



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112254591 B

(45) 授权公告日 2021.09.07

(21) 申请号 202011131932.1

审查员 任冠逢

(22) 申请日 2020.10.21

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112254591 A

(43) 申请公布日 2021.01.22

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 魏炳忱 汪球 赵伟

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理

事务所(普通合伙) 11390

代理人 焦海峰

(51) Int.Cl.

F42B 35/00 (2006.01)

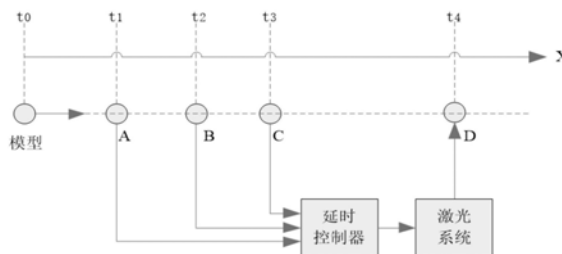
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置

(57) 摘要

本发明公开了一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置,包括模型和距离模型一定的距离位置处的靶室测量段,在靶室测量段顺次间隔一定距离分别设置有A窗口、B窗口、C窗口、D窗口四个观察窗口,A窗口、B窗口和C窗口分别连接延时控制器,在D窗口位置处设置有激光系统和相机,弹丸依次从探测点A窗口、B窗口、C窗口经过,通过计算相邻探测窗口之间飞行的时间,计算出飞行速度,然后再计算出需要延时的时间,通过延时控制器输出延时时间控制激光系统闪光,通过相机捕捉到弹丸经过D窗口的纹影图像。系统的稳定性更高;灵敏度更好,避免不触发的现象;实验数据更丰富,便于实验人员分析;人为可精确修正时间。



1. 一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置,其特征在于,包括模型和距离模型一定的距离位置处设置靶室测量段,在靶室测量段顺次间隔一定距离分别设置有A窗口、B窗口、C窗口、D窗口四个观察窗口,A窗口、B窗口和C窗口分别连接延时控制器,在D窗口位置处设置有激光系统和相机,弹丸依次从探测点A窗口、B窗口、C窗口经过,通过计算相邻探测窗口之间飞行的时间,计算出速度和加速度,然后再根据计算出的速度和加速度计算出需要延时的时间,通过延时控制器输出延时的时间控制激光系统闪光,通过相机捕捉到弹丸经过D窗口的纹影图像;

所述靶室测量段的弹丸的加速度计算公式和弹丸自C窗口运行到D窗口处所需的时间计算公式如下:

$$a = \frac{2(v_c - v_a)}{t_3 - t_1}$$

$$s_{cd} = v_c t_{cd} + \frac{at_{cd}^2}{2}$$

其中, v_c 为C窗口处的弹丸速度, v_a 为A窗口处的弹丸速度, t_3 为弹丸自初始位置运行到C窗口处所需的时间, t_1 为弹丸自初始位置运行到A窗口处所需的时间, t_{cd} 为弹丸自C窗口运行到D窗口处所需的时间; a 为弹丸的加速度; s_{cd} 为C窗口运行到D窗口处的距离。

2. 根据权利要求1所述一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置,其特征在于,所述靶室测量段的A窗口、B窗口、C窗口三个窗口都正常触发,或在其中任意一个窗口失效的情况下,计算速度和加速度,并根据计算出的速度和加速度进行计算需要延时的时间。

3. 根据权利要求1所述一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置,其特征在于,所述激光系统包括谐振腔激光器、光电探测器,通过谐振腔激光器输出的激光光强呈正弦波动,在光电探测器上探测的信号为正弦波。

4. 根据权利要求3所述一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置,其特征在于,所述激光系统还设置有比较器,在光电探测器上探测的正弦波通过比较器后转换为方波。

5. 根据权利要求4所述一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置,其特征在于,所述激光系统采用FPGA对弹丸通过窗口的时间进行检测,当弹丸飞过时,方波的脉宽发生变化,采用FPGA分析方波脉宽,获得弹丸飞过的时间。

6. 根据权利要求3-5任意一项所述一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置,其特征在于,所述激光系统还设置有示波器卡,通过示波器卡进行采集并存储,并使用触发信号控制示波器卡的储存起始时间。

7. 根据权利要求1-5任意一项所述一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置,其特征在于,所述模型采用两段式结构设计,包括成像使用的照相系统,所述照相系统包括激光光源a、水平纹影仪、垂直纹影仪、准直镜、基准法兰、窗口玻璃、相机、相机控制器,在窗口玻璃处通过基准法兰安装准直镜,通过准直镜安装水平纹影仪、垂直纹影仪,激光光源a通过水平方向的光纤和水平纹影仪连接,激光光源a通过垂直方向的光纤和垂直纹影仪连接。

8. 根据权利要求7所述一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置,其特征在于,所述模型采用两段式结构设计,包括控制闪光的测控系统以及处理和采集系统,所述控制闪光的测控系统包括激光光源b、光电探测器、控制器,所述处理和采集系统包括PXI采集系统、工

控机、交换机,其中,光电探测器和控制器通过同轴电缆连接,控制器输出控制信号控制激光光源a闪光;所述的控制器和相机控制器通过局域网通讯,且均连接至交换机,交换机和工控机连接,相机拍摄的照片通过局域网上传至工控机。

一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置

技术领域

[0001] 本发明属于超高速弹丸/模型测试实验设备技术领域,具体涉及一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置。

背景技术

[0002] 气体爆轰驱动超高速发射的测试装置用于测量飞行模型流场、姿态和速度测量,需要在靶室测量段上建立以多套阴影(纹影)照相系统为基础并配置模型探测和基准系统的测控系统来获取试验数据及图片。

[0003] 现有技术中通常采用的方法为单观察窗原理,通过计算弹丸AB点距离/AB点飞行的时间,计算出飞行速度,然后再计算出需要延时的时间。但其有且只有两个观察窗口,在任意一个观察窗口失效的情况下系统就不能正常工作了。

[0004] 现有技术通常采用的粒子探测器的原理是激光器发出的光通过凸透镜后变成平行光,然后在接收端通过一个凸透镜收缩光斑,使用光电探测器输出模拟信号,模拟信号经过比较器输出脉冲,即弹丸通过输出脉冲(如说明书附图1所示)。

[0005] 使用单片机对下降沿进行检测,认为下降沿的时间即弹丸通过窗口的时间。

[0006] 在使用中,发现了现有技术的一些缺点:

[0007] 1、灵敏度低,经常不触发。

[0008] 弹丸速度非常快,在快速飞过的过程中造成的光强变化过小,使检测系统不能检测到而造成不触发,无法正常拍照。

[0009] 2、误触发情况多。

[0010] 爆轰时有剧烈的振动,虽然在结构上采取了相应措施,仍然不能避免光路的变换造成光强变化,使探测器错误触发。

[0011] 爆轰的气流和杂质气体使光电探测器错误的检测到信号。

[0012] 3、试验完用于分析的数据不够。

[0013] 使用采集卡采集的信号还不足以完整分析实验过程,在试验失败时无法从探测器信号分析出试验失败的原因。在实验正常时无法从信号分析上提高测量的精度。

[0014] 综上,现有技术中的原有系统只计算了速度,在真空度不够高或者是爆轰的气体进入弹丸飞行空间中的情况下,弹丸在水平方向上并不是完美的匀速运动。因此如何重新设计测试装置及检测方法,完善测试原理,发明一种灵敏度高、能从现场复杂工况中准确分析出弹丸经过并保存足够的信息的测试系统,具有重要的现实意义。

发明内容

[0015] 针对现有技术中存在的问题,本发明的目的在于提供一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置。

[0016] 本发明采取的技术方案为:

[0017] 一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置,包括模型和距离模型一定的距离位置

处的靶室测量段,在靶室测量段顺次间隔一定距离分别设置有A窗口、B窗口、C窗口、D窗口四个观察窗口,A窗口、B窗口和C窗口分别连接延时控制器,在D窗口位置处设置有激光系统和相机,弹丸依次从探测点A窗口、B窗口、C窗口经过,通过计算相邻探测窗口之间飞行的时间,计算出飞行速度,然后再计算出需要延时的时间,通过延时控制器输出延时时间控制激光系统闪光,通过相机捕捉到弹丸经过D窗口的纹影图像。

[0018] 进一步的,所述靶室测量段的速度计算公式和弹丸的加速度计算公式如下:

$$[0019] \quad a = \frac{2(v_c - v_a)}{t_3 - t_1}$$

$$[0020] \quad s_{cd} = v_c t_{cd} + \frac{at_{cd}^2}{2}$$

[0021] 其中, v_c 为C窗口处的弹丸速度, v_a 为A窗口处的弹丸速度, t_3 为弹丸自初始位置运行到C窗口处所需的时间, t_1 为弹丸自初始位置运行到A窗口处所需的时间, t_{cd} 为弹丸自C窗口运行到D窗口处所需的时间; a 为弹丸的加速度; s_{cd} 为C窗口运行到D窗口处的距离。

[0022] 更进一步的,所述靶室测量段的A窗口、B窗口、C窗口三个窗口都正常触发,或在其中任意一个单窗失效的情况下,计算速度,并根据上一级计算出的加速度进行计算和输出延时。

[0023] 进一步的,所述激光系统包括谐振腔激光器、光电探测器,通过谐振腔激光器输出的激光光强呈正弦波动,在光电探测器上探测的信号为正弦波。

[0024] 更进一步的,所述激光系统还设置有比较器,在光电探测器上探测的正弦波通过比较器后转换为方波。

[0025] 更进一步的,所述激光系统采用FPGA对弹丸通过窗口的时间进行检测,当弹丸飞过时,方波的脉宽发生变化,采用FPGA分析方波脉宽,获得弹丸飞过的时间。

[0026] 更进一步的,所述激光系统还设置有示波器卡,通过示波器卡进行采集并存储,并使用触发信号控制示波器卡的储存起始时间。具体为:上述波形均使用50M的示波器卡进行存储,在暴轰开始作为示波器卡的触发信号,触发长度可根据试验时间灵活设置,便于用户分析。

[0027] 进一步的,所述模型采用两段式结构设计,包括成像使用的照相系统,所述照相系统包括激光光源、水平纹影仪、垂直纹影仪、准直镜、基准法兰、窗口玻璃、相机、相机控制器,在窗口玻璃处通过基准法兰安装准直镜,通过准直镜安装水平纹影仪、垂直纹影仪,激光光源通过水平方向的光纤和水平纹影仪连接,激光光源通过垂直方向的光纤和垂直纹影仪连接。

[0028] 更进一步的,所述模型采用两段式结构设计,包括控制闪光的测控系统以及处理和采集系统,所述控制闪光的测控系统包括激光光源、光电探测器、控制器,所述处理和采集系统包括PXI采集系统、工控机、交换机,其中,光电探测器和控制器通过同轴电缆连接,控制器输出控制信号控制激光电源闪光;所述的控制器和相机控制器通过局域网通讯,且均连接至交换机,交换机和工控机连接,相机拍摄的照片通过局域网上传至工控机。

[0029] 本发明的有益效果为:

[0030] 通过对系统整体构成分析,本发明针对现有技术的不足,在空间上使用了两段式

设计,并更换了检测使用的光源(谐振式激光),比现有技术有长足的进步:

[0031] 1) 稳定性更高,靶室测量段中三窗中至少两窗失效的情况下系统才失效,这种情况的概率仅为4.2%,大大的提高了系统的稳定性。

[0032] 2) 灵敏度更好,避免不触发的现象,即使在弹丸快速飞过的过程中光强变化过小,本发明的检测系统仍然能检测到而避免不触发,从而实现正常拍照。

[0033] 3) 实验数据更丰富,便于实验人员分析,采用了新的光源后,在光电探测器上探测的信号为正弦波,使用比较器后转换为方波,使用FPGA分析方波脉宽,可以更精确的获得子弹飞过的时间。

[0034] 4) 纠错快速,便于系统维护,在实验出现错误时,通过分析波形就很容易分辨出在哪个环节上出现了错误,并且分析弹丸通过窗口的脉宽变化波形,人为可精确修正时间。

附图说明

[0035] 图1为现有技术中弹丸经过的输出波形图;

[0036] 图2为本发明中模型和靶室测量段的装置结构示意图;

[0037] 图3为本发明中无弹丸经过的输出波形图;

[0038] 图4为本发明中有弹丸经过的输出波形图;

[0039] 图5为本发明中气体爆轰驱动超高速发射的测试装置的整体结构示意图;

[0040] 图6为本发明中气体爆轰驱动超高速发射的测试装置的现场安装示意图;

[0041] 1、水平纹影仪a;2、光电探测器a;3、控制器;4、控制信号;5、激光光源a;6、激光光源b;7、水平纹影仪b;8、水平方向的光纤a;9、垂直方向的光纤a;10、光电探测器b;11、激光光源c;12、光纤b;13、垂直方向的光纤b;14、准直镜;15、基准法兰a;16、窗口玻璃a;17、窗口玻璃b;18、基准法兰b;19、交换机;20、连接至控制室的数据采集系统;21、垂直纹影仪。

具体实施方式

[0042] 下面结合附图进一步说明本发明。

[0043] 实施例1

[0044] 如图2所示,一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置,包括模型和距离模型一定的距离位置处的靶室测量段,在靶室测量段顺次间隔一定距离分别设置有A窗口、B窗口、C窗口、D窗口四个观察窗口,A窗口、B窗口和C窗口分别连接延时控制器,在D窗口位置处设置有激光系统和相机,弹丸依次从探测点A窗口、B窗口、C窗口经过,通过计算相邻探测窗口之间飞行的时间,计算出飞行速度,然后再计算出需要延时的时间,通过延时控制器输出延时时间控制激光系统闪光,通过相机捕捉到弹丸经过D窗口的纹影图像。

[0045] 如图2所示,如三个窗口都正常触发,不仅可以计算出速度,还可以计算出弹丸的加速度,使CD间的延时时间的计算更加精密。

$$[0046] \quad a = \frac{2(v_c - v_a)}{t_3 - t_1}$$

$$[0047] \quad s_{cd} = v_c t_{cd} + \frac{a t_{cd}^2}{2}$$

[0048] 其中, v_c 为C窗口处的弹丸速度, v_a 为A窗口处的弹丸速度, t_3 为弹丸自初始位置运行到C窗口处所需的时间, t_1 为弹丸自初始位置运行到A窗口处所需的时间, t_{cd} 为弹丸自C窗口运行到D窗口处所需的时间; a 为弹丸的加速度; s_{cd} 为C窗口运行到D窗口处的距离。

[0049] 并且在单窗失效的情况下仍然可以计算速度, 并根据上一级计算出的加速度进行计算和输出延时, 提高了系统的稳定性。

[0050] 根据试验每个窗失效的概率大概为1/8, 两窗之中任一个失效系统就失效, 系统失效的概率为15/64 (23.4%), 而三窗中至少两窗失效的情况下系统才失效, 这种情况的概率仅为22/512 (4.2%), 大大的提高了系统的稳定性, 当然继续增多窗口的情况下可以继续提高系统稳定性, 但在综合成本和施工难度上考虑, 三个窗体就足够了。

[0051] 如图3和图4所示: 其中有弹丸经过的脉宽变化有明细的特征, 可以轻易的和振动、暴轰气体干扰的脉宽变化中分辨出来。如图3和图4所示, 弹丸经过的脉冲会逐渐变大然后变小, 使用FPGA可选择最大脉冲宽度时作为计时时间点 (此时弹丸在窗口中心), 提高了测量的精度。振动造成的脉冲变化为一大一小变化, 而暴轰气体造成的脉宽变化的时间和幅度都非常大, 所以信号特征明显, 很容易分辨出来而不进行计算。既提高了系统灵敏度, 也减少了系统误触发的概率。

[0052] 激光系统使用谐振腔激光器, 该激光器输出的激光光强呈正弦波动。采用了新的光源后, 在光电探测器上探测的信号为正弦波, 使用比较器后转换为方波, 当弹丸飞过时, 方波的脉宽发生变化, 使用FPGA分析方波脉宽, 可以更精确的获得子弹飞过的时间。采用了FPGA辨别脉冲宽度, 其分辨率可达1ns, 灵敏度大幅提升。

[0053] 激光系统还设置有示波器卡, 使用示波器卡进行采集并存储, 并使用触发信号控制示波器卡的储存起始时间, 便于用户分析。

[0054] 上述波形均使用50M的示波器卡进行存储, 在暴轰开始作为示波器卡的触发信号, 触发长度可根据试验时间灵活设置。

[0055] 实施例2

[0056] 在实施例的基础上, 不同于实施例1, 一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置的模型, 采用两段式结构设计, 模型包括成像使用的照相系统、控制闪光的测控系统以及处理和采集系统,

[0057] 所述照相系统包括激光光源、水平纹影仪、垂直纹影仪、准直镜、基准法兰、窗口玻璃、相机、相机控制器, 在窗口玻璃处通过基准法兰安装准直镜, 通过准直镜安装水平纹影仪、垂直纹影仪, 激光光源通过水平方向的光纤和水平纹影仪连接, 激光光源通过垂直方向的光纤和垂直纹影仪连接;

[0058] 所述控制闪光的测控系统包括激光光源、光电探测器、控制器,

[0059] 所述处理和采集系统包括PXI采集系统、工控机、交换机,

[0060] 其中, 光电探测器和控制器通过同轴电缆连接, 控制器输出控制信号控制激光电源闪光; 所述的控制器和相机控制器通过局域网通讯, 且均连接至交换机, 交换机和工控机连接, 相机拍摄的照片通过局域网上传至工控机。

[0061] 如图5所示, 一种气体爆轰驱动超高速发射的测试装置分两端, 前端为卸爆段, 后端为试验端, 前端设置有水平纹影仪a1、光电探测器a2、控制器3、控制信号4、激光光源a5; 后端设置有激光光源b6、水平纹影仪b7、水平方向的光纤a8、垂直方向的光纤a9、光电探测

器b10、激光光源c11、光纤b12、垂直方向的光纤b13、准直镜14、基准法兰a15、窗口玻璃a16、窗口玻璃b17、基准法兰b18、交换机19、连接至控制室的数据采集系统20、垂直纹影仪21；在暴轰弹丸经过卸爆段时，可有效的隔离暴轰气体对实验造成的影响，并进行了测量，可为后级的试验段提供速度初值等重要信息，并拍摄了弹丸在卸爆段的飞行姿态及纹影图像。

[0062] 如图6所示，在同一水平线处自前向后依次设置有8个观察窗，每个观察窗处分别设置有一个激光光幕，以及相应的激光器、相机电源、相机、相机控制器，以及光电转换器、延时触发器，控制室内设置有工控机和局域网，通过工控机，弹丸依次从探测点的A窗口、B窗口、C窗口……H窗口经过，通过计算相邻探测窗口之间飞行的时间，计算出飞行速度，然后再计算出需要延时的时间，通过延时控制器输出延时时间控制激光系统的激光器闪光，开启相机电源，相机控制器控制相机沿着垂直和水平两个方向拍照，通过相机捕捉到弹丸经过窗口的纹影图像，相机拍摄的纹影图像通过局域网上传至工控机。

[0063] 以上所述并非是对本发明的限制，应当指出：对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明实质范围的前提下，还可以做出若干变化、改型、添加或替换，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

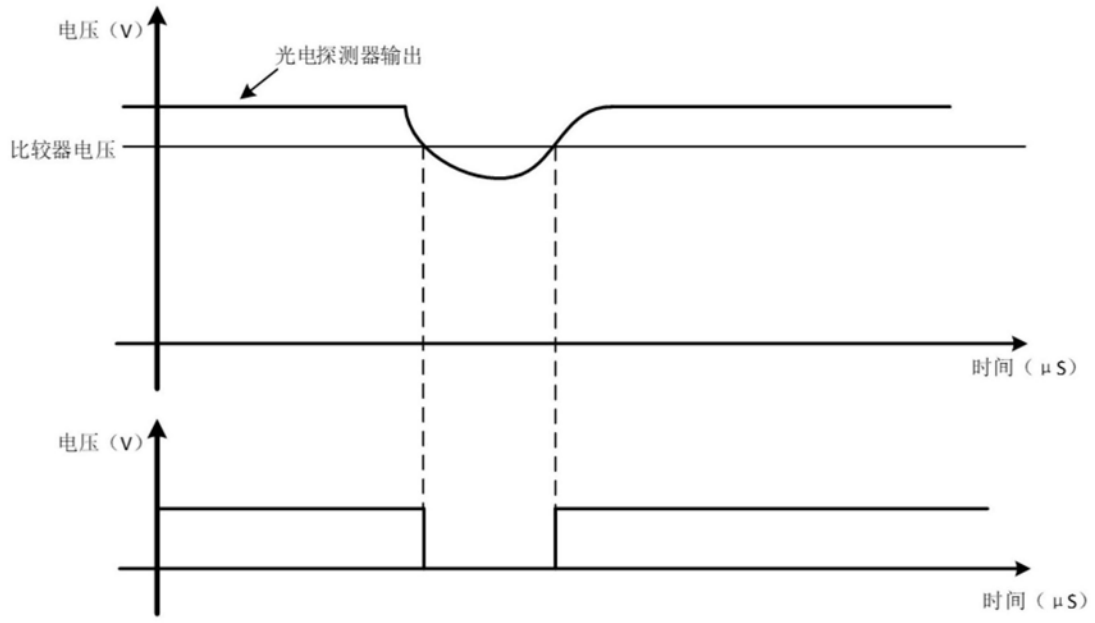


图1

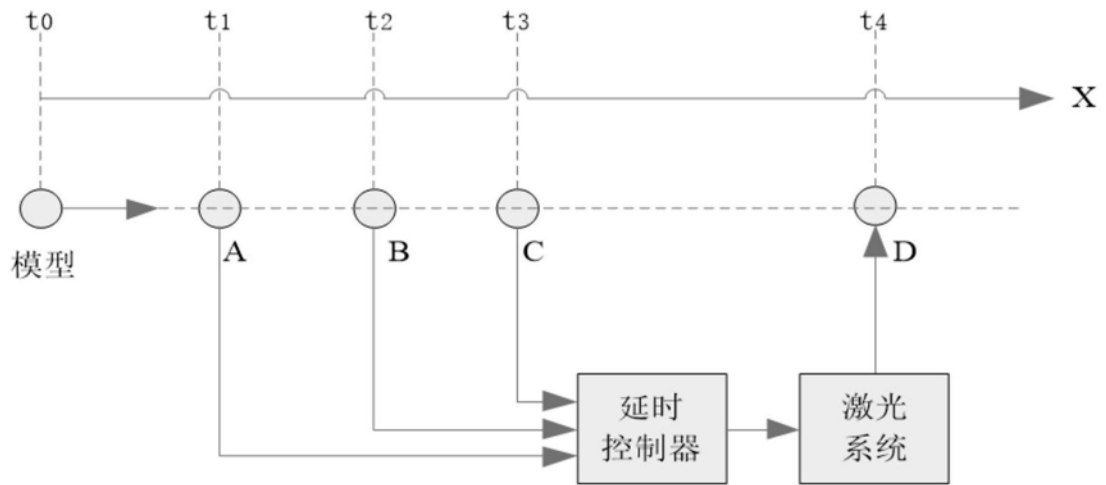


图2

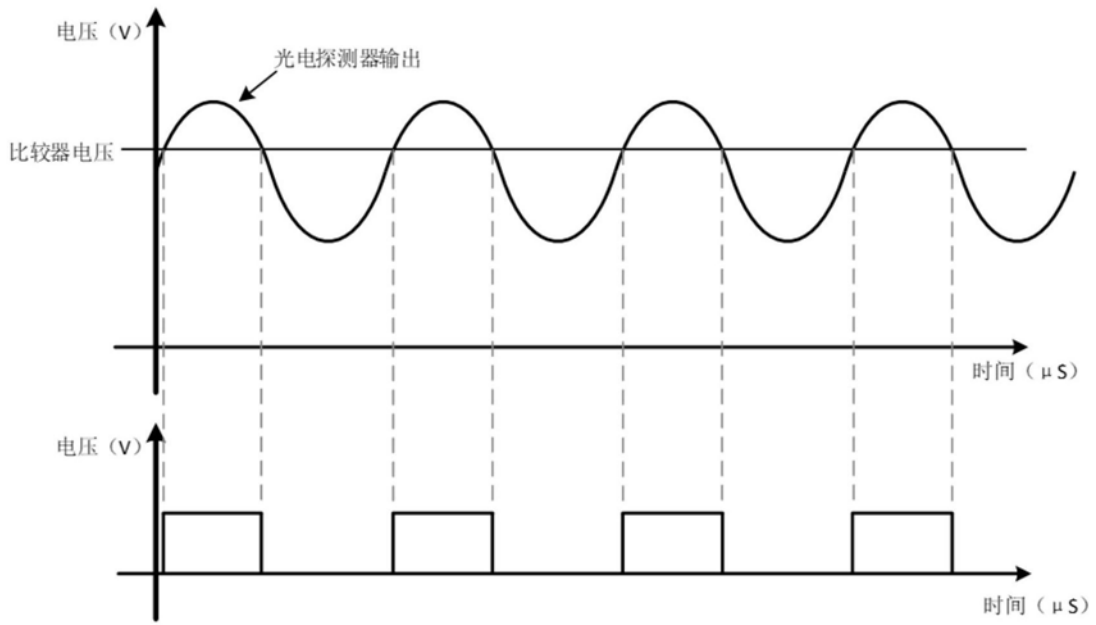


图3

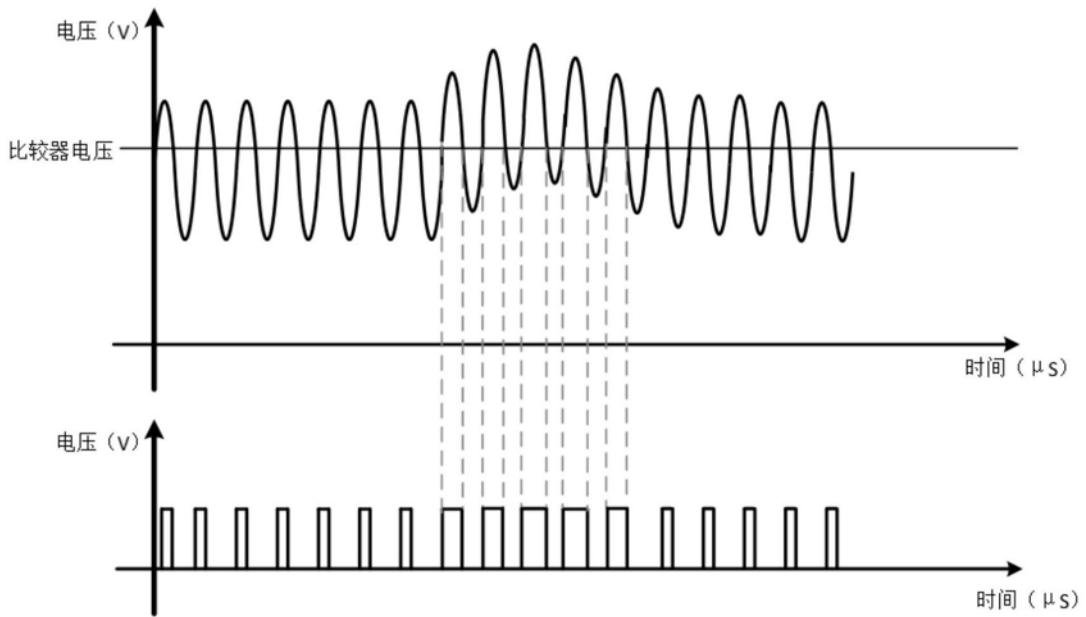


图4

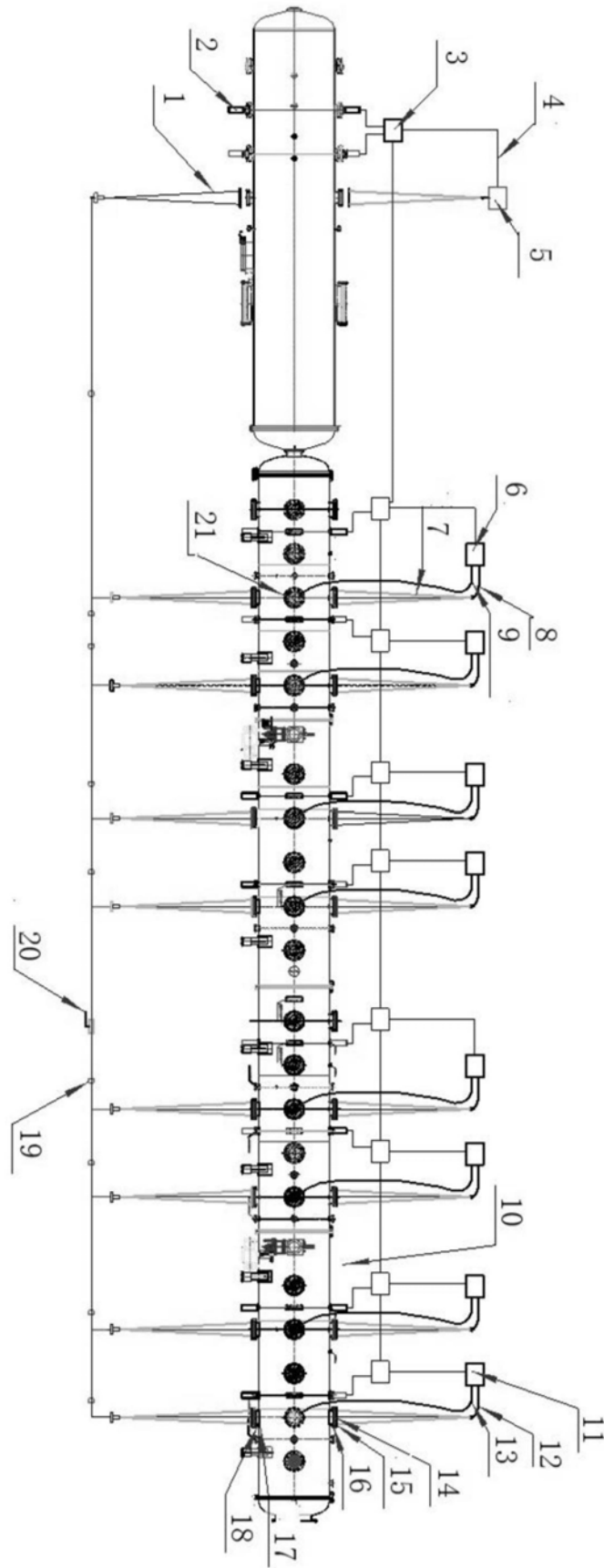


图5

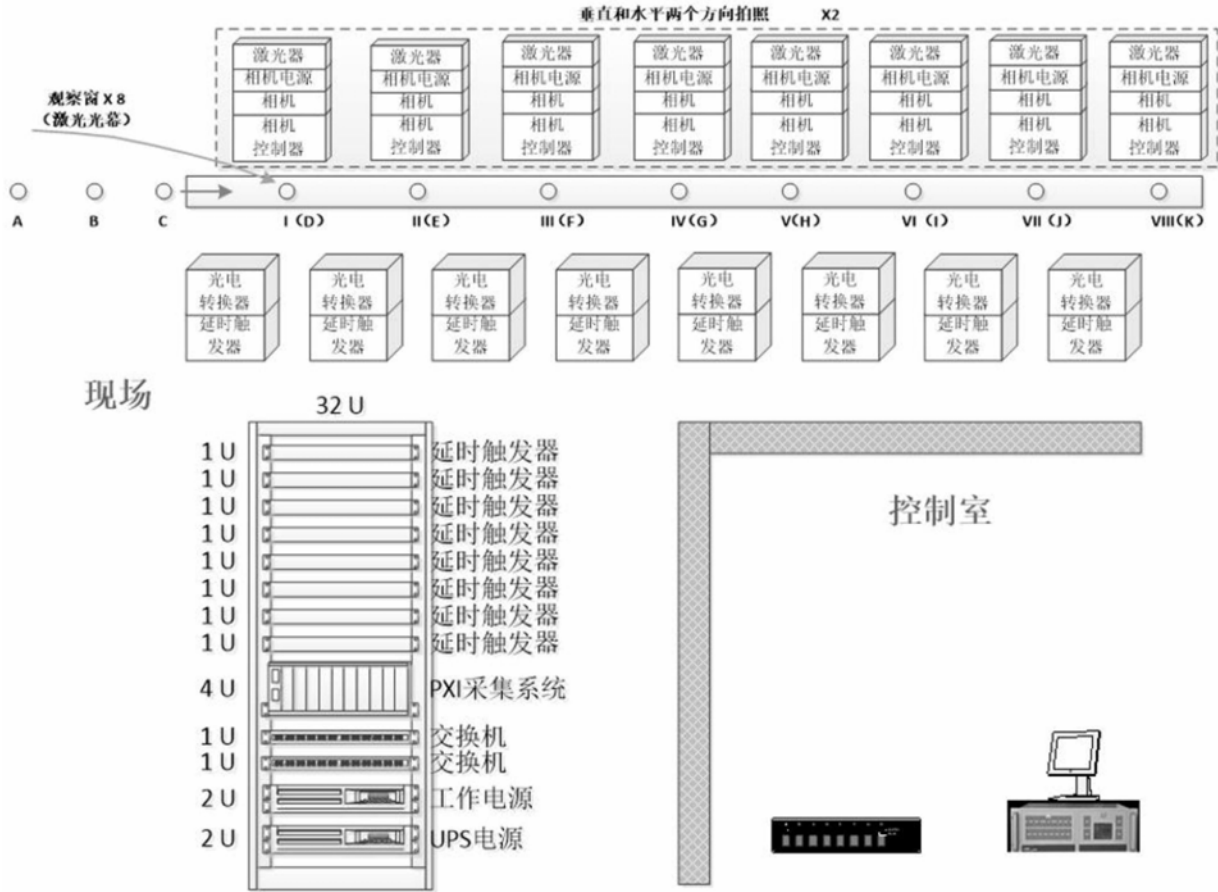


图6