(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101622677 B
(45)授权公告日 2012.07.25

(21)申请号 200780050293.2

(22)申请日 2007.12.05

(30)优先权数据
0610877 2006.12.13 FR

(85)PCT申请进入国家阶段日
2009.07.22

(86)PCT申请的申请数据
PCT/FR2007/001997 2007.12.05

(87)PCT申请的公布数据
WO2008/087267 FR 2008.07.24

(73)专利权人 阿海珐核能公司
地址 法国库伯瓦

(72)发明人 M·韦迪埃 E·拉巴里埃

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038
代理人 黄必青

(51)Int.Cl.
G21C 3/322(2006.01)

(56)对比文件
US 5420901 A,1995.05.30,
US 2003/0053584 A1,2003.03.20,
US 5867551 A,1999.02.02,
US 4655995 ,1987.04.07,
US 4265708 ,1981.05.05,

审查员 韩德凯

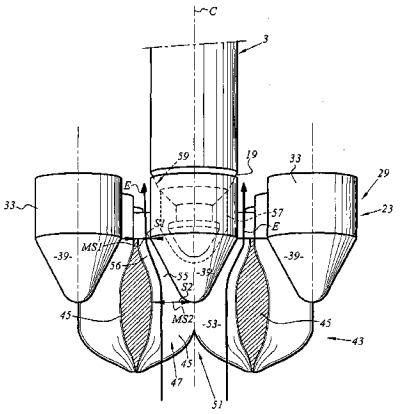
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 6 页

(54)发明名称

具有带折流道的防碎屑装置的核燃料组件的下端件及相应组件

(57)摘要

该下端件(7)包括:引导反应堆的水沿燃料棒的下端(19)流动的导向凸端(39),凸端(39)位于基本规则的燃料棒网格的节点处;及一个限定水流管道(47)的防碎屑装置(43)。至少一些水流管道(47)位于基本规则的网格节点处。导向凸端(39)至少部分地位于所述管道(47)中,以便与管道一起限定水通道(51),且至少一个水通道(51)包括第一截面(S1)和第二截面(S2),它们相对网格的相应节点互相径向错开,以形成折流道(56)。



CN 101622677 B

1. 用于轻水核反应堆的燃料组件 (1) 的下端件 (7)，所述燃料组件 (1) 包括燃料棒 (3) 和一个用于支撑燃料棒 (3) 的支撑骨架 (5)，所述燃料棒 (3) 沿一个纵向方向 (A) 延伸，并且位于一个基本规则的网格的节点处，所述支撑骨架 (5) 包括一个下端件 (7) 和一个上端件 (9) 以及将所述下端件 (7) 连接到所述上端件 (9) 的连接件 (11)，所述燃料棒 (3) 纵向位于所述下端件 (7) 和所述上端件 (9) 之间；

所述下端件 (7) 包括：

- 引导反应堆的水沿着所述燃料棒 (3) 的纵向下端 (19) 流动的导向凸端 (39)，所述导向凸端 (39) 位于基本规则的网格的节点处，以便位于至少一些燃料棒 (3) 和 / 或所述支撑骨架 (5) 的至少一些连接件 (11) 的纵向延长线上；

- 一个限定水流管道 (47) 的防碎屑装置 (43)；

其特征在于，至少一些所述水流管道 (47) 位于基本规则的网格的节点处，所述导向凸端 (39) 至少部分地位于所述水流管道 (47) 中，以便与所述水流管道一起限定水通道 (51)；并且，至少一个水通道 (51) 包括一个第一截面 (S1) 和一个第二截面 (S2)，所述第一截面和所述第二截面相对于所述网格的相应节点相互径向错开，以形成一个折流道 (56)。

2. 如权利要求 1 所述的下端件 (7)，其特征在于，任何水的流线都不能以直线方式纵向穿过所述水通道 (51)。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的下端件 (7)，其特征在于，所述水通道 (51) 包括一个第三截面 (S3)，相对于网格的相应节点与所述第二截面 (S2) 径向错开，所述第一截面 (S1)、第二截面 (S2) 和第三截面 (S3) 相继，以形成方向相反的两个相继的折流道 (56,64)。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的下端件 (7)，其特征在于，至少一个水通道 (51) 围绕相应的所述导向凸端 (39)。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的下端件 (7)，其特征在于，至少一个水通道 (51) 具有沿水的流动方向发散的一个下游部分。

6. 如权利要求 1 或 2 所述的下端件 (7)，其特征在于，至少一个水通道 (51) 具有沿水的流动方向收敛的一个上游部分。

7. 如权利要求 1 或 2 所述的下端件 (7)，其特征在于，所述导向凸端 (39) 和所述防碎屑装置 (43) 结合为一体。

8. 如权利要求 1 或 2 所述的下端件 (7)，其特征在于，所述下端件包括至少一个加在所述水通道 (51) 的上游和 / 或下游的阻止碎屑的附加格栅 (31,65)。

9. 如权利要求 1 或 2 所述的下端件 (7)，其特征在于，所述下端件包括至少一个阻止碎屑的套筒 (67)，所述至少一个阻止碎屑的套筒 (67) 在一个水流管道 (47) 的下游端与相应的所述导向凸端之上的一个块体 (33) 之间纵向延伸。

10. 如权利要求 9 所述的下端件 (7)，其特征在于，所述至少一个阻止碎屑的套筒 (67) 包括一个没有水流开口的区域 (75)，该区域与所述导向凸端 (39) 一起限定一个碎屑收集空腔。

11. 如权利要求 1 或 2 所述的下端件 (7)，其特征在于，所述下端件包括侧向保持所有所述燃料棒 (3) 的纵向下端的侧向保持装置 (57)。

12. 如权利要求 11 所述的下端件 (7)，其特征在于，所述侧向保持装置包括接纳所述燃料棒的纵向下端的接纳孔 (57)，所述接纳孔设在所述导向凸端 (39) 之上的块体 (33) 中。

13. 用于核反应堆的燃料组件 (1)，该燃料组件 (1) 包括燃料棒 (3) 和一个用于支撑燃料棒 (3) 的支撑骨架 (5)，所述燃料棒 (3) 沿一个纵向方向 (A) 延伸，并位于一个基本规则的网格的节点处，所述支撑骨架 (5) 包括一个下端件 (7) 和一个上端件 (9) 以及将所述下端件 (7) 连接到所述上端件 (9) 的连接件 (11)，所述燃料棒 (3) 纵向位于所述下端件 (7) 和所述上端件 (9) 之间，其特征在于，所述下端件 (7) 是根据上述权利要求之一所述的一个下端件，所述导向凸端 (39) 纵向位于所述燃料棒 (3) 或将所述下端件 (7) 连接到所述上端件 (9) 的所述连接件 (11) 的下方。

具有带折流道的防碎屑装置的核燃料组件的下端件及相应组件

技术领域

[0001] 本发明涉及轻水核反应堆的燃料组件的下端件，组件包括一些燃料棒和一个燃料棒的支撑骨架，燃料棒沿一个纵向方向延伸，并且位于一个基本规则的网格的节点上，支撑骨架包括一个下端件和一个上端件以及将所述下端件连接到所述上端件的连接件，燃料棒纵向位于端件之间。

[0002] 下端件包括：

[0003] - 引导反应堆的水沿着燃料棒的纵向下端流动的导向凸端，凸端位于基本规则的网格的节点处，以便位于至少一些燃料棒和 / 或所述支撑骨架的至少一些连接件的纵向延长线上；

[0004] - 一个限定水流管道的防碎屑装置。

[0005] 本发明特别但非限定性地用于实施轻水核反应堆 (LWR) 的核燃料组件的下端件。

背景技术

[0006] 核燃料组件的下端件传统上有三个功能。

[0007] 第一个功能是机械保持功能，因为端件是核燃料组件骨架的一部分，组件借助它置于堆芯的下板上。

[0008] 第二个功能是冷却水的分配功能，冷却水在堆芯中以非常大的上升速度自下而上垂直地循环流动。

[0009] 更确切地说，水穿过堆芯的下板进入堆芯中，然后在与燃料棒的外表面接触之前，穿过下端件。

[0010] 第三个功能是阻止碎屑。实际上，在核反应堆的一回路中流动时，冷却水带有可能存在的碎屑。人们希望防止这些碎屑卡在燃料棒与保持燃料棒的部件之间，特别是在骨架的下格栅处。实际上，这些碎屑在该区域承受很大的轴向和横向水力作用，它们可能磨损燃料棒的外壳，并导致丧失密封性，因此增加反应堆一回路的放射性。

[0011] 该功能通过防碎屑装置来保证，防碎屑装置可以结合在或附加在下端件上，其制造的复杂程度不一。

[0012] 文献 US5030412 描述了一个复杂的防碎屑装置，该装置限定一些通道，这些通道在垂直剖面上相继形成两个折流道，可以阻止很大数量的碎屑。

[0013] 但是，带有这种较复杂的防碎屑装置的下端件导致更大的压力损失。该压力损失表现为核燃料棒的冷却效果较低，以及需要通过增加核燃料组件其它元件的水力穿透性并且 / 或者通过堆芯上板在核燃料组件上施加更大的轴向保持力来补偿该额外的压力损失。

[0014] 另外，带有压力损失小的下端件的核燃料组件与带有压力损失较大的下端件的组件共同处在同一反应堆芯内也是有问题的。实际上，这会导致冷却水在组件的燃料棒的下部重新分配，引起可达到很大速度的侧向流动。这些侧向流动可能导致燃料棒由于它们的外壳在骨架格栅上的摩擦而损坏。这种现象通常称为“磨蚀 (fretting)”。

[0015] 更普遍地，由于核燃料棒下端的振动，这种磨蚀现象可能出现在支撑骨架的下格栅与核燃料棒的外壳之间，即使是当堆芯装有带有导致相同压力损失的下端件的组件时。

[0016] 这些磨蚀现象可以导致外壳损坏，导致裂变产物或气体释放到一回路的水中。

[0017] 为了解决该磨蚀问题，FR2864324 描述了一种上述类型的下端件。最好，核燃料棒的下端轴向和侧向保持在水流导向凸端之上的块体中。这种保持以及通过核燃料棒周围的凸端改善的冷却水的引导可以限制燃料棒下端的振动，因此降低了磨蚀损坏的危险。

[0018] 该文件中的下端件还可带有一个防碎屑装置，附加到冷却水流的导向凸端的网格之上。作为变型，该装置可以与凸端网格结为一体。

[0019] 这种下端件是令人满意的，但是希望进一步增加其阻止碎屑的能力。

发明内容

[0020] 本发明的目的是通过提供一种上述类型的下端件来解决该问题，该下端件具有改善的阻止碎屑的能力，同时减小压力损失。

[0021] 为此，本发明的主题是上述类型的一个下端件，其特征在于，至少一些水流管道位于基本规则的网格的节点，导向凸端至少部分地位于所述管道中，以便与这些管道一起限定水通道，并且至少一个水通道包括一个第一截面和一个第二截面，它们相对网格的相应节点相互径向错开，以形成一个折流道。

[0022] 根据一些特定实施例，下端件可以包括以下特征中的一个或多个，这些特征可以单独考虑或者根据任何可能的技术组合：

[0023] - 任何水的流线都不能以直线方式纵向穿过通道；

[0024] - 水通道包括一个第三截面，相对于网格的相应节点与第二截面径向错开，第一截面、第二截面和第三截面相继，以形成方向相反的两个相继的折流道；

[0025] - 至少一个水通道围绕相应的凸端；

[0026] - 至少一个水通道具有一个沿水的流动方向发散的下游部分；

[0027] - 至少一个水通道具有一个沿水的流动方向收敛的上游部分；

[0028] - 凸端和防碎屑装置结为一体；

[0029] - 端件包括至少一个加在通道上游和 / 或下游的阻止碎屑的附加格栅；

[0030] - 端件包括至少一个碎屑阻止套筒，该套筒在一个水流管道的下游端与相应凸端之上的一个块体之间纵向延伸；

[0031] - 套筒包括一个没有水流开口的区域，该区域与凸端一起限定一个碎屑收集空腔；

[0032] - 端件包括侧向保持基本上所有燃料棒的纵向下端的侧向保持装置；

[0033] - 保持装置包括设在凸端之上的块体中的接纳燃料棒的纵向下端的接纳孔。

[0034] 本发明的另一主题在于用于核反应堆的核燃料组件，该组件包括燃料棒和一个燃料棒支撑骨架，燃料棒沿一个纵向方向延伸，并且位于一个基本规则的网格的节点上，支撑骨架包括一个下端件和一个上端件及将所述下端件连接到所述上端件的连接件，燃料棒纵向位于端件之间，其特征在于，下端件是如上面定义的一个端件，凸端纵向位于燃料棒或端件的连接件的下方。

附图说明

[0035] 提供下面参照附图进行的仅作为例子给出的描述，可以更好地了解本发明，附图中：

[0036] - 图 1 是现有技术的燃料组件的侧视示意图；

[0037] - 图 2 是示出燃料棒在图 1 组件中的分布的平面示意图；

[0038] - 图 3 是现有技术的下端件的立体示意图；

[0039] - 图 4 是局部剖开的侧视示意图，示出根据本发明第一实施例的下端件的结构；

[0040] - 图 5 与图 4 类似，示出一个第一变型；

[0041] - 图 6 和 7 是本发明另外两个变型的局部立体示意图。

具体实施方式

[0042] 为了解释本发明的背景，图 1 示意地示出用于压水反应堆的一个核燃料组件 1。水用来保证冷却和减速功能，即慢化由核燃料产生的中子。

[0043] 组件 1 沿一个纵向方向 A 垂直地直线延伸。

[0044] 传统上，组件 1 主要包括一些核燃料棒 3 和一个燃料棒 3 的支撑结构或骨架 5。

[0045] 支撑骨架 5 通常包括：

[0046] - 位于组件 1 的纵向端部的一个下端件 7 和一个上端件 9；

[0047] - 一些导管 11，用于接纳未示出的核反应堆的固定的控制棒组；

[0048] - 保持燃料棒 3 或混合水的格栅 13。

[0049] 端件 7、9 固定在导管 11 的纵向端。

[0050] 燃料棒 3 在端件 7、9 之间垂直延伸。燃料棒 3 位于具有方形基础的基本规则的一个网格的节点上，燃料棒在节点处由格栅 13 保持。网格的一些节点被导管 11 占据，也可被图 2 中心可见的一个仪器管 14 占据。图 2 中，燃料棒 3 用虚线示出，导管 11 用粗线示出，仪器管 14 用一个黑圆块示出。

[0051] 格栅 13 通常包括多组交错的板 15，它们之间形成以规则网格的节点为中心的单元。大部分单元用于接纳燃料棒 3。二十四个单元中的每一个接纳一个导管 11，中心单元接纳仪器管 14。

[0052] 在图 1 和 2 的例子中，保持格栅 13 的每边包括 17 个单元，规则网格的每边包括相同数量的节点。

[0053] 在其它变型中，每边的单元和节点数可以不同，例如，对于一个压水反应堆的燃料组件，为 14×14 直到 18×18，对于一个沸水反应堆的燃料组件，为 7×7 直到 11×11。

[0054] 每个燃料棒 3 通常包括一个外壳 17，由一个下塞 19 和一个上塞 21 封闭并包含核燃料。例如，核燃料为叠置的燃料片，支承在下塞 19 上。

[0055] 一个图中未示出的螺旋保持弹簧可以位于外壳 17 中，在上端燃料片与上塞 21 之间。

[0056] 图 3 示出根据在先文件 FR2864324 的一个下端件 7。

[0057] 下端件 7 包括一个水平壁 23 和足部 25，足部 25 使壁 23 向下延伸，以便支承在反应堆芯的下板上。

[0058] 壁 23 的整体形状为平面的平行六面体，每个足部 25 位于壁 23 的一角。壁 23 包

括一个下部主体 29 和覆盖主体 29 的一个上板 31。

[0059] 主体 29 包括多个块体 33，位于与燃料棒 3、导管 11 和可能的仪器管 14 相同的网格的节点上。

[0060] 因此，如图 3 中看到的，主体 29 包括 17×17 个圆柱形块体 33。

[0061] 这样，每个块体 33 纵向位于或者一个燃料棒 3 的下方，或者一个导管 11 的下方，或者一个仪器管 14 的下方，如果组件 1 有仪器管的话。

[0062] 块体 33 通过使下部主体 29 分成格子的加固肋条 37 互相连接。

[0063] 位于燃料棒 3 下方的块体 33、即大部分的块体 33 的直径基本对应燃料棒 3 的外径，并且由水流导向凸端 39 向下延伸。这些凸端 39 的形状基本为向下收敛的弹头形，并且由所涉及块体 33 的材料形成。

[0064] 如 FR2864324 中描述的，位于导管 11 下面的块体 33 没有合为一体的凸端 39。它们被将下端件 7 固定在导管 11 上的螺钉取代。这些螺钉穿过相应的块体 33。螺钉头部的形状基本为弹头形，同样也构成水流导向凸端 39。作为变型，螺钉头可以具有其它形状，并且不构成导向凸端。

[0065] 通常，在可能存在的仪器管 14 的下面不设置凸端 39，以便使相应的探头通过。

[0066] 这样，端件 7 的下部主体 29 具有一个由凸端 39 形成的网格，与燃料棒 3、导管 11 及可能存在的仪器管 14 的网格类似。

[0067] 该网格只在可能的仪器管 14 处终断。在某些变型中，该网格也可局部地在管 14 附近更大程度地终断。在这些变型中，燃料棒 3 的主要部分仍处于凸端 39 之上。作为变型，下部主体 29 的外周边可以设有一个裙边，使位于足部 25 之间的周边块体 33 之间互相连接，并且还使块体 33 与足部 25 连接。该裙边可以具有上、下倒角，以便于对组件的操作。

[0068] 位于燃料棒 3 下面的块体 33 还具有一些盲孔，用于接纳燃料棒 3 的下塞 19，并且侧向和轴向保持燃料棒 3。

[0069] 而上板 31 形成一个防碎屑装置。

[0070] 图 4-6 所示的本发明在于图 3 类型的下端件 7 的一种改进，其与图 3 的下端件 7 的主要不同在于下面描述且 / 或图中可见的特征。

[0071] 在图 4 的实施例中，下端件 27 的水平壁 23 仍包括一个主体 29，主体 29 包括多个块体 33，块体位于与燃料棒 3、导管 11 和可能的仪器管 14 相同的网格的节点处。

[0072] 如前所述，这些块体 33 也由冷却水流的导向凸端 39 向下延长。在所示的例子中，凸端 39 的形状基本为向下收敛的锥形。在图 4 中看到，连接最前面的块体 33 的肋条 37 没有示出。

[0073] 在所示的例子中，格栅 31 被取消，取而代之的是位于主体 29 下面并与主体 29 为一体的一个金属下板 43。该子 43 形成下面将要描述的防碎屑装置。

[0074] 还可以使主体 29 和板 43 成为互相装配在一起的两个单独的部件。它们的相互固定例如可以通过在主体 29 和下板 43 的外角处的焊接来保证，另外可通过导管 11 在下端件 7 上固定螺钉来保证，螺钉使下板 43 贴靠主体 29。板 43 和主体 29 例如由一种耐磨损材料制成，例如 Inconel（注册商标）类型的镍基合金、A286 型钢、钛基合金等。

[0075] 下板 43 包括由隔板 45 形成的格子，隔板 45 之间形成垂直穿过板 43 的管道 47。管道 47 位于由燃料棒 3、导管 11 和可能的仪器管 4 构成的同一网格的节点处。

[0076] 管道 47 具有类似的结构，下面只描述图 4 中可见的管道 47 的结构。该图中，围绕管道 47 的两个相邻侧向隔板 45 已经沿一中间垂直平面被剖开。

[0077] 管道 47 具有相继的盘形横截面，并且在冷却水流动的上升方向相继地包括一个收敛的下半部分和一个发散的上半部分。所述的收敛和发散形状通过限定管道 47 的隔板 45 的中间隆起而得到。

[0078] 与管道 47 对应的同一网格节点相对应的凸端 39 插入到管道 47 的上半部分中。

[0079] 因此，凸端 39 在管道 47 中限定了一个冷却水的通道 51，该通道一方面具有向上收敛且由相继的盘形截面组成的一个下半部分 53，另一方面包括一个上半部分 55，该上半部分包围凸端 39，并由相继的环形截面组成。所述的环形和盘形截面以相应燃料棒 3 的纵向中心轴线 C 为中心，即与所涉及的管道 47、块体 33 和凸端 39 的同一个网格节点对应的轴线。燃料棒 3 是图 3 示出的唯一一个燃料棒。

[0080] 随着向通道 51 的下半部分 53 靠近，上半部分 55 的横截面径向地靠近轴线 C。

[0081] 因此，上半部分 55 的下游截面 S1 比上半部分 55 的上游截面 S2 相对轴线 C 径向更靠外，截面 S2 还称为通道 51 的中间截面。所考虑截面的径向位置对应于例如图 4 所示的双箭头的中点。因此，截面 S1 的中点 MS1 比截面 S2 的中点 MS2 径向更靠外。

[0082] 这样，上半部分 55 形成一个折流道 56。它还用代表水流线的两个箭头 E 表示。实际上，这些箭头 E 示出水流线由折流道 56 相对垂直方向侧向偏移。

[0083] 如所示例子中，形成的折流道 56 最好使得任何水流线都不能沿直线垂直地穿过通道 51。在所示的例子中，这一点通过截面 S2 的外径小于或等于截面 S1 的内径而达到。在涉及圆形和环形截面以外的其它截面的情况下，截面的横向尺寸之间存在类似的关系。例如，对于方形截面，方形的边长之间将具有该关系。

[0084] 如图 4 中虚线所示，燃料棒 3 的下塞 19 接纳在设在相应凸端 39 之上的块体 33 中的一个盲孔 57 内。

[0085] 塞子 19 例如通过锥形表面 59 贴靠在孔 57 内的互补的锥形表面上。因此，燃料棒 3 置于块体 33 上，从而克服重力被轴向保持，并克服横向水流作用而被侧向保持。

[0086] 如同图 3 的现有技术，凸端 39 的存在可以为水流线导向，使其沿着燃料棒 3 下端的基本垂直的方向，因此减小水流的侧向速度。这样，减小反应堆运行时燃料棒 3 下端的振动。这些振动由于下端件 7 本身对燃料棒 3 下端的侧向保持而进一步减小。因此，限制了由于燃料棒 3 外壳 17 的磨蚀而损坏的危险。

[0087] 另外，下板 43 的存在可以明显改善阻止碎屑的能力，尤其是由于通道 51 中存在折流道 56。特别是，提高了阻止细长碎屑的能力。

[0088] 下板 43 的存在还可进一步改进水流线的导向，因此限制了振动和由燃料棒 3 磨蚀造成损坏的危险。

[0089] 由于通道 51 收敛然后发散的形状，该效果还会增强，这种形状可以在更大的距离上引导水，因此进一步降低流动的侧向速度。

[0090] 然而，在现有技术的带有简单防碎屑装置和复杂防碎屑装置的端件中，下端件 7 的压力损失都比较小。因此，这便于其在所有燃料组件都没有相同的下端件的堆芯中使用，因为与周围的端件导致的压力损失之间的差别减小了。

[0091] 端件 7 的制造成本也降低了，特别是由于主体 29 和板 43 可以分开制造，或通过注

模制成一个单一件，因此不需要象某些防碎屑装置、如 US50300412 中的那样组装大量的零件。

[0092] 在严重事故的情况下，如地震或一回路冷却水的失去，块体 33 保持住燃料棒 3，防止其穿过下端件 7 掉落。

[0093] 该轴向保持通过块体 33 的网格来保证，或者在某些没有设置块体 33 的变型中通过凸端 39 来保证，通道 51 形成的网格可以与凸端 39 的网格重叠，这与现有技术所可能给出的启示相反，在现有技术中，所寻求的是保持防碎屑装置的针对燃料棒 3 的肋条，以防止它们的坠落。

[0094] 通道 51 可以具有与前面描述的形状不同的形状，特别是改变它们的截面，不一定对应一半的部分 53 和 55 的高度，以及它们的发散或收敛、甚至没有发散或收敛。可以通过调整隔板 45 和 / 或凸端 39 得到这些不同形状。

[0095] 因此，图 5 示出一个变型，其中，每个凸端 39 包括向下收敛的一个上段 61，该段由向下发散的一个下段 63 延长，以便相继形成两个折流道 56 和 64。

[0096] 可看到，下段 63 的下端是圆形的，以便不干扰水的流动。

[0097] 使用与图 4 相同数字标号，通道 51 除了包括下游截面 S1、中间截面 S2，还包括一个上游截面 S3，上游截面 S3 相对截面 S2 向外径向错开，以形成曲线方向与折流道 56 相反的一个第二折流道 64。

[0098] 因此，在该变型中，阻挡碎屑的能力进一步增加。

[0099] 在上面描述的例子中，通道 51 的横截面以盘形或环形为基础，但是也可使用其它形状、例如带圆角的多边形以及它们的组合。

[0100] 为了进一步提高阻止碎屑的能力，可以增加一个附加格栅，例如如图 6 所示在板 43 的下面。图 6 中，该格栅用标号 65 表示，并且只部分示出了三个肋条 37，并且板 43 的形状也已简化。例如与图 3 中的格栅类似的一个格栅 31 也可附加地设在主体 29 之上，或替代格栅 65。

[0101] 还可使用套筒补充或替代上述附加格栅。

[0102] 一个这样的套筒 67 示于图 7。该套筒 67 设有由分支 71 限定的一系列水流开口 69，分支 71 用于拦截碎屑。

[0103] 例如，对于与一个网格节点对应的每组燃料棒 3、凸端 39 和通道 51，设置一个套筒 67。

[0104] 套筒 67 的下端 73 接合在管道 47 的上端，例如弹性地保持在其中。套筒 67 的上端 75 例如弹性地围绕块体 33 接合。因此，套筒 67 封闭了通道 51 的下游端，而来自通道 51 的冷却水需要穿过套筒 67，这提高了阻止碎屑的能力。

[0105] 套筒 67 的上端具有一个没有水流开口的区域，该区域在内部与凸端 39 一起形成一个空腔。该空腔可以收集丝状碎屑，这进一步提高了阻止碎屑的能力。

[0106] 在上面描述的例子中，燃料棒 3 由主体 29 侧向保持，但不一定都是这种情况。

[0107] 这样，在本发明的组件 1 中，燃料棒 3 的下塞 19 可以与下端件 7 隔开。但是，燃料棒 3 的主要部分在凸端 39 之上，凸端 39 本身接合在板 43 的一个管道 47 中，以便限定一个流体流动通道 51，这里流体是冷却水。“燃料棒的主要部分”是指燃料棒 3 的至少 50％，最好至少 70％，并最好为 90％。

[0108] 一般说来，凸端 39 不一定要在块体 33 的上方。

[0109] 所有通道 51 在下端件 7 中也不一定都具有相同的形状。

[0110] 还可看到，板 43 除了上述管道 47 外，还可以包括不位于燃料棒 3、导管 11 及可能的仪器管 14 的网格的节点处的补充管道 47。这些补充管道 47 可以减少下端件 7 造成的压力损失。这些补充管道 47 也可以形成折流道。

[0111] 在上面描述的例子中，下端件 7 用于一个 PWR 组件。但是，需要指出的是，上面描述的特征也可应用于沸水核反应堆 (BWR) 的燃料组件。

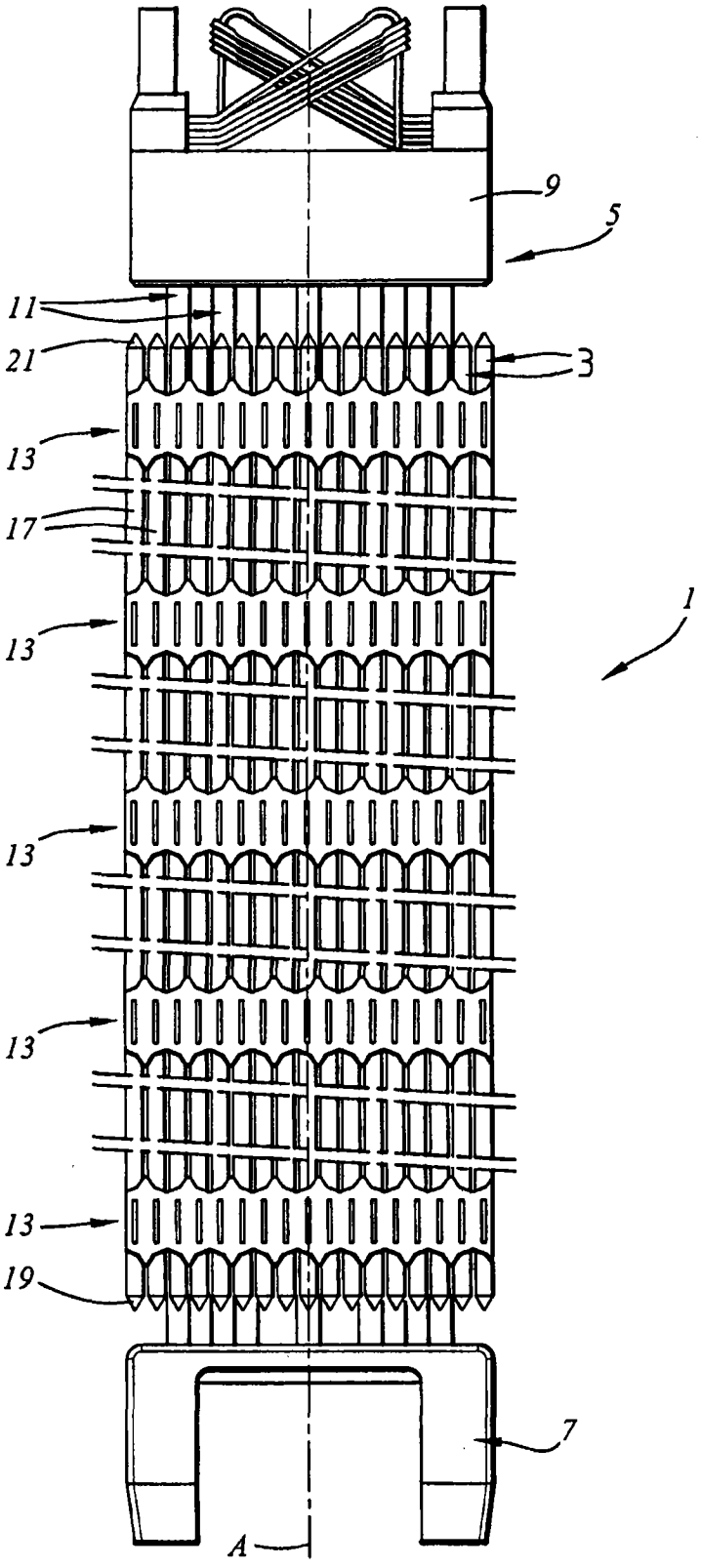


图 1

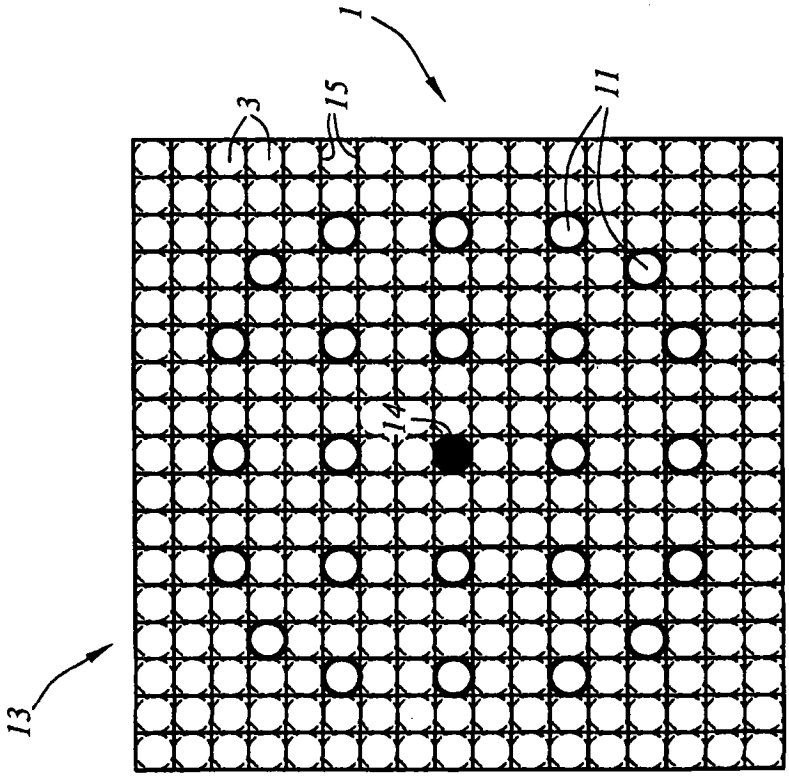


图 2

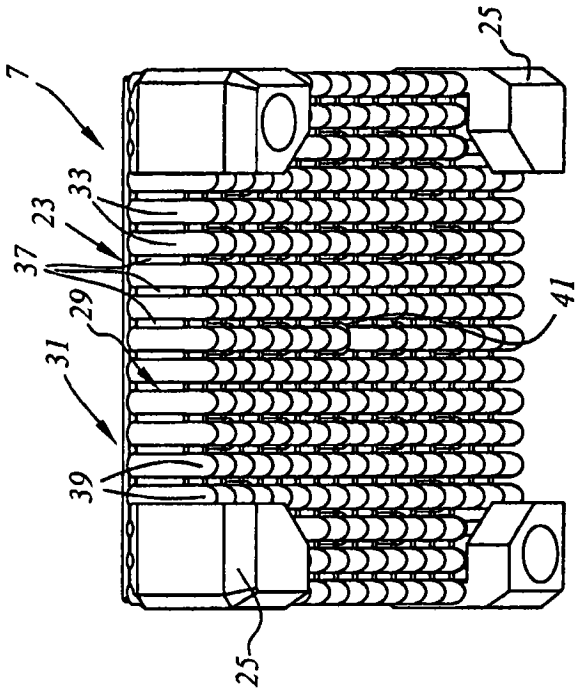


图 3

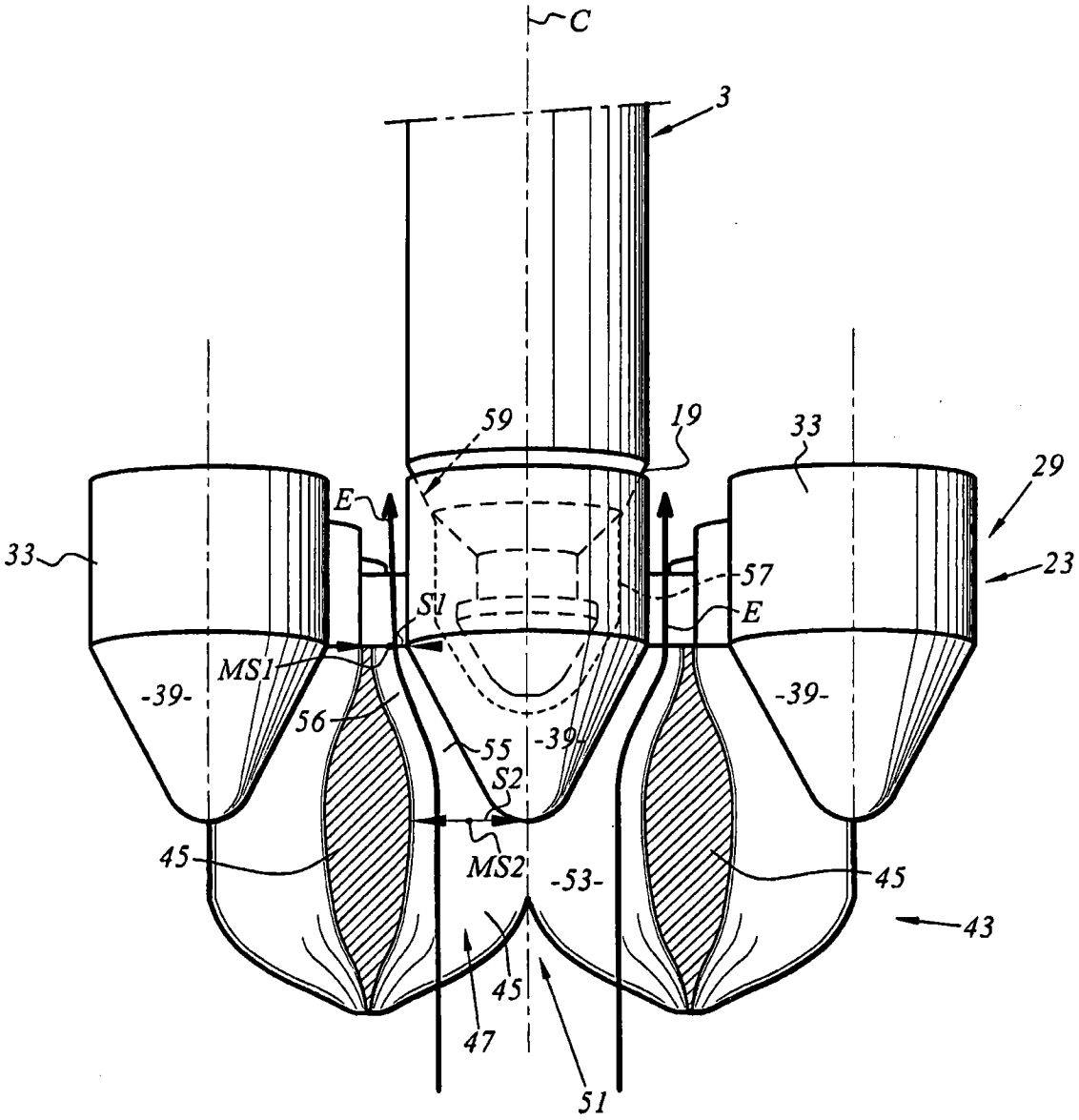

C
3
59
19
33
29
E
33
23
57
S1
E
MS1
-39-
56
55
-39-
-39-
S2
45
MS2
-53-
45
43
45
47
51

图 4

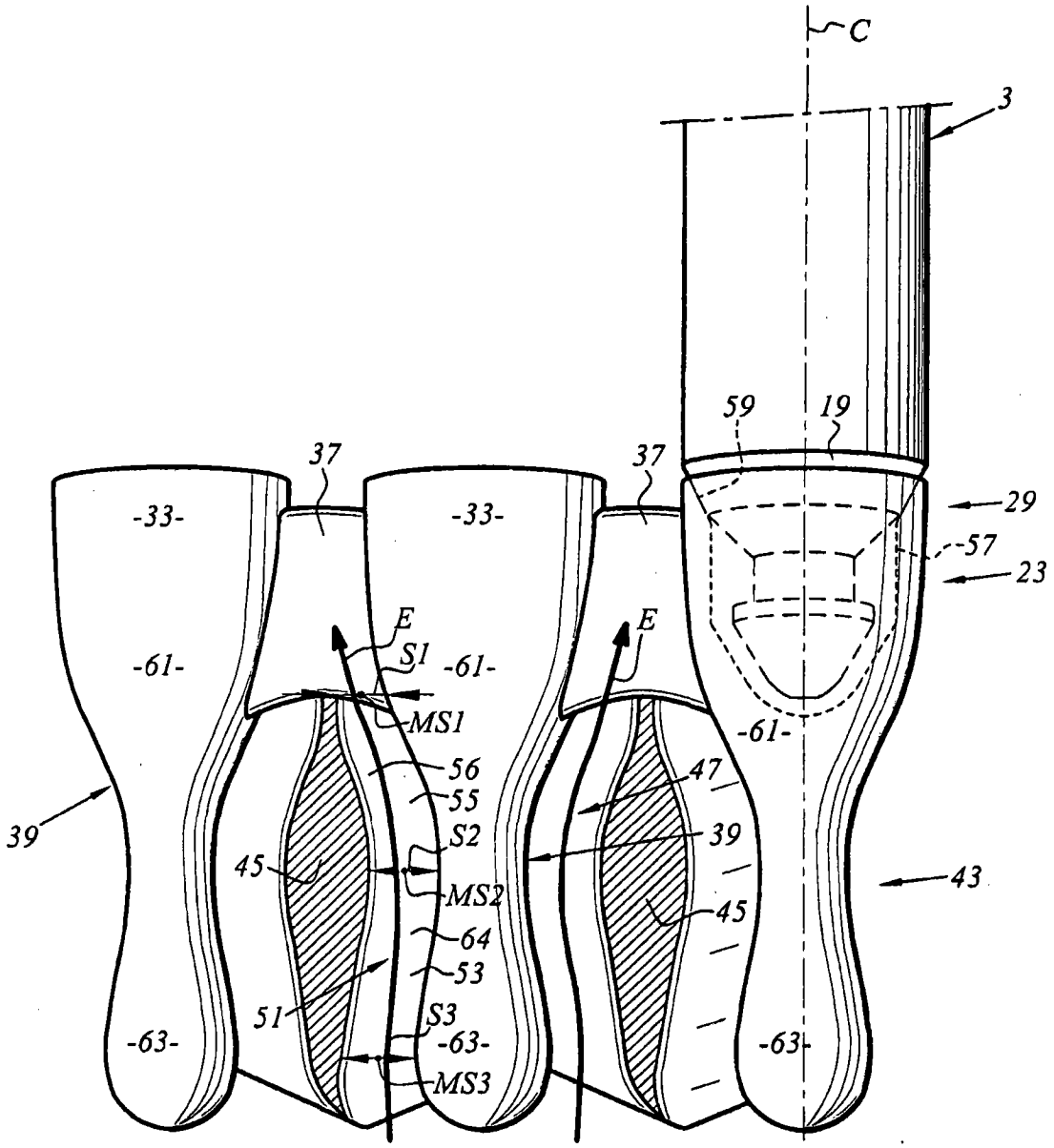

C
3
59
19
37
37
-33-
-33-
29
57
23
E
S1
-61-
E
-61-
MS1
-61-
56
47
55
39
S2
39
45
43
MS2
45
64
53
51
S3
-63-
-63-
-63-
MS3

图 5

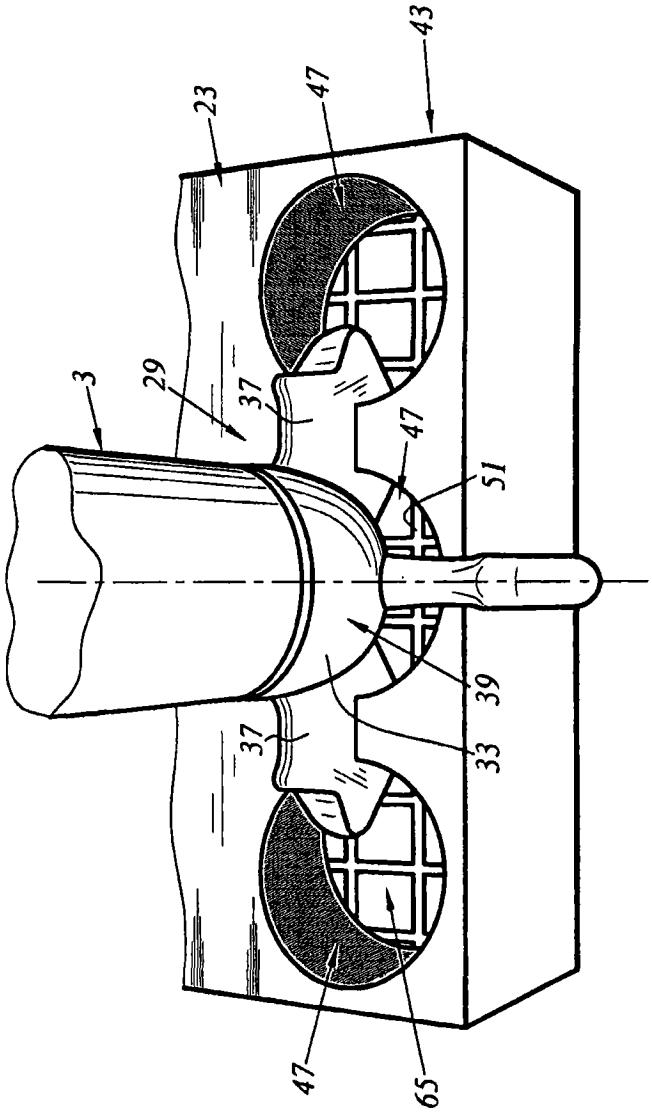


图 6

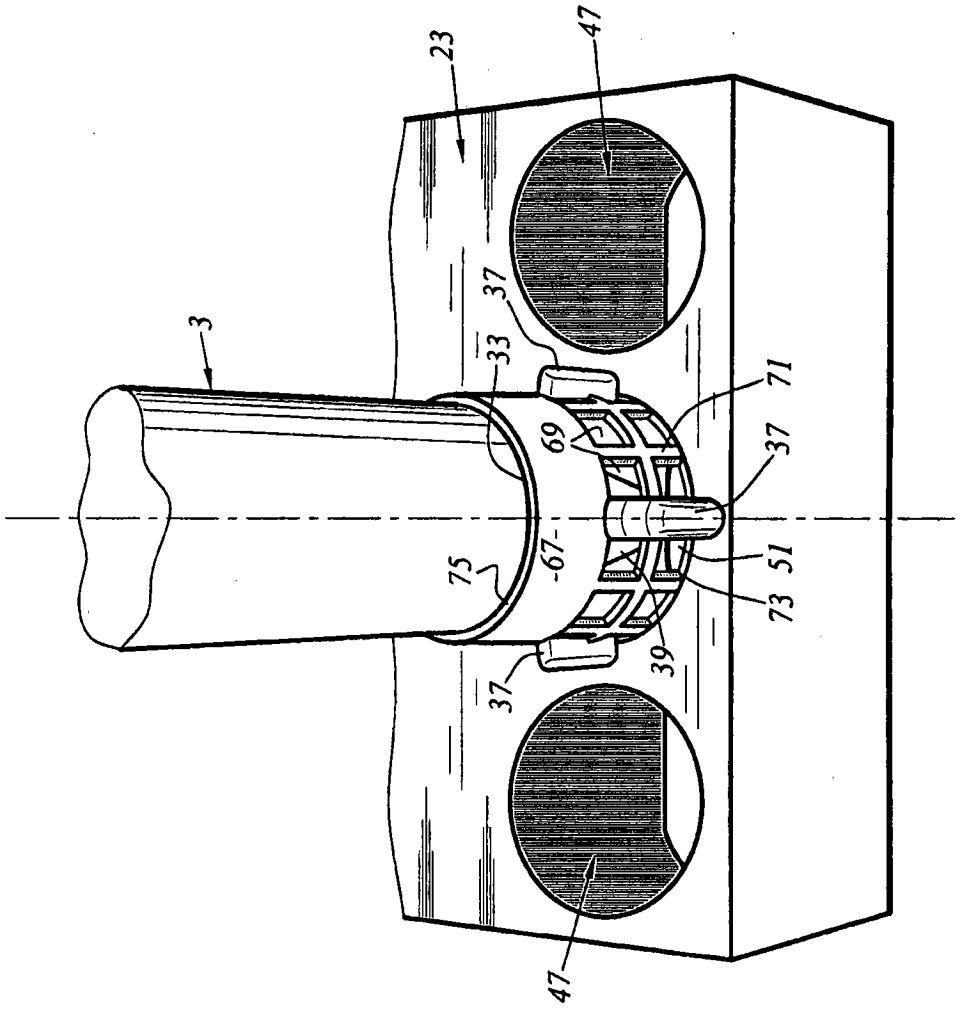


图 7