



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112376544 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 08

(21) 申请号 202011235665.2

(22) 申请日 2019.05.22

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112376544 A

(43) 申请公布日 2021.02.19

(62) 分案原申请数据
201910426509.5 2019.05.22

(73) 专利权人 中国矿业大学(北京)
地址 100083 北京市海淀区学院路丁11号

(72) 发明人 李东阳 杨克虎

(74) 专利代理机构 北京海虹嘉诚知识产权代理
有限公司 11129
代理人 何志欣

(51) Int. Cl.

E02D 3/115 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109788715 A, 2019.05.21

CN 109788715 A, 2019.05.21

CN 207674758 U, 2018.07.31

CN 108895764 A, 2018.11.27

CN 104061654 A, 2014.09.24

CN 208001072 U, 2018.10.23

审查员 张艳

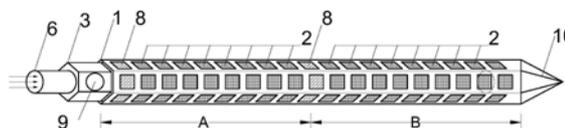
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种分段冻结地层的冻结装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及分段冻结地层的冻结装置,至少包括保护管、散热管和固态制冷装置,所述固态制冷装置由若干个定向排布的半导体制冷片构成,所述半导体制冷片能够在保护管与散热管之间沿轴向和/或周向分布;在控制单元能够单独控制任一组半导体制冷片的电路、电流大小和方向的情况下,所述控制单元能够按照单独控制所述保护管内一定长度的半导体制冷片的方式实现分段冻结。本发明的冻结器,通电即制冷,可直接对地层进行冻结,无需建设冷冻站,大幅度减少工程费用和工期,降低了成本,提高了工作效率;还可根据工程需要,实现分段冻结、定向冻结及强制解冻,节约制冷成本及缩短工期;采用天然水循环降温,不存在泄漏污染环境的风险。



1. 一种冻结装置的半导体制冷片,包括半导体制冷片(2),其特征在于,所述半导体制冷片(2)按照能够被设置为具有单级制冷、二级制冷或多级制冷的制冷级别的方式实现冻结装置对不同区段的工作状态的调节,以分段的实现冻结和强制解冻;散热装置为水冷套管式散热器,包括外部散热管(3)和内部供液管(6),散热管(3)和供液管(6)之间形成回液空间,所述散热管(3)上设有排液孔(9),该排液孔(9)与回液空间相连通;控制单元包括单片机和H桥,单片机通过接口与计算机进行数据通信,接收计算机命令并控制H桥工作;H桥接收单片机命令,调控半导体制冷片电流;控制单元(8)能够单独控制保护管(1)内一定区域或一定长度的半导体制冷片(2),从而实现分段冻结和定向冻结;所述半导体制冷片(2)具有吸热端(5)和放热端(4),其中,所述吸热端(5)贴合冻结装置的保护管(1)的内壁,所述放热端(4)贴合冻结装置的散热管(3)的外壁;在所述半导体制冷片(2)通电的情况下,所述吸热端(5)吸收地层热量,所述放热端(4)通过散热管(3)将地层热量带走。

2. 一种分段冻结地层的冻结装置,至少包括保护管(1)和散热管(3),其特征在于,还包括权利要求1所述的半导体制冷片(2),所述半导体制冷片(2)能够在保护管(1)与散热管(3)之间沿轴向和/或周向分布;在控制单元(8)能够单独控制任一组半导体制冷片(2)的电路、电流大小和方向的情况下,所述控制单元(8)能够按照单独控制所述保护管(1)内一定长度的半导体制冷片(2)的方式实现分段冻结。

3. 如权利要求2所述的分段冻结地层的冻结装置,其特征在于,保护管(1)、散热管(3)以及半导体制冷片(2)之间形成的空间内设置有用于检测保护管(1)和散热管(3)温度的温度传感器(14),所述温度传感器(14)安装在导线及温度传感器槽(7)内并与计算机连接。

4. 一种冻结装置的解冻方法,其特征在于,至少包括半导体制冷片(2)、控制单元(8)和散热装置,在所述散热装置流入有循环冷却水的情况下,所述半导体制冷片(2)按照反接电流的方式实现半导体制冷片(2)的吸热端和放热端互换,从而对人工冻结地层进行强制解冻;

所述散热装置为水冷套管式散热器,包括外部散热管(3)和内部供液管(6),散热管(3)和供液管(6)之间形成回液空间,所述散热管(3)上设有排液孔(9),该排液孔(9)与回液空间相连通;所述控制单元包括单片机和H桥,单片机通过接口与计算机进行数据通信,接收计算机命令并控制H桥工作;H桥接收单片机命令,调控半导体制冷片电流;

所述控制单元(8)能够单独控制保护管(1)内一定区域或一定长度的半导体制冷片(2),从而实现分段冻结和定向冻结;

所述半导体制冷片(2)具有吸热端(5)和放热端(4),其中,所述吸热端(5)贴合冻结装置的保护管(1)的内壁,所述放热端(4)贴合冻结装置的散热管(3)的外壁;在所述半导体制冷片(2)通电的情况下,所述吸热端(5)吸收地层热量,所述放热端(4)通过散热管(3)将地层热量带走。

5. 如权利要求4所述的冻结装置的解冻方法,其特征在于,所述控制单元(8)根据解冻需求分别调控冻结装置沿其轴向上的不同区段的固态制冷装置的工作状态,从而实现分段解冻;

其中,所述固态制冷装置由若干个定向排布的半导体制冷片构成。

一种分段冻结地层的冻结装置及方法

[0001] 本发明是申请号为201910426509.5,申请日为2019年05月22日,申请类型为发明,申请名称为一种热电制冷人工地层冻结器的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明属于地下工程设计领域,具体涉及一种分段冻结地层的冻结装置及方法。

背景技术

[0003] 人工地层冻结法加固地层是利用人工制冷的方法,将低温冷媒送入开挖体周围的含水地层中,使地层中的水在低于其冰点的温度场内不断冻结成冰而把地层中的土颗粒用冰胶结形成一个不透水的整体结构,而这种冻土结构的整体强度和弹性模量远比非冻土的大,会把开挖体周围的地层冻结成封闭的连续体(冻土墙),以抵抗地压并隔绝地下水和开挖体之间的联系,然后可以在封闭的连续冻土墙的保护下,进行开挖和施工支护。该法适用于松散的不稳定的冲积层、裂隙性含水岩层、松软泥岩、含水率和水压特大的岩层。冻结法的具体工艺过程是将冻结器埋入待处理的地层中,由循环在冻结器内负温冷媒介质吸收地层热量而将冻结器周围地层中的水由近而远地冻结成冰,周边的岩土颗粒通过冰胶结成一体。若将冻结管以适当间距埋设,则相邻的冻土柱不断扩大而连接形成连续的冻土墙或闭合的冻土结构,如此,冻土墙体即具有完全的止水性与高强度,可作为临时开挖的防护措施。传统的冻结器主要是由外部的冻结管和内部的供液管两部分构成,盐水由配液圈进入供液管,到达底部后流入供液管和冻结管形成的环形空间,再经回液管进入集液圈,这样的循环顺序称为正循环,反之为逆循环。

[0004] 传统冻结器存在以下缺点:

[0005] 1、施工过程复杂,时间过长。首先需要建立冻结站,主要是氨压缩制冷机组,然后在要冻结的部位钻孔,下放冻结器,开启氨压缩制冷机组,降低盐水温度,然后依靠盐水在冻结器内的循环,不断从地层中吸收热量,实现冻结的目的。施工准备期及冻结期需要的时间都很长。

[0006] 2、需要电能过大。以负温盐水循环为主的冻结工程,需要先将电能转为机械能,机械能转换为热能,转换过程复杂,中间浪费了大量的电能。

[0007] 3、泄漏易造成污染。因冻结管在冻结过程中,预冷收缩,内部形成收缩应力,外部结冰,造成挤压力,所以冻结管容易断裂,造成盐水泄漏,不但影响工程进度,还对地层造成污染。

[0008] 4、工程施工费用高。由于冻结站机组需要专人维护,且施工时间长,消耗大量的电能,

[0009] 所以现有的冻结系统工程施工费用过高。

[0010] 另外,现有的城市地下工程中使用的盐水冻结器单根长度通常在几米至十几米不等,而在矿井的冻结工程中,冻结深度常常会达到数百米甚至上千米。在如此长的冻结范围内,常规盐水冻结器在盐水降温期需要对全流域的大量盐水进行循环降温,冻结管长度越

长,盐水体积越大,降温时间就越长,会严重拖延工期。另一方面,在冻土墙的封水、支护下进行人工开挖和支护是分段进行的,盐水冻结器积极冻结阶段把不同时期开挖的土体无差别同步冻结,导致远期开挖土体热量进入循环盐水,增加压缩制冷机组工作负担。因此,冻结器的分段冻结功能对人工地层冻结工程节能有着重要作用。故需要一种能够根据地下工程掘进速度灵活合理地调整不同区段工作状态的冻结器,从而在符合安全性要求和工期要求的前提下尽可能减小能量浪费,实现良好的经济性。

发明内容

[0011] 针对现有技术中存在的问题,本发明提供一种热电制冷人工地层冻结器,结构简单,工期短,费用低,无泄漏;还可根据工程需要,实现分段冻结、定向冻结及强制解冻。

[0012] 为达到以上目的,本发明采用的技术方案是:提供

[0013] 一种热电制冷人工地层冻结器,包括设置在外部的保护装置、设置在内部的散热装置及设置在保护装置和散热装置之间的固态制冷装置,所述固态制冷装置为半导体制冷片,该半导体制冷片具有端吸热和放热端,吸热端贴合保护装置,放热端贴合散热装置,通电后,吸热端吸收地层热量,放热端通过散热装置将地层热量带走;半导体制冷片通过控制单元控制其电路、电流大小和方向。

[0014] 进一步,如上述所述的一种热电制冷人工地层冻结器,所述半导体制冷片为片状结构或弧形结构;制冷级别为单级制冷、二级制冷或多级制冷。

[0015] 进一步,如上述所述的一种热电制冷人工地层冻结器,所述保护装置和散热装置之间沿轴向或周向均布多个半导体制冷片,每个半导体制冷片都通过控制单元控制。

[0016] 进一步,如上述所述的一种热电制冷人工地层冻结器,所述控制单元包括单片机和H桥,单片机通过接口与计算机进行数据通信,接收计算机命令并控制H桥工作;H桥接收单片机命令,调控半导体制冷片电流。

[0017] 进一步,如上述所述的一种热电制冷人工地层冻结器,所述散热装置为水冷套管式散热器,包括外部散热管和内部供液管,散热管和供液管之间形成回液空间。

[0018] 进一步,如上述所述的一种热电制冷人工地层冻结器,所述散热管上设有排液孔,该排液孔与回液空间相连通。

[0019] 进一步,如上述所述的一种热电制冷人工地层冻结器,所述保护装置为具有良好导热性和高强度的保护管,该保护管为密闭薄管,该密闭薄管的横截面为圆形或多边形结构。

[0020] 进一步,如上述所述的一种热电制冷人工地层冻结器,所述散热管的外部结构与保护管的内部结构相适配。

[0021] 进一步,如上述所述的一种热电制冷人工地层冻结器,所述保护装置、散热装置及固态制冷装置之间形成的空间内设有用于检测保护装置和散热装置温度的温度传感器,该温度传感器安装在导线及温度传感器槽内并与计算机连接。

[0022] 本发明的有益技术效果在于:

[0023] (1) 本发明的冻结器,通过在保护装置与散热装置之间设置固态制冷装置,通电即制冷,可直接对地层进行冻结,免去了传统盐水系统冻结工程前期建设冷冻站的需要,大幅减少工程费用和工期。

[0024] (2) 本发明的固态制冷装置,通过控制单元控制其电路开关,可实现分段冻结和定向冻结,节约电能;通过改变电路中的电流或电压,改变冻结强度,缩短挖掘时间;通过改变电路中的电流方向,可以在掘砌工程完成后立即进行强制解冻,可缩短人工冻结地层融化的时间,更合理安排后期的注浆施工,以便更好的控制沉降,对于控制工程风险以及缩短工期有极大意义,同时能够大幅度的节约制冷及维护成本。

[0025] (3) 该散热装置采用天然水循环流动散热,不存泄漏后污染环境的风险。

附图说明

[0026] 图1是本发明冻结器的横截面图;

[0027] 图2是本发明冻结器的主视图;

[0028] 图3是本发明冻结器分段冻结的结构示意图;

[0029] 图4是本发明冻结器定向冻结的结构示意图;

[0030] 图5是本发明半导体制冷片布置图;

[0031] 图6是本发明冻结器控制原理图;

[0032] 图7是本发明控制单元电路图。

[0033] 附图标记列表

[0034]	1: 保护管	2: 半导体制冷片	3: 散热管
[0035]	4: 放热端	5: 吸热端	6: 供液管
[0036]	7: 导线及温度传感器槽	8: 控制单元	9: 排液孔
[0037]	10: 管头	11: 强冻土区	12: 弱冻土区
[0038]	13: 待开挖区	14: 温度传感器	15: 冻结器

具体实施方式

[0039] 下面结合附图,对本发明的具体实施方式作进一步详细的描述。

[0040] 如图1-3所示,是本发明提供了一种热电制冷人工地层冻结器,该冻结器不但能用于人工地层冻结,还能用于其它冻结体的冻结。其包括保护装置、固态制冷装置、散热装置及控制单元8,散热装置设置在保护装置内,固态制冷装置设置在保护装置与散热装置之间,并紧密贴合保护装置与散热装置,控制单元8用于控制固态制冷装置的电路、电流大小和方向。保护装置、散热装置及固态制冷装置之间形成的空间内设有用于检测保护装置和散热装置温度的温度传感器14,该温度传感器14安装在导线及温度传感器槽7内,并与计算机连接。

[0041] 保护装置为具有良好导热性以及高强度的保护管1,该保护管1为密闭薄管,采用金属制成,既可高效传递热量,又能保护内部部件不受损坏。其包括管体和管头10,管体的横截面为圆形结构或三角形、四边形、五边形、六边形等多边形结构,根据实际需要确定,本发明以六边形结构进行举例说明;管头10为锥形结构,方便钻入地层中。

[0042] 散热装置为水冷套管式散热器,包括设置在外部的散热管3和设置在内部的供液管6,散热管3和供液管6之间形成回液空间,散热管3上设有排液孔9,该排液孔9与回液空间相连通。工作时,循环冷却水流由供液管6流入,在供液管6末端反向流入回液空间,通过排液孔9排出,由此完成散热工作,如图2所示,图中箭头方向为冷却水循环流动方向,需要说

明的是,水流反之亦可。为更好地布置固态制冷装置,散热管3的外部形状与保护管1内部形状相适配。

[0043] 固态制冷装置为半导体制冷片2,该半导体制冷片2也叫热电制冷片,热电制冷片是利用半导体材料的帕尔贴(Peltier)效应,当直流电通过两种不同半导体材料串联成的电偶时,在电偶的两端即可分别吸收热量和放出热量,从而立即实现制冷效果。半导体制冷片2工作时冷热两端温差固定,故降低冷端温度可获得热端更低温度,由此提高制冷端制冷能力。

[0044] 半导体制冷片2为片状结构、弧形结构或其它结构形状,根据实际使用需要确定。半导体制冷片2可选择单级制冷、二级制冷或多级制冷,根据所需冻结强度选择制冷级别,满足制冷要求。

[0045] 半导体制冷片2包括吸热端5和放热端4,吸热端5紧密贴合保护管内壁,放热端4紧密贴合散热管3外壁,这样,通电后,吸热端5能够更够快速地吸收外部岩土体的热量,降低土体的温度,放热端4能够更快速地将热量传递出去。

[0046] 半导体制冷片2布置位置、数量和角度可随需要而改变,在满足保护管和散热管的结构的同时,可选择多种布置方式。

[0047] 本发明的冻结器,在保护管1与散热管3之间沿轴向或周向可均布多个半导体制冷片2,每个半导体制冷片2都通过控制单元8控制,从而实现分段冻结、定向冻结、调整冻结强度及强制解冻。

[0048] 分段冻结:如图3所示,即开挖过程中,对于先施工开挖的A段,可以先通电冻结,而对于B段,则可以根据工程进度,推迟一段时间后再进行通电冻结。这样,既可满足工程需要,又可大大节约能源。当然根据工程实际冻结长度(或者深度)的需要,可分为多段,这里仅演示最简单的2段分段冻结实施方法。

[0049] 定向冻结:如图4、5所示,以单圈冻结为例,通过控制半导体制冷片2电路,让冻结器15面向强冻土区11的3个半导体制冷片2吸热,在外侧对地层进行冻结;同时通过控制半导体制冷片2电路,关闭冻结器15面向弱动土区的3个半导体制冷片2电路,削弱冻土进入待开挖区13的冻结数量。由此,既能在冻结器15外侧形成低温高强度外圈冻结壁,又能减少内侧冻结壁厚度的定向冻结效果,可降低待开挖区13土体开挖的难度,缩减开挖作业的成本以及时间。

[0050] 调整冻结强度:在积极冻结期,采用最大工作电流,以便获得最佳制冷效果,当土体达到冻结温度要求后,进入了维护冻结器,可减小电流,使冻结器的冻结效果刚好可满足冻土不融化的条件,可大大节约电能消耗。

[0051] 强制解冻:在做好支护结构后,埋置的冻结器可通过反接电流,实现半导体制冷片吸热端和半导体制冷片放热端的互换,对人工冻结地层进行强制解冻。这样可大大缩短人工冻结地层融化的时间,更合理安排后期的注浆施工,以便更好的控制沉降,对于控制工程风险以及缩短工期有极大意义。

[0052] 如图6所示,是冻结器的控制原理图,图中加粗线为信号线,细线为功率线。冻结器通过直流电源DC提供各部分所需工作电压,控制单元8通过计算机进行调控,每个控制单元8可同时控制8片串联半导体制冷片2。工作时,温度传感器14采集到的保护管外壁温度以及冻土体中温度场信息返回到计算机中,经过程序运算辅助计算机调控控制单元8。控制单元

8通过控制输出PWM信号的占空比改变半导体制冷片的功率,从而调节制冷强度。例如,在积极冻结期,采用全功率制冷,以获得最佳制冷效果;当土体达到冻结温度要求后,进入了维护冻结期,控制单元8调整其所发出PWM信号的占空比,减小半导体制冷片的制冷功率,以节约电能消耗。

[0053] 控制单元8也可控制电路的闭合和断开。

[0054] 如图7所示,控制单元8主要由单片机和H桥组成。其中单片机通过USB接口与计算机进行数据通信,接收计算机命令后控制H桥工作。H桥接收单片机命令,调控TEC半导体制冷片2电流,使本发明冻结器实现以下工作状态的转换:

[0055] (1) 冻结工况

[0056] 单片机向PWM1与PWM4两个接口输出高电平,向PWM2与PWM3输出低电平,使得H桥中的MOS管Q1与Q4导通,MOS管Q2与Q3关断,OUT1端输出高电压,TEC半导体制冷片正向导通,进入制冷工作状态。通过单片机调整PWM1与PWM4信号的占空比,调整输出端电压大小,进而改变半导体制冷片制冷功率。

[0057] (2) 加热工况

[0058] 单片机向PWM2与PWM3两个接口输出高电平,向PWM1与PWM4输出低电平,使得H桥中的MOS管Q2与Q3导通,MOS管Q1与Q4关断,OUT2端输出高电压,TEC半导体制冷片反向导通,进入放热工作状态。通过单片机调整PWM1与PWM4信号的占空比,调整输出端电压大小,进而改变半导体制冷片散热功率。

[0059] (3) 关闭状态

[0060] 单片机四组PWM信号均为低电平时,MOS管不导通,不会为TEC半导体制冷片提供工作电压,半导体制冷片停止工作。

[0061] 综上,本发明的冻结器,是利用半导体材料的热电效应进行制冷,并通过散热装置散热,采用控制单元对半导体制冷片电流开关、方向及大小进行控制,以实现分段冻结、定向冻结和强制解冻,大幅度减少工程费用和工期,降低了成本,节约能源,提高了工作效率。

[0062] 本发明的一种热电制冷人工地层冻结器并不限于上述具体实施方式,本领域技术人员根据本发明的技术方案得出其他的实施方式,同样属于本发明的技术创新范围。

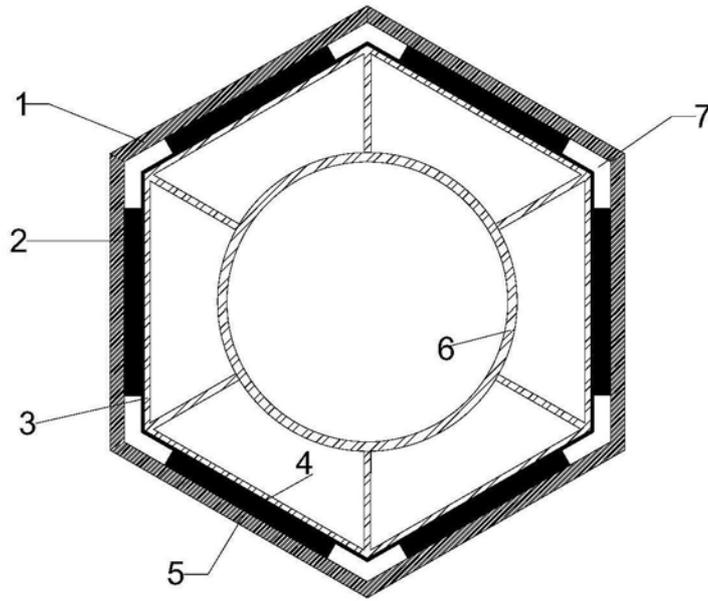


图1

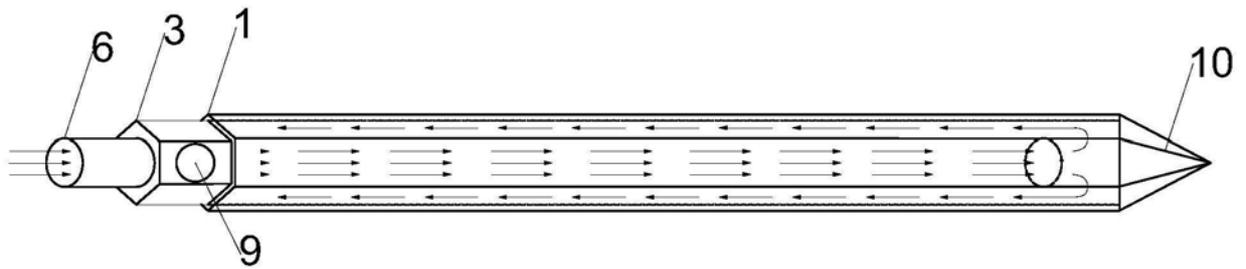


图2

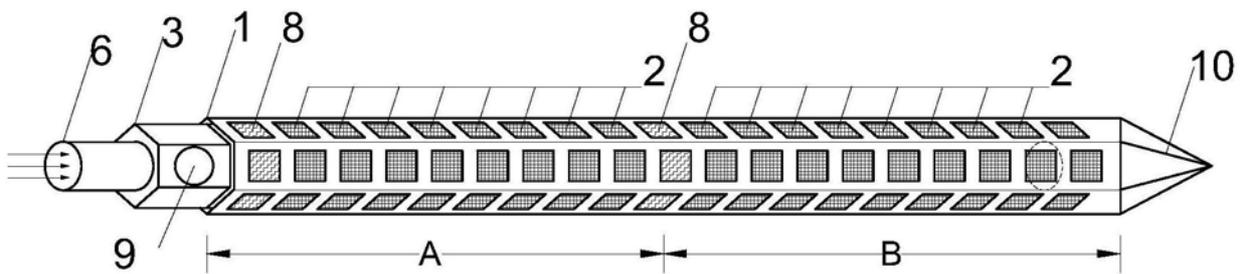


图3

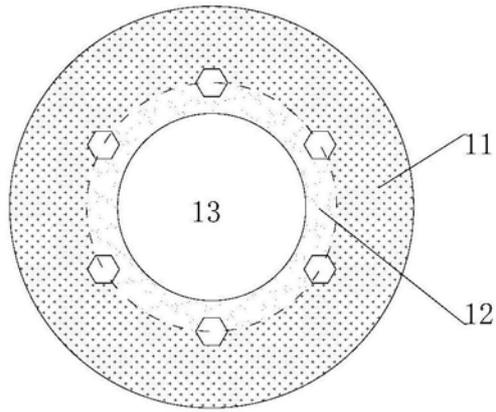


图4

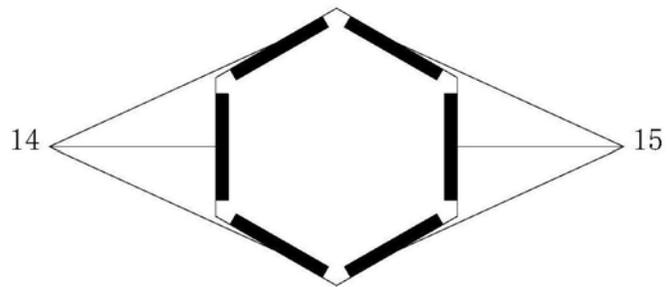


图5

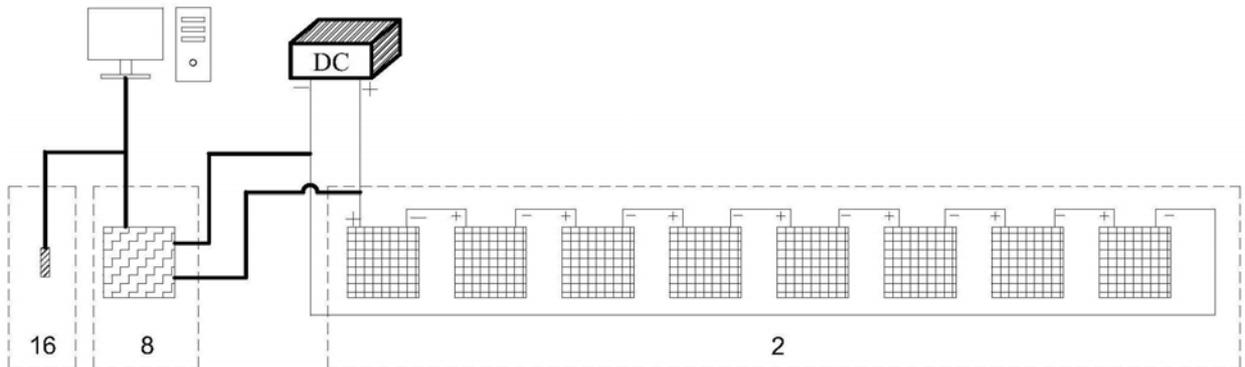


图6

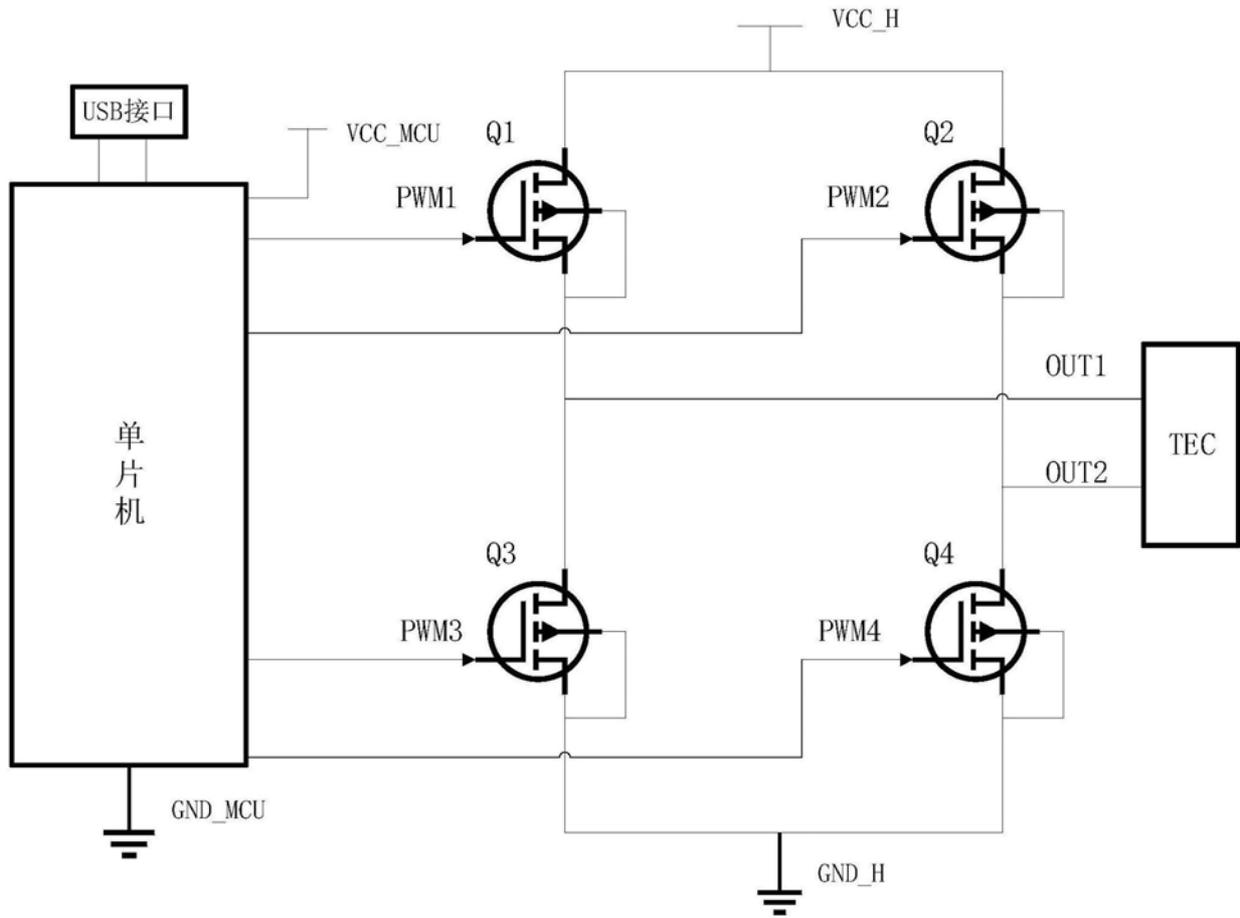


图7