



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107238627 B

(45)授权公告日 2020.03.27

(21)申请号 201710399622.X

(22)申请日 2017.05.31

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107238627 A

(43)申请公布日 2017.10.10

(73)专利权人 中国科学院上海应用物理研究所
地址 201800 上海市嘉定区嘉罗公路2019号

(72)发明人 曲世祥 何兆忠 陈堃 吴燕华

(74)专利代理机构 上海智信专利代理有限公司
31002

代理人 邓琪

(51)Int.Cl.

G01N 25/48(2006.01)

G01M 10/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 104966536 A, 2015.10.07,
CN 106441797 A, 2017.02.22,
CN 104568484 A, 2015.04.29,
CN 201222041 Y, 2009.04.15,
CN 106482973 A, 2017.03.08,
CN 103337264 A, 2013.10.02,
CN 103196945 A, 2013.07.10,
CN 105716896 A, 2016.06.29,
CN 104457854 A, 2015.03.25,
王雷等.熔盐自然循环回路热损失功率实验及计算.《核技术》.2016,第39卷(第8期),
080601 1-7.

李松等.沥青库EPC工程导热油热力系统设计及优选.《规划设计》.2016,第35卷(第12期),
27-30.

审查员 张瑞

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

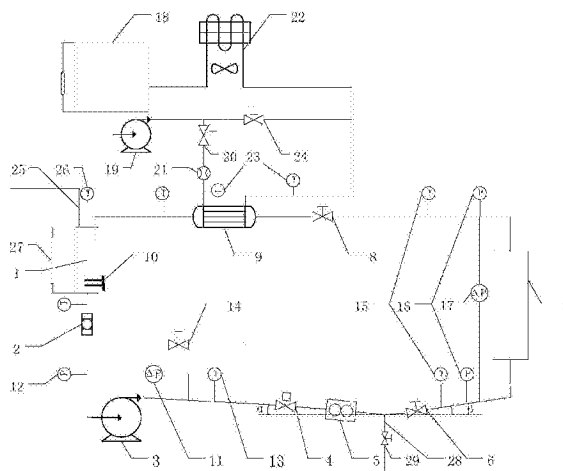
(54)发明名称

导热油工质强迫循环综合实验回路系统

(57)摘要

一种导热油工质强迫循环综合实验回路,包括以Dowtherm-A导热油为工质的主实验回路、以水为工质的冷却循环回路以及数据采集和控制系统。其主实验回路包括按工质流动方向连接的导热油箱、离心泵、调节阀、流量计、实验本体段和换热器;冷却循环回路则包括冷却剂箱、离心泵、调节阀、流量计、换热器和空冷塔。导热油通过离心泵从导热油箱引出,经调节阀调节流量后再经流量计进入实验本体段,最后通过换热器冷却后回到导热油箱,形成闭合的强迫循环流动。而冷却循环回路则通过换热器与主回路连接,排出主实验回路热量。本发明可模拟FLiBe的流动换热特性,操作简单,经济安全,测量精度高,可用于开展熔盐堆球床堆芯和管道对流换热及关键设备流动阻力的实验研究。

CN 107238627 B



1. 一种导热油工质强迫循环综合实验回路,其特征在于,

所述导热油工质强迫循环综合实验回路包括:一主实验回路和一冷却循环回路以及所述两回路外接的数据采集和控制系统,所述主实验回路以Dowtherm-A导热油为工质,冷却循环回路以水为工质,所述主实验回路包括按照导热油流动的方向顺次连接的一导热油箱(1)、一过滤器(2)、一第一离心泵(3)、一第一调节阀(4)、一第一流量计(5)、一第一截止阀(6)、一实验本体段(7)、一第二截止阀(8)和一换热器(9);所述冷却循环回路包括按照工质流动方向顺次连接的一冷却剂箱(18),一第二离心泵(19)、一第三调节阀(20),一第二流量计(21)、换热器(9)和一空冷塔(22),其中,所述主实验回路和冷却循环回路通过所述换热器(9)进行热交换;所述的换热器(9)的一侧工质为所述的导热油、另一侧的工质为水;所述的换热器(9)的水侧的进出口各布置有一第三热电偶(23);

所述主实验回路采用Dowtherm-A导热油代替FLiBe为工质,用来模拟FLiBe的流动换热特性;

其中,所述导热油箱(1)安装于主实验回路的最高位置,其顶部设有深入所述导热油箱(1)的进口管(102)以及一排气管(25),其底部设有一出口管(104);所述导热油箱(1)的内部布置有一加热器(10)、一插入式热电偶(26)和一防爆液位计(27);所述主实验回路中的第一离心泵(3)与一第一压差传感器(11)以及一第二调节阀(14)相并联,所述的第一离心泵(3)进口安装有一第一压力传感器(12)、出口安装有一第一热电偶(13);所述冷却循环回路还包括一第四调节阀(24),所述的第四调节阀(24)与所述的第二离心泵(19)并联布置。

2. 根据权利要求1所述的导热油工质强迫循环综合实验回路,其特征在于,所述进口管(102)深入导热油箱(1)高度方向三分之一处,且进口管(102)端口焊接倾斜倒流片;所述加热器(10)为法兰式电加热器,其与底面的距离等于导热油箱(1)高度的约四分之一处。

3. 根据权利要求1所述的导热油工质强迫循环综合实验回路,其特征在于,所述第一离心泵(3)为化工离心泵,所述的第一调节阀(4)、第二调节阀(14)为等百分比调节阀,所述的第一截止阀(6)、所述的第二截止阀(8)为手动截止阀,所述的第三调节阀(20)、第四调节阀(24)为电动调节阀,所述的第一流量计(5)为质量流量计,所述的第二流量计(21)为电磁流量计,所述的换热器(9)为板式换热器。

4. 根据权利要求1所述的导热油工质强迫循环综合实验回路,其特征在于,所述实验本体段(7)竖直布置,其两端分别布置有第二热电偶(15)、第二压力传感器(16),所述的实验本体段(7)并与第二压差传感器(17)相并联。

5. 根据权利要求1所述的导热油工质强迫循环综合实验回路,其特征在于,所述主实验回路设有一位于第一流量计(5)与所述的第一截止阀(6)之间的排污管(28),所述排污管(28)上端位于所述的主实验回路的最低点,并且所述的排污管(28)上设有手动调节阀(29)。

6. 根据权利要求5所述的导热油工质强迫循环综合实验回路,其特征在于,设于所述第一离心泵(3)出口和所述排污管(28)之间的管道与水平面形成一夹角 α ,设于所述实验本体段(7)最低点到所述的排污管(28)之间的管道与水平面形成一夹角 β ,所述的夹角 α 和 β 角度均大于0度小于10度。

7. 根据权利要求1所述的导热油工质强迫循环综合实验回路,其特征在于,所述主实验回路中除所述的实验本体段(7)外的管线上缠绕硅酸铝纤维保温棉,保温棉外采用铝片包

裹。

8. 一种应用权利要求1所述导热油工质强迫循环综合实验回路的实验方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1:关闭主实验回路的实验本体段(7)两端的第一截止阀(6)和第二截止阀(8),开启手动截止阀(29),待排空实验本体段内导热油后,更换安装实验本体段(7),安装完成后开启第一截止阀(6)和第二截止阀(8)以使主回路连通,开启主实验回路中的第一调节阀(4)以使Dowtherm-A导热油工质流入主实验回路;

S2:开启主实验回路中的第一调节阀(4)和第二调节阀(14);

S3:开启第一离心泵(3),观察第一流量计(5)流量,调节第一调节阀(4)以控制主实验回路流量;开启加热器(10)以使回路升温;

S4:开启第三调节阀(20)、第四调节阀(24)、第二离心泵(19)及空冷塔,同时关闭加热器(10);

S5:开启实验本体段(7)的内部加热器并将加热功率调节到对应实验工况功率,调节第一调节阀(4)及第二调节阀(14)的开度,使主实验回路流量达到对应实验工况流量,调节第三调节阀(20)及第四调节阀(24)控制冷却循环回路流量,进而控制主实验回路实验本体段(7)入口温度稳定在对应实验工况温度;

S6:采集对应实验工况下的数据,包括第一流量计(5),分别设于所述实验本体段(7)两端的第二热电偶(15)、第二压力传感器(16)、第二压差传感器(17)的数据以及实验本体段(7)内温度及加热功率数据;

S7:重复步骤S5及S6,开始下一实验工况的实验;

S8:实验全部完成后,关闭第一截止阀(6)和第二截止阀(8),开启手动截止阀(29)以排空实验本体段内导热油。

9. 根据权利要求8所述的实验方法,其特征在于,所述步骤S3中,所述主实验回路流量控制在 $5\text{m}^3/\text{h}$ 以内,回路温升至 70°C 。

10. 根据权利要求8所述的实验方法,其特征在于,所述步骤S5中,所述对应实验工况温度为 75°C 。

导热油工质强迫循环综合实验回路系统

技术领域

[0001] 本发明涉及高温熔盐堆领域验证性实验研究技术领域中的一种高温熔盐工质在熔盐堆系统设备中流动换热特性的实验研究系统,更确切地说是一种导热油工质强迫循环综合实验回路系统。

背景技术

[0002] 钍基熔盐堆因其在安全性、经济性及可持续性方面的优势被列为第四代核能系统重点发展的堆型。其一回路冷却剂采用高温熔盐FLiBe。熔盐堆开发过程中堆芯与管道的对流换热及关键设备的流动阻力特性是钍基熔盐堆设计及安全验证的关键参数,关系到熔盐反应堆的热效率及安全。因而需要对关键系统与设备的特性开展相关的热工水力实验研究,对堆芯与管道的对流换热及关键设备的流动阻力特性进行测量。目前存在的关于对流换热及流动阻力特性公式多是以水或空气作为介质获得,水或空气等工质物性与熔盐FLiBe相差较远,因此目前获得的公式适用范围无法满足熔盐工质工况。而高温熔盐FLiBe在其工作温度下(700℃)具有较强的腐蚀性及毒性,并且压力,压差等关键参数测量仪表精度较差,目前高温熔盐还不存在商用测量压力压差的传感器,流量测量多采用非接触式的超声波流量计,但该流量计用于测量熔盐工质时的精度无法保证,这给采用FLiBe为实验工质开展堆芯与管道的对流换热及关键设备的流动阻力特性研究带来较大困难。此外,目前还不存在以FLiBe熔盐作为实验工质的研究熔盐堆堆芯与管道的对流换热及关键设备的流动阻力特性研究实验回路。目前核反应堆领域开展的实验研究为避免失真现象,多采用与原型相同流体进行几何比例分析,尤其针对对流换热存在的形象中,仅进行几何上的缩放,针对不同流体的比例分析研究较少。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种导热油工质强迫循环综合实验回路及实验方法,以解决由于现有熔盐FLiBe高温下具有腐蚀性和毒性,测量仪表缺乏和精度较差,难以搭建堆芯与管道对流换热实验和关键设备的流动阻力实验平台的问题。

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种导热油工质强迫循环综合实验回路,该导热油工质强迫循环综合实验回路包括一主实验回路和一冷却循环回路以及该两回路外接的数据采集和控制系统,所述主实验回路以Dowtherm-A导热油为工质,冷却循环回路以水为工质。本实验回路设计过程中不仅考虑了几何比例分析,主要还引入了流体间的模化分析,并进行了严格的失真分析,同时采用数值模拟方法对模化分析结果进行了验证,最终选取导热油Dowtherm-A作为本实验回路的实验工质,确保该导热油工质强迫循环综合实验回路的运行工况可以完全满足熔盐堆堆芯与管道对流换热和关键设备流动阻力测量的要求。所述主实验回路包括按照导热油流动的方向顺次连接的一导热油箱、一过滤器、一第一离心泵、一第一调节阀、一第一流量计、一第一截止阀、一实验本体段、一第二截止阀和一换热器;所述冷却循环回路包括按照工质流动方向顺次连接的一冷却剂箱,一第二离心泵、

一第三调节阀,一第二流量计、换热器和一空冷塔,其中,所述主实验回路和冷却循环回路通过所述换热器进行热交换;所述的换热器的一侧工质为所述的导热油、另一侧的工质为水;所述的换热器的水侧的进出口各布置有一第三热电偶。

[0005] 优选地,所述导热油箱安装于主实验回路的最高位置,其顶部设有深入该导热油箱的进口管以及一排气管,其底部设有一出口管;该导热油箱的内部布置有一加热器、一插入式热电偶和一防爆液位计。

[0006] 优选地,所述进口管深入导热油箱高度方向三分之一处,且进口管端口焊接倾斜倒流片;所述加热器为法兰式电加热器,其与底面的距离等于导热油箱高度的约四分之一处。

[0007] 优选地,所述主实验回路中的第一离心泵与一第一压差传感器以及第二调节阀相并联,该第一离心泵进口安装有一第一压力传感器、出口安装有一第一热电偶。

[0008] 优先地,所述冷却循环回路还包括一第四调节阀,所述的第四调节阀与所述的第二离心泵并联布置。

[0009] 优选地,所述第一离心泵为化工离心泵,所述的第一调节阀、第二调节阀为等百分比调节阀,所述的第一截止阀、所述的第二截止阀为手动截止阀,所述的第三调节阀、第四调节阀为电动调节阀,所述的第一流量计为质量流量计,所述的第二流量计为电磁流量计,所述的换热器为板式换热器。

[0010] 优选地,所述实验本体段竖直布置,其两端分别布置有第二热电偶、第二压力传感器,该实验本体段并与第二压差传感器相并联。

[0011] 优选地,所述主实验回路设有一位于第一流量计与所述的第一截止阀之间的排污管,所述排污管上端位于所述的主实验回路的最低点,并且所述的排污管上设有手动调节阀。

[0012] 优选地,设于所述第一离心泵出口和所述排污管之间的管道与水平面形成一夹角 α ,设于所述实验本体段最低点到所述的排污管之间的管道与水平面形成一夹角 β ,所述的夹角 α 和 β 角度均大于0度小于10度。

[0013] 优选地,所述主实验回路中除所述的实验本体段外的管线上缠绕硅酸铝纤维保温棉,保温棉外采用铝片包裹。

[0014] 本发明还提供了一种上述导热油工质强迫循环综合实验回路的实验方法,包括以下步骤:

[0015] S1:关闭主实验回路的实验本体段两端的第一截止阀和第二截止阀,开启手动截止阀,待排空实验本体段内导热油后,更换安装实验本体段,安装完成后开启第一截止阀和第二截止阀以使主回路连通,开启主实验回路中的第一调节阀以使Dowtherm-A导热油工质流入主实验回路;

[0016] S2:开启主实验回路中的第一调节阀和第二调节阀;

[0017] S3:开启第一离心泵,观察第一流量计流量,调节第一调节阀以控制主实验回路流量;开启加热器以使回路升温;

[0018] S4:开启第三调节阀、第四调节阀、第二离心泵及空冷塔,同时关闭加热器;

[0019] S5:开启实验本体段的内部加热器并将加热功率调节到对应实验工况功率,调节第一调节阀及第二调节阀的开度,使主实验回路流量达到对应实验工况流量,调节第三调

节阀及第四调节阀控制冷却循环回路流量,进而控制主实验回路实验本体段入口温度稳定在对应实验工况温度;

[0020] S6:采集对应实验工况下的数据,包括第一流量计,分别设于所述实验本体段两端的第二热电偶、第二压力传感器、第二压差传感器的数据以及实验本体段内温度及加热功率数据;

[0021] S7:重复步骤S5及S6,开始下一实验工况的实验;

[0022] S8:实验全部完成后,关闭第一截止阀和第二截止阀,开启手动截止阀以排空实验本体段内导热油。

[0023] 所述步骤S3中,主实验回路流量控制在 $5\text{m}^3/\text{h}$ 以内,回路温升至约 70°C 。

[0024] 所述步骤S5中,对应实验工况温度为 75°C 左右。

[0025] 本发明提供的导热油工质强迫循环综合实验回路,用导热油Dowherm-A代替FLiBe作为主实验回路的工质开展堆芯与管道对流换热实验和关键设备的流动阻力实验研究,可以在与FLiBe物性相似的较低温度下(75°C)模拟FLiBe的流动换热特性,从而使本发明的主实验回路可选用市面上相对成熟并且测量精度高的设备及测量仪器仪表,实验操作难度大大降低,测量精度提高。此外,本发明的导热油工质强迫循环综合实验回路还包括数据采集和控制系统,实现远程的数据采集和控制。本导热油工质强迫循环综合实验回路除可开展堆芯与管道对流换热实验外,还可用于关键设备的流动阻力实验研究。

附图说明

[0026] 为了更清楚地说明本发明实施例,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的技术方案。

[0027] 图1为根据本发明的一个实施例的导热油工质强迫循环综合实验回路的结构示意图;

[0028] 图2为如图1所示的导热油工质强迫循环综合实验回路的导热油箱的结构示意图。

[0029] 附图标记:

[0030] 1、导热油箱;2、过滤器;3、第一离心泵;4、第一调节阀;5、第一流量计;

[0031] 6、第一截止阀;7、实验本体段;8、第二截止阀;9、换热器;10、法兰式电加热器;

[0032] 11、第一压差传感器;12、第一压力传感器;13、第一热电偶;14、第二调节阀;

[0033] 15、第二热电偶;16、第二压力传感器;17、第二压差传感器;18、水箱;

[0034] 19、第二离心泵;20、第三调节阀;21、第二流量计;22、空冷塔;23、第三热电偶;

[0035] 24、第四调节阀;25、顶部布置排气管;26、插入式热电偶;27、防爆液位计;

[0036] 28、排污管;29、手动调节阀;104、出口管;102进口管;103、倒流片。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图,对本发明的优选实施例进行详细阐述,以使本发明的优点和特征能更易于被本领域技术人员理解,从而对本发明的保护范围做出更为清楚明确的界定。

[0038] 由于导热油Dowherm-A在较低温度下(75°C)与FLiBe物性相似,无量纲数相等,可以用来模拟FLiBe的流动换热特性,以导热油作为工质开展熔盐堆流动换热实验研究,相较

于温度高达700℃的高温熔盐FLiBe工质开展实验,显然实验操作难度大大降低,而测量精度却大大提高。

[0039] 基于采用Dowherm-A导热油,本发明提供了一种导热油工质强迫循环综合实验回路,该回路结合目前熔盐堆的最新设计方案,采用比例分析的方法,获得回路管道设备的结构与尺寸,该导热油工质强迫循环综合实验回路的运行工况可以完全满足熔盐堆堆芯与管道对流换热和关键设备流动阻力测量的要求。该导热油工质强迫循环综合实验回路包括一个以Dowtherm-A导热油工质为主实验回路和一个以水为工质的冷却循环回路,所述主实验回路和冷却循环回路外接数据采集和控制系统,由于数据采集和控制系统为常规试验平台中的通用技术,因而在此不再赘述。

[0040] 该主实验回路包括按照导热油流动的方向顺次连接的一导热油箱1、一过滤器2、一第一离心泵3、一第一调节阀4、一第一流量计5、一第一截止阀6、一实验本体段7、一第二截止阀8和一换热器9。

[0041] 其中,该主实验回路的导热油箱1的结构可参见图2。结合图1可知,该导热油箱1安装于实验回路的最高位置,为一圆柱结构;该导热油箱1内部安装有一法兰式电加热器10,置于该导热油箱1的下部,该法兰式电加热器10与底面的距离等于导热油箱1高度的四分之一;该导热油箱1的布置方式,使得在开启该电加热器10时,可以最大化的使该导热油箱1内部的导热油温度分布均匀化,使该主实验回路温度线性变化,且该加热器10选用法式电加热器,以使价格低廉和油箱均匀受热。导热油箱1顶部设有排气管25和进口管102,该导热油箱1的底部设有一个出口管104。该进口管102自顶部深入油箱深度三分之一处,进口管102端口焊接倾斜倒流片103,防止进入油箱的导热油依靠惯性直接进入导热油箱底部,不经导热油箱混合便再次经出口管流出导热油箱。该导热油箱1依靠对流和导流片的倒流实现了混合器的功能,简化了该主实验回路的设计。该主实验回路还包括一第二调节阀14,该第二调节阀14与该第一离心泵3并联布置,该并联布置方式可以辅助调节回路流量以及保护第一离心泵,该第一离心泵3安装有一第一压差传感器11,其进口安装有一第一压力传感器12、其出口安装有一第一热电偶13。

[0042] 所述主实验回路的实验本体段7竖直布置,该实验本体段7两端各设有一第二热电偶15、一第二压力传感器16和一第二压差传感器17,用于测量实验本体段7两端的温度、压力和压差。

[0043] 该主实验回路的第一流量计5与该第一截止阀6之间还设有一排污管28,该排污管(28)上端位于所述的主实验回路的最低点,并且该排污管28上还设有手动调节阀29。

[0044] 该第一离心泵3出口到该排污管28之间的管道与水平面形成一夹角 α ,该实验本体段7的最低点到该排污管28之间的管道与水平面形成一夹角 β ,该夹角 α 和 β 角度是小于10度的锐角,即大于0度小于10度。该设计可以用来排空回路中导热油,以便更换实验本体和维护设备,此外还可以防止在冬季温度低于10℃时导热油凝固在回路中损坏设备。

[0045] 该主实验回路除该实验本体段7外,需缠绕硅酸铝纤维保温棉,保温棉外采用铝片包裹,减少系统热损失、提高试验测量精度、保护实验人员安全。

[0046] 再请参阅图1,所述冷却循环回路为连接在所述换热器9的两端而构成的回路。其中,该冷却循环回路包括按照工质流动方向顺次连接的一水箱18,一第二离心泵19,一第三调节阀20,一第二流量计21,该换热器9,一空冷塔22;该冷却循环回路在该换热器9的一侧

工质为Dowtherm-A导热油、另一侧的工质为水;该换热器9的水侧的进出口各设有一第三热电偶23,用于测量该换热器9的两端的温度。

[0047] 该冷却循环回路还包括一第四调节阀24,该第四调节阀24与该第二离心泵19并联布置,该并联布置方式可以辅助调节回路流量以及保护第二离心泵19。

[0048] 优选地,该第一离心泵3为化工离心泵,该第一调节阀4、该第二调节阀14为等百分比调节阀,可以实现该主实验回路流量的精确控制;该第一截止阀6、该第二截止阀8为手动截止阀,该第三调节阀20、该第四调节阀24为电动调节阀用于循环回路水量控制,该第一流量计5为质量流量计,可以实现流入该实验本体导热油流量的精确测量,同时该质量流量计不受进出口段流动形式的影响而缩小该主实验回路的尺寸;该第二流量计21为电磁流量计,该换热器9为板式换热器,该板式换热器相比于传统管壳式换热器具有换热效率高,相同换热量要求下,换热面积大大缩小,减小了换热器尺寸,此外该板式换热器阻力小,该主实验回路在该板式换热器的压损较小,为该主实验回路开展大阻力实验本体的流动阻力实验提供了一定余量。

[0049] 此外,本发明还提供了一个所述导热油工质强迫循环综合实验回路的实验方法,包括以下步骤:

[0050] S1:关闭主实验回路的实验本体段7两端的第一截止阀6和第二截止阀8,更换安装实验本体段7,安装完成后开启第一截止阀6和第二截止阀8以使主回路连通,开启主实验回路中的第一调节阀4以使Dowtherm-A导热油工质流入主实验回路;

[0051] S2:开启主实验回路中的第一调节阀4和第一离心泵3,调节第一调节阀4和第二调节阀14以控制主实验回路流量;开启加热器10以控制回路温度;

[0052] 首先,调节第一调节阀4,第二调节阀14开度到30%;然后开启第一离心泵(3),观察第一流量计(5)流量,调节第一调节阀(4),控制主实验回路流量在 $5\text{m}^3/\text{h}$ 内,以便于控制回路在一较低流量便于回路升温,同时开启法兰式电加热器(10),等待回路升温到 70°C 左右,以便于接下来将回路温度控制在 75°C 的对应实验工况温度;

[0053] S3:开启第三调节阀20、第四调节阀24,开启第二离心泵19及空冷塔22,关闭加热器10;其中,所述第三调节阀20,第四调节阀24的开度调节为20%。

[0054] S4:开启实验本体段7的内部加热器并将加热功率调节到对应实验工况功率,调节第一调节阀4及第二调节阀14开度,使主实验回路流量达到对应实验工况流量,调节第三调节阀20及第四调节阀24控制冷却循环回路流量,进而控制主实验回路实验本体段7入口温度稳定在 75°C 的左右的实验工况温度;由于导热油Dowtherm-A在该温度下(75°C 左右)与FLiBe物性相似,用导热油Dowtherm-A代替FLiBe作为主实验回路的工质开展堆芯与管道对流换热实验和关键设备的流动阻力实验研究,无量纲数相等,可以用来在较低温度下模拟FLiBe的流动换热特性,从而使本发明的主实验回路可选用市面上相对成熟并且测量精度高的测量水的压力压差及流量传感器。

[0055] S5:采集对应实验工况下设于第一调节阀4的第一流量计5,分别设于所述实验本体段7两端的第二热电偶15、第二压力传感器16、第二压差传感器17以及实验本体段7内温度及加热功率数据;

[0056] S6:重复步骤S3及S4,开始下一实验工况实验;

[0057] S7:实验全部完成后,关闭第一截止阀6和第二截止阀8,开启手动截止阀29以排空

实验本体段内导热油。

[0058] 以上所述,仅为本发明的较佳实施例,并非用以限定本发明的范围,本发明的上述实施例还可以做出各种变化。在系统允许的情况下,本发明可以扩展为同时外接更多的功能模块,从而最大限度扩展其功能。即凡是依据本发明申请的权利要求书及说明书内容所作的简单、等效变化与修饰,皆落入本发明专利的权利要求保护范围。本发明未详尽描述的均为常规技术内容。

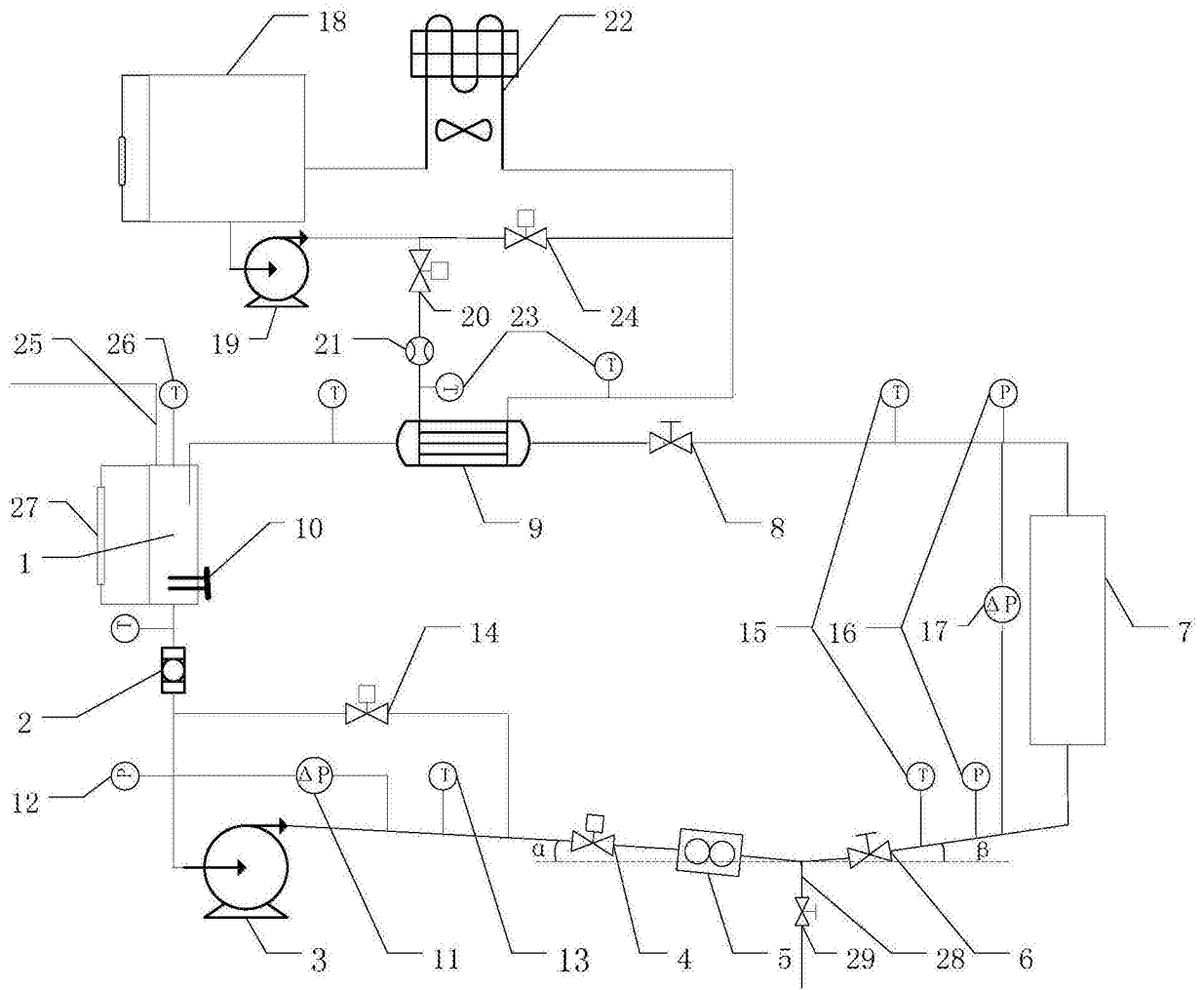


图1

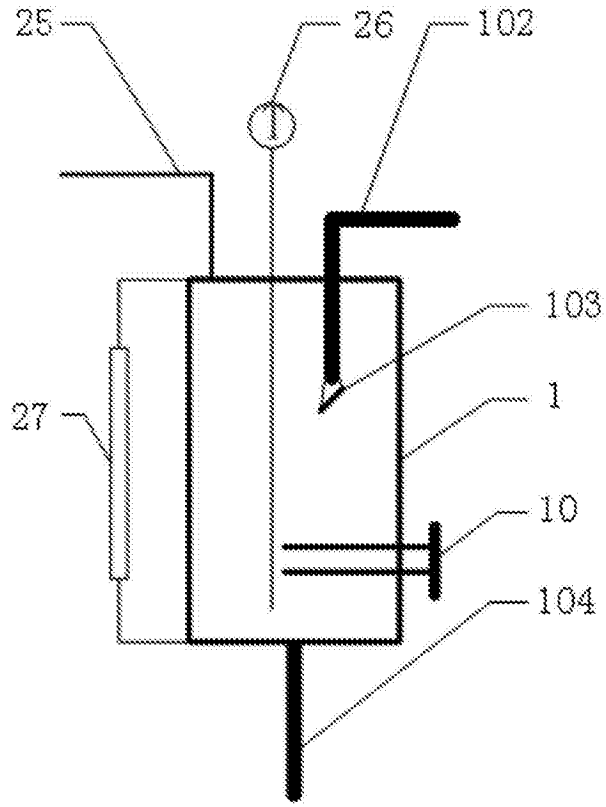


图2