



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111335923 A

(43)申请公布日 2020.06.26

(21)申请号 202010422751.8

(22)申请日 2020.05.19

(71)申请人 中铁五局集团第一工程有限责任公司

地址 410117 湖南省长沙市雨花区中意一路646号

(72)发明人 陈彬 谢晓波 杨文国 李一萍
彭学军 汤宇 苗宪强 刘飞翔
徐毅勇 刘晓凯 杨曾 杨俊峰
阳军生 吴彪 彭正中 杨锡斌
林巍杰 王薇 朱胥仁 胡从文
智绪金 赵建斌 陈敏 刘德安
罗朝华

(74)专利代理机构 长沙惟盛赞鼎知识产权代理
事务所(普通合伙) 43228

代理人 马凤兰

(51)Int.Cl.

E21D 11/10(2006.01)

E21D 11/15(2006.01)

E21D 11/18(2006.01)

E21D 20/02(2006.01)

E21D 21/00(2006.01)

权利要求书3页 说明书14页

(54)发明名称

一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法

(57)摘要

本发明公开了一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其包括:S1、整体超前地质预报;S2、现场预测;S3、超前支护施工;S4、隧道开挖;S5、初期支护施工;S6、仰拱和二衬施工;S7、根据S2-S6对整体隧道的各段调整相应的施工方法及支护方式,至形成整体隧道的施工完毕。在本发明中,依据不同的围岩等级、当前段支护后的洞身围岩变形量来选择下一段的支护方式,能够在确保围岩稳定与隧道支护结构安全的前提下有效避免高地应力硬质岩隧道中出现的软岩大变形,从而保证施工、运营的安全,并加快施工进度。同时,本发明施工方便、成本较低,能够有效控制隧道施工成本,可带来实际的经济性效应。

1. 一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其特征在于:其包括:

S1、整体超前地质预报:采用超前地质钻探法+TSP+地质雷达相结合的方法进行整体隧道的超前地质预报,初步确定围岩等级并形成超前地质报告;

S2、现场预测:对即将施工的未完成段进行现场预测,并将现场预测结果与已完成段的实测结果进行综合类比,以确定围岩等级、变形范围及相应的支护方式;

S3、超前支护施工:

①当围岩等级为Ⅱ级至Ⅳ级,在围岩拱部布设 $\phi 42$ 超前小导管,超前小导管长度为4m,壁厚4mm,环向间距为0.3m,纵向间距为1-1.5m,搭接长度 ≥ 1.0 m;所述超前小导管的尾端采用 $\phi 8$ mm钢筋焊成的圈状加强箍;

②当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级,在围岩拱部布设 $\phi 50$ 超前小导管,超前小导管长度为4.5m,壁厚5mm,环向间距为0.3m,纵向间距为1.2-1.5m,搭接长度 ≥ 1.0 m;所述超前小导管的尾端采用 $\phi 10$ mm钢筋焊成的圈状加强箍;且增设超前管棚,超前管棚的直径为150-180mm,壁厚为8mm,单根长度为10m,环向间距为0.3m,纵向间距为3-4.5m;

S4、隧道开挖:当围岩等级为Ⅱ级至Ⅲ级,采用长台阶法施工;当围岩等级为Ⅲ级至Ⅴ级,采用短台阶法施工;当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级,采用微台阶法施工;以人工钻爆开挖为主、机械开挖为辅的方式进行上台阶开挖,以机械开挖为主进行下台阶开挖,若遇到局部硬质岩体,则采用松动爆破,松动爆破的钻眼深度大于开挖长度,炮眼密度为 $1.3-1.8\text{m}^2/\text{处}$,孔底安装1-2节 $\phi 30$ 乳化炸药进行爆破;开挖后将上台阶碴拔至下台阶进行出碴,并对上台阶进行临时支护;

S5、初期支护施工:

①当围岩等级为Ⅱ级至Ⅳ级,开挖后初喷3-5cm厚钢纤维混凝土封闭开挖面,对当前段采用第一支护方式进行支护,并结合当前段支护后的洞身围岩变形量值情况确定下一段的支护方式;

若当前段支护后的洞身围岩变形量值不超过预留变形量值,则下一段采用与当前段相同的支护方式进行支护;

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值,则下一段采用第二支护方式进行支护;

②当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级,开挖后初喷5-8cm厚钢纤维混凝土封闭开挖面,对当前段采用第一支护方式进行支护,并结合当前段支护后的洞身围岩变形量值情况确定下一段的支护方式;

若当前段支护后的洞身围岩变形量值不超过预留变形量值,则下一段采用与当前段相同的支护方式进行支护;

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值,且变形量值处于不大于60cm时,则下一段采用第二支护方式进行支护;

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值,且变形量值处于大于60cm时,则下一段采用第三支护方式进行支护;

S6、仰拱和二衬施工:根据相关规范要求确定隧道仰拱和二衬的施工措施和几何参数,并完成仰拱和二衬施工;

S7、根据S2-S6对整体隧道的各段调整相应的施工方法及支护方式,至形成整体隧道的

施工完毕。

2. 根据权利要求1所述的一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其特征在于:第一支护方式包括设置双层型钢钢架、钢筋网片和系统锚杆,并喷射混凝土形成支护结构;

施工方法:

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m,首先施作第一层型钢钢架,其预留变形量不超过50,待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架,第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置;

全环设置 $\phi 8$ 钢筋网片,网格间距距20cm \times 20m,钢筋网片紧贴岩面且相关间搭接长度为1-2个网格;

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆,拱部短锚杆为 $\phi 22$ 组合中空锚杆且长度3m,边墙短锚杆为 $\phi 22$ 砂浆锚杆且长度3m,拱部长锚杆为树脂锚杆且长度6m,边墙长锚杆为 $\phi 32$ 自进式锚杆且长度10m;锚杆之间的纵向间距为0.6m,环向间距为1.2m,均配置有锚杆垫板,锚杆垫板压住钢筋网片。

3. 根据权利要求1所述的一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其特征在于:第二支护方式包括设置双层型钢钢架、双层钢筋网片和系统锚杆,并喷射混凝土形成支护结构;

施工方法:

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m,首先施作第一层型钢钢架,其预留变形量不超过50,待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架,第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置;

全环设置 $\phi 8$ 双层钢筋网片,网格间距距20cm \times 20m,钢筋网片紧贴岩面且相关间搭接长度为3-4个网格;

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆,拱部短锚杆为 $\phi 22$ 组合中空锚杆且长度3m,边墙短锚杆为 $\phi 22$ 砂浆锚杆且长度3m,拱部长锚杆为树脂锚杆且长度6m,边墙长锚杆为 $\phi 32$ 自进式锚杆且长度10m;锚杆之间的纵向间距为0.6m,环向间距为1.2m,均配置有锚杆垫板,锚杆垫板压住钢筋网片;其中,对变形严重部位增设6-10m长锚杆。

4. 根据权利要求1所述的一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其特征在于:第三支护方式包括设置定位筋、双层型钢钢架、钢筋网片和系统锚杆,并喷射混凝土形成支护结构;

施工方法:

定位筋的一端与钢架焊接,另一端埋入围岩中,若钢架处设有锚杆,则利用锚杆定位;

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m,首先施作第一层型钢钢架,其预留变形量不超过50,待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架,第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置,钢架主筋不小于 $\phi 25$;

全环设置双层 $\phi 8$ 钢筋网片,网格间距距20cm \times 20m,网片紧贴岩面且相关间搭接长度为1-2个网格;

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆,拱部短锚杆为 $\phi 22$ 组合中空锚杆且长度3m,边墙短锚杆为 $\phi 22$ 砂浆锚杆且长度3m,拱部长锚杆为树脂锚杆且长度6m,边墙长锚杆为 $\phi 32$ 自进式锚杆且长度10m;锚杆之间的纵向间距为0.6m,环向间距为1.2m,均配置有锚杆垫板,锚杆垫板压住钢筋网片;其中,对变形严重部位增设6-10m长锚杆。

5. 根据权利要求1所述的一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其特征为:在S4中,临时支护方式为采用I18型钢进行临时横撑,并设置锁脚锚管。

6. 根据权利要求1所述的一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其特征为:在S4中,

①当围岩等级为Ⅱ级至Ⅲ级,上台阶施工高度为6-6.5m,宽度为10-15m,长度为10-15m,预留变形量为35-45cm;下台阶开挖高度为4.5-5m,双侧开挖间距为3-3.5m,长度为10-15m;仰拱开挖支护长度3m,仰拱预留变形量为20-25cm;

②当围岩等级为Ⅲ级至Ⅴ级,上台阶施工高度为5.5-6m,宽度为8-12m,长度为6-12m,预留变形量为40-55cm;下台阶开挖高度为4-4.5m,双侧开挖间距为不大于3m,长度为6-12m;仰拱开挖支护长度2.5-3m,仰拱预留变形量为20-25cm;

③当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级,上台阶施工高度为5-5.5m,宽度为5-8m,长度为3-6m,预留变形量为45-60cm;下台阶开挖高度为4-4.5m,双侧开挖间距为不大于3m,长度为3-6m;仰拱开挖支护长度2-3m,仰拱预留变形量为20-25cm。

7. 根据权利要求1所述的一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其特征为:在S3中,超前小导管的施工方法为:采用引孔打入法将超前小导管置入土体预定深度,将注浆设备、注浆泵和已置入的超前小导管连接,按照要求进行制浆,通过注浆泵将浆液注入土体中。

8. 根据权利要求2或3或4所述的一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其特征为:在S5中,安装钢架时,先检查掌子面开挖净空,并挖除钢架底脚处虚渣,采用方木或型钢进行高差调整,钢架落底接长在单边交错进行,在软弱地层同时落底接长和仰拱相连并及时喷射砼,接长钢架和上部通过垫板用螺栓牢固准确连接,焊接两榀之间的连接钢筋。

9. 根据权利要求1所述的一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其特征为:在非开挖的施工过程中,设置多个可移动视频监控点,所述可移动视频监控点距离掌子面的距离为5-15m,所述可移动视频监控点的控制系统设置在洞口值班室。

10. 根据权利要求9所述的一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其特征为:在非开挖的施工过程中,设置安全逃生管道,所述安全逃生管道距离掌子面为5-20m,内径为 $\phi 800 \sim \phi 1000\text{mm}$,壁厚不小于8mm,每节管长为4-6m且相互间连接牢固。

一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及隧道施工领域,具体涉及为一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法。

背景技术

[0002] 深埋隧道通过软岩和断层带等不良地质时,在高地应力和富水条件下通常产生大变形。这种大变特点为:围岩变形量大,一般可以达到数十厘米,位移速度很快,如果支护不当,初期支护将发生变形、开裂,甚至塌方。

[0003] 大变形的原因之一是开挖形成的应力重分布超过围岩强度而发生塑性变化;如果发生缓慢就属于挤出,如果是立刻发生就属于岩爆,隧道施工过程中的大变形危害巨大,严重威胁了工程安全,影响了工程质量,制约了工期,如果处理不当,极易发生危险。

[0004] 因此,为有效克服隧道施工建设过程中遇到的不良地质隧道软岩大变形难题,现需提供一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,以解决上述背景技术中提出的技术问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其包括:

S1、整体超前地质预报:采用超前地质钻探法+TSP+地质雷达相结合的方法进行整体隧道的超前地质预报,初步确定围岩等级并形成超前地质报告;

S2、现场预测:对即将施工的未完成段进行现场预测,并将现场预测结果与已完成段的实测结果进行综合类比,以确定围岩等级、变形范围及相应的支护方式;

S3、超前支护施工:

①当围岩等级为Ⅱ级至Ⅳ级,在围岩拱部布设 $\phi 42$ 超前小导管,超前小导管长度为4m,壁厚4mm,环向间距为0.3m,纵向间距为1-1.5m,搭接长度 ≥ 1.0 m;所述超前小导管的尾端采用 $\phi 8$ mm钢筋焊成的圈状加强箍;

②当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级,在围岩拱部布设 $\phi 50$ 超前小导管,超前小导管长度为4.5m,壁厚5mm,环向间距为0.3m,纵向间距为1.2-1.5m,搭接长度 ≥ 1.0 m;所述超前小导管的尾端采用 $\phi 10$ mm钢筋焊成的圈状加强箍;且增设超前管棚,超前管棚的直径为150-180mm,壁厚为8mm,单根长度为10m,环向间距为0.3m,纵向间距为3-4.5m;

S4、隧道开挖:当围岩等级为Ⅱ级至Ⅲ级,采用长台阶法施工;当围岩等级为Ⅲ级至Ⅴ级,采用短台阶法施工;当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级,采用微台阶法施工;以人工钻爆开挖为主、机械开挖为辅的方式进行上台阶开挖,以机械开挖为主进行下台阶开挖,若遇到局部硬质岩体,则采用松动爆破,松动爆破的钻眼深度大于开挖长度,炮眼密度为1.3-1.8m²/处,孔底安装1-2节 $\phi 30$ 乳化炸药进行爆破;开挖后将上台阶渣拔至下台阶进行出渣,并对上台

阶进行临时支护；

S5、初期支护施工：

①当围岩等级为Ⅱ级至Ⅳ级，开挖后初喷3-5cm厚钢纤维混凝土封闭开挖面，对当前段采用第一支护方式进行支护，并结合当前段支护后的洞身围岩变形量值情况确定下一段的支护方式；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值不超过预留变形量值，则下一段采用与当前段相同的支护方式进行支护；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值，则下一段采用第二支护方式进行支护；

②当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级，开挖后初喷5-8cm厚钢纤维混凝土封闭开挖面，对当前段采用第一支护方式进行支护，并结合当前段支护后的洞身围岩变形量值情况确定下一段的支护方式；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值不超过预留变形量值，则下一段采用与当前段相同的支护方式进行支护；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值，且变形量值处于不大于60cm时，则下一段采用第二支护方式进行支护；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值，且变形量值处于大于60cm时，则下一段采用第三支护方式进行支护；

S6、仰拱和二衬施工：根据相关规范要求确定隧道仰拱和二衬的施工措施和几何参数，并完成仰拱和二衬施工；

S7、根据S2-S6对整体隧道的各段调整相应的施工方法及支护方式，至形成整体隧道的施工完毕。

[0007] 第一支护方式包括设置双层型钢钢架、钢筋网片和系统锚杆，并喷射混凝土形成支护结构；

施工方法：

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m，首先施作第一层型钢钢架，其预留变形量不超过50，待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架，第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置；

全环设置 $\phi 8$ 钢筋网片，网格间距距20cm \times 20m，钢筋网片紧贴岩面且相关间搭接长度为1-2个网格；

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆，拱部短锚杆为 $\phi 22$ 组合中空锚杆且长度3m，边墙短锚杆为 $\phi 22$ 砂浆锚杆且长度3m，拱部长锚杆为树脂锚杆且长度6m，边墙长锚杆为 $\phi 32$ 自进式锚杆且长度10m；锚杆之间的纵向间距为0.6m，环向间距为1.2m，均配置有锚杆垫板，锚杆垫板压住钢筋网片。

[0008] 第二支护方式包括设置双层型钢钢架、双层钢筋网片和系统锚杆，并喷射混凝土形成支护结构；

施工方法：

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m，首先施作第一层型钢钢架，其预留变形量不超过50，待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架，第二层型钢钢架与第一层型钢

钢架错开设置；

全环设置 $\phi 8$ 双层钢筋网片，网格间距距 $20\text{cm} \times 20\text{m}$ ，钢筋网片紧贴岩面且相关间搭接长度为 3-4 个网格；

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆，拱部短锚杆为 $\phi 22$ 组合中空锚杆且长度 3m，边墙短锚杆为 $\phi 22$ 砂浆锚杆且长度 3m，拱部长锚杆为树脂锚杆且长度 6m，边墙长锚杆为 $\phi 32$ 自进式锚杆且长度 10m；锚杆之间的纵向间距为 0.6m，环向间距为 1.2m，均配置有锚杆垫板，锚杆垫板压住钢筋网片；其中，对变形严重部位增设 6-10m 长锚杆。

[0009] 第三支护方式包括设置定位筋、双层型钢钢架、钢筋网片和系统锚杆，并喷射混凝土形成支护结构；

施工方法：

定位筋的一端与钢架焊接，另一端埋入围岩中，若钢架处设有锚杆，则利用锚杆定位；

双层钢架之间的间距为 0.6-0.8m，首先施作第一层型钢钢架，其预留变形量不超过 50，待其单侧变形收敛值达到 20-25cm 时施作第二层型钢钢架，第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置，钢架主筋不小于 $\phi 25$ ；

全环设置双层 $\phi 8$ 钢筋网片，网格间距距 $20\text{cm} \times 20\text{m}$ ，网片紧贴岩面且相关间搭接长度为 1-2 个网格；

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆，拱部短锚杆为 $\phi 22$ 组合中空锚杆且长度 3m，边墙短锚杆为 $\phi 22$ 砂浆锚杆且长度 3m，拱部长锚杆为树脂锚杆且长度 6m，边墙长锚杆为 $\phi 32$ 自进式锚杆且长度 10m；锚杆之间的纵向间距为 0.6m，环向间距为 1.2m，均配置有锚杆垫板，锚杆垫板压住钢筋网片；其中，对变形严重部位增设 6-10m 长锚杆。

[0010] 在 S4 中，临时支护方式为采用 I18 型钢进行临时横撑，并设置锁脚锚管。

[0011] 在 S4 中，

① 当围岩等级为 II 级至 III 级，上台阶施工高度为 6-6.5m，宽度为 10-15m，长度为 10-15m，预留变形量为 35-45cm；下台阶开挖高度为 4.5-5m，双侧开挖间距为 3-3.5m，长度为 10-15m；仰拱开挖支护长度 3m，仰拱预留变形量为 20-25cm；

② 当围岩等级为 III 级至 V 级，上台阶施工高度为 5.5-6m，宽度为 8-12m，长度为 6-12m，预留变形量为 40-55cm；下台阶开挖高度为 4-4.5m，双侧开挖间距为不大于 3m，长度为 6-12m；仰拱开挖支护长度 2.5-3m，仰拱预留变形量为 20-25cm；

③ 当围岩等级为 V 级至 VI 级，上台阶施工高度为 5-5.5m，宽度为 5-8m，长度为 3-6m，预留变形量为 45-60cm；下台阶开挖高度为 4-4.5m，双侧开挖间距为不大于 3m，长度为 3-6m；仰拱开挖支护长度 2-3m，仰拱预留变形量为 20-25cm。

[0012] 在 S3 中，超前小导管的施工方法为：采用引孔打入法将超前小导管置入土体预定深度，将注浆设备、注浆泵和已置入的超前小导管连接，按照要求进行制浆，通过注浆泵将浆液注入土体中。

[0013] 在 S5 中，安装钢架时，先检查掌子面开挖净空，并挖除钢架底脚处虚碴，采用方木或型钢进行高差调整，钢架落底接长在单边交错进行，在软弱地层同时落底接长和仰拱相连并及时喷射砼，接长钢架和上部通过垫板用螺栓牢固准确连接，焊接两榀之间的连接钢筋。

[0014] 在非开挖的施工过程中，设置多个可移动视频监控点，所述可移动视频监控点距

离掌子面的距离为5-15m,所述可移动视频监控点的控制系统设置在洞口值班室。

[0015] 在非开挖的施工过程中,设置安全逃生管道,所述安全逃生管道距离掌子面为5-20m,内径为 $\phi 800\sim\phi 1000\text{mm}$,壁厚不小于8mm,每节管长为4-6m且相互间连接牢固。

[0016] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

1、在本发明中,依据不同的围岩等级、当前段支护后的洞身围岩变形量来选择下一段的支护方式,能够在确保围岩稳定与隧道支护结构安全的前提下有效避免高地应力硬质岩隧道中出现的软岩大变形,从而保证施工、运营的安全,并加快施工进度。同时,本发明施工方便、成本较低,能够有效控制隧道施工成本,可带来实际的经济性效应。

[0017] 2、在本发明中,施工步骤简洁紧凑,环环相扣,不存在窝工而导致支护滞后问题,对于控制隧道变形具有及时性的特点;提高了围岩的自承能力,主动减小了围岩的变形量,进一步控制了围岩的大变形,并且对不均匀变形具有良好的适应性,确保了隧道运营期的安全。

[0018] 3、本发明设置有多个可移动视频监控点,值班人员通过控制系统进行监测,一旦发现异常情况,立即通知人员撤离,从而避免或降低人员伤亡。

[0019] 4、本发明还设有便于逃生的安全逃生管道,以最大程度上保证人员安全。

具体实施方式

[0020] 下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0021] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“竖直”、“上”、“下”、“水平”等指示的方位或位置关系仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0022] 在本发明的描述中,还需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“设置”、“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0023] 实施例1

本实施例提供一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其包括:

S1、整体超前地质预报:采用超前地质钻探法+TSP+地质雷达相结合的方法进行整体隧道的超前地质预报,初步确定围岩等级并形成超前地质报告;

S2、现场预测:对即将施工的未完成段进行现场预测,并将现场预测结果与已完成段的实测结果进行综合类比,以确定围岩等级、变形范围及相应的支护方式;

S3、超前支护施工:

①当围岩等级为Ⅱ级至Ⅳ级,在围岩拱部布设 $\phi 42$ 超前小导管,超前小导管长度为4m,壁厚4mm,环向间距为0.3m,纵向间距为1-1.5m,搭接长度 $\geq 1.0\text{m}$;所述超前小导管的尾端采用 $\phi 8\text{mm}$ 钢筋焊成的圈状加强箍;

②当围岩等级为V级至VI级,在围岩拱部布设 $\phi 50$ 超前小导管,超前小导管长度为4.5m,壁厚5mm,环向间距为0.3m,纵向间距为1.2-1.5m,搭接长度 ≥ 1.0 m;所述超前小导管的尾端采用 $\phi 10$ mm钢筋焊成的圈状加强箍;且增设超前管棚,超前管棚的直径为150-180mm,壁厚为8mm,单根长度为10m,环向间距为0.3m,纵向间距为3-4.5m;

S4、隧道开挖:当围岩等级为II级至III级,采用长台阶法施工;当围岩等级为III级至V级,采用短台阶法施工;当围岩等级为V级至VI级,采用微台阶法施工;以人工钻爆开挖为主、机械开挖为辅的方式进行上台阶开挖,以机械开挖为主进行下台阶开挖,若遇到局部硬质岩体,则采用松动爆破,松动爆破的钻眼深度大于开挖长度,炮眼密度为1.3-1.8m²/处,孔底安装1-2节 $\phi 30$ 乳化炸药进行爆破;开挖后将上台阶渣拔至下台阶进行出渣,并对上台阶进行临时支护;

S5、初期支护施工:

①当围岩等级为II级至IV级,开挖后初喷3-5cm厚钢纤维混凝土封闭开挖面,对当前段采用第一支护方式进行支护,并结合当前段支护后的洞身围岩变形量值情况确定下一段的支护方式;

若当前段支护后的洞身围岩变形量值不超过预留变形量值,则下一段采用与当前段相同的支护方式进行支护;

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值,则下一段采用第二支护方式进行支护;

②当围岩等级为V级至VI级,开挖后初喷5-8cm厚钢纤维混凝土封闭开挖面,对当前段采用第一支护方式进行支护,并结合当前段支护后的洞身围岩变形量值情况确定下一段的支护方式;

若当前段支护后的洞身围岩变形量值不超过预留变形量值,则下一段采用与当前段相同的支护方式进行支护;

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值,且变形量值处于不大于60cm时,则下一段采用第二支护方式进行支护;

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值,且变形量值处于大于60cm时,则下一段采用第三支护方式进行支护;

S6、仰拱和二衬施工:根据相关规范要求确定隧道仰拱和二衬的施工措施和几何参数,并完成仰拱和二衬施工;仰拱开挖长度不大于3m,预留变形量20cm,按要求对仰拱进行基底承载力试验,满足设计要求则进行仰拱初期支护施工,不满足设计要求则先进行基底加工再进行仰拱初期支护施工;

S7、根据S2-S6对整体隧道的各段调整相应的施工方法及支护方式,至形成整体隧道的施工完毕。

[0024] 在本实施例中,根据超前地质预报和现场预测,来确定即将施工的未完成段的围岩等级,并选择相应的超前支护施工方式,进一步依据不同的围岩等级、相同围岩等级的已完成段支护后的洞身围岩变形量来选择下一段(即将施工的未完成段)的初期支护施工方式,能够在确保围岩稳定与隧道支护结构安全的前提下有效避免不良地质隧道中出现的软岩大变形,从而保证施工、运营的安全,并加快施工进度。同时,本发明施工方便、成本较低,能够有效控制隧道施工成本,可带来实际的经济性效应。

[0025] 在本实施例中,将整体隧道分成N段,一段一段进行支护,并根据前段支护后的洞身围岩变形量来选择下一段的支护方式;对于围岩等级一致的连续段,该连续段内的第一段为均采用第一支护方式进行支护,其后续段则根据S5进行选择;当围岩等级发生变化时,变化后的段依然采用第一支护方式进行支护。在现有技术中一般会在隧道开挖前,对整段隧道的围岩等级做预测,以便于施工团队了解整体隧道的情况,为施工或支护做预先准备。综上,可知在本实施例中,会根据具体段的具体情况对支护方式进行调整,以最大程度上有有效避免不良地质隧道中出现的软岩大变形,并确保围岩与隧道支护结构安全。

[0026] 在本实施例中,在S4和S5之间还设有针对涌水进行排水处理;包括涌水作业面处理以及设置排水系统与涌水出水头连接,在涌水正坡段时由排水系统直接引排至隧道的平导中部的排水沟,在涌水反坡地段时采用移动泵站的排水方法,设泵站接力排水,引排至正坡洞中部的排水沟,所述排水沟在路基外侧设置污水处理系统后引排至路基排水沟。

[0027] 其中,涌水作业面处理包括清除因涌水造成的破碎围岩;设置排水系统包括:在涌水出水头处插入5-8m长的 $\Phi 150$ 水管,再将筒状管道埋入出水头位置进行排水;根据需要,可进一步设置移动泵站持续抽水;最后,在筒状管道的周边换填碎石以过滤涌水中的泥沙,筒状管道的底部可换填浇灌混凝土

进一步地,第一支护方式包括设置双层型钢钢架、钢筋网片和系统锚杆,并喷射混凝土形成支护结构;

施工方法:

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m,首先施作第一层型钢钢架,其预留变形量不超过50,待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架,第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置;

全环设置 $\Phi 8$ 钢筋网片,网格间距距20cm \times 20m,钢筋网片紧贴岩面且相关间搭接长度为1-2个网格;

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆,拱部短锚杆为 $\Phi 22$ 组合中空锚杆且长度3m,边墙短锚杆为 $\Phi 22$ 砂浆锚杆且长度3m,拱部长锚杆为树脂锚杆且长度6m,边墙长锚杆为 $\Phi 32$ 自进式锚杆且长度10m;锚杆之间的纵向间距为0.6m,环向间距为1.2m,均配置有锚杆垫板,锚杆垫板压住钢筋网片。

[0028] 进一步地,第二支护方式包括设置双层型钢钢架、双层钢筋网片和系统锚杆,并喷射混凝土形成支护结构;

施工方法:

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m,首先施作第一层型钢钢架,其预留变形量不超过50,待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架,第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置;

全环设置 $\Phi 8$ 双层钢筋网片,网格间距距20cm \times 20m,钢筋网片紧贴岩面且相关间搭接长度为3-4个网格;

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆,拱部短锚杆为 $\Phi 22$ 组合中空锚杆且长度3m,边墙短锚杆为 $\Phi 22$ 砂浆锚杆且长度3m,拱部长锚杆为树脂锚杆且长度6m,边墙长锚杆为 $\Phi 32$ 自进式锚杆且长度10m;锚杆之间的纵向间距为0.6m,环向间距为1.2m,均配置有锚杆垫板,锚杆垫板压住钢筋网片;其中,对变形严重部位增设6-10m长锚杆。

[0029] 进一步地,第三支护方式包括设置定位筋、双层型钢钢架、钢筋网片和系统锚杆,并喷射混凝土形成支护结构;

施工方法:

定位筋的一端与钢架焊接,另一端埋入围岩中,若钢架处设有锚杆,则利用锚杆定位;

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m,首先施作第一层型钢钢架,其预留变形量不超过50,待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架,第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置,钢架主筋不小于 $\phi 25$;

全环设置双层 $\phi 8$ 钢筋网片,网格间距距20cm \times 20m,网片紧贴岩面且相关间搭接长度为1-2个网格;

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆,拱部短锚杆为 $\phi 22$ 组合中空锚杆且长度3m,边墙短锚杆为 $\phi 22$ 砂浆锚杆且长度3m,拱部长锚杆为树脂锚杆且长度6m,边墙长锚杆为 $\phi 32$ 自进式锚杆且长度10m;锚杆之间的纵向间距为0.6m,环向间距为1.2m,均配置有锚杆垫板,锚杆垫板压住钢筋网片;其中,对变形严重部位增设6-10m长锚杆。

[0030] 进一步地,在S4中,临时支护方式为采用I18型钢进行临时横撑,并设置锁脚锚管。

[0031] 进一步地,在S4中,

①当围岩等级为Ⅱ级至Ⅲ级,上台阶施工高度为6-6.5m,宽度为10-15m,长度为10-15m,预留变形量为35-45cm;下台阶开挖高度为4.5-5m,双侧开挖间距为3-3.5m,长度为10-15m;仰拱开挖支护长度3m,仰拱预留变形量为20-25cm;

②当围岩等级为Ⅲ级至Ⅴ级,上台阶施工高度为5.5-6m,宽度为8-12m,长度为6-12m,预留变形量为40-55cm;下台阶开挖高度为4-4.5m,双侧开挖间距为不大于3m,长度为6-12m;仰拱开挖支护长度2.5-3m,仰拱预留变形量为20-25cm;

③当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级,上台阶施工高度为5-5.5m,宽度为5-8m,长度为3-6m,预留变形量为45-60cm;下台阶开挖高度为4-4.5m,双侧开挖间距为不大于3m,长度为3-6m;仰拱开挖支护长度2-3m,仰拱预留变形量为20-25cm。

[0032] 进一步地,在S3中,超前小导管的施工方法为:采用引孔打入法将超前小导管置入土体预定深度,将注浆设备、注浆泵和已置入的超前小导管连接,按照要求进行制浆,通过注浆泵将浆液注入土体中。

[0033] 进一步地,在S5中,安装钢架时,先检查掌子面开挖净空,并挖除钢架底脚处虚碴,采用方木或型钢进行高差调整,钢架落底接长在单边交错进行,在软弱地层同时落底接长和仰拱相连并及时喷射砼,接长钢架和上部通过垫板用螺栓牢固准确连接,焊接两榀之间的连接钢筋。

[0034] 进一步地,在非开挖的施工过程中,设置多个可移动视频监控点,所述可移动视频监控点距离掌子面的距离为5-15m,所述可移动视频监控点的控制系统设置在洞口值班室,值班室24小时值班。

[0035] 进一步地,在非开挖的施工过程中,设置安全逃生管道,所述安全逃生管道距离掌子面为5-20m,内径为 $\phi 800 \sim \phi 1000$ mm,壁厚不小于8mm,每节管长为4-6m且相互间连接牢固。

[0036] 在S6中,根据相关规范要求确定隧道仰拱、二衬的施工措施和几何参数,并完成仰拱和二衬施工;所述二衬施工为:二衬沿隧道长度方向分块施工,在相邻两块之间留有模筑

施工缝；每块二衬采用三段式结构并在每相邻段之间留有间隔，相邻两块二衬的间隔位置各不相同，在每块二衬的相邻段之间的间隔之间安装有弹性变形材料，所述弹性变形材料与每块二衬的长度相等。

[0037] 实施例2

一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法，其包括：

S1、整体超前地质预报：采用超前地质钻探法+TSP+地质雷达相结合的方法进行整体隧道的超前地质预报，初步确定围岩等级并形成超前地质报告；

S2、现场预测：对即将施工的未完成段进行现场预测，并将现场预测结果与已完成段的实测结果进行综合类比，以确定围岩等级、变形范围及相应的支护方式；

S3、超前支护施工：

①当围岩等级为Ⅱ级至Ⅳ级，在围岩拱部布设 $\phi 42$ 超前小导管，超前小导管长度为4m，壁厚4mm，环向间距为0.3m，纵向间距为1-1.5m，搭接长度 ≥ 1.0 m；所述超前小导管的尾端采用 $\phi 8$ mm钢筋焊成的圈状加强箍；

②当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级，在围岩拱部布设 $\phi 50$ 超前小导管，超前小导管长度为4.5m，壁厚5mm，环向间距为0.3m，纵向间距为1.2-1.5m，搭接长度 ≥ 1.0 m；所述超前小导管的尾端采用 $\phi 10$ mm钢筋焊成的圈状加强箍；且增设超前管棚，超前管棚的直径为150-180mm，壁厚为8mm，单根长度为10m，环向间距为0.3m，纵向间距为3-4.5m；

S4、隧道开挖：当围岩等级为Ⅱ级至Ⅲ级，采用长台阶法施工；当围岩等级为Ⅲ级至Ⅴ级，采用短台阶法施工；当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级，采用微台阶法施工；以人工钻爆开挖为主、机械开挖为辅的方式进行上台阶开挖，以机械开挖为主进行下台阶开挖，若遇到局部硬质岩体，则采用松动爆破，松动爆破的钻眼深度大于开挖长度，炮眼密度为1.3-1.8m²/处，孔底安装1-2节 $\phi 30$ 乳化炸药进行爆破；开挖后将上台阶碴拔至下台阶进行出碴，并对上台阶进行临时支护；

S5、初期支护施工：

①当围岩等级为Ⅱ级至Ⅳ级，开挖后初喷3-5cm厚钢纤维混凝土封闭开挖面，对当前段采用第一支护方式进行支护，并结合当前段支护后的洞身围岩变形量值情况确定下一段的支护方式；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值不超过预留变形量值，则下一段采用与当前段相同的支护方式进行支护；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值，则下一段采用第二支护方式进行支护；

②当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级，开挖后初喷5-8cm厚钢纤维混凝土封闭开挖面，对当前段采用第一支护方式进行支护，并结合当前段支护后的洞身围岩变形量值情况确定下一段的支护方式；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值不超过预留变形量值，则下一段采用与当前段相同的支护方式进行支护；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值，且变形量值处于不大于60cm时，则下一段采用第二支护方式进行支护；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值，且变形量值处于大于60cm

时,则下一段采用第三支护方式进行支护;

S6、仰拱和二衬施工:根据相关规范要求确定隧道仰拱和二衬的施工措施和几何参数,并完成仰拱和二衬施工;

S7、根据S2-S6对整体隧道的各段调整相应的施工方法及支护方式,至形成整体隧道的施工完毕。

[0038] 第一支护方式包括设置双层型钢钢架、钢筋网片和系统锚杆,并喷射混凝土形成支护结构;

施工方法:

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m,首先施作第一层型钢钢架,其预留变形量不超过50,待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架,第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置;

全环设置 $\phi 8$ 钢筋网片,网格间距距 $20\text{cm} \times 20\text{m}$,钢筋网片紧贴岩面且相关间搭接长度为1-2个网格;

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆,拱部短锚杆为 $\phi 22$ 组合中空锚杆且长度3m,边墙短锚杆为 $\phi 22$ 砂浆锚杆且长度3m,拱部长锚杆为树脂锚杆且长度6m,边墙长锚杆为 $\phi 32$ 自进式锚杆且长度10m;锚杆之间的纵向间距为0.6m,环向间距为1.2m,均配置有锚杆垫板,锚杆垫板压住钢筋网片。

[0039] 第二支护方式包括设置双层型钢钢架、双层钢筋网片和系统锚杆,并喷射混凝土形成支护结构;

施工方法:

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m,首先施作第一层型钢钢架,其预留变形量不超过50,待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架,第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置;

全环设置 $\phi 8$ 双层钢筋网片,网格间距距 $20\text{cm} \times 20\text{m}$,钢筋网片紧贴岩面且相关间搭接长度为3-4个网格;

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆,拱部短锚杆为 $\phi 22$ 组合中空锚杆且长度3m,边墙短锚杆为 $\phi 22$ 砂浆锚杆且长度3m,拱部长锚杆为树脂锚杆且长度6m,边墙长锚杆为 $\phi 32$ 自进式锚杆且长度10m;锚杆之间的纵向间距为0.6m,环向间距为1.2m,均配置有锚杆垫板,锚杆垫板压住钢筋网片;其中,对变形严重部位增设6-10m长锚杆。

[0040] 第三支护方式包括设置定位筋、双层型钢钢架、钢筋网片和系统锚杆,并喷射混凝土形成支护结构;

施工方法:

定位筋的一端与钢架焊接,另一端埋入围岩中,若钢架处设有锚杆,则利用锚杆定位;

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m,首先施作第一层型钢钢架,其预留变形量不超过50,待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架,第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置,钢架主筋不小于 $\phi 25$;

全环设置双层 $\phi 8$ 钢筋网片,网格间距距 $20\text{cm} \times 20\text{m}$,网片紧贴岩面且相关间搭接长度为1-2个网格;

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆,拱部短锚杆为 $\phi 22$ 组合中空锚杆且长度3m,边墙短锚

杆为 $\phi 22$ 砂浆锚杆且长度3m,拱部长锚杆为树脂锚杆且长度6m,边墙长锚杆为 $\phi 32$ 自进式锚杆且长度10m;锚杆之间的纵向间距为0.6m,环向间距为1.2m,均配置有锚杆垫板,锚杆垫板压住钢筋网片;其中,对变形严重部位增设6-10m长锚杆。

[0041] 在S4中,临时支护方式为采用I18型钢进行临时横撑,并设置锁脚锚管。

[0042] 在S4中,

①当围岩等级为Ⅱ级至Ⅲ级,上台阶施工高度为6-6.5m,宽度为10-15m,长度为10-15m,预留变形量为35-45cm;下台阶开挖高度为4.5-5m,双侧开挖间距为3-3.5m,长度为10-15m;仰拱开挖支护长度3m,仰拱预留变形量为20-25cm;

②当围岩等级为Ⅲ级至Ⅴ级,上台阶施工高度为5.5-6m,宽度为8-12m,长度为6-12m,预留变形量为40-55cm;下台阶开挖高度为4-4.5m,双侧开挖间距为不大于3m,长度为6-12m;仰拱开挖支护长度2.5-3m,仰拱预留变形量为20-25cm;

③当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级,上台阶施工高度为5-5.5m,宽度为5-8m,长度为3-6m,预留变形量为45-60cm;下台阶开挖高度为4-4.5m,双侧开挖间距为不大于3m,长度为3-6m;仰拱开挖支护长度2-3m,仰拱预留变形量为20-25cm。

[0043] 在S3中,超前小导管的施工方法为:采用引孔打入法将超前小导管置入土体预定深度,将注浆设备、注浆泵和已置入的超前小导管连接,按照要求进行制浆,通过注浆泵将浆液注入土体中。

[0044] 在S5中,安装钢架时,先检查掌子面开挖净空,并挖除钢架底脚处虚碴,采用方木或型钢进行高差调整,钢架落底接长在单边交错进行,在软弱地层同时落底接长和仰拱相连并及时喷射砼,接长钢架和上部通过垫板用螺栓牢固准确连接,焊接两榀之间的连接钢筋。

[0045] 在非开挖的施工过程中,设置多个可移动视频监控点,所述可移动视频监控点距离掌子面的距离为5-15m,所述可移动视频监控点的控制系统设置在洞口值班室,值班室24小时值班。

[0046] 在非开挖的施工过程中,设置安全逃生管道,所述安全逃生管道距离掌子面为5-20m,内径为 $\phi 800 \sim \phi 1000$ mm,壁厚不小于8mm,每节管长为4-6m且相互间连接牢固。

[0047] 进一步地,在S3中,超前小导管的置入步骤如下:

首先,用电钻开孔,开孔直径为超前小导管直径+10mm,并用吹管将砂石吹出(风压0.5~0.8Mpa),钻孔深度为超前小导管长度+0.5m;其次,用带冲击的风钻将超前小导管顶入孔中,然后检查管内有无充填物,如有充填物,用吹管吹出或掏勾勾出或直接用锤击插入钢管;再其次,用塑胶泥封堵导管周围及孔口;最后,严格按设计要求打入导管,管端外露20-30cm,以便安装注浆管路。在S3中,超前小导管的施工设备和工艺简单、灵活机动性好、施工速度快,能适应需要快速反应的情况。

[0048] 实施例3

一种不良地质隧道软岩大变形的施工方法,其包括:

S1、整体超前地质预报:采用超前地质钻探法+TSP+地质雷达相结合的方法进行整体隧道的超前地质预报,初步确定围岩等级并形成超前地质报告;

S2、现场预测:对即将施工的未完成段进行现场预测,并将现场预测结果与已完成段的实测结果进行综合类比,以确定围岩等级、变形范围及相应的支护方式;

S3、超前支护施工：

①当围岩等级为Ⅱ级至Ⅳ级，在围岩拱部布设 $\phi 42$ 超前小导管，超前小导管长度为4m，壁厚4mm，环向间距为0.3m，纵向间距为1-1.5m，搭接长度 ≥ 1.0 m；所述超前小导管的尾端采用 $\phi 8$ mm钢筋焊成的圈状加强箍；

②当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级，在围岩拱部布设 $\phi 50$ 超前小导管，超前小导管长度为4.5m，壁厚5mm，环向间距为0.3m，纵向间距为1.2-1.5m，搭接长度 ≥ 1.0 m；所述超前小导管的尾端采用 $\phi 10$ mm钢筋焊成的圈状加强箍；且增设超前管棚，超前管棚的直径为150-180mm，壁厚为8mm，单根长度为10m，环向间距为0.3m，纵向间距为3-4.5m；

S4、隧道开挖：当围岩等级为Ⅱ级至Ⅲ级，采用长台阶法施工；当围岩等级为Ⅲ级至Ⅴ级，采用短台阶法施工；当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级，采用微台阶法施工；以人工钻爆开挖为主、机械开挖为辅的方式进行上台阶开挖，以机械开挖为主进行下台阶开挖，若遇到局部硬质岩体，则采用松动爆破，松动爆破的钻眼深度大于开挖长度，炮眼密度为1.3-1.8m²/处，孔底安装1-2节 $\phi 30$ 乳化炸药进行爆破；开挖后将上台阶碴拔至下台阶进行出碴，并对上台阶进行临时支护；

S5、初期支护施工：

①当围岩等级为Ⅱ级至Ⅳ级，开挖后初喷3-5cm厚钢纤维混凝土封闭开挖面，对当前段采用第一支护方式进行支护，并结合当前段支护后的洞身围岩变形量值情况确定下一段的支护方式；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值不超过预留变形量值，则下一段采用与当前段相同的支护方式进行支护；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值，则下一段采用第二支护方式进行支护；

②当围岩等级为Ⅴ级至Ⅵ级，开挖后初喷5-8cm厚钢纤维混凝土封闭开挖面，对当前段采用第一支护方式进行支护，并结合当前段支护后的洞身围岩变形量值情况确定下一段的支护方式；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值不超过预留变形量值，则下一段采用与当前段相同的支护方式进行支护；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值，且变形量值处于不大于60cm时，则下一段采用第二支护方式进行支护；

若当前段支护后的洞身围岩变形量值超过预留变形量值，且变形量值处于大于60cm时，则下一段采用第三支护方式进行支护；

S6、仰拱和二衬施工：根据相关规范要求确定隧道仰拱和二衬的施工措施和几何参数，并完成仰拱和二衬施工；

S7、根据S2-S6对整体隧道的各段调整相应的施工方法及支护方式，至形成整体隧道的施工完毕。

[0049] 第一支护方式包括设置双层型钢钢架、钢筋网片和系统锚杆，并喷射混凝土形成支护结构；

施工方法：

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m，首先施作第一层型钢钢架，其预留变形量不超过50，

待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架,第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置;

全环设置 $\phi 8$ 钢筋网片,网格间距距20cm \times 20m,钢筋网片紧贴岩面且相关间搭接长度为1-2个网格;

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆,拱部短锚杆为 $\phi 22$ 组合中空锚杆且长度3m,边墙短锚杆为 $\phi 22$ 砂浆锚杆且长度3m,拱部长锚杆为树脂锚杆且长度6m,边墙长锚杆为 $\phi 32$ 自进式锚杆且长度10m;锚杆之间的纵向间距为0.6m,环向间距为1.2m,均配置有锚杆垫板,锚杆垫板压住钢筋网片。

[0050] 第二支护方式包括设置双层型钢钢架、双层钢筋网片和系统锚杆,并喷射混凝土形成支护结构;

施工方法:

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m,首先施作第一层型钢钢架,其预留变形量不超过50,待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架,第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置;

全环设置 $\phi 8$ 双层钢筋网片,网格间距距20cm \times 20m,钢筋网片紧贴岩面且相关间搭接长度为3-4个网格;

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆,拱部短锚杆为 $\phi 22$ 组合中空锚杆且长度3m,边墙短锚杆为 $\phi 22$ 砂浆锚杆且长度3m,拱部长锚杆为树脂锚杆且长度6m,边墙长锚杆为 $\phi 32$ 自进式锚杆且长度10m;锚杆之间的纵向间距为0.6m,环向间距为1.2m,均配置有锚杆垫板,锚杆垫板压住钢筋网片;其中,对变形严重部位增设6-10m长锚杆。

[0051] 第三支护方式包括设置定位筋、双层型钢钢架、钢筋网片和系统锚杆,并喷射混凝土形成支护结构;

施工方法:

定位筋的一端与钢架焊接,另一端埋入围岩中,若钢架处设有锚杆,则利用锚杆定位;

双层钢架之间的间距为0.6-0.8m,首先施作第一层型钢钢架,其预留变形量不超过50,待其单侧变形收敛值达到20-25cm时施作第二层型钢钢架,第二层型钢钢架与第一层型钢钢架错开设置,钢架主筋不小于 $\phi 25$;

全环设置双层 $\phi 8$ 钢筋网片,网格间距距20cm \times 20m,网片紧贴岩面且相关间搭接长度为1-2个网格;

系统锚杆包括短锚杆和长锚杆,拱部短锚杆为 $\phi 22$ 组合中空锚杆且长度3m,边墙短锚杆为 $\phi 22$ 砂浆锚杆且长度3m,拱部长锚杆为树脂锚杆且长度6m,边墙长锚杆为 $\phi 32$ 自进式锚杆且长度10m;锚杆之间的纵向间距为0.6m,环向间距为1.2m,均配置有锚杆垫板,锚杆垫板压住钢筋网片;其中,对变形严重部位增设6-10m长锚杆。

[0052] 在S4中,临时支护方式为采用I18型钢进行临时横撑,并设置锁脚锚管。

[0053] 在S4中,

①当围岩等级为Ⅱ级至Ⅲ级,上台阶施工高度为6-6.5m,宽度为10-15m,长度为10-15m,预留变形量为35-45cm;下台阶开挖高度为4.5-5m,双侧开挖间距为3-3.5m,长度为10-15m;仰拱开挖支护长度3m,仰拱预留变形量为20-25cm;

②当围岩等级为Ⅲ级至Ⅴ级,上台阶施工高度为5.5-6m,宽度为8-12m,长度为6-12m,

预留变形量为40-55cm;下台阶开挖高度为4-4.5m,双侧开挖间距为不大于3m,长度为6-12m;仰拱开挖支护长度2.5-3m,仰拱预留变形量为20-25cm;

③当围岩等级为V级至VI级,上台阶施工高度为5-5.5m,宽度为5-8m,长度为3-6m,预留变形量为45-60cm;下台阶开挖高度为4-4.5m,双侧开挖间距为不大于3m,长度为3-6m;仰拱开挖支护长度2-3m,仰拱预留变形量为20-25cm。

[0054] 在S3中,超前小导管的施工方法为:采用引孔打入法将超前小导管置入土体预定深度,将注浆设备、注浆泵和已置入的超前小导管连接,按照要求进行制浆,通过注浆泵将浆液注入土体中。

[0055] 在S5中,安装钢架时,先检查掌子面开挖净空,并挖除钢架底脚处虚碴,采用方木或型钢进行高差调整,钢架落底接长在单边交错进行,在软弱地层同时落底接长和仰拱相连并及时喷射砼,接长钢架和上部通过垫板用螺栓牢固准确连接,焊接两榀之间的连接钢筋。

[0056] 在非开挖的施工过程中,设置多个可移动视频监控点,所述可移动视频监控点距离掌子面的距离为5-15m,所述可移动视频监控点的控制系统设置在洞口值班室,值班室24小时值班。

[0057] 在非开挖的施工过程中,设置安全逃生管道,所述安全逃生管道距离掌子面为5-20m,内径为 $\phi 800 \sim \phi 1000\text{mm}$,壁厚不小于8mm,每节管长为4-6m且相互间连接牢固。

[0058] 在S5中,架设型钢拱架后,所述型钢拱架与围岩之间具有间隙,在所述间隙之间密实填充充气包以及弹性体;结合隧道设计尺寸、预留变形量、开挖面平整度,确定型钢拱架的尺寸和数量;所述充气包固定于型钢拱架的端头侧,向充气包充气加压,使得充气包、型钢拱架及围岩形成闭合的间隙,然后将弹性体压入闭合的间隙,填充密实。

[0059] 进一步,在S5中所喷射的混凝土以及第一、第二和第三支护方式中的混凝土的分配比如下:

(1)水泥:采用42.5号以上的普通硅酸盐水泥,以保证喷射混凝土的凝结时间和与速凝剂有较好的相容性;

(2)砂:采用坚硬而耐久的中砂和粗砂,细度模数大于2.5,以保证喷射混凝土的强度和减少施工操作时的粉尘,减少硬化时的收缩裂纹;

(3)碎石或卵石:采用坚硬耐久的细石,粒径不大于15mm,以防止喷射混凝土过程中堵管和减少回弹量;

(4)骨料成分和级配:砂石骨料级配按国家标准控制,以使喷射混凝土密实和在输送管道中顺畅;同时,砂、石、骨料不得含有活性二氧化硅,以免产生碱骨料反应,引起混凝土开裂;

(5)水:喷射混凝土采用饮用水,以保证喷射混凝土正常凝结、硬化,保证强度和稳定性;

(6)外加剂包括减水剂和速凝剂,在拌混凝土时加入高效减水剂,提高支护质量,在喷射混凝土工艺中加入速凝剂,使混凝土喷到受喷面后迅速凝固,形成垫层,减少回弹量,增大喷层厚度,同时混凝土迅速凝固后,便有了强度形成支护能力。

[0060] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换

和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。