

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2023 年 3 月 30 日 (30.03.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/045188 A1

- (51) 国际专利分类号:
A01F 12/44 (2006.01) *A01D 41/12* (2006.01)
A01F 12/20 (2006.01) *G01L 5/00* (2006.01)
A01F 12/22 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/071245
- (22) 国际申请日: 2022 年 1 月 11 日 (11.01.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202111123225.2 2021年9月24日 (24.09.2021) CN
- (71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国江苏省镇江市京口区学府路
301号, Jiangsu 212013 (CN)。
- (72) 发明人: 唐忠 (TANG, Zhong); 中国江苏省镇江市
京口区学府路301号, Jiangsu 212013 (CN)。 李鹏

程 (LI, Pengcheng); 中国江苏省镇江市京口区学府路301号, Jiangsu 212013 (CN)。 梁亚权 (LIANG, Yaquan); 中国江苏省镇江市京口区学府路301号, Jiangsu 212013 (CN)。 章浩 (ZHANG, Hao); 中国江苏省镇江市京口区学府路301号, Jiangsu 212013 (CN)。 丁翰韬 (DING, Hantao); 中国江苏省镇江市京口区学府路301号, Jiangsu 212013 (CN)。

(74) 代理人: 南京智造力知识产权代理有限公司 (NANJING DOYES INTELLECTUAL PROPERTY CO., LTD.); 中国江苏省南京市江宁区芝兰路18号4幢1202室, Jiangsu 211100 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,

(54) **Title:** THRESHING AND CLEANING DEVICE COMBINING INERTIA AND ELECTROSTATIC FIELD, AND COMBINE HARVESTER

(54) 发明名称: 一种融合惯性及静电场的脱粒清选装置及联合收获机

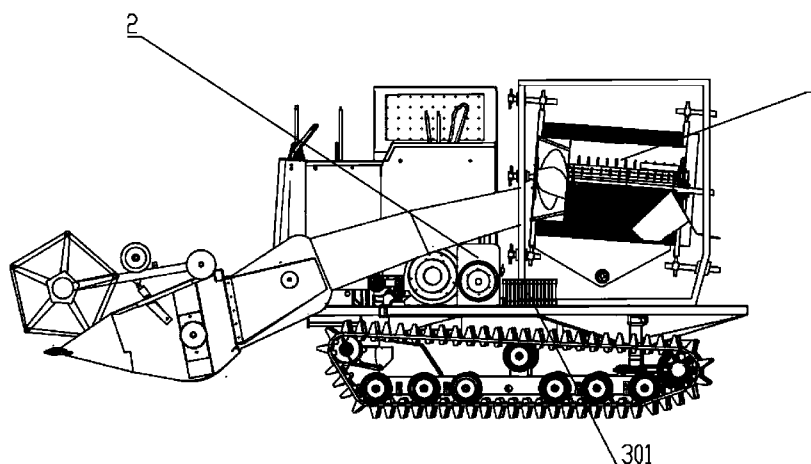


图 1

(57) **Abstract:** Provided are a threshing and cleaning device combining inertia and an electrostatic field, and a combine harvester, the threshing and cleaning device comprising a threshing and cleaning device (1), a periodic transmission gearbox (2), a test mechanism, and a control system. A high-voltage discharger is disposed in the interior of the threshing and cleaning device (1), and the high-voltage discharger allows an electrostatic field to be generated inside of the threshing and cleaning device; the periodic transmission gearbox (2) is connected to a roller of the threshing and cleaning device (1); and the test mechanism is used to measure the strength of the electric field in the interior of the threshing and cleaning device and the torque of a spindle of the roller of the threshing and cleaning device, and to transmit same to the control system. Critical inertia threshing is performed by using the transmission of a special-shaped gear (201) to force the weakest point rate of grain connection strength to break first, so that threshing is more thorough; by electrifying a cylindrical sieve (105) and a concave plate sieve (102) such that an electrostatic field is formed in the middle thereof, under the action of an electric field force and a Coulomb repulsion force, the grains are more easily separated to thereby complete a cleaning process, and the rotational speed of the threshing roller and the electric field strength are adjusted, so as to adapt to the threshing impact caused by non-periodic changes in feeding amount.

LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

一 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 提供一种融合惯性及静电场的脱粒清选装置及联合收获机, 包括脱粒清选装置(1)、周期传动变速箱(2)、检测机构和控制系统; 脱粒清选装置(1)内部设置高压放电器, 高压放电器使脱粒清选装置内产生静电场; 周期传动变速箱(2)与脱粒清选装置(1)的滚筒连接; 检测机构用于检测脱粒清选装置内部的电场强度、以及脱粒清选装置滚筒主轴的扭矩, 并传递给控制系统。利用异形齿轮(201)传动进行临界惯性脱粒, 迫使籽粒连接强度最弱点率先断裂使得脱粒更加彻底; 通过给圆筒筛(105)与凹板筛(102)通电使其中间形成静电场, 在电场力与库伦斥力的作用下使籽粒更容易分离从而完成清选过程, 对脱粒滚筒转速及电场强度进行调节, 以适应喂入量非周期性变化带来的脱粒影响。

一种融合惯性及静电场的脱粒清选装置及联合收获机

技术领域

本发明属于智能农机技术领域，尤其涉及一种融合惯性及静电场的脱粒清选装置及联合收获机。

背景技术

联合收割机上脱粒和清选是水稻收获的两个重要环节，然而联合收割机在水稻收获过程中产生的高含杂率却导致后续籽粒清选困难。现有联合收割机在水稻脱粒时产生的大量碎茎秆、碎稻叶与脱出籽粒混合造成后续籽粒清选困难，目前制约水稻脱出混合物高含杂率清选的瓶颈在于：水稻脱出混合物中碎茎秆和碎稻叶含量过高；清选过程中难以将籽粒从脱出混合物中进行分离。水稻脱出混合物中籽粒与杂余质量比约为 3:1，但籽粒与杂余体积比却为 1:3~1:4，由此导致了后续籽粒清选困难。

现有技术主要采用往复式风筛式清选装置结构，由阶梯式抖动版、阶梯冲孔清选筛、风机、尾筛和曲柄摆臂机构组成，通过曲柄摆臂机构驱动配合风机的气流，利用籽粒与杂余所受重力不同进行清选，目前为止国内外众多学者在清选装置结构优化及性能控制等方面开展了较多研究，但仍采用传统风筛式清选装置的结构，难以适应高含杂率脱出混合物清选的现状。现有技术公开一种圆筒筛分清选装置，主要包括风机、圆筒筛和振动器，装置进风口与离心风机相连接入气流并输送进清选空间，增加了吊耳装置，可以对圆筒筛网直径进行调整，从而不必频繁更换筛筒来适应不同作物，但从原理上看依旧采用振动和风送的方式对谷物进行清选。

发明内容

针对现有技术中存在的不足，本发明提供了一种融合惯性及静电场的脱粒清选装置及联合收获机，利用异形齿轮传动提供的变传动比的传动方法进行临界惯性脱粒，迫使籽粒连接强度最弱点率先断裂使得脱粒更加彻底；使用圆筒筛与脱粒滚筒组合脱粒清选装置，通过给圆筒筛与凹板筛通电使其中间形成静电场，在电场力与库伦斥力的作用下使籽粒更容易分离从而完成清选过程，建立控制系统，对脱粒滚筒转速及电场强度进行调节，以适应喂入量非周期性变化带来的脱粒影响。

本发明是通过以下技术手段实现上述技术目的的。

一种融合惯性及静电场的脱粒清选装置，包括脱粒清选装置、周期传动变速箱、检测机构和控制系统；所述脱粒清选装置内部设置高压放电器，高压放电器使脱粒清选装置内产生

静电场；周期传动变速箱与脱粒清选装置的滚筒连接；所述检测机构用于检测脱粒清选装置内部的电场强度、以及脱粒清选装置滚筒主轴的扭矩，并传递给控制系统；控制系统分别与脱粒清选装置、周期传动变速箱和检测机构连接。

上述方案中，所述脱粒清选装置包括喂入头、凹板筛、钉齿纹杆组合滚筒、装置外壳、圆筒筛、收集箱、输送搅拢、驱动齿轮、进料口和定位齿轮；所述喂入头、凹板筛、脱离滚筒盖板和钉齿纹杆组合滚筒形成滚筒体，所述滚筒体通过主轴安装在装置外壳上，所述圆筒筛与滚筒体同轴安装，圆筒筛与驱动齿轮和定位齿轮啮合，所述驱动齿轮外接动力源，所述定位齿轮安装于装置外壳上，驱动齿轮驱动圆筒筛转动；所述进料口与喂入头连接，所述收集箱放置于滚筒体正下方，所述输送搅拢安装于收集箱底部。

进一步的，所述滚筒体整体安装尾部向下倾斜 20° - 30° 。

上述方案中，所述脱粒清选装置还设有拦截输送板；所述拦截输送板安装在圆筒筛的尾部。

进一步的，所述拦截输送板分成三段；第一段为半圆柱体结构，与水平方向夹角 30° ~ 40° ；第二段为平板结构，与水平方向夹角为 50° ~ 60° ，第二段与第一段相切连接；第三段为平板结构，与水平方向夹角 20° ~ 30° ，第三段与第二段相切连接。

上述方案中，所述周期传动变速箱包括周期传动变速齿轮；所述周期传动变速齿轮稳定传动比区和变速区；稳定传动比区包括两个对称布置的匀速传动段；变速区包括对称布置加速区与减速区；变速区与匀速传动段连接处安装异型齿。

上述方案中，所述检测机构包括转矩传感器和静电感应器；所述转矩传感器用于检测脱粒清选装置滚筒主轴的扭矩；所述静电感应器用于检测脱粒清选装置内部的电场强度。

一种联合收获机，包括所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置。

一种根据所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置的控制方法，其特征在于，包括以下步骤：

设置参数：包括滚筒转速参数和电场强度的预设值；

所述高压放电器使脱粒清选装置内产生静电场，周期传动变速箱驱动脱粒清选装置的滚筒转动；

所述检测机构检测脱粒清选装置内部的电场强度、以及脱粒清选装置的滚筒主轴的扭矩，并传递给控制系统；

所述控制系统根据扭矩调节周期传动变速箱的级数从而控制脱粒清选装置的滚筒转速，根据转速调节电场强度。

上述方案中，所述检测机构采集工作过程中脱粒清选装置的滚筒主轴扭矩周期变化的最

大值，连续采集一定时间内所有周期变化的最大值，并对采集数据进行加权平均化，同时采集工作过程中脱粒清选装置内电场强度，连续采集一定时间内数据的最大值，并传递给控制系统；当所述控制系统计算接收到的扭矩的加权平均值低于或高于预设值的一定范围时，控制系统通过周期传动变速箱控制脱粒清选装置的滚筒转速；当控制系统接收到的电场强度最大值低于或高于预设值的一定范围时，根据滚筒转速变化对相应电场强度进行调节。

与现有技术相比，本发明的有益效果是：

1. 本发明所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置，使用圆筒筛有效降低了传统往复式平面筛的振动幅值，圆筒筛与脱粒滚筒组合为一体的脱粒清选装置，优化了机械机构，节省了收获机械内部清选装置所需的大量空间，使收获机械内部结构更加紧凑，一定程度上在缩减整机尺寸的前提下不影响脱粒清选质量，同时倾斜的安装形式和电场力的使用省去了风机的使用，降低了部分机械噪声，也提高了驾驶员的舒适性。

2. 本发明所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置，针对水稻茎/叶断裂力与粒柄抗拉断裂力大小不同且存在多峰波动弹性延迟断裂的现象，使用异形齿轮传动提供变传动比的传动方式进行临界惯性脱粒，通过瞬态加速度形成的瞬态惯性脱粒力使得水稻植株上粒柄等抗拉断裂力极小值点处断裂，从而使得脱出混合物为仅含有少量碎稻叶的含杂率较低。

3. 本发明所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置，针对水稻脱出物在混杂后形成团聚作用力造成的难以将籽粒从混合物中进行分离的问题，利用水稻茎、叶、粒含水率差异导致其导电性和荷电性差异，让其清选过程在电场内进行，使带电的籽粒与杂余在受到的电场力、库伦斥力、重力等不同力的作用下存在相互分离的趋势，成功实现籽粒与杂余的分离，提高了清选效率。

4. 本发明所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置，针对实际工作情况下收获机收割时的喂入量存在非周期性变化影响，建立一套控制系统，主要通过检测脱粒滚筒扭矩周期变化的最大值对喂入量非周期性变化进行检测，进而自动调节静电场的电场强度及脱粒滚筒主轴转速来适应对应的不同喂入量，使得参数配置达到最佳，提高了功率利用率，实现了农业机械化作业智能化。

附图说明

图1为本发明基于电晕-静电场的水稻脱粒清选装置及联合收获机示意图；

图2为本发明基于电晕-静电场的水稻脱粒清选装置圆筒筛剖开主视图；

图3为本发明基于电晕-静电场的水稻脱粒清选装置侧视图；

图4为本发明收集箱示意图；

图5为本发明拦截输送板示意图；

图 6 为本发明电晕-静电场的水稻脱粒清选装置传动示意图；

图 7 为本发明周期传动变速齿轮啮合图；

图 8 为本发明周期传动变速齿轮原理说明图；

图 9 为本发明基于电晕-静电场的水稻脱粒清选装置工作流程图；

图 10 为本发明高压发生器电路图；

图 11 为本发明控制系统反馈控制方框图；

图 12 为本发明控制系统控制框架图；

图 13 为本发明控制系统控制流程图。

图中：1-静电脱粒清选装置，101-喂入头，102-凹板筛，103-钉齿纹杆组合滚筒，104-装置外壳，105-圆筒筛，106-收集箱，107-输送搅拢，108-驱动齿轮，109-拦截输送板，1010-进料口，1011-定位齿轮，2-周期传动变速箱，201-周期传动变速齿轮，301-蓄电池，302-转矩传感器。

具体实施方式

下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“轴向”、“径向”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

在本发明中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

实施例 1

图 1 所示为所述融合惯性及静电场的脱粒清选装置的一种较佳实施方式，所述融合惯性

及静电场的脱粒清选装置包括收割装置，包括脱粒清选装置 1、周期传动变速箱 2、检测机构和控制系统；所述脱粒清选装置 1 内部设置高压放电器，高压放电器使脱粒清选装置 1 内产生静电场；周期传动变速箱 2 与脱粒清选装置 1 的滚筒连接；所述检测机构用于检测脱粒清选装置 1 内部的电场强度、以及脱粒清选装置 1 滚筒主轴的扭矩，并传递给控制系统；控制系统分别与脱粒清选装置 1、周期传动变速箱 2 和检测机构连接。优选的，所述检测机构包括转矩传感器 302 和静电感应器；所述转矩传感器 302 用于检测脱粒清选装置 1 滚筒主轴的扭矩；所述静电感应器用于检测脱粒清选装置 1 内部的电场强度。

如图 2、图 3、图 4、图 5 所示，所述脱粒清选装置 1 包括喂入头 101、凹板筛 102、钉齿纹杆组合滚筒 103、装置外壳 104、圆筒筛 105、收集箱 106、输送搅拢 107、驱动齿轮 108、拦截输送板 109、进料口 1010、定位齿轮 1011；所述喂入头 101、凹板筛 102、盖板和钉齿纹杆组合滚筒 103 形成滚筒体，所述滚筒体通过主轴固定在装置外壳 104 中偏上位置，所述圆筒筛 105 与滚筒体同轴安装，圆筒筛 105 与驱动齿轮 108 和定位齿轮 1011 啮合，所述驱动齿轮 108 通过中心轴外接动力源，所述定位齿轮 1011 通过中心轴安装于装置外壳 104 上，驱动齿轮 108 驱动圆筒筛 105 转动；所述进料口 1010 的进料板与喂入头 101 的底板相接，所述收集箱 106 放置于滚筒体正下方，所述输送搅拢 107 安装于收集箱 106 底部，拦截输送板 109 放置在圆筒筛 105 尾部。所述圆筒筛 105 和凹板筛 102 分别与高压放电器连接，优选的，所述圆筒筛 105 连高压正极、凹板筛 102 连高压负极，用于使籽粒与杂余通过凹板筛 102 时荷电，并使籽粒与杂余在圆筒筛 105、凹板筛 102 组成的电场中受电场力与库伦斥力作用，同时圆筒筛 105、凹板筛 102 与整机装置连接处均使用绝缘材料进行阻隔，防止发生漏电现象；所述圆筒筛 105 与凹板筛 102 同轴平行安装，喂入头 101、凹板筛 102、脱离滚筒盖板和钉齿纹杆组合滚筒 103 形成的滚筒体整体安装尾部偏下 20°-30°，参考籽粒在电场中的动力学表达模型：

$$m \frac{d^2 R}{dt^2} + 6\pi\eta a \frac{dR}{dt} = qE(R, t) + F_e(R, t) + F_c(R)$$

式中，R 表示水稻茎/叶/粒离原点的位置矢量；E (R, t) 表示电场矢量； $F_e(R, t)$ 表示作用于水稻茎/叶/粒上的梯度力等除去库仑力以外的电性力； $F_c(R)$ 表示除作用于籽粒和杂余的电性力以外的外力； η 表示媒质的粘性系数；a 表示等效半径；m 表示质量；q 表示电荷量。使得籽粒与杂余受到的电场力、重力与库伦斥力的合力有平行于圆筒筛 105 方向的分量，使得籽粒和杂余分离，且籽粒在合力的作用下落入 106，杂余在合力的作用下脱出脱粒清选装置 1。

优选的，所述拦截输送板 109 分成三段；第一段为半圆柱体结构，与水平方向夹角 30°

~40°；第二段为平板结构，与水平方向夹角为 50°~60°，第二段与第一段相切连接；第三段为平板结构，与水平方向夹角 20°~30°，第三段与第二段相切连接。所述拦截输送板 109 使用绝缘光滑材料，优选的，将凹板筛 102 距尾部 200mm 内掉落的籽粒与杂余拦截到距圆筒筛 105 尾部 300mm 处进行筛分，防止凹板筛 102 尾部掉落的籽粒与杂余未经筛分直接被排出机体。

如图 6、图 7、图 8 所示，所述融合惯性及静电场的脱粒清选装置的传动系统包括输入链轮、定位齿轮 1011、驱动齿轮 108、周期传动变速齿轮箱 2，由收获机动力装置输出的动力由输入链轮输送到周期传动变速齿轮箱 2，优选的，所述周期传动变速齿轮箱 2 设置为三级变速齿轮箱，主要实现钉齿纹杆组合滚筒 103 对三种转速的需要，所述周期传动变速箱 2 包括周期传动变速齿轮 201；所述周期传动变速齿轮 201 稳定传动比区和变速区；稳定传动比区包括两个对称布置的匀速传动段，匀速传动段角度为 120°；变速区包括对称布置加速区与减速区，变速区角度为 60°；变速区（加速/减速）与匀速传动段连接处安装异型齿，加大强度保证传动比变化时轮齿破坏；所述圆筒筛 105 动力由驱动齿轮 108 传入，驱动齿轮提供稳定的不随参数变化的转速，定位齿轮 1011 起支撑作用。

如图 9、图 10 所示，所述融合惯性及静电场的脱粒清选装置主要工作流程为，由收割输送的谷物由喂入头 101 进入到钉齿纹杆组合滚筒 103 内部，在周期传动变速齿轮箱 2 将变传动比的驱动力作用下，经过钉齿和纹杆的揉搓、击打等惯性脱粒方法的脱粒，谷物脱出物经凹板筛 102 荷电，并进入到凹板筛 102 与圆筒筛 105 的电场清选空间内，籽粒与杂余在库伦斥力的作用下抵抗团聚力而分开，并在重力与电场力的作用下沿合力的方向产生加速度，由于籽粒与杂余含水率不同，导致荷电量不同，进而影响其在电场力中的运动状态不同，从而使分离更加彻底，增强了清选效果。

如图 10 所示，所述高压放电器的加压电路主要包括过流保护器、升压变压器和降压变压器、电流表、硅整流器、电感器、静电电压计、圆筒筛高压正极、凹板筛高压负极；所述过流保护器串联在电路中用于保护电路，防止电路过载；所述开关串联在电路中控制电路通电；所述降压变压器在开关之后，用于降低输出电压从而降低线路功率损耗；所述电压表并联在电路中，用于显示电路实时电压；所述电流表串联在电路中，用于显示电路实时电流；所述升压变压器安装于电路末端，靠近高压电极输出端，用于将电压提升至所需值；所述硅整流器靠近升压变压器，用于将电流整流以稳定的直流电流输出至高压电极；所述电感器串联安装于硅整流器后；所述静电电压计并联连接于电感器之后，用于实时显示高压电场电压值；所述圆筒筛高压正极、凹板筛高压负极分别与圆筒筛、凹板筛相连，用于高压输出，提供高压静电场。如图 11 所示，所述控制系统 3 包括主控制器、滚筒执行控制器、电压输出执行控

制器，所述扭矩传感器用于采集滚筒 103 的主轴的扭矩，并传递给主控制器，主控制器根据扭矩信号控制滚筒执行控制器调节周期传动变速箱 2 级数，来控制滚筒 103 的转速；静电传感器用于采集凹板筛 102 和圆筒筛 105 之间的静电信号，并传递给主控制器，主控制器用于根据静电信号控制压输出执行控制器调节凹板筛 102 和圆筒筛 105 之间的电场强度。

如图 10、图 11、图 12、图 13 所示，所述主控制器安装在操纵台上分别与转矩传感器 302、静电感应器、执行控制器相连，所述执行控制器分别与周期传动变速箱 2、蓄电池 301 及高压放电器相连，所述转矩传感器 302 安装在钉齿纹杆组合滚筒 103 的主轴上，所述静电感应器安装于凹板筛 102 与圆筒筛 105 中间电场内，所述调压变压器、电压表、电流表、过压保护器集成安装于操纵台下且外接操纵台数据显示器外显数据。

所述融合惯性及静电场的脱粒清选装置的控制方法，包括以下步骤：

设置参数：包括滚筒转速参数和电场强度的预设值，预设值由试验台架根据工况实验测定，其中模拟试验的参数设定与实际工况的参数设定保持在在合理偏差区间内；

所述高压放电器使脱粒清选装置 1 内产生静电场，周期传动变速箱 2 驱动脱粒清选装置 1 的滚筒转动；

所述检测机构检测脱粒清选装置 1 内部的电场强度、以及脱粒清选装置 1 的滚筒主轴的扭矩，并传递给控制系统；

所述控制系统根据扭矩调节周期传动变速箱 2 的级数从而控制脱粒清选装置 1 的滚筒转速，根据转速调节电场强度。

所述检测机构采集工作过程中脱粒清选装置 1 的滚筒主轴扭矩周期变化的最大值，连续采集一定时间内所有周期变化的最大值，并对采集数据进行加权平均化，同时采集工作过程中脱粒清选装置 1 内电场强度，连续采集一定时间内数据的最大值，并传递给控制系统；当所述控制系统计算接收到的扭矩的加权平均值低于或高于预设值的一定范围时，控制系统通过周期传动变速箱 2 控制脱粒清选装置 1 的滚筒转速；当控制系统接收到的电场强度最大值低于或高于预设值的一定范围时，根据滚筒转速变化对相应电场强度进行调节。

根据本实施例，优选的，所述融合惯性及静电场的脱粒清选装置的控制方法，具体包括以下步骤：

确定主控制器的预设值，包括滚筒转速参数和电场强度参数，标准预设值来自试验台架实验测定，其中模拟试验的参数设定与实际工况的参数设定保持在在合理偏差区间内；主控制器启动钉齿纹杆组合滚筒 103 和高压放电器，控制装置按照空载预设值参数进行动力分配，并检测装置负荷；扭矩传感器 302 采集工作过程中钉齿纹杆组合滚筒 103 主轴扭矩周期变化的最大值，连续采集 5s 内所有周期变化的最大值，并对采集数据进行加权平均化；同时静电

感应器采集工作过程中电场强度参数，连续采集 3s 内数据的最大值；当主控制器计算采集扭矩的加权平均值低于或高于预设值的 20% 时，主控制器比较判断结果输送给滚筒执行控制器，滚筒执行控制器对周期传动齿轮箱进行调节；随后主控制器再将采集到的电场强度最大值与预设值进行计算，判断是否根据滚筒转速变化对相应电场强度进行调节，若需要，则将信号传递给电场执行控制器进行参数匹配；装置参数调节过程中，实时监测电路电流电压变化，判断示数是否超量程，若超程则进行电路保护，并控制设备报警器运动，设备停止；若无故障，装置则实时收集数据分析，循环控制。

实施例 2

一种包括实施例 1 所述融合惯性及静电场的脱粒清选装置及其方法的联合收获机，因此具有实施例 1 的有益效果，此处不再赘述。

所述联合收获机包括输送装置，操纵驾驶台，融合惯性及静电场的脱粒清选装置，履带及履带式底盘；所述脱粒清选装置 1 安装在履带式底盘的尾部，通过进料口 1010 与输送装置相通，内部封闭空间中通过外加静电场的作用，使水稻脱粒之后在电场力与库伦斥力的作用下清选彻底；所述周期传动变速箱 2 安装在紧靠脱粒清选装置 1 提供动力，操纵杆外连至驾驶座椅处；所述控制系统通过扭矩传感器检测不同工况下脱粒滚筒扭矩周期变化的最大值对喂入量非周期性变化进行检测，从而自动调节周期传动变速箱的级数和静电脱粒清选装置的电场力大小。作物通过收割装置被收割，经输送装置输送至融合惯性及静电场的脱粒清选装置进行脱粒与清选，最后籽粒输送搅拢输送到集粮车，杂余被排出机体。

应当理解，虽然本说明书是按照各个实施例描述的，但并非每个实施例仅包含一个独立的技术方案，说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见，本领域技术人员应当将说明书作为一个整体，各实施例中的技术方案也可以经适当组合，形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

上文所列出的一系列详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施例的具体说明，它们并非用以限制本发明的保护范围，凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施例或变更均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1.一种融合惯性及静电场的脱粒清选装置，其特征在于，包括脱粒清选装置（1）、周期传动变速箱（2）、检测机构和控制系统；

所述脱粒清选装置（1）内部设置高压放电器，高压放电器使脱粒清选装置（1）内产生静电场；周期传动变速箱（2）与脱粒清选装置（1）的滚筒连接；所述检测机构用于检测脱粒清选装置（1）内部的电场强度、以及脱粒清选装置（1）滚筒主轴的扭矩，并传递给控制系统；控制系统分别与脱粒清选装置（1）、周期传动变速箱（2）和检测机构连接；

所述脱粒清选装置（1）包括喂入头（101）、凹板筛（102）、钉齿纹杆组合滚筒（103）、装置外壳（104）、圆筒筛（105）、收集箱（106）、输送搅拢（107）、驱动齿轮（108）、进料口（1010）和定位齿轮（1011）；所述喂入头（101）、凹板筛（102）、脱离滚筒盖板和钉齿纹杆组合滚筒（103）形成滚筒体，所述滚筒体通过主轴安装在装置外壳（104）上，所述圆筒筛（105）与滚筒体同轴安装，圆筒筛（105）与驱动齿轮（108）和定位齿轮（1011）啮合，所述驱动齿轮（108）外接动力源，所述定位齿轮（1011）安装于装置外壳（104）上，驱动齿轮（108）驱动圆筒筛（105）转动；所述进料口（1010）与喂入头（101）连接，所述收集箱（106）放置于滚筒体正下方，所述输送搅拢（107）安装于收集箱（106）底部。

2.根据权利要求 1 所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置，其特征在于，所述滚筒体整体安装尾部向下倾斜 20° - 30° 。

3.根据权利要求 1 所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置，其特征在于，所述脱粒清选装置（1）还设有拦截输送板（109）；所述拦截输送板（109）安装在圆筒筛（105）的尾部。

4.根据权利要求 3 所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置，其特征在于，所述拦截输送板（109）分成三段；第一段为半圆柱体结构，与水平方向夹角 30° - 40° ；第二段为平板结构，与水平方向夹角为 50° - 60° ，第二段与第一段相切连接；第三段为平板结构，与水平方向夹角 20° - 30° ，第三段与第二段相切连接。

5.根据权利要求 1 所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置，其特征在于，所述周期传动变速箱（2）包括周期传动变速齿轮（201）；所述周期传动变速齿轮（201）稳定传动比区和变速区；稳定传动比区包括两个对称布置的匀速传动段；变速区包括对称布置加速区与减速区；变速区与匀速传动段连接处安装异型齿。

6.根据权利要求 1 所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置，其特征在于，所述检测机构包括转矩传感器（302）和静电感应器；所述转矩传感器（302）用于检测脱粒清选装置（1）滚筒主轴的扭矩；所述静电感应器用于检测脱粒清选装置（1）内部的电场强度。

7.一种联合收获机，其特征在于，包括权利要求 1-6 任意一项所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置。

8.一种根据权利要求 1-6 任意一项所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置的控制方法，其特征在于，包括以下步骤：

设置参数：包括滚筒转速参数和电场强度的预设值；

所述高压放电器使脱粒清选装置（1）内产生静电场，周期传动变速箱（2）驱动脱粒清选装置（1）的滚筒转动；

所述检测机构检测脱粒清选装置（1）内部的电场强度、以及脱粒清选装置（1）的滚筒主轴的扭矩，并传递给控制系统；

所述控制系统根据扭矩调节周期传动变速箱（2）的级数从而控制脱粒清选装置（1）的滚筒转速，根据转速调节电场强度。

9.根据权利要求 8 所述的融合惯性及静电场的脱粒清选装置的控制方法，其特征在于，

所述检测机构采集工作过程中脱粒清选装置（1）的滚筒主轴扭矩周期变化的最大值，连续采集一定时间内所有周期变化的最大值，并对采集数据进行加权平均化，同时采集工作过程中脱粒清选装置（1）内电场强度，连续采集一定时间内数据的最大值，并传递给控制系统；

当所述控制系统计算接收到的扭矩的加权平均值低于或高于预设值的一定范围时，控制系统通过周期传动变速箱（2）控制脱粒清选装置（1）的滚筒转速；当控制系统接收到的电场强度最大值低于或高于预设值的一定范围时，根据滚筒转速变化对相应电场强度进行调节。

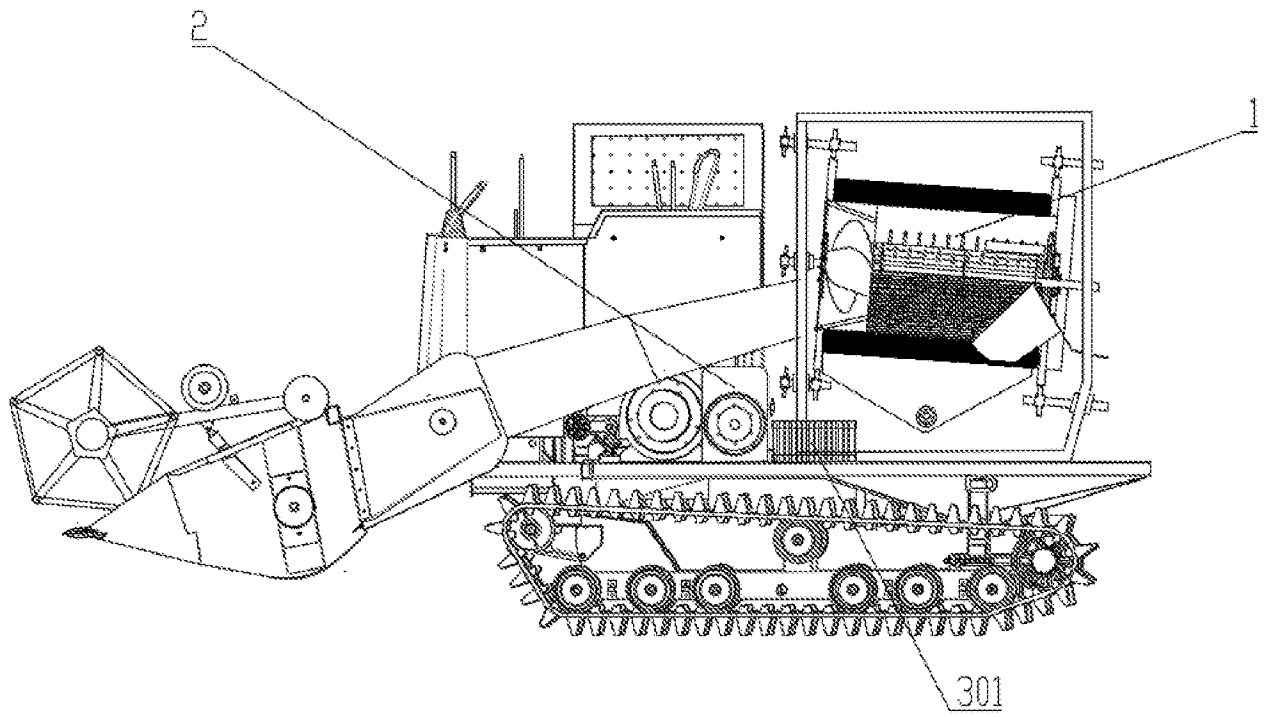


图 1

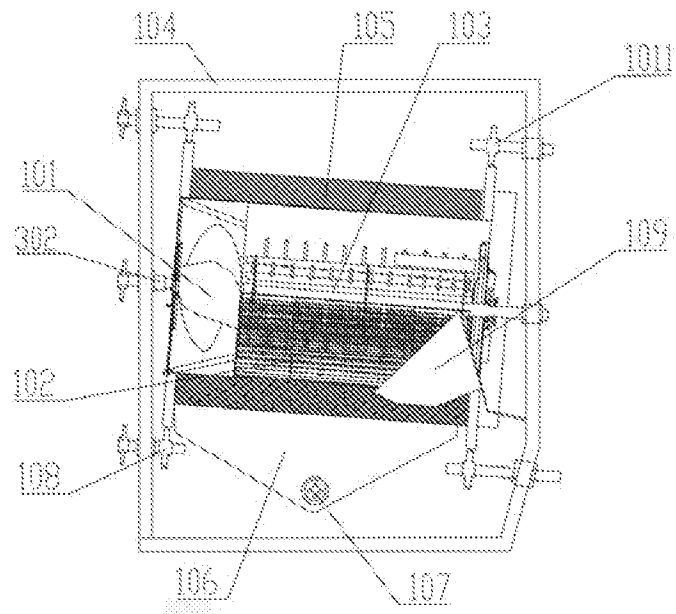


图 2

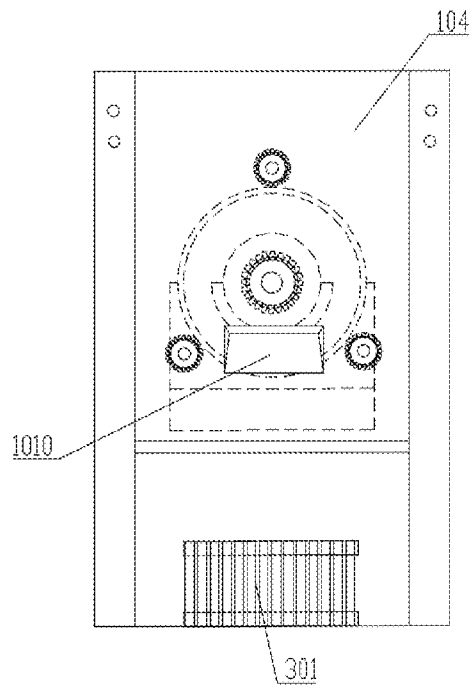


图 3

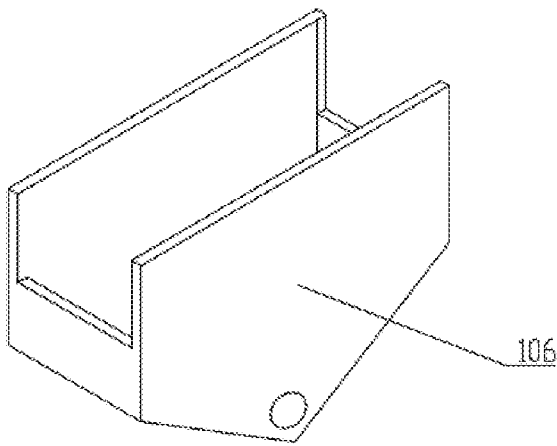


图 4

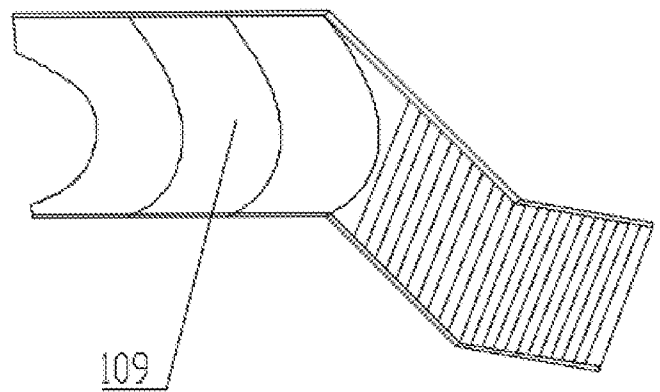


图 5

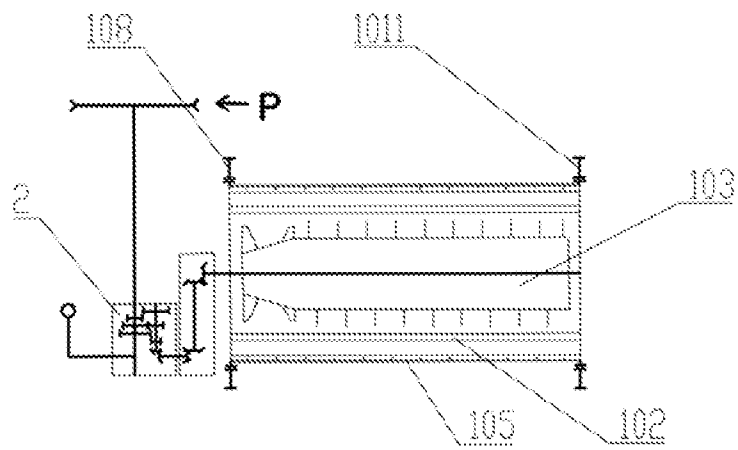


图 6

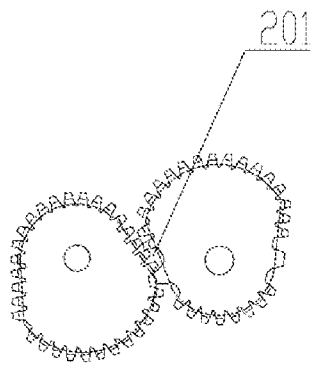


图 7

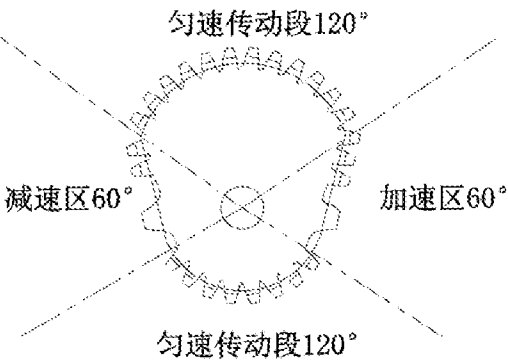


图 8

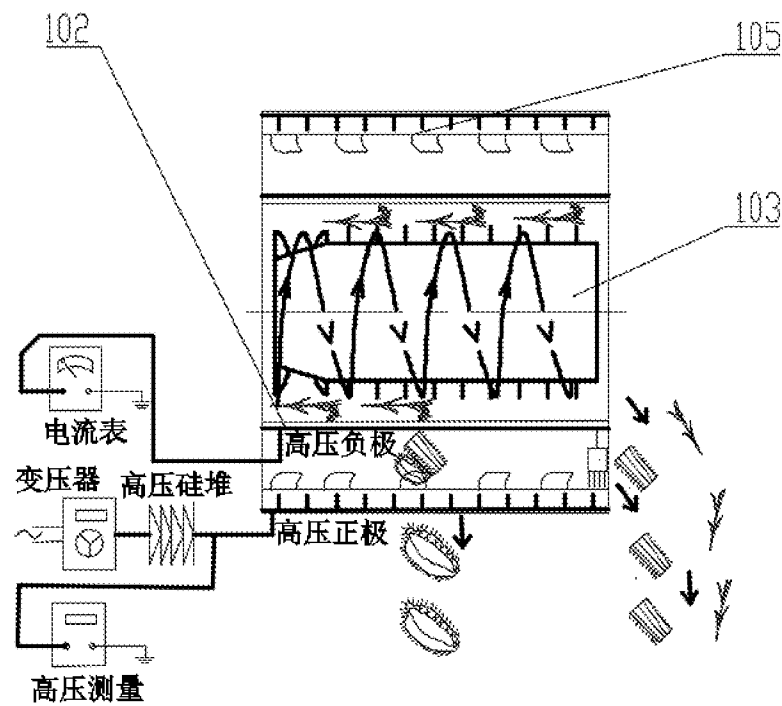


图 9

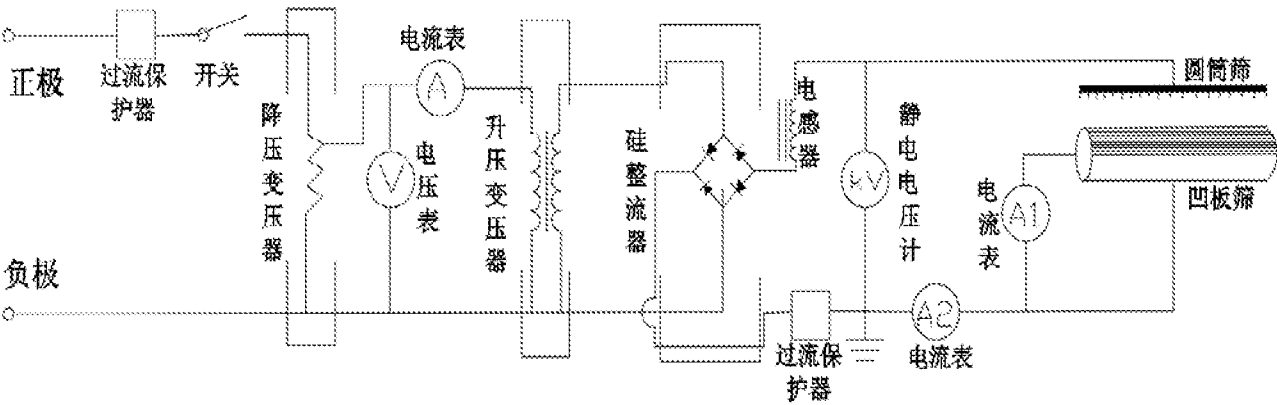


图 10

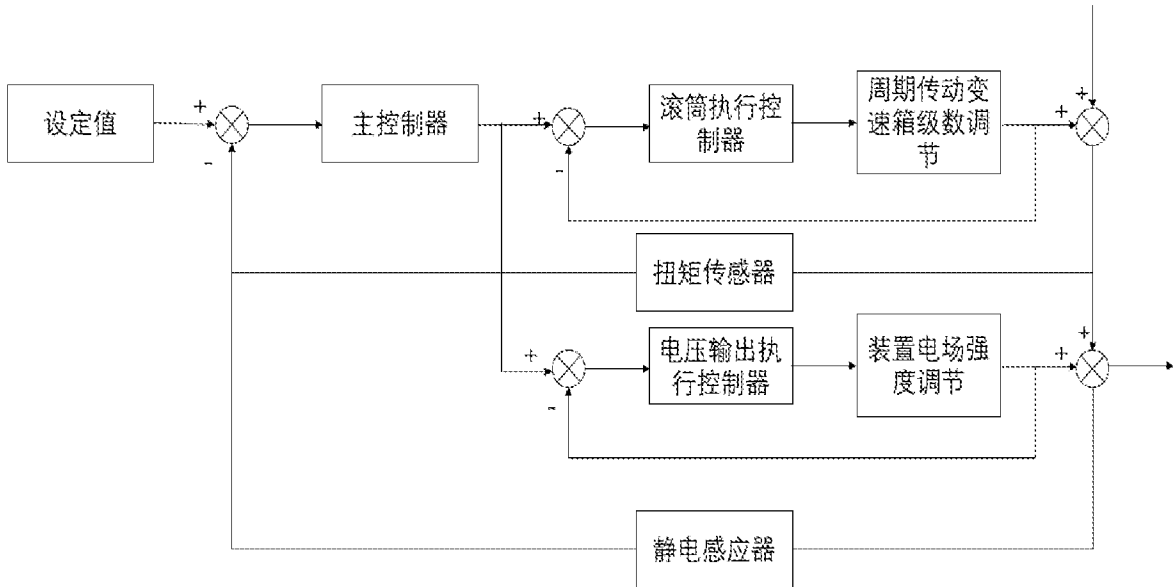


图 11

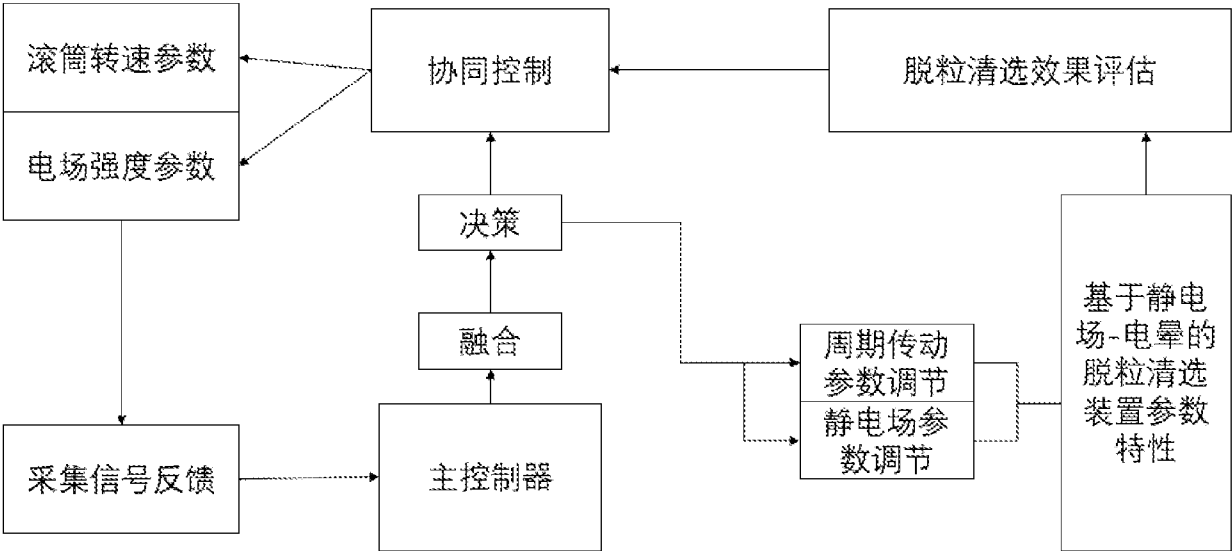


图 12

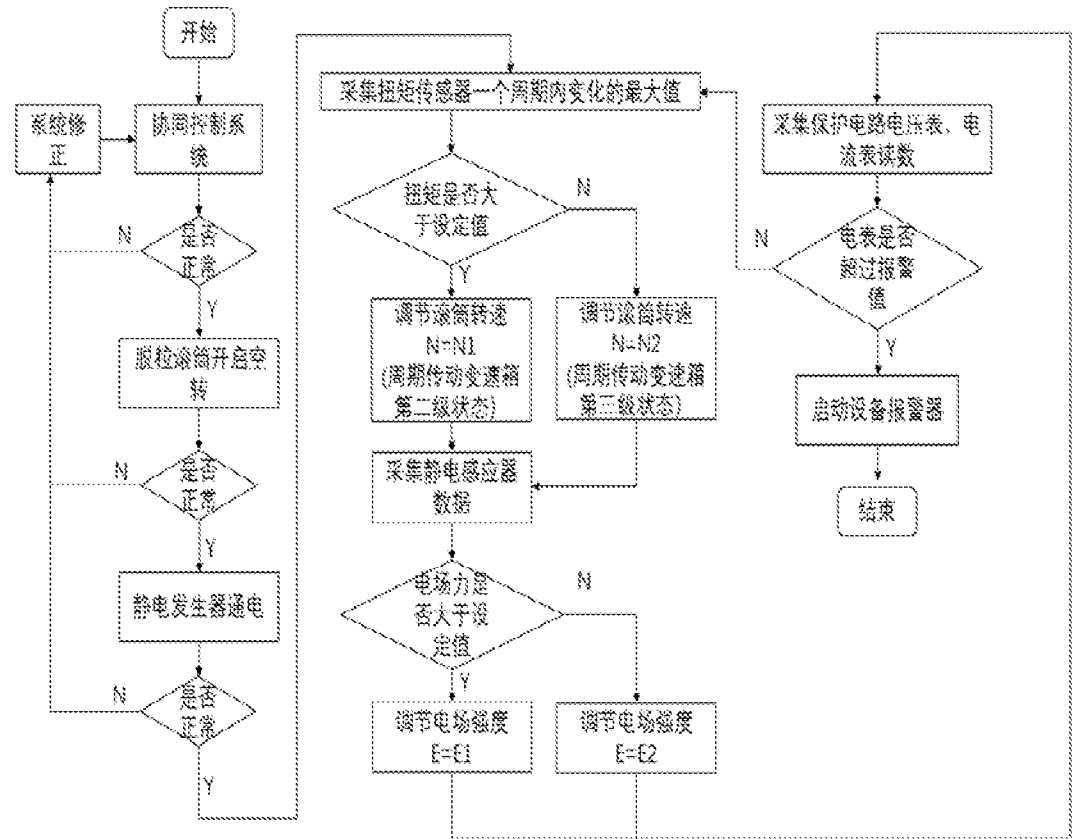


图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/071245

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A01F 12/44(2006.01)i; A01F 12/20(2006.01)i; A01F 12/22(2006.01)i; A01D 41/12(2006.01)i; G01L 5/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A01F; A01D; G01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPABSC, CNTXT, VEN, ENTXT, 高压放电, 钉齿, 圆筒, 拦截, 滚筒筛, 脱粒, 均匀, 惯性, 匀速, 圆筒筛, 变速齿轮, 纹杆, 拦截, 电场, 异形, 凹板, 板筛, 滚筒, 减速, 区, 周期, 异形齿轮, 变速, 运输, 筒, 杂余, 筛, 齿轮, 输送, 杂物, 传送, 静电, 电场, change, gear, static, electrostatic, sieve+, sift, thresh+, electric, field, roller, cylinder, drum, speed.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 2341374 Y (FENGXIAN COUNTY AGRICULTURE TOOLS INSTITUTE et al.) 06 October 1999 (1999-10-06) description, pages 1-2, and figures 1-2	1-9
Y	CN 111386866 A (JIANGSU UNIVERSITY) 10 July 2020 (2020-07-10) description, paragraphs 31-37, and figures 1-2	1-9
Y	JP H04370035 A (KUBOTA CORP.) 22 December 1992 (1992-12-22) description, paragraphs 6-17, and figures 1 and 3	1-9
A	CN 2862657 Y (SHANDONG FOTON HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) 31 January 2007 (2007-01-31) entire document	3-4
A	CN 107489754 A (NANJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 19 December 2017 (2017-12-19) entire document	5
A	CN 101773024 A (SHANDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 14 July 2010 (2010-07-14) entire document	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 May 2022

Date of mailing of the international search report

09 June 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/071245

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108093886 A (WU QINGBAO) 01 June 2018 (2018-06-01) entire document	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/071245

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	2341374	Y	06 October 1999	None			
CN	111386866	A	10 July 2020	CN	111386866	B	15 February 2022
JP	H04370035	A	22 December 1992	JP	2703131	B2	26 January 1998
CN	2862657	Y	31 January 2007	None			
CN	107489754	A	19 December 2017	CN	107489754	B	16 August 2019
CN	101773024	A	14 July 2010	CN	101773024	B	28 March 2012
CN	108093886	A	01 June 2018	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/071245

A. 主题的分类 A01F 12/44(2006.01)i; A01F 12/20(2006.01)i; A01F 12/22(2006.01)i; A01D 41/12(2006.01)i; G01L 5/00(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) A01F; A01D; G01L 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) WPABSC, CNTXT, VEN, ENTXT, 高压放电, 钉齿, 圆筒, 拦截, 滚筒筛, 脱粒, 均匀, 惯性, 匀速, 圆筒筛, 变速齿轮, 纹杆, 拦, 截, 电场, 异形, 凹板, 板筛, 滚筒, 减速, 区, 周期, 异形齿轮, 变速, 运输, 筒, 杂余, 筛, 齿轮, 输送, 杂物, 传送, 静电, 电场, change, gear, static, electrostatic, sieve+, sift, thresh+, electric, field, roller, cylinder, drum, speed.		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 2341374 Y (奉贤县农具研究所 等) 1999年10月6日 (1999 - 10 - 06) 说明书1-2页, 图1-2	1-9
Y	CN 111386866 A (江苏大学) 2020年7月10日 (2020 - 07 - 10) 说明书31-37段, 图1-2	1-9
Y	JP H04370035 A (KUBOTA KK) 1992年12月22日 (1992 - 12 - 22) 说明书6-17段, 图1, 3	1-9
A	CN 2862657 Y (山东福田重工股份有限公司) 2007年1月31日 (2007 - 01 - 31) 全文	3-4
A	CN 107489754 A (南京工程学院) 2017年12月19日 (2017 - 12 - 19) 全文	5
A	CN 101773024 A (山东理工大学) 2010年7月14日 (2010 - 07 - 14) 全文	1-9
A	CN 108093886 A (吴庆宝) 2018年6月1日 (2018 - 06 - 01) 全文	1-9
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2022年5月21日	国际检索报告邮寄日期 2022年6月9日	
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	授权官员 李倩叶 电话号码 (86-27) 59182178	

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/071245

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	2341374	Y	1999年10月6日	无	
CN	111386866	A	2020年7月10日	CN	111386866 B 2022年2月15日
JP	H04370035	A	1992年12月22日	JP	2703131 B2 1998年1月26日
CN	2862657	Y	2007年1月31日	无	
CN	107489754	A	2017年12月19日	CN	107489754 B 2019年8月16日
CN	101773024	A	2010年7月14日	CN	101773024 B 2012年3月28日
CN	108093886	A	2018年6月1日	无	