

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.S0.019

牧草种子加工线设计与试验*

王全喜 张俊国 包德胜 翟改霞 张平 王建平

(中国农业机械化科学研究院呼和浩特分院, 呼和浩特 010010)

摘要: 针对牧草种子加工线各主机既能连线成套工作,也能单独工作的设计要求,采用了主机平面布局和多地坑料斗喂料的形式,结合一字形串联提升机的输送方式,设计了加工线,完成了料门三通、溜管联接卡子和除尘管路风选部件的结构设计。以净度为85%~88%的披碱草种子为加工对象进行了试验,结果表明:生产率大于等于800 kg/h,净度大于等于97%,获选率大于等于95%,度电生产率大于等于25 kg/(kW·h),使用有效度大于等于95%,粉尘质量浓度小于等于0.3 mg/m³。

关键词: 牧草种子 种子加工 加工线 成套设备

中图分类号: S817.8⁺5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)S0-0113-06

引言

牧草种子商品化生产过程中,为了使牧草种子在净度、发芽率和表面处理方面达到规定要求,需要使用牧草种子加工线^[1-3]。牧草种子加工线包括除芒、初选、精选、分级、包衣、包装等工序^[4-6]。由于种子原料在含杂质类型、净度和加工目的等方面存在差异,需要牧草种子加工线各主机既能连线成套工作,也能单独工作^[7-9]。针对这一要求,本文对牧草种子加工线进行设计和试验。

1 加工线总体结构和工作原理

1.1 加工线总体结构

如图1所示,牧草种子加工线主机按工序依次包括牧草种子除芒机、种子初选机、种子风筛清洗机、种子密度分级机、种子包衣机。辅机包括斗式提升机和溜管、胶带输送机、地坑料斗、地坑胶带输送机、暂存仓、电控系统、旋风除尘风机和除尘管路、计量秤和缝包机等。

成套设备布局分平面布局和立体布局。在场地面允许的情况下,首先选择平面布局。进、出料口位置一般选择在厂房两端靠近门的地方,易于原料种子的卸车和成品种子的装车。大型成套设备布局应在加工车间内留有货运车辆行车的通道。狭长的车间可以考虑一字形布局。接近方形的加工车间可以考虑U或L形布局。电控设备应安放在视野较好的位置,并且与加工设备离开一定距离进行隔离。

设备安放应考虑预留拆装工作部件时需要的空间,如筛片的更换。经常使用的工艺流程设备应安放在流程距离较短的位置。

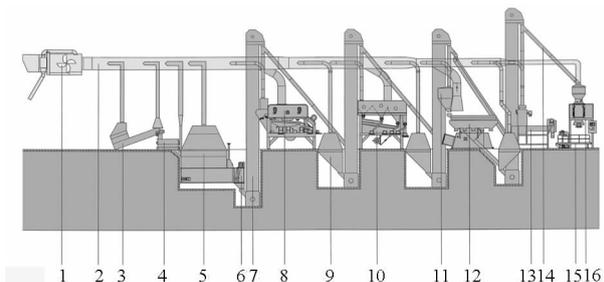


图1 加工线总体结构简图

Fig.1 Overall structure diagram of harvesting machine

1. 旋风除尘风机
2. 除尘管路
3. 胶带输送机
4. 牧草种子除芒机
5. 大地坑料斗
6. 地坑胶带输送机
7. 斗式提升机
8. 种子初选机
9. 小地坑料斗
10. 种子风筛清洗机
11. 暂存仓
12. 种子密度分级机
13. 种子包衣机
14. 溜管
15. 缝包机
16. 计量秤

如图1和图2所示,加工线采用平面布局,即各主机固定在加工间的地面上。种子从前一道工序进入下一道工序由提升机完成。各提升机采用一字形排列。加工间地面有多个地坑和地坑料斗。地坑中安放地坑料斗和提升机。提升机间连接溜管,能够完成提升机之间种子的接力输送。提升机的喂料口连接前一台主机的出料槽,提升机的出口连接溜管,与下一道工序主机的进料口连接。每个提升机有一个带转换料门的三通,料门的位置决定种子进入哪条溜管,即在进入下一道工序主机进料口和进入

收稿日期: 2014-07-29 修回日期: 2014-08-18

* 太阳能干燥技术装备国家地方联合工程实验室试验测试能力提升项目(发改办高技20111330号)

作者简介: 王全喜, 研究员, 主要从事种子收获和加工机械研究, E-mail: wqx88@126.com

下一台提升机喂料口两者中选择。地坑料斗上表面与地面平齐,设计的除尘吸风罩与除尘管路连接。旋风除尘风机是加工线除尘和风选的风源。电控系统的线路通过地下通道与主机和辅机电动机连接。



图2 加工线设备

Fig. 2 Processing line devices

1.2 工作原理

1.2.1 加工线工作流程

加工线工作流程框图如图3所示。带芒牧草种子被胶带输送机输入除芒机,在除芒机出料口风选吸出脱落的芒和质量轻的杂余,进入地坑料斗,物料被提升机喂入初选机,首先进行风选,之后种子落到筛面上筛选,流入提升机,输送给风筛清选机进行更高精度的风选和筛选,随后好种子被提升机输送至包衣机或密度分级机,包衣后装袋,分级后,好种子进入计量包装秤或包衣机。

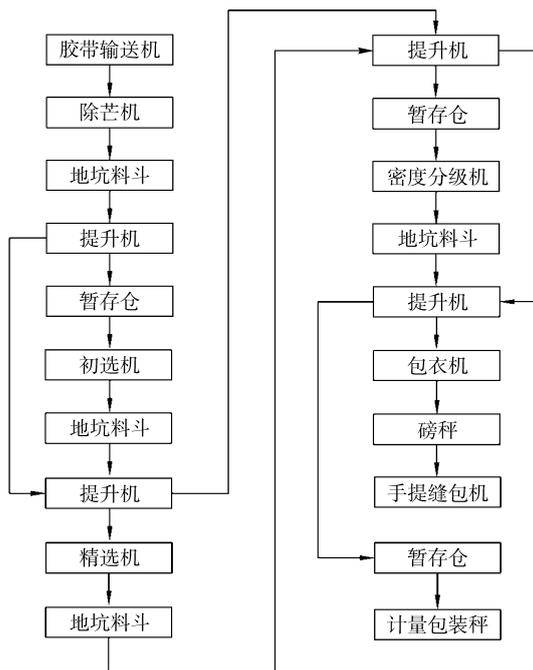


图3 加工线工作流程框图

Fig. 3 Flow chart of processing line working

1.2.2 单机工作原理

牧草种子除芒机的旋转轴上,有螺旋排列的钉齿,它被置于截面呈梯形的腔体内。在腔体中,种子被钉齿搅拌和撞击,由于种子芒的强度低于种子本身,芒被折断。初选机的喂料器出口安装风选管道,

种子到达这里,被风选之后,落到下面的2层筛板上进行筛选。风筛清选机工作时,种子进入设备的风选腔,轻杂被吸走,好种子落到下面的3层筛上进行筛选。密度分级机有一个具有振动给料器功能的筛网平面,其下部安装有匀风系统,风机通过它将风均匀地分配到筛网平面的每一个角落。种子进入到筛网平面上,被按密度吹起不同高度,重的种子沿振动方向推出机外,轻的种子沿筛网平面倾斜方向移出机外。种子进入包衣机,被伞状分料器分成圆筒形的物料流,伞状分料器的下面有添加液剂的甩盘,种子和液剂混合后,进入搅拌腔搅拌后排出机外。

2 主要部件结构设计

2.1 料门三通

料门三通是加工线上实现流程转换的关键部件,安装在提升机的出口处,如图4所示。料门三通主要由三通壳体、门轴、物料流向指示、门转动臂、门等部分组成。当物料需要切换出料口时,人力通过系在门转动臂孔上的拉绳使门转动,门转动靠近的出料口被关闭,此时,在拉绳的下面挂上配重,这种状态被固定下来,从进料口进入的物料被切换到另一个出料口排出。

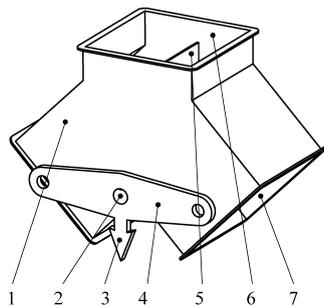


图4 料门三通简图

Fig. 4 Diagram of tee with door

1. 三通壳体
2. 门轴
3. 物料流向指示
4. 门转动臂
5. 门
6. 进料口
7. 出料口

2.2 溜管连接卡子

提升机是加工线的物料输送设备。提升机出料口、三通、弯头、溜管等管件间联接的结构件是溜管连接卡子,如图5所示。管件在其端部四边向外翻折出9 mm的边。连接时,2个管件的翻边贴合,成对的溜管连接卡子通过螺栓和螺母连接。这种结构便于管件连接和拆卸,成对的连接卡子外形呈方形,截面呈U形。U形的槽将需要联接管件的翻边包裹起来,使管件组合在一起。

2.3 除尘管路风选部件

如图6所示,除尘管路风选部件是该加工线的

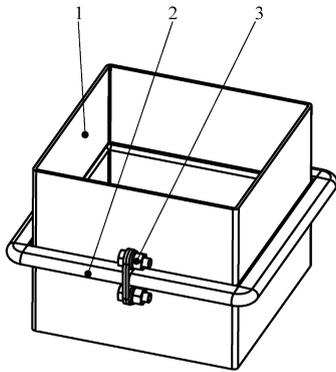


图5 溜管连接形式

Fig.5 Connecting format of chute

1. 溜管 2. 连接卡子 3. 螺栓螺母垫片

创新设计。其作用是能够在最短的时间内将除芒后的种子物料中含有大量质量轻、尺寸小的杂质与种子分开,而不进入后续提升机和清选设备。这是降低加工间粉尘浓度、提高加工线种子加工净度和避免管路堵塞的关键。除尘管路风选部件安装在除芒机的出料口处。其进料口与除芒机出料口连接,吸风口与加工线除尘管路连接。工作时,检测进风口和排料口物料中杂余含量,要求其质量分数在80%~85%之间,该值较大时,松开风门轴锁紧螺母,手握风门轴转动手柄,转动风门轴,增大风门开度,增加风量,适宜后,锁紧风门轴锁紧螺母。杂余较小时,需要按上述操作,减小风量。风选后若杂余含量过高,将增加后续工序的负荷,也不利于提高最终种子的加工净度。相反,杂余含量过低,有可能好的种子被当成轻杂吸走。该风选是在溜管中进行的,种子流没有被摊薄,风力不能有效穿透种子层,过于追求除杂率,只有增大风量使气流强行穿透种子流,这样,势必会将好种子吸走^[10-12],降低加工线的获选率。

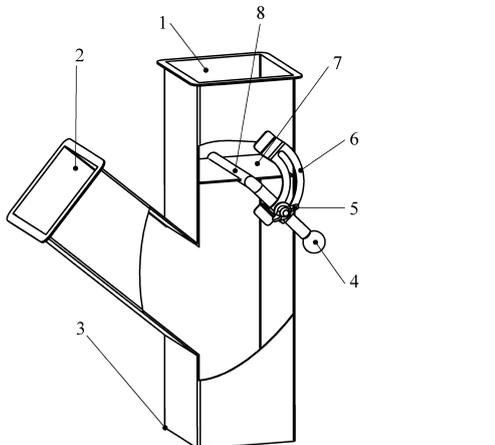


图6 除尘管路风选部件

Fig.6 Dust removal pipe air separation unit

1. 吸风口 2. 进料口 3. 进风口和排料口 4. 风门轴转动手柄
5. 风门轴锁紧螺母 6. 风门轴锁紧座 7. 风门 8. 风门轴

3 试验

3.1 试验条件

试验物料为披碱草种子,种子净度是85%~88%,种子含水率为12%~13%。试验前对牧草种子加工线进行空载运转,根据设备使用说明书将加工线所有设备调整到最佳状态。

3.2 试验方案

对加工线进行性能试验。性能指标包括加工线的生产率、净度、获选率、度电生产率、使用有效度、粉尘质量浓度。试验分9个批次重复进行。待加工物料质量每次为 (966 ± 3) kg,采用控制加工线喂料门开度的方法控制加工线单位时间的喂料量。料门由小到大设置9个试验开度,加工完成时记录每次试验的纯工作时间,加工过程中记录样品净种子质量、净度分析样品质量、主排出口中好种子质量、物料喂入口好种子质量、加工时间内消耗电能等数值,检测粉尘质量浓度,记录出现故障的时间。

3.3 试验方法

3.3.1 生产率

首先称量待加工物料,从加工开始至加工结束时止,记录纯工作时间,按 GB/T 21158—2007 计算生产率。

3.3.2 净度

随机取样3次,每次取样1~2 kg,用四分法分样,按 GB/T 3543.3—1995 进行试验,计算种子净度。

3.3.3 获选率

测定主排出口与原始物料喂入口接种中的好种子量,按 GB/T 21158—2007 计算获选率。

3.3.4 度电生产率

在测定生产率的同时,用电能表测定耗电量,按 GB/T 21158—2007 计算度电生产率。

3.3.5 使用有效度

在全部试验的时间内,记录各班次工作时间和各班次的故障时间,按 GB/T 21158—2007 计算使用有效度。

3.3.6 粉尘质量浓度

按 GBZ/T 192.1—2007 的要求,在机具正常作业时间测定。必测部位为计量包装秤和原料喂入处,此外,可选择3个部位进行测定。测点选择在距机具或物料进出口1 m、距地面1.5 m处。计算粉尘质量浓度的平均值。

3.4 结果及分析

性能试验数据汇总见表1。以生产率为横坐标,净度、获选率、度电生产率、使用有效度为纵坐

标,绘制曲线,见图7。以净度为横坐标,生产率、获选率、度电生产率、使用有效度为纵坐标,绘制曲线,

见图8。以获选率为横坐标,生产率、净度、度电生产率、使用有效度为纵坐标,绘制曲线,见图9。

表1 性能指标测定结果

Tab.1 Measurement results of performance indexes

测定批次	待加工物料质量 m/kg	纯工作时间 T_c/h	样品净种子质量 W_j/kg	净度分析样品质量 W_y/kg	主排出口中好种子质量 G_{hz}/kg	物料喂入口好种子质量 G_{hu}/kg	加工时耗电能 $W/(\text{kW}\cdot\text{h})$	生产率 $E_c/(\text{kg}\cdot\text{h}^{-1})$	净度 $J_d/\%$	获选率 $H/\%$	度电生产率 $E_p/(\text{kg}\cdot(\text{kW}\cdot\text{h})^{-1})$	使用有效度 $K/\%$	粉尘质量浓度 $A/(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$
1	968	1.65	0.91	0.92	16.5	16.8	51.6	587	98.9	98.2	18.8	98.8	0.22
2	965	1.38	0.85	0.86	15.3	15.7	43.1	699	98.8	97.5	22.4	98.8	0.21
3	967	1.28	0.76	0.77	15.0	15.6	40.0	755	98.7	96.2	24.2	98.7	0.22
4	968	1.20	0.75	0.76	14.9	15.5	37.5	807	98.4	96.1	25.8	98.6	0.22
5	965	1.19	0.57	0.58	11.6	12.1	37.2	811	98.3	95.9	25.9	98.5	0.21
6	963	1.15	0.79	0.81	13.1	13.7	35.9	837	97.5	95.6	26.8	98.5	0.22
7	966	1.10	0.69	0.73	15.1	16.1	34.4	878	94.5	93.8	28.1	98.6	0.21
8	967	1.07	0.69	0.75	14.8	16.2	33.4	904	92.0	91.4	29.0	98.7	0.21
9	968	1.02	0.71	0.79	13.3	14.7	31.9	949	89.9	90.5	30.3	99.0	0.21

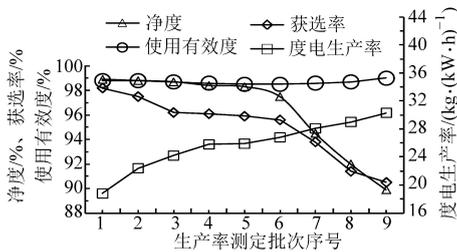


图7 性能指标与生产率的关系曲线

Fig.7 Relation curve between performance index and productivity

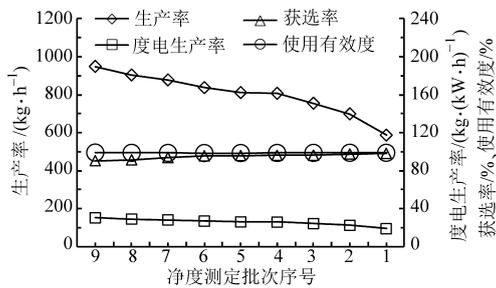


图8 性能指标与净度的关系曲线

Fig.8 Relation curve between performance index and cleanliness

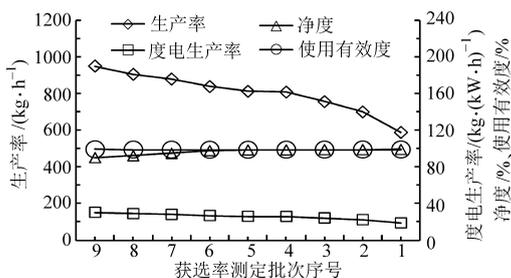


图9 性能指标与获选率的关系曲线

Fig.9 Relation curve between performance index and chosen ratio

从图7可以看出,随着生产率的增大,获选率下降。原因是生产率增加物料在筛面上铺层厚度增加,这样,风选的风压和风量都需要增加,就会有好种子被当成瘪种子被吸走。在密度分级机上,生产率高了,需要加大出料方向的倾斜角度,使种子在台面上移动速度加快,好种子与瘪种子分离的时间随之缩短,造成分离不彻底,好种子被当成瘪种子去掉。随着生产率的增大,成品净度下降。生产率增加物料在筛面上铺层厚度增加,风力穿透种子层的能力下降,增加了轻的瘪种子不能被风力吸出的几率。在密度分级机上,生产率高了,种子在台面上移动速度需要加快,这样,瘪种子移向轻杂出料边的时间减少,混入好种子流的几率增加。随着生产率的增大,度电生产率增加。在试验的生产率范围内,生产率增加时,种子加工线实际消耗的功率几乎不增加,即加工线消耗功率没有明显变化,原因是加工线上需要电动机驱动的运动部件质量远高于物料质量,物料量的微小变化,对生产负荷影响不大,度电生产率与生产率近似成正比关系。可以看出,使用有效度与生产率无关。

从图8可以看出,净度大于89.9%之后,随着净度的增大,生产率和度电生产率下降,获选率没有明显变化,使用有效度与净度无关。

从图9可以看出,获选率大于90.5%之后,随着获选率的增大,生产率和度电生产率下降,净度没有明显变化,使用有效度与获选率无关。一般来说,在生产率不变的情况下,可以通过降低加工线获选率来提高种子加工净度。从图8和图9综合来看,当净度和获选率都要求较高时,可以采用降低加工

线生产率的方法来满足要求。

3.4.1 生产率

从表1可以看出,生产率在807~837 kg/h时,对应的加工种子净度在98.4%~97.5%,种子获选率在96.1%~95.6%,满足设计要求,同时生产率也达到了不小于800 kg/h的设计要求。加工线的生产率由加工线上生产率最低的设备决定。牧草种子除芒机生产率最低。为此,加工线配置了两台除芒设备,解决了除芒机制约整线生产率的瓶颈问题,使其他单机均工作在额定生产率状态下。

3.4.2 净度

生产率低于837 kg/h时,各批次加工种子净度稳定在97%以上(表1)。提高牧草种子的净度是种子加工的重要目的。由于生产线配置了除芒机解决了种子缠绕和流动性问题,使后续工序工作顺畅。后续的初选、精选、分级使种子净度逐渐提高,每台单机的喂料净度都较高,每台设备的清选负荷相对又较低。这样,清选品质有保障。

3.4.3 获选率

生产率低于837 kg/h时,各批次加工种子获选率稳定在95%以上(表1)。加工线在去除种子中杂质的同时,也会将好的种子作为杂质去除。获选率就是在种子加工过程中,对种子损失情况进行有效评价的指标。该生产线能够有较高获选率的原因是将除杂的负荷均匀地分配到各工序,让生产率、净度、度电生产率等指标均衡地满足要求,使初选机、风筛清选机、密度分级机缓慢清除掉种子中的杂质,最大限度地防止杂质的错选,提高种子的获选率。

3.4.4 度电生产率

生产率在807~837 kg/h时,各批次加工程度电生产率稳定在25 kg/(kW·h)以上(表1)。加工线上的风机是耗能的主要设备,在加工线设计时,采用的节能方式是去掉初选机和风筛清选机上原有风机,用除尘系统的风机通过管路与它们的风选系统连接,加工线在物料输送上采用节能的斗式提升机加溜管的方式,而没有采用风力输送,从而显著地提高了加工线的度电生产率,节能效果明显。

3.4.5 使用有效度

在试验过程中,加工线使用有效度大于98%(表1),满足不小于95%的设计要求。加工线常见的故障是提升机溜管和设备风选系统出现堵塞。究其原因主要是物料净度太低,种子相互缠绕,造成物料流动性差。为此,加工线上除芒机的喂料采用刮板式胶带机强制喂入,解决未除芒种子流动性差的问题。另外,除芒机出料口物料中含有大量脱落的种子芒和其他杂余。若这些杂余直接进入初选机,

就会造成物料堆积和风选系统堵塞。解决这一问题的方式是在除芒机排料口外直接设计管路风选系统,在最短的时间和输送距离上将杂余清除。通过以上两种设计方式消除了加工线上物料堵塞的易发故障。

3.4.6 粉尘质量浓度

在试验过程中,加工线粉尘质量浓度小于0.22 mg/m³(表1),满足不大于0.3 mg/m³的设计要求。种子加工线主要的粉尘源是地坑料斗、除芒机、初选机、清选机、密度分级机和提升机的进出料口。加工线上产生粉尘量最大的设备是除芒机。为此,加工线所有喂料地坑料斗和除芒机上方都设计了吸尘罩。另外,采用在除芒机排料口处直接设计管路风选系统是避免灰尘扩散,降低加工线粉尘质量浓度的最有效方法。

3.4.7 相关系数的确定

加工设备的生产率与设备特征参数有一定的相关性,在实际设备选型和使用中常被用来估算设备的生产率。经验公式

$$E_c = kQ$$

式中 E_c ——生产率,kg/h

k ——相关系数 Q ——特征参数

试验获得了加工线生产率的范围是807~837 kg/h。据此,可以在已知各设备特征参数的情况下,获得不同设备的相关系数。除芒机的特征参数是除芒腔容积(0.12 m³),推算其相关系数取值范围是3400~3500。初选机和清选机的特征参数是筛片宽度(1.2 m),推算其相关系数取值范围是670~700。密度分级机的特征参数是工作台面积(1.92 m²),推算其相关系数取值范围是420~440,见表2。

表2 相关系数

Tab.2 Correlation coefficients

设备名称	特征参数	相关系数
除芒机	除芒腔容积 0.12 m ³	3400~3500
初(清)选机	筛片宽度 1.2 m	670~700
密度分级机	工作台面积 1.92 m ²	420~440

4 结论

(1)采用主机平面布局和多地坑料斗喂料的形式,结合一字形串联提升机的输送方式,能够解决牧草种子加工线各主机既能连线成套工作又能单独工作的作业要求。

(2)多种清选方式串联,利于提高种子加工的净度;加工线采用集中风源和提升机输送物料,利于

提高度电生产率。

系统,降低了加工线作业空间的粉尘质量浓度,有效地避免了管路和设备中物料的堵塞。

(3)采用在除芒机排料口处设计安装管路风选

参 考 文 献

- 1 王全喜,王培功.改善牧草种子加工过程中种子的流动性[C]//中国农业机械学会2003年学术年会论文集,2003:82.
- 2 王全喜,刘贵林.牧草种子加工成套设备关键问题研究[C]//内蒙古农机学会发展论坛,2008.
- 3 王全喜,马卫民,刘志刚,等.牧草种子收获机设计[C]//2010国际农业工程大会,上海,2010.
- 4 杨世昆,苏正范.饲草生产机械与设备[M].北京:中国农业出版社,2009.
- 5 王全喜,马卫民,刘志刚,等.牧草种子割前脱粒收获机:中国,ZL01276143.5[P].2003-03-26.
- 6 王全喜.油菜种子制丸工艺选择与技术研究[D].北京:中国农业大学,2013.
- 7 GB/T 2930.1~2930.11—2001 牧草种子检验规程[S].2001.
- 8 JB/T 10907—2008 牧草种子制丸机[S].2008.
- 9 JB/T 7139—2011 牧草种子加工成套设备术语[S].2011.
- 10 王全喜,王德成,杜建强,等.牧草种子热泵辅助型太阳能储热干燥设备设计与试验[J].农业机械学报,2012,43(增刊):222-226.
Wang Quanxi, Wang Decheng, Du Jianqiang, et al. Design and experiment on heat pump assisted solar energy heat-storage drying equipment of herbage seed [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012,43(Supp.):222-226. (in Chinese)
- 11 王全喜,王德成,翟改霞,等.苜蓿种子制丸的平底釜工作参数试验[J].农业机械学报,2012,43(增刊):59-62.
Wang Quanxi, Wang Decheng, Zhai Gaixia, et al. Experimental study on alfalfa seed pelleting kettle operation parameters[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012,43(Supp.):59-62. (in Chinese)
- 12 王全喜,马卫民,王振华,等.禾本科牧草种子收获机设计与试验[J].农业机械学报,2013,44(增刊2):96-101.
Wang Quanxi, Ma Weimin, Wang Zhenhua, et al. Design and experiment on gramineous herbage seed harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013,44(Supp.2):96-101. (in Chinese)

Design and Experiment of Forage Seed Processing Line

Wang Quanxi Zhang Junguo Bao Desheng Zhai Gaixia Zhang Ping Wang Jianping
(Huhhot Branch, Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Huhhot 010010, China)

Abstract: Aiming at the design requirements on the main equipments of the forageseed processing line—not only work continuously on set, but also work independently—the processing line was designed. The processing line adapted the style of host plane layout and hopper feeding at different sites, and combined series conveying material by head-shaped lifter. The structure of the tee with door, pipe connection clip and dust removal pipe air separation unit was designed. Taken the *Elymus nutans* Griseb with purity 85%~88% as processing object, the experiment was finished. The results showed that the productivity was no less than 800 kg/h, the purity was no less than 97%, the percentage of chosen seed was no less than 95%, the Kilowatt hour productivity was no less than 25 kg/(kW·h), the effective use degree was no less than 95%, and the dust concentration was no less than 0.3 mg/m³.

Key words: Forage seed Seed processing Processing line Complete equipment