

# 机械制造工艺

2016年10月10日出版

2016年第4期·总第219期

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

## 《机械制造工艺》编委会

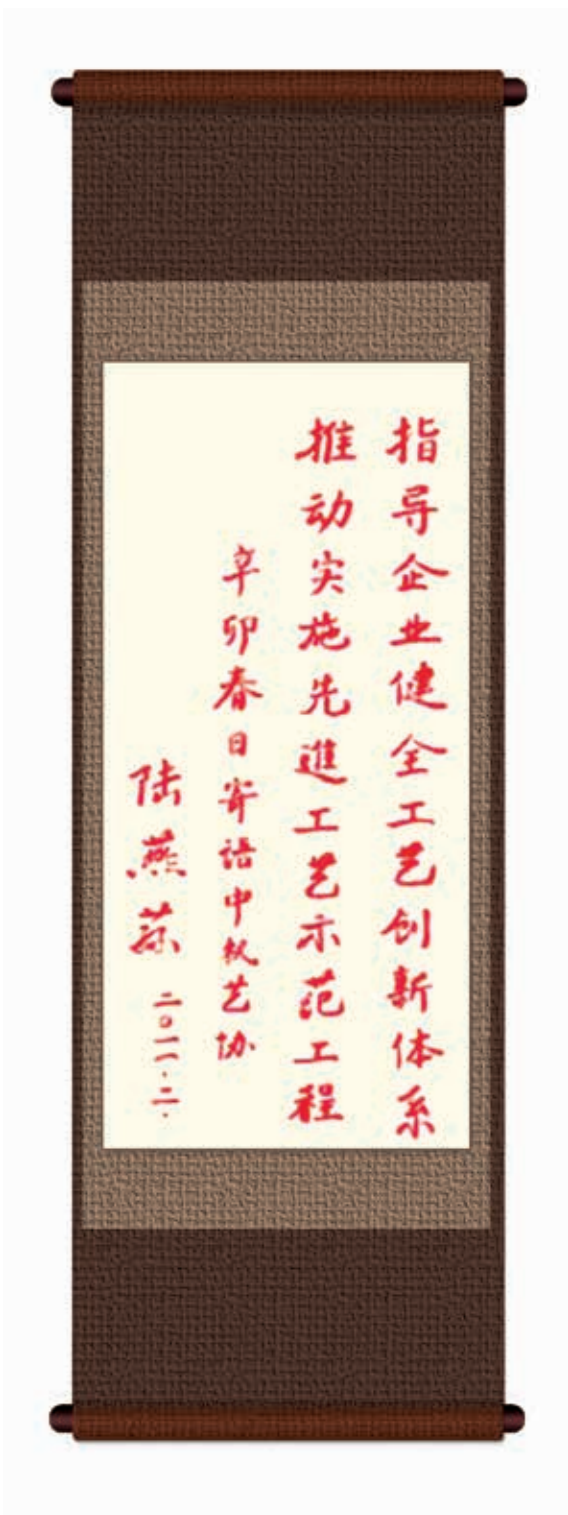
主任委员：王西峰  
名誉主编：卢秉恒  
副主任委员：单忠德 祝宪民  
主 编：单忠德  
责任编辑：徐先宜 田 媛 王争鸣

## 委员（按姓氏笔画排序）

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

## 中国机械制造工艺协会第五届理事会

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



<u>会员传真</u> .....	P01
<u>行业动态</u>	
2016年机械工业经济运行总体平稳结构调整有序推进.....	P04
<u>协会动态</u>	
2016年全国机电企业工艺年会暨第十届机械工业节能减排工艺技术研讨会在青岛召开.....	P06
<u>专家视点</u>	
深化科技体制改革的方向和重点政策.....	P08
汽车轻量化技术的发展与思考.....	P15
<u>工艺创新</u>	
面向节能优化的数控钻削参数优化方法研究.....	P19
拖拉机变速箱加工中有限元仿真技术应用研究.....	P24
弯管工艺分析以及弯管模具的设计、改进.....	P31
钢框架联接件锻造工艺数值模拟.....	P37
<u>优秀成果</u>	
汽轮机旋转隔板制造工艺技术.....	P43
AP1000核电蒸汽发生器研制.....	P44
<u>协会通知</u>	
关于举办2016中国智能装备高峰论坛的通知.....	P45
关于征集中国机械制造工艺协会标准工作委员会委员的通知.....	P46

# 机械制造工程科技2035发展战略研究暨工业强基数据平台建设与运行机制研究研讨会召开

发布时间: 2016-9-14 文章来源: 机械科学研究总院网站

9月12日,机械科学研究总院承担的中国工程院“机械制造工程科技2035发展战略研究”及“工业强基”项目二期“大数据平台建设与运行机制研究”课题研讨会在机械总院会议中心召开,会议由机械总院装备制造业发展研究中心承办。清华大学柳百成院士、王玉明院士、中航工业集团关桥院士、华中科技大学原校长李培根院士、上海大学校长金东寒院士、机械总院原副院长屈贤明教授、重机协会张维新副秘书长、中国工程院机械运载学部王晓俊处长、机械科学研究总院单忠德副院长、杜兵副总师、中机生产力邱城书记等多位行业院士专家出席本次会议。本次会议由“机械制造工

程科技2035发展战略研究”和“大数据平台建设与运行机制研究”课题组组长李培根院士主持。

会上,单忠德副院长首先对两个课题前期取得的阶段性研究成果进行了汇报。随后,与会院士、专家着重对“机械制造工程科技2035发展战略研究”展开了讨论,针对机械制造技术国外发展情况、重点发展方向、优先开展的基础研究和政策建议等方面展开深入热烈的交流,提出了报告要更具有前瞻性、发展方向要高度归纳凝练、政策措施要更具可操作性等宝贵的意见,并提供了多项具体的重点发展方向、技术和政策建议,为专题报告的修改和课题组后期的进一步研究

指明了方向。

最后,李培根院士对会议进行了总结,对课题组成员长期的努力给予了充分肯定,并指出,课题组在结合与会院士专家宝贵意见的基础上,要展开更加广泛的研讨与调研,进一步完善专题报告的内容,真正为国家未来的机械制造工程科技的发展布局提供指导。

本次会议的顺利召开为“机械制造工程科技2035发展战略研究”课题年底顺利结题及“工业强基”项目二期“大数据平台建设与运行机制研究”课题的全面开展奠定了良好基础。

## 中信重工洛阳本部特种机器人产业基地一期正式投产

发布时间: 2016-09-09 文章来源: 中信重工机械股份有限公司

9月8日,中信重工洛阳本部特种机器人产业基地一期正式投产,具备年产特种机器人1200台的能力。

目前,中信重工已发展成为国内最大的特种机器人研发制造基地。中信重工“特种机器人制造智能化工厂”项目获国家立项,“中信重工特种

消防机器人关键技术及产业化”项目被列为河南省2016年重大科技专项。推出的履带式机器人平台、巡检机器人平台、水下机器人平台等五大平台,广泛应用于消防、市政排水管网巡查、高电压等级变电站、井工非煤矿山、井工煤矿等多种高危和特殊环境。尤其

是基于应急救援需要的消防侦测及灭火机器人在全国范围内消防部队和危化企业得到成功应用,市场订货出现大幅增长,公司唐山特种机器人产业基地已难以满足。为了适应市场需求,根据河南省和洛阳市的要求,结合公司机器人产业发展规划,中信重工在洛阳本部投资建设了集研发、试验和生产为一体的特种机器人产业基地。

在基地现场,防爆消防灭火侦察机器人的装配平台整齐排开,工作人员正忙碌地进行机器人的组装。首批25台防爆消防灭火侦察机器人,预计将于9月22日前全部完成装配、调试工作。

## 武钢P33导轨助国产有轨电车首次试跑

发布时间: 2016-08-16 文章来源: 武汉钢铁(集团)公司网站

近日,武钢股份“产、销、研”团队赴青岛某公司,见证了武钢P33导轨首次引导国产电车试跑的开机仪式。用户称赞武钢仅用两个月时间就完成了P33导轨的研发和量产工作,并提前交付他们投入使用,为该公司顺利推进国产有轨电车的制造和试运行赢得了宝贵时间。

据了解,目前国内为数不多的几条有轨电车及其配套导轨均由外国公司制造并提供,为加快构建城市立体

交通网络,我国正加紧有轨电车的研制和量产工作,武钢P33导轨主要用于给这种胶轮电车引导方向,因其轨形特殊、市场需求少,国内目前尚无厂家生产。

今年初,武钢在获悉用户急需一批P33导轨、且国内尚无厂家生产时,与用户积极响应并密切配合,成立了由条材总厂、研究院、制造部、销售中心为核心的产销研团队,生产技术人员从新型钢轨的孔型和导卫设计、轧辊

和导卫的采购、生产调试及孔型优化等方面展开一系列攻关活动。

在P33导轨的试制准备阶段,条材总厂大型分厂克服了轧辊、导卫订制准备周期短,孔型设计和优化难度大等不利因素;试轧过程中,该厂又解决了P33导轨在轧辊孔型、导卫和轧线上容易“跑偏”及热打印中出现的难题,严格按照高于“铁标”的标准,提前完成客户首批订单的生产任务。

## 锡柴首创发动机带弹簧紧固螺栓 ——精益设计实现密封联接技术升级

发布时间: 2016-08-18 文章来源: 一汽解放汽车有限公司无锡柴油机厂网站

日前,锡柴技术创新又添新成果。一批富有科学、新颖、实用的科技成果获得国家专利,其中由锡柴科技人员提出的发动机“带弹簧紧固螺栓总成”,其全新结构设计,实现了发动机密封联接的技术升级,同时其功能性、可靠性、工艺性、经济性也得以全面提升。

众所周知,发动机气缸盖罩壳与气缸盖之间有一项密封联接的技术要求,其作用是将发动机工作过程中的内部油气环境与外界分开。由于发动机的气缸盖罩壳为整体式结构,其与

缸盖之间密封面较大,在振动条件下易发生变形,以往业内普遍采用的传统密封联接方法,在其罩壳与气缸盖之间增加橡胶垫密条,采用螺栓与垫片配合拧紧,这种联接方法必须给出合适的螺栓拧紧力矩,否则,过松易导致垫片密封不严引起渗漏,过紧易导致橡胶垫密条的变形及损伤渗漏。

此次由锡柴创新发明的发动机“带弹簧紧固螺栓总成”则是一种全新结构设计,首次采用弹簧弹性压紧联接,既满足了功能性、可靠性要求,又引入限位套管,将复杂结构的螺栓

还原成普通标准件,限位套管结构上下端口增设限位卡口,实现了螺栓与弹簧构成一个自由活动的总成件,便于装配。同时,锡柴科技人员还充分利用套管的长度来实现弹簧压缩力控制,让套管下端口的卡口与橡胶密封垫紧密结合,使拆卸过程中不易滑落,圆满达到了螺栓联接的良好工艺性及生产低成本的目的。

锡柴首创发动机带弹簧紧固螺栓,不仅突破了以往传统限制,更以其显著效能和非凡功能实现了发动机密封联接的技术升级。



## 甘肃省科技重大专项—300MN多缸薄板成型液压机组项目通过验收

发布时间: 2016-09-14 文章来源: 兰州兰石集团有限公司

9月2日,由兰石能源装备工程研究院承担的甘肃省科技重大专项“300MN多缸薄板成型液压机组”研发项目在兰石集团通过验收。甘肃省科技厅专家组成员,研究院、科技部负责人及项目组成员等30余人出席验收会。

专家组通过现场考察、审阅相关材料、听取项目负责人汇报,经质询和充分讨论后,一致认为,项目机组整体结构设计先进,工艺布局合理、规范,机组载荷作用均匀,性能可靠,压制的薄板成型产品质量稳定,生产效率高,机组各项参数及工艺路线均符合设计

预期,达到了设计要求,能够满足高端换热器板片高质量的生产要求,实现了机组的自动化作业,完成了任务书规定的研究内容及技术、经济指标,符合项目验收标准,通过验收。

该项目是在消化吸收国外先进技术基础上,研究院自主研发完成的,其中在两个方面超越了国外技术。一是在设备能力方面,目前国外最大规格是250MN,兰石研究院研发的机组已达到300MN。二是在低碳节能方面有大的突破,在薄板成型装备领域成功引入和应用目前世界先进的液压系统

压力、流量智能闭环控制技术,使整机能耗指标降低40%。

“300MN多缸薄板成型液压机组”项目于2014年被列入甘肃省科技重大专项计划,是兰石能源装备工程研究院独立研发设计的又一重大项目,2015年11月进行了热负荷试车并取得圆满成功,设备正式投入试生产。项目执行期间,培养了一支多缸薄板成型液压机组研发专业团队,申请并授权专利3项,其中发明专利1项,并发表论文3篇。

“300MN多缸薄板成型液压机组”通过验收,为兰石能源装备工程研究院技术创新增添了浓墨重彩的一笔,标志着兰石集团自主创新实现新跨越,也标志着我国薄板成型装备迈入国际领先水平,将对我国金属薄板加工行业,尤其是对板式换热器制造行业的快速发展提供了强有力的装备支撑。

## 中国一拖成功研制200kN负荷车

发布时间: 2016-08-12 文章来源: 中国一拖集团有限公司网站

近日,由中国一拖拖研所公司研发成功的、可满足500马力拖拉机牵引试验能力的200KN(千牛)负荷车启程前往北京。

2015年5月,中国一拖拖研所公司

正式接受农业部农业机械试验鉴定总站委托,开发研制专项用于大功率拖拉机牵引试验的200KN负荷车项目。中国一拖拖研所公司依托雄厚的技术储备和较强的技术研发能力,用不

到一年的时间,完成了负荷车开发、研制、调试。

该车结构先进、加载控制精度高、测试范围大,可满足500马力拖拉机牵引试验能力,技术上达到了国际先进、国内领先水平,填补了国内大功率拖拉机牵引试验设备的空白。

随着祝福声和礼炮声,200KN负荷车缓缓启动,向着北京农业部农业机械试验鉴定总站出发。

## 玉柴首台YC6MKN发电机配套热电联产系统调试成功

发布时间: 2016-09-13 文章来源: 广西玉柴集团网站

9月9日,玉柴首台配套热电联产系统的试验样机YC6MK270N-D31在玉柴工程研究院试验中心气体机

台架调试成功。此样机调试成功,预示着玉柴非道路发动机谱系又增加一名新成员。

据悉,此热电联产项目属联合开发,玉柴提供发电机组,配套热电联产系统。开发的这款热电联产系统不但可以发电,而且通过热回收系统,能充分利用发动机排气的能量,使发动机的综合利用效率达80%-90%。

据了解,这款产品市场前景可观,可用于同时需要热电等能源的酒店、医院、养殖场等场所。

# 2016年机械工业经济运行总体平稳 结构调整有序推进

## 2016年上半年机械工业经济运行形势信息发布会在京召开

发布时间: 2016-08-09 文章来源: 机经网



**内容摘要:** 8月9日, 2016年上半年机械工业经济运行形势信息发布会在京召开, 中国机械工业联合会执行副会长陈斌, 中国机械工业联合会副会长、中国汽车工业协会常务副会长董扬, 中国机械工业联合会副秘书长、统计与信息工作部主任赵新敏出席会议, 会上陈斌执行副会长通报了2016年上半年机械工业行业的主要运行特点以及全行业在产业结构调整升级中取得的成果, 预计2016年机械工业经济运行将延续上年四季度以来趋稳向好的态势, 下半年在总体趋稳基础上, 四季度会有小幅波动。预计全年机械工业增加值增速将略高于全国工业及制造业, 主营业务收入和利润保持同步增长, 出口增速力争不低于去年降幅。

今年以来, 在困难增多、挑战严峻的内外部经济形势下, 机械工业认真贯彻落实党中央、国务院的战略部署, 积极应对、主动作为。上半年行业经济运行延续了去年四季度趋稳的态势, 总体形势好于年初预期, 主要经济指标保持了小幅上升的态势。但与此同时必须看到, 影响行业经济运行的不确定因素仍然较多, 投资下滑趋势尚未止住, 对外贸易需求不旺的态势并未明显改善, 行业运行下行压力依然较大。

展望下半年, 随着宏观调控政策以及利好于机械行业的政策措施逐步贯彻落实, 行业经济运行将有望延续平稳态势。

### 1 上半年主要运行特点

#### 1.1 增加值增速高于全国工业

今年以来, 机械工业增加值增速由上年低于全国工业和制造业增速转变为高于全国工业和制造业增速。1-6月机械工业增加值同比增长7.8%, 分别高于同期全国工业和制造业1.8和0.9个百分点, 高于机械工业上年同期2.1个百分点。

#### 1.2 经济效益趋稳改善

1-6月机械工业主营业务收入11.29万亿元, 同比增长6.68%, 高于上年同期3.21个百分点。实现利润总额

7538亿元, 同比增长6.53%, 高于上年同期6.4个百分点。机械工业主要效益指标呈现趋稳的态势。

与全国工业比较, 机械工业主营业务收入及利润增速分别高于同期全国工业3.55和0.33个百分点。

#### 1.3 半数产品产量增长

上半年机械工业重点监测的119种主要产品中, 实现同比增长产品数量逐月增多。至6月份, 累计实现同比增长的产品为60种, 占比50.42%; 产量同比下降的产品59种, 占比49.58%。

具体看, 产量继续下降较大的主要是金属冶炼设备、机床、发电设备、

石油钻井设备等投资类产品; 光学仪器、照相机等产品; 以及前期始终保持高速增长的拖拉机、收获机械等农业机械类产品。产量保持增长的主要是与消费、技术升级、环境保护关系密切的产品, 如汽车、电工仪表、汽车仪表、输变电相关的电力电容、高压开关设备、光缆、环境污染治理专用设备; 以及模具、气动元件、金属密封件等零部件产品。

#### 1.4 重点行业发挥积极带动作用

虽然机械工业主要经济指标表现出趋稳的态势, 但行业间运行走势分化更为突出, 工程机械行业总体上依

然困难，尤其是大中型企业效益下滑局面尚未改变，亏损面继续扩大。重型矿山行业开工率下降，行业呈现一部分企业平稳，一部分企业亏损，一部分企业转产或停产。石化通用机械行业订单持续不足，行业利润继续下滑。机床行业依然低迷，其中的金属切削机床制造业利润同比下降22.12%。

而作为机械工业的两大重点行业，汽车行业和电工电器行业在市场需求、政策利好和发电、输变电领域大规模升级改造推动下，对促进机械工业平稳向好起到了拉动作用。

1-6月汽车行业主营业务收入同比增长9.9%，电工电器行业同比增长8.21%，而扣除汽车和电工电器行业外的其它机械行业同比增长3.41%；在全行业新增主营业务收入中，汽车行业占比48.91%，电工电器行业占比28.88%，其他行业共计仅占22.21%。

1-6月汽车行业实现利润同比增长6.34%，电工电器行业同比增长15.13%，而扣除汽车和电工电器行业外的其它机械行业同比仅增长2.44%；在全行业新增利润中，汽车行业占41.31%，电工电器行业占44.33%，其他行业共计仅占14.36%。

### 1.5 投资增速持续回落

1-6月全社会固定资产投资同比增长9%，制造业同比增长3.3%，而机械工业投资仅增长3.07%，创2008年以来同期增速新低，6月当月完成投资额已出现同比下降。

从趋势看，机械工业固定资产投资增速始终处于回落下行的通道，上半年累计增速已较1-2月回落7.86个百分点。其中用于设备工器具购置的投资增速也在持续回落，1-6月已转为同比下降1.56%。企业投资意愿下降直接

影响到今后的市场需求，须引起高度关注。

### 1.6 外贸形势不容乐观

1-6月机械工业累计实现进出口总额3098亿美元，同比下降6.88%，其中进口1278亿美元，同比下降7.51%，出口1820亿美元，同比下降6.42%。

特别是以往作为机械工业对外贸易出口主力军的民营企业，今年以来出口增速持续回落，已由过去的两位数增长回落至负增长，1-6月同比下降0.66%。

此外，江苏、浙江、广东等出口大省也先后出现负增长，1-6月出口额同比分别下降3.54%、2.55%和5.47%。机械工业对外贸易出口压力较大。

### 1.7 市场需求不稳定

今年机械工业重点联系企业累计订货额摆脱了上年持续下降的趋势，1-6月累计订货同比增长4.81%，但订货形势不稳定。主要原因在于：一是由于前期高速增长阶段市场积累较大量的社会库存，新开工项目对市场的拉动作用有限。二是上游行业钢铁、煤炭、建材、石油等行业运行低迷，对机械工业设备需求下降。

## 2 产业结构调整升级

在《中国制造2025》强国战略等相关政策的引导下，机械工业转型升级、创新发展持续推进。

### 2.1 自主研发取得突破

大型核电、水电、火电和风电设备、特高压交直流及柔性直流输变电设备、油气长输管线关键装备、大型煤化工关键设备、高档数控机床等高端设备自主研发取得突破。如秦川机床牵头的国家重大专项“五轴联动叶片数控磨床”课题通过验收，哈电集

团自主研发的核反应堆冷却剂泵组设备通过验收，杭氧集团为宁煤400万吨煤制油项目提供的6套10万立方米超大型空分装置及沈鼓集团研制的国内首套大型空分压缩机组正在现场安装调试，沈鼓集团研制的我国首台套120万吨/年乙烯三机试车成功，东北炼化工程公司研制的国内首台大直径聚乙烯离心机设备通过验收，中铁工程集团自主研发制造的世界最大断矩形顶管机下线，武重研发的国内首台套全液压钻机在西藏交付使用。基础领域中高压绝缘套管、变压器出线装置、优质冷轧矽钢片、大型电站锻件等一批长期依赖进口的关键基础件、核心零部件的国产化工作取得新进展。如1000KV出线装置通过新产品鉴定，“华龙一号”主管道和主蒸汽安全阀分别通过鉴定，第三代核电站1E级堆断路器屏通过鉴定。

### 2.2 创新能力建设稳步推进

由于传统产品市场的持续低迷，创新发展已成为越来越多机械企业的自主选择。企业对创新能力建设和创新模式探索的投入明显增大。

新产品研发的基础试验检测平台建设取得进展，大型压缩机试验台、水轮模型试验台、电站安全阀试验台等平台相继建成，具备世界先进水平的试验检测平台仍在陆续开始建设。如特变电工衡阳变压器有限公司将新建±1100kV世界最高电压等级交直流输变电装备研发制造中心，新增世界电压等级最高的冲击发生器、直流高压发生器、精密互感器、电容器塔等高端实验设备，未来可满足全球最高电压等级变压器类产品的生产试验需要。

(下转14页)

# 2016年全国机电企业工艺年会暨 第十届机械工业节能减排工艺技术 研讨会在青岛召开



开幕式

8月17-20日“2016年全国机电企业工艺年会暨第十届机械工业节能减排工艺技术研讨会”在青岛隆重召开。会议由中国机械制造工艺协会主办，机械科学研究总院青岛分院、先进成形技术与装备国家重点实验室承办。华中科技大学李培根院士、西安交通大学卢秉恒院士、浙江大学谭建荣院士、科技部政策法规与监督司汤富强处长、中国铸造协会执行副会长兼秘书长温平、韩国浦项工科大学教授黄云峰、青岛市经济和信息化委员会科技与中介机构发展处处长夏龙君、中国机械制造工艺协会副理事长，中国纺织机械协会总工程师祝宪民、东方电气集团中央研究院副院长王政、天津职业技术师范大学副校长苗德华、中国电器科学研究院党委书记曾艳丽、中国第二重型机械集团公司副总

工史苏存等领导专家出席会议，中国机械制造工艺协会理事长、机械科学研究总院副院长王西峰致开幕辞，机械科学研究总院青岛分院孙振田副院长致欢迎辞，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200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常务副理事长、机械科学研究总院副院长单忠德主持。

18日上午开幕式上，我会隆重表彰了在2016年度工艺创新评奖活动中获奖的单位及个人，与会领导为获奖代表颁发了奖牌、奖杯及证书。2016年我会评出机械工艺成果奖特等奖1项、一等奖4项、二等奖11项、三等奖22项；终身成就奖1位、杰出青年奖5位、优秀工艺师奖29位；优秀论文一等



表彰颁奖

奖4篇、二等奖17篇、三等奖42篇；3家“百强制造工艺创新基地”；4家“优秀会员单位”。随后，陈金元等五位获奖代表发表感言。我会通过表彰颁奖活动，推广宣传创新性的研究成果、优秀的工艺技术人员、工艺工作的创新型企业，调动广大企业和工艺工作从业人员的积极性，推动工艺技术发展和行业进步，以助推我国机械装备制造业的发展。

本次会议特别邀请到：科技部政策法规与监督司处长汤富强做了《深化科技体制改革的方向和重点政策》的报告，介绍了我国科技体制改革的历程、部署，并重点说明了我国当前科技体制改革的部署和政策措施；华中科技大学教授李培根院士做了《企业目标与智能制造》的报告，通过众多详实生动的实例从企业的角度从“质量、绿色、服务、个性、高效”五个方面介绍了智能制造；西安交通大学教授卢秉恒院士做了《智能制造与增材制





企业参观

造》的报告，介绍了中国制造基础与需求，智能制造重大工程和作为产品开发的利器的3D打印；浙江大学教授谭建荣院士做了《智能制造与智能工艺》的报告，介绍了智能制造的核心技术，特别提出智能工艺10大关键技术并结合案例说明。

18日下午，中国铸造协会执行副会长兼秘书长温平教授做了《中国铸造业浅析》的报告，介绍了铸造行业现状、准入实时动态和行业发展的趋势；中国汽车学会张宁副秘书长做了《汽车轻量化技术的发展与思考》的报告，介绍了中国汽车工业发展现状和国外汽车轻量化技术发展及应用、我国在轻量化技术方面的研究成果，并提出推动中国汽车轻量化技术发展的建议；韩国浦项工科大学黄云峰教授做了《Decoupled Design of

Functionally Coupled Structures》的报告，介绍了功能性耦合设计中的解耦设计；机械科学研究总院副院长单忠德研究员做了《复合成形制造与机械装备工业未来发展》的报告，介绍了面向2035年的世界机械制造发展和未来制造的需求，制造由有模制造向无模制造发展，柔性化、高效率、网络化生产，进一步催生个性化定制生产的趋势，并提出了相关的政策建议。本次会议特邀报告紧密围绕“智能制造和绿色发展”这一主题，深入浅出为参会人员奉上一次技术的盛宴。

19日上午，大会召开了“绿色制造技术与装备，轻量化设计与轻量化材料成形”“增材制造与快速制造，激光焊接与异种连接”“智能制造与数字化车间”三个主题分论坛，山东大学李方义教授、潍柴动力股份有限公司

副总工程师刘庆义研究员、山东科技大学张建中教授、山东山大华天软件有限公司技术研究院执行院长梅敬成分别带来了精彩的主题报告，20多位来自各企业、高校的代表分别发表了技术报告，会议现场交流气氛活跃，反响积极。

会议组织参观了赛轮金宇集团股份有限公司、机械科学总院青岛分院、海尔空调胶州互联工厂，进一步加强了与会代表之间的交流与合作。

本次会议还得到全国绿色制造产业技术创新战略联盟、机械装备工业节能减排产业技术创新战略联盟、中关村未来制造业产业技术国际创新战略联盟、中央企业青年科技工作者协会、中国智能制造产业技术创新战略联盟等单位大力支持。

“全国机电企业工艺年会暨机械工业节能减排工艺技术研讨会”关注中国制造业发展前沿动态，研讨中国制造2025，为广大制造工艺领域的企业和个人搭建一个领域宽广、技术专业的学术交流平台，交流创新发展的新思路、新方法，从而促进产学研深度合作，为助推中国智能制造和绿色发展做出应有的贡献。



# 深化科技体制改革的方向和重点政策

汤富强

## 专家简介

汤富强，科技部政策法规与监督司体制改革处处长，多年从事科技体制改革和科技政策研究与管理工 作，参与了2006年国家中长期科技规划纲要配套政策、2012年中央关于深化科技体制改革加快国家创新体系建设的6号文件、2015年中央关于深化体制机制改革加快实施创新驱动发展战略的8号文件、中办关于深化科技体制改革实施方案的46号文件等一系列重大文件的起草，目前负责科技体制改革政策的顶层设计和统筹协调以及科研院所改革等工作。今天主要介绍科技体制改革的重点方向和政策。

## 1 改革历程和当前部署

### 1.1 科技体制改革历程

改革开放以来，将近40年，科技体制改革走过漫长的历程，通过了四个阶段(图1)，从第一个阶段：科学的春天，第二个阶段：面向依靠，第三个阶段：科教兴国，到第四阶段：创新驱动发展。特别是十八届三中全会中央启动了全面深化改革，把深化科技体制

改革作为其中一个非常重要的部分，做出一系列重大部署，包括科技计划和科研项目资金管理改革，促进科技成果转化，推动科技资源开放共享，改进完善院校制度等等一系列的重要改革举措，这些举措都是中央直接部署和推动的。

### 1.2 当前总体部署

近年来中央出台很多科技体制改革举措。为了全面贯彻落实中央国务

院关于科技体制改革一系列的举措部署，增强科技体制改革的整体性、系统性和协同性。从2015年开始，由中央做出部署，科技部牵头，提出了《深化科技体制改革的实施方案》，最终经中央审议通过后发布。《深化科技体制改革实施方案》(中办发〔2015〕46号)，提出了10个方面，32项改革举措，143条政策措施，这是当前到2020年，推进科技体制改革的一个主要依据和施工图纸，这个方案是作为中央全面深化改革领导小组在部署经济和生态文明领域改革的时候，“四梁八柱”性质的八个综合性改革方案之一(图2)。

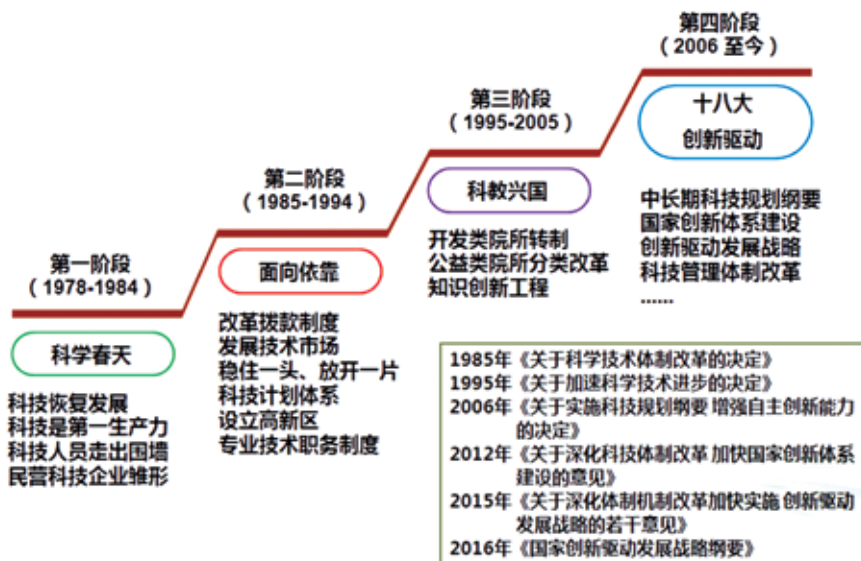


图1



图2

今年全国科技创新大会召开，会上习近平总书记和李克强总理、刘延东副总理都做了重要的讲话，提出要深化改革创新，要形成充满活力的科

技管理和运营机制。所以我们当前和下一个阶段，推进科技体制改革的主要任务就是全面贯彻落实中央关于深化科技体制改革的各项决策部署，突出内容的涵盖性、政策制度的可持续性、措施的针对性和实施的时序性。

## 2 重点领域改革举措

### 2.1 建立企业主导的产业技术创新机制

促进科技和经济结合，核心是要强化企业技术创新主体地位和主导作用。在下一步的改革中，对于如何强化企业的主体地位和发挥主导作用，可从四个方面来做。一是要健全机制，建立高层次企业对话咨询制度，让企业参与创新决策，牵头组织科技项目和构建产业技术创新联盟，提高企业在国家创新决策中的“话语权”；二是政策激励，逐步将对企业创新的支持方式转变为普惠性财税政策为主，完善加计扣除、高企认定、政府采购、首台套等政策，降门槛、拓范围和抓执行；三是补齐短板，建立鼓励创新、宽容失败的国企绩效考核制度，让国企想创新、敢创新，构建中小企业公共服务平台，解决“融资难、融资贵”问题，让创新对中小企业不再高不可攀；四是促进公平，实施严格的知识产权保护制度，打破行业垄断、市场分割和地方保护，推进要素价格改革，让创新的企业获得应有的市场回报。

#### 专题一：健全企业创新对话机制

在“十三五”科技规划编制、改革后的科技计划项目实施中，提高企业参与度和话语权：2016年已发布的重点研发专项指南中，要求企业牵头的占20%；受理的申报项目中，企业占33%；对企业专家参与项目评审也提出了明确的比例要求。

构建产业技术创新联盟：实施新一轮国家技术创新工程，依托企业建立国家技术创新中心，构建联盟协同发展网络并完善联盟领域和区域布局，支持联盟参与规划研究，申报重点研发专项。

研究完善科技决策咨询制度：制定国家科技创新决策咨询制度建设方案，加强科技决策咨询系统，建设高水平科技智库，定期向党中央、国务院报告国际科技前沿动态。

#### 专题二：普惠性财税政策

普惠的财税政策很多，包括企业研发费用的加计扣除，高新技术企业和科技型中小微企业税收优惠等一系列的政策。这里重点介绍两项政策：

一是企业研发费用加计扣除。这个政策是2006年国家中长期科技规划纲要中提出的配套政策。企业发生的研发费用可以按照实际发生额的150%在税前加计扣除，从2008年开始实施，到2014年几年的时间，不管从享受的企业数量，还有加计扣除减免税额都增长了好几倍，基本是4倍左右的增长情况。根据测算，全国企业的研发支出一半左右，都享受到了研发费用加计扣除的政策。2015年11月2日，科技部、财政部和税务总局又对这个政策做了进一步的完善，把原来的正面清单变成负面清单，提出六个行业，六个活动不可享受加计扣除，其他均可享受，扩大了费用范围，简化了核算管理，事先审批变成事后备案。

二是高新技术企业税收优惠政策。高新技术企业可以享受15%的低税率来交企业所得税。2011—2014年高新技术企业税收减免约3700亿。这个政策起到“放水养鱼”效果，促进了高新技术企业和高新技术产业的快速

发展。在减税的同时，新增上交的比例是1:10的关系。高新技术企业的收入这几年在持续增长，而且在当前经济下行压力下，据统计高新技术产业、制造业，不管从固定资产投资，还是主营业务收入的增长，还是利润率来说，在规模以上的工业里面都是属于效益更好。

### 2.2 构建更加高效的科研体系

构建更加高效的科研体系，激发科研体系活力，增强原始创新能力和服务经济社会发展能力。

#### (1) 加快科研院所分类改革

公益类院所：完善法人治理结构，制定章程，探索理事会制度，逐步取消行政级别，建立领导人员管理制度，建立现代科研院所制度。

转制院所分类深化改革：组建产业技术研发集团；深化市场化改革；引导部分基础能力强的团队回归公益研究。

#### (2) 完善高等学校科研体系

建设世界一流大学和一流学科，实施“高等学校创新能力提升计划”。

开展自主设立科研岗位试点，推进高校研究人员聘用制度改革。

#### (3) 推动新型研发机构发展

制定鼓励社会化新型研发机构发展的意见，探索非营利运行模式。

#### 专题一：公益类科研院所改革

公益类院所，都是科研事业单位性质，十八届三中全会提出“推动事业单位与主管部门理顺关系和去行政化”；五中全会“扩大高校和科研院所自主权，赋予创新领军人才更大人事支配权、技术路线决策权”；全国科技创新大会提出机构8项自主权，包括选人用人，编制管理，科研立项、成果处置，职称评审，薪酬分配、建设项目审批等等，领衔专家“三权”。



公益类院所,比较突出的问题:职能定位不清,目标要求不明,地位附属化、管理行政化,缺乏自主权。究其原因主要是,政府思想观念和职能转变不到位;改革牵涉面广、协同衔接难度大;政策不细化、法人怕担当、改革难落地;涉及利益调整、单位和个人接受度。

对此的改革举措是按照中央的要求,从扩大自主权这个角度来切入。所谓扩大自主权,即政府对单位放权,单位要强化法人担当,强化法人责任,单位要把国家下放的权限能够落到地,落到具体每一个科技人员、科研团队身上。具体举措主要是以下两方面:

(1)对机构:要明确职能定位,理顺与部门关系,厘清自主权的范围(制定章程,一所一章程);判履行使命任务绩效,推行中长期目标考核(任期制和任期目标责任制,绩效评价,合同委托管理,依据考评结果确定绩效拨款、绩效工资水平、分配办法和调整);落实和扩大法人自主权(理事会制、领导聘任制、编制备案制、人员自主招聘、职称自主评审、灵活分配办法、兼职兼薪管理、科研经费管理等)。

(2)对领军人才:推动单位完善内部管理制度,落实国家政策(项目资金管理办法、会议差旅费办法、报销规定、公示公开、内控机制等);推动项目主管部门制定实施细则(项目申报、评审、立项,预算编制、评审、财务验收等方面,规范评审和管理行为);加大稳定支持和服务保障力度(完善基本科研业务费管理、科研经费助理、团队组建便利、仪器设备共享等)。

专题二:科研事业单位领导人员管理暂行办法

中央建立事业单位领导人员管理“1+X”制度体系,“1”为《事业单位领导人员管理暂行规定》,“X”包括科研事业单位、高校、中小学、医院。这个政策有别于党政领导干部管理,体现科技特色和放开激活。

(1)强调专业化,对专技人员直接担任领导职务开辟了通道。

(2)拓宽选人用人视野,鼓励从企业或社会组织以及国(境)外高校、科研机构选聘。

(3)加大竞争性选拔力度,突出岗位特点和实绩竞争。

(4)推行聘任制,所聘职务和待遇只在聘期内有效。

(5)实行任期目标责任制和分类考核评价。

(6)允许获取成果转化收益,支持根据实际需要安排出国批次、团组人数、在外天数,允许在科技社团、基金会,企业或民非单位适度兼职。

### 2.3 改革人才发展体制机制

创新驱动实质上是人才驱动,所以改革把怎么样激发人的积极性、创造性放在非常重要的位置。改革人才培养、评价和激励机制,完善人才发展政策环境,充分调动人的积极性创造性。

(1)改进人才评价方式突出能力和贡献

针对从事不同活动的科技人员,建立分类评价制度。完善科技人才职称评价标准和方式,促进职称评价和岗位聘用有效衔接。

#### (2)科技奖励制度改革

制定深化科技奖励制度改革方案,修订国家科学技术奖励条例,完善社会力量设奖放开后的监管服务。

#### (3)院士制度改革

健全院士遴选、管理和退出机制。

(4)健全鼓励创新创造的分配激励机制

推行事业单位绩效工资制度,建立高层次人才收入分配激励机制,对市场化选聘国际高端人才开展市场化薪酬试点等,实行以增加知识价值为导向的分配政策。

(5)实行更加积极的人才引进政策制定外国人永久居留管理的意见,探索建立技术移民制度。制定外国人在中国工作管理条例。开展高校和科研院所非涉密的部分岗位全球招聘试点。

(6)破除人才流动的体制机制障碍改进科研人员薪酬和岗位管理制度。允许科研人员保留基本待遇到企业兼职或离岗创业。完善科研人员在事业单位与企业之间流动社保关系转移接续政策。

专题一:有关重大人才工程和人才政策

#### (1)创新人才推进计划

五项任务:科学家工作室、科技领军人才、创新创业人才、重点创新团队、创新人才培养示范基地。

实施效果:截至2015年底,774名科技领军人才、519名创新创业人才、205个重点创新团队和89个人才培养基地。

#### (2)“千人计划”

科技部主要工作:国家科技项目、重点实验室平台的评审工作,与人社部共同负责创业人才平台的评审工作。

实施效果:截至2015年底,共组织11批,入选5208名,其中科技部平台入选2000余人,占入选人数的近一半。

#### (3)“万人计划”

计划定位:面向国内高层次人才的重点支持计划。

实施效果:截至2015年底,结合



创新人才计划推荐入选330人,杰出人才6人,科技领军人才272人,创业领军人才52人。

#### (4) 改革科技人才评价制度

方向:分类评价,以质量贡献绩效为导向。

政策:科技人才评价意见、深化。

#### 专题二:改进完善院士制度

以深化高端人才评价改革、树立正确用人导向,使院士称号回归学术性、荣誉性本质为改革取向,在院士遴选、管理和退出等关键环节均形成新的制度规范。

(1) 推荐环节:将原来并行的125个推荐渠道缩减为院士推荐为主及中国科协补充推荐2个渠道,强化学术导向;

(2) 组织审核环节:严把候选人政治关经济关品行关,健全投诉调查和处理机制;

(3) 公示环节:将有效候选人公示制调整为初步候选人公示制,中科院院士候选人由所在单位和中科院同时进行公示,工程院院士候选人实行所在单位公示和工程院抽查相结合,公示期均为一个月;

(4) 选举环节:将学部投票制改为全体院士终选投票制;

(5) 管理环节:实行院士学术兼职报批报备制度,明确70岁退休年龄,对存在违纪违法违反科学道德行为的院士建立退出机制。

专题三:实行以增加知识价值为导向的分配政策

建立保障和激励创新的分配制度,激发科技人员积极性、主动性、创造性,统筹自然科学、哲学社科,统筹教学、基础、应用、转化、辅助;坚持价值导向,绩效评价、精准施策。主要政策:

(1) 扩大收入分配自主权(单位

自主决定绩效评价和分配办法、中长期目标考核及相挂钩的机构拨款和收入调整机制、合同委托管理制度);

(2) 发挥科研项目资金引导激励作用(提高高智力密集型项目的人员费比例,横向项目人员费按合同约定管理,社科项目按照政府购买服务合同约定管理);

(3) 加强成果产权性长期激励(法人决策免责、不任正职一年后解除股权限制交易、延迟纳税);

(4) 允许适度兼职兼薪(兼职取酬归个人、股权及红利向单位报告,允许教师多点教学)。

#### 专题四:科研人员出国交流

简单套用国家工作人员因公临时出国批次限量管理政策制约了科研人员正常的出国学术交流活动,改革导向是区别对待、分类管理。

(1) 《外交部、科技部、财政部关于对部分科研人员因公临时出国实行分类管理政策的意见》(外发〔2014〕61号)适用于科研人员从事5类出国科研活动:承担国家科技计划项目国际交流合作任务;出席国际学术会议并任主席、作报告;执行政府间科技合作协议任务;在国际学术组织任职,出国执行相应任务;从事外方出资的国际交流合作任务。

(2) 中办、国办转发中组部、中央外办等部门《关于加强和改进教学科研人员因公临时出国管理工作的指导意见》(厅字〔2016〕17号)扩大适用于教学和科研人员,出国次数、团组人数、在外天数根据实际需要安排,单位计划管理,外事部门备案,特殊情况经人事部门批准可持普通护照出国。

## 2.4 健全促进科技成果转化机制

改革科技成果管理制度,完善转化服务体系,强化对人的激励,打通成

果转化通道。

#### (1) 科技成果管理改革

修订促进科技成果转化法和相关政策规定,下放成果使用权、处置权和收益权,落实国有企业事业单位成果转化奖励政策,探索适应无形资产特点的国有资产管理体制。

#### (2) 完善技术转移机制

加强高校科研院所知识产权管理,建立科技成果转化年度统计和报告制度,构建全国技术交易市场体系,健全科技与标准化互动支撑机制。

在科技成果转化机制方面,科技部按照“三部曲”推进成果转化的法律和政策制度的调整。一是修订《促进科技成果转化法》,2015年8月9日全国人大颁布,10月1日执行。二是实施《促进科技成果转化法》若干规定,今年由国务院出台,明确了一些操作性的措施和一些重要的政策规定。三是出台《科技成果转移转化行动方案》。所以“三部曲”一个系统的部署,从修订法律条款,到出台配套政策,再到部署一些具体的措施、行动。

专题一:促进科技成果转化法及国务院若干规定(要点)

从成果转化法的修订到国务院出台配套政策,有几个核心调整:

(1) 完善科技成果转化考核评价体系

明确部门职责:主管部门、财政、科技部门应建立促进科技成果转化的绩效考核评价体系。

明确单位职责:高校、科研机构应建立符合科技成果转化特点的职称评定、岗位管理、考核评价制度。

年度报告制度:高校、科研机构应向主管部门提交科技成果转化年度报告,并由主管部门送财政、科技部门。

(2) 完善科技成果处置收益分配

制度

下放科技成果处置、使用权，不用审批和备案：高校科研机构对其持有的科技成果可以自主决定转让、许可或者作价投资。

下放转化收益权，不用上缴国库：转化科技成果所获得的收入全部留归单位。

(3) 科技成果使用处置收益权管理改革试点(图3)

(4) 完善科技成果市场化定价机制  
 市场定价机制：通过协议定价、在技术市场挂牌交易、拍卖等方式，确定科技成果价格。通过协议定价的，应当在本单位公示科技成果名称和拟交易价格。

建立免责机制：科技成果转化过程中，履行了科技成果市场化定价程序，单位领导在履行勤勉尽职义务、没有牟取非法利益的前提下，免除其在科技成果定价中因成果转化后续价值变化产生的价格决策责任。

(5) 加大对科技人员的奖励力度  
 提高奖励比例：“约定优先”，但不能低于转化净收入和股权的50%。没有规定或者约定的，按照法定标准（不低于50%）给予奖励和报酬。科技成果转化奖励、报酬不纳入单位绩效工资总量管理。

“双肩挑”科研人员奖励：事业单位正职领导，原则不能获得股权激励，可以获得现金奖励。其他职级干部均可以获得股权和现金奖励。领导干部科技成果转化奖励需公开公示。

**专题二：股权和分红激励政策**

《国有科技型企业股权和分红激励暂行办法》（财资〔2016〕4号）。

政策功能：鼓励技术、管理等创新要素参与分配，调动技术和管理人员积极性，促进科技成果转化和产业化。

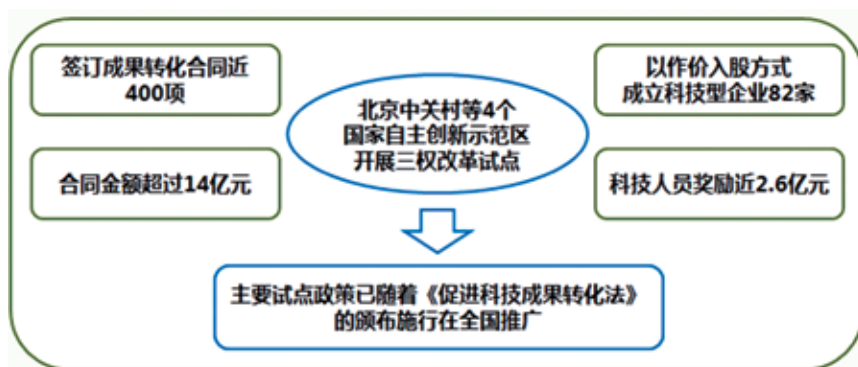


图3

适用范围：国有及国有控股未上市科技企业（含“新三板”挂牌的国有企业）。具体包括：转制院所企业、国家认定的高新技术企业，高等院校和科研院所投资的科技企业，国家和省级认定的科技服务机构。

激励对象：重要技术人员和经营管理人员。

激励方式：股权激励：以本企业股权为标的，包括股权出售、股权激励、股权期权等方式；分红激励：以科技成果转化收益为标的，采取项目收益分红方式；或者以企业经营收益为标的，采取岗位分红方式。

实施效果：截至2014年底，股权与分红激励政策已在中关村、东湖、张江示范区及合芜蚌试验区245家单位中实施，激励人员超过2000人，目前已经在全国推广。

**2.5 深化科技计划管理改革**

深化科技计划管理改革方面的主要举措：

(1) 建立公开统一的国家科技管理平台

把分散的科技资源纳入统一平台管理，解决碎片化和战略聚焦不够两大问题，重构资源配置方式，转变政府职能，提高财政投入效率。统一的国家科技管理平台，由“一个制度、三根支柱、一个系统”构成。“一个制

度”，即国家科技计划（专项、基金等）管理部际联席会议制度；“三根支柱”，即战略咨询与综合评审委员会、项目管理专业机构、监督评估与动态调整机制；“一个系统”，即国家科技计划管理系统（图4）。

(2) 优化国家科技计划（专项、基金）布局（图5）

原来100项中央财政科技计划（专项、基金等），现在除保留15项外，已完成74项的优化整合工作。通过这个整合，形成新的五类计划布局，自然科学基金、重大专项、国家重点研发计划、技术创新引导，还有基地和人才的专项。

**专题一：科研项目资金管理简政放权**

计划管理改革和科研项目资金的管理，是同步推进的。国务院出台《国务院关于改进加强中央财政科研项目管理和资金管理的若干意见》（国发〔2014〕11号）赋予单位5项自主权：

- (1) 预算调整自主权；
- (2) 劳务费管理使用自主权；
- (3) 间接费用统筹管理自主权；
- (4) 结转结余资金管理使用自主权；
- (5) 基本科研业务费管理使用自主权。

调研中我们了解到，科研人员反映对下放的这五项自主权获得感不



图4

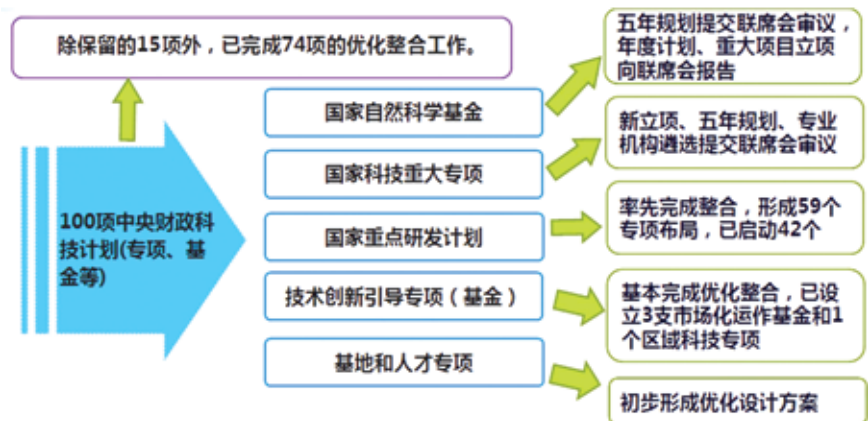


图5

强，尚未真正落地。我们分析原因，主要还是在科研项目资金管理改革，和计划管理改革是同步推进，计划管理改革是原有的计划体系在调整，新的计划体系没有形成，所以在新旧过渡衔接过程中这个文件落实不太好。针对这一问题，中央出台了《关于进一步完善中央财政科研项目资金管理等政策的若干意见》（中办发〔2014〕50号）：

（1）简化预算编制，实行项目资金预拨制度，下放直接费用多数科目预算调剂权；

（2）提高间接费比例（20%/15%/13%），取消绩效支出比例限制；

（3）明确劳务费开支范围（研究

生、博士后、访问学者、临聘研究人员辅助人员），不设比例限制；

（4）结余资金2年内由承担单位统筹使用；

（5）明确横向经费按委托方要求或合同约定管理使用；

（6）高校院所差旅费、会议费自行制定管理办法；

（7）自行采购仪器设备并选择评审专家，简化采购预算调剂、变更采购方式审批流程，进口设备备案；

（8）自有资金基建项目单位自主决策，主管部门备案；

（9）精简评审检查，建立科研经费助理制度。

在过渡过程中政策适用的问题，一是项目执行结束、进入结题验收环

节的项目，执行原政策。二是在研的项目，由单位自主选择是否执行新政策。这就解决简单套用行政预算和财务管理方法管理科技资源的问题。

专题二：监督和评估工作制度建设

已出台：《科技监督和评估体系建设工作方案》实施“制度+合同+技术”三位一体的工作模式，明确科技监督、评估、信用的重点和内容；《中央财政科技计划（专项、基金等）监督工作暂行规定》明确“内部控制和自律+公开公示+外部监督”的监督机制；《国家科技计划（专项、基金等）严重失信行为记录暂行规定》对自然人以及法人机构参与科技计划、项目组织管理或实施中存在违法违规违纪行为进行客观记录，作为科研立项等的重要依据。

下一步将出台：《科技评估工作通则》确定独立、科学、可信、有用的原则，目前正在征求财政部、发改委等部门意见。

正在研究启动：“加强科研信用管理指导意见”明确科研信用工作的内容、指标体系和结果运用等，逐步形成以科研信用为基础的科技计划监管体系。

## 2.6 促进大众创业、万众创新

促进大众创业、万众创新主要从三个方面，一是加大科技资源开发共享的力度，二是推动科技成果以科技成果包的形式去发布和推广，三是发展众创空间。通过这样的方式构建创新创业服务平台，提供低成本、便利化、全要素、开放式的创业服务。

## 3 下一步改革工作考虑

下一步的改革工作总体要求是落实新发展理念，突出问题导向和供给侧结构性改革，围绕深入实施创新驱动



动发展战略,充分发挥科技创新核心引领作用的主线,全面落实《深化科技体制改革实施方案》和科技创新大会精神,重点落实四个方面:一是抓改革落地落实。二是抓重点难点突破,包括以下方面:全面完成科技计划管理改革;出台以增加知识价值为导向的分配政策;开展扩大高校和科研院

所自主改革试点;出台科技人才评价政策和深化科技奖励制度改革;组建国家实验室;建立国家科技决策咨询制度。三是抓成熟经验推广。四是抓改革整体协同。

落实改革政策,必须打通最后一公里。现实中,十分关键的是单位要强化法人,不管是高校还是科研机构,

都要强化法人的担当意识,落实法人责任。同时,国家也要建立容错纠错的机制,鼓励在改革探索,允许失误和失败。最近,审计署、最高检察院都出台鼓励支持科技创新的文件,核心的一条是,对突破原有制度或规定,但符合科技创新大会精神的行为和举措,要坚决支持,要鼓励探索。T

(上接05页)

协同创新步伐加快,机械企业与用户企业、科研院所在设备研发工艺创新等领域的合作更加紧密、频繁。合作模式推陈出新,合作研发成效显著。

### 2.3 智能制造开始起步

近几年我国制造业数字化、信息化建设步伐加快,自动化生产线、数字化车间建设加速,企业生产、运营、管理的信息化水平不断提升。如上海电气电站设备有限公司发电机厂完成研发1300MW核电发电机数字化样机项目,实现工厂数字化三维设计应用新突破;广利核等公司共同完成我国首个具有完全自主知识产权的核电站数字化仪控系统(DCS)平台的研制,并实现了成果在二代、二代加、三代核电工程中的应用。此外,在互联网、云计算等信息技术,以及传感技术、控制技术高速发展的协同作用下,智能制造已开始起步。以工业机器人为例,据中国机器人产业联盟统计数据显示,我国已连续三年成为全球第一大工业机器人消费市场。

### 2.4 积极探索转型发展新路径

传统企业向制造服务业的转型持续推进,服务模式持续创新。目前机械工业服务型制造已全面延伸到下属

13个行业,实现从研发设计到产品回收处理和再制造等各个环节完备的服务链条,并涌现出潍柴动力集团、杭州制氧机集团、浙江中控技术股份有限公司等一批典型与示范企业。

在7月底工信部与中机联共同召开的“发展服务型制造专项行动指南宣贯推进会”上,多家企业交流显示,机械行业服务型制造正在积极推进之中,新业态、新模式不断涌现。发展服务型制造已成为机械工业企业转型升级的重要途径。

## 3 全年走势预测

### 3.1 利好的因素

一是供给侧结构性改革政策效应逐步显现,工业经济运行总体平稳,有利于机械工业保持趋稳向好的运行态势。

二是产业政策环境有利于行业推进结构调整。特别是《中国制造2025》相关配套政策;以及机械工业调结构促转型增效益的政策措施的出台,为机械工业发展提供良好的发展环境,提振全行业的信心和决心。

### 3.2 面临的挑战

一是经济运行下行压力依然很大,机械产品内需市场疲软的态势短

期内难以明显改善,机械工业主要服务的钢铁、煤炭、电力、石油、化工等行业普遍处于“去产能”的深度调整期,短期内需求难以复苏。

二是经过多年的高速发展,各类机械产品的社会保有量均已达到相当规模,在释放出维修市场需求的同时也缩减了新设备的购置需求。

三是行业出口形势压力较大,市场竞争激烈,贸易摩擦加剧,价格下降,利润下滑,为出口回升带来难度。

综上所述,预计2016年机械工业经济运行将延续上年四季度以来趋稳向好的态势,下半年在总体趋稳基础上,四季度会有小幅波动。预计全年机械工业增加值增速将略高于全国工业及制造业,主营业务收入和利润保持同步增长,出口增速力争不低于去年降幅。

2016年是实施“十三五”规划的开局之年,也是全面建成小康社会攻坚期的第一年。机械工业要坚决贯彻中央的战略部署,加快结构调整和转型升级的步伐,进一步增强经济增长的活力和创新动力,努力实现机械工业平稳较快发展。T



# 汽车轻量化技术的发展与思考

中国汽车工程学会 汽车轻量化技术创新战略联盟

王利刚, 杨洁, 张宁

近年来,我国汽车产销规模不断扩大,并在2015年双双突破2400万辆,连续7年位居全球第一。惊人的数据带来了残酷的现实,我国不仅是名副其实的汽车生产大国,也是世界第二大石油进口国和消费国,二氧化碳排放总量也在全球各国中处于较高水平。随着汽车保有量的大幅上升,能源消耗和环境污染等问题日渐严峻,亟待解决。汽车轻量化作为实现汽车产品节能减排的有效途径,受到了国家、行业以及企业的高度重视,并被国务院发布的《节能与新能源汽车产业发展规划(2012-2020年)》、《中国制造2025》列为节能与新能源汽车的一项共性关键核心技术。中国汽车工程学会于2007年牵头组建汽车轻量化技术创新战略联盟以来,我国的汽车轻量化技术得到了快速发展,并取得了一系列可喜的成果。本文梳理了汽车轻量化的基本概念,提出了推动汽车轻量化技术发展的建议,并介绍了汽车轻量化技术创新战略联盟取得的工作进展和在“十三五”期间即将执行的国家重点研发计划项目《电动汽车结

构轻量化共性关键技术研究与应用》的有关安排。

## 1 汽车轻量化的意义

对于燃油汽车来说,轻量化通过降低汽车的整备质量,可以有效实现汽车产品的节能减排。多个机构就轻量化可以带来的节能减排效果进行了研究:世界铝业协会的研究报告指出,汽车质量每降低10%,可降低油耗6%-8%,排放下降4%;大众汽车的研究则表明汽车质量每减少100kg,每百公里可节省燃油0.3-0.5升,每公里CO<sub>2</sub>排放可减少8-11克;里卡多针对乘用车和载货汽车分别进行了研究,结果如表1所示。

轻量化通过改善车辆的性能,可以提高汽车产品的市场竞争力。首先,汽车质量降低后,其动力性、制动性、操纵性等性能能够得到改善;对于新能源汽车来说,轻量化一方面可以降低能耗,另一方面也可以在同样整备质量的前提下安装容量更大的电池,两者均可以提升其续航能力;对于商用车来说,轻量化还可以减少车辆的

运营成本,这包括车辆油耗降低带来的油费节省和在计重收费情况下带来的额外好处。

此外,汽车轻量化通过对相关产业提出更高的要求,还可以带动相关产业的转型升级。汽车轻量化是一个跨产业的系统工程,涉及冶金、材料、装备、设计、制造、维修、回收再利用等多个相关产业。所以,汽车轻量化发展,需要依托于我国相关产业的大力发展。只有相关产业快速发展了,汽车轻量化才有基础和根基;如,与国外先进水平相比,我国在汽车用高强度钢、铝合金板材和先进复合材料等材料领域的发展还相对比较滞后,无论从产品种类上,还是从生产稳定性上都不能完全满足汽车工业的需求,汽车轻量化发展必定能够推动相关产业的进步和转型。在标准领域,我国现有的与汽车轻量化相关的国家标准和行业标准要么远远落后,要么完全空白,与我国现在快速发展的汽车轻量化产业不相适应。

## 2 对汽车轻量化的认识

汽车轻量化是在成本控制与性能改进条件下,通过轻量化结构设计与轻量化材料和制造技术在整车产品上的集成应用而实现的产品减重。汽车轻量化是一个涉及到技术、经济、安全、环境等诸多方面的复杂系统工程,

表1 里卡多2007年关于车辆每减重1%对降低油耗的研究结果

车辆类型	乘用车		载货汽车	
	发动机不变	发动机小型化	发动机不变	发动机小型化
汽油车	0.33%	0.65%	0.35%	0.47%
柴油车	0.39%	0.63%	0.36%	0.46%

需要从材料到零部件优化设计和检测技术、先进制造技术、材料回收与再利用技术、零部件维修技术等一系列关键支撑技术的突破。

实现轻量化不是简单的材料替代，不能以牺牲车辆性能为代价，汽车轻量化必须在预定整车减重目标、整车成本控制目标、安全性目标和NVH控制水平的约束下进行。单纯更换材料将会导致一系列的问题：缺乏整车优化设计和多种轻量化技术集成应用技术，必将导致车辆NVH、被动安全性等性能劣化，甚至影响制动性能等主动安全相关性能；缺乏零件的结构设计、测试标准和评价方法，必将影响到整车性能，并导致车辆可靠性、耐久性出现问题；缺乏与零件成形工艺、模具、装备的协调和对供应链管理相关问题的考虑，必将导致整车生产效率、质量控制、生产成本的增加。

国家工业基础和综合科技实力，决定着汽车企业的选材、用材的方向。各国国情不同，不能盲目追求“国际接轨”，找到自己的方向并系统开展工作才是根本。轻量化技术没有绝对的好与不好，企业应根据产品的市场定位、要达到的性能指标、成本控制目标和竞争对手的轻量化水平等，确定所采用的技术，相关工业企业需要为汽车企业提供更多的技术选择。

多种材料综合应用，是未来汽车轻量化技术发展不可忽视的趋势，各种材料对实现轻量化都是不可或缺的。尤其是新的设计理念、新的工艺不断出现，促使我们必须以科学的态度看待每种材料的应用潜力，不可轻率断言某种材料发展前景的“是”与“否”。

### 3 如何实现汽车轻量化

从管理层面来看，汽车轻量化的实现，必须改变“轻量化=换材料”的观念，必须系统性的解决从产品开发到产品制造，再到使用维修，以及回收再利用所面临的一系列问题，还必须提升汽车零部件的研发、生产以及制造能力。

从技术层面来看，汽车轻量化的实现，主要有3条途径，分别是：轻量化设计技术、轻量化材料技术和轻量化制造技术。其中，轻量化设计技术是龙头，轻量化材料技术是基础，轻量化制造技术是纽带，并要把握“正确的设计用在正确的地方、正确的材料用在正确的地方、正确的工艺用在准确的地方”这一基本原则。

具体来说，轻量化设计技术主要包括整车及零部件结构的尺寸优化、形状/形貌优化、拓扑优化、多学科多目标优化技术。轻量化材料技术主要涉及高强度钢、铝合金、镁合金、高性能工程塑料及复合材料等的研发和应用。轻量化制造技术则涉及先进制造工艺技术和先进连接技术两方面内容。在先进制造工艺技术方面，主要有高强度钢板的热冲压成形、液压成形、激光拼焊成形、管材内高压成形

等，铝合金、镁合金等的半固态成形、高真空压铸、等温挤压、等温锻造等，复合材料的在线模塑成型、在线注射成型、在线模压成型等；先进连接工艺技术主要有激光焊接及激光钎焊、搅拌摩擦焊、锁铆及自锁铆技术、流钻螺钉、胶粘连接等。

### 4 对推动汽车轻量化发展的建议

随着社会对汽车节能减排的日益重视，轻量化作为节能与新能源汽车共有的关键核心技术得到了世界各国及汽车企业的高度关注。在美国《电动汽车普及大挑战蓝图》中，轻量化与电池、电驱动系统和气候控制技术被并列为发展重点，并明确提出：美国在2022年要实现插电式电动汽车整车减重近30%。德国在《国家电动汽车发展计划》(NPE)中也明确将“轻量化”列入其中，并投入3.28亿欧元用于轻量化技术研究。日本各大汽车企业也都提出了轻量化技术发展路线图和阶段重点，并确定了以到2030年实现车辆减重50%为目标的日本轻量化研究方向。在具体的车型上，国外则出现了多款轻量化技术应用特征明显的产业化车型。如德国宝马汽车公司连续推出的以碳纤维复合材料大量应用为特点的i3、i8等电动汽车车型，美国特

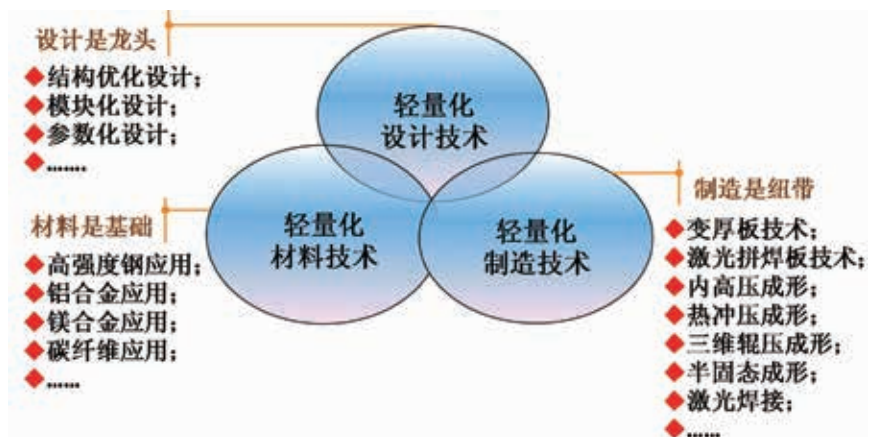


图1 汽车轻量化技术之间的关系

斯拉汽车公司推出的以铝合金大量应用为特点的model S等电动汽车车型，美国福特汽车公司推出的以铝合金大量应用且规模化生产的F 150皮卡车型，沃尔沃汽车公司生产的白车身热成形钢用量达到30%的XC90车型等。

在我国，不论在汽车轻量化的发展还是应用上，都要落后于国外，国务院发布的《节能与新能源汽车产业发展规划（2012-2020年）》、《中国制造 2025》已将轻量化列为了节能与新能源汽车的共性关键核心技术。我国相关油耗目标（2020年5.0L、2025年4.0L）的实现，也必将促进汽车轻量化技术的发展和运用。然而，我国汽车轻量化基础技术以及基础零部件的缺失、技术链和产业链的不完整以及轻量化成本的制约正在阻碍我国汽车轻量化技术的发展，建议从以下几个方面开展相关工作。

（1）在轻量化材料的应用方面，应采用“用材所长、因材施用”的原则。未来5年建议对于低价位（<10万元）的车，在材料选用上应以钢为主+玻璃纤维增强塑料的应用；对于中价位（10~20万元）的车，在材料选用上应以钢为主+少量铝+玻璃纤维增强塑料的应用；对于高价位（20~35万元）的车，在材料选用上应以钢为主+多量铝+玻璃纤维增强塑料的应用；对于品牌车（>35万元）的车，在材料选用上应以铝为主+钢、塑混合应用（或）碳纤维增强塑料+铝的应用。

（2）应采取恰当的减重目标和手段。相比于2013年，建议2017年的乘用车实现减重8%、轻型商用车实现减重5%、中重型商用车实现减重10%，轻量化手段上应促进高强度钢在车身和底盘上的应用，铝合金在车身覆盖件和底盘、发动机部分零件的应用，并加大

“以塑代钢”零件的开发和应用；建议2020年的乘用车、轻型商用车、中重型商用车分别再减重7%、10%、5%，轻量化手段上应促进先进高强钢、超高强度钢在车身和关键车零件上的应用，扩大铝合金技术在底盘、发动机上的应用，加大镁合金、碳纤维复合材料的开发和运用。

（3）应明确研究的重点。在基础研究方面，建议积极开展汽车轻量化材料增强、增韧机理及材料多相调控机制，汽车轻量化材料成形工艺与成形理论，轻量化结构设计与计算基础，汽车轻量化材料与零部件性能检测与评价基础，汽车轻量化异种材料连接与性能评价等方面的研究；在工程研究方面，建议积极开展轻量化零部件结构设计技术，轻量化零部件集成与设计技术，轻量化连接工艺技术，轻量化成形工艺与装备应用技术，轻量化零部件性能检测与评价等应用技术等方面的研究。

（4）应进一步进行共性技术平台的搭建。具体包括汽车轻量化数据库的建设和轻量化技术标准的制订，涉及材料性能数据、制造工艺数据、结构数据、连接数据、测试评价方法、论文专利等方面的内容。

（5）应继续围绕产业链构建创新链。汽车轻量化是一个复杂的系统工程，涉及原材料、零部件、整车、装备等产业，并与各相关的企业、高校、科研机构密切相关，各单元环环相扣，我国目前在各环节均比较薄弱，必须依靠深度跨产业、跨学科和产学研合作，协同创新、抱团发展是加快提升中国汽车轻量化水平的唯一出路。

## 5 轻量化联盟的工作进展

2007年12月，根据科技部、财政

部、教育部等六部门“推进产学研结合工作协调指导小组”的总体要求，在国家科技部的指导下和中国科协的支持下，中国汽车工程学会（以下简称“中汽学会”）发起组建了“汽车轻量化技术创新战略联盟”，旨在构建以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系，推动跨产业和跨学科协同，提升我国汽车产品的轻量化水平。汽车轻量化技术创新战略联盟（以下简称“轻量化联盟”）由中汽学会牵头，联合5家整车企业、1家研究机构、2家材料企业和3所高校共同发起成立。轻量化联盟以“协同合作，推动创新，共赢共荣”为宗旨，以攻克制约我国汽车轻量化产业发展的核心技术为根本任务，以提升我国自主品牌汽车的核心竞争力为最终目标。目前，轻量化联盟已扩大到19家成员单位、46家伙伴单位和6家观察员单位。

在成立之初，轻量化联盟提出9大轻量化技术主攻方向和共性技术平台建设目标，围绕这个建设目标，重点开展产学研合作项目的组织和执行、协同创新平台的构建等方面的工作，在实际工作中不断深入分析协同创新体系构建和运行中面临的诸多问题，不断总结经验，优化工作方法，创新工作手段，取得了一系列成果。

在产学研合作项目的组织和执行上，在组织多个自立项目的同时，轻量化联盟也已逐渐成为国家科技部、自然科学基金委、工信部、发改委等部门相关科技项目的重要依托力量和推荐渠道，并在“十二五”期间执行了国家科技支撑计划项目《汽车关键轻量化技术开发与整车的集成应用》。其中，参与《汽车关键轻量化技术开发与整车的集成应用》项目的轻量化联盟单位用短短的28个月，突破车身参数化轻



量化设计和优化技术、超高强度钢热冲压成形技术、高强度钢冲压成形技术（含内高压成形、三维辊压成形和高强度钢冲压成形）、纤维增强塑料前端模块开发技术、形变铝合金成形技术（含铝合金车身和发动机盖板）和整车轻量化技术集成应用等9大类汽车轻量化共性关键核心技术，开发出3款减重幅度达5.7%—8.1%的燃油轿车、1款减重幅度达5.8%的混合动力轿车、1款减重幅度达14.2%的混合动力客车和29种零件新产品、3种新材料、3种新工艺，获得发明专利24项、计算机软件著作权2项。上述成果填补了我国汽车轻量化领域的多项技术空白和能力空白，打破了跨国企业在相关领域的垄断，带动了整车企业、零部件企业及相关工业企业能力的提升。所形成的技术已经在国内8个骨干汽车企业的超过35款自主品牌产品上得到应用，企业平均车重明显下降。在轻量化联盟组织下编制的技术标准和建立的轻量化数据库为汽车企业和材料企业的产品开发、生产提供了有力支撑。

在协同创新平台的构建上，逐渐形成以发展战略和技术路线研究、技术标准编制、数据库建设、研讨和交流等为主的共性技术分享平台，以技术研究、服务与推广为主的实体平台，以及以技术培育、孵化和推动产业化为主的创新基地平台。在共性技术分享平台建设方面，轻量化联盟已发布多个研究报告，并编制出版《世界汽车技术发展跟踪研究—轻量化篇》、《中国汽车轻量化技术发展—战略与路径》，目前正接受工信部的委托进行“中国制造2025”汽车领域行动计划“节能与新能源汽车轻量化技术路线图”的研究。轻量化联盟已编制并发布轻量化技术标准26个，初步完成包

含材料性能、零部件结构等内容的汽车轻量化数据库，培育出“中国汽车轻量化技术研讨会”、“中国轻量化车身会议”等技术交流平台。轻量化联盟17家单位共同投资4350万元组建的国汽（北京）汽车轻量化技术研究院有限公司（以下简称“国汽轻研院”）根据行业轻量化技术发展的需求，购置了一批试验设备，启动了一批开放课题，在有效整合行业资源和创新科技服务体系方面取得了重大进展。此外，轻量化联盟根据前沿技术孵化的需求，构建了10个汽车轻量化联盟创新基地，为完善进一步技术创新链做出了整体部署。

## 6 轻量化联盟“十三五”将要开展的重点工作

为提高我国新一代电动汽车的正向设计能力、加快电动汽车产业的快速发展，轻量化联盟将在“十三五”期间重点围绕电动汽车的轻量化开展工作。为此，中汽学会联合吉林大学、上汽集团、江淮汽车、北京汽车、奇瑞汽车、国汽轻研院以及相关的31家单位共同申报了首批国家重点研发计划的“新能源汽车”试点专项项目《电动汽车结构轻量化共性关键技术研究与应用》，并已于2016年7月获得科技部正式立项。该项目的执行周期为2016年7月—2020年12月，专项经费共计5000万元。

项目将就碳纤维复合材料、铝合金、镁合金、超高强度钢动态性能、典型复杂零部件成形技术、性能评价方法和多材料连接技术等进行深入研究；揭示碳纤维复合材料界面与零件结构不同铺层设计导致的各向异性对零部件性能影响的规律性；建立碳纤维复合材料与钢、铝合金、镁合金连接结构的数学模型、连接性能与疲劳

失效的数值分析和评价方法；掌握全新架构电动汽车车体和电池仓框架指标分解、结构优化和性能集成方法，构建全新架构电动汽车结构—材料—性能一体化多目标优化设计方法和电动汽车整车、典型零部件轻量化评价方法；建立电动汽车轻量化共性技术数据库，制订电动汽车轻量化技术标准；并实现高强度钢与轻合金在2款车型上应用、碳纤维复合材料在1款车型上应用；为新一代全新架构电动汽车结构轻量化正向设计开发提供理论与技术基础。

项目的主要研究内容包括：

(1) 通过一体化设计理论方法、全新架构电动汽车车体仓和底盘车架建模与设计分析研究，建立全新架构电动汽车结构—材料—性能一体化多目标优化设计方法；

(2) 通过开发碳纤维复合材料一体式地板，建立碳纤维复合材料大型车身结构件集成设计、成形与性能评价方法；

(3) 通过开发薄壁压铸铝合金减振器支座、锻造铝合金车轮，突破并掌握复杂薄壁压铸铝合金零部件成形与应用的关键共性技术；

(4) 通过开发耐蚀镁合金锻造车轮、镁合金前端支架，建立耐蚀镁合金汽车零部件设计、成形与评价方法；

(5) 通过开发1.2GPa冷成形车门防撞梁、1.5GPa温成形B柱加强板、1.8GPa热成形B柱加强板，突破并掌握超高强度钢汽车零部件成形与应用的关键共性技术；

(6) 通过研究6种异种材料连接的结构设计、数学模型及静动态性能，建立多材料连接建模分析、疲劳设计与性能评价方法；

（下转43页）