(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
2019 年 11 月 21 日 (21.11.2019)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2019/218680 A1

(51) 国际专利分类号:
E04B 1/342 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/123668

(22) 国际申请日: 2018 年 12 月 26 日 (26.12.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811547222.X 2018年12月18日 (18.12.2018) CN

(71) 申请人: 北京工业大学(**BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**) [CN/CN]; 中国北京市北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。

(72) 发明人: 薛 素 铎 (**XUE, Suduo**); 中 国 北 京 市 朝 阳 区 平 乐 园 100 号, Beijing 100124 (CN)。 田 学 帅 (**TIAN, Xueshuai**); 中 国 北 京 市 朝 阳 区 平 乐 园 100 号, Beijing 100124 (CN)。 刘 越 (**LIU, Yue**); 中 国 北 京 市 朝 阳 区 平 乐 园 100 号, Beijing 100124 (CN)。

(74) 代理人: 北 京 思 海 天 达 知 识 产 权 代 理 有 限 公 司 (**BEIJING SIHAI TIANDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.**); 中国北京市北京市朝阳区平乐园100号北京工业大学旧图东配楼302室, Beijing 100124 (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, 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,

(54) **Title:** SINGLE-LAYER INNER RING-FREE INTERSECTING CABLE SUPPORT STRUCTURE

(54) 发明名称: 一种单层无内环交叉索支结构

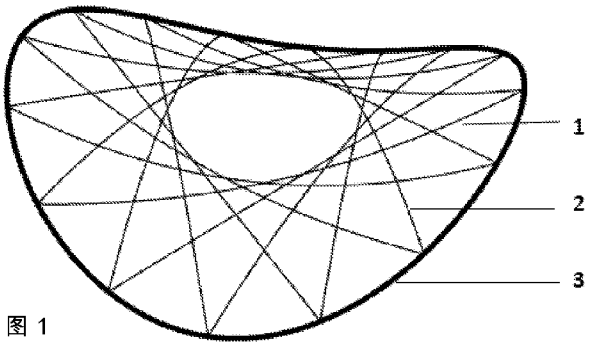


图 1

(57) **Abstract:** A single-layer inner ring-free intersecting cable support structure, belonging to the field of spatial single-layer cable support structures, and consisting of two components, a saddle-shaped outer ring (3) not arranged in a same plane, and a single-layer spatial cable net system consisting of a plurality of intersecting cables. The outer ring of the structure is a saddle-shaped curve, a portion of the cables within the saddle-shaped curved surface protrude downwards to form load-bearing cables (1) used for resisting downward loads such as weight and rain/snow, and the other portion of the cables protrude upwards to form stabilising cables (2) used for resisting upward loads such as wind suction forces. The structure has advantages such as a reasonable arrangement, significant continuous collapse resistance, a lightweight model and good structural aesthetics, is easy to manufacture and construct, and has good engineering practice feasibility.

(57) 摘要: 一种单层无内环交叉索支结构，属于空间单层索支结构领域。它包括由不在同一个平面内的马鞍型构成的外环（3）和由多根交叉布置的拉索组成的单层空间索网体系两部分组成。本结构外环为马鞍型曲线，马鞍型曲面内通过一部分索向下凸起形成承重索（1），用于抵抗向下的自重、雨雪等荷载；另一部分索向上凸起形成稳定索（2），用于抵抗向上的风吸力等荷载。具有结构布置合理、抗连续性倒塌显著、造型轻盈、结构美学效果好等优点，而且易于制作和施工，具有很强的工程实践可行性。

WO 2019/218680 A1

[见续页]

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))。
— 在修改权利要求的期限届满之前进行，在收到该修改后将重新公布(细则48.2(h))。
— 根据申请人的请求，在条约第21条(2)(a)所规定的期限届满之前进行。

一种单层无内环交叉索支结构

技术领域

本发明是一种单层无内环交叉索支结构，属于一种新型单层空间结构体系，主要应用于空间结构领域。对于满足超大跨度的中间开口的体育场的功能要求具有显著的优势。

背景技术

悬索结构是一种处于空间受力状态的结构，多用于大跨度屋盖结构中。悬索结构广泛用于桥梁结构，用于房屋建筑则适用于大跨度建筑物，如体育建筑(体育馆、游泳馆大运动场等)、工业车间、文化生活建筑(陈列馆杂技厅、市场等)及特殊构筑物等。

在体育场馆等公共建筑中，索结构是索结构的一种形式。索桁架结构的布置形式主要有平行布置、垂直交叉布置、轮辐式布置等。其中轮辐式索桁架的不足之处主要在于有中央内环索，一旦内环失效，结构体系完全失效，甚至导致结构整体垮塌。另外刚性撑杆的存在，需要考虑撑杆的失稳问题，不能充分发挥材料的强度，经济性不佳。

发明内容：

本发明的目的是为了弥补现有结构的抗连续性倒塌差和结构受压杆系稳定性的问题，提出了一种适用于体育场的单层无内环交叉索支结构形式。

它包括由不在同一个平面内的马鞍型构成的外环和由若干根交叉布置的拉索组成的单层空间索网体系两部分组成，形成具有良好空间受力性能的中间开口、周边布置屋面的索支结构形式。

马鞍型曲面的作用，一方面可以承担自重、雪荷载、屋面其他载荷等向下的竖向荷载;另一方面可以承担风荷载对屋面向上的吸力。

单层形成的过程是：先由马鞍型公式确定边曲线，形成马鞍型曲面，然后索的曲线用其实就是马鞍型曲面与相切于虚拟内环的竖直平面的交线段，且交线段的两个端点在马鞍型外环曲线上。交线段都是空间曲线，不是直线。所有节点均为两两相交，不存在两条以上空间曲线相交于一点的情况。

施工过程：本结构边桁架组装拼接完成，然后在地面把全部索组装完成，索与索的相交节点用所列的索与索的节点采用可自由转动的的节点，从而使索与索之间传力更加明确，只传递正向压力。当结构整体跨度不大时，采用单根索与单根索设计；当跨度较大，单根索需要的直径很大时，采用双根比单根更利于施工，对结构来说也更安全。地面组装完成之后，直接提升至设计高度，分阶段依次张拉索，最终索固定于边桁架的耳板上，即可完成施工。

本体系与轮辐式等有内环结构体系相比，很好的避免了内环存在，有内环结构体系当跨度加大时，内环的力很大，从而导致内环直径过大超出现有的制作水平。相较于有内环，本结构索力分布更加均匀，充分利用材料强度，具有十分可观的经济性。

从结构体系整体分析考虑，每根单向索均可独立于其他索单独承受荷载，因此即使某一根或几根索发生断索而退出工作，结构剩余部分仍可承担荷载，结构发生整体连续性倒塌的概率较小。本结构外环为马鞍型曲线，马鞍型曲面内通过一部分索向下凸起形成承重索，用于抵抗向下的自重、雨雪等荷载；另一部分索向上凸起形成稳定索，用于抵抗向上的风吸力等荷载。对于中间开口、周边布置屋面的体育场结构，当屋面采用轻质材料同时风荷载较大时，即使总的竖向荷载向上。在这种极特殊情况下，承重索变成稳定索，稳定索变为承重索，结构体系可以正常承担风荷载作用下的极大的向上吸力。

一种单层无内环交叉索支结构，索与索的节点采用可自由转动的的节点，从而使索与索之间传力更加明确，只传递正向压力。当结构整体跨度不大时，采用单根索与单根索设计。当跨度较大，单根索需要的直径很大时，采用双根比单根更利于施工，对结构来说也更安全。

由受压边桁架提供约束以平衡拉索中的水平力。

所述的结构体系内的构件全部采用受拉构件，充分利用索结构的抗拉性能，实现很好地经济性。

本发明的一种单层无内环交叉索支结构具有结构布置合理（索力分布均匀）、抗连续性倒塌显著、造型轻盈、结构美学效果好等优点，而且易于制作和施工，具有很强的工程实践可行性。

附图说明

图 1 是一种单层无内环交叉索支结构轴测图

图 2 是一种单层无内环交叉索支结构俯视图

图 3 是一种单层无内环交叉索支结构主视图

图 4 是一种单层无内环交叉索支结构左视图

图 5 是一种显示了虚内环的单层无内环交叉索支结构图

图 6 是一种单层无内环交叉索支结构形成的过程示意图

图 7 是一种单层无内环交叉索支结构的布置方案形式举例（俯视图）

图 8 是一种单层无内环交叉索支结构的单索与单索相交节点

图 9 是一种单层无内环交叉索支结构的双索与双索相交节点

图中：

1、单根拉索（承重索）

2、单根拉索（稳定索）

3、马鞍型边桁架

4. 螺栓

5. 螺栓孔

6. 上盖板

7. 中盖板

8. 旋转中轴

9. 螺栓

10. 旋转中轴

11. 上盖板

12. 螺栓孔

13. 中盖板

具体实施方式

一种单层无内环交叉索支结构，属于空间单层索支结构领域。它包括马鞍型边桁架部分以及由多根交叉布置的拉索组成的单层索网体系部分，形成具有良好空间受力性能的中间开口、周边布置屋面的无内环全张拉交叉索桁架结构体系；由交叉布置的拉索承担所有的屋

面荷载，由受压马鞍型边桁架提供约束以平衡拉索中的水平力。所述的交叉布置的索与索的连接形式均为铰接节点。

施工过程中：首先施工外环，外环分段制作，合拢焊接成功之后，安装每根单索，分批张拉成形，达到设计所预定的形态。

马鞍型外环曲线公式如下，其实就是马鞍型曲面和圆柱形曲面的交线，原点就是马鞍型外环曲线的中心点（同样也是马鞍型曲面的中心点）。式中，p 是一个大于 1 的实数，表示马鞍型外环曲线在 z 轴方向的弯曲程度，p 越小表示曲线越弯曲，p 越大曲线越平直；r 是圆柱形的半径，即马鞍型外环曲线在 xoy 平面内正投影曲线（为一个圆环）的半径。

$$\begin{cases} x^2 - y^2 = pz \\ x^2 + y^2 = r^2 \end{cases}$$

而索的曲线，其实就是马鞍型曲面与相切于虚拟内环的竖直平面的交线段，且交线段的两个端点在马鞍型外环曲线上。其公式如下：

$$\begin{cases} x^2 - y^2 = pz \\ x_0 x + y_0 y = r_0^2 \end{cases}$$

且其端点满足：

$$\begin{cases} x^2 - y^2 = pz \\ x_0 x + y_0 y = r_0^2 \\ x^2 + y^2 = r^2 \end{cases}$$

式中，p，r 的定义同马鞍型外环曲线公式，$x_0 x + y_0 y - r_0^2$ 是相切于虚拟内环的竖直平面的公式，r0 是虚拟内环在 xoy 平面内正投影曲线（为一个圆环）的半径，(x0, y0)是该正投影曲线（为一个圆环）上的点。

所述的索体采用高钒索（Galfan）镀层拉索。其节点特征在于：索与索的相交节点采用可调节角度的节点：一种是单根索与单根索相交的节点设计；另一种是双根索与双根索相交的节点设计。由若干根拉索交叉布置形成的单层空间索网，包括但不仅限于附图 7 所列索网布置的形式。

权 利 要 求 书

1.一种单层无内环交叉索支结构，其特征在于：外环采用不在同一个平面内的马鞍型构成的外环和由多根交叉布置的拉索组成的单层空间索网体系部分，形成体系无内环、中间开口、周边布置屋面的索支结构形式。

2.根据权利要求1所述的单层无内环交叉索支结构，其特征在于：

先由马鞍型公式确定边曲线，形成马鞍型曲面，然后索的曲线用其实就是马鞍型曲面与相切于虚拟内环的竖直平面的交线段，且交线段的两个端点在马鞍型外环曲线上，交线段都是空间曲线；所有节点均为两两相交，不存在两条以上空间曲线相交于一点的情况。

3.根据权利要求1所述的单层无内环交叉索支结构，其特征在于：索与索的相交节点采用可调节角度的节点。

4.根据权利要求1所述的单层无内环交叉索支结构，其特征在于：索与索的相交节点采用单根索与单根索相交的节点设计或者双根索与双根索相交的节点设计。

5.根据权利要求1所述的单层无内环交叉索支结构，其特征在于：本结构边桁架组装拼接完成，然后在地面把全部索组装完成，地面组装完成之后，直接提升至设计高度，张拉索，最终索固定于边桁架的耳板上，完成施工。

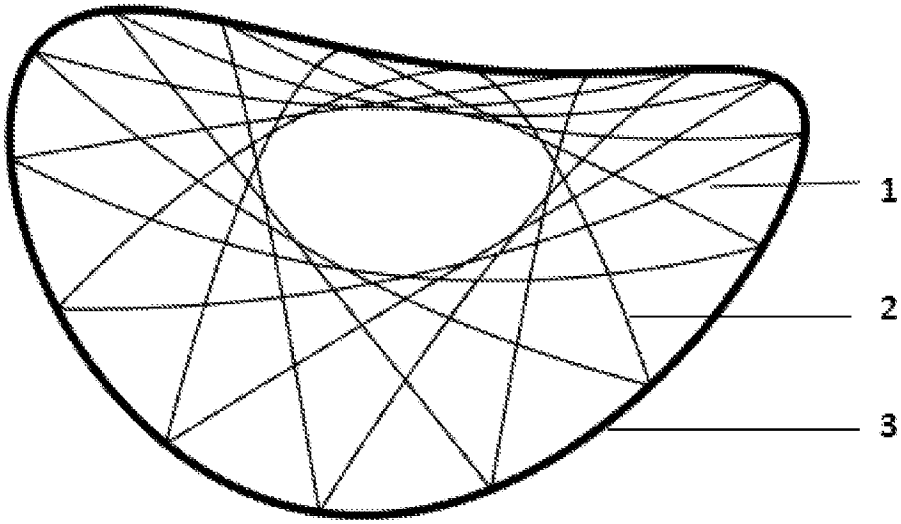


图 1

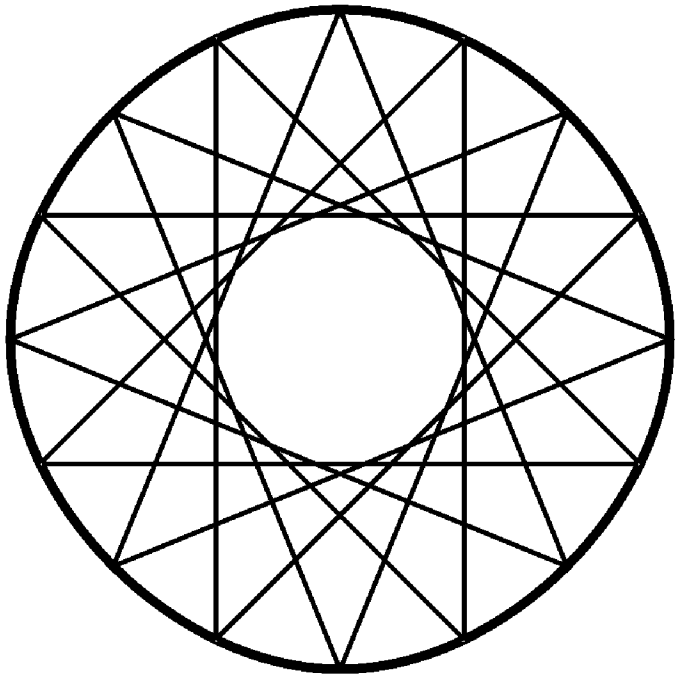


图 2

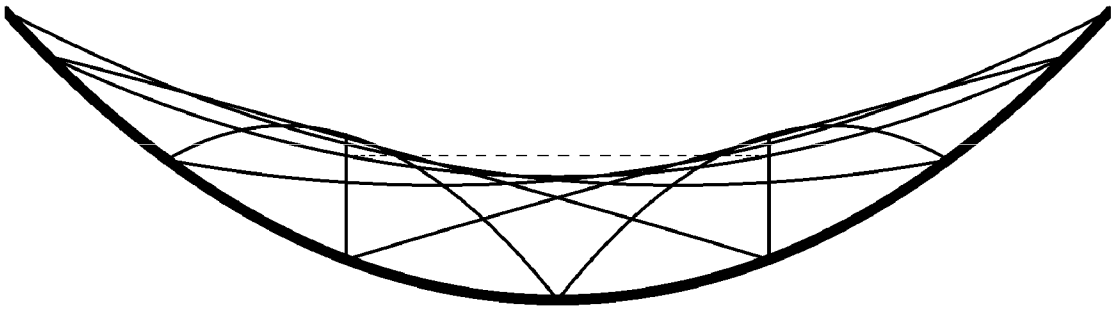


图 3

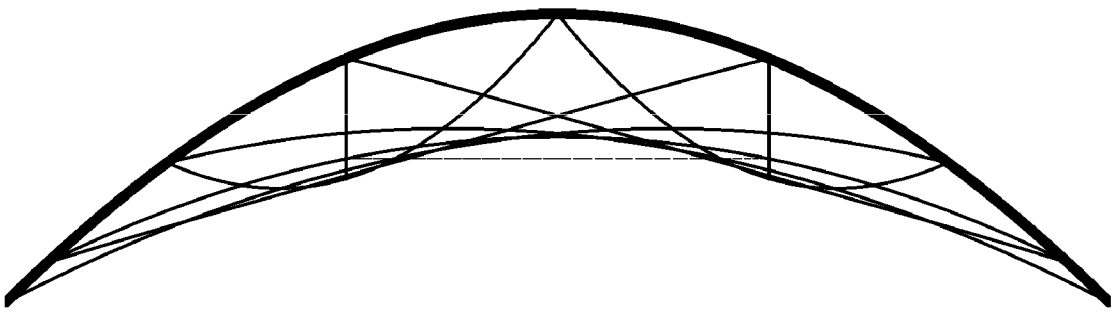


图 4

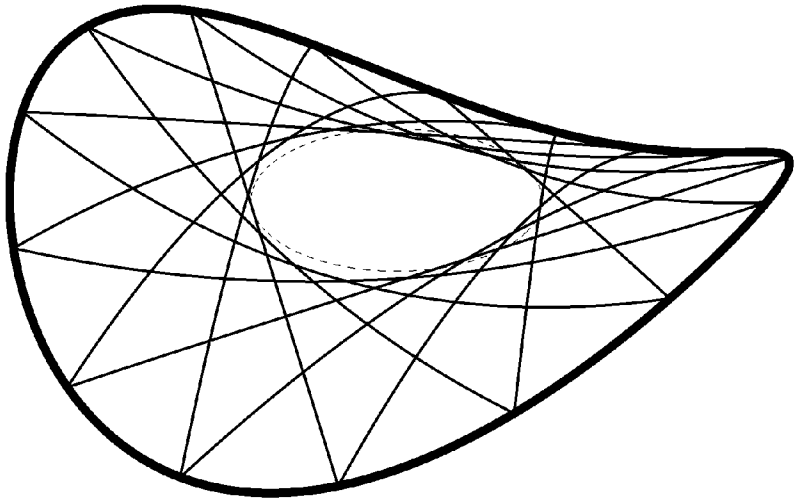


图 5

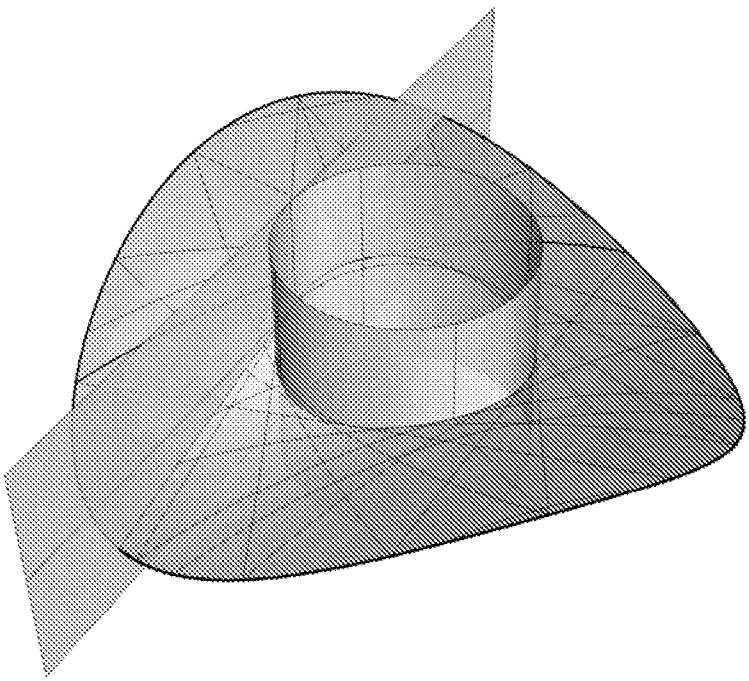


图 6

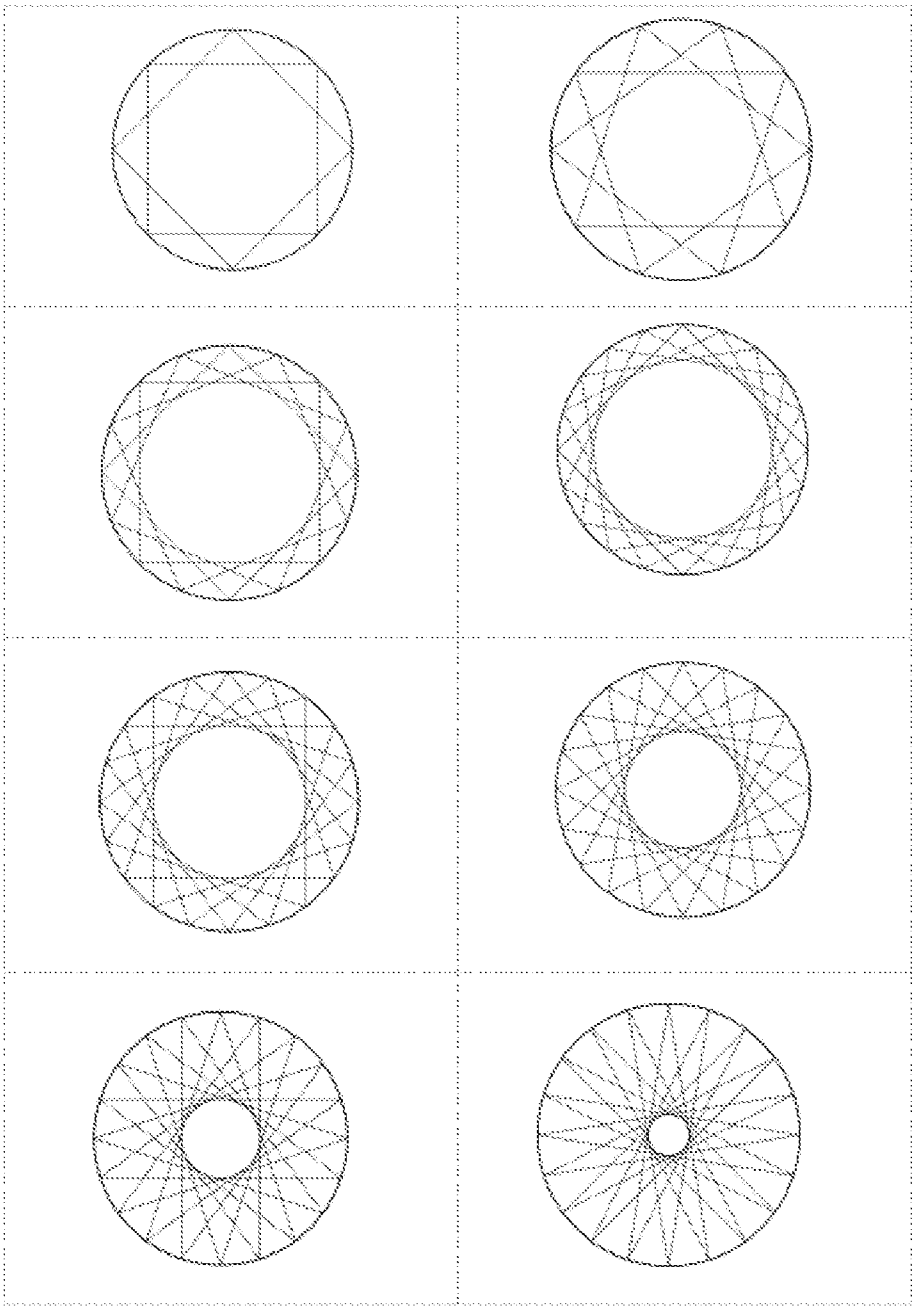


图 7

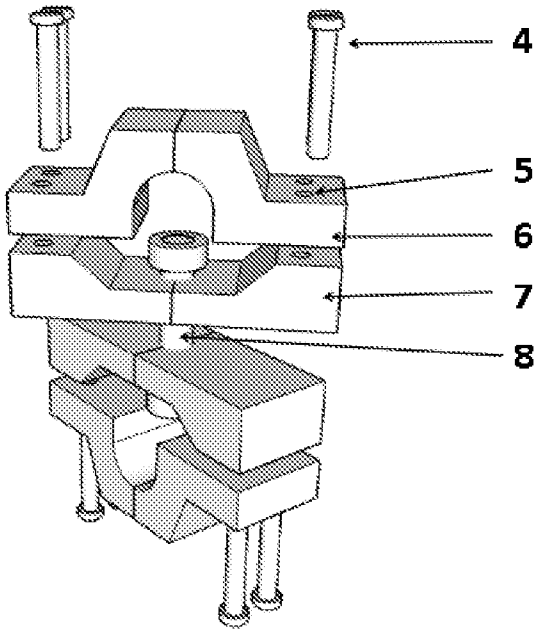


图 8

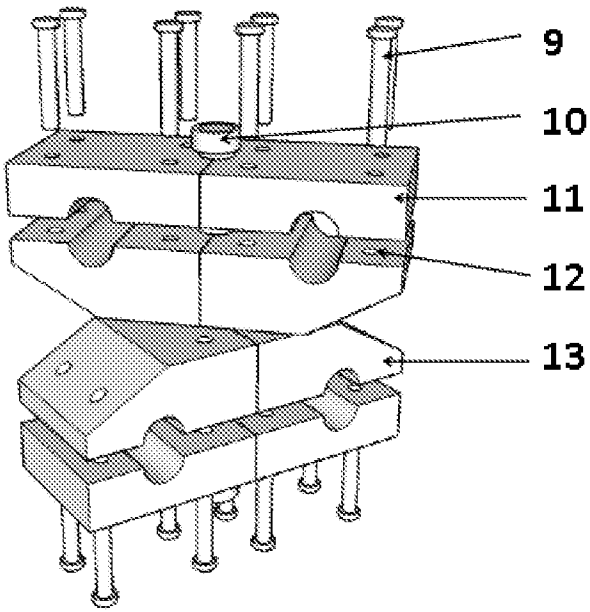


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/123668

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E04B 1/342(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)

E04B1

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)

DWPI, SIPOABS, CNABS, CNTXT, USTXT, EPTXT, CNKI: 索, 单层, 内环, 马鞍, 外环, 拉索, 交叉, 承重索, 稳定索, 索支, 开口, 节点, 张拉, 失稳, 悬索, 屋盖, 体育馆, 体育场, cable, inner, outer, saddle, cross, bear+, stab+, rope, open+, tension, suspension, stadiumc

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 203096930 U (BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 31 July 2013 (2013-07-31) description, paragraphs [0007]-[0027], and figures 1-9	1-5
Y	CN 106400962 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 15 February 2017 (2017-02-15) description, paragraphs [0020]-[0027], and figures 1-6	1-5
A	CN 106978850 A (ARCHITECTURAL DESIGN AND RESEARCH INSTITUTE CO., LTD. OF TSINGHUA UNIVERSITY) 25 July 2017 (2017-07-25) entire document	1-5
A	CN 103883125 A (BEIJING BUILDING CONSTRUCTION RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.) 25 June 2014 (2014-06-25) entire document	1-5
A	EP 0209213 A2 (BERGER, HORST LUDWIG) 21 January 1987 (1987-01-21) entire document	1-5
A	DE 102009051326 A1 (GRAEFF CONTAINER-UND HALLENBAU GMBH.) 19 May 2011 (2011-05-19) entire document	1-5

☐ 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

"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	Date of mailing of the international search report
29 August 2019	**10 September 2019**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2018/123668

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	203096930	U	31 July 2013	None			
CN	106400962	A	15 February 2017	None			
CN	106978850	A	25 July 2017	CN	106978850	B	14 June 2019
CN	103883125	A	25 June 2014	CN	103883125	B	18 November 2015
EP	0209213	A2	21 January 1987	US	4581860	A	15 April 1986
				JP	S61294071	A	24 December 1986
				AU	5612786	A	24 December 1986
				EP	0209213	A3	16 September 1987
DE	102009051326	A1	19 May 2011	EP	2441897	A3	01 January 2014
				EP	2441897	A2	18 April 2012

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2018/123668

A. 主题的分类

E04B 1/342(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)

E04B1

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）)

DWPI,SIPOABS,CNABS,CNTXT,USTXT,EPTXT,CNKI: 索，单层，内环，马鞍，外环，拉索，交叉，承重索，稳定索，索支，开口，节点，张拉，失稳，悬索，屋盖，体育馆，体育场，cable, inner, outer, saddle, cross, bear+, stab+, rope, open+, tension, suspension, stadiumc

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
Y	CN 203096930 U (北京工业大学) 2013年 7月 31日 (2013-07-31) 说明书第7-27段，图1-9	1-5
Y	CN 106400962 A (东南大学) 2017年 2月 15日 (2017-02-15) 说明书第20-27段、图1-6	1-5
A	CN 106978850 A (清华大学建筑设计研究院有限公司) 2017年 7月 25日 (2017-07-25) 全文	1-5
A	CN 103883125 A (北京市建筑工程研究院有限责任公司) 2014年 6月 25日 (2014-06-25) 全文	1-5
A	EP 0209213 A2 (BERGER, HORST LUDWIG) 1987年 1月 21日 (1987-01-21) 全文	1-5
A	DE 102009051326 A1 (GRAEFF CONTAINER-UND HALLENBAU GMBH.) 2011年 5月 19日 (2011-05-19) 全文	1-5

☐ 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
2019年 8月 29日	2019年 9月 10日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中国国家知识产权局(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	武敏 电话号码 86-(10)-53962819

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2015年1月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2018/123668

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	203096930	U	2013年 7月 31日	无			
CN	106400962	A	2017年 2月 15日	无			
CN	106978850	A	2017年 7月 25日	CN	106978850	B	2019年 6月 14日
CN	103883125	A	2014年 6月 25日	CN	103883125	B	2015年 11月 18日
EP	0209213	A2	1987年 1月 21日	US	4581860	A	1986年 4月 15日
				JP	S61294071	A	1986年 12月 24日
				AU	5612786	A	1986年 12月 24日
				EP	0209213	A3	1987年 9月 16日
DE	102009051326	A1	2011年 5月 19日	EP	2441897	A3	2014年 1月 1日
				EP	2441897	A2	2012年 4月 18日