

机械制造工艺

2014年12月10日出版

2014年第4期·总第211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

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五届理事会

名誉理事长：何光远 陆燕荪

高级顾问：张伯明 郭志坚 张德邻 曾宪林

朱森第 李 冶 王至尧

顾 问：刘明忠 田东强 刘 红 史建平

郭恩明 徐域栋 周清和 庞士信

依英奇 朱 鹏 刘仪舜

理 事 长：王西峰

常务副理事长：单忠德

副 理 事 长：（排名不分先后）

卢秉恒 刘泽林 董春波 费书国

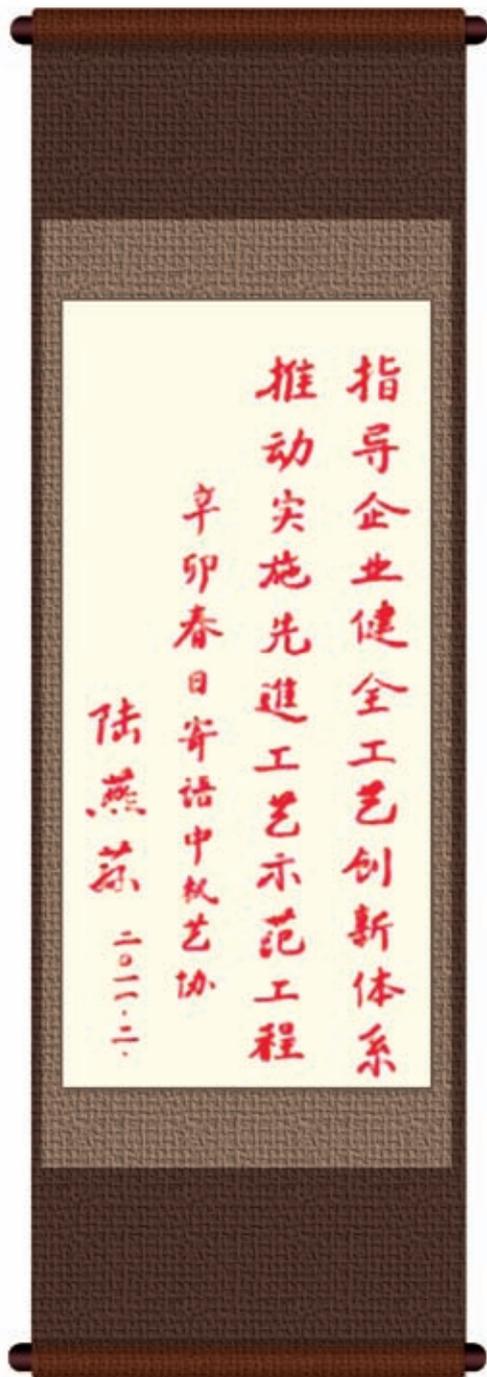
郭志强 李成刚 李维谦 龙友松

史苏存 王 政 张金明 张 科

祝宪民 陈宏志 梁清延 左健民

王继生 苗德华

秘 书 长：战 丽



会员传真	P01
行业动态	
王瑞祥会长在“2014年全国机械工业经济形势报告会”上的讲话	P04
蔡惟慈：2014年我国机械工业运行态势简析	P06
协会动态	
2014年全国机电企业工艺年会暨第八届机械工业节能减排工艺技术研讨会在杭州召开	P11
关于公布2014年中国机械制造工艺协会优秀会员单位评选结果的通知	P13
关于公布2014年中国机械制造工艺协会百强制造工艺创新基地评选结果的通知	P13
关于公布2014年机械制造工艺科技成果奖评选结果的通知	P14
关于公布2014年全国机电企业工艺年会有奖工艺征文评选结果的通知	P17
关于公布2014年机械制造工艺终身成就奖、杰出青年奖、优秀工艺师奖评选结果的通知	P19
搭建交流平台 促进共同发展	P21
专家视点	
高碳当量、高强度、高刚度、低应力是高端数控精密机床铸件的发展方向	P22
工艺创新	
地面武器数字化装配技术应用研究	P34
LTCC滤波器综述及制造工艺研究	P38
深孔加工技术在深孔枪钻机床升级改造中的应用	P42
优秀成果	
二代加百万千瓦级核电蒸汽发生器研制	P48
自主品牌汽车生态设计关键技术研究及应用	P49
协会通知	
关于收取2015年度会员会费的通知	P50
中国机械制造工艺协会学术工作委员会《机械制造工艺》编委会招募通知	封三

筒子纱数字化自动染色成套技术与装备 荣获中国绿色制造科技进步一等奖

发布日期: 2014-11-11 文章来源: 山东康平纳集团有限公司网站

2014年中国机械工程学会年会于11月9日—10日在西安交通大学召开。山东康平纳集团有限公司、机械科学研究总院、鲁泰纺织股份有限公司联合申报的《筒子纱绿色化自动染色成套技术与装备》荣获第四届中国绿色制造科技进步一等奖。会上,中国工程院周济院长做了《中国制造—2025》的主题报告,分析了中国机械制造业发展前景与趋势。

“绿色制造科学技术进步奖”由香港安乐



工程集团主席潘乐陶先生与其母亲黄慕贞女士2011年出资设立,旨在根据国民经济的发展方向,重点表彰和奖励中国大陆的机电设备制造企业、空调及制冷行业、房屋的节能设计、热力动力系统、低碳技术等绿色制造领域,在节能环保方面做出优异成绩的制造企业。

会议期间与会代表参观了中国重型机械研究院股份有限公司的国家重点实验室。

哈尔滨锅炉厂有限责任公司300MW等级循环流化床 锅炉荣获行业竞赛一等奖

发布时间: 2014-11-03 文章来源: 哈尔滨锅炉厂有限责任公司网站

10月29日,从2013年“全国电力行业循环流化床(CFB)机组技术交流服务网第十三届年会暨第四届中国循环流化床燃烧理论与技术学术会议”上获悉,哈尔滨锅炉厂有限责任公司

设计、制造的大唐鸡西第二热电有限责任公司的300MWCFB锅炉和神华神东电力郭家湾电厂300MWCFB锅炉,在“2013年度全国循环流化床发电机组能效对标及竞赛”活动中,分别获得

一等奖和二等奖,其中大唐鸡西第二热电有限责任公司的300MWCFB锅炉还同时获得“供电煤耗指标最优机组”称号。

呼和浩特抽水蓄能电站首台机组成功投产发电

发布时间:2014-11-12 文章来源: 东方电机有限公司网站

11月10日早上4点58分,由东方电机主包生产制造的呼和浩特抽水蓄能电站首台机组顺利完成15天考核试运行,正式实现投产发电。在15天的考核期内,机组各部位的振动摆度数据均满足合同要求,机组稳定性和可靠性在15天考核试运行期间得到了进一步验证。

呼和浩特抽水蓄能电站是内蒙古首座抽水蓄能电站。该电站总装机容量120万千瓦,安装的4台30万千瓦的立轴单级可逆轮流式水泵水轮发电机组,均由东方电机生产制造。

呼蓄首台机组自9月28日水泵工况并网成功,到11月9日机组完成考核试运行,历时43天,创造了国内抽水蓄能

机组调试时间最短、调试质量最好的纪录。同时,还是国内高水头为数不多解决了水泵水轮机“S”特性的机组之一。呼和浩特抽水蓄能电站首台机组成功的投产发电标志着东方电机在高水头抽水蓄能机组的研究、设计、制造、安装、调试迈上了新的台阶。

湘电公司5兆瓦海上风机势不可挡

发布时间: 2014-11-17 文章来源: 湘电集团有限公司网站

日前, 2014北京国际风能大会暨展览会(China WindPower 简称CWP.) 在中国国际展览中心(顺义新馆)落下帷幕。

在本次展会上, 湘电集团公司打出了亮眼的“组合拳”, 共展示了4类风电产品: 湘电风能的5兆瓦海上直驱风力发电机组、适用于低风速区域的2兆瓦永磁直驱风力发电机组, 特电事业部的1.5兆瓦双馈风力发电机组, 湘电莱特的偏航电动机等。与其它的风电厂商相比, 湘电的“海陆联动, 海上决胜”的战略思路紧扣了市场脉搏和国家产业政策风向标, 成为展会的亮点之一。

2014年, 被业界称为中国海上风电发展的“元年”。下半年以来, 国家支撑宏观经济稳定增长的一系列基础

设施建设项目相继获批。国家发改委发布了海上风电标杆上网电价: 2017年以前投运的近海风电项目上网电价为每千瓦时0.85元(含税), 潮间带风电项目上网电价为每千瓦时0.75元(含税), 以及未来5年海上风电共计1000万千瓦的项目建设规划获批……这些产业支撑政策的出台, 国内海上风电市场有望迎来一个规模增长期。

湘电风能公司技术副总龙辛说, 海上风电对风电机组技术的挑战是既要承受更强的风载荷, 也要承受海浪带来的负载荷, 还要能抵抗如盐雾腐蚀、台风等一系列恶劣自然环境和工况运行环境。此外, 受到交通、吊装等条件限制, 机组的维修要求应降低到最小程度, 需要自备吊装主要部件的起重设备, 避免因维修而等待大型浮

吊造成的损失。

湘电公司研制生产的永磁直驱海上风电机组具有无可比拟的优势。据中国风能协会统计, 截至2013年底, 全国已开发的428兆瓦海上风电机组由10家国内企业提供, 湘电便是其中一员。湘电5兆瓦海上风电试验机组在福建福清沿海风电场投入运行以来, 已经平稳运行2年多, 目前, 风机可利用率达95%以上。在10月15日至18日公示的“福建莆田平海湾50兆瓦海上风电项目风电机组及附属设备采购项目”中, 湘电风能公司成功中标, 这是我国首个真正意义上的海上风电商业项目。

海上风电市场盛宴大幕即将开启, 湘电风能公司销售副总陈岳智透露, 湘电与福建中闽集团等合作伙伴在海上风电领域已有多年深耕沉淀, 这种产业集聚共赢的优势有望在未来迅速转化为市场优势, 令公司在激烈的风电市场拼杀中技压群雄。

YZ3120CNC系列数控滚齿机被列为重庆市唯一一项国家战略性新兴产业

发布时间: 2014-11-05 文章来源: 重庆机床(集团)有限责任公司网站

10月21日, 科技部下达了2014年度国家重点新产品计划战略性新兴产业立项项目清单, 重庆机床公司YZ3120CNC系列数控滚齿机从1100余项国家重点新产品中脱颖而出, 成为30项国家战略性新兴产业之一, 也是重庆市唯一一项获此殊荣的产品, 重庆机床公司将获得200万元国家财

政拨款。

YZ3120CNC系列数控滚齿机的研制紧跟自动高效制造发展趋势, 经历理论体系、模块化设计、工艺过程优化等方面的研究, 突破了高速滚切条件下的工艺系统热传递模型、热变形误差补偿技术、加工系统高能效和高功效集成优化技术等技术难点, 填

补了国内多项技术空白。该系列机床已得到了一汽解放汽车有限公司、中南传动等国内重点齿轮加工企业采购, 市场需求十分强劲。

YZ3120CNC系列数控滚齿机的成功研制和批量生产, 代表重庆机床公司在国内率先掌握了绿色、自动、高速、高效数控滚齿机成套关键技术, 达到国际先进水平, 引领市场发展趋势, 不仅对我国汽车齿轮等行业持续高速发展起到了推动作用, 而且显著提升了我国齿轮及齿轮装备行业的技术水平、技术创新能力和国际竞争能力。

中国南车驶入巴西铁路展受到广泛关注

发布时间:2014-11-13 文章来源:中国南车股份有限公司网站

巴西当地时间11月11日—13日,2014年巴西铁路工业展览会在圣保罗举行。中国南车携带高速列车、城际动车组、地铁、有轨电车、机车以及核心零部件IGBT等产品参展,在中巴建交40周年和中国铁路“走出去”步伐加快之际,中国南车的参展引起广泛关注。

中国南车已经连续多年参加巴西铁路展,此次参展中国南车展台面积近90平方米。在动车组展品中,CRH380A高速动车组是我国高速铁路的标志性技术装备,2010年CRH380A高速动车组问世以来,其高速度、高安全、高可靠、高节能的优势赢得了广泛赞誉;CRH6型城际动车组城际动车组满足了区域经济快速发展和城市群崛起对城际轨道交通的需求,具有载客量大、快起快停、快速乘降、频繁起停等特点。时速160公里内燃动车组曾

经批量出口伊拉克,在设计方面充分考虑了耐高温、防风沙等气候和环境要求,突出人性化、安全性和智能化;出口马来西亚动车组交付客户以来,深受当地客户信赖,中国南车不仅在当地成立了动车组维保基地,还将城际列车组的制造技术转移到马来西亚,助力当地发展轨道交通。

机车展品中,SDD7型机车、CKD4C型机车以及SDA2型机车分别出口到阿根廷、委内瑞拉、澳大利亚等国家,经受住了严峻的运营环境考验。

城轨地铁展品中,储能式低地板有轨电车是世界上首列完全超级电容储能式低地板有轨电车,采用了超级电容作为牵引电源,无需架设空中电缆“蜘蛛网”,仅在列车进站时,仅需十几秒就能自动完成充电。北京14号线地铁车辆采用轻量化车体,是北

京首列宽体列车,载客量2580人,运力比传统列车提升三分之一。

此次参展的核心零部件IGBT芯片相当于电力电子行业中的“心脏”和“大脑”,控制并提供列车电力设备电能变换。今年6月,中国首条8英寸IGBT芯片生产线在中国南车下线投产,这也是世界上第二条8英寸IGBT芯片生产线。

展会期间,中国南车展台吸引了众多客户和民众前来咨询、洽谈、参观,很好地宣传了中国制造的实力和形象,为进一步拓展南美市场奠定了良好基础。

巴西铁路工业展览会已经成功举办十六届,2014年为第十七届。该展会由巴西交通运输部、巴西UBM展览集团巴西联合举办,是南美地区最重要的专业铁路行业展览会。

常州市3D打印重点实验室落户机械科学研究总院江苏分院

发布时间:2014-11-6 文章来源:机械科学研究总院先进制造技术研究中心网站

2014年11月3日,常州市科学技术局公布了常州市2014年度获批的6家市级高技术研究重点实验室名单,机械科学研究总院江苏分院带头组建的金属件激光三维打印成形技术重点实验室名列其中。

机械科学研究总院江苏分院成立两年来,围绕省、市两级创新服务平台,瞄准先进制造智能化、绿色化发展的前端方向,在金属快速成形、轻

量化制造及智能制造装备等关键技术和产业领域为企业提供产品研发、技术服务和成果转化工作。

近年来,机械科学研究总院江苏分院在激光3D打印技术方面发展迅速,在常州市占有重要地位,为了更好的整合江苏分院3D打印技术优势,促进常州市激光三维打印成形技术升级和产业发展,常州市科技局和财政局对江苏分院的金属件激光三维打印成

形技术重点实验室建设项目立项。该重点实验室以集聚和培养学术带头人及创新团队为目标,完善和提升科研条件,进行三维打印应用技术研究,获得创新成果和自主知识产权,服务于区域创新和产业发展,建成后研发场所面积1500平方米,发展成为机械科学研究总院江苏分院对外重要服务平台,立足常州,辐射长三角地区。

王瑞祥会长在 “2014年全国机械工业经济形势报告会”上的讲话

发布时间: 2014-11-25 文章来源: 机经网

内容摘要: 2014年11月19日,由中国机械工业联合会主办,余杭区、机械工业信息中心协办的“2014年全国机械工业经济形势报告会”在杭州余杭隆重召开。中国机械工业联合会会长王瑞祥出席大会并致辞,现全文摘录如下,供大家学习参考。

各位专家、各位来宾:

大家上午好!

广受行业关注的“2014年全国机械工业经济形势报告会”今天在杭州市隆重召开。在此,我代表中国机械工业联合会,对与会的各界朋友们表示热烈欢迎!对长期以来关心支持机械工业发展的国家发改委、工业和信息化部、国务院发展研究中心、国家信息中心等有关部门的领导和专家们表示衷心感谢!对给予这次大会热情支持和帮助的余杭区政府表示诚挚的谢意!

“全国机械工业经济形势报告会”作为中机联服务行业企业改革发展的信息发布与交流活动的,已经连续举办了11届。10多年来,无论是在机械工业高速发展的黄金阶段,在应对国际金融危机严峻挑战的关键时期,还是在机械工业转型升级进入攻坚战的新形势下,“全国机械工业经济形势报告会”活动,都以统揽全局、纵观行业、面向企业、深度服务的办会宗旨和交流研判、拓展思路、提振信心、凝

聚共识的会议成果产生了积极影响,受到广大企业的欢迎和认可。今年,是“十二五”面临冲刺收官、“十三五”准备起步的重要时段,眼下又值岁末年初的特殊时刻,通过形势报告会的举办,开展宏观经济形势与行业经济信息的解析与预测,我觉得对理清新的一年发展思路,促进行业继续平稳健康发展,显得尤为重要。

当前,世界经济形势有所回暖,但结构性矛盾和地缘政治因素可能影响经济复苏的稳定性和持续性。同时,新一轮科技革命和产业变革的孕育兴起正在催生新的工业革命,抢占科技和产业制高点的竞争更加激烈,世界各国贸易保护主义的不断加剧,使得经济格局不断出现新的变数。所有这些都不可避免会对我国经济产生多方面影响。今年是我国全面深化改革的第一年,国内经济发展正处于增长速度换挡期、结构调整阵痛期、前期刺激政策消化期“三期叠加”相互交织的特殊阶段。经济发展的质量水平亟待提高,市场在资源配置中发挥决定性作

用有待完善,拉动经济增长的“三驾马车”动力不足,“走出去”战略实施的难度日益加大,特别是上半年全国固定资产投资增速为10年来最低,新开工项目计划总投资增速持续放缓,加大了经济增长的压力和难度。对此,我们要密切关注,做好深度分析和准确把握。

今年以来,在复杂多变的国内外环境下,机械工业仍然保持了稳定运行的发展态势。1-9月,机械工业增加值累计增速为10.8%,高于同期全国工业增速2.3个百分点;实现主营业务收入15.96万亿元,同比增长10.65%,高于全国同期增速2.71个百分点;实现利润总额10637亿元,同比增长15%,高于全国增速7个百分点;完成出口交货值14035亿元,同比增长7.36%;在64种机械工业主要产品中,产量同比增长的有46种,占比为71.88%。与此同时,行业结构调整和转型升级出现积极变化。传统产品结构优化加快。新能源汽车1-9月生产38522辆、销售38163辆,同比分别增长2.9倍和2.8倍;高端

装备自主创新取得新成果,±800KV直流电换流变压器、大型抽水蓄能机组关键控制设备等自主设计与制造,工业用国产DCS控制系统国内市场占有率继续上升;企业转型升级内生动力增强,延伸产业链、发展生产服务业,引入先进经营理念、探索形成新的运作模式和生产组织形态等,出现向好势头。但受多种因素影响,行业经济下行压力依然存在,全行业的增速继续放缓。1-9月行业增加值累计增速比1-8月回落0.2个百分点,9月当月增速低于去年同期(12.8%)水平3.5个百分点。主要产品中,产量同比下降的有18种,占比为28.13%;在增长的46种产品中,半数处在10%的低速增幅。而且产品价格指数持续低位,库存压力上升,且呈现逐月走高的趋势,外贸市场竞争日趋激烈,需求不足仍是未来增长的最大隐忧。对此,我们也要做到心中有数,妥为应对。

再过一个多月,就将进入新的一年。面对着全年任务目标的如期实现和肩负着“十二五”收官与“十三五”起步的重任,我提出四点工作建议,供大家参考。

一是要坚持以党的十八大和十八届三中、四中全会精神为指导,把握好发展的大方向。党的十八大和十八届三中、四中全会与习近平总书记的系列讲话精神,是我们做好一切工作的指针。要坚持认真学习系统学习,深刻领会其精髓实质,以此凝聚共识,聚集力量,坚持正确的发展方向。要密切关注北京APEC会议等重要国际活动以及即将召开的中央经济工作会议精神,了解大势,开阔视野,提高洞察力,以权威的政策信息解读和形势判断预测,统一认识,统一步调,为应对复杂

多变的内外部形势奠定思想基础。要养成自觉学习、终身学习的好习惯,以持续提升的学习力,促进世界观、人生观、事业观不断净化,助推判断力、决策力、执行力不断增强,为实现人与事业的全面发展奠定思想理论基础。

二是要坚持把稳增长作为第一要务,继续为保全局做出贡献。要深刻认识,稳增长是顺利推进各项改革,加快转型升级,保持良好发展势头的重要条件;是突破国家经济社会发展瓶颈,实现现代化目标的根本保障。机械工业稳增长关乎国家经济社会发展全局,关乎行业新一年发展走势及“十三五”开局,稳增长依然要作为第一要务抓紧抓好。要正确研判形势,充分看到宏观、中观及微观层面存在的有利因素和发展机会,增强忧患意识和责任意识,坚定稳增长的信心和决心。要善于透过外部环境形势变化,找准自身定位,量体裁衣,积蓄力量,针对重点症结,精准发力。要继续发扬艰苦奋斗的优良传统作风,克服消极等待等悲观情绪,主动应变,积极求变,顺势而为,积极筹划破解的措施办法。要从长计议,做好稳中求进、行稳致远的长远打算,做好打硬仗、打持久战的思想准备,继续为保工业保全局做出贡献。

三是要持续推进转型升级,确保“十二五”规划目标实现。“十二五”规划目标如期实现,对于机械工业实现创新发展意义重大。要继续按照行业的发展思路,全力深化改革、持续推进创新,一步一个脚印,循序渐进,确保出成效。要继续遵循集中力量、重点突破的原则,着力针对主要症结分类施策,力求破解有道、取得成效。要正确处理好稳增长与调结构

转方式的关系,以经济稳定为转型升级奠定基础,以转型升级为稳增长创造条件,实现双促进双提升。要根据自身不同情况,加强调查研究,摸清底数,了解动态,对标“十二五”规划确定的发展战略和重点工作任务目标,加强检查督促,突破薄弱环节,找准差距抓紧补课,全面做好“十二五”冲刺和收官工作。

四是要切实做好“十三五”规划编制工作,为新一轮发展奠定基础。行业发展总体规划与各相关的专业专题规划,是引导行业健康发展的有效遵循。要继续坚持“十二五”时期的好做法,把“十三五”规划编制工作列入议程。要切实重视规划的编制工作,按照中机联提出的规划编制思路,组织力量,整合资源,筹备并启动“十三五”各项规划的编制工作。要积极参与国家或地方政府发展规划的编制,努力争取把行业诉求上升为国家或政府主张,形成有利于行业发展的政策措施。要善于汇集力量、凝聚共识,集思广益、群策群力做好规划的各项规划工作。要注意保持行业的整体性,及时把对“十三五”行业发展的建议意见反映给我们,要集全行业之力,共同把这项关乎行业长远发展的大事办好。

同志们,今年的经济形势报告会,主办方精心安排了丰富的内容。并选择在市场经济较为发达的浙江省举办,就是想让大家对“腾笼换鸟,机器换人,空间换地,电商换市”的浙江经济发展新思路新战略,有更深的体验和感悟,真心希望大家能有所收获。

(下转33页)

蔡惟慈：2014年我国机械工业运行态势简析

发布时间：2014-11-25 文章来源：机经网

内容摘要：今年前三季度机械工业“稳增长”成绩尚可，增速快于全国工业平均水平，同比增速逐月缓慢回落，8月下行加快；但由于上半年增幅较高，故预计全年累计仍可能达到两位数增长，明年增速将略低于今年。对于今年机械工业运行态势的基本看法：需求趋缓，倒逼转型；稳中有进，基本可期；明年形势，仍偏严峻。

今年前三季度机械工业“稳增长”成绩尚可，增速快于全国工业平均水平，同比增速逐月缓慢回落，8月下行加快；但由于上半年增幅较高，故预计全年累计仍可能达到两位数增长，明年增速将略低于今年。机械工业的发展阶段、行业结构、产业形态、需求结构、盈利模式等正在发生诸多变化；行业和企业间的分化明显加大。思考这些变化的内在原因及与分化加剧间的关系，将给予我们诸多启迪；如因势而为，将有利于纾缓下行压力。

从行业结构调整的众多视角观察，可以发现行业正在出现一些积极变化：尽管发展速度在减缓，但发展方式正在转变，发展质量趋向提高，利润增幅和利润率已初显止跌回升苗头。增速下行主要是需求增长趋缓、成本刚性上升所致。随着规模基数增

大，实现增长的难度还将加大。加之需求结构的变化和升级，增量主导向存量主导转变等因素，市场倒逼行业转型升级的种种压力还将持续加大。

对于今年机械工业运行态势的基本看法：需求趋缓，倒逼转型；稳中有进，基本可期；明年形势，仍偏严峻。其主要表现为：增速、业态、质量、转型。

1 2014年前三季度运行态势简述

1.1 今年前三季度基本实现了“稳增长”

今年我国宏观经济形势偏紧。机械工业上半年增势较好，但下半年增速开始逐月递减。1-9月累计，全行业基本实现了温和增长，主要经济指标增幅明显高于全国工业平均水平。

1. 主要经济指标增长情况

(1) 增加值增幅明显高于工业平

均水平

1-9月累计，机械工业增加值同比增长10.8%，高出同期全国工业8.5%的平均增幅2.3%，1-10月累计，机械工业增加值同比增长10.6%，全国工业增长8.4%，机械工业高出2.2%；与机械工业上年同期增幅相比：今年1-9月10.8%的同比增幅比上年（9.9%）高0.9%，1-10月10.6%的增幅比上年（10.3%）高0.3%。9、10月当月同比增幅分别为9.3%和9.1%，已低于上年同期。

(2) 主营收入实现中速增长

1-9月累计完成主营收入约16万亿元，同比增长10.65%（较上年同期12.60%的增幅下滑1.95%）。其中：非汽车行业：10.94万亿元，同比增长9.50%；汽车行业：5.02万亿元，同比增长13.25%。

(3) 利润总额增长较快

1-9月实现利润总额10637亿元，同比增长15.00%，增幅高于同期主营收入10.65%的增幅，但低于上年全年利润15.56%的增幅。其中：非汽车行业6263亿元同比增长11.24%，汽车行业4374亿元同比增长20.84%。

表1

1-9月累计	主营收入同比增长	利润总额同比增长	税金增长
全国工业	7.94%	7.93%	8.05%
机械工业	10.65%	15.00%	11.70%
非汽车行业	9.50%	11.24%	11.48%
汽车行业	13.25%	20.84%	10.54%

(4) 增速高于全国工业平均水平

表1可见：机械工业好于全国工业平均水平；在机械工业中，汽车行业好于其他机械行业；但即使扣除汽车行业，其它机械行业也好于全国工业平均水平。

机械工业发展快于全国工业平均速度契合国民经济结构调整要求，也是工业结构调整取得进展的表现。因为机械工业是国民经济的装备工业，发展本应先行一步；而且因其能源、资源消耗强度相对较轻、技术和服务附加值相对较高，所以加快发展有利于提高全国工业运行的质量和效益。

(5) 产品产量增减不一，总体增长势头尚可

1-10月累计，119种主要产品中：产量同比增长的83种，占70%；产量同比下降的36种，占30%。

商用车产销312.6万辆和312.4万辆，同比下降6.30%和7.08%，至此已连续7个月下降，累计同比降幅继续扩大。

(6) 机械产品外贸形势好于上年

1-9月累计：进口2423亿美元，同比增长9.71%；出口2972亿美元，同比增长8.26%；出口增幅与上年同期增幅(4.11%)相比，提高了4个多百分点；1-9月累计实现贸易顺差549亿美元。

2. 主要子行业运行态势

电工行业：发电设备行业产量同比有所增长，但效益大幅下滑；风力和光伏发电设备产量均明显增长，火电设备有所增长，水电设备下降，燃气轮机产量下降较大；高压输变电行业形势不如预期；交流电动机、工业电炉、电焊机等产量保持增长。

汽车行业：1-10月累计，产销量同比增长，但增幅逐月下行，这一走势令人忧虑。乘用车形势明显好于商用

车：1-10月累计，乘用车产销量同比增长幅达10%左右，而商用车则为4-5%的负增长。

内燃机行业：受汽车行业拉动，汽车发动机产量增长比较快，但与农机、工程机械配套的内燃机形势比较低。由于汽车发动机在内燃机总产量中权重较高，故在汽车行业拉动下，内燃机行业的效益与上年相比明显回升。

仪表行业和石化通用行业：多数产品产量保持增长。其中：自动化仪表、分析仪器、试验机、化工设备、泵、风机、空分设备、压缩机、环保设备等产量增幅较大；但印刷机械行业仍比较低。8月份这两个行业均出现比较明显的回落态势，值得关注。

机床行业：形势分化很大。主机形势不如工具、磨料磨具，主机行业中金切机床形势不如成型机床，金切机床中的重型机床形势不如中小型机床；但总体而言，高端产品形势明显好于低端产品。从产量看，金切机床同比增速已转降为升，其中数控机床产量增幅较高。但今年同比增幅较高与上年基数低有关，实际上业内机床主机企业多数仍处于深度困难之中。

轴承行业：本行业景气与上年相比有所恢复，近几个月的当月产量和累计产量同比均已实现正增长。

工程机械行业：一季度行业景气曾有所回升，但4月以后又重新陷入回落。挖掘机和装载机等代表性产品1-10月累计产量已回到深度负增长状态。由于社会保有量大，且开工率甚低，因此多数产品短期内购机需求难以回升；目前只有压路机和叉车产销量仍保持同比增长。

农机行业：今年年初形势尚可，

但此后逐月下行。1-10月累计，大、中、小型拖拉机产量均为负增长；但玉米收获机是少数例外，1-10月累计产量仍保持高速增长。1-10月累计，全行业利润已出现多年来少有的负增长。随着更多企业的涌入，竞争形势可能更趋严峻文化办公设备：受手机照相功能对传统照相机的替代冲击，以照相机为代表的文化办公设备行业近年来的形势一直比较差。产量连年大幅下滑，今年1-10月照相机累计产量同比仍为深度负增长。可喜的是复印设备仍实现了较大增长。

3. 拉动增长的两大主要因素

一是汽车行业的拉动作用突出；

在机械工业主营收入中占比高达近32%的汽车行业1-9月主营收入增幅达到13.25%、利润总额增幅达到20.84%，均大大高于同期机械全行业平均增幅(10.65%、15.00%)，从而拉动了机械全行业的增速攀升。

二是原材料价格处于低位，有利于机械工业降本增效。

1.2 在基本实现“稳增长”的同时，转型升级也有所进展

1. 行业结构和发展模式有积极变化

(1) 行业结构在朝着更加适应市场需求的方向调整汽车、环保设备、基础件、仪器仪表等利于民生和提高全行业素质的子行业增速明显快于全行业平均水平。

(2) 现代制造业发展提速

越来越多的企业由“硬”产品生产者向“用户完整解决方案”提供者升级，并因此而弥补了需求增长趋缓的缺口，保障了销售额和利润的较快增长；

(3) 网络化运营等新兴商业模

式在少数先行者中开始探索：如江苏远景能源公司依靠一批海归高智力人才，以网络技术和智能技术为支撑，利用全球资源，着眼于世界市场，以系统集成的方式切入高端风电市场，轻资产运作；并积极筹划在摘取工程服务红利的基础上，进而再开辟能源管理的新蓝海。

2. 产品结构升级有新进展

(1) 以机床行业为例

1-9月累计：金切机床产量数控化率为29.73%，比上年全年的28.8%提高了0.93个百分点；机床工具行业进口增长10.75%，但出口增长高达22.68%；金切机床出口增长18.21%，其中数控机床和加工中心增幅高达30.94%和19.43%。以上数据表明：机床产品结构正在提升。

(2) 汽车行业主营收入增幅高于产量，利润增幅高于主营收入

1-9月累计，汽车产量增长8.1%，主营收入增长13.25%，利润总额增长20.84%，其中主营活动利润增长19.38%。可见：汽车行业的产品升级和产业链的延展正在取得进展。

(3) 新能源汽车发展加速

1-9月累计，新能源汽车生产38522辆，销售38163辆，比上年同期分别增长2.9倍和2.8倍。

3. 高端装备自主创新有新成果

近年来机械工业科技发明和科技进步成果获奖项数明显增加，获奖等级明显上升，今年这一势头更为显著。

4. 自主创新继续向关键零部件领域深化推进

在越来越多的高端主机装备实现国产化突破的同时，此前明显薄弱的关键零部件开始出现加速自主创新的喜人势头，液压系统、轴承、数控系

统、特种专用材料等陆续传出可以替代进口的喜讯。

5. 国际竞争力保持上升势头

表现之一：对外贸易实现较大顺差

1-9月累计，机械产品进口2423亿美元，出口2972亿美元，前9个月已累计实现对外贸易顺差549亿美元。

表现之二：一般贸易出口金额占比和增幅均已超过加工贸易

1-9月累计，附加值较高的一般贸易出口1755亿美元，同比增长10.52%；加工贸易出口940亿美元，同比增长3.53%。一般贸易出口金额占比和增幅均大大超过加工贸易，表明我机械产品外贸出口的附加值在稳步提升。

6. 地区结构继续向预期方向调整

1-9月累计：主营收入增速：东部地区9.53%，中西部地区分别为12.29%和14.63%；利润总额增速：东部地区14.13%，中西部地区分别为11.24%和34.52%；可见中西部地区发展速度继续快于东部。

7. 主营收入利润率止跌回升，运营效率有所改善

“十一五”期间机械工业主营收入利润率逐年提高，但进入“十二五”后则逆转为逐年下降；令人欣慰的是，去年（2013年）开始止跌，比前年（2012年）略微回升了0.12个百分点，而今年1-9月延续了这一回升态势，同比又回升了0.25个百分点。

1-9月累计：机械工业总资产贡献率为13.65%，同比提高0.25个百分点；资产保值增值率保持较好水平，为113.39%；流动资产周转率为2.04次，同比提高0.03个百分点；成本费用利用率7.18%，同比提高0.27个百分点。而

资产负债率为55.71%，同比下降0.8个百分点。

综上所述，今年前9个月机械工业在“稳”增长的同时，在转型升级和结构调整方面也确有所“进”。

2 今后发展趋势研判和增速预测

2.1 运营环境仍将偏紧，下行压力仍大

尽管到目前为止，机械工业发展速度仍达到了两位数，而且明显快于工业平均水平，但运行中困难正在加大，增速在逐月递减，下行压力很大，机械工业必须增强危机意识，加强应变准备。

一是从财务费用尤其是其中的利息支出同比增幅重拾升势看，要有融资环境趋于严峻的思想准备。

二是从应收帐款同比增幅仍处于高位看，要有继续应对货款回收困难的思想准备。

三是产成品库存同比增幅逐月攀升，到9月底同比已提高了一倍还多，对此应高度警惕。

四是从订单同比增幅看，二季度后明显回落，且逐月下行，说明下行压力较大。

五是从出口交货值同比增幅缓慢回升看，出口形势有望略好于上年。

六是从机械产品价格指数仍低于100，可以看出机械产品需求仍较低迷。

七是从固定资产投资增幅大幅下滑看，投资需求不容乐观。今年机械工业固定资产投资增幅在前两年业已大幅回落的基础上继续逐月回落。1-10月累计完成投资3.73万亿元，同比增幅已降至12.86%，创近若干年来低点。全社会投资也呈类似态势。由此可

见,投资需求不容乐观。

八是上年的增长曲线是“前低后高”,因此今年的对比基数将逐月走高;从而今年四季度同比增速下行压力还将继续加大,由此推测,今后增速仍将继续回落。

2.2 从主要经济指标增幅变化趋势看,运行速度将继续下降

上半年增速较高,但下半年逐月回落,尤其是8月份下降明显加快,9月仍在下行,走势令人不安。但由于上半年已打下较好基础,故预计全年增长曲线形态虽将呈“前高后低”之势,但全年增速仍有望达到两位数。

今年以来各项主要经济指标虽然年初增速较高,但变化趋势是逐月下行,以至于到目前为止,主要经济指标的同比增幅多数已经低于上年。

2.3 宏观经济环境趋冷不利于行业运行

宏观经济二季度虽曾企稳回升,但在三季度再度下挫。前三季度GDP:同比增长7.4%。其中,一季度同比增长7.4%,二季度增长7.5%,三季度增长7.3%,三季度增长率创下了近22个季度的新低。

工业增加值(全国规模以上企业):按可比价格计算,前三季度累计同比增长8.5%,增速比上半年回落0.3个百分点。(1-10月累计同比增长8.4%,10月当月同比增幅只有7.7%,增幅继续下降)

主因是消费和投资增长乏力——社会消费品零售总额:1-9月累计,同比增长12%,增幅较去年同期回落了0.9个百分点;(10月当月同比增幅已进一步下滑至11.5%)。固定资产投资(不含农户):1-9月累计,名义增长16.1%,较去年同期大幅回落了4.1个百分点;(1-10月增幅已跌破16%关口,仅为

15.9%,比9月又回落了0.2个百分点)

出口:在拉动经济增长的“三驾马车”里表现较好。但出口在“三驾马车”中的权重实际偏弱。考虑到欧洲经济不景气,尤其是德国经济前景堪忧,日本经济依然没有明显改善,美国经济增长较好,但前景并不稳定。因此,对出口今后增长的前景不宜过分乐观。

价格数据:9、10月CPI同比上涨1.6%,重回“1”时代。表明通缩风险正在隐现,中国经济下行压力较大。PPI则更已连续负增长达32个月之久,显示工业领域的通缩现象已相当严峻。

用电量:8月份首次出现负增长;9月同比增长2.7%,虽较8月有所回升,但仍为近18个月以来的第二低位;10月同比增长3.1%,较9月虽回升0.4个百分点,但仍属近两年较低水平;其中工业用电量同比增长仅2.8%,与9月5.3%相比近乎“腰斩”。煤炭销量:前三季度全国27.3亿吨,同比减少3139万吨,下降1.14%;其中9月份2.81亿吨,同比下降6.6%。上述用电量及煤炭销量等能源数据从一个侧面佐证了目前经济下行的严峻程度。

PMI(中国制造业采购经理指数):10月份为50.8%,较上月回落0.3个百分点,创下近5个月新低。以上这些数据都表明,当前中国经济的下行压力十分巨大。宏观经济景气低迷,表明今后机械产品的发展环境不容乐观。由于三季度以来宏观经济形势明显不振,预计国家会出台一些微刺激措施。基于这一点,我们预计机械工业增速今后虽将继续有所回落,但估计不会失控,全年产销额增幅仍可达到10%左右。

2.4 2014年机械工业增长速度预测

综上,预计今年全年累计:产销增长速度大体在10%左右,利润增长速度预计在12%左右,出口创汇增幅估计在8%左右。

2.5 对明年运行形势的展望

对明年行业经济运行的环境怎么看?目前的下行趋势是否已经见底?增速是否还会继续下跌?下行是否会失控而出现跳崖下跌?明年是否会继续实现中速增长?

1. 需求形势将继续偏紧

一是国民经济正处于增长速度换挡期预计明年GDP增幅将由今年的7.3%左右下调至7%左右。在此背景下,机械产品的需求环境将难以期望比今年有所宽松。

二是宏观经济仍处于结构调整攻坚期二产比重下降、三产比重上升是大趋势。因此,在同样的GDP增幅下,以工业为主体的二产增幅将低于三产;工业增幅高于GDP的旧常态正在逐渐发生变化。估计今后工业增幅虽仍将高于GDP,但高出的幅度将逐渐减小。

三是前期刺激政策的负面影响仍有待继续消化。机械产品需求增长趋缓和产能高速扩张并集中释放的矛盾在继续上升;对这一局面的严峻程度以及它对明年经济运行的负面影响必须要有足够的估计。

四是机械工业的服务对象普遍加快由外延增长转向内涵提高的步伐。机械工业的需求模式正在由增量主导向存量主导转变,新建和改造项目的比重在发生变化,传统需求不足和新兴需求难以满足的结构性矛盾日益突出,其叠加效应将进一步加剧需求不足的

困难,研发工作及市场开拓对市场变化的适应能力面临考验。

五是机械产品的国际市场竞争面临严峻挑战。随着我国机械产品国际市场份额的提高,发达国家限制我进入的贸易保护主义日益强烈。与此同时,我传统低附加值出口产品因汇率上升和后发展中国家竞争,原有优势正在被迅速削弱,对出口增长不宜太乐观。

2. 成本上升和价格下降的压力不断加大

一方面,人工成本、筹资和财务成本、市场营销成本、环境治理成本、技术创新成本等,持续增加;另一方面,对于多数企业而言,在市场供过于求的压力下,产品价格不可控制地还将持续下跌。

3. 供给形势有望相对宽松

大宗物资价格可望仍处于较低水平。美国已决定退出实施6年之久的“量化宽松”政策,西方与俄罗斯关系恶化,在复杂的国际政治经济因素作用下,石油、天然气、铁矿石、有色金属等大宗物资价格处于较低水平的概率较大,这将有利于机械工业的成本控制。

融资成本快速攀升之势可望受到控制。融资环境有望受惠于国家深化改革和为支持实体经济发展而出台“精准”、“定向”调控的各种微刺激措施,企业利息支出和融资财务成本快速攀升之势可望趋缓。

4. 随着基数变大,增速将逐渐降低

2000年机械工业主营收入为1.4

万亿元,按增长25%计,增量为3500亿元;今年机械工业主营收入预计将达到24万亿元,即使增速降至10%,其增量也将高达24000亿元;这一增量已经达到“十五”初的近7倍。可见,今后增速趋缓在情理之中。

5. 改革深化和多项微刺激措施有望利好于明年经济运行

针对当前经济下行压力加大的现实困难,中央正在加大改革力度以改善实体经济发展环境;同时还在出台鼓励消费、加快铁路、水利等基础设施项目审批等微刺激措施。这些举措有望对明年经济发展产生利好影响。

6. 机械工业将继续向中速增长长期转变

在经历了本世纪头十年高速增长和“十二五”头两年急剧回落之后,2013年机械工业开始呈现中速发展特征,2014年增速虽有所回落,但仍实现了10-12%的中速增长,预计2015年在诸多压力下增速将继续小幅回落,但仍将保持在8%左右的中速区间。

7. 明年的增长曲线估计将呈现“前低后高”态势

承接今年下半年下行惯性的压力,加上今年上半年机械工业各项主要经济指标基数相对较高,明年上半年行业经济运行的速度将相对较低,而随着对诸多困难因素的消化,明年下半年形势有望略显回升之势。

8. 深化改革对机械企业提出新挑战

全面深化改革的形势对机械企业的应对能力正提出更高要求。“让市场在资源配置中发挥决定性作用”,对

机械企业既蕴含了无限的机会,但也加重了自担风险的责任。相当一批不适应改革新形势的企业将被淘汰,机械企业必须大大增强危机意识。

9. 明年行业升级必将有新进展

广大机械企业在以攻高端、夯基础为主要着力点的结构调整,和以创新驱动、两化融合、绿色发展为主要取向的发展方式转变中,必将比今年有更多新探索,也必将取得更为丰硕的新成果。

10. 全行业前途无忧,但分化将加剧

虽然困难很多,但在机械工业资本结构多元化的背景下,行业内生应变活力正日渐增强。因此,只要坚持市场化取向的改革,中国机械工业的前途就无需担心。但在艰巨的升级过程中,分化必将日益加剧:一是机械工业内不同子行业间的分化加剧,二是同一行业内不同企业间的分化加剧。

11. 对2015年机械工业增长速度的预测

综上,预计明年:产销增长速度大体在8%左右,利润增长速度预计在10%左右,出口创汇增幅估计在6%左右。

面对当前严峻的挑战,机械企业普遍都在强化管理和营销,做出浅层次的反应;还有些企业开始从研发、服务等方面采取措施,以期争取主动;更有少数企业从发展战略上作思考,在产业结构和商业模式层面进行探索和调整。我们相信,在市场无形之手的推动之下,我国机械工业一定会负重前行,实现由大变强的夙愿。

2014年全国机电企业工艺年会暨第八届 机械工业节能减排工艺技术研讨会在杭州召开

2014年11月5-7日,“2014年全国机电企业工艺年会暨第八届机械工业节能减排工艺技术研讨会”在杭州隆重召开。会议由中国机械制造工艺协会主办,杭叉集团股份有限公司、杭州杭氧集团股份有限公司、先进成形技术与装备国家重点实验室、机械装备工业节能减排产业技术创新战略联盟承办。中国机械工业联合会赵驰副会长、中国机械制造工艺协会副理事长、中国工程院卢秉恒院士、中国工程院谭建荣院士等出席会议,中国机械制造工艺协会理事长、机械科学研究总院王西峰副院长致开幕辞,浙江省经信委王素娥副主任、中国机械工业联合会赵驰副会长分别发表讲话,中国机械制造工艺协会理事会各位副理事长、常务理事、理事以及来自全国各地行业组织、企事业单位的会员代表等180多人参加了本次会议,大会开幕式由中国机械制造工艺协会副理事长、先进成形技术与装备国家重点实验室主任、机械科学研究总院副院长单忠德主持。



开幕式



颁奖表彰

开幕式上,我会隆重表彰了在2014年度中国机械制造工艺协会工艺创新评奖活动中获奖的单位及个人,并为获奖代表颁发了奖牌、奖杯及证书。2014年度,工艺科技成果奖一等奖6项、二等奖10项、三等奖19项,杜金程、武常生2位同志获得机械制造工艺终身成就奖,方煜瑛、刘强2位同志获得机械制造工艺杰出青年奖,王智敏等32位同志获得机械制造工艺优秀工艺师奖,36篇论文分获工艺征文一、二、三等奖、3家企业获得优秀组织奖,8家单位获得百强制造工艺创新基地奖,7家单位获得中国机械制造工艺协会优秀会员单位奖。上述活动有效调动了广大企业及工艺工作者开

展工艺创新的积极性,进而推动了我国机械装备制造技术发展。颁奖仪式后,盛丁浩等优秀获奖代表发表获奖感言,介绍工作心得,他们的优秀事迹使与会人员受益匪浅。

本次会议特别邀请到中国工程院卢秉恒院士做题为《3D打印可能带来的重大变革》、中国工程院谭建荣院士做题为《产品定制设计及工艺:关键技术与发展趋势》、合肥工业大学副校长刘志峰教授做题为《绿色制造工艺技术及其应用》、中国航天科技集团总工程师杨海成教授做题为《发展智能制造技术 推动两化深度融合 实现工业转型升级》、武汉理工大学汽车学院院长华林教授做题为《轴承



卢秉恒院士做报告



谭建荣院士做报告



刘志峰副校长做报告



杨海成总工程师做报告



华林教授做报告



单忠德副院长做报告

环精密轧制技术与装备》、中国机械制造工艺协会副理事长、机械科学研究总院副院长单忠德研究员做题为《绿色、智能制造助推装备工业可持续发展》的大会报告，报告内容深入浅出，信息量大，详细介绍了技术知识，同时联系当今前沿技术发展趋势，为参会者奉上一次工艺技术的饕餮盛宴，收到与会人员的高度评价。

同时，李双燕等获奖代表以获奖成果为依托，为大会带来了精彩的技术报告，报告详细的介绍了工艺流程、实现手段、关键技术及实际应用，技术报告深受同行业工作者的好评。会议还组织参会代表参观了杭叉集团股份有限公司和杭州杭氧集团股份有限公司，加强了与会代表之间的进一步交流与合作。

会议期间，中国机械制造工艺协会召开了第四届常务理事会第八次会议、第五届会员代表大会第一次会议以及第五届理事会第一次会议，第四

届常务理事会第八次会议审议通过了第四届理事会换届有关工作议案、会费标准调整议案、入会申请、修订的管理办法等工作议案；第五届会员代表大会第一次会议审议通过了第四届理事会工作总结及第五届理事会工作目标、财务工作报告、任职期间会费收支情况报告，投票选举产生了第五届理事会，无记名投票通过了会费标准调整议案；第五届理事会第一次会议选举产生了第五届理事会理事长、常务副理事长、副理事长、常务理事，并通过了第五届理事会名誉职务、秘书长、副秘书长聘任名单。王西峰当选为理事长、单忠德当选为常务副理事长、梁清延等18位同志当选为副理事长，战丽当选为秘书长。

浙江省经信委王素娥副主任、杭州杭氧集团股份有限公司赵大为副总经理、原杭州市市政府副秘书长、现杭州市企业家协会赵立康副会长以及中国机械制造工艺协会多位副理事

长分别为广西玉柴机器股份有限公司梁清延副总经理、上海电气(集团)总公司副总工、总经济师张科、天水星火机床有限责任公司李维谦董事长、中国一拖集团有限公司郭志强副总经理、南京工程学院左健民教授、中国第二重型机械集团公司史苏存副总工、东方电气集团中央研究院王政副院长、哈尔滨锅炉厂有限责任公司龙友松副总工、新兴重工集团有限公司研究总院陈宏志院长、中国农业机械化科学研究院原副总工刘泽林等领导、专家出席了会议。

本次会议还得到了机械科学研究总院浙江分院、中关村未来制造业产业技术国际创新战略联盟、中央企业青年科技工作者协会等的大力支持，得到了《金属加工》、《机电商报》、《机械制造》等媒体的支持。

今年恰逢中国机械制造工艺协会成立二十周年，二十年来，协会组织得到了壮大，协会活动也日益丰富、活



第四届常务理事会第八次会议



第五届会员代表大会第一次会议暨第五届理事会第一次会议



投票选举

跃,对提升我国机械工业制造工艺水平也起到了越来越大的作用。工艺年会为我国机械制造工艺技术人员提供一个多方位、多领域的学术交流平台,为广大工艺工作者今后的工艺创新活动增添了新的思路和方法,促进了与

会代表及企事业单位间的交流与合作,必将对我国机械制造工艺创新起到积极促进作用。中国机械制造工艺协会作为机械工程领域重要的社团组织,推动技术创新,促进行业进步是历史赋予协会的光荣使命。协会将以

提升能力为主线,切实做好促进工艺技术创新,促进发展方式转变,促进科技人才成长等重点工作,以实际行动为实现我国制造强国梦作出更大的贡献。



关于公布2014年中国机械制造工艺协会优秀会员单位 评选结果的通知

2014年中国机械制造工艺协会“优秀会员单位”评选活动已结束,经中国机械制造工艺协会领导小组会议研究,决定授予近年来支持协会行业工作的河南平高电气股份有限公司、山东康平纳集团有限公司、重庆机床(集团)有限责任公司、湖北三江航天万山特种车辆有限公司、江苏理工学院、上海三菱电梯有限公司、慈溪市汇丽机电有限公司7家单位“优秀会员单位”荣誉称号。

关于公布2014年中国机械制造工艺协会百强制造工艺 创新基地评选结果的通知

2014年中国机械制造工艺协会“百强制造工艺创新基地”评选活动已经结束,经中国机械制造工艺协会组织专家评审、领导小组研究决定,授予中国东方电气集团有限公司、广西玉柴机器股份有限公司、新兴能源装备股份有限公司、沈阳仪表科学研究院有限公司、上海东方泵业(集团)有限公司、湘潭电机股份有限公司、无锡透平叶片有限公司、山东康平纳集团有限公司8家单位“百强制造工艺创新基地”荣誉称号。

关于公布2014年机械制造工艺科技成果奖 评选结果的通知

我会组织的2014年机械制造工艺科技成果奖评选活动已经结束，经过专家委员会评审，共评出奖励项目35项，其中，一等奖6项、二等奖10项、三等奖19项。上述获奖成果，已推荐参加中国机械工业联合会组织的“中国机械工业科学技术奖”评选活动。

2014年机械制造工艺科技成果奖获奖名单

一等奖			
序号	项目名称	完成单位	成果主要完成人
2014-002	二代加百万千瓦级核电蒸汽发生器研制	上海电气核电设备有限公司	徐凯祥、唐伟宝、张茂龙、江才林、许遵言 王志强、吴新华、程嘉伟、李双燕、孙志远 盛旭婷、周玉山、江燕云、顾佳磊、苏 玉
2014-006	汽车机油泵加工的关键技术	上海幸福摩托车有限公司 上海工程技术大学	李金国、李一锋、王岩松、刘永芳、黄立新 郑霞君、赵 波、郭 辉、吴伟蔚、董旭旭
2014-012	自主品牌汽车生态设计关键技术研究及应用	浙江吉利控股集团有限公司 浙江吉利汽车研究院有限公司	冯擎峰、吴成明、刘 强、李 莉、陈 倩 金玉明、张应飞、王文涛、潘 雷、吴建波 陈 丽、李慧连
2014-020	CXK650 模块式重型数控落地车铣床研制	中钢衡阳重机有限公司	廖湘如、崔昌群、宋春根、万信群、张耀明 萧其林、曾 星、刘惠龙、李东波、姜 俊 陈元波、李柏坚、申昌鸿
2014-026	CA6GV铝合金缸体砂型铸造技术开发	一汽铸造有限公司	孙树臣、夏振佳
2014-033	大型柴油发动机球铁曲轴圆角沉割滚压加工工艺及装备开发	广西玉柴机器股份有限公司	于 笋、李勇强、廖继光、蔚兴建、吴 斌 潘斯宁、黄德锐
二等奖			
序号	项目名称	完成单位	成果主要完成人
2014-003	巨型轴流式水轮机叶片熔炼工艺攻关	哈尔滨电机厂有限责任公司	陶 韬、肇 晋、段振伟、隋怡平、戴艳涛
2014-017	机械加工件清洗检测技术的深度研究及应用	中国一拖集团有限公司	段华荣、焦凤菊、靖 琦、党国军、孔春花 刘俊杰、徐少华、杨文娟、曹 晨、牛晓静

二等奖			
序号	项目名称	完成单位	成果主要完成人
2014-019	铸铁件用复合陶瓷涂料的关键技术研究	沈阳铸造研究所	谢华生、尹绍奎、祝强、李玲、李汉银、谭锐、刘加军
2014-032	大型发动机关键零部件快速制造工艺方法	广西玉柴机器股份有限公司	吕登红、陈金源、傅显珍、林铭、张俊、许振冲、杨基、周梁坚、马国胜、谢永泽、廉振文、覃懋华、吕绪聪
2014-037	多品种气缸盖全自动制芯、组/装芯生产线工艺技术项目	广西玉柴机器股份有限公司	黎武新、陈祖礼、廖文东、宁科明、刘毅、张浩、林振丽、廉振文、杨双华、黄宗辉、龙善北、邹宏生、林琳、马国胜、谢永泽
2014-046	大型船用球墨铸铁曲轴技术研究及应用	广西玉林玉柴机器配件制造有限公司	李超贵、吴宝成、商崇元、李喆、梁家汉、江志伟、杨旅、李飞、谭锦赐、李伟柱、李江、林钰杰、黎江
2014-048	高亮度LED晶片表面纳米级抛光工艺及设备	中国电子科技集团公司第四十五研究所	刘涛、高慧莹、费玫海、罗杨、柳滨、孙振杰、陈学森
2014-049	高亮度LED晶圆划切工艺与设备	中国电子科技集团公司第四十五研究所	张孝其、赵志伟、高爱梅、宋波、张文斌、杨松涛、刘红英、孟凡辉、韩微微
2014-050	电站锅炉管系成套制造机械化装备的开发及应用	上海锅炉厂有限公司 北京中电华强焊接工程技术有限公司	刘国平、李忠杰、辛炜、惠晓涛、唐伟、袁志华、许志军、赵大臣、韩顺利、蒋秀华、陶锋
2014-052	热泵热水器专用压缩机	上海日立电器有限公司	杨军、乐红胜、徐亮、米廷灿、李爱国
三等奖			
序号	项目名称	完成单位	成果主要完成人
2014-001	焊接生产技术准备信息化的应用和实践	太原重工股份有限公司矿山设备分公司	崔凤平、张宏光、王润叶、何秋亮、郑春刚
2014-005	激光熔覆材料以车代磨加工技术及其数控装备开发	山东能源机械集团大族再制造有限公司	杨庆东、刘战强、苏伦昌、王兵、董春春
2014-007	1100KV GIS关键零部件国产化工艺研究	河南平高电气股份有限公司	张建国、邢军伟、李宏楼、胡晓光、刘恒、范艳艳、李凯、张明礼、徐仲勋、宋继光、邓亚、刘新伟、杨俊朋
2014-010	大型电机VPR绝缘系统及线棒生产工艺技术	东芝水电设备(杭州)有限公司	吴金水、刘志民、张晓伟、吕大农、孟叶、党姚强、李宏奎、李声宝
2014-011	整车(车身)焊接实时监控系统的开发与应用	浙江吉利控股集团有限公司 浙江吉利汽车研究院有限公司	冯擎峰、丁华、冯波、魏宪波、邹荣明、刘章伟

三等奖			
序号	项目名称	完成单位	成果主要完成人
2014-013	党津潮汐电站机组海水环境腐蚀防护研究及应用	哈尔滨电机厂有限责任公司	邓小民、李雪爱、汪永东、周 帅、赵晓东
2014-014	800MPa级高强钢管制造工艺技术	哈尔滨电机厂有限责任公司	卢昌福、田井成、闫海滨、乔宏来、王 江
2014-018	200/300马力动力换挡拖拉机变速箱与后传动箱壳体机加工工艺研究	中国一拖集团有限公司	闫麟角、徐成慧、赵电昭、蔡安克、王林军、王建明、谷书伟、段华荣、靖 琦、杨文娟、白俊杰、王明海、张秀红、王裕喆、金红辉
2014-023	双前桥车前轮动态定位检测技术的研究及应用	一汽解放汽车有限公司 北京惠普长天科技有限公司	张 军、李境伟、秦文博、尹传禄、刘春生、李德华、赵长波、苏丽娟、张大宇、王鹏飞、薛 闯、王 强、肖博元、杨 玉、张 军、李境伟、秦文博、尹传禄、彭圣普、李德华、刘春生、赵长波、苏丽娟、张大宇、王鹏飞、薛 闯、王 强、肖博元、杨 玉
2014-025	硅烷工艺在车架涂装线的应用研究	一汽解放汽车有限公司 第一汽车股份有限公司技术中心	王治富、李春平、姜婷娟、李丽芹、高成勇、高宏伟、宫金宝、张兴勃、叶旭林、刘建中、陶 金、王志强、夏中文、吴运秀、孙丙权
2014-027	汽车复杂铸件件系统开发技术	一汽铸造有限公司	刘文辉、王成刚、王建东、杨永泉、吴景波、马顺龙、马 林、王 强、张世超
2014-029	重型汽车发动机主要部件再制造研发与应用	中国重型汽车集团有限公司	王德前、罗建明、刘 欢、李从军、马 鹏、陈 波、高小敏、王 力、陈新宇、邢红波、刘长明、范 围
2014-030	后油封压装检测机	广西玉柴机器股份有限公司制造技术部	宁 杰、刘荣根、李立枝、俸文斌、黄理阳、肖 昭、吴 斌
2014-036	大型柴油机复杂箱体的铸造方法及模具开发	广西玉柴机器股份有限公司	黄耀光、陈金源、廖文东、陈财坤、黎 明、莫良兵、王博伟
2014-045	以铁代钢新材料QT600-10的开发及应用	广西玉林玉柴机器配件制造有限公司	李 飞、李伟柱、李超贵、吴宝成、林钰杰、梁家汉、陶前昭、李异龙、吴均棣
2014-053	铸铁屑高效熔炼及齿轮铸造关键技术	山东时风(集团)有限责任公司	林连华、于子玲、徐海港、纪昌勇、曲成鑫、李汝学、许爱国、张中凯、王 泉、林堂国
2014-054	数字化车间的工艺技术研究	中联重科混凝土机械分公司	李宏伟、吴 淘、陈毅玮、马 聪、卜季春、陈 刚、刘群华、谭芝芝、刘加华、张明达、王子龙、武红斌、董志威、陶华云
2014-055	55.7m ³ 低温液体运输半挂车	新兴能源装备股份有限公司	汪 宇、李建韦、陈英嘉、李少杰、赵翠钗、唐志财、王玉辉、侯云鹏
2014-058	环保经济型(准)合成铸铁工艺研究及生产应用	中国一拖集团有限公司	李锋军、李 平、蔡安克、韩建普、马春庆、花建山、张俊祥、王世杰、苏 莉、甄艳君、李自君、袁书仓、郑予溶、马肖洪、杨 刚

关于公布2014年全国机电企业工艺年会有奖工艺征文 评选结果的通知

2014年全国机电企业工艺年会有奖工艺征文评审工作已经结束,本次征文活动共收到来自 27 家单位的共计 77篇文章,经过专家委员会评审,共评出优秀组织获奖单位3家、获奖文章36篇,其中,一等奖5篇、二等奖10篇、三等奖21篇。现予公布。

中国机械制造工艺协会

2014年10月26日

2014年全国机电企业工艺年会工艺征文活动 优秀论文获奖名单

序号	题目	第一作者	单位
一等奖			
1	地面武器数字化装配技术应用研究	叶召伟	湖北三江航天万山特种车辆有限公司
2	三角形复合材料预制件数字化快速制造应用研究	李志坤	机械科学研究总院先进成形技术与装备国家重点实验室
3	36D缸体优化排气系统降低粘砂气孔废品	韩路涛	一汽铸造有限公司铸造一厂
4	超高强钢热冲压工艺精细化控制及工程应用	戎文娟	机械科学研究总院先进成形技术与装备国家重点实验室
5	深孔加工技术在深孔枪钻机床升级改造中的应用	何祥金	广西玉柴机器股份有限公司
二等奖			
1	提升拖拉机壳体类零件清洁度的试验研究	焦凤菊	第一拖拉机股份有限公司工艺材料研究所
2	内外一体化浸渍树脂流动特性的实验和模拟研究	杜伟肖	机械科学研究总院先进成形技术与装备国家重点实验室
3	智能检测制动管路流量特性的研究	孟凡义	北车齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司,南京航空航天大学机电学院
4	齿轮绿色加工技术应用研究——滚齿干切加工技术研究与实践	葛便京	第一拖拉机股份有限公司工艺材料研究所
5	脱硫石膏型铸粉配方研究	王永威	机械科学研究总院先进成形技术与装备国家重点实验室
6	板料件折弯圆角与折弯要素关系的探索	李红军	湖北三江航天万山特种车辆有限公司
7	经轴机器人运动单元有限元分析	李艳征	机械科学研究总院先进成形技术与装备国家重点实验室
8	核电五级空心叶片自动焊试验研究及生产线设计	徐 健	东方汽轮机有限公司

二等奖			
9	钎焊材料制造及使用中的节能减排技术	鲍 丽	郑州机械研究所新型钎焊材料与技术国家重点实验室
10	铸造混合型废砂的湿法再生及再生砂性能分析	戴伟平	广西玉林玉柴工业化工有限公司
三等奖			
1	铸件表面防腐新工艺应用研究	刘子芳	湖北三江航天万山特种车辆有限公司
2	重型汽车柴油机活塞销用钢及表面处理技术	张继魁	中国重型汽车集团有限公司技术中心
3	镍基实芯焊丝气体保护焊堆焊工艺研究及应用	张 杰	东方电气集团东方锅炉股份有限公司
4	30CrMnSiNi2A热处理工艺方法研究	刘明兰	湖北三江航天万山特种车辆有限公司
5	驱动桥精锻齿轮的工艺设计与制造	赵树军	一汽解放公司长春特种车分公司
6	基于遗传算法的汽轮机转子动叶装配排序技术研究	文 学	东方汽轮机有限公司
7	陶瓷纤维研磨刷(棒)在去毛刺领域中的应用	吴 特	湖北三江航天万山特种车辆有限公司
8	成组盘形齿轮铣刀预加工大模数齿轮的方案设计与分析	王宽伟	中钢集团衡阳重机有限公司
9	长管拖车防转结构的优化设计	杨利芬	新兴能源装备股份有限公司
10	锥度三角外花键加工方法探讨	张亚洲	湖北三江航天万山特种车辆有限公司
11	螺旋锥齿轮加工Gleason与Oerlikon数据转换	袁照丹	中国第一汽车股份有限公司技术中心
12	超声背散射硬化层深度检测仪的原理及应用	赵振凯	第一拖拉机股份有限公司工艺材料研究所
13	拖拉机变速箱双轴总成合装装置及合装方法研究	王治军	第一拖拉机股份有限公司工艺材料研究所
14	机械制造工艺企业研发人员专业技术职务体系建设探索	匡逸强	无锡透平叶片有限公司
15	真空粉末绝热储罐获得良好真空的控制要点	赵翠钗	新兴能源装备股份有限公司
16	多种电控柴油机出厂试验台架集成线束设计	陈 峰	广西玉柴机器股份有限公司
17	大尺寸复杂壳体的消失模铸造技术	蔡安克	第一拖拉机股份有限公司工艺材料研究所
18	加工中心810M系统数据的备份恢复	闫恩刚	天水星火机床有限责任公司
19	FMS—柔性制造系统在烟草包装设备制造中的使用分析	姜 群	上海烟草机械有限责任公司
20	晶间脆性引起的20CrMnMo齿轮失效分析与研究	张 辉	湖北三江航天万山特种车辆有限公司
21	大型电机轴伸端180°分布的双直键槽加工工艺的分析与研究	陈健康	上海电气集团上海电机厂有限公司
优秀组织奖获奖单位名单			
广西玉柴机器股份有限公司 湖北三江航天万山特种车辆有限公司 第一拖拉机股份有限公司			

关于公布2014年机械制造工艺终身成就奖、 杰出青年奖、优秀工艺师奖评选结果的通知

中国机械制造工艺协会组织的“2014年机械制造工艺终身成就奖、杰出青年奖、优秀工艺师奖”评审工作已经结束，经过专家委员会评审，共评出机械制造工艺终身成就奖获奖者2位、机械制造工艺杰出青年奖获奖者2位、机械制造工艺优秀工艺师奖获奖者32位。现予公布。

中国机械制造工艺协会
2014年10月27日

中国机械制造工艺协会终身成就奖、杰出青年奖 优秀工艺师奖获奖名单(排名不分先后)

序号	姓名	单位	职务职称
终身成就奖			
1	杜金程	哈尔滨电机厂有限责任公司	总工艺师/部长
2	武常生	新兴能源装备股份有限公司	总工程师/副总经理
杰出青年奖			
1	方煜琰	平高集团河南平高电气股份有限公司组合电器事业部	高工/副总经理/党支部书记
2	刘 强	一汽轿车股份有限公司	高工/一汽集团专家
优秀工艺师奖			
1	张永红	中信重工洛阳矿山机械工程设计研究院有限责任公司	高工/所长
2	党为民	中国一拖集团有限公司工艺部	高工/部长
3	袁照丹	中国第一汽车股份有限公司技术中心	高工
4	许遵言	上海电气核电设备有限公司	教授级高工/副总师
5	叶上云	上海锅炉厂有限公司	总工艺师
6	隋松梅	哈尔滨电机厂有限责任公司制造工艺部	水轮机责任工艺师
7	杜 娟	沈阳第一机床厂	高工
8	任一平	上海电气上海锅炉厂有限公司	高工/总工艺师
9	周益民	机械工业第九设计研究院有限公司	高工
10	朱正岳	一汽解放有限公司无锡柴油机厂	高工/一汽专家
11	赵翠钗	新兴能源装备股份有限公司	高工/工艺责任师/事业部技术总工
12	邓小民	哈尔滨电机厂有限责任公司制造工艺部	高工/工艺员

优秀工艺师奖			
13	常根生	新兴能源装备股份有限公司	工程师/技术主管
14	赵晓东	哈尔滨电机厂有限责任公司制造工艺部	工程师
15	姚建芳	上海汽轮机有限公司上海汽轮机厂	专业室主任
16	李 军	哈尔滨电机厂有限责任公司	汽轮发电机工艺员
17	李海明	一汽解放有限公司车桥分公司	工艺类高级专家/部长
18	刘新权	无锡透平叶片有限公司	机械工程师/工艺组长
19	谢永泽	广西玉柴机器股份有限公司	模具技术工程师
20	李崇智	二重集团(德阳)重型装备股份有限公司	高工
21	闫明璞	上海电气电站设备有限公司上海汽轮机厂	主任工艺师
22	宋晓光	平高集团有限公司	工程师/主任工程师
23	黄耀光	广西玉柴机器股份有限公司	主任工程师
24	罗 霞	东方汽轮机有限公司制造技术处	工程师/职能组长
25	陈 海	广西玉柴机器股份有限公司	工程师/厂长
26	王路平	河南平高电气股份有限公司工艺技术部	工程师/主任工程师
27	赵文兵	上海电气电站设备有限公司上海汽轮机厂	高工/主任工艺师
28	韩丽娟	平高集团有限公司	工程师/工艺员
29	郑田昌	上海电气电站设备有限公司上海汽轮机厂	工程师/室主任
30	崔慧然	无锡透平叶片有限公司	工程师/副所长
31	张文彪	慈溪市汇丽机电有限公司	技术主任
32	郑晓春	河南平高电气股份有限公司智能控制事业部技术处制造技术科	工程师/制造技术科科长

工业4.0

工业4.0 (Industry 4.0) 是德国政府《高技术战略2020》确定的十大未来项目之一,旨在支持工业领域新一代革命性技术的研发与创新。“工业4.0” 研究项目由德国联邦教研部与联邦经济技术部联手资助,在德国工程院、弗劳恩霍夫协会、西门子公司等德国学术界和产业界的建议和推动下形成,并已上升为国家级战略。德国联邦政府投入达2亿欧元。中国首套工业4.0流水线也已经亮相第十六届中国工业博览会。^[1] 工业4.0已经进入中德合作新时代,中德双方签署的《中德合作行动纲要》中,有关工业4.0合作的内容共有4条,第一条就明确提出工业生产的数字化就是“工业4.0”对于未来中德经济发展具有重大意义。双方认为,两国政府应为企业参与该进程提供政策支持。^[2]

德国政府提出“工业4.0”战略,并在2013年4月的汉诺威工业博览会上正式推出,其目的是为了提高德国工业的竞争力,在新一轮工业革命中占领先机。该战略已经得到德国科研机构 and 产业界的广泛认同,弗劳恩霍夫协会将在其下属6-7个生产领域的研究所引入工业4.0概念,西门子公司已经开始将这一概念引入其工业软件开发和生产控制系统。^[3]

参考文献

[1] 中国首套工业4.0流水线亮相工博会. 网易新闻. 2014-11-4.

[2] 工业4.0”开启中德合作新时代. 中国政府网. 2014-10-13.

[3] 德国联邦政府的高科技战略举措行动“工业4.0”. 控制工程在线. 2013-2-21

搭建交流平台 促进共同发展

——记中国机械制造工艺协会电子分会2014年度技术研讨会

2014年10月30日至31日，中国机械制造工艺协会电子分会在宁夏银川举办了2014年度“先进电气互联和智能制造技术”研讨会。参加本次研讨会的有来自全国24家高等院校、科研院所和企业单位的43名领导、专家和技术人员代表，会议取得了圆满成功。



“先进电气互联技术和智能制造技术”是近年来全球制造领域技术研发的热点。“先进电气互联”的概念在“九·五”期间正式提出，经过近二十年的发展，在互联基板制造技术、板级组装技术、立体组装技术、整机互联技术等领域已取得长足的进步和丰富的成果。智能制造技术自二十世纪80年代末提出概念以来，世界各国都对智能制造技术进行了各种研究，特别是近些年世界主要工业化发达国家都将智能制造作为重振制造业的重要战略手段。本次会议主要围绕“先进电气互联技术和智能制造技术”展开研讨，旨在加强电子分会各成员单位之间的技术交流，促进各单位在电气互联和智能制造技术领域共同发展。

研讨会邀请中国机械制造工艺协

会副理事长、机械科学研究总院单忠德副院长和桂林电子科技大学正厅级调研员周德俭教授，分别作了题为《智能制造技术现状及未来发展》和《光电互联技术发展概述》的报告。两位专家为参会代表详细阐述了“先进电气互联技术和智能制造技术”在国内外的研究现状、发展趋势及研发热点等，并与大家交流互动、答疑解惑，引导大家对先进电气互联技术和智能制造技术领域的相关问题展开深入研讨。



此外，研讨会还对前期征文评选出的优秀论文进行了颁奖表彰，邀请优秀论文作者进行论文解析，并与参会代表就技术工作中的常见问题进行了互动交流、经验推广和难点探讨。

本次研讨会，在总会和电子分会领导的指导下、在专家的支持下、在成员单位的积极参与下，经过精心筹备



和认真组织，最终取得了圆满成功。参会代表通过听取专家专题报告，深入开展研讨交流，不仅了解到“先进电气互联技术和智能制造技术”领域的先进技术和热点趋势，也加强了成员单位之间的沟通和认知，这些收获必将为大家今后工作的开展起到积极推动作用。

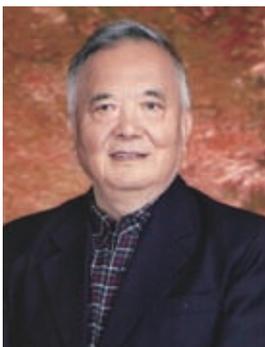
(电子分会供稿)

高碳当量、高强度、高刚度、低应力 是高端数控精密机床铸件的发展方向¹

——目前我国机床铸件质量的现状与发展方向

马敬仲

(原北京机床一厂 北京)



马敬仲，教授级高级工程师，生于1936年8月，1960年毕业于清华大学机械系铸造专业，1960—1994年工作于北京第一机床厂，曾任锻冶处科研组长、锻冶处长、铣床研究所副所长、副总工程师、总锻冶师，1988年—1993年任北京铸造学会副理事长，1988年2月获北京市有突出贡献专家称号，1991年10月获国务院政府特殊津贴专家称号，2006年至今任中国铸协顾问。曾出版《铸铁与冲天炉实用手册》《铸件的变形与时效》《铸铁的孕育》《铸造技术应用手册》等著作。从事铸造工作50余年，其中从事的机床铸件耐磨性，机床铸件精度稳定性，铸铁孕育剂与孕育工艺的研究，震动时效的研究与运用等科研多次获奖，发表铸造论文数十篇。在各类铸造工程师培训班进行讲课，由于理论联系实际，深入浅出，受到欢迎。

众所周知，我国机床行业在近十几年来已有举足轻重的发展，生产机床与工具的企业有4000余家。各类型的切削加工机床产量已超过100万台，机床铸件达350万t，居世界第一位。其差距是高端的数控机床挡不住进口，以美国、日本为首的工业发达国家对我国中、高端的数控机床的进口进行封锁。“2007年6月，美国开始实施的《对华高科技产品出口管制条例》中，增加了高精度转台、五轴精密加工中心、高仿真系统等军工及高技术产业专用装备的出口限制。日本经济产业省（原通产省）限制向中国出口高精度、复合加工、五轴联动以上的高性能数控机床和五轴联动高档数控系统等

产品。”

为了生产出高端的数控机床的精度与精度保持性，机床行业在北京建立了超精密机床工程技术研究中心。在成都成立了精密工具工程技术研究中心。在湖南建立了超硬材料及制品工程技术研究中心。在沈阳建立了高档数控工程研究中心。并进行了多科目的科学研究与攻关。如“纳米级加工技术及设备”，“机床工艺造型设计技术”，“虚拟轴机床技术”，“磁悬浮轴承高速主轴单元”等。但占机床重量80%以上且对机床性能有重要影响的机床铸件，与冷加工的研究相比，有较大差距。去年，国家下达了“精密数控机床铸件尺寸精度稳定性的课

题”，以提高数控机床铸件的质量。

在金属切削机床灰铸铁件技术条件中规定，以力学性能为验收的依据，化学成分不作为验收依据。如用户需要可在合同中另订。长期以来，这项规定在我国不少机床铸件生产厂造成认识上的误区：既然以力学性能为验收标准，而化学成分不作为验收标准，那么，以降低碳当量的措施达到高强度，则是最易实现的。长期以来由于我国机床铸件的高强度是在低碳当量下取得的，它对机床性能的负面影响很大，低碳当量、高强度产生的问题是：

收缩大，导致缩孔、缩松倾向增加；

残余应力大，导致尺寸精度稳定

1 基金项目：国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项资助项目（2012ZX04010031）

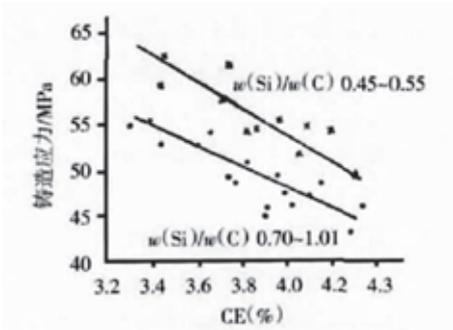


图3 碳当量对铸造应力的影响

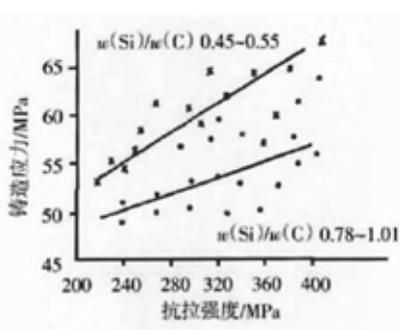


图4 抗拉强度对铸造应力的影响

表2 灰铸铁的强度与硬度

抗拉强度 (MPa)	200	240	350	380
硬度 (HBW)	163	207	255	315

加工性能与硬度的关系见3。

表3 硬度与灰铸铁的加工性能

硬度 (HBW)	160-190	190-220	220-240	>240
切削性能	易切削	切削顺利	可加工	加工困难

表4 灰铸铁切削性能的表征 ($m = \frac{Rm}{HBW}$) (德国)

铸铁牌号	GG20	GG25	GG30	GG35
加工性能指标 ($m = \frac{\text{抗拉强度}}{\text{硬度}}$)	0.95-1.18	1.04-1.39	1.15-1.50	1.25-1.67

注：在实际生产中，强度值的控制以在两级中间为宜，不必超过高一级的指标。

在灰铸铁的冶金指标中，硬化度(HG)就是衡量加工性能优劣的一个指标：

$$HG = \frac{\text{铸态试棒硬度}}{\text{正常硬度}} = \frac{HBW_{\text{实测}}}{530 - 344 S_c} \quad (\text{当 } HBW < 186 \text{ 时})$$

$$\text{或} = \frac{HBW_{\text{实测}}}{930 - 744 S_c} \quad (\text{当 } HBW > 186 \text{ 时})$$

由公式可知，共晶度 S_c 越高，硬度越低，因此在保持高强度的同时采取措施提高碳当量，才能降低硬度，即只有在高强度、高碳当量下才能较好地改善加工性能。

表5 灰铸铁碳当量与铁液的流动性

碳当量CE (%)	4.0	4.2	4.3	4.5
流动性螺旋线长度 (mm)	500	680	780	720

的精度保持性约为一年，而国外可达五年。这是我国数控机床进口量为世界第一的原因之一。

铸件中的残余应力对铸件的尺寸精度稳定性的影响是很大的。高精度的机床在加工中，引起塑性的，不可逆的变形有三个因素：工作负荷、材料刚度、残余应力。这三者中残余应力最为危险，因为其应力往往大于工作负荷，且它是持续的，不间断的。图2中a)为未经热时效的机床铸件，残余应力较大，铸件变形大。图2中b)为经过热时效后的机床铸件，残余应力较小，铸件变形较小。

在灰铸件中，残余应力是与其强度及碳当量有着密切的关系，它随碳当量的降低而增大，见图3；随抗拉强度的增大而增大，见图4。

因此，在相当长的一段时间，我国机床件的低碳当量、高强度所带来较高的高残余应力一直未能得到很好的解决。一些国外用户购买我国机床铸件后往往堆放半年或一年后再用，进行自然时效，降低与释放残余应力。因此，既要高刚度，又要低应力精度保持性。高碳当量、高强度是实现其目标最主要的途径。

1.3 机床铸件的高强度与加工性能

高精度的机床铸件，大部分都是用数控加工中心机床进行加工的。目前主轴转速从每分钟几千转，到几万转，甚至达十几万转。切削速度大幅度提高，每台数控中心皆有几百把刀具，换刀速度从十几秒到十秒、三秒，甚至达一秒。因此要求机床铸件有优良的切削性能，而现在的问题是低碳当量，不仅带来了铸铁的高强度，还带来了高硬度（见表2），导致了加工性能的恶化（见表3）。

德国企业中，常用试棒上抗拉强度与硬度之比的m值来初步表征切削性能的差别，在同样的强度下，m位越高，加工性能越优良，见表4。

1.4 机床铸件的碳当量与铸件薄壁化及缩松缺陷

在达到HT300力学性能下，其所含的碳当量不同，铸造性能中的铁液流动性与铸铁的收缩相差甚大。表5为不同碳当量下的铁液流动性；表6为不同碳当量下的收缩性，因机床铸件一般皆为亚共晶铸铁，因此碳当量越低，流动性越差，收缩越大。

由以上表可知，要使机床铸件薄壁化，减少缩松、缩孔缺陷，必须在高强度下提高碳当量。目前国外的机床比我国机床重量轻8%~10%。中型机床壁厚已达14~20mm。小型机床件壁厚已达8~12mm。低碳当量、高强度灰铸件已是实现薄壁化的严重障碍及造成缩松的重要原因。因此综合因素充分说明高碳当量、高强度、高刚度、低应力是我国高端数控机床铸件的发展方向。

表6 灰铸铁碳当量与铸铁的凝固收缩(体收缩)

碳当量CE (%)	缩松相对容积 (%)	体收缩率 (%)
4.05	0.57	2.80
4.08	0.64	3.22
1.02	0.64	2.98
3.76	0.76	3.33

表7 灰铸铁 碳当量与铸铁的固态收缩(铸件壁厚20mm)

碳当量CE (%)	3.50	3.56	3.70	3.73	3.9
自由收缩率 (%)	1.35	1.30	1.25	1.20	1.15

2 我国机床铸件质量的现状与发展方向

为了研究我国机床铸件材质的状况，“现代铸铁”杂志与郑州机械研究所分别在2012年及2014年作了两次调查，其结果给了我们许多重要启示。

2.1 碳当量与强度

机床铸件在相同的强度下，碳当量高低是衡量材质优劣的重要标志。根据调查结果，我国机床铸件尚处在中、低碳当量、高强度阶段，仅有少数

机床铸件厂已接近高碳当量、高强度材质的水平，但仍有相当距离。表8为第一次的调查结果。

由表可知，在同样强度下，国内机床件的碳当量远低于国外同牌号的碳当量。

2014年的全国机床件调查，着重调查了HT300材质的机床件，调查比较严谨，要统计连续60炉次的的数据，表9中的数据是连续60炉次的平均值。

表9与表10说明，在近2~3年内，材质的质量有所进步。以HT300为例，

表8 2012年调查的机床铸件碳当量的国内外对比

铸铁牌号		HT250				HT300				HT350			
国外机床铸件的碳当量CE (%)	平均值	3.95				3.83				3.76			
	平均值	3.75				3.60				3.48			
国内11家机床铸件生产厂的机床铸件碳当量CE (%)	各厂值	3.67	3.78	3.73	3.77	3.53	3.59	3.65	3.64	3.50	/	/	3.58
		3.90	3.75	3.66	3.77	3.67	3.65	3.50	3.70	/	3.55	/	/
		3.78	3.60	3.82	/	3.51	3.47	3.73	/	3.26	3.33	3.67	/

表9 2014年调查的机床铸件碳当量 (HT300)

铸铁牌号		HT300							
国内13家机床铸件生产厂的机床铸件碳当量CE (%)	平均值	3.68							
	各厂的60炉次的平均值	1#	3.67	2#	3.67	3#	3.74	4#	3.57
		5#	3.73	6#	3.66	7#	3.64	8#	3.76
		9#	3.72	10#	3.59	11#	3.68	12#	3.72
		13#	3.67						

注：表中1#2#.....为企业的编号。

表10.为两次调查HT300材质碳当量的对比

表10 国内机床铸件HT300材质的碳当量

碳当量CE (%)	3.47-3.59		3.64-3.68		3.70-3.76	
2012年机床铸件调查 (11个企业)	均值3.52		均值3.65		均值3.71	
	厂家	比例	厂家	比例	厂家	比例
	5/11	45.5%	4/11	36.3%	2/11	18.2%
2014年机床铸件调查 (13个企业60炉次的平均值)	均值3.58		均值3.67		均值3.73	
	厂家	比例	厂家	比例	厂家	比例
	2/13	15.4%	6/13	46.2%	5/13	38.4%

表11 高端数控机床对铸件要求中的突出问题

项目	薄壁化	高强度、高刚度与残余应力的矛盾	尺寸稳定性	高强度与切削性能矛盾	大型化	导轨耐磨
13家机床铸件生产厂的调查	厂家	10/13	8/13	7/13	5/13	4/13
	比例	77%	62%	54%	42%	30%

表12. 在生产高端数控机床铸件中难度最大的问题调查

项目	结构复杂	易变形	缩松	夹渣	薄壁	大断面	性能不合格
14家机床铸件生产的调查	厂家	10	7	7	5	3	3
	比例	71%	50%	50%	36%	21%	21%

表13 13家企业机床铸件的强度与碳当量 (60炉次平均值)

企业编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
碳当量 (%)	3.67	3.67	3.74	3.57	3.73	3.66	3.64	3.76	3.72	3.59	3.68	3.72	3.67
抗拉强度 (MPa)	325	355	320	365.7	337	339	309.8	311	328	319	332	342	330

表14. 灰铸铁与球墨铸铁碳当量对残余应力的影响

类别	编号	碳当量CE(%)	抗拉强度 (MPa)	弹性模量 (GPa)	应力框中最大的残余应力 (MPa)
灰铸铁	1	3.21	357	114	89.9
	2	3.81	322	129	34.3
球墨铸铁	3	4.23	443	161	108.8
	4	4.44	705	176	88.1

表15 灰铸铁的合金化高碳当量下可保持高强度弹性模数

式样	化学成分%						力学性能		
	CE	C	Si	Cu	Sn	Cr	抗拉强度 (MPa)	HBW	弹性模数 (GPa)
1#灰铸铁	3.21	2.69	1.50	/			357	229	114
2#灰铸铁	3.87	3.25	1.88	0.67	0.029	0.342	322	215	129

表16. 日本FC30的化学成分

项目	CE%	化学成分						
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr
FC30	3.82	3.15-3.25	1.80-2.00	0.8-1.2	<0.12	<0.12	0.4-0.6	0.2-0.4

碳当量 $<3.60\%$ 的企业,由45.5%降至15.4%。碳当量3.64–3.68%的企业,由36.3%升至46.2%。碳当量为3.70–3.76%的企业,由18.2%升至38.4%。碳当量整体平均值也由3.60%提至3.67%,但是与国际先进国家HT300材质碳当量3.83%相比,还有相当差距。因此,在2014年的机床铸件调查中发现,与此有关的问题仍然很突出。表11为就高端数控机床对机床铸件要求中突出的问题所进行的调查结果。

由表11.可知,机床铸件薄壁化;高强度、低应力;尺寸稳定性;切削性能要求在高端机床铸件要求中占前四位。而这四个问题皆与碳当量有关,说明碳当量越低,这四类问题越严重。

在生产精密机床铸件中,对那一项难度最大的调查中,选择结构复杂的企业占71%,位居第一。说明数控机床的刚性要求提高,不仅要高的材质刚性,还要对铸件的结构进行改进,实行双层壁、多层壁,形成结构复杂的铸件,给铸造带来了困难(见表-12)。

由表12可知,在调查的企业中,力学性能不合格仅占极少数,而由于在高强度下的低碳当量造成的复杂结构下的充型困难;残余应力增大而造成的变形;收缩大造成的缩松;等问题占前三位。

调查表明:对13家机床铸件生产企业连续60炉次的统计表明,没有一家企业的力学性能是不合格的,差距是达到大于300MPa高强度的碳当量偏低(见表13)。

2.2 碳当量与残余应力

郑州机械研究所实验表明:无论是灰铸铁还是球墨铸铁,低碳当量是产生高残余应力的主要原因,提高

碳当量则可有效地降低残余应力,见表-14。

由表可知:

在满足强度要求下,提高碳当量可降低残余应力,减小变形,提高尺寸稳定性;

提高强度,可有效地提高弹性模数,但其残余应力有所上升;

球墨铸铁的残余应力虽高,但弹性模数高,抗变形能力增大,有利于减小变形;

表14中2号灰铸铁的强度低于1号灰铸铁,而弹性模数却高于1号灰铸铁,其原因是在灰铸铁中弹性模量不仅与抗拉强度有关,还与成分中的合金化有关,表15.为1、2号灰铸铁的化学成分。

表14、表15表明,只要采取有力措施,对HT300灰铸铁时可以实现高碳当量(3.87%)、高强度($R_m = 322\text{MPa}$)、高刚性($E = 129\text{GPa}$)低应力(残余应力34.3MPa)的。这组试验也与日本机床铸件厂HT300的碳当量相符,见表16。

上世纪80年代,我国机床铸件的残余应力约为30MPa~100MPa。目前郑州机械研究所对全国一些具有代表性机床铸件厂进行现场测试,机床铸件的残余应力约为70MPa~150MPa,其主要原因是其材质由HT200、HT250已升至HT300、HT350.另一原因就是HT300、HT350是在较低碳当量下获得的。

调研与试验证明,要达到高刚度、低应力,采用高碳当量,高强度是合理的途径。

2.3 碳当量与弹性模数

众所周知,弹性模数随碳当量CE或石墨的增加而降

低,见图5。最近国内共享集团的试验也有相应的结果(见表-17)。

在相同碳当量下如何提高弹性模数,共享集团做了有益的搜索,见表18。

上述试验证明,提高Si/C比,合成铸铁,微量合金化是可提高弹性模数的,但仍有两点尚可改进:一是未测残余应力,二是在较底碳当量3.65%下获得。如果在高碳当量下获得高弹性模量,及低的残余应力,效果则更好。

2.4 碳当量、强度与硬度

低碳当量、高强度带来的后果之一是硬度高,切削性能下降,2014年的机床铸件调查表明,碳当量对硬度有着重要影响,见表-19。

由表可知,4#与10#企业的低碳当量、高强度灰铸铁加剧了硬度的提高。达到244~264HBW,导致加工性能指数 $m = \frac{\text{抗拉强度}}{\text{硬度}}$ 的降低,恶化了加工性能。而8#、9#企业具有较高碳当量,硬度仅为192196HBW, m值为1.58~1.70,远高于4#、10#企业的1.30~1.38。对9#企业调查表明,国外用户反映,该企业的机床铸件加工性能良好,该企业在较高CE下,也很少发生缩裂。因此,调查表明在高碳当量、高强度下是可以获得较低的硬度与较好的加工性能的。

2.5 机床铸件材质的冶金质量;

(1) 要求成熟度 $RG > 1$ ($HG =$

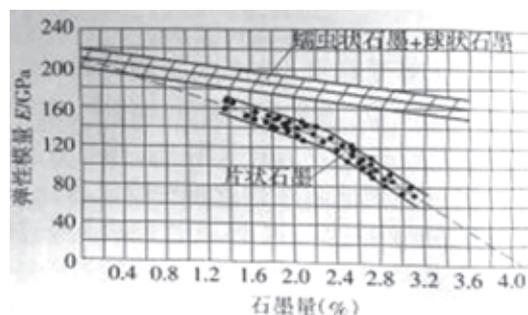


图5 石墨量对弹性模量的影响

表17 碳当量对弹性模数的影响

炉次	碳当量CE (%)	化学成分 (%)		Si/C	性能	
		C	Si		抗拉强度 (MPa)	弹性模数 (MPa)
		3.20	1.65	0.52	270	100.3
2	3.74	3.18	1.71	0.54	325	104.2
3	3.73	3.15	1.74	0.55	350	104.9
4	3.71	3.12	1.79	0.57	325	108.0
5	3.68	3.11	1.72	0.55	350	114.7
6	3.67	3.08	1.76	0.60	325	110.4
7	3.66	3.08	1.73	0.56	305	114.5
8	3.65	3.07	1.74	0.57	340	117.8
9	3.62	3.05	1.71	0.56	340	119.1
10	3.60	3.03	1.72	0.57	290	118.6
11	3.55	3.01	1.61	0.53	330	122.1

表18 提高灰铸铁弹性模数的若干措施

措施	对弹性模数的影响																																																																																								
改进配料: 采用合成铸铁, 在不加合金下可提高弹性模数31.7%	配料对灰铸铁弹性模数的影响																																																																																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">类型</th> <th colspan="3">炉料配比 (%)</th> <th colspan="3">力学性能</th> </tr> <tr> <th>废钢</th> <th>生铁</th> <th>回炉铁</th> <th>抗拉强度 (MPa)</th> <th>硬度 (HBW)</th> <th>弹性模量 (GPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>合成铸铁</td> <td>70</td> <td>0</td> <td>30</td> <td>325 310</td> <td>221 217</td> <td>128.9 136.2</td> </tr> <tr> <td>非合成铸铁</td> <td>60</td> <td>15</td> <td>25</td> <td>320 300</td> <td>217 203</td> <td>100.5 100.7</td> </tr> </tbody> </table>	类型	炉料配比 (%)			力学性能			废钢	生铁	回炉铁	抗拉强度 (MPa)	硬度 (HBW)	弹性模量 (GPa)	合成铸铁	70	0	30	325 310	221 217	128.9 136.2	非合成铸铁	60	15	25	320 300	217 203	100.5 100.7																																																													
	类型		炉料配比 (%)			力学性能																																																																																			
		废钢	生铁	回炉铁	抗拉强度 (MPa)	硬度 (HBW)	弹性模量 (GPa)																																																																																		
合成铸铁	70	0	30	325 310	221 217	128.9 136.2																																																																																			
非合成铸铁	60	15	25	320 300	217 203	100.5 100.7																																																																																			
注: 化学成分为C:3.12% Si:1.75% 未加合金																																																																																									
提高Si/C比: 在碳当量3.65%下, 将Si/C为0.51提至0.6, 可提高弹性模数23.7%	Si/C对灰铸铁弹性模数的影响																																																																																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">炉次</th> <th rowspan="2">CE%</th> <th colspan="2">化学成分%</th> <th rowspan="2">Si/C</th> <th colspan="2">力学性能</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>Si</th> <th>抗拉强度 (MPa)</th> <th>弹性模量 (GPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3.67</td> <td>3.06</td> <td>1.83</td> <td>0.60</td> <td>350</td> <td>126.8</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3.67</td> <td>3.06</td> <td>1.82</td> <td>0.59</td> <td>350</td> <td>119.8</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3.65</td> <td>3.07</td> <td>1.75</td> <td>0.57</td> <td>350</td> <td>133.1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3.65</td> <td>3.07</td> <td>1.74</td> <td>0.57</td> <td>340</td> <td>117.8</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3.66</td> <td>3.07</td> <td>1.76</td> <td>0.57</td> <td>325</td> <td>114.9</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>3.66</td> <td>3.08</td> <td>1.74</td> <td>0.56</td> <td>330</td> <td>128.7</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>3.66</td> <td>3.08</td> <td>1.73</td> <td>0.56</td> <td>305</td> <td>114.5</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>3.66</td> <td>3.09</td> <td>1.70</td> <td>0.55</td> <td>330</td> <td>109.6</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>3.68</td> <td>3.09</td> <td>1.70</td> <td>0.55</td> <td>300</td> <td>107.6</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>3.66</td> <td>3.12</td> <td>1.63</td> <td>0.52</td> <td>325</td> <td>104.6</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>3.66</td> <td>3.12</td> <td>1.60</td> <td>0.51</td> <td>325</td> <td>102.5</td> </tr> </tbody> </table>	炉次	CE%	化学成分%		Si/C	力学性能		C	Si	抗拉强度 (MPa)	弹性模量 (GPa)	1	3.67	3.06	1.83	0.60	350	126.8	2	3.67	3.06	1.82	0.59	350	119.8	3	3.65	3.07	1.75	0.57	350	133.1	4	3.65	3.07	1.74	0.57	340	117.8	5	3.66	3.07	1.76	0.57	325	114.9	6	3.66	3.08	1.74	0.56	330	128.7	7	3.66	3.08	1.73	0.56	305	114.5	8	3.66	3.09	1.70	0.55	330	109.6	9	3.68	3.09	1.70	0.55	300	107.6	10	3.66	3.12	1.63	0.52	325	104.6	11	3.66	3.12	1.60	0.51	325	102.5
	炉次			CE%	化学成分%		Si/C	力学性能																																																																																	
		C	Si		抗拉强度 (MPa)	弹性模量 (GPa)																																																																																			
	1	3.67	3.06	1.83	0.60	350	126.8																																																																																		
	2	3.67	3.06	1.82	0.59	350	119.8																																																																																		
	3	3.65	3.07	1.75	0.57	350	133.1																																																																																		
	4	3.65	3.07	1.74	0.57	340	117.8																																																																																		
	5	3.66	3.07	1.76	0.57	325	114.9																																																																																		
	6	3.66	3.08	1.74	0.56	330	128.7																																																																																		
	7	3.66	3.08	1.73	0.56	305	114.5																																																																																		
	8	3.66	3.09	1.70	0.55	330	109.6																																																																																		
9	3.68	3.09	1.70	0.55	300	107.6																																																																																			
10	3.66	3.12	1.63	0.52	325	104.6																																																																																			
11	3.66	3.12	1.60	0.51	325	102.5																																																																																			

措施	对弹性模数的影响						
微量合金化： 加入微量Sn0.04%~0.06%， 可提高弹性模量17.6%	微量Sn对灰铸铁弹性模量的影响						
	Sn加入量%	CE%	化学成分%			力学性能	
			C	Si	Sn	抗拉强度 (MPa)	弹性模量 (GPa)
	0	3.65	3.09	1.70	0.0046	300 310	109.6 108.4
	0.05	3.64	3.08	1.68	0.049	335 350	125.9 125.3
0.10	3.66	3.09	1.71	0.091	320 305	126.7 129.8	
目前在碳当量3.65%下达到的弹性模量水平	生产条件：配料为合成铸铁（废钢70%，回炉铁30%）； 低N、低S、渗碳剂； 过热温度1510℃~1520℃；静置5~10min； 孕育剂为Si-Ba、孕育剂加入量0.4%； 加Sn 0.04%~0.06%；						
	测试结果： 微量Sn对灰铸铁弹性模量的影响						
	碳当量%	化学成分%			力学性能		
		C	Si	Sn	抗拉强度 (MPa)	弹性模量 (GPa)	
	3.65	3.07	1.75	0.045	300 310	123.2 131.7	

表19 碳当量对强度、硬度、加工性能的影响 (4个企业60炉次的平均值)

类别	企业编号	碳当量 (%)	化学成分%				力学性能		加工性能 m值
			CE	Si	Cu	Cr	抗拉强度 (MPa)	硬度 (HBW)	强度/硬度
低CE	4	3.57	3.01	1.70	0.72	/	365	264	1.38
	10	3.59	3.01	1.76	0.4	0.3	319	244	1.30
高CE	8	3.76	3.13	1.90			311	196	1.58
	9	3.72	3.13	1.73	0.3		328	192	1.70

表20 HT300机床铸件材质的冶金质量

类别	企业编号	碳当量CE(%)	共晶度	力学性能		成熟度 (RG)	硬化度 (HG)	品质系数 (Qi)
				抗拉强度 (MPa)	硬度 (HBW)			
低CE	4	3.57 C:3.01%、Si:1.70%	0.81	365	264	1.04	1.05	0.99
	10	3.59 C:3.01%、Si:1.9%	0.82	319	244	0.93	0.98	0.94
高CE	8	3.76 C:3.13%、Si:1.9%	0.86	311	196	0.996	0.84	1.18
	9	3.72 C:3.13%、Si:1.73%	0.85	328	192	1.02	0.80	1.27

表21 机床铸件厂铁液温度的调查

2012年				2014年			
参加调查企业11家				参加调查企业13家			
1500℃-1512℃	4家	占36%		1480℃-1550℃	8家	占62%	
1480℃	2家	占18%		1480℃	3家	占23%	
1410℃-1450℃	5家	占46%		1420℃-1440℃	2家	占15%	

表22 HT300材质机床铸件的废钢配比调查

项目	2012年			2014年		
参加调查的企业	10家			12家		
废钢配比	60%~80%	2家	占20%	100%	1家	占8%
	50%	3家	占30%	60%	2家	占17%
	40%~45%	3家	占30%	50%~55%	7家	占58%
	30%~34%	2家	占20%	20%~43%	2家	占17%

表23 高端数控机床铸件的化学成分

类别	平均碳当量	化学成分 (%)					合金 (%)		
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	其他
HT250	3.95	3.25-3.35	1.85-2.05	0.8-1.2	<0.12	0.06-0.12	0.4-0.6	0.2-0.4	Cu、Sn
HT300	3.83	3.15-3.25	1.80-2.00	1.0-1.3	<0.12	0.06-0.12	0.4-0.6	0.2-0.3	
HT350	3.76	3.10-3.20	1.75-1.95	1.1-1.4	<0.12	0.06-0.12	0.4-0.6	0.2-0.3	

表24 高端数控机床铸件的配料

类别	配料比例 (%)		
	废钢	回炉料	新生铁
HT250	50-55	40-45	<10
HT300	60-70	35-40	<5
HT350	70-80	20-30	0

表25 铸铁的过热温度(℃)

类别	HT250	HT300	HT350
过热温度(℃)	1480-1500	1510-1540	1520-1550

表26 日本铸造企业的铁液出炉与浇注温度

工厂名称	吉田铸工所	池贝铸工	东芝机械	丰田工机	东海铸造
出炉温度(℃)	1510	1520-1550	1510	1480-1510	1510-1550
浇注温度(℃)	1420-1380	1410-1370	中体1380-1400 大体1350-1370	平均1370	1420-1370

表27 高端数控机床铸件灰铸铁材质的弹性模量与残余应力

类别	弹性模量 (GPa)		残余应力 (MPa)	
	英国密烘公司	国内	退火前	退火后
HT250	120	110	<40	<20
HT300	135	125	<50	<20
HT350	145	135	<60	<20

表28 打箱温度对铸件残余应力的影响

项目	打箱温度(°C)	
	500	200
残余应力(MPa)	70.2	56.5

注: 残余应力系指试样中最大的残余应力

表29 热时效工艺

热时效工艺	退火温度	升温速度	保温时间	降温速度	炉温温差
工艺参数	590°C	30°C/h	4h	30°C/h	±5°C

表30 热时效对消除残余应力的影响

类别	灰铸铁			球墨铸铁		
	时效前	时效后	降低应力	时效前	时效后	降低应力
残余应力(MPa)	34.3	19.9	42%	88.1	26.3	70.1%

表31 机床铸件热时效操作重点

项目	操作重点
升温速度	在30°C~80°C/h之间, 大型与复杂机床件在30°C~50°C/h范围内, 某厂9m工作台升温速度100°C/h, 导致断裂
退火温度	500°C~550°C, HT300、HT350为550°C~590°C
保温时间	保温时间按每小时热透25mm计算, 如壁厚75mm则保温3h, 大型及复杂件再加1h
降温速度	应为30°C/h
炉内铸件支撑合理	500°C~600°C时, 铸件强度、弹性模量皆有下降, 极易变形。故要做好铸件支撑, 工作台要侧放, 长型件要多点支撑, 铸件间隙应大于100mm, 保持炉气畅通
炉内温度控制	温差应控制在±20°C以内。一些企业往往因为炉内温差过大, 导致热时效后残余应力不降反升
热时效次序	热时效应在粗加工之后进行

表32 江苏某机床铸件生产企业的质量控制

项目	质量控制																																											
铁液温度	冲天炉熔炼: 1500°C~1520°C 电炉熔炼: 1520°C~1550°C																																											
废钢配比	HT250 废钢53% HT300 废钢60%																																											
化学成分与合金化	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">牌号</th> <th colspan="8">化学成分(%)</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>Si</th> <th>Mn</th> <th>P</th> <th>S</th> <th>Cu</th> <th>Cr</th> <th>Sn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HT250</td> <td>3.1~3.4</td> <td>2.0~1.7</td> <td>0.6~1.0</td> <td><0.15</td> <td><0.1</td> <td>/</td> <td>/</td> <td>/</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">HT300</td> <td>3.0~3.3</td> <td>1.8~1.6</td> <td>0.8~1.1</td> <td><0.15</td> <td><0.1</td> <td>0.5~0.6</td> <td>/</td> <td>0.02~0.03</td> </tr> <tr> <td>3.0~3.3</td> <td>1.8~1.6</td> <td>0.8~1.1</td> <td><0.15</td> <td><0.1</td> <td>0.5~0.6</td> <td>0.15~0.25</td> <td>/</td> </tr> </tbody> </table>	牌号	化学成分(%)								C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Sn	HT250	3.1~3.4	2.0~1.7	0.6~1.0	<0.15	<0.1	/	/	/	HT300	3.0~3.3	1.8~1.6	0.8~1.1	<0.15	<0.1	0.5~0.6	/	0.02~0.03	3.0~3.3	1.8~1.6	0.8~1.1	<0.15	<0.1	0.5~0.6	0.15~0.25	/
	牌号		化学成分(%)																																									
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Sn																																			
	HT250	3.1~3.4	2.0~1.7	0.6~1.0	<0.15	<0.1	/	/	/																																			
HT300	3.0~3.3	1.8~1.6	0.8~1.1	<0.15	<0.1	0.5~0.6	/	0.02~0.03																																				
	3.0~3.3	1.8~1.6	0.8~1.1	<0.15	<0.1	0.5~0.6	0.15~0.25	/																																				
品质系数Qi	<table border="1"> <thead> <tr> <th>牌号</th> <th>品质系数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HT250</td> <td>Qi=1.1~1.14</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">HT300</td> <td>加Cu、Sn者 Qi=1.14~1.18</td> </tr> <tr> <td>加Cu、Cr者 Qi=1.16~1.26</td> </tr> </tbody> </table>	牌号	品质系数	HT250	Qi=1.1~1.14	HT300	加Cu、Sn者 Qi=1.14~1.18	加Cu、Cr者 Qi=1.16~1.26																																				
	牌号	品质系数																																										
	HT250	Qi=1.1~1.14																																										
HT300	加Cu、Sn者 Qi=1.14~1.18																																											
	加Cu、Cr者 Qi=1.16~1.26																																											

项目	质量控制				
加工性能	1. 加工硬度值<220HBW, 加工性能优良 2. 导轨硬度均匀				
	类别	重量	导轨硬度 (HBW)		
			端头1	中间	端头2
	磨床床身	2570Kg	长V导轨	250	210
长平导轨			250	200	205
薄壁加工面			210	215	220

表33 江苏某机床铸件厂高碳当量、高强度灰铸铁质量指标

牌号	碳当量		化学成分 (%)					力学性能		Si/C	成熟度 RG	相对硬度 RH	硬化度 HG	品质系数	样品数量
			C	Si	Mn	Cu	Sn	抗拉强度 (MPa)	硬度 (HBW)						
HT300	3.7-3.8	3.75	3.15	1.77	0.91	0.52	0.25	353.6	277.1	0.56	1.11	0.89	0.96	1.16	47
	3.8-3.9	3.84	3.24	1.78	0.91	0.54	0.025	336.6	223.6	0.55	1.13	0.90	0.98	1.15	67
	3.9-4.0	3.94	3.32	1.80	0.91	0.55	0.025	322.2	221.9	0.54	1.15	0.92	1.01	1.14	16

$$\frac{R_m \text{ (MPa)}}{1000 - 800 Sc}$$

RG>1, 表明在同样强度下, 碳当量(或共晶度)高。导致铸铁收缩小、流动性好、残余应力低

$$(2) \text{ 要求硬化度 } HG < 1 \text{ (} HG = \frac{\text{硬度 (HBW)}}{530 - 344 Sc} \text{)}$$

HG<1, 表明在同样强度下, 碳当量(或共晶度)高、硬度低, 加工性能优良。表20为2014年机床铸件中材质冶金质量的调查。

由表可知, 低碳当量、高强度、高硬度的4#、5#企业的冶金质量基本上不合格。4#的成熟度虽为1.04, 但是它是在高硬度下得到, 其硬化度不合格, 为1.05。所以它的品质系数未能达到合格。说明它抗拉强度有富余, 完全可以适当提高CE, 适当降低强度与硬度, 提高冶金质量。而10#企业基本上属于低碳当量、高强度、冶金质量较差。8#、9#企业, 冶金质量优良, 品质系数达到1.18~1.27, 尤其是9#企业,

国外用户反映良好, 抗拉强度高, 平均328MPa, 硬度低, 平均190HBW, 加工性能、铸造性能好, 很少发生缩孔、缩裂, 在2014年调查中, 残余应力也是最低的。这与9#企业铸铁高CE, 优良的冶金质量是分不开的。

2.6 铁液温度的调查

2014年国内机床铸件生产的铁液温度与2012年相比有了明显的提高, 见表21。

高温低氧化的优质铁液是保证高碳当量、高强度灰铸铁冶金质量的重要基础。

2.7 废钢配比的调查

废钢配比是保证高碳当量、高强度灰铸铁的重要措施之一。表22为两次调查的结果。

2014年在12家机床件生产企业的调查中, HT300材质的废钢配比为50%以上的企业占83%, 与2014年的50%相比, 有了相当的提高。

3 提高高端数控机床铸件质量的关键技术

3.1 推荐的化学成分(见表-23)

生产控制时, 重要的是成分的波动值要小, C要达到±0.05%, Si、Mn要达到±0.10%。合金要在目标值范围内。

3.2 推荐的配料比例(见表24)

控制的关键是把高废钢比、高渗碳、高铁液过热温度进行统一控制, 缺一不可。

3.3 过热温度与静置(见表-25)

静置时间: 5~10min

3.4 推荐的Si/C比

HT250、HT300、HT350材质可将Si/C控制在0.58-0.60的范围内。

3.5 孕育剂与孕育工艺

孕育剂: 可采用75Si Fe或Si Ba Ca孕育剂, 保存时要注意封闭保存, 防止吸潮氧化。使用前进行400℃的预热处理。孕育方式: 可采用出铁槽孕育+随流孕育, 或倒包孕育+随流孕育, 防止

孕育衰退。

3.6 浇注温度

适当提高浇注温度是必要的,虽然浇注温度提高后液态收缩加大,需要加强补浇补缩,但有利消除夹渣与气孔。表26为日本企业的浇注温度。

3.7 炉前控制

(1) 要有孕育前后的三角试块白口深度控制,虽很传统,但实用、方便,对炉前的操作技术人员与工人的快速判断十分有利。如果将三角试块白口大小与孕育效果,金相组织,热分析曲线及力学性能等相联系,则有利于铸铁质量的在线控制。

(2) 热分析曲线分析,用孕育前后的过冷度比较控制孕育效果,该方法已在德国应用,并与冶金质量指标、共晶团数、弹性模数建立关系。目前机床铸件的炉前热分析,合肥工业大学、清华大学都作了大量试验工作,希望能尽快在工厂中应用。

3.8 弹性模量与残余应力的测试工作

表27为推荐的机床铸件材质的弹性模数与残余应力。

弹性模数与残余应力是高端数控机床铸件材质的重要指标,而高碳当量、高强度是实现高刚度、低应力的途径。这四个数据的监测及数值高低,代表着高端数控机床铸件的质量与水平。

3.9 打箱温度与残余应力

检测表明,打箱温度对铸件残余

应力有着重要影响,见表28。

3.10 热时效与残余应力

为了最大程度的检测热时效的效果,对应力框试样采用了下列工艺,见表-29。

热时效结果见表30。

目前不少企业20t~140t以上的大型机床件往往实行地坑保温工艺,则保温时间应以铸件的出坑温度为准,以<280℃为宜。

在2014年的调查中,一些企业的热时效流于形式,效果甚微。为了提高热时效降低残余应力的效果,应注意热时效按表-31中的事项进行。

关于自然时效要注意的两个问题是:一是自然时效的时间一定要在6个月以上。研究表明,达到6个月才能使残余应力松弛,降低总量达到90%,9个月后可达到95%。二是自然时效的铸件必须置于室外,只有在昼夜热冷温度交替下才能达到时效目的。

在2014年5月的北京国际铸件展会上,江苏某机床铸件生产企业的机床件引起铸造工作者的关注。该企业较全面地贯彻了高碳当量、高强度的理念,在数控机床铸件对质量控制上取得了良好的结果,见表32。

根据该企业的生产数据,HT300已达到了高碳当量、高强度的水平,见表-33。

该企业表明,高端数控机床铸件

所需要的高碳当量、高强度、高刚度、低应力是可以铸造成功的。

4 结论

(1) 高碳当量、高强度、高刚度、低应力是高端精密数控机床铸件材质的核心要求。

(2) 采用高端机床铸件生产的成套技术,是可以达到高碳当量、高强度、高刚度、低应力的质量指标要求的。**7**

参考文献

- [1] 马敬仲、袁亚娟,由若干企业的调查数据看我国机床铸件质量及其发展方向,现代铸铁2014年4月
- [2] 高瑛、马敬仲,铸件的变形与实效[M]北京:机械工业出版社,1985:5-14
- [3] 马敬仲,抓住关键技术提高机床铸件质量[J].铸造,2011,60(7):666-672
- [4] 曲泽茂、原晓雷,提高灰铸铁弹性模量的研究
- [5] 李克锐,第二次全国机床铸件调查,郑州机械研究所,(内部资料)
- [6] 卫东海、李克锐等,降低铸铁件残余应力的研究及在机床床身上的应用;高刚度低应力球墨铸铁的研究与应用;高强度高弹性模量低应力铸态球墨铸铁的研究;机床床身铸件的数值模拟及残余应力研究;碳当量对铸态高强度球墨铸铁残余应力的影响;铸铁件应力与变化的数值模拟及试验研究;(课题总结资料,待发表)

(上接05页)

各位代表,刚刚闭幕的北京APEC会议,彰显了我国的大国风范,对国家经济社会的振兴发展,必然产生积极影响,我们要乘势而上。装备制造业是国家之重器,我们有责任守护这一

荣耀,有义务再创新的辉煌。让我们携起手来,紧密团结在以习近平为总书记的党中央周围,肩负使命,拼搏进取,求真务实,开拓创新,为早日实现机械强国和中华民族伟大复兴的宏伟目

标,做出新的更大贡献!

最后,预祝大会取得圆满成功!祝各位代表身体健康,事业有成!

地面武器数字化装配技术应用研究

叶召伟, 黄殿霞

湖北三江航天万山特种车辆有限公司, 湖北孝感, 432000

摘要: 在对近10年国内外数字化装配技术进行广泛的资料搜集和系统分析, 并对国内正在实施数字化装配技术的军工企业进行实地调研的基础上, 系统总结了数字化装配技术的研究应用现状。并结合地面武器型号制造企业的实际特点, 指出数字化装配技术应用研究内容, 以及实施时应关注的重点。

关键词: 数字化装配; 地面武器型号; 数据管理

Digital Assembly Technology for Ground Weapon

Zhaowei YE, Dianxia HUANG

Hubei Sanjing Space Wanshan Special Vehicle Co. Ltd, Xiaogan432000, China

Abstract: Based on the analysis of nearly 10 years of domestic and foreign digital assembly technology literature, and the investigation of the relevant military enterprises, this paper summarizes the research progress and application status of digital assembly technology systematically. According to the characteristics of the enterprise of ground weapon, the paper points out the focus of research and implementation process.

Keywords: digital assembly; ground weapon; data manage

1 引言

数字化装配技术是近年来军工制造业最为热门的词汇之一。上世纪80年代以来, 以波音、空客、洛克希德·马丁为代表的飞机制造企业在数字化装配技术上取得了巨大的成功^[1]。中国的飞机主机厂在利用为波音等飞机公司配套的机会也在本世纪第一个十年进行了大量的应用, 而且取得了一系列的成果, 如陕飞的DELMIA项目已经实现了某型号飞机舱段的数字化装配与仿真, 使这一先进技术从概

念变成了日常使用的工具^[2]。

特种车辆等地面武器型号产品与飞机产品在以下方面相似: 客户需求、产品组成、产品技术、制造过程和项目管理复杂, 研制周期长, 以及多品种、小批量等特点。在缩短研制周期, 提高产品质量稳定性、可靠性, 加工过程可控、可追溯、可量化分析等方面, 传统手段已经难以有所突破。

利用数字化装配技术, 设计、工艺、制造以三维模型为核心并行开展工作, 工艺、制造可直观理解设计意图, 协助设计完善模型, 并将设计模型

转为制造过程的工艺模型加以应用, 并通过工艺过程仿真工具进行工艺验证和优化, 有望成为地面武器型号产品工艺制造环节应对挑战的突破口。

2 国内外研究应用现状

2.1 数字化装配技术内涵

狭义的数字化装配技术是指利用数字样机对产品可装配性、可拆卸性、可维修性进行分析、验证和优化, 以及对产品的装配工艺过程包括产品的装配顺序、装配路径以及装配精度、装配性能等进行规划、仿真和优化,

从而达到有效减少产品研制过程中的实物试装次数,提高产品装配质量、效率和可靠性的技术^[3]。

广义的数字化装配技术还包括与设计的协同工作、制造现场应用、数字化制造环境下的流程再造等内容^[4]。

2.2 国外研究应用现状

国外对数字化装配技术的研究主要有两个方向,其一是偏向于设计初始阶段对装配模型进行更为直观的体验,也叫虚拟仿真技术,即VR。如美国Sandia国家实验室的Archimade几何装配规划系统;NIST和德法意联合的STAR MATE项目。主要的商品化的软件有达索DELMIA、UGS VisMockup、PTC DIVISION Mockup、德国的ICIDO等。其二是偏向于工艺制造应用的规划与仿真软件,具有代表性的商品化软件有达索DELMIA、西门子NX、PTC ProductView。后者的应用以波音、空客、洛克希德·马丁等为代表。如波音787、空客380、洛克希德·马丁JSF战机的MBD技术应用。JSF战机在应用MBD技术之后,单架研制周期由15个月减少为5个月,工艺装备由350件减少为19件,制造成本降低约为50%^[5]。

2.3 国内研究应用现状

国内VR技术研究主要有曼恒、中视典等,其应用方向包括工业仿真、城市规划、医疗等。北京航空航天大学建立了虚拟仿真国家重点实验室,

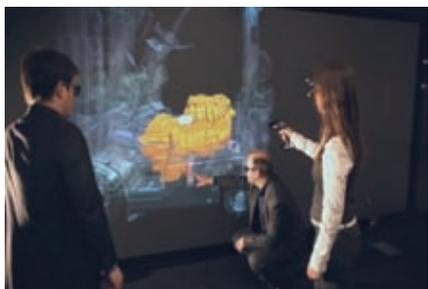


图1 VR工业仿真

目前江苏省也正在建设虚拟仿真实验室。工业应用主要在装甲兵工程学院、武汉海军工程学院、中广核集团,主要的应用形式为武器的虚拟拆解示教、事故应急处理演示等。

国内偏向产品装配过程的应用主要以航空工业的主机厂的数字化装配为主。已经实现实际应用的数字化装配技术应用案例或者相关技术应用案例有:成飞的构件管理技术、陕飞的DELMIA项目、西飞的脉动生产线等。目前中国船舶、兵器和航天科工集团也有部分总装厂在实施DEMIA项目或Tecnomatix项目。国产数字化装配工艺规划软件主要有武汉开目公司的3DCAPP和北理工的虚拟装配工艺规划软件等。

3 地面武器数字化装配技术研究内容

3.1 设计与工艺、制造的协同

随着数字化设计技术的成熟应用,部分型号特种车及上装部分已经实现了三维建模,工艺无需等到全部设计图纸完成即可提前了解设计意图,并能提前参与工艺性审查。数字化技术的应用将改变传统串行的产品研发模式,实现并行工程。但并行工程的实现也对现行的数据传输模式提出了新的要求。具体表现如下:

工艺、工装部门可以在产品设计任意阶段查看模型,并能在模型数据

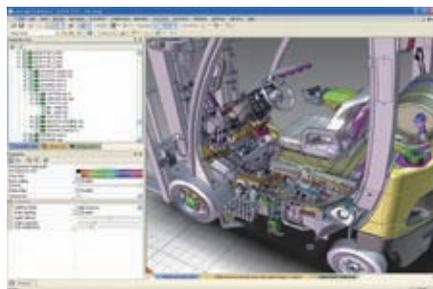


图2 三维装配工艺规划

管理系统中提交工艺审查以及工装设计建议,以便于设计完善设计或预留工装定位安装基准。

产品设计确定后,根据产品设计模型直接生产EBOM,工艺和生产部门通过调整直接生成PBOM和MBOM,利用同一数据源以减少数据人工转换导致的数据错误。

产品模型变更信息需要通过系统传递至工艺端,减少变更信息由于人工传递导致的周期过长。

结合地面武器型号产品多厂所异地协作的特点,需要在制造企业建立数据库对不同来源的三维模型数据进行统一管理。

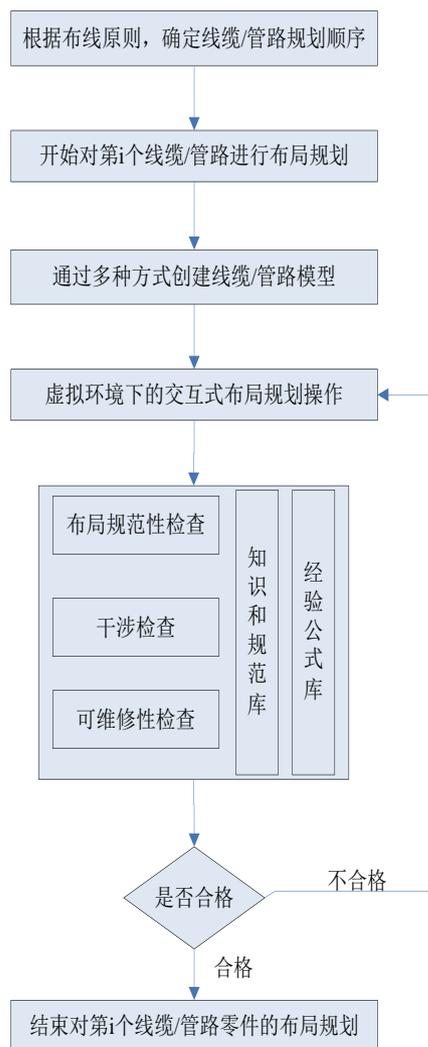


图3 工艺仿真流程(管路/线缆)

3.2 数字化装配工艺规划与仿真技术研究

数字化装配工艺规划与仿真是指,工艺部门接收产品设计部门签发的产品结构EBOM、三维模型、技术要求等信息后,结合工厂能力和特点,调整EBOM生成PBOM,规划装配顺序,并对装配工艺进行仿真,最后发放至生产现场供操作者和检验员使用。

数字化装配工艺规划与仿真主要包括:三维模型转换、三维工艺过程建模、结构化工艺设计、工装设计、仿真验证等,最终形成基于模型定义的MBI。

3.2.1 三维模型转换

由于地面武器产品多地多部门协同的特点,产品模型常不是由同一三维建模软件绘制的;在装配工艺规划端需要的模型数据信息也比产品设计时少;根据实际情况,工艺与制造部门的硬件设施也难以达到产品设计部门的水平,因此需要将不同建模软件设计的三维模型转换为工艺规划所需要的通用的轻量化模型,且轻量化的模型便于快速浏览与编辑。

3.2.2 三维过程建模

为保证装配质量,经常需要将上装某系统的零部件调整至底盘上装配,或者逆向操作,诸如此类,需要工艺部门调整产品装配顺序。必要情况下,需要考虑留加工余量,在装配完成后进行后续去材加工,或增加工艺定位孔等。

3.2.3 结构化工艺

地面武器型号产品经常为适应其

他系统变化而改变结构,因此确定了小批量、多品种的特点,给工艺准备的时间越来越短,既要保证质量又要按时完成,需要对工艺编制模板进行模块化定义,实现在工艺规划过程中,直接调用产品模型、工艺知识、工厂资源,实现工艺快速编制。

3.2.4 数字化工装设计

充分利用产品模型进行工装快速设计,并通过仿真提高工装设计质量。工装不仅应用于产品正式装配,在装前检验时也经常应用,如大型结构件用传统方法无法检验,需等到装配时才能验证时,就有必要根据关键接口制作工装进行提前验证。后文提及的数字化检测技术也提供了一种装前检验的方法。

3.2.5 数字化装配工艺仿真验证

对装配工艺规划的顺序进行仿真,对结构干涉、操作空间等进行提前验证。针对液压管路和线缆可以提前查看布局的合理性,并考虑结构件机构运动过程中(行驶状态下,或者根据路谱设定震动等)液压管路和线缆的运动情况,提前验证干涉、磨损等情况^[9]。

3.3 数字化大尺寸测量技术

对于大型结构件,传统手段难以测量大尺寸,试装工作量大,为避免试装,需要设计大型工装进行装前检验。运用iGPS技术可以通过对特征点位置信息还原,重新生成模型基本结构外形,在运用数字化装配仿真工具进行预装配,可以避免试装或设计检测工装。配以升降移动平台之后还可以实现精确对接。

3.4 数字化装配工艺的现场应用

数字化装配技术使静态的二维纸质文件转变为动态的三维动画文件。需要设计新的工艺文件发布与查看系统。目前常用的显示终端为55寸的红外触摸屏,也有13寸PAD的应用。

随着工艺装备的迅速发展,特别是机器人的广泛应用,使数字化装配技术的现场应用不局限于查阅。利用iGPS系统(或大型桁架工装)对部件定位后,利用三维模型直接进行孔位的编程,机器人按程序进行精密制孔、铆接等配作工作。

3.5 数字化质量信息反馈

取消纸质工艺文件后,装配质量信息不能通过纸质文件进行记录,因此催生了条形码技术。操作者通过条形码技术接收、汇报工作任务。

检验员将装配质量信息直接录入系统,实现检验数据的全面记录,并便于统计分析。

3.6 容差分配技术

容差分配技术在飞机行业等尺寸链非常复杂情况下作用显著,对于地面武器系统,也有部分复杂零部件可以用到容差分配技术。结合装配准确度、装配变形及误差传递过程,分析和优化装配容差,实现装配容差的数字化分配。

3.7 多系统集成技术

控制系统是数字化装配的大脑,但是在数字化装配过程中,与装配相关的硬软件系统众多,数据处理方式多样,设计数据、工艺数据、测量数据、定位数据、制孔数据、连接数据等之间存在大量的交互与协调,而多系统集成控制技术便是实现交互与协调的基础,主要需要关注:设计数据、工艺数据、工装数据、检验数据、设备

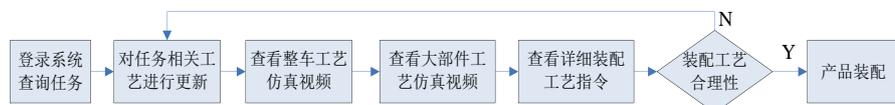


图4 现场应用流程

数据等数据之间的处理标准;设计数据管理系统、工艺数据管理系统、车间执行制造系统、企业资源管理系统等之间接口与集成技术。

3.8 规范体系的建设

数字化装配技术应用后,工艺、制造环节业务流程发生重大变化,原有的规范体系已经不再使用新技术。在数字化设计技术应用过程中,已经形成了一部分标准规范,如国际标准化组织的ISO 16792《技术产品文件—数字化产品定义数据实施通则》、我国的GBT24734《数字化产品定义数据通则》,以及一些行业或企业标准,如波音公司的BSD-600系列标准^[7]。在工艺、制造环节需要根据这些已成型的标准规范结合设计部门形成的设计规范建设数字化装配技术规范体系。在制造企业主要分为以下两类标准:

数据管理类的标准规范,以保证分站数据库建设后能够实现数据的顺利传递;

工艺设计类的标准规范,数字化装配工艺方案规划相关技术规范、飞机数字化装配仿真技术规范等。

4 数字化装配工艺在某型号产品上的应用探索

根据以上分析,可见数字化装配技术的应用是一个系统工程,必须全局考虑、分布实施。对于制造企业,工具型的软件应用风险最小,其实用性最易判断。

作为地面武器总装厂,万山公司选用了某型号产品进行了数字化装配技术的应用探索。探索从三维可视化工艺开始,利用某三维装配工艺规划软件对该型号产品的结构装配进行了可视化工艺编制。工艺设计人员接收三

维产品模型之后,结合技术要求,相比较二维设计图纸,能够快速理解设计意图。三维可视化工艺编制流程如图5所示。

三维装配工艺编制软件功能菜单如图6所示,国内外相关软件功能菜单类似。

编制的三维工艺文件表现形式如图7、图8所示。

工艺由二维转换为三维之后,其指导性增强,理解难度降低、理解歧义减少,并且能够实现装配顺序仿真与部分的干涉检查。在提高工艺质量的同时,也对现有条件提出了更高的要求:

- (1) 工艺人员的三维软件掌握程度需要提高;
- (2) 对计算机硬件要求提高;
- (3) 版本的控制需要与设计部门的数据管理接轨;
- (4) 需要增加操作者反馈信息的传递流程设计。

除以上细节外,第3章所述及的内容也需要系统的考虑。

5 结论与展望

本文在大量搜集国内外数字化装配技术应用情况的资料并进行系统分析后,归纳总结了地面武器型号产品数字化装配技术的主要研究内容。并介绍了利用某三维装配工艺软件对某型号产品进行工艺规划的应用探索。

数字化装配技术在过去的20年里对航空航天等军工企业产生了深刻影响,随着数字化设计技术和相关标准规范的逐步完善,数字化装配技术必将在制造企业应用,且不仅仅是装配,还会延伸至零部件加工。即使还没有一家企业完全实施了数字化装配技术,

(下转41页)

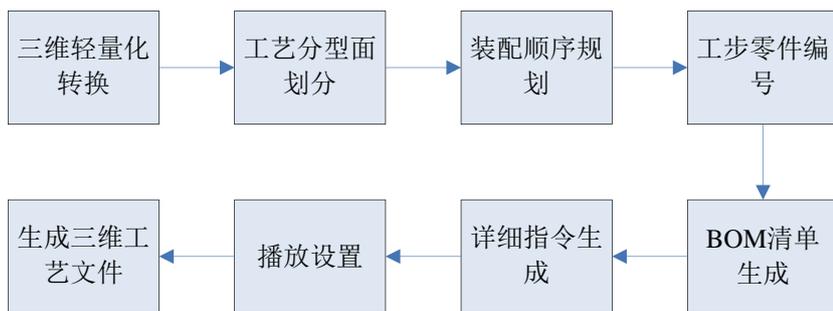


图5 三维装配工艺编制流程



图6 三维装配工艺编制流程

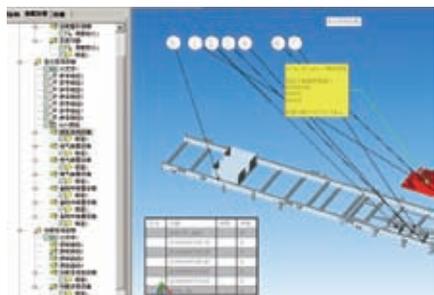


图7 三维装配工艺编制界面



图8 三维装配工艺局部放大功能

LTCC滤波器综述及制造工艺研究

王颖麟 贾少雄

中国电子科技集团公司第二研究所, 山西 太原 030024

摘要: 本文简述了LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramic 低温共烧陶瓷技术) 滤波器常见的两种版图结构, 在此基础上重点阐述了一种结构紧凑的600MHz低通滤波器的设计, 及在这种滤波器制造过程中遇到的工艺难题及解决办法。该滤波器采用介电常数为7.8、损耗角正切为0.006的微波陶瓷材料, 并用场路结合的方法完成其设计, 整个器件的尺寸为5.1mm×3.3mm×1.6mm。运用矢量网络分析仪对加工出来的样品进行测试, 通过测试数据可以看到, 通带最大插入损耗为1.8dB, 满足设计指标的要求。该滤波器尺寸小且具有良好的频率响应曲线, 在小型化微波通信系统及雷达系统中有着广阔的应用前景。

关键词: LTCC滤波器; 版图结构; 工艺; 插入损耗

中图分类号: TN713 **文献标识码:** A

The Summarization of LTCC Filter and The Research of Manufacture Process

Xingming

The Second Research Institute of CETC, Taiyuan 030024, CHINA

Abstract: Firstly a variety of layout structure of LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic) filter are introduced in this paper, then the advantage and disadvantage are analyzed in brief. Finally the process difficulties and the corresponding solution were presented which has been occurred during the manufacturing process. Emphasis is placed on the design of 600MHz low pass filter with compact size. The LTCC material is a dielectric constant ϵ_r of 7.8 and a loss tangent of 0.006, the outline dimension of the filter is 5.1mm×3.3mm×1.6mm. Furthermore, the filter is designed by the method of combine electromagnetism with circuit. The product sample was tested by using vector network analyzer, the results show that the maximum insertion loss in passband is 1.8 dB and match very well with the design requirement . The filter has small size and excellent frequency property. It can be widely employed in compact microwave communication systems and radar systems.

Keywords:LTCC Filter; layout structure; process

1 引言

滤波器是无线通信系统不可或缺的重要器件, 起到频带和信道选择的作用, 并且能滤除谐波, 抑制杂散, 其性能的优劣往往直接影响整个通信系统的性能指标。随着信息产业和无线

通信系统的蓬勃发展, 微波频带出现了相对拥挤的状态, 频带资源的划分更加精细, 分配到各类通信系统的频率间隔也越来越密, 因此对滤波器的性能提出了更高的要求。近年来随着微波毫米波系统小型化要求的提高, 各种电路工艺如薄膜技术、多层电路

板技术、陶瓷技术受到越来越多的关注。LTCC技术多层布线的特点

性能充分利用三维空间, 在基板内埋植电容、电感、天线等无源器件, 集成度高, 尺寸小, 射频性能优良, 并且拥有优异机械、热学及工艺特性, 将成为未来电子器件集成化、模块化

的首选。LTCC技术的一个重要应用就是制作小型化滤波器等无源器件。

2 LTCC滤波器常见版图结构

1985年, M.Sagawa提出了多层陶瓷滤波器的概念, 由于LTCC技术在器件小型化方向的巨大优势, 在LTCC技术提出以后很快就应用到滤波器、双工器等无源器件的开发中。此后研究者们围绕着如何利用LTCC技术来解决滤波器的小型化和提高滤波器性能进行了大量的研究, 提出了很多不同结构来实现LTCC多层滤波器。

目前LTCC滤波器有两种结构形式。一种是集总结构, 集总元件构成的滤波器电路由串、并联交叉连接的谐振器构成。通过MIM电容以及螺旋电感, 并将这些器件通过通孔连接, 来实现特点功能的滤波器, 考虑到LTCC工艺制作的因素, 滤波器一般不会超过3阶。一种是微带线耦合结构, 包括交指形耦合、梳状线、宽边耦合等。目前一般通过插入损耗法来设计滤波器, 通过电路和电磁场的相结合的方法, 即迅速又准确的设计出相应指标的滤波器。集总参数电路适用于较低频率, 采用通孔连接, 版图直观, 低插入损耗高阻带衰减。耦合结构适用于较高频率, 体积可以做到很小, 缺点是各谐振器间的耦合对传输线的间距很敏感, 对工艺要求较高, 阻带衰减特性不如集总元件理想, 在其他频率处存在另外一些寄生通带。

3 滤波器设计

本设计采用的材料为DuPont951PT型LTCC陶瓷材料及配套浆料, 其相对介电常数为7.8, 损耗角正切0.006, 烧结前基板厚度 $114\mu\text{m}$, 烧结

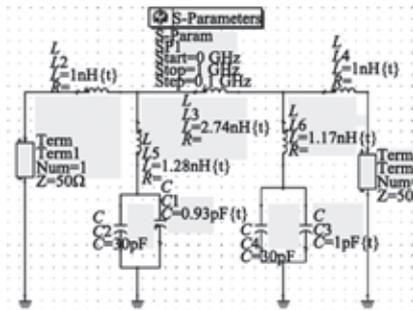


图1 LTCC滤波器ADS仿真电路图

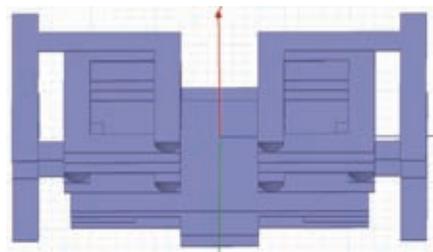


图2 滤波器三维电磁场模型

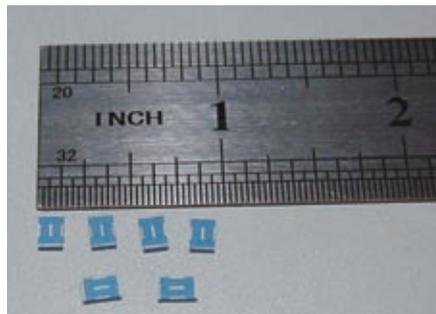


图3 滤波器样品照片

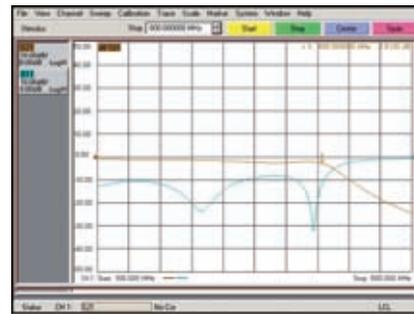


图4 600MHz LTCC滤波器实测波形

后厚度 $96\mu\text{m}$ 。整个滤波器共17层, 电路拓扑结构如图1所示。整个器件的尺寸为 $5.1\text{mm}\times 3.3\text{mm}\times 1.6\text{mm}$ 器件封装尺寸为标准的2012型。该滤波器为5阶并联谐振低通滤波器, 为了获得良好的滤波器的阻带衰减特性, 通过电感L5、L6引入两个传输零点。设计指标要求截止频率600MHz, 插入损耗 $IL<2\text{dB}$, 通带频段的回波损耗小于 -10dB 。

首先选定实际需要的元件值, 根据公式计算得到其基本物理结构图。并且在HFSS里画出物理结构, 设定基板的介电常数、划分网格、设置扫描频率, 仿真后得到Y或S参数。根据Y参数或S参数提取有效电感值或有效电容值作为参考, 提取寄生常数值。然后在Agilent ADS根据提取到的参数值, 建立等效电路模型。在Agilent ADS里仿真等效电路模型, 得到S参数。最后与HFSS参数相比较, 验证等效电路的正确性。图2是滤波器的三维模型。

通过在中电2所的LTCC生产线上试制, 生产的滤波器样品如图3所示。

在西安电子科技大学微波实验室, 通过矢量网络分析仪N5244A测量, 所得结果表明该滤波器的性能已经满足设计指标要求, 如图4所示。

4 LTCC滤波器加工过程中的关键工艺问题

LTCC工艺最大的难点在与工艺参数的敏感性、加工结果的非直观性和烧后基板的不可返工性。对于具体的产品基板, 因材料、尺寸、层数、结构、图形分布、后烧状态等的不同, 往往需要通过多轮次的实际产品加工参数调整与渐进优化, 才能得到很满意的LTCC基板, 尤其是烧结、层压的工艺参数, 对基板的质量影响很大。期望获得合格、高质量、高性能的LTCC基板, 除了严格控制各个加工工序的材料、环境、参数、过程外, 还必须在叠片前检验剔除不合格的生瓷片层, 在烧结后

监控基板的收缩率、密度、强度、平整度、通断状态等关键指标。通过滤波器样品试制，总结出以下几点在工艺过程中需要注意的问题。

4.1 通孔填充和印刷

在LTCC工艺中，通孔填充主要是为了层间电路连接，在生瓷片上形成的过孔中填满导电浆料。此外，在某些高频的电路设计中，还需要屏蔽孔，起到电磁屏蔽的作用。在LTCC多层陶瓷基板电路中，有些场合需要设计散热通孔来提高基板的散热效果，比如RF功率芯片等。比较典型的散热通孔直径尺寸有0.2mm、0.3mm，散热通孔通常都是阵列放置在功率芯片的下方，热导率的高低遇到热控占基板面积比例有关。LTCC导热孔的密度是有限制的，密度过小无法达到所需的散热效果，密度过大会导致基板开裂、曲翘等问题。LTCC设计中通常使用0.1mm、0.15mm、0.2mm三种规格的通孔作为信号通孔。由于LTCC设备在工艺流程中会产生一定的误差，使用过小的通孔会导致层间互联通孔的连接变差，如果通孔直径大于0.3mm或者小于0.15mm，金属化时都很难形成盲孔或者埋孔，从而降低了基板的成品率和可靠性，所以通常使用0.15mm、0.2mm直径的通孔作为信号通孔。本文中设计的滤波器中都采用0.15mm的通孔。

印刷是将设计好的电路图形转移到生瓷片的过程，在LTCC工艺中一般采用丝网印刷的方式将导体浆料印刷在生瓷片上。印刷是LTCC工艺中重要的一个环节，印刷质量直接关系到最终电路的电性能，同时印刷也是LTCC工艺中最难控制的工艺环节，因为印刷质量和很多因素有关，主要包括：

(1) 丝网规格；(2) 印刷过程条件；

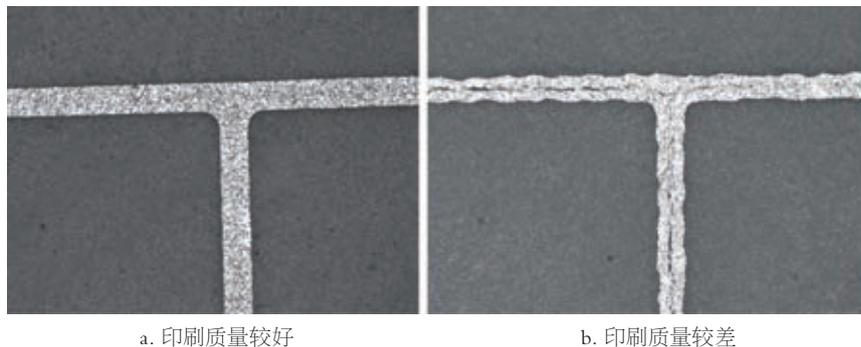


图5 网印刷的印刷质量示意图

(3) 导体浆料特性；(4) 丝网特性。好的印刷质量主要是指印刷图形位置准确、浆料量适中、形状正确、印刷稳定等，丝网印刷的印刷质量如图5所示。

4.2 叠片

叠片是将印刷和填孔后的单个生瓷片通过校位叠片后进行热压，使多张生瓷片结合成为一体，叠片的精度是保证三维电路连接准确不可或缺的工序，叠片精度差会造成层间电路的互连错位，从而影响电路的性能，甚至使得电路失效，在通孔直径为0.15mm的情况下，叠片精度不应超过 $\pm 10\mu\text{m}$ 。在对LTCC滤波器进行三维电磁场仿真的时候(Ansoft公司三维电磁场仿真软件HFSS)，应将通孔偏差的因素考虑在内，以免造成很多的不合格品。在早期的LTCC工艺中较多的使用手工叠片的方式，随着LTCC电路印刷线路和通孔尺寸的缩小，手工叠片对位的精度逐渐满足不了工艺要求，现在普遍采用自动化的叠片设备，主要由CCD摄像头、一个XY-θ平台和固定平台组成，通过校准生瓷片上的对位孔和摄像头的中心轴，作为对位的标准光轴，将生瓷片放在XY-θ平台上并调整位移和角度，使对位孔中心和标准光轴重合，从而达到精确对位的效果，目前自动化叠片设备的层间对位精度可以达到 $10\mu\text{m}$ 以下。图6是该滤波器在X射线检测系

统下的照片，可以清楚的看到通孔之间的互对准很高。

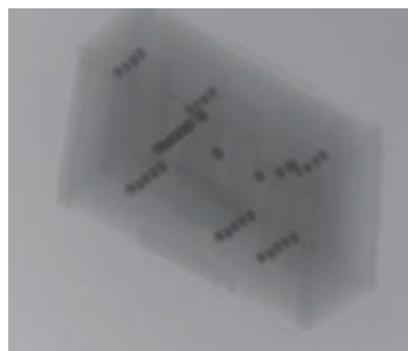


图6 LTCC滤波器内部结构

4.3 热切及端印

由于滤波器的小型化，并且输入输出端头在侧面引出，这样就对热切机的切割精度提出了很高的要求。切割之前一定要将整个基板在工作台上加热一段时间，待基板温度均匀后再进行切割，可以极大的提升切刀的使用寿命。为了避免切刀上升时将器件随刀带起，整个基板必须固定在工作台上。切割对位线最好使用目数较高的丝网印刷，这样可以使印刷的线条边缘较平整，有利于提供切割精度。

目前LTCC滤波器的端印分为烧前端印和烧结后端印。烧前端印是在基板被切开成单个器件后进行，封端后烘干在统一烧结。这种做法的好处是端印浆料的附着力好，成品率高，缺点是器件还没有烧结成型，器件容易损坏。烧结后端印的优点是器件不易损坏，但烧结后的线条与烧结前的浆

料匹配性不一致,导致良品率不如上一种的高,具体采用哪种方法根据所加工的器件特点而定。

4.4 烧结

可以说,LTCC基板在烧结时的收缩性是LTCC技术亟待解决的一个主要问题,烧结工艺的关键是烧结曲线和炉膛温度的均匀性,升温速率过慢会排胶不充分,导致基板起泡、翘曲和分层,排胶过量又会使金属化图形脱落或基板碎裂。

经过多次工艺试验,对于951PT生瓷片采用以下烧结曲线:升温速率 $2\sim 3^{\circ}\text{C}/\text{min}$,在 450°C 下排胶3个小时,然后以 $3\sim 4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升温到 850°C ,烧结30min,降温速率保持在 $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 左右。在此条件下可将收缩精度控制在0.2%到0.4%的范围内,对于小尺寸的LTCC功能元器件来说,这个误差基本不会影响电路的一致性。另外在同批成品和不同批次产品中烧结后介电常数的离散应小于1%。为了降低工艺敏感度,提高成品率,我们在设

计时,应该充分考虑收缩精度带来的性能影响。

5 结论

随着现代无线通信产品小型化高性能的发展,对微波滤波器的设计和加工制造提出了相应的要求。如何在更小的尺寸内实现高性能的滤波器,是目前的研究热点。目前LTCC滤波器面临着其他形式的滤波器的严重挑战,其电性能提升还有很大的空间,在版图结构需要进一步的调整以便获得更高的性能,并且在工艺过程中严格控制打孔精度、印刷精度以及叠片准确度,这些都是提升滤波器性能的关键因素。**7**

参考文献

[1] Lap Kun Yeung and Ke-Li Wu, A compact second-order LTCC bandpass filter with two finite transmission zeros[J]. IEEE Trans Microw. Theory Tech, 2003.

[2] Lap K. Yeung, Ke-Li Wu, and Yuanxun E. Wang, Low Temperature Co-fired Ceramic LC Filters for RF Applications. IEEE micro-wave magazine, October 2008.

[3] Gangqiang Wang, Erica C. Folk, Fred Barlow, Aicha Elshabini, Fabrication of Microvias for Multilayer LTCC Substrates. IEEE transactions on electronics packaging manufacturing, VOL. 29, NO. 1, January 2006.

[4] 滕林,丁晓鸿,付贤明.低温共烧微波带通滤波器的设计.电子元件与材料. VOL.27,NO.6, June 2008.

[5] 郭云胜,李跃进 LTCC微波带通滤波器的设计与研究 西安电子科技大学 硕士学位论文 2009.

作者简介:王颖麟(1983-),男,山西临汾人,2010年毕业于电子科技大学光电信息学院,现就职于中国电子科技集团公司第2研究所,现主要从事LTCC电路设计与工艺技术方面的研究。

(上接37页)

但局部的应用已经展现出了强大的生命力。同时,数字化装配技术的应用是一项系统工程,涉及技术、管理等各个方面。涉及产品装配的整个链条上的人都将直接面对计算机,其工作也将被计算机记录分析,给企业带来效益的同时也会带来对企业文化的冲击。

另外,随着对新技术研究的逐步深入,各软件服务商对原有概念进行包装,新名词层出不穷。而对新名词的解释既包含大量的具体业务概念,又包含大量的IT概念,无论是注重应用的业务部门还是注重IT的信息化部门都对新名词应接不暇。企业应当根据自身业务特点,深入分析自身需求,

将数字化技术作为解决实际问题的工具。**7**

参考文献

[1] 许旭东,陈嵩,毕立文,等.飞机数字化装配技术[J]航空制造技术. 2008(14): 48-50.

[2] 胡保华,闻立波,杨根军,等.基于MBD的三维数字化装配工艺设计及现场可视化技术应用[J].航空制造技术. 2012(11): 29-33.

[3] 张雁龙.数字化工装设计与制造技术[C].铸剑-国防科技工业虚拟制造技术高层论坛,2007: 121-127.

[4] 毕立文,唐晓东,杨红宇.飞机数字化装配工艺仿真技术[J].航空制造技术.

2008 (20): 48-50.

[5] 范玉青.飞机数字化装配技术综述[J].航空制造技术,2006 (10): 44-48.

[6] 刘检华.数字化装配技术[R].北京:航天虚拟装配论坛,2012.

[7] 刘检华.三维数字化设计制造技术推动产品研制模式重大变革[C].中国制造业产品创新数字化国际峰会:e-works, 2012: 1-8.

作者信息

联系人:黄殿霞,湖北三江航天万山特种车辆有限公司,通讯地址:湖北孝感9号信箱、邮编:432000、电话:0712-2357098、电子邮箱:ws-internet@163.com(转黄殿霞收)。

深孔加工技术在深孔枪钻机床升级改造中的应用

何祥金

广西玉柴机器股份有限公司, 广西玉林市, 537005

摘要: 深孔加工技术是我国制造企业一直致力研究的课题。然而, 研究方向更为普遍的是集中在刀具研发上, 对深孔加工机床本身研究的重视度不够。深孔加工专用机床的设计及制造更多的是普通专用机床的变形设计制造, 导致机床技术状态针对性不强。在后续使用中, 刀具成本和机床的维修维护成本过高。本文从深孔枪钻加工机床技术状态缺陷的源头分析并解决深孔加工的技术问题, 大大提高了深孔加工刀具的使用寿命, 降低制造成本。

关键词: 深孔加工技术; 枪钻; 主轴升级; 平衡技术; 冷却润滑

The Deep Hole Processing Technology in Deep Hole Drill Gun Upgrade in the Application of Transformation of Machine Tool

Xiangjin HE

Guangxi yuchai machinery co., LTD., guangxi yulin city

Abstract: the deep hole processing technology is our country manufacturing enterprises has been committed to research. However, the research direction is more common in tool development, research to the deep hole processing machine tool itself insufficient attention. Design and manufacture of special machine for processing deep hole is more common manufacturing deformation design special machine to machine tool technology, state the pertinence is not strong. In the subsequent use of the tool and the machine repair cost, high maintenance costs. The source analysis this paper drilling machine tool technology state of the defect from the deep hole gun and technical problems of deep hole processing solution, greatly improving the deep hole processing tool life, reduce manufacturing cost.

Keywords: Deep Hole Processing Technology; The Gun Drill Spindle; Upgrade; Balance; Cooling Lubrication

1 引言

深孔加工技术的应用及提高是体现在深孔加工机床和深孔加工刀具强强联合而相融合的结果。如果倚重于其中任一方面的研发, 都不能最终提高深孔加工技术的目的。我公司作为深孔加工机床和深孔加工刀具的终端

用户之一, 对机床及刀具两者之间的技术状态, 在实践中更是有深刻的体会。如何在机床及刀具间发挥其应用极致, 一直是我们努力地方向。本文是从深孔加工技术的难点方面对深孔刀具及深孔加工机床进行技术分析研究, 突破深孔加工机床的设计制造缺陷, 并进行升级改造。

2 深孔加工技术难点

从表面现象看, 深孔加工只不过是浅孔加工的孔深延长, 深孔加工理应是浅孔加工方法的扩展推广应用, 但实际上两者之间差别非常之大。首先, 很好地梳理清楚深孔与浅孔加工间的关系, 对发展深孔加工技术的

具有十分重要的意义。浅孔加工对机床、刀具及加工的环境条件要求不高。而深孔加工对机床的精度、深孔刀具、加工环境条件及工艺参数的要求非常高,相对浅孔加工而言是更深层次的科技课题。在保证深孔加工机床的稳定可靠前提下,贯穿在深孔加工技术的三大难点是自动连续排屑、刀具自导向及自动冷却润滑。

3 在用的深孔加工机床及其刀具使用状态调查分析

引入具体的深孔加工机床为例阐述,以我公司气缸体深孔枪钻机床为例。此机床是加工四缸柴油机气缸体主油道孔、副油道孔、喷钩孔通道孔、顶面油道孔的专用深孔枪钻加工设备。其生产节拍是全线的瓶颈工序,生产节拍为300秒/台,而整条生产线的节拍为270秒/台,经常在此道工序上形成堵塞现象。机床及其刀具应用状态调查如下:

(1) 机床故障率高,主轴及轴承频繁维修、枪钻驱动电机易烧毁、同步皮带断裂、冷却润滑系统泵与阀组常维修、枪钻进给加工阻力大常报警

等方面维修。

(2) 枪钻刀具加工50台左右需要更换刀具,更换刀具需要1个小时,每个班次120台,需更换刀具在2次以上,影响正常的生产时间。

(3) 加工排屑难, $\phi 16.1\text{mm}$ 枪钻刀具损耗用量大,成本非常高。

(4) 加工气缸体顶面油道孔 $\phi 7\text{mm}$ 穿孔后,立式主轴滑台常失重下滑而报废刀具,甚至报废气缸体。加工中,进给不够平稳,常有崩刀及断刀头现象。

针对现场调查问题可知,只能分别对深孔枪钻机床及其刀具进行一一分析研究,查找针对性原因。

4 深孔加工枪钻刀具的分析

首先对在用的枪钻刀具进行结构材料、使用环境和加工方法等三方面进行分析。

4.1 加工气缸体的主副油道孔枪钻刀具及顶面油道孔枪钻刀具结构及材料分析

对于加工气缸体的主副油道孔枪钻刀具的长度是760mm,直径是 $\phi 16.1\text{mm}$;加工顶面油道孔 $\phi 7\text{mm}$ 的长度为445mm,分别对其结构及材料

进行分析。枪钻刀具主要由刀头、刀杆和刀柄三部分构成,结构如图1所示。

从图1的a-a截面中看出,刀头及刀杆为中空结构设计,构成切削液进入通道。而侧面有V形槽结构设计,为切屑的排屑槽,特别是在钻盲孔时,切屑从V形排屑槽往后排出。如图2所示。

枪钻刀头材料由碳化钨合金制作,是全碳化钨合金刀头,硬度达到65HRC以上,具有很高的耐热性和耐磨性,较高的切削性能和使用寿命。

刀头与刀杆焊接,刀杆采用回火处理的钢管,刀杆的外径与管壁厚度采用最适当的比例优化设计,以获得最大的扭曲抵抗和顺畅的切屑流动,确保最好的加工效率和刀具寿命。刀柄与刀杆为焊接结构设计,为了避免震动,刀柄与刀杆焊接后保证良好的同轴度。

通过以上从深孔加工枪钻的结构设计及材料方面进行分析,可以看出这一类深孔刀具的设计代表当前较为先进的设计,国内外的技术参数都非常成熟。

4.2 加工气缸体的主副油道孔枪钻刀具及顶面油道孔枪钻刀具使用环境分析

对于枪钻刀具使用使用环境影响主要从冷却润滑、刀具导向方面进行分析。加工气缸体的主副油道孔枪钻刀具 $\phi 16.1\text{mm}$ 为水平卧式加工,加工顶面油道孔枪钻刀具 $\phi 7\text{mm}$ 为垂直立式加工。现分别对深孔加工刀具在冷却润滑、刀具导向等使用环境进行分析,深孔加工的冷却润滑一般采用切削油或专用的乳化液,我公司的深孔枪钻机床采用的是乳化液牌号为861通用切削液,其成分既有冷却的作用,也有一定的润滑作用。其冷却润滑示

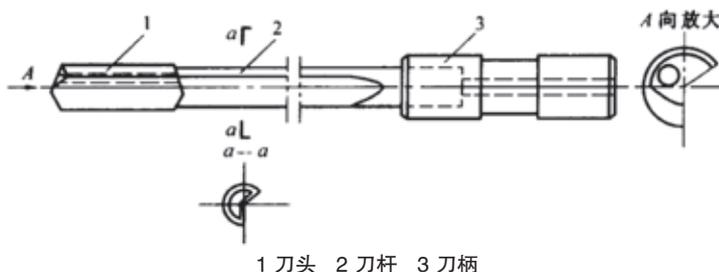


图1 枪钻刀具结构图

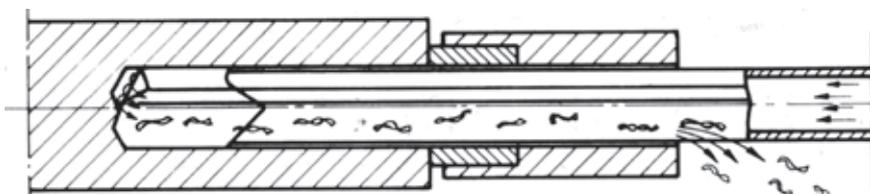


图2 枪钻刀具刀杆中空结构及V形槽排屑图

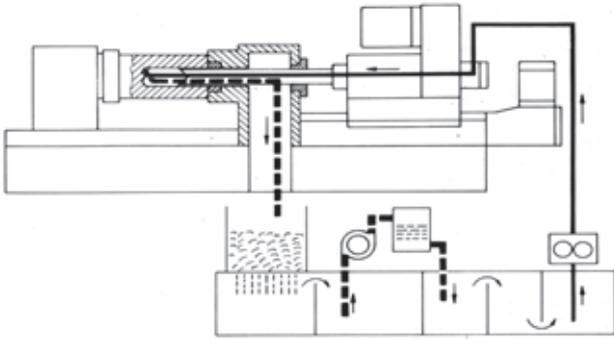


图3 枪钻刀具冷却润滑示意图

意图如图3所示,由于冷却润滑的液体介质动力控制源在机床方面进行控制,待下一步在机床中再分析。由于枪钻是单切削刃的钻孔刀具,无法自己对正中心加工,所以钻孔的开始须有导套来作导引。其导套采用的材料为YG8,是常用材料,其处理硬度达到HRC70。导套的在枪钻入口处设置30°的导向口,便于把枪钻顺利导入。

4.3 加工气缸体的主副油道孔枪钻刀具及顶面油道孔枪钻刀具加工方法分析

在加工方法方面,主要分析研究刀具在加工气缸体的进给技术参数。由于枪钻适合高切削线速度和低进刀率,并与加工工件的材料有关,其切削线速度技术参数值见表1所示。

由表1中可以看出,气缸体的材

料为合金铸铁或HT250,硬度为约187~255HBS,枪钻选择的切削线速度参数 $V=70\sim 90\text{m/min}$,机床的设计必须参考此技术参数。

枪钻切削进刀率技术参数不仅与气缸体的材料有关,还与枪钻直径的大小有关。枪钻切削进刀率技术参数见表2所示。

由于加工气缸体的主副油道孔枪钻刀具为水平卧式加工枪钻刀具加工,气缸体的材料为合金铸铁或HT250,枪钻直径是 $\phi 16.1\text{mm}$,从表2中从①线(代表合金铸铁、灰铸铁)看出,枪钻切削进刀率 $S_r=0.13\text{mm/r}$ 左右。而,加工气缸体顶面油道孔枪钻刀具 $\phi 7\text{mm}$ 为垂直立式加工,从表2中从①线看出,枪钻切削进刀率

表2 枪钻切削进刀率技术参数值(单位: mm/r)

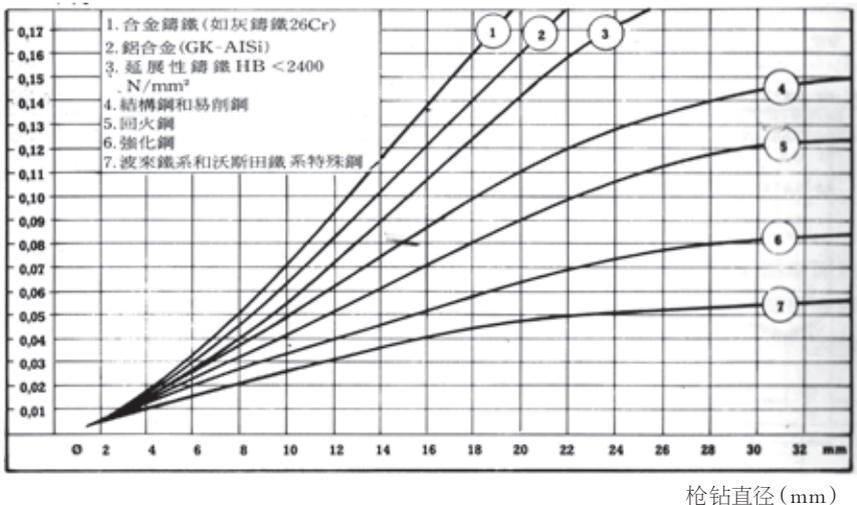


表1 枪钻切削线速度技术参数值

工件材料 \ 切削线速度 (m/min)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
铝合金									到 300
合金及非合金铸铁									
耐蚀特殊钢									
耐热特殊钢									
氮化钢									
强化钢									
回火钢									
结构钢及易切削钢									

$S_r=0.04\text{mm/r}$ 左右,故此机床的设计也需要参考此技术参数。

从枪钻刀具的加工方法分析中说明,技术参数的设定还是取决于机床的技术参数,所以必须对深孔加工机床进行分析。

5 关于深孔加工机床技术状态

在深孔加工刀具分析中表明,刀具除了自身的材料及结构以外,使用环境及使用方法也是至关重要,特别是对深孔加工机床的功能及技术参数要求更高:

- (1) 无震动的机床构造、足够的主轴承载能力及转速。
- (2) 稳定的切削进刀率,且进刀率能调整。
- (3) 足够的切削冷却润滑环境。
- (4) 良好的排屑。

从以上的分析可知,深孔加工机床是深孔刀具和加工方法的载体。机床的设计配置主要取决于所用刀具、加工方法和所采用的加工方式。故,对深孔加工机床展开分析研究,并采取解决措施。

6 根据深孔加工技术的需要对气缸体深孔枪钻机床进行分析及升级改造

在深孔加工机床技术状态分析

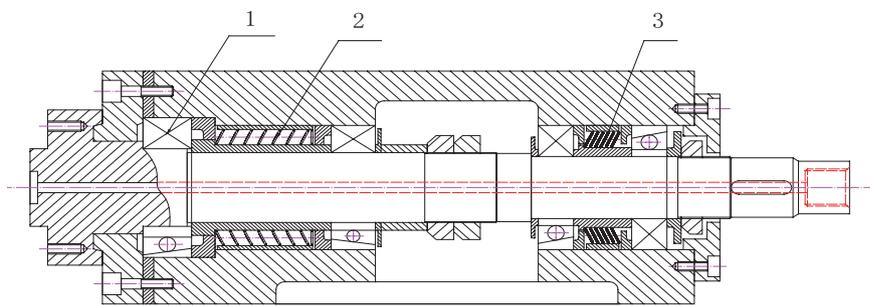
中, 机床是深孔刀具和加工方法的载体。对于气缸体深孔枪钻机床的设计性能及技术参数是否符合深孔加工技术的必须条件? 以下将对其关键功能部件、关键技术参数并结合生产现场使用中存在的焦点问题进行分析研究, 并对存在的设计缺陷进行升级改造, 以适应深孔枪钻刀具的使用环境。

6.1 主轴刚性及承载能力分析升级改造

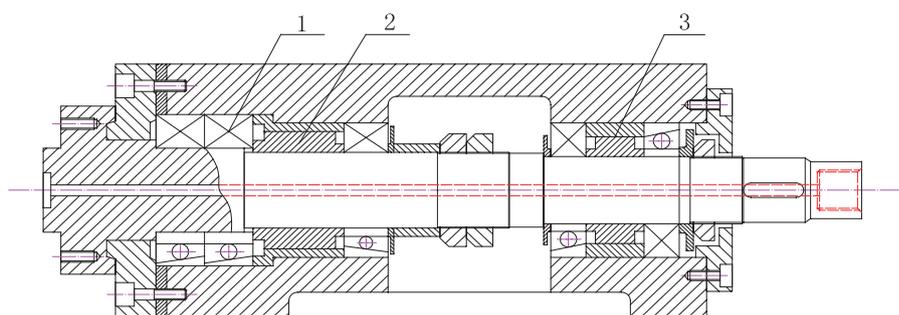
由于加工气缸体主副油道孔主轴的维修频率非常高, 对生产的影响比较大。是我们对气缸体深孔枪钻性能分析首要对象。首先对主轴的刚性及承载能力进行系统分析, 再作针对性的优化改善。

6.1.1 主轴原结构刚性及承载能力分析

原来主轴结构方式是按照角接触轴承背对背排列的串联结构设计模式, 轴承的轴向预紧采用弹簧定压预紧的设计。轴承定压预紧设计理念是能够及时补偿主轴在负载加工的受热的伸长量。在实际的使用过程中, 主轴的刚性及承载能力明显不足, 需要经常拆卸主轴更换轴承。主轴原结构如图4所示。



1 单轴承 2、3 弹簧
图4 主轴升级前结构图



1 双组合轴承 2、3 内外圈隔套
图5 主轴升级后结构图

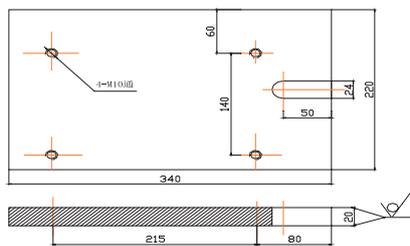


图6 主轴电机安装座

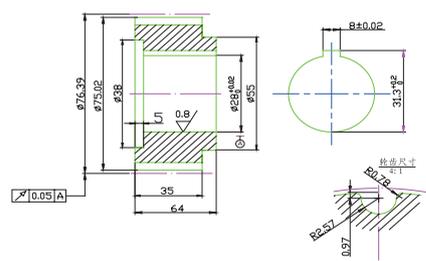


图7 M型同步带轮

如图4所示, 当主轴轴承受轴向力过大时, 由于预紧弹簧具有可压缩性, 轴承游隙处于可变状态, 主轴刚性更显不足, 容易引起枪钻崩刀和轴承磨损。主轴具有内冷结构设计, 主轴在负载加工过程的温升可以忽略, 不必要采用弹簧预紧方式。

6.1.2 主轴在原来结构的基础上进行三方面的技术革新升级改造, 提高其刚性及承载能力

第一, 主轴前端的双角接触轴承背对背支承结构改为前置两个同方向轴承背对另一轴承的三轴承支承

结构。这种前置双轴承定位结构比原单轴承定位结构的轴向承载能力提高了一倍。第二, 主轴前后端角接触轴承选配接触角大的角接触轴承, 由C型(接触角15°)改为AC型(接触角25°), 进一步提高主轴轴向承载能力。第三, 主轴前后端的轴承弹簧定压预紧改为隔套定位预紧, 彻底解决轴承游隙的变化对刚性的影响, 使主轴的刚性和承载能力再提升了一个档次。主轴结构升级改造后如图5所示。

以上三方面的技术改进, 需要设计制造新的主轴、设计制造轴承的内

外隔套和镗削加工主轴安装底座前端内孔深度。经过三个梯次技术革新改进的主轴结构, 大幅度提高了主轴的刚性及承载能力, 满足机床深孔加工的主轴高刚性需求。

6.2 左右主轴驱动电机驱动功率分析及升级改造

结合以上气缸体深孔枪钻机床状态调查中左右动力头主轴驱动电机经常烧毁的情况, 很有必要对驱动电机功率进行分析。

6.2.1 左右主轴驱动电机驱动功率分析

气缸体深孔枪钻机床设计的技

表3 圆弧齿8M型同步带轮技术参数

齿形	齿数Z	节距P	节圆直径d1	齿顶圆直径d2
8M	30	8	Φ76.39	Φ75.02

术参数分别为 $V=70\text{m/min}$, $n=1390\text{r/min}$, $S_r=0.1\text{mm/r}$ 。从以上刀具加工方法分析表1可知, 机床配置切削线速度 $V=70\text{m/min}$ 在 $70\sim 90\text{m/min}$ 的边缘上。而从表2中可看出, 机床配置进刀率 $S_r=0.1\text{mm/r}$, 明显小于 $S_r=0.13\text{mm/r}$, 对刀具的磨损影响很大, 这也印证了经常需更换刀具的现象。另一方面, 当调整放大线速度 V 及进刀率 S_r 时, 主轴驱动电机的驱动电流 7.5A 上升到 15.6A , 超过额定电流 8.8A 近1倍, 电机瞬时发热。这也说明主轴的驱动电机的驱动功率偏低, 转矩不足。

6.2.2 升级左右动力头主轴驱动电机驱动功率, 为深孔加工提供足够动力源

为深孔加工枪钻的动力提升, 升级主轴的驱动功率。经核算, 把左右动力头 4KW 驱动电机升级为 5.5KW , 共增加功率 3KW , 满足深孔枪钻加工的驱动要求, 并重新配置符合 $\phi 16.1\text{mm}$ 枪钻应用的机床技术参数 $V=80\text{m/min}$, $n=1440\text{r/min}$, $S_r=0.13\text{mm/r}$ 。主轴电机安装座图6所示。

6.3 同步带断裂频繁分析改进, 改进方

法分别从使用环境和同步带结构形式两个层面进行

对于驱动主轴的中间传动方式使用同步带传动, 同步带轮安装在主轴后端上。频繁断裂同步带的原因分析为: 一是由于冷却水通过主轴中心, 旋转及非旋转的连接部位漏切削液, 腐蚀同步带。二是由于使用的H型同步带结构为梯形齿, 其单位宽度抗拉强度为 270N/mm , 抗拉强度低。针对这两个层面的原因, 分别作以下措施改善。第一, 用标准的旋转接头改进主轴后端旋转与静止间的关系, 解决泄漏切削液造成的同步带工作环境恶劣而断裂。第二, 使用圆弧齿结构M型同步带, 其单位宽度抗拉强度为 300N/mm 。同等条件下, 同步带的抗拉强度提高了10%以上。同时, 梯形齿结构的H型同步带轮改为圆弧齿结构的M型同步带轮。同步带轮技术参数见表3所示, M型同步带轮结构如图7所示。

6.4 垂直加工气缸体顶面油道孔断枪钻分析及改造

根据气缸体深孔枪钻机床状态调查中, 立头垂直加工的动力头滑台在

加工完毕后, 往下滑行一小段距离的现象并结合深孔刀具分析中的刀具加工技术配置参数进行分析。

6.4.1 加工气缸体顶面油道孔断枪钻分析

由于立式主轴滑台没有配重机构, 主轴滑台及其机构的所有重量依靠进给电机的刹车抱闸控制, 而主轴滑台是由滚珠丝杠带动滑行。在加工进给时, 因主轴滑台及其机构自重较大和滚珠丝杠自锁力小而出现突然加快, 导致枪钻崩断。所以, 在枪钻刀具加工钻穿气缸体顶面油道孔时失重下滑, 惯性向下滑行一小段距离。

另一方面, 加工气缸体顶面油道孔枪钻, 机床设计的技术参数分别为 $V=70\text{m/min}$, $n=1170\text{r/min}$, $S_r=0.12\text{mm/r}$ 。从以上分析表2中看出, $\phi 7\text{mm}$ 枪钻的进刀率 $S_r=0.04\text{mm/r}$ 明显小于机床设计配置的 $S_r=0.12\text{mm/r}$ 。这对刀具使用效果的大打折扣。由于电机能够驱动实现 $S_r=0.12\text{mm/r}$ 的进刀率, 说明电机的驱动功率足够, 不需增大。

6.4.2 利用平衡技术, 设计配置立式主轴滑台配重, 解决加工完后动力头惯性失重问题, 并重设机床技术参数

拆卸立式主轴滑台及其机构零件, 称其重量, 根据重量和机床的安装空间进行等重核算设计配

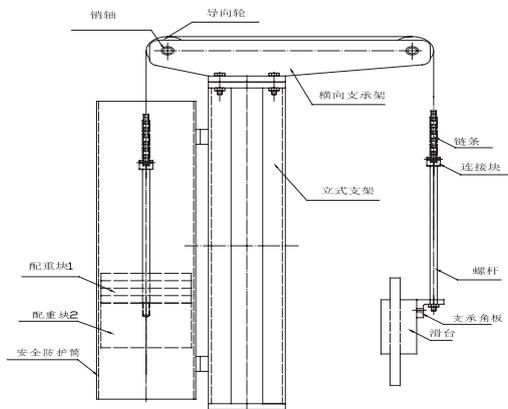
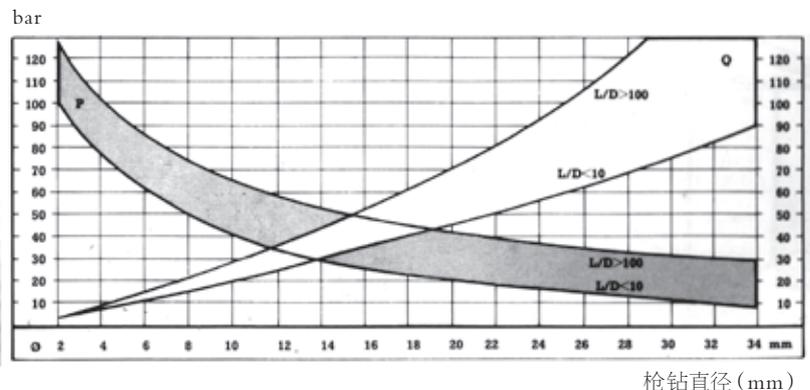


图8 立式动力头配重机构

表4 枪钻直径、切削液压力及流量技术参数配置范围



枪钻直径 (mm)

重。配重机构图如图8所示。并配置符合 $\phi 7\text{mm}$ 枪钻应用的机床技术参数 $V=75\text{m}/\text{min}$, $n=1440\text{r}/\text{min}$, $S_r=0.04\text{mm}/\text{r}$ 。

6.5 关于深孔加工冷却润滑系统

冷却润滑系统对深孔刀具的应用影响巨大,深孔加工机床的冷却润滑系统必须起到冷却、润滑及排屑等三项功能。但这也往往是机床厂家设计最为不引起重视的薄弱环节,特别是只考虑冷却而忽略润滑及排屑这两方面的重要功能。对于润滑功能是由选配的切削液介质实现,而冷却及排屑功能必须保证充足的内流切削液,才能起到带走钻孔的热量冷却和切屑稳定排出。

6.5.1 深孔枪钻机床冷却润滑系统与枪钻直径、压力、流量的关系分析

在深孔枪钻中,根本无法测量出通过枪钻切削液的流量。实际上,只能通过测量切削液压力来控制。对于深孔枪钻机床冷却润滑系统的技术参数选配与枪钻直径、压力及流量有关。它们之间的关系如表4所示。加工气缸体的主副油道孔枪钻刀具的长度是 760mm ,直径是 $\phi 16.1\text{mm}$,其长度 L 与直径 D 的比例为 $L/D=47>10<100$,从表4中可以看出切削液的压力 $P=40\text{bar}(0.4\text{Mpa})$ 左右,流量 $Q=50\times 10^{-3}\text{m}^3/\text{min}$ 左右,冷却润滑系统选配泵及阀组时要参考此技术参数。加工气缸体顶面油道孔枪钻刀具的长度为 445mm ,直径是 $\phi 7\text{mm}$,其其长度 L 与直径 D 的比例为 $L/D=63.6>10<100$,从表4中可以看出切削液的压力 $P=70\text{bar}(0.7\text{Mpa})$ 左右,流量 $Q=15\times 10^{-3}\text{m}^3/\text{min}$ 左右,冷却润滑系统选配泵及阀组时要参考此技术参数。根据机床最高压力选择水泵,

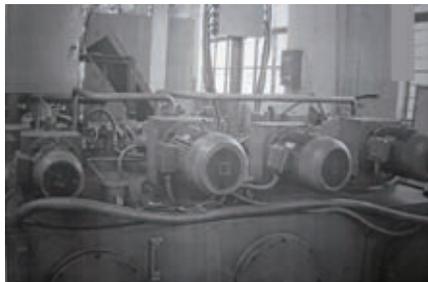


图9 改造前用液压泵供切削液



图10 改造后用高压离心泵供切削液



图11 改造前用液压阀组控制切削液

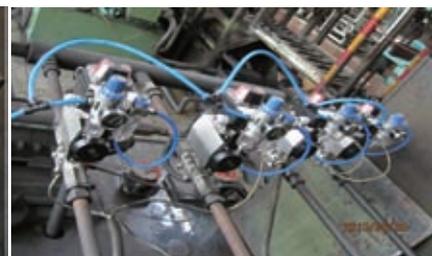


图12 改造后用气动旋转控制阀组控制切削液

考虑到冷却系统为全开放式,跟液压系统的封闭式不同,除了考虑管路的压力损失外,枪钻喷射的压力损失更大。所以必须是核算压力的 $2.5\sim 3$ 倍,即可选配泵的额定压力为 $P=2.1\text{Mpa}$ 左右。对于流量的参数选取必须根据所有枪钻的通流面积核算选取。

6.5.2 以节能降耗为前提,革新改造冷却润滑系统:选配元件,优化技术参数,突破深孔加工排屑难的技术难关,改写了深孔加工枪钻烧刀、崩刀及断刀的历史

根据以上分析枪钻直径、压力及流量结果,进一步分析研究原冷却润滑系统。原来采用四台液压泵对六根枪钻提供切削液,用四组液压阀组控制切削液的通断。液压泵使用在切削液的环境中,由于泵的精度较高,经常卡死,不宜用于此种环境。切削液是通过主轴及枪钻刀具内冷孔冷却及润滑枪钻的。原切削液压力为 1.5Mpa ,由于压力偏低,钻削深度达到 110mm 时,孔内的铁屑无法沿枪钻刀具的排屑槽顺利排出,加工过程会加剧枪钻

刀具的磨损,造成烧刀、崩刀及断刀。故此,通过六根枪钻流量及以上压力的分析及核算,把压力由 1.5Mpa 提高到 2.25Mpa (选型最接近 2.1Mpa),选配了一台压力及参数均匹配的 $\text{DM12-25}\times 9$ 多级离心水泵来升级改造原来四台液压泵。改造前后的对比效果如图9、图10所示。

原来液压阀组控制的切削液,由于阀的精度过高,在切削液环境应用,会使阀芯润滑不足,阀芯常卡死。选配了由压缩空气控制的气动旋转控制阀 $4V310-10/24V$ 来控制冷却水的供给及停止。原四台液压泵驱动电机功率共为 34KW ,改造为一台 15KW 电机驱动高压离心泵,达到降低电能消耗的目的。改造前后对比如图12、图13所示。通过改造,枪钻刀具的耗用量下降了3倍左右。

7 结语

通过深孔加工技术分析结合深孔枪钻机床存在缺陷进行研究,并对深孔枪钻机床进行升级改造。

(下转50页)

二代加百万千瓦级核电蒸汽发生器研制

蒸汽发生器是反应堆冷却系统压力边界的主要组成部分，是核电站中最为关键的设备。其作用是将反应堆冷却剂系统的热量转换为蒸汽，并将蒸汽传递给汽轮机发电。

辽宁红沿河核电站一期工程是我国首套完全自主化设计、制造和建设的二代加百万千瓦级核电机组。该技术方案是在引进、消化和吸收国外先进核电技术基础上，结合20多年的渐进式改进和自主创新形成的“二代加”百万千瓦级压水堆核技术，在国内核电市场应用广泛。

上海电气核电设备有限公司（以下简称“上核公司”或“上核”）于2008年3月28日正式与中广核工程公司签订红沿河1号机组3台百万千瓦级蒸汽发生器的供货合同，合同设备由中国核动力研究设计院自主化设计，上核公司自主化制造。项目承接后，上核公司充分消化设计要求，并在以往蒸汽发生器的制造经验基础上，完全依靠自身的人员、技术和装备，通过科研立项、专题攻关、工艺试验，独立自主的掌握了一整套百万千瓦级蒸汽发生器的制造技术，并于2010年8月28日成功完成了第一台蒸汽发生器的交付，有效提升了我国核电设备本土化制造水平。

在设备研制过程中，上核针对红沿河蒸汽发生器制造技术研究项目共设置了多个技术课题：管板堆焊技术、一次侧接管隔离层堆焊技术、管子



管板接头焊接技术、水室分隔板焊接变形控制技术、给水管管装焊技术、内套筒装配技术、内套筒楔形块焊接技术、支撑板装配技术、管板孔清理及保护技术、水室分隔板车削技术等。为完成红沿河蒸汽发生器关键研制课题任务，掌握红沿河蒸汽发生器的关键制造技术，建立完整的适用于红沿河蒸汽发生器制造的技术规范，形成红沿河蒸汽发生器标准化制造工艺流程，完成红沿河1号机组蒸汽发生器的设备制造。上核公司依托自有技术储备，通过红沿河蒸汽发生器的研制，取得了多项技术创新突破，6大类共计37项，形成了一套完整的原材料采购、机加工、冷作装配、焊接和检测技术规范，并获得7项专利授权，为后续项目批量化生产工作奠定了夯实的技术基础。

目前红沿河1号机组3台百万千瓦

级蒸汽发生器已于2013年上半年顺利投入商业运营，2011年-2013年上核公司共实现销售收入148822万元，新增利润16490万元。通过该项目的实施，对设计国产化、原材料国产化和制造国产化，可有效降低百万千瓦核电蒸汽发生器的制造成本，对降低核电机组的建造成本起到了巨大的作用。特别是设备制造国产化，使制造单价较进口价格降低了约20%，按此标准计算上核公司承制的36台蒸汽发生器共可为国家节省项目投资约12.96亿元。T

主要完成单位：上海电气核电设备有限公司
主要完成人：徐凯祥、唐伟宝、张茂龙、江才林、许遵言、王志强、吴新华、程嘉伟、李双燕、孙志远、盛旭婷、周玉山、江燕云、顾佳磊、苏玉

自主品牌汽车生态设计关键技术研究及应用

该项目主要是在传统汽车设计满足功能、外观、安全等性能要求基础上增加对生态环境影响的综合评价和控制,对汽车产品的可回收性、全生命周期内有害物质的控制、车内空气质量、车辆腐蚀与老化性能、整车轻量化技术进行系统研究及应用。

随汽车工业的飞速发展,汽车保有量急剧增加,汽车工业在给人类带来方便、快捷及舒适的同时,引发的环境、资源以及人类健康问题也日益凸显出来,尤其是在报废汽车回收利用率低和车内环境污染等方面。研究表明,80%的资源消耗和环境影响取决于产品设计阶段。在设计阶段,开展生态设计开发绿色零件和对绿色材料进行选用,及汽车使用中和报废后对零件或材料的再利用,可以最大限度实现资源节约,从源头减少环境污染。改变“先污染后治理”的旧模式。因此,积极开展汽车产品生态设计是汽车行业顺应环境与能源挑战的新趋势的必然选择。吉利从2008年开始历经4年多的研究,使吉利产品在生态设计方面飞速提升,具体研究内容如下:

针对欧盟“RRR”法规要求,对整车材料及零部件可回收性、禁限用物质控制、绿色拆解技术、整车回收率计算方法等汽车产品回收利用关键技术进行系统化研究,在国内率先建立起一整套回收设计控制体系,开发出国内首款回收率计算软件系统GMDS,建立整车回收率计算及分析

能力,最终通过正向设计手段达到环保可回收目标;其搭载车型整车可回收利用率为96.59%,可再利用率87.24%,达到欧盟最高回收率目标要求。

通过开展整车强化腐蚀与零部件加速腐蚀技术研究,建立了较强腐蚀环境中两者之间当量关系;通过开展整车自然老化与零部件加速老化技术研究,建立了两者之间相关性。

开发出产品的全生命周期环保守规信息管理平台,实现对各级零部件供应商的产品有害物质管理、整车VOC及气味管理及供应商守规状态查询等工作的信息化、系统化、自动化管理;经过该项目实施开发,整车VOC及气味均达到国内领先水平。

项目取得发明专利5项,软件著作权1项,掌握了产品生态设计的关键技术。项目技术自2010年后陆续在熊猫、全球鹰GX2、英伦SC5、帝豪EC7、帝豪EC8和全球鹰GX7车型上应用并上市销售,在提升驾乘人员的健康指数的同时,也增加消费者购买自主品牌轿车的信心。2011年~2013年应用该技术的六款车型共累计销售656637辆。

项目开发的吉利汽车生态设计关键技术弥补了国内汽车生态设计领域



图1 汽车生态设计

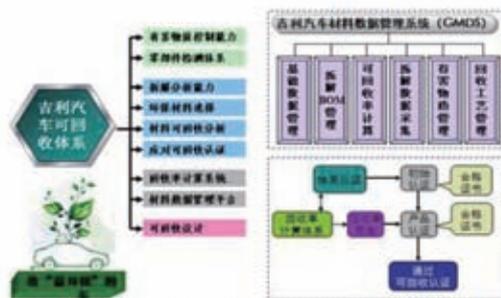


图2 吉利汽车可回收体系

多项指标体系的空白,通过正向设计手段可以实现车辆的回收利用、VOC及气味、腐蚀与老化、轻量化等性能目标,体现了自主品牌汽车企业具备能生产和研发符合欧盟高标准要求汽车的实力;将引领国内汽车行业生态设计潮流,树立生态设计标杆,为节约再生资源、保护生态环境尽到世界500强企业的社会责任。7

主要完成单位: 浙江吉利控股集团有限公司,浙江吉利汽车研究院有限公司
主要完成人: 冯攀峰、吴成明、刘强、李莉、陈倩、金玉明、张应飞、王文涛、潘雷、吴建波、陈丽、李慧连

关于收取2015年度会员会费的通知

各会员单位：

根据第四届会员代表大会通过的《中国机械制造工艺协会章程》、第五届会员代表大会通过的《中国机械制造工艺协会会费交纳标准》和秘书处工作安排，自通知下发之日起开始收取2015年度会员会费和补收以往年度会员会费，现将有关事项通知如下：

一、会费收取标准

一般企业会员：1000元/年；

理事单位：2000元/年；

常务理事单位：3000元/年；

副理事长单位：5000元/年；

理事长单位：6000元/年；

社团及事业单位按照上述企业会员会费各档标准的80%执行。

二、会费交纳时间：

2015年7月15日之前。

三、会费交纳办法：

缴纳会费按银行汇款方式或邮政汇款方式均可。

缴纳会费，汇款时请注明“会费”字样，补缴以往年度会费请注明所缴纳会费年度，汇款后请将汇款单位名称、经办人姓名、工作部门、联系电话等信息通知协会秘书处。

我会秘书处收到会费后，将及时开具社会团体会费收据并挂号邮寄给汇款单位，敬请注意查收。

户名：中国机械制造工艺协会

开户银行：中国工商银行北京礼士路支行

帐号：0200003609014456387

通讯地址：北京市海淀区首体南路2号1209室

邮编：100044

电话：010-88301523，010-68595027

传真：010-88301523

联系人：杨娟 郭志丽 战丽

四、其他事项：

1. 请接到通知后按会费标准和规定时间交纳会费。

2. 对于未能按时交纳会费的单位，将取消当年参与我会组织的机械制造工艺科技成果奖、机械制造工艺师奖等评选活动的资格。

感谢各会员单位对我会各项工作的关心和支持。如有对我会工作的希望和要求，以及对我会活动的意见和建议，请随时与我们联系，我们将努力提供相关服务。

中国机械制造工艺协会

2014年12月15日

(上接47页)

突破了深孔加工机床的设计制造缺陷，使枪钻刀具的使用寿命提高3倍，设备故障下降了82.5%，生产节拍由5分钟/台提高到4.5分钟/台。同时，也指出了机床厂家设计制造深孔加工机床比较容易忽略的环节，这对深孔加工机床的发展具有一定得促进作用。7

参考文献

[1] 彭福泉主编. 机械工程材料手册黑色金属材料. 北京: 机械工业出版社, 1990.

[2] 王峻编著. 现代深孔加工技术. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2005.

[3] 王文斌. 机械设计手册. 北京: 机械工业出版社, 2004.

[4] 王文斌. 液压传动与控制. 北京: 机

械工业出版社, 2007.

作者信息

作者：何祥金，工作单位：广西玉柴机器股份有限公司 职称：设备主任工程师，通讯地址：广西玉林市玉州区天桥西路88号 邮编：537005 手机：18269207190，电子邮箱：hexiangjin@yeah.net