



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106128526 A

(43)申请公布日 2016. 11. 16

(21)申请号 201610651437.0

(22)申请日 2016.08.10

(71)申请人 长江勘测规划设计研究有限责任公司

地址 430010 湖北省武汉市解放大道1863号

(72)发明人 钮新强 赵鑫 张涛 刘海波  
喻飞 杨家胜 潘霄 苏毅 金乾  
张顺

(74)专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

代理人 陈家安

(51) Int. Cl.

G21C 15/18(2006.01)

G21C 13/02(2006.01)

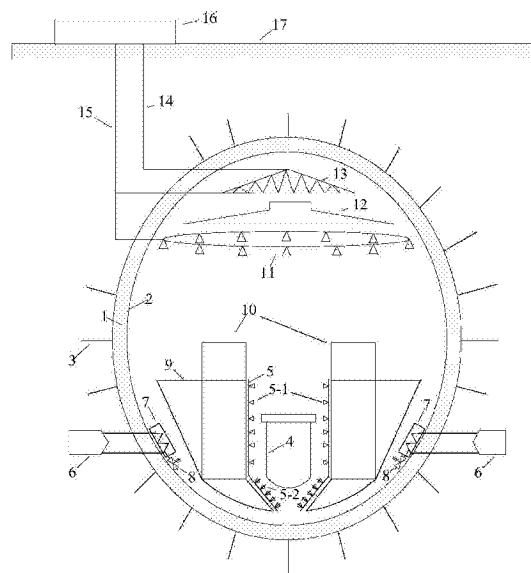
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

## (54)发明名称

一种椭球式地下核电站安全壳系统

## (57)摘要

本发明公开了一种椭球式地下核电站安全壳系统,包括位于地面上的地面水池和位于地下的安全壳,安全壳通过管道与地面水池连接,安全壳中包括压力容器,安全壳为椭球形,安全壳内部上方设置有安全壳大气换热组件,安全壳内部下方设置有堆腔冷却组件,堆腔冷却组件围绕压力容器布置。通过使用本发明提供的椭球式地下核电站安全壳系统可极大地提高地下核电站安全壳稳定性,同时利用地下核电站布置特点结合地面地下设施非能动地排出严重事故下安全壳的热量,此外通过堆腔结构、安全壳以及堆腔引流板构成严重事故下压力容器的循环散热通道,迅速将压力容器的热量分散至整个安全壳内。



1. 一种椭球式地下核电站安全壳系统,包括位于地面上的地面水池(16)和位于地下的安全壳(2),所述安全壳(2)通过管道与地面水池(16)连接,所述安全壳(2)中包括压力容器(4),其特征在于:所述安全壳(2)为椭球形,所述安全壳(2)内部上方设置有安全壳大气换热组件,所述安全壳(2)内部下方设置有堆腔冷却组件,所述堆腔冷却组件围绕压力容器(4)布置。

2. 根据权利要求1所述的一种椭球式地下核电站安全壳系统,其特征在于:所述安全壳大气换热组件包括从上往下依次设置的安全壳热交换器(13)、安全壳大气导流板(12)和安全壳喷淋(11),所述安全壳热交换器(13)和安全壳喷淋(11)分别与地面水池(16)通过管道连接。

3. 根据权利要求1所述的一种椭球式地下核电站安全壳系统,其特征在于:所述堆腔冷却组件包括堆腔引流板(10)、堆腔结构(9)和堆腔喷淋组件(5),所述堆腔引流板(10)环绕压力容器(4)竖直布置,在所述安全壳(2)下方中心形成堆腔;所述堆腔喷淋组件(5)布置于堆腔引流板(10)内侧,围绕压力容器(4)四周与底部;所述堆腔结构与安全壳(2)内壁形成环形空间,所述安全壳(2)内壁上设置有循环热交换器(7),所述循环热交换器(7)位于堆腔结构(9)与安全壳(2)内壁形成环形空间中。

4. 根据权利要求2所述的一种椭球式地下核电站安全壳系统,其特征在于:所述安全壳热交换器(13)为圆锥体结构,圆锥体顶部通过冷却水热段管(14)与地面水池(16)连接,圆锥体底部通过冷却水冷段管(15)与地面水池(16)连接;所述安全壳喷淋(11)通过冷却水冷段管(15)与地面水池(16)相连。

5. 根据权利要求3所述的一种椭球式地下核电站安全壳系统,其特征在于:所述堆腔喷淋组件(5)包括设置于压力容器(4)四周的堆腔喷淋管嘴(5-1)和设置于压力容器(4)底部的堆腔微雾喷头(5-2);所述堆腔喷淋管嘴(5-1)喷出水滴直径不小于100微米,所述堆腔微雾喷头(5-2)喷出水滴直径在0.1微米至10微米之间。

6. 根据权利要求1所述的一种椭球式地下核电站安全壳系统,其特征在于:所述岩体改造层(1)四周设置强化锚杆(3)。

7. 根据权利要求4所述的一种椭球式地下核电站安全壳系统,其特征在于:所述安全壳大气导流板(12)下部为圆锥面,上部为圆柱面,圆锥面的角度为不小于 $10^{\circ}$ 。

8. 根据权利要求5所述的一种椭球式地下核电站安全壳系统,其特征在于:所述堆腔喷淋管嘴(5-1)喷出水滴直径不小于100微米,所述堆腔微雾喷头(5-2)喷出水滴直径在0.1微米至10微米之间。

9. 根据权利要求3所述的一种椭球式地下核电站安全壳系统,其特征在于:所述循环热交换器(7)为至少两组,呈圆对称分布。

10. 根据权利要求9所述的一种椭球式地下核电站安全壳系统,其特征在于:所述循环热交换器(7)下端连接高压安全阀(8),所述循环热交换器(7)连接安全壳(2)外的外接地面热阱(6)。

## 一种椭球式地下核电站安全壳系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及核电技术,具体地指一种椭球式地下核电站安全壳系统。

### 背景技术

[0002] 核电安全、清洁、高效,是目前可实现工业化生产的主要新能源。是实现节能减排和绿色发展的重要途径。然而,一旦核电站发生严重事故,当产生的大量放射性物质向环境泄漏时,必然造成巨大的社会、经济、环境灾害(如切尔诺贝利和福岛核灾难)。地下核电站将带放射性的核岛及辅助厂房深埋在地下,可以有效防止严重事故中放射性物质向环境泄漏,增加核电安全性。

[0003] 安全壳作为核电站最后一层安全屏障,起着包容放射性物质、防止外界人为事件破坏的作用。地面核电站通常在一层或多层安全外设置预应力混凝土层作为防止如飞机撞击等外部人为事件的手段(如专利:体外预应力核安全壳CN201410083127.4、双层混凝土安全壳非能动直接蒸发式冷却系统CN201210214143.3)。地下核电站安全壳位于几十上百米的地下岩层时,来自外部的人为事件干扰较小,但必须考虑来自地下周围岩体的巨大应力,现有核电站安全壳类型不能满足地下布置的要求。

[0004] 严重事故中安全壳系统还必须担负起将事故中产生的热量带出安全壳系统的作用。无论从安全性还是经济性考虑,以非能动形式导出安全壳热量的方法是大势所趋。地下核电站可方便地利用地势差优势设置非能动安全壳热量导出系统。此外,现有安全壳热量导出技术主要设计集中在将安全壳内热量导出安全壳外这一阶段,通常安全壳内换热通过安全壳内大气与换热器作用(如中国专利非能动安全壳热量导出系统,申请号:CN201110437864.6),这种方式只在换热器位置附近有较好的冷却效果,由于安全壳属于相对密闭系统,且内部设施、设备布置不规则,容易造成安全壳内部温度分布不均和部分区域温度积累,从而加剧事故严重程度。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服上述现有背景技术的不足之处,结合地下核电站的特点,提出一种椭球式地下核电站安全壳系统,既能满足安全壳位于地下时承载应力的要求,又能在严重事故下迅速排出安全壳内热量,维持安全壳完整性。

[0006] 本发明的目的是通过如下措施来达到的:一种椭球式地下核电站安全壳系统,包括位于地面上的地面水池和位于地下的安全壳,所述安全壳通过管道与地面水池连接,所述安全壳中包括压力容器,其特殊之处在于,所述安全壳为椭球形,所述安全壳内部上方设置有安全壳大气换热组件,所述安全壳内部下方设置有堆腔冷却组件,所述堆腔冷却组件围绕压力容器布置。

[0007] 在上述技术方案中,所述安全壳大气换热组件包括从上往下依次设置的安全壳热交换器、安全壳大气导流板和安全壳喷淋,所述安全壳热交换器和安全壳喷淋分别与地面水池通过管道连接,以实现非能动换热过程和非能动喷淋过程的自启动和运行。

[0008] 在上述技术方案中,所述堆腔冷却组件包括堆腔引流板、堆腔结构和堆腔喷淋组件,所述堆腔引流板环绕压力容器竖直布置,在所述安全壳下方中心形成堆腔,为热空气构造上升通道;所述堆腔喷淋组件布置于堆腔引流板内侧,围绕压力容器四周与底部,以实现压力容器的充分热交换;所述堆腔结构与安全壳内壁形成环形空间,为冷空气构造下降通道,所述安全壳内壁上设置有循环热交换器,所述循环热交换器位于堆腔结构与安全壳内壁形成环形空间中,加强安全壳内循环空气的热交换。

[0009] 在上述技术方案中,所述安全壳热交换器为圆锥体结构,圆锥体顶部通过冷却水热段管与地面水池连接,圆锥体底部通过冷却水冷段管与地面水池连接,通过此结构布置增加冷却水密度差,利于非能动循环的建立;所述安全壳喷淋通过冷却水冷段管与地面水池相连。

[0010] 在上述技术方案中,所述堆腔喷淋组件包括设置于压力容器四周的堆腔喷淋管嘴和设置于压力容器底部的堆腔微雾喷头;所述堆腔喷淋管嘴喷出水滴直径不小于100微米,所述堆腔微雾喷头喷出水滴直径在0.1微米至10微米之间,堆腔喷淋管嘴和堆腔微雾喷头的分区设置在保证了压力容器冷去的同时,为安全壳内大气循环提供足够的驱动力。

[0011] 在上述技术方案中,所述岩体改造层四周设置强化锚杆,加强洞室的稳定性。

[0012] 在上述技术方案中,所述安全壳大气导流板下部为圆锥面,上部为圆柱面,圆锥面的角度为不小于 $10^{\circ}$ ,此结构可使安全壳大气导流板下部的热空气由导流板汇集并通过上部的圆柱面集中至上层的安全壳热交换器,同时冷却后的空气通过安全壳大气导流板上部分散至安全壳四周并沿侧壁下沉,以此构成安全壳大气循环通道。

[0013] 在上述技术方案中,所述堆腔喷淋管嘴喷出水滴直径不小于100微米,所述堆腔微雾喷头喷出水滴直径在0.1微米至10微米之间,可增加水与空气接触面积,强化换热能力。

[0014] 在上述技术方案中,所述循环热交换器为至少两组,呈圆对称分布,加强换热并促使循环气流均匀分布。

[0015] 在上述技术方案中,所述循环热交换器下端连接高压安全阀,所述循环热交换器连接安全壳外的外接地面热阱,将安全壳内热量及时导出。

[0016] 本发明通过使用椭球式地下核电站安全壳系统可极大地提高地下核电站安全壳稳定性,同时利用地下核电站布置特点结合地面地下设施非能动地排出严重事故下安全壳的热量,此外通过堆腔结构、安全壳以及堆腔引流板构成严重事故下压力容器的循环散热通道,迅速将压力容器的热量分散至整个安全壳内。

[0017] 本发明的优点包括:

[0018] 1、安全性高、经济性好,椭球形安全壳结构产生应力均匀,能迅速分散周边岩体加载在安全壳上的载荷,稳定性高,提高了安全性。同时取消了常规预应力混凝土外壁,降低了成本;

[0019] 2、非能动性,安全壳和外部热阱之间的换热通过高差及冷却水温差带来的自然循环驱动力工作,安全壳内部热源压力容器和冷源循环热交换器通过自建的循环散热通道依靠大气密度差完成非能动导热;

[0020] 3、散热迅速,严重事故发生时,通过堆腔微雾喷头将冷却水雾化成微小水雾,急剧增加液滴表面积,通过液滴蒸发带走大量热量;

[0021] 4、事故备用,事故后期可通过循环热交换器相连的高压安全阀利用循环冷却水淹

没压力容器。

### 附图说明

[0022] 图1为本发明一种椭球式地下核电站安全壳系统的结构示意图；

[0023] 图中：岩体改造层1，安全壳2，强化锚杆3，压力容器4，堆腔喷淋组件5，堆腔喷淋管嘴5-1，堆腔微雾喷头5-2，地面热阱6，循环热交换器7，高压安全阀8，堆腔结构9，堆腔引流板10，安全壳喷淋11，安全壳大气导流板12，安全壳热交换器13，冷却水热段管14，冷却水冷段管15，地面水池16。

### 具体实施方式

[0024] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步的详细描述，但该实施例不应理解为对本发明的限制。

[0025] 本发明一种椭球式地下核电站安全壳系统如图1所示，包括位于地面上的地面水池16和位于地下的椭球形安全壳2，安全壳2通过管道与地面水池16连接。安全壳2中包括压力容器4。安全壳2内部上方设置有安全壳大气换热组件，安全壳2内部下方设置有堆腔冷却组件，堆腔冷却组件围绕压力容器4布置。

[0026] 安全壳大气换热组件包括从上往下依次设置的安全壳热交换器13、安全壳大气导流板12和安全壳喷淋11。安全壳热交换器13为圆锥体结构，圆锥体顶部通过冷却水热段管14与地面水池16连接，圆锥体底部通过冷却水冷段管15与地面水池16连接。安全壳喷淋11通过冷却水冷段管15与地面水池16相连。安全壳大气导流板12下部为圆锥面，上部为圆柱面，圆锥面的角度为不小于 $10^{\circ}$ 。

[0027] 堆腔冷却组件包括堆腔引流板10、堆腔结构9和堆腔喷淋组件5，堆腔引流板10环绕压力容器4竖直布置，在安全壳2下方中心形成堆腔。堆腔喷淋组件5布置于堆腔引流板10内侧，围绕压力容器4四周与底部。堆腔喷淋组件5通过管道与地面水池16连接。堆腔喷淋组件5包括设置于压力容器4四周的堆腔喷淋管嘴5-1和设置于压力容器4底部的堆腔微雾喷头5-2。堆腔喷淋管嘴5-1喷出水滴直径不小于100微米，堆腔微雾喷头5-2喷出水滴直径在0.1微米至10微米之间。堆腔结构9与安全壳2内壁形成环形空间，安全壳2内壁上设置有循环热交换器7，至少两组循环热交换器7呈圆对称分布在堆腔结构9与安全壳2所围成的环形空间内。循环热交换器7下端连接高压安全阀8，循环热交换器7连接安全壳2外的外接地面热阱6。

[0028] 安全壳2外部设置岩体改造层1，岩体改造层1四周设置强化锚杆3。安全壳2为椭球形结构，能利用其椭球结构产生应力均匀，当周围岩体对安全壳2施加载荷时，安全壳2结构能迅速分散载荷，提高安全壳2的安全性。安全壳2外侧为一层岩体改造层1，起到支撑、加固、防护和对地下水隔离的目的，岩体改造层1周边环绕强化锚杆3，进一步加强系统稳定性。安全壳热交换器13和地面水池16通过冷却水热段管14和冷却水冷段管15连接，通过地势差及换热器内温差带来的自然循环驱动力构成非能动循环排热机制。

[0029] 严重事故中，堆腔喷淋组件5启动，堆腔喷淋管嘴5-1向高温的压力容器4喷出直径不小于100微米的小水滴进行冷却，在给压力容器4降温的同时确保表面与水接触。堆腔微雾喷头5-2喷出大量直径在0.1微米至10微米之间的水滴，由于液滴细小，液气接触面急剧

增大,大量水滴蒸发,迅速带走压力容器4的热量。压力容器4附近的空气吸热升温后在堆腔引流板10的引导下升至安全壳2上部的安全壳大气导流板12处,经过安全壳大气导流板12引导汇集至上部的安全壳热交换器13。安全壳热交换器13内冷却水被加热,在密度差作用下,被加热的冷却水经冷却水热管段14升至地面水池16,同时地面水池16内冷却水经冷却水冷段管15流向安全壳热交换器13,完成将安全壳内2热量导出到外界的过程。此时,安全壳2内安全壳热交换器13处的空气经过换热冷却后密度增加,在安全壳大气导流板12引导下,沿安全壳2内壁侧向下流向堆腔结构9与安全壳2围城的环形空间,在循环热交换器7处,空气被进一步冷却,循环热交换器7内为循环冷冻水,进一步冷却空气的同时给空气除湿。在堆腔大气抽吸作用下,低温干燥的空气被吸入堆腔,继续冷却压力容器4,完成安全壳2内空气的循环换热。循环换热后期,通过安全壳喷淋11向安全壳内大气空气进行喷淋,降低放射性气载物浓度。

[0030] 严重事故后期,通过给循环热交换器7加压,使其压力超过高压安全阀8设定压力,此时高压安全阀8自动打开,通过外接地面热阱6向安全壳2注水,淹没压力容器4,确保安全。压力容器4淹没结束后,降低压力,高压安全阀8自动关闭,结束注水。

[0031] 其它未详细说明的部分均为现有技术。本发明并不严格地局限于上述实施例。

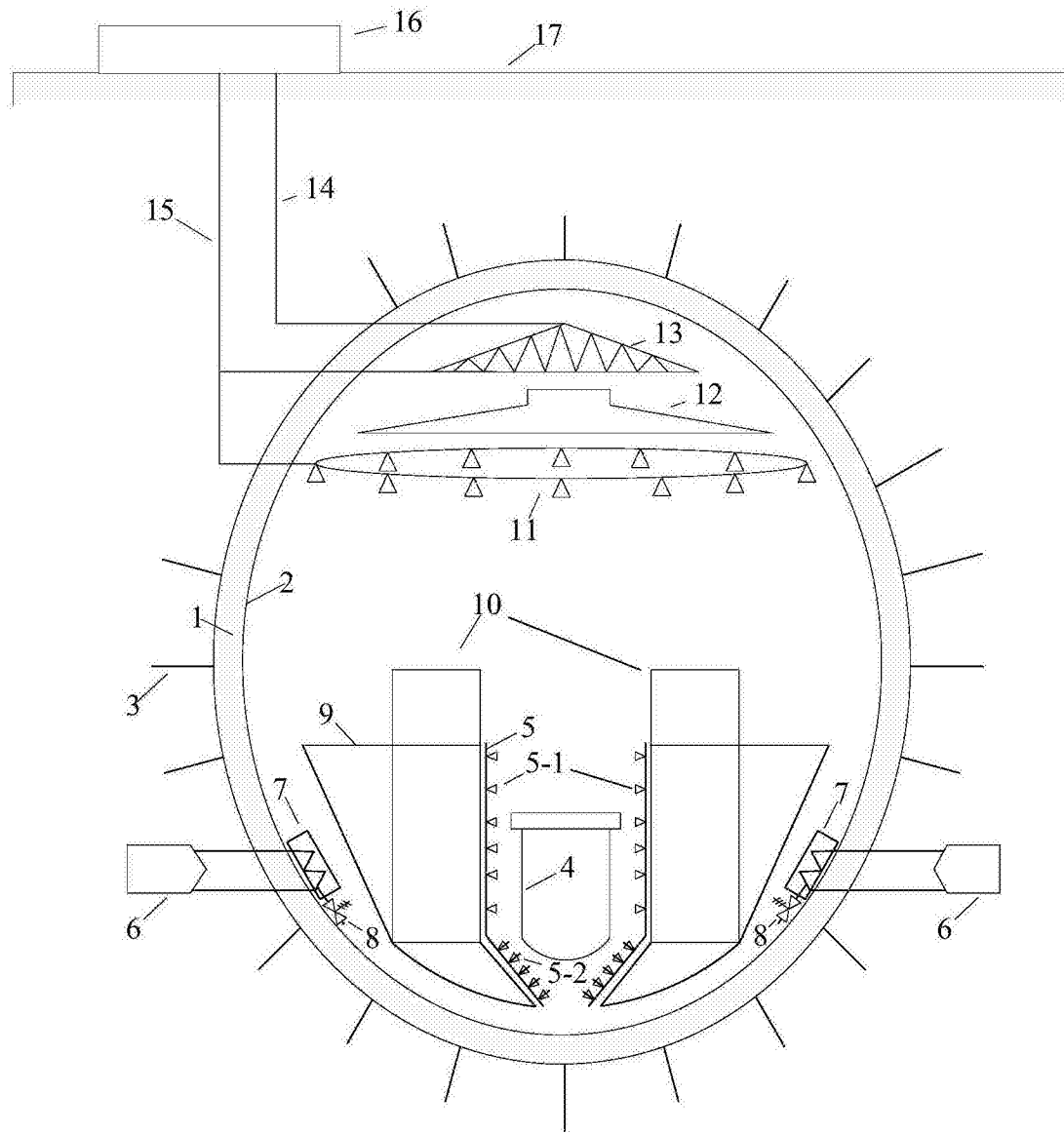


图1