

逆流干燥机扫仓搅龙运动参数研究^①

邵长发^② 毛志怀

(中国农业大学机械工程学院)

摘要 扫仓搅龙的运动参数,尤其是公转速度,直接影响逆流干燥机的工作性能。此前只能通过样机反复试验进行参数修改,才能获得比较满意的结果。文中通过对扫仓搅龙进行运动学和力学分析,推导出扫仓搅龙公转速度的表达式,从而在烘干机的设计阶段即可知道合理的扫仓搅龙公转速度值。应用结果表明,研究结论完全符合实际要求。

关键词 烘干机;扫仓搅龙;公转速度

分类号 S 226.600.2

Study of Movement Parameters of Sweep Auger of Counter-flow Drier

Shao Changfa Mao Zhihui

(College of Machinery Engineering, CAU)

Abstract The performance of the counter-flow drier is effected seriously by the kinematic parameters of the sweep auger, especially the revolution speed. The kinematics and dynamics analyses of the auger were carried out, and the expression of the revolution speed of the auger was developed. Therefore, the rational values of the revolution speed can be obtained in the stage of drier design. The test results showed that the practical requirements can be met by the optimal parameters of the auger.

Key words drier; sweep auger; revolution speed

在仓式或平床式逆流谷物烘干机中,扫仓搅龙在仓底一边自转一边公转,将下层已被烘干的谷物一层层排出,仓内谷物在重力的作用下,缓慢向下流动,由下而上逐渐得到干燥。扫仓搅龙必须具有足够的公转速度,上述工作过程才能正常进行;因此,研究扫仓搅龙运动参数,特别是公转速度及其影响因素,是优化干燥机主机结构参数的关键。

1 扫仓搅龙的运动学分析

1.1 公转速度与自转速度

为使扫仓搅龙同时获得自转和公转运动,选用差动轮系机构作为其驱动装置。在理想状态下,即扫仓搅龙作纯滚动时,当主动轮 Z_1 作匀速转动时,搅龙公转速度 n_H 与自转速度 n_2 之间的关系式为

收稿日期:1999-07-13

①原国家科委“九五”重点攻关项目

②邵长发,北京清华东路17号中国农业大学(东校区)112信箱,100083

$$n_H = n_1 - \frac{z_2}{z_1} n_2 \quad (1)$$

式中 n_2 和 n_H 是不固定的,公转速度不仅随外界因素的变化而改变,而且与自转速度相互制约。为使公转速度具有固定不变的数值,在原有轮系上增加一定轮 z_4 ,使 $z_4 = z_1$,于是有固定的公转速度和自转速度: $n_H = n_1/2$, $n_2 = 0.5(z_1/z_2)n_1$,其中 $z_1 > z_2$ 。通过调整锥齿轮的齿数比(z_1/z_2),使得搅龙自转与公转速度匹配,以满足干燥机的性能要求。然而不难发现,作为逆流干燥机扫仓搅龙的驱动装置,该箱体将很庞大并且结构复杂,因此,用增加定轮以获取稳定公转速度的方法是不可取的。

1.2 动轮 z_4 的补偿作用

当扫仓搅龙作纯滚动,并左、右搅龙为对称结构即平衡状态时,其公转速度与自转速度有式(1)关系,且相对稳定。然而,由于加工制造误差、工作环境的影响,平衡常被破坏,至使搅龙转速不稳定。为此,增加一动轮 z_4 ($z_4 = z_1$):在平衡状态下,游动轮 z_4 被左、右行星轮带动,不起作用;一旦平衡被打破,一侧搅龙的阻力增加,出现了瞬时滑移,而此时 z_4 在另一侧正常工作搅龙的驱动下继续转动,便助推受阻一侧齿轮,从而使左、右搅龙的工作状态重新趋于平衡。由此可见,通过游动轮 z_4 的补偿作用,扫仓搅龙可以获得相对平稳的公转速度和自转速度。

2 扫仓搅龙的力学分析

2.1 公转速度的力学表达式

烘干机工作时,由于物料的阻力,使得扫仓搅龙的纯滚动状态被破坏,公转速度处于时大、时小,时有、时无的不稳定状态,此时,表现现象是,扫仓搅龙的公转速度极低,以至于搅龙公转1周,整仓谷物将全部被排尽,完全破坏了将已烘干的谷物一层层排出的工作程序。现应用动力学原理,研究扫仓搅龙临界状态(即搅龙纯滚动即将被破坏的瞬间)的公转速度。

为突出主要因素并使问题简化,兹作如下假设:1)仓内装满谷物,即粮层厚度等于仓体高 h ;2)搅龙各叶片所受谷物的摩擦阻力相同,且集中作用于半径 r 处;3)变速器及其箱体与仓架的摩擦不计。于是,在临界状态下,由于谷物重力 G 的作用,任一叶片 i 所受的摩擦阻力矩 M_i 为

$$M_i = F_f \cos \theta L_i = G f_w \cos^2 \theta L_i$$

式中: F_f 为摩擦阻力; θ 为搅龙叶片螺旋角; L_i 为摩擦阻力臂, $L_i \approx S_x$ (S 为搅龙螺距); f_w 为谷物对搅龙钢叶片的摩擦因数(即谷物的外摩擦因数)。

将 M_i 沿搅龙长度积分,得到扫仓搅龙所受的摩擦阻力矩

$$M_{iw}(x) = G f_w \cos^2 \theta [S_x(1+x)/2]$$

式中 $x=1, 2, 3, \dots, n, n < N, N=R/S$ 。其中 R 为仓体半径, n 为扫仓搅龙叶片序号。

根据力矩平衡条件,有

$$T - M_{iw} = 0$$

式中 T 为变速器的公转力矩, $N \cdot mm$, $T = k_1(P/n_H)$,其中 k_1 为力矩折算系数(95.5×10^5), P 为变速器的输入功率, kW 。于是,扫仓搅龙公转速度 n_H 的表达式为

$$n_H = k \frac{P[(2\pi r/s)^2 + 1]}{G f_w S_x(1+x)} \quad (2)$$

式中 k 为修正系数, $k = k_1 k_2 k_3$, k_2 为各叶片摩擦阻力不均且为分布力的修正系数(由实验确定), k_3 为考虑减速器及其他摩擦损耗的影响系数(由实验确定)。

2.2 扫仓搅龙的许用公转速度

由散体力学^[1]知,当仓体高度小于或等于其宽度尺寸时,相当于宽容器(即不计侧壁摩擦力的作用),其中任意深度 h 处,由物料柱自重引起的单位面积上的垂直压力为

$$p = h\gamma$$

式中: h 为仓高, mm; γ 为被处理谷物的容重, $\text{N}\cdot\text{m}^{-3}$ 。于是,作用于搅龙叶片的谷物重力为

$$G = Ap = Ah\gamma$$

式中 A 为搅龙叶片在水平面上的投影面积。

当干燥机处理的谷物和扫仓搅龙叶片的最大外径确定之后,其重力 G 仅与仓体高度 h 有关,即 $F \propto h$; 又由式(2)可知, $n_H \propto 1/G$, 即仓体越高,扫仓搅龙的公转速度越低; 因此,当依据设计要求选定仓高 h 后,按最大粮层厚度等于仓高 h 时的谷物重力 G 来计算扫仓搅龙的公转速度,即为该干燥机的最小公转速度。当它足够大,能满足干燥机性能要求时,这便是该设备扫仓搅龙的许用公转速度 $[n_H]$; 否则,应该对影响公转速度的相关参数进行调整。

3 影响扫仓搅龙公转速度的相关参数

已知条件: 驱动功率 $P = 1.1 \text{ kW}$, 物料对钢的摩擦因数 $f_w = 0.35$, 仓体高 $h = 1.2 \text{ m}$, 扫仓搅龙的最大直径 $D = 70 \text{ mm}$ 和螺距 $S = 65 \text{ mm}$ 。将它们代入式(2), 得到图1所示的曲线, 下面讨论相关参数对 n_H 的影响。

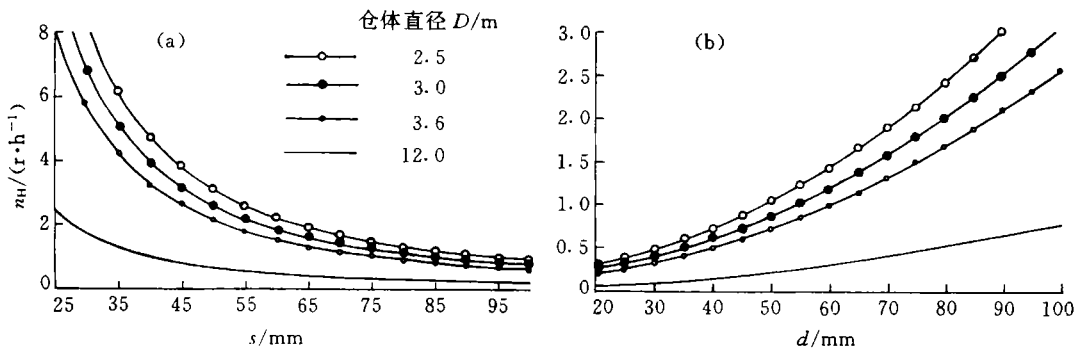


图1 搅龙公转速度 n_H 随螺距 S (a)和外径 D (b)的变化曲线

3.1 扫仓搅龙螺距

图1(a)所示为几种不同仓体直径 D 的扫仓搅龙公转速度 n_H 随其螺距 S 而变化的曲线。该曲线表明, n_H 随 S 的增大而降低, S 较小时, n_H 的变化梯度较大, 而当 S 达到一定值时, n_H 的变化趋于平缓, 并且此时干燥机仓体直径的影响几乎可以忽略不计。图1(a)还表明, 当其他条件不变时, 欲提高扫仓搅龙的公转速度 n_H , 搅龙螺距 S 应取小值, 当然还应统筹考虑谷物输送的流畅性^[2]。

3.2 扫仓搅龙外径 D

仓体直径不同时, 扫仓搅龙的公转速度 n_H 与其外径 d 的非线性关系见图2(b), 可见随着 d 的增大, 其公转速度 n_H 也相应提高。因此, 适当加大扫仓搅龙的直径能使公转提速。值得注

意的是,当烘干机仓体较大(如图示 $D=12\text{ m}$)时,靠增大搅龙直径来提高其公转速度是不适宜的。另外, d 值的增减还应考虑该烘干机的生产率^[2]。

3.3 变速器的输入功率

克服摩擦阻力矩的主动力矩是变速器的公转力矩 $T(T=k_1P/n_H)$ 。如前所述,在临界平衡状态下, $n_H \propto P$,因此,可以采取加大动力的办法来提高扫仓搅龙的公转速度。

3.4 谷物的容重和摩擦因数

在散体力学^[1,3,4]中,通常用堆积重度(容重) γ 、内摩擦因数 f 和外摩擦因数 f_w 来反映散粒物料的特征,并认为在一般情况下,物料的内摩擦角等于其静堆积角(休止角),不同的谷物因其休止角不同,摩擦因数也不相同。

而谷物的容重不仅随谷物种类而异,还因谷物某些物理特性如含水量等的变化而改变。由式(2)可知,当被处理的谷物,其外摩擦因数 f_w 和容重 γ 较大时,烘干机动力应适当选大些,而扫仓搅龙螺距应相应减小,从而获得足够的公转速度 n_H ,以满足该设备的性能要求。

4 试验验证

按上述讨论,对 5HNP 型平床逆流烘干机 3 种机型的有关参数进行优化处理,测得搅龙运动参数的试验数据,如表 1 所示。试验数据表明,扫仓搅龙的自转和公转速度匹配合理且相对平稳,已烘干的谷物被一层层排出,不扰动谷层,仓内保持一定的温度与湿度梯度,完全满足整机的性能要求。

表 1 测定的搅龙运动参数

自转速度 n_2 / $r \cdot \text{min}^{-1}$	公转速度 n_H / $r \cdot \text{h}^{-1}$	扫仓 1 周时间/ min	扫仓 1 周的排粮厚度/ cm	烘干层厚度/ cm
255.94~255.96	1.87~1.6	16~18	10~12	15

5 结 论

1) 采用有补偿轮的差动轮系结构,扫仓搅龙能获得相对平稳的自转速度和公转速度。

2) 利用本文提供的公式,在设计阶段便可以估算出所设计的烘干机扫仓搅龙公转速度的许用值,而在过去,只有通过样机进行反复实验和进行参数修改才能得到满意结果。

3) 按照设计要求选定某一公转速度以后,运用本文提供的公式便可确定所设计的谷物烘干机的相关参数。这为优化干燥机的结构提供了可靠依据。

参 考 文 献

- 1 洪致育,林良明. 连续运输机. 北京:机械工业出版社,1982. 7~19
- 2 邵长发,毛志怀. 逆流谷物烘干机扫仓搅龙结构参数研究. 农业工程学报,1999,15(1):210~213
- 3 何金榜,延 曦. 谷物干燥机. 北京:中国农业机械出版社,1989. 85~150
- 4 镇江农机学院. 农业机械学. 北京:中国农业机械出版社,1981. 317~330