本发明实施例提供了一种工件加工控制方法及装置、计算机设备、计算机可读介质。该方法包括：获取切割头和工件之间的当前间隙，根据当前间隙确定对应的间隙状态；若间隙状态为当前间隙未落在预设间隙范围内且大于预设报警间隙值，则将工件的预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至随动轴的驱动电机，确定用于对当前位置进行调整的位置补偿值，并将位置补偿值发送至随动轴的驱动电机。在预设外轮廓轨迹数据中对应的当前位置的基础上，添加了一个位置补偿值，对当前位置进行补偿，使得切割头和工件表面之间的间隙能够快速回归到正常的预设间隙范围内。本发明减少了切割头和工件发生碰撞的风险，大大降低了故障发生率，也提高了切割效率。

1、一种工件加工控制方法，其特征在于，包括：

获取切割头（22）和工件（23）之间的当前间隙，根据所述当前间隙确定对应的间隙状态；

若所述间隙状态为所述当前间隙未落在预设间隙范围内且大于预设报警间隙值，则将所述工件（23）的预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至随动轴（21）的驱动电机，确定用于对所述当前位置进行调整的位置补偿值，并将所述位置补偿值发送至所述随动轴（21）的驱动电机；

其中，所述预设外轮廓轨迹数据为所述工件（23）在转动过程中所述切割头（22）对应的切割位置在各个时间点在z轴方向上的坐标值所形成的位置序列，所述当前位置为当前时间点对应的所述坐标值；所述随动轴（21）的驱动电机用于根据所述当前位置和所述位置补偿值的叠加值对所述随动轴（21）进行驱动控制，以使所述切割头（22）和所述工件（23）的外轮廓之间的间隙调整至所述预设间隙范围内，所述随动轴（21）用于带动所述切割头（22）进行上下移动。

2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，若所述间隙状态为所述当前间隙小于所述预设间隙范围的下限值且大于预设报警间隙值，则所述位置补偿值为大于0的第一位置补偿值；若所述间隙状态为所述当前间隙大于所述预设间隙范围的上限值，则所述位置补偿值为小于0的第二位置补偿值。

3、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述确定用于对所述当前位置进行调整的位置补偿值，包括：

采用第一计算式计算所述第一位置补偿值，所述第一计算式包括：

y1=a\*（Dth-d1）/ k

式中，y1为所述第一位置补偿值，Dth为所述预设间隙范围的上限值，d1为所述当前间隙， 1/ k为所述随动轴（21）的驱动电机转动一周时带动所述随动轴（21）向上或向下移动的距离，a为第一调整参数。

4、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述确定用于对所述当前位置进行调整的位置补偿值，包括：

采用第二计算式计算所述第二位置补偿值，所述第二计算式包括：

y2=-b\*（Dmid-d1）/ k

式中，y2为所述第二位置补偿值，Dmid为所述预设间隙范围的中值，d1为所述当前间隙， 1/ k为所述随动轴（21）的驱动电机转动一周时带动所述随动轴（21）向上或向下移动的距离，b为第二调整参数。

5、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，还包括：

若所述间隙状态为所述当前间隙落在所述预设间隙范围内，则将所述工件（23）的所述预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至所述随动轴（21）的驱动电机，以使所述随动轴（21）的驱动电机根据所述当前位置对所述随动轴（21）进行驱动控制。

6、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，还包括：

若所述间隙状态为所述当前间隙小于等于所述预设报警间隙值，则向所述随动轴（21）的驱动电机发送停止指令以使所述随动轴（21）的驱动电机停止转动。

7、一种工件加工控制装置（100），其特征在于，包括：

一个间隙控制器（110），用于：获取切割头（22）和工件（23）之间的当前间隙，根据所述当前间隙确定对应的间隙状态，将所述间隙状态发送至插补器（120）；若所述间隙状态为所述当前间隙未落在预设间隙范围内且大于预设报警间隙值，则确定用于对所述当前位置进行调整的位置补偿值，并将所述位置补偿值发送至所述随动轴（21）的驱动电机；

一个所述插补器（120），用于：若所述间隙状态为所述当前间隙未落在预设间隙范围内且大于预设报警间隙值，则将所述工件（23）的预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至随动轴（21）的驱动电机；

其中，所述预设外轮廓轨迹数据为所述工件（23）在转动过程中所述切割头（22）对应的切割位置在各个时间点在z轴方向上的坐标值所形成的位置序列，所述当前位置为当前时间点对应的所述坐标值；所述随动轴（21）的驱动电机用于根据所述当前位置和所述位置补偿值的叠加值对所述随动轴（21）进行驱动控制，以使所述切割头（22）和所述工件（23）的外轮廓之间的间隙调整至所述预设间隙范围内，所述随动轴（21）用于带动所述切割头（22）进行上下移动。

8、根据权利要求7所述的装置，其特征在于，若所述间隙状态为所述当前间隙小于所述预设间隙范围的下限值且大于预设报警间隙值，则所述位置补偿值为大于0的第一位置补偿值；若所述间隙状态为所述当前间隙大于所述预设间隙范围的上限值，则所述位置补偿值为小于0的第二位置补偿值。

9、根据权利要求8所述的装置，其特征在于，所述间隙控制器（110）用于：采用第一计算式计算所述第一位置补偿值，所述第一计算式包括：

y1=a\*（Dth-d1）/ k

式中，y1为所述第一位置补偿值，Dth为所述预设间隙范围的上限值，d1为所述当前间隙， 1/ k为所述随动轴（21）的驱动电机转动一周时带动所述随动轴（21）向上或向下移动的距离，a为第一调整参数。

10、根据权利要求8所述的装置，其特征在于，所述间隙控制器（110）用于：采用第二计算式计算所述第二位置补偿值，所述第二计算式包括：

y2=-b\*（d1 - Dmid）/ k

式中，y2为所述第二位置补偿值，Dmid为所述预设间隙范围的中值，d1为所述当前间隙， 1/ k为所述随动轴（21）的驱动电机转动一周时带动所述随动轴（21）向上或向下移动的距离，b为第二调整参数。

11、根据权利要求7所述的装置，其特征在于，

所述间隙控制器（110）还用于：若所述间隙状态为所述当前间隙落在所述预设间隙范围内，则对应的位置补偿值为0；

所述插补器（120）还用于：若所述间隙状态为所述当前间隙落在所述预设间隙范围内，则将所述工件（23）的所述预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至所述随动轴（21）的驱动电机，以使所述随动轴（21）的驱动电机根据所述当前位置对所述随动轴（21）进行驱动控制。

12、根据权利要求7所述的装置，其特征在于，

所述插补器（120）还用于：若所述间隙状态为所述当前间隙小于等于所述预设报警间隙值，则向所述随动轴（21）的驱动电机发送停止指令以使所述随动轴（21）的驱动电机停止转动，并向所述间隙控制器（110）发送停机指令以使所述间隙控制器（110）关机。

13、根据权利要求7所述的装置，其特征在于，

所述插补器（120）还用于：在所述工件加工控制装置开机时，向所述间隙控制器（110）发送开机指令，以使所述间隙控制器（110）开机启动。

14、一种计算机设备，其特征在于，其特征在于，包括：至少一个存储器和至少一个处理器；

所述至少一个存储器，用于存储机器可读程序；

所述至少一个处理器，用于调用所述机器可读程序，执行权利要求1至6中任一所述的方法。

15、一种计算机可读介质，其特征在于，所述计算机可读介质上存储有计算机指令，所述计算机指令在被处理器执行时，使所述处理器执行权利要求1至6中任一所述的方法。

**工件加工控制方法及装置、计算机设备、计算机可读介质**

技术领域

本发明涉及工件加工技术领域，特别涉及一种工件加工控制方法及装置、计算机设备、计算机可读介质。

背景技术

在对工件的外轮廓进行加工的过程中，一般采用间隙传感器检测切割头与工件之间的距离，然后根据检测到的距离对随动轴的上下移动进行控制，进而控制切割头的上下移动。但是由于随动轴的移动是滞后于间隙传感器测量的距离的，因此随动轴很难在短时间内提升至较大的速度，即速度受限，在加工过程中，容易导致切割头和工件发生碰撞，故障率较高，同时增加工件成本和时间成本。

发明内容

本发明提供了一种工件加工控制方法及装置、计算机设备、计算机可读介质，可以减少切割头和工件发生碰撞的情况，以降低故障率。

本发明一个实施例提供一种工件加工控制方法，包括：

获取切割头和工件之间的当前间隙，根据所述当前间隙确定对应的间隙状态；

若所述间隙状态为所述当前间隙未落在预设间隙范围内且大于预设报警间隙值，则将所述工件的预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至随动轴的驱动电机，确定用于对所述当前位置进行调整的位置补偿值，并将所述位置补偿值发送至所述随动轴的驱动电机；

其中，所述预设外轮廓轨迹数据为所述工件在转动过程中所述切割头对应的切割位置在各个时间点在z轴方向上的坐标值所形成的位置序列，所述当前位置为当前时间点对应的所述坐标值；所述随动轴的驱动电机用于根据所述当前位置和所述位置补偿值的叠加值对所述随动轴进行驱动控制，以使所述切割头和所述工件的外轮廓之间的间隙调整至所述预设间隙范围内，所述随动轴用于带动所述切割头进行上下移动。

在一些实施例中，若所述间隙状态为所述当前间隙小于所述预设间隙范围的下限值且大于预设报警间隙值，则所述位置补偿值为大于0的第一位置补偿值；若所述间隙状态为所述当前间隙大于所述预设间隙范围的上限值，则所述位置补偿值为小于0的第二位置补偿值。

进一步的，所述确定用于对所述当前位置进行调整的位置补偿值，包括：

采用第一计算式计算所述第一位置补偿值，所述第一计算式包括：

y1=a\*（Dth-d1）/ k

式中，y1为所述第一位置补偿值，Dth为所述预设间隙范围的上限值，d1为所述当前间隙， 1/ k为所述随动轴的驱动电机转动一周时带动所述随动轴向上或向下移动的距离，a为第一调整参数。

进一步的，所述确定用于对所述当前位置进行调整的位置补偿值，包括：

采用第二计算式计算所述第二位置补偿值，所述第二计算式包括：

y2=-b\*（Dmid-d1）/ k

式中，y2为所述第二位置补偿值，Dmid为所述预设间隙范围的中值，d1为所述当前间隙， 1/ k为所述随动轴的驱动电机转动一周时带动所述随动轴向上或向下移动的距离，b为第二调整参数。

在一些实施例中，所述方法还包括：

若所述间隙状态为所述当前间隙落在所述预设间隙范围内，则将所述工件的所述预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至所述随动轴的驱动电机，以使所述随动轴的驱动电机根据所述当前位置对所述随动轴进行驱动控制。

在一些实施例中，所述方法还包括：

若所述间隙状态为所述当前间隙小于等于所述预设报警间隙值，则向所述随动轴的驱动电机发送停止指令以使所述随动轴的驱动电机停止转动。

本发明另一个实施例提供一种工件加工控制装置，包括：

一个间隙控制器，用于：获取切割头和工件之间的当前间隙，根据所述当前间隙确定对应的间隙状态，将所述间隙状态发送至插补器；若所述间隙状态为所述当前间隙未落在预设间隙范围内且大于预设报警间隙值，则确定用于对所述当前位置进行调整的位置补偿值，并将所述位置补偿值发送至所述随动轴的驱动电机；

一个所述插补器，用于：若所述间隙状态为所述当前间隙未落在预设间隙范围内且大于预设报警间隙值，则将所述工件的预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至随动轴的驱动电机；

其中，所述预设外轮廓轨迹数据为所述工件在转动过程中所述切割头对应的切割位置在各个时间点在z轴方向上的坐标值所形成的位置序列，所述当前位置为当前时间点对应的所述坐标值；所述随动轴的驱动电机用于根据所述当前位置和所述位置补偿值的叠加值对所述随动轴进行驱动控制，以使所述切割头和所述工件的外轮廓之间的间隙调整至所述预设间隙范围内，所述随动轴用于带动所述切割头进行上下移动。

在一些实施例中，若所述间隙状态为所述当前间隙小于所述预设间隙范围的下限值且大于预设报警间隙值，则所述位置补偿值为大于0的第一位置补偿值；若所述间隙状态为所述当前间隙大于所述预设间隙范围的上限值，则所述位置补偿值为小于0的第二位置补偿值。

进一步的，所述间隙控制器用于：采用第一计算式计算所述第一位置补偿值，所述第一计算式包括：

y1=a\*（Dth-d1）/ k

式中，y1为所述第一位置补偿值，Dth为所述预设间隙范围的上限值，d1为所述当前间隙， 1/ k为所述随动轴的驱动电机转动一周时带动所述随动轴向上或向下移动的距离，a为第一调整参数。

进一步的，所述间隙控制器用于：采用第二计算式计算所述第二位置补偿值，所述第二计算式包括：

y2=-b\*（d1 - Dmid）/ k

式中，y2为所述第二位置补偿值，Dmid为所述预设间隙范围的中值，d1为所述当前间隙， 1/ k为所述随动轴的驱动电机转动一周时带动所述随动轴向上或向下移动的距离，b为第二调整参数。

在一些实施例中，所述间隙控制器还用于：若所述间隙状态为所述当前间隙落在所述预设间隙范围内，则对应的位置补偿值为0；所述插补器还用于：若所述间隙状态为所述当前间隙落在所述预设间隙范围内，则将所述工件的所述预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至所述随动轴的驱动电机，以使所述随动轴的驱动电机根据所述当前位置对所述随动轴进行驱动控制。

在一些实施例中，所述插补器还用于：若所述间隙状态为所述当前间隙小于等于所述预设报警间隙值，则向所述随动轴的驱动电机发送停止指令以使所述随动轴的驱动电机停止转动，并向所述间隙控制器发送停机指令以使所述间隙控制器关机。

在一些实施例中，所述插补器还用于：在所述工件加工控制装置开机时，向所述间隙控制器发送开机指令，以使所述间隙控制器开机启动。

本发明又一个实施例提供一种计算设备，包括：至少一个存储器和至少一个处理器；

所述至少一个存储器，用于存储机器可读程序；

所述至少一个处理器，用于调用所述机器可读程序，执行上述的工件加工控制方法。

本发明又一个实施例提供一种计算机可读介质，所述计算机可读介质上存储有计算机指令，所述计算机指令在被处理器执行时，使所述处理器执行上述的工件加工控制方法。

本发明实施例提供的工件加工控制方法及装置、计算机设备、计算机可读介质，在所述间隙状态为所述当前间隙未落在预设间隙范围内且大于预设报警间隙值时，将所述工件的预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至随动轴的驱动电机，确定用于对所述当前位置进行调整的位置补偿值，并将所述位置补偿值发送至所述随动轴的驱动电机，以使驱动电机按照当前位置和位置补偿值的叠加值进行运动控制。在本发明实施例中，根据工件在转动过程中预设外轮廓轨迹数据控制随动轴的运动，这样在切割头在移动过程中以及工件在转动过程中，不存在滞后控制，基本保证随动轴的移动和工件的外轮廓之间保持一定的间隙，减少了切割头和工件发生碰撞的风险，大大降低了故障发生率，减少了切割头和工件的损坏数量，同时也提高了切割效率。而且，在预设外轮廓轨迹数据中对应的当前位置的基础上，添加了一个位置补偿值，对当前位置进行补偿，使得切割头和工件表面之间的间隙能够快速回归到正常的预设间隙范围内。这样使得切割头和工件表面之间的间隙能够快速回归到正常的预设间隙范围内，从而在遇到工件表面不平整等因素影响时，也能够保持切割头和工件之间的间隙在预设间隙范围内，大大降低了由于间隙变化而造成的故障率。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以基于这些附图获得其他的附图。

图1是本发明一个实施例提供的工件加工控制方法的流程示意图；

图2是本发明一个实施例提供的工件加工控制方法的应用场景示意图；

图3是本发明一个实施例提供的工件加工控制装置的结构框图。

|  |  |
| --- | --- |
| S110~S120 | 步骤 |
| 工件加工控制装置 | 100 |
| 间隙控制器 | 110 |
| 插补器 | 120 |
| 随动轴 | 21 |
| 切割头 | 22 |
| 工件 | 23 |
| 工件的转动中心 | A |
| 工件表面的切割位置 | B |
| 切割头和工件表面之间的间隙 | d1 |

具体实施方式

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明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发明一部分实施例，而不是全部的实施例，基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

一方面，在本发明一个实施例中提供一种工件加工控制方法。该方法应用在对工件进行加工的各种场景中，例如，对工件进行激光切割的场景中。

参见图1，本发明一个实施例提供的工件加工控制方法包括如下步骤S110和S120：

S110、获取切割头和工件之间的当前间隙，根据所述当前间隙确定对应的间隙状态；

可理解的是，切割头的作用是对工件进行加工。切割头可以采用多种切割方式，例如，切割头为激光切割头。只有切割头和工件表面保持一定的间隙，才能保证较好的切割效果。

可理解的是，切割头由随动轴带动，而随动轴由一个驱动电机驱动，随动轴在驱动电机的带动下只能进行上下移动。随动轴的上下移动，使得切割头和工件表面之间保持一定的间隙，因此随动轴也可以称为间隙轴。

在具体实施时，可以利用间隙传感器检测切割头和工件表面之间的间隙，然后从间隙传感器中获取该间隙。

可理解的是，切割头和工件在理想的情况下应保持恒定的间隙，在实际情况下受限于控制精度，所以只要切割头和工件之间的间隙保持在一定的范围内即可，该范围即下文中提到的预设间隙范围。预设间隙范围的大小可以根据实际情况而定，例如，可以根据理想情况下的恒定间隙、工件在加工过程中的转动速度等因素决定预设间隙范围的大小。

在实际场景中可能会出现如下几种情况：

（1）当前间隙在预设间隙范围内，这种情况是正常的间隙状态，不需要进行干预；

（2）当前间隙大于预设间隙范围的上限值，说明当前间隙过大，不能起到很好的加工效果，需要进行干预，将当前间隙进行调小；

（3）当前间隙小于预设间隙范围的下限值，说明当前间隙过小，需要进行干预。具体的干预方式也需要分两种情况；

（3.1）当前间隙小于预设间隙范围的下限值，但是当前间隙仍然大于预设报警间隙值，说明此时当前间隙偏小，但是切割头和工件没有发生碰撞的风险，因此在这种情况下只需要将当前间隙调大即可；

（3.2）当前间隙小于预设间隙范围的下限值，且小于预设报警间隙值，说明切割头和工件有发生碰撞的风险，针对这一情况的干预方式或处理方式会在下文中进行说明。

以上几种情况即几种不同的间隙状态，可见所谓的间隙状态，是当前间隙和预设间隙范围以及预设报警间隙值之间的大小关系。

S120、若所述间隙状态为所述当前间隙未落在预设间隙范围内且大于预设报警间隙值，则将所述工件的预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至随动轴的驱动电机，确定用于对所述当前位置进行调整的位置补偿值，并将所述位置补偿值发送至所述随动轴的驱动电机；

其中，所述预设外轮廓轨迹数据为所述工件在转动过程中所述切割头对应的切割位置在各个时间点在z轴方向上的坐标值所形成的位置序列，所述当前位置为当前时间点对应的所述坐标值；所述随动轴的驱动电机用于根据所述当前位置和所述位置补偿值的叠加值对所述随动轴进行驱动控制，以使所述切割头和所述工件的外轮廓之间的间隙调整至所述预设间隙范围内，所述随动轴用于带动所述切割头进行上下移动。

在实际场景中，工件在工件的驱动电机的驱动下进行转动，参见图2，工件23绕着转动中心A逆时针转动，同时随动轴21也在随动轴的驱动电机的驱动下进行转动，从而带动切割头22上下移动。切割头22只能上下移动，因此切割头22在z轴方向上的延长线和工件表面的相交位置为工件表面的切割位置B。工件在转动过程中，切割位置随着时间的变化上下来回移动，因此形成了一个上下来回移动的轨迹，这个轨迹可以根据工件的转动速度和工件表面的形状而提前设定，这个轨迹就是预设外轮廓轨迹数据。在图2中，切割头和工件表面的切割位置即B点之间的间隙用d1表示。

也就是说，所述预设外轮廓轨迹数据实际上一个位置序列，在该位置序列中包括多个按照时间顺序排列的坐标值，这些坐标值为：在工件切割的过程中，切割位置在各个时间点在z轴方向上的坐标大小，即切割位置在各个时间点的z轴坐标。其中，当前位置和当前间隙是对应的，对应同一个时间点。

可理解的是，由于切割位置是按照预设外轮廓轨迹数据上下移动，如果也按照预设外轮廓轨迹数据来控制随动轴的上下移动，这样切割头的运动轨迹和切割位置的运动轨迹之间可以始终保持一定的距离，基本可以保证切割头和工件表面之间的间隙在预设间隙范围内。例如，预设外轮廓轨迹数据为{-3，-2，-1，0，1，2，3，2，1，0，-1，-2，-3}，设置切割头和工件表面之间的理想间隙为2，例如，将当前位置-3发送给随动轴的驱动电机后，该驱动电机将-3加上2得到-1，然后根据位置值-1对随动轴进行控制。即，根据预设外轮廓轨迹数据和理想间隙可以生成切割头的轨迹数据{-1，0，1，2，3，4，5，4，3，2，1，0，-1}。

也就是说，在正常情况下，将预设外轮廓轨迹数据中的位置值发送给随动轴的驱动电机，驱动电机根据位置值进行控制，便可以使得切割头和工件表面之间始终保持一定的间隙。但是在实际场景中，由于切割过程为高速运动状态，可能受切割环境、机械抖动、工件表面不平整等因素的影响，切割头和工件表面之间的间隙可能会超出预设间隙范围。当通过间隙传感器检测到当前间隙超出预设间隙范围时，例如，间隙状态为所述当前间隙未落在预设间隙范围内且大于预设报警间隙值，即出现了上文中的（2）和（3.1）这两种情况。

针对这两种情况，需要在预设外轮廓轨迹数据中当前位置的基础上进行一定的补偿，所以在S120中，除了将预设外轮廓轨迹数据中对应的当前位置发送给随动轴的驱动电机之外，还需要生成一个位置补偿值，将该位置补偿值发送给随动轴的驱动电机。这样随动轴的驱动电机会收到两个位置值：预设外轮廓轨迹数据中对应的当前位置和位置补偿值，进而将这两个位置值进行叠加，根据叠加值进行驱动控制，实现位置补偿，从而使得切割头和工件表面之间的间隙能够回归到预设间隙范围内。

在具体实施时，为了实现位置补偿，针对上文中的（2）这一情况，当前间隙过大，需要将间隙调小，因此需要负的位置补偿值。针对上文中的（3.1）这一情况，当前间隙过小，需要将间隙调大，因此需要正的位置补偿值。

也就是说，若所述间隙状态为所述当前间隙小于所述预设间隙范围的下限值且大于预设报警间隙值，则所述位置补偿值为大于0的第一位置补偿值；若所述间隙状态为所述当前间隙大于所述预设间隙范围的上限值，则所述位置补偿值为小于0的第二位置补偿值。上述第一位置补偿值和第二位置补偿值是为了便于区分。

进一步的，位置补偿值可以采用一个恒定值，例如，第一位置补偿值可以选择恒定值p1，第二位置补偿值可以采用恒定值-p2。这样控制简单、方便。但是不能根据间隙的具体情况灵活补偿，因此可能补偿效果不好。为此，可以根据具体的情况设置两个位置补偿值。

在具体实施时，所述确定用于对所述当前位置进行调整的位置补偿值，可以包括：

采用第一计算式计算所述第一位置补偿值，所述第一计算式包括：

y1=a\*（Dth-d1）/ k

式中，y1为所述第一位置补偿值，Dth为所述预设间隙范围的上限值，d1为所述当前间隙， 1/ k为所述随动轴的驱动电机转动一周时带动所述随动轴向上或向下移动的距离，a为第一调整参数。

在上述第一计算式中，第一位置补偿值的确定考虑到了当前间隙的大小、预设间隙范围的上限值、随动轴在驱动电机带动下的运动情况等各种因素。从第一计算式中可知，当上限值和当前间隙的差值越大，第一位置补偿值越大，可以实现快速调整。另外，驱动电机转动一周带动随动轴移动的距离越大时，第一位置补偿值越大，可以进一步实现快速补偿。

在具体实施时，所述确定用于对所述当前位置进行调整的位置补偿值，可以包括：

采用第二计算式计算所述第二位置补偿值，所述第二计算式包括：

y2=-b\*（d1 - Dmid）/ k

式中，y2为所述第二位置补偿值，Dmid为所述预设间隙范围的中值，d1为所述当前间隙， 1/ k为所述随动轴的驱动电机转动一周时带动所述随动轴向上或向下移动的距离，b为第二调整参数。

在上述第二计算式中，第二位置补偿值的确定考虑到了当前间隙的大小、预设间隙范围的中值、随动轴在驱动电机带动下的运动情况等各种因素。从第二计算式中可知，当当前间隙和中值的差值越大，第二位置补偿值越大。另外，驱动电机转动一周带动随动轴移动的距离越大时，第二位置补偿值越大，可以实现快速补偿。

针对第（2）情况，如果不及时进行补偿，切割头和工件表面之间的间距可能会进一步缩小，很有可能小于预设报警间隙值，进而发生碰撞，因此第（2）情况相对于第（3.1）这一情况需要更快的进行位置补偿，使切割头和工件表面之间的间距能够快速的回归到预设间隙范围内。因此在第一计算式中采用的是上限值，而在第二计算式中采用的是中值。这里根据不同的情况确定得到第一位置补偿值和第二位置补偿值，使得快速且灵活的实现位置补偿。

在具体实施时，本发明一个实施例中提供的方法还可以包括：若所述间隙状态为所述当前间隙落在所述预设间隙范围内，则将所述工件的所述预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至所述随动轴的驱动电机，以使所述随动轴的驱动电机根据所述当前位置对所述随动轴进行驱动控制。

也就是说，针对上述第（1）情况，不需要进行干预处理。因此只需要将预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送给随动轴的驱动机构，这样驱动机构就会按照当前位置进行位置调整，保证切割头和工件表面之间的间隙在预设间隙范围内。

在具体实施时，本发明一个实施例中提供的方法还可以包括：若所述间隙状态为所述当前间隙小于等于所述预设报警间隙值，则向所述随动轴的驱动电机发送停止指令以使所述随动轴的驱动电机停止转动。

也就是说，针对第（3.1）这一情况，由于有发生碰撞的风险，此时控制随动轴的驱动电机停止转动，使得随动轴停止移动。由于本发明实施例中仅涉及到随动轴的控制，实际上在控制随动轴停止移动的同时，也控制工件停止转动，这样可以避免切割头和工件发生碰撞。

可理解的是，在现有技术中，首先根据间隙传感器获取到间隙大小，然后根据间隙大小对随动轴进行控制。可见这种方式中随动轴的移动是滞后于间隙传感器测量的距离的，在高速的切割运动中，切割头容易和工件发生碰撞，故障率较高，容易损坏工件和切割头。

然而，在发明实施例中，根据工件在转动过程中预设外轮廓轨迹数据控制随动轴的运动，这样在切割头在移动过程中以及工件在转动过程中，不存在滞后控制，基本保证随动轴的移动和工件的外轮廓之间保持一定的间隙，大大降低了故障发生率，减少了切割头和工件的损坏数量，同时也提高了切割效率。

但是在高速切割过程中，可能受多种因素的影响，例如，机械的抖动、工件表面不平整等，可能会使得切割头和工件表面之间的间隙发生较大的变化，超出预设间隙范围。此时在预设外轮廓轨迹数据中对应的当前位置的基础上，添加了一个位置补偿值，对当前位置进行补偿，使得切割头和工件表面之间的间隙能够快速回归到正常的预设间隙范围内。

可见，本发明实施例采用了双重措施保证切割头和工件表面之间的间隙在预设间隙范围内，大大降低了由于间隙变化而造成的故障率。

另一方面，本发明一个实施例提供一种工件加工控制装置。

参见图3，该装置100可以包括：

一个间隙控制器110，用于：获取切割头和工件之间的当前间隙，根据所述当前间隙确定对应的间隙状态，将所述间隙状态发送至插补器120；若所述间隙状态为所述当前间隙未落在预设间隙范围内且大于预设报警间隙值，则确定用于对所述当前位置进行调整的位置补偿值，并将所述位置补偿值发送至所述随动轴的驱动电机；

一个所述插补器120，用于：若所述间隙状态为所述当前间隙未落在预设间隙范围内且大于预设报警间隙值，则将所述工件的预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至随动轴的驱动电机；

其中，所述预设外轮廓轨迹数据为所述工件在转动过程中所述切割头对应的切割位置在各个时间点在z轴方向上的坐标值所形成的位置序列，所述当前位置为当前时间点对应的所述坐标值；所述随动轴的驱动电机用于根据所述当前位置和所述位置补偿值的叠加值对所述随动轴进行驱动控制，以使所述切割头和所述工件的外轮廓之间的间隙调整至所述预设间隙范围内，所述随动轴用于带动所述切割头进行上下移动。

在具体实施时，若所述间隙状态为所述当前间隙小于所述预设间隙范围的下限值且大于预设报警间隙值，则所述位置补偿值为大于0的第一位置补偿值；若所述间隙状态为所述当前间隙大于所述预设间隙范围的上限值，则所述位置补偿值为小于0的第二位置补偿值。

进一步的，采用第一计算式计算所述第一位置补偿值，所述第一计算式包括：

y1=a\*（Dth-d1）/ k

式中，y1为所述第一位置补偿值，Dth为所述预设间隙范围的上限值，d1为所述当前间隙， 1/ k为所述随动轴的驱动电机转动一周时带动所述随动轴向上或向下移动的距离，a为第一调整参数。

进一步的，所述间隙控制器110用于：采用第二计算式计算所述第二位置补偿值，所述第二计算式包括：

y2=-b\*（d1-Dmid）/ k

式中，y2为所述第二位置补偿值，Dmid为所述预设间隙范围的中值，d1为所述当前间隙， 1/ k为所述随动轴的驱动电机转动一周时带动所述随动轴向上或向下移动的距离，b为第二调整参数。

在具体实施时，所述间隙控制器110还用于：若所述间隙状态为所述当前间隙落在所述预设间隙范围内，则对应的位置补偿值为0；所述插补器120还用于：若所述间隙状态为所述当前间隙落在所述预设间隙范围内，则将所述工件的所述预设外轮廓轨迹数据中的当前位置发送至所述随动轴的驱动电机，以使所述随动轴的驱动电机根据所述当前位置对所述随动轴进行驱动控制。

在具体实施时，所述插补器120还用于：若所述间隙状态为所述当前间隙小于等于所述预设报警间隙值，则向所述随动轴的驱动电机发送停止指令以使所述随动轴的驱动电机停止转动，并向所述间隙控制器110发送停机指令以使所述间隙控制器110关机。

在具体实施时，所述插补器120还用于：在所述工件加工控制装置开机时，向所述间隙控制器110发送开机指令，以使所述间隙控制器110开机启动。

可见，上述工件加工控制装置，集成有一个间隙控制器110和一个插补器120。通过间隙控制器110和插补器120共同控制随动轴的运动，实现位置叠加，实现快速调节位置。

其中，插补器120，可以采用多种形式，例如，G代码插补器。G代码插补器尤其适合应用于数字机床控制领域。

可理解的是，本发明实施例提供的装置适用于要求切割头和工件表面具有一定的间隙的加工场景中，尤其是特殊机床加工工艺的控制，如激光设备。

以激光设备为例，根据加工工艺要求，在加工过程中保持切割头（即激光头）与工件表面的距离，方可达到最佳的切割效果。因工件表面起伏不定，需要通过上述间隙控制器110实时进行间隙调整，才能保持切割头与工件表面的距离。

其中，间隙控制器110可以有多个功能单元组成，例如，由对照表查询单元、监测单元、辅助单元等。对照表查询单元可以从间隙传感器中获取到一个当前电压值，然后在电压和间隙的对照表中进行查询，便可以查询到当前电压值对应的当前间隙。监测单元可以根据查询得到的当前间隙和预设间隙范围、预设报警间隙值进行大小比较，从而确定间隙状态，进而将间隙状态反馈给插补器120。辅助单元可以使得用户根据实际情况，对电压和间隙的对照表进行重新标定或者调整。因为不同的间隙传感器本身的区别，电压和间隙之间的对照关系可能会发生变化。

例如，在工件加工控制装置启动后，插补器120首先会向间隙控制器110发送一条开机指令，这样间隙控制器110开机启动。间隙控制器110从间隙传感器中获取当前间隙，如果当前间隙在预设间隙范围内，此时只需要插补器120向随动轴的驱动装置发送预设外轮廓轨迹数据中对应的当前位置即可，不需要间隙控制器110发送位置补偿值，或者间隙控制器110发送的位置补偿值为0。如果在某一时刻，间隙控制器110从间隙传感器中获取的当前间隙大于预设间隙范围的上限值，则间隙控制器110确定一个负的位置补偿值，将负的位置补偿值发送给随动轴的驱动电机，同时插补器120向随动轴的驱动电机发送预设外轮廓轨迹数据中对应的当前位置，以缩小间隙。如果在某一时刻，间隙控制器110从间隙传感器中获取的当前间隙小于预设间隙范围的下限值，但是当前间隙大于预设报警间隙值，则间隙控制器110确定一个正的位置补偿值，将正的位置补偿值发送给随动轴的驱动电机，同时插补器120向随动轴的驱动电机发送预设外轮廓轨迹数据中对应的当前位置，以增大间隙。如果在某一时刻，间隙控制器110从间隙传感器中获取的当前间隙小于预设间隙范围的下限值，且当前间隙小于预设报警间隙值，此时插补器120向随动轴的驱动电机发送一个停止指令，且控制间隙控制器110停机。在进行人工调整后，再进行开机启动。

其中，预设间隙范围的中值可以为切割头和工件表面的理想间隙，在理想间隙的基础上形成预设间隙范围。

可见，本发明实施例不需要增加硬件，只需要在控制器中集成间隙控制器110和插补器120的程序即可，简单易用。预设外轮廓轨迹数据可以预先获知，将预设外轮廓轨迹数据作为随动轴的控制编程添加到工件加工控制装置中，同时该装置兼容[计算机辅助制造](https://baike.so.com/doc/5579457-5792827.html)软件，即CAM (Computer Aided Manufacturing)软件，通过插补器120和间隙控制器110双重控制，提高加工效率。

又一方面，本发明一个实施例提供一种计算设备，包括：

至少一个存储器和至少一个处理器；

所述至少一个存储器，用于存储机器可读程序；所述至少一个处理器，用于调用所述机器可读程序，执行上述工件加工控制方法。

本发明实施例提供一种计算机可读介质，所述计算机可读介质上存储有计算机指令，所述计算机指令在被处理器执行时，使所述处理器执行工件加工控制方法。具体地，可以提供配有存储介质的系统或者装置，在该存储介质上存储着实现上述实施例中任一实施例的功能的软件程序代码，且使该系统或者装置的计算机（或CPU或MPU）读出并执行存储在存储介质中的程序代码。

在这种情况下，从存储介质读取的程序代码本身可实现上述实施例中任何一项实施例的功能，因此程序代码和存储程序代码的存储介质构成了本发明的一部分。

用于提供程序代码的存储介质实施例包括软盘、硬盘、磁光盘、光盘（如CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW）、磁带、非易失性存储卡和ROM。可选择地，可以由通信网络从服务器计算机上下载程序代码。

此外，应该清楚的是，不仅可以通过执行计算机所读出的程序代码，而且可以通过基于程序代码的指令使计算机上操作的操作系统等来完成部分或者全部的实际操作，从而实现上述实施例中任意一项实施例的功能。

此外，可以理解的是，将由存储介质读出的程序代码写到插入计算机内的扩展板中所设置的存储器中或者写到与计算机相连接的扩展模块中设置的存储器中，随后基于程序代码的指令使安装在扩展板或者扩展模块上的CPU等来执行部分和全部实际操作，从而实现上述实施例中任一实施例的功能。

可理解的是，本发明实施例提供的装置、计算设备、计算机可读介质中有关内容的解释、具体实施方式、有益效果、举例等内容可以参见上述方法中的相应部分，此处不再赘述。

本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其，对于装置实施例而言，由于其基本相似于方法实施例，所以描述的比较简单，相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

本领域技术人员应该可以意识到，在上述一个或多个示例中，本发明所描述的功能可以用硬件、软件、挂件或它们的任意组合来实现。当使用软件实现时，可以将这些功能存储在计算机可读介质中或者作为计算机可读介质上的一个或多个指令或代码进行传输。

以上所述的具体实施方式，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施方式而已，并不用于限定本发明的保护范围，凡在本发明的技术方案的基础之上，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包括在本发明的保护范围之内。