

奋战科研一线 实现成果转化

——记河北工业大学材料科学与工程学院材料成形与控制团队

科研的目的就是将科技成果转化成为生产力，从而推动社会进步，近几年国家也在大力推进科技成果的转化。在我国铸造科研领域中，也有一大批科研人员，在科技成果转化的道路上默默耕耘，努力将科研成果转化成产品，从而推进行业的进步。河北工业大学材料科学与工程学院就有一支这样的团队，他们以刘金海教授、李国祿教授为学术带头人，在铸造专业领域脚踏实地，努力钻研，无论在教学还是科研方面都真正做到了理论联系实际，使科研产品真正应用到生产实践中。

1 团队概况

河北工业大学铸造专业成立于1958年，国内知名的老教师有李魁盛教授（大部分铸造专业学生都学过李教授编写的教材《铸造工艺学》）、钱立教授、朱学澜教授、王文才教授等。该校的铸造专业在行业内具有较高的知名度，并对行业做出了突出贡献。现在这支团队于2000年组建，具有雄厚的教学、科研力量，是一支年龄、学历和职称结构合理、实力雄厚的科技创新队伍，学术带头人在国内外具有一定影响力。目前，该研究团队共有研发人员8人，其中教授3人，副教授3人，讲师2人。在研究人员中，博士生导师2人。团队成员在19个社会学术组织中任职。

团队带头人：刘金海教授，博士生导师，主要从事铸造合金（球墨铸铁、高强度灰铸铁、等温淬火球墨铸铁、蠕墨铸铁、铝合金）、耐磨材料（高铬铸铁、低铬铸铁、低合金钢、中合金钢、高锰钢等）、熔炼工艺及过程控制、成形工艺的研究以及球墨铸铁损伤力学特性等方面研究。近几年，在CADI的强化理论和应用、蠕墨铸铁智能在线预测和调控等方面取得了很大进步。

近10年来，刘金海教授完成纵向和横向科研课题30余项，获河北省科技进步奖3项，获得授权发明专利10项，发表科学技术论文100余篇，其中，被SCI、EI、ISTP收录30余篇，主编《镁合金压铸实用技术手册》（机械工业出版社，2012.7），参加编写《模具设计实用技术手册》（机械工业出版社出版）、“十一五”国家级规划教材《材料成形工艺》一部（高等教育出版社出版），负责编写《铸造工等级标准》（劳动和社会保障部出版社），编写多媒体《铸



刘金海教授

造成形工艺》教学光盘2盘。2016年获河北省科技英才“双百双千”推进工程一科技型中小企业创新英才称号。

2 团队研究方向与阶段性成果

团队经过多年发展，形成了主要涉及先进耐磨材料、材料表面改性、铁液冶金质量调控和材料加工过程控制4个研究方向，研究内容涉及河北省七大战略性新兴产业工程中的新材料和先进装备制造中的智能控制技术、行业中的技术、设备和产品的升级改造。

（1）先进耐磨材料。先进钢铁材料主要针对行业中耐磨材料使用寿命低、消耗大、产品附加值低等问题，开发高性能的金属基耐磨材料。课题组开展耐磨材料研究已经有30多年历史，曾开发出屈氏体高铬铸铁磨球、高性能贝氏体钢、奥铁体基体的新型抗磨材料，是实现节能、环保、高效的新型耐磨材料产品产业化的关键技术，带动河北省乃至全国抗磨材料行业及其耐磨产品的技术升级和产品换代。

（2）铁液冶金质量的智能化调制。该团队的另一个研究方向集中在液态金属成形的智能化调控仪器设备的开发。作为应用于高档机床关键零部件、发动机缸体和缸盖的先进蠕墨铸铁材料，其稳定生产的难度比灰铸铁和球墨铸铁都大，其零部件质量的波动将严重影响整机的性能。基于铸铁凝固热分析技术开发的铸铁熔体在线智能检测与调控设备为人们提供一种基于凝固过程评价铁液冶金质量的技术手段，可保证

铁液的冶金质量稳定性，有利于提高关键部件的力学性能和物理性能，为提高河北省先进装备制造所需的关键部件质量和稳定性提供了技术与装备上的保障。同时，该设备的应用给行业带来了材料消耗少、成本低、环境污染小的综合经济效益。

(3) 材料表面强化工程。团队的第三个方向主要涉及先进装备制造中关键部件的耐磨损、耐疲劳表面改性研究。该方向已经在热喷涂、化学镀、磁控溅射等表面改性方面形成自己的研究特色，为关键零部件的可靠使用和寿命提升提供保障。

(4) 材料加工过程控制及测试分析与工程。该团队聚焦于材料加工过程控制参数及工艺参数的测试分析，获取材料加工质量的关键信息并反馈控制材料加工过程，以实现材料加工产品的质量评定及质量控制。

近几年，团队主持纵向课题17项，其中国家科技部项目1项，国家自然科学基金项目4项，国家高技术研究发展计划（863计划）子课题1项，天津市科技支撑项目1项，河北省科技支撑计划项目4项，河北省自然科学基金项目4项，河北省教育厅项目3项。近几年完成与企业合作的横向课题研究项目50余项。取得国际先进水平科技鉴定成果5项。主持项目获得河北省科技进步奖3项，其中，二等奖1项，三等奖2项。获天津市科技进步奖二等奖1项，获国家授权发明专利22项，获得软件著作权19项，主编或参编的教材或著作14部，发表科技论文170余篇，其中被SCI一区和二区收录56篇。

3 科研成果及产业化情况

该团队的研究成果注重以产学研结合的形式进行推广。团队成员在刘金海教授的带领下，依托河北工业大学材料学院材料物理国家级重点学科和材料学省级重点学科，进行耐磨合金材料、表面强化工程和铁液熔体质量智能化调控等相关领域关键技术的研究与开发，将自主研发的科研成果通过产学研的形式推广到行业应用中。

我国每年在冶金、矿山、水泥、火力发电等行业磨损所消耗的金属材料达到500万吨，因此，提高金属材料的耐磨性，延长部件的使用寿命，始终是钢铁耐磨材料行业的一个亟待解决的技术课题。首先，团队开发的含碳化物奥铁体球墨铸铁新型耐磨材料抗磨损性能高、抗疲劳性能好，具有目前常规钢铁耐磨材料不具备的优良特性，性价比高，可实现降低材料消耗、节能减排的作用。如CADI球磨机和半自磨机磨球、CADI水泥泵车耐磨弯管、贝氏体钢衬板等在耐磨材料行业中进行转化，推广耐磨材料领域先进合金材料及其产品制备工艺，产生了较大的社会和经济效

益。团队与国内10几个企业建立了产学研合作关系，其中，与迁西奥迪爱机械铸造有限公司合作，进行科技成果转化，并承担了国家科技部项目“短流程”碳化物奥铁体球墨铸铁磨球等耐磨件开发及产业化（2009GJA20032），开展了高耐磨节能型新型奥铁体基体耐磨材料产品的研发，实现了产业化，且开发的奥铁体球墨铸铁新型耐磨材料已经列入国家机械行业标准《耐磨损球墨铸铁件》JB/T11843—2014）。与邯郸慧桥复合材料科技有限公司合作，共同承担了河北省科技厅的国际合作项目“含碳化物奥铁体新型耐磨材料农机深松铲的开发（17391004D）”，用于生产出口耐磨农机件。目前，国内有十几家耐磨材料企业采用了此项技术，成功开发了球磨机和半自磨机的磨球、衬板、耐磨弯管、渣浆泵过流部件等关键耐磨件。据不完全统计，近三年累计新增产值约8亿元，新增利润约1亿元。

另外，团队与天津撒布浪斯探测仪器有限公司合作，承担了天津市科技支撑计划重点项目“蠕墨铸铁蠕化率在线检测仪器与控制装备开发应用（16YFZCGX00140）”，成功开发了“蠕墨铸铁在线智能测控系统”，同时开发了“球墨铸铁的冶金质量在线检测与调控”设备，在此基础上，还研发了“两步法”球墨铸铁球化处理新工艺，完全拥有硬件和软件的自主知识产权。目前，该仪器已经投放到我国铸造行业市场，获得了工业化应用，解决了制约我国蠕



生产现场的第四代测控系统

墨铸铁和球墨铸铁件质量不稳定的技术难题，并替代了该类仪器设备的进口。这项技术的成功开发为我国发动机蠕墨铸铁关键零部件、风电铸件、高铁铸件的质量提高与稳定提供了一整套的关键技术与装备。例如，本项目成果在河北安迪模具有限公司、河北景县金利铸造有限公司、山西三联铸造有限公司、天津三和铁制品有限公司等单位的应用效果非常好，帮助企业解决传统技术无法解决的技术难题。

该团队开发的汽车覆盖件用空冷钢铸造冷冲模镶块替代了锻造模具镶块，项目通过省级成果鉴定，国际先进水平，2002年就已经形成了产业化，2005年获得河北省科技进步三等奖。据统计，目前我国每年生产的汽车覆盖件冷冲模铸造空冷钢镶块达5万吨。

4 团队下一步重点工作

今后五年，团队将集中力量针对河北省加快发展七大战略性新兴产业和六大产业集群中传统钢铁行业中新材料和先进装备制造中的关键部件开展以下几方面的工作。

继续推广高性价比的奥铁体球墨铸铁新型耐磨材料的产品开发及应用，替代目前高消耗、不节能的传统钢铁耐磨材料，改变河北省耐磨材料行业产品质量低、使用寿命短、技术附加值低的现状，并为用户带来节能、降耗、增效的显著效果。同时，根据当前河北省钢铁行业经济形势变化，原材料涨价的状况，开展超低碳奥铁体等温淬火球墨铸铁（LCADI）耐磨材料研究，并开发高效、节能、环保的连铸连轧研磨体新工艺，替代目前传统的耐磨性低的B2和B3钢铁材料，以及传统的低效率液态成形工艺。

关键核心零部件是河北省先进装备制造业发展的基础，而金属铸件生产是河北省传统的金属材料加工行业，其产量位居全国第四。团队将积极利用数字化、网络化和智能化改造传统金属材料加工工艺，提高金属铸件的技术附加值。本团队将在成功开发的“蠕墨铸铁/球墨铸铁智能在线测控系统”项目的商品化和工业化应用的基础上，开展灰铸铁和原铁液熔体冶金质量在线监测与调控设备的研发，实现河北省乃至全国铁液冶金质量的智能化检测与调控，为提高制约河北省装备制造业中金属铸件的材质性能和质量一致性提供技术和装备的保障。

开展热喷涂涂层重熔处理的研究。针对喷涂层存在的固有缺陷，拟开展对喷涂层采用钨极氩弧重熔处理、感应重熔处理、激光重熔处理，减少或消除喷涂层中固有的孔隙、层状结构、裂纹、夹杂及与基体界面结合不良等缺陷，提高涂层的耐磨性和耐接触疲劳性能，延长关键部件的使用寿命。本研究方向已经连续获得国家自然科学基金的资助，今后将开展产业化

应用方面的研究。

航空航天材料是河北省7大战略性新兴产业之一的先进装备制造业的基础材料，该团队将开展新型铸造钛合金方面的研究。600℃高温钛合金的铸造技术代表着钛合金铸造的最高水准，国内尚没有能够满足铸造成形的耐600℃高温的铸造高温钛合金。因此，开发600℃应用的铸造高温钛合金已成为制约我国高速飞行器发展的瓶颈，国家在《中国制造2025》和《铸造行业“十三五”技术发展规划纲要》中明确提出把研制新型高温钛合金和600℃高温钛合金的铸造技术作为今后的发展目标和重点。本研究方向已经获得了国家自然科学基金项目的资助。

5 专业人才培养

依据当前高等工程教育存在的教学模式问题，研究了“探究式”教学模式在专业课教学中的应用，改变了传统的专业课集中课堂授课和验证性实验的教学模式。在项目的研究过程中，围绕着项目的研究目标和研究内容，探讨了“探究式”教学模式的具体实施方法。

通过几年的教学实践表明，“探究式”教学方法对调动学生对专业课学习的积极性、主动性，学习效果提高很大，对提高学生的理论联系实际的能力、综合运用知识的能力和解决问题的方法与思路大有帮助，对提高个人素质，如表达能力、沟通能力、团队意识、合作精神等均有所帮助。总之，“探究式”教学模式在专业课中的应用，非常有益于培养学生的工程实践能力和创新意识，提高学生的综合素养。

(1) “探究式”教学模式是培养大学生工程实践创新能力的重要教学途径。

创造实践能力是人在工作和生活中解决实际问题时所显现的综合能力，它包括理解能力、分析能力、判断能力、设计能力、操作能力、合作精神、组织能力等。创新实践能力以创造性地解决现实问题为核心特征，它的形成离不开实践活动，而“探究式”教学法正是培养学生工程实践能力和创新能力的重要教学途径。

(2) 重视教学过程的考核是教学模式改革成功的关键。

以往专业课程成绩的评定主要取决于期末的学生考试成绩，也就是一卷定终身。实际上，这种不注重学习过程的评价、只注重期末成绩的考核机制非常不利于学生素质的培养。“探究式”教学模式需要引入一个注重过程学习成绩评价机制，才能够调动学生的学习积极性和主动性，达到课程学习的预期目标。

(3) “探究式”教学模式对教师和学生提出了更高的要求。

在“探究式”教学过程中，教师要起到“导演”

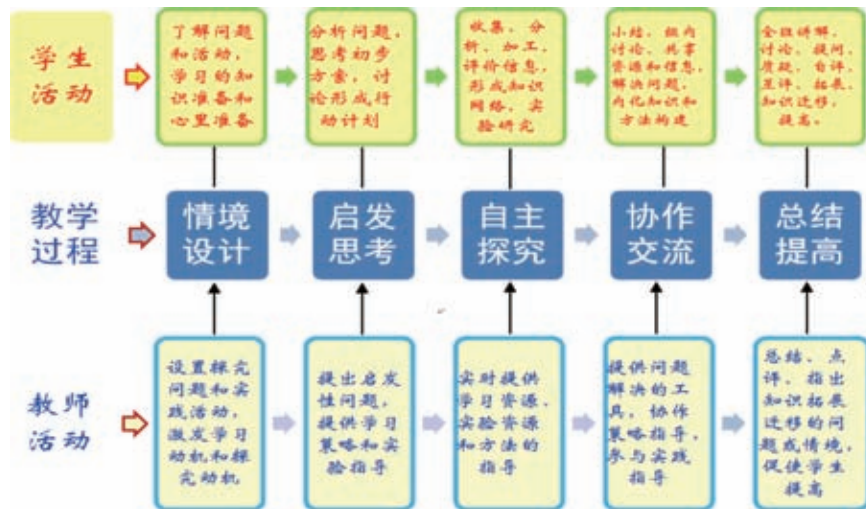


图1 探究式教学模式实施过程

的作用，对教师的工程实践经验和能力要求较高，不仅要考虑教学内容，还要考虑实施细节。“探究式”教学模式因为采用“自主、探究、合作”的学习方式，所以在教学过程中，特别强调学生的自主学习目标和自主探究。教学目标主要靠学生个人的自主探究加上学习小组的合作学习活动来完成。所以，这种“探究式的教”和“探究式的学”需要教师和学生共同努力才能取得好的教学效果。

(4) 学生学习的动机和主动性比分数重要，兴趣和思考比知识重要。

教学过程应从唤起学生的好奇心、天性兴趣的本能、探究的欲望、学习的激情做起，探索如何引导学生产生学习知识的渴望，享受知识的快乐，增强工程实践创新的欲望。

(5) 专业课教学不能离开利用工程科学实用和实践性的特点来引导学生的理论学习。

专业课教学一定要结合工程实践与应用背景来引导学生学习基本理论与原理，否则工程理论自然就显得枯燥，学生就只能靠死记硬背。如此以往，难以激发学生对工程科学的兴趣与激情，同时也会导致学生自主意识减弱，依赖心理增强。这违背了高等工程教育“回归工程”的初衷和内涵。

通过4年的“探究式”教学模式教学效果统计，“探究式”教学模式对学生们的专业课学习兴趣、实践能力、分析问题的能力、创新能力、理论联系实际的能力、团队精神及表达能力等综合的素质均有较大程度的提高。

“探究式”教学模式在该校材料成型专业课中的应用得到了铸造学会的重视，铸造学会认为：这种教学模式非常有利于缩短铸造专业学生从学校到职场的

适应期，较快地满足企业对人才的要求。经过与铸造学会探讨，对该校铸造方向的大四学生再进行一定的企业工程培训，并通过严格的考试，可以授予该校铸造专业方向的毕业生“见习铸造工程师”资格证书。获得此证书后，学生大学毕业后申请铸造工程师资格将更加顺利。

按照此种教学模式，该校已经有4届铸造方向的毕业生获得了见习铸造工程师资格证书。

6 后记

在我国从铸造大国向铸造强国迈进的过程中，铸造专业人才的培养对促进我国铸造从业人员技术水平的提升起着至关重要的作用。加强专业人才的培养及人才队伍建设，是铸造业保持长期可持续发展，提升国际竞争力的关键因素。河北工业大学担负着培养高科技人才的重任，在铸造专业人才短缺的情况下，针对企业需求，在专业课教学过程中，针对专业特色进行改革与尝试，充分调动学生的主观能动性，努力培养出科研能力强，入职后能很快地进入角色，工作上手快，受企业欢迎的科研人才。

目前，国家对科技成果转化非常重视，各地方政府也在加速打造成果转化生态链，使科技成果进一步转化成高附加值产品。希望河北工业大学材料成形与控制工程系这支优秀的团队能在科研领域继续前行，将更多的科研成果转化为生产力，不断地推动我国铸造业进步。科技成果转化任重道远，还需要行业组织和生产企业的共同努力，加强产学研合作，多措并举强化企业科技成果转化的主体作用，使我们的科研成果早日开花结果。同时也致敬那些在科研一线砥砺奋进的科技工作者们！