

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F17C 1/12 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810100557.7

[43] 公开日 2008年11月19日

[11] 公开号 CN 101307862A

[22] 申请日 2008.5.12

[21] 申请号 200810100557.7

[71] 申请人 中国科学院等离子体物理研究所
地址 230031 安徽省合肥市蜀山湖路350号
1126信箱

[72] 发明人 王良斌 周超 许春雷 宋云涛

[74] 专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理有限公司
代理人 余成俊

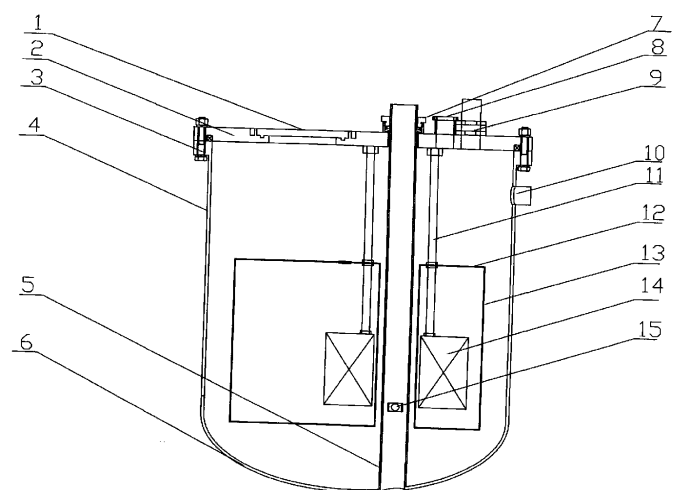
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

[54] 发明名称

便于装卸的传导冷却超导磁体杜瓦

[57] 摘要

本发明涉及便于装卸的传导冷却超导磁体杜瓦，包括有杜瓦筒体，其特征在于：所述的杜瓦筒体为中空环形筒体，环形筒体中间为室温孔，杜瓦筒体中安装有环筒形状的铜冷屏，铜冷屏内安装有制冷机与超导磁体，所述的杜瓦筒体上有真空抽口，杜瓦筒体上盖上安装有测量器件，杜瓦筒体中处于真空状态。本发明比传统杜瓦容器简单，传导漏热小，而且具有便于安装和拆卸的优点；运用制冷机传导冷却，没有低温液体（例如液氦等）冷却系统，系统简单、安全，制冷机的一级冷头工作在77K下，可实现对铜冷屏、电引线及支撑装置的热沉；与制冷机连接处用软连接，减少制冷机震动引起的磁体温度升高；制备、加工、安装过程易于操作，适于规模生产。



- 1、 便于装卸的传导冷却超导磁体杜瓦，包括有杜瓦筒体，其特征在于：所述的杜瓦筒体为中空的环形筒体，环形筒体中间为室温孔，杜瓦筒体中安装有环筒形状的铜冷屏，杜瓦筒体上端安装有上盖法兰，铜冷屏上端安装有上盖，所述的杜瓦筒体的上盖法兰与铜冷屏上盖上均设有安装制冷机的接口，所述的上盖法兰、上盖之间安装有支撑杆，支撑杆下端连接超导磁体，超导磁体位于铜冷屏内，所述的杜瓦筒体上有真空抽口，杜瓦筒体上盖上安装有测量器件，杜瓦筒体中处于真空状态。
- 2、 根据权利要求1所述的便于装卸的传导冷却超导磁体杜瓦，其特征在于所述的上盖法兰与其它部件接合处均采用威尔逊密封，上盖法兰与杜瓦筒体之间有弹性减震垫片。
- 3、 根据权利要求1所述的便于装卸的传导冷却超导磁体杜瓦，其特征在于所述的支撑杆采用环氧玻璃钢材料。
- 4、 根据权利要求1所述的便于装卸的传导冷却超导磁体杜瓦，其特征在于所述的室温孔为偏心室温孔。
- 5、 根据权利要求1所述的便于装卸的传导冷却超导磁体杜瓦，其特征在于所述的铜冷屏壳体外壁和铜冷屏上盖上开有条形槽。
- 6、 根据权利要求5所述的便于装卸的传导冷却超导磁体杜瓦，其特征在于所述的铜冷屏壳体内壁上均匀开有四个宽度为2mm的条形槽；上盖上也开有条形槽，铜冷屏内、外壁均附有绝热材料。

便于装卸的传导冷却超导磁体杜瓦

技术领域

本发明涉及一种低温杜瓦容器，属于低温工程和超导应用领域；特别是一种便于装卸的传导冷却超导磁体杜瓦，用于传导冷却超导磁体，实现强磁场的获得和应用。

背景技术

目前，在贮存、输运和超导磁体实验中使用的低温杜瓦容器中，多以传统的利用低温液体蒸发冷却的双层壁真空绝热容器为主，并且多以焊接的方式密封，在便于装卸、故障排除及维护方面存在一定的弊端。

传统的低温超导磁体是用低温液体进行冷却的。由于使用低温液体进行冷却，使得超导磁体的结构比较复杂，在运行过程中要不断的补充低温液体，致使操作比较繁琐，运行成本也较高。低温液体，尤其液氮的价格是比较昂贵的，我国氮资源紧缺，液氮价格持续上升。这些因素严重阻碍着超导磁体技术的普及和以超导磁体技术为基础的相关技术的发展。

由于小型制冷机技术的突破和高温超导电流引线的出现，近十年来传导冷却超导磁体技术得到了快速发展，目前在很多应用领域，传导冷却磁体已经或正在取代浸泡冷却磁体。

随着超导技术和制冷技术的发展以及对高磁场的需求，结构简单、操作简便、由制冷机进行冷却的超导磁体技术日益受到关注。直接冷却不同于低温液体冷却模式的特点在于，它省去了低温液体冷却方式中庞大的低温系统与设备，同时消除了低温液体蒸发所带来的危险，而且可以将磁体降温到 77K 以下，提高磁体的临界电流来实现高磁场，从而使超导低温系统紧凑、高效、安全、方便，有利于实现超导器件与低温装置一体化，是高温超导低温技术的发展方向，因此传导冷却的超导磁体系统在许多领域有广阔的应用前景，例如超导磁分离污水处理

理应用、研究在磁场下的材料合成和化学反应、研究磁场对生物细胞的影响以及军事研究等。

鉴于传导冷却的超导磁体系统的发展，低漏热和结构简单的杜瓦日益显得重要。

发明内容

本发明的目的是提供一种便于装卸的传导冷却超导磁体杜瓦，本发明利用传导冷却的方式替代低温液体冷却，极大简化了结构，实现了高真空，减少了漏热，解脱了对低温液体的依赖和高成本运行；同时，杜瓦部件可以拆卸，维护方便。

本发明的技术方案如下：

便于装卸的传导冷却超导磁体杜瓦，包括有杜瓦筒体，其特征在于：所述的杜瓦筒体为中空环形筒体，环形筒体中间为室温孔，杜瓦筒体中安装有环筒形状的铜冷屏，杜瓦筒体上端安装有上盖法兰，铜冷屏上端安装有上盖，所述的杜瓦筒体的上盖法兰与铜冷屏上盖上均设有安装制冷机的接口，所述的上盖法兰、上盖之间安装有支撑杆，支撑杆下端连接超导磁体，超导磁体位于铜冷屏内，所述的杜瓦筒体上有真空抽口，杜瓦筒体上盖上安装有测量器件，杜瓦筒体中处于真空状态。

所述的上盖法兰与其它部件接合处均采用威尔逊密封，上盖法兰与杜瓦筒体之间有弹性减震垫片。

所述的支撑杆采用环氧玻璃钢材料。

所述的室温孔为偏心室温孔。

所述的铜冷屏壳体外壁和铜冷屏上盖上开有条形槽。

所述的铜冷屏壳体内壁上均匀开有四个宽度为 2mm 的条形槽；上盖上也开有条形槽，铜冷屏内、外壁均附有绝热材料。

本发明的电流引线采用铜-高温超导体-铜二元复合结构，引线中间接头在冷屏处（77K）和二级冷头处各热沉一次，从而引线向二级冷头以及电流引线向超导磁体的漏热可以做到比气冷引线低的多的水平。

铜冷屏壳体整体开一贯穿整个上半部的槽，以减少励磁以及运行时电流变化引起的磁场变化，从而产生的涡流电流，并在磁场集中分布的内壁圆周均布 4

个宽度为 2mm 的槽，阻断大的涡流电流以及局部涡流，从而减少涡流热。

铜冷屏内壁绝热材料在 20 层左右，外壁 80-100 层，包绝热层前先将吸附剂紧贴冷屏表面，并防止热短路现象。

铜冷屏内表面（向低温区热辐射面）抛光，以减少辐射传热，保证磁体的温度，防止超导线圈失超。

虽然可以利用制冷机不断的运行来对超导磁体系统降温以保持磁体的运行温度，但是这种制冷机传导冷却的磁体处在真空环境中，由于扰动或磁体励磁时的交流损耗都容易使磁体的温度升高，若扰动较大或励磁速度过快，磁体就很容易失超，本发明采用软无氧铜导冷辫，即增加导冷效果，减少冷头与磁体之间的温差，并且减少制冷机震动引起的磁体震动从而引起的磁体产热和温度升高。

在电流引线和铜冷屏、二级冷头之间实现热沉时，连接处垫氮化铝陶瓷垫片，即起到电绝缘作用，又有良好的热导。

在制冷机冷头和被冷件的连接处，增加横截面积，减少导热长度，以提高导热效果，减小两者之间的温差，从而实现超导磁体正常运行的温度要求。

外真空杜瓦各焊接处均采用氩弧焊，并做后续清理，不仅满足真空要求，还要满足强度要求。

环氧玻璃钢支撑杆本身导热效果差，并在铜冷屏处实现一次热沉，其两端是双旋向螺纹，可省去螺栓紧固，减少低温部分的热容，减少预冷时间，并且使结构简单，紧密性高。

制冷机接口，螺栓连接的螺纹孔不贯穿上盖法兰，以及矩形密封圈，以保证高真空要求，并且在制冷机与上盖法兰间加橡皮垫片，减少震动向杜瓦整体的传递，减少震动噪声，从而减少磁体震动引起的线圈涡流热。

本发明的杜瓦筒体上设有真空抽口，抽真空时连接真空阀，抽好真空后，用双 O 型圈密封块堵住真空抽口，可卸下真空阀门，方便实用。

上法兰的连接件均采用可装卸连接方式，如：电流引线、室温孔密封采用威尔逊密封；测量信号引线采用可插拔式真空密封插座。

系统安装时，按材料的低温下形变，留有余量，以保证在低温变形以后，仍保证各连接件连接强度、导热或绝热要求。

在室温孔中可安装一些特别的装置，进行科学研究和实际应用。例如，在室温孔中安装可磁化丝网装置，进行磁分离污水处理；安装材料化学实验装置，可研究在磁场下的材料合成和化学反应；安装生物实验装置，可研究磁场对生物细胞的影响；安装军事实验装置，可进行军事研究等。

采用液氮浸泡冷却超导磁体的固有的不便之处不可避免，使得超导磁体系统仍然较复杂。用小型制冷机来冷却超导磁体，则可以极大地简化系统的复杂性，使系统紧凑并避免使用液氮带来的问题，这类系统在有电力供应的地方便能使用。本发明结构简单、漏热小，可以实现反复装卸，使故障排除、设备系统优化以及维护等方面变的简单。在实际应用、军事研究和科学实验研究中有一定的优势，并且适合规模生产。

在利用 ANSYS 软件模拟中，本系统满足应力和形变需求，在漏热和传热冷却计算中，得出利用一级冷量 45W（77K 下），二级冷量 6W（20K 下）的 GM 制冷机，可以保证系统向冷屏漏热在 25W 以下，向磁体漏热在 3W 以下，实现冷屏工作在 77K，保证 Bi2223 高温超导磁体运行于 20K。在高温超导磁体实现强磁场的应用方面有一定实用性。该杜瓦装置可实现垂直和水平放置，重复利用率较高，性能稳定。

附图说明：

图 1 为本发明结构示意图。

具体实施方式

参见图 1，便于装卸的传导冷却超导磁体杜瓦，包括有杜瓦筒体 4，杜瓦筒体 4 为中空环形筒体，环形筒体中间为偏心室温孔 5，杜瓦筒体 4 中安装有环筒形状的铜冷屏 13，杜瓦筒体 4 上端用螺栓 3 安装到上盖法兰 2 上、下端与标准封头 6 焊接。上盖法兰 2 上设有安装制冷机的接口 1。上盖法兰 2、上盖 12 之间安装有环氧树脂支撑杆 11，支撑杆 11 下端连接超导磁体 14，超导磁体 14 位于铜冷屏 13 内。杜瓦筒体 4 与超导磁体间装有环氧树脂支撑杆 15，环氧树脂支撑杆 15 是为了水平放置时限位而用。杜瓦筒体 4 上有真空抽口 10，上盖法兰 2 上安装有测量器件 8。铜冷屏 13 外壁上开有四个宽度为 2mm 的条形槽；铜冷屏 13 内壁绝热材料在 20 层左右，外壁 80-100 层，包绝热层前先将吸附剂

紧贴冷屏表面；铜冷屏 13 内表面抛光。

上盖法兰 2 与室温孔 5 之间、电流引线接口与上盖法兰 2 之间均采用威尔逊密封 7、9。

按照设计的位置和角度安装杜瓦的支撑部分，以保证杜瓦的形变、应力以及导热和漏热满足设计要求。

在装卸时，拆卸顺序和安装顺序正好相反，尽量避免螺纹的破损，每次更换密封圈和导热器件，以保证重复利用的时候，达到好的效果。

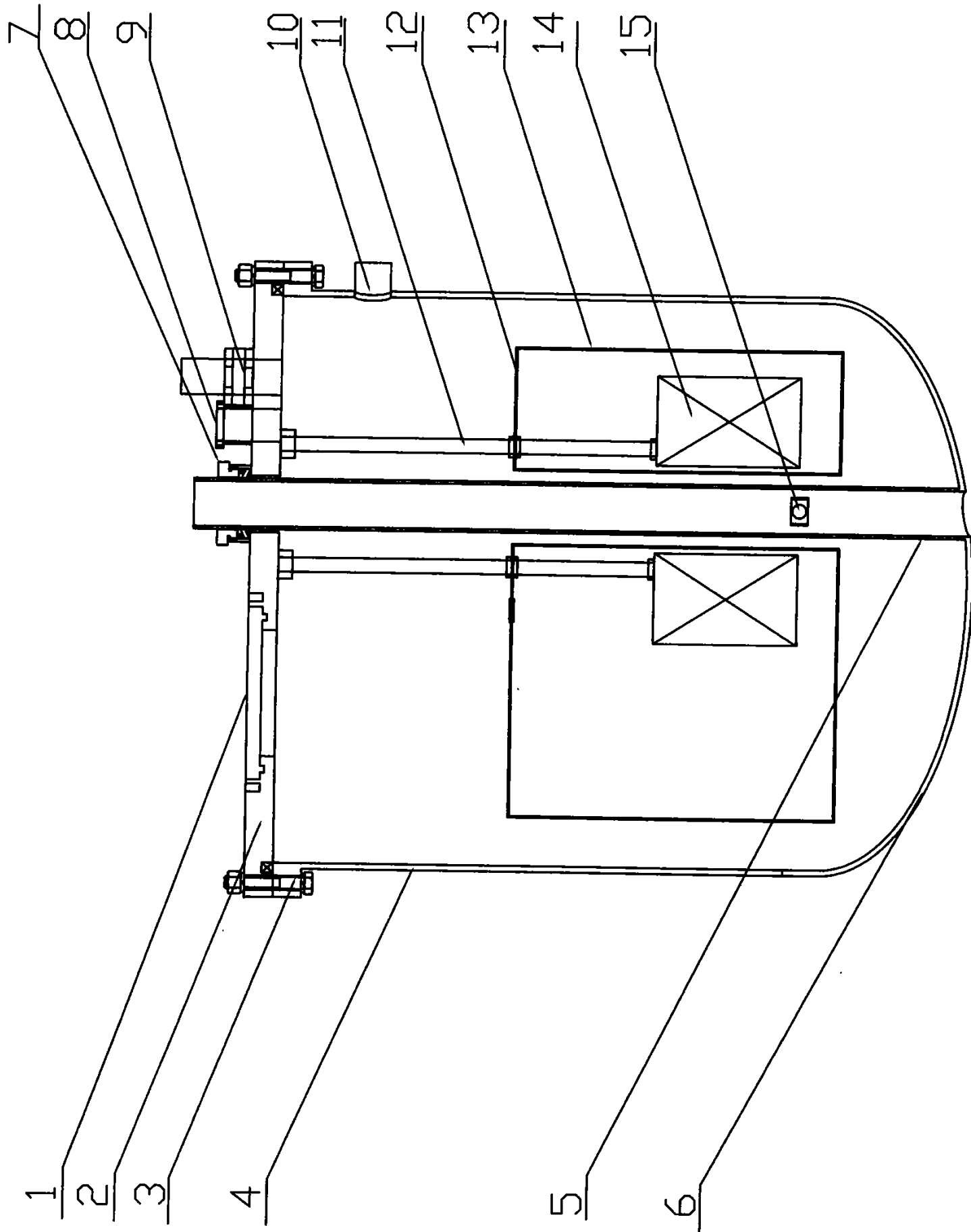


图 1