(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105569674 A
(43)申请公布日 2016.05.11

(21)申请号 201610064277.X
(22)申请日 2016.01.28
(71)申请人 西南交通大学
地址 610031 四川省成都市二环路北一段111号
(72)发明人 周晓军 杨昌宇 王晓峰 朱勇 姜波 周跃峰 喻渝 李泽龙
(74)专利代理机构 成都点睛专利代理事务所（普通合伙）51232
代理人 敖欢 葛启函
(51)Int.Cl.
E21D 11/00(2006.01)
E21D 11/10(2006.01)
E21D 11/18(2006.01)
E21D 11/38(2006.01)
E21F 16/02(2006.01)

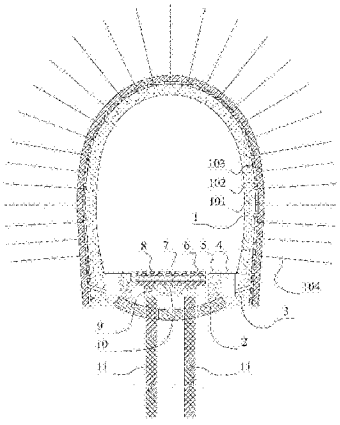
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构

(57)摘要

本发明提供一种用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，包括隧道衬砌和仰拱，衬砌与仰拱构成封闭的环状结构，衬砌的底脚与仰拱的左右两端部相衔接，在底脚内设置泄水孔，在衬砌与仰拱的衔接部位设置排水沟、电缆槽，隧道内的行车道放置在减振层上，减振层的下部设置有承台板，承台板由纵梁与横梁共同支撑，纵梁和横梁由桩基支撑，桩基竖向垂直穿透仰拱并插入地层中，所述行车道、减振层和承台板的两侧端部均与排水沟和电缆槽所在部位脱开，所述纵梁、横梁、桩基均与仰拱脱开；本隧道结构具有防水、隔热、减振的作用，而且结构紧凑、承载性能高、施工便利，其造价和维护成本相对较低，使用范围广。



CN 105569674 A

1.一种用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，包括在地层中挖除岩石或土壤后的空间内修筑的壳状的隧道衬砌(1)和仰拱(2)，其特征在于：衬砌(1)与仰拱(2)构成封闭的环状结构，衬砌(1)的左右两侧底脚与仰拱(2)上翘的左右两端部相衔接，在衬砌(1)的至少一侧底脚内设置泄水孔(3)，在衬砌(1)与仰拱(2)的衔接部位设置与泄水孔(3)相连通的排水沟(4)、及位于排水沟(4)和行车道(6)之间的电缆槽(5)，隧道内的行车道(6)放置在其下部的减振层(7)上，减振层(7)的下部设置有承台板(8)，承台板(8)由其下部的纵梁(9)与横梁(10)共同支撑，纵梁(9)和横梁(10)由其下部的桩基(11)支撑，所述桩基(11)竖向垂直穿透仰拱(2)并插入地层中，所述行车道(6)、减振层(7)和承台板(8)的两侧端部均与排水沟(4)和电缆槽(5)所在部位脱开，所述纵梁(9)、横梁(10)、桩基(11)均与仰拱(2)脱开。

2.如权利要求1所述的用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，其特征在于：所述的隧道衬砌(1)包括以隧道中心线左右对称的内层衬砌(101)、夹层(102)、外层衬砌(103)和锚杆(104)，内层衬砌(101)设置在隧道的最里侧，夹层(102)设置在内层衬砌(101)与外层衬砌(103)之间，外层衬砌(103)设置于隧道的最外侧并与周围地层中的岩石或土壤直接接触，锚杆(104)沿外层衬砌(103)的环向和隧道轴线方向间隔设置且其垂直穿透外层衬砌(103)并插入到周围的地层中。

3.如权利要求2所述的用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，其特征在于：泄水孔(3)的一端与夹层(102)相连通，另外一端与排水沟(4)相连通，且前者的高程要高于后者的高程。

4.如权利要求1所述的用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，其特征在于：所述仰拱(2)以隧道中心线左右对称，其与衬砌(1)为整体结构，或与衬砌(1)分开成为独立构件。

5.如权利要求1所述的用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，其特征在于：所述泄水孔(3)沿隧道中心线左右两侧对称设置在衬砌(1)的两侧底脚内，或非对称单侧设置。

6.如权利要求1所述的用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，其特征在于：所述的排水沟(4)和电缆槽(5)以隧道中心线左右两侧对称设置，或在隧道内单侧设置。

7.如权利要求2所述的用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，其特征在于：所述内层衬砌(101)、仰拱(2)、排水沟(4)、电缆槽(5)、行车道(6)由钢筋混凝土现场浇筑或预制构成，所述行车道(6)或由沥青混凝土构成。

8.如权利要求1所述的用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，其特征在于：所述的承台板(8)、纵梁(9)、横梁(10)和桩基(11)由钢筋混凝土现场浇筑构成。

9.如权利要求2所述的用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，其特征在于：所述夹层(102)由耐腐蚀与耐高温材料构成，所述外层衬砌(103)由喷射混凝土、喷射纤维混凝土、型钢拱架或钢筋格栅构成，所述锚杆(104)由钢材或玻璃纤维材料制成。

10.如权利要求1所述的用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，其特征在于：所述的泄水孔(3)由混凝土或高分子耐腐蚀材料加工制成，所述减振层(7)由泡沫混凝土或橡胶板制成。

用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构

技术领域

[0001] 本发明涉及交通隧道技术领域，具体涉及一种用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构。

背景技术

[0002] 隧道是铁路、公路、城市地铁、水利、电力和国防等行业中用于通行车辆、行人和输送物资等的一种地下结构，通常修建在地表以下的各种岩石或土壤地层中。由于受地球内部构造运动如火山、岩浆、地下水以及地震等的影响，地层中的岩体或土壤呈现出不同的形态。对于受到上述地质构造运动强烈影响的地层而言，其中的岩体或土壤完整性差且强度低，岩体或土壤就呈现出软弱、破碎、高温或含水量高的状态，在如此条件的地层中修建隧道必须要考虑与之相适应的衬砌结构。

[0003] 在软弱破碎岩体中修建隧道时，首先要将隧道开挖轮廓线范围内的岩土体挖除，然后及时浇筑混凝土衬砌或拼装混凝土预制构件来形成所需要的地下空间。由于地层软弱破碎，且地下水含量较高时隧道衬砌要承受较大的地层和地下水压力。根据地层以及地下水的压力状况，可采用单层或双层形式的衬砌来维持隧道的内部净空，防止隧道周围岩土体的坍塌。隧道的横截面通常采用拱形、圆形、马蹄形或矩形等，并且在隧道底部还要设置圆弧状的仰拱来提高地层的承载能力，防止隧道在修建和运营期间发生沉降与变形，确保隧道的安全运营。

[0004] 此外，在火山、地下岩浆活动区域或者深度较大的地层中修建隧道时，往往要面临较高的地层温度或高温地下水，当地层的温度达到30℃时就属于高温地层。较高的地层温度不仅要影响隧道的安全施工，更重要的是在隧道长期运营期间，高温会恶化隧道内的运行环境。此外，高温还会在隧道衬砌内产生不均匀的变温应力，导致衬砌开裂，降低衬砌的强度和耐久性。针对高温地层中的隧道，通常在隧道施工和运营期间采用机械通风的方式来降低隧道内的空气温度。

[0005] 此外，对处于高烈度地震区的隧道，地震往往会对隧道结构产生破坏或影响。通常采用增加隧道衬砌的刚度和强度或者在隧道衬砌内设置减震缝来提高隧道的抗震性能。

[0006] 我国地域辽阔，地形和地貌复杂多样，随着铁路、公路、地铁和国防等地下工程的大量建设，隧道工程穿越软弱破碎高温含水地层以及和高烈度地震区的状况将会越来越多，常规的隧道结构已经难以适应如此复杂的地层，因此需要寻求一种适合于软弱破碎高温含水地层中的新型隧道结构。

发明内容

[0007] 本发明所要解决的技术问题是提供一种用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，该隧道结构具有防水、隔热、抗震和承载性能高、构造简便、施工便利、工程造价以及维护费用相对较低的特点。

[0008] 为实现上述发明目的，本发明提供一种用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结

构，包括在地层中挖除岩石或土壤后的空间内修筑的壳状的隧道衬砌和仰拱，衬砌与仰拱构成封闭的环状结构，衬砌的左右两侧底脚与仰拱上翘的左右两端部相衔接，在衬砌的至少一侧底脚内设置泄水孔，在衬砌与仰拱的衔接部位设置与泄水孔相连通的排水沟、及位于排水沟和行车道之间的电缆槽，隧道内的行车道放置在其下部的减振层上，减振层的下部设置有承台板，承台板由其下部的纵梁与横梁共同支撑，纵梁和横梁由其下部的桩基支撑，所述桩基竖向垂直穿透仰拱并插入地层中，所述行车道、减振层和承台板的两侧端部均与排水沟和电缆槽所在部位脱开，所述纵梁、横梁、桩基均与仰拱脱开。

[0009] 排水沟临近衬砌，电缆槽临近隧道内的行车道的端部。

[0010] 所述各构件之间脱开的间隙可根据构件受荷载后的变形量通过计算加以确定。

[0011] 所述的桩基沿隧道的轴线方向间隔设置，其间距可根据上部承担的荷载和下部地层承载力通过计算加以确定。

[0012] 作为优选方式，所述的隧道衬砌包括以隧道中心线左右对称的内层衬砌、夹层、外层衬砌和锚杆，内层衬砌设置在隧道的最里侧，夹层设置在内层衬砌与外层衬砌之间，外层衬砌设置于隧道的最外侧并与周围地层中的岩石或土壤直接接触，锚杆沿外层衬砌的环向和隧道轴线方向间隔设置且其垂直穿透外层衬砌并插入到周围的地层中。

[0013] 内层衬砌和外层衬砌的厚度可根据其所承受的地层和地下水压力通过计算加以确定。

[0014] 作为优选方式，泄水孔的一端与夹层相连通，另外一端与排水沟相连通，且前者的高程要高于后者的高程。

[0015] 作为优选方式，所述仰拱以隧道中心线左右对称，其与衬砌为整体结构，或与衬砌分开成为独立构件。

[0016] 作为优选方式，所述泄水孔沿隧道中心线左右两侧对称设置在衬砌的两侧底脚内，或非对称单侧设置。

[0017] 作为优选方式，所述的排水沟和电缆槽以隧道中心线左右两侧对称设置，或在隧道内单侧设置。

[0018] 作为优选方式，所述内层衬砌、仰拱、排水沟、电缆槽、行车道由钢筋混凝土现场浇筑或预制构成。所述行车道或由沥青混凝土构成。

[0019] 作为优选方式，所述的承台板、纵梁、横梁和桩基由钢筋混凝土现场浇筑构成。

[0020] 作为优选方式，所述夹层由耐腐蚀与耐高温材料构成，所述外层衬砌由喷射混凝土、喷射纤维混凝土、型钢拱架或钢筋格栅构成，所述锚杆由钢材或玻璃纤维材料制成。

[0021] 作为优选方式，所述的泄水孔由混凝土或高分子耐腐蚀材料加工制成，所述减振层由泡沫混凝土或橡胶板制成。

[0022] 本发明的有益效果为：采用与隧道衬砌和仰拱脱离的板梁桩结构来支撑隧道内的行车道，不让行车道上车辆的静、动荷载或其他荷载传递到隧道的衬砌和仰拱上，减少了隧道衬砌和仰拱在隧道内车辆通行时所引起的振动，因而可减少隧道衬砌和仰拱受到疲劳损伤，有利于延长其使用寿命。

[0023] 此外，采用板梁桩的独立支撑结构使隧道内行车道与隧道的衬砌和仰拱脱开，与常规的将行车道直接放置在隧道仰拱上的做法相比，在地层发生地震时，本发明的明显优点为：地层、行车道和隧道衬砌之间发生相对运动，有利于释放地层、隧道衬砌与行车道由

于地震产生的能量，缓解三者之间的作用力，有利于降低地震对隧道衬砌和行车道的损伤与破坏，确保隧道内车辆与行人的安全。

[0024] 对于软弱破碎高温含水地层而言，如果采用将隧道的行车道直接放置在仰拱上的常规做法，由于仰拱下部地层中岩体或土壤的承载力不足，会极易引起仰拱的下沉，致使行车道发生变形、开裂或破损。此外，当地层中的地下水含量过高时，采用直接将隧道行车道放置在仰拱上的常规做法，车辆在行车道上运行产生的动荷载还会极易引起地层的液化，更易导致隧道内行车道的下沉或开裂，影响到隧道内的行车环境与安全。本发明采用桩基础来独立支撑隧道内的行车道，正是基于桩基对软弱破碎高温含水地层具有较强的适应性，且可深入地层中，能够发挥桩基承载力高的特点，因而可有效降低行车道的下沉和变形，延长行车道的使用寿命，从而可降低隧道在长期运营期间的维修和养护成本。

[0025] 此外，为了减少在软弱破碎高温含水地层中隧道长期运营的风险，确保隧道的耐久性，本发明采用夹层将隧道内层衬砌与外层衬砌相互隔开，夹层由耐腐蚀和耐高温的材料制成，其一方面可以起到隔热的作用，另一方面还可以阻挡地下水的渗入。因此，夹层的设置不仅减少了地下水对内层衬砌的腐蚀，而且还可以减少隧道内层衬砌由于周围地层高温度所引起的变温应力，进而可减弱地层中地下水和高温对隧道内层衬砌强度和刚度的影响，有利于延长内层衬砌的使用寿命。对于夹层外侧过量的地下水，可以通过衬砌底脚部位设置的泄水孔引排至排水沟内，然后再由排水沟沿隧道轴线方向排出洞外。如此可以降低夹层外所聚积的地下水，进一步减少了作用在隧道内层衬砌上的水压力，提高了隧道衬砌的强度和安全性。

[0026] 因此，本发明所述的用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，具有防水、隔热、减振的作用，而且结构紧凑、承载性能高、施工便利，其造价和维护成本相对较低，使用范围广。

附图说明

[0027] 图1为本发明用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构主视结构示意图；

[0028] 图2为本发明用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构内行车道的俯视图。

[0029] 附图标记说明：1为隧道衬砌，101为内层衬砌，102为夹层，103为外层衬砌，104为锚杆，2为仰拱，3为泄水孔，4为排水沟，5为电缆槽，6为行车道，7为减振层，8为承台板，9为纵梁，10为横梁，11为桩基。

具体实施方式

[0030] 以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式，本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用，本说明书中的各项细节也可以基于不同的观点与应用，在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。

[0031] 一种用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构，包括在地层中挖除岩石或土壤后的空间内修筑的壳状的隧道衬砌1和仰拱2，衬砌1与仰拱2构成封闭的环状结构，隧道结构可以其中心线左右两侧对称，也可为非对称，作为优选，本实施例采用左右两侧对称的隧道结构形式。衬砌1的左右两侧底脚与仰拱2上翘的左右两端部相衔接，在衬砌1的底脚内设置

泄水孔3，所述泄水孔3沿隧道中心线左右两侧对称设置在衬砌1的两侧底脚内，或非对称单侧设置，其具体的间距和孔径可根据地下水流量经过计算加以确定，作为优选，本实施例中所述泄水孔3沿隧道中心线左右两侧对称设置在衬砌1的两侧底脚内。在衬砌1与仰拱2的衔接部位设置与泄水孔3相连通的排水沟4、及位于排水沟4和行车道6之间的电缆槽5，排水沟4临近衬砌1，电缆槽5临近隧道内的行车道6的端部。泄水孔3的一端与夹层102相连通，另外一端与排水沟4相连通，且前者的高程要高于后者的高程，以便地下水能顺利流向排水沟4，并沿着排水沟4流至隧道外。隧道内的行车道6放置在其下部的减振层7上，减振层7的下部设置有承台板8，在所述仰拱2上预留桩基11的孔位，且预留孔的直径应大于桩基11的直径，便于桩基11施工，具体的直径可根据桩基直径加以确定；根据所述仰拱2上预留的桩基11的孔位，设置桩基11，其插入地层中的长度、桩基的直径和沿隧道轴线方向的纵向间距可根据地层的地质条件、隧道内车辆荷载以及其他荷载通过计算加以确定。在所述桩基11外露的顶部修建纵梁9和纵梁之间的横梁10。所述纵梁9沿隧道轴线方向进行设置，横梁10垂直于纵梁9。所述纵梁9沿隧道纵向的长度、根数、横截面形状、纵向间距以及所述横梁10的横截面形状、根数可根据隧道内车辆荷载通过计算加以确定。作为优选，本实施例所述纵梁9的横截面采用矩形，根数为2根，所述横梁10采用矩形横截面。在所述纵梁9和横梁10的顶部建造承台板8，在所述承台板8的上部放置减振层7。在减振层7的上部修筑行车道6，承台板8由其下部的纵梁9与横梁10共同支撑，纵梁9和横梁10由其下部的桩基11支撑，所述桩基11竖向垂直穿透仰拱2并插入地层中，所述行车道6、减振层7和承台板8的两侧端部均与排水沟4和电缆槽5所在部位脱开，脱开的间隙可根据隧道内通行车辆的荷载或其他荷载及其所引起的变形量等通过计算加以确定。所述纵梁9、横梁10、桩基11均与仰拱2脱开。所述各构件之间脱开的间隙都可根据构件受荷载后的变形量通过计算加以确定。

[0032] 所述的桩基11沿隧道的轴线方向间隔设置，其间距可根据上部承担的荷载和下部地层承载力通过计算加以确定。

[0033] 所述的隧道衬砌1包括以隧道中心线左右对称的内层衬砌101、夹层102、外层衬砌103和锚杆104，所述内层衬砌101是隧道最主要的衬砌结构。内层衬砌101设置在隧道的最里侧，夹层102设置在内层衬砌101与外层衬砌103之间用于防水与隔热。外层衬砌103设置于隧道的最外侧并与周围地层中的岩石或土壤直接接触，锚杆104沿外层衬砌103的环向和隧道轴线方向间隔设置且其垂直穿透外层衬砌103并插入到周围的地层中。

[0034] 所述锚杆104用于加固地层，其插入地层的长度、环向和沿隧道轴线方向的间距可根据地层的地质状况加以确定。所述锚杆104可以隧道中心线在左右两侧对称设置，也可非对称设置，具体可根据地层地质状况加以确定，作为优选，本实施例采用左右两侧对称方式设置。

[0035] 内层衬砌101和外层衬砌103的厚度可根据其所承受的地层和地下水压力通过计算确定。

[0036] 所述仰拱2以隧道中心线左右对称，其与衬砌1为整体结构，或与衬砌1分开成为独立构件。

[0037] 所述的排水沟4和电缆槽5以隧道中心线左右两侧对称设置，或在隧道内单侧设置。

[0038] 所述内层衬砌101、仰拱2、排水沟4、电缆槽5、行车道6由钢筋混凝土现场浇筑或预

制构成。所述行车道6或由沥青混凝土构成。

[0039] 所述的承台板8、纵梁9、横梁10和桩基11由钢筋混凝土现场浇筑构成。

[0040] 所述夹层102由耐腐蚀与耐高温材料构成，所述外层衬砌103由喷射混凝土、喷射纤维混凝土、型钢拱架或钢筋格栅构成，所述锚杆104由钢材或玻璃纤维材料制成。

[0041] 所述的泄水孔3可采用由混凝土或高分子耐腐蚀材料加工制成的圆管，如PVC管；所述减振层7由泡沫混凝土或橡胶板制成，作为优选，本实施例采用泡沫混凝土。

[0042] 实际实施时，本发明所述的隧道衬砌1的横截面形状可以变换为圆形、椭圆形、马蹄形、“门”字形、矩形、多边形等型式，所述的隧道衬砌1可由一跨单洞隧道变更为双跨双洞隧道或多跨多洞隧道的结构形式。与其对应，所述的桩基11可采用单排桩、双排桩等形式，其横截面可用圆形、矩形等形式，显然这种方式的用于软弱破碎高温含水地层中的隧道结构也属于本发明保护的范围。

[0043] 本发明采用与隧道衬砌和仰拱脱离的板梁桩结构来支撑隧道内的行车道，不让行车道上车辆的静、动荷载或其他荷载传递到隧道的衬砌和仰拱上，减少了隧道衬砌和仰拱在隧道内车辆通行时所引起的振动，因而可减少隧道衬砌和仰拱受到疲劳损伤，有利于延长其使用寿命。

[0044] 此外，采用板梁桩的独立支撑结构使隧道内行车道与隧道的衬砌和仰拱脱开，与常规的将行车道直接放置在隧道仰拱上的做法相比，在地层发生地震时，本发明的明显优点为：地层、行车道和隧道衬砌之间发生相对运动，有利于释放地层、隧道衬砌与行车道由于地震产生的能量，缓解三者之间的作用力，有利于降低地震对隧道衬砌和行车道的损伤与破坏，确保隧道内车辆与行人的安全。

[0045] 对于软弱破碎高温含水地层而言，如果采用将隧道的行车道直接放置在仰拱上的常规做法，由于仰拱下部地层中岩体或土壤的承载力不足，会极易引起仰拱的下沉，致使行车道发生变形、开裂或破损。此外，当地层中的地下水含量过高时，采用直接将隧道行车道放置在仰拱上的常规做法，车辆在行车道上运行产生的动荷载还会极易引起地层的液化，更易导致隧道内行车道的下沉或开裂，影响到隧道内的行车环境与安全。本发明采用桩基础来独立支撑隧道内的行车道，正是基于桩基对软弱破碎高温含水地层具有较强的适应性，且可深入地层中，能够发挥桩基承载力高的特点，因而可有效降低行车道的下沉和变形，延长行车道的使用寿命，从而可降低隧道在长期运营期间的维修和养护成本。

[0046] 此外，为了减少在软弱破碎高温含水地层中隧道长期运营的风险，确保隧道的耐久性，本发明采用夹层将隧道内层衬砌与外层衬砌相互隔开，夹层由耐腐蚀和耐高温的材料制成，其一方面可以起到隔热的作用，另一方面还可以阻挡地下水的渗入。因此，夹层的设置不仅减少了地下水对内层衬砌的腐蚀，而且还可以减少隧道内层衬砌中因受高温地层影响而引起的变温应力，进而减弱地层中地下水和高地温对隧道内层衬砌强度和刚度的影响，有利于延长内层衬砌的使用寿命。对于夹层外侧过量的地下水，可以通过衬砌底脚部位设置的泄水孔引排至排水沟内，然后再由排水沟沿隧道轴线方向排出洞外。如此可降低夹层外所聚积的地下水，进一步减少了作用在内层衬砌上的水压力，提高隧道内层衬砌的强度和安全性。

[0047] 上述实施例仅例示性说明了本发明的原理及其功效，而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下，对上述实施例进行修饰或改变。

因此，凡所述技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变，仍应由本发明的权利要求所涵盖。

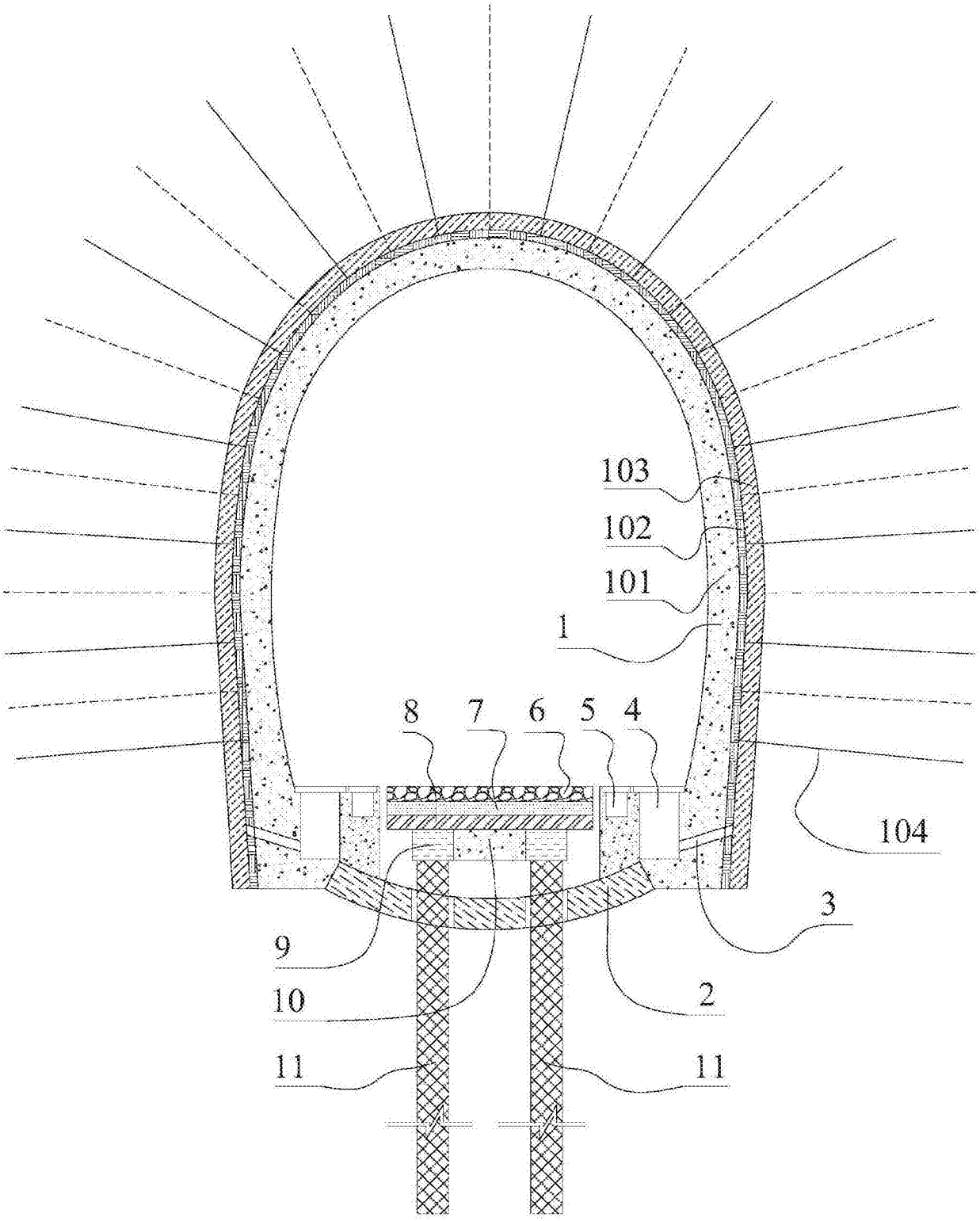


图1

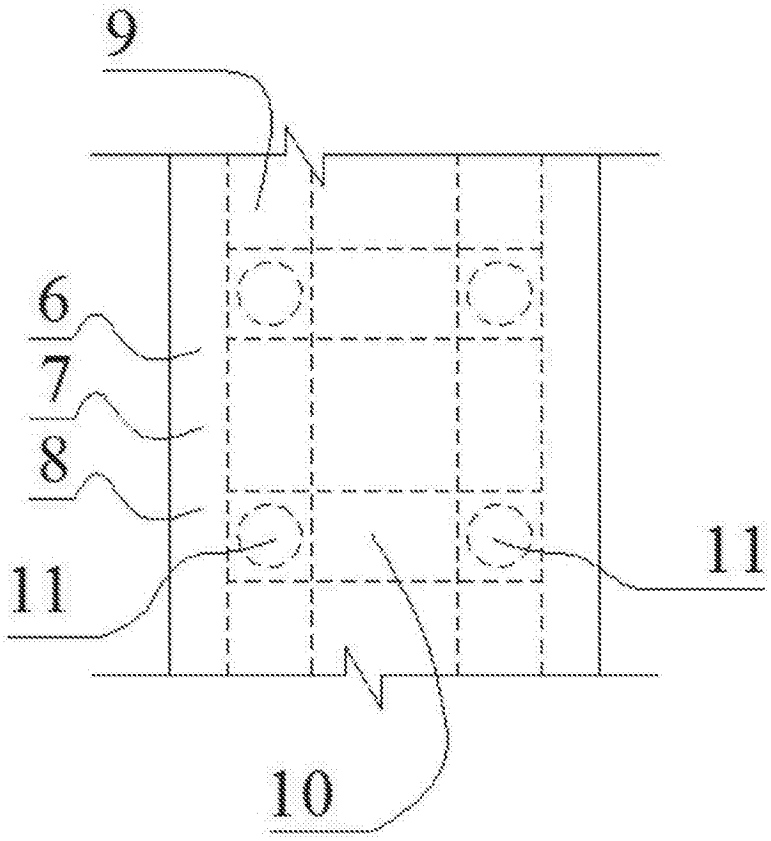


图2