(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
2011 年 4 月 7 日 (07.04.2011)

PCT

(10) 国际公布号
WO 2011/038652 A1

(51) 国际专利分类号:
B04B 7/08 (2006.01) *E04B 1/32* (2006.01)
E04B 1/342 (2006.01) *E04G 21/14* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2010/077181

(22) 国际申请日: 2010 年 9 月 21 日 (21.09.2010)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
200910153530.9 2009 年 9 月 30 日 (30.09.2009) CN

(71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): **浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY)** [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 388 号, Zhejiang 310058 (CN)。 **浙江展诚建设集团股份有限公司 (ZHEJIANG ZHANCHENG CONSTRUCTION GROUP CO., LTD.)** [CN/CN]; 中国浙江省杭州市拱墅区莫干山路 100 号耀江国际大厦 A 座, Zhejiang 310005 (CN)。 **杭州进新工程软件有限公司 (HANGZHOU JINXIN ENGINEERING SOFTWARE LIMITED CORPORATION)** [CN/CN]; 中国浙江省杭州市高新（滨江）区创业路 1 号 9 号楼 313 室, Zhejiang 310053 (CN)。

(72) 发明人; 及

(75) 发明人/申请人 (仅对美国): **卓新 (ZHUO, Xin)** [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 388 号, Zhejiang 310058 (CN)。 **王苗夫 (WANG, Miaofu)** [CN/CN]; 中国浙江省杭州市拱墅区莫干山路 100 号耀江国际大厦 A 座, Zhejiang 310005 (CN)。 **董石麟 (DONG, Shilin)** [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 388 号, Zhejiang 310058 (CN)。

(74) 代理人: **浙江杭州金通专利事务所有限公司 (ZHEJIANG HANGZHOU JINTONG PATENT AGENCY CO., LTD.)**; 中国浙江省杭州市下城区环城北路 47 号省科协大楼 19 层, Zhejiang 310003 (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,

[见续页]

(54) Title: GEIGER DOME STRUCTURE WITH DUAL RING CABLES AND CONSTRUCTION METHOD

(54) 发明名称 : 双环肋环型索穹顶结构与施工方法

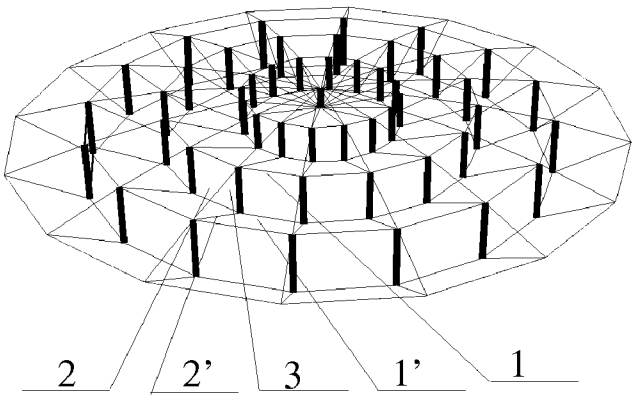


图 4 /FIG.4

(57) Abstract: A Geiger dome structure with dual ring cables and a construction method are provided. A circle of struts (3) in facade are configured as one layer. Each layer consists of multiple units with same geometrical characters and same quantity except a top layer, and the units of every layer are arranged equidistantly. The upper and lower ends of the strut (3) of each unit are respectively equipped with an upper cable node and a lower cable node. One side of the upper cable node is connected with an upper oblique cable (2) of this layer and the other side of the upper cable node is connected with an upper oblique cable (2) of the upper layer, a lower oblique cable (2') of the upper layer and an upper ring cable (1) passing through the upper cable node, respectively. The lower cable node is connected with a lower oblique cable (2') of this layer on the same side of the upper oblique cable (2) of this layer and a lower ring cable (1') passing through the lower cable node. The top layer is composed of the upper cable node, the lower cable node and a telescopic strut wherein the upper cable node is connected with all the upper oblique cables (2) of the top layer, and the lower cable node is coupled with all the lower oblique cables (2') of the top layer. The structure has high construction precision of prestressing, simple construction process, low construction cost and safe structural usage.

[见续页]

WO 2011/038652 A1

LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则 4.17 的声明:

— 发明人资格(细则 4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(57) **摘要**:

一种双环肋环型索穹顶结构与施工方法。以立面上一圈撑杆（3）为一层，除顶层外的每层均由若干个几何特征相同、个数相同的单元构成，每层的单元等间距布置。每个单元的撑杆（3）上下端分别安装上索杆节点和下索杆节点；上索杆节点的一侧连接一根本层的上斜索（2）、上索杆节点的另一侧分别连接上层的一根上斜索（2）和上层的一根下斜索（2'），以及穿过上索杆节点的上环索（1）；在下索杆节点与本层上斜索（2）的同一侧连接一根本层的下斜索（2'），以及穿过下索杆节点的下环索（1'）；顶层由上索杆节点、下索杆节点和一根可伸缩撑杆构成，上索杆节点连接顶层全部上斜索（2），下索杆节点连接顶层全部下斜索（2'）。该结构预应力施工精度高；施工方法简便；施工成本低；结构使用安全。

说 明 书

双环肋环型索穹顶结构与施工方法

技术领域

本发明涉及肋环型索穹顶结构体系与施工成形方法，具体涉及一种逐层双环肋环型索穹顶结构与施工成形方法。

背景技术

现有的肋环型索穹顶结构是一种由环索、脊索（上弦斜索）、斜索（下弦斜索）、撑杆以及索杆节点组成，依靠施加预应力提供刚度的柔性体系，其预应力的生成及结构的成形是伴随着施工过程完成的。各圈的环索只有一道，与撑杆的下索杆节点相连。索杆节点与脊索（杆）、斜索（杆）、环索之间的连接关系为可转动的铰接关系。已建成的肋环型索穹顶结构工程一般采用同步张拉各斜索或顶升各撑杆的预应力施工方法，为了保证各索的预应力导入精度，需要各斜索或各撑杆同步、均匀地产生预应力。这种施工方法需要数量众多的千斤顶，并在计算机的实时控制下进行同步集群张拉或顶升。现有索穹顶结构对于构件制作的加工精度、张拉设备的控制精度的要求很高。

尽管索穹顶是目前大跨度结构中自重最轻、结构效率最高的一种先进的结构形式，但现在只有极少数几个发达国家的个别企业有能力设计与建造大跨度索穹顶结构，其中的主要瓶颈问题是，现有索穹顶结构的构造方式和施工方法，决定了其成功建造对于构件制作精度与预应力施工精度有着极大的依赖。否则，无法建好，甚至无法建成。

发明内容

本发明的目的在于提供一种逐层双环肋环型索穹顶结构与施工成形方法，通过对现有肋环型索穹顶结构体系及其施工成形方法的改造，能够使建造摆脱对构件制作精度与预应力施工精度的过度依赖，并使施工成形方法更加简单、施工质量更好、施工成本更低。

提出的新型肋环型索穹顶结构称为逐层双环肋环型索穹顶结构，其关键技术在于：（1）通过把现有的每层只有下环索的肋环型索穹顶结构体系改变成为每层有上、下两道连续贯通的环索的肋环型索穹顶结构体系，并把现有难度很大的整体安装、整体张拉或顶升索杆结构的施工成形方法，简化为逐层安装、逐层张拉、分层叠加索杆结构的施工成形方法。（2）通过改变索杆节点的构造使环索与索杆节点之间在施工时形成可滑动的铰接关系，使环索通过每个索杆节点后的预应力损失接近于零，使相邻两段环索的内力相等，最终使整个结构的环索、斜索（杆）、撑杆等构件的内力与设计相符。（3）在整体结构施工完成后，能够方便地把环索与各索杆节点锁住，使环索与各索杆节点之间形成不可滑动、可转动的铰接关系，以提高整体结构的承载力。（4）把集群控制、一次多

点张拉众多斜索（杆）或顶升众多撑杆的预应力施工方法，简化为一次仅张拉上、下两道环索的预应力施工方法。

本发明采用的技术方案是：

一、一种逐层双环肋环型索穹顶结构：

包括以立面上一圈撑杆为一层，除顶层外的每层均由若干个几何特征相同、个数相同的单元构成，每层的单元等间距布置，其特征在于：每个单元的撑杆上下端分别安装上索杆节点和下索杆节点；上索杆节点的一侧连接一根本层的上斜索、上索杆节点的另一侧分别连接上层的一根上斜索和上层的一根下斜索，以及穿过上索杆节点中间的上环索；下索杆节点上连接一根本层的下斜索，以及穿过下索杆节点中间的下环索。

顶层为由上索杆节点、下索杆节点和一根可伸缩撑杆构成，上索杆节点连接顶层全部上斜索，下索杆节点连接顶层全部下斜索，可伸缩撑杆由一根内部带左、右向螺纹的撑杆和一个套筒构成。

所述上索杆节点为一个椭圆形钢环，所述椭圆形钢环的一个窄边焊接一个连接本层上斜索的第一耳板，第一耳板与本层的上斜索连接；在椭圆形钢环的另一个窄边焊接连接上层的一根上斜索的第二耳板和焊接连接上层的一根下斜索的第三耳板，第二耳板与各自的上层的上斜索连接，第三耳板与各自的上层的下斜索连接；所述椭圆形钢环的二个宽边内装有中空凹形圆环，中空凹形圆环的一侧与上环索滑动连接。

所述下索杆节点为另一个椭圆形钢环，所述椭圆形钢环的一个窄边焊接一根连接本层下斜索的第四耳板，第四耳板与本层的下斜索连接；所述椭圆形钢环的二个宽边内装有中空凹形圆环，中空凹形圆环的一侧与下环索滑动连接。

所述顶层上索杆节点等分布置有与顶层全部上斜索相应个数的耳板，相应个数的耳板分别连接顶层全部上斜索；所述顶层下索杆节点等分布置有与顶层全部下斜索相应个数的耳板，相应个数的耳板分别连接顶层全部下斜索。

二、一种逐层双环肋环型索穹顶结构的施工成形方法：

包括以立面上一圈撑杆为一层，除顶层外的每层均由若干个几何特征相同、个数相同的单元构成，每层的单元等间距布置，其特征在于：每个单元的撑杆上下端分别安装上索杆节点和下索杆节点；上索杆节点的一侧连接一根本层的上斜索、上索杆节点的另一侧分别连接上层的一根上斜索和上层的一根下斜索，以及穿过上索杆节点中间的上环索；下索杆节点上连接一根本层的下斜索，以及穿过下索杆节点中间的下环索。

顶层为由上索杆节点、下索杆节点和一根可伸缩撑杆构成，上索杆节点连接顶层全部上斜索，下索杆节点连接顶层全部下斜索，可伸缩撑杆由一根内部带左、右向螺纹的撑杆和一个套筒构成。

安装与整体施工成形步骤如下：

（1）把第一层的上、下斜索的一端与建筑物的支座进行安装连接，第一层的上、下斜索的另一端与第一层相应撑杆两端的上、下索杆节点连接；在上、下索杆节点内安装第一层的上、下环索；同步张拉第一层的上、下两道环索，张拉完成后就形成了一个一层的、稳定的、自平衡的开口索杆结构；

（2）把第二层的上、下斜索的一端与第一层的上索杆节点进行安装连接，第二层的上、下斜索的另一端与第二层相应撑杆两端的上、下索杆节点连接；在上、下索杆节点内安装第二层的上、下环索；同步张拉第二层的上、下两道环索，张拉完成后就形成了一个两层的、稳定的、自平衡的开口索杆结构；

（3）同理，完成其它各层的安装与预应力施工，无环索顶层则可用伸长该层中间可伸缩撑杆的方法导入预应力，直至索穹顶整体结构施工成形完成；

（4）在结构施工成形完成后，把环索与索杆节点锁住固定，形成不可滑动、可转动的铰接关系，然后，在结构上进行屋面层的施工。

三、另一种逐层双环肋环型索穹顶结构的施工成形方法：

包括以立面上一圈撑杆为一层，除顶层外的每层均由若干个几何特征相同、个数相同的单元构成，每层的单元等间距布置，其特征在于：每个单元的撑杆上下端分别安装上索杆节点和下索杆节点；上索杆节点的一侧连接一根本层的上斜索、上索杆节点的另一侧分别连接上层的一根上斜索和上层的一根下斜索，以及穿过上索杆节点中间的上环索；下索杆节点上连接一根本层的下斜索，以及穿过下索杆节点中间的下环索。

顶层为由上索杆节点、下索杆节点和一根可伸缩撑杆构成，上索杆节点连接顶层全部上斜索，下索杆节点连接顶层全部下斜索，可伸缩撑杆由一根内部带左、右向螺纹的撑杆和一个套筒构成。

安装与整体施工成形步骤如下：

（1）把第一层的上、下斜索的一端与建筑物的支座进行安装连接，第一层的上、下斜索的另一端与第一层相应撑杆两端的上、下索杆节点连接；在上、下索杆节点内安装第一层的上、下环索；第二层的上、下斜索的一端与第一层的上索杆节点安装连接，第二层的上、下斜索的另一端与第二层相应撑杆两端的上、下索杆节点连接；在上、下索杆节点内安装第二层的上、下环索；以此类推，完成整体索穹顶结构构件的连接工作；

（2）逐层同步张拉上、下两道环索，无环索顶层则可用伸长该层中间可伸缩撑杆的方法导入预应力，直至整体索穹顶结构施工成形完成。

（3）在索穹顶结构施工成形完成后，把环索与索杆节点锁住固定，形成不可滑动、可转动的铰接关系。然后，在结构上进行屋面层的施工。

本发明与背景技术相比，具有的有益效果是：

1、预应力施工精度高。在施工成形期间新型索杆节点与环索之间为可滑动铰接关系，

相互之间摩擦力几乎为零，使每道环索的各索段之间、每层各上斜索（杆）之间、每层各下斜索（杆）之间、每层各撑杆之间的内力，在预应力作用下都能始终相等或接近相等。新型肋环型索穹顶结构体系在施工成形期间表现为，预应力作用下结构的变形协调能力增强，使构件制造等误差对控制预应力精度的敏感度降低，并使结构预应力施工高精度控制工作变得容易。高质量的预应力施工精度保证了整体结构的受力性能。

2、施工方法简便，工效高。采用从下往上逐层安装、逐层同步张拉每层仅上、下两道环索的预应力导入方法，而非现有的结构集群张拉众多斜索或顶升众多撑杆的预应力施工方法，不仅降低了施工难度，而且工效高、易于掌控。

3、施工成本低。采用每层仅同步张拉上、下两道环索的预应力导入方法，所用的张拉设备及控制方法简单。同时，索杆节点与环索之间的摩擦力几乎为零，方便了预应力施工精度的控制，避免了反复调整索力的时间、人力、物力等资源，使施工成本大幅度降低。

4、结构使用安全。在施工成形完成后，新型索杆节点与环索之间由可滑动铰结关系转变为可转动、不可滑动的铰接关系，提高了整体结构的承载力。

附图说明

图1是逐层双环肋环型索穹顶第一层索杆结构成形三维透视图。

图2是逐层双环肋环型索穹顶第二层索杆结构成形三维透视图。

图3是逐层双环肋环型索穹顶第三层索杆结构成形三维透视图。

图4是逐层双环肋环型索穹顶顶层索杆结构成形三维透视图。

图5是逐层双环肋环型索穹顶结构上索杆节点制作流程示意图。

图6是上、下索杆节点与撑杆组合件的立面图。

图7是上、下索杆节点与撑杆组合件连接本层上、下斜索（杆）后的立面图。

图8是上、下索杆节点中安装了上、下环索后的立面图。

图9是上索杆节点安装了上一层的上、下斜索（杆）后的立面图。

图10是顶层撑杆构造立面图。

图11是上、下环索与上、下索杆节点锁住固定后的剖面图。

图12是上索杆节点及其相关构件俯视图。

图13是下索杆节点及其相关构件仰视图。

图中：1、上环索，1’、下环索，2、上斜索（杆），2’、下斜索（杆），3、撑杆，4、椭圆形钢环，5、螺栓孔，6、圆孔，7、螺孔，8、耳板，9、耳板，9’、耳板， 10、中空凹形圆环，11、铜套环，12、圆柱轴，13、短螺杆，14、左向螺纹撑杆，14’、右向螺纹撑杆，15、内部带螺纹套筒，16、螺栓。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

如图 1、图 2、图 3、图 4 所示，本发明包括以立面上一圈撑杆 3 为一层，除顶层外的每层均由若干个几何特征相同、个数相同的单元构成，每层的单元等间距布置。每个单元的撑杆 3 上下端分别安装上索杆节点和下索杆节点；上索杆节点的一侧连接一根本层的上斜索（杆）2、上索杆节点的另一侧分别连接上层的一根上斜索（杆）2 和上层的一根下斜索（杆）2’，以及穿过上索杆节点中间的上环索 1；下索杆节点上连接一根本层的下斜索（杆）2’，以及穿过下索杆节点中间的下环索 1’；

如图 5a、图 5b、图 5c、图 5d、图 5e、图 5f、图 5g、图 12、图 13 所示，所述上索杆节点为一个椭圆形钢环 4，所述椭圆形钢环 4 的一个窄边焊接一个连接本层上斜索（杆）2 的第一耳板 8，第一耳板 8 与本层的上斜索（杆）2 连接；在椭圆形钢环 4 的另一个窄边焊接连接上层的一根上斜索（杆）2 的第二耳板 9 和焊接连接上层的一根下斜索（杆）2’的第三耳板 9’，第二耳板 9 与各自的上层的上斜索（杆）2 连接，第三耳板 9’与各自的上层的下斜索（杆）2’连接；所述椭圆形钢环 4 的二个宽边内装有中空凹形圆环 10，中空凹形圆环 10 的一侧与上环索 1 滑动连接。

所述下索杆节点为另一个椭圆形钢环 4，所述椭圆形钢环 4 的一个窄边焊接一根连接本层下斜索（杆）2’的第四耳板 8，第四耳板 8 与本层的下斜索（杆）2’连接；所述椭圆形钢环 4 的二个宽边内装有中空凹形圆环 10，中空凹形圆环 10 的一侧与下环索 1’滑动连接。

如图 10 所示，所述顶层为由上索杆节点、下索杆节点和一根可伸缩撑杆构成，上索杆节点等分布置有与顶层全部上斜索（杆）2 相应个数的耳板，相应个数的耳板分别连接顶层全部上斜索（杆）2；下索杆节点等分布置有与顶层全部下斜索（杆）2’相应个数的耳板，相应个数的耳板分别连接顶层全部下斜索（杆）2’，可伸缩撑杆由一根内部带左、右向螺纹撑杆 14、14’和一个套筒 15 构成。

实施例：

一、索杆节点的构造与制作

以图 4 所示的逐层双环肋环型索穹顶结构为例，与索杆节点相关联的构件包括上、下环索 1、1’，上、下斜索（杆）2、2’，撑杆 3。

上索杆节点的制作过程如图 5a、图 5b、图 5c、图 5d、图 5e、图 5f、图 5g、图 12、图 13 所示。用铸造或切削工艺加工成一个椭圆形钢环 4；在椭圆形钢环 4 一个窄边侧面钻螺栓孔 5；在椭圆形钢环 4 一个宽边中间钻圆孔 6 直至另一个宽边内；在椭圆形钢环 4 一个宽边的圆孔 6 上部加工成螺孔 7；在椭圆形钢环 4 的一个窄边一端焊接连接本层上斜索（杆）2 的耳板 8；在椭圆形钢环 4 的另一个窄边一端焊接分别连接上层上、下斜索（杆）2、2’的一个耳板 9 和另一个耳板 9’；中空凹形圆环 10 内径比铜套环 11 外径略小，

二者为过盈配合；用缩涨法或压入法把铜套环 11 安装在中空凹形圆环 10 孔内；把铜套环 11 和中空凹形圆环 10 组合件安装在椭圆形钢环 4 两个宽边之间；制造圆柱轴 12，其外径比铜套环 11 内径相同，二者为间隙配合；把圆柱轴 12 插入铜套环 11 孔内；短螺杆 13 旋入螺孔 7 将圆柱轴 12 轴向定位。

如图 6 所示，与上索杆节点相比，下索杆节点缺少了焊接连接上层斜索（杆）的耳板 9 和耳板 9’，其它构成相同，制作方法也相同。撑杆 3 两端分别与上索杆节点和下索杆节点焊接形成刚性连接。

采用缩涨法或压入法把铜套安装到中空凹形圆环孔内，其原理为：

（1）缩涨法。利用金属热胀冷缩特性，装配前把被包容件进行冷冻处理使之收缩，装配时将被包容件插入包容件内，当恢复到相同温度后被包容件膨胀而与包容件紧密握裹结合成一个整体。因为二者为热膨胀系数相同或相近的金属材料，所以无论外界温度如何变化，二者在相同温度下的握裹力保持恒定不变。用缩涨法能获得较高的握裹力和较好的装配质量，且不会发生像压入法那样擦伤配合表面的现象。

（2）压入法。在常温状态下，利用敲击或压力作用下将被包容件压入到包容件中，使之形成过盈连接。在压入过程中可能会损伤结合面并引起连接的紧固性降低，故在结合面间适当加润滑剂以获得更好的装配质量。当过盈量较小时，常用此方法进行过盈配合的装配。

二、一种逐层双环肋环型索穹顶结构的施工成形方法：

如图 4、图 7、图 8、图 9，图 12，图 13 所示，包括以立面上一圈撑杆 3 为一层，除顶层外的每层均由若干个几何特征相同、个数相同的单元构成，每层的单元等间距布置，其特征在于：每个单元的撑杆 3 上下端分别安装上索杆节点和下索杆节点；上索杆节点的一侧连接一根本层的上斜索（杆）2、上索杆节点的另一侧分别连接上层的一根上斜索（杆）2 和上层的一根下斜索（杆）2’，以及穿过上索杆节点中间的上环索 1；下索杆节点上连接一根本层的下斜索（杆）2’，以及穿过下索杆节点中间的下环索 1’；

如图 10 所示，顶层为由上索杆节点、下索杆节点和一根可伸缩撑杆构成，上索杆节点连接顶层全部上斜索（杆）2，下索杆节点连接顶层全部下斜索（杆）2’，可伸缩撑杆由一根内部带左、右向螺纹撑杆 14、14’和一个套筒 15 构成。

施工安装与整体成形步骤如下：

（1）把第一层的上、下斜索（杆）2、2’的一端与建筑物的支座进行安装连接，第一层的上、下斜索（杆）2、2’的另一端与第一层相应撑杆3两端的上、下索杆节点连接；在上、下索杆节点内安装第一层的上、下环索1、1’；同步张拉第一层的上、下两道环索1、1’，张拉完成后就形成了一个一层的、稳定的、自平衡的开口索杆结构；

（2）把第二层的上、下斜索（杆）2、2’的一端与第一层的上索杆节点进行安装连

接，第二层的上、下斜索（杆）2、2’的另一端与第二层相应撑杆3两端的上、下索杆节点连接；在上、下索杆节点内安装第二层的上、下环索1、1’；同步张拉第二层的上、下两道环索1、1’，张拉完成后就形成了一个两层的、稳定的、自平衡的开口索杆结构；

（3）同理，完成其它各层的安装与预应力施工，无环索顶层则可用伸长该层中间可伸缩撑杆的方法导入预应力，直至索穹顶整体结构施工成形完成；

（4）在结构施工成形完成后，把环索与索杆节点锁住固定，形成不可滑动、可转动的铰接关系。如图4、图11、图12、图13所示，当索穹顶结构全部施工成形完成，并在校正了整体索穹顶结构的预应力和变形后，将螺栓16从椭圆形钢环4上的螺栓孔5拧入并抵住环索，从而使环索与索杆节点锁住固定，无法滑动。以此类推，完成所有环索与所有索杆节点的锁住固定工作，使整体结构获得更大的承载力。然后，在结构上进行屋面层施工。

三、另一种逐层双环肋环型索穹顶结构的施工成形方法：

如图 4、图 7、图 8、图 9，图 12，图 13 所示，包括以立面上一圈撑杆 3 为一层，除顶层外的每层均由若干个几何特征相同、个数相同的单元构成，每层的单元等间距布置，其特征在于：每个单元的撑杆 3 上下端分别安装上索杆节点和下索杆节点；上索杆节点的一侧连接一根本层的上斜索（杆）2、上索杆节点的另一侧分别连接上层的一根上斜索（杆）2 和上层的一根下斜索（杆）2’，以及穿过上索杆节点中间的上环索 1；下索杆节点上连接一根本层的下斜索（杆）2’，以及穿过下索杆节点中间的下环索 1’；

如图 10 所示，顶层为由上索杆节点、下索杆节点和一根可伸缩撑杆构成，上索杆节点连接顶层全部上斜索（杆）2，下索杆节点连接顶层全部下斜索（杆）2’，可伸缩撑杆由一根内部带左、右向螺纹撑杆 14、14’和一个套筒 15 构成。

施工安装与整体成形步骤如下：

（1）把第一层的上、下斜索（杆）2、2’的一端与建筑物的支座进行安装连接，第一层的上、下斜索（杆）2、2’的另一端与第一层相应撑杆3两端的上、下索杆节点连接；在上、下索杆节点内安装第一层的上、下环索1、1’；第二层的上、下斜索（杆）2、2’的一端与第一层的上索杆节点安装连接，第二层的上、下斜索（杆）2、2’的另一端与第二层相应撑杆3两端的上、下索杆节点连接；在上、下索杆节点内安装第二层的上、下环索1、1’；以此类推，完成整体索穹顶结构构件的连接工作；

（2）逐层同步张拉上、下两道环索1、1’，无环索顶层则可用伸长该层中间可伸缩撑杆的方法导入预应力，直至整体索穹顶结构施工成形完成。

（3）在索穹顶结构施工成形完成后，把环索与索杆节点锁住固定，形成不可滑动、可转动的铰接关系。如图4、图11、图12、图13所示，当索穹顶结构全部施工成形完成，并在校正了整体索穹顶结构的预应力和变形后，将螺栓16从椭圆形钢环4上的螺栓孔5拧

入并抵住环索，从而使环索与索杆节点锁住固定，无法滑动。以此类推，完成所有环索与所有索杆节点的锁住固定工作，使整体结构获得更大的承载力。然后，在结构上进行屋面层施工。

权 利 要 求 书

1、一种逐层双环肋环型索穹顶结构，包括以立面上一圈撑杆为一层，除顶层外的每层均由若干个几何特征相同、个数相同的单元构成，每层的单元等间距布置，其特征在于：每个单元的撑杆上下端分别安装上索杆节点和下索杆节点；上索杆节点的一侧连接一根本层的上斜索、上索杆节点的另一侧分别连接上层的一根上斜索和上层的一根下斜索，以及穿过上索杆节点中间的上环索；下索杆节点上连接一根本层的下斜索，以及穿过下索杆节点中间的下环索；

顶层为由上索杆节点、下索杆节点和一根可伸缩撑杆构成，上索杆节点连接顶层全部上斜索，下索杆节点连接顶层全部下斜索，可伸缩撑杆由一根内部带左、右向螺纹的撑杆和一个套筒构成。

2、根据权利要求 1 所述的一种逐层双环肋环型索穹顶结构，其特征在于：所述上索杆节点为一个椭圆形钢环，所述椭圆形钢环的一个窄边焊接一个连接本层上斜索的第一耳板，第一耳板与本层的上斜索连接；在椭圆形钢环的另一个窄边焊接连接上层的一根上斜索的第二耳板和焊接连接上层的一根下斜索的第三耳板，第二耳板与各自的上层的上斜索连接，第三耳板与各自的上层的下斜索连接；所述椭圆形钢环的二个宽边内装有中空凹形圆环，中空凹形圆环的一侧与上环索滑动连接。

3、根据权利要求 1 所述的一种逐层双环肋环型索穹顶结构，其特征在于：所述下索杆节点为另一个椭圆形钢环，所述椭圆形钢环的一个窄边焊接一根连接本层下斜索的第四耳板，第四耳板与本层的下斜索连接；所述椭圆形钢环的二个宽边内装有中空凹形圆环，中空凹形圆环的一侧与下环索滑动连接。

4、根据权利要求 1 所述的一种逐层双环肋环型索穹顶结构，其特征在于：所述顶层上索杆节点等分布置有与顶层全部上斜索相应个数的耳板，相应个数的耳板分别连接顶层全部上斜索；所述顶层下索杆节点等分布置有与顶层全部下斜索相应个数的耳板，相应个数的耳板分别连接顶层全部下斜索。

5、一种逐层双环肋环型索穹顶结构的施工成形方法，包括以立面上一圈撑杆为一层，除顶层外的每层均由若干个几何特征相同、个数相同的单元构成，每层的单元等间距布置，其特征在于：每个单元的撑杆上下端分别安装上索杆节点和下索杆节点；上索杆节点的一侧连接一根本层的上斜索、上索杆节点的另一侧分别连接上层的一根上斜索和上层的一根下斜索，以及穿过上索杆节点中间的上环索；下索杆节点上连接一根本层的下斜索，以及穿过下索杆节点中间的下环索；

顶层为由上索杆节点、下索杆节点和一根可伸缩撑杆构成，上索杆节点连接顶层全部上斜索，下索杆节点连接顶层全部下斜索，可伸缩撑杆由一根内部带左、右向螺纹的

撑杆和一个套筒构成；

施工安装与整体成形步骤如下：

（1）把第一层的上、下斜索的一端与建筑物的支座进行安装连接，第一层的上、下斜索的另一端与第一层相应撑杆两端的上、下索杆节点连接；在上、下索杆节点内安装第一层的上、下环索；同步张拉第一层的上、下两道环索，张拉完成后就形成了一个一层的、稳定的、自平衡的开口索杆结构；

（2）把第二层的上、下斜索的一端与第一层的上索杆节点进行安装连接，第二层的上、下斜索的另一端与第二层相应撑杆两端的上、下索杆节点连接；在上、下索杆节点内安装第二层的上、下环索；同步张拉第二层的上、下两道环索，张拉完成后就形成了一个两层的、稳定的、自平衡的开口索杆结构；

（3）同理，完成其它各层的安装与预应力施工，无环索顶层则可用伸长该层中间可伸缩撑杆的方法导入预应力，直至索穹顶整体结构施工成形完成；

（4）在结构施工成形完成后，把环索与索杆节点锁住固定，形成不可滑动、可转动的铰接关系，然后，在结构上进行屋面层的施工。

6、一种逐层双环肋环型索穹顶结构的施工成形方法，包括以立面上一圈撑杆为一层，除顶层外的每层均由若干个几何特征相同、个数相同的单元构成，每层的单元等间距布置，其特征在于：每个单元的撑杆上下端分别安装上索杆节点和下索杆节点；上索杆节点的一侧连接一根本层的上斜索、上索杆节点的另一侧分别连接上层的一根上斜索和上层的一根下斜索，以及穿过上索杆节点中间的上环索；下索杆节点上连接一根本层的下斜索，以及穿过下索杆节点中间的下环索；

顶层为由上索杆节点、下索杆节点和一根可伸缩撑杆构成，上索杆节点连接顶层全部上斜索，下索杆节点连接顶层全部下斜索，可伸缩撑杆由一根内部带左、右向螺纹的撑杆和一个套筒构成；

施工安装与整体成形步骤如下：

（1）把第一层的上、下斜索的一端与建筑物的支座进行安装连接，第一层的上、下斜索的另一端与第一层相应撑杆两端的上、下索杆节点连接；在上、下索杆节点内安装第一层的上、下环索；第二层的上、下斜索的一端与第一层的上索杆节点安装连接，第二层的上、下斜索的另一端与第二层相应撑杆两端的上、下索杆节点连接；在上、下索杆节点内安装第二层的上、下环索；以此类推，完成整体索穹顶结构构件的连接工作；

（2）逐层同步张拉上、下两道环索，无环索顶层则可用伸长该层中间可伸缩撑杆的方法导入预应力，直至整体索穹顶结构施工成形完成；

（3）在索穹顶结构施工成形完成后，把环索与索杆节点锁住固定，形成不可滑动、可转动的铰接关系。然后，在结构上进行屋面层的施工。

说 明 书 附 图

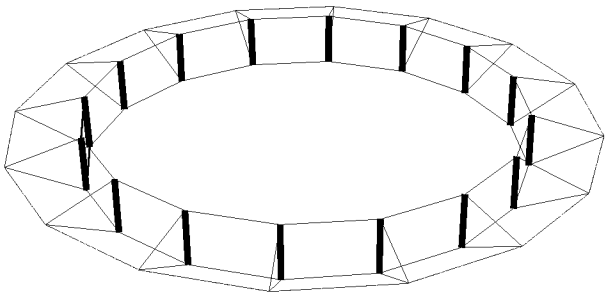


图 1

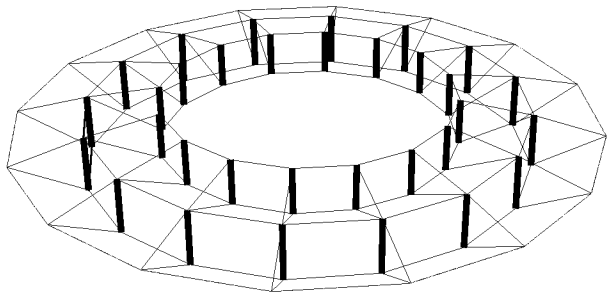


图 2

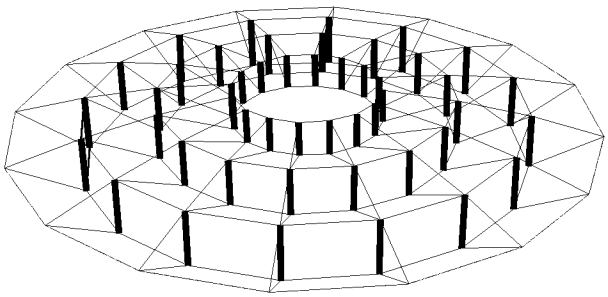


图 3

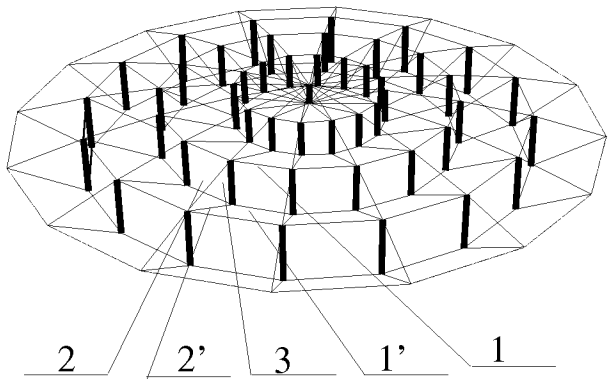


图 4

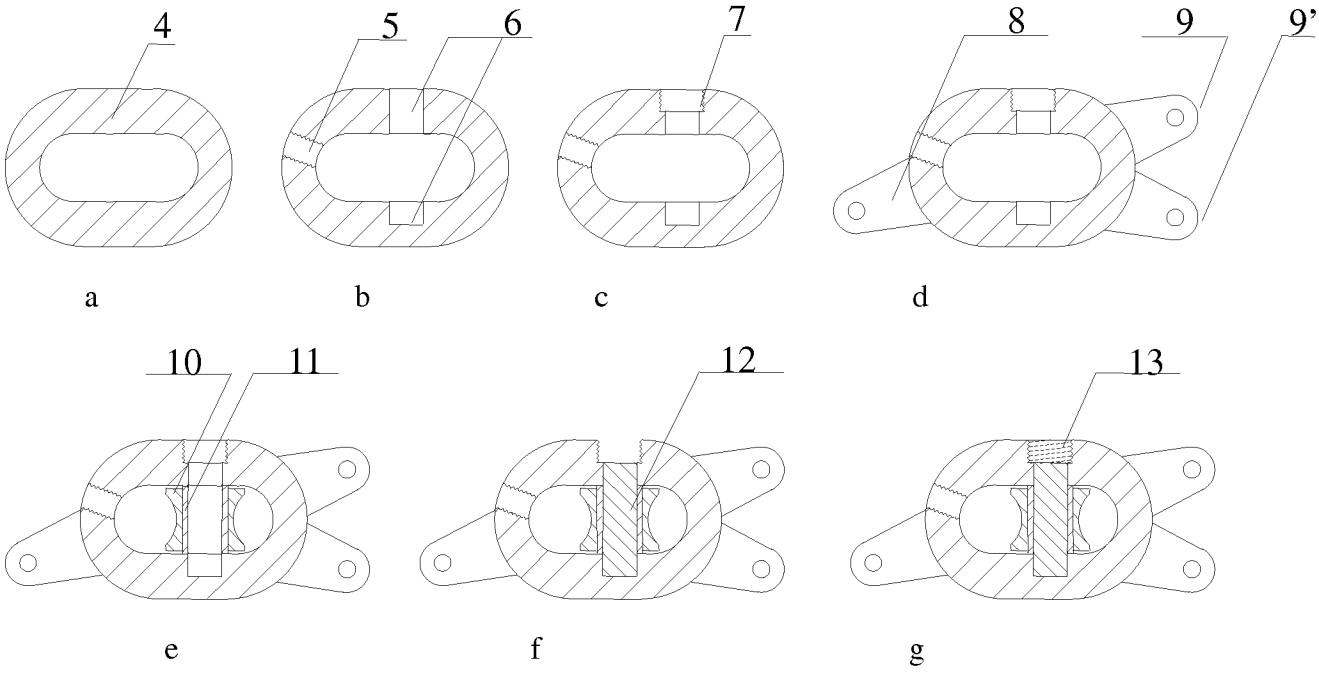


图 5

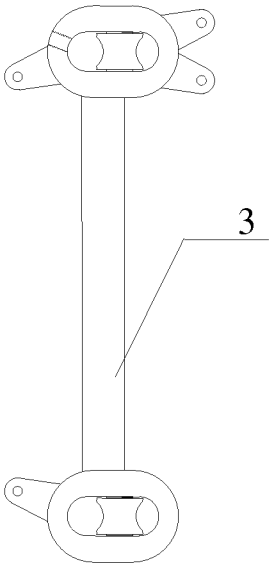


图 6

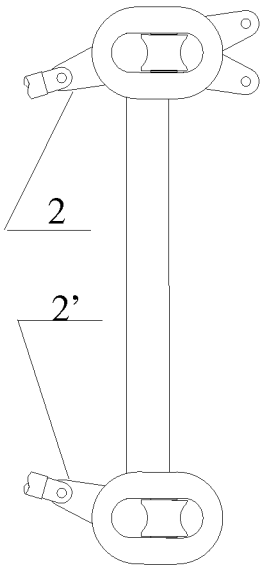


图 7

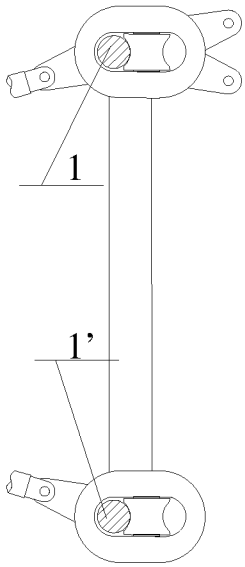


图 8

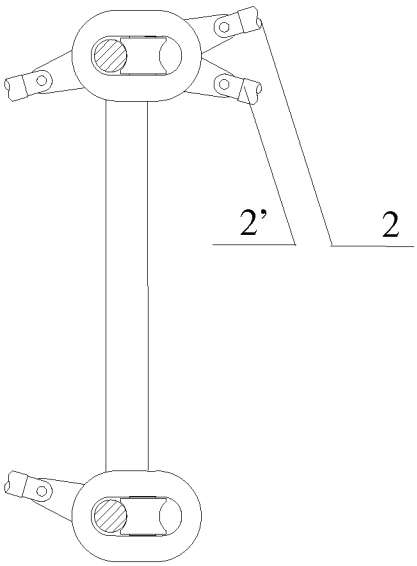


图 9

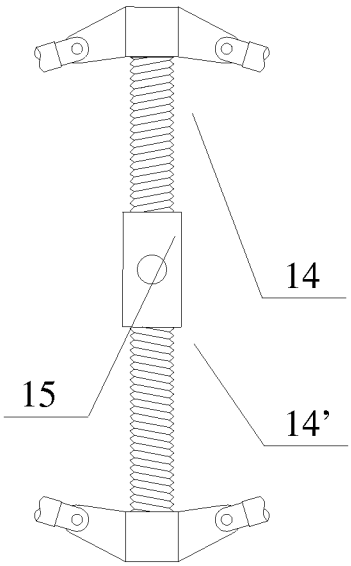


图 10

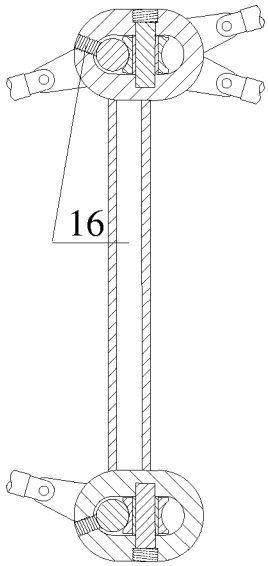


图 11

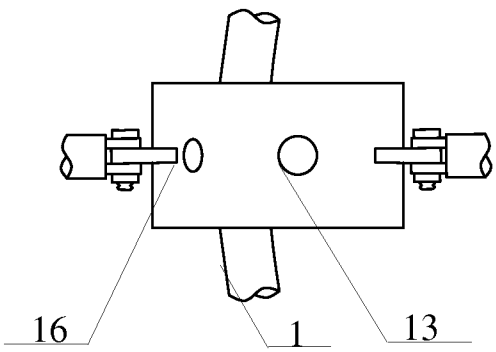


图 12

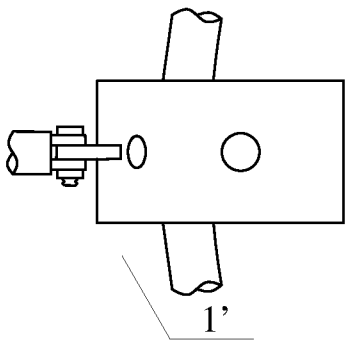


图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2010/077181

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

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: E04B, E04G

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: cable?, dome?, geiger w dome?, truss, bar?, roof, screw?, ellips+, ellipt+, ring?

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN101691791A(ZHEJIANG UNIVERSITY et al.), 7 Apr. 2010(07.04.2010), claims 1-6	1-6
Y	ZHOU, Jiawei et al., Quick Calculation Method for Initial Prestress Distribution of Geiger Domes with Outer Truss Torus, Journal of Shenyang Jianzhu University (Natural Science), Mar. 2009, Vol. 25, No.2, pages 217-223, ISSN 1671-2021	1
Y	CH400505A(BLASKOVICH STEPHAN DIPL ING), 15 Oct. 1965(15.10.1965), page 1 lines 42-72 and figs. 1,2	1
Y	FR2207228A1(HILLERIN CHARLES DE), 14 Jun. 1974(14.06.1974), page 1 line 4 – page 2 line 27 and figs. 1,2	1
A	CN2432277Y(ZHANG, Yigang et al.), 30 May 2001(30.05.2001), the whole document	1-6
A	CN101016755A(ZHEJIANG UNIVERSITY), 15 Aug. 2007(15.08.2007), the whole document	1-6
A	FR2153032A1(STEINGASS AUGUST), 27 Apr. 1973(27.04.1973), the whole document	1-6
A	DE1256863B(KRUG & CO HEINRICH), 21 Dec. 1967(21.12.1967), the whole document	1-6

☐ 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
16 Nov. 2010(16.11.2010)	**23 Dec. 2010 (23.12.2010)**
Name and mailing address of the ISA/CN The State Intellectual Property Office, the P.R.China 6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China 100088 Facsimile No. 86-10-62019451	Authorized officer HE, Miao Telephone No. (86-10)62084183

Form PCT/ISA /210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2010/077181

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN101691791A	2010-04-07	NONE	
CH400505A	1965-10-15	NONE	
FR2207228A1	1974-06-14	NONE	
CN2432277Y	2001-05-30	NONE	
CN101016755A	2007-08-15	NONE	
FR2153032A1	1973-04-27	JP48037908A	1973-06-04
		GB1354082A	1974-06-05
		US3788014A	1974-01-29
		DE2146029A1	1973-05-17
DE1256863B	1967-12-21	NONE	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2010/077181

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E04B7/08(2006.01) i
E04B1/342(2006.01) i
E04B1/32(2006.01) i
E04G21/14(2006.01) i

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2010/077181

A. 主题的分类

参见附加页

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: E04B, E04G

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：索穹顶，穹顶，屋顶，杆，撑，索，伸缩，螺纹，螺旋，椭圆，环，肋环，cable?, dome?, geiger w dome?， truss, bar?, roof, screw?, ellips+, ellipt+, ring?

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	CN101691791A(浙江大学等)，7. 4 月 2010（07.04.2010），权利要求 1-6	1-6
Y	周家伟等，具有外环桁架的肋环型索穹顶初始预应力分布快速计算法，沈阳建筑大学学报（自然科学版），2009 年 3 月第 25 卷第 2 期，第 217-223 页，ISSN 1671-2021	1
Y	CH400505A(BLASKOVICH STEPHAN DIPL ING)，15. 10 月 1965（15.10.1965），第 1 页第 42-72 行及附图 1，2	1
Y	FR2207228A1(HILLERIN CHARLES DE)，14. 6 月 1974（14.06.1974），第 1 页第 4 行-第 2 页第 27 行及附图 1，2	1
A	CN2432277Y(张毅刚等)，30. 5 月 2001（30.05.2001），全文	1-6
A	CN101016755A(浙江大学)，15. 8 月 2007（15.08.2007），全文	1-6
A	FR2153032A1(STEINGASS AUGUST)，27. 4 月 1973（27.04.1973），全文	1-6
A	DE1256863B(KRUG & CO HEINRICH)，21. 12 月 1967（21.12.1967），全文	1-6

☐ 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
16. 11 月 2010（16.11.2010）	**23.12 月 2010 (23.12.2010)**
ISA/CN 的名称和邮寄地址： 中华人民共和国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 传真号：　(86-10)62019451	受权官员 何苗 电话号码：(86-10) **62084183**

国际检索报告

关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2010/077181

检索报告中引用的专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN101691791A	2010-04-07	无	
CH400505A	1965-10-15	无	
FR2207228A1	1974-06-14	无	
CN2432277Y	2001-05-30	无	
CN101016755A	2007-08-15	无	
FR2153032A1	1973-04-27	JP48037908A	1973-06-04
		GB1354082A	1974-06-05
		US3788014A	1974-01-29
		DE2146029A1	1973-05-17
DE1256863B	1967-12-21	无	

主题的分类

E04B7/08(2006.01) i

E04B1/342(2006.01) i

E04B1/32(2006.01) i

E04G21/14(2006.01) i