



# (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203515604 U

(45) 授权公告日 2014. 04. 02

(21) 申请号 201320645609. 5

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2013. 10. 18

(73) 专利权人 四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院

地址 610041 四川省成都市武侯区武侯祠横街1号

(72) 发明人 郑建国 李玉文 林国进 王联  
郑金龙 李晓洪 田尚志 高世军  
田志宇 丁尧

(74) 专利代理机构 成都希盛知识产权代理有限公司 51226

代理人 陈泽斌

(51) Int. Cl.

E21D 11/10(2006. 01)

E21D 11/14(2006. 01)

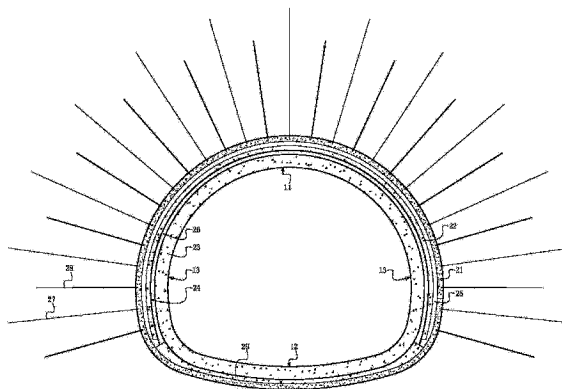
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

## (54) 实用新型名称

用于大变形地层的隧道支护结构

## (57) 摘要

本实用新型涉及隧道支护结构,提供了一种用于大变形地层的隧道支护结构,沿隧道径向包括外层的初期支护、内层的二次衬砌以及位于初期支护和二次衬砌之间的防水层,初期支护采用含有钢筋网和钢拱架的喷锚结构构成;在初期支护和二次衬砌之间设置有内层初期支护,防水层位于内层初期支护和二次衬砌之间,内层初期支护采用含有钢筋网和钢拱架的喷射混凝土结构构成。通过初期支护和内层初期支护的配合,使得对围岩的支护先柔后刚、先放后抗,实现对围岩变形的主动适应,并通过由初期支护、内层初期支护以及二次衬砌构成的强支撑实现对围岩的永久支护,因此,能够有效解决大变形地段的支护问题,能够保证隧道运营期间的稳定性和安全性。



1. 用于大变形地层的隧道支护结构,沿隧道环向包括顶部的拱顶(11)、底部的仰拱(12)及两侧边墙(13),沿隧道径向包括外层的初期支护(21)、内层的二次衬砌(23)以及位于初期支护(21)和二次衬砌(23)之间的防水层(22),所述初期支护(21)采用含有钢筋网和钢拱架的喷锚结构构成;其特征在于:

在所述初期支护(21)和二次衬砌(23)之间设置有内层初期支护(22),所述防水层(24)位于内层初期支护(22)和二次衬砌(23)之间,所述内层初期支护(22)采用含有钢筋网和钢拱架的喷射混凝土结构构成。

2. 如权利要求1所述的用于大变形地层的隧道支护结构,其特征在于:所述初期支护(21)和内层初期支护(22)的钢拱架沿隧道纵向间隔设置。

3. 如权利要求1所述的用于大变形地层的隧道支护结构,其特征在于:所述初期支护(21)的锚固结构包括锚杆(27)和注浆小导管(28)。

4. 如权利要求1、2或3所述的用于大变形地层的隧道支护结构,其特征在于:所述内层初期支护(22)的横断面呈倒U形并由一侧边墙(13)底部经拱顶(11)延伸至另一侧边墙(13)底部;在仰拱(12)处,由初期支护(21)、二次衬砌(23)及内层初期支护(22)两端封闭构成的间隙内设置有回填层(29)。

5. 如权利要求4所述的用于大变形地层的隧道支护结构,其特征在于:所述回填层(29)采用喷射混凝土结构构成。

## 用于大变形地层的隧道支护结构

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及隧道支护结构,尤其是一种用于大变形地层的隧道支护结构。

### 背景技术

[0002] 隧道是一种修建在地下的工程结构物,被广泛地应用于交通、矿山、水利及国防等领域。目前的隧道,通常采用新奥法施工,支护结构为复合式衬砌结构,沿隧道环向包括拱顶、仰拱及两侧边墙,沿隧道径向包括外侧的初期支护、内侧的二次衬砌以及位于初期支护和二次衬砌之间的防水层。

[0003] 新奥法施工的核心为充分发挥围岩的自承能力。进一步的讲,要求  $P_{支}=P_{地}-P_{放}-P_{自}$ ,其中, $P_{支}$ 为支护结构的支护力; $P_{地}$ 为地层使围岩向临空面位移的合力,包括重力、水作用力、膨胀力、构造应力、工程偏力; $P_{放}$ 为以变形的形式转化的工程力,也即塑性能以变形的形式释放; $P_{自}$ 为围岩的自承力,由围岩本身强度分担。施工时,在洞室开挖后及时施作初期支护,初期支护本身具有一定的柔性和变形特性,因而能在开挖后及时有效地控制和调整围岩应力的重分布,最大限度的保护岩体结构和力学特性,使得围岩与初期支护在共同变形的过程中取得自身稳定,充分利用围岩的自承能力;复合式衬砌结构的二次衬砌采用钢筋混凝土结构,承受后期围岩压力,要使  $P_{支}$  最小,则应使  $P_{放}$ 、 $P_{自}$  同时达到最大。过早施作二次衬砌,围岩的自承能力并未达到最佳状态,进而使得二次衬砌承受更大的围岩压力;拖后施作二次衬砌,则会影响初期支护的稳定性,因此,复合式衬砌结构的二次衬砌通常要求在初期支护稳定后及时施作;但在实际施工过程中,可能遇到各种地质灾害,使得实际的施工条件更为复杂。

[0004] 隧道工程围岩的变形破坏主要有岩爆、坍塌和大变形。其中隧道围岩大变形,由于围岩的变形量值特别大,洞壁位移后往往侵入模注混凝土衬砌净空,使施工处理十分困难,因此在各类地质灾害中,是一类容易造成施工困难、毁坏施工设备、延误工期、增加工程成本的地质灾害。国内外学者,针对隧道围岩大变形进行了不少的探索工作,但由于研究者们仅从各自的角度开展隧道围岩大变形问题的研究,其研究成果有一定的局限性,因此,目前还没有就围岩大变形形成一致的和明确的定义。但根据隧道围岩大变形的破坏形式,可以将其理解为:在隧道工程中,由软弱岩体构成的围岩,在高地应力、地下水或自身膨胀性能的作用下,其自承能力丧失或部分丧失,产生具有累进性和明显时间效应的塑性变形且变形得不到有效约束的现象。

[0005] 针对围岩大变形的施工,目前的基本方针是管超前、严注浆、短进尺、强支护、紧封闭、勤量测。但大变形地段的围岩,初期来压快,变形量大,不加控制会发生坍塌,而刚性支护不能适应大变形,将很快被压坏。具体的讲,支护体刚度大于围岩刚度,围岩膨胀性能不能转化为变形能释放,而施加在支护体,形成过载破坏;支护体刚度小于围岩刚度,围岩产生的过量变形得不到限制,将其承担的荷载传递到支护体,形成过载破坏;围岩的变形并非均匀的变形,非均匀的荷载作用在等强的支护体上,形成局部过载破坏,导致支护体失稳。

[0006] 针对上述问题,目前提出了一种解决思路,其是在二次衬砌和初期支护之间填充一层高分子弹性材料,为围岩一个变形释放空间,并通过U型钢架及二次衬砌使得该变形释放空间是一个可控的变形释放空间,如专利号为200910062525.7、发明名称为高地应力软岩卸压施工方法的发明专利。上述专利,其具体的施工步骤是:A、锚喷支护施工,锚喷支护施工必须紧跟掌子面,清除危岩;B、泡沫板挂设,进行聚苯乙烯泡沫板挂设施工;C、仰拱开挖及U型钢架设,衬砌成环,对钢架间隙进行喷射混凝土复喷;D、仰拱回填,U型钢架设完成后,进行仰拱回填施工,对混凝土进行养护;E、防水隔离层施工,在隧道收敛速率趋于稳定后,进行防水隔离层施工;F、二次衬砌施工,在防水隔离层施工完成后,进行二次衬砌施工;G、预应力锚索施工,通过现场放样,确定锚索孔位以及钻孔方向,对孔位位置进行清理。但上述专利的实际使用效果欠佳,具体如下所述:

[0007] 首先,在其步骤B和C的实施过程中,围岩及初期支护均在持续的变形,当变形较大且变形释放空间较小时,可能侵入U型钢架的安装空间,进而限制U型钢架的安装;当变形较大且变形释放空间也较大时,初期支护可能已经产生破坏。

[0008] 其次,泡沫板的挂设,为变形提供了一个缓冲,但其并不能使得围岩及初期支护的变形绝对均匀,而U型钢架间隔设置,并不能对变形释放空间进行完整的限制,当变形较大时,同样存在洞壁位移后由U型钢架间间隙侵入二次衬砌净空的风险、也存在不均匀变形导致的U型钢架背后脱空的风险。

[0009] 其三,由于大变形理论研究的不尽成熟,加之现场地质岩体状况复杂性,导致在生产实践中,难以预测围岩大变形的发生,也即勘察阶段曾预测将会出现大变形的地段,并进行了相应的支护设计,而在实际施工过程中却未出现大变形,相反在设计中预测没有大变形的地段却出现了大变形。而泡沫板的挂设,会阻碍对初期支护变形的测量,而将上述用于大变形地段的支护用于非大变形地段的支护时,由于泡沫板的存在,使得围岩自承能力在到达最佳状态后仍然存在一定的变形空间,进而可能导致围岩的松动以及自承能力的降低,降低隧道支护后期的稳定性,其类似于隧道的脱空病害。

[0010] 其四,在初期支护和二次衬砌之间增加了步骤,无法保证二次衬砌的及时施作,不利于对围岩自承能力的利用。

[0011] 因此,综上所述,上述在二次衬砌和初期支护之间填充一层高分子弹性材料的工法,在实际施工中并不能有效解决大变形地段的支护问题,同时会在隧道施工阶段造成安全隐患并影响隧道运营期间的稳定性和安全性。

### 实用新型内容

[0012] 本实用新型所要解决的技术问题是提供一种用于大变形地层的隧道支护结构,其能有效解决大变形地段的支护问题,并保证隧道运营期间的稳定性和安全性。

[0013] 本实用新型解决其技术问题所采用的技术方案是:用于大变形地层的隧道支护结构,沿隧道环向包括顶部的拱顶、底部的仰拱及两侧边墙,沿隧道径向包括外层的初期支护、内层的二次衬砌以及位于初期支护和二次衬砌之间的防水层,所述初期支护采用含有钢筋网和钢拱架的喷锚结构构成;在所述初期支护和二次衬砌之间设置有内层初期支护,所述防水层位于内层初期支护和二次衬砌之间,所述内层初期支护采用含有钢筋网和钢拱架的喷射混凝土结构构成。

[0014] 进一步的,所述初期支护和内层初期支护的钢拱架沿隧道纵向间隔设置。

[0015] 进一步的,所述初期支护的锚固结构包括锚杆和注浆小导管。

[0016] 进一步的,所述内层初期支护的横断面呈倒 U 形并由一侧边墙底部经拱顶延伸至另一侧边墙底部;在仰拱处,由初期支护、二次衬砌及内层初期支护两端封闭构成的间隙内设置有回填层。作为一种优选,所述回填层采用喷射混凝土结构构成。

[0017] 本实用新型的有益效果是:本实用新型用于大变形地层的隧道支护结构,通过初期支护和内层初期支护的配合,使得对围岩的支护先柔后刚、先放后抗,实现对围岩变形的主动适应,并通过由初期支护、内层初期支护和二次衬砌构成的强支撑实现对围岩的永久支护,因此,能够有效解决大变形地段的支护问题,能够保证隧道运营期间的稳定性和安全性。

## 附图说明

[0018] 图 1 是本实用新型支护结构的横断面设计图。

## 具体实施方式

[0019] 下面结合附图和实施例对本实用新型进一步说明。

[0020] 用于大变形地层的隧道支护结构,沿隧道环向包括顶部的拱顶 11、底部的仰拱 12 及两侧边墙 13,沿隧道径向包括外层的初期支护 21、内层的二次衬砌 23 以及位于初期支护 21 和二次衬砌 23 之间的防水层 22,所述初期支护 21 采用含有钢筋网和钢拱架的喷锚结构构成;在所述初期支护 21 和二次衬砌 23 之间设置有内层初期支护 22,所述防水层 24 位于内层初期支护 22 和二次衬砌 23 之间,所述内层初期支护 22 采用含有钢筋网和钢拱架的喷射混凝土结构构成。

[0021] 如图 1 所示,本实用新型用于大变形地层的隧道支护结构的设计图中,在所述拱顶 11 及两侧边墙 13 处,设置有用于适应于围岩变形的预留变形空间,且预留变形空间包括位于内层初期支护 22 和初期支护 21 之间的外侧预留变形空间 25 以及位于内层初期支护 22 和二次衬砌 23 之间的内侧预留变形空间 26,分别为不同阶段的围岩变形提供退让空间,从空间上保证围岩允许最大变形量的实现。但如后所述,实际施工过程中,内层初期支护 22 按初期支护 21 变形后的实际内轮廓进行施工,防水层 24 及二次衬砌 23 按内层初期支护 22 变形后的实际内轮廓进行施工,围岩、初期支护 21、内层初期支护 22、二次衬砌 23 之间均无间隙和空隙。

[0022] 通过初期支护 21 和内层初期支护 22,能够在不同的阶段获得不同的支护力。具体的讲,在围岩变形初期,围岩在初期支护 21 控制下变形;在围岩变形后期,在初期支护 21 和内层初期支护 22 的共同控制下,允许围岩以一较慢的速度变形。因此,通过支护力的阶段性控制,能够有效控制围岩的变形,降低围岩变形后期的变形速率,在保证围岩自承能力的同时增大围岩的允许变形量,提高释放的变形能。

[0023] 其次,初期支护 21 和内层初期支护 22 内均设置有钢筋网和钢拱架,通过钢筋网和钢拱架的设置,提高支护的早期强度和刚度,缩短其自稳时间,能够尽早、尽快的对围岩变形实现控制;同时提高支护的强度和刚度,控制围岩局部出现的异常变形,使支护承受均匀荷载。

[0024] 其三,通过对围岩及初期支护 21 变形收敛情况的监控,能方便的通过对内层初期支护 22 钢筋网和钢拱架的调整,实现对内层初期支护 22 强度和刚度的调整,进而保障围岩的变形在内侧预留变形空间 26 内收敛,实现对总变形量的控制。

[0025] 其四,通过对内层初期支护 22 变形的监控,能够保证二次衬砌的及时施作,有利于对围岩自承能力的利用。

[0026] 综上所述,本实用新型用于大变形地层的隧道支护结构,通过初期支护 21 和内层初期支护 22 的配合,使得对围岩的支护先柔后刚、先放后抗,实现对围岩变形的主动适应,并通过由初期支护 21、内层初期支护 22 和二次衬砌 23 构成的强支撑实现对围岩的永久支护,因此,能够有效解决大变形地段的支护问题,能够保证隧道运营期间的稳定性和安全性。

[0027] 进一步的,所述初期支护 21 和内层初期支护 22 的钢拱架沿隧道纵向间隔设置,该方式能够在不提高钢拱架用量的前提下,提高钢拱架的设置密度,进而强化对围岩局部出现异常变形的控制。

[0028] 进一步的,所述初期支护 21 的锚固结构包括锚杆 27 和注浆小导管 28。注浆小导管 252,常用于超前支护,因此也被称为超前小导管,其属于高压喷射注浆工艺的一种,但管径较小,通常在 38 ~ 50mm。在初期支护 21 的锚固结构中采用注浆小导管 28,通过高压喷射流使浆液与围岩土体以半置换或全置换凝固为固结体,实现对围岩土体的加固,在起到锚固作用的同时能够提高围岩自身的自承能力。

[0029] 由于大变形主要集中于拱顶和两侧边墙,因此,进一步的,所述内层初期支护 22 的横断面呈倒 U 形并由一侧边墙 13 底部经拱顶 11 延伸至另一侧边墙 13 底部;在仰拱 12 处,由初期支护 21、二次衬砌 23 及内层初期支护 22 两端封闭构成的间隙内设置有回填层 29。回填层 29 的设置,则是为了在设置了内层初期支护 22 后,保证二次衬砌 23 的形状,尤其是二次衬砌 23 仰拱部分的形状。回填层 29 可以是任意的承载结构,但为了使得回填层 29 与内层初期支护 22 能够构成封闭的环状结构,最好的,如图 1 所示,所述回填层 29 采用喷射混凝土结构构成。

[0030] 本实用新型用于大变形地层的隧道支护结构,可以在整个隧道纵向上实施,但该方式成本较高。因此,最优的,本实用新型用于大变形地层的隧道支护结构的施工工法,包括如下步骤:

[0031] A、施作超前支护;

[0032] B、开挖隧道洞身;

[0033] C、紧跟掌子面施作初期支护 21;

[0034] D、监控围岩的变形情况,根据监控数据确定围岩的变形收敛趋势,并根据监控情况进行下述施作;

[0035] E1、当围岩变形呈收敛趋势时,在初期支护 21 表面铺设防水层 24,并在初期支护 21 变形稳定后,根据实际的断面轮廓施作二次衬砌 23,完成该段隧道支护结构的施工;

[0036] E2、当围岩变形无收敛趋势时,则根据如下步骤施工:

[0037] a、根据初期支护 21 的理论强度及围岩的变形速率,确定初期支护 21 的可控变形量,在初期支护 21 变形量达到可控变形量时,施作内层初期支护 22;

[0038] b、监控围岩的变形情况,根据监控数据确定围岩的变形收敛趋势,再根据监控情

况进行下述施作；

[0039] c1、当围岩变形呈收敛趋势时，在内层初期支护 22 表面铺设防水层 24，并在内层初期支护 22 变形稳定后，根据实际的断面轮廓施作二次衬砌 23，完成该段隧道支护结构的施工；

[0040] c2、当围岩变形无收敛趋势时，根据监控数据对二次衬砌 23 进行强化处理，并在内层初期支护 21 变形侵入二次衬砌 23 的净空前，在内层初期支护 22 表面铺设防水层 24，并根据实际的断面轮廓施作二次衬砌 23，完成该段隧道支护结构的施工。

[0041] 上述施工工法，通过对围岩变形收敛情况的监控，及时、准确的判断该地段是否存在围岩大变形，并根据判断结果进行施作，无大变形时，依次按步骤 A、步骤 B、步骤 C、步骤 D 和步骤 E1 进行施工；存在大变形时，依次按步骤 A、步骤 B、步骤 C、步骤 D 和步骤 E2 进行施工。而根据大变形的烈度不同，在大变形烈度不高时，步骤 E2 按步骤 a、步骤 b、步骤 c1 进行施工；在大变形烈度较高时，步骤 E2 按步骤 a、步骤 b、步骤 c2 进行施工。因此，能够在保证施工安全的同时强化施工的灵活性。而掘进方式、初期支护 21、内层初期支护 22、防水层 24 和二次衬砌 23 的具体施工规范均与现有相同，而对围岩也即初期支护 21、内层初期支护 22 变形量及收敛情况的监控方便，因此本工法能够方便的用于现有隧道的施工，实现成本低。

[0042] 上述初期支护 21 的可控变形量，根据初期支护 21 的塑形变形极限即初期支护 21 在失效破坏前的最大变形量在扣除一定的安全余量后确定，以确保初期支护 21 的内层初期支护 22 的施工过程中不会被破坏。进一步的讲，在设计阶段，根据勘测数据，确定初期支护 21 和内层初期支护 22 的理论强度和变形极限，然后确定外侧预留变形空间 25 和内侧预留变形空间 26 的尺寸。在施工阶段，大致按外侧预留变形空间 25 和内侧预留变形空间 26 的尺寸对初期支护 21 和内层初期支护 22 的变形量进行控制，但应当根据围岩的实际变形速率进行调整，变形速率越大，则可控变形量越小。

[0043] 按上述施工方法施工，无大变形时，由于洞身断面相同、隧道净空断面相同，因此，在非大变形地段，支护结构仅由初期支护 21 和二次衬砌 23 构成，二次衬砌 23 根据初期支护 21 的实际内轮廓施作，也即二次衬砌 23 的实际厚度远大于其设计厚度，能够有效提高支护结构的安全储备，保障隧道运营期间的稳定性和安全性。大变形烈度不高时，围岩变形呈收敛趋势，围岩变性能的释放最大化，同时二次衬砌 23 同样根据内层初期支护 22 的实际内轮廓施作，其实际厚度也大于其设计厚度，能够有效提高支护结构的安全储备，保障隧道运营期间的稳定性和安全性。大变形烈度较高时，虽然无法保证围岩变形的收敛，但通过内层初期支护 22 能极大的提高支护强度和刚度，极大的减缓变形，能够确保施工的安全，并确保围岩自承能力的最大化利用，同时为二次衬砌 23 的强化处理提供了时间，因此，同样能够有效提高支护结构的安全储备，保障隧道运营期间的稳定性和安全性。二次衬砌 23 强化处理可以采用任意的现有技术，如增加二次衬砌 23 厚度、提高二次衬砌 23 标号等。

[0044] 由于围岩的软化可以在开挖之初、也可以开挖一段时间后，因此，内层初期支护 22 的施作仅同初期支护 21 和围岩的变形有关，而同初期支护 21 是否封闭成环无关；同时，内层初期支护 22 针对大变形地段进行设置，而非局部。为了进一步保证施工的安全性，在所述步骤 B 中，开挖循环进尺与初期支护 21 钢拱架的设置间距相适应。

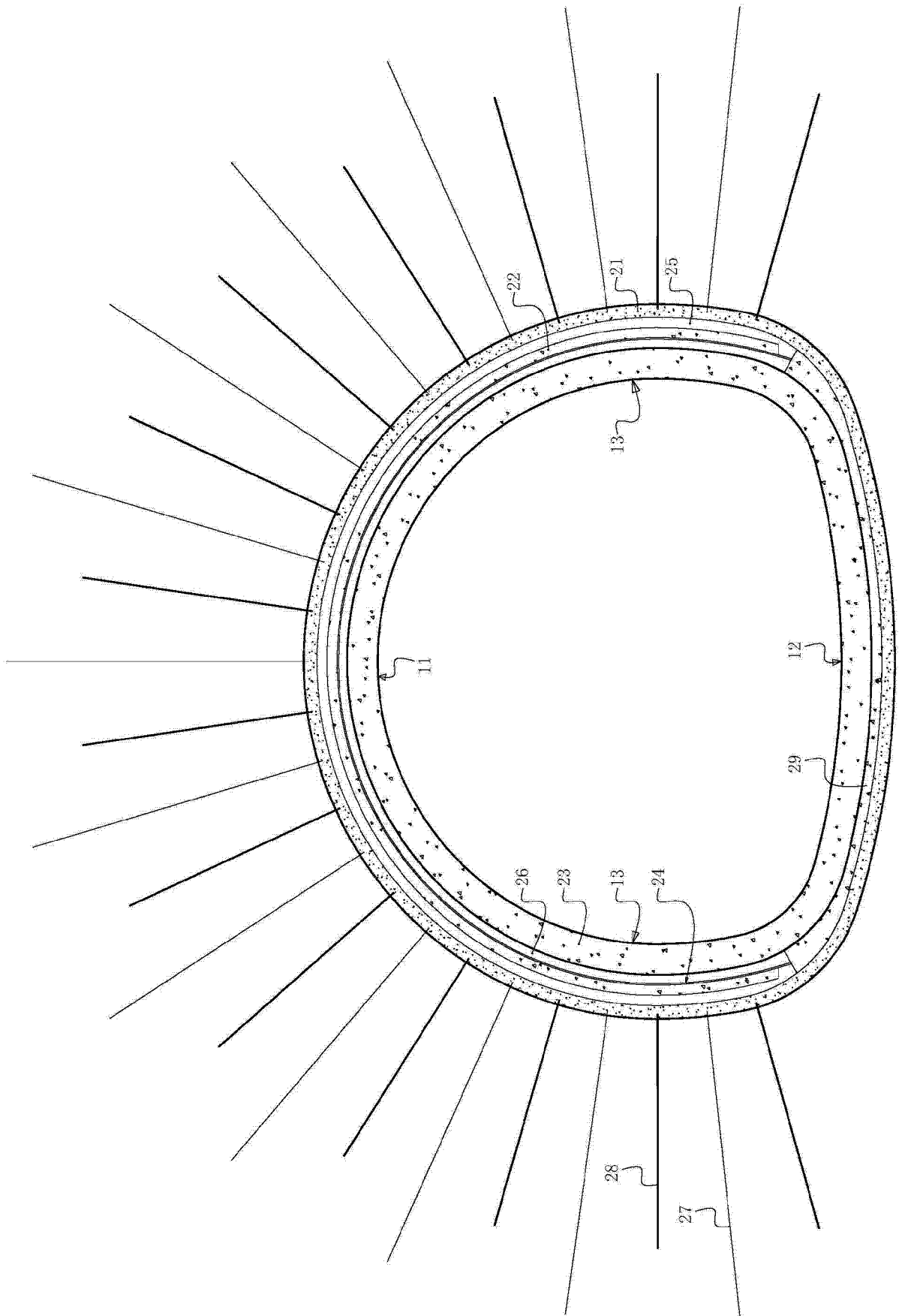


图 1