(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108798702 B
(45)授权公告日 2020.04.28

(21)申请号 201810570025.3

(22)申请日 2018.06.05

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108798702 A

(43)申请公布日 2018.11.13

(73)专利权人 长安大学
地址 710064 陕西省西安市南二环中段33号

(72)发明人 陈建勋 刘伟伟 刘立明 薛金红 谢江涛 朱豪洋 翁悦

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200
代理人 安彦彦

(51)Int.Cl.
E21D 11/00(2006.01)
E21D 11/10(2006.01)
E21D 11/14(2006.01)

审查员 雷文杰

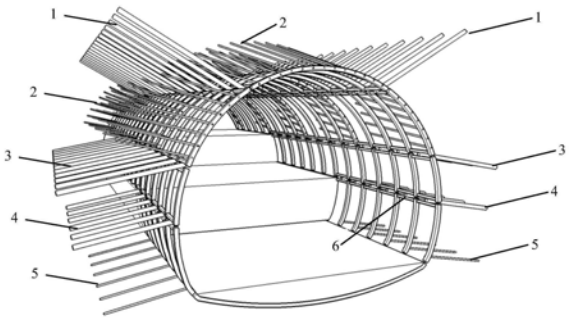
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种大断面软岩大变形隧道的支护方法

(57)摘要

一种大断面软岩大变形隧道的支护方法，开挖一个进尺后进行初喷混凝土，然后钻孔，将第一约束杆送入孔内，对第一约束杆进行注浆，形成上部初衬支护；在上部初衬支护下，两侧错位开挖中台阶后进行初喷混凝土；钻孔后将第二约束杆送入孔内，复喷混凝土至设计厚度；两侧错位开挖下台阶后进行初喷混凝土；钻孔后将第三约束杆送入孔内，回填下台阶左右两侧；开挖中台阶预留核心土部分和下台阶预留核心土部分，然后开挖仰拱，进行下一循环的施工，以至隧道贯通。本发明的支护方法中支护型式变内支撑为外支撑，节省隧道内空间，确保支护结构的安全性和耐久性，在有效控制隧道大变形的同时，更加安全、经济、耐久、操作性强，有效缩短工期。



CN 108798702 B

1.一种大断面软岩大变形隧道的支护方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1)上台阶施工:首先进行上台阶的开挖,开挖一个进尺后进行初喷混凝土,初喷完成后,在上台阶左右拱腰钢架连接位置处按水平向上30°钻孔,然后,将第一约束杆(1)送入孔内;通过注浆设备对第一约束杆(1)进行注浆;架立上台阶钢架,使上台阶钢架与喷射混凝土密贴,挂设钢筋网;第一约束杆(1)与上台阶钢架通过连接构件(6)相连接;施作超前注浆小导管(2);最后,复喷混凝土至设计厚度,形成上部初衬支护;

(2)中台阶施工:在上部初衬支护下,两侧错位开挖中台阶,预留中台阶核心土部分,开挖完成后进行初喷混凝土;初喷完成后,在上中台阶钢架连接位置处偏下30~50cm处按水平向下10°钻孔;然后,将第二约束杆(3)送入孔内;通过注浆设备对第二约束杆(3)进行注浆;接长中台阶钢架,使中台阶钢架与喷射混凝土密贴,挂设钢筋网;第二约束杆(3)与中台阶钢架通过连接构件(6)相连接;最后,复喷混凝土至设计厚度;

(3)下台阶施工:两侧错位开挖下台阶,预留下台阶核心土部分,开挖完成后进行初喷混凝土;初喷完成后,在中下台阶钢架连接位置处偏下30~50cm处按水平向下10°钻孔;将第三约束杆(4)送入孔内;通过注浆设备对第三约束杆(4)进行注浆;接长下台阶钢架,使下台阶钢架与喷射混凝土密贴,挂设钢筋网,第三约束杆(4)与下台阶钢架通过连接构件(6)相连接;施作下台阶锁脚锚管(5);最后,复喷混凝土至设计厚度,回填下台阶左右两侧;

(4)预留核心土开挖:开挖中台阶预留核心土部分和下台阶预留核心土部分,开挖进尺与各台阶循环进尺一致;

(5)仰拱开挖:每循环开挖长度3~5m,仰拱部分开挖后,进行初喷;

(6)在超前注浆小导管(2)支护下,进行下一循环的施工,以至隧道贯通;

其中,第一约束杆(1)、第二约束杆(3)与第三约束杆(4)均为注浆锚管;第一约束杆(1)、第二约束杆(3)与第三约束杆(4)的直径均为76mm,长度均为6~10m;第一约束杆(1)、第二约束杆(3)与 第三约束杆(4)中注浆浆液为高强快硬锚固砂浆;

步骤(1)、(2)与(3)中压浆时,压力为0.5~2Mpa;

步骤(1)~(5)中采用弱爆破和机械开挖相结合的方式进行开挖,上台阶开挖矢跨比不小于0.3,开挖进尺根据钢架间距确定。

2.根据权利要求1所述的一种大断面软岩大变形隧道的支护方法,其特征在于,步骤(1)中超前注浆小导管(2)的直径为42mm。

3.根据权利要求1所述的一种大断面软岩大变形隧道的支护方法,其特征在于,步骤(1)、(2)与(3)中钻孔时,均预留0.2m的长度。

一种大断面软岩大变形隧道的支护方法

技术领域

[0001] 本发明涉及隧道工程领域，具体涉及一种大断面软岩大变形隧道的支护方法。

背景技术

[0002] 我国是一个多山地和丘陵的国家，其中山地和丘陵占全国陆地面积的69%。交通基础设施建设也将得到快速发展，在公路、铁路的建设过程中必将遇到大量软散围岩隧道。在软散地层中修筑隧道时，围岩的自稳性较差，极易产生滑塌和牵引变形，且变形量大，持续时间长，流变特性明显。隧道初期支护结构容易在挤压大变形作用下出现开裂、掉块、钢架扭曲、折断和侵限等问题，导致工程造价不可控，建设费用严重超概，建设工期难以预测，施工质量难以保证，甚至造成二衬开裂，拱脚下沉，仰拱上隆等工程病害。

[0003] 对于软散围岩隧道，大变形是常见的工程灾害之一，并且是尚未解决的世界性难题。传统的做法是增加初期支护结构的强度和刚度，主要支护手段有：两层、三层初期支护，加强二次衬砌，扩挖为受力性能更好的圆形断面，应力释放技术(超前导洞应力释放、预留变形应力释放、换拱应力释放)，让压锚杆支护等。综合分析上述大变形支护方案，还存在以下不足之处：

[0004] (1)工程造价高，工序繁琐，进度缓慢，工期延长；

[0005] (2)控制软岩大变形效果一般，甚至无效；

[0006] (3)二衬往往在初期支护结构变形未收敛的情况下施作，二衬受力较大，隧道结构的可靠性、安全性和耐久性得不到保障；

[0007] (4)未考虑初期支护结构的稳定性，一味地加强初衬的强度和刚度，支护效果差，且造成隧道工程的经济性差。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种大断面软岩大变形隧道的支护方法，其既能限制初期支护结构在自重、振动、拱脚围岩压密、钢架间的约束反力作用下的沉降变形，防止产生背后空洞，围岩持续牵引变形，松动圈扩大，继而诱发的大变形等问题，同时又能增加初期支护结构的稳定性，约束初期支护结构在较小的围岩压力小产生“曲杆”失稳破坏问题，防止出现钢架扭曲、折断、初衬侵限等现象，优化初期支护结构的受力性，保证支护结构的安全。

[0009] 为实现上述目的，本发明采用的技术方案为：

[0010] 一种大断面软岩大变形隧道的支护方法，包括以下步骤：

[0011] (1)上台阶施工：首先进行上台阶的开挖，开挖一个进尺后进行初喷混凝土，初喷完成后，在上台阶左右拱腰钢架连接位置处按水平向上30°钻孔，然后，将第一约束杆送入孔内；通过注浆设备对第一约束杆进行注浆；架立上台阶钢架，使上台阶钢架与喷射混凝土密贴，挂设钢筋网；施作超前注浆小导管；最后，复喷混凝土至设计厚度，形成上部初衬支护；

[0012] (2)中台阶施工：在上部初衬支护下，两侧错位开挖中台阶，预留中台阶核心土部

分，开挖完成后进行初喷混凝土；初喷完成后，在上中台阶钢架连接位置处偏下30~50cm处按水平向下10°钻孔；然后，将第二约束杆送入孔内；通过注浆设备对第二约束杆进行注浆；接长中台阶钢架，使中台阶钢架与喷射混凝土密贴，挂设钢筋网；最后，复喷混凝土至设计厚度；

[0013] (3)下台阶施工：两侧错位开挖下台阶，预留下台阶核心土部分，开挖完成后进行初喷混凝土；初喷完成后，在中下台阶钢架连接位置处偏下30~50cm处按水平向下10°钻孔；将第三约束杆送入孔内；通过注浆设备对第三约束杆进行注浆；接长下台阶钢架，使下台阶钢架与喷射混凝土密贴，挂设钢筋网；施作下台阶锁脚锚管；最后，复喷混凝土至设计厚度，回填下台阶左右两侧；

[0014] (4)预留核心土开挖：开挖中台阶预留核心土部分和下台阶预留核心土部分，开挖进尺与各台阶循环进尺一致；

[0015] (5)仰拱开挖：每循环开挖长度3~5m，仰拱部分开挖后，进行初喷；

[0016] (6)在超前注浆小导管支护下，进行下一循环的施工，以至隧道贯通。

[0017] 本发明进一步的改进在于，步骤(1)中超前注浆小导管的直径为42mm。

[0018] 本发明进一步的改进在于，步骤(1)、(2)与(3)中钻孔时，均预留0.2m的长度。

[0019] 本发明进一步的改进在于，步骤(1)、(2)与(3)中压浆时，压力为0.5~2MPa。

[0020] 本发明进一步的改进在于，步骤(1)~(5)中采用弱爆破和机械开挖相结合的方式进行开挖，上台阶开挖矢跨比不小于0.3，开挖进尺根据钢架间距确定。

[0021] 本发明进一步的改进在于，第一约束杆、第二约束杆与第三约束杆均为注浆锚管。

[0022] 本发明进一步的改进在于，第一约束杆、第二约束杆与第三约束杆的直径均为76mm，长度均为6~10m。

[0023] 与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：

[0024] (1)根据初期支护结构的力学原理，结合初期支护结构的破坏形式或失稳模态，利用欧拉公式，采用稳定杆原理，通过设置第一约束杆、第二约束杆与第三约束杆，解决初期支护结构的失稳破坏；

[0025] (2)本发明选择取消系统锚杆、上台阶的锁脚锚管和中台阶的锁脚锚管，加强钢架间纵向连接，以形成稳定的承载结构，有效增加初期支护结构的稳定性，控制围岩大变形，减少开挖预留变形量，解决初期支护结构失稳破坏、侵限导致的频繁换拱问题，同时大大降低开挖量、出渣量及喷射混凝土用量；

[0026] (3)采用本发明中的支护方法，取消了隧道系统锚杆、上台阶的锁脚锚管和中台阶的锁脚锚管，可节约工程造价，简化工序，节省时间，加快进度；

[0027] (4)本发明的支护方法中初期支护结构采用单层钢架，与传统两层、三层钢架相比，所述新型支护型式为初期支护结构做“减法”，达到明显“瘦身”的效果，充分发挥支护的材料强度；

[0028] (5)本发明的支护方法中支护型式变内支撑为外支撑，节省隧道内空间，利于大型机械施工，提高施工效率，其中约束杆作为永久支护，后期不用拆除，可进一步确保支护结构的安全性和耐久性。

[0029] 本发明的新型支护型式相比传统支护型式，在有效控制隧道大变形的同时，更加安全、经济、耐久、操作性强，有效缩短工期。

附图说明

[0030] 图1为本发明开挖步骤三维示意图；

[0031] 图2为本发明的支护型式的三维示意图；

[0032] 图3为本发明的支护型式的主视图。

[0033] 图中，1为第一约束杆，2为超前注浆小导管，3为第二约束杆，4为第三约束杆，5为下台阶锁脚锚管，6为连接构件，Ⅰ为上台阶，Ⅱ(1)为左侧中台阶，Ⅱ(2)为右侧中台阶，Ⅲ(1)为左侧下台阶，Ⅲ(2)为右侧下台阶，Ⅳ(1)为下台阶左侧空间，Ⅳ(2)为下台阶右侧空间，Ⅴ为中台阶核心土部分，Ⅵ为下台阶预留核心土部分，Ⅶ为仰拱部分。

具体实施方式

[0034] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0035] 下面结合附图对本发明进行详细描述。

[0036] 本发明提供的一种大断面软岩大变形隧道的支护方法，包括以下步骤：

[0037] (1)上台阶施工：首先进行上台阶Ⅰ(见图1)的开挖，开挖一个进尺后快速进行初喷混凝土，喷射混凝土需满足厚度及平整度要求，初喷完成后，在上台阶左右拱腰钢架连接位置处按上倾角(即水平向上)30°钻孔，锚孔需包括0.2m的预留长度；然后，立即将第一约束杆1送入孔内，对孔口进行封堵并预留排气孔，排气孔在注浆过程中也可用于排水；通过注浆设备对第一约束杆1进行压浆，注浆压力需达到0.5~2MPa，确保注浆达到饱压密实效果；若孔内有地下水汇集，注浆时应采用间歇压浆；注浆完毕后立即清洗注浆设备；架立上台阶钢架，确保上台阶钢架与喷射混凝土密贴，挂设钢筋网；施作φ42mm超前注浆小导管2；最后，复喷混凝土至设计厚度，形成上部初衬支护。

[0038] (2)中台阶施工：在上部初衬支护下，两侧错位开挖中台阶，具为左侧中台阶Ⅱ(1)和右侧中台阶Ⅱ(2)，预留中台阶核心土部分Ⅴ，开挖完成后快速进行初喷混凝土，喷射混凝土需满足厚度及平整度要求；初喷完成后，在上中台阶钢架连接位置处偏下30~50cm处按下倾角(即水平向下)10°钻孔，锚孔需包括0.2m的预留长度；然后，立即将第二约束杆3送入孔内，对孔口进行封堵并预留排气孔，排气孔在注浆过程中也可用于排水；通过注浆设备对第二约束杆进行压浆，注浆压力需达到0.5~2MPa，确保注浆达到饱压密实效果；若孔内有地下水汇集，注浆时应采用间歇压浆；注浆完毕后立即清洗注浆设备；接长中台阶钢架，确保中台阶钢架与喷射混凝土密贴，挂设钢筋网；最后，复喷混凝土至设计厚度。

[0039] (3)下台阶施工：两侧错位开挖下台阶，具体为左侧下台阶Ⅲ(1)和右侧下台阶Ⅲ(2)，预留下中台阶核心土部分Ⅵ，开挖完成后快速进行初喷混凝土，喷射混凝土需满足厚度及平整度要求；初喷完成后，在中下台阶钢架连接位置处偏下30~50cm处按下倾角(水平向下)10°钻孔，锚孔需包括0.2m的预留长度；然后，立即将第三约束杆4送入孔内，对孔口进行封堵并预留排气孔，排气孔在注浆过程中也可用于排水；通过注浆设备对第三约束杆4进行压浆，注浆压力需达到0.5~2MPa，确保注浆达到饱压密实效果；若孔内有地下水汇集，注浆时应采用间歇压浆；注浆完毕后立即清洗注浆设备；接长下台阶钢架，确保下台阶钢架与喷射混凝土密贴，挂设钢筋网；施作下台阶锁脚锚管5；最后，复喷混凝土至设计厚度，待混

凝土达到一定强度，回填下台阶左右两侧空间（见图1中下台阶左侧空间Ⅳ(1)和下台阶右侧空间Ⅳ(2)为已经回填得到部分）。

[0040] (4)预留核心土开挖：开挖中台阶预留核心土部分Ⅴ和下台阶预留核心土部分Ⅵ（见图1），开挖进尺与各台阶循环进尺一致；

[0041] (5)仰拱开挖：每循环开挖长度3~5m，仰拱部分Ⅶ（见图1）开挖后，立即进行初喷。

[0042] (6)在超前注浆小导管2支护下（见图2和图3），进行下一循环的施工，以至隧道贯通。

[0043] 本发明的一种大断面软岩大变形隧道的施工工艺的要点为：

[0044] 步骤(1)~(5)中应采用弱爆破和机械开挖相结合的方式进行开挖，上台阶开挖矢跨比不小于0.3，开挖进尺根据钢架间距确定。

[0045] 步骤(1)~(3)中应选择取消系统锚杆，步骤(1)和(2)中还取消锁脚锚管，加强钢架间纵向连接，以形成稳定的承载结构。

[0046] 步骤(1)~(3)中钢架架设或落底接长后，应快速连接第一约束杆1、第二约束杆3与第三约束杆4与钢架，并快速施作步骤(3)中的锁脚锚管，避免因钢架下端自由而加剧钢架的沉降和收敛变形。

[0047] 步骤(1)~(3)中在改善初期支护结构受力性能方面，特别重视加强约束杆与钢架的连接质量，避免两者在受力过程中脱开而导致约束杆失效。

[0048] 本发明的支护形式可概括为“约束杆+钢架+喷网+超前注浆小导管+锁脚锚管”组合结构，即该支护型式包括约束杆、型钢钢架、钢筋网、超前注浆小导管以及锁脚锚管，喷射混凝土。

[0049] 本发明中的第一约束杆1、第二约束杆3第三约束杆4为大直径大尺度（直径为Φ76mm，长度为6~10m）的注浆锚管。第一约束杆1、第二约束杆3与第三约束杆4与钢架均通过连接构件6相连接，约束杆通过注浆产生抗拔力。约束杆用于增加钢架、喷射混凝土等初期支护结构的稳定性，起到铰约束的作用，防止初期支护结构的失稳破坏，并限制初期支护结构在自重、振动、拱脚围岩压密、钢架间的约束反力作用下的沉降变形，防止产生背后空洞及围岩牵引变形。

[0050] 本发明第一约束杆1、第二约束杆3第三约束杆4中注浆浆液为高强快硬锚固砂浆，高强快硬锚固砂浆通过以下过程制得：将水泥、水和缓凝剂混合均匀即可，其中，水灰比为0.46，缓凝剂用量为水泥含量的0.03%～0.1%。其中，缓凝剂为柠檬酸，水泥为硫酸盐水泥。该高强快硬锚固砂浆4h抗压强度大于10MPa。约束杆钻孔应采用快速钻孔设备，钻孔直径应满足浆液握裹厚度。钢架采用型钢钢架，钢架节与节环向通过螺栓连接，钢架与钢架纵向通过钢筋相连。钢筋网由钢筋焊接而成。超前注浆小导管端头与钢架相连。锁脚锚管于下台阶拱脚施作，锁脚锚管分布于钢架两侧，并与钢架相连。

[0051] 本发明中步骤(1)～(3)中喷射混凝土施作分为初喷和复喷。初喷利于所述钢架与围岩紧贴密实，防止围岩松动圈扩大。喷射混凝土为早强快硬型，4h抗压强度大于10MPa，能快速封闭开挖面，提供承载力，防止松动圈不断牵引扩大。

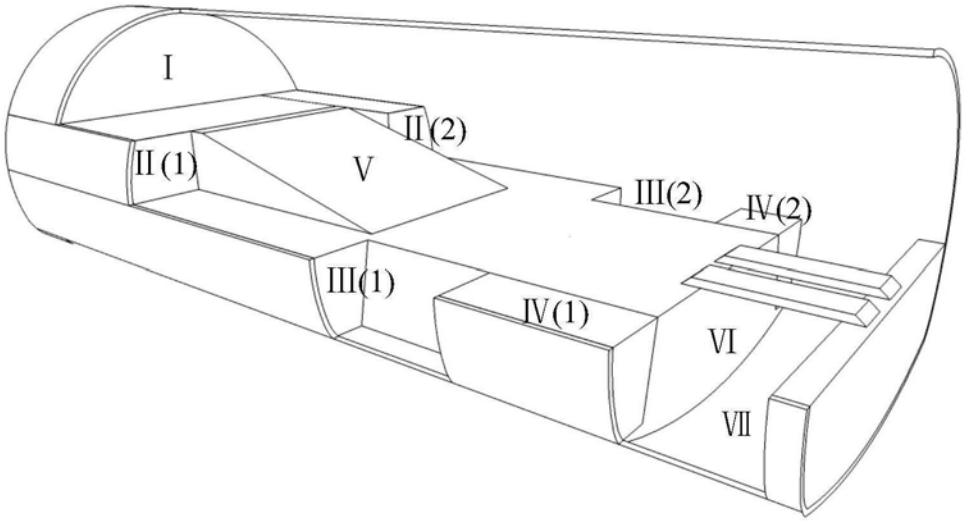


图1

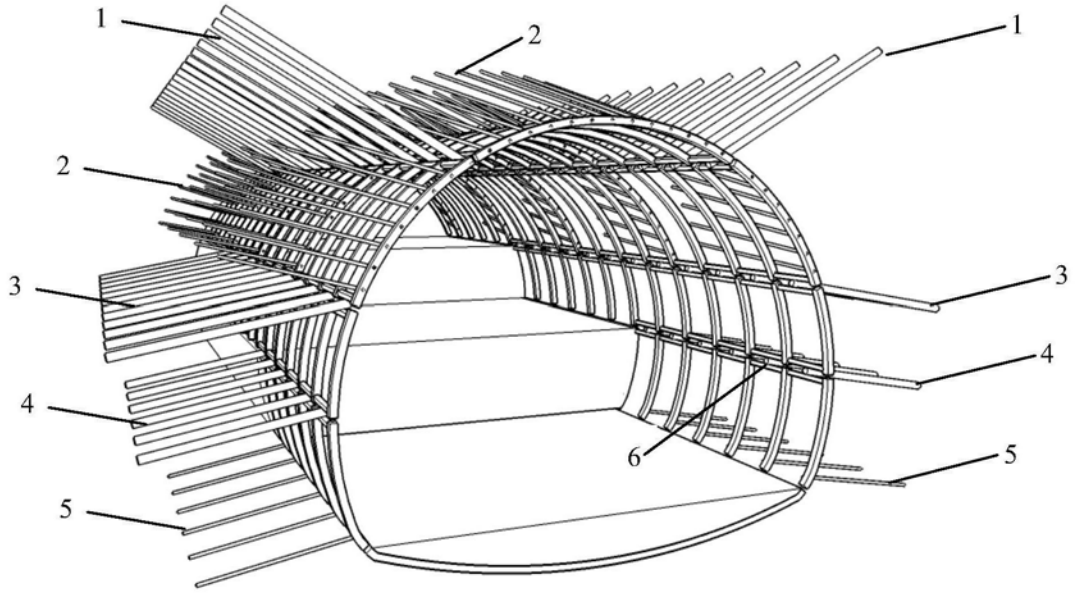


图2

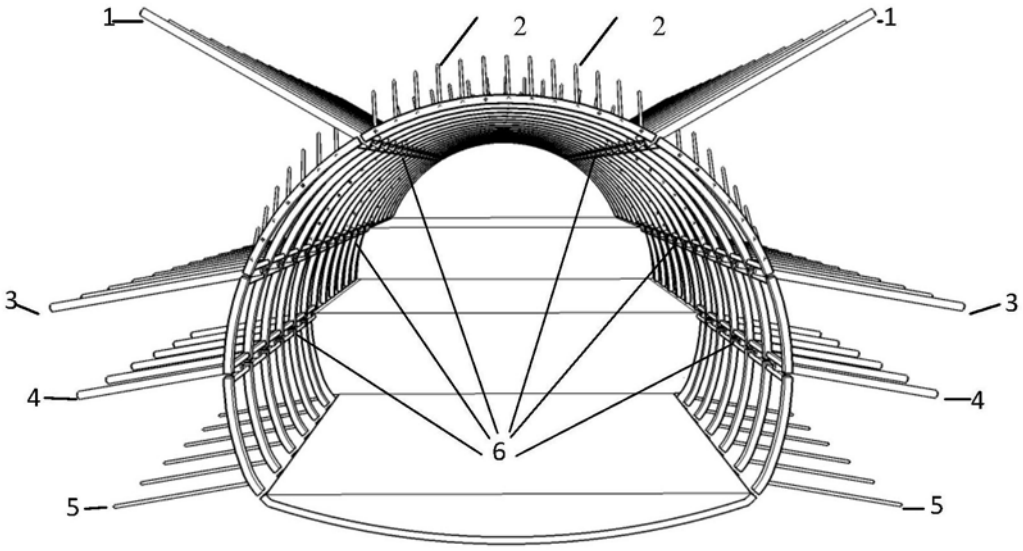


图3