

无模铸型制造工艺的应用

佛山市峰华自动成形装备有限公司 杨伟东

摘要：无模铸型制造工艺是将快速成形工艺与传统的树脂砂工艺相结合，是直接面向快速制造的一种新型工艺。该工艺突破了传统铸型制造工艺的许多障碍，使设计、制造的约束条件大大减少。满足对市场响应的快速性、灵活性。

关键词：无模铸型制造工艺 快速成形（RP） 铸型

1. 引言

无模铸型制造（Patternless Casting Manufacturing，简称 PCM）工艺是一种与传统树脂自硬砂工艺相结合的新型快速成形工艺。其基本原理是：利用 RP 技术的离散/堆积成形原理，采用轮廓扫描、喷射固化工艺，实现铸型的快速直接成形而无需模样，基本原理如下图所示：

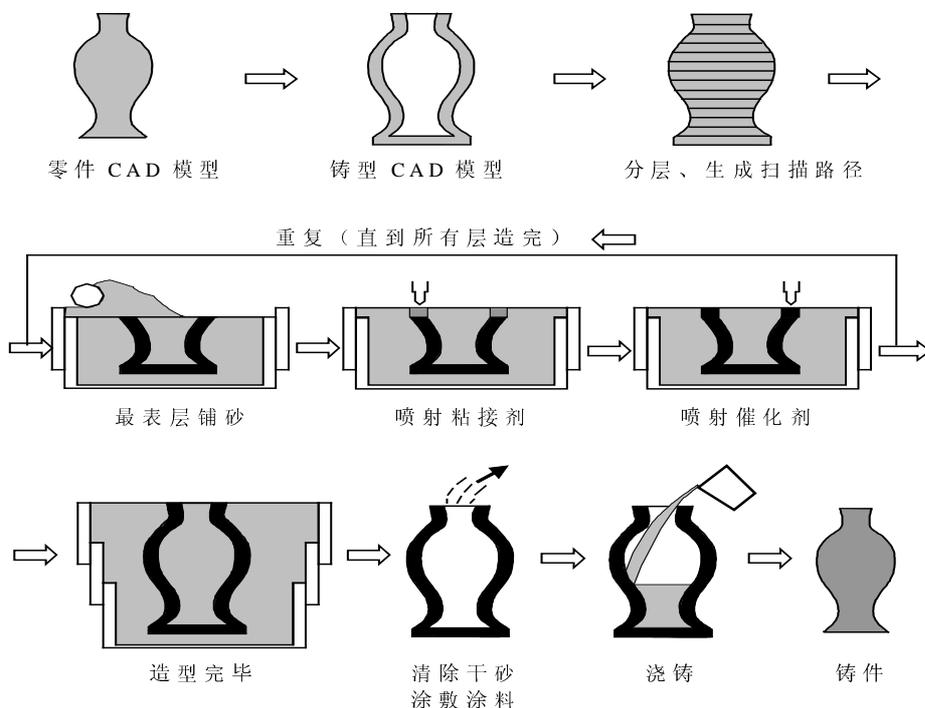


图 1 PCM 原理图

首先从零件 CAD 模型得到铸型 CAD 模型。由铸型 CAD 模型的 STL 文件分层，得到截面轮廓信息，再以层面信息产生控制信息。造型时，第一个喷头在每层铺好的原砂上由计算

机控制精确地喷射粘结剂，第二个喷头再沿同样的路径喷射催化剂，或者采用双喷头一次复合喷射技术按照截面轮廓信息同时喷射粘结剂和催化剂。两者发生胶联反应，一层层固化型砂而堆积成形。粘结剂和催化剂共同作用地方的原砂被固化在一起，其他地方原砂仍为颗粒态之干砂。固化完一层后再粘接下一层，所有的层粘接完之后就得到一个空间实体。原砂在粘结剂没有喷射的地方仍是干砂，比较容易清除。清理出中间未固化的干砂就可以得到一个有一定壁厚的铸型，在砂型的内表面涂敷或浸渍涂料之后就可用于浇注金属。

2. PCM 工艺的特点

同传统铸型制造技术相比，PCM 工艺具有无可比拟的优越性，它不仅使铸造过程高度自动化、敏捷化，降低工人劳动强度，而且在技术上突破了传统工艺的许多障碍，使设计、制造的约束条件大大减少。具体表现在以下方面：

1) 造型时间短

利用传统的方法制造铸型必须先加工模样，无论是普通加工还是数控加工，模样的制造周期都比较长。对于大中型铸件来说，铸型的制造周期一般以月为单位计算。由于采用计算机自动处理，PCM 工艺的信息处理过程一般只需花费几个小时至几十个小时。所以从制造时间上来看，该工艺具有传统造型方法无法比拟的优越性。

2) 制造成本低

PCM 工艺的自动化程度高，其设备一次性投资较大，其它生产条件如原砂、树脂等原材料的准备过程与传统的自硬树脂砂造型工艺相同。然而又由于它造型无需模样，对于一些大型、复杂铸件，模具的成本又较高，所以其收益是明显的。

3) 一体化制造

由于传统造型需要起模，因此一般要求沿铸件最大截面处（分型面）将其分开，也就是采用分型造型。这样往往限制了铸件设计的自由度，某些表面和内腔复杂的铸型不得不采用多个分型面，使造型、合箱装配过程的难度大大增加，分型造型使铸件产生“飞边”，导致机加工量增大。

PCM 工艺采用离散/堆积成形原理，没有起模过程，所以分型面的设计并不是主要障碍。分型面的设计甚至可以根据需要不设置在铸件的最大截面处，而是设在铸件的非关键部位，对于某些铸件，完全可以采用一体化制造方法，即上下型同时成形。一体化造型最显著的优点是省去了合箱装配的定位过程，减少了设计约束和机加工量，使铸件的尺寸精度更容易控

制。

4) 型、芯同时成形

传统工艺出于起模的考虑，型腔内部一些结构设计成芯，型、芯分开制造，然后再将二者装配起来，装配过程需要准确的定位，还必须考虑芯子的稳定性。PCM 工艺制造的铸型，型和芯是同时堆积而成，无需装配，位置精度更易保证。

5) 易于制造含自由曲面的铸型

传统工艺中，采用普通加工方法制造模样的精度难以保证；数控加工编程复杂，另外涉及刀具干涉等问题。所以传统工艺不适合制造含自由曲面或曲线的铸件。而基于离散/堆积成形原理的 PCM 工艺，不存在成形的几何约束，因而能够很容易地实现任意复杂形状的造型。

6) 造型材料廉价易得

PCM 工艺所使用的造型材料是普通的铸造用砂，价格低廉，来源广泛；而粘结剂和催化剂也是非常普通的化学材料，成本不高。因此，对于国内外众多的树脂砂铸造厂家来说，该工艺不仅成本低廉、而且容易推广，因而具有很强的吸引力。

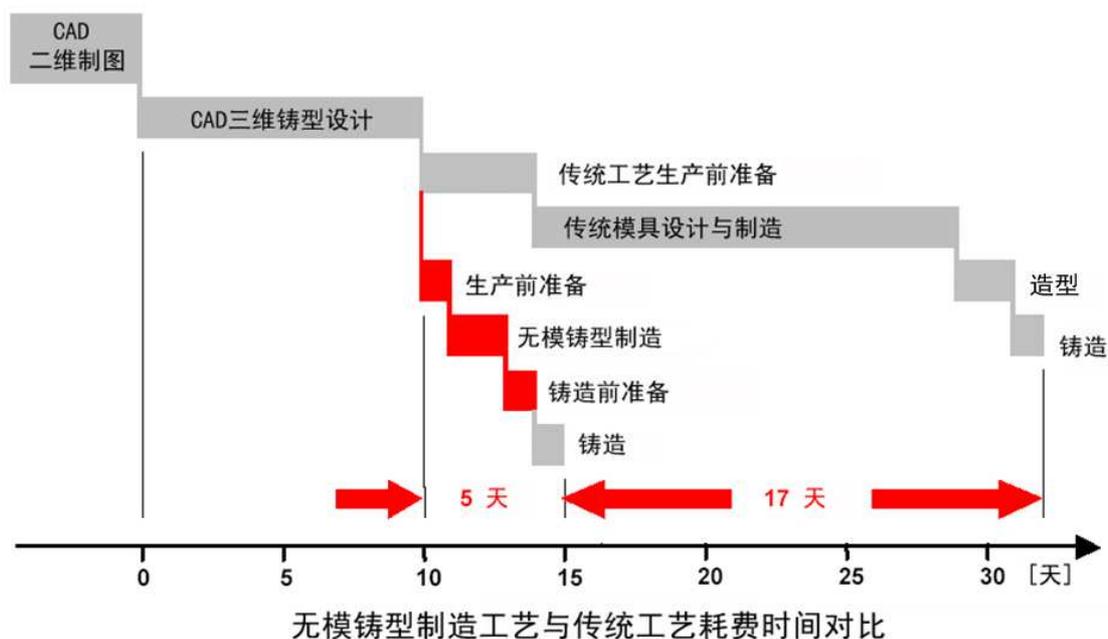


图2 无模铸型制造工艺与传统工艺耗费时间对比

综上所述，PCM 工艺在技术上的优势是相当明显的，无需模具，能够快速、柔性、准确地制造内腔、表面较为复杂的铸件，特别适合单件、小批量、形状复杂的大中型铸件的生产以及新产品的试制。但是它也有缺点，主要是设备投资大，不适合大批量生产。最能适于生产柔性很高的小批量或单件生产。

3. PCM 工艺设备

设备是工艺研究和实现的物质基础与基本前提。PCM 设备是一个由机械、电子、材料、计算机软硬件等技术高度集成的复杂的机械电子学产品。机械电子学产品是电子技术（控制技术、计算机技术）与机械领域紧密结合的产物，是在机械电子学技术基础上发展起来的一类产品。一般认为机械电子学产品是指在机构的主功能、信息处理功能和控制功能上引进了电子技术，并将机械装置和电子设备以及软件等有机结合起来构成系统的总称。

按照工艺流程可以将 PCM 技术划分为四个顺序基本子过程：信息处理过程、造型过程、后处理过程和浇注过程（如图 3）。其中，信息处理过程是为造型过程准备好相应的控制程序（数控代码）文件；造型过程利用信息处理过程所生成的数控代码，驱动造型设备，完成铸型的数控加工；后处理过程旨在提高铸型表面质量和浇注工艺性能，为浇注过程创造条件；浇注过程则是把完成后处理的铸型运往浇注车间，将高温熔融的液态金属注入铸型的浇注系统和型腔内部，最终凝固形成具有一定表面质量、精度和复杂程度的合格铸件。

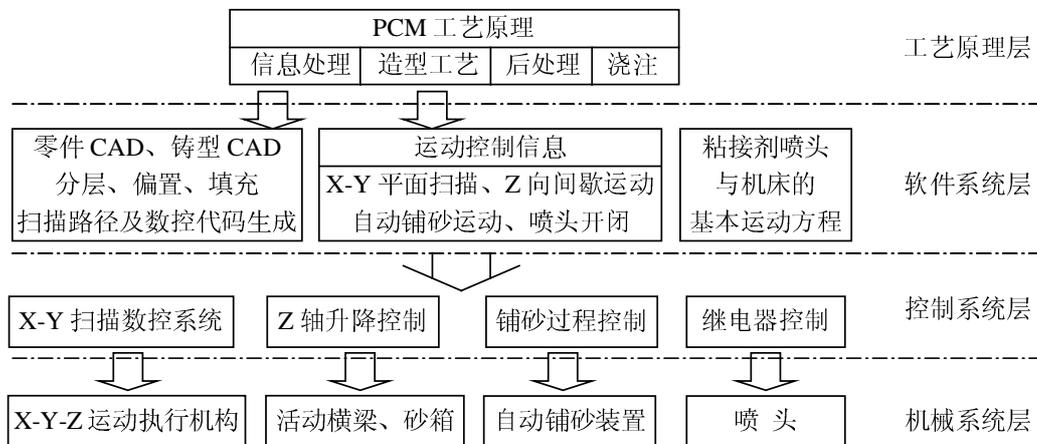


图 2 PCM 设备设计流程图



图 3 PCM-1200 型设备外形图

PCM 工艺商品化设备为 PCM-1200 型，见图 3。PCM-1200 型设备的主要技术参数见表 1。

表 1 PCM-1200 技术参数

指标	PCM-1200	指标	PCM-1200
最大成形空间	1200mm×1000mm×750mm	扫描精度	±0.08mm
X、Y 轴扫描速度	400~600mm/s	设备重量	约 2000kg
X、Y 轴扫描加速度	30m/s ²	功率	3kW
层厚	0.2~0.5mm	外形尺寸 (不包括轨道)	2200mm×2050mm×1640mm

4. PCM 工艺制造典型实例

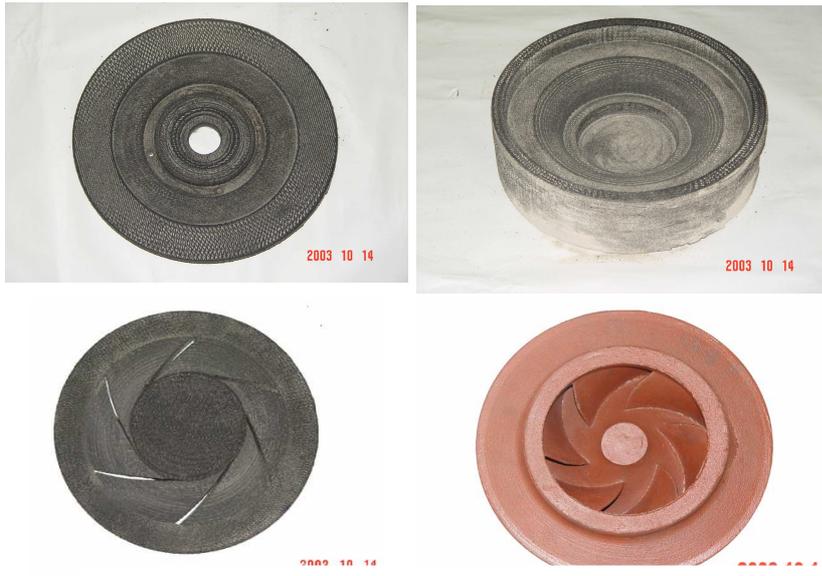


图4 PCM工艺制造的铸型和铸件

图4 叶轮铸型及叶轮产的实例，它是用于渤海某海上钻井平台上的水泵叶轮的铸型和铸件。由于该叶轮是异型叶轮，所以需要重新设计。使用传统工艺，包括制模、造型和铸造，需要两个月。采用PCM工艺，从设计到铸件完成，只用了2个星期，大大快于传统工艺，分层厚度为0.3mm。据测量，铸件尺寸精度达到CT9~CT8级，表面粗糙度达到Ra25~12.5 μ m（表面轮廓算术平均偏差），完全可以满足实际生产要求。

参考文献：

1. 杨伟东，檀润华，颜永年，徐安平. 基于微滴喷射技术的快速铸造方法探讨. 铸造技术，2005，26（1）
1-4
2. 杨伟东，檀润华，颜永年，徐安平. 无模铸型制造工艺设备的开发. 机床与液压，2005，No.205，42-
44