



(10) 授权公告号 CN 118935762 B

(45) 授权公告日 2025.03.18

(21) 申请号 202410982525.3

(22) 申请日 2024.07.22

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118935762 A

(43) 申请公布日 2024.11.12

(73) 专利权人 中国科学院西北生态环境资源研究院

地址 730000 甘肃省兰州市城关区东岗西路318号

专利权人 兰州中科寒区工程科技有限公司

(72)发明人 王新斌 俞祁浩 郭磊 游艳辉
陈坤

(74) 专利代理机构 兰州中科华西专利代理有限公司 62002

专利代理师 马正良

(51) Int.Cl.

F25B 1/00 (2006.01)

E02D 3/11 (2006.01)

E02D 3/115 (2006.01)

E02D 31/00 (2006.01)

E02D 27/42 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 116067038 A.2023.05.05

CN 201228358 Y.2009.04.29

宙查员 刘庆

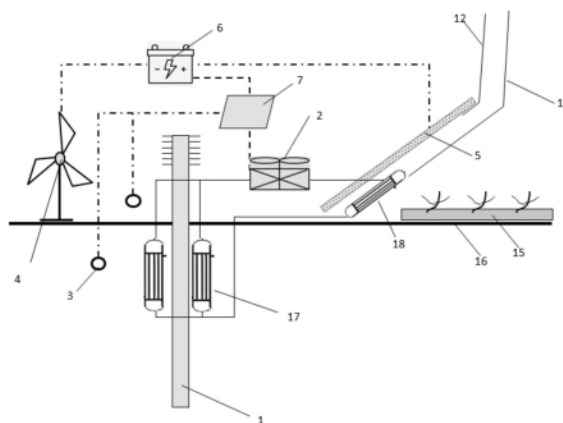
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种压缩机式全天候热棒调控装置

(57) 摘要

本发明涉及多年冻土区热管技术领域,是一种压缩机式全天候热棒调控装置,包括热棒、蒸发制冷单元、压缩机、冷凝散热单元、烟道和温度采集单元;热棒的散热端埋设在地面以下,热棒散热端外侧套装有蒸发制冷单元,蒸发制冷单元内设有工作介质,蒸发制冷单元的输出端连接有压缩机,压缩机的输出端连接有冷凝散热单元,冷凝散热单元的输出端与蒸发制冷单元的输入端固定连通;本发明通过控制单元根据地面以上和地面以下温度的对比,控制蒸发制冷单元工作,由此根据需要进行热棒的降温,实现热棒的冷却降温一体化,从而实现对冻土基础的降温,通过不停降低热棒散热端温度,迫使热棒不间断的进行工作,达到热棒全年全天候工作的目的。



1. 一种压缩机式全天候热棒调控装置,其特征在于,包括热棒、蒸发制冷单元、压缩机、冷凝散热单元、烟道和温度采集单元;

热棒的散热端埋设在地面以下,热棒散热端外侧套装有蒸发制冷单元,蒸发制冷单元内设有工作介质,蒸发制冷单元的输出端连接有压缩机,压缩机的输出端连接有冷凝散热单元,冷凝散热单元的输出端与蒸发制冷单元的输入端固定连通;

供电单元包括风力发电装置、太阳能板和蓄电池,风力发电装置和太阳能板均与蓄电池连接;冷凝散热单元位于烟道内侧,对应冷凝散热单元位置的烟道另一侧用太阳能板作为烟道的一部分;

温度采集单元分别设置在地面以上以及地面以下;

控制单元分别与蓄电池、蒸发制冷单元、压缩机和温度采集单元连接;

烟道包括烟道前挡板、烟道后挡板和烟道隔板,太阳能板倾斜分布,太阳能板上方连接有烟道前挡板,太阳能板和烟道前挡板后侧位置设有烟道后挡板,烟道前挡板与烟道后挡板之间设有多个烟道隔板;

太阳能板并排设置有多组,且与地面呈 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 夹角;

烟道后方的地面上方设有吸热单元,吸热单元包括富含有机质土壤、吸水材料、植被草种。

2. 根据权利要求1所述的一种压缩机式全天候热棒调控装置,其特征在于,蒸发制冷单元包括内嵌式铜管和中空的橡胶包套,内热棒的散热端外侧套装有橡胶包套,橡胶包套的中空内侧套装有内嵌式铜管,嵌式铜管呈S型结构弯曲,工作介质在内嵌式铜管内侧流动,内嵌式铜管分别与压缩机和冷凝散热单元固定连通。

3. 根据权利要求1或2所述的一种压缩机式全天候热棒调控装置,其特征在于,冷凝散热单元包括水箱和散热翅片,水箱上设有散热翅片,水箱分别与压缩机和蒸发制冷单元固定连通。

一种压缩机式全天候热棒调控装置

技术领域

[0001] 本发明涉及多年冻土区热管技术领域,尤其涉及一种压缩机式全天候热棒调控装置。

背景技术

[0002] 目前,通过保护冻土工程措施的采用,主动冷却冻土基础,是保证冻土工程长期安全运营、稳定的关键途径。由于冻土的强度与温度密切相关,随着冻土温度的不断降低,其强度可以呈现指数级的增长。在低温状态下,冻土基础可以坚如磐石,在高温、或接近0℃附近,也可以软如软土基础。因此,通过保护冻土工程措施在冻土基础中应用,通过不同程度降低冻土温度、通过冷能不断向基础中的汇集,就可以很好起到维护冻土基础长期稳定的目的。因此,对于一种保护冻土的工程措施而言,其降温效能,或对冻土基础地温场的整体调控效能,都是维护路基长期稳定性的成败的关键所在。

[0003] 热管(也称热棒)是一种利用热传导原理与制冷介质的快速热传递性质形成的高效热传导装置通过该种措施的应用可以降低冻土的温度、维持冻土工程长期稳定。已有观测结果表明,热棒一般只是冬季、而且是冬季的夜间工作,这样热棒的工作效能就会受到很大的影响。在面对冻土公路工程等大量吸热、以及青藏高原暖湿化不断加剧等条件的要求,该种措施的降温效能就会受到很大程度影响。特别是暖季,在冻土工程大量吸热、地温和冻土温度不断升高,冻土基础冷却降温条件下,此时热棒却处于停止状态。这些问题的存在都极大影响该种工程措施效能的发挥,以及对冻土工程稳定性的重要影响。因此亟需一种能够解决这些问题的新型装置。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种压缩机式全天候热棒调控装置,克服了上述现有技术之不足,其能有效解决现有冻土工程采用的热棒降低冻土温度存在的热棒只能在冬季工作导致热棒工作效能低的问题。

[0005] 为解决上述问题,本发明所述的一种压缩机式全天候热棒调控装置,包括热棒、蒸发制冷单元、压缩机、冷凝散热单元、烟道和温度采集单元;

[0006] 热棒的散热端埋设在地面以下,热棒散热端外侧套装有蒸发制冷单元,蒸发制冷单元内设有工作介质,蒸发制冷单元的输出端连接有压缩机,压缩机的输出端连接有冷凝散热单元,冷凝散热单元的输出端与蒸发制冷单元的输入端固定连通;

[0007] 供电单元包括风力发电装置、太阳能板和蓄电池,风力发电装置和太阳能板均与蓄电池连接;冷凝散热单元位于烟道内侧,对应冷凝散热单元位置的烟道另一侧用太阳能板作为烟道的一部分;

[0008] 温度采集单元分别设置在地面以上以及地面以下;

[0009] 控制单元分别与蓄电池、蒸发制冷单元、压缩机和温度采集单元连接。

[0010] 上述蒸发制冷单元包括内嵌式铜管和中空的橡胶包套,热棒的散热端外侧套装有

橡胶包套,橡胶包套的中空内侧套装有内嵌式铜管,内嵌式铜管呈S型结构弯曲,工作介质在内嵌式铜管内侧流动,内嵌式铜管分别与压缩机和冷凝散热单元固定连通。

[0011] 上述冷凝散热单元包括水箱和散热翅片,水箱上设有散热翅片,水箱分别与压缩机和蒸发制冷单元固定连通。

[0012] 上述烟道包括烟道前挡板、烟道后挡板和烟道隔板,太阳能板倾斜分布,太阳能板上方连接有烟道前挡板,太阳能板和烟道前挡板后侧位置设有烟道后挡板,烟道前挡板与烟道后挡板之间设有多个烟道隔板。

[0013] 上述太阳能板并排设置有多组,且与地面呈 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 夹角。

[0014] 上述烟道后方的地面上方设有吸热单元,吸热单元包括富含有机质土壤、吸水材料、植被草种。

[0015] 本发明实施例通过设置蒸发制冷单元、冷凝散热单元等,通过控制单元根据地面以上和地面以下温度的对比,控制制冷单元工作,由此根据需要进行热棒的降温,实现热棒的冷却降温一体化,从而实现对冻土基础的降温,通过不停降低热棒散热端温度,迫使热棒不间断的进行工作,达到热棒全年全天候工作的目的。

附图说明

[0016] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细的说明。

[0017] 图1为本发明的实施例1的整体装置结构示意图。

[0018] 图2为本发明实施例1中蒸发制冷单元的纵切面图。

[0019] 图3为本发明实施例1中蒸发制冷单元的横切面图。

[0020] 图4为本发明实施例1中冷凝散热单元的剖面图。

[0021] 图5为本发明实施例1中烟道的纵切面图。

[0022] 图6为本发明实施例1中烟道的横切面图。

[0023] 图7为本发明实施例1中烟道的布设图。

[0024] 图8a为本发明实施例2中的夏季热棒不工作时的温度模拟计算图。

[0025] 图8b为本发明实施例2中的本发明实施时的温度模拟计算图。

[0026] 图9a为本发明实施例3中现有的半导体增强制冷装置结构图。

[0027] 图9b为本发明实施例3中现有的半导体增强制冷装置的实测温度图。

[0028] 图10为本发明实施例3中本发明实施时的热棒散热端管壁温度图。

[0029] 图中:1-热棒、2-压缩机、3-温度采集单元、4-风力发电装置、5-太阳能板、6-蓄电池、7-控制单元、8-内嵌式铜管、9-橡胶包套、10-水箱、11-散热翅片、12-烟道前挡板、13-烟道后挡板、14-烟道隔板、15-吸热单元、16-地面、17-蒸发制冷单元、18-冷凝散热单元。

具体实施方式

[0030] 本发明不受下述实施例的限制,可根据本发明的技术方案与实际情况来确定具体的实施方式。

[0031] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步描述:

[0032] 实施例1:如图1-7所示,本发明实施例公开了一种压缩机式全天候热棒调控装置,包括热棒1、蒸发制冷单元17、压缩机2、冷凝散热单元18、烟道和温度采集单元3;

[0033] 热棒1的散热端埋设在地面16以下,热棒1散热端外侧套装有蒸发制冷单元17,蒸发制冷单元17内设有工作介质,蒸发制冷单元17的输出端连接有压缩机2,压缩机2的输出端连接有冷凝散热单元18,冷凝散热单元18的输出端与蒸发制冷单元17的输入端固定连通;

[0034] 供电单元包括风力发电装置4、太阳能板5和蓄电池6,风力发电装置4和太阳能板5均与蓄电池6连接;冷凝散热单元18位于烟道内侧,对应冷凝散热单元18位置的烟道另一侧用太阳能板5作为烟道的一部分;

[0035] 温度采集单元3分别设置在地面16以上以及地面16以下;

[0036] 控制单元7分别与蓄电池6、蒸发制冷单元17、压缩机2和温度采集单元3连接。

[0037] 上述太阳能板5设置在向阳的方向,通过将太阳能板5作为烟道的一部分,起到遮阳以及吸收太阳能的作用;蓄电池6可为储存电能的长效耐低温胶体电池。

[0038] 上述工作介质可为现有公知的氟利昂制冷剂R22、R32、R134a;蒸发制冷单元17可设在地面16以下0~1m深度位置,10~50cm范围内。

[0039] 上述温度采集单元3可为现有公知的温度探头,用于对地面16以下以及地面16以上(外界环境)温度进行采集,并将采集到的温度信号输出至控制单元7;控制单元7为现有公知技术,可根据温度采集单元3输出的温度信号进行判断,并根据判断出的温度信号,控制蒸发制冷单元17的休眠或开启状态,从而调节蒸发制冷单元17的工作时间,具体为:

[0040] 1、蒸发制冷单元17休眠状态:在冬季夜晚,或者白天控制单元7在判断出地面16以上(外界环境)温度低于地面16以下冻土的温度时,热棒1可在无动力条件下自行工作,自主对冻土进行降温,此时,蒸发制冷单元17处于休眠状态;

[0041] 2、蒸发制冷单元17开启状态:在夏天,供电单元给控制单元7供电,控制单元7在判断出地面16以上(外界环境)温度高于地面16以下冻土的温度时,控制单元7给蒸发制冷单元17供电启动蒸发制冷单元17,同时,压缩机2开始工作,将蒸发制冷单元17中的高温低压蒸汽形态制冷剂转换为高温高压蒸汽形态制冷剂后输出至冷凝散热单元18内,冷凝散热单元18通过自身的散热结构将高温高压蒸汽形态制冷剂转化为低温低压的液态制冷剂,将液态制冷剂输出至蒸发制冷单元17中,此时,与热棒1紧密接触的蒸发制冷单元17开始工作,使得热棒1散热端温度极速下降,造成热棒1散热端温度低于下部吸热端的温度,热棒1开始重新工作,通过蒸发制冷单元17将热棒1温度降低的低温低压液体,在流过蒸发制冷单元17部分后由于吸热转化为高温低压气体,进入到压缩机2,完成一次完整循环,由此,整个系统将工作介质循环转化,不停降低热棒1散热端温度,迫使热棒1不间断的进行工作,达到热棒1全天候工作的目的。

[0042] 其中,蒸发制冷单元17、压缩机2和冷凝散热单元18之间可通过循环管路连接在一起组成完整的循环回路,循环管道可为部分柔性软管。

[0043] 综上,本发明实施例通过设置蒸发制冷单元17、冷凝散热单元18等,通过控制单元7根据地面16以上和地面16以下温度的对比,控制蒸发制冷单元17工作,由此根据需要进行热棒1的降温,实现热棒1的冷却降温一体化,从而实现对冻土基础的降温,通过不停降低热棒1散热端温度,迫使热棒1不间断的进行工作,达到热棒1全年全天候工作的目的。

[0044] 如图1所示,蒸发制冷单元17包括内嵌式铜管8和中空的橡胶包套9,热棒1的散热端外侧套装有橡胶包套9,橡胶包套9的中空内侧套装有内嵌式铜管8,内嵌式铜管8呈S型结

构弯曲,工作介质在内嵌式铜管8内侧流动,内嵌式铜管8分别与压缩机2和冷凝散热单元18固定连通。

[0045] 上述内嵌式铜管8通过完整的嵌入在橡胶包套9内侧,内嵌式铜管8的两端开口处均穿过橡胶包套9与压缩机2和冷凝散热单元18连接,由此构成循环回路,压缩机2将高温低压的气态工作介质压缩成为高温高压的气态工作介质,通过冷凝散热单元18放出热量,转化为低温低压液态工作介质后输出至蒸发制冷单元17,对热棒1进行降温冷却,降温过程中在热棒1散发的热的作用下,将低温低压液态转化为高温低压气态工作介质,输出至压缩机2,开始下一个循环,由此实现了热棒1的循环降温冷却,达到了热棒1全天候工作的目的。

[0046] 如图1、4所示,冷凝散热单元18包括水箱10和散热翅片11,水箱10上设有散热翅片11,水箱10分别与压缩机2和蒸发制冷单元17固定连通。

[0047] 上述水箱10和散热翅片11均由散热良好的金属制成,其中,水箱10负责将压缩机2输出的高温高压蒸汽形态制冷剂通过自身和散热翅片11的散热作用转化为低温低压液态制冷剂,将低温低压液态制冷剂输出至蒸发制冷单元17。

[0048] 如图1、5、7所示,烟道包括烟道前挡板12、烟道后挡板13和烟道隔板14,太阳能板5倾斜分布,太阳能板5上方连接有烟道前挡板12,太阳能板5和烟道前挡板12后侧位置设有烟道后挡板13,烟道前挡板12与烟道后挡板13之间设有多个烟道隔板14。

[0049] 上述烟道前挡板12和烟道后挡板13均呈“L”型且平行设置,烟道前挡板12的后方涂有吸热涂层,烟道后挡板13有保温材料制成,通过太阳能板5、烟道前挡板12、烟道后挡板13和烟道隔板14组成一个空心的“烟囱”结构空腔,同时,将冷凝散热单元18设置在烟道内,在白天太阳辐射作用下,太阳能板5会被加热,进而会加热太阳能板5背面的空气,受热的空气密度减少、变轻,并沿着烟道快速上升,通过烟道形成“烟囱”效应,利用对流换热,加速冷凝散热单元18的散热效率,为冷凝散热单元18的冷却提供良好的通风散热环境。

[0050] 通过将冷凝散热单元18设置在烟道的下部进风口处,空气温度低,而且空气流量很大,能更好的起到散热的目的。

[0051] 如图6所示,太阳能板5并排设置有多组,且与地面16呈 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 夹角。

[0052] 由此,通过设置太阳能板5与地面16之间的夹角,提高太阳能的利用率,同时,为避免白天太阳辐射对地表起到强烈的加热作用,太阳能板5可以遮阳降温;通过多个太阳能板5连续并排设置,对输电线路塔基的整个场地起来良好的遮阳降低地表温度的作用,同时也可以起到减少地表无效蒸发的效果。

[0053] 如图1、7所示,烟道后方的地面16上方设有吸热单元15,吸热单元15包括富含有机质土壤、吸水材料、植被草种。

[0054] 上述吸热单元15主要由富含有机质土壤、吸水材料、植被草种组成,吸水材料为蛭石、硅藻土、高分子吸水树脂、植物中的一种或组合;植被草种优选青藏高原原生植被类型;其中,吸热单元15主要是由人工培育的适应高原的植被种植得来的,通过前方烟道遮挡高强度紫外线,使得植被可以顺利生长,同时,通过植被的蒸腾作用带走地面16的热量,从而保护生态的同时阻止该部分地面16向下传递热量;此外,通过吸热单元15可以有效吸收和阻拦暖季降雨的下渗,减少水热对地表下部冻土的热侵蚀影响;同时通过促进植被的生长,植被通过遮阳、叶面水分蒸发耗热,进一步减少地表的温度。

[0055] 本发明具体工作过程如下:将热棒1散热端地面16以下挖掘开0.5米左右的空间,

接着将内部套装有内嵌式铜管8的橡胶包套9紧密包裹在热棒1管壁外侧,橡胶包套9位于挖开的0.5米地下段内,当压缩机2工作时,内嵌式铜管8内经过的工作介质对热棒1的散热端进行降温 and 冷却,同时,压缩机2、冷凝散热单元18和内嵌式铜管8形成的循环回路工作,对工作介质进行循环降温,保证内嵌式铜管8降温 and 正常工作,通过持续对热棒1进行降温,从而使热棒1达到全天候工作的目的。

[0056] 与现有技术相比,本发明具有以下特点和优点:

[0057] 本发明针对热棒1工程措施应用中的突出难题:第一,冬季只是夜晚工作,暖季完全不工作,造成的工作时间过短,冷储量不足,在年季变化中降温效能难以满足实际工程需要;第二,热棒1是点式降温,输电线路基础地面16大范围吸热问题难以应付。针对以上问题,本发明的一整套完善的解决方案,解决了热棒1不能全天候、全年工作以及场地大范围整体降温等问题,故,与现有技术相比,本发明优点突出。

[0058] 现有技术为:在热棒1散热端(地面16以上)布设半导体制冷片,在半导体制冷量上布设散热风扇的方式,以达到为热棒1进行降温,使其全天候工作的目的。但是,此种方案具有明显的不足,首先该种装置使用小型风扇风冷的方式进行散热,并且装置全部处于裸露于地面16的状态,在青藏还原这种环境恶劣地区,这种机械式风扇极易损坏,从而造成半导体制冷片散热部分失效而烧毁。其次,半导体制冷片功率有限,不能提供足够的冷能,尤其在高原太阳辐射非常强的夏天,这种暴露在外的半导体制冷片很难对热棒1进行降温,不能保证热棒1充分工作。而本发明与之完全不同,首先,本发明将制冷部分安装于地面16以下,这一段是热棒1实际散热最强的区段,在该处进行制冷,效果会大大提升,并且散热部分同时避开了太阳辐射的影响。其次,本发明使用的是水冷散热的方式,与风冷相比,水冷散热效果更好,能更快带走热棒1工作时产生的热量。同时,本发明所设计的吸热单元15是现有措施所不具备的,人工种植植被的加入,不仅起到了蒸发降温降低地面16温度的作用,同时也对生态环境的保护起到了一定的作用。综上,这些都是原有技术所不具备的,本发明全面优于已有技术。

[0059] 本发明的优点还在与,通过冷凝散热单元18面积的扩大、散热效能的提升,实现蒸发制冷单元17降温效能的提升。同时通过烟道的设置,“烟囱效应”的实现,冷凝散热单元18下风口位置的设置,在提升散热效能的同时,也减少以往技术中通过风扇进行散热等电子设备的设置,减少成本造价,也进一步提升系统稳定性。

[0060] 本发明的优点还在于降温一体化的设计。以往措施只是注重对热棒1本身的提升,而忽略对冻土基础整体的降温效果的提升。如,青藏公路热棒1在应用过程中会产生路基纵向开裂等大量次生工程病害,就是由于忽略了对路基整体地温调控效果的考虑。本发明通过热棒1、太阳能板5遮阳降温、地表截水和植被蒸发耗热,多级制冷降温,有效达到基础整体的均衡、相互协调和稳定。同时,也进一步大幅提升对冻土基础整体的降温效能。

[0061] 实施例2:在已经布设好的热棒1底部开挖0.5米深探坑,将本发明中制冷部分中心布设于地面16以下0.3米,蒸发制冷单元17长度0.3米。热棒1插入地下10米,露出地面16部分2米。模拟计算时,工作时间按照白天日出后8小时工作计算,即10点至下午18点,压缩机2功率按照全功率100W计算,蒸发制冷单元17产生的冷能按照100%被热棒1吸收计算。

[0062] 在该工况下,按整个夏季3个月进行计算,当夏季结束后的地下温度场模拟计算结果如图8所示。可以看出,在地温场形态特征方面,a图中由于夏季热棒1不工作,大量热能通

过地面16传导至地下,地面16及靠近地面16的区域已经处于0℃左右。而b图中由于采用了本发明的调控装置,使得夏季热棒1也正常进行工作,即使大量热能通过地面16传导至地下,热棒1也能抵抗住热量的侵蚀,且负温包裹的范围较之b图更大,热棒1附近温度接近-4℃,有效范围内地温基本全都为0℃以下,说明热棒1的工作大大降低了地温,使得冻结范围更大,有效的防止了夏季多年冻土融化造成的一系列工程病害问题。具体如下:

[0063] (1)有效降低了塔基温度由于外界温度变化而变化的状态,满足多年冻土区输电线路塔基温度场调控要求,从图8可以看出,本具体实施例实施后,夏季气温升高时,相较于没有使用本发明调控措施的热棒1,其中心向四周低温区域大大加强了,说明此时冻土没有发生退化,塔基穿入冻土区域中的部分受到的承载力没有发生明显变化。

[0064] (2)温度场地温等值线分布比较均匀、平整,同时0℃等温线,即冻土上限(黑色虚线)对比,使用本发明后热棒1工作效能良好,冻土上限上移至地面16附近,也就说明冻结区域扩大至靠近地面16部分。提高了地面16的强度,可以更好维持塔基的稳定性。

[0065] 本实例仅是为了本发明所做的代表性分析,其结论在趋势上(具体数值上会有区别)基本代表本发明所能达到的效果。

[0066] 实施例3:现有技术一种半导体增强制冷装置,如图9a所示,该装置包括铝合金翅片、半导体制冷片和两个连接在一起的铝合金支架。实际应用时,先对与铝合金支架内表面接触的热管管壁进行打磨剖光处理,而后在铝合金支架与热管管壁之间涂抹导热硅脂,最后将半导体增强制冷装置安装好。从该技术看来,降温主要使用半导体制冷片,再利用风力主动散热降低半导体温度,这一技术要求半导体片及散热器露出地表,以便使用空气对流对半导体进行散热,但这样一来,太阳辐射会升高散热片的温度导致散热不足,影响本来就功率不高的半导体散热器的制冷功率,从实测温度图来看,最多可以将管壁温度降至-2℃,如图9b所示,热棒1管壁-2℃的温度与热棒1吸热端的温度差距很小,造成热棒1工作效率很低,基本达不到夏季制冷的要求。而本发明采用压缩机2制冷,加之蒸发制冷单元17位于地面16以下,基本不受太阳辐射影响,如图1所示,同时采用一系列的配套措施,通过计算可得,基本可以将热棒1散热端的管壁温度降至-10℃,如图10所示。极大提高了与吸热端的温度差,可以保证热棒1全效工作,完全达到夏天制冷的需求。

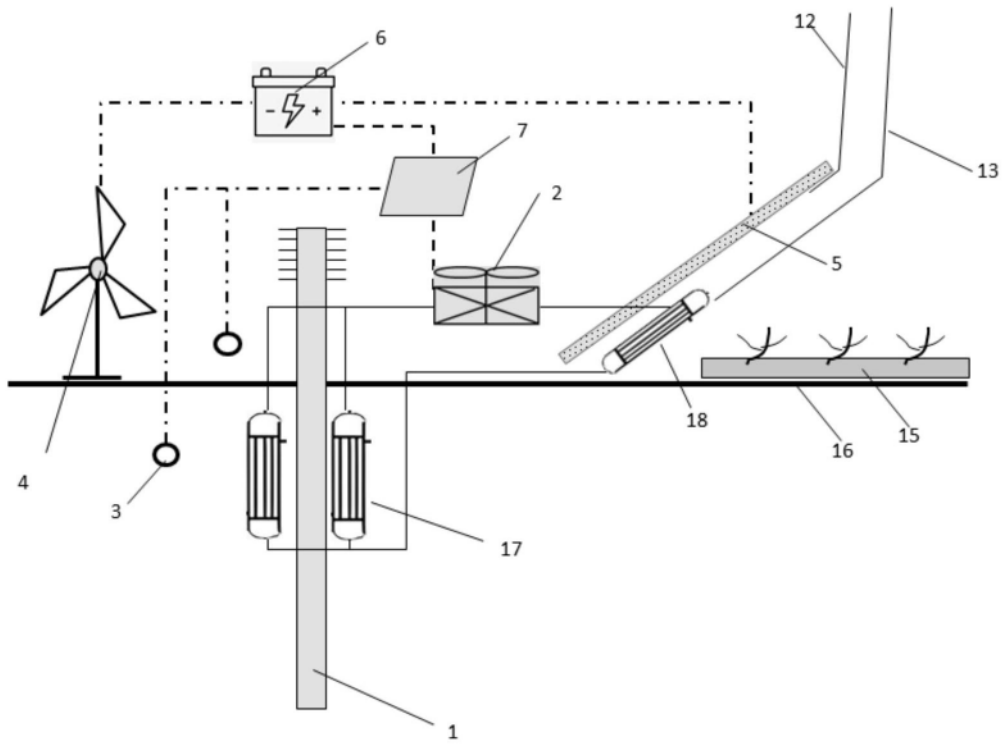


图1

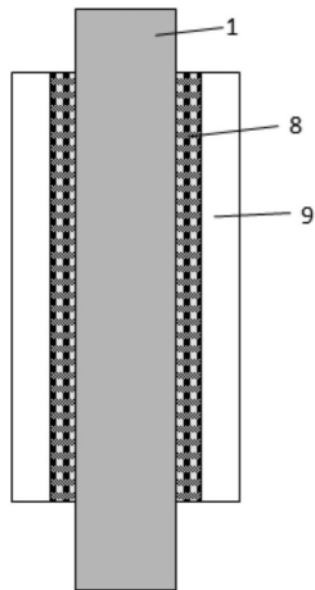


图2

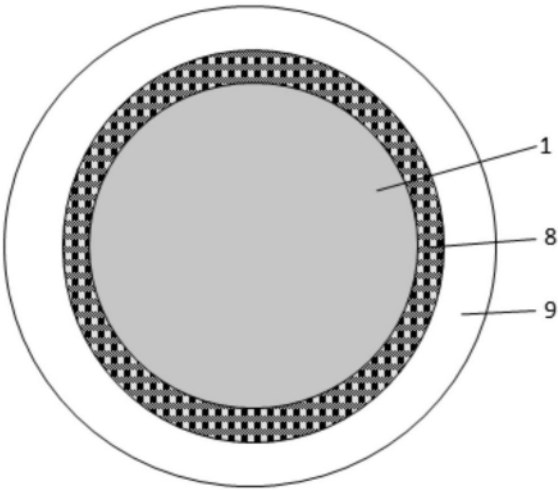


图3

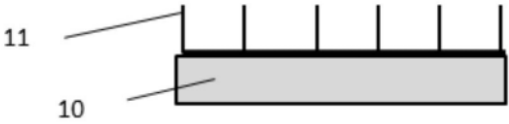


图4

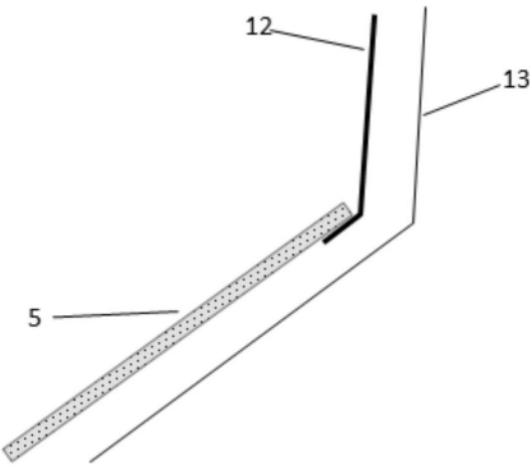


图5

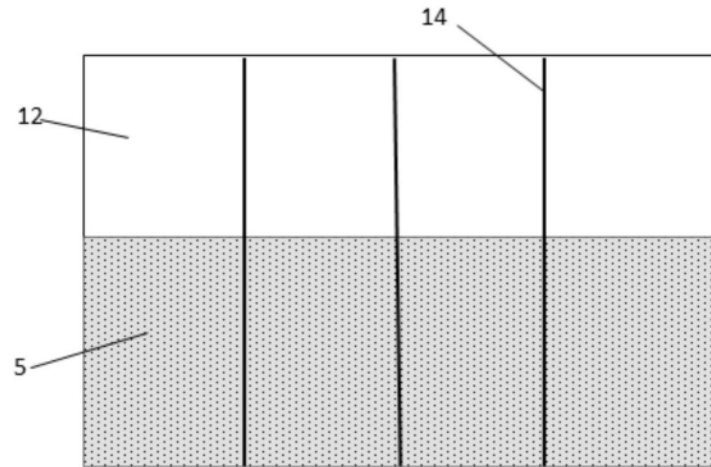


图6

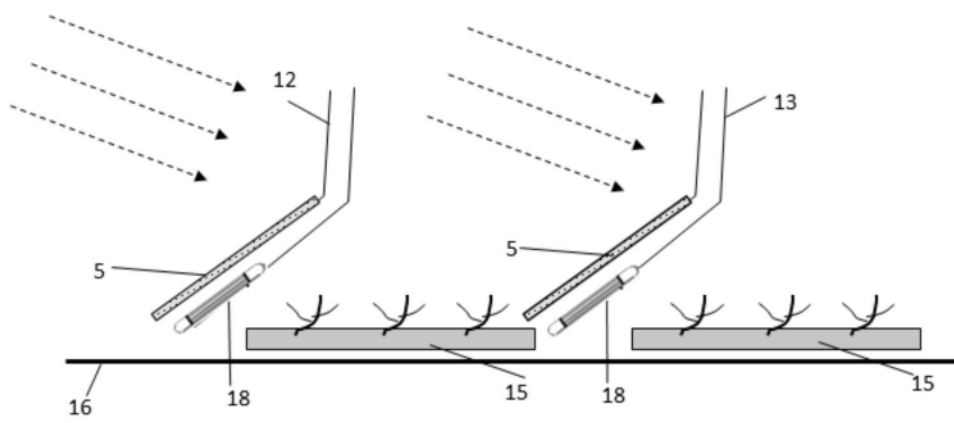


图7

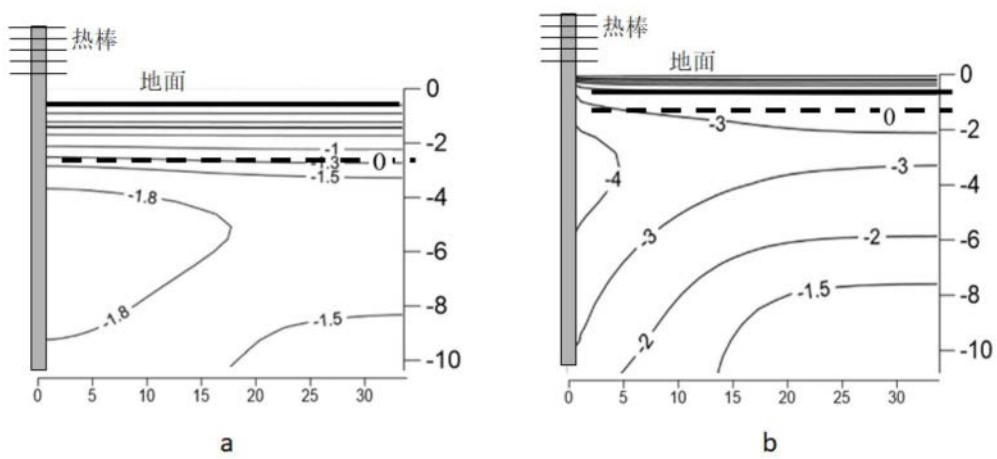


图8

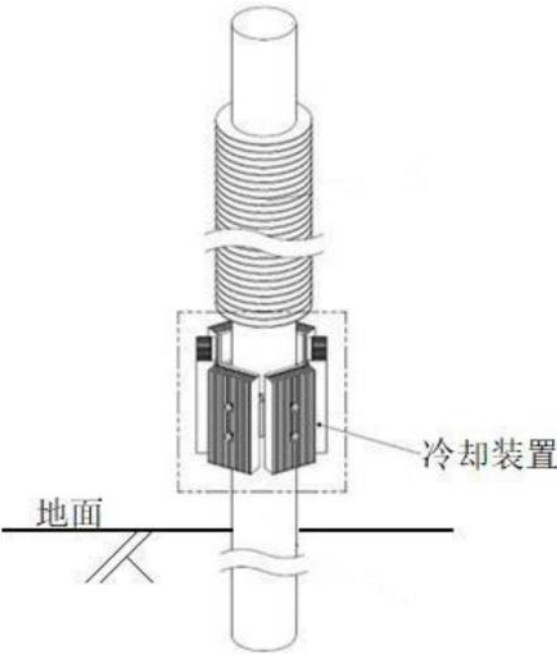


图9a

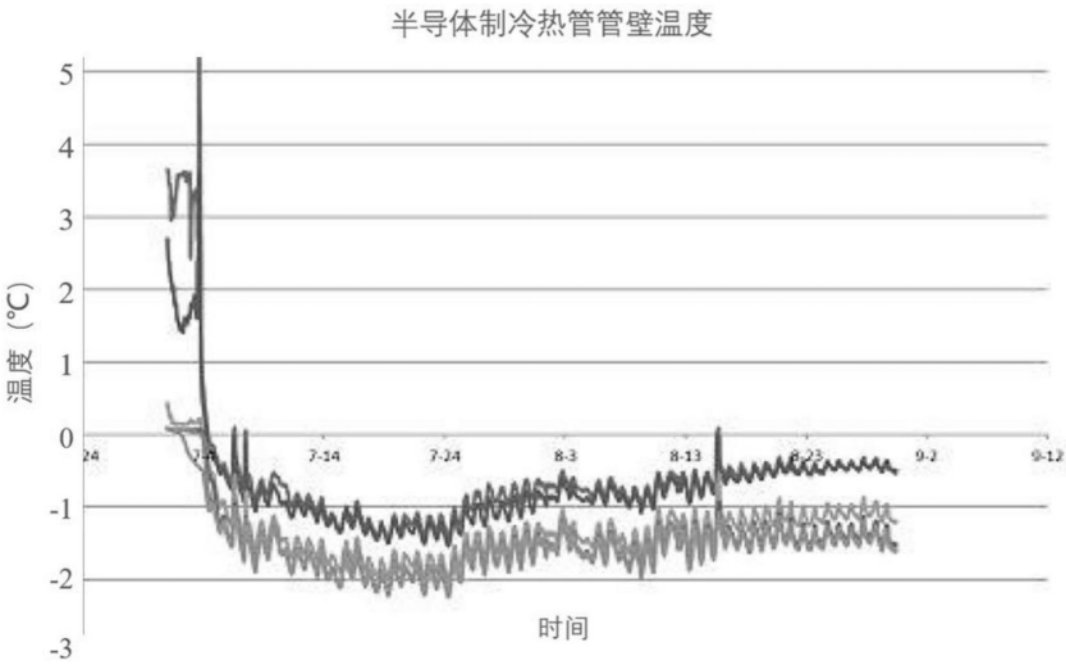


图9b

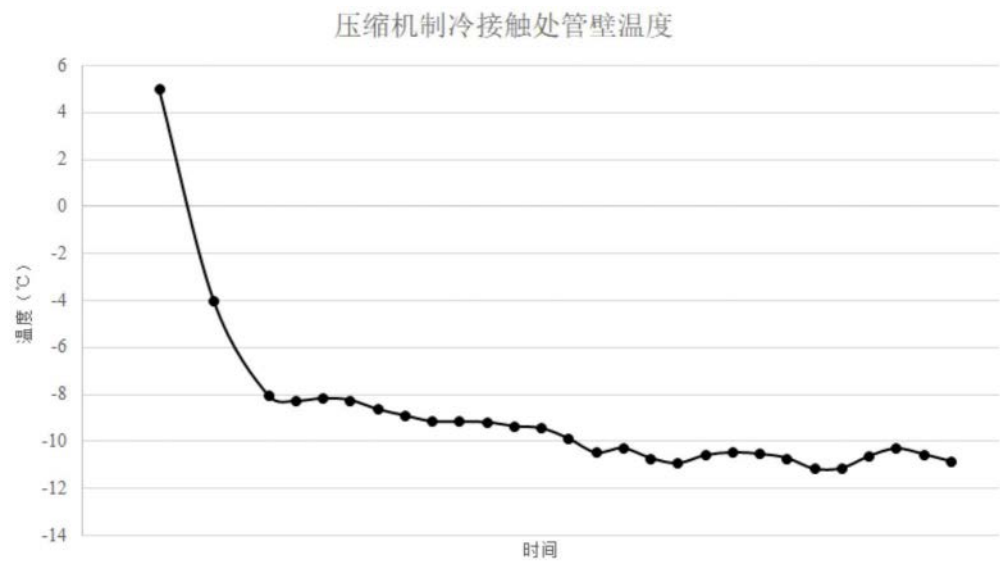


图10