

说明书

发明名称: 线切割机及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及线切割技术领域，具体提供一种线切割机及其控制方法。

背景技术

[0002] 线切割机是一种利用切割线(如金刚线等，金刚线通常为表面镶嵌有金刚石微小颗粒的切割钢线)对硬脆材料的待加工件(如硅棒(包括单晶硅棒、多晶硅锭等)、蓝宝石棒、磁材棒、半导体棒等)进行如截断、开方、切片等切割作业的设备。

[0003] 以线切割机为对光伏硅棒(简称硅棒)进行切片作业的切片机为例，切片机是通过绕设于切割机构上的金刚线对硅棒进行直接的切片作业的，如通常情形下，线切割机主要包括呈倒三角形式分布的三个切割主辊(上方两个、下方一个)，切割主辊上加工有密集的环状沟槽，通过将金刚线密集地缠绕在对应于环状沟槽的位置便可形成能够对硅棒的多个位置进行连续切割的线网。基于此，通过金刚线在切割机构以及收放线辊等其他结构之间的往复运动，位于上方的两个切割主辊之间的金刚线便能够对借助于进给机构靠近切割机构的硅棒进行切片作业。

[0004] 参照图1，图1示出现有例的切片机的结构示意图。如图1所示，在该示例中，现有的切片机的金刚线在左、右两个收放线机构的绕线辊01之间，切片机的切割机构通常包括两个或者三个主辊(本示例中包括三个，分别为位于左上方的主辊一021、位于右上方的主辊二022以及位于下方的主辊三023)。相适配地，现有的切片机通常包括至少六个导轮(左右两侧分别设置有三个)，以左侧为例，三个导轮分别为排线轮03、张力轮04、换向轮05。基于该结构，切片机的绕线路径为：左侧的绕线辊(以该绕线辊为放线辊(此时右侧的绕线辊为收线辊)为例，显然，该绕线辊的功能可以在收线辊和放线辊之间切换，如假设左侧的绕线辊为收线辊，则右侧的绕线辊相应地切换为放线辊)→左侧的(排线轮、张力轮、换向

轮)→主辊三→主辊二→主辊一→主辊三(多次缠绕形成线网)→右侧的(换向轮、张力轮、排线轮)→右侧的绕线辊。

[0005] 在此基础上，发明人有意提出减少导轮个数的产品形式。这是因为：减少导轮个数的产品形式不仅能够降低用户侧在导轮耗材等方面的投入成本，还可以减少金刚线从主辊到绕线辊的距离。在此基础上，有望降低由于金刚线在运行过程中因导轮的惯性、摩擦阻力、金刚线绕过导轮的弯曲应力、导轮间共面不理想导致的金刚线的扭转应力等因素带来的额外张力造成的负面影响，从而提高切片机的切割质量。显然，这对将来切片机的超细线化、高线速化的应用具有重大意义。

[0006] 不过，如何仍能够保证切片机的运行可靠性以及切割质量，是在提出减少导轮个数的产品形式时必然要面对的技术问题。

发明内容

[0007] 本发明的整体结构旨在至少一部分地解决上述技术问题，具体而言，解决在提出减少导轮个数的产品形式时，如何尽可能地保证切片机的运行可靠性以及切割质量的技术问题。特别地，旨在解决其中排线组件和张机构在构成线锯单元时存在的布局方面的问题。

[0008] 需要特别说明的是，考虑到申请文件的整体逻辑，目前的背景技术只是给出了能够应用本发明的排线组件和张机构在构成线锯单元时的布局的一种新型的线切割机。显然，本发明的排线组件和张机构在构成线锯单元时的布局方式并不局限于该场景，换言之，线切割机只要具有包含排线组件和张机构的线锯单元(如背景技术中提到的传统的六导轮结构或者其他任意结构)，采用了本发明的排线组件和张机构在构成线锯单元时的布局方式，便可至少一定程度地解决如布局、洁净性等方面的问题。

[0009] 有鉴于此，本发明提供了一种线切割机，该线切割机包括包括绕线室并包括线锯单元，所述线锯单元包括绕线总成，所述绕线总成包括收放线机构和张力机构，其中，所述收放线机构包括：收放线辊组件，其包括可转动的收放线辊；以及排线组件，其能够带动所述收放线辊沿其轴向运动；其中，所述张力机构包括：张力轮；以及张力轮；以及驱动部件，其与所述张力轮连接，所述张力

轮至少能够基于所述驱动部件提供的扭矩转动；其中，所述排线组件远离所述收放线辊组件的一侧设置于所述绕线室的侧壁；并且/或者所述张力机构设置于所述绕线室的顶壁。通过将排线组件设置于绕线室的侧壁和/或将张力机构悬置于顶部，在一定程度上优化了绕线总成的布局。优选地，所述线锯单元包括切割机构，所述切割机构设置于所述收放线辊和所述张力轮之间，以使：所述切割机构绕出的切割线导向至张力轮，或张力轮绕出的切割线导向至切割机构，从而使得：切割线在所述收放线机构、所述张力机构和所述切割机构之间往复移动。如张力轮设有张力线槽，张力线槽与切割机构(包括至少两个切割主辊，如两个或者三个)的切割主辊上的目标切割线槽对应，以使从目标切割线槽绕出的切割线导向至张力线槽，或从张力线槽绕出的切割线导向至目标切割线槽。这样一来，本发明提供了一种节省导轮数量的线切割机。具体而言，省略了六导轮结构中的一对转向轮和一对排线轮，提供了一种包括左右两侧的两个张力轮的两导轮结构的线切割机。上述方案中，由于张力机构与切割机构之间不再需要传统方案中的换向机构，一方面，减少了零部件数量和维护次数，降低安装复杂度，还有利于减轻自重；另一方面，由于切割线不再经过换向轮，减少了切割线经过的线轮数量，克服了传统方案因各线轮共面度、线轮转动惯量、线轮转动阻力等因素导致张力稳定性低的问题，并因此降低了切割线张力波动幅度，进而降低了切割线的附加张力、提高了张力机构能够施加给切割的张力、提高了切割线的切割能力、提高了线网张力的稳定性,以使切割线的张力能够满足切割要求、保障切割质量及效率，进而提高了线切割机的成品率及生产效率，满足切割线细线化的要求，降低硅损、提高硅棒的利用率。

附图说明

[0010] 下面以待加工件为待切割的硅棒(下文简称硅棒)、线切割机为切片机为例，并参照附图来描述本发明的优选实施方式，附图中：图1示出现有例的切片机的结构示意图；图2示出本发明一种实施例的切片机的结构示意图一，图中示出了线锯单元；图3示出本发明一种实施例的切片机的结构示意图二，图中示出了框架、电控柜、液路总切割机构、进刀机构等；图4示出本发明一种实施例的切片机的结构示意图三，图中示出了切片机的切割室与绕线室的布局方式；图5示

出本发明一种实施例的切片机的结构示意图四，图中示出了线锯单元的布局方式；图6示出本发明一种实施例的切片机的绕线总成的结构示意图一，图中示出了两个绕线室的两组绕线总成；图7示出本发明一种实施例的切片机的绕线总成的结构示意图二，图中示出了绕线总成中的收放线机构；图8示出本发明一种实施例的切片机的绕线总成的结构示意图三，图中示出了绕线轮组件；图9示出本发明一种实施例的切片机的绕线总成的结构示意图四，图中示出了风琴连接转接件的结构(爆炸)示意图；图10示出本发明一种实施例的切片机的绕线总成的结构示意图五，图中示出了排线组件中包含排线护罩的装配方式；图11示出本发明一种实施例的切片机的绕线总成的结构示意图六，图中示出了排线组件中不包含排线护罩的装配方式；图12示出本发明一种实施例的切片机的绕线总成的结构示意图七，图中示出了绕线轮组件中的收放线辊组件安装座；图13示出本发明一种实施例的切片机的绕线总成的结构示意图八，图中示出了挡套组件的结构示意图；图14示出本发明一种实施例的切片机的绕线总成的结构示意图九，图中示出了绕线总成中的张力机构和穿线机构；图15示出本发明一种实施例的切片机的绕线总成的结构示意图十，图中示出了张力机构中的调整组件；图16示出本发明一种实施例的切片机的绕线总成的结构示意图十一，图中示出了调整组件中的移动调整组件的立体示意图；图17示出本发明一种实施例的切片机的绕线总成的结构示意图十二，图中示出了调整组件中的移动调整组件的剖视示意图；图18示出本发明一种实施例的切片机的绕线总成的穿线机构中穿线板的结构示意图，图中示出了进气口、穿线槽、出气口等；图19示出本发明一种实施例的切片机的密封组件的结构示意图一，图中示出了密封组件在下框架的台阶面上的布局方式；图20示出本发明一种实施例的切片机的密封组件的结构示意图二，图中示出了密封组件中的挡水部件和柔性遮挡部件；图21示出本发明一种实施例的切片机的密封组件的结构示意图三，图中示出了密封组件中的压紧部件、压紧支撑部件、挡水部件、柔性遮挡部件、底部挡板、遮挡板等；图22示出现有例的切片机的张力机构的结构示意图；图23示出现有例的切片机的张力机构的工作原理示意图；图24示出本发明一种实施例的切片机中张力机构的结构示意图一，图中还包含了穿线机构、收放线辊等；图25示出本发明

一种实施例的切片机中张力机构的结构示意图二，图中省略了穿线机构、张力电机等；图26示出本发明一种实施例的切片机中张力机构的结构示意图三，图中示出了张力摆杆；图27示出本发明一种实施例的切片机中张力机构的结构示意图四，图中示出了转动臂；图28示出本发明一种实施例的切片机中张力机构的结构示意图五，图中示出了配置于转动臂上的两个转动阻尼组件；图29示出本发明一种实施例的切片机中张力机构的结构示意图五，图中示出了转动阻尼组件的爆炸示意图；图30示出本发明一种实施例的切片机中张力机构的结构示意图五，图中示出了配重组件的结构示意图；图31示出本发明一种实施例的切片机的偏摆运动组件的状态示意图一；图32示出本发明一种实施例的切片机的偏摆运动组件的状态示意图二；图33示出本发明一种实施例的切片机的偏摆运动组件的状态示意图三；图34示出本发明一种实施例的切片机的偏转运动组件的状态示意图一；图35示出本发明一种实施例的切片机的偏转运动组件的状态示意图二。

具体实施方式

[0011] 下面参照附图来描述本发明的优选实施方式。本领域技术人员应当理解的是，这些实施方式仅仅用于解释本发明的技术原理，并非旨在限制本发明的保护范围。例如，虽然本实施方式中是结合第一轴线(张力偏摆轴线)与第二轴线(张力偏转轴线)的组合来进行介绍的，显然，本领域技术人员能够根据实际需求进行灵活调整，如省略张力偏转轴线、采用其他方案代替张力偏转轴线等。此外，在不影响切片机的作业可靠性的前提下，对应于张力偏摆轴线的运动 and 对应于张力偏转轴线运动可以通过合成的方式来满足保证张力稳定以及及时排偏的需求，如张力偏摆轴线和张力偏转轴线可以不局限于垂直等。此外，在不引入如活动密封部件、密封胶条、柔性密封部件、挡水部件等密封结构的情形下，腔室的构造事实上已经能够在一定程度上实质性地实现解决对应于密封组件的技术问题，因此，本领域技术人员可以密封组件中多个要素中的其中一个或者几个的组合，或者在其中的一个或者几个的组合的基础上增加其他的密封结构等。

- [0012] 需要说明的是，在本发明的描述中，术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方向或位置关系的术语是基于附图所示的方向或位置关系，这仅仅是为了便于描述，而不是指示或暗示所述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。
- [0013] 此外，还需要说明的是，在本发明的描述中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“设置”、“连接”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；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，还可以是两个元件内部的连通。对于本领域技术人员而言，可根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。
- [0014] 另外，为了更好地说明本发明，在下文的具体实施方式中给出了众多的具体细节，本领域技术人员应当理解，没有某些具体细节，本发明同样可以实施。在一些实例中，对于本领域技术人员熟知的切片机的原理等未作详细描述，以便于凸显本发明的主旨。
- [0015] 线切割机的其中三种设备形式为截断机、开方机和切片机，以待加工件为硅棒为例，其中的截断机主要用于将较长的硅棒切为长度较短的硅棒(如通常为横截面为圆形的硅棒，简称圆棒)，具体而言，通过沿硅棒的径向切割的方式将一根硅棒切为多段。其中的开方机主要用于将圆棒切为横截面为矩形(如正方形)的硅棒(简称方棒，如该阶段的方棒未经过磨削加工，通常可以称作毛棒)，具体而言，通过沿硅棒的轴向切割的方式去除圆棒的边皮从而将圆棒切割为方棒。其中的切片机主要用于将精度达标的方棒(如该阶段的方棒经过磨削加工，通常可以称作成品棒)通过多线切割的方式进行密集性地连续切割从而获得待用的薄片。本发明主要以切割线为线网的切片机来为例来对线切割机来进行说明的。下面参照图1至图35中的全部或者其中一部分来介绍本发明的切片机。
- [0016] 主要参照图2至图5，在一种可能的实施方式中，切片机100主要包括切片机主体、进刀机构17和线锯单元。其中，进刀机构主要用于搭载作为待加工件的硅棒并向硅棒提供垂直方向的进给运动以使硅棒靠近缠绕于切割机构上的金刚线

网从而对硅棒进行切片作业。线锯单元主要包括设置于切割室内的切割机构3以及分别设置于切割室下方左、右两侧的两个绕线室内的两个绕线总成，绕线总成与切割机构共同形成能够对硅棒进行持续切割的线网的走丝机构。绕线总成主要包括收放线机构2(亦可称作排线移动组件)和张力的机构4(亦可称作张力轮移动组件)，主要负责金刚线的放线、收线、排线以及金刚线的张力控制等。在本示例中，绕线总成整体设置于下框架形成的绕线室内。

[0017] 在一种可能的实施方式中，切片机主体包括框架，如框架包括分体设置且彼此连接(如借助于螺栓彼此连接)的位于上方的上框架11以及位于下方的下框架12，二者能够配合安装形成切割室并作为如自动冲洗组件、喷淋组件、切割机构、碎片盒组件、断线检测组件、密封组件等相关零部套的安装载体，切割室内安装有用于缠绕金刚线网的切割机构，下框架在切割室的两侧下方与切片机的主体配合分别形成一个绕线室，绕线总成设置于绕线室内。

[0018] 在一种可能的实施方式中，进刀机构17包括能够夹紧硅棒的夹紧装置以及能够驱动进刀机构靠近切割机构的驱动传动装置。可以理解的是，可以根据实际需求采用本领域任意可行的进刀机构。如夹紧装置包括夹紧头、动力缸(如气缸、液压缸、电缸等)、碟簧等，以动力缸中的液压缸为例，在上料时，液压缸注油，碟簧压缩夹紧头处于松弛状态，此时，搭载于晶托硅棒可被送达对应于进刀机构的位置。在上料完成时，液压缸内的液压油回流，碟簧切换至自然状态，夹紧头向上夹紧晶托从而使得硅棒能够稳定地处于对应于进刀机构的位置以保证切片作业的可靠性。如驱动传动装置通过四组直线导轨与进刀机构的进刀基座连接以保证升降运动的稳定性。

[0019] 在一种可能的实施方式中，与图1中的结构类似，切割机构3包括呈倒三角形分布的第一切割主辊31、第二切割主辊32和第三切割主辊33，其中的切割主辊(31、32)位于第三切割主辊33的上方，如位于上方的两个切割主辊之间的轴距可调节。绕线总成包括收放线机构2和张力的机构4，以金刚线的收放线路径观察，张力的机构4位于切割机构3与收放线机构2之间，收放线机构的收放线辊低于同侧的张力的机构的张力轮。这样一来，通过金刚线在两个收放线辊、相应侧的张力轮和以及切割机构之间的往复运动，便可通过对硅棒进行切割从而获得硅片。具

体而言，处于“放”功能的收放线辊绕出的金刚线经相应侧张力轮导向由切割主辊(31、32、33)组成的切割机构，然后经另一张力轮导向处于“收”功能的收放线辊，两侧收放线辊交替进行收线和放线。基于此，便可通过位于上方的切割主辊(31、32)之间的运动的金刚线9的线网对向下移动的硅棒10进行切割。此外，线锯单元还包括与两个张力机构4对应的两个穿线机构5，穿线机构的一端与相应侧的张力机构固定连接而另一端则伸入切片机的切割室。如在穿线机构5包括穿线板51以及设置于穿线板上的、能够自由容纳金刚线的走线槽52。以收放线辊为放线辊为例，收放线辊上的金刚线绕到张力轮之后，经走线槽52进入切片机的切割室内。

[0020] 在一种可能的实施方式中，走线槽的槽底留有排水口，以便经其能够及时地引流并排出金刚线在高速跑线时甩出的切割液，从而有效地避免切割液在穿线板上的堆积。

[0021] 主要参照图18，在一种可能的实施方式中，在穿线板的走线槽的槽壁上设置有多个出气口53，并为出气口配置吹气组件，如通过吹气组件经出气口向走线槽内吹气，可将金刚线上的切割液吹落，从而有效地防止金刚线将切割液带入绕线室。示例性地，在穿线板沿走线槽的槽长方向的端部(或者靠近端部的位置)配置有吹气组件并设置有进气口54，进气口和前述的多个出气口之间具有多个通道，吹气组件产生的气流经多个通道到达出气口之后向走线槽内吹气并因此将容纳于走线槽内的金刚线上的切割液吹落。本示例地，通道包括进气口沿走线槽的槽长方向延伸出进气通道，进气通道的不同位置与多个出气口之间形成多个出气通道。如在本示例中，出气通道为大致沿走线槽的槽宽方向倾斜设置的通道。示例性地从外侧向中间向靠近切割室的方向倾斜。

[0022] 主要参照图6至图13，在一种可能的实施方式中，绕线总成中的收放线机构2主要包括收放线辊组件21和排线组件22。其中，收放线辊组件主要用于使收放线辊高速转动从而完成包括收线和放线在内的绕线功能(形成往复移动的线锯)，排线组件主要用于带动收放线辊组件沿收放线辊的轴线方向产生往复移动从而实现排线功能并因此保证金刚线在收放线辊上的均匀排布(传统的收放线机构中的收放线辊主要是在驱动电机的带动下绕其轴线进行转动而不进行轴向移动，即只

具备绕线功能而不具备排线/纠偏功能)。与切割室位于上方、绕线室位于下方相适配,在本发明中的绕线总成位于切割机构的下方,收放线辊组件张力机构采用竖向布局的方式,以收放线辊组件的放线为例,来自收放线辊组件的金刚线直接经上方的张力机构以及穿线机构绕至切割机构,与六导轮结构的线锯单元相比,大大优化了走线路径。

[0023] 在一种可能的实施方式中,收放线辊组件21主要包括收放线辊211、收放线辊电机212以及收放线辊组件安装座213,其中,收放线辊电机设置于收放线辊组件安装座上,收放线辊可在收放线辊电机的带动下旋转从而使得金刚线在收放线辊上绕进或绕出以完成收放线动作。

[0024] 在一种具体的示例中,收放线辊电机为伺服电机,伺服电机的动力输出轴与收放线辊驱动连接,收放线辊配置有挡套组件,如挡套组件214主要包括线轮螺杆2141、孔用弹性挡圈2142、挡块2143、碟簧2144(两个)、工字轮挡套2145、支撑套2146、胀紧套2147以及转接法兰2148。其中,两个碟簧分别安装于工字轮挡套和挡块上且安装方向相反从而为工字轮挡套和转接法兰提供一定的预紧力,孔用弹性挡圈套安装在工字轮挡套的凹槽内主要用来固定挡块、避免挡块脱落。胀紧套通过过盈配合的方式设置于转接法兰的内壁,由于转接法兰卡置于伺服电机的凹槽内,因此相当于胀紧套与伺服电机固定。线轮螺杆与内外螺纹联接后固定在伺服电机上,通过线轮螺杆上的螺纹旋合可以控制作用在收放线辊上的预紧力。可以理解的是,施加预紧力的各个零件应当尽可能地固定在一起以保证伺服电机转动时能够带动整体转动。收放线辊位于转接法兰与工字轮挡套之间,依靠转接法兰与从动轴固定且收放线辊的中间穿过线轮螺杆。绕线辊的表面具有涂覆层并加工有密集的用于缠绕金刚线的环状沟槽。

[0025] 在一种可能的实施方式中,收放线辊组件安装座213包括收放线辊组件安装座基体2131,如收放线辊组件安装座基体大致为环状结构,前述的挡套组件中的转接法兰2148设置于环状结构沿其轴向的一端(如记作第一基体部分21311,在本示例中,第一基体部分为环状部分的左侧部分)并因此支撑收放线辊靠近端部的位置。

- [0026] 示例性地，收放线辊组件安装座基体2131在底部沿其轴向延伸出支撑部分2132，如支撑部分2132可以为下文所述的收放线辊护板2171固定连接或者一体成型的结构，主要用于从下方支撑收放线辊的轴向部分。环状结构沿其轴向的另一端(如记作第二基体部分21312，在本示例中，第二基体部分为环状部分的右侧部分)固定连接有收放线辊电机护罩，如收放线辊电机护罩包括收放线辊电机安装座2121，收放线辊电机固定在收放线辊电机安装座内。如在收放线辊电机安装座上安装有与排线组件的螺母固接的螺母座以通过排线组件带动设置于其上的收放线辊组件沿其轴向移动。相应地，可以在收放线辊电机安装座上设置收放线辊电机座护板2122，主要用于保证收放线辊电机以及与其具有连接关系的排线组件的内部精密部件的防水、防尘功能。如收放线辊电机座护板包括设置于环状结构的收放线辊电机安装座的多个薄板。并且，通过这样的设置，可以通过将收放线辊电机座护板移除的方式经收放线辊电机安装座上的开口对收放线辊电机进行接线、接管和检修等操作。
- [0027] 示例性地，收放线辊组件安装座基体在靠近排线组件的侧部沿其轴向延伸出竖向的安装部分2133，安装部分2133主要用于与下文所述的风琴连接转接件215相配合从而构造出与回字型的风琴护罩相适配的安装空间。
- [0028] 可以看出，在本示例的收放线辊组件安装座中，环节结构的收放线辊组件安装座基体2131沿其轴线的两端均具有支撑功能，其中，第一基体部分21311直接用于支撑转接法兰2148而第二基体部分21312则用于固定具有支撑功能的收放线辊电机安装座2121，这样一来，便可对第二基体部分21312通过切割、打薄的方式减轻自重，如在本示例中，将第二基体部分沿其轴向作打薄处理。并且可以在对应于第二基体部分的位置设置有的加强筋等加强结构2134，这样一来便可在保证刚度的前提下尽量做到质量最轻，由于收放线辊的两端均被固定，尤其当遇到高线速的使用工况时，收放线辊也能够具有良好的支撑稳定性。
- [0029] 在一种可能的实施方式中，收放线辊组件还包括风琴连接转接件215，风琴连接转接件安装在收放线辊组件的收放线辊组件安装座上并与收放线辊组件安装座的安装部分2132构造出一个回字型的密封结构从而作为排线防护组件的一部分，排线防护组件还包括两个回字型的风琴护罩225，通过二者(回字型的密封结构与

回字型的风琴护罩)的组合,可以为排线组件内部的如丝杠螺母机构、滑块导轨组件等结构提供了相对密封的工作环境,能够有效地阻挡如水气、硅粉以及其他的脏污介质等对排线组件的内部精密部件的污染,从而有效地延长设备的使用寿命。

[0030] 在一种可能的实施方式中,排线滑座的一端设置有排线电机222而另一端设置有排线端部护罩227,如借助于螺钉等紧固件与收放线前支撑座固接,如收放线前支撑座固接至框架,这样就实现了排线滑座在框架上的固定,即排线滑座通过排线端部护罩固定在框架上。两个回字型的风琴护罩225中的其中一个安装于排线电机222与前述的回字型的密封结构沿其轴向的一端(沿轴向)之间,两个回字型的风琴护罩225中的另一个安装于排线端部护罩227与前述的回字型的密封结构的另一端之间,这样一来,便可通过两个回字型的风琴护罩225与一个回字型的密封结构的组合构成完整的防护组件。此外,如可以为排线电机等部件也配置防护罩以防止硅粉、水汽等进入排线电机的内部。示例性地,排线端部护罩分别具有一个台阶面,这样一来,能够将风琴护罩更平整地配置于两个台阶面之间的区域。如在本示例中,收放线机构还配置有拖链以安装相关的管路、线缆等。

[0031] 作为一种优选,可以在排线滑座的上方和/或前侧安装有风琴护罩支撑结构226,如风琴护罩支撑结构为条状结构,以防止风琴护罩因重力作用出现下沉现象并因此摩擦到直线导轨。如风琴护罩支撑结构也可以是间隔设置的多个块状结构等。

[0032] 在一种可能的实施方式中,风琴连接转接件215包括竖向设置的排线护罩2151以及分别设置于排线护罩的上、下凸台的两个后护罩安装板,如分别记作称作第一后护罩安装板2152和第二后护罩安装板2153,如上方的后护罩安装板与排线护罩的上凸台的连接处可以采用螺钉固定连接以方便拆卸,而下方的后护罩安装板与排线护罩的下凸台之间以仅配合不安装的方式完成装配。之所以这样设置的理由是:收放线辊组件安装座的安装部分2132、排线护罩2151与两个后护罩安装板安装后形成的回字型的密封结构与回字型的风琴护罩相配合能够实现最佳的防护功能。不过,在不装配后方的排线护罩2151的情形下,在装配上会更加

方便简单。并且，对于上述排线防护组件而言，在两侧的回字型的风琴护罩完成装配的情形下，排线防护组件中对应于排线护罩的位置本身处于排线组件的背侧。而事实上，即便没有后侧的排线护罩2151(风琴连接转接件的后侧为开放侧)，硅粉、水汽等经此开放侧进入排线组件内部的概率较低。因此，在将回字型的密封结构中的排线护罩移除的情形下，虽已不是周向全密封，但是进入排线组件的内部的硅粉、水汽等也很少，因此从防护的角度而言，排线护罩的保留与否对设备运行影响不大。而将排线护罩2151与下方的第二后护罩安装板2153的连接关系解除而保留装配关系便可根据实际需求选择将排线护罩2151安装或者移除。具体而言，上方的第一后护罩安装板2152操作人员能够操作因此可以保留，而下方的第二后护罩安装板2153与排线护罩2151的连接处属于操作人员够不到或者较难够到的位置，因此这样的方式可以方便操作人员根据实际情况灵活地调整排线护罩2151的取舍问题。

- [0033] 在本示例中，如收放线辊组件还包括止动销216，在拆卸收放线辊组件中的绕线辊时，将止动销插入伺服电机上方的预留孔中，夹紧止动销后再拧松线轮螺杆可拆卸绕线辊。如当止动销被拿走时止动销的接近开关便会报警、停机设备不能操作，以提高整机的安全防护指数。
- [0034] 在一种可能的实施方式中，收放线辊组件21还包括收放线辊支撑组件217，收放线辊支撑组件主要用于在更换收放线辊时支撑收放线辊组件中的收放线辊。如放线辊支撑组件包括前述的与收放线辊电机支座固定连接的收放线辊护板2171以及设置于收放线辊护板上的、沿收放线辊的轴向设置的两个收放线辊支撑杆2172，收放线辊的下方支撑于两个收放线辊支撑杆之间。其中，两个收放线辊支撑杆中的至少一个以位置可调整的方式设置于收放线辊护板，以便通过两个收放线辊支撑杆之间的相对位置的变化来兼容不同规格(直径)的收放线辊。
- [0035] 在一种可能的实施方式中，收放线辊支撑杆2172通过收放线辊支撑块2173设置于收放线辊护板，其中，收放线辊支撑块的安装位置可调节，如在收放线辊护板上设置多个安装位，收放线辊支撑块可以安装在多个安装位中的任意一个，示例性地，收放线辊护板上设置多个安装孔，收放线辊支撑块可以借助于螺钉等紧固件与安装孔的配合将收放线辊支撑块安装在收放线辊护板的不同

位置。基于此，便可兼容不同直径的收放线辊。示例性地，两个收放线辊支撑杆之间的距离较近时，适合支撑直径较小的收放线辊，距离较远时则适合支撑直径较大的收放线辊。如在一种具体的示例中，每个收放线辊支撑杆具有两个安装位，通过两对收放线辊支撑杆的配合可满足不同型号的收放线辊(例如268收放线辊和242收放线辊)的换料支撑。

[0036] 可以理解的是，本领域技术人员可以根据实际需求确定安装位的具体形式、个数等，此外，两个收放线辊支撑杆可以均调整也可以仅调整其中的一个。此外，除了通过收放线辊支撑块与不同安装位之间进行配合的调整方式，还可以通过收放线辊支撑杆的活动来调整两个收放线辊支撑杆之间的位置，如两个收放线辊支撑杆以可沿靠近/远离彼此的方向滑动的方式设置于收放线辊护板。这样一来，便可通过收放线辊支撑杆的滑动来实现其与不同直径的收放线辊之间的配合。

[0037] 在一种可能的实施方式中，排线组件22包括排线滑座221，排线滑座上设置有能够带动绕线辊组件移动的排线驱动传动机构，如在本示例中，排线驱动传动机构包括排线电机222以及丝杠螺母机构223，电机通过驱动丝杠螺母机构来实现收放线辊组件的大范围移动。优选地，可以在驱动传动的基础上增设导轨滑块组件224，以通过直线导轨与滑块的辅助配合来保证移动的可靠性。显然，本领域技术人员可以根据实际需求采用合适的驱动传动方式来实现收放线辊组件的移动，如动力缸、直线模组、电机与齿轮齿条机构的组合等。

[0038] 在一种可能的实施方式中，切片机100还包括电控柜14、液路总成15和悬臂箱16，电控柜主要用于布置切片机的电气总成，液路总成主要包括切割液供液组件、切割液过滤组件以及换热系统等，如切片机共配置有两个电控柜，电控柜的底部和顶部分别通过螺钉等紧固件固定至液路总成的液路框架上，两个电控柜之间在靠近顶部的位置具有互联通道，以方便两个电控柜之间的通信连接和电器件进线等。液路总成的进/出管口能够产生回用水、纯水、工厂冷却水，其中的工厂回用水的一部分用于冲洗切割室而一部分用来冲洗供液缸内残留硅粉等，其中的纯水主要作为在供液缸内按比例配置切削液的来源(纯切削液储存在切削液储存车内，需要与水按比例配置切削液，配置好的切削液经供液缸到过

滤桶最后用于切割喷淋、退刀喷淋等),如切割液供液组件主要用于在储液缸中按配比制得切割液并驱动其在管路中循环,即主要用于实现切割液的存放和循环等,如切割液过滤组件主要用于对切割液中的硅泥进行一级或者多级过滤以减少杂质对切割效果的影响。换热系统主要用于通过外循环和内循环的方式向高速旋转的切割主辊、电控柜内需要降温的组件/部件等提供切割液从而实现相应的过滤、冷却功能。如外循环换热通常用于对来自管道泵的切割/喷淋用的切割液进行过滤、冷却,冷却水包括两路并主要通过换热系统的外/内循环换热器相连通以实现相应的冷却功能。悬臂箱主要用于为切片机配置可活动的交互模块(如可包括仅显示功能的部分和/或能够进行参数设置等操作的交互部分)。如在本示例中,切片机的切割室位于切片机的前侧靠上的位置,切割室的两侧下方分别设置有一个绕线室,液路总成分为两部分且分置于切片机的后侧,电控柜包括两个且分别设置于液路总成的两个部分的上方。

- [0039] 切片机在对硅棒进行切片作业期间,金刚线网需要在切割室和绕线室之间往复移动,由于位于切割室内的线网在切割和冲洗操作时会产生很大水雾,因此假设水雾经穿线机构的位置进入绕线室,则会造成绕线室脏污(因为水雾中通常夹杂着切割产生的硅粉等),若水流量较大还可能会流出切片机的外部,此时便需要相应的工作人员进行清洁。因此,针对该位置进行防水密封具有相当的必要性,具体而言,针对该位置的良好防水密封性能不仅能够降低对绕线室内的零部件的防护要求等级,还可以有效地降低人工劳动介入的可能性。
- [0040] 在一种可能的实施方式中,框架中的下框架在对应于切割室靠近张力机构的位置配置有密封组件7,如在对应于两个张力机构的位置分别配置有一个。
- [0041] 在一种可能的实施方式中,密封组件7包括密封基体71,密封基体包括一体成型(或者固定连接的)的侧面部分711和顶面部分712。如在本示例中,切割区框架在该位置具有台阶面13,密封组件7设置于台阶面的内侧,侧面部分711、顶面部分712和切割区框架的台阶面围设成能够收集来自切割室内的切割液的腔室。在基体的侧面部分711上开设有作为第一移动口的外侧移动口713(暴露于切割室的外侧,即靠近切割室),在台阶面的竖向部分上开设有作为第二移动口的内侧移动口714(不直接暴露于切割室的外侧,即远离切割室、靠近张力机构),穿线机

构5能够经内侧移动口和外侧移动口伸向切割室并能够在二者限定出的区域(穿线区)内移动以保证金刚线在切割室与绕线室之间的往复运动。其中,密封组件包括配置于基体上的、对应于内侧移动口的位置的压紧组件,压紧组件主要用于将穿线机构对应于内侧移动口的位置进行压紧从而保证穿线机构和腔室在对应于内侧移动口的位置的密封效果。

- [0042] 主要参照图19至图21,在一种可能的实施方式中,压紧组件包括分别设置于外侧移动口的上侧和下侧的一一对置的压紧部件7151,穿线机构夹持于二者之间并因此形成一道能够有效地减少/避免切割室的水气进入绕线室的密封结构。
- [0043] 在一种可能的实施方式中,两个压紧部件分别配置有压紧活动部件,以便能够借助于压紧支撑部件7152向相应的压紧部件提供能够使得压紧部件沿对置的方向靠近的力以保证压紧效果。如压紧支撑部件可以是弹性件、可伸缩的活动件(如移动板等)等。在本示例中,如压紧部件为密封胶条,密封胶条通过相应侧的压紧支撑部件设置于基体上。显然,压紧部件也可以采用如表面包括缓冲材料/结构的压紧辊等其他结构形式。如前所说,由于金刚线是从穿线板的线槽内穿过的,密封胶条的设置并不会影响金刚线在切割室和绕线室之间的往复运动。
- [0044] 在一种可能的实施方式中,密封组件包括活动密封部件,活动密封部件以姿态可调整的方式设置于基体对应于顶面部分的位置,如在金刚线网进行切片作业期间,使活动密封部件处于能够一定程度地遮挡外侧移动口的姿态。而在无切片作业进行期间,可以选择性地改变调整密封部件的姿态,如可以使其进行一定程度的收起操作并因此便于如相应的安装操作等。
- [0045] 在本示例中,活动密封部件为挡水部件716(如翻盖等),挡水部件以可枢转的方式设置于基体对应于顶面部分的位置。如顶面部分沿靠近外侧移动口的方向延伸有搭接结构(如搭接板、搭接块、搭接座等),以便挡水部件在翻转到位的情形下能够通过与其配合保证姿态的稳定性。基于此,如在金刚线网进行切片作业期间,使挡水部件向靠近外侧移动口的一侧翻转并且在翻转好的状态下挡水部件在对应于外部移动口的位置形成一个遮挡檐。而在无切片作业进行期间,可以将挡水部件向远离外侧移动口的一侧翻转从而使得包括外侧移动口在内的侧面部分完全暴露于切割室内。可以理解的是,本领域技术人员可以

根据实际需求确定枢转连接的具体实现方式，如转轴与安装架的组合、轴与轴套的组合等。

- [0046] 显然，挡水部件的具体形式以及对应于姿态调整的方式仅为一种示例性的描述，本领域技术人员可以根据实际需求选择合理的调整方式，如挡水部件沿金刚线运动的方向或者与其具有夹角的方向(如垂直)的伸缩/推拉、挡水部件沿顶面部分的外表面的转动等。此外，挡水部件在对应于切片作业和非切片作业时的状态也可以根据实际需求灵活调整。以沿金刚线的运动方向可伸缩为例，如对应于非切片作业时的状态可以是完全缩回、部分缩回或者与对应于切片作业时的状态无明显差别等。
- [0047] 在一种可能的实施方式中，顶面部分为自右向左向下倾斜的结构(如斜面、弧面等)，这样一来，切割室内的切割液可以沿着顶面部分及时地流下去，从而避免了硅泥在顶面部分的沉积。在台阶面的横向部分(对应于腔室底部的位置)上设置有排液口，如可以为排液口(如在腔室的底部外侧)配置能够将腔室内的切割液及时地排出的排液管路。此外，在腔室内靠近排液口的位置配置有导流板以便将进入腔室的切割液及时地引导至靠近排液口的区域。
- [0048] 在一种可能的实施方式中，可以在顶面部分开设有清洗口和观察口，清洗口主要用于在切片机定期维护时清洗腔室内沉积的硅泥，观察口主要方便操作人员观察如穿线机构中金刚线的情况、金刚线断线后的走线等。示例性地，在顶面部分对应于清洗口和观察口的位置分别配置有清洗口盖板和观察口盖板，如由于清洗口的使用频率较低，因此清洗口盖板可以以螺接的方式设置于顶面部分以便在需要清洗的情形下将清洗口盖板从顶面部分移除即可。观察口的使用频率较高，因此清洗口盖板以可枢转的方式设置于顶面部分以便将其及时地打开/关闭。
- [0049] 在一种可能的实施方式中，可以在台阶面13的竖向部分对应于内侧移动口714的位置配置有如硅胶垫、硅胶板等柔性遮挡部件717，这样一来，便可在腔室对应于内侧移动口的位置形成一个密封帘。由于硅胶垫属于柔质结构，密封帘的局部区域被掀开从而允许穿线机构正常穿过/移动而其他部分能够将内侧移动口遮挡从而起到一定的密封作用。如假设将前述的密封胶条称作第一道防线，则

可将柔性遮挡部件称作第二道防线。为了保证密封效果，如还可以为柔性遮挡部件增设如压紧轮等压紧机构，这样一来，在柔性遮挡部件被掀开的过程中，通过压紧轮将柔性遮挡部件的自由侧压紧从而保证柔性遮挡部件在被掀开时尽可能地获得较好的密封效果。

[0050] 在一种可能的实施方式中，可以在台阶面的竖向部分靠近底部的位置配置有底部挡板718，腔室内夹带有硅粉/硅泥的切割液在流到腔室底部之后会沿着设置于下框架上的回流槽(未示出)流回切割室中。示例性地，可以在底部挡板718对应于回流槽的位置处(大致对准回流槽并位于其上方的位置)沿靠近切割室的方向探出一块遮挡板7181，遮挡板主要用于遮挡切割室内从回流槽溅出的切割液。如遮挡板为回流槽的方向由靠近前侧移动口的方向向靠近后侧移动口的方向向下倾斜的结构，遮挡板可以为斜面板、曲面板或者二者的组合等。

[0051] 可以看出，在本发明的密封组件中，通过基体与框架构造出的腔室，可将切割室内的金刚线网甩出的切割液暂时收集在腔室内从而有效地避免了出现由于从切割区域甩出的切割液中的硅泥等掉落在如张力机构的张力轮、收放线机构的绕线辊等结构上的现象，并因此避免了由此导致的切片机的切片效率受到影响甚至出现金刚线断线的风险的问题。通过在外侧移动口上增设密封压条，可以建立起切割线飞溅的第一道防线，通过在内侧移动口上增设密封压条，可以建立起切割线飞溅的第二道防线。通过在基体的顶面部分配置可翻转的活动密封部件，可以通过遮挡的方式阻挡切割液飞溅到对应于外侧移动口的位置。通过防水挡板的设置，能够有效地保证到达腔室底部的切割液能够及时地流回切割室并有效地防止出现反飞溅的现象。

[0052] 与背景技术中提到的现有的六导轮结构的切片机相比，在实施例的切片机的结构形式中省略了排线轮和换向轮而将切片机改进成了两导轮结构。基于该结构，仍假设左侧的绕线辊为收线辊(此时右侧的绕线辊为放线辊)，切片机的绕线路径为：左侧的绕线辊→左侧的张力轮→第三主辊→第二主辊→第一主辊→第三主辊(多次缠绕形成线网)→右侧的张力轮→右侧的绕线辊，完成的绕线路径中只经过两个导轮。为了保证切片机的可靠性，对应于传统的排线轮和换向轮的

功能仍需保留。在本发明中，主要是通过对包括张力机构的绕线总成进行改进来实现的。

[0053] 换言之，通过绕线总成的设置，切片机的导轮数量减少至每侧仅包括两个，最大限度地减少了导轮数量，降低了与导轮相关的耗材成本。更重要的是，这样的优化方案能够极大地降低控制干扰和惯量损失，且具有操作布线方便、线网运行阻力小的优点，使线网更好地满足能够高速运行的状态。在此基础上，有望实现金刚线的高速同步运转，从而能够有效地解决线切割机在高速运行时普遍存在的线网抖动的问题，进而提升切片机的切割稳定性、保证切片机的低断线率、提高切片机的切割质量。

[0054] 其中，绕线总成中的收放线机构以在前文中描述，下面主要来阐述张力机构与张力机构相关的改进。

[0055] 参照图22和图23，图22示出现有例的切片机的张力机构的结构示意图。图23示出现有例的切片机的张力机构的工作原理示意图。如图22和图23所示，现有例的张力机构主要包括张力轮04及其驱动传动机构，驱动传动机构主要包括张力电机(现有例)041和张力摆杆(现有例)042(为了便于描述，将现有例的部件描述采用与本发明不同的附图标记)，输出恒扭矩的张力电机能够与金刚线的初始张力值平衡，这样一来，在金刚线上的张力发生变化时，便可通过张力摆杆(绕张力偏摆轴线)的左右摆动来缓冲金刚线上的张力变化，从而使得金刚线上的张力保持在相对稳定的状态。具体而言，在张力机构工作过程中，张力电机持续输出恒扭矩，以金刚线向左缠绕为例，由于张力电机输出的恒定扭矩 M 的存在，张力轮因此受到了向右的力 F (恒定扭矩 M /张力摆杆的长度)，缠绕在张力轮上的金刚线便产生向左的拉力(分别记作 F_1 、 F_2)。当切割主辊转速与绕线辊转速相匹配(平衡状态)时， $F_1+F_2=F$ ，因此张力摆杆不会发生摆动(处于零位)。而当切割主辊上转速与绕线辊转速不匹配时，就会出现 F_1 和 F_2 的合力与 F 不同的情形，此时，若 $F_1+F_2>F$ ，则张力摆杆向左摆动，若 $F_1+F_2<F$ ，则张力摆杆向右摆动，以缓冲金刚线张力变化。此时，张力电机上的编码器便会捕捉并识别到张力摆杆向左/向右摆动的姿态，基于此，便可通过调整绕线辊的转速使得金刚线上的张力平衡，从而使得张力摆杆恢复零位。

- [0056] 主要参照图14至图17、图24至图30，在一种可能的实施方式中，张力机构4主要包括张力轮组件、连接组件以及调整组件，张力轮组件包括张力轮41和张力电机42，连接组件包括位于下方的作为第一连接部件的张力摆杆43以及位于上方的作为第二连接部件的转动臂44，张力电机42设置于张力电机座421上，如张力机构还包括转接板，转接板主要用于将张力电机座等结构固定到相应的移动单元上以实现张力机构的移动或者将张力机构固定到切片机上。张力电机的动力输出轴与张力摆杆连接，张力摆杆和转动臂转动连接，张力轮枢转设置于转动臂，从而使得张力轮可在金刚线的带动下相对于转动臂自由转动，并因此保证金刚线的往复运动。调整组件主要包括移动调整组件46和高度调整组件，根据金刚线网的布线长度，金刚线网的进出线位置可能有所不同，移动调整组件主要用于根据进出线位置对张力轮的位置进行调整，从而保证金刚线网的进出线位置的准确性。如移动调整组件46可通过直线模组463来实现对张力轮组件的位置调整。显然，本领域技术人员可以采用任何能够实现直线运动的驱动传动机构作为本发明的实现模组，如电机与丝杠螺母机构的组合、电机与齿轮齿条机构的组合等。切割室内的切割机构的切割主辊如需更换为不同直径大小的规格，便会影响进出口金刚线的高低，高度调整组件用于调整张力轮组件的高度对穿线位置进行调节从而保证金刚线的走线准确性。如高度调整组件包括调整垫块47，通过更换调整垫块的方式便可对穿线位置高低的调节。
- [0057] 这样一来，基于张力电机提供的恒扭矩，在金刚线的张力发生变化时，张力轮便会绕张力偏摆轴线发生摆动。在张力轮因金刚线在线槽内发生偏斜而受力时，张力轮带动转动臂相对于张力摆杆产生绕对应于转动臂的张力偏转轴线的转动，以通过该转动来减小金刚线与张力轮的线槽的槽壁之间因金刚线偏斜而产生的摩擦，并因此降低出现由于金刚线和张力轮的槽壁之间发生摩擦而导致的如金刚线磨损、金刚线脱槽、金刚线断线等风险的概率，有利于提高切片机的切割质量。在本示例中，张力偏摆轴线与张力电机的动力输出轴的轴线大致重合，张力偏转轴线与转动臂相对张力摆杆转动的转动轴线大致重合，张力偏摆轴线和张力偏转轴线之间大致垂直，张力偏摆轴线位于张力偏转轴线的下方。

- [0058] 在一种可能的实施方式中，张力摆杆43大致为叉状结构并包括大致沿竖向延伸的摆杆基体430以及由摆杆基体的上端向上、向外延伸出的第一分支431和第二分支432，在本示例中，第一分支和第二分支均为杆状结构，二者大致沿竖直方向对称分布。杆状结构的第一/第二分支的上端设置有或者延伸有竖向的端部，两个端部之间形成安装空间，两个端部上分别加工有作为第一转动结构的孔434，转动臂借助于该安装空间内的装配关系实现其相对张力摆杆的转动。
- [0059] 在本示例中，在张力摆杆43下端的摆杆基体上加工出安装孔及键槽，以便将张力摆杆通过键连接的方式与张力电机42的动力输出轴直连。如在安装孔的上方加工出一个小缝隙，并在侧面(沿缝隙的厚度方向)安装一螺钉，这样一来，可确保张力摆杆与张力电机的动力输出轴之间的连接可靠性。此外，张力电机安装座在基体的两侧配置有两个限位结构433(如限位胶圈等)，以限定出张力摆杆的摆动范围。此外，张力电机安装座上安装有检测开关，主要用于检测移动调整组件驱动张力轮运动时的左右极限位置。
- [0060] 可以理解的是，上述张力摆杆的结构形式、张力电机固定至其上的方式及其用于与转动臂转动连接的第一转动的结构形式等只是一种示例性的描述，本领域技术人员可以根据实际需求确定能够对相应的结构进行灵活调整。如第一/第二分支为曲线臂、板状结构等，第一转动结构为轴、套筒等。
- [0061] 在一种可能的实施方式中，转动臂44大致为T型结构并包括与第一/第二分支转动连接的第一转动臂441以及与第一转动臂一体成型的、沿竖直方向延伸的第二转动臂442，第一转动臂441包括沿横向设置的转动臂主体4411以及由转动臂主体的两端延伸出的伸出部分4412，伸出部分上设置有作为第二转动结构的筒状结构4413，张力轮枢转设置于第二转动臂的下端。通过将筒状结构穿入前述的作为第一转动结构的孔内，便可通过轴承等旋转支撑件实现二者的转动连接。如前所述，这样的转动连接仅为一种示例性的描述，本领域技术人员可以根据实际需求对实现转动连接所借助的结构进行灵活调节，如安装轴与具有一对相对设置的安装板的安装架的配合等。
- [0062] 在一种可能的实施方式中，可以在第一转动结构和第二转动结构之间配置有转动阻尼组件，以阻止如转动臂瞬间快速转动等现象，从而保证转动的平稳性。

如转动阻尼器的一种原理是：具有一定的流动性的阻尼液体能够在不同空间之间的流动。当转动臂的转动速度平缓时，阻尼液体能够在不同的空间之间(如经过阻尼孔)正常流动。而当转动臂的转动速度突然变快时，由于阻尼液体的流动具有迟滞性，因此便会阻碍与不同空间相关的部件之间的相对运动，从而有效地抑制张力轮的快速转动。

[0063] 在一种可能的实施方式中，以右侧为例，转动阻尼组件6主要包括阻尼导轨61、轴承(如在本示例中，轴承为深沟球轴承)62以及端盖63，其中，阻尼导轨上加工出圆孔并通过螺钉64等固定在转动臂的筒状结构(以右侧的筒状结构为例，如可称作右小轴)上从而压住轴承63(如在本示例中，轴承为深沟球轴承)的轴承内圈，起到轴向定位的作用。其中，右小轴上具有凹槽65，硅粉、水汽等落入该凹槽后，会随着转动臂以及右小轴的转动自行掉落。作为一种优选，在本发明中，凹槽的槽底位于轴承外圈和轴承内圈之间的缝隙66(图中左侧的缝隙)的径向内侧，缝隙能够连通轴承的外部环境与轴承的轴承腔。如按照图中的方位，凹槽大致竖向设置而缝隙大致横向设置因此二者的方向的大致垂直。这样一来，由于凹槽的槽底更低，因此，在硅粉、水汽等落入该凹槽的槽底之后，槽壁可阻挡已落入槽底的硅粉、水汽等经该缝隙进入轴承的轴承腔，从而保证了轴承的洁净性。轴承腔的另一侧的缝隙(图中右侧的缝隙)则通过端盖63来遮挡。此外，转动阻尼组件的左右两侧分别设置有堵盖67和压环，起到一定的密封保护作用。如与配置于右小轴的转动阻尼组件上的端盖相对应，配置于左小轴的转动阻尼组件是通过挡水板来遮挡轴承腔的缝隙的。

[0064] 可以理解的是，上述转动阻尼组件只是一种示例性的描述，本领域技术人员可以根据实际需求采用任何形式的转动阻尼组件，如可以采购市面上的任意形式的转动阻尼器直接安装即可。

[0065] 在本示例中，第一转动臂的转动臂主体部分沿水平方向延伸的直臂、第二转动臂为沿竖直方向的直臂，因此在本示例中，张力偏摆轴线与理想状态下的穿线机构与张力轮的线槽内的金刚线大致共线。

[0066] 在一种可能的实施方式中，移动调整组件46主要包括基体以及作为驱动传动部件的、与张力轮组件驱动连接的直线模组，基体包括位于顶部的连接板461

以及作为防护部件的罩壳462，直线模组463设置于连接板上且直线模组容纳于连接板与罩壳形成的安装空间内从而有效地防止硅粉、切割液等进入其内。基体还包括支撑板464，在本示例中，支撑板具有伸出端，防护部件的下方具有条状结构的开口465，支撑板的伸出端经开口伸入安装空间并安装至直线模组的滑块。如可以在防护部件对应于开口的位置设置有密封结构以防止硅粉、切割液等经开口进入安装空间内。示例性地，密封结构包括在开口的两侧分别安装的带硅胶的压板，压板压紧支撑板从而减小开口处的间隙。在本示例中，移动调整组件整体安装在绕线室的顶壁，除了密封结构的设置，由于开口位于罩壳的底部，硅粉等杂物本身在重力的作用下也很难进入安装空间，因此通过结构的布局也增强了移动调整组件的密封效果。而传统的移动调整组件安装在绕线室的侧壁，开口的位置便也在侧面因此存在杂物容易进入安装空间的问题。示例性地，基体上还设置有用于布置移动调整组件的走管走线的拖链466。

[0067] 在一种可能的实施方式中，张力机构和穿线机构采用模块化的方式进行安装，这样一来，可将张力机构和穿线机构作为一个部套在外部单独进行装配，之后再整体模块安装到切片机的绕线室内即可会明显地加快装配进度。

[0068] 在一种可能的实施方式中，张力机构和穿线机构适配于模块化组装的结构为：穿线机构沿走线槽的端部设置有立板55，张力轮组件的张力电机安装在张力电机座上，立板的底部安装在张力电机座的侧部。这样一来，在将穿线机构5安装至张力轮组件之后，再将此组件整体安装到移动调整组件的支撑板上且二者之间设置有前述的用于调整穿线位置的高度的调整垫块47。示例性地，相关的连接均采用螺钉连接的方式实现。

[0069] 主要参照图4和图5，在本发明的切片机中，上框架11和下框架12形成上方的切割室。下框架在切割室下方的两侧分别形成一个绕线室。线锯单元包括位于切割室内的一个切割机构3以及位于两个绕线室内的两套绕线总成。

[0070] 在一种可能的实施方式中，基于前述的模块化安装，张力机构与穿线机构作为一个整体安装至下框架的顶部。具体而言，顶部的连接板安装至下框架的顶部从而实现了张力机构与穿线机构的悬置式安装。并且，在本示例中，张力轮组件为张力轮41和摆动臂44位于张力摆杆43的上方、张力电机42位于最下方的倒挂

式结构，加之前述的移动调整组件中开口位于底部的结构，也可将对应于模块化结构的张力机构与穿线机构的安装称作倒挂式安装。

- [0071] 在一种可能的实施方式中，收放线机构中的绕线辊组件位于张力机构的下方以保证其能够与张力轮进行顺畅地衔接。同时，将收放线机构中的排线组件设置于下框架的侧部。这样一来，便通过侧壁安装排线组件与底部安装绕线辊组件的组合方式实现了收放线机构在绕线室内的安装。
- [0072] 在一种优选的实施方式中，线锯单元的切割机构安装在上方的切割室而绕线总成安装在侧部下方的绕线室。绕线总成中，包含穿线机构的张力机构安装在绕线室的顶壁而收放线机构的收放线辊组件和排线组件分别安装在绕线室的顶壁和底部。这样的布局方式是发明人经反复比对分析和测试之后得出的，经调试，这样的布局方式在能够保证线锯单元的可靠性的前提下，具有更高的空间利用率，因此布局更为合理。
- [0073] 为了保证摆动过程中包含张力轮的摆动结构(除张力轮之外的转动臂等)的重心能够落在张力偏转轴线上从而避免由此导致的金刚线出现脱槽及偏磨的现象，为张力机构配置了配重组件。
- [0074] 在一种可能的实施方式中，配重组件8包括配重支架81、配重块82、配重杆83和调节螺钉84，如配重支架大致为之字形结构，配重块通过配重杆安装在配重支架的左侧的水平部分并能够沿配重杆的长度方向活动(如螺纹连接)，调节螺钉设置于配重支架的右侧的水平部分。基于这样的结构，在通过调节配重块在配重杆上的位置后，通过微调调节螺钉来调整摆动结构的重心，以从而保证摆动结构的重心始终落在张力偏摆轴线上，避免金刚线脱槽及偏磨。
- [0075] 可以理解的是，上述配重块的结构形式(大致为柱状结构)、个数(一个)及其在配重支架上的安装方式/安装位置、其能够产生的活动形式及其产生相应的活动所借助的结构/机构只是一种示例性的描述，本领域技术人员可以根据实际需求对其进行灵活地调整，示例性地，配重块可以包括多个且多个配重块之间的相对位置可以灵活调整等。
- [0076] 此外，可以对如张力摆杆等相关结构通过如加工出减重槽等方式作减重处理以减小张力轮在摆动时的质量。

- [0077] 基于上述结构，张力机构中与张力偏摆轴线相关的结构组合可称作偏摆运动组件，偏摆运动组件主要是基于张力电机输出的恒扭矩负责缓冲金刚线上的张力变化。下面参照图31至图33来说明偏摆运动组件的作用。
- [0078] 参照图31，当切片机的切割机构3的切割主辊的转速与收放线辊211的转速相匹配时，张力摆杆的基体大致处于竖直方向，此时的张力轮处于理想位置。参照图32，当金刚线9的张力产生的力矩小于张力电机212的扭矩时，张力电机212拉动张力摆杆43朝向背离金刚线的一侧摆动，从而通过这样的摆动趋势来增加金刚线上的张力。如图33所示，当金刚线9的张力产生的力矩大于张力电机42的扭矩时，金刚线拉动张力摆杆将朝向金刚线的一侧摆动转动，从而通过这样的摆动趋势来降低金刚线上的张力，如此循环，便可保证金刚线上的张力保持在稳定的范围内。
- [0079] 基于上述结构，张力机构4中与张力偏转轴线相关的结构组合可称作偏转运动组件，偏转运动组件主要是在金刚线在张力轮的线槽内发生偏斜的情形下，通过金刚线以及相关结构沿张力偏转轴线的偏转运动来至少一定程度地抵消所发生的偏斜现象，并因此减小或者避免由于金刚轮与张力轮的线槽产生摩擦而导致的断线风险。下面参照图34至图35来说明偏转运动组件的作用。
- [0080] 参照图34，在理想状态下，即进入(或离开)张力轮41的线槽的金刚线9未发生偏斜的情形下，从收放线辊211进入张力轮41的线槽的金刚线沿竖直方向分布，金刚线处于线槽所在的平面内。参照图35，当进入(或离开)张力轮41的线槽的金刚线发生偏斜(金刚线偏离张力轮的线槽的中心所在的平面)的情形下，张力轮便会因金刚线的偏斜而受力并因此使得张力轮(以及转动臂)绕张力偏转轴线产生一定的偏摆量，基于此来降低金刚线与张力轮的线槽之间的磨损程度，并因此降低出现金刚线断线等现象的概率。此外，基于该偏摆还可以有效地降低出现如金刚线脱出线槽等现象的概率。同时，在偏斜现象已经发生的情形下，如可以通过测距传感器等检测部件来确定具体的偏斜程度，如偏斜程度可以通过偏摆的角度和方向来描述。基于此，通过相应的纠偏措施(如通过调整排线参数、使收放线辊沿其轴线方向运动等)将张力轮纠回与图34示出的理想的位置。

- [0081] 可以看出，在本发明的张力机构中，通过为张力机构配置能够实现其绕张力偏摆轴线摆动的结构，结合收放线机构中收放线辊的转动以及轴向移动，有望在省略传统的六导轮结构的切片机中的排线轮和换向轮的基础上，仅通过收放线机构、张力机构和切割机构的组合来可靠地实现切片机的切片作业并保证切片作业的切割质量。通过密封组件的设置，能够从多个维度出发保证切割作业的可靠性。此外，绕线总成中如包括排线组件设置于绕线室的侧壁、张力机构设置于绕线室的顶壁、收放线辊组件设置于绕线室的底部等的方式有望优化绕线总成在绕线室内的布局。此外，可以通过增设与张力偏转轴线相关的结构的基础上进一步保证切割作业的可靠性。
- [0082] 至此，已经结合附图所示的优选实施方式描述了本发明的技术方案，但是，本领域技术人员容易理解的是，本发明的保护范围显然不局限于这些具体实施方式。在不偏离本发明的原理的前提下，本领域技术人员可以对相关技术特征作出等同的更改或替换，这些更改或替换之后的技术方案都将落入本发明的保护范围之内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种线切割机，包括绕线室，其特征在于，所述线切割机包括线锯单元，所述线锯单元包括绕线总成，所述绕线总成包括收放线机构和张力机构，其中，所述收放线机构包括：收放线辊组件，其包括可转动的收放线辊；以及排线组件，其能够带动所述收放线辊沿其轴向运动；其中，所述张力机构包括：张力轮；以及驱动部件，其与所述张力轮连接，所述张力轮至少能够基于所述驱动部件提供的扭矩转动；其中，所述排线组件远离所述收放线辊组件的一侧设置于所述绕线室的侧壁；并且/或者所述张力机构设置于所述绕线室的顶壁；并且/或者所述收放线辊组件设置于所述绕线室的底部。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的线切割机，其特征在于，所述张力轮至少能够基于所述驱动部件提供的扭矩产生绕第一轴线的运动，所述线锯单元包括切割机构，所述切割机构设置于所述收放线辊和所述张力轮之间，以使：所述切割机构绕出的切割线导向至张力轮，或张力轮绕出的切割线导向至切割机构，从而使得：切割线在所述收放线机构、所述张力机构和所述切割机构之间往复移动。
- [权利要求 3] 根据权利要求1所述的线切割机，其特征在于，所述线切割机包括框架以及穿线机构，所述框架形成有切割室，所述穿线机构包括穿线板，所述线切割机包括密封组件，所述密封组件包括：密封基体，其设置于所述框架并形成有能够收集来自切割室的切割液的腔室，所述框架和/或所述密封基体上设置有第一移动口和第二移动口，所述穿线机构能够经所述第二移动口和所述第一移动口穿入所述切割室；以及压紧组件，其配置于所述第一移动口和/或所述第二移动口，所述压紧组件包括第一压紧部件和第二压紧部件，所述穿线机构穿过所述第一压紧部件和所述第二压紧部件之间的空间且所述第一压紧部件和所述第二压紧部件能够抵接至所述穿线机构。
- [权利要求 4] 根据权利要求3所述的线切割机，其特征在于，所述压紧组件包括压紧支撑部件，所述第一压紧部件和/或所述第二压紧部件通过所

述压紧支撑部件设置于所述密封基体；其中，所述压紧支撑部件以可活动或者可变形的方式设置于所述密封基体；优选地，所述压紧组件配置于所述第一移动口；并且/或者所述第二移动口配置有柔性遮挡部件；优选地，所述穿线板上具有能够容纳切割线的走线槽，所述第一压紧部件或者所述第二压紧部件抵接至所述穿线机构对应于所述走线槽的位置。

[权利要求 5] 根据权利要求3所述的线切割机，其特征在于，所述密封组件包括：回流槽，其设置于所述腔室的底部，进入所述腔室的切割液能够经所述回流槽流回所述切割室；以及遮挡部件，其设置于所述密封基体且所述遮挡部件的至少一部分位于所述回流槽的上方，以便遮挡从所述回流槽溅出的切割液。

[权利要求 6] 根据权利要求5所述的线切割机，其特征在于，所述遮挡部件包括遮挡部件基体，所述遮挡部件基体在对应于所述回流槽的位置延伸有遮挡结构；优选地，所述遮挡结构包括多个，多个所述遮挡结构中的至少一部分之间具有连通结构；优选地，所述遮挡结构设置于所述密封基体靠近所述第二移动口的位置。

[权利要求 7] 根据权利要求3所述的线切割机，其特征在于，所述密封组件包括阻挡部件，所述阻挡部件设置于所述密封基体靠近上方的位置或者位于所述密封基体的上方，以便阻挡切割室的切割液落入对应于密封基体的区域；优选地，所述阻挡部件设置于所述密封基体靠近所述第一移动口的位置。

[权利要求 8] 根据权利要求7所述的线切割机，其特征在于，所述阻挡部件以可活动的方式设置于所述密封基体靠近上方的位置或者位于所述密封基体的上方；优选地，所述阻挡部件以可翻转的方式设置于所述密封基体靠近上方的位置或者位于所述密封基体的上方。

[权利要求 9] 根据权利要求3所述的线切割机，其特征在于，所述密封基体包括侧面部分和顶面部分，所述侧面部分、所述顶面部分和所述框架形

成所述腔室，所述框架在对应于所述密封组件的位置具有台阶面，所述侧面部分、所述顶面部分和所述台阶面形成所述腔室。

[权利要求 10] 根据权利要求3所述的线切割机，其特征在于，所述穿线板上具有能够容纳切割线的走线槽，所述穿线机构配置有吹气组件，所述走线槽上设置有出气口，所述吹气组件能够通过所述出气口向所述走线槽通气并因此将切割线上的切割液吹落；优选地，所述出气口至少设置于所述走线槽的槽壁，所述走线槽的槽底设置有排水口。

[权利要求 11] 根据权利要求1所述的线切割机，其特征在于，所述线切割机的穿线机构和所述张力机构和所述穿线机构能够彼此连接，以便：将所述张力机构和所述穿线机构以模块化的方式安装至目标位置。

[权利要求 12] 根据权利要求2所述的线切割机，其特征在于，所述张力机构包括连接组件，所述连接组件包括第一连接部件和第二连接部件，其中，所述第一连接部件形成有安装空间，所述第二连接部件的至少一部分容纳于该安装空间并与所述第一连接部件转动连接，以便：在外力作用下，至少所述张力轮能够绕第二轴线运动；其中，所述第一轴线与第二轴线不共面且二者之间具有夹角。

[权利要求 13] 根据权利要求12所述的线切割机，其特征在于，所述第一连接部件包括第一分支和第二分支，所述第一分支和所述第二分支之间形成所述安装空间；优选地，所述第一分支和/或所述第二分支上设置有或者形成有第一转动结构，相应地，所述第二连接部件上设置有或者形成有与所述第一转动结构对应的第二转动结构，所述第一连接部件和所述第二连接部件借助于所述第一转动结构和所述第二转动结构之间的配合转动连接；优选地，所述张力机构在对应于所述第一分支和/或所述第二分支的位置设置有限位结构；优选地，所述第一分支和所述第二分支对称设置。

[权利要求 14] 根据权利要求13所述的线切割机，其特征在于，所述第一转动结构和所述第二转动结构之间配置有转动阻尼组件，所述第二连接部件与所述转动阻尼组件之间形成凹槽，所述转动阻尼组件包括轴承，

其中，所述凹槽的槽底位于所述轴承的轴承外圈和轴承内圈之间的缝隙的径向内侧；优选地，所述转动阻尼组件包括盖体，所述缝隙远离所述凹槽的一端经所述盖体遮挡。

[权利要求 15] 根据权利要求14所述的线切割机，其特征在于，所述张力轮具有可绕设切割线的张力线槽，所述第二轴线处于所述线槽所在的平面内或者所述第二轴线平行于所述线槽所在的平面；所述第一轴线与所述第二轴线之间彼此垂直。

[权利要求 16] 根据权利要求1所述的线切割机，其特征在于，所述张力机构包括调整组件，所述调整组件包括移动调整组件和高度调整组件，所述移动调整组件能够带动所述张力轮移动从而调整缠绕于所述张力轮上的切割线的进出线位置，其中，所述张力机构通过所述调整组件设置于所述绕线室的顶壁；优选地，所述移动调整组件包括移动调整基体以及与所述张力轮驱动连接的驱动传动部件，其中，所述移动调整基体包括顶部的连接板，所述张力机构通过所述连接板设置于所述绕线室的顶壁；优选地，所述移动调整组件包括支撑部件，所述张力轮设置于所述支撑部件，所述支撑部件连接至所述驱动传动部件；优选地，所述移动调整基体包括防护部件，所述防护部件和所述连接板形成容纳所述驱动传动部件的安装空间；所述防护部件的下方具有开口，所述支撑部件经所述开口伸入所述安装空间并连接至所述驱动传动部件；所述防护部件在对应于所述开口的位置设置有密封结构，所述密封结构包括分别设置于开口的两侧的、带缓冲结构的压板，所述压板对应于所述缓冲结构的部分压紧所述支撑部件从而减小开口处的间隙。

[权利要求 17] 根据权利要求1所述的线切割机，其特征在于，所述排线组件设置有排线防护部件，所述排线防护部件包括连接转接部件，所述张力机构包括驱动部件安装座，所述连接转接部件与所述驱动部件安装座形成沿所述排线组件的横截面的周向环绕于所述排线组件的、回字型的密封结构；优选地，所述排线防护部件包括风琴护罩。

- [权利要求 18] 根据权利要求1所述的线切割机，其特征在于，所述收放线辊配置有收放线辊支撑组件，所述收放线辊支撑组件包括至少一个收放线辊支撑部件，所述至少一个收放线辊支撑部件能够在更换所述收放线辊时支撑所述收放线辊，并且所述至少一个收放线辊支撑部件能够形成多种能够支撑所述收放线辊的支撑空间；所述至少一个收放线辊支撑部件包括第一收放线辊支撑部件和第二收放线辊支撑部件，所述第一收放线辊支撑部件和所述第二收放线辊支撑部件之间形成所述支撑空间；优选地，所述第一收放线辊支撑部件和所述第二收放线辊支撑部件为支撑杆；并且/或者所述第一收放线辊支撑部件和/或所述第二收放线辊支撑部件通过支撑块设置于所述安装位。
- [权利要求 19] 根据权利要求1所述的线切割机，其特征在于，所述收放线辊组件还包括收放线辊驱动部件和收放线辊组件安装座，至少所述收放线辊驱动部件设置于所述收放线辊组件安装座，所述收放线辊组件安装座包括收放线辊组件安装座基体，所述收放线辊组件安装座基体包括第一基体部分和第二基体部分，所述收放线辊支撑于所述第一基体部分，所述第二基体部分设置有收放线辊驱动部件安装座，所述收放线辊驱动部件设置于所述收放线辊驱动部件安装座；优选地，所述收放线辊驱动部件安装座包括安装支架，所述收放线辊驱动部件容纳于所述安装支架内，所述收放线辊驱动部件与所述排线组件连接，所述安装支架上设置有盖板；优选地，所述第一基体部分和/或所述第二基体部分为环状结构。
- [权利要求 20] 一种线切割机的控制方法，其特征在于，所述线切割机具有绕线室并包括线锯单元，所述线锯单元包括绕线总成，所述绕线总成包括收放线机构和张力机构，所述收放线机构包括收放线辊组件和排线组件，所述收放线辊组件包括收放线辊，所述张力机构包括驱动部件和张轮；所述控制方法包括：使所述排线组件带动所述收放线辊沿所述收放线辊的轴向运动；并且/或者使所述驱动部件运行，

以便所述张力轮至少能够在所述驱动部件的作用下绕第一轴线运动
其中，所述排线组件远离所述收放线辊组件的一侧设置于所述绕线室的侧壁和/或所述张力机构设置于所述绕线室的顶壁和/或所述收放线辊组件设置于所述绕线室的底部。