

CS-00239

核安全法规  
HAF 0202(1)

# 安全导则

## 核电厂防火

(一九九六年修订)



国家核安全局批准发布  
一九九六年五月十三日

# 目 录

1 引言 .....	(1)
2 总的防火要求 .....	(2)
3 防火设计方法 .....	(4)
4 火灾预防 .....	(7)
5 火灾探测和灭火 .....	(10)
6 减轻火灾的二次效应 .....	(16)
7 质量保证 .....	(19)
8 人工消防的组织问题 .....	(20)
名词解释 .....	(23)
附件 A 卤代烷灭火系统 .....	(24)
附件 B 疏散通道 .....	(25)
附录 I 关于准备火灾危害性分析的附加指导 .....	(26)
附录 II 防火屏障 .....	(32)
附录 III 防火控制项目清单 .....	(34)
附录 IV 火灾探测系统 .....	(35)
附录 V 自动喷水和水喷雾系统 .....	(38)
附录 VI 消防供水系统布置举例 .....	(40)
附录 VII 防火区通风系统分隔示意图 .....	(41)
附录 VIII 电缆绝缘层 .....	(42)
附录 IX 我国有关防火的国家标准 .....	(45)

# 安全导则

## 核电厂防火

(一九九六年修订)

本导则自 1996 年 5 月 13 日起实施  
本导则由国家核安全局负责解释

### 1 引 言

本导则是对 HAF 0200(91)《核电厂设计安全规定》有关条款的说明和补充。本导则是指导性文件。在实际工作中可以采用不同于本导则规定的方法和方案,但必须向国家核安全局证明所采用的方法和方案至少具有与本导则相同的安全水平,不会对核电厂厂区人员和公众增加风险。

#### 1.1 背景

HAF 0200(91)指出,对核电厂安全重要物项必须采取措施,以防止由外部和内部原因产生火灾。核电厂过去 20 多年的运行经验和现代分析技术证实:火灾是可以对核安全构成直接威胁的,因此不仅在核电厂的整个寿期内,而且在设计过程的开始就应对其给予充分注意。

在国家核安全局 1986 年 10 月 30 日批准发布的安全导则 HAF 0202《核电厂防火》中,详述了 HAF 0200 给出的总防火要求。但由于自 1986 年以来,在防火技术和火灾分析方法方面已有很大发展,因此有必要对 HAF 0202 进行修订。

#### 1.2 目的

本导则旨在向设计人员、安全审查人员、管理者提出在核电厂设计中的防火概念,并推荐实施这些概念的一些具体作法。

#### 1.3 范围

1.3.1 本导则适用于陆上固定式热中子反应堆(如轻水、重水或气冷型反应堆)核电厂。

1.3.2 原自附近森林或原自油罐车溢出的燃油或飞机坠毁等影响厂区的火灾在安全导则 HAF 0205《与核电厂设计有关的外部人为事件》中论述。本导则扩充了 HAF 0200(91)的 3.11 的内容。本导则只涉及安全重要物项的防火问题。

#### 1.4 结构

1.4.1 本导则的第 2 章阐述核电厂防火的总概念,并对运用纵深防御概念的主要目标作了说明。

1.4.2 本导则的第3章论述了实施三种防御水平的基本设计手段和设施。第4章和第5章提供详细的防火要求和推荐的防火设计、火灾探测和灭火设计的方法。第6章论述为将火灾对核电厂安全的影响减至最小所必须考虑的整体布局和电厂的其他通用设施。

1.4.3 第7章简述质量保证要求。尽管本导则论述的是设计中的安全问题,但第8章却超出了纯设计要求的范畴,论述了人工消防的特殊功能的要点,因此这一章跨入了运行安全导则的范畴。

1.4.4 几个附件和附录给出进一步指南或图例说明,并为一些重要的防火专题提供背景资料。

其中附录IX列出了我国目前已发布的有关防火的国家标准,可供核电厂防火设计引用和参考。

## 2 总的防火要求

### 2.1 防火目的

2.1.1 防火和防止由火灾引起的爆炸在核电厂整个设计中占有重要地位,是设计中必须考虑的一个关键性的安全问题(即如何保护安全系统和其他安全重要物项免受火灾的危害)。可将整个防火分为下述各种活动:与准备有关的活动,与预防有关的活动,与探测有关的活动和与灭火有关的活动。因而,必须将防火计划看成是设计过程中的一个不可分割的部分。在整个核电厂寿命包括退役阶段在内,都必须始终有一个周密计划的、行政上控制的防火大纲,而且要坚持实施该防火大纲。

2.1.2 为保证足够安全,必须满足HAF 0200(91)的3.2中所提出的下列总的的安全设计要求:

(1) 必须提供安全停堆手段,使在运行状态中和事故工况期间及事故工况后的反应堆能安全停堆,并使之维持在安全停堆状态。

(2) 必须提供排出余热的手段,用于停堆后(包括事故工况停堆后)从堆芯排出余热。

(3) 必须提供各种手段以减少放射性物质释放的可能性,并保证在运行状态期间的任何释放低于规定值,在事故工况期间的任何释放低于可接受限值。

2.1.3 为满足上述要求,通常在核电厂的设计中设置多重安全系统,以使火灾之类的假设始发事件不会妨碍安全系统执行规定的的安全功能。

2.1.4 当多重度降低时有必要强化为保护每一多重安全系统免受火灾和爆炸影响的措施。这一般都通过改进非能动的防护、实体分隔和(或)更多地使用火灾探测和灭火系统来实现。

2.1.5 核电厂在所有情况下都必须具备足够的防火能力。应通过在设计上运用纵深防御概念实现下述三个主要目标:

1) 防止发生火灾;

2) 快速探测并扑灭确已发生的火灾,从而限制火灾的损害;

3) 防止尚未扑灭的火灾蔓延,从而将火灾对电厂安全重要功能的影响降至最低。

2.1.6 第一个目标要求在电厂的设计和运行中将发生火灾的概率降至最低。第二个目标的实现涉及到采用自动和(或)人工消防技术的组合达到火灾的早期探测和扑灭,因而它取决于能动防

火技术。为实现第三个目标,必须特别强调使用非能动的防火屏障和实体分隔,包括在不能实现第一个和第二个目标时作为最后一道防线的特殊分隔和火灾隔断。

2.1.7 以下各条将进一步阐述 2.1.5 条中给出的有关防火的纵深防御措施三个主要目标。

## 2.2 火灾的预防

2.2.1 设计核电厂时,只要可行,应使可燃材料的数量和火灾载保持在合理可行的最小值,为此要尽量采用合适的非可燃材料。如果没有合适的非可燃材料,就必须采用阻燃材料。

2.2.2 设计和建造核电厂每一系统时应尽可能使它的运行和故障不致引起火灾。

2.2.3 必须对安全重要物项(其功能失常或故障会引起不可接受的放射性物质释放的物项)予以保护,使其免受如雷击等可能引起火灾的自然现象的危害。

2.2.4 在内含(或邻近)安全重要物项的场所,必须控制可燃物料的现场使用和贮存,记录其数量,并且尽实际可能使之保持最少数量。不应将运行并不急需的可燃物料贮存在靠近安全重要物项的场所。应在建造阶段就开始制定实现这一要求的相应程序,并必须使这些程序在首次装料前和在随后的运行期间完全有效。

2.2.5 从首次核燃料到达现场时起,一些可能引起火灾的作业,特别是使用明火、钎焊、焊接和火焰切割等作业,要特别慎重。必须经书面批准(即取得动火许可证),并且只有在有适当的防火措施的条件下才能进行这些作业。

## 2.3 火灾探测和灭火

2.3.1 必须设置具有适当容量、能力和鉴定合格的火灾探测系统和灭火系统,以便及时报警和启动,从而能够迅速灭火并将火灾对人员和由本导则 3.4.1 和 3.4.2 条火灾危害性分析所确定的安全重要物项的有害影响降至最低。

2.3.2 灭火系统的设计和布置应确保它们的运行、损坏、误动作、意外动作不致影响由火灾危害性分析所确定的安全重要物项的功能。在设计中应考虑错误操作灭火系统的可能性和从邻近场所来的灭火喷放物对安全重要的物项和设备的影响。

2.3.3 在设计灭火系统时,必须考虑那些可能与火灾同时发生而又与其无关的各种可信事件。例如应该考虑安全系统维修停役的影响和单一故障准则。然而火灾危害性分析应当证实,不必假定火灾会与安全系统中某些与火灾无关的低概率故障同时发生,或与概率极低而其本身也不会引起火灾的电厂事故同时发生。火灾与独立发生的失水事故同时发生就是这种低概率事件的例子。还有,对于多堆电厂的防火系统的设计不必考虑几个机组同时发生彼此无关的火灾。不过,在火灾危害性分析中必须考虑一个机组的火灾蔓延到另一机组的概率。

## 2.4 火灾后果的缓解

2.4.1 必须采取措施防止火灾对停堆、排出余热和包容放射性物质所需的安全系统的影响,以便在火灾情况下,这些系统仍能执行其安全功能,其中要考虑 HAF 0200(91)中有关这些功能所要求的单一故障准则的作用。

2.4.2 对于所有内含安全系统的场所及对这些场所构成重大火灾危险的其他区域都必须进行假想火灾后果的分析。

**2.4.3** 为了满足 2.4.1 的要求,安全系统的多重部件相互之间应采用充分隔离布置的设计原则,以使影响安全系统某一系列的火灾不会妨碍该安全系统未受影响的部分执行其安全功能。只要可行,最好通过将安全系统的每一系列置于独立的防火区内或至少置于防火小区<sup>①</sup>内来实现。防火区之间的贯穿件应尽实际可能保持最少,并对这些贯穿件或贯穿孔洞进行严密的防火封堵。

**2.4.4** 每个防火区的火灾探测系统、灭火系统和辅助系统(如排烟设施、通风装置和排水设施等)应尽可能独立设置,避免与其他防火区内的同类系统发生联系。

## 3 防火设计方法

### 3.1 概述

**3.1.1** 以下各条概述了必要的评价过程,以确保在第 2 章内所描述的防火安全目标,在核电厂的设计中已得到良好的体现。

### 3.2 电厂布置

**3.2.1** 从核电厂设计阶段一开始,就必须列出每个场所的可燃物料贮量清单(有关这类贮量清单的要求见附录 I)。在设计初始阶段,为了评价满足 2.1.2 条的总的安要求所需的防火措施,要对可燃物料的贮量清单与安全重要物项的布置进行比较。

**3.2.2** 如果布置上要求可燃物料必须放置在安全重要物项的附近,就一定要将其数量减少,或者,在可行的条件下,将其重新布置并在安全重要物项周围建立防火区。

### 3.3 防火区边界

**3.3.1** 防火区的要求是要在规定的期限内防止火灾或者火灾的影响从一个防火区扩展到另一个防火区。这一要求可以由保持防火区边界的耐火极限来实现,即在防火边界的任一侧发生假设火灾时,火灾的影响不会波及边界的另一侧。为此目的有两种方法:

(1) 用具有足够耐火极限的防火屏障作为边界,使火在该屏障被破坏前就已停止燃烧。这是应优先采用的方法。

(2) 提供足够的能动的和非能动的防火手段。这些手段与防火屏障的耐火极限一起使火在屏障被破坏之前就已扑灭。因此用于这种手段的防火区边界的耐火极限要比方法(1)所要求的低。

**3.3.2** 由于屏障的任何贯穿都能降低防火屏障的总的效果和可靠性,因此这类贯穿应减至最少。形成防火屏障一部分的门、风道、舱口及管道和电缆入口等通道的封堵构造必须至少与被其贯穿的那部分防火屏障有相同的耐火极限。

**3.3.3** 在确定防火屏障所需耐火极限时,要考虑火灾危害性分析的结果。对于防火区边界,推荐的额定耐火极限为最少一小时,除非国家标准另有要求。

### 3.4 火灾危害性分析

**3.4.1** 为了确定防火区边界所需耐火极限和确定灭火系统的要求以及为满足第 2 章的要求所

<sup>①</sup> 根据所使用的设计原理,防火区可划分为二个或三个或四个防火小区。

必需的其他防火设施,必须在反应堆首次装料之前作进一步火灾危害性分析,在运行期间要修订此分析。附录 I 给出了准备火灾危害性分析的附加指导。火灾危害性分析有六个主要目的:

(1) 确定安全重要物项 必须确定整个核电厂的安全重要物项。此外,还必须确定在各防火区内的安全重要物项的每个部件的位置。

(2) 分析预计的火灾发展过程和火灾对安全重要物项造成的后果 在估计火灾发展过程中要考虑的事项包括现存可燃物料的类型、形状、释热率、房间和几何布局以及通风量。可通过燃烧试验和运用经正确确认的火灾数字分析模型对火灾发展过程进行定量分析。可以用概率法作补充。应当清楚地说明分析方法中所用的假设和限制条件,并确定火灾对安全重要物项的影响。

(3) 确定防火屏障所需耐火极限 应根据火灾荷载的燃烧特性和火焰的辐射和对流特性来确定耐火极限,同时要考虑防火区的几何形状和通风条件。在国际标准化组织的 ISO 834 中描述了用于确定构筑物耐火极限的简化方法的例子。在确定要达到所需耐火极限的防火区边界厚度的计算中可使用 ISO 834 所描述的试验结果(有关 ISO 834 使用的细节见附录 I),在这些试验结果不适用的场所,必须进行附加试验。

(4) 确定要设置的火灾探测的类型和采用的防火手段 在确定了安全重要物项和每个防火区或防火小区潜在的火灾危害之后,就能确定相应的防火设施。这些设施包括火灾探测设备和自动或手动启动的固定式灭火系统与人工消防能力的各种组合(见附录 I 和图 I-1 到 I-3)。

(5) 就各种因素特别是共模故障确定需设置附加火灾分隔或防火设施的场所,以确保安全重要物项在可信火灾期间及以后仍能保持其功能 例如,火灾危害性分析要确定可燃物料的布置、设备的空间分隔以及所提供的固定式灭火系统在不采取进一步防火分隔时,是否足以防止安全系统的多重部分由于火灾而损坏(关于火灾影响的讨论见 3.7.1~3.8.6)。

(6) 验证已满足 2.4.1 提出的目标 这种分析应该列出防火大纲的相应的要点,并附以确定防火系统的位置和类型及设计准则的必要的解释。此分析应该鉴别和证明与导则的任何偏离,应证明与导则不一致的设计能达到同等防火水平。在没有补偿的替代防护措施的情况下不应取消相应的防护设施,除非已明确地证实对于特定的电厂的设计和布置不需要这些防护设施。

3.4.2 应该由在防火和反应堆系统方面受过培训和具有经验的人员进行火灾危害性分析。

### 3.5 防火区的类型

3.5.1 在规定的火灾时间期限内,通过保持每一防火区四周的防火屏障的完整性,来防止火灾从一个防火区蔓延至另一区,因而能够达到安全重要物项分隔的基本要求。这样的配置被称之为火灾封锁法。然而在某些防火区内为限制火灾对于安全重要物项的影响,还需要防止防火区内火灾的蔓延,在这种情况下,使用能动的火灾探测、灭火或非能动手段以及部件之间适当空间分隔措施以防止防火区内的火灾从一防火小区蔓延至另一防火小区。这样的配置称之为火灾扑灭法。如下面所要解释的那样,一般优先采用火灾封锁法。

### 3.6 火灾封锁法

3.6.1 火灾封锁法假定防火区内的所有可燃物料在火灾期间全部被烧掉。在这类火灾之后,核电厂内未损坏的部分仍需满足 2.4.1 的要求。为了保证这些要求能得到满足,必须进行详尽的安

全分析和火灾危害性分析。必须仔细地列出每个防火区内执行所要求安全功能的全部设备。此外,必须防止不同防火区内安全有关设备之间潜在的不可接受的相互影响。这种相互影响可能由共用的通风系统、共用的排水系统以及由火灾引起的并扩展到其他防火区的电气干扰等所引起。必须在设计和建造期间就要考虑这些方面,且不得由于运行期间的电厂改进而取消这些考虑的结果。在使用火灾封锁法时,防火区全部被耐火极限已知的防火屏障所包围(关于耐火屏障的进一步讨论见附录 I)。

**3.6.2** 虽然为满足 2.4.1 的要求而采取火灾封锁法对灭火没有要求,但为了尽早地抑制火灾,在火灾危害性分析中确定存在重大火灾荷载的场所仍应安装灭火装置。

### **3.7 火灾扑灭法**

**3.7.1** 在使用火灾扑灭法时,安全系统或其他安全重要物项的多重通道无需用额定耐火极限的屏障分隔开来,但要通过安全重要物项之间的空间分隔、能动的灭火系统(如喷水)这类防护措施或结构部件(如防火隔断、防火涂料等)这类非能动设施的组合来限制火灾的影响。在设计上这种组合必须要作到不使火灾蔓延,被保护的物项将不受火灾的影响。这种组合的防火能力应通过火灾危害性分析或通过该火灾扑灭法达到预定防护水平的试验来加以证实。

### **3.8 防火方法评述**

**3.8.1** 在 3.6.1~3.7.1 内所介绍的两种方法有某些相似点和不同点。这两种方法大体上都包括下列三方面的基本防火内容:

- (1) 火灾预防;
- (2) 火灾探测和灭火;
- (3) 使用非能动和能动手段以限制火灾的蔓延。

**3.8.2** 每一种方法都有各自的优缺点。在核电厂中通常在一些区域使用火灾封锁法,而在另一些区域采用火灾扑灭法。要通过对区域的逐一分析,确定用于核电厂某一具体部位的最合适的防火方法或防火方法的组合。只有通过火灾危害性分析的系统性评价,才能确定哪种方法可提供足够水平的防护以确保符合设计准则的总目标。

**3.8.3** 核电厂某些部位所采用的防火方法并不仅仅决定于防火方法本身的优缺点。象安全壳那样的场所和在某些控制室设计中,由于需要将安全系统的多重部分紧凑地布置在同一防火区内,就不容易采用火灾封锁法。因此,在这些场所就采用火灾扑灭法。

**3.8.4** 在决定火灾封锁法是否适用于某一具体场合时,设计者必须在防火要求和其他安全要求之间作出权衡。用作防火屏障的构筑物不得过分占用维修和在役检查的必要空间。例如,电厂的设计应使空间上紧凑布置的设备之间的防火屏障不得堵塞电气盘的检修门或妨碍取出机械部件去维修或阻塞关键设备所需的通风;把高压设备围在防火屏障内也可能产生飞射物的撞击问题。

**3.8.5** 一般来说,火灾封锁法较好,因为它着重于非能动防火手段,因而安全系统的保护可不受任何固定灭火系统运行的影响。由于防火边界划分是由构筑物的跨段决定的,故采用这种方法时出现设计缺陷和错误(例如不能正确分隔多重安全系统)的机会较少。火灾扑灭法要求利用灭火系统对多重安全系统作附加保护,且必须仔细地选择和布置灭火系统。使用这两种防火方法,都



有可能由于烟气、热量和腐蚀产物的传播导致未直接遭受火灾影响的多重安全系统失灵的危险，尽管在使用火灾封锁法时烟和气体的控制可能更容易实现些。在火灾危害性分析中必须考虑这些因素(见附录 I)。

**3.8.6** 最后，应认识到在每个区域除采用选定的火灾防护外，在人工消防系统能达到的区域，应以人工消防能力作为它们的后盾。

### **3.9 火灾和灭火系统的二次效应**

**3.9.1** 必须考虑火灾和灭火系统的二次效应。这些效应的重要性与该区域选用火灾封锁法还是火灾扑灭法有关。二次效应的例子如下：

- (1) 由于水的喷雾使含硼水稀释和反应堆临界；
- (2) 由于水的喷雾引起放射性物质转移而导致其他区域和排放系统污染；
- (3) 灭火系统在其(真的和伪的)喷放之后不可用；
- (4) 由于第一个防火系统起动而引起第二个防火系统起动，随后出现严重的有害影响和防火系统不可用；
- (5) 热量、烟气、(喷雾水蒸发的)蒸汽、(灭火物质造成的)淹没以及(对设备和构筑物的)腐蚀所造成的有害影响；
- (6) 电缆绝缘材料燃烧产生的腐蚀性产物。这些产物可能被输运到远离原着火点的区域，该处大气中如果存在湿气，则这些产物就会使该处设备和构筑物发生腐蚀或使电气设备在失火事件之后故障若干小时甚至数天；
- (7) 干粉灭火剂使电气接点被绝缘或腐蚀而造成电气开关装置故障；
- (8) 由于二氧化碳灭火系统释放所产生的温度突然下降和压力冲击使灵敏的电子设备失灵；
- (9) 水浸入电气系统使其发生短路或接地故障；
- (10) 由于设备和管道损坏造成的电气系统断路、短路、接地、电弧放电以及附加能量输入；
- (11) 构筑物变形和倒塌引起的机械损坏。飞射物产生的(二次)爆炸(见安全导则 HAF 0204《核电厂内部飞射物及二次效应的防护》)、施加在安全重要物项上的附加荷载、高温流体释放以及出入通道和疏散通道的堵塞，可能加剧构筑物变形和倒塌引起的损坏；
- (12) 热量、烟气、灭火材料和产生于绝缘材料的有毒气体对运行人员的有害影响。

**3.9.2** 应当在火灾危害性分析中评价火灾和灭火系统的这类二次效应。电厂的设计应当保证这些二次效应不会对电厂的安全有不利影响。

## **4 火灾预防**

### **4.1 概述**

**4.1.1** 与其他大多数工厂一样，核电厂内使用不同数量的各种可燃物料。虽然尽可能避免可燃物料的积累是一种良好的管理实践，但仍必须假定会由于各种原因发生火灾。对于人工消防不能达到的场所，应特别注意可燃物料的集中程度。

4.1.2 电厂的设计者和营运单位的首要任务是对各种构筑物、系统和部件,特别是要对安全重要物项进行分析,并在设计的早期阶段提出火灾预防措施和在运行期间始终贯彻这些措施。4.2.1至4.5.6提供了为满足2.2.1至2.2.5的要求所需设计、建造和运行方面的指导原则。

## 4.2 设计中对可燃物料的控制

4.2.1 作为评价不同区域总的火灾荷载的第一步,必须保存一份材料贮量清单,要按物料的可燃性及由火灾引起的有害的二次效应的可能性列出材料的贮量。应当表明这些材料贮存的地点和贮存的方式或者使用的地点和使用的方式。这份材料贮量清单是3.4.1和附录1所描述的火灾危害性分析的重要部分。

4.2.2 在选择具有低火灾荷载材料时,要考虑以下几点。

- (1) 应当优先选择不含卤素的电缆材料;
- (2) 应将空气过滤器及其框架内的可燃材料的使用量减至最少;
- (3) 润滑油管道应采用防护措施,例如采用双层套管设计;
- (4) 应在汽轮机和其他机械的控制系统中优先使用不易燃的液压控制流体;
- (5) 只要合适就应使用室内干式变压器。

4.2.3 厂房内使用的结构件必须有足够的耐火极限。安装在室内的构件和设备必须尽可能由非可燃材料制成。贯穿件密封材料、涂料和表面层等结构面层、粘合剂、衬里、管道、吊顶及其支撑件等物项应由鉴定过的阻燃材料构成。必须尽量少用能产生腐蚀性燃烧产物的塑料,特别是在电子仪器和控制设备高度集中的场所要用这类材料,因为这些仪器和设备容易被失火时放出的气体腐蚀。应注意防止能吸收油或其他可燃液体的绝缘和隔热材料因这种吸收而积累易燃或易爆的混合物。

4.2.4 在地板表面需敷设面层时,应将不易燃的物料直接敷设在混凝土这类非可燃材料的表面。特别是不要使用非阻燃的卤化塑料制品。

4.2.5 电气间内聚集的电缆由于其内存在着高度密集的可燃绝缘材料而具有潜在火灾危害。必须按照国家标准将电缆作适当空间分隔。

4.2.6 当可燃物料存在室内且在正常情况下有着火的危险时,应减少其数量,方法是按运行要求保持物料(如油)的最少供应量,而将大量可燃物料放在有重要物项厂房的外面。氢气瓶或专设氢容器及其配气母管应设在厂房外有良好通风的有掩蔽的专设区域,不要把它们设在有安全重要物项的厂房内。在需要机械通风的场所,应设计通风系统使氢的体积浓度保持低于2%。

4.2.7 应设置监测设备以指示氢冷发电机氢气系统内氢气的压力和纯度。应设计用二氧化碳或氮气等惰性气体进行吹扫的装置,使充氢气的设备和有关管道系统在充氢气前或排氢气时能进行吹扫。

4.2.8 在因辐射分解或事故产生氢气而有潜在危险性的核电厂中,必须采取预防措施来控制这种危险性,其方法是采用氢监测仪、氢复合器、提供充分通风、使可燃气体惰化、可控氢气燃烧系统或其他适用的手段。在使可燃气体惰化的地方,惰化对防火安全有附加好处,然而应当考虑在维修和换料期间的火灾危害。

**4.2.9** 每一个内含在运行期间可能产生氢气的蓄电池的电气间内都必须设置能把氢气直接排到室外的独立的通风装置,使氢浓度保持在其可燃限值以下。应当注意通风系统的可用性(例如采用多重部件)。

**4.2.10** 含有可燃或易燃液体或气体的系统,其边界应设计成具有高度的完整性,要针对振动或其破坏效应予以预防,从而防止这类流体外泄。为限制可燃物料泄漏,应设置安全装置,例如设置限流器、限流阀以及自动控制的快关阀和隔离阀。同样,应设置排放装置以便在万一发生可燃流体泄漏时能将其排放。

### **4.3 防雷**

**4.3.1** 必须考虑由于雷击引起火灾的可能性。设置安全系统的厂房或场所必须安装避雷系统。具体要求见安全导则 HAF 0207(1)《核电厂应急动力系统》和 HAF 0208《核电厂安全有关仪表和控制系统》。

### **4.4 建造期间的火灾预防**

**4.4.1** 应制订措施以确保预防核电厂建造的各阶段的火灾。建造期间应设置临时的灭火设施(如临时消防水管网、消火栓等)和编制建造期间的消防管理程序。应特别注意减少可燃物料的数量,并且应组织防火人员作定期巡回检查。焊接操作往往是火灾的点燃源。应当采取措施保证建造期间可能的火灾后果将不对安全重要物项的性能产生重大影响。在安全壳的密封性试验期间也应注意防火。

### **4.5 运行期间可燃物料和点燃源的管理**

**4.5.1** 运行期间(包括维修期间)必须进行有效的行政管理,以确保可燃物料和点燃源不会被带入有安全重要物项但无充分预防措施的场所或其邻近场所。对不再需要的可燃物料的清理工作也必须予以管理。附录 III 提供了推荐的防火控制的例子。

**4.5.2** 应当采取措施尽量减少可燃物料在厂区内的运输。

**4.5.3** 必须及时地探测固定装置内易燃和可燃物料的泄漏,以便能迅速地采取纠正行动。例如可以用固定式易燃气体探测器、鉴定合格的液位报警器或压力报警器来探测泄漏。为了探漏,必须定期检查和清点所贮存的或使用中的可燃气体和液体。

**4.5.4** 对核电厂内存放大量可燃液体的场所应该设置限制泄漏物或溅洒物的手段。可用非可燃的墙或防火堤去包围装有可燃液体的罐或箱,所包容的空间应当大到足够容纳在罐或箱破裂时流出的液体加上预计的灭火泡沫或水量。只要可行,油压管道应当敷设在金属套管内或布置在混凝土沟内以防止管道破裂时发生油扩散。为了安全地排除任何可燃液体,应该设置合适的疏排装置,这是由于这些液体可能从罐、箱或管道泄漏出去或溅洒到外部容器上。这些疏排装置应设计成可防止火灾蔓延,应该提供对疏排管道进行定期检查的设施。

**4.5.5** 在由于泄漏或其他原因而能积累易爆气体或蒸汽混合物的场所,必须定期监测大气并保守地确定这类特定场所的易爆混合物浓度限值。当接近限值时,应能及时报警以便采取如加大通风量这类对策。

**4.5.6** 在进行焊接、火焰切割、钎焊等产生热量或火花的操作时,必须用发放动火证的办法进行

管理。在有可燃物料的场所进行这类操作时,应移走或覆盖这些物料,或采取其他防点燃的措施,负责防火的部门必须对这些活动持续监护。在进行这些活动的区域内应适当地配备便携式灭火器。

#### 4.6 多堆核电厂

4.6.1 在多堆电厂的建造和运行过程中,必须采取措施以确保正在建造或运行的反应堆的火灾不会对邻近正在运行的另一反应堆有重大影响。必须考虑各反应堆之间共用设施的火灾问题,这方面的要求参见 HAF 0200(91) 3.13 条。推荐的解决办法是,如果各建筑物包含有安全重要物项的话,要将相邻机组的厂房完全隔离开。

#### 4.7 退役期间的火灾预防

在核电厂的退役期间,必须尽早将可燃物料移出。必须修订火灾危害性分析以反映现场放射性物质在类型和数量上的变化;当拆除防火屏障、火灾探测和灭火系统的部件时,要阐明不再需要这些设施的理由。在所有放射性物质或可燃物料以非可燃方式贮存之前或从现场移出之前,火灾探测系统和消火栓及其供水系统仍必须保持其功能。

## 5 火灾探测和灭火

### 5.1 概述

5.1.1 这一章提供为满足本导则 2.3.1 到 2.3.3 的要求所需设计和运行的指导原则。

5.1.2 为了保护安全重要物项,核电厂必须持续具有早期探测火灾和有效灭火的能力。灭火系统的能力由固定灭火系统和人工消防设施组成。为了确保核电厂具有必要的防火能力,在其设计和运行中,对内含安全重要物项的区域必须满足下列基本要求:

(1) 为了确保满足 2.4.1 的要求,在以灭火(即火灾扑灭法)为主要手段的地方,该处的灭火系统及其直接支持系统必须满足单一故障准则(见 HAF 0200(91)的 3.8.2)。如果火灾危害性分析表明在安全重要物项发生不可接受的损坏前来及对火情进行有效的控制,则可以通过提供多重固定灭火系统或用人工消防作支持来满足这一准则。

(2) 必须进行分析以确定来自自然现象和人因事件的火灾危害(见核电厂安全导则 HAF 0105《核电厂厂址选择的外部人为事件》、HAF 0205 和 HAF 0215(1)《核电厂抗震设计与鉴定》。经过这些分析,必须确定需要提供的探测和灭火设备,以满足本导则 2.4.1 条内所列三项总安全要求。必须针对上述事件按照合理预计的环境条件,对这些系统作出质量鉴定。

(3) 必须使灭火系统在发生火警时的正常动作、误动作或意外动作不会妨碍为满足 2.4.1 的要求所需安全功能。

(4) 核电厂的消防部门必须配备在使用灭火设备和灭火方法方面以及在核电厂安全方面都有经验并经良好训练的人员,以确保在指挥灭火操作时能兼顾到保持核电厂安全。

(5) 必须在核燃料到达现场时使消防部门能投入工作,同时必须有足够的灭火设备能用于防止核燃料在贮存和运输过程中受到火灾的影响。反应堆首次装料前,所有灭火系统必须全都可用。

(6) 必须制定措施,对火灾探测和灭火系统进行适当的在役检查和试验,对防火屏障、门、封堵构造等也要进行检查。

(7) 在核电厂开始运行之前应当在核电厂营运单位和地方消防部门之间进行协商并作好安排,以确保在必要时能得到厂外消防部门的支持。

## 5.2 火灾探测<sup>②</sup>和报警系统

5.2.1 在火灾探测和灭火系统的设计中,重要的是要考虑系统及单个部件的可靠性,以便在任何时候能执行其所需功能。对于火灾探测系统,这种可靠性可能受一些状态的影响,例如,由于敏感元件的灵敏度下降而导致对于火灾不能探测或不能及时探测,或者在没有烟雾或火灾险情时误发警报。对于灭火系统,其可靠性也可能受一些状态的影响,例如,由于喷头堵塞或未经授权关闭供水阀而影响其可用性。

5.2.2 在每个防火区内,必须针对该区火灾危害性设置专门设计和选择的火灾探测和报警系统。

5.2.3 探测系统必须能通过音响或灯光信号在控制室内报警。在其他经常有人的特定位置,如果合适,也必须设置就地音响和灯光信号报警<sup>③</sup>。对于某些安装了对人身有潜在危害的自动灭火系统(如 CO<sub>2</sub>)的区域,为了给可能进入该区域或在该区域内工作的人员提供警戒,必须在该区域和它的每一入口设置适当的音响和灯光信号报警,并必须有适当的书面程序以确保进入这类区域的工作人员的安。火警信号必须是醒目的,并且不得与电厂的任何其他信号混淆。

5.2.4 探测和报警系统的电源在任何时候都不得中断。它们必须能够由不间断应急电源供电,以便在失去正常电源时仍能提供火灾的早期报警(见安全导则 HAF0207(1))。

5.2.5 必须进行火灾危害性分析,以确保根据防火区内现场材料因受热、碳化或直接着火所放出的产物的性质来恰当地选择探测器。

5.2.6 应合理选择各个探测器在防火区内的安装位置,使得控制污染所需风量或压差所造成的气流不会把探测器附近的烟气或热量带走,从而使探测器不适当地延迟发出报警信号。火灾探测器布置应使它们可避免因通风系统运行产生的气流而误发报警。建议由就地试验来验证探测器的位置。

5.2.7 选择火灾探测设备时,必须考虑该设备在这些环境(例如辐射场、湿度、温度和气流等)中定能发挥功能。如果由于环境(例如强辐射水平、高温等)原因不宜将探测器直接安装在需要防护的区域内,应当考虑变更办法,例如用远距离探测器自动分析从需要保护的区域抽取的大气样品。在电缆层、电缆沟中可考虑使用线型感温电缆火灾探测报警系统,这种型号的火灾探测器是其他型号不适用的某些潮湿环境中的补充。

5.2.8 必要时,某些设备如消防泵、喷雾灭火系统、通风设备和防火阀等必须由探测系统控制和启动。在探测器的误动作会使电厂受到不利影响的地方,应由多重设置的两个通道控制。

<sup>②</sup> 关于火灾探测系统的进一步指导可参见附录 IV。

<sup>③</sup> 对于一个复杂电厂,可能有必要设置若干个成组的单独的就地警报盘,而每一个就地警报盘只给主控室提供一个总的警报。

5.2.9 应当提供手动火灾报警系统。

### 5.3 固定灭火系统

5.3.1 固定灭火系统分为四种主要类型：

- (1) 喷水和其他水喷雾系统(包括泡沫喷洒系统)；
- (2) 消火栓系统；
- (3) 气体灭火系统；
- (4) 干粉系统。

上述系统(1)、(3)和(4)可以是自动的或手动的,而系统(2)是手动的,需将水龙带铺设到着火处。

5.3.2 在选择所安装的灭火系统的类型方面,要考虑灭火系统的操作速度、(由火灾危害性分析确定的)现场可燃物料的类型、热冲击的可能性以及系统使用时对人的影响(例如窒息)、对安全重要物项的影响(例如贮存的核燃料由于被水淹或充满泡沫而达到临界状态)等这类后果。

5.3.3 一般说来,对装有高火灾荷载电缆材料和其他可能产生深部燃烧的场所,优先使用水系统。喷水系统也可以用于有大量(润滑和变压器冷却)油的场所。气体灭火器用于装有控制机柜和易受水损坏的其他电气设备的场所。全淹没固定气体灭火系统一般只用于无人工作的场所。如果在考虑所有其他替代措施之后仍选择气体灭火系统,则设计应保证,在喷气之前要对工作人员发出报警,并且在人员撤离该区域所需时间之内释放气体的浓度不会对人身造成直接危害。

5.3.4 当选用自动灭火系统时,还应尽量配备手动启动(采用易熔球型的喷水系统时不在此列)和切断装置。

5.3.5 在仅能用手动启动水喷雾系统的场合,该系统必须设计成能承受手动启动所需时间内的火灾。

5.3.6 除探测装置外,灭火系统的电气驱动系统和电源必须防火,或将此电气系统和电源设在该灭火系统所覆盖的防火区外且靠近该防火区的地点。电源故障时应能报警。

### 5.4 自动灭火系统

5.4.1 在确定水灭火系统的设计准则时必须考虑火灾危害性分析的结果,以确保该设计适合于每个需采取防护措施的火灾危害。

5.4.2 在核电厂内所有存在显著数量可燃物料在不可控火灾事件中可能导致不可接受火灾损坏的地方,作为一种保守措施,应当使用全自动启动的喷水灭火系统。这种设计措施还可以计及安全之外的其他方面。喷水系统对于多数火灾危害能提供适当的防护,在可能出现深部燃烧的地方,它特别奏效。在多数用气体灭火系统作为主要防火手段的地方,水灭火系统可用作良好的备用灭火手段。

5.4.3 水灭火系统应当永久性地连接到有保障的足够的消防水源上。为了在火灾事件时立即运行,水灭火系统的运行应是自动的,并有足够的备用泵。只有火灾危害性分析的评价表明手动启动的预计延迟不会导致不可接受的破坏,才使用手动运行系统。

5.4.4 必须为每一水灭火系统设置水流报警装置或相当的装置,这些装置用于提供就地报警信

号和和控制室内发出报警信号。

5.4.5 除了考虑在火灾危害性分析中所确定的火灾特性外,在喷水系统的设计中应当考虑一些因素。这类因素包括喷水喷头的空间间隔和位置、闭式喷头或开式喷头系统的选用、喷水头的温度额定值和热响应时间以及灭火所必需的水喷放强度。这些因素的进一步讨论参见附录 V。

## 5.5 消火栓系统

5.5.1 消火栓的布置必须能完全覆盖所有由火灾危害性分析所确定的防火区<sup>①</sup>。

5.5.2 每个消火栓的水龙带和立管必须有与厂内外消防设备相匹配的连接头。

5.5.3 在整个厂区内由火灾危害性分析所确定的关键部位必须配备像消防水龙带、水带接口、泡沫混合器和水枪等这类适用的附属件。这些附属件必须能与外部消防部门的附属件相匹配。

5.5.4 通向独立厂房的每根支管与消防水主环路至少应有两个单独的接口。每条支管应设置隔离阀。

## 5.6 消防供水系统

5.6.1 消防供水系统主环路必须设计成能供应预期的消防需水量(见 5.6.5)。消防设备的供水必须通过主环路分配,使水能从两个方向达到每个连接处(见附录 VI)。

5.6.2 必须提供用于隔离消防水主环路各部分的阀门(见附录 VI 的图 VI-1)。这些阀门必须有可见的就地指示器以指示阀门是打开的还是关闭的。布置在主环路上的阀门必须与火灾危害性分析的要求相一致,即单个阀门的关闭不得导致任何防火区内的灭火系统完全丧失其能力。

5.6.3 消防水系统不得与生产用水或生活用水系统的管系相连接,除非这些系统的水可作消防供水的备用水或提供缓解事故工况的安全功能。这种连接必须设置一种锁定在关闭位置的隔离阀或者在正常运行期间能提供阀门位置监视。

5.6.4 多堆核电厂的消防水主环路可用于几个反应堆。这类电厂可采用共用的供水设备。

5.6.5 在由水泵运行提供必要水量的厂区内(见 5.6.6),必须设置多重消防泵,以满足单一故障准则。这些泵必须有独立的控制设备和由电厂应急电源系统和独立的原动机提供的多种电源(见安全导则 HAF 0207(1))。控制室内必须设置泵在运行、供电故障或不能启动等状态的报警信号。

5.6.6 必须根据火灾最小延续时间(2 小时)和在所需压力下的最大预计流量来设计消防供水系统。该流量由火灾危害性分析得出,它以防火区喷水系统运行时的最大需水量再加上人工消防的适当水量为基础。设计消防供水系统时,必须考虑电厂内该系统最高水管处的最低压力要求,以及在低温气候条件下的防冻要求。

5.6.7 应设置两个独立的可靠水源,其中至少有一个能满足 5.1.2(2)的要求。如果只设一个水源,则必须是湖泊、池塘、河流等大水体,并必须设置两个独立的取水口。如果仅用水池,则必须设置两个 100% 系统容量的水池。核电厂主供水系统的总容量必须能在适当时间(8 小时)内再灌满任一水池。两个水池必须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

<sup>①</sup> 如果可行,每一潜在火灾位置应可以用连接于两个消火栓的水龙带进行灭火。

时,每个水箱必须能被隔离。应在水箱上安装配件以便消防车能与水池连接。

**5.6.8** 当防火和最终热阱共用一个水源时,还必须满足下列要求:

(1) 在设计中将附加的消防所需水量计入最终热阱的总容量之中;

(2) 防火系统的失效或运行不得违背安全导则 HAF 0206《核电厂最终热阱及其直接有关的传热系统》的要求。

**5.6.9** 喷水系统的供水可能需要化学处理和附加的过滤,以确保不发生因杂物碎片和腐蚀产物使喷头堵塞。

**5.6.10** 应当制定检查喷水喷头的措施,应当定期地通过喷放试验检验水流状态,以确保在电厂整个寿命期内系统有能力连续不断地执行其功能。在寒冷地区,应当采取措施防止消防管道结冻,例如,可用管道加热或缓慢流动方法防结冰。

## **5.7 气体灭火系统**

**5.7.1** 有两种类型的气体灭火系统,即二氧化碳和卤代烷系统(后者见附件 A)。

## **5.8 二氧化碳系统**

**5.8.1** 二氧化碳灭火系统的一般要求是:

(1) 在确定是否设置二氧化碳灭火系统时,必须考虑火灾的类型、二氧化碳与其他材料(包括那些现存的本身含氧的化学材料,或者在燃烧时能从二氧化碳放出氧的材料)的反应、对活性炭过滤器的影响和热分解产物的毒性和腐蚀性。

(2) 在扑灭深部燃烧需要冷却的地方(例如含有高火灾荷载电气绝缘材料或易燃油(见 5.3.3)的区域),不应使用二氧化碳灭火系统。

(3) 气体灭火系统只用于确保在灭火所需时间内能达到所要求浓度的场所。二氧化碳灭火系统的设计应使该系统的使用不得引起超压而使构筑物或设备损坏。

(4) 对二氧化碳灭火系统,必须在其启动时能及时地发出报警,以保证工作人员的安全(见 5.2.3)。

**5.8.2** 通常二氧化碳系统用于扑灭包括开关装置和控制屏等电气设备的火灾,这是因为气体是清洁的,不会留下明显的沉积物,也不导电。然而当空气中二氧化碳气体浓度超过 5% 会对工作人员产生危害,在该系统的设计和技术规格书中必须对此予以充分考虑。

**5.8.3** 对于包含电气设备的密闭空间,推荐使用全淹没固定气体灭火系统。这类系统的要求和建议详见 5.8.4 到 5.8.8。

**5.8.4** 所需的二氧化碳气体的总量必须足以保证使密闭空间内的氧含量降至不再能维持燃烧的程度。在确定灭火气体用量时,应考虑密闭空间的密封性、特定火灾所要求的灭火气体浓度、使用的流量率和需保持设计浓度的时间。

**5.8.5** 必须估算在密闭空间内由于二氧化碳气体喷放造成压力上升对构筑物产生影响的可能性,考虑是否有必要设置专门的排气系统;在认为有必要进行排气的场所,还必须注意可能要向该空间释放过高的压力(含有易燃蒸汽)。

**5.8.6** 由于灭火系统意外泄漏或喷放二氧化碳而使大气变为有害的地方,必须提供适当的安全



措施以保护进入该地区的工作人员。这类安全措施应包括<sup>⑤</sup>：

(1) 设置一种装置,在该保护区域内有人或可能有人时能防止二氧化碳灭火系统自动喷放；

(2) 在要保护的空間外设置手动操作该灭火系统的装置；

(3) 在灭火系统已处于不可运行期间火灾探测及报警系统应仍继续运行。

5.8.7 应采取措​​施防止泄漏到可能有人驻留的邻近区域的气体达到危险的浓度。

5.8.8 应当考虑由于二氧化碳灭火系统运行造成温度下降可能对安全重要物项的影响。

### 5.9 干粉灭火系统<sup>⑥</sup>

5.9.1 对涉及易燃液体和某些涉及电气设备的火灾,能用干粉灭火系统去扑灭,由于粉末会留下残存物,这种系统不应用于含有如继电器这类敏感器件的电气设备的场所。

5.9.2 所选择的粉末的类型应与易燃材料,特别是易燃金属或放射性材料相容。还应仔细考虑在可能已被污染的区域内是否可以使用干粉灭火系统,因为在干粉喷放之后混杂的粉末残存物会使去污工作变得更为困难。

5.9.3 必须考虑在使用其他灭火(如泡沫)系统的同时使用干粉系统的可能不利影响。

5.9.4 由于粉末并不产生惰性气氛,应当采取措施防止或降低余火复燃的可能性。

5.9.5 此系统必须设计成使每个喷嘴能达到要求的流量,以确保灭火时使用的流量率足以使粉末建立和维持规定的浓度。

5.9.6 必须考虑粉末对未封闭的开孔或通风系统的影响,应当考虑粉末使过滤器堵塞的可能性。

5.9.7 运行期间必须作好对这类系统进行调试和维修的安排。然而,由于粉末喷放会使其空间内的设备受到影响,一般应避免进行全喷放试验。

5.9.8 在系统喷放之后必须遵循系统说明书向系统重新补充所用的干粉灭火剂和喷射用压缩气体。

### 5.10 手提式和移动式灭火器

5.10.1 必须设置手提式和移动式灭火器,以便发现火情的人员能及时灭火。

5.10.2 必须在整个电厂配备足够数量的适当类型的手提式和移动式灭火器,应清楚地标明它们的位置。

5.10.3 应将灭火器放在靠近消防水龙带的地方,放在撤离和进入防火区的通道内。

5.10.4 应考虑在使用灭火器之后可能产生的不利后果,例如使用干粉灭火器后的清洗问题。

### 5.11 辅助灭火设备

5.11.1 必须在所有防火区的适当地点设置适用的固定式应急照明和配备便携式照明。

5.11.2 必须在预先选定的地点装设带有可靠电源的固定式有线应急通信系统(见安全导则

<sup>⑤</sup> 可在气体内加入一种具有特殊气味的成份以有助于探测到其存在。

<sup>⑥</sup> 干粉灭火系统由粉末源和压缩空气推进剂组成,压缩空气通过有关的管道和喷嘴将粉末从容器吹出。这种系统的可靠性不好,两个主要原因是,粉末易在贮存容器中板结,或喷放时使管道堵塞。

HAF 0701《核电厂营运单位的应急准备》)。

**5.11.3** 必须在控制室和整个电厂的选定场所设置如双向无线电装置这类替代的通信设备。此外,还应为消防队配备便携式双向无线电通信设备。必须通过试验证实这些无线电装置的频率和发送功率不会引起电厂设备保护系统和控制装置误动作。

**5.11.4** 必须备有供快速行动消防组配套使用的呼吸装置(见第8章),必须将这些装置放在合适的场所。

**5.11.5** 必须提供备用呼吸气瓶,还必须提供具有足够容量的设施以便为呼吸气瓶及时充气。

## 6 减轻火灾的二次效应

### 6.1 概述

**6.1.1** 火灾的二次效应是产生烟气(有可能蔓延到不受初始火灾影响的其他地方)和热量(可能导致火灾的进一步蔓延、设备损坏和可能的爆炸后果)。

**6.1.2** 减轻火灾二次效应的主要目的是:

(1) 把火灾和烟气控制在电厂内的局部空间中,使火灾的蔓延及随之发生的对电厂周围的影响减到最小限度;

(2) 为工作人员提供安全疏散通道;

(3) 提供通道以便去进行人工消防和手动触发固定灭火系统;

(4) 提供火灾期间或火灾后可控排烟手段,如果伴随火灾有放射性物质释放,这种可控排烟手段尤其显得重要。

**6.1.3** 在考虑减轻火灾后果时,应考虑电厂布置和电厂通风系统的效果。

### 6.2 厂房布置

核电厂的布置应使安全重要物项与不可接受的火灾危害相隔离,并将安全系统彼此隔开,以便在发生火灾时仍能满足2.4.1的要求。为此,如3.2.1所述,必须在电厂设计的初始阶段进行详细的火灾危害性分析,以确定哪些场所必须用火灾封锁法哪些场所必须用火灾扑灭法来满足这些要求。这些方法已在第3章中详细说明。

**6.2.2** 必须设置并清楚地标识足够的厂区人员撤离通道和消防人员进入通道。每条通道必须装有可靠的照明系统和适当的报警设备。还必须在这些撤离通道和进入通道内装设可靠的通信系统。详细讨论见附件B。

### 6.3 通风系统

**6.3.1** 为了满足6.1.2的要求,可以使用通风系统。为此,在发生火灾时通风系统必须能实现对厂房内的必要的气流控制。关于通风系统的要求和建议见以下6.3.2至6.3.7。

**6.3.2** 内含安全系统一个多重系列的防火区最好有自己独立的和完全分隔的通风系统。这个系统处于防火区外的任何部分(例如风管、风机房、过滤器等)必须具有与该防火区相同的耐火极限,或者必须用具有相同额定耐火极限的防火阀隔离该防火区,在后一种情况下,通风系统处于防火隔离区外的那些部分可以不对耐火极限提要求。

**6.3.3** 如果一个通风系统用于多个防火区,则处于每一个防火区外通风系统的各部分也必须与其防火区相同的耐火极限。防火区之间必须设置自然通风或阻烟等手段将它们之间的烟气蔓延减至最少。或者必须在厂房内的适当部位安装防火阀以隔离受影响的防火区,从而避免火、热量或烟气蔓延到其他防火区(见附录Ⅷ)。对于这些系统,必须考虑由于火灾引起的温度上升、烟气生成或设备被破坏使通风系统内或受影响的防火区内压力发生变化;可能需要设置独立的消防排烟系统(见 6.4.1 和 6.4.2)。

**6.3.4** 凡通风系统的过滤器所用滤芯是可燃的,且这些过滤器失效或故障又可能引起放射性物质不可接受释放的场所,则必须满足下列要求(还可参见 6.7.7):

- (1) 必须用适当的防火屏障将过滤器组与其他设备隔开;
- (2) 必须用适当的方法防止过滤器受火灾的影响;
- (3) 必须在过滤器组前后的风管内安装火灾探测器。

**6.3.5** 防火区的新风入口必须远离其他防火区的排风口和排烟孔,离开的程度必须足以防止吸入烟气或燃烧产物,防止安全重要物项失灵,后者可能导致放射性物质不可接受的释放。

**6.3.6** 用于出入或疏散通道的楼梯间不应存放任何可燃物料,并为楼梯间设置正压通风系统以保持楼梯间内无烟。通向楼梯间的走道和房间最好有排烟设施。对于高的多层楼梯,应考虑将该楼梯分段。

**6.3.7** 鉴于火灾会使部分通风系统不可运行,可以考虑设置独立排气口,能将临时风机和柔性风管连到该排气口进行可控排烟。

## **6.4 消防排烟**

**6.4.1** 对设置专门用于排烟和排热的消防排烟系统的必要性应该进行评价,消防排烟系统用以排出燃烧产物、预防火灾蔓延和为人工消防提供适宜的环境。必须根据防火区或防火小区内假设火灾中估算的烟气和热量释放量确定专设消防排烟所需容量。下列场所可设消防排烟设施:

- (1) 含有高火灾荷载电缆的场所;
- (2) 含有高火灾荷载易燃液体的场所;
- (3) 运行人员经常驻留的有安全系统的场所(例如主控室)。

**6.4.2** 按照安全要求,有放射性物质的防火区需要进行消防排烟,虽然排烟可能引起放射性物质向外释放,但能够直接地或通过改善消防条件而避免最终的大量放射性物质释放。应区别两种情况:

- (1) 能证明可能的释放量远低于可接受的限值。
- (2) 防火区内放射性物质的数量可能使释放量超过可接受的限值。在这种情况下,必须在排烟操作前和操作时监测空气。如果在排烟操作的任何时刻出现超过可接受限值的情况,则必须停止通风或关闭防火阀。

## **6.5 电气系统**

**6.5.1** 必须尽可能合理地设计安全系统的电气部分,使它既不能引起火灾亦不助长火灾。必须保护与安全系统有关的电缆线路、开关设备和柴油发电机使之免受火灾的影响,以满足 2.4.1 的

要求。大量存在的电缆绝缘层和护套应当使用阻燃、低烟雾、低腐蚀性的材料(有关电缆火灾危害的详细讨论见附录Ⅷ)。

**6.5.2** 必须将电缆敷设在钢架上、钢管内或结构上可接受的非可燃的其他电缆支承件上。托架上各动力电缆之间的距离,必须足以防止由于电缆发热引起的相互间不可接受的影响。必须将电气保护系统设计成在正常负荷和短路瞬态条件下,其电缆不会过热(见安全导则 HAF0203《核电厂保护系统及有关设施》和 HAF 0207(1)。

**6.5.3** 与多重系统一个系列相联系的安全系统的电缆应敷设在单独的有专门保护的管道或托架内,并且在各个系统的多重部分之间应没有电缆交叉。在某些部位可以出现例外,这些部位包括控制室、电缆敷设间和反应堆厂房等。在这种情况下电缆应作适当分隔。在设计中应尽量减少这种例外情况。

**6.5.4** 大型油浸变压器不得设置在该变压器失火时可能引起过大危害的场所。最好将这类变压器布置在独立的厂房内或远离反应堆厂房或其他安全有关设备厂房的室外独立区域内。

**6.5.5** 所有电气柜和电缆密闭间必须易于接近以便于灭火,同时必须遵守当时有效的电气安全规则。

**6.5.6** 应当考虑以下附加建议:

(1) 应该用防火屏障把由于电缆所形成的高火灾荷载的场所与其他设备隔开,或者将这种高火灾荷载的场所建成一个独立的防火区。

(2) 应该用防火屏障将开关设备与其他设备隔开,或将开关设备安装在防火区内。

(3) 应该将所有开关、线路断路器、控制和仪表柜内所用可燃物料保持在合理可行的最小数量。

## **6.6 防爆**

**6.6.1** 必须尽量排除防火区内或其邻近场所发生与其火灾有关的爆炸的可能性。但是,如果存在与火灾有关的爆炸时,就必须评估火灾和爆炸的综合影响,并在设计上采取措施以确保满足 2.4.1 的要求。

## **6.7 特殊场所的设计**

**6.7.1** 在一般情况下,主控制室是一个以密集方式包含各种安全系统设备的防火区。因此,在这种情况下,电气屏及其内部各种防火隔断的所有结构材料必须是不可燃的。应将执行同样安全功能的多重设备安装在相互间有足够空间分隔的单独的电气屏内。如果做不到这一点,必须用非可燃材料的防火隔断将它们隔开。必须尽一切努力使控制室的火灾荷载始终保持在尽可能低的水平。

**6.7.2** 辅助控制点的防火要求必须与主控制室相同。这包括预防灭火系统运行时发生水淹或其他后果。此外,辅助控制点和主控制室必须不在同一防火区内。辅助控制点和主控制室不得共用通风系统。辅助控制点和主控制室以及与它们相连的通风系统之间必须有足够的实体分隔,使得 2.4.1 的要求在任何假设始发事件(如火灾)之后仍能得到满足(见安全导则 HAF 0203 的 7.8.3 和 HAF 0200(91)的 6.3)。

**6.7.3** 紧靠反应堆周围的场所是紧凑地安装着若干多重系统的各种设备的防火区,因此该区域内的所有结构材料和安全设备之间的所有防火隔断或防火屏障都必须是不可燃的。安全系统的多重部分之间的间距必须尽可能大些。

**6.7.4** 水冷堆的每台冷却剂泵装载有大量的可燃的润滑油,应设置一套固定式自动灭火系统。如果不设置灭火系统,则应该用不易燃的流体来代替碳氢基的润滑油,以降低引起大火的可能性,或者设置一个集油系统。集油系统应能从所有可能漏油处收集油,并能将这些油安全地排至密闭的容器内。

**6.7.5** 通常汽机厂房装有整套核电厂动力转换设施。由于该厂房内往往很难划分为若干防火区间,因此在这里核安全和工业安全两者都是重要的。鉴于在汽机的润滑系统和液压系统内以及发电机的转子和定子的冷却系统内有大量的可燃物,应该提供合适的集油系统。只要可行,就不用氢作为发电机转子和(或)定子的冷却剂。应将易燃的碳氢基透平油的用量减至最少。

**6.7.6** 在确定防火要求时,必须考虑过滤器组内的高火灾荷载的活性碳。由于过滤器组内存在着放射性物质,其火灾可能酿成严重后果。可以用非能动手段和能动手段去限制过滤器组的火灾影响,例如,将过滤器安装在具有固定式喷水系统的防火区内,或在与其连接的通风管道内设置温升监测装置,以便能及时隔离着火的过滤器,并将气流转向备用过滤器。必要时可以使用人工消防方法。

## **6.8 起源于厂外的火灾**

**6.8.1** 起源于厂外的火灾可能对核电厂的安全有重要影响。应采取预防措施减少核电厂附近和靠近出入通道处的可燃物料数量。例如应从核电厂附近区域清除可燃的植物。

**6.8.2** 在核电厂设计中,必须防止由起源于厂外的火灾所产生的热或烟妨碍执行必要的安全功能。例如,通风系统必须设计成能防止烟和热影响安全系统的多重部分而不使其丧失必要的安全功能。这一要求可通过用防火阀将该通风系统与外界空气隔离来实现,而用另一替代系统来完成该通风系统的功能。这一要求还可以通过将用于某一安全系统的通风系统的进风罩和排风罩与用于其他多重安全系统的进风罩和排风罩分开来实现。例如,应急柴油机需要有供燃烧用的正常空气,所以,核电厂设计要确保为执行必要安全功能所需的那些柴油机提供充分的正常空气。利用这些方法,起源于外部的火灾不会妨碍完成必要的安全功能。

**6.8.3** 当核电厂厂址要求考虑厂区或其附近飞机坠毁后果时,必须进行这种事故的火灾危害性分析。这种分析必须考虑到由于飞机燃油的溅洒而可能引起的多处火灾,要考虑到由飞射物撞击可能造成的防火区边界的损坏,还要考虑可能在多处产生烟气。为防止这种火窜入有安全重要物品的构筑物,可能需要像泡沫发生器和掘沟工具等专用设备以及受过训练的厂内和厂外消防人员。

# **7 质量保证**

## **7.1 概述**

**7.1.1** 在制定防火措施质量保证大纲的相应部分时,必须遵循核电厂质量保证安全规定及其导

则中所规定的原则和要求(见 HAF0400(91)《核电厂质量保证安全规定》)、HAF0401《核电厂质量保证大纲的制定》、HAF 0402《核电厂质量保证记录制度》、HAF 0404《核电厂建造期间的质量保证》、HAF 0405《核电厂调试和运行期间的质量保证》,特别是 HAF 0406《核电厂设计中的质量保证》)。

7.1.2 从开始设计起,在电厂的整个建造期间以及在电厂运行寿期和退役期间均必须贯彻核电厂防火方面的质量保证大纲。该大纲必须保证:

(1) 设计能满足全部防火要求。

(2) 各种防火设备和器材均能满足按防火要求和核电厂防火设计图提出的采购技术条件。必须对火灾探测和灭火设备作鉴定,确认它们适合于完成其预期功能,而且最好是成熟的型号。新研制的设备和灭火器必须经过鉴定试验。

(3) 核电厂火灾探测和灭火设备及器材是按设计要求制造和安装的,而且能按计划完成灭火系统和设备的运行前试验和启动试验。

(4) 在建造和运行期间如有影响某一安全重要物项的火灾,评价此火灾以保证该安全重要物项能达到设计所要求的性能。

(5) 实施各种防火规程;按电厂运行要求试验火灾探测和灭火设备和系统,且这些设备和系统是可行的。就这些系统和设备的操作和使用适当培训电厂工作人员。

7.1.3 必须以书面规程的形式制定在实施质量保证大纲中所要执行的防火控制。这些防火控制的典型内容见附录 III。

## 8 人工消防的组织问题

### 8.1 概述

8.1.1 人工消防是纵深防御策略的一个重要组成部分。对于电厂中通过火灾危害性分析确定高火灾荷载的区域,人工消防可作为第二道防线(第一道防线为自动灭火系统),而在其他较低火灾荷载的部位,人工消防则可能是唯一的灭火方法。

8.1.2 核电厂厂区的消防人员需要有良好的组织、训练和装备,这就要求采取有效措施以确保上列各个方面的要求均能实现。消防工作可由下列组织逐步介入(以到达火灾现场的先后为序):

(1) 快速行动消防组 由电厂运行值班人员组成,在火灾现场有供他们使用的装置(例如手提式或轮式灭火器、消防栓等);

(2) 核电厂消防队<sup>⑦</sup> 他们具有重型设备(例如救火车、马达、泵、专用装置);

(3) 厂区外地方消防机构 他们具有自己的消防设备。

### 8.2 实施

8.2.1 营运单位必须在核燃料进厂前就制定好消防计划,该计划包括发生火灾时的应急防火安排和实施程序。该计划的范围包括厂区的所有机组以及每一机组的所有厂房。可以与设计单位

<sup>⑦</sup> 如果需要,可经国家认可。

和厂外有关机构共同制定这种计划,该计划必须提供与预计的火灾范围和位置有关的必要消防步骤。消防计划必须按质量保证大纲的要求不断更新。

**8.2.2** 必须特别注意有放射性物质释放的风险,并要确保在厂区的应急防火安排中考虑这些风险。必须对消防人员采取相应的辐射防护措施。

**8.2.3** 必须按国家标准对火灾探测、灭火设备和其他防火设施的试验和维修作出安排。此外,防火规程必须包括火灾探测、灭火设备和其他防火设施的某些部分不能正常起用时的相应细则和准备。

**8.2.4** 规程必须规定运行人员的作用与快速行动消防组、核电厂消防队、厂外地方消防机构的作用的关系。

### **8.3 培训和责任**

**8.3.1** 快速行动消防组或核电厂消防队的领导者及其副职不仅必须完全熟悉核电厂的安全设施,而且还必须受过消防技术培训,以便能在指挥消防活动和维持核电厂安全方面作出综合考虑。领导的作用还包括协调厂外支援人员的活动<sup>⑧</sup>,并将那些可能影响灭火人员安全的辐射照射状况通知厂外支援人员。

**8.3.2** 负有消防责任的电厂运行人员必须熟悉厂区易燃或危险气体或液体、高电压设备等各种可能火灾的灭火规程,必须就这些规程对他们进行定期培训和考核他们对这些规程的熟悉程度。

**8.3.3** 运行人员必须熟悉火灾期间电厂人员的疏散通道,并熟悉为消防队指定的进出通道。

**8.3.4** 快速行动消防组和核电厂消防队的成员必须定期进行演习和培训。演习的频度必须预先予以确定,并要根据经验修订。

**8.3.5** 虽然基本训练是有效消防的必需要素,但它本身并不保证在发生火灾时快速行动消防组和核电厂消防队能顺利操作。每一个成员必须了解他的责任,操作的设备及这些设备的所在地。快速行动消防组和核电厂消防队必须熟悉核电厂的布置,以便能在充满烟气或照明不良的特定区域控制火情。

**8.3.6** 应根据已经编制的培训计划和定期消防演习来有效地完成培训(见 HAF 0200(91)),以便经过较短的时间,就可能将快速行动消防组和电厂消防队训练成为一支协调良好的队伍,并在电厂的主要场所检验自身的能力。演习必须包括对每一场所的消防设备的模拟使用,并应事先作好计划,事后立即总结,以便确定在多大程度上达到原定目标。还应提供设施对消防人员在充满烟气场所扑灭火灾所要使用的方法进行培训。

**8.3.7** 通过这种演习,主管人员能评定与快速行动消防组、核电厂消防队、他们的领导者、控制室内的反应堆操纵员以及上级指挥部门的通信联络的有效性。

**8.3.8** 为了确保在所有时间内都有适当的懂消防的人员,每一班组的某些成员应接受消防训练。快速行动消防组和核电厂消防队的训练必须与厂外支援人员协调,这样可预先明确快速行动消防组和核电厂消防队的责任和任务。这种协调必须是厂外支援人员训练的一部分,并应包括在

<sup>⑧</sup> 在某些地方,厂外支援消防机构有承担厂区消防活动的明确要求。

厂区应急计划之中。

**8.3.9** 必须通过培训使厂外支援人员了解在核电厂厂区内进行灭火时要注意的事项,并必须使他们知道对工作人员辐射防护的必要性以及与厂区有关的特殊危险性。应采用得到公认的防火和灭火教程。应该保存所有消防人员的培训记录。

**8.3.10** 必须在快速行动消防组、核电厂消防队以及厂外支援人员之间作好安排,以明确处理核电厂火警时各自的职责。这些安排必须包括厂外支援人员进入厂区所要遵循的规程。

**8.3.11** 如果厂外支援人员力量不足或离厂区较远,则必须加强快速行动消防组和核电厂消防队的力量,以弥补这一不足。

**8.3.12** 必须列出一旦发生火灾时要遵循的通用细则,并在核电厂内所有需要的地方予以公布张贴。

#### **8.4 火灾事件的分析**

**8.4.1** 必须适当地分析和总结所发生的火灾事件,从中吸取教训。必须根据这些分析及时地采取确有必要的纠正措施。



## 名 词 解 释

下列术语适用于本导则,其他术语可见 HAF 0200(91)中的名词解释。

### 防火阀 Fire Damper

在规定条件下,为防止火灾通过风管蔓延所设计的自动操作装置。

### 防火隔断 Fire Stop

用于将腔室内的火灾限制在厂房建筑单元内部或建筑单元之间的实体屏障。

### 防火屏障 Fire Barrier

用于限制火灾后果的屏障,它包括墙壁、地板、天花板或者封堵像门洞、闸门、贯穿件和通风系统等通道的装置。防火屏障用额定耐火极限来表征。

### 防火区 Fire Compartment

为防止火灾在规定的时间内在厂房之间蔓延所构筑的厂房或部分厂房,防火区可由一个或多个房间组成,其周围全部用防火屏障包围起来。

### 防火小区 Fire Cell

在防火区内安全重要物项之间设有防火设施(如限制可燃物料的数量、空间分隔、固定灭火系统、防火涂层或其他设施)以隔离火灾的子区,从而使被隔离的系统不会受到显著的损坏。

### 非可燃物料 Non-Combustible Material

在使用形态和预计条件下,当经火烧或受热时不会点燃、助燃、燃烧或释放易燃蒸汽的材料。

### 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的总和。

### 耐火极限 Fire Resistance

建筑结构构件、部件或构筑物在规定的时间内在标准燃烧试验条件下承受所要求荷载、保持完整性和(或)热绝缘和(或)所规定的其他预计功能的能力。

### 燃烧 Combustion

物质与氧产生的放热反应,通常伴随产生火焰和(或)发光和(或)生烟。

### 爆炸 Explosim

一种急剧的氧化或分解反应;它会导致温度或压力升高或两者同时升高。

### 阻燃 Fire Retardant

物体对某些物料的燃烧起熄灭、减少或显著阻滞作用的性质。

## 附 件 A

### 卤代烷灭火系统

#### A. 1 卤代烷灭火剂

各种卤代烷灭火剂是通过中断火的化学反应扑灭火灾的。这些灭火剂在使用前或使用期间蒸发,并且不留下残存粒子。卤代烷以稠密的液态方式贮存并具有较高的单位重量有效性。由于上述原因,这类灭火剂已经用于扑灭如计算机房和控制室的电气设备的火灾。这些挥发性灭火剂存在的问题是释放挥发性溴化物,后者对地球环境有害,有些电厂已中止使用这些灭火剂,因此没有把卤代烷灭火系统的设计要求纳入本导则的正文。但是考虑到在一些正在运行中的电厂有这类系统,或者未来电厂中仍要使用一段时期,因而在此阐述有关的安全问题。

A. 2 必须遵循本导则 5.8.1 和 5.8.2 所叙述的关于二氧化碳气体使用的一般要求。

A. 3 必须确定扑灭火灾所需卤代烷的浓度,包括从被保护空间泄漏出去的补偿量。

A. 4 由于卤代烷气体比空气重五倍,在空间内有分层的危险或会从被保护空间泄漏出去,因此必须利用专设管嘴、适当的分配和管系设计来实现气体在整个空间内快速(例如 30s 以内)、均匀分布。

A. 5 在调试期间应对系统进行试验,应在被保护空间内不同高度(至少一个高度)处测量卤代烷的浓度,以证实达到设计浓度。如果有别的可行办法,可以用别的不释放卤代烷的方法代替此试验。

A. 6 在灭火介质可能与过滤器内活性炭接触的场合,选用卤代烷系统作为灭火手段应该慎重,因为卤代烷释放后可以把放射性碘从活性炭中溶解出来。

A. 7 现在已有卤代烷试验后回收、重新补充到贮存罐中以供使用等功能的系统,只要可能,应当使用这些系统以避免此气体过多向大气释放。

A. 8 若要把卤代烷灭火系统用于有人进出的房间时,必须慎重。

## 附件 B

### 疏散通道

**B. 1** 必须提供足够的人员疏散通道,其中要考虑国家建筑规范、防火法规、事故防范规则以及核安全方面的要求。每个通道应符合下列条件:

- (1) 每个厂房至少应设置两个疏散通道。
- (2) 应尽可能对疏散通道实施保护,使其不会在疏散或营救有关的活动发生危险。楼梯间和走廊是受保护的重要疏散通道,这里所说的走廊是指通向受保护的楼梯间或者从被保护的楼梯间通向室外的途径。
- (3) 疏散通道内不应该存放任何器材。
- (4) 应该按国家法规要求在疏散通道的适当部位设置灭火器。
- (5) 疏散通道应当设置清晰的永久性标识,并易于辨认。标识应指向最近的安全出口。
- (6) 在所有楼梯间内应清楚地标明楼层层次。
- (7) 疏散通道应安装可靠的照明系统并有应急电源作后备。
- (8) 在所有经火灾危害性分析确定需设报警启动器(如报警按钮)的地方,应有适当的可用的报警手段。
- (9) 应通过机械系统或其他手段为疏散通道提供通风能力,以防止烟气侵入或排除烟气并便于人员出入。
- (10) 通向楼梯间的门应为自闭型的,并可朝疏散方向开启。
- (11) 在电厂维修期间应采取技术措施以便大量的工作人员能尽快从安全壳的各气闸门疏散出去。

## 附 录 I

### 关于准备火灾危害性分析的附加指导

应该认识到火灾危害性分析是一迭代过程,其详细程度依赖于设计过程中所能获得的资料。

#### I.1 背景资料的收集

火灾危害性分析的第一步是收集有关电厂布置、设备和材料的基本背景资料。

在危害性分析的这一阶段建议对动力设施和电厂各部位的具体特性作出一般性描述,包括:

- (a) 厂房布置、结构和建筑参数(墙壁、地板、屋顶);
- (b) 水源、消防泵和其他灭火剂;
- (c) 消防水总管、消火栓、阀门和消防水龙带站;
- (d) 各出入口位置;
- (e) 安全重要系统的鉴别、描述和位置;
- (f) 涉及到火灾可能导致放射性物质释放的系统或部件所在场所的鉴别、描述和位置;
- (g) 鉴别建议的防火区或防火小区以及建议的防火屏障的额定耐火极限;
- (h) 按防火区或防火小区列出可燃物料的存放量。
- (i) 按类型、防火区和防火小区列出建议的火灾探测和灭火系统的清单;
- (j) 对每一防火区通风系统的描述。

除了汇集上述文字信息外,最好以图表的形式汇集这些信息(示范性例子见表 I-1 和图 I-1 至 I-3)。

#### I.2 火灾危害的定量分析

为了评价火灾危害,应对有关危害作定量分析。尽管用于定量分析的手段各不相同,建议的通用方法描述如下:

(a) 提供关于用于可燃物料物理特性和传热计算的数据库的清单。提供计算中所用特定材料性能的清单。例如提供被评价材料的燃烧热值、释热率、比热、质量燃烧速率、吸热率等数值的清单。

(b) 阐明对火灾危害评价结果的适用性有影响的基本假设和限制。例如火焰传播或释热数据仅可用于经过试验的特定条件,比方说仅在垂直方位被隔离的托架上经受试验的电缆不能直接应用到实际使用状态。

(c) 阐明在火灾危害定量分析中所用的方法。可以用保守估算方法、计算方法或者上述两种方法的组合来作定量分析。

(d) 在使用保守估算方法的场合,要按防火区或防火小区列出火灾荷载、预计的释热速率、点燃源和对设备的可能损坏的清单。这些数据最好用表格的形式汇总起来。分析应该包括如何估算那些用以判断所用防火设施是否足够的有关参数的讨论。

(e) 在使用计算方法的时候,可以进行手算、用计算机计算或者两者兼用。手算应该包括所

用的基本方程的清单以及这些方程的原始参考文献的清单。在使用计算机程序作火灾模型计算时,评价应包括所用程序的描述,包括该方法各种证明文件的概述、该程序在生效鉴定时的讨论、计算的输入和输出数据以及对特定火灾危害性分析得出的计算结果。

### I.3 防火措施充分性的评价

有必要评价所提供的防火措施的充分性。在评价中必须要回答的问题如下:

- (a) 在火灾探测或灭火系统或防火屏障出现可信单一故障时假设火灾是否被限制在防火区内或防火小区内;
- (b) 在出现不可接受的损坏之前是否能探测到防火区或防火小区内的假设火灾;
- (c) 在出现不可接受的损坏之前是否能扑灭防火区或防火小区内的假设火灾;
- (d) 火、烟气或其他燃烧产物对附近防火区或防火小区有何影响;
- (e) 是否存在防火区内或防火小区内的安全有关设备受到损坏,且其安全功能又不能由其他防火区或防火小区内的其他未受火灾损坏的安全有关设备完成;
- (f) 处于被评价的防火区或防火小区外的安全重要设备是否会直接或间接受防火区内火灾的影响;
- (g) 灭火剂对安全重要物项有何影响;
- (h) 灭火系统误起动会有何后果;
- (i) 放射性物质释放是否会影响出入通道或是否会对环境产生过量的释放?

### I.4 修改所建议的防火措施

通过上述评价过程,可能有必要对已建议的防火措施提出修改建议,以达到预定的安全目标。在火灾危害性分析中应该重新对这些修改建议作评价。在电厂的整个寿期内,电厂中由于任何原因进行的修改或变更都应作出评价,如果有必要,应更新火灾危害性分析。

在整个电厂(非防火装置)详细设计过程中,可能出现影响火灾危害性分析的修改(例如可能提出要穿透防火屏障,要增设水泵、管道或电缆)。因此在设计或建造计划的适当时期要检查电厂的设计以保证能维持防火的设计意图。这是质量保证大纲的一部分(见本导则第7章)。

### I.5 结论

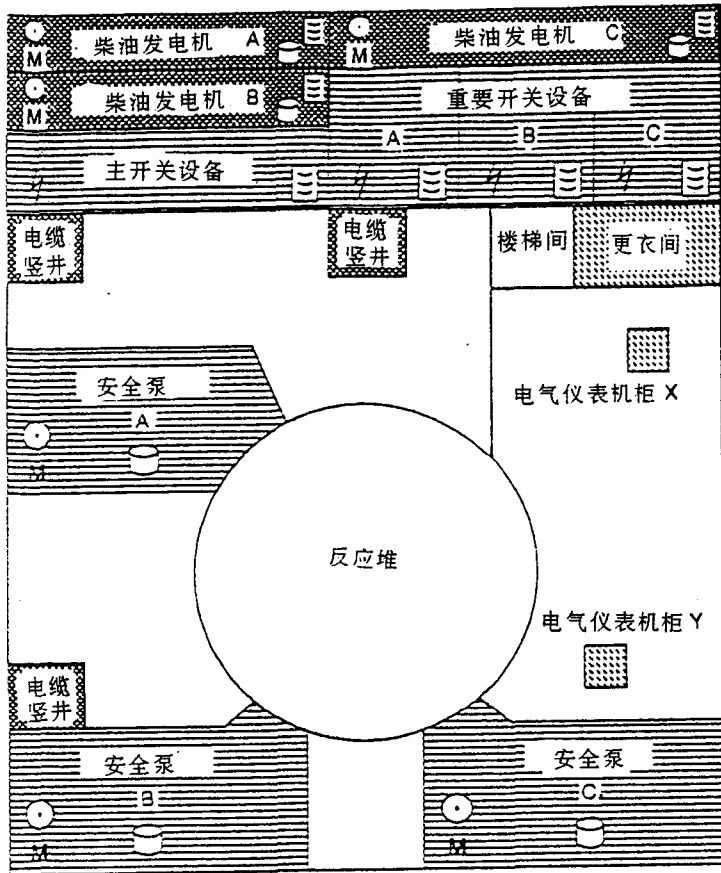
火灾危害性分析应当确定为确保电厂安全运行的防火系统、重点防火部位的有关部分和一定要维护的防火大纲,并形成文件。该文件应包括附录 I.1 至 I.3 章所推荐的背景资料、假设和描述。

表 I.1 火荷载清单举例


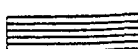

危害	电缆		油		其他		合计		潜在点燃源	探测器 灭火器
	MJ/m <sup>2</sup>	MJ	MJ/m <sup>2</sup>	MJ	MJ/m <sup>2</sup>	MJ	MJ/m <sup>2</sup>	MJ		
封闭房间										
泵房			200	8000			200	8000	水泵电动机	感烟探测器 人工灭火
更衣室					20	400	20	400	见附注(a)	感烟探测器 人工灭火
楼梯间								见附注(b)	见附注(a)	感烟探测器 人工灭火
电缆竖井	1750	25000					17500	25000	见附注(a)	感烟探测器 自动喷水
柴油机房	30	6000	2500	60000			2530	66000	柴油发电机 开关、泵/电机	感烟、红外和感温探测器 自动喷水、人工泡沫
主开关设备间	500	26000					500	26000	开关	感烟探测器 CO <sub>2</sub> 气体、全淹没
重要开关设备	350	18000					350	18000	开关	感烟探测器 CO <sub>2</sub> 气体、全淹没


注：(a) 这些场所不应存在点燃源，但仍设有火灾探测和灭火系统，以考虑偶然的或其他未作规定的火源。


(b) 设置感烟探测和人工灭火(如便携式灭火器)用于未作规定的偶然可燃物。



可燃物

-  1001 - 3000 MJ/m<sup>2</sup>
-  100 - 1000 MJ/m<sup>2</sup>
-  < 100 MJ/m<sup>2</sup>

 燃料或油

 电缆绝缘

点燃源




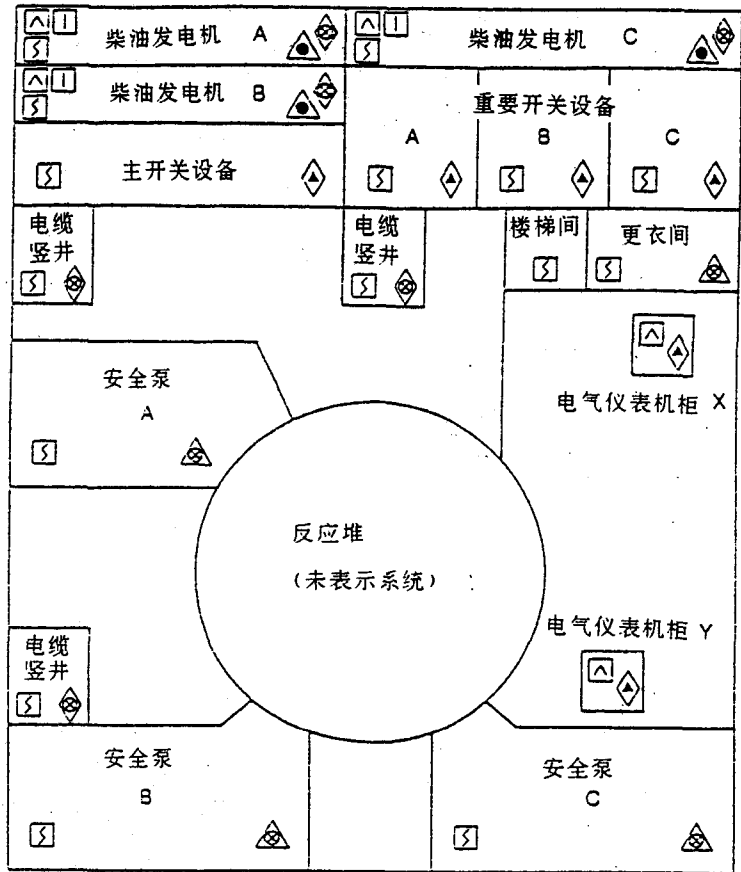
-  开关
-  电动机
-  维修活动

图 I-1 可燃物和点燃源典型位置图



探测器

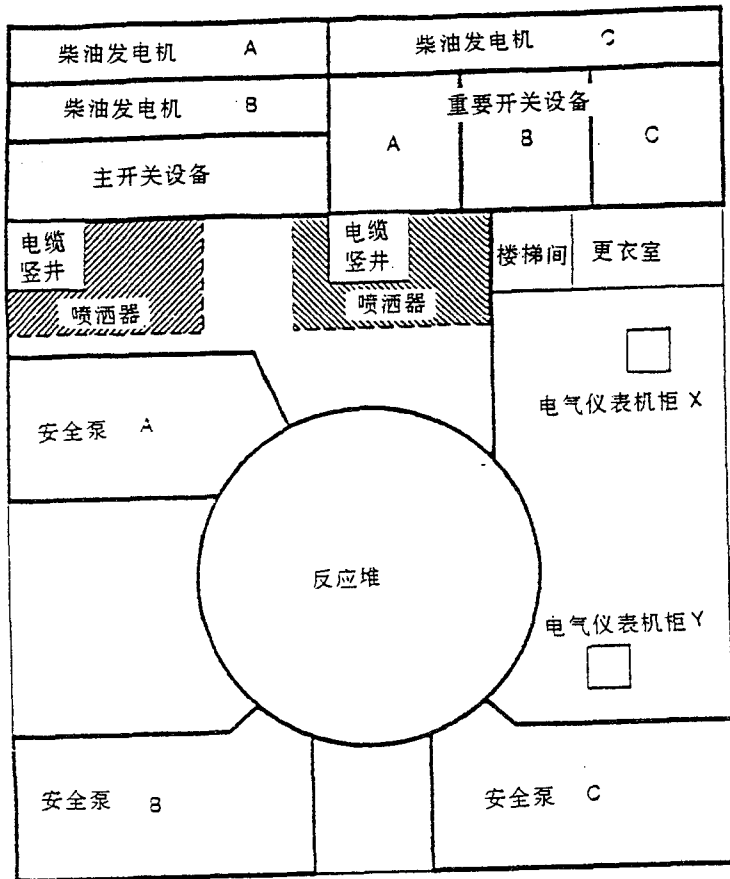
- 感温
- △ 红外
- ⊞ 感烟

灭火系统

- ⊞ 自动(水)
- △ 自动(CO<sub>2</sub>)
- ⊞ 手动(泡沫)
- ⊞ 手动(水)

图 I-2 火灾探测和灭火系统举例图





—— = 防火屏障

图 I-3 火灾封锁法和火灾扑灭法举例图

使用火灾封锁法的场所

- (1) 柴油发电机 A、B、C 都分别用合格的防火屏障分开(各自均设有独立的喷洒器),每一机组在一独立的防火隔离区内。
- (2) 重要开关 A、B、C 都分别用合格的防火屏障隔开(各自装有 CO<sub>2</sub> 气体系统),各自处于独立的防火隔离区内。
- (3) 三台安全泵都在其独立的防火隔离区内。

使用火灾扑灭法的场所:

- (1) 两个电缆竖井处于同一防火隔离区内,彼此从空间隔开,各自处于独立的防火小区内,具有自己的喷洒系统。
- (2) 具有低可燃荷载的电气仪表柜 X 和 Y 彼此用距离隔开,用 CO<sub>2</sub> 气体防护,每一个是一独立的防火小区。

## 附录 II

### 防火屏障

核电厂防火屏障的目的在于环绕某一空间提供非能动边界,此屏障有能力承受和包容预计的火灾,并且不让此火灾蔓延至防火屏障非火灾侧的材料或物项,或不使这些材料和物项发生直接或间接损坏。要求在没有任何灭火系统动作的条件下防火屏障能履行这种功能。

#### II.1 防火屏障的耐火性

将样品构件用各种燃料进行室内燃烧试验或炉内试验,以此实施关于防火屏障的合格鉴定试验程序。ISO 834 中所描述的温度随时间的变化曲线是标准的炉内试验曲线,但它不能代表或模仿任何特定室内火灾条件,它也不表示一种固定不变的加热条件,因为燃烧气氛下的热流将随炉内条件而变化。

如果能合理地根据实际房间内预期的火灾气氛对防火屏障作炉内燃烧试验,那将是十分有用的。可以预计,根据燃料装载、燃料类型和分布、房间几何形状、房间绝对热值、通风速率和其他因素利用模拟房间火灾的计算方法去估算房间内预计的时间有关的发热条件是可能的。如果已知特定房间内火灾时预计的温度随时间变化条件,就可以将这种气氛条件与 ISO 834 提供的温度随时间变化历程联系起来。

1920 年美国国家标准局的 S. H. Ingberg 首先提出了将各种温度随时间变化的曲线与标准的炉内曲线相联系的方法。某些核电厂的火灾计算机模型利用 Ingberg 方法建立预计的火灾严重性与防火屏障的适宜性的关系式。Ingberg 假设是对于某一特定火灾,如果火灾的温度—时间曲线下的积分面积与防火屏障试验时炉内温度—时间曲线下的积分面积相比,前者少于后者,则认为此防火屏障对于预计的火灾严重性是适宜的。

Ingberg 假设虽然在方法上和应用上是简单的,但该方法未充分计及某些非常基础的原则,即只有经过仔细判断并符合其限制方可应用该方法。使用积分面积的方法未考虑材料内加热速率或升温速率。

已经提出了另一种将室内火灾与燃烧试验相联系的称之为归一化热荷载理论的方法。该方法根据事件的热流来确定火灾气氛,根据热惯性来确定防火屏障的响应,而热惯性是防火屏障的导热率、比热和密度的函数。归一化热荷载理论适用于较厚的绝缘材料而不适用于传热性能好的防火屏障如钢制门以及防火阀或穿过管道、穿过电缆的钢制密封件等。

防火设计的各种可用方法使得防火区内的热气氛的预计达到相当高的准确度。然而,在将这些数据应用于试验防火屏障系统时,必须使用大量的判断,目前还不可能有火灾气氛的严重性与防火屏障性能之间的精确的直接数值关系。

国家标准中关于电厂特定部位防火屏障按小时计算的最低额定耐火极限的规定能够提供适当的火灾隔离,其条件是实际电厂火灾的预计条件要与标准炉内燃烧条件相类似或留有余地。如果预计的火灾条件有明显的差别,那么就有必要对防火屏障的预计性能作进一步分析。在预计火

灾气氛下确定热传递、热膨胀、材料强度或其他物理性质的计算机计算方法可能足以保证防火屏障在完成其预定功能方面的置信度。在那些不能确保这种置信度的情况下,可能需要进行特定的燃烧试验。

## II.2 防火屏障的贯穿部分

围绕防火区的理想的防火屏障应当是连续的,且在操作上完全是非能动的。一旦在这种屏障内设置任何开孔,即使该开孔已被保护,该屏障预计的可靠性和有效性就会降低。

用于封闭或保护屏障内孔洞的系统通常包括能动部件,该能动部件依赖外部的输入去完成其功能。这类部件可以包括易熔链条、电热链条、磁性或机械门卡、悬吊装置、感烟或感温探测器或其他装置。很显然,每一能动装置使防火屏障系统存在一个潜在的故障源。如果必要,用于封闭孔洞的系统还应当满足辐射防护的要求。

在某些情况下,用于封闭或保护孔洞的装置的质量鉴定标准不如防火屏障本身的标准那样严格。在国家标准中,可能要求防火屏障满足升温准则、水龙带水流冲击准则或火焰穿越准则,而防火门、防火阀和贯穿密封装置在试验中则不一定要求达到上述准则要求。

尽管围绕防火区的防火屏障一般是连续的,但封闭孔洞的装置并不能彻底封闭孔洞。各种门和防火阀一般要留有用于操作和热膨胀的间隙。贯穿密封装置也可能含有贯穿物项之间非密闭的孔隙。因此这些开孔在火灾条件下可能让烟气、火焰或热的气体穿透。

防火屏障内的开孔封闭装置需要维护以确保在失火时完成其功能。有些门由于工作人员经常进出会发生常规损坏,除了火警时使用其他时间很少使用的防火阀可能需要定期操作、调整和维修。应当制定关于防火屏障开孔封闭装置的检查、试验和维修的规定。

即使不用防火阀隔开的通向或来自防火区的非能动通风系统,只要其外壳属于防火屏障,就需要检查、试验和维护(见本导则 6.3.2 和 6.3.3)。

由于防火屏障中的开孔降低了该屏障的整体可靠性和有效性,应将这种开孔限制到电厂运行所需的最少数量。对于为人员进出或为电气或机械设备检修必须提供的开孔,应当仔细选择和安装保护该开孔的设施,以尽量减少由于开孔造成的屏障耐火极限的降低程度。这些保护设施可能需要经常试验和维护,以保证在火灾时能正确执行其功能。

## 附录 III

### 防火控制项目清单

质量保证大纲包括关于保持防火系统性能和规范电厂工作人员行为的防火控制规程。这种控制的典型内容包括：

- (1) 在运行和维修期间,禁止将大量的可燃物料存放在安全有关厂房或系统内或其附近。
- (2) 在安全重要的场所内,对普通可燃物料、可燃和易燃气体和液体、高效粒子空气过滤器、活性炭过滤器、干离子交换树脂或其他可燃物料要实施严格的安全处置并限制其用量。
- (3) 在电厂运行的各个阶段特别是在维修、改进和换料操作期间,在安装了安全重要系统或设备的厂房内,要严格处置和限制如可燃物料这类临时火灾荷载。
- (4) 确保所提出的工作活动要经有相应资格的人员进行审查,以鉴别潜在的临时火灾危害性并在工作活动规程中规定附加防火要求。
- (5) 保证动火证制度能正确管制焊接、火焰切割、钎焊操作时产生的点燃源的使用。
- (6) 在工作活动一结束或每一值工作一结束,确保将工作活动留下的废料、碎片、垃圾、溅洒的油或其他可燃物从工作区清除掉。
- (7) 严格控制泄漏试验。诸如确定气流的程规应该使用安全的适用技术规程。不允许使用明火和燃烧产生的烟气。
- (8) 在安全重要物项存在的场所,要控制特定可燃物的使用。在维修、修改和换料操作期间在这些区域内所用的木料(如枕木或用于脚手架的木料)应该用阻燃材料处理。
- (9) 在燃料操作区,确保在核燃料容器被打开之后立即将容器内未经处理过的可燃物料移出该区域。
- (10) 确保工作间装有灭火设备。
- (11) 向操作人员提供防火安全守则的详细说明。
- (12) 确保对所有能动或非能动防火系统进行检查,使它们的功能始终符合技术规格书的要求。
- (13) 坚持定期检查厂房整洁,以保证始终符合这些防火控制要求。

## 附录 IV

### 火灾探测系统

为了保证火灾探测器能按火灾危害性分析的要求执行其指定功能,本导则的 5.2.1 至 5.2.9 论述了火灾探测器的选择。本附录就选用特定用途探测器需考虑的因素提出更为详细的指导。

#### IV.1 火灾探测器的类型

火灾探测器的主要类型有:

(1) 感温探测器 这类探测器包括:(a) 通常用于喷水系统触发装置的易碎玻璃球和易熔拉杆;(b) 用于电气触发探测系统的吸顶点式探测器、线型感温电缆、测温敏感元件、热电偶和电阻温度计探测器。

(2) 感烟探测器(或燃烧产物探测器) 最广泛使用的是电离室和光学型探测器。吸(烟)气探测器系统利用管道连续地从不同位置将气体样品引到中央感烟探测器,但这种系统可能增加误动作。有时用感烟探测器启动喷水系统。

(3) 红外和紫外线探测器 这类探测器通常用于探测火焰。

(4) 易燃气体探测器 这类探测器用于监测易燃气体可能与空气混合的区域或密封空间。

#### IV.2 讨论

感烟探测器通常可探测早期阶段的火情,因此能在多数场合使用。然而,在具有高电离辐射的场合,不应使用电离室型的探测器,除非所用探测器已就这种使用环境作过相应的鉴定,并执行计划维修大纲以验证它们的持续灵敏度。在确定感烟探测器的安装位置时也应慎重,以确保它们的性能不会受通风系统的不利影响。

感温探测器一般直接置于具有危险的设备的上方或周围,它们通常用于感烟探测器会出现误动作的地方,例如可能存在油烟的地方。感温探测器也可用于为易燃液体温度上升到某种危险水平提供早期报警。感温探测器的进一步发展是线型感温电缆,这种探测器能够放在靠近危险源的地方(例如电缆托架内),当任一点的温度达到某一值,它就会动作,并能触发灭火系统。

红外线和紫外线探测器有能力探测火焰,因此可用于如柴油机房这类地方,其内转动机械与易燃液体相结合可能导致火灾。

易燃气体探测器仅被选用于可能存在易燃气体与空气混合的地方。

#### IV.3 探测器的位置

探测器覆盖的范围可能依空间内布置的设备而变化。我国国家标准规定了各类探测器的覆盖面<sup>①</sup>。应对每一种情况评价具体危险,应该考虑在安全重要物项上方增设探测器的必要性。

应该慎重地进行火灾探测器的选择和配置,以确保探测器可按预期的那样对火灾作出响应。有若干因素可影响火灾探测器对发展中的火灾的响应。这些因素是:

<sup>①</sup> 某些国家规定了在平展的水平天花板上敏感元件间的最大距离;任何两感温探测器之间的最大间距为 7.5m,对于感烟探测器此间距为 10.6m。

- 燃烧速率
- 燃烧率的变化率
- 天花板高度
- 探测器的位置
- 墙壁的位置
- 任何能阻挡气体流动的障碍物的位置
- 房间的通风
- 探测器的响应特性

图 N-1 给出了应用某些上述因素预计吸顶式火灾探测器对于发展中火灾响应的方法。在此方法中,对于不考虑通风等情况的稳态火灾,假设释热率  $q$  是质量燃烧速率 ( $m$ ) 和燃烧热量 ( $h_c$ ) 的函数:

$$q = mh_c$$

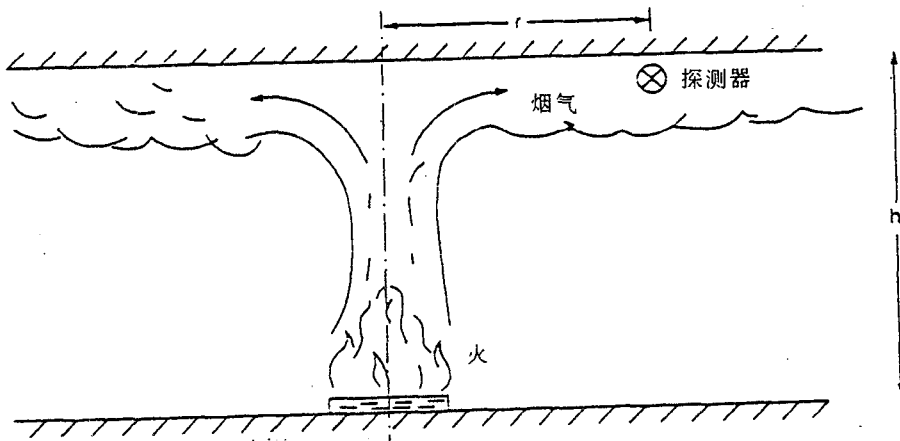


图 N-1 预计探测器对发展中火灾的响应

在核电厂中预计发生的火灾一般会以时间的抛物线函数发展:

$$q = \alpha t^x$$

其中  $\alpha$  是一与可燃物料类型和布置有关的比例常数,对于径向扩展的火灾  $X=2$ 。

火灾上方中心的气体温度 ( $\theta$ ) 随火灾的规模 (释热率) 和火的高度而变化

$$\theta_c = \beta q^y h^z$$

其中  $\beta$  是一正比常数,  $Y$  和  $Z$  由经验确定,对于大体积内相对稳态释热它们分别等于 0.66 和 1.67。

对于平滑、非限定、无障碍的天花板,径向方向上的温度与离火灾中心线的距离的平方成反比。

$$\theta_r = \beta(q)^z r^y$$

其中  $y$  和  $z$  由经验确定,在  $r < 0.18h$  的范围内它们分别等于 0.66 和 -1.0。

如果从燃烧试验得到的经验数据知道了可燃物料的火势增长情况,而天花板的温度是在时间上随火势发展而变化的,那就可能对特定形状的房间估算天花板的预计温度,因而就有可能选择和布置火灾探测器以响应特定规模的火灾。

对于可能由多种原因发生火灾且由于安全考虑需要较高水准的保护的场所,在选择火灾探测系统时应当考虑多样性探测方法的必要性。例如在装有柴油发电机的房间内,感烟、感温和红外线多种探测器都是合适的(见附录 I 的图 1-2)。通过增设敏感探头的数量、在一个回路使用多样性探头或增加探测回路的数量可以实现更为可靠的火灾探测覆盖面。

对于通风系统,应将感烟探测器安装在风管内,这是由于感烟探测器比感温探测器响应要快些。必须特别注意,由于烟气会被稀释,所以希望探测器非常灵敏,但是反过来,这又可能导致更多的假警报。

## 附录 V

### 自动喷水和水喷雾系统

用水作灭火介质的自动喷水和水喷雾系统可有效地防护核电厂内多数火灾危害。对于扑灭普通可燃物料和可燃液体火灾来说,一般认为水是最有效的灭火剂。已经证实水特别适用于扑灭涉及成组电缆内发生的深部燃烧。全尺寸燃烧试验已经展示气体灭火系统缺乏很长的作用时间,不能扑灭成组电缆内的深部燃烧,当空气再次进入燃烧处,就会重新着火。已经证实喷水和水喷雾系统在扑灭可燃液体火灾包括贮槽内和带压喷射可燃液体火灾时是有效的。适当设计的喷水和水喷雾系统可安全地应用于各种燃烧着的电气危害。

喷水和水喷雾系统包括释放水以控制和扑灭火灾的防火系统。这些防火系统有闭式和开式喷头两种类型,在闭式喷头系统内,单个喷头有易熔金属喷头或易碎玻璃球喷头,在达到某一最低温度前,它们可防止水喷出。在开式喷头系统内,当管道系统内的阀门用手动或自动方式开启时,水就会喷放出来。

采用的喷头类型和喷水系统的布置必须针对特定危害作专门选择。除了在火灾危害性分析所确定的火灾气氛外,在设计喷水系统时应考虑各种因素。这些因素包括喷头的间距和位置、喷头可承受的额定温度和热响应时间、灭火所需喷水速率。

应当根据具体喷头的喷放特性以及在火灾危害性分析中所确定的需要防范的火灾的危害程度来确定喷头所需间距。仅根据相应标准确定的喷头间距可能不一定足以防护所有火灾危害。必须仔细选择喷头的位置使其对火灾有最佳响应和最佳水喷雾分布,并尽量减少影响水分布的障碍物。

应当这样选择喷头的额定温度,使得通常的环境最高温度合理地低于喷头的规定动作温度。凡是火灾危害性分析确定需快速启动喷水系统的场所,应当使用具有较快响应时间的喷头,例如使用靠火灾探测系统内的感烟探测器启动的雨淋系统。

在确定喷水系统在扑灭特定火灾是否有效时,喷水速率或喷水强度度是关键参数。由喷水系统来的喷水强度是喷头的孔口尺寸、消防给水系统的容量和压力、喷水系统管道的大小和布置的函数。可通过水力计算确定预计的喷水强度。试验已经表明,  $6.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  的喷水强度足以扑灭成组电缆内的火灾。另一研究<sup>⑩</sup>表明  $8 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  的喷水强度可以满足扑灭液态碳氢化合物贮槽火灾的设计要求,该项研究还表明,  $12 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  的喷水强度可以冷却但不能扑灭带压油喷射火灾。为了扑灭带压油喷射火灾必须提供  $40 \sim 60 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  这样高的喷水强度。必须慎重选择设计喷放密度以与预计的火灾相匹配。

无论是由于真实火灾或是喷头误动作引起的喷水系统喷水都可能导致对湿气敏感的电气系统误动作。应在火灾危害性分析中评价喷头误喷放的可能性和喷放后果。可能需要对敏感部

<sup>⑩</sup> Willberg, L. - E., Norta, A. K. 《芬兰核电站贮油设备的喷洒防火系统》IAEA Vienna (1989) 199

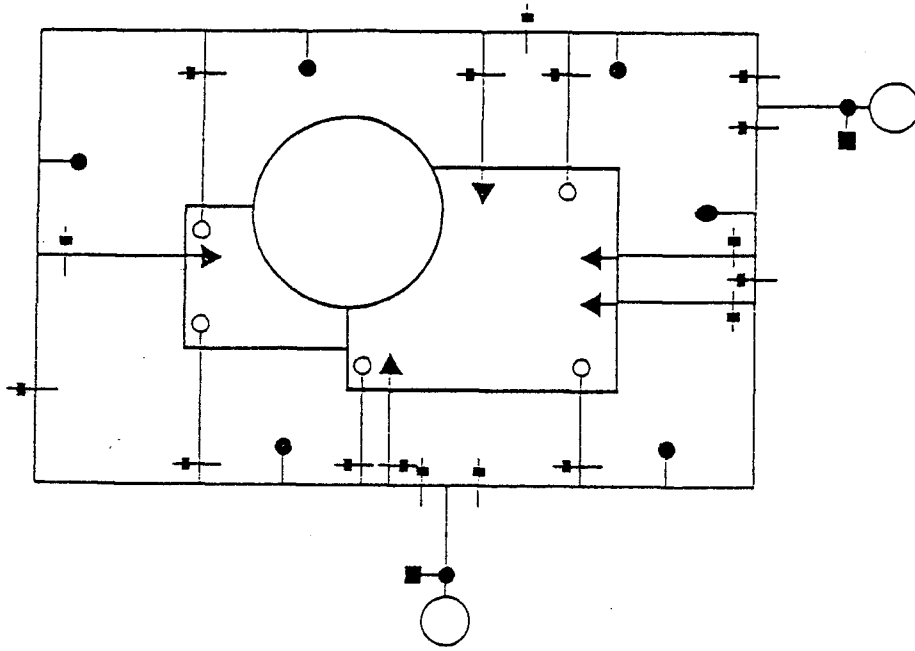


件设置防水浸的特殊屏障。凡用水作为主要灭火剂的灭火系统,应当提供手段限制可能受污染的水,要设置适当的疏水设施。

为了对火警提供快速响应,喷水系统应当优先使用自动启动。仅在火灾危害性分析中已清楚地证实,在火警期间喷水系统晚些动作不会损害电厂安全的场合,才使用手动操作的喷水系统。

# 附录 VI

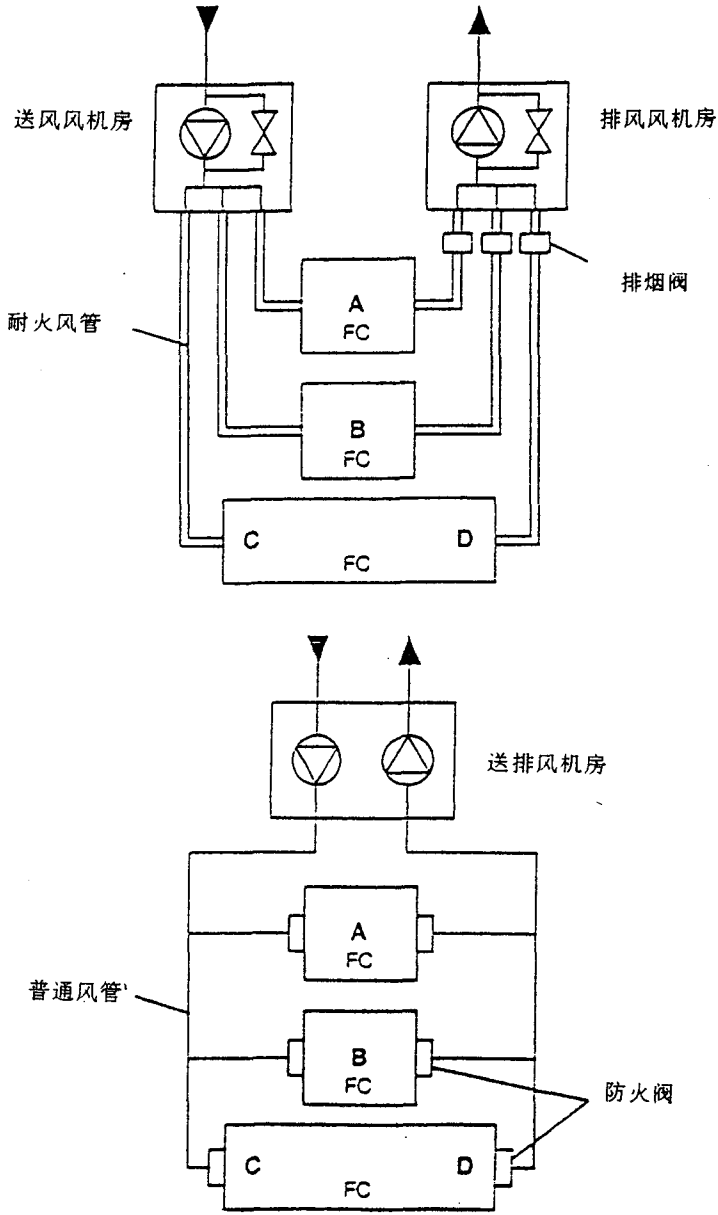
## 消防供水系统布置举例



消防水主环路

- ▲ 水喷洒系统立管
- 室外消火栓
- 室内消防水龙带联接立管
- ┆ 指示型阀门
- 消防水主环路
- 消防水泵
- 消防水箱(或其他水源)

附录 VII  
 防火区通风系统  
 分隔示意图



FC: 防火区  
 A, B, C, D: 安全设备

## 附录 VIII

# 电 缆 绝 缘 层

### VIII.1 火灾危害性

除了用作润滑和绝缘流体的液态碳氢化合物之外,大量有机绝缘电缆构成了核电厂内令人关注的可燃物料源。这类可燃材料的火灾对安全重要物项有着重要影响。在火灾危害性分析中应确定这类可燃物料的火灾对安全重要物项的影响。

不同设计者采用不同的方法限制具有重要影响的电缆火灾发生的概率。这些方法是:限制电缆绝缘层内可燃物料的总含量;降低电缆绝缘层的相对可燃性;提供防火手段以限制火灾蔓延;在可能受火灾影响的电缆之间和安全系列之间进行隔离。

### VIII.2 火灾荷载

在努力通过控制燃料来限制潜在火灾强度的过程中已有了若干种方法限制电缆绝缘层中可燃物的总量。一种方法是,将电缆绝缘层中许用的有机聚合物的量控制在每延米少于 7~10kg 而不再需要附加的防火措施。一种方法是,不论电缆绝缘层中聚合物绝缘材料的实际用量,允许在一个无固定自动防火装置的防火区内设置多至 6 个 61cm 的电缆托架。

1975 年 Browns Ferry 核电站发生电缆火灾后,对于开发阻燃电缆引起了重视,目的在于降低与电缆火灾有关的可燃性和火焰传播速率。

### VIII.3 燃烧试验

虽然电缆的阻燃性鉴定试验的细节会有所不同,但大规模电缆火焰传播试验往往将垂直电缆样品暴露在火源之中。研究科学家断言用上述全尺寸燃烧试验不能完全确定电缆的火灾危害<sup>①</sup>。与电缆燃烧试验相关的重要参变量是:

- 点燃源强度
- 电缆布置
- 耐燃性能
- 火势传播的范围
- 风量

用于电缆燃烧试验的点燃源强度可以强烈地影响其试验结果。在确定电缆样品的点燃性和火焰传播特性方面,较强的点燃源有更好的分辨能力。在燃烧试验中用的点燃源不一定能代表实际装置内的潜在点燃源。事实上按标准试验已定为阻燃的电缆处于另一种点燃源内时可以传播火灾。

电缆布置对火焰沿电缆传播的速率影响十分大。电缆的数量和几何布置都会影响火焰的特性。电缆相对于邻近的电缆系统或墙壁或天花板的方位将影响辐射传热,因而影响火焰的传播速

<sup>①</sup> TEWARSON, A., DOBSON, P. H., 《关于电缆火灾危害评价用材料性能定量的方法》IAEA, Vienna (1989)471.

率。在工厂内的电缆很少布置得与燃烧试验时的布置相一致。

通过电缆燃烧试验要确定的重要的参数是阻燃性和阻止火焰传播特性。然而必须认识到,阻燃和阻止火焰传播的电缆并不意味着该电缆是非可燃的。在适当条件下,阻燃电缆会支持自持燃烧。

美国的电缆耐火研究已经揭示,不仅阻燃电缆支持燃烧,而且涉及到阻燃电缆的火灾比起非阻燃的含聚氯乙烯电缆的火灾来更难扑灭。

电缆燃烧试验多数是在无空气流动(由燃烧本身引起的空气对流不在此列)的条件下进行的。强迫对流对火焰传播速率有强烈影响。在核电厂内受控通风量不可能与电缆燃烧试验期间存在的通风相同。

虽然用标准的燃烧试验鉴定电缆的目的是要显著减少核电厂内可燃物料源,其结果是降低了电厂的潜在火灾危害,但不能消除这种危害。即使采用阻燃电缆,由于电缆火灾使安全重要物项遭到损坏的可能性依然存在。

#### VIII.4 火灾预防

由于当存在有机绝缘电缆时就会有某种程度的火灾危害,可能要仔细按火灾危害性分析所提出的要求设置某种形式的防火设施。可以直接将无机阻燃涂料直接涂敷在电缆上,这种涂层有助于降低可燃性和降低火焰传播的能力,但这并不意味着这类电缆已变为非可燃的。在某些情况下,可能要提供阻火物或非可燃的火灾隔断将电缆包围起来以限制火焰线形传播。可能要提供固定灭火系统以便在安全重要物项发生损坏之前扑灭电缆火灾。

作为一种例外情况,可以使用适当设计的气体灭火系统去控制涉及成组电缆的火灾。然而,由于成组电缆可能产生深部燃烧,这种火灾不能很快地用气体灭火剂扑灭,因而可能要考虑用水灭火系统作为这种火灾的主要灭火系统。

多数电缆火灾的经验表明水可很快扑灭这种火灾。由于快速灭火对于反应堆安全至关重要,通过更为有效地利用固定灭火系统直接向着火处喷射水,而不是仅仅依赖于利用手动消防水龙带可以减少火灾和水患对安全系统的破坏。在需要用人工消防去补充固定灭火系统的场所,在相应的消防程序和防火培训中,应该提供用水扑灭核电厂内特别是含有高度聚集的用塑料作电缆绝缘层地方的电缆火灾的方法、设备和技巧。

这并不意味着可在任何地方安装固定水灭火系统。那些可能被水损坏的设备应屏蔽起来或者安装到远离火灾危害或水淹的地方。应当提供排水设施来排除灭火用水以确保安全有关设施不受积水的危害。

除了通过限制可燃物料的用量、降低材料的可燃性和提供各种形式的防火设施来限制电缆火灾影响之外,还可以通过本导则 3.6.1 至 3.6.3 所述火灾封闭法或通过火灾扑灭法中所提供的适当隔离措施降低潜在的电缆火灾的影响。

在某些情况下,单独使用的或与防火安全措施一并使用的空间分隔可以提供充分隔离以防止多重安全系统受到单一可信火灾损坏。不可能规定一个对所有情况都适用的足够安全分隔的最小距离,但是可以根据单个具体情况仔细确定分隔的充分性(见本导则第 3 章关于火灾危害性

分析的进一步详细讨论)。

隔离各安全系列的优先办法是用无贯穿的防火屏障去隔离各安全功能设备(见附录 I 关于防火屏障和开孔保护的讨论)。

随着对影响火灾条件下电缆性能的各种因素的深入研究,产生了为减少电缆火灾预计影响可以采取的各种通用措施。这些措施是对电缆系统进行分隔以保证在火灾条件下维持所需电气功能;限制可燃物料的总量,从而限制火灾的规模;利用在特定燃烧试验过程中已经证实的具有较少风险的电缆可以减少电缆设施的预计可燃性;设置灭火系统,以便在电缆着火时,在发生不可接受的破坏之前将火扑灭。火灾危害性分析提供了对限制电缆火灾影响的这些措施进行分析和最佳利用的手段。

## 附录 IX

### 我国有关防火的国家标准

1 建筑设计防火规范	GBJ 10—87
2 高层民用建筑设计防火规范	GB 50045—95
3 水喷雾灭火系统设计规范	GB 50129—95
4 火灾自动报警系统设计规范	GBJ 116—88
5 自动喷水灭火系统设计规范	GBJ 84—85
6 卤代烷 1211 灭火系统设计规范	GBJ 110—87
7 卤代烷 1301 灭火系统设计规范	GBJ 50163—92
8 消防站建筑设计标准	GNJ 1—81
9 汽车库设计防火规范	GBJ 67—84
10 工业与民用建筑灭火器配置设计规范	GBJ 140—90
11 消防基本术语	GB 5907—86
12 爆炸危险场所电气安全规程及说明	劳人护(1987)36号





