(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 103440890 A
(43)申请公布日 2013.12.11

(21)申请号 201310412354.2

(22)申请日 2013.09.11

(71)申请人 中国原子能科学研究院
地址 102413 北京市房山区北京市 275 信箱 65 分箱
申请人 中核武汉核电运行技术股份有限公司

(72)发明人 李建龙 李宜全 宁波 杨崇安 窦勤明

(51)Int.Cl.
G21C 17/00(2006.01)

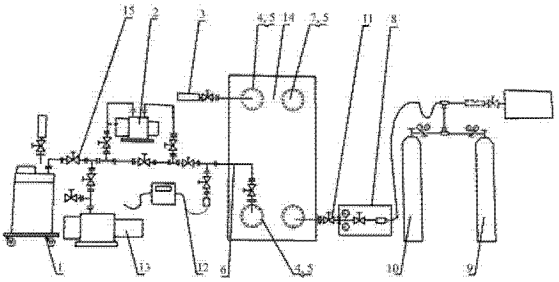
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

板式换热器泄漏检测系统及检测方法

(57)摘要

本发明涉及设备的泄漏检测技术，具体涉及一种板式换热器泄漏检测系统及检测方法。该系统包括通过管路与板式换热器相连接的真空泵和真空计，以及用于检测示踪气体的质谱仪，板式热交换器通过输气管与氦气瓶组和氮气瓶组连接。检测方法采用氦、氮混合示踪气体，通过真空检漏法和吸枪探头加压检漏法，根据板式换热器结构和密封性要求高的特点制定整套检验技术方案，并成功应用于 CARR 板式换热器泄漏检验，作为役前检查和在役检查必要技术手段。



CN 103440890 A

1. 一种板式换热器泄漏检测系统，其特征在于：包括通过管路与板式换热器相连接的真空泵和真空计，以及用于检测示踪气体的质谱仪，板式热交换器通过输气管与氦气瓶组和氮气瓶组连接，在所述输气管上设有压力表组和活套法兰阀门。

2. 如权利要求 1 所述的板式换热器泄漏检测系统，其特征在于：所述的真空泵、真空计和质谱仪分别与板式换热器的一次侧相连接，所述的氦气瓶组和氮气瓶组通过输气管与板式换热器的二次侧连接。

3. 如权利要求 1 所述的板式换热器泄漏检测系统，其特征在于：还包括用于对泄漏点进行定位和测量的吸枪探头，吸枪探头与质谱仪相连接。

4. 一种板式换热器泄漏检测方法，包括一、二次侧之间的泄漏检测，以及一、二次侧分别与大气之间的泄漏检测，其特征在于：

一、二次侧之间的泄漏检测采用真空检漏法，通过真空泵将一次侧抽至一定的真空度，然后向二次侧充入氦、氮混合示踪气体，通过与一次侧连接的质谱仪检测氦的泄漏情况是否满足要求；

一、二次侧分别与大气之间的泄漏检测采用吸枪探头加压检漏法，通过向板式换热器的一次侧和二次侧分别充入氦、氮混合示踪气体，使用与质谱仪连接的吸枪探头探测从换热器内部泄漏出的微量氦气，从而确定换热器与丁氰橡胶密封条之间的泄漏率是否满足要求。

5. 如权利要求 4 所述的板式换热器泄漏检测方法，其特征在于：如果一、二次侧之间的真空检漏法检验的泄漏率不满足要求，则采用吸枪探头加压检漏法对泄漏点进行定位和测量，首先向二次侧充入一定压力的氦、氮混合示踪气体，然后解除一次侧的真空状态，将与质谱仪连接的吸枪探头伸入一次侧内，确定渗漏的位置和渗漏率。

板式换热器泄漏检测系统及检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及设备的泄漏检测技术，具体涉及一种板式换热器泄漏检测系统及检测方法。

背景技术

[0002] 中国先进研究堆（CARR）主换热器采用 AFLAFA 板式换热器，作为要求无泄漏的反应堆主冷却压力边界系统主要设备之一，对 AFLAFA 板式换热器密封性要求严格，在研究堆上采用 AFLAFA 板式换热器在国内尚属于首次，国内还没有应用经验，更无成熟经验可借鉴，因此，在役前检查和在役检查中对 AFLAFA 板式换热器的密封性检验还处于探索阶段，对于主换热器 AFLAFA 板式换热器泄漏检验尤为关键。

[0003] CARR 主换热器采用 AFLAFA 板式换热器结构原理如图 1 所示，主换热的多个换热板片通过压力板和压紧螺栓加力固定，换热板材料为 AISI316 奥氏体不锈钢，厚度为 0.6mm ，通过压力板和压紧螺栓进行固定，各换热板之间通过丁腈橡胶垫片进行密封。图 1 中上部箭头进入换热板的位置为板式换热器的一次侧进口，下部箭头流出换热板的位置为板式换热器的一次侧出口 ；图 1 中下部箭头进入换热板的位置为板式换热器的二次侧进口，上部箭头流出换热板的位置为板式换热器的二次侧出口。

[0004] 目前，国内外针对设备泄漏检验常采用气体压力、液体压力等打压检验试验，气体介质常常采用氮、空气、氦等，液体介质采用水、油等等。其中氦气体渗透能力最强，检验效果最好，对于的无泄漏板式换热器的泄漏检验来说，是最好的检验介质。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种板式换热器泄漏检测系统及检测方法，填补板式换热器役前检查和在役检查技术的空白。

[0006] 本发明的技术方案如下 ：一种板式换热器泄漏检测系统，包括通过管路与板式换热器相连接的真空泵和真空计，以及用于检测示踪气体的质谱仪，板式热交换器通过输气管与氦气瓶组和氮气瓶组连接，在所述输气管上设有压力表组和活套法兰阀门。

[0007] 进一步，如上所述的板式换热器泄漏检测系统，其中，所述的真空泵、真空计和质谱仪分别与板式换热器的一次侧相连接，所述的氦气瓶组和氮气瓶组通过输气管与板式换热器的二次侧连接。

[0008] 进一步，如上所述的板式换热器泄漏检测系统，其中，还包括用于对泄漏点进行定位和测量的吸枪探头，吸枪探头与质谱仪相连接。

[0009] 一种采用上述系统进行板式换热器泄漏检测的方法，包括一、二次侧之间的泄漏检测，以及一、二次侧分别与大气之间的泄漏检测，其中，

一、二次侧之间的泄漏检测采用真空检漏法，通过真空泵将一次侧抽至一定的真空度，然后向二次侧充入氦、氮混合示踪气体，通过与一次侧连接的质谱仪检测氦的泄漏情况是否满足要求 ；

一、二次侧分别与大气之间的泄漏检测采用吸枪探头加压检漏法，通过向板式换热器的一次侧和二次侧分别充入氦、氮混合示踪气体，使用与质谱仪连接的吸枪探头探测从换热器内部泄漏出的微量氦气，从而确定换热器与丁氰橡胶密封条之间的泄漏率是否满足要求。

[0010] 进一步，如上所述的板式换热器泄漏检测的方法，其中，如果一、二次侧之间的真空检漏法检验的泄漏率不满足要求，则采用吸枪探头加压检漏法对泄漏点进行定位和测量，首先向二次侧充入一定压力的氦、氮混合示踪气体，然后解除一次侧的真空状态，将与质谱仪连接的吸枪探头伸入一次侧内，确定渗漏的位置和渗漏率。

[0011] 本发明的有益效果如下：本发明所提供的板式换热器泄漏检验系统及检测方法采用氦、氮混合示踪气体，通过真空检漏法和吸枪探头加压检漏法，根据板式换热器结构和密封性要求高的特点制定整套检验技术方案，并成功应用于 CARR 板式换热器泄漏检验，作为役前检查和在役检查必要技术手段弥补国内空白，也可以在同类设备上应用和推广。

附图说明

[0012] 图 1 为板式换热器的结构示意图；

图 2 为板式换热器一、二次侧之间的泄漏检测系统原理示意图；

图 3 为板式换热器一、二次侧分别与大气之间的泄漏检测原理示意图。

[0013] 图中，1. 质谱仪 2. 次级泵 3. 校准漏孔 4. 法兰（真空侧） 5. 密封胶垫 6. 真空波纹管 7. 盲法兰（正压侧） 8. 压力表组 9. 氦气瓶组 10. 氮气瓶组 11. 活套法兰阀门 12. 真空计 13. 真空泵 14. 被检换热器 15. 快卸法兰阀门 16. 吸枪探头 17. 输气管。

具体实施方式

[0014] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

[0015] 本发明所提供的板式换热器泄漏检测的方法包括一、二次侧之间的泄漏检测，以及一、二次侧分别与大气之间的泄漏检测。泄漏检测的主要设备包括氦质谱仪、真空泵、真空计、压力表、氦气标准漏孔以及真空计压力连接器件等。

[0016] （1）一、二次侧之间泄漏检验

一、二次侧之间泄漏检验采用真空检漏法，示踪气体采用氦、氮混合气体。采用真空检漏法时，先用真空泵将一次侧抽至一定的真空度，然后向二次侧充入一定压力的混合示踪气体，连通氦气质谱仪至一次侧，打开氦质谱仪并调到工作状态，根据仪器的读数确定被检部件的泄漏率是否满足验收标准要求。

[0017] 如果通过真空检漏法检验的泄漏率不满足验收标准，将使用吸枪探头加压检漏法对泄漏点进行定位和测量。首先，再向二次侧充入一定压力的混合示踪气体。然后，解除一次侧真空状态，拆卸掉密封法兰，再把吸枪探头伸入一次侧上部接管口内，通过吸枪探头加压检漏法确定渗漏的位置和渗漏率。

[0018] 一、二次侧之间泄漏检验所采用的检测系统的结构如图 2 所示，包括通过真空波纹管 6 与被检换热器 14 的一次侧相连接的真空计 12、真空泵 13、次级泵 2、质谱仪 1，管路上设有快卸法兰阀门 15。一次侧进口和出口分别设有法兰 4 和密封胶垫 5，二次侧进口和出

口设有盲法兰 7 和密封胶垫 5。二次侧进口通过输气管与氦气瓶组 9 和氮气瓶组 10 连接，输气管上设有压力表组 8 和活套法兰阀门 11。通过校准漏孔 3 对系统灵敏度进行校准。

[0019] （2）一次侧－大气之间、二次侧－大气之间泄漏检验

一次侧－大气之间、二次侧－大气之间泄漏检验均采用吸枪探头加压检漏法，主要应用于一次侧和二次侧换热板与丁氰橡胶条之间对大气的泄漏检验。采用吸枪探头加压检漏法时，首先向换热器内部充入一定的氦、氮混合示踪气体，使用质谱仪＋吸枪探头探测从换热器内部泄漏出的微量氦气，从而确定换热器与丁氰橡胶条之间的泄漏率是否满足标准要求。

[0020] 一、二次侧分别与大气之间的泄漏检测所采用的检测系统的结构如图 3 所示，包括通过真空波纹管 6 与被检换热器 14 相连接的真空计 12、真空泵 13，管路上设有快卸法兰阀门 15。本检测的一侧进口通过输气管 17 与氦气瓶组 9 和氮气瓶组 10 连接，输气管上设有压力表组 8 和活套法兰阀门 11。吸枪探头 16 与质谱仪 1 相连接，用于探测从换热器内部泄漏出的微量氦气。通过校准漏孔 3 对系统灵敏度进行校准。

[0021] 真空系统安装连接之前，要对所用的袋装部件进行检查。检查真空管路、各种阀门、各种密封器件、是否清洁、无油污且无异物存在。在装配连接各种法兰时，应保证密封件的安装必须定位，连接法兰盘的各个螺栓拧紧时用力均匀。对于密封面或螺纹可以涂抹少量真空脂，但不能将真空脂摸到管路内部。

[0022] 充压系统连接之前，要对所用的袋装部件进行检查。检查充压管路、各种阀门、各种密封器件、是否清洁、无油污且无异物存在。用于检验充气侧的压力表应安装两件不同类型的压力表。使用高压气瓶供给气体时，气瓶上装的减压阀应按气体种类分开使用，不可混用。在装配连接各法兰盘时，应保证密封件的安装必须准确定位，连接法兰盘的各个螺栓拧紧时用力均匀。

[0023] 在实验检验前，检验期间和检验完成后均使用已鉴定的校准漏孔对系统灵敏度进行校准。

[0024] 氦检漏检验使用氦、氮混合气体作为示踪气体，氦示踪气体的体积浓度在试验压力下不小于 10%。

[0025] 在氦泄漏检验之前，容器内的混合气体至少保压 30min。

[0026] 对于吸枪探头加压泄漏法，探头嘴与被检表面距离应保持在 3.2mm 以内，探头嘴与被检表面距离是指探头嘴与换热器换热板叠压面上的换热片突起的距离。扫描方向从被检验部件的最下部开始依次向上。

[0027] 对于真空检漏法，由于质谱仪自身具有抽真空功能，达到稳定规定真空度后开始检漏，因此，可以使用真空泵辅助抽真空以提高检验系统的反应时间，但是必须保证检验的灵敏度。如果使用真空泵不能保证检验的灵敏度和反应时间，可以考虑使用作为备用的次级泵进行抽真空操作，缩短反应时间和保证灵敏度。

[0028] 泄漏率的计算方法如下：

吸枪探头加压检测法漏率计算：$Q=Q_1 \cdot (I_2-I_0)/(I_1-I_0)$.

Q- 被检部件漏孔的漏率

Q_0- 校准漏孔漏率

I_0- 质谱仪本底数值

I_1- 用校准漏孔校准时质谱仪的读数

I_2- 探测到被检部件漏孔时质谱仪的读数

真空检漏法漏率计算(关闭真空泵的情况下) $Q=\gamma^{-1}\cdot Q_1(I_2-I_0)/(I_1-I_0)$

Q- 被检部件漏孔的漏率

Q_0- 校准漏孔漏率

I_0- 质谱仪本底数值

I_1- 用校准漏孔校准时质谱仪的读数

I_2- 探测到被检部件漏孔时质谱仪的读数

γ - 氦气浓度。

实施例

[0029] 应用上述泄漏检验技术,在中国先进研究堆(CARR)役前检查中进行主换热器泄漏检验工作,检验结果满足验收要求,检验结果见下表,后续的重水换热器、池水换热器类泄漏检验工作也开展顺利。

[0030] 主换热器检验结果表

检验方法	检验范围	检验结果
真空检漏法	一、二次侧之间	$\leqslant 7.0\times10^{-10}Pam^3/s$
吸枪探头加压检漏法	一次侧 - 大气之间	$\leqslant 4.0\times10^{-8}Pam^3/s$
吸枪探头加压检漏法	二次侧 - 大气之间	$\leqslant 4.0\times10^{-8}Pam^3/s$

通过在CARR堆上板式换热器泄漏检验工作实践,证明该检验技术方案合理可行,且检验效果显著,可以满足我国研究堆上板式换热器泄漏检验技术要求,作为役前检查和在役检查必要技术手段弥补国内空白,也可以在同类设备上应用和推广。

[0031] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若对本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其同等技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

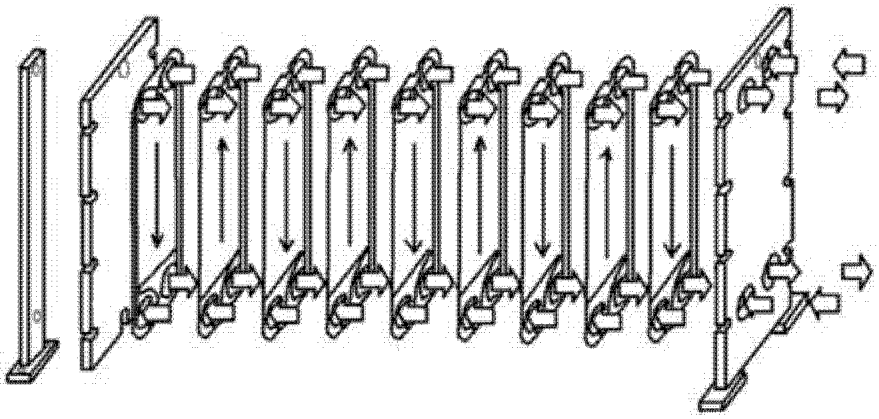


图 1

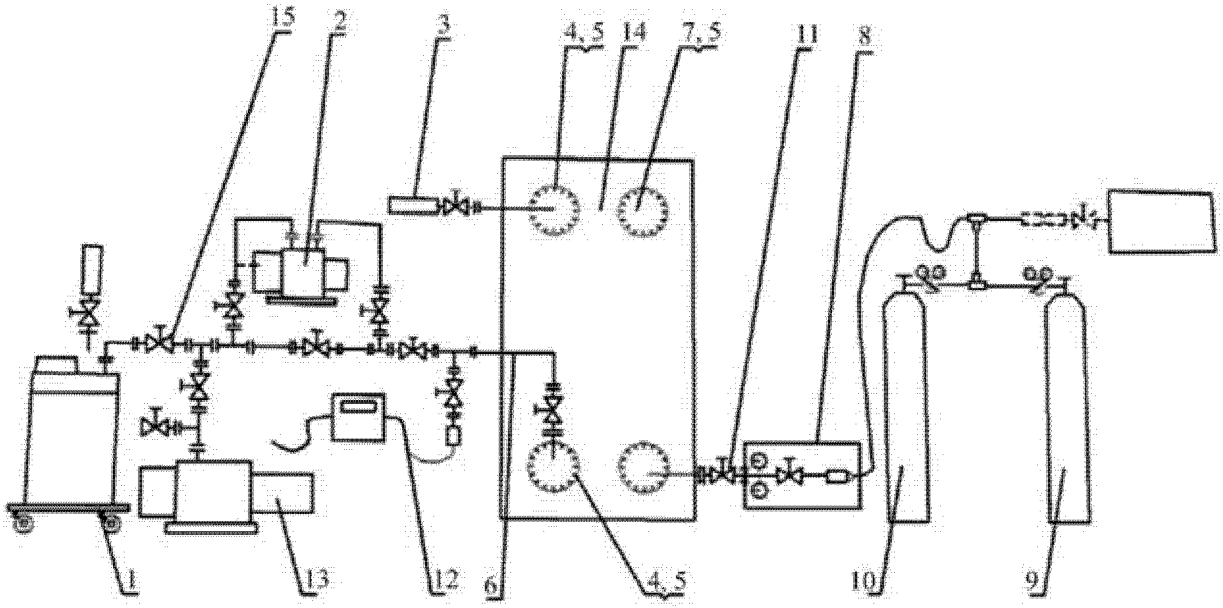


图 2

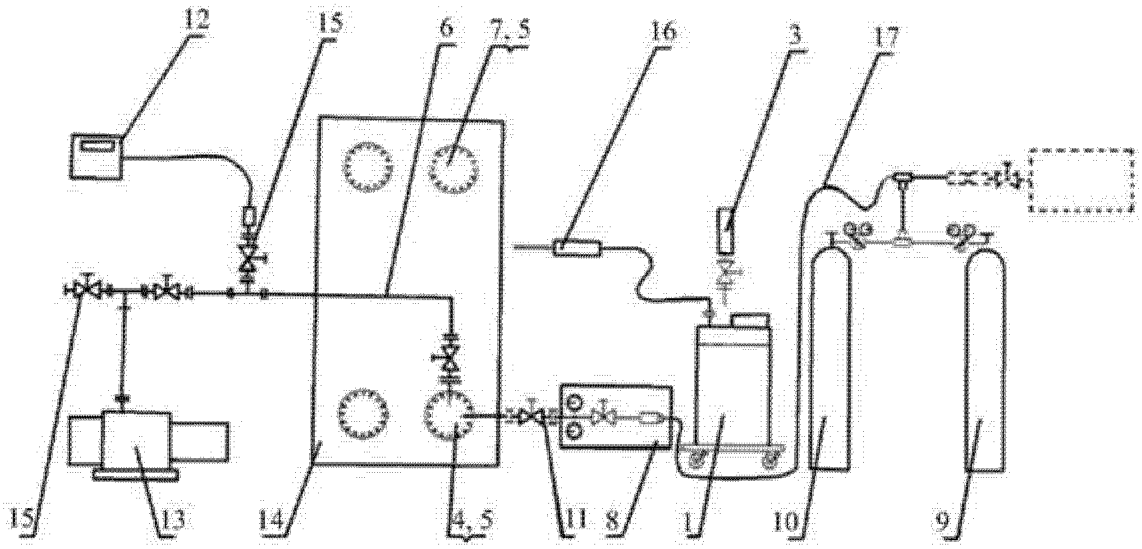


图 3