

(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 2 月 6 日 (06.02.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/026311 A1

- (51) 国际专利分类号:
E21D 11/10 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2024/108503
- (22) 国际申请日: 2024 年 7 月 30 日 (30.07.2024)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310954255.0 2023年7月31日 (31.07.2023) CN
- (71) 申请人: 中铁隧道集团二处有限公司(ERCHU CO., LTD. OF CHINA RAILWAY TUNNEL GROUP) [CN/CN]; 中国河北省廊坊市三河市燕郊开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。
- (72) 发明人: 胡洋(HU, Yang); 中国河北省廊坊市三河市燕郊开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。

陈欣(CHEN, Xin); 中国河北省廊坊市三河市燕郊开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。孙亮亮(SUN, Liangliang); 中国河北省廊坊市三河市燕郊开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。侯占京(HOU, Zhanjing); 中国河北省廊坊市三河市燕郊开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。罗轩(LUO, Xuan); 中国河北省廊坊市三河市燕郊开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。赵冬(ZHAO, Dong); 中国河北省廊坊市三河市燕郊开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。黄小龙(HUANG, Xiaolong); 中国河北省廊坊市三河市燕郊开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。袁富桂(YUAN, Fugui); 中国河北省廊坊市三河市燕郊开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。刘榆嵩(LIU, Yusong); 中国河北省廊坊市三河市燕郊开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。沈海琦(SHEN, Haiqi); 中国河北省廊坊市三河市燕郊开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。

(54) Title: ARCHED TUNNEL STRUCTURE AND ARCHED TUNNEL CONSTRUCTION METHOD

(54) 发明名称: 拱形隧道结构及拱形隧道施工方法

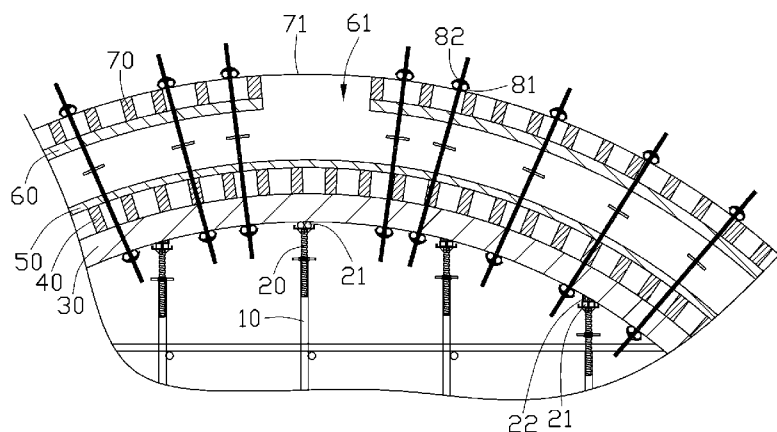


图 7

(57) Abstract: An arched tunnel structure, comprising supporting rods (10), props (20), arched beams (30), lower ridges (40), and arc-shaped lower formworks (50). The props (20) are supported by the supporting rods (10). A plurality of arched beams (30) are arranged at intervals in a longitudinal direction of the tunnel, and each arched beam (30) is supported by a plurality of props (20). Each lower ridge (40) extends in the longitudinal direction of the tunnel, a plurality of lower ridges (40) are arranged at intervals along a lengthwise trajectory of each arched beam (30), and each lower ridge (40) is at least supported by two adjacent arched beams (30). The arc-shaped lower formworks (50) are supported by the lower ridges (40) and are assembled to form an arched lower pouring surface. The lower pouring surface is located on the side of the arc-shaped lower formworks (50) facing away from the lower ridges (40). During pouring, the force on the lower pouring surface is distributed along lengthwise trajectory lines of the plurality of lower ridges (40), then distributed along lengthwise trajectory lines of the plurality of arched beams (30), and then distributed to each prop (20). The lengthwise trajectory lines of the lower ridges (40) are perpendicular to the lengthwise trajectory lines of the arched beams (30), so that the arch

郊开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。
王鹏飞(WANG, Pengfei); 中国河北省廊坊市三河市
燕郊开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。
周阳(ZHOU, Yang); 中国河北省廊坊市三河市燕郊
开发区学院路大街南侧, Hebei 065201 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市赛恩倍吉知识产权代理有限公司(SHENZHEN SCIENBIZIP INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国广东省深圳市龙华新区龙观东路 83 号荣群大厦 9 楼, Guangdong 518109 (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))。

shape of the lower pouring surface is maintained during pouring. The arched tunnel structure and the arched tunnel construction method ensure that the surface of the tunnel crown after pouring is smooth, and the arch shape is aesthetically pleasing.

(57) 摘要: 一种拱形隧道结构, 包括支撑杆(10)、顶托(20)、拱形梁(30)、下楞(40)及弧形下模板(50)。顶托(20)受支撑杆(10)支撑。多个拱形梁(30)沿隧道纵向相间隔地排列, 每个拱形梁(30)受多个顶托(20)支撑。每个下楞(40)沿隧道纵向延伸, 多个下楞(40)沿拱形梁(30)的长度轨迹相间隔地排列, 每个下楞(40)至少受相邻两个拱形梁(30)支撑。弧形下模板(50)受下楞(40)支撑并相拼接成拱形的下浇筑面, 下浇筑面位于弧形下模板(50)背向下楞(40)的一侧。浇筑时下浇筑面的受力分散至多个下楞(40)的长度轨迹线, 再分散至多个拱形梁(30)的长度轨迹线, 再分散至每个顶托(20), 下楞(40)的长度轨迹线与拱形梁(30)的长度轨迹线相垂直, 使下浇筑面浇筑时维持拱形。该拱形隧道结构及拱形隧道施工方法使拱顶浇筑后的表面更光滑且弧形更优美。

说明书

拱形隧道结构及拱形隧道施工方法

技术领域

本申请涉及隧道建造领域，具体为一种拱形隧道结构及拱形隧道施工方法。

背景技术

目前在建造拱形隧道时，拱形的拱顶通过多个小面积的方形模板相拼接呈拱形面后再浇筑形成，但方形模板由于本身不具有弧度，导致最后成型的拱顶的形状不够圆，并且在浇筑时，由于液态混凝土的压力较大，会导致多个相拼接的弧形模板变形甚至开裂，进一步导致最后浇筑出的拱顶的弧度较差，拱顶的弧形扭曲且表面粗糙，最终导致拱顶的成型效果差。

发明内容

有鉴于此，有必要提供一种能够提升隧道拱顶的成型效果的拱形隧道结构及拱形隧道施工方法，能够使拱顶浇筑后的表面更光滑且弧形更优美。

本申请一实施例中提供一种拱形隧道结构，包括多个支撑杆、多个顶托、多个拱形梁、多个下楞及多个弧形下模板。顶托位于支撑杆的端部并受支撑杆支撑。多个拱形梁沿隧道纵向相间隔地排列，每个拱形梁受多个顶托支撑。每个下楞沿隧道纵向延伸，多个下楞沿拱形梁的长度轨迹相间隔地排列，每个下楞至少受相邻两个拱形梁支撑。多个弧形下模板受下楞支撑，多个弧形下模板相拼接成拱形的下浇筑面，下浇筑面位于弧形下模板背向下楞的一侧。浇筑时下浇筑面的受力分散至多个下楞的长度轨迹线，再分散至多个拱形梁的长度轨迹线，再分散至每个顶托，下楞的长度轨迹线与拱形梁的长度轨迹线相垂直，使下浇筑面浇筑时维持拱形。

上述拱形隧道结构在浇筑时，混凝土受下浇筑面支撑，下浇筑面的受力为面受力，下浇筑面的受力能够分散至多个下楞的长度轨迹线，将面受力变为纵向线受力，多个下楞的受力会再分散至多个拱形梁的长度轨迹线，将纵向线受力变为横向线受力，多个拱形梁的受力会再分散至每个顶托，将横向线受力变为点受力，从而通过三级分散受力使受力更加分散，避免应力过于集中，避免弧形下模板变形或开裂，进而使下浇筑面浇筑时始终更好地维持拱形，使拱顶浇筑后的表面更光滑且弧形更优美。

在一些实施例中，拱形隧道结构还包括多个弧形上模板及多个上楞，多个弧形上模板能相拼接成拱形的上浇筑面，上浇筑面位于下浇筑面的上方，下浇筑面与上浇筑面之间的空间用于浇筑混凝土，每个上楞沿隧道纵向延伸，多个上楞沿上浇筑面的宽度轨迹相间隔地排列，上楞位于弧形上模板背向弧形下模板的一侧，弧形上模板固定于上楞。

在一些实施例中，拱形隧道结构还包括多个对拉螺杆，每个对拉螺杆穿过弧形上模板及弧形下模板，并限制弧形上模板及弧形下模板之间的距离。

在一些实施例中，拱形隧道结构位于上浇筑面最顶部的弧形上模板设有浇筑孔，浇筑孔连通弧形上模板及弧形下模板之间的空间，以浇筑混凝土。

在一些实施例中，顶托的顶部并列放置有至少两个管体，每个管体沿隧道纵向延伸，顶托通过管体接触并支撑拱形梁的下表面的最顶部，管体的顶部放置有楔形块，顶托通过楔形块的斜面接触并支撑拱形梁的下表面的非最顶部。

在一些实施例中，部分的多个支撑杆竖直设置，顶托设于部分的竖直设置的支撑杆的顶端，部分的多个支撑杆沿隧道横向水平设置，顶托设于部分的水平设置的支撑杆的相对两端，部分的多个支撑杆沿隧道横向交叉设置，顶托设于部分的交叉设置的支撑杆的顶端。

在一些实施例中，多个拱形梁以第一距离为间隔排列，多个下楞以第二距离为间隔排列，第二距离小于第一距离。

在一些实施例中，拱形隧道结构还包括两个侧墙体及多个三角架托，两个侧墙体沿隧道纵向延伸，拱形梁位于两个侧墙体之间的上方，每个侧墙体的相向侧设有多个三角架托，三角架托用于支撑多个支撑杆。

在一些实施例中，下楞为截面呈矩形的松木，弧形下模板固定于下楞。

本申请一实施例中还提供一种拱形隧道施工方法，用于搭建上述任一实施例中的拱形隧道结构，拱形隧道施工方法包括：浇筑混凝土垫层，在混凝土垫层上铺设防水卷材，在防水卷材上浇筑防水层，以形成作业平面；在作业平面上浇筑底板及底板两侧的矮边墙；在两个矮边墙顶部分别浇筑侧墙；搭建多个支撑杆；在多个支撑杆的端部安装顶托；将多个拱形梁支撑在多个顶托上；拼接多个弧形下模板形成下浇筑面，拼接时多个弧形下模板与下楞固定，使下楞与弧形下模板成为一体，同时一体的下楞与弧形下模板支撑在拱形梁上；在下浇筑面上浇筑混凝土以形成拱顶，且拱顶的两侧分别与两个侧墙连接；在底板、侧墙及拱顶的外表面铺设保护层，并在保护层的外侧进行碎石回填。

上述拱形隧道施工方法同样使得下浇筑面的受力能够分散至多个下楞的长度轨迹线，将面受力变为纵向线受力，多个下楞的受力会再分散至多个拱形梁的长度轨迹线，将纵向线受力变为横向线受力，多个拱形梁的受力会再分散至每个顶托，将横向线受力变为点受力，从而通过三级分散受力使受力更加分散，避免应力过于集中，避免弧形下模板变形或开裂，进而使下浇筑面浇筑时始终更好地维持拱形，使拱顶浇筑后的表面更光滑且弧形更优美。

附图说明

图1为本申请一实施例中拱形隧道施工方法的流程图。

图2为图1中拱形隧道施工方法中S1完成后的剖视图。

图 3 为图 1 中拱形隧道施工方法中 S2 完成后的剖视图。
图 4 为图 1 中拱形隧道施工方法中 S3 完成后的剖视图。
图 5 为图 1 中拱形隧道施工方法中 S9 完成后的剖视图。
图 6 为图 1 中拱形隧道施工方法中 S10 完成后的剖视图。
图 7 为本申请一实施例中拱形隧道结构的部分剖视图。
图 8 为本申请一实施例中拱形梁及下楞的结构示意图。
图 9 为本申请另一实施例中拱形梁及下楞的结构示意图。

主要元件符号说明

拱形隧道结构	100
支撑杆	10
顶托	20
管体	21
楔形块	22
拱形梁	30
下楞	40
弧形下模板	50
弧形上模板	60
浇筑孔	61
上楞	70
钢筋	71
对拉螺杆	80
圆管	81
弧形板	82
三角架托	90
拱形隧道施工方法	200
作业平面	210
底板	220
矮边墙	230
侧墙	240
拱顶	250
保护层	260
临时作业平台	270

具体实施方式

下面将结合本申请实施方式中的附图，对本申请的技术方案进行描述，显然，所描述的实施方式仅仅是本申请一部分实施方式，而不是全部的实施方式。

需要说明的是，当组件被称为“固定于”另一个组件，它可以直接在另一个组件上或者也可以存在居中的组件。当一个组件被认为是“连接”另一个组件，它可以是直接连接到另一个组件或者可能同时存在居中组件。当一个组件被认为是“设置于”另一个组件，它可以是直接设置在另一个组件上或者可能同时存在居中组件。本文所使用的术语“垂直的”、“水平的”、“左”、“右”以及类似的表述只是为了说明的目的。

此外，术语“第一”、“第二”、“第三”等仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。术语“垂直”用于描述两个部件之间的理想状态。实际生产或使用的状态中，两个部件之间可以存在近似于垂直的状态。举例来说，结合数值描述，垂直可以指代两直线之间夹角范围在 $90^{\circ} \pm 10^{\circ}$ 之间，垂直也可以指代两平面的二面角范围在 $90^{\circ} \pm 10^{\circ}$ 之间，垂直还可以指代直线与平面之间的夹角范围在 $90^{\circ} \pm 10^{\circ}$ 之间。被描述“垂直”的两个部件可以不是绝对的直线、平面，也可以大致呈直线或平面，从宏观来看整体延伸方向为直线或平面即可认为部件为“直线”或“平面”。

除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本申请的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施方式的目的，不是旨在于限制本申请。本文所使用的术语“或/及”包括一个或多个相关的所列项目的任意的和所有的组合。

目前在建造拱形隧道时，拱形的拱顶通过多个小面积的弧形模板相拼接呈拱形面后再浇筑形成，但在浇筑时，由于液态混凝土的压力较大，会导致多个相拼接的弧形模板变形甚至开裂，致使最后浇筑出的拱顶的弧度较差，拱顶的弧形扭曲且表面粗糙，最终导致拱顶的成型效果差。

有鉴于此，有必要提供一种能够提升隧道拱顶的成型效果的拱形隧道结构及拱形隧道施工方法，能够使拱顶浇筑后的表面更光滑且弧形更优美。拱形隧道结构包括多个支撑杆、多个顶托、多个拱形梁、多个下楞及多个弧形下模板。顶托位于支撑杆的端部并受支撑杆支撑。多个拱形梁沿隧道纵向相间隔地排列，每个拱形梁受多个顶托支撑。每个下楞沿隧道纵向延伸，多个下楞沿拱形梁的长度轨迹相间隔地排列，每个下楞至少受相邻两个拱形梁支撑。多个弧形下模板受下楞支撑，多个弧形下模板相拼接成拱形的下浇筑面，下浇筑面位于弧形下模板背向下楞的一侧。浇筑时下浇筑面的受力分散至多个下楞的长度轨迹线，再分散至多个拱形梁的长度轨迹线，再分散至每个顶托，下楞的长度轨迹线与拱形梁的长度轨迹线相垂直，使下浇筑面浇筑时维持拱形。

上述拱形隧道结构在浇筑时，混凝土受下浇筑面支撑，下浇筑面的受力为面受力，下浇筑面的受力能够分散至多个下楞的长度轨迹线，将面受力变为纵向线受力，多个下楞的受力会再分散至多个拱形梁的长度轨迹线，将纵向线受力变为横向线受力，多个拱形梁的受力会再分散至每个顶托，将横向

线受力变为点受力，从而通过三级分散受力使受力更加分散，避免应力过于集中，避免弧形下模板变形或开裂，进而使下浇筑面浇筑时始终更好地维持拱形，使拱顶浇筑后的表面更光滑且弧形更优美。

下面结合附图，对本申请的一些实施方式作详细说明。在不冲突的情况下，下述的实施方式及实施方式中的特征可以相互组合。

请参阅图 1、图 5、图 7 及图 8，本申请一实施例中提供一种拱形隧道结构 100 及拱形隧道施工方法 200，拱形隧道施工方法 200 用于搭建拱形隧道结构 100，拱形隧道结构 100 用于浇筑成型拱形隧道的拱顶。拱形隧道结构 100 包括多个支撑杆 10、多个顶托 20、多个拱形梁 30、多个下楞 40 及多个弧形下模板 50。多个支撑杆 10 相交错地搭建于隧道的基坑内以形成一个支撑架构。部分支撑杆 10 的端部安装有顶托 20，顶托 20 用于接触拱形梁 30，以实现支撑杆 10 对拱形梁 30 的支撑。多个拱形梁 30 沿隧道纵向相间隔地排列，且每个拱形梁 30 的长度沿隧道横截面延伸设置，每个拱形梁 30 受多个顶托 20 支撑。每个下楞 40 沿隧道纵向延伸，下楞 40 的长度轨迹线与拱形梁 30 的长度轨迹线相垂直，多个下楞 40 沿拱形梁 30 的长度轨迹线相间隔地排列，下楞 40 位于拱形梁 30 上方，且每个下楞 40 至少受相邻两个拱形梁 30 支撑。多个弧形下模板 50 位于下楞 40 上方并受下楞 40 支撑，多个弧形下模板 50 能够相拼接成一个拱形的下浇筑面，下浇筑面位于弧形下模板 50 背向下楞 40 的一侧，即朝上设置。

浇筑时，混凝土受下浇筑面支撑，下浇筑面的受力为面受力，下浇筑面的受力能够分散至多个下楞 40 的长度轨迹线，将面受力变为纵向线受力，多个下楞 40 的受力会再分散至多个拱形梁 30 的长度轨迹线，将纵向线受力变为横向线受力，多个拱形梁 30 的受力会再分散至每个顶托 20，将横向线受力变为点受力，从而通过三级分散受力使受力更加分散，避免应力过于集中，避免弧形下模板 50 变形或开裂，进而使下浇筑面浇筑时始终更好地维持拱形，使拱顶浇筑后的表面更光滑且弧形更优美。

为了更好地维持隧道顶部的拱形，多个拱形梁 30 以第一距离为间隔排列，多个下楞 40 以第二距离为间隔排列，第二距离小于第一距离，使得每个拱形梁 30 上分布有更多的下楞 40，从而使下楞 40 将受力更均匀地分散至拱形梁 30 上，使拱形梁 30 得受力分布更均匀。另外在浇筑时，在混凝土的压力下相邻两个下楞 40 之间的弧形下模板 50 的弧形可能会被压平，所以根据微积分原理，即使弧形下模板 50 的弧形被压平，只有每相邻两个下楞 40 之间的距离越近，下浇筑面的拱形就越优美。根据大量的现场作业经验而言，第二距离等于第一距离五分之一，在节约建材及人力的基础上，使得浇筑后的拱形最为优美。作为示范性举例，多个拱形梁 30 以 75 厘米相隔设置，多个下楞 40 以 15 厘米相隔设置。

请参阅图 5 及图 7，在一些实施例中，拱形隧道结构 100 还包括多个弧形上模板 60 及多个上楞 70，多个弧形上模板 60 能相拼接成拱形的上浇筑

面，上浇筑面位于下浇筑面的上方，下浇筑面与上浇筑面之间的空间用于浇筑混凝土。每个上楞 70 沿隧道纵向延伸，多个上楞 70 沿上浇筑面的宽度轨迹相间隔地排列，上楞 70 位于弧形上模板 60 背向弧形下模板 50 的一侧，即上楞 70 位于弧形上模板 60 的上方，弧形上模板 60 固定于上楞 70，上楞 70 通过背面捆扎钢筋 71 来实现位置的固定。浇筑时，上浇筑面能够将面受力传递至上楞 70，使面受力变为线受力，从而分散受力，并且由于上浇筑面相较于下浇筑面的受力较小，故上楞 70 通过钢筋 71 捆扎后即可承受分散的受力，无需再次分散受力，避免多余的耗材及人力。

在一些实施例中，下楞 40 及上楞 70 为截面呈矩形的松木，弧形下模板 50 钉于下楞 40 上，多个弧形下模板 50 与多个下楞 40 形成一体，从而使下楞 40 可以搭在拱形梁 30 上，无需固定弧形下模板 50 与拱形梁 30，提升施工效率。同理，弧形上模板 60 钉于上楞 70，多个弧形上模板 60 与多个上楞 70 形成一体，上楞 70 通过背面捆扎钢筋 71 来实现位置的固定，从而固定弧形上模板 60，也能够提升施工效率。

在一些实施例中，拱形隧道结构 100 还包括多个对拉螺杆 80，每个对拉螺杆 80 穿过拱形梁 30、弧形上模板 60 及弧形下模板 50，并用于限制弧形上模板 60 及弧形下模板 50 之间的距离，避免浇筑时弧形上模板 60 及弧形下模板 50 膨胀开裂。其中，由于对拉螺杆 80 需要接触拱形梁 30 底部的弧面，拱形隧道结构 100 还包括弧形板 82 及两个圆管 81，对拉螺杆 80 的底端通过弧形板 82 及两个圆管 81（即双拼钢管）压紧弧面，圆管 81 沿隧道纵向延伸，弧形板 82 压紧两个圆管 81 的侧壁至拱形梁 30 底部，两个圆管 81 的侧壁与拱形梁 30 底部的弧面线接触，从而起到对拉的作用，同理，对拉螺杆 80 的顶部也需要接触弧形的钢筋 71 的顶面，所以，通过弧形板 82 压紧两个圆管 81 的侧壁至钢筋 71 的顶面，两个圆管 81 的侧壁与钢筋 71 的弧形顶面线接触，从而实现紧固的对拉。

在一些实施例中，拱形隧道结构 100 位于上浇筑面最顶部的弧形上模板 60 设有浇筑孔 61，浇筑孔 61 沿隧道纵向延伸，浇筑孔 61 连通弧形上模板 60 及弧形下模板 50 之间的空间，以实现浇筑混凝土。

在一些实施例中，顶托 20 的顶部并列放置有至少两个管体 21，每个管体 21 沿隧道纵向延伸。若顶托 20 恰好沿拱形梁 30 底部的弧面径向顶住拱形梁 30，则顶托 20 只需要通过管体 21 接触并支撑拱形梁 30 的下表面，例如竖直的顶托 20 通过管体 21 支撑拱形梁 30 的最顶部，或倾斜的顶托 20 通过管体 21 支撑拱形梁 30 的非最顶部。若顶托 20 无法直接通过管体 21 充分接触拱形梁 30 的下表面，例如竖直的顶托 20 支撑拱形梁 30 的非最顶部时，管体 21 的顶部放置有楔形块 22，顶托 20 通过楔形块 22 的斜面接触并支撑拱形梁 30 的下表面，楔形块 22 具有多种，每种楔形块 22 的斜面的倾斜度不同，每个顶托 20 根据自身位置选择所需的楔形块 22，使得楔形块 22 的斜面能够更充分地接触拱形梁 30 的下表面，从而稳定地支撑拱形梁 30。在其

他实施例中，楔形块 22 具有弧面，而非斜面，楔形块 22 的弧面用于充分接触拱形梁 30 的下表面，从而使楔形块 22 更充分地分散受力，进一步提升拱形梁 30 的稳定性。

作为示范性举例，当顶托 20 直接通过管体 21 接触拱形梁 30 时，管体 21 的截面为圆形，与拱形梁 30 形成线接触，使管体 21 稳定接触拱形梁 30。当顶托 20 通过楔形块 22 接触拱形梁 30 时，管体 21 的截面为方形，以充分接触楔形块 22 的平底面，提升楔形块 22 的稳定性。

在一些实施例中，部分的多个支撑杆 10 竖直设置，顶托 20 设于部分的竖直设置的支撑杆 10 的顶端。部分的多个支撑杆 10 沿隧道横向水平设置，顶托 20 设于部分的水平设置的支撑杆 10 的相对两端，两端的顶托 20 均用于支撑拱形梁 30。部分的多个支撑杆 10 沿隧道横向交叉设置，形成横向剪刀撑，顶托 20 设于部分的交叉设置的支撑杆 10 的顶端。

在一些实施例中，弧形下模板 50 采用定制的曲面 1.5cm 厚度的木模板，拱形梁 30 采用 I14 钢工字梁，下楞 40 采用 5cm*10cm 方木，且多个下楞 40 之间以间距 15cm 设置。同样地，弧形上模板 60 也采用定制的曲面 1.5cm 厚度的木模板，上楞 70 也采用 5cm*10cm 方木，且多个上楞 70 之间也以间距 15cm 设置。钢筋 71 采用双拼 $\phi 32$ 钢筋将上楞 70 捆紧，钢筋 71 沿隧道横向设置且以间距为 75cm 设置。

在一些实施例中，拱形隧道结构 100 还包括两个侧墙 240 及多个三角架托 90，两个侧墙 240 沿隧道纵向延伸，拱形梁 30 位于两个侧墙 240 之间的上方，每个侧墙 240 的相向侧设有多个三角架托 90，三角架托 90 用于辅助支撑多个支撑杆 10，以提升支撑杆 10 的强度及稳定性。

请参阅图 8 及图 9，在一些实施例中，多个拱形梁 30 上的每个下楞 40 始终沿隧道纵向延伸，即每个下楞 40 跨过所有的拱形梁 30，以便于施工设计。在另一些实施例中，每个下楞 40 并非始终沿隧道纵向延伸，部分的拱形梁 30 的相对两侧的下楞 40 交错设置，以便由于下楞 40 长度不足而无法继续延伸时，另一侧的下楞 40 能有足够的面积接触拱形梁 30，避免两侧的下楞 40 的端部拥挤在拱形梁 30 的同一处，从而提升稳定性。

请参阅图 1 至图 6，在一些实施例中，拱形隧道施工方法 200 包括：

S1：在隧道基坑内浇筑混凝土垫层，在混凝土垫层上铺设防水卷材，在防水卷材上浇筑防水层，以形成作业平面 210，如图 2 所示；

S2：在作业平面 210 上浇筑底板 220 及底板 220 两侧的矮边墙 230，如图 3 所示；

S3：在两个矮边墙 230 顶部分别浇筑侧墙 240，如图 4 所示；

S4：搭建多个支撑杆 10，如图 5 所示；

S5：在多个支撑杆 10 的端部安装顶托 20，如图 5 所示；

S6：将多个拱形梁 30 支撑在多个顶托 20 上，如图 5 及图 7 所示；

S7：拼接多个弧形下模板 50 形成下浇筑面，拼接时多个弧形下模板 50

与下楞 40 固定，使下楞 40 与弧形下模板 50 成为一体，同时一体的下楞 40 与弧形下模板 50 支撑在拱形梁 30 上，如图 5 及图 7 所示；

S8：在下浇筑面上方拼接多个弧形上模板 60 形成上浇筑面，如图 5 及图 7 所示；

S9：在下浇筑面与上浇筑面之间浇筑混凝土以形成拱顶 250，且拱顶的两侧分别与两个侧墙 240 连接，如图 5 所示；

S10：在底板 220、侧墙 240 及拱顶 250 的外表面铺设保护层 260，并在保护层 260 的外侧进行碎石回填，如图 6 所示。

在一些实施例中，混凝土垫层为 5CM 厚的细石混凝土垫层，防水层为 5cm 厚的细石防水保护层，使作业平面 210 将工程基础与建筑物之间无渗漏连接，是整个工程防水的第一道屏障，起到抵御外界雨水、地下水渗漏的作用。

在一些实施例中，作业平面 210 完成后绑扎底板钢筋，再安装矮边墙模板，再设置止水钢板，最后浇筑形成底板 220 及矮边墙 230。矮边墙 230 高度宜设置为距离底板 220 的高度范围在 200-300mm 内，混凝土采用 C35P10 抗渗砼。

在一些实施例中，待矮边墙混凝土强度达到要求后，进行凿毛处理，再绑扎侧墙钢筋，并且绑扎侧墙钢筋之前在矮边墙 230 两侧搭设临时作业平台 270，以便施工人员搭建模板。侧墙模板通过主楞加固，主楞采用竖向 50*50*3mm 方钢管，间距 150mm；并设置两道横向双拼 48mm*3mm 校直钢管；采用 M14 对拉螺杆，间距 450*450mm 进行对拉；支架采用步距 600*600*900 钢管架搭设，加固完成后浇筑侧墙混凝土，形成侧墙 240。

在一些实施例中，侧墙 240 浇筑完毕后，拆除侧墙模板，再搭设拱顶支撑体系，支撑杆 10 采用 600*600*900 钢管，所有立杆搭设时辅以水平剪刀撑、纵向剪刀撑和横向剪刀撑，以进一步保证架体稳定性。

在一些实施例中，浇筑拱顶混凝土时，进行分层对称浇筑，每层灌注高度不超过 40cm，同时使用插入式振捣器，均匀振捣，提升浇筑质量。

在一些实施例中，保护层 260 为 0.5mm 厚自粘防水卷材以及砖胎膜，起到保护作用。

在一些实施例中，为了对隧道进行试验，通常在实验室内浇筑实验用的隧道混凝土结构，使用本申请的搭建拱形隧道结构 100 及拱形隧道施工方法 200 成型的隧道，用于室内的试验使用，其隧道整体尺寸不及实际使用的隧道大，并且，本申请的搭建拱形隧道结构 100 及拱形隧道施工方法 200 适用于明挖法搭建的隧道结构。

另外，本技术领域的普通技术人员应当认识到，以上的实施方式仅是用来说明本申请，而并非用作为对本申请的限定，只要在本申请的实质精神范围之内，对以上实施例所作的适当改变和变化都落在本申请的公开范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种拱形隧道结构，其特征在于，包括：

多个支撑杆；

多个顶托，所述顶托位于所述支撑杆的端部并受所述支撑杆支撑；

多个拱形梁，多个拱形梁沿隧道纵向相间隔地排列，每个所述拱形梁受多个所述顶托支撑；

多个下楞，每个所述下楞沿隧道纵向延伸，多个所述下楞沿所述拱形梁的长度轨迹相间隔地排列，每个所述下楞至少受相邻两个所述拱形梁支撑；

多个弧形下模板，受所述下楞支撑，多个弧形下模板相拼接成拱形的下浇筑面，所述下浇筑面位于所述弧形下模板背向所述下楞的一侧；

浇筑时所述下浇筑面的受力分散至多个所述下楞的长度轨迹线，再分散至多个所述拱形梁的长度轨迹线，再分散至每个所述顶托，所述下楞的长度轨迹线与所述拱形梁的长度轨迹线相垂直，使所述下浇筑面浇筑时维持拱形。

2. 如权利要求 1 所述的拱形隧道结构，其特征在于，还包括多个弧形上模板及多个上楞，多个弧形上模板能相拼接成拱形的上浇筑面，所述上浇筑面位于所述下浇筑面的上方，所述下浇筑面与所述上浇筑面之间的空间用于浇筑混凝土，每个所述上楞沿隧道纵向延伸，多个所述上楞沿所述上浇筑面的宽度轨迹相间隔地排列，所述上楞位于所述弧形上模板背向所述弧形下模板的一侧，所述弧形上模板固定于所述上楞。

3. 如权利要求 2 所述的拱形隧道结构，其特征在于，还包括多个对拉螺杆，每个所述对拉螺杆穿过所述弧形上模板及所述弧形下模板，并限制所述弧形上模板及所述弧形下模板之间的距离。

4. 如权利要求 2 所述的拱形隧道结构，其特征在于，位于所述上浇筑面最顶部的所述弧形上模板设有浇筑孔，所述浇筑孔连通所述弧形上模板及所述弧形下模板之间的空间，以浇筑混凝土。

5. 如权利要求 1 所述的拱形隧道结构，其特征在于，所述顶托的顶部并列放置有至少两个管体，每个所述管体沿隧道纵向延伸，所述顶托通过所述管体接触并支撑所述拱形梁的下表面的最顶部，所述管体的顶部放置有楔形块，所述顶托通过所述楔形块的斜面接触并支撑所述拱形梁的下表面的非最顶部。

6. 如权利要求 1 所述的拱形隧道结构，其特征在于，部分的多个所述支撑杆竖直设置，所述顶托设于部分的竖直设置的所述支撑杆的顶端，部分的多个所述支撑杆沿隧道横向水平设置，所述顶托设于部分的水平设置的所述支撑杆的相对两端，部分的多个所述支撑杆沿隧道横向交叉设置，所述顶托设于部分的交叉设置的所述支撑杆的顶端。

7. 如权利要求 1 所述的拱形隧道结构，其特征在于，多个所述拱形梁以第一距离为间隔排列，多个所述下楞以第二距离为间隔排列，所述第二距离小于所述第一距离。

8. 如权利要求 1 所述的拱形隧道结构，其特征在于，还包括两个侧墙体及多个三角架托，两个所述侧墙体沿隧道纵向延伸，所述拱形梁位于两个所述侧墙体之间的上方，每个所述侧墙体的相向侧设有多个所述三角架托，所述三角架托用于支撑多个所述支撑杆。
9. 如权利要求 1 所述的拱形隧道结构，其特征在于，所述下楞为截面呈矩形的松木，所述弧形下模板固定于所述下楞。
10. 一种拱形隧道施工方法，其特征在于，用于搭建如权利要求 1 至 9 中任一项所述的拱形隧道结构，所述拱形隧道施工方法包括：

浇筑混凝土垫层，在所述混凝土垫层上铺设防水卷材，在所述防水卷材上浇筑防水层，以形成作业平面；

在所述作业平面上浇筑底板及所述底板两侧的矮边墙；

在两个所述矮边墙顶部分别浇筑侧墙；

搭建多个所述支撑杆；

在多个所述支撑杆的端部安装所述顶托；

将多个所述拱形梁支撑在多个所述顶托上；

拼接多个所述弧形下模板形成所述下浇筑面，拼接时多个所述弧形下模板与所述下楞固定，使所述下楞与所述弧形下模板成为一体，同时一体的所述下楞与所述弧形下模板支撑在所述拱形梁上；

在所述下浇筑面上浇筑混凝土以形成拱顶，且所述拱顶的两侧分别与两个所述侧墙连接；

在所述底板、所述侧墙及所述拱顶的外表面铺设保护层，并在所述保护层的外侧进行碎石回填。

200

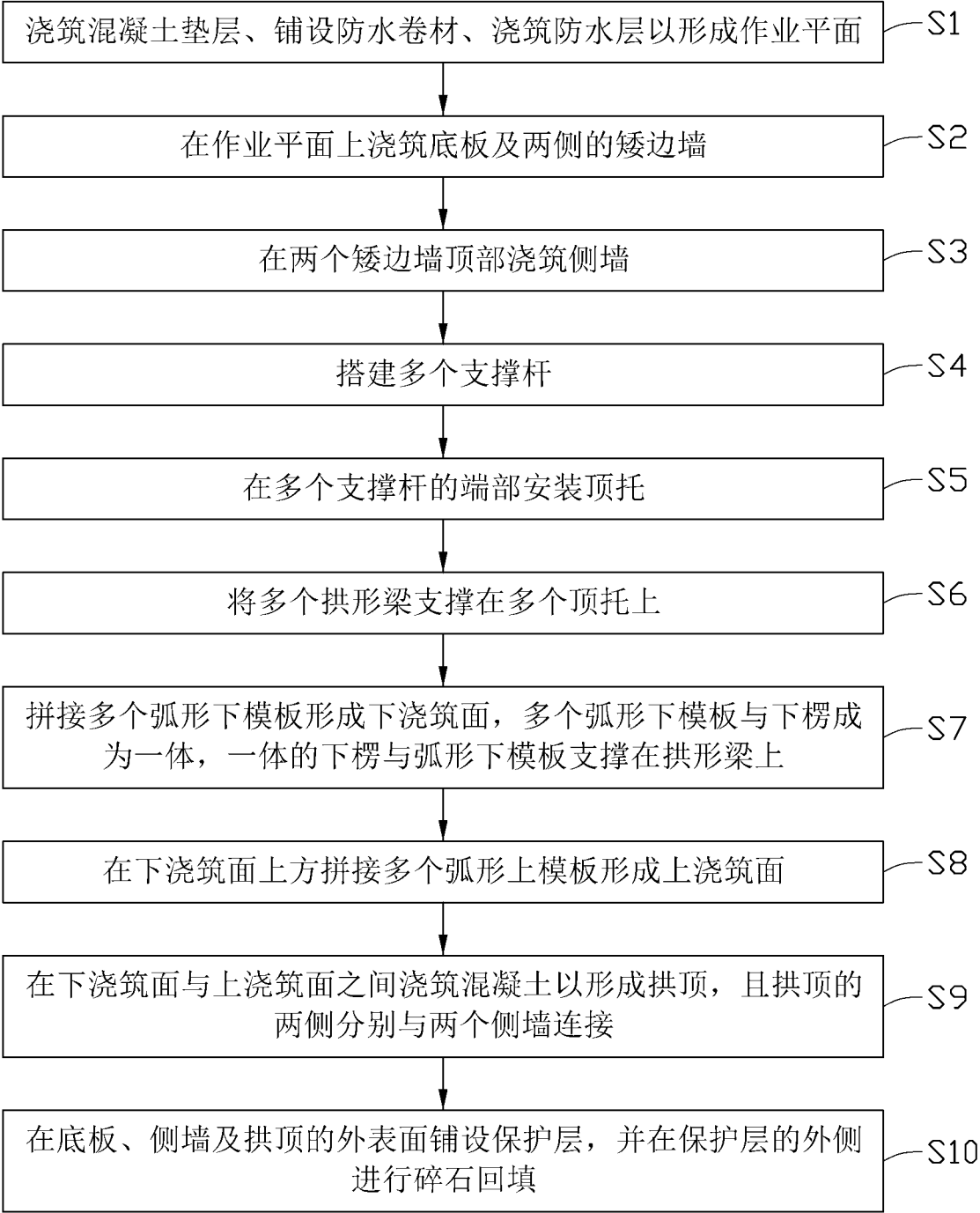


图 1

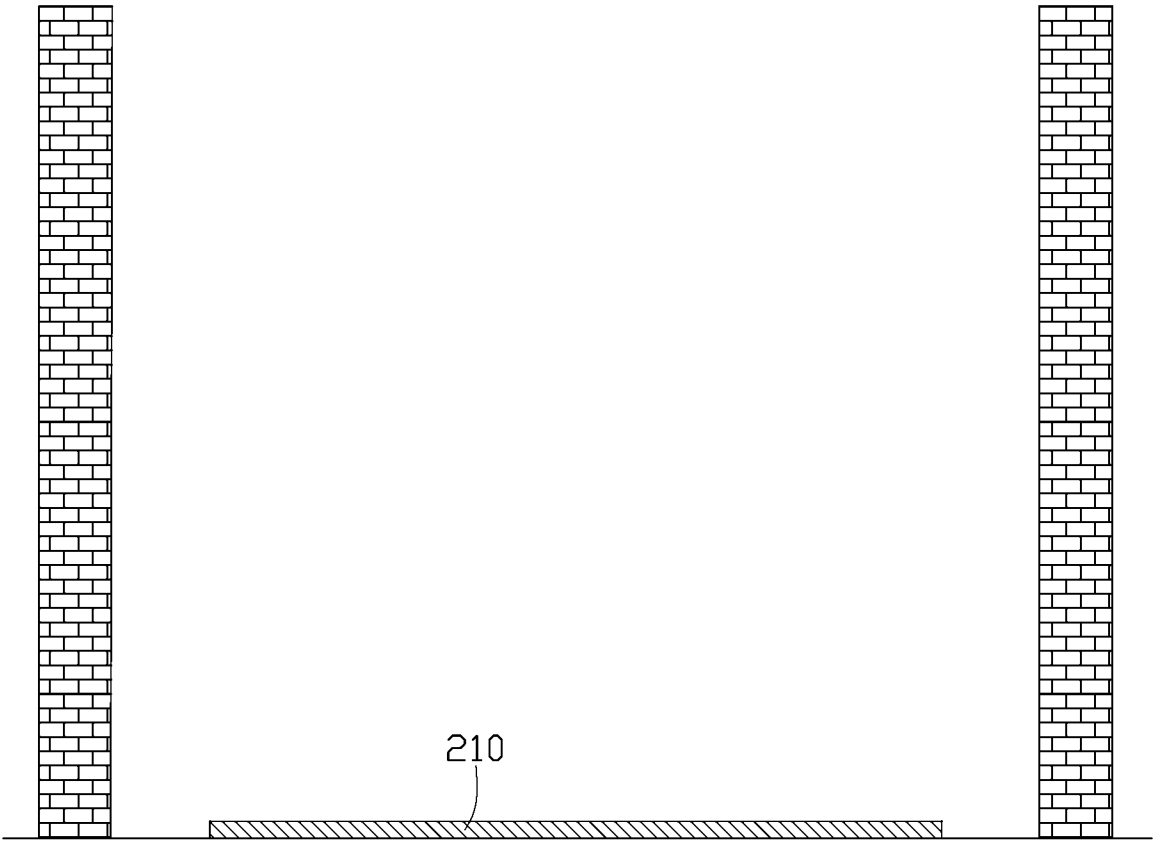


图 2

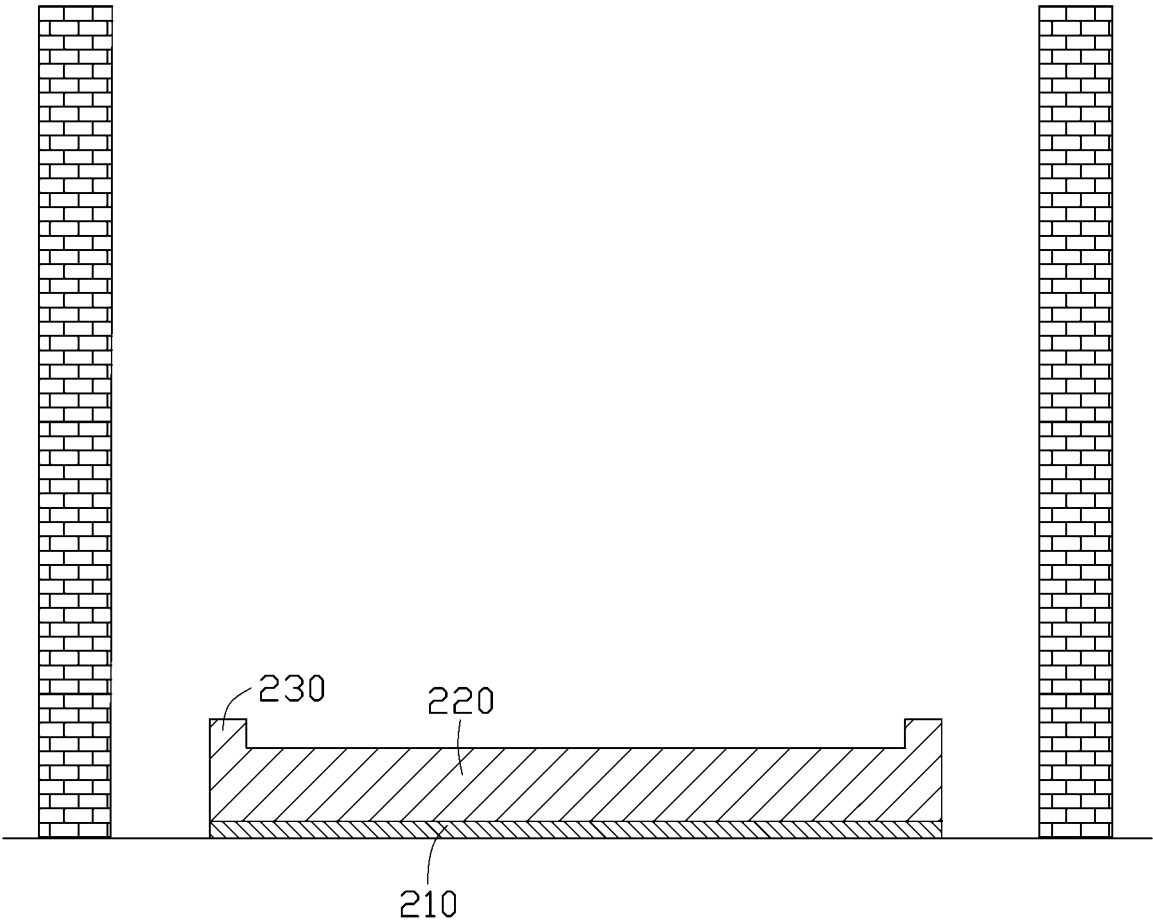


图 3

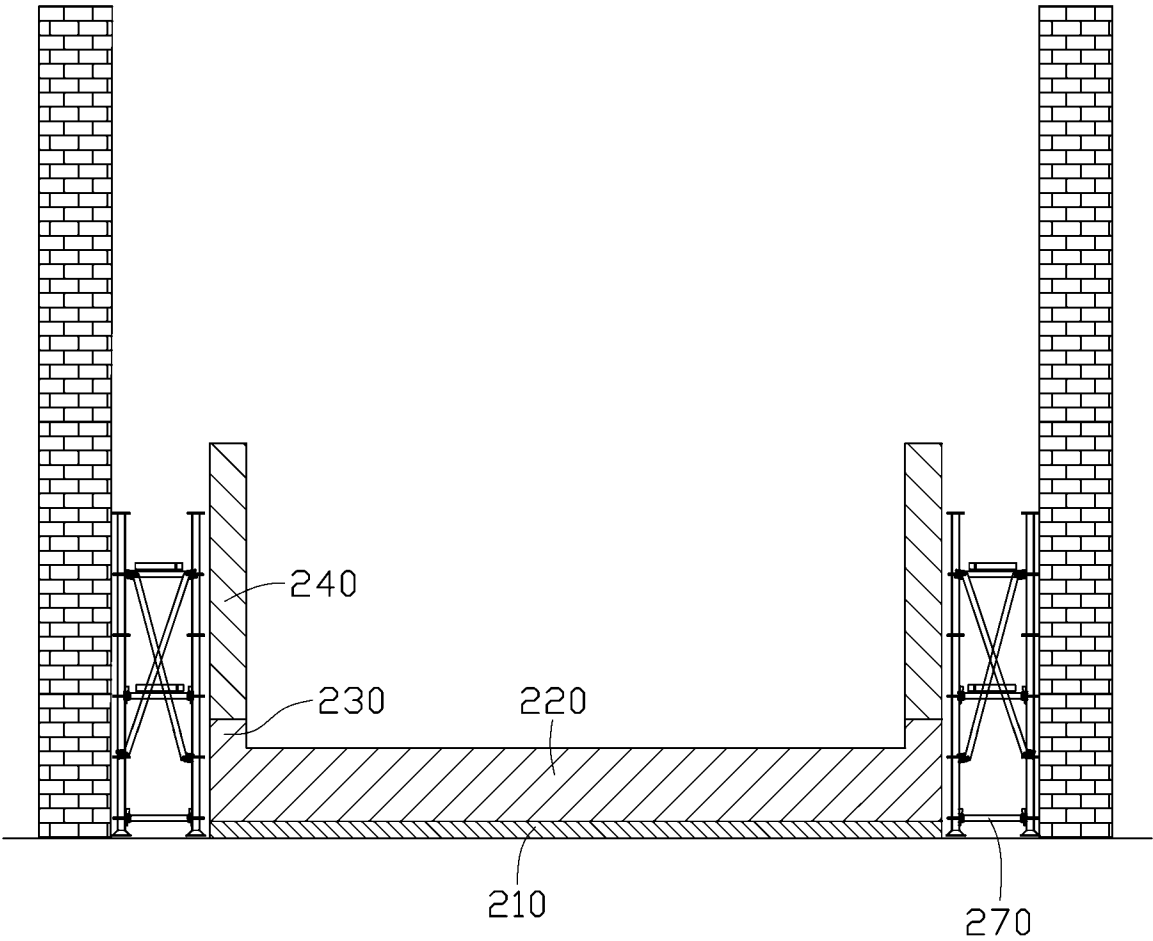


图 4

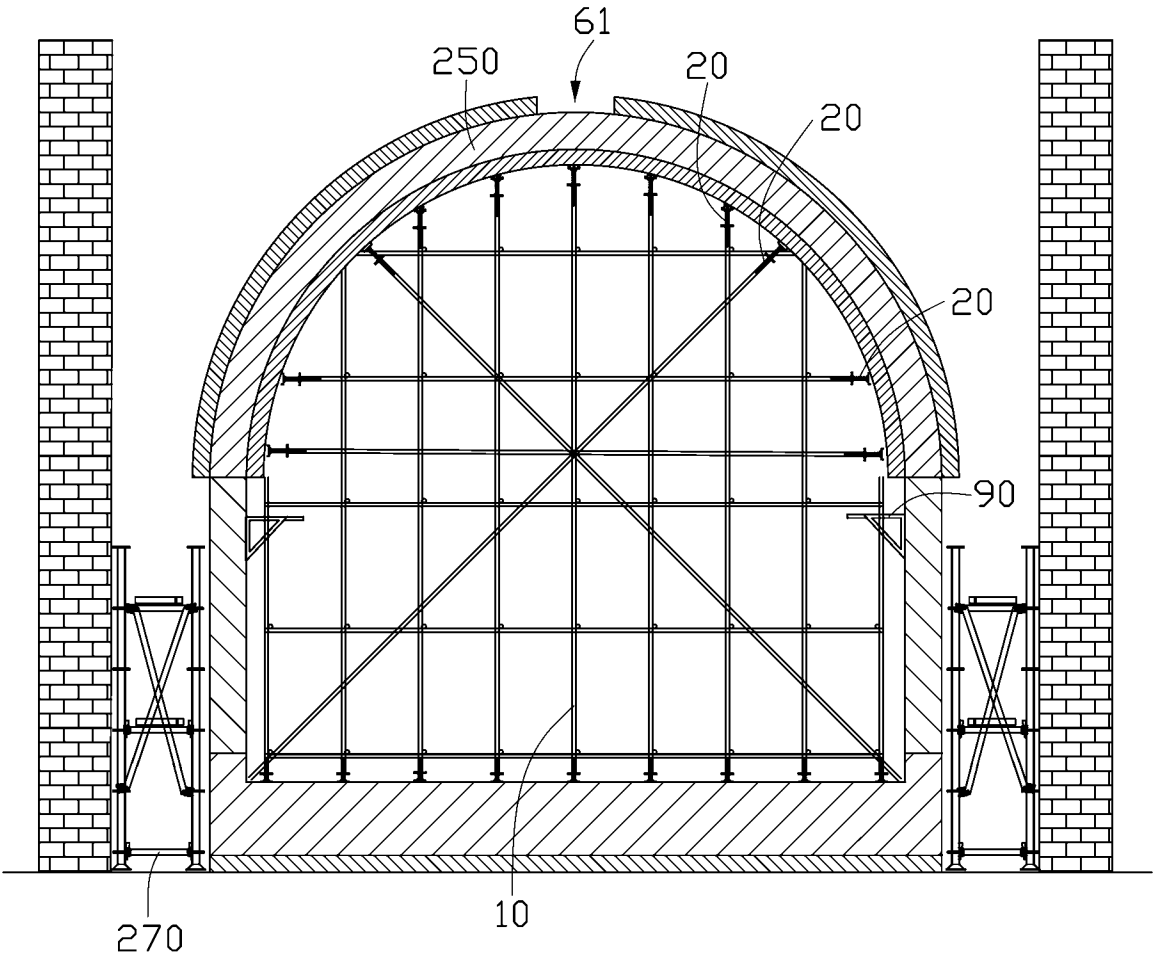


图 5

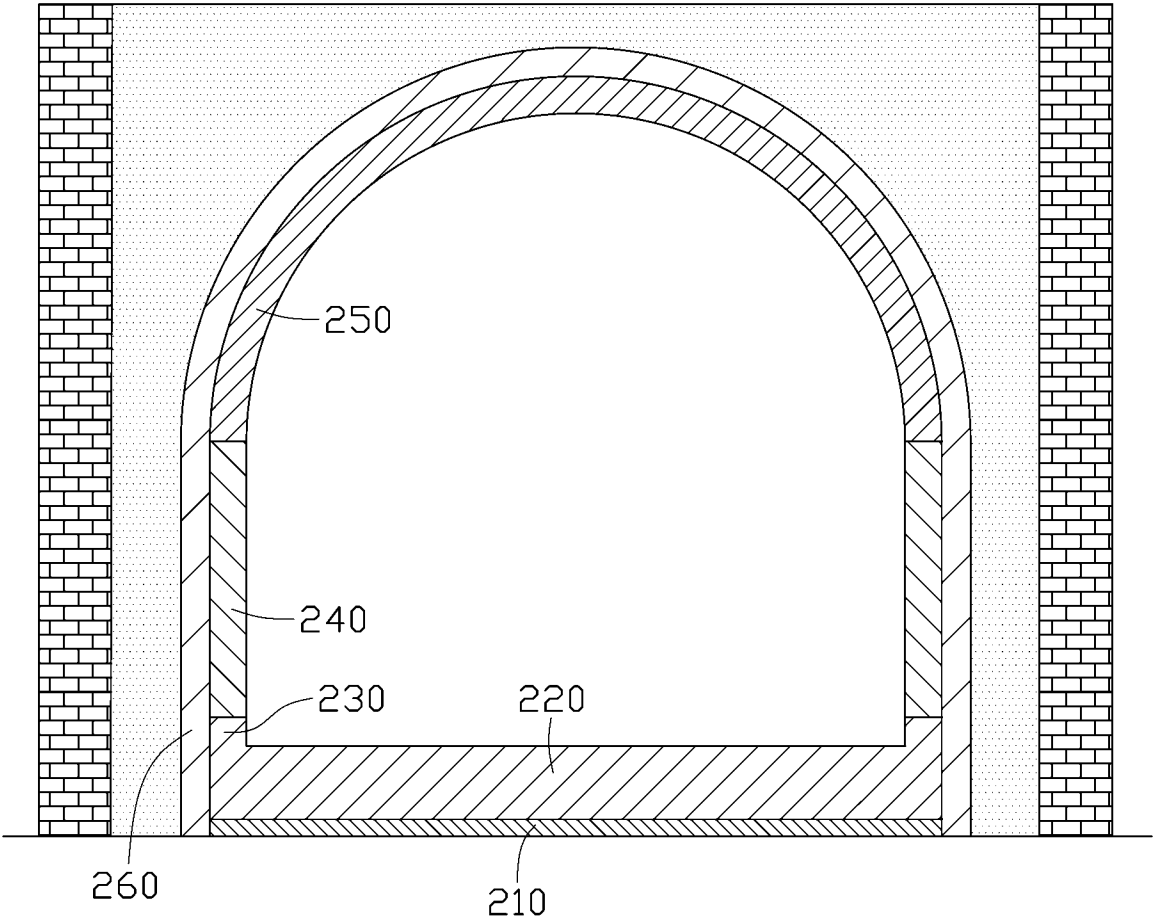


图 6

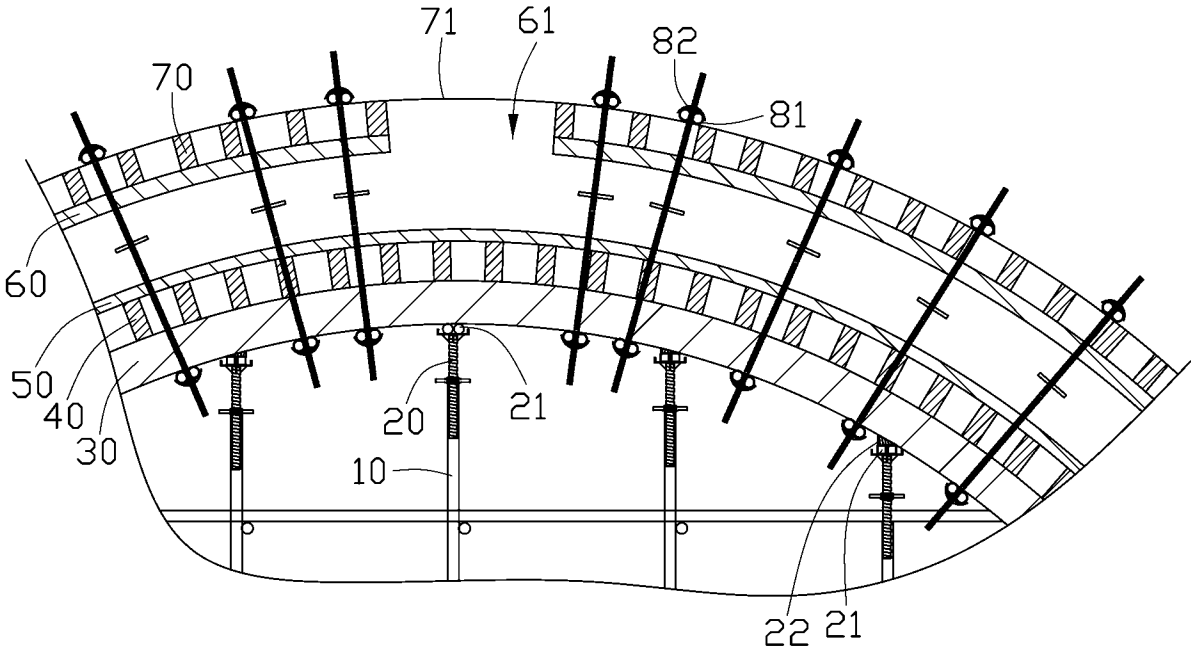


图 7

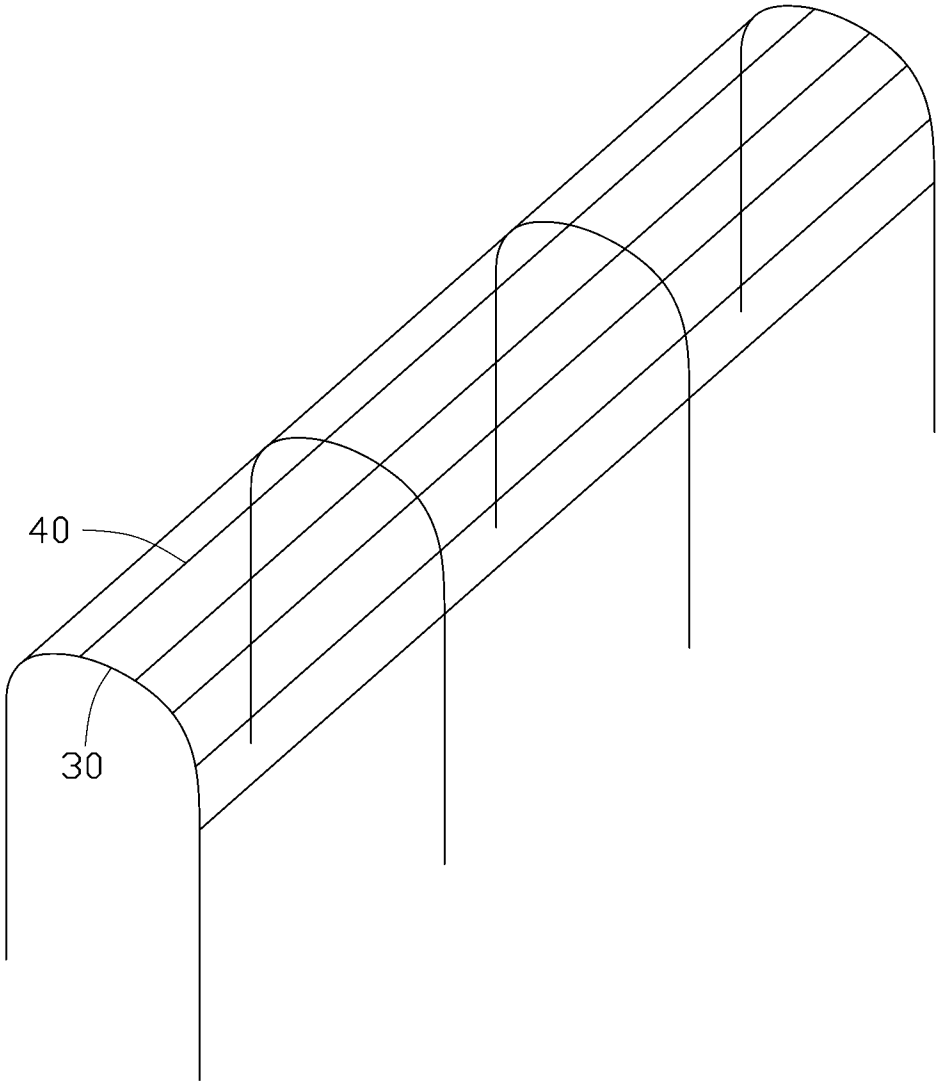


图 8

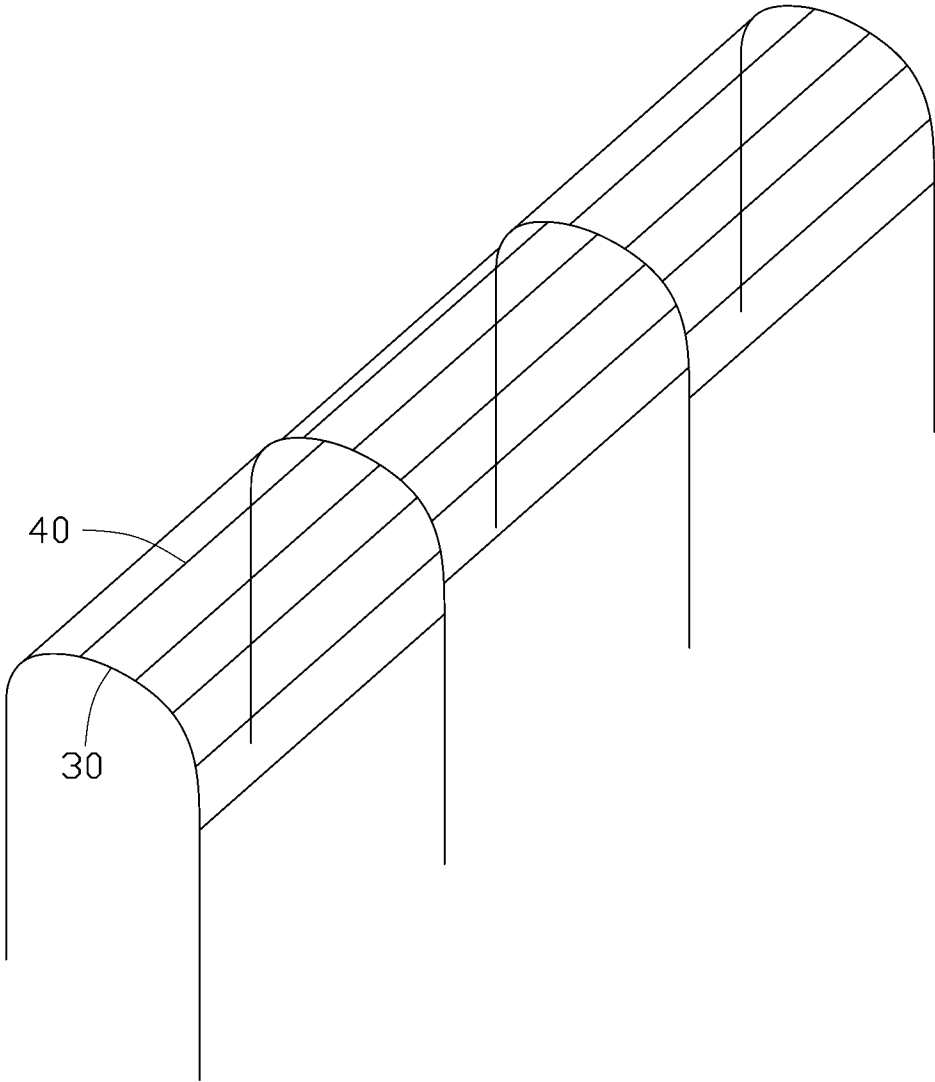


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/108503

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER E21D11/10(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: E21D 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) CNTXT, VEN, DWPI: 隧道, 拱形, 弧形, 支撑, 顶托, 模板, 浇筑, 受力, 分散, tunnel, arch, arcuation, curve, support, jacking, template, mould, pouring, carrying, capacity, force, dispersancy		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116971798 A (CHINA RAILWAY TUNNEL GROUP ERCHU CO., LTD.) 31 October 2023 (2023-10-31) claims 1-10	1-10
X	CN 115749250 A (SHANGHAI ERSHIYE CONSTRUCTION CO., LTD. et al.) 07 March 2023 (2023-03-07) description, specific embodiments, and figures 1-6	1-10
A	CN 211038666 U (CHINA RAILWAY NO.20 BUREAU GROUP CO., LTD., SIXTH ENGINEERING CO., LTD.) 17 July 2020 (2020-07-17) entire document	1-10
A	CN 108951865 A (BEIJING URBAN CONSTRUCTION GROUP CO., LTD.) 07 December 2018 (2018-12-07) entire document	1-10
A	JP H07139295 A (ISHIKAWAJIMA KENZAI KOGYO K. K.) 30 May 1995 (1995-05-30) entire document	1-10
A	JP H0571295 A (OKUMURA CORP. et al.) 23 March 1993 (1993-03-23) entire document	1-10
☐ 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 14 October 2024		Date of mailing of the international search report 25 October 2024
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/CN2024/108503

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	116971798	A	31 October 2023	None			
CN	115749250	A	07 March 2023	None			
CN	211038666	U	17 July 2020	None			
CN	108951865	A	07 December 2018	None			
JP	H07139295	A	30 May 1995	None			
JP	H0571295	A	23 March 1993	JPH	07103791	B2	08 November 1995

A. 主题的分类

E21D11/10(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: E21D

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))

CNTEXT, VEN, DWPI: 隧道, 拱形, 弧形, 支撑, 顶托, 模板, 浇筑, 受力, 分散, tunnel, arch, arcuation, curve, support, jacking, template, mould, pouring, carrying, capacity, force, dispersancy

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 116971798 A (中铁隧道集团二处有限公司) 2023年10月31日 (2023 - 10 - 31) 权利要求1-10	1-10
X	CN 115749250 A (上海二十冶建设有限公司 等) 2023年3月7日 (2023 - 03 - 07) 说明书具体实施方式, 图1-6	1-10
A	CN 211038666 U (中铁二十局集团第六工程有限公司) 2020年7月17日 (2020 - 07 - 17) 全文	1-10
A	CN 108951865 A (北京城建集团有限责任公司) 2018年12月7日 (2018 - 12 - 07) 全文	1-10
A	JP H07139295 A (ISHIKAWAJIMA KENZAI KOGYO KK) 1995年5月30日 (1995 - 05 - 30) 全文	1-10
A	JP H0571295 A (OKUMURA CORP 等) 1993年3月23日 (1993 - 03 - 23) 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

“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

2024年10月14日

国际检索报告邮寄日期

2024年10月25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

李全晓

电话号码 (+86) 010-62085426

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/108503

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	116971798	A	2023年10月31日	无	
CN	115749250	A	2023年3月7日	无	
CN	211038666	U	2020年7月17日	无	
CN	108951865	A	2018年12月7日	无	
JP	H07139295	A	1995年5月30日	无	
JP	H0571295	A	1993年3月23日	JPH 07103791 B2	1995年11月8日