

一种用于浑浊水域的水下激光测距系统

韩雪

(中交天津港湾工程研究院有限公司)

摘要:为解决浑浊水域水下测距困难的问题,设计了一种水下激光测距系统。采用反向测量的方式,即激光测距仪放在水下振动锤上部,激光向水面的方向射出,由第二激光测距仪判断当前水域是否适合激光测距,再由第一激光测距仪测量振动锤至水面的距离,进而得出施工地基是否在预设的高程值范围内。该系统能够有效判断水下振动锤上方是否存在影响激光测距准确性的浑浊水域,从而在不受浑浊水域影响时准确地进行水下激光测距。

关键词:水下激光测距; 浑浊水域; 激光测距仪; 振动锤

0 引言

激光测距仪是利用激光对目标的距离进行准确测定(又称激光测距)的仪器^[1]。激光测距仪具有重量轻、体积小、操作简单、测距速度快而准确等特点,进而被广泛应用于工业测控、矿山、港口等多个领域。目前激光测距仪已广泛应用于陆上精密测距。

对于水下比较复杂的环境,目前水下距离测量的方法主要有声学探测和光学探测等,声学探测中声呐是主流技术手段之一,可以实现中远距离探测,但精度较低,一般为测距范围的0.5%~1%^[2]。光学探测主要有水下激光三维扫描、水下多目视觉测深、水下激光测距仪等技术方法。而水下激光测距因其测距快、准确度高等优点,成为水下高精度近距离测距的理想仪器之一。但激光测距对水体要求较高,水中的杂质会对激光有吸收和散射的作用,尤其在比较浑浊的水域,水体的散射作用会使激光测量准确度降低。例如使用振动锤施工后的水域,水体浑浊,且浑浊度成放射状,由中心源头向四周浑浊度依次降低,使用激光测距仪时容易造成测量错误。

振动锤(Vibration pile hammer)是一种通电后产生强大激振力将物体打入地下的一种设备,广泛应用于城市建设、桥梁、港口等多种基础施工工程的沉拔桩施工机械^[3]。利用电动机带动成对偏心块作相反的转动,使它们所产生的横向离心力相互抵消,而垂直离心力则相互叠加,通过偏心轮的高速转动使齿轮箱产生垂直的上下振动,从而达到沉桩的目的。

在振动锤工作过程中使用激光测距仪测距,

振动锤工作是震一停一震一停的模式,在停止震动期间,使用激光测距仪测距并计算地基是否符合预设高程范围。振动锤在水下工作过程中会使水体变浑浊,水体浑浊对激光测距准确度造成很大影响。因此需要一种能够在浑浊水域准确进行水下激光测距的系统。

1 设计原理

在水下沉管隧道施工中,常常使用振动锤夯平水下地基。振动锤由吸振器、振动器及电气装置三大部分组成,如图1所示。下部的振动器用来振动作业,软连接吸振器,可使振动锤上部保持平稳,电气装置一般与桩架电气部分结合在一起。振动锤工作过程会使水体变浑浊,常规仪器测量的准确度很难满足要求。本文设计了一种水下激光测距系统,其原理是:将激光测距仪等模块装在振动锤上部,可使振动锤的震动对激光测距仪的使用寿命影响降至最低。在振动锤停止震动期间,用激光测距仪测量振动锤到水面的距离,进而计算得出地基是否在预设的高程值范围内。

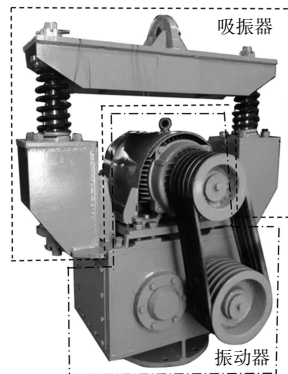


图1 振动锤

由于振动锤工作中会震动土体,使水体变得浑浊,一般浑浊区域范围小于 5 m,激光测距仪所发射的激光会打到因震动而飘浮在水中的微小颗粒上,导致无法正常测量振动锤到水面的距离。激光测距范围与水体浑浊度间存在指数衰减关系,一般情况下,振动锤施工后的水域呈圆形放射状,即以振动锤为圆心,浑浊度依次降低,激光测距范围依次提高,浑浊水域现场示意图如图 2 所示。本文使用反向测量的方式,即激光测距仪放在水下,激光向水面的方向射出,若振动锤震动土体后所在浑浊区域内激光测距准确,则说明振动锤至水面的激光测距工作也能正常进行。

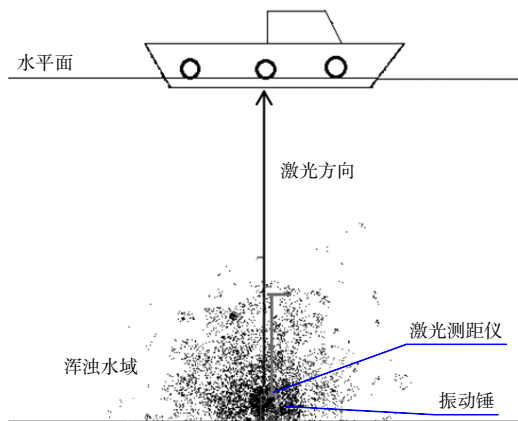


图 2 浑浊水域现场示意图

水下激光测距系统包括:位于水下的激光测量单元、位移检测单元、运动单元,及位于水上的控制器单元、数据处理单元、数据存储单元、显示单元,如图 3 所示。运动单元即竖向移动机构上的移动模块,可以带动激光测距仪进行上下竖向移动;激光测量单元包括第一激光测距仪和第二激光测距仪,安装在竖向移动机构上,第一激光测距仪进行实际测量,用于测量振动锤到水面的距离,第二激光测距仪进行校准测量,用于判断当前水域浑浊度是否具备使用激光测距仪测量条件,反射板是搭配第二激光测距仪一起使用;位移检测单元用于检测竖向移动机构上的第一激光测距仪和第二激光测距仪的实时移动量;控制器单元用于控制运动单元进行竖向移动,控制激光测距仪启动工作;数据处理单元接收位移检测单元和激光测量单元所测量的数据并进行处理分析,然后将结果反馈给控制器单元;数据存储单元存储过程数据和结果数据,方便历史数据查找

与追溯;显示单元用于向用户显示水下测距结果。

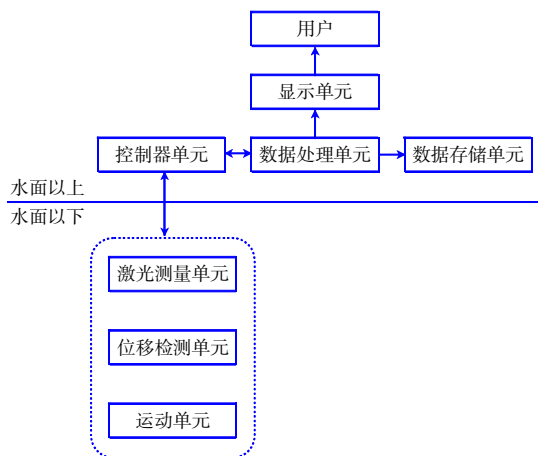


图 3 水下激光测距系统整体框图

第一激光测距仪和第二激光测距仪安装在竖向移动机构的运动单元上,能够随运动单元同步调整竖向位置;第一激光测距仪和第二激光测距仪安装在同一水平面上;反射板固定设置在竖向移动机构顶部,并位于第二激光测距仪的检测方向上,反射板距离第二激光测距仪的初始位置为已知设定距离 S_0 。

水下激光测距系统工作流程图如图 4 所示,该系统工作时,由第二激光测距仪测量到反射板的距离 S_2 ,若初始状态下 S_2 等于已知设定距离 S_0 ,说明当前水域的浑浊度满足水下激光测距条件,可以进行激光测距工作,启动第一激光测距仪进行振动锤到水面的测距。若 S_2 不等于 S_0 ,说明该水体浑浊导致激光测距不准确。由于水体浑浊度是从振动锤为圆心依次降低的,所以第二激光测距仪向上移动越过浑浊区,进行二次测量。第二激光测距仪沿竖向移动机构向上移动,实时位移量为 S_1 ,实时测量第二激光测距仪到反射板的距离 S_2 。若第二激光测距仪的位移量与测距量之和,等于初始位置时第二激光测距仪到反射板的已知设定距离 S_0 (即 $S_1 + S_2 = S_0$),则说明当前水域浑浊度满足水下激光测距条件,可使用第一激光测距仪测量振动锤到水面的距离。由于第二激光测距仪向上移动 S_1 位移量越过了影响测量的浑浊区,所以第一激光测距仪也需移动到相同位置进行测距。启动第一激光测距仪测量到水面的距离 S_3 ,而振动锤至水面的距离 S_4 为第一激光测距仪的位移量与测距量之和 ($S_4 = S_1 + S_3$)。

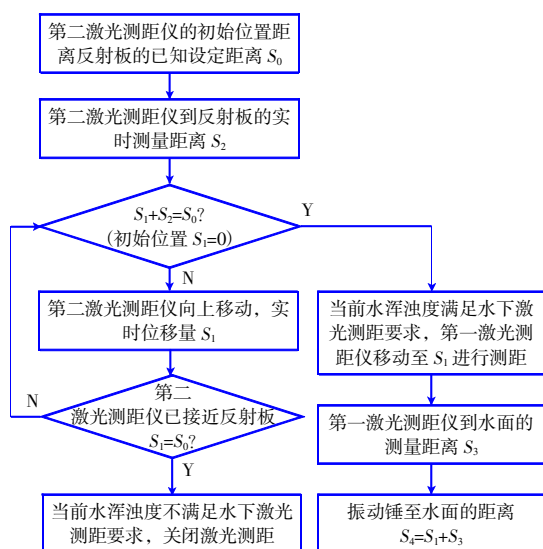
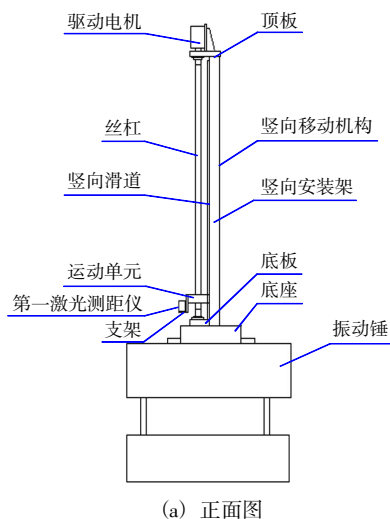
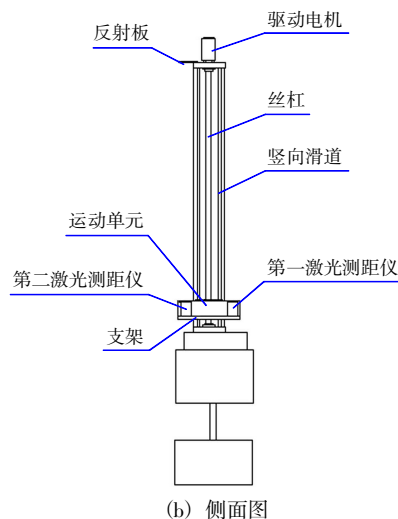


图4 水下激光测距系统工作流程图



(a) 正面图



(b) 侧面图

图5 硬件结构示意图

2.2 运动单元

运动单元滑动安装在竖向安装架上, 运动单元与丝杠配合, 丝杠旋转时会驱动运动单元沿竖向安装架的竖向滑道上下运动, 驱动电机与丝杠顶端传动连接, 通过驱动电机驱动丝杠旋转。工作时, 激光测量单元和位移检测单元将实时的测距数据发送至控制器单元, 经过数据处理单元将数据处理分析后的结果反馈给控制器单元, 由控制器单元发送指令给驱动电机, 驱动电机联动丝杠旋转, 进而控制运动单元沿竖向滑道上下运动, 同时带动激光测量单元上下移动。

2.3 激光测量单元

激光测量单元包括第一激光测距仪和第二激光测距仪, 第一激光测距仪和第二激光测距仪通

2 硬件结构

2.1 结构设计

硬件结构设计示意图如图5所示, 整个激光测距装置安装在振动锤顶部。振动锤上方设有支架、竖向移动机构、第一激光测距仪、第二激光测距仪和反射板。其中, 竖向移动机构包括: 底座、竖向安装架、运动单元、丝杠、驱动电机和竖向滑道。竖向安装架安装在底座上, 丝杠安装在竖向安装架上(竖向安装架的顶部有顶板, 底部有底板, 丝杠的顶部通过第一轴承座安装在顶板上, 丝杠的底部通过第二轴承座安装在底板上), 竖向安装架上设置有竖向滑道, 运动单元滑动安装在竖向安装架上, 驱动电机安装在竖向安装架的顶板上。使用时, 将竖向移动机构的底座固定安装在振动锤顶部。

过支架安装在竖向移动机构的运动单元上, 能够随运动单元同步调整竖向位置。第一激光测距仪和第二激光测距仪安装在同一水平面上, 即第一激光测距仪和第二激光测距仪的检测探头处于同一检测平面。反射板设置在竖向移动机构的竖向安装架顶部, 并位于第二激光测距仪的检测方向上。第一激光测距仪的检测方向上不受反射板的遮挡。

2.4 位移检测单元

竖向移动机构位移检测单元采用旋转编码器, 设置在竖向移动机构的驱动电机的输出轴上, 通过旋转编码器检测驱动电机输出轴的转动量, 再结合丝杠的螺距参数, 即可计算出丝杠上运动单元的直线移动量(电机带动旋转编码器旋转 360°对

应位移长度是丝杠的一个螺距的长度,即旋转编码器旋转 1° 长度为螺距/360)。

3 实施方案

反射板距离第二激光测距仪的初始位置为已知设定距离 S_0 , 实施方案中 S_0 为 5 m。第一激光测距仪的检测方向上不受反射板的遮挡, 第一激光测距仪用于测量其所在位置至水面的距离。

控制器单元位于水面之上, 是整个系统的核心处理单元, 与竖向移动机构的驱动电机、第一激光测距仪、第二激光测距仪和竖向移动机构位移检测单元通过线缆连接。控制器单元通过获取竖向移动机构位移检测单元的实时检测数据计算得到第一激光测距仪和第二激光测距仪距离其起始位置的实时位移量 S_1 , 以及获取第二激光测距仪在水环境下检测的到反射板的实时测量距离 S_2 。

工作时, 控制器单元控制竖向移动机构的驱动电机运动, 使运动单元带动第一激光测距仪和第二激光测距仪自起始位置向上运动, 在运动过程中, 将第一激光测距仪和第二激光测距仪距离其起始位置的实时位移量 S_1 与第二激光测距仪的实时测量距离 S_2 之和 S_1+S_2 与反射板距离第二激光测距仪初始位置的已知设定距离 S_0 比较, 根据比较结果, 判断第一激光测距仪和第二激光测距仪当前所处的水环境的浑浊情况是否满足水下激光测距要求(即判断第一激光测距仪和第二激光测距仪当前所处位置是否已经超过了浑浊水域), 以作为控制第一激光测距仪进行测距的控制依据。

当 S_1+S_2 与 S_0 之间的差值大于设定的阈值时, 则认为第一激光测距仪和第二激光测距仪当前所处的水环境的浑浊度不满足水下激光测距要求(即第一激光测距仪和第二激光测距仪当前所处位置没有超过浑浊水域), 此时, 控制器单元关闭第一激光测距仪, 不进行测距。

当 S_1+S_2 与 S_0 之间的差值小于或者等于设定的阈值时, 则认为第一激光测距仪和第二激光测距仪当前所处的水环境的浑浊度满足水下激光测距要求(即第一激光测距仪和第二激光测距仪当前所处位置超过了浑浊水域), 此时, 控制器单元启动第一激光测距仪进行水下激光测距, 测量其当前位置至水面的距离 S_3 , 将该距离 S_3 与第一激光测距仪当前位置至起始位置的位移量之和作为总的水下测距距离 S_4 , 来表示振动锤至水面的距离。

由于振动锤在工作时可能会发生倾斜, 此时安装在振动锤顶部的第一激光测距仪和第二激光测距仪均会随之发生倾斜, 从而导致最终计算出的水下测距距离 S_4 要大于实际的振动锤至水面的竖直距离 L (L 即为需要检测的工程量)。因此, 在振动锤顶部还设置了倾角检测传感器, 用于检测振动锤的倾角 θ , 倾角检测传感器检测的倾角数据会发送给控制器单元进而传输给数据处理单元, 由数据处理单元根据检测的倾角 θ 对水下测距距离 S_4 进行矫正, 得到矫正后的振动锤至水面的竖直距离 L , $L=S_4 \times \cos \theta$ 。最后通过显示单元将总的水下测距距离 L 反馈给用户。

在第一激光测距仪和第二激光测距仪的镜头处设置除垢装置, 采用雨刷器结构, 由于激光测距仪镜头所在位置并不完全平整, 所以雨刷器优选为刷毛材质的刷头。除垢装置由电机驱动, 频率为 2 s/次, 避开激光测距仪的测量时序。除垢装置能有效解决水下激光测距仪镜头被遮挡问题。

4 结语

本文设计了用于浑浊水域的水下激光测距系统, 主要应用于水下振动锤施工后的浑浊水域, 用来测量施工后的地基是否在预设的高程值范围内。采用激光测距仪放置在水下振动锤顶部、激光向上测量的方式, 利用第二激光测距仪与竖向移动机构上的运动单元配合, 越过影响测距的浑浊部分, 由第一激光测距仪进行当前位置到水面的实际测量, 最后结合位移检测单元和倾角检测传感器计算出最终的水下测距距离。该系统通过改善硬件结构提高了浑浊水域中激光测距的测量准确度, 为水下夯平地基提供了数据支撑。

本文仍存在一些不足, 水本身有很复杂的特性, 水的折射会使激光测得的距离产生偏移, 而且水体对激光有吸收及散射效应, 会导致信号的丢失及干涉。目前市面上的水下激光测距仪较少且精度不高, 如何提高水下测距仪的精度将是进一步研究的方向与重点。

参考文献:

- [1] 肖彬. 激光测距方法探讨[J]. 地理空间信息, 2010, 8(4): 162-164.
- [2] 宋宏, 张云菲, 吴超鹏, 等. 水下相位式激光测距标定方法[J]. 红外与激光工程, 2019, 48(4): 140-146.
- [3] 张忠海. 液压振动锤的开发建议[J]. 机电产品开发与创新, 2001(2): 26-27.