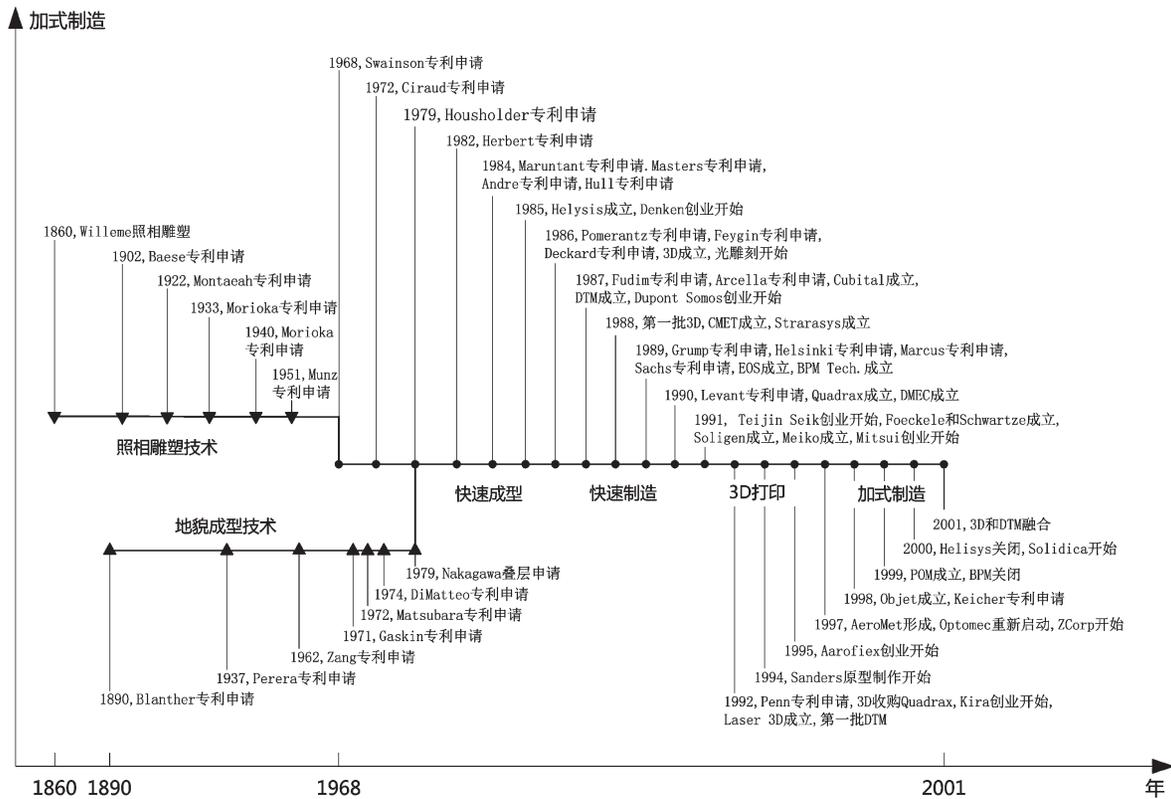


图1 加式制造的早期技术年史

所查出的世界上相关加式制造专利和技术，图1展示了加式制造的早期发展历史。由此图可以看出，现代加式制造有两个源头：照相雕塑（Photosculpture）技术和地貌成形（Topography）技术，分别始于1860年法国人Willeme的多照相机实体雕塑专利和1890年美国人Blather的分层应急地貌图专利（图2）。我们认为，照相雕塑更接近从3-D模型数据产生物体的过程，因此更能体现加式制造的思想。特别是1951年Munz的专利，十分清楚地展示了现代立体印刷（Stereolithography）的特征（图2c）。

现代加式制造技术直接起步于1968年Swainson的专利、1972年Ciraud的专利和1979年Housholder的专利（图3），开创了激光三维聚合成形、直接粉末沉积和粉末激光烧结等加式制造技术。一般认为，1972年德国人Ciraud提出的利用激光能量光束进行粉末沉积，实现分层叠加成形的技术，

是世界上第一个成功的现代加式制造过程。从20世纪80年代起，各种各样的加式制造技术大量出现，并在许多领域里进行了创造性的应用，形成今天的加式制造，特别是3D打印技术的新局面。

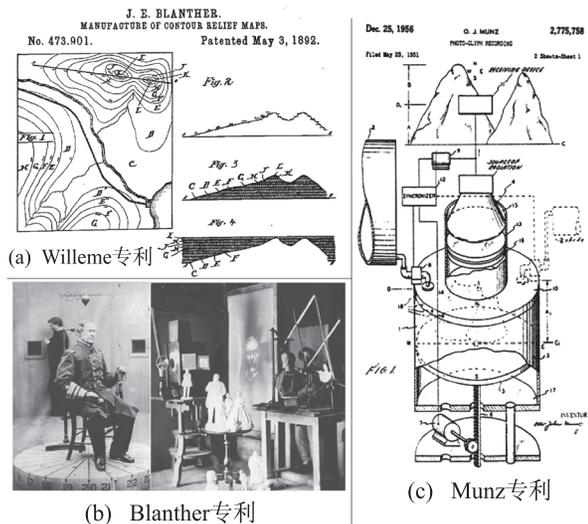


图2 加式制造的源起专利

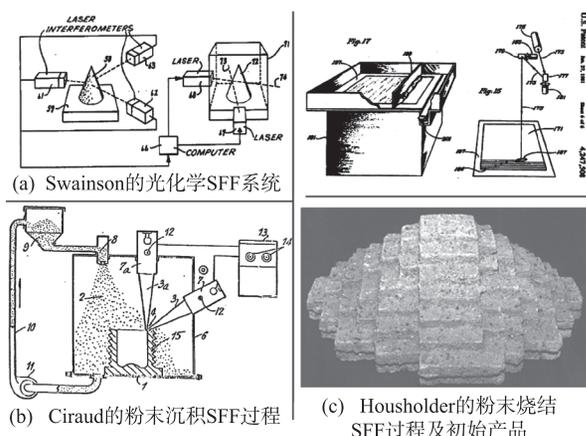


图3 现代加式制造的起步

根据2009年美国的Wohler报告，2008年全球加式制造市场规模约为12亿美元。至2011年，这一市场规模超过25亿美元，其中设备和材料的直接销售为5亿美元，在卖出的加式制造机器中，90%为生产基于聚合物的部件和模型的3D打印机。

文献和数据都表明，加式制造已从早期快速成型发展成为具有广泛应用前景的新型制造技术，而且被许多专家认为是一种革命性的制造技术。目前，加式制造已在武器装备、空间系统、飞机部件、医用器件、电子电路以及家用电器及装饰，甚至服装与艺术设计等领域发挥了十分显著的作用，成为高附加值产品的核心制造技术。因此，加式制造对于时下的产业升级和世界经济的发展，至关重要！

3 3D打印技术的应用、挑战与应对

毫无疑问，目前3D打印是加式制造的主体和研发应用的前沿，这也是为什么多数专业与非专业的讨论中都把3D打印与加式制造技术等同的原因所在。然而，无论是从逻辑角度还是从手段而言，都应把3D打印看成是实现加式制造的一种途径，特别是加式制造本身与纳米制造和未来的原子制造有着更深刻的内在关联，因此也有更长的

发展阶段和更大的发展空间（图4）。不过，在未来的10年甚至20年里，我们几乎可以把3D打印与加式制造等而视之。

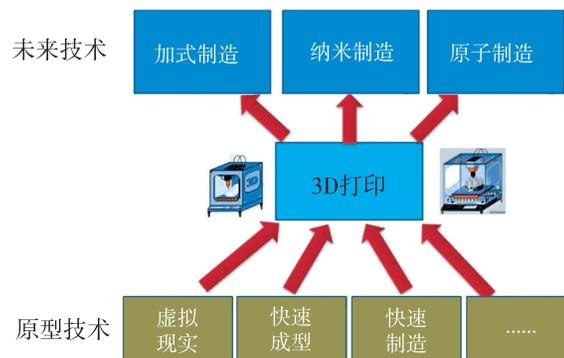


图4 3D打印与加式制造

表1给出美国科技政策研究所就3D打印技术按过程、主要厂商、所用材料和典型市场进行的初步调查结果。一般而言，对3D打印过程和设备的分类主要是根据下列特性：

- (1) 所使用的材料
- (2) 制造部件的速度
- (3) 生产部件的精度和表面质量
- (4) 生产部件的材料特性
- (5) 机器和材料的成本
- (6) 与操作复杂性相关的安全性和可适性
- (7) 其它性能如多颜色、易回收等

目前，3D打印主要应用于小批量生产以及小尺寸、高价值、高复杂度和高难度部件等的制造，从而消除制造过程对部件模具和机器工具的需求，实现降低成本、缩短工期的目的。3D打印的市场可粗分为原型制造、工具制造、直接部件制造和部件维修等。

目前，3D打印仍面临着许多技术上的挑战，美国2011年的Wohlers报告和IDA综述将主要问题归纳为以下7个方面：

- (1) 材料的刻画
- (2) 材料的研制
- (3) 过程控制问题

表1 3D打印技术类型与属性

工艺过程	公司	材料	市场
Vat Photopolymerization	3D Systems (US), Envisiontec(Germany)	Photopolymers	Prototyping
Material Jetting	Objet (Israel), 3D Systems (US), SolidScape (US)	Polymers, Waxes	Prototyping Casting Patterns
Binder Jetting	3D Systems (US), ExOne (US), Voxeljet (Germany)	Polymers, Metals, Foundry Sand	Prototyping, Casting Molds, Direct Part
Material Extrusion	Stratasys (US), Bits from Bytes, RepRap	Polymers	Prototyping
Powder Bed Fusion	EOS (Germany), 3D Systems (US), Arcam(Sweden)	Polymers, Metals	Prototyping, Direct Part
Sheet Lamination	Fabrisonic(US), Mcor(Ireland)	Paper, Metals	Prototyping , Direct Part
Directed Energy Deposition	Optomec(US), POM(US)	Metals	Repair,Direct Part

- (4) 过程的建模与分析
- (5) 机器的验证与标准
- (6) 机器的模块化构造与组合
- (7) 设计工具与软件

除了对这些技术上的挑战之外，欧美日等国还兴起了许多综合性的研发课题与方向。如：

- (1) 能源和电子器件
- (2) 奇特结构
- (3) 轻质结构与部件
- (4) 三维扫描成像
- (5) 生物医学打印技术
- (6) 环境影响与冲击

尽管美国在3D打印的整体技术上领先全球，但在基础研究设施、研发组织和政府支持上，欧盟明显领先。首先，欧盟在政府研发方面的投入

要大于美国（不计不公开的国防军事投入），著名的大型合作项目包括英国的加式制造创新中心、欧盟第六框架项目大航空航天组件快速生产Rapolac（Rapid Production of Large Aerospace Components），全程专注航空航天的SMD（Shaped Metal Deposition）技术等。其次，欧洲工业界也主动组织形成3D打印产业群，开发加式制造的市场。一度形成原始创新技术源于美国，但其后的研发和应用及商业化却是由欧盟等国家完成的局面。

近几年来，美国明显加大加快了对3D打印技术研发的组织力度，但仍然是以企业和大学及科研机构等半政府半民间的组织为主导力量。2009年，以美国相关大学为主的“加式制造路线（RAM）研讨会”就未来5-10年的技术发展进行

了广泛的讨论，并发表了较有影响的路线图研讨报告。根据这一报告的建议，由爱迪生焊接研究所（EWI）牵头于2010年成立“加式制造共同体AMC（Additive Manufacturing Consortium）”，试图将相关的制造商与供应商同大学与研究机构联结成为一个互动良性促进发展的生态组织，共同解决3D打印技术中还存在着的大量问题。AMC目前已有30余家企业、研究所、大学、军方和政府等机构成员，以金属材料的加式制造技术为主，每季度活动一次。目前，AMC整合EWI及其成员的设备、技术和专业知识，初步构成了一个分布式、网络化的加式制造“国家实验平台中心NTBC（National Test Bed Center）”。AMC和NTBC的使命就是提高3D打印加式制造技术的成熟度，促进相应的产业投资，在全美范围内将这一新兴的制造方式早日转化为主流的制造方式。自2011年起，AMC每年都向其会员发布加式制造的现状报告。此外，近3年来美国政府、军方及企业还多次组织了3D打印技术的有奖挑战大赛，希望以此加速相关技术的发展、应用和普及。

4 从社会计算到社会制造：产业革命的基础与动力

2012年9月19日，著名科技杂志《Wired》的主编Anderson以危言耸听般的标题“The New MakerBot Replicator Might Just Change Your World（新的MakerBot Replicator或将改变你的世界）”描述了新型3D打印机的进展情况。根据该报道，MakerBot公司新推出的低端3D打印机Replicator 2的价格仅为2199美元，高端的Replicator 2X也只有2799美元；并且，几年后价格可能会降到99美元；届时，每个人都将拥有3D打印机，比计算机还要普及。在2011年美国加式制造现状的许多报告中，3D打印的个人使用和世界范围的应用已被列

为最新的发展趋势。

这意味着什么？为什么说这将改变我们的世界？

这意味着“长尾效应”常态化将在生活和产业中成为现实，意味着个性化的规模化和经济化，意味着社会制造时代的来临：在这个时代里，社会需求将同社会制造能力实时无缝地衔接，搜索就是制造，搜索就是生产，搜索就是消费。原因十分简单，减式制造依靠规模生产降低成本，但绝大多数的需求并不需要规模生产，属长尾范围，过去只能由手工制作或归为奢侈品来满足，而现在可以通过3D打印技术高质量且经济地解决。3D打印成本的下降和应用的普及，意味着加式制造的Microsoft、Oracle、Yahoo、Amazon、Google、QQ、阿里巴巴、Facebook、Twitter和微博时代的到来。正如Google依靠大规模的计算机服务器阵列来满足人们信息搜索的需求，从而改变人类生活与工作方式一样，我们可以设想未来的3D打印机组成大规模的制造阵列，实时方便地满足人类对各种个性化产品的物质需求，进而更加深刻地改变我们生活的社会，这就是为什么3D打印将改变我们的世界，这就是为什么社会制造将带来一场产业革命。

至今，人们尚未对社会制造的确切含义进行深入的探讨，我们不妨从国外二个典型的社会制造公司入手，考察其内容和意义。

Shapeways：该公司于2007年创立于荷兰，后将总部移至美国纽约市，至今已获数千万美元的风险投资。2012年10月，该公司位于纽约皇后区的“未来工厂”投入运营。“未来工厂”里的机器，就是50台工业3D打印机，通过Facebook和Twitter等社会媒体，接受客户的各种产品的三维设计方案，并在数天内完成产品的打印生产，然后寄送给客户。同时，该公司还为商家和设计者设立平台，使他们可以利用公司的3D打印机生产并

销售自己设计或收集的产品，目前该公司已有近15万个平台会员，6000余设计者，至2012年6月20日，已经打印了100多万个3D产品。

Quirky：该公司于2009年成立于美国纽约，至今已获近亿美元的风险基金，创始人Ben Kaufman今年仅25岁。Quirky的特色是众包：公司通过Facebook和Twitter等社交媒体接收公众提交的产品设计思路，并由公司的注册用户进行评论和投票表决，如此每周挑选出一个产品进行3D打印生产，参加产品设计和修正过程的众包人员可分享30%的营业额。公司还进一步将众包设计改进的过程同时转化为通过社交媒体来推荐相应产品的过程，创造性地拓展了销售市场。目前，该公司每年仅生产60种产品，产品的提交费由最初的99美元降至现在的约10美元，公司的注册用户每月以20%的速度增长，已达6.5万人，而网上社区注册用户达26万。2012年公司有望今年获利100万美元，已向发明者支付了200多万美元的授权

费。Quirky的一个成功例子是一位中学生所设计的“Pivot Power”插线板，今年已获50万美元的净收入，该中学生的收入超过5万美元。

可见，社会制造最大的特色就是消费者可以将需求直接转化为产品，即“从想法到产品”，并使得任何人都能通过社交媒体和众包等形式参与其设计、改进、宣传、推广、营销等过程，并可以分享其产品的利润。简言之，社会制造就是利用3D打印、网络技术和社会媒体，通过众包等方式让社会民众充分参与产品的全生命制造过程，实现个性化、实时化、经济化的生产和消费模式。

在社会制造的环境下，大批3D打印机形成制造网络，并与互联网、物联网和物流网无缝连接，形成复杂的社会制造网络系统，实时满足人们的各种需求（图5）。

搜索是社会制造的核心，其实质内容就是社会计算，传统的企业将转变为能主动感知并且响

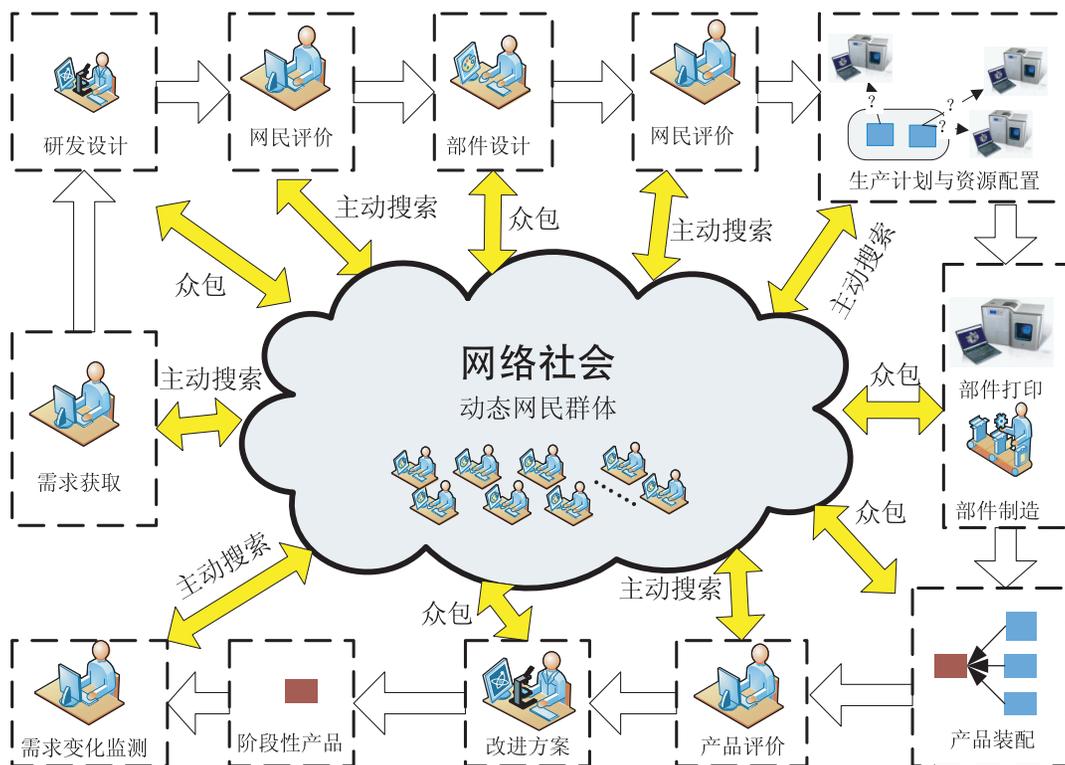


图5 社会制造的网络与过程

应用户大规模个性化需求的智能企业，否则无法生存。

社会制造的关键问题就是如何主动、及时地将社会需求与社会制造能力有机地衔接起来，从而有效地完成从需求到供应之间的相互转化过程。为此，我们必须实现从社会计算到社会制造的转换，将两个密切相关的新兴领域有机地结合起来。网络空间和社会媒体的环境，不但是催生这两个领域的基本条件，更为完成相应的整合任务提供了有利的保障。

首先，社会计算为社会制造提供了主动及时地掌握社会需求的必要手段，从而能够在大数据的时代环境下直接用数据考察研究各类问题。其次，社会制造涉及人的行为与需求，对许多问题由于时间、经济、法律和道德上的原因无法进行传统的实验，而社会计算能够以计算实验的方式弥补这一缺陷。最后，社会计算的平行管理与控制为落实社会制造的运营和支持各种决策提供有效的操作平台。

特别是，作为目前社会制造的核心手段之众包，也正是社会计算目前的核心研究内容。众包源于中国的“人肉搜索”现象，可以被认为是工程化的“人肉搜索”，而“人肉搜索”是社会化的众包，两者是从不同角度认识的同一概念。一

般而言，社会民众可以通过“人肉搜索”的独立方式寻求满足自己需要的社会制造企业，而企业可以通过众包的方式有效地完成产品的提出、设计、评价和营销等任务（图6 a）。图7给出通过“人肉搜索”或众包的方式完成从社会需求到社会制造的过程。

在此基础上，我们还进一步提出网群运动组织CMOs（Cyber Movement Organizations）的概念（图6 b）来刻画动态网民群体，从而能够精确地满足社会制造的各种需要。CMO的概念源自社会学的社会运动组织（SMO）和网络促生的SMO(即CeSMO)，对于社会制造而言，可以直接将CMO解释成客户运动组织（Customer Movement Organization）。掌控相关CMO，将是实现从社会需求到社会制造之间有效转化的关键所在（图6 c）。将来，一个社会制造企业能否成功，一定取决于其掌控CMO的手段和能力。

总之，社会计算是社会制造在3D打印技术之后，整合 Microsoft、Oracle、Yahoo、Amazon、eBay、Google、百度、阿里巴巴、Facebook、Twitter、QQ、微博等理念与实践的关键，是社会制造成为未来智能生产企业之基础的必由之路。只有在社会制造过程中，真正地嵌入社会计算方法，加式制造才能真正完成一场伟大的产业革命。

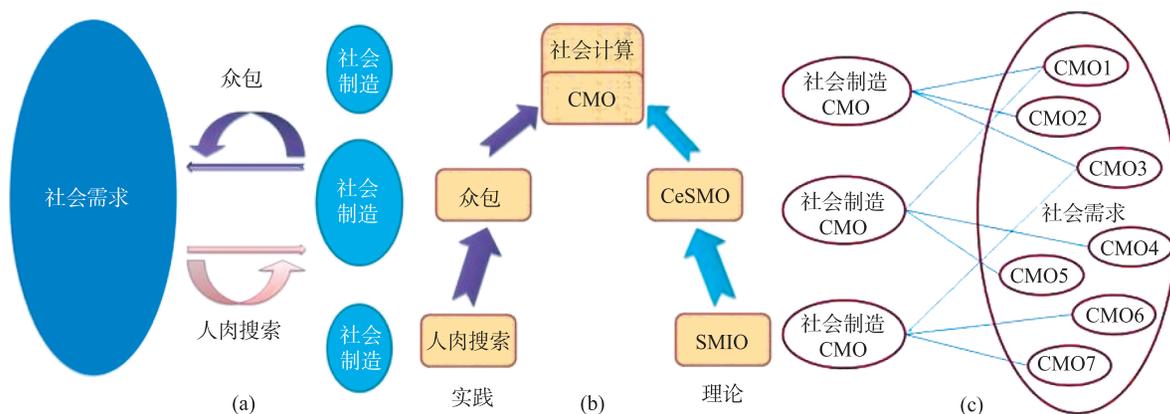


图6 网群运动组织CMO、社会需求、社会制造

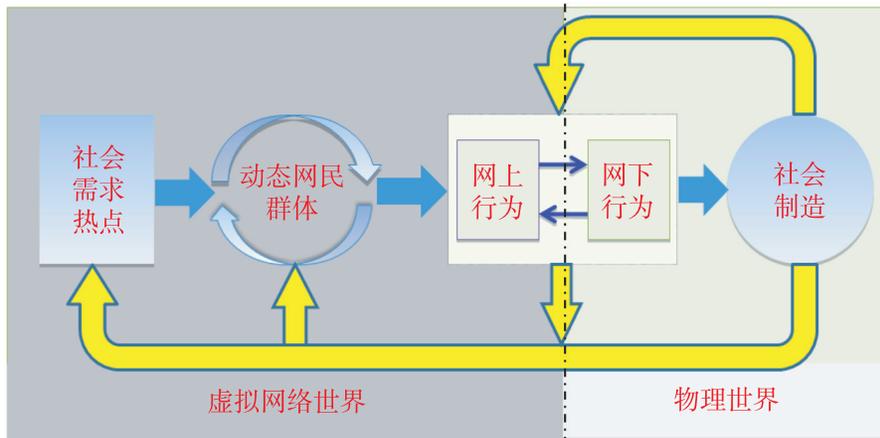


图7 基于CMO的社会需求与社会制造能力转换

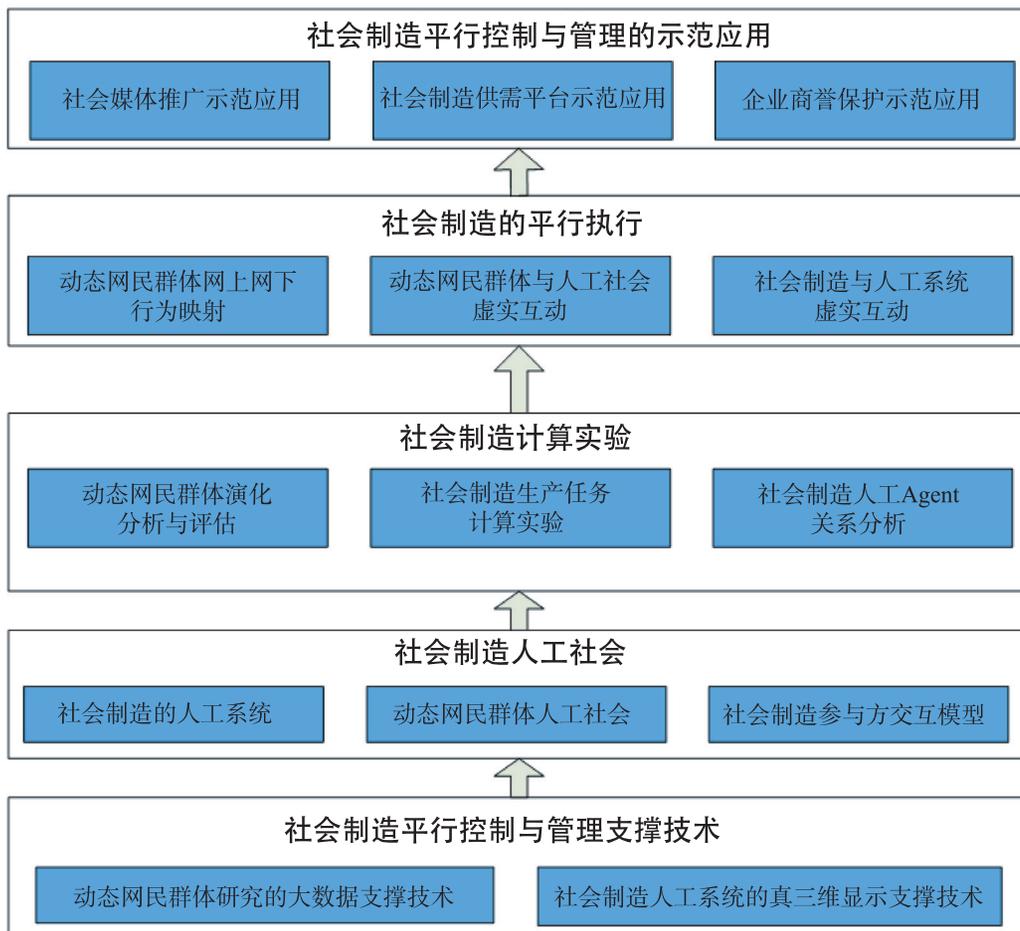


图8 社会制造的平行控制与管理研究框架

5 社会制造的平行运营与管理

尽管社会制造企业仅有短短几年的历史，但正如Anderson所指出的，相对传统的制造方式，社

会制造企业其生产过程具有3个鲜明的特性：

(1) 免费的多变性 (Variety is Free)：把每个产品做的不同与把它们做成同样之间无成本的差异。

(2) 免费的复杂性 (Complexity is Free) : 像打印一个简单塑料方块一样便宜且方便地打印一个具有精巧小组件和繁琐细节的产品。

(3) 免费的柔韧性 (Flexibility is Free) : 在生产过程开始后, 改变一个产品只是意味着程序的简单改变。

必须指出的是, 这3个加式制造的免费特性, 要在传统制造中获得, 须付出很大的代价。

然而, 这些品质也将不可避免地使真正的社会制造过程变得极其动态、多样、复杂并且不确定。因此, 我们需要新的理念、系统和方法来管理和运作社会制造企业, 这就是提出社会制造平行运营和管理的原因。

基于针对复杂系统的ACP (人工系统 + 计算实验 + 平行执行) 理论, 图8给出社会制造的平

行控制与管理系统的研究框架。这一框架以社会制造企业和承载网群运动组织CMO的互联网为对象, 以现代物流网络为支撑, 以3D打印加式制造设备为依托, 形成一类支持集设计、生产、制造、推介、消费为一体的新型智能制造产业模式。这对于我国生产企业降低成本、提高利润, 进而提高我国制造业中的整体竞争力、实现产业升级具有重要意义。

社会制造的平行控制与管理系统主要由5部分组成, 简介如下。

社会制造的人工社会

图9给出社会制造的人工系统架构, 主要包括: 社会制造中网群运动组织CMO的人工社会构建; 社会制造的人工系统构建; 社会制造参与各

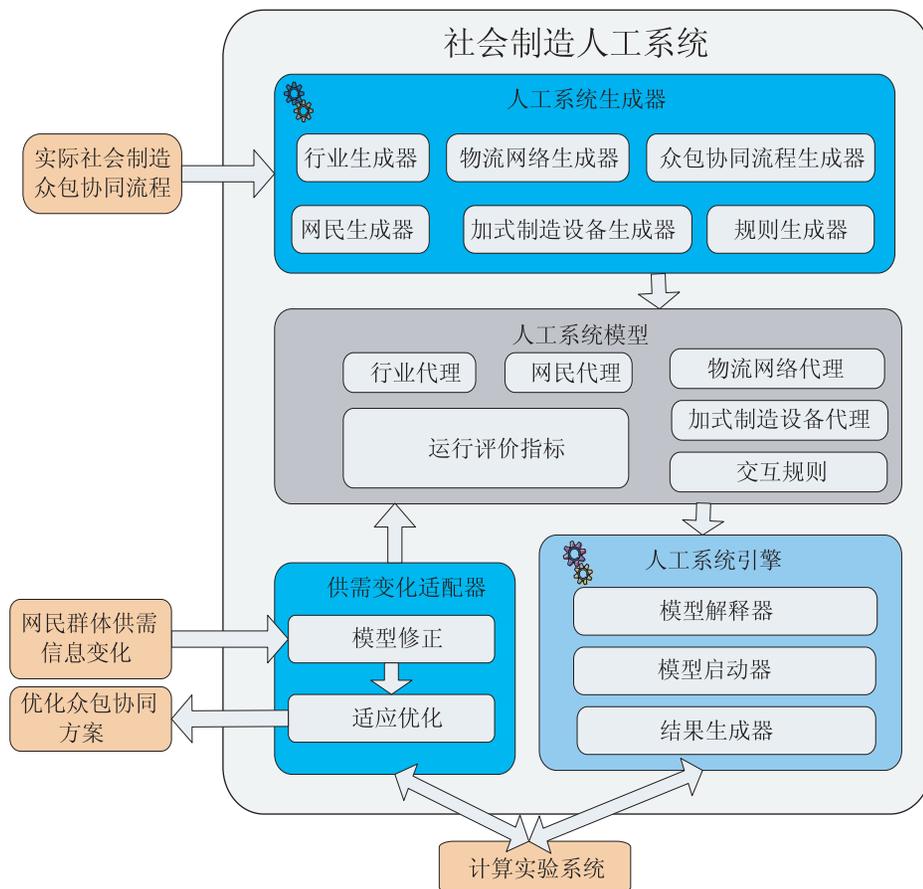


图9 社会制造的人工系统架构

方的交互模型。这里的主要任务是建立需求热点和相关CMO网上网下行为的演化模型，并研究其复杂网络结构特性与社会媒体信息传播机制间的关系，从而为社会制造的控制与管理提供决策依据。

社会制造的计算实验

图10描述社会制造中的计算实验过程，主要包括：生产任务的计算实验，生产全过程的优化跟踪、分析评价、动态演化，CMO的演化分析与评估，CMO对突发事件的动态响应模拟及预处理模拟；CMO的管理机制与策略的分析与评估，探索网络社会中热点形成机理及发展规律，3D打印制造分布协作机制评估与性能分析；3D打印制造分布协作机制对突发事件的动态相应模拟及预处理机制模拟，3D打印制造负载均衡与批量优化方法，物流过程优化与跟踪方法，等等。

社会制造的平行执行

图11描述社会制造中的平行执行过程，主要内

容包括：社会制造人工系统与实际系统的虚实互动机制，网络社会与真实社会的互动调节与反馈机制，CMO人工系统与实际系统之间的互动调节与反馈机制，分布式协作的3D打印人工系统与实际系统的互动调节与反馈机制等等。主要任务包括：研究CMO与真实社会交易行为的相互影响与反馈机理；社会制造中虚实系统的互动演化和反馈调节，为真实社会中基于CMO的社会制造决策提供支持。

社会制造的支撑技术：云计算、物联网、大数据

由于存在于社会媒体上的CMO涉及大数据的动态性、多样性、虚实交互性、复杂性和不确定性等特点，如何从大数据中获得有用的信息，并从中挖掘出CMO的一般规律是一个极其具有挑战性的问题。我们必须以物联云计算的手段，采用机器学习、数据挖掘、模式识别、人工智能等领域的理论、技术、方法，研发可计算的智能社会媒体数据信息处理的机制，进而支撑处理CMO的计

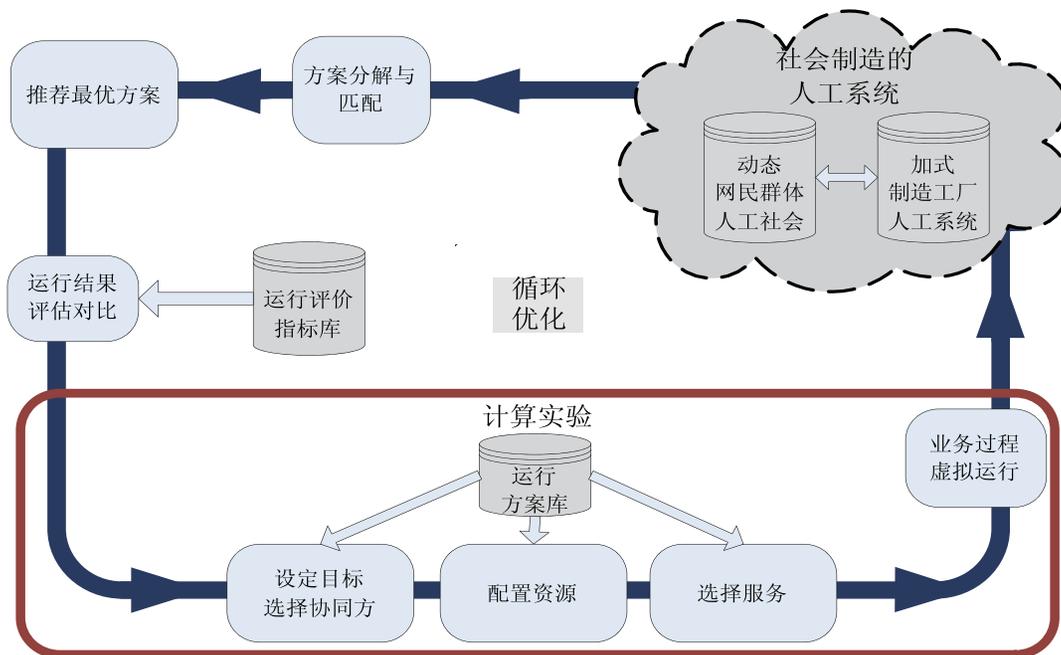


图10 社会制造的计算实验

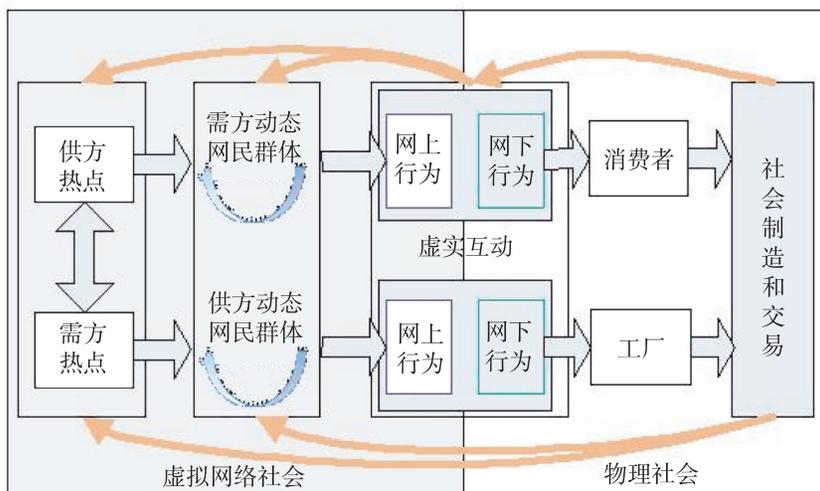


图11 社会制造中的平行执行过程

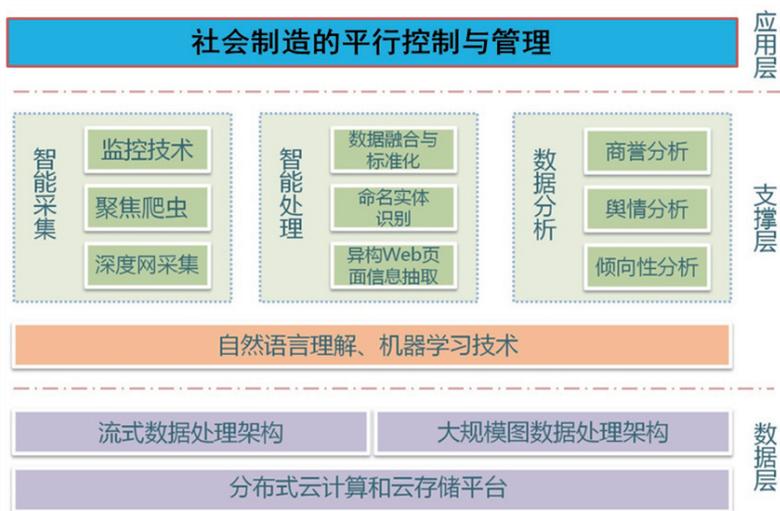


图12 社会制造的大数据处理

算模型。主要研究内容如图12所示。

社会制造的系统设计

图13和图14分别给出面向服务的社会制造平行系统之体系结构和运营框架，描述了各个层次结构及其功能。

6 回顾与展望

2007年，在参加编写《中国至2050年先进制

造科技发展路线图》的过程中，加式制造引起了我们的注意，但当时由于专家意见不一致，特别是人力、物力和时间的缺乏，只能将加式制造作为实验室的一个跟踪课题予以关注。2010年，我们向有关部门提出将社会制造作为重点方向立项的建议，但最终的决策是首先加强快速成型系统的研发与完善。2011年，中国科学院复杂系统管理与控制国家重点实验室获国家批准成立，我们即决定将社会计算与社会制造有机地结合，作为国家重点实验室新的研究方向，以此重新组织我

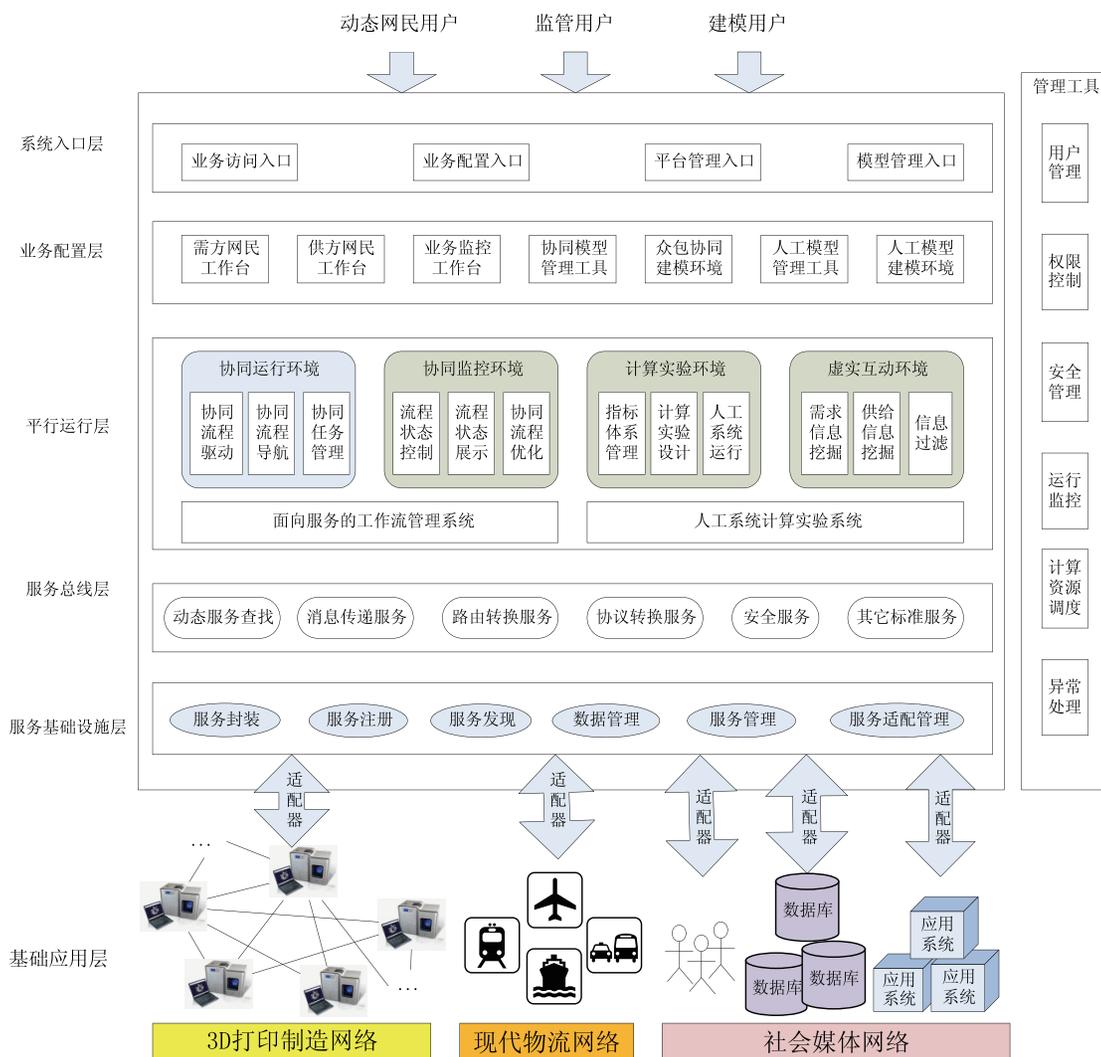


图13 社会制造的平行控制与管理体系统结构

们在控制和自动化领域的力量，重塑我们在该领域的传统影响。之后，实验室成立了以年轻科研人员为主的社会制造攻坚团队，配合相关企业，研发从社会计算到社会制造的核心方法和系统平台。

然而，3D打印技术和社会制造的发展速度却大大超过我们的预期。以目前的国际发展态势，我们必须立即大力度大规模地启动社会制造的研发和产业化进程，否则就难以保持我国目前在制造业的优势和地位，无法维持我国的竞争力，更

难以实现真正的产业升级和转型。

很明显，社会制造是计算机和互联网引发的信息革命之后的又一场产业革命，而且是一场虚实结合的革命，其规模和速度都将是前所未有的，意义重大，并更具挑战性。这场革命对从业人员的素质与专业水平以及运营环境的要求都与我们现行的教育科研和产业管理体制有明显的冲突。如不认真应对，轻则可能发生西方国家所期望的制造业从中国等发展中国家向发达国家回流的现象，重则严重影响中华民族复兴的伟业。

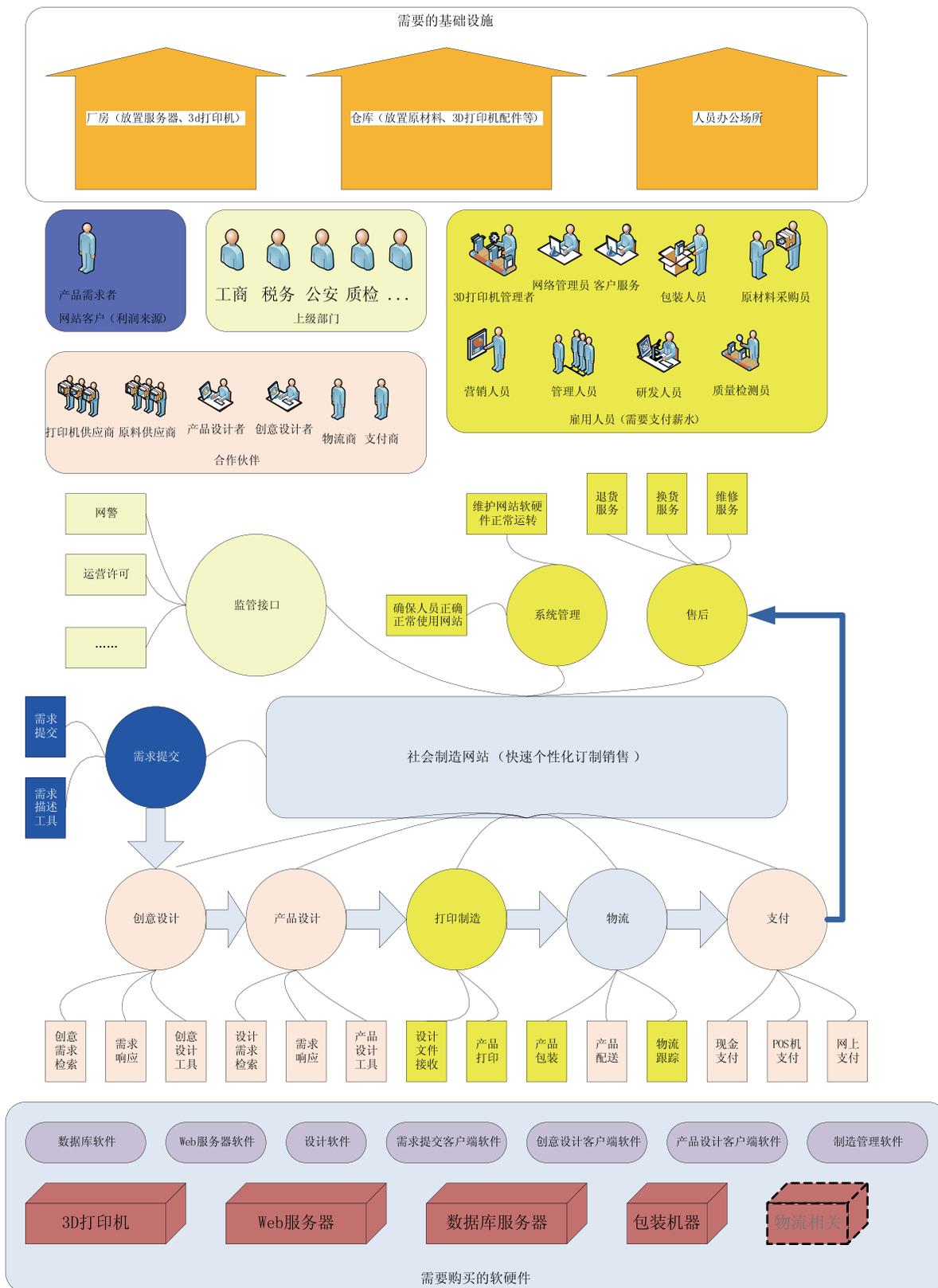


图14 社会制造系统的运营架构

致谢

本项工作得到了中科院复杂系统管理与控制国家重点实验室社会制造团队和中国人民解放军总装备部有关人员的大力支持，在此深表感谢。

参 考 文 献

[1] 王飞跃, 加式制造与智能产业: 3D打印、人肉搜索、社会计算与社会制造, 中科院社会计算与平行管理中心报告, 2009年.

[2] 王飞跃, 刘建军等, 3D打印与加式制造现状报告, 2012年.

[3] 王飞跃, 社会计算与社会制造, 2011年.

[4] David Bourell, et al, A Brief History of Additive Manufacturing: Looking Back and Looking Ahead, RapidTech 2009: US-Turkey Workshop on Rapid Technologies, 2009.

[5] Justin Scott, Nayanee Gupta, Christopher Weber, Sherrica Newsome, Additive Manufacturing: Status and Opportunities. Science and Technology Policy Institute, March 2012.

[6] David Bourell, et al, Roadmap for Additive Manufacturing: Identifying the Future of Freeform Processing, at Austin, TX, 2009.

[7] Thomas Campbell, et al, Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing. Washington, DC: Atlantic Council, 2011.

[8] Andy Christensen, Additive Manufacturing Is Changing Surgery. Paper read at U.S. Frontiers of Engineering Symposium, September 19, 2011, at Mountain View, California, 2011.

[9] Terry Wohlers, Wohlers Report 2011: Additive Manufacturing and 3D Printing, State of the Industry. Ft. Collins, CO: Wohlers Associates, 2011.

[10] C. W. Fink, "An Overview of Additive Manufacturing, Part I." AMMTIAC Quarterly no. 4(2): 7-11, 2009.

[11] H. Lipson, "The Shape of Things to Come: Frontiers in Additive Manufacturing." In Frontiers of Engineering, edited by NAE, 33-44. Washington, DC: National Academies Press, 2011.

[12] Gibson, I., D.W. Rosen, and B. Stucker. 2010. Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. New York: Springer.

[13] President Obama to Announce New Efforts to Support Manufacturing Innovation, Encourage Insourcing. March 9, 2012. Available from <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2012/03/09/president-obama-announce-new-efforts-support-manufacturing-innovation-en>

[14] Lavallee, Dave. New Printer to Make 3D Models at URI College of

Pharmacy. <http://www.uri.edu/news/releases/index.php?id=5711>, 2011.

[15] Hopkinson, Neil, Additive Manufacturing: Technology and Applications. Loughborough, UK: British Educational Communications and Technology Agency, 2010.

[16] 王飞跃, 从一无所有到万象所归: 人工社会与复杂系统研究[N]. 科学时报; 2004

[17] 王飞跃, 社会计算: 科学? 技术? 人文, 中国科学院院刊, 2005年9月, Vol.20, No. 5

[18] 王飞跃, 平行系统方法与复杂系统的管理和控制, 控制与决策, Vol.19, No.5, pp: 485-489, 2004

[19] 王飞跃, 知识产生方式和科技决策支持的重大变革--面向大数据和开源信息的科技态势解析与决策服务, 中国科学院院刊, 第3期, pp: 527-537, 2012

[20] 王飞跃, 基于社会计算和平行系统的动态网民群体研究, 上海理工大学学报, 第33卷, 第1期, pp: 8-17, 2011.

[21] Fei-Yue Wang, Toward a Paradigm Shift in Social Computing: The ACP Approach IEEE Intelligent Systems, Volume 22, Issue 5, Sept.-Oct. 2007 Page(s):65-67.

[22] Fei-Yue Wang, Parallel Control and Management for Intelligent Transportation Systems: Concepts, Architectures, and Applications, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.11, No.3, pp.630-638, 2010.

[23] Fei-Yue Wang, Social Manufacturing and Intelligent Enterprises: From Cyber-Physical Systems to Cyber-Physical-Social Systems, The 25th International Conference on Industrial, Engineering and Applications of Applied Intelligent Systems □ Dalian, Liaoning, June, 2012.

[24] 王飞跃, 自动化与智能产业--从社会计算到社会制造, 2012年全国第十七届自动化应用技术学术交流会, 吉林市, 2012年8月.

[25] Fei-Yue Wang, From Social Computing to Social Manufacturing: A New Frontier in Cyber-Physical-Social Space, The 2nd International Conference on Social Computing and Its Applications, Xiangtan, Hunan, 2012.

[26] 中科院先进制造战略研究组, 中国至2050年先进制造科技发展路线图, 科学出版社, 2009年.

[27] 张杰, 王涛, 王晓, 王飞跃, 社会运动组织与网群运动组织, 浙江大学出版社, 2012年.

[28] 商秀芹, 刘建军, 王飞跃等, 社会制造的平行控制与管理, 浙江大学出版社, 2012年.

[29] 秦蕊, 刘建军等, 3D打印机与加式制造: 现状与发展, 浙江大学出版社, 2012年.

[30] 王飞跃等, 社会制造发展路线图, 2012年.

正确认识和扶持3D打印技术 产业发展

罗 军

3D打印为何突然热起来

2012年，是世界3D历史上值得记忆的一年。首先要感谢美国总统奥巴马，感谢英国经济学人杂志。3D打印一下子突然间有这么热，他们是幕后重要的“推手”。

2012年，处于全球经济衰退阴影中的人们普遍处于忧郁、失落与彷徨之间，特别是欧美发达经济体，一直没有搞明白，这世界怎么就变天了，就不再属于我们的了？全球经济何时复苏？失业人口何时能够获得新的就业机会……

在经济持续低迷的时刻，“3D打印”横空出世，犹如一剂强心针，让大家对未来充满着期待。

2012年3月9日，美国总统奥巴马在卡内基梅隆大学宣布创立美国“制造创新国家网络”计划。这项由美国联邦政府和工业部门共同斥资10亿美元，遴选出制造领域15项前沿性、前瞻性的制造技术，建立15个制造业创新中心，以全面提升美国制造业竞争力。4月17日，“增材制造技术”被确定为首个制造业创新中心，8月16日，“国家增材制造创新中心”作为其首个“样板示范”创新中心剪彩成立。作为新技术研究、开发、示范、转移和推广的基础平台，号称要成为增材制造技术全球卓越中心并提升美国制造全球竞争力，并鼓励在美国进行投资。奥巴马总统亲自出席剪彩仪式。

作为美国政府“我们不能再等了”倡议的一部分，奥巴马总统还宣布立即启动试点工作。国防部、能源部、商务部、国家科学基金会（NSF）国防航空航天局（NASA）等共同向增材制造试点联盟投资4500万美元。目前的资金包括5个联邦机构已有的3000万美元初始授权，和联盟内“俄亥俄州—宾夕法尼亚州—西弗吉尼亚州技术带”各成员配套的4000万美元。

美国国家增材制造创新联盟由NCDMM领导，包括波音、洛马、诺格、GE、IBM、西屋核电等85家知名企业、10个研究型大学、6个社区学院以及11个非营利机构。代表高性能难加工大型复杂整体构件先进制造技术的发展方向，成为增材制造新技术研究、开发、示范、转移和推广的基础平台；成为增材制造技术全球卓越中心并提升美国制造全球竞争力。

2012年4月21日，《经济学人》推出了“第三次工业革命”的封面文章：尽管仍有待完善，但3D打印技术市场潜力巨大，势必成为引领未来制造业趋势的众多突破之一。这些突破将使工厂彻底告别车床、钻头、冲压机、制模机等传统工具，而转变为一种以3D打印机为基础的，更加灵活、所需要投入更少的生产方式，这便是第三次工业革命的到来的标志。在这种势头下，传统的制造业将逐渐失去竞争力。以3D打印为代表的第三次工业革命，以数字化、人工智能化制造与新型材料的应用为标志。它的直接表现，是工控计

算机、工业机器人技术已进入成熟阶段，即成本明显下降，性能明显提高，工业机器人足以在很多方面替代了流水线上的工人……。

从3月9日奥巴马总统将增材制造技术列为国家15个制造中心，到4月21日英国《经济学人》的封面文章推出“3D打印推动第三次工业革命”，使3D打印这项技术迅速吸引了全世界的眼球。

认识3D打印技术

3D打印技术又称“三维打印技术”或“增材制造技术”，也有学者认为是“快速制造技术”。3D打印是将设计好的物体转化为三维设计图，采用分层加工、迭加成形的方式逐层增加材料来打印真实物体。之所以使用“打印”一词，其原理与传统打印机是相似的，都是通过电脑操作来完成。

3D打印机就是可以“打印”出真物体的一种装备，功能上与激光成形技术一样，与传统的去除材料加工技术完全不同。

“增材制造技术”、“快速制造技术”的提法主要用在学术领域，外界普遍认可“3D打印”，这样比较浅显易懂。

在20世纪80年代后期，美国的专家最早涉足3D打印技术研究，两三年后，清华大学和华中科技大学、西安交通大学等也开始了这项工作。材料不断取得突破，一开始采用纸板作为材料打印物体，逐步发展到粉末、陶瓷、尼龙、石蜡、沙、金属材料等。技术也不断成熟，一开始打印玩具、模具、模型，发展到打印金属零部件、复杂的大型高难度金属结构件。

有人认为，3D打印技术是最近20年来世界制造技术领域的一次重大突破。是机械工程（精密制造）、计算机技术（软件开发）、数控技术、材料科学等多学科技术的集成，它能将已具数学几何模型的设计迅速、自动地打印出具有一定结

构和功能的原型或零件。

3D打印技术最突出的优点是无需模具就能够成型，也不需要机械加工，就能直接从设计好的三维图形数据中打印出任何形状的物体。而传统的制造工艺最核心的一个环节就是要建模，很多高端产品能够设计出来，最大的困难是生产不出来，原因就出在建模环节。

总体看来，3D打印可以分为三大类：一是大众消费级，多用于工业设计、工艺设计、珠宝、玩具、文化创意等领域；二是工业级，一个方面是原型制造，主要用于模具、模型等行业；另外则是产品制造，包括大型金属结构件的直接制造和金属零部件的直接制造；三是生物工程级，如打印牙齿、骨骼、细胞、器官、软组织等。

目前，3D打印技术在大众消费、工业和生物工程等领域的运用已经开始，并有了不同程度的产业化。在欧洲和美国，3D打印的普及程度要比国内高，2012年，世界3D打印行业的产值大概是100—110亿人民币，而国内大概在3亿人民币左右。美国和德国3D打印实现的产值，大概占行业总收入的80%。

据《沃勒斯报告2012》显示，截至2011年，全球累计销售4.9万台工业级3D打印机，其中近四分之三由美国制造，以色列和欧洲各国的份额分别为9.3%和10.2%，中国生产的设备仅占3.6%，与日本相当。

在大众消费级领域，3D照相馆、3D创客，正在国内推开，西安、北京、上海等城市都有3D照相馆陆续开张。对于如何将3D打印技术运用到大众消费领域，目前还缺乏一个成熟的商业模式。不仅在大众消费级、在工业级、在生物工程级，都同样存在这个问题。传统工业企业的商业模式是生产设备卖设备，不管市场用户的需求，先把设备生产出来再去推销。3D打印这个行业还是沿袭了传统工业的老路。看来这条路子肯定是走不通的。要不然，30年了，3D打印技术的产值怎

么才区区3个亿呢（国内），全球也才100亿人民币，说明这个行业缺乏成熟的商业模式引领。

3D打印技术在工业领域的运用要好于预期，在生物工程领域的运用起步也比较早，如我们打印牙齿、骨骼、生物细胞等，只是过去没有使用“3D打印”这个名词。在文化创意领域的运用，一直被我们忽视。一位上海的联盟成员给我说，希望我们联盟在上海建立基地，把创意产业做起来。开始，我们的确还没有这个概念，并不清楚文化创意领域有多大的市场空间。

在调研中，我们了解到，2011年上海世博会期间，组织了100个人的团队，利用90天时间开发海宝纪念品，由于当初他们没有掌握到3D打印技术，通过传统的方式开发，尽管他们一再觉得效果不佳，但是还是实现了240多亿的产值。他们再三强调，如果早前运用3D打印技术开发纪念品和工艺品的话，他们可望实现1000亿的产值。这让我眼睛为之一亮，我知道了3D打印技术在文化创意产业可以开发个性化的工艺品、纪念品，以及拍摄电视电视用的个性化道具，房地产开发公司的沙盘和房屋模型等。

为此，我们着手开展三项工作：一是搭建3D在线商务平台，利用云端服务理念，整合联盟成员资源，把会员企业公司网站各自分散的电子商务功能集中整合到3D在线，形成合力，营销推广；二是组建3D打印技术产业基金，扶持一批有技术、有市场的企业做大做强；三是组建3D打印产业总部基地，集中建设3D打印技术产业研究院、3D打印技术总部基地、3D打印技术产业园，搭建3D打印技术的公共研发服务平台。

要说3D打印技术最容易做的事情，就是建模、造模，也就是在原型制造方面、大众消费领域、生物医学领域，基本上都能够做到得心应手。而最难的，也是业内认为最核心的技术是在复杂的大型金属结构件的直接制造方面。这块，过去美国有家公司一致在做，没有取得重大技术

突破，公司破产倒闭了。中国3D打印技术产业联盟理事长、北京航空航天大学王华明教授在这方面历经多次失败之后，最终取得重大突破，并依靠此技术荣获2012国家技术发明一等奖。

高性能金属零件激光直接制造技术被业内认为是3D打印技术里面难度最高的一项技术。以金属粉末为原料，通过激光逐层熔化沉积生长，直接从CAD模型一步完成高性能构件的“近终成形”，彻底改变了高性能难加工大型金属构件的传统制造模式，具有无需重型锻造工业装备及大型锻造模具制造、材料制备与零件近终成形一体化、材料利用率高、机械加工量小、数控加工时间短、生产成本低、制造周期短、柔性高效等独特优点，被誉为是一种“革命性”的短周期、低成本、“近终形”、数字化的先进制造技术，为钛合金等高性能难加工大型整体金属关键结构件的制造提供了一条新途径，在航空、航天、核电等重大装备研制与生产中具有广阔的应用前景，成为过去20多年来材料制备科学和先进制造技术学科领域国际前沿研究和竞争热点之一。

3D 打印能否推动第三次工业革命

关于“第三次工业革命”这个提法，其实讨论很久，分歧很大。有学者认为，第三次工业革命、第四次工业革命其实早就开始了。

而我一直认同“互联网推动了第三次工业革命”的观点。

如今，我们已经全面进入互联网时代，信息化带给我们的变化随处可见。互联网已经改变了我们的生产方式、生活方式，使我们人与人之间的沟通交流变得更为方便、直接，也使我们的社会化大生产变得更为智能化。但是，“互联网推动第三次工业革命”为什么一直不能得到大家的公认呢？我想，可能我们目前对互联网的认识、开发和运用，还处于一个相对低水平的阶段，或

许再过10年、20年，我们许多人将会改变他们的固执，提升他们对互联网的认识。

但是，2008年全球金融危机爆发以来，新产业革命的一些特征的确在开始显现。首先是全球经济的大萧条，其次是传统产业对资源和环境的压力几乎到了临界点，第三则是人们的信心几乎跌至谷底，对未来经济复苏极度渴望。而当下，似乎我们正面对这样的局面。

历史经验反复证明，在全球经济陷入衰退之时，正是新经济萌芽和新技术诞生之时。之所以全球经济萎靡不振，表明传统的生产关系已经严重阻碍了生产力的发展，变革将成为生产关系新的动力。

2012年，美国学者杰里米·里夫金在他的新书中称，互联网与新能源的结合，将会产生新一轮工业革命。他认为这将是人类继19世纪的蒸汽机和20世纪的电气化之后的第三次“工业革命”。而英国经济学人指出：3D打印技术市场潜力巨大，势必成为引领未来制造业趋势的众多突破之一。这些突破将使工厂彻底告别车床、钻头、冲压机、制模机等传统工具，改由更加灵巧的电脑软件主宰，这便是第三次工业革命到来的标志。

究竟哪种观点更为接近现实，我们还无法定论，感觉都有道理。但是，无论是里夫金主张的新能源与互联网结合，还是经济学人主张的3D打印技术，他们都有一个共同特点：都具有可持续的特点，都摆脱了对传统资源和环境的过度依赖；都是新兴产业，未来的市场空间非常巨大。无疑，互联网与新能源、3D打印等新兴技术对传统产业的改造和提升具有积极的意义和作用。

究竟谁能够引领第三次工业革命？目前我们要下这个结论，显得时机过早。首先，我们无法预知未来，我们能够做的只是通过各种科技创新手段着力改变我们的现状，共同创造美好未来。今天，我们对世界的认识和对未来的把握都还处于一个相对模糊的状态。但是通过实践，我们可

以逐步发现他们的价值。就如前两次工业革命，一开始我们并不知道这就是新一轮工业革命的开始。我们对第三次工业革命的判断不能做到事前知晓，而应该是事后总结和发现。

不少新技术的确给我们带来了巨大的改变，但是它仅仅是一场深刻的技术革命，未必能够带来工业革命那么强大的磁场效应。应该说互联网产业，是现代科技中效果最为明显的一场革命，对我们传统生产方式、生活方式带来了巨大的改变。尽管我们一直主张第三次革命已经从互联网革命开始了，但是并未完全形成共识。反对者认为互联网只是生产方式和生活方式的一种工具而已。他们认为，前几年的互联网泡沫说明这个产业的生命力是有限的。

互联网是否带动了第三次工业革命，还需要继续观察。互联网对人类的贡献才刚刚开始，人类对互联网（广义来讲，应该是信息技术）的认知和使用还停留在一个刚刚起步的阶段。我们对互联网的深度应用，以及与传统产业的结合才刚刚开始。

有专家认为，未来我们的模具制造行业、机床行业、玩具行业、轻工产品行业或许都可能被淘汰出局，而取代他们的就是3D打印机。当然，这需要一个过程，主要是人们适应和接受新事物的过程，也有产业自身完善成长的过程。不过10年，20年是一个分水岭。一般新技术就会变得非常成熟起来，并被广泛应用。

由于我国没有完成工业化，传统的粗放式的工业发展模式已经严重阻碍了生产力发展，产业升级和结构调整成为一项长期的艰巨任务。而3D打印技术的产业化无疑为我国新型工业化和促进传统产业的升级将发挥十分重要的引领作用。

至于3D打印技术是否能够推动第三次工业革命，我们认为并不重要。3D打印技术作为一次重大的技术革命，已经成为共识。

3D 打印能否替代传统制造业

“3D打印要全面替代传统制造业，以后就不用工厂、不用车间、不用工人，不用出门，自己就能够在家打印想要的任何东西”、“通过3D打印机可以打印自行车、飞机”，“3D打印将使工厂彻底告别车床、钻头、冲压机、制模机等传统工具，改由更加灵巧的电脑软件主宰，”……，这是不少人的观点，也经常被一些媒体报道。

按照3D打印技术的原理，我们不可否认，3D打印真有那么“神”，的确可以打印出你设计出来的任何东西。但是，我们必须清楚地认识到打印出来的东西不一定是我们所需要的“东西”。打印的杯子可以喝水吗？打印的飞机能够飞吗？打印的手枪能够用吗……

打印出来的杯子一定是杯子，不会是其他的东西。打印的飞机一定是电脑上设计好的飞机，按照你的影像打印出来的人像一定是你，不是别人，一丝头发细的皱纹都能够打印出来，而且颜色也能够做到与实物一样。可是，我们打印出来的杯子能否喝水吗？飞机能够飞起来吗？自行车能够骑行吗？我们真的就可以使工厂彻底告别车床、钻头、冲压机、制模机等传统工具吗？

我们在高兴之余，突然发现，原来打印出来的只是模型，大多数并不是真正的产品。即使是真实的杯子等物体，也并不意味着我们可以用来喝水。我们传统方式生产的杯子，首先要考虑材料是否环保，是否对人的身体有副作用。但是，3D打印要做到这点并不容易，一是材料还做不到，还没有办法为我们提供数目众多的，能够满足各种功能需求的材料，二是缺乏用于家庭的质量检测手段。而打印的飞机、自行车也仅仅只是一个模型，电子元器件和成千上万个零部件是根本不可能一下子打印出来的。无论打印的飞机、自行车，不可能直接就可以使用，还需要增添无数的零部件和功能件。

通过3D打印技术打印出真实的物体，这的确不是什么难题，也不是什么新鲜事。但是打印出来的东西是否能够使用，能够替代传统方式生产的东西，这就不一定了。

即使我们打印的东西满足了环保要求，也不可能做到需要什么东西都靠自己打印。不同的东西需要不同的材料，我们每个家庭为此就成为了一家工厂，要准备几成百上千种材料，还要几乎占用生活中全部的时间，忙于设计、忙于打印自己的用品。这样的成本算下来将远远高于传统生产方式制造的产品，也并不能给自己的生活带来乐趣。

3D打印技术作为一项前沿性、先导性很强的技术，主要是满足个性化、定制化、复杂高难度产品的需求，并不具有批量化、规模化的优势。

在传统制造业领域，开模是一件非常令人头疼的事情，耗时长，难度大，成本高。3D打印技术首先在产品（模型设计）方面应用广泛，凡是能够设计出来的任何复杂的个性化产品，都能够通过3D打印技术把模型打印出来，甚至直接生产制造出产品。

3D打印技术虽然能够打印出我们所需要的多种产品，但是从成本核算、材料约束、工艺水平等多方面因素综合比较来看，3D打印并不能够替代传统的生产方式。

3D打印的意义，核心体现在两个方面：一是传统生产方式不能生产制造的个性化、复杂高难度产品，通过3D打印技术都能够直接制造；二是虽然传统方式能够生产制造，但是投入成本太大，周期太长，通过3D打印技术可以实现快捷、方便、缩短周期、降低成本的目的。

因此，3D打印技术全面替代传统制造业，并不现实，成本并不划算，达不到规模化的要求；3D打印也不可能使工厂彻底告别车床、钻头、冲压机、制模机等传统工具。

我们认为，3D打印技术作为传统生产方式的

一次重大变革，是传统生产方式有益的补充。

中国3D打印技术产业联盟的产生

几乎整个2012年，全世界的媒体都参与到“3D打印推动第三次工业革命”的大辩论之中，各级政府部门和企业也对3D打印充满无限期待。而我本人作为亚洲制造业协会的首席执行官，致力于推动中国制造业与世界先进制造业对话，如何利用3D打印技术实现传统制造业转型升级是我需要思考的话题。

2012年5月开始，我潜心研究3D打印技术究竟是一项什么样的技术？3D打印技术能否推动第三次工业革命？中国3D打印技术的现状是什么？为什么3D打印技术诞生30年来没有发展起来？我国3D打印技术与美国、德国等发达国家比较，差距在哪里？3D打印技术应该选择一条什么样的产业化路径？3D打印技术除了在工业领域的运用，还在哪些领域能够分享这项先进技术给人类带来的快乐和方便……

在调研工作中，我突然发现3D打印这个市场虽然看起来非常大，但是这个圈子却非常小，3D打印的科研单位和从事3D打印的公司总共加起来也才10来家，真是屈指可数！不仅国内如此，国际上做3D打印的科研和企业加起来也不到100家。

那么，这个行业究竟存在什么问题呢？如何才能解开这个死结？这个行业还有发展的希望吗……，我带着这些问题，反复思考、论证、座谈。我发现，3D打印这个圈子不仅小，而且还力量分散，基本上沿袭了我国科研单位传统的陋习：不交流、不沟通、不合作，互相排斥，总觉得自己的技术就是最好的，瞧不起别人的技术，而且相互之间无形之中都有一道无法逾越的隔离墙。

既然圈子小，还四分五裂，这个行业怎么可能发展呢？首先是外界不能完整地了解3D打印这

个行业的现状，无法得知这个行业的准确信息，缺乏认知和互信是关键原因。

如果一项好的技术长期雪藏在一个小圈子里，外界获得的信息既单薄，又不全面。造成圈子内的信息传达不出去，圈子外的需求了解不到，技术与市场形成“两张皮”。

当然，国内3D打印行业存在的这些问题，在国际上也同样存在。要不然，2012年全球3D打印行业的产值怎么可能才15—17亿美金呢？

从2012年9月开始，我觉得需要尽快行动起来，组建一个3D打印技术的行业组织，先将这个圈子统筹起来，把这些分散的资源整合起来--这就是中国3D打印技术产业联盟产生的背景。

没有想到当我把这个想法与业内几家科研单位和企业沟通的时候，他们仿佛已经从我的思路中看到了行业发展的希望，都全力支持、积极响应。

至于使用一个什么样的名称最好呢？3D打印这个说法，开始并不被业内看好，特别是科研单位并没有完全认可，他们觉得3D打印是代表“小儿科技术”的缩影，降低了他们的技术含金量。他们反复强调“增材制造”代表了传统制造方式革命性的特征。当然，过去30年来，这个行业的称谓有很多，外界云里雾里，不知道相互之间到底有什么区别。总体来说，“增材制造”、“快速制造”的说法占据业内主流，还有“堆积制造”、“叠加制造”的称谓。

3D打印在2012年这样火爆，全世界人民基本上都知道了，这是多好的广告宣传！我们要善于借力打力，一定要把3D打印技术完整地推广出来。“增材制造”显得太理论、太生硬、太书本化了，不利于我们在社会上推广。名称一定要简明易懂，容易接受，我们不能始终把自己划定在一个小圈子，自命清高。我一再提醒大家，要是我们错过了这次机会，今后可能这个产业要再发展就非常困难了。最终，“中国3D打印技术产业

联盟”的名称得到所有发起人的认可。

2012年10月15日下午，在工信部原材料工业司、装备工业司、政策法规司领导参加和见证下，我们在北京国际饭店举行了中国3D打印技术产业联盟成立仪式和3D打印技术产业发展的研讨会。与会大家一致认为，我们今天成立的3D打印技术产业联盟，向产业化过程中迈出的一小步，可能是未来3D打印史上的一大步。

我在会议的工作报告对联盟近期发展提出了三点：第一、搭建对话平台，促进3D打印技术国际间交流。我们发起成立了中国3D打印技术产业联盟，有了行业组织，便于我们有统一的声音向与政府主管部门传达我们的诉求，便于向外界准确传递我们的声音，也便于深化国际间的对话合作；我们一方面每月要出版一期业内最新咨询信息，及时提供给联盟成员和政府部门，以及一些用户企业。我们要开办中国3D打印技术联盟官方网站，要给每位成员的企业做广告宣传推广，要让社会各界能够更清晰地认识和了解我国3D打印技术。我们在2013年召开一次国际性的3D打印技术展览与交流大会。年内，要组织联盟成员与媒体的见面会。第二、要制定行业标准，引导3D打印技术产业健康有序发展。任何一项新技术的产业化、规模化发展，都需要一个行业标准，因此，我们将尽快会商工信部相关司局，征求他们的意见，尽快组织相关科研机构和联盟成员起草行业标准。第三、引进风险基金、产业基金，营造良好的融资环境。目前，新兴产业在很多方面还并不完全成熟，但是，新兴产业毕竟代表了未来发展的方向，而3D打印技术对我国制造业转型升级具有十分重要的意义和作用。因此，我们一定要在起步阶段就给予大力扶持，特别是资金支持，营造良好的投资融资环境。我们将引进专业的产业基金、风险基金配套，并寻求主要金融机构合作。

我的想法获得了联盟理事会成员的积极支持

配合，是增强我信心的基础，也使我再次看到3D打印产业发展的希望。会议上，北京航空航天大学王华明教授（2012国家技术发明一等奖获得者、大型金属结构件直接制造的发明人）被推举为首任理事长，华中科技大学材料科学与工程学院副院长史玉升教授（国家科技进步二等奖获得者、国内最早从事3D打印技术研究的专家之一）被推举为第一副理事长，湖南华曙高科有限公司总裁许小曙（美籍华人、尼龙烧结技术的领军人物）、南京紫金立德电子有限公司（国内最早从事桌面级3D打印技术的企业）总经理连宁和我被推举为副理事长，清华大学机械学院教授颜永年（国内最早从事3D打印技术研究的专家之一、昆山永年先进制造技术公司董事长）被推举为首席顾问。

会议后的当天晚上，“中国3D打印技术产业联盟成立”的消息便占据了国内外许多媒体的重要版面，“世界首家3D打印技术产业联盟的诞生预示着中国3D打印技术产业发展将步入黄金期”的报道吸引了各界的眼球，也为联盟工作的开展创造了良好的外部环境。

接下来的2个月时间里，我们对联盟机构进一步完善。中国科协副主席、中国工程院院士、材料领域著名专家、国家发明技术一等奖获得者黄伯云教授被推举为联盟荣誉理事长，美国drexel大学周功耀教授、英国增材制造联盟主席格瑞汉姆-卓曼被增补为副理事长，华南理工大学杨永强教授、清华大学张人佶教授、上海大学胡庆夕教授、中北大学白培康教授、四川大学殷国富教授等专家被增补为顾问，武汉滨湖机电科技有限公司、北京隆源自动成型系统有限公司、无锡飞而康快速制造公司、鞍山煜宸科技有限公司、南充元顺机械制造有限公司、波鸿集团、上海彩石激光科技有限公司、佛山峰华卓立制造技术有限公司、成都5719工厂、杭州先临三维科技有限公司、中国科学院宁波材料所等业内企业和用户企

业为理事单位。

经过2012年的普及，2013年是3D打印行业的发展元年。

2013年1月16日，中国3D打印技术产业联盟理事会议上，我提出要在3年时间里引领我国3D打印行业实现100亿的产值，力争突破200亿。看起来这200亿比较小，还不如一家中型企业一年的产值，但是这个数字却相当于2012年全球3D打印的规模。

为此，我们提出要在2013年推动四项重大工程：一是发起组建世界3D打印技术产业联盟，举办世界3D打印技术产业大会，搭建中国3D打印技术与世界同行间的对话合作平台，整合全球3D打印技术的资源，共同推进3D打印技术产业的发展；二是集中国内3D打印技术的优势资源，组建国家级3D打印技术研究院和产业园，在国内主要工业城市推进3D打印技术创新中心工程；三是吸

纳100家传统制造业企业、职业技术学院、产业园区进入中国3D打印技术产业联盟，率先分享3D打印技术，促进3D打印技术与传统产业紧密结合；四是选择在10个工业城市集中建设区域性“3D打印创新中心”，开展“3D打印进城市、进企业、进社区行动”计划。

2013年3月23—24日，中国3D打印技术产业联盟第四次理事会议在南京举行。期间，亚洲制造业协会、中国3D打印技术产业联盟与南京栖霞区政府、南京经济技术开发区分别签订中国3D打印技术创新中心、中国3D打印技术产业联盟总部基地合作协议，标志着中国3D打印技术携手合作、抱团发展，向产业化、规模化方向迈出实质步伐。

（作者系：亚洲制造业协会首席执行官、中国3D打印技术产业联盟副理事长兼秘书长、世界3D打印技术产业大会执行主席）

金属零件激光选区熔化3D打印装备与技术

杨永强, 刘睿诚, 王迪

华南理工大学 机械与汽车工程学院, 广州 510640

摘要: 3D 打印技术正在快速改变我们传统的生产方式和生活方式, 以数字化、网络化、个性化、定制化为特点的3D打印制造技术被认为将推动第三次工业革命。激光选区熔化技术 (Selective laser melting, SLM) 是金属零件3D打印技术的典型代表。本文以激光选区熔化技术为例概括介绍了金属3D打印设备与技术, 包括SLM设备的基本构成和成型原理, 对比了国内外的SLM设备参数, 阐述了SLM设备应用领域, 并对SLM设备及技术的发展进行了展望。

关键字: 金属零件3D打印, 激光选区熔化, 自动化成型

1 前言

随着科学技术日新月异的进步, 机械加工行业不断发展。而快速成型技术, 尤其是激光3D打印技术在机械加工行业中起到了越来越大的作用, 并渐渐在制造业得到了广泛应用, 成为了如今机械制造业中不可或缺的一部分。3D 打印技术正在快速改变我们传统的生产方式和生活方式, 不少专家认为, 以数字化、网络化、个性化、定制化为特点的3D打印制造技术将推动第三次工业革命^[1-3]。

金属零件3D打印技术作为整个3D打印体系中最前沿和最有潜力的技术, 是先进制造技术的重要发展方向。按照金属粉末的添置方式将金属3D打印技术分为三类: (1) 使用激光照射预先铺展好的金属粉末, 即金属零件成型完毕后将完全被

粉末覆盖。这种方法目前被设备厂家及各科研院所广泛采用, 包括直接金属激光烧结成型 (Direct Metal Laser Sintering, DMLS)^[4-5]、激光选区熔化 (Selective laser melting, SLM)^[6]和LC (Laser Cusing)^[7]等; (2) 使用激光照射喷嘴输送的粉末流, 激光与输送粉末同时工作 (Laser Engineered Net Shaping, LENS)^[8]。该方法目前在国内使用比较多; (3) 采用电子束熔化预先铺展好的金属粉末 (Electron Beam Melting, EBM)^[9], 此方法与第1类原理相似, 只是采用热源不同。

激光选区熔化技术是金属3D打印领域的重要部分, 其采用精细聚焦光斑快速熔化300—500目的预置粉末材料, 几乎可以直接获得任意形状以及具有完全冶金结合的功能零件。致密度可达到近乎100%, 尺寸精度达20—50微米, 表面粗糙度达20—30微米, 是一种极具发展前景的快速成型

基金项目: 2013国家自然科学基金 (No. 51275179); 广东省自然科学基金 (No. S2012040007516)

作者简介: 杨永强 (1961—), 男, 教授, 研究方向为激光加工及快速成型制造。

通信作者: 杨永强 E-mail: meiyqyang@scut.edu.cn

技术^[4]，而且其应用范围已拓展到航空航天、医疗、汽车、模具等领域。

目前SLM设备的研究和开发也成为了国内外快速成型领域的热点。本文对SLM设备的组成和成型原理进行了一个概述性的介绍，对比了国内外SLM设备的参数，并对SLM设备和技术的发展进行了展望。

2 SLM技术的原理和设备组成

2.1 SLM成型设备

SLM设备一般由光路单元、机械单元、控制单元、工艺软件和保护气密封单元几个部分组成。

光路单元主要包括光纤激光器、扩束镜、反射镜、扫描振镜和F- θ 聚焦透镜等。激光器是SLM设备中最核心的组成部分，直接决定了整个设备的成型质量。近年来几乎所有的SLM设备都采用光纤激光器，因光纤激光器具有转换效率高、性能可靠、寿命长、光束模式接近基模等优点。由于激光光束质量很好，激光束能被聚集成极细微的光束，并且其输出波长短，因而光纤激光器在精密金属零件的激光选区熔化快速成型中有着极为明显的优势。扩束镜是对光束质量调整必不可少的光学部件，光路中采用扩束镜是为了扩大光束直径，减小光束发散角，减小能量损耗。扫描振镜由电机驱动，通过计算机进行控制，可以使激光光斑精确定位在加工面的任一位置。为了克服扫描振镜单元的畸变，须用专用平场F- θ 扫描透镜，使得聚焦光斑在扫描范围内得到一致的聚焦特性。

机械单元主要包括铺粉装置、成型缸、粉料缸、成型室密封设备等。铺粉质量是影响SLM成型质量的关键因素，目前SLM设备中主要有铺粉刷和铺粉滚筒两大类铺粉装置。成型缸与粉料缸

由电机控制，电机控制的精度也决定了SLM的成型精度。

控制系统由计算机和多块控制卡组成，激光束扫描控制是由计算机通过控制卡向扫描振镜发出控制信号，控制X/Y扫描镜运动以实现激光扫描。设备控制系统完成对零件的加工操作。主要包括以下功能：（1）系统初始化、状态信息处理、故障诊断和人机交互功能；（2）对电机系统进行各种控制，提供了对成型活塞、供粉活塞、铺粉滚筒的运动控制；（3）对扫描振镜控制，设置扫描振镜的运动速度和扫描延时等；（4）设置自动成型设备的各种参数，如调整激光功率，成型缸、铺粉缸上升下降参数等。（5）提供对成型设备五个电机的协调控制，完成对零件的加工操作。

根据SLM工艺的需要，其所涉及的专业软件主要有三类：切片软件、扫描路径生成软件和设备控制软件。切片软件实施的切片处理是快速成形软件的关键内容之一，其功能是将零件的三维CAD模型转化成二维的切片模型，得到一层层的截面轮廓数据。在SLM工艺中，最基本的操作是控制激光进行扫描。由于分层得到的截面信息是轮廓数据，需要进行内部填充。扫描路径生成软件的功能就是由轮廓数据生成填充扫描路径。总控软件主要对成型过程进行控制，显示加工状态，进而实现人机交互。

2.2 SLM成型原理

SLM技术的基本原理是：先在计算机上利用pro/e、UG、CATIA等三维造型软件设计出零件的三维实体模型，然后通过切片软件对该三维模型进行切片分层，得到各截面的轮廓数据，由轮廓数据生成填充扫描路径，设备将按照这些填充扫描线，控制激光束选区熔化各层的金属粉末材料，逐步堆叠成三维金属零件。

在设备中的具体成型过程如图1所示：激光束

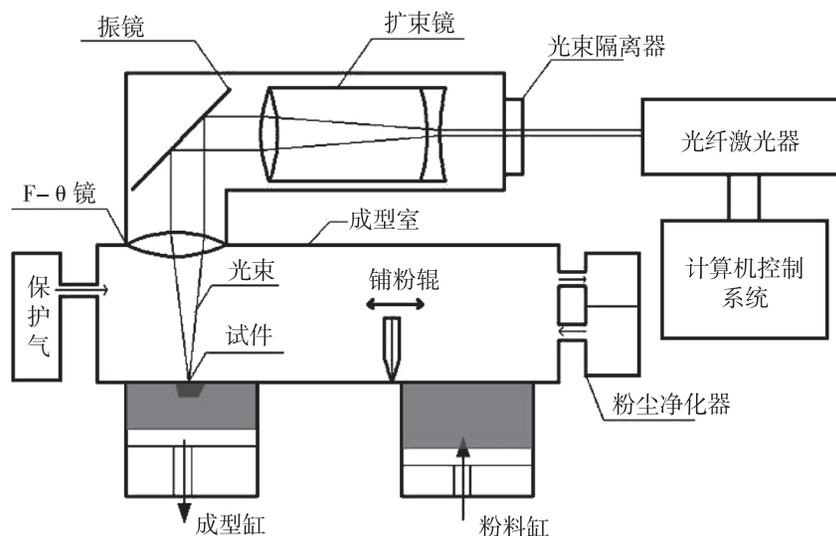


图1 SLM成型原理图

开始扫描前，铺粉装置先把金属粉末平推到成型缸的基板上，激光束再按当前层的填充轮廓线选区熔化基板上的粉末，加工出当前层，然后成型缸下降一个层厚的距离，粉料缸上升一定厚度的距离，铺粉装置再在已加工好的当前层上铺好金属粉末。设备调入下一层轮廓的数据进行加工，如此层层加工，直到整个零件加工完毕。整个加工过程在通有惰性气体保护的加工室中进行，以避免金属在高温下与其他气体发生反应。

3 国内外SLM设备现状和技术对比

世界范围内已经有多家成熟的SLM设备制造商，包括德国EOS公司（EOSING M270及其M280）^[5]，德国ReaLizer公司^[10]，SLM Solutions公司^[12]，Concept laser公司（M Cusing系列）^[7]，美国3D公司（Sinterstation系列）^[11]，Renishaw PLC公司（AM系列）^[12]和Phenix systems公司^[12]等。上述厂家都开发出了不同型号的机型，包括不同的零件成型范围和针对不同领域的定制机型等，以适应市场的个性化需求。虽然各个厂家SLM设备的成型原理基本相同，但是不同设备之间的参数还是有很大的不同，表1是对国外不同SLM设备的

对比：

EOS是一家较早进行激光成型设备开发和生产的公司，其生产的SLM设备具有世界领先的技术。图2所示是EOS生产的SLM设备EOSING M270，如表1所示，该设备的各种参数都具有很大的优势。



图2 EOSING M270

EOSING M270设备成型的金属零件致密度可以达到近乎100%，尺寸精度在20-80 μm，表面粗糙度Ra在15-40 μm，能够成型的最小壁厚是0.3-0.4mm。EOS公司将该设备应用在牙桥牙冠的批量

表 1 国外 SLM 设备各个参数对比^[5-13]

厂家	设备名称	典型材料	能量源	成型件范围 (mm)	铺粉装置	层厚 (μm)	光学系统	聚焦光斑直径 (μm)	最大扫描速度 (m/s)	成型室内环境
EOS	EOSING M270	铁基合金、铜合金、钛合金等	200W fiber laser	250×250×215	压紧式铺粉刷	30-100	F-θ 聚焦镜+扫描振镜	100-500	5	预热+真空
	EOSING M280		200W/400W fiber laser	250×250×325		30-60		60-300	7	预热+真空
ReaLizer	SLM 100	不锈钢、钛合金、钴铬合金等	50W fiber laser	Φ125×100	柔性铺粉刷	20-50	F-θ 聚焦镜+扫描振镜	30-50	5	无预热+真空
	SLM 250		200W fiber laser	250×250×300		20-50		50-100	5	无预热+真空
	SLM 300		200W/400W fiber laser	300×300×300		20-100		70-200	5	无预热+真空
Concept laser	M1	不锈钢、钛合金、钴铬合金等	50W fiber laser	120×120×120	压紧式铺粉刷	20-50	F-θ 聚焦镜+数控激光头移动	30-50	5	无预热+无真空
	M2		200W fiber laser	250×250×280		20-50		50-200	5	无预热+无真空
	M3		200W fiber laser	300×350×300		20-50		70-300	7	无预热+真空
	Mlab		100w/50w fiber laser	90×90×80		20-50		20-80	7	无预热+无真空
SLM solutions	SLM 250HL	不锈钢、钛合金、钴铬合金、铜合金等	200W fiber laser	250×250×250	压紧式铺粉刷	30-100	F-θ 聚焦镜+扫描振镜	70-300	5	无预热+真空
	SLM 280HL		400w/1000w fiber laser	280×280×350		30-300		70-200	5	无预热+真空
3D Systems	sPro 125	不锈钢、钛合金等	100W fiber laser	150×150×150	柔性铺粉刷	50-100	F-θ 聚焦镜+扫描振镜	70-200	7	无预热+真空
	sPro 250		200W fiber laser	250×250×300		50-200		50-150	7	无预热+真空
Renishaw PLC	AM125	不锈钢、钛合金、钴铬合金	100W fiber laser	125×125×125	压紧式铺粉滚筒	30-100	F-θ 聚焦镜+扫描振镜	70-100	5	无预热+真空
	AM250		200W/400W fiber laser	250×250×300		30-100		70-100	5	无预热+真空
Phenix systems	PXL	不锈钢、钛合金等	200W fiber laser	250×250×300	柔性铺粉刷	20-50	F-θ 聚焦镜+扫描振镜	50-100	7	无预热+真空

生产中，目前成型工艺已经很成熟，一次成型牙冠可以达到500个^[5]。制造成果如图3所示：



图3 M270制造的金屬牙冠

德国的Realizer公司一直致力于SLM设备的研究和开发，到目前已经开发出成熟的商品化SLM设备，包括SLM 100、SLM 250和SLM 300三种机型。图4所示是SLM 250的外观：



图4 SLM 250

其中SLM 250可成型致密度近乎100%的金属零件，尺寸精度为20-100 μm ，表面粗糙度Ra达到10-15 μm ，还可以成型壁厚小于0.1mm的薄壁零件。而且SLM 250可实现全自动制造，可日夜工作，有很高的制造效率。Realizer的SLM设备目前在金属模具制造、轻量化金属零件制造、多孔结构制造和医学植入体领域有较为成熟的应用^[10]。图5所示的就是SLM 250设备制造的钛合金医学植入体：

德国Concept Laser公司是Hofmann集团的成员之一，是世界上主要的金属激光熔铸设备生产厂家之一。公司50年来丰富的工业领域经验，为生产高精度金属熔铸设备夯实了基础。Concept Laser公司目前已经开发了四代金属零件激光直接成型设备：M1、M2、M3和Mlab。其成型设备比较独特的一点是它并没有采用振镜扫描技术，而使用x/y轴数控系统带动激光头行走，所以其成型零件范围不受振镜扫描范围的限制，成型精度同样达到50微米以内^[14]。图6是M3设备的外形图：

其中Concept Laser公司的M3设备可以成型致密度近乎100%的金属零件，尺寸精度在20-100 μm ，表面粗糙度Ra在10-15 μm ，可成型的最小壁厚在0.3-0.4mm，而且该设备可成型的范围较大，达到300×300×350mm。图7是Concept Laser的SLM设备在精密金属零件制造中的应用：

美国3D System是一家实力很强、设备很齐全的3D打印设备公司，其中主要以光固化设备和SLS

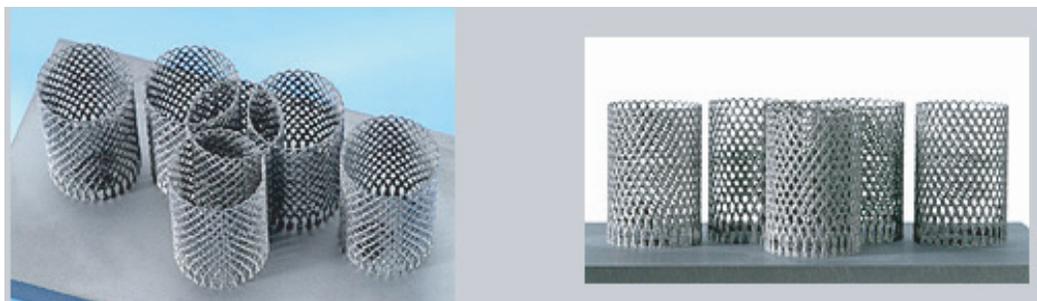


图5 钛合金医学植入体

设备为主，成型材料为树脂和高分子材料。目前也开发出了成型金属材料的SLM设备：sPro 125和sPro 250，成型的材料包括不锈钢、钛合金等，成型件致密度能够达到99%，表面粗糙度Ra在10-50 μm ^[12]。



图6 Concept Laser M3

国内的SLM领域，主要有华南理工大学^[15-17]，华中科技大学^[18-20]，南京航空航天大学^[21]，北京工业大学^[22]和中北大学^[23]等高校。每个单位的研究重点各有优势与不同。表2是对国内SLM设备的参数对比：

华南理工大学激光加工实验室分别于2004年、2007年研发了DiMetal-240、DiMetal-280，并于2012年开发了最新一款预商业化设备 DiMetal-100。三款设备的外形如图8所示：

其中DiMetal-100能够成型致密度近乎99%的

金属零件，表面粗糙度Ra在5 μm -30 μm 之间，具有很高的尺寸精度。图9所示是华南理工大学在探索SLM应用过程中的典型实例^[15-17]，其中每个例子的开发成功都具有良好的市场价值。

华中科技大学目前开发了两套SLM设备：HRPM- I系统和HRPM- II系统。其中HRPM- I系统采用150W的YAG激光器，光束质量不够理想；而且采用双缸下送粉方式，设备体积庞大，制造成本高，送粉时间长，影响制件生产效率。而HRPM- II系统采用 SPI 100 W 光纤激光器，采用双缸下送粉方式，在超轻结构复杂件的制备方面具有较强的优势^[18-20]。

从以上对比中也可以发现，与国外的SLM设备相比，国内的SLM设备还存在一定的差距，在成型精度和过程控制方面还需要改进。

4 SLM设备的展望

纵观国内外的SLM设备和应用情况，SLM设备在以下的方面还需要不断的改进和发展。

高性价比趋势

SLM设备对于目前的机械加工业来说，是一个极大的创新和补充，但是SLM设备高昂的价格阻碍了它的推广和应用。国外SLM设备售价大概

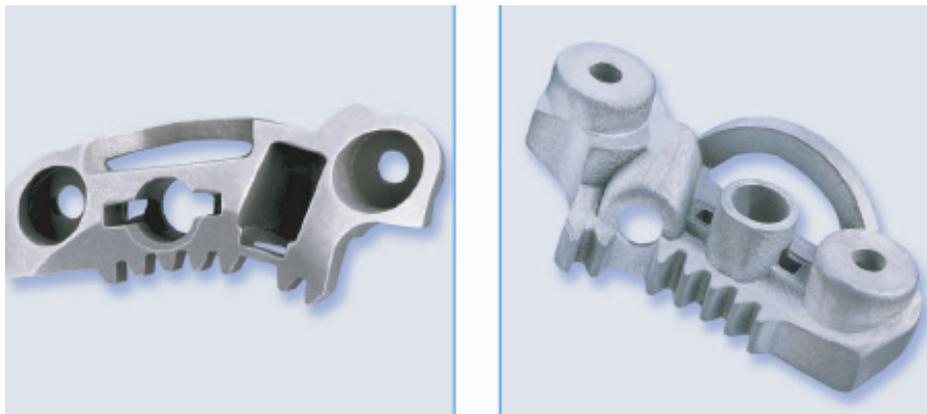


图7 M3设备制造的精密金属零件^[14]

表2 国内 SLM 设备的参数对比^[15-20]

机构	设备名称	典型材料	能量源	成型件范围 (mm)	铺粉装置	层厚 (μm)	光学系统	聚焦光斑直径 (μm)	最大扫描速度 (m/s)	成型室内环境
华南理工大学	DiMetal-240	不锈钢与纯钛、钛合金等、钴铬合金等	200W YAG	240×240×250	压紧式铺粉滚筒	20-100	普通聚焦镜+扫描振镜	50-70	5	无预热+无真空
	DiMetal-280		200W fiber laser	280×280×300	压紧式铺粉刷	20-100	F- θ 聚焦镜+扫描振镜	50-70	5	
	DiMetal-100		200W fiber laser	100×100×130	柔性铺粉刷	20-100	F- θ 聚焦镜+扫描振镜	20-60	7	
华中科技大学	HRPM-I	不锈钢与钛合金等	150W YAG	250×250×400	压紧式铺粉滚筒	50-100	三维振镜动态聚焦	60-120	5	无预热+无真空
	HRPM-II		100W fiber laser	250×250×400	压紧式铺粉滚筒	50-100	F- θ 聚焦镜+扫描振镜	50-80	5	



(a)



(b)

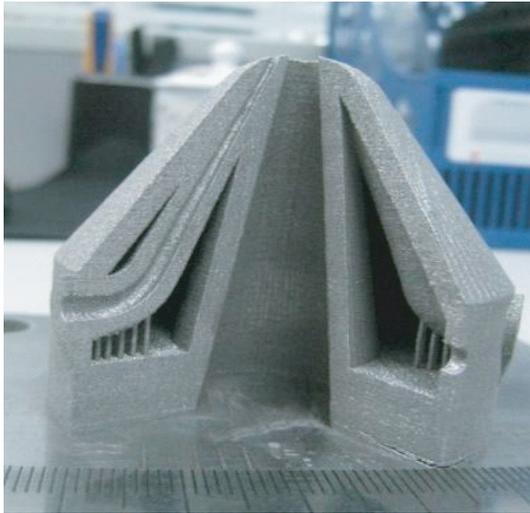


(c)

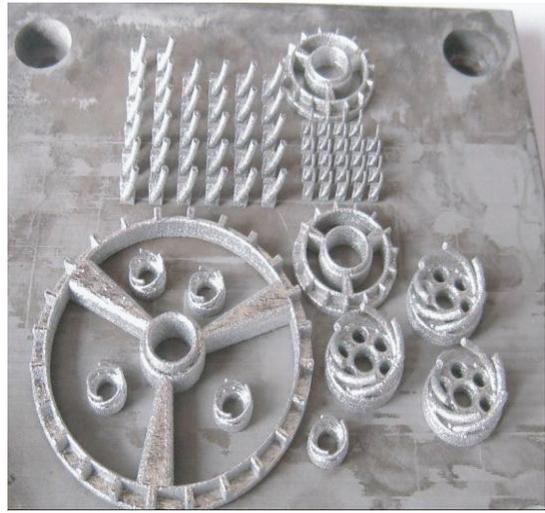
图8 (a) DiMetal-240, (b) DiMetal-280, (c) DiMetal-100

在500-700万元人民币，还不包括后续的材料使用费等，国内的科研院所或者企业一般承担不了如此高的成本。为了更好的推广和发展，SLM设备

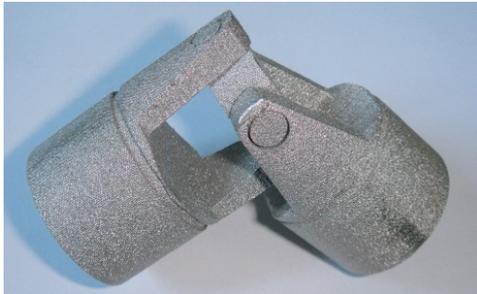
必将不断降低成本，向着一个高性价比的趋势发展。



(a) 具有复杂水冷与保护气通道喷嘴



(b) 自由曲面耦合设计的齿轮



(c) 万向节免组装机构

图9 Dimetal-100应用探索

成型大尺寸零件趋势

目前由于激光器功率和扫描振镜偏转角度的限制，SLM设备能够成型的零件尺寸范围有限，这使得SLM设备无法成型较大尺寸的金属零件，也限制了SLM技术的推广应用。目前国外的SLM设备厂家正在研发大尺寸零件的成型设备，如目前Concept Laser公司开发出的M3设备已经能够成型尺寸达到300×350×300mm的金属零件。

与传统加工方法结合的趋势

SLM技术虽然具有很多的优势，但它也有制造成本高，成型件表面质量差等缺陷。因此若是能将SLM技术和传统机加工方法结合起来，同时发挥二者的优势，将使制造技术提升一个台阶。

目前日本Matsuura公司开发出了金属光造型复合加工设备LUMEX Avance-25，该设备将金属激光成型和高速、高精度的切削加工结合在一起，实现了复合加工技术。LUMEX Avance-25设备可在一台装置内交替进行金属激光成型和采用立铣刀的切削精加工。这样，实现了与传统机加工方法相当的尺寸精度和表面粗糙度，还能够加工出传统加工方法无法成型的复杂形状零件。此外这种复合加工技术还能够使制造周期大幅缩短，使一个金属零件从设计到加工的工期缩短了61.5%。这种技术必然是今后SLM设备发展的一种趋势^[12]。

定制化、智能化趋势

随着各种部件不断轻量化和集成化的发展，未来将出现定制化的便携式SLM设备。这些SLM

设备将成为今后人们生产和工作中的实用工具，颠覆传统制造方式，并改变人们的生活方式。

球化和翘曲是SLM成型过程中最主要的缺陷，为了克服这些缺陷，制造出高质量的金属成型件，未来的SLM设备需要具有智能化的过程控制功能。球化是由每一层粉末熔化时的微小缺陷累积而成，而每一层的成型质量由工艺参数决定。因此如果能够在SLM成型过程中实现智能实时监控，在出现微小缺陷时就自动调整工艺参数消除缺陷，这样就能避免成型缺陷，得到高质量高精度的金属零件。

5 结论

金属零件3D打印技术作为整个3D打印体系中最前沿和最有力的技术，是先进制造技术的重要发展方向。SLM设备一般由光路单元、机械单元、控制单元、工艺软件、保护气密封单元几个部分组成。国内外有多家科研机构和厂家都开发出了较为先进的SLM设备，并且有了成熟的应用。开发高效率、高性价比、大范围和结合传统机加工方法的SLM设备，是未来金属3D打印的发展方向。

参考文献

- [1] Alan Faulkner-Jones. Development of a valve-based cell printer for the formation of human embryonic stem cell spheroid aggregates[J]. Biofabrication. 2013,1:1-12
- [2] 杨永强, 吴伟辉. 选区激光熔化快速成型系统及工艺研究[J]. 《新技术新工艺》·热加工工艺技术与装备, 2006(6): 48-50.
- [3] 颜永年, 齐海波, 林峰等. 三维金属零件的电子束选区熔化成形[J]. 机械工程学报, 2007,43(6): 87-92.
- [4] I.Yadroitsev, I.shishkovsky, P. Bertrand, I.Smurov. Manufacturing of fine-structured 3D Porous filter elements by selective laser melting[J]. Applied Surface Science, 2009,255: 523-5527
- [5] 'EOSINT M 270 Laser-sintering system for the production of tooling inserts for injection moulding and die-casting as well as prototypes and end products directly in metal', Electro Optical Systems (<http://www.eos.info/products/metal-laser-sintering>)
- [6] 吴伟辉,杨永强,王迪,等. 激光选区熔化变密度快速制造工艺研究[J].

- 中国激光, 2010,37(7),1879-1884.
- [7] 'LaserCUSING-fusion of single-component metallic powder materials', Concept Laser (www.concept-laser.de)
- [8] 'LENS Technology'-Optomec, (http://www.optomec.com/site/lens_4)
- [9] Electron Beam Melting(EBM), Acramh (<http://www.arcam.com/technology/faq/electron-beam-melting-ebm.aspx>)
- [10] First SLMTM Desktop Machine for manufacturing Metal Components', Mining and chemical products Limited, (MCP) (<http://www.mcp-group.com/rpt/rpttslm>)
- [11] 'sinterstation pro DM125/DM250', (http://www.3dsystems.com/products/datafiles/sinterstation_pro_slm/SinterstationPro_DM125_DM250_SLMSystem.pdf)
- [12] Terry Wohlers. Wohlers Reports 2012: Additive Manufacturing and 3D Printing State of Industry[R] 90-130
- [13] 'Metal Laser Sintering', Electro Optical Systems, (<http://www.eos.info/products/metal-laser-sintering>)
- [14] www.realizer.com
- [15] 王迪;杨永强;黄廷禄;吴伟辉:选区激光熔化直接成型零件工艺研究[J],华南理工大学学报(自然科学版)(2010)6:107-111
- [16] 吴伟辉,杨永强,王迪.SLM成型过程的球化现象,华南理工大学学报[J]. 38(2010)5: 110-115
- [17] 吴伟辉,杨永强.选区激光熔化快速成形系统的关键技术[J].机械工程学报,2007,43(8):175-180
- [18] 史玉升, 鲁中良, 章文献等. 选择性激光熔化快速成形技术与装备[J]. 中国表面工程, 2006,19: :150-158.
- [19] 陈光霞, 曾晓雁, 王泽敏等. 选择性激光熔化快速成型工艺研究[J]. 机床与液压, 2010, 38(1): 1-3.
- [20] 姚化山, 史玉升, 章文献等. 金属粉末选区激光熔化成形过程温度场模拟[J]. 应用激光. 2007, 6:456-460
- [21] 顾东东, 沈以赴. 选区激光烧结WC-10%Co颗粒增强Cu基复合材料的显微组织. 稀有金属材料与工程[J], 2006, 35(2), 276-279
- [22] 孙大庆. 金属粉末选区激光熔化实验研究[D] 北京工业大学, 2007,5:60-80
- [23] 尹华. 金属粉末选区激光熔化成型工艺研究[D] 中北大学, 2010,5:50-67

作者简介

杨永强 工学博士，华南理工大学机械与汽车工程学院教授，博士生导师。主要研究方向为激光加工和快速成型技术与装备研究工作。发表有关学术论文160篇，获得授权的发明专利13项，实用新型专利37项，软件版权1项，外观专利1项；申请中的发明专利16项，其中包括美国、德国专利各一项，实用新型专利6项。

智能数字化与3D打印：“中国智造”推动“全球第三次工业革命”

吴怀宇

中国科学院自动化研究所 模式识别国家重点实验室，北京 100190

摘要：当今，中国正处于从“中国制造”向“中国智造”迈进的重要时期，智能数字化及3D打印技术可以让国内的设计师和工程师从产品制造工艺的束缚中解放出来，更加专注于产品本身的智力创造，大跨步进入想法到产品（Mind to Product）的“所想即所得”全新智造时代。智能数字化和3D打印的产业化无疑将为促进我国传统产业升级、彻底摆脱长期处于制造业产业链底端的尴尬局面发挥十分重要的推进作用。

关键词：智能数字化，智能云网，3D打印，云制造，云端智能计算服务

“科技史上最不可思议的事就是中国没能维持住其技术霸主地位。”工业革命史学家、美国人文与科学院院士乔尔·莫基尔如此评论。以“四大发明”为标志，古代中国一直在多个工业领域居世界领先地位。然而到了18世纪初，中国的领导地位逐渐丧失，欧洲国家以及美国成为世界工业大国。

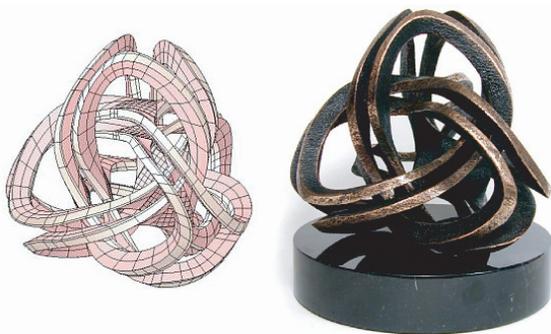


图1 3D打印出的任意复杂设计形状^[1]
(传统制造工艺无法加工)

终于，在2010年中国重新成为世界头号制造业大国，此前美国在这个位置上盘踞了一个多世

纪。虽然重回第一，我国制造业发展却呈现出明显的不足：大而不强、徘徊于产业链低端、自主创新能力弱、资源配置能力弱、能源消耗大等。

与此同时，人类在经历了18世纪以“纺织工业化”为标志的第一次工业革命和20世纪初以“汽车大规模流水线生产”为标志的第二次工业革命之后，正步入全球第三次工业革命时代。这一次新工业革命^[2]的特点可归纳为：智能数字化、分布式网络化、个性定制化、绿色可持续化^[3]。特别是3D打印的推出，跨越了虚拟的比特世界和实体的原子世界之间的鸿沟，其革命性的意义超越了之前个人电脑和互联网的出现。2012年，《经济学人》、《福布斯》、《纽约时报》等杂志都称3D打印将引发“第三次工业革命”，期望以此让制造业重新回流到欧美等西方发达国家。但笔者在下文中认为恰恰相反，3D打印相关技术将给新兴国家带来了更多机遇，将使制造业——尤其是制造业的上游产业链，进一步掌握在中国

等新兴国家手中。

1 智能数字化与3D打印：用“虚拟”再造“现实”

目前，全球正在兴起新一轮数字化、智能化制造浪潮。欧美等发达国家面对近年来制造业竞争力的下降，抓住以网络化为驱动的“创客运动”的发展机遇^[4]，大力倡导“再工业化、再制造化”战略。以智能数字化为核心的“第三次工业革命”引发的前提和基础是模式识别、视觉计算^[5]、自动化控制、机器学习、大规模数据挖掘等学科的成熟以及大批量低成本传感设备的普及。这种深层次的产业革命，不仅将席卷人类的体力劳动岗位，也将毫不留情地占据人类之前赖以自豪的脑力劳动岗位。任何能够提取出统计规律、特征描述或编码索引的日常工作都将被自动化。可以确信的是，将来一个人薪酬的高低，将取决于他掌握智能数字化的专业程度。

正如中国科学院王飞跃研究员所阐述的从社会计算到社会制造的变革意义^[6]，3D打印成功地将虚拟的智能数字化技术与实实在在的工业产品桥接在一起。据预测，3D打印行业的产值将在2016年达到31亿美元。作为快速成形技术的一种，3D打印以经过智能化处理后的3D数字模型文件为基础，运用粉末状金属或塑料等可粘合材料，通过逐层打印、迭加成形的方式来增量构造物体。

3D打印实质上反映了制造业向智能化不断演进的历程。由于3D打印个性化定制的特点，决定了其不具备规模经济（即所谓的“大规模生产”），相应地，3D打印技术推动的未来商业模式之一将是云制造，其由数百万个小规模、自动组织的生产节点组成。这个由众多小型制造业企业组成的超大规模分布式网络，结合云端的智能计算服务，将形成一种全新的“大规模定制”解决方案。

1.1 智能数字化设计技术

智能数字化软件是3D打印的核心^[7]，其利用计算机来生成数字化的3D图纸模型，以便输出到3D打印机。正所谓“巧妇难为无米之炊”，缺少数字化文件支持的3D打印机将会变得毫无用处。与此同时，计算机需要知道如何更好地设计形状^[8-10]，目前有两大类的方法可以进行3D数字化。

第一大类是使用智能数字化设计软件，由设计师从无到有地设计3D数字化产品。最简单的几何表示是采用传统的建模工具，如SolidWorks、AutoCAD、3ds Max、Maya、Rhino3D、Zbrush等，来表达曲面网格形状。其次是使用参数设计软件，如简单指定长宽高这3个参数，就能获得一个定制的茶杯形状模型。更加智能化的是编程式设计，计算机把形状的设计过程描述成一系列有特定顺序的操作步骤，有点像按照食谱而不是最终的外观来制作蛋糕。程式化智能设计可以轻易地在这个蛋糕上绘制几百万个规则的精美图案，而这对于手工设计来说犹如噩梦。为了生成更加丰富的个性图案，还可采用复杂的生长式智能系统，按照一套既定的生长规则加上随机扰动，随着时间的推移发展，将一颗种子形状最终生长成独一无二的定制形状。智能化达到一定层次后，更可让设计的形状根据未知环境实时调整，适应各种物理和美学约束条件。比如，基于算法的智能设计软件能够根据物理环境调整建筑结构的形状，从而使建筑结构更稳定。采用人工智能进行设计的另一个途径是增强人和计算机之间的交互性，用户不需要了解计算机设计的内部原理，只需从计算机推荐的参考形状中不断地作出挑选，计算机根据反馈对参考形状进行优化调整，如此反复，直到最终生成一个满意的设计。

对于要求具有复杂的内部中空、凹陷、互锁或者有大量规则细节图案的形状加工，3D打印机是首选的制造设备。智能化设计可对零件进行优

化，减轻重量，同时保持原有强度和其他关键性能。还可使产品成为一个整体，这样也减少了零部件的装配。然而，3D打印机往往并不能直接打印任意复杂的形状。大多数设计文件，特别是那些复杂物体的设计文件，都需要专业人员进行调整优化。此外，一名好的设计师必须考虑支撑结构，以便在3D打印过程中帮助物体保持形状。还有一个困难的问题是如何解决多种材料的混合制造。只有实现了混合材料打印，多元结构的部件才能一次制造出来，以避免传统的首先制造单个（不同材料）零件再组装在一起的弊端。

1.2 智能数字化扫描技术

当然，并非人人都有能力自己设计3D形状，因此第二大类的3D数字化就是3D扫描（俗称3D照相），基于计算机视觉、计算机图形学、模式识别与智能系统、光机电一体化控制等技术对现实存在的3D物体进行扫描采集，以获得逼真的数字化重建。3D扫描技术分主动（Active）扫描与被动（Passive）扫描两种。

主动式扫描是对被测物体附加投射光，包括激光、可见白光、超声波与X射线等。其中激光线式的扫描（如手持式激光：Handhold Laser），可以扫描大型的物体，但是由于每次只能投射一条光线，所以扫描速度慢。另外，由于激光会对生物体以及比较珍贵的物品造成伤害，所以不能应用于某些特定领域。而目前最新的基于结构白光（Structured Lighting）的扫描设备，能同时测量物体的一个面，点云密度大、精度高，在快速采集物体三维表面信息方面具有独特优势。除此之外还有基于时差测距（Time-of-Flight）、三角测距（Triangulation）、调变光（Modulated Lighting）和光照编码（Light Coding，如Microsoft Kinect设备就是采用此原理，具有实时性的特点）的主动式扫描技术等等。

被动式扫描对被测物体不发射任何光，而是通过采集被测物表面对环境光线的反射。其不需要规格特殊的硬件，往往只需要一台或几台照相机获取多个视角的图片即可，因此成本非常便宜。被动式重建方法，如Autodesk的123D Catch，通常基于计算机三维视觉的理论方法，如立体视觉法（Stereoscopic）、从明暗恢复形状方法（Shape from Shading）、立体光度法（Photometric Stereo）和轮廓法等。被动式扫描的精度和鲁棒性受环境光照和照片质量的影响较大。

在获得3D扫描的原始数据后，往往还需对其进行复杂的后处理，如将多个视角的形状片段进行对齐（Alignment）和拼接配准（Registration），以统一在同一个世界坐标系下。此外还需进行漏洞修补、噪声去除、三角化、重网格化等，以生成最终的高质量水密（Watertight）流形曲面。目前，还没有一种成熟的3D数字化技术能够对自然界的任意形状进行全自动地真实重建，如对于人体的头发等，还不能获得理想的结果。因此在实际操作过程中，往往需要同时结合多种扫描技术，以及一定的手工编辑，以获得一个好的重建质量。

在获得初步的数字化模型之后，通常还需要进行个性化编辑定制，才会最终输出到3D打印机。这种追求高附加值的个性化定制，之前都是以较大的手工工作量为代价的，尤其是当需要“大批量定制”时。因此，为提高定制效率，智能数字化技术将发挥关键的作用。比如，需要为一万名用户定制个性化的眼镜、服装、帽子、鞋子，如果使用人工逐一为每位用户进行手工测量和手工设计，工作量和成本都将变得不可接受。而应用智能化数字技术，如采用视觉计算方法，利用摄像头自动采集、分析提取每位用户的体貌个性特征，并自动根据视觉美感进行形状设计、颜色肤色搭配等，可极大地缩减定制周期。

可以说，数字化是“第三次工业革命”的媒介和载体，而智能化则是手段和核心。目前，智能化技术的应用研究尚处于起步阶段，离工业化的实际应用尚有一定的距离，但最近几年发展很快。

1.3 智能云网：云端智能服务和云制造

通过上面的介绍可以看出，智能数字化技术涉及视觉计算、模式识别与智能系统、复杂系统与自动控制、数据挖掘与机器学习等众多“高科技”学科，普通技术人员掌握的门槛很高。因此，这些技术将来会以云端智能化服务的形式提供给普通用户和开发者。以定制一双鞋子为例，普通用户只需在手机上下载一个App应用，给自己的双脚拍几张照片，并指定喜欢的款式和颜色，之后位于云端的智能计算服务将根据用户上传的照片重建出3D脚形，然后把鞋子设计出来。所涉及的复杂智能技术全都在云端完成，App的开发者根本无需了解。用户提交订单后，系统在云制造集群中搜索到邻近的打印结点，以便快速送货上门。

以上涉及到云制造的概念，其对3D打印这种“规模定制”的运营模式尤其关键。维基百科对云制造的定义：“具有各种制造资源和能力，可以智能检测并联结更广泛的互联网，具备自动管理和控制能力”。每个单独的制造节点都是自主的、通过网络互联的。云制造的优点是资源可以扩展，还可自动平衡负载。制造商可以根据项目的特别需求，如本批次是定制1千件还是1万件，来构建一个临时的集群。每个云制造商的产能可能很小，但集群后的整体产能完全可以满足项目需求，且非常经济、灵活。

在本文中，我们把3D打印产业模式所依赖的云端智能化服务和云制造统称为“智能云网”，其具体的运作流程如图2所示。智能化、云端化、网络化、数字化将是3D打印未来的重要特点。



图2 “智能云网”模式下的3D打印产业链

1.4 3D打印技术概况

3D打印诞生于上世纪80年代，用于将虚拟世界中任意复杂的3D数字化模型变成客观世界中真实存在的3D实体。通俗来讲，只要你能设计出来，你就能够通过3D打印技术打印出任何你想要的个性化产品。与传统的“切削去除材料”的加工技术（如3D雕刻）完全不同，3D打印采用分层加工、叠加成形的“逐层增加材料”来生成3D实体。3D打印无需机械加工或任何模具，就可加工任意复杂的中空形状，解决了许多过去难以制造的复杂结构零件（如复杂的航空发动机叶片）的成形问题。而且产品结构越复杂，制造效率优势（研制周期缩短、原材料节省）越显著。目前3D打印在电影制作、游戏动漫、医疗、教育、建筑、文物考古、生产制造业都发挥了其独特的作用。

目前，3D打印机已经能够使用各式各样的新材料（如液体、粉末、塑料丝、金属、沙子、纸张、甚至巧克力、人体干细胞等），通过喷墨沉积、熔融沉积成形、激光烧结、立体光刻等工艺将三维数字模型变成实物，从玩具、工具、到厨

房用品、建筑、时尚衣服应有尽有，甚至还可直接打印具备触感的人造耳朵、人体骨骼、人造假牙、鲜肉，以及枪支、跑车、无人飞机等。

3D打印技术目前面临着以下几个主要问题亟待解决：

一是与传统切削加工技术相比，产品尺寸精度和表面质量相差较大，产品性能还达不到许多高端金属结构件的要求；

二是大批量生产效率还比较低，不能完全满足工业领域的需求；

三是设备和耗材成本仍然很高，如基于金属粉末的打印成本远高于传统制造。

由此可见，3D打印技术虽然是对传统制造技术的一次革命性突破，但它却不可能完全取代切削、铸锻等传统制造技术，两者之间应是一种相互支持与补充，共同完善与发展的良性合作关系。

通过智能感知设备，3D打印机还可控制制造的行为，对打印的过程进行实时监控，如产品的质量 and 强度，然后根据反馈信息随时做出调整，以实现闭环控制。也就是说，这台3D打印机具有学习和控制的能力。可以想象的是，会有专为糖尿病患者推出的食品打印机，通过微型皮肤植入物监测病人的血糖，依据每日不同的身体状况为其量身打印食物。在将来，通过把人工智能从计算机拓展到现实世界，还可打印具备感知和学习能力的智能物品，达到“机器制造机器”的新境界。此时，3D打印机就是新一代智能机器，它们能设计、制造、修理、回收其他机器，甚至能够调整和改进其他机器和自身。

智能数字化与3D打印技术相结合所带来的优势，不仅仅在于通过复制手段真实还原现实世界，而且还可以在3D数字化的基础之上，通过再设计工作，创造出一个更加美好的世界来。以电影《阿凡达》为例，很多美轮美奂的场景都无法从现实中直接拍摄，而通过数字化的艺术设计，

再使用3D打印机直接打印出来，这样不仅免去了费时费力的手工制作，而且获得了超越现实的逼真效果。智能数字化与3D打印的完美结合，将实现用“虚拟”再造“现实”的崭新境界。

2 智能数字化与3D打印：转向“中国智造”的产业机遇

在3D打印技术领域，我们和国际相比虽然还有一定的差距，但已不太大。我国自20世纪90年代初开始追踪3D打印技术研究，目前已取得了一批基础研究成果，部分甚至处于世界领先水平。例如，北京航空航天大学、西北工业大学开展的金属熔敷成形技术研究，在国际上首次突破了钛合金、超高强度钢等难加工大型复杂整体关键构件激光成形工艺。目前在北京、西安、武汉等地，紧跟国外也都相继开设了3D照相打印馆。然而，与国外相比，国内的产业规模化程度不高。现在市场上无论3D扫描还是3D打印，无论高端还是低端，大部分都是国外的产品。因此，智能数字化和3D打印在我国具有巨大的发展机遇。

2.1 智能数字化设备和软件系统的产业化机遇

作为3D打印的前端和上游产业链，3D智能数字化扫描是一项关键技术。因为对于家庭的日常3D打印任务而言，最重要的一个环节是进行全（半）自动的数字化建模。目前国内的3D扫描设备在采集质量和速度上和国外的同类产品相差不大，价格却可仅为四分之一左右。然而在市场化和产业化上仍有明显差距，大部分产品都出自小型公司，尚未形成有影响力的品牌。这方面有待于政府和商业机构进一步加大支持和投入。待时机成熟，完全可以使得国产3D扫描设备占据绝大部分国内市场甚至国际市场。

特别需要指出的是，在3D数字处理软件方面，我国与国外的差距仍然较大。实际上，待3D

硬件设备成熟之后，国际3D打印市场的核心竞争将转移到相关的配套软件上来。目前国内的3D扫描厂商大多直接采用国外的大型成熟商业软件，如美国的Geomagic Studio等。原因在于3D数字处理软件的研发需要巨额的资金投入和长期的技术积累，目前国内的小型公司难以承受研发风险、以及可能的知识产权侵权风险。但从长远来看，拥有国产化的3D数字处理软件是十分必要的，且是可行的，因为目前国内的科研单位（如中国科学院、浙江大学、清华大学等）已基本解决了相关的技术难点，只是没有资金实力形成功能完整的大型软件系统。

当前，3D打印的主要矛盾在于有限的打印设备精度和用户期待的理想打印结果之间存在着较大的差距，而通过对3D数字形状进行智能算法研究将有效地缓解这一矛盾。比如，可对3D形状的频域特征空间进行智能化分析^[1]，优化生成最匹配于当前打印机精度的3D数字化模型。

可以预见的是，以视觉计算、模式识别、深度机器学习等为代表的智能化技术将获得广泛的工业化应用，配以低成本的传感设备，可以进行自动感知捕获、特征提取、统计分析、以及智能化定制设计，以满足高附加值“大批量定制”的工业需求。

2.2 建立完善“中国智造”的产业生态圈

2010年，中国大约有1.3亿人从事制造业，约占全球制造业工人的40%。同时，中国的竞争优势早已不仅仅是低成本的普通劳动力，还有大量雇佣成本适中的中等技术人才、工程师、科研人员、以及完善的产业链条、高度适应性的巨大产能和本身巨大的市场。中国的研发设计能力实际上是过剩的，这从目前市面上琳琅满目的国产手机种类以及所建立的庞大“山寨帝国”就可窥豹一斑。当前工业制造的主要门槛是复杂的制造工艺和设备，而一站式3D打印机的主要优势恰恰是零技能制造，这给我国广大技术人员研发高附加值、个性化定制的创新产品开启了广阔天地。同时，中国巨大的人口基数，又可把原本小众的利基市场变成大众市场。

我国要完成向“中国智造”产业模式的转变，关键要形成一大批能够以产品创意设计、生产为职业的群体，同时还亟需建立有保障的生态环境支持这些设计人员去原创自己的风格，摆脱低水平仿造、低水平收入的恶性循环，这方面可借鉴国外Shapeways和Quirky公司的设计、制造、销售全产业链模式。3D打印机、数控机床及以Arduinos为代表的开源硬件平台降低了创新门槛，

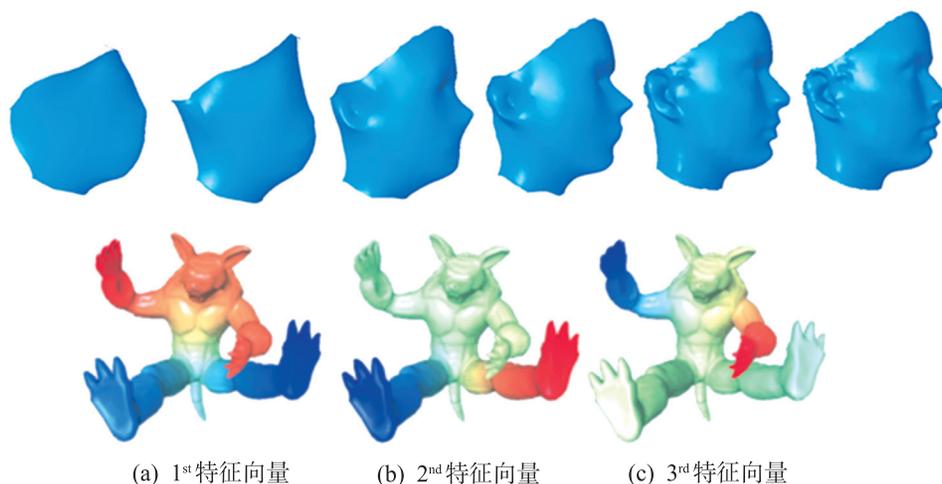


图3 对3D形状的频域特征空间进行智能化分析

结合我国处于零部件供应链中心（如深圳华强北）的优势地位，可极大提高产品研发速度和降低研发成本。此外，我国还需进一步加强产业创新人才的教育和培训，整体提升国人的动手能力和DIY（Do It Yourself：自己动手设计和制作）兴趣，可将3D打印技术纳入中学和大学的学科建设体系，增加必修环节和实训项目，为以后产业化在中国的形成提供相应的人才储备和技术储备。

目前，商业化高端3D打印设备的定价权掌握在国外少数几家公司手中。这些高端设备售价非常昂贵，而国内尚缺乏相关的替代品，因此极大地增加了3D打印行业的运营成本。可喜的是，我国目前在高端3D打印设备的制造技术与国外差距不大，在某些方面甚至有所超越。因此，加强我国在3D打印关键设备领域的研发投入，如设备和功能材料的制备、智能控制问题的解决、激光器/喷嘴等核心元部件的研制等，并进行商业化生产销售，对市面上的国外同类产品进行价格上的有效制衡，是支撑“中国智造”模式的前提和保障。

如前所述，要打印一件3D物品，目前技术上还没有一套全自动的解决方案，仍需要大量复杂的智力和手工劳动，如3D形状的数字扫描过程、产品创意的智能化设计、3D打印产品的清理和抛光上色等。在欧美等发达国家，人工费用非常昂贵，这样导致设计和打印一件3D产品价格不菲。以国外一家3D照相馆为例，其出售3D扫描和3D打印的人物雕像，一个6英寸的全彩雕像成本价约为2,493元人民币。这个价位在国内几乎没有可行性。而在国内，完全可以使用国产的智能扫描设备，经设计师使用智能化软件定制加工之后，再采用低成本的单色材料，并利用低成本的单色3D打印机（如Reprap、Makerbot等）将模型打印出来，最后雇用极具价格优势的美工流水线进行手动上色，全部成本在“中国智造”模式下可控制在100元人民币以内。



图4 国外一个6英寸的全彩雕像^[12]成本价为2,493元人民币，而在“中国智造”模式下成本可控制在100元人民币以内

由此可见，即使在由“批量生产”转向“批量定制”的时代，以3D打印为代表的“第三次工业革命”仍有很大的希望在中国落地生根，形成“中国智造”的新模式，而不是制造业回流到欧美。智能数字化技术将深刻改变传统行业的产业模式，将为我国制造业的转型发展带来前所未有的机遇。

参 考 文 献

- [1] Bathsbeba Sculpture, <http://www.bathsbeba.com/>
- [2] [美]彼得·马什（Peter Marsh），《新工业革命》，中信出版社，2013。
- [3] [美]杰里米·里夫金（Jeremy Rifkin），《第三次工业革命：新经济模式如何改变世界》，中信出版社，2012。
- [4] [美]克里斯·安德森（Chris Anderson），《创客：新工业革命》，中信出版社，2012。
- [5] 马颂德，张正友，《计算机视觉-计算理论与算法基础》，科学出版社，2003。
- [6] 王飞跃，从社会计算到社会制造：一场即将来临的产业革命，中国科学院院刊，第27卷，第6期，658-669页，2012。
- [7] [美]胡迪·利普森（Hod Lipson），梅尔芭·库曼（Melba Kurman），《3D打印：从想象到现实》，中信出版社，2013。

- [8] 周昆. 数字几何处理: 理论与应用. PhD thesis, 浙江大学, 2002.
- [9] 吴怀宇. 基于离散微分几何的数字几何处理研究. PhD thesis, 中国科学院, 2008.
- [10] Huai-Yu Wu, Chunhong Pan, Hongbin Zha, Qing Yang, Songde MA. "Partwise Cross-Parameterization via Nonregular Convex Hull Domains". IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics (TVCG), Volume: 17, Issue: 10, 1531-1544, 2011.
- [11] Huai-Yu Wu, Hongbin Zha, Tao Luo, Xu-Lei Wang, Songde MA. "Global and Local Isometry-Invariant Descriptor for 3D Shape Comparison and Partial Matching". IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2010), pp.438-445, San Francisco, California, June 13-18, 2010.
- [12] OMOTE 3D SHASHIN KAN, <http://omote3d.com/>

作者简介

吴怀宇 江西丰城人, 副研究员, 任职于中国科学院自动化研究所, 模式识别国家重点实验室(NLPR)、中国-欧洲信息、自动化与应用数学联合实验室(LIAMA)。2008年7月在中国科学院获“模式识别与智能系统”专业博士学位。2008年7月至2011年8月在北京大学信息学院做博士后、讲师, 并膺获“北京大学优秀博士后”称号。目前担任多个国际刊物的评审专家和国际程序委员会成员等学术任职, 美国电气与电子工程师学会(IEEE)、美国计算机协会(ACM)、IEEE Computer Society会员, 并担任过ICCV/ CVPR/ ACCV国际程序委员会委员、程序主席秘书、以及北京市科学技术委员会项目评审专家、国家自然科学基金评审专家。

主要研究领域包括3D智能数字化打印, 计算机三维视觉, 视觉形状感知分析与处理, 计算机交互图形学等。主持和参与国家自然科学基金(两项, 其中因取得突出研究进展获首批国家青年科学基金-面上项目连续资助项目)、国家高技术研究计划863项目(四项)、中国博士后科学基金(一等)等多项国家重大科研课题。在计算机视觉/计算机图形学领域的IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics、IEEE Transactions on CSVT、IEEE Transactions on ITS、ICCV、CVPR等国际顶级期刊/会议上发表学术论文30余篇, 相关技术申请国际/国家发明专利3项。研究成果应用到国产3D影视动漫制作当中, 如国产三维动画电影《麋鹿王》中的三维形状渐变, 该动画片获得第13届中国电影华表奖优秀动画片奖、第二十七届中国电影金鸡奖最佳美术片提名奖。

原文取自: Business Horizons, Vol. 55, No. 2, pp. 155-162, 2012.

3D打印：新的工业革命

苟超 译

中国科学院自动化研究所 复杂系统管理与控制国家重点实验室，北京 100190

摘要：本文探讨了3D打印的特点和相关应用，并将它与大量客制化生产等其他制造工艺做了对比。3D打印能够低成本生产小批量定制产品。虽然目前3D打印技术主要用于制造实物模型，但是对于生产机器部件、牙冠、假肢等具有很大的应用前景。用户可以通过网络选择性下载电子书籍、数字音乐等产品，这样的技术革命使企业从小规模定制市场盈利，也使公司几乎不用担心库存问题，现在3D打印被预言将给人们的生活带来类似颠覆性改变。一些专家还认为，3D打印将通过降低工厂对工人的需要而显著减小人口大国工业生产的优势。

关键词：3D打印，快速成型，加式制造，快速制模，数字化制造，桥式制造

1 一项多方位技术：3D打印

本文的目的是对3D打印技术发展进程、当前和潜在应用、与传统工业制造技术（比如大量客制化生产、注射成型、机械切割成型）比较及其应用局限性等各个方面做出深入全面的概述。3D打印作为一项能满足实际中很多应用需求的技术，具有广泛的应用前景。

3D打印作为加式制造的一种方式，通过三维物体横截面数据来层积实现制造三维物体。这种方式类似传统激光或者喷墨打印过程。但它不同于平面打印采用多颜色油墨，3D打印机采用粉末材料通过平面图像层积而成三维物体。所有的3D打印机都要用计算机辅助设计软件来准确设定每一层的成型数据。3D打印机器给每一层分配一定树脂液体，同时用一个基于计算机控制的激光辐射硬化成型。在制作过程的最后，通过化学液体清洗来去除主体之外冗余的树脂固体材料。3D打印机能够在一个小时打印出一个类似齿轮等

的简单物品，同样可以打印能够嵌套和自由移动的复合物体而不用人工组装。我们可以通过网站<http://www.youtube.com/watch?v=u7h09dTVkdw>看到一款打印机能够打印出一系列具有球状轴承结构的三维物品。

从某种意义上讲，3D打印并没有明确的定义。该领域的一些专家将3D打印归类于基于打印头注射成型的层积打印的类别。另外一些专家更倾向于从消费者角度出发，他们认为3D打印就是那些低成本、易操作的快速成型机（Casey, 2009）。“快速”意味着能够轻松完成物品复制或者直接通过写入一段计算机程序来改变将要打印物品的形状。“成型”这个过程对于大规模批量生产来说太慢（对于注塑成型而言，它能够大批量生产而导致单体成本很低）。

有两个重要的方面来区分3D打印和其他快速成型技术。第一就是它们的价格，一般3D打印机1000美金左右，而其他快速成型机有的需要500000美金左右。现在的桌面3D打印机从10000到

100000美金不等。现在已有的3D打印机生产商有 Zcorp(www.zcorp.com), Objet Geometries (www.objet.com), Dimension(www.dimensionprinting.com), Design-craft(www.designcraft.com), Stratasys (www.stratasys.com), and 3D Systems(www.3dsystems.com).

第二个区别就是3D打印机整合了计算机辅助设计软件和其他数字化文件比如核磁共振图像等。在三维物品设计的最后,设计好的产品可以被保存STL文件格式(一种立体打印的厂家标准文件格式)或者其他类似文件。设计者或者用户只需要点击“打印”并连接现在可用打印机即可。3D打印机可以使用SolidWorks 和Audodesk经营的商业项目里面的CAD文件,也可以从Blender和Google SketchUP上面下载使用开源免费的产品文件(“3-D Printing,” 2011)。3D打印机是Magic RP, VisCAM, Netfabb软件平台驱动的。

用户可以通过网络选择性下载电子书籍、数字音乐等产品,这样的技术革命使企业从小规模定制市场盈利,也使公司几乎不用担心库存问题,现在3D打印被称为将给人们的生活带来类似颠覆性改变。当前3D打印典型主要应用是小批量生产精小复杂的物品。这些也涉及大规模定制生产的产品,医学和牙科领域应用,还有桥式制造领域。一些专家也断言3D打印将通过降低工厂对工人的需求而显著减小人口大国劳动力的优势(“Print Me,” 2011)。

1.1 3D打印和大量客制化生产

而今,人们常将3D打印与大量客制化生产方式做比较。3D打印的支持者表示,3D打印在某种程度上类似其他大量客制化生产,它能够使企业低成本生产个体用户定制的产品。虽然这两种技术都能用于低成本生产小量定制产品并从中获取一定利润,但是它们在生产过程和物流配置上是

不一样的。

与3D打印不同,大量客制化生产依赖于预定制生产好的部件以及部件之间的组装策略。例如Dell电脑的大量客制化生产,它根据用户的个性化需求来组装不同的显卡、硬件驱动、微处理器和硬盘。也有其他的部分企业通过自己的差异化生产系统来完成用户定制的部件并按序组装成产品(Berman, 2002)。

相较而言,3D打印采用CAD软件平台和基于加式制造的技术来打印物品。它一般通过激光辐射烧结特殊材料来完成。大量客制化生产的基本材料是一些已加工完成的典型部件,3D打印则采用塑料、树脂、合金(以镍为基的铬和钴混合)、不锈钢、钛、高分子聚合物、陶瓷等材料。

由于在大量各支行生产中需要的部件大都来自不同的供应厂商,所有需要一个高度整合的供应链来保证在适当的时间内提供合适的可用部件。而另一方面,3D打印材料从一两家供应商便可购得。

大量客制化生产是基于协作完成的,而3D打印过程是通过CAD软件平台自动完成的。3D Systems(一家3D打印机制造商)的首席执行官表示,3D打印过程不需要操作者的人工参与,也不需要其他额外的装置来帮助生产部件,“你要做的仅仅是下载一个传统工业生产方式无法生产的3D模型成型文件。我们可以称3D打印机为可装于箱中的移动工厂”(Alpern,2010, p.47)。

3D打印和大量客制化生产也有某些共有的经济特征。比如,由于二者生产模式都是只有客户下了订单并付款后产品才开始生产,这样的生产流程都最小化了库存风险。同时,产品还未生产便收取货款,都很好改善了公司营运资金管理。

由于制作流程和材料的不同性质,大量客制化生产和3D打印被广泛应用于不同的领域。大量

客制化生产被应用生产电脑、手表、窗户、鞋子和牛仔裤等。这些产品的部件使用的材料种类繁多。相较而言，3D打印被用于制作实物模型、代替部件、牙冠和假肢等，它们的材料比较单一（见表1）

表1 大量客制化生产和3D打印比较

特点	大量客制化	3D打印
制造技术	依赖于预定制生产好的部件以及部件之间的组装策略	基于CAD软件平台和加式制造的自动化生产
供应链要求	需要高度整合的供应链来满足在准确的时间内从不同供应商处获得适当的产品部件	利用多个供应商处的现成材料供应即可
经济效益	能够廉价生产出客户定制化产品。较低库存风险。改善营运资金管理	能够廉价生产出客户定制化产品。较低库存风险。改善营运资金管理
产品种类	电脑、手表、窗户、鞋子、牛仔裤等	原型生产、代替部件、牙冠、假肢等

1.2 3D打印与注射成型、减式制造

本节主要介绍3D打印和注射成型、减式制造相比较，在成本、功能、效率方面体现的优势。

注射成型需要相应的模具，3D打印直接成型从而降低了生产成本。此外，3D打印也无需昂贵的机床设备、冲压机等工具，它对小批量生产来说具有较大成本效益。这样也使得企业能够从3D打印生产用户个性化定制产品中盈利，也较好迎合了市场需求。

传统减式制造技术一般通过多轴切割机雕刻塑料和金属成型。与之相比，3D打印没有浪费任何材料：没有铣削和打磨。据统计，与传统金属加工/削减技术相比，3D打印可以节约40%的原料。

此外，95%-98%的废旧材料可以被3D打印循环使用（Petrovic et al.,2011）。也有其他文献指出，减式制造会削减成型材料的96%来完成物体成型（Wagner, 2010）。另外一个方面，和注射、切削成型不同，每一个产品的成本不会随着大批量生产而减小。

由于无需额外设置时间，3D打印能够在较短时间内生产和注塑、切削一样的产品。此外，在产品修订设计上，3D打印也能节省大量时间。

表2中列出了3D打印和其他传统减式制造技术相比的特点。3D打印的优点包括：能小量生产运行制造客户定制产品、可以分享产品设计和外包制作、轻松完成产品设计和修订。这些优点使得3D打印在大量客制化生产、原型替代部件生产、医疗应用、桥式制造等中小型生产运行中具有广泛的应用前景。这些应用将在下一节中详细讨论。表2还列出了3D打印的主要瓶颈，也正是这些局限性使得目前的3D打印技术无法得到广泛应用。

1.3 3D打印的加式制造特点

3D打印有利于产品外包以及设计师和用户之间通过网络等共享产品设计。一些工程软件公司如Alibre和Autodesk让用户可以在家里或者办公室设计产品，并通过邮箱发送给其他用户。在3D打印领域，设计可以轻松通过互联网实现共享。比如一位名Bick Starno的机械设计工程师开发出一种能够将化妆品管内最后几滴液体提取出来的挤压装置，此后，他将该挤压装置的原型上传到3D打印设计的社区分享网站。几小时内，欧洲的3D爱好者便将其下载并打印成型。截止2010年10月，已超过500人下载了该产品设计原型（Stemp-Morlock, 2010）。

Shapeways（www.shapeways.com）和Ponoko（www.ponoko.com）是两家承接3D产品生产、

营销、为设计原型估价等业务的公司。作为皇家飞利浦电子公司的子部门，Shapeways接收用户产品设计原型后，会根据自己工厂的3D打印机来计算产品成本。产品设计者根据成本来设定零售价格并获取相应毛利，但是最多不能超过3.5%。Shapeways目前已经有超过30000的注册用户提交过产品设计（Olivarez, 2010）。

表2 3D打印的特点

A、3D打印与其他制造技术比较的优点
<p>1) 能低成本生产小批量用户定制产品，原因如下：</p> <p>(1) 不需要昂贵的工具、模具、冲压机</p> <p>(2) 不会产生废料、不需要切削、不用打磨</p> <p>(3) 自动化生产</p> <p>(4) 使用现成材料</p> <p>(5) 废旧材料可循环利用</p> <p>(6) 能最小化库存风险</p> <p>(7) 可明显改善企业资本运作，因为先付款再生产</p> <p>2) 可以分享产品设计和外包制作</p> <p>3) 能轻松完成产品设计和修订</p>
B、3D打印的重要应用
<p>基于小量生产运行的3D打印应用：</p> <p>1) 大量客制化生产的产品</p> <p>2) 原型成型</p> <p>3) 替代部件</p> <p>4) 医学应用</p> <p>基于中型生产运行的3D打印应用：</p> <p>1) 桥式制造领域</p>
C、目前3D打印的局限性
<p>1) 和传统注塑成型相比，在大批量生产上成本太高</p> <p>2) 在材料、产品颜色、表面设计上选择太少</p> <p>3) 和其他减式制造相比，精度偏低</p> <p>4) 产品强度不够、耐热耐水性不好、颜色不稳定</p>

而从另一方面来看，通过CAD软件设计的产品上传互联网后存在很大的知识产权问题。由于对数字三维模型进行了描述，他们很容易被模仿生产和转售等。其实最主要的担心应该是，已

存在的产品原型被设计并上传网上，就被一些其他商家克隆生产并销售于市场上。这对那些生产家电配件、设备按钮、塑料制品外壳等部件的大型公司来说，是一个特别值得关注的问题。一些专业人士更是建议政府收紧现行的知识产权准则，因为通过3D打印太容易复制生产其他产品了（“Print Me，” 2011）。

2 3D打印的发展

3D打印的发展其实经过了三个阶段。在第一阶段，建筑师、艺术家、产品设计师采用3D打印技术来完成新设计的原型或者实物模型。现在的3D打印仍然围绕生产模型原型发展。

3D打印机在生产产品模型或者原型的时候有几个关键的优势，其中包括：(1)能轻松复制产品；(2)成本低廉；(3)考虑了用户隐私和产品安全性。比如，模型或者产品原型也可被大批量生产为相同的颜色、纹理。此外，营销人员可以很容易根据用户反馈信息来修改产品原型设计。Future Factories 的首席设计师表示：“可以低成本地做这件事情，比如，我们可以用几乎一样的成本来生产两个完全不同的产品。成批生产的规模经济理论在这里变得不适用了。”（Thilmany, 2009, p.39）。一位来自著名跑步鞋制造商新百伦的资深CAD设计师补充道，该公司的3D打印机几乎不间断运行，每一台机器在一个月内都可以打印出100款模型（Pullin, 2009）。

不太昂贵的材料也可用于原型生产上。比如，当我们主要考虑产品外观时，可以用塑料或者树脂来生产那些实物为金属的物品。这样，原型生产的成本和时间就显著减少了许多，因为3D打印不需要额外工具和对应染料。Black&Decker的技术人员表示，之前用3D打印生产物品模型需要3-5天，但是随着3D打印发展，现在只需要几个小时便能拿到产品（“Simplifying，” 2010）。最

后，由于3D打印逐渐家用，对个人的安全和隐私将不再是一个问题。

3D打印机的第二个发展阶段是开始利用它们创造成品。这一阶段有时也被称为“直接数字化制造”或者“快速制模”。第二阶段比较著名的应用就是大量生产运行，其中包括桥式制造的开创和测试市场产品的生产。在市场测试方面，利用3D打印可以生产多种产品的原型，包括不同大小、款式、颜色，这些产品可以投放市场来测试市场最大需求。专门从事3D打印市场研究的Terry Wohlers表示，目前市面上的3D打印的原型产品中，超过20%的成品将会成为最终的商业化产品（“3D Printing: The Printed World,” 2010）。Wohlers预言在2020年前，这样的比例会上升到50%。

在第三个发展阶段，3D打印将会和传统桌面喷墨打印一样被个体用户所拥有。MakerBot生产的CupCake CNC 3D 打印机仅售750美金，该公司联合创始人之一表示：“我的目标是每个用户都可以去网上下载成型文件并在家中打印生产，而不需要去商场选购”（Olivarez, 2010, p.C4）。艺术品、工艺品、可替代部件的生产是这个阶段的重要应用。比如，3D打印技术可以用来生产丰富多彩的人物、多色棋子、甚至燃气灶具的旋钮。

据一位前工程师表示：“在不久的将来，我们即可拥有一台桌面3D打印机，它能帮我们生产汽车零件、计算机部件和烤面包机的旋钮等。我们在家即可拥有属于自己的工厂”（Klaft, 2010, p.B5）。我们不能用3D打印机生产远洋客轮，但是我们可以生产各种配件。随着3D打印机的价格降低，这个3D打印机家用的阶段正在到来。现在或许正是一个拐点，除了上面提到的早期CupCake打印机器，据MakerBot公司销售所说，一套名为Thing-O-Matic的业余爱好者3D开发套件售价仅1299美金。

3 3D打印的应用

一项3D打印应用无论是在技术上还是经济上是否可行，很大程度取决于产量、部件尺寸、复杂程度、材料成本。3D打印广泛应用于小批量生产复杂微型部件。据称，对于只需生产50-5000个部件，3D打印较注塑成型具有更大经济效益（Sedacca, 2011）。另一篇文章中也提到，对于只需生产1000个部件来说，3D打印比注塑成型具有更大竞争力（“Print me,” 2011）。一些专家也预言，在不久的将来，随着原材料价格降低，高效的3D打印生产范围也将不断扩大，同时，会有越来越多的公司使用3D打印机生产成品，个体用户也将购买私用打印机。3D打印也特别适合制造球轴承等体积较小的复杂部件。

3D打印技术的快速发展使得该技术得到更加广泛的应用。早期的3D打印机只能通过激光辐射丙烯酸树脂成型。不幸的是这些产品往往很脆弱并且需要后处理。现在，3D打印可以采用更多的材料，比如铝、超合金（如镍基铬、钴等）、不锈钢、钛、聚合物、陶瓷。

3.1 基于小量生产的3D打印

该节探讨基于产量大小的3D打印应用。基于小量生产运行的3D打印应用包括生产大量客制化产品、原型、可替代部件、医学/牙科部件。这些应用领域往往涉及一些高价产品类似用户个性化定制的小批量产品。

对于那些大量客制化产品，零售商可以用商场里的3D打印机来为客户定制生产。比如对于定制鞋的商业应用，一些鞋可以根据客户的脚的大小和个人步态来专门设计。虽然这个应用目前相对大批量生产来说比较昂贵，一些专家认为随着3D打印的快速应用，二者的价格差将明显减小。

3D打印已经被广泛应用于物体原型生产。虽然产品可以在批量生产前通过计算机三维显示，

在决定投资批量生产前，许多开发者和新品设计师更想预先测试、触摸等直观感受模型产品的可行性。不像手工制作基于粘土、木材、金属的原型部件，3D打印机能够生产可相对移动部件（比如自行车链条模型或者小型变速器），也可以利用多种材料打印三维物体（比如打印带有橡胶按钮的塑料外壳遥控器）。利用3D打印制作物体模型的另一个优势就是能够快速成型不同的版本，并且不用再装备其他新工具便可满足不同用户和市场的需求。

著名鞋业制造商Timberland曾经需要1200美金和1周的时间来为公司的一款新鞋设计鞋底。然而采用3D打印机只需要花费35美金并在90分钟内就可以完成鞋模制作（“Case History,” 2009）。意大利高品质家居用品制造商Alessi也用3D打印机来生产新品的塑料模型。Alessi的经理表示，3D打印使他们节省了5-6周的时间，并且和传统模型生产方式相比节省了70%的成本（“3D Systems,” 2011）。

一些建筑公司也使用3D打印机来生产建筑物模型。据一家专门经营3D打印建筑物模型的公司创始人表示，曾经需要花费10万美金和两个月时间来完成模型生产，现在该公司用3D打印机只需要2000美金在一个晚上就可生产出建筑模型（Vance, 2010a）。

对于生产洗衣机部件、食品加工机部件、相机镜头配件、小齿轮来说，3D打印无疑是一项最理想的技术（Bradshaw, Bowyer, Haufe, 2010）。利用注射成型技术来生产上述部件需要一次生产大批量产品，这样会由于供大于求而导致库存危险，也增加了存储成本。3D打印则可以根据客户需求量来生产。在某些情况下，有些可替代部件往往由第三方生产的，只是第三方供应商利用了原厂商的原型设计。

由于在准确性、细节、表面平滑度方面的改

进，3D打印越来越多地应用于类似助听器、牙冠、假肢生产的医学领域。因为个人的耳道的尺寸和形状是独特的，助听器的生产就必须适合不同的个体来达到完美匹配。听力障碍患者的耳道大小和形状数据能够通过CAD软件平台在几分钟内数字化采集。通过基于液态激光聚合物的3D打印在几个小时内便可生产出针对该患者的助听器外壳（Alpern, 2010）。

另一方面，牙科实验室研究人员可以通过3D成像技术在室内不接触患者的情况下获取相应数字化文件。基于这种技术，该实验室可以通过扫描患者口腔并在3天内完成病牙修复（“Dentistry,” 2011）。

一些公司已经利用3D打印机打印特制膝盖来代替患者病变骨骼，它是基于CT扫描的数据来完成匹配的，并与传统的标准骨骼模型不同。Bespoke Innovations出售的自动刷碗机的四肢成本只有传统人工制造的假肢的十分之一（Vance, 2010b）。最近也有利用3D打印机来生产类似人体骨结构的多孔脚手架。这些材料能够完全植入作为人体的一部分（Sedacca, 2011）。

3D打印也被应用于医疗诊断、医师培训、医疗器械检测。沃尔特·里德医疗中心的矫形外科医生已经在利用3D打印来生产人体膝关节模型。这些模型已经被用于处理伤口出现在神经或者动脉附近的外壳手术（King, 2008）。

3.2 基于中型生产的3D打印

3D打印也被用于桥式制造领域，桥式制造能够很好解决物体部件被设计和部件被批量生产之间的时间差问题。当工具操作比较复杂、成本较高且耗时的时候，桥式制造领域便可利用3D打印技术来完成。在完成模具生产之前，3D打印对于一个需要保证成千上万的部件供应来说是非常必要的。Caterpillar利用桥式制造生产出了新的机油

滤清设备 (Sherman, 2009)。和传统方式相比, 从产品完成设计到准备批量生产的时间内, 这家公司也成功利用3D打印技术完成了上百个线束的生产。

4 3D打印展望

3D印刷的发展前景基于订单定制产品, 如牙科和医疗设备以及低营业额的替换零件。这些商品通常以独特的结构和极小的量定制。3-D打印的一个显著优势就是能够使一家公司迅速且在保障成本效益的前提下供应低需求量的产品而不用承担未能出售产品的库存风险。由于商品只有在被定制和支付的前提下才制造, 所以设计师们便能很好帮助避免交易风险, 否则他们可以选择不接受这个订单。有了3-D打印, 低劣设计的风险便是基于浪费的设计时间而不是库存投资。

3D打印的一个主要优势是将产品设计从生产能力中分离。在3D打印中, 由于设计和生产可以轻松外包, 设计者们可以和类似Shapeways的公司协作生产和营销, 并根据他们的设计来获取相应的产品利润。或者, 客户可以在线下载一个CAD软件设计一个替代部件, 如同他/她下载一首歌曲那样简单, 然后将设计载入打印机并在他/她的3D打印机上打印出那个部件。

在3D打印能够取得广泛应用之前, 许多和价格、准确性以及3D打印产品强度相关的问题需要解决。例如, 就价格来说, 适合3D打印的材料比典型的注射成型热塑性塑料贵10到100倍 (Sherman, 2009)。适合3D打印的材料选择、颜色以及表面处理也比典型大批量生产过程的限制更多。根据3D打印机生产商Stratasys的副总裁所说: “这个产业目前还没有一份20000种可用材料的目录。现在, 可用的材料种类数目大约只有50” (Alpern, 2010, p.47)。目前高昂的材料费用限制了3D打印对产品品质、速度和隐私性要求

苛刻的领域的使用。

目前, 3D打印使用塑料、树脂和金属, 具有大约0.1毫米的精度 (“Print Me, ” 2011)。据称, 3D打印机的机械臂需要比现在更精确10倍以上才能赶上传统工业生产过程的精度 (Rudd, 2011)。也有与层间弱连接相关的一些重要问题能够导致压力之下的分层和损坏; 另外, 材料的强度、粘度、尺寸稳定性、耐热性和耐湿性、颜色稳定性需要谨慎评估 (Sherman, 2009; Stemp-Morlock, 2010)。3D打印制作的部件是负荷载体时, 与强度相关的问题尤其关键。

随着原材料价格的下降以及材料质量的提升, 3D技术的广泛使用将拓宽它目前的应用范围。可以增加的应用包括桥式制造, 产品商品化之前填写订单和紧急订单; 珠宝和爱好应用的定制生产; 强度是一个主要问题的机械部件和飞机制造领域; 紧急部件生产; 以及库存成本比生产花销更高的应用领域。

3D打印的第二个前景蕴藏在生产设计从生产制造中的分离。随着3D打印的发展, 客户将能够在线购买相关设计然后在家里制作产品。电器公司可以将各种配件外包给第三方公司生产, 第三方只需要根据电器公司提供的CAD文件来制造即可。不需要储存多余零部件而显著降低了产品成本。这样, 配件的可用性也得到提升, 因为保存一个产品的设计远比保存一批实体配件简单得多。

在未来的5之内, 我们可以断言基于3D打印的供应链在产品端和设计端都会得到迅速发展。大量为终端客户和零售商提供CAD-CAM (计算机辅助设计-计算机辅助制造) 设计文件下载服务的公司将会如雨后春笋般涌现。这些设计使得个体用户可以在家生产定制化产品, 也使得企业能够满足市场有序需求。互联网的广泛应用也使得网民个体能够测试和完善网络CAD-CAM设计库, 当然, 这些设计库中文件也很容易为其他网民用户

下载使用。

CAD-CAM应用的广泛普及、高新材料的发明以及材料成本的降低都将使得民用和商用的打印机数量迅速增长。我们也可以预料,那些不具竞争优势的专业人士和企业都将会考虑购买3D打印机,以此来减少投资成本并降低技术过时的风险。

从长远来看,未来新型的3D打印机将能够生产更大商品并能够实现更高精度,3D打印的工业应用将得到井喷式发展。随着更多的个体和企业采用3D打印机,材料和机械的价格必然下降。此外,3D打印的应用范围也会随着材料硬度增强、耐热和耐湿性提高而得到扩大。

当3D打印机的价格下降到300美金甚至更少的时候,家用3D打印的规模将迅速扩大。在这个价位的情况下,家用3D打印的市场渗透率将和目前小型家用激光打印机的发展一样迅速增加。在当前工业市场的形式下,市场渗透率的增加也将导致家用3D打印机得到更快发展。高市场渗透率也将使得打印材料价格下降。3D打印作为一项服务个体用户的新兴技术,具有非常巨大的应用潜力。

参 考 文 献

- [1] 3-D 'printing' goes mass market. (2011, January 18). MyPaper, p. A13.
- [2] 3D systems success story. (2011). Retrieved June 9, 2011, from www.3dsystems.com/french/datafiles/3dm/AlessiCoffee_3DM_CaseStudy.pdf
- [3] Alpern, P. (2010). Beam me up, Scotty. *Industry Week*, 259(2), 46-47.
- [4] Berman, B. (2002). Should your firm adopt a mass customization strategy? *Business Horizons*, 45(4), 51-60.
- [5] Bradshaw, S., Bowyer, A., & Haufe, P. (2010). The intellectual property implications of low-cost 3-D printing. *Scripted*, 7(1), 5-31.
- [6] Case history: A factory on your desk. (2009, September 5). *The Economist*. Retrieved from <http://www.economist.com/node/14299512>
- [7] Casey, L. (2009). Prototype pronto. *Packaging Digest*, 46(8), 54-56.
- [8] Dentistry: Objet to showcase 3-D printing solutions for digital dentistry at

- LMT lab day, Chicago. (2011, March 7). *Health and Medicine Week*, 1054.
- [9] King, R. (2008, October 6). Printing in 3-D gets practical. *BusinessWeekOnline*. Retrieved from http://www.businessweek.com/technology/content/oct2008/tc2008103_077223.htm
- [10] Klafit, L. (2010, October 17). Open-source 3-D printers head to a desktop near you; instantly make a part to replace what's broken. *Worcester Telegram and Gazette*, B5.
- [11] Olivarez, N. (2010, June 14). 3-D printers go beyond paper and ink: Mostly celebrated by hobbyists and geeks, 3-D printers may be commonplace one day. *Buffalo News*, p. C4.
- [12] Petrovic, V., Gonzalez, J. V. H., Ferrando, O. J., Gordillo, J. D., Puchades, J. R. B., & Grin'an, L. P. (2011). Additive layered manufacturing: Sectors of industrial application shown through case studies. *International Journal of Production Research*, 49(4), 1071-1079.
- [13] Print me a Stradivarius: How a new manufacturing technology will change the world. (2011, February 17). *The Economist*, p. 7.
- [14] Pullin, J. (2009, April 29). Getting physical. *Professional Engineering*, 41-42.
- [15] Rudd, M. (2011, January 16). Next, we'll print out a curly iPhone. *The Sunday Times Review*, p. 7.
- [16] Sedacca, B. (2011). Hand built by lasers. *Engineering and Technology*, 6(1), 58-60.
- [17] Sherman, L. M. (2009). Additive manufacturing: New capabilities for rapid prototypes and production parts. *Plastics Technology*, 55(3), 35-45.
- [17] Simplifying power tool prototyping. (2010, March 7). *Rapid Prototyping and Manufacturing*. Retrieved March 21, 2011, from www.dimensionprinting.com
- [18] Stemp-Morlock, G. (2010). Personal fabrication. *Communications of the ACM*, 53(10), 14-15.
- [19] Thilmany, J. (2009). A new kind of design. *Mechanical Engineering*, 131(1), 36-40.
- [20] Vance, A. (2010a, September 15). With 3-D printing, manufacturing is a click away. *International Herald Tribune*, p. 19.
- [21] Vance, A. (2010b, September 14). 3-D printing spurs a manufacturing revolution. *The New York Times*, p. A1.
- [22] Wagner, S. (2010, June 14). UK engineers speed 3D printing technology. *The Engineer*, 10

中国自动化学会九届九次常务理事 事会会议在京召开

中国自动化学会九届九次常务理事会会议于2013年6月19日在北京召开，35位常务理事出席了会议，学会理事长孙优贤院士主持了会议。

会议首先听取了学会副理事长兼秘书长王飞跃研究员关于启动学会理事会换届的报告，强调换届工作将严格按照民政部、中国科协以及本学会的章程规定，在九届常务理事会的领导下，坚持民主办会的原则，推荐和选举公开透明，于本年度内有条不紊地进行；随后，孙优贤理事长从论文投稿、特邀报告、经费预算等方面报告了2013年中国自动化大会暨自动化领域协同创新大会筹备工作进展；之后，王飞跃副理事长对学会秘书处上半年开展的外事工作进行了总结，主要包括积极推荐我国科学家13人参与国际科技组织

的各层级的任选等活动，以及第23届人工智能国际联合大会的筹备进展情况等；最后，学会秘书处各位同志分别就承接中国科协2012-2013控制科学与工程学科发展研究、学会2012年度年检和财务审计、党支部工作、科普教育、表彰与奖励、会员和分支机构管理与服务、新媒体宣传等近期学会开展的工作逐一进行了汇报。

此外，会议先后审议通过《中国自动化学会第九届理事会换届方案（审议稿）》、《换届领导小组职责（审议稿）》、《中国自动化学会第十次会员代表大会筹备工作日程表（审议稿）》、《中国自动化大会管理办法（审议稿）》以及《关于进一步细化学会个人会员管理的方案（审议稿）》。

中国自动化学会微博直击第九届 “自动化之光”公众科学日活动

2013年5月18日，中国科学院自动化研究所举办的第九届“自动化之光”公众科学日活动在自动化大厦隆重举行。本届公众科学日首次采用新媒体方式，通过中国自动化学会微博面向全国自动化领域从业人员和爱好者进行现场直播。活动吸引了各界群众、大中小学生以及自动化领域同仁的关注与目光，在社会中引起了广泛的影响和赞誉，成为科技活动周的品牌活动之一。

今年“自动化之光”公众科学日活动包括20

余项科普展览和3场科普报告。展示的项目既有生物识别、智能交通、智能视觉监控等服务于国家社会安全和经济发展的重大科研成果，也有口语自动翻译、汉王电子书等贴近群众生活的高新技术产品，更有机器人、机器鱼、自然交互与表情互动等深受小朋友喜欢的展示项目，涵盖了信息技术和自动控制研究领域的诸多科技前沿，让参观者感受高科技的魅力。

每年公众科学日活动都力求在原有基础上有

所创新。在今年的展览中，3D打印机、全景仿真技术、口语自动翻译系统等最新的科研成果都纷纷亮相。一台小小的打印机便能打印出栩栩如生的动物模型，引来参观者一片赞叹；利用全景技术参观模拟博物馆，可以体验360度的视野，带给观众逼真的现场感和交互体验；会认人的机器人将虹膜识别技术和语音识别技术相结合，有着“过目不忘”的强大本领；“紫冬口译”能够帮你实现中英文的无障碍交流；智能视频监控技术是大家生活中的安全卫士……一项项高科技展示让观众们流连忘返。

3场科普报告《动画真奇妙》、《3D打印让生活更美好》和《第三只眼看世界为题》分别面向大中小学生，用实例和生动的演示深入浅出地为大家揭示了高科技的奥妙，得到听众的一致好评。

活动现场吸引了社会各界人士和不同年龄段的在校学生。据不完全统计，活动当天参观者近两千人。他们有来自清华大学、北京师范大学、人大附中、中关村中学、八一中学、中关村一小、中关村三小等学校的学生，有兄弟单位的科技工作者，还有很多来自周边社区的参观群众。很多家庭携老扶幼，全家齐动员共同前来感受科学的魅力。与此同时，线上线下丰富多彩的微博互动活动吸引了更多的自动化领域的科技工作者和爱好者。

据统计数据显示，活动当日学会共发微博55条，照片79张，视频10段，共计8万余人次通过网络关注了本次活动（不包含转发微博的数量），互动频频，反响热烈，开辟了网络科普新天地，进一步提升了本次活动的品牌知名度。

2013年度CAA科技奖励评审 结果公告

为深入贯彻落实科学发展观，发现和激励科技创新人才，促进中国自动化科学技术事业的发展，中国自动化学会秘书处于2012年10月向省级自动化学会、分支机构和理事单位下发《关于2013年度CAA科学技术奖励推荐工作的通知》，开展2013年度CAA科学技术奖励候选人推荐与评选工作。中国自动化学会于2013年5月20日在北京召开了CAA科学技术奖励评审会议，会议对推荐的项目进行了认真、细致的评审，最后投票选出获奖项目。根据《中国自动化学会科学技术奖励办法》，评审结果于5月21日-5月25日在中国自动化学会网站公示，无异议。

2013年度CAA科技奖励评选结果如下：

CAA科学技术进步奖

一等奖：

情报与安全信息学关键技术研发及应用

完成人：曾大军、王飞跃、毛文吉、王磊、郑晓龙、曹志冬、杨彦武、李晓晨

完成单位：中科院自动化所

二等奖：（按项目名称首字母排序）

1. 机电装备安全运行信息化技术及监控系统集成

完成人：徐小力、王红军、栾忠权、吴国新、王少红、许宝杰、韩秋实、左云波、朱春

梅、马超、陈涛、乔文生、马汉元、谷玉海、王立勇

完成单位：北京信息科技大学

2. 空分装置流程协调与节能优化控制

完成人：刘克平、姜长泓、于天杰、谢慕君、田春雨、王盛慧、王丽丽、初明、金星、江久华

完成单位：长春工业大学

3. 郑西客运专线CTCS-3项目

完成人：徐悦、何春明、陈盈、李剑、史增树

完成单位：北京和利时公司

CAA自然科学奖

一等奖：空缺

二等奖：（按项目名称首字母排序）

1. 复杂疾病遗传与调控机制分析的模式识别理论与方法

完成人：江瑞、汪小我、古槿、张学工、李衍达

完成单位：清华大学

2. 复杂运行环境下列车运行建模与协同优化控制

完成人：董海荣、宁滨、唐涛、高士根

完成单位：北京交通大学

3. 基于视觉飞行器自主控制及关键装备设计方法研究

完成人：张涛、程朋、刘焯斌、徐文立

完成单位：清华大学

4. 智能滤波与控制理论

完成人：伦淑娴、常晓恒、王长忠、王巍、苏亚坤

完成单位：渤海大学

CAA技术发明奖

一等奖：空缺

二等奖：

大型复合轧辊的高速强力随形荒磨技术

完成人：李宛洲、王京春、江永亨、吴冠元、邓震文、许久成

完成单位：清华大学

特此公告！

中国自动化学会

二〇一三年五月二十七日

“2013中国自动化产业年会” 在京隆重举行

由中国自动化学会主办，中国仪器仪表行业协会等单位协办，控制网(www.kongzhi.net) & 《自动化博览》杂志策划组织的2013中国自动化产业年会暨第八届中国自动化产业世纪行(CAIAC2013)活动于2013年4月18日在北京隆重举行。近200位引领中国自动化产业发展的业界专家及用户代表齐聚一堂，中国自动化学会理事长戴汝为院士、副理事长吴宏鑫院士出席活动并致辞。

此次活动以“绿色·创新·服务”为主题，特别邀请中国著名经济学家、国家发展和改革委员会宏观经济研究院经济所常修泽教授作题为《中国经济发展转型与体制改革》的报告，中国科学院虚拟经济与数据科学研究中心常务副主任、中国科学院大学管理学院副院长石勇作题为《最优化数据挖掘与智能知识：理论及应用》的报告，探讨当前经济环境下中国自动化产业的机遇与挑战。

在CEO巅峰对话中，ABB北亚区和中国公司离散自动化与运动控制业务部负责人顾纯元、罗克韦尔自动化大中国区市场及事业部总监谢锐新、杭州和利时副总裁王占海、菲尼克斯(中国)投资有限公司总裁顾建党、希望森兰科技股



份有限公司总经理何建波、北京机械工业自动化研究所总工程师谢兵兵、北京华电天仁电力控制技术有限公司总经理黄振江与现场来宾共论在中国向“绿色经济”的转型中，自动化产业应该承担的使命与责任，自动化企业如何通过技术的创新、商业模式的创新更好地支撑中国工业企业转型发展的需求以及对于打造适合中国用户的本土化服务模式之思考和探索，并共同展望了“自动化之未来十年”的产业愿景。

CAIAC2013旨在以“公正、公平、公开、专业”的原则全面展现2012年中国自动化产业的点滴进步与闪光点。活动历时4个月，经过入围推荐、专家评审、网上投票，最终评选出2012中国自动化领域年度人物、十大年度优秀论文、十大年度新闻、十大年度最具竞争力创新产品、十大年度最具影响力工程项目、十大年度企业、年度特别奖七大奖项。

Roberto Tempo教授做客“钱学森国际杰出科学家系列讲座”

4月11日下午，第六期“钱学森国际杰出科学家系列讲座”在自动化所举行。该讲座由中国自动化学会主办，复杂系统管理与控制国家重点实验室承办。作为2013年的第一期活动，本次讲座邀请了意大利



电子工程与电信国家研究所（IEIIT）、系统与计算机工程实验室主任，IEEE控制系统学会原主席，《IEEE Transactions on Automatic Control》资深编辑，《Automatica》首席副主编，《Large of the Asian Journal of Control》编委Roberto Tempo教授作题为“Distributed Randomized Algorithms for the PageRank Computation in Complex Networks”的报告。



本次讲座的主要内容是基于分布式随机算法的PageRank计算问题。PageRank是Google用于用来标识网页重要性的一种方法，也是其用来衡量一个网站的好坏的唯一标准。讲座中，Tempo教授

介绍了利用随机分布算法实现网页的PageRank数值的计算。从简单的网页外部链接图模型结构入手，结合网络爬虫技术，讨论了PageRank的随机冲浪模型，并利用马尔科夫链渐进收敛到真正的PageRank值。

随后，针对PageRank计算时随机链接故障，提出了基于Las Vegas类型的分布式随机算法，改进了PageRank值的更新策略，提高了搜索结果的相关性和质量。最后，Tempo教授探讨了多代理系统共识和PageRank问题之间的关系，描述了这些扩展结果在复杂网络网页排序中的应用。在报告的最后，Tempo教授向广大听众推荐了关于随机分布算法的相关学习资料，包括书籍和代表性论文，希望能对有志于此项研究的同行有所帮助。

在Q&A环节，在场的老师和同学对该项研究表现了浓厚的兴趣，踊跃发言提问，Roberto Tempo教授结合个人的研究成果和对目前研究领域热点的把握，针对所提出的问题进行了细致解答，并对复杂网络PageRank的发展方向发表了独到的见解。

值得一提的是，Roberto Tempo教授因其对不定性系统的鲁棒识别和控制的杰出研究而当选IEEE Fellow，并因其在不确定系统的分析与控制中开拓性地采用概率方法实现鲁棒性而当选IFAC（国际自动控制联合会）Fellow。同时，他也曾获得IEEE控制系统学会“杰出会员奖”和IFAC“优秀论文奖”。

第八届全国技术过程故障诊断与安全性学术会议成功召开

第八届全国技术过程故障诊断与安全性学术会议于2013年5月26日至28日在贵州省贵阳市的贵州饭店召开。大会由中国自动化学会技术过程故障诊断与安全性专业委员会主办，贵州大学承办，贵州省自动化学会协办。

大会共收到学术论文一百余篇，经过评审，共录用77篇。出席大会的学者除了论文作者外，还有非论文代表10余人，部分非注册年轻学者，以及来自加拿大、法国、香港的特邀专家。共一百余人出席了大会。

5月26日20时，中国自动化学会技术过程的故障诊断与安全性专业委员会在贵州饭店召开了全体委员工作会议，46位委员参加了会议，会议除了讨论学科发展方向外，还确定了2014年全国技术过程故障诊断与安全性战略研讨会和2015年第九届全国技术过程故障诊断与安全性学术会议的相关事宜。

(技术过程的故障诊断与安全性专委会 供稿)

浙江省自动化学会第七次会员代表大会纪要

“浙江省自动化学会第七次会员代表大会”2013年3月30日在浙江大学控制系召开。会议对“浙江省自动化学会第六届理事会”的工作进行总结；选举产生了“浙江省自动化学会第七届理事会”；选举产生了新一届理事会理事长、副理事长、秘书长。

共有85名来自全省各地的自动化科技工作参加了一天的会议。

浙江省科协学会部黄云菁主任出席会议，并发表了讲话。

会议审查了“浙江省自动化学会第六届理事

会”工作报告和“浙江省自动化学会第六届理事会”财务报告，并表决通过了这二个报告。会议对“浙江省自动化学会章程”提出了修改意见，并通过了修改后的“浙江省自动化学会章程”。

会议还对朱锦生等五名学会优秀工作者进行了表彰。

会议采用无记名投票方式，按程序选出了“浙江省自动化学会第七届理事会”。苏宏业等48位同志当选。

(浙江省自动化学会 供稿)

山东省自动化学会召开2013常务理事 理事会会议

山东省自动化学会于2013年6月11日在临沂大学召开2013常务理事会议，学会秘书长王起功研究员主持了会议。

本次会议的重点是学习贯彻落实山东省科协关

于开展提升学会能力建设的文件和精神，围绕提升学会能力建设调整和部署学会工作方针和活动计划。

1. 会议首先传达学习了山东省科协关于开展提升学会能力建设的文件和精神，为贯彻落实提升学会能力建设的具体要求，针对性的调整和部署学会工作方针和活动计划进行了深入细致的讨论。

学会理事长贾磊教授做了重要讲话，进一步强调在当前改革发展的形势下提升学会能力建设对学会创新发展的重要意义，要把提升学会能力建设作为本届理事会的重要工作任务和目标，在巩固和发扬我会开展学术交流所取得的成绩和经验的基础上，进一步加大力度开展产学研协同创新活动，在活动中不断加强和完善学会队伍的发展和建设，真正实现学会学术能力的提升、社会服务能力的提升、承接政府职能能力的提升和学



会自身建设能力的提升；

2. 会议对我会今年承办的“2013中国自动化学会华东六省一市学术交流活动”做了具体的部署和安排，要求把该项活动作

为提升学会能力建设的一项重要任务和标准进行组织，各理事单位要积极认真地做好配合工作；

3. 会议要求学会各工作委员会、专业委员会于2013年10月底前完成组织召开会议、适时进行委员会调整、总结工作、围绕提升学会能力建设等讨论制定新的活动计划；

4. 会议以表决的方式通过对增补中国石油大学信控学院院长耿艳峰教授为七届理事会常务理事、增补临沂大学汽车学院院长李洪忠教授和沂南中联水泥有限公司总经理于光民高工为七届理事会理事的提议。

会议对学会为开展提升能力建设进行的各项工作和近期的活动计划进行了细致的讨论并提出了合理的建议，要求学会秘书处在实施过程中进一步完善。

(山东省自动化学会 供稿)

“两化”互动搭平台 创新驱动谋发展

——2013第十四届中国（成都）自动化与仪器仪表 学术交流会暨国际展览会纪实

2013年5月9日至11日，第十四届中国（成都）自动化与仪器仪表学术交流会暨国际展览会在蓉城隆重举行。

“中国（成都）自动化与仪器仪表学术交流会暨国际展览会”是中国自动化学会十四年来在西部地区主办的唯一年度例会，是省、市科技部门着力打造的工业盛会，是西南地区自动化、仪器仪表与信息化领域最具规模和影响力的专业盛会。与此同期举办的还有：第十四届西南地区电子元器件及设备国际展览会、第十四届西南地区动力传动、液压气动及密封件国际展览会、第十届中国企业自动化和信息化（成都）建设论坛、中国（成都）过程检测仪表、控制阀及其应用研讨会、中国（成都）工业科技创新成果对接交易会、第七届工业以太网技术与应用论坛、电力电子与信息、自动化产业发展论坛以及研祥2013年创新技术会等。

本届展会在成都世纪城新国际会展中心3号馆举办，展览面积8000平方米，包括世界500强等海内外知名企业在内的200多家厂家、科研院所、厂矿企业和专业媒体，展示工业自动化与信息化领域的最新产品、技术和创新成果。

5月9日上午9:30，第十届中国企业自动化和信息化（成都）建设论坛（AII西部自动化与信息化论坛）在世纪城娇子国际会议中心蜀韵厅举行。会议由中国自动化学会副秘书长、中国科学院自

动化研究所研究员田捷主持，会议分五个时段进行。第一时段为开幕式。出席开幕式的领导和嘉宾有：中国工程院院士柴天佑教授，中国自动化学会副理事长兼秘书长、中国科学院自动化研究所王飞跃研究员，成都市科技局副局长李志毅、成都市科协巡视员周益光，中国仪器仪表学会常务理事、中国仪器仪表学会智能化控制网络分会理事长、四川省自动化与仪器仪表学会副理事长、重庆川仪自动化股份有限公司总经理吴朋，四川省自动化与仪器仪表学会理事长、四川大学教授汪道辉，中国自动化学会理事、成都自动化研究会理事长、东方电气集团电力电子与控制事业部总经理肖珉，成都市电子学会名誉理事长孙毅方、理事长万德超等。王飞跃代表中国自动化学会致辞，向会议表示热烈祝贺。他说，中国（成都）自动化与仪器仪表学术交流会暨国际展

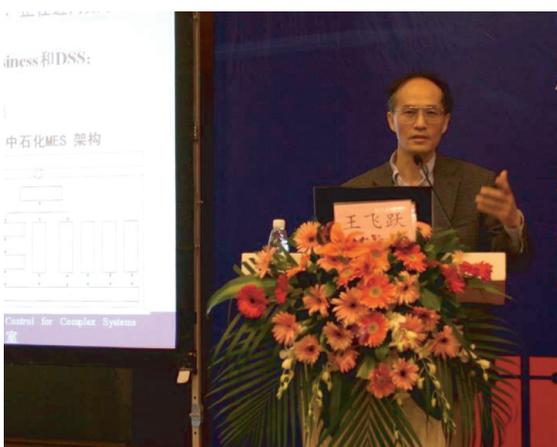


展会现场

览会已创办14年，作为学会改革与创新的重要活动，取得了显著成绩，它不仅是中国自动化学会在西南地区唯一参与主办的大型学术交流会暨国际展览会，现在已是中国自动化学会在全国唯一参与主办的专业盛会，希望总结经验，形成自己的品牌，越办越好。李志毅代表承办单位成都市科学技术局、成都市科协致辞，向莅临会议的柴天佑院士及各位嘉宾表示欢迎和感谢，希望各位参会代表通过技术观摩、技术采购、技术交流等相关活动，促进科技合作，推动产学研结合。



中国工程院院士、控制理论和控制工程专家柴天佑



中国自动化学会副理事长兼秘书长、中国科学院自动化研究所王飞跃研究员

第二时段为特邀院士及专家报告。首先，由我国控制理论与控制工程专家、东北大学教授柴

天佑院士作《工业“大数据”驱动的现代工业系统的建模、控制与优化》报告，为未来大工业的“大数据”驱动的现代工业系统的建模、控制与优化提供了新的方法，开阔了与会者的眼界。其次，由王飞跃研究员作《基于ACP的石化企业智能管理方法与应用》报告，以ACP在齐鲁石化的管理实践为例，阐述了ACP系统在精细化管理方面的显著成效以及在各行各业广泛的应用前景。



中国自动化学会副秘书长、中国科学院自动化研究所田捷研究员

第三时段为特邀专家报告，由汪道辉理事长主持。首先，由田捷研究员作《基于嵌入式系统的医疗创新设备国产化实现》报告，强调嵌入式智能医疗设备的重要性、必要性和实用性，实现数字化医疗，市场广阔，商机巨大，欢迎企业界朋友与其合作共同开发。其次，由吴朋总经理作《对我国自动化仪器仪表产业发展趋势的思考》报告，剖析我国自动化与仪器仪表行业现状和产业发展趋势，提出围绕国家实施创新发展战略转型升级，从生产型制造到服务型制造、从信息技术应用到“两化”深度融合、从跟随模仿到自主创新，希望创新驱动在中国自动化仪器仪表行业成为一种共识和潮流，培养专、新、特、稀类企业，同时他还介绍了川仪公司的未来发展规划。最后，由肖珉总经理作《自动化产业在推动经济

发展方式转变中的作用》报告，他结合东气集团产业情况，论述了自动化产品在高效节能技术装备、新能源技术装备和传统装备制造业的应用，希望众多企业积极利用学会平台，把集成创新、协同创新做好。



四川省自动化与仪器仪表学会副理事长、
重庆川仪自动化股份有限公司总经理吴朋



中国自动化学会理事、成都自动化研究会
理事长、东方电气集团电力电子与控制事业部
总经理肖珉

第四和第五个时段为Logo新标识发布和优秀论文颁奖，由成都科技服务中心主任、四川省自动化与仪器仪表学会常务副理事长杨靖主持。杨靖、汪道辉、肖珉分别发布《自动化信息》杂志·网站、四川省自动化与仪器仪表学会、成都自动化研究会Logo标识及公布获奖作品设计者，通

过面向社会征集、网络投票、专家评审和理事会审定，三项Logo标识均为设计出色的成都广泰实业有限公司巫方旭获得。王飞跃宣布了2012年度AII优秀论文评选结果和获奖论文及作者名单，共有12篇论文23名作者获奖。在热烈的掌声中，与会全国和省、市自动化学会的负责人向优秀论文作者和Logo作品获奖设计者颁奖并合影。大会结束后，部分与会代表还在会议主席台前合影留念。



柴天佑院士一行莅临四川普什宁江机床有
限公司参观指导

本届交流会和展会，充分体现了展·会结合，会内会外结合的特点，不仅展场内各展商推出了最新的产品、技术、专利、成果，同时举办的六场专业技术交流活动堪称“技术盛宴”，凝聚了极高的人气，多个会场爆满，参会者普遍反映受益匪浅。会议组织的“院士企业行”活动也取得了很好效果，在成都自动化研究会张晖秘书长的陪同下，会议期间，柴天佑院士赴都江堰市四川普什宁江机床有限公司进行实地考察，并就当前装备制造业的自动化及发展趋势，与普什公司各研究所的技术人员代表进行座谈，对公司产品开发和科技创新提出建议，受到热烈欢迎。

(四川省自动化与仪器仪表学会、成都自动化研究会 供稿)

中国自动化学会控制理论专业委员会第五届控制科学与工程前沿论坛



第五届控制科学与工程前沿论坛 在青岛召开

第五届控制科学与工程前沿论坛于2013年4月18-20日在青岛召开。本次论坛由中国自动化学会控制理论专业委员会主办，青岛科技大学自动化与电子工程学院和软控股份有限公司共同承办。会议围绕大系统理论、自抗扰控制技术、传统制造业中信息技术的应用等主题，依托“软控”这个国内知名橡胶轮胎设备制造企业 and 青岛科技大学的“产学研”优势，探讨了我国橡胶、化工等实际行业对系统与控制科学的需求。50余位控制理论专业委员会委员，以及山东省高校从事控制理论研究的学者、研究生等共200余人参加了本次会议。

大会开幕式由控制理论专业委员会副主任陈杰教授主持。他代表主办方和承办方对各位专家的到来表示热烈的欢迎和诚挚的感谢，并向大家介绍了本次论坛的与会嘉宾。

青岛科技大学副校长李庆领教授代表学校致欢迎辞。他向大家介绍了青岛科技大学及其自动化与电子工程学院的发展情况，并指出国内控制科学与工程领域的顶级专家、学者齐聚青岛科技

大学，为该校师生提供了开阔视野和学习交流的机会。自动化与电子工程学院以此为契机，凝聚各位资深专家、学者的宝贵经验，凝练特色，必将进一步推动学校控制科学与工程学科的建设与发展。最后，预祝“控制科学与工程前沿论坛”圆满成功，祝各位领导、专家在青期间心情舒畅、生活愉快！

随后，控制理论专业委员会主任张纪峰研究员致辞。本次论坛是今年年初第十届控制理论专业委员会成立以来专业委员会召开的第一个学术会议，新朋老友欢聚一堂，就共同关心的系统控制学科的发展进行交流、探讨。他代表控制理论专业委员会向青岛科技大学自动化与电子工程学院的刘喜梅院长及其团队为本次会议的顺利召开所做的大量工作表示衷心的感谢！向接受邀请为本次会议做大会报告、专题报告的各位专家、学者表示衷心的感谢！

本次论坛安排了三个大会报告，分别是上海交通大学席裕庚教授做的《大系统控制论与复杂网络》，美国克利夫兰州立大学先进控制技术中

心高志强教授做的《自抗扰控制技术的理念、方法与应用》，青岛科技大学刘川来教授做的《传统制造业中信息技术的应用》。这些精彩的大会报告，引发与会者踊跃提问，会场气氛热烈。

东南大学田玉平教授为本次会议组织了一个专题研讨会“协作导航和运动中的非线性控制问题和方法”。会上，田玉平教授、浙江大学林志教授和东南大学刘淑君副教授分别作了《协作导航和运动中的非线性控制问题方法》、《多运动体系统分布式非线性控制》和《随机源搜索》的主题发言。

19日下午，陈翰馥院士、郭雷院士等50余人参观了软控股份有限公司。大家首先参观了橡胶谷——一个以行业协会、政府、大学、科研机构、知名化工橡胶企业以及相关服务中介机构为支撑的

高端产业聚集区。随后参观了软控股份有限公司展厅，工作人员从软控所获奖励、产业布局、工艺流程以及物流等方面向大家做了详细介绍。最后，在软控第一会议室，由软控总裁杨殿才为专家们做了《流程工业生产过程系统的先进控制与信息技术》的报告，从转方式、调结构、企业模式以及社会责任等方面介绍了软控股份有限公司的规模发展以及问题展望。

在各方的积极协助及配合下，本次会议圆满召开。青岛科技大学自动化与电子工程学院的师生和软控股份有限公司领导从会议筹备到顺利召开在人力、物力方面做了大量周到细致的工作，为会议的圆满成功提供了坚实的保障，获得了与会代表的高度赞扬和认可。

(控制理论专委会 供稿)

党建强会

抓住改革机遇 拓展学会功能 扩大科协影响

——在与中国科协所属学会负责人座谈时的讲话

2013年5月25日

李源潮

利用今天晚上的时间，我们开个调研座谈会，主要是听听大家对抓住改革机遇、推动学会发展的意见建议。刚才，8个学会介绍了这些年进行探索的情况，大家的探索很好、经验很好、建议也很好。志刚同志也讲了很好的意见。这一轮政府职能转移刚刚部署，具体展开还有一个过程。改革的一个重要目的是要把现在政府承担的职能中，该交给市场的交给市场，该交给社会的交给社会。交给社会的能交给谁？交了以后会不会

乱？这是个现实问题。改革要取得成功，需要政府和社会双方的努力。这里，我谈几点意见，与大家一起探讨。

第一，改革对科协工作提出新挑战、带来新机遇。加快转变政府职能，深化行政体制改革，是党的十八大作出的重大决策，十八届二中全会和今年全国两会作出具体部署。最近李克强总理召开了专门会议推进改革。改革的核心是简政放权、转变职能。国务院机构改革和职能转变方案

提出，重点培育、优先发展科技类等社会组织，按规定需对企事业单位和个人进行水平评价的，政府部门依法制定职业标准或评价规范，由有关行业协会、学会具体认定。把学会职能写进政府职能转移文件，这还是第一次。为什么在承担政府转移职能时科技类社会组织要优先？一是因为有基础，二是一般不会乱，特别是政治上不会乱。改革要摸着石头过河，科技类社会组织这块石头比较稳当。国务院部门首批取消、下放的133项行政审批事项中，不少和科技工作直接相关。比如，取消了政府部门对社会力量设立科学技术奖登记的审批、全国农村优秀人才评选、非营利性科研机构认定等。随着改革的进一步深化，还将有许多政府职能向社会组织转移。多年来，科协一直呼吁、学会一直期盼承担更多的政府转移职能，这轮政府机构改革为学会发展提供了前所未有的机遇。一是可以发挥跨部门、跨地区、跨行业的组织优势承担政府转移职能，拓展学会功能。二是可以做大做强做优学会，培育学会品牌，提升学会的实力和影响力。品牌是社会公信度的体现，培育学会品牌非常重要，好品牌是靠做难事做出来的。比如，中华医学会就是通过承担医疗事故鉴定这件难事树立品牌的。三是可以更好地参与社会管理创新，充分发挥学会在政府和社会之间的中介作用。现在政府直接管了很多社会事务，一旦出问题，往往是群众与政府直接发生冲撞，有学会从中过渡分担一下，对于社会和谐能起到很好的协调作用。同时要清醒地看到，改革也给学会提出新的挑战。要承接政府转移职能，学会的自身能力亟待加强，学会的政府和社会认可度亟待提高，专职从业人员职业化水平亟待提升。

第二，抓住改革机遇，承接转移职能。中国科协所属200个全国学会，占全国性科技类社会组织的70%，集中了我国自然科学和工程技术领域最高水平的科技专家。从2003年起，中国科协

支持学会在开展工程教育认证、职业资格评定等方面做了很多工作，这是科协工作的重大创新。10年来，学会在承接科技评价、人才评价、技术标准制定等方面做了大量探索。比如，中华医学会承担医疗事故鉴定，中国针灸学会承担国家针灸技术标准和规范制定，中国消防协会承担行业技术标准制定，中国汽车工程学会承担汽车轻量化、电动汽车产业技术创新战略联盟建设任务，中国环境科学学会承担环境损害评估工作，还有刚才介绍情况的煤炭学会、农学会、中医药学会也都做了很多工作，这些都是很好的改革探索。由学会承担社会管理职能是国际通行做法。比如，美国机械工程师学会制定的ASME标准通常被认为是国家标准，德国工程师协会制定的技术标准很多成为欧洲技术标准，英国皇家学会设立的10种奖章和6种奖励代表着英国科技界在本领域的最高水平。我们要抓住这轮政府职能转移的机遇，总结成功探索，借鉴国际先进经验，做好承接改革任务的准备工作。目前有必要对已经做过的改革探索、比如学术评价工作进行三方评估，一是被评价方的评估，二是使用方的评估，三是管理方的评估。通过评估就可以明显看出学会到底能不能承接政府转移职能。现在看，适合学会承接的社会职能不少，一是政府资助的科研项目评估，二是科技成果的第三方评价，三是技术标准和科研规范制定，四是科技人才的行业评价，五是公益性科技奖励。

这些工作，有些是矛盾多，大家意见比较大，比如非公单位技术职称评定；有些是比较虚，比如政府资助专业科研项目的评估，钱给了，钱花了，最后效益怎么样？政府难以做切实的评估；还有的比较乱，容易出矛盾、出问题。这些工作都不好干，究竟能承接什么职能，科协、学会要很好地进行研究，看看自己具备什么条件，目前还有哪些欠缺。研究清楚，做好准备，将来的职能转移才会是有序的。

第三，与政府部门搞好衔接，主动承接转移出来的改革任务。政府职能转移是改革大局，一般大家都会服从。但转移过程不会一路绿灯，想吃现成饭恐怕很难。科协和学会不能被动等待，要主动做承接工作。要吃透中央文件精神，了解有关部门转移职能的部署和重点，弄明白哪些职能是要转移的，知己知彼，找准对接点。要主动与政府部门沟通，听取意见和要求，提出可行的承接方案。

第四，加强学会自身建设，使学会承担政府转移职能工作能负责、能问责。承接政府转移职能，能负责才能干得好、干不好要能问责。能负责就是要有过硬的服务能力。一要坚持按章办事、民主办事、公开办事，有章法才能把事情办好。要改革完善学会内部治理结构，建立选择机制、监督机制和自我约束机制，提高学会公信力。学会本质上是公益性组织，带钱、带利的职能一来就有可能产生腐败动力。二要深入实施学会能力提升计划，提高学术交流、学术评价、学

术规范能力。三要加强学会人才队伍建设，提高专业化、职业化水平。能问责就是要接受政府和社会监督，形成政府定规、学会组织、专家评审、社会监督的机制，保证履行职能的公正性、公平性、公开性。

第五，加强统筹指导，开展调查研究，发现先进典型。改革涉及方方面面，加强统筹指导很重要。对政府部门，科协要主动衔接，反映呼声、推介学会。建议科协就此事专门给国务院写个报告。对改革遇到的问题，要加强调查研究，总结经验，提出对策。对好的典型，要及时发现推广，发挥示范带动作用，培育更多的社会信誉好、学术水平高、发展能力强、国际影响大的学会组织。

总体上，对承接政府职能转移这件事，我们要有积极稳妥的态度，要有章法，按部署进行，一方面为政府机构改革出力，一方面使学会协会拓展职能、提升能力。

筑就民族复兴的“中国梦”

(一) 北京。国家博物馆。

一走近《复兴之路》展览，就能看到环绕四壁的浮雕，始于四大发明，终于奥运五环。像是一个隐喻：历经沉沦与抗争、奋斗与崛起，现代中国的辉煌成就，与中华民族的灿烂历史交相辉映，仿佛是文明长卷的首尾相接。

2012年11月29日，正是在国博这一极具象征意义的地方，在中华民族的“文庙宗祠”，习近平同志向世界宣示“中国梦”——“实现中华民族伟大复兴，就是中华民族近代以来最伟大的梦想。”2013年3月17日，新一任党和国家领导人换届完成，习近平同志再次畅谈“中国梦”——

“实现中华民族伟大复兴的中国梦，就是要实现国家富强、民族振兴、人民幸福。”

的确，大步向前的中国，是一个充满活力的“梦工厂”。

民族独立梦、两弹一星梦、奥运世博梦、航天潜海梦……新中国成立60多年、改革开放30多年，我们的一个个梦想成为现实。今天的中国，民族复兴的梦想仍在继续，住房梦、创业梦、宜居梦、小康梦……在个人梦想和国家梦想的互动交融中，世界东方升腾起激荡人心的中国梦，奏响一个伟大民族走向复兴的交响乐章。

(二) “一心中国梦，万古下泉诗”。

环顾世界，很少有哪个民族，像中华民族这样，历经苦难与辉煌；也很少有哪个国家，像中国这样，在持续奋斗中，始终坚持着同一个梦想。这个梦想的背后，蕴藏着绵延已久的“家国天下”情怀，折射着内心深处的“命运共同体”意识，也凝聚着“振兴中华”的探索与奋斗。

英国学者安格斯·麦迪森在《世界经济千年史》中估算，中国从公元1000年开始，国内生产总值一直占到世界的五分之一以上。然而，这样的“老大帝国”，却是以一种屈辱的姿态进入近代史的。

有学者这样描述，“19世纪强加给中国的一系列条约、协定和治外法权条款，使人们清清楚楚地看到：不仅中国作为一个国家地位低下，而且中国人作为一个民族同样地位低下。”在一个半殖民地半封建社会，落后、挨打，屈辱、抗争，让民族复兴成为近代中国无法绕开的主题，更激发起无数中华儿女为之不懈奋斗的理想抱负：梁启超提出了“少年中国”，孙中山喊出了“振兴中华”，李大钊呼吁为“中华民族更生再造”而奋斗……为了民族复兴，几代人魂牵梦萦，亿万人心结难解。

“实现中华民族的伟大复兴，在整个二十世纪一直是中国无数志士仁人顽强追求的目标，一直是时代潮流中的突出主题。中国的革命也好，建设也好，改革也好，归根到底是为了实现这个目标。这可以说是贯穿二十世纪中国历史的基本线索。”金冲及在《二十世纪中国史纲》中的评述，至为精当。

（三）上世纪初，爱国学子只能空自发出“奥运三问”，进步青年只能在小说中畅想中国举办万国博览会，革命先行者也只能在建国方略中规划“进藏铁路”。今天的中国，奥运梦、世博梦、青藏铁路梦都已成真，更圆了前人难以想象的飞天梦、潜海梦、航母梦。当中国经济跃升

至世界第二，当中国崛起被国际媒体称为“近年来最重要的全球变革”，深藏于中国人心中的民族复兴之梦，终于不再是空中楼阁，而犹如地平线上跳动着的朝阳，喷薄而出。

有人说，一个国家处于上升期的标志之一，是这个国家开始打造她的“造梦”能力，她的国民开始自信地谈论自己的梦想。对梦想的追逐，刻印下社会发展的脚步，也标注着历史前行的轨迹。

60多年来，无论是白山黑水之间唱响《我为祖国献石油》的工人，还是绿皮车上枕着蛇皮袋打盹的进城农民，中国梦不仅是国家梦、民族梦，更是亿万人民梦想的叠加。农业税成为历史，义务教育全免费，日渐公开透明的民主政治，覆盖13亿人的社保体系……今天的中国，流动社会让人有更多上升机会，权利社会让人有更多保障依靠，开放社会让人有更多成功路径，信息社会让人有更多表达渠道，宏大的国家梦想在每个人的努力奋斗中、在时代的点滴进步中，慢慢生根。

“中国梦归根到底是人民的梦，必须紧紧依靠人民来实现，必须不断为人民造福”。正是在这样的背景下，新一届中央领导集体一上任，就把实现复兴大业定为施政方向、把成就中国梦想当做未来愿景。民族复兴的中国梦，成为亿万人民共同的追求。

（四）纵观历史，大国崛起的过程，无不伴随着全体国民共同的期待与奋斗，由此锻造出国家民族独特的气质与精神。几百年前，一群欧洲大陆的失意者坐着“五月花号”来到新大陆，开启了美国梦；去年伦敦奥运会开幕式上，烟囱高耸、铁水奔流的场景，讲述了工业革命时代的英国梦。这样的梦想，绝非一人一地一时的空想，而是回荡在全体国民心中的共同旋律，也正因此才具有超越时空的能量，成为一个国家不断前行

的动力。

如今，中国梦正焕发出鼓舞人心的力量，激荡起亿万人民的共鸣。人民日报评论员新春走基层，在湖南一个偏僻山乡的农家门前，看到这样一幅春联：“雪梅映红中国梦，紫燕衔绿万家春”。一位旅美华侨写下自己的心声：“他邦夜夜家国梦，天涯朝朝总相思。”众人争说中国梦，同心共筑中国梦，正因为它触动海内外中华儿女内心深处的集体意识，成为唤起亿万人民认同的最大公约数，激发了中华民族“团结如一人”的归属感和进取心。

这正是提出中国梦最为重大的现实意义。美国《新闻周刊》认为，中国梦会产生深远影响，将“重振中国光辉史”。更有外国观察家敏锐指出，这是“一个能在人们心中激起共鸣的目标”，体现了中国共产党“对中华民族的强烈历史责任感”。

（五）伟大的梦想，需要有伟大的精神作支撑。中国梦包含着中华民族的复兴心结，更包含着中华民族特有的理想信念。其背后，是数千年的积淀、近百年的回响、亿万人的渴望。

上下五千年、纵横一万里。中华民族之所以能够成为世界上唯一从未中断过历史进程，并且创造出辉煌灿烂文明的民族，绝非偶然。经过几千年的沧桑岁月，把我国56个民族、13亿多人紧紧凝聚在一起的，是我们共同经历的非凡奋斗，是我们共同创造的美好家园，是我们共同培育的民族精神，是我们共同坚守的理想信念。

鲁迅曾说，惟有民魂是值得宝贵的，惟有它发扬起来，中国人才有真进步。这样的民魂，就是一个国家和民族的精气神，它关乎国家成败、民族兴衰。没有振奋的精神、没有高尚的品格、没有坚定的志向，一个民族不可能自立于世界民族之林。实现中国梦，要求我们不仅在物质上强

大起来，也要在精神上强大起来。

我们看到，从“外争国权，内惩国贼”到“一寸山河一寸血，十万青年十万军”，从“振兴中华”到“我们都是汶川人”，一个个时代的口号，张扬着把个人命运与民族命运紧紧相连的爱国精神，这是推动一代又一代中国人向着中国梦前行的强大力量。

我们看到，从小岗村鲜红的手印到三天一层楼的“深圳速度”，从股市带来的全民投资热潮到贡献了六成国内生产总值的中小企业，30多年来，改革创新精神激荡神州，造就了历史的巨变，成就了今天的中国。在通往中国梦的征程中，改革创新始终是激励我们在时代发展中与时俱进的精神动力。

正因此，习近平同志强调，实现中国梦必须弘扬中国精神。这是以爱国主义为核心的民族精神和以改革创新为核心的时代精神，这是凝心聚力的兴国之魂、强国之魄。

（六）北京申奥成功后有一张经典照片，两辆相向而行的车上，手拿国旗的年轻人击掌相庆。这样的场景，曾引发多少人的共鸣与感慨。有句歌词唱得好，“家是最小国，国是千万家”，对13亿中国人而言，家国一体的中国梦，寄托着最深厚的情感。

国泰则民安，民富则国强。国和家的命运攸关，是中华民族漫长演进史中最为深刻的总结，国家兴衰始终都在塑造个体命运中扮演了核心角色。正如有论者所言，在灾难与辉煌的双重变奏之中，一个个中国人的梦想从来离不开民族整体的际遇。个体的命运往往随着历史而流转颠簸，无论大江大海还是一枝一叶。

新中国“站起来”，改革开放“富起来”，新世纪“强起来”，正是国家民族的强盛，让人民的幸福有了坚实依托；中国梦的茁壮，使个人

梦想有了广阔空间。吃饱穿暖、下海经商、有车有房……个人梦想的日益丰富说明，国家好，民族好，大家才会好。在实现民族复兴的征程中，唯有将个人之梦寄托于国家之梦、民族之梦，梦想才有成真的可能。

每个人的自由发展是一切人自由发展的条件，个体梦想的实现，正是国家梦想实现的重要前提。在这个意义上，每一个人的奋斗努力，都是中国梦的组成部分。毛泽东同志曾说，“世界是我们的，做事要大家来”。面对各种利益关系调整所带来的矛盾，面对思想观念多元多样的状态，特别需要全体中华儿女以共同之理想，凝聚共同之力量，以共同之奋斗，追求共同之目标，共同享有人生出彩的机会，共同享有梦想成真的机会，共同享有同祖国和时代一起成长与进步的机会。有梦想，有机会，有奋斗，一切美好的东西都能够创造出来。

正因此，习近平同志强调，实现中国梦必须凝聚中国力量。这是中国各族人民大团结的力量，是13亿人心往一处想、力往一处使汇聚起来的力量。

（七）北京的长安街，取盛唐之意，东是建国门、西是复兴门，谓之长治久安。只有创造了灿烂文明的民族，才会如此渴望再创辉煌；也只有历尽苦难沧桑的国家，才更珍惜来之不易的道路。

我们这个民族，有数千年辉煌文明、有数百年深重苦难，也有百余年不息奋斗，追寻梦想的道路尤其艰难曲折。百余年来救亡图存、道路探索，多少仁人志士留下“有心杀贼，无力回天”的悲愤，付出“春云碧血，秋雨黄花”的牺牲，发出“拼将十万头颅血，须把乾坤力挽回”的呐喊。是中国共产党团结带领中国人民完成了新民主主义革命和社会主义革命，走上了社会主义道路，不可逆转地改变了国家和民族的前途命

运，迎来了中华民族伟大复兴的光明前景。

中国真正进入全球化的坐标体系，也就在这短短30多年。但就是在这30多年里，我们写下了让世界惊叹的“中国故事”。从硝烟弥漫的革命年代，到激情燃烧的建设岁月，再到波澜壮阔的改革时期，在不断探索和奋斗中，我们形成和发展了中国特色社会主义道路。找到这条道路，我们深切体会何谓“来之不易”、何谓“倍加珍惜”、何谓“始终不渝”。沿着这条道路，我们科学把握了改革开放30多年的伟大实践、新中国60多年的持续探索、近代中国170多年的历史经验、中华民族5000多年的文明传承，最终确立了实现民族复兴中国梦想的根本遵循。

这条通往梦想的道路，有着绵延的传统文化、深层的现实基因。从根本上说，13亿人的中国梦，必须对人类文明有责任有贡献，以和平文明筑梦，靠自力更生圆梦，不能走西方现代化的老路。在能源消耗上，美国人均年消费石油22桶多，中国只能在人均年消费石油两桶多的情况下，以不断降低能耗求得发展；在人口流动上，欧洲19世纪向海外移民6000多万，靠建立殖民地开疆拓土，而中国则要在自己的国土上解决农村人口转移问题；在增强综合国力上，中国不搞军备竞赛、也不对外输出革命，而是坚持科学发展、自主发展、开放发展、和平发展、合作发展、共同发展。也正是从这个意义上，英国《金融时报》认为，“中国的梦想，不仅关乎中国的命运，也关系世界的命运”。

这就是中国式的梦想之路。实现中国梦，给世界带来的是机遇而不是威胁；实现中国梦，不仅造福中国人民，而且造福世界人民。

正因此，习近平同志强调，实现中国梦必须走中国道路。坚定对中国特色社会主义的道路自信、理论自信、制度自信，我们就能够沿着这条道路实现中华民族伟大复兴。

(八) 一个国家的梦想, 可以归结为一种理想信念, 但仅有向往还远远不够。无论是战后一些国家飞速发展, 还是“金砖五国”重构世界版图, 奇迹也好、腾飞也罢, 都是一步一个脚印干出来的, 把握有利的发展机遇、构建更好的体制机制、勇敢地革除自身弊病、自信地迎接风险挑战, 这是一个长期的积累过程, 也是一个持续的奋斗过程。美好蓝图能够激发斗志, 豪情壮志可以鼓舞人心, 但要让梦想照进现实, 关键在于实干。

今天, 从“全面崩溃”到“虚假繁荣”, 仍有一些人在“唱衰”中国。这样的说法虽耸人听闻, 却也警示我们追梦之路绝非坦途。新兴大国崛起的烦恼, 经济社会双重转型的困惑, 人民渴盼公平正义的焦虑……有人曾说, 今天的中国不能是打网球, 可以等球落地后再挥拍, 所有的问题都需要主动截击, 否则就会输掉比赛。正所谓“为山九仞, 功亏一篑”, 离目标越近, 阻力就越大, 也越艰辛。最有自信的时候, 也最容易自满; 最有希望的时候, 也最可能失望。要让梦想成真, 最重要的是牢牢把握机遇, 以实干托起中国梦。

改革开放之初, 美国《时代》周刊将邓小平评为年度人物, 其开篇标题是《中国的梦想家》。30多年后世界之所以还对“梦想家”怀有敬意, 正是因为我们靠实干把一个处在经济崩溃边缘的国家推上了健康发展的轨道, 靠实干改变了占世界四分之一人口的命运, 靠实干让国家富强、民族振兴、人民幸福的梦想日益接近。邓小平同志曾经说过, 不干, 半点马克思主义也没有。同样的道理, 不干, 一切理想、梦想最后都只能是一枕黄粱。

空谈误国, 实干兴邦。回顾历史, 面对列强的凌辱, 中国梦没有破灭; 面对新中国成立之初

的一穷二白, 中国梦没有破灭; 面对奋斗征程中的挫折坎坷, 中国梦没有破灭。中华民族之所以在百折千回中迎来复兴的曙光, 靠的就是一代又一代人的艰辛奋斗。到建党100周年时, 全面建成小康社会; 到新中国成立100周年时, 建成富强民主文明和谐的社会主义现代化国家。在此基础上, 实现中国民族的伟大复兴。这是我们党确立的新的“三步走”战略目标。时至今日, 中国正处在实现梦想的关键节点, 立足社会主义初级阶段的基本国情, 应对发展起来以后的问题挑战, 跨越前进道路上的重重障碍, 需要13亿“实干家”坚持不懈地埋头苦干。只有每个人都拿出实干的精神和劲头, 干好“自己的那一份”, 中国梦才能够美丽、够坚实。

(九) 1933年, 近代中国一份有影响的综合性刊物《东方杂志》发起了全国性“征梦”活动, 征求两个问题的答案: 你梦想中的未来中国是怎样? 个人生活中有什么梦想? 然而, 那样一个时代, 国家失去尊严, 民族饱受屈辱, 个人何敢言梦? 活动最后征得的“梦想”答案只有160多份。

令人感慨的是, 这两年, 我们的一家电视台也举办过一次“征梦”活动, 海量的参与人数, 丰富的个人梦想, 热烈的讨论与回应, 与70多年前真是云壤之别。两场“征梦”, 两个场景, 换了人间。

走过“雄关漫道真如铁”的昨天, 跨越“人间正道是沧桑”的今天, 向着“长风破浪会有时”的明天, 中国梦获得了前所未有的广阔空间。功崇惟志, 业广惟勤。13亿人共同奋斗, 一个富强、民主、文明、和谐、美丽的中国, 就在我们每一个人的脚下。

转自《人民日报》(2013年04月01日01版)



国防科学技术大学
NATIONAL UNIVERSITY OF DEFENSE TECHNOLOGY



中南大学
CENTRAL SOUTH UNIVERSITY



湖南大学
HUNAN UNIVERSITY

2013 中国自动化大会暨自动化领域协同创新大会

征文通知

(第二轮通知)

2013 中国自动化大会暨自动化领域协同创新会议 (CAC-2013) 将于 2013 年 11 月 7 日-8 日在湖南省长沙市召开, 并计划组织“自动化技术与装备”展示与交流会, 开展自动化领域“产学研”的互动交流。

一、大会主题

贯彻落实十八大精神, 以科学发展观为指导, 发挥协同创新优势, 提升中国自动化、信息化与智能化科技水平, 迎接新科技革命的挑战。

二、大会机构

主办单位: 中国自动化学会

承办单位: 国防科学技术大学, 中南大学, 湖南大学, 湖南省自动化学会

大会主席: 戴汝为, 孙优贤

大会副主席: 李衍达, 吴启迪, 郑南宁, 王天然, 吴宏鑫, 席裕庚, 郭雷, 张育林, 周康, 王常力, 王飞跃

程序委员会主席: 郑南宁

程序委员会副主席: 柴天佑, 王飞跃, 沈林成

组织委员会主席: 张育林

组织委员会常务副主席: 沈林成

组织委员会副主席: 吴敏, 王耀南

大会秘书长: 王飞跃 吴美平

大会副秘书长: 温激鸿, 徐昕, 刘小燕, 戴朝晖, 张楠

出版委员会主席: 何勇

宣传委员会主席: 刘小燕

财务委员会主席: 吴美平

大会秘书处: 肖湘江, 吕云霄, 蔡雁, 龚巧茹, 周前, 万辉, 何敏, 周丽

三、征文范围

根据大会程序委员会安排, 本次大会将设立 9 个专题、2 个论坛(长江/杰青论坛、优青/青年千人论坛)、22 个征文领域。热忱欢迎全国各高等院校、科研院所和企事业单位中从事自动化理论与技术研究的科技工作者积极投稿, 特别希望征集能反映各单位在自动化领域研究特色的学术论文。

大会专题:

专题 1: 智能制造装备与测控技术 (负责人: 王耀南, 褚健)

专题 2: 碳效优化与环境控制 (负责人: 吴敏, 钱锋, 苏宏业)

专题 3: 复杂系统建模与控制 (负责人: 王宏, 李少远)

专题 4: 无人系统自主控制 (负责人: 沈林成)

专题 5: 空天飞行控制技术 (负责人: 吴美平)

专题 6: 生物信息与认知计算 (负责人: 胡德文, 李远清)

专题 7: Cyber-Physical Systems (负责人: 关新平, 王飞跃, 陈积明)

专题 8: 控制系统运行安全性 (负责人: 周东华, 阳春华)

专题 9: 大数据与物联网 (负责人: 王成红)

大会论坛:

论坛 1: 长江学者、杰青论坛 (负责人: 吴敏)

论坛 2: 优青、青年千人论坛 (负责人: 王耀南)

主要征文领域:

征文领域	征文领域
1: 自动化领域协同创新与发展创新	12: 模式识别与图像处理
2: 先进控制理论及应用	13: 网络化控制系统
3: 高端自动化系统与技术	14: 智能交通系统
4: 信息融合与故障诊断	15: 生物信息与仿生控制
5: 工业系统工程	16: 复杂系统理论与方法
6: 智能制造装备与测控技术	17: 空间飞行器控制
7: 工业传感器与仪表	18: 脑机接口与认知计算
8: 基于数据的建模、优化与控制	19: 智能计算与机器学习
9: 机器人与无人系统	20: 复杂系统的平行控制和管理
10: 导航、制导与控制	21: 社会计算和社会系统的管理
11: 节能减排与绿色制造	22: 基于大数据的决策与控制

投稿要求

- 1、来稿未曾公开发表过, 具备真实性和原创性。论文摘要及全文请勿涉及国家秘密。
- 2、凡投稿论文被录用且未作特殊声明者, 视为已同意授权出版。
- 3、**论文篇幅不限, 中英文均可, 英文论文在 IEEE Xplore 出版(IEEE Xplore 为 EI 检索源)**, 特别欢迎能反映本单位研究特色的**长文**, 征稿**截止日期为 2013 年 9 月 20 日**, 录用通知日期为 2013 年 10 月 10 日。
- 4、论文投稿请通过登录中国自动化学会网站(网址 <http://www.cac13.org>) **在线投稿系统**会议投稿专栏投稿。**投稿时请务必注明论文投稿的专题或者征文领域。**

四、 论文出版

大会将出版论文集, 部分优秀论文拟推荐到**国内外 SCI、EI 检索**的重要期刊如《中南大学学报(英文版)》、《自动化学报》以专辑形式发表, 各专题论文会后将组织出版专著。同时, 大会还将讨论自动化领域在“十三五”期间重点研究方向, 形成报告并向国家有关部门提交。

联系人: 黄振华, 余洪山, 梁桥康 龚巧茹

电话: 18374966022(黄) 18374966028(余) 18374966011(梁) 18874127323 (龚) 0731-84573323

地址: 湖南省长沙市国防科技大学机电工程与自动化学院

邮编: 410073 E-mail: 2013CAC@gmail.com

中国自动化学会会员申请表

填表时间 _____年____月____日

姓 名		性 别		出生年月		(照片)
专 业		职 称		职 务		
工作单位				联系电话		
身份证号				电子邮件		
通信地址				邮 编		
工作简历 及主要业绩						
选择参加 专委会名称						
选择赠阅的 刊物	刊物名称： <input type="checkbox"/> 《自动化学报》 <input type="checkbox"/> 《电气传动》 <input type="checkbox"/> 《自动化博览》					
推荐意见	介绍人签名（或推荐单位盖章）： _____ 年 月 日					
学会审查 意见	_____ （盖章） _____ 年 月 日					

注：(1) 请附本人《专业技术职务资格证书》复印件。

(2) 邮寄地址：北京市海淀区中关村东路 95 号中国自动化学会办公室（100190）

Tel: 010-62544415

Fax: 010-62522248

E-mail: caa@ia.ac.cn

入会条件：

- (1) **会士**：在自动化科学领域中成绩卓著，学术上有较深造诣，在自动化科研、生产、教育和管理方面有重大贡献的科技人员。
- (2) **高级会员**：具有两年以上会龄；获得相当于副教授以上的专业职称，或具有自动化领域博士学位；或在与自动化及相关领域从业 5 年以上，并有显著成就的科技人员。
- (3) **普通会员**：已获得工程师、自动化系统工程师（ASE）、讲师、助理研究员以上职称，或具有相当于上述水平的自动化领域的科技人员，以及从事本学科范围内工作并热心倡导本学会工作的有关管理工作。
- (4) **预备会员**：大学本科毕业后在科研、教学、生产单位从事自动化领域工作的助理工程师、助教等相当于上述水平的科技人员，以及在读研究生、大学本科三年级以上成绩优良的学生；（预备会员只缴纳一次性注册费，不缴纳会费；预备会员无选举权和被选举权；预备会员达到普通会员学术水平者，经本人申请并经批准后可成为普通会员。）
- (5) 请登录中国自动化学会网站www.caa.org.cn了解详细情况。

第六届ABB杯全国自动化系统工程师论文大赛

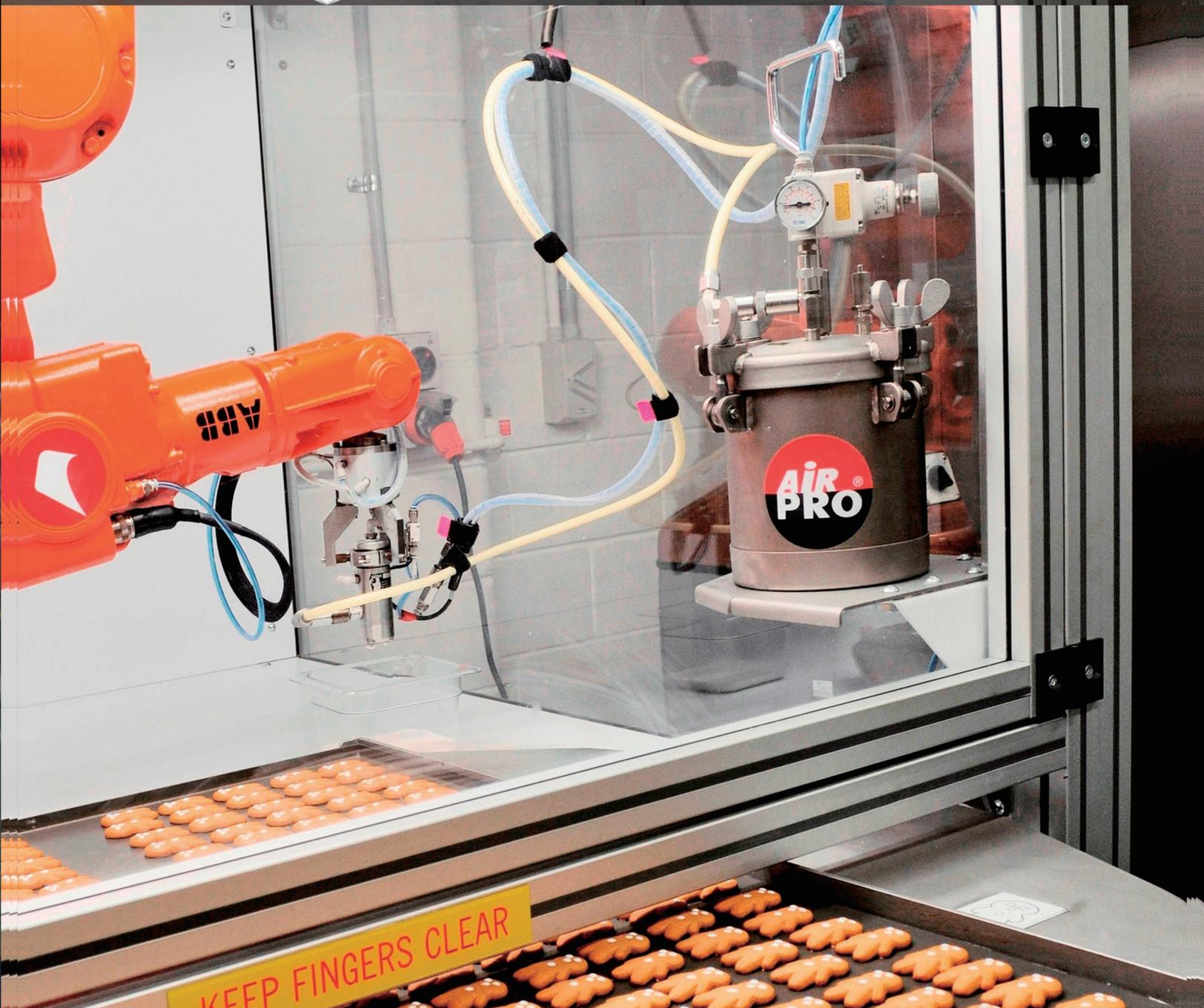
主办单位 中国自动化学会



赞助单位 ABB(中国)有限公司



承办单位 北京天问智讯科技有限公司



一等奖1名, 奖品价值10000元

二等奖5名, 奖品价值5000元

三等奖15名, 奖品价值2000元

征文主题: 自动化创新与产业升级
大赛举办日期: 2013年11月8日

Email: caaorg@gmail.com

投稿网址: <http://www.caa.org.cn:8080/abb>

所有录用的稿件, 将被CNKI、维普数据库收录, 并以增刊或专刊形式在《中国自动化学会通讯》、《自动化博览》、《信息与控制》等杂志上结集出版。优秀论文将被推荐到IEEE Transactions on Neural Networks, IEEE Transactions on system以及自动化学报、科技导报等国内外著名杂志上。



欢迎加入

中国自动化学会

Chinese Association of Automation

这里可以 **获取技术信息** **结识业内专家**
获得同行认可 **施展个人才华**

作为个人会员，你可以

- 优惠或免费获得学会提供的技术咨询和资料（以电子邮件方式为主）
- 优惠或免费参加学会或其所属专业委员会举办的学术活动
- 优惠或免费订阅学会通讯及与学会签约的学术期刊
- 优惠参加学会提供的继续工程教育培训
- 通过学会申请各类奖项和荣誉资格
- 其它可能由学会提供的服务

作为团体会员，你可以

- 派出代表参加全国会员代表大会
- 优惠参加学会组织的有关学术论坛、科技展览等活动
- 优惠或免费获得学会提供的有关资料、学术期刊和服务
- 优惠取得学会的技术咨询、新产品鉴定、工程项目验收等服务
- 优惠获得学会为单位员工进修而举办的新产品、新技术培训活动
- 其它可能由学会提供的服务

中国自动化学会办公室

地址：北京市海淀区中关村东路 95 号自动化大厦 509 室

邮编：100190

传真：010-62522248

电话：010-62544415

<http://www.caa.org.cn> E-mail: caa@ia.ac.cn