(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102933986 B
(45)授权公告日 2016.01.20

(21)申请号 201180023245.0
(22)申请日 2011.05.10
(30)优先权数据
12/783,374 2010.05.19 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2012.11.09
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2011/035830 2011.05.10
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2011/146281 EN 2011.11.24
(73)专利权人 离子地球物理学公司
地址 美国得克萨斯州
(72)发明人 D·B·西尔 D·J·兰伯特
(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
代理人 贾媛媛 王漪
(51)Int.Cl.
G01V 1/38(2006.01)

(56)对比文件
CN 101685164 A,2010.03.31,
CN 1947032 A,2007.04.11,
US 2007127312 A1,2007.06.07,
US 4992990 A,1991.02.12,
US 7403448 B2,2008.07.22,
US 4404664 A,1983.09.13,
US 2008074946 A1,2008.03.27,

审查员 何超群

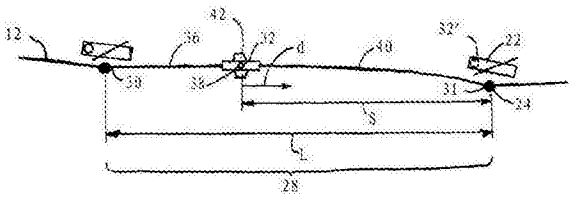
权利要求书2页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

地震拖缆形状估算

(57)摘要

一种地震拖缆系统以及相关联的用于估算一个侧向转向的地震拖缆的形状的方法。该拖缆由多个侧向转向装置分成一系列相接的拖缆区段。定位在每个区段的在前的部分和在后的部分中的多个方向传感器产生多个方向读数。每个区段被建模成在该在前的部分中具有一个直线型的形状并且在后的部分中具有一个曲线型的形状。该区段的形状是根据该模型从该区段上的这些方向读数估算的。



CN 102933986 B

1. 一种地震拖缆系统，该系统包括：

一个地震拖缆，该地震拖缆在长度上从一个头端延伸到一个尾端；

多个侧向转向装置，这些侧向转向装置被附接到该地震拖缆上以便在沿着该地震拖缆的长度间隔开的多个转向位置处施加一个侧向力，其中，这些侧向转向装置将该地震拖缆分成一系列相接的拖缆区段，每个区段从在一个转向位置处的一个前端延伸到在更靠近该地震拖缆的尾端的下一个相连的转向位置处的一个后端；

多个第一方向传感器，这些第一方向传感器沿着该拖缆的长度布置，这些第一方向传感器中的每一个第一方向传感器被更接近该前端而不是后端地布置在这些拖缆区段中的一个区段中，并且产生多个方向读数；

多个第二方向传感器，这些第二方向传感器沿着该拖缆的长度布置，这些第二方向传感器中的每一个方向传感器被布置在这些拖缆区段中的一个区段中靠近该拖缆区段的后端并且产生多个方向读数；以及

用于估算拖缆形状的设备，其用于借助于通过从该前端延伸到在该前端与该后端之间的一个中间点的一个直线型部分和从该中间点延伸到该后端的一个曲线型部分来对这些拖缆区段中的每个拖缆区段的形状进行建模以及根据该形状的模型和该拖缆区段中的这些第一方向传感器和第二方向传感器的方向读数来计算连续的侧向转向装置之间的这些拖缆区段中的每个拖缆区段的形状估算而估算拖缆形状。

2. 如权利要求 1 所述的一种地震拖缆系统，其中，该多个第二方向传感器中的每个容纳在一个侧向转向装置中。

3. 如权利要求 1 所述的一个地震拖缆系统，进一步包括多个拖缆控制装置，这些拖缆控制装置被在每个拖缆区段的前端附接到该地震拖缆上，并且容纳了该多个第一方向传感器。

4. 如权利要求 1 所述的一种地震拖缆系统，其中，在每个拖缆区段内的该第一方向传感器被定位在该中间点处。

5. 如权利要求 1 所述的一种地震拖缆系统，其中，该直线型部分的切向是由在该拖缆区段内的该第一方向传感器的读数给出的。

6. 如权利要求 1 所述的一种地震拖缆系统，其中，该曲线型部分的切向是该拖缆区段内的该第一方向传感器的读数与该第二方向传感器的读数之间差值的一个函数。

7. 如权利要求 6 所述的一种地震拖缆系统，其中，该第一方向传感器的读数与该第二方向传感器的读数之间的差值是通过沿着该拖缆区段的曲线型部分的百分比距离升高到一个经验确定的指数来指数缩放的。

8. 如权利要求 1 所述的一种地震拖缆系统，进一步包括一个尾部浮标，该尾部浮标在一个最后的拖缆区段的后端附接到该地震拖缆的尾端上，该最后的拖缆区段从在相接的区段的后端处的侧向转向装置延伸，并且其中，该最后的拖缆区段包括一个方向传感器。

9. 如权利要求 8 所述的一种地震拖缆系统，其中用于估算拖缆形状的所述设备将最后的侧向转向装置的该最后的拖缆区段后端的一个形状估算计算成直线型的带有由布置在该最后的拖缆区段内的方向传感器的方向读数给出的一个切向。

10. 一种用于估算地震拖缆的形状的方法，包括：

将多个侧向转向装置附接在沿着一个地震拖缆的长度间隔开的多个转向位置处，以便

在接连的多个侧向转向装置的转向位置之间将该地震拖缆分成一系列相接的拖缆区段；

将提供多个第一方向读数 θ_1的多个第一方向传感器沿着每个拖缆区段的一个在前的部分定位；

将提供多个第二方向读数 θ_2的多个第二方向传感器沿着每个拖缆区段接近一个侧向转向装置的一个在后的部分定位；

将每个拖缆区段建模成从每个拖缆区段的起点向后到一个中间点的直线型部分和从该中间点向后到该拖缆区段的末端的曲线型部分；

根据该拖缆区段的该直线型部分中的该第一方向读数以及根据该拖缆区段的该曲线型部分中的该第一方向读数和该第二方向读数，从该模型计算每个拖缆区段的一个估算的形状。

11. 如权利要求 10 所述的方法，包括用这些侧向转向装置容纳这些第二方向传感器。

12. 如权利要求 10 所述的方法，包括将这些第一方向传感器中的每一个与附接到每个拖缆区段上的一个拖缆控制装置容纳在一起。

13. 如权利要求 10 所述的方法，其中，该直线型部分的切向由 θ_1给出，并且该曲线型部分的切向由 $\theta_1+(\theta_2-\theta_1)\cdot(d/s)^p$给出，这里 d 是沿着该在后的部分的距离、s 是该在后的部分的长度，并且 p 是一个经验确定的指数。

地震拖缆形状估算

技术领域

[0001] 本发明总体涉及海洋地震勘测并且更具体地涉及多种地震拖缆安排以及用于估算多种被侧向转向的拖缆的形状的方法。

背景技术

[0002] 在海洋地震勘测中使用了由勘测船拖曳的并且装备有接收地震波反射的水听器的地震拖缆。这种勘测的准确性取决于对每个拖缆的形状的准确估算。随着被拖曳在勘测船后面的拖缆的数目的增加，沿着拖缆的长度附接多个侧向转向装置正成为用于更加规律的空间采样并且避免拖缆纠缠而控制拖缆间隔的一个更加常用的方法。在估算一个侧向转向的拖缆的形状时的一个已知问题是考虑由这些侧向转向装置施加到拖缆上的侧向力引起的局部形状扭曲。典型地，这些装置使得拖缆扭结，特别是当施加一个大致上侧向的力以使得拖缆转向到左舷或右舷时。这种扭结表示在拖缆上施加了这种侧向力的这个点处该拖缆的切向的一种不连续性。随着拖缆中的张力朝向它的尾部降低，这种局部形状扭曲的幅度增加。

[0003] 因此，存在一种需要来更好地估算侧向转向拖缆的形状。

发明内容

[0004] 体现本发明多个特征的一种地震拖缆系统的一个版本包括一个地震拖缆，该拖缆在长度上从一个头端到一个尾端延伸。附接到该地震拖缆上的多个侧向转向装置沿着该拖缆的长度在被间隔开的多个转向位置上施加一个侧向力。这些侧向转向装置将该拖缆分成一系列相接的拖缆区段。每个区段从在一个转向位置处的一个前端延伸到在更接近于该拖缆的尾端的下一个相连的转向位置处的一个后端。沿着该拖缆的长度布置了多个产生方向读数的第一和第二方向传感器。每个第一方向传感器被更接近于前端而不是后端地布置在这些拖缆区段之一中。每个第二方向传感器被布置在这些拖缆区段之一中靠近该区段的后端。用于估算拖缆形状的设备根据在拖缆区段内的这些第一和第二方向传感器的这些方向读数来计算这些拖缆区段的一个形状估算。

[0005] 在本发明的另一个方面，一种用于估算地震拖缆形状的方法包括：(a)将多个侧向转向装置附接在沿着该地震拖缆长度间隔开的多个转向位置处，以便在接连的多个侧向转向装置的转向位置之间将该拖缆分成一系列相接的拖缆区段；(b)将提供第一方向读数的多个第一方向传感器沿着每个拖缆区段的一个在前的部分定位；(c)将提供第二方向读数的多个第二方向传感器沿着每个区段接近一个侧向转向装置的一个在后的部分定位；并且(d)根据来自该拖缆区段内的这些方向传感器的这些第一和第二方向读数计算每个拖缆区段的一个估算的形状。

[0006] 在本发明的又另一个方面，一种用于估算由沿着拖缆长度布置的侧向转向装置侧向转向的地震拖缆的形状的方法，该方法包括：(a)在这些接连的侧向转向装置的位置之间限定一系列相接的拖缆区段；并且(b)将每个拖缆区段的形状建模成沿着该区段的在前

的部分为直线型并且沿着该区段的在后的部分为曲线型。

附图说明

[0007] 本发明的这些方面及特征，还有本发明的优点，通过参考下述描述、所附权利要求书以及附图能够被更好的理解，在附图中：

[0008] 图 1 是一艘勘测船拖曳一个拖缆系统的一个俯视平面示意图，该拖缆系统中的多个侧向转向的拖缆体现了本发明的多个特征；并且

[0009] 图 2 是图 1 中的这些拖缆之一的一个部分的俯视平面放大示意图。

具体实施方式

[0010] 在图 1 中示出了体现本发明特征的一个地震拖缆系统。一艘勘测船 10 拖曳了这些尾端 14 被拴系到尾部浮标 16 上的拖缆 12。这些拖缆 12 的头端 15 被附接到具有多个拖曳绳缆的一个系统上并且多个系链 18 被附接到船 10 的后甲板上。宽展器（Paravane）20 被用来保持所布置的拖缆网络的一种宽广的散布。布置在沿着每个拖缆的长度被（例如）每隔 300 米间隔开的多个转向位置 24 或者转向节点上的多个侧向转向装置 22 施加侧向力 26 来驱动该拖缆右转或左转。这些侧向转向装置 22 将每个拖缆 12 分成一系列相接的拖缆区段 28。每个区段从在一个在前的转向位置 24 处的一个前端 30 向后延伸到在下一个接连的转向位置上的一个后端 31。与其它的拖缆区段不同，最后一个或最靠后的这个拖缆区段 29 不会以其后端终结于一个绳缆转向装置中。而是，它的后端被拴系到它在海面上的尾部浮标 16 上。多个方向传感器 32 也被附接到该拖缆的每个区段上。这些方向传感器可以驻留在该拖缆本身内、被容纳在多个在线拖缆控制装置内、或者被容纳在多个外部拖缆控制装置中，比如可旋转地被附接到该拖缆上的多个深度控制或侧向转向装置上。每个拖缆区段具有一个方向传感器，该传感器被定位在比离它的后端更接近于它的前端的位置上。

[0011] 勘测船 10 上的一个控制器 34 通过一种通信链路（像沿着这些拖曳绳缆 18 并且穿过这些拖缆 12 延伸的一个电路链路）连接到这些方向传感器、侧向转向装置、以及深度控制装置上。该控制器从这些方向传感器接收多个读数，并且从在该拖缆上的多个装置接收其它数据，并且根据要求通过这种链路将控制命令发送给这些侧向转向装置和深度控制装置。

[0012] 如图 2 的放大视图所示，拖缆 12 趋于在这些转向位置 24 处由于这些侧向转向装置 22 在这些位置处施加到该拖缆上的侧向力而扭曲或扭结。由于在该拖缆中这种由被拖曳穿过水而产生的张力，在多个接连的侧向转向装置 22 的这些转向位置 24 之间的长度 L 上的每个拖缆区段 28 的形状总体上对于该区段的最初的 25% 到 50% 而言是直的，并且然后在该区段的剩余部分中轻微地弯曲在侧向移动的方向上。沿着该区段向后到在后的转向位置曲率增加。该曲率的幅度取决于由该侧向转向装置在该区段的后端处施加的侧向力的量值。结果，这些拖缆区段的形状可以通过从前端 30 延伸到一个中间点 38 的一个直线型的部分 36 和从该中间点延伸到该区段的后端 31 的一个曲线型的区域 40 来近似，该中间点可以与在该直线型的部分的后端处的一个方向传感器 32 的位置一致。

[0013] 附接到该拖缆区段的在前的直线型部分 36 上的这个方向传感器 32 可以是在该拖缆内的一个自身容纳的装置、或如所示的被容纳在一个深度控制装置 42 内、或者其它类型

的拖缆控制装置。一个第二方向传感器 32'被接近于转向位置 24 布置在该区段的后端处。第二方向传感器 32'可以是自身容纳的或被容纳在该侧向转向装置中或者在该转向位置前的另一个拖缆控制装置中，即，正好在该拖缆内的该扭结前方。

[0014] 每个区段被从一个前端到后端建模成一个直线型的部分 36 和一个相接的曲线型的部分 40，该直线型的部分的切向等于该区段的在前的部分内的方向传感器 32 的方向读数 θ_1，并且该相接的曲线型的部分的切向是由一个指数函数来近似的，该指数函数取决于在前的方向传感器 32 的方向读数 θ_1 以及在后端处的方向传感器 32' 的方向读数 θ_2。在这种模型中，该直线型部分的切向以及该曲线型部分的切向在中间点 38 的它们的接合处是相等的。因此，该模型通过从这些方向读数计算该在前的直线型部分以及该在后的曲线型部分的切向值 T，产生该拖缆段的一个估算的形状。在该直线型部分上的每一点上的切向值 T_L 是通过 $T_L=\theta_1$ 给出的。该曲线型部分在每个点处的切向值 T_C 是通过 $T_C=\theta_1+(\theta_2-\theta_1)\cdot(d/s)^p$ 给出的，其中 s 是该曲线型部分的长度、d 是测量的该点沿着该拖缆区段从该中间点向后的距离、并且 p 是一个经验确定的指数，例如，2.5。该比率 d/s 是该曲线型部分上的每个点沿着该曲线型部分的百分比距离。由于附接到该尾部浮标上的最后的拖缆区段 29 没有在一个侧向转向装置中终结，它被建模成一个直线型区段，其切向 $T_L=\theta_1$。

[0015] 从这些方向传感器接收所有方向读数的这个船载控制器 34 能够以采用该数学模型的一个拖缆－形状估算软件程序来计算该拖缆的一个或多或少实时的形状估算。这些拖缆中的每一个拖缆的形状是这些单独的拖缆区段的形状的逐段连接。该拖缆形状也可以由数据处理计算机使用这种模型基于存储的方向读数或后期提炼的方向读数上来脱机估算。可以采取用于估算拖缆形状的这些方式中的任何一种。

[0016] 尽管本发明已经以就几个优选的版本进行了说明，但是其它的版本仍然是可能的。例如，在图 2 中的一个方向传感器被示出为与在该拖缆区段的曲线型部分和直线型部分的接合点处的该中间点是一致的。但是该方向传感器能够被附接在在前的直线型部分中任意点位置的中间点的前方。因此，如这个实例所建议的，这些详细说明的版本意在举例说明本发明的多个特征。

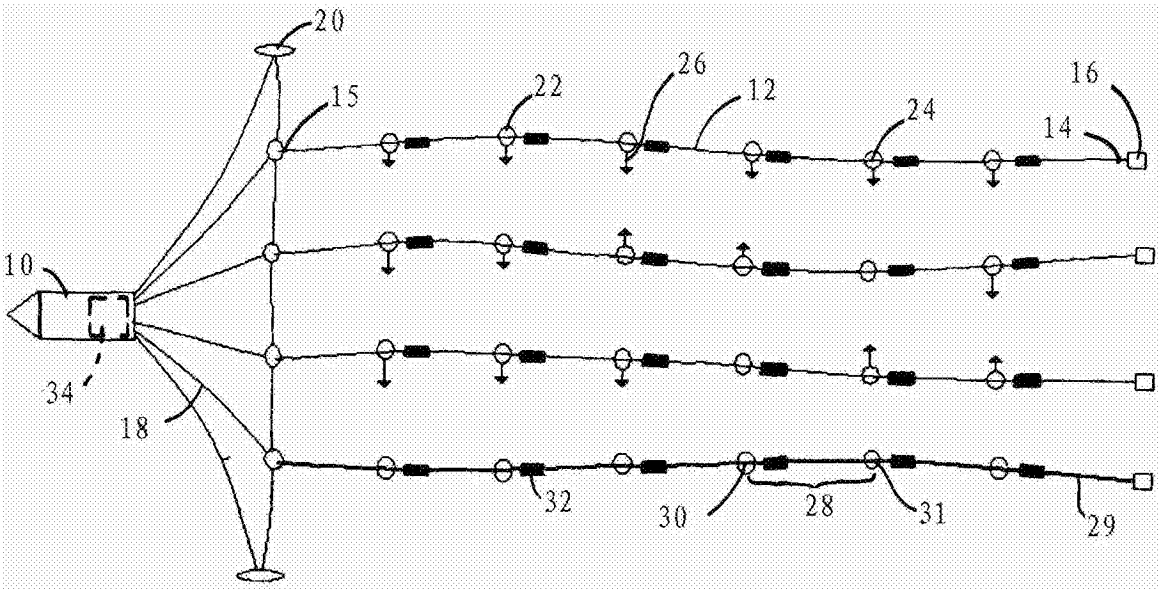

20
15
22
26
12
24
16
14
10
34
18
32
30
28
31
29

图 1

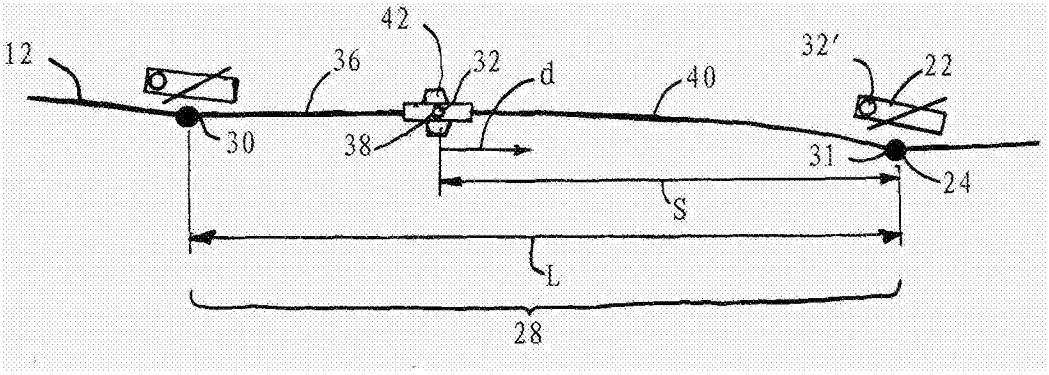

12
42
36
32
d
40
32′
22
30
38
31
24
S
L
28

图 2