



我国铸造设备的现状与思考

济南铸造锻压机械研究所 (山东 250022) 胡茂丰

铸造是机械工业的一道重要工序,汽车、农机、冶金矿山机械、铸铁管件和机床等产品中,铸件都占有较大的比重。我国是一个铸件生产大国,现年产量约为 1500 万 t,居世界首位,且随着欧美制造业向中国转移,产量还在不断地增加,有关机构估计到 2005 年将达到 1500~1700 万 t。

铸造作为一门学科,主要由材料、工艺、设备等三部分组成。三者对铸件质量都起着重要作用。其中设备和工艺的关系更加密切,设备是在工艺研究的基础上开发的,因此在谈论铸造设备状况时,必然要涉及到工艺。这里将就砂型铸造的各道主要工序和某些特种工艺设备的现状、发展趋势与希望作些讨论。

一、我国铸造机械设备现状

目前,我国铸造行业除少数大型国营企业和外资企业的铸造装备比较好以外,多数铸造车间的技术装备比较差。从铸造设备的生产供应角度看,国内铸造设备厂能供应的大多也是适合中小型工厂的中等技术水平的装备,对高生产率、高精度的产品,多数是依靠进口或与国外厂商合作供货,外商提供技术与主机,国内配套组线。

1. 砂处理设备

我国自 1952 年就开始生产砂处理设备,对砂处理中的主要设备混砂机做了大量工作,碾轮式、摆轮式、转子式、行星转子式、逆流转子式等型的各种规格混砂机相对较齐全,也在不断地完善,基本能适应国内市场需求,但在大容量混砂设备和可靠性上,如 160m³/h 以上产品还不如德国 Eirich、美国 Simpson 等公司。Eirich 公司在 1989 年 GIFA 展览会上就已展出真空混砂机,它是全密封式的,混合料在一定的真空度下,水分沸腾蒸发的温度较低,这样可使混砂机中旧砂的水分在常温下变为水蒸气被抽走,带走了热量,对型砂起冷却作用,整个混砂系统又可将水蒸气冷凝作为水源返回到混砂机中。其优点是型砂可迅速均匀冷却,是一个安全的、全封闭系统,无粉料损失,无除尘系

统,对环境无污染,而且混出的型砂不成团,目前已在生产中使用。

砂处理工艺流程中的混砂、筛砂、松砂、冷却和破碎等成套设备,我国大多设备生产厂商都能供应,但单机大容量的产品,如混砂机、旧砂冷却系统的性能和可靠性以及全系统的自动控制技术还不如国外产品。一个高水平的系统是将旧砂、新砂、膨润土和煤粉等都作精确的定量,并对旧砂的水分、温度作精确的测量和控制,水量的加入是对温度值的计算得出的,这方面我们与国外的差距较大。

2. 造型设备

造型工序决定铸件的表面质量和尺寸精度,是整个铸造机械化生产过程的核心工序。我国已能提供包括震压式、气动微振式、射压式、高压造型和气流冲击造型等各种型式的造型机。20 世纪 80 年代中期以前基本上以气动微振造型机为主,砂箱内尺寸最大为 1000mm×800mm。1984 年 GIFA 展览会上 GF 和 BMD 公司展出了气流冲击造型设备,它是一种冲击波造型法,在装有型砂的砂箱上方,空气压力瞬间升高,极高的升压速度造成冲击波,对型砂进行紧实,形成靠近模样的砂型表面硬度高,远离模样表面的型砂紧实度逐层降低,这种紧实度分布符合工艺要求。日本新东公司生产的静压造型机,可完成重力加砂、气流加压再机械补压,这比气流冲击多一道补压,紧实效果较好。随着气冲的出现,静压造型也在提高其气流速度,如 APK 静压造型机的气流压力由 0.5MPa 降到 0.3MPa,升压时间由 0.3s 缩短到 0.02s,已达到气流冲击造型的数量级,属于气冲加压类型;德国 KW 公司也将原多触头高压造型机增加了真空加砂、气流预紧实,但机器结构复杂,造价较高。气冲与静压工艺设备的开发,使铸件精度有了很大提高,如一汽的后桥震压线改为气冲线后,铸件尺寸精度由原来的 CT9~CT11 提高到 CT7~CT8,铸件重量减轻 8%。最近日本新东公司又将原来结构较为复杂的静压造型机简化结构,开发出将气流加



压、预紧实、补压等工艺合并为单一工位，用流态化加砂并对型砂的高度进行控制，配以完善监控系统的 ACE 造型机。这种机器的造型时间比 APK 型缩短 20%，压缩空气消耗量节省 37%，液压功率减少 77%，没有撒落砂，用砂量减少 17%，被称为环保型造型机。我国紧跟世界潮流，在气冲造型上做了很多基础性研究与工艺开发工作，已可提供砂箱面积达 1.6m^2 的气冲造型机和相关的辅助装置，但在单机的生产率和可靠性上尚存差距。静压造型线大都由国外提供主机，国内生产辅机。

对于垂直分型和水平分型造型线，我国也能提供几个品种，但性能与国外名牌产品差距较大，规格也较少。最新的 DISA230 垂直分型无箱造型线的生产率可达 500 型/h，合型精度 $\leq 0.1\text{mm}$ ，在工艺上也有预紧实的功能，使砂型紧实度高且均匀。DISA 造型线自 1964 年开发以来，世界上已有上千条在运行，砂型尺寸由 $500\text{mm} \times 400\text{mm}$ 到 $950\text{mm} \times 700\text{mm}$ 。

现在铸造设备厂在造型线的设计上开始采用模块化设计，对辅助装置采用可靠性较高的机构，并实现标准化、系列化设计。这种组线方式可大大提高造型线的可靠性和设计速度，同时也给制造、安装、调试与维护带来方便。造型线上的传动机构都在开始采用金属切削机床上行之有效的元器件，如同伺服系统。德国原 BMD 公司的造型线就是采用交流伺服电动机驱动；控制上采用大型可编程序控制器 (PLC)，或 PLC 加微型计算机，系统具有工艺参数检测、存储、故障诊断等功能；布置上考虑多品种生产，开始配置模具库和快速更换模板装置，其造型工艺参数也随模板更换而改变。这种较高水平的造型线我国有些生产厂也开始提供，如提供给一汽二铸的气冲造型线上就采用多个电动伺服推杆来代替以前常用的液压缸，取得了良好的效果。

3. 制芯设备

制芯的工艺方法很多，有粘土砂、油砂、热芯盒、壳芯和冷芯盒等制芯工艺。随着树脂生产供应和价格问题的逐步解决，批量生产的铸造厂多数选用热芯盒、壳芯、冷芯盒等。壳芯工艺由于是采用干态的树脂覆膜砂，可以作为商品供应，不需单独建砂处理系统，制芯操作也较方便，且具有强度高、可长期保存、中空芯的发气量较少等优点，使用范围比较广。

壳芯机从结构上看是由射芯机与芯盒加热装置、翻转排砂机构以及机械化取芯装置等逐步完善起来的。目前我国能提供各种型式（垂直分型、水平分型）性能较好且相对比较可靠的壳芯机；仅江苏无锡市就有多家企业生产壳芯机，多数厂家具有利用计算机软件和加工中心来开发芯盒的能力，做到交钥匙工程。

冷芯盒制芯是砂芯在常温的芯盒中硬化，其尺寸精度很高。目前欧美国家多数铸造厂都在用冷芯盒。用冷芯盒制芯，可使缸体铸件的壁厚控制在 $2 \sim 3\text{mm}$ 。我国汽车行业已开始采用冷芯盒工艺，设备多是进口的。个别制造厂能提供制芯设备，但废气处理等装置也多为国外技术。由于硬化时气体的发生和废气处理等技术比较复杂，使用成本也比较高，所以尚没有像壳芯那样被广泛使用。

近几年，射芯机本体结构没有大的变化，但其外围设备，如取芯、去飞边、粘结、组装和上涂料等机构均有进展。1989 年 GIFA 展览会上，德国 Laemspe 公司就展出了制芯中心系统，它由混砂机、射芯机、固化剂的定量与储藏、气体发生器、废气处理装置以及砂芯上涂料和搬运等装置组成，整个过程都在可以封闭的舱内按程序全自动进行。随后西班牙 LORAMENDI 公司提出自动锁芯工艺 (Key Core)，即先制造带工艺孔的砂芯，再将多个砂芯组合在一起，利用工艺孔进行二次填孔固化，形成一个复杂的组合砂芯，然后上涂料、烘干。各道工序之间都可用机械手操作，连接、定位精确，对汽车缸体类复杂砂芯总体尺寸误差 $< 0.3\text{mm}$ 。日本浪速制作所也有类似的工艺方法，称整体接合制芯法，并可将其芯撑、冷铁等组合在一起，用该法制造的 4 缸缸体的整体长度误差可控制在 $\pm 0.8\text{mm}$ 。到 2000 年末，世界上已有 50 多条 Key Core 制芯系统在运转，我国汽车行业也已进口了这种系统。

4. 清理设备

铸件清理主要是用抛丸清理机，少数有特殊要求的铸件采用喷丸或用其他磨料。抛丸清理有两个问题要注意：一是抛丸清理的工艺参数，要从铸件材质、形状、复杂程度等来确定单位时间的抛丸量和铸件在抛丸室内停留的时间。这是工艺问题，但国外厂商多有抛丸试验条件，可随机提供特定铸件的最佳工艺参数，这点我国制造商还做不到。二是抛丸清理机的可靠性和寿命问题。清理机是由抛丸



器、丸砂分离、弹丸输送和铸件运载等装置组成，基本上是采用标准部件组成。抛丸器是易损件，其抛丸叶片、分丸轮、定向套等大多采用低铬铸铁，工作寿命在大抛丸量的状态下仅 100h 左右；国外多用高铬铸铁，寿命可达 800 ~ 1000h，易损件寿命提高可大大减少停机维修时间。另外，弹丸中含砂过多会大大增加抛丸叶片的磨损，国际上高水平的丸砂分离装置可使铁丸中的废砂含量控制到 < 0.2%。

抛丸清理机从结构上可分为连续式、通过式、鼠笼式和转台式等，但抛丸器、丸砂分离器等结构基本是定型的，区别仅在被清理铸件的进出转运机构上。我国已可提供引进美国 Pangborn 公司技术生产的各类抛丸机产品。

抛丸清理后，很多铸件都要进行清铲、打磨等工序。我国对大批量生产的缸体等箱体铸件采用强力磨削清理线，对异型小件只能用手工逐个翻动打磨。德国 Uniuersal 公司早已有机械手类型的工作台供应，它是将铸件快速夹紧在工作台上，工作台可三维旋转，并定位在最合适清理的位置上；对有一定批量的铸件还可用示教法 (teach in) 进行操作，一次示教后就可以完全由打磨机械手自动打磨和高速切割冒口。

5. 树脂砂和水玻璃砂工艺设备

我国在 80 年代初通过技贸结合渠道引进日本太平洋铸机的树脂砂成套设备技术，随后又从德国 ECO 公司、Klein 公司、意大利 IMF 公司等进口了大量树脂砂设备。国外技术与设备的引进促进了我国树脂砂设备制造业的发展。现在我国已能成套提供自旧砂破碎→再生→分选→调温→混砂→填充紧实→起模等成套设备，大到 30t/h 的树脂砂混砂机也能生产；树脂砂无箱造型线的成套设备也能提供。树脂砂工艺的推广基本上代替了干模砂造型工艺，大大改善了劳动条件，且提高了铸件的尺寸精度和表面质量，并替代了部分水玻璃砂造型工艺。

使用水玻璃砂造型已有半个世纪，工艺比较成熟，特别对铸钢件比较合适。但水玻璃的加入量较多，溃散性较差，旧砂破碎再生困难。近年随着真空硬化法 (VRH)、有机脂加入和微波烘硬等方法的采用，使水玻璃的加入量由原来的 7% ~ 8%，降低到 < 1.8%，溃散性大为改善，旧砂再生问题也得到解决。现在可以用干法再生或热法加干法再

生方式处理旧砂；如欲将再生砂用作面砂，可采用湿法再生。水玻璃砂的旧砂再生设备组成与树脂砂设备大同小异，工艺问题解决了，设备问题就不大。我国已能成套供应 10t/h 的水玻璃砂再生线。

6. 特种铸造设备

(1) 压力铸造 压力铸造有别于重力铸造，它分高压与低压，高压所用设备习惯上称压铸机。我国已能成系列制造冷、热式和立、卧式各种压铸机，最大已可提供 1600t 合型力的冷室压铸机；可以配置合型力、压射速度等工艺参数调节，增压、建压速度曲线可显示等监控系统；并根据需要对较大吨位的压铸机可配置自动定量浇注机、取件机械手、压铸型内腔喷涂装置以及切边校正机等组成生产线，再加上快换压型机构和整个过程工艺参数监控系统可组成压铸柔性加工单元。与国外名牌设备相比，我国的设备在生产率、工艺参数调节与监控及自动化程度上都有差距。另外，真空压铸机等特种压铸机尚没有产品。

由于镁合金具有重量轻、强度高、屏蔽性好、使用寿命长并可以回用等优点，已广泛应用于军工、航空、电子、汽车等领域，大有以镁代塑的趋势。镁合金易氧化，合金的冷却速度快，所以对压铸机和模具都有较高的要求。目前国内所用的镁合金压铸机大都是进口的，如意大利的 IDRA、日本的宇部和东芝压铸机、德国 Westrfen 的镁合金熔化浇注设备。近几年开发的触变金属压铸很适合镁合金，它将镁合金颗粒加热成半固态状态，并使之成为具有触变性材料后再进行压铸，这种工艺设备已由日本制钢厂和美国 HPM 等公司开发成功并用于生产。我国镁资源丰富，对镁合金压铸设备的需求将会迅速增长。

(2) 低压铸造 是利用压缩空气将炉内金属液通过输液管向上压进铸造型内，多用于汽车、摩托车的铝合金轮毂、缸盖等铸件。我国已能成系列提供低压铸造机，其关键是金属液压力的自动控制技术和输液管的寿命等有待提高。

(3) 消失模铸造 比较适合箱体类铸件，如变速箱壳体、进气歧管等。我国已有很多生产汽车零部件的工厂采用，进口设备大都来自美国 Vulcan、德国 Teubert 等公司。消失模的成套设备与熔模铸造设备基本类同，但是发泡成形粘合设备等有特殊性。高水平的成形机，其一台机上可同时安装数副



模具，每副模具的汽室是独立的，可按各自的成形工艺制作不同的泡沫件，技术含量很高，国内尚提供不了。其余如三维震实台是填充砂粒用，随着控制技术的提高，我国已制造出加速度可在 $2 \sim 10g$ 内调节的变频震实台。

(4) 离心铸造 离心铸造生产的铸件约占铸件总产量的 15%，其中大部分为离心铸管，由于城建事业的迅速发展，大型球墨铸铁离心铸管需要量激增，但所需的成套设备的技术要求较高，多数仍是从德国 Düker 等公司进口。

7. 熔炼设备

冲天炉是铸造常用的熔炼设备，虽然目前很多工厂出于环保和铁液质量的需要采用中频电炉熔炼，但冲天炉的运行成本比中频电炉低，废气、粉尘排放量等环保问题通过适当处理可以减少，再加上用中频保温又易于保证铁液质量和铁液的平衡供应，这样冲天炉加中频炉的双联熔炼方案多被大型铸造厂所采纳。

目前大多数企业仍采用冷风冲天炉，而冷风冲天炉如果采用优质铸造焦，出铁温度也可以达到 1500°C 。热风冲天炉分外热式与内热式，外热式的冲天炉热风温度高，热效率高，但结构复杂，造价较高，目前使用厂家不多；内热式冲天炉热风效果不显著。

国内的厂家能提供各种冷风冲天炉和内热式冲天炉，一种水冷无炉衬的长寿命冲天炉可以每日两班工作（一班闷炉）连续运行 20 天不打炉。冲天炉控制系统包括风量与风压自动调节、料位检测与控制、出铁槽铁液温度检测和整个配料系统可实现自动化操作，保证冷风冲天炉出铁温度 $\geq 1480^{\circ}\text{C}$ ，铁液的碳量波动不超过 0.1%。这样的系统国内都能较完美地解决。

另外，无焦炭冲天炉是发展方向之一，据报道 Düker 公司用燃气加富氧作燃料，出铁温度达 1400°C 以上，其热效率可达 72%，而普通冷风冲天炉仅为 26%，无焦冲天炉的热效率也比热风炉高一倍；并且具有环保优势，其 CO_2 排放量 110kg/t 铁液， SO_2 排放量 0.2kg/t 铁液，而普通冷风冲天炉分别为 425kg/t 铁液和 2.4kg/t 铁液，由此看来无焦冲天炉是值得研究和推广的炉型。

二、我国铸造设备发展思考

面对我国铸造设备生产和应用现状，作为铸造

设备制造厂、科研设计单位和铸件生产厂应注意些什么问题，才能较快地跟上世界铸造业的发展潮流，现提出以下几个问题，与大家共同商榷。

(1) 新建铸造厂或对老厂的设备进行更新改造时，必须认真研究将要生产铸件的具体情况，考虑选用的设备与产品相匹配，不仅要考虑到批量，同时也要考虑材质、铸件尺寸大小、复杂程度等因素，使新投产的设备能经济、合理地发挥作用。

(2) 设备制造厂不仅要提供性能优良的设备，同时也要当用户的工艺师，为用户提供成套设备的同时，也要为用户提供模样、芯盒、砂箱以及经过优化的工艺参数。

(3) 用计算机技术和在其他行业使用成熟的先进技术，如伺服技术、真空技术、机械振动技术等来改造现有的设备，提高我国铸造设备的技术水平。如东风汽车厂对早年进口的造型线进行改造，班产由原来的 650 箱提高到 720 箱，取得了很好的效果。

(4) 在设备的设计与制造中，要排除认为铸造设备是粗糙、低精度产品的陈旧概念。应用现代的设计制造技术来改造设备，设计制造单位应充分利用计算机仿真进行工艺过程（指造型、制芯等）模拟和结构优化，尽量应用 CAD/CAM 计算机技术和现代的加工中心、数控机床等装备来武装我国的铸造设备，以尽快赶上世界水平。

(5) 在国产控制元器件尚未过关的条件下，尽量采用进口的、可靠性好的电子、气动、液压元器件，以保证设备的可靠运行。

(6) 制造厂与设计部门要加强售后服务，定期访问设备的用户，帮助用户解决问题，并从用户那里了解设备存在的问题，获得应该攻关的目标。

(7) 开发与改造铸造设备时，一定要考虑环保因素，注意减少粉尘的散出，噪声的产生，废气的排放和废砂的增加等问题。

三、结语

我国的铸造机械设备制造的整体水平与世界先进水平相比还有一定差距，相信随着铸造业的不断发展，一定会带动设备制造业的技术进步，反之也会进一步促进铸造业的发展，真正使我国成为世界铸造加工中心。

(20040110)