

工 程 流 体 力 学

(铸 造 专 业 用)

下 册

北方十六所高等院校
铸造专业教材联合编写组

一九七八年十二月

前 言

遵照毛主席关于“教育要革命”、“教材要彻底改革”的教导，北方十六院校铸造专业1977年3月在山东牟平会议上商定编写此教材。同年5月合肥会议制订出编写大纲，并作了编写分工。初稿印出后，经十六院校及有关工厂、科研和设计单位代表于12月曲阜会议进行审查。

工程流体力学是一门技术基础课。必须在保持其基本内容和保持其科学系统性的基础上，密切联系我国实际，结合工程技术专业。在编写过程中我们注意了原则。

本教材分上下两册出版。上册为教学讲授部分，共八章分为两篇。第一篇为流体力学理论基础；第二篇为泵与风机。下册为与铸造工艺设备专业有关的十个流体力学专题，供学生阅读及毕业设计参考。主要目的是应用理论对典型工程进行综合分析，巩固学生所学的基础知识，并使学生获得基础知识的综合运用，提高分析问题和解决问题的能力。

由于编者思想水平及业务水平有限，实践基础不够，教材中有不妥和错误之处，殷切地期望各院校的师生和读者批评指正。

本教材编写分工如下：第一、二、三、五章（合肥工业大学郑传宁）；第六章、第四、五、六专题（洛阳农机学院关光森）；第十专题（东北工学院李诗久）；第四、七、八章、第一、二、三、七、八、九专题（东北工学院刘五秀）。东北工学院最后总审定稿。

北方十六院校铸造专业教材联合编写组

1978年2月

目 录

铸造工艺设备有关流体力学专题

第一专题 离心铸造的水力学原理

§ 1—1	旋转容器中的液体相对静止——离心铸造的理论基础	1
§ 1—2	立式离心铸造的壁厚差与金属耗量	5
§ 1—3	卧式离心铸造中压力分布及端盖上的金液总压力	8
§ 1—4	离心铸造铸型转数的确定	9
§ 1—5	离心铸造中杂质的内浮	12

第二专题 浇注系统的水力计算

§ 2—1	浇注系统的类型	16
§ 2—2	浇口杯的除渣原理与尺寸的确定	18
§ 2—3	横浇口的集渣原理	20
§ 2—4	直浇口的几何形状	22
§ 2—5	确定内浇口断面积及其流速的总公式	24
§ 2—6	直浇口高度 h 的确定	29
§ 2—7	浇注系统流量系数 μ 的确定	30
§ 2—8	浇注时间 t 的确定	32
§ 2—9	内浇口断面积计算法	33

第三专题 局部排风除尘

(一) 排风罩与除尘管道

§ 3—1	排风罩与排风量	38
§ 3—2	除尘管道	42

(二) 除尘器

§ 3—3	除尘器的类型	49
§ 3—4	普通旋风除尘器与 CLT 型旋风除尘器	49
§ 3—5	DF 型旋风除尘器	52
§ 3—6	CLP 型旋风除尘器	54
§ 3—7	双级旋风除尘器	58
§ 3—8	扩散式旋风除尘器 (带倒置圆锥体旋风除尘器)	59
§ 3—9	影响旋风除尘器的因素	61

§ 3—10 泡沫除尘器	62
§ 3—11 冲击式水浴除尘器	63
§ 3—12 自激式水浴除尘器	64
§ 3—13 旋筒式水膜除尘器	65
§ 3—14 立式旋风水膜除尘器	66
§ 3—15 文德利管除尘器	68
§ 3—16 布袋除尘器	69
§ 3—17 除尘器的选择	75

(三) 局部排风除尘设计计算举例

§ 3—18 某冷金机械修造厂铸铁车间 4 台 L128 型 7.5 吨惯性振动落砂机组落砂局部排风除尘设计计算	79
§ 3—19 某重型机器厂铸钢车间小件清理机械化生产线排风除尘设计计算	83

第四专题 低压压送和低真空吸送

§ 4—1 气力输送的类型及特点	106
§ 4—2 直管道内均匀两相流运动的微分方程	110
§ 4—3 颗粒群的最大速度	114
§ 4—4 弯管内颗粒群的运动方程	116
§ 4—5 输料管中的压力损失	123
§ 4—6 临界风速	129
§ 4—7 工作风速与输料管径的确定	132
§ 4—8 气力输送装置主要部件及其局部压力损失	134
§ 4—9 低压压送和低真空吸送气力输送装置的设计计算方法及其举例	141
§ 4—10 湿砂热气流烘干输送装置的设计计算	161

第五专题 高压压送和高真空吸送

§ 5—1 纯空气管道沿程压力损失	180
§ 5—2 两相流压力损失	182
§ 5—3 有关参数的确定	184
§ 5—4 高压压送和高真气吸送设计计算	185

第六专题 间歇式高压压送

§ 6—1 间歇式压送的主要部件	199
§ 6—2 主要技术参数	204
§ 6—3 设计计算步骤方法及实例	206

§ 6—4 管道堵塞与磨损问题·····	211
----------------------	-----

第七专题 水力清砂的水流问题

§ 7—1 水力清砂的作用、装置概要和工作原理·····	216
§ 7—2 非淹没射流的类型及其特性·····	217
§ 7—3 水枪的水力计算·····	222
§ 7—4 高压水管路中的稳压罐·····	225
§ 7—5 水力清砂的计算程序·····	229
§ 7—6 计算举例·····	230

第八专题 水力输送及水力提升机

§ 8—1 水力提升机的构造、工作原理和装置概要·····	234
§ 8—2 悬浮速度与沉降速度·····	236
§ 8—3 两相流的临界流速与临界管径（最优管径）·····	239
§ 8—4 两相流阻力损失及水力提升机的扬程·····	242
§ 8—5 两相流的水力计算程序·····	247
§ 8—6 提升清水的水力提升机特性方程及最佳特性曲线·····	248
§ 8—7 提取砂浆的水力提升机最佳特性曲线·····	251
§ 8—8 水力提升机设计计算程序及公式·····	253
§ 8—9 吸笼和搅拌装置·····	256
§ 8—10 水力提升机装置设计计算步骤·····	257
§ 8—11 计算举例·····	258

第九专题 物料分离设备的流体力学原理

（一）重力沉降的分离器

§ 9—1 沉淀池·····	268
§ 9—2 沉降箱（沉降器或容积式卸料器）·····	272
§ 9—3 中间池、锥形分离器·····	273
§ 9—4 螺旋水砂分级机·····	277

（二）离心分离的旋流器

§ 9—5 空间流动与平面流动，有旋流动与无旋流动（势流）， 涡的概念·····	281
§ 9—6 单独的二元旋涡内部与外部的流动·····	282
§ 9—7 旋流器内的运动机理·····	285
§ 9—8 水力旋流器的结构参数·····	288
§ 9—9 水力旋流器的生产量（处理的砂浆量）·····	289
§ 9—10 水力旋流器的临界粒度·····	291

§ 9—11 水力旋流器的压力损失·····	293
§ 9—12 水力旋流器的优缺点及其设计计算程序·····	295
§ 9—13 旋风卸料器的结构参数·····	296
§ 9—14 旋风卸料器的临界粒度·····	299
§ 9—15 旋风卸料器的压力损失·····	300
§ 9—16 旋风卸料器的设计计算·····	301

第十专题 涡流式机械喷咀的理论和分析

§ 10—1 构造和工作原理·····	302
§ 10—2 涡流式喷咀的流体力学理论·····	303
§ 10—3 涡流式喷咀的理论特性·····	305
§ 10—4 喷油量的计算与流量系数的实验校核·····	309

第一专题 离心铸造的水力学原理

离心铸造是一种特殊的铸造方法。是把合金液体（简称金液）浇注到转动的金属型中，使之在离心力作用下布满铸型，凝固后可获得金属组织致密强度较高的铸件。这种铸造主要用在旋转体铸件的生产上。如管子、轧辊、缸套、活塞环筒坯、印花机滚筒、造纸机滚筒、各种轴瓦以及轴套等零件。

常用的离心铸造机，有立式、卧式（图 1—1）两种。卧式离心铸造机应用较广，通常它用于铸造管子、缸套、轴套和轴瓦等一般说铸件高度 H 与铸件内径 D_0 之比 $\frac{H}{D_0} > 1.0$ 的铸件上；立式离心铸造机多用于铸造 $\frac{H}{D_0} < 1.0$ 的环状铸件和异型铸件上。

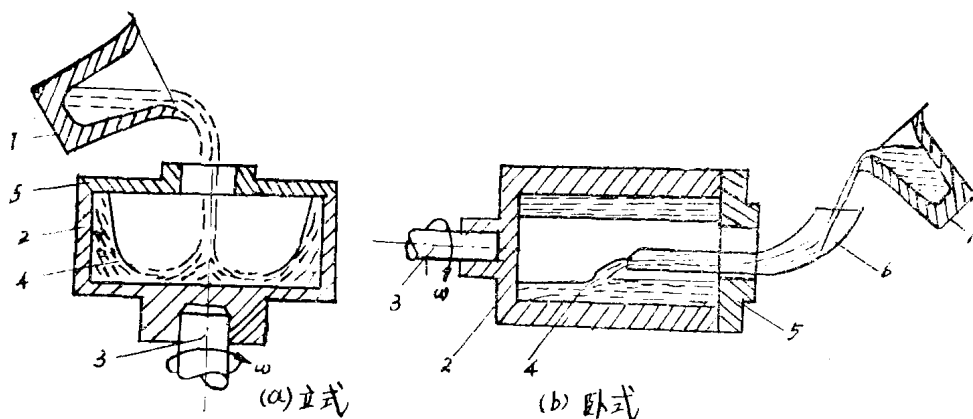


图 1—1 离心铸造机

离心铸造与普通砂型铸造方法比较突出的特点是：

1. 不需要造型和造芯，劳动生产率可以成倍的提高。
2. 省去了浇道和冒口，提高了工艺收得率。
3. 由于离心力作用，能获得金属组织紧密、气孔缩孔少和非金属夹杂物的健全铸件、强度可以提高 25~40 %。
4. 可以浇注薄壁异型铸件。
5. 可以浇注双金属铸件，以代替整铸的另件，从而节省贵重金属和稀有金属。

离心铸造由于上述特点，目前已成为国内外在铸铁、铸铜和铸钢件生产中应用较广泛地铸造方法之一。

§1-1 旋转容器中的液体相对静止—离心铸造的理论基础

首先讲一下静止的意义，凡是液体的质点与质点之间，以及质点与固体接触面之间没有相对的位移运动，都叫做静止。如图 1—2c 中所示的 a' 、 b' 和 o' 三点之间相互

位置，不论何时都保持着此固定的关系，这种容器内的液体静止，称为绝对静止。

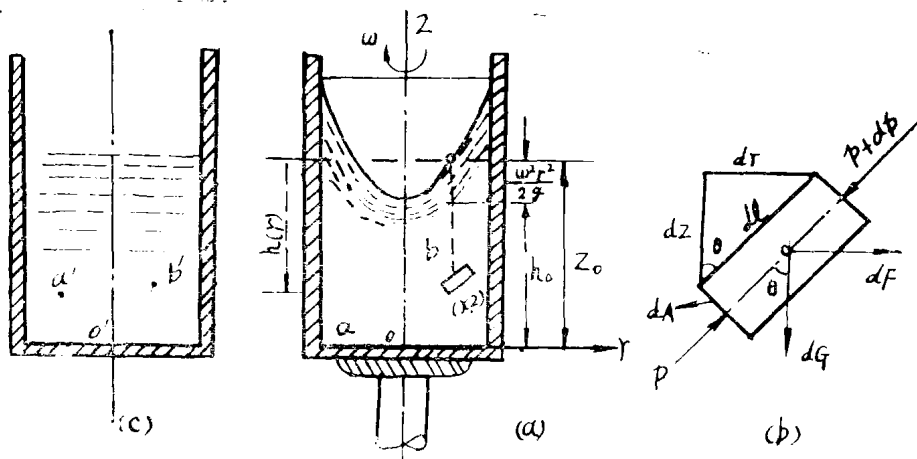


图 1—2 相对平衡分析

现在令容器 (1—2c) 以等角速度 ω 绕其竖轴 z 旋转，当运动稳定后，容器内部的液体质点将与容器一起以等角速度 ω 作旋转运动，液面成为中间低旁边高的曲面 (图 1—2a)，此时其内任意点 a, b, o 三者之间相互位置，不论何时都保持着此固定的关系，此种静止，称为**相对静止**。**相对静止**有各种各样形式。旋转容器中的液体**相对静止**，涉及到离心铸造问题，所以我们在此讲述。此种**相对静止**与绝对静止突出的不同之点，在于液体任一质点除受重力作用外，还受有容器旋转运动所引起的惯性离心力 (我们坐在汽车上，车开人向后倒，车停人向前倒，车转弯人向外倒，都是惯性力作用的结果)。研究这种静止所要解决的基本问题，是等压面和自由面的形状以及其内压分布规律。为此，在其内 (r, z) 及 $(r + dr, z + dz)$ 两点间取一长为 dl 、断面积为 dA (图 1—2b) 的微小液柱。分析作用在其上之力，然后沿其轴向列平衡方程，化简就得我们要解决上述两个问题的理论依据。

设点 (r, z) 上的压力为 p ，则 $(r + dr, z + dz)$ 点上的压力为 $(p + dp)$ ，液柱本身的重量 $dG = dAdl\gamma$ ，液柱所受的惯性离心力 $dF = \frac{\gamma dAdl}{g} \omega^2 r$ 。现在沿液柱轴向列平衡方程。

$$(p + dp)dA - pdA + dAdl\gamma \cos \theta - \frac{\gamma dAdl}{g} \omega^2 r_0 \sin \theta = 0$$

化简
$$dp = \frac{\gamma}{g} \omega^2 r dr - \gamma dz \quad (1-1)$$

此式表达了液体中两点间的压力差，是解决此种静止中有关问题的基本公式。

等压面及自由面的形状

根据等压面上压力为常数的条件，由公式 (1—1)， $dp=0$ 时得

$$dz = \frac{\omega^2}{g} r dr$$

积分

$$z = \frac{\omega^2 r^2}{2g} + c \quad (1-2)$$

此式对 r 与 z 来说是一抛物线，这说明旋转容器中的液体相对静止的等压面，是此抛物线的回转面（或旋转抛物面）。给定不同的常数 c 值，则得不同压力值的等压面，或一组旋转抛物面。

自由面是等压面之一。根据自由面的边界条件来确定积分常数 c ，就可得自由面的方程。当 $r=0$ ， $z=h_0$ 时，由式(1—2)， $c=h_0$ ，故得自由面方程为

$$z_0 = h_0 + \frac{\omega^2 r^2}{2g} \quad (1-3)$$

式中 z_0 ——自由面上的 z 座标。

在园筒中心处，上式中第二项 $\frac{\omega^2 r^2}{2g} = 0$ ，只有离开中心时才不为零，故称其为离心水头。离心水泵就主要利用此水头把水扬升到一定高度的地方去的。

压力分布规律

将(1—1)式积分得

$$p = \gamma \frac{\omega^2 r^2}{2g} - \gamma z + c' \quad (1-4)$$

根据边界条件，当 $r=0$ ， $z=h_0$ 时， $p=0$ （相对压力），则积分常数 $c' = \gamma h_0$ 。因此，

$$p = \gamma h_0 + \gamma \frac{\omega^2 r^2}{2g} - \gamma z \quad (1-4a)$$

这就是压力分布公式。压力随 r ， z 的改变而变化。在园筒中心 $\gamma \frac{\omega^2 r^2}{2g} = 0$ ，只有离开中心时它才不为零，故称 $\gamma \frac{\omega^2 r^2}{2g}$ 为离心压力。

把公式(1—3)中 $\frac{\omega^2 r^2}{2g} = z_0 - h_0$ 之值代入(1—4a)式得

$$p = \gamma(z_0 - z) = \gamma h_{(r)} \quad (1-5)$$

式中 $h_{(r)}$ ——是自由面到所计算压力之点处垂直深度（图 1—2a）

此式与静水压力方程在形式上完全相同。因此在每一垂直线上压力也是和深度成比例的。

有效重度和重力系数

在离心力场中，单位体积液体所受离心力，叫做有效重度，用 q 表之，它相当于重

力场中液体的重度 γ 。前者与后者之比，叫做重力系数，用 G_r 表之。在离心铸造中，它们的大小关系到铸件的质量，所以是离心铸造的重要参数。

$$\begin{aligned} q &= \frac{dF}{dAdl} = \frac{\gamma dAdl}{gdAdl} \omega^2 r \\ &= \gamma \frac{\omega^2 r}{g} \end{aligned} \quad (1-6)$$

如果园筒容器每分钟转数用 n 表示，则 $\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}$ ，

$$\begin{aligned} q &= \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 \frac{r}{g} \gamma = \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 \frac{r}{981} \gamma \\ &= 0.112 \left(\frac{n}{100} \right)^2 r \gamma \text{ 克 (力)/厘米}^3 \end{aligned} \quad (1-6a)$$

式中 ω ——园筒的旋转角速度 (1/秒)；

n ——转数 (转/分)；

γ ——液体的重度 (克(力)/厘米³)；

r ——液体的回转半径 (厘米)；

g ——981 厘米/秒²。

$$G_r = \frac{q}{\gamma} = \frac{\omega^2 r}{g} = 0.112 \left(\frac{n}{100} \right)^2 r \quad (1-7)$$

在离心铸造中，一般铸铁铸钢的 $G_r = 50 \sim 100$ ，铸铜 $G_r = 60 \sim 80$ 。

例 1-1 铸造车论时，为使铸件密实起见，采用图 1-3 所示的离心铸造机。已知 $h_0 = 200$ 毫米，直径 $D = 900$ 毫米，铸机转数 $n = 600$ 转/分，铁水重度 $\gamma = 7000$ 公斤/米³，试确定 m 点上的相对压力。

解 对公式(1-4a)来说，在 m 点上 $z = 0$ ， $r = \frac{D}{2} = \frac{900}{2} = 450$ 毫米 $= 0.45$ 米， $\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{600\pi}{30} = 20\pi$ ，所以 m 点上的压力为

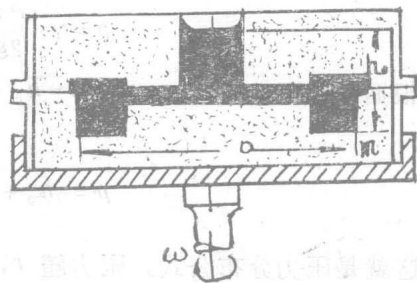


图 1-3 离心铸造车论

$$\begin{aligned} p &= \gamma \left(h_0 + \frac{\omega^2 r^2}{2g} \right) \\ &= 7000 \times \left[0.2 + \frac{1}{2 \times 9.81} \times (20\pi)^2 \times 0.45^2 \right] \\ &= 1400 + 284500 \\ &= 285900 \text{ 公斤/米}^2 \\ &= 28.59 \text{ 大气压} \end{aligned}$$

此例中重力引起的压力 $\gamma h_0 = 7000 \times 0.2 = 1400$ 公斤 = 0.14 大气压，而离心压力则为 28.45 大气压，可见离心铸造中，主要是离心压力。重力影响很小。因此，在计算压力时，重力可以忽略不计。此时公式(1-1)成为

$$p = \gamma \frac{\omega^2 r^2}{2g} + c' \quad (1-4b)$$

这个公式既适用于立式离心铸造，又适用于卧式离心铸造。

§1-2 立式离心铸造的壁厚差与金属耗量

图 1-4 是用立式离心铸造机来铸造园环件。由于自由表面（铸件内表面）为抛物面，故上壁薄下壁厚，此两者之差，叫做壁厚差，用 K 表之，它为 $K = R_1 - R_2$ 。其大小对冷加工、金属消耗量密切相关。

壁厚差的确定

把坐标原点 0 取在自由面的最低点（图 1-4）处，则自由面上不同点的 z 座标，都是各自的离心水头 $\frac{\omega^2 r^2}{2g}$ 。因此，

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= \frac{\omega^2 R_1^2}{2g} \\ z_2 &= \frac{\omega^2 R_2^2}{2g} \end{aligned} \right\} \quad (1-8)$$

故
$$H = z_1 - z_2 = \frac{\omega^2}{2g} (R_1^2 - R_2^2)$$

由 $K = R_1 - R_2$ 得 $R_2 = R_1 - K$ ，代入上式

$$\begin{aligned} H &= \frac{\omega^2}{2g} [R_1^2 - (R_1 - K)^2] \\ &= \frac{\omega^2}{2g} [2R_1 K - K^2] \end{aligned}$$

或
$$K^2 - 2R_1 K + \frac{2gH}{\omega^2} = 0$$

由此解出

$$\begin{aligned} K &= R_1 - \sqrt{R_1^2 - \frac{2gH}{\omega^2}} \\ &= R_1 - \sqrt{R_1^2 - \frac{17.86H}{\left(\frac{n}{100}\right)^2}} \quad \text{厘米} \end{aligned} \quad (1-9)$$

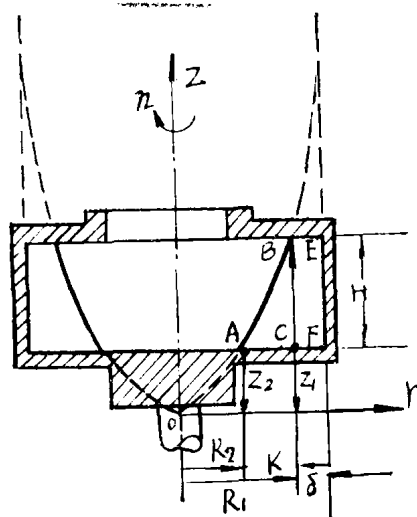


图 1-4 壁厚差，金属耗量

式中 R_1 —铸件上端内半径 (厘米) ;

H —铸件高度 (厘米) ;

ω —铸型旋转角速度 (1/秒) ;

n —铸型转数 (转/分) 。

公式(1—9)指出, 转数 n 愈高, 铸件内径 R_1 愈大, 高度 H 愈小, 则壁厚差 R 也愈小。这就是前面讲过的立式离心铸造只适用于 $\frac{H}{D_0} < 1.0$ 的环状铸件的理论根据。

金属消耗量的确定

根据自由面为抛物线的回转面道理, 来确定金属消耗量。

按图 1—4, 抛物线 OB 的回转体积 V_1 等于其截园柱体积之半, 即

$$V_1 = \frac{1}{2} \pi R_1^2 z_1$$

抛物线 OA 的回转体积

$$V_2 = \frac{1}{2} \pi R_2^2 z_2$$

抛物线 AB 的回转体积 V_3 为 V_1 与 V_2 之差, 即

$$V_3 = \frac{\pi}{2} (R_1^2 z_1 - R_2^2 z_2)$$

园柱体铸型 EF 的体积 V_4 为

$$V_4 = \pi (R_1 + \delta)^2 H$$

浇注时需浇入的金属量 V 为

$$V = V_4 - V_3 = \pi (R_1 + \delta)^2 H - \frac{\pi}{2} (R_1^2 z_1 - R_2^2 z_2) \quad (a)$$

因壁厚不均匀而多用的金属量 V' 为 R_1 园柱体积与 V_3 之差, 即

$$V' = \pi R_1^2 H - \frac{\pi}{2} (R_1^2 z_1 - R_2^2 z_2) \quad (b)$$

把(1—8)式中 z_1, z_2 之值代入(a)、(b)两式中, 则得以重量计的金属耗量。需浇入的量为

$$\begin{aligned} G = \gamma V &= \gamma \left[\pi (R_1 + \delta)^2 H - \frac{\pi}{2} \left(R_1^2 \frac{\omega^2 R_1^2}{2g} - R_2^2 \frac{\omega^2 R_2^2}{2g} \right) \right] \\ &= \gamma \left[\pi (R_1 + \delta)^2 H - 0.088 \left(\frac{n}{100} \right)^2 (R_1^4 - R_2^4) \right] \text{公斤} \end{aligned} \quad (1-10)$$

多用的金属量为

$$\begin{aligned} G' = \gamma V' &= \gamma \left[\pi R_1^2 H - \frac{\pi}{2} \left(R_1^2 \frac{\omega^2 R_1^2}{2g} - R_2^2 \frac{\omega^2 R_2^2}{2g} \right) \right] \\ &= \gamma \left[\pi R_1^2 H - 0.088 \left(\frac{n}{100} \right)^2 (R_1^4 - R_2^4) \right] \text{公斤} \end{aligned} \quad (1-11)$$

上两式中 R_1 和 R_2 ——上下壁内半径（厘米）；

H ——铸件高度（厘米）；

δ ——铸件厚度（厘米）；

n ——铸型转数（转/分）；

γ ——金液的重度（公斤/厘米³）。

例 1-2 铸造高度 $H=150$ 毫米，内径 $D_1=1000$ 毫米，厚度 $\delta=20$ 毫米的园环（图 1-4）。若选用铸型转数 $n=90$ 转/分，试计算壁厚差 K ，金属耗量 G 及 G' ，并求上端内壁处的重力系数 G_r 。

解：1. 壁厚差的计算

由 $D_1=1000$ 毫米，则 $R_1=50$ 厘米，用公式(1-9)

$$K = R_1 - \sqrt{R_1^2 - \frac{17.86H}{\left(\frac{n}{100}\right)^2}} = 50 - \sqrt{50^2 - \frac{17.86 \times 15}{\left(\frac{90}{100}\right)^2}}$$

$$= 3.4 \text{ 厘米}$$

2. 金属耗量的计算

$R_2 = R_1 - K = 50 - 3.4 = 46.6$ 厘米，由公式(1-10)浇注时需浇入的金属量

$$G = \frac{7}{1000} \times [3.14 \times (50 + 2)^2 \times 15 - 0.088 \times$$

$$\times \left(\frac{90}{100}\right)^2 (50^4 - 46.6^4)]$$

$$= 143.5 \text{ 公斤}$$

多用的金属量用公式(1-11)为

$$G' = \gamma \left[\pi R_1^2 H - 0.088 \left(\frac{n}{100} \right)^2 (R_1^4 - R_2^4) \right]$$

$$= \frac{7}{1000} \times [3.14 \times 50^2 \times 15 - 0.088 \times \left(\frac{90}{100} \right)^2$$

$$\times (50^4 - 46.6^4)] = 44.45 \text{ 公斤}$$

这个多用的金属量 44.45 公斤，与砂型铸造时浇道冒口的消耗量比较还是少得多，对比看离心铸造还是节约了金属用量。

3. 重力系数 G_r 的计算

由公式(1-7)

$$G_r = 0.112 \left(\frac{n}{100} \right)^2 R_1$$

$$= 0.112 \times \left(\frac{90}{100} \right)^2 \times 50$$

$$= 4.54$$

§1-3 卧式离心铸造中压力分布及端盖上的金液总压力

压力分布

根据卧式铸造中的边界条件（图 1—5）来确定公式(1—4)

$$p = \gamma \frac{\omega^2 r^2}{2g} + c'$$

中的积分常数 c' ，就得卧式离心铸造中的压力分布。

当 $r = R_0$ 时， $p = 0$ （相对压力），则 $c' = -\gamma \frac{\omega^2 R_0^2}{2g}$ ，所以

$$\begin{aligned} p &= \gamma \frac{\omega^2}{2g} (r^2 - R_0^2) \\ &= 0.056 \gamma \left(\frac{n}{100} \right)^2 (r^2 - R_0^2) \text{ 克 (力) / 厘米}^2 \end{aligned} \quad (1-12)$$

此式中各量的单位分别是 r （厘米）， R （厘米）， n （转/分）， γ 克（力）/厘米³。图 1—5 中的曲线为公式(1—12)所表示的压力分布图。

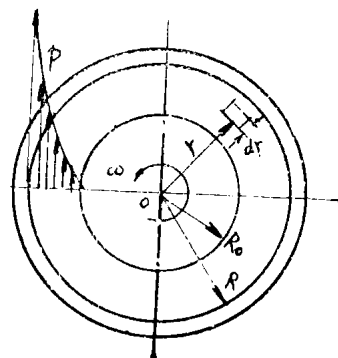


图 1—5 卧式离心铸造断面上压力分布

端盖上的金液总压力

在端盖上半径为 r 处（图 1—6），取一微小圆环面积 $dA = 2\pi r dr$ ，其上压力为 p 。则此微小面积上的金液总压力为

$$\begin{aligned} dP &= p dA \\ &= \gamma \frac{\omega^2}{2g} (r^2 - R_0^2) 2\pi r dr \\ &= \pi \gamma \frac{\omega^2}{2g} (r^2 - R_0^2) d(r^2 - R_0^2) \end{aligned}$$

积分

$$\begin{aligned} P &= \int_{R_0}^R \pi \gamma \frac{\omega^2}{2g} (r^2 - R_0^2) d(r^2 - R_0^2) \\ &= \pi \gamma \frac{\omega^2}{4g} (R^2 - R_0^2)^2 = 0.088 \left(\frac{n}{100} \right)^2 (R^2 - R_0^2)^2 \gamma \text{ 克 (力)} \\ &= \frac{\pi}{2} \gamma \frac{\omega^2}{g} \left(\frac{R + R_0}{2} \right) (R - R_0) (R^2 - R_0^2) \\ &= 1.57 \gamma \cdot G (R - R_0) (R^2 - R_0^2) \text{ 克 (力)} \end{aligned} \quad (1-13)$$

式中 $G = \frac{\omega^2}{g} \left(\frac{R + R_0}{2} \right)$ ——相应于铸件厚度中心点上的重力系数；

γ ——金液的重度（克（力）/厘米³）；
 R ——铸件外半径（厘米）；
 R_0 ——铸件内半径（厘米）；
 n ——每分钟转数（转/分）。

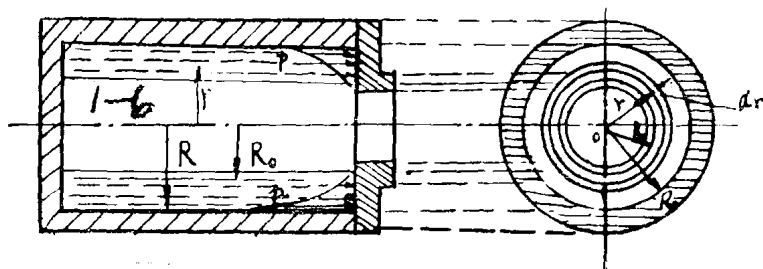


图 1—6 端盖受力分析

例 1—3 根据例 1—2 中的数据，计算立式离心铸造（图 1—4）铸型的上端所受的金液总压力。

解 此处 $R = R_1 + \delta = 50 + 2 = 52$ 厘米

$R_0 = R_1 = 50$ 厘米

$n = 90$ 转/分

$\gamma = 7$ 克（力）/厘米³

把这些数据代入(1—13)式，得金液总压力

$$\begin{aligned}
 P &= 0.088 \left(\frac{n}{100} \right)^2 (R^2 - R_0^2) \gamma \\
 &= 0.088 \times \left(\frac{90}{100} \right)^2 \times (52^2 - 50^2) \times 7 \\
 &= 20500 \text{ 克（力）} = 20.5 \text{ 公斤}
 \end{aligned}$$

有了总压力就可以校核端盖连接强度，是否在允许的安全范围之内。

§1-4 离心铸造铸型转数的确定

一般采用离心铸造的目的是：得到所需要的几何形状，铸件有较高的强度，节省液体金属，以及制造薄壁铸件等。目的不同，采用的转数也不一样。此外，转数还与所用的合金特性有关。

1. 要求获得形状正确的致密铸件

这与离心力有关，而离心力的大小又取决于有效重度 q （公式 1—6），而 q 的大小取决于金液所处的半径 r （公式 1—6）。在铸件内表面上 r 最小而为 R_0 ，只要此处的离心力足够大时，其他各处的离心力就没有问题。因此，应以自由表面上的 q 为基础

来确定铸型的转数。

由公式(1—6a)，得在卧式离心铸造的自由表面上 $r = R_0$ 处

$$q_0 = 0.112 \left(\frac{n}{100} \right)^2 R_0 \gamma$$

由此解出
$$n = 298 \sqrt{\frac{q_0}{\gamma R_0}} = 298 \sqrt{\frac{G_{R_0}}{R_0}} \quad (1-14)$$

式中 $G_{R_0} = \frac{q_0}{\gamma}$ ——相应于铸件内表面上的重力系数。

考虑到合金的特点，对于结晶范围宽的合金，为保证晶间补缩，应采用较大的 n 值；对于结晶范围窄的合金，为避免晶粒粗大，则应采用较小的 n 。根据实验，一般铸钢 $G_{R_0} = 30 \sim 50$ ；铸铁 $G_{R_0} = 50 \sim 100$ ；含 8% 硅的铝合金 $G_{R_0} = 80 \sim 110$ ，而对含 11~12% 硅的共晶成分的铝合金 $G_{R_0} = 30 \sim 50$ ；铜合金套类的铸件 $G_{R_0} = 35 \sim 80$ 。

康斯坦丁诺夫从实验上得出，对任何种金属，在自由表面上 $q_0 = 340$ 克(力)/厘米³ 时，可以获得形状正确的致密铸件。因此

$$n = 298 \sqrt{\frac{340}{\gamma R_0}} = \frac{5520}{\sqrt{\gamma R_0}} \text{ 转/分} \quad (1-15)$$

此式的缺点是没有考虑铸件厚度的影响，据此式在相同的自由面半径下，不论铸件壁厚如何，都将得出相同的转数 n 。因此，它只适用于一般铸件。对于薄壁小型铸件，为防止过早激冷而生成冷隔夹层缺陷，转数可提高到 1.2~1.5 倍。对于易偏析的合金宜降低至 0.8 倍。对于壁厚特大的铸件

(外内半径之比 $\frac{R}{R_0} \geq 2.0$)，应取其平均半径代

替半径 R_0 ，来计算转数 n 。如果用无级变速的离心机，开始用外径 R 确定 n ，然后逐渐增加到以 R_0 确定的 n 。图 1—7 为公式(1—15) n 的计算诺模图。

2. 用砂型进行离心铸造离心压力过大时，可能引起粘砂的缺陷，为避免此问题出现，应以离心压力为基础来确定转数 n 。

由公式(1—12)，在铸件的表面上 $r = R$ ，压力 $p = p_R$ 得出，

$$n = 423 \sqrt{\frac{p_R}{\gamma(R^2 - R_0^2)}} \text{ 转/分} \quad (1-16)$$

此式中铸件表面上的压力 p_R ，取决于合金的性质和造型材料的性质。表 1—1 是由生产实践中得出 p_R 的极限值。

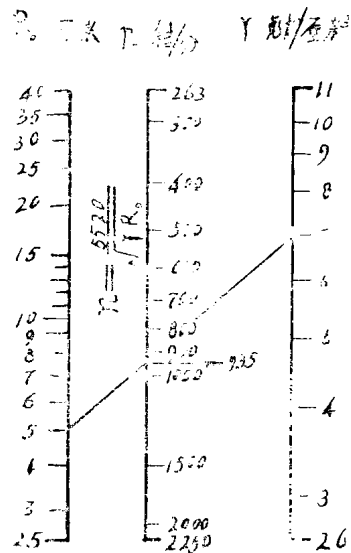


图 1—5 公式(1—15)中 n 的计算图

p_R' 的 极 限 值

表 1—1

造 型 材 料	金属压力克 (力) /米 ²
湿 型	1500~2800
干 型	≤4000
泥 心 砂	3600~6000

由公式(1—16), 对任一半径 r 处可得

$$n = 423 \sqrt{\frac{p}{\gamma(r^2 - R_0^2)}}$$

而公式(1—12)可以改写成

$$\begin{aligned} p &= \gamma \frac{\omega^2}{2g} (r^2 - R_0^2) = \gamma(r^2 - R_0^2) \frac{\omega^2 R_0}{2gR_0} \\ &= \gamma(r^2 - R_0^2) \frac{G_{R_0}}{D_0} \end{aligned} \quad (1-12a)$$

式中 D_0 —铸件的内径, $D_0 = 2R_0$;

G_{R_0} —相应于铸件内表面上的重力系数。

把此 p 值代入上面 n 的式子中,

$$n = 423 \sqrt{\frac{G_{R_0}}{D_0}} = \frac{K_0}{\sqrt{D_0}} \text{ 转/分} \quad (1-17)$$

式中铸件内径 D_0 以厘米计;

$K_0 = 423 \sqrt{G_{R_0}}$ = 常数。对铸铁和铸钢 $K_0 = 2960 \sim 4230$; 对铸铜 $K_0 = 3280 \sim 3780$ 。

选择 K_0 时考虑铸件的几何尺寸和合金的特点。尺寸越大, K_0 值越小。内径小于 200 毫米的铸件为防止冷隔, 结晶范围宽的合金, 都必须采用较高的转数。

3. 以铸件外表面 R 上的园周速度为基础来确定转数 n

园周速度与转数 n 之间的关系为

$$n = \frac{60u}{\pi D} \text{ 转/分} \quad (1-18)$$

式中 D —铸件的外半径 (米),

u —铸件外表面上的线速度 (米/秒), 其值由生产实验确定, 表 1—2 中列有其部分数值。

u 的 值

表 1—2

合 金 种 类	u (米/秒)
重 合 金 小 件	5
轻 合 金 小 件	7
钢 件	5~13