

无料钟炉顶设备的基本参数计算及布料器溜槽的设计

牟 杨 彭 飞

一重集团大连工程建设有限公司 辽宁省 大连市 116600

摘要: 无料钟炉顶已经成为高炉炼铁的必选设备。本文详细地论述了无料钟炉顶设备的基本参数计算和布料器溜槽的设计,给出了计算公式,为今后无料钟炉顶设备的设计提供参考依据。

关键词: 无料钟炉顶设备;基本参数;布料器溜槽

1 前言

1970年卢森堡威尔斯厂和保罗—伍尔斯(Paul-Wurth)公司所发明制造了一种无料钟布料器,即PW式无料钟炉顶设备。在1972年1月这种无料钟炉顶设备安装于德国Hanborg厂4号高炉(1445m³),标志着无料钟炉顶设备正式得到应用。PW式无料钟炉顶设备,它克服了原来各种布料器的基本缺陷,在技术上是一次重大的飞跃^[1]。

从上世纪80年代末,高炉无料钟炉顶在世界各国得到了迅速推广,尤其是特大高炉使用无料钟炉顶设备已经成为一种趋势。我国宝钢、鞍钢、首钢、武钢、马钢、等钢铁集团新建和改扩建的大型高炉均采用了无料钟炉顶技术,无料钟炉顶已经成为高炉炼铁的必选设备。

2 无料钟炉顶的基本参数计算

无料钟炉顶的基本参数计算一般由以下几项:

- (1) 料仓的容积。
- (2) 布料器的转速。
- (3) 节流阀和下密封法的内径。
- (4) 中心喉管的内径等。

计算的目的是为了保证有足够的装料能力、圆周均匀布料和不引起卡料。

2.1 料仓的有效容积一般取两车料(半批料)的最大容积。对于较小的高炉来说,为了延长下料时间—利均匀布料,可以采用3车料或4车料的容积。

2.2 布料器的转速要能保证圆周均匀布料,但转速太高对设备不利。一般来说,每次布料应该有10层左右的料(环形布料时)或10圈左右的料(螺旋布料或步进式同心圆布料时)。

通讯作者: 姓名:牟杨,出生年月:1985年3月13日,民族:汉族,性别:男,籍贯:山东潍坊,单位:一重集团大连工程建设有限公司,职位:营销工程师,职称:工程师,学历:大学本科,邮编:116600,研究方向:高炉炼铁设备

2.3 节流阀和下密封阀的孔径越小,每次布料时间就越长,在布料器转速一定的情况下,可以增加路后的布料层数。因此有利于均匀布料。此外,密封阀的尺寸小有利于修理更换,特别是对于耐热橡胶圈的制造商来说,涉及到胎具的尺寸,也希望小一些。但过小的节流阀和密封阀孔,会容易引起卡料。

2.4 中心喉管内径应比节流阀放料口内径小一些^[2]。因为原料经过中心喉管具有更大的速度,因此它到的下料能力基本上和上密封阀及节流阀的下料能力相当。

我们以1445m³和330m³有效容积的高炉为例进行计算。计算结果如下表:

高炉容积	D	L=πD	F=πD ² /4	Ra=F/L	v=0.6sin50°√3.2gRa	Ω=vF	V	t=V/Ω	n	N=t ⁶⁰ /n
米 ³	毫米	米	米 ²	米	米/秒	米 ² /秒	米 ³	秒	转/分	层数
1445	700	2.2	0.385	0.175	1.08	0.416	20	48	8	6
330	600	1.89	0.283	0.15	1.0	0.283	10	35	10	6

D—节流阀的内径
Ω—节流阀的放料率
n—布料器的转速
V—料仓的有效容积
t—每次布料时间
N—每次布料的层数

在计算过程中,涉及到原料从节流阀出来时的放料速度,我们可以采用如下公式^[3]:

$$v = \lambda \sin \alpha \sqrt{3.2gRa}$$

式中: v—原料出料仓口最小截面(即节流阀口)的速度, m/s。

λ—原料的流动系数,一般在0.4-0.7之间,焦炭取较小值,烧结矿取大值,本例取λ=0.6。

α—料仓出料口轴心线与水平线的夹角,本例取α=50°。

g—重力加速度, 9.8m/s²。

Ra—放料口的水平半径, m。它由下式求得:

$$Ra = F/L$$

式中: F—放料口的面积, m²。圆孔的面积为πD²/4。

L—放料口的周长, m。圆孔的周长为πD。

原料从节流阀口出来时,如果节流阀是4全部打开

的，放料口的面积和周长是可以按节流阀的内径D来进行计算的。表中就是根据节流阀全部打开时计算的。这时的放料能力是最大的，因此布料时间最短，布料层数也最少（6层）。实际工作时，一般不打开节流阀的全部开口度，这样可以延长下料时间，以达到足够的布料层数（如10层）。表中的1445m³高炉就是德国Hanborg厂4号高炉，即第一套无料钟炉顶的参数。料车容积为10m³，料仓容积为20m³，布料器转速为8转/分钟。当节流阀的开口角度较小时，使料仓的放料时间延长到80秒钟，可以使每次布料达到11层。

对于大型高炉，为了实现螺旋布料或者步进式同心圆布料，往往要求每次布料时间相等。由于各种原燃料流动系数λ的不同，要保证每次布料时间相等，必须改变节流阀的开口度。

焦炭布料时，节流阀的开口度较大。烧结矿布料时，节流阀的开口度较小。球团矿布料时节流阀的开口度最小。料仓内一般只装一种原料（如焦炭或者烧结矿）。因此每次放料时，要求节流阀的开口度一定，布料时不得改变节流阀的开口度。

对于330m³的小高炉，为了延长料仓的放料时间，不宜把节流阀和下密封阀的内径取得过小，因为过小的内径势必会引起卡料。这时可以采取增加料仓容积和提高布料器转速的办法来增加每次布料的层数。例如上表的计算中，把料仓的容积增加到4车料（4X2.5=10m³），同时布料器的转速提高到了10转/分钟。这样同样可以达到足够的布料层数。

为了保证原料通过中心喉管时能沿高炉中心线落入溜槽，中心喉管的内径应该尽可能的小一些。中心喉管的高度应该大于其内径的2倍。这是保证圆周均匀布料的重要条件。国外1445m³高炉的中心喉管内径为600mm^[4]，2800m³高炉的中心喉管内径为650mm^[5]。对于小高炉来说，为了不引起卡料，中心喉管的内径不能太小，例如马钢13号高炉的中心喉管，设计时采用了450—500mm。

不论大高炉还是小高炉，采用无料钟炉顶的重要条件是原料必须“整粒”，对于烧结矿和焦炭的上限尺寸必须有所限制（例如小于100mm或150mm）。

3 布料器溜槽的设计

布料器作为高炉炉顶装料设备的一个重要部分，是关系到高炉能否正常生产的关键环节之一，而布料器溜槽是布料器中的一个关键环节。从结构完整性上看，它应该属于布料器的一个部件，但由于其特殊的地位和关

键的作用，在设计、采购和备品备件时，往往都将它视为一个独立的设备来进行处理。

无料钟炉顶装料设备的合理布料是由布料器通过布料器溜槽对料流的干涉作用来实现的。布料器溜槽的失效会直接导致整个无料钟炉顶装料设备合理布料功能的丧失。

3.1 布料器溜槽结构的设计

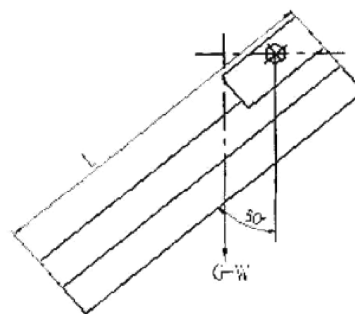
布料器溜槽，是无料钟炉顶装置的易损部件。随着无料钟布料设备的发展，布料器溜槽的结构也逐步多样化，如弧形溜槽和矩形溜槽等。在无料钟设备的布料器溜槽这一机构上，对料流轨迹发生影响的既有设计因素也有操作因素。其中设计因素包括布料器溜槽的长度和内衬结构形式，操作因素则有控制布料所设定的溜槽倾角、转速和旋转方向^[6]。

布料器溜槽由本体和衬板组成。本体一般为耐热合金钢铸件，能在600°C下正常工作。衬板材质为高硬质合金，在温度为600°C时RC=50。另外溜槽长度与炉喉直径相适应。溜槽过长，会使倾角范围相应缩小，而且溜槽倾角每变化一度，堆尖移动幅度也增大。这样，溜槽倾角的变化对布料的影响更敏感。反之，溜槽过短，则必须加高倾动中心与料线的距离，这会造成炉料的破碎。而且溜槽过短，布料时溜槽较平，炉料对溜槽的摩擦力增大，溜槽的寿命会缩短。

3.2 布料器溜槽受力和转矩计算

布料器所受外力，只有溜槽自重和料的冲击力。考虑到炉料在溜槽中作流动运动，无定量，溜槽受料冲击力较小，因此考虑布料器最大受力简化成重量为满槽炉料的重量。烧结矿堆密度 $\rho=1.8 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ，溜槽容积 $V=\pi R^2 L/2$ 。溜槽内料重 $w=V\rho$

溜槽受力分析如图所示。由于溜槽在布料工作过程中，最大为50°时受力最大，故对此计算。此时的起动力距 $M=(G+W)XL/2X\sin 50^\circ$ 。



溜槽受力分析图

4 结束语

布料器作为无料钟炉顶装料设备的核心,在无料钟炉顶装料设备的设计过程中占据着最重要的地位。在无料钟炉顶的基本参数计算中,布料器的转速及中心喉管内径均属于布料器设计。布料器设备中的易损件有两个:1.中心喉管,2.布料器溜槽。而这两个部件又恰好是布料器最重要的基本设计。在进行无料钟炉顶装料设备设计时,首先就应计算好中心喉管内径和布料器溜槽设计,这样才能设计的可行性。

参考文献

[1]严允进主编.《炼铁机械》.北京:冶金工业出版

社,2002

[2]冶金工业部重庆钢铁设计研究院.炼铁机械设备设计.北京:冶金工业出版社,1982

[3]严允进.《钢铁》,1964

[4]严允进.首钢钢研所编《科技情报》,1976

[5]任延志,盛义平.无料钟布料器溜槽结构尺寸的研究.重型机械,1995

[6]顾德仁.炉料在无料钟高炉不同布料器下运动轨迹的试验研究.宝钢技术,1997