



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115743498 B

(45) 授权公告日 2024.07.26

(21) 申请号 202211458213.X

(22) 申请日 2022.11.21

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 115743498 A

(43) 申请公布日 2023.03.07

(73) 专利权人 中国舰船研究设计中心  
地址 430064 湖北省武汉市武昌区张之洞  
路268号

(72) 发明人 杜为安 王佳林 刘成洋 张翼  
林韩清

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限  
公司 42102  
专利代理师 胡建平

(51) Int. Cl.

B63H 21/38 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 112339966 A, 2021.02.09

CN 112357038 A, 2021.02.12

审查员 胡腾飞

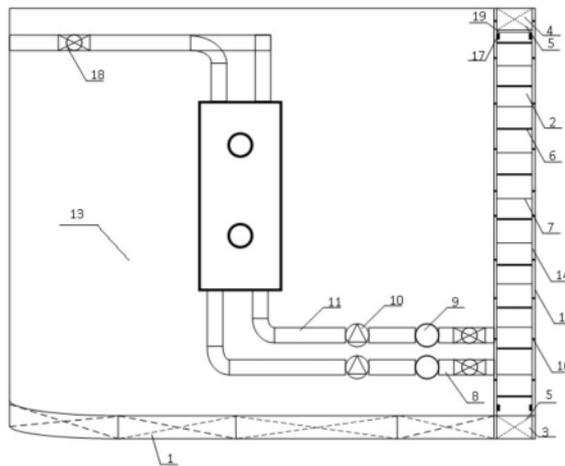
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种与船体共形的大流量循环水系统

(57) 摘要

本发明公开了一种与船体共形的大流量循环水系统,其包括取水管隧、连接管道、海水过滤器、大功率循环水泵、循环水管系、汽轮发电机组冷凝器;取水管隧采用3m×3m的方管,安设在船体上,与船体共形,其具有取水口,在取水口处设有海生物防治装置;连接管道有两根,其一端与取水管隧连接,另一端通过大功率循环水泵与汽轮发电机组冷凝器连接;汽轮发电机组冷凝器通过循环水管将循环水排入大海中。本发明采用直径为3m的海水管道与船体共形,在满足所需循环水流量的前提下,避免了大直径管路在船体中的安装难度,降低了管路运维费用,同时提高了船舶生命力。



1. 一种与船体共形的大流量循环水系统,其特征在于:包括取水管隧、连接管道、海水滤器、大功率循环水泵、循环水管、汽轮发电机组冷凝器;

所述取水管隧采用 $3\text{m}\times 3\text{m}$ 的方管,安设在船体上,与船体共形,其具有高位取水口和低位取水口,其中高位取水口位于舷侧,低位取水口位于船底;在高位取水口和低位取水口处均设有海生物防治装置;取水管隧上设上开口和下开口,且上开口置于下开口上;

所述连接管道有两根,每根连接管道上均设有海水滤器;两根连接管道的一端分别与取水管隧上的上开口和下开口连接,另一端分别与一个大功率循环水泵连接,2个大功率循环水泵分别通过循环水管与汽轮发电机组冷凝器连接;循环水走汽轮发电机组冷凝器的管侧,冷却汽轮发电机组做功后的乏汽,通过循环水管将水排入大海中。

2. 根据权利要求1所述的与船体共形的大流量循环水系统,其特征在于:所述取水管隧内设有高位阻挡板、低位阻挡板;高位阻挡板安设在取水管隧的顶部,低位阻挡板安设在取水管隧的底部;高位阻挡板、低位阻挡板间隔设置。

3. 根据权利要求1或2所述的船体共形的大流量循环水系统,其特征在于:所述取水管隧为双层方管,内外方管之间,设置有加强筋,保证取水管隧在表压为 $0.2\text{MPa}$ 的压力下不产生变形。

4. 根据权利要求3所述的船体共形的大流量循环水系统,其特征在于:所述取水管隧上涂刷有防污涂料,在取水管隧内设有锌块;在取水管隧的高位取水口和低位取水口处加装有铜阳极。

5. 根据权利要求1所述的船体共形的大流量循环水系统,其特征在于:所述海生物防治装置包括海生物过滤网。

6. 根据权利要求1所述的船体共形的大流量循环水系统,其特征在于:在连接管道的入口处设有细孔径过滤网。

7. 根据权利要求1所述的船体共形的大流量循环水系统,其特征在于:所述连接管道为直径为 $1.4\text{m}$ 的管路。

8. 根据权利要求1所述的船体共形的大流量循环水系统,其特征在于:所述取水管隧、连接管道、循环水管采用钛合金、铜或耐腐蚀不锈钢材制成。

## 一种与船体共形的大流量循环水系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种循环水系统,具体涉及一种与船体共形的大流量循环水系统。

### 背景技术

[0002] 对于核动力船舶而言,目前采用压水堆作为反应堆,使用轻水作为传热介质,高温高压水在反应堆压力容器中流动,将核燃料裂变产生的热量导出至蒸汽发生器中,在蒸汽发生器中,将热量传导到蒸发器二次侧给水并产生蒸汽,蒸汽驱动汽轮机转动做功后,在冷凝器中冷凝变为欠饱和度水。整个过程中需要大量的海水作为最终冷源,因此需要设计一个满足流量要求的循环水系统。

[0003] 一般的汽轮发电机组主要由汽轮机、发电机、冷凝器及汽轮机与发电机之间的喉部等组成。根据热力学定律,降低汽轮机背压可以增加汽轮机可利用能量并提高出力。汽轮机背压由凝汽器换热面积、冷却水温度和冷却水流量等共同决定。在冷却水入口温度确定的前提下,要降低汽轮机背压必须增加冷却水流量以减小冷却水温升,或增加凝汽器面积以降低凝汽器端差,这两种方法将导致循环水泵功耗增加或者凝汽器面积加大,这必将导致运行费用高、建设成本高、设备体积庞大等影响。

[0004] 另外,降低汽轮机背压将导致排汽容积流量增加。为使机组在各工况运行时排汽环形速度在合理范围内,减小排汽损失的同时避免末级叶片产生附加激振力,这就需要采用更长的低压末级叶片或者增加排汽缸个数,这将导致低压缸和凝汽器总体积增大,增加布置难度。因此,背压不是越低越好,需要综合考虑经济性和船舶适装性。

[0005] 针对某海洋核动力浮动平台项目,配置了电功率为百兆瓦级的汽轮发电机组,考虑平台总体对汽轮发电机组的尺寸、重量限制等,为尽可能的提升汽轮发电机组的热力循环效率,最后核算得到冷凝器喉部压力为6kPa,所需冷凝器循环水流量约30000t/h。考虑到循环水泵的能耗等影响因素,计算得到的循环水管道内径为3m。

[0006] 目前,直径为3m的海水管道,在船舶上的安装固定、布放位置以及重量等,均会对船舶平台总体带来较大的影响——可能造成船舶超重,或提高系统运维费用、或降低系统乃至船舶的生命力。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种与船体共形的大流量循环水系统,该系统采用直径为3m的海水管道与船体共形的方式,在满足所需循环水流量的同时,降低了制造费用和系统运维费用,及安装难度,有效解决了船舶总体空间、重量的限制以及大管径海水管道在船上固定安装、位置布放等问题,满足了低流速、大流量、低压降的循环水管路布置要求。

[0008] 本发明所采用的技术方案是:

[0009] 一种与船体共形的大流量循环水系统,其包括取水管隧、连接管道、海水滤器、大功率循环水泵、循环水管、汽轮发电机组冷凝器;

[0010] 所述取水管隧采用3m×3m的方管,安设在船体上,与船体共形,其具有高位取水口

和低位取水口,其中高位取水口位于舷侧,低位取水口位于船底;在高位取水口和低位取水口处均设有海生物防治装置;取水管隧上设上开口和下开口,且上开口置于下开口上;

[0011] 所述连接管道有两根,每根连接管道上均设有海水滤器;两根连接管道的一端分别与取水管隧上的上开口和下开口连接,另一端分别与一个大功率循环水泵连接,2个大功率循环水泵分别通过循环水管与汽轮发电机组冷凝器连接;汽轮发电机组冷凝器通过循环水管将水排入大海中。

[0012] 按上述方案,所述取水管隧内设有高位阻挡板、低位阻挡板,高位阻挡板安设在取水管隧的顶部,低位阻挡板安设在取水管隧的底部;高位阻挡板、低位阻挡板间隔设置,有助于泥沙沉积。

[0013] 按上述方案,所述高位阻挡板、低位阻挡板为可拆卸高位阻挡板、可拆卸低位阻挡板。

[0014] 按上述方案,所述取水管隧为双层方管,内外方管之间,设置有加强筋,保证取水管隧在表压为0.2MPa的压力下不产生变形。

[0015] 按上述方案,所述取水管隧上涂刷有防污涂料,在取水管隧内设有锌块;在取水管隧的高位取水口和低位取水口处加装有铜阳极。

[0016] 按上述方案,所述海生物防治装置包括海生物过滤网,防止海生物在取水管隧内部的附着、堆积及生长。

[0017] 按上述方案,在连接管道的入口处设有细孔径过滤网,进一步保证进入设备过流部件的水质,确保设备运行不受影响。

[0018] 按上述方案,所述连接管道为直径为1.4m的管路。

[0019] 按上述方案,所述取水管隧、连接管道、循环水管采用钛合金、铜或耐腐蚀不锈钢材制成。

[0020] 按上述方案,循环水管与汽轮发电机组冷凝器在船内底中后部形成一个Z型走向,且靠近船底布置。

[0021] 海水经海生物防治装置进入方形取水管隧后进入连接管道,并经过大功率循环水泵的加压,进入汽轮发电机组冷凝器内管束。在汽轮发电机组冷凝器内,设置有大量直径为10mm左右的细换热管,以增加冷凝器的换热面积。海水经过流量分配,流过管侧,经过汽轮机做功后的乏汽掠过管束,与管束内室温条件下的循环水发生热量交换。受热后的海水,在管束末端,重新汇聚后进入循环管道,回流进海洋。

[0022] 本发明的有益效果在于:

[0023] 通过设置3m×3m的方管与船体共形,可提高汽轮发电机组的热电转换效率,降低汽轮机喉部背压,达到在相应背压要求下,冷凝器尺寸、重量控制在船总体要求的范围内时对大流量循环水的要求;

[0024] 针对系泊、航行工况下海底深度不同,设计了舷侧高位、船底低位两个取水口,在浅水区使用低位取水口取水,保证循环水流量的要求,在高位采用高位取水口,保障不同航行区域的取水能力和取水质量;

[0025] 在高位取水口和低位取水口处均设有海生物防治装置,防止海生物在取水口、取水管隧上的附着、堆积等问题,有效解决海生物堆积、附着造成的管道堵塞、金属腐蚀等问题;

[0026] 在取水管隧内设置高位阻挡板、低位阻挡板,以助于水中夹杂的微细泥沙在取水管隧内沉积,且高位阻挡板、低位阻挡板可作为方形取水管隧的加强筋,增加方形取水管隧的结构强度;

[0027] 在连接管道上设有海水滤器,以保证水在经过方形取水管隧后仍夹带的微量小型海生物、泥沙等,在过滤器中过滤,防止了大流量吸取海水所带来的泥沙在管路内的堆积、对设备过流部件的损坏等;充分保证经过循环水泵、汽轮发电机组冷凝器等过流部件设备对水质的要求;

[0028] 为防止海水对管路的腐蚀,可以首选钛合金作为方形取水管隧、连接管道、循环管路及设备过流部件的材料,可有效防止海水对管路、设备过流部件的腐蚀;考虑到船舶建造经济性等指标,也可以采用铜、耐腐蚀不锈钢材等作为方形取水管隧、连接管道、循环管路及设备过流部件的材料,充分采用物理防腐蚀(如涂防腐漆)、化学防腐蚀(如加锌块等)等手段相结合的方法,保证管路在船舶设计寿命中,均具有较好的性能;

[0029] 将取水管隧设计为双层结构,在内外方管之间,设置间距小的加强筋,以保证方形取水管隧在表压为0.2MPa的压力下不产生变形;

[0030] 利用平台船体结构构成取水管隧,解决了大管径管路制造,以及安装固定、位置布放等对船体总体的影响,也减轻了大管径管道方案对总体重量的影响;

[0031] 通过设置3m×3m的方管与船体共形,充分利用船体结构,在流量要求等同的前提下,降低了对管道重量、布放位置、管路固定的约束。

## 附图说明

[0032] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0033] 图1是循环水系统原理图;

[0034] 图2是与船体共形的大流量循环水系统的结构示意图;

[0035] 图3是双层方管的结构示意图;

[0036] 图中:1、船体,2、取水管隧,3、高位取水口,4、低位取水口,5、海生物防治装置,6、高位阻挡板,7、低位阻挡板,8、连接管道,9、海水滤器,10、大功率循环水泵,11、循环水管,12、汽轮发电机组冷凝器,13、汽轮机舱;14、内方管,15、外方管,16、加强筋,17、铜阳极,18、隔离阀,19、细孔径过滤网。

## 具体实施方式

[0037] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0038] 一种与船体共形的大流量循环水系统,其包括取水管隧2、连接管道8、海水滤器9、大功率循环水泵10、循环水管11、汽轮发电机组冷凝器12。

[0039] 取水管隧2采用3m×3m的方管,安设在船体1上,与船体1共形,其具有高位取水口3和低位取水口4。其中,高位取水口3位于舷侧,低位取水口4位于船底。在高位取水口3和低位取水口4处均设有海生物防治装置5,防止海生物在高位取水口3和低位取水口4、取水管隧2上附着、堆积。取水管隧2上设上开口和下开口,且上开口置于下开口上(即在取水管隧2

上梯次开口,形成上开口和下开口)。为便于泥沙沉积,提高进入汽轮发电机组冷凝器12的水质,取水管隧2内设有高位阻挡板6、低位阻挡板7,高位阻挡板6安设在取水管隧2的顶部,低位阻挡板7安设在取水管隧2的底部;高位阻挡板6、低位阻挡板7间隔设置,且高位阻挡板6、低位阻挡板7高度均为200mm,高位阻挡板6、低位阻挡板7之间的距离为400mm。为了便于安装和拆卸,以及排出取水管隧2的泥沙,高位阻挡板6、低位阻挡板7可采用可拆卸高位阻挡板、可拆卸低位阻挡板。为了增加取水管隧2的防腐蚀性,提高其使用寿命,可在取水管隧2上涂刷防污涂料,在取水管隧2内设锌块。为防止海生物附着、堆积、生长,可在取水管隧2的高位取水口3和低位取水口4处加装铜阳极17。在较佳实施例中,取水管隧2为双层方管(内方管14、外方管15),内方管14、外方管15之间设有加强筋16,加强取水管隧2强度,以保证取水管隧在表压为0.2MPa的压力下不产生变形。

[0040] 连接管道8有两根,每根连接管道8上均设有海水滤器9。第一根连接管道8的一端与取水管隧2上的下开口连接,另一端与第一个大功率循环水泵10连接,第一个大功率循环水泵10通过循环水管11与汽轮发电机组冷凝器12的一个进口连接。第二根连接管道8的一端与取水管隧2上的上开口连接,另一端与第二个大功率循环水泵10连接,第二个大功率循环水泵10通过循环水管11与汽轮发电机组冷凝器12的另一个进口连接,大功率循环水泵10将水升压后进入汽轮发电机组冷凝器12管束中。水在汽轮发电机组冷凝器12管束中与做功后的乏汽热量交换,将热量导出后重新汇聚,通过循环水管11将水排入大海中。本实施例中,两根连接管道8相对独立,分别与汽轮发电机组冷凝器12的2个循环水通道相对应,确保在单个支路故障情况下,还能满足冷凝器50%冷却水需求,保障机组低功率运行。

[0041] 取水管隧2、连接管道8、循环水管11采用钛合金、铜或耐腐蚀不锈钢材制成。

[0042] 本实施例中,海生物防治装置5包括海生物过滤网。在连接管道8的入口处设有细孔径过滤网19。连接管道8为直径为1.4m的管路。

[0043] 循环水管11与汽轮发电机组冷凝器12在船内底中后部形成一个Z型走向,且靠近船底布置,降低管路支撑结构。

[0044] 海水滤器主要参数为:工作压力: $\leq 0.25\text{MPa}$ (a);额定流量: $\sim 15000\text{t/h}$ ;过滤精度:3mm。

[0045] 大功率循环水泵10作为循环水系统的能量来源,吸取海水并加压后,送入汽轮发电机组冷凝器12冷凝管束。大功率循环水泵10分档运行,根据汽轮发电机组功率调节运行档位以调节汽轮发电机组冷凝器12真空。为满足单支管路对大流量循环水输送的要求,大功率循环水泵10的参数如下:

[0046] 型式:电动立式轴流泵/混流泵;额定扬程: $\sim 15\text{mH}_2\text{O}$ ;额定流量: $\sim 15000\text{t/h}$ ;电机功率: $\sim 1000\text{kW}$ ;工作介质:海水。

[0047] 本实施例中,在循环水管11的进口和出口设置有隔离阀18,当循环水管11发生破损时能够远程遥控快速关闭隔离阀18,保障舱室安全。

[0048] 本实施例中,在取水管隧2的取水口加装了防止海生物和泥沙进入取水管隧2的滤网;在取水管隧的取水口附近,设计了防止海生物附着、堆积、生长的铜阳极;在取水管隧2内涂刷防止海生物堆积同时兼具防腐功能的涂料,并在适当位置加装锌块来实现化学防腐;管道内设计低高度的高、低阻隔,促进细小泥沙在管隧沉积。

[0049] 应当理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,

而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

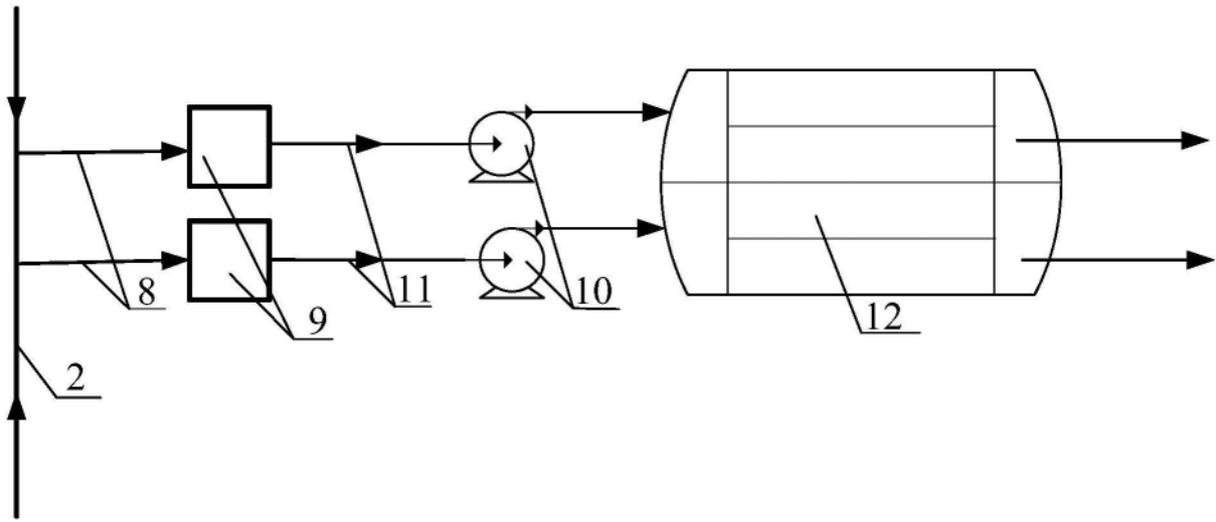


图1

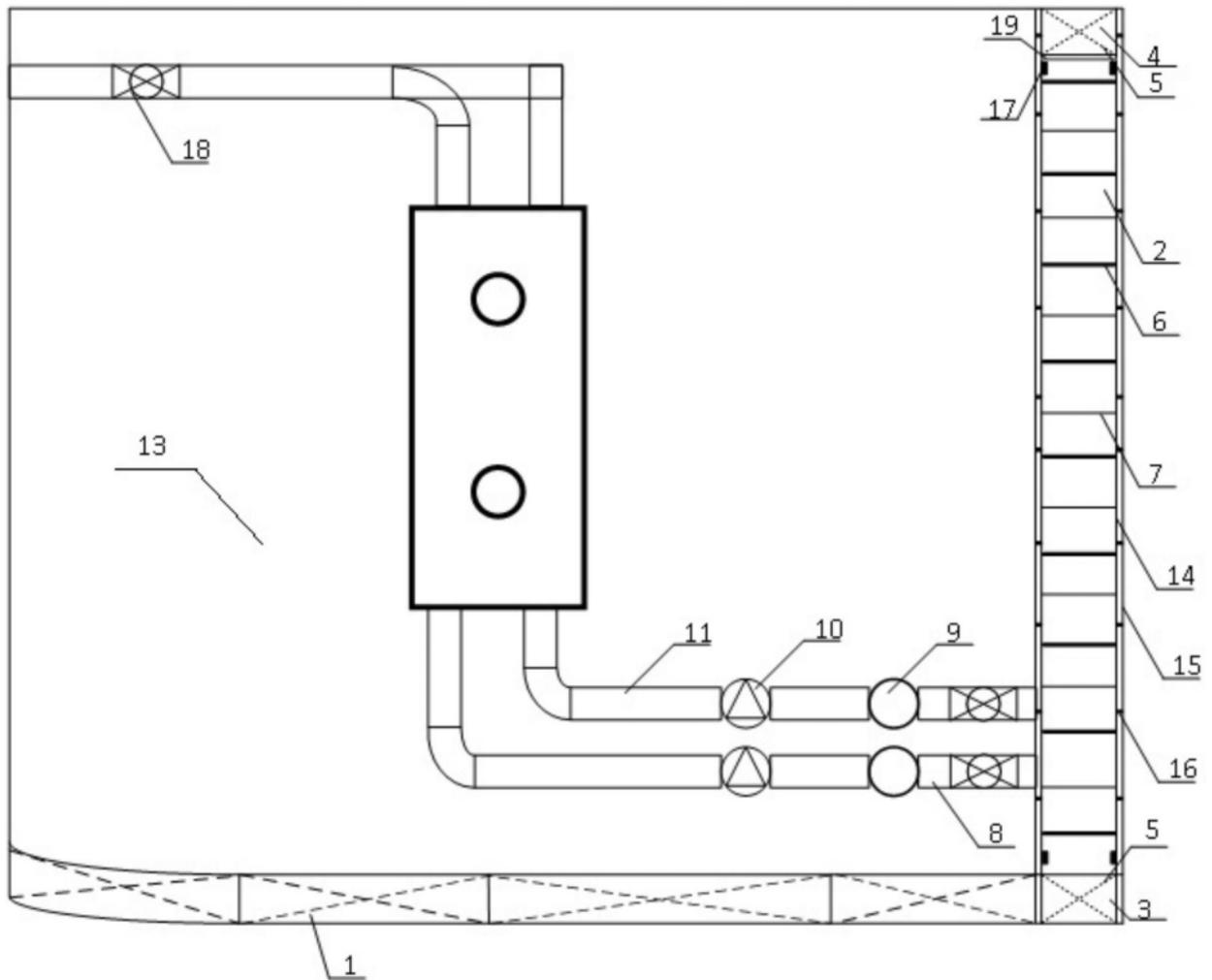


图2

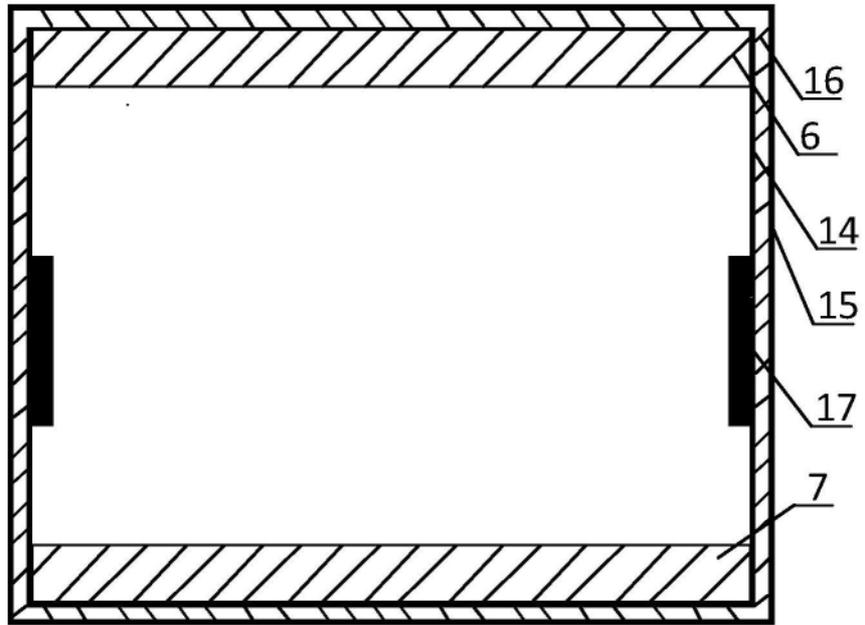


图3