

团 体 标 准

T/CNS 38—2020

高温气冷堆核动力厂核岛防火设计准则

Design criteria for fire protection in nuclear island of high temperature gas
cooled reactor nuclear power plants

2020-12-31 发布

2021-04-01 实施

中国核学会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 防火设计总要求	2
4.1 防火目的	2
4.2 防火设计基准	2
4.3 火灾预防	3
4.4 火灾自动报警系统	9
4.5 灭火	11
4.6 疏散通道和疏散楼梯(楼梯、水平通道、门等)	13
4.7 消防排烟系统	14
4.8 火灾警报或通信系统	15
4.9 消防通信系统	15
5 厂房与设备的消防措施	16
5.1 反应堆厂房	16
5.2 核辅助厂房	16
5.3 乏燃料厂房	17
5.4 电气厂房	17
5.5 柴油发电机厂房	18
5.6 碘吸附器	19
6 火灾危险性分析	19
附录 A (规范性) 抗震鉴定	20
附录 B (资料性) 耐火试验要求	21
B.1 耐火试验	21
B.2 分级准则	25
B.3 适用范围	26
B.4 试验报告	26
附录 C (资料性) 防火门的耐久性试验	27
C.1 总则	27
C.2 试验的实施	27
C.3 试验过程	28
附录 D (资料性) 非能动气压贮水罐和给水箱抗震力学分析要求	30
D.1 概述	30
D.2 载荷组合	30
D.3 评定准则	30
D.4 分析实例	31

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国核学会提出。

本文件由核工业标准化研究所归口。

本文件起草单位：中核能源科技有限公司。

本文件主要起草人：石琦、高旭、杨洁、刘思光、张然、姚启欣、解鑫、白刚、余文生、赵彬彬、张国强。

高温气冷堆核动力厂核岛防火设计准则

1 范围

本文件规定了球床模块式高温气冷堆(以下简称高温气冷堆)核动力厂核岛防火设计要求。
本文件适用于高温气冷堆核动力厂核岛防火设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 50016 火灾自动报警系统设计规范

GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级

GB 12513 镶玻璃构件耐火试验方法

GB 23864 防火封堵材料

GB 18380.3 电缆在火焰条件下的燃烧试验 第3部分:成束电线或电缆的燃烧试验方法

GB 18380.11 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第11部分:单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验试验装置

GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范

EJ/T 1217 核动力厂火灾危害性分析指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

火灾荷载 fire load

空间内所有可燃物料(包括墙壁、隔墙、地板和天花板的面层)全部燃烧可能释放的热能总和。

注:表示为兆焦(MJ)。

3.2

火灾荷载密度 fire load density

设定空间内按地面的单位面积计算出的火灾荷载即为火灾荷载密度。

注:以兆焦每平方米(MJ/m²)表示。

3.3

设计基准火灾 design basis fire

在含有可燃物的任何一个空间内可能发生的导致所有可燃物全部烧毁的最严重火灾。

3.4

火灾共模失效 fire-related common mode failure

由于火灾而导致执行同一核安全功能的系统、部件、电缆的多个系列同时丧失的后果。

3.5

防火屏障 fire barrier

用于限制火灾后果的屏障,包括墙壁、楼板或者用于封堵门洞、闸门、贯穿部件和通风系统等通道的装置。

3.6

防火区 fire area

为防止火灾在规定的时间内蔓延而构筑的厂房或部分厂房,防火区可由一个或多个房间组成,其边界全部用防火屏障包围。

3.7

耐火极限 fire resistance rating

建筑结构构件、部件或构筑物在标准燃烧试验条件下保持承受所要求的荷载,保持完整性、和/或热绝缘、和/或所规定的其他预计功能的时间长度。

3.8

防火包覆 fire wrapping

为了对管道或电缆进行防火保护,采用柔性防火材料对需要保护的部位进行封装、包裹。防火包覆应满足一定的耐火性能和功能要求。

4 防火设计总要求

4.1 防火目的

核岛的防火设计应防止火灾的危害并缓解火灾造成的后果,以达到以下基本目的:

- 保证安全功能的完成;
- 限制那些使设备长期不可用的损坏事故;
- 确保工作人员人身安全;
- 应在火灾发生时和发生后确保对核动力厂状态进行监测的能力。

为达到上述目的,核动力厂的防火设计应贯彻纵深防御的原则,以达到如下目标:

- a) 防止火灾发生;
- b) 快速探测与报警并扑灭确已发生的火灾,限制火灾的危害;
- c) 防止尚未扑灭的火灾蔓延,使其对执行重要安全功能系统的影响减至最低。

4.2 防火设计基准

4.2.1 基本假设

防火设计应建立在以下基本假设的基础上:

- a) 火灾可能在机组正常运行工况(从满功率到停堆状态)或设计基准事故发生后长期工况(即机组达到可控状态或安全停堆后)下发生;
- b) 火灾可能发生在有固定或临时可燃物的地方;
- c) 不考虑在同一或不同机组厂房内同时发生 2 起或 2 起以上的独立火灾事件;
- d) 不考虑火灾与独立的核安全事故(事件)、核安全相关设备故障、极端自然灾害的同时发生,除非火灾与上述事故之间存在因果关系。

4.2.2 防止共模失效

将安全重要系统的不同系列分别布置在不同的防火区内,避免火灾导致执行同一安全功能的多重

系列同时失效。

在设计后期,应当运用成熟的、经过验证的准则和方法,对每个防火区开展火灾薄弱环节分析。根据分析结果,在必要的情况下补充设置防火保护措施,确保火灾情况下核安全功能的有效性。

4.2.3 防火区划分原则

防火区划分原则包括:

- a) 防火区由一个或多个房间组成,可以跨越多个楼层;
- b) 每个防火区应具有唯一编码;
- c) 每个厂房应采用耐火极限不低于 1 h 的防火边界部件与其他厂房进行实体隔离;
- d) 尽量将核安全相关设备和电缆的冗余系列设置在不同的防火区内,避免一场火灾引起核安全功能的共模失效;
- e) 火荷载集中的区域宜划分独立的防火区,减少其发生火灾后对其他区域所造成的影响。

4.2.4 消防系统与设备的一般要求

4.2.4.1 消防设备

为核安全重要建(构)筑物提供保护的消防系统和设备应满足附录 A 规定的抗震要求,否则应证明地震后火灾不会对核安全功能造成影响。同时,应具有一定的质量保证要求。为核安全重要建(构)筑物提供保护的消防系统和设备应满足一定的抗震要求(详见附录 A),否则应证明地震后火灾不会对核安全功能造成影响。

4.2.4.2 火灾自动报警系统

根据火灾探测区域发生火灾的特点合理选择火灾探测器,使操作人员和消防人员快速、准确地探知早期火灾,确定火灾的具体位置,根据信号可手动或自动控制灭火装置。

火灾探测器的设置应考虑其所处环境的温度、湿度、辐射水平等环境条件,若需在放射性黄区及更高辐照水平的区域进行火灾探测,则应提供设备的耐辐照试验报告。

4.2.4.3 灭火

当可能产生影响执行同一安全功能多重系列的火灾时,应根据要保护的的设备特性,在该区域内设置固定或移动式灭火装置。

4.2.4.4 通风防火和防排烟

核岛厂房的通风系统应按照不同的防火区设置防止火灾蔓延的措施,应在发生火灾时,阻断该防火区的烟气通过通风管道蔓延至其他防火区。

当发生火灾时或火灾后,可通过排烟系统排除该防火区的烟气。在疏散通道采取防烟措施,为人员疏散创造条件。

4.3 火灾预防

4.3.1 避免火灾潜在危险

采用下列措施避免火灾潜在危险:

- a) 选用不燃烧体的设备和流体;
- b) 设备不应布置在输送易燃液体的管道和外壁温度大于 100 °C 的热管附近,严禁在距这些管道或管壁小于 1 m 范围内布置电缆,与设备成一体的电源和控制电缆除外;

c) 材料选用原则:

- 采用不燃材料;
- 其他材料应经燃烧性能测试后使用,并核实实际使用材料与测试材料的一致性;
- 材料的燃烧性能应符合 GB 8624 的规定。

4.3.2 限制火灾蔓延

4.3.2.1 总体布置

4.3.2.1.1 实体隔离

为防止共模失效,将厂房划分为防火区以限制火灾蔓延。形成防火区边界的防火屏障的耐火极限不应低于 1.0 h。

电气系统采用经耐火鉴定试验的耐火桥架、防火包覆来满足隔离准则的要求。耐火极限不应低于防火区边界的耐火极限。

4.3.2.1.2 主疏散通道的防火措施

有火灾危险的厂房内设疏散通道,疏散通道的耐火极限不小于 1.0 h。

4.3.2.2 特殊措施

4.3.2.2.1 电缆布置原则

4.3.2.2.1.1 电气连接和反应堆保护系统布置规定

核岛内电缆应符合 GB/T 18380.3 和 GB/T 18380.11 的要求,部分供安全级和安全级相关设备的电缆属于 1E 安全级电缆,部分供非安全级设备的电缆属于 NS 非安全级电缆。

4.3.2.2.1.2 电缆敷设

电缆敷设主要根据以下原则:

- a) 冗余安全电气通道应布置在不同的防火区内,以避免火灾共模失效。
- b) 在各通道电缆特别集中的情况下(例如主控制室),应进行最低限度的隔离,把冗余安全设备布置在不同的机柜内或控制盘上。当因为运行或操作要求使这些设备安装在同一个机柜内或同一个控制盘时,其中一列冗余连接的电缆应采用耐火材料进行包覆保护,防火包覆的耐火试验参照附录 B 进行。在某些场合,不能完全遵守冗余系列安全级电缆的实体隔离准则,这些场合称为共模点。主控制室和备用停堆点是两处特殊的共模点。主控制室内部应将安全相关电气设备和电缆的冗余系列进行隔离,将其布置在不同机柜或控制盘内。当由于运行或操作要求应设置在同一个机柜或控制盘内时,冗余系列之间应保持的合理间距,当盘台为阻燃材料时,则其最小水平分隔距离为 2.5 cm,最小垂直分隔距离为 15 cm。如果接线能经受下列最坏瞬态情况,最小垂直分隔距离可减少到 2.5 cm:
 - 非安全级电线受热应不会导致电线下垂并碰触到安全级电线或元件;
 - 安全级电线受热应不会导致电线下垂并碰触到冗余通道的安全级电线或元件。

当不能满足上述要求时,应采用如金属板、金属罩、金属套管、金属线槽或其他不燃材料等手段对其中一个冗余系列进行有效的实体隔。

除满足一般原则外,电缆敷设还应满足以下准则:

- 反应堆安全壳电缆贯穿件的位置应远离管道贯穿件区;
- 电缆平台宜采用金属托架;

- 电缆桥架布置应远离装有热的或易燃流体管道,二者平行或交叉间距不应小于 1 m,否则应加设隔板防护;
 - 多层电缆架桥水平敷设时,在穿越防火区边界时应进行防火封堵,当无自喷灭火系统保护时,在同一防火区内水平敷设距离超过 25 m 时,应设置具有足够宽度和厚度的不燃材料隔墙,以防止电缆火灾蔓延;
 - 布置较高的竖向电缆桥架时,当垂直穿越楼板处应进行防火封堵,如在同一空间内且无楼板分隔的情况下,每隔 5 m 应由具有主体耐火极限的不燃烧体材料做成水平向的耐火隔板,以实现垂直防火隔离;
 - 当敷设在电缆沟内时,沟内不应存在可侵入的易燃液体,当不能避免时,应在电缆沟内填砂子或衬上矿物吸收材料,且与安全相关系统的控制电缆不应敷设在电缆沟内。
- 为了与防火边界要求的耐火极限保持一致,防火边界上的贯穿孔应采取下述措施:
- 当电缆穿越防火区边界墙和地板上的贯穿孔时,其封堵采用的防火材料的耐火性能应不小于防火边界的耐火极限;
 - 在施工阶段,应对电缆穿越防火边界和地板的孔洞进行临时封堵,当电缆安装完成后再进行最终的防火封堵;
 - 防火贯穿孔封堵的试验应符合 GB 23864 中的规定;
 - 为了确保电缆功能的长期完整性,对其设置的有效保护应进行必要性分析,电缆的保护属于总的保护体系,且其保护应延长到防火区内电缆出口处。

对于不同序列安全级设备或保护组的电缆敷设是否提供额外保护,以阻止火灾蔓延,应按下列准则确定:

- 清查电缆附近是否存在可导致火灾的物质或易燃品,如:含油的装置、油箱、输送易燃流体的管道等;
- 供安全级和安全级相关设备的 1E 级电缆应遵守安全级准则;
- 不同序列的安全级电缆应尽量敷设在独立的路径上或进行实体隔离,否则应采取防火包覆等措施以避免火灾共模失效。

参与反应堆保护系统测量和控制的电缆应分为 4 通道,每个通道电缆应敷设在独立的电缆桥架内。如有必要,每个通道相关的电缆敷设应采用与其他安全电缆相同的隔离准则,以防止共模失效。通道电缆应敷设在封闭的桥架内,直到安全壳贯穿件处,每个通道电缆设置一组贯穿件。

事故后监测系统设置冗余安全电气通道,分属 A、B 序列,其路径应相互隔离。

4.3.2.2.2 管道布置原则

输送热流体、易燃流体的管道的布置应符合 4.3.1 的规定。当受具体条件限制,不能遵守 4.3.1 规定时,应采取有效的保护措施,保证不同部件的分隔。

应使用不燃的保温材料,不允许使用能吸附易燃液体的保温材料,当必须使用时,保温材料外应加金属密封保护层防止保温层吸附易燃液体。禁止使用任何沥青类材料作为密封保护层使用。

当靠近挥发性可燃流体的热点可能因其流体发生泄漏而引起火灾时,应对这些热点采取适当的保护措施,如:蒸汽排放阀热点应采用密封套进行保温处理。

为了防止易燃流体回路上的泄漏,管道应采用焊接。当必须用法兰连接时,应采用承插焊式法兰,所有螺母应锁紧。尽量减少管道接头的数量,尽量少用软接,若需使用软管,应选用耐火软管。

对防火边界的管道贯穿孔应根据贯穿孔的具体情况按下列原则执行:

- 对防火边界所有贯穿孔应进行防火封堵,贯穿防火封堵组件的耐火极限应经防火测试,且不应低于所在防火区规定的耐火极限。必要时,贯穿处的防火封堵组件允许贯穿管道存在位移,但不应降低其耐火极限。

- 当垂直管道贯穿楼板时,应对贯穿楼板处的管道套管进行防火封堵,防火封堵的耐火极限应与所在防火区的防火屏障耐火极限相同。
- 贯穿相邻两个建筑物的通风管,应做柔性耐火接头,以便承受建筑物的不均匀沉降引起的位移。
- 有水密封要求的贯穿处的防火封堵组件应进行水密试验。
- 对于通风及排烟管道,防火边界贯穿处的防火封堵组件和防火阀应进行鉴定。

4.3.2.2.3 通风系统

通风系统的总体布置要求如下。

- a) 通风系统的主管道不宜穿越防火区房间,进、出防火区房间的通风系统的支管上应设置防火阀。
- b) 通风系统主管道必须穿越防火区房间时,宜采取以下措施:
 - 通风管道和防火阀等防火边界应与贯穿处的防火边界具有相同的耐火极限,通风管道的支吊架也应具有相同的耐火稳定性;
 - 在防火边界的贯穿孔处应设置防火阀,通风管道应采用不燃材料,贯穿孔处应采用防火封堵,在设计中应考虑由于防火阀关闭后导致中断部分或全部未着火房间通风的影响;
 - 当通风管道穿越防火区,且在防火区内无支管或风口,为保证风管下游房间在穿越的防火区着火时不受影响保持通风,穿越的防火区风管可采用经鉴定的、具有与防火区边界同样耐火极限的材料进行防火包覆,保证风管与穿越防火区的防火隔离,可不在防火边界的贯穿处设置防火阀。
- c) 防火阀应设置独立的抗震支架。防火阀应在 70 °C 时熔断关闭。
- d) 发生火灾的防火区边界上的防火阀应同时全部关闭。
- e) 在防火边界采用转送风或回风时,应采用带防火阀的风口避免来自火灾房间的烟气侵入和火灾蔓延。
- f) 通风系统管道易积灰的位置,应设置清扫孔。
- g) 通风系统的取风口应避开有烟气或有毒气的地方,排烟口与取风口应有安全的距离,当竖向布置时,取风口应在排烟口下面,两者边缘最小距离不应小于 6 m;水平布置时,两者边缘最小水平距离不应小于 20 m。对于一直有人停留的房间(如主控室),通风系统取风口的设计应采取一定措施,如通过关闭风阀、设置滤毒系统或过滤系统,来隔绝室外的烟气或毒气。
- h) 采用气体灭火的房间,应设置排除废气的排风装置。与该房间连通的通风管道上设置电动阀门,火灾发生时,阀门应自动关闭。在气体灭火结束后,开启电动阀门,并按设计要求进行换气。
- i) 当通风系统管道上设置电加热器时,风机应与电加热器联锁,电加热器前、后 800 mm 范围内的风管和设备应采用不燃材料制作。
- j) 设备和风管的绝热材料、用于加湿器的加湿材料、消声材料及其黏结剂,应采用不燃材料,当确有困难时,可采用难燃材料。
- k) 排烟风机宜设置在排烟系统的最高处,当排烟风机与通风系统风机合用机房时,机房内应采取防火措施,排烟风机及其与排烟管道的连接件应能在 280 °C 时连续运行 30 min 保证其结构完整性。
- l) 控制区的烟气应由通风烟囱排出。

4.3.2.3 防火

4.3.2.3.1 建筑防火

4.3.2.3.1.1 建筑物构件的燃烧性能和耐火极限

承重墙体、柱、梁、楼板、屋顶承重构件等均为不燃烧体,其耐火极限不应低于 2 h。

4.3.2.3.1.2 架空地板

不宜使用架空地板。若不得不使用时应保证架空地板支撑构件及活动面层燃烧性能为 A 级。

4.3.2.3.1.3 管沟

在有可燃液体泄露风险的场所不宜使用管沟。若不得不使用时,可在沟槽内装完电缆或冷管道后,在沟内填砂子和矿物纤维,然后盖上有牢固起吊装置的防护盖板,避免可燃液体意外流入发生火灾危险。

同时应考虑这种做法对电缆冷却不利,需要给电缆留有空间余量。

用于收集废水或“污染”水的管沟也存在着火灾危险。因此,应使用可以让水流通过但不让火通过的挡墙按一定间距将管沟断开。

4.3.2.3.1.4 吊顶

吊顶(包括吊顶格栅)应为不燃烧体。其耐火极限不应低于 0.25 h。

4.3.2.3.1.5 防火门、防火窗

防火门、防火窗应有显著标志,易于识别并易于接近。

防火门、防火窗的耐火极限不小于所在防火区所要求的耐火极限。

防火门应选择平开门。

防火窗宜选用固定式防火窗或活动式防火窗。

防火门应配有自动闭门器。对于有火灾自动关闭要求的常开防火门,应具有信号反馈功能。

双扇防火门应具有按顺序自行关闭的功能。

活动式防火窗应配有窗扇启闭控制装置。

根据有关规定要求,为核实门的机械性能,防火门应进行如下关闭试验:

- 防火门试件首先应通过消防部门认可的试验室所做的标准化试验,再参照附录 C 规定作附加机械性能试验,最后做耐火极限试验。
- 耐火极限试验应包括整个门的装配件,如门、门框、开启装置、防火锁、五金件及可能有的气窗等。

防火窗的耐火试验性能按照 GB/T 12513 的规定进行,活动式防火窗还应该满足下述规定:

- a) 开始试验前,活动窗扇处于开启状态;
- b) 开始进行耐火试验的同时,采用秒表计时,观察并记录窗扇自动关闭时间;
- c) 若窗扇在耐火试验 60 s(含 60 s)内可靠的自动关闭,则继续进行耐火试验,否则耐火试验可以停止。

通过以下方法保证烟气不进入疏散通道及疏散楼梯内:

- a) 最低承受压差不应低于 80 Pa;
- b) 通过通风设计使疏散通道及疏散楼梯间处于微正压;
- c) 设置防排烟系统。

4.3.2.3.2 电气防火

4.3.2.3.2.1 电缆封堵

电缆桥架、封闭式母线、线槽安装时,下列情况应采取防火封堵措施:

- 穿越防火区;
- 沿竖井垂直敷设穿越楼板处;
- 管线进出竖井处;
- 电缆隧道、电缆沟、电缆间的隔墙处;
- 穿越建筑物的外墙处;
- 建筑物的入口处或配电间、控制室的沟道入口处;
- 电气装置与电缆沟之间进出线处。

电缆隧道防火封堵应满足下列要求:

- a) 人员通行的电缆隧道,应在预留孔洞的上部进行加固;
- b) 预留的孔洞过大时,应采用槽钢或角钢进行加固,将孔洞缩小后方可加装防火封堵系统;
- c) 防火密封胶直接接触电缆时,封堵材料不得含有腐蚀电缆表皮的化学元素;
- d) 无机堵料封堵表面光洁、无粉化、硬化、开裂等缺陷;
- e) 防火堵料表面应光洁、厚度应均匀。

4.3.2.3.2.2 照明灯具

照明灯具在设计、安装过程中应满足下列要求:

- a) 开关、插座、照明灯具及其配套器件靠近可燃物时,应采取隔热、散热等防火保护措施;
- b) 可燃物品存储场所不应设置卤素灯等高温照明灯具,并应对灯具的发热部件采取隔热防火保护措施;
- c) 卤钨灯、额定功率大于或等于 100 W 的白炽灯泡吸顶灯、嵌入式灯的引入线应采取有效的防火保护措施。

4.3.2.3.2.3 防火包覆

对于有可能发生电气共模故障的低压动力电缆和仪表控制电缆,应布置在封闭的防火包覆内。

以不连续方式运行的和为阀门供电的所有动力电缆宜布置在封闭的防火包覆内。

对于中压动力电缆(MV),不应采用防火包覆进行保护。

对于采用防火包覆的低压动力电缆(LV),应采用防火包覆,并进行下述检查:

- 检查安装于需要进行防火保护桥架上的每根电缆,当环境温度为 50 ℃,其实际电流强度 I 可低于允许的载流量。对于截面大于或等于 95 mm² 的电缆其载流量的降低系数近似取 0.72,对于截面小于 95 mm² 的电缆则近似取 0.8。
- 检查防火包覆的电缆桥架单位长度内由所有电缆散发的总耗散功率 P (单位:W/m)不应超出式(1)给出的限值。

$$P = \frac{\Delta t \cdot p}{0.133 + \frac{e}{\lambda} \cdot \left(1.06 + 1.275 \frac{e}{i+h}\right)} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- Δt ——表示房间环境温度与防火包覆内温度之间的温差(两者通常分别是 30 ℃和 50 ℃);
- λ ——在通电保护部位传导的热量,包括传导热和表面换热,单位为瓦每平方米摄氏度[W/(m²·℃)];

- i ——防火包覆内空间的宽度,单位为米(m);
- h ——防火包覆内空间的高度,单位为米(m);
- e ——防火包覆层的壁厚,单位为米(m);
- p ——防火包覆层的周长,单位为米(m)。

当房间的日平均温度可能超过 30 °C 时,通过计算方式确认电缆的电流强度仍能低于防火包覆内温度下电缆的允许载流量[借助式(1)进行计算],以防电缆芯线发热、超温导致电缆受到损坏(对于 PVC,芯线温度一般是 70 °C)

防火包覆的选型应根据防火包覆所在的防火区的设计基准火灾持续时间确定。为了使产品规格标准化,防火包覆系列产品应满足以下的耐火极限:

0.25 h、0.5 h、0.75 h、1 h 和 1.5 h。

4.3.2.3.3 通风防火

通风系统采用如下防火措施:

- 通风系统管道在穿越每一个防火区边界处、穿越通风空调机房等房间隔墙和楼板处、穿越防火分隔处的变形缝两侧、竖向风管与水平风管交接处的水平管段上,均设置防火阀。
- 应按照 5.6 采取碘吸附器防火措施。
- 通风系统管道材料、绝热材料应采用不燃材料,防火阀的耐火极限应与防火区防火墙的耐火极限相同。
- 在疏散楼梯间设置加压送风系统,在火灾时为楼梯间加压送风,使楼梯间维持微正压,防止烟气侵入,保证工作人员安全疏散。

4.4 火灾自动报警系统

4.4.1 一般规定

火灾自动报警系统的设置应满足以下原则:

- a) 每个机组的火灾自动报警系统应为独立系统。
- b) 火灾自动报警系统应具有以下功能:
 - 快速地探知早期火灾;
 - 确定火灾发生的位置;
 - 监测火势发展;
 - 启动报警装置,在通往火灾发生的区域及主控制室发出声光报警信号。
- c) 控制相应的固定灭火装置、防火阀和排烟系统的排烟阀。
- d) 火灾报警控制器容量和每一总线回路所连接的火灾探测器和控制模块或信号模块的地址编码总数,宜留有一定余量。

4.4.2 系统设计要求

4.4.2.1 报警区域的划分

报警区域应根据楼层或防火区划分。一个报警区域宜由一个或相邻几个防火区组成。

4.4.2.2 探测区域的划分

探测区域应根据防火区域划分,一个探测区域宜是一个防火区。

探测区域的设计应与消防行动卡使用相一致。

当由火灾自动报警系统控制排烟系统或自动灭火系统时,探测区的划分要与防火区相配合。

4.4.2.3 探测线路的设计

探测线路的设计应遵循下列原则：

- a) 火灾探测回路采用带地址码的二总线环路形式；
- b) 当一个探测线路监测几个防火区，探测系统不但要指示起火的首发区域，而且要指出烟气蔓延的区域(火灾跟踪)，这种设计可以使消防队快速采取行动；
- c) 探测线路不宜监视位于多个楼层的房间，除非可以在火灾就地模拟盘显示发生火灾房间的位置；
- d) 一个探测器的动作报警不应影响回路上其他探测器的运行；
- e) 如果火灾自动报警系统自动控制保护安全相关设备的灭火设施时，在设有安全重要物项的防火区内应采用感烟探测器、感温探测器、火焰探测器(同类型或不同类型)的组合等类型探测对火灾进行确认，以避免误动作或拒动；
- f) 探测线路的往复应通过不同防火区的不同路径敷设。

4.4.3 系统布置原则

4.4.3.1 火灾探测器的选择要求

根据火灾危害性分析，选择火灾探测器类型：

- a) 在火灾初期阴燃阶段，产生大量的烟和少量的热，对很少或没有火焰辐射的场所，应选择感烟探测器；
- b) 对火灾发展迅速，可产生大量热、烟和火焰辐射的场所，可选择感温探测器、感烟探测器、火焰探测器或其组合；
- c) 对火灾发展迅速，有强烈的火焰辐射和少量的烟、热的场所，应选择火焰探测器；
- d) 因放射性而不易进入的强辐照场所等宜选择高灵敏度空气采样火灾自动报警系统；
- e) 无遮挡大空间或有特殊要求的场所，宜选择红外光束感烟探测器；
- f) 电缆通道、电缆竖井、电缆夹层、电缆桥架等场所或部位，宜选择光纤感温探测器或缆式线型感温探测器；
- g) 在易燃易爆区域，应采用本安防爆型火灾探测器；
- h) 对火灾形成因素不可预料的场所，可根据模拟试验的结果选择探测器；
- i) 对使用、生产或聚集可燃气体的场所，除设置火灾探测器外还应选择可燃气体探测器。探测器的探测范围计算，安装位置要求依据 GB 50116 执行。

4.4.3.2 手动火灾报警按钮的设置

手动火灾报警按钮设置在明显的和便于操作的部位，例如：电梯前室、消防疏散通道等。

4.4.3.3 区域显示器的设置

区域显示器设置于主要厂房和建筑物入口或主要疏散通道附近，如楼梯口。火灾显示盘至少应能显示报警的位置信息。

4.4.3.4 集中火灾报警控制器的设置

火灾集中报警控制器的设置原则如下：

- a) 火灾集中报警控制器安装在主控制室或其他电子设备房间；
- b) 火灾集中报警控制器应显示火灾自动报警系统及其各个部件状态的主要信息；

- c) 火灾集中报警控制器应能提供总的声光火灾报警信号。

4.4.3.5 消防联动控制盘的设置

消防联动控制盘的设置原则如下：

- a) 消防联动控制盘安装在主控制室或其他电子设备房间；
- b) 消防联动控制盘应能以手动和自动两种方式完成控制功能；
- c) 消防联动控制盘应具有对每个受控设备进行手动控制的功能；
- d) 消防联动控制盘应能指示每个受控设备的运行状态。

4.4.3.6 电源要求

火灾自动报警系统采用集中供电的方式，各机组的火灾自动报警系统由相互独立的机组电源供电：

- a) 主电源由 220 V 交流不间断电源系统供电，并应保证机组大修期间火灾报警系统的供电；
- b) 备用电源宜采用不间断电源(UPS)装置或蓄电池组，在主电源中断时自动投入，输出功率应大于火灾自动报警及联动控制系统全负荷功率的 120%，蓄电池组的容量应保证火灾自动报警及联动控制系统在火灾状态同时工作负荷条件下连续工作 3 h 以上；
- c) 当主电源断电，备用电源不能保证控制器正常工作时，火灾报警控制器应发出故障声信号并能保持 1 h 以上。

4.4.3.7 布线要求

火灾自动报警系统的电缆选型原则如下：

- a) 用于灭火系统、防烟、排烟系统等重要消防系统控制的电缆应采用耐火电缆；
- b) 长距离通信电缆、总线电缆，对系统功能影响较大的，宜采用耐火电缆；
- c) 其他情况需采用低烟无卤阻燃电缆。

4.4.4 火灾报警信号

对房间的火灾探测应是连续的。探测到某一房间的火灾通过下列信号显示：

- a) 集中火灾报警控制器上的总声、光火灾报警信号；
- b) 主控制室音响和可视报警信号；
- c) 区域显示器上的音响和灯光报警信号；
- d) 安装在每个探测器上的指示灯可以鉴别探测器是否报警。

4.4.5 探测装置运行管理

火灾探测装置的日常管理和维护措施要求：

- a) 对探测器定期进行就地运行性试验；
- b) 对探测器定期进行清洗、检测；
- c) 探测器更换。

4.5 灭火

4.5.1 一般原则

灭火设计遵循以下原则：

- a) 应根据火灾危害性分析选择恰当的固定和人工灭火方式；
- b) 反应堆厂房灭火不宜用水基灭火剂；

- c) 水灭火区域,消火栓的布置应能完全覆盖所有防火区,并应尽可能保证两股水柱同时到达;
- d) 在火灾荷载密度大于 900 MJ/m^2 防火区的火灾荷载集中区域,设置固定自动灭火系统;
- e) 将保护同一安全系统冗余系列的固定自动灭火系统分别独立设置,以满足单一故障准则;
- f) 在规定情况下自动或遥控启动自动灭火系统,并确保灭火系统在发生火警时的正常动作或误动作不会妨碍核动力厂安全功能的执行;
- g) 固定自动灭火系统的控制阀应设在该灭火系统所覆盖的防火区外且靠近该防火区的地方,并应配备手动启动和切断装置;
- h) 对活性炭量超过 45 kg 的碘吸附器设置灭火设施。

4.5.2 灭火设施

4.5.2.1 灭火剂

灭火剂的化学、物理性能应不致加速火情和危害核动力厂人员安全。

在放射性物质可能泄漏的防火区内,灭火剂应可以包容、回收及过滤,以防止污染物扩散,并便于随后所需的各种去污工作。

水是最常用的灭火剂。当因工艺要求或影响核安全不能使用水做灭火剂时,可使用其他灭火剂,如:洁净气体、二氧化碳、七氟丙烷、IG-541 灭火剂等。

禁止使用卤代烷灭火剂。

4.5.2.2 固定灭火设施

固定灭火设施包括有自动喷水、水喷雾、气体和干粉灭火系统。根据火灾危害性分析结果,选择恰当措施对潜在火灾区域进行灭火保护,固定灭火设施的设计遵循国家相关规范。

4.5.2.3 厂区消防供水系统

4.5.2.3.1 高压供水

整个核动力厂只考虑一处火灾,多堆机组的核岛厂房可由一个消防泵站提供高压消防水。核岛、常规岛消防供水应为常高压系统或稳高压系统。消防设施是专为消防所用,若做其他用途时,应进行专门的分析。

4.5.2.3.2 消防水源

应具备两个独立的可靠水源。如果使用水池,则应设置两个独立的 100% 系统容量的水池,两个水池互相连通以便水泵能从任一水池或同时从两个水池抽水。在发生泄漏时,每个水池应能被及时隔离。

水池补水管应具备在 8 h 内将任一水池充满的补给能力。

每个水池容量应根据 2 h 的火灾持续时间和在所需压力下的固定自动灭火系统最大需水量再加上人工消防的水量来计算。

4.5.2.3.3 消防泵

泵的扬程应满足系统中最不利点喷水时所需的最小压力,泵容量按照最大消防水量确定,即全厂最大设计基准火灾处的固定自动灭火系统用水量和室内人工消防的用水量之和。

消防泵的台数设置应考虑上述用水量的计算并建立在假设有一路电源或一台泵失效的基础上。

泵的启动还可由主控制室火灾报警盘远程控制或就地控制。

泵的吸水管线按淹没式设置,以保证安全启动。

4.5.2.3.4 消防水分配管网

消防水分配管网尽量成闭合环路,以提高供水可靠性。闭合环路上的隔离阀、放气阀和疏水阀的设置应能分段隔离维修且不会中断任一火灾危险区域内的消防供水。

4.5.2.3.5 管网设计

管网应保证向最不利点灭火设施提供其需要的压力和流量。此外,管网应能承受零流量时的泵出口压力。厂房和综合管廊内配水管网应采用无缝钢管,焊接连接。室外埋地部分可用球墨铸铁管。

4.5.2.4 核岛消防系统

4.5.2.4.1 核岛消防水系统

为保护非安全相关系统和设备的消防设施,为非抗震设计。

采用稳高压供水方式,平时由厂区消防供水系统提供小流量消防水进行系统稳压。火灾时,由管道上的压力开关启动消防泵,使管网中最不利点消防设施的水压和流量达到灭火的要求。

4.5.2.4.2 核岛抗震消火栓系统

为保护三大安全功能相关系统的室内消火栓提供消防用水,按照抗震 I 类设计。

该系统平时为湿管系统。火灾时,由核岛消防水系统向该系统提供消防水;地震工况下,核岛抗震消火栓系统由核岛高位消防水箱和消防增压泵联合供水,也可采用非能动的气压罐供水方式。

每个消防水箱有效容积满足 2 个抗震消火栓 2 h 的用水量。消防水箱用 2 h 耐火极限的防火屏障进行实体隔离。4 台消防增压泵,两用两备,两两实体隔离。

消防水箱、消防增压泵以及管道和隔离阀均为抗震 I 类设计。

地震后,若正常电源丧失,消防增压泵的备用电源由核岛 1E 级蓄电池供给。

4.6 疏散通道和疏散楼梯(楼梯、水平通道、门等)

4.6.1 疏散通道和疏散楼梯

为便于人员疏散及消防队使用,应设置疏散通道和疏散楼梯。有明显火灾危险的厂房应设置若干疏散通道,并根据厂房布置进行合理安排。疏散楼梯间宜为防烟楼梯间,在有条件的情况下可直通室外。

疏散通道和疏散楼梯用它们各自的墙体分隔成为一个独立的防火区,耐火极限不小于 1 h,其功能如下:

- a) 保证工作人员安全撤离;
- b) 保证消防队员和消防设备进入并完成灭火任务;
- c) 保证操纵员从主控制室撤向应急停堆盘主控制室。

疏散通道和疏散楼梯间的排烟方式:

- a) 通过通风系统设计使疏散通道保持正压,确保门的密封性;
- b) 排烟系统启动,着火房间形成负压(电气厂房)。

出现烟气时,事故照明装置启动,使所有人员从疏散通道撤离。

门宜向疏散方向开启,并且确保门由于通风排烟系统运行而形成最大压差时仍能打开。此外,应考虑门两侧由于通风系统或者排烟系统运行而形成最大压差时仍能保证打开。

疏散楼梯的宽度设定一股人流时最小净宽度不宜小于 0.6 m,两股人流时最小净宽度不宜小于 1.1 m。疏散走道的最小净宽度不宜小于 1.4 m,通行高度不宜小于 2.2 m。

疏散门的最小净宽度不宜小于 0.9 m,首层疏散外门的最小净宽度不宜小于 1.2 m。

4.6.2 电梯

电梯不作为火灾发生时疏散安全出口使用。

4.6.3 供救援设备和消防器械用通道

厂区道路和厂房各入口应设置消防车道,使来自厂外的救援设备和消防器械能进入到离厂房最近的地点。

4.7 消防排烟系统

4.7.1 一般要求

下列场所或部位需设置排烟系统:

- a) 高火荷载房间,如电缆夹层、电气设备间;
- b) 主控制室;
- c) 非放射性污染厂房内长度大于 20 m 的疏散走道,其他非放射性污染厂房内长度大于 40 m 的疏散走道。

排烟系统的功能为:

- a) 着火房间形成负压、控制烟气,以便消防员能靠近着火房间使用灭火设施进行灭火;
- b) 在某些情况下,减缓或延迟房间内温升;
- c) 导出可能带有毒物的烟气和气体,使它们不会重新返回通风系统或不使设备受损;
- d) 在火熄灭之后,对房间进行净化。

4.7.2 机械排烟设计要求

机械排烟设计有如下要求。

- a) 对未设自动灭火设施的房间,其排烟容积宜为 350 m³,最大容积不应超过 500 m³。如果组成防火区的房间超过该限值时应进行防烟分隔。
- b) 对防火区进行排烟分隔的门、隔墙、突出底板不小于 500 mm 的梁等应具有耐火稳定性和阻烟功能。
- c) 排烟系统管道应单独设置,当确有困难时,排烟管道可以与排风管道合用,排风机兼作排烟风机。
- d) 排烟风机宜设置在排烟系统最高处,排烟风机可以选用离心风机或轴流风机,排烟风机及其与排烟管道的连接部件应能在 280 °C 时连续运行 30 min,保证其结构的完整性。
- e) 排烟管道采用金属管道,金属管道壁厚按照 GB 50243 执行,管道设计风速不大于 20 m/s。排烟管道的支撑件耐火等级应与贯穿的防火区的耐火等级相同。
- f) 下列部位应设置 280 °C 排烟防火阀:
 - 垂直风管与每层水平风管交接处的水平管段上;
 - 一个排烟系统负担多个防烟分区的排烟支管上;
 - 排烟风机入口处。
- g) 每个排烟分区均应设置排烟口,排烟口宜设置在顶棚或靠近顶棚的墙的上部 1/3 高度处。
- h) 排烟口布置宜远离疏散出口,与疏散出口水平距离应大于 2 m,排烟口有效作用水平距离不应大于 30 m。
- i) 排烟口或排烟阀的控制装置应位于防火区外,以免操作装置受热气的影响。排烟口或排烟阀

应与火灾报警系统联动,其状态信号需要送到主控室的火灾报警盘上显示。

- j) 排烟口的风速不宜大于 10 m/s。
- k) 排烟系统的排风量应保证在 3 min~5 min 内把烟气排走,相当于 12 次/h~20 次/h 的换气次数。
- l) 排烟管道不宜穿越不同的防火区,当排烟管道必须穿越不同防火区时,排烟管道的耐火极限应不小于所穿越防火区的耐火极限。
- m) 排烟风机应与排烟风口或排烟防火阀联动,当任一排烟风口或排烟阀开启时,系统应转为排烟工况。当排烟温度大于 280 °C 时,排烟风机应随设置在风机入口处的 280 °C 排烟防火阀关闭而自动关闭。

4.8 火灾警报或通信系统

4.8.1 与声警报系统的联动

火灾报警系统为声警报系统提供火警联动信号,通过声警报系统设备为现场运行人员提供报警。

4.8.2 与广播系统的联动

火灾报警系统为广播系统提供火警联动信号,主控制室的广播控制台可自动发布人员疏散指令。火灾情况下的指挥、调度也通过该控制台完成。

4.9 消防通信系统

4.9.1 消防专用电话

设置消防专用电话的原则:

- a) 消防专用电话网络应为独立的消防通信系统;
- b) 主控制室应设置消防专用电话总机,且宜选择共电式电话总机或对讲通信电话设备;
- c) 电话分机或电话塞孔的设置,应按下列部位要求设置消防专用电话分机:
 - 消防水泵房、备用发电机房、配变电室、主要通风和空调机房、排烟机房及其他与消防联动控制有关的且经常有人值班的机房;
 - 灭火系统操作装置处或主控制室;
 - 消防站、消防值班室。
- d) 消防电话系统的通信电缆宜采用耐火电缆,线路配件为难燃材料。

4.9.2 与厂内消防队员的联系方式

夜班运行人员只需一次操作就可通过电话通知在家的电厂义务消防队员。

通过厂区的无线通信、运行电话、无线集群电话等通信系统能够保证在最快的时间内与一名不在岗位上的预先指定的或灭火时所需的人通话。

4.9.3 与厂外消防队的联系方式

与厂外消防队的联系应有三种方法:

- a) 从电厂每个机组的主控制室用直通电话直接联系;
- b) 与公共电话通信网联系的各个重要岗位上的话机通过两条不同线路至电厂的自动交换台对外联系;
- c) 电厂保安中心、消防站与消防车之间用无线电联系。

5 厂房与设备的消防措施

5.1 反应堆厂房

5.1.1 灭火

高温气冷堆不允许任何工况和事故后水进入堆芯,反应堆厂房消防措施应避免使用水基灭火。消防安全主要是通过防火区的耐火围护结构和对安全相关冗余设备进行空间隔离或实体隔离形成的非能动手段来保证的。

5.1.2 防排烟

反应堆厂房防排烟的基本要求为:

- a) 在反应堆厂房楼梯间设置加压送风机,火灾时,启动加压送风机,保证楼梯间微正压;
- b) 反应堆厂房排烟系统设置排烟风机,排烟风机由应急柴油机供电,主控室的火灾报警系统远程控制排烟风机的开启和关闭;
- c) 在反应堆厂房电气设备间发生火灾时,火灾探测信号报警后,可自动或手动关闭该防火区的防火阀,防止火灾蔓延;
- d) 火灾扑灭后,开启排烟系统进行排烟,排烟量按照 4.7.2 规定。

5.1.3 火灾报警

反应堆厂房发生火警时,同时满足以下条件可触发排烟系统启动:

- a) 一只探测器报警;
- b) 在消防联动控制盘按下对应区域的排烟联动按钮。

满足以上启动条件时,火灾报警控制器打开探测器所在房间的排烟阀或排烟口,排烟阀或排烟口打开后联动排烟风机启动,若排烟风机入口前排烟阀熔断关闭则风机自动关停。

5.2 核辅助厂房

5.2.1 灭火

核辅助厂房潜在火源主要来自氦净化系统膜压机所使用的润滑油和电气设备间的电气设备。根据火灾危害性分析,核辅助厂房仅设置消火栓系统和手提式灭火器。

在厂房每层走廊设置消火栓,消火栓的布置应覆盖所有受保护区域。厂房内的消火栓系统为湿管。管道采用无缝钢管,焊接。

负压排风系统的碘吸附器防火措施见 5.6。

核辅助厂房消防管网、阀门和消火栓非抗震设计。

消火栓的技术性能参数满足国家相关标准。

消火栓系统管材为无缝钢管,焊接。

消防排水:火灾后,消防水排至核岛疏排水系统。

5.2.2 防排烟

核辅助厂房防排烟的基本要求为:

- a) 在核辅助厂房楼梯间设置加压送风机,火灾时,启动加压送风机,保证楼梯间微正压;
- b) 核辅助厂房排烟系统设置排烟风机,排烟风机由应急柴油机供电,主控室的火灾报警系统远程控制排烟风机的开启和关闭;

- c) 在核辅助厂房电气设备间发生火灾时,火灾探测信号报警后,可自动或手动关闭该防火区的防火阀,防止火灾蔓延;
- d) 火灾扑灭后,开启排烟系统进行排烟,排烟量按照 4.7.2 规定。

5.2.3 火灾报警

核辅助厂房发生火灾警时,以下条件可触发排烟系统启动:

- a) 一只探测器报警;
- b) 在消防联动控制盘按下对应区域的排烟联动按钮。

火灾报警控制器自动打开探测器所在房间的排烟防火阀,防火阀打开后联动排烟风机启动,若防火阀熔断关闭导致排烟管道关闭则风机自动关停。

5.3 乏燃料厂房

5.3.1 灭火

乏燃料厂房潜在火源来自电气设备间和通风设备间。根据火灾危害性分析,厂房内的火灾荷载很少,正常运行期间,发生火灾事件的概率很低,且乏燃料厂房不允许水消防,因此仅在电气设备间和通风设备间设置手提式灭火器。

5.3.2 防排烟

乏燃料厂房防排烟的基本要求为:

- a) 在乏燃料厂房楼梯间设置加压送风机,火灾时,启动加压送风机,保证楼梯间微正压;
- b) 乏燃料厂房排烟系统设置排烟风机,排烟风机由应急柴油机供电,主控室的火灾报警系统远程控制排烟风机的开启和关闭;
- c) 在乏燃料厂房电气设备间发生火灾时,火灾探测信号报警后,可自动或手动关闭该防火区的防火阀,防止火灾蔓延;
- d) 火灾扑灭后,开启排烟系统进行排烟,3 min~5 min 内排除室内烟气。

5.4 电气厂房

5.4.1 灭火

5.4.1.1 一般要求

电气厂房集中了大量与核安全有关的电气设备,设置消火栓系统和手提式灭火器。根据火灾危害性分析结果,对于需要的区域或部位采用防火包覆进行隔离或采用预作用自动喷水灭火系统进行保护。

在厂房每层走廊设置消火栓,消火栓的布置应覆盖所有的受保护区域。厂房内的消火栓系统为湿管。管道采用无缝钢管,焊接。

5.4.1.2 主控制室

主控制室由于昼夜有人值班,因此在主控制室内配备二氧化碳手提式灭火器,房间外易于操作的地点设置消火栓。

5.4.1.3 预作用自动喷水灭火系统

预作用自动喷水灭火系统雨淋阀组后为干管,雨淋阀组前充满高压水;

电缆采用玻璃泡闭式喷头保护,喷头尽量布置在主电缆桥架轴线之间,喷头的间距应满足喷水强度

的要求；

系统最大保护面积为 260 m^2 ，设计喷水强度 $10.0 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ ，最不利点喷头的工作压力不小于 0.05 MPa 。

5.4.1.4 蓄电池室

该房间外易于操作的地点设置消火栓和移动式灭火器。

消火栓的技术性能参数：

最小流量： $120 \text{ L}/\text{min}$ (0.40 MPa 压力下)。

栓口直径： $\text{DN}40$ 。

水龙带： $\text{DN}40$ 半硬管消防水龙带，长度 40 m ，带雾化水枪。

消防排水：火灾后，消防水排至核岛疏排水系统。

5.4.2 防排烟

电气厂房防排烟的基本要求为：

- a) 在电气厂房楼梯间设置加压送风机，火灾时，启动加压送风机，保证楼梯间微正压；
- b) 电气厂房排烟系统设置 A、B 列配电间独立的排烟风机，排烟风机由应急柴油机供电，主控室的火灾报警系统远程控制排烟风机的开启和关闭；
- c) 在电气设备间、主控室等房间发生火灾时，火灾探测信号报警后，可自动或手动关闭该防火区的防火阀，防止火灾蔓延，并启动房间的排烟系统；
- d) 设置自动灭火装置房间的排烟次数应按不小于 $10 \text{ 次}/\text{h}$ 进行计算，未设置自动灭火装置房间的排烟量按照 4.7.2 规定计算。

5.4.3 火灾报警

电气厂房发生火警时，以下条件可触发排烟系统启动：

- a) 一只探测器报警；
- b) 在消防联动控制盘按下对应区域的排烟联动按钮。

火灾报警控制器自动打开探测器所在房间的排烟防火阀，防火阀打开后联动排烟风机启动，若防火阀熔断关闭导致排烟管道关闭则风机自动关停。

电气厂房的电缆密集区域应设感烟和缆式感温两种火灾探测器。电缆密集区域设有针对电缆火灾的消防设施，以下条件可触发消防设备启动：

- 同一防火区内两只相互独立的探测器同时报警；
- 一只探测器和一只手动报警按钮同时报警；
- 在消防联动控制盘按下专设启动按钮。

5.5 柴油发电机厂房

5.5.1 灭火

主贮油箱设置在应急柴油发电机房地下，日用油箱设在柴油发电机间有实体隔离的小室内。

在厂房每层走廊设置消火栓，消火栓的布置应覆盖所有受保护区域。厂房内的消火栓系统为湿管。柴油发电机房的主设备间设置闭式泡沫喷淋系统。

主贮油箱间和日用油箱间分别设置开式泡沫喷淋系统。

喷头的布置能覆盖整个房间面积并且不应受墙、梁或者风管等的影响，若有影响，可适当增加喷头。

泡沫喷淋系统采用 3% 水成膜泡沫液，喷水强度 $10 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ ，水成膜喷放时间 10 min 。最不利点喷头的工作压力不小于 0.05 MPa 。

消防管网、阀门、消火栓以及自喷系统均为非抗震设计。

消火栓系统管材为无缝钢管,焊接。
闭式泡沫喷淋系统管材为不锈钢管,焊接。

5.5.2 防排烟

柴油发电机房防排烟的基本要求为:

- a) 在柴油发电机房的电气设备间、储油罐间、日用油箱间设置排烟系统,排风机可兼作排烟风机,火灾时,启动排烟风机,将烟气排出到室外;
- b) 排烟量按照 4.7.2 规定计算。

5.5.3 火灾报警

在柴油机房的主设备间、储油罐间和日用油罐间,应设置感烟探测器和火焰探测器。柴油机房设有消防设施,以下条件可触发消防设备启动:

- 同一防火区内任意两只独立不同类型的探测器报警;
- 一只探测器和一只手动报警按钮同时报警;
- 在消防联动控制盘按下专设启动按钮。

5.6 碘吸附器

5.6.1 安装区域的防火区要求

碘吸附器应设置在防火区内。

5.6.2 降低火灾危害的措施

为降低碘吸附器箱体内发生火灾的危害,应采取以下措施:

- a) 箱体内,除了过滤系统专用电缆外,不应安装其他电缆;
- b) 预过滤器和高效过滤器的过滤介质及外壳材料应为不燃材料,碘吸附器活性炭的燃点不低于 350 °C;
- c) 在碘吸附器箱体的上下游设置防火阀,并在碘吸附器系统上游设置温度探测器、下游设置烟感探测器,在发生火灾时,火灾探测器向主控室发出报警信号,在主控室远程关闭防火阀或防火阀熔断关闭,将碘吸附器箱体与管道系统隔离;
- d) 在紧靠箱体上游入口位置安装的电加热器上设置过热及无风断电保护器,在温度超限或无风通过时,切断电加热器的供电电源,并向主控室发出第一阶段报警信号;
- e) 电加热器应与风机连锁,只有当风机运行时才能启动电加热器,风机停运,电加热器断电;
- f) 在电加热器与碘吸附器之间设置温度传感器,超过设定温度限值时,切断电加热器电源,并在主控室发出第二阶段报警。

5.6.3 碘吸附器消防设计要求

碘吸附器箱体应具有一定耐火能力。在碘吸附器活性炭的总装量大于 45 kg 时,碘吸附器上部应设置喷淋装置。为了避免喷淋误动作,该喷淋装置不应与核岛消防水系统直接连通。在需要时,由消防人员使用软管接至专设的消火栓上,消火栓与碘吸附器的距离应小于 10 m。

6 火灾危险性分析

应对核岛厂房进行火灾危害性分析,以验证防火设计满足了核岛防火安全目标。火灾危险性分析工作应按照 EJ/T 1217 进行。

附 录 A
(规范性)
抗震鉴定

系统设备抗震(SL-2)见表 A.1。

表 A.1 系统设备抗震

系统	部件	地震后功能	鉴定
探测(核岛部分)	探测器 烟气采集管道 多点探测器电动抽风扇 火灾报警控制柜 控制盘	可运行性 功能性 可运行性 可运行性 可运行性	抗震鉴定 抗震鉴定 抗震鉴定 抗震鉴定 抗震鉴定
核岛消防(保护安全功能)	隔离阀 高位水箱 管道 传感器 增压泵	可运行性 功能性 功能性 可运行性 可运行性	抗震鉴定 D级准则 ^a D级准则 抗震鉴定 抗震鉴定
通风(核岛部分)	防火阀 防火风道	可运行性 完整性	抗震鉴定 抗震鉴定
排烟(核岛部分)	排烟管道 排烟防火阀 排烟风机	完整性 完整性 完整性	抗震鉴定 抗震鉴定 抗震鉴定
电缆通道防火	防火包覆	完整性	抗震鉴定
消火栓	水龙带绕筒	隔离阀可运行性	抗震鉴定
安全防火区边界设施	防火墙 防火门 贯穿件	完整性 完整性 完整性	抗震鉴定 抗震鉴定 抗震鉴定
^a 按照 GB/T 16702 规定。			

附 录 B
(资料性)
耐火试验要求

B.1 耐火试验**B.1.1 试验装置****B.1.1.1 试验准备**

在试验前,应对试件进行以下检查:

- 电缆桥架与支撑系统的连结情况;
- 电缆桥架、电缆的防火保护装置的安装情况;
- 试验设备的状态,检测和监测仪器的安装情况;
- 防火保护装置与支撑装置之间的接口处理;
- 防火保护装置与钢筋混凝土试验炉垂直壁贯穿孔的封堵处理。

B.1.1.2 电缆性能及截面

根据电缆技术规格书的要求,电缆推荐样品为:

- 测量和控制电缆:
 - 1根 $7 \times 1.5 \text{ mm}^2$ 铜芯电缆
 - 1根 $7 \times 1.0 \text{ mm}^2$ 铜芯电缆
 - 1根 $3 \times (2 \times 1.0) \text{ mm}^2$ 铜芯电缆
 - 1根 4 芯铠装多模光纤 ODC 光缆
- 动力电缆:
 - 1根 $3 \times 2.5 \text{ mm}^2$ 铜芯电缆
 - 1根 $5 \times 16 \text{ mm}^2$ 铜芯电缆
 - 1根 $3 \times 35 \text{ mm}^2$ 铜芯电缆

不属于防火试验的电缆长度应尽可能短。电缆在电缆桥架或托盘底部应向前直线延伸,电缆之间不应有任何接触。用 A2 级塑料制成的电缆夹子使电缆固定在电缆桥架或托盘的底部。

注:两种电缆应按照它们各自的运行方式分别进行试验。

B.1.1.3 试件数量及类型

为覆盖工程实际应用中的大多数情况,每种类型电缆(动力电缆或测量控制电缆)应至少选取完成下列所要求的试样:

- a) 选取电缆桥架尺寸为 $300 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 、 $400 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 、 $600 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 的 3 个四面受火试样,防火桥架($600 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$)穿墙薄弱环节的包覆;
- b) 选取电缆桥架尺寸为 $600 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 的带有透气孔的装置的四面受火试样。

B.1.1.4 测试构件的一般要求及说明

对测试构件有以下要求:

- a) 试件的支撑及其保护措施属于要试验的防火系统的一部分;
- b) 吊杆及其钢筋混凝土墙上的锚固件除试验外还应进行论证,否则应能承受允许最大载荷;

- c) 所有部位诸如：通风装置(低压电缆通道上)及穿过的试件都属于现场安装中的整体范围；
- d) 原则上，试件的四个面都应进行耐火试验。根据试验申请者的要求可以只做两个或三个面，但应在试验报告中明确说明；
- e) 处于炉内考验的长度至少 3 m；
- f) 电缆桥架两端应伸出炉体墙外大约 250 mm；
- g) 试件端头的穿墙段应全部封堵，以避免在电缆通道内部产生自然对流通风；
- h) 当用防火保护装置保护时，其端部固定在试件端头贯穿的混凝土墙上，另一端贯穿后封堵。

B.1.2 试验方法

B.1.2.1 升温程序

按照下列方程表示的标准升温曲线对炉内温度进行提升：

$$T - T_0 = 345 \lg(8t + 1)$$

其中， T 为瞬时炉内温度； T_0 为炉内初温度； t 为时间(min)。

加热炉标准升温曲线见图 B.1。

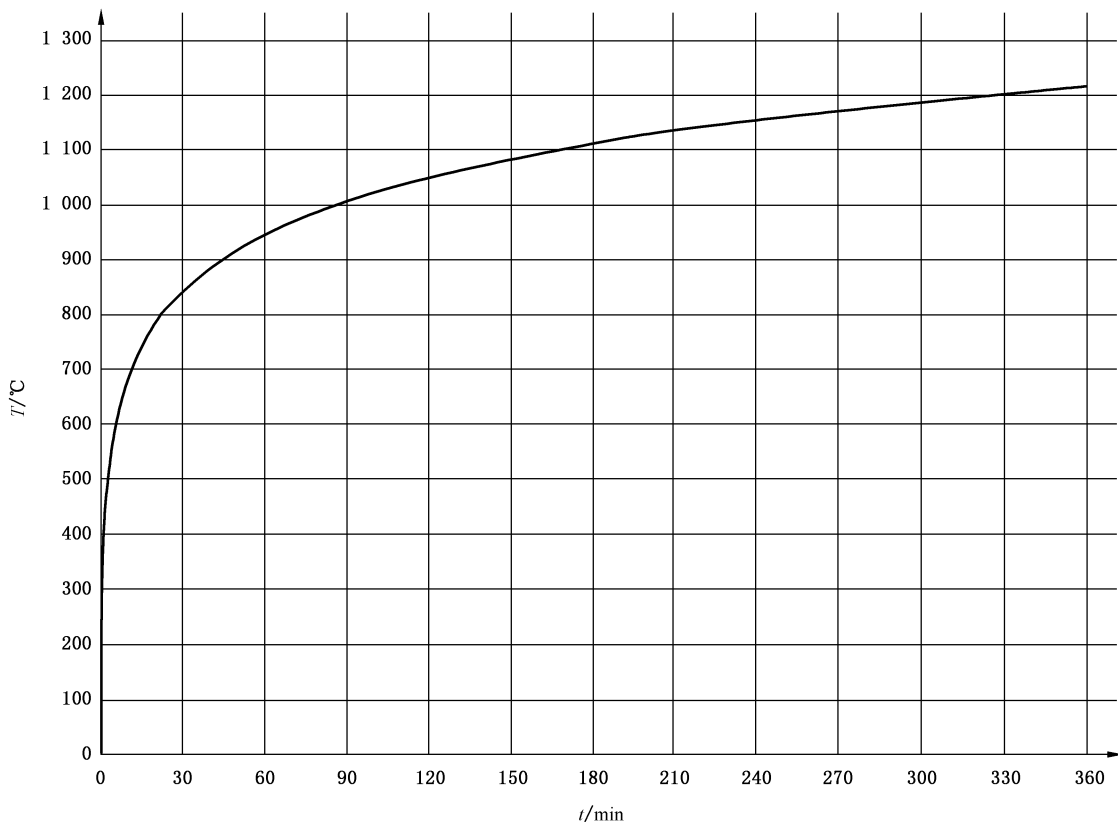


图 B.1 标准时间——温度曲线

B.1.2.2 初始温度

电缆桥架内部的初始温度应为：

- 测量和控制电缆：30 °C；
- 动力电缆：50 °C。

炉子所处的室内环境温度达到 20±10 °C。

由位于电缆桥架底部电缆之间独立分开的加热线圈来保证内部环境温度。

对于测量和控制电缆,耐火试验开始后,断开加热线圈。

对于动力电缆,一旦达到稳定的状态,应至少每 6 h 对维持温度 50 °C 所必需的电功率测量一次。

当保护装置包含有通气装置时,通气装置应是敞开的。

当达不到内部环境温度时,应在试验报告中明确说明,包括有效值。

B.1.2.3 电缆功能校验

B.1.2.3.1 测量和控制电缆

电缆桥架内部的初始温度应为:

——测量和控制电缆:30 °C;

——动力电缆:50 °C。

7×1.5 mm² 的电缆,按照第 1 股 2 根芯线,第 2 股 3 根芯线的方式组合。这 3 股芯线用螺钉连接器串联。

3×(2×1.0)mm² 的电缆,按照不同对芯线两两组合的方式组成 3 股芯线。这 3 股芯线用螺钉连接器串联。

手动或编程转换开关接入在试验电缆的上游,为安装处在炉火考验长度下游的控制继电器供电。

与每根试验电缆相接的二次电路带有一个试验灯泡,该灯泡由受控于控制继电器的开关供电。

运行的电路需满足以下条件:

——电流:2 A;

——电压:48 V 直流。

一次电路由 4 A 的熔断器进行保护。

三股中的两股电缆应按照上面的规定装备仪表。

测量和控制电缆功能检验装置见图 B.2。

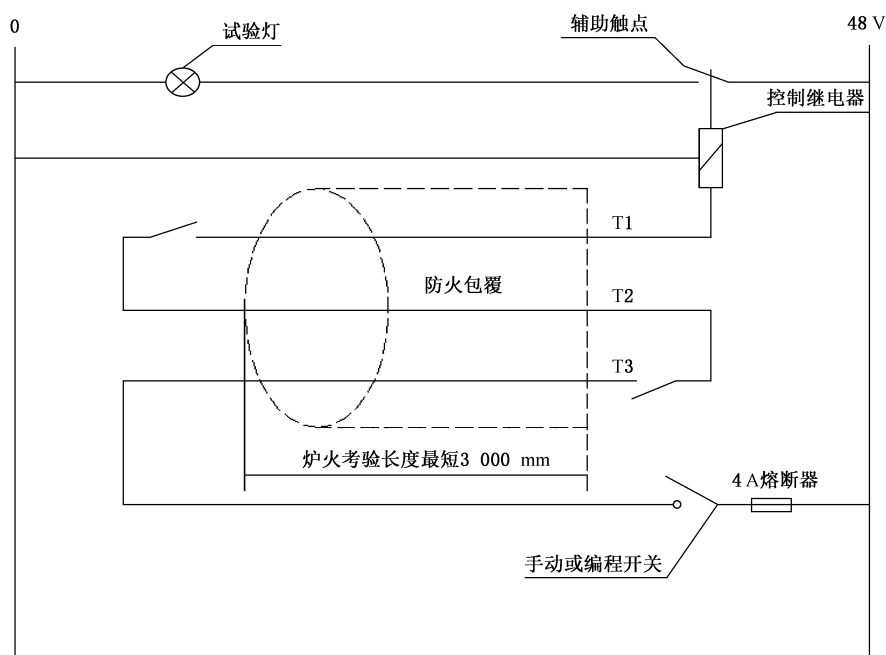


图 B.2 测量和控制电缆功能检验装置

B.1.2.3.2 动力电缆

3 根芯线并联,每一根芯线为电池组供电,其功率应达到以下条件:

- 电流:8 A(每项);
- 电压:380 V(三相)。

其运行功能通过安装在每相的 100 W 试验灯泡验证。

电路保护应采取以下措施:

- 在大于 30 ms 内,由 $i=30\text{ mA}$ 的探测漏电保护器进行保护;
- 安装于各相的 16 A 熔断器。

动力电缆功能检验装置见图 B.3。

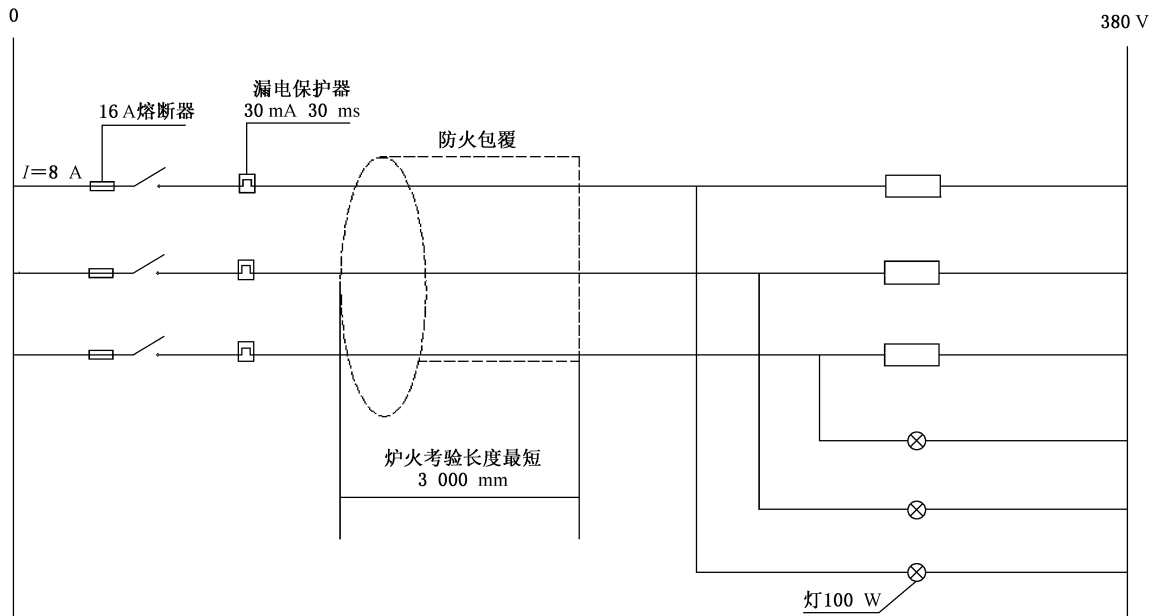


图 B.3 动力电缆功能检验装置

B.1.2.4 温度测量

B.1.2.4.1 测量炉内温度

至少使用 6 个镍铬/镍合金热电偶(直径 $\phi 0.8\text{ mm}$),均匀布置在试件的炉火考验长度上,距试件面 100 mm。

B.1.2.4.2 测量试件温度

用镍铬/合金热电偶(直径 $\phi 0.5\text{ mm}$)在位于试件炉火考验长度四分之一和二分之二的两个截面上测量温度。

每个截面上,热电偶应按如下布置:

- 在桥架或托盘底部;
- 在桥架或托盘的周围;
- 在每根电缆上;
- 在防火保护装置一半厚度上(如有可能);
- 在其周围,防火保护装置和电缆之间的周围(如需要);

——至少在一个支撑件上。

B.1.2.4.3 测量频率

所有温度测量间隔小于或等于 1 min。

B.1.2.5 电缆功能检验

B.1.2.5.1 测量和控制电缆

两股相连芯线的功能每隔 5 min 由安装于一次电路的开关启动进行控制,同时观察安装于二次电路上的指示灯是否处于正常状态。

光纤电缆在耐火试验期间不进行功能检验。

B.1.2.5.2 动力电缆

三股芯线的功能是由并联在各相的 100 W 指示灯的不间断供电来显示的。

B.1.2.6 电缆通道内的加热元件

B.1.2.6.1 测量和控制电缆

从耐火试验开始,断开用于维持保护装置内部温度在 30 °C 的加热线圈的电源。

B.1.2.6.2 动力电缆

在整个耐火试验持续的过程中,应维持可使保护装置内部温度在 50 °C 的电功率。

B.1.2.7 试验期限

中止试验的因素如下:

- a) 试验申请者要求;
- b) 在预定的功能分级期限之前,防火试验系统失效;
- c) 在允许的设计延长时间,包括要求补充期限之后;
- d) 当实验室的人员或设备处于危险情况时。

如果中止试验是由 a) 和 c) 叙述的原因造成的,应继续进行测量和控制,直至试验炉冷却。

B.2 分级准则

在耐火测试阶段,如出现下列情况的一种,应视为功能故障,并中止试验。

——测量和控制电缆(除光纤电缆)故障:

- 一个灯熄灭或不亮;
- 4 A 安全保险丝被击穿。

——动力电缆故障:

- 灯泡中至少有一盏熄灭;
- 16 A 熔丝被击穿;
- 大于 30 ms 期限内探测出 30 mA 的泄漏电流;
- 在试件上测量的温度仅作为参考,不影响功能准则的确定;
- 为了验证防火保护装置功能的有效性,以最短功能期限确定产品的功能分级。

——光纤电缆故障:

- 耐火试验后,将光纤电缆从试样中取出,由防火实验室或其他具有资质的单位检查电缆的

连通性。用一个稳定光源和光学多用表,比较发送与接收的能量值,应考虑连接器的衰减。并与出厂验收文件比较,试验前后连通性相差过大则判定为不合格。

B.3 适用范围

B.3.1 电缆通道的长度

通过功能分级的保护装置可用于无限长的电缆通道。

B.3.2 迎火面数量

有4面迎火的保护装置的功能分级可以推广到由仅2面或3面迎火的同一保护装置进行保护的电缆通道。对于2面或3面迎火的保护装置,应检查保护装置和混凝土墙之间的接缝。

反之不允许。

B.3.3 通风装置

有通风装置的防火保护装置的功能分级可以推广到仅安装防火保护装置的保护系统。

反之不允许。

B.4 试验报告

试验报告应包括:

- 防火试验室名称;
- 防火保护装置制造商名称;
- 试验日期和编号;
- 试件的详细描述。

试件简图应包括以下内容:

- 试件尺寸;
- 安装原则(包括:保护装置的安装、与支撑的接口处理、与试验炉壁的接口处理。电缆贯穿试验炉开孔的封堵等);
- 各部件的材料编号、批号、质量证明文件包括:
 - 热电偶的布置;
 - 炉内实际温升曲线;
 - 试件测温数据(供参考);
 - 试验前后试样外观(对比照片);
 - 试验期间及试验后对电缆完整性的测量和观察记录;
 - 试验结论。

注:对于耐火试验后光纤电缆的连通性检验,若防火实验室不能进行,应在其他具有资质的单位进行,并出具试验报告。

附 录 C
(资料性)
防火门的耐久性试验

C.1 总则

在耐火或密封试验鉴定之前,防火门应提交一份 20 万次“开关”操作的耐久性试验报告。

鉴于反馈的经验,试验产品多样性及技术特性和设备的不同都表明对试验规格书的更新是有必要的,以避免有代表性的试验出现不利的偏差。

C.2 试验的实施

C.2.1 有资格的机构

试验应由国家消防部门或其认可批准的试验机构进行。

C.2.2 试验台的描述

试验台在设计上具有足够的刚度来模拟试件的实际吊挂能力。

试验台包括以下装置:

- a) 一个行程和力可变化的液压、气动或机械的装置;
- b) 推力装置的作用点位于锁侧、门扇宽度的 $1/3$ 位置处。推力角相对于关闭门扇平面是 90° 和 110° 之间。见图 C.1;
- c) 挡门柱支撑的刚性框架;该框架易于拆卸,以便可以控制对于模式 A 开启/关闭要求的开启角度;
- d) 可自动编程的程序。该程序可以输入为达到规定开启角度及下面规定动态所必需的各种参数,如推力、千斤顶的行程等;
- e) 开启/关闭循环计数系统;
- f) 安全保护系统。

该系统在门扇没有开启或没关闭或推力异常增大的情况下,可使试验台自动停车。

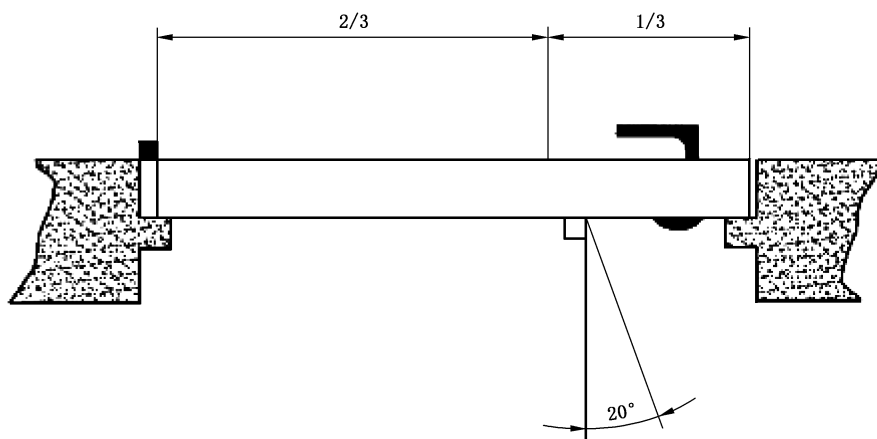


图 C.1 推力作用点位置

C.3 试验过程

C.3.1 开启角度

反馈的经验要求对开启的角度进行考虑,而不是考虑随门扇旋转角度而变化的千斤顶推力。有以下四个角度:35°、65°、85°和130°,这些角度应在地面上显示出来,以便随时进行目视监测。见图 C.2。

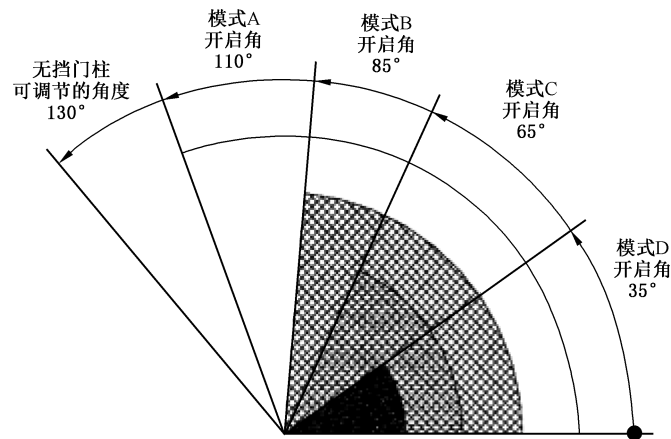


图 C.2 门的开启角度

C.3.2 开启/关闭的不同模式

有四种开启/关闭模式:

模式 A:开启至挡门柱,无挡门柱开启角度调节: $130^{\circ} \pm 5^{\circ}$;挡门柱定位: 110° ;

模式 B:全部开启,不与挡门柱接触。开启角度调节 $85^{\circ} \pm 5^{\circ}$;

模式 C:部分开启,开启角度调节 $65^{\circ} \pm 5^{\circ}$;

模式 D:不完全开启,开启角度调节 $35^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 。

这四种模式开启时通过力和行程都适宜的操作机构的推力来实现的,以便获得所期望的开启角度。这四种开启模式无论怎样不是随着门扇自转来实现的。

C.3.3 开启/关闭循环

各种开启/关闭的模式是按照以下每 30 次为一基本循环进行的:

7 次 模式 A

6 次 模式 C

2 次 模式 A

6 次 模式 B

7 次 模式 D

2 次 模式 B

根据自动编程这样分布是适合的。

由于编程的原因,这种循环也可达到百次操作,但要遵守各种模式的比率。

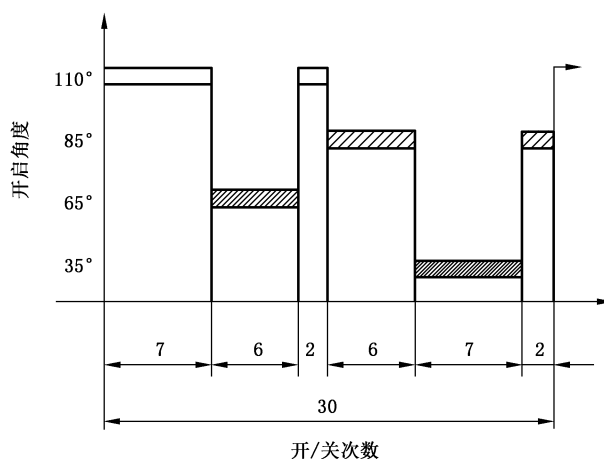


图 C.3 基本循环

C.3.4 试验期间的维修

C.3.4.1 计划维修

操作装置的调节、润滑以及预先为试验编制和提供的运行和维修指南中有关磨损件的预防性更换都应按照指南中要求进行操作,并写入试验报告。

应记录每一次维修操作的时间。

C.3.4.2 事件后的维修

根据试验过程遇到的问题严重性,试验负责人或者可以中断试验,或者判断一下维修后试验是否可以重新进行。

在这种情况下,应编写事件报告及对维修情况进行准确的描述,附在试验报告中。

如有必要,可以更新运行和维修指南以便把这次维修纳入进去。

记录维修的时间并进行分析。

C.3.5 计量

在试验前和试验终结,应按照下述方案对大约 20 万次的操作试验进行检查:

- a) 门四周的间隙;
- b) 门扇之间的缝隙,门扇与门楣之间的间隙;
- c) 门扇的水平度和弯曲度。

C.3.6 试验报告的有效性

为覆盖标准系列,应对下门进行试验:

- a) 1 个标准尺寸为 2 200 mm×900 mm 的单扇门;
- b) 1 个标准尺寸为 2 200 mm×1 800 mm 的双扇门;
- c) 1 个带门楣的为 2 600 mm×1 800 mm 的标准尺寸的双扇门;
- d) 1 个标准尺寸为 2 600 mm×900 mm 的带观察孔的单扇门。

对于两个门扇不相等、小尺寸和高度很大的门(2 750 mm 高、配 4 个铰链的门)及标准宽度的门可不作试验。

需要专门做耐火试验的大尺寸的门不做疲劳强度试验。

附录 D

(资料性)

非能动气压贮水罐和给水箱抗震力学分析要求

D.1 概述

非能动气压贮水罐和给水箱是核岛抗震消火栓系统中重要设备,消防给水箱和消防增压泵设置于核岛厂房较高位置,每个给水箱有效容积不小于 72 m^3 ,满足 2 个抗震消火栓 2 h 的用水量。

地震工况下,核岛抗震消火栓系统由核岛高位消防给水箱和消防增压泵联合供水,也可采用非能动的气压贮水罐供水方式。为了能够正常给安全功能相关系统的室内消火栓提供消防用水,非能动气压贮水罐和给水箱需要满足抗震(SL-2)设计。本附录对非能动气压贮水罐和给水箱展开抗震分析。

D.2 载荷组合

在设备各工况应力分析时,应综合考虑各工况下设备可能承受的各种载荷,对这些载荷进行组合叠加。

载荷应通过下列方法计算:

- a) 载荷组合一般采用代数和的方法。
- b) 当载荷方向不定时,则采用偏保守的方法,即能产生最不利情况的方法来组合。三个方向的地震载荷组合采用 SRSS 方法。
- c) 重力、压力、集中力、温度载荷等,采用代数和相加;地震载荷叠加后,与其他静载荷组合,考虑代数加、代数减两种方式组合。

D.3 评定准则

D.3.1 O 级准则与 A 级准则

设计工况应符合 O 级准则,正常工况应符合 A 级准则。在本方法中,O 级准则和 A 级准则采用同样的应力限制:

- a) 总体一次薄膜应力的限制:

$$\sigma_m \leq 0.85S$$

- b) 总体或局部一次薄膜应力加一次弯曲应力的限制:

$$\sigma_m + \sigma_b \leq 1.275S, \sigma_L + \sigma_b \leq 1.275S$$

D.3.2 B 级准则

扰动工况应符合 B 级准则,应力限制如下:

$$\sigma_m \leq 0.935S$$

$$\sigma_m + \sigma_b \leq 1.4025S, \sigma_L + \sigma_b \leq 1.4025S$$

D.3.3 C 级准则

紧急工况的准则级别至少应与 C 级准则一样严格,应力限制如下:

$$\sigma_m \leq 1.275S$$

$$\sigma_m + \sigma_b \leq 1.53S, \sigma_L + \sigma_b \leq 1.53S$$

D.3.4 D级准则

事故工况的准则级别至少应与D级准则一样严格,应力限制如下:

$$\sigma_m \leq 1.7S$$

$$\sigma_m + \sigma_b \leq 2.04S, \sigma_L + \sigma_b \leq 2.04S$$

D.3.5 试验工况

若试验压力不大于设计压力的1.5倍,对该工况无专门的应力限制,若试验压力大于设计压力的1.5倍,则应采用下列应力限制:

$$\sigma_m \leq 0.95S_y$$

$$\sigma_m + \sigma_b \leq 1.4S_y, \sigma_L + \sigma_b \leq 1.4S_y$$

D.4 分析实例

D.4.1 输入模型

非能动气压贮水罐筒体和封头厚度为20 mm,支座补强板厚度为20 mm,支座底板厚度为25 mm。为计算方便,对压缩空气存储罐结构进行了适当简化,其几何模型如图D.1。

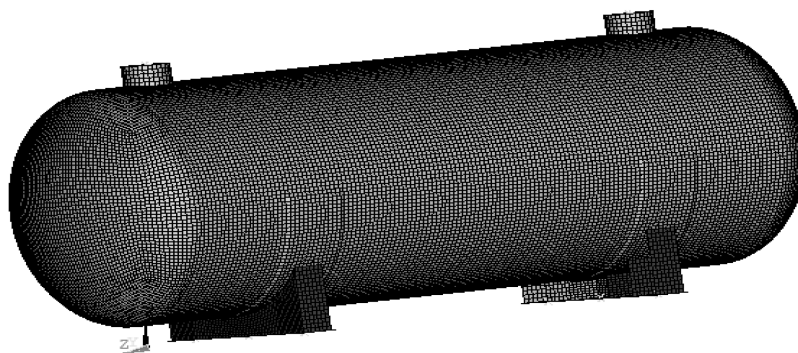


图 D.1 非能动气压贮水罐网格图

D.4.2 工况组合

该设备O级准则所评定工况组合已包含A、B、C级准则的所有工况,评定限值也更严格,不需要评定试验工况。故只需评定表D.1中各载荷工况。

表 D.1 设备载荷组合

工况	准则级别	载荷组合
设计工况	O	压力+自重+接管载荷±SL-1
事故工况	D	压力+自重+接管载荷±SL-2

D.4.3 评定结果

选取在各工况下罐体最大薄膜应力、罐体最大薄膜+弯曲应力的位置进行评定,各工况下的计算结果见图D.2~图D.5应力云图。

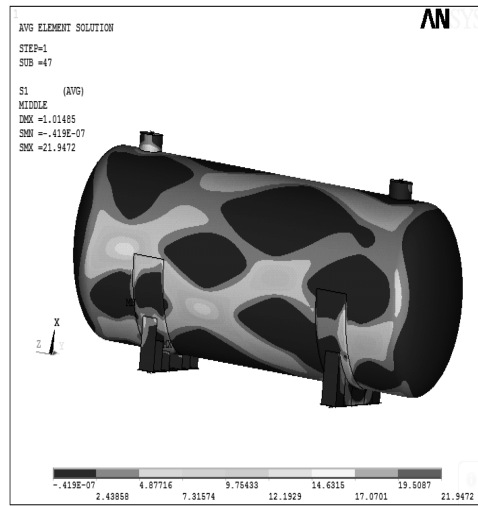


图 D.2 设计工况薄膜应力云图

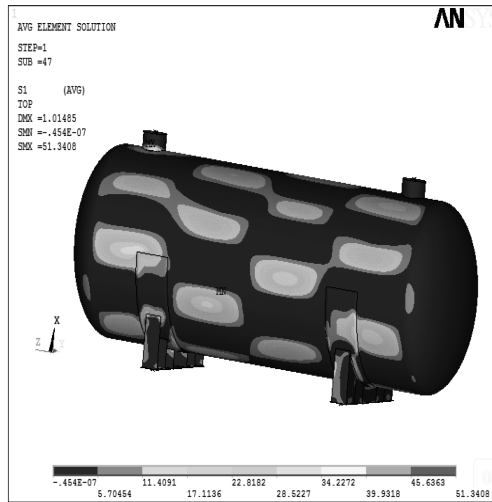


图 D.3 设计工况薄膜+弯曲应力云图

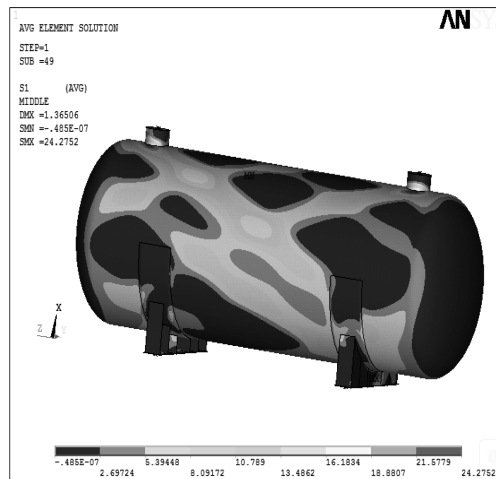


图 D.4 事故工况薄膜应力云图

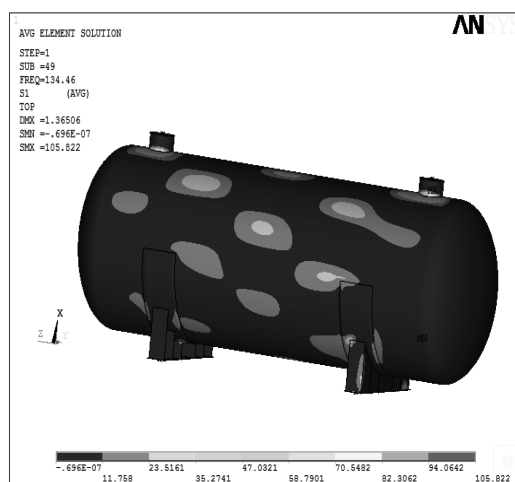


图 D.5 事故工况薄膜+弯曲应力云图

通过以上计算分析,表明非能动气压贮水罐在所考虑的工况下,应力均满足本附录 D 的要求。

中国核学会
团体标准
高温气冷堆核动力厂核岛防火设计准则
T/CNS 38—2020

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

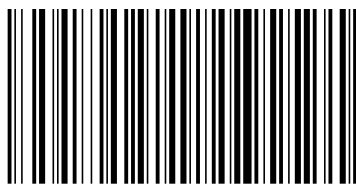
*

开本 880×1230 1/16 印张 2.5 字数 69 千字
2021年8月第一版 2021年8月第一次印刷

*

书号: 155066·5-3465 定价 36.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



T/CNS 38-2020



码上扫一扫 正版服务到