

(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
2017年3月23日 (23.03.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/045425 A1

- (51) 国际专利分类号:
E21D 11/14 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/082935
- (22) 国际申请日: 2016年5月22日 (22.05.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510600685.8 2015年9月18日 (18.09.2015) CN
- (71) 申请人: 南京联众建设工程技术有限公司
(NANJING LIANZHONG CONSTRUCTION ENGINEERING TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省南京市溧水经济开发区柘塘工业集中区柘宁东路331号, Jiangsu 211215 (CN)。
- (72) 发明人: 战福军 (ZHAN, Fujun); 中国江苏省南京市溧水经济开发区柘塘工业集中区柘宁东路331号, Jiangsu 211215 (CN)。
- (74) 代理人: 南京苏高专利商标事务所 (普通合伙)
(NANJING SUGAO PATENT AND TRADEMARK FIRM(ORDINARY PARTNERSHIP)); 中国江苏省南京市白下区中山东路198号龙台国际大厦1912室, Jiangsu 210005 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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,

[见续页]

(54) Title: STEEL-CONCRETE COMPOSITE TUNNEL LINING SUPPORT STRUCTURE AND MANUFACTURING AND CONSTRUCTION METHOD THEREOF

(54) 发明名称: 钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构及其制作与施工方法

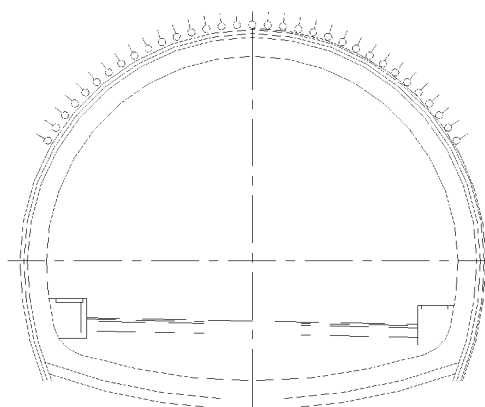


图 8

(57) Abstract: Disclosed is a steel-concrete composite tunnel lining support structure. The support structure is composed of a curved unit plate member (1) assembled along a tunnel wall circumferential direction and axial direction. The unit plate member (1) has a pair of curved edges (2) and a pair of straight edges (3). Projecting ribs (4) are provided at intervals at an inner wall of the unit plate member (1) in a direction of the straight edges (3). A curvature of the projecting rib (4) is consistent with the curved edges (2). The projecting rib (4) forms a cavity cylinder (5) with the unit plate member (1). A concrete pouring hole (6) is provided at a surface of the projecting rib (4), and a concrete overflow hole (7) is provided at the unit plate member (1) corresponding to the projecting rib (4). The curved edge (2) curved inwards to form an end surface flange (8), and a side edge flange (9) is provided on the straight edge (3). The support structure can immediately bear a pressure load of surrounding rock of a tunnel upper portion and periphery, rapidly and timely supporting a newly excavated hole and preventing the newly excavated hole from collapsing. The support structure usable can be used as a primary lining, and can also be combined with a secondary lining, and can be used to repair and reinforce damaged tunnels. Also disclosed is a method of manufacturing and constructing the tunnel lining support structure.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2017/045425 A1



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))。

一种钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构被公开, 该支护结构由带有弧度的单元板片(1)沿隧道洞壁周向和轴向拼装而成; 该单元板片(1)具有一对弧形边(2)和一对直边(3), 沿直边(3)方向在单元板片(1)的内壁间隔设置凸筋(4), 该凸筋(4)的弧度与弧形边(2)一致, 凸筋(4)与单元板片(1)之间形成空腔柱体(5), 该凸筋(4)表面开设混凝土浇注孔(6), 与凸筋(4)对应的单元板片(1)上开设混凝土溢出孔(7); 同时该弧形边(2)向内弯折形成端面法兰(8), 并在直边(3)上设侧边法兰(9)。该支护结构能立即承受隧道上部及周边围岩的压力载荷, 迅速及时支护新开挖的洞体, 防止新开挖洞体坍塌; 该支护结构可用于初次衬砌, 也可将初次衬砌与二次衬砌合二为一, 还能用于病害隧道的修复加固等。此外, 该隧道衬砌支护结构的制作与施工方法也被公开。

钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构及其制作与施工方法

技术领域

本发明涉及一种隧道衬砌支护结构，尤其涉及一种公路、铁路、输水或防空工程隧道内部衬砌的钢—混凝土复合结构及其制作与施工方法。

背景技术

隧道衬砌是为了防止隧道内围岩变形或坍塌，沿隧道洞身上部周向拱壁用钢拱架及钢—混凝土材料修筑的永久性支护结构。现有的隧道衬砌一般都设置初支护层及二次衬砌层。初支护层结构由工字钢、拱架、钢筋网、锚杆及喷射混凝土构成，用来承受隧道开挖后岩洞上方结构塑性变形产生的压力，防止围岩变形或塌落。隧道在设置初支护层后要进行二次衬砌，二次衬砌由防水布、混凝土等修筑成隧道最内层的衬砌，一是用来加固初支护层；二是与初支护层共同承受岩洞变形产生的压力；三是美化外观，线路优化，方便设置照明、通讯、排水等设施。上述结构及施工方法存在如下问题：①、一般来说，隧道的初支护层（即初次衬砌层）承受岩洞上部的大部分荷载，但初支护层的承载能力不仅取决于内部的钢拱架，还取决于混凝土的配合与支持，而混凝土浇筑时是不会立即起到承载作用的，需要凝固和硬化时间，在这段时间支护强度是得不到严格保证的，特别是在地壳复杂地带，继而会经常发生隧道工程坍塌事故。②、混凝土凝固后是纯刚性材料，不易变形、不抗震、易开裂，开裂后易渗水，并且很难修复，这是隧道运行后的通病。③、衬砌层太厚，一般都超过 0.5 米，在 V 类以上级别时，围岩要达到 0.7 米甚至更厚，这样就加大了断面开挖面积和工程开挖量，延长了工期。④、混凝土工程需要凝固和硬化的时间，影响工程进度。⑤、需要专用的大型初砌台车，设备投入大。⑥、钢筋绑扎是用人施工，用工量大，速度慢。

发明内容

发明目的：本发明的第一目的是提供一种能立即承载受压力、抗坍塌、抗开裂、承载能力强、可将初次衬砌与二次衬砌合二为一以及病害隧道修复加固的钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构；本发明的第二目的是提供该隧道衬砌支护结构的制作方法；本发明的第三目的是提供该隧道衬砌支护结构的施工方法。

技术方案：本发明的第一种隧道衬砌支护结构，由带有弧度的单元板片沿隧道洞壁周向和轴向拼装而成；所述单元板片具有一对弧形边和一对直边，沿直边方向在单元板

片的内壁间隔设置凸筋，该凸筋的弧度与弧形边一致，且凸筋与单元板片之间形成空腔柱体，所述凸筋表面开设混凝土浇注孔，与凸筋对应的单元板片上开设混凝土溢出孔；同时所述弧形边向内弯折形成端面法兰，并在直边上设侧边法兰。

本发明的第二种隧道衬砌支护结构，由带有弧度的单元板片沿隧道洞壁周向和轴向拼装而成；所述单元板片具有一对弧形边和一对直边，沿直边方向在单元板片的外壁间隔设置凸筋，该凸筋的弧度与弧形边一致，且凸筋与单元板片之间形成空腔柱体，所述凸筋表面开设混凝土溢出孔，与凸筋对应的单元板片上开设混凝土浇注孔；同时所述弧形边向内弯折形成端面法兰，并在直边上设侧边法兰。

本发明的第三种隧道衬砌支护结构，由带有弧度的单元板片沿隧道洞壁周向和轴向拼装而成；所述单元板片具有一对弧形边和一对直边，该单元板片向内侧延伸形成带有弧度的凸筋，该凸筋沿直边方向间隔分布，且其弧度与弧形边一致，所述单元板片与凸筋形成凹槽，并设有用于封堵该凹槽槽口的封堵钢带，该封堵钢带与凸筋之间形成空腔柱体，同时在凸筋表面开设混凝土浇注孔，在封堵钢带上开设混凝土溢出孔；将所述弧形边向内弯折形成端面法兰，并在直边上设侧边法兰。

本发明的第四种隧道衬砌支护结构，由带有弧度的单元板片沿隧道洞壁周向和轴向拼装而成；所述单元板片具有一对弧形边和一对直边，该单元板片向外侧延伸形成带有弧度的凸筋，该凸筋沿直边方向间隔分布，且其弧度与弧形边一致，所述单元板片与凸筋形成凹槽，并设有用于封堵该凹槽槽口的封堵钢带，该封堵钢带与凸筋之间形成空腔柱体，同时在封堵钢带上开设混凝土浇注孔，在凸筋表面开设混凝土溢出孔；将所述弧形边向内弯折形成端面法兰，并在直边上设侧边法兰。

在寒冷地区，为了防止低温对结构的破坏，可以在隧道衬砌支护结构表面向隧道内侧依次增设保温层和金属内衬层。

本发明的第一种隧道衬砌支护结构的制作方法，包括如下步骤：

- (1) 预备主钢板和辅助钢板；
- (2) 所述主钢板具有第一对边和第二对边，将其第一对边向上弯折，在弯折部分开设法兰连接孔得到端部法兰，沿第二对边在主钢板上间隔开设与第一对边相平行的混凝土溢出孔；
- (3) 将所述辅助钢板弯曲成截面为半闭合状的凸筋，其长度接近第一对边，并在该凸筋表面开设混凝土浇注孔；

(4) 沿第二对边将所述凸筋间隔扣合在主钢板内侧的混凝土溢出孔上，凸筋与主钢板之间形成空腔柱体，得到复合型钢板；

(5) 将复合型钢板弯曲成带有弧度的、内壁具有凸筋的板片结构；

(6) 在所述板片结构的第二对边设侧边法兰，得到单元板片；

(7) 将所述单元板片沿隧道洞壁周向和轴向拼装形成隧道衬砌支护结构。

本发明的第二种隧道衬砌支护结构的制作方法，包括如下步骤：

(1) 预备主钢板和辅助钢板；

(2) 所述主钢板具有第一对边和第二对边，将其第一对边向上弯折，在弯折部分开设法兰连接孔得到端部法兰，沿第二对边在主钢板上间隔开设与第一对边相平行的混凝土浇注孔；

(3) 将所述辅助钢板弯曲成截面为半闭合状的凸筋，其长度接近第一对边，并在该凸筋表面开设混凝土溢出孔；

(4) 沿第二对边将所述凸筋间隔扣合在主钢板外侧的混凝土浇注孔上，凸筋与主钢板之间形成空腔柱体，得到复合型钢板；

(5) 将复合型钢板弯曲成带有弧度的、外壁具有凸筋的板片结构；

(6) 在所述板片结构的第二对边设侧壁法兰，得到单元板片；

(7) 将所述单元板片沿隧道洞壁周向和轴向拼装形成隧道衬砌支护结构。

本发明的第三种隧道衬砌支护结构的制作方法，包括如下步骤：

(1) 预备主钢板和封堵钢带；

(2) 所述主钢板具有第一对边和第二对边，将其第一对边向上弯折，在弯折部分开设法兰连接孔得到端部法兰，沿第二对边将主钢板向上弯折形成间隔排列的凸筋，该凸筋与主钢板形成凹槽，并在凸筋表面开设混凝土浇注孔；

(3) 所述封堵钢带上开设混凝土溢出孔，将封堵钢带贴合于所述凹槽的槽口处，凸筋与封堵钢带之间形成空腔柱体，得到复合型钢板；

(4) 将复合型钢板弯曲成带有弧度的、内壁具有凸筋的板片结构；

(5) 在所述板片结构的第二对边设侧壁法兰，得到单元板片；

(6) 将所述单元板片沿隧道洞壁周向和轴向拼装形成隧道衬砌支护结构。

本发明的第四种隧道衬砌支护结构的制作方法，包括如下步骤：

(1) 预备主钢板和封堵钢带；

(2) 所述主钢板具有第一对边和第二对边，将其第一对边向上弯折，在弯折部分开设法兰连接孔得到端部法兰，沿第二对边将主钢板向下弯折形成间隔排列的凸筋，该凸筋与主钢板形成凹槽，并在凸筋表面开设混凝土溢出孔；

(3) 所述封堵钢带上开设混凝土浇注孔，将封堵钢带贴合于所述凹槽的槽口处，凸筋与封堵钢带之间形成空腔柱体，得到复合型钢板；

(4) 将复合型钢板弯曲成带有弧度的、外壁具有凸筋的板片结构；

(5) 在所述板片结构的第二对边设侧壁法兰，得到单元板片；

(6) 将所述单元板片沿隧道洞壁周向和轴向拼装形成隧道衬砌支护结构。

本发明隧道衬砌支护结构的施工方法，包括沿隧道洞壁周向和轴向拼装单元板片；其中，周向拼装时相邻的单元板片通过侧边法兰连接，轴向拼装时相邻的单元板片通过端部法兰连接；按照自下而上的顺序从混凝土浇注孔内灌注混凝土，直至混凝土充满空腔柱体，并从混凝土溢出孔流出，充满隧道洞壁土层与单元板片的间隙，即可完成施工。

有益效果：与现有技术相比，本发明的优点为：(1) 该支护结构能立即承受隧道上部及周边围岩的压力载荷，迅速及时支护新开挖的洞体，防止新开挖洞体坍塌；(2) 该支护结构可用于初次衬砌，也可将初次衬砌与二次衬砌合二为一，还能用于病害隧道的修复加固；(3) 该支护结构为半柔性结构，抗震性能好，可吸收微量变形，而且不易开裂，整体为钢-混凝土复合结构，其承载能力大大增加；(4) 该支护结构可以由钢板主体直接辊压加工成型，没有焊缝，构成拱梁的凸筋强度高；该支护结构可以由全钢板制成，密封不易漏水；(5) 利用了混凝土钢管原理，支护结构的厚度可以大大减薄至 0.1-0.4 米，减少了隧道开挖断面面积，节省了工程量，降低了造价；由于减少了开挖断面，洞体跨度减少，增加了洞体的稳固性；(6) 该支护为装配式结构，施工速度快、施工工期缩短；(7) 采用本发明的支护结构后，混凝土用量减少，降低造价；(8) 本发明无需使用大型的衬砌台车，减少了设备的投入；该支护结构不用钢筋绑扎，省去了大量人工；(9) 在特定的地质状况下，可省去背后压浆工序；在寒冷地区，可设保温层，防止低温对支护结构的冻胀破坏。

附图说明

图 1 为本发明主钢板的结构示意图；

图 2(a) 为将主钢板弯折形成凸筋和端部法兰的一种结构示意图（凸筋位于主钢板平面上方）；

图 2(b)为图 2(a)的截面图;

图 2(c)为将主钢板弯折形成凸筋和端部法兰的另一种结构示意图 (凸筋位于主钢板平面下方);

图 2(d)为图 2(c)的截面图;

图 3(a)为采用封堵钢带封堵图 2(a)中主钢板凹槽槽口的过程图;

图 3(b)为图 3(a)的截面图;

图 3(c)为采用封堵钢带封堵图 2(c)中主钢板凹槽槽口的过程图;

图 3(d)为图 3(c)的截面图;

图 4(a)为图 3(a)封堵后主钢板的结构示意图;

图 4(b)为图 4(a)的底部结构示意图;

图 4(c)为图 4(a)的截面图;

图 4(d)为图 3(c)封堵后主钢板的结构示意图;

图 4(e)为图 4(d)的底部结构示意图;

图 4(f)为图 4(d)的截面图;

图 5(a)为将图 4(a)弯曲后的结构示意图;

图 5(b)为将图 4(d)弯曲后的结构示意图;

图 6(a)为在图 5(a)上设置侧边法兰形成一种单元板片的结构示意图;

图 6(b)为在图 5(b)上设置侧边法兰形成另一种单元板片的结构示意图;

图 7 为利用单元板片拼装形成隧道支护结构的横截面示意图;

图 8 为本发明钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构的横截面示意图;

图 9(a)本发明钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构的纵截面示意图;

图 9(b)本发明钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构的另一种纵截面示意图;

图 10(a)为带保温层的钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构的纵截面示意图;

图 10(b)为带保温层的钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构的另一种纵截面示意图。

具体实施方式

下面结合附图对本发明的技术方案作进一步说明。

本发明的第一种隧道衬砌支护结构,由带有弧度的单元板片 1 沿隧道洞壁周向和轴向拼装而成;周向拼装时相邻单元板片 1 通过侧边法兰 9 连接,轴向拼装时相邻单元板片 1 通过端面法兰 8 连接。由于单元板片 1 带有一定的弧度,所以它具有—对弧形边 2

和一对直边 3，沿直边 3 方向在单元板片 1 的内壁（即弧度内侧）间隔设置凸筋 4，凸筋 4 的数量根据实际情况确定，该凸筋 4 的弧度与弧形边 2 一致，或者接近弧形边的弧度，凸筋 4 与单元板片 1 之间形成空腔柱体 5，凸筋 4 表面开设混凝土浇注孔 6，与凸筋 4 对应的单元板片 1 上开设混凝土溢出孔 7；同时所述弧形边 2 向内弯折形成端面法兰 8，弯折约 90°左右，这样的端面法兰 8 与单元板片 1 一体成型，并在直边 3 上设侧边法兰 9。

本发明的第二种隧道衬砌支护结构与上述第一种结构类似，不同之处为凸筋 4 位于单元板片 1 的外壁（及弧度外侧），此时在凸筋 4 表面开设混凝土溢出孔 7，与凸筋 4 对应的单元板片 1 上开设混凝土浇注孔 6。

本发明的第三种隧道衬砌支护结构，与上述两种结构有所不同，它虽然也是由带有弧度的单元板片 1 沿隧道洞壁周向和轴向拼装而成，单元板片 1 具有一对弧形边 2 和一对直边 3；但是凸筋 4 与单元板片一体成型，没有焊缝，具体为：单元板片 1 向内侧（即弧度内侧）延伸形成带有弧度的凸筋 4，该凸筋 4 的截面形状有多种，例如有矩形、梯形、半圆形、闭合或半闭合环形等；凸筋 4 的数量视情况确定，当凸筋 4 有多个时，可沿直边 3 方向间隔分布，且其弧度与弧形边 2 一致；单元板片 1 与凸筋 4 形成凹槽 10，并在该凹槽 10 的槽口位置设有用于封堵该槽口的封堵钢带 11，该封堵钢带 11 与凸筋 4 之间形成空腔柱体 5，同时在凸筋 4 表面开设混凝土浇注孔 6，在封堵钢带 11 上开设混凝土溢出孔 7；两个弧形边 2 向内弯折形成端面法兰 8，并在直边 3 上设侧边法兰 9。

本发明的第四种隧道衬砌支护结构与上述第三种结构类似，不同之处为凸筋 4 是由单元板片 1 向外侧（即弧度外侧）延伸形成，且在凸筋 4 表面开设混凝土溢出孔 7，在封堵钢带 11 上开设混凝土浇注孔 6。

发明原理：本发明同时利用了混凝土钢管原理、管土共同受力原理和预应力混凝土原理。混凝土钢管原理：空心的钢管在充满混凝土后，钢管可对其内部受压混凝土施加侧向约束，使钢管内部受压混凝土始终都处于三向受压状态，从而可以最大程度的延缓内部混凝土裂缝的产生和发展。因此，钢-混凝土复合结构的抗压强度和抗压缩变形的能力比普通钢筋混凝土结构有明显的提高。管土共同受力原理：闭合截面或半闭合截面的大口径管道在埋地之后，管道的上部载荷不是靠管道的刚性来承受，而是靠管道与四周土石相互作用共同承受，垂直向下的载荷就会转化为管体管壁环向的内压力。预应力混凝土原理：此种结构承受荷载之前，预先对其施加压力，使其在外荷载作用时即已经

施加了一个与外载荷方向相反的作用力。本发明中将钢板和混凝土两种材料有机的结合为一体，并充分发挥各自的特点和优势，在整体结构中分别承担不同的作用。将钢板主体制成带有凸筋的结构，其本身就已经有了很高的截面惯性矩，即在填充混凝土之前，由单元板片拼装形成的拱圈就已经具备了很大的环向承压能力，在填充混凝土且混凝土凝固后局部形成混凝土钢管，此时凸筋构成钢管混凝土拱梁，使其整体结构的承载能力更是成倍增加。由于钢板的凸筋结构可以直接辊压加工成型的没有焊缝，从而使得拱梁的强度增大，承载能力增强，能适应动载荷；该结构是半柔性结构，抗变形能力好，不易开裂；该结构的厚度较薄，减少了隧道开挖截面面积，节省了开挖工程量，降低了造价，并且洞体的跨度减小，增加了洞体的稳固性。

制作方法：下面对上述第三支护结构的制作方法作详细说明。

如图 1 所示，首先对主钢板 1-1 进行除锈、喷丸处理，该主钢板 1-1 具有第一对边和第二对边，第一对边后续弯曲成为弧形边 2，用于弯折形成端面法兰 8，第二对边即上述的直边 3，用于连接侧边法兰 9。

如图 2(a)、2(b)所示，主钢板 1-1 经放卷、矫平、修边后辊压成型，成型后的主钢板 1-1 向上延伸弯折形成凸筋 4，图示中的凸筋 4 的截面为槽型，凸筋 4 沿第二对边间隔分布，并在凸筋 4 表面开设混凝土浇注孔 6；将第一对边均向上弯折约 90 度，并在弯折的部分上开设法兰连接孔 8-1，得到端面法兰 8，其中，凸筋、混凝土浇注孔及法兰连接孔的数量与间距按实际情况设定；

如图 3(a)、3(b)所示，在主钢板 1-1 下方排列经过放卷、矫平、修边及开设混凝土溢出孔 7 后的封堵钢带 11，其数量、间距按实际情况设定。

如图 4(a)、4(b)、4(c)所示，将封堵钢带 11 上移与主钢带 1-1 贴合，优选是将两者接触部分焊接在一起，则在封堵钢带 11 与凸筋 4 之间形成了空腔柱体 5，如此得到复合型钢板。

如图 5(a)所示，将上述形成的复合型钢板送入专用卷圆机构，弯曲形成带有弧度的、内壁具有凸筋 4 的板片结构。

如图 6(a)所示，在板片结构的直边 3 上焊接侧边法兰 9，此时侧边法兰 9 朝向内侧，与凸筋 4 方向一致，并将其端部打磨平整，可以将侧边法兰 9 与空腔柱体 5 端部的接触部分开孔，有利于后续浇注的混凝土的流通，如此即得单元板片 1。

最后，将单元板片沿隧道洞壁拼装得到支护结构。

第四种支护结构的制作方法与所述第三种支护结构类似，不同之处为：

成型后的主钢板 1-1 向下延伸弯折形成凸筋 4，并在凸筋 4 表面开设混凝土溢出孔 7，如图 2(c)、2(d)所示；对应的在封堵钢带 11 上开设混凝土浇注孔 6，如图 3(c)、3(d)所示。如图 4(d)、4(e)、4(f)所示，将封堵钢带 11 下移与主钢带 1-1 贴合，再经一系列步骤得到复合型钢板。经弯曲形成的带有弧度的板片结构，凸筋 4 位于其外壁上，如图 5(b)所示。侧边法兰 9 朝向外侧，与凸筋 4 方向一致，如图 6(b)所示。

第一、二种支护结构的制作方法参见发明内容。

施工方法：在设计方案确定后，根据围岩等级以及衬砌结构的截面尺寸确定衬砌结构的各部分参数，包括主钢板 1-1、辅助钢板、封堵钢带 11 等厚度、单元板片 1 的尺寸和弧度；凸筋 4 的截面形状以及截面尺寸；填充混凝土 16 的强度等级以及配合比等。开始施工后，根据隧道衬砌断面尺寸进行围岩 14 的开挖施工，开挖面尺寸略大于衬砌断面尺寸，开挖完成后清除松散围岩并喷射早强混凝土 15 以稳固隧道内表面，待喷射混凝土初凝后即可组织拼装衬砌结构钢结构部分，单块衬砌板片（即单元板片 1）的环向（即周向）和轴向通过板片四周的固定法兰与螺栓进行连接，且连接件不限于螺栓。如图 7 所示，在施工现场将上述制得的单元板片（各类型单元板片圆弧半径及弧长按实际情况设定）沿隧道洞身的周向和轴向拼装成隧道衬砌支护结构，图中沿隧道周向分布 A、B、C 三种弧段的单元板片。拼装完成后检查衬砌结构中心轴线与设计隧道中心轴线是否一致，如果存在误差，在不损伤衬砌结构的前提下，采用顶、拉等方式校正，以保证衬砌结构的轴向线性顺畅平滑，确保线性无明显折弯后固定衬砌结构并注入混凝土 16 填满凸筋 4 内部及衬砌结构和早强混凝土面之间的空间。混凝土 16 可以根据注浆设备和实际情况掺入一定比例的小石子，小石子的粒径以保证不堵塞注浆设备为原则。注浆使用专用的注浆机进行施工，并在注浆过程保持一定的压力，确保混凝土的密实度。在注浆过程中，衬砌结构的周向注浆采用由低到高的顺序，在上部的混凝土溢出孔 7 开始溢浆时，封堵下部混凝土浇注孔 6，继续在上部的混凝土浇注孔 6 注浆。以此类推，直至整个结构中凸筋 4 的内部和结构外部全部由密实的混凝土充满，如图 8 所示。在整个结构施工完后，如果在寒冷地区，为了防止低温对结构的破坏，可加设保温层 12 及金属内衬层 13。具体为：在支护结构的端面法兰 8 上（此种情况时，端面法兰可带有双排螺栓孔）安装用于铺设保温层 12 的分片连接法兰环 17，然后再从保温层 12 表面向隧道内侧铺设金属内衬层 13，将金属内衬层 13 与分片连接法兰环 17 用铆钉铆接，继而完

成带保温层的内壁平滑的钢—混凝土复合结构式隧道内部衬砌支护结构，如图 9(a)、9(b)、10 所示；其中，保温层采用可自由弯曲并具有一定强度的材料，保温层安装完成后，修饰内部，掩盖保温材料接缝，保证整体外观。

权利要求书

1、一种钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构，其特征在于：由带有弧度的单元板片（1）沿隧道洞壁周向和轴向拼装而成；所述单元板片（1）具有一对弧形边（2）和一对直边（3），沿直边（3）方向在单元板片（1）的内壁间隔设置凸筋（4），该凸筋（4）的弧度与弧形边（2）一致，且凸筋（4）与单元板片（1）之间形成空腔柱体（5），所述凸筋（4）表面开设混凝土浇注孔（6），与凸筋（4）对应的单元板片（1）上开设混凝土溢出孔（7）；同时所述弧形边（2）向内弯折形成端面法兰（8），并在直边（3）上设侧边法兰（9）。

2、一种钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构，其特征在于：由带有弧度的单元板片（1）沿隧道洞壁周向和轴向拼装而成；所述单元板片（1）具有一对弧形边（2）和一对直边（3），沿直边（3）方向在单元板片（1）的外壁间隔设置凸筋（4），该凸筋（4）的弧度与弧形边（2）一致，且凸筋（4）与单元板片（1）之间形成空腔柱体（5），所述凸筋（4）表面开设混凝土溢出孔（7），与凸筋（4）对应的单元板片（1）上开设混凝土浇注孔（6）；同时所述弧形边（2）向内弯折形成端面法兰（8），并在直边（3）上设侧边法兰（9）。

3、一种钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构，其特征在于：由带有弧度的单元板片（1）沿隧道洞壁周向和轴向拼装而成；所述单元板片（1）具有一对弧形边（2）和一对直边（3），该单元板片（1）向内侧延伸形成带有弧度的凸筋（4），该凸筋（4）沿直边（3）方向间隔分布，且其弧度与弧形边（2）一致，所述单元板片（1）与凸筋（4）形成凹槽（10），并设有用于封堵该凹槽（10）槽口的封堵钢带（11），该封堵钢带（11）与凸筋（4）之间形成空腔柱体（5），同时在凸筋（4）表面开设混凝土浇注孔（6），在封堵钢带（11）上开设混凝土溢出孔（7）；将所述弧形边（2）向内弯折形成端面法兰（8），并在直边（3）上设侧边法兰（9）。

4、一种钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构，其特征在于：由带有弧度的单元板片（1）沿隧道洞壁周向和轴向拼装而成；所述单元板片（1）具有一对弧形边（2）和一对直边（3），该单元板片（1）向外侧延伸形成带有弧度的凸筋（4），该凸筋（4）沿直边（3）方向间隔分布，且其弧度与弧形边（2）一致，所述单元板片（1）与凸筋（4）形成凹槽（10），并设有用于封堵该凹槽（10）槽口的封堵钢带（11），该封堵钢带（11）与凸筋（4）之间形成空腔柱体（5），同时在封堵钢带（11）上开设混凝土浇注孔（6），在凸筋（4）表面开设混凝土溢出孔（7）；将所述弧形边（2）向内弯折形成端面法兰（8），

并在直边（3）上设侧边法兰（9）。

5、根据权利要求 1-4 任一所述钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构，其特征在于：在隧道衬砌支护结构表面向隧道内侧依次增设保温层（12）和金属内衬层（13）。

6、根据权利要求 1 所述钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构的制作方法，其特征在于包括如下步骤：

（1）预备主钢板（1-1）和辅助钢板；

（2）所述主钢板（1-1）具有第一对边和第二对边，将其第一对边向上弯折，在弯折部分开设法兰连接孔（8-1）得到端部法兰（8），沿第二对边在主钢板（1-1）上间隔开设与第一对边相平行的混凝土溢出孔（7）；

（3）将所述辅助钢板弯曲成截面为半闭合状的凸筋（4），其长度接近第一对边，并在该凸筋（4）表面开设混凝土浇注孔（6）；

（4）沿第二对边将所述凸筋（4）间隔扣合在主钢板（1-1）内侧的混凝土溢出孔（7）上，凸筋（4）与主钢板（1-1）之间形成空腔柱体（5），得到复合型钢板；

（5）将复合型钢板弯曲成带有弧度的、内壁具有凸筋（4）的板片结构；

（6）在所述板片结构的第二对边设侧边法兰（9），得到单元板片（1）；

（7）将所述单元板片（1）沿隧道洞壁周向和轴向拼装形成隧道衬砌支护结构。

7、根据权利要求 2 所述钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构的制作方法，其特征在于包括如下步骤：

（1）预备主钢板（1-1）和辅助钢板；

（2）所述主钢板（1-1）具有第一对边和第二对边，将其第一对边向上弯折，在弯折部分开设法兰连接孔（8-1）得到端部法兰（8），沿第二对边在主钢板（1-1）上间隔开设与第一对边相平行的混凝土浇注孔（6）；

（3）将所述辅助钢板弯曲成截面为半闭合状的凸筋（4），其长度接近第一对边，并在该凸筋（4）表面开设混凝土溢出孔（7）；

（4）沿第二对边将所述凸筋（4）间隔扣合在主钢板（1-1）外侧的混凝土浇注孔（6）上，凸筋（4）与主钢板（1-1）之间形成空腔柱体（5），得到复合型钢板；

（5）将复合型钢板弯曲成带有弧度的、外壁具有凸筋（4）的板片结构；

（6）在所述板片结构的第二对边设侧壁法兰（9），得到单元板片（1）；

（7）将所述单元板片（1）沿隧道洞壁周向和轴向拼装形成隧道衬砌支护结构。

8、根据权利要求3所述钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构的制作方法，其特征在于包括如下步骤：

(1) 预备主钢板(1-1)和封堵钢带(11)；

(2) 所述主钢板(1-1)具有第一对边和第二对边，将其第一对边向上弯折，在弯折部分开设法兰连接孔(8-1)得到端部法兰(8)，沿第二对边将主钢板(1-1)向上弯折形成间隔排列的凸筋(4)，该凸筋(4)与主钢板(1-1)形成凹槽(10)，并在凸筋(4)表面开设混凝土浇注孔(6)；

(3) 所述封堵钢带(11)上开设混凝土溢出孔(7)，将封堵钢带(11)贴合于所述凹槽(10)的槽口处，凸筋(4)与封堵钢带(11)之间形成空腔柱体(5)，得到复合型钢板；

(4) 将复合型钢板弯曲成带有弧度的、内壁具有凸筋(4)的板片结构；

(5) 在所述板片结构的第二对边设侧壁法兰(9)，得到单元板片(1)；

(6) 将所述单元板片(1)沿隧道洞壁周向和轴向拼装形成隧道衬砌支护结构。

9、根据权利要求4所述钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构的制作方法，其特征在于包括如下步骤：

(1) 预备主钢板(1-1)和封堵钢带(11)；

(2) 所述主钢板(1-1)具有第一对边和第二对边，将其第一对边向上弯折，在弯折部分开设法兰连接孔(8-1)得到端部法兰(8)，沿第二对边将主钢板(1-1)向下弯折形成间隔排列的凸筋(4)，该凸筋(4)与主钢板(1-1)形成凹槽(10)，并在凸筋(4)表面开设混凝土溢出孔(7)；

(3) 所述封堵钢带(11)上开设混凝土浇注孔(6)，将封堵钢带(11)贴合于所述凹槽(10)的槽口处，凸筋(4)与封堵钢带(11)之间形成空腔柱体(5)，得到复合型钢板；

(4) 将复合型钢板弯曲成带有弧度的、外壁具有凸筋(4)的板片结构；

(5) 在所述板片结构的第二对边设侧壁法兰(9)，得到单元板片(1)；

(6) 将所述单元板片(1)沿隧道洞壁周向和轴向拼装形成隧道衬砌支护结构。

10、根据权利要求1-4任一所述钢-混凝土复合式隧道衬砌支护结构的施工方法，其特征在于：沿隧道洞壁周向和轴向拼装单元板片；其中，周向拼装时相邻的单元板片通过侧边法兰连接，轴向拼装时相邻的单元板片通过端部法兰连接；按照自下而上的顺序

从混凝土浇注孔内灌注混凝土，直至混凝土充满空腔柱体，并从混凝土溢出孔流出，充满隧道洞壁土层与单元板片的间隙，即可完成施工。

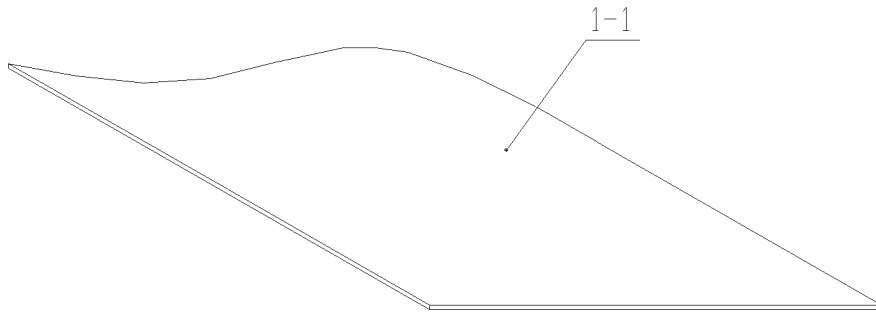


图 1

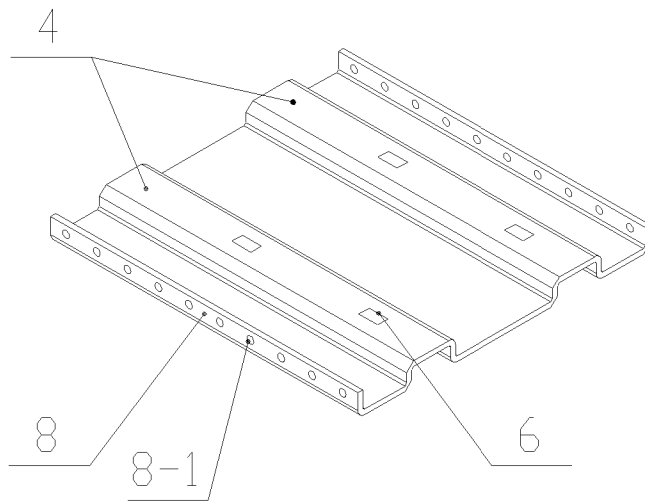


图 2 (a)

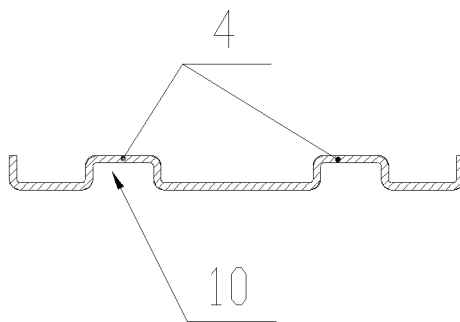


图 2 (b)

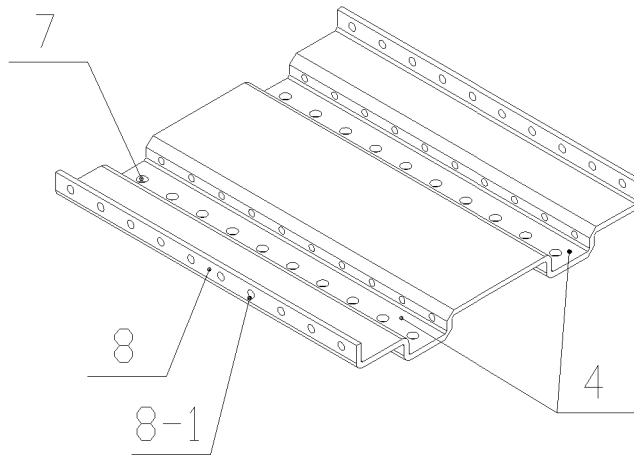


图 2 (c)

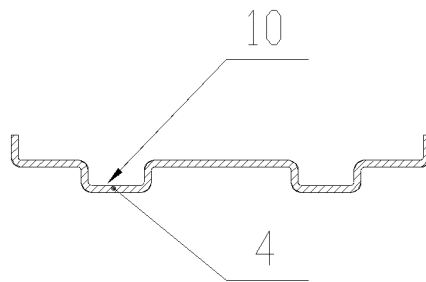


图 2 (d)

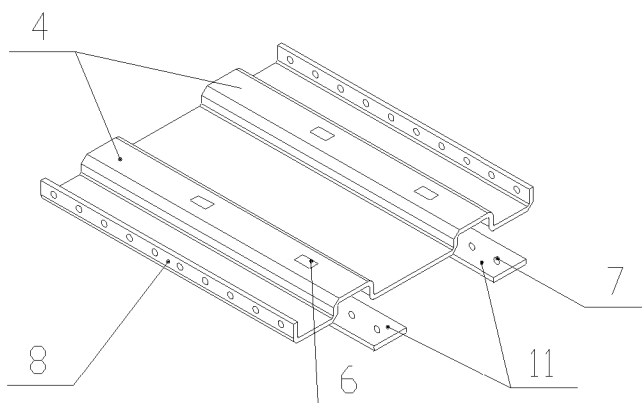


图 3 (a)

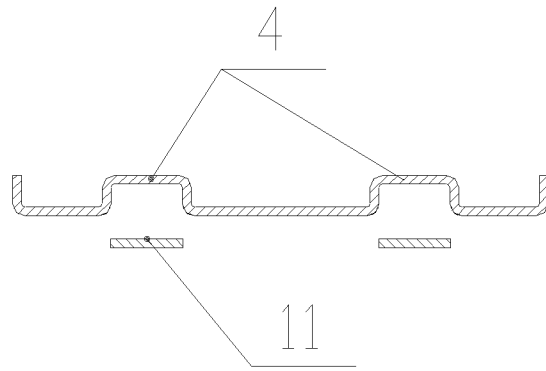


图 3 (b)

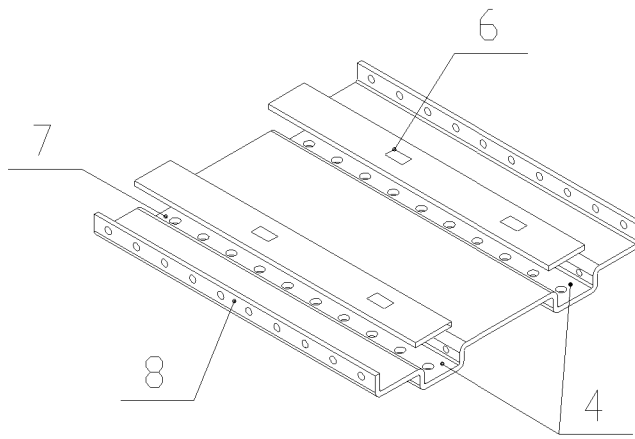


图 3 (c)

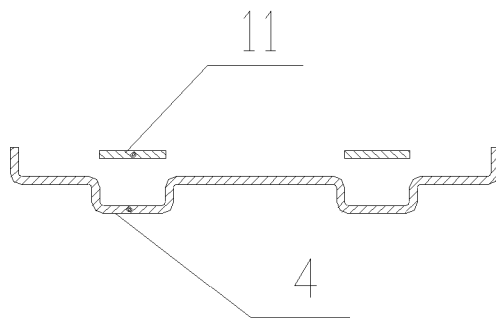


图 3 (d)

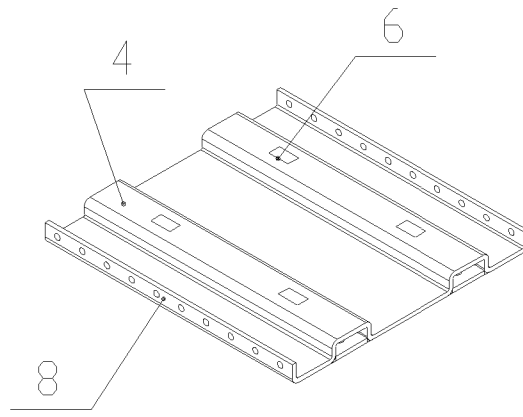


图 4 (a)

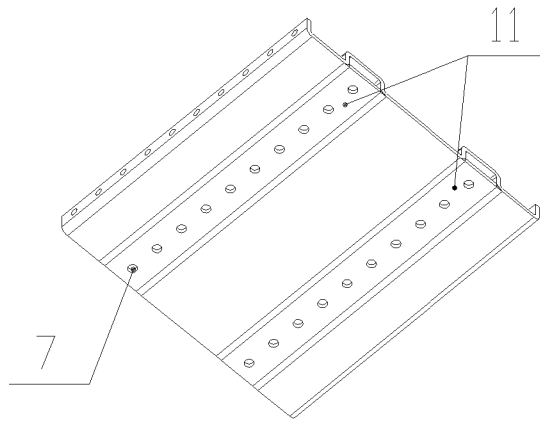


图 4 (b)

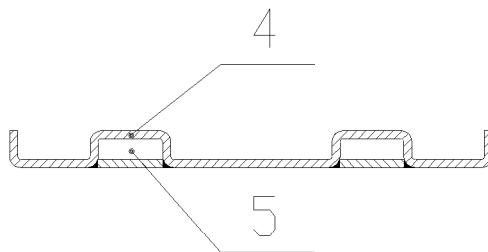


图 4 (c)

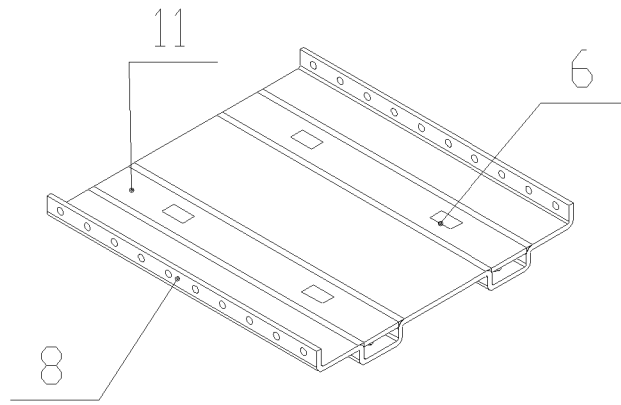


图 4 (d)

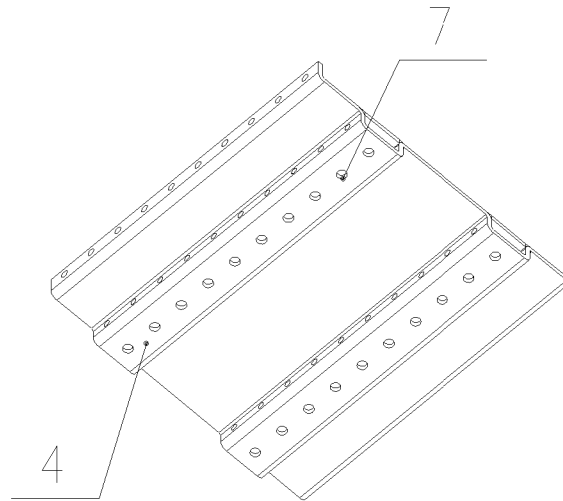


图 4 (e)

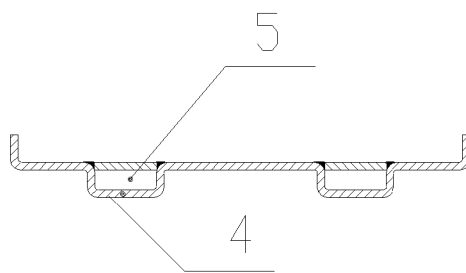


图 4 (f)

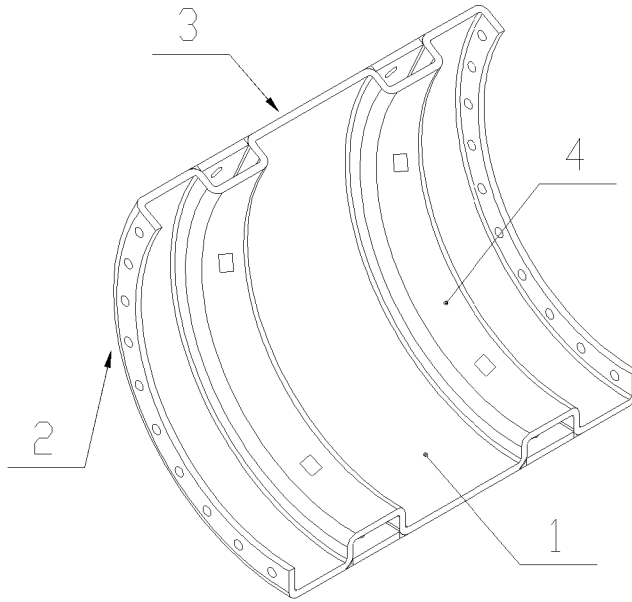


图 5 (a)

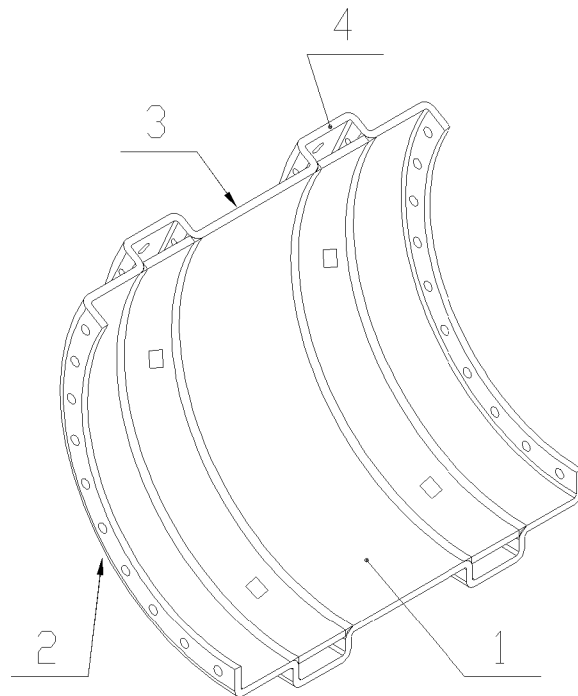


图 5 (b)

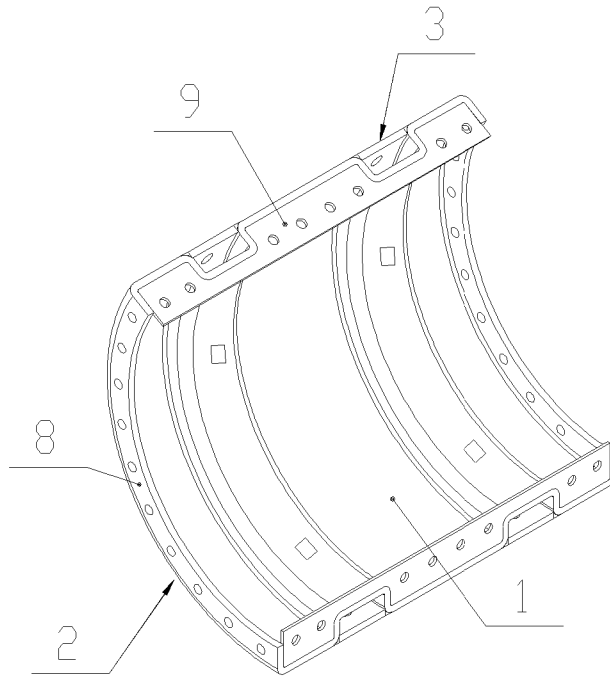


图 6 (a)

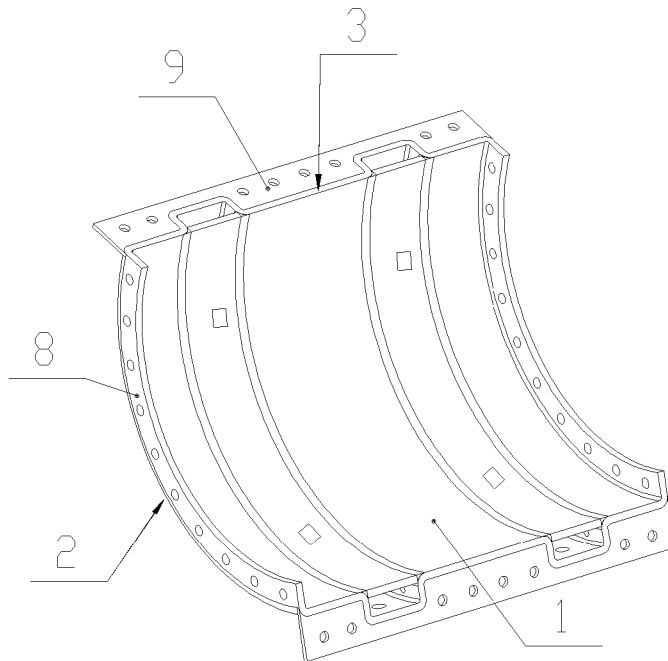


图 6 (b)

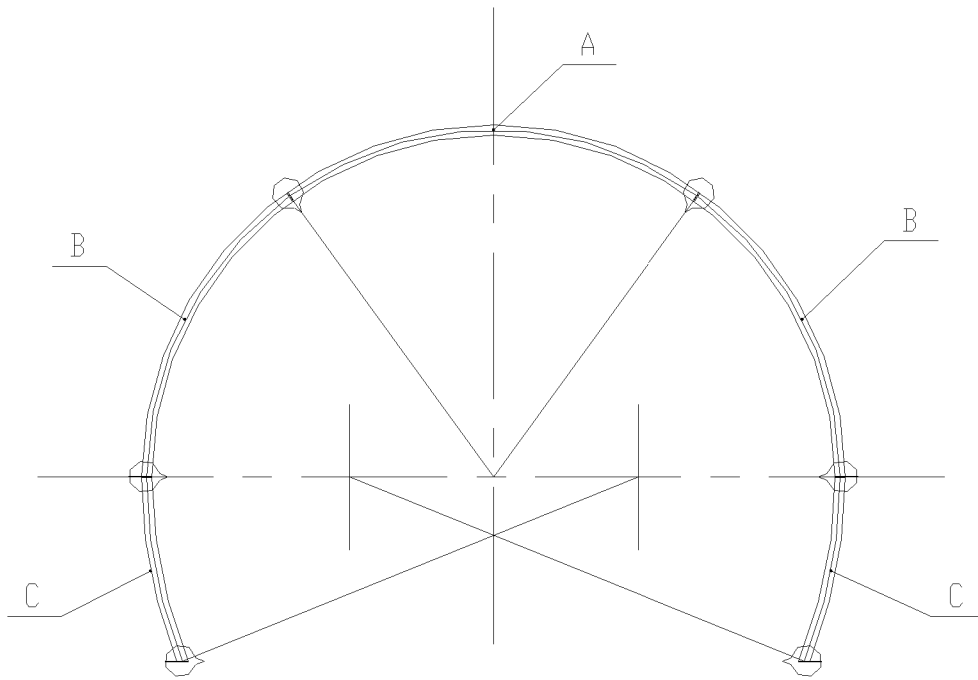


图 7

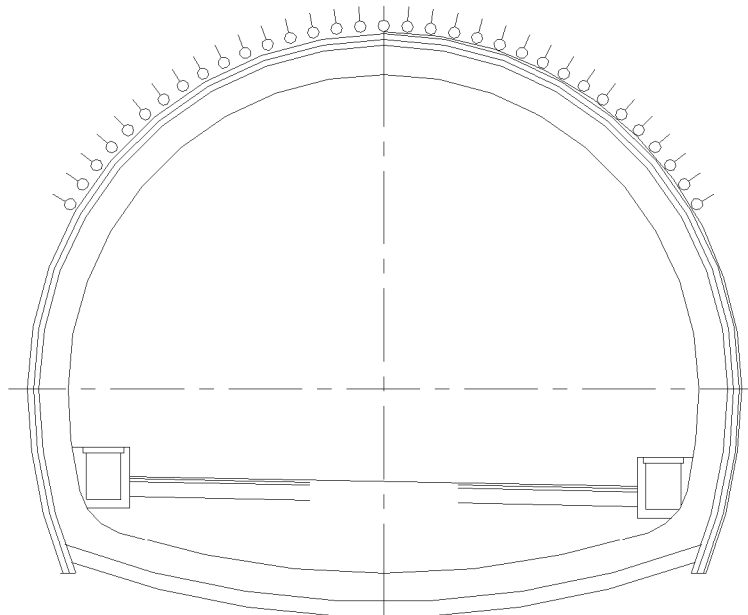


图 8

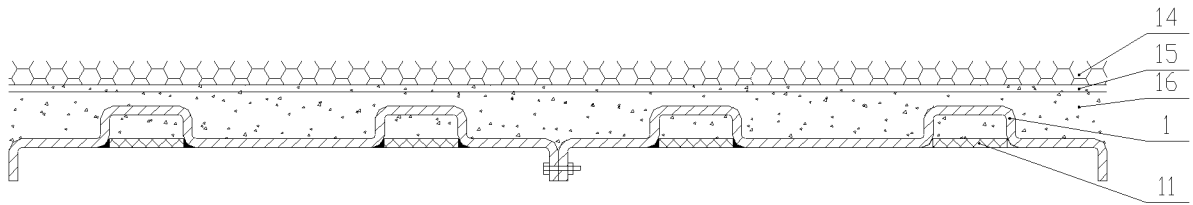


图 9 (a)

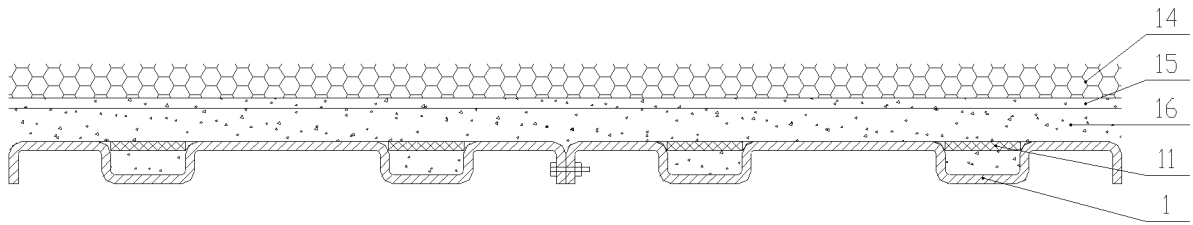


图 9 (b)

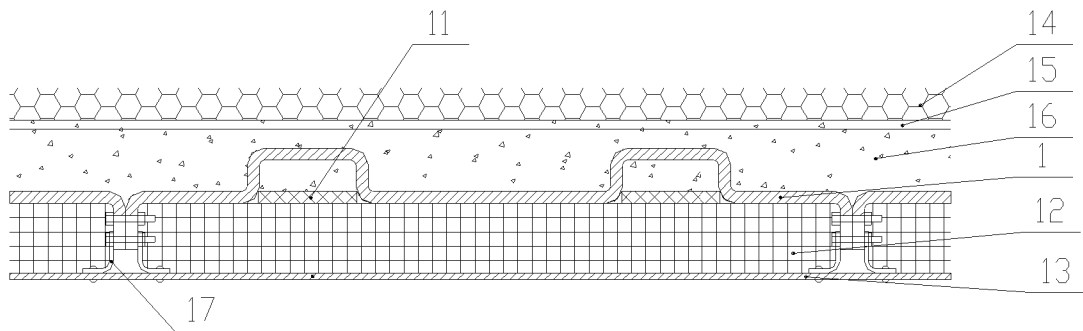


图 10 (a)

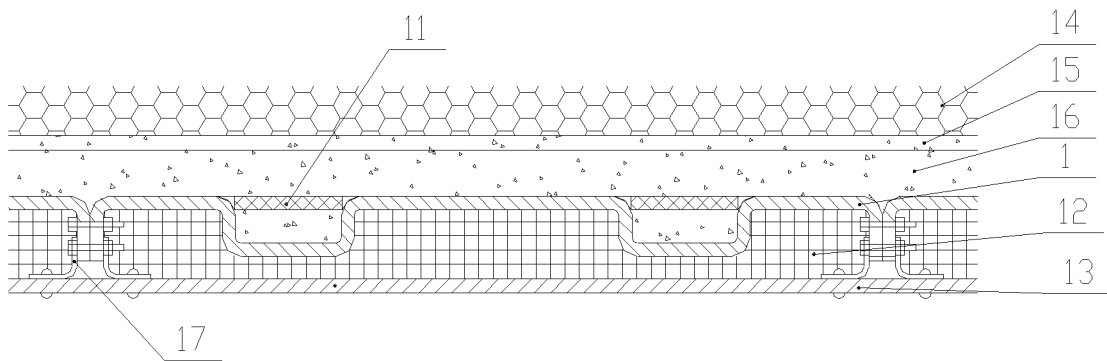


图 10 (b)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/082935

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21D 11/14 (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)

E21D 11

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, DWPI, SIPOABS, VEN, CNKI: line+, support, timber, raise +, projection, hole, curve, arc, concrete, cast, fill+, overflow

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 105114105 A (NANJING LIANZHONG CONSTR ENG TECHNOLOGY CO., LTD.) 02 December 2015 (02.12.2015) claims 1-10	1-10
A	CN 204041081 U (BEIJING RAIL TRAFFIC MACHINERY CO., LTD. et al.) 24 December 2014 (24.12.2014) description, embodiments, and figures 1-5	1-10
A	CN 203655311 U (HENGSHUI YITONG METAL PROD CO., LTD.) 18 June 2014 (18.06.2014) the whole document	1-10
A	CN 2886081 Y (SHANGHAI TUNNEL CONSTR RAILWAY TRAFFIC DESIGN ACAD) 04 April 2007 (04.04.2007) the whole document	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search

10 August 2016

Date of mailing of the international search report

31 August 2016

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

LI, Congying

Telephone No. (86-10) 62085453

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/CN2016/082935

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 100714848 B1 (DAERYONG INC CO., LTD.) 04 May 2007 (04.05.2007) the whole document	1-10
A	KR 100964205 B1 (BOLIM MACHINE INDUSTRY CO., LTD.) 17 June 2010 (17.06.2010) the whole document	1-10
A	JP 2009293223 A (OHBAYASHI CORP.) 17 December 2009 (17.12.2009) the whole document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/082935

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105114105 A	02 December 2015	None	
CN 204041081 U	24 December 2014	None	
CN 203655311 U	18 June 2014	None	
CN 2886081 Y	04 April 2007	None	
KR 100714848 B1	04 May 2007	None	
KR 100964205 B1	17 June 2010	None	
JP 2009293223 A	17 December 2009	JP 5245547 B2	24 July 2013

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/082935

<p>A. 主题的分类</p> <p>E21D 11/14(2006.01)i</p> <p>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</p>																							
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>E21D 11</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNABS, DWPI, SIPOABS, VEN, CNKI: 衬砌、支护、凸、孔、弧, 混凝土、浇注、溢出、line+, support, timber, raise +, projection, hole, curve, arc, concrete, cast, fill+, overflow</p>																							
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 105114105 A (南京联众建设工程有限公司) 2015年 12月 2日 (2015 - 12 - 02) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 204041081 U (北京市轨道交通建设管理有限公司等) 2014年 12月 24日 (2014 - 12 - 24) 说明书具体实施方式、附图1-5</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 203655311 U (衡水益通金属制品有限责任公司) 2014年 6月 18日 (2014 - 06 - 18) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 2886081 Y (上海市隧道工程轨道交通设计研究院) 2007年 4月 4日 (2007 - 04 - 04) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 100714848 B1 (DAERYONG INC CO LTD) 2007年 5月 4日 (2007 - 05 - 04) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 100964205 B1 (BOLIM MACHINE INDUSTRY CO LTD) 2010年 6月 17日 (2010 - 06 - 17) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 105114105 A (南京联众建设工程有限公司) 2015年 12月 2日 (2015 - 12 - 02) 权利要求1-10	1-10	A	CN 204041081 U (北京市轨道交通建设管理有限公司等) 2014年 12月 24日 (2014 - 12 - 24) 说明书具体实施方式、附图1-5	1-10	A	CN 203655311 U (衡水益通金属制品有限责任公司) 2014年 6月 18日 (2014 - 06 - 18) 全文	1-10	A	CN 2886081 Y (上海市隧道工程轨道交通设计研究院) 2007年 4月 4日 (2007 - 04 - 04) 全文	1-10	A	KR 100714848 B1 (DAERYONG INC CO LTD) 2007年 5月 4日 (2007 - 05 - 04) 全文	1-10	A	KR 100964205 B1 (BOLIM MACHINE INDUSTRY CO LTD) 2010年 6月 17日 (2010 - 06 - 17) 全文	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 105114105 A (南京联众建设工程有限公司) 2015年 12月 2日 (2015 - 12 - 02) 权利要求1-10	1-10																					
A	CN 204041081 U (北京市轨道交通建设管理有限公司等) 2014年 12月 24日 (2014 - 12 - 24) 说明书具体实施方式、附图1-5	1-10																					
A	CN 203655311 U (衡水益通金属制品有限责任公司) 2014年 6月 18日 (2014 - 06 - 18) 全文	1-10																					
A	CN 2886081 Y (上海市隧道工程轨道交通设计研究院) 2007年 4月 4日 (2007 - 04 - 04) 全文	1-10																					
A	KR 100714848 B1 (DAERYONG INC CO LTD) 2007年 5月 4日 (2007 - 05 - 04) 全文	1-10																					
A	KR 100964205 B1 (BOLIM MACHINE INDUSTRY CO LTD) 2010年 6月 17日 (2010 - 06 - 17) 全文	1-10																					
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																							
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																							
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2016年 8月 10日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2016年 8月 31日</p>																						
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>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</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>	<p>受权官员</p> <p>李丛颖</p> <p>电话号码 (86-10)62085453</p>																						

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	JP 2009293223 A (OHYAYASHI CORP) 2009年 12月 17日 (2009 - 12 - 17) 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/CN2016/082935

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	105114105	A	2015年 12月 2日	无	
CN	204041081	U	2014年 12月 24日	无	
CN	203655311	U	2014年 6月 18日	无	
CN	2886081	Y	2007年 4月 4日	无	
KR	100714848	B1	2007年 5月 4日	无	
KR	100964205	B1	2010年 6月 17日	无	
JP	2009293223	A	2009年 12月 17日	JP 5245547 B2	2013年 7月 24日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)