



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111997041 A

(43) 申请公布日 2020.11.27

(21) 申请号 202010849687.1

(22) 申请日 2020.08.21

(71) 申请人 西南石油大学

地址 610000 四川省成都市新都区新都大道8号

(72) 发明人 郭亮 廖明伟 彭颐祈 王银帅  
戴启辰 刘丰威 李佳艺 郭豪  
何肖玉 阿布拉铁 张军伟

(74) 专利代理机构 成都四合天行知识产权代理有限公司 51274

代理人 周建 王记明

(51) Int. Cl.

E02D 3/12 (2006.01)

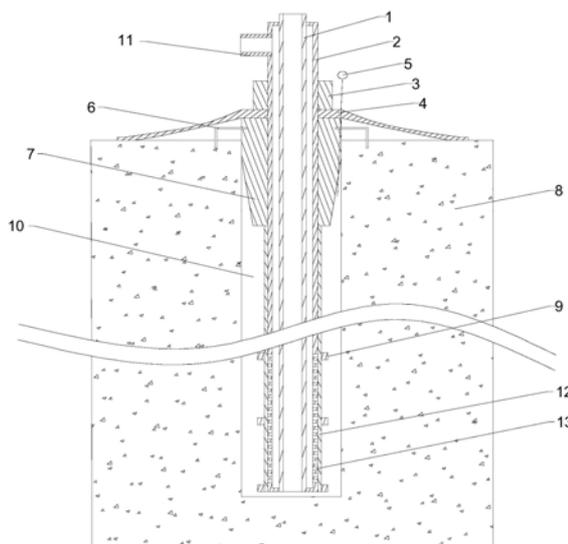
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法

(57) 摘要

本发明公开了一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法,在吸气管下段外壁上开有多个吸气孔,在吸气管内部设有注浆管,注浆管的上端向上延伸,在吸气管上段外壁上套设有螺母、垫块、止浆塞,在吸气管下段外壁设有无纺布,在吸气管上段侧壁设有排气管;岩体在进行注浆防渗时,钻取三个注浆孔,在注浆装置置于注浆孔内后,由三个注浆装置交替进行注浆。本发明采用真空负压注浆,对于裂隙岩体,采用普通的静脉注浆等传统方法很难实现良好效果,在真空负压辅助下使得岩体中原有阻碍浆液前进的空气和水被清除,同时裂隙中的微小气泡会被一并抽吸外排,使得菌液与岩石颗粒之间的有效接触更多,以提高防渗效果。



1. 一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法,包括两端封闭的吸气管(2),沿所述吸气管(2)的周向在其下段外圆周壁上开有多个吸气孔(13),其特征在于:在所述吸气管(2)内部设有注浆管(1),注浆管(1)两个端部均贯穿吸气管(2)的两端,且注浆管(1)的上端向上延伸,注浆管(1)的下端端面与吸气管(2)下端面齐平,沿吸气管(2)的轴线在其上段外圆周壁上由上至下依次套设有螺母(3)、垫块(4)以及止浆塞(7),在吸气管(2)的下段外圆周壁上设有用于覆盖吸气孔(13)的无纺布(12),在吸气管(2)上段侧壁上设有与其内部连通的排气管(11),止浆塞(7)外径与注浆孔(10)的内径相同;且在注浆管(1)的延伸段、排气管(11)上均设有连接组件,注浆管(1)通过连接组件依次与软管I、浆液罐连通,排气管(11)通过连接组件依次与软管II、水气分离器、真空泵连接。

2. 根据权利要求1所述的一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法,其特征在于:沿所述吸气管(2)的周向在其下段外圆周壁上设有多个固定环(9),固定环(9)用于固定所述无纺布(12)。

3. 根据权利要求1所述的一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法,其特征在于:所述连接组件包括连接管(28),在所述连接管(28)外圆周壁中部固定有套筒(20),沿所述套筒(20)的周向在其内圆周壁上开有环形凹槽,且环形凹槽的一端开放,在所述连接管(28)一端外壁上套设有卡箍(16),卡箍(16)滑动设置于环形凹槽内,在所述连接管(28)另一端外壁上设有止退环(25),沿连接管(28)的轴向在止退环(25)上开有两个限位螺孔,沿连接管(28)的径向在止退环(25)上开有两个定位螺孔,丝杆(19)与限位螺孔螺纹配合后活动贯穿环形凹槽的封闭端后与卡箍(16)球接,定位螺栓(26)与定位螺孔配合,在止退环(25)的内圆周壁上设有环向槽,连接管(28)端部与环向槽的端部内壁接触,且在连接管(28)端部与环向槽的端部内壁接触处设有密封圈(24),沿卡箍(16)的轴向在其内壁上设有多个内环楞条(15),沿连接管(28)的轴向在其外壁上设有多个外环楞条(14),相邻的两个外环楞条(14)之间的间距为L,相邻的两个内环楞条(15)之间的间距为M,且满足 $M \geq 1.5L$ 。

4. 根据权利要求3所述的一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法,其特征在于:所述卡箍(16)由两个端面相互铰接的半圆环构成,且在每一个半圆环的外壁上均间隔设置有两个锁紧板(17),且在每一个锁紧板(17)上均开有锁紧螺孔,两个半圆环上相互对应的两个锁紧板(17)通过锁紧螺栓(18)连接,所述丝杆(19)端部通过万向球头与锁紧板(17)球接。

5. 根据权利要求3所述的一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法,其特征在于:在所述套筒(20)的端面上设置有旋转筒(23),在每一个丝杆(19)上均设有齿轮(21),沿套筒(20)周向在其内圆周壁上设有与齿轮(21)配合的齿带(22)。

6. 根据权利要求3所述的一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法,其特征在于:沿所述连接管(28)的径向,所述内环楞条(15)的径向长度小于所述外环楞条(14)的径向长度。

7. 根据权利要求1~6任意一项所述的一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法的的使用方法,其特征在于,包括如下步骤:

S<sub>1</sub>、钻取三个注浆孔,三个注浆装置分别将三个注浆孔封闭,且将三个注浆装置依次定义为注浆装置I、注浆装置II、注浆装置III,三个注浆孔依次定义为注浆孔I、注浆孔II、注浆

孔Ⅲ；

S<sub>2</sub>、将注浆装置Ⅰ、注浆装置Ⅲ的注浆管与胶结溶液罐连接，将注浆装置Ⅱ的注浆管与菌液罐连接；

S<sub>3</sub>、打开与注浆装置Ⅰ、注浆装置Ⅲ连接的真空泵，对注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅲ抽取真空，同时由注浆装置Ⅱ向注浆孔Ⅱ内注入菌液；

S<sub>4</sub>、当注浆装置Ⅰ、注浆装置Ⅲ的水气分离器中均溢出菌液时，注浆装置Ⅱ停止注浆，同时向注浆孔Ⅱ内注入空气；

S<sub>5</sub>、启动注浆装置Ⅱ的真空泵，开始对注浆孔Ⅱ抽取真空，同时通过注浆装置Ⅰ、注浆装置Ⅲ向注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅲ中注入胶结溶液；

S<sub>6</sub>、当注浆装置Ⅱ的水气分离器中溢出胶结溶液时，注浆装置Ⅰ、注浆装置Ⅲ停止注浆，同时向注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅲ中注入空气；

S<sub>7</sub>、将注浆装置Ⅰ、注浆装置Ⅱ从注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ中取出，同时利用真空塞将注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ封堵；

S<sub>8</sub>、再次钻取注浆孔Ⅳ、注浆孔Ⅴ，将取出的注浆装置Ⅱ、注浆装置Ⅰ分别放置于注浆孔Ⅳ、注浆孔Ⅴ中，确保注浆孔Ⅳ、注浆孔Ⅴ的密闭性后，重复操作步骤S<sub>3</sub>~S<sub>7</sub>，直至完成区域性交替注浆。

8. 根据权利要求7所述的一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法的的使用方法，其特征在于：在步骤S<sub>1</sub>中，注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ、注浆孔Ⅲ同处于一条直线上，且相邻的注浆孔之间间隔2~3米。

9. 根据权利要求7所述的一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法的的使用方法，其特征在于：在步骤S<sub>3</sub>、步骤S<sub>5</sub>中，在分别向注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ、注浆孔Ⅲ中注入浆液后，三个注浆孔内的内外压差为110kPa；在步骤S<sub>4</sub>、步骤S<sub>6</sub>中，在分别向注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ、注浆孔Ⅲ中注入空气时，三个注浆孔内的内外压差为50kPa。

10. 根据权利要求7所述的一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法的的使用方法，其特征在于：在步骤S<sub>6</sub>操作完成后，需要等待菌液培养10~12h。

## 一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及岩体工程固化防渗技术领域,具体提供一种能够适用于岩体目标裂隙的采用真空注浆工艺的微生物固化防渗装置。

### 背景技术

[0002] 岩体固化防渗问题一直是建设工程不可避免的话题,也是岩体工程领域学者研究的重点方向。目前岩体固化防渗问题的解决办法多是通过高压注浆技术封堵目标裂隙,以达到修补岩体的软弱和渗漏问题。根据注浆材料的不同,通常可细分为水泥注浆、化学注浆、混合浆液注浆。水泥注浆技术是将固化的水泥浆液注入岩体体内,通过置换、充填、挤压等方式止水防渗,但水泥颗粒多而大,难以有效灌入土与土之间细小的微裂隙中;另外,水泥浆液硬化后易析出水分,固相体积收缩反而促生新裂隙。化学注浆技术则是将特定的化学原料配置成真溶液,用压送设备将化学浆液泵入岩体目标裂隙,使其渗透、扩散、胶凝、固化,以达填充目标裂隙进而达到固化防渗止水功效。然而,化学注浆在岩体内扩散、留存势必污染周围土-水环境,存在生态不友好的固有缺陷。混合浆液注浆是在特定压力下将混合浆液(水泥与粉煤灰的混合浆液)压入目标裂隙,混合液产生物理化学反应并置换水体空间进而封堵目标裂隙等导水通道,但混合浆液固有的黏度时变特性常致浆液扩散区内黏度空间分布不均匀,止水效果大打折扣。

[0003] 近年来,随着微生物诱导碳酸钙沉淀技术(microbially induced carbonate precipitation, MICP)在岩体工程领域的广泛应用,微生物注浆技术被越来越多的应用到工程中岩体固化防渗领域。通过向渗水目标裂隙中灌注菌液和胶结溶液(尿素和 $\text{CaCl}_2$ 的混合液),使微生物诱导形成的碳酸钙沉积充填目标裂隙,以达到岩体固化防渗的目的。微生物注浆固化防渗具有绿色环保、环境友好、施工简便、成本低廉等优势,另因所用细菌液和胶结液的粘稠度低,相比于传统化学浆液更易于岩体介质中运移扩散,故固化防渗范围大大扩展。然而,现有的微生物注浆技术对注浆压力要求十分严格,注浆压力过高会对岩体造成破坏,产生新的裂隙,注浆压力过低会导致浆液扩散距离不足,注浆效果不明显。

### 发明内容

[0004] 本发明目的在于提供一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法,解决了现有微生物注浆技术中注浆压力不稳定而导致新裂隙产生或是浆液扩散距离不足的缺陷,同时降低微生物浆液的耗用量。

[0005] 本发明通过下述技术方案实现:

[0006] 一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法包括两端封闭的吸气管,沿所述吸气管的周向在其下段外圆周壁上开有多个吸气孔,在所述吸气管内部设有注浆管,注浆管两个端部均贯穿吸气管的两端,且注浆管的上端向上延伸,注浆管的下端端面与吸气管下端面齐平,沿吸气管的轴线在其上段外圆周壁上由上至下依次套设有螺母、垫块以及止浆塞,在吸气管的下段外圆周壁上设有用于覆盖吸气孔的无纺布,在吸气管上段侧壁

上设有与其内部连通的排气管,止浆塞外径与注浆孔的内径相同;且在注浆管的延伸段、排气管上均设有连接组件,注浆管通过连接组件依次与软管I、浆液罐连通,排气管通过连接组件依次与软管II、水气分离器、真空泵连接。针对现有的岩体裂隙固化防渗工艺中水泥注浆、化学注浆或是混合注浆中存在的环境污染、止水效果不明显等缺陷,申请人设计出一种新型的注浆装置,采用真空负压进行注浆,对于裂隙岩体,在真空负压辅助下使得岩体中原有阻碍浆液前进的空气和水被清除,同时裂隙中的微小气泡也会被吸走,菌液与岩石颗粒接触更多,确保了裂隙岩体的固化防渗效果;本技术方案中采用交替吸注的方式,当吸气孔出现的菌液浓度与注入的浓度相同时,说明菌液分布较完善可停止注浆,或者当内外压强差达到一致时可以停止注浆,极大地降低了浆液的耗用量。

[0007] 在浅层裂隙发育的岩体中进行微生物注浆防渗时,需要在注浆区域铺设真空膜使区域密封,然后在指定位置开钻注浆孔,将五十目的无纺布包裹固定在吸气管外壁上,防止固体颗粒进入吸气管内,然后再将吸气管置于注浆孔内,利用止浆塞、垫块、螺母对吸气管与注浆孔上端进行固定与封闭,启动真空泵开始对注浆孔内的气体进行抽吸,当压力传感器的读数维持不变或是上升速度非常缓慢时,说明密封性良好,此时可开始注浆作业;需要指出的是,注浆管通过连接组件依次与软管I、浆液罐连通,排气管通过连接组件依次与软管II、水气分离器、真空泵连接,启动真空泵后,孔隙中的水、空气、固体颗粒会逐渐运移到吸气孔附近,固体颗粒被五十目无纺布阻拦在吸气孔外,水、空气通过吸气孔进入吸气管,通过水气分离器时,水被分离,空气则进入真空泵,孔隙中的压力随之降低形成负压环境,负压的具体大小由真空泵的性能决定,一般在100KPa左右。开启注浆管,罐中浆液在低压下通过注浆管进入注浆孔内,由于注入浆液时采用低压,能有效防止孔隙扩张,此时因为孔隙中为负压,浆液将向吸气孔附近运移,较低的水、空气含量能够使浆液地运移更加顺利,浆液也能更好的与颗粒相接触,提高防渗效果,当浆液到达注浆孔时,由于五十目无纺布的存在,只有部分浆液会通过注浆孔进入注浆管,最后被水气分离器排出,此时可停止注浆,减少了注浆用量;浆液罐包括胶结溶液罐和菌液罐,胶结溶液罐和菌液罐之间通过直管连通,且在直管中部设有三通电磁阀,三通电磁阀的一个出液端与软管I连通,根据实际注浆情况,可随意切换胶结溶液或是菌液的注入。

[0008] 本技术方案针对浅层裂隙发育的岩体包含两种注浆方式,即小面积注浆和大面积注浆两种;其中,在对待注浆区域进行小面积注浆时,需要两个注浆装置同时进行使用,具体操作如下:在待注浆区域内钻取两个注浆孔,然后将第一注浆装置和第二注浆装置分别插入两个注浆孔中,打开与第二注浆装置连接的真空泵,同时第一注浆装置开始向其所处的注浆孔内注入菌液,待第二注浆装置连接的水气分离器中流出菌液时停止注浆,减小注浆孔内外压差并向孔隙中注入空气;待菌液培养一段时间后,打开第一注浆装置连接的真空泵提高内外压差,第二注浆装置开始注入胶结溶液,第一注浆装置连接的水气分离器中流出胶结溶液时可停止注浆,减小注浆孔内外压差并向孔隙中注入空气。可根据需求,依照上述方法对该区域进行反复注浆,直至完成整个区域的注浆工序。其中第一次减小注浆孔内外压差并向孔隙中注入空气,提高氧气含量,有助于巴氏芽孢杆菌的培养繁殖;在注入胶结溶液时提高负压,可以加快胶结溶液运移速率,同时吸走更多空气,减少孔隙中氧气含量,抑制巴氏芽孢杆菌反应生成CaCO<sub>3</sub>,避免方解石在灌注口附近过早沉积而导致堵塞;第二次减小内外压差向里注入空气,提高氧气含量,提升巴氏芽孢杆菌活性,以此增加方解石

的生成量。

[0009] 沿所述吸气管的轴向在其下段外圆周壁上设有多个固定环,固定环用于固定所述无纺布。进一步地,通过固定环将无纺布固定在吸气管外壁上,避免注浆孔内的固体颗粒经吸气孔进入至吸气管、真空泵中,降低装置中各部件的损伤几率。

[0010] 所述连接组件包括连接管,在所述连接管外圆周壁中部固定有套筒,沿所述套筒的周向在其内圆周壁上开有环形凹槽,且环形凹槽的一端开放,在所述连接管一端外壁上套设有卡箍,卡箍滑动设置于环形凹槽内,在所述连接管另一端外壁上设有止退环,沿连接管的轴向在止退环上开有两个限位螺孔,沿连接管的径向在止退环上开有两个定位螺孔,丝杆与限位螺孔螺纹配合后活动贯穿环形凹槽的封闭端后与卡箍球接,定位螺栓与定位螺孔配合,在止退环的内圆周壁上设有环向槽,连接管端部与环向槽的端部内壁接触,且在连接管端部与环向槽的端部内壁接触处设有密封圈,沿卡箍的轴向在其内壁上设有多个内环楞条,沿连接管的轴向在其外壁上设有多个外环楞条,相邻的两个外环楞条之间的间距为L,相邻的两个内环楞条之间的间距为M,且满足 $M \geq 1.5L$ 。进一步地,在注浆孔钻进结束后,需要对注浆装置进行现场安装,首先将吸气管连通注浆管一并放置入注浆孔内,当吸气管到达指定位置后,止浆塞与注浆孔的内壁紧贴,而螺母与垫块则将吸气管固定在指定位置上,此时需要进行排气管与抽排机构的对接、注浆管上端与注浆机构的对接,其中抽排机构包括软管II、水气分离器、真空泵,注浆机构包括软管I、浆液罐,连接组件则能实现软管I与注浆管延伸段之间的对接,另一个连接组件则实现软管II与排气管的对接;具体实施时,以软管I与注浆管延伸段的对接为例,首先将软管I的端部套设在连接筒的一端,连接筒另一端以及止退环套设在注浆管的延伸段上,旋转定位螺栓,使得止退环紧贴于注浆管延伸段的外壁上,然后转动两个丝杆与限位螺孔螺纹配合,然后将卡箍从环形凹槽中推出且沿连接筒的轴向覆盖至软管I上,内环楞条与外环楞条分别对软管I的内壁、外壁形成挤压,当卡箍完全抱紧在软管I上后,将卡箍拧紧,即能实现软管I与注浆管延伸段的稳定连接。

[0011] 需要进一步说明的是,定位螺栓将止退环固定在注浆管上,止退环能对连接筒的一端端部压紧,且在两者的连接处设有密封圈,进而确保连接筒与注浆管之间的密闭性;其中,连接筒的另一端与软管I对接后,由于相邻的两个外环楞条之间的间距为L,相邻的两个内环楞条之间的间距为M,且满足 $M \geq 1.5L$ ,使得软管I与连接筒的连接部分呈波浪曲线状,增加了软管I与连接筒的接触面积,与传统的钢丝紧固相比,无论软管I中流通的是液相还是气相,均能保证连接筒与软管I之间的密闭性。

[0012] 所述卡箍由两个端面相互铰接的半圆环构成,且在每一个半圆环的外壁上均间隔设置有两个锁紧板,且在每一个锁紧板上均开有锁紧螺孔,两个半圆环上相互对应的两个锁紧板通过锁紧螺栓连接,所述丝杆端部通过万向球头与锁紧板球接。进一步地,卡箍为可拆卸式结构,通过锁紧螺栓将两个半圆板上对应锁紧板连接固定,即能确保内环楞条与外环楞条对软管I提供足够挤压力度。

[0013] 在所述套筒的端面上设置有旋转筒,在每一个丝杆上均设有齿轮,沿套筒周向在其内圆周壁上设有与齿轮配合的齿带。进一步地,在调整卡箍位置时,只需转动旋转筒,齿带即能驱动齿轮转动,进而带动丝杆与限位螺孔螺纹配合,然后将卡箍从环形凹槽中推出且沿连接筒的轴向覆盖至软管I上,通过转动旋转筒,能够避免在驱动两个丝杆旋转时造成卡箍两端的位移量不一致。

[0014] 沿所述连接管的径向,所述内环楞条的径向长度小于所述外环楞条的径向长度。进一步地,外环楞条与内环楞条的纵向截面均呈半圆形,外环楞条的直径大于内环楞条的直径,进而在卡箍移动过程中能够避免内环楞条将软管I端面带动而发生翻卷。

[0015] 一种裂隙岩体微生物防渗用真空注浆装置及使用方法的的使用方法,包括如下步骤:

[0016] S<sub>1</sub>、钻取三个注浆孔,三个注浆装置分别将三个注浆孔封闭,且将三个注浆装置依次定义为注浆装置I、注浆装置II、注浆装置III,三个注浆孔依次定义为注浆孔I、注浆孔II、注浆孔III;

[0017] S<sub>2</sub>、将注浆装置I、注浆装置III的注浆管与胶结溶液罐连接,将注浆装置II的注浆管与菌液罐连接;

[0018] S<sub>3</sub>、打开与注浆装置I、注浆装置III连接的真空泵,对注浆孔I、注浆孔III抽取真空,同时由注浆装置II向注浆孔II内注入菌液;

[0019] S<sub>4</sub>、当注浆装置I、注浆装置III的水气分离器中均溢出菌液时,注浆装置II停止注浆,同时向注浆孔II内注入空气;

[0020] S<sub>5</sub>、启动注浆装置II的真空泵,开始对注浆孔II抽取真空,同时通过注浆装置I、注浆装置III向注浆孔I、注浆孔III中注入胶结溶液;

[0021] S<sub>6</sub>、当注浆装置II的水气分离器中溢出胶结溶液时,注浆装置I、注浆装置III停止注浆,同时向注浆孔I、注浆孔III中注入空气;

[0022] S<sub>7</sub>、将注浆装置I、注浆装置II从注浆孔I、注浆孔II中取出,同时利用真空塞将注浆孔I、注浆孔II封堵;

[0023] S<sub>8</sub>、再次钻取注浆孔IV、注浆孔V,将取出的注浆装置II、注浆装置I分别放置于注浆孔IV、注浆孔V中,确保注浆孔IV、注浆孔V的密闭性后,重复操作步骤S<sub>3</sub>~S<sub>7</sub>,直至完成区域性交替注浆。

[0024] 浅层裂隙发育的岩体中进行大面积微生物注浆防渗时,需要同时使用三个注浆装置,即注浆装置I、注浆装置II、注浆装置III,首先钻取三个注浆孔,即注浆孔I、注浆孔II、注浆孔III,注浆孔II位于注浆孔I与注浆孔III之间,在三个注浆装置分别放置于三个注浆孔内后,注浆装置能对与之对应的注浆孔进行密闭,进而开始注浆工序;本技术方案中通过三个注浆装置交替注浆,能够大幅度降低浆液用量的同时,快速实现浅层裂隙发育的岩体大面积注浆防渗。

[0025] 在步骤S<sub>1</sub>中,注浆孔I、注浆孔II、注浆孔III同处于一条直线上,且相邻的注浆孔之间间隔2~3米。单个注浆装置注入浆液的扩散范围为3.5到4米,选取2到3米间隔布置注浆装置能够最大程度发挥装置作用,提高注浆效率,减少注浆孔数量,维持岩体稳定。

[0026] 在步骤S<sub>3</sub>、步骤S<sub>5</sub>中,在分别向注浆孔I、注浆孔II、注浆孔III中注入浆液后,三个注浆孔内的内外压差为110kPa;在步骤S<sub>4</sub>、步骤S<sub>6</sub>中,在分别向注浆孔I、注浆孔II、注浆孔III中注入空气时,三个注浆孔内的内外压差为50kPa。通过向注浆孔内注入空气,能够确保孔隙中的微生物分布更加均匀。

[0027] 在步骤S<sub>6</sub>操作完成后,需要等待菌液培养10~12h。在完成注浆后,巴氏芽孢杆菌需要时间繁殖,且当巴氏芽孢杆菌菌量达到一定程度后,配合步骤S<sub>7</sub>、S<sub>8</sub>能够在孔隙中生成大量的碳酸钙,以实现该区域的大面积固化防渗。

[0028] 本发明与现有技术相比,具有如下的优点和有益效果:

[0029] 1、本发明在低压环境下进行注浆,相较于传统高压注浆,低压注浆不会对岩体造成破坏,使其产生新的裂隙;

[0030] 2、本发明采用真空负压进行注浆,在真空负压辅助下使得岩体中原有阻碍浆液前进的空气和水被清除,同时裂隙中的微小气泡会被一并抽吸外排,使得菌液与岩石颗粒之间的有效接触更多,以提高防渗效果;

[0031] 3、本发明中,采用交替吸注的注浆方式,当水气分离器出现浆液时,说明浆液分布较完善可停止注浆,或者当内外压强差达到一致时可以停止注浆,以此降低注浆用量。

[0032] 4、本发明中,在菌液和胶结溶液注入完毕后注入空气能让岩体内部氧气含量升高,能提高细菌活性、加快细菌繁殖速率、加快反应速率,最终生成更多的碳酸钙沉淀,堵漏效果更好。

## 附图说明

[0033] 此处所说明的附图用来提供对本发明实施例的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明实施例的限定。在附图中:

[0034] 图1为本发明的结构示意图;

[0035] 图2为注浆管与连接组件的配合图。

[0036] 附图中标记及对应的零部件名称:

[0037] 1-注浆管,2-吸气管,3-螺母,4-垫块,5-压力传感器,6-真空塞,7-止浆塞,8-岩体,9-固定环,10-注浆孔,11-排气管,12-无纺布,13-吸气孔,14-外环楞条,15-内环楞条,16-卡箍,17-锁紧板,18-锁紧螺栓,19-丝杆,20-套筒,21-齿轮,22-齿带,23-旋转筒,24-密封圈,25-止退环,26-定位螺栓,27-橡胶软管,28-连接管。

## 具体实施方式

[0038] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下面结合实施例和附图,对本发明作进一步的详细说明,本发明的示意性实施方式及其说明仅用于解释本发明,并不作为对本发明的限定。

[0039] 实施例1

[0040] 如图1~2所示,本实施例包括两端封闭的吸气管2,沿所述吸气管2的周向在其下段外圆周壁上开有多个吸气孔13,在所述吸气管2内部设有注浆管1,注浆管1两个端部均贯穿吸气管2的两端,且注浆管1的上端向上延伸,注浆管1的下端端面与吸气管2下端面齐平,沿吸气管2的轴线在其上段外圆周壁上由上至下依次套设有螺母3、垫块4以及止浆塞7,在吸气管2的下段外圆周壁上设有用于覆盖吸气孔13的无纺布12,在吸气管2上段侧壁上设有与其内部连通的排气管11,止浆塞7外径与注浆孔10的内径相同;且在注浆管1的延伸段、排气管11上均设有连接组件,注浆管1通过连接组件依次与软管I27、浆液罐连通,排气管11通过连接组件依次与软管II、水气分离器、真空泵连接。

[0041] 在浅层裂隙发育的岩体8中进行微生物注浆防渗时,需要在注浆区域铺设真空膜使区域密封,然后在指定位置开钻注浆孔10,将五十目的无纺布12包裹固定在吸气管2外壁上,防止固体颗粒进入吸气管2内,然后再将吸气管2置于注浆孔10内,吸气管2外壁上设有

螺纹3,螺母3与吸气管2螺纹配合,垫块4呈圆形且其外径大于注浆孔10的直径,利用止浆塞7、垫块4、螺母3对吸气管2与注浆孔10上端进行固定与封闭,在检查确认注浆孔10的密闭性后,启动真空泵开始对注浆孔10内的气体进行抽吸,当压力传感器5的读数维持不变或是上升速度非常缓慢时,关闭真空泵,并由注浆管1开始对注浆孔10进行注浆,且在注浆完成后,需要使用真空塞6对注浆孔10的上端进行密闭,以确保裂隙岩体中的菌液与胶结溶液持续反应;需要指出的是,注浆管1通过连接组件依次与软管I27、浆液罐连通,排气管11通过连接组件依次与软管II、水气分离器、真空泵连接,浆液罐包括胶结溶液罐和菌液罐,胶结溶液罐和菌液罐之间通过直管连通,且在直管中部设有三通电磁阀,三通电磁阀的一个出液端与软管I27连通,根据实际注浆情况,可随意切换胶结溶液或是菌液的注入。

[0042] 本技术方案针对浅层裂隙发育的岩体8包含两种注浆方式,即小面积注浆和大面积注浆两种;其中,在对待注浆区域进行小面积注浆时,需要两个注浆装置同时进行使用,具体操作如下:在待注浆区域内钻取两个注浆孔10,然后将第一注浆装置和第二注浆装置分别插入两个注浆孔10中,打开与第二注浆装置连接的真空泵,同时第一注浆装置开始向其所处的注浆孔10内注入菌液,待第二注浆装置连接的水气分离器中流出菌液时可停止注浆,并关闭真空泵,待菌液培养一段时间后,打开第一注浆装置连接的真空泵,第二注浆装置开始注入胶结溶液,第一注浆装置连接的水气分离器中流出胶结溶液时可停止注浆,并关闭真空泵,可根据需求,依照上述方法对该区域进行反复注浆,直至完成整个区域的注浆工序。

[0043] 其中减小注浆孔10内外压差并向孔隙中注入空气,提高氧气含量,有助于巴氏芽孢杆菌的培养繁殖;在注入胶结溶液时提高负压,可以加快胶结溶液运移速率,同时吸走更多空气,减少孔隙中氧气含量,抑制巴氏芽孢杆菌反应生成 $\text{CaCO}_3$ ,避免方解石在灌注口附近过早沉积而导致堵塞;第一注浆装置连接的水气分离器中流出胶结溶液时可停止注浆,此时减小内外压差向里注入空气,提高氧气含量,提升巴氏芽孢杆菌活性,以此增加方解石的生成量。

[0044] 作为优选,通过固定环9将无纺布12固定在吸气管2外壁上,避免注浆孔10内的固体颗粒经吸气孔13进入至吸气管2、真空泵中,降低装置中各部件的损伤几率。

[0045] 实施例2

[0046] 如图2所示,本实施例所述连接组件包括连接管28,在所述连接管28外圆周壁中部固定有套筒20,沿所述套筒20的周向在其内圆周壁上开有环形凹槽,且环形凹槽的一端开放,在所述连接管28一端外壁上套设有卡箍16,卡箍16滑动设置于环形凹槽内,在所述连接管28另一端外壁上设有止退环25,沿连接管28的轴向在止退环25上开有两个限位螺孔,沿连接管28的径向在止退环25上开有两个定位螺孔,丝杆19与限位螺孔螺纹配合后活动贯穿环形凹槽的封闭端后与卡箍16球接,定位螺栓26与定位螺孔配合,在止退环25的内圆周壁上设有环向槽,连接管28端部与环向槽的端部内壁接触,且在连接管28端部与环向槽的端部内壁接触处设有密封圈24,沿卡箍16的轴向在其内壁上设有多个内环楞条15,沿连接管28的轴向在其外壁上设有多个外环楞条14,相邻的两个外环楞条14之间的间距为L,相邻的两个内环楞条15之间的间距为M,且满足 $M \geq 1.5L$ ;在所述套筒20的端面上转动设置有旋转筒23,在每一个丝杆19上均设有齿轮21,沿套筒20周向在其内圆周壁上设有与齿轮21配合的齿带22。

[0047] 在注浆孔10钻进结束后,需要对注浆装置进行现场安装,首先将吸气管2连通注浆管1一并放置入注浆孔10内,当吸气管2到达指定位置后,止浆塞7与注浆孔10的内壁紧贴,而螺母3与垫块4则将吸气管2固定在指定位置上,此时需要进行排气管11与抽排机构的对接、注浆管1上端与注浆机构的对接,其中抽排机构包括软管Ⅱ、水气分离器、真空泵,注浆机构包括软管I27、浆液罐,连接组件则能实现软管I27与注浆管1延伸段之间的对接,另一个连接组件则实现软管Ⅱ与排气管11的对接;具体实施时,以软管I27与注浆管1延伸段的对接为例,首先将软管I27的端部套设在连接筒的一端,连接筒另一端以及止退环25套设在注浆管1的延伸段上,旋转定位螺栓26,使得止退环25紧贴于注浆管1延伸段的外壁上,在调整卡箍16位置时,只需转动旋转筒23,齿带22即能驱动齿轮21转动,进而带动丝杆19与限位螺孔螺纹配合,然后将卡箍16从环形凹槽中推出且沿连接筒的轴向覆盖至软管I27上,通过转动旋转筒23,能够避免在驱动两个丝杆19旋转时造成卡箍16两端的位移量不一致,内环楞条15与外环楞条14分别对软管I27的内壁、外壁形成挤压,当卡箍16完全抱紧在软管I27上后,将卡箍16拧紧,即能实现软管I27与注浆管1延伸段的稳定连接。

[0048] 需要进一步说明的是,定位螺栓26将止退环25固定在注浆管1上,止退环25能对连接筒的一端端部压紧,且在两者的连接处设有密封圈24,进而确保连接筒与注浆管1之间的密闭性;其中,连接筒的另一端与软管I27对接后,由于相邻的两个外环楞条14之间的间距为L,相邻的两个内环楞条15之间的间距为M,且满足 $M \geq 1.5L$ ,使得软管I27与连接筒的连接部分呈波浪曲线状,增加了软管I27与连接筒的接触面积,与传统的钢丝紧固相比,无论软管I27中流通的是液相还是气相,均能保证连接筒与软管I27之间的密闭性。

[0049] 本实施例中的卡箍16由两个端面相互铰接的半圆环构成,且在每一个半圆环的外壁上均间隔设置有两个锁紧板17,且在每一个锁紧板17上均开有锁紧螺孔,两个半圆环上相互对应的两个锁紧板17通过锁紧螺栓18连接,所述丝杆19端部通过万向球头与锁紧板17球接。卡箍16为可拆卸式结构,通过锁紧螺栓18将两个半圆板上对应锁紧板17连接固定,即能确保内环楞条15与外环楞条14对软管I27提供足够挤压力度。

[0050] 作为优选,外环楞条14与内环楞条15的纵向截面均呈半圆形,外环楞条14的直径大于内环楞条15的直径,进而在卡箍16移动过程中能够避免内环楞条15将软管I27端面带动而发生翻卷。

[0051] 实施例3

[0052] 如图1~2所示,本实施例包括如下步骤:

[0053] S<sub>1</sub>、钻取三个注浆孔10,三个注浆装置分别将三个注浆孔10封闭,且将三个注浆装置依次定义为注浆装置I、注浆装置Ⅱ、注浆装置Ⅲ,三个注浆孔10依次定义为注浆孔I、注浆孔Ⅱ、注浆孔Ⅲ;

[0054] S<sub>2</sub>、将注浆装置I、注浆装置Ⅲ的注浆管1与胶结溶液罐连接,将注浆装置Ⅱ的注浆管1与菌液罐连接;

[0055] S<sub>3</sub>、打开与注浆装置I、注浆装置Ⅲ连接的真空泵,对注浆孔I、注浆孔Ⅲ抽取真空,同时由注浆装置Ⅱ向注浆孔Ⅱ内注入菌液;

[0056] S<sub>4</sub>、当注浆装置I、注浆装置Ⅲ的水气分离器中均溢出菌液时,注浆装置Ⅱ停止注浆,同时向注浆孔Ⅱ内注入空气;

[0057] S<sub>5</sub>、启动注浆装置Ⅱ的真空泵,开始对注浆孔Ⅱ抽取真空,同时通过注浆装置I、注

浆装置Ⅲ向注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅲ中注入胶结溶液；

[0058] S<sub>6</sub>、当注浆装置Ⅱ的水气分离器中溢出胶结溶液时，注浆装置Ⅰ、注浆装置Ⅲ停止注浆，同时向注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅲ中注入空气；

[0059] S<sub>7</sub>、将注浆装置Ⅰ、注浆装置Ⅱ从注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ中取出，同时利用真空塞6将注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ封堵；

[0060] S<sub>8</sub>、再次钻取注浆孔Ⅳ、注浆孔Ⅴ，将取出的注浆装置Ⅱ、注浆装置Ⅰ分别放置于注浆孔Ⅳ、注浆孔Ⅴ中，确保注浆孔Ⅳ、注浆孔Ⅴ的密闭性后，重复操作步骤S<sub>3</sub>~S<sub>7</sub>，直至完成区域性交替注浆。

[0061] 浅层裂隙发育的岩体8中进行大面积微生物注浆防渗时，需要同时使用三个注浆装置，即注浆装置Ⅰ、注浆装置Ⅱ、注浆装置Ⅲ，首先钻取三个注浆孔10，即注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ、注浆孔Ⅲ，注浆孔Ⅱ位于注浆孔Ⅰ与注浆孔Ⅲ之间，在三个注浆装置分别放置于三个注浆孔10内后，注浆装置能对与之对应的注浆孔10进行密闭，进而开始注浆工序；本技术方案中通过三个注浆装置交替注浆，能够大幅度降低浆液用量的同时，快速实现浅层裂隙发育的岩体8大面积注浆防渗。

[0062] 且在步骤S<sub>1</sub>中，注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ、注浆孔Ⅲ同处于一条直线上，且相邻的注浆孔10之间间隔2~3米。单个注浆装置注入浆液的扩散范围为3.5到4米，选取2到3米间隔布置注浆装置能够最大程度发挥装置作用，提高注浆效率，减少注浆孔数量，维持岩体稳定。

[0063] 在步骤S<sub>3</sub>、步骤S<sub>5</sub>中，在分别向注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ、注浆孔Ⅲ中注入浆液时，三个注浆孔内的内外压差为110kPa，能够确保孔隙中的微生物分布更加均匀。

[0064] 在步骤S<sub>4</sub>、步骤S<sub>6</sub>中，在分别向注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ、注浆孔Ⅲ中注入空气后，三个注浆孔10内的内外压差为110kPa，能够确保孔隙中的微生物分布更加均匀。

[0065] 在步骤S<sub>6</sub>操作完成后，需要等待菌液培养10~12h。在完成注浆后，巴氏芽孢杆菌需要时间繁殖，且当巴氏芽孢杆菌菌量达到一定程度后，配合步骤S<sub>7</sub>、S<sub>8</sub>能够在孔隙中生成大量的碳酸钙，以实现该区域的大面积固化防渗。

[0066] 需要进一步说明的是，在步骤S<sub>8</sub>中，注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ、注浆孔Ⅲ、注浆孔Ⅳ、注浆孔Ⅴ沿一条直线分布，在注浆时，以三个注浆孔为一组进行注浆操作，在对注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ、注浆孔Ⅲ进行注浆后，将位于注浆孔Ⅰ、注浆孔Ⅱ内的注浆装置Ⅰ、注浆装置Ⅱ取出，且再次将注浆装置Ⅱ、注浆装置Ⅰ分别放置于注浆孔Ⅳ、注浆孔Ⅴ，进行第二轮的注浆操作。

[0067] 以上所述的具体实施方式，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施方式而已，并不用于限定本发明的保护范围，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

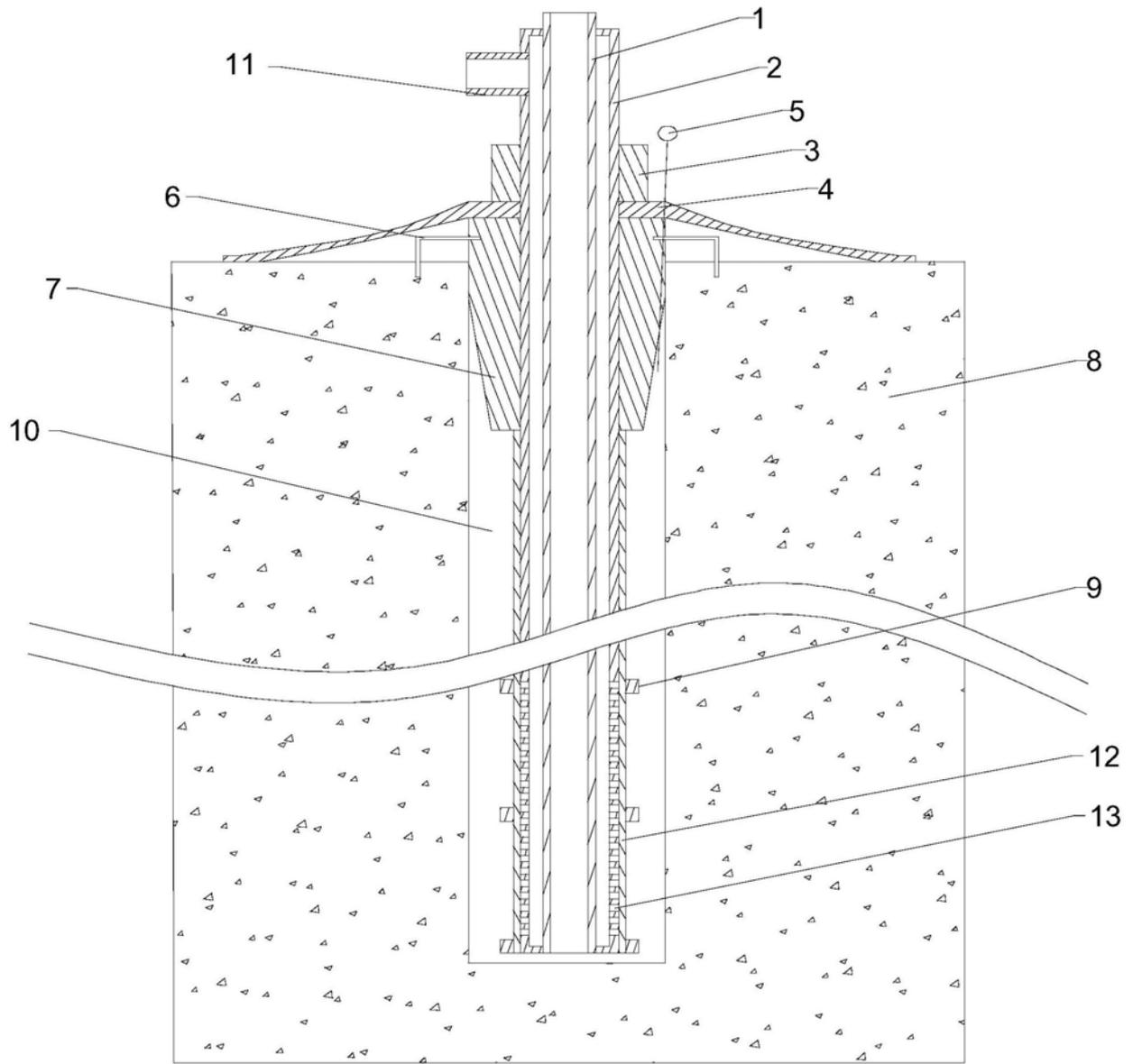


图1

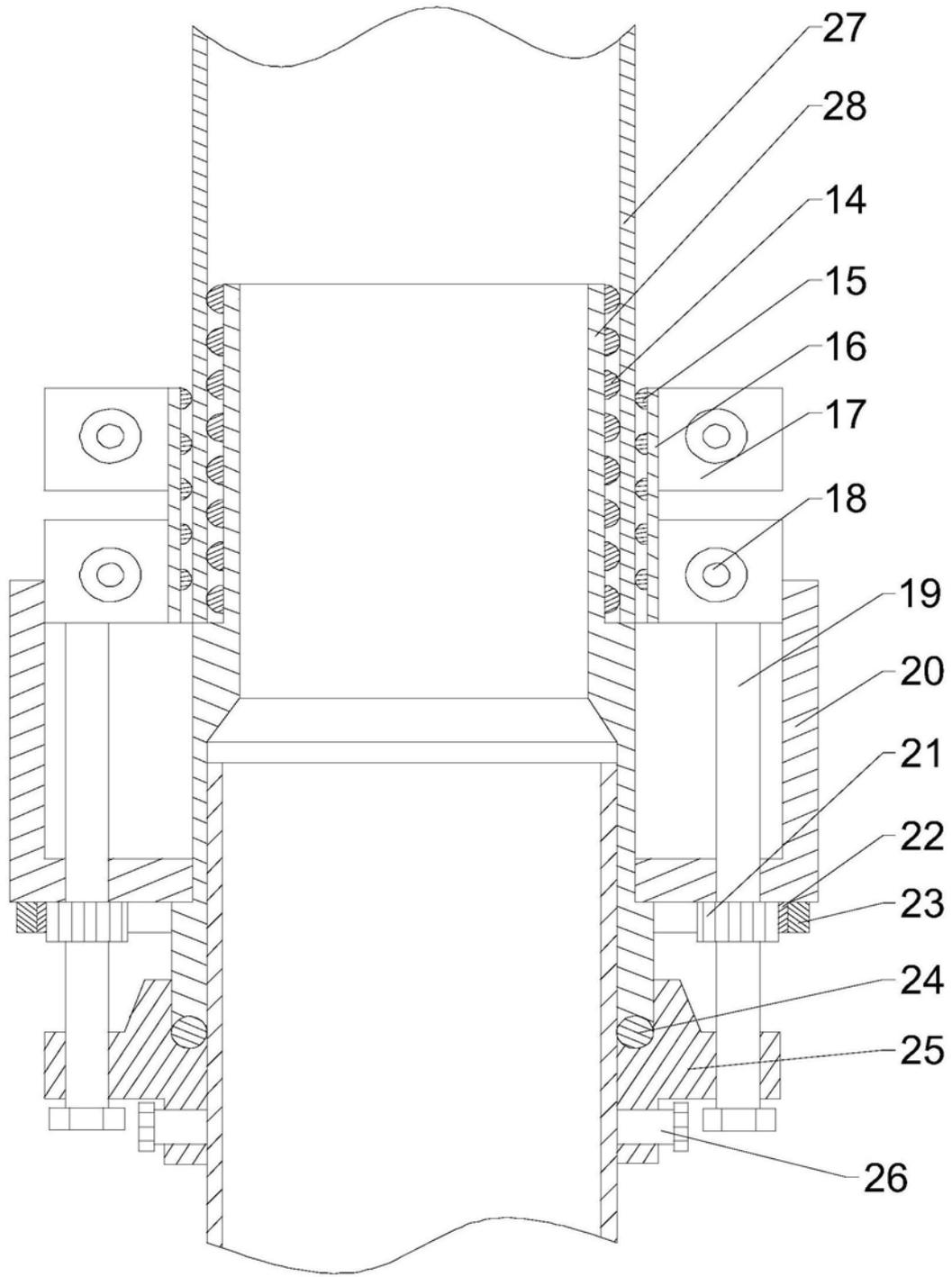


图2