

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.04.026

# 北京地区初春季节接卸成品粮 结露的分析和处理

任伯恩, 吴建忠, 王仁旭, 李 堃

(北京市房山粮油贸易有限公司, 北京 100055)

**摘要:** 温差和露点是储粮结露的两个重要因素, 根据成品粮大米接卸期间的大气温湿度、仓内温湿度、粮食温度条件以及大米的水分等情况, 梳理成品粮大米结露的原因, 利用粮堆露点近似值检查表、粮食绝对湿度曲线图和大气绝对湿度曲线图等相关图表, 总结出预测粮堆结露的主要方法, 并提供可行有效的处理措施, 对安全储存成品粮具有积极意义。

**关键词:** 成品粮大米; 接卸; 结露; 露点温差; 预防; 处理

中图分类号: TS205.9 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)04-0166-04

## Analysis and treatment of the condensation on discharged grain in early spring season in Beijing

REN Bo-en, WU Jian-zhong, WANG Ren-xu, LI Kun

(Beijing Fangshan Grain and Oil Trading Co., Ltd., Beijing 100055, China)

**Abstract:** Temperature difference and dew point are two important factors for moisture condensation of the storage grain. According to the large temperature humidity, storage temperature and humidity, grain temperature conditions and rice moisture during the discharge period of the finished grain rice, the reasons for moisture condensation were concluded. Using the relevant charts such as grain pile dew point approximation checklist, grain absolute humidity graph and atmospheric absolute humidity map, the main method of grain pile dew predicting were summarized and the feasible and effective treatment measures were provided which has positive significance for the safe storage of finished grain.

**Key words:** finished grain rice; discharge; dew; dew point temperature difference; prevention; treatment

2020年初春, 本公司承担北京市应急储备成品粮接卸任务, 来粮是自黑龙江火车发运的 3 000 t 包装大米。本文对成品粮大米在作业过程中, 在火车站台和仓房内, 因温差较大和水分偏高造成的粮堆结露现象, 利用查定大气和粮堆露点温度等方法进行分析, 概括了相应的预测和处理方法, 以最大限度减少粮食损失, 保证后期储存安全。

## 1 导致结露的原因及类型

### 1.1 储粮结露

当空气中的水汽含量不变, 温度降低到一定程度时, 空气中的水汽能达到饱和状态, 开始出现凝结水, 这种现象称为结露。当粮堆某一粮层的温度降低到一定程度, 粮食空隙中所含水汽量达到饱和状态时, 水汽就开始在粮食表面凝结成小水滴, 这种现象称为粮堆结露, 开始结露时的温度称露点温度, 储粮某一状态下的温度与露点温度之差称结露温差, 结露温差越大, 则越不易发生结露。与结露相关的有以下两个因素。

收稿日期: 2020-03-25

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2017YFC0805903)

作者简介: 任伯恩, 男, 1987 年出生, (粮油) 仓储管理员技师, 研究方向为粮食储藏。

通讯作者: 吴建忠, 男, 1973 年出生, 研究方向为粮食储藏。

1.1.1 平衡水分

当粮食在一定湿度的环境中储藏一定时间，就会表现为粮食湿度含水量稳定在一定数值不变，即粮食与环境之间达到吸湿和解吸的平衡，此时的粮食含水量被称作粮食的平衡水分<sup>[1]</sup>。

1.1.2 相对湿度

是指一定压力条件下，每立方米空气中实际水汽量（绝对湿度）与同温度下饱和水汽量（饱和湿度）的百分比，用 RH 表示。

1.2 粮食结露的原因

1.2.1 内部原因

粮食水分偏高，结露温差较小，易发生结露现象。

1.2.2 外部原因

粮食在自然通风中的结露有两种类型：一类是气温低于粮堆露点温度时，粮堆内部散发出的水蒸气遇冷空气而引起的结露，俗称“内结露”，另一类结露是粮温低于大气露点温度，空气中的水汽凝结在冷粮上而引起的结露，即“外结露”。

2 粮堆结露的预测

储粮结露的预测是以测算粮堆内外的露点为依据。明确结露的原因，可以得出气温大于粮堆露点温度或者粮温大于大气的露点温度时均可以防止粮堆结露的发生。大气的温度和相对湿度两个参数通过日常检测就可以得到，关键点在于如何判断大气露点温度和粮堆的露点温度。

2.1 粮堆露点温度的判断方法

2.1.1 根据粮食水分和温度利用粮堆露点近似值检查表预测露点温度近似值

实际温差（即粮温与气温之差的绝对值）小于结露温差则不易结露，大于则容易结露。此外，也可以用实际气温与露点温度比较来判定，气温比大米的露点低，就容易结露。高，则不易结露<sup>[2]</sup>。例如该批大米的温度为 5℃，水分为 14.0%，查表可得该水分下大米的结露温差是 6~7℃，实际温差小于 6℃，则不会有结露的现象发生。查表可得出大米的露点温度近似值为 1℃，此时大气温度大于 1℃且不高 于 11℃，则不会发生粮堆结露，小于 1℃或者大于 11℃则容易发生结露。

表 1 粮堆露点近似值检查表

温度	水分/%								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	-14	-11	-9	-7	-6	-4	-3	-2	-1
5	-9	-7	5	3	1	0	1	3	4
10	-2	0	1	3	4	5	7	8	9
13	1	3	4	6	7	9	10	11	12
14	2	4	6	7	8	10	11	12	13
15	3	5	6	8	9	10	12	13	14
16	3	5	7	8	10	11	13	14	15
18	4	5	8	10	12	13	15	16	17
20	6	8	10	12	13	15	16	18	19
22	8	10	12	14	15	17	18	20	21
24	10	12	14	16	17	19	20	22	23
26	12	14	16	18	20	21	22	24	25
28	14	16	18	20	22	23	24	26	27
30	16	18	20	22	24	25	26	28	29
32	18	20	22	24	26	27	28	30	31
34	20	22	24	26	28	29	30	32	33
结露温差	12~14	10~12	8~10	7~8	6~7	4~5	3~4	2	1

2.1.2 利用粮食平衡绝对湿度曲线图预测露点温度

图中纵坐标为绝对湿度（mmHg），横坐标为大米的温度（℃），曲线 Ps 为一个大气压下的大气饱和绝对湿度曲线（即相对湿度 RH= 100%的曲线）。A 点为一定温度和水分大米的状态点。过 A 点的水平线与曲线 Ps 的交点 B 为 A 点的露点，对应横坐标上的 C 点即为露点温度。例如 A 点代表大米温度为 15℃，水分 15.0%，则此时大米的露点温度为 C 点，即 9℃。若大气温度小于 9℃则容易发生结露。不同的粮种在相同的温度、水分情况下，其露点温度都是不同的，因此讨论具体条件时应当区分不同的粮种。

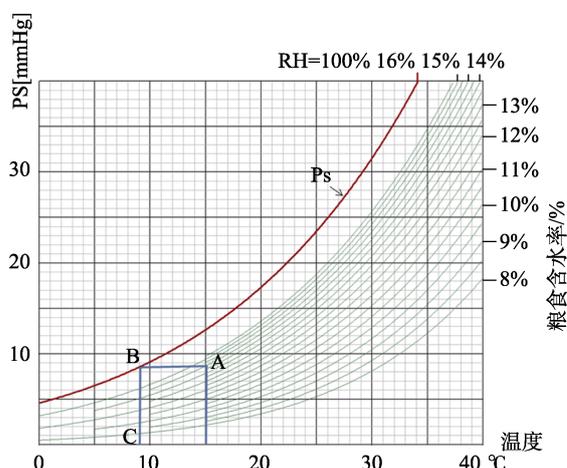


图 1 大米平衡绝对湿度曲线图（解吸）

### 2.2 利用大气绝对湿度曲线图查定大气露点温度

图中纵坐标为空气绝对湿度  $P_s$  (mmHg), 横坐标为空气温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ), 曲线  $P_s$  为一个大气压下的 大气饱和绝对湿度曲线(即相对湿度  $\text{RH}=100\%$  的曲线)。大气露点温度的查法<sup>[3]</sup>: 已知一定温度和湿度大气状态点 A, 过 A 点平行横轴的直线, 与  $P_s$  相交在 B 点, 交点对应的温度值就是该条件的大气的露点温度 C 点。如图 A 点大气温度为 25  $^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度为 60%, 过 A 点作平行线与  $P_s$  的交点 B 点对应的温度值, C 点 16.5  $^{\circ}\text{C}$  就是 A 点大气的露点温度。一般情况下, 若粮温小于 16.5  $^{\circ}\text{C}$  则会发生结露, 反之则不容易发生结露。

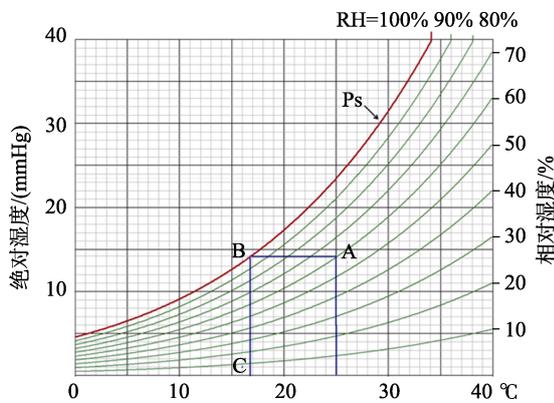


图 2 大气绝对湿度曲线图

### 2.3 利用大米平衡水分判断结露状态

大米水分高低是造成结露的内在条件, 根据《储粮机械通风技术规范》中各种温度、相对湿度下不同粮食的平衡水分表可以查到一定条件下的大米平衡水分, 若大米的水分在平衡水分区域内, 则不会发生结露, 反之则容易发生结露。例如大米温度为 10  $^{\circ}\text{C}$ , 大气相对湿度为 50%, 可查定大米的平衡水分为 12.1%~13.7%, 当大米水分超过 13.7%时, 大米处于解吸状态, 水分凝结在粮粒表面, 一旦环境温度上升, 便形成水滴附着在包装上, 形成大米的结露。

### 2.4 分析和讨论

应急储备成品粮装在东西走向的 16 号高大平房仓, 仓内长 65.75 m, 宽 26.16 m, 仓内面积为 1 720.02  $\text{m}^2$ , 在设计货位时, 将仓内货位划分为南、北两排, 每排 13 个货位, 共有 26 个储粮货位。每货位独立编号, 便于货位码放和日常管理。两排之间留有主通道, 宽度为 2.0 m, 货位之间距离为 0.8 m, 货位距仓房墙壁的距离为 1.0 m, 如图 3。

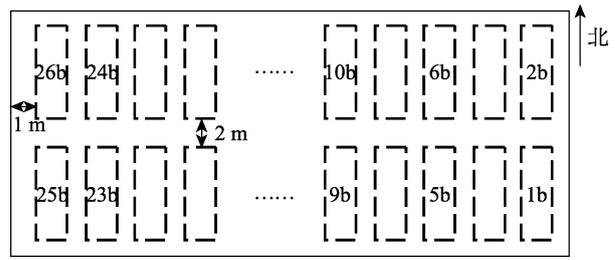


图 3 16 号仓货位摆布图

大米规格为 25 kg/袋和 10 kg/袋两种, 货位为南北走向, 长 11.0 m、宽 3.7 m、堆高 25 层约为 3.2 m。测温电缆每层 A、B、C、D, 4 根\*5 个点, 即 20 个点, 共 3 层, 上层电缆布设在堆垛表层第 2、3 层粮包之间, 下层布设在堆垛底层向上第 2、3 层粮包之间, 中间电缆在上层与下层电缆之间均匀布设。见图 4。

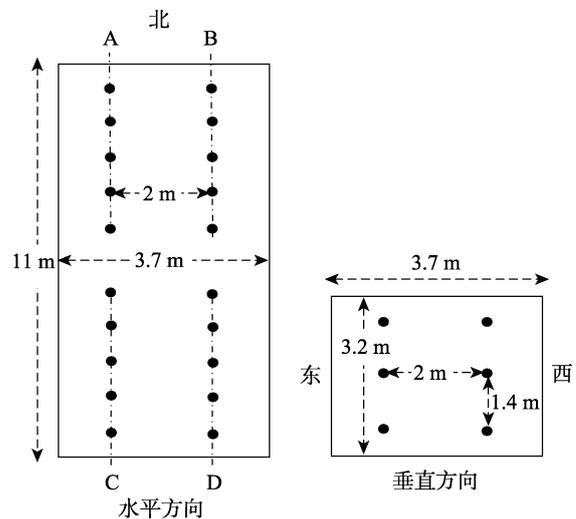


图 4 大米货位粮温检测布点图

出现结露现象的货位位于 16 号储粮仓的西侧的 16-24b、16-25b 和 16-26b 三个货位, 基本情况如下:

表 2 大米货位基本情况

货位	入库时间	粮温/ $^{\circ}\text{C}$	水分/%	结露温差/ $^{\circ}\text{C}$
16-24b	2020.2.13	-4.9	14.7	4~5
16-25b	2020.2.13	-4	14.6	4~5
16-26b	2020.2.13	-3.6	14.8	4~5

入库完成后, 每天上午 9:00 检测大气温湿度、仓内温湿度以及粮温, 每 15 d 检测大米水分。

经过对“三温两湿”及水分等数据检测, 当实际温差大于结露温差的情况下, 包装表面发生结露现象, 并且包内大米水分无明显增加, 说明是外结露。主要原因一是来粮温度低, 与日益升

表 3 16 号仓内货位储存情况明细表

日期 (月.日)	气温 /	气湿 /%	仓温 /	仓湿 /%	货位								
					16-24b			16-25b			16-26b		
					粮温/ 实际温差/	粮堆状态	粮温/ 实际温差/	粮堆状态	粮温/ 实际温差/	粮堆状态			
2.13	-1	89	-2	67	-4.9	2.9	A	-4	2	A	-3.6	1.6	A
2.15	-6	48	2	50	-4.3	6.3	B	-3.6	5.6	B	-3.8	5.8	B
...													
2.21	-1	52	2	45	-3.7	5.7	C	-2.1	4.1	C	-2.2	4.2	C
2.24	6	60	3	40	0.0	3.0	A	-0.4	3.4	A	0.6	2.4	A
2.29	0	49	3	42	0.7	2.3	A	0.8	2.2	A	1.1	1.9	A
3.2	5	50	4	46	1.1	2.9	A	1.0	3.0	A	1.5	2.5	A
3.5	2	38	2	40	1.5	0.5	A	1.5	0.5	A	2.0	0.0	A
3.8	4	94	4	46	2.0	2.0	A	2.0	2.0	A	2.2	1.8	A
3.11	2	55	4	46	2.4	1.6	A	2.4	1.6	A	2.8	1.2	A
3.14	8	30	5	43	2.8	2.2	A	2.8	2.2	A	3.0	2.0	A
3.17	10	45	5	45	3.2	1.8	A	3.3	1.7	A	3.6	1.4	A
3.20	10	30	6	45	3.7	2.3	A	3.7	2.3	A	4.0	2.0	A
3.23	16	22	8	43	4.2	3.8	A	4.3	3.7	A	4.4	3.6	A
3.26	5	88	8	45	4.7	3.3	A	4.9	3.1	A	5.0	3.0	A
3.29	7	40	8	43	5.3	2.7	A	5.5	2.5	A	5.6	2.4	A

注：2.16 至 2.20 期间进行倒垛散湿；A 表示无结露现象，B 表示有普遍结露现象（结露粮包超过 20 袋），C 表示有轻微结露现象（结露粮包在 10 袋以内）。

高的气温和仓温有较大温差，从而形成的结露；二是来粮水分偏高，大米在当时环境下处于解吸状态，形成的结露。实践表明粮食的水分含量越低，发生的结露所需的温差也就越大，越不容易发生结露<sup>[4]</sup>。

### 3 粮堆结露的处理方法

火车来粮时卸在站台上临时中转的堆垛，应适时进行苫盖或揭苫，尽量降低粮包出现结露的可能。

当粮温低、与气温温差较大、大气湿度过高时，应使用苫布、麻袋片或彩条布等器材及时做好堆垛苫盖，避免堆垛直接与大气接触。

当气温下降，与气温温差较小、大气湿度较低时或有较大的自然风时，应及时揭开苫盖进行自然通风散湿。

对于已入库的粮食，采用开启低压风机、排风扇或电风扇等进行较远距离通风，此时注意风机不能直吹，防止大米爆腰。选择适当时机，及时进行倒垛并堆码通风垛，挑出湿粮包，进行站包或拆包摊晾，待水分降低后，再码回到货位上。

对于后续到达的火车，加强结露条件的判定，卸车时增加站台跺的缝隙便于通风均温；对可能结露的货位要适时进行苫盖和揭苫，防止粮堆和环境湿热空气直接接触。

### 4 结论和思考

北京地区初春季节接卸火车运输的包装大

米，由于来粮温度低、水分偏高，易在站台和仓房内形成粮堆外结露，低温环境下大米预防结露的关键在于使大米的温度高于当时的大气露点温度，并且使大米与大气的温差小于大米的结露温差。为防止粮堆结露出现，应积极采取站台码通风垛进行一定时间的缓苏，同时可通过苫盖或麻袋包裹，隔绝与湿热空气直接接触，把握时机盘倒入仓并做好仓房的密闭隔热工作<sup>[5]</sup>。

掌握预测粮堆结露的方法有利于减少作业过程中粮堆结露的现象，为大米的安全储存提供理论依据，将对如何把握出库时机提供参考。在实际工作中，要将通风散湿处理结束后的大米货位作为日常保管工作的重点，加强粮情检查力度，根据粮情变化制定相应的工作方案。

### 参考文献：

- [1] 唐柏飞, 王若兰, 白旭光, 等. 粮油保管员[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2016: 56.
- [2] 黄明山. 粮堆露点温差规则的发现与应用[J]. 中国粮油学会第三届学术年会论文集(上册), 2004, 9: 154-156.
- [3] 李兴军, 吴子丹. 粮堆平衡绝对湿度和露点温度的查定方法[J]. 粮食加工, 2011, 8: 34-37.
- [4] 章铖, 田兴国, 何荣, 等. 粮堆结露成因与预防处理研究进展[J]. 粮食储藏, 2018, 1: 1-4.
- [5] 黄志军, 金建德, 陈明忠, 等. 包装仓实施准低温储粮应用探析[J]. 粮油食品科技, 2012, 1: 55-57. 

备注：本文的彩色图表可从本刊官网（<http://lyspkj.ijournal.cn/ch/index.aspx>）、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。