(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116851921 A
(43)申请公布日 2023.10.10

(21)申请号 202310870254.8
(22)申请日 2023.07.14
(71)申请人 中车青岛四方机车车辆股份有限公司
地址 266111 山东省青岛市城阳区锦宏东路88号
(72)发明人 姜代旬 韩晓辉 张志毅 方喜风 何晓龙
(74)专利代理机构 北京元中知识产权代理有限责任公司 11223
专利代理师 孙桂红
(51)Int.Cl.
B23K 26/352(2014.01)
B23K 26/082(2014.01)
B23K 26/06(2014.01)
B23K 26/70(2014.01)
B61D 17/04(2006.01)

权利要求书1页 说明书13页 附图8页

(54)发明名称

一种激光毛化系统、方法、预制板材及轨道车辆

(57)摘要

本发明首先提供了一种激光毛化系统，包括激光器、转镜系统、控制系统及感应装置，其中：控制系统，分别与激光器和转镜系统通过通信系统连接，根据内置的激光毛化方法，分别控制激光器和转镜系统的工作状态；激光器，接受控制系统的控制指令开关机，并根据控制指令并发射预定参数的激光；转镜系统，包括多面体棱镜，多面体棱镜的多面体侧面朝向激光器方向，激光经多面体棱镜折射后，在工件表面形成毛化路径；感应装置，与控制系统连接，检测多面体棱镜转运过程中的棱角信号并通过控制系统控制激光的高频通断，使激光光束避开多面体棱镜的棱角处。本发明进一步提供了一种激光毛化方法、预制板材及轨道车辆。

CN 116851921 A

1.一种激光毛化系统，其特征在于：包括激光器、转镜系统、控制系统及感应装置，其中，

控制系统，分别与激光器和转镜系统通过通信系统连接，根据内置的激光毛化方法，分别控制激光器和转镜系统的工作状态；

激光器，接受控制系统的控制指令开关机，并根据控制指令发射预定参数的激光；

转镜系统，包括多面体棱镜，多面体棱镜的多面体侧面朝向激光器方向，激光经多面体棱镜折射后，在工件表面形成毛化路径；

感应装置，与控制系统连接，检测多面体棱镜转动过程中的棱角信号并通过控制系统控制激光的高频通断，使激光光束避开多面体棱镜的棱角处。

2.如权利要求1所述的一种激光毛化系统，其特征在于：感应装置包括光电传感器和触角，触角与多面体棱镜的棱角前方组装固定，感应器检测触角位置并发送给控制系统。

3.如权利要求1所述的一种激光毛化系统，其特征在于：还包括距离传感和隔板，所述距离传感器检测当前毛化点前后两个毛化点或前后一定距离的点与所述距离传感器之间的距离，所述隔板减少激光对距离传感器检测误导。

4.如权利要求1所述的一种激光毛化系统，其特征在于：在多面体棱镜与激光器之间设置有对激光光束聚光的聚焦镜，在聚焦镜与激光器之间设置有准直器和调整多面体棱镜出光方向的反光镜。

5.一种激光毛化方法，其特征在于：激光器发射的激光经转镜系统后扫描工件表面，对所述工件表面进行激光毛化，在毛化过程中，控制系统根据接收到的棱角信号控制激光的高频通断，使激光光束避开多面体棱镜的棱角。

6.如权利要求5所述的一种激光毛化方法，其特征在于：当前毛化点前后两个毛化点或前后一定距离的点与测距传感器之间的高度差大于预设值时，认定当前毛化的表面为曲面和/或下一毛化点进入到曲面结构，控制系统按高度差所在区间调整激光参数。

7.如权利要求6所述的一种激光毛化方法，其特征在于：当正在毛化的所述工件表面为曲面和/或下一毛化点进入到曲面结构，控制系统控制下一毛化点的激光焦距为$H+\triangle h/2$，H为当前毛化点的焦距。

8.如权利要求6所述的一种激光毛化方法，其特征在于：当高度差$|\triangle h|\geqslant 0.5$mm时，视为正在毛化的所述工件表面为曲面和/或下一毛化点进入到曲面结构。

9.一种预制板材，其特征在于：采用如以利要求5至8任一项所述的方法对所述预制板材的表面进行毛化处理。

10.一种轨道车辆，其特征在于：包括车体，如权利要求1至4任一项所述的激光毛化系统对所述车体进行毛化处理。

一种激光毛化系统、方法、预制板材及轨道车辆

技术领域

[0001] 本发明涉及表面处理技术领域，尤其是一种激光毛化系统、方法、预制板材及轨道车辆。

背景技术

[0002] 为提高油漆与基材的附着力，通常在喷漆前需要对工件表面进行毛化处理，通过提高工件表面的粗糙度达到增加漆层在工件表面附着力的作用。传统的毛化方法一般是采用喷砂或打磨工艺实现毛化处理，但是在喷砂和打磨处理过程中会产生大量的粉尘，具有很大的噪声污染，工作环境差，存在环保隐患和职业健康风险。同时喷砂和打磨处理对于大型薄壁构件易产生变形和损伤等问题，而且喷砂和打磨作为一种粗放式的表面处理方式，毛化后的表面粗糙度也不均匀，导致后期的漆层附着力不均，容易发生漆层斑驳脱落的问题。

[0003] 目前轨道车辆在喷漆前全部采用喷砂或打磨的毛化方式，随着环保政策的日趋严格及职业健康问题的日益突出，亟需采用一种高效环保，易于实现自动化的毛化技术和装备代替原有的喷砂和打磨毛化方式，减少作业过程中产生的粉尘和噪音等污染。

[0004] 近年来，激光技术在轨道车辆焊接和清洗领域已经进行了工程化应用。相比于喷砂和打磨，用激光进行车身表面毛化具有非接触、基材无损伤、精确施工、无粉尘、环保以及可自动化作业等优点。激光毛化技术就是利用快速熔凝原理，把激光器输出的高能量密度的激光光束聚焦照射在材料的表面，在被照射材料表面由于激光能量的作用瞬间熔化产生熔池，并极速冷却，在材料表面形成一个个组织致密的火山坑微织构形貌，达到增加表面粗糙度，提高油漆附着力的目的。

[0005] 目前激光毛化通常采用振镜式扫描系统，激光以一定角度入射到扫描振镜后，振镜转动，反射的激光产生偏移。随着振镜的高速往复振动，反射激光形成一定的扫描范围。

[0006] 在现有技术中，受限于振镜系统机械结构，目前激光毛化使用的100mm扫描线宽存在作业效率低下的瓶颈，难以满足轨道车辆等大型部件制造过程中的生产节拍要求。因此，需要大幅提高激光毛化的作业效率，以满足工程化应用的要求。

发明内容

[0007] 本发明主要目的在于解决上述问题和不足，首先提供了一种激光毛化系统，通过调整转镜系统控制激光扫描工件表面实现毛化作业，并设置感应装置，控制在激光光束经过转镜棱角时关闭激光，以避免激光光束经过转镜棱角处漫反射问题造成的转镜系统内部温度过高的问题。

[0008] 本发明的第二发明目的在于提供一种激光毛化方法。

[0009] 本发明进一步提供了预制板材及轨道车辆。

[0010] 为实现上述发明目的，本发明首先提供了一种激光毛化系统，采用如下技术方案：

[0011] 一种激光毛化系统，包括激光器、转镜系统、控制系统及感应装置，其中，

[0012] 控制系统，分别与激光器和转镜系统通过通信系统连接，根据内置的激光毛化方法，分别控制激光器和转镜系统的工作状态；

[0013] 激光器，接受控制系统的控制指令开关机，并根据控制指令发射预定参数的激光；

[0014] 转镜系统，包括多面体棱镜，多面体棱镜的多面体侧面朝向激光器方向，激光经多面体棱镜折射后，在工件表面形成毛化路径；

[0015] 感应装置，与控制系统连接，检测多面体棱镜转动过程中的棱角信号并通过控制系统控制激光的高频通断，使激光光束避开多面体棱镜的棱角处。

[0016] 进一步的，感应装置包括光电传感器和触角，触角与多面体棱镜的棱角前方组装固定，感应器检测触角位置并发送给控制系统。

[0017] 进一步的，还包括距离传感和隔板，所述距离传感器检测当前毛化点前后两个毛化点或前后一定距离的点与所述距离传感器之间的距离，所述隔板减少激光对距离传感器检测误导。

[0018] 进一步的，在多面体棱镜与激光器之间设置有对激光光束聚光的聚焦镜，在聚焦镜与激光器之间设置有准直器和调整多面体棱镜出光方向的反光镜。

[0019] 本发明的第二发明目的在于提供一种激光毛化方法，采用如下技术方案：

[0020] 一种激光毛化方法，激光器发射的激光经转镜系统后扫描工件表面，对所述工件表面进行激光毛化，在毛化过程中，控制系统根据接收到的棱角信号控制激光的高频通断，使激光光束避开多面体棱镜的棱角。

[0021] 进一步的，当前毛化点前后两个毛化点或前后一定距离的点与测距传感器之间的高度差大于预设值时，认定当前毛化的表面为曲面和/或下一毛化点进入到曲面结构，控制系统按高度差所在区间调整激光参数。

[0022] 进一步的，当正在毛化的所述工件表面为曲面和/或下一毛化点进入到曲面结构，控制系统控制下一毛化点的激光焦距为$H+\triangle h/2$，H为当前毛化点的焦距。

[0023] 进一步的，当高度差$|\triangle h|\geqslant 0.5$mm时，视为正在毛化的所述工件表面为曲面和/或下一毛化点进入到曲面结构。

[0024] 本发明的第三发明目的在于提供一种预制板材，采用如下技术方案：

[0025] 一种预制板材，采用如前文所述的激光毛化方法进行毛化处理。

[0026] 本发明的第四发明目的在于提供一种轨道车辆，采用如下技术方案：

[0027] 一种轨道车辆，包括车体，如前文所述项所述的激光毛化系统对所述车体进行毛化处理。

[0028] 综上所述，本发明提供的一种激光毛化系统、方法、预制板材及轨道车辆，与现有技术相比，具有如下技术优势：

[0029] (1)通过设置多面体棱镜代替传统振镜，并将棱镜的转动与激光发射相匹配，实现激光扫描幅宽的大幅扩展，明显提高了激光毛化效率；

[0030] (2)通过在激光器中集成测距系统，可用于基于平面结构的曲面工件的毛化，能够实现轨道车辆等包含平面和曲面的大型工件的激光毛化；

[0031] (3)通过对激光光路和扫描速度的控制，实现均匀毛化的目的，提升了毛化作业的质量状态。

[0032] (4)通过将激光毛化设备与机械臂集成，实现轨道车辆激光毛化自动化作业；

[0033] (5)通过设置感应装置,检测棱角的信号进而控制激光的高频通断,使激光光束避开多面体棱镜的棱角处,以避免激光光束经过转镜棱角处漫反射问题造成的转镜系统内部温度过高的问题。

附图说明:

[0034] 图1:本发明一种激光毛化设备的示意图;

[0035] 图2:本发明一种激光毛化设备中可移动聚焦镜作用示意图;

[0036] 图3:本发明一种激光毛化设备中激光扫描角度示意图;

[0037] 图4:本发明一种激光毛化设备中激光扫描线路示意图;

[0038] 图5:本发明一种激光毛化设备中激光过棱信号的检测与瞬时动态控制示意图;

[0039] 图6:本发明一种激光毛化设备中棱角感应装置示意图;

[0040] 图7:本发明一种激光毛化设备中棱角感应装置侧视图示意图;

[0041] 图8:本发明一种激光毛化设备作业过程中毛化点高度检测示意图;

[0042] 图9:本发明一种基于平面结构的曲面工件的激光清洗毛化设备中焦距调整示意图;

[0043] 图10:本发明一种激光毛化系统结构示意图;

[0044] 图11:本发明一种激光毛化系统中毛化设备结构示意图;

[0045] 图12:本发明一种激光毛化系统中成毛化设备与龙门、机械手配合作业示意图;

[0046] 图中:控制系统1,激光器2,转镜系统3,多面体棱镜31,壳体311,聚焦镜32,反光镜33,透镜34,准直器35,光束4,工件5,测距传感器6,光电传感器7,红光发生器71,红光反射器72,红光接收器73,触角8,轨道车辆9,龙门架10,机械臂11,控制板12,安装架13,安装板14,驱动电机15,连接杆16。

具体实施方式

[0047] 下面结合附图与具体实施方式对本发明作进一步的详细描述。

[0048] 本发明提供的一种激光毛化系统,包括激光毛化设备,如图1和图2所示,激光毛化设备包括控制系统1、激光器2和转镜系统3,其中:

[0049] 控制系统1,分别与激光器2和转镜系统3通过通信系统连接,内置激光毛化方法,根据预设的控制方法,分别控制激光器2和转镜系统3的工作状态;通信系统包括光纤传输系统和控制信号传输系统,通过信号连接或电连接的方式,实现通信连接;

[0050] 激光器2,接受控制系统1的控制指令开关机,并根据控制指令发射预定参数的激光;在本实施例中,激光器2为大功率脉冲激光器;进一步的,本发明提供的激光器2还包括激光头等执行机构,此为常规技术,不要赘述;

[0051] 转镜系统3,包括多面体棱镜31,如图1所示,多面体棱镜31的多面体侧面朝向激光器2方向,激光入射到多面体棱镜31的侧面上,由控制系统1控制多面体棱镜31转动,改变激光在多面体棱镜31上的入射角度,经折射后,在工件5表面形成X方向的清洗毛化路径。

[0052] 进一步的,在多面体棱镜31与激光头之间,还设有聚焦镜32,对激光光束4进行聚光后传送给多面体棱镜31,在激光头与聚焦镜32之间,还设有准直器35和反光镜33,准直器35调校激光,反光镜33调整激光传输方向;在多面体棱镜31的出光方向与工件5之间,设置

有透镜34，透镜34为平面透镜，对整个转镜系统3起到保护作用。

[0053] 在本实施例中，用转动的多面体棱镜31代替传统的振镜系统做为扫描机构，前后移动聚焦镜32可动态调整激光束4的聚焦高度，当聚焦镜32位置固定时，聚焦镜32的焦距是一定的，在多面体棱镜31转动过程中即扫描过程时，通过透镜34到达工件5表面的距离是变化的，如图2所示，可形成路径1和路径2，前后调整聚焦镜32对光束4进行聚焦，使得通过聚焦镜32到达工件5表面的光束4总路程等于焦距，可以保证扫描过程作用在工件5表面的激光是均匀的，动态调节中心区域和边缘区域焦距变化导致毛化点不匀的问题，进而保证了对曲面结构毛化时具有均匀的毛化效果。

[0054] 聚焦镜32的移动幅值和扫描幅值相关，聚焦镜31的移动速度和多面体转镜转速相关。在实际应用中，可根据清洗、毛化的需要，激光参数的具体数值，确定准直器35、反光镜33、透镜34的是否需要使用，并确定在使用过程中的具体位置。

[0055] 如图1和图2所示，聚焦镜32设置在多面体棱镜31与反光镜33之间，根据多面体棱镜31的内夹角度数确定反光镜33的设置角度，以使激光经反光镜33和多面体棱镜31连续反射后，以预设角度射向工件5的作业面。在实际应用中，聚焦镜32也可设置在多面体棱镜31与工件5之间，如设置在多面体棱镜31与透镜34之间，透镜34与工件5之间，进一步的，聚集镜32也可与透镜34集成。可通过移动位置、移动幅值来调整激光焦距即可。

[0056] 在本实施例中，使用转镜系统3代替传统振镜的一个明显效果是大幅扩展了激光的扫描宽度，能够极大提高激光毛化的作业效率。以八面体棱镜为例，如图3所示，每旋转一个反射面，棱镜旋转的角度为360°÷8＝45°，激光扫描的角度是棱镜旋转角度的2倍，即45°X2＝90°。综合考虑激光功率和光学路径，如图4所示，使八面棱镜到工件的距离为400mm，则激光扫描的理论线宽为800mm。考虑到在棱角处需要关闭激光(含一定的提前量)，实际测得的扫描线宽为700mm。

[0057] 另一个明显效果是大幅提高扫描速度，以线宽700mm为例，设定高速电机带动八面镜的转速为1000r/min，1s内转动的面数为8×1000÷60＝133面，扫描速度为700mm×133÷1s＝93m/s。

[0058] 进一步的，本实施例提供的激光毛化设备，可广泛应用于各类结构表面的毛化作业，尤其是适用于可用于基于平面结构的曲面工件毛化作业，配合相应的机械臂11，实现自动毛化作业。

[0059] 所述基于平面结构的曲面工件，即以平面结构为主体，在局部设置有曲面，如车体的车顶、侧壁、车体的车顶和侧墙连接部位，沿车辆运行方向，中间部位为平面，两侧为弧形曲面，或波纹板，相邻波纹之间由平面连接，在对这类基于平面结构的曲面工件进行清洗毛化时，平面部位和曲面部位与多面体棱镜31的距离不同，需调整聚焦镜32与多面体棱镜31之间的距离，以调整焦距，对工件5表面进行均匀的毛化，避免出现因高度差而导致的毛化不到位或过度毛化的问题，因此在本实施例中，毛化设备还包括测距系统。

[0060] 在本实施例中，如图8所示，测距系统包括两个垂直于加工方向的测距传感器6，并分设在激光头的两侧，且位于同一水平面上，分别检测工件5表面毛化点前后(扫描方向，图1中X方向)预定距离处的高度(测距传感器6与对应的工件5表面之间的距离)和/或前后一个毛化点，并在测距传感器6的两侧设置隔板，以隔绝激光光束4对测距系统的信号干扰，使测距系统测量得的数据更加准确。

[0061] 考虑到在本实施例中，激光头与工件5之间设置有转镜系统3，激光头的发光方向不一定是垂直于工件5表面，与实际激光方向、位置不同，在实际应用中，根据设备的具体构成，设定测距系统的安装位置，包括但不限于透镜34、多面体棱镜31的安装支架，可实现毛化点前后位置的高度即可，不做限制与要求，可实现相应功能即可，且前后检测点与毛化点之间的距离相等，以确保后续的调整数据的准确性，提高清洗毛化效率。

[0062] 测距系统与控制系统1通过通信系统连接，将检测数据传送给控制系统1，控制系统1根据预设的关于激光毛化方法的程序，判断工件5的当前工作面是否为曲面，即当前毛化点与下一毛化点之间是否存在高度差，并根据预设程序，调整焦距。

[0063] 当激光器2开始工作以进行毛化的同时，两个测距传感器6同时开始工作，当两个测距传感器6测得的高度相同时(允许误差小于等于0.5mm)时，将检测数据反馈给控制系统1，控制系统1确定正在清洗毛化的表面为平面，控制激光器2维持当前的激光工作参数并保持转镜系统3中各部件的相对位置以及转镜的转动速度；

[0064] 当两个测距传感器6检测到毛化点前后的高度存在高度差，且高度差大于预设值时，认定为当前清洗毛化的表面为曲面，或下一毛化点进入到曲面结构，控制系统1按高度差的具体数据，在系统中预存的高度差、激光参数(包括焦距)的数据库中选择对应的激光参数，并控制激光器2、转镜系统3进行相应的调整，包括但不限于调整激光光束的焦距，以使得对工件5表面进行均一化的清洗毛化操作。

[0065] 具体的，高度差预设值可设为0.5mm，与系统允许的检测误差相同，可有效剔除误差数据以及曲面度较小数据，避免因工件5表面存在较小的加工缺陷时需频繁调整激光参数及控制调整激光器2和转镜系统3。

[0066] 当两测距传感器6检测到的高度差$|\triangle h|\geqslant 0.5$mm，表明正在毛化的表面是曲面，并进一步的，当高度差$|\triangle h|\geqslant 0.5$mm时，如9所示，控制系统1控制激光头调整焦矩到$\triangle h/2$高度处，并根据曲面程度调用数据库特定毛化参数进行清洗毛化。数据库将高度差列为多个区间，每个区间对应不同的激光参数，具体可包括：

[0067] 当$0\leqslant|\triangle h|<0.5$mm时，视为平面工件，采用默认参数，激光平均功率3000W～5000W，单程扫描宽度为500mm～700mm；

[0068] 当$0.5\leqslant|\triangle h|<1.5$mm时，视为曲度较小，激光平均功率为5000W～7000W，单程扫描宽度为300mm～500mm；

[0069] 当$1.5\text{mm}\leqslant|\triangle h|<3$mm时，视为曲度较大，激光平均功率为7000W～9000W，单程扫描宽度为200mm～300mm；

[0070] 当$3\text{mm}\leqslant|\triangle h|<4$mm时，视为曲度很大，激光平均功率为9000W～12000W，单程扫描宽度为100mm～200mm；

[0071] 当$4\text{mm}\leqslant|\triangle h|$时，表明已至边界，激光器停止毛化作业和/或控制系统1控制激光器2回到下一毛化路程的起点。

[0072] 在本实施例中，通过检测毛化点前后两个预定点之间的高度差来判断正在毛化的工件5表面是否为曲面和/或即将进入曲面，并根据高度差所属区间，控制调整激光参数，并根据高度差，如前文所述，调整焦距，如图8和图9所示，可在当前焦距H的基础上，将下现毛化点的毛化作业的焦距变更成$H+\triangle h/2$，也可根据其他方法，根据工件5的表面形态参数，自适应修正焦距。

[0073] 需要说明的是，判断是否为曲面结构和/或下一毛化为为曲面时，在毛化前进方向上，如图8所示，毛化点前后的两个毛化点(可为下一毛化点及已完成的前一毛化点)或毛化点前后一定距离的点与测距传感器之间距的高度差△h＝h1-h2为负值，代表下一毛化点的高度升高，高度差为负值，表明下一毛化点的高度降低，根据预设程序，相应的缩短或拉伸焦距，如确定下一毛化点作业时的激光焦距为H+△h/2，其中H为当前毛化点的焦距，也可根据其他方式，确定下一毛化点作业时的焦距，其中h1为当前正在进行的毛化点之前已完成的相邻毛化作业点与距离传感器之间的距离，h2为即将进行毛化的作业点与距离传感器之间的距离，或h1为当前正在进行的毛化点之前一定距离的点与测距传感器之间的高度，h2为当前正进进行的毛化点之后一定距离的点与测距传感器之间的高度。

[0074] 在毛化的作业过程中，控制多面体棱镜31保持静止过程，即在工件5表面同一位置持续输出激光，在工件5表面同一位置处打出毛化点，实现激光毛化。多面体棱镜转动以实现连续扫描毛化作业过程，在工件表面打出多个连续的毛化点，相邻毛化点之间的距离与脉冲频率、多面体棱镜31的转动速度有关，通过调整脉冲频率和转动速度，可调整相邻毛化点的间距，从而调整工件5表面的粗糙度。通过调整多面体棱镜31停止时间、转动速度、时间，分别实现对毛化点尺寸和距离的调控。

[0075] 为避免激光光束4经过多面体棱镜3棱角处产生的漫反射造成转镜系统内部温度过高的问题，在本实施例中，在激光毛化过程中，采用动态控制技术将激光的脉冲频率与转镜的转动进行协调关联，实现在激光照射到转镜系统3的棱角处时关闭激光，转过棱角后开启激光的目的，从而避免激光漫反射造成的转镜系统内部温度过高导致光学器件损坏的问题。同时通过控制激光的脉冲频率与转镜的转速，可以实现对毛化点的毛化程度、尺寸大小和间距分布的调整和控制。

[0076] 当采用多面体棱镜31进行扫描时，不可避免的遇到激光光束4经过棱角处的漫反射问题，这时激光会同时辐照于多面体棱镜31的两个转镜面上，一个面上的激光光束会正常扫描到工件表面，而另一个面上的激光光束则会散射进入激光毛化头的腔室内，长时间运行或采用高功率激光光源照射激光光毛化头的腔室，极易损坏激光毛化头的光学器件。为此，在多面体棱镜31转到棱角处时，控制激光器2停止发射激光，而在转过棱角后，再恢复激光发射。

[0077] 由于多面体棱镜31的转速极快，每秒过棱1000多次，两次过棱间隔不到1毫秒，必须在短暂的1毫秒时间内检测、判断、传输、响应信号，并最终实现激光的瞬时动态控制。为实现激光过棱控制，需设计一种可控制在扫描到多面体棱镜31的棱角处时开关激光的感应装置，如光电传感器7，检测棱角的信号进而控制激光的高频通断，使激光光束避开多面体棱镜31的棱角处，实现如图5所示，激光时空分布瞬时动态协同控制效果。

[0078] 本发明提供实现激光过棱控制的感应装置，如图6所示，包括光电传感器7，在多面体棱镜31的每个棱角位置均设置一个凸出镜面的触角8，触角8与棱角之间的距离与多面体棱镜31的转动速度有关，且触角8的位置不影响扫描过程中对激光的反射，即激光不会照射到触角8上，影响毛化效果。

[0079] 触角8为片状、条状、索状结构中的任意一种，底部与棱角和/或棱角之前的位置处固定，顶部向转动方向的倾斜，并突出于多面体棱镜31的顶面。进一步的，在本实施例中，如图6所示，触角8设置在多面体棱镜31的任一顶面(非激光扫描的镜面)上方的固定板上，固

定板的形状、尺寸以及设置角度与多面体棱镜31的顶面相同，且与多面体棱镜31的顶面平行并保持同步动作。

[0080] 触角8的底部与固定板朝向光电传感器的一侧固定，且固定在固定板的拐角(对应多面体棱镜31的棱角)处，触角8略倾斜设置，顶部朝向转动方向，或触角8设置在拐角(对应多面体棱镜31的棱角)转动方向的前方。触角8的倾斜角度与触角8的长度、转动速度有关。考虑到过棱时间极短，触角8可垂直于固定板设置，顶端朝向光电传感器。通过触角8的直径(宽度)形成过棱关闭激光的提前量。

[0081] 固定板与多面体棱镜31的顶面之间留有一定距离，靠近光电传感器，一方面可避免固定板影响多面体棱镜31的转动以及激光扫描，另一方面，与光电传感器7的距离更近，减少光电传感器7的扫描时间以及最终的响应时间。

[0082] 触角8经过光电传感器7时，光电传感器7检测到激光即将扫描到棱角，控制系统1控制激光器2关光，预定时间后，当棱角转过激光扫描区域后，触角8离开光电传感器的检测范围，控制系统1控制激光器2继续扫描过程，预定时间长短根据转镜的转动速度、触角8与棱角之间的距离确定。

[0083] 触角8倾斜设置和/或设置在棱角之前，光电传感器检测触角8顶部将棱角处的触角8设置在棱角之前，在即将扫描到棱角时感应到触角8经过，控制系统1控制激光器2关光。

[0084] 进一步的，如图7所示，触角8设置位置在棱角之前，触角8的中心点位于棱角之前一个光斑中心点的位置处，在此位置处关闭激光，相应的，在转过棱角一个光斑直径的距离后打开激光，即在过棱时，激光关闭，多面体棱角转过一个光斑直径的距离。

[0085] 进一步的，如图3和图12所示，在本实施例中，光电传感器7包括红光发生器71、红光接收器73和红光反射镜72，红光发生器71向多面体棱镜31发射红光，由红光接收器73接收经多面体棱镜31和红光反射镜72连续反射后红光，红光接收器73与控制器连接，向控制器发送接收信号。

[0086] 当红光接收器73接收到连续反射后的红光信号时，激光由多面体棱镜31正常反射，当多面体棱镜31转到棱角位置时，触角8设置在棱角之前，在过棱之前，触角8先到达红光在多面体棱镜31的射点位置，红光射到触角8上以后，红光不再反射，红光接收器73、控制器接收不到红光信号，控制器控制激光器停止发射激光，当红光接收器73再次接收到红光反射信号时，过棱结束，控制器控制激光器再次发射激光。

[0087] 本发明提供的激光毛化设备，不仅适用于小型工件5的激光毛化作业，同时也可应用于大型工件的毛化作业中，通过将前文所述的激光毛化设备通过与机械臂11连接，并配合前文所述的激光毛化方法，实现自动化激光毛化作业。

[0088] 进一步的，为实现自动化毛化作业，激光毛化系统包括前文所述的激光毛化设备和机械臂11，并根据待毛化的工件尺寸及结构特征，将机械臂11与相应的配套结构组装固定，如将激光毛化设备与龙门架10、机械臂11组装固定，前文所述的毛化设备通过机械臂11与龙门架10组装固定，对轨道车辆9车体外等大型工件表面进行激光毛化作业。

[0089] 激光毛化设备自带的控制系统1与激光毛化系统的控制器集成，即控制器(后文统称为控制系统)中预设前文所述的激光毛化设备的控制方法并在控制方法中集成机械臂11、龙门架10的控制过程，以实现毛化作业。

[0090] 以轨道车辆9车体的表面毛化作业为例，如图10至图11所示，待毛化作业的轨道车

辆9放置在作业台上，龙门架10沿车体前进方向跨设在作业台上，龙门架10底部与作业台滑动连接，如在作业台上设置滑轨，龙门架10可沿滑轨滑动，带动安装在龙门架10上的毛化设备沿车体前进方向移动，实现对车体表面的毛化作业。

[0091] 毛化设备通过机械臂11与龙门架10组装连接，如图9和图11所示，在本实施例中，在龙门架10的横梁、两侧纵梁上均通过机械臂11组装有一部毛化设备。机械臂11与龙门架10滑动连接，可沿龙门架10的横梁或纵梁直行移动，调整位置，以带动毛化设备平移，对轨道车辆9进行全面毛化。

[0092] 本申请中，通过龙门架10及机械臂11而带动毛化设备的对大面积工件进行自动化毛化作业，龙门架10及机械臂11为自动化加工技术领域的常规技术，具体结构不做赘述，现有技术或将来出现的任意结构均适用于本申请，同时也可采用自动化生产领域其他可带动毛化设备移位以实现大面积工件表面自动化毛化作业的装置，包括但不限于前文所述的龙门架10和机械臂11。

[0093] 当用于大面积工件的毛化作业时，如前文所述的毛化设备的各部件的组装结构如图10所示，毛化设备通过控制板12与机械臂11组装固定，在控制板12的底部(如图10所示方位)一侧，设置有安装架13，安装架13为中空的方管结构，一端与控制板12固定，另一端固定有安装板14，转镜系统通过安装板14、控制板12与机械臂11连接。

[0094] 转镜系统3通过安装支架及安装板14与控制板12连接，通过安装支架，使转镜系统3与控制板12之间留有足够的距离，为转镜系统3中的各结构留有足够的组装空间。

[0095] 为调整激光入射角度以及与毛化作业面之间的距离，转镜系统通过调整装置与安装板14连接。调整装置包括升降装置和旋转装置，升降装置调整转镜系统3与作业面之间的距离，旋转装置带动转镜系统3做360°旋转，以调整激光入射角度、毛化方向等。

[0096] 调整装置非本发明的发明重点，其具体结构不做限制，现有技术中任意可调整垂直高度、多维调整方位的装置均适用于本发明，将来可能出现的其他调整结构同样适用。

[0097] 如前文所述，转镜系统3包括多面体棱镜31，如图12所示，多面体棱镜31外罩壳体311，壳体311和多面体棱镜同轴固定，壳体311的顶面直接和/或通过调整装置与安装板14组装固定，壳体311的底部设置有开口，激光从开口处射入，并照射到多面体棱镜31的镜面上。

[0098] 驱动电机15的输出轴穿过壳体311后与多面体棱镜31的轴心固定，驱动多面体棱镜31旋转。

[0099] 透镜34设置在壳体311开口位置的下方，透镜34通过连接杆16与安装板14或固定板或多面体棱镜31外的壳体311固定。连接杆16设置在不影响激光路径的位置处。经多面体棱镜31反射的激光光束穿过透镜34后在轨道车辆9的车体表面形成毛化点。

[0100] 如图12所示，激光器2通过连接板与准直器35连接，连接板与透镜34的壳体311固定或与透镜34的连接杆16固定，从而限定激光器、准直器35与透镜34的相对位置。准直器35与激光器2在纵向方向上同轴设置，反光镜33相对于透镜34的方位倾斜设置。

[0101] 在准直器35的下方，设置有反光镜33，反光镜33通过连接件与准直器35或透镜34的壳体311、安装板14、连接杆16、控制板12等任一结构组装固定。如图3所示，从准直器35出来的激光射在反光镜33上，激光反射路线与透镜34的中心轴的夹角为45°。

[0102] 在多面体棱镜31的另一侧，设置有前文所述的红光反射镜72、红光发生器71和红

光接收器73，红光反射镜72与多面体棱镜31或安装板14、控制板12等任一结构组装连接，根据多面体棱镜31结构特征、红光射入方向、反射角度、触角8的安装位置等因素确定红光反射镜72、红光发生器71和红光接收器73的相对位置，图12中红光发生器71和红光接器的具体组装结构未示出，可根据具体现场应用情况，确定组装结构及与转镜系统3的组装连接方式。聚焦镜32在纵向方向上低于多面体棱镜31壳体311底部的开口位置。

[0103] 在纵向方向上，反光镜33和红光发生器71分设在多面体棱镜31底部开口的两侧，通过调整反光镜33的角度，使得从激光器2发射的激光经准直器35调校后，由反光镜33调整激光输出方向；调整红光发生器71的设置位置及射入角度，使红光经多面体棱镜31、红光反射镜72连续反射后，由红光接收器73接收。如图3所示，红光发生器71的红光发射方向与透镜34的中心轴的夹角为20°，反光镜33的反射路径与透镜34中心轴的夹角为45°。

[0104] 在图12中未示出聚焦镜32，在实际应用中，聚焦镜32设置在反光镜33和多面体棱镜31之间的位置处，且位于反光镜33的激光反射路径上。或如前文所述，聚焦镜32可设置在多面体棱镜31与透镜34之间，进一步的，也可将聚焦镜32与透镜34集成，通过调整透镜34的位置，调整焦距。

[0105] 在多面体棱镜3上还设置有两个距离传感器6(图中未示出)，距离传感器6处设置隔板，以减少激光对距离传感器6的检测误导。

[0106] 需要说明的是，图10中仅示出了本发明提供的激光毛化系统中的毛化设备各结构的相对位置关系、结构特性，各结构之间的连接关系、连接组件非本发明的发明重点，因此未完全在图10中示出，在实际应用中，根据应用场景、待毛化平面的结构特征选用适用的连接结构和连接关系，通过选用的连接结构及连接关系，调整转镜系统3各部件之间的相对位置、相对角度，以实现毛化扫描作业。

[0107] 在本实施例中，对轨道车辆9作业时，待毛化作业的轨道车辆9长25.5m，宽3.38m，高3m，龙门架10的两纵梁之间的距离即龙门内空宽为5m，高4.3m，采用12KW多面体棱镜激光毛化设备，毛化宽度平均值为500mm，毛化过程中的行进速度为15mm/s，折算下来的毛化效率为500mm×15mm/s＝27m^2/h。毛化时，龙门架10沿轨道车辆9车厢长度方向带动3套毛化设备匀速移动，对车体表面同时进行三个方位的毛化作业。车体三个不同方位的表面分别毛化完一条路径后，机械臂11移动预定距离，如移动一个毛化宽度，再折返回来进行毛化。重复上述动作直至车辆表面全部毛化完成。

[0108] 需要说明的是，毛化控制方法应用于轨道车辆9车体表面的毛化作业时，控制方法中还包括对机械臂11的控制方法，实现车体的自动毛化作业，在本实施例中，采用如前文所述的毛化设备对车体表面进行毛化作业时，其作业过程如下：

[0109] S1，样板试验：

[0110] 在对轨道车辆9的车体表面进行毛化作业前，先使用毛化设备对500mm×500mm的样板进行毛化试验，毛化完成后检测样板的粗糙度等质量参数是否满足质量要求(6μm≤Ra≤20μm)。若满足则进行后续步骤，若不满足则通过调整激光参数等方法继续进毛化试验直至满足质量要求。

[0111] 在实验室中，机械臂11可直接安装在作业台上，无需安装在龙门架10上，对平铺在作业台上的样板进行毛化试验。试验过程中，根据毛化质量要求选择适用的样板尺寸，并根据、毛化现场的车体表面与毛化设备之间的粗测距离，确定相应的可适用于现场毛化的毛

化参数。

[0112] S2,离线编程:

[0113] 采用离线编程软件进行激光毛化作业路径规划。通过轨道车辆9的三维模型图获取待毛化作业面的实际工位坐标系数值,并导入到软件中生成工具坐标系,在车体模型中选择三点形成工件坐标系,对毛化作业路径进行编程,同时根据步骤S1的试验情况获取并在设置激光工艺参数,包括但不限于激光的平均功率、可调脉宽、重复频率、光斑直径及脉冲能量。

[0114] 常规工艺参数可设定为激光平均功率为3000W～12000W,扫描幅值200mm～700mm,激光光斑直径为0.1mm～0.3mm。在实际操作中可以将各种车型以及毛化要求的参数集和作业路径形成工艺数据库,并设定到控制系统中,在进行毛化作业时直接调用对应的程序,提高车辆毛化工序的效率。

[0115] S3,车体定位:

[0116] 采用移车机将车辆移动至毛化工位并固定牢固,移动龙门架10从而将激光毛化设备移动至预先设定的起始点。

[0117] 在毛化工作开展之前,预先检查通风设备如吸烟装置、烟雾净化器等是否正常,并调节设备的工作方位,以确保在毛化过程中及时对毛化过程产生的灰尘进行收集处理。

[0118] 伴随激光毛化系统配套选用的通风设备包括吸尘器及烟雾净化器,能有效地去除毛化过程产生的残渣和粉尘,经过滤后排出净化的空气,以保证激光毛化系统使用时和使用后的作业现场对人体和环境无害,环保绿色。

[0119] S4,车体扫描:

[0120] 激光毛化系统还包括三维扫描仪,与机械臂11连接,机械臂11带动三维扫描仪对车体进行自动扫描,获取车体的实际空间坐标数据,用于后续的毛化作业。

[0121] 同时利用获取的车体的实际空间坐标数据与步骤S2中获取的模型数据进行对比,以完成对车体表面状态的检测,例如是否存在鼓包、凹坑或者脏污等缺陷。

[0122] 获取的缺陷超过预设值时,报警提示,并停止毛化作业。

[0123] S5,程序调用:

[0124] 在车体扫描完成后,当车体表面的缺陷(若有)在允许范围内时,选择预先编制好的自动毛化作业程序。

[0125] S6,自动毛化:

[0126] 确认各部件状态无异常后启动激光毛化系统,激光器、自动测距系统、转镜系统3等部件开始工作,激光器2启动激光,机械臂11带动毛化设备按照规划好的路径和既定参数对车体进行自动毛化。

[0127] 当多面体棱镜31停止转动进行毛化作业时,测距传感器检测当前毛化点前后两个毛化点或前后一定距离的点与测距传感器之间的高度数据,并传输给控制系统,以此计算两点之间的高度差,控制系统根据计算获得高度差,并如前文所述,调用相对应的激光清洗毛化参数数据库中相应的数据,并以此为依据,调整并控制激光器2及转镜系统3的工作状态和工作参数,包括但不限于调整激光焦距。

[0128] 当激光器2达到预设行程末端或当自动测距系统检测到的毛化点前后的高度差大于预设值(4mm)时,视为已达到作业边界,激光器停止毛化。激光器回到下一程毛化点,重复

这个步骤，直至完成整个工件的清洗毛化。

[0129] 车体侧部设置有车窗和/或车顶设置有空调安装口等开口位置时，当毛化路径中规划单一毛化路径需跨越车窗、开口位置完成整个车厢长度的作业时，当激光器2达到预设行程末端或当自动测距系统检测到的毛化点前后的高度差大于预设值(4mm)时，进一步结合车体的车体尺寸、当前作业点坐标，判断是否回到一下一程毛化点，高度差大于预设值，且作业点坐标已到达本次作业行程末端时，激光器停止毛化，回到下一程毛化点；当高度差大于预设值，且作业点坐标为车窗位置时，激光器停止毛化，龙门架10持续沿作业台滑动，带动毛化设备继续行进至该车窗位置结束时，激光器再次动作，重复进行毛化作业、高度差及坐标检测，至毛化至车厢末端，该路径的毛化作业结束，激光器回到下一程毛化点。重复操作，至整个车体完成毛化作业。

[0130] 需要说明的是，本实施例所述的激光器回到下一程毛化点，以原车体侧面毛化作业为例，包括但不限于，一，回到初始毛化位置，如坐标原点X轴原点，向上或向下调整毛化设备一个光斑的位置，进入下一行毛化路径的初始位置，进行毛化作业；二，在当前毛化位置，向上或向下调整毛化设备一个光斑的位置，作为相邻路径毛化路径的初始位置。

[0131] 当规划毛化路径时，将车体侧表面划分为多个毛化区域，如车窗开口位置的上、下两侧规划第一毛化区域，对应车窗的位置为第二毛化区域，第二毛化区域同时分为多个子区域，每相邻两车窗之间的位置为一个子区域，并对不同区域规划不同的毛化路径。

[0132] 在每个毛化区域分别按规划的路径如前文所述，往复进行毛化作业，直至所有毛化区域均完成毛化作业。

[0133] 进一步的，当移动毛化设备时，可通过控制机械臂11在龙门架10上的位置实现路径切换，或机械臂11包括多个关节，通过调节各关节之间的相对位置关系，调整毛化设备的位置，实现毛化路径切换，当各关节之间的相对位置关系达到或即将达到机械臂11可升展的最大距离时，调整机械臂11在龙门架10上的位置，以完成整个毛化作业过程。

[0134] S7，质量检测：

[0135] 毛化作业完成后，机器人回到起始点，控制系统根据预设的质量检测程序，机械臂11带动粗糙度检测仪按照既定程序对车体表面进行粗糙度检测，并自动判断检测点的毛化质量是否合格。

[0136] 在本实施例中，以轨道车辆9的车体的激光毛化为例，结合激光毛化设备的控制方法介绍激光毛化作业过程，在实际应用中，当激光毛化系统应用于其他领域进行毛化作业时，根据待作毛化作业表面的结构特征，适应性的改变与毛化设备连接的配套结构，如当工件5为平面结构，可平铺在工作台时，可不设龙门架10，机械臂11与工作台滑动连接，带动毛化设备移动，并通过调整机械臂11各关节之间的相对位置关系，实现毛化路径的切换。

[0137] 进一步的，前文介绍本发明提供的激光毛化设备时，同时提供了激光毛化方法，包括但不限于过棱控制、曲面判定、曲面毛化时焦距调整。并将此毛化方法集成到工件的毛化作业过程，实现工件毛化的整体过程控制。

[0138] 根据工件5的尺寸、机械臂11的最大伸展长度，确定工作台上的机械臂11的数量以及同时进行毛化作业的机械臂11的数量。

[0139] 进一步的，本发明提供的激光毛化系统，不仅适用于光洁表面的毛化，同时适用于工作表面具有漆层情况下的工件5的毛化，在毛化的同时，将漆层同步清洗掉，以便可进行

再次的喷漆作业。

[0140] 当对具有漆层的工件5进行激光清洗毛化时，整体作业步骤与前文所述的车体毛化作业步骤基本相同，并根据具体的清洗毛化作业要求，对上述步骤做适应性的删减、变更，以完成相应的清洗毛化作业。

[0141] 对于喷漆件的清洗毛化来说，通常无法获取样件，因此，可去除步骤S1的样板试验过程，完成前期设备检查后，根据工件材质、漆层材质及喷漆要求，设定初始激光工艺参数，包括但不限于激光的平均功率、可调脉宽、重复频率、光斑直径及脉冲能量。初始激光工艺参数为针对当前多面体棱镜31与工件5表面的垂直距离、焦距确定，如可设定为激光平均功率为30W～1000W，扫描幅值20mm～120mm，激光光斑直径为0.3mm～0.1mm。

[0142] 其中，工件5材质方面的参考要求包括但不限于工件材质、待喷漆表面的光滑度、工件5表面处理要求，喷漆要求包括但不限于漆的种类、粘稠度、附着能力、喷漆工具、喷漆速度、喷漆压力等，并将喷漆与材质分别结合，以确定毛化过程中的工艺参数，根据生产现场常见的工件材质对应的喷漆参数，根据经验和实验验定结果，形成不同工件材质、漆层厚度相对应的工艺数据库，确定不同材质、喷漆要求对应的激光清洗毛化控制参数之间各参数匹配关系的对应表，并设定到控制系统1中，使得毛化过程更具有针对性，提高工艺参数的设定效率。

[0143] 在常规生产过程中，根据工件5的喷漆要求，在对应表中选择对应的激光清洗毛化参数，并通过控制系统1向激光器2发送控制信号，控制激光器2发射对应的激光，以能对工件5进行有效的清洗毛化处理。

[0144] 当工件5表面需清洗掉已有漆层时，利用激光光束4使得工件5表面漆层吸收激光能量直接升华或者瞬间汽化蒸发，清洗效率更高，配合使用通风设备和水冷设备，同时减轻了漆层气化物对转镜系统3的污染和对工作人员身体健康的危害。

[0145] 激光清洗过程中肯定根据不同的漆层厚度设置不同的激光加工参数以及重复加工的次数、综合激光功率和扫描宽度及多面体棱镜31的转动速度以保证清洗效果，通过选择不同的工艺参数来获得更好的清洗效果，提高清洗效率，具体如下：

[0146] 当漆层厚度为60～100μm时，激光平均功率选择100～300W，扫描宽度100～120mm，清洗过程中的多面体棱镜31的转动速度为7～10r/s。

[0147] 漆层厚度为100～200μm时，激光功率选择300～400W，扫描宽度80～100mm，清洗过程中的多面体棱镜31的转动速度为6～9r/s。

[0148] 漆层厚度为200μm以上时，激光功率选择400～1000W，扫描宽度60～800mm，清洗过程中的多面体棱镜31的转动速度为6～8r/s。

[0149] 进一步的，本发明还提供了一种预制板材，根据预制板材的表面情况，采用前文所述的毛化方向对板材表面进行预处理，以便板材可进行后续的喷漆作业。

[0150] 综上所述，本发明提供的一种激光毛化系统、方法、预制板材及轨道车辆，具有如下技术优势：

[0151] (1)通过设置多面体棱镜代替传统振镜，并将棱镜的转动与激光发射相匹配，实现激光扫描幅宽的大幅扩展，明显提高了激光毛化效率；

[0152] (2)通过在激光器中集成测距系统，可用于基于平面结构的曲面工件的毛化，能够实现轨道车辆9等包含平面和曲面的大型工件的激光毛化；

[0153] (3)通过对激光光路和扫描速度的控制,实现均匀毛化的目的,提升了毛化作业的质量状态。

[0154] (4)通过将激光毛化设备与机械臂11集成,实现轨道车辆9激光毛化自动化作业;

[0155] (5)通过设置感应装置,检测棱角的信号进而控制激光的高频通断,使激光光束避开多面体棱镜的棱角处,以避免激光光束经过转镜棱角处漫反射问题造成的转镜系统内部温度过高的问题。

[0156] 如上所述,结合所给出的方案内容,可以衍生出类似的技术方案。但凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属于本发明技术方案的范围内。

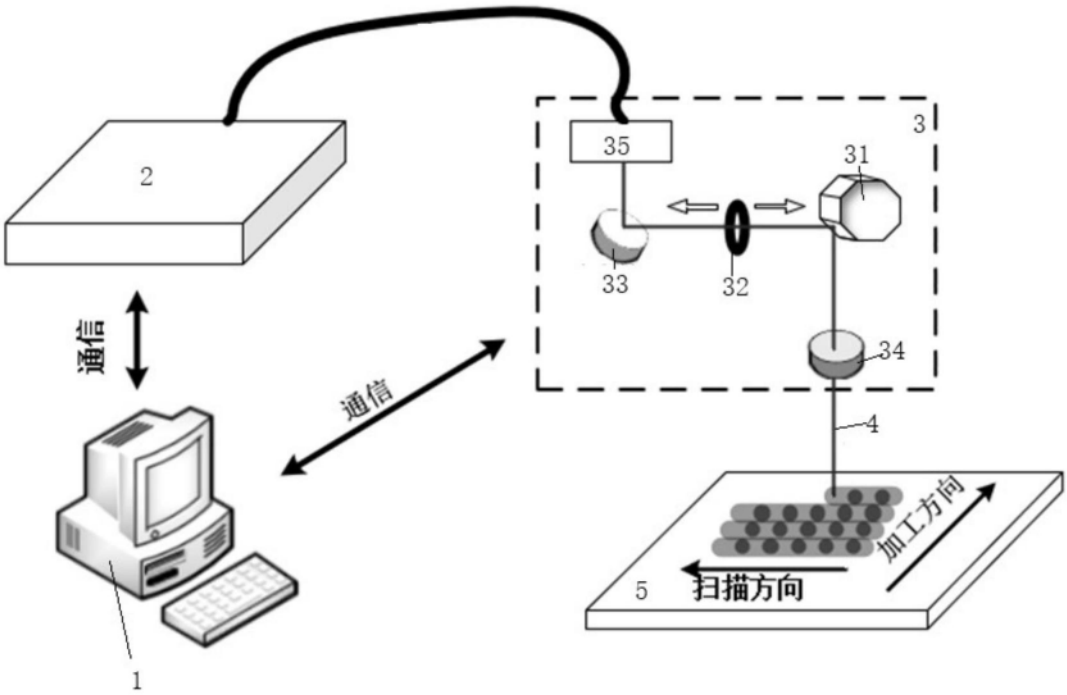

图1

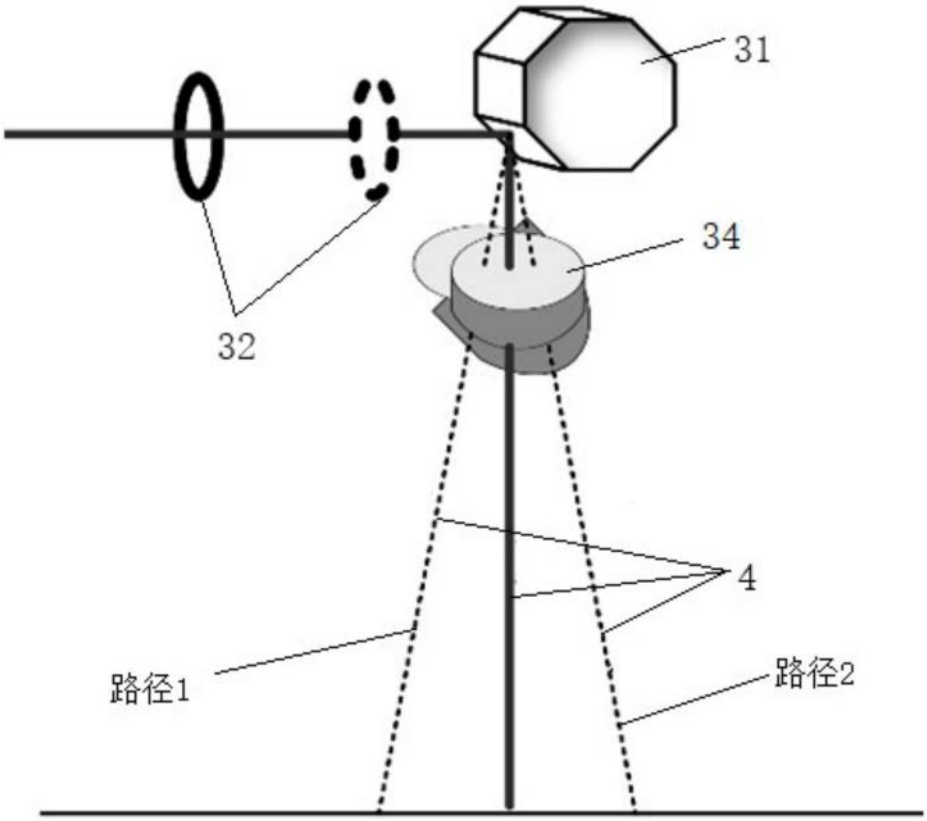

图2

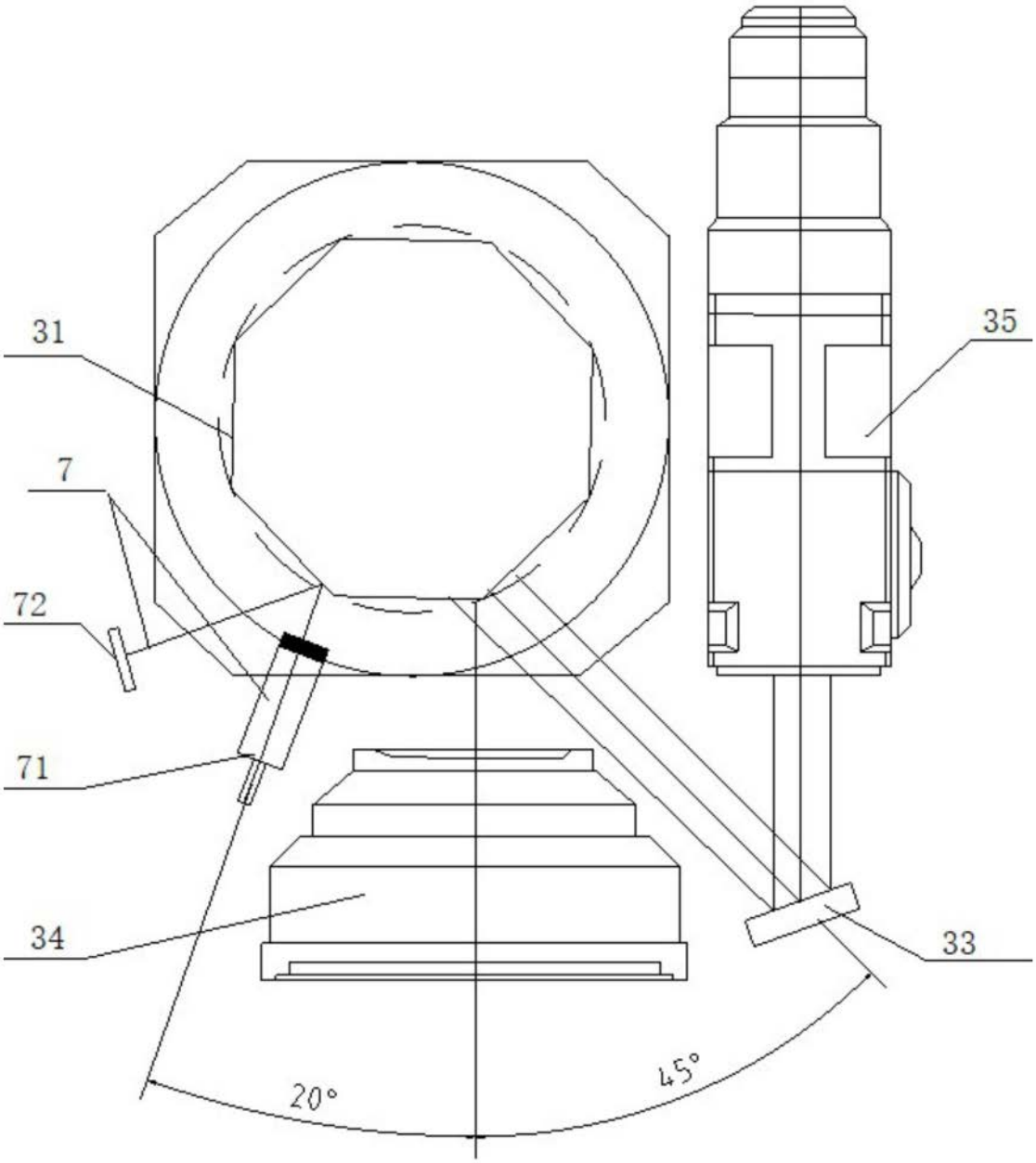

图3

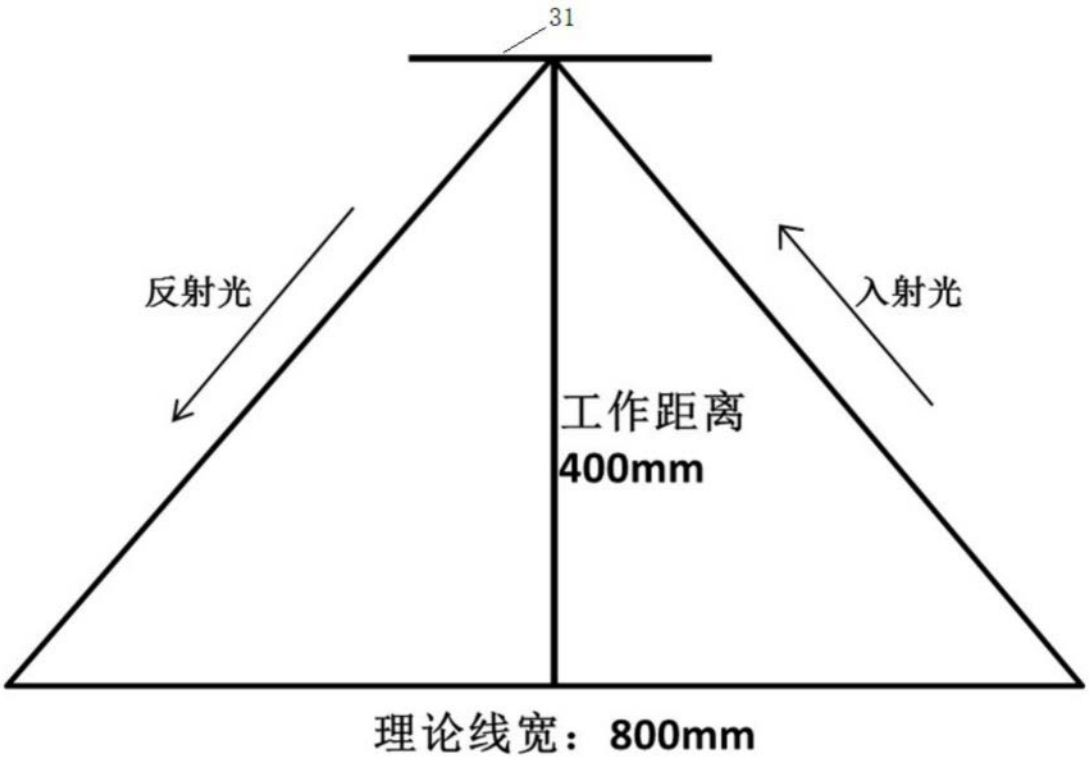

图4

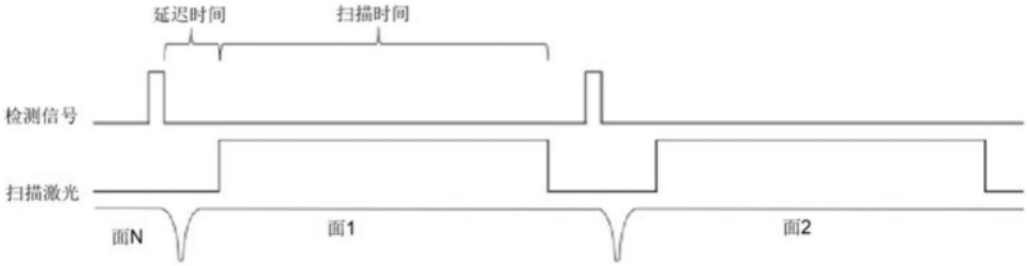

图5

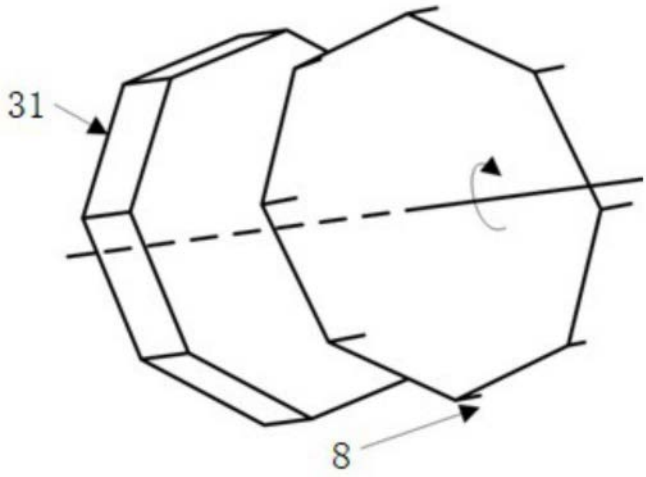

图6

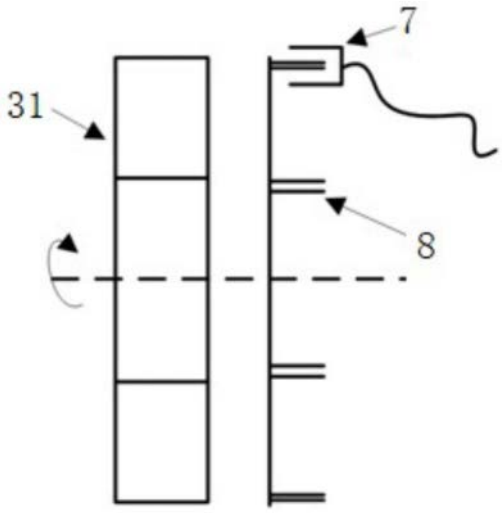

图7

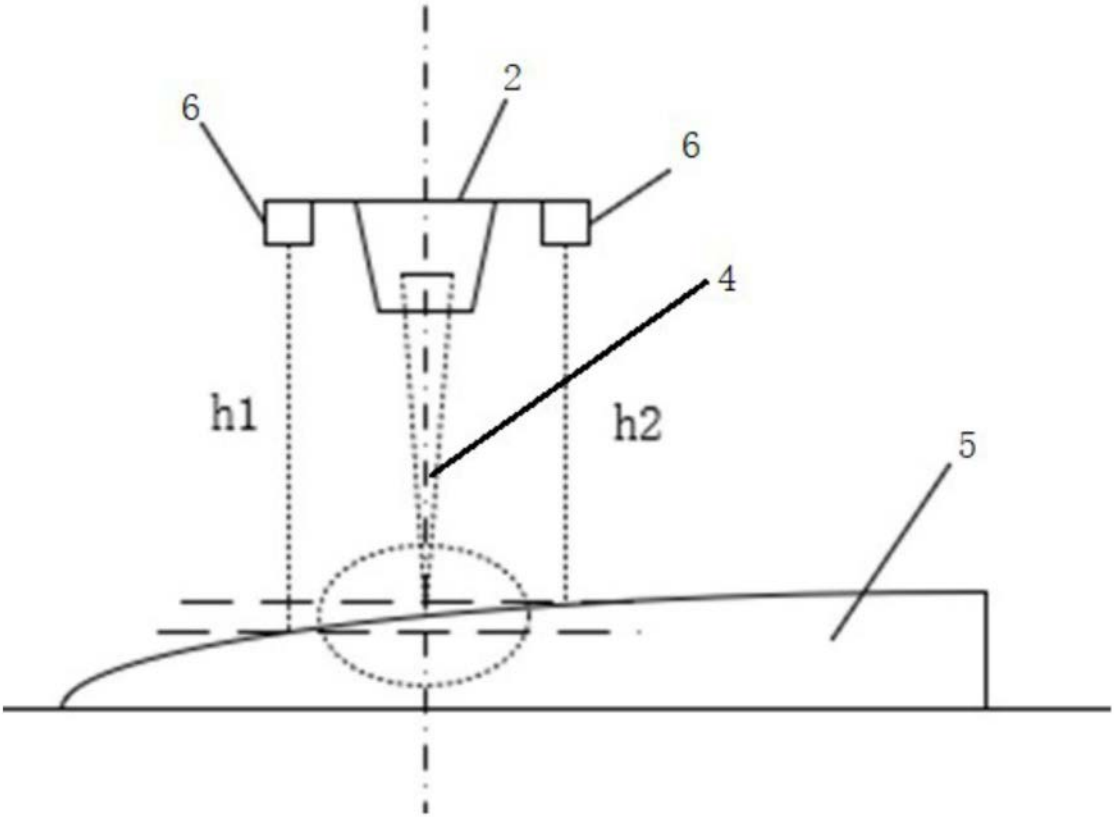

图8

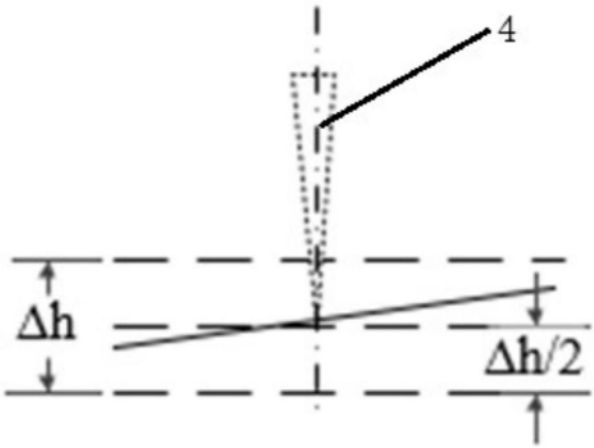

图9

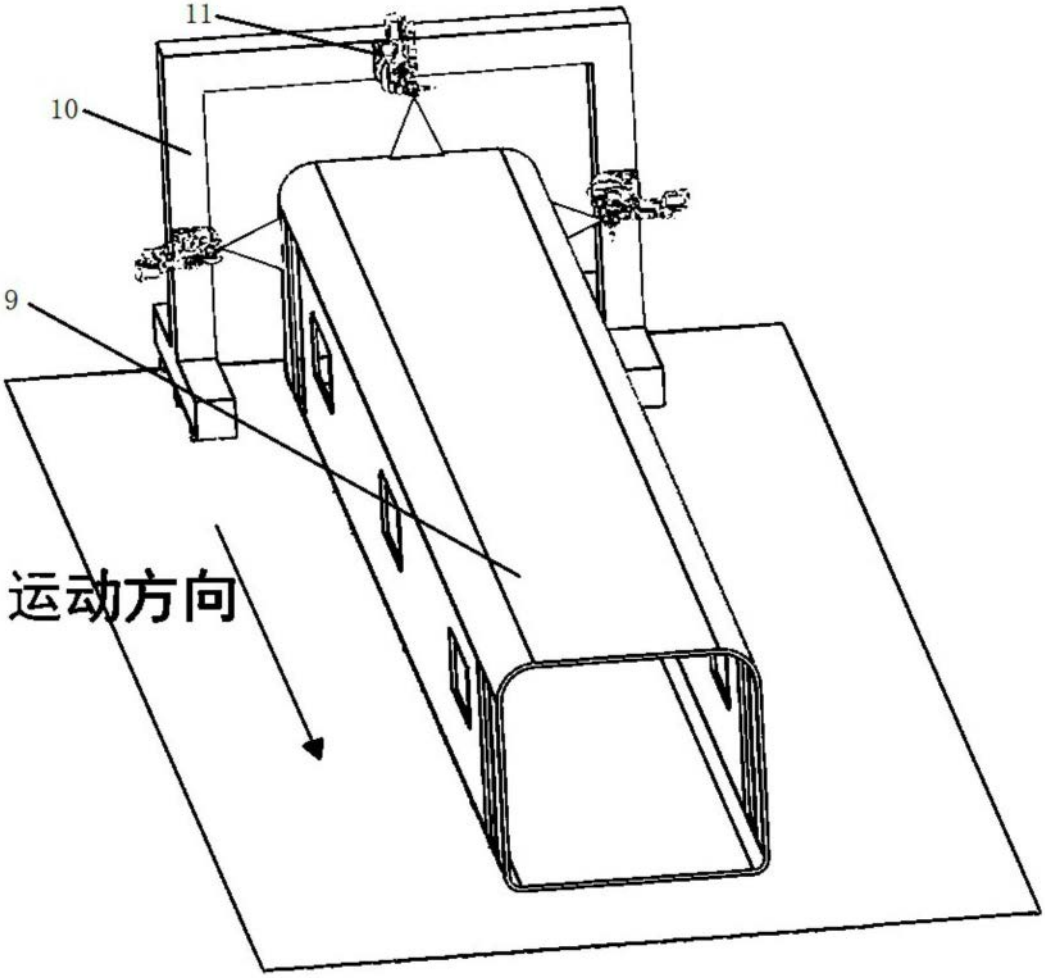

图10

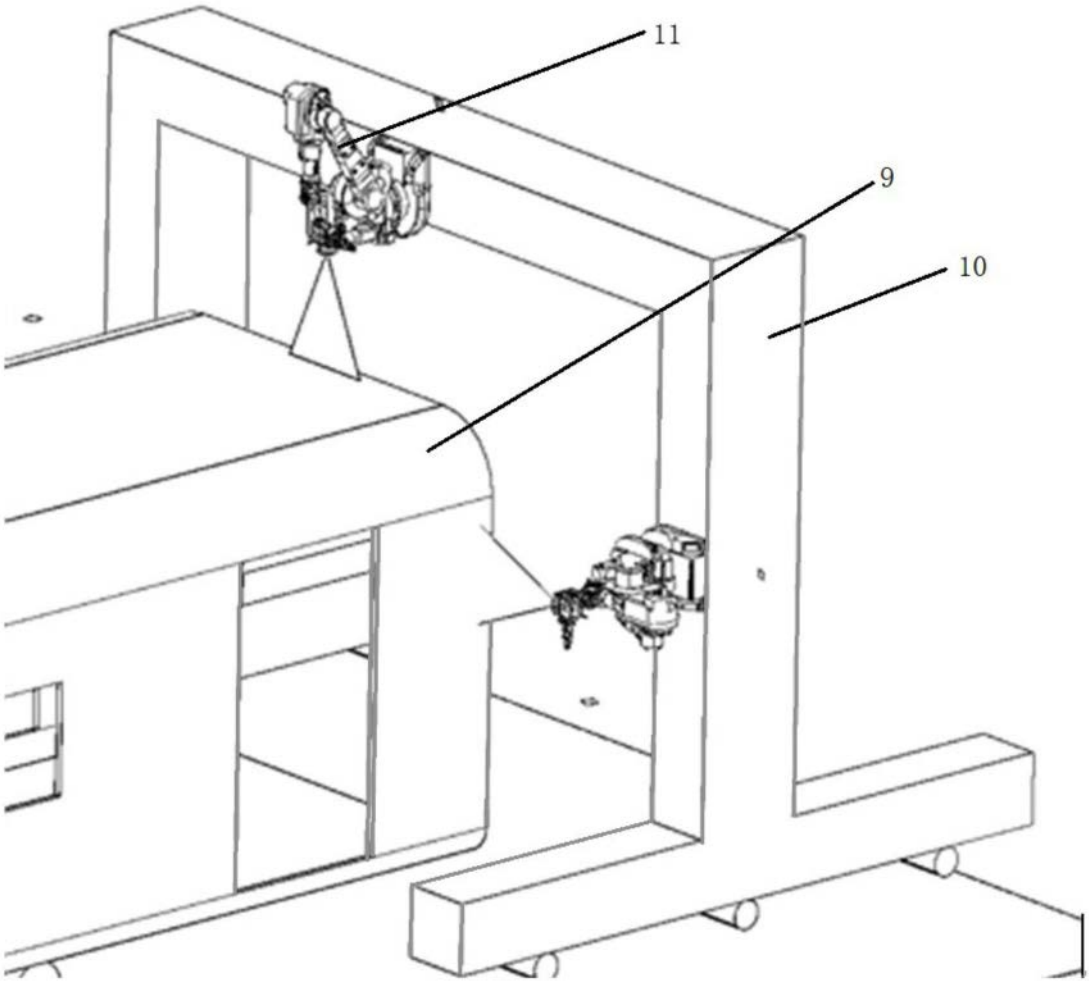

图11

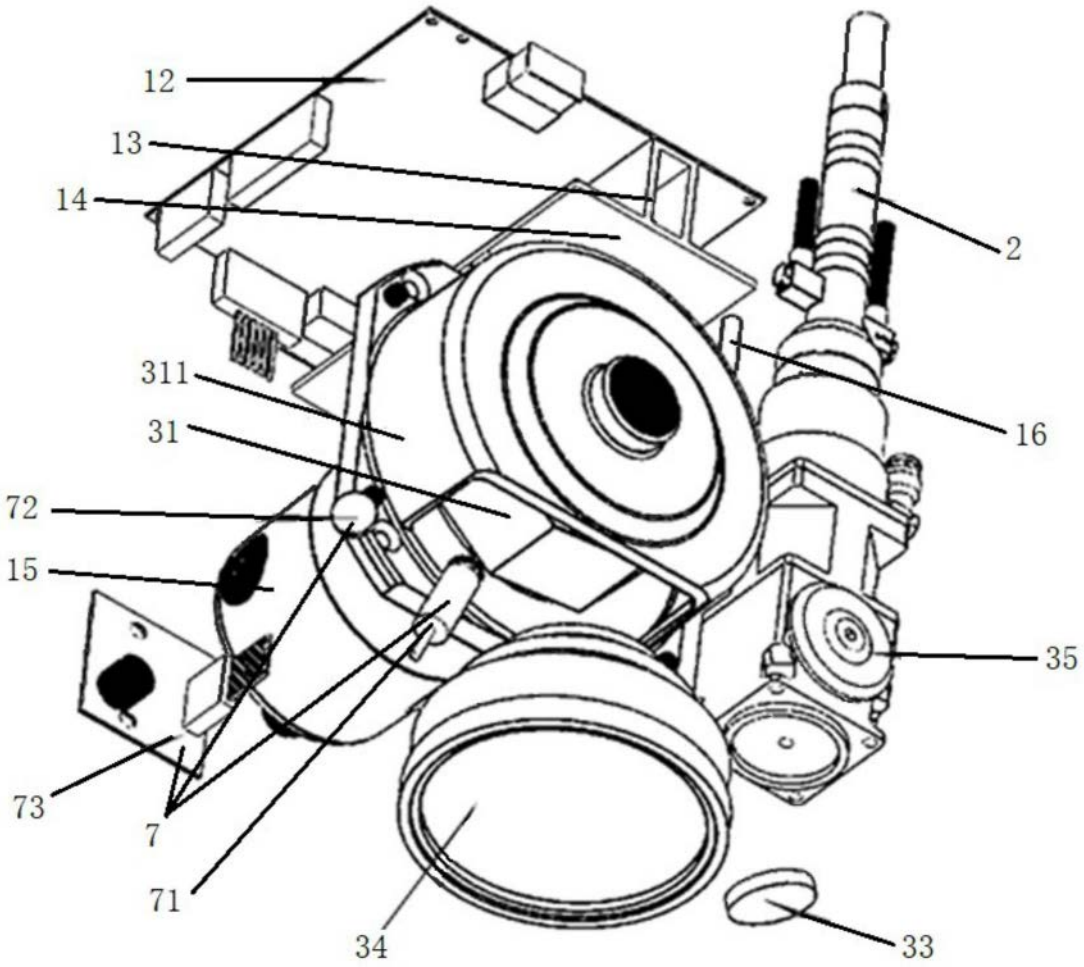

图12