

我国铸造技术的现状与发展对策*

中国科学院技术科学部

(北京 100864)

关键词 铸造技术,现状,对策

铸造是金属成形的一种最主要方法,它是热加工的基础。铸造的历史与华夏文明的历史一样悠久,我们的祖先在 4 000 多年前就铸造出了“三星堆”那样精美的青铜器,其技术水平令人叹为观止,然而到了现代,作为全球铸件产量第一大国,中国的铸造水平却落后于发达国家。

一 我国铸造业的概况

我国铸件产量从 2000 年起超越美国已连续 6 年位居世界第一,其中 2004 年为 2 242 万吨,2005 年估计为 2 600 万吨,铸件年产值超过 2 500 亿元,铸件产量占世界总产量的 1/4 之多,已成为世界铸造生产基地。根据全球主要铸件生产国 2004 年的产量统计可以看出,十大铸件生产国可分为两类。一类是发展中国家,虽然产量大,但铸件附加值低,小企业多,从业人员队伍庞大,黑色金属比重大。另一类是发达国家,如日本、美国及欧洲等,他们采用高新技术主要生产高附加值铸件。

发达国家总体上铸造技术先进、产品质量好、生产效率高、环境污染小、原辅材料已形成系列化。欧洲已建立跨国服务系统,生产实现机械化、自动化、智能化。生产过程从严执行技术标准,铸件废品率约为 2%—5%。重视用信息化提升铸造工艺设计水平,

普遍应用软件进行充型凝固过程模拟和工艺优化设计。

从批量和劳动生产率看,欧、美、日的优势很大,日本的劳动生产率是人均年产铸件 140 吨,我国估计约为 20 吨,相差 7 倍。我国人工成本低于 1 美元/小时,与发达国家相差几十倍,因而出口铸件具有优势。但近年来材料价格猛涨,使我国出口铸件在材料成本方面的优势消失殆尽。在产品质量和档次方面,我们远落后于发达国家。近年我国铸件出口虽有所增长,但出口只占我国总产量的 9.7%,占世界铸件市场流通量不到 8%,总体增速缓慢,表现为质量较差、价格低。长期以来,出口的铸件以中低档产品为主,各类管件、散热器、厨具及浴具占到 36%。一些出口铸件虽可达到国际标准,但要达到欧美客户标准还有距离。

在国内,铸造业是关系国计民生的重要行业,是汽车、石化、钢铁、电力、造船、纺织、装备制造等支柱

产业的基础,是制造业的重要组成部分。在机械装备中,铸件占整机重量的比例很高,内燃机占 80%、拖拉机占 50%—80%、液压件、泵类机械占



三星堆文物

* 本文摘自咨询报告。咨询组主要成员有:中国科学院院士李依依,李殿中研究员,张玉妥副教授
收稿日期:2006年8月9日

50%—60%。汽车中的关键部件几乎全部铸造而成；冶金、矿山、电站等重大设备都依赖于大型铸锻件，铸件的质量直接影响着整机的质量和性能。

我国铸造生产企业主要分布在东部，西部产量较少。目前全国铸造企业约有 24 000 家、从业人员约 120 多万。从产业结构看，既有从属于主机生产厂的铸造分厂或车间，也有专业铸造厂，还有大量的乡镇铸造厂。就规模和水平而言，既有工艺先进、机械化程度高、年产数万吨铸件的大型铸造厂，如重型行业、汽车行业、航空工业的一些先进的铸造厂；也有工艺落后、设备简陋、手工操作，年产铸件百余吨的小型铸造厂。

二 我国铸造业存在的问题

我国铸造行业的技术水平比发达国家落后约 20 年，无法满足国民经济快速发展的需要。技术落后、设备陈旧、能耗和原材料消耗高、环境污染严重以及工人作业环境恶劣等问题，已经成为行业的共识。

具体表现在：

(1) 工艺水平低，铸件质量差

① 铸件加工余量大。由于缺乏科学的设计指导，工艺设计人员凭经验难以控制变形问题，铸造的加工余量一般比国外大 1—3 倍。加工余量大，铸件的能耗和原材料消耗严重，加工周期长，生产效率低，已成为制约行业发展的瓶颈。

② 大型铸件偏析和夹杂物缺陷严重。大型铸钢件和大型钢锭在凝固结束后，在冒口根部、铸件的厚大断面存在宏观偏析、晶粒粗大问题。

③ 铸件裂纹问题严重。

④ 浇注系统设计不合理。由于设计不当，存在卷气、夹杂等缺陷，导致铸件出品率和合格率低。

⑤ 模拟软件应用不普及。铸造过程模拟是铸件生产的一个必要环节，在国外，如果

没有计算机模拟技术，就拿不到订单。我国的铸造业计算机模拟起步较早，虽然核心计算部分开发能力较强，但整体软件包装能力较差，导致成熟的商业化软件开发远落后于发达国家，相当一部分铸造企业对计算机模拟技术望而却步，缺乏信任。目前这种局面虽有所好转，但在购买了铸造模拟软件的企业中，能够发挥其作用的还不多见，急需对企业员工进行软件应用培训。

⑥ 普通铸件的生产能力过剩，高精密铸件的制造依然困难，核心技术和关键产品仍依赖进口。

(2) 能耗和原材料消耗高

我国铸造行业的能耗占机械工业总能耗的 25%—30%，能源平均利用率为 17%，能耗约为铸造发达国家的 2 倍。我国每生产 1 吨合格铸铁件的能耗为 550—700 公斤标准煤，国外为 300—400 公斤标准煤，我国每生产 1 吨合格铸钢件的能耗为 800—1 000 公斤标准煤，国外为 500—800 公斤标准煤。据统计，铸件生产过程中材料和能源的投入约占产值的 55%—70%。中国铸件毛重比国外平均高出 10%—20%，铸钢件工艺出品率平均为 55%，国外可达 70%。

(3) 环境污染严重、作业环境恶劣

我国除少数大型企业(如一汽、二汽、大起大重、沈阳黎明公司等)生产设备精良、铸造技术先进、环保措施基本到位以外，多数铸造厂点生产设备陈旧、技术落后、一般很少顾及环保问题。上世纪 80 年代，政府对规模小、技术水平低、污染严重的企业进行了专业化调整，

提高了企业的集约化程度，但铸造生产的粗放型特征没有得到根本改变。



发动机铸件

生产现场环境恶劣、作业条件差、技术落后、粗放式生产的铸造企业占 90% 以上；1998 年在匈牙利举办的第 63 届世界铸造会议上颁发了环境保护奖，获奖铸造厂中没有一个是中国的，这与中国的铸造大国地位极不相称。我国铸造业的环境问题还表现在对自然资源的超量消耗上。

铸造生产中炉料(主要是生铁、废钢、焦炭、石灰石等)、型砂、芯砂(主要是原砂、粘土、煤粉、树脂等粘结剂、固化剂、旧砂等)的运输、混砂、造型、制芯、烘烤、熔化、浇注、冷却、落砂、清理和后处理等工序，就其作业内容来讲是在机械振动和噪声中进行，有的还在高温(如熔化、浇注)中作业，有的产生刺激性气味，粉尘作业环境更是恶劣。在我国铸造车间每生产 1 吨铸件，约散发 50 公斤粉尘，熔炼和浇注工序排放废渣 200 公斤、废气 20 立方米，造型和清理排废砂约 1.3—1.5 吨。以年产 2 200 万吨铸件计，每年排污物总量为：废渣 440 万吨、废砂近 1 650 万吨、废气 4 亿立方米。这些数据足以说明我国铸造行业环境问题的严峻程度，采用高技术实现绿色铸造是当前需要重点解决的关键问题。

(4) 人才短缺

铸造技术人才严重短缺是制约我国铸造技术发展的关键。主要表现在：①技术及管理人员数量偏少，分布不均，最少的工厂技术及管理仅占总职工人数的 1.2%，最多的工厂占到 32.3%，相差 27 倍之多，国企尤其是军工企业比例高。②高级人才数量少。铸造企业技术管理人才基本以中专、大专和本科生为主，特别是中专、大专生数量为多，研究生很少。③新人才来源困难。很多高校在上世纪 90 年代后不再设置铸造专业，一些大中企业的厂办学校也有下降趋势，新人才的来源日益困难。

铸造人才缺乏的根本原因在于企业待

遇低、工作环境差。国有企业在岗职工年龄 40 岁以上的占 80%，20—40 岁的人员很少，出现断档。民营企业从事铸造的专业技术人才，从年龄上看，大部分也在 60 岁以上，绝大多数工人更是极少经过专业培训，许多是农民工从事铸造生产。整个行业的技术水平尤其是质量意识和质量控制水平不适应市场竞争的要求。

三 我国铸造业发展的对策

我国铸造业正处在从铸造大国向铸造强国起步的新阶段。必须克服现实的能源、资源、人才瓶颈和环境问题的困扰。因此，必须抓住机遇，利用高技术提升铸件质量，扭转中国铸件在国际市场上技术含量不高、价格低廉的形象。要扶持一批具有优势的铸造企业使之成为具有国际竞争力的带动中国铸件出口的龙头企业。

(1) 加强对铸造新工艺、新材料、新设备的研究

加强铸造业的基础研究和应用研究，铸造行业中许多金属材料都是通用的和关键的，因而应注重工艺研究和改进，同时又要加强材料工艺及计算机模拟等先进技术的采用以稳定产品质量。实际上，国内过分强调发展新材料而忽视通用关键材料的工艺设计和质量稳定等方面研究，而生产设备上许多问题却都出在这里，如三峡使用的水轮机转轮材料。

逐步减少和消除小冲天炉，发展 10 吨/小时以上大型冲天炉，并根据需要采用外热送风、水冷无炉衬连续作业冲天炉；推行冲天炉-感应炉双联熔炼工艺；推广冲天炉除湿送风技术，冲天炉变频控制技术，增加除尘装置，减少电力耗费。

深入开展大型铸钢件的冶炼和浇注工艺研究。采用精炼技术、气体保护浇注技术，AOD 精炼技术和选择合适的耐火材料提高铸件的纯净度，提升铸件质量。采用新型浇

注系统和冒口设计原则,提高铸件质量和工艺出品率。以可视化铸造技术发展起来的新型无气隙浇注系统设计是铸造工艺的一项重大创新,金属所与一重集团利用此技术已能够制造大型铸钢支承辊。

(2) 开发环保型铸造原辅材料

建立新的与高密度粘土型砂相适应的原辅材料体系,根据不同合金、铸件特点、生产环境、开发不同品种的原砂、无污染的优质壳芯砂;抓紧我国原砂资源的调研与开发,开展取代特种砂的研究和开发人造铸造用砂;研究并推广使用清洁无毒的原辅材料,使用无毒无味的变质剂、精炼剂、粘结剂,开发环保型砂芯无机粘结剂;用湿型砂无毒无污染粉料光洁剂代替煤粉等;采用高溃散性型砂工艺,如树脂砂、改性酯硬化水玻璃砂工艺、新型酯固化水玻璃,纳米改性水玻璃;加强对水玻璃砂吸湿性、溃散性研究,尤其应大力开发旧砂回用新技术,环保型砂处理及再生技术;尽可能再生回用铸造旧砂,研究铸造用后的旧砂用于高速公路路基材料,特别是铬铁矿砂的回收利用。发展循环经济,以“减量化(REDUCE)、再利用(REUSE)、再循环(RECYCLE)”为行业准则(3R原则),走集约化清洁生产之路,合理使用资源,使用可再生材料和能源,确保铸造业的可持续发展。

(3) 构建共性技术和高技术传输平台

①针对企业存在的共性问题,提高产品的合格率和工艺出品率,降低能耗和原材料消耗,实现绿色铸造。支持科研单位面向生产需求、着力解决生产实际问题,这应当成为铸造技术研究的主攻方向。

②建立高技术传输平台。开发关键件的铸造技术,实现国产化。通过与国外的研究机构和企业合作,引进消化高新铸造技术,与工厂一道开发关键件的铸造技术研究,并转化为新产品进入市场。希望政府在这方面

加强投入,鼓励大的科研机构与大型企业集团共同合作,解决事关国计民生的关键件的国产化问题。

(4) 注重能源与环保立法

铸造行业劳动条件恶劣,对环境的危害也较大。应加大政策法规对这方面的限制力度,环保劳保的准入门槛也应升高,已有的技术落后、污染严重的铸造厂点应关闭。提高从事冶炼、浇注和清理作业的工人和临时工的待遇,并为其提供保险。加强能源的科学管理,加强节能技术改造或高耗能设备的更新换代。

(5) 制定人才政策,加强技能培训

由于铸造是个苦脏累的行业,待遇也低,因此学生不愿学,工人不愿干,许多跨入这个行业的人也想尽办法跳槽,造成人才短缺。国家应从长远考虑,制定吸引和稳定人才的政策。针对目前许多高校不设铸造专业的情况,可采取企业委托培养及厂校联合办学方式培养人,并且要特别重视对其计算机软件培训。通过建立全国性和地区性的技术培训基地,提高技术人员和工人的铸造水平。同时还要加强铸造企业的领导和管理人员的培训,使其掌握现代管理知识,建立起现代管理体系,使企业依靠管理出效益。

(6) 注重自主创新

加大铸造企业的重组和结构调整,进行专业化生产,实现地域化聚集,壮大龙头企业,使中小企业围绕产业链集聚,实现基础配套、特殊工序装备、检测设备、信息网络、环保设施等资源共享;充分权衡当地的资源、人力、资本和市场,把握优势,突出集群的特点。在企业、产品集聚的同时,实现信息的集聚、人才的集聚、技术的集聚,甚至竞争的集聚,产生规模效应。不应盲目地购买技术、设备和产品,必须加强自主创新,生产更多满足国民经济和国防安全的高精尖铸件,并将材料研究融入其中,参与国际竞争。