

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

G21C 15/18

G21C 1/00



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 01811460.1

[45] 授权公告日 2005 年 6 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 1207723C

[22] 申请日 2001. 11. 22 [21] 申请号 01811460.1

[30] 优先权

[32] 2000. 12. 14 [33] ZA [31] 2000/7501

[86] 国际申请 PCT/IB2001/002209 2001. 11. 22

[87] 国际公布 WO2002/049042 英 2002. 6. 20

[85] 进入国家阶段日期 2002. 12. 20

[71] 专利权人 埃斯科姆公司

地址 南非山敦

[72] 发明人 D·R·尼科尔斯 I·德罗德斯基

审查员 杜江峰

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

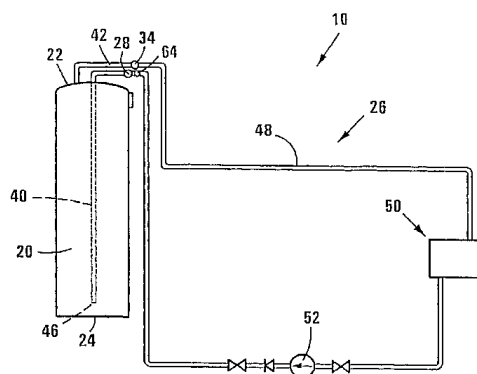
代理人 吴明华

权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 7 页

[54] 发明名称 冷却系统

[57] 摘要

本发明涉及一种核反应堆装置，它包括一核热源(12)和一冷却系统(10)。冷却系统(10)包括至少两个冷却回路(26)，各回路包括许多冷却剂室(18)，各冷却剂室具有一进口(40)和一出口(42)，冷却剂室(18)环绕着核热源(12)安装。冷却系统(10)还包括泵装置(52)，以便将冷却剂泵送至冷却剂室和从冷却剂室泵吸冷却剂，冷却剂室(18)的容积足够大，以便当处于被动方式时冷却剂室(18)里的水冷却剂的温度保持在沸点之下至少 8 小时。本发明还涉及冷却系统、冷却核热源的方法、制造核反应堆装置的方法和操作核反应堆装置的方法。



ISSN 1008-4274

1. 一种核反应堆装置，包括：

一核热源；

一壳体，其中安装所述核热源，壳体的内表面与该核热源隔开，从而在核热源和壳体之间形成一环形空间；以及

一冷却系统，它包括：

至少两个冷却回路，各冷却回路包括环绕着核热源布置的、在环形空间内的许多冷却剂室，各冷却剂室具有一进口和一出口，以及

泵送装置，以便将冷却剂泵入和泵出冷却剂室，冷却剂室的容积大到足以在被动方式时、即在泵失效的情况下，该核反应堆装置可继续工作，并且使冷却剂室里的水冷却剂的温度保持在沸点之下至少 8 个小时。

2. 如权利要求 1 所述的核反应堆装置，其特征在于，冷却剂室的容积大到足以在被动方式时使冷却剂室里的水冷却剂的温度保持在沸点之下最多 24 小时。

3. 如权利要求 1 所述的核反应堆装置，其特征在于，冷却剂室的容积被选定在被动方式时使冷却剂室里的水冷却剂在 24 小时后达到 80℃ 的最高温度。

4. 如权利要求 1 所述的核反应堆装置，其特征在于，壳体由混凝土形成。

5. 如权利要求 4 所述的核反应堆装置，其特征在于，还包括一固定在壳体上的、用来将冷却剂室支承在适当位置的支承。

6. 如权利要求 5 所述的核反应堆装置，其特征在于，该支承以环的形式存在，该环设置在壳体的混凝土里。

7. 如权利要求 1 所述的核反应堆装置，其特征在于，冷却剂室由钢制的中空容器形成，容器具有圆柱形的垂直的管状壁和封闭的端部。

8. 如权利要求 7 所述的核反应堆装置，其特征在于，为了避免在容器上形成热点，在反应堆和容器之间设置一护罩。

9. 如权利要求 8 所述的核反应堆装置，其特征在于，该护罩由金属形成并具有 3mm 的厚度。

10. 如权利要求 1 所述的核反应堆装置，其特征在于，各冷却回路包括一进口集管和一出口集管，回路的各冷却剂室的进口与进口集管连接，而回路的各冷却剂室的出口与出口集管连接。

11. 如权利要求 10 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 进口和出口集管位于壳体内。

12. 如权利要求 10 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 进口和出口集管设置在壳体外侧。

13. 如权利要求 12 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 各集管位于壳体外表面上的凹槽里。

14. 如权利要求 10 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 各冷却回路包括一热交换器, 它以流动连通方式连接在出口集管和进口集管之间。

15. 如权利要求 10 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 还包括与各冷却回路相关的辅助热交换器和阀门, 由此, 在正常的水循环中断的情况下, 辅助热交换器可以流动连通方式与回路连接。

16. 如权利要求 15 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 辅助热交换器是冷却塔。

17. 如权利要求 10 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 各冷却剂室的进口由一进口管限定, 进口管的一端部与相关的进口集管连接, 进口管自进口集管延伸并在高位处进入冷却剂室, 由此向下延伸通过冷却剂室至在低位处的放出端。

18. 如权利要求 17 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 各冷却剂室的出口从位于冷却剂室的高位处引出, 并通过一段管子以流动连通方式与相关的出口集管连接。

19. 如权利要求 17 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 冷却系统包括防虹吸装置, 以便在冷却系统有裂口的情况下减少冷却剂从一个或多个冷却剂室通过进口管被虹吸的危险。

20. 如权利要求 19 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 防虹吸装置包括安装在各进口管里的防虹吸阀门。

21. 如权利要求 19 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 防虹吸装置包括设置在冷却剂进口管一部分上的至少一个防虹吸渗出口, 而冷却剂进口管的该部分位于冷却剂室内与排放端部间隔的一位置上, 由此, 冷却剂进口管与冷却剂室可以流动连通方式连接。

22. 如权利要求 21 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 在冷却剂进口管位于冷却剂室内的最高位置处提供许多防虹吸渗出口。

23. 如权利要求 22 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 防虹吸渗出口是形成于进口管上的孔, 这些孔的尺寸足够小, 从而在正常使用时, 流动进入冷却剂室的少量的冷却剂不会或很少不利地影响冷却系统, 这些孔的尺寸又足够大, 从而在冷却剂从冷却剂室被虹吸的情况下, 当冷却剂室里的冷却剂水平降到孔的水平之下时, 足够的空气将从冷却剂室吸入到冷却剂进口管, 从而破坏真空状态并阻止虹吸。

24. 如权利要求 10 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 还包括一蒸汽释放系统, 由此, 冷却剂室里的蒸汽可从冷却剂室里排出。

25. 如权利要求 24 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 蒸汽释放系统包括蒸汽集管, 冷却剂室可与蒸汽集管以流动连通方式连接, 而一蒸汽排放管从蒸汽集管通向大气。

26. 如权利要求 25 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 蒸汽集管位于壳体内, 蒸汽排放管从蒸汽集管向下延伸并在低位处伸出壳体。

27. 如权利要求 26 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 蒸汽集管位于壳体外侧。

28. 如权利要求 25 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 各冷却剂室通过一压力和/或温度启动的蒸汽释放装置以流动连通方式与蒸汽集管连接。

29. 如权利要求 10 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 还包括防火系统和连接机构, 由此, 防火系统以流动连通方式与冷却剂室连接, 以便允许水从防火系统提供给冷却剂室。

30. 如权利要求 1 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 各冷却剂室的长度的至少一部分是圆柱形的, 并具有至少 250mm 的直径。

31. 如权利要求 30 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 各冷却剂室具有 600mm 的直径。

32. 如权利要求 1 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 核热源是核反应堆。

33. 如权利要求 1 所述的核反应堆装置, 其特征在于, 核热源是用过的燃料的储存设备, 被用过的核反应堆燃料储存在该设备中。

---

## 冷却系统

### 技术领域

本发明涉及一种核反应堆装置。特别是，它涉及一种冷却系统。它还涉及制造核反应堆装置的方法和操作核反应堆装置的方法。它还涉及冷却核热源的方法。

### 背景技术

在核反应堆装置里，通常使用诸如防腐蚀的脱盐水之类的冷却剂冷却反应堆和形成于一安全壳里的、其中安装反应堆的空腔。

### 发明内容

按照本发明的一个方面，提供一种冷却系统，它包括：

至少两套冷却剂室，每套冷却剂室包括许多环绕着一热源布置的冷却剂室；

冷却剂进口管，它在高位处进入各冷却剂室并向下延伸通过冷却剂室至在低位处的、在冷却剂室里的一放出端；以及

在高位处从各冷却剂室导出的出口，一相关套的冷却剂室的进口管和出口平行连接。

因此，冷却系统可包括与每套冷却剂室相关的进口集管和出口集管，进口管和出口分别以流动连通方式与它们连接。

在本发明的一个较佳实施例里，冷却系统包括三套冷却剂室，各冷却剂室具有它自己的、相关的进口集管和出口集管，在相关套里的冷却剂室以流动连通方式与它们连接。

按照本发明另一方面，提供一种核反应堆装置，它包括：

一核热源；

一壳体，其中安装该核热源，壳体的内表面与该核热源隔开，从而在核热源和壳体之间形成一环形空间；以及

一冷却系统，它包括环绕着核热源布置的、在环形空间内的许多冷却剂室，

各冷却剂室的长度的至少一部分是圆柱形的，并具有一进口、一出口和至少250mm的直径。

较佳的是，各冷却剂室具有约600mm的直径。

在本发明的一个实施例里，核热源可是核反应堆。

在本发明另一个实施例里，核热源可是用过燃料的储存设备，用过的核反应堆燃料储存在该设备中。

按照本发明的又一方面，提供一种核反应堆装置，它包括：

一核热源；

一壳体，其中安装所述核热源，壳体的内表面与该核热源隔开，从而在核热源和壳体之间形成一环形空间；以及

一冷却系统，它包括：

至少两个冷却回路，各冷却回路包括环绕着核热源布置的、在环形空间内的许多冷却剂室，各冷却剂室具有一进口和一出口，以及

泵送装置，以便将冷却剂泵入和泵出冷却剂室，冷却剂室的容积大到足以在被动方式时、即在泵失效的情况下，该核反应堆装置可继续工作，并且使冷却剂室里的水冷却剂的温度保持在沸点之下至少8个小时。

这里的“被动方式”的意思是，没有通向或来自冷却剂室的水冷却剂的循环，以及冷却取决于包含在冷却剂室里的水冷却剂的体积的热容量。这种布置即使在异常的操作条件下、甚至在泵失效的情况下、通过提供适当的冷却而有利于装置的安全操作。

冷却剂室的容积可大到足以在被动方式时使冷却剂室里的水冷却剂的温度保持在沸点之下最多约24小时。可以相信，这样将提供足够的时间，以便允许维修队完成可能需要的大多数维修任务。

较佳的是，冷却剂室的容积被选定在被动方式时使冷却剂室里的水冷却剂在约24小时后达到约80°C的最高温度。冷却剂室的容积可是约200m<sup>3</sup>。

核热源可是核反应堆，该装置包括一壳体，该壳体形成一腔室，反应堆安装在该腔室里，而冷却剂室位于腔室里的、在反应堆和壳体的内表面之间形成的环形空间里。

壳体通常是由混凝土形成安全壳。该核反应堆装置可包括一固定在壳体上的、用来将冷却剂室支承在适当位置的支承。该支承可以环的形式存在，该环设置在壳体的混凝土里。

冷却剂室可由钢制的中空容器形成，容器具有圆柱形的大致垂直的管状壁和封闭的端部。为了避免在容器上形成热点，可在反应堆和容器之间设置一护罩。该护罩可由金属、诸如钢形成并可具有约 3mm 的厚度。除了防止在容器上形成热点之外，护罩还用来保护反应堆在位于安全壳里的冷却系统的一个部件发生泄漏的情况下防止水的侵入。

冷却系统可包括至少两个、较佳的是至少三个独立的冷却回路，各冷却回路包括许多平行连接的冷却剂室，以及使水冷却剂环绕着回路循环的泵送装置。各冷却回路可包括一进口集管和一出口集管，回路的各冷却剂室的进口与进口集管连接，而回路的各冷却剂室的出口与出口集管连接。

在本发明的一个实施例里，进口和出口集管可位于壳体内。

在本发明的另一个实施例里，各集管可设置在壳体外侧。在本发明的一个较佳实施例里，各集管位于壳体外表面上的凹槽里。这种布置具有在壳体内提供更多的空间及改进安全性的优点。

各冷却回路可包括一热交换器，它以流动连通方式连接在出口集管和进口集管之间。

该装置可包括与各回路相关的辅助热交换器和阀门，由此，在正常的水循环中断的情况下，辅助热交换器可以流动连通方式与相关的回路连接。辅助热交换器可是冷却塔。

各冷却剂室的进口由一进口管限定，进口管的一端部与相关的进口集管连接，进口管自进口集管延伸并在高位处进入冷却剂室，由此向下延伸通过冷却剂室至在低位处的放出端。

各冷却剂室的出口可在高位处从冷却剂室导出，并通过一段管子以流动连通方式与相关的出口集管连接。

冷却系统可包括防虹吸装置，以便在冷却系统有裂口的情况下减少冷却剂从一个或多个冷却剂室通过进口管被虹吸的危险。

防虹吸装置可包括安装在各进口管里（通常在其最高点处）的防虹吸阀门。

此外，防虹吸装置可包括设置在冷却剂进口管一部分上的至少一个防虹吸渗出口，而冷却剂进口管的该部分位于冷却剂室内与排放端部间隔的一位置上，由此，冷却剂进口管与冷却剂室以流动连通方式连接。

较佳的是，在冷却剂进口管位于冷却剂室内的最高位置处设置许多防虹吸渗出口。

防虹吸渗出口可是形成于进口管上的孔，这些孔的尺寸足够小，从而在正常使用时，流动进入冷却剂室的少量的冷却剂不会或很少不利地影响冷却系统，这些孔的尺寸又足够大，从而在冷却剂从冷却剂室被虹吸的情况下，当冷却剂室里的冷却剂水平降到孔的水平之下时，足够的空气将从冷却剂室吸入冷却剂进口管，从而破坏真空状态并阻止虹吸。

在具有约 100mm 的公称直径的进口管里，通常提供约 4 和 8 个之间的防虹吸渗出口。这些渗出口通常是圆形的，并具有约 5 和 10mm 之间的直径。

核反应堆装置可包括一蒸汽释放系统，由此，冷却剂室里的蒸汽可从冷却剂室里排出。蒸汽释放系统可包括蒸汽集管，冷却剂室可与蒸汽集管以流动连通方式连接，而一蒸汽排放管从蒸汽集管通向大气。蒸汽集管可位于壳体内，蒸汽排放管从蒸汽集管向下延伸并在低位处伸出壳体，由此可减少通过烟囱效应可在壳体里产生气流的危险。此外，蒸汽集管可位于壳体外侧。各冷却剂室可通过一压力和/或温度启动的蒸汽释放装置以流动连通方式与蒸汽集管连接。

核反应堆装置可包括防火系统和连接机构，由此，防火系统可以流动连通方式与冷却剂室连接，以便允许水从防火系统提供给冷却剂室。

按照本发明的再一个方面，在一种包括一核热源、一具有许多环绕着该核热源布置的冷却剂室的闭合环路冷却系统、及一使冷却剂环绕着冷却系统循环泵装置的核反应堆装置里提供一种在冷却剂循环丧失的情况下冷却核热源的方法，该方法包括将冷却剂室与备用热交换器以流动连通方式连接的步骤。

在冷却剂循环不再可能、例如由于对冷却回路部件的失电或冷却系统的部件损害的情况下，该方法可包括隔离冷却剂室的步骤，从而使它们以被动方式操作。

按照本发明的还有一个方面，提供一种制造核反应堆装置的方法，该装置具有一反应堆空腔和至少两套冷却剂室，每套冷却剂室包括至少部分地环绕着反应堆空腔的许多冷却剂室，该方法包括，在至少一些冷却剂室里提供一冷却剂进口管，进口管在高位处进入冷却剂室并向下延伸通过冷却剂室至在低位处的、在冷却剂室里的一放出端。

按照本发明的另一方面，提供一种操作核反应堆装置的方法，该装置具有一核热源，该方法包括，提供许多环绕着核热源的冷却剂室，冷却剂室的容积是这样的，在被动方式时，冷却剂室里包含的冷却剂提供足够的冷却能力至少

持续 24 小时。

冷却剂室的容积可是这样的，冷却剂室里包含的冷却剂提供足够的冷却能力最多约 6 天。

较佳的是，冷却剂室的容积是这样的，冷却剂室里包含的水冷却剂的温度将在约 24 小时后不超过 80°C。

该方法可包括在冷却剂损失的情况下从防火系统或其它的外部冷却剂供应点补充冷却剂。

该方法还包括为了避免在冷却剂室里产生过度的压力而从冷却剂室里释放其中产生的蒸汽。该蒸汽可排入大气。

### 附图的简要说明

现在通过例子并参考附图描述本发明。

在图中：

图 1 显示了核反应堆装置部分、特别是其冷却系统部分的示意的布局图；

图 2 显示了通过安全壳的横剖视图，安全壳里安装一核反应堆，它显示了冷却系统元件环绕着反应堆的总体布置；

图 3 显示了沿图 2 中的 III—III 线剖视的剖视图；

图 4 显示了大量冷却剂室和进口和出口集管的上端，而冷却系统的冷却剂室以流动连通的方式与它们连接；

图 5 显示了装置的蒸汽释放系统部分；

图 6 以放大的方式显示了形成冷却系统部分的冷却剂进口管部分；以及

图 7 显示了类似于图 3 的、按照本发明的另一种核反应堆装置的安全壳部分的侧视的剖视图。

### 具体实施方式

在附图中，标号 10 总地表示按照本发明的一核反应堆装置的冷却系统部分。在所示的实施例里，冷却系统被用来冷却核反应堆 12。此外，该冷却系统可用来冷却用过燃料的储存器。

从附图的图 2 中可清楚地看到，核反应堆 12 设置在由一壳体内部形成的空腔里，该壳体以混凝土筒体或安全壳 14 形式出现。在反应堆 12 的外表面和安全壳 14 的内表面之间形成一环形空间 16。

冷却系统 10 包括位于空间 16 里的三套冷却剂室 18。

从附图的图 3 和 4 中可清楚地看到，各冷却剂室 18 由钢制容器形成，它具有通常以长管形式出现的圆柱形壁 20，以及密封壁 20 的两端的顶部 22 和底部 24。

各套冷却剂室 18 形成冷却回路部分，在图 1 中，该冷却回路部分用标号 26 表示。这里，冷却系统包括三个独立的冷却回路 26。

冷却系统 10 包括三个进口集管 28、30 和 32 及三个出口集管 34、36 和 38。进口集管 28 和出口集管 34 形成一个冷却回路 26 的部分。在所述的一个冷却回路 26 里的冷却剂室 18 具有一进口和一出口 42，进口由与进口集管 28 以流动连通方式连接的冷却剂进口管 40 形成（如下面详细介绍的），而出口 42 通过一段管子 44 以流动连通方式与出口集管 34 连接。同样地，进口集管 30 和出口集管 36 及进口集管 32 和出口集管 38 形成另外两个冷却回路的部分，而它们的相关的冷却剂室与之以流动连通方式连接。各冷却剂进口管 40 与其相关的进口集管 28、30 和 32 连接，并向下延伸通过容器的顶部 22 的中心至冷却剂室 18 的底部 24，在那里终止于放出端 46。出口 42 从容器的高位导出，并通过一段管子 44 与相关的出口集管 34、36 和 38 连接。

各冷却回路的进口集管 28、30 和 32 及出口集管 34、36 和 38 通过管道系统 48 和用标号 50 表示的其它冷却回路元件与泵 52 连接。因此，各冷却回路是一闭合环路冷却系统。

为了确保装置的安全操作，冷却回路的冷却容量通常是这样的，即各冷却回路提供所需的冷却容量的至少 50%，这样，装置只要有二个冷却回路在工作就可安全地操作了。

反应堆装置包括一固定在安全壳 14 上的支承（未画出），以便支承其中形成有冷却剂室 18 的容器。该支承通常以一环的形式出现，并被设置在安全壳 14 的混凝土里。

在反应堆 12 和冷却剂室 18 之间提供一金属护罩 54（图 2 和 3）。护罩 54 通常约是 3mm 厚度，并用来阻止在冷却剂室容器上形成热点，以及在安全壳 14 里的冷却系统 10 水泄漏的情况下防止反应堆被水侵入。

从附图的图 6 中可清楚地看到，在位于各冷却剂室 18 里的冷却剂进口管 40 的最高部分上提供许多以孔 56 形式出现的防虹吸渗出口。

装置还包括安装在安全壳 14 里的蒸汽集管 58（图 2 和 3）。蒸汽管 60 在

各冷却剂室 18 和蒸汽集管之间延伸并有适当安装的阀门，使冷却剂室 18 通过蒸汽管 60 以流动连通方式有选择地与蒸汽管 58 连接。阀门通常由温度和/或压力启动，从而使冷却剂室 18 与蒸汽管 60 以流动连通方式自动地连接，以便从冷却剂室 18 中排出蒸汽和避免其中形成过度的压力。

蒸汽集管 58 安装在安全壳 14 的高位处，而蒸汽排放管 62 连接在蒸汽集管 58 的出口处，并向下延伸通过冷却剂室 18，并在低位处离开安全壳 14（图 5）。

如果需要，护罩 54 的上部向内向上倾斜（如图 3 的虚线所示），这样，它位于蒸汽集管 58 的内侧，从而在蒸汽集管 58 泄漏的情况下防止反应堆受到蒸汽的侵入。

现在参看附图中的图 7，其中，标号 100 总地表示按照本发明的另一核反应堆装置的冷却系统部分，除非另外表示，上面使用的相同标号被用来表示类似的零件。

冷却系统 100 和冷却系统 10 的主要不同在于，在冷却系统 100 里，集管 28、30、32、34、36 和 38 及蒸汽集管 58 位于安全壳 14 的外侧、由安全壳 14 的外表面形成的凹槽 102 里。适当的管道系统延伸通过安全壳 14 的壁、使各冷却剂室 18 以流动连通方式与各集管连接。接着，蒸汽集管 58 通向降压输送管 110。

这种布置的一个优点是，在由安全壳 14 限定的空腔里提供更多的空间，从而可在其中安装控制元件等。此外，反应堆的安全性得到改进，因为集管中的任何一个的泄漏不会导致水或蒸汽侵入反应堆。

如附图中的图 7 所示，形成支承的是环 104，其中形成冷却剂室 18 的容器悬置在该环上。环 104 支承在由在安全壳 14 壁的内表面上的槽口 108 形成的台肩 106 上。

使用时，各冷却回路的泵 52 将通常以防腐蚀的脱盐的水的形式出现的冷却剂泵入相关的回路的进口集管 28、30 和 32 里。然后，水从进口集管 28、30 和 32 通过冷却剂进口管 40 流入相关的冷却剂室 18，它们在那里通过相关的冷却剂进口管 40 的放出端 46 在低位排入冷却剂室 18。

冷却剂向上流动通过冷却剂室 18，从反应堆和反应堆空腔里吸收热量，然后，被加热的冷却剂通过管子 44 从冷却剂室 18 流入出口集管 34、36 和 38。各冷却剂回路里的被加热的冷却剂流入一热交换器（未画出），在那里它们被冷却和再循环。

在安全壳 14 外侧的管道系统出现裂口或破裂的情况下，存在的可能性是，根据裂口的位置，冷却剂将从冷却回路之一的一个或多个冷却剂室 18 通过相关的冷却剂进口管 40 被虹吸。然而，由于在冷却剂室 18 里的冷却剂的水平降低到低于孔 56 的水平，来自冷却剂室 18 的空气将流入冷却剂进口管 40，从而破坏真空状态，阻止虹吸，确保冷却剂室 18 里保持相当高水平的冷却剂。

如果需要，反应堆 12 可关闭，以便通过修补裂口采取补救措施。

孔 56 的尺寸通常是这样的，即在正常使用时，被泵 52 抽取的、通过孔 56 泄漏进入冷却剂室 18 的冷却剂将没有或很少不利地影响冷却系统。然而，孔 56 又足够大，以便足够的空气进入冷却剂进口管 40，破坏真空状态和阻止虹吸现象。当然，该尺寸可根据预期的用途改变。然而，本发明人相信，在具有约 100mm 的公称直径的进口管 40 里，通常提供约在 5 和 10mm 直径之间的约 4 和 8 个孔之间。

如果需要，可在进口集管 28、30 和 32 的上游、通常在管网的最高点处安装一防虹吸阀门 64（图 1）。防虹吸阀门 64 被制造成，当受影响的管子里的压力降到大气压力之下时打开，从而允许空气进入受影响的管子，以便补偿压力和阻止虹吸动作。

按照本发明的冷却系统 10 和 100 的优点是，冷却剂室 18 具有相当大的容积。因此，包含在冷却剂室 18 里的冷却剂在任何一个时刻均具有相当高的热容量。这将允许装置以被动方式长时间操作，即，没有水冷却剂被循环。因此，如果提供给冷却回路部件的所有电力消失，或者如果在安全壳 14 外侧的导水管受到损害，在安全壳 14 里的冷却剂室 18 和集管被自动隔离。可选择冷却剂室 18 的容积，以便提供约 24 小时的时间，在此期间，水温将升高至约 80°C。在此期间对泵吸系统的修复将恢复正常操作，而对系统没有任何的损害或损失发电输出。

如果冷却系统的修复不能在第一个 24 小时内完成，将在增加的压力和温度下打开冷却剂室 18 的顶部 22，而冷却剂室 18 里的水将被允许在大气压力下汽化。从冷却剂室 18 里排出的蒸汽和水将进入蒸汽集管 58，在那里，蒸汽将与水分离并通过蒸汽排放管 62 排入大气。这样，来自反应堆的热量将被沸水潜热吸收并消散在大气中。这将允许有五或六天时间完成修复，以及使反应堆衰变热降低。

如果这些时间仍然不够修复系统，来自防火系统的水可泵送入冷却剂室

18, 以便弥补通过蒸发引起的水分流失。

本发明的另一优点是, 通过大量的冷却剂室提供装置所需要的冷却能力, 这样, 在任何一个冷却剂室失效的情况下, 有备用设备继续工作。本发明的冷却系统/核反应堆装置的还有一个优点是, 在被动操作方式中, 没有连接(或不依赖)任何外部冷却塔, 因为冷却塔可能由于意外情况或怠工而损坏。

因此, 本发明人相信, 按照本发明的冷却系统 10 和 100 将确保核反应堆装置的安全操作。

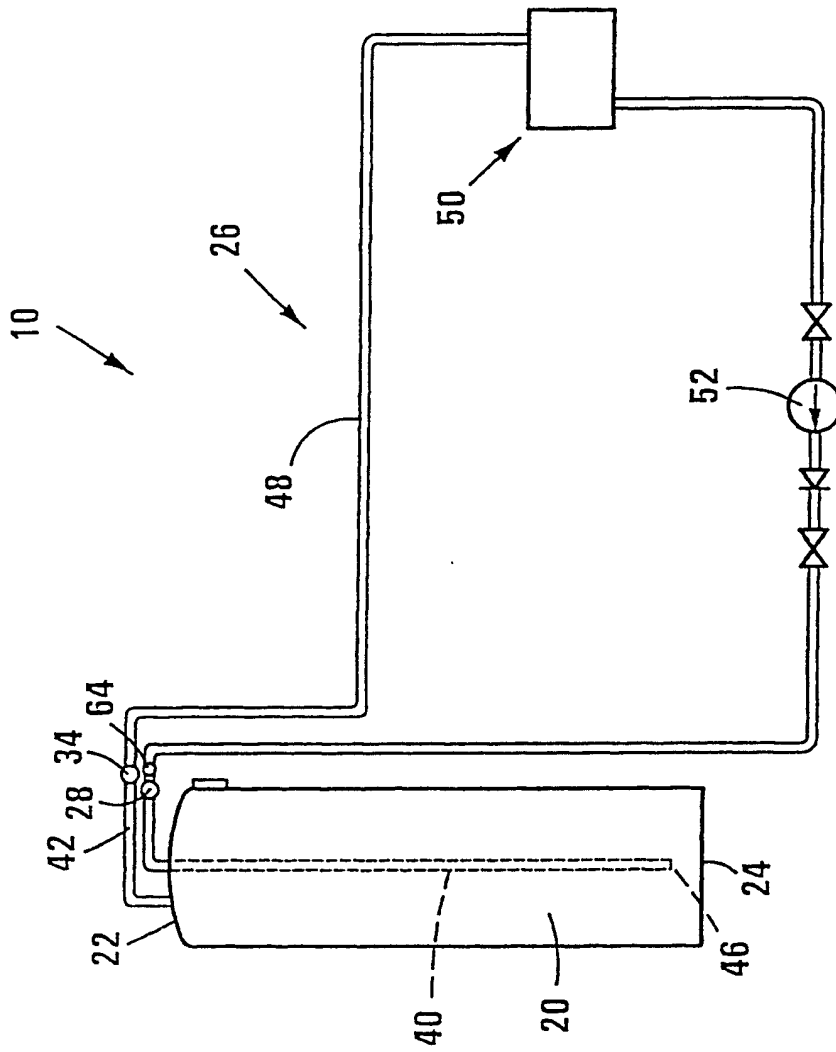


图 1

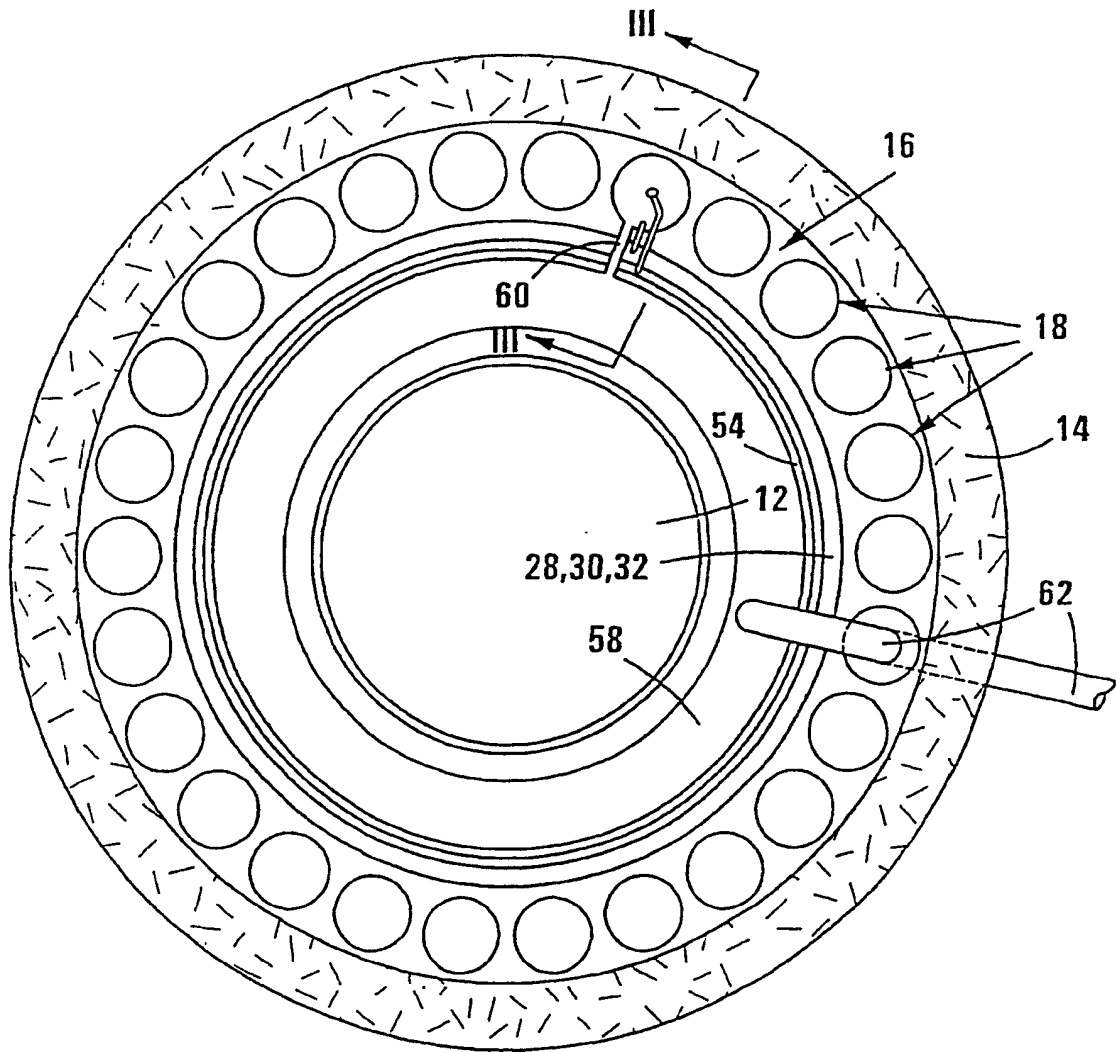
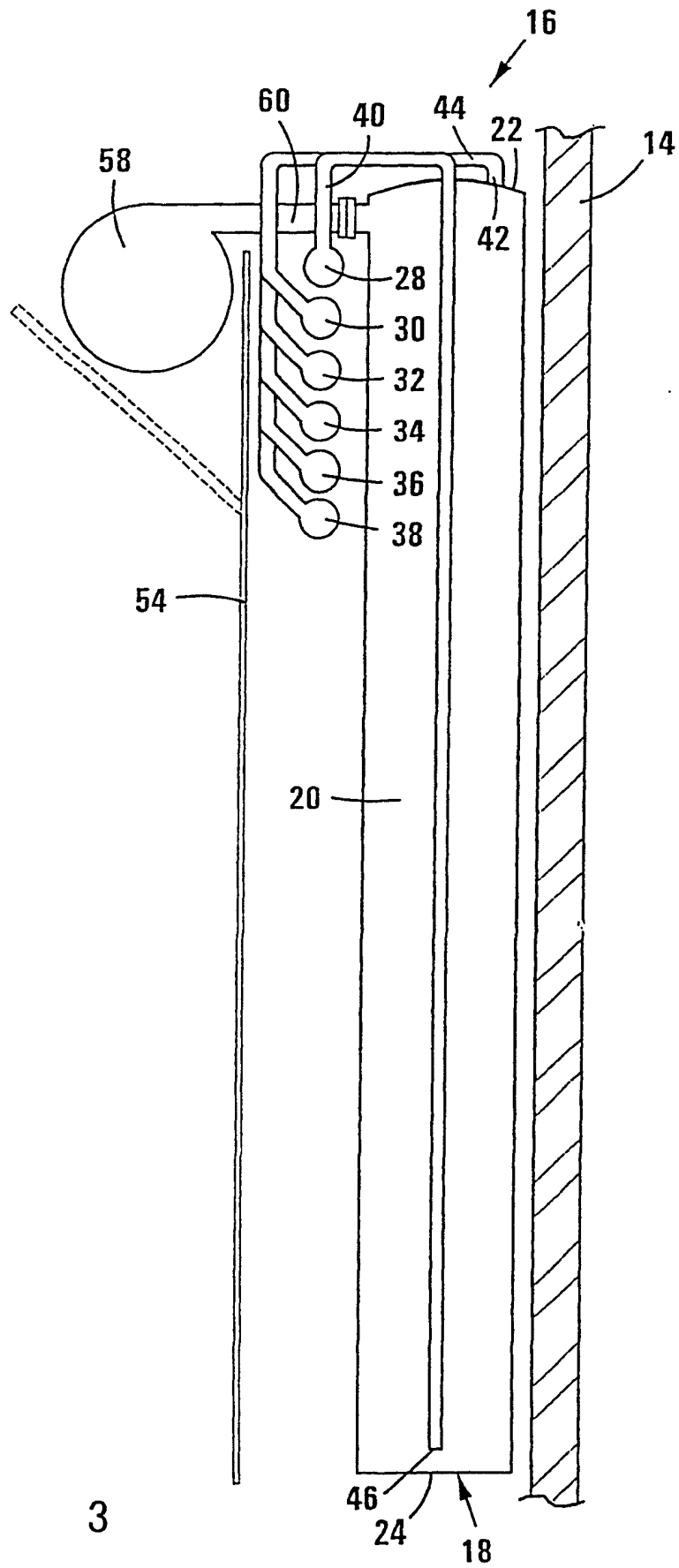


图 2



图

3

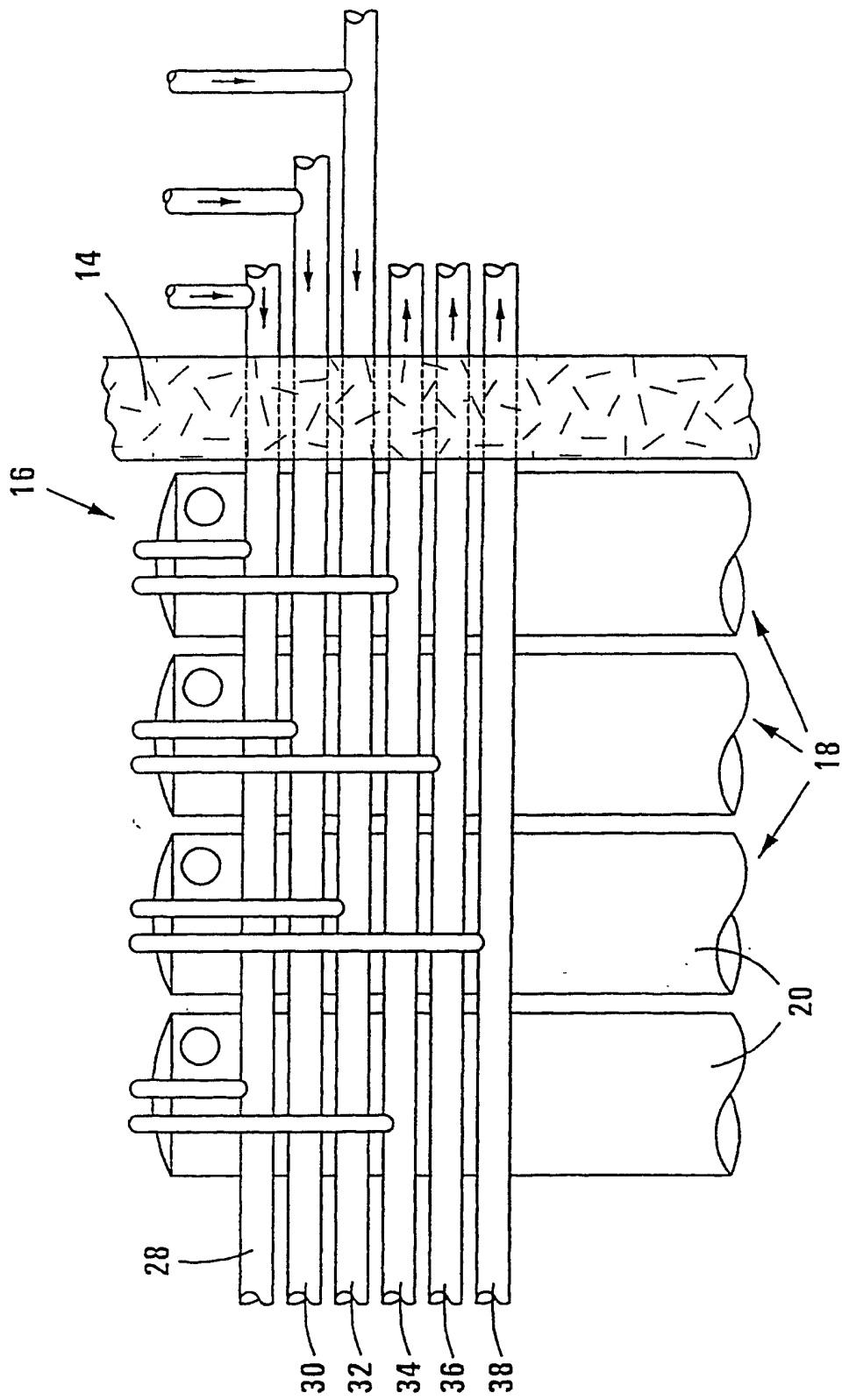


图 4

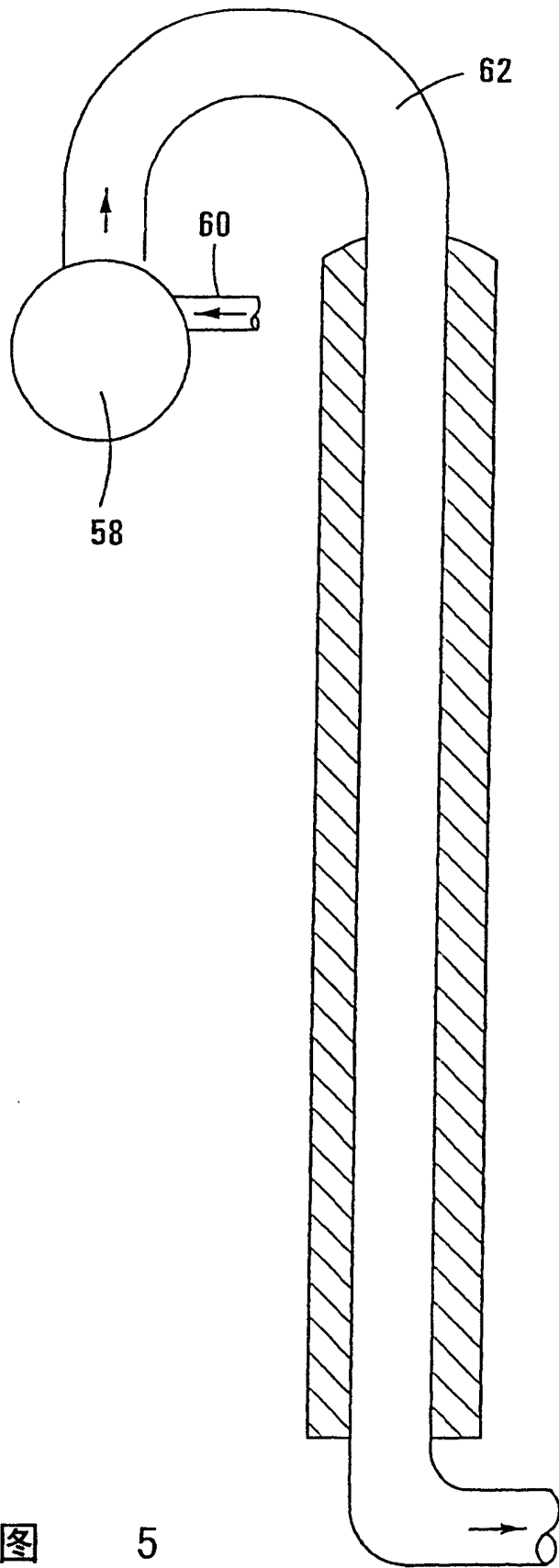
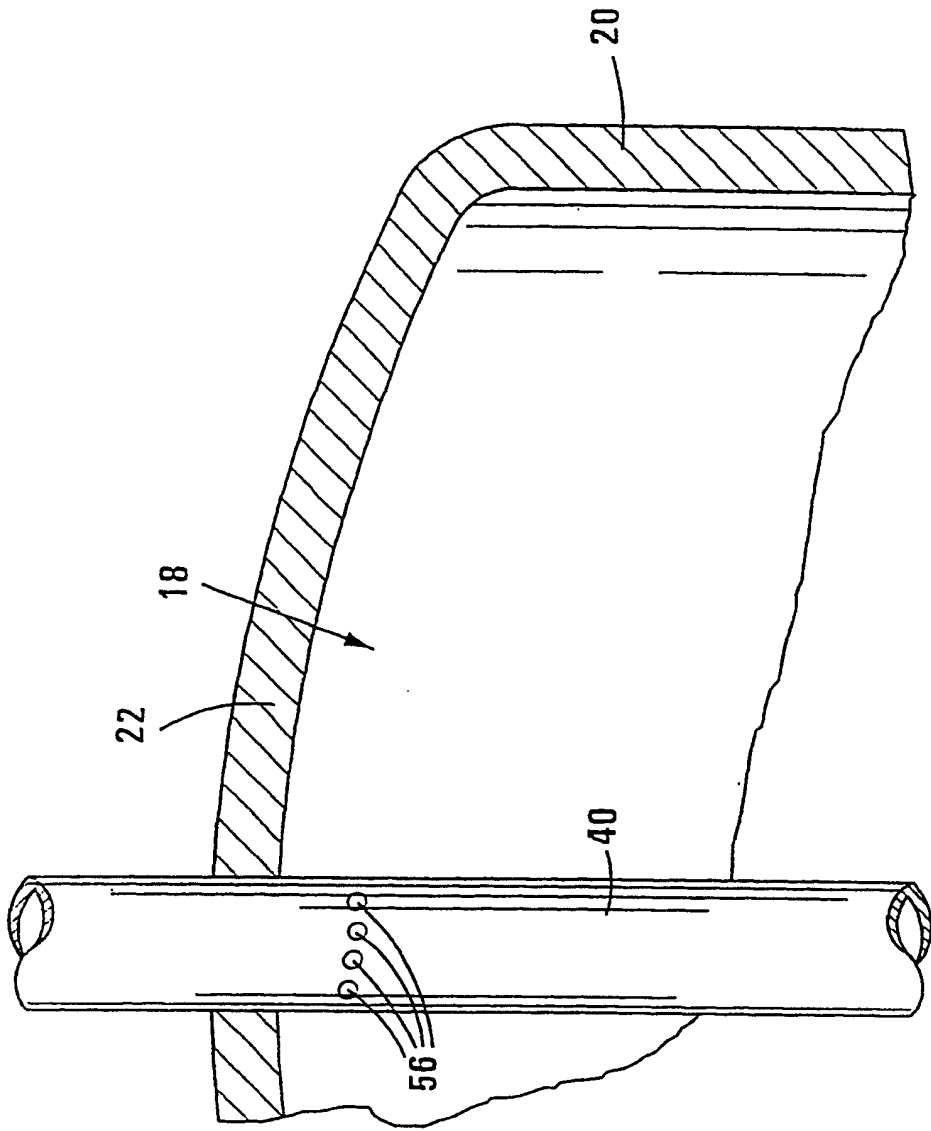


图 5



6

图

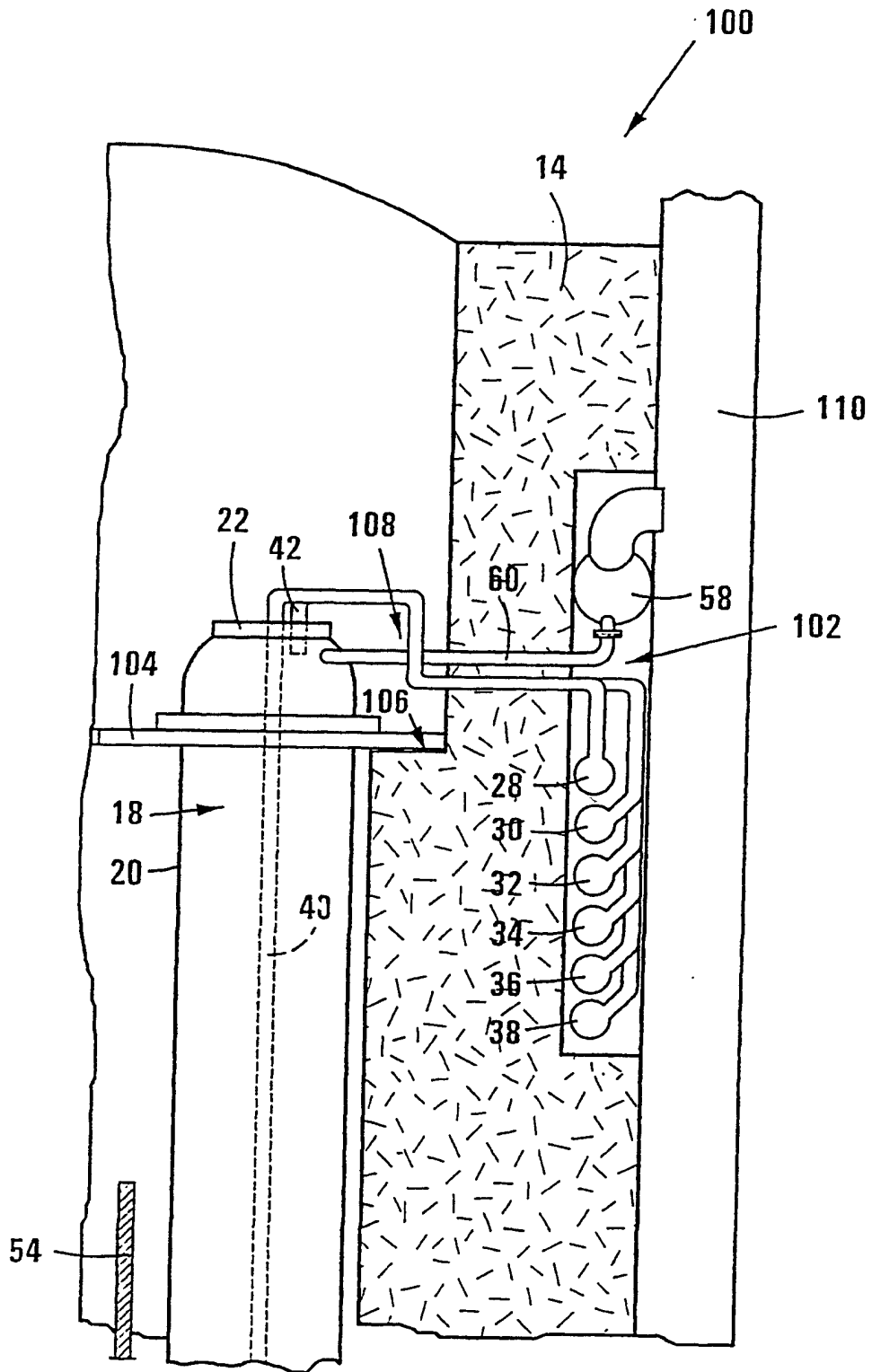


图 7