

磁珠去除方法、设备和存储介质

5 本申请要求于 2022 年 9 月 27 日提交中国专利局、申请号为 202211181849.4，发明名称为“磁珠去除方法、设备和存储介质”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

10 本申请涉及细胞分离技术领域，尤其涉及一种磁珠去除方法、设备和存储介质。

背景技术

 在生物技术领域，经常使用磁珠对特定细胞、细菌进行分选，再进行培养以进行实验或医疗。目前，当使用微米级磁珠分选得到免疫磁珠细胞，并通过免疫磁珠细胞培养除无
15 磁免疫细胞后，免疫磁珠细胞依旧还存在于培养液内，有时需要通过磁场吸附去除磁珠，以避免下一步对实验或医疗的不良影响。发明人意识到，现有技术中，在进行免疫磁珠细胞的去除过程中，由于流体具有不抗剪的特性，而盛装有培养液的液袋面积过大（随着细胞处理行业发展，培养液的液袋中的样本体积越来越大，比如 5L、10L 的样本量）时，由于盛装培养液的液袋流经磁场时的流速极不均匀（如图 7 所示），因此流速过大的部分区域
20 的免疫磁珠细胞将会逃逸，使得免疫磁珠细胞不能被磁场充分吸收，降低了磁场利用率。针对以上问题，若通过整体控制细胞液的流速减慢以减少免疫磁珠细胞逃逸，该方案存在磁化时间长等缺陷。

申请内容

25 本申请实施例提供一种磁珠去除方法、设备和存储介质，以解决现有技术中免疫磁珠细胞逃逸以及磁场利用率低等问题。

 一种磁珠去除方法，包括：

 将具有弯曲流道的液袋放置在磁性平台上；所述弯曲流道所处的平面位于所述磁性平台上方且与其平行；

30 控制第一流量控制组件连通所述液袋和样本容器，以将所述样本容器中包含免疫磁粒细胞和无磁免疫细胞的液体输入所述弯曲流道中；

 对所述液袋执行压平操作，以增大所述弯曲流道的底面与所述磁性平台之间的接触面，进而通过所述磁性平台将所述弯曲流道中的免疫磁珠细胞吸附在所述接触面上；

 执行收集操作，以令所述弯曲流道中的无磁免疫细胞收集至收集容器中。

35 一种磁珠去除设备，包括压合装置以及用于执行上述磁珠去除方法的控制器，所述控制器连接所述压合装置。

 一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机可读指令，其中，所述计算机可读指令被处理器执行时实现上述磁珠去除方法。

 上述磁珠去除方法、设备和存储介质，所述方法包括：将具有弯曲流道的液袋放置在
40 磁性平台上；所述弯曲流道所处的平面位于所述磁性平台上方且与其平行；控制第一流量控制组件连通所述液袋和样本容器，以将所述样本容器中包含免疫磁粒细胞和无磁免疫细胞的液体输入所述弯曲流道中；对所述液袋执行压平操作，以增大所述弯曲流道的底面与
 所述磁性平台之间的接触面，进而通过所述磁性平台将所述弯曲流道中的免疫磁珠细胞吸附在所述接触面上；执行收集操作，以令所述弯曲流道中的无磁免疫细胞收集至收集容器
45 中。本申请通过弯曲流道的设计使得液袋中液体流动的流速趋近一致，大大提升了流速均

匀性，使得磁性平台在均匀流场中提升了对免疫磁珠细胞的充分吸收能力，提升了磁场利用率；并且，对液袋执行压平操作，增大了弯曲流道的底面与所述磁性平台之间的接触面，进而，磁性平台可以通过增大的接触面更为充分地吸收弯曲流道中的免疫磁珠细胞，避免了免疫磁珠细胞的逃逸，进一步提升了磁场利用率，在操作简便的前提下实现了高效稳定地捕获免疫磁珠细胞。

本申请的一个或多个实施例的细节在下面的附图和描述中提出，本申请的其他特征和优点将从说明书、附图以及权利要求变得明显。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对本申请实施例的描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是本申请一实施例中磁珠去除方法的流程图；

图 2 是本申请一实施例中磁珠去除方法的步骤 S30 的流程图；

图 3 是本申请一实施例中液袋的结构示意图；

图 4 是本申请另一实施例中液袋的结构示意图；

图 5 是本申请一实施例提供的压合装置的爆炸结构示意图；

图 6 是本申请一实施例提供的压合装置的装配结构示意图；

图 7 是现有技术中大容量液袋中的流速分布示意图；

图 8 是本申请一实施例中计算机设备的示意图。

说明书中的附图标记如下：

1、压合装置；10、磁性平台；101、底座；1011、顶升通孔；1012、导向通孔；102、磁块；20、顶升机构；201、升降组件；2011、第一升降块；2012、第二升降块；2013、限位板；2014、转动轴；202、顶升杆；203、上升驱动组件；2031、电机；2032、主动轮；2033、从动轮；2034、同步带；2035、转轴；2036、凸轮；2037、安装轴承；2038、支架；2039、安装孔；2040、轴承随动器；2041、固定板；2042、感应块；2043、光电传感器；30、盖合机构；301、盖板；3011、把手；302、第一吸附部；303、第二吸附部；40、压合机构；401、导向轴；402、弹簧；403、直线轴承；4011、挡块；50、保护罩；60、液袋；61、弯曲流道；611、直管段；612、连接管段；62、进液口；63、出液口。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

在一实施例中，如图 1 所示，提供一种磁珠去除方法，包括如下步骤：

S10：将具有弯曲流道 61 的液袋 60 放置在磁性平台 10 上；所述弯曲流道 61 所处的平面位于所述磁性平台 10 上方且与其平行；其中，所述磁性平台 10 可以为通过电磁铁或者永磁体构建的具有磁性的平台。比如，如图 5 所示的磁性平台 10 可以包括设置有顶升通孔 1011 的底座 101，以及安装在所述底座 101 上的永磁体磁块 102 或者电磁铁；其中，所述底座 101 上设有安装槽，而磁块 102 被固定安装在该安装槽中。可理解地，具有弯曲流道 61 的液袋 60 由非磁性材料制成，不会被磁力吸附，因此不会受到其下方磁性平台 10 的磁场影响。

S20: 控制第一流量控制组件（图未示）连通所述液袋 60 和样本容器（图未示），以将所述样本容器中包含免疫磁粒细胞和无磁免疫细胞的液体输入所述弯曲流道 61 中；其中，第一流量控制组件可以包括可以为液体流动提供动力的蠕动泵，以及作为第一流量控制组件开关的夹管阀，也可以包括流量调节阀等控制液体流动流量，或用于监测液体流动的流速和压力的传感器等。样本容器中盛放的是经过培养后的培养液，培养液（也即上述样本容器中包含免疫磁粒细胞和无磁免疫细胞的液体）中包含免疫磁珠细胞，以及免疫磁珠细胞在培养基的孵育下分裂出的不带磁珠的无磁免疫细胞（在培养过程中，磁珠不会分裂，细胞会分裂，所以就会分裂出带有抗体但不附带磁珠的无磁免疫细胞）。

进一步地，所述液袋 60 包括通过所述第一流量控制组件连通所述样本容器的进液口 62 以及连通所述收集容器的出液口 63；所述弯曲流道 61 连通在所述进液口 62 和所述出液口 63 之间。在本实施例中，通过第一流量控制组件可以将样本容器中的培养液通过进液口 62 输送至弯曲流道 61 中，进而在磁性平台 10 的作用下，通过磁性平台 10 的磁场吸附住免疫磁珠细胞，而除免疫磁珠细胞之外的无磁免疫细胞等就会从弯曲流道 61 的出液口 63 流出至收集容器中。在本实施例中，弯曲流道 61 连接的管路材料均为非磁性材料，例如 PVC 材料，如此不会收到磁性平台 10 的磁场影响。

在一实施例中，所述弯曲流道 61 包括平行排布的多个直管段 611，以及连接在相邻两个所述直管段 611 之间的连接管段 612；所述连接管段 612 为弯管或者与所述直管段 611 呈预设倾斜角度（预设倾斜角度根据需求设定，比如图 4 中所示的预设倾斜角度为 90 度，也即直管段 611 和连接管段 612 相互垂直）的直管；和/或所述弯曲流道 61 包括螺旋管段。也即，在该实施例中，弯曲流道 61 可以为与蚊香盘形状类似的螺旋管段，亦可以为如图 3（图 3 中的连接管段 612 为弯管）和图 4（图 4 中的连接管段 612 为直管）中所示的直管段 611 与连接管段 612 的组合。并且，在一些实施例中，将直管段 611、连接管段 612 和螺旋管段进行组合形成弯曲流道 61 亦可；可理解地，在本申请中，弯曲流道的所有管段均处于同一平面上，且该平面与磁性平台 10 平行；上述设置中的弯曲流道 61 受边界层影响，其中的液体流动速度相对更为均匀，对于磁性平台 10 的磁场利用率更高。可理解地，弯曲管道的形状亦可根据需求设置为其他形状，只要起到使得液体流速均匀以提升磁场利用率的效果即可。进一步地，所述弯曲流道 61 的最大宽度小于或等于 50mm，该宽度范围内的弯曲流道 61 对于提升磁场利用率效果较好。

进一步地，所述液袋 60 还包括缓冲空间，所述弯曲流道 61 通过所述缓冲空间连通所述出液口 63。也即，缓冲空间的设置，是为了方便液体从弯曲管道流动到出液口 63 的过程中，进行缓冲存储，亦可以根据需求改变液体流动方向并减缓流速。在一具体实施例中，弯曲流道 61 为 2*mm 的液管（也即内径为 2mm，外径为 mm，液管亦可以为其他尺寸）盘成的蚊香盘形状类似的螺旋管段，且螺旋管段的中心位置设置有圆形的缓冲空间，螺旋管段通过该缓冲空间连通出液口 63。

S30: 对所述液袋 60 执行压平操作，以增大所述弯曲流道 61 的底面与所述磁性平台 10 之间的接触面，进而通过所述磁性平台 10 将所述弯曲流道 61 中的免疫磁珠细胞吸附在所述接触面上；也即，在液袋 60 与磁性平台 10 之间贴合所形成的接触面增大，如此，磁性平台 10 可以通过上述增大的接触面与液袋 60 中的液体（培养液）中的免疫磁珠细胞近距离贴合，使得液体与磁性平台 10 的磁场均匀接触，进而将免疫磁珠细胞吸附在增大的接触面上，使得磁分选过程中的磁吸附更为充分，避免了免疫磁珠细胞不被吸附而跟随无磁免疫细胞从出液口 63 中流出液袋 60；同时，由于液袋 60 被压平后的接触面增大，可以在磁分选过程中达到对大容量的细胞液中的磁珠进行一次性磁化吸附的效果，进而在无需控制流速的前提下，实现统一磁化，达到磁化一致性效果。

S40: 执行收集操作，以令所述弯曲流道 61 中的无磁免疫细胞收集至收集容器（图未示）中。进一步地，所述步骤 S40 包括：控制所述收集容器与所述液袋 60 之间设置的第

二流量控制组件（图未示）开启，以令所述液袋 60 与所述收集容器连通，并通过所述第二流量控制组件将所述弯曲流道 61 中的无磁免疫细胞输送至所述收集容器中，以完成对无磁免疫细胞的收集，进而利用其进行实验或者医疗。也即，在该实施例中，样本容器以及收集容器均与液袋 60 连通，第一流量控制组件设置在样本容器与液袋 60 之间，第二流量控制组件设置在收集容器与液袋 60 之间，第二流量控制组件可以包括可以为液体流动提供动力的蠕动泵，以及作为第二流量控制组件开关的夹管阀，也可以包括流量调节阀等控制液体流动流量，或用于监测液体流动的流速和压力的传感器等。在本申请中，可以仅设置第一流量控制组件或第二流量控制组件中的其中一个，即可实现可以通过第一流量控制组件或/和第二流量控制组件控制液袋 60 中液体的流动参数，比如速度、流量、压力等。亦可以同时设置第一流量控制组件和第二流量控制组件。

本申请通过弯曲流道 61 的设计使得液袋 60 中液体流动的流速趋近一致，大大提升了流速均匀性，使得磁性平台 10 在均匀流场中提升了对免疫磁珠细胞的充分吸收能力，提升了磁场利用率；并且，对液袋 60 执行压平操作，增大了弯曲流道 61 的底面与所述磁性平台 10 之间的接触面，进而，磁性平台 10 可以通过增大的接触面更为充分地吸附弯曲流道 61 中的免疫磁珠细胞，避免了免疫磁珠细胞的逃逸，进一步提升了磁场利用率，在操作简便的前提下实现了高效稳定地捕获免疫磁珠细胞。

在一实施例中，如图 2 所示，所述步骤 S30 中，所述对所述液袋 60 执行压平操作，包括：

S301，确定压合装置 1 的盖合机构 30 是否可以盖合；如图 5 和图 6 所示，所述压合装置 1 包括安装在所述磁性平台 10 上的盖合机构 30 以及与所述盖合机构 30 连接的压合机构 40；所述盖合机构 30 盖合时，所述液袋 60 位于所述盖合机构 30 与所述磁性平台 10 之间的容纳空间中；盖合机构 30 安装在磁性平台 10 上，盖合机构 30 可以盖合或者打开上述容纳空间（容纳空间中放置的液袋 60 膨胀而导致凸出高度较高时，盖合机构 30 可能因为被液袋 60 顶起而无法盖合，强行盖合可能会压破液袋 60 或伤害其中的免疫磁珠细胞或无核免疫细胞），且在不受到其他外力干涉时，盖合机构 30 可以随着压合机构 40 的下拉而下移，进而使得磁性平台 10 与所述盖合机构 30 之间用于放置液袋 60 的容纳空间的大小可调。

S302，在所述盖合机构 30 可以盖合时，控制所述压合机构 40 带动已盖合的所述盖合机构 30 下移，以压平放置在所述磁性平台 10 与所述盖合机构 30 之间的容纳空间内的所述液袋 60。可理解地，在盖合机构 30 可以盖合时，可以通过压合机构 40 带动已盖合的盖合机构 30 下移并均匀压平液袋 60，以使得液袋 60 与磁性平台 10 之间贴合所形成的接触面增大，进而让液袋 60 中的液体均匀地通过该接触面分布在磁性平台 10 上与其接触。

进一步地，如图 5 和图 6 所示，所述压合装置 1 还包括与所述盖合机构 30 连接的顶升机构 20；所述步骤 S301 之后，也即所述确定压合装置 1 的盖合机构 30 是否可以盖合之后，还包括：

在所述盖合机构 30 被鼓胀的所述液袋 60 顶起而无法盖合时，控制所述顶升机构 20 带动所述盖合机构 30 上升，以增大所述磁性平台 10 与所述盖合机构 30 之间的所述容纳空间；在该实施例中，在容纳空间中放置有液袋 60 之后，由于液袋 60 中液体膨胀的高度较高，盖合机构 30 被放置在容纳空间中的液袋 60 顶开，导致盖合机构 30 无法盖合时，此时将控制顶升机构 20 开启并带动盖合机构 30 上升，如此，磁性平台 10 与盖合机构 30 之间的距离将会增大，进而，容纳空间随着距离的增大而增大。

在所述盖合机构 30 上升到可盖合的预设高度之后，控制所述盖合机构 30 盖合；也即，当盖合机构 30 上升到预设高度之后，盖合机构 30 和磁性平台 10 之间的容纳空间已经足够大，盖合机构 30 将不再被液袋 60 顶起，而是可以正常盖合。

控制所述压合机构 40 带动已盖合的所述盖合机构 30 下移，以压平放置在所述容纳空间中的所述液袋 60。也即，在盖合机构 30 盖合之后，可以通过压合机构 40 带动已盖合的盖合机构 30 下移并均匀压平液袋 60，以使得液袋 60 与磁性平台 10 之间贴合所形成的接触面增大，进而让液袋 60 中的液体均匀地通过该接触面分布在磁性平台 10 上与其接触。

5 在一实施例中，如图 5 和图 6 所示，所述磁性平台 10 上设有顶升通孔 1011，所述顶升机构 20 包括设置在所述磁性平台 10 顶部的升降组件 201、顶端穿过所述顶升通孔 1011 与所述升降组件 201 固定连接的顶升杆 202，以及设置在所述磁性平台 10 的下方并连接所述顶升杆 202 远离升降组件 201 一端的上升驱动组件 203；所述盖合机构 30 包括转动连接在所述升降组件 201 上的盖板 301；其中，盖板 301 的形状可以根据磁性平台 10 的具体形状进行设置即可，进一步地，所述盖合机构 30 还包括安装在所述盖板 301 上的把手 3011，通过上述把手 3011 可以更方便用户提拉或盖合盖板 301。升降组件 201 的形状可以根据需求设定，比如，升降组件 201 可以为放置在磁性平台 10 顶部的一个框架结构（或为分离设置的多个组件组成亦可，但可以随着顶升杆 202 的带动同时上下移动），可以被上升驱动组件 203 带动在上下方向上移动。可理解地，上升驱动组件 203 作为升降组件 201 上升驱动力的来源，可以包括电机 2031、气缸等均可。在一实施例中，如图 5 和图 6 所示，所述升降组件 201 包括设置在所述磁性平台 10 第一端的第一升降块 2011、间隔分布在所述磁性平台 10 上远离所述第一端的第二端的两个第二升降块 2012、连接在所述第一升降块 2011 与第二升降块 2012 之间的限位板 2013，以及连接在两个所述第二升降块 2012 之间的转动轴 2014；所述盖板 301 转动连接在所述转动轴 2014 上，图 5 中所示的所述第二吸附部 303 设置在所述第一升降块 2011 上。具体地，限位板 2013 为平行设置在磁性平台 10 相对两侧的两块，如此，第一升降块 2011、两个第二升降块 2012 以及两块限位板 2013 之间围成了一个限位框，用于防止液袋 60 从容纳空间的侧面脱出，该限位框（也即是升降组件 201 的主要组成部分）可以实现和盖板 301 同步上下升降。

进一步地，所述控制所述顶升机构 20 带动所述盖合机构 30 上升，以增大所述磁性平台 10 与所述盖合机构 30 之间的所述容纳空间，包括：控制所述上升驱动组件 203 启动，以通过所述上升驱动组件 203 驱动所述顶升杆 202 带动所述升降组件 201 以及所述盖板 301 沿所述顶升通孔 1011 滑动上升，以增大所述磁性平台 10 与所述盖板 301 之间用于放置液袋 60 的容纳空间。也即，盖合机构 30 转动安装在升降组件 201 上，将会随着升降组件 201 的上下移动而移动，而上升驱动组件 203 可以通过顶升杆 202 反带动升降组件 201 沿顶升通孔 1011 上移，如此，可以带动盖板 301 上移，进而使得磁性平台 10 与所述盖板 301 之间用于放置液袋 60 的容纳空间增大，进而方便盖合盖板 301。

进一步地，如图 5 和图 6 所示，所述盖合机构 30 还包括设置在所述盖板 301 上的第一吸附部 302，以及设置在所述升降组件 201 上与所述第一吸附部 302 相对位置的第二吸附部 303，所述盖板 301 通过所述第一吸附部 302 和所述第二吸附部 303 的吸附与所述升降组件 201 盖合。其中，第一吸附部 302 和第二吸附部 303 中的至少一个为磁铁，比如，可以均为磁铁，或者一个为磁铁，另一个为具有与磁铁吸附特性的金属亦可。上述第一吸附部 302 和第二吸附部 303 的数量组合以及具体形状和大小可以根据需求进行设定，在此并不做限定，且本申请中的磁铁亦可以是指电磁铁。在一具体的实施例中，第二吸附部 303 为电磁铁，第一吸附部 302 为铁块，此时，对第二吸附部 303 的电磁铁进行通电，就可以去除电磁铁的磁性，此时，第二吸附部 303 的电磁铁与盖板 301 上的第一吸附部 302（铁块）并不具有磁性吸附功能而处于与分离状态，如此，盖板 301 可以打开；而在第二吸附部 303 断电之后，作为第二吸附部 303 的电磁铁产生磁性，此时，在没有外力阻挡的情况下，盖板 301 上的铁块处于该电磁铁的磁性吸引范围内时，盖板 301 的第一吸附部 302 将被第二吸附部 303 吸附，从而完成盖板 301 的盖合。

在一实施例中，如图 5 和图 6 所示，所述上升驱动组件 203 包括电机 2031、主动轮 2032、从动轮 2033、同步带 2034、转轴 2035、凸轮 2036、安装轴承 2037 和具有安装孔 2039 的支架 2038；所述支架 2038 安装在所述磁性平台 10 的底部，所述转轴 2035 通过所述安装轴承 2037 安装在所述安装孔 2039 中，所述凸轮 2036 固定安装在所述转轴 2035 上，
5 所述主动轮 2032 安装在所述电机 2031 的输出轴上，所述同步带 2034 套接在所述主动轮 2032 与所述从动轮 2033 上，所述从动轮 2033 固定安装在所述转轴 2035 上，所述凸轮 2036 的顶端与所述顶升杆 202 抵接；如图 5 所示，电机 2031 可以通过固定块固定在磁性平台 10 上；转轴 2035 上的凸轮 2036、支架 2038、和安装轴承 2037 均对称设置为两个，顶升杆 202 也平行设置为两个，且两个顶升杆 202 的顶端均连接在升降组件 201 上；而两个凸
10 轮 2036 分别与两个顶升杆 202 的底端抵接。

进一步地，所述通过所述上升驱动组件 203 驱动所述顶升杆 202 带动所述升降组件 201 以及所述盖板 301 沿所述顶升通孔 1011 滑动上升，包括：控制所述电机 2031 启动，所述电机 2031 顺次通过所述主动轮 2032、所述同步带 2034、所述从动轮 2033、所述转轴 2035 带动所述凸轮 2036 转动，转动的所述凸轮 2036 通过所述顶升杆 202 带动所述升降组件 201
15 以及所述盖板 301 沿所述顶升通孔 1011 滑动上升。也即，电机 2031 启动旋转之后，将带动主动轮 2032 旋转，进而通过同步带 2034 来带动从动轮 2033 转动，而从动轮 2033 的转动将带动转轴 2035 以及安装在转轴 2035 上的两个凸轮 2036 转动，此时，被凸轮 2036 抵接的顶升杆 202 将随着凸轮 2036 的转动而上移，进而带动升降组件 201 和盖板 301 整体抬升，此时，若如上述实施例中所述，第二吸附部 303 为电磁铁，则将对第二吸附部 303
20 的电磁铁进行断电处理，如此，在升降组件 201 上升的过程中，盖板 301 也会随之上升，逐渐平齐，直至第一吸附部 302 的铁块与第二吸附部 303 的电磁铁吸上，确认盖板 301 盖合。

进一步地，如图 5 所示，所述上升驱动组件 203 还包括安装在所述转轴 2035 上的感应块 2042 以及安装在所述磁性平台 10 上的光电传感器 2043，所述光电传感器 2043 用于
25 在感应到所述转轴 2035 带动所述感应块 2042 转动到正对所述光电传感器 2043 的位置时，确定所述盖板 301 上升到所述预设高度。其中，预设高度是指顶升杆 202 可以带动升降组件 201 和盖板 301 上升到的最高高度，该预设高度可以根据液袋 60 的具体尺寸进行设定，具体可以根据需求更换凸轮 2036 尺寸和形状等实现。

在一实施例中，如图 5 所示，所述上升驱动组件 203 还包括轴承随动器 2040 和固定板 2041，所述轴承随动器 2040 通过所述固定板 2041 安装在所述顶升杆 202 的底端，所述
30 凸轮 2036 与与所述轴承随动器 2040 抵接。也即，轴承随动器 2040 可以更好地将凸轮 2036 转动产生的顶升力传递给顶升杆 202，进而使得顶升杆 202 的上升过程更为平稳可控。

在一实施例中，如图 5 和图 6 所示，所述磁性平台 10 上设有导向通孔 1012，所述压合机构 40 包括导向轴 401、弹簧 402 以及安装在所述导向通孔 1012 中的直线轴承 403，
35 所述导向轴 401 的底端设有挡块 4011，所述导向轴 401 的顶端穿过所述直线轴承 403 连接所述升降组件 201，所述弹簧 402 套接在所述导向轴 401 上，且所述弹簧 402 的两端分别与所述直线轴承 403 以及所述挡块 4011 抵接；进一步地，所述步骤 S302 中，所述控制所述压合机构 40 带动已盖合的所述盖合机构 30 下移，包括：控制所述上升驱动组件 203 关闭，以通过所述弹簧 402 的弹力带动所述导向轴 401 沿所述导向通孔 1012 下移，进而带
40 动所述升降组件 201 和所述盖板 301 下移。也即，在该实施例中，由于具有凸轮 2036 的上升驱动组件 203 仅能带动顶升杆 202 上升，而不具备对升降组件 201 下拉的下拉力。因此，设置上述压合机构 40，弹簧 402 处于压缩状态，在上升驱动组件 203 的电机 2031 关闭（电机 2031 复位）之后，弹簧 402 为克服其压缩状态将通过导向轴 401 给升降组件 201
45 施加下拉力（弹簧 402 带动导向轴 401 沿导向通孔 1012 下移），进而带动升降组件 201 和盖板 301 下移。可理解地，将一个导向轴 401、一个弹簧 402 以及一个直线轴承 403 作

为一组压合组件，则上述压合机构 40 可以包含设置在磁性平台 10 上的多个压合组件，比如分别设置在方形的磁性平台 10 四角的四组压合组件，如此，在四组压合组件的四个弹簧 402 同时对升降组件 201 施加下拉力作用下，盖板 301 将会随着升降组件 201 下移进而朝向磁性平台 10 的方向挤压液袋 60，进而逐渐压平液袋 60 使其中的液体均匀分布在磁性平台 10 上。在本申请中，通过弹簧 402 下拉压平液袋 60 而不是电机 2031 等，一方面通过弹簧 402 即可以让液袋 60 均匀压平贴合至磁性平台 10，另一方面，弹簧 402 的弹力均匀轻柔，不会挤压坏液袋 60 内的细胞。

在一实施例中，如图 5 和图 6 所示，所述磁分选压合装置 1 还包括安装在所述磁性平台 10 底端的保护罩 50，所述保护罩 50 与所述磁性平台 10 之间形成安装空间，所述上升驱动组件 203 安装在所述安装空间中。也即，在该实施例中，保护罩 50 可以实现对安装空间中的各元器件（比如上升驱动组件 203、压合机构 40 或其他电子元器件等）的容纳和保护。作为优选，保护罩 50 可以为钣金件，其结构更为牢固可靠。

应理解，上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后，各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定，而不对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

本申请还提供一种磁珠去除设备，包括压合装置 1 以及用于执行上述磁珠去除方法的控制器，所述控制器连接所述压合装置 1。

具体地，所述控制器用于执行以下步骤：

将具有弯曲流道的液袋放置在磁性平台上；所述弯曲流道所处的平面位于所述磁性平台上方且与其平行；

控制第一流量控制组件连通所述液袋和样本容器，以将所述样本容器中包含免疫磁粒细胞和无磁免疫细胞的液体输入所述弯曲流道中；

对所述液袋执行压平操作，以增大所述弯曲流道的底面与所述磁性平台之间的接触面，进而通过所述磁性平台将所述弯曲流道中的免疫磁珠细胞吸附在所述接触面上；

执行收集操作，以令所述弯曲流道中的无磁免疫细胞收集至收集容器中。

在一实施例中，所述液袋包括通过所述第一流量控制组件连通所述样本容器的进液口以及连通所述收集容器的出液口；所述弯曲流道连通在所述进液口和所述出液口之间。

在一实施例中，所述弯曲流道包括平行排布的多个直管段，以及连接在相邻两个所述直管段之间的连接管段；所述连接管段为弯管或者与所述直管段呈预设倾斜角度的直管；和/或

所述弯曲流道包括螺旋管段。

在一实施例中，所述弯曲流道的最大宽度小于或等于 50mm；和/或

所述液袋还包括缓冲空间，所述弯曲流道通过所述缓冲空间连通所述出液口。

在一实施例中，所述对所述液袋执行压平操作，包括：

确定压合装置的盖合机构是否可以盖合；所述压合装置包括安装在所述磁性平台上的盖合机构以及与所述盖合机构连接的压合机构；所述盖合机构盖合时，所述液袋位于所述盖合机构与所述磁性平台之间的容纳空间中；

在所述盖合机构可以盖合时，控制所述压合机构带动已盖合的所述盖合机构下移，以压平放置在所述磁性平台与所述盖合机构之间的容纳空间内的所述液袋。

在一实施例中，所述压合装置还包括与所述盖合机构连接的顶升机构；

所述确定压合装置的盖合机构是否可以盖合之后，所述控制器还用于执行以下步骤：

在所述盖合机构被鼓胀的所述液袋顶起而无法盖合时，控制所述顶升机构带动所述盖合机构上升，以增大所述磁性平台与所述盖合机构之间的所述容纳空间；

在所述盖合机构上升到可盖合的预设高度之后，控制所述盖合机构盖合；

控制所述压合机构带动已盖合的所述盖合机构下移，以压平放置在所述容纳空间中的所述液袋。

在一实施例中，所述磁性平台上设有顶升通孔，所述顶升机构包括设置在所述磁性平台顶部的升降组件、顶端穿过所述顶升通孔与所述升降组件固定连接的顶升杆，以及设置在所述磁性平台的下方并连接所述顶升杆远离升降组件一端的上升驱动组件；所述盖合机构包括转动连接在所述升降组件上的盖板；

- 5 所述控制所述顶升机构带动所述盖合机构上升，以增大所述磁性平台与所述盖合机构之间的所述容纳空间，包括：

控制所述上升驱动组件启动，以通过所述上升驱动组件驱动所述顶升杆带动所述升降组件以及所述盖板沿所述顶升通孔滑动上升，以增大所述磁性平台与所述盖板之间用于放置液袋的容纳空间。

- 10 在一实施例中，所述上升驱动组件包括电机、主动轮、从动轮、同步带、转轴、凸轮、安装轴承和具有安装孔的支架；所述支架安装在所述磁性平台的底部，所述转轴通过所述安装轴承安装在所述安装孔中，所述凸轮固定安装在所述转轴上，所述主动轮安装在所述电机的输出轴上，所述同步带套接在所述主动轮与所述从动轮上，所述从动轮固定安装在所述转轴上，所述凸轮的顶端与所述顶升杆抵接；

- 15 所述通过所述上升驱动组件驱动所述顶升杆带动所述升降组件以及所述盖板沿所述顶升通孔滑动上升，包括：

控制所述电机启动，所述电机顺次通过所述主动轮、所述同步带、所述从动轮、所述转轴带动所述凸轮转动，转动的所述凸轮通过所述顶升杆带动所述升降组件以及所述盖板沿所述顶升通孔滑动上升。

- 20 在一实施例中，所述执行收集操作，以令所述弯曲流道中的无磁免疫细胞收集至收集容器中，包括：

控制所述收集容器与所述液袋之间设置的第二流量控制组件开启，以令所述液袋与所述收集容器连通，并通过所述第二流量控制组件将所述弯曲流道中的无磁免疫细胞输送至所述收集容器中。

- 25 关于磁珠去除设备中的压合装置 1 以及控制器的更多具体限定可以参见上文中对于磁珠去除方法的限定，在此不再赘述。上述控制器中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中，也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中，以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。可理解地，该控制器可以视为一个或多个计算机设备，如图 8 所示，该计算机设备包括通过系统总线连接的处理器、存储器、网络接口和数据库。其中，该计算机设备的处理器用于提供计算和控制能力。该计算机设备的存储器包括可读存储介质、内存储器。该可读存储介质存储有操作系统、计算机可读指令和数据库。该内存储器为可读存储介质中的操作系统和计算机可读指令的运行提供环境。该计算机设备的数据库用于存储上述实施例中磁珠去除方法所使用到的数据。该计算机设备的网络接口用于与外部的终端通过网络连接通信。该计算机可读指令被处理器执行时以实现一种磁珠去除方法。本实施例所提供的可读存储介质包括非易失性可读存储介质和易失性可读存储介质。

- 30 在一个实施例中，提供了一个或多个存储有计算机可读指令的可读存储介质，本实施例所提供的可读存储介质包括非易失性可读存储介质和易失性可读存储介质；该可读存储介质上存储有计算机可读指令，该计算机可读指令被一个或多个处理器执行时，使得一个或多个处理器实现上述磁珠去除方法。

- 40 具体地，该计算机可读指令被一个或多个处理器执行时，使得一个或多个处理器实现以下步骤：

将具有弯曲流道的液袋放置在磁性平台上；所述弯曲流道所处的平面位于所述磁性平台上方且与其平行；

- 45 控制第一流量控制组件连通所述液袋和样本容器，以将所述样本容器中包含免疫磁粒

细胞和无磁免疫细胞的液体输入所述弯曲流道中；

对所述液袋执行压平操作，以增大所述弯曲流道的底面与所述磁性平台之间的接触面，进而通过所述磁性平台将所述弯曲流道中的免疫磁珠细胞吸附在所述接触面上；

执行收集操作，以令所述弯曲流道中的无磁免疫细胞收集至收集容器中。

- 5 在一实施例中，所述液袋包括通过所述第一流量控制组件连通所述样本容器的进液口以及连通所述收集容器的出液口；所述弯曲流道连通在所述进液口和所述出液口之间。

在一实施例中，所述弯曲流道包括平行排布的多个直管段，以及连接在相邻两个所述直管段之间的连接管段；所述连接管段为弯管或者与所述直管段呈预设倾斜角度的直管；和/或

- 10 所述弯曲流道包括螺旋管段。

在一实施例中，所述弯曲流道的最大宽度小于或等于 50mm；和/或

所述液袋还包括缓冲空间，所述弯曲流道通过所述缓冲空间连通所述出液口。

在一实施例中，所述对所述液袋执行压平操作，包括：

- 15 确定压合装置的盖合机构是否可以盖合；所述压合装置包括安装在所述磁性平台上的盖合机构以及与所述盖合机构连接的压合机构；所述盖合机构盖合时，所述液袋位于所述盖合机构与所述磁性平台之间的容纳空间中；

在所述盖合机构可以盖合时，控制所述压合机构带动已盖合的所述盖合机构下移，以压平放置在所述磁性平台与所述盖合机构之间的容纳空间内的所述液袋。

在一实施例中，所述压合装置还包括与所述盖合机构连接的顶升机构；

- 20 所述确定压合装置的盖合机构是否可以盖合之后，该计算机可读指令被一个或多个处理器执行时，使得一个或多个处理器还实现以下步骤：

在所述盖合机构被鼓胀的所述液袋顶起而无法盖合时，控制所述顶升机构带动所述盖合机构上升，以增大所述磁性平台与所述盖合机构之间的所述容纳空间；

在所述盖合机构上升到可盖合的预设高度之后，控制所述盖合机构盖合；

- 25 控制所述压合机构带动已盖合的所述盖合机构下移，以压平放置在所述容纳空间中的所述液袋。

- 30 在一实施例中，所述磁性平台上设有顶升通孔，所述顶升机构包括设置在所述磁性平台顶部的升降组件、顶端穿过所述顶升通孔与所述升降组件固定连接的顶升杆，以及设置在所述磁性平台的下方并连接所述顶升杆远离升降组件一端的上升驱动组件；所述盖合机构包括转动连接在所述升降组件上的盖板；

所述控制所述顶升机构带动所述盖合机构上升，以增大所述磁性平台与所述盖合机构之间的所述容纳空间，包括：

- 35 控制所述上升驱动组件启动，以通过所述上升驱动组件驱动所述顶升杆带动所述升降组件以及所述盖板沿所述顶升通孔滑动上升，以增大所述磁性平台与所述盖板之间用于放置液袋的容纳空间。

- 40 在一实施例中，所述上升驱动组件包括电机、主动轮、从动轮、同步带、转轴、凸轮、安装轴承和具有安装孔的支架；所述支架安装在所述磁性平台的底部，所述转轴通过所述安装轴承安装在所述安装孔中，所述凸轮固定安装在所述转轴上，所述主动轮安装在所述电机的输出轴上，所述同步带套接在所述主动轮与所述从动轮上，所述从动轮固定安装在所述转轴上，所述凸轮的顶端与所述顶升杆抵接；

所述通过所述上升驱动组件驱动所述顶升杆带动所述升降组件以及所述盖板沿所述顶升通孔滑动上升，包括：

- 45 控制所述电机启动，所述电机依次通过所述主动轮、所述同步带、所述从动轮、所述转轴带动所述凸轮转动，转动的所述凸轮通过所述顶升杆带动所述升降组件以及所述盖板沿所述顶升通孔滑动上升。

在一实施例中，所述执行收集操作，以令所述弯曲流道中的无磁免疫细胞收集至收集容器中，包括：

- 5 控制所述收集容器与所述液袋之间设置的第二流量控制组件开启，以令所述液袋与所述收集容器连通，并通过所述第二流量控制组件将所述弯曲流道中的无磁免疫细胞输送至所述收集容器中。

关于可读存储介质的更多具体限定可以参见上文中对于磁珠去除方法的限定，在此不再赘述。

- 10 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机可读指令来指令相关的硬件来完成，所述的计算机可读指令可存储于一非易失性可读存储介质或易失性可读存储介质中，该计算机可读指令在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，本申请所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用，均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器（ROM）、可编程 ROM（PROM）、电可编程 ROM（EPROM）、电可擦除可编程 ROM（EEPROM）或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器（RAM）或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限，RAM 以多种形式可得，诸如静态 RAM（SRAM）、动态 RAM（DRAM）、同步 DRAM（SDRAM）、双数据率 SDRAM（DDRSDRAM）、增强型 SDRAM（ESDRAM）、同步链路（Synchlink） DRAM（SLDRAM）、存储器总线（Rambus）直接 RAM（RDRAM）、直接存储器总线动态 RAM（DRDRAM）、以及存储器总线动态 RAM（RDRAM）等。

- 20 所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为了描述的方便和简洁，仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明，实际应用中，可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成，即将所述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块，以完成以上描述的全部或者部分功能。

- 25 以上所述实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的精神和范围，均应包含在本申请的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种磁珠去除方法，其中，包括：
将具有弯曲流道的液袋放置在磁性平台上；所述弯曲流道所处的平面位于所述磁性平
5 台上方且与其平行；
控制第一流量控制组件连通所述液袋和样本容器，以将所述样本容器中包含免疫磁粒
细胞和无磁免疫细胞的液体输入所述弯曲流道中；
对所述液袋执行压平操作，以增大所述弯曲流道的底面与所述磁性平台之间的接触
面，进而通过所述磁性平台将所述弯曲流道中的免疫磁珠细胞吸附在所述接触面上；
10 执行收集操作，以令所述弯曲流道中的无磁免疫细胞收集至收集容器中。
2. 如权利要求 1 所述的磁珠去除方法，其中，所述液袋包括通过所述第一流量控制组
件连通所述样本容器的进液口以及连通所述收集容器的出液口；所述弯曲流道连通在所述
进液口和所述出液口之间。
- 15 3. 如权利要求 2 所述的磁珠去除方法，其中，所述弯曲流道包括平行排布的多个直管
段，以及连接在相邻两个所述直管段之间的连接管段；所述连接管段为弯管或者与所述直
管段呈预设倾斜角度的直管；和/或
所述弯曲流道包括螺旋管段。
- 20 4. 如权利要求 3 所述的磁珠去除方法，其中，所述弯曲流道的最大宽度小于或等于
50mm；和/或
所述液袋还包括缓冲空间，所述弯曲流道通过所述缓冲空间连通所述出液口。
- 25 5. 如权利要求 1 所述的磁珠去除方法，其中，所述对所述液袋执行压平操作，包括：
确定压合装置的盖合机构是否可以盖合；所述压合装置包括安装在所述磁性平台上的
盖合机构以及与所述盖合机构连接的压合机构；所述盖合机构盖合时，所述液袋位于所述
盖合机构与所述磁性平台之间的容纳空间中；
在所述盖合机构可以盖合时，控制所述压合机构带动已盖合的所述盖合机构下移，以
30 压平放置在所述磁性平台与所述盖合机构之间的容纳空间内的所述液袋。
6. 如权利要求 5 所述的磁珠去除方法，其中，所述压合装置还包括与所述盖合机构连
接的顶升机构；
所述确定压合装置的盖合机构是否可以盖合之后，还包括：
35 在所述盖合机构被鼓胀的所述液袋顶起而无法盖合时，控制所述顶升机构带动所述盖
合机构上升，以增大所述磁性平台与所述盖合机构之间的所述容纳空间；
在所述盖合机构上升到可盖合的预设高度之后，控制所述盖合机构盖合；
控制所述压合机构带动已盖合的所述盖合机构下移，以压平放置在所述容纳空间中的
所述液袋。
- 40 7. 如权利要求 6 所述的磁珠去除方法，其中，所述磁性平台上设有顶升通孔，所述顶
升机构包括设置在所述磁性平台顶部的升降组件、顶端穿过所述顶升通孔与所述升降组件
固定连接的顶升杆，以及设置在所述磁性平台的下方并连接所述顶升杆远离升降组件一端
的上升驱动组件；所述盖合机构包括转动连接在所述升降组件上的盖板；

所述控制所述顶升机构带动所述盖合机构上升，以增大所述磁性平台与所述盖合机构之间的所述容纳空间，包括：

5 控制所述上升驱动组件启动，以通过所述上升驱动组件驱动所述顶升杆带动所述升降组件以及所述盖板沿所述顶升通孔滑动上升，以增大所述磁性平台与所述盖板之间用于放置液袋的容纳空间。

8. 如权利要求 7 所述的磁珠去除方法，其中，所述上升驱动组件包括电机、主动轮、从动轮、同步带、转轴、凸轮、安装轴承和具有安装孔的支架；所述支架安装在所述磁性平台的底部，所述转轴通过所述安装轴承安装在所述安装孔中，所述凸轮固定安装在所述
10 转轴上，所述主动轮安装在所述电机的输出轴上，所述同步带套接在所述主动轮与所述从动轮上，所述从动轮固定安装在所述转轴上，所述凸轮的顶端与所述顶升杆抵接；

所述通过所述上升驱动组件驱动所述顶升杆带动所述升降组件以及所述盖板沿所述顶升通孔滑动上升，包括：

15 控制所述电机启动，所述电机顺次通过所述主动轮、所述同步带、所述从动轮、所述转轴带动所述凸轮转动，转动的所述凸轮通过所述顶升杆带动所述升降组件以及所述盖板沿所述顶升通孔滑动上升。

9. 如权利要求 1 所述的磁珠去除方法，其中，所述执行收集操作，以令所述弯曲流道中的无磁免疫细胞收集至收集容器中，包括：

20 控制所述收集容器与所述液袋之间设置的第二流量控制组件开启，以令所述液袋与所述收集容器连通，并通过所述第二流量控制组件将所述弯曲流道中的无磁免疫细胞输送至所述收集容器中。

10. 一种磁珠去除设备，其中，包括压合装置以及用于执行如权利要求 1 至 9 任一项所述的磁珠去除方法的控制器，所述控制器连接所述压合装置。
25

11. 一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机可读指令，其中，所述计算机可读指令被处理器执行时实现如权利要求 1 至 9 任一项所述的磁珠去除方法。
30