

# 谷物干燥节能的探讨

郑官杞 洪德梅 黄维新

(农业工程系)

## 提 要

本文是出一种谷物干燥的方法,即在低温慢速干燥谷物时,采用分级自动加热气流的方法。用这种方法干燥谷物,干燥机气道的气流自动地处于低温或常温,但它始终具有进行干燥谷物的能力。从试验结果表明,在一定的风量比下,能够收到节能和避免发芽的效果。

本试验的平均能耗是840千卡/公斤水。较一般高温快速干燥法可节能约20%,但所需时间较长。

关键词:分级自动加热,低温慢速干燥,谷物,节能。

## 一、谷物干燥节能是值得探讨的问题

谷物干燥是一种很耗能的作业<sup>〔1〕</sup>。如果将在收割时的谷物含水量25%干燥至安全入仓标准含水量13.5%,根据公式:  $W_1 = G_1 \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2}$  <sup>〔2〕</sup> 计算,100公斤湿谷约需干减水分13.29公斤。一九八一年,我国中小型粮食干燥设备对比试验,在十一种不同谷物干燥机中,谷物干燥的能耗范围是1126~3500千卡/公斤水。现若以接近于低限的情况,即以干减一公斤水需要1200千卡热量来计算,则干燥100公斤湿谷就需要15948千卡热量。近年来,因在谷物收获季节遇雨,来不及晾晒造成谷物发芽霉烂损失的,据统计,全国谷物霉变损失一般年景都有几十亿斤,严重时达100~200亿斤,为了减少谷物损失,全国绝大部分省、市、区都积极开展对谷物干燥设备的研制工作。现假设为了挽救50亿斤湿谷物不致霉变,用干燥机干燥作为例子计算所需能耗,按照上述计算则需要3987亿千卡,也即约需5.7万吨标煤,这是一个相当大的燃料数目。1980年,中央确定了能源的战略方针:“开发与节能并重。近期,要把节能放在优先地位”<sup>〔3〕</sup>。如果我们从节能观点研究,在谷物干燥过程中,每去除一公斤水能够节约100千卡热量,也即相当于节约十二分之一的能量,那么,在上一个例子中,就可以节约4746吨标煤,这是一个可观的数目。因此,谷物干燥节能问题是值得探讨的问题。

1986年1月18日收稿

## 二、节能的试验方法和装置

谷物干燥可分为高温快速干燥和低温慢速干燥,本文从低温慢速干燥探讨节能问题。

### (一) 试验方法

1. 常温强制通风干燥法:这是利用周围空气在较低的相对湿度状态下,具有一定的干燥能力来干燥谷物的方法。这种方法是最节省能量的,但须有一定的条件,即只能在空气相对湿度较小时才能进行。例如,空气相对湿度在90%以上,气温为25℃时,用这种方法进行稻谷干燥,就不能达到稻谷储存所要求的含水量,而且,还会使已经干燥的稻谷重新受潮,这是因为受到平衡水份规律所制约的缘故<sup>4</sup>。

2. 加低温强制通风干燥法:在风量、风压等其他条件满足的情况下,补充热量,提高气流温度,可以安全地干燥谷物。可是这种方法尚未能完全充分利用空气的干燥能力,因而能耗比以能够安全(指稻谷不发芽,不霉烂)干燥为前提的常温强制通风干燥的能耗为大。气候总是变化的,如何在气候变化的条件下,尽可能做到既节能又安全地干燥谷物,这就是我们要探讨的问题。

通风干燥谷物,气流所能带走的水份,与气流温度、相对湿度、风量比和被干燥谷物的状态有关。在低温慢速安全地干燥谷物过程中,气流的相对湿度及风量比是两个重要因素。因为首先是气流的干燥能力取决于谷物含水量与气流相对湿度的平衡。例如,当气流温度为25℃,相对湿度是75%时,常温空气被强制通过含水量26%的稻谷,最后干燥的稻谷含水量只能达到14%;其次,如果风量比不够大,干燥速度太慢,干燥时间长,在发芽霉菌生长的速度快于干燥速度时,则会引起稻谷发芽霉烂,这就达不到安全干燥的目的。

目前,在干燥谷物过程中,利用自动控制装置加热气流,国内外已有研究和应用,但他们都是采用单级自动控制。至于分级自动控制加热气流,则尚未见有报道。根据上述低温慢速干燥谷物的两个重要因素,选定必须的风量比(本试验选用的风量比是0.085~0.093米<sup>3</sup>空气/秒·每百公斤稻谷),在模拟试验的基础上,利用分级自动加热降湿仪和小型谷物干燥机进行分级自控加热低温慢速干燥稻谷试验。在这试验过程中,当气候条件变化,空气相对湿度上升至某一值时,分级自动加热降湿仪发出信号,使电热器自动加热,降低输入谷床的气流的相对湿度;当空气相对湿度下降至某一值时,分级自动加热降湿仪又发出信号,使电热器自动停止加热。这样,在整个干燥过程中,使稻谷在气流处于低温,有时处于常温,但始终具有干燥能力的状态下进行干燥,达到人们所要求的稻谷含水量。

### (二) 装置

1. 小型谷物干燥机结构如图1。它是由机架、通风管、风室、多孔板、顶盖等组成。整机为薄板结构。

通风管,直径为128毫米,长约300毫米。风室:直径为1500毫米,高为350毫米。

它的侧身上有两个直径为35毫米的孔，离底高分别为150毫米与250毫米，作为测压强与气流温度之用。

多孔板：面积为1.76平方米，开孔率为29%。谷床：直径1500毫米，高为900毫米。

鼓风机。功率：1.7千瓦，风压：115毫米水柱。转速：2850转/分。风量：38米<sup>3</sup>/分。

本机结构紧凑，并有顶盖，收割时，作为干燥稻谷的干燥机用，平时，则可作为储存谷物的小仓库，储存稻谷量为2000市斤。

2. 风机及电热器控制线路见图2。

在试验中，根据实际风量、温升和加热器散热情况等，通过试验，选择电热器的总功率为4.5千瓦，而第一、第二、第三各级的功率各为1.5千瓦。图2中看出，当闭合总开关，按下QA时，电动机起动，此时，可以进行常温强制通风干燥。图2中的J<sub>1-2</sub>、J<sub>2-2</sub>、J<sub>3-2</sub>分别是分级自动加热降湿仪继电器J<sub>1</sub>、J<sub>2</sub>、J<sub>3</sub>的常开触头（图3），它们的闭合与断开，是由分级自动加热降湿仪来控制的。当J<sub>1-2</sub>闭合时，进行第一级加低温强制通风干燥；当J<sub>2-2</sub>闭合时，进行第二级加低温强制通风干燥；当J<sub>3-2</sub>闭合时，进行第三级加低温强制通风干燥；若J<sub>1-2</sub>、J<sub>2-2</sub>和J<sub>3-2</sub>都断开，则只进行常温强制通风干燥。恒温控制器的作用，目的是使气流温度不超过43℃，干燥后的稻谷，能做粮食，又能做种子。

3. 分级自动加热降湿仪，分为湿度传感器和控制部分。

(1) 湿度传感器：湿度传感器是一个分级电触点温度计，它是由一个湿度自动记录仪改装而成的。具体做法：将湿度自动记录仪的记录纸转动圆筒拆去，换上一块自制的分级电触板（图3右上角所示），电触板上装有六条铜片，它们作为静触点，而湿度自动记录仪的自记指针作为动触点。分级电触板和湿度自动记录仪合起来就构成了一个分级（分三级）电触点温度计。

图3中，指针0就是随空气相对湿度变化的动触点。铜片F的上边缘和铜片E的下边缘分别为第一级的下限静触点和上限静触点；铜片D的上边缘和铜片C的下边缘分别为第二级的下限静触点和上限静触点；铜片B的上边缘和铜片A的下边缘分别为第三级的下限静触点和上限静触点。当气候条件变化时，空气相对湿度随着变化，而指针0也随着上下移动。例如假定指针0处在F与E的中间位置（图3所示），如果相对湿度

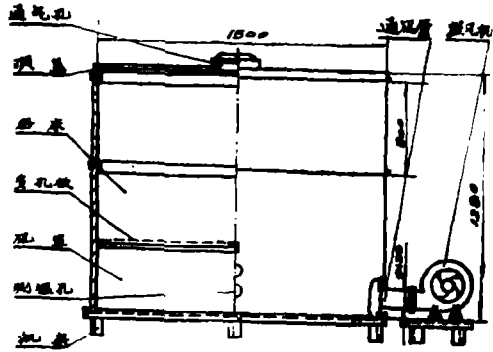


图1 小型谷物干燥机简图

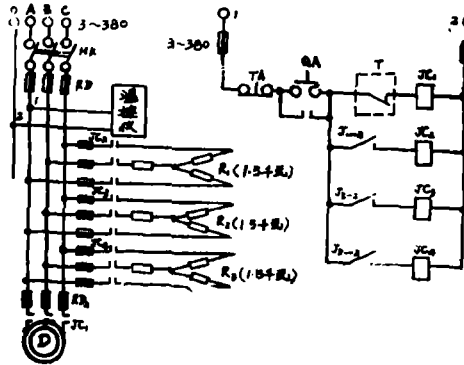


图2 风机及电热器控制图

大，指针 0 就向上移动，当它与铜片 E 接触时，就会发出第一级的加热信号；如果湿度转为下降，指针 0 就会向下移动，当它与铜片 F 接触时，就会发出第一级的停止加热信号。第二级和第三级依此类推。

本试验设计为将稻谷安全地降至 13.5% 的含水量。根据谷物含水量与不同湿度空气的平衡关系，在气温为 25℃ 时，稻谷含水量 13.5% 与相对湿度 71% 相平衡。考虑留有余量，第一级加热点选在空气相对湿度 69% 处。广州全年的最大月平均相对湿度约为 86%，为了在高湿情况下，加快稻谷干燥速度，达到安全地干燥谷物的目的，第三级加热点选在空气相对湿度 87% 处。至于第二级加热点，安排在第一级与第三级间隔的等分处，即空气相对湿度 78% 处。因此，分级电触板的铜片 E、C、A 的下边缘分别安排在空气相对湿度为 69%、78%、87% 的相应位置上，铜片 F、D、B 的上边缘分别安排在空气相对湿度为 67%、76% 和 85% 的相应位置上。

(2) 控制部分：控制部分相当于三个有记忆功能的开关，它们与湿度传感器配合，随空气相对湿度的变化来控制电热器工作。当空气相对湿度变化上升至 69% 时，第一级电热器自动补充加热；如果相对湿度继续上升，达到 78% 时，第二级电热器自动补充加热；相对湿度达到 87% 时，第三级电热器自动补充加热。相反，如果空气相对湿度下降至 85% 时，第三级停止加热；下降至 76% 时，第二级停止加热；下降至 67% 时，第一级停止加热。

### 三、试验结果与分析

(一) 分级自动加热降湿进行谷物干燥，在  $0.085 \sim 0.093 \text{米}^3$  (空气) / (秒·每一百公斤稻谷) 的风量比下，空气湿度范围为 63%~93%，利用空气相对湿度 69% 处作为第一加热点，分级自动加热降湿进行低温慢速干燥稻谷是可以安全地干燥到人们所要求的人仓稻谷含水量的。

(二) 在  $0.085 \sim 0.093 \text{米}^3$  (空气) / (秒·每一百公斤稻谷) 的风量比下，本试验每去一公斤水份，需要 616~1090 千卡热量，五次试验平均能耗为 840 千卡/公斤水。这些能耗值与高温快速干燥的能耗值相比，它们都是比较小的。例如，意大利罗托 1000 型干燥机的能耗是 1242 千卡/公斤水，美国贝里科干燥机的能耗是 908 至 1154 千卡/公斤水，丹麦西勃里亚干燥机的能耗是 1127 至 1257 千卡/公斤水。如果只从能耗情况与上述

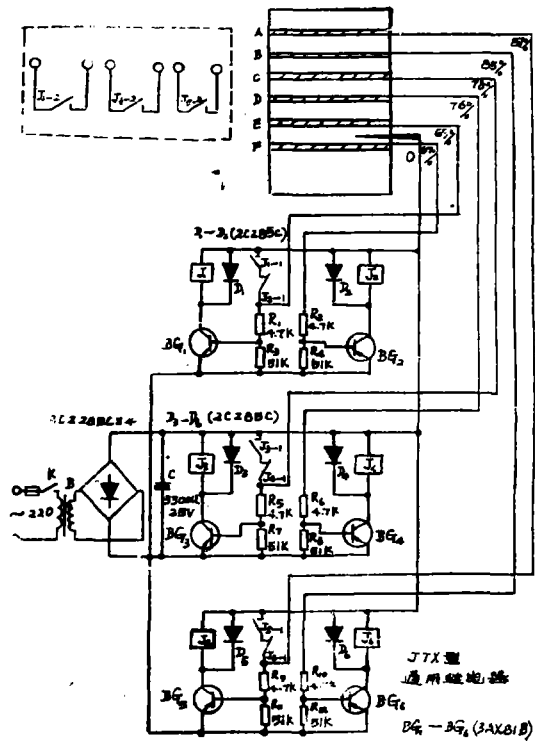


图 3 分级自动加热降湿仪

干燥机比较, 则可节能约为20%, 但谷物干燥所需时间较长。本试验之所以能够节能, 其原因是: 本试验属于低温慢速干燥谷物, 并采用分级自动加热降湿, 在加热时温升很小, 因而在干燥谷物过程中散失在空气中的热量也比较少。另一方面, 如果天气条件有利, 空气相对湿度较低, 例如, 低于67%时(本试验的停止加热点), 分级自动加热降湿仪发出全部停止加热的信号, 只进行常温强制通风干燥, 这时不但没有热量散失在空气中, 反而利用了空气的干燥能力来进行干燥, 也就是说, 在这种情况下, 利用了空气的潜能来干燥谷物, 因而, 在分级自动控制加热的低温慢速谷物干燥过程中, 人们供给干燥设备系统的能量减少, 从而节约能量。

(三) 根据气象资料, 空气中的相对湿度是随天气和气温变化而变化的。分级自动加热降湿低温慢速干燥谷物的实际应用提供了节能条件。事实上, 本试验中的能耗情况也说明了这一点。节能效果视各地区而异。对于长期高相对湿度的天气的地区, 节能效果较差。对于长期低相对湿度的天气的地区, 节能效果较好。

综合上述, 从减少能耗这一角度来看, 在研究低温慢速干燥谷物过程中, 分级自动加热降湿的方法是值得人们借鉴的。

表1 分级自控加热低温慢速谷物干燥试验表

试 验 编 号		1	2	3	4	5
试 验 日 期		1984年11月 19日	1984年11月 20日	1984年11月 22日	1985年7月 22日	1985年7月 24日
试 验 稻 谷	稻 谷 品 种	杂优	杂优	杂优	糯谷	糯谷
	湿 谷 来 源	秋收稻谷	秋收稻谷	秋收稻谷	夏收稻谷	夏收稻谷
空气温度范围 (°C)		23~26.2	18~20	18.5~21.5	28.4~32.8	29.4~34.0
空气相对湿度范围 (%)		65~71	80~91	81~87	65~93	63~86
湿谷重量 (市斤)		840	854	834	885	787.4
湿谷厚度 (厘米)		40	40	40	45	43
干燥前湿谷含水率 (%)		15	15.9	14.6	28.6	24.0
干燥后稻谷含水率 (%)		12.2	13.5	12.6	12.8	11.3
降水率 (%)		2.8	2.4	2	15.8	12.7
去水量 (公斤)		13.4	11.8	9.54	80.2	56.4
干燥时间 (小时)		7	5	5	23	16.5
风室气流最高温升 (°C)		2	3.5	6.4	8.2	8
干 燥 方 式		分级自动控制电热器加热干燥				
总电耗 (度)		9.6	12.2	12.1	80.7	48.4
能耗 (大卡/公斤水)		616	889	1090	865	738
风量比 (米 <sup>3</sup> 空气/秒·每一百公斤稻谷)		0.085~0.093				

## 引用文献

- [1] 农机系谷物干燥研究小组：太阳能干燥仓的研究，《华南农学院学报》，4（4）1983：8—9。
- [2] 邵耀坚等：《谷物干燥机的原理与构造》，43~44，机械工业出版社，1985年。
- [3] 罗宏达：谈谈我国的能源政策，《能源》，（1）1982：1—4。
- [4] 马建学译：谷物干燥储存设备，《国外谷物干燥技术》（专辑），5—6，科学技术文献出版社重庆分社，1977年。

## AN APPROACH OF ENERGY SAVING IN GRAIN DRYING

Chang Kconkee Hong Demai Huang Vaishin

(Department of Agricultural Engineering)

## ABSTRACT

This paper presents a method of drying grain. It is using a method of grading automatical heating air flow in the low-temperature slow-velocity drying grain. Using this drying grain method, the air flow in the air duct of the drying machine may be in low or normal temperature automatically. But it always has the ability to carry on drying grain. The results of the experiments showed that under a definite wind-quantity ratio, we can save the energy consumption on the one hand, and avoid the germination damage of the rice grain on the other.

The average energy consumption in the experiments is 840 k cal/kg water. It is 20% lower than the general method of high-temperature rapid drying, but it takes longer time.

Key words Grading automatical heating, low-temperature slow-velocity drying, Grain, Saving, energy.