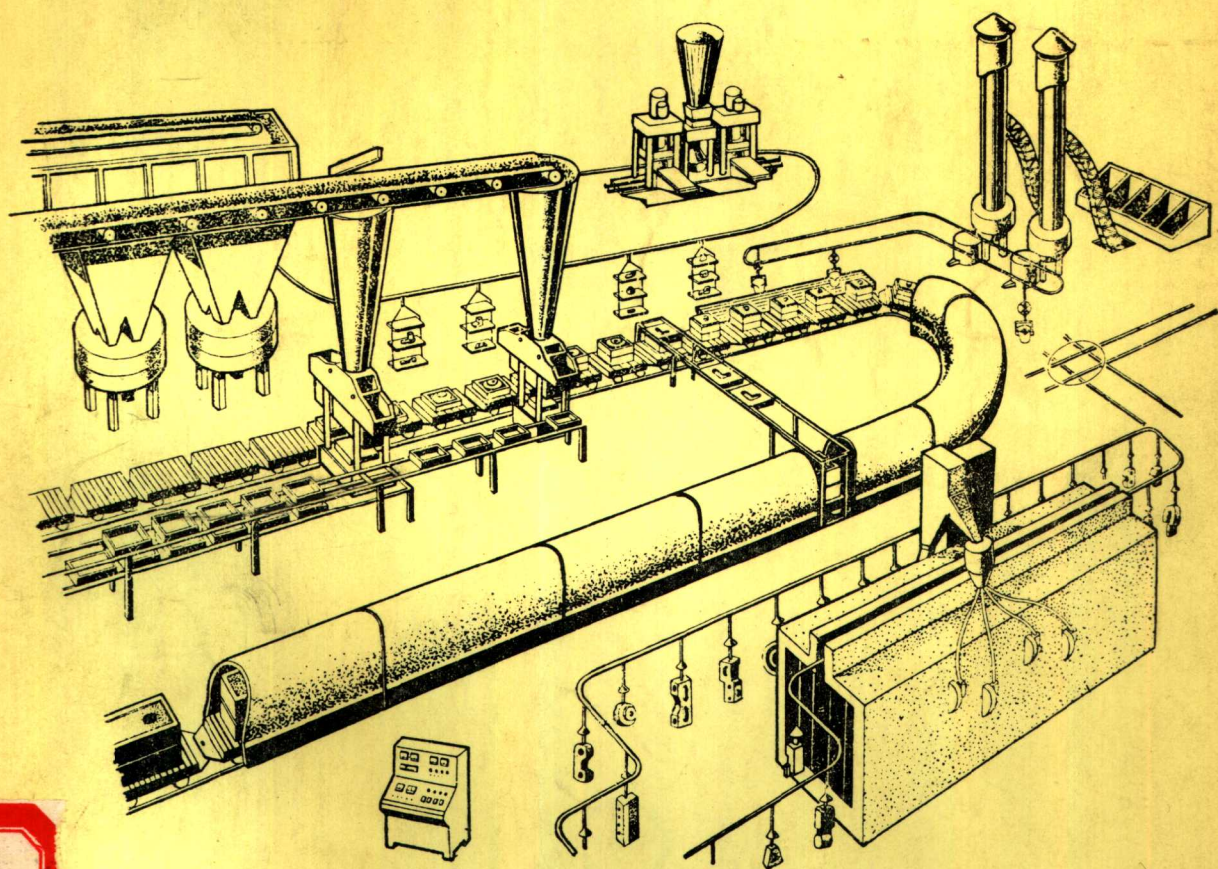


铸造车间机械化

料仓及其装置

上海市机电设计院主编 第一机械工业部第五设计院编



机械工业出版社

28
7-4

铸造车间机械化

第七篇 第四章

料仓及其装置

上海市机电设计院主 编
第一机械工业部第五设计院编



机械工业出版社

本书较详细地叙述了各类料仓的形状、结构及计算,讨论了料仓形状及结构的合理性,在分析物料流动状态的基础上,阐述了料仓内物料起拱的可能性,并介绍了各类助流破拱装置(助流器)的原理及应用。书中还对在物料周转系统中与料仓有密切关系的闸门、导料器等辅助装置作了概略的介绍。

本书可供从事铸造生产的广大工人和技术人员使用,亦可供其它行业从事料仓设计和工作的人员参考。

铸造车间机械化

第七篇 第四章

料仓及其装置

上海市机电设计院主编

第一机械工业部第五设计院编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张 4¹/₂·字数 106千字

1980年11月北京第一版·1980年11月北京第一次印刷

印数 0,001—5,500·定价 0.41元

*

统一书号: 15033·4943

出版说明

为了总结和推广我国铸造生产中行之有效的先进设备、先进经验，我们组织编写了《铸造车间机械化》一书，供工厂在技术改造和新建厂设计中作为选择方案、设计计算、选用设备等参考。

《铸造车间机械化》全书共分八篇四十二章。第一篇炉料准备和熔化；第二篇造型材料的制备和型砂处理；第三篇造型、制芯机械化；第四篇清理；第五篇特种铸造设备；第六篇运输设备；第七篇辅助设备；第八篇钢结构、除尘及土建资料。由于《铸造车间机械化》涉及的范围较广，内容较多，我们将陆续按篇、章先出版单行本。

本书由上海市机电设计院主编，参加本书编写的有一机部第四设计院、一机部第五设计院、一机部第六设计院、济南铸锻机械研究所、上海市机械制造工艺研究所、上海机器制造学校、上海机械学院、上海交通大学、浙江大学、重庆大学、河北机电学校、烟台机床附件厂、上海红光铸造厂、上海内燃机配件厂、上海江南造船厂、上海起重运输机械厂、唐山机车车辆厂、上海市机电设计院等单位。对于他们的大力支持，在此一并致谢，并欢迎读者对本书多提宝贵意见。

目 录

第四章 料仓及其装置

第一节 料仓	7-4-1
一、料仓的作用及分类	7-4-1
二、散状物料的特性	7-4-2
三、料仓的形状和结构	7-4-6
四、仓壁倾角及出料口	7-4-13
五、料仓的材料	7-4-17
六、料仓的设计与计算	7-4-17
第二节 助流器	7-4-25
一、料仓内物料流动状态的分析	7-4-25
二、各种类型的助流器	7-4-27
三、助流器的选型、设计和安装	7-4-36
第三节 料仓闸门	7-4-39
一、闸门的用途及分类	7-4-39
二、各类闸门的动作原理、应用范围及规格	7-4-39
三、闸门的受力分析	7-4-50
四、闸门的设计与计算	7-4-51
第四节 导料器	7-4-54
一、概述	7-4-54
二、溜槽	7-4-54
三、溜管	7-4-57
四、三通管	7-4-58

第四章 料仓及其装置

第一节 料 仓

一、料仓的作用及分类

(一) 料仓的作用

料仓是一种存放散状物料的刚性容器，在铸造生产中应用很广泛。其主要作用大致有以下几个方面：

1. 收集和贮存各类散状物料 铸造生产中所使用的大量原材料，如混制型砂用的新砂、旧砂、煤粉、粘土、混制好的型砂、熔炼铸铁用的焦炭、石灰石等都是散状物料。而在铸造生产过程中应对这些散状物料进行收集、贮存和运送。料仓就起着收集和贮存并辅助运送的作用。用料仓收集和贮存散状物料，同早期的手工作业相比，可以大大地减少物料的堆放面积、改善工人的劳动条件，并使车间整洁美观、生产文明化。

2. 调节生产过程的不平衡性 铸造车间各工序间的生产周期往往是很不平衡的。在各工序之间合理地设置料仓，就可以较好地调节其不平衡性。如混砂机上方设置新、旧砂斗、煤粉、粘土粉斗来调节砂子、煤粉、粘土加料与混砂机工作的不平衡性。从而使混砂机连续不断地工作。又如造型机上方的型砂斗，则调节造型机和混砂机生产率之间的不平衡性。即供砂多时，它贮存之，供砂不够时，它补充之，这就保证了造型生产的连续性。总之，料仓的这一作用，对于铸造生产，特别是机械化和自动化的铸造生产有着很重要的意义。

3. 对造型材料的工艺处理 料仓在铸造生产中的另一作用是直接参与对造型材料的工艺处理过程。如型砂调匀斗，它将各次混制的型砂，经过一定时间的存放，使其性能均匀一致，从而保证了型砂质量的稳定。又如，为保证型砂的质量，需控制加入混砂机中的新砂和旧砂的温度，而刚烘烤过的新砂和刚从落砂机下面送出来的旧砂，温度都很高，往往需在料仓内经贮放降温，使其达到工艺要求的温度。

4. 变更物料的位置提高物料的位能，便于机械化和自动化的实现 近代铸造生产中，机械化和自动化的程度越来越高，此时，为了满足某种工艺程序的需要，或运输线路更为合理，往往用料仓来改变物料在生产运输过程中的位置，使物料具有一定的位能。如混砂机上的新砂、旧砂料仓，是为了实现量算及加砂机械化或自动化，而将地面上的新砂和从落砂机下方出来的旧砂，改变了位置（距离和高度）；又如，为了给造型机连续自动地加砂，必须把混砂机混好的型砂，放置到造型机的上方位置，这一任务也是由型砂斗来完成的。再如，为了便于汽车或火车把车间废砂运出，需要把废砂放置于下口为3~5米高的废砂斗中。

总而言之，料仓在铸造生产中起着重要的作用，是铸造车间不可缺少的辅助设备之一。

(二) 料仓的分类

料仓可根据不同的原则加以分类。

1. 根据料仓高度和横截面最大尺寸的比值将料仓分为：

(1) 浅料仓——高度和最大横截面的最大长度尺寸之比小于或等于 2.5 者, 见图 7-4-1 a);

(2) 深料仓——高度和最大横截面的最大长度尺寸之比大于 2.5 者, 见图 7-4-1 b)。

此种分法的实际意义, 在于前者底部所受压力, 大致等于料仓所盛物料的重量; 后者则有部分物料的重量被物料与仓壁间的摩擦力所承受。

2. 按照料仓的形状和结构可将它分为若干类型, 见后面的形状和结构部分。

3. 根据料仓位置的固定与否, 可分为固定式和移动式。后者用得很少。

4. 根据料仓内物料的流动状态, 将其分为整体流动型和中心流动型。当要求物料以“先进先出”的方式(先装入的物料先卸流出去)非常均匀地流动, 或者装粗颗粒物料时, 均可设计成整体流动型; 而中心流动型, 则是物料在料仓内流动时, 形成不同的流动带。在相同高度的情况下中心流动型料仓较整体流动型料仓, 有较大的容积。

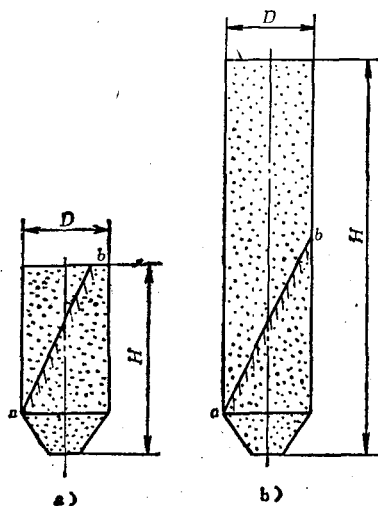


图 7-4-1

a) 浅料仓 b) 深料仓

5. 按照料仓的工作方式可分为连续流动式料仓和断续流动式料仓。在连续流动式料仓内物料卸出的同时还不断地得到补充。故料仓内物料的上表面几乎保持在同一高度上。对于此种类型的料仓, 必须避免物料的停滞和淤积。断续流动式料仓, 其所盛物料是在开启闸门或卸料用的给料机运转时才流动的。

6. 根据制作料仓材料的不同, 可分为: 金属料仓、钢筋混凝土料仓和混合材料料仓。这三种材料制作的料仓, 铸造车间均有采用, 其中, 以金属料仓的使用较为普遍。

二、散状物料的特性

散状物料的各种物理特性, 对料仓形状和结构的选择有很大的影响。这些特性为: 粒度、

湿度、真比重、堆积比重、颗粒的流动性、固结性、屈服强度、物料对仓壁的运动阻力和粘性等。现分别介绍如下:

(一) 粒度

散状物料的粒度是指组成物料的颗粒分布的数值。颗粒粒度和物料粒度是两个不同的概念。

前者是按该颗粒自身的最大尺寸 a_{max} 来确定的(见图 7-4-2)。物料的粒度则按下述方法确定:

用 a_{max} 表示最大物料块的最大尺寸; a_{min} 表示最小物料块的最大尺寸, 并以平均值 $a' = \frac{a_{max} + a_{min}}{2}$ 为标准块尺寸。根据标准块尺寸, 把物料分成许多类别, 如大块物料、中块物料、小块物料……等(见表 7-4-1)。物料粒度就是按物料中的最大料块组所占的重量比例来确定的。当其比例小于 10% 时, 规定物料的标准块尺寸 $a' = 0.8a_{max}$; 如其比例大于或等于

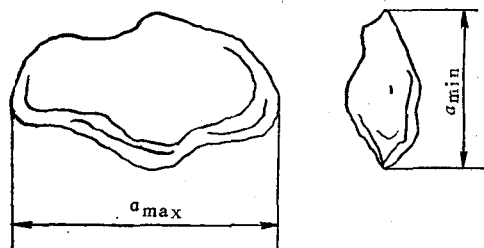


图 7-4-2 颗粒尺寸

10%时, 则规定标准块尺寸 $a' = a_{\max}$ 。此标准块尺寸就表示该物料的粒度。

表7-4-1 散状物料粒度分类表

物 料	标准块尺寸(毫米)	物 料	标准块尺寸(毫米)
大块物料	$a' > 160$	小粒物料	$0.5 < a' \leq 2$
中块物料	$60 < a' \leq 160$	粉状物料	$0.05 < a' \leq 0.5$
小块物料	$10 < a' \leq 60$	尘状物料	$a' \leq 0.05$
大粒物料	$2 < a' \leq 10$		

(二) 湿度

湿度就是物料干湿的程度。散状物料中的水分有以下几种存在方式:

1. 结晶水 它和物料的组成元素以化合物的形式存在;
2. 吸附水 吸附水又称湿存水, 它由物料自周围空气中吸附的水蒸气而形成;
3. 表面水 表面水分为两部分, 一是在物料颗粒表面形成薄膜的“薄膜水”, 二是充填于物料颗粒间空隙的“重力水”。

只含有结晶水的物料叫做干物料; 含有结晶水和吸附水的物料叫做风干物料; 含有表面水的物料叫做潮湿物料。

散状物料的湿度按下述公式计算:

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \quad (7-4-1)$$

式中 G_1 ——干燥前试样的重量 (公斤);

G_2 ——干燥后试样的重量 (公斤);

W ——湿度。

(三) 堆积比重 (体积密度) 和真比重

散状物料的堆积比重就是堆积物料单位体积的重量。堆积比重又分为自然堆积比重和捣实后的堆积比重。所谓散状物料的真比重是指物料固体颗粒的比重。铸造车间常用的散状物料的堆积比重和堆积角见表 7-4-2。

表7-4-2 铸造车间常用的散状物料的堆积比重和自然堆积角

物 料 名 称	堆 积 比 重	自 然 堆 积 角 α	
		静 止	运 动
湿新砂	1.7~1.9	30°~35°	30°
干新砂	1.4~1.6	30°	20°
湿型旧砂	1.1~1.3	35°~40°	25°
干型旧砂	1.1~1.2	30°~35°	20°
铸铁型砂	1.1~1.2	45°	30°
铸钢型砂	1.2~1.4	45°	30°
废砂	1.1~1.5	30°~35°	20°
石灰石	1.5~1.8	40°~45°	25°
焦炭块	0.4~0.5	50°	35°
碎煤	0.8~0.9	27°~45°	30°
块煤	0.9~1.0	35°~45°	30°
干粘土块	1.0~1.5	50°	35°
煤粉	0.4~0.7	37°~45°	30°

物料堆积比重与湿度有一定的关系，它随散状物料的真比重和湿度的不同而有差异。只要知道干散状物料的堆积比重和物料的湿度，就可以按下式近似地求出潮湿物料的堆积比重：

$$\gamma_{\text{湿}} = \gamma_{\text{干}} (1 + W) \quad (7-4-2)$$

式中 $\gamma_{\text{湿}}$ ——散状物料的堆积比重；

$\gamma_{\text{干}}$ ——干散状物料的堆积比重；

W ——物料的湿度。

从 7-4-2 式中可以看出，散状物料的堆积比重随湿度的增加而增大。

(四) 散状物料颗粒的流动性

散状物料颗粒之间有很大的摩擦力和附着力。并且这些力随着物料料层厚度的增加和压力的增大而增大。由于这些力的存在和相互的作用，而构成了物料的剪切强度。图 7-4-3 中的 ac 线表示最大极限剪切应力 τ 与颗粒物料所受的垂直压强 σ 的关系。 ac 曲线近似于直线。 ac 线与横坐标轴所成之倾角 φ 叫做散状物料的内摩擦角。此角的正切值称为物料的内摩擦系数 f 即：

$$f = \tan \varphi \quad (7-4-3)$$

当垂直压强不变时，通过坐标原点 o 与 ac 线上任一点 c 的连线 oc 和横坐标轴的夹角 φ_0 可计算出物料的抗剪强度。很明显，角度 φ_0 越大，物料的抗剪强度就越大。所以 φ_0 也叫抗剪强度角或内剪切角。 φ_0 的正切值用 f_0 表示，叫做物料的内剪切系数。此值可按下式计算：

$$f_0 = \tan \varphi_0 = f + \frac{\tau_0}{\sigma} \quad (7-4-4)$$

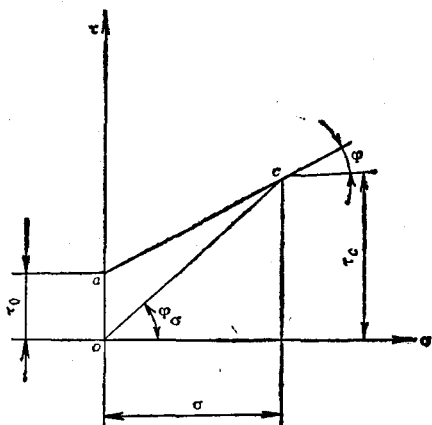


图7-4-3 剪切应力与垂直压强的关系

τ_0 称为初抗剪强度，它表明物料颗粒间的附着力。没有初抗剪强度 ($\tau_0 = 0$) 的散状物料叫做易流动的或流动性良好的物料。有初抗剪强度 ($\tau_0 > 0$) 的物料叫做流动性不良的物料，这类物料属于粘性物料。同种物料的初抗剪强度值决定于物料的湿度、颗粒的大小、压实程度及在静止状态下存放的时间。

粉尘状和小粒状物料薄膜水含量的增加，会使初抗剪强度值增大。

物料的流动性还可以用静止角来表示。所谓静止角，就是物料自由堆放时，其自由表面与水平面所形成的最大角度（见图 7-4-4）。易流动物料的静止角，大致等于其内摩擦角，它与形成倾角的方式无关。

铸造车间各类散状物料的堆积角见表 7-4-2。

(五) 散状物料的固结性

所谓固结性是指散状物料在料仓中经长期存放而失去流动能力的性质。在料仓中随着物料堆积高度的增加，下部物料所受压力增大，固结性就增加，这实际上就是增大了物料的初抗剪强度。

铸造车间常用散状物料在短期（数昼夜）存放后的初抗剪强度值见表 7-4-3。若长期存放（数月），其初抗剪强度可能大大超过表中的数值。因此，对于易固结物料，设计时，应

在满足生产要求的情况下，尽量减少其存放时间。

表7-4-3 铸造车间常用散状物料短期存放时的初抗剪强度值

物品名称	初抗剪强度 τ_0 (公斤/米 ²)
型砂	73~125
干砂	37
湿砂	96
灰渣	42
焦炭	22
泥煤	50
水泥	41

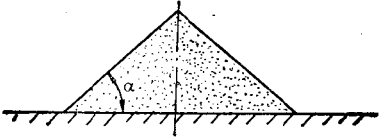


图7-4-4 自然堆积角

(六) 粘性

粘性和粘结性是两个不同的概念。粘性是指某些散状物料（主要指潮湿物料）与固体物品粘合的性质，而后者则是由物料颗粒相互间的摩擦及吸附作用而形成的。

(七) 物料的屈服强度 f_c 和流动函数 FF

散状物料的强度在很大程度上取决于预压实程度。我们在一个设想筒壁无摩擦的理想圆柱形筒体内，施以一定的压力 $\sigma_1 A$ (A 为承压面积)，使一种粉末状物料压实(见图 7-4-5 a)；然后，取掉圆柱筒体，在无任何侧面支承的情况下，对物料柱体施压（见图 7-4-5 b）。当物料柱体破坏时所需的压力为 $f_c A$ 。其压强即为物料的屈服强度 f_c ，它等于在一定的预压实状态下的表面强度。

流动函数 FF 用下述关系式求出：

$$FF = \sigma_1 / f_c \tag{7-4-5}$$

图 7-4-6 为 FF 的图解形式。

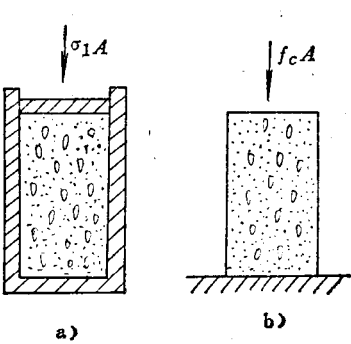


图7-4-5 表面强度试验

a) 对理想圆筒装料施压 b) 对物料柱体施压

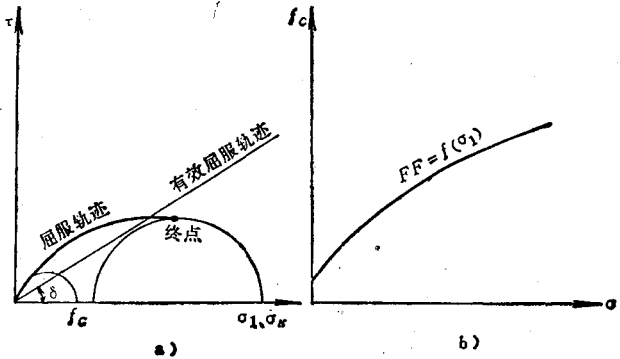


图7-4-6 FF 的图解形式

流动函数 FF 反映出物料的流动性能。此值越大，物料的流动性就越好，此值越小则流动性越差。根据流动函数 FF 还可以对物料的流动性和粘结性进行分类，见表 7-4-4。

(八) 散状物料与仓壁之间的摩擦系数

物料与仓壁之间的摩擦角可用物料因素试验器（见图 7-4-7 a）进行测定。在不同的垂

直荷载下测定物料试样在仓壁上移动时的剪切应力，将相应的 σ_n 和 τ 值绘制在直角坐标上，得到一个物料沿仓壁的屈服轨迹。它通常是通过坐标原点的直线。然而，有时得到的屈服轨迹是一条曲线，如图 7-4-7 b 所示。 ϕ' 为物料与仓壁的摩擦角，故摩擦系数 $f' = \tan \phi'$ 。

物料对仓壁的摩擦系数又有静态摩擦系数和相对运动摩擦系数之分。通过对比试验证明：散状物料对仓壁的动态摩擦系数一般为静态摩擦系数的 70~90%。即：

$$f_{\text{动}} = (0.7 \sim 0.9) f_{\text{静}} \quad (7-4-6)$$

当不知道物料与仓壁之间的摩擦系数的真实数值，而仅知道该种物料与另一种材料的摩擦系数或内摩擦系数时，可按下列比例关系式求其近似值。

$$f : f_1 : f_2 : f_3 : f_4 = 20 : 15 : 16 : 17 : 20 \quad (7-4-7)$$

式中 f ——物料的内摩擦系数；

f_1 ——物料与钢板的摩擦系数；

f_2 ——物料与木板的摩擦系数；

f_3 ——物料与橡胶的摩擦系数；

f_4 ——物料与混凝土的摩擦系数。

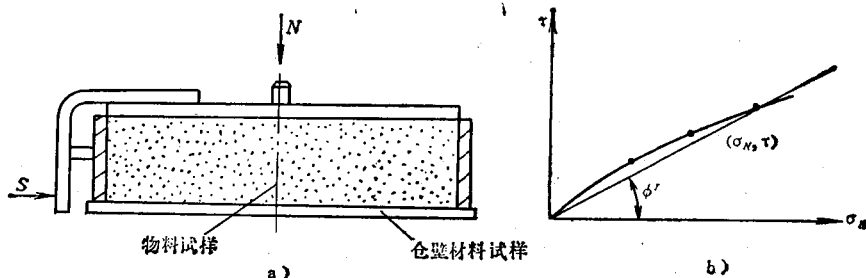


图7-4-7 物料因素试验

a) 物料因素试验器 b) 物料对仓壁的屈服轨迹

试验证明，无论压实、固结和润湿对散状物料与仓壁间的摩擦系数无很大影响。但是，当因潮湿而使钢制料仓生锈时，则会引起摩擦系数的骤增。

三、料仓的形状和结构

(一) 料仓的形状

料仓的形状从其横截面来看，有圆形、矩形和方形；从其纵截面看，有楔形、抛物线形、双曲线形和指数曲线形；从其整体仓形来看，有圆锥形、棱锥形和槽形等。另外，还有圆柱及圆锥的组合，棱柱和棱锥的组合……等。

纵截面形状为双曲线形的料仓，有利于物料的流动；纵截面形状为抛物线形的料仓，在制作材料相等的情况下，它能获得较大的容积，故有较好的经济性。但是它的制造比较困难。图 7-4-8 示出了几种圆形料仓的几何简图；图 7-4-9 示出了几种矩形料仓的几何简图；图 7-4-10 示出了槽形料仓的几何简图；图 7-4-11 示出了几种特殊形状料仓的简图。

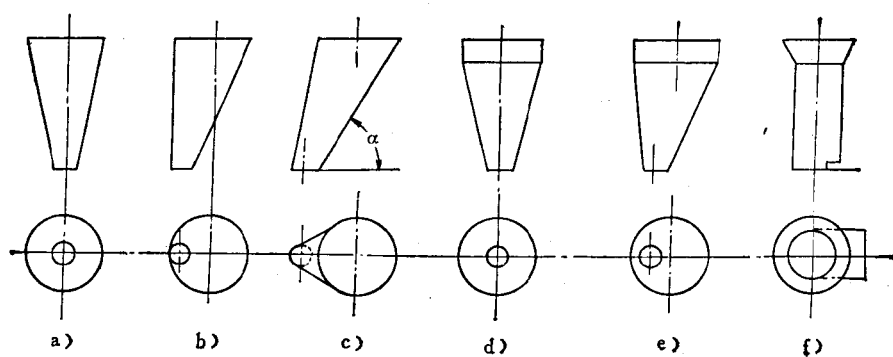


图7-4-8 圆形料仓几何简图

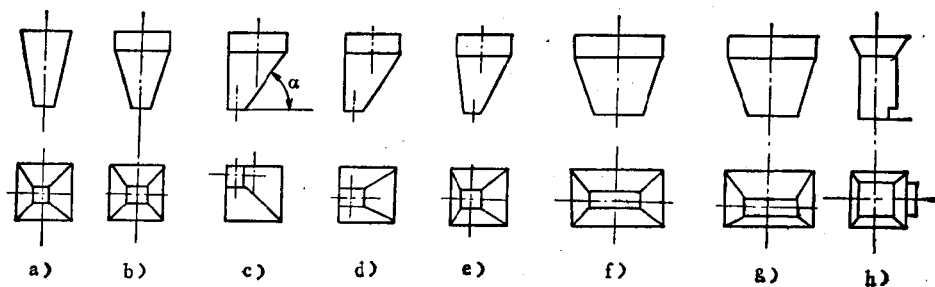


图7-4-9 矩形料仓的几何简图

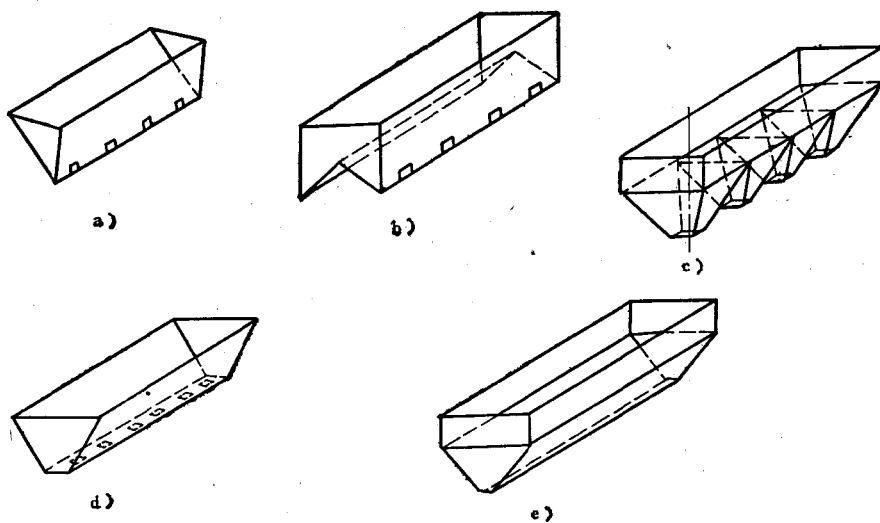


图7-4-10 槽形料仓的几何简图

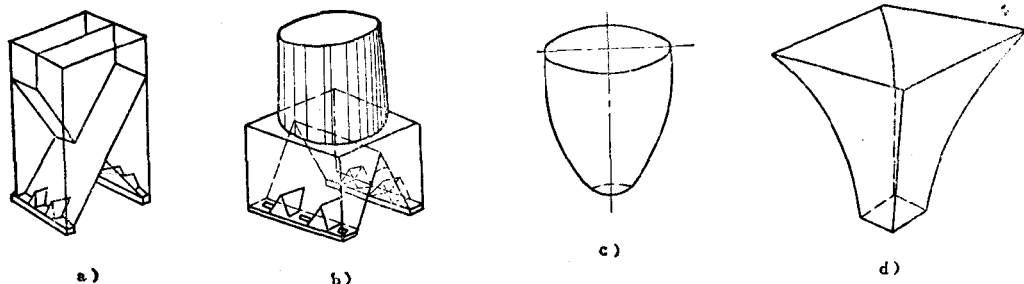


图7-4-11 几种特殊料仓的简图

铸造车间常用料仓的横截面形状多为圆形、矩形和方形；其纵截面形状常为楔形。

(二) 料仓合理形状的选择

所谓合理性，对料仓形状来讲，主要有两点。其一其经济性。就是根据物料的性质、料仓的容积等因素来确定一种料仓的形状，使得能够用较少的费用建造较大容积的料仓；其二是技术上的先进性和可靠性。先进性是指其便于实现机械化和自动化，有较高的生产效率。可靠性则指其形状有利于物料的流动和卸料，使之不易搭拱。因此，正确而合理地选择料仓的形状，对降低造价，提高劳动生产率都有着较大的意义。下面就对合理地选择仓形提供几点意见。

1. 对于流动性较好的物料，可采用图 7-4-8 和图 7-4-9 中所示的各种料仓形状。它们形状简单，制造容易，使用效果也比较好。

此处要着重指出，不对称的形状比对称的形状更有利于物料的流动。不对称的形状中，也不要采用四个斜壁的形式（如图 7-4-9 e），至少要有一个垂直仓壁（见图 7-4-9 d）。这是因为散状物料有沿垂直仓壁下滑的趋势，从而减小起拱的可能性。如有两壁垂直（见图 7-4-9 c）或三壁垂直则更好。这一点，对于流动性较差的物料，尤应予以考虑。

2. 采用方形和矩形料仓时，料仓四角的仓壁交界处，往往容易挂搭物料。所以，设计时最好顺着仓壁交界处布置一个棱面（见图 7-4-12），使仓壁间的夹角加大，这样可以减少或

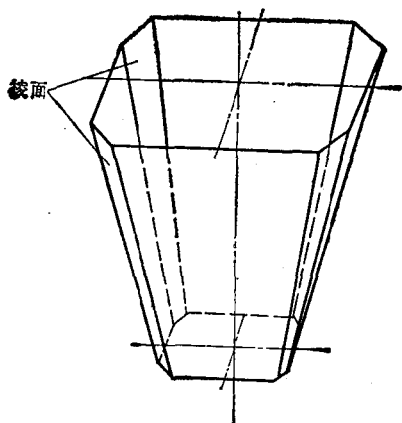


图7-4-12 仓壁交界处设置棱面

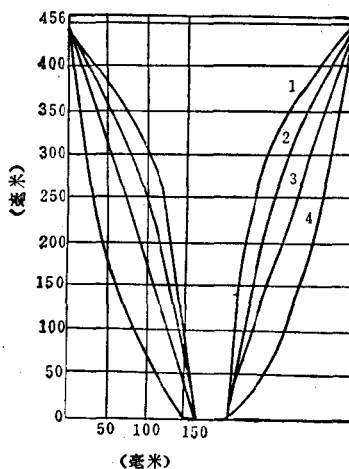


图7-4-13 料仓纵截面形状曲线

1—凹形 2—指数曲线形 3—直线形 4—凸形

消除挂料。

3. 近年来,有人认为,能使散状物料在重力的作用下,以最短的直线距离,从进料口送达出料口的一种仓形断面形状为最佳断面形状。并从这一概念出发,导出了平面对称(矩形和方形)和轴线对称(圆形)料仓的方程式 $\ominus$ 。这些方程式表明了料仓的纵断面形状与散状物料的性质、物料与仓壁间摩擦系数之间的函数关系。通过计算表明,纵截面形状为指数曲线和凹形曲线的料仓是最佳料仓。同时还对图 7-4-13 所示的四种截面形状,以物料能够自由流出的卸料口宽度为标准,用实验方法进行了验证。实验证明,对于指数曲线形料仓,物料能够自由流出的条形卸料口宽度大约只是凸形曲线料仓卸料口宽度的三分之一,是直线形料仓卸料口宽度的一半。

另外有人通过对重力流动型煤炭料仓最好截面形状的理论研究,认为双曲线截面形状最为理想。这与前面的凹形截面形状理论相一致。根据这一理论推断,为防止料仓内物料起拱的一个重要准则:是在接近卸料口时,料仓横截面的相对变化率大致应当为恒定值。在这种理论的基础上,又有人建议对细微颗粒物料采用一种矩形料仓,其长边的纵截面形状为双曲线形,短边的纵截面形状为指数曲线。其所以采用这种双曲线和指数曲线相结合的料仓,是因为他发现双曲线形状的短边,对于改善物料的流动性不如指数曲线短边好。

4. 对于流动性好的物料,可采用抛物线形料仓,见图 7-4-11 c。因为在相同容积时,抛物线形料仓的仓体重量最轻,用料最省,但制造比较困难,加工费用较大。

(三) 料仓的结构

因制作材料的不同,料仓的结构有较大的差异。铸造车间料仓大多用钢板焊制或混凝土制成。

钢制料仓一般由上部法兰(供悬挂用)、四周封闭的仓体及下部法兰(供连接闸门用)构成。在制作较大料仓时,为了加强仓体刚度、减小壁厚,在料仓壁的四周应加焊筋板。

混凝土料仓,它往往是用混凝土整体浇灌而成的。如有平台时,它同平台浇灌成一体而悬挂于平台的下方;如果无平台,则仓体和四只柱子一起灌浆而成。混凝土料仓的上口和下口均预埋有角钢或槽钢以供保护料仓口及连接其它设备之用。

下面是几种料仓结构的应用实例:

$\ominus$ 所谓平面对称的料仓方程式为:

$$X = X_0 + \left(X_0 - \frac{B}{A} \right) (e^{AY} - 1)$$

所谓轴线对称的料仓方程式为:

$$r = r_0 + \left(r_0 - \frac{2B}{A} \right) \left(e^{\frac{AZ}{2}} - 1 \right)$$

式中 X_0 是当 $Y = 0$ 时,代入前一式所得的 X 值; r_0 是当 $Z = 0$ 时,代入后一式所得的 r 值,

$$A = \frac{\gamma(1 - \sin \varphi)}{2C \cos \varphi},$$

$$B = \frac{AC_w}{\gamma} + \operatorname{tg} f',$$

γ —— 物料容重(公斤/厘米³);

C —— 松散物料内聚力系数(公斤/米²);

φ —— 内摩擦角;

C_w —— 松散物料与仓壁间的附着系数;

f' —— 松散物料与仓壁间的摩擦系数;

X, Y —— 直角座标系中的料仓形状座标。 Y 向上为正值, X 由卸料轴线的中心平面为起点测量,

Y, Z —— 为柱面座标中的料仓形状座标。 Z 向上为正值, r 由对称轴向外测量。

1. 图 7-4-14 是一只不对称的钢制圆锥形料仓，容积为 1.5 米³，设在造型机上方，用以贮存型砂。

2. 图 7-4-15 是一只不对称的钢制棱锥形料仓，四壁焊有加强筋板，容积为 6.0 米³。设在混砂机上方，用以贮存旧砂。

3. 图 7-4-16 是一只对称的混凝土料仓，仓体与混凝土平台一起浇灌而成。容积为 42 米³，设在熔化工部，供贮存焦炭用。

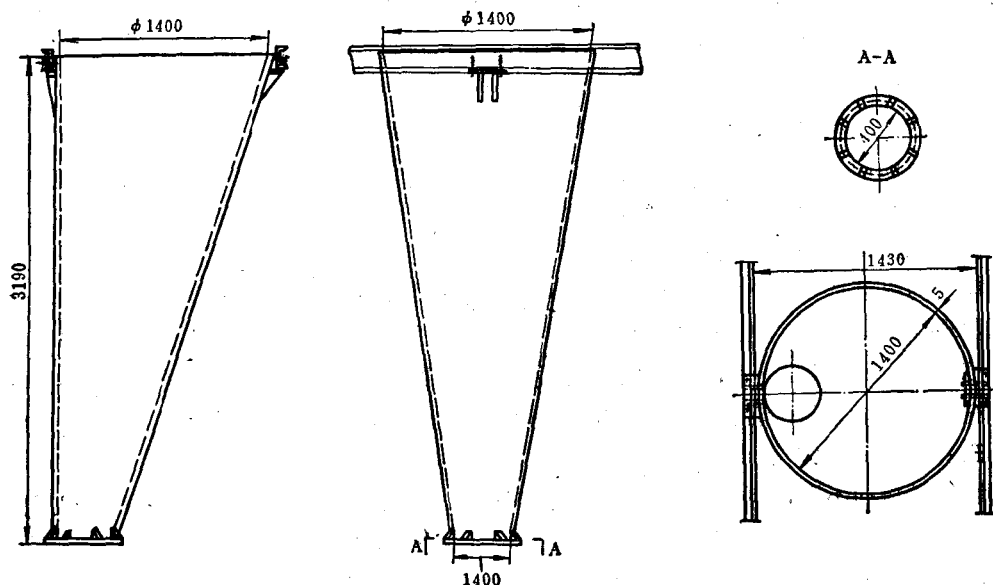


图7-4-14 不对称圆锥形料仓

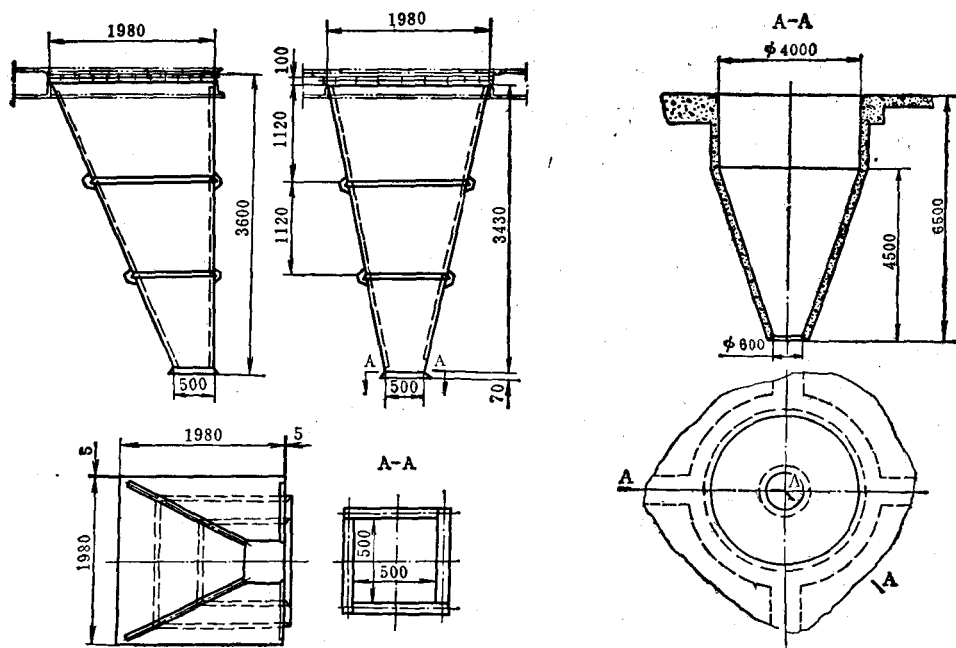


图7-4-15 不对称棱锥形料仓

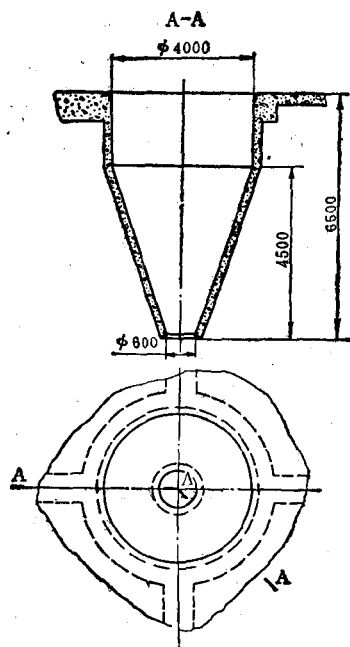


图7-4-16 对称的混凝土料仓

(四) 料仓结构的探讨

近年来,为了解决料仓的搭拱挂料问题,很多人对料仓的结构进行了研究,并取得了可喜的成果。根据物料的平面对称流动优于轴线对称流动的理论,在料仓结构设计时,可在轴线对称流动型料仓的卸料口附近设置一个嵌入体,使其变成平面对称,从而改善了料仓内物料的流动条件。因为,此时可以把仓壁和嵌入体之间的环形料口看成为一个平面对称的条形卸料口。实验证明:在料仓的过渡区域附近设置一个嵌入体,能够造成整体流动,并有利于消除散状物料的搭拱现象。

嵌入体有多种结构形式:

1. 嵌入一块水平挡板 如图 7-4-17 所示,在嵌入一块水平挡板时,在挡板的下面有一个空间,可以获得较大的积极流动带,这对于卸料有良好的作用。此时,作用于卸料口的松散物料重量,只是处于卸料口与嵌入体挡板之间的那块体积的重量,其压力与整个料仓内物料高度无关。挡板的最小尺寸可由计算求得。按照图 7-4-17 所示,在封闭的卸料口上方的物料高度 H_s 为:

$$H_s = 0.5d \tan \alpha \quad (7-4-8)$$

式中 d ——卸料口直径(毫米);

α ——物料堆积角(度)。

料层的厚度 H_b 为:

$$H_b = \frac{d}{2 \cos \alpha} \quad (7-4-9)$$

在实际应用中,可以认为物料是沿着斜线 $T-1$ 和 $T-2$ 滑动的。滑动线与垂线的夹角为 $\frac{1}{2}(90^\circ - \alpha)$ 。这样,挡板的最小直径 $b_{\min}$ 就限制在直线 $T-1$ 和 B_2 与直线 $T-2$ 和 B_1 的交点 K 之间,即:

$$b_{\min} = d + 2t \sin[0.5(90^\circ - \alpha)] \quad (7-4-10)$$

挡板到卸料口的最小高度 $H_{\min}$ 为:

$$H_{\min} = t \cos[0.5(90^\circ - \alpha)] \quad (7-4-11)$$

式中 $t = \frac{H_s}{\sin[0.5(90^\circ - \alpha)]}$ 。

2. 嵌入一个锥体 当嵌入水平挡板时,挡板上会形成一个固定的物料锥体,为了防止这种情况的出现,而把挡板本身制成一个锥体(见图 7-4-18)锥体的大小及其相对于料仓卸料口的位置是很重要的参数。合理地确定锥体的大小和位置就可以避免嵌入体与仓壁之间的物料起拱,并能获得一个最佳的积极流动带。模拟实验证明:如果卸料口与锥形嵌入体底部之间的距离太小,则流动会减弱甚至停止;如果这一距离过大,则在嵌入体下面易发生物料的离析现象。不过,对于铸造车间存放干、湿砂或造型砂的情况来讲,因砂子颗粒较为均匀,离析现象不会发生多大影响。图 7-4-19 所示的曲线图,概括了嵌入体特征及料仓仓

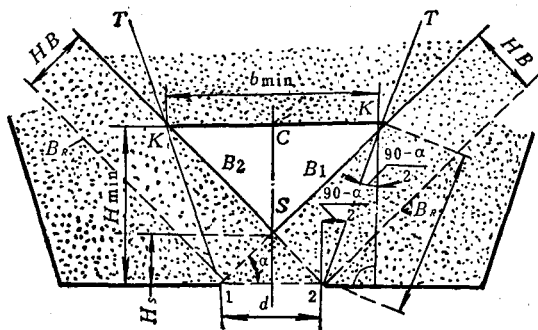


图7-4-17 嵌入挡板的尺寸

壁倾角和松散物料性质三者之间的关系。假定锥形嵌入体的母线倾斜角 (θ_2) 和仓壁倾角 (θ_1) 相等, 那末, 嵌入体大小和位置就取决于比值 W/R (W ——嵌入体底缘在同一水平面上与仓壁之间的距离; R ——嵌入体的半径)。从图 7-4-19 中可以看出, W/R 值是随着物料的内摩擦角 φ , 仓壁与物料之间的摩擦角 ϕ' 和仓壁倾角 θ_1 而变化的。例如: $\theta_1 = 30^\circ$ 、 $\varphi = 50^\circ$ 、 $\phi' = 15^\circ$ 时, 可从图中查得 $\frac{W}{R} = 1.8$ 。然后, 根据这个比值就可以确定嵌入体的大小及位置。流动性较差的物料, 其 W/R 值比较大。对于易起拱的物料, 其物料的流动通道必须宽到足以能破坏料拱的宽度。此时的 R 值就是考虑了物料起拱因素在内的嵌入体底面的有效半径。

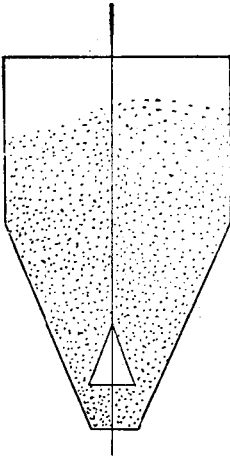


图7-4-18 嵌入锥体的料仓

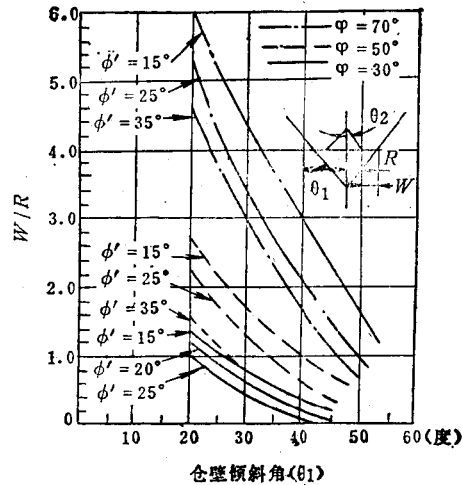


图7-4-19 嵌入体特征、仓壁倾角和物料性质之间的关系曲线

图 7-4-20 为嵌入锥体的料仓内, 锥体附近的物料状况示意图。B 是形成稳定料拱的最大宽度, 它取决于物料的屈服强度 f_c (f_c 由实验确定——见本节第二点)。其计算公式为:

$$B = \frac{f_c}{\gamma} \quad (7-4-12)$$

或者

$$R' = R + \frac{f_c}{2\gamma} \quad (7-4-13)$$

嵌入体上所承受物料的总压力 F 为:

$$F = p\pi \left(R + \frac{f_c}{2\gamma} \right)^2 \quad (7-4-14)$$

各式中 f_c ——物料的屈服强度;

γ ——物料的容重;

R ——嵌入锥体底部半径;

R' ——物料流动通道中心到嵌入体中心的距离;

p ——流动物料中的垂直压强。 $p = \frac{rD(1 + \sin\varphi)}{4\sin\varphi \sin 2V'}$ 。其中 D 为流动通道的直径; φ 为物料的内摩擦角; ϕ' 为物料与仓壁间的摩擦角; $2V' = \sin^{-1}(\sin\phi' / \sin\varphi) - \phi'$ 。