

## 北京地区小麦低温干燥的模拟分析

戴天红<sup>①</sup> 曹崇文<sup>②</sup>  
(华中理工大学) (中国农业大学机械工程学院)

**摘要** 利用谷物低温干燥的数学模拟程序和北京地区 1986~1993 年连续 8 年的实际气象数据,对北京地区小麦低温干燥进行模拟分析。考察了风量、小麦初始含水率、收获日期和逐年气象条件的变化以及谷床厚度等因素对北京地区小麦低温干燥的影响。

**关键词** 低温干燥;小麦;谷物;模拟分析

**中图分类号** S226.600.1

## Simulation Analyses on Low Temperature Wheat Drying in Beijing Area

Dai Tianhong Cao Chongwen  
(Huazhong University of Science and Technology) (College of Machinery Engineering, CAU)

**Abstract** By means of a low temperature grain drying computer programme as well as the weather data of Beijing area from the year 1986 to 1993, simulation analyses on the low temperature wheat drying in Beijing area were carried out. The influences of airflow rate, initial moisture content, harvest date, year to year variation of weather conditions and grain bed depth on the drying performance were investigated.

**Key words** low temperature drying; wheat; grain; simulation analysis

谷物低温干燥,作为所有人工干燥方法中能源利用率最高的一种方法<sup>[1]</sup>,在发达国家早已得到普遍重视,它们已进行了大量研究。由于谷物低温干燥是一个较长时间的过程,在很大程度上依赖于天气条件,采用田间试验方法研究最佳设计和管理控制是很困难的;因此数学模拟的方法便成为一种更为有效的手段。笔者利用文献[2]建立的数学模拟程序,结合北京地区 1986~1993 年连续 8 年的实际气象数据<sup>③</sup>,对北京地区小麦低温干燥进行了模拟分析。

### 1 模拟过程与结果

小麦是北京地区的主要作物之一,收获期为 6 月份。在通常的气候条件下,小麦收获时的含水率为 18%~22%。在京郊,小麦收获后即进行干燥。

在模拟分析中,时间步长取 24 h,并认为外界空气通过风机后将获得 1.1℃的温升。模拟

收稿日期:1996-01-28

①戴天红,湖北武汉市华中理工大学能源科学与工程学院,430074

②曹崇文,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)50 信箱,100083

③气象数据由北京气象台提供。

条件的设置如下。小麦初始含水率为 22%、20% 和 18%；干燥作业开始日期(即收获日期)为 6 月 1 日,10 日,20 日和 30 日。小麦的终了含水率要求为:平均含水率  $\eta_{w,av} \leq 13.0\%$ ,最高含水率  $\eta_{w,max} \leq 14.0\%$ 。对于小麦的质量要求,Morey 等人<sup>[3]</sup>认为,0.5%的干物质分解量的界限对小麦来说是合适的。

风量、谷物初始含水率、谷物收获日期和逐年的气象条件的变化以及谷床厚度是影响低温谷物干燥系统的几个主要参数<sup>[4]</sup>。

模拟分析的结果表明,在小麦的低温干燥过程中,风量对小麦干物质分解量的影响、小麦的初始含水率和谷床厚度对所需最小风量的影响与文献[5]中所讨论的低温玉米干燥过程的情况相类似。即:1)对于同样的干燥时间,当风量增大时,小麦干物质分解量将减少。小麦低温干燥系统有一个最小所需风量,使得小麦在不发生霉变的情况下含水率降至所要求的终了含水率以下。2)小麦初始含水率越高,低温干燥所需最小风量越大。3)谷床厚度越大,输送相同的风量所需的风机的功率越大,则外界空气通过风机所获得的温升越大;因此,当谷床厚度增大时,低温干燥所需最小风量将减小。

## 2 模拟结果分析

### 2.1 小麦收获日期对所需最小风量的影响

在某一年中,小麦收获日期不同,低温干燥所需的最小风量一般也不相同。模拟结果显示,当小麦初始含水率  $\eta_{w,0} \leq 18\%$  时,随着收获日期的后移,所需最小风量增大。图 1(a)为输入 1993 年的气象数据及  $\eta_{w,0} = 18\%$  的模拟结果。这与文献[5]中所讨论的低温玉米干燥过程中的相应结论正好相反。因为北京地区在进入 6 月份以后的相当长一段时间(即 6~7 月)内,气温是逐渐升高的,而且相对湿度也增大。随着收获期的后移,干燥过程中相应的谷物温度也增高,谷物干物质分解量变化趋势增强,因而所需最小风量增大。当  $\eta_{w,0} = 20\%$  时,总体规律与  $\eta_{w,0} = 18\%$  时一致,但某些年份略有反复。当  $\eta_{w,0} = 22\%$  时,情况则比较复杂,8 年中仅有 2 年(1987 和 1990 年)符合上述规律,其他年份均有反复,其中尤以 1989 年情况最为异常。图 1(b)为输入 1989 年的气象数据及  $\eta_{w,0} = 22\%$  的模拟结果,解释理由同文献[5]低温玉米干燥过程中的相应情况。

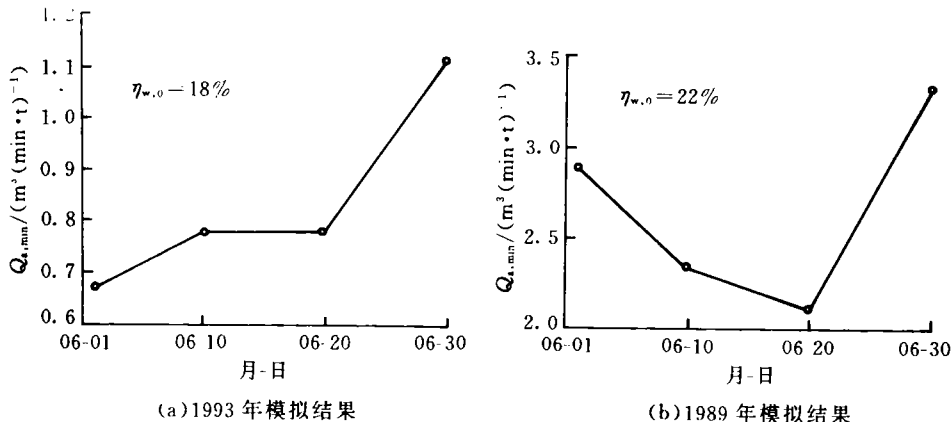


图1 小麦收获日期对所需最小风量  $Q_{a,min}$  的影响

对初始含水率较高小麦模拟结果的进一步分析发现,收获期为6月1日和6月10日时所需的最小风量一般总是小于收获期为6月30日的,仅1991年的情况例外,该年收获期为6月1日时所需的最小风量( $3.2 \text{ m}^3(\text{min}\cdot\text{t})^{-1}$ )略大于收获期为6月30日时所需的最小风量( $3.1 \text{ m}^3(\text{min}\cdot\text{t})^{-1}$ );除1989和1991两年,在其他各年中,收获期为6月1日时所需的最小风量也都小于收获期为6月30日时所需的最小风量。

## 2.2 逐年气象条件变化对所需最小风量的影响

图2显示出小麦低温干燥过程中逐年气象条件变化对所需最小风量的影响。输入的收获日期为6月10日,小麦初始含水率 $\eta_{w,0}=22\%$ 。可以看出, $Q_a=2.8 \text{ m}^3(\text{min}\cdot\text{t})^{-1}$ 可满足上述8年中7年气象条件下的干燥要求,即满足各自条件下的干燥要求的概率均为87.5%。

通过一系列的模拟计算分析,这里推荐如表1所示的不同条件(不同的收获日期以及不同的小麦初始含水率)下北京地区小麦低温干燥的风量值。表中各风量值在各自条件下均满足上述8年中7年气象条件的低温干燥要求。

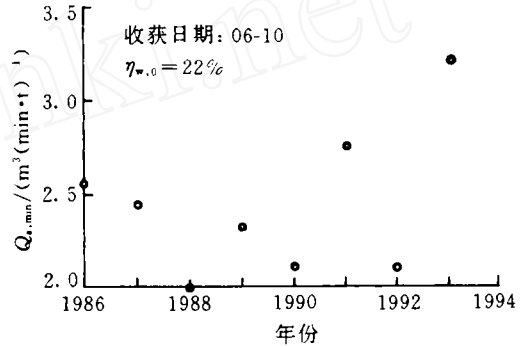


图2 逐年气象条件变化对所需最小风量 $Q_{a,\min}$ 的影响

## 3 结 论

1)对于小麦收获后干燥,当初始含水率较低时,随着干燥作业开始日期的后移,所需最小风量将增大;当初始含水率较高时,情况则较为复杂。

2)北京地区逐年气象条件的变化对低温干燥所需最小风量有较大影响。不同年份,小麦低温干燥所需最小风量有时差异很大,文中推荐了不同的收获日期和不同的小麦初始含水率条件下小麦低温干燥的风量值。

3)风量对小麦干物质分解量的影响、小麦的初始含水率和谷床厚度对所需最小风量的影响与文献[5]中所讨论的玉米低温干燥过程中的相应情况类似。

表1 北京地区小麦低温干燥风量推荐值  
 $\text{m}^3(\text{min}\cdot\text{t})^{-1}$

小麦初始含水率 $\eta_{w,0}/\%$	小麦收获日期			
	06-01	06-10	06-20	06-30
22	2.9	2.8	4.6	5.7
20	1.3	1.6	2.4	3.0
18	0.8	0.8	1.1	1.4

## 参 考 文 献

- 1 Ryiecki A, Nellist M E. Optimization of control systems for near-ambient grain drying. J Agri Engi Res, 1991, 48(1): 1~35
- 2 戴天红. 谷物干燥机分析与管理的计算机系统: [学位论文]. 北京: 北京农业工程大学, 1995
- 3 Morey R V, Cloud H A, Hansen D J. Ambient wheat drying. Trans of the ASAE, 1981, 24(6): 1312~1316
- 4 Pierce R O, Thompson T L. Solar grain drying in the North Central Region-simulation results. Trans of the ASAE, 1979, 22(1): 178~187
- 5 戴天红. 北京地区玉米低温干燥的模拟分析. 北京农业工程大学学报, 1995, 15(4): 41~46