

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101994513 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 02

(21) 申请号 201010525216. 1

(22) 申请日 2010. 10. 30

(73) 专利权人 中铁十二局集团第二工程有限公
司

地址 030032 山西省太原市小店区人民南路
19 号

(72) 发明人 骆文学 刘丽花 祁玺剑 雷军
杨新兴

(74) 专利代理机构 太原科卫专利事务所(普通
合伙) 14100

代理人 王瑞玲

(51) Int. Cl.

E21D 9/00(2006. 01)

E21D 11/10(2006. 01)

E21D 11/38(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101798930 A, 2010. 08. 11,

CN 201513182 U, 2010. 06. 23,

CN 101709651 A, 2010. 05. 19,

WO 2008/029000 A1, 2008. 03. 13,

WO 03/060285 A3, 2003. 07. 24,

CN 101832142 A, 2010. 09. 15,

刘丽花等. 齐岳山隧道深埋动水溶腔注浆堵
水加固施工技术. 《铁道建筑》. 2006, (第 4 期),
第 29-30 页.

商崇伦. 宜万铁路齐岳山隧道高压富水断层
施工关键技术. 《隧道建设》. 2010, 第 30 卷(第
3 期), 第 285-291 页.

雷军等. 地铁隧道施工期冻结法穿越断层破
碎带施工效果现场试验研究. 《岩石力学与工程
学报》. 2008, 第 27 卷(第 7 期), 第 1492-1497.

审查员 张蕾

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 1 页

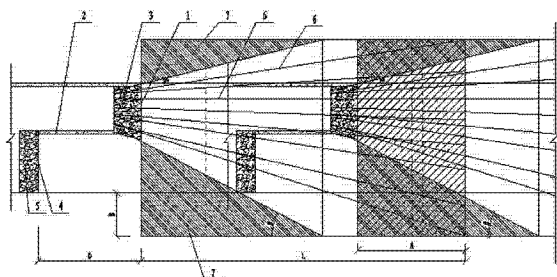
(54) 发明名称

上半断面完成全断面帷幕注浆隧道施工方法

(57) 摘要

本发明涉及隧道施工领域,具体为一种上半
断面完成全断面帷幕注浆隧道施工方法,解决复
杂地质地段全断面帷幕注浆施工存在工期长、施
工难度大、施工安全风险较高等问题,包括首先
进行上半断面开挖并对掌子面进行加强支护;上
半断面临时仰拱及止浆墙施工;下半断面开挖到
位并对掌子面进行加强支护;下半断面止浆墙施
工;在上半断面上布设注浆孔;最大仰角 α 为
 $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$,最大俯角 β 为 $30^{\circ} \sim 70^{\circ}$,纵向加固
长度 $15 \sim 30\text{m}$;注浆作业;超前大管棚施工;止浆墙
开挖;隧道洞身开挖施工;以 $15\text{m} \sim 30\text{m}$ 为一个注浆
加固循环段,不断循环,实现上半断面帷幕注浆隧
道的施工,可大大降低施工难度、缩短施工周期、
保证施工质量,而且施工安全、快速、经济,可广泛
适用于隧道施工领域。

CN 101994513 B



1. 一种上半断面完成全断面帷幕注浆隧道施工方法,其特征是包括以下施工步骤:

(1) 以开挖断面的 $1/4 \sim 1/2$ 作为隧道上半断面,首先进行上半断面开挖,然后对上半断面掌子面(1)进行加强支护;

(2) 上半断面临时仰拱(2)施工;

(3) 上半断面止浆墙(3)施工;

(4) 下半断面开挖到位并对下半断面掌子面(4)进行加强支护,下半断面掌子面距离上半断面掌子面距离 D 控制在 $9m \sim 12m$ 之间;

(5) 下半断面止浆墙(5)施工;

(6) 下半断面进行回填,修筑通往上半断面便道;

(7) 布置注浆量测点:

A、掌子面后方 $20m$ 范围内每间隔 $3m$ 布置 5 个点,其中围岩收敛 4 个点,拱顶下沉 1 个点;

B、止浆墙布置 5 个点,进行止浆墙位移和变形观测,收敛频率 4 次/天;

(8) 在上半断面上布设注浆孔(6):

注浆孔的布设范围为:在隧道纵向截面上的最大仰角 α 为 $25^\circ \sim 45^\circ$,最大俯角 β 为 $30^\circ \sim 70^\circ$,在隧道横向截面上的最大偏角为 $30^\circ \sim 50^\circ$,注浆加固范围 B 为开挖轮廓线外 $3 \sim 8m$,纵向加固长度 L 为 $15 \sim 30m$,注浆钻孔数量为 $0.7 \sim 1.2$ 个/ m^2 ;

(9) 注浆作业,注浆压力为 2.5 倍静水压,根据地质情况确定单孔注浆结束标准,注浆压力逐步升高至设计终压,并持续注浆 10 分钟以上,对于吸浆量较大的孔以注浆量作为控制标准,注浆量不大于 $2m^3/m \cdot \text{孔}$;

(10) 超前大管棚施工,选择围岩较好地段为管棚搭接段落,采用无工作室管棚施工;

(11) 止浆墙开挖;

(12) 隧道洞身开挖施工;

以 $15m \sim 30m$ 为一个注浆加固循环段,按照上述步骤不断循环,实现上半断面帷幕注浆隧道的施工。

2. 根据权利要求 1 所述的一种上半断面完成全断面帷幕注浆隧道施工方法,其特征是相邻两个注浆加固循环段的搭接长度 A 为 $5m \sim 10m$ 。

上半断面完成全断面帷幕注浆隧道施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及隧道施工领域，具体为一种上半断面完成全断面帷幕注浆隧道施工方法。

背景技术

[0002] 在铁路“跨越式”发展战略的指引下，我国铁路工程有了长足的发展，同时随着速度要求越来越高，施工展线严重受到制约，大量隧道工程穿越地质复杂地段。在保证安全的条件下，以投资最少，施工进度最快的施工方法显得尤为重要。在地质特别复杂的地段，帷幕注浆较其他全断面加固的施工方法有着投入少、便于操作、能耗低、施工安全和施工进度快的优点。

[0003] 全断面帷幕注浆是在整个断面上布孔，通过注浆形成截水帷幕，以阻截地下水渗入，增强地层自稳能力，并加固周围岩体，注浆加固范围为隧道开挖面及开挖轮廓线外一定范围和一定纵向长度，将岩体加固成一个柱状，施工时需要将掌子面全部跟进，进行全断面注浆施工，地质复杂地段如何完成全断面注浆，其本身就具有一定的施工难度和施工风险，同时目前由于受到设备选型等限制，距离拱部较高部位无法钻孔，甚至需要搭设台架进行施工，搭设台架和将设备运输至台架上本身也具有一定的困难和施工风险，何况目前国内快速钻机体积较大，难以运输至台架上，只能采用小型钻进。同时由于受到台架的影响，钻孔孔位布置也受到一定的限制，总之采用现有全断面帷幕注浆进行隧道施工过程中，下半断面跟进、施工较高的止浆墙、搭设钻孔台架、运输钻孔设备等会使得全断面帷幕注浆工期较长、施工难度增大、施工质量不稳定、存在施工安全隐患等问题。

发明内容

[0004] 本发明为了解决现有复杂地质地段全断面帷幕注浆施工中存在工期长、施工难度大、施工不安全等问题，提供一种上半断面完成全断面帷幕注浆隧道施工方法。

[0005] 本发明是采用如下技术方案实现的：一种上半断面完成全断面帷幕注浆隧道施工方法，包括以下施工步骤：

[0006] (1) 以开挖断面的 $1/4 \sim 1/2$ 作为隧道上半断面，首先进行上半断面开挖，然后对上半断面掌子面进行加强支护；

[0007] (2) 上半断面临时仰拱施工；

[0008] (3) 上半断面止浆墙施工；

[0009] (4) 下半断面开挖到位并对上半断面掌子面进行加强支护，下半断面掌子面距离上半断面掌子面距离 D 控制在 $9m \sim 12m$ 之间；

[0010] (5) 下半断面止浆墙施工；

[0011] (6) 下半断面进行回填，修筑通往上半断面便道；

[0012] (7) 布置注浆量测点；

[0013] A、掌子面后方 $20m$ 范围内每间隔 $3m$ 布置 5 个点，其中围岩收敛 4 个点，拱顶下沉

1 个点；

[0014] B、止浆墙布置 5 个点,进行止浆墙位移和变形观测,收敛频率 4 次 / 天；

[0015] (8) 在上半断面上布设注浆孔；

[0016] 注浆孔的布设范围为:在隧道纵向截面(竖直面)上的最大仰角 α 为 $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$,最大俯角 β 为 $30^{\circ} \sim 70^{\circ}$,在隧道横向截面(水平面)上的最大偏角(包括左偏和右偏)为 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$,注浆加固范围 B 为开挖轮廓线外 $3 \sim 8\text{m}$,纵向加固长度 L 为 $15 \sim 30\text{m}$,注浆钻孔数量为 $0.7 \sim 1.2$ 个 / m^2 (即在一平米的上半断面上平均布设 $0.7 \sim 1.2$ 个注浆孔);本发明可根据注浆孔在隧道纵向截面和横向截面上的最大仰角、最大俯角以及最大偏角确定了注浆孔的布设范围,然后再根据注浆钻孔数量为 $0.7 \sim 1.2$ 个 / m^2 ,在上半断面上钻孔；

[0017] (9) 注浆作业,注浆压力为 2.5 倍静水压,根据地质情况确定单孔注浆结束标准,注浆压力逐步升高至设计终压,并持续注浆 10 分钟以上,对于吸浆量较大的孔以注浆量作为控制标准,注浆量不大于 $2\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{孔}$ ；

[0018] (10) 超前大管棚施工,采用无工作室管棚施工;所述的无工作室管棚施工技术为现有公知技术,即取消管棚工作间,直接顶入不侵限位置(顶入处利用上循环大管棚受力)；

[0019] (11) 止浆墙开挖；

[0020] (12) 隧道洞身开挖施工；

[0021] 以 $15\text{m} \sim 30\text{m}$ 为一个注浆加固循环段,按照上述步骤不断循环,实现上半断面帷幕注浆隧道的施工。

[0022] 一般情况下,由于前一注浆加固循环段的注浆孔的仰角和俯角较大,难免会留下注浆盲区 7,所以本发明所述的相邻两个注浆加固循环段的搭接长度 A 为 $5 \text{ m} \sim 10\text{m}$,即前一循环加固下一循环的注浆盲区。

[0023] 上述施工过程中,所述上半断面、下半断面的开挖、加强支护、止浆墙施工、上半断面注浆作业及止浆墙开挖、隧道洞身开挖等工序均为本领域公知技术。所述下半断面止浆墙仅仅作为防止浆液外漏、保证支护封闭成环和文明施工等目的,一般不布置钻孔。

[0024] 本发明所述上半断面帷幕注浆隧道施工方法的核心在于,将隧道的开挖断面分为上半断面和下半断面,分别进行开挖、支护以及止浆墙施作,然后在上半断面特定范围内布设注浆孔,根据设备选型、开孔位置、终孔位置、最大仰角、最大俯角及最大偏角确定上半断面的最小高度,配合本发明所述的注浆作业工序,采用最小的上台阶完成全断面帷幕注浆施工,本发明通过上半断面注浆完成全断面帷幕注浆施工,形成全断面的截水帷幕,并加固周围岩体,注浆加固范围为隧道开挖面及开挖轮廓线外一定范围和一定纵向长度,通过浆液固结岩体,封堵较大裂隙,达到利于开挖施工的目的。本发明所述施工方法是申请人经过长期实践经验并结合相关理论总结得来的,在实际施工中具有很强的指导意义,已经成功应用在宜万铁路齐岳山隧道施工中,取得了很好的效果。

[0025] 与传统全断面帷幕注浆方法相比,本发明通过在上半断面完成全断面帷幕注浆施工,可大大降低施工难度、缩短施工周期、保证施工质量,而且施工安全、快速、经济,可广泛适用于隧道施工领域,尤其适用于地质复杂地段。

附图说明

[0026] 图 1 为本发明所述上半断面超前加固注浆布孔纵剖面图；

[0027] 图中:1-上半断面掌子面;2-上半断面临时仰拱;3-上半断面止浆墙;4-下半断面掌子面;5-下半断面止浆墙;6-注浆孔;7-注浆盲区。

具体实施方式

[0028] 列举以下工程实例进一步说明本发明所述的注浆方法:

[0029] 一、工程简介:

[0030] 齐岳山特长隧道地处湖北省利川市城外西偏北 23km 处,东起野茶乡乐园沟,向北西垂直穿越齐岳山及荆竹园等台地,在百丈沟下真咀出口,进口里程 DK361+255,出口里程 DK371+778,全长 10523m,洞身最大埋深 670m,全洞单面排水。隧道穿越的地质构造为齐岳山背斜及箭竹溪向斜,地质条件异常复杂,为全线重点和控制性工程。隧道穿越地层中可溶岩约 4.7km,占隧道长度的 45%,主要工程地质问题有:岩溶及岩溶高压突水、突泥;煤层瓦斯、天然气等。齐岳山隧道 F11 断层出露在 DK365+030 ~ +145,走向 NE35 ~ 45°,倾角 50 ~ 70°,物探确定倾角 67°,DK365+110 ~ +340 为主断裂带,以发育在 T1j4 白云岩为主的硬质可溶岩,与 T2b1 含钙质成分的页岩,泥岩为主的软弱非可溶岩的交界部位,具有多期性、次级构造发育,岩性成分复杂,胶结松散,岩体破碎,饱和水使岩土性态恶化。断层分为上下盘破碎岩体接触带和核部破碎软弱带,构造裂隙发育,透水性较强;中间核心地带以类似于含碎石粉质黏土或碎石土状的松软物质为主,饱和富水泥质含量大,透水导水能力偏弱。主要地质困难是高压涌水伴局部塌方。破碎的岩体在水的作用下呈流淌状。断层内地下水位标高为 1326 ~ 1328m,与隧道高差约 260m。隧道处于岩溶弱发育带和岩溶水的深部循环带,由于岩性间的层间裂隙和大规模的得胜场断裂及其次级构造的影响,深部裂隙水承压性表明其与上部地下水具有水力联系,该段单日正常涌水量为 1.1 万 m³,最大涌水量为 11.4 万 m³,是齐岳山隧道受水威胁最严重的地段。工程性质表现为围岩强度低,稳定性差,在隧道的施工开挖中将会面临突泥、突水、大型塌方和泥石流等地质灾害。施工难度为国内罕见,被国内隧道专家和同行誉为世界级难题。

[0031] 二、采用本发明所述方法进行该隧道施工,具体步骤如下:

[0032] (1) 以开挖断面的 1/4~1/2 作为隧道上半断面,首先进行上半断面开挖,然后对上半断面掌子面 1 进行加强支护,加强支护采用锚杆、网片和喷射混凝土,锚杆长度不少于上半断面高度的一半或 3.5m,可采用玻璃纤维锚杆;钢筋网片采用采用和隧道主体工程相同规格;喷射混凝土采用 C25 钢纤维(微纤维)喷射混凝土,厚度不少于 50cm,确保掌子面稳定。

[0033] (2) 上半断面临时仰拱 2 施工:

[0034] A、采用挖掘机和装载机清理台阶上虚渣和淤泥;

[0035] B、完善临时排水设施,避免出现浸泡拱脚现象;

[0036] C、对应初期支护每榀钢架施工横向临时仰拱钢架,临时仰拱钢架采用不小于 I18 型钢钢架加工,并设置向下矢跨比为 1/20~1/16 弧度;

[0037] D、施工纵向连接钢筋,连接筋采用 $\Phi 22 \sim \Phi 32$ HRB335 钢筋,横向间距 50~75cm;

[0038] E、浇筑混凝土,浇筑标号不小于 C20 混凝土,厚度 30cm~50cm,混凝土表面预留临时排水系统。

[0039] (3) 上半断面止浆墙 3 施工:

- [0040] A、预埋大管棚导向钢管,导向钢管外径采用比管棚大 15~25mm;
- [0041] B、施工模板;
- [0042] C、周边和底部预埋注浆导管(止浆墙施工完成后注浆封闭周边用);
- [0043] D、采用泵送模筑混凝土;
- [0044] E、待混凝土强度达到设计强度的 75% 后拆模、养生。
- [0045] (4) 下半断面开挖到位并对下半断面掌子面 4 进行加强支护,下半断面掌子面距离上半断面掌子面距离控制在 9m~12m 之间,同时参考上半断面支护方式进行掌子面支护施工。
- [0046] (5) 下半断面止浆墙 5 施工,参考上半断面施工工序施工止浆墙。
- [0047] (6) 下半断面进行回填,修筑通往上半断面便道;
- [0048] (7) 布置注浆量测点:
- [0049] A、掌子面后方 20m 范围内每间隔 3m 布置 5 个点,其中围岩收敛 4 个点,拱顶下沉 1 个点;
- [0050] B、止浆墙布置 5 个点,进行止浆墙位移和变形观测,收敛频率 4 次/天;
- [0051] (8) 如图 1 所述,在上半断面上布设注浆孔 6 :注浆孔的布设范围为:在隧道纵向截面上的最大仰角 α 为 $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$,最大俯角 β 为 $30^{\circ} \sim 70^{\circ}$,在隧道横向截面上的最大偏角为 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$,注浆加固范围为开挖轮廓线外 3~8m,纵向加固长度 15~30m,注浆钻孔数量为 $0.7 \sim 1.2$ 个/ m^2 ;
- [0052] A、按照设计的位置确定钻孔,钻孔位置允许偏差 ± 5 cm;
- [0053] B、按照设计的角度进行钻孔,角度允许偏差 $\pm 0.5^{\circ}$;
- [0054] C、按照设计的深度和钻进方式钻孔,如果采用前打击钻孔,气压控制在 0.7~1.2MPa 之间,旋转速度 10~20 圈/min;若采用后打击气压控制在 0.8~1.0MPa 之间,旋转速度 10~20 圈/min;
- [0055] D、安装孔口管和快速止水装置;
- [0056] E、成孔。
- [0057] (9) 注浆作业,注浆压力为 2.5 倍静水压,根据地质情况确定单孔注浆结束标准,注浆压力逐步升高至设计终压,并持续注浆 10 分钟以上,对于吸浆量较大的孔以注浆量作为控制标准,注浆量不大于 $2m^3/m \cdot \text{孔}$,具体操作如下:
- [0058] 注浆施工准备:
- [0059] A、确定注浆实施方案,根据围岩成孔性,可采用分段前进式、分段后退式和一次性注浆等方式;
- [0060] B、注浆材料以硫铝酸盐水泥单液浆为主(根据采用不同的注浆工艺可选取不同的注浆浆材,本案例是采用分段前进式注浆),普通水泥-水玻璃双液浆为辅。
- [0061] C、试验,确定注浆施工配合比为单液浆:W:C=0.8:1.2~1:1;双液浆:W:C=0.8:1~1.2:1,C:S=1:1。
- [0062] D、测量孔内静水压;
- [0063] E、根据静水压确定注浆终压,注浆压力为 2.5 倍静水压,本施工中注浆终压力为 6~8MPa。
- [0064] F、根据地质情况确定单孔注浆结束标准,注浆压力逐步升高至设计终压,并持续

注浆 10min 以上,个别孔吸浆量较大的以注浆量作为控制标准,注浆量不大于 $2\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{孔}$;

[0065] 现场注浆施工 :

[0066] A、注浆管路联通。

[0067] B、注水试验。

[0068] C、注浆自动记录仪器连接。

[0069] D、浆液拌制。

[0070] E、注浆。

[0071] 在进行钻孔和注浆时,钻孔可采用日本矿研生产的 RPD-150C 快速钻机,注浆可采用西安探矿机械厂生产的变频高压注浆泵和葫芦岛生产的 KBY 型注浆泵,利用以上设备并结合本发明所述的施工方法,大大提高了钻孔和注浆的机械化程度,提高了工效;同时在整个施工过程中,采用注浆自动记录仪器,保证施工精度,进一步提高施工速度。

[0072] 注浆效果检查 :

[0073] A、分析法,对注浆过程中的各种资料综合分析,钻孔出水量和注浆量变化是否合理,是否达到设计要求,主要为钻孔出水量及注浆量分析法和 P-Q-t 曲线法。

[0074] B、检查孔法,按照前方已探明地质情况,真的地质较差范围进行钻孔检查,检查孔数量为注浆孔数量的 10%,单孔涌水量不大于 $2\text{l}/\text{m}\cdot\text{min}$,孔内摄像时钻孔孔壁光滑不出现塌孔。

[0075] C、堵水率法,根据各个孔在成孔期间的水量情况和注浆后检查孔水量情况进行对比分析,堵水率必须大于 95%。

[0076] 综合以上几种效果检查及评定方法分析,本循环在注浆施工过程中所有注浆孔都达到设计的注浆压力,随着由外及内的注浆施工,孔内出水量明显的减小,涌水裂隙得到有效封堵,松散地层也得到改良。在检查孔钻设过程中钻进速度较快,未出现卡钻现象,且检查孔出水量都达到设计标准,成孔性较好,注浆对破碎地层起到很明显的固结改良,满足开挖施工要求,待超前大管棚支护完成后,可以按照设计要求进行开挖施工。在开挖施工过程中加强超前探孔及围岩量测,严格控制开挖长度。

[0077] (10) 超前大管棚施工,选择围岩较好地段为管棚搭接段落,采用无工作室管棚施工,参考注浆孔施工要求进行钻孔和注浆施工。

[0078] (11) 止浆墙开挖 :

[0079] A、各种注浆设备移动至安全距离范围内 ;

[0080] B、根据实际也可采用机械拆除和控制爆破的方法进行止浆墙拆除施工。

[0081] (12) 隧道洞身开挖施工 :可根据设计要求,采用现有多种的开挖方法进行开挖施工,同时做好超前地质预报。

[0082] 以 $15\text{m}\sim 30\text{m}$ 为一个注浆加固循环段,按照上述步骤不断循环,实现上半断面帷幕注浆隧道的施工,同时相邻两个注浆加固循环段的搭接长度为 $5\text{m}\sim 10\text{m}$ 。

[0083] 为了保证施工精度,确保工程质量,在施工过程中需要对以下项目进行质量检测 :

[0084] 表 1 :钻孔孔位检查表

[0085]

序号	检查项目	允许偏差	检查方法
1	钻孔孔位	±50mm	全站仪
2	钻孔角度	±0.5°	角度尺
3	钻孔深度	-200mm	尺量钻杆
4	钻孔孔径	±10mm	尺量

[0086] 检验数量:每孔检查

[0087] 表 2:支护及止浆墙变形量测

[0088]

序号	检查项目	允许变化速率(mm/d)	检查方法
1	围岩收敛	15	全站仪
2	拱顶下沉	5	全站仪
3	止浆墙水平位移	5	全站仪

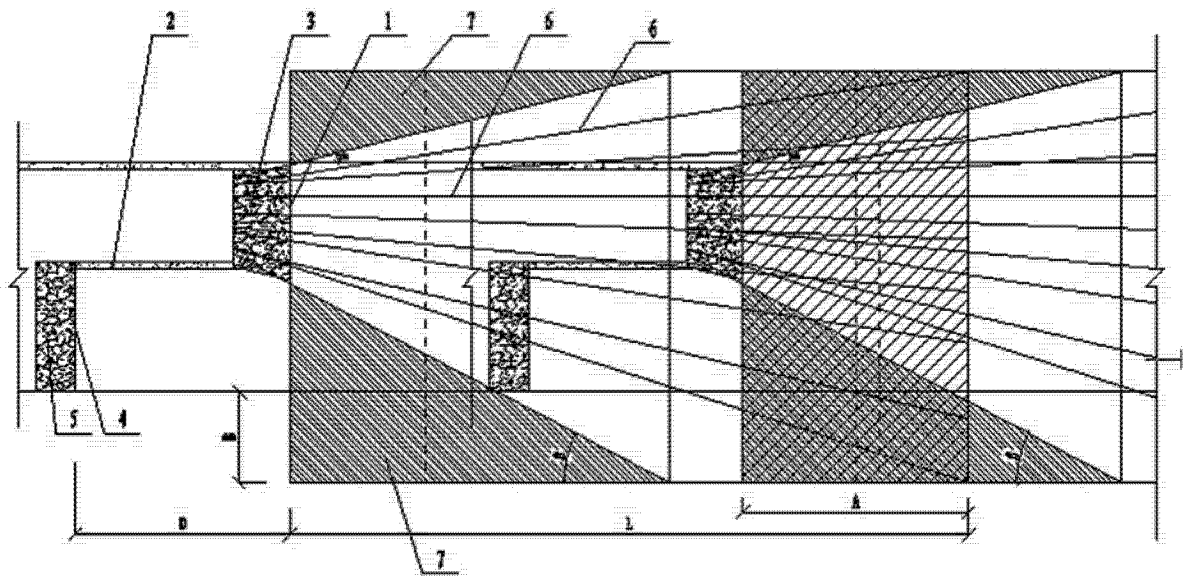


图 1