



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110651102 A

(43)申请公布日 2020.01.03

(21)申请号 201880032019.0

(22)申请日 2018.05.15

(30)优先权数据

102017000052365 2017.05.15 IT

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.11.14

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2018/053379 2018.05.15

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/211414 EN 2018.11.22

(71)申请人 赛菲斯特弗雷结构技术股份公司

地址 意大利罗马

(72)发明人 朱塞佩·曼奇尼

(74)专利代理机构 成都超凡明远知识产权代理有限公司 51258

代理人 王晖 刘锋

(51)Int.Cl.

E21D 11/08(2006.01)

权利要求书3页 说明书16页 附图6页

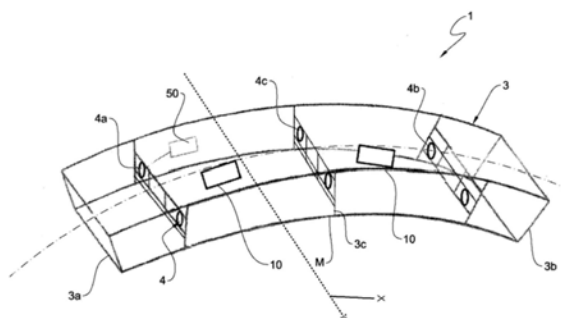
(54)发明名称

用于隧道的预制段以及用于制造和监控该预制段的方法

(57)摘要

用于加固的混凝土隧道的预制段,该预制段包括具有加强件和水泥团聚体的弓形结构,弓形结构设计成覆盖用于模块的在结构上重复的环形隧道段,所述模块对应于环形隧道段的横截面的一部分,弓形结构包括:位于彼此成角度地间隔开的并穿过隧道的纵向轴线的平面上的相应的相反两个径向面、位于垂直于纵向轴线的面上并沿纵向轴线间隔开的相应的相反两个周向面、位于平行于纵向轴线的面上的相应的相反两个纵向面;径向面适于朝向相邻段的相应的径向面移动以便形成环形的隧道部分,周向面适于朝向相邻段的相应的周向面移动以便形成隧道的沿着纵向轴线的线性长度,并且外部纵向面距纵向轴线的距离大于内部纵向面距纵向轴线的距离,外部纵向面设置成与隧道的基础接触,其中在预制段的弓形结构中在与径向面、周向面或纵向面中的至少一者相距预定距离处嵌置有至少一个

检查装置,以便检测预定的结构参数。



1. 用于加固的混凝土隧道的预制段(1), 所述预制段(1)包括具有加强件(3)和水泥团聚体的弓形结构(2), 所述弓形结构(2)设计成覆盖用于模块的在结构上重复的环形隧道段, 所述模块对应于所述环形隧道段的横截面的一部分, 所述弓形结构(2)包括: 位于彼此成角度地间隔开的且穿过所述隧道的纵向轴线(X)的平面上的相应的相反两个径向面(2a、2b)、位于垂直于所述纵向轴线(X)的面上且沿着所述纵向轴线间隔开的相应的相反两个周向面(2c、2d)、位于平行于所述纵向轴线(X)的面上的相应的相反两个纵向面(2e、2f); 所述径向面(2a、2b)适于朝向相邻段的相应的径向面移动以形成环形的隧道部分, 所述周向面(2c、2d)适于朝向相邻段的相应的周向面移动以形成所述隧道的沿着所述纵向轴线(X)的线性长度, 并且外部纵向面(2f)距所述纵向轴线(X)的距离大于内部纵向面(2e)距所述纵向轴线(X)的距离, 所述外部纵向面(2f)设置成与所述隧道的基础相接触, 其中, 在所述预制段(1)的所述弓形结构(2)中在与所述径向面(2a、2b)、所述周向面(2c、2d)或所述纵向面(2e、2f)中的至少一者相距预定距离(D)处嵌置有至少一个检查装置(4)以检测预定的结构参数。

2. 根据权利要求1所述的预制段(1), 其中, 所述检查装置(4)包括可变形体(5), 在所述可变形体中设置有至少一个变形计(Ri), 所述变形计被配置为检测相对于彼此定向的至少三个变形度量(E1、E2、E3), 使得所述检查装置(4)内的张力(SYY)与所述三个变形度量(E1、E2、E3)的组合成比例。

3. 根据权利要求2所述的预制段(1), 其中, 至少就所述水泥团聚体的结构中所允许的应力而言, 所述可变形体(5)具有纯弹性性能。

4. 根据前述权利要求中的一项或多项所述的预制段(1), 其中, 所述可变形体(5)包括两个表面(A、B), 所述两个表面(A、B)的较小的尺寸大于或等于被包含在所述水泥团聚体中的粘结材料的最大标称直径, 并且所述可变形体关于两个常规的维度具有基本平坦的形状, 从而在所述可变形体(5)内获得所述张力(SYY)的不受扰动区域(A2), 所述至少一个变形计(Ri)设置在所述不受扰动区域(A2)中。

5. 根据前述权利要求中的任一项所述的预制段(1), 其中, 所述检查装置(4)被约束至所述加强件(3)。

6. 根据前述权利要求中的任一项所述的预制段(1), 包括:

第一检查装置、第二检查装置和第三检查装置(4a、4b、4c), 所述第一检查装置、所述第二检查装置和所述第三检查装置分别设置在所述弓形结构(2)的所述相反两个径向面(2a、2b)中以及所述弓形结构(2)的中间区域(M)中。

7. 根据前述权利要求中的任一项所述的预制段(1), 包括:

至少一个电容式传感器(10), 所述电容式传感器被包括在所述弓形结构(2)中, 用于检测所述预制段(1)的内部断裂。

8. 根据权利要求7所述的预制段(1), 其中,

所述至少一个电容式传感器(10)容置于在所述周向面(2c、2d)上或在所述内部纵向面(2e)上确定的抵接区域(S1)附近, 所述抵接区域(S1)能够被隧道掘进机在运动步骤期间用于承靠。

9. 根据权利要求8所述的预制段(1), 其中,

所述至少一个电容式传感器(10)被容置成与所述内部纵向面(2e)之间的距离(F)约等

于所述隧道掘进机的两个接触式千斤顶的两个相继的定位区域(S1、S2)之间的间距的一半。

10. 根据前述权利要求中的任一项所述的预制段(1), 包括:

至少一个倾角计(20), 所述倾角计布置在所述弓形结构(2)之中或所述弓形结构(2)之上, 并且被设计成检测所述预制段(1)的椭圆度的变化。

11. 根据权利要求10所述的预制段(1), 包括:

第一组横向倾角计(21), 所述第一组横向倾角计工作上互连并且沿横向于所述纵向轴线(X)的方向以预定的间隔被容置; 和/或

第二组纵向倾角计(22), 所述第二组纵向倾角计工作上互连并且沿平行于所述纵向轴线(X)的方向以预定的间距被容置。

12. 根据权利要求11所述的预制段(1), 其中,

所述第一组横向倾角计(21)或所述第二组纵向倾角计(22)被定位在挠性带中或定位在挠性带上。

13. 隧道环(100), 所述隧道环包括:

至少五个预制段, 所述预制段在相应的相反两个径向面(2a、2b)上成对地朝向彼此移动以使所述隧道环闭合;

所述预制段中的至少三个预制段是根据前述权利要求所述的特征来形成的。

14. 用于制造和监控由水泥制成的预制段(1)的方法(200), 所述方法包括:

提供用于接纳混凝土铸件的模具;

在所述模具中容置至少一个检查装置(4);

将所述至少一个检查装置(4)工作上连接至处理单元(50), 所述处理单元(50)能够处理由所述至少一个检查装置(4)收集的数据;

在嵌入有所述至少一个检查装置(4)的所述模具内进行所述混凝土的浇铸, 以形成所述预制段(1)的弓形结构(2); 以及

通过对在所述混凝土浇铸之后的步骤期间所收集的或所处理的数据的任何变化进行分析来监控由所述处理单元(50)处理的数据。

15. 根据权利要求14所述的制造和监控方法(200), 包括:

在用于接纳所述混凝土铸件的模具内设置加强件(3);

将至少一个检查装置(4)固定到所述加强件(3);

将所述至少一个检查装置(4)工作上连接到处理单元(50), 所述处理单元(50)能够处理由所述至少一个检查装置(4)收集的数据;

在嵌入有所述加强件(3)和所述至少一个检查装置(4)的所述模具内进行所述混凝土的浇铸, 以形成所述预制段(1)的弓形结构(2); 以及

通过对在所述混凝土浇铸之后的步骤期间的张力的任何变化进行分析来监控由所述处理单元(50)处理的数据。

16. 根据权利要求14或权利要求15所述的制造和监控方法(200), 包括:

在进行所述混凝土的浇铸之前, 将至少一个电容式传感器(10)约束至支撑件或所述加强件(3);

将所述至少一个电容式传感器(10)工作上连接到所述处理单元(50), 所述处理单元

(50)能够处理由所述至少一个电容式传感器(10)收集的数据;以及

通过对在所述混凝土浇筑之后的步骤期间由所述至少一个电容式传感器(10)检测到的任何结构变化进行分析来监控由所述处理单元(50)处理的数据。

17.根据权利要求14至16中的任一项所述的制造和监控方法(200),包括:

在从执行所述混凝土浇筑时起的预定固化时间(T_c)之后,将至少一个倾角计(20)约束至所述弓形结构(2)的外侧;

将所述至少一个倾角计(20)工作上连接到所述处理单元(50),所述处理单元(50)能够处理由所述至少一个倾角计(20)收集的数据;以及

通过对在所述混凝土浇筑之后的步骤期间由所述至少一个倾角计(20)检测到的倾斜度的任何变化进行分析来监控由所述处理单元(50)处理的数据。

18.根据前述权利要求14至18中的任一项所述的制造和监控方法(200),包括:

在所述预制段(1)的所述弓形结构(2)的所述固化时间(T_c)期间进行等待;

将所述预制段(1)安装在隧道内;以及

对分析所检测到的任何结构变化的由所述处理单元(50)所处理的数据或所收集的数据进行监控。

19.用于对隧道进行制造和监控的方法(300),包括:

在一地带中打洞;

通过将预制段成对地朝向彼此移动而在相反两个径向面上对所述预制段进行安装,从而形成隧道环;

其特征在于:所述预制段中的至少一个预制段包括有检查装置(4),使得一旦将所述检查装置(4)连接到处理单元(50),就可以在将所述预制段安装于所述隧道中期间以及在将所述预制段安装于所述隧道中之后监控经处理的数据。

20.根据权利要求19所述的方法(300),包括:

使用隧道掘进机以形成用于所述隧道的洞以及安装所述预制段,所述预制段(1)中的至少一个预制段包括有检查装置(4);

将所述检查装置(4)连接到处理单元(50);

推进所述隧道掘进机以使所述隧道掘进机接触所述预制段,所述预制段(1)中的至少一个预制段包括有所述检查装置(4);以及

在将所述预制段安装于所述隧道中期间以及在将所述预制段安装于所述隧道中之后监控经处理的数据。

21.根据权利要求20所述的方法,包括:

通过使所述隧道掘进机承靠在所述至少一个预制段(1)上来沿着所述隧道的纵向轴线(X)推进所述隧道掘进机;以及

在使所述隧道掘进机承靠的步骤期间以及在使所述隧道掘进机承靠的步骤之后监控经处理的数据中可能的变化。

用于隧道的预制段以及用于制造和监控该预制段的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于隧道的预制段,并且涉及具有相应的独立权利要求的前序中详述的特征的相关的制造和监控方法。

背景技术

[0002] 当前,隧道是通过使用大型且昂贵的称为TBM或隧道掘进机的钻孔机来挖掘通常呈圆形横截面的隧道来形成的,并且随着工作的进行,使用由加固的混凝土制成的预制段逐步地衬砌在以这种方式挖出的隧道的壁。因为一旦将预制段放置就位,这些预制段实际上形成圆柱环的扇区,这些扇区朝向彼此移动以形成完整的环,并且环接环地覆盖整个隧道,如果发生损坏也不能替换这些预制段,尤为重要是:从施工的第一步开始检查其完整性,然后在安装过程的各个步骤中检查它们的完整性,因为如果破坏了它们的完整性,则可能会对整个隧道造成重大的结构损坏。

[0003] 这需要监控结构内存在的张力、应力和变形。

[0004] 众所周知,这些段除了代表隧道的基本水泥结构之外,这些段还代表了所述隧道的最关键的结构部分。

[0005] 预制段经常会由于各种因素而在结构上受到影响,以下简要介绍其中一些:

[0006] -在制造过程中出现的问题(无论是在混凝土浇筑步骤中还是在固化步骤中出现的问题),这些问题已引入结构缺陷,可能位于所述段的深层,因此无法通过目视检查来发现;

[0007] -在从制造现场到安装现场的运输步骤中施加的意外影响或压力;

[0008] -在隧道中安装所述段期间施加的冲击或应力;

[0009] -在安装所述段之后的过程期间施加的冲击或应力;

[0010] -由于自然的外部因素(滑坡、地震等)或人为的外部因素(在附近的其他隧道中制造钻孔、在隧道附近的建筑结构制造地基等等)而导致的所述段受到的冲击或应力。

[0011] 在本文中,术语结构缺陷应理解是指结构内可能发生的所有类型的缺陷(例如,不连续点处的缺陷、线性缺陷、平面缺陷、与构成有关的缺陷等)。

[0012] 显而易见的是,在存在一种或多种上述因素的情况下,水泥结构中可能产生断裂和裂缝,从结构的角度来看也导致严重的后果,从而带来严重损害隧道本身的安全性和可用性的风险。目前,很难检测到隧道的这些段的这种可能的结构性断裂或裂缝,这主要是因为这些段的样本在专门的实验室中被研究和测试了段样本的耐机械力(载荷测试等)和耐高温(耐火测试等),然而,几乎没有开发出用于从制造步骤到安装步骤连续监控所述段的行为的测试,特别是针对所述段在隧道中的实际使用期间的行为。

[0013] 实际上,通常根据进度计划(因此独立于隧道中的潜在危险情况)或按照可检测到的表面损坏的指示(因此这种损坏本质上容易迟来地表现出来)在隧道内部进行检查。因此,一旦确定需要,则通常基于光学和/或声学相互作用(例如,使用光纤或超声传感器的检查)进行检查,以便原则上并以有限的方式评估怀疑是遭受了严重和有害的裂缝的隧道的

大面积的宏观运动。

[0014] 同样重要的是要注意,由于存在用于研究结构完整性的设备,因此,即使不是完全缺乏对车辆行驶的可用性,此类研究阶段也可能会降低隧道的可用性。

[0015] 显然,这种分析具有各种缺点,下面将进一步详细说明。

[0016] 首先,在存在潜在的结构性危险或风险情况的情况下进行所述段的分析时,存在如下固有的问题:定义风险级别,应从该风险级别来启动对结构完整性的分析。这意味着某些现象可能会引起断裂、变形和裂缝(可能存在于无法从隧道内侧轻易分析的部分),结果,在不存在自然的或人为的这种强度的现象的情况下,这些段在结构上受到损害,由此足以使负责评估结构的沉陷可能风险的机构警觉。在这种情况下,任何用于修复所造成损害的干预措施都将很危险地执行。

[0017] 与该技术领域通常使用的技术相关的另一个缺点是,在潜在的沉陷迹象或隧道结构的预先安排的分析之后,工人必须进行物理上的结构分析,这导致了到达指示的位置并实际进行分析而花费太多的时间。

[0018] 显然,这种分析方法在怀疑存在结构性沉陷或表示可能存在结构性沉陷的信息时,无法及时做出响应,甚至更不能对可能演变成对隧道的稳定性有害的情况的结构性状况进行解释。

[0019] 同样重要的是要注意,固体内部的张力的测量存在很大困难,并且通常是通过测量构成结构的元件的外表面上的变形或直接在结构内部的变形来间接获得的。基于对被测量材料的基本定律的先验知识,从形变测量到张力测量是可能的。对于线性弹性材料来说,这种过渡是简单而可靠的,其机械性能如下:随时间变化是恒定的,并且结构本身内部空间是均匀的,精确可知并且统计散射小。这类材料例如包括金属,例如钢和铝合金。

[0020] 当试图测量结构中的张力时会出现更大的困难,该结构的材料特性在空间上既不均匀又随时间而变化,并且通常不事先精确地可知,例如对于所有水泥团聚体就是这种情况。在水泥材料的粘弹性特性(一种通常可以与团聚体相关的特性)的基础上,会遇到更多的困难,其在短期和长期内,又在持续施加的载荷的基础上往往表现为变形和非恒定张力状态。因此,很明显,仅在隧道的一个或多个宏观部分的表面进行的分析存在以下特定风险:无法与所述段中实际存在的变形正确关联,无法代表所述段的损害的实际状态,并且不允许行动/响应的及时性或有效性。

发明内容

[0021] 本发明的目的是提供一种克服了所确定的现有技术的缺点的用于隧道的预制段以及相关的生产和制造方法。在该目的范围内,本发明的目的是提供一种产品和方法,该产品和方法使得能够确定和连续且有效地监控隧道预制段从其制造时到充分利用时的结构完整性。

[0022] 根据本发明制造的本发明产品是用于加固的混凝土隧道的预制段,所述预制段包括具有加强件和水泥团聚体的弓形结构,所述预制段设计成用于覆盖用于模块的在结构上重复的环形隧道段,所述模块对应于环形隧道段的横截面的一部分。

[0023] 所述预制段的弓形结构优选地包括:位于彼此成角度地间隔开并穿过所述隧道的纵向轴线的平面上的相应的相反两个径向面、位于垂直于所述纵向轴线的面上并沿所述纵

向轴线间隔开的相应的相反两个周向面、以及位于平行于所述纵向轴线且关于所述纵向轴线相对于彼此径向地间隔开的面上的相应的相反两个纵向面；所述径向面适于朝向相邻段的相应的径向面移动以便形成环形的隧道部分，所述周向面适于朝向相邻段的相应的周向面移动以便形成所述隧道的沿着所述纵向轴线的线性长度，并且外部纵向面距所述纵向轴线的距离大于内部纵向面距所述纵向轴线的距离，所述外部纵向面设置成与所述隧道的基础接触，其中，在所述预制段的所述弓形结构中在与所述径向面、所述周向面或所述纵向面中的至少一者相距预定距离处嵌置有至少一个检查装置以便检测预定的结构参数。

[0024] 在本文中，术语“团聚体”应理解是指其中包含粘合剂（例如水泥、沥青、石灰、聚合物树脂等）和粘结材料（例如沙子、砾石、粘土、硅质粉末、玻璃纤维、钢纤维、碳纤维、芳纶纤维等）。

[0025] 重要的是要注意，得益于本发明的特征，通过实时检查和监控所需的特性，也可以连续地确定和监控所述段的完整性状态。

[0026] 检查装置有利地可以是加速度计、引伸计、倾角计、电容式传感器、热传感器、光学传感器、声学传感器或本领域已知的其他类型的传感器。因此，预定的结构参数则是例如在给定点处检测到的张力、在特定点处检测到的变形、方向、温度、机械结构特性的变化等等。

[0027] 根据一个实施方式，检查装置包括可变形体，在可变形体中布置有至少一个变形计，该变形计被配置为检测相对于彼此定向的至少三个变形度量，使得所述检查装置内的张力与所述三个变形度量的组合成比例。

[0028] 至少在水泥团聚体的结构中所允许的应力方面，可变形体优选地具有纯弹性的特性，而没有粘滞性或粘弹性特性。以这种方式，可以检测与在装置内（并且因此在预制段内）发生的变形而不是在装置（预制段）外发生的变形相关的张力。这样的特性表示出显著的技术优势，因为由于可变形体位于检查装置内，位于不受扰动的区域内，变形计可以检测到该装置的变形，这是一种有弹性的固体，提供了只与所施加的外部作用相关而不受粘滞现象（粘弹性现象）的影响的度量，这将导致具有弹性性能的所述可变形体被忽略。

[0029] 在本文中，术语“组合”是指前述值的数学组合。在特定情况下，当所讨论的值与线性向量空间有关时，所述组合可以通过与线性向量空间有关的三个变形度量的线性组合来表示。

[0030] 另外，在本文中，将作用定义为能够在结构中引起应力和/或变形的状态的任何原因或一组原因。根据所述作用的执行方式，可以将其分类如下：

[0031] 直接作用，是由集中力、固定的或移动分布的载荷所引起的；

[0032] 间接作用，是由压痕运动、温度和湿度变化、收缩、预压缩、约束沉陷、粘度影响所引起的。外部作用是指显式作用（或直接作用）和隐式作用（或间接作用）。

[0033] 在一个优选的实施方案中，使用具有等于或严格大于由其中嵌入有所述可变形体的水泥团聚体制成的弓形结构的弹性模量的材料来制造可变形体，以减少甚至消除水泥团聚体与可变形体之间的不规则接触情况。

[0034] 有利地，可变形体由具有化学特性和机械特性的材料制成，该材料随着时间的推移是稳定的，能够被保持在团聚体内而不会随着时间的推移而变质或改变。例如，可以使用金属类型的材料（不锈钢等）或陶瓷材料（氧化铝等）。

[0035] 该技术解决方案带来了进一步的技术优势，即通过那些随着时间的推移正确地可

知并且可预见其化学、物理和机械特性的材料而能够更精确、更可靠地读取张力,实际上,在该领域内的现有技术不能根据其特性是完全已知的或不完全已知的或者随着时间推移可能是瞬态的材料获得精确的预测水平。

[0036] 可变形体在其内部可任选地包括在载荷下表现出粘滞性行为的元件,但是该元件的尺寸被确定为使得它们相对于整个可变形体的基本弹性性能具有可忽略不计的粘滞性贡献。

[0037] 这样的粘滞性元件可以优选地使用聚合物材料制成:例如,用作间隔物(卡普顿)或用作粘合剂(聚合物树脂)的聚合物材料层。

[0038] 优选地,检查装置被约束在加强件上。

[0039] 这样,可以防止检查装置在混凝土浇筑步骤中以及在混凝土固化期间从放置该检查装置的初始位置移动,这种移动损害了对由检查装置读取的信号和预制段显示的表面或行为标志(就所施加的作用的抵抗力而言)之间的空间相关性的正确解释。

[0040] 根据一个实施方式,可变形体具有弹性性能,至少对于在所述水泥团聚体的结构中允许的应力而言具有弹性性能,并且包括两个表面,所述两个表面的较小的尺寸大于或等于被包含在所述水泥团聚体中的粘结材料的最大标称直径、并且可变形体关于两个常规的维度具有基本平坦的形状,以便在所述可变形体内获得所述张力的不受扰动区域,在所述不受扰动区域中布置有所述至少一个变形计。

[0041] 得益于该技术特征,有可能获得检查装置内的张力的度量,其不受围绕检查装置的预制段的水泥团聚体中存在的粘弹性贡献的影响(更详细和完整说明,请参阅文档IT 102016000037314)。

[0042] 这种技术解决方案的优点是显而易见的,因为以这种方式可以获得与在垂直于限定了基本平坦形状的方向上作用的张力有关的基于时间的正确信息,并且可以通过以下方式计算所述信息:在包含在检查装置中的可变形体内的张力的不受扰动区域中检测到的三个变形量的简单组合。

[0043] 特别地,所述可变形体优选地包括两个表面,其较小尺寸大于或等于被包含在所述团聚体中的所述粘结或惰性材料的最大标称直径,具体地,最小的横向尺寸(例如以圆柱体形式的直径)大于或等于团聚体的粘结或惰性材料的最大标称直径。

[0044] 实际上,重要的是要注意,相对于两个常规的维度具有基本平坦形状的可变形体能以可忽略的方式扰动位于该可变形体自身内部的正交于两个该常规维度的张力的张力场,由此得到不受一阶或二阶粘滞现象影响的张力不受扰动区域。在物理学中,场是空间的一个区域,在该空间任何点上,都将通过适当的定律定义物理变量(根据其性质,该场将被定义为标量场、矢量场、张量场等)。所述物理变量可以是温度(标量场的示例)、力(矢量场的示例:重力场、电场或磁场)或在本申请领域中的张力。

[0045] 在本文中,术语“以可忽略的方式的扰动”是指可变形体的基本平坦的形状包括低于预定值的张力的张力场的可能的扰动。特别地,这样的预定值等于张力场的局部值的10%。

[0046] 在一优选实施方式中,相对于彼此定向的至少三个变形度量被包含在不受扰动区域中,并且张力与前述三个变形度量的组合成比例。

[0047] 另外,在本文中,基本平坦的形状优选地标识出相对于第三个常规的维度具有沿

着两个常规的维度具有主要延伸的三维结构:示例可以是棱柱形或圆柱形或层状模型,其具有的两个基底由两个常规的维度限定、并且沿着较低高度(与两个常规的维度相比)的第三维度彼此隔开。

[0048] 预制段优选地包括分别放置在所述弓形结构的相反两个径向面和中间区域中的第一、第二和第三检查装置。

[0049] 以这种方式,可以对在所述预制段内可能发生的任何裂缝、断裂或变形进行优化的分析和监控。

[0050] 特别地,分别放置在所述相反两个径向面中的第一检查装置和第二检查装置使得可以评估在隧道中使用所述段的步骤期间在两个段之间朝向彼此的运动区域附近的张力的任何变化。

[0051] 这种类型的张力被定义为膜片式张力,并且与在所述段之间的纯粹与表面相关的相互作用相关。

[0052] 此外,在弓形结构的中间区域中安装第三检查装置使得可以比较由第一检查装置和第二检查装置提供的数据的变化,从而能够理解任何的断裂、变形或裂缝如何在两个径向面之间的中间区域中发展。

[0053] 预制段优选地包括至少一个电容式传感器,该电容式传感器被包括在所述弓形结构中,用于检测所述预制段的内部断裂。

[0054] 实际上已知的是,所述预制段不具有完全光滑的表面,而是具有在制造过程或运输/安装的后续步骤中固有地产生的具有微观突起的表面。

[0055] 这种与表面有关的突起使得作用在两个相邻段的朝向彼此移动的两个面(优选是周向面)之间的载荷不是均匀分布,而是在非连续点处分布,这继而导致所述段本身受到明显的结构损坏。

[0056] 此外,由于这种技术布置,有可能评估和检测在预制段的弓形结构内的“分裂”现象。

[0057] 在这种情况下,分裂现象与载荷(永久性或临时性的载荷)的施加有关,这些载荷在第一感兴趣区域中引起压缩力,而在第二感兴趣区域中由于材料对前述的压缩力的反应而产生拉伸力。

[0058] 由于存在拉伸力,材料可能会破裂,产生分开的内部破碎,从而通过形成新的内表面来部分地耗散累积的能量。

[0059] 通过在这些受分裂现象影响的区域中插入电容式传感器,因此可以通过所述传感器的电容变化与其加强件之间的距离变化相关联,立即检测所述现象的潜在开始。

[0060] 有利地,受这些类型的应力影响最大的面(因此是缺陷)是以下纵向面:在靠近外部纵向面和隧道处支撑外部地带的重量,并且在靠近内部纵向面处支撑由工作机械施加的任何载荷。

[0061] 优选地,在周向面上或在内部纵向面上经识别的由隧道掘进机的千斤顶的支承或定位区域容置至少一个电容式传感器,所述支承或定位区域能够被隧道掘进机用于在运动步骤期间用于进行承靠。

[0062] 该技术解决方案使得优化承靠在特定支承区域上的隧道掘进机施加载荷期间或之后的任何分裂现象的监控成为可能。申请人实际上已经确认,断裂现象主要发生在掘进

机移动阶段期间承靠的区域或千斤顶所处的区域。

[0063] 例如,在内部纵向面上识别出的支承区域的对应关系可以通过追踪连接隧道纵向轴线和隧道掘进机承靠区域的径向直线段并将该径向直线段继续直到到达外部纵向面来限定:所述段的延续表示基本上位于相关支承区域中的区域。

[0064] 根据一个实施方式,以距内部纵向面的距离大约等于千斤顶的两个定位区域之间的间距的一半的方式来容置所述至少一个电容式传感器。

[0065] 以此方式,所述至少一个电容式传感器被放置在理想区域中,在该理想区域中任何潜在的断裂现象都发展到更大程度。

[0066] 实际上,申请人已经证实,这种类型的大多数的裂缝表现出来的距离大约等于隧道掘进机的接触式千斤顶的两个相继的定位区域之间的间隔的0.5或0.6倍。预制段优选地包括至少一个倾角计,所述倾角计布置在弓形结构之中或之上,并且被配置为检测所述预制段的椭圆度的变化。

[0067] 以这种方式,一旦被安装,还可以对所述段的倾斜度或取向的“宏观”变化进行评估。

[0068] 这种变化通常会在自然现象(例如滑坡、地震等)之后发生,或在人为现象(例如在预先存在的隧道附近制造用于隧道的钻孔、制造用于建筑结构的地基等)之后发生。

[0069] 有趣的是,根据本发明制造的预制段提供了包括三种不同类型的专用于特定信息的传感器的可能性:

[0070] -变形计,其提供优选地与膜片式张力有关的局部信息;

[0071] -电容式传感器,其提供优选地与断裂/分裂现象有关的局部信息,

[0072] -倾角计,其提供优选地与关于在结构沉陷之后所述预制段的倾角度/取向的变化现象的有关的信息。

[0073] 还需要注意的是,最常规的监控程序通常会在分析中提供与隧道变形程度有关的信息,但不允许测量混凝土内的张力,也无法进行反向分析以评估作用在该地带上的推力。在此提出的算法和监控程序通过优选地同时在结构上安装两种类型的仪器并且有利地通过开发用于临时分析的算法来克服该缺点。

[0074] 隧道有利地配备有插入到隧道环内的应力传感器。张力传感器可以在隧道段(智能段)的制造步骤中进行安装,也可以在现有结构中进行后安装。如已经讨论的那样,在将传感器在预制步骤中安装的情况下,配备有传感器的预制段也提供与在施工步骤中在隧道上引起的膜片式应力有关的数据。

[0075] 在隧道的施工步骤的最后,将(根据隧道的几何形状和半径确定的最小数量的)一组倾角计安装在腔的内弧面,以便详尽地描述腔变形的过程。传感器的读取器将通过专门为所用传感器开发的数据处理算法,而不受外部环境因素或测量误差的影响。倾角计的读数将给出隧道的每个点的旋转度,在此基础上,可以计算出隧道随时间变化的椭圆度。一旦知道了椭圆度,就可以通过隧道的有限元建模来确定该隧道所承受的弯曲应力。优选地嵌入在所述结构中的应力传感器提供关于隧道段的轴向应力状态的信息。包括张力传感器和倾角计的组合可以完全重建每个隧道段的压缩弯曲的状态。

[0076] 根据监控到的变形现象并根据隧道的内部应力状态,可以通过反向分析程序来估算该地带的作用在隧道上的外部载荷,并反向工作直到得到解决方案。

[0077] 根据一个实施方式,预制段包括第一组横向倾角计和/或第二组纵向倾角计,所述第一组横向倾角计工作上互连并沿横向于所述纵向轴线的方向以预定的间隔被容置;所述第二组纵向倾角计工作上互连并沿平行于所述纵向轴线的方向以预定的间隔被容置。

[0078] 以这种方式,可以参考相对于隧道轴线在横向或纵向方向上的贡献,在更多的点上比较和监控所述段的倾斜度/取向的发展。

[0079] 所述第一组横向倾角计和第二组纵向倾角计优选地被容置在多个段上,以增加所述收集的数据的量以及可以与隧道的完整性相关的信息。

[0080] 根据一个实施方式,第一组横向倾角计或第二组纵向倾角计位于挠性带中或挠性带上。

[0081] 有利地,当挠性带包括第一组横向倾角计时,挠性带沿横向于纵向轴线的方向布置,而当挠性带包括第二组纵向倾角计时,挠性带沿平行于纵向轴线的方向布置。

[0082] 优选地,通过水泥砂浆、聚合物粘合剂、粘结系统、钉子或螺钉或类似的技术方案将挠性带固定到所述预制段的一些部分和/或隧道的一些部分上。根据一个实施方式,将挠性带通过耦合装置从外部固定到预制段的弓形结构。

[0083] 如下表1所示,安装在预制段内的变形传感器和/或变形计优选地根据其不同的工作阶段产生不同量的数据。

阶段		采样频率	功耗	持续时间	通信	电源
[0084]	1 成熟期	每 2 天		8 周	-	电池
	2 铺设期	每 2 分钟		2 天	LoRa 868MHz	电池
	3 等待期	每 2 天		周	LoRa 868MHz	电池
	4 使用期	>4 次/每天	3W	年	电线	230V AC

[0085] 表1:传感器采样特性

[0086] 在第一阶段中为变形传感器和/或变形计供电的电池必须有利地保证按照表1所述的时序对收集的数据进行测量、保存和通信。应当指出,阶段2的采样的高频率涉及更大的能量消耗,因此所涉及的传感器优选地在所述阶段的开始被启动并且在结束时被停用。

[0087] 根据一个实施方式,如果在TBM处和该预制段内的测试给出正面的结果,则使用LoRa无线电来执行数据的收集和传感器的模式的启动。

[0088] 前述的启动机制优选地通过磁体系统来实现,该磁体系统启动簧片继电器,所述继电器被包含在浸入混凝土中的盒中。该系统一旦被启动,就有利地处于“就绪”状态,借助于LoRa无线电进行通信。

[0089] 该系统的替代方法是使用13.5MHz的RFID。

[0090] 优选使用的RFID读取器是ATEX类型的。

[0091] 在所述两种情况下,都可以通过将“读取器”阅读/询问系统带到所述预制段来进行启动(这可以在将所述预制段在TBM中运输之前或在使用TBM本身的过程中从隧道外部实施,例如在用于锚固所述预制段的螺钉的插入期间)。

[0092] 此外,术语“段”或“预制段”在本文中是指包括弓形结构的预制结构,该弓形结构

的径向面在单个中心或轴线上会聚,以通过适于朝向其他相邻的段移动而形成环。

[0093] 根据本发明制造的本发明产品是一种隧道环,其包括至少五个预制段,所述预制段在相应的相反两个径向面上成对地朝向彼此移动以形成环,预制段中的至少三个预制段是用于加固的混凝土隧道的预制段,所述预制段包括具有加强件和水泥团聚体的弓形结构,所述预制段设计成用于覆盖用于模块的在结构上重复的环形隧道段,所述模块对应于环形隧道段的横截面的一部分;所述弓形结构包括:位于关于所述隧道的纵向轴线成径向的平面上的相应的相反两个径向面、位于垂直于所述纵向轴线的面上的相应的相反两个周向面、以及位于平行于所述纵向轴线的面上的相应的相反两个纵向面;所述径向面适于朝向相邻段的相应的径向面移动以便形成环形的隧道部分,所述周向面适于朝向彼此移动以便形成所述隧道的沿着所述纵向轴线的线性长度,并且外部纵向面距所述纵向轴线的距离大于内部纵向面距所述纵向轴线的距离,所述外部纵向面设置成与所述隧道的基础接触,其中,在所述预制段的所述弓形结构中在与所述径向面、所述周向面或所述纵向面中的至少一者相距预定距离处嵌置有至少一个检查装置。

[0094] 这样,可以关于隧道的段的总数优化配备有检查装置的预制段的数量,从而确保有效监控隧道本身的完整性状况。

[0095] 优选地,对于每个环,监控十八个关于压力的部分,对于每个段,监控两个部分。

[0096] 具有仪器的环应放置在靠近计划步骤中的位置,并已通过引伸计进行监控。

[0097] 优选地,每个环设置有八个横向倾角计,每个环设置有两个纵向倾角计。

[0098] 根据一个实施方式,包括有仪器的预制段由TBM以与传统段相同的方式放置在适当位置。

[0099] 具有仪器的预制段必须遵守以下附加要求;由于盒与预制段对齐,而不是在使所述预制段移动的吸盘的整个周长上有盖(以便使整个盖在周长之内或使整个盖在周长之外),因此由具有完全“浸没”在混凝土中的仪器的预制段提供的电子零件不需要ATEX 3认证。此外,装有动力电子设备的预制段的盒必须是水密的,以防止在铺设步骤中有任何气体进入。

[0100] 带有电子设备的盒优选在内部完全呈泡状,以防止任何腐蚀性液体随着时间的推移从放电电池中排出。

[0101] 预制段优选地包括电池电源系统和/或230V AC电源系统。

[0102] 在由电池提供电源的情况下,容置电子部件和/或变形传感器和/或变形计的盒以与所述预制段的任何面相距等于至少4厘米的距离嵌入所述预制段中。

[0103] 这种技术解决方案可以保证ATEX要求。包含有处理单元、电池和任何其他电子部件的电子设备有利地具有等于50*136*120mm的尺寸。

[0104] 嵌入有电子设备的盒优选地从外部(盖50x136mm)朝所述预制段的内部(120mm)竖向放置,并且电子设备在所述盒内的侧向导轨上延伸。传感器的电缆进入所述盒并延伸到连接器所处的位置;这样,便于维护和更换板。当实施该监控系统时,将盖取下并换成另一个盖,该盖已经提供了数据总线的电缆,一方面用于连接至倾角计,另一方面用于连接至盒内的板。

[0105] 接线盒的指示尺寸优选为50×136×120mm,接线盒也要竖向放置,这样就可以部与铁质件相干扰的情况下插入电源电缆。

[0106] 根据一个实施方式,除了配备有连接到蜂窝网络的连接件的主要控制单元之外,在路面下方的电缆管道中每500m就安装有14个二级控制单元,用于连接到上方的隧道。

[0107] 这些控制单元优选通过光纤(单峰光纤)连接,并包括电力线调制解调器。

[0108] 有利地,被设计为容置所提供的电子设备并且与检查装置相关联的盒的数量为每个预制段有四个,定位在该预制段的径向面附近并且彼此串联连接。两个中间是盒优选具有两个分开的内部区域,用于容置能够产生串联连接的电子设备,从而物理上隔离不同的电子设备。

[0109] 根据一个实施方式,至少一个盒具有与所述预制段的面重合的布线的面。有利的是,可以通过所述至少一个盒的布线的面,将所述盒进行工作上连接,通过电缆将所述盒工作上连接到被容置在相邻的预制段中的另一个盒。

[0110] 配备有检查装置的预制段有利地是在移动阶段隧道掘进机承靠在其上的那些段。

[0111] 申请人实际上已经确认,以这种方式,对最频繁暴露于可能引起断裂、裂缝、变形和结构沉陷形成的临界载荷的区域的监控是最佳的。

[0112] 限定本发明的过程和方法的预制段的操作模式包括以下描述的步骤。制造和监控由水泥制成的预制段的过程优选地包括:提供用于接纳混凝土铸件的模具;在所述模具中容置至少一个检查装置;将所述至少一个检查装置工作上连接至处理单元,所述处理单元能够处理由所述至少一个检查装置收集的数据;在嵌入有所述至少一个检查装置的所述模具内进行所述混凝土的浇铸,以形成所述预制段的弓形结构;以及通过分析在所述混凝土浇铸之后的步骤期间所收集的或所处理的数据的任何变化来监控由所述处理单元处理的数据。

[0113] 制造和监控由加固的混凝土制成的预制段的过程优选地包括:在用于接纳所述混凝土铸件的模具内设置加强件;将至少一个检查装置固定到所述加强件;将所述至少一个检查装置工作上连接到处理单元,所述处理单元能够处理由所述至少一个检查装置收集的数据;在嵌入有所述至少一个检查装置的所述模具内进行所述混凝土的浇铸,以形成所述预制段的弓形结构;以及通过分析在所述混凝土浇铸之后的步骤期间张力的任何变化来监控由所述处理单元处理的数据。

[0114] 以这种方式,从形成所述段的初始步骤开始插入检查装置,并且使得有可能在随后的固化步骤期间以及也可能将所述段在隧道内进行运输和安装的步骤期间分析和监控任何张力变化。

[0115] 根据一个实施方式,制造和监控过程包括:在进行所述混凝土的浇铸之前,将至少一个电容式传感器约束至支撑件或所述加强件;将所述至少一个电容式传感器工作上连接到所述处理单元,所述处理单元能够处理由所述至少一个电容式传感器收集的数据;以及通过分析在所述混凝土浇铸之后的步骤期间由所述至少一个电容式传感器检测到的任何结构变化来监控由所述处理单元处理的数据。

[0116] 以此方式,可以分析和监控在预制段中是否存在断裂现象。

[0117] 支撑件优选地是三维结构,其定位在标识浇铸区域的表面上并且能够用作电容式传感器的稳定的固定装置(例如金属或聚合物结构)。

[0118] 制造和监控过程优选地包括:在从执行所述混凝土浇铸时起的预定固化时间之后,将至少一个倾角计约束在所述弓形结构的外侧;将所述至少一个倾角计工作上连接到

所述处理单元,所述处理单元能够处理由所述至少一个倾角计收集的数据;以及通过分析在所述混凝土浇筑之后的步骤期间由所述至少一个倾角计检测到的倾斜度的任何变化来监控由所述处理单元处理的数据。

[0119] 以这种方式,可以分析和监控任何存在的预制段的变形和/或运动的现象。

[0120] 根据一个实施方式,制造和监控过程包括:在用于所述预制段的所述弓形结构的所述固化时间期间进行等待;将所述预制段安装在隧道内;以及通过所述处理单元分析所检测到的任何结构变化来监控所处理的数据。

[0121] 以此方式,可以分析和监控在预制段安装在隧道中期间和之后该预制段的任何存在的变形、断裂、裂缝或运动。

[0122] 因此,这种操作模式可以进行有效且持续的监控,从而能够在存在危险结构缺陷的情况下保证所分析的段的完整性和及时的响应能力。

[0123] 用于制造和监控隧道的方法优选地包括:在一地带中打洞;通过将预制段成对地朝向彼此移动而在相反两个径向面上对所述预制段进行安装,从而形成隧道环;所述预制段中的至少一个预制段包括有检查装置,使得一旦将所述检查装置连接到处理单元,就可以在将所述预制段安装在所述隧道期间和在将所述预制段安装在所述隧道之后监控经处理的数据。

[0124] 以这种方式,申请人已经确认,可以以安全的方式建造隧道,在该隧道中,至少一个已安装的预制段允许对检测到的结构数据进行分析 and 监控。

[0125] 该方法优选地包括:使用隧道掘进机以形成用于所述隧道的所述洞并安装所述预制段,所述预制段中的至少一个预制段包括有连接到处理单元的检查装置;以及在将所述预制段安装在所述隧道期间或之后、以及推进所述隧道掘进机以使所述隧道掘进机接触所述预制段期间或之后,监控经处理的数据。

[0126] 以此方式,有可能在通过隧道掘进机的掘进步骤期间以及在预制段相对于彼此安装的步骤期间,分析和监控包括有至少一个检查装置的预制段的结构完整性。申请人已经确认,这些步骤对于所述段的结构完整性是特别关键的,并因此构成了对于分析和监控特别重要的因素。

[0127] 该方法有利地包括:通过使所述隧道掘进机承靠在所述至少一个预制段上来沿所述隧道的纵向轴线推进所述隧道掘进机;以及在使所述隧道掘进机承靠的步骤期间以及在使所述隧道掘进机承靠的步骤之后监控经处理的数据中可能的变化。

[0128] 申请人已经确认,隧道掘进机在运动期间在所述段上产生的推力阶段代表施加非常高载荷的时刻,这通常会导致对预制段的严重破坏。从这个意义上说,对由被包含在具有本发明特征的预制段中的检查装置和传感器提供的参数进行分析和监控,可以优化对结构的监控,以便以及时地方式检测隧道的一部分的完整性的任何丧失。

附图说明

[0129] 通过以非限制性示例的方式提供的本发明的优选实施方式的详细描述以及附图,本发明的特征和优点将变得更加清楚,在附图中:

[0130] 图1是用于由加固的混凝土制成的隧道的预制段的透视图;

[0131] 图2是被包括在图1的预制段中的加强件的透视图;

- [0132] 图3是在隧道内彼此相邻布置的多个预制段的从下方看到的视图；
- [0133] 图4是隧道环的透视图，该隧道环包括多个在径向面上成对地朝彼此移动的预制段；
- [0134] 图5是检查装置及其相关的变形和张力的透视图；
- [0135] 图6是可以与团聚体的结构相关联的检查装置的透视图。

具体实施方式

[0136] 在附图中，附图标记1表示根据本发明制造的用于经加固的混凝土隧道的预制段1，所述经加固的混凝土隧道被设计成用于实施用于对该预制段以及包括所述预制段的隧道进行制造和监控的过程和方法。

[0137] 预制段1优选地包括具有加强件3和水泥团聚体的弓形结构2。

[0138] 根据一个实施方式，预制段1被设计成覆盖用于模块的在结构上重复的环形隧道段，所述模块对应于环形隧道段的横截面的一部分。弓形结构2包括：位于关于隧道的纵向轴线X成径向的面上的相应的相反两个径向面2a、2b；位于垂直于纵向轴线X的面上的相应的相反两个周向面2c、2d；以及位于平行于纵向轴线X的面上的相应的相反两个纵向面2e、2f。

[0139] 径向面2a、2b有利地朝着相邻的段的相应径向面运动，以形成环形的隧道部分，所述周向面2c、2d适于彼此相向运动以形成所述隧道的沿着所述纵向轴线X的线性长度，并且外部纵向面2f距离所述纵向轴线X的距离比内部纵向面2e距离所述纵向轴线X的距离大，该内部纵向面设置成与所述隧道的基础接触，其中至少一个检查装置4嵌入到所述预制段1的所述弓形结构2中，且与所述径向面2a、2b，周向面2c、2d或纵向面2e、2f中的至少一个面相距预定距离D。

[0140] 弓形结构的长度优选地在2至6米之间，厚度在30至80厘米之间，并且宽度在2至3米之间。

[0141] 根据一个实施方式，所述距离D（在附图中未示出）可以由用户根据具体要求而任意地限定。距离D有利地由所述径向面来限定、并且介于0cm和20cm之间。

[0142] 参考图1所示，预制段1优选具有呈大致弯曲的梯形的相反两个周向面2c、2d，而其余的面2a、2b、2e、2f的形状基本呈矩形。

[0143] 根据一个实施方式，检查装置4包括可变形体5，在该可变形体中布置有至少一个变形计Ri，该变形计Ri被配置为检测相对于彼此定向的至少三个变形度量E1、E2、E3，使得所述检查装置4内的张力SY与所述三个变形度量E1、E2、E3的组合成比例（见图5）。

[0144] 该变形计Ri优选是至少包括三个一组的电学或光学的引伸计的装置。

[0145] 在一个优选实施方式中，所述变形计Ri至少包括三个一组的电阻（应变计、压阻式电阻等），通过监控电阻的变化可以容易地检测出该变形计的变形。替代地或附加地，变形计Ri可以包括电容式电容器，可以通过监控电容的变化而容易地检测到变形计的变形。这样的实施方式旨在是示例性的并且是非限制性的，并且可以容易地并且以普通的方式被本领域技术人员适应或交换为相似的变形传感器，以实现本发明的目的。

[0146] 在一个优选的实施方式中，变形计Ri包括三个一组的变形传感器R1、R2、R3，它们分别按照预定的三轴坐标系定向并且能够测量三个变形度量E1、E2、E3，在此基础上，张力

SY_Y是通过组合的方式计算得出的,所述张力作用在不受扰动的区域A₂中,并且与三个变形度量E₁、E₂、E₃的组合成比例,并因此仅与所施加的外部作用(例如载荷P)成正比,并不受在可变形体5内产生的粘滞现象的影响(见图5)。

[0147] 特别地,至少一个变形计R_i包括三个变形传感器R_v、R_r、R_c,其分别根据预定的正交的三个方向来定向,并且能够测量在不受扰动区域A₂中所包含的相对于彼此正交定向的三个变形量E_v、E_r、E_c,并且张力S_{Y_Y}与相对于彼此正交定向的所述三个变形量E_v、E_r、E_c的组合成比例。例如,在以下假设中:围绕所述检查装置的水泥团聚体的一部分的轴向对称形式以及所述检查装置4周围的轴向对称形式,并且沿参考轴线施加了载荷P时,依据常规的竖向、径向和周向的圆柱形坐标v、r、c限定的三合一正交的取向还分别限定了三个相互对应的竖向、径向和周向的变形量E_v、E_r、E_c的竖向、径向和周向的变形量的三个传感器R_v、R_r、R_c的取向和三个竖向、径向和周向的张力S_v、S_r、S_c中三个传感器的取向(见图5)。另外,在所使用的轴向对称性近似中,三个竖向、径向和周向变形E_v、E_r、E_c不为零,而切削变形E_{rv}、E_{re}、E_{ve}为零或可忽略。这意味着,在轴向对称状态的假设下,通过应用构成可变形体5的材料的弹性线性本构关系,简化了与竖向张力S_v相一致的轴向张力S_{Y_Y}的计算,根据以下等式(1):

$$[0148] \quad \begin{Bmatrix} S_{XX} \\ S_{YY} \\ S_{ZZ} \\ S_{XY} \end{Bmatrix} = C \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & G/C \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} E_{XX} \\ E_{YY} \\ E_{ZZ} \\ E_{XY} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

[0149] 如果希望放弃轴向对称性的假设,则必须使用更复杂的等式使用变形和张力的六个分量来应用材料的全部本构关系,但得出的结果基本相同(请参见等式(2))。

$$[0150] \quad \begin{Bmatrix} S_{XX} \\ S_{YY} \\ S_{ZZ} \\ S_{XY} \\ S_{XZ} \\ S_{YZ} \end{Bmatrix} = C \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & G/C & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & G/C & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & G/C \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} E_{XX} \\ E_{YY} \\ E_{ZZ} \\ E_{XY} \\ E_{XZ} \\ E_{YZ} \end{Bmatrix} \quad (2)$$

[0151] 其中:

$$[0152] \quad C = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

[0153] 其中,ν是泊松比,E是杨氏模量。

[0154] 两种假设得出以下等式(3):

$$[0155] \quad S_v = S_{YY} = C[\nu E_{XX} + (1-\nu) E_{YY} + \nu E_{ZZ}] \quad (3)$$

[0156] 由于检查装置4及其所述特征,即使在该装置的模型不是轴向对称的情况下,也可以在可变形体5内限定出不受扰动区域A₂,在该不受扰动区域中,张力S_v仅与施加的外部作用成比例,而不受可变形体5内产生的粘滞现象或力线偏差的影响(见图5和图6)。

[0157] 在这种情况下,如上所述,为了获得张力值而进行的必要计算需要使用构成可变形体5的材料的全部本构关系。

[0158] 在一个优选实施方式中,在所施加的外部载荷P恒定的情况下,等式3的所述组合

是恒定的,这意味着SY_Y的值也恒定。

[0159] 检查装置4优选固定在加强件3上(例如通过粘接、焊接、胶合等)。

[0160] 根据一个实施方式,至少在所述水泥团聚体的所述结构中允许的应力方面,可变形体5具有弹性性能。

[0161] 有利地,可变形体5包括两个表面A、B,所述两个表面的较小尺寸大于或等于所述水泥团聚体中所包含的粘结材料的最大标称直径。

[0162] 可变形体5优选地在两个常规的维度上具有基本平坦的形状,以便在所述可变形体5内获得所述张力SY_Y的不受扰动的区域A₂,在该区域中布置有所述至少一个变形计R_i。

[0163] 参考图5和图6所示,并且根据所述表面A和B(也称为基础表面)的最小尺寸与可变形体5的高度h₁之间的比率R,扰动区域在空间上被限制到所述表面A和B或多或少的延伸部分。然而,这种扰动仅涉及可变形体5的外圆柱冠,称为A₁,该外圆柱冠的延伸部等于半径的一部分(在如图5和图6所示的圆柱形装置的情况下,这种延伸部大约是可变形体5的半径的1/3)。

[0164] 因此,可以识别出可变形体5内的一区域,即所述不受扰动区域A₂,该不受扰动区域不被这种一阶和二阶的粘滞现象扰动,并且因此受到正交于面A和B的张力S_v=SY_Y,并且仅与从外部作用的客体(例如,如图5所示的载荷P)成比例。

[0165] 特别地,正交于面A和B的张力S_v=SY_Y与被包括在所述不受扰动区域A₂中的多个变形量的组合成比例。

[0166] 参考图5,不受扰动区域A₂优选地由可变形体5内的圆柱体来标识,该圆柱体的基底的直径D₂大约等于20mm。

[0167] 所述至少一个变形计R_i优选地被定位成与所述两个表面A、B中的至少一个表面相距距离h₂(见图5)。

[0168] 进一步优选地,所述距离h₂大于或等于团聚体中可能存在的较大气泡的尺寸。实际上,前述变形计R₁的这种定位允许制造可变形体5的材料减少由团聚体中存在的气泡对测量造成的局部扰动。

[0169] 根据一个实施方式,变形计R_i等距地布置在两个面A和B之间。

[0170] 可替代地,变形计R_i不对称地设置在所述可变形体内,但是维持该变形计的一部分与面A或B之间的最小距离大于所述较大气泡的尺寸。

[0171] 参考图2,预制段1优选地包括第一检查装置、第二检查装置和第三检查装置4a、4b、4c,它们分别放置在弓形结构2的相反的径向面2a、2b、2c中和中间区域M中。

[0172] 第一、第二和第三检查装置4a、4b、4c优选地沿与隧道的纵向轴线X成径向对准的方向布置,并且第一和第二检查装置基本平行于容置它们的相应的径向面。

[0173] 第一、第二和第三检查装置4a、4b、4c有利地是分别容置在弓形结构2的相反两个径向面2a、2b和中间区域M中的多个检查装置。

[0174] 根据检查装置4的一个实施方式,第一、第二或第三检查装置4a、4b、4c工作上连接到能够处理由所述检查装置收集的数据的处理单元50。这种工作上的连接可以通过电缆(优选配备水密连接器)或通过无线数据传输系统来建立。

[0175] 此外,检查装置和/或处理单元可以通过电池或通过与外部电源线连接的电连接来供电。

[0176] 此类连接是通过符合IP68标准并符合ATEX参数的电缆和连接器建立的。

[0177] 预制段1优选地包括至少一个电容式传感器10,该电容式传感器被包括在弓形结构2中,用于检测预制段1的内部断裂。

[0178] 本领域技术人员将能够确定市场上可获得的最适合于本发明的需求的电容式传感器的类型。

[0179] 根据一个优选实施方式,电容式传感器10工作上连接到能够处理来自所述传感器的数据的数据处理单元50。这种工作上的连接可以通过电缆(优选配备水密连接器)或通过无线数据传输系统来建立。

[0180] 此外,电容式传感器和/或处理单元可以通过电池或通过与外部电源线连接的电连接来供电。

[0181] 根据一个实施方式,至少一个电容式传感器10被容置在周向面2c、2d或内部纵向面2e上经识别的承靠区域S1中,隧道掘进机可使用该承靠区域S1以在运动阶段期间进行承靠。

[0182] 至少一个电容式传感器10优选地以与内部纵向面2e相距距离F(图中未示出)被容置在弓形结构内,该距离F大约等于所述隧道掘进机的两个接触式千斤顶的两个相继的定位区域S1、S2之间的间距的一半。

[0183] 申请人实际上已经证明,旨在通过承靠在周向面2c、2d的所述表面上或内部纵向面2e上来产生运动的隧道掘进机所施加的载荷可以引起段本身内部的断裂现象,特别是在隧道掘进机的千斤顶用作支承点的情况下。根据一个实施方式,两个定位区域S1、S2之间的间距约为1.20m,因此距离F大约等于0.60m。

[0184] 根据一个实施方式,预制段1包括至少一个倾角计20,该倾角计20布置在弓形结构2之中或之上,并且被配置为检测所述预制段1的椭圆度的变化。

[0185] 倾角计20优选地包括在其内部容置有倾斜度传感器的水密盒。

[0186] 倾角计20有利地通过托架或类似的技术方案从外部固定到弓形结构2,从而有利地使得可以以优选的取向来固定所述倾角计。

[0187] 根据一个实施方式,倾角计20被约束到内部纵向面2e,朝向隧道的内部延伸。

[0188] 本领域技术人员将能够识别出市场上可获得的最适合本发明需求的倾角计的类型。

[0189] 根据一个优选实施方式,倾角计20工作上连接到能够处理从所述倾角计接纳的数据的数据处理单元50。这种工作上的连接可以通过电缆(优选配备水密连接器)或通过无线数据传输系统来建立。

[0190] 此外,倾角计20和/或处理单元可以通过电池或通过与外部电源线连接的电连接来供电。

[0191] 预制段1优选地包括第一组横向倾角计21和/或第二组纵向倾角计22,所述第一组横向倾角计21工作上互连并且沿横向于纵向轴线X的方向以预定的间隔被容置,所述第二组纵向倾角计22工作上互连并且沿平行于所述纵向轴线X的方向以预定的间隔被容置。

[0192] 根据一个实施方式,所述第一组横向倾角计21或第二组纵向倾角计22被定位在挠性带中、或被定位在挠性带上。

[0193] 根据本发明制造的本发明产品是一种隧道环100,该隧道环包括至少至少五个预

制段,该预制段在相应的相反两个径向面2a、2b上成对地彼此相对地移动以形成环,所述预制段中的至少三个预制段被形成为如下这种预制件,该预制段1被设计成覆盖用于模块的在结构上重复的环形隧道段,所述模块对应于环形隧道段的横截面的一部分。所述弓形结构2包括:位于相对于隧道的纵向轴线X成径向的面上的相应的相反两个径向面2a、2b,位于垂直于纵向轴线X的面上的相应的相反两个周向面2c、2d,以及位于平行于纵向轴线X的面上的相应的相反两个纵向面2e、2f。所述径向面2a、2b有利地朝着相邻的段的相应的径向面移动以形成环形隧道部分,所述周向面2c、2d适于朝向彼此相对移动,以便沿所述纵向轴线X形成所述隧道的线性长度,并且外部纵向面2f相对于所述纵向轴线X的距离大于内部纵向面2e相对于所述纵向轴线X的距离,外部纵向面2f放置成与所述隧道的基础接触,其中,在所述预制段1的所述弓形结构2中在与所述径向面2a、2b、周向面2c、2d或纵向面2e、2f中的至少一者相距预定距离D处嵌置有至少一个检查装置4。

[0194] 限定本发明的过程和方法的预制段的操作模式包括以下描述的步骤。

[0195] 用于制造和监控由水泥制成的预制段1的过程200优选地包括:提供用于接纳混凝土铸件的模具;在所述模具中容置至少一个检查装置4;将所述至少一个检查装置4工作上连接至能够处理由所述至少一个检查装置4收集的数据的处理单元50;在嵌入有所述至少一个检查装置4的所述模具内部进行所述混凝土浇筑,以形成所述预制段1的弓形结构2;以及通过分析在所述混凝土浇筑之后的步骤期间所收集或处理的数据的任何变化来监控由所述处理单元50处理的数据。

[0196] 在本文中,术语水泥既指加固的混凝土中的结构(因此配备有加强件),也指加固的混凝土(因此其中包含能够提高混凝土本身的机械特性的金属或陶瓷纤维)。

[0197] 制造和监控由加固的混凝土制成的预制段1的过程200优选地包括:在用于接纳混凝土铸件模具内设置加强件3;将至少一个检查装置4固定至加强件3;将所述至少一个检查装置4工作上连接到处理单元50,该处理单元50能够处理由至少一个检查装置4收集的数据;在嵌入有加强件3和至少一个检查装置4的所述模具内部进行所述混凝土浇筑,以形成预制段1的弓形结构2;并通过分析在所述混凝土浇筑之后的步骤期间的任何张力变化来监控由所述处理单元50处理的数据。

[0198] 制造和监控过程200优选地包括:在进行所述混凝土浇筑之前,将至少一个电容式传感器10约束到支撑件或加强件3上;将至少一个电容式传感器10工作上连接到能够处理由所述至少一个电容式传感器10收集的数据的处理单元50;并通过分析在所述混凝土浇筑之后的步骤期间由所述至少一个电容式传感器10检测到的任何结构变化来监控由所述处理单元50处理的数据。

[0199] 根据一个实施方式,制造和监控过程200包括:在从混凝土浇筑发生起的预定固化时间 T_c 之后,将至少一个倾角计20约束到所述弓形结构2的外侧;将所述至少一个倾角计20工作上连接到能够处理由所述至少一个倾角计20收集的数据的处理单元50,并且通过分析在所述混凝土浇筑之后的步骤中由所述至少一个倾角计20检测到的倾斜度的任何变化来监控由所述处理单元50收集或处理的数据。

[0200] 固化时间 T_c 优选为8周以内。

[0201] 根据一个实施方式,制造和监控过程200包括:在预制段1的弓形结构2的所述固化时间 T_c 期间进行等待;将预制段1安装在隧道内;以及对分析所检测到的任何结构变化的由

所述处理单元50所处理的数据或所收集的数据进行监控。

[0202] 用于制造和监控隧道的方法300优选地包括：在一地带中打洞；通过将预制段成对地彼此相对移动而在相反两个径向面2a、2b上对所述预制段进行安装，从而形成隧道环；所述预制段中的一个包括检查装置4，使得一旦该检查装置4连接到处理单元50，就可以在所述隧道中安装所述预制段期间和之后监控所处理的数据。

[0203] 根据一个实施方式，所述方法300包括：使用隧道掘进机来制造用于隧道的孔并安装所述预制段，所述预制段1中的至少一个包括检查装置4。

[0204] 然后，通过使所述隧道掘进机前进以使所述隧道掘接触所述预制段，使检查装置4连接至处理单元5，所述预制段1中的至少一个包括所述检查装置4，并且所述检查装置4监控在所述隧道中安装所述预制段期间和之后经处理的数据。从检查装置4工作上传输的并由处理单元5处理的数据是ASCII或原始类型等，从而允许所述数据根据力/变形比模型等由所述处理单元进行处理和显示，这在水泥结构研究领域内广为人知。

[0205] 根据一个实施方式，隧道掘进机沿着隧道移动，在所述预制段1的周向面2c、2d或内部纵向面2e上确定的千斤顶的支承用的或定位用于的区域上进行推动。

[0206] 所述方法300优选地包括：通过使隧道掘进机抵靠至少一个预制段1而使隧道掘进机沿着隧道的纵向轴线X前进，并且监控在隧道掘进机的承靠阶段期间和之后经处理的数据的任何变化。

[0207] 以这种方式，可以实时评估由于断裂、裂缝或变形的形成而由预制段1导致的结构响应的任何变化。

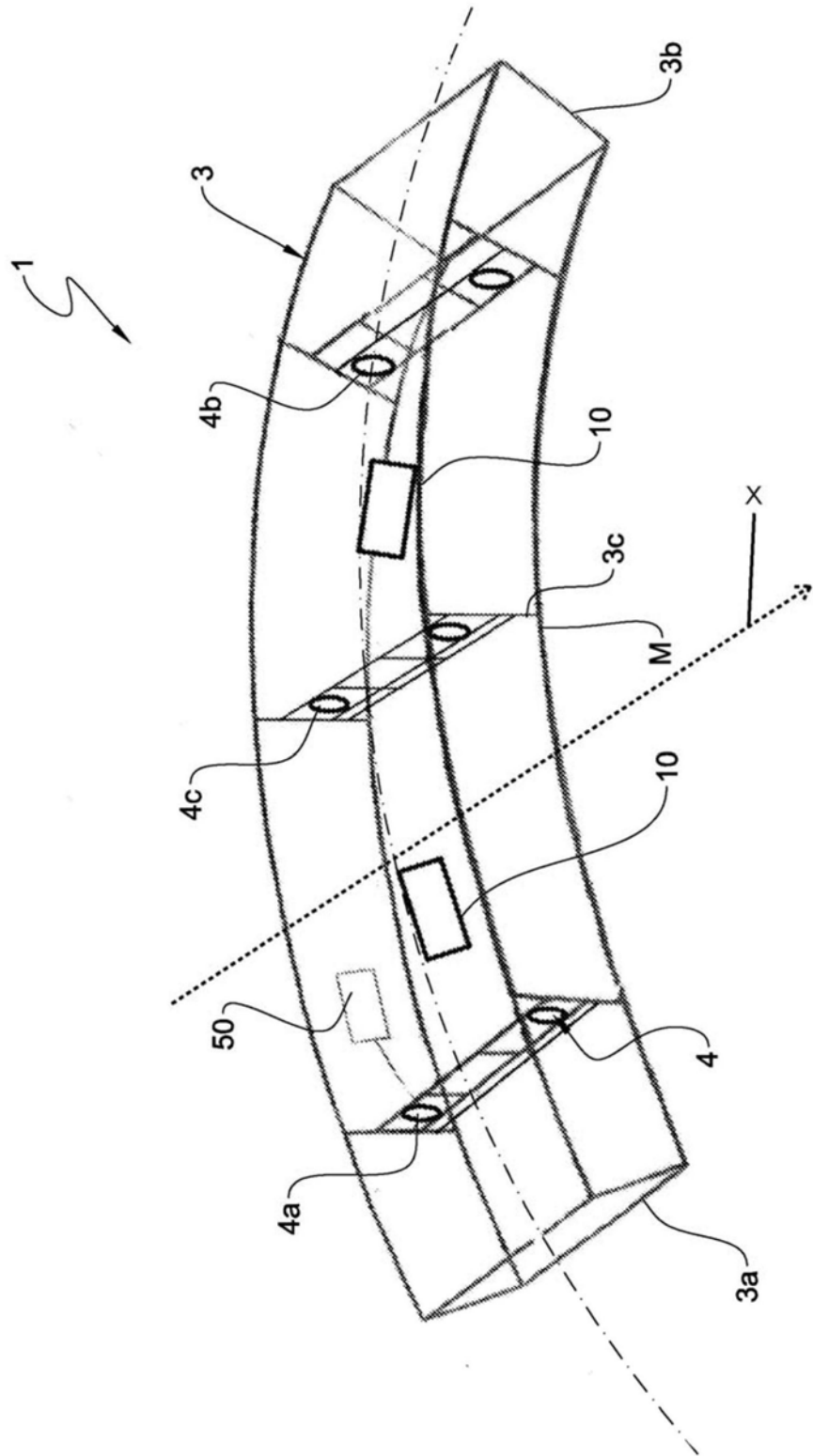


图2

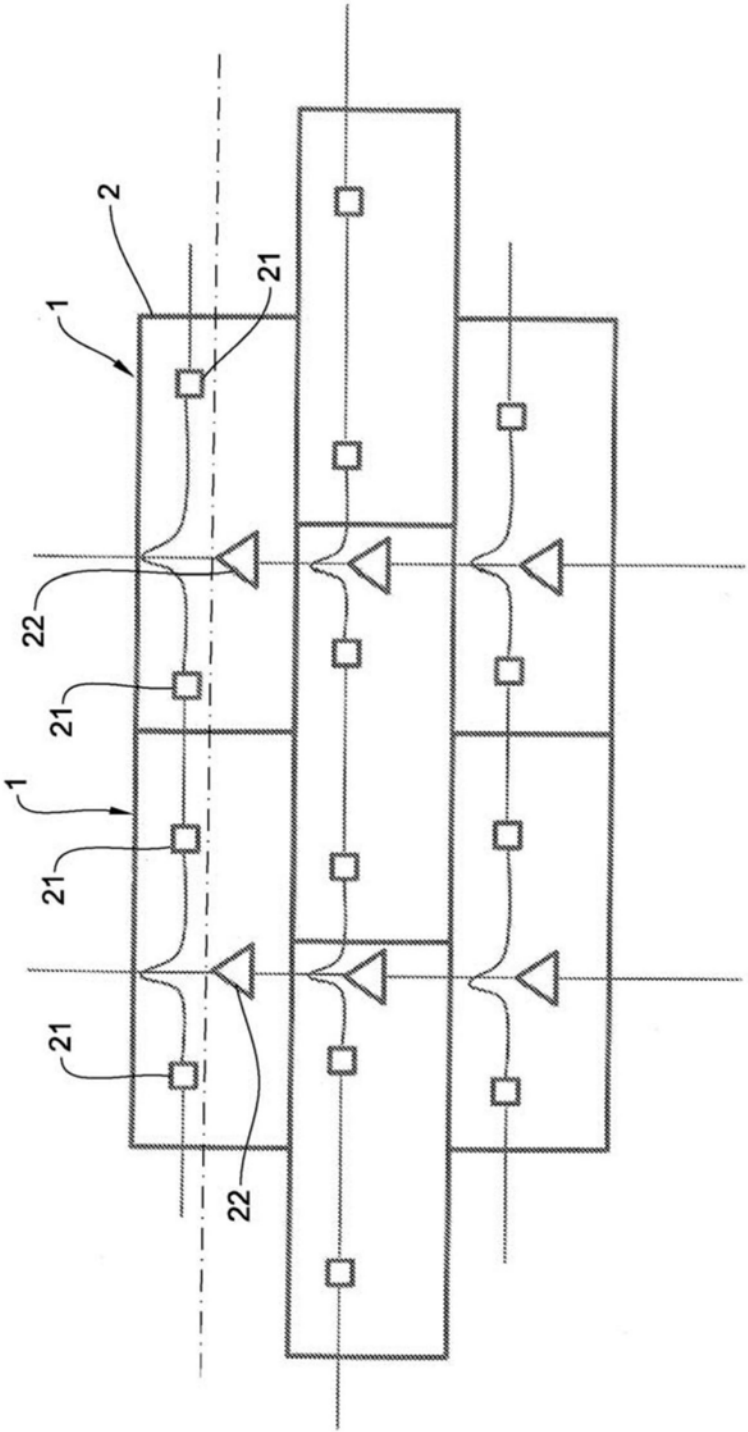


图3

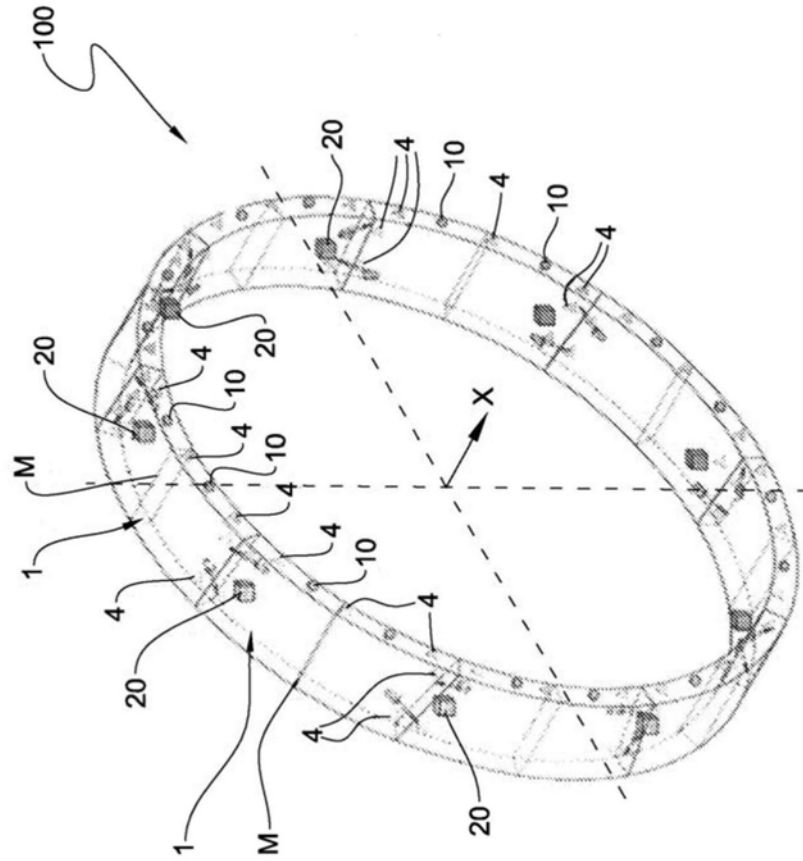


图4

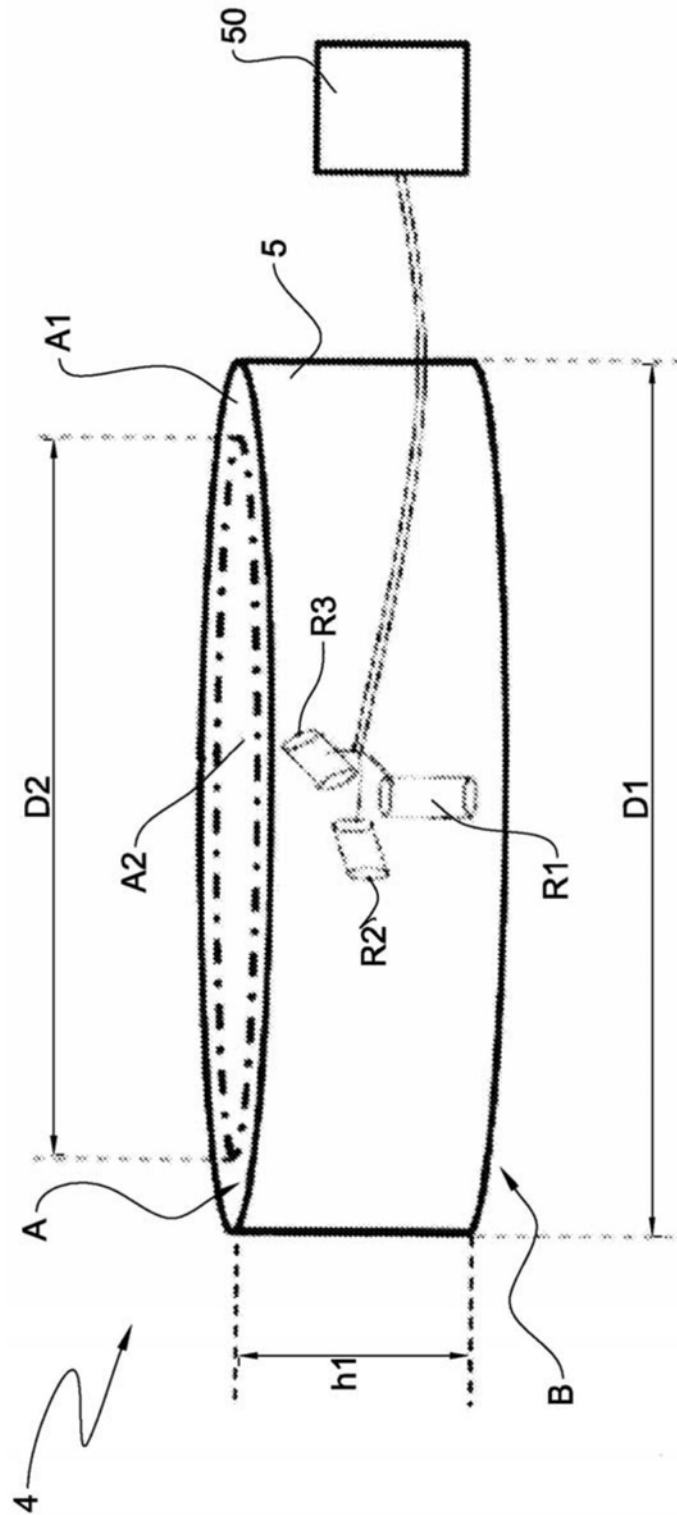


图6