BGⅢ型高炉布料器运动分析*

张建东,吴崇兰

(内蒙古包钢钢联股份有限公司炼铁厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章通过对包钢BGⅢ型布料器结构进行分析,求出溜槽在整个旋转和倾动过程中对布料器各部件产生的最大值负荷。构建了合理的力学模型,核算了电机及油缸的负载能力,证明了原设计选型的合理性。同时为布料器其它部件的结构改进和受力计算提供基础数据支撑,为布料器的结构优化提供理论支持。

关键词: 布料器; 使用寿命; 运动学分析; 溜槽

中图分类号: TF573 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)04-0056-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.04.020

Kinematic Analysis on BGⅢ Distributing Device of Blast Furnace

Zhang Jian-dong, Wu Chong-lan

(*Iron-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the maximum value of load for the chute to each component of distributing device in the entire rotation and tilting process is calculated by analyzing the structure of BGIII distributing device of Baotou Steel. The load capacities of motor and oil cylinder are checked and calculated by establishing the reasonable mechanical model, which has proved the original design and type-selection were reasonable, provided the basic data support for the structural improvement and stress calculation of other components as well as the theoretical support for the structure optimization of distributing device.

Key words: distributing device; service life; kinematic analysis; chute

包钢Ⅲ型布料器于2001年包钢1#高炉扩容改造投入运行,它是在BG-Ⅰ型和BG-Ⅱ型布料器基础上,经分析改进,机械优化而重新设计的,具有结构简单、工作可靠、检修方便、能耗低等优点。

1 布料器工作原理

布料器结构简图如图1所示[1]。布料器安装于炉顶钢圈上,依靠溜槽旋转及倾动完成高炉物料的多环布料。具体通过以下各零部件完成。

溜槽旋转(β角运动)主传动:主电机1→小齿轮2→上部回转支承3→耳轴转套4→溜槽8。

溜槽倾动(α角运动)副传动:直线油缸9→托圈10→下部回转支承11→钢圈12→曲柄5→溜槽8。

2 布料器运动分析

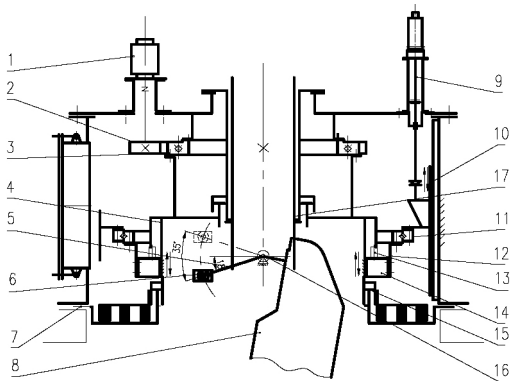
改造后的布料器结构变化较大,各零部件重量有所增加。其中因溜槽加宽其重量从4 080 kg增加

* 收稿日期:2018-05-30

作者简介:张建东(1978-),男,内蒙古包头市人,工程师,在读硕士,现从事设备管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

到 5 290 kg，整个布料器重量由 30 t 增加到 36 t，所以需对电机功率、油缸能力以及一些关键零件的强度进行验算。



1 – 电机及摆线针轮减速机；2 – 齿轮；3 – 上回转支承；4 – 耳轴转套；5 – 曲柄；6 – 滚子；7 – 水冷底盘；8 – 溜槽；9 – 油缸；10 – 托圈；11 – 下回转支承；12 – 钢圈；13 – 自动单点润滑器；14 – 定心块；15 – 氮气密封装置；16 – 耳轴；17 – 喉管

图 1　布料器结构简图

2.1　电机功率验算

从布料器的传动原理可知，随溜槽倾角的变化，布料器各零件受力情况不同，通过计算可得当溜槽处于最大倾角 45°时，整个系统旋转需要的功率最大。

2.1.1　溜槽重心的计算

溜槽截面如图 2 所示：

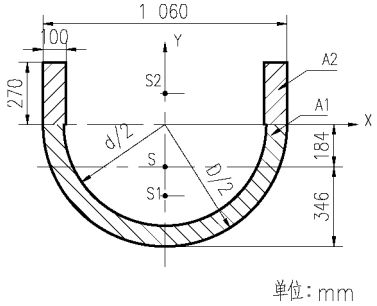


图 2　溜槽截面

图中 $D = 1\ 060$ mm，$d = 880$ mm；

直段重心 $S_2 = 135$ mm

圆弧重心 $S_1 = \dfrac{2(D^2 + D \cdot d + d^2)}{3\pi(D + d)} = -310$ mm

半圆 $A_1 = \dfrac{(530^2 - 440^2)\pi}{2} = 137\ 130.52$ mm^2

直段面积 $A_2 = 27\ 000$ mm^2

总重心 $S = \dfrac{S_1 \cdot A_1 + 2S_1 \cdot A_2}{A_1 + 2A_2} = -184$ mm

2.1.2　受力分析计算

对溜槽和曲柄作受力分析，图 3 为溜槽与铅垂面夹角为 α 时的受力图。图中 G_1 为溜槽重力及料重重力之和 70 400 N；G_2 为两滚子重力 504 N；G_3 为两曲柄重力 1 104 N；G_4 为两耳轴重力 2 224 N；G_5 为托架重力 8 700 N；L 为溜槽重心 A 到耳轴中心 O 的距离 1 677.5 mm；N、Fy 分别表示单侧曲柄端部和耳轴所受支承力。

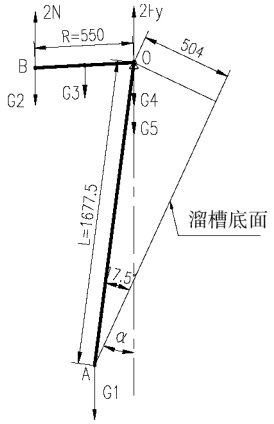


图 3　溜槽受力图

按受力图列平衡方程：

$$2N + 2Fy = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 \quad (1)$$

$$G_1 \cdot L \cdot \sin(\alpha - 17.5°) + G_2 \cdot R \cdot \cos(28° - \alpha) + G_3 \cdot R \cdot \cos(28° - \alpha) = 2N \cdot R \cdot \cos(28° - \alpha) \quad (2)$$

炉料在溜槽中作流动运动，无定量，溜槽受料冲击力较小，考虑布料器最大受力，简化成重量为满槽烧结矿的重量，按其重心与溜槽重心重合计算。烧结矿的堆密度 $\rho = 1.8$ t/m^3，则料重：

$$G' = \frac{\pi R^2}{2} \cdot l \cdot \rho = 17\ 500 \text{ N}$$

（其中：$R = 440$ mm，$l = 3\ 200$ m）代入各参数于（2），得（3）式：

$$11\ 809\ 600 \cdot \sin(\alpha - 17.5°) + 58\ 080 \cdot \cos(28° - \alpha) = 2N \cdot 550 \cdot \cos(28° - \alpha) \quad (3)$$

耳轴转套及上回转支承外环受力分析如图 4 所示。图中 N' 为上回转支承半体所受正压力；T 为小齿轮给回转支承的圆周力；f_1 为上部回转支承外环所受的摩擦力；F' 为定心块给耳轴转套的圆周力；Fy 为耳轴对耳轴转套的压力；μ_1 为上部回转支承的滚动摩擦系数；G' 为耳轴转套、回转支承外环、外环螺

中国知网　https://www.cnki.net

栓的总重力36 710 N。

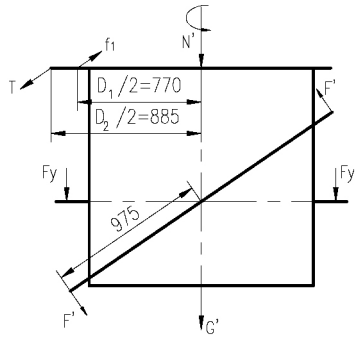


图4 耳轴转套及上回转支承外环受力图

列出力及力矩平衡方程式:

$$N' = 2Fy + G' \tag{4}$$

$$f_1 = N' \cdot \mu_1 \tag{5}$$

$$T \cdot \frac{D_2}{2} = 2F' \cdot 975 + f_1 \cdot \frac{D_1}{2} \tag{6}$$

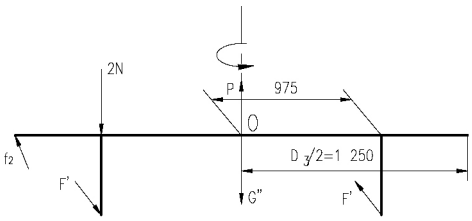


图5 下部回转支承内环及钢圈受力图

下部回转支承内环及钢圈受力分析如图5所示。P为回转支承和钢圈所受的拉力;f_2为回转支承内环所受的摩擦力;$2N$为回转支承和钢圈所受的压力;μ_2为下部回转支承的滚动摩擦系数;G''为钢圈、回转支承内环、内环螺栓的总重力14 420 N列出力及力矩平衡方程式:

$$P = 2N + G'' \tag{7}$$

$$f_2 = P \cdot \mu_2 \tag{8}$$

$$f_2 \cdot \frac{D_3}{2} = 2F' \cdot 975 \tag{9}$$

则电机对回转支承的转矩M为

$$M = T \cdot \frac{D_2}{2} = (2N + G'') \cdot \mu_2 \cdot \frac{D_3}{2} + (2Fy + G') \cdot \mu_1 \cdot \frac{D_1}{2}$$

式中,$\mu_1 = 0.003$,$\mu_2 = 0.003$[2],则当溜槽处于不同的角度时,代入相应的数值得到α与电机转矩对应关系如表1所示。

表1 α与电机转矩M的对应关系

α/(°)	M/(N·m)
10	278.4
20	334.2
35	414.0
45	481.0

可见当溜槽处于最大角度时所需力矩最大(此时$T = 543.5$ N),所以按$\alpha = 45°$计算电动机功率P(kW)[1]:

$$P = \frac{T_z \cdot n}{9\,550} = \frac{M}{\eta_c \cdot i} \cdot \frac{n}{9\,550}$$

式中:T_Z—电动机轴上静阻负荷转矩(N·m);

n—电动机转速1 440 r/min;

M—轴上的转矩(N·m);

i—电动机与工作机构轴间的传动比;

η_C—传动机构总效率。

$\eta_C = 0.82$,$i = 29$,则$P = 3.05$ kW,而我们所使用的电机为7.5 kW,证明电机能力足够。

2.2 油缸油压校核

由受力分析计算得α与N、Fy、N'对应关系,如表2所示。

表2 几组α与N、Fy、N'的对应关系

α/(°)	N/N	Fy/N	N'/N
10	-14 210	55 676	148 060
20	5 254	36 210	109 130
35	33 050	8 416	26 770
45	52 360	-10 900	14 910

由表2可知,当溜槽处于最大倾角时,它对钢圈的压力最大,则此时所需油缸的拉力最大,按此状态进行校核。托圈在上下滑动中,尽管受摩擦力,但箱体对托圈的机械控制,使托圈始终处于平衡状态。托圈周向力矩合为零。受力简图如图6所示,正压力P及摩擦力f对X轴的力矩为零(力臂为零),对Y轴的力矩合为零。

当溜槽旋转任意角度β时,建立图示坐标系:

列平衡方程:$\Sigma M_X = 0$

$\Sigma M_Y = 0$

中国知网 https://www.cnki.net

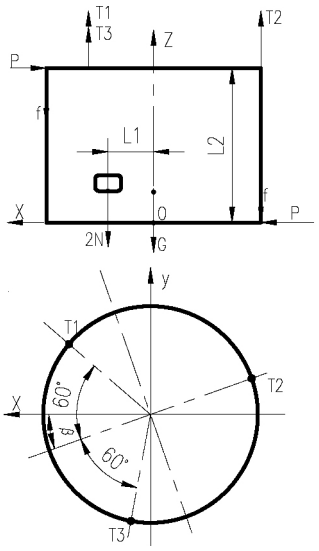


图 6　托圈受力图

即: $T_1 \cdot R \cdot \sin(60° - \beta) + T_2 \cdot R \cdot \sin\beta = T_3 \cdot R \cdot \sin(60° + \beta)$

$T_1 \cdot R \cdot \cos(60° - \beta) + T_3 \cdot R \cdot \cos(60° + \beta) = T_2 \cdot R \cdot \cos\beta$

推出: $T_1 = T_2 = T_3$,说明无论溜槽旋转处于何种角度,三个油缸的拉力是相等的。则可列出平衡方程:

$$3T = G + 2N + 2f \quad (10)$$

$$2N \cdot L_1 = P \cdot L_2 \quad (11)$$

$$f = \mu \cdot P \quad (12)$$

式中,G 为托圈、钢圈、大回转支承、定心块、螺栓、吊杆等重力之和,共 49 050 N。

$2N = 104\ 720$ N(当溜槽倾角 $\alpha = 45°$)

$L_1 = 526$ ($\alpha = 45°$)

$L_2 = 980$

$\mu = 0.16$(青铜和钢的摩擦系数[1])

把各参数代入以上相应各式,得:

$P = 56\ 200$ N

$T = 57\ 250$ N

布料器所用驱动油缸: Y - HG1 - Eφ100/φ56 × φ350LF_3 - HL_1O

则所需油压: $E = \frac{T}{A} = \frac{T}{(100^2 - 56^2) \cdot \frac{4}{\pi}} = 1.06\ \mathrm{kg/mm^2} = 10.6$ Mpa

小于系统油压 16 Mpa,所以油缸能力足够。

3　结束语

实践证明,BG Ⅲ型布料器无论是使用稳定性还是能耗都较之以前的布料器有很大改善,为高炉利用系数的提高提供了有利保证。它的优点是构造简单,制造容易,基本免于维护,工作可靠性高。目前成功地应用于炼铁厂 1#、3#、5#、6#高炉,BG Ⅲ型布料器的各项技术指标都优于 BG - Ⅱ型布料器,主要参数达到了行星齿轮箱布料器指标,具有推广价值。

参　考　文　献

[1] 韩建军 张卫东 孙俊英. 包钢 BG 型布料器替代常规齿轮箱布料器[J]. 包钢科技,2009,(4):61 - 63.

[2] 成大先. 机械设计手册 第一卷[M]. 北京: 化学工业出版社,2009.

欢迎订阅《包钢科技》杂志

邮发代号: 16 - 151　　**定价:** 90 元/年

地　　址: 内蒙古包头市昆区河西工业园区包钢技术中心《包钢科技》编辑部

邮　　编: 014010

联系电话: 0472 - 2186065　　0472 - 2183081

联 系 人: 康晓虹

《包钢科技》编辑部

中国知网　https://www.cnki.net