



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107093473 A

(43)申请公布日 2017.08.25

(21)申请号 201710213255.X

(22)申请日 2017.04.01

(71)申请人 中国科学院合肥物质科学研究院
地址 230031 安徽省合肥市蜀山区蜀山湖
路350号

(72)发明人 吴宜灿 吕科锋 金鸣 周涛
柏云清

(74)专利代理机构 北京理工大学专利中心
11120
代理人 仇蕾安 付雷杰

(51)Int.Cl.
G21C 15/18(2006.01)

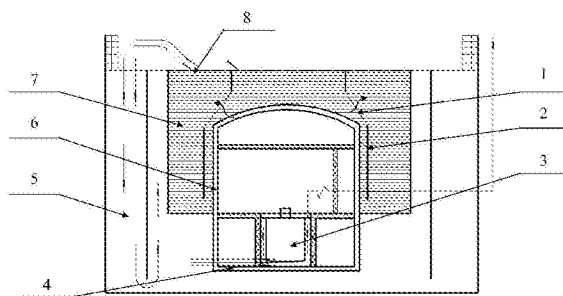
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种核反应堆用余热排出系统

(57)摘要

本发明公开了一种核反应堆用余热排出系统,该余热排出系统包括一回路非安全级余热排出子系统,一回路安全级余热排出子系统以及包容体非能动冷却子系统,三个子系统之间并联,按照安全事故等级进行工作,无事故下的正常停堆是依靠一回路非安全级余热排出子系统进行余热导出,当反应堆二回路发生事故或全厂断电时,无法使用非安全级余热排出系统,此时一回路安全级余热排出子系统排出投入使用,当事故严重时,此时触发包容体非能动冷却子系统的工作。本发明结构简单、多样化,设置多道屏障排出余热,各子系统相互独立且功能互补,可以为堆芯和最终热阱间建立并联、冗余的余热排出渠道,保证反应堆得到有效的冷却。



1. 一种核反应堆用余热排出系统,其特征在于,该余热排出系统包括一回路非安全级余热排出子系统,一回路安全级余热排出子系统以及包容体非能动冷却子系统;

所述一回路非安全级余热排出子系统采用反应堆二回路将堆芯余热排出;

所述一回路安全级余热排出子系统包括设置换热器和主泵的直接辅助冷却模块和依靠空气自然循环的容器外非能动空气冷却模块,两个模块并联、独立工作;

所述包容体非能动冷却子系统包括非能动冷却风道和水池,非能动冷却风道利用空气自然循环进行冷却,水池受热进行循环冷却或汽化冷却,当水池完全汽化后,转化为完全的非能动冷却风道;

三个子系统之间并联,按照安全事故等级进行工作,无事故下的正常停堆是依靠一回路非安全级余热排出子系统进行余热导出,当反应堆二回路发生事故或全厂断电时,无法使用非安全级余热排出系统,此时一回路安全级余热排出子系统排出投入使用,当事故严重时,此时触发包容体非能动冷却子系统的工作。

2. 如权利要求1所述的核反应堆用余热排出系统,其特征在于,所述一回路非安全级余热排出子系统是通过管线将循环泵和换热器串联成循环回路来排出余热。

3. 如权利要求1所述的核反应堆用余热排出系统,其特征在于,所述直接辅助冷却模块通过设置各热传递回路冷、热源高度差实现非能动运行。

4. 如权利要求1所述的核反应堆用余热排出系统,其特征在于,所述包容体非能动冷却子系统包括非能动冷却风道、包容体和水池,水池布置在包容体上部,非能动冷却风道设置在水池及包容体外围。

5. 如权利要求4所述的核反应堆用余热排出系统,其特征在于,所述水池内设置有水池挡板,高于包容体的水池挡板上设有流通孔。

6. 如权利要求1所述的核反应堆用余热排出系统,其特征在于,所述换热器和主泵外均设有挡板。

一种核反应堆用余热排出系统

技术领域

[0001] 本发明涉及核反应堆设计技术、核安全技术和安全设施实施等领域,具体涉及一种核反应堆用的多冗余性、多重保护的余热排出系统。

背景技术

[0002] 为了适应反应堆停堆后的衰变余热排出,和缓解可能发生的事事故下的余热问题,核电站需要设计可靠的余热排出系统,以将事故限制在一定的范围内,防止其继续恶化成更严重的事事故。余热排出系统包括两个部分,一部分是正常余热排出系统,另一部分是事事故余热排出系统。正常余热排出系统是在应堆正常停堆后相当长时间内,由于裂变和裂变产物的衰变而产生热量,采用外部电源供给动力排出堆芯余热。在反应堆出现紧急事事故时,如二回路出现故障、地震、全厂断电等工况下,堆芯余热无法通过一、二回路正常导出,需要依靠事事故余热排出系统排出堆芯余热。

[0003] 在传统反应堆设计中,采用能动系统将该部分热量排出,以防止堆芯因过热而发生融化事事故。这种设计存在很大的安全隐患,例如在全厂断电等事事故中,正常电源和可靠电源供电同时丧失,常规能动余热排出系统因电源丧失而产生外部驱动力,余热排出功能失效,这就极易导致堆芯的融化,如2011年日本福岛事事故。

[0004] 针对这些缺陷后续的反应堆设计(包括第三代和第四代核能系统等)均采用非能动的余热排出的理念,不依靠外界驱动力,通过回路工质的自然循环导出堆芯余热,确保断电事事故下系统的安全。例如通过一条与主换热器并联的单独冷却支路,并在支路中合理布置冷、热源的高度差,创造自然循环潜力,实现非能动的余热排出;在高位放置在高位的喷淋水箱和随压力信号开闭的通过重力对安全壳进行喷淋冷却;或各类高低压注水系统等。本发明专利即是基于非能动余热排出理念以及在各系统独立、多样、冗余性相结合的原则下设计了一种多屏障的余热排出系统。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明提供了一种核反应堆用余热排出系统,是一种结构简单、多样化、冗余的余热排出系统,为反应堆正常余热和事事故余热的排出,进一步提供反应堆的安全性保障。

[0006] 一种核反应堆用余热排出系统,该余热排出系统包括一回路非安全级余热排出子系统,一回路安全级余热排出子系统以及包容体非能动冷却子系统;

[0007] 所述一回路非安全级余热排出子系统采用反应堆二回路将堆芯余热排出;

[0008] 所述一回路安全级余热排出子系统包括设置换热器和主泵的直接辅助冷却模块和依靠空气自然循环的容器外非能动空气冷却模块,两个模块并联、独立工作;

[0009] 所述包容体非能动冷却子系统包括非能动冷却风道和水池,非能动冷却风道利用空气自然循环进行冷却,水池受热进行循环冷却或汽化冷却,当水池完全汽化后,转化为完全的非能动冷却风道;

[0010] 三个子系统之间并联,按照安全事故等级进行工作,无事故下的正常停堆是依靠一回路非安全级余热排出子系统进行余热导出,当反应堆二回路发生事故或全厂断电时,无法使用非安全级余热排出系统,此时一回路安全级余热排出子系统排出投入使用,当事故严重时,此时触发包容体非能动冷却子系统的工作。

[0011] 进一步地,所述一回路非安全级余热排出子系统是通过管线将循环泵和换热器串联成循环回路来排出余热。

[0012] 进一步地,所述直接辅助冷却模块通过设置各热传递回路冷、热源高度差实现非能动运行。

[0013] 进一步地,所述包容体非能动冷却子系统包括非能动冷却风道、包容体和水池,水池布置在包容体上部,非能动冷却风道设置在水池及包容体外围。

[0014] 进一步地,所述水池内设置有水池挡板,高于包容体的水池挡板上设有流通孔。

[0015] 进一步地,所述换热器和主泵外均设有挡板。

[0016] 有益效果:

[0017] 1、本发明结构简单、多样化,设置多道屏障排出余热,各子系统相互独立且功能互补,可以为堆芯和最终热阱间建立并联、冗余的余热排出渠道,保证反应堆得到有效的冷却。

[0018] 2、本发明采用非能动的余热排出的理念,涉及的余热排出均为非能动安全级装置,且相互独立、功能互补,对反应堆余热排出形成系统性的保护,有利于提高反应堆缓解事故的能力,并提高反应堆的安全性。

[0019] 3、本发明的包容体非能动冷却子系统,在极端事故下,假如包容体失效,顶部水池可淹没整个反应堆,将事故危害降至最小。

[0020] 4、本发明通过设置挡板,可以使大部分流体往挡板外侧流道流动,不经过泵和换热器,从而降低流阻,增强循环能力。

附图说明

[0021] 图1为非直接换热的非能动余热排出系统示意图;

[0022] 图2为容器外非能动空气冷却模块示意图。

[0023] 其中,1-窗口,2-水池挡板,3-容器,4-容器外非能动空气冷却模块,5-非能动冷却风道,6-包容体,7-水池,8-水面液位,9-空气流道,10-容器外壁,11-换热器,12-主泵,13-挡板,14-堆芯。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图并举实施例,对本发明进行详细描述。

[0025] 本发明提供了一种核反应堆用余热排出系统,该余热排出系统包括一回路非安全级余热排出子系统,一回路安全级余热排出子系统以及包容体非能动冷却子系统;

[0026] 一回路非安全级余热排出子系统采用反应堆二回路将堆芯余热排出,通过管线将循环泵和换热器串联成循环回路来排出余热。

[0027] 一回路安全级余热排出子系统包括直接辅助冷却模块和容器外非能动空气冷却模块4,如图2所示,两个模块并联、独立工作。直接辅助冷却模块设置换热器11和主泵12,换

热器11和主泵12外均设有挡板13,使大部分流体往挡板13外侧流道流动,不经过主泵12和换热器11,从而降低流阻,增强循环能力,尽快排热,并通过设置各热传递回路冷、热源高度差实现非能动运行,容器外非能动空气冷却模块4外的非能动冷却风道将空气引入容器外壁10,在近容器壁面的空气流道9中空气受热产生密度差形成自然循环对容器壁进行冷却,该模块为完全非能动的长期冷却系统。

[0028] 包容体非能动冷却子系统包括非能动冷却风道5、包容体6和水池7,水池7布置在包容体6上部,非能动冷却风道5设置在水池7及包容体6外围,水池7内设置有水池挡板2,高于包容体的水池挡板2上设有流通孔,即窗口1。非能动冷却风道5利用空气自然循环进行冷却,水池7受热进行循环冷却或汽化冷却,当水池7完全汽化后,转化为完全的非能动冷却风道。

[0029] 三个子系统之间并联,按照安全事故等级进行工作,无事故下的正常停堆是依靠一回路非安全级余热排出子系统进行余热导出,当反应堆二回路发生事故或全厂断电时,无法使用非安全级余热排出系统,此时一回路安全级余热排出子系统排出投入使用,直接的辅助冷却模块通过在堆芯14外围直接设置的余热排出换热器11和主泵12对衰变余热进行导出,并设置各热传递回路冷、热中心高度差实现完全的非能动运行,在设计直接的辅助冷却系统时考虑冗余性,即部分冷却回路运行时即可带走所有热量;容器外非能动空气冷却模块4设置在上述直接辅助冷却模块外,依靠空气的自然循环对容器3进行冷却,带走堆芯14衰变余热。

[0030] 在全厂断电、保护系统全部失效、二回路失效或反应堆容器过热发生放射性泄露等最严重事故时,触发包容体非能动冷却子系统,如图1所示,包容体非能动冷却子系统设置在一回路安全级余热排出子系统外围,在包容体6事故原因受热后,贴近包容体6的非能动冷却风道5会因为受热上升利用空气自然循环进行冷却,非能动冷却风道5对包容体6进行长期冷却,水池7在包容体6内超温、超压时进行循环冷却或汽化冷却,这两种方式一起对包容体6外壁进行冷却。当水面液位8高于窗口1时,水池7内的水通过窗口1上的流通孔实现自然循环冷却,当水面液位8低于窗口1时,水池7内的水无法形成一个循环,此时汽化起作用,当水池7完全汽化后,转化为完全的非能动冷却风道,继续由空气自然循环对包容体6进行冷却,极端事故下假如包容体6失效,则水池7可淹没整个反应堆,将事故危害降至最小。

[0031] 综上所述,以上仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

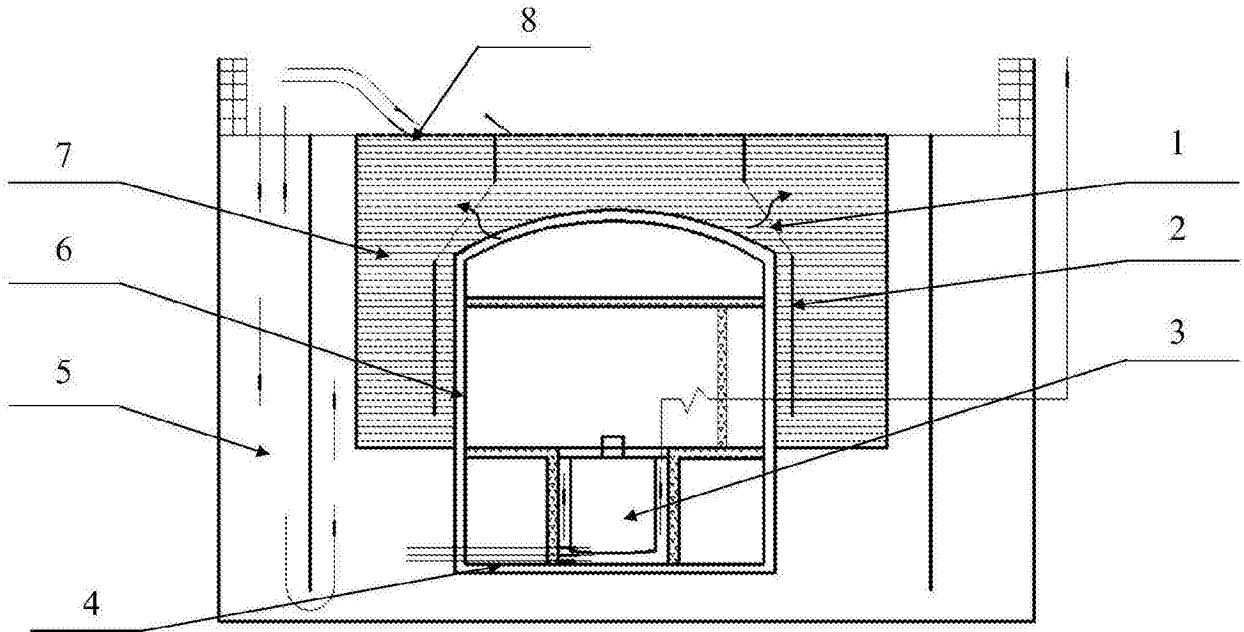


图1

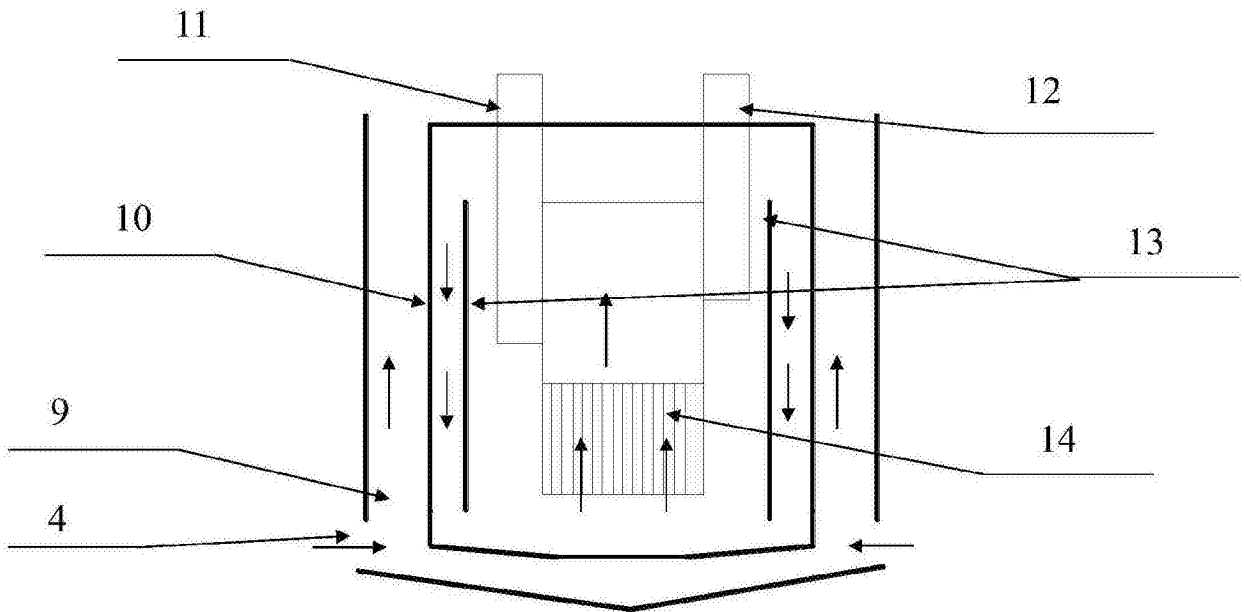


图2