



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109944597 B

(45) 授权公告日 2020. 11. 06

(21) 申请号 201910302199.6

E21D 11/18 (2006.01)

(22) 申请日 2019.04.16

E02D 17/20 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109944597 A

(56) 对比文件

CN 208330408 U, 2019.01.04

CN 107780941 A, 2018.03.09

CN 102071948 A, 2011.05.25

CN 102182465 A, 2011.09.14

CN 103206219 A, 2013.07.17

CN 107762535 A, 2018.03.06

KR 101332970 B1, 2013.11.25

王永安等. 王永安等.《中南公路工程》  
.2006, 第145-149页.

(43) 申请公布日 2019.06.28

(73) 专利权人 陕西路桥集团有限公司

地址 710000 陕西省西安市雁塔区吉祥路  
306号

(72) 发明人 胡平 马迎生 王琦 贺伟

(74) 专利代理机构 西安毅联专利代理有限公司  
61225

代理人 师玮

审查员 陈盼盼

(51) Int. Cl.

E21D 9/00 (2006.01)

E21D 9/14 (2006.01)

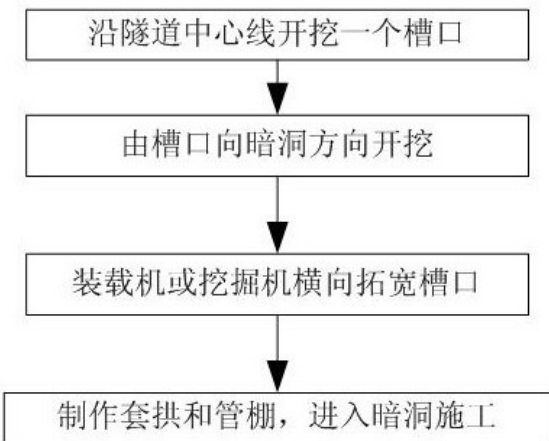
权利要求书2页 说明书5页 附图9页

(54) 发明名称

一种基于保护边仰坡自然植被的隧道进洞  
施工方法

(57) 摘要

本发明提供了一种基于保护边仰坡自然植被的隧道进洞施工方法,包括以下步骤:步骤一、在隧道的洞门位置,沿隧道中心线挖出一个仅供装载机或挖掘机进出的槽口;步骤二、由槽口向暗洞方向开挖,当拱顶覆土达到0~3米且地形地质条件满足结构稳定时,确定为施工明暗洞交界面,停止向前开挖;步骤三、装载机或挖掘机转向横向拓宽,直至开挖到边坡预定位置;步骤四、制作套拱和管棚,进入暗洞施工阶段。本发明利用洞门处开凿的槽口,准确判断出现场地质条件及围岩产状在开挖后的稳定性,据此对传统的、不顾现场地质条件而“机械性”的边仰坡形式给予优化,从而达到“零开挖”进洞、最大限度的保护了边仰坡自然植被。



1. 一种基于保护边仰坡自然植被的隧道进洞施工方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一、在隧道的洞门位置,沿隧道中心线挖出一个仅供装载机或挖掘机进出的槽口;

步骤二、由槽口向隧道的暗洞方向开挖,当拱顶覆土达到0.0~3.0米、且地形地质条件满足结构稳定时,确定为施工明暗洞交界面,停止向前开挖,该施工明暗洞交界面是根据设计图和围岩地质情况综合确定的;

步骤三、装载机或挖掘机转向横向拓宽槽口,直至开挖到隧道合理的边坡和仰坡位置,合理的边坡和仰坡位置是通过围岩地质情况确定;

步骤四、制作隧道套拱和管棚,进入隧道暗洞施工阶段;

从设计图上能够获得设计明暗洞交界面,施工明暗洞交界面至洞门的距离 $L_1 \leq$ 设计明暗洞交界面到洞门的距离 $L_1'$ ;

设计明暗洞交界面与施工明暗洞交界面之间的区域为仰坡过度开挖区域,仰坡过度开挖区域的自然植被通过施工中重新确定明暗洞交界面被保留下来;

步骤三所述边坡为实际施工开挖边坡;

所述步骤三横向拓宽槽口的过程是:

停止向前开挖槽口,装载机或挖掘机的铲斗转向左右拓宽槽口,根据施工明暗洞交界面和槽口侧壁的地质情况,确定实际施工开挖边坡和仰坡的形式;

从设计图上读取设计隧道边坡的参数;

设计隧道边坡与实际施工开挖边坡之间的区域为边坡过度开挖区域,边坡过度开挖区域的自然植被通过优化边坡参数被保留下来;

所述实际施工开挖边坡与设计隧道边坡相比:

实际施工开挖边坡的坡度 $\geq$ 设计隧道边坡的坡度;

和/或,实际施工开挖边坡的台阶数 $\leq$ 设计隧道边坡的台阶数;

和/或,实际施工开挖边坡的台阶宽度 $\leq$ 设计隧道边坡的台阶宽度;

在拓宽槽口过程中,根据槽口侧壁和槽口底壁的地质情况,重新确定明洞路段路基侧向宽度;

从设计图上能够获得明洞路段路基侧向宽度 $S_1'$ ,把重新确定的明洞路段路基侧向宽度命名为明洞路基施工侧向宽度 $S_1$ ,明洞路基施工侧向宽度 $S_1 \leq$ 设计图上获得的明洞路段路基侧向宽度 $S_1'$ ;

明洞路段路基侧向宽度 $S_1'$ 与明洞路基施工侧向宽度 $S_1$ 之间的区域为边坡过度开挖区域,由此引申到边坡顶端地表过度开挖区域的自然植被通过施工中重新确定明洞路段路基侧向宽度而被间接保留下来。

2. 根据权利要求1所述的隧道进洞施工方法,其特征在于,所述仰坡与边坡平滑曲线顺接;

从设计图上获得的仰坡与边坡接触,接触方式与平滑曲线顺接方式之间具有不重合区域,该不重合区域的自然植被通过边仰坡平滑曲线顺接被保留下来。

3. 根据权利要求1所述的隧道进洞施工方法,其特征在于,仰坡防护时,最大限度地减少喷射混凝土的范围和高度;

对于Ⅱ级和Ⅲ级围岩,喷射混凝土的暴露面积不超过 $60\text{m}^2$ ,超出部分采用悬挂防护网或对危岩打设锚杆给予防护。

4. 根据权利要求1所述的隧道进洞施工方法,其特征在于,步骤三中,所述边坡的坡度为1:0.15~1:0.02。

5. 根据权利要求1所述的隧道进洞施工方法,其特征在于,步骤一中所述槽口的宽度为4m~5m,槽口既用于隧道开挖、还可用于观察隧道洞口的地质条件。

## 一种基于保护边仰坡自然植被的隧道进洞施工方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及隧道施工领域,尤其涉及一种基于保护边仰坡自然植被的隧道进洞施工方法。

### 背景技术

[0002] 我国践行绿水青山就是金山银山的理念,坚持人与自然和谐共生。这就要求我们在工程建设中,树立基础设施建设与环境保护全面协调发展的全新思维方式,以保护生态环境为前提,合理利用生态环境为指导,将工程建设(洞口开挖)对自然生态的不利影响减少到最低程度,寻求一条公路建设与生态环境协调发展的道路,实现可持续发展。

[0003] 传统洞口施工方法是:按照设计文件给定的坡度对边仰坡自上而下开挖出施工所需要的工作场地,然后进行暗洞施工,由此造成边仰坡大面积开挖,增加了开挖和支护工作量,破坏了大面积的自然植被。

[0004] 另外,边仰坡大范围的切坡,破坏了山体的自然稳定状态,容易在建设期或运营期产生洞口失稳,诱发山体滑坡,造成大量不必要的人力、物力损失。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种基于保护边仰坡自然植被的隧道进洞施工方法,解决传统隧道施工中边仰坡环境破坏大的弊端。

[0006] 实现本发明目的的技术方案如下:

[0007] 一种基于保护边仰坡自然植被的隧道进洞施工方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤一、在隧道的洞门位置,沿隧道中心线挖出一个仅供装载机或挖掘机进出的槽口;

[0009] 步骤二、由槽口向隧道的暗洞方向开挖,当拱顶覆土达到0.0~3.0米、且地形地质条件满足结构稳定时,确定为施工明暗洞交界面,停止向前开挖,该施工明暗洞交界面是根据设计图和围岩地质情况综合确定的;

[0010] 步骤三、装载机或挖掘机转向拓宽槽口,直至开挖到隧道合理的边坡和仰坡位置,合理的边坡和仰坡位置通过围岩地形地质情况确定;

[0011] 步骤四、制作隧道套拱和管棚,进入隧道暗洞施工阶段。

[0012] 本发明利用在洞门处开凿的“槽口”,准确判断出现场地质条件及围岩产状在开挖后的稳定性,据此对传统的、不顾现场地质条件而“机械性”的边仰坡开挖参数给予优化,从而达到“零开挖”进洞、最大限度的保护了边仰坡自然植被,实现了“绿水青山就是金山银山”的初衷。

[0013] 作为本发明的进一步改进,从设计图上能够获得设计明暗洞交界面,施工明暗洞交界面至洞门的距离 $L_1 \leq$ 设计明暗洞交界面到洞门的距离 $L_1'$ ;

[0014] 设计明暗洞交界面与施工明暗洞交界面之间的区域为仰坡过度开挖区域,仰坡过度开挖区域的自然植被通过施工中重新确定明暗洞交界面被保留下来。

- [0015] 作为本发明的进一步改进,步骤三中所述边坡为实际施工开挖边坡;
- [0016] 所述步骤三横向拓宽槽口的过程是:
- [0017] 停止向前开挖槽口,装载机或挖掘机的铲斗转向左右拓宽槽口,根据施工明暗洞交界面和槽口侧壁的地质情况,确定实际施工开挖边坡和仰坡的形式。
- [0018] 作为本发明的进一步改进,从设计图上读取设计隧道边坡和仰坡的参数;
- [0019] 设计隧道边坡与实际施工开挖边坡之间的区域为边坡过度开挖区域,边坡过度开挖区域的自然植被通过重新确定边坡形式被保留下来。
- [0020] 作为本发明的进一步改进,所述实际施工开挖边坡与设计隧道边坡相比:
- [0021] 实际施工开挖边坡的坡度 $\geq$ 设计隧道边坡的坡度;
- [0022] 和/或,实际施工开挖边坡的台阶数 $\leq$ 设计隧道边坡的台阶数;
- [0023] 和/或,实际施工开挖边坡的台阶宽度 $\leq$ 设计隧道边坡的台阶宽度。
- [0024] 作为本发明的进一步改进,在拓宽槽口过程中,根据槽口侧壁和槽口底壁的地质情况,重新确定明洞路段路基侧向宽度;
- [0025] 从设计图上能够获得明洞路段路基侧向宽度 $S_1'$ ,把重新确定的明洞路段路基侧向宽度命名为明洞路基施工侧向宽度 $S_1$ ,明洞路基施工侧向宽度 $S_1 \leq$ 设计图上获得的明洞路段路基侧向宽度 $S_1'$ ;
- [0026] 明洞路段路基侧向宽度 $S_1'$ 与明洞路基施工侧向宽度 $S_1$ 之间的区域为边坡过度开挖区域,由此引申至边坡顶端地表过度开挖区域的自然植被通过施工中重新确定明洞路段路基侧向宽度而被间接保留下来。
- [0027] 作为本发明的进一步改进,所述仰坡与边坡平滑曲线顺接;
- [0028] 从设计图上获得的仰坡与边坡接触,接触方式与平滑曲线顺接方式之间具有不重合区域,该不重合区域的自然植被通过边仰坡平滑曲线顺接被保留下来。
- [0029] 作为本发明的进一步改进,仰坡防护时,最大限度地减少喷射混凝土的范围和高度;
- [0030] 对于Ⅱ级和Ⅲ级围岩,喷射混凝土的暴露面积不超过 $60\text{m}^2$ ,超出部分采用悬挂防护网或对危岩打设锚杆等办法给予防护;
- [0031] 作为本发明的进一步改进,步骤三中,所述边坡的坡度为 $1:0.15 \sim 1:0.02$ 。传统石质边坡一般为 $1:0.5$ 、土质边坡一般为 $1:0.75$ 。
- [0032] 作为本发明的进一步改进,步骤一中所述槽口的宽度为 $4\text{m} \sim 5\text{m}$ ,槽口既用于隧道开挖、还用于观察隧道洞口的地质条件。
- [0033] 作为本发明的进一步改进,所述步骤三开挖到边坡后,还向边坡喷射混凝土。
- [0034] 作为本发明的进一步改进,所述步骤一确定隧道洞门位置的过程,是根据施工图设计文件,精确定出边仰坡开口线及洞门位置。
- [0035] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:
- [0036] 本发明利用在洞门处开凿的“槽口”,准确判断出现场地质条件及围岩产状在开挖后的稳定性,据此对传统的、不顾现场地质条件而“机械性”的边仰坡开挖参数给予优化,从而达到“零开挖”进洞、最大限度的保护了边仰坡自然植被,实现了“绿水青山就是金山银山”的初衷。

## 附图说明

- [0037] 图1为隧道进洞施工方法的流程框图；
- [0038] 图2为隧道进洞施工平面示意图；
- [0039] 图3为边坡、仰坡弧形开挖示意图；
- [0040] 图4为边坡开挖优化示意图；
- [0041] 图5为仰坡防护示意图；
- [0042] 图6为拱顶覆土达到0.0~3.0米的示意图；
- [0043] 图7为图6的侧视图；
- [0044] 图8为采用传统方法施工、隧道洞口的图示；
- [0045] 图9为使用本发明施工、隧道洞口原生植被基本保持原始状态的图示；
- [0046] 图10为工程实例一的设计图；
- [0047] 图11为工程实例一建设过程中的图示；
- [0048] 图12为工程实例一建成后的图示；
- [0049] 图13为优化边坡放样的示意图。
- [0050] 图中：①、隧道洞门；②、明暗洞交界面；③、槽口；④、开坡线；⑤、边坡坡面；⑥、仰坡平台；⑦、边坡平台；⑧、平滑曲线顺接保护领地；⑨、弧形开挖线；a、隧道中心线；100、隧道；110、实际隧道边坡；120、实际边坡平台；130、重新确定的明洞外路基宽度；200、原地表线；210、设计隧道边坡；220、设计边坡传统平台；230、设计明洞外路基宽度；240、原地表自然斜坡；1、开挖区域；2、建成后的隧道。

## 具体实施方式

[0051] 下面结合附图所示的各实施方式对本发明进行详细说明，但应当说明的是，这些实施方式并非对本发明的限制，本领域普通技术人员根据这些实施方式所作的功能、方法、或者结构上的等效变换或替代，均属于本发明的保护范围之内。

[0052] 传统的隧道进洞施工方法，先依据设计图给定的边仰坡参数，对施工区域进行测量放线，并自上而下对山体大挖大刷。传统的施工方法造成了边仰坡大面积开挖，破坏了大面积的自然植被，如图8所示。

[0053] 本发明的设计构思是：一、通过优化明暗洞交界面，保留了仰坡过度开挖区域的自然植被。二、通过降低边仰坡高度，保留了边仰坡顶端地表过度开挖区域的自然植被，降低边仰坡高度采取的措施有：1、放陡边坡；2、减少台阶数量；3、缩小平台宽度；4、缩小明洞路段坡脚侧向宽度；5、将边坡与仰坡形成平滑曲线顺接。三、通过缩小明洞路段路基侧向宽度，保留了边坡顶端地表过度开挖区域的自然植被。

[0054] 本发明为工程技术人员提供了一种快速、灵活、易学的“零开挖”进洞施工方法，利用在洞门处开凿的“槽口”，准确判断出现场地质条件及围岩产状在开挖后的稳定性，据此对传统的、不顾现场地质条件而“机械性”的边仰坡开挖参数给予优化，从而达到“零开挖”进洞、最大限度的保护了边仰坡自然植被，如图9所示。

[0055] 本发明公开的一种基于保护边仰坡自然植被的隧道进洞施工方法，包括以下步骤：

[0056] 步骤一、根据施工图设计文件，精确定出边仰坡开口线、隧道中心线及洞门位置

等,从保护边仰坡自然植被的角度,结合现场地形地质条件分析可能存在的进洞方案及最优方案;

[0057] 步骤二、在洞门位置,沿隧道中心线挖出一个宽约5.0米、可供装载机或挖掘机进出的槽口,槽口既用于隧道开挖、还用于观察隧道洞口的地质条件;

[0058] 步骤三、由槽口向暗洞方向开挖,当拱顶覆土达到0.0~3.0米、且地形地质条件满足结构稳定时,即可确定为明暗交界线(如图6和图7所示),停止向前开挖,转向横向拓宽;

[0059] 步骤四:在确保施工及运营安全的前提下,可结合现场地形地质条件,对原边坡仰坡设计参数给予优化,最大限度的减少洞口边仰坡植被破坏范围:

[0060] 步骤五:仰坡的防护( $h_3$ ),应最大限度地减少(或降低)喷射砼的范围和高度;对于Ⅱ、Ⅲ级围岩,喷射混凝土的暴露面积不超过 $60\text{m}^2$ ,超出部分采用悬挂防护网或对危岩打设锚杆等办法给予防护;

[0061] 步骤六:施作管棚及套拱,进入暗洞施工阶段。

[0062] 下面详细描述步骤四采取优化措施的具体方法。

[0063] 步骤三确定好明暗洞交界面之后,铲斗转向开挖槽口的左右侧壁,左右侧壁同时开挖,沿隧道中心线对称拓宽槽口,直至将槽口拓宽到合理的仰坡位置和边坡位置。

[0064] 合理的边坡位置确定方法是:铲斗铲挖槽壁时,技术人员根据槽壁的地质情况,在电脑上利用绘图工具绘制出优化边坡。放样过程是:先根据围岩地质情况确定明洞外路基宽度,图12中标示的(1),再根据围岩地质情况确定第一级优化边坡。第一级优化平台的合适位置,图12中标示的(2),然后根据围岩地质情况确定优化平台的宽度,以此类推,直至确定出合理的边坡顶端与地表的交界面。

[0065] 合理的仰坡位置确定方法与边坡类似。

[0066] 一般情况下,采取不同的开挖方法及支护手段,会产生不同的进洞方案;所谓最优方案,即是指对洞口自然环境破坏最小、经济成本最省的方案。本发明通过边仰坡开口线,在山体上确定出设计隧道边坡、设计明洞外路基宽度、设计仰坡的位置,边仰坡开口线一方面便于洞门和隧道中心线的确定,另一方面便于后期比较边坡过度开挖区域和仰坡过度开挖区域。

[0067] 另外需要说明的是:隧道工程初期支护普遍采用的是喷射混凝土,喷射混凝土虽具有支护及时、强度高、密实性强等优点,但是仰坡上喷射混凝土会煞灭自然风景、降低行车愉悦感等副作用,因此,本发明中仰坡喷射混凝土的施工作业范围原则上不高于拱顶开挖线之外2.0米,高出部分可采用悬挂防护网或对危岩打设锚杆等办法给予防护。

[0068] 为了更清楚的展示本发明,下面给出两个工程实例。

[0069] 工程实例一:某隧道为分离式隧道,左洞长250米、右洞长200米,净高5米、净宽10.25米。右边为进口,其进口端地形陡峻。此隧道的设计图如图10所示,从图10可以看出,洞口仰坡开挖高度30m,明洞路段路基设计宽度为2m,坡度为1:0.5。按照此设计方法,洞口边仰坡开挖,对自然环境损伤较大,同时给隧道建设期及运营期的边坡安全也埋下隐患。

[0070] 采用本发明的隧道进洞施工方法进行施工。

[0071] 经过现场核查地形地质条件,发现岩层为钙质板岩,产状有利于边坡稳定、且石质较坚硬。确定以下进洞施工方法:①提前进洞。当拱顶覆土达到0.3米时,即停止向前开挖,转向横向拓宽;②放陡边坡。将传统的设计边坡及平台给予取消;③将传统的明洞路段坡脚

侧向设计宽度由2.0米缩小至0.4米;④减少(或降低)仰坡喷射砼的范围和高度。鉴于现场围岩已达Ⅲ级,喷射砼的施工作业范围原则上不得高于拱顶开挖线之外2.0米;高出部分可采用悬挂防护网或对危岩打设锚杆的办法给予防护。建设过程中的图示如图11所示,建成后的隧道如图12所示。

[0072] 采用本发明的方案,对洞口边仰坡自然环境的破坏很小,基本上保持了原始植被状态,并在后期绿化的衬托下,路域环境愈加贴近自然,生态文明建设趋向极致。

[0073] 工程实例二:某隧道左洞长467米、右洞长447米,净高5米、净宽10.25米。左洞进口地形略显偏压状,按照传统设计方法,洞口开挖高度达25米,尤其是边坡与仰坡交角位置开挖高度可达30米,对自然环境损伤较大。

[0074] 采用本发明的隧道进洞施工方法进行施工。

[0075] 经过现场核查地形地质条件,发现洞口围岩呈浅变质千枚岩,中等风化程度但对隧道结构稳定比较有利,据此确定以下进洞施工方法:①提前进洞。当拱顶覆土达到0.0米时,即可停止向前开挖,转向横向拓宽;②放陡边坡。将传统的1:0.5石质设计边坡优化至1:0.15;③将传统的明洞路段坡脚侧向宽度由传统的1.0米缩小至0.5米;④将边坡与仰坡形成平滑曲线顺接。

[0076] 此隧道采用本发明的施工方法,洞口边仰坡开挖高度不到10米,基本上保持了原始植被状态,并在后期绿化的衬托下,路域环境愈加贴近自然,生态文明建设趋向极致。

[0077] 上文所列出的一系列的详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施方式的具体说明,它们并非用以限制本发明的保护范围,凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施方式或变更均应包含在本发明的保护范围之内。

[0078] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0079] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。



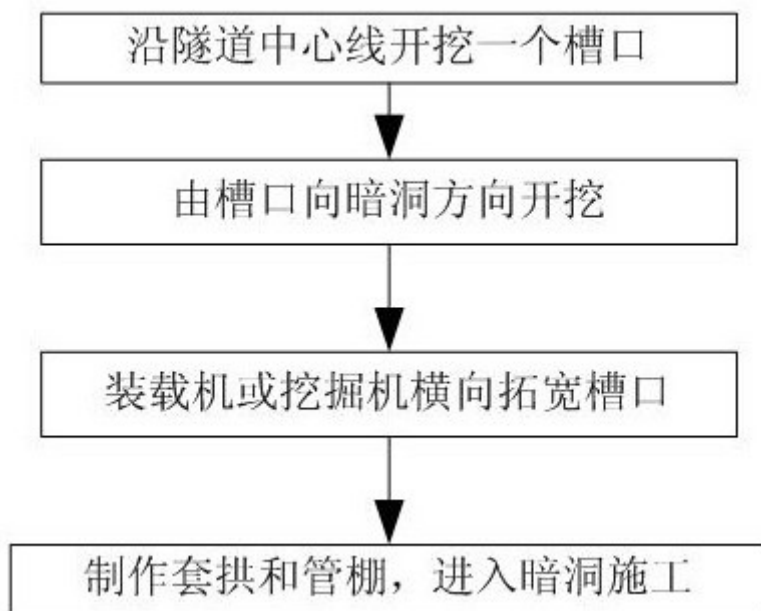


图1

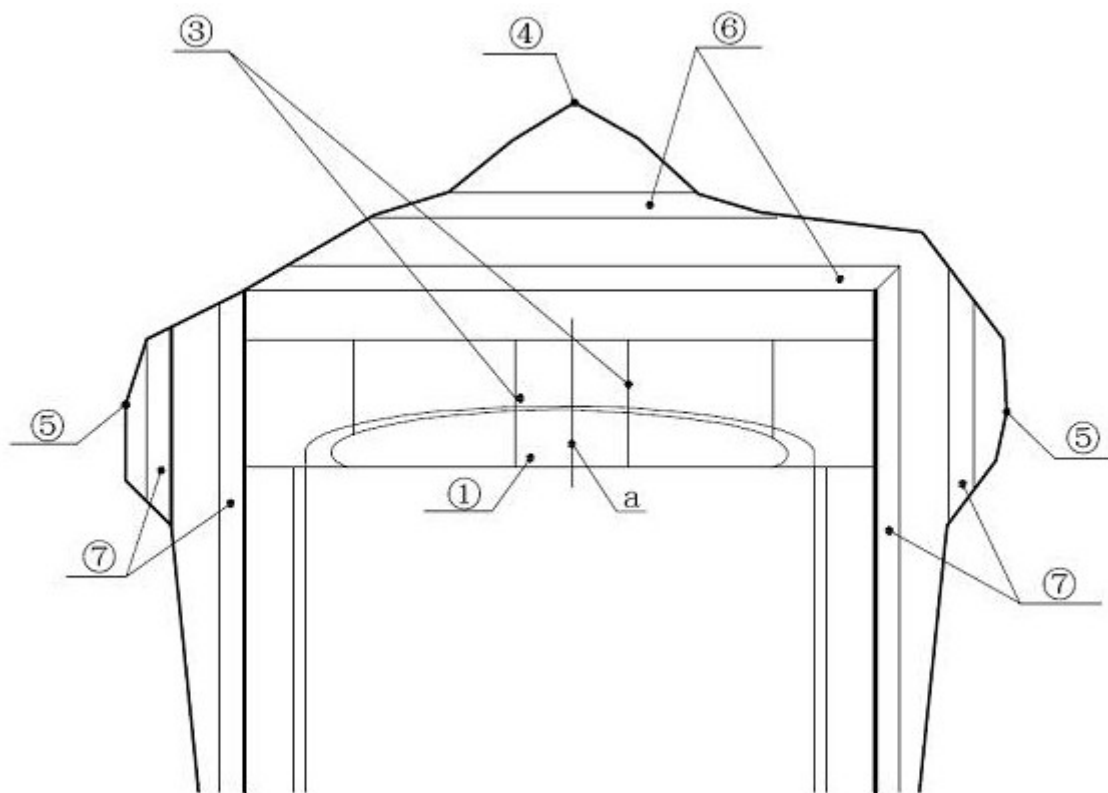


图2



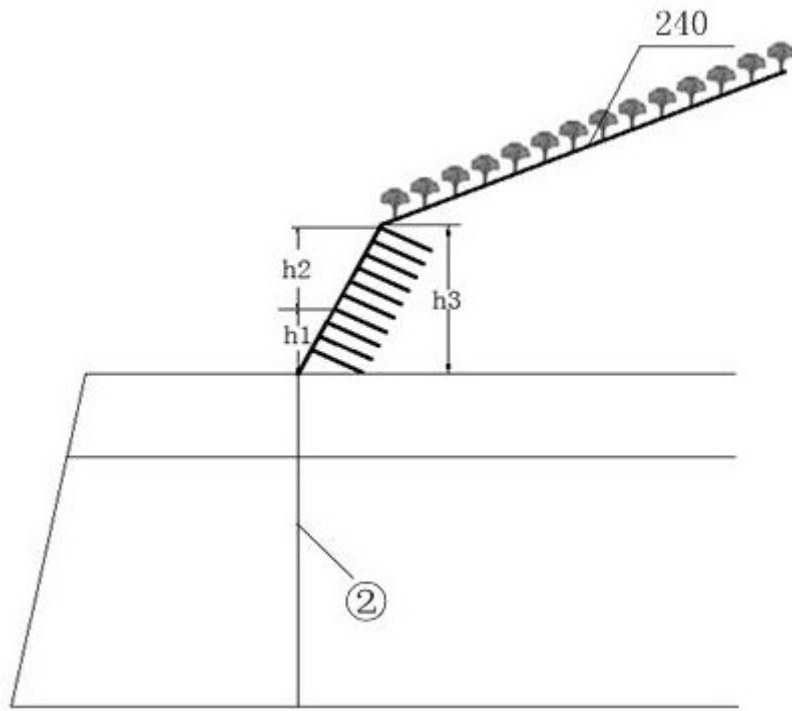


图5

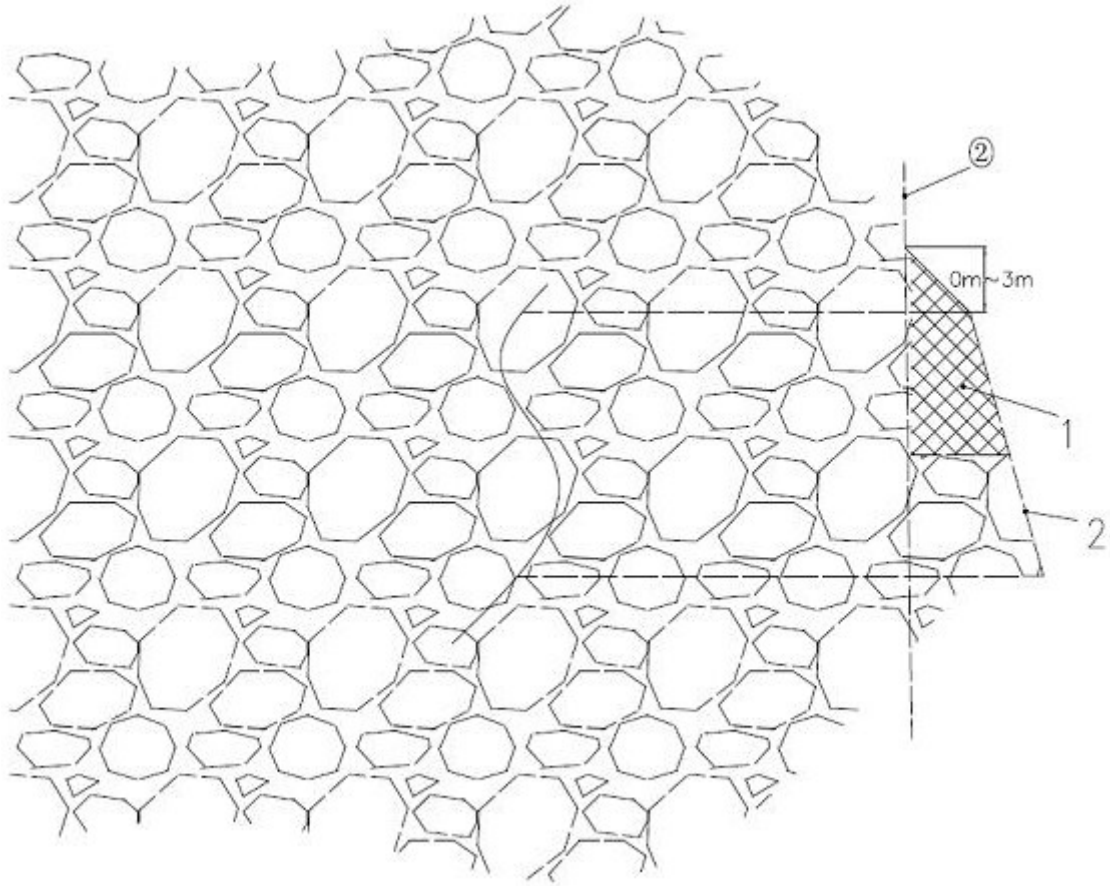


图6

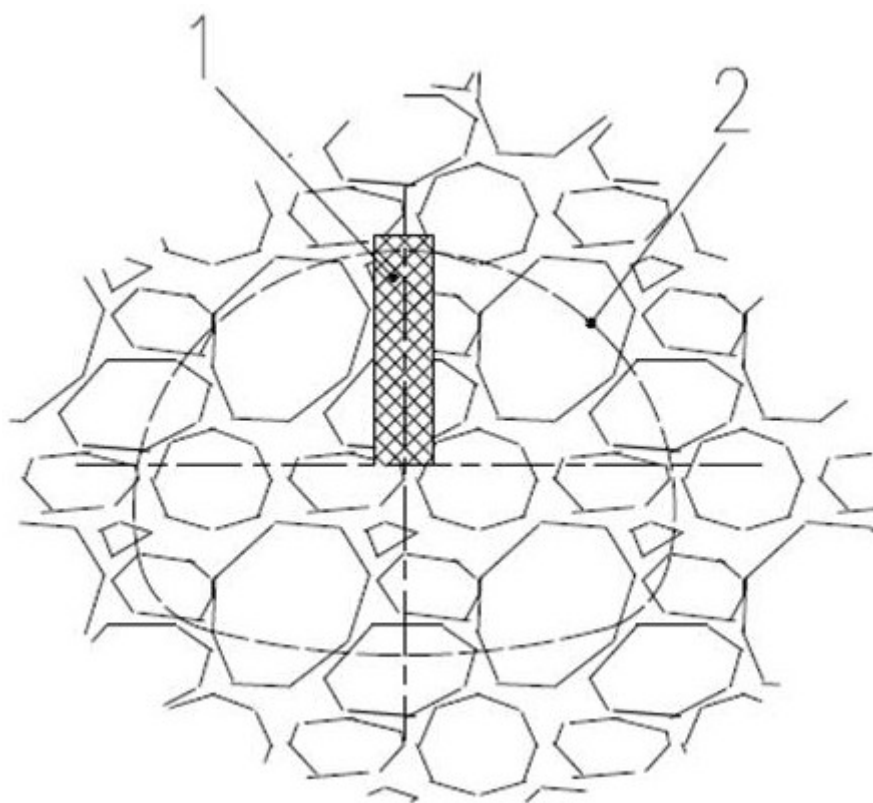


图7



图8



图9

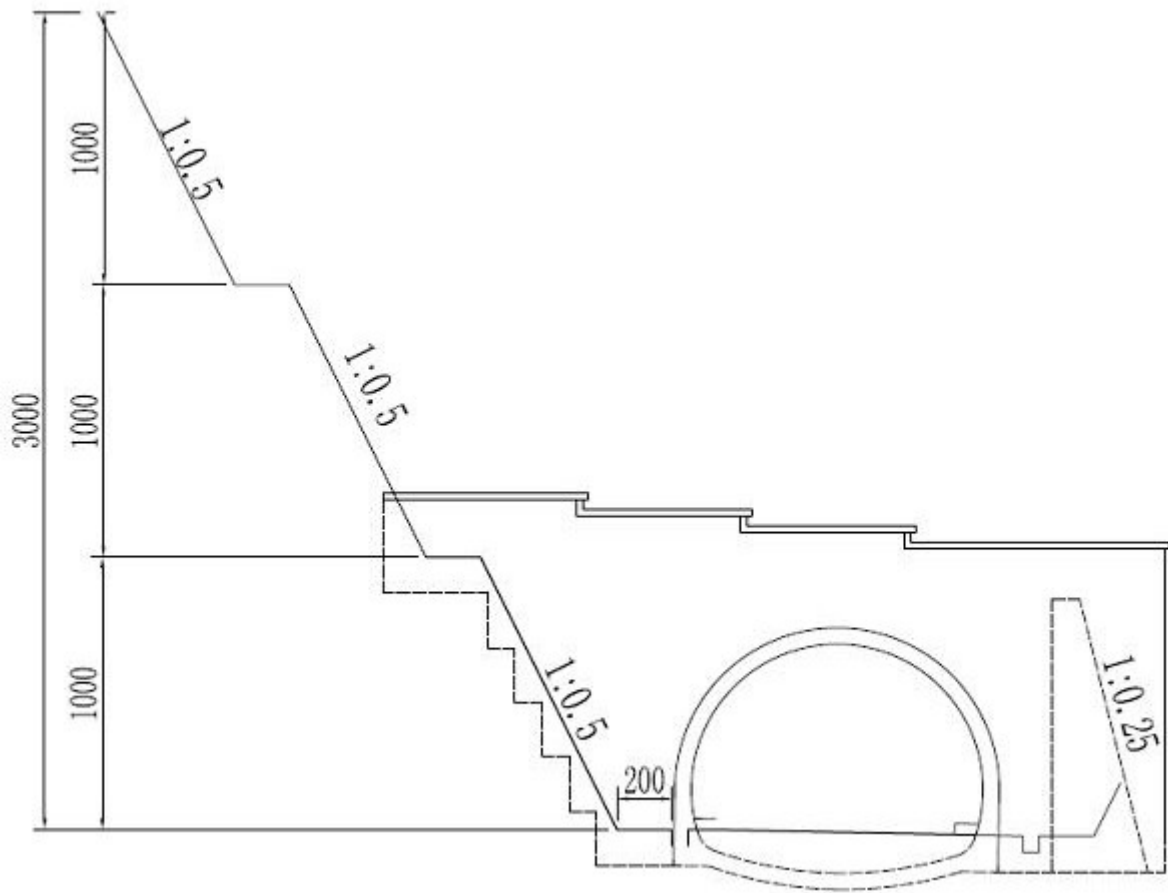


图10



图11



图12



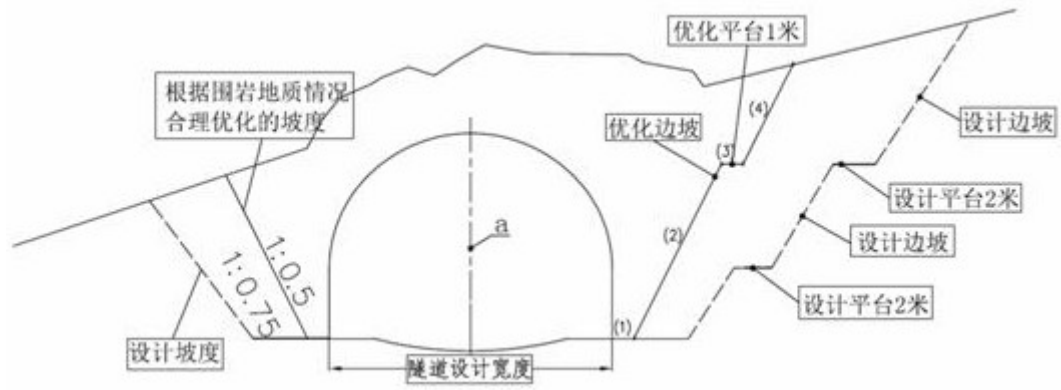


图13