



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103089275 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 08

(21) 申请号 201310016187. X

(22) 申请日 2013. 01. 16

(71) 申请人 山东大学

地址 250061 山东省济南市历下区经十路
17923 号

(72) 发明人 李术才 张伟杰 张庆松 张霄
刘人太 张连震 朱明听

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 邓建国

(51) Int. Cl.

E21D 11/10(2006. 01)

E21D 11/00(2006. 01)

E21F 16/02(2006. 01)

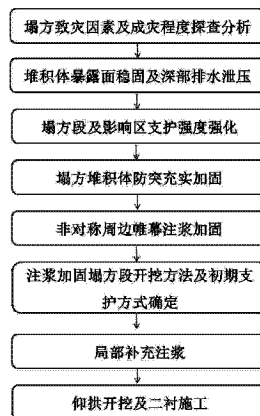
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

富水极破碎围岩隧道塌方段围岩控制方法

(57) 摘要

本发明涉及隧道工程施工领域,具体为一种富水极破碎围岩塌方段围岩控制方法,解决现有方法治理周期长、加固范围及效果差、初期支护侵限变形开裂及易引发二次地质灾害等问题,包括塌方致灾因素及成灾程度探查分析、堆积体暴露面稳固及深部排水泄压、塌方段及影响区支护强度强化、塌方堆积体防突充实加固、非对称周边帷幕注浆加固、注浆加固塌方段开挖方法及初期支护方式确定、局部补充注浆、仰拱开挖及二衬施工等步骤。采取本工法施工后,缩短了富水极松散围岩隧道塌方处治工期,保障了围岩加固范围和强度,特别是直接塌方区围岩得到充分注浆加固,减缓了初期支护变形量,避免了侵限及二次地质灾害发生;有效地提高了塌方事故处治质量,创造了良好的社会效益和经济效益。



1. 富水极破碎围岩隧道塌方段围岩控制方法,其特征是包括以下步骤:

A. 塌方致灾因素及成灾程度探查分析;

B. 堆积体暴露面稳固及深部排水泄压:采用锚喷混凝土+挂网方式对堆积体暴露面进行封闭,同时依据探测结果,针对关键富水区施工深部引流泄压孔,对堆积体内部地下水引流泄压;

C. 塌方及影响段支护强度强化:在塌方相邻段采用临时型钢支撑+网喷混凝土方式对塌方相邻段 10~20m 范围内增强支护强度,形成支护强化段;

D. 塌方堆积体防突充实加固:根据掌子面前方堆积体空洞及塌方体范围的探测结果,针对堆积体内部空腔,施工吹砂钻孔,进行吹砂充填空腔,并注单液浆固结进行处理;对极松散堆积体内部通过防突注浆孔进行充填固结;

E. 非对称周边帷幕注浆加固:对塌方区周边帷幕加固厚度增加至 10m,其他区域加固圈厚度为 5~8m,注浆后形成受力平衡、变形协调的闭合注浆加固壳;

F. 注浆加固塌方段开挖方法及初期支护方式确定:注浆区段采用双侧壁导坑法进行开挖;初期支护采用双层支护;

G. 局部补充注浆:紧跟隧道开挖过程,针对探测或者直接揭露的注浆加固盲区采用导管径向注浆方式进行补注;

H. 仰拱开挖及二衬施工:洞身开挖支护完成后,及时进行仰拱施工,并封闭成环;其后二衬及时跟进,衬砌各项施工工艺和技术指标必须满足设计或规范要求。

2. 根据权利要求 1 所述的控制方法,其特征在于,所述步骤 A 的具体步骤是,综合分析隧道勘察期及施工揭露的地质及水文地质资料,从地质构造、岩层岩性、地形地貌及地下水方面对塌方致灾因素进行分析;综合利用物探及钻孔手段对塌方纵向及横向成灾规模进行探查,包括堆积体洞内充填形态、范围及堆积体内地下水富水情况及水压状况,为重点治理区域圈定和治理方案制定提供依据。

3. 根据权利要求 1 所述的控制方法,其特征在于,所述步骤 B 的具体步骤是,在塌方体暴露面布设钢筋网,并喷射厚 40cm 的 C25 混凝土;暴露面上布置间排距均为 2m、呈梅花型的锚杆,锚杆采用长 3m 的 $\phi 32\text{mm}$ 钢筋,其下部 2.5m 插入堆积体内,尾部与钢筋网焊接为一体;针对富水区段及塌方口附近布置 3~5 根深部引流泄压孔,孔深 30m,并全程下入 $\phi 89\text{mm}$ 无缝热轧钢花管;引流泄压钻孔尾端均安装高压阀门,以控制引排水。

4. 根据权利要求 1 所述的控制方法,其特征在于,所述步骤 C 中,所述支护强化段的参数为:25b 工字钢,每榀间距 50cm;C20 喷射混凝土厚 25cm;双层 20cm \times 20cm、 $\phi 8\text{mm}$ 钢筋网。

5. 根据权利要求 1 所述的控制方法,其特征在于,所述步骤 D 的具体步骤是,吹砂钻孔及防突注浆孔采用 ZLJ2300B 型地质钻机,直径 90mm 合金钻头施作;吹砂钻孔全程下入 $\phi 89\text{mm}$ 无缝热轧钢管,通过空压机泵送细沙,压力控制在 5MPa 以内,吹砂完成后进行注浆工作;注浆孔设计深度为 20~30m,起始端下入 3m 外径 108mm 的地质管作为孔口管,终孔间距 5~6m,并均匀布孔;吹砂钻孔及防突注浆孔端部焊接注浆螺丝头及高压阀门,以连接注浆设备;注浆材料采用 42.5R 普通水泥单液浆,单液浆水灰比为 1:1,注浆终压控制设计 2.5MPa,扩散半径不小于 3m;充填注浆加固采用前进式分段控制注浆工艺。

6. 根据权利要求 1 所述的控制方法,其特征在于,所述步骤 E 的具体步骤是,非对称式

周边帷幕注浆钻孔利用海王星 90B 钻机施工, 钻孔均匀布置; 注浆材料采用 42.5R 普通水泥单液浆和 C-S 双液浆, 材料参数如下: 水泥浆水灰比为 1:1, 为提高水泥浆的早期强度, 在单液浆中加入水泥质量 0.3~0.5% 的三乙醇胺; 水玻璃浓度在 35~42Be 之间, 模数为 2.3~3.0, 42.5R 普通水泥单液浆和水玻璃体积比为 2:1; 注浆工艺采用前进式分段控制注浆工艺。

7. 根据权利要求 1 所述的控制方法, 其特征在于, 所述步骤 F 中, 所述双层支护是: 第一层由 I18 工字钢支撑, 纵向间距 0.5m, 钢筋网采用双层钢筋网, 纵、环向 $\phi 8$, 网格 20×20 cm, 喷射 C20 混凝土厚 25~30cm; 第二层采用格栅钢架, 格栅钢架主筋采用 $\Phi 25$ 钢筋, 截面高度 15×15 cm, 格栅拱架纵向间距为 0.5m; 钢筋网采用双层钢筋网, 纵、环向 $\phi 8$, 网格 20×20 cm; 采用 $\phi 42$ 注浆小导管作为系统锚杆。

8. 根据权利要求 1 所述的控制方法, 其特征在于, 所述步骤 G 的具体步骤是, 小导管长度为 4.5m, 环向间距 1.5m, 纵向间距为 1m, 呈梅花型布置, 小导管注浆采用 42.5R 普通水泥单液浆, 注浆终压为 2~3MPa。

9. 根据权利要求 1 所述的控制方法, 其特征在于, 所述步骤 H 中, 仰拱初期支护、仰拱和仰拱填充混凝土要分层整幅浇筑, 仰拱各项施工工艺和技术指标必须满足设计或规范要求。

10. 根据权利要求 5 或 6 所述的控制方法, 其特征在于, 所述前进式分段控制注浆工艺是: 先使用 $\phi 113$ mm 无芯地质钻头在松散围岩体内施工长 3.5m 的浅孔, 下入 3m 外径 108mm 的孔口管并注浆封固, 形成孔口管封固段, 注浆终压为 5MPa; 利用 $\phi 75$ mm 无芯钻头扫孔并钻进至第一注浆段深度, 并进行注浆, 注浆终压为 2~3MPa; 注浆成后, 扫孔并钻进至第二段注浆段深度, 再次注浆, 注浆终压为 3~4MPa; 依次前进注浆, 注浆压力由外而内注浆提高, 末段终压控制在 6MPa; 每个注浆段长为 5m, 采用单液及双液交替注浆方式。

富水极破碎围岩隧道塌方段围岩控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一项富水极破碎围岩隧道塌方段围岩控制方法,属于隧道及地下工程领域。

背景技术

[0002] 随着我国交通建设的快速发展,山岭隧道占据的比重越来越大。受复杂地质构造条件及地形地貌因素的影响,我国山岭隧道工程经常穿过断裂破碎带及溶腔堆积体等极松散岩体。在地下水、地应力及松散围岩体破碎结构综合作用下,常因工程地质及水文地质条件突变、或支护结构及强度设计不足而造成初期支护变形开裂破坏,引发大规模塌方事故。塌方堆积物在隧道内形成由塌方口向两侧延伸数米至数十米的稳定锥形堆积体;堆积体内包含大量地下水体及泥、砂、孤石等堆积物,轻者影响隧道施工安全,影响工期;重者导致人员伤亡。

[0003] 注浆法是隧道塌方行之有效的处治方法,现有方法主要包括地面注浆及隧道内注浆。地面注浆工程主要针对浅埋隧道,且塌方对地表有显著影响,产生冒顶的事故的处置,但受制于复杂地表环境,施工运输条件差,工期较长,而对于埋深较大的隧道引发的地面塌陷(埋深大于 50m),则地表处治完全无法实施。隧道内实施的治理工程以塌方体注浆小导管固结注浆与塌方段壁后管棚注浆相结合的联合注浆方法为主。这种注浆方式存在严重不足:其一,塌方体往往具有结构松散、富泥、饱水的特征,风动凿岩机难以成孔,不利于打入注浆小导管,同时受风动凿岩机极限作业能力及塌方体内硬岩孤石的限制(硬岩孤石阻碍了小导管下入),注浆小导管无法达到设计深度而影响充填固结效果;其二,管棚长度及外插角较小,注浆压力较低,造成塌方段围岩加固圈范围及强度有限,难以抵抗围压侧向压力。开挖轮廓难以控制,初期支护变形开裂,换拱频繁,造成围岩侧向侵限严重,大者可达数米,最终引发二次塌方,甚至发展为破坏强烈的突水突泥,严重拖延工期及造成巨大的经济损失。

发明内容

[0004] 本发明针对富水断层破碎带或岩溶塌腔堆积体围岩隧道塌方的处理方法存在的治理效果不理想、初期支护变形开裂严重及易引发地质灾害等问题,提供了一种富水极破碎围岩隧道塌方段围岩综合控制方法。

[0005] 本方法是采用如下技术方案实现的:

[0006] 富水极破碎围岩隧道塌方段围岩控制方法,包括以下步骤:

[0007] A. 塌方致灾因素及成灾程度探查分析;

[0008] B. 堆积体暴露面稳固及深部排水泄压:采用锚喷混凝土+挂网方式对堆积体暴露面进行封闭,同时依据探测结果,针对关键富水区施工深部引水泄压孔,对堆积体内部地下水引流泄压;

[0009] C. 塌方及影响段支护强度强化:在塌方相邻段采用临时型钢支撑+网喷混凝土方

式对塌方相邻段 10~20m 范围内形成支护强化段；

[0010] D. 塌方堆积体防突充实加固：根据掌子面前方堆积体空洞及塌方体范围的探测结果，针对堆积体内部空腔，施工吹砂钻孔，进行吹砂充填空腔，并注单液浆固结进行处理；对极松散堆积体内部通过防突注浆孔进行充填固结；

[0011] E. 非对称周边帷幕注浆加固：对塌方区周边帷幕加固厚度增加至 10m，其他区域加固圈厚度为 5~8m，注浆后形成受力平衡、变形协调的闭合注浆加固壳；

[0012] F. 注浆加固塌方段开挖方法及初期支护方式确定：注浆区段采用双侧壁导坑法进行开挖；初期支护采用双层支护；

[0013] G. 局部补充注浆：紧跟隧道开挖过程，针对探测或者直接揭露的注浆加固盲区采用导管径向注浆方式进行补注；

[0014] H. 仰拱开挖及二衬施工：洞身开挖支护完成后，及时进行仰拱施工，并封闭成环；其后二衬及时跟进，衬砌各项施工工艺和技术指标必须满足设计或规范要求。

[0015] 上述控制方法具体包括以下步骤：

[0016] A. 塌方致灾因素及成灾程度探查分析

[0017] 综合分析隧道勘察期及施工揭露的地质及水文地质资料，从地质构造、岩层岩性、地形地貌及地下水等方面对塌方致灾因素进行分析；综合利用物探及钻孔手段对塌方纵向及横向成灾规模进行探查，尤其是堆积体洞内充填形态、范围及堆积体内地下水富水情况及水压状况，为重点治理区域圈定和治理方案制定提供依据。

[0018] B. 堆积体暴露面稳固及深部排水泄压

[0019] 为增强塌方堆积体稳定性，采用锚喷挂网方式对堆积体暴露面进行封闭，形成堆积体暴露面网喷混凝土封闭体，同时依据地球物理探测结果，针对关键富水区施工超前探孔，对堆积体内部地下水引流泄压，防止堆积体封闭后静水压力抬升而造成渗透失稳破坏。在塌方体暴露面布设钢筋网，并喷射厚 40cm 的 C25 混凝土；暴露面上布置间排距均为 2m、呈梅花型的锚杆，锚杆采用长 3m 的 $\phi 32\text{mm}$ 钢筋，其下部 2.5m 插入堆积体内，尾部与钢筋网焊接为一体。针对富水区段及塌方口附近布置 3~5 根引流泄压孔，孔深 30m，并全程下入 $\phi 89\text{mm}$ 无缝热轧钢花管。引流泄压钻孔尾端均安装高压阀门，以控制引排水。

[0020] C. 塌方段及影响区支护强度强化

[0021] 在塌方相邻段采用临时型钢支撑+网喷混凝土方式对塌方相邻段 10~20m 范围形成支护强化段，可抑制塌方后延和保障注浆加固过程中人员及设备安全；支护参数为：25b 工字钢，每榀间距 50cm；C20 喷射混凝土厚 25cm；双层 20cm \times 20cm、 $\phi 8\text{mm}$ 钢筋网。

[0022] D. 塌方堆积体防突充实加固

[0023] 根据掌子面前方堆积体空洞及塌方体范围的地球物理探测结果，针对堆积体内部空腔，采用吹砂充填，并注少量 42.5R 普通水泥单液浆固结进行处理；通过深孔注浆，对极松散堆积体内部进行充填固结，提高其自稳能力及抵抗注浆压力荷载。吹砂孔及注浆钻孔采用 ZLJ2300B 型地质钻机，直径 90mm 合金钻头施作。

[0024] 吹砂孔全程下入 $\phi 89\text{mm}$ 无缝热轧钢管，通过空压机泵送细沙，压力控制在 5MPa 以内，吹砂完成后进行注浆工作；注浆孔设计深度为 20~30m，起始端下入 3m 外径 108mm 的地质管作为孔口管，终孔间距 5~6m，并均匀布孔；吹砂孔及注浆孔端部焊接注浆螺丝头及高压阀门，以连接注浆设备；注浆材料采用 42.5R 普通水泥单液浆，单液浆水灰比（水与 42.5R

普通水泥质量比)为 1:1,注浆终压控制设计 2.5MPa,扩散半径不小于 3m;充填注浆加固采用前进式分段控制注浆工艺。

[0025] E. 非对称周边帷幕注浆加固

[0026] 主体注浆加固工程采用“塌方区重点治理、围岩闭合加固”的非对称式周边帷幕系统注浆加固方法;塌方区周边帷幕加固厚度增加至 10m,其他区域加固圈厚度为 5~8m,注浆后形成受力平衡、变形协调的闭合注浆加固壳。

[0027] 周边帷幕注浆钻孔采用海王星 90B 钻机施工,钻孔均匀布置。注浆材料采用单液水泥浆和 C-S 双液浆,材料参数如下:水泥浆水灰比为 1:1,为提高水泥浆的早期强度,在单液浆中加入水泥质量 0.3~0.5% 的三乙醇胺;水玻璃浓度在 35~42Be 之间,模数为 2.3~3.0,42.5R 普通水泥单液浆和水玻璃体积比为 2:1。注浆工艺采用前进式分段控制注浆工艺。

[0028] 所述前进式分段控制注浆工艺是:先使用 $\phi 113\text{mm}$ 无芯地质钻头在松散围岩体内施工长 3.5m 的浅孔,下入 3m 外径 108mm 的孔口管并注浆封固,形成孔口管封固段,注浆终压为 5MPa;利用 $\phi 75\text{mm}$ 无芯钻头扫孔并钻进至第一注浆段深度,并进行注浆,注浆终压为 2~3MPa;注浆成后,扫孔并钻进至第二段注浆段深度,再次注浆,注浆终压为 3~4MPa;依次前进注浆,注浆压力由外而内注浆提高,末段终压控制在 6MPa;每个注浆段长为 5m,采用单液及双液交替注浆方式。

[0029] F. 注浆加固塌方段开挖方法及初期支护方式确定

[0030] 注浆区段采用双侧壁导坑法进行开挖;初期支护采用双层支护:第一层由 I18 工字钢支撑,纵向间距 0.5m,钢筋网采用双层钢筋网,纵、环向 $\phi 8$,网格 20×20cm,喷射 C20 混凝土厚 25~30cm;第二层采用格栅钢架,格栅钢架主筋采用 $\Phi 25$ 钢筋,截面高度 15×15cm,格栅拱架纵向间距为 0.5m;钢筋网采用双层钢筋网,纵、环向 $\phi 8$,网格 20×20cm;采用 $\phi 42$ 注浆小导管作为系统锚杆。

[0031] G. 局部补充注浆

[0032] 紧跟隧道开挖过程,针对探测或者直接揭露的注浆加固盲区采用 $\phi 42$ 小导管径向注浆方式进行补注。小导管长度为 4.5m,环向间距 1.5m,纵向间距为 1m,呈梅花型布置,小导管注浆采用 42.5R 普通水泥单液浆,注浆终压为 2~3MPa。

[0033] H. 仰拱开挖及二衬施工

[0034] 洞身开挖支护完成后,及时进行仰拱施工,并封闭成环。仰拱施工一次开挖和浇筑混凝土长度不超过 4m。仰拱初期支护、仰拱和仰拱填充混凝土要分层整幅浇筑,仰拱各项施工工艺和技术指标必须满足设计或规范要求。其后二衬及时跟进,衬砌各项施工工艺和技术指标必须满足设计或规范要求。

[0035] 本发明在富水极破碎围岩隧道塌方处治过程中,基于现场勘探,详细分析隧道勘察及施工过程中揭露的工程地质及水文地质资料,并结合地球物理探测及超前钻探技术,综合分析了致灾因素及成灾规模,为治理方案制定提供基础资料;通过封闭塌体暴露面、深部引流泄压及塌方相邻段支护强度强化等措施,减少了前方承压水荷载,降低了水压,增大了堆积体及塌方段围岩的稳定性,为后续施工降低难度,提高了施工区间安全系数;通过塌方堆积体内部注浆充填加固,增强了堆积体的自稳能力及承载强度,有效防止治理过程中发生再次塌方;作为加固工程主体的非对称式周边帷幕注浆工程,兼顾了塌方重点治理区及其他区域的协调性,采用前进式分段加固注浆,自外而内逐段胶结、加固壁后围岩,形成

厚度大、强度高的围岩加固圈,尤其是在塌方区域,形成 10m 厚的防突止浆岩柱,有效遏制了地质灾害再次发生;后续采用双侧壁导坑法、双层初期支护结构、仰拱闭合成环及二衬及时跟进等措施保障了塌方段开挖过程中围岩稳定及安全。有效地避免了再次塌方冒顶、突水突泥事故,提高了隧道施工及运营的安全性和可靠性。

[0036] 本发明解决现有方法治理周期长、加固范围及效果差、初期支护侵限变形开裂及易引发二次地质灾害等问题。采取本工法施工后,缩短了富水极松散围岩隧道塌方处治工期,保障了围岩加固范围和强度,特别是直接塌方区围岩得到充分注浆加固,减缓了初期支护变形量,避免了侵限及二次地质灾害发生;有效地提高了塌方事故处治质量,创造了良好的社会效益和经济效益。

附图说明

[0037] 图 1 本发明的施工工艺流程方框图;

[0038] 图 2 本发明治理方法平面示意图;

[0039] 图 3 本发明所述的非对称式周边帷幕断面示意图;

[0040] 图 4 本发明所述的前进式分段注浆示意图。

[0041] 图中,1、塌方区;2、塌方影响区;3、坍塌体堆积体;4、堆积体暴露面网喷混凝土封闭体;5、支护强化段;6、深部引流泄压孔;7、堆积体防突注浆孔;8、非对称式周边帷幕注浆钻孔;9、塌方区段帷幕加固范围;10、其他区段帷幕加固范围;11、第一注浆区间;12、第二注浆区间;13、第三注浆区间;14、空腔;15、吹砂钻孔;16、隧道开挖轮廓线;17、注浆高压阀门;18、注浆压力表;19、防突装置;20、孔口管封固段;21、第一注浆段;22、第二注浆段;23、第三注浆段;24、浆液扩散范围;25、松散围岩体。

具体实施方式

[0042] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

[0043] A. 塌方致灾因素及成灾程度探查分析

[0044] 综合分析隧道勘察期及施工揭露的工程地质及水文地质资料,分析隧道塌方区域内地质构造特征,地层岩性特征以及地形地貌条件,查明塌方区 1 是否存在较大规模的断层破碎带、地层风化程度、膨胀性矿物含量;分析地表的汇水条件及区域内地下水补给、径流条件,综合研究隧道塌方的致灾因素。同时,通过地质踏勘、地球物理探测及超前钻探等手段探查塌方区 1 及塌方影响区 2 范围,主要包括通过探勘判断隧道塌方纵向发育规模及影响范围,确定是否形成地表塌陷坑及其规模和进一步发展态势;通过地球物理探测和超前钻探技术查明坍塌体堆积体 3 在隧道内充填形态、范围及堆积体内地下水富水情况及水压状况。采用瞬变电磁法,探测掌子面前方 50m 范围堆积体填特征、空腔特征及地下水富集情况。超前钻孔根据地球物理探测结果针对重点富水区域,采用 ZLJ2300B 型地质钻机、 $\phi 113\text{mm}$ 的钻头施作;钻孔深度 40~50m,布置 3~5 个;根据钻孔揭露的地下水涌水量及水压值确定塌方体内富水性及静水压力值。

[0045] B. 堆积体暴露面稳固及深部排水泄压

[0046] 为增强塌方堆积体的稳定性,采用锚喷混凝土+挂网方式形成堆积体暴露面网喷混凝土封闭体 4。步骤为:在塌方体暴露面布设钢筋网,并喷射厚 40cm 的 C25 混凝土;暴露

面上布置间排距均为 2m、呈梅花型的锚杆,锚杆采用长 3m 的 $\phi 32\text{mm}$ 钢筋,其下部 2.5m 插入堆积体内,尾部与钢筋网焊接为一体。为防止堆积体封闭后静水压力上升而对封闭面造成破坏,针对富水区段及塌方口附近布置 3~5 根深部引流泄压孔 6,孔深 30m,并全程下入 $\phi 89\text{mm}$ 无缝热轧钢花管。引流泄压钻孔尾端均安装高压阀门,以控制引排水。

[0047] C. 塌方段及影响区支护强度强化

[0048] 在塌方相邻段采用临时型钢支撑+网喷混凝土方式对塌方相邻段 10~20m 范围内形成支护强化段 5,可抑制塌方后延和保障注浆加固过程中人员及设备安全;支护参数为:25b 工字钢,每榀间距 50cm;C20 喷射混凝土厚 25cm;双层 20cm \times 20cm、 $\phi 8\text{mm}$ 钢筋网。

[0049] D. 堆积体防突充实加固

[0050] 如图 3 所示,空腔的存在及堆积体极松散状态对后续浆液扩散效果控制极为不利,造成浆液大量流失。根据物探探测结果,施工吹砂钻孔 15 至空腔 14 位置,采用吹砂及 42.5R 普通水泥单液浆固结方式对空腔 14 进行处理;为提高堆积体承载强度,提高其抵抗注浆荷载的能力,需施工堆积体防突注浆孔 7 进行注浆固结。

[0051] 吹砂钻孔 15 及防突注浆孔 7 采用 ZLJ2300B 型地质钻机, $\phi 90\text{mm}$ 合金钻头施作。吹砂孔深度根据空腔位置而定,下入 $\phi 89\text{mm}$ 无缝热轧钢管,通过空压机泵送细沙,压力控制在 5MPa 以内,吹砂完成后进行注浆工作;防突注浆孔 7 设计深度为 20~30m,起始端下入 3m 外径 108mm 的地质管作为孔口管,终孔间距 5~6m,并均匀布孔;吹砂孔及注浆孔端部焊接注浆螺丝头及高压阀门,以连接注浆设备;注浆材料采用 42.5R 普通水泥单液浆,单液浆水灰比(水与 42.5R 普通水泥质量比)为 1:1,注浆终压控制设计 2.5MPa,扩散半径不小于 3m;充填注浆加固采用前进式分段控制注浆工艺(工艺过程见步骤 E)。

[0052] E. 非对称周边帷幕注浆加固

[0053] 如图 3 所示,非对称周边帷幕注浆加固是塌方处理的主体工程,用于塌方及影响段围岩进行系统加固。为保持支护结构受力稳定、变形协调,遵循“塌方区重点治理、围岩闭合加固”的原则,实施非对称式闭合周边帷幕,重点是加固塌方区段范围内的围岩(即图 3 中塌方区段帷幕加固范围 9),即塌方区段注浆加固厚度为隧道开挖轮廓线 16 外 10m,其他区段帷幕加固范围 10 加固圈厚度为 5~8m,最终形成非对称式闭合周边注浆帷幕。

[0054] 如图 3 所示,为保证周边围岩加固均匀性,将帷幕注浆区段划分为第一注浆区间 11、第二注浆区间 12 及第三注浆区间 13,并在各个区间内均匀布孔,以保障注浆加固效果。非对称式周边帷幕注浆钻孔 8 采用海王星 90B 钻机施工,钻孔均匀布置。注浆材料采用单液水泥浆和 C-S 双液浆,材料参数如下:水泥浆水灰比(水与 42.5R 普通水泥质量比)为 1:1,为提高水泥浆的早期强度,在单液浆中加入水泥质量 0.3~0.5% 的三乙醇胺;水玻璃浓度在 35~42Be 之间,模数为 2.3~3.0,42.5R 普通水泥单液浆和水玻璃体积比为 2:1。上述浆液配比及注浆参数是申请人经过长期工程实践及经验总结所得到的,保证了注浆效果。

[0055] 如图 4 所示,注浆工艺采用前进式分段控制注浆工艺,所谓的前进式分段控制注浆工艺是指采用海王星 90B 钻机及 ZLJ2300B 型地质钻机进行钻、注交替作业,每个注浆段长度为 5m,并采用孔口管法兰盘进行止浆,有效防止局部优势薄弱区扩散过远,利于浆液均匀扩散和均匀注浆帷幕圈的形成。前进式分段控制注浆工艺要点是先使用 $\phi 113\text{mm}$ 无芯地质钻头在松散围岩体 25 内施工长 3.5m 的浅孔,下入 3m 外径 108mm 的孔口管并注浆封固,形成孔口管封固段 20,注浆终压为 5MPa;利用 $\phi 75\text{mm}$ 无芯钻头扫孔并钻进至第一注浆段

21 深度, 并进行注浆, 注浆终压为 $2\sim 3\text{MPa}$; 注浆成后, 扫孔并钻进至第二段注浆段 22 深度, 再次注浆, 注浆终压为 $3\sim 4\text{MP}$ 。再进行第三段注浆段 23 进行注浆。依次前进注浆, 注浆压力由外而内注浆提高, 末段终压控制在 6MPa 。每个注浆段采用单液及双液交替注浆方式, 可有效控制浆液扩散范围 24, 获得较好的加固效果。

[0056] 孔口管端部安置注浆高压阀门 17 和注浆压力表 18 及防突装置 19, 三种设备均是现有公知设备; 孔口管封固利用快硬硫铝酸盐水泥封固, 快硬硫铝酸盐水泥单液浆, 水灰比(水与硫铝酸盐水泥质量比)为 $0.8:1$, 初凝时间小于 30min , 12h 抗压强度可达 10MPa 以上, 可快速封固孔口管。

[0057] F. 注浆加固塌方段开挖方法及初期支护方式确定

[0058] 经过非对称式封闭周边帷幕注浆加固, 塌方段富水极松散围岩内地下水经置换、挤密而被排除在注浆帷幕加固圈外, 加固圈内围岩在浆液的胶结作用下强度及结构稳定性得到大大提高, 具有良好的自稳能力和承载强度。为稳妥起见, 采用双侧壁导坑法进行开挖, 同时进行相应的支护; 初期支护采用双层支护: 第一层由 I18 工字钢支撑, 纵向间距 0.5m , 钢筋网采用双层钢筋网, 纵、环向 $\Phi 8$, 网格 $20\times 20\text{cm}$, 喷射 C20 混凝土厚 $25\sim 30\text{cm}$; 第二层采用格栅钢架, 格栅钢架主筋采用 $\Phi 25$ 钢筋, 截面高度 $15\times 15\text{cm}$, 格栅拱架纵向间距为 0.5m ; 钢筋网采用双层钢筋网, 纵、环向 $\Phi 8$, 网格 $20\times 20\text{cm}$; 为提高周壁围岩注浆固结效果、避免出现塌孔时锚杆安装难度大等因素, 系统锚杆采用 $\Phi 42$ 注浆小导管, 小导管长度为 4.5m , 环向间距为 1.0m , 纵向间距为 0.5m , 呈梅花型布置, 小导管注浆采用 42.5R 普通水泥单液浆, 注浆终压为 2MPa 。

[0059] 双侧壁导坑法为公知的开挖工法。

[0060] G. 局部补充注浆

[0061] 紧跟隧道开挖过程, 针对探测或者直接揭露的注浆加固盲区采用 $\Phi 42$ 小导管径向注浆方式进行补注。小导管长度为 4.5m , 环向间距 1.5m , 纵向间距为 1m , 呈梅花型布置, 小导管注浆采用 42.5R 普通水泥单液浆, 注浆终压为 $2\sim 3\text{MPa}$ 。

[0062] H. 仰拱开挖及二衬施工

[0063] 洞身开挖支护完成后, 及时进行仰拱施工, 并封闭成环。仰拱施工一次开挖和浇筑混凝土长度不超过 4m 。仰拱初期支护、仰拱和仰拱填充混凝土要分层整幅浇筑, 仰拱各项施工工艺和技术指标必须满足设计或规范要求。其后二衬及时跟进, 衬砌各项施工工艺和技术指标必须满足设计或规范要求。

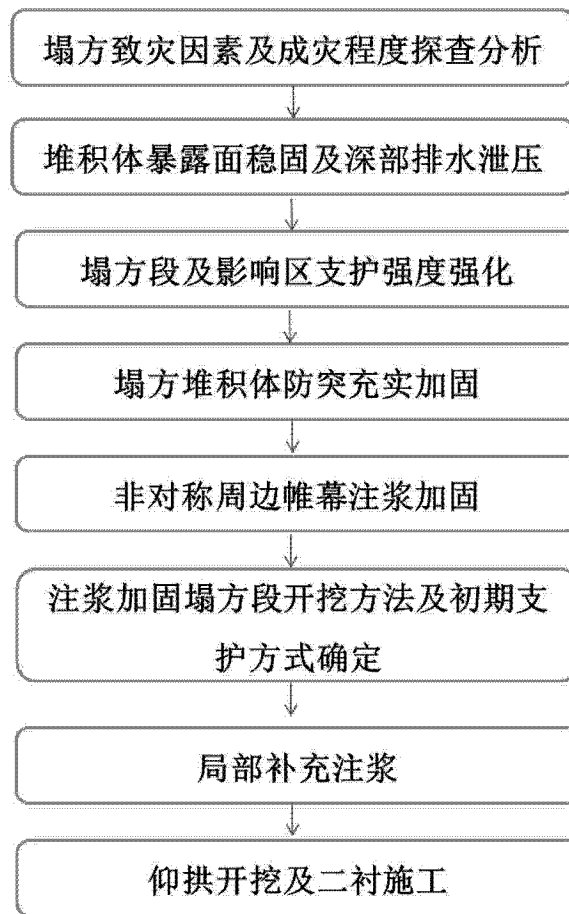


图 1

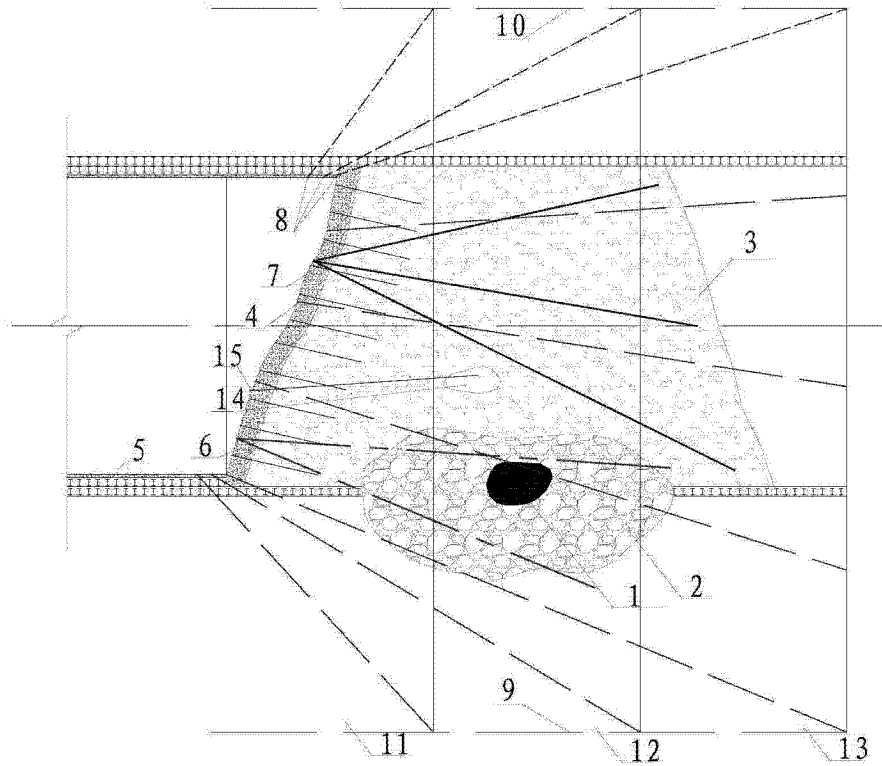


图 2

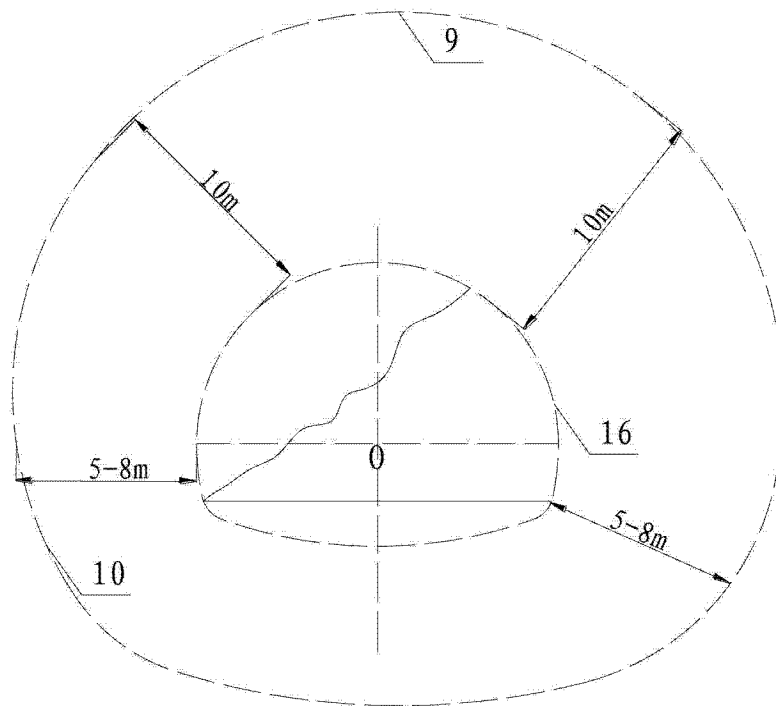


图 3

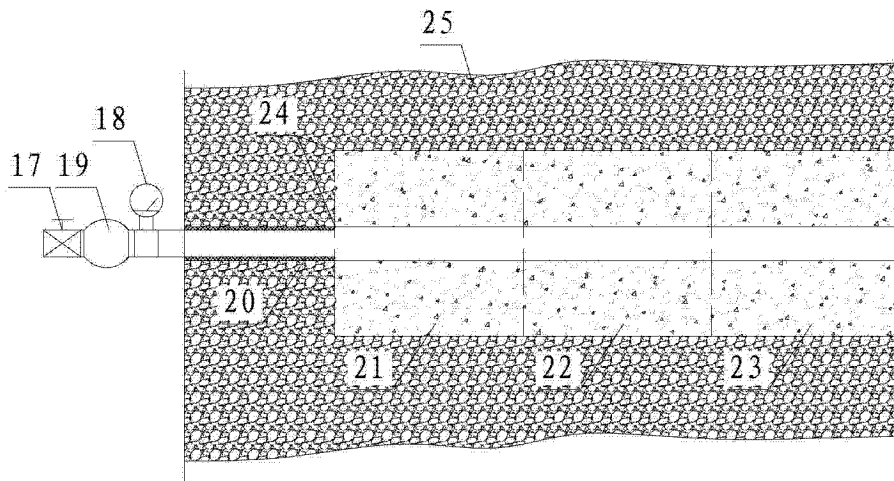


图 4