



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110107306 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 27

(21) 申请号 201910229791.8

(22) 申请日 2019.03.16

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110107306 A

(43) 申请公布日 2019.08.09

(73) 专利权人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙北街83号

庆大学B区建工馆

(72) 发明人 杨海清 谢俊宁 刘勃龙 田国栋

赵燕茹 赵瑜

(74) 专利代理机构 重庆智慧之源知识产权代理

事务所(普通合伙) 50234

专利代理师 余洪

(51) Int. Cl.

E21D 9/08 (2006.01)

(56) 对比文件

CA 2813258 A1, 2012.05.03

CN 103790594 A, 2014.05.14

审查员 陈建君

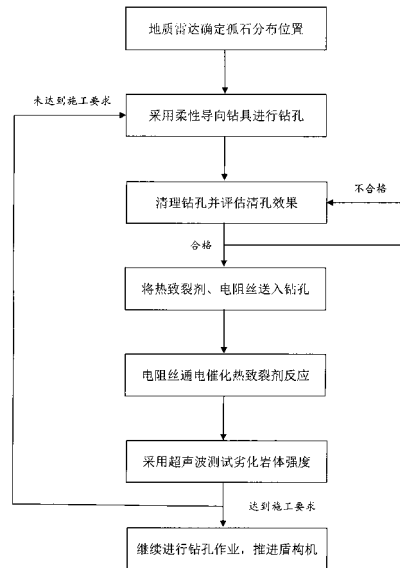
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法

(57) 摘要

本发明公开了一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,它包括采用地质雷达确定孤石分布位置、在土层中所含孤石上采用具有柔性的导向钻具进行钻孔、成孔后通过软橡胶棒送入热致裂剂、利用高温电阻丝催化热致裂剂进行反应、热致裂剂在孤石内部产生热致裂缝网使岩石强度劣化,采用超声波测试技术对岩体裂化强度进行评估、在此过程之后在岩体强度已产生劣化的地层内继续推进盾构机进行掘进和支护。采用本发明的施工工艺能准确的在土层中孤石内部进行导向钻孔,并在复杂的地层条件下进行小半径转弯,能够准确高效的对影响盾构施工的孤石进行破坏,而新型热致裂剂则可以通过产生局部高热和膨胀使孤石产生裂缝,超声波测试技术则可以高效分析岩体完整性。相较已有的使孤石产生裂缝的方法能耗更低,更为安全经济,简化了施工工艺,提高了含孤石土层中盾构施工的进度和效率。



1. 一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在於:包括以下步骤:

步骤一:利用地质雷达发射的高频电磁波探明场地地层中孤石的分布情况,从而确定钻孔位置;

步骤二:在对盾构施工过程有阻碍的孤石上进行钻孔,钻孔工具采用柔性铰接的导向动力钻具,在土层进行直线钻进,到达孤石后,为在孤石长轴成孔,可进行钻进方向的变化,钻孔贯穿整块完整岩石,根据孤石体积调节每块孤石上的钻孔数量;

步骤三:钻孔贯穿整块目标岩石后,将钻杆提起,向钻杆内注入清水,利用钻头转动将钻渣排出,完成清孔,使致裂剂能顺利进入钻孔底部;

步骤四:将热致裂剂装入药卷,药卷与电阻丝相连,保证热致裂剂与电阻丝的接触,电阻丝的通电导线和药卷由中空的软橡胶棒保护,通过软橡胶棒将药卷送入钻孔底部;

步骤五:将电阻丝通电,使其产生700℃以上高温,使药卷内的热致裂剂发生高热反应,通过热效应和膨胀力使岩石产生裂缝;

步骤六:对步骤五中产生的热致裂缝网对岩体强度的劣化影响采用超声波测试技术进行评估,以岩体P波波速 $3.0\text{m}\cdot\text{ms}^{-1}$ 为界,确定是否可以继续进行盾构施工;小于该波速说明岩体完整性较差,已满足盾构施工的岩石强度要求,大于该波速则说明岩体仍有较高的完整性,需继续进行钻孔,加密岩体的裂缝网;

步骤七:按照步骤一中确定的钻孔位置重复步骤二到步骤六,直至完成整条掘进路线上的钻孔作业;

步骤八:继续推进盾构机进行掘进和支护,直至完成整条隧道的施工。

2. 根据权利要求1所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在於:步骤一中所所述的孤石位置由地质雷达确定,在掘进路线上布置脉冲源发射高频窄脉冲电磁波,布置接收器接受岩石反射信号,通过数字化处理设备,分析地层中导电特性的变化,从而确定孤石分布位置和体积。

3. 根据权利要求1所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在於:步骤二中所所述的导向动力钻具由导向机构和钻头两部分组成,导向机构和钻头通过万向铰接阀相连接,该铰接阀可以实现泥浆的输送,还可使钻头在岩石钻进过程中实现任意过程的转弯,从而顺利通过岩石内部造斜段,并减少钻孔数量。

4. 根据权利要求2所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在於:步骤二中所所述的孤石上钻孔的数量由以下标准确定:

岩石体积小于 $1\text{m}^3$ :钻孔数量为1;

岩石体积大于 $1\text{m}^3$ :钻孔数量为岩石体积 $\times 0.8$ ,钻孔数量按进一法取整,其中,岩石体积单位为 $\text{m}^3$ 。

5. 根据权利要求2所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在於:步骤二中所所述的每块孤石内钻孔间距不小于0.4m。

6. 根据权利要求2所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在於:步骤二中所所述的钻孔深度贯穿岩石,若起钻位置的位于岩石短轴,利用导向钻机改变掘进方向,在岩石长轴的位置成孔,以提高钻孔的利用率。

7. 根据权利要求2所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在於:步骤二中所所述的钻孔孔径不小于8cm。

8. 根据权利要求1所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在于:步骤三中所述的钻孔清孔方法采用正循环清孔,将泥浆自泥浆池由泥浆泵泵出,通过空心钻杆一直到钻头底部喷射出,旋转中的钻头将泥浆润滑,并将泥浆扩散到整个孔底,携同钻渣浮向钻孔顶部,从孔顶护筒开口处溢排地面上泥浆槽,流回泥浆池,完成清孔工作,保证后续热致裂剂的顺利进入。

9. 根据权利要求1所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在于:步骤四中所述的清孔后泥浆相对密度达1.03-1.10,含砂率小于2%,即可进行后续步骤,否则则需通过导管和泵吸进行二次清孔。

10. 根据权利要求1所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在于:步骤四中所述的热致裂剂配方为:

金属硅粉末质量:三氧化二铁粉末质量=2:3,

药量通过如下方法控制:岩石体积 $\times$ 260g,其中,岩石体积单位为 $m^3$ ,

反应方程式为 $3Si+2Fe_2O_3=3SiO_2+4Fe$ 。

11. 根据权利要求10所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在于:所述的热致裂剂严格按照配方剂量放入纸质密封药卷,然后将药卷与电阻丝及导线相连,电阻丝和导线作为引燃装置,将引燃装置和反应装置放入中空的软橡胶棒,送入孔底进行反应。

12. 根据权利要求1所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在于:步骤五中所述电阻丝在装药送入孔底后进行通电,使其温度达到700 $^{\circ}C$ 以上,从而引燃药卷内热致裂剂,通电过程中施工人员距离钻孔位置至少5m,防止热致裂剂产生的高热及产生的岩石热融物导致施工人员受伤。

13. 根据权利要求1所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在于:步骤五中钻孔内发生反应后导线上连接的电阻丝在进行下一次引燃前进行及时更换。

14. 根据权利要求1所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在于:步骤六中采用超声波测试技术评估岩石的完整性与强度方法在工作区域内相对平整的地面安装声波测试装置,通过对工作区域的声波信号进行提取,得到该钻孔附近的超声波立体图案。

15. 根据权利要求14所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在于:所述超声波测试结果,因声波在不同介质中的传播速度不同,岩体越完整、致密,超声波速度越高,反之岩体越破碎,超声波速度越低;

评估是否能继续进行盾构掘进的标准如下:

随声波传播深度的增加,超声波波速趋于稳定,施工范围内工程岩土体的P波波速作为判断标准:岩体P波波速小于 $3.0m \cdot ms^{-1}$ 即可进行盾构施工,反之则重复步骤四至步骤五,加密热致裂网直至满足超声波测试要求。

16. 根据权利要求1所述的一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,其特征在于:步骤七中钻孔的施工进度位置至少距离盾构掌子面300米,即提前进行钻孔施工,以保证施工的安全性和高效性。

## 一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及隧道盾构施工技术领域,尤其涉及一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法。

### 背景技术

[0002] 随着地下空间的不断开发,盾构法被越来越广泛的应用于暗挖法隧道施工中。盾构法是将盾构机在地层中推进,并通过盾构外壳和管片不断对隧道进行支护,从而提高了隧道施工的机械自动化程度和施工效率高。而在开挖面前方用切削装置进行土体开挖过程中,会遇到强度远高于土的大块孤石,导致盾构推进过程中正面阻力过大,造成盾构推进困难或者刀盘卡盘、磨损严重的问题。目前较为常见的技术手段是主要是对孤石进行爆破处理,或者在孤石上较为密集地钻孔从而破坏岩石完整性达到破坏岩石强度的目的。爆破处理的主要问题在于实施爆破过程中爆破点距盾构机距离较近,需要严格控制药量,并且爆破对土层存在扰动,对于城市地下隧道施工,爆破所带来的噪音也会影响附近居民的生产生活。而采用多钻孔的形式则存在效率低、能耗高、成本高等问题。基于此,盾构施工的孤石新型处置方法解决传统方法对土层扰动大、对居民影响大、施工工艺复杂、施工效率低下、不安全、不经济的问题。

### 发明内容

[0003] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法。

[0004] 本发明通过以下技术方案得以实现,本发明提供一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法,包括以下步骤:

[0005] 步骤一:利用地质雷达发射的高频电磁波探明场地地层中孤石的分布情况,从而确定钻孔位置;

[0006] 步骤二:在对盾构施工过程有阻碍的孤石上进行钻孔,钻孔工具采用柔性铰接的导向动力钻具,在土层进行直线钻进,到达孤石后,为在孤石长轴成孔,可进行钻进方向的变化,钻孔贯穿整块完整岩石,根据孤石体积调节每块孤石上的钻孔数量;

[0007] 步骤三:钻孔贯穿整块目标岩石后,将钻杆提起,向钻杆内注入清水,利用钻头转动将钻渣排出,完成清孔,使致裂剂能顺利进入钻孔底部;

[0008] 步骤四:将热致裂剂装入药卷,药卷与电阻丝相连,保证热致裂剂与电阻丝的接触,电阻丝的通电导线和药卷由中空的软橡胶棒保护,通过软橡胶棒将药卷送入钻孔底部;

[0009] 步骤五:将电阻丝通电,使其产生700℃以上高温,使药卷内的热致裂剂发生高热反应,通过热效应和膨胀力使岩石产生裂缝;

[0010] 步骤六:对步骤五中产生的热致裂缝网对岩体强度的劣化影响采用超声波测试技术进行评估,以岩体P波波速 $3.0\text{m} \cdot \text{ms}^{-1}$ 为界,确定是否可以继续进行盾构施工;小于该波速说明岩体完整性较差,已满足盾构施工的岩石强度要求,大于该波速则说明岩体仍有较高的完整性,需继续进行钻孔,加密岩体的裂缝网;

- [0011] 步骤七:按照步骤一中确定的钻孔位置重复步骤二到步骤六,直至完成整条掘进路线上的钻孔作业;
- [0012] 步骤八:继续推进盾构机进行掘进和支护,直至完成整条隧道的施工。
- [0013] 步骤一中所述的孤石位置由地质雷达确定。
- [0014] 通过地质雷达的发射装置经由天线向施工待测区域发射高频电磁波,由于电磁波过程中不同沿途提的导电性、含水率和岩体物理性质的不同,电磁波的部分波的传播特性也会发生变化,将此变化通过接受装置进行数字化处理,从而反演出施工范围内的岩土体分布特性。
- [0015] 步骤二中所述的导向动力钻具由导向机构和钻头两部分组成,导向机构和钻头通过万向铰接阀相连接。
- [0016] 步骤二中所述的孤石上钻孔的数量由以下标准确定:
- [0017] 岩石体积小于 $1\text{ m}^3$ :钻孔数量为1;
- [0018] 岩石体积大于 $1\text{ m}^3$ :钻孔数量为岩石体积 $\times 0.8$ ,钻孔数量按进一法取整,其中,岩石体积单位为 $\text{m}^3$ 。
- [0019] 步骤二中所述的每块孤石内钻孔间距不小于 $0.4\text{m}$ 。
- [0020] 步骤二中所述的钻孔深度贯穿岩石,若起钻位置若起钻位置的位于岩石短轴,利用导向钻机改变掘进方向,在岩石长轴位置成孔,以提高钻孔的利用率。
- [0021] 步骤二中所述的钻孔孔径不小于 $8\text{cm}$ 。
- [0022] 步骤三中所述的钻孔清孔方法采用正循环清孔。
- [0023] 步骤四中所述的清孔后泥浆相对密度达 $1.03-1.10$ ,含砂率小于 $2\%$ ,即可进行后续步骤,否则则需通过导管和泵吸进行二次清孔。
- [0024] 步骤四中所述的热致裂剂配方为:
- [0025] 金属硅粉末质量:三氧化二铁粉末质量 $=2:3$ ;
- [0026] 药量通过如下方法控制:岩石体积 $\times 260\text{g}$ ,其中,岩石体积单位为 $\text{m}^3$ ;
- [0027] 反应方程式为 $3\text{Si}+2\text{Fe}_2\text{O}_3=3\text{SiO}_2+4\text{Fe}$ 。
- [0028] 所述的热致裂剂严格按照配方剂量放入纸质密封药卷,然后将药卷与电阻丝及导线相连,电阻丝和导线作为引燃装置,将引燃装置和反应装置放入中空的软橡胶棒,送入孔底进行反应。
- [0029] 步骤五中所述电阻丝在装药送入孔底后进行通电,使其温度达到 $700^\circ\text{C}$ 以上,引燃药卷内热致裂剂,通电过程中施工人员距离钻孔位置至少 $5\text{m}$ 。
- [0030] 步骤五中所述钻孔内发生反应后导线上连接的电阻丝在进行下一次引燃前进行及时更换。
- [0031] 步骤六中采用超声波测试技术评估岩体的完整性与强度方法。
- [0032] 所述声波测试结果按如下标准进行评估:
- [0033] 随声波传播深度的增加,超声波波速趋于稳定,施工范围内工程岩土体的P波波速作为判断标准:岩体P波波速小于 $3.0\text{m}\cdot\text{ms}^{-1}$ 即可进行盾构施工,反之则重复步骤四至步骤五,加密热致裂网直至满足超声波测试要求。
- [0034] 步骤七中钻孔的施工进度位置至少距离盾构掌子面 $300\text{m}$ 。
- [0035] 本发明的有益效果在于:采用本发明提供的技术方案,在阻碍盾构机推进的孤石

上进行钻孔,采用柔性铰接的导向动力钻具可较精准的定位钻孔位置和角度,在岩石短轴向长轴实现小半径转弯,减少钻孔数量,使后续的热致裂过程更为准确高效。在钻孔中灌入热致裂剂则使岩石在低噪,安全的情况下利用热效应和膨胀力产生裂隙,通过裂隙使孤石的强度产生劣化。采用超声波测试技术,可以实现避免土层扰动,快速测量岩石劣化强度。有效避免了孤石可能造成盾构刀盘磨损、卡死、偏心的现象,在岩石破坏过程中噪音小,能耗低,不会对附近建筑物和居民产生影响,能够较快速的实现盾构机在含有大量孤石的特殊地质条件下的掘进施工,节省了施工工艺成本,提高了施工进度,提高了施工质量和施工过程的安全性。

### 附图说明

- [0036] 图1是为本发明一种盾构施工中孤石的热破岩处置方法的流程图。
- [0037] 图2是盾构施工过程中采用导向钻具处理孤石的示意图。
- [0038] 图3是盾构施工过程中成孔后送入热致裂剂方法的示意图。
- [0039] 其中,1钻机、2泥浆泵、3泥浆池、4钻孔、5盾构施工区域、6导向钻杆岩石内转向成孔、7通电装置、8导线、9软橡胶棒、10热致裂缝网、11高温电阻丝、12药卷。

### 具体实施方式

[0040] 以下通过实施例对本发明特征及其它相关特征作进一步详细说明,以便于同行业技术人员的理解:

[0041] 实施例:

[0042] 待处理孤石体积为2立方米,工作区域剖面图如图2所示。具体施工过程如下:

[0043] 步骤一:利用地质雷达发射的高频电磁波探明场地地层中孤石的分布情况,从而确定钻孔位置;

[0044] 步骤二:在对盾构施工过程有阻碍的孤石上进行钻孔,钻孔工具采用柔性铰接的导向动力钻具,在土层进行直线钻进,到达孤石后,为在孤石长轴成孔,可进行钻进方向的变化,钻孔贯穿整块完整岩石,根据孤石体积调节每块孤石上的钻孔数量;

[0045] 步骤三:钻孔贯穿整块目标岩石后,将钻杆提起,向钻杆内注入清水,利用钻头转动将钻渣排出,完成清孔,使致裂剂能顺利进入钻孔底部;

[0046] 步骤四:将热致裂剂装入药卷,药卷与电阻丝相连,保证热致裂剂与电阻丝的接触,电阻丝的通电导线和药卷由中空的软橡胶棒保护,通过软橡胶棒将药卷送入钻孔底部;

[0047] 步骤五:将电阻丝通电,使其产生700℃以上高温,使药卷内的热致裂剂发生高热反应,通过热效应和膨胀力使岩石产生裂缝;

[0048] 步骤六:对步骤五中产生的热致裂缝网对岩体强度的劣化影响采用超声波测试技术进行评估,以岩体P波波速 $3.0\text{m} \cdot \text{ms}^{-1}$ 为界,确定是否可以继续进行盾构施工;小于该波速说明岩体完整性较差,已满足盾构施工的岩石强度要求,大于该波速则说明岩体仍有较高的完整性,需继续进行钻孔,加密岩石的裂缝网;

[0049] 步骤七:按照步骤一中确定的钻孔位置重复步骤二到步骤六,直至完成整条掘进路线上的钻孔作业;

[0050] 步骤八:继续推进盾构机进行掘进和支护,直至完成整条隧道的施工。

[0051] 步骤一中所述的孤石位置由地质雷达确定。

[0052] 通过地质雷达的发射装置经由天线向施工待测区域发射高频电磁波,由于电磁波过程中不同沿途提的导电性、含水率和岩体物理性质的不同,电磁波的部分波的传播特性也会发生变化,将此变化通过接受装置进行数字化处理,从而反演出施工范围内的岩土体分布特性。

[0053] 步骤二中所述的导向动力钻具由导向机构和钻头两部分组成,导向机构和钻头通过万向铰接阀相连接。该铰接阀可以实现泥浆的输送,还可使钻头在岩石钻进过程中实现任意过程的转弯,从而顺利通过岩石内部造斜段;传统钻具在钻进过程中因为地质条件的复杂性和未知性,很容易出现因为钻孔位置选择不好,在岩石短轴成孔,导致钻孔的利用率不高,需重新打孔,经济性差,效率低;而采用柔性铰接的导向钻具在遇到上述情况时,则可在岩石内部实现转弯,在最利于破坏岩石的长轴位置成孔,提高钻孔的利用率。

[0054] 步骤二中所述的孤石上钻孔的数量为:

[0055] 岩石体积 $\times 0.8=2\times 0.8=1.6$ ,进一法取整数量为2,其中,岩石体积单位是 $m^3$ ;

[0056] 步骤二中所述的每块孤石内钻孔间距为0.5m;

[0057] 步骤二中所述的钻孔深度贯穿岩石,起钻位置的位于岩石短轴位置,利用导向钻机改变掘进方向,在岩石长轴位置成孔;

[0058] 步骤二中所述的钻孔孔径为10cm。

[0059] 步骤三中所述的钻孔清孔方法采用正循环清孔。将泥浆自泥浆池由泥浆泵泵出,通过空心钻杆一直到钻头底部喷射出,旋转中的钻头将泥浆润滑,并将泥浆扩散到整个孔底,携同钻渣浮向钻孔顶部,从孔顶护筒开口处溢排地面上泥浆槽,流回泥浆池。完成清孔工作,保证后续热致裂剂的顺利进入。

[0060] 步骤四中所述的清孔后泥浆相对密度达1.03-1.10,含砂率小于2%,即可进行后续步骤,否则则需通过导管和泵吸进行二次清孔。

[0061] 步骤四中所述的热致裂剂配方为:

[0062] 金属硅粉末质量:三氧化二铁粉末质量=2:3;

[0063] 药量为:岩石体积 $\times 260=2\times 260=520g$ ,其中,岩石体积单位是 $m^3$ ;

[0064] 反应方程式为 $3Si+2Fe_2O_3=3SiO_2+4Fe$ 。

[0065] 该热致裂剂中的放热材料如加热到700℃以上就开始短时间强力放热,自身温度上升到2000℃以上,即使在惰性气体气氛下也放热,且放热时的烟尘少,作业环境污染少;反应后,渣不易固化,有利于后续刀盘的旋转钻进;

[0066] 所述的热致裂剂严格按照配方剂量放入纸质密封药卷,然后将药卷与电阻丝及导线相连,电阻丝和导线作为引燃装置,将引燃装置和反应装置放入中空的软橡胶棒,送入孔底进行反应。

[0067] 步骤五中所述电阻丝在装药送入孔底后进行通电,使其温度达到700℃以上,从而引燃药卷内热致裂剂,通电过程中施工人员距离钻孔位置为8m,防止热致裂剂产生的高热及产生的岩石热融物导致施工人员受伤;

[0068] 步骤五中钻孔内发生反应后导线上连接的电阻丝在进行下一次引燃前进行及时更换。

[0069] 步骤六中采用超声波测试技术评估岩体的完整性与强度方法在工作区域内相对

平整的地面安装声波测试装置,通过对工作区域的声波信号进行提取,得到该钻孔附近的超声波立体图案。

[0070] 所述超声波测试结果,因超声波在不同介质中的传播速度不同,岩体越完整、致密,超声波速度越高;反之岩体越破碎,超声波速度越低。评估是否能继续进行盾构掘进的标准如下:

[0071] 随声波传播深度的增加,超声波波速趋于稳定,施工范围内工程岩土体的P波波速作为判断标准:岩体P波波速小于 $3.0\text{m} \cdot \text{ms}^{-1}$ 即可进行盾构施工,反之则重复步骤四至步骤五,加密热致裂网直至满足超声波测试要求。

[0072] 步骤七中钻孔的施工进度位置离盾构掌子面350米,即提前进行钻孔施工,以保证施工的安全性和高效性。



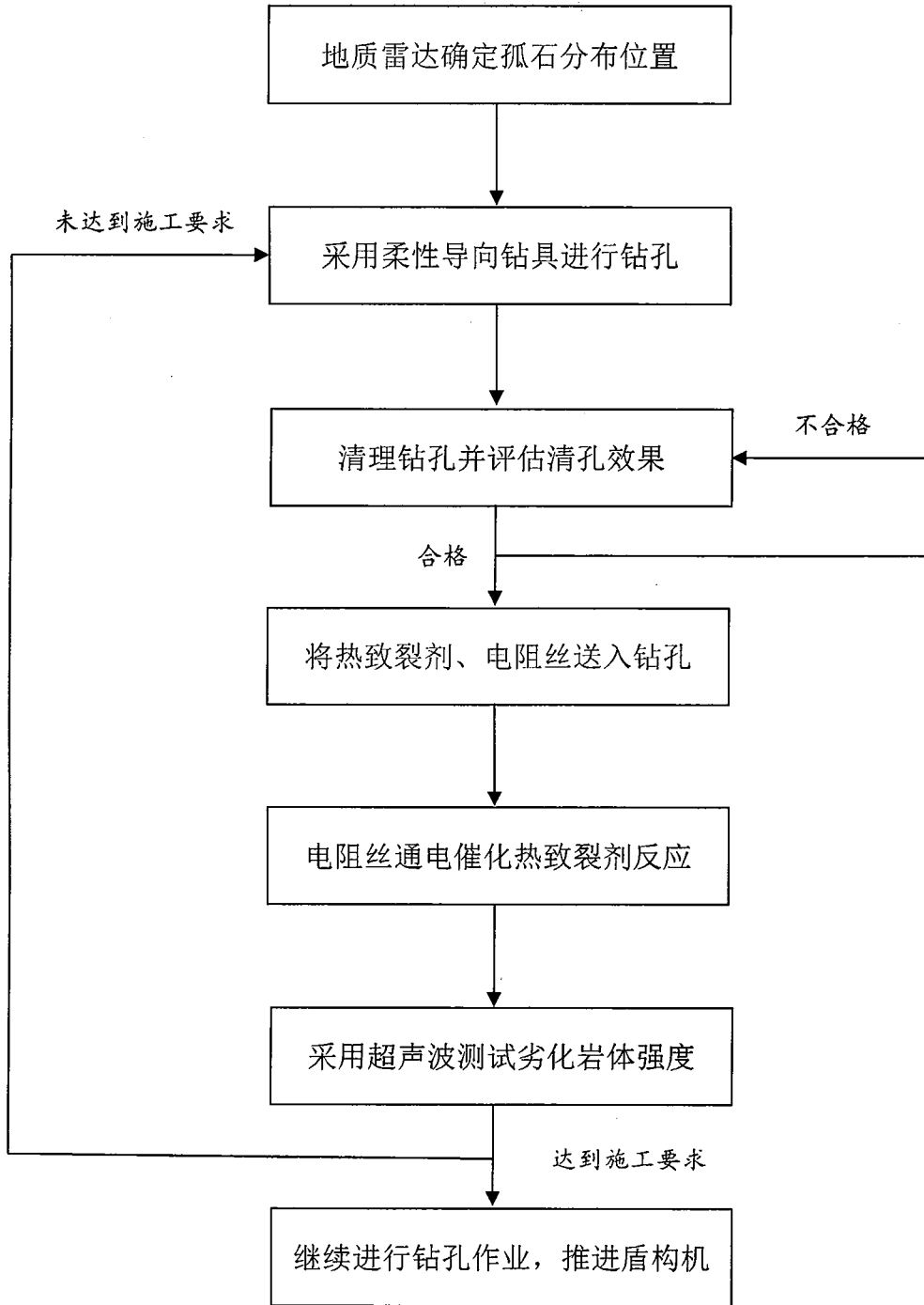


图1

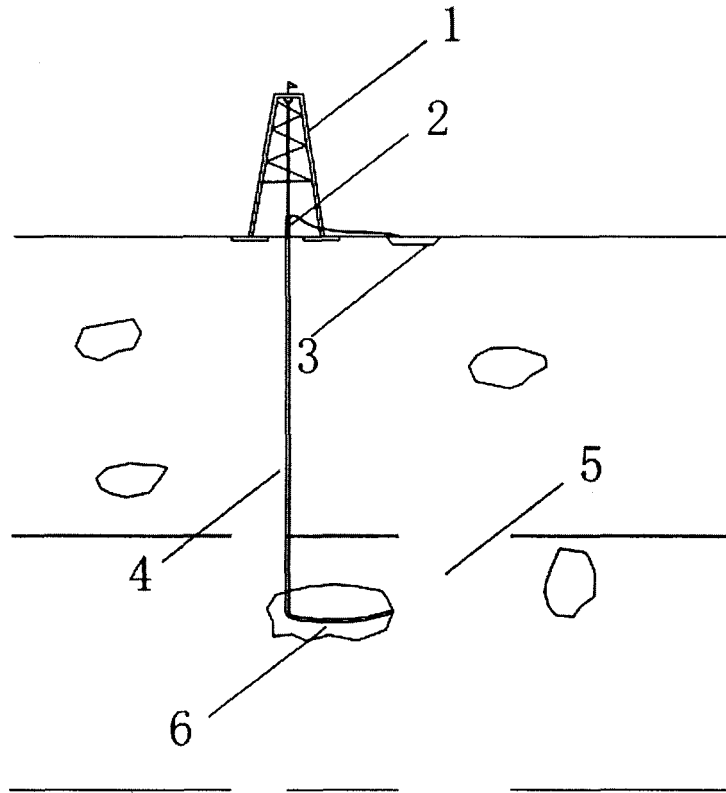


图2

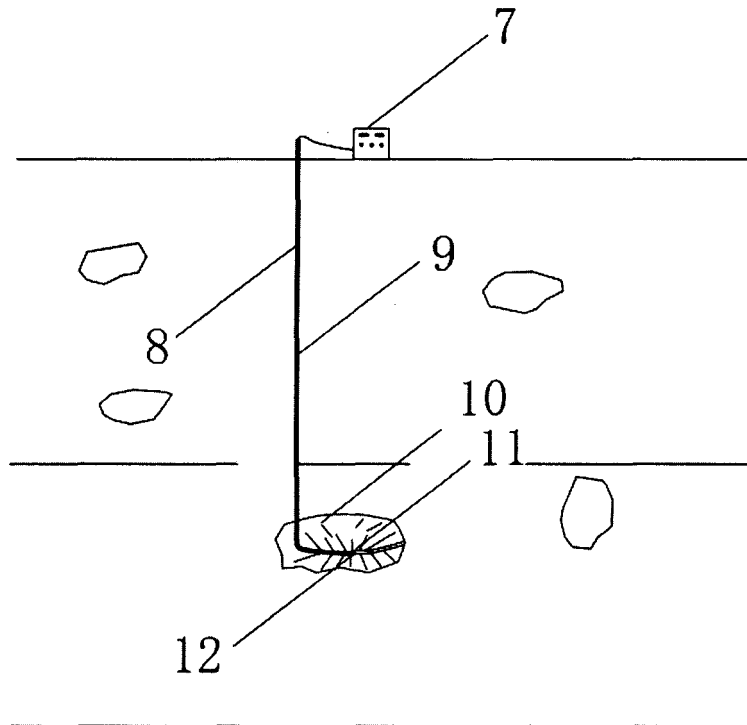


图3