

(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
2024年1月4日 (04.01.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/002233 A1

- (51) 国际专利分类号: 202223595479.7 2022年12月30日 (30.12.2022) CN
B28D 5/04 (2006.01) *B23D 57/02* (2006.01) 202223600336.0 2022年12月30日 (30.12.2022) CN
B23H 7/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/103801
- (22) 国际申请日: 2023年6月29日 (29.06.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202210764301.6 2022年6月30日 (30.06.2022) CN
202210764302.0 2022年6月30日 (30.06.2022) CN
202211731223.6 2022年12月30日 (30.12.2022) CN
202223595527.2 2022年12月30日 (30.12.2022) CN
202223600338.X 2022年12月30日 (30.12.2022) CN
- (71) 申请人: 青岛高测科技股份有限公司 (QINGDAO GAOCE TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国山东省青岛市高新区崇盛路66号, Shandong 266114 (CN)。
- (72) 发明人: 仇健 (QIU, Jian); 中国山东省青岛市高新区崇盛路66号, Shandong 266114 (CN)。王鹏 (WANG, Peng); 中国山东省青岛市高新区崇盛路66号, Shandong 266114 (CN)。许雷 (XU, Lei); 中国山东省青岛市高新区崇盛路66号, Shandong 266114 (CN)。周健 (ZHOU, Jian); 中国山东省青岛市高新区崇盛路66号, Shandong 266114 (CN)。

(54) Title: DIAMOND WIRE CUTTING APPARATUS, WIRE CUTTING CONTROL METHOD AND APPARATUS

(54) 发明名称: 一种金刚线切割装置、线切割控制方法及装置

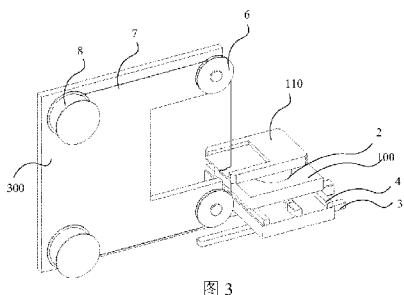


图3

(57) Abstract: The embodiments of the present application provide a diamond wire cutting apparatus, involving: obtaining a preset path to be cut so as to respectively obtain a tangent angle at a cutting point and the distance between the cutting point and a preset rotating shaft; calculating the angle of rotation of the preset rotating shaft corresponding to the cutting point in the preset path to be cut; and according to the angle of rotation of the preset rotating shaft, controlling a material to be cut to rotate, so that the actual cutting direction at the cutting point is consistent with the tangent direction at the cutting point in the preset path to be cut and is coplanar with a standard cutting surface. In this way, as the curve of a surface changes, the angle of the cut material relative to the progressing diamond wire is automatically adjusted, so that the direction of the progressing diamond wire at each cutting point remains consistent with the tangent direction of the surface at said position, and is coplanar with the standard cutting surface. Wire bow stability is thus maintained, achieving controllable size and direction of the wire bow, and avoiding the problem of a theoretical cutting pattern not matching an actual cutting pattern due to a change to the diamond wire bow, thereby achieving high-precision surface cutting by the diamond wire.

(57) 摘要: 本申请实施例中提供了一种金刚线切割装置, 通过获取预设待切割路径分别得到切割点的切线角度以及切割点与预设旋转轴的距离, 计算切割点在预设待切割路径中对应的预设旋转轴的旋转角度; 并根据预设旋转轴的旋转角度控制待切割物料旋转, 使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致, 且与标准切割面共面。由此以根据形面的曲线变化自动转位调整被切割物料与金刚线行走的角度, 使金刚线行走的每个切割点方向与该位置形面切线方向一致, 且与标准切割面共面, 从而维持稳定的线弓, 实现线弓的大小和方向可控, 避免因金刚线线弓变化导致理论切割图形与实际切割图形不吻合的问题, 实现金刚线的高精度形面切割。



WO 2024/002233 A1

王兆蕊(WANG, Zhaorui); 中国山东省青岛市高新区崇盛路66号, Shandong 266114 (CN)。

(74) 代理人: 北京科慧致远知识产权代理有限公司(IPFUTURE INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国北京市海淀区花园路2号牡丹创业楼310, Beijing 100095 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种金刚线切割装置、线切割控制方法及装置

技术领域

本申请涉及金刚线切割技术领域，具体地，涉及一种金刚线切割装置、线切割控制方法及装置。

背景技术

常规的金刚线形面切割是利用 X 轴、Y 轴的联动进行曲线进给，实现数控形面切割。该方法存在一定的缺陷。相对于物料来说，切割刀具始终是保持同一方向和位置不变的，而被切割物料做曲线进给时，会沿曲线上切割点的切线方向对金刚线产生阻力，使金刚线沿该方向产生线弓。该线弓会与切割导轮的轮槽中线形成一定角度（如图 1）。曲线各个点的切线方向并不相同，这造成因此切割时产生的线弓方向始终在不停变化。线弓方向的不停变化引起了金刚线的摆动震荡，造成了切割阻力的震荡变化。这些变化造成了线弓方向和大小的不可控，最终使实际切割位置偏离预设行走轨迹，造成切割精度下降。切割过程中的震荡还会造成断线和脱线等问题的发生，故障率较高。

发明内容

本申请实施例中提供了一种金刚线切割装置，以解决在曲线切割时，线弓与切割导轮的轮槽中线形成一定角度、造成切割过程中线弓方向和大小不断变化、实际切割位置偏离预设行走轨迹的问题。

为了达到上述目的，本申请提供如下技术方案：

一种金刚线切割装置，包括：切割组件，用于切割待切割物料；载料组件，用于对待切割物料进行夹持固定；控制组件，分别与所述切割组件和所述载料组件连接，所述控制组件用于根据预设待切割路径控制切割面和/或待切割物料绕预设旋转轴旋转，以使切割点的实际切割方向与所述预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面；其中，所述标准切割面为切割轮轮槽的中心线所在平面。

本申请实施例提供的一种金刚线切割装置，包括：切割组件，用于切割待切割物料；载料组件，用于对待切割物料进行夹持固定；控制组件，分别与切割组件和载料组件连接，控制组件用于根据预设待切割路径控制切割面和/或待切割物料绕预设旋转轴旋转，以使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面；其中，标准切割面为切割轮轮槽的中心线所在平面。

采用本申请实施例中提供的一种金刚线切割装置，相较于现有技术，具有以下技术效果：

本申请的控制组件根据预设待切割路径控制切割面和/或待切割物料绕预设旋转轴旋转，使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面。由此以根据形面的曲线变化，自动转位调整被切割物料与金刚线行走的角度，使金刚线行走的每个切割点方向与该位置形面切线方向一致，且与标准切割面共面，从而维持稳定的线弓，实现线弓的大小和方向可控，避免因金刚线线弓变化导致理论切割图形与实际切割图形不吻合的问题，实现金刚线的高精度形面切割。

附图说明

图1为现有技术的金刚线切割装置的切割示意图；图2为本申请实施例提供的金刚线切割装置的切割示意图；图3为本申请实施例提供的金刚线切割装置的结构示意图；图4为本申请实施例提供的卧式金刚线切割机的结构示意图；图5为本申请另一实施例提供的金刚线切割装置的结构示意图；图6为本申请另一实施

例提供的金刚线切割装置的结构示意图；图7为本申请实施例提供的平面直角坐标系的结构示意图；图8为本申请实施例提供的一种线切割装置核心部分的结构示意图；图9为图8另一视角的结构示意图；图10为图8又一视角的结构示意图；图11为本申请实施例提供的另一种线切割装置核心部分的结构示意图；图12为图11的另一视角；图13为图11的又一视角；图14为本申请实施例提供的另一种线切割装置核心部分的结构示意图；图15为图14另一视角的结构示意图；图16为图15又一视角的结构示意图；图17为本申请实施例提供的一种异型防护门的结构示意图；图18为图17所示异型防护门的第一种助力形式的实现结构示意图；图19为图17所示异型防护门的第二种助力形式的实现结构示意图；图20为图17所示异型防护门的第三种助力形式的实现结构示意图；图21为图17所示异型防护门另一视角的结构示意图；图22为图17所述异型防护门的防护门具体结构示意图；图23为图22所示防护门另一视角的结构示意图；图24为本申请实施例提供的形面切割的结构示意图；图25为本申请实施例提供的线切割控制方法的流程结构示意图。图26为本申请实施例提供的线切割控制方法的加工原理示意图；图27为线切割装置的总体结构示意图；图28为切割组件及其升降调整机构的结构示意图；图29为载料平台的总体结构示意图。

附图中标记如下：110夹持组件、2旋转动力驱动组件、100载料平台、4第二方向驱动组件、3第一方向驱动组件、6切割轮、7金刚线、8驱动装置、300切割组件、10绕线室、11切削液系统；100载料平台、200待加工物料、300切割组件、400立柱、500底座、101工作平台、102Y轴平台、103X轴平台、104工装、105C轴转台、106固定部、107转动部、301安装框架、302滑板、303第一切割轮、304第二切割轮、305张力轮、306驱动轮、401Z轴滑槽；8100助力装置、8200牵引索、8300防护门、8400升降导轨、8101定滑轮、8102配重、8103驱动轮、8104电机、8110定滑轮总成、8120配重总成、8210钢丝绳总成、8301透明观察窗、8302挡水条、8303导水檐、8304接水槽、8410升降导轨总成。

具体实施方式

本发明实施例公开了一种金刚线切割装置，以解决在曲线切割时，线弓与切割导轮的轮槽中线形成一定角度、造成切割过程中线弓方向和大小不断变化、实际切割位置偏离预设行走轨迹的问题。

为了使本申请实施例中的技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图对本申请的示例性实施例进行进一步详细的说明，显然，所描述的实施例仅是本申请的一部分实施例，而不是所有实施例的穷举。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

第一具体实施方式

请参阅图2，图2为本申请实施例提供的金刚线切割装置的切割示意图；在一种实施例中，本申请还提供一种金刚线切割装置，包括：切割组件300，用于切割待切割物料；载料组件，用于对带切割物料进行夹持固定；控制组件，分别与切割组件300和载料组件连接，控制组件用于根据预设待切割路径以及预设线弓值控制切割面和/或待切割物料绕预设旋转轴旋转，以使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面；其中，标准切割面为切割轮轮槽的中心线所在平面。

如图5所示，切割组件300包括切割面板、位于切割面板上的驱动装置（驱动导轮）、两个相对设置的切割轮，切割线分别绕过两个切割轮和一个驱动导轮，以形成切割线网。在其他实施例中，也可以根据需要设置导轮，可根据实际需要进行切割组件300的设置，均在本申请的保护范围内。金刚线运行方式可以

为长线往复式，也可以为环形丝单向式。主要作用是通过金刚线高速运转完成对物料的切割。

采用本申请实施例中提供的一种金刚线切割方法及装置，相较于现有技术，具有以下技术效果：

本申请通过获取预设待切割路径分别得到切割点的切线角度以及切割点与预设旋转轴的距离，计算切割点在预设待切割路径中对应的预设旋转轴的旋转角度；并根据预设旋转轴的旋转角度控制切割面和/或待切割物料旋转，使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面。由此可以根据形面的曲线变化，自动转位调整被切割物料与金刚线行走的角度，使金刚线行走的每个切割点方向与该位置形面切线方向一致，且与标准切割面共面，从而维持稳定的线弓，实现线弓的大小和方向可控，避免因金刚线线弓变化导致理论切割图形与实际切割图形不吻合的问题，实现金刚线的高精度形面切割。

可以理解的是，为了实现平面移动以及旋转运动，可分别在载料组件和/或切割组件 300 上设置平面动力驱动组件和旋转动力驱动组件 2。如图 6 所示，图 6 为本申请另一实施例 1-1 提供的金刚线切割装置的结构示意图；在该实施例 1-1 中，旋转动力驱动组件 2 设置在切割组件 300 上，平面动力驱动组件设置在载料组件上；如图 5 所示，图 5 为本申请另一实施例 1-2 提供的金刚线切割装置的结构示意图；在该实施例 1-2 中，旋转动力驱动组件 2 设置在载料组件上，平面动力驱动组件设置在切割组件 300 上；而平面动力驱动组件包括第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4，以进行 X 轴和 Y 轴的移动，对于第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 的设置，也可以全部设置在切割组件 300 或载料组件上；或者在另一实施例中，将第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 分别设置在切割组件 300 和载料组件上，其具体的设置方式根据需要进行设置，均在本申请的保护范围内。

第一方向驱动组件 3 由驱动伺服电机、滚珠丝杠、直线导轨组成。其主要功能是驱动载料平台 100 沿 X 轴做精确的往复直线运动。与 Y 轴联动，可以使载料平台 100 做精确可控的曲线运动。第二方向驱动组件 4 由驱动伺服电机、滚珠丝杠、直线导轨组成。其主要功能是驱动载料平台 100 沿 Y 轴做精确的往复直线运动。与 X 轴联动，可以使载料平台 100 做精确可控的曲线运动。旋转动力驱动组件 2 由驱动伺服电机、联轴器、旋转轴承箱组成。其主要功能是根据切割曲线角度带动夹持装置做相应角度的旋转。

在 X 轴、Y 轴以外加入了旋转轴。在切割时，根据形面的曲线变化，切割刀具或者被切割物料会自动转位调整行走的角度，使金刚线行走的每个切割点方向都与该位置形面切线方向保持一致，从而维持固定的切割线弓，实现线弓的方向和大小可控。

实施例 1-1

在该实施例中，对旋转动力驱动组件 2 设置在切割组件 300、第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 设置在载料组件上为例进行说明：

为了实现控制组件控制切割面和/或待切割物料的旋转，还包括旋转动力驱动组件 2，旋转动力驱动组件 2 包括旋转动力件和旋转驱动件。其中，旋转动力件与控制组件连接，旋转驱动件的一端与旋转动力件连接，另一端与切割组件 300 连接，在一种实施例中，旋转动力驱动组件 2 由旋转电机、底座、齿轮组件组成。其主要功能是根据切割曲线角度带动切割组件做相应角度的旋转。

其中，旋转动力件设置为伺服电机，其具有编码器，以对旋转角度进行测量。

在一种实施例中，旋转动力件为伺服电机；旋转驱动件为齿轮轴驱动机构，伺服电机的输出端与齿轮轴驱动机构的一端连接，齿轮轴驱动机构的另一端与切割组件 300 固定连接。由此以提高控制精度，减小行进误差。

载料组件与控制组件连接，用以控制载料组件沿预设待切割路径行进，驱动方式可设置为齿轮传动机构、滑轨滑块机构等，可根据需要进行设置，以实现载料组件在形面上的行进，即进行 X 轴和 Y 轴的进给。上述设置方式使得旋转动力驱动组件 2 和平面动力驱动组件分离设置，使其安装误差不会叠加在同一结构上，同时便于各动力驱动组件的安装定位，便于拆装，降低组装难度。

具体的，载料组件包括载料平台 100 和夹持组件，夹持组件用于对待切割物料进行夹持；夹持组件位于载料平台 100 上；控制组件与载料平台 100 连接，用以控制载料平台 100 沿预设待切割路径行进。

在一种实施例中，载料组件由载料平台 100 和夹持组件构成。夹持组件包括夹持架体、夹紧气缸组成，其布置在载料台上方，通过夹紧气缸夹紧被切割物料，并在三轴驱动下带动物料进入切割区域，完成物料切割。

具体的，第一方向驱动组件 3 位于载料平台 100 的底部，其中，第一方向平行于切割组件 300 的切割线所在平面设置；第一方向驱动组件 3 与控制组件连接，以带动载料平台 100 沿第一方向移动，即 X 轴方向。第二方向驱动组件 4 位于载料平台 100 的底部，其中，第二方向垂直于切割组件 300 的切割线所在平面设置；第二方向驱动组件 4 与控制组件连接，以带动载料平台 100 沿第二方向移动，即 Y 轴方向。

第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 可设置为齿轮传动机构、滑块滑轨机构或丝杠螺母机构中的一者或几者，如采用丝杠螺母机构与滑块滑轨机构组合使用，或齿轮传动与滑块滑轨机构组合使用。第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 优选为相同设置。在其他实施例中，可根据需要设置第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 的具体结构，均在本申请的保护范围内。其中，第二方向驱动组件 4 固定于载料平台 100 的底部，第一方向驱动组件 3 固定于第二方向驱动组件 4 的底部。

实施例 1-2

在该实施例中，旋转动力驱动组件 2 设置在载料组件上、第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 设置在切割组件 300 上为例进行说明：其中，旋转动力驱动组件 2 包括：旋转动力件，与控制组件连接；旋转驱动件，一端与旋转动力件连接，另一端与载料组件连接；控制组件控制旋转动力件动作，以驱动旋转驱动件带动载料组件转动。旋转动力驱动组件 2 的结构可参考实施例 1-1 中进行设置，在此不再赘述。

切割组件 300 与控制组件连接，用以控制切割组件 300 沿预设物料进给路径行进。可以理解的是，此处及下文的预设物料进给路径行进，为通过根据预设待切割路径和预设线弓值，确定切割点在预设待切割路径中的平面行进信息，根据平面行进信息控制切割组件 300 行进。

切割组件 300 与控制组件之间设置第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4，切割组件 300 包括切割刀具和切割面板，切割刀具设置在切割面板上，第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 设置在切割面板的底部，同时第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 的位置和结构可参考实施例 1-1 进行设置，在此不再赘述。

本申请还包括角度检测组件，分别与控制组件和旋转轴驱动组件连接，用以检测载料组件的旋转角

度。以能够与旋转动力件的旋转角度进行对比，并反馈至控制组件进行判断以及调节。

同时，本申请还包括线弓检测组件，位于切割组件 300 上，线弓检测组件与控制组件连接，用以实时检测切割组件 300 的线弓值并反馈至控制组件，控制组件根据检测到的线弓值控制切割过程中的行进速度，进而实时调整线弓值与预设线弓值相等。在另一实施例中，线弓检测组件可设置在载料组件上，可根据需要进行设置传感器的类型，优选为非接触式传感器，以减少对切割线的干扰。

在该实施例中，控制组件包括：预设待切割路径获取单元，用于获取预设待切割路径，预设待切割路径包括曲线路径；预设旋转轴的旋转角度计算单元，用于根据预设待切割路径得到各切割点的切线角度、切割点与预设旋转轴的距离，计算得到切割点在预设待切割路径中对应的预设旋转轴的旋转角度；切割点旋转角控制单元，用于根据预设旋转轴的旋转角度控制切割面和/或待切割物料绕预设旋转轴旋转，以使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面；其中，标准切割面为切割轮轮槽的中心线所在平面。

具体的，控制组件还包括：预设线弓值获取单元，用于获取预设线弓值；平面行进信息确定单元，用于根据预设待切割路径和预设线弓值，确定切割点在预设待切割路径中的平面行进信息；平面行进控制单元，用于根据平面行进信息控制切割面和/或待切割物料行进。

进一步地，控制组件还包括：实时线弓获取单元，用于获取当前切割点的实时线弓值；实际平面行进信息确定单元，用于根据当前切割点的实时线弓值校准当前切割点处的平面行进信息，得到当前切割点的实际平面行进信息，并触发平面行进控制单元动作；平面行进控制单元，用于根据实际平面行进信息控制切割点行进。在一种具体实施例中，采用物料两轴联动进给，也可以采用切割刀具两轴联动进给的切割方式。将旋转轴建立在夹持被切割物料的载物台上。切割前，根据不同的物料属性设定线弓大小，即理论位置与金刚线实际位置的偏差值。如图 7 所示，以所述预设旋转轴为坐标系原点建立平面直角坐标系，所述平面直角坐标系包括 X 轴和 Y 轴切割时，在 X 轴、Y 轴联动进给的同时，通过控制程序的算法，载物平台带动被切割物料根据行走曲线旋转一定角度，使每个点的切割方向都与该位置形面切线方向保持一致，从而保证线弓弯曲方向和大小始终保持不变，实现对线弓方向和大小的有效控制，达到使用金刚线进行形面精确切割的目的。

上述装置实现了三轴运动，相比原技术增加了旋转轴运动，可以通过三轴联动，调整金刚线进给的方向和角度，使切割丝受力方向和大小始终保持不变；能够实现对金刚线切割线弓方向和大小的有效控制，而直线单轴切割和传统的两轴十字载料平台 100 加工技术无法有效控制线弓方向和大小；通过三轴联动，能够有效控制切割丝的行走位置，提高进给精度，实现物料的精密形面加工。使金刚线受力方向和大小得到有效控制，能够降低甚至杜绝传统切割技术普遍存在的金刚线断线、金刚线脱线、切割导轮磨损过快和意外切坏等问题的发生频率，提高各个零部件的使用寿命，降低使用成本。

本申请实现了对金刚线切割线弓方向和大小的有效控制，能够更加精确的进行形面切割，再结合金刚线切割高效率的技术特性，能够实现高效、精确的数控形面切割。金刚线线弓方向和大小得到有效控制后，金刚线在切割过程中的无序游走和震动等无效切割问题会得到有效控制，既提高了断面质量，又可以有效降低金刚线无效切割造成的自身磨损，提高切割效率和使用寿命，进一步降低使用成本。

第二具体实施方式

请参阅图2-4，图2为本申请实施例提供的金刚线切割装置的切割示意图；图3为本申请实施例提供的金刚线切割装置的结构示意图；图4为本申请实施例提供的卧式金刚线切割机的结构示意图。

本申请还提供一种金刚线切割装置，在一种具体的实施方式中，包括切割组件300、载料组件和控制组件。其中，如图3所示，切割组件300包括切割面板、位于切割面板上的导轮、驱动装置8（驱动导轮）、两个相对设置的切割轮6，切割线分别绕过两个切割轮6、一个导轮和一个驱动导轮，以形成切割线网。在其他实施例中，也可以免去导轮的设置，可根据实际需要进行切割组件300的设置，均在本申请的保护范围内。金刚线7运行方式可以为长线往复式，也可以为环形丝单向式，主要作用是通过金刚线7高速运转完成对物料的切割。

采用本申请实施例中提供的一种金刚线切割方法及装置，相较于现有技术，具有以下技术效果：

本申请通过获取预设待切割路径分别得到切割点的切线角度以及切割点与预设旋转轴的距离，计算切割点在预设待切割路径中对应的预设旋转轴的旋转角度；并根据预设旋转轴的旋转角度控制待切割物料旋转，使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面。由此以根据形面的曲线变化，自动转位调整被切割物料与金刚线行走的角度，使金刚线行走的每个切割点方向与该位置形面切线方向一致，且与标准切割面共面，从而维持稳定的线弓，实现线弓的大小和方向可控，避免因金刚线线弓变化导致理论切割图形与实际切割图形不吻合的问题，实现金刚线的高精度形面切割。

在该实施例中，还包括旋转动力驱动组件2，旋转动力驱动组件2包括旋转动力件和旋转驱动件。其中，旋转动力件与控制组件连接，旋转驱动件的一端与旋转动力件连接，另一端与载料组件连接，旋转驱动件在旋转动力件的驱动下，带动待切割物料转动，以使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面。

载料组件包括载料平台100和夹持组件110。其中，载料平台100用以承载夹持组件110，夹持组件110用于对待切割物料进行夹持，可根据待切割物料设置夹持组件110的具体结构，如夹爪或载物台等夹持件，均在本申请的保护范围内。旋转动力驱动组件2的一端与载料平台100连接，优选为设置在载料平台100的结构中心处，以便于生产加工，同时便于数控数据设置。旋转动力驱动组件2的另一端与夹持组件110连接，以带动夹持组件110在载料平台100上绕旋转轴旋转，同样地，旋转动力驱动组件2优选设置在夹持组件110的结构中心处。

具体的，旋转动力件固定于载料平台100上；旋转驱动件一端与旋转动力件连接，另一端与夹持组件110连接；旋转驱动件在旋转动力件驱动下，带动夹持组件110转动。旋转动力件为伺服电机；旋转驱动件为齿轮轴驱动机构，其位于载料平台100上，且一端凸出于载料平台100的壁厚向上延伸设置，伺服电机的输出端与齿轮轴驱动机构的一端连接，齿轮轴驱动机构的另一端与夹持组件110固定连接。在伺服电机的驱动下，带动齿轮轴驱动机构转动，同时带动位于载料平台100上的夹持组件110转动。在其他实施例中，也可以根据需要设置旋转驱动件的具体结构，均在本申请的保护范围内。

在一种实施例中，可以理解的是，物料进给可以通过载料平台100进给或者切割组件300进给实现。其中，载料平台100与控制组件连接，用以控制载料平台100沿预设物料进给路径行进。其中，上述金刚

线切割装置包括第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4。第一方向驱动组件 3 位于载料平台 100 的底部，第一方向平行于切割组件 300 的切割线所在平面设置；第一方向驱动组件 3 与控制组件连接，以带动载料平台 100 沿第一方向移动。第二方向驱动组件 4 位于载料平台 100 的底部，第二方向垂直于切割组件 300 的切割线所在平面设置；第二方向驱动组件 4 与控制组件连接，以带动载料平台 100 沿第二方向移动。第二方向驱动组件 4 固定于载料平台 100 的底部，第一方向驱动组件 3 固定于第二方向驱动组件 4 的底部。在其他实施例中，第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 的位置可以调换，可根据需要进行设置。

其中，X 轴为第一方向，Y 轴为第二方向，X 轴驱动可使载料平台 100 沿 X 轴做往复运动；Y 轴驱动可使载料平台 100 沿 Y 轴做往复运动；旋转轴驱动可使载料平台 100 绕旋转轴做一定角度的正反旋转。通过三轴的运动实现载料平台 100 的曲线运动进给。采用物料两轴联动进给，将旋转轴建立在载料平台 100 上。切割前，根据不同的物料属性参数设定线弓大小。切割时，在 X 轴、Y 轴联动进给的同时，通过控制程序的算法，载料平台 100 带动被切割物料根据行走曲线旋转一定角度，以使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，从而保证线弓弯曲方向和大小始终保持不变，实现对线弓方向和大小的有效控制，达到使用金刚线 7 进行形面精确切割的目的。

第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 可设置为齿轮传动机构、滑块滑轨机构或丝杠螺母机构中的一者或几者，如采用丝杠螺母机构与滑块滑轨机构组合使用，或齿轮传动与滑块滑轨机构组合使用。第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 优选为相同设置。在其他实施例中，可根据需要设置第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 的具体结构，均在本申请的保护范围内。或者，在另一实施例中，切割组件 300 与控制组件连接，用以控制切割组件 300 沿预设物料进给路径行进，可通过动力件带动切割组件 300 实现行进，具体的动力件的设置，可参考现有技术的发展水平进行设置，在此不再赘述。

为了对载料平台 100 旋转角度进行检测，以进行反馈调节，该装置还包括角度检测组件，其分别与控制组件和旋转动力驱动组件 2 连接，角度检测组件可设置为编码器，以对旋转动力驱动组件 2 的转动角度进行检测，并将实时检测到的转动角度发送至控制组件，控制组件根据实际角度与理论角度进行比较判断，并根据判断结果进行调节，以进一步提高控制精度，提高理论切割图形与实际切割图形的吻合度。

更进一步地，本申请还包括线弓检测组件，位于切割组件上，线弓检测组件与控制组件连接，用以实时检测切割组件的线弓值并反馈至控制组件，控制组件根据检测到的线弓值控制切割过程中的行进速度，进而实时调整线弓值与预设线弓值相等。在另一实施例中，线弓检测组件可设置在载料组件上，可根据需要进行设置传感器的类型，优选为非接触式传感器，以减少对切割线的干扰。

在一种实施例中，金刚线切割装置为卧式金刚线切割机。

在一种具体的实施例中，金刚线切割装置包括：绕线室 10：通过驱动装置 8 带动金刚线 7 高速运行，并通过张力控制装置保证金刚线 7 维持稳定的张紧力。金刚线 7 通过导轮绕出绕线室 10，通过两个切割轮 6 形成切割刀具。切割轮 6：支撑金刚线 7 完成切割动作。载料平台 100：由第一方向驱动组件 3、第二方向驱动组件 4、旋转动力驱动组件 2 和夹持组件 110 组成。通过三轴的运动实现载料平台 100 的曲线运动进给。夹持组件 110：布置在旋转动力驱动组件 2 上方，通过夹持工装夹紧被切割物料，并在三轴驱动下带动物料进入切割区域，完成物料切割。切削液系统 11：由输送管道、回液箱、供液泵构成。为切割区域提供

冷却液，保护金刚线 7 不会因过热烧毁。

具体工作过程为：a.物料固定在载料平台 100 的夹紧装置上。b.输入切割程序。c.载料平台 100 启动，完成金刚线 7 与物料对刀。d.金刚线 7 退回零点。e.设备启动，金刚线 7 运行，载料平台 100 开始进给。f.三轴联动进行曲线进给，金刚线 7 进行形面切割。g.完成切割后，金刚线 7 进入空刀区并停止运行。h.取下被切割物料。i.金刚线 7 退刀回到零点，切割完成。

上述装置可转位切点自适应金刚线切割机通过三轴联动，有效的控制线弓方向和大小。既保证了切割精度，又充分发挥了金刚线 7 高效切割的优势，实现了高精度、高效切割；且既能进行常规单轴切割，又能进行形面切割。具备广泛的适应性，实现一机多能，提供设备使用效率，降低工厂设备使用成本。本申请使金刚线 7 受力方向和大小得到有效控制，能够更加精确的进行形面切割，能够降低甚至杜绝常规切割技术普遍存在的金刚线 7 断线、金刚线 7 脱线、切割导轮磨损过快和意外切坏等问题的发生频率，提高各个零部件的使用寿命，降低使用成本。金刚线 7 线弓方向和大小得到有效控制后，金刚线 7 在切割过程中的无序游走和震动等无效切割问题会得到有效控制，可以有效降低金刚线 7 无效切割造成的自身磨损，提高切割效率和金刚线 7、导轮等耗材使用寿命，进一步降低使用成本。本申请克服常规金刚线 7 切割机形面切割时线弓方向和大小无法控制的问题，实现了高精度形面切割。再结合金刚线 7 切割高效率的技术特性，实现了高效率、高精度的数控形面切割。提高了生产效率，保证了工厂生产质量。

其中，上述具体工作过程中步骤b的输入切割程序可以包括以下步骤：获取预设待切割路径以及预设线弓值，预设待切割路径可通过在控制系统的图像界面内输入切割轨迹图像得到，或者直接在控制系统内输入坐标等，同时，预设线弓值可根据预设待切割路径进行设置，如不同的预设待切割路径可均设置统一预设线弓值，或者不同的预设待切割路径分别对应设置不同的预设线弓值。可根据实际需要进行设置，均在本申请的保护范围内。预设待切割路径包括曲线路径，可全部由曲线路径组成，或者由曲线路径和直线路径组成，可根据需要进行设置。

根据预设待切割路径分别得到切割点的切线角度以及切割点与预设旋转轴的距离，计算得到切割点在预设待切割路径中对应的预设旋转轴的旋转角度；其中，预设旋转轴可设置在切割组件或载料组件上，根据旋转驱动装置的设置位置确定预设旋转轴。根据切割点的切线角度以及切割点与旋转轴的距离，计算预设旋转轴的旋转角度，以在行进过程中根据行进位置的不同，控制预设旋转轴旋转，使得切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致。而如何根据曲线上的某点的切线角度、以及该点与预设旋转轴的距离，计算该点在曲线中对应的预设旋转轴的旋转角度为本领域的一种成熟的现有技术。

根据预设旋转轴的旋转角度控制待切割物料绕预设旋转轴旋转，以使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面；其中，标准切割面为切割轮轮槽的中心线所在平面。其中，切割点的实际切割方向即为线弓方向的反方向，实际切割方向也即进给方向。所述的切割轮轮槽的中心线是切割轮槽最凹处（也即正常状态下切割线绕在切割轮上的位置）的圆周线，中心线所在平面即该圆周线所在平面。

可以理解的是，预设旋转轴可设置在载料平台侧，根据预设旋转轴的旋转角度控制待切割物料旋转。

本申请通过获取预设待切割路径分别得到切割点的切线角度以及切割点与预设旋转轴的距离，计算切

割点在预设待切割路径中对应的预设旋转轴的旋转角度；并根据预设旋转轴的旋转角度控制待切割物料旋转，使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面。由此可以根据形面的曲线变化，自动转位调整被切割物料与金刚线行走的角度，使金刚线行走的每个切割点方向与该位置形面切线方向一致，且与标准切割面共面，从而维持稳定的线弓，实现线弓的大小和方向可控，避免因金刚线线弓变化导致理论切割图形与实际切割图形不吻合的问题，实现金刚线的高精度形面切割。

第三具体实施方式

下面在前述金刚线切割装置的基础上，对本申请实施例的金刚线切割装置实体组成结构进行详细说明，旨在阐述金刚线切割装置实现前述切割面和/或待切割物料绕预设旋转轴旋转的具体部件的结构和设置方式。

实施例 3-1

结合图 8、图 9 和图 10 所示为金刚线切割装置及其载料平台的结构示意图。如图所示，本申请实施例的线切割装置可以包括载料平台 100、切割组件 300、立柱 400、底座 500。其中，立柱 400 设置于底座 500 上的第一位置，切割组件 300 设置于立柱 400 上，载料平台 100 设置于底座 500 上的第二位置。

载料平台 100 可以包括工作平台 101、Y 轴平台 102、X 轴平台 103、C 轴转台 105、B 轴转台。其中，X 轴平台 103 的底部设置于底座 500 的第二位置，且整体沿 X 轴方向延伸；Y 轴平台 102 可沿所述 X 轴方向移动地设置于 X 轴平台 103 上，Y 轴转台整体沿 Y 轴方向延伸；工作平台 101 可沿 Y 轴方向移动地设置于 Y 轴平台 102 上，B 轴转台包括固定部 106 和转动部 107，转动部 107 可绕 B 轴方向转动地设置于固定部 106 上，固定部 106 设置于工作平台 101 上，进而设置于 Y 轴平台 102 上，其中 B 轴方向与 Y 轴方向平行；C 轴转台 105 可绕 C 轴方向转动地设置于转动部 107 上，C 轴转台 105 用于承载和夹持待加工物料 200，C 轴方向垂直于 B 轴方向。具体实施过程中，C 轴转台 105 上可以设置工装 104，以方便对待加工物料 200 的承载和夹持。

在工作过程中，可通过调整工作平台 101 在 Y 轴平台 102 以及在 X 轴平台 103 的位置，以及调整 B 轴转台和 C 轴转台 105 的转动状态，进而使 C 轴转台 105 上的待加工物料 200 以预定的进给路线和角度靠近切割组件 300 的金刚线切割部位，从而实现待加工物料 200 的异性曲面加工。具体实施时，工件（对应于待切割物料 200）在 X 轴 Y 轴两轴联动驱动下可以相对刀头的金刚线相对运动，X 轴、Y 轴、Z 轴、B 轴、C 轴可以同时联动，分别实现多轴联动，达到实现规划切割路径的运动，异形曲面的加工可通过金刚线有效切割段的路径规划来实现，在整个切割过程中，金刚线在切割组件轮系平面上运动从而得到相对于工件（对应于待切割物料 200）的走线运动，当工件相对金刚线有效切割段运动时，金刚线去除工件材料从而以规划路径实现异型面的切割。

结合前述以及现有技术的情况可知，现有技术中，异形曲面采用数控机床加工方式，对于将较大面加工成很小的面时，需要对工件进行逐层去除，加工效率低，相比于传统数控机床加工，本申请实施例的方案采用具有金刚线的切割组件作为切割工具，能够通过两轴联动进行插补运动，利用金刚线切开曲面工件去除多余材料，无需逐层去除，最终利用特定走刀路径获得期望加工型面，采用金刚线切割时，对于较复杂形面，金刚线可多走几次线，进行轮廓加工，修出曲面，对于简单曲面，可一次切割成形，明显提

高了加工效率和加工质量；与未采用 C 轴功能的柔性加工方法相比，本申请实施例的方案在运动上更加灵活，尤其适合加工回转体类二维曲面，具体而言，尽管 X/Y 联动能够加工得到刀头两侧各半圆周的型面，但由于刀头无法穿越工件下方支撑工装，圆柱型面无法实现闭合，然而增设 C 轴后，当 X 轴和 Y 轴联动到设定位置并切入工件后，直接通过 C 轴回转运动即可以实现圆柱曲面的加工，加工型面闭合并且可以获得加好的加工精度。另外，C 轴回转是在 B 轴回转轴上运动实现的，其中 B 轴可以正负两个方向摆动 0-90° 范围，C 轴可以绕自身轴线回转 0-360°，并且可以实现正反两个方向的连续旋转；为了规避加工中金刚线与回转工作台的干涉，可以在回转工作台上方设置工装 104，工件置于工装上方，工件连同工装置于回转工作台的 C 轴上，并且工件和工装、工作台 C 轴同轴设置，这样可以保证 C 轴回转时工件同轴转动，从而实现回转轴与直线轴的联动。此外，本申请实施例的方案有效拓展了金刚线切割的适用场景。

具体实施过程中，为更好实现 X 轴平台 103 和 Y 轴平台 102 的运动性能，可在 X 轴平台 103 的顶部设置第一滑道，相应地在 Y 轴平台 102 的底部设置第一滑块部，该第一滑块部与该第一滑道滑动配合；另外可在 Y 轴平台 102 的顶部设置第二滑道，在工作平台 101 的底部设置第二滑块部，第二滑块部与第二滑道滑动配合。为了实现 X 轴向、Y 轴向运动的调整控制以及 C 轴平台的回转控制，载料平台还可以包括设置于 X 轴平台 103 与 Y 轴平台 102 之间的 X 轴向驱动机构、设置于 Y 轴平台 102 与工作平台 101 之间的 Y 轴向驱动机构、设置于所述工作平台与所述 B 轴转台之间的 B 轴向回转机构以及设置于工作平台 101 与 C 轴转台 105 之间的 C 轴向回转机构，轴向驱动机构可以采用丝母丝杠的方式实现，B 轴向回转机构和 C 轴回转机构可以采用电机驱动的方式实现。

在此基础上，为了进一步提升线切割装置的加工性能和灵活度，切割组件 300 可以具有 Z 轴运动功能，具体而言，可在立柱 400 上开设 Z 轴滑槽 401，切割组件 300（的安装框架 301）通过滑板 302 与 Z 轴滑槽 401 滑动配合（其他实施例中也可以是滑块和导轨的配合形式），在立柱 400 与滑板 302 之间还设置有升降调整机构（图中未示出），以实现切割组件 300 在立柱 400 上实现 Z 轴轴向升降，升降调整机构也可以采用丝母丝杠的方式。采用这种方案后，通过 Z 轴运动可实现切割组件 300 沿 Z 方向的调整，而无需配套多种工装，加工高度可以灵活调整，最大限度地匹配加工位置，将线弓对加工精度的影响降到最低。

此外，具体实施过程中，切割组件 300 可以采用不同的刀头方案，作为一种示例，如图所示，切割组件 300 可以包括安装框架 301，安装框架 301 上设置有用于绕设切割线的切割轮机构，该切割轮机构包括第一切割轮 303、第二切割轮 304、张力轮 305、驱动轮 306。其中，第一切割轮 303、第二切割轮 304、张力轮 305、驱动轮 306 依次间隔设置于安装框架 301 上，金刚线（图未示出）依次绕过各轮轮沿后分别形成环形丝，安装框架 301 通过滑板 302 设置于立柱 400 上。在使用过程中，驱动轮 306 用于给切割线网提供动力，带动金刚线运动从而为实现切割提供切削力，第一切割轮 303 和第二切割轮 304 分别用于支撑金刚线沿进给方向切割工件，两个切割轮之间的金刚线的线段为有效切割线长度，张力轮 305 用于为线网张紧而保持稳定切割张力提供保障。

另外，具体实施时，可在计算机数控（CNC）系统的控制下同时协调运动进行加工，多轴联动显示整个切削轨迹过程的刀具轴矢量可根据需要改变，由 X、Y、Z 轨迹控制轴控制 B 轴、C 轴实现，进而逐层去除材料，最终实现空间曲面加工。对于水平 X 轴、Y 轴正交滑台和 B 轴、C 轴转台，四轴联动可实现曲面

运动，对于带 Z 轴的方案，再配以刀头进给 Z 轴，用于调节工件切点位于有效切割线段中点位置，则可实现更优线切割位置的五轴联动加工。

实施例 3-2

如图 11、图 12 和图 13 所示，本申请实施例的线切割装置可以包括载料平台 100、切割组件 300、立柱 400、底座 500。其中，立柱 400 设置于底座 500 的第一位置，切割组件 300 设置于立柱 400 上，载料平台 100 设置于底座 500 的第二位置。

载料平台 100 可以包括工作平台 101、整体沿 Y 轴方向延伸的 Y 轴平台 102、整体沿 X 轴方向延伸的 X 轴平台 103，其中，X 轴平台 103 的底部设置于底座 500 的第二位置，Y 轴平台 102 可沿 X 轴方向移动地设置于 X 轴平台 103 上，工作平台 101 可沿 Y 轴方向移动地设置于 Y 轴平台 102 上，工作平台 101 用于承载和夹持待加工物料 200。其中，X 轴方向与 Y 轴方向垂直。具体实施过程中，工作平台 101 上可以设置工装 104，以方便对待加工物料 200 的承载和夹持。

在工作过程中，可通过调整工作平台 101 在 Y 轴平台 102 以及在 X 轴平台 103 的位置，进而使工作平台 101 上的待加工物料 200 以预定的进给路线和角度靠近切割组件 300 的金刚线切割部位，从而实现待加工物料 200 的异性曲面加工。具体实施时，工件（对应于待切割物料 200）在 X 轴 Y 轴两轴联动驱动下可以相对刀头的金刚线相对运动，从而实现规划切割路径的运动，异形曲面的加工可通过金刚线有效切割段的路径规划来实现，在整个切割过程中，金刚线在切割组件轮系平面上运动从而得到相对于工件（对应于待切割物料 200）的走线运动，当工件相对金刚线有效切割段运动时，金刚线去除工件材料从而以规划路径实现异型面的切割。

结合前述以及现有技术的情况可知，现有技术中，异形曲面采用数控机床加工方式，对于将较大面加工成很小的面时，需要对工件进行逐层去除，加工效率低，相比于传统数控机床加工，本申请实施例的方案采用具有金刚线的切割组件作为切割工具，能够通过两轴联动进行插补运动，利用金刚线切开曲面工件去除多余材料，无需逐层去除，最终利用特定走刀路径获得期望加工型面，采用金刚线切割时，对于较复杂形面，金刚线可多走几次线，进行轮廓加工，修出曲面，对于简单曲面，可一次切割成形，明显提高了加工效率和加工质量。另外，本申请实施例的方案有效拓展了金刚线切割的适用场景。

具体实施过程中，为更好实现 X 轴平台 103 和 Y 轴平台 102 的运动性能，可在 X 轴平台 103 的顶部设置第一滑道，相应地在 Y 轴平台 102 的底部设置第一滑块部，该第一滑块部与该第一滑道滑动配合；另外可在 Y 轴平台 102 的顶部设置第二滑道，在工作平台 101 的底部设置第二滑块部，第二滑块部与第二滑道滑动配合。为了实现 X 轴向和 Y 轴向运动的调整控制，载料平台还可以包括设置于 X 轴平台 103 与 Y 轴平台 102 之间的 X 轴向驱动机构以及设置于 Y 轴平台 103 与工作平台 101 之间的 Y 轴向驱动机构，轴向驱动机构可以采用丝母丝杠的方式实现。

作为一种优选，载料平台上可以设置相应的升降机构，用于驱动工作平台，使得工作平台能够沿 C 轴方向升降，C 轴方向垂直于前述的 X 轴方向和 Y 轴方向，即与下文中的 Z 轴平行。具体实施时，升降机构可以是油缸类的伸缩机构形式，也可以是滑道滑块的滑动配合形式，而且，升降机构可以单独驱动工作平台实现升降，也可以整体驱动 X 轴平台、Y 轴平台和工作平台，实现工作平台升降。由此可以实现下文中

切割组件沿 Z 轴运动相似的效果,以便在切割组件不具有 Z 轴运动功能或不便控制实现 Z 轴运动的情况下,由载料平台实现 C 轴升降来实现相应效果。

在此基础上,为了进一步提升线切割装置的加工性能和灵活性,切割组件 300 可以具有 Z 轴运动功能,具体而言,可在立柱 400 上开设 Z 轴滑槽 401,切割组件 300 (的安装框架 301) 通过滑板 302 与 Z 轴滑槽 401 滑动配合,在立柱 400 与滑板 302 之间还设置有升降调整机构(图中未示出),以实现切割组件 300 在立柱 400 上实现 Z 轴轴向升降,升降调整机构也可以采用丝母丝杠的方式。采用这种方案后,通过 Z 轴运动可实现切割组件 300 沿 Z 方向的调整,而无需配套多种工装,加工高度可以灵活调整,最大限度地匹配加工位置,将线弓对加工精度的影响降到最低。

此外,具体实施过程中,切割组件 300 可以采用不同的刀头方案,作为一种示例,如图所示,切割组件 300 可以包括安装框架 301,安装框架 301 上设置有用于绕设切割线的切割轮机构,该切割轮机构包括第一切割轮 303、第二切割轮 304、张力轮 305、驱动轮 306。其中,第一切割轮 303、第二切割轮 304、张力轮 305、驱动轮 306 依次间隔设置于安装框架 301 上,金刚线(图未示出)依次绕过各轮轮沿后分别形成环形丝,安装框架 301 通过滑板 302 设置于立柱 400 上。在使用过程中,驱动轮 306 用于给切割线网提供动力,带动金刚线运动从而为实现切割提供切削力,第一切割轮 303 和第二切割轮 304 分别用于支撑金刚线沿进给方向切割工件,两个切割轮之间的金刚线的线段为有效切割线长度,张力轮 305 用于为线网张紧而保持稳定切割张力提供保障。另外,各轮轮槽可以包括多个,这样金刚线可以仅采用单根进行单线切割,也可以采用多根以实现多线切割。

实施例 3-3

如图 14、图 15 和图 16 所示,本申请实施例的线切割装置可以包括载料平台 100、切割组件 300、立柱 400、底座 500。其中,立柱 400 设置于底座 500 上的第一位置,切割组件 300 设置于立柱 400 上,载料平台 100 设置于底座 500 上的第二位置。

载料平台 100 可以包括工作平台 101、整体沿 Y 轴方向延伸的 Y 轴平台 102、整体沿 X 轴方向延伸的 X 轴平台 103、C 轴转台 105。其中,X 轴平台 103 的底部设置于底座 500 的第二位置,Y 轴平台 102 可沿 X 轴方向移动地设置于 X 轴平台 103 上,工作平台 101 可沿 Y 轴方向移动地设置于 Y 轴平台 102 上,X 轴方向与 Y 轴方向垂直;C 轴转台 105 设置于工作平台 101 上,进而设置在 Y 轴平台 102 上,C 轴转台 105 用于承载和夹持待加工物料 200,C 轴转台 105 能够绕 C 轴方向转动,且 C 轴方向垂直于 X 轴方向和 Y 轴方向。具体实施过程中,工作平台 101 上可以设置工装 104,以方便对待加工物料 200 的承载和夹持。

在工作过程中,可通过调整工作平台 101 在 Y 轴平台 101 以及在 X 轴平台 103 的位置,以及调整 C 轴转台 105 的转动状态,进而使 C 轴转台 105 上的待加工物料 200 以预定的进给路线和角度靠近切割组件 300 的金刚线切割部位,从而实现待加工物料 200 的异性曲面加工。具体实施时,工件(对应于待切割物料 200)在 X 轴 Y 轴两轴联动驱动下可以相对刀头的金刚线相对运动,XYC 联动或者 XYZC(方案参见下文)联动,从而实现规划切割路径的运动,异形曲面的加工可通过金刚线有效切割段的路径规划来实现,在整个切割过程中,金刚线在切割组件轮系平面上运动从而得到相对于工件(对应于待切割物料 200)的走线运动,当工件相对金刚线有效切割段运动时,金刚线去除工件材料从而以规划路径实现异型面的切割。

结合前述以及现有技术的情况可知，现有技术方案中，异形曲面采用数控机床加工方式，对于将较大面加工成很小的面时，需要对工件进行逐层去除，加工效率低，相比于传统数控机床加工，本申请实施例的方案采用具有金刚线的切割组件作为切割工具，能够通过两轴联动进行插补运动，利用金刚线切开曲面工件去除多余材料，无需逐层去除，最终利用特定走刀路径获得期望加工型面，采用金刚线切割时，对于较复杂形面，金刚线可多走几次线，进行轮廓加工，修出曲面，对于简单曲面，可一次切割成形，明显提高了加工效率和加工质量；与未采用 C 轴功能的柔性加工方法相比，本申请实施例的方案在运动上更加灵活，尤其适合加工回转体类二维曲面，具体而言，尽管 X/Y 联动能够加工得到刀头两侧各半圆周的型面，但由于刀头无法穿越工件下方支撑工装，圆柱型面无法实现闭合，然而增设 C 轴后，当 X 轴和 Y 轴联动到设定位置并切入工件后，直接通过 C 轴回转运动即可以实现圆柱曲面的加工，加工型面闭合并且可以获得加好的加工精度。此外，本申请实施例的方案有效拓展了金刚线切割的适用场景。

具体实施过程中，为更好实现 X 轴平台 103 和 Y 轴平台 102 的运动性能，可在 X 轴平台 103 的顶部设置第一滑道，相应地在 Y 轴平台 102 的底部设置第一滑块部，该第一滑块部与该第一滑道滑动配合；另外可在 Y 轴平台 102 的顶部设置第二滑道，在工作平台 101 的底部设置第二滑块部，第二滑块部与第二滑道滑动配合。为了实现 X 轴向、Y 轴向运动的调整控制以及 C 轴平台的回转控制，载料平台还可以包括设置于 X 轴平台 103 与 Y 轴平台 102 之间的 X 轴向驱动机构、设置于 Y 轴平台 103 与工作平台 101 之间的 Y 轴向驱动机构以及设置于工作平台 101 与 C 轴转台 105 之间的 C 轴向回转机构，轴向驱动机构可以采用丝母丝杠的方式实现，C 轴回转机构可以采用电机驱动的方式实现。作为一种优选，载料平台上可以设置相应的升降机构，使得 C 轴转台能够沿 C 轴方向升降，即上下移动。具体实施时，升降机构可以采用油缸类的伸缩机构形式，也可以是滑道滑块的滑动配合形式，而且，升降机构可以单独驱动 C 轴转台实现升降，也可以整体驱动 X 轴平台、Y 轴平台和 C 轴转台，实现 C 轴转台升降。由此可以实现下文中切割组件沿 Z 轴运动相似的效果，以便在切割组件不具有 Z 轴运动功能或不便控制实现 Z 轴运动的情况下，由载料平台实现 C 轴升降来实现相应效果。

在此基础上，为了进一步提升线切割装置的加工性能和灵活性，切割组件 300 可以具有 Z 轴运动功能，具体而言，可在立柱 400 上开设 Z 轴滑槽 401，切割组件 300（的安装框架 301）通过滑板 302 与 Z 轴滑槽 401 滑动配合，在立柱 400 与滑板 302 之间还设置有升降调整机构（图中未示出），以实现切割组件 300 在立柱 400 上实现 Z 轴轴向升降，升降调整机构也可以采用丝母丝杠的方式。采用这种方案后，通过 Z 轴运动可实现切割组件 300 沿 Z 方向的调整，而无需配套多种工装，加工高度可以灵活调整，最大限度地匹配加工位置，将线弓对加工精度的影响降到最低。

此外，具体实施过程中，切割组件 300 可以采用不同的刀头方案，作为一种示例，如图所示，切割组件 300 可以包括安装框架 301 安装框架 301 上设置有用于绕设切割线的切割轮机构，该切割轮机构包括第一切割轮 303、第二切割轮 304、张力轮 305、驱动轮 306。其中，第一切割轮 303、第二切割轮 304、张力轮 305、驱动轮 306 依次间隔设置于安装框架 301 上，金刚线（图未示出）依次绕过各轮轮沿后分别形成环形丝，安装框架 301 通过滑板 302 设置于立柱 400 上。在使用过程中，驱动轮 306 用于给切割线网提供动力，带动金刚线运动从而为实现切割提供切削力，第一切割轮 303 和第二切割轮 304 分别用于支撑金刚线

沿进给方向切割工件，两个切割轮之间的金刚线的线段为有效切割线长度，张力轮 305 用于为线网张紧而保持稳定切割张力提供保障。

另外，具体实施时，可在计算机数控（CNC）系统的控制下同时协调运动进行加工，多轴联动显示整个切削轨迹过程的刀具轴矢量可根据需要改变，由 X、Y、Z 轨迹控制轴控制 C 轴实现，进而逐层去除材料，最终实现空间曲面加工。对于水平 X 轴、Y 轴正交滑台和 C 轴转台，3 轴联动可实现曲面运动，对于带 Z 轴的方案，再配以刀头进给 Z 轴，用于调节工件切点位于有效切割线段中点位置，则可实现更优线切割位置的 4 轴联动加工。

第四具体实施方式

本申请实施例的金刚线切割装置还包括异型防护门，本具体实施方式将对其异性防护门的结构进行详细说明。

实施例 4-1

下面结合图 17、图 18、图 19、图 20、图 21、图 22 和图 23 对本申请实施例的异型防护门进行详细说明。如图所示，本申请实施例的异型防护门可以包括助力装置 8100、牵引索 8200、防护门 8300 和升降导轨 8400。其中，升降导轨 8400 可以为两侧平行布置的双导轨，防护门 8300 为一体防护门结构，防护门 8300 可移动地设置于升降导轨 8400 上，牵引索 8200 的一端连接防护门 8300，另一端连接助力装置 8100，助力装置 8100 用于通过牵引索 8200 驱动防护门 8300 升降，为防护门 8300 的升降提供一定助力，使得现场操作人员只需要很小的操作力即可完成防护门 8300 的启用。

助力装置 8100 可以采用不同的助力形式，例如可以使用重物配重、气缸驱动或者电机驱动等，以实现轻操作力升降，图 18、图 19 和图 20 分别提供了不同的助力方案。在图 18 所示的助力方案中，助力装置 8100 包括定滑轮 8101 和配重 8102，其中定滑轮 8101 设置于升降导轨 8400 的顶端，牵引索 8200 的一端连接防护门 8300，另一端绕过定滑轮 8101 后连接于配重 8102，这样在使用过程中，操作人员即可借助助力装置 8100（配重 8102）实现轻操作力操作。在图 19 所示的助力方案中，助力装置 8100 包括定滑轮 8101 和气缸 8105，其中定滑轮 8101 设置于升降导轨 8400 的顶端，牵引索 8200 的一端连接防护门 8300，另一端绕过定滑轮 8101 后连接于气缸 8105 的活动端，这样在使用过程中，操作人员即可利用助力装置 8100（气缸 8105）实现轻操作力操作。在图 20 所示的助力方案中，助力装置 8100 包括驱动轮 8103、电机 8104 和配重 8102，驱动轮 8103 设置于升降导轨 8400 的顶端且与电机 8104 的输出轴驱动连接，牵引索 8200 的一端连接所述防护门 8300，另一端绕过驱动轮 8103 后连接于配重 8102，这样在使用过程中，操作人员即可利用助力装置 8100（电机 8104）实现轻操作力操作。

另外，牵引索 8200 具有柔性且能够实现牵引功能即可，例如可以采用钢丝绳、链条或橡胶皮带作为牵引材料，连接防护门 8300 与助力装置 8100。防护门 8300 可以根据操作区开口的形状，采用 Z 形、L 形等各种异型形状。升降导轨 8400 可以采用具备良好导向性和抗弯、抗扭性能的直线导轨作为升降导轨，这样能够有效的保持升降防护门 8300 升降动作的直线性和顺畅度。为了便于操作，防护门 8300 上可以设置操作把手。

结合图 21 至图 23 所示，在具体实施过程中，上述方案主要部分在实现上还可以进一步优化和具体

化。异型防护门可以在总体上包括滑轮总成 8110、钢丝绳总成 8210、配重总成 8120、升降导轨总成 8410 和防护门 8300 组成。

为了保障操作流畅和安全，防护门 8300 的两侧均布置有定滑轮总成 8110、钢丝绳总成 8210、配重总成 8120 和升降导轨总成 8410。其中，定滑轮总成 8110 可以主要由滑轮，轴承，固定轴，固定座组成，用于支撑钢丝绳在滑轮内运动，为升降防护门 8300 和配重总成 8120 建立力平衡提供支点。

钢丝绳总成 8210 可以由钢丝绳和锁扣等组成，连接升降防护门 8300 和配重总成 8120，用于传递两部分间的拉力。配重总成 8120 可以由配重块，导向块，缓存橡胶组成，主要用于平衡升降防护门 8300 的重量，实现轻操作力升降防护门。升降导轨总成 8410 可以采用具备良好刚性的低摩擦力直线导轨，为升降防护门 8300 的动作直线性提供保障。

防护门 8300 为主力防护件，用于防止切割冷却液溅出设备，并防止切割区高速件飞出，避免造成人员伤亡事故。其上可以设置高强度透明观察窗 8301，方便操作人员观察内部工作情况。防护门 8300 上可以设置挡水条 8302、导水檐 8303 和接水槽 8304。其中，挡水条 8302 可以与防护门 8300 形成迷宫结构，防止切割冷却液溅出。导水檐 8303 可以安装在防护门 8300 上，工作时用于将溅到防护门 8300 上的切割冷却液导流回切割室内；切割完成后，升起防护门 8300 时，可以将残余在防护门 8300 上的切割冷却液号流回切割室，使其不会滴落在操作人员身体上，从而保护操作人员。接水槽 8304 可以安装在防护门 8300 上挡水条 8302 和导水檐 8303 的下方，这样能够将此三个防护单元未能拦截的飞溅切割冷却液全部收集并送回切割室，防止其流出设备进入操作区地面。

实施例 4-2

本申请还提供一种金刚线切割装置实施例，该金刚线切割装置具有切割室，用于容纳切割组件，以在切割室的区域内对工件或棒料进行切割操作，该金刚线切割装置在对应所述切割室的开口位置处安装有如前述实施例中的异型防护门。该异形防护门能够覆盖切割室，保护操作人员的安全，防止切割室内的切割液等溅出等，同时还能提高操作效率。具体效果请见前文说明，此处不再赘述。

结合前述和现有技术可知，现有的推拉式防护门在做成异型结构后，在推拉时，异型结构的拐角处会侵占切割区域空间，并且在拉开后，为了保证切割冷却液不滴落地面，推拉门拉开的方向空间还需要设置与推拉门推拉行程等长的接水槽或加长底座，增加了设备尺寸、重量和成本，浪费了操作空间。而合页打开式防护门设计成异型结构后，在闭合时，就存在密封不严，漏切割冷却液的风险；向外打开时，会造成漏液；向内打开会增大了设备尺寸，增加了设备重量和成本，浪费了操作空间。而本申请实施例的方案通过采用可升降、可助力的一体防护门结构，防护门中间无需借助立柱支撑，操作人员的工作空间和视野更加开阔，升降防护门时只需要很小的操作力即可完成操作，操作更加简便，因此总体上有效提高了现场工作效率，也降低了操作事故的风险。

第五具体实施方式

实施例5-1

本实施方式提供一种线切割控制方法，需要说明的是，该方法可对应第一具体实施方式和第二具体实施方式中的金刚线切割装置执行。

请参阅图24、25，图24为本申请实施例提供的形面切割的结构示意图；图25为本申请实施例提供的线切割控制方法的流程结构示意图。在该具体的实施方式中，本申请提供的线切割控制方法，包括：

S10：获取预设待切割路径，预设待切割路径包括曲线路径；

预设待切割路径可通过在控制系统的图像界面内输入切割轨迹图像得到，或者直接在控制系统内输入坐标等，同时，预设线弓值可根据预设待切割路径进行设置，如不同的预设待切割路径可均设置统一预设线弓值，或者不同的预设待切割路径分别对应设置不同的预设线弓值。可根据实际需要进行设置，均在本申请的保护范围内。预设待切割路径包括曲线路径，可全部由曲线路径组成，或者由曲线路径和直线路径组成，可根据需要进行设置。

S20：根据预设待切割路径分别得到切割点的切线角度以及切割点与预设旋转轴的距离，计算得到切割点在预设待切割路径中对应的预设旋转轴的旋转角度；其中，预设旋转轴可设置在切割组件或载料组件上，根据旋转驱动装置的设置位置确定预设旋转轴。根据切割点的切线角度以及切割点与旋转轴的距离，计算预设旋转轴的旋转角度，以在行进过程中根据行进位置的不同，控制预设旋转轴旋转，使得切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致。而如何根据曲线上的某点的切线角度、以及该点与预设旋转轴的距离，计算该点在曲线中对应的预设旋转轴的旋转角度的计算为本领域的一种成熟的现有技术。

S30：根据预设旋转轴的旋转角度控制切割面和/或待切割物料绕预设旋转轴旋转，以使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面；其中，标准切割面为切割轮轮槽的中心线所在平面。其中，切割点的实际切割方向即为线弓方向的反方向，实际切割方向也即进给方向。所述的切割轮轮槽的中心线是切割轮槽最凹处（也即正常状态下切割线绕在切割轮上的位置）的圆周线，中心线所在平面即该圆周线所在平面。

可以理解的是，预设旋转轴可设置在切割工具和/或载料平台侧，根据预设旋转轴的旋转角度控制切割面和/或待切割物料旋转。

采用本申请实施例中提供的一种线切割控制方法，相较于现有技术，具有以下技术效果：

本申请通过获取预设待切割路径分别得到切割点的切线角度以及切割点与预设旋转轴的距离，计算切割点在预设待切割路径中对应的预设旋转轴的旋转角度；并根据预设旋转轴的旋转角度控制切割面和/或待切割物料旋转，使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面。由此以根据形面的曲线变化，自动转位调整被切割物料与金刚线行走的角度，使金刚线行走的每个切割点方向与该位置形面切线方向一致，且与标准切割面共面，从而维持稳定的线弓，实现线弓的大小和方向可控，避免因金刚线线弓变化导致理论切割图形与实际切割图形不吻合的问题，实现金刚线的高精度形面切割。

其中，上述方法还包括：**S40：**获取预设线弓值；**S50：**根据预设待切割路径和预设线弓值，确定切割点在预设待切割路径中的平面行进信息；**S60：**根据平面行进信息控制切割面和/或待切割物料行进。

平面行进信息包括预设待切割路径中的各切割点在平面直角坐标系中的 X、Y 轴坐标以及行进速度。或者，平面行进信息包括各切割点在预设待切割路径中的行进距离和行进速度。切割点根据平面行进信息

在形面内进行平面移动。

结合图 7 所示，图 7 为本申请实施例提供的平面直角坐标系的结构示意图；优选地，S50 之前，上述方法还包括：以旋转轴为坐标系原点建立平面直角坐标系，平面直角坐标系包括 X 轴和 Y 轴。由此以简化 X 轴和 Y 轴坐标的转算，减小计算误差，提高控制精度。

为了实时对线弓值进行检测及反馈，S60 之后，方法还包括：S70：获取当前切割点的实时线弓值；S80：根据当前切割点的实时线弓值校准当前切割点处的平面行进信息，得到当前切割点的实际平面行进信息，并根据实际平面行进信息控制切割点行进。

可以理解的是，根据当前切割点的实时线弓值校准当前切割点处的行进速度，进而调整当前切割点处的线弓大小，使得调整后的线弓等于预设线弓值，或处于预设线弓值合理误差范围内。

实施例5-2

基于上述线切割控制方法，本申请还提供一种线切割控制装置，上述方法和装置对应设置，可相互参照。应对理解的是，该线切割装置与第一具体实施方式、第二具体实施方式中金刚线切割装置的控制组件功能对应，可以视为是同一结构。

该线切割控制装置包括：预设待切割路径获取单元，用于获取预设待切割路径，预设待切割路径包括曲线路径；预设旋转轴的旋转角度计算单元，根据预设待切割路径分别得到切割点的切线角度以及切割点与预设旋转轴的距离，计算得到切割点在预设待切割路径中对应的预设旋转轴的旋转角度；切割点旋转角控制单元，根据预设旋转轴的旋转角度控制切割面和/或待切割物料绕预设旋转轴旋转，以使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面；其中，标准切割面为切割轮轮槽的中心线所在平面。

在一种实施例中，预设线弓值获取单元，用于获取预设线弓值；平面行进信息确定单元，用于根据预设待切割路径和预设线弓值，确定切割点在预设待切割路径中的平面行进信息；平面行进控制单元，用于根据平面行进信息控制切割面和/或待切割物料行进。

具体的，还包括：实时线弓获取单元，用于获取当前切割点的实时线弓值；平面行进信息校准单元，用于根据当前切割点的实时线弓值校准当前切割点处的平面行进信息，得到当前切割点的实际平面行进信息，并触发平面行进控制单元动作；平面行进控制单元，用于根据实际平面行进信息控制切割点行进。

下面结合前述第一、第二具体实施方式中的金刚线切割装置，来说明本实施方式的线切割控制装置的具体效果和原理。

如前所述，金刚线切割装置还包括：切割组件300，用于切割待切割物料；载料组件1，用于对带切割物料进行夹持固定。线切割控制装置分别与切割组件300和载料组件1连接，线切割控制装置用于根据预设待切割路径以及预设线弓值控制切割面和/或待切割物料绕预设旋转轴旋转，以使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面；其中，标准切割面为切割轮轮槽的中心线所在平面。

如图 5 所示，切割组件 300 包括切割面板、位于切割面板上的驱动装置（驱动导轮）、两个相对设置的切割轮，切割线分别绕过两个切割轮和一个驱动导轮，以形成切割线网。在其他实施例中，也可以根据

需要设置导轮，可根据实际需要进行切割组件 300 的设置，均在本申请的保护范围内。金刚线运行方式可以为长线往复式，也可以为环形丝单向式。主要作用是通过金刚线高速运转完成对物料的切割。

本申请通过获取预设待切割路径分别得到切割点的切线角度以及切割点与预设旋转轴的距离，计算切割点在预设待切割路径中对应的预设旋转轴的旋转角度；并根据预设旋转轴的旋转角度控制切割面和/或待切割物料旋转，使切割点的实际切割方向与预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面。由此可以根据形面的曲线变化，自动转位调整被切割物料与金刚线行走的角度，使金刚线行走的每个切割点方向与该位置形面切线方向一致，且与标准切割面共面，从而维持稳定的线弓，实现线弓的大小和方向可控，避免因金刚线线弓变化导致理论切割图形与实际切割图形不吻合的问题，实现金刚线的高精度形面切割。

可以理解的是，为了实现平面移动以及旋转运动，可分别在载料组件 1 和/或切割组件 300 上设置平面动力驱动组件和旋转动力驱动组件 2。如图 6 所示，图 6 为本申请另一实施例提供的线切割控制装置的结构示意图；在该实施例 1-1 中，旋转动力驱动组件 2 设置在切割组件 300 上，平面动力驱动组件设置在载料组件 1 上；如图 5 所示，图 5 为本申请另一实施例提供的线切割控制装置的结构示意图；在该实施例 1-2 中，旋转动力驱动组件 2 设置在载料组件 1 上，平面动力驱动组件设置在切割组件 300 上；而平面动力驱动组件包括第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4，以进行 X 轴和 Y 轴的移动，对于第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 的设置，也可以全部设置在切割组件 300 或载料组件 1 上；或者在另一实施例中，将第一方向驱动组件 3 和第二方向驱动组件 4 分别设置在切割组件 300 和载料组件 1 上，其具体的设置方式根据需要进行设置，均在本申请的保护范围内。

第一方向驱动组件 3 由驱动伺服电机、滚珠丝杠、直线导轨组成。其主要功能是驱动载料平台沿 X 轴做精确的往复直线运动。与 Y 轴联动，可以使载料平台做精确可控的曲线运动。第二方向驱动组件 4 由驱动伺服电机、滚珠丝杠、直线导轨组成。其主要功能是驱动载料平台沿 Y 轴做精确的往复直线运动。与 X 轴联动，可以使载料平台做精确可控的曲线运动。旋转动力驱动组件 2 由驱动伺服电机、联轴器、旋转轴承箱组成。其主要功能是根据切割曲线角度带动夹持装置做相应角度的旋转。

在 X 轴、Y 轴以外加入了旋转轴。在切割时，根据形面的曲线变化，切割刀具或者被切割物料会自动转位调整行走的角度，使金刚线行走的每个切割点方向都与该位置形面切线方向保持一致，从而维持固定的切割线弓，实现线弓的方向和大小可控。

本申请还包括角度检测组件，分别与控制组件和旋转轴驱动组件连接，用以检测切割组件 300 的旋转角度。以能够与旋转动力件的旋转角度进行对比，并反馈至控制组件进行判断以及调节。

同时，本申请还包括线弓检测组件，位于切割组件 300 上，线弓检测组件与控制组件连接，用以实时检测切割组件 300 的线弓值并反馈至控制组件，控制组件根据检测到的线弓值控制切割过程中的行进速度，进而实时调整线弓值与预设线弓值相等。在另一实施例中，线弓检测组件可设置在载料组件 1 上，可根据需要进行设置传感器的类型，优选为非接触式传感器，以减少对切割线的干扰。

在一种具体实施例中，采用物料两轴联动进给，也可以采用切割刀具两轴联动进给的切割方式。将旋转轴建立在夹持被切割物料的载物台上。切割前，根据不同的物料属性设定线弓大小，即理论位置与金刚

线实际位置的偏差值。切割时，在 X 轴、Y 轴联动进给的同时，通过控制程序的算法，载物平台带动被切割物料根据行走曲线旋转一定角度，使每个点的切割方向都与该位置形面切线方向保持一致，从而保证线弓弯曲方向和大小始终保持不变，实现对线弓方向和大小的有效控制，达到使用金刚线进行形面精确切割的目的。

上述装置实现了三轴运动，相比原技术增加了旋转轴运动，可以通过三轴联动，调整金刚线进给的方向和角度，使切割丝受力方向和大小始终保持不变；能够实现对金刚线切割线弓方向和大小的有效控制，而直线单轴切割和传统的两轴十字载料平台加工技术无法有效控制线弓方向和大小；通过三轴联动，能够有效控制切割丝的行走位置，提高进给精度，实现物料的精密形面加工。使金刚线受力方向和大小得到有效控制，能够降低甚至杜绝传统切割技术普遍存在的金刚线断线、金刚线脱线、切割导轮磨损过快和意外切坏等问题的发生频率，提高各个零部件的使用寿命，降低使用成本。

本申请实现了对金刚线切割线弓方向和大小的有效控制，能够更加精确的进行形面切割，再结合金刚线切割高效率的技术特性，能够实现高效、精确的数控形面切割。金刚线线弓方向和大小得到有效控制后，金刚线在切割过程中的无序游走和震动等无效切割问题会得到有效控制，既提高了断面质量，又可以有效降低金刚线无效切割造成的自身磨损，提高切割效率和使用寿命，进一步降低使用成本。

本申请提供一种设备，包括存储器和处理器，以及存储在存储器上且能够在处理器上运行的计算机程序，处理器执行计算机程序时，实现上述实施例任一项的线切割控制方法的步骤。

本申请提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，当计算机程序被处理器执行时，实现上述实施例任一项的线切割控制方法的步骤。

第六具体实施方式

本实施方式提供一种线切割控制方法，需要说明的是，该方法可对应第三具体实施方式中的金刚线切割装置执行。

下面结合图 26、图 27、图 28、图 29 以及图 8、图 9、图 10，对本申请实施例的线切割控制方法进行详细说明。为便于说明和描述，下面首先介绍线切割装置的总体组成，如图所示，该线切割装置可以包括载料平台 100、切割组件 300、立柱 400、底座 500。其中，立柱 400 设置于底座 500 上的第一位置，切割组件 300 设置于立柱 400 上，载料平台 100 设置于底座 500 上的第二位置。

载料平台 100 可以包括工作平台 101、Y 轴平台 102、X 轴平台 103、C 轴转台 105、B 轴转台，其中，X 轴平台 103 的底部设置于底座 500 的第二位置，Y 轴平台 102 可移动地设置于 X 轴平台 103 上，工作平台 101 可移动地设置于 Y 轴平台 102 上，B 轴转台包括固定部 106 和转动部 107，转动部 107 可转动地设置于固定部 106 上，固定部 106 设置于工作平台 101 上，C 轴转台 105 设置于转动部 107 上，C 轴转台 105 用于承载和夹持待加工物料 200。另外切割组件 300 具有 Z 轴联动功能，即其可在立柱 400 上升降，以与其他各轴实现联动。其中，X 轴和 Y 轴的轴向方向垂直，Z 轴分别垂直于 X 轴和 Y 轴的轴向方向，B 轴与 Y 轴的轴向方向平行，C 轴和 Z 轴的轴向方向垂直。具体实施过程中，C 轴转台 105 上可以设置工装 104，以方便对待加工物料 200 的承载和夹持。

值得说明的是，为了方便实施例的清晰阐述，在实施例附图中给出了 X 轴、Y 轴、Z 轴、B 轴和 C 轴

的具体方向，但根据本申请的设计精神，实质并不限定各轴方向与实施例保持一致，只要 X 轴、Y 轴和 Z 轴作为平移轴，各自轴向两两垂直，B 轴和 C 轴作为旋转轴，B 轴与 C 轴轴向垂直即可。

在工作过程中，可通过调整工作平台 101 在 Y 轴平台 102 以及在 X 轴平台 103 的位置，以及调整 B 轴转台和 C 轴转台 105 的转动状态，进而使 C 轴转台 105 上的待加工物料 200 以预定的进给路线和角度靠近切割组件 300 的金刚线切割部位，从而实现待加工物料 200 的异性曲面加工。具体实施时，工件（对应于待切割物料 200）在 X 轴 Y 轴两轴联动驱动下可以相对切割组件的金刚线相对运动，配合切割组件的 Z 轴移动，X 轴、Y 轴、Z 轴、B 轴、C 轴可以同时联动，分别实现多轴联动，这种多轴联动至少包括 X 轴方向的平移、Y 轴方向的平移及围绕 C 轴的转动，或者至少包括围绕 X 轴方向的平移、Y 轴方向的平移、Z 轴的平移、围绕 B 轴的转动及围绕 C 轴的转动，以此达到实现规划切割路径的运动，异形曲面的加工可通过金刚线有效切割段的路径规划来实现，在整个切割过程中，金刚线在切割组件轮系平面上运动从而得到相对于工件（对应于待切割物料 200）的走线运动，当工件相对金刚线有效切割段运动时，金刚线去除工件材料从而以规划路径实现异型面的切割。

本申请实施例的线切割控制方法用于上述具有切割组件 300 和载料平台 100 的线切割装置，切割组件 300 和载料平台 100 具有多轴联动功能，控制方法包括如下步骤：根据待加工物料 200 的曲面加工目标，确定各轴联动的运行轨迹；根据所述运行轨迹控制各轴运动，实现待加工物料的复杂曲面加工；其中，X 轴和 Y 轴联动实现曲面运动，B 轴用于实现空间曲面形状，C 轴在 B 轴的基础上进行，用于实现曲面加工以及保持切点跟踪。在切割过程中，根据欲获得成品的曲面变化，通过载料平台 100 的直线轴和旋转轴与金刚线切割组件 300 的直线轴的配合运动，调整被切割物料与金刚线切割组件 300 的接触位置、接触角度、进给位置、进给角度、进给行程等参数，使被切割物料与金刚线的每个接触切割点的行走方向始终与该位置曲面切线方向保持一致，从而实现在金刚线线弓的方向和大小可控的情况下，精确完成立体曲面的切割。

结合前述以及现有技术的情况可知，现有的异形曲面加工采用数控机床加工方式，对于将较大面加工成很小的面时，需要对工件进行逐层去除，加工效率低，相比于传统数控机床加工，本申请实施例的方案采用具有金刚线的切割组件作为切割工具，能够通过两轴联动进行插补运动，利用金刚线切开曲面工件去除多余材料，无需逐层去除，最终利用特定走刀路径获得期望加工型面，采用金刚线切割时，对于较复杂形面，切割组件多次走刀，进行轮廓加工，修出曲面，对于简单曲面，可一次切割成形，明显提高了加工效率和加工质量；与未采用 C 轴功能的柔性加工方法相比，本申请实施例的方案在运动上更加灵活，尤其适合加工回转体类二维曲面，具体而言，尽管 X/Y 联动能够加工得到刀头两侧各半圆周的型面，但由于刀头无法穿越工件下方支撑工装，圆柱型面无法实现闭合，然而增设 C 轴后，当 X 轴和 Y 轴联动到设定位置并切入工件后，直接通过 C 轴回转运动即可以实现圆柱曲面的加工，加工型面闭合并且可以获得加好的加工精度。另外，C 轴回转是在 B 轴回转轴上运动实现的，其中 B 轴可以正负两个方向摆动 0-90° 范围，C 轴可以绕自身轴线回转 0-360°，并且可以实现正反两个方向的连续旋转；为了规避加工中金刚线与回转工作台的干涉，可以在回转工作台上方设置工装 104，工件置于工装上方，工件连同工装置于回转工作台的 C 轴上，并且工件和工装、工作台 C 轴同轴设置，这样可以保证 C 轴回转时工件同轴转动，从而实现回转轴与直线轴的联动。此外，本申请实施例的方案有效拓展了金刚线切割的适用场景。

需要说明的是，前述实施例中，切割组件 300 和载料平台 100 具有多轴联动功能是指切割组件 300 和载料平台 100 这二者在总体上具备多轴联动功能，即在加工过程中具备多轴轴向运动自由度，并且能够根据加工的需要实施不同轴向运动自由度，从而在整体上完成预定的加工轨迹。从前述实施例可知，在多轴联动功能中，例如具备 XYZBC 五轴联动功能时，切割组件 300 具备 Z 轴功能，而载料平台具备 XYBC 轴功能；但在其他实施例中并不受限于此，也可以是切割组件 300 具备多种轴功能，而载料平台具备其中一种或者剩余种类的轴功能。

采用本申请实施例的方案后，在切割时，根据形面的曲线变化，切割刀具或者被切割物料会自动转位调整行走的角度，使金刚线行走的每个切割点方向都与该位置形面切线方向保持一致，从而维持固定的切割线弓，实现线弓的方向和大小可控。按照传统切割方法进行加工时，金刚线切割刀具不动，被切割物料通过数控程序的控制，沿 X 轴、Y 轴运动，由两联动形成运动曲线，实现形面切割。传统切割方法在进行两轴联动切割时，金刚线受到被切割物料的阻力，会沿着切割点的曲线切线方向产生线弓。由于切割刀具不动，切割轮槽中线就会与线弓弯曲方向产生偏差夹角。随着曲线形状的变化，金刚线受到的阻力大小和方向都会发生变化，线弓的弯曲方向和大小也会随着发生变化，使得偏差夹角的大小和方向不固定，从而造成切割轨迹不准确。而本申请实施例的方案针对上述问题，在 X 轴、Y 轴以外加入了旋转轴，通过被切割物料的转动实现金刚线的高精度形面切割。在切割时，被切割物料会根据形面的曲线变化自动转位调整行走的角度，使金刚线行走的每个切割点方向都与该位置形面切线方向保持一致，从而维持固定的切割线弓，实现线弓的方向和大小可控，避免因金刚线线弓导致理论切割图形与实际切割图形不吻合的问题，实现金刚线的高精度形面切割。

具体实施过程中，为更好实现 X 轴平台 103 和 Y 轴平台 102 的运动性能，可在 X 轴平台 103 的顶部设置第一滑道，相应地在 Y 轴平台 102 的底部设置第一滑块部，该第一滑块部与该第一滑道滑动配合；另外可在 Y 轴平台 102 的顶部设置第二滑道，在工作平台 101 的底部设置第二滑块部，第二滑块部与第二滑道滑动配合。为了实现 X 轴向、Y 轴向运动的调整控制以及 C 轴平台的回转控制，载料平台还可以包括设置于 X 轴平台 103 与 Y 轴平台 102 之间的 X 轴向驱动机构、设置于 Y 轴平台 102 与工作平台 101 之间的 Y 轴向驱动机构、设置于所述工作平台与所述 B 轴转台之间的 B 轴向回转机构以及设置于工作平台 101 与 C 轴转台 105 之间的 C 轴向回转机构，轴向驱动机构可以采用丝母丝杠的方式实现，B 轴向回转机构和 C 轴回转机构可以采用电机驱动的方式实现。在切割控制方法中，控制 X 轴、Y 轴、B 轴和 C 轴的运动分别通过控制 X 轴向驱动机构、Y 轴向驱动机构、B 轴向回转机构和 C 轴向回转机构的状态实现。

在此基础上，为了进一步提升线切割装置的加工性能和灵活性，可以优选切割组件 300 具有 Z 轴联动功能，具体而言，可在立柱 400 上开设 Z 轴滑槽 401，切割组件 300（的安装框架 301）通过滑板 302 与 Z 轴滑槽 401 滑动配合（其他实施例中也可以是滑块和导轨的配合形式），在立柱 400 与滑板 302 之间还设置有升降调整机构（图中未示出），以实现切割组件 300 在立柱 400 上实现 Z 轴轴向升降。升降调整机构可以通过伺服电机驱动高精滚珠丝杠，配合高精直线导轨，使切割组件在 Z 轴方向做精确运动。采用这种方案后，通过 Z 轴运动可实现切割组件 300 沿 Z 方向的调整，而无需配套多种工装，加工高度可以灵活调整，最大限度地匹配加工位置，将线弓对加工精度的影响降到最低。

切割组件具有 Z 轴功能后，在线切割控制方法中，Z 轴可以用于调节工件切点位于有效切割线段的中点位置，控制 Z 轴的运动可通过控制所述升降调整机构的状态实现。即本申请实施例的控制方法能够实现五轴空间多轴联动加工，五轴为 X 轴、Y 轴、Z 轴、B 轴、C 轴，B 轴：绕 Y 轴方向旋转，C 轴：绕 Z 轴方向旋转。以环线为例，利用数控系统实现基于 NC 的环形金刚线切割轨迹规划，以及基于 CAM 的加工路径程序编制。水平 X 轴、Y 轴正交滑台，两轴联动可实现曲面运动，在此基础上，增加两个方向转动，即 B、C 2 个轴，C 轴是建立在 B 轴的基础上，B 轴开口摆动，用于实现空间曲面形状，C 轴转动并且可 360° 往复或叠加转动，用于实现曲面加工并保证切点跟踪，再配以刀头进给 Z 轴，用于调节工件切点位于有效切割线段中点位置，则五轴基于 NC 的环形金刚线切割轨迹规划，以及 CAM 的加工路径程序编制配合联动实现复杂形面加工。

另外，传统切割方法在进行两轴联动切割时，金刚线受到被切割物料的阻力，会沿着切割点的曲线切线方向产生线弓，在加工曲面时，当通过 Y 轴侧向配合 X 轴进给运动时，金刚线受侧向力易从轮槽中蹦出来即产生跳线现象，即使不跳线，当金刚线受力方向反向变化时，线会打卷，使切割表面产生异常的痕迹，影响切割表面质量。在切削过程中，金刚线与工件一直处于很不稳定的位置关系，使得切削过程存在跳线、加工表面质量差问题，因此更好的方法是让刀头始终是沿着进给方向进行摆动，使金刚线一直压着走刀方向进行切割，即切点跟踪方法。本申请实施例的方案能够使金刚线一直压着走刀方向进行切割，此种状态下轮槽对线的把持力最好，使加工精度及质量均提高，而且采用五轴空间多轴联动可做三维异形复杂曲面加工，如二维曲线、曲面加工，三维圆柱、圆锥等其他形状加工。

此外，具体实施过程中，切割组件 300 可以采用不同的刀头方案，作为一种示例，如图所示，切割组件 300 可以包括安装框架 301、第一切割轮 303、第二切割轮 304、张力轮 305、驱动轮 306、金刚线（图未示出）。其中，第一切割轮 303、第二切割轮 304、张力轮 305、驱动轮 306 依次间隔设置于安装框架 301 上，金刚线依次绕过各轮轮沿后分别形成环形丝，安装框架 301 通过滑板 302 设置于立柱 400 上。在使用过程中，驱动轮 306 用于给切割线网提供动力，带动金刚线运动从而为实现切割提供切削力，第一切割轮 303 和第二切割轮 304 分别用于支撑金刚线沿进给方向切割工件，两个切割轮之间的金刚线的线段为有效切割线长度，张力轮 305 用于为线网张紧而保持稳定切割张力提供保障。

另外，具体实施时，可在计算机数控（CNC）系统的控制下同时协调运动进行加工，多轴联动显示整个切削轨迹过程的刀具轴矢量可根据需要改变，由 X、Y、Z 轨迹控制轴控制 B 轴、C 轴实现，进而逐层去除材料，最终实现空间曲面加工。对于水平 X 轴、Y 轴正交滑台和 B 轴、C 轴转台，四轴联动可实现曲面运动，对于带 Z 轴的方案，再配以刀头进给 Z 轴，用于调节工件切点位于有效切割线段中点位置，则可实现更优线切割位置的五轴联动加工。

尽管已描述了本申请的优选实施例，但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念，则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以，所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本申请范围的所有变更和修改。显然，本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的精神和范围。这样，倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内，则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

权 利 要 求 书

1. 一种金刚线切割装置，其特征在于，包括：

切割组件，用于切割待切割物料；

载料组件，用于对待切割物料进行夹持固定；

控制组件，分别与所述切割组件和所述载料组件连接，所述控制组件用于根据预设待切割路径控制切割面和/或待切割物料绕预设旋转轴旋转，以使切割点的实际切割方向与所述预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面；其中，所述标准切割面为切割轮轮槽的中心线所在平面。

2. 根据权利要求 1 所述的金刚线切割装置，其特征在于，还包括旋转动力驱动组件，所述旋转动力驱动组件包括：

旋转动力件，与所述控制组件连接；

旋转驱动件，一端与所述旋转动力件连接，另一端与所述切割组件连接；

所述控制组件控制所述旋转动力件动作，以驱动所述旋转驱动件带动所述切割组件转动。

3. 根据权利要求 2 所述的金刚线切割装置，其特征在于，所述载料组件与所述控制组件连接，用以控制所述载料组件沿所述预设待切割路径行进。

4. 根据权利要求 3 所述的金刚线切割装置，其特征在于，所述载料组件包括：

载料平台；

夹持组件，用于对待切割物料进行夹持；所述夹持组件位于所述载料平台上；

所述控制组件与所述载料平台连接，用以控制所述载料平台沿所述预设待切割路径行进。

5. 根据权利要求 4 所述的金刚线切割装置，其特征在于，还包括：

第一方向驱动组件，位于所述载料平台的底部，其中，第一方向平行于切割组件的切割线所在平面设置；所述第一方向驱动组件与所述控制组件连接，以带动所述载料平台沿第一方向移动；

第二方向驱动组件，位于所述载料平台的底部，其中，第二方向垂直于切割组件的切割线所在平面设置；所述第二方向驱动组件与所述控制组件连接，以带动所述载料平台沿第二方向移动。

6. 根据权利要求 5 所述的金刚线切割装置，其特征在于，所述第二方向驱动组件固定于所述载料平台的底部，所述第一方向驱动组件固定于所述第二方向驱动组件的底部。

7. 根据权利要求 2 所述的金刚线切割装置，其特征在于，所述旋转动力件为伺服电机；

所述旋转驱动件为齿轮轴驱动机构，所述伺服电机的输出端与所述齿轮轴驱动机构的一端连接，所述齿轮轴驱动机构的另一端与所述切割组件固定连接。

8. 根据权利要求 1 所述的金刚线切割装置，其特征在于，还包括旋转动力驱动组件，所述旋转动力驱动组件包括：

旋转动力件，与所述控制组件连接；

旋转驱动件，一端与所述旋转动力件连接，另一端与所述载料组件连接；

所述控制组件控制所述旋转动力件动作，以驱动所述旋转驱动件带动所述载料组件转动。

9. 根据权利要求 8 所述的金刚线切割装置，其特征在于，所述切割组件与所述控制组件连接，用以

控制所述切割组件沿所述预设物料进给路径行进。

10. 根据权利要求 1 所述的金刚线切割装置，其特征在于，还包括：

角度检测组件，分别与所述控制组件和所述旋转轴驱动组件连接，用以检测所述切割组件的旋转角度。

11. 根据权利要求 1 所述的金刚线切割装置，其特征在于，还包括：

线弓检测组件，位于所述切割组件上，所述线弓检测组件与所述控制组件连接，用以实时检测所述切割组件的线弓值并反馈至所述控制组件。

12. 根据权利要求 1 所述的金刚线切割装置，其特征在于，所述控制组件包括：

预设待切割路径获取单元，用于获取预设待切割路径，所述预设待切割路径包括曲线路径；

预设旋转轴的旋转角度计算单元，用于根据所述预设待切割路径得到各所述切割点的切线角度、所述切割点与所述预设旋转轴的距离，计算得到所述切割点在所述预设待切割路径中对应的所述预设旋转轴的旋转角度；

切割点旋转角控制单元，用于根据所述预设旋转轴的旋转角度控制切割面和/或待切割物料绕预设旋转轴旋转，以使所述切割点的实际切割方向与所述预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面；其中，所述标准切割面为切割轮轮槽的中心线所在平面。

13. 根据权利要求 12 所述的金刚线切割装置，其特征在于，所述控制组件还包括：

预设线弓值获取单元，用于获取预设线弓值；

平面行进信息确定单元，用于根据所述预设待切割路径和所述预设线弓值，确定所述切割点在所述预设待切割路径中的平面行进信息；

平面行进控制单元，用于根据所述平面行进信息控制切割面和/或待切割物料行进。

14. 根据权利要求 13 所述的金刚线切割装置，其特征在于，所述控制组件还包括：

实时线弓获取单元，用于获取当前切割点的实时线弓值；

实际平面行进信息确定单元，用于根据所述当前切割点的实时线弓值校准所述当前切割点处的所述平面行进信息，得到所述当前切割点的实际平面行进信息，并触发所述平面行进控制单元动作；

所述平面行进控制单元，用于根据所述实际平面行进信息控制所述切割点行进。

15. 根据权利要求 1 所述的金刚线切割装置，其特征在于，所述金刚线切割装置为卧式金刚线切割机。

16. 根据权利要求 1 所述的金刚线切割装置，其特征在于，包括底座和载料平台，所述切割组件设置于所述底座上方，所述载料平台与切割组件对应设置，所述载料平台包括设置于所述底座上的 X 轴平台，所述 X 轴平台沿 X 轴方向延伸；

设置于 X 轴平台上并能够沿所述 X 轴方向移动的 Y 轴平台，所述 Y 轴平台沿 Y 轴方向延伸，所述 X 轴方向与所述 Y 轴方向垂直；

设置于 Y 轴平台上并能够沿所述 Y 轴方向移动的 B 轴转台，所述 B 轴转台能够绕 B 轴方向转动，所述 B 轴方向与所述 Y 轴方向平行；

以及设置于 B 轴转台上并能够绕 C 轴方向转动的 C 轴转台，所述 C 轴转台用于承载夹持待加工物料，所述 C 轴方向垂直于所述 B 轴方向。

17. 根据权利要求 1 所述的金刚线切割装置，其特征在于，包括底座和载料平台，所述切割组件设置于所述底座上方，所述载料平台包括设置于所述底座上的 X 轴平台，所述 X 轴平台沿 X 轴方向延伸；

设置于 X 轴平台并能够沿所述 X 轴方向移动的 Y 轴平台，所述 Y 轴平台沿 Y 轴方向延伸，所述 X 轴方向与所述 Y 轴方向垂直；

以及能够沿所述 Y 轴方向移动地设置于 Y 轴平台的工作平台，所述工作平台用于承载夹持待加工物料。

18. 根据权利要求 1 所述的金刚线切割装置，其特征在于，包括底座和载料平台，所述切割组件设置于所述底座上方，所述载料平台包括设置于所述底座上的 X 轴平台，所述 X 轴平台沿 X 轴方向延伸；

设置于 X 轴平台上并能够沿所述 X 轴方向移动的 Y 轴平台，所述 Y 轴平台沿 Y 轴方向延伸，所述 X 轴方向与所述 Y 轴方向垂直；

以及设置于 Y 轴平台上并能够沿 Y 轴移动的 C 轴转台，所述 C 轴转台用于承载夹持待加工物料，且所述 C 轴转台能够绕 C 轴方向转动，所述 C 轴方向垂直于所述 X 轴方向和所述 Y 轴方向。

19. 根据权利要求 1 所述的金刚线切割装置，其特征在于，具有切割室，对应所述切割室的开口位置处安装有异型防护门；

所述异型防护门包括安装在金刚线切割装置上的升降导轨，设置于所述升降导轨上的防护门以及用于驱动所述防护门在所述升降导轨上移动的助力装置；其中，所述防护门的截面形状为折线形，覆盖所述金刚线切割装置的切割室并匹配所述金刚线切割装置的轮廓。

20. 一种线切割控制方法，其特征在于，包括：

获取预设待切割路径，所述预设待切割路径包括曲线路径；

根据所述预设待切割路径分别得到切割点的切线角度以及所述切割点与预设旋转轴的距离，计算得到所述切割点在所述预设待切割路径中对应的所述预设旋转轴的旋转角度；

根据所述预设旋转轴的旋转角度控制切割面和/或待切割物料绕所述预设旋转轴旋转，以使所述切割点的实际切割方向与所述预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面；其中，所述标准切割面为切割轮轮槽的中心线所在平面。

21. 根据权利要求 20 所述的线切割控制方法，其特征在于，所述方法还包括：

获取预设线弓值；根据所述预设待切割路径和所述预设线弓值，确定所述切割点在所述预设待切割路径中的平面行进信息；根据所述平面行进信息控制切割面和/或待切割物料行进。

22. 根据权利要求 21 所述的线切割控制方法，其特征在于，所述根据所述平面行进信息控制切割面和/或待切割物料行进之后，所述方法还包括：获取当前切割点的实时线弓值；根据所述当前切割点的实时线弓值校准所述当前切割点处的所述平面行进信息，得到所述当前切割点的实际平面行进信息，并根据所述实际平面行进信息控制所述切割点行进。

23. 根据权利要求 22 所述的线切割控制方法，其特征在于，所述平面行进信息包括所述预设待切割路

径中的各切割点在平面直角坐标系中的 X、Y 轴坐标以及行进速度。

24. 根据权利要求 20 所述的线切割控制方法，其特征在于，所述根据所述预设待切割路径和所述预设线弓值，确定所述切割点在所述预设待切割路径中的平面行进信息之前，所述方法还包括：

以所述预设旋转轴为坐标系原点建立平面直角坐标系，所述平面直角坐标系包括 X 轴和 Y 轴。

25. 一种线切割控制方法，应用于金刚线切割装置，其特征在于，所述金刚线切割装置设置有可多轴联动的切割组件和载料组件，所述载料组件包括载料平台和用于夹持待切割物料的夹持组件；所述夹持组件位于所述载料平台上；所述控制方法包括：根据待加工物料的曲面加工目标，确定各轴联动的运行轨迹；根据所述运行轨迹控制各轴运动，实现待加工物料的曲面加工；其中，所述多轴联动至少包括围绕 X 轴方向的平移、Y 轴方向的平移、Z 轴方向的平移、围绕 B 轴的转动及围绕 C 轴的转动；X 轴和 Y 轴的轴向方向垂直，Z 轴分别垂直于 X 轴和 Y 轴的轴向方向，B 轴与 Y 轴的轴向方向平行，C 轴和 B 轴的轴向方向垂直。

26. 如权利要求 25 所述的线切割控制方法，其特征在于，所述载料平台具有 X 轴、Y 轴、B 轴和 C 轴联动功能。

27. 如权利要求 26 所述的线切割控制方法，其特征在于，在所述线切割装置中，所述载料平台包括设置于底座上的 X 轴平台、设置于 X 轴平台上的 Y 轴平台、设置于 Y 轴平台上的 B 轴转台以及设置于 B 轴转台上的 C 轴转台，所述 C 轴转台用于承载夹持待加工物料。

28. 如权利要求 26 所述的线切割控制方法，其特征在于，所述切割组件具有 Z 轴联动功能，Z 轴联动用于调节工件切点位于有效切割线段的中点位置。

29. 如权利要求 28 所述的线切割控制方法，其特征在于，在所述线切割装置中，立柱设置于底座上，所述立柱上开设有 Z 轴滑槽，所述切割组件通过滑板与所述 Z 轴滑槽滑动配合。

30. 如权利要求 29 所述的线切割控制方法，其特征在于，所述线切割装置还包括设置于所述立柱与所述滑板之间的升降调整机构；在所述控制方法中，控制 Z 轴的运动通过控制所述升降调整机构的状态实现。

31. 如权利要求 27 所述的线切割控制方法，其特征在于，所述载料平台还包括工作平台，所述工作平台设置于所述 Y 轴平台上，所述 B 轴转台包括相连接的固定部和转动部，所述固定部设置于所述工作平台上，所述 C 轴转台设置于所述转动部上。

32. 如权利要求 31 所述的线切割控制方法，其特征在于，所述 X 轴平台的顶部设置有第一滑道，所述 Y 轴平台的底部设置有第一滑块部，所述第一滑块部与所述第一滑道滑动配合。

33. 根据权利要求 32 所述的线切割控制方法，其特征在于，所述 Y 轴平台的顶部设置有第二滑道，所述工作平台的底部设置有第二滑块部，所述第二滑块部与所述第二滑道滑动配合。

34. 根据权利要求 33 所述的线切割控制方法，其特征在于，所述载料平台还包括设置于所述 X 轴平台与所述 Y 轴平台之间的 X 轴向驱动机构、设置于所述 Y 轴平台与所述工作平台之间的 Y 轴向驱动机构、设置于所述工作平台与所述 B 轴转台之间的 B 轴向回转机构以及设置于所述 B 轴转台与所述 C 轴转台之间的 C 轴向回转机构；在所述控制方法中，控制 X 轴、Y 轴、B 轴和 C 轴的运动分别通过控制 X 轴向驱动机构、

Y 轴向驱动机构、B 轴向回转机构和 C 轴向回转机构的状态实现。

35. 一种线切割控制装置，其特征在于，包括：

预设待切割路径获取单元，用于获取预设待切割路径，所述预设待切割路径包括曲线路径；

预设旋转轴的旋转角度计算单元，根据所述预设待切割路径分别得到切割点的切线角度以及所述切割点与预设旋转轴的距离，计算得到所述切割点在所述预设待切割路径中对应的所述预设旋转轴的旋转角度；

切割点旋转角控制单元，根据所述预设旋转轴的旋转角度控制切割面和/或待切割物料绕所述预设旋转轴旋转，以使所述切割点的实际切割方向与所述预设待切割路径中切割点处的切线方向一致，且与标准切割面共面；其中，所述标准切割面为切割轮轮槽的中心线所在平面。

36. 一种设备，包括存储器和处理器，以及存储在所述存储器上且能够在所述处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时，实现权利要求 20-24 任一项所述的线切割控制方法的步骤。

37. 一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，当所述计算机程序被处理器执行时，实现权利要求 20-24 任一项所述的线切割控制方法的步骤。

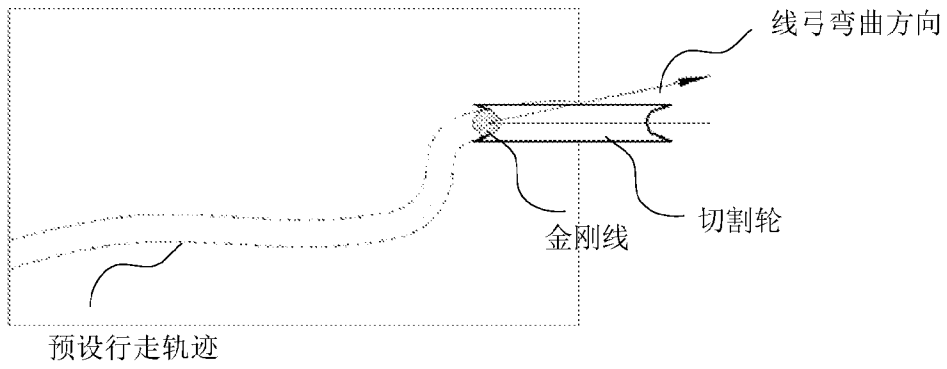


图 1

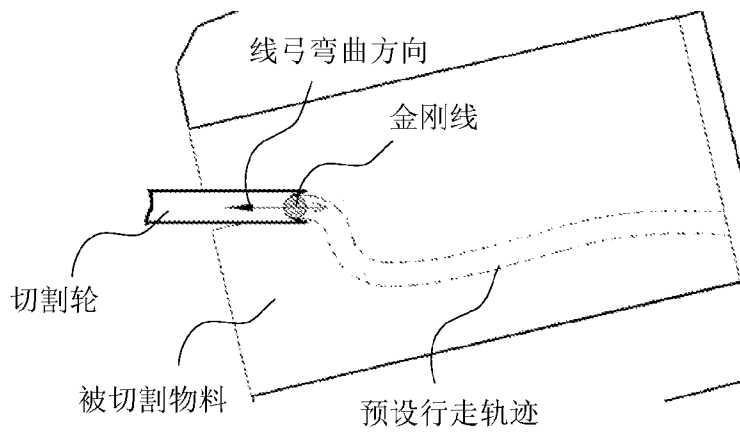


图 2

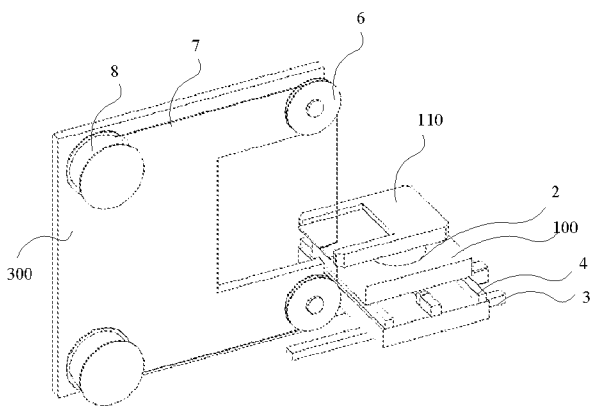


图 3

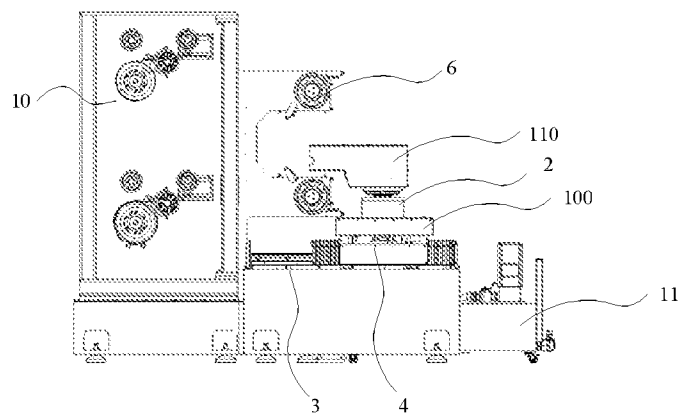


图 4

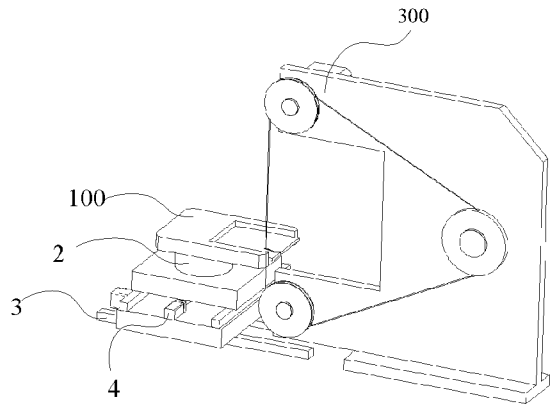


图 5

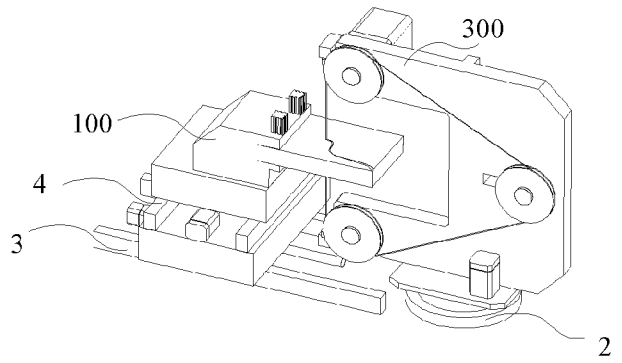


图 6

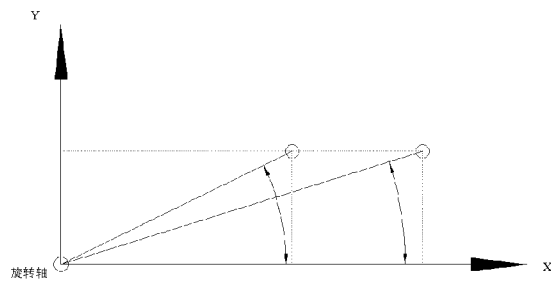


图 7

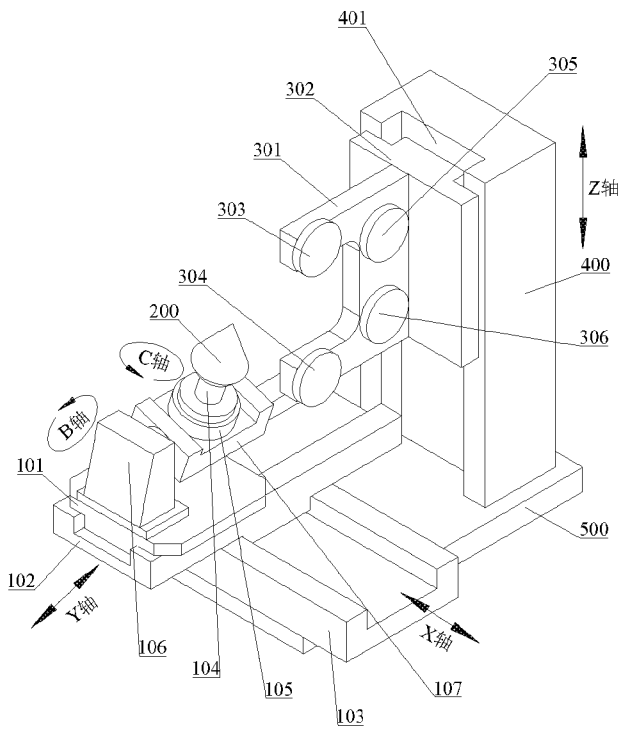


图 8

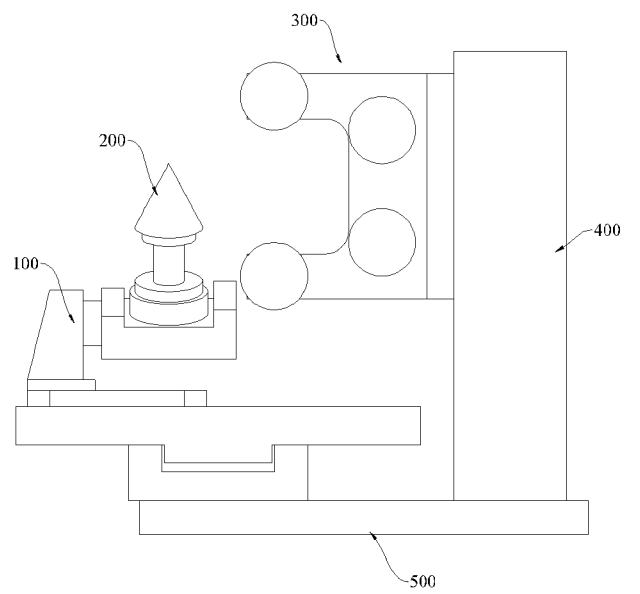


图 9

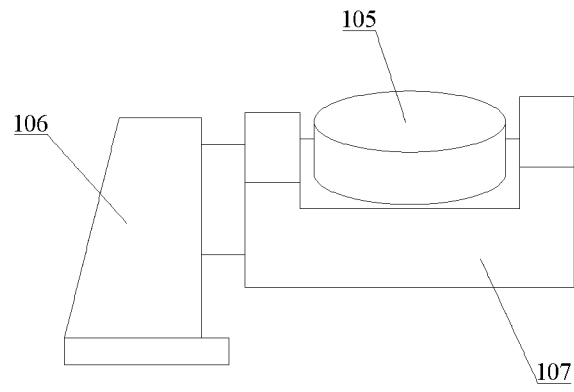


图 10

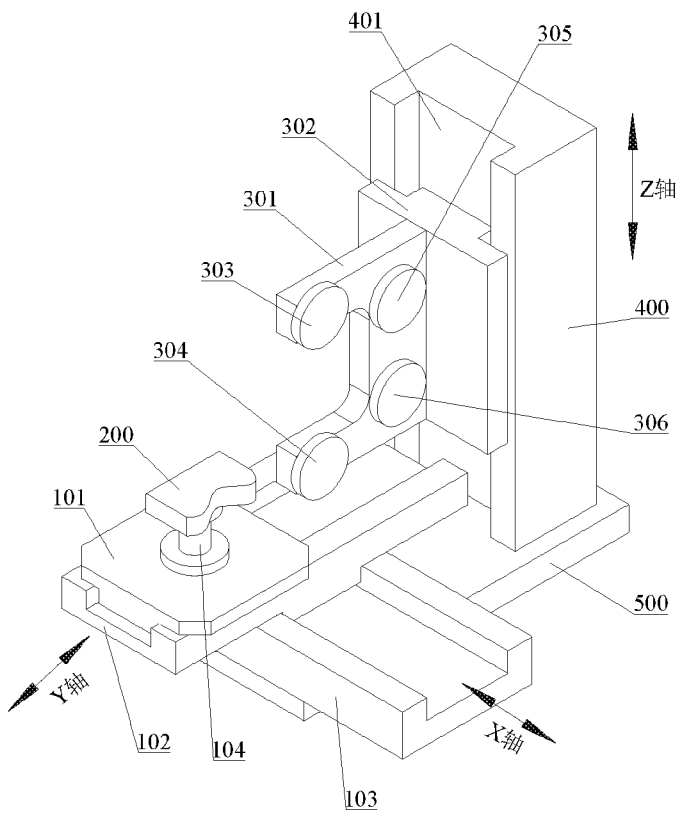


图 11

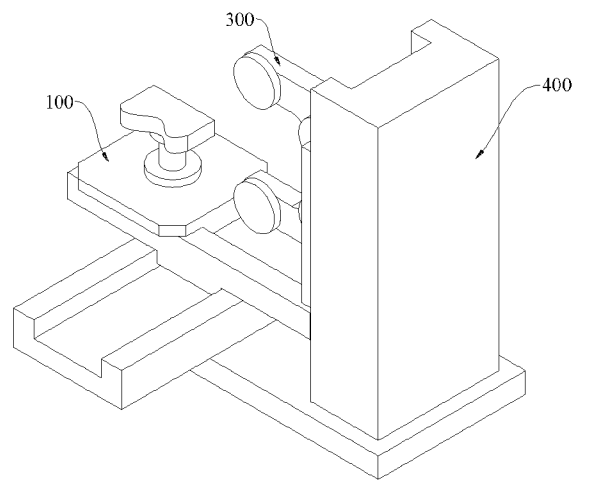


图 12

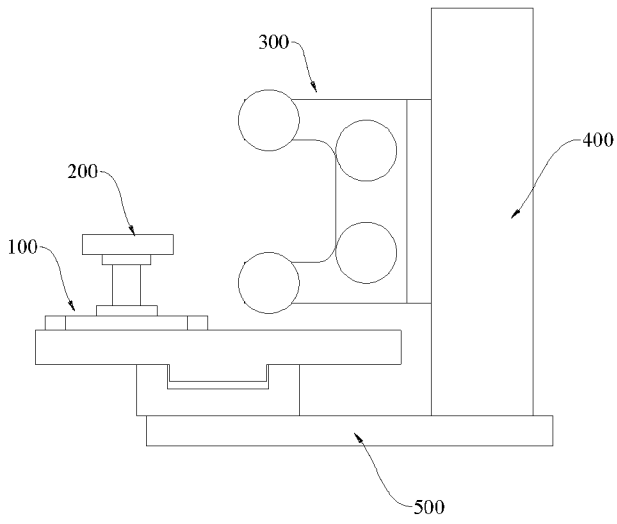


图 13

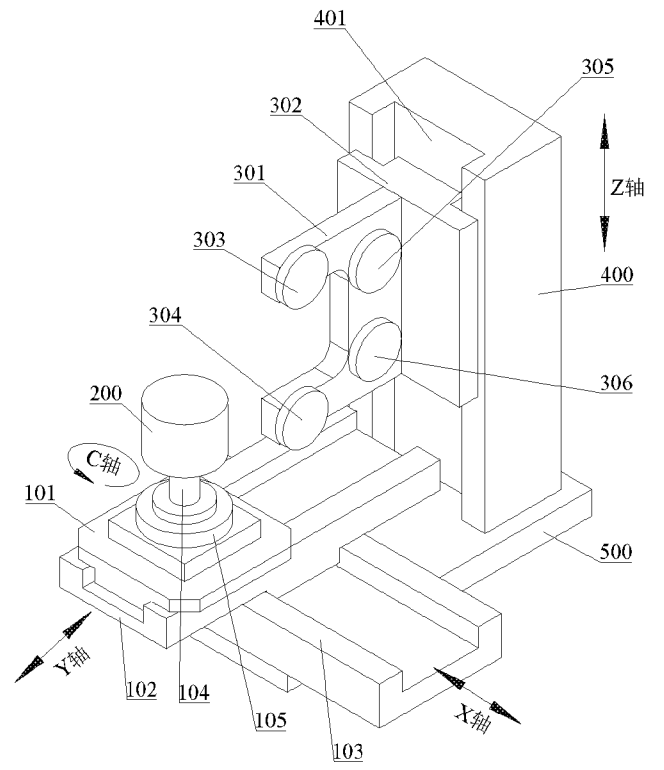


图 14

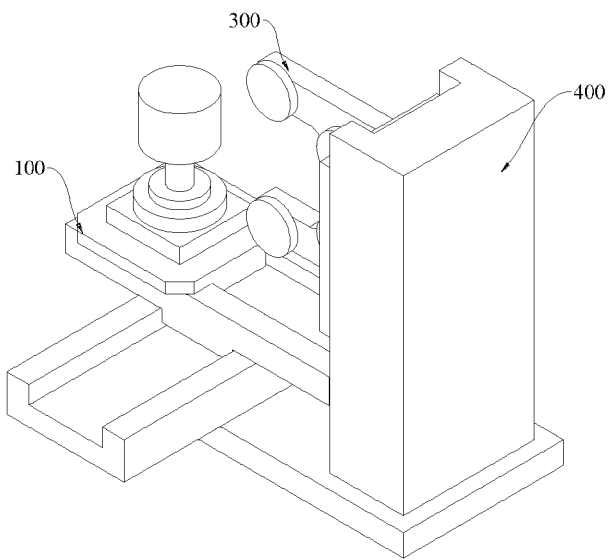


图 15

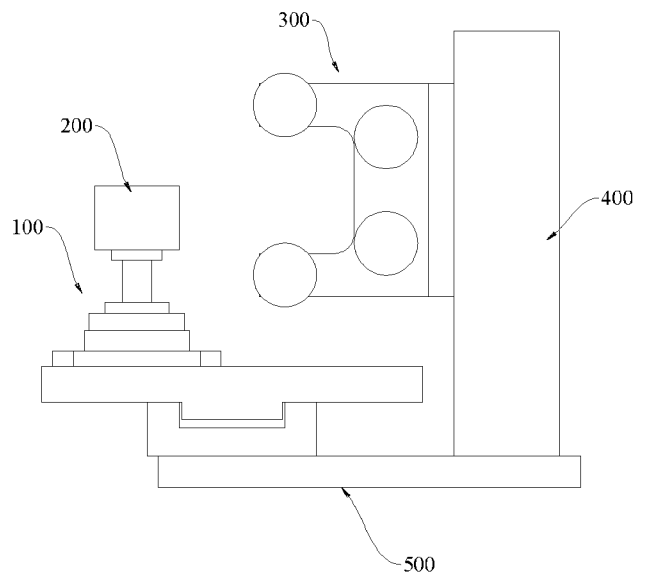


图 16

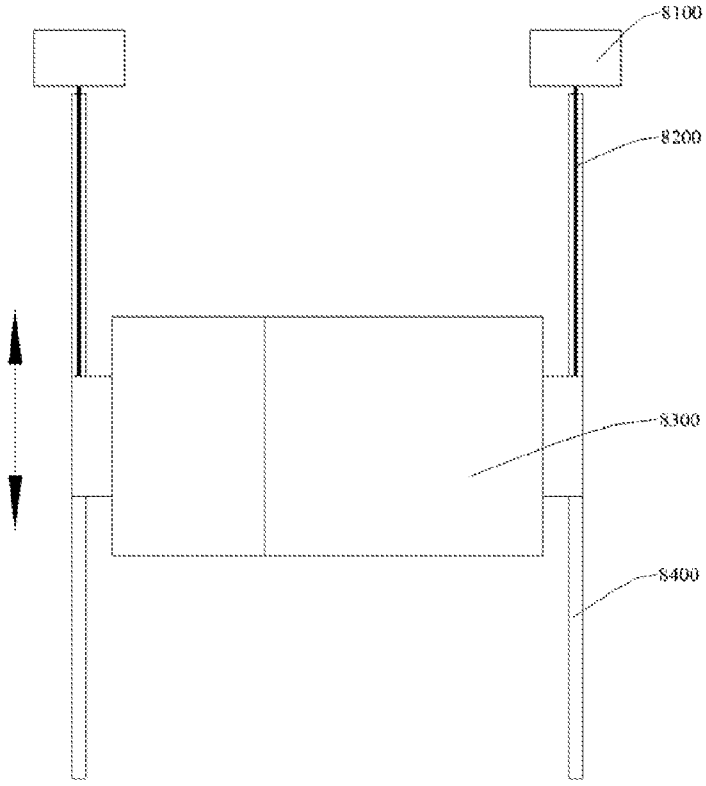


图 17

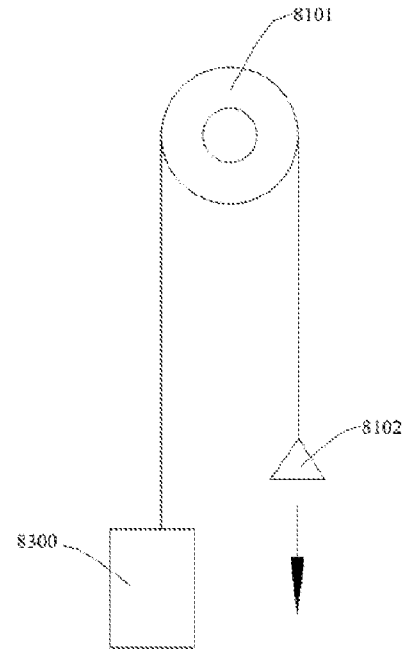


图 18

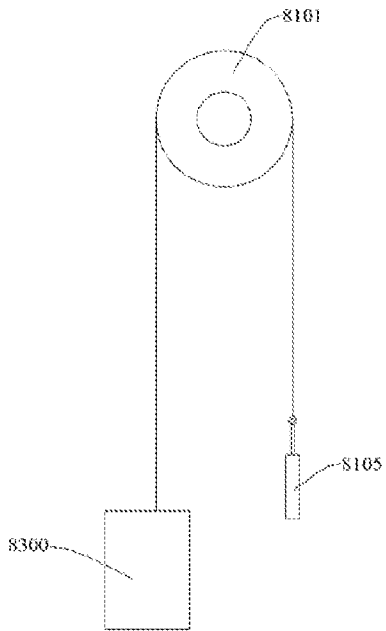


图 19

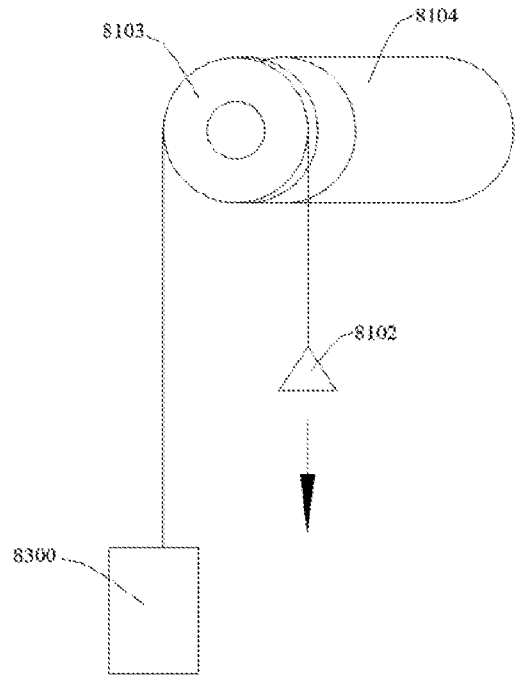


图 20

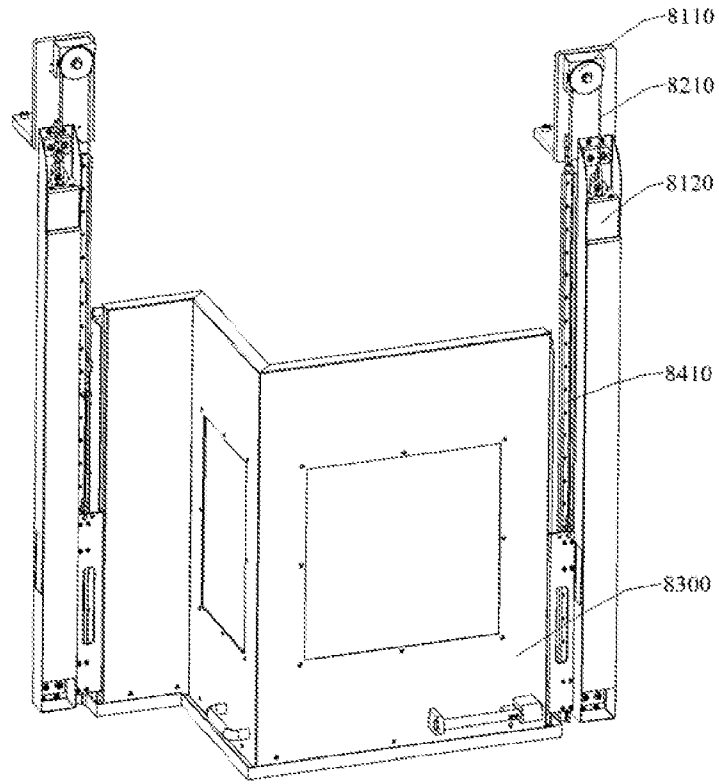


图 21

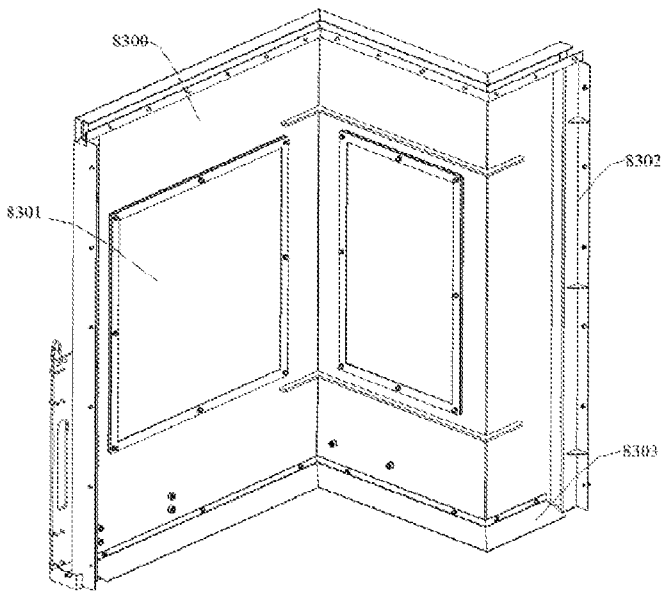


图 22

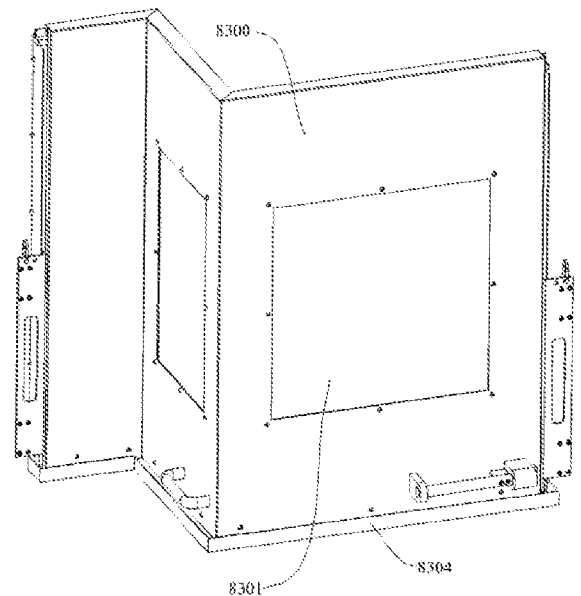


图 23

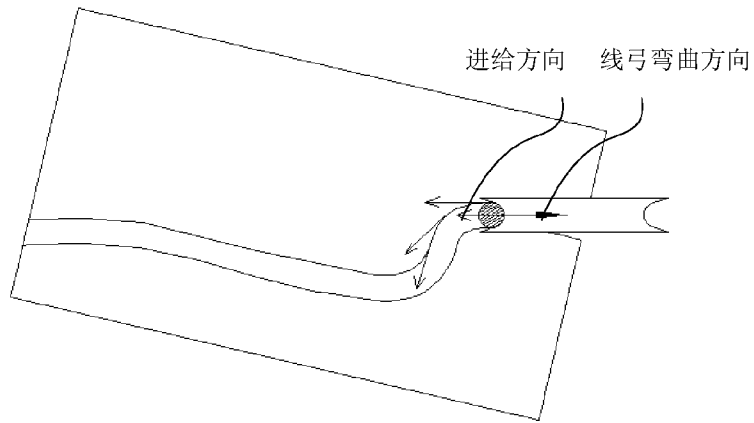


图 24

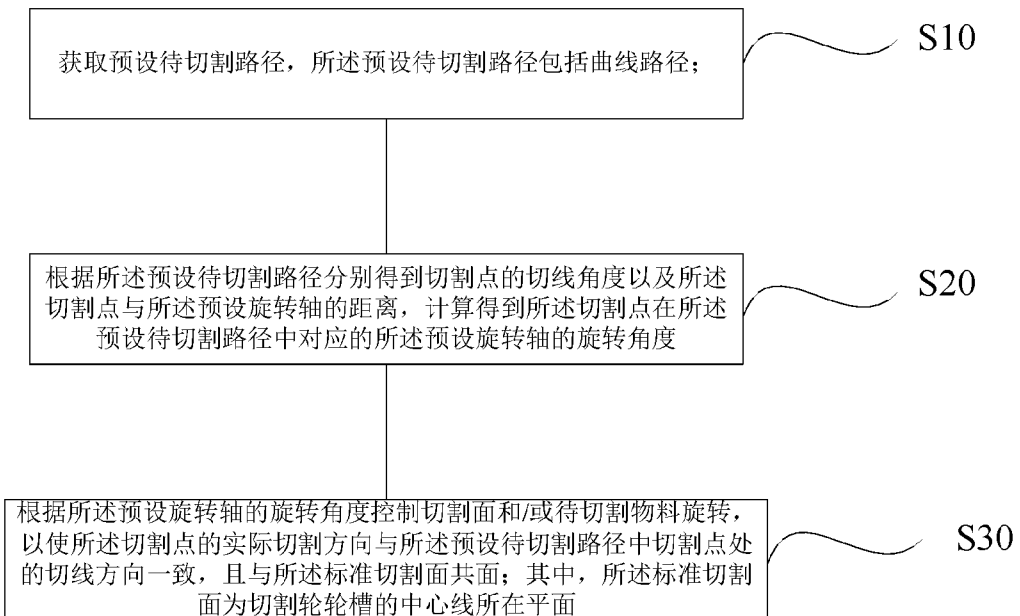


图 25

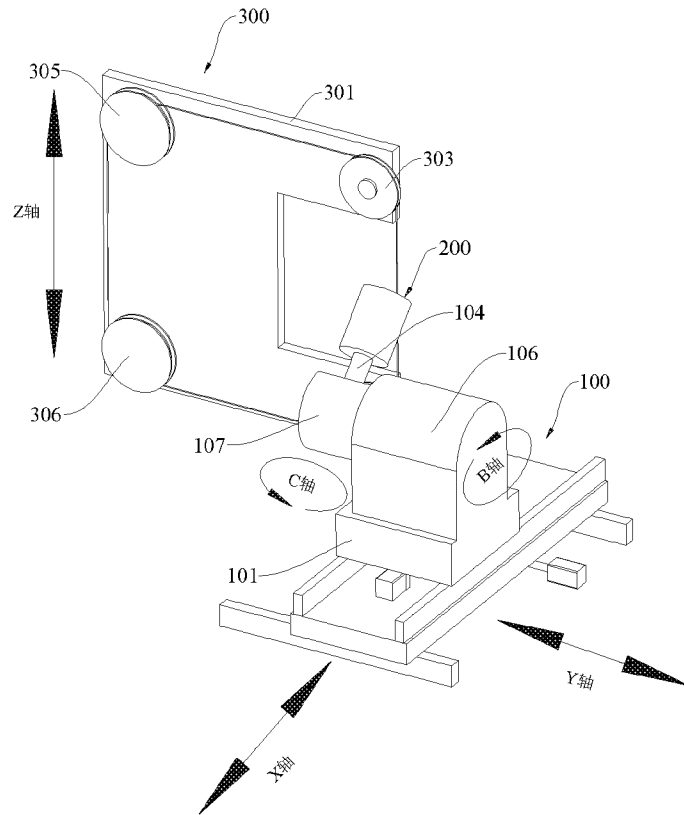


图 26

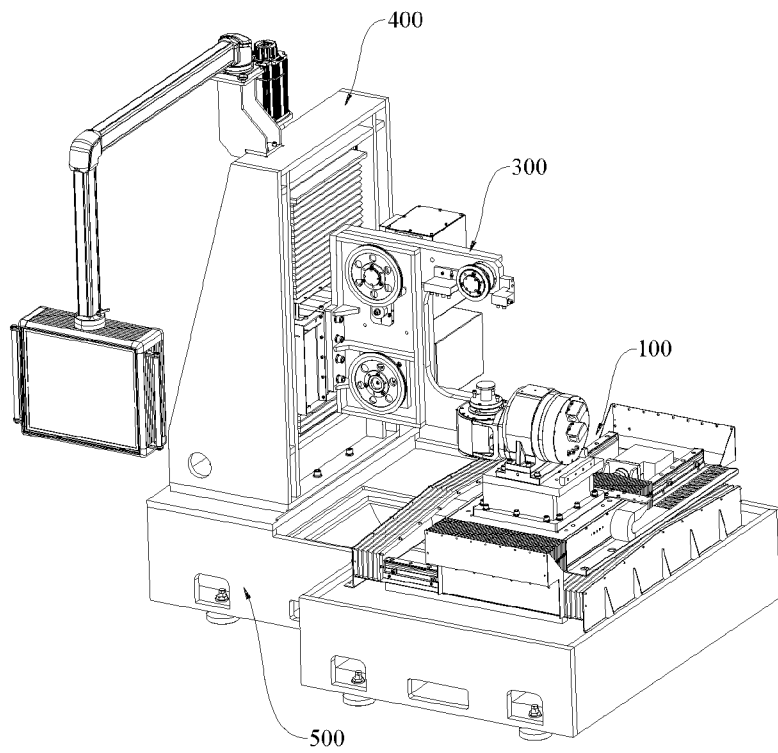


图 27

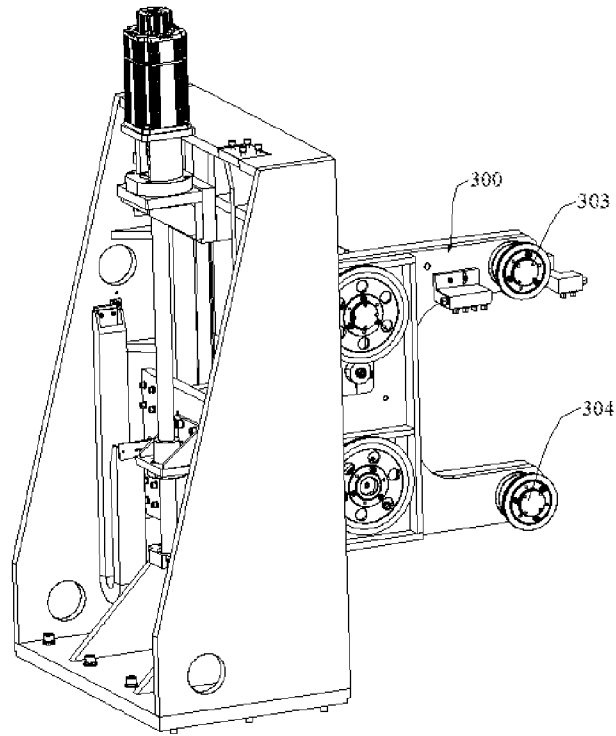


图 28

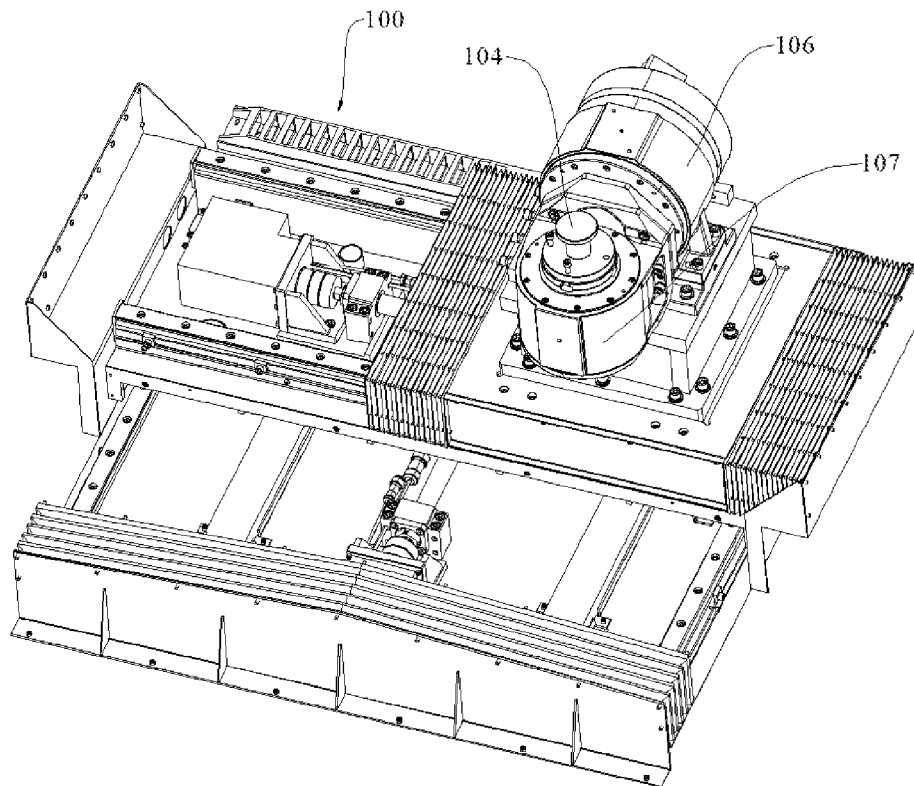


图 29

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/103801

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B28D5/04(2006.01)i; B23H7/02(2006.01)i; B23D57/02(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)

IPC: B23H,B28D,B23D

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)

CNTXT, WPABSC, VEN, CNKI: 轨迹, 路径, 方向, 角度, 曲, 弧, 旋转, 转动, 门, 罩, 升降, 折线, path, route, way, direction, angle, arc, curve? , door, shield, cover, lift+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 114985857 A (QINGDAO GAOCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 02 September 2022 (2022-09-02) description, paragraphs 46-95, and figures 1-6	1-15, 17-18, 20-24, 35-37
PY	CN 114985857 A (QINGDAO GAOCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 02 September 2022 (2022-09-02) description, paragraphs 46-95, and figures 1-6	16, 19, 25-34
PX	CN 115008322 A (QINGDAO GAOCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 06 September 2022 (2022-09-06) description, paragraphs 61-145, and figures 1-7	1-15, 17-18, 20-24, 35-37
PY	CN 115008322 A (QINGDAO GAOCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 06 September 2022 (2022-09-06) description, paragraphs 61-145, and figures 1-7	16, 19, 25-34
PY	CN 219171327 U (QINGDAO GAOCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 June 2023 (2023-06-13) description, paragraphs 41-48, and figures 1-3	16, 25-34

 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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

09 October 2023

Date of mailing of the international search report

19 October 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/103801

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PY	CN 219170308 U (QINGDAO GAOCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 June 2023 (2023-06-13) claim 1, and figures 1-4	19
X	JP 2014073549 A (KOMATSU NTC LTD.) 24 April 2014 (2014-04-24) description, paragraphs 28-75, and figures 1-11	1-18, 20-37
X	CN 101500753 A (NAGASAKI UNIVERSITY) 05 August 2009 (2009-08-05) description, embodiment 3, and figures 1A-13	1-18, 20-37
Y	CN 101500753 A (NAGASAKI UNIVERSITY) 05 August 2009 (2009-08-05) description, embodiment 3, and figures 1A-13	19
Y	CN 215316169 U (LANGFANG NOVICK INTELLIGENT EQUIPMENT MANUFACTURING CO., LTD.) 28 December 2021 (2021-12-28) description, paragraph 38, and figure 3	19
A	CN 113306029 A (FUZHOU TIANRUI SCROLL SAW TECHNOLOGY CO., LTD.) 27 August 2021 (2021-08-27) entire document	1-37
A	CN 205889589 U (TAIZHOU SHUANGHUI MACHINERY EQUIPMENT CO., LTD.) 18 January 2017 (2017-01-18) entire document	1-37
A	JP 2005034980 A (KOIDE KINZOKU KOGYO K.K.) 10 February 2005 (2005-02-10) entire document	1-37

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/103801

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	114985857	A	02 September 2022	None	
CN	115008322	A	06 September 2022	None	
CN	219171327	U	13 June 2023	None	
CN	219170308	U	13 June 2023	None	
JP	2014073549	A	24 April 2014	JP 6004473 B2	12 October 2016
CN	101500753	A	05 August 2009	US 2009320658 A1	31 December 2009
				US 8205534 B2	26 June 2012
				JPWO 2008001816 A1	26 November 2009
				JP 4998928 B2	15 August 2012
				WO 2008001816 A1	03 January 2008
CN	215316169	U	28 December 2021	None	
CN	113306029	A	27 August 2021	None	
CN	205889589	U	18 January 2017	None	
JP	2005034980	A	10 February 2005	JP 3934620 B2	20 June 2007

<p>A. 主题的分类</p> <p>B28D5/04(2006.01)i; B23H7/02(2006.01)i; B23D57/02(2006.01)i</p> <p>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</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>IPC: B23H,B28D,B23D</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNTEXT,WPABSC,VEN,CNKI: 轨迹, 路径, 方向, 角度, 曲, 弧, 旋转, 转动, 门, 罩, 升降, 折线, path, route, way, direction, angle, arc, curve?, door, shield, cover, lift+</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 114985857 A (青岛高测科技股份有限公司) 2022年9月2日 (2022 - 09 - 02) 说明书第46-95段, 图1-6</td> <td>1-15, 17-18, 20-24, 35-37</td> </tr> <tr> <td>PY</td> <td>CN 114985857 A (青岛高测科技股份有限公司) 2022年9月2日 (2022 - 09 - 02) 说明书第46-95段, 图1-6</td> <td>16, 19, 25-34</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 115008322 A (青岛高测科技股份有限公司) 2022年9月6日 (2022 - 09 - 06) 说明书第61-145段, 图1-7</td> <td>1-15, 17-18, 20-24, 35-37</td> </tr> <tr> <td>PY</td> <td>CN 115008322 A (青岛高测科技股份有限公司) 2022年9月6日 (2022 - 09 - 06) 说明书第61-145段, 图1-7</td> <td>16, 19, 25-34</td> </tr> <tr> <td>PY</td> <td>CN 219171327 U (青岛高测科技股份有限公司) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 说明书第41-48段, 图1-3</td> <td>16, 25-34</td> </tr> <tr> <td>PY</td> <td>CN 219170308 U (青岛高测科技股份有限公司) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1, 图1-4</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 2014073549 A (KOMATSU NTC LTD.) 2014年4月24日 (2014 - 04 - 24) 说明书第28-75段, 图1-11</td> <td>1-18, 20-37</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 114985857 A (青岛高测科技股份有限公司) 2022年9月2日 (2022 - 09 - 02) 说明书第46-95段, 图1-6	1-15, 17-18, 20-24, 35-37	PY	CN 114985857 A (青岛高测科技股份有限公司) 2022年9月2日 (2022 - 09 - 02) 说明书第46-95段, 图1-6	16, 19, 25-34	PX	CN 115008322 A (青岛高测科技股份有限公司) 2022年9月6日 (2022 - 09 - 06) 说明书第61-145段, 图1-7	1-15, 17-18, 20-24, 35-37	PY	CN 115008322 A (青岛高测科技股份有限公司) 2022年9月6日 (2022 - 09 - 06) 说明书第61-145段, 图1-7	16, 19, 25-34	PY	CN 219171327 U (青岛高测科技股份有限公司) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 说明书第41-48段, 图1-3	16, 25-34	PY	CN 219170308 U (青岛高测科技股份有限公司) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1, 图1-4	19	X	JP 2014073549 A (KOMATSU NTC LTD.) 2014年4月24日 (2014 - 04 - 24) 说明书第28-75段, 图1-11	1-18, 20-37
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 114985857 A (青岛高测科技股份有限公司) 2022年9月2日 (2022 - 09 - 02) 说明书第46-95段, 图1-6	1-15, 17-18, 20-24, 35-37																								
PY	CN 114985857 A (青岛高测科技股份有限公司) 2022年9月2日 (2022 - 09 - 02) 说明书第46-95段, 图1-6	16, 19, 25-34																								
PX	CN 115008322 A (青岛高测科技股份有限公司) 2022年9月6日 (2022 - 09 - 06) 说明书第61-145段, 图1-7	1-15, 17-18, 20-24, 35-37																								
PY	CN 115008322 A (青岛高测科技股份有限公司) 2022年9月6日 (2022 - 09 - 06) 说明书第61-145段, 图1-7	16, 19, 25-34																								
PY	CN 219171327 U (青岛高测科技股份有限公司) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 说明书第41-48段, 图1-3	16, 25-34																								
PY	CN 219170308 U (青岛高测科技股份有限公司) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1, 图1-4	19																								
X	JP 2014073549 A (KOMATSU NTC LTD.) 2014年4月24日 (2014 - 04 - 24) 说明书第28-75段, 图1-11	1-18, 20-37																								
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p>																										
<p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																										
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“D” 申请人在国际申请中引证的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																										
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2023年10月9日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2023年10月19日</p>																								
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p>		<p>授权官员</p> <p>陈春苹</p> <p>电话号码 (+86) 010-53960969</p>																								

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
X	CN 101500753 A (国立大学法人长崎大学) 2009年8月5日 (2009 - 08 - 05) 说明书第三实施方式, 图1A-13	1-18, 20-37
Y	CN 101500753 A (国立大学法人长崎大学) 2009年8月5日 (2009 - 08 - 05) 说明书第三实施方式, 图1A-13	19
Y	CN 215316169 U (廊坊诺唯特智能设备制造有限公司) 2021年12月28日 (2021 - 12 - 28) 说明书第38段, 图3	19
A	CN 113306029 A (福州天瑞线锯科技有限公司) 2021年8月27日 (2021 - 08 - 27) 全文	1-37
A	CN 205889589 U (台州市双辉机械设备有限公司) 2017年1月18日 (2017 - 01 - 18) 全文	1-37
A	JP 2005034980 A (KOIDE KINZOKU KOGYO K.K.) 2005年2月10日 (2005 - 02 - 10) 全文	1-37

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/103801

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	114985857	A	2022年9月2日	无			
CN	115008322	A	2022年9月6日	无			
CN	219171327	U	2023年6月13日	无			
CN	219170308	U	2023年6月13日	无			
JP	2014073549	A	2014年4月24日	JP	6004473	B2	2016年10月12日
CN	101500753	A	2009年8月5日	US	2009320658	A1	2009年12月31日
				US	8205534	B2	2012年6月26日
				JPWO	2008001816	A1	2009年11月26日
				JP	4998928	B2	2012年8月15日
				WO	2008001816	A1	2008年1月3日
CN	215316169	U	2021年12月28日	无			
CN	113306029	A	2021年8月27日	无			
CN	205889589	U	2017年1月18日	无			
JP	2005034980	A	2005年2月10日	JP	3934620	B2	2007年6月20日