

# 贾汪 PFBC-CC中试电站异形煤仓设计和试验

杨亚平 (东南大学)

〔摘要〕 借助詹尼克整体流动斗仓设计方法对实际斗仓中的几个特殊问题进行分析 and 简化处理,研究了在一个异形粒煤斗仓内产生整体流的取形问题,并通过模型试验验证了其结果的正确性。

关键词 料仓 斗仓 整体流 坡度 结拱 内流谷

分类号 TK223.24

## 0 引言

贾汪增压流化床联合循环发电中试电站(简称 PFBC-CC)系统中需要两只储量约  $30 \text{ m}^3$  的粒煤料仓。其中每个料仓的下部设有两个供料口,并需承受  $0.86 \text{ MPa}$  的压力。考虑到依靠重力整体流动煤仓的工艺特点和承压容器的形体要求,我们初期设想建造的料仓如图 1所示。

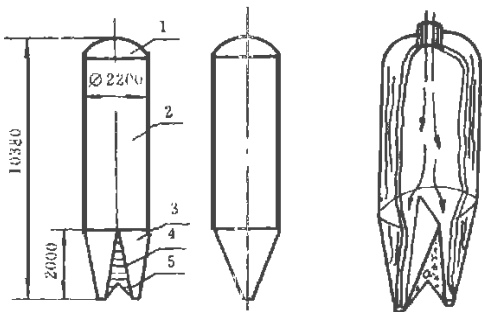


图 1 粒煤料仓示意图

1-封头 2-筒仓 3-斗仓 4-隔板 5-填料

## 1 斗仓的设计

该工程生产中使用的粒煤粒径范围  $0 \sim 6 \text{ mm}$ ,

松散状态下的容量约为  $840 \text{ kg/m}^3$ ,最大含水量控制在  $4\%$  以内。

运用詹尼克设计方法由物性试验和计算可得出适合该物料的常规几何形状斗仓的各种设计参数(见表 1,表中符号请参见文献 2)。

表 1

通路型式	W	$\beta$	$\bar{V}_1$	$\theta'$	ff	$H(\theta'_i)$	B
圆锥形	$43^\circ$	$20^\circ$	9.61N	$24.7^\circ$	1.42	2.43	0.305m
平面流动形式	$43.5^\circ$	$21^\circ$	9.12N	$34^\circ$	1.34	1.18	0.14m

表 1中所示常规形体的斗仓在该工程中受条件限制不能适用,需特别设计。如图 1所示的斗仓设计中比较棘手的问题是通路在各个方向上均不是对称的(见图 2) 如何解决这些不对称给设计带来的问题呢? 我们做了两个基本的简化处理。

### 1.1 对斗仓圆锥形壁面坡度布置方式的确定

如图 2所示,斗仓是由两个偏心锥斗组成,插入隔板之后就形成了异形,但通路中圆锥形壁面仍占多数。针对这一特点,分析时先不考虑隔板因素的影响,而把斗仓简化为纯圆锥形通路,从轴对称圆锥形的设计角度来进行分析,以便得出恰当的壁面坡度布置方式。

由图 2中我们选择有代表意义的  $\theta$ 、 $\theta'_i$  和  $\theta_1$

三个坡度,将它们与按照正圆锥形通路设计的斗仓参数表 1 进行比较,可以看出壁面坡度小于  $\theta^*$  的斗仓均能满足设计条件,而  $\theta_1 > \theta^*$ ,显然它已超出了整体流区域

及流动状态受隔板布置坡度的影响很大。因此,对这一部分的壁面坡度如何确定将留在后面的分析中进行讨论。

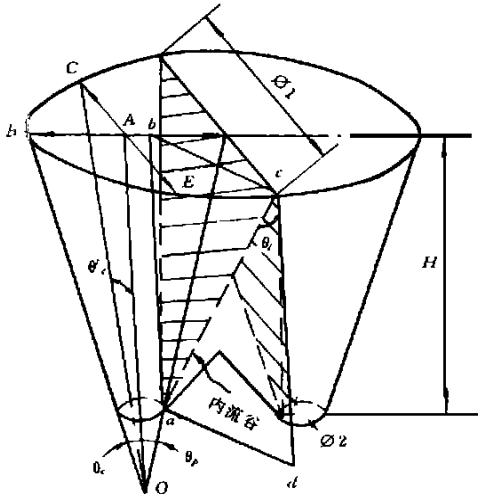


图 2 斗仓设计参数示意图

$\theta_c = 14^\circ$   $\theta_p = 11^\circ$   $\theta_1 = 23.2^\circ$   $\theta_1 = 25.7^\circ$   
 $h_1 = 2.2 \text{ m}$   $h_2 = 0.2 \text{ m}$   $H = 2 \text{ m}$

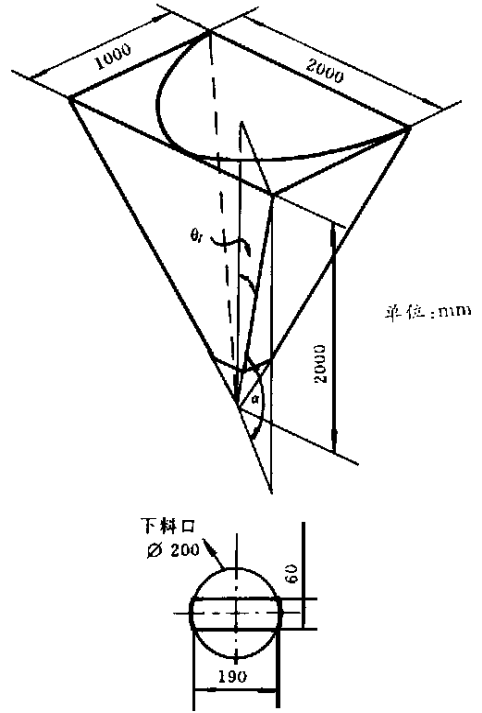


图 4

坡度超出整体流区域的壁面在该斗仓通路中占多大的范围呢?此时应联系隔板布置一起分析。由

### 1.2 对斗仓中平面形隔板布置坡度的确定

如图 4 所示,假设以每侧斗仓通路为内切半圆设计一个矩形斗仓,下料口为条形(长大于 3 倍宽)是以实际斗仓圆形下料口为外接圆设计的。计算这个矩形斗仓长边对应平面壁坡度为  $14.5^\circ$ ,而短边对应平面壁坡度为  $26.7^\circ$ ,内流谷坡度  $\theta_1$  为  $29.6^\circ$ 。

正如表 1 所示,当  $W = 43.5$ ,  $H = 21$  时,这样的矩形仓能够形成整体流动,但此时内流谷须按轴对称圆锥形通路限制条件取值,即  $\theta_1$  应小于  $27.7^\circ$ 。

图 4 是以实际斗仓中的一些尺寸为边界条件假设形成的矩形斗仓。我们可以借鉴此例来确定通路中平面隔板的布置坡度,它就相当于图 4 中长边对应的壁面,可见,将其坡度控制在  $14.5^\circ$  之内可以认为设计是安全的。

经上述所做简化处理可看出两个问题,一是斗仓通路中部分圆锥壁面坡度偏大;二是内流谷道

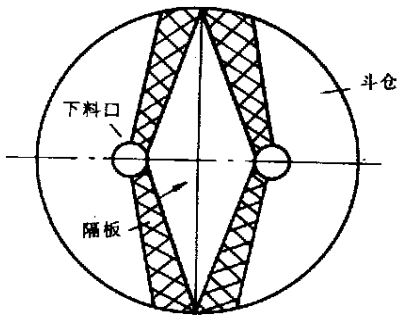


图 3

图 3 可见它们仅占据了网状阴影表示的少量区域而斗仓通路中大多数的圆锥形壁面坡度可以达到表 1 设计参数,布置是合理的。

同时可以看出坡度偏大的区域其范围的大小以

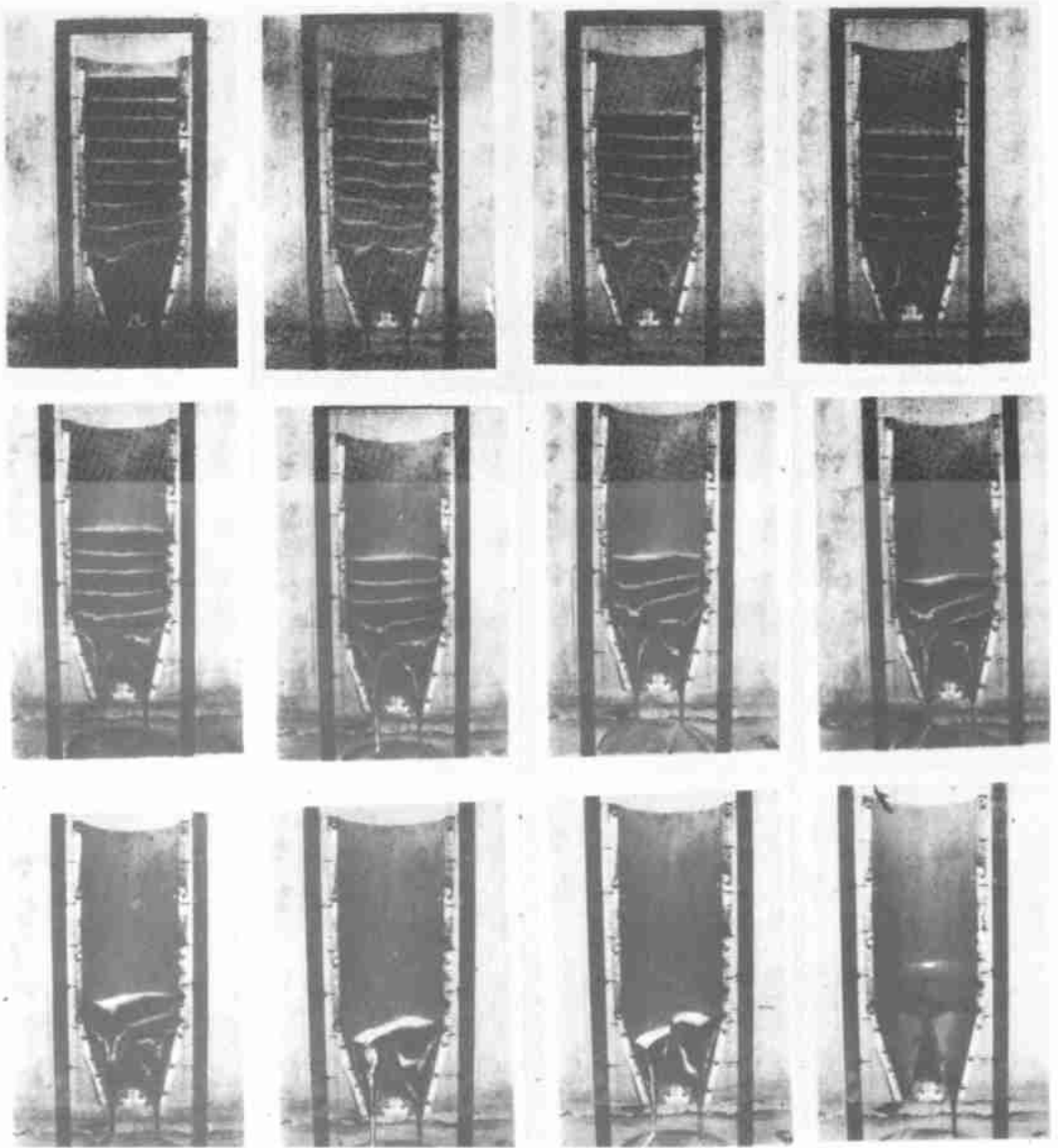


图 5 物料流型图

坡度已在整体流限定区域之外。

因此,决定将平面隔板做陡降的布置,以此作一些调整。我们将平面隔板与下料口中心轴线之间的夹角确定为  $\theta_0 = 11^\circ$ , 获得内流谷  $\theta_1 = 25.7^\circ$ 。

经此调整,内流谷的坡度已基本进入整体流区域。虽然詹尼克认为矩形仓的内流谷必须圆滑,而该

斗仓的内流谷一侧是圆锥壁,另一侧为平板壁,致使谷道不够圆滑。但是,我们分析这种形体的不对称对谷底易出现的挂料将产生不对称的作用,使之无法稳定成拱。加以隔板布置较陡,平面上物流湍急,这将对谷底其它挂料起到牵动引流的作用。因而可认

(下转 376页)

2 汪前喜.运动物体极端曲线地面效应的非线性理论.中国科学技术大学博士论文,1990

3 王竹溪等.特殊函数概论.科学出版社,1979

作者简介 顾平道,男,1965年生,博士,江苏石油化工学院能源工程系主任。主要从事强化传热理论与技术,吸收式液化锂制冷机的优化设计等工作。(通讯处 213016 常州市机场路江苏石油化工学院)。

(上接 350页)

为设计是安全的。

隔板作陡降布置不仅改善了内流谷的流动状况,同时由于它邻近圆锥壁面坡度偏大的区域,对改善该区域的流动也很有益处。它一方面以平面上湍急的物流带动该区域物料运动;另一方面以与对面圆锥壁面不同的几何形体造成通路上的另一不对称,它将不利于物料在该区域形成料拱之类的流动阻碍。因此,可认为在斗仓的该区域产生滞料死区的可能性不大。

经简化处理,综合分析之后,我们将斗仓各参数确定如图 2所示。

为了对设计进行验证,我们做了试验。

## 2 模型试验

### 2.1 二维平面流型试验

试验采用将原形十分之一大小的模拟料仓沿  $BAD$  轴线(见图 2)垂直对称剖开的方法来观察料仓中心剖面上各料层的运动轨迹,借以判断料仓内物料的流动类型。

试验的物料最大粒径不超过  $2\text{mm}$ ,其中细粉占 10%左右,物料含水量是 4%。

试验中料仓内各料层水平地向下运动,轨迹连续流畅,流动均匀稳定,说明仓内物流属整体流动类型。图 5是试验中拍摄的流形图。

### 2.2 三维整体流动试验

试验在原形仓四分之一大小的一个完整料仓进行,以生产时用煤为物料,水份为 4.45%。

流动试验是成功的,物料在斗仓里呈现整体流动形式。同时还进行了时效和冲击加料试验,料仓均呈现出良好的流动性能。值得一提的是时效试验,当时我们把物料放入斗仓内密封存放了 15天时间。料仓启封时,物料顶面下沉了  $5\sim 8\text{mm}$ ,分析当时的物料水份仍有 4.14%。打开斗仓下料口的闸板阀之后,仓内的物料随即启动流出,没有发生任何结堵现象,也无须外力帮助启动,并且一泄而尽。由此可见该斗仓对长时间压实后的物料仍能依靠重力自由排放。

综合几次试验结果来看,该斗仓的设计是成功的,达到了整体流动料仓的要求。

## 3 结束语

异形斗仓的设计由于数学分析困难很大,往往已和实际效益不成比例。而借鉴詹尼克设计理论,将实际斗仓酌情简化处理,综合考虑设计参数的取值方法仍不失为一条可行的技术途径。

### 参 考 文 献

1 瑞斯涅尔 W,艾森哈特 W V,罗齐著.料仓.中国建筑工业出版社,1978

2 [美] Andrew w. Jenike 著.散状固体的储放和流动,狄他州立大学报告,南京玻纤院译,1990.8

作者简介:杨亚平 男 1952年生 副研究员,主要从事电厂热能动力装置领域的研究(通讯处 210018 南京东南大学热能所)。

thermobalance and under a temperature rise of  $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , resulting in the identification of a variation law of coal combustion characteristics points. **Key words** thermobalance, combustion characteristic points

内循环流化床颗粒功力特性的研究 = **A Study of the Dynamic Characteristics of Inner-circulating Fluidized Bed Particles** [刊, 中] / Lu Chumei, Xu Yansheng (Shandong University of Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, - 1997, 12(5). - 335- 338

This paper presents the results of an experimental study on the dynamic characteristics of particles in a V type inner-circulating fluidized bed, including the kinematic trajectory of the particle inner circulation, the distribution feature of the bed layer inner pressure and fluidization speed, etc. **Key words** inner circulation fluidized bed, dynamic characteristics, fluidization speed

高浓度煤粉燃烧过程中氮氧化物生成的研究 = **An Investigation of NO<sub>x</sub> formation Resulting from the Burning of High-concentration Pulverized Coal** [刊, 中] / Qi Hong, Fan Yaoguo, Yuan Jianwei (Huazhong University of Science & Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1997, 12(5). - 339- 344

NO<sub>x</sub> emissions were measured during the process of pulverized coal burning with the formation and disassociation of NO<sub>x</sub> undergoing a chemico-dynamics simulation. The simulation results show that the major cause of the significant decrease in NO<sub>x</sub> emissions during the combustion of high-concentration pulverized coal consists in a combustion deviating from the stoichiometric ratio. The disassociation action on NO<sub>x</sub> of a huge amount of CO produced under a uniform phase ignition mode can be explained as the second cause. **Key words** high-concentration pulverized coal, coal combustion, NO<sub>x</sub>, CO

立式上锅筒实际液位计算方法的探讨 = **An Exploratory Investigation of the Method for Evaluating Actual Water Levels in Vertical Steam Drums** [刊, 中] / Zou Xiang, Wang Liangyan (Guangzhou Energy Resources Research Institute under the Chinese Academy of Sciences) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1997, 12(5). - 345- 347

An analysis and discussion is given of the bubbling process in the case of underwater admission of steam-water mixture. Two kinds of methods for evaluating average section volumetric quality are compared with a calculation formula given, which facilitates the computation of actual water levels. The difference between an actual water level and a weight water level is dependent on the steam drum steam output and operating pressure. In the case of a medium and low-pressure range and a constant steam output a moderate increase in operating pressure can lead to an increase in actual gravity separation height, thereby enhancing the effectiveness of natural separation. Under certain circumstances the difference between the maximum water level and an average water level should not be taken lightly or disregarded. **Key words** vertical steam drum, water level, volumetric quality, evaluation

贾汪 PFBL-CC中试电站异形煤仓设计和试验 = **Design and Test of an Irregular-shaped Coal Bin for Jiawang PFBC-CC intermediary Test Power Station** [刊, 中] / Yang Yaping (Southeastern University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1997, 12(5). - 348- 350

With the help of Jike's design method of mass flow hopper bins some special issues in the design of hopper bins are analysed with a simplified treatment being proposed. A Study is conducted of the shape selection which can produce a mass flow in an irregular-shaped coal particle hopper bin. In addition, a model test has been conducted to verify the accuracy of the results. **Key words** coal bin, hopper bin, mass flow, slope, inner-flow valley