

(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
2025 年 1 月 9 日 (09.01.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/007239 A1

(51) 国际专利分类号:
G01N 3/08 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/105505

(22) 国际申请日: 2023 年 7 月 3 日 (03.07.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 广西大学 (GUANGXI UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国广西壮族自治区南宁市西乡塘区大学东路100号, Guangxi 530004 (CN)。大连理工大学 (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。北京航空航天大学 (BEIHANG

UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国北京市海淀区学院路37号, Beijing 100083 (CN)。

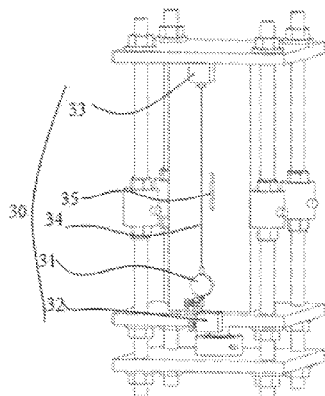
(72) 发明人: 安永辉 (AN, Yonghui); 中国广西壮族自治区南宁市西乡塘区大学东路100号, Guangxi 530004 (CN)。李松林 (LI, Songlin); 中国辽宁省大连市凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。马丹阳 (MA, Danyang); 中国北京市海淀区学院路37号, Beijing 100083 (CN)。钟锦祥 (ZHONG, Jinxiang); 中国广西壮族自治区南宁市西乡塘区大学东路100号, Guangxi 530004 (CN)。

(74) 代理人: 辽宁鸿文知识产权代理有限公司 (LIAONING HONGWEN INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD); 中国辽宁省大

(54) **Title:** TESTING APPARATUS FOR LONG-TERM LOADING AND SYNCHRONIZED MEASUREMENT OF CONCRETE-FILLED STEEL TUBE-STIFFENED COMPOSITE STRUCTURES

(54) 发明名称: 一种钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置

[图3]



(a)

(57) **Abstract:** Provided in the present invention is a testing apparatus for long-term loading and synchronized measurement of concrete-filled steel tube-stiffened composite structures, the testing apparatus comprising a loading assembly, a load-measuring assembly, a deformation-measuring assembly, and a concrete-filled steel tube-stiffened composite structure. The loading assembly primarily consists of loading plates, loading rods, nuts, and pre-tightened disc springs; the load-measuring assembly consists of force sensors; the deformation-measuring assembly primarily consists of a measuring apparatus; and the concrete-filled steel tube-stiffened composite structure is a force-bearing structure. The testing apparatus for long-term loading and synchronized measurement of concrete-filled steel tube-stiffened composite structures allows for loading in stages and is capable of synchronously measuring the long-term internal forces and deformation of inner concrete-filled steel tubes and outer sleeving reinforced concrete; solves the key problem that during construction in stages, the internal forces and the deformation of the inner concrete-filled steel tube part and the outer sleeving reinforced concrete part cannot be precisely analyzed; and provides reliable test results for further research on the internal force redistribution patterns and the deformation progress patterns of the described structures under long-term load.

(57) 摘要: 本发明提供一种钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置, 包括加载组件、荷载量测组件、变形量测组件、钢管混凝土加劲混合结构。加载组件主要由加载板、加载杆、螺母、预紧碟簧组成; 荷载量测组件由力传感器组成; 变形量测组件主要由量测装置组成; 钢管混凝土加劲混合结构为受力结构。通过发明钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置, 实现了内置钢管混凝土和外包钢筋混凝土的分阶段加载和长期内力、变形的同步测量, 解决了分阶段施工情况下内置钢管混凝土部分和外包钢筋混凝土部分的内力、变形无法精准分析的关键问题, 可为进一步研究该类结构在长期荷载下的内力重分布规律和变形发展规律提供可靠的试验结果。



连市甘井子区黄浦路439号科技创业大厦
1102-02, Liaoning 116085 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

说明书

发明名称：一种钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置

技术领域

[0001] 本发明属于结构工程技术领域，具体涉及一种钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置。

背景技术

[0002] 钢管混凝土加劲混合结构作为一种新型工程结构，具有承载力高，抗震性能好，结构稳定，耐腐蚀性好等多方面优点，被广泛地用于桥梁工程建设之中。但在长期荷载作用下，混凝土因其本身的材料特性，会发生显著的徐变效应。对大跨径拱桥而言，混凝土的徐变会导致结构内力重分布，对结构的受力产生非线性影响，严重影响结构的受力和变形，这将对工程带来安全隐患。

[0003] 针对钢管混凝土加劲混合结构，现在常用的的加载量测装置如王庆利等在“研究钢管砼轴压构件在荷载与腐蚀下性能的装置与方法”中的加载装置，往往只能对整个钢管混凝土加劲混合结构全截面一次性加载，不能够做到对钢管混凝土加劲混合结构核心钢管混凝土部分和外围钢筋混凝土部分的分阶段加载，导致对该结构分阶段施工工况下的力学性能研究受限。

[0004] 本发明提供一种钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置，通过该试验装置，可以实现对内置钢管混凝土部分和外包钢筋混凝土部分的分阶段加载，并能对各部分结构的内力、变形进行长期同步测量，解决了现有加载装置对分阶段施工情况下钢管内置混凝土和外包钢筋混凝土内力、变形无法准确区分的问题，可以为进一步研究该类结构在长期荷载下的内力重分布规律和变形发展规律提供技术支撑。

发明概述

技术问题

[0005] 本发明提出一种钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置。以

往的加载装置往往把钢管混凝土加劲混合结构作为一个整体进行加载，很少考虑该类结构分阶段施工、承载的特点，将内置钢管混凝土部分和整个结构分阶段加载量测。本发明拟解决现有钢管混凝土加劲混合结构加载和量测技术中的问题，将内置钢管混凝土部分和整个结构分两个阶段进行加载，并分别量测出内置钢管混凝土部分和外围钢筋混凝土部分的受力状况，对其进行独立的受力分析，分别得到各部分混凝土的徐变情况，为实际工程科学计算分析提供依据。

技术解决方案

- [0006] 一种钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置，包括加载组件10、荷载量测组件20、变形量测组件30和钢管混凝土加劲混合结构40；
- [0007] 加载组件10包括上加载板101、下加载板102、轮辐传感器垫板103、轮辐传感器嵌套板104、下加载杆105、上加载杆106、下部螺母107、中部螺母108、上部螺母109、下部碟簧110、中部碟簧111和上部碟簧112；上加载杆106穿过上加载板101，其端部通过上部螺母109和上部碟簧112配合固定在上加载板101上；下加载杆105依次穿过轮辐传感器嵌套板104、下加载板102，其端部通过下部螺母107和下部碟簧110配合固定在下加载板102上，其中下部通过中部螺母108和中部碟簧111配合固定在轮辐传感器嵌套板104上；轮辐传感器嵌套板104开有中心孔，轮辐传感器垫板103一端伸入至轮辐传感器嵌套板104的中心孔内，轮辐传感器嵌套板104中心孔内壁与轮辐传感器垫板103外壁之间留有一定缝隙，且轮辐传感器嵌套板104的端部与轮辐传感器垫板103表面在同一平面上；轮辐传感器垫板103另一端位于下加载板102上；
- [0008] 至少四个上加载杆106、四个下加载杆105、四个上部螺母109、四个下部螺母107、四个上部碟簧112、四个下部碟簧110与上加载板101、轮辐传感器垫板103、下加载板102一起形成钢管混凝土加劲混合结构40内部钢管混凝土的加载结构；至少四个上加载杆106、四个下加载杆105、四个上部螺母109、四个中部螺母108、四个上部碟簧112、四个中部碟簧111与上加载板101、轮辐传感器嵌套板104一起形成钢管混凝土加劲混合结构40外围钢筋混凝土的加载结构；其中，上加载杆106、下加载杆105、上部螺母109、上部碟簧112、上加载板101为与钢管

混凝土加劲混合结构40内部钢管混凝土的加载结构的共用部分；

- [0009] 荷载量测组件20包括拉力传感器 21和轮辐式压力传感器22，拉力传感器 21两头分别与下加载杆105、上加载杆106相连，用于量测钢管混凝土加劲混合结构40的荷载；轮辐式压力传感器22安装在轮辐传感器垫板103上，用于量测钢管混凝土的荷载；
- [0010] 变形量测组件30包括位移计31、位移计下支座32、位移计上支座33、拉丝34和多个应变片；至少两个位移计31和五个应变片一起联合组成钢管混凝土加劲混合结构40的变形量测体系；位移计31通过位移计上支座33和位移计下支座32连接于上加载板101、下加载板104之间，应变片粘接于钢管混凝土加劲混合结构40的内部和表面；
- [0011] 钢管混凝土加劲混合结构40包括钢管41、钢管内混凝土42、钢管外混凝土43、纵筋44和箍筋45，为试验装置的加载和量测对象，在加载组件10的结构框架中几何对中安装；其中钢管41和钢管内混凝土42组成钢管混凝土，钢管外混凝土43、纵筋44和箍筋45组成外围钢筋混凝土。
- [0012] 进一步，所述轮辐传感器垫板103的截面与钢管混凝土的截面形状相同，面积相等。
- [0013] 进一步，所述轮辐传感器垫板103设有螺纹柱并与荷载量测组件20中轮辐式压力传感器22的螺纹孔连接。
- [0014] 进一步，所述轮辐传感器垫板103的高度通过下部螺母107和下加载板102进行调节，实现加载全过程中轮辐传感器嵌套板104与轮辐传感器垫板103保持同一平面上。
- [0015] 进一步，在钢管混凝土加劲混合结构40浇筑时，钢管41的截面、钢管外混凝土43的形状均不限。
- [0016] 进一步，所述的应变片包括混凝土应变片35、钢管横向应变片36、钢管纵向应变片37、纵筋应变片38和箍筋应变片39。
- [0017] 一种钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置的安装方法，具体步骤如下：
- [0018] 步骤一：如图5-①，在上加载板101的几何中心位置焊接钢管41；

- [0019] 步骤二：如图5-②，焊接好后，从钢管41的另一端浇筑钢管内混凝土42；
- [0020] 步骤三：如图5-③，将四套上部碟簧112、上部螺母109、上加载杆106依次安装至上加载板101四个角对应的开孔处；
- [0021] 步骤四：如图5-④，在上加载杆106的另一端连接拉力传感器 21的一端，并在拉力传感器 21的另一端连接下加载杆105；
- [0022] 步骤五：如图5-⑤，在钢管41和钢管内混凝土42的另一端粘接轮辐传感器垫板103，将轮辐传感器嵌套板104套入下加载杆105上；
- [0023] 步骤六：如图5-⑥，在轮辐传感器嵌套板104的外部依次将中部碟簧111、中部螺母108安装在下加载杆105上，并将轮辐式压力传感器22与轮辐传感器垫板103连接牢固；
- [0024] 步骤七：如图5-⑦，将下加载板102安装到下加载杆105的端部，并在下加载板102的外部依次安装下部碟簧110、下部螺母107；将整个装置翻转，使下加载板102在最下面，上加载板101在最上面；在钢管41的中部粘贴上钢管横向应变片36、钢管纵向应变片37，在轮辐传感器垫板103与轮辐传感器嵌套板104之间的缝隙填充发泡胶50；
- [0025] 步骤八：如图5-⑦，通过调整四个中部螺母108、下部螺母107，保证轮辐传感器嵌套板104和下加载板102水平，从而保证轮辐式压力传感器22的底面和轮辐传感器垫板103水平，使钢管混凝土与外围钢筋混凝土处于同一平面；所受轴向荷载恒定通过依次对角拧紧四个上部螺母109的方式进行加载，保证四个拉力传感器 21的荷载相同，加载至轮辐式压力传感器22的荷载值达到设计荷载时停止加载；长期持荷过程中通过轮辐式压力传感器22持续量测钢管混凝土的内力，因混凝土徐变而导致内力降低时，及时拧紧四个上部螺母109以补充荷载；
- [0026] 步骤九：如图5-⑧，将纵筋44的两端沿钢管41的方向分别固定到上加载板101和轮辐传感器嵌套板104上，并将箍筋45绑扎在纵筋44的周围；
- [0027] 步骤十：如图5-⑨，在纵筋44和箍筋45的相应位置粘贴纵筋应变片38和箍筋应变片39，量测钢筋应变；之后在外围浇筑钢管外混凝土43，便浇筑成钢管混凝土加劲混合结构40，通过位移计下支座32、位移计上支座33、拉丝34将位移计31安装到上加载板101和轮辐传感器嵌套板104之间，量测钢管混凝土加劲混合结

构40轴向压缩变形；形成钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置；

[0028] 步骤十一：如图5-⑨，通过调整四个中部螺母108，使轮辐传感器嵌套板104的上表面与钢管内混凝土42的下端面相平，通过依次对角拧紧四个上部螺母109的方式进行加载，保证四个拉力传感器 21所受的荷载相同，加载至四个拉力传感器 21的荷载值之和达到设计荷载时停止加载，长期持荷过程中因混凝土徐变而导致内力降低时，及时拧紧四个上部螺母109以补充荷载。

有益效果

[0029] 本发明的有益效果如下：提供了一种钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置的制作与安装方法，通过合理的布置加载组件和量测组件，能够很好地单独给钢管混凝土部分、整个钢管混凝土加劲混合结构部分施加荷载，并能独立地量测出钢管混凝土、整个钢管混凝土加劲混合结构的荷载及变形，能够有效地对钢管混凝土加劲混合结构40的荷载、变形进行分析。

附图说明

[0030] 图1是本发明提供的钢管混凝土加劲混合结构构件的加载组件拼装示意图；

[0031] 图2是本发明提供的钢管混凝土加劲混合结构构件的荷载量测组件拼装示意图；

[0032] 图3-(a)是本发明提供的钢管混凝土加劲混合结构构件的变形量测组件拼装示意图；

[0033] 图3-(b)是本发明提供的钢管混凝土加劲混合结构构件的变形量测组件处于钢管外混凝土内部部分的示意图；

[0034] 图4是本发明提供的钢管混凝土加劲混合结构构件的示意图；

[0035] 图5-①是实施例中本发明提供的试验装置的安装流程中焊接钢管示意图；

[0036] 图5-②是实施例中本发明提供的试验装置的安装流程中浇筑钢管内混凝土示意图；

[0037] 图5-③是实施例中本发明提供的试验装置的安装流程中安装上加载板示意图；

[0038] 图5-④是实施例中本发明提供的试验装置的安装流程中安装拉力传感器示意图；

- [0039] 图5-⑤是实施例本发明提供的试验装置的安装流程中安装轮辐传感器垫板和轮辐传感器嵌套板示意图；
- [0040] 图5-⑥是实施例本发明提供的试验装置的安装流程中安装轮辐式压力传感器示意图；
- [0041] 图5-⑦是实施例本发明提供的试验装置的安装流程中安装下加载板及对钢管混凝土部分加载示意图；
- [0042] 图5-⑧是实施例本发明提供的试验装置的安装流程中安装钢筋骨架示意图；
- [0043] 图5-⑨是实施例本发明提供的试验装置的安装流程中浇筑钢管外混凝土及对钢管混凝土加劲混合结构整体加载示意图；
- [0044] 图6-(a)是实施例本发明提供的试验装置得到的应变发展数据图。
- [0045] 图6-(b)是实施例本发明提供的试验装置得到的结构内力发展数据图。
- [0046] 图中：10加载组件；101上加载板；102下加载板；103轮辐传感器垫板；104轮辐传感器嵌套板；105下加载杆；106上加载杆；107下部螺母；108中部螺母；109上部螺母；110下部碟簧；111中部碟簧；112上部碟簧；20荷载量测组件；21拉力传感器；22轮辐式压力传感器；30变形量测组件；31位移计；32位移计下支座；33位移计上支座；34拉丝；35混凝土纵向应变片；36钢管横向应变片；37钢管纵向应变片；38纵筋应变片；39箍筋应变片；40钢管混凝土加劲混合结构；41钢管；42钢管内混凝土；43钢管外混凝土；44纵筋；45箍筋；50发泡胶。

本发明的实施方式

- [0047] 以下结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行进一步的说明。以某钢管混凝土劲性骨架外包钢筋混凝土大跨拱桥为例，为了研究施工荷载对该结构力学性能的影响规律，需要借助本发明的装置对钢管混凝土加劲混合结构构件进行阶段性长期荷载试验，下面以该实例为例进行说明。

实施例

- [0048] (1) 实例描述
- [0049] 如图1，加载组件10被拆卸为若干子加载板件、子加载杆件，子加载螺母、子预紧碟簧，可以实现分别加工和运输，提升了工作效率。加载组件10根据钢管

混凝土加劲混合结构40的几何及承载大小等方面进行设计拼接，本实施例中，如图4所示，钢管混凝土加劲混合结构40的钢管为圆钢管，其直径D为89mm，厚度t为4.5mm，外围混凝土为正方形，其边长B为222mm，构件长度方向为等截面，长度L为666mm，构件配有12根直径为8mm的纵筋44，沿纵筋44方向均匀布置14根直径为6mm的箍筋45，构件的混凝土保护层厚度为10mm，结合钢管内混凝土42和钢管外混凝土43的强度计算出构件的承载力 N_u 为2241kN。本实例中两个阶段对钢管混凝土加劲混合结构构件施加的长期荷载比分别为 $N_{L1}=0.15$ 、 $N_{L2}=0.2$ 。

[0050] (2) 试验装置设计与制作

[0051] 根据此构件对钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置进行设计：如图1所示，上加载板101、下加载板102、轮辐传感器嵌套板104外形均为边长465mm的正方形，在正方形的四个角靠近边缘60mm的位置各开一个直径为38mm的圆孔；轮辐传感器垫板103与钢管混凝土部分相对应，直径为89mm，轮辐传感器嵌套板104几何中心开孔直径为91mm，轮辐传感器嵌套板104中心孔内壁与轮辐传感器垫板103外壁之间的距离为0~2mm；下加载杆105和上加载杆106为直径为36mm的螺杆，加载杆件与加载板件四个角开孔内边缘的距离为0~2mm，使用与加载螺杆相配套的螺母和碟簧；上加载板101、下加载板102、轮辐传感器垫板103、轮辐传感器嵌套板104的厚度均为30mm；轮辐传感器嵌套板104与轮辐传感器垫板103之间的缝隙在浇筑钢管外混凝土43之前通过发泡胶50进行填充；如图3所示钢管外混凝土43的钢骨架由12根直径8mm的纵筋44和14箍直径6mm的箍筋45构成，纵筋44通过焊接与加载板件连接，箍筋45通过扎丝绑在纵筋44的外围。根据本专利中提出的钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置制作步骤，制作出试验装置。

[0052] (3) 在发明的试验装置中制作钢管混凝土加劲混合结构

[0053] 如图5所示，将钢管41与上加载板101焊接，将钢管41的另一端开口向上浇筑钢管内混凝土42，形成钢管混凝土模块；养护结束后通过加载组件10对钢管混凝土部分试件荷载，一段时间后，通过螺母、螺杆将下加载板102、轮辐传感器垫板103、轮辐传感器嵌套板104安装到相应位置，并将发泡胶50填充于轮辐传感

器垫板103和轮辐传感器嵌套板104之间形成钢管外混凝土43的上下模板模块；将纵筋44连接于上加载板101和轮辐传感器嵌套板104之间，并在纵筋44周围捆绑箍筋45形成钢管外混凝土43的钢筋骨架；将定制的钢管外混凝土43的侧面模板焊接在上加载板101和轮辐传感器嵌套板104之间形成钢管外混凝土的模板；将整个加载装置水平放置，将钢管外混凝土43的钢模板开口朝上，浇筑钢管外混凝土43，形成钢管混凝土加劲混合结构40。

[0054] 以上介绍的在本发明的装置里制作钢管混凝土加劲混合结构40的方法，用以解决科研研究中无法实现的现场浇筑钢管混凝土加劲混合结构40的先浇筑钢管内混凝土42部分，在钢管内混凝土42承受荷载的状态下再浇筑钢管外混凝土43的分阶段长期浇筑过程，使科研研究更加符合实际工程，使科研结果更具有真实性、准确性。

[0055] （4）基于发明的试验装置对钢管混凝土加劲混合结构分阶段加载

[0056] 对钢管混凝土加劲混合结构40分阶段加载：将浇筑完钢管内混凝土42的钢管混凝土结构安装入本发明提供的钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置；将钢管横向应变片36、钢管纵向应变片37粘贴至钢管41中部位置的表面；将四个中部螺母108调整到同一水平面上，保证轮辐传感器嵌套板104水平；将位移计31通过位移计下支座32、位移计上支座33、拉丝34安装至上加载板101和轮辐传感器嵌套板104之间；将四个下部螺母107调整到同一水平面上，保证下加载板102水平，从而保证轮辐式压力传感器22的底面水平、轮辐传感器垫板103水平，进而保证钢管混凝土结构受轴向荷载；将拉力传感器21、轮辐式压力传感器22的荷载在未施加荷载的状态下进行清零；如图5-⑦将四个上部螺母109通过对角依次拧紧的方式进行加载，保证四个拉力传感器21所受的荷载相同，加载至轮辐式压力传感器22的荷载值达到设计荷载时停止加载，便完成了单独对钢管混凝土部分施加荷载的过程。

[0057] 将四个中部螺母108调平，并调整轮辐传感器嵌套板104的高度，使轮辐传感器嵌套板104的上表面与钢管内混凝土42的下端面相平；将纵筋44焊接在上加载板101和轮辐传感器嵌套板104之间，在纵筋44周围绑扎箍筋45形成钢管外混凝土43的钢筋笼，并在钢筋骨架外面设计位置处固定钢管外混凝土43的模板，浇筑钢

管外混凝土43并养护；如图5-⑨将四个上部螺母109通过对角依次拧紧的方式进行加载，保证四个拉力传感器21所受的荷载相同，加载至四个拉力传感器21的荷载值之和达到设计荷载时停止加载，便完成了对钢管混凝土加劲混合结构40整体施加荷载的过程。

[0058] 在两阶段长期荷载作用下，本实例中试验装置对构件的徐变和荷载的实测结果如下图， t_1 表示第一阶段单独对钢管混凝土部分施加长期荷载阶段， t_2 表示第二阶段浇筑钢管外混凝土后，对整个钢管混凝土加劲混合结构40施加长期荷载阶段。试验结果表明，本发明装置能够采集结构在整个受力过程中的徐变变形，并能实现同步且独立地采集钢管混凝土部分和外围钢筋混凝土部分的内力。

[0059] 以上介绍的对钢管混凝土加劲混合结构40的分阶段加载方法，用以解决内置钢管混凝土部分和外包钢筋混凝土部分内力无法准确区分的科学难题，为进一步研究该类结构在长期荷载下的内力重分布规律和变形发展规律提供了可靠的试验结果。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置，其特征在于，该试验装置包括加载组件（10）、荷载量测组件（20）、变形量测组件（30）和钢管混凝土加劲混合结构（40）；
- 加载组件（10）包括上加载板（101）、下加载板（102）、轮辐传感器垫板（103）、轮辐传感器嵌套板（104）、下加载杆（105）、上加载杆（106）、下部螺母（107）、中部螺母（108）、上部螺母（109）、下部碟簧（110）、中部碟簧（111）和上部碟簧（112）；上加载杆（106）穿过上加载板（101），其端部通过上部螺母（109）和上部碟簧（112）配合固定在上加载板（101）上；下加载杆（105）依次穿过轮辐传感器嵌套板（104）、下加载板（102），其端部通过下部螺母（107）和下部碟簧（110）配合固定在下加载板（102）上，其中下部通过中部螺母（108）和中部碟簧（111）配合固定在轮辐传感器嵌套板（104）上；轮辐传感器嵌套板（104）开有中心孔，轮辐传感器垫板（103）一端伸入至轮辐传感器嵌套板（104）的中心孔内，轮辐传感器嵌套板（104）中心孔内壁与轮辐传感器垫板（103）外壁之间留有一定缝隙，且轮辐传感器嵌套板（104）的端部与轮辐传感器垫板（103）表面在同一平面上；轮辐传感器垫板（103）另一端位于下加载板（102）上；
- 至少四个上加载杆（106）、四个下加载杆（105）、四个上部螺母（109）、四个下部螺母（107）、四个上部碟簧（112）、四个下部碟簧（110）与上加载板（101）、轮辐传感器垫板（103）、下加载板（102）一起形成钢管混凝土加劲混合结构（40）内部钢管混凝土的加载结构；至少四个上加载杆（106）、四个下加载杆（105）、四个上部螺母（109）、四个中部螺母（108）、四个上部碟簧（112）、四个中部碟簧（111）与上加载板（101）、轮辐传感器嵌套板（104）一起形成钢管混凝土加劲混合结构（40）外围钢筋混凝土的加载结构；其中，上加载杆（106）、下加载杆（105）、上部螺母（109）

、上部碟簧（112）、上加载板（101）为与钢管混凝土加劲混合结构（40）内部钢管混凝土的加载结构的共用部分；

荷载量测组件（20）包括拉力传感器（

21）和轮辐式压力传感器（22），拉力传感器（21）两头分别与下加载杆（105）、上加载杆（106）相连，用于量测钢管混凝土加劲混合结构（40）的荷载；轮辐式压力传感器（22）安装在轮辐传感器垫板（103）上，用于量测钢管混凝土的荷载；

变形量测组件（30）包括位移计（31）、位移计下支座（32）、位移计上支座（33）、拉丝（34）和多个应变片；至少两个位移计（31）和五个应变片一起联合组成钢管混凝土加劲混合结构（40）的变形量测体系；位移计（31）通过位移计上支座（33）和位移计下支座（32）连接于上加载板（101）、下加载板104之间，应变片粘接于钢管混凝土加劲混合结构（40）的内部和表面；

钢管混凝土加劲混合结构（40）包括钢管（41）、钢管内混凝土（42）、钢管外混凝土（43）、纵筋（44）和箍筋（45），为试验装置的加载和量测对象，在加载组件（10）的结构框架中几何对中安装；其中钢管（41）和钢管内混凝土（42）组成钢管混凝土，钢管外混凝土（43）、纵筋（44）和箍筋（45）组成外围钢筋混凝土。

[权利要求 2] 根据权利要求1所述的钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置，其特征在于，所述轮辐传感器垫板（103）的截面与钢管混凝土的截面形状相同，面积相等。

[权利要求 3] 根据权利要求1所述的钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置，其特征在于，所述轮辐传感器垫板（103）设有螺纹柱并与荷载量测组件（20）中轮辐式压力传感器（22）的螺纹孔连接。

[权利要求 4] 根据权利要求1所述的钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置，其特征在于，所述轮辐传感器垫板（103）的高度通过下部螺母（107）和下加载板（102）进行调节，实现加载全过程中轮辐传感器嵌套板（104）与轮辐传感器垫板（103）保持在同一平面上

。

- [权利要求 5] 根据权利要求1所述的钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置，其特征在于，在钢管混凝土加劲混合结构（40）浇筑时，钢管（41）的截面、钢管外混凝土（43）的形状均不限。
- [权利要求 6] 根据权利要求1所述的钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置，其特征在于，所述的应变片包括混凝土应变片（35）、钢管横向应变片（36）、钢管纵向应变片（37）、纵筋应变片（38）和箍筋应变片（39）。
- [权利要求 7] 一种钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置的安装方法，其特征在于，具体步骤如下：
- 步骤一：在上加载板（101）的几何中心位置焊接钢管（41）；
- 步骤二：焊接好后，从钢管（41）的另一端浇筑钢管内混凝土（42）；
- 步骤三：将四套上部碟簧（112）、上部螺母（109）、上加载杆（106）依次安装至上加载板（101）四个角对应的开孔处；
- 步骤四：在上加载杆（106）的另一端连接拉力传感器（21）的一端，并在拉力传感器（21）的另一端连接下加载杆（105）；
- 步骤五：在钢管（41）和钢管内混凝土（42）的另一端粘接轮辐传感器垫板（103），将轮辐传感器嵌套板（104）套入下加载杆（105）上；
- 步骤六：在轮辐传感器嵌套板（104）的外部依次将中部碟簧（111）、中部螺母（108）安装在下加载杆（105）上，并将轮辐式压力传感器（22）与轮辐传感器垫板（103）连接牢固；
- 步骤七：将下加载板（102）安装到下加载杆（105）的端部，并在下加载板（102）的外部依次安装下部碟簧（110）、下部螺母（107）；将整个装置翻转，使下加载板（102）在最下面，上加载板（101）在最上面；在钢管（41）的中部粘贴上钢管横向应变片（36）、钢管纵向应变片（37），在轮辐传感器垫板（103）与轮辐传感器嵌套板

(104)之间的缝隙填充发泡胶(50)；

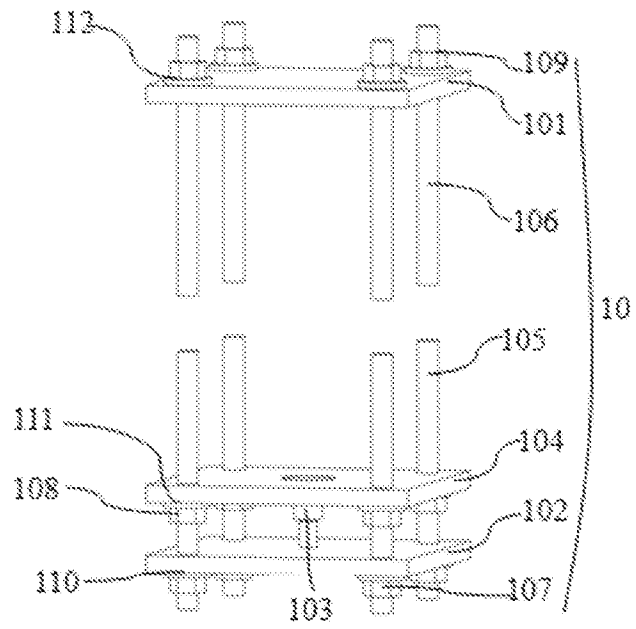
步骤八：通过调整四个中部螺母(108)、下部螺母(107)，保证轮辐传感器嵌套板(104)和下加载板(102)水平，从而保证轮辐式压力传感器(22)的底面和轮辐传感器垫板(103)水平，使钢管混凝土与外围钢筋混凝土处于同一平面；所受轴向荷载恒定通过依次对角拧紧四个上部螺母(109)的方式进行加载，保证四个拉力传感器(21)的荷载相同，加载至轮辐式压力传感器(22)的荷载值达到设计荷载时停止加载；长期持荷过程中通过轮辐式压力传感器(22)持续量测钢管混凝土的内力，因混凝土徐变而导致内力降低时，及时拧紧四个上部螺母(109)以补充荷载；

步骤九：将纵筋(44)的两端沿钢管(41)的方向分别固定到上加载板(101)和轮辐传感器嵌套板(104)上，并将箍筋(45)绑扎在纵筋(44)的周围；

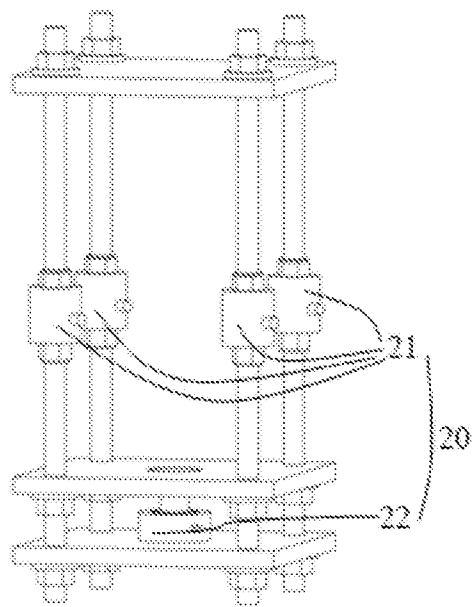
步骤十：在纵筋(44)和箍筋(45)的相应位置粘贴纵筋应变片(38)和箍筋应变片(39)，量测钢筋应变；之后在外围浇筑钢管外混凝土(43)，便浇筑成钢管混凝土加劲混合结构(40)，通过位移计下支座(32)、位移计上支座(33)、拉丝(34)将位移计(31)安装到上加载板(101)和轮辐传感器嵌套板(104)之间，量测钢管混凝土加劲混合结构(40)轴向压缩变形；形成钢管混凝土加劲混合结构长期加载和量测同步的试验装置；

步骤十一：通过调整四个中部螺母(108)，使轮辐传感器嵌套板(104)的上表面与钢管内混凝土(42)的下端面相平，通过依次对角拧紧四个上部螺母(109)的方式进行加载，保证四个拉力传感器(21)所受的荷载相同，加载至四个拉力传感器(21)的荷载值之和达到设计荷载时停止加载，长期持荷过程中因混凝土徐变而导致内力降低时，及时拧紧四个上部螺母(109)以补充荷载。

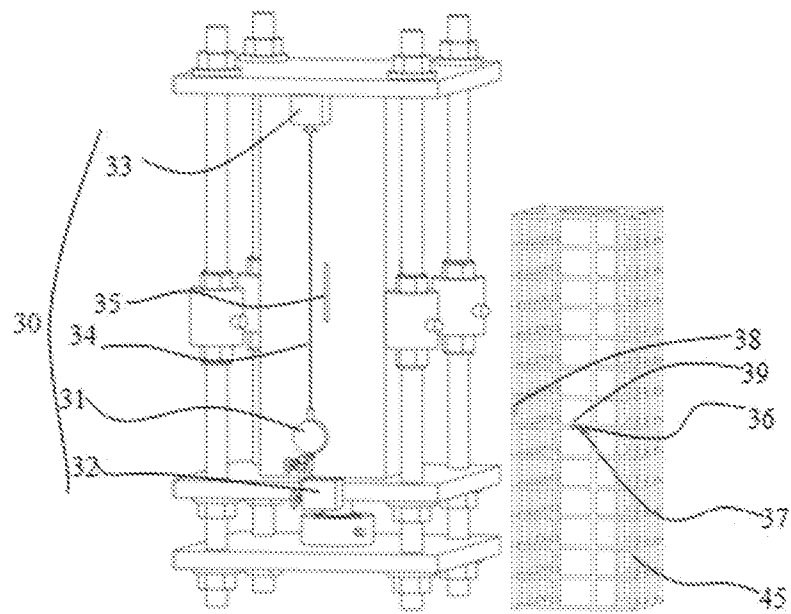
[图1]



[图2]



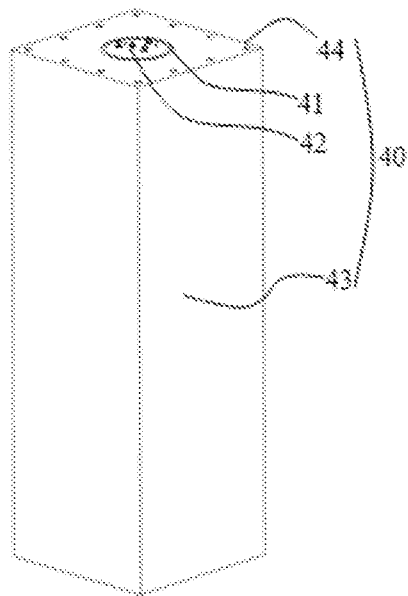
[图3]



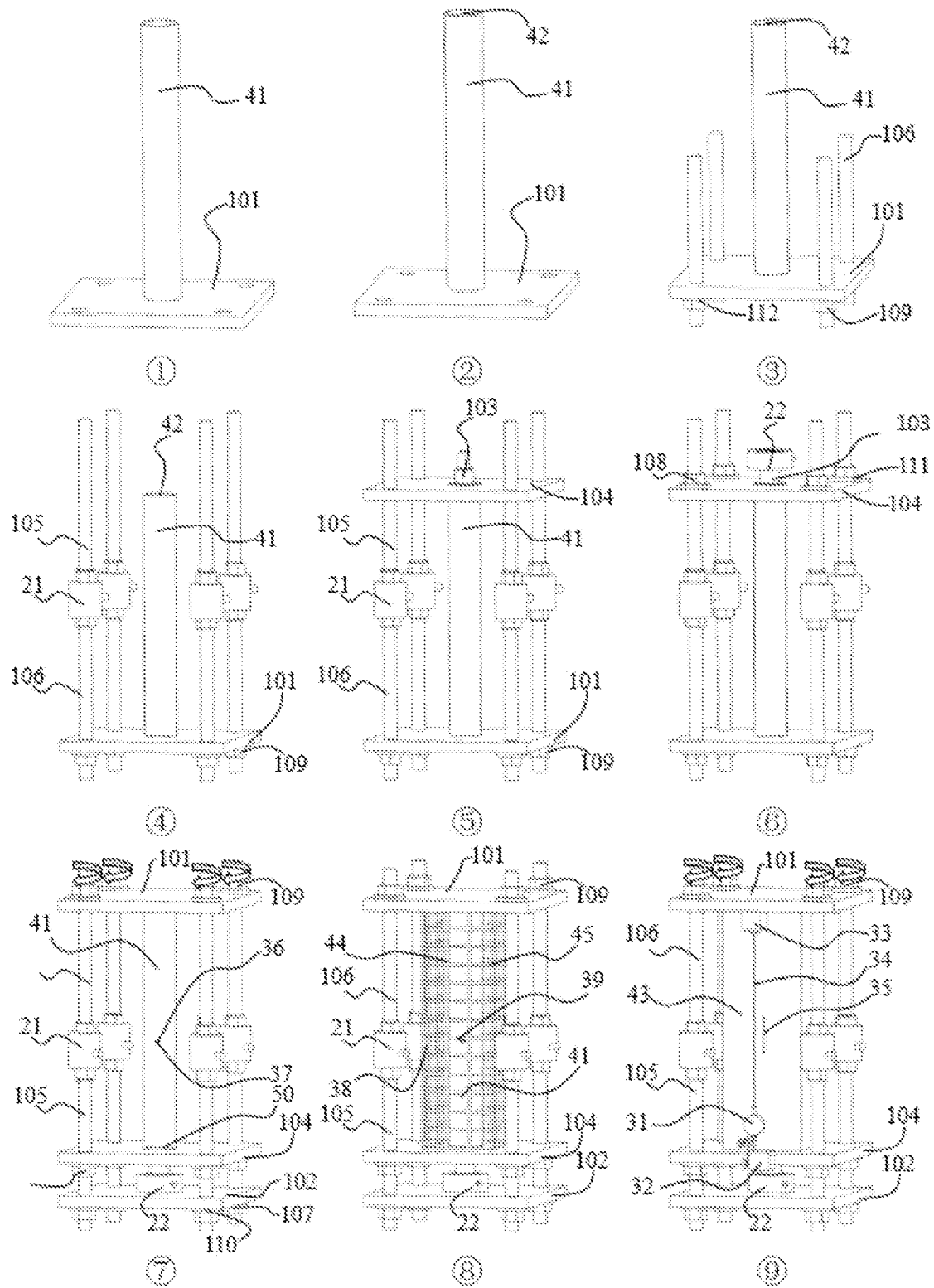
(a)

(b)

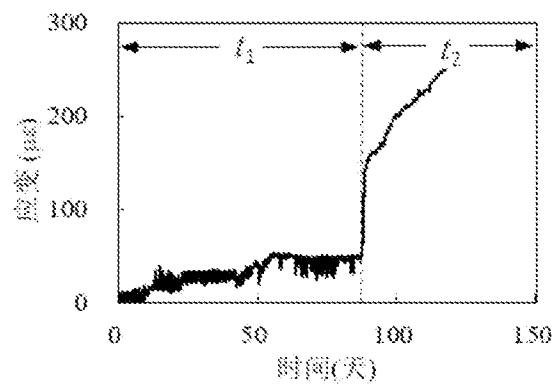
[图4]



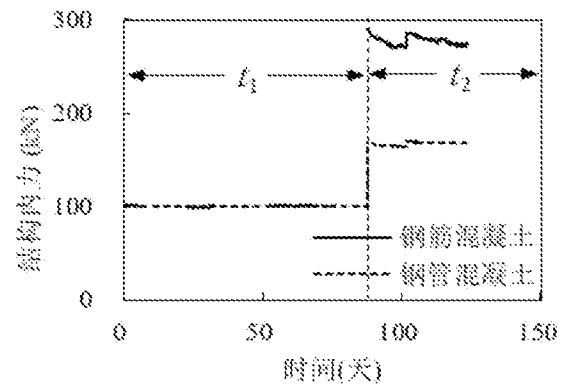
[图5]



[图6]



(a)



(b)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/105505

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N3/08(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)

IPC: G01N

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)

CNABS; CNTXT; WPABS; ENTXT; USTXT; EPTXT; WOTXT; CNKI; Web of Science; Bing: 广西大学, 大连理工大学, 北京航空航天大学, 安永辉, 李松林, 马丹阳, 钟锦祥, 混凝土, 加强, 加固, 加劲, 钢筋, 载荷, 变形量, 形变量, 分阶段, 分时, 核心, 内置, 外围, 外包, concrete, reinfoc+, steel bar, load, deflection, grading, core, kernel, built-in, periphery, outside

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108426772 A (FUZHOU UNIVERSITY) 21 August 2018 (2018-08-21) description, paragraphs [0006]-[0009]	1-7
A	CN 102998174 A (CCCC FOURTH HARBOR ENGINEERING INSTITUTE CO., LTD. et al.) 27 March 2013 (2013-03-27) entire document	1-7
A	CN 114486500 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 13 May 2022 (2022-05-13) entire document	1-7
A	CN 115014973 A (INSPECTION AND CERTIFICATION CO., LTD. MCC et al.) 06 September 2022 (2022-09-06) entire document	1-7
A	RU 2004116047 A (VOLOGODA STATE TECHNICAL UNIVERSITY) 10 November 2005 (2005-11-10) entire document	1-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “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)
 “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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 July 2023

Date of mailing of the international search report

06 August 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/105505

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108426772	A	21 August 2018	None			
CN	102998174	A	27 March 2013	None			
CN	114486500	A	13 May 2022	None			
CN	115014973	A	06 September 2022	None			
RU	2004116047	A	10 November 2005	RU	2275613	C2	27 April 2006

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2023/105505

A. 主题的分类

G01N3/08(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)

IPC: G01N

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))

CNABS;CNTXT;WPABS;ENTXT;USTXT;EPTXT;WOTXT;CNKI;Web of Science;Bing;广西大学,大连理工大学,北京航空航天大学,安永辉,李松林,马丹阳,钟锦祥,混凝土,加强,加固,加劲,钢筋,载荷,变形量,形变量,分阶段,分时,核心,内置,外围,外包,concrete,reinforc+,steel bar,load,deflection,grading,core, kernel, built-in, periphery, outside

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 108426772 A (福州大学) 2018年8月21日 (2018 - 08 - 21) 说明书第[0006]-[0009]段	1-7
A	CN 102998174 A (中交四航工程研究院有限公司 等) 2013年3月27日 (2013 - 03 - 27) 全文	1-7
A	CN 114486500 A (哈尔滨工业大学) 2022年5月13日 (2022 - 05 - 13) 全文	1-7
A	CN 115014973 A (中冶检测认证有限公司 等) 2022年9月6日 (2022 - 09 - 06) 全文	1-7
A	RU 2004116047 A (UNIV VOLOGODA TECH) 2005年11月10日 (2005 - 11 - 10) 全文	1-7

☐ 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

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“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

2023年7月24日

国际检索报告邮寄日期

2023年8月6日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

沈育德

电话号码 (+86) 0512-88996635

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/105505

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	108426772	A	2018年8月21日	无	
CN	102998174	A	2013年3月27日	无	
CN	114486500	A	2022年5月13日	无	
CN	115014973	A	2022年9月6日	无	
RU	2004116047	A	2005年11月10日	RU 2275613 C2	2006年4月27日