《简易仓囤储粮通风技术规程》
行业标准编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

根据《国家粮食和物资储备局办公室关于下达2018年第三批粮油行业标准制修订计划的通知》(〔2018〕329号)，国家粮食和物资储备局科学研究院组织开展《简易仓囤储粮通风技术规程》行业标准的编制工作。

（二）主要起草单位及承担单位

《简易仓囤储粮通风技术规程》由国家粮食和物资储备局科学研究院和中储粮成都储藏研究院有限公司参加，中储粮吉林分公司、中储粮通辽东郊直属库、中储粮赤峰直属库等粮库参与制定修改及验证工作。

（三）主要工作过程

2017年4月-7月期间，国家粮食和物资储备局科学研究院分别对中储粮通辽东郊直属库的千吨囤和中储粮鞍山千山直属库简易仓中堆垛进行通风测试，主要检测粮堆表观风速、粮层阻力、风机风压等一系列参数，对风道设计、通风降温效果及效能进行评价，掌握了简易仓囤通风第一手测试数据，为《简易仓囤储粮通风技术规程》标准制定提供了技术支撑。

2018年10月31日标准编制计划正式下达，国家粮食和物资储备局科学研究院积极组织行业内技术骨干成立标准

起草工作组，研究和制定了标准编制工作方案，并按照标准化工作要求展开标准制定工作。

2018 年 11 月-2019 年 1 月期间，标准起草工作组征求了行业内通风专家的意见，针对简易仓囤具体储粮形态特征，对通风工艺进行系统的分类，结合简易仓囤储粮特征，对每种工艺提出详细操作要求，完成《简易仓囤储粮通风技术规程》标准草案。

2019 年 2 月-6 月期间，起草工作组将标准草案以邮件方式发给了中储粮吉林分公司、中储粮通辽东郊直属库、中储粮赤峰直属库、中储粮抚顺直属库、中储粮鞍山直属库、中储粮佳木斯直属库等十几家粮库仓储主要技术负责人，大部分粮库都给出了切合实际的修改意见，结合粮库仓储主要技术负责人的意见和建议，对标准草案进行了修改，形成《简易仓囤储粮通风技术规程》送审讨论稿。

2019 年 8 月 24 日，标准起草小组邀请中储粮吉林分公司 10 个粮库分管储粮的副主任或仓储科长等储粮技术骨干在吉林长春召开标准讨论会，对前期修改的标准文本又进行了深入的讨论，并提出三十多条具体修改意见，形成《简易仓囤储粮通风技术规程》送审稿。

二、标准的编制原则和主要内容

（一）标准的编写原则

本标准是按照 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》的要求进行编写。

与相关法律法规一致，与现行有效标准相协调，同时符合我国国情。

（二）提出本标准的依据

本标准编制重点围绕适用于简易仓囤储粮形态可能存在的问题，提出了通风前期准备工作、通风工艺及相应的具体操作技术要求，设定相应技术规程内容。在确保通风技术安全的基础上，实现不同需求的通风作业目的。

（三）制定本标准的基础

起草组共 9 人：唐芳、祁智慧、张海洋、石天玉、许伟胜、李倩倩、田琳、何洋、朱延光。

本标准主要起草单位承担了 2016 年重点研发专项课题“稻谷等储存粮堆霉变综合防控关键技术研究”，其中“简易仓囤玉米安全储存粮情检测和通风熏蒸技术开发”子课题。从 2016 年下半年起，国家粮食和物资储备局科学研究院对东北地区简易仓囤进行了全面细致的调研，并开展了系统检测、数据分析及效果评价，主要包括简易仓囤结构特点、通风效果评价、粮情数据分析、储粮效果评价等工作。研究结果发现，通风效果是决定简易仓囤储粮效果的重要因素，因此，针对不同储粮形态和容易出现的问题，提出了相应的通风工艺及操作技术要求，以期实现简易仓囤安全储粮的目的。

（四）标准主要内容

标准主体分为范围、规范性引用文件、术语和定义、总体要求、通风工艺分类、通风工艺操作要求以及通风管理七部分内容。下面重点介绍标准中后四部分内容。

第 4 部分为“总体要求”。主要是调研期间发现，初期简易仓囤的建设，由于没有统一标准，仓房支架结构千差万别，有些粮库为了节约成本，仓房密闭隔热效果极差，是导致通风效果差，易出现结露霉变的最主要原因，欲通过通风方式解决简易仓囤易出现的积热多、易结露、局部易发热等问题，仓房及通风等硬件基础设施必须达到要求，因此，在总体要求部分提出了“简易仓囤通风密闭要求”、“通风系统风网布置”、“粮情布置”，为确保通风效果提供充足的硬件支撑。

第 5 部分为“通风工艺分类”。通风工艺分类有很多种，但针对简易仓囤容易出现的问题，有针对性提出了降温通风、防结露通风、排积热积湿通风、局部降温通风四种通风工艺，分别用于解决简易仓囤中整仓高温、表层易结露、仓内温度高、局部发热等问题。

第 6 部分为“通风工艺操作要求”。针对简易仓囤的四种通风工艺分类，分别提出了各种工艺的具体操作要求，以实现基层粮库具体通风操作时的技术指导作用。

第 7 部分为“储粮通风管理”。为了标准的完整性，针对通风操作过程，从管理的角度对其进行了规范，具体包括：通风前的准备工作、通风前后及通风过程中的粮情检查和通风结束后的管理和维护，以实现整个操作流程的指导和监管。

（五）实际应用效果

标准起草组包括多个北方地区粮库，均有简易仓囤通风操作经验，标准牵头单位也分别对钢筋囤和简易仓中的玉米

堆垛进行了通风效果测试，通过实测结果及经验总结，提出了具体操作要求。

三、主要试验（或验证）情况

（一）主要试验或验证的分析

本研究针对现有简易仓囤主要形态，分别作了简易仓和简易囤两种储粮形态的通风测试工作，具体测试情况如下:

1. 简易囤通风测试工作研究

1.1 实验材料与方法

1.1.1 实验仓

内蒙通辽东郊直属库钢结构简易囤，直径 15 m，装粮高度为 6.5 m，设计仓容为 1000 吨，实际玉米装载量为 810 吨。2016 年 10 月入仓，入仓水分为 13.3 %。

1.1.2 实验仪器

智能变频器：IS0075S，河南未来机电工程有限公司；风机：4-72-4.5A，内蒙古通辽市兴通鼓引风机制造有限责任公司；自制通风测试管道：直径 40 cm，长 400 cm；自制集风罩：上直径 10 cm，下直径 40 cm ；叶轮式风速测量仪：testo 410 -1，德国德图仪器；智能压力风速仪：Aut 2000，北京鑫鸷腾达仪器设备有限公司；L 型标准毕托管：8×800 mm；热线风速仪：TES 1340，台湾泰仕电子工业有限公司。

1.1.3 通风道设计

简易囤通风道设计如图 1 所示。主风道设计为不开孔的密闭管道，长约 8 m，距离地面高 50 cm，从通风口布置到囤体中心位置。主风道末端对底部开口，连接到地面的空气

分配器，再由空气分配器呈“十”字形分配给四条支风道，每个分支外延顶端再横向铺设 6 节地上笼。主风道末端向上也留有 30 × 30 的开口，平时用隔板覆盖密封，隔板由 8 m 长的通往仓外的拉杆牵引控制。需要出粮时，主风道内插入定制的绞龙，打开中心位置的隔板，绞龙可借助主风道开口，实现由中心位置将粮食输送到仓外。

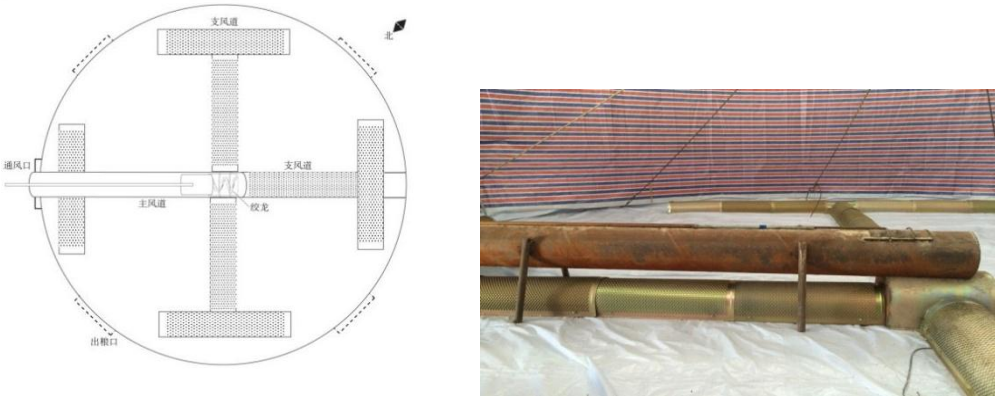


图 1 出粮绞龙通道与主风道共用管道设计及支风道分布图

1.1.4 通风测试方法

1.1.4.1 分环法检测管道风速与压力

将风机、变频器、通风测试管道和简易囤通风口连接好，通过变频器调节风机风速。将自制通风测试管道一端连接风机出风口，另一端连接囤体通风口，测试管道直径 40 cm。在通风管距离通风口连接处 1.5 m 位置打垂直和水平测孔，测控直径约为 1.2 cm。

采用截面分环法，测试通风管道的风速和压力。按照通风管道直径大小，将管道分为 3 环，按照公式 yn=R[(2n-1)/2m]1/2（R: 风管半径；m: 划分环数；n: 从圆心算起同心环的序号 ）计算环内测点至测试管道中心的距

离，通过毕托管与热线风速仪探入测孔至管道内测点位置，可测得通风测试管道截面横向与纵向测点的气流压力与风速。

1.1.4.2 粮堆静压值测点布置及测试

通风管道垂直面上，设置 5 个位点，每点设 2 层，分别距离粮面 1.0 m 和 5.0 m 高度，共计 10 个检测点。静压管与智能压力风速仪连接，可检测粮堆静压。布点位置见图 2。

1.1.4.3 粮堆表面表观风速测点布置及测试

每段通风道上方粮面布置 2 点，风道之间粮面布置 2 点，共计 17 点。使用集风罩和叶轮式风速测定仪粮堆表面风速。布点位置见图 2。

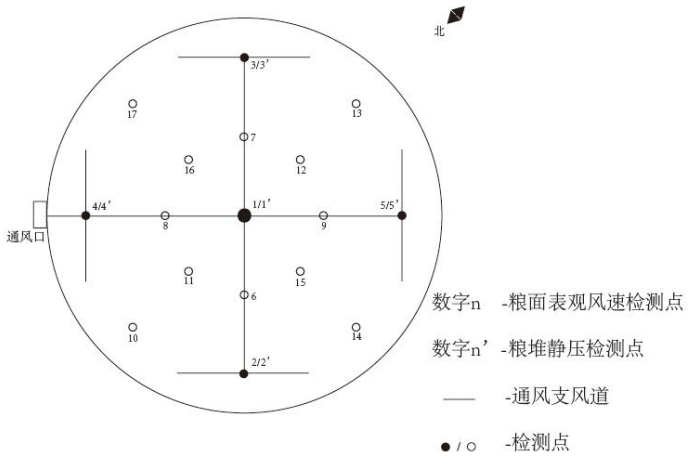


图 2 粮堆静压与表观风速检测点分布图

1.2 结果与讨论

1.2.1 简易囤囤壁结构设计及密闭措施

简易囤顶盖中间留有入粮口，囤顶边沿与侧壁之间留有 20 cm 空隙起到自然通风降温的作用；囤体侧壁由槽钢做结

构支架，由外侧彩钢板、中层岩棉、内侧铁丝网组成囤壁围挡。为对囤体进行防潮密闭处理，铁丝网内侧挂 2 层彩条布，囤内地面为 24cm 高的两层砖，其上加一层毡布和两层彩条布，彩条布向上围挡 1m 左右，与侧壁彩条布用铁丝连接，将粮食包裹在内，构成密闭空间，防止急风骤雨天气集中降水导致的雨水聚集倒灌入仓；如需要，粮面可覆膜，加强仓房密闭性，减少表层粮食失水，也可进行局部熏蒸操作。囤壁留有四个两两对称的出粮口和一个通风口。

1.2.2 粮堆通风测定

简易囤采用上行压入式通风方法进行竖向通风，并对通风均匀性和通风阻力进行评价。

1.2.1 不同风量下的粮面表观风速

采用方法 1.1.4.3，检测简易囤玉米粮堆在不同风量条件下粮堆表面表观风速，测定结果如表 1 所示。

表 1 简易囤玉米粮堆粮面表观风速（m/s）测定结果

检测点	风机频率/Hz				
	50	45	40	35	30
1	0.012	0.010	0.008	0.008	0.000
2	0.018	0.016	0.014	0.010	0.010
3	0.020	0.014	0.014	0.010	0.008
4	0.010	0.008	0.008	0.008	0.000
5	0.014	0.016	0.014	0.012	0.010
6	0.014	0.012	0.010	0.008	0.008
7	0.016	0.016	0.014	0.012	0.008
8	0.012	0.012	0.010	0.008	0.008

9	0.014	0.012	0.012	0.012	0.010
10	0.016	0.016	0.010	0.012	0.008
11	0.014	0.016	0.010	0.010	0.010
12	0.016	0.016	0.012	0.010	0.008
13	0.016	0.016	0.016	0.012	0.012
14	0.018	0.012	0.014	0.014	0.010
15	0.014	0.012	0.012	0.010	0.008
16	0.012	0.010	0.008	0.010	0.008
17	0.012	0.012	0.010	0.008	0.000

表 1 给出不同风机频率条件下，粮堆表面各点风速测试情况。1、4、8、16、17 五点表观风速相对较低。特别是位于主风道上方的第 1、4、8 三点粮堆的表观风速最低，由图 1，2 可看出，受主风道布置影响，上述 5 点构成一个通风薄弱区域，表层可能存在通风通不透的现象。

1.2.2.2 不同单位面积通风量下的粮堆粮层阻力

在不同风量条件下，玉米粮堆竖向上行压入式通风测试中，各项参数检测结果见表 2。

表 2 简易囤玉米粮层阻力测定值

频率/Hz	风机风量 /m^3/h	表观风速 /m/s	单位通风量 /m^3/(h·t)	单位粮层阻力 /Pa/m	5m 高粮层平均静压 /Pa	1m 高粮层平均静压 /Pa
50	7426.0	0.0117	9.2	9.6	54.4	11.0
45	6402.1	0.0101	7.9	8.5	48.2	10.0
40	5912.8	0.0093	7.3	7.2	39.0	6.6
35	5172.5	0.0081	6.4	6.2	33.2	5.2
30	4199.4	0.0066	5.2	5.2	28.4	5.0

粮堆表观风速由 0.0066 m/s 增加到 0.0117 m/s，对应的单位通风量由 5.2 m3/(h·t)增加到 9.2 m3/(h·t)，玉米粮堆单位粮层阻力由 5.2 Pa/m 增加到 9.6 Pa/m。简易囤玉米粮堆竖向通风的表观风速和单位通风量增加，粮堆的单位粮层阻力也增加，两者呈正相关。

1.2.2.3 粮堆表观风速与单位粮层阻力

简易囤储存玉米不同粮堆表观风速下竖向通风单位粮层阻力曲线见图 3。

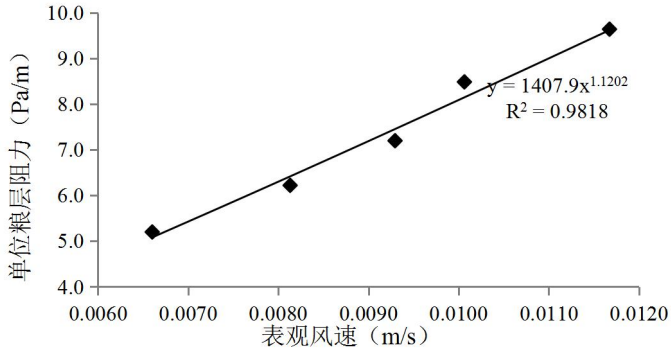


图 3 简易囤玉米储存单位粮层阻力与表观风速的关系曲线

由图 3 可知，简易囤玉米储存竖向通风单位粮层阻力与粮堆表观风速的关系可以用幂函数公式表示，简化成工程用经验公式为:

$$Z_m = 9.81 \times 143.5\mu^{1.1202}$$（Pa/m）（R2=0.9818）

式中：Zm——单位粮层阻力/Pa/m

μ——粮堆表观风速/m/s

1.2.2.4 玉米粮堆系统阻力

对简易囤玉米储存的粮堆系统总阻力、设施总阻力和粮

堆阻力进行对比，结果如图 4 所示。

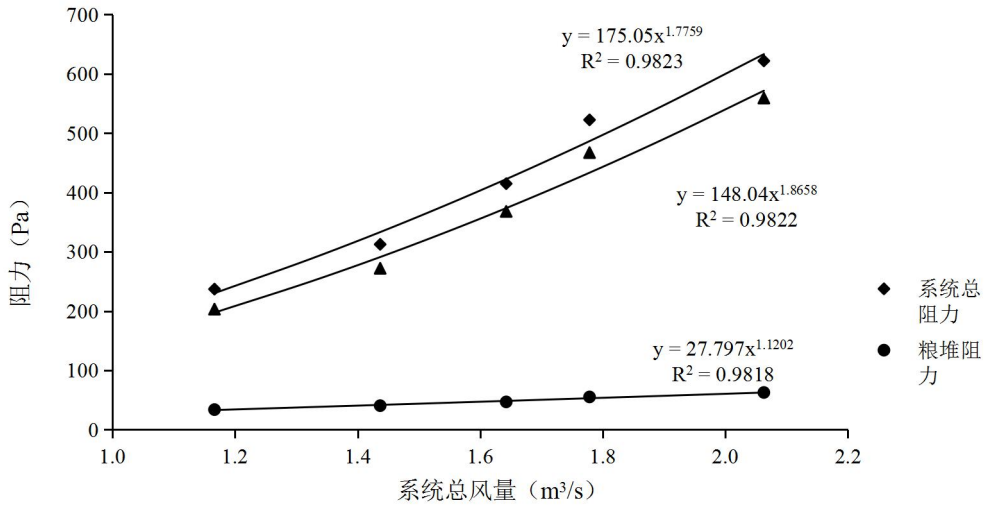


图 4 简易囤玉米储存粮堆阻力比较

由图 4 曲线可以看出，简易囤系统通风阻力中，设施阻力占 80%左右，而粮堆阻力较小，占系统总阻力 20%。通风设施阻力主要包括风机、通风道和空气分配器阻力。简易囤设施阻力占比较大的主要原因，一是通风口、主风道和支风道截面积偏小，造成设施阻力较大。相同风量下，通风管道截面积与风速成反比，截面积越小，风速越大，管道阻力与风速平方呈正比，因此造成管道阻力大幅提高。建议通风管道截面积直径增大为 500mm。二是风道设计不合理，主风道处于东北方向支风道正上方，通风时空气需转向 180° 进入此支风道，气体回流导致气流变小，同时主风道在支风道正上方形成障碍，加大通风阻力。

建议可将主通风道与支风道呈放射状均匀布置，可消除对支风道的遮挡阻碍，降低支风道通风气流上行阻力。

1.2.3 粮堆通风降温效果评价

对简易囤玉米粮堆温度进行测定，温度测定分为五层，

分别距离粮堆表面 0.3 m、1.7 m、3.2 m、4.7 m 和 6.2 m，每层设置 12 个检测点，分内外两圈设置，内圈 4 点，外圈 8 点。内圈以西南角为 1 点，顺时针方向均匀分布 4 个测温点，测温点点距离囤中心约 3m，外圈以 1 点南向延伸线为 5 点，顺时针方向均匀分布 8 个测温点，测温点距离囤壁约 1.5m，如图 5 所示。粮堆通风结束时间为 12 月 5 日。

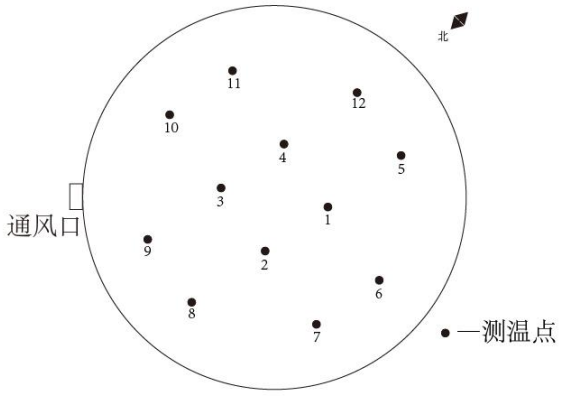


图 5　简易囤玉米粮堆测温点分布图

1.2.3.1 粮堆通风降温效果评价

表 3 通风前后温度变化情况（12 月 5 日通风结束）

粮堆测温点	粮堆温度/℃					
	通风前(11 月 24 日)			通风后(12 月 5 日)		
	最高/最低	温差	均温	最高/最低	温差	均温
第一层（0.3m）	4.0 -5.7	9.7	1.2	-1 -7.6	6.6	-5.3
第二层（1.7m）	9.6 7.0	2.6	8.4	-1.5 -8.3	6.8	-6.0
第三层（3.2m）	11.8 8.5	3.3	9.8	-4.4 -8	3.6	-7.1
第四层（4.7m）	11.9 7.8	4.1	10.2	-4.9 -8	3.1	-5.9
第五层（6.2m）	10.1 -6.4	16.5	-1.7	-2.8 -5.2	2.4	-4.6

通风前一周，11 月中下旬，外界环境急剧降温，夜间最

低温度已降至-10℃左右。通过通风前粮温数据可以看出，表层和底层受环境及地表温度影响，平均温度已降至 0℃左右，但存在温度不均匀的情况，同层最大温差达到 9.7、16.5℃，而中间三层平均温度还保持在 10℃左右，同层最大温差低于 5℃。由均温可看出，第一、二层和第四、五层，层间温差偏大，若不及时处理，易发生结露现象，因此于 11 月 27 日开始进行压入上行式通风。经过 105 小时的间歇式通风，12 月 5 日通风结束。通风后，五层粮堆平均温度在-6℃左右，粮堆整体温度下降 11.3℃。沿着通风方向，底部三层温差小于 4℃，距离粮面 2 m 以上，第一层（0.3 m）与第二层（1.7 m）温差仍在 6℃以上。从第一、二层各点温度变化情况分析，除第 9、10 点外，其余各点温度均降至-6℃左右，而第 9、10 点刚好位于主风道入风口上端，处于粮面表观风速最低的区域范围，经过 105hrs 通风后，温度只降至 0℃左右。温度变化进一步证实了主风道上方上行风量由于设施阻力较大，随着粮层升高，风量已大幅衰减，不足以把该位置第一、二层粮温降至平均-6℃左右。

从整体通风降温效果来看，除位于主风道上方 9、10 点外，其余各点降温比较均匀。从粮堆整体温度变化情况来看，通风前五层粮堆温度较高的点集中于 1、2、3、4 测温点上，即内圈测温点的温度较高，粮堆热量囤积于粮堆中心处。通风结束后，五层粮堆温度整体分布均匀，只有位于通风口上方粮堆上层的第 9、10 点处温度难于降至平均温度。

1.3 简易囤通风测试总结

简易囤为钢结构千吨囤，通风道呈盾构型，中心的空气分配器与主风道相连，主风道入口与出粮绞龙通道合二为一；简易囤玉米粮堆竖向通风的表观风速和单位通风量增加，粮堆的单位粮层阻力也增加，两者呈正相关；由简易囤的表观风速及粮温测定结果可看出，局部上行风量受主风道阻碍，粮堆表面存在表观风速相对较低的三角形区域，2 m 以上粮堆温度降温效果不佳，需延长通风时间才能达到降温效果。

2. 简易仓通风测试研究

辽宁省鞍山市中储粮千山库内有简易罩棚仓三个，储粮量均在 5000 吨左右，储藏粮种为玉米。所选实验仓为一仓两货位，一个货位容量为 5000 吨，为 15 年收获，16 年 4 月入仓玉米，入仓水分为 13.9%。仓型原为包打围露天垛，后加盖简易罩棚，粮堆高度为 4.2m。

2.1 通风检测工作内容

在千山库工作人员的帮助下对通风检测所需的风机、通风测试管以及粮仓通风道进行连接。由于通风测试管为定制的直径 40cm、长度为 400cm 的圆形铁皮桶管，而测试通风效果的罩棚仓通风道为方形直风道，且风机出风口也为方形，因此需要进行软连接；同时在测试管正上方与侧面均需要打孔使得仪器测试管可测试出风风速及风压。

对罩棚仓 4 个直风道连接的风机进行风速和风压的检测；同时使用集风罩对粮堆表观风速进行测试，并记录测试数据。

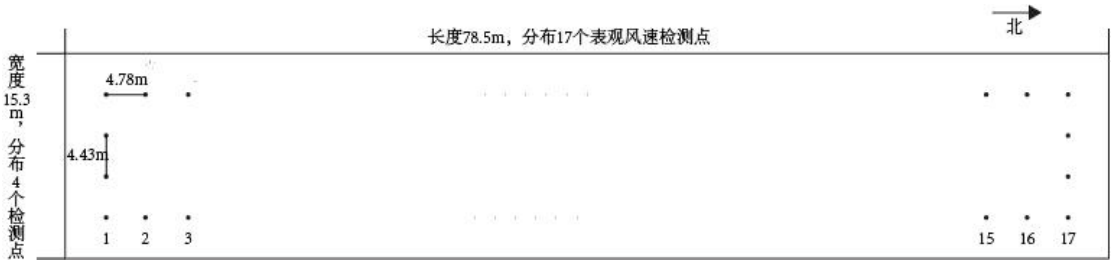


图 6 粮堆表观风速检测点分布图

2.2 通风检测数据

粮堆表观风速检测结果如表 4 所示:

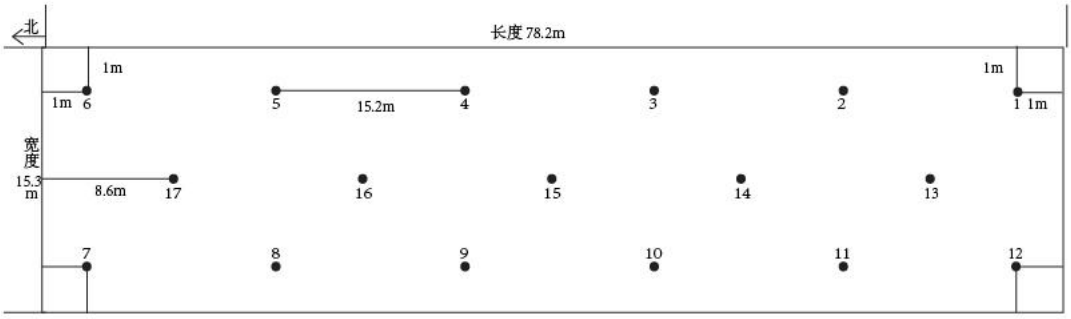
表 4 粮堆表观风速检测结果

	粮堆表观风速/m/s																
检测点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
东 1	0.8	0.9	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4
东 2	0.8	0.9	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4
东 3	0.7	0.8	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
东 4	0.6	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

通过测试通风压力和风速，计算粮堆各项阻力数值:

表 5 粮堆各项阻力数值

风机	风量（m³/h）	全压（Pa）	单位粮层阻力(Pa/m)	表观风速(m/s)	设施总阻力（Pa）	系统总风量（m³/s）	系统总阻力（Pa）	单位通风量（m³/h/t）	粮堆总阻力（Pa）
风机一	9004.8	914.6	7.3	0.0142	883.9	2.50	914.6	11.1	30.7
风机二	6563.8	567.1	4.6	0.0103	547.9	1.82	567.1	8.1	19.2
风机三	9201.3	840.0	7.6	0.0145	808.3	2.56	840.0	11.3	31.7
风机四	7090.7	342.2	5.1	0.0111	320.6	1.97	342.2	8.7	21.5



粮堆静压测试管布点图

2.3 简易仓通风测试总结

风机功率越大，虽然单位通风量增加，但单位粮层阻力、

设施阻力、系统阻力等越大。支风道长度 15.3m 时，支风道末端通风量可满足通风通透，表观风速未见显著差异。支风道不宜过长。

（二）通风测试总结

对于简易仓囤，围挡结构的密闭性以及通风道的设计非常重要，影响到通风效果以及能耗。由于简易仓囤因其简易特点，结构上很难向标准仓一样统一标准，因此，本标准给出的通风操作技术过程，尽可能把简易仓囤的多种形态考虑到，给出建议性操作指南。

（三）预期的经济效果

通过规范简易仓囤通风技术操作，提高通风效率，可有效降低能耗，节约成本，提高简易仓囤存储粮食的品质，减少损失，经济效益显著。

四、与国际、国外对比情况

本标准未涉及采用国际标准。

五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准为推荐性行业标准，按 GB/T 1.1 《标准化工作导则》制订。

本标准涉及、引用的相关国家及行业标准如下:

GB 5491　粮食、油料检验　扦样、分样法

GB/T 26882　粮油储藏　粮情测控系统

GB/T 29890 粮油储藏技术规范

LS/T 1202　储粮机械通风技术规程

LS/T 1217 简易仓囤储粮技术规程

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在制定过程中未出现重大分歧意见。

七、标准性质的建议说明

本标准为国家粮食和物资储备局采用，建议作为推荐性标准发布实施。

八、贯彻标准的要求和措施建议

本标准为针对简易仓囤通风技术规程制定的行业标准，为推荐性标准，在组织上建议在我国粮食储藏行业中应用实施本标准。并将实施过程中出现的问题和好的改进建议反馈起草小组，以便进一步对本标准修订完善。

在技术上，本标准在实施过程中，按照本标准给出的总体要求、通风工艺操作技术要求等对简易仓囤通风技术进行规范。通过本标准的实施，尽可能实现简易仓囤通风的均匀性、有效性等问题，保障简易仓囤的储粮安全。

九、废止现行有关标准的建议

本标准不涉及对现行标准的废止。

十、其他应予说明的事项

无。