

# 铸件浇注系统阻流截面面积的确定

铸造教研室 魏 兵

## 摘 要

本文通过对铸件浇注系统计算的理论推导和统计学分析提出了“大流量、低流速”的设计原则及简易实用的计算图表,可供生产及教学参考。

## 一、前 言

一个设计合理的浇注系统,首先应该正确地选择其类型及内浇口的引入位置,使之有一个合理的布局 and 温度场。但仅此还是不够的,还必须正确地计算浇注系统阻流截面的尺寸,以期液态金属能在最佳的浇注时间内充满型腔。并通过各截面面积的不同比例和长度搭配,控制金属液的流态,以达到平稳、洁净的充填。

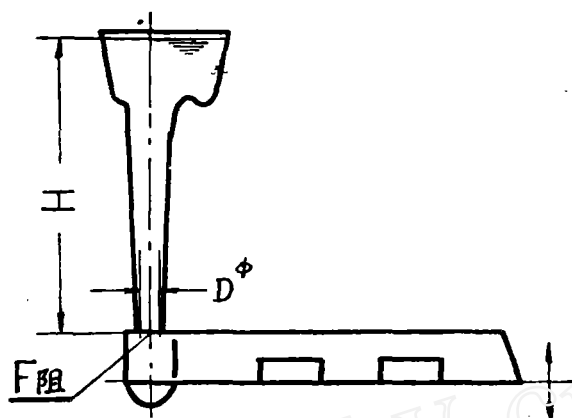
铸造生产是一个多因素的工艺过程,浇注系统阻流截面与各个工艺参数密切相关。当各工艺参数处于某一个组合状态时,就对应着一个合适的阻流截面面积,因此可以认为浇注系统阻流截面的大小是一个随生产条件变化而变化的量。企图建立一个数学模型,推导出一个适合一切情况的包括所有影响因素的万能计算公式是不可能的,起码也是不实用的。在一定的生产条件下,即某些工艺参数处于基本稳定时,将铸件按其特点分类,利用统计学的方法,建立影响它的主要变量与阻流截面面积的关系曲线,将其他各种影响因素归并为一个经验系数,回归为一个经验公式是可行的。

本文通过对影响浇注系统截面面积的工艺因素的分析 and 计算,提出了“大流量,低流速”的设计原则,并向铸造工作者推荐一种简易,实用的计算方法,可以快速、方便地计算浇注系统阻流截面的大小。经西安地区两年多的生产实践证明,它是行之有效的。

## 二、阻流截面面积和静压头对流量、流速的影响

评定浇注系统阻流截面大小是否合适的标准,从充填的角度看,是液态金属能不能以最小的液流速度在予定的浇注时间内充满铸型型腔。

在充满式浇注系统中,影响流速、流量的主要因素是直浇道有效作用高度和阻流截面面积。以直浇道末端阻流式浇注系统为例,如图1。



$$v = \mu \sqrt{2gH} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\begin{aligned} Q &= \frac{G}{t} \\ &= \rho \cdot F_{\text{阻}} \cdot v \\ &= \rho \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \mu \sqrt{2gH} \end{aligned}$$

$$\text{设 } K_1 = \frac{\rho \pi \mu \sqrt{2g}}{4}$$

$$\text{则 } Q = K_1 \cdot D^2 \cdot H^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

图1 直浇道末端阻流式浇注系统

式中:  $v$ : 液流质点通过  $F_{\text{阻}}$  处的流速 (厘米/秒);

$\mu$ : 流量系数;

$g$ : 重力加速度 (980 厘米/秒<sup>2</sup>);

$H$ : 直浇道有效作用压头 (厘米);

$Q$ : 流量 (又称浇注速度) (公斤/秒);

$G$ : 铸件浇注重量 (公斤);

$t$ : 浇注时间 (秒);

$\rho$ : 金属液的密度 (公斤/厘米<sup>3</sup>);

$F_{\text{阻}}$ : 浇注系统在大部分浇注期内控制充型速度的最小截面面积 (厘米<sup>2</sup>);

$D$ : 阻流截面直径 (厘米);

$K_1$ : 充型系数 (公斤/秒 · 厘米<sup>5/2</sup>);

从 (1), (2) 式可以得出结论:

1. 液态金属通过阻流断面的液流速度主要取决于直浇道有效作用压头, 而和阻流截面的尺寸无关。

2. 流量 (浇注速度) 决定于直浇道有效作用压头和阻流截面尺寸, 但流量和阻流截面

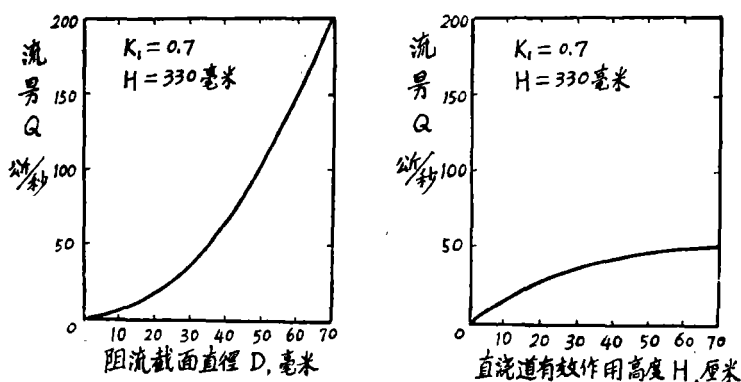


图2 阻流截面直径、直浇道有效作用高度对流量的影响

直径的平方成正比, 和压头的平方根成正比。因此, 阻流截面尺寸的变化对浇注速度的影响要比压头的变化对它的影响大的多。如图 2 所示。

3. 企图通过增加直浇道高度增加浇注速度, 不仅效果不显著, 而且必然要增加液流的线速度, 不利于浮渣, 对型芯的冲击也大, 这是要力图避免的。因此, 可以认为直浇道高度不是用以调整浇注时间的有效变量, 它一般由铸件的结构和补缩压力的要求决定, 通常取“最小剩余压头”的值。

4. 阻流截面的大小是控制浇注速度, 在最佳浇注时间内完成浇注的主要工艺参数。

### 三、简易计算方法的理论和公式

关于浇注系统的计算, 许多研究者提供了不少的计算公式和图表(如表 1)。其中应用较多的是水力学公式,

$$F_{\text{阻}} = \frac{G}{\rho \sqrt{2g} \cdot \mu \cdot t \sqrt{H_{\text{c.p}}}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

目前普遍反应用(3)式计算的浇口截面面积偏小, 这主要是浇注时间  $t$  和流量系数  $\mu$  取值偏差叠加的结果。

流量系数  $\mu$  取值范围较宽, 一般在 0.15~0.95 之间<sup>(1-3)</sup>, 大小相差 6.3 倍。全面估价各个工艺参数对  $\mu$  值的影响是困难的, 生产中不能根据本车间的生产条件, 生硬地搬取别人的经验数值, 一般取值偏大, 是使  $F_{\text{阻}}$  计算值偏小的主要原因。

当铸件的结构, 浇注系统类型和内浇口引入位置, 浇注温度、铸型种类等因素确定之后, 流量系数  $\mu$ , 静压头  $H_{\text{c.p}}$  就是确定的了。设

$$S = \frac{1}{\rho \sqrt{2g} \cdot \mu \cdot \sqrt{H_{\text{c.p}}}}$$

$$\text{则} \quad F_{\text{阻}} = S \frac{G}{t} \quad \dots\dots\dots (4)$$

铸件浇注重量  $G$  容易根据铸造工艺图求出。因此浇注时间  $t$  就成了决定浇注系统阻流截面面积大小的关键参数。相同浇注重量( $G$ ), 不同的合金, 不同的铸件结构, 不同的铸型等工艺条件对应着不同的适宜的浇注时间( $t$ )<sup>(4)</sup>。如以:

$$t = S_1 \sqrt{G}$$

代入(4)式, 得

$$\begin{aligned} F_{\text{阻}} &= S \frac{G}{S_1 \sqrt{G}} \\ &= \frac{S}{S_1} \sqrt{G} \end{aligned}$$

$$\text{设} \quad K = \frac{S}{S_1}$$

$$\text{则} \quad F_{\text{阻}} = K \sqrt{G} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中  $F_{\text{阻}}$ : 浇注系统阻流截面面积(厘米<sup>2</sup>)

$G$ : 铸件浇注重量(公斤);

$K$ : 经验系数(厘米<sup>3</sup>/公斤 <sup>$\frac{1}{2}$</sup> )。

(5) 式就是简易计算方法的实用公式。它以铸件浇注重量作为计算的主要根据, 也就是把铸件浇注重量越重, 从浇注系统中流入铸型的金属液就越多, 浇口截面就应该相应增大作为计算的主要根据, 把各种影响因素归纳为一个经验修正系数 $K$ 的取值, 即简化了公式, 又避免了多个工艺变量的修正系数取值偏差的叠加, 使公式更加精确和实用。

#### 四、简易公式的统计验证和 $K$ 的取值

作者对一些工厂的上百种各类铸件用表1中的公式和图表计算确定出的浇口截面积及各厂实用图表对应的浇口截面积, 作出浇注系统截面积 $F_{\text{阻}}$ 与铸件浇注重量 $G$ 的统计关系曲线图(简称〈 $F-G$ 图〉), 如图3所示。

表1

图3用到的公式及图表(续)

序号	公式与图表(作图条件)
1	水力学公式(B. 奥藏公式)
2	奥藏——迪台尔特公式
3	浇注比速度法
4	美国铸铁研究所资料
5	索伯列夫图表
6	丰塔托尔图表
7	R. 弗劳特威图表
8	冒口浇注法
9	S. I. 卡赛图表
10	华西列夫斯基图表
11	安德烈也夫公式
12	北京第一机床厂灰铸铁件图表( $\sim 100$ 公斤; $\delta=8\sim 10$ ; $\delta=10\sim 15$ 毫米)
13	黄铜及无锡青铜图表(过滤网截面积; $\sim 2000$ 公斤)
14	大连造船公司锡青铜图表( $\sim 2000$ 公斤)
15	铝合金铸件直浇口总截面积( $\sim 500$ 公斤)
16	第一重型机器厂灰铸铁图表( $\delta=21\sim 40$ 毫米; $K=0.5$ ; $0.8$ ; $1.1$ 。)
17	汉江机床铸锻件厂灰铸铁图表( $\delta=5\sim 10$ 毫米, $S=1.0$ , $K=0.5$ , $0.8$ ; $1.0$ , $\delta=21\sim 40$ 毫米, $S=1.5$ , $K=0.5$ , $1.1$ 。)
18	洛阳拖拉机厂铸钢件图表( $\gamma=1.1\sim 2.0$ ; $\gamma=3.1\sim 4.0$ ; $\gamma=5.1\sim 6.0$ )
19	沈阳铸造厂灰铸铁图表( $\sim 30000$ 公斤)
20	广东佛山地区灰铸铁件图表( $\delta=5\sim 8$ ; $\delta=15\sim 25$ 毫米)

表 1

图 3 用到的公式及图表<sup>(3)</sup>

序 号	公式与图表 (作图条件)
21	机床类灰铸铁件图表 ( $\delta=10\sim15$ , $\delta=15\sim25$ , $\delta=25\sim40$ 毫米)
22	无锡机床厂铸铁件图表 (200~2000 公斤, $\delta=8\sim15$ , $\delta=15\sim25$ , $\delta=25\sim40$ 毫米)
23	秦川机床厂灰铸铁件图表 ( $\delta=8\sim20$ , $\delta=20\sim40$ 毫米)
24	柴油机厂灰铸铁件图表 ( $\delta=10\sim15$ , $\delta=15\sim25$ 毫米)
25	无锡柴油机厂灰铸铁件图表 (水平阻流片截面积)
26	纺织机械类灰铸铁件图表 ( $\delta=8\sim12$ , $\delta=12\sim16$ 毫米)
27	上海造纸机械厂灰铸铁件图表
28	重型机械类灰铸铁件图表 ( $\delta=15\sim20$ , $\delta=25\sim40$ , $\delta=40\sim60$ 毫米)
29	球墨铸铁件图表
30	铸钢件图表 ( $\gamma=1.1\sim2$ , $2.1\sim3$ , $3.1\sim4$ , $4.1\sim5$ )
31	上海马铁厂可锻铸铁件图表 ( $\sim 50$ 公斤, $\delta=5\sim8$ , $\delta=8\sim12$ 毫米)
32	雨淋浇口灰铸铁件图表
32	华中地区灰铸铁件雨淋浇口图表

从〈F - G 图〉上可以看出, 各研究者提出的计算公式、曲线和图表, 各厂家的实用数据表和典型工艺范例的生产条件是不相同的, 甚至在获得成品铸件的出发点上是互相矛盾的, 但从〈F - G 图〉看规律性很强: 浇注系统阻流截面面积随铸件的浇注重量增加而增加, 在统计的范围内, 和铸件浇注重量的平方根成正比。主要的数据是密集的, 集中在一个宽度不大的数值带内。通过回归分析, 这数据带的范围是

$$F_{\text{阻}} = 0.4\sqrt{G} \sim 1.5\sqrt{G}$$

即  $K = 0.4 \sim 1.5$

超出这个范围的是极少数, 最密集区的范围是:

$$K = 0.6 \sim 1.0$$

进一步对统计图分析表明:

1. 影响 K 值的主要因素是由合金种类、铸件结构、壁厚, 浇注系统类型, 内浇道的个数及引入位置, 铸型种类, 浇注温度及合金 (铸件) 对补缩的要求等因素而决定的浇注速度。

2. 铸钢件、铝合金铸件, 球墨铸铁件, 可锻铸铁件, 一般采用快速浇注; 灰铸铁件当其结构复杂, 壁薄 (小件小于 10 毫米, 中件小于 15 毫米, 大件小于 20 毫米), 有大平面时, 也要采用快浇工艺, 可取

$$K = 1.0 \sim 1.5$$

对于厚壁的灰铸铁件 (小件大于 25 毫米, 中件大于 40 毫米, 大件大于 60 毫米), 形状简单的实块类铸件, 以及可以通过延长浇注时间补充其先共晶收缩的中小铸件, 一般采用

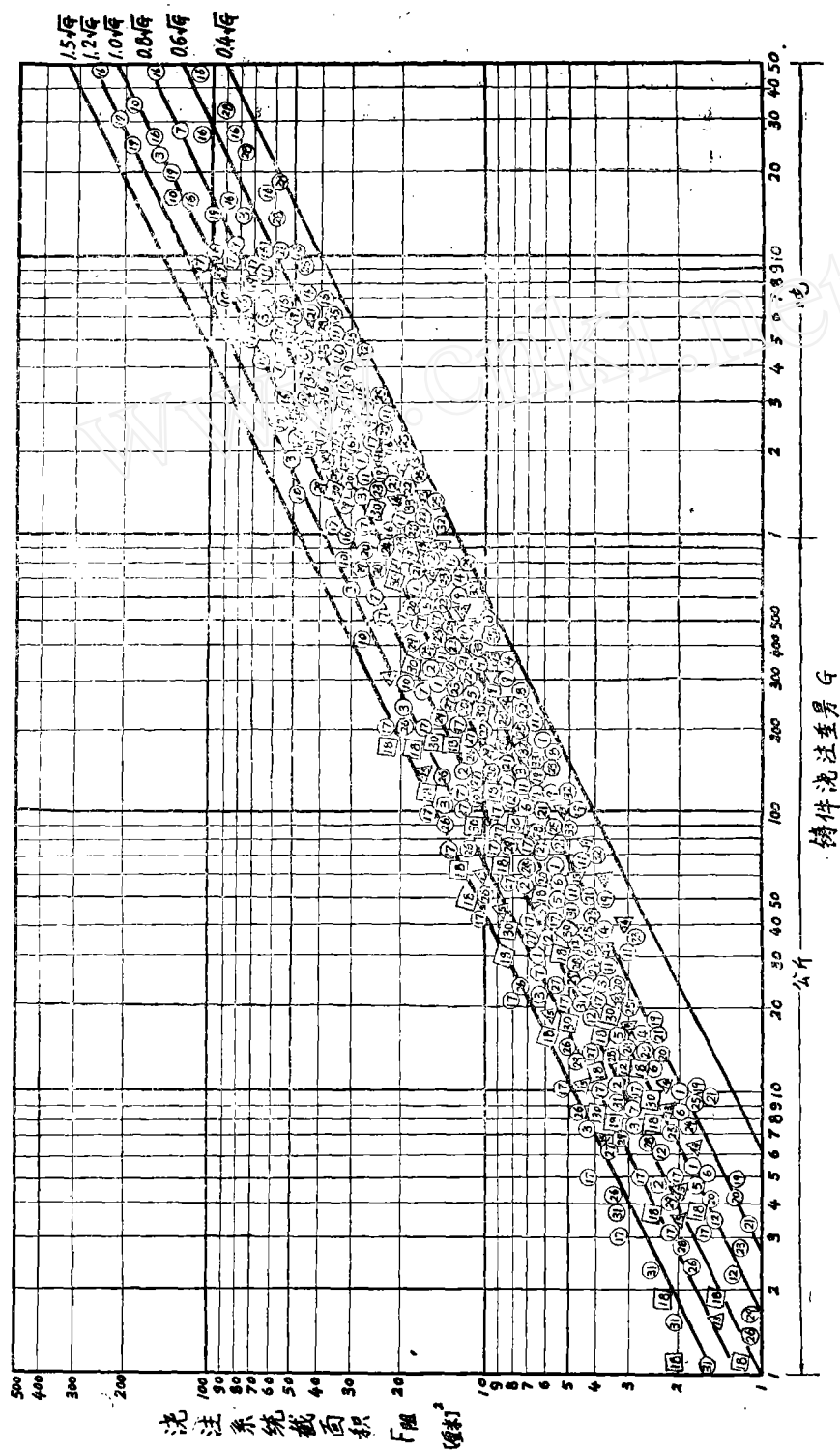


图3 浇注系统截面积 $F$ 与铸件浇注重量 $G$ 统计学关系曲线

慢浇工艺，常用的浇注系统类型是雨淋浇口，缝隙浇口、阻流浇口、压边浇口及热侧暗冒口等型式，可取

$$K=0.4\sim 0.6$$

对于壁厚适中的一般性铸件可采用中速浇注工艺，取

$$K=0.6\sim 1.0$$

对于型腔复杂，铸型阻力较大，压头较低湿型底注式浇注系统以及造纸机、纺织机类壁厚较薄的件，取K的上限值。

$$K=0.8\sim 1.0$$

## 五、实用计算图表

综上所述，用以计算铸件浇口截面积的图表归纳为表2和图4。

图表的使用：首先要根据铸件特点和生产条件决定浇注工艺：是快浇，慢浇还是中速浇注<sup>(4)</sup>。然后根据铸件浇注重量按图4箭头所示求浇注系统阻流截面面积。

表2 浇注系统实用计算表

浇注工艺	K 值	适 用 范 围
快浇注	1.0~1.5 (个别的小型铸件: 1.5~1.8)	翻包浇注的铸钢件，铝合金铸件，大型球墨铸铁件，可锻铸铁件。对铸型阻力大，薄壁（小件 $\delta < 10$ 毫米，中件 $\delta < 15$ 毫米，大件 $\delta < 20$ 毫米）、形状复杂或有较大平面的件，以及从合金铸造性能、铸型角度要求快浇的。
中速浇注	0.6~1.0 (对一般件 可取0.8)	铸型阻力一般，壁厚适中的一般铸件。对纺织机、柴油机造型机类的灰铸铁件，取上限。对机床、矿山、通用机械类铸件，形状比较简单，K取下限值。
慢浇注	0.4~0.6 (极个别情况取0.35)	铸型阻力较小、壁较厚（小件 $\delta > 25$ 毫米）中件 $\delta > 40$ 毫米，大件 $\delta > 60$ 毫米），形状较简单的灰铸铁件。对灰铸铁件和球墨铸铁中、小件，当利用延长浇注时间补充先共晶收缩（常采用雨淋浇口、缝隙浇口、阻流浇口、压边浇口等）时；或对型内气体排除困难，或对于那些对紊流很敏感的合金（如部分铜合金）需要减小液流速度而慢浇的铸件。

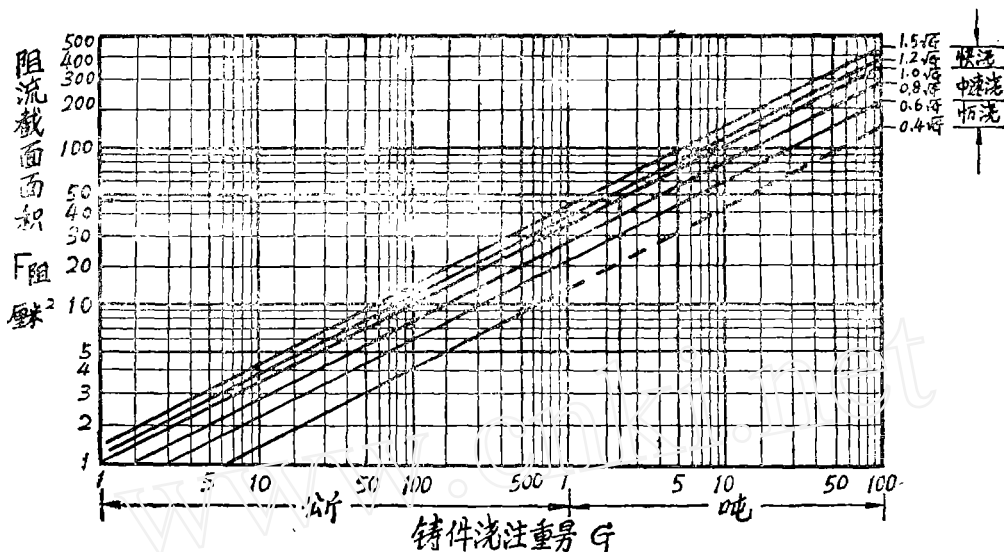


图4 根据铸件浇注重量、浇注工艺确定阻流截面面积

## 六、结 论

1. 浇注系统计算的基本原则是“大流量、低流速”，大流量以保证在最佳的浇注时间充满型腔，低流速以保证液流平稳。浇口阻流截面面积决定流量，直浇道有效作用压头决定流速。

2. 可以用  $F_{阻} = K\sqrt{G}$  ( $K=0.4\sim1.5$ ) 这个简易公式，根据铸件结构和生产条件选定  $K$  值，计算铸件的浇注系统阻流截面面积。具有简单，快速和便于施工现场应用的特点。

## 参 考 文 献

- 1、〈国外铸造〉 1964-6-P 39
- 2、〈国外机械〉 1964-10/11
- 3、陕西机械学院铸造教研室：〈浇注系统截面尺寸的确定〉 1979.8
- 4、魏兵：〈铸件浇注时间的确定〉 陕西机械学院铸造教研室〈讲义〉 1979.8