



- 设为首页
- 加入收藏
- 联系我们
- 投稿须知

2008年3月4日星期二

[网站首页](#)
[同兴广告](#)
[企业名录](#)
[行业资讯](#)
[技术文章](#)
[网络刊物](#)
[在线订购](#)
[编读互动](#)



站内搜索:

类别: [全部类别](#)

[全部范围](#)

[点击下载读者调查表](#)

### 会员登录

用户名:

密码:

验证码:  7842

### 相关文章

- 新型饲料预混机的结构改进与...
- 称重式油脂添加设备的系统设...
- 从后处理工艺提高植酸酶热稳...
- 挤压膨化技术在畜牧业中的应...
- 在线清筛机构在粉碎机中的运...
- 50%粉剂氯化胆碱干燥工艺的选...
- 谈温度自动控制系统在虾料稳...
- 基于灰色关联的饲料螺杆膨化...
- 浅析一种液体酶后喷涂设备的...
- 如何正确维护和使用刮板输送...

### 合作伙伴



## 大型烘干机开发技术探讨

作者:赵晓明

期号: 2006年第9期

**摘要** 在中型牧草烘干机开发成功的基础上,认真分析了大型烘干机的各项技术指标,依据相似的设计方法,以时产1 000千克干草的烘干机为例,说明其主要指标的设计与计算,为成功开发大型烘干机提供一条技术路线。

**关键词** 烘干机; 开发; 物料衡算; 热量衡算  
**中图分类号** S817

长期以来,在我国因加工问题的困扰,草业扩大种植和形成产业化受到了制约,草产品加工一直靠传统的自然晒干方法,容易受到天气条件的制约,牧草饲用价值得不到充分利用,而且加工时间长,质量低下,浪费严重,难以形成商品化。如何开发大型烘干设备,以进行草业的深加工,促使草业商品化尽快发展,是一个亟待解决的问题。

### 1 1000型烘干机主要指标计算和分析

#### 1.1 干燥介质为热风的干燥流程

干燥装置为回转干燥筒,干燥介质为热风,即加热空气。含有水蒸气的空气称为湿空气,湿空气的状态参数主要有:焓I、温度t、含湿量d、相对湿度φ等。

焓I: 焓是一个复合状态参数。若湿空气的状态变化是定压过程,用焓差来表示湿空气状态变化前后的热量变化。湿空气的焓是以1kg干空气作为计算基准,即温度为t时1kg湿空气的焓等于温度为t时1kg干空气的焓与d/1000kg水蒸气的焓之和。

温度t: 表示空气冷热程度的参数。测量温度的标尺称温标。目前通用的温标有两种——摄氏温标t(°C)与绝对温标T(K)。

含湿量d: 在1kg干空气中所含水蒸气的质量(g)称湿空气的含湿量。

相对湿度φ: 所谓相对湿度,就是未饱和空气的绝对湿度Z与同温度下饱和空气的绝对湿度Z<sub>h</sub>的比值。

在干燥流程中,湿空气的状态变化可看作定压过程,状态参数为I<sub>0</sub>、t<sub>0</sub>、d<sub>0</sub>、φ<sub>0</sub>。外界空气,经高温热风炉的换热器加热后,其状态参数变为I<sub>1</sub>、t<sub>1</sub>、d<sub>1</sub>(=d<sub>0</sub>)、φ<sub>1</sub>,再由风机引入干燥装置去烘干湿草。在干燥装置中,干燥介质传热给牧草,使牧草的水分蒸发出来,干燥装置温度下降,并带走从牧草里蒸发出来的水蒸气,再由干燥装置末端排出,此时干燥介质温度变为I<sub>2</sub>、t<sub>2</sub>、d<sub>2</sub>、φ<sub>2</sub>。废气由主装置风机抽走,排入大气。这样,质量成为G<sub>1</sub>、含水率为ω<sub>1</sub>、温度为θ<sub>1</sub>的湿牧草经过干燥装置烘干后,达到要求的含水率ω<sub>2</sub>、质量变为G<sub>2</sub>、烘干牧草升温至θ<sub>2</sub>。此时干燥流程完毕,干草由出料器卸出。由热风、废气的状态参数和湿、干物料的有关数据进一步计算,就能得出干燥流程的能耗、气耗和干燥装置热效率等。

#### 1.2 1000型烘干机的计算条件

环境条件: 外界空气温度t<sub>0</sub>=27°C; 相对湿度φ<sub>0</sub>=80%; 大气压力B=760mmHg。

干燥装置进口干燥介质(热风)温度t<sub>1</sub>有三种方案: 700、650、600°C。



湿牧草初始含水率:  $\omega_1=70\%$ 。  
 干草要求达到的含水率:  $\omega_2=10\%$ 。  
 烘干装置出口废气温度 $t_2$ 有4种方案: 100、120、140、160℃。  
 主风机处的相应废气温度 $t_3$ 分别为: 80、90、100、110℃。  
 湿草初始温度:  $\theta_1=27^\circ\text{C}$ 。  
 干草升高温度:  $\theta_2=80^\circ\text{C}$ 。  
 机组生产能力(干草产量):  $G_2=1\ 000\text{kg/h}$ 。

1.3 计算所需供给湿草量 $G_1$ 和脱水量 $W_s$   
 已知计算条件中含水率 $\omega$ 是采用通用的湿基表示法, 即把湿物料质量作为100%, 而湿物料中水分质量在湿物料中所占的百分数来表示湿物料的含水率。  
 分别用下面公式计算所需湿牧草量 $G_1$ 和脱水量 $W_s$ :

$$G_1(\text{kg/h}) = G_2(100\% - \omega_2) / (100\% - \omega_1);$$

$$W_s(\text{kg/h}) = G_2(\omega_1 - \omega_2) / (100\% - \omega_1);$$

计算结果见表1

表1 设计参数计算结果

项目	结果
湿牧草初始含水率 $\omega_1(\%)$	70
烘干牧草要求达到的含水率 $\omega_2(\%)$	10
机组生产能力, 即产量 $t_i(\text{kg/h})$	1 000
所需湿牧草量 $t_i(\text{kg/h})$	3 000
脱水量 $W_i(\text{kg/h})$	2 000

1.4 计算外界空气的含湿量 $d_0$ 和焓 $I_0$

含湿量:  $d_0$

$$d_0(\text{g/kg}) = 622 \times (\Phi_0 P_{bh}) / (B - \Phi_0 P_{bh})$$

式中:  $\Phi_0$ ——外界空气的相对湿度, 并且, 已知外界空气温度为 $t_0=27^\circ\text{C}$ 时, 相对湿度 $\Phi_0=80\%$ ;  $P_{bh}$ ——饱和湿空气中水蒸气分压力 (mmHg), 查《空气的物理性质表》,  $t_0=27^\circ\text{C}$ 时,  $P_{bh}=26.50\text{mmHg}$ 。

由上式可计算出外界空气含湿量 $d_0=17.85(\text{g/kg})$ 。

湿空气的焓 $I$ :

$$I(\text{kJ/kg}) = I_{gt} + d/1000 I_{zqt}$$

式中:  $I_{gt}$ —— $t^\circ\text{C}$ 时1kg干空气的焓;

$I_{zqt}$ ——温度为 $t$ 时, 1kg过热水蒸气的焓 (kJ/kg)。

$$I_{gt}(\text{kJ/kg}) = ct$$

式中:  $c$ ——干空气的定压比热, 其值为 $1.00\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ;  
 $t$ ——干空气的温度( $^\circ\text{C}$ ), 此处为外界空气温度 $t_0=27^\circ\text{C}$ ;

$$I_{zqt} = 2\ 491.15 + 1.97t$$

式中: 2 491.15—— $0^\circ\text{C}$ 的水变成饱和水蒸气时所吸收的汽化潜热 (kJ/kg);

1.97——过热水蒸气的定压比热 [ $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ];

$t$ ——过热水蒸气的温度( $^\circ\text{C}$ ), 其数值等于干空气的温度。

温度为 $T_0$ 时, 空气的焓:

$$I_0(\text{kJ/kg}) = ct_0 + (2491.15 + 1.97t_0) d_0 / 1000$$

将有关数值代入, 得到:

$$I_0 = 72.56(\text{kJ/kg})$$

1.5 计算干燥介质热风进入干燥装置时的含湿量 $d_1$ 和焓值 $I_1$

因为干燥介质热风是吸取环境温度下的空气, 经热风炉换热而生成, 所以含湿量未变, 即有:

$$d_1 = d_0 = 17.85(\text{g/kg})$$

计算 $I_1$ , 因为 $t_1$ 有700、650、600℃三种方案, 现分别进行计算, 将 $d_1$ 和 $t_1$ 的值代入公式

$$I_1(\text{kJ/kg}) = ct_1 + (2\ 491.15 + 1.97t_1)$$



$Q_{bc}$ ——被蒸发的1kg水在干燥装置获得的补充加热;  
 $Q_{gw}$ ——蒸发的1kg水物料由 $\theta_1$ 升高到 $\theta_2$ 所消耗的热量, 称物料升温损失;  
 $Q_{sr}$ ——蒸发1kg水的过程中, 干燥室表面散失的热量。  
 $Q_{gw}(\text{kJ/kg}) = G_1 C_2 (\theta_2 - \theta_1) / W_s$

式中:  $C_2$ ——烘干物料的比热。  
 $C_2(\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}) = \omega_2 / 100 C_s + (100 - \omega_2) / 100 C_g$   
 式中:  $C_g$ ——绝对干物料的比热;  
 $C_s$ ——水的定压比热。

代入后得:  
 $Q_{gw} = 51.04(\text{kJ/kg})$   
 $Q_{sr}(\text{kJ/kg}) = Q_{st} / W_s = KF \Delta t / W_s$

式中:  $F$ ——干燥室散热面积( $\text{m}^2$ );  
 $K$ ——传热系数( $\text{kJ}/\text{m}^2$ );  
 $\Delta t$ ——传热平均温差( $^\circ\text{C}$ )。  
 $\Delta t = (t_1 + t_0) / 2 - t_0$

由于在实际工作中干燥筒两端都有冷风进入, 所以必然引起焓值( $\text{kJ/kg}$ )降低, 因此, 本计算可作如下修正:

$\Delta = Q_1 + Q_{bc} - (Q_{gw} + n Q_{sr})$   
 式中:  $n$ ——进冷风影响修正系数, 一般取 $n = 1.83$ 。

计算得出:  
 $\Delta = -59.9(\text{kJ/kg})$   
 由计算条件知, 干燥介质(热风)在干燥器进口温度 $t_1$ 有3种方案, 废气温度 $t_2$ 又有4种方案, 多种方案散热可能有所不同, 此处将差异均忽略不作考虑, 认为 $\Delta$ 值都相同。

1.7 计算干燥装置出口废气 $I_2$ 和 $d_2$   
 由前面各式已知 $I_1$ 、 $\Delta$ 、 $d_1$ 、 $t_2$ 等, 以及等式

$\Delta = L(I_2 - I_1)$ ,  
 又因为  
 $L = 1000 / (d_2 - d_1)$ ,  
 所以有如下等式:  
 $\Delta = (I_1 - I_2) / (d_2 - d_1) \times 1000$ 。

$I_2$ 和 $d_2$ 可用以下联立方程解出:

$$\begin{cases} \Delta = \frac{I_1 - I_2}{d_2 - d_1} \times 1000 \\ I_2 = 1.00t_1 + (2491.15 + 1.97t_2) \times \frac{d_2}{1000} \end{cases}$$

计算结果见表2。



表2 不同方案 I<sub>1</sub>和 I<sub>0</sub>计算结果

干燥装置进口热风温度 t <sub>1</sub> (°C)	干燥装置末端的废气温度 t <sub>2</sub> (°C)	废气的焓值 I <sub>1</sub> (kJ/kg)	废气的含水量 d <sub>1</sub> (g/kg)
700	100	758.82	244.92
	120	759.44	234.25
	140	760.07	223.88
	160	760.70	213.80
650	100	707.96	226.00
	120	708.57	215.60
	140	709.16	205.49
	160	709.75	195.65
600	100	657.08	207.08
	120	657.70	196.94
	140	658.23	187.09
	160	658.83	177.51

1.8 计算气耗量、热耗量、热效率、露点温度和主风机风量

单位气耗量l:  
 $l(\text{kg/h})=100/(d_2-d_1)$

总气耗量L:  
 $L(\text{kg/h})=lW_s$

单位热耗量q<sub>r</sub>:  
 $q_r(\text{kJ/kg})=I_1-I_0$

总热耗量Q<sub>r</sub>:  
 $Q_r(\text{kJ/h})=q_rW_s$

干燥室的热效率η<sub>gr</sub>:  
 $\eta_{gr}=\frac{q_{zf}}{q_r} \times 100\% = \frac{(595+0.47t_2-q_1)}{q_r} \times 100\%$

求露点温度t<sub>1d</sub>:  
 因为露点温度t<sub>1d</sub>是在保持湿空气含湿量的情况下,将湿空气冷却到饱和状态时的温度,由d<sub>2</sub>可直接查《空气的物理性质表》,再经过内插计算可得出。

吸入式风量V:  
 $V(\text{m}^3/\text{h})=Lv$   
 式中:  $v(\text{m}^3/\text{kg})=3.46 \times T/B \times (622+d_2)/1000\text{kg}$ 。

上式中: v——比容(吸入式)(m<sup>3</sup>/h);  
 T——主风机处废气绝对温度(K);  
 B——大气压力值。

主风机风量:  
 $Q(\text{m}^3/\text{h})=1.4V$ 。

将数据代入各式,计算结果见表3。

表3 不同方案的计算结果

进口热风温度 $t_1$ (°C)	出口废气温度 $t_2$ (°C)	单位气耗量 $l$ (kg/b)	总气耗量 $L$ (kg/b)	单位热耗量 $q_r$ (kJ/b)	总热耗量 $Q_r$ (kJ/b)	干燥装置的热效率 $\eta$ (%)	露点温度 $t_d$ (°C)	吸入式风量 $V$ (m <sup>3</sup> /b)	主风机风量 $Q$ (m <sup>3</sup> /b)
700	100	4.404	8 808	3 082.20	1.71×10 <sup>6</sup>	83.54	67.90	12 271	17 180
	120	4.621	9 242	3 234.09	1.80×10 <sup>6</sup>	80.83	67.15	13 077	18 308
	140	4.854	9 707	3 394.36	1.89×10 <sup>6</sup>	78.18	66.43	13 943	19 521
	160	5.103	10 207	3 571.42	1.98×10 <sup>6</sup>	75.40	65.72	14 875	20 825
650	100	4.804	9 608	3 112.34	1.73×10 <sup>6</sup>	82.73	66.52	13 094	18 332
	120	5.057	10 114	3 276.28	1.82×10 <sup>6</sup>	79.79	65.85	14 000	19 600
	140	5.329	10 659	3 452.70	1.92×10 <sup>6</sup>	76.85	65.14	14 978	20 969
	160	5.624	11 249	3 641.01	2.02×10 <sup>6</sup>	73.96	64.23	16 080	22 511
600	100	5.284	10 563	3 148.89	1.75×10 <sup>6</sup>	81.77	65.25	14 074	19 704
	120	5.584	11 168	3 327.29	1.85×10 <sup>6</sup>	78.57	64.36	15 118	21 160
	140	5.909	11 818	3 520.97	1.96×10 <sup>6</sup>	75.36	63.39	16 237	22 732
	160	6.263	12 527	3 731.90	2.07×10 <sup>6</sup>	72.16	62.45	17 463	24 449

2 计算结果分析

2.1 从表3可以看出,干燥装置进口处热风温度 $t_1$ 越高,烘干机组的节能效果越好。同样条件下,脱1kg水,它所需要的热耗量 $q_r$ 和气耗量 $l$ 最少,干燥室的热效率 $\eta_{gr}$ 最高。这是因为干燥介质热风温度 $t_1$ 越高,其吸收水蒸气的能力越大。所以,在考虑总体方案是和确定指标时,机组的脱水能力(即机组产量)和供给的总热量确定后,在可能的条件下,应尽量提高干燥装置进口处热风温度 $t_1$ 。

2.2 供给的总热量不变,在干燥装置进口处,有相同的热风温度 $t_1$ 情况下,干燥装置出来的废气温度 $t_2$ 越低,节能的效果越好。而且就废气温度 $t_2$ 的高低影响节能的效果敏感性来讲,比干燥装置进口处热风温度 $t_1$ 高。从表3可以看出,温度 $t_2$ 相同的情况下, $t_1$ 从650°C提高到700°C,或者从600°C提高到650°C,升高幅度50°C,热效率提高大约一个多百分点;而在 $t_1$ 相同的情况下, $t_2$ 从120°C降到100°C,或者从140°C降到120°C,及从160°C降到140°C,即降低幅度仅20°C,则热效率就提高大约2~3个百分点。

废气温度 $t_2$ 不仅影响节能效果,还影响烘干效果。据观察,干燥装置的废气温度 $t_2$ 是若干因素(干燥装置的进口处热风温度,供给的总热量,干燥装置的结构和运动状态,湿物料数量及其含水率,风量和风压,及要求物料烘干的程度等)动态平衡后,显示出来的一个参数。在保证满足烘干机额定的技术指标的情况下,干燥装置的废气温度 $t_2$ 越低,节能效果越好。

2.3 在干燥过程中,为保证干燥效果,废气温度 $t_2$ 应高于其露点温度 $t_{1d}$ 。若废气温度低于其露点温度,则在干燥室尾部的物料不但不会被干燥,反而被增湿。因此,除应该知道干燥室的废气温度外,还必须知道其露点温度。从本计算的方案中,知道其露点温度 $t_{1d}$ 均不超过70°C。为保证主风机处废气温度也能略高于其露点温度,干燥室的废气温度 $t_2$ 能低到100°C左右是很理想的。

2.4 本计算所用的一些参数,是在某烘干机生产过程实测得出的,如烘干装置废气温度 $t_2$ ,烘干牧草升高温 $\theta_2$ ,主风机处废气温度 $t_3$ 等。但是由于只测出了烘干装置废气温度 $t_2$ ,未能把废气的含湿量 $d_2$ (或者相对湿度 $\Phi_2$ )和系统的漏风量测出,所以本类型的机组,因为漏风对干燥流程焓值影响程度不确切,计算与实际可能还有一定差距。

3 结束语

本计算是以加热后的空气(热风)作干燥介质,与天然气、燃油、燃煤所生产的热风不同,其炉气中含有水蒸气,且其温度与热风不同,又使炉气与冷空气(外)混合而成,所以其性质与热风非常接近,故本计算亦能在以炉气为干燥介质分析时参考使用。

参考文献

- 1 潘永康主编. 现代干燥技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998
- 2 刘相东、于才渊、周德仁. 常用干燥设备及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005
- 3 杜庆元. 青饲料快速烘干与干燥设备[J]. 畜牧机械, 1983(4): 21~25
- 4 钱颂文. 换热器设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002
- 5 金国森. 干燥设备设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 1986
- 6 邵耀蛟. 谷物干燥机的原理与构造[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999
- 7 金国森. 除尘设备[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002
- 8 候景裕. 93QH-300型青饲料烘干机组计算设计, 1992
- 9 吴味隆. 锅炉及锅炉房设备[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995
- 10 常主华. 93QH-300型青饲料烘干机组. 船舶科技报告, 1991
- 11 王勇领. 系统分析与设计[M]. 北京: 清华大学出版, 1996

(编辑: 崔成德, cuicengde@tom.com)

:::评论:::

发表  
评论
▲

---

▼
\*40字以内

关于我们 | 网站导航 | 友情连接 | 联系我们 | 会员须知 | 广告服务 | 服务条款

版权所有:饲料工业杂志社 Copyright © <http://www.feedindustry.com.cn> 2004-2005 All Rights 辽ICP备05006846号

饲料工业杂志社地址: 沈阳市皇姑区金沙江街16号6门 邮编: 110036 投稿:E-mail:tg@feedindustry.com.cn 广告: E-mail:ggb@feedindustry.com.cn

编辑一部: (024) 86391926 (传真) 编辑二部: (024) 86391925 (传真) 网络部、发行部: (024) 86391237 总编室: (024) 86391923 (传真)