

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁶

G21C 15/00

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 93107013.9

[45]授权公告日 1999 年 10 月 27 日

[11]授权公告号 CN 1046046C

[22]申请日 93.6.12 [24]颁证日 99.8.14

[21]申请号 93107013.9

[30]优先权

[32]92.6.24 [33]US[31]903,632

[73]专利权人 西屋电气公司

地址 美国宾夕法尼亚

[72]发明人 米歇尔·马力欧·克力帝

路易斯·考克逊·劳

特利·李·舒尔兹

审查员 何越峰

[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

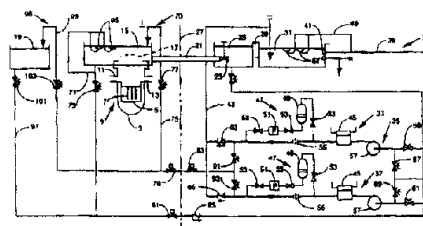
代理人 王宪模

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图页数 1 页

[54]发明名称 核反应堆各部件的冷却与净化综合系统

[57]摘要

一种压水反应堆(PWR)核电站的废燃料坑具有足够量的冷却剂而不需要安全标准规定的冷却系统。一种带有重复分支管路的非安全标准规定的冷却与净化综合系统有选择地提供对废燃料坑、燃料更换室和换料贮水箱同时地进行冷却和净化,并将冷却剂从换料贮水箱输送到燃料更换室而不用通过反应堆芯。在冷却与净化综合系统的吸水管道上设置撇渣器,就不再需要带有专用泵的独立的撇渣回路。



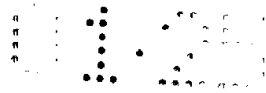
ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1.一种核反应堆各部件的冷却与净化综合系统,该反应堆具有一个用燃料组件提供燃料的堆芯;一个使冷却剂通过堆芯循环的反应堆冷却系统;一个燃料更换室,燃料组件通过该更换室插入堆芯或从堆芯取出;一个将从堆芯中取出的燃料组件贮存在冷却剂中的废燃料坑;一个将燃料组件在冷却剂中从上述燃料更换室送至上述废燃料坑的燃料输送装置以及一个带有冷却剂供源的反应堆换料贮水箱,该水箱在更换燃料时向上述燃料更换室灌注冷却剂,而上述冷却与净化综合系统则包括一个废燃料坑热交换器;一去除冷却剂中颗粒的撇渣装置和一个净化上述冷却剂的净化装置;该系统特征在于所述的废燃料坑中具有至少在72小时内足以散除上述燃料组件产生的裂变热的冷却剂量,而在该段时间内无需启动上述废燃料坑热交换器。

2.根据权利要求1的系统,其特征在於,上述废燃料坑冷却装置和上述净化装置串联连接,组成一个带有通用的非安全标准规定的泵装置的冷却与净化综合系统,而第一管道装置使冷却剂循环流通,即从上述废燃料坑抽出,通过上述的冷却与净化综合系统,再返回到上述废燃料坑,以便在一条单一回路中同时冷却和净化废燃料坑的冷却剂。

3.根据权利要求2的系统,其特征在於,上述撇渣装置与上述第一管道装置连接,通过该装置冷却剂被上述通用泵从废燃料坑抽出,以便通过上述冷却与净化综合系统循环流通。



4.根据权利要求2的系统,其特征在于,第二管道装置使从上述燃料更换室抽出的冷却剂有选择地通过上述冷却与净化综合系统再返回上述燃料更换室而循环流通,以便同时地冷却和净化上述燃料更换室中的冷却剂。

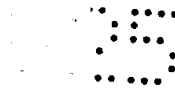
5.根据权利要求4的系统,其特征在于,上述撇渣装置与上述第二管道装置连接,冷却剂通过该装置用上述通用泵从上述燃料更换室抽出,使之通过上述冷却与净化综合系统循环流通。

6.根据权利要求2的系统,其特征在于,第三管道装置使得用上述通用泵从上述换料贮水箱抽出的冷却剂通过上述冷却与净化综合系统再返回上述换料贮水箱而循环流通。

7.根据权利要求2的系统,其特征在于,第四管道装置使上述通用泵从上述换料贮水箱抽出的冷却剂通过上述冷却与净化综合系统直接循环流通到上述燃料更换室而不通过上述反应堆堆芯。

8.根据权利要求2的系统,其特征在于,输送装置用通用泵将冷却剂通过上述冷却与净化综合系统从上述燃料更换室到上述换料贮水箱之间有选择地输送,而不通过上述反应堆堆芯。

9.根据权利要求2的系统,其特征在于,上述的冷却与净化综合系统包含平行的分支管路,每条分支管路具有冷却装置、净化装置和一个通用的泵,上述第一管道装置包含从上述废燃料坑对两条分支管路抽取冷却剂的通用吸水管装置,和将冷却剂从两条分支管路排到上述废燃料坑的通用的排出管道装置。



说明书

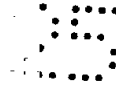
核反应堆各部件的冷却与净化综合系统

本发明涉及压水反应堆核电站，更具体地，涉及冷却与净化反应堆的废燃料坑、燃料更换室和换料贮水箱中的冷却剂的系统，以及在这些部件之间输送冷却剂的系统。

在压水反应堆核电站中，以轻水形式的冷却剂通过罩在反应堆容器内的反应堆芯中的燃料组件，该冷却剂在反应堆芯与蒸汽发生器之间的初级回路循环流通，所述蒸汽发生器利用由初级回路中的冷却剂从反应堆芯带出的热量在次级回路中产生蒸汽，以驱动涡轮发电机发电。

反应堆芯必须定期地更换燃料。为此，对处于反应堆容器上方的燃料更换室灌注来自换料贮水箱的冷却剂，把要更换的燃料组件从反应堆芯上升，进入燃料更换室，并且在冷却剂淹没的情况下，通过输送管和燃料输送通道运送到安全壳外部的废燃料坑里，就地贮存。废燃料坑冷却系统散除贮存的燃料组件所释放的裂变热。冷却系统用泵将冷却剂从废燃料坑通过放出裂变热的热交换器送到分支冷却水系统。法规要求现有的废燃料坑冷却系统控制到安全等级，这包括由安全等级总线对冷却系统进行增能。为了满足上述要求，必须装设两个完全独立的废燃料坑冷却系统。

在更换反应堆燃料的操作中，操作者根据通过冷却剂对燃料



组件的目视观察情况来操纵燃料更换机。操作者能够这样做是取决于冷却剂的清晰度。在现有技术中，燃料更换室灌满来自通过反应堆芯的换料贮水箱的冷却剂。从堆芯移出的碎屑和沉积物使燃料更换室中冷却剂的清晰度变差。因此，通常必须装设辅助的净化装置例如过滤器、水软化器和撇渣器，以改善换料时的冷却剂清晰度。

在废燃料坑中的冷却剂的清晰度也是一个问题。现在是采用在废燃料坑冷却系统无关的独立净化系统来改善废燃料坑中冷却剂的清晰度。而且用独立的撇渣器来清除废燃料坑表面的外来物。

所有这些独立的、在某些情况下是多余的冷却与净化系统要求包括6个或7个泵在内的相当多的设备，其中一些还必须是符合安全标准的。

本发明的主要目的是提供在压水反应堆核电站中冷却和净化废燃料坑、燃料更换室和换料贮水箱的冷却剂的改进的装置。

本发明另一目的是提供那样一种不一定得鉴定为符合安全标准的装置。

本发明的又一目的是减少燃料更换室中冷却剂的净化需要。

本发明的更具体的目的是通过从换料贮水箱向燃料更换室输送冷却剂而使冷却剂不通过反应堆芯，来减少净化燃料更换室冷却剂的需要。

本发明的一个附加的目的就是减少在履行全部所要求的冷却和净化功能时所需要的设备。

上述的和其他的目的可通过针对核反应堆的改进的本发明来



达到，上述的核反应堆含有一个废燃料坑，该废燃料坑有能力吸收从贮存在坑内的特定数量的燃料组件在法规要求的时间间隔内的裂变热，而不需要电力，所以，废燃料坑冷却系统不一定是符合安全标准规定的。

作为本发明的另一方面，是将非安全标准规定的废燃料坑冷却装置与净化装置串联连接，组成一个冷却与净化综合系统，该系统带有一个通用的非安全标准规定的泵。上述的冷却与净化综合系统同时地冷却和净化单一回路中的废燃料坑冷却剂，所述的单一回路最好有两条分支管路，每条支路都带有冷却装置（如热交换器）和净化装置（如水软化器和过滤器以及其自身的非安全标准规定的泵）。用冷却与净化综合系统的每一分支管路通过通用的吸水管道从废燃料坑抽取冷却剂，并通过通用的排出管道将冷却剂排回废燃料坑内。撇渣装置与通用吸水管道连接，因此就不再需要独立的撇渣回路。

本发明还包括通过使冷却剂循环流过冷却与净化综合系统来冷却和净化燃料更换室中的冷却剂，这就使得在更换燃料时无需装设额外的冷却与净化设备。

本发明的另一方面是应用冷却与净化综合系统在换料贮水箱与燃料更换室之间输送冷却剂，而不使冷却剂流过反应堆芯。这就改善了燃料更换室中冷却剂的清晰度，因为堆芯的碎屑和沉积物不会像现有技术的情况那样流入燃料更换室。还可以通过在更换燃料前使换料贮水箱冷却剂通过冷却与净化综合系统循环流通来进一步改善燃料更换室中冷却水的清晰度。

本发明针对涉及压水反应堆核电站的上述改进的装置和方



法。

通过下面结合附图说明最佳实施例，人们将能充分了解本发明，附图示意地说明按照本发明的压水反应堆核电站的有关部件。

参看附图，图中示意地表示出与本发明有关的压水反应堆（PWR）核电站的各部件。PWR1 包含一个反应堆容器 3，该容器 3 有一含有一组燃料组件 7 的堆芯 5。反应堆冷却剂系统 9 包含一个与蒸汽发生器的初始侧（未示出）连接的热支管 11 和一个也与蒸汽发生器和泵（未示出）连接的冷支管 13，所述的泵使轻水形式的冷却剂通过堆芯 5 及燃料组件 7、通过热支管 11 到蒸汽发生器、再返回通过冷支管 13 循环流通。燃料组件 7 的燃料发生裂变产生的热加热冷却剂，该冷却剂被蒸汽发生器用来在次级回路中发生蒸汽以驱动涡轮发电机（未示出）。

通过对包围反应堆容器 3 之顶盖 17 的反应堆燃料更换室 15 灌注冷却剂，定期地对反应堆芯 5 更换燃料，所述的冷却剂是来自反应堆安全壳内的换料储水箱 19。更换燃料时，从反应堆容器 3 移去顶盖 17，将要更换的燃料组件 7 通过换料机（未示出）升高，进入燃料更换室 15 内，在该室内组件 7 浸入冷却剂中。将被去除的燃料组件 7 转到一水平位置，并通过带有常开的手动阀 23 的燃料输送管 21 进到燃料输送槽 25。燃料输送管 21 穿过安全壳 27。图中所有在 27 左边的部件都在安全壳内，而在其右边的所有部件都在安全壳外。

用过的燃料组件 7 在冷却剂浸泡下通过燃料输送槽 25 传送，并通过常开闸门 29 进入在冷却剂复盖下贮存废燃料组件的废燃料

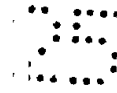


坑 31。一般来说，反应堆 3 大约每 18 个月更换燃料一次。每次更换燃料时，大约三分之一的燃料组件被移去，并送至废燃料坑，废燃料坑一般设计成可贮存 10 年的废燃料组件之规模。

废燃料坑 31 必须有能力消除从贮存的废燃料组件产生的裂变热。也需要净化废燃料坑中的冷却剂以保持良好清晰度，以便能观察到燃料组件。按照本发明，设置了冷却与净化综合系统 33 同时履行冷却与净化的功能。本发明的一个独特的方面就是其废燃料坑有足够多的冷却剂来吸收废燃料组件整个十年积累的裂变热，而在足以允许补救反应的时间周期内不必操作冷却与净化综合系统 33。在典型的系统中，这个周期至少为 72 小时。这就实现了 PWR 的钝态安全系统的新概念。所谓钝态指的是所述系统在不要操作者干预并且不使用需要电力的设备的情况下，使核电站在发生一种干扰（例如一次偶然事故、动力消失或一次地震）后，保持在安全状态下。因此，在废燃料坑的情况下，如果冷却与净化综合系统失效或失去动力，废燃料坑将在至少 72 小时内保持在安全状态，在此时间内，冷却与净化综合系统可回复原态，或者使临时冷却设备进入工作状态。

冷却与净化综合系统 33 有两个分支 35 和 37。该两分支 35 和 37 与带有通用吸水管道的 39 的第一管道 38 相通，所述吸水管道的 39 通过进口过滤器 41 抽吸来自废燃料坑 31 的冷却剂。分支管路 35 和 37 都通过共用排泄管道 43 将冷却剂排入废燃料坑 31。

冷却与净化综合系统 33 的每条分支管路 35 和 37 都有热交换器 45。从通过该热交换器 45 的初级侧的冷却剂所去除的热被通过次级侧的部分冷却水而带走。

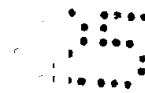


冷却与净化综合系统 33 的分支管路 35 和 37，还包含带有一个与过滤器 51 串联的水软化器 49 的净化装置 47。用阀 53 将软化器 49 与过滤器 51 隔开。管口 55 与软化器 49 和过滤器 51 平行，它控制流过滤化器和过滤器的通路的流量成一定比例。在典型的系统中，大约三分之一的流体被净化，大约三分之二流体由管口 55 走旁路。最后，每个分支管路 35 和 37 带有一个泵 57。当废燃料坑对废燃料组件提供钝化冷却时，冷却与净化综合系统 33 不一定是符合安全标准规定的，因此泵 57 不一定由符合安全标准的总线来驱动，但是，泵 57 可装上备用的非安全标准规定的辅助动力装置（未示出）。

通过共用吸水管道 39 的手动阀 59 和 61 分别控制从废燃料坑 31 流到冷却与净化综合系统 33 的分支管路 35 和 37 的冷却剂流量。同理，位于共用排泄管道 43 的断流阀 63 和 65 分别控制从分支管路 35 和 37 流回到废燃料坑 31 的冷却剂流量。冷却与净化综合系统 33 的每条分支管路 35 和 37 有能力对废燃料坑 31 提供所需要的冷却和净化。但是，多余的分支管路提高冷却和净化效率。一般情况下，两个分支管路的阀 59、61、63 和 65 是打开的，只有在给定的支路中的泵 57 可随时运行。由于上述阀是常开的，故分支管路间的传输仅仅受到转换运行的泵 57 的快速影响。

本发明还有通过管道 69 与共用吸水管道 39 连接的撇渣器 67，用来清除废燃料坑 31 的冷却剂的表面碎屑。这就不再需要常见的带有其自身泵的单独的撇渣器回路。

本发明的另一方面是其冷却与净化综合系统 33 也可用于冷却和净化燃料更换室 15 的冷却剂。为此，包括带有隔离阀 73 的吸



水管路 71 和带有隔离阀 77 的排出管道 75 的第二管路 70 将回路中的燃料更换室 15 同冷却与净化综合系统 33 连接起来。在反应堆安全壳 27 内装有附加的马达来驱动隔离阀 79 和 81，而在安全壳 27 之外面装有马达驱动阀 83 和止回阀 85。操作进口阀 87 和 89 以及出口阀 91 和 93 可使燃料更换室冷却剂流过冷却与净化综合系统 33 的分支管路 35 和 37 中的一个分支管路。适宜地操作阀 59 - 65 和 87 - 93，可接通冷却与净化综合系统 33 的分支管路 35 和 37 中的一条分支管路，以冷却和净化来自废燃料坑 31 的冷却剂，与此同时，另一条分支管路则冷却和净化来自燃料更换室 15 的冷却剂。因此，冷却与净化综合系统 33 可用来替代原先在更换燃料操作时用以冷却燃料更换室冷却剂的反应堆散热系统

(RHR)，或者用作为该散热系统 (RHR) 的一种补充。本发明无需引入临时设备来澄清燃料更换室 15 中的冷却剂。另外，在吸水管路 71 的进口上还装有撇渣器 95 以清除燃料更换室中的冷却剂表面的碎屑。这也使本发明无需装设带有独立液压环路和泵的临时撇渣设备。

本发明的再一方面是，冷却与净化综合系统 33 可用来澄清反应堆换料储水箱 19 的冷却剂。因此，用包括各自带有选择阀 101 和 103 的吸水管路 97 和排出管道 99 的第三管路 96 来连接阀 59 - 63 和 87 - 93，以便将回路中的反应堆换料储水箱 19 有选择地同冷却与净化综合系统 33 的分支管路 35 和 37 中的一条分支管路连接起来。

本发明的又一重要方面在于，冷却与净化综合系统 33 可在更换燃料时通过开放阀 101 和 77 和关闭阀 103 和 73 在换料贮水箱

19 与更换燃料室 15 之间传输冷却剂。这就实现了对燃料更换室 15 灌注来自换料储水箱 19 的冷却剂，而不用像过去的实践那样灌注通过反应堆芯 5 的冷却剂。因此，输入到燃料更换室 15 的冷却剂不会集积来自反应堆芯 5 的碎屑和沉淀物。而且，通过净化装置 47，也使输到燃料更换室 15 的冷却剂的清晰度得到改善。按照本发明，在更换燃料前的期间内，换料储水箱 19 中的冷却剂通过冷却与净化综合系统 33 而循环流通，以便准备它进行燃料更换。

从上所述可清楚地看到，本发明有许多优点，首先，它提供了钝态的废燃料坑的冷却，它也提供了不一定是安全标准规定的废燃料坑冷却系统。它减少了废燃料坑冷却和净化所需的设备数量，其措施是将这些系统联合在一条单一回路中，该回路可具有重复的分支管路，以提高效率，并同时冷却和净化燃料更换室的冷却剂和净化换料储水箱的冷却剂，与此同时，冷却和净化废燃料坑的冷却剂。本发明不需要为废燃料坑设置独立的撇渣环路，也不需要为燃料更换室将临时的澄清和撇渣装置带入反应堆安全壳内。本发明的另一重要优点在于，它可将冷却剂从换料储水箱输送到燃料更换室，而无需使冷却剂通过反应堆芯，并且在向燃料更换室输送冷却剂的同时改善冷却剂的清晰度。

