



(21) 申请号 202111302151.9

(22) 申请日 2021.11.04

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114046867 A

(43) 申请公布日 2022.02.15

(73) 专利权人 国家石油天然气管网集团有限公司

地址 100013 北京市朝阳区东土城路5号A座6层08-10室

(72) 发明人 明连勋 付亚平 王磊磊 王小虎
刘翼 杨阔 王春光 舒亮
田小民 陈兵兵 韩昌柴

(74) 专利代理机构 苏州科权知识产权代理事务所(普通合伙) 32561

专利代理师 卢平 施王蓉

(51) Int.Cl.

G01H 9/00 (2006.01)

G01S 11/12 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 103292889 A, 2013.09.11

CN 103954349 A, 2014.07.30

审查员 欧鑫磊

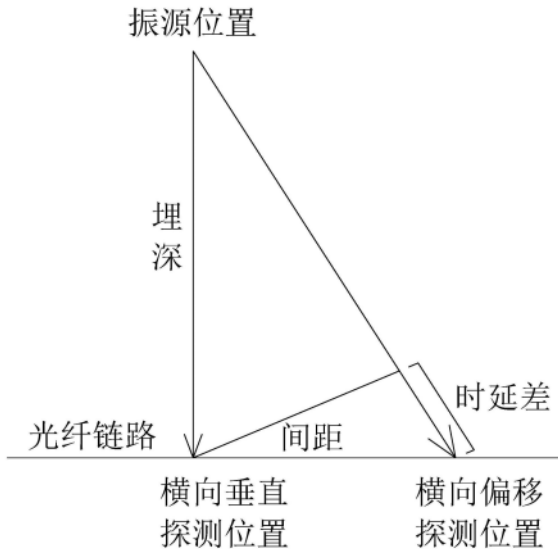
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

基于分布式光纤振动传感系统的振动源横向距离估测方法

(57) 摘要

本发明公开了基于分布式光纤振动传感系统的振动源横向距离估测方法,其涉及振动源横向距离测算技术领域,旨在解决整体代入相同的数值导致整体测算的过程中容易出现较大的误差等问题,其技术方案要点是数据采样,在光缆沿线划分多个样本采集的区段,需涵盖整个光缆探测范围,数据处理,对每组重锤激励振动信号样本进行处理,计算数值,单点多次取样计算,对于在同一区段采集的所有重锤激励振动信号样本,多点多次取样,对于光缆沿线每个区段,重复S2-S4,即可得到光缆沿线各个区段的振动波速分布信息,对整体振动波速信息进行计算。达到了多点振动波速测算和增加预警的效果。



1. 基于分布式光纤振动传感系统的振动源横向距离估测方法, 其特征在于: 其步骤如下:

S1: 数据采样, 在光缆沿线划分多个样本采集的区段, 需涵盖整个光缆探测范围, 且在样本采集的每个区段中采集在光缆的正上方多组重锤激励振动信号样本, 每个样本包含一次激励信号, 同时记录这个位置对应的光缆埋深H;

S2: 数据处理, 对每组重锤激励振动信号样本进行处理, 对一段连续空间内振动波到达各个位置的时间点进行定位, 并确定离振源最近的位置

A1: 设置信号激励阈值Th;

A2: 对于每个位置的时序信号, 记共有n个位置, 找到各自第一个超过激励阈值Th的时间点, 同时对应该位置信息, 存储为数组 $\{[d_1, t_1], [d_2, t_2], [d_3, t_3], \dots [d_n, t_n]\}$;

A3: 查找 $[t_1, t_2, t_3, \dots t_n]$ 中的最小值, 记为 t_{cen} , 其对应的位置, 记为 d_{cen} , 即激励最先到达的位置, $[d_{cen}, t_{cen}]$ 即离振源最近的光纤位置, 振动波到达的时间点;

S3: 计算数值, 根据振动波时延差模型 $H^2 + \Delta d^2 = (H + v \cdot \Delta t)^2$, 则有 $v = \frac{\sqrt{H^2 + \Delta d^2} - H}{\Delta t}$, 将 $\{[d_1, t_1], [d_2, t_2], [d_3, t_3], \dots [d_n, t_n]\}$ 中的每个元素, 分别与 $[d_{cen}, t_{cen}]$ 做差后取绝对值, 则得到多组 $[\Delta d, \Delta t]$, 将其分别代入公式 $v = \frac{\sqrt{H^2 + \Delta d^2} - H}{\Delta t}$ 计算, 得到多个v的估值, 再进行筛选去掉超过理论范围的数值;

S4: 单点多次取样计算, 对于在同一区段采集的所有重锤激励振动信号样本, 重复S2, 继续得到多个v的估值, 对于由同一区段采集的所有重锤激励振动信号样本, 计算得到的所有v的数值, 进行加权平均, 即得到这个区段最终的振动波速估值;

S5: 多点多次取样, 对于光缆沿线每个区段, 重复S2-S4, 即可得到光缆沿线各个区段的振动波速分布信息, 存储光缆沿线各个区段的振动波速分布记录, 对于每个区段, 当外界冲击激励发生时, 得到多组 $[\Delta d, \Delta t]$, 将其对应的振动波速v代入振动源横向距离计算

$H = \frac{\Delta d^2 - \Delta t \times v^2}{2 \times \Delta t \times v}$, 将所得结果取均值, 即为振动源横向距离估测结果。

2. 根据权利要求1所述的基于分布式光纤振动传感系统的振动源横向距离估测方法, 其特征在于: 所述S1中采集区段的光缆埋深H为2.3m。

3. 根据权利要求1所述的基于分布式光纤振动传感系统的振动源横向距离估测方法, 其特征在于: 所述S1中共采集了八组重锤激励数据样本。

4. 根据权利要求1所述的基于分布式光纤振动传感系统的振动源横向距离估测方法, 其特征在于: 所述A1中激励阈值Th为 1.5×10^7 。

5. 根据权利要求1所述的基于分布式光纤振动传感系统的振动源横向距离估测方法, 其特征在于: 所述A2中时序信号设置有18组。

基于分布式光纤振动传感系统的振动源横向距离估测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及振动源横向距离测算技术领域,尤其是涉及基于分布式光纤振动传感系统的振动源横向距离估测方法。

背景技术

[0002] 油气管道是国家的能源动脉,第三方施工导致的意外事故是造成我国油气管道事故的主要原因,分布式光纤传感技术使用与油气管道同沟敷设的通信光缆作为振动传感与信号传输元件,具有长距离、实时性、耐腐蚀、抗电磁、轻便灵巧等优点,已经在油气管道安全监测领域得到了成功应用,因此,对发生于离管道较近位置具有破坏性的外界激励有效报警,同时减少对离管道位置较远的非破坏性激励振动的报警率,是提升系统运行效果的关键。

[0003] 如专利号为CN 201410207149.7公布的一种分布式光纤振动传感系统的侧向定位方法,通过振动波到达光纤不同位置的时延差,以及振动信号在土壤中的传播速度,来推算激励源距离光纤的距离,能够准确的测量出振动源距离光纤的侧向距离,并且仅利用现有分布光纤传感振动系统便可实现,方便整体进行定位。

[0004] 上述中的现有技术方案存在以下缺陷:整体没有提供获取振动波速信息的方法,且土壤中的振动波速受土质影响,在不同位置不宜采用统一的波速数值,同时整体代入相同的数值导致整体测算的过程中容易出现较大的误差,从而导致整体不能得出准确的数值,降低了整体的测算效果。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供不需依赖于额外的波速测量仪器,得到当地的土壤中振动波速值的基于分布式光纤振动传感系统的振动源横向距离估测方法。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了如下技术方案:

[0007] 基于分布式光纤振动传感系统的振动源横向距离估测方法,其步骤如下:

[0008] S1:数据采集,在光缆沿线划分多个样本采集的区段,需涵盖整个光缆探测范围,且在样本采集的每个区段中采集在光缆的正上方多组重锤激励振动信号样本,每个样本包含一次激励信号,同时记录这个位置对应的光缆埋深H;

[0009] S2:数据处理,对每组重锤激励振动信号样本进行处理,对一段连续空间内振动波到达各个位置的时间点进行定位,并确定离振源最近的位置

[0010] A1:设置信号激励阈值Th;

[0011] A2:对于每个位置的时序信号(记共有n个位置),找到各自第一个超过激励阈值Th的时间点,同时对应该位置信息,存储为数组 $\{[d_1, t_1], [d_2, t_2], [d_3, t_3], \dots, [d_n, t_n]\}$;

[0012] A3:查找 $[t_1, t_2, t_3, \dots, t_n]$ 中的最小值,记为 t_{cen} ,其对应的位置,记为 d_{cen} ,即激励最先到达的位置, $[d_{cen}, t_{cen}]$ 即离振源最近的光纤位置,振动波到达的时间点;

[0013] S3:计算数值,根据振动波时延差模型 $H^2 + \Delta d^2 = (H + v \cdot \Delta t)^2$,则有

$v = \frac{\sqrt{H^2 + \Delta d^2} - H}{\Delta t}$, 将 $\{[d_1, t_1], [d_2, t_2], [d_3, t_3], \dots, [d_n, t_n]\}$ 中的每个元素, 分别与 $[d_{cen}, t_{cen}]$ 做差后取绝对值, 则得到多组 $[\Delta d, \Delta t]$, 将其分别代入公式 $v = \frac{\sqrt{H^2 + \Delta d^2} - H}{\Delta t}$ 计算,

得到多个 v 的估值, 再进行筛选去掉超过理论范围的数值;

[0014] S4: 单点多次取样计算, 对于在同一区段采集的所有重锤激励振动信号样本, 重复 S2, 继续得到多个 v 的估值, 对于由同一区段采集的所有重锤激励振动信号样本, 计算得到的所有 v 的数值, 进行加权平均, 即得到这个区段最终的振动波速估值;

[0015] S5: 多点多次取样, 对于光缆沿线每个区段, 重复 S2-S4, 即可得到光缆沿线各个区段的振动波速分布信息, 存储光缆沿线各个区段的振动波速分布记录, 对于每个区段, 当外界冲击激励发生时, 得到多组 $[\Delta d, \Delta t]$, 将其对应的振动波速 v 代入振动源横向距离计算

$H = \frac{\Delta d^2 - \Delta t^2 \times v^2}{2 \times \Delta t \times v}$, 将所得结果取均值, 即为振动源横向距离估测结果。

[0016] 通过采用上述技术方案, 通过对光纤振动信号的采集分析, 结合已有各个位置的光缆埋深信息, 得到当地的土壤中振动波速估值, 再将振动波速估值代入振动源横向距离计算。

[0017] 进一步的, 所述 S1 中采集区段的光缆埋深 H 为 2.3m。

[0018] 通过采用上述技术方案, 对采集区段的光缆埋深数据进行记录, 从而方便整体将数值代入公式中进行计算, 以便于整体对土壤中振动波速值进行计算。

[0019] 进一步地, 所述 S1 中共采集了八组重锤激励数据样本。

[0020] 通过采用上述技术方案, 八组重锤激励数据样本方便整体进行计算, 同时方便整体进行对比计算, 降低整体计算过程中产生的误差, 增加了整体计算的精准性。

[0021] 进一步地, 所述 A1 中激励阈值 Th 为 1.5×10^7 。

[0022] 通过采用上述技术方案, 设定激励阈值, 保证整体对激励数据进行充分的对比计算, 保证整体良好的计算效果。

[0023] 进一步地, 所述 A2 中时序信号设置有 18 组。

[0024] 通过采用上述技术方案, 时序信号方便整体在不同的时间点进行信息的提取, 从而方便整体对不同数值进行计算, 保证整体计算的精准性。

[0025] 综上所述, 本发明的有益技术效果为:

[0026] 1、采用了分析光纤振动传感系统所采集的信号样本, 不依赖于额外的波速测量仪器, 结合已有各个位置的光缆埋深信息, 获得各监测区段的土壤中振动波速信息, 产生多点振动波速测算的效果;

[0027] 2、采用了各监测区段土壤中振动波速信息, 用于代入激励源距离光纤横向距离计算, 用以优化油气管道安全监测的预警效果, 产生增加预警的效果。

附图说明

[0028] 图1为本发明振动波时延差模型示意图。

具体实施方式

[0029] 以下结合附图对本发明方法作进一步详细说明。

[0030] 参照图1,基于分布式光纤振动传感系统的振动源横向距离估测方法,其步骤如下:

[0031] 采集区段的光缆埋深H为2.3m,共采集了8组重锤激励数据样本。

[0032] 对于其中1组重锤激励振动信号样本:对一段连续空间内振动波到达各个位置的时间点进行定位,并确定离振源最近的位置,具体步骤:

[0033] a) 设置信号激励阈值Th为 1.5×10^7 ;

[0034] b) 对于每个位置的时序信号(共有18个位置, $n=18$),找到各自第一个超过激励阈值Th的时间点,同时对应该位置信息,存储为数组 $\{[d_1, t_1], [d_2, t_2], [d_3, t_3], \dots, [d_n, t_n]\}$;

[0035] c) 查找 $[t_1, t_2, t_3, \dots, t_n]$ 中的最小值,记为 t_{cen} ,其对应的位置,记为 d_{cen} ,即激励最先到达的位置, $[d_{cen}, t_{cen}]$ 即离振源最近的光纤位置,振动波到达的时间点;

[0036] 中心定位 $[d_{cen}, t_{cen}]$ 由三角符号▽标记出,

[0037] 其中一个位置的时序信号激励时间点定位

[0038] 根据振动波时延差模型 $H^2 + \Delta d^2 = (H + v \cdot \Delta t)^2$,则有 $v = \frac{\sqrt{H^2 + \Delta d^2} - H}{\Delta t}$,将 $\{[d_1, t_1], [d_2, t_2], [d_3, t_3], \dots, [d_n, t_n]\}$ 中的每个元素,分别与 $[d_{cen}, t_{cen}]$ 做差后取绝对值,则得到多组 $[\Delta d, \Delta t]$,将其分别代入公式 $v = \frac{\sqrt{H^2 + \Delta d^2} - H}{\Delta t}$ 计算,得到多个v的估值,再进行筛选

去掉超过理论范围的数值。

[0039] 对于其余所有重锤激励振动信号样本,重复步骤3和步骤4,继续得到多个v的估值。由于土壤中振动波的主要成分为瑞利波,因此,设置其理论范围为 $[100, 290]$ m/s,将不在此范围内的v的估值删除。

[0040] 对由同一区段采集的所有重锤激励振动信号样本计算得到的所有v的数值,进行加权平均,即得到这个区段最终的振动波速估值。

[0041] 本次所得v的估值,数据占比和均值统计如下表:

[0042] 波速估值数据占比和均值统计

[0043]

区间	数据占比	均值
[140, 150)	5.3%	144.4
[150, 160)	10.5%	157.1
[160, 170)	10.5%	165.2
[170, 180)	12.6%	175.1
[180, 190)	9.5%	185.5
[190, 200)	6.3%	194.8
[200, 210)	10.5%	204.7
[210, 220)	10.5%	214.5
[220, 230)	8.4%	225.0
[230, 240)	4.2%	233.4

[240,250)	6.3%	243.7
[250,260)	5.3%	256.5

[0044] 对上表中的数据进行加权平均,得到该处土壤中振动波速估值为195.3m/s。

[0045] 在这个区段,距离光纤横向50米、40米、30米、20米、10米的位置依次进行机械挖掘激励,每次激励得到多组 $[\Delta d, \Delta t]$,将此处振动波速195.3m/s代入振动源横向距离计算

$H = \frac{\Delta d^2 - \Delta t^2 \times v^2}{2 \times \Delta t \times v}$, 将所得结果取均值,即为振动源横向距离估测结果。在5个位置的振动

源横向距离估测结果如下表所示:

[0046]	参考距离/m	估算值/m	差异/m
	50.0	49.7	-0.3
	40.0	35.9	-4.1
	30.0	28.5	-1.5
	20.0	23.6	3.6
	10.0	11.9	1.9

[0047] 本具体实施方式的实施例均为本发明的较佳实施例,并非依此限制本发明的保护范围,故:凡依本发明的结构、形状、原理所做的等效变化,均应涵盖于本发明的保护范围之内。

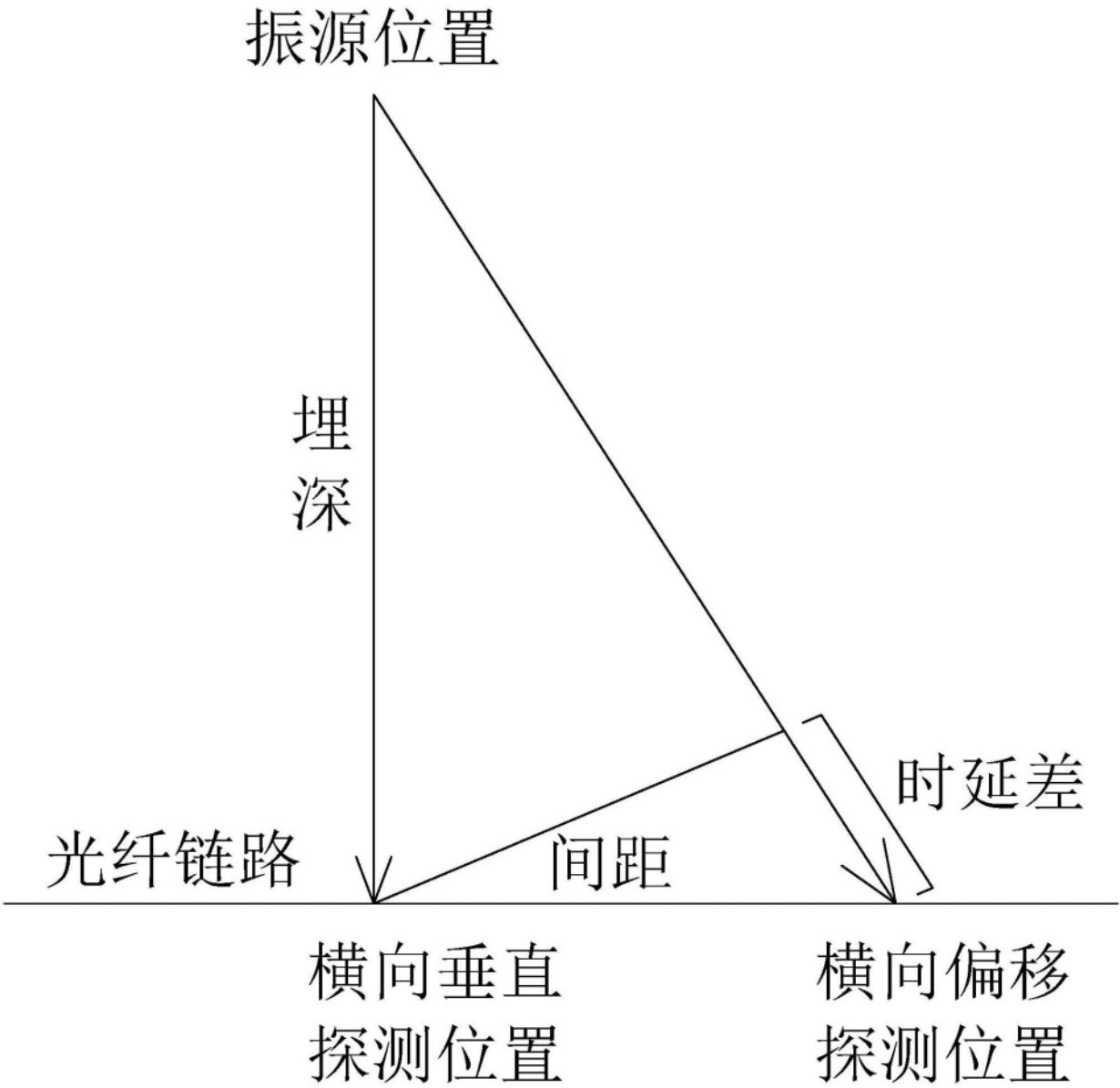


图1