

# 铸钢件铸造工艺计算机辅助设计

刘新田

马艳萍

(郑州工业大学材料系) (西北轻工业学院, 咸阳, 712000)

**摘要** 对铸造工艺设计中的铸件模数计算、补缩工艺的设计方法及浇注系统设计等几个关键问题进行讨论,并给出了相应的计算机程序。开发了具有功能全面、使用方便、适用面广等特点的铸钢件铸造工艺计算机辅助设计软件。

**关键词** 铸钢;冒口;浇注系统;计算机辅助设计

**中图分类号** TG26

铸造工艺 CAD 是计算机技术在铸造行业中应用的重要内容。完整的铸造工艺 CAD 应包括工艺设计优化和凝固过程模拟两个方面。铸件凝固及相应的铸型充填是铸造工艺的基本问题,大部分铸造缺陷产生于这一过程或与之密切相关,但由于该项问题复杂、难度较大,在实际生产中不得不更多地依赖于经验。目前,利用数值模拟并辅之以几何模拟数据库,已经能较为有效地做到控制凝固过程及预测铸件缩孔缩松及裂纹等缺陷。

在铸造工艺 CAD 中,冒口和浇注系统设计是两个很重要的内容。目前国内工厂常用的冒口设计方法有多种,如模数法、热节圆法、比例法等<sup>[1]</sup>,但这些方法使用过程中人为因素占较大的比例。在利用计算机进行冒口设计时,比较合适的是三次方程法<sup>[2]</sup>。利用动态模数法求解三次方程,可以较为准确地确定冒口尺寸,因此也是当前应用较多的方法。

## 1 程序结构

本程序由一个主程序和四个子程序模块构成。四个子程序模块分别是:

- (1)模数计算模块
- (2)冒口计算模块
- (3)浇注系统计算模块
- (4)图形显示模块

模块(1)主要完成对铸件的几何量、物理量进行计算,如铸件的散热面积、体积、模数和重量;模块(2)主要完成铸钢件冒口尺寸、种类的设计;模块(3)主要完成铸钢件浇注系统的设计;模块(4)完成对各浇道断面形状和尺寸的显示,冒口的种类、尺寸和形状的显示以及显示具体铸件浇冒系统设计的工艺图。主程序框图如图 1 所示。

收稿日期:1997-07-15

第一作者 男 1963年4月生 博士学位 副教授

## 2 模数计算

铸件几何、物理量的计算主要是为了确定铸件的模数的重量,它们是铸造工艺设计的两个重要参数,直接影响着工艺设计结果的精度。

### 2.1 计算方法

铸造中所遇到的铸件的形状是各种各样的,铸件的体积和表面积计算没有统一的公式可利用。对于简单形状铸件,模数计算较容易,但对于形状复杂的铸件,模数的计算是很困难的。然而,任何复杂的铸件总可以看成是由几种较为简单的几何体组合而成。因此,适当地选择这种为数不多的简单几何体,就能够组合成各种不同形状的铸件。这样就把铸件的体积、表面积、重量和模数等参数的计算问题归结为简单几何体的计算,从而使问题大为简化。这种计算方法称为组合形体法<sup>[3,4,5]</sup>。

组成铸件的基本几何体可分为四类:简单形体、等截面单元体、回转单元体和不规则形状单元体。具体计算公式的推导另有详细叙述。

用组合形体法求出每一部分的模数和相应的体积,进而可求出铸件的重量。

### 2.2 程序设计

利用前述的组合形体法及有关计算公式,编制计算机程序,即可完成体积、重量、模数等铸件的几何、物理量计算。其计算程序框如图 2。

## 3 冒口设计

### 3.1 设计原理

为了得到致密健全的铸件,冒口必须能充分补缩铸件。为此必须满足以下三个条件<sup>[6]</sup>:

①冒口系统的凝固应当晚于铸件的凝固,以保证对铸件提供必要的补给金属。

②冒口要能根据设计的要求提供足够的金属液来补偿铸件的液态收缩、凝固收缩以及由于型腔扩大而增加的体积。

③冒口和铸件受补缩部位之间要保持一定的温度梯度和凝固梯度,以保证补缩通道的畅通。

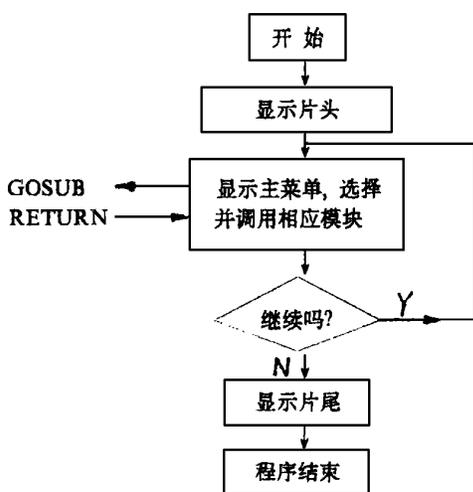


图 1 主程序框图

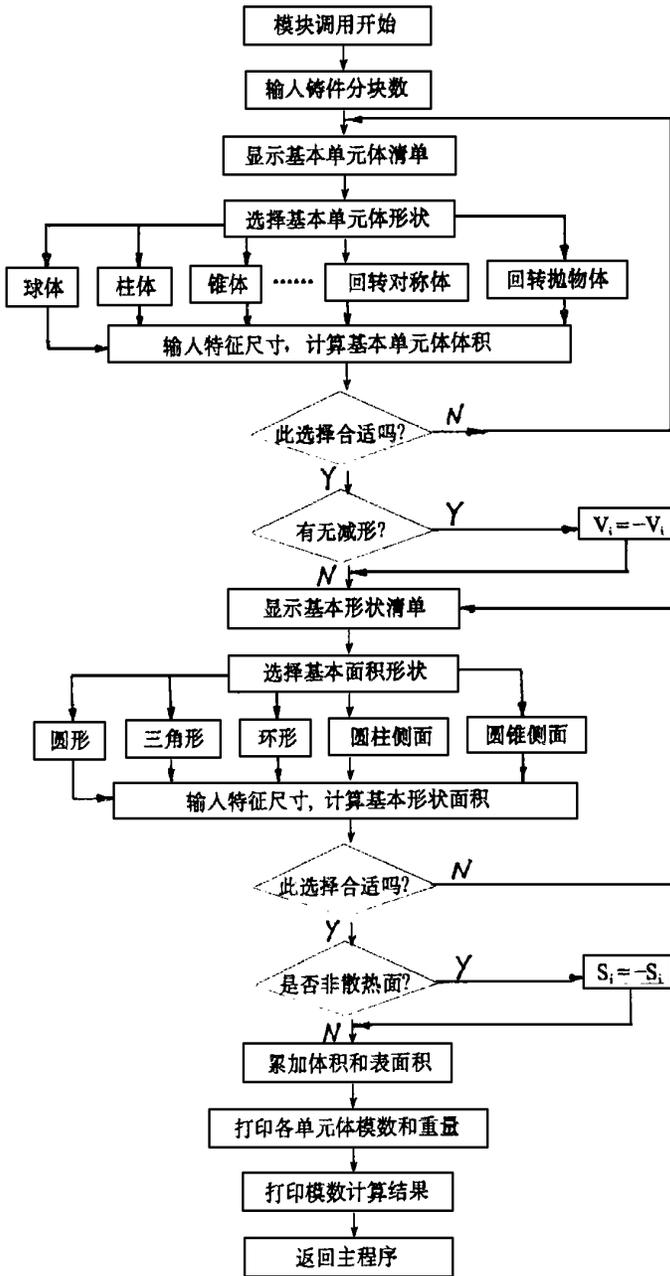


图 2 模数计算程序框图

### 3.2 用动态模数法求解冒口尺寸

采用模数法计算冒口, 一般取  $M_r = 1.1 \sim 1.2 M_c$ , 冒口补缩效率  $\eta = 14 \sim 20\%$ 。应用这种方法计算冒口的前提是, 冒口模数  $M_r$  和当量体积  $V_r$  以及铸件的模数  $M_c$  和当量体积  $V_c$  始终保持不变。但是, 在冒口/铸件的凝固体系中, 从金属液浇注完毕至凝固结束,  $M_r$ 、 $M_c$ 、 $V_r$ 、 $V_c$  等参数实际上一直处于动态变化过程中, 铸件的当量体积最后增加到  $V_c + \epsilon V_c$ , 冒口的残余体积减少为  $V_r - \epsilon V_c$ , 它们的模数分别为:

$$M_{ce} = \frac{V_c + \epsilon V_c}{A_c} = \frac{V_c}{A_c} (1 + \epsilon) \quad (1)$$

$$M_{re} = \frac{V_r - \epsilon V_c}{A_r} \quad (2)$$

式中,  $M_{ce}$ ——修正后的铸件模数, cm  
 $A_{re}$ ——残余冒口表面积,  $\text{cm}^2$   
 $V_r$ ——冒口的当量体积,  $\text{cm}^3$   
 $\epsilon$ ——合金的凝固收缩率, %

$M_{re}$ ——残余冒口模数, cm  
 $V_c$ ——铸件的当量体积,  $\text{cm}^3$   
 $A_c$ ——铸件的表面积,  $\text{cm}^2$

从理论上讲, 只有当  $M_{re} = M_{ce}$  时, 即残余冒口的凝固时间与铸件的凝固时间相等时, 所选择的冒口尺寸是最小的, 最合理的。因此,

$$\frac{V_r - \epsilon V_c}{A_{re}} = \frac{V_c (1 + \epsilon)}{A_c} \quad (3)$$

通过变换、整理, 即可得到求解冒口的动态模数法的三次方程式:

$$x^3 - K_1 M_c x^2 - K_2 V_c = 0 \quad (4)$$

式中的  $K_1, K_2$  是和冒口的形状、类别等有关的常数。

### 3.3 程序设计

采用牛顿法求解方程(4)。其程序框图如图3。

## 4 浇注系统设计

### 4.1 设计方法

所谓浇注系统的设计就是确定浇注系统各组元的形状、尺寸。铸件中的许多缺陷, 如夹渣、气孔等都和浇注系统设计的好坏有密切的关系。浇注系统的设计仍然是基于水力学中的伯努利方程及流量公式<sup>[1]</sup>

$$Q = \alpha \cdot A \cdot \sqrt{2gH_0} \quad (5)$$

经过简单的代换, 则

$$A = G / (\alpha \cdot \rho \cdot t_p \sqrt{2gH_0}) \quad (6)$$

式中,  $G$ ——浇注重量

$\alpha$ ——流量系数

$t_p$ ——浇注时间

$H_0$ ——平均压头高度

$A$ ——阻流断面面积

为求出  $A$  值, 首先需要确定式中各个参数, 其中  $G, \rho$  已知,  $\alpha = 0.3 - 0.8$ , 由设计者选择输入。最佳的浇注时间  $t_p$  和铸件重量及壁厚有关, 其经验关系式为:

$$t_p = K_1 + K_2 \cdot L^{0.4} \cdot G^\beta \quad (7)$$

其中,  $K_1 = 0 - 7.0$ ;  $K_2 = 0.30 - 5$

$$\beta = 5 / (20 - 13 \cdot \lg H_s)$$

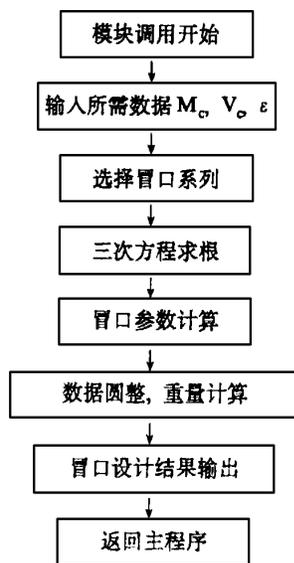


图3 冒口计算程序框图

$$H_s = (T_{\text{浇}} - 1500) / 15$$

L——铸件壁厚

平均压头的计算由下式给出：

$$H_o = H_s - [H_u^2 / 2(H_u + H_i)] \tag{8}$$

其中,  $H_s$ ——最大压头高度

$H_u$ ——上型腔高度

$H_i$ ——下型腔高度

求出阻流面积 A 后, 根据浇口比决定其它组元的断面积。而浇注系统各组元的形状和尺寸则需考虑造型的方便程度等。

若采用漏包浇注, 浇注系统对包孔来说必须是开放式的, 即包孔为阻流断面。因此在设计时只需先设定一包孔直径, 据此求出钢水流出时间, 即为浇注时间。需要注意的是, 这里应该根据这一浇注时间, 求出钢水在型腔中的平均上升速度 V, 然后用型腔中允许的液面最小上升速度  $V_{\min}$  来校核。若  $V < V_{\min}$  说明所选包孔过小, 应重新选择。包孔直径确定之后, 即可依据设定的浇口比确定浇注系统各组元的截面尺寸。

#### 4.2 程序设计

利用前述的有关计算方法, 即可编制计算机程序对浇注系统进行设计。下面是该模块的框图。

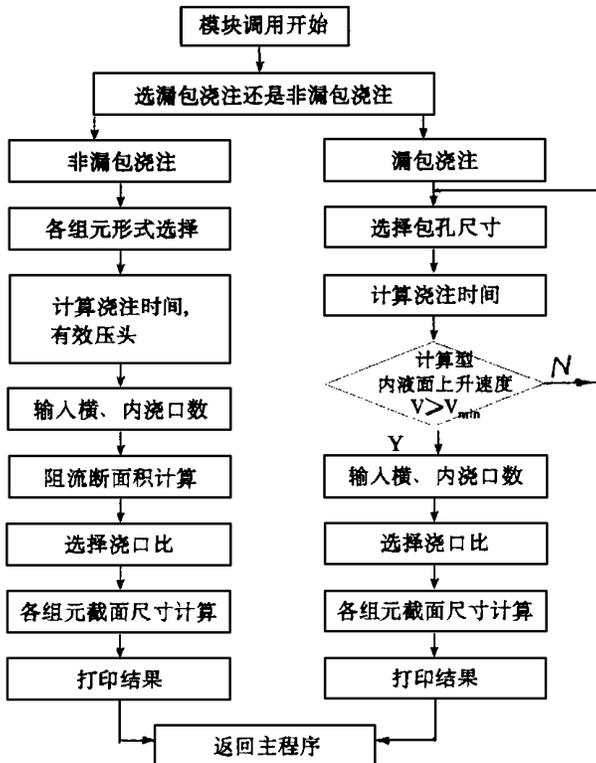


图 4 浇注系统计算程序框图

## 5 结语

本文所述计算方法比一般经验方法更科学、更合理。不但能提高工作效率,而且能优化工艺,提高工艺出口率。

所设计的程序能比较准确地计算一般铸件的体积,散热面积、模数和重量,最终完成对浇冒口系统的辅助设计。该程序采用汉字提示,输入简单、使用方便。经进一步完善后,可以用于实际生产。

## 参考文献

- 1 曹文龙. 铸造工艺学;机械工业出版社. 1989
- 2 李弘英, 赵成志. 用动态模数法求解铸钢件冒口尺寸. 铸造. 1994. No. 10
- 3 大中逸雄. 计算机传热凝固解析入门;机械工业出版社. 1988
- 4 黄斌, 陈志对. 铸件体积模数的计算机程序. 铸造技术. 1993. No. 6
- 5 张毅. 铸件凝固数值模拟及铸造工艺 CAD 现代进展. 铸造. 1987. No. 6
- 6 李弘英. 铸钢件的凝固和致密度的控制;机械工业出版社. 1985

## Computer-aided Design System for Steel Casting Process

Liu Xintian

Ma Yanping

(Zhengzhou University of Technology) (Xibei Light Institute of Technology)

**Abstract** In this paper, several important problems in the design of casting technology of steel, including the calculation of the modulus of a casting, the designing method on the feeder and the gating system, etc, were discussed respectively. A flexible software with versatile functions was presented, which can be used conveniently in the design of the steel casting process.

**Keywords** steel casting; feeder; gating system; CAD