

ICS 27.120.70
F 82



中华人民共和国国家标准

GB/T 5963—1995

反应堆保护系统的隔离准则

Separation criteria for reactor
protection system

1995-12-13 发布

1996-08-01 实施

国家技术监督局 发布

中华人民共和国国家标准

反应堆保护系统的隔离准则

GB/T 5963—1995

代替 GB 5963—86

Separation criteria for reactor
protection system

1 主题内容与适用范围

本标准规定了反应堆保护系统实体分隔和电气隔离的准则。

本标准适用于反应堆保护系统隔离及其电缆敷设,也适用于属于保护系统临时安装的设备(例如调试试验和实验辅助设备)。

2 引用标准

GB/T 13286 核电厂安全级电气设备和电路独立性准则

HAF 0202 核电厂防火

HAF 0203 核电厂保护系统及有关设施

HAF 0204 核电厂内部飞射物及其二次效应的防护

HAF 0205 与核电厂设计有关的外部人为事件

EJ 344 压水堆核电厂电缆敷设和隔离准则

EJ/T 674 电缆贯穿挡火封堵件的鉴定试验

3 术语

3.1 冗余组 redundancy group

能重复其他组的基本功能的设备组合,即不管具有同种功能的其他设备组的状态如何,均能独立执行这种功能的设备组。

3.2 隔离装置 isolation device

电路中能防止某一部分电路的失常导致在该电路的其他部分或其他电路内造成不可接受的影响的装置。

3.3 分隔距离 separation distance

中间没有有助于火灾蔓延或其他有损于反应堆保护系统或设备的构筑物、设备或材料的间距。

3.4 实体分隔 physical separation

利用几何(距离、方位)方法分隔或靠适当的屏障分隔或同时使用上述两种方法分隔。

3.5 电气隔离 electrical isolation

利用分隔距离、安全级(1 E 级)隔离装置、屏蔽和布线技术或其他任何组合的方法分隔。

4 反应堆保护系统隔离的一般原则

4.1 概述

作为保护系统的一个设计依据,必须考虑 4.2~4.6 条各种可能发生的始发事件,并在保护系统中

GB/T 5963—1995

采取足够措施,以便将这种故障事件可能造成的影响限制到可接受的程度。此外还应考虑这些事件的综合影响。

4.2 设计差错

由于安全分析的差错而引起的保护系统技术差错,在设计阶段是不可能避免的。必须采用设计管理和质量保证措施,以协调统一安全分析人员、工艺工程师和保护系统设计人员之间的观点而使差错减少到可接受的水平。

4.3 保护系统的故障始发事件

必须考虑起因于保护系统本身的单一故障始发事件。这类事件通常只是局部地限制机械动作或电气动作,但在功能上可能造成不同的后果。

4.3.1 单一随机故障

必须考虑包括保护系统能源或其他辅助介质供给在内的保护系统部件的单一随机故障。这些单一随机故障会导致短路、断路、接地、电压或频率变化、部件的机械失灵或局部失火。这类故障的原因可能是过载、失去冷却或冷却不足、机械损伤、维护和检修造成的差错、化学损伤、材料缺陷等。

4.3.2 由单个共因故障引起的多故障

必须考虑在同一冗余组中出现两个或两个以上部件故障的情况。造成故障的原因则是同一的,如设计或维修中产生的差错、机械损伤或电气干扰等。漂移、老化、磨损、辐射损伤或其他因素也必须加以考虑。

4.4 核电厂内部事件

由核电厂内部原因引起保护系统冗余部件发生故障的单一故障始发事件。这类事件的特征是释放出中等或高能量,其影响范围涉及建筑物个别房间和一些区域。这类事件分为以下三种。

4.4.1 环境条件变化

在正常运行期间和事故条件下的电磁场、辐射场、温度场、压力场、湿度场等环境条件的变化。

4.4.2 假设始发事件

核电厂的系统、设备或结构中产生的单一假设始发事件,例如火灾、飞射物击中、管道甩击、机械和热效应、水、蒸汽、液态金属、气、油的泄漏或爆炸及其他事件。

4.4.3 运行人员操作差错

在正常运行情况下,尤其是在事故情况下,由于运行人员的误操作而产生的单一故障始发事件。

4.5 核电厂外部事件

这类事件表现为巨大能量释放,也表现为造成一部分或全部建筑物受到影响。

4.5.1 自然事件

在厂址处可能发生的自然事件,如地震、洪水、龙卷风、雷击、海啸等。

4.5.2 人为事件

在核电厂外发生的诸如爆炸、火灾、飞机撞击和阴谋破坏等事件。

4.6 特殊运行工况

在设计建造阶段,必须考虑由于调试、修改、维修、设计和行政管理程序之类的特殊运行工况引起的单一故障始发事件,以便将这些事件减少到可以接受的程度。

4.7 设计要求

考虑到 4.2~4.6 条所确认的可能原因,在设计保护系统时,必须遵守等 5 章的要求。

5 反应堆保护系统电路隔离及电缆敷设分隔的要求

5.1 概述

保护系统冗余部分的安装,必须使规定的单一事件不会导致保护功能失效。为此必须考虑下述条款。

5.2 实体分隔

必须采用安全级构筑物、分隔距离和屏障,或综合使用这些方法达到设备和电路的实体分隔。

5.2.1 电缆敷设原则

任何给定的通道、托架、管道、槽、竖井或贯穿件,只允许走同一冗余组的电缆或相关电缆。

5.2.2 冗余通道电缆分隔

保护系统所有电缆应尽可能地沿着无危险的路线敷设,并尽可能保持其完整性。冗余通道电缆分隔要求,在无危险区内推荐的最小分隔距离为:水平方向 300 mm,垂直方向 900 mm;在低危险区内推荐的最小分隔距离为:水平方向 900 mm,垂直方向 1 500 mm;在最小分隔距离不能保证时,冗余通道的电缆必须分别敷设在封闭的能作为屏障的布线通道内,或在其间设置屏障。这些封闭布线通道之间的最小分隔距离为 25 mm。从图 1 至图 4 例举了在不能保持最小分隔距离的地方可接受的屏障和托架配置情况。

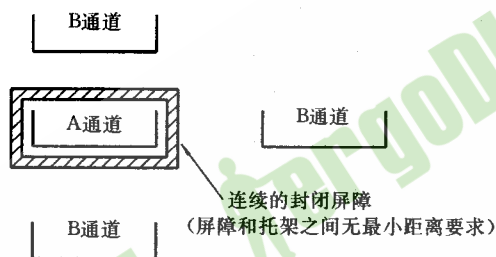


图 1 封闭屏障的实例

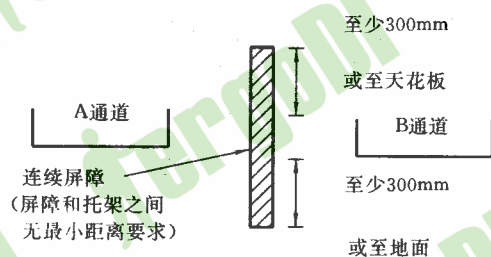


图 2 垂直屏障的实例

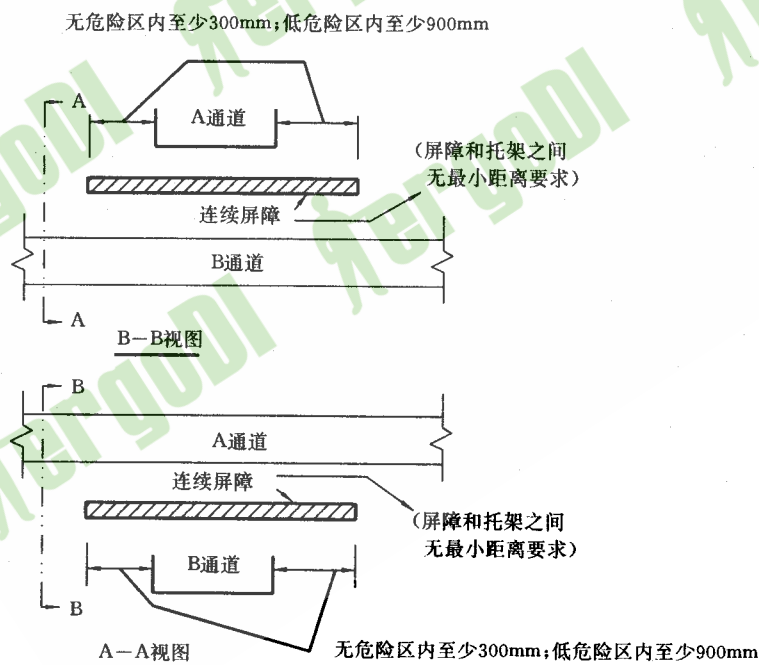


图 3 水平屏障的实例

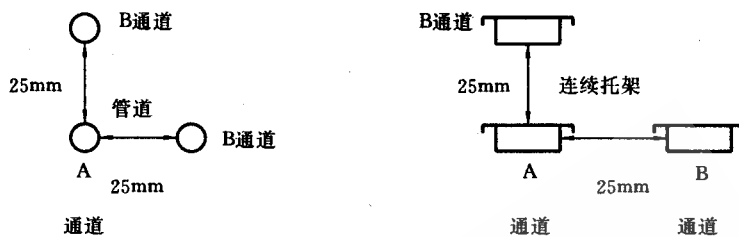


图4 封闭式布线通道分隔的实例

如果不能避开危险区,则只允许与危险源相对应通道的保护系统单一通道的电缆通过危险区或者终止在该区设备的电缆通过该区。

5.2.3 保护系统机柜内冗余电路及电缆的分隔

保护系统机柜内,安全级冗余设备之间和冗余布线之间的最小分隔距离可根据对拟采用的安装方式的分析加以确定。这种分析必须有试验依据,该试验的目的是确定机柜内部的布线方式、布线材料、设备和其他材料的阻燃特性。若机柜内的材料为阻燃的,但未进行分析,在这种情况下,其最小分隔距离为150 mm。如果不能保持该最小分隔距离,则必须在安全级冗余设备之间和冗余布线之间设置屏障,图5至图8例举了机柜内在不能保持最小分隔距离的地方可接受屏障配置情况。

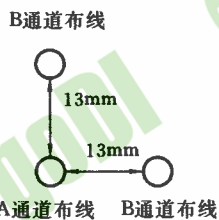


图5 导管分隔实例

屏障顶端至两侧布线距离之和至少150mm

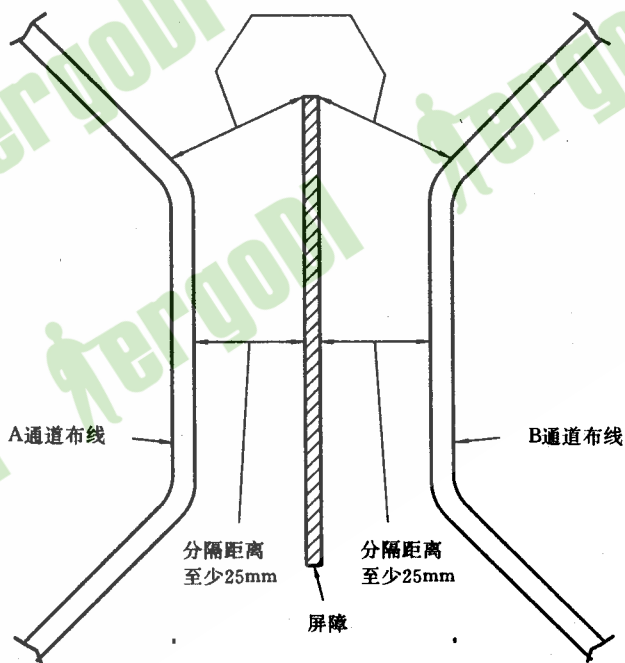


图6 单板屏障实例

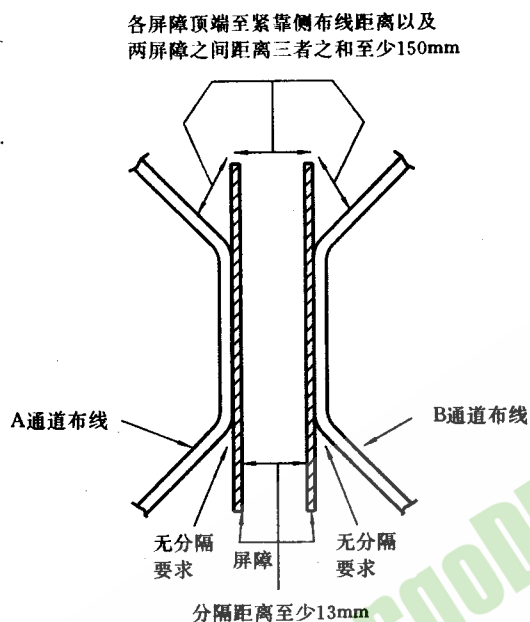


图7 双板屏障实例

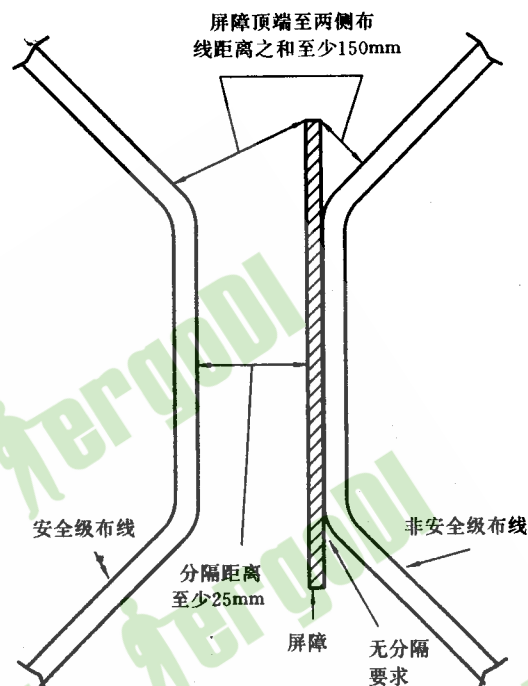


图8 单板屏障实例

5.2.4 保护系统与非安全级(非1E级)系统电缆的分隔

非安全级(非1E级)系统的电缆必须沿着与保护系统电缆分隔的电缆托架等敷设。如果做不到这一点,那末,任一非1E级系统的电缆只能进入一个冗余组电缆通道,并应满足冗余电缆分隔的全部要求。

5.2.5 同通道仪表电缆与控制电缆分隔

控制电缆托架与仪表电缆托架之间最小分隔距离为垂直方向300mm,水平方向300mm。

5.2.6 同通道仪表电缆与动力电缆分隔

动力电缆托架与仪表电缆托架之间最小分隔距离为垂直方向500mm,水平方向500mm。

5.2.7 同通道控制电缆与动力电缆分隔

控制电缆托架与动力电缆托架之间最小分隔距离为垂直方向300mm,水平方向80mm。

注:水平分隔距离为相邻托架的邻近边缘之间的距离,垂直分隔距离为上托架底部到下托架顶部之间的距离。

5.2.8 电缆与高能或中能管道的分隔

保护系统的电缆不能与载有高能或中能介质(如油、蒸汽、水、液态金属等)的管道装在同一托架上,一般也不能装在其附近,以免这些管道泄漏或破裂而损坏电缆。

5.2.9 核电厂内部、外部事件的分隔

对于4.4条和4.5条所列举的核电厂内外的故障始发事件,要用符合要求的屏障和(或)安全级构筑物分隔。

5.2.10 热和其他物理因素的防护

必须注意在电缆托架上电缆的允许热负荷和负荷降低因子。为了减少电缆托架上上层电缆重量压迫下层电缆而造成电缆外皮和绝缘损伤,必须限制电缆在托架中的最大深度。托架中动力电缆填满率(指截面积)应不大于33%,控制电缆填满率宜在40%~50%。三同轴电缆最好敷设在钢管中,管中电缆填满率不大于25%,弯曲半径不小于300mm,见EJ344。

5.3 电气隔离

设计必须采取措施以减少系统之间或系统冗余部分之间不利的相互作用的可能性。这种相互作用是由正常或异常的运行,或系统中任一部件的故障所引起的。它可能是由电磁感应、静电干扰、短路、开

路、接地故障以及受到最大可信的交流或直流电位、机械的相互作用等事件所引起，见 HAF 0203。

5.3.1 电气隔离要求

电气隔离要求如下：

a. 如果保护系统产生的信号也用于非保护系统，保护系统以外的任何运行或可信故障不得妨碍保护系统执行其功能。如果与保护系统连接的非保护系统仪表和控制系统不满足保护系统有关仪表和控制系统的要求，则在这些系统之间的连接处必须设置电气隔离装置(缓冲器)，并且必须把该装置按保护系统的一部分加以分级。

b. 在保护系统的电路中，需要时必须采用电气隔离措施，以保持冗余电路的独立性，使得在发生任一设计基准事件时和设计基准事件后均能成功地执行所需要的安全功能，见 GB 13286。

5.3.2 电气隔离方法

为了达到电路的电气隔离，必须利用分隔距离、安全级隔离装置、屏障、屏蔽和布线技术或其他任何组合的方法，见 GB 13286。

分隔距离、屏障和布线技术见 5.2 条，屏蔽见 5.3.2.4 条，使用安全级隔离装置见图 9。

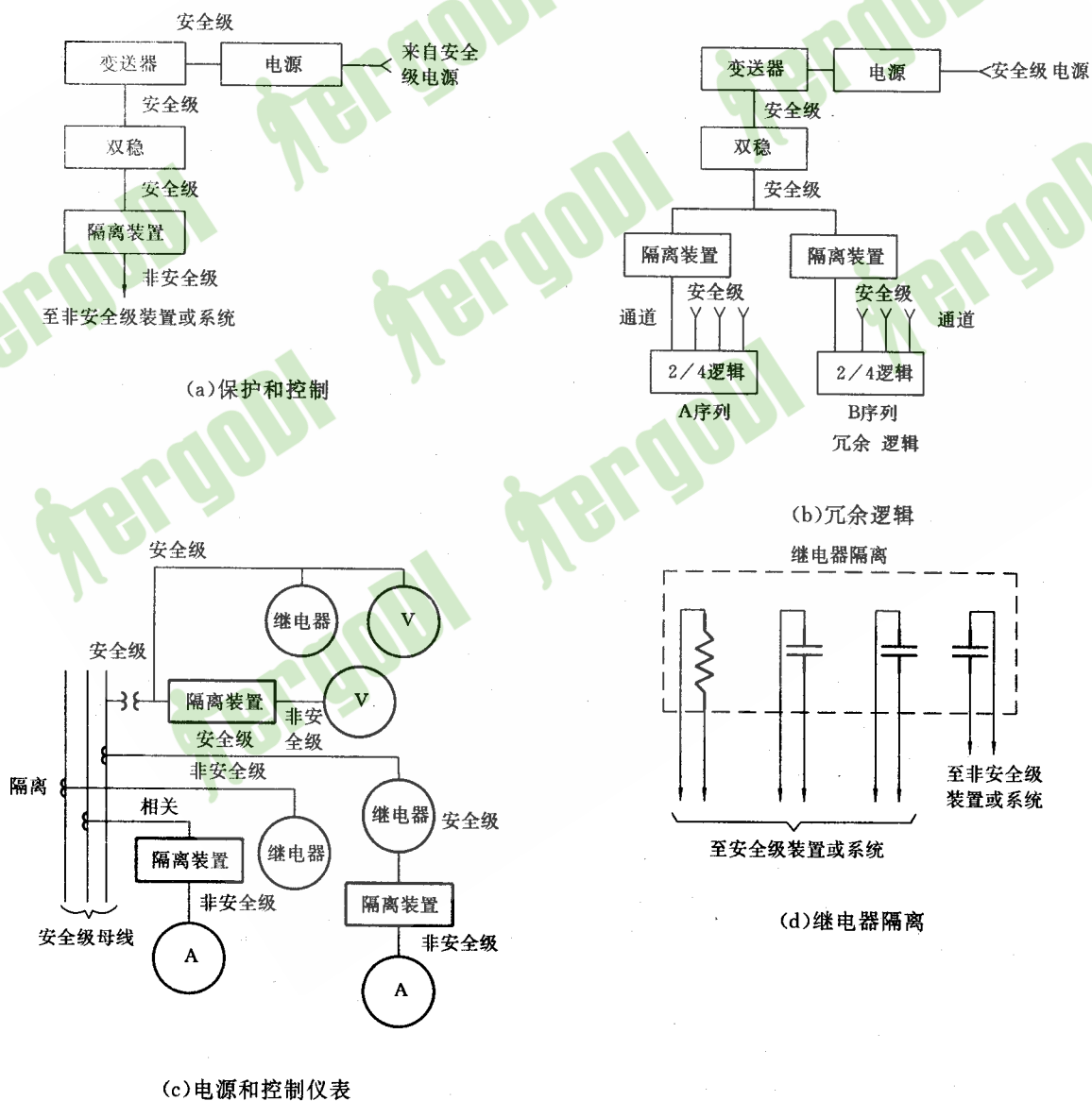


图 9 使用安全级隔离装置的实例

5.3.2.1 隔离装置一般要求

GB/T 5963—1995

若某装置的安全级侧或相关侧所连的电路,其工作状态不因下列情况而使其性能低于可接受的水平,则该装置为仪表和控制电路的电气隔离装置:

- a. 在其非安全级侧施加可信的最高瞬态电压或瞬态电流;
- b. 在其非安全级侧发生短路、接地或开路;
- c. 在其另一安全级侧或相关侧施加可信的最高瞬态电压或瞬态电流;
- d. 在其输入端与输出端之间分别施加可信的最高直流电压和交流工频电压,其漏电流不大于规定值。

根据隔离装置非安全级侧承受的最高电压,必须确定该装置的输入端和输出端之间以及它们与地之间必须承受的最低电压等级。此外,还必须考虑在其非安全级侧可能出现的瞬态电压。

最低的分隔要求不适用于隔离装置内部的布线和部件,但必须尽可能对其进行分隔。

隔离装置输入端和输出端布线的分隔距离,如果等于或大于输入端和输出端之间的距离,则可小于5.2.1条要求的150 mm。

隔离装置执行其功能的能力,必须经鉴定试验加以验证。鉴定时必须考虑其非安全级侧故障电流的等级及其持续时间。

5.3.2.2 可接受的隔离装置

在满足5.3.2.1条要求的情况下,保护系统的仪表和控制电路中可接受的隔离装置有:

- a. 隔离放大器;
- b. 控制开关;
- c. 电流互感器;
- d. 光纤耦合器;
- e. 光-电耦合器;
- f. 继电器;
- g. 转换器;
- h. 电源装置;
- i. 断路器。

注:在采用接点-接点隔离的情况下,必须考虑可能由接点熔合引起的对独立性的影响。

5.3.2.3 熔断器

在满足5.3.2.1条要求情况下,可采用熔断器作为隔离装置(冗余之间例外),但还必须满足下列准则:

- a. 对每个熔断器必须进行试验(例如,电阻测量),验证过流保护特性符合设计要求;
- b. 对熔断器必须提供其寿期内预定的过流保护能力;
- c. 对于各种电路故障,在熔断器上一级的任一断路器开始断开之前,其过流时间熔断特性必须使该熔断器熔断;
- d. 电源必须有提供必要的故障电流的能力,以确保其正常的配合关系而不失去安全级负荷的功能。

5.3.2.4 屏蔽

屏蔽要求如下:

- a. 保护系统的仪表和控制电缆的屏蔽材料可用带有铜引出线的铜丝编织材料或敷有铜或铝或其他等同材料的聚酯薄膜。必须使用金属电缆托架、电气金属管或硬质金属管作为仪表和控制电缆的支撑和屏蔽;
- b. 保护系统模拟信号回路的导线均应绞合并屏蔽以便把由静电产生的噪声电压降到最低;
- c. 保护系统中低电平信号电缆均应带有屏蔽并绞合成对以便把串模干扰减至最小;
- d. 保护系统的中、高电平信号,也应带有屏蔽以防耦合到其他中、低电平的信号中去;

GB/T 5963—1995

e. 保护系统模拟信号均应至少有两根导线。不允许几个信号共用一个公共接地导线；

f. 电缆屏蔽层在电气上应连续。当两根屏蔽电缆在一个接线盒的端子上进行连接时，应在端子的邻近点上把屏蔽层连起来。为了防止屏蔽层的多点接地，每根电缆的屏蔽层均应用适用于电缆使用环境的绝缘外套覆盖。

5.4 防火

5.4.1 在核电厂设计阶段就必须贯彻安全分析中关于火灾分析的要求，以确保保护系统电路和电缆敷设的独立性要求。

5.4.2 在无人看管的电缆间或设备间，必须安装高灵敏度的火灾探测器和报警器及在适当的地方设置灭火装置。

5.4.3 当冗余设备和线路必须放在设有防火系统某一区域内时，设备、线路和防火系统的设计必须保证防火系统投入工作不会影响冗余组的独立性。

5.4.4 冗余组的性能不应受保护系统外部火灾的危害。为此，必须采用实体分隔、设置屏障或综合采取下述措施：

a. 冗余组或电缆之间的空间不应放置能使火灾蔓延的构筑物、设备或材料；

b. 冗余组或电缆之间所用的屏障必须具有防火要求规定的耐火极限；

c. 当保护系统或设备的电缆靠近动力电缆时，必须采用耐火材料作为屏障，使它们隔离；

d. 穿过防火屏障的电缆托架及电缆管道(垂直的和水平的)必须用耐火材料封堵，其耐火极限至少与防火屏障一样，见 EJ/T 674—92；

e. 进入保护系统机柜、接线盒等的电缆，应在其入口处用耐火材料封堵；

f. 必须使用阻燃电缆；

g. 保护系统机柜内部应使用阻燃导线和阻燃材料；

h. 电缆托架必须采用金属材料，电缆管应采用钢管，金属软管只允许用于短距离连接设备；

i. 通风系统应按应急计划的规定，设置适当的探测器或其他早期报警手段，以保证必要时关闭进风口以保证保护系统在火灾事件影响下功能完好。

5.5 其他自然事件和人为事件的隔离

在设计中必须采取必要的措施(主要靠建筑物)，以保证由自然事件和人为事件引起的响应以及二次效应所产生的后果不影响保护系统的保护功能，见 HAF 0202, HAF 0204, HAF 0205。

附加说明：

本标准由中国核工业总公司提出。

本标准由上海核工程研究设计院负责起草。

本标准主要起草人朱志成、陆曙东。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
反应堆保护系统的隔离准则
GB/T 5963—1995

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 3/4 字数 16 千字
1996年8月第一版 1996年8月第一次印刷
印数 1—1 500

*

书号: 155066·1-12768 定价 6.00 元

*

标 目 292—07