



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103259233 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 06

(21) 申请号 201310133941. 8

审查员 戴金琪

(22) 申请日 2013. 04. 17

(73) 专利权人 中国科学院等离子体物理研究所  
地址 230031 安徽省合肥市蜀山区蜀山湖路  
350 号

(72) 发明人 周挺志 宋云涛 陆坤 冉庆祥

(74) 专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理  
有限公司 34112

代理人 余成俊

(51) Int. Cl.

H02G 5/10(2006. 01)

H01R 4/38(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1873847 A, 2006. 12. 06,

CN 1080087 A, 1993. 12. 29,

US 6049036 A, 2000. 04. 11,

CN 101740887 A, 2010. 06. 16,

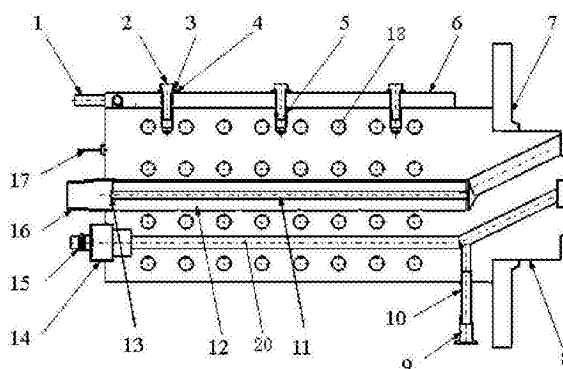
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种用于电流引线的主动冷却型室温终端

(57) 摘要

本发明公开了一种用于电流引线主动冷却型室温终端,包括有铜终端、水冷极板、氦冷芯棒、真空抽口、测量线出口。铜终端阵列通孔用于连接电源母排;水冷极板与铜终端结合面一侧布置弯曲的水冷流道;氦冷芯棒线切割加工辐射阵列的线槽氦流道,与铜终端钎焊;真空抽口、测量线出口与铜终端内部连接电流引线的真空腔连通。该结构稳定室温终端温度 < 310K。



1. 一种用于电流引线的主动冷却型室温终端,其特征在于:包括有铜终端,铜终端侧壁上设置有阵列分布的通孔,铜终端顶部压紧固定有水冷极板,所述水冷极板与铜终端结合的结合面上埋设有冷却水管,所述铜终端中心设计有与水冷极板平行并与铜终端钎焊为一体的氦冷芯棒,氦冷芯棒中心同轴设置有不锈钢棒,位于氦冷芯棒一端在铜终端端面处钎接有氦气出口管,氦气出口管将经过氦冷芯棒换热后的室温氦气收集传输至低温系统;

氦冷芯棒一端向氦冷芯棒另一端线切割多道辐条状分布在不锈钢棒周围的氦冷却流道,所述不锈钢棒在氦气出口管此端连接有焊接固定块,所述铜终端内还设置有中心轴线与氦冷芯棒中心轴线平行的电流引线内部真空腔,位于氦气出口管所在的铜终端端面上钎焊有与电流引线内部真空腔一端腔口连通的测量线出口,所述测量线出口上连接有供测量线焊接的真空插座,位于氦气出口管所在的铜终端端面上还埋入有多个加热棒,该终端还包括有连接在金属管上的真空抽口,所述真空抽口通过金属管沿与电流引线内部真空腔中心轴线垂直的方向钎焊在铜终端上,且真空抽口通过金属管在铜终端内与电流引线内部真空腔连通。

2. 根据权利要求 1 所述的一种用于电流引线的主动冷却型室温终端,其特征在于:未安装有氦气出口管的铜终端另一端套装有连接法兰。

3. 根据权利要求 1 所述的一种用于电流引线的主动冷却型室温终端,其特征在于:所述水冷极板与铜终端结合的结合面上设置有 S 形水冷槽,所述冷却水管以与水冷槽匹配的形状埋设在水冷槽内。

4. 根据权利要求 1 所述的一种用于电流引线的主动冷却型室温终端,其特征在于:所述铜终端顶部的多个孔内埋入有螺套,所述水冷极板通过多个与螺套一一对应的螺栓压紧固定在铜终端顶部,且每个螺栓顶部栓沿与水冷极板之间分别设有弹性垫片与平垫片。

## 一种用于电流引线的主动冷却型室温终端

### 技术领域

[0001] 本发明涉及大型热核聚变装置或其它大型电磁装置的超导磁体的供电馈线领域，具体为一种用于电流引线的主动冷却型室温终端。

### 背景技术

[0002] 热核聚变将为人类提供取之不尽的清洁能源，国际热核聚变试验堆（ITER）计划将在未来十年内建成。高温超导电流引线为其巨型低温超导磁体供电，同时是磁体主要的热负荷来源。

[0003] 高温超导电流引线室温终端连接阻性换热器与电源母排，室温终端与母排一般通过螺栓连接，母排电传输过程中的焦耳热以及接头电阻焦耳热会提升室温终端的温度，而电流引线优化设计的条件是室温终端保持室温  $\sim 300\text{K}$ ，向阻性换热器的热漏为零。因此保持电流引线终端维持室温是保证电流引线工作在优化状态的条件。

[0004] 为保持电流引线终端室温，一般采用较大导电截面，降低电流密度的方法。EAST 12kA 高温超导电流引线采用大直径铜棒材铣削连接平面后表面挂锡；由于导电截面有限，运行 12kA 电流时回气温度可达 325K，可以预计室温终端的温度更高。美国 FERMILAB 研发的 100kA 电流引线采用的室温终端是扇形面来减小接头电阻密度，但是这种结构会存在电流分布的不均以及结构连接工艺的麻烦。中科院等离子所为 ITER 研制的 52kA 高温超导电流引线在测试运行时，发现终端过热，需要采取应急的外界水冷措施。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种用于电流引线的主动冷却型室温终端，以解决现有技术存在的问题。

[0006] 为了达到上述目的，本发明所采用的技术方案为：

[0007] 一种用于电流引线的主动冷却型室温终端，其特征在于：包括有铜终端，铜终端侧壁上设置有阵列分布的通孔，铜终端顶部压紧固定有水冷极板，所述水冷极板与铜终端结合的结合面上埋设有冷却水管，所述铜终端中心设有与水冷极板平行并与铜终端钎焊为一体的氦冷芯棒，氦冷芯棒中心同轴设置有不锈钢棒，位于氦冷芯棒一端在铜终端端面处钎接有氦气出口管，氦气出口管将经过氦冷芯棒换热后的室温氦气收集传输至低温系统。且氦冷芯棒一端向氦冷芯棒另一端线切割多道辐条状分布在不锈钢棒周围的氦冷却流道所述不锈钢棒在氦气出口管内的棒端上连接有焊接固定块，所述铜终端内还设置有中心轴线与氦冷芯棒中心轴线平行的电流引线内部真空腔，位于氦气出口管所在的铜终端端面上钎焊有与电流引线内部真空腔一端腔口连通的测量线出口，所述测量线出口上连接有供测量线焊接的真空插座，位于氦气出口管所在的铜终端端面上还埋入有多个加热棒，还包括有连接在金属管上的真空抽口，所述真空抽口通过金属管沿与电流引线内部真空腔中心轴线垂直的方向钎焊在铜终端上，且真空抽口通过金属管在铜终端内与电流引线内部真空腔连通。

[0008] 所述的一种用于电流引线的主动冷却型室温终端,其特征在于:未安装有氦气出口管的铜终端另一端钎接有连接法兰,该不锈钢法兰可以与电流引线的法兰组件螺栓连接成一体。

[0009] 所述的一种用于电流引线的主动冷却型室温终端,其特征在于:所述水冷极板与铜终端结合的结合面上设置有 S 形水冷槽,所述冷却水管以与水冷槽匹配的形状埋设在水冷槽内。

[0010] 所述的一种用于电流引线的主动冷却型室温终端,其特征在于:所述铜终端顶部孔内埋入有多个螺套,所述水冷极板通过多个与连接螺套一一对应的螺栓压紧固定在铜终端顶部,且每个螺栓顶部栓沿与水冷极板之间分别设有弹性垫片与平垫片保持对极板的压力。

[0011] 本发明工作适用于低温电物理装置,为电流引线的室温端的终端结构,连接电源母排与阻性换热器。本发明在聚变堆领域以及超导领域具有较好的应用价值。

[0012] 事实上,只要是期望在大电流电连接部件中希望维持部件温度,避免温度过高或过低,都可以参考本发明的技术方案,但凡是未脱离本发明的技术方案的内容,仅是依据本发明的技术实质对所述结构进行的简单修改,或是同等变化与修饰,均应属于本发明技术方案的范围之内。

[0013] 本发明的优点是:

[0014] 本发明的结构简单,换热系数高,无需额外的冷却介质,同时可以避免过热与过冷结冰。该主动冷却型室温终端可以维持室温终端温度 <310K。

## 附图说明

[0015] 图 1 是本发明的结构示意图。

[0016] 图 2 是本发明的水冷结构示意图。

[0017] 图 3 是本发明的氦冷结构截面图。

## 具体实施方式

[0018] 如图 1- 图 3 所示。一种用于电流引线的主动冷却型室温终端,包括有铜终端 8,铜终端 8 侧壁上设置有阵列分布的通孔 18,铜终端 8 顶部压紧固定有水冷极板 6,水冷极板 6 与铜终端 8 的结合面上埋设有冷却水管 1,铜终端 8 中心设有与水冷极板 6 平行并与铜终端 8 钎焊为一体的氦冷芯棒 12,氦冷芯棒 12 中心同轴设置有不锈钢棒 11,位于氦冷芯棒 12 一端在铜终端 8 端面处钎接有氦气出口管 16,氦气出口管 16 将经过氦冷芯棒 12 换热后的室温氦气收集传输至低温系统。且氦冷芯棒 12 一端向氦冷芯棒 12 另一端线切割多道辐条状分布在不锈钢棒 11 周围的氦冷却流道,不锈钢棒 11 在氦气出口管 16 内的棒端上连接有焊接固定块 13,铜终端 8 内还设置有中心轴线与氦冷芯棒 12 中心轴线平行的电流引线内部真空腔 20,位于氦气出口管 16 所在的铜终端 8 端面上钎焊有与电流引线内部真空腔 20 一端腔口连通的测量线出口 14,测量线出口 14 上连接有供测量线焊接的真空插座 15,位于氦气出口管 16 所在的铜终端 8 端面上还埋入有多个加热棒 17,还包括有连接在金属管 10 上的真空抽口 9,真空抽口 9 通过金属管 10 沿与电流引线内部真空腔 20 中心轴线垂直的方向钎焊在铜终端 8 上,且真空抽口 9 通过金属管 10 在铜终端 8 内与电流引线内部真空腔 20 连

通。

[0019] 位于铜终端8另一端,即未安装有氦气出口管16的一端套装有连接法兰7,连接法兰可以与电流引线法兰组件连接。

[0020] 水冷极板6与铜终端8结合的结合面上设置有S形水冷槽,冷却水管1以与水冷槽匹配的形状埋设在水冷槽内锡焊连接。

[0021] 铜终端8顶部孔内埋入有多个螺套5,水冷极板6通过多个与连接螺套5一一对应的螺栓2压紧固定在铜终端8顶部,且每个螺栓2顶部栓沿与水冷极板6之间分别设有弹性垫片3与平垫片4对水冷极板保持压力。

[0022] 参见图2,本发明中冷却水管1弯曲成“S”形后埋入水冷极板6锡焊,水冷极板6通过螺栓2、垫片3,4以及螺套5固定在铜终端8上;参见图3,氦冷芯棒12线切割氦冷却流道,中心由不锈钢棒11堵塞,一头焊接固定块13,芯棒12真空钎焊于铜终端8;参见图1,真空抽口9氩弧焊于管10后钎焊于铜终端8后与电流引线的内部真空腔连通;测量线出口14钎焊于铜终端后也与电流引线的内部真空腔连通,测量线出口14与真空插座15密封圈密封连接,测量线焊接于真空插座,一对加热棒17埋入铜终端18内。

[0023] 本发明中,室温终端外部连接水冷极板,内部钎焊氦冷芯棒。所述的室温终端,即铜终端具有双侧大平面,阵列的通孔贯穿终端,电源母排与铜终端通过螺栓连接,大面积的接头与强螺栓的连接有利于接头电阻的降低。所述的水冷极板与铜终端通过螺栓压紧连接,水冷极板与铜终端结合面一侧布置弯曲的水冷槽,不锈钢水管锡焊于水冷极板。水冷极板也采用导热性好的铜,水管内通循环冷却去离子水,铜终端焦耳热将通过不断循环的去离子水带走;同时在终端温度过低时循环的去离子水也可以将冷量带走,避免铜终端过冷结冰,为处理故障态下室温终端结冰或者低温天气下系统处于非运行状态后存水结冰问题,室温终端埋入加热棒来预先除冰,保障系统运行。所述的氦冷芯棒线切割加工辐射阵列的线槽氦流道,中心由不锈钢棒材封堵,氦冷芯棒与铜终端钎焊,正常运行时通过电流引线阻性换热器进行过热交换的氦回气温度一般仍低于铜终端的温度,铜终端的氦流道将进一步与相对较低的氦回气进行换热,由于线切割的线槽缝隙窄,最低可到0.2mm,因此流道的水力直径非常低,有利于换热系数的提高。所述的真空抽口与铜终端钎焊,真空抽口与电流引线的内部真空腔连通,正常运行前对内部抽真空后通过开关阀关紧维持真空。所述的测量线出口也与电流引线的内部真空腔连通,即电流引线内部空腔既是真空通道也是测量线通道,测量线出口与真空插座密封圈密封连接,测量线焊接于真空插座,两个真空插座分别作为正常使用于备份使用,当发现有信号采集异常时可以及时切换至备份插座。

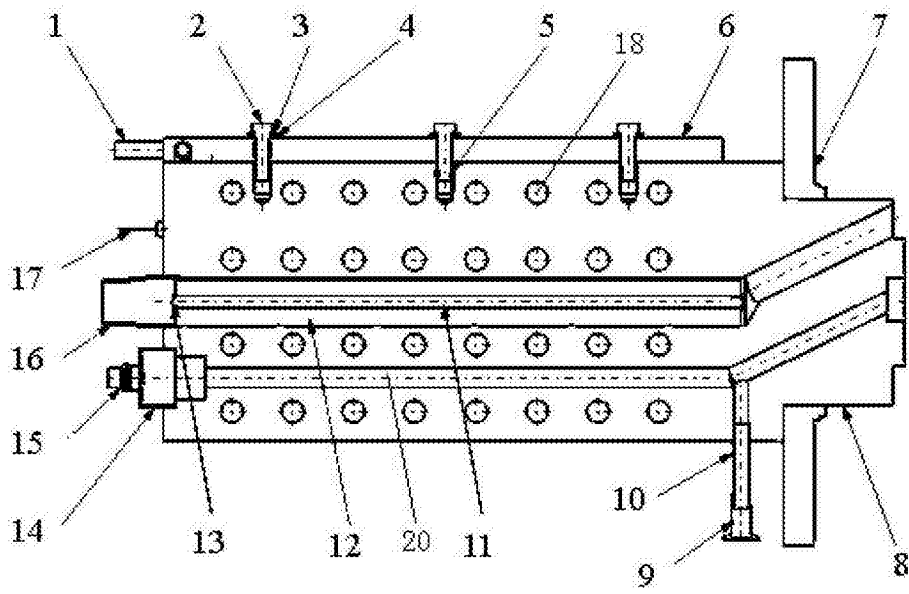


图 1

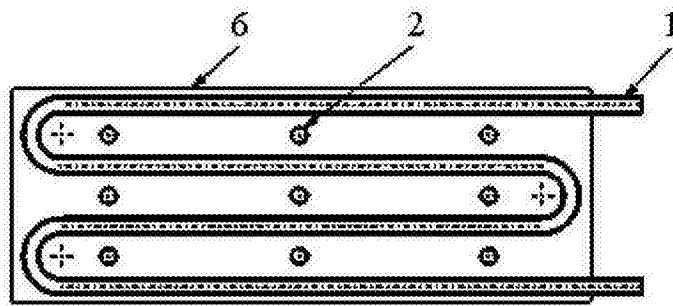


图 2

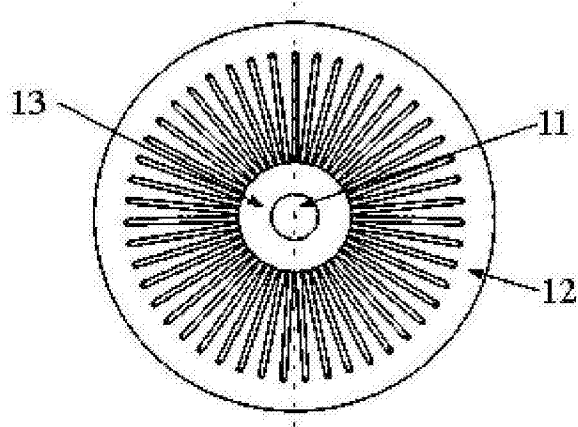


图 3