

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 3 月 1 日 (01.03.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/036340 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01D 21/00 (2006.01) **G01D 5/26** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/094909
- (22) 国际申请日: 2017 年 7 月 28 日 (28.07.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610704963.9 2016年8月22日 (22.08.2016) CN
- (71) 申请人: 同济大学 (TONGJI UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国上海市杨浦区四平路 1239 号, Shanghai 201103 (CN)。上海同科交通科技有限公司 (SHANGHAI TONEKER TRANSPORTATION TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市杨浦区中山北二路 1121 号 2 楼 206B, Shanghai 200092 (CN)。

- (72) 发明人: 凌建明 (LING, Jianming); 中国上海市杨浦区四平路 1239 号, Shanghai 200090 (CN)。赵鸿铎 (ZHAO, Hongduo); 中国上海市杨浦区四平路 1239 号, Shanghai 200090 (CN)。吴荻非 (WU, Difei); 中国上海市杨浦区四平路 1239 号, Shanghai 200090 (CN)。杨戈 (YANG, Ge); 中国上海市杨浦区四平路 1239 号, Shanghai 200090 (CN)。杜浩 (DU, Hao); 中国上海市杨浦区四平路 1239 号, Shanghai 200090 (CN)。
- (74) 代理人: 上海光华专利事务所 (J.Z.M.C. PATENT AND TRADEMARK LAW OFFICE); 中国上海市杨浦区国定路 335 号 5022 室余明伟, Shanghai 200433 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

(54) Title: CONTACT STATE MONITORING DEVICE

(54) 发明名称: 一种接触状态监测装置

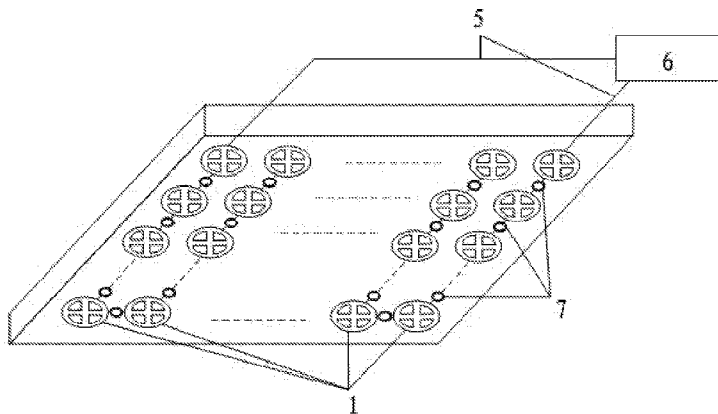


图 4

(57) Abstract: The invention relates to the field of engineering, and in particular, to a contact state monitoring device. The contact state monitoring device comprises a packaging member (1) having a disc shape, and comprising a sensing optical fiber (2) disposed therein. By considering requirements of cement board installation and pavement techniques and disadvantages of several conventional pressure measurement techniques, and using Brillouin optical time-domain analysis (BOTDA), the embodiment provides a novel, real-time, distributed monitoring, and BOTDA-based monitoring device to monitor a contact state of a cement board bottom.

(57) 摘要: 一种接触状态监测装置, 涉及工程领域, 包括封装件 (1), 封装件 (1) 为盘状, 封装件 (1) 内设有传感光纤 (2)。针对现有的几种压力测量技术的缺点, 接触状态监测装置通过 BOTDA (布里渊光时域分析技术), 针对装配式水泥混凝土铺面技术的需要, 提供了一种新型的、能够实时、分布式监测的基于 BOTDA 的装配式水泥混凝土板底接触状态监测装置。

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

一种接触状态监测装置

技术领域

本发明涉及工程领域，特别是涉及一种接触状态监测装置。

背景技术

水泥混凝土铺面具有强度高、日常养护量小、使用年限长、取材方便等优点，在我国机场中占绝对主导地位，也大量应用于道路领域中。但水泥道面一旦出现结构性破损，如板块碎裂、贯穿裂缝等，将很难修复，常需更换整块道面板。即使采用快凝早强水泥，整个施工时间也至少需要 8 到 10 个小时，对于客流量大的机场，尤其是在关键部位的道面更换来说，依然无法满足道面快速修复的要求。

装配式混凝土铺面技术是一种理想的快速修复技术，它将混凝土的浇筑、养护环节提前在预制厂内完成，显著减少了现场施工时间。另一方面，市场上较好的快凝早强水泥成本为普通硅酸盐水泥成本的 10 倍以上，若利用预制吊装技术，可大大节省了材料费用。因此，预制吊装技术逐渐成为是我国机场快速修复领域的一个重要技术手段。

装配式施工技术固然便捷和廉价，但是在吊装过程中，吊装板底部与原有基层表面不可避免的会存在一定接触不良，现有的处理方式多采用注浆方式或铺设板底整平层的方式，但缺乏一种能够实时判别板底接触状况的手段，即无法判断注浆或板底整平层的有效性，因此需要一种技术能够监测板底与基层的接触状态，用以评价装配式施工质量。

国际与国内目前对于板底接触状态成熟的实时监测技术目前还较为缺乏，仅在一些试验和测试中有所尝试，其方法包括压力板法、压力传感器法和压力敏感膜法等，但压力板法和压力敏感膜法需在测量后取出查看，不适用于装配式施工，而目前的压力传感器包括压电力传感器（单点）以及 TEKSCAN 压力传感器（二维）等，价格较为昂贵，难以进行分布式测量，且装配和测量难度较大，故也不适用于水泥混凝土板底接触状态的监测。

发明内容

鉴于以上所述现有技术的缺点，本发明的目的在于提供一种接触状态监测装置，用于解决现有技术中的问题。

为实现上述目的及其他相关目的，本发明第一方面提供一种接触状态监测装置，包括封装件，所述封装件为盘状，所述封装件内设有传感光纤。

在本发明一些实施方式中，所述封装件的材料为弹性封装材料。

在本发明一些实施方式中，所述封装件的材料抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$ 。

在本发明一些实施方式中，所述封装件的材料选自硅胶、橡胶中的一种或多种的组合。

在本发明一些实施方式中，所述封装件的上表面设有一个或多个凸起。

在本发明一些实施方式中，所述封装件的下表面设有一个或多个凹槽。

在本发明一些实施方式中，所述凸起和凹槽的位置相配合。

在本发明一些实施方式中，所述封装件为圆盘状。

在本发明一些实施方式中，所述传感光纤在封装件内均匀排布。

在本发明一些实施方式中，所述传感光纤为单模光纤。

在本发明一些实施方式中，所述传感光纤为螺线型排布；

在本发明一些实施方式中，所述传感光纤中光纤芯材的覆盖率为 $8\sim 10\text{ mm/mm}^2$ 。

在本发明一些实施方式中，所述传感光纤的抗拉强度通常 $\geq 30\text{N}$ 。

在本发明一些实施方式中，所述传感光纤的衰减通常 $\leq 0.22\text{db/Km}$ （1550MHz）。

本发明第二方面提供一种底面接触状态监测系统，包括至少一个所述接触状态监测装置，传感光纤的两端通过光纤引出线引出。

在本发明一些实施方式中，还包括 BOTDA 解调装置，传感光纤的两端通过光纤引出线引出并与 BOTDA 解调装置相连。

在本发明一些实施方式中，所述底面接触状态监测系统包括多个接触状态监测装置，至少一部分的所述接触状态监测装置中的传感光纤依次串联。

在本发明一些实施方式中，所述接触状态监测装置分布于待测样品的底面。

在本发明一些实施方式中，所述接触状态监测装置均匀分布于待测样品的底面。

在本发明一些实施方式中，所述底面接触状态监测系统为水泥混凝土板底面接触状态监测系统。

本发明第三方面提供所述接触状态监测装置和/或底面接触状态监测系统在水泥混凝土板底面接触状态监测中的用途。

本发明第四方面提供一种底面接触状态监测方法，包括如下步骤：

- 1) 将所述底面接触状态监测系统分布于待测样品的底面；
- 2) 测量由待测样品所引起的接触状态监测装置内光纤芯材的布里渊频移值；
- 3) 根据接触状态监测装置的压缩量和光纤芯材布里渊频移值的标准函数关系确定接触状态监测装置的压缩量；
- 4) 根据待测样品所造成的接触状态监测装置的压缩量确定待测样品的板底接触状态。

在本发明一些实施方式中，所述方法还包括：将所述底面接触状态监测系统分布于标样的底面，通过标定实验获得接触状态监测装置的压缩量和光纤芯材的布里渊频移值的标准函数关系。

在本发明一些实施方式中，所述待测样品为水泥混凝土板。

针对现有的几种压力测量技术的缺点，本发明通过 BOTDA（布里渊光时域分析技术），针对装配式水泥混凝土铺面技术的需要，提供了一种新型的、能够实时、分布式监测的基于 BOTDA 的装配式水泥混凝土板底接触状态监测装置。

附图说明

- 图 1 显示为本发明接触状态监测装置结构示意图。
- 图 2 显示为本发明接触状态监测装置透视图。
- 图 3 显示为本发明接触状态监测装置剖面图。
- 图 4 显示为底面接触状态监测系统结构示意图。
- 图 5 显示为实施例 2 中不同时间板底接触测量值实例。

元件标号说明

1	封装件
2	传感光纤
3	凸起
4	凹槽
5	光纤引出线
6	BOTDA 解调装置
7	过渡段连接光纤

具体实施方式

以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式，熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效。

请参阅图 1 至图 4。须知，本说明书所附图式所绘示的结构、比例、大小等，均仅用以配合说明书所揭示的内容，以供熟悉此技术的人士了解与阅读，并非用以限定本发明可实施的限定条件，故不具技术上的实质意义，任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整，在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下，均应仍落在本发明所揭示的技术内容

得能涵盖的范围内。同时，本说明书中所引用的如“上”、“下”、“左”、“右”、“中间”及“一”等的用语，亦仅为便于叙述的明了，而非用以限定本发明可实施的范围，其相对关系的改变或调整，在无实质变更技术内容下，当亦视为本发明可实施的范畴。

如图 1-3 所示，本发明一方面提供一种接触状态监测装置，包括封装件 1，所述封装件 1 为盘状，所述封装件 1 内设有传感光纤 2。

本发明所提供的接触状态监测装置中，封装件 1 通常可以为弹性封装材料。所述弹性封装材料通常指在适用于封装光纤的，且受力会发生变形、在撤出外力后能够回复其近似初始形状和尺寸的材料。例如，所述弹性封装材料可以是包括但不限于硅胶、橡胶中的一种或多种的组合。所述封装件 1 的材料通常可以具有较高的抗压强度，从而可以对封装件 1 内部的传感光纤 2 形成较好的保护，也可以使封装件 1 更加耐用。所述封装件 1 的材料的抗压强度通常可以 $\geq 30\text{MPa}$ 。

本发明所提供的接触状态监测装置中，所述封装件 1 的上表面可以设有一个或多个凸起 3，所述封装件 1 的下表面可以设有一个或多个凹槽 4。凸起和凹槽的设计主要是起到增大光纤拉升长度的作用，通常来说，凸起 3 和凹槽 4 的位置相配合，例如，上表面的凸起 3 的位置可以与下表面凹槽 4 的位置一一对应，凸起 3 受到外力作用时，可以至少部分地落向凹槽 4。所述封装件 1 可以为各种盘状，例如，方盘、圆盘等，在本发明一实施方式中，所述封装件 1 可以为圆盘状，所述凸起 3 和/或凹槽 4 为与圆盘同心的圆形，所述圆形凸起 3 和/或凹槽 4 被分割为多个扇形。本领域技术人员可根据需要对封装件的尺寸进行调整，例如，所述封装件 1 的直径可以为 $250 \pm 3\text{mm}$ ，所述凸起 3 和/或凹槽 4 的半径为 $100 \pm 1\text{mm}$ ，厚度为 $3 \pm 0.5\text{mm}$ ，每个扇形的凸起 3 和/或凹槽 4 的弧度可以为 $90 \pm 3^\circ$ ，封装件的厚度（不计入凸起 3 和凹槽 4 部分）可以为 $2 \pm 0.5\text{mm}$ 。

本发明所提供的接触状态监测装置中，本领域技术人员可根据需要调整封装件内传感光纤的排布方式，通常来说，所述传感光纤 2 可以在封装件 1 内均匀排布，传感光纤 2 整体的光纤芯材的覆盖率（在盘面的竖直投影中，光纤（芯材）长度与盘面的投影面积的比值）可以为 $8 \sim 10 \text{ mm/mm}^2$ 。所述传感光纤 2 可以为螺线型排布，所述传感光纤 2 也可以为二维排布。所述螺线型排布通常可以是自一点向外放射状旋转的曲线型排布，所述二维通常所述传感光纤 2 排布在同一平面内。在本发明一实施方式中，所述螺旋形排布的光纤为最外圈直径可以为 $240 \pm 2\text{mm}$ ，最内圈直径可以为 $60 \pm 2\text{mm}$ ，每一圈的间距可以为 $10.2 \pm 2\text{mm}$ 。

本发明所提供的接触状态监测装置中，所述传感光纤 2 为单模光纤，所述单模光纤(Single Mode Fiber)通常是指只能传送一种模式的光的光纤。所述传感光纤 2 通常采用紧包光纤，以

保证光纤的协调变形。所述传感光纤 2 中光纤芯材的直径通常可以为 $9 \pm 0.5 \mu\text{m}$ 。所述传感光纤 2 通常需要具有一定的抗拉强度，以保证光纤被拉伸时不会受损或断裂，传感光纤 2 的抗拉强度通常 $\geq 30\text{N}$ 。所述传感光纤 2 的衰减通常 $\leq 0.22\text{db/Km}$ (1550MHz)，以保证 BOTDA 的顺利运行。所述传感光纤 2 的外层通常设有护套，所述护套可选用本领域各种光纤护套，例如可以是聚乙烯护套、聚氯乙烯护套、聚偏氟乙烯、HYTREL 等中的一种或多种的组合。本领域技术人员可根据需要调整设有护套的光纤的直径和封装件中所布设的光纤的长度，以保证测量时的空间分辨率，例如有，设有护套的光纤的直径可以为 0.6~0.9mm。

如图 4 所示，本发明另一方面提供一种底面接触状态监测系统，包括一个或多个所述的接触状态监测装置，传感光纤的两端通过光纤引出线引出。所述系统还可以包括 BOTDA 解调装置 6，传感光纤 2 的两端通过光纤引出线 5 引出并与 BOTDA 解调装置 6 相连。所述 BOTDA 解调装置 6 可选用本领域各种布里渊分布式光纤解调仪，其可以检测连入光纤的布里渊频移值，例如可以是上海拜安传感技术有限公司生产的 FT430-04 型解调仪，日本光纳株式会社的 NEUBREScope 解调仪等。

本发明所提供的底面接触状态监测系统中，通常可以包括多个接触状态监测装置，多个接触状态监测装置中的传感光纤 2 可以全部依次串联，形成一个回路，也可以将多个接触状态监测装置分成若干组，每组的传感光纤 2 依次串联，各自形成回路。各接触状态监测装置之间通常可以通过过渡段连接光纤 7 进行连接，以形成回路。本领域技术人员可根据需要调整过渡段光纤的参数，过渡段连接光纤 7 的参数整体上可以与传感光纤 2 基本相同，各接触状态监测装置之间通常需要保持一定长度的过渡段连接光纤 7，从而可以使测量保证一定的空间分辨率，例如，在本发明一实施方式中，各接触状态监测装置之间的过渡段连接光纤 7 可以 ≥ 5 米。

本发明所提供的底面接触状态监测系统通常可以用于为底面接触状态监测，更具体可以用于水泥混凝土板底面接触状态监测，在使用时，所述接触状态监测装置通常分布于待测样品的底面。

本发明另一方面提供所述接触状态监测装置和/或底面接触状态监测系统在底面接触状态监测中的用途，更具体为在水泥混凝土板底面接触状态监测中的用途。

本发明另一方面提供一种底面接触状态监测方法，包括：将所述的底面接触状态监测系统分布于待测样品的底面。分布底面接触状态监测系统时，通常可以将接触状态监测装置平均地分布于待测样品的底面。在本发明一实施方式中，所述待测样品为水泥混凝土板。

本发明所提供的底面接触状态监测方法还包括：测量由待测样品所引起的接触状态监测

装置内传感光纤中光纤芯材的布里渊频移值。布里渊频移值通常可以通过 BOTDA 解调装置 6 进行测量，本领域技术人员可根据需要调整 BOTDA 解调装置 6 的参数，以获得理想的实验结果。

本发明所提供的底面接触状态监测方法还包括：根据接触状态监测装置的压缩量和传感光纤中光纤芯材的布里渊频移值的标准函数关系确定待测样品所造成的接触状态监测装置的压缩量。所述标准函数关系通常可以通过标定实验获得，例如，本发明一实施方式中，标准函数关系的获得方法包括：将所述底面接触状态监测系统分布于标样的底面，通过标定实验获得接触状态监测装置的压缩量和光纤芯材的布里渊频移值的标准函数关系。所述监测装置压缩量具体指接触状态监测装置由外力所引起的的竖向压缩变形量。

本发明所提供的底面接触状态监测方法还包括：根据待测样品所造成的接触状态监测状态的压缩量确定待测样品的板底接触状态。

本发明所提供的接触状态监测装置可以用于装配式混凝土板施工及运营过程中的板底接触状态监测，根据发明人多年累积道路与机场功能的研究经验和数据，结合室内实测，结果表明设计的监测装置在完全压缩（压缩量 3mm）的情况下，所产生的布里渊频移可达 6.5MHz，而测量的布里渊频移值与监测装置压缩量呈正相关关系。据此，本发明所提供的接触状态监测装置能够满足板底接触状态监测需求。

本发明结合分布式光纤传感技术与机场工程，实现了装配式混凝土板施工及运营过程板底接触状态分布式和实时监测，提高了检测效率；装置采用弹性封装材料（例如，硅胶），保证了传感结构的耐久性、抗压性，减小了温度干扰；装置的光纤在保证其与封装结构协同变形的同时提高了光纤的抗折性能；装置内光纤均匀分布（例如，采用螺旋形方式布设），增大了光纤密度，提高了空间分辨率；所设计的监测装置，敏感性高，能够适用于微小脱空的监测。

本发明中所使用的参数的检测方法如下：

封装件的抗压强度的测试采用压缩试验进行，采用 250mm 直径的压头进行加压。若封装件竖直方向压力达到 30KPa 时封装件仍为破坏，则认为其抗压强度满足要求；

传感光纤抗拉强度、衰减参数等的测试参照 GB/T 15972-2008《光纤试验方法规范》所给出的相关方法。

实施例 1

实施例中所使用的接触状态监测装置信息如下：封装件整体结构为圆盘状，直径为

250mm，内部传感光纤采用螺旋形布设，与封装结构紧密固实，内部传感光纤两端均沿切线方向导出。传感光纤采用单模紧包光纤，光纤类型为 G675A1，护套采用 HYTREL，总直径（包括护套）为 0.9mm，光纤铺设后采用液态硅胶封装、固化形成封装件，整体结构为“上凸下凹”型，上部凸起 3mm，下部凹陷 3mm，均为 4 个半径为 100mm，角度为 90° 的扇形，且在平面尺寸上完全重合。上部凸起边缘采用 30° 倒角，下部凹陷边缘采用 90° 直角。中间层厚 2mm 用于封装传感光纤。传感光纤采用螺旋形布设，布设的外圈直径为 240mm，内圈直径为 60mm，共 9 圈，每一圈间隔约为 10.2mm，约 4.3m 长。过渡段连接光纤为同为直径 0.9mm 的单模紧包光纤，布设方式采用圆形缠绕，缠绕直径为 10cm，缠绕 16 圈，总长约为 5m。BOTDA 解调装置采用上海拜安传感技术有限公司生产的 FT430-04 型解调仪。

对于单个所述基于 BOTDA 的装配式水泥混凝土板底接触状态监测装置，监测装置受压过程中，封装结构在受压过程中发生变形，上部凸起受压后下陷，下方凹陷对应中间层中封装的传感光纤被裹挟下挠，中间层其余部分的传感光纤位移受限，从而导致传感光纤产生拉伸变形。

拉伸变形的监测基于 BOTDA 传感原理：将脉冲光（泵浦光）和连续光（探测光）从两端注入光纤，其中泵浦光频率更高。当两束光频差与光纤中某区域的布里渊频移相同时，该区域会产生一定的布里渊受激散射。而在实际测试过程中，通过两束入射激光频率连续调节，检测一端散射光（耦合光）的功率，能够获得光纤长度范围上各小区间上散射增益最大时的频率差，即布里渊频移。布里渊频移与传感光纤（芯材）的应变的轴向应变和温度变化存在一定线性关系，即：

$$\nu_b(\varepsilon, T) = \nu_b(0) + \frac{d\nu_b(\varepsilon)}{d\varepsilon} \varepsilon + \frac{d\nu_b(T)}{dT} (T - T_0)$$

其中， $\nu_b(\varepsilon, T)$ ——应变为 ε ，温度为 T 时的布里渊频移量

$\nu_b(0)$ ——应变为 0，温度为 T_0 时的布里渊频移量

$\frac{d\nu_b(\varepsilon)}{d\varepsilon}$ ， $\frac{d\nu_b(T)}{dT}$ ——分别为应变影响系数和温度影响系数，实施例 1 中应变影响系数

和温度影响系数分别为 0.05MHz/ $\mu\varepsilon$ 和 1.22MHz/°C。

而对于单块板板底，温度变化可忽略不计，故可通过关系实现光纤轴向应变的检测，并通过 OTDR（光时域反射）技术进行空间定位。所采用 BOTDA 解调设备理论空间最大分辨率为 0.4m，应变分辨率为 100 $\mu\varepsilon$ 。

通过有限元模拟和标定试验，得出接触状态监测装置不同压缩量下传感光纤中光纤芯材

的 BOTDA 所测量的布里渊频移值如表 1 所示，结果表明该设计能够将竖向接触状态转换为光纤轴向拉伸，拉伸变形量满足 BOTDA 设备的测量需求，具体的接触状态监测装置的压缩量和布里渊频移值的标准关系参见表 1。

表 1 接触状态监测装置不同压缩量下的应变及布里渊频移值	
压缩量 (mm)	布里渊频移值 (MHz)
0	0.1
1	2.9
1.5	3.8
2	4.7
2.5	5.7
3	6.5

实施例 2

浦东外环线洲海路段辅道为水泥混凝土道面，有两块水泥混凝土板出现了严重的损坏，采用装配式水泥混凝土板来换装修复，预制板板底与基层间隙为 1~3cm 不等，通过 CA 砂浆注浆的方式进行填充。

使用所述的基于 BOTDA 的装配式水泥混凝土板底接触状态监测系统对其中一块板板底接触状态进行监测。依据图 4 所示的布设方式对其 1/4 区域进行布设，单个监测装置内部传感光纤长度为 5-7m 不等，过渡段连接光纤长度为 5m，共粘贴 18 个监测装置，相邻监测装置间距约为 0.5m，所述多个监测装置通过过渡段连接光纤进行串联后，粘贴于装配式混凝土板底，最后通过光纤引出线导出并连接于 BOTDA 解调仪，光线引出线采用金属铠装光纤，光纤类型采用 G652D，护套由内到外分别为包带、钢丝绞合以及 PE 外护套，光纤总直径（包括护套）为 3mm，两端引出光纤长度均为 25m。对注浆过程中的板底接触状态进行了实时、分布式监测，初步监测结果如图 5 所示。图 5 中，分别给出了三组监测结果，其中，沿光纤距离表示监测系统中沿传感光纤路径方向距监测起点的距离。可见，本发明所提供的接触状态监测装置和底面接触状态监测系统避免了传统检测方式成本高或便捷性差得弊端，实现了装配式混凝土板底接触状态的实时、分布式监测。

综上所述，本发明有效克服了现有技术中的种种缺点而具高度产业利用价值。

上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效，而非用于限制本发明。任何熟悉此技

术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下，对上述实施例进行修饰或改变。因此，举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变，仍应由本发明的权利要求所涵盖。

权利要求书

- 1、一种接触状态监测装置，其特征在于，包括封装件（1），所述封装件（1）为盘状，所述封装件（1）内设有传感光纤（2）。
- 2、如权利要求 1 所述的一种接触状态监测装置，其特征在于，所述封装件（1）的材料为弹性封装材料；
 - 和/或，所述封装件（1）的材料的抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$ ；
 - 和/或，所述封装件（1）的上表面设有一个或多个凸起（3）；
 - 和/或，所述封装件（1）的下表面设有一个或多个凹槽（4）；
 - 和/或，所述封装件（1）为圆盘状。
- 3、如权利要求 2 所述的一种接触状态监测装置，其特征在于，所述封装件（1）的材料选自硅胶、橡胶中的一种或多种的组合；
 - 和/或，所述凸起（3）和凹槽（4）的位置相配合。
- 4、如权利要求 1 所述的一种接触状态监测装置，其特征在于，所述传感光纤（2）在封装件（1）内均匀排布；
 - 和/或，所述传感光纤（2）为单模光纤；
 - 和/或，所述传感光纤（2）为螺旋型排布；
 - 和/或，所述传感光纤（2）的覆盖率为 $8\sim 10\text{ mm/mm}^2$ ；
 - 和/或，所述传感光纤（2）的抗拉强度通常 $\geq 30\text{N}$ ；
 - 和/或，所述传感光纤（2）的衰减通常 $\leq 0.22\text{db/Km}$ 。
- 5、一种底面接触状态监测系统，其特征在于，包括至少一个如权利要求 1-4 任一权利要求所述的接触状态监测装置，传感光纤（2）的两端通过光纤引出线（5）引出。
- 6、如权利要求 5 所述的一种底面接触状态监测系统，其特征在于，还包括 BOTDA 解调装置（6），传感光纤（2）的两端通过光纤引出线（5）引出并与 BOTDA 解调装置（6）相连；
 - 和/或，所述底面接触状态监测系统包括多个接触状态监测装置，至少一部分的所述接触状态监测装置中的传感光纤（2）依次串联；
 - 和/或，所述接触状态监测装置分布于待测样品的底面；
 - 和/或，所述底面接触状态监测系统为水泥混凝土板底面接触状态监测系统。
- 7、如权利要求 1-4 任一权利要求所述的接触状态监测装置和/或如权利要求 5-6 任一权利要求所述的底面接触状态监测系统在水泥混凝土板底面接触状态监测中的用途。

- 8、一种底面接触状态监测方法，包括如下步骤：
- 1) 将权利要求 5-6 任一权利要求所述的底面接触状态监测系统分布于待测样品的底面；
 - 2) 测量由待测样品所引起的接触状态监测装置内光纤芯材的布里渊频移值；
 - 3) 根据接触状态监测装置的压缩量和光纤芯材布里渊频移值的标准函数关系确定接触状态监测装置的压缩量；
 - 4) 根据待测样品所造成的接触状态监测装置的压缩量确定待测样品的板底接触状态。
- 9、如权利要求 8 所述的一种底面接触状态监测方法，其特征在于，所述方法还包括：将所述底面接触状态监测系统分布于标样的底面，通过标定实验获得接触状态监测装置的压缩量和光纤芯材的布里渊频移值的标准函数关系。
- 10、如权利要求 8 所述的一种底面接触状态监测方法，其特征在于，所述待测样品为水泥混凝土板。

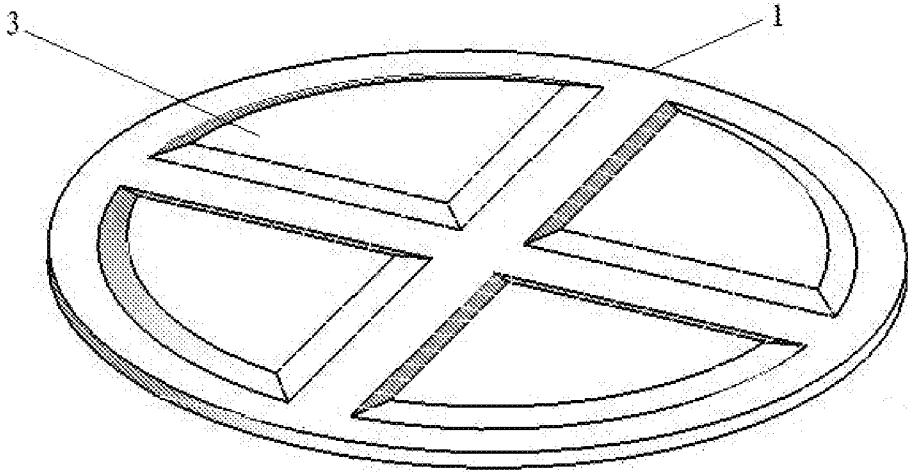


图 1

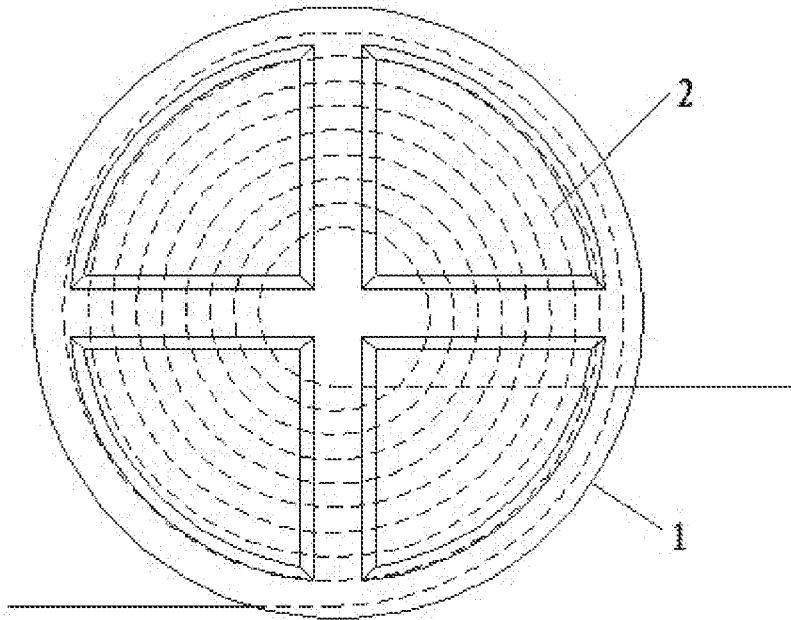


图 2

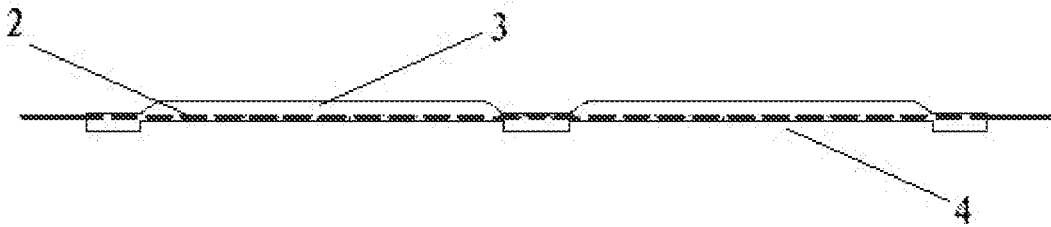


图 3

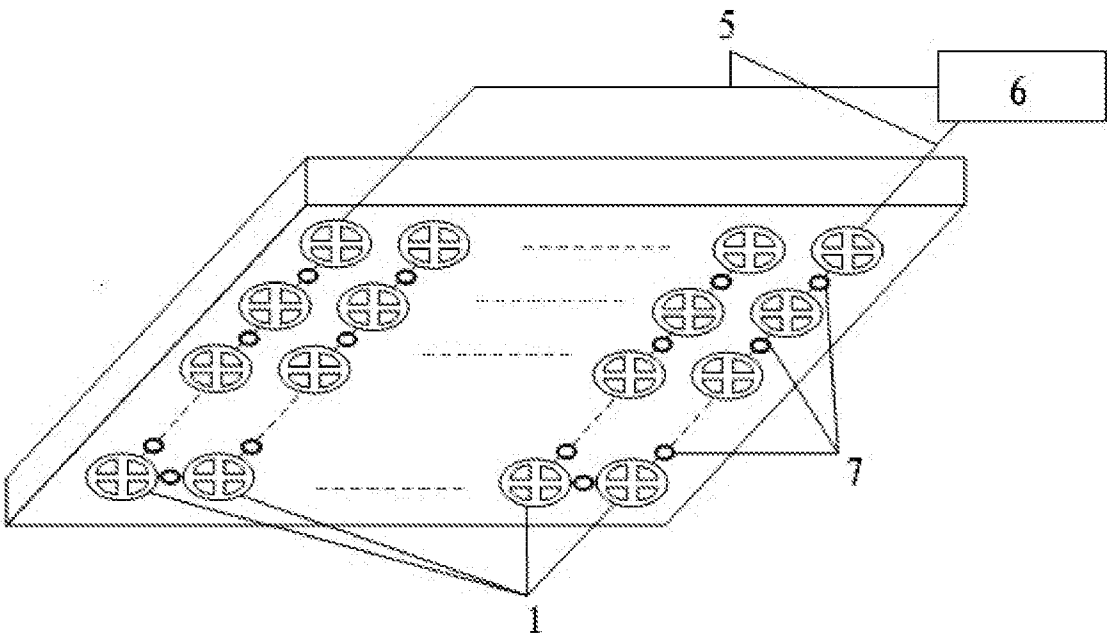


图 4

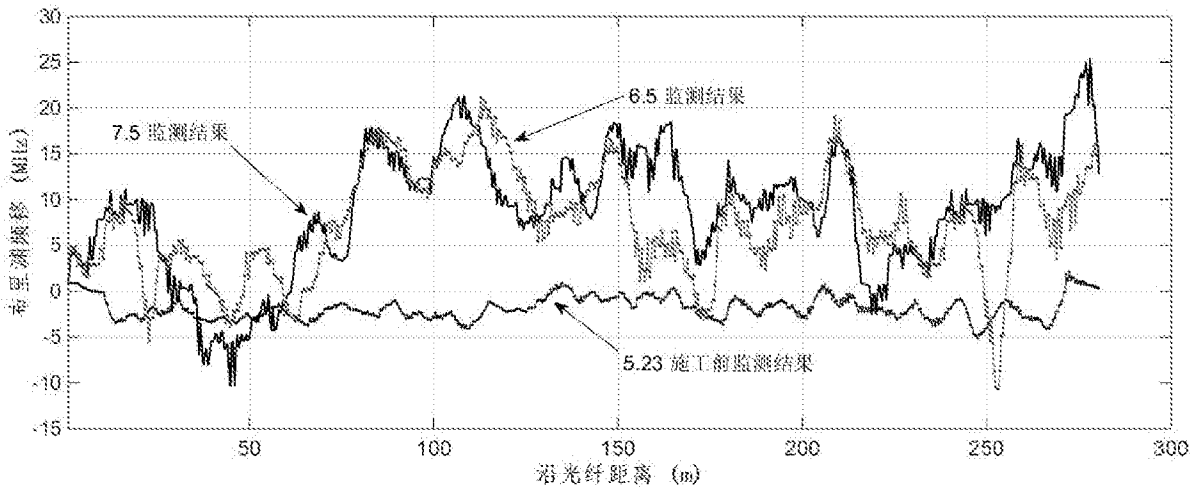


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/094909

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01D 21/00 (2006.01) i; G01D 5/26 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 接触, 变形, 形变, 应变, 应力, 压缩, 底, 板, 水泥, 混凝土, 监测, 监控, 检测, 测量, 封装, 盘, 饼, 圆, 槽, 凸, 凹, 布里渊, 光纤, 光缆, 传感, 解调, 函数, 频移, 同济大学, 同科交通科技, 凌建明, 赵鸿铎, contact, interface, distortion, strain, stress, reduce, compress, bottom, soleplate, floor, slab, monitor, detect, measure, encapsulate, plate, caky, disc, disk, groove, slot, protrude, concave, BOTDA, fiber, sensor, demodulate, function, frequency, shift, TONGJI, TONEKER, LING Jian-ming, ZHAO Hongduo

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 106338302 A (TONGJI UNIVERSITY et al.), 18 January 2017 (18.01.2017), claims 1-10, description, paragraphs [0001]-[0084], and figures 1-5	1-10
X	CN 203940886 U (HOHAI UNIVERSITY), 12 November 2014 (12.11.2014), description, paragraphs [0001]-[0023], and figures 1-4	1-10
X	CN 103631064 A (SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE OF AUTOMATION), 12 March 2014 (12.03.2014), description, paragraphs [0001]-[0020], and figures 1-5	1-10
X	CN 202547682 U (HYDROCHINAHUADONG ENGINEERING CORPORATION), 21 November 2012 (21.11.2012), description, paragraphs [0001]-[0023], and figures 1-5	1-10
A	CN 102901593 A (INSTITUTE OF SEMICONDUCTORS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 30 January 2013 (30.01.2013), entire document	1-10
A	CN 102928138 A (NANYANG INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 13 February 2013 (13.02.2013), entire document	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 05 September 2017	Date of mailing of the international search report 09 November 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer MU, Feipeng Telephone No. (86-10) 62414353

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/094909

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 204228306 U (63653 FORCES PLA), 25 March 2015 (25.03.2015), entire document	1-10
A	EP 2128571 B1 (SMARTEC SA), 23 July 2014 (23.07.2014), entire document	1-10

International application No.
PCT/CN2017/094909

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/094909

A. 主题的分类 G01D 21/00(2006.01)i; G01D 5/26(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01D 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 接触, 变形, 形变, 应变, 应力, 压缩, 底, 板, 水泥, 混凝土, 监测, 监控, 检测, 测量, 封装, 盘, 饼, 圆, 槽, 凸, 凹, 布里渊, 光纤, 光缆, 传感, 解调, 函数, 频移, 同济大学, 同科交通科技, 凌建明, 赵鸿铎, contact, interface, distortion, strain, stress, reduce, compress, bottom, soleplate, floor, slab, monitor, detect, measure, encapsulate, plate, caky, disc, disk, groove, slot, protrude, concave, BOTDA, fiber, sensor, demodulate, function, frequency, shift, TONGJI, TONEKER, LING Jianming, ZHAO Hongduo		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 106338302 A (同济大学 等) 2017年 1月 18日 (2017 - 01 - 18) 权利要求1-10/说明书第[0001]-[0084]段和附图1-5	1-10
X	CN 203940886 U (河海大学) 2014年 11月 12日 (2014 - 11 - 12) 说明书第[0001]-[0023]段和附图1-4	1-10
X	CN 103631064 A (四川省绵阳西南自动化研究所) 2014年 3月 12日 (2014 - 03 - 12) 说明书第[0001]-[0020]段和附图1-5	1-10
X	CN 202547682 U (中国水电顾问集团华东勘测设计研究院) 2012年 11月 21日 (2012 - 11 - 21) 说明书第[0001]-[0023]段和附图1-5	1-10
A	CN 102901593 A (中国科学院半导体研究所) 2013年 1月 30日 (2013 - 01 - 30) 全文	1-10
A	CN 102928138 A (南阳理工学院) 2013年 2月 13日 (2013 - 02 - 13) 全文	1-10
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2017年 9月 5日		2017年 11月 9日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		穆飞鹏 电话号码 (86-10)62414353

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 204228306 U (中国人民解放军63653部队) 2015年 3月 25日 (2015 - 03 - 25) 全文	1-10
A	EP 2128571 B1 (SMARTEC SA) 2014年 7月 23日 (2014 - 07 - 23) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/094909

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	106338302	A	2017年 1月 18日	无	
CN	203940886	U	2014年 11月 12日	无	
CN	103631064	A	2014年 3月 12日	CN 103631064	B 2016年 3月 9日
CN	202547682	U	2012年 11月 21日	无	
CN	102901593	A	2013年 1月 30日	CN 102901593	B 2014年 10月 15日
CN	102928138	A	2013年 2月 13日	CN 102928138	B 2015年 7月 29日
CN	204228306	U	2015年 3月 25日	无	
EP	2128571	B1	2014年 7月 23日	EP 2128571	A1 2009年 12月 2日