

# 机械制造工艺

2014年5月10日出版

2014年第1期·总第208期

主办：中国机械制造工艺协会

协办：先进成形技术与装备国家重点实验室

准印证号：京内资准字1114-L0059

出版：中国机械制造工艺协会

网站：www.cammt.org.cn

www.camtc.com.cn

电话：010-88301523

传真：010-88301523

邮件：cammt\_bjb@163.com

## 《机械制造工艺》编委会

主任委员：王西峰

名誉主编：卢秉恒

副主任委员：单忠德 祝宪民 李郁华

主 编：单忠德

责任编辑：徐先宜 田 媛

## 委员（按姓氏笔画排序）

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

## 中国机械制造工艺协会第四届理事会

名誉理事长：倪志福 何光远 陆燕荪

高级顾问：张伯明 郭志坚 张德邻 曾宪林  
朱森第 李 冶

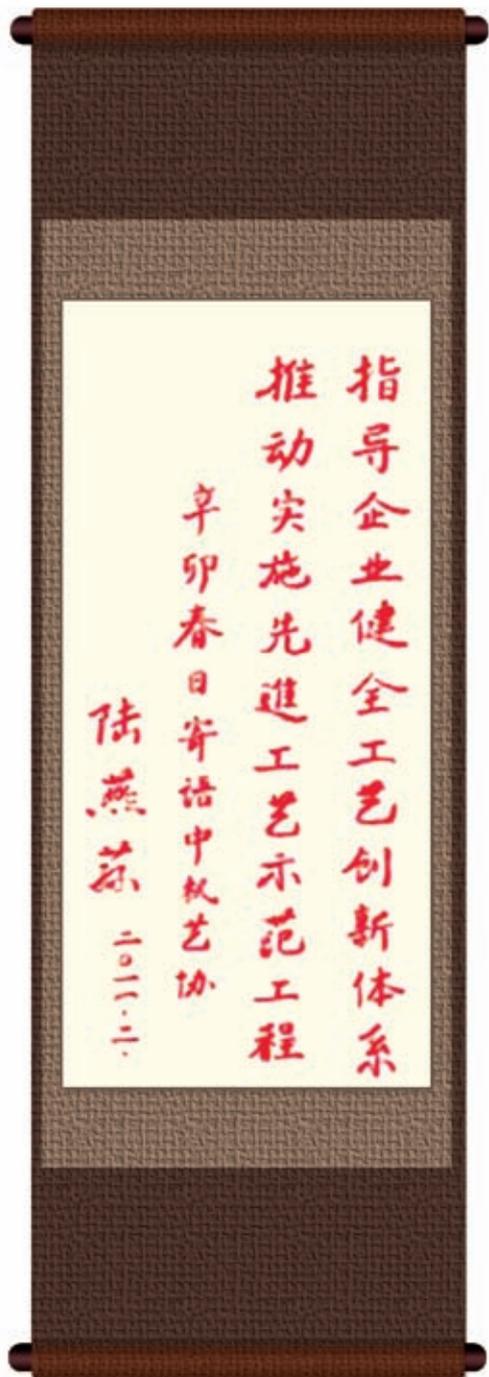
顾 问：刘明忠 田东强 刘 红 史建平  
郭恩明 徐域栋 周清和 庞士信  
依英奇 朱 鹏 刘仪舜

理 事 长：王西峰

副 理 事 长：（排名不分先后）

刘泽林 单忠德 祝宪民 李成刚  
张 科 卢秉恒 费书国 陈宏志  
周永军 陈又专 李维谦 董春波  
郭志强 史苏存 王 政 龙友松  
张金明 王至尧 陈队范 梁清延  
左建民

秘 书 长：战 丽



<b>会员传真</b>	P03
<b>协会动态</b>	
民政部社会组织评估专家组来我会进行实地考察评估工作	P06
2014年中国工艺协会分支机构秘书长会议在京召开	P06
中国工艺协会第四届七次常务理事会议在京召开	P07
全国增材制造（3D打印）技术创新战略联盟在南京成立	P08
共话3D 同谋发展	P09
<b>专家视点</b>	
解读工信部“工业强基”的工作思路和下一步工作计划	P10
3D打印成形技术及装备现状及发展	P11
零部件制造生产线建设	P13
3D打印技术及其在电子产品制造中的应用研究探讨	P19
<b>优秀成果</b>	
大型、复杂、高寿命压铸模具开发	P24
电站锅炉集箱成套制造装备及绿色工艺技术开发与应用	P25
泵车臂架焊接柔性生产线	P26
<b>工艺创新</b>	
先进快速无模化制造技术在柴油发动机开发中应用的可行性	P27
越野车角传动器总成工艺设计与制造	P32
协同制造，提升价值创造力	P36
<b>协会通知</b>	
关于组织召开2014年全国机电企业工艺年会的通知（第一号）	P40
关于组织2014年中国机械制造工艺终身成就奖、杰出青年奖、优秀工艺师奖评选活动的通知	P41
关于收取2014年度会员会费的通知	P42
关于开展2014年度“优秀会员单位”评选活动的通知	P43
第九届全国铸铁及熔炼学术会议暨机床铸件技术研讨会征文通知	P44

## 东方电机自主研制的核电常规岛循环水泵用电动机样机通过鉴定

发布时间:2014年03月6日 文章来源: 东方电机有限公司网站

2月22日,上海东方电机自主研制的CAP1400/AP1000核电常规岛循环水泵用电动机样机通过中国机械工业联合会主持的专家鉴定。该电动机的研发成功填补了国内空白,使得该项核电关键设备技术不再受制于国外,保证了国家能源领域的经济安全运行,为核电机组及设备的自主设计、自

主制造、自主营运、自主维护做出了重大贡献。

2011年东方电机抓住核电发展的战略契机,开始研发核电常规岛循环水泵泵组电动机。2012年底,东方电机完成了整套电机生产制造任务,并于2013年9月在泵业现场投运成功运转。

成功运转后中国机械工业联合

会前后两次安排专家到泵业现场进行泵组的运行试验见证。2014年2月22日与会专家肯定了东方电机的设计水平领先、工艺装备先进,试验检测能力完善,质保体系运行有效,已具备批量生产条件。经鉴定,与会专家一致认同:由东方电机有限公司自主研制的CAP1400/AP1000核电常规岛循环水泵泵组样机性能指标先进,运行平稳,震动、噪声、温升等各项性能指标满足标准规范要求。

鉴定会由中国机械工业联合会总工程师隋永滨主持,国家能源局能源节约和科技装备司副司长黄鹂到会并充分肯定了此次核电常规岛循环泵组国产化样机成功研制的意义。

## 中法两国最高领导人见证武钢法孚合作项目签约

发布时间:2014年03月27日 文章来源: 中国钢铁新闻网

北京时间3月27日,法国巴黎爱丽舍宫,在中法两国最高领导人的共同见证下,两国共签约21个合作项目,其中3个项目来自武汉。分别是:中法两国在武汉建设中法生态示范城;东风汽车集团股份有限公司正式入股法国标致雪铁龙;武钢与法国法孚集团合作项目。其中武钢与法孚的合作包括合资组建机械加工企业等。

此前,武钢重工在上海与法国法孚集团签订合资合作意向书,由武钢重工和法孚集团合资,双方进一步开

发冶金机械市场。根据合同:双方成立一大型成套机械制造合资公司,双方各占50%股份,从事钢铁和非钢铁的设备设计、采购、生产、组装及技术服务等;合作一条93万吨/年带钢连续退火处理线的设计、工程和设备供货及安装调试专家服务。

仅1年多后,北京时间3月27日,武钢与法国法孚集团在中法两国元首的见证下,正式在巴黎签署组建合资公司及武钢防城港冷轧连退线项目的合同。

法孚集团是全球知名的大型工业

工程集团,公司成立于1812年,至今历史200年,它为世界范围内的大型工业集团设计、经销加工设备,并且提供生产线和交钥匙工厂。法孚集团的业务涉及制铝、钢铁、玻璃、汽车、物流、水泥、能源和制糖等众多领域,技术实力处于领先地位。

武钢表示,在加快转型发展过程中,冶金工程装备制造是武钢的战略发展重点。此次双方的战略合作,必将更有利于发挥各自优势,实现共赢发展。

## 配套玉柴首款电控船机 YC6TD的远海渔船成功试航

发布时间: 2014年3月7日 文章来源: 玉柴集团网

2月28日, 配套两台YC6TD船用电控柴油机为主机的远海渔船在广西北海市成功试航, 这标志玉柴船用电控柴油机产业化迈出了坚实的一步。

YC6TD船机是玉柴推出的应用于渔船及货船的首款电控机型, 燃油系统采用电控组合泵, 喷射压力高, 喷油正时和喷油量的控制灵活, 通过优化喷油MAP, 实现低速大扭矩。发动

机的标定功率和转速分别为441kW、1500rpm, 排放达到IMO(国际海事组织)第II阶段标准, 且具有升级到第III阶段的潜力。

此次配套装载YC6TD船机的远海渔船型长32米, 型宽6.4米, 型深3.5米, 吃水2.1米, 作业区域为中国南海海域。配套玉柴YC6TD船用电控柴油

机后, 渔船试航表现十分抢眼。装配其他品牌动力时, 渔船最高航速为9节多, 而装配YC6TD船机后可以达到12.5节, 航速提高了30%以上, 动力强劲, 对于在南海海域突遇紧急情况下的快速撤离无疑提供了可靠的动力保障。一些闻讯赶来的用户也对YC6TD船机产生了浓厚兴趣。

据悉, 为保证YC6TD船机配套和试航工作的顺利开展, 玉柴集团总工程师沈捷带队, 组织性能、电控、机械、配套、开发专家, 会同主要零部件油泵、增压器、仪表等生产厂家代表以及经销商, 登船做现场评审。此外, 工程研发人员还现场将ECU的防护和使用中的注意事项向船东作了详细介绍。

## 湘电长泵CAP1400 新产品通过国家级鉴定

发布时间: 2014年3月8日 文章来源: 湘潭电机股份有限公司网站

3月1日, 湘电长泵与国核电力规划院联合研发的CAP1400 核电常规岛冷却水循环泵样机通过了国家级鉴定, 性能达到国际先进水平。

受国家能源局委托, 由中机联组织的专家组听取了研制单位关于该泵样机研制总结汇报、试验报告, 认真查阅了文件资料, 考察了样机试验和

生产现场, 见证了试验测试过程。该样机为立式斜流泵结构, 是目前国内同类产品吐出口径最大、性能最优的立式循环泵, 研制单位研发的技术和手段先进, 完全具备承担该项目制造能力。

国家能源局能源节能和科技装备司黄鹂副司长在会上讲话。她对研制

单位所取得的成绩和长泵现场文明生产给予高度评价, 要求核电业主及专家支持国产化工作, 希望长泵在该项目中获得好业绩。

该样机研制成功, 标志着湘电长泵为CAP1400 核电常规岛冷却水循环泵国产化奠定了坚实基础, 为中国泵业面向世界提升了竞争实力。



# 一汽锡柴11升CA6SM2系列天然气发动机通过评审

发布时间: 2014年04月28日 文章来源: 中国一汽网站

近日,一汽解放汽车有限公司无锡柴油机厂全新研制的11升CA6SM2系列天然气发动机成功通过开发评审。这标志着一汽锡柴又一次成功研制出一款环保大功率天然气发动机。这是一汽锡柴与一汽技术中心继成功合作开发国内最大功率的13升CA6SN1系列NG发动机后,又一大突破性自主创新成果。

近年来,一汽锡柴围绕市场、对标对手、面向国际,在产品研发上不断创新。先后成功研制两级增压车用发动机、柴电混合动力,在国内首创内置EGR技术,电控技术、振动噪声分析、顶置凸轮轴缸盖、发动机制动技术、

省油技术也相继取得突破,目前锡柴拥有的核心技术已达50多项。

一汽锡柴在奥威产品功率向上的开发过程中,更注重新技术的应用研究,以技术的优势构筑产品的优势。其中奥威6DL是我国第一台拥有自主知识产权的四气门发动机;奥威6DM,是国内重型车用柴油发动机四气门顶置凸轮轴的技术的开先河者,不仅具有完全的自主产权,还拥有3项发明专利和5项实用新型专利,并于2010年荣获中国科学技术进步一等奖。对于康威系列产品,一汽锡柴突出康威4DW、康威4DX国四产品开发,将康威4DW排量锁定为2.54升、

康威4DX为3.86升,平台功率覆盖78—140马力。对于奥威系列产品,将奥威6DL加快升级步伐,采用二级增压技术,爆发压力提升到200—220par,用一个排量替代二个排量,排放起步达国五,功率覆盖260—370马力。对于恒威系列产品,做好产品适应性开发,重点开发国四产品,寻求机会开发2升以上高端产品。

可靠耐久则是一汽锡柴发动机产品的强项,目前一汽锡柴奥威6DL的B10寿命为80万公里,奥威6DM2的B10寿命为100万公里,一汽锡柴的目标是要将这一数字提高到100—150万公里。

## ZF□-1100(L)/Y6300-63型 百万伏自主化GIS研制成功

发布时间: 2014年1月3日 文章来源: 河南平高电气股份有限公司网站

青鸟献勤、骏马贺岁。百万伏自主化GIS项目捷报频传,2013年12月20日,快速接地开关连续通过电磁感应、静电感应和短路关合三档容量试验。至此,百万伏自主化GIS产品完成全部型式试验,宣告由公司完全独立自主设计的ZF□-1100(L)/Y6300-63型

GIS研制成功。

为掌握特高压开关核心技术,抢占行业制高点,打破国外企业的技术垄断,为国家特高压电网建设提供强有力支撑,平高电气2010年全面启动ZF□-1100型GIS项目研制,公司对该项目高度重视,专门成立项目领导小

组和研发团队,凝聚合力,高效、快速推进项目进行。

该项目由平高电气完全独立自主研制,产品性能稳定、可靠性高,产品布置紧凑,大大降低了制造成本。百万伏复合套管及其屏蔽系统由平高电气独立自主设计,是公司首个完成全套型式试验的套管产品。

百万伏自主化GIS产品结构先进,技术参数高,短路开断电流63kA,峰值耐受电流达171kA,隔离开关和主母线通流8000A。断路器、隔离接地、快速接地开关寿命均达到5000次,各项技术参数均达到国际先进水平。

## 民政部社会组织评估专家组 来我会进行实地考察评估工作



2月20日,民政部有关领导和专家一行6人,到我会进行现场考察评估工作。我会理事长王西峰、副理事长单忠德、王至尧、陈宏志、秘书长战丽、各分支机构秘书长及秘书处工作人员参加了此次评估工作。

会上,王西峰理事长对评估专家组到我会进行实地评估考察、检查指导工作表示热烈欢迎,并简要介绍了

我会的基本情况。随后,评估专家组组长介绍了此次评估工作的目的、程序、步骤、具体形式和参加评估的各位专家。战丽秘书长从协会的历史沿革、协会的业务范围、分支机构设置

情况、协会工作业绩和行业影响力等方面向专家组进行了工作汇报。听取汇报后,专家组分别对协会的基础条件与内部治理、工作绩效、财务管理三个方面进行了材料评估。我会领导及工作人员向专家组提供了所需材料,并对专家组所关心的问题进行了有针对性的回答。

经过紧张的材料评审工作,专家组基于我会所提供的材料,进行了综合讨论,并将汇总意见反馈给我会。专家组肯定了我会在组织管理、内部治理、工作绩效等方面所做的工作,同时就存在的问题提出了建设性意见。

王西峰理事长认真听取了专家组的意见反馈,并对专家组提出的建设性意见表示衷心感谢,他指出:此次评估是对我会工作的一次全面检阅,我会将以此次评估工作为契机,针对工作中存在的不足,认真整改,进一步完善我会各方面的工作,把我会工作提高到一个新水平,使我会真正做到规范健康发展。T

(秘书处杨娟供稿)

## 2014年中国工艺协会 分支机构秘书长会议在京召开

辞旧迎新,马年伊始,2014年2月20日中机艺协在北京组织召开了2014年分支机构秘书长会议,我会王西峰理事长、单忠德副理事长、王至尧副理事长等出席了会议,各分支机构秘书长参加了会议。会议由王西峰理事长主持。

会上,生产与物流技术分会秦国亮副秘书长、管道制造技术分会徐秋

玲秘书长、纺织机械分会段凤丽秘书长、快速原形制造技术分会赵华副秘书长、电子分会代表杨剑、机床与工具专业委员会谭笑颖秘书长及农机专业委员会刘铁林秘书长等分别作了各分支机构2013年工作总结及2014年工作计划的汇报。

在听取各个分支机构的工作汇报过程中,王至尧副理事长、单忠德副理

事长与各分支机构参会代表进行了互动交流,对各分支机构反应的一些具体问题提出了解决问题的建议措施,并就我会有关工作征求各分支机构秘书长的意见、建议。

会议最后,王西峰理事长进行总结讲话,他首先肯定了各分支机构2013年的工作成绩,并用“制度健全,管理规范,活动正常,有所创新”对中

机艺协总体工作进行了总结,指出中机艺协工作中存在的主要不足是我会在行业中的话语权和影响力不足,并针对上述不足提出了三点要求:

1. 作为协会,要准备掌握行业工艺现状,了解行业工艺技术发展趋势,为企业提供高水平服务,为政府提供政策和技术的支持,来增强话语权和影响力;
2. 要不断加强创新工作;
3. 按期收缴会费,不断加强秘书

处的组织机构建设和人才队伍建设,以便推动我会工作取得更大发展。随后,王西峰理事长对我会2014年的工作进行了部署:

1. 中机艺协2014年年会拟定于杭州举行,秘书处要认真做好换届准备工作;
2. 我会拟于今年适当调整会费,希望秘书处和各分支机构之间共同商定调整幅度,与会员单位事先沟通,争取顺利完成调整工作;

3. 各分支机构与总会之间应加强合作与协同,同时总会要与上级部门之间积极协同,起到良好的桥梁枢纽作用,进一步为企业做好服务。

此次会议的召开,使中机艺协与各分支机构之间、各分支机构之间加强了沟通和了解,对中机艺协2014年各项工作的开展具有重要的指导作用。7

(秘书处杨娟供稿)

## 中国工艺协会第四届 七次常务理事会议在京召开

2014年4月19日,中国机械制造工艺协会在北京组织召开第四届七次常务理事会议,我会王西峰理事长、单忠德副理事长、卢秉恒副理事长、王至尧副理事长、龙友松副理事长、陈宏志副理事长、王政副理事长、费书国副理事长、祝宪民副理事长等协会负责人出席会议,中国工艺协会常务理事及代表共46人参加会议。会议由王西峰理事长主持。

会议对第四届理事会换届筹备工作方案及日常工作有关议案进行了审议。会议审议确定了第四届理事会换届工作领导小组组成名单、第五届理事长候选人、常务副理事长候选人、理事候选单位名单、秘书长提名人选



会议现场



大会合影

及会员代表候选单位名单;审议通过了调整中国工艺协会会费缴纳标准的议案;审议通过了中国工艺协会2013

年工作总结和2014年工作计划;审议通过了设立“百强制造工艺创新基地”奖、“快速原型分会”更名为“增材制造(3D打印)分会”、“基础件专业委员会”变更为“基础制造工艺分会”等4项中国工艺协会日常工作议案。

随后,与会代表就我会工作进行了研讨,多位代表对我会工作提出了建设性的意见和建议。卢秉恒院士肯定了我会近年来的工作成绩,指出在国家“强基工程”的环境下,基础制造工艺创新非常重要,因此成立基础制造工艺分会、加强增材制造分会工作都非常必要;希望中国工艺协会继续加强工艺技术交流组织工作,为广大会员单位提供一个协同创新的平台。

王西峰理事长引用师昌绪院士的

话“设计是灵魂，材料是基础，工艺是保证，测试是关键”，强调了工艺工作在我国由制造大国向制造强国转变过程中的重要性，指出工艺工作越来越得到国家重视，这为我会带来更大的发展空间，我会所担负的社会责任也越来越重要，因此我会应结合各位常务理事提出的建设性意见和建议，不断提升自身在行业的凝聚力、影响力和生命力，努力将我会建设成一个

合作、交流、资源共享、协同创新的平台，进而使我会取得更大发展。

19日下午，会议针对“增材制造”、“绿色制造与节能减排”、“智能制造”、“四基规划”四项国家科技专项规划进行研讨，研讨由单忠德副理事长主持。随后召开了中国工艺协会基础制造工艺分会成立筹备会，研讨了基础制造工艺分会成立及下一步工作计划。

此次会议的召开，确定了四届理事会换届筹备方案，加强了我会常务理事之间的交流，广泛征求了常务理事对协会工作及未来发展的建议，对我会四届理事会换届工作、2014年日常工作开展和未来发展规划有重要的指导意义。T

(秘书处田媛供稿)

## 全国增材制造(3D打印)技术创新战略联盟在南京成立

2014年3月26日，全国增材制造(3D打印)技术创新战略联盟成立大会在南京悠居科技交流中心举行，我会副理事长卢秉恒院士当选为联盟首届理事长，单忠德副理事长当选为秘书长。

联盟由西安交通大学、机械科学研究总院、中国航天科技集团公司等83家大型央企、科技创新型企业和高校院所组成，旨在整合及协调产业、科技等社会资源，针对国家和市场需求，提升联盟成员在增材制造(3D打印)

应用及相关技术领域研究、开发、制造、服务水平，促进增材制造(3D打印)创新链、产业链的快速健康发展，实现增材制造(3D打印)技术标准的推广和应用。

单忠德副理事长主持成立大会技术论坛，中国航天科技集团杨海成总工程师、中国机械制造工艺协会副理事长卢秉恒院士分别就我国增材制造产业发展趋势做技术报告。作为中国3D打印领域的领军人物，卢秉恒院士表示，目前3D打印在行业内外都引起

了强烈关注。“但目前，中国的3D打印技术与发达国家相比，发展得还不算太好，一些关键环节仍存在不少问题，比如产业链不完整、关键打印材料制造技术及产业化仍有短板、大功率激光器核心元件仍依靠进口等。”对中国3D企业来说，迫切需要联合起来，加强沟通和交流，形成研发合力。

我会战丽秘书长、刘萌部长参加了会议。T

(技术部刘萌供稿)

(上接39页)

技术路线逐步融入协同制造商业模式中，支持集团决策、预测预警和风险监控的能力提升，实质亦助力企业的价值创造力在各维度、全方位的提升。T

参考文献

[1] Teece, DJ, Pisano, G, and Shuen, A. Dynamic capabilities and strategic

management[J]. Strategic Management Journal, 1997, 18 (7):509-533.

[2] 工业企业“信息化和工业化融合”评估规范(试行), 中华人民共和国工业和信息化部, 2011.

作者信息

第一作者姓名: 谢钰琼

工作单位: 潍柴动力股份有限公司制造工程部, 职务: 室主任, 职称: 高级工程师, 通讯地址: 山东省潍坊市高新技术产业开发区福寿东街197号甲, 邮编: 261001, 电话: (0536) 2297786, 传真: (0536) 8197158, 电子邮箱: xieyq@weichai.com

# 共话3D 同谋发展

——中国工艺协会电子分会技术研讨

煮汤沏茗，把盏谋未来。电子分会召开的技术研讨会，名誉理事长段宝岩院士、李成刚理事长及副理事长、常务理事等出席，会议听取了秘书处的工作报告，并就如何更好地发挥分会的作用、更好地为会员服务、增强分会的吸引力和存在感及优化分会会员结构等问题进行了热烈地讨论，最终确定分会要在做好日常工作的同时筹划分会3~5年的发展规划，通过搭建网络信息平台、组织交流活动、举办行业培训、协调会员间协作、开展信息统计、引导行业发展等工作来不断拓展分会的服务功能、提高分会的服务能力，使分会能良性、有序地发展。

俯首倾耳，热议3D制造。随着数字化技术的发展和相关产品效能的提高，数字化的3D制造技术在电子行业中不断发展和应用，对电子制造业技术进步和企业发展发挥着越来越重要的作用。为了促进对3D制造技术的



李成刚理事长讲话

认识和应用水平的提高，分会组织了“3D制造技术在电子行业中的应用”的技术研讨会。研讨会特邀中国工程院段宝岩院士、广西科技

大学校长周德俭教授、西安电子科技大学来新泉教授、机械科学研究总院战丽高工等知名专家，对电子装备发展趋势和工艺技术的重要作用、3D打印技术在装备制造中的应用、3D打印技术在电气互连中的应用、3D电气互联及其立体组装等技术的现状与发展趋势发表了讲演；邀请了数字化技术专家，对3D工艺设计技术、3D线缆布线技术和数字化制造解决方案进行了技术研讨及实施方案交流；还邀请了应用技术专家，对3D制造技术的应用研究及应用成效进行了研讨。此次研讨会使参会的代表受益非浅，真正享受了一顿3D制造技术的饕餮盛宴。

电子分会2013年理事会年会暨技术研讨会是电子分会的一次欢聚，它沟通了信息、结识或重聚了朋友，交流了情感；更是电子分会的一次发展策



理事会会场



段宝岩院院士讲演

划，它为分会工作定了位、为发展指明了方向，为未来作了规划。2013年理事会年会暨技术研讨会也是分会新的理事长单位和秘书处为大家烹饪的第一餐，虽不够精美但算倾尽全力，假以时日，电子分会的聚餐将会愈加精美，兄弟们的胃口会愈来愈好，身坯定会愈来愈壮！**7**

(电子分会供稿)

# 解读工信部“工业强基”的工作思路和下一步工作计划

国家工信部装备工业司副司长 王卫明

工艺制造强企，智能制造未来”，这个主题符合当前装备工业攻高端、夯基础的大趋势。现结合今年工信部开展的工业强基的有关工作谈谈下一步推动“三基”发展的工作思路，供大家参考。

第一，工业强基的有关情况。今年年初，为了贯彻落实工业转型升级的规划，工信部和财政部一起共同实施了工业强基的专项行动，启动了工业强基工程，着力提升重点行业、关键领域的关键基础材料、核心基础零部件(元器件)、先进基础工艺和产业技术基础，并将装备制造领域作为此次专项行动的重点。根据部里的统一部署，装备工业司和规划司一起积极开展了装备领域强基工程示范项目的组织申报和评审等工作。经过评审，今年在装备工业领域主要有轿车轮毂的轴承单元，电力、石化用的高端阀门，大功率工程机械机电液控制自动换挡变速器，以及节能和新能源汽车CVT无级变速链条、工程机械高压液压元件可靠性研究试验检测技术基础服务平台等等，整个装备领域示范项目，得到了财政部和工信部的大力支持，争取专项资金2亿，占整个专项资金的

40%。工业强基专项将是今后一段时间推动“三基”产业发展的一个主要助力。装备领域也将始终作为工业强基的重点，希望大家提前谋划好，依托这个专项实现质的发展。

第二，推动“三基”产业发展的主要做法。一是抓好顶层设计，工信部结合行业的特点和发展的需要，出台了相关政策措施。工信部联合科技部、财政部、国标委，一起组织编制和发布了《加快推进传感器及智能化仪器仪表产业发展行动计划》，明确了近期推进仪器仪表产业发展的原则、思路和目标，提出了实施技术创新、产品升级、产品和企业的转型升级，另外还有产业化应用四大工程任务。同时，今年5月发布了铸造行业的准入条件，其中发布实施的生铁企业认证政策，保证了我国1万多家企业的原材料供应。二是抓产需对接，按照产需合作的新模式促进产业链上下游的密切合作，在“三基”企业和主机企业之间形成有效的供应链，成立了工程机械高端液压件及液压系统的产业化协作工作平台，平台的建设得到了行业的积极响应，第一批就确定了42家会员单位，包括广西玉柴、中山液压等公司也签

订了产需对接协议，目前平台内的企业正在着力攻关。三是要抓好部门合作，紧紧围绕国家重大项目和重点行业的需求开展跨领域的部门合作，调动各方的资源，寻找新的增长点，助力“三基”产业的发展。以仪器仪表产业为例，前一段时间工信部和国家文物局、环保部、中粮集团等单位一起探索建立多种合作模式，梳理了一批先期的启动项目，特别是和国家文物局全方位的合作，取得了明显的进展，双方将于近期签订共同推进文物保护装备产业发展的合作协议，建立长效工作机制，并且在下半年选择3到5项重点文物保护装备组织攻关，并且在文物保护单位开展应用示范。

第三，下一步的工作思路。近年来，“三基”产业的发展取得了初步的成效，但是离“三基”规划提出来的目标还有一定的差距，需要大家共同的努力。关于下一步如何推动“三基”产业的发展，近期要做好四件事情，概括起来就是“四个一”：

一是要利用专项资金，着力突破一批标志性的“三基”产品。

(下转18页)

# 3D打印成形技术及装备现状及发展

单忠德 中机艺协副理事长

机械科学研究总院副院长

## 1 3D打印/增材制造原理及其定义

自上世纪80年代美国出现第一台商用光固化成形机后,3D打印成形技术在至今近30年得到了快速发展,3D打印工艺及设备种类达到20多种。英国《经济学人》杂志认为3D打印技术将“与其他数字化生产模式一起推动实现第三次工业革命”。我国自上世纪90年代初开始进行相关技术研究。

3D打印技术在20世纪90年代被称为材料累加制造、快速原型技术和分层制造,在21世纪初被称为快速成形制造和自由实体制造,近年来被称为增材制造及3D打印技术。

美国材料与试验协会(ASTM)F42国际委员会给增材制造和3D打印的定义分别为:增材制造是依据三维CAD数据将材料连接制作物体的过程,相对去除制造则是逐层累加过程。3D打印是指采用打印头、喷嘴或其它打印技术沉积材料来制造物体的技术,3D打印属于增材制造技术。

## 2 3D打印/增材制造技术国内外现状

曾在1892年美国一项专利提到利用分层制造法构成立体地形图;1986年Charles Hull开发了第一台商业3D印刷机;1993年麻省理工学院获3D印刷

技术专利;2005年高清晰彩色3D打印机Spectrum Z510由ZCorp公司研制成功等以及目前又新一轮3D打印技术及应用开发热潮,不断推进增材制造技术的发展。

目前主要技术有:立体光刻(SLA)、分层实体制造(LOM)、激光选区烧结(SLS)、选区激光熔化成型(SLM)、熔融沉积成形(FDM)等。这些技术从其能源利用方面可以分为四类:(1)以激光或电子束为能量:如立体光刻、分层实体制造、激光选区烧结/激光熔覆等。(2)微滴喷射成形:数字化微滴技术、三维印刷技术等。(3)连续喷射成形:熔融沉积成形、多路喷射固化、金属喷射沉积等。(4)三维织造成形:复合材料三维编制/复合材料三维织造等。这些技术可以用于金属或者非金属材料制品的快速制造。

美国的3D Systems公司、Aaroflex公司,德国的EOS公司、F&S公司,日本的DMET、SONY/D-MEC公司、TeijinSeiki公司、DenkenEngineering公司、Meiko公司、Unipid公司、NTT DATA&CMET公司,以色列的Cubital公司以及国内的西安交通大学、上海联泰科技有限公司等开展了光固化成形技术及设备研究及应用推广。

通过激光、电子束或者金属喷射沉积等直接制造金属件技术主要有:

基于同轴送粉的激光近成形(Laser Engineering Net Shaping, LENS)技术、基于粉末床的激光选区熔化(Selective Laser Melting, SLM)技术和电子束熔化技术(Electron Beam Melting, EBM)。LENS技术能直接制造出大尺寸的金属零件毛坯,而SLM和EBM可制造复杂精细金属零件。美国DTM公司、德国EOS公司、北京隆源公司、华中科技大学、清华大学、华南理工大学、西北工业大学、北京航空航天大学、机械科学研究总院等开展了相关研究及应用推广。

熔融沉积技术(FDM)由美国学者Scott Crump 博士于1988年率先研制成功,并由美国Stratasys公司开发成功第一台相关技术设备和实现商业化。通过喷头加热器熔化材料,将熔化的材料挤出并速凝固冷却后,与周围的材料凝结形成一个层面层层堆积制造出零件。研究FDM技术及应用的主要有Stratasys公司、Med Modeler公司、北京太尔时代科技有限公司、英国华威大学、英国诺丁汉大学等。

在三维织造成形技术(3D-WF)方面,机械科学研究总院率先提出了一种复合材料柔性导向立体织造成形技术(GSWF),是一种基于数字化导向柱模板的分层织造方法,通过三维CAD模型驱动进行分层织造,层层编织形成三维结构,层与层之间通过导向

套耦合结构及丝材紧密连接,已经开发出碳纤维复合材料三维织造成形机。

### 3 3D打印/增材制造技术的应用

目前,3D打印技术及设备已在工业造型、文化艺术、机械制造(汽车、摩托车)、航空航天、军事、建筑、影视、家电、轻工、医学、考古、文化艺术、雕刻、首饰等领域都得到了广泛的应用。并且随着这一技术本身的发展,其应用领域将不断拓展。

美国专门从事3D打印技术的咨询服务协会(Wohlers)在2013年度报告中,对3D打印技术在各领域中的应用情况进行了调查分析。分析显示:消费商品和电子领域,为21.8%;汽车领域,为18.6%;医学和牙科领域,为16.4%;工业/商用设备领域,为13.4%;航空航天领域,为10.2%。Wohlers在对3D打印技术的具体实际功能应用调查分析显示:3D打印技术主要应用于功能模型的设计制造以及实验的装配模拟中。

在全球3D打印技术设备生产商所占销售市场比率方面,美国Stratras公司的3D打印设备销售量占全球市场的38.9%,并连续11年保持领先地位。Wohlers分析了每年3D打印技术

产品及相关服务行业年收益情况(亿美元),分析显示3D打印行业的收益总额呈逐年上升的趋势,2012年全球行业收益总额达到22.04亿美元,相比于2011年的17.14亿美元上升28.6%。其中,相关设备及材料收益额达到10.03亿美元,相比于2011年的8.34亿美元上升20.3%;相关服务行业收益额达到12亿美元,相比于2011年的8.795亿美元上升36.6%。Wohlers认为在2017年全球3D打印行业产品及服务行业的总消费额会接近60亿美元,到2021年会达到108亿美元。

### 4 三维打印/增材制造未来发展

三维打印/增材制造技术相比传统制造技术具有:①产品制造速度快;②制造出的产品形状想象空间更大;③产品开发成本低等优点。但是目前爱你技术不足有:①可打印原材料种类少、打印的精度低、耗材费用较高;②打印产品中80%是产品原型,仅有20%是最终产品;③制造成本高,制造效率低;④可打印金属类模型的装备价格昂贵。

三维打印/增材制造技术需要攻克的关键技术:①精度控制技术②大型零部件的高效制造技术③复合材料

零件的制造等。

三维打印/增材制造未来发展方向:①向工业领域快速制造方向的发展②向日常消费品、建筑领域等制造的发展③向人体器官制造及修复的生物医疗行业的发展④向概念原型与功能零件的快速制造发展⑤向基于网络的远程智能制造方向发展。

### 5 结论

国内急需开发具有自主知识产权的3D打印成形技术及装备,不断丰富成形工艺、材料及装备,尤其是推进装备价格优惠、使用成本降低,增加可靠性及普及性。

以数字化、网络化设计及制造为基础,3D打印技术及装备使个性化、定制化制造成为可能,数字化制造将成为第三次工业革命的典型代表,3D打印仅仅是工艺之一。

增材制造/3D打印经过20多年的发展,在材料、工艺、软件、设备等方面取得较大进展,但距离工矿企业广泛使用和完全接受还具有很长的路要走。政府重视及支持、近期3D打印技术的高热状态也许是广泛应用的转折点,必将进一步推动三维打印/增材制造技术的发展及产业化推广应用。**7**

(上接31页)

### 5 结论

(1)先进快速制造技术,是一种全新的基于三维CAD模型驱动的柔性化、数字化、精密化、绿色化快速制造方法,省去了模样/模具制造环节,缩短了工艺流程,提高了铸件制造工艺的灵活性和可操作性,实现了柴油发动机等复杂部件的快速制造,缩短了新产品的开发时间,降低了产品开发

费用,提高了市场的竞争力。

(2)先进快速制造技术,对提升装备制造技术水平,提升企业的核心竞争能力,促进机械装备制造行业节能减排和可持续发展具有重要战略意义。**7**

#### 参考文献

[1] 余立华,林少辉.利用SLS技术烧制复杂液压阀体砂芯[J].特种铸造及有色金

属,2012。

[2] 王丽洁,数控加工工艺与装备[M],北京:清华大学出版社,2006。

[3] 王春风,SLS快速制造大型复杂四气门六缸柴油机蠕铁缸盖[C].2010年中国铸造活动周,浙江杭州,2010。

#### 作者信息

第一作者简介:吕登红,女,1967年生,高级工程师,硕士,从事铸造技术工作23年。

# 零部件制造生产线建设

王至尧

中机艺协副理事长 中国空间技术研究院研究员

## 1 生产线概述

生产线是指按产品专业化原则，负责完成某种产品的全部制造工作所需的人员、设备、物料、法规、环境、检测、管理等各种生产要素的组合。生产模式是指企业体制、经营、管理、生产组织和技术系统的形态和运作的模式。从更广义的角度看，是一种有关制造过程和制造系统建立和运行的模式。生产模式与生产发展水平及市场需求相联系，具有鲜明的时代性。工业化时代的福特大批量生产模式以提供廉价的产品为主要目的；信息化时代的柔性生产模式、精益生产模式、敏捷制造模式等是以快速满足顾客的多样化需求为主要目的；未来发展趋势是智能和绿色制造生产模式，以产品全生命周期中利于环境保护减少能源消耗为主要目的。工业化时代从早期的小批量生产开始，生产模式的发展与演变大致可以分为三个阶段：

(1) 单件小批量生产替代手工作坊式生产模式

(2) 大规模定制生产替代单件小批量生产模式

(3) 多品种小批量柔性生产替代大规模定制生产模式

### 1.1 单件小批量生产替代手工作坊式生产模式

1798年，艾里·惠特尼(EliWhitney)

与政府签订了一份合同，允诺两年内提供10,000支步枪。在这个过程中，惠特尼开创了单件小批量生产的先河，他提出了互换性的概念，设计专门的机床进行生产，培训不熟练的工人根据标准图纸制造步枪零件，并进行了零件测量以及将零件与模型比较，大大提高了生产效率和产品质量。但是低估了生产流程中的变差以及这些变差给质量带来的影响，使得该项目花费10多年的时间才完成。而变差至今仍继续困扰企业的管理者。

### 1.2 大规模定制生产替代单件小批量生产模式

第一次世界大战后(1908年)，美国人亨利·福特(Henryford)在艾里·惠特尼的“互换性原理”和“大批量生产”概念以及泰勒的“科学管理—时间研究”原理以及吉尔布雷斯“动作研究”的支持下，创造了流水线、大批量生产方式。时至今日，大规模定制生产仍是很多生产企业中普遍推崇的具有主导性的生产模式。

泰勒的主要观点是：

(1) 每个工人每天生产多少，应依据科学规则来确定；

(2) 发现和运用这些科学规则属于管理职能；

(3) 工人的职责是无条件地执行这些管理要求。

吉尔布雷斯的动作研究：其主要内容是研究和制定正确合理的动作，节约工时，提高工效，改善工时利用的有效方法，以最少体力消耗来取得最大成果。吉尔布雷斯于1885年受雇于建筑商弗兰克时，进行了著名的“砌砖研究”。他通过对砌砖动作进行分析和改进，砌每一砖之动作由18次减至5次，工人经训练后，原来老方法每小时只能砌120块，用新方法则可砌350块，工作效率增加近200%。

1886年~1908年，汽车制造基本近于单件生产的原始状态，雇用技巧娴熟的工匠，用手工方式制作汽车。采用通用机床进行各种加工作业；产量很低，每年不超过1000辆；单件生产方式的缺点是工厂的组织结构极为分散；生产成本高，可靠性和一致性差。1908年福特发明了汽车生产流水线，实现了专业化分工协作和批量生产，将T型车的生产分解为7882道工序；整车装配时间由12.50小时减少到5.48小时甚至1.33小时，降低时间88%，福特工厂实现了从手工生产到精益生产的转变。

### 1.3 多品种小批量柔性生产替代大规模定制生产模式

70年代美国麻省理工学院的国际汽车组织在日本的“丰田生产方式”的基础上提出了“精益生产方式”的概念。90年代中期美国麻省理工学院斯隆学院，在美国空军和飞机生产商的支持下，提出了精益飞机首创计划，研究成果“精益企业模型”已在航空工业中推广应用，显著降低航空生产成本、缩短产品开发和生产周期、改进质量和减少浪费，提高了航空工业的制造水平。

随着社会经济的快速发展，多元

化、个性化的需求开始凸显，为满足快速变化的市场多元化需求，实施多品种少批量、富有柔性、低成本的先进生产模式成为必然趋势，形成了多品种小批量柔性生产替代大规模定制生产模式。

要发展前进，不要原地画圈。管理技术创新和专业技术创新两个轮子缺一不可。

典型的生产线建设模式主要分为产品导向型（如飞机、汽车生产线）、工艺导向型（如轧制钢板、化工、制药生产线）、模块化组合——集成制造生产单元、无人化运转4种。

从具体实现方式来看可分为刚性生产线、柔性制造系统、集成制造系统、单元制造系统。

### 3 国内外产品设计演变

原先：产品研制项目大部分基于货架式，产品采购集成来完成，项目团队主要负责系统方案和集成。针对每个产品建立一个新的产品队伍。

现在：通用产品单机和产品公用平台独立于产品研制项目，由专业公司型谱化、模块化发展，货架式产品提供。对多个项目和产品建立体系管理队伍，大大提高效率。

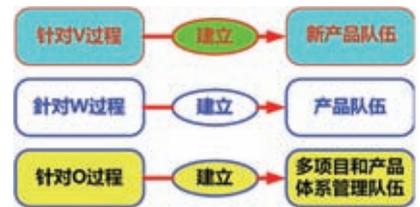


图1 国内外产品设计演变

## 2 生产线建设模式的选择

表1 不同制造系统的分析比较

	刚性生产	柔性制造	集成制造	单元制造
投资费用	高	中	高	低
原有设备利用率	低	低	低	高
柔性	低	高	中	中
生产效率	高	中	高	高
物流效率	高	中	高	中

## 4 货架式产品分层研究

### 4.1 货架产品分层

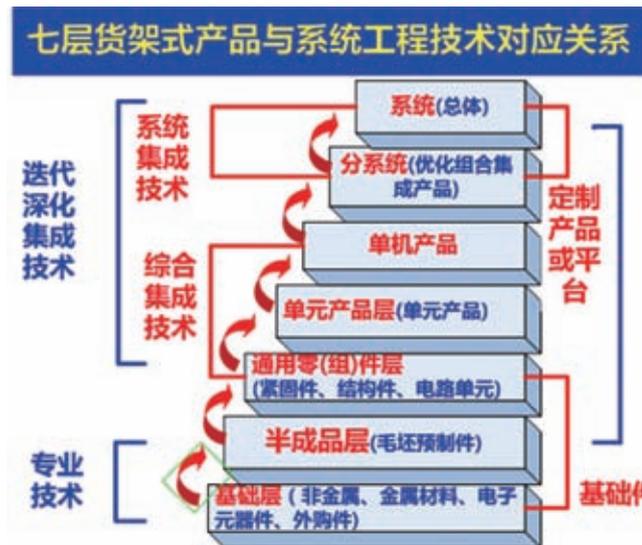


图2 七层货架式产品与系统工程技术对应关系

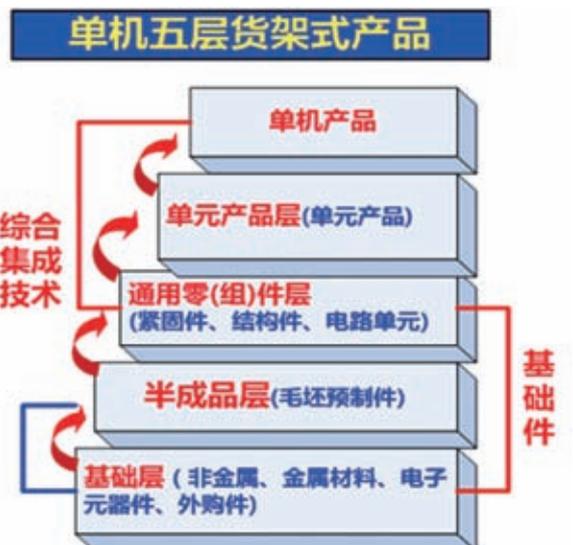


图3 单机五层货架式产品

### 4.2 货架产品分层原则

(1) 单机产品层（第五层）：以技术状态统一、尽量选用成熟产品为导向；

(2) 单元产品层（第四层）：做到有独立的产品规范，最大限度地通用

(3) 通用零（组）件层（第三层）：做到完全通用

(4) 半成品层（第二层）和基础层（第一层）：做到优先选用

### 4.3 货架产品管理流程

(1) 对现有产品进行清理，若有

两个及以上产品共用、工艺成熟、质量稳定的通用或借用的零（组）件，则可纳入第三层货架管理。

(2) 在设计新产品时，若在现有产品中有工艺成熟、质量稳定的通用或借用的零（组）件，则可纳入第三层

货架管理后选用。

(3) 产品成熟度达到3级(含3级)以上的型谱产品,纳入第四层或第五层货架管理。

#### 4.4 货架产品的选用

(1) 成立相应标件设计师系统负责制定标件,通过标件审查组审查后发布实施,纳入货架管理。

(2) 每年对产品型谱简表进行完善和修订。

(3) 建立“货架数据库”,供产品选用。

(4) 设计师系统在设计新产品时,应根据“货架数据库”信息,优先选用货架产品。

#### 4.5 货架产品的技术状态控制

货架式产品一经发布,原则上不允许更名,确立需要更改时,由设计师编制《技术状态更改申请报告》,由产品管理委员会、设计师、用户方组

成的审查组进行审查。通过后方可更改,并纳入技术状态变化统计,同时对“货架数据库”进行实时更新。

#### 4.6 货架产品的生产管理

根据产品需求,适时进行组批生产,开展货架产品投产计划编制、备料、投产、外协管理、验收和库房管理。货架产品采取批次性验收,产品图样和产品规范作为验收和交付的依据,必要时请用户方参加。

#### 4.7 货架产品的质量管理

货架产品按照质量管理体系文件相关要求,制定质量控制措施,将其纳入生产管理。

### 5 共性制造单元和特征制造单元

下文以伺服机构为例阐述一下零部件加工生产线建设。

#### 5.1 伺服机构系统概述

伺服机构系统是火箭飞行控制必不可少

的执行的子系统。其典型应用形式包括推力矢量控制、空气动力控制和反作用力控制等三种类型。伺服机构精确摆动发动机

喷管或其它负载,改变火箭飞行姿态,从而控制火箭飞行方向和轨迹。

伺服机构系统基本原理及组成:

以氢氧发动机推力矢量控制为例,伺服工作原理可以概括为两个回路:能源回路和控制回路。在能源回路中,从发动机引流高压氢气作为初级能源,氢气涡轮泵将其转化为高压液能源,提供给控制回路。在控制回路中,伺服控制器接收摆角指令,运算生成电流指令;伺服阀将电流放大为控制流量,驱动作动器运动;位移传感器测量活塞杆运动位置,反馈回伺服控制器,实现精确的位置闭环控制。

#### 5.2 轴套类零件加工

轴套类零件占零件总数的60%~70%,主要包括阀芯、阀套、反馈杆、挡板、喷嘴等,其突出反映了伺服阀关键零件的加工特色,即微米级尺寸配作、流量配作和刚度配作,占生产周期的全过程。适应单元生产的轴套类零件加工工艺流程见图。

#### 5.3 壳体类零件加工

壳体类零件占零件总数的10%以下,主要包括主壳体、上壳体等,虽然零件少,但加工要素多,工艺过程复杂,其精密部位是轴套类零件的配作基准,占生产周期的全过程。壳体类零件工艺流程见图。

#### 5.4 异形件类零件加工

异形件类零件主要包括导磁体、



图4 伺服机构货架式优化设计

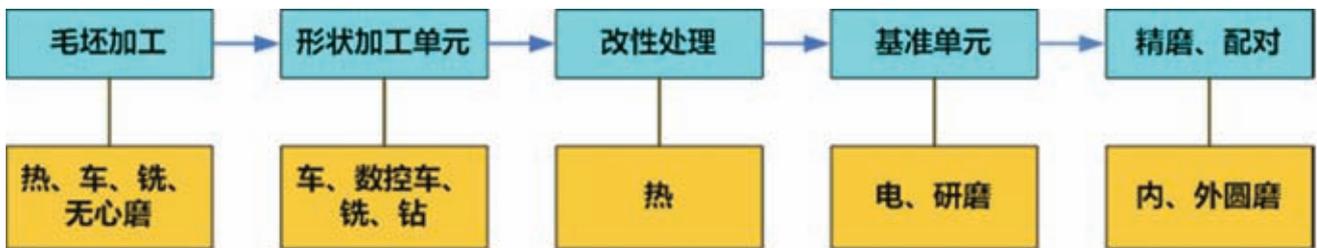


图5 轴套类结构加工工艺流程图