

---

---

# 消失模铸造技术 及应用实例

XIAOSHIMO ZHUZAO JISHU  
JI YINGYONG SHILI

崔春芳  
邓宏运 编著  
赵琦

9.6

机械工业出版社  
MACHINE PRESS



# 消失模铸造技术 及应用实例

崔春芳 邓宏运 赵琦 编著



机械工业出版社

消失模铸造可以提高铸件质量,降低生产成本,改善劳动条件,提高生产效率,实现机械化和自动化生产。本书介绍了消失模铸造的基本知识和理论、典型铸件实例、消失模铸造不同产量的生产线设备设计方案等。

本书供铸造生产技术人员、技师及相关大专院校师生阅读和参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

消失模铸造技术及应用实例/崔春芳,邓宏运,赵琦  
编著. —北京:机械工业出版社,2007.6  
ISBN 978-7-111-21415-1

I. 消… II. ①崔…②邓…③赵… III. 精密铸造  
IV. TG249.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 062900 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 卞 鸥

责任编辑: 郑 铨 版式设计: 冉晓华 责任校对: 程俊巧

封面设计: 马精明 责任印制: 洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 7 月第 1 版 · 第 1 次印刷

148mm × 210mm · 5.75 印张 · 166 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-21415-1

定价: 18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

消失模铸造是综合实型铸造、V法铸造的设备和工艺的优点于一体而独创的新型设备和工艺，是由实型、干砂、微振及负压4个基本要素组合而成的铸造工艺。其英文名称为 expendable pattern casting，简称EPC。该工艺是由美国人斯洛耶洛于1956年首先试验成功，1958年4月以专利形式公布于世，最初只是用于铸造金属雕像等工艺品。

1961年，德国亚琛大学教授维英特预见到这项新工艺的发展前途，他从美国引进专利后，与哈特孟等合作研究，于1962年开始在工业上探讨应用。

1980年该项专利失效以后，西方一些国家及日本陆续展开了研究工作。

我国在1965年10月，原第一机械工业部机械科学研究院和上海机械制造工艺研究所已开始了对实型铸造的研究工作。经过一段试验，获得了初步成功，于同年底，成功浇注了我国第一个消失模铸钢件(11t)。20世纪60年代中期，北京、上海、沈阳一些单位从事消失模铸造的研究，但与同时着手这项工作的日本、原苏联等国相比，我们在研究的深度、生产的规模和应用范围等方面，都有较大的差距。当时，由于相关工业的情况所限，我国消失模铸造仅仅是露出了可喜的发展苗头，还没有真正顺利地应用于生产。

20世纪90年代初期，沈阳中世机械电器设备厂等单位，在总结前人成功经验和失败教训的基础上，经过数次试验研究，在理论、工艺、设备、操作等方面获得了较为完整的消失模铸造技术，同时制造出了系列设备，成功地应用于许多厂家的生产中。由于它的高效率、低消耗的优越性，铸造工作者把它誉为铸造史上的一次“革命”；由于它彻底改变了铸造车间和场地的环境卫生以及劳动强度，又称它为“绿色节约化”铸造工程。

#### IV

如果说, 20 世纪是消失模工艺和设备诞生的年代, 那么, 21 世纪, 它将是尽显身手, 为铸造行业创造“绿色节约化”的时期, 因为它涉及到化工、冶金、机械制造、气流动力学、材料科学等学科, 随着这些学科的不断发展与进步, 消失模铸造将会出现新的飞跃, 铸造学科将会谱写出新的篇章。

由于竞争之故, 已使用消失模铸造的厂家都或多或少地保守着秘密。为了发展我国的铸造行业, 改变铸造行业“傻大黑粗笨”、“少慢差”的落后状态, 根据作者的实践经验, 并参考国内外的先进技术, 特编著此书, 供同行参考。

本书能顺利出版, 首先感谢机械科学研究所所长李新亚教授, 全国消失模专业委员会副主任委员、沈阳中世机械电器设备厂厂长阴世河高级工程师以及吴祖禹、高俊章、杨蔚华、白玺平、邹树峰等专家。同时感谢易玉教授、黄树芳、崔阳卉、崔阳蕾工程师的大力支持和帮助。《铸造技术》杂志社李晓霞编辑对全书的图形及文字进行了计算机标准化处理。郑州翔宇铸造材料有限公司朱剑甫总经理、北京嘉华天祥科技有限公司王佩华总经理、江阴正瑞锯业有限公司潘正新总经理、西安泉特科技有限公司房小卫经理对本书的出版提供了帮助, 在此向诸位表示衷心的感谢。在撰写本书的过程中, 拜读参阅了白天申、黄乃瑜、罗吉荣、王忠珂、高洪涛、徐庆柏、刘修兰、蔡振声、戎豫等教授和专家的文章, 在此表示崇高的谢意!

由于水平有限, 书中难免有错误之处, 敬请批评指正。

作 者

# 目 录

## 前言

|   |     |
|---|-----|
| <b>第一章 消失模铸造的基本知识和理论</b> .....            | 1   |
| 第一节 消失模铸造概述.....                          | 1   |
| 第二节 消失模铸造的特点及不足.....                      | 1   |
| 第三节 消失模铸造设备概况.....                        | 4   |
| 第四节 消失模铸造工艺 .....                         | 13  |
| <b>第二章 消失模铸造的典型铸件实例</b> .....             | 78  |
| 第一节 消失模铸造常见缺陷的形成机理 .....                  | 78  |
| 第二节 获得消失模铸造生产优质铸件的措施 .....                | 85  |
| 第三节 消失模铸造的典型铸件 .....                      | 90  |
| <b>第三章 消失模铸造不同产量生产线设备设计方案</b> .....       | 145 |
| 第一节 年产500t抗磨铸件消失模铸造生产线<br>设备设计方案.....     | 145 |
| 第二节 年产1500~2000t铸件消失模铸造生<br>产线设备设计方案..... | 147 |
| 第三节 年产3000t铸件消失模铸造生产线设备<br>设计方案.....      | 149 |
| 第四节 年产4200t磨球消失模铸造生产线设备<br>设计方案.....      | 151 |
| 第五节 年产10000t球墨铸铁管件消失模铸造<br>生产可行性分析方案..... | 154 |
| <b>附录 部分消失模铸造设备与材料厂家</b> .....            | 167 |

# 第一章 消失模铸造的基本知识和理论

## 第一节 消失模铸造概述

消失模铸造使用的原料，通常称为可发性树脂珠粒，主要有三种产品：可发性聚苯乙烯（EPS）；可发性聚甲基丙烯酸甲酯（EPMMA）；苯乙烯-甲基丙烯酸甲酯共聚树脂（STMMA）。

消失模铸造工艺原理：EPS、EPMMA、STMMA 等材料的主要特点是可发性、导热速度慢、在一定温度下可以气化等。首先把它们进行预发泡，熟化后，将珠粒射入铝合金模具中，通入蒸气，制成所需的铸件泡沫模样，涂上特制涂料，干燥后，把它埋入特制的砂箱中（使用干砂），振实，在负压下浇注金属液体，泡沫模样复制出与泡沫模样一样的铸件。这种工艺又称气化模铸造、实型铸造、负压铸造等，美国称为消失模铸造，本书采用消失模铸造这一名称。

大型少量的铸件，为了节约木模样费用及不特别购置振实台，采用泡沫板制模样，将泡沫模样埋在含有粘结剂的砂型中（湿模砂或CO<sub>2</sub>水玻璃砂等）进行铸造。例如大型机床床身、矿山用 $\phi 3m$ 以上的大齿轮等铸造，都是使用这些方法。工艺上可以使用硬化砂造型，先把泡沫模样取出，以免在浇注时泡沫模样气化燃烧污染环境。

## 第二节 消失模铸造的特点及不足

### 一、消失模铸造工艺的优点

通过国内、外用户的大量生产实践证明，消失模铸造工艺具有以下优越性：

#### 1. 不用制作木模样

传统制造工艺，必须制作木模样（或金属模样等），模样在砂型中紧实以后，起出模样形成型腔。这样就要求木模样（或金属模样

等)在制作时应有足够的起模斜度( $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ ),才能够起出模样。而消失模铸造使用的是泡沫模样,埋入干砂中不需要再取出,所以模样不需起模斜度。

## 2. 组合泡沫模样簇

在传统的铸造工艺中遇到小的铸件,在1个箱中,铸件只能布置在同一个平面上,而且数量也有限。如铸造 $\phi 120\text{mm}$ 球时,在一箱中只能布置5个。而消失模铸造工艺可以将模样组成串,每串6层,每箱可放置4~6串模样簇,因此提高了生产效率。

## 3. 不用砂芯

在传统铸造工艺中,有较多铸造件需要制造砂芯,制作砂芯还需要芯骨、引线等,下芯时也比较烦杂,要垫芯撑,因此往往保证不了铸件的精确度。砂芯难清理(如 $\text{CO}_2$ 水玻璃砂砂芯),清理劳动强度大,环境条件十分差。消失模铸造工艺不需要砂芯,铸件的空腔处是干砂充填,浇注完后,翻箱取出铸件时,干砂会自动流出,而且型腔表面光滑。不下砂芯是消失模铸造工艺最大的特点之一。

## 4. 不需扣箱与压箱

在传统铸造工艺中,无论是采用砂箱造型或者脱箱造型都需要扣箱与压箱(有时用螺栓把紧)。而消失模铸造使用泡沫模样,用干砂埋入箱中振实,浇注时抽负压,不需要扣箱与压箱。

## 5. 铸件无飞边毛疵

在传统铸造工艺中,砂芯与芯头之间以及上下箱之间存在间隙,在浇注过程中渗入金属液,产生铸件飞翅或铸件毛疵,给清理工作带来许多不便。而消失模铸造工艺不下芯、不扣箱,因此铸件也不会产生飞翅、毛疵。

## 6. 铸件精度高,均匀一致

采用消失模铸造生产大批量的铸件时,使用铝合金制造成型模具发泡成型,成型出的泡沫模样表面光滑,且每个泡沫模样的尺寸都均匀一致。老式手工造型,木模样不但有起模斜度,而且起模时还需敲打木模样,加大了铸件尺寸,不能保证每个铸件尺寸一致。

## 7. 砂子损失小

消失模铸造工艺使用干砂固型,浇注后大部分的干砂都能回用,



砂子损耗在 1% ~ 2% 之间, 这对于减少铸件成本有着重要作用。众所周知, 使用 CO<sub>2</sub> 水玻璃砂生产铸钢件, 每吨铸件需 1.5t 左右的硅砂, 用后作为废物抛掉, 既浪费了资源, 又污染了环境。例如 × 厂, 每年生产 3000t 高锰钢铸件, 使用石灰石砂 4500t, 使用水玻璃 270t, 使用 CO<sub>2</sub> 2500 瓶, 该厂采用消失模铸造生产高锰钢铸件 1 年就可收回设备投资。

### 8. 生产复杂铸件效果更佳

例如水泵铸件的几何尺寸比较复杂, 壳铸件成曲面形, 用消失模铸造工艺生产水泵壳铸件的内腔相当光滑, 出水量可提高 12%, 重量降低 25%, 成本明显降低。又如沈阳中世机械电器设备厂用消失模铸造生产磨碎金矿石使用的螺旋叶轮, 其形状非常复杂, 老式铸造方法是难铸造出来的, 即使能铸出来, 其尺寸和形状也不能保证。但是消失模铸造生产出的螺旋叶轮, 能保证尺寸, 表面还光滑。

### 9. 生产效率高

消失模铸造设备和工艺一改潮模砂造型、CO<sub>2</sub> 水玻璃砂造型传统工艺, 不加任何添加剂而用纯干砂紧固泡沫模样。它以微振动方式紧固泡沫模样, 而去除掉采用振动造型、抛砂造型、风冲造型、挤压造型以及手工舂型等方式, 同时可以一箱多铸, 提高了生产效率。

### 10. 减少清理工作量

因为采用纯干砂紧固型, 浇注铸件凝固后翻箱, 干砂和铸件分离, 型腔中的干砂也能自动流出, 而得到表面光滑的表面铸件。浇注后型腔不需清砂, 故可节省 80% 左右的清理费用。

### 11. 操作用工少

由于消失模铸造工艺基本上采用机械化或自动化进行生产, 因此比手工铸造生产可减少 2 ~ 3 倍操作工人。

### 12. 减少体力劳动, 改善环境卫生

该工艺不用煤粉、石墨粉, 采用三维振动台进行砂子的紧实, 制型采用成型机, 因此, 可以穿白色工作服操作, 是理想的铸造换代设备和工艺。

### 13. 占地面积少

与手工造型比同样的年产量, 占地面积为其 1/3 ~ 1/5。

#### 14. 投资量减少

与手工造型比，同样的年产铸件量，投资可减少 50% 以上。

#### 15. 易于实现机械化与自动化

消失模铸造设备比原来生产（采用机械化）的设备相比要少得多，造型部分采用模样簇和干砂紧固，砂子采用集成化设备进行降温处理和除尘处理；不用混砂、配砂设备，故比较容易实现机械化、自动化或全封闭式生产，生产者只要在中央计算机控制室操作就可以实现铸件的生产。

## 二、消失模铸造工艺的不足

1) 模具的制造比较复杂，费工费时，成本较高，特别是一次投资较多；

2) 一个泡沫模样只用一次就消失掉，制泡沫模样环节周期较长；

3) 铝合金的冷隔、皱皮和灰铸铁、球墨铸铁中的碳缺陷，在设计浇注系统时必须特别注意才能避免；

4) 低碳钢增碳问题，需要从原材料选择和工艺加以注意才能得到控制；

5) 碳钢铸件在生产中若掌握工艺不当，会出现气孔。

目前中国泡沫珠粒的生产是以包装材料为主，有些厂家已开始研发消失模铸造专用泡沫珠粒及泡沫板材，此项工作成功后，会把消失模铸造推向新的高潮。

## 第三节 消失模铸造设备概况

消失模铸造设备包括三个方面：

### 一、白区设备（制备泡沫模样）

#### 1. 预发泡设备

(1) 间歇蒸汽预发泡机，见图 1-1。它的主要机构有传动部分、搅拌叶片、筒体和支架等。使用蒸汽发泡，蒸汽温度一般为 90 ~ 115℃。

(2) 真空预发泡机，见图 1-2。它的主要机构有传动部分、真空

室、加热装置、加热筒、控制台等。真空预发泡机的优点：发出的珠粒比较均匀；由于珠粒不和蒸汽接触，因此，发出的珠粒不经熟化或短时熟化即可以使用。

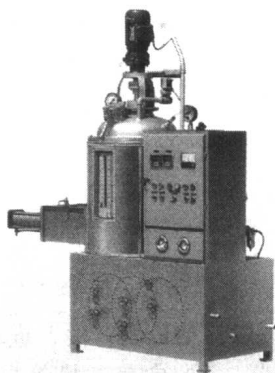
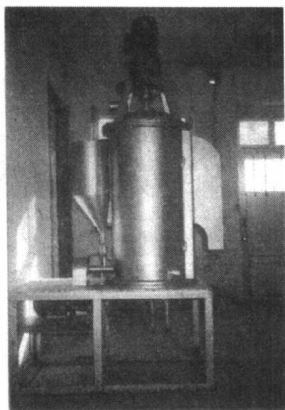


图 1-1 间歇蒸汽预发泡机

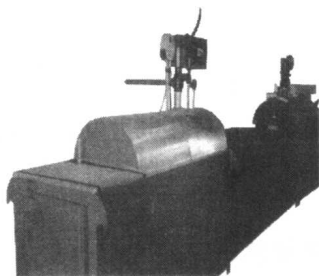


图 1-2 真空预发泡机

## 2. 泡沫模样成型机

该机的主要用途是开合模具，将预发泡的珠粒射入模具，向模具中通入蒸汽，模具中的珠粒受蒸汽加热后再度膨胀而粘结成一体，水冷后起模，得到完整满意的泡沫模样。在铸造生产中常用的成型机有外来蒸汽成型机和自动蒸汽成型机 2 种。

(1) 外来蒸汽成型机。该机所使用的蒸汽是从外部蒸汽锅炉中所得，它的构造见图 1-3。

图 1-3 为中世机械电器设备厂给山西×厂设计制造的全自动成型

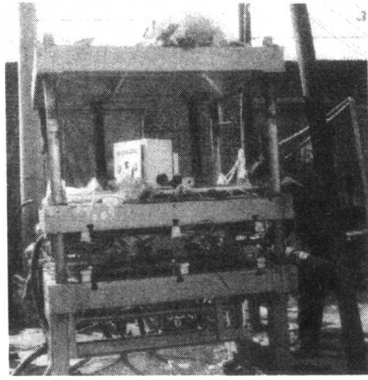


图 1-3 外来蒸汽成型机

机。它可以自动控制合模、进料（珠粒）、送停蒸汽、通水冷却、起模（开模）或吹空气起模等自动功能。它用于发泡成型缸体。由于该机为全自动操作，成型出的缸体质量良好，为浇注出光滑表面的缸体提供了条件。

（2）自动蒸汽成型机。该成型机上有电加热蒸汽炉它的构造见图 1-4，该蒸汽炉通电后加热水产生蒸汽，供成型使用。采用该设备的用户不必再建蒸汽锅炉。它对在电力发达地区使用会带来更加方便的效果，因不用燃煤加热锅炉，可保持环境最佳状态。

### 3. 手动成型机

手动成型机采用电加热电阻丝产生热量，切割消失模铸造泡沫模样，从而制作泡沫模样。手动成型见图 1-5。

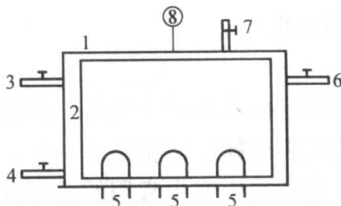


图 1-4 电加热蒸汽示意图

- 1—锅炉体 2—保温层 3—进水管  
4—出水管 5—电加热管 6—出蒸汽管  
7—安全阀 8—蒸汽表

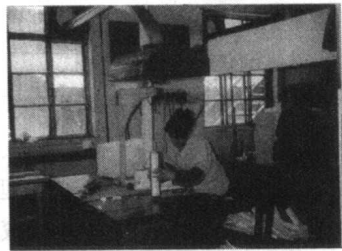


图 1-5 手动成型

该机主要是把外来的 220V 或 380V 电压变成 36V 电压供电热丝能源，只要掌握这个原理就可以制造出立式、水平式等切割机。

## 二、黄区设备（涂料制备）

涂料制备非常重要，根据不同铸造合金种类确定待制备涂料的性能，然后选择耐火粉料、载液、粘结剂、悬浮剂及助剂进行配置。混制已配好的涂料常采用以下设备：

### 1. 立式搅料机

这种搅料机见图 1-6。它的搅料过程是先加入载体，后加入粘结剂、悬浮剂，进行搅拌，再加入耐火粉料进行搅料。其搅料时间 8h 以上。搅料器有叶片式或圆盘式两种。叶片式搅料力比较大，能把物料搅得上下翻动，但是转动速度高会引起物料飞溅。圆盘式的盘齿上下交错分布，对物料有较强的剪切作用，可平稳地高速转动，分散效果好，常用于涂料的制备。

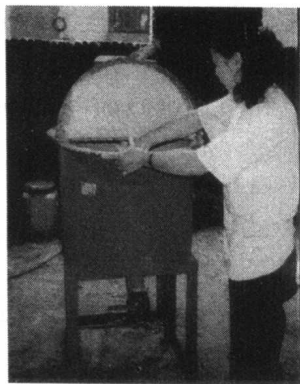


图 1-6 立式搅料机

### 2. 滚筒式涂料制备机

这种机器为滚筒内装钢球，在运转时钢球对涂料进行研磨，把数种料混制均匀。制备出的涂料细腻，在泡沫模样上涂刷时效果不错。

### 3. 叶片式和滚筒式双联涂料制备机

该种双联机是利用立式叶片机在搅拌时涂料分散性好的优点，用于初期制备，用它作预制（一般搅 2~3h）后把涂料转入滚筒制备中（2~3h）。双联机制备出的涂料，涂料中各组元物质分散均匀，悬浮性好，不易沉淀，涂敷性能好。

### 4. 涂料涂敷

涂料涂敷设备，单件小批量生产铸件模样，一般采用蘸涂的方法涂敷涂料，大批量单一品种的铸件采用喷涂方法涂敷涂料，或者用机械手涂敷涂料。图 1-7 是在 60mm × 60mm × 1200mm 的碳钢固定架子

上涂敷涂料。涂敷好以后就直接悬挂在烘干室进行烘干，烘干以后，因为泡沫模样是固定在架子上，所以在装箱时很方便。图 1-8 是汽车用制动盘，为了一箱多铸出产品，因此组成模样簇，组好后的一排模样簇放入涂料槽中慢慢转动使涂料涂敷均匀。

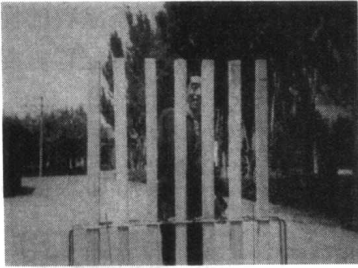


图 1-7 在  $60 \times 60 \times 1200$  碳钢固定架涂敷涂料

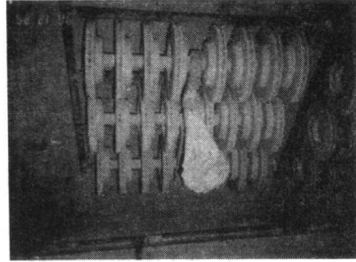


图 1-8 汽车用制动盘固定在涂料设备上转动涂敷涂料

### 三、黑区设备（铸造区）

消失模铸造用振动台分一维、二维、三维等，图 1-9 表示它们的外形。

#### 1. 三维振动台

本振动台有六位振动方位，为  $X$ 、 $X'$ 、 $Y$ 、 $Y'$ 、 $Z$ 、 $Z'$ 。这六位方位的振动都能把砂子充实进铸件的空腔部位。采用一位，或二位至六位，需看铸件的空腔而定。

调频气垫振动台是无级变速，它的频率范围在  $10 \sim 80\text{Hz}$ ，在此之间可以根据铸件（泡沫模样）大小的需要选择频率。在停止振动时，它会逐渐停止下来，保证了振实后被包围在干砂中的泡沫模样的稳定性。

变频振动台还可以气垫悬浮，倔强系数可调，能增强振动效果，台面可调整高度，可在流水线上使用。它的基本工艺参数为：振动频率  $10 \sim 80\text{Hz}$ ，振动加速度  $1 \sim 2g$ ，振幅  $0.5 \sim 2\text{mm}$ ，气囊充气  $0.3 \sim 0.7\text{MPa}$ 。变频振动台如图 1-9d。

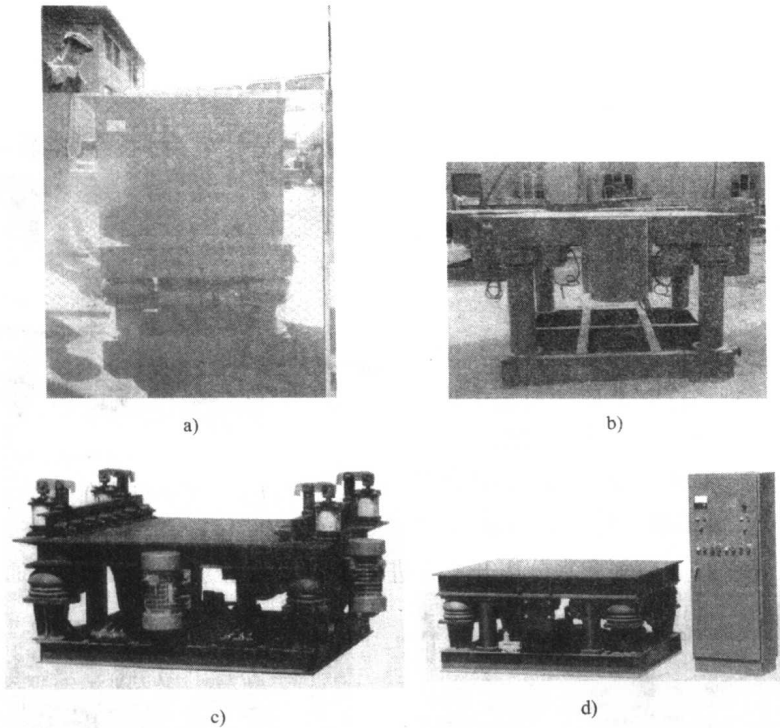


图 1-9 振动台外形

- a) 二维小型振动台外形    b) 三维六方位振动台外形  
c) 三维变频振动台外形    d) 变频振动台

## 2. 消失模铸造专用砂箱

常用的消失模铸造专用砂箱的特点必须使泡沫模样被高温金属液冲击取代时新产生的气体应迅速地被负压抽出。根据这种要求消失模铸造常用的砂箱有：

(1) 单层底面空砂箱：在制造砂箱时使用 6~8mm 厚的钢板焊接而成，抽气管使用 100mm 管。这种砂箱只有一面排气，所以用在铸造壁厚不大的泡沫模样比较适宜。

(2) 单层壁而底部只放透气钢管砂箱：这种砂箱制造比较简单，在置放管时，采取  $\phi 50\text{mm}$  钢管，管上钻上  $\phi 6\text{mm}$  眼孔，眼孔之间相

距 30~40mm。一般布置 4~5 根，在出气端用一根大于箱内抽气管直径的钢管等距离地把它们焊在箱内抽气管上面，从管的中部向箱外焊接一段  $\phi 50\text{mm} \times 60\text{mm}$  长的抽气管。

(3) 五面空砂箱：五面空砂箱虽然制造比较麻烦，成本较高，但是它的抽气效果比较好。沈阳中世机械电器设备厂提供的砂箱是五面空砂箱，见图 1-10。

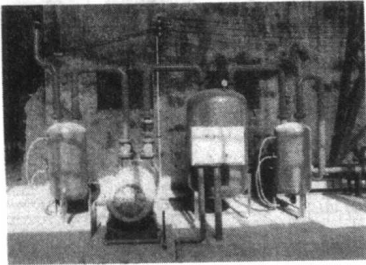
### 3. 负压系统主要设备

负压系统的主要设备：湿除尘（把浇注时金属液将消失模铸造泡沫模样气化产生的烟进行过滤）、水环式真空泵（抽负压用）、负压罐（稳定负压用）、气

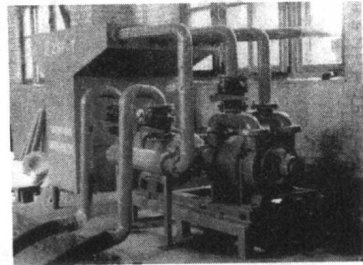


图 1-10 五面空砂箱

水分离器（把气和水分离开、并进一步除去灰尘）、废气净化（通过



a)



b)

图 1-11 负压系统设备

a) 安装图 b) 装好泡沫模样的砂箱在负压系统分配器上待浇注



它把废气进行处理,使排入空气中的气体达到国家规定标准)、管路(连接上述各个部分设备成为一个完整的负压系统)和分配器(浇注时连接专用砂箱用)。负压系统设备见图 1-11a、b。

#### 4. 浇注工装及方法

目前所使用的浇注方法分为三类:第一类是日产量铸件少,而且铸件又不大的,都采用抬包浇注。第二类是日产量较多,而且铸件较大的,采用桥式起重机吊包浇注。第三类日产量大,而且铸件品种专一的,都用轨道式运输砂箱浇注。被浇注后的砂箱在一定的速度下运转至落砂工位,由翻箱机翻箱,被翻后的砂箱运转至装箱工位装箱,如此进行循环。浇注工部循环线见图 1-12。

翻箱机的功能是把浇注完了的砂箱通过轨道运输到翻箱机处,翻箱机把砂箱卡住而翻转,砂子经漏砂器漏下至振动输送机上。翻箱机卡住砂箱进入除尘罩中翻转,灰尘被除尘系统抽风机抽走,沉淀在沉淀器中,保证了环境的清新。

#### 5. 砂处理系统设备

砂处理系统的主要作用:①高温砂降温到  $50^{\circ}\text{C}$  以下。②除去砂中涂料带入的灰尘。③提供连续装箱使用的砂子。④磁选混入砂中的金属物等。本系统包括的主要设备:落砂装置、振动输送机、提升机、砂塔(储砂斗)、输送床、水冷却床、螺旋给料器、雨淋式加砂器等。该系统设备见图 1-13 ~ 图 1-18。

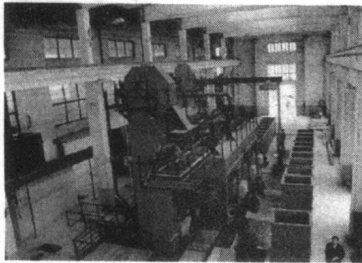


图 1-12 浇注工部循环线

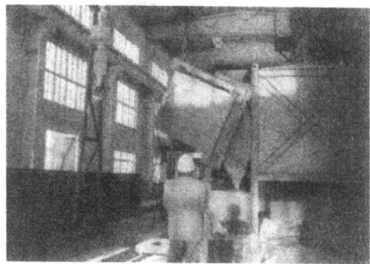


图 1-13 翻箱机