

中华人民共和国国家标准

GB/T 12788—2000

核电厂安全级电力系统准则

Criteria for class 1E power
systems for nuclear power plants

2000-01-03 发布

2000-08-01 实施

国家质量技术监督局 发布

目 次

前言 Ⅲ

IEEE 前言 Ⅳ

1 范围 1

2 引用标准 1

3 定义 2

4 主要设计准则 3

5 补充设计准则 8

6 监视和试验要求..... 13

7 多机组电厂的考虑..... 15

前 言

本标准是对 GB/T 12788—1991《核电厂安全级电力系统准则》(以下简称原标准)的修订,原标准等效采用美国标准 IEEE 308—1980 编制,对指导核电厂安全级电力系统的设计和运行及对引进和输出核电厂的谈判和核电厂安全审评起到了重要作用。

本标准等效采用 IEEE 308—1991(IEEE 308—1980 的修改版),技术内容等同,编写格式与 GB/T 1.1—1993 相一致。

与原标准相比,此次修改主要包括:

- 1) 将原标准附录 A 的内容编入正文。
 - 2) 取消原标准图 3。
 - 3) 修改原标准图 2。
 - 4) 取消原标准以下条文:4.5.j;5.2.1.f;5.2.3.4;5.2.5;5.3.1.f;5.3.5;5.5.3;6.6。
 - 5) 增加以下条文:4.6c);5.2.4.6c);5.3.3.6;5.3.3.7;5.3.4.7;5.4.2;5.4.3;5.4.4;5.4.5;5.6。
 - 6) 完全改写第 7 章。
 - 7) 将原标准 5.2.4.1 和 5.2.4.2 合并为新标准 5.2.4.1;将原标准 5.2.3.1、5.2.3.2 和 5.2.3.3 合并为新标准 5.2.3。
 - 8) 修改了 4.4h)、4.4i)、6.3d) 和表 1 的部分内容。
 - 9) 增加了 9 项引用标准,见正文。
- 本标准自实施之日起,同时代替 GB/T 12788—1991。
- 本标准由中国核工业集团公司提出。
- 本标准由全国核仪器仪表标准化技术委员会归口。
- 本标准起草单位:上海核工程研究设计院。
- 本标准主要起草人:陆曙东、陆佩芳、顾申杰。
- 本标准委托全国核仪器仪表标准化技术委员会负责解释。

IEEE 前言

(此前言不是 IEEE 308—1991《核电厂 1E 级电力系统准则》的一部分)。

本标准提出了核电厂电力系统中特别关系到为公众提供健康和安全保护的准则和要求。电气和电子工程师学会制订了这些准则,为设计措施、监视要求及与电力系统有关的试验提供指导。在美国每一个申请核电厂建造许可或运行许可证的用户都需要遵循这些条款,以满足 10CFR50 要求。遵守这些准则可能不足以保证公众的健康和安全,因为它是电厂构筑物、流体系统、仪表及电厂电力系统等的综合性能,它们共同起作用才能限制事故的后果,不遵守本标准的要求可能意味着系统不合适。每个申请者都有责任对自己或其他人保证这综合性能是合适的。

背景

IEEE 308—1970 版由 IEEE 核科学集团和 IEEE 电气工程学会(PES)属下的核电标准联合委员会(JCNPS)第 4 分委员会(辅助电气系统)编写。IEEE 308—1971 版吸取了 1970 版的经验,并增加了多机组电厂的考虑。IEEE 308—1974(第二版)由核电标准联合委员会第 4 分委员会的第 4.1 工作组制订。核电标准联合委员会于 1973 年成为电气工程学会(PES)的核电工程委员会(NPEC)。IEEE 308—1978(第三版)阐明了 1E 级电力系统与安全系统部分功能要求之间的接口,这些安全系统的一些部件也属于 1E 级电力系统。在 IEEE 308—1980 版中增加了由 Ad Hoc IEEE 308/603 委员会推荐的关于 IEEE 308 和 603 接口的范围图。

安全功能概念

根据定义,安全系统必须包含完成保护或安全功能的所有部件。图 2 和图 3 说明了执行一个典型安全功能所需要的系统和设备,例如事故后热量的排出。作为安全系统的一部分,1E 级电力系统是辅助支持设施,为其他安全系统(例如再循环喷淋系统和安全壳喷淋系统等)供电。在这方面,对执行安全功能起作用的 1E 级电力系统部分必须遵循 IEEE 603—1991 的要求。但是,那些不直接执行安全功能的 1E 级电力系统中的部件、设备和系统,如过负荷保护设备、继电保护等都必须满足 IEEE 603—1991 的相应要求,以确保这些部件、设备和系统不会使 1E 级电力系统的性能劣化至不能接受的水平之下。

1E 级电力系统的主要作用

1E 级电力系统的主要作用是为反应堆停堆系统、专设安全设施和辅助支持设施供电。因此,1E 级电力系统是辅助支持设施。

1E 级电力系统是唯一遍布于全电厂的系统,它拥有比其他辅助支持设施复杂得多的接口。其他辅助支持设施通常局限于电厂某个区域或一个单一的过程,并且基本上是机械系统。1E 级电力系统的复杂的接口特性在于本身是辅助支持设施,其他辅助设施又是它的辅助支持设施,1E 级电力系统可以对非安全系统设备提供支持,同时也可以提供执行安全系统保护动作的手段。

监测指令设施包括产生信号的设备(电流互感器、电压互感器等)、测量电气系统参数(电压、电流、功率等)的设备或限制性能劣化的设备(继电保护、热过载保护、低电压继电器等)。1E 级电力系统中直接执行安全功能的监测指令设施应符合 IEEE 603—1991 的要求。必须对 1E 级电力系统中没有直接安全功能的监测指令设施进行分析,证明它们的故障不会对 1E 级电力系统产生不可接受的影响。

在执行设施作用方面,某些 1E 级电力系统的设备、开关柜、断路器、动力电缆和负载(主要为电动机),不仅是 1E 级电力系统的一部分,也是专设安全设施不可分割的部分。

目前版本

IEEE 308—1991 是 IEEE 308—1980 的修订版,其范围扩展至包括 1E 级电力系统与 IEEE 765—1983¹⁾《核电厂优先电源》的接口准则,以及与 IEEE 741—1990《核电厂 1E 级电力系统及设备保护准则》的接口准则,并且也反映了 IEEE 387—1984²⁾《核电厂备用电源用柴油发电机准则》和 IEEE 946—1985³⁾《核电厂 1E 级直流电力系统设计准则》的最新要求,以及核电工程委员会 Ad Hoc 委员会关于共用安全系统的建议。这些建议完全改变了第 8 章《多机组电厂的考虑》的内容。

1) IEEE 765—1983 修订为 IEEE 765—1995;

2) IEEE 387—1984 修订为 IEEE 387—1995;

3) IEEE 946—1985 修订为 IEEE 946—1992。

中华人民共和国国家标准

核电厂安全级电力系统准则

GB/T 12788—2000

代替 GB/T 12788—1991

Criteria for class 1E power
systems for nuclear power plants

1 范围

本标准规定了核电厂：

- a) 安全级电力系统的主要设计准则和设计措施(这些准则和措施能使安全级电力系统在适用的设计基准事件引起的条件下满足其功能要求)；
- b) 安全级电力系统的试验和监测要求；
- c) 多机组核电厂共用安全级电力系统的准则。

本标准适用于单机组和多机组核电厂的下列系统和设备的安全级部分：

- a) 交流电力系统；
- b) 直流电力系统；
- c) 仪表和控制用电力系统。

这些系统包括表 1 所列的物项。

本标准不适用于优先电源、机组的发电机及其母线，发电机断路器、主(即升压)变压器、厂用(即辅助)变压器、启动(即备用)变压器、至核电厂开关站的连接线、开关站、输电线和输电网络(见图 1)。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB/T 5204—1994 核电厂安全系统定期试验与监测
- GB/T 7163—1999 核电厂安全系统的可靠性分析要求(eqv IEEE 577:1976)
- GB/T 9225—1999 核电厂安全系统可靠性分析一般原则(eqv IEEE 352:1987)
- GB/T 12727—1991 核电厂安全系统 电气物项质量鉴定(eqv IEC 780:1984)
- GB/T 12790—1991 核电厂安全级电气设备和系统文件标识方法(eqv IEEE 494:1974)
- GB/T 13177—2000 核电厂优先电源(eqv IEEE 765:1995)
- GB 13284—1998 核电厂安全系统准则(eqv IEEE 603:1991)
- GB/T 13286—1991 核电厂安全级电气设备和电路独立性准则(eqv IEEE 384:1981)
- GB/T 13538—1992 核电厂安全壳电气贯穿件(neq IEC 772:1983)
- GB/T 13626—1992 单一故障准则应用于核电厂 安全级电气系统(eqv IEEE 379:1977)
- GB/T 14546—1993 核电厂安全级直流电力系统设计准则(neq IEEE 946:1985)
- EJ/T 519—1990 核电厂安全级电力系统运行前试验大纲编制导则(eqv IEEE 415:1986)
- EJ/T 525.2—1999 核电厂用铅酸蓄电池 第 2 部分 安装设计和安装准则
(eqv IEEE 484:1987)

EJ/T 525.4—1997 核电厂用铅酸蓄电池 第4部分 维护、试验和更换方法
(eqv IEEE 450:1995)

EJ/T 625—1992 核电厂备用电源用柴油发电机组准则(eqv IEEE 387:1984)

EJ/T 639—1992 核电厂安全级电力系统及设备保护准则(eqv IEEE 741:1986)

EJ/T 641—1992 核电厂大型铅酸蓄电池容量的确定(eqv IEEE 485:1983)

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 可接受的 acceptable

通过核电厂安全分析证明是适宜的。

3.2 执行装置 actuated equipment

用以完成一个或多个安全任务的原动机和被驱动设备的组合。

注：原动机的例子是汽轮机、电动机和电磁线圈。被驱动设备的例子是控制棒、泵和阀门。

3.3 驱动器 actuation device

直接控制执行装置动作能源的设备，例如对电源的配置和使用进行控制的断路器和继电器及控制液体或气体流的阀门。

3.4 行政管理 administrative controls

规定、命令、指示、程序、政策、习惯做法和指定的权利与职责。

3.5 辅助支持设施 auxiliary supporting features

为安全系统完成其安全功能提供服务(如冷却、润滑和动力)的系统或部件。

3.6 安全级(1E级) safety class

是反应堆或核电厂电气设备和系统的一安全级别，这些设备和系统是完成反应堆紧急停堆、安全壳隔离、堆芯冷却以及从安全壳和反应堆排出热量所必需的，或者是防止放射性物质向环境大量排放所必需的。

3.7 设计基准事件 design basis events

为确定系统和构筑物的性能要求，在设计中所采用的假想事件。

3.8 可探测故障 detectable failures

可以通过定期检验发现或通过报警及异常指示揭示的故障。在通道级、序列级或系统级测出的部件故障都是可探测故障。

注：可证实但不可探测的故障是用分析来证实的故障，这类故障不能通过定期检验来发现，也不能通过报警或异常指示揭示。

3.9 序列 division

某一给定系统或设备组的名称，它们与其他冗余设备组在实体、电气和功能上保持独立。

3.10 专设安全设施 engineered safety features

为限制或缓解反应堆事故后果而专门设置的安全系统，包括安全壳隔离系统、应急堆芯冷却系统、安全壳喷淋系统和安全壳氢气控制系统等。

3.11 执行设施 execute features

接到来自监测指令设施的信号后执行与安全功能直接或间接有关的某一功能的电气和机械设备及其连接部件。执行设施的范围从监测指令设施输出端起到(并且包括)执行装置与过程的耦合处为止。

3.12 隔离装置 isolating device

能防止电路中某一部分失常导致该电路其余部分或其他电路产生不可接受的影响的装置。

3.13 负载组 load group

一个序列内由一个公共电源供电的母线、变压器、开关设备和负载的组合。

3.14 优先电源 preferred power supply

在事故和事故后工况下,从输电系统优先给安全级电力系统供电的电源。

3.15 保护动作 protective action

使某个特定的安全驱动器动作的保护系统动作。

3.16 安全级构筑物 safety class structures

为保护安全级设备免受设计基准事件影响而设计的构筑物。

3.17 安全组 safety group

完成某一特定假设始发事件条件下所必需的全部动作的设备组合,其使命是防止该事件的后果超过设计基准规定的限值。

3.18 监测指令设施 sense and command features

用以产生与安全功能直接或间接有关的信号的电气和机械设备及其连接部件。它的范围从被测过程变量起到执行设施输入端为止。

3.19 备用电源 standby power supply

当优先电源不能使用时,用于供应电力的电源。

3.20 机组 unit

一个核蒸汽供应系统及其有关的汽轮发电机组、辅助设备和专设安全设施。

4 主要设计准则

4.1 总则

安全级电力系统应设计成能保证设计基准事件不会引起:

- a) 一些专设安全设施、监视设备或保护系统设备失电而导致不能执行要求的安全功能;
- b) 能产生反应堆功率瞬变的设备失电,这种功率瞬变能导致燃料包壳或反应堆冷却剂压力边界严重损坏。

4.2 安全系统与安全级电力系统之间的关系

安全级电力系统中为安全系统执行其安全功能服务的部分应满足核电厂安全系统的要求。在安全级电力系统内无直接安全功能而只是为了增加安全级电力系统的可用性和可靠性而设置的其他部件、设备和系统,应满足安全系统的某些要求,以保证这些部件、设备和系统不使安全级电力系统的性能降低到可接受的水平之下。这些部件、设备和系统不一定要满足 GB 13284 规定的一些准则,例如运行旁通、维修旁通和旁通指示,但应进行分析以保证,当使用这些部件、设备和系统时,任何操作或故障的后果均是安全级电力系统可接受的。

提供某种保护动作(例如安全壳完整性保护)或提供隔离保护所要求的部件、设备和系统应满足 GB 13284 的全部要求。

图 2 表示了典型的安全功能和安全级电力系统之间的关系。

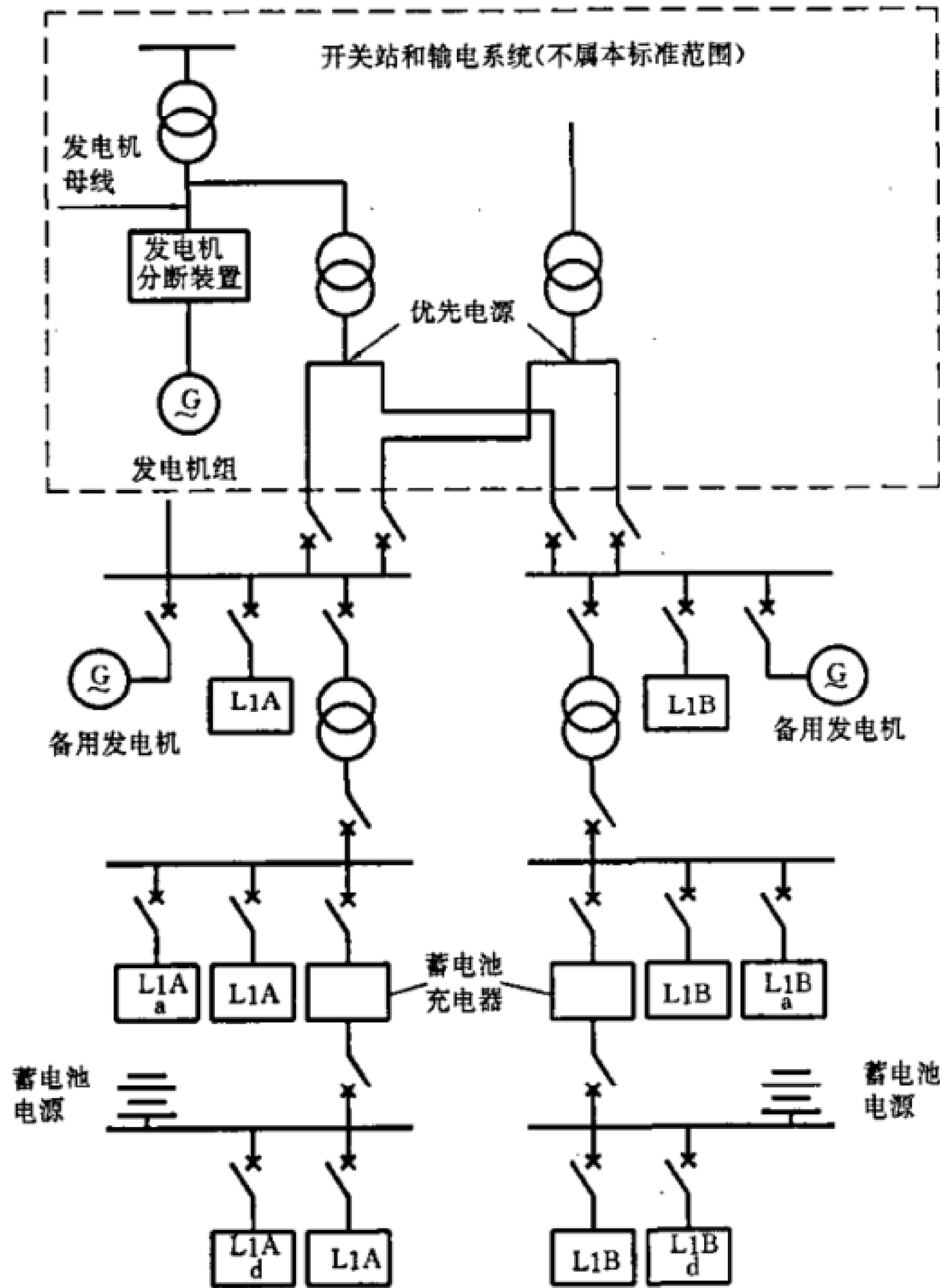
图 3 表示了安全级电力系统及其部件。

表 1 本标准适用的系统中包括的物项

基 本 单 元		示 例
动力源	电源	备用发电机 蓄电池组
	部件和配电设备	变压器 母线 开关柜 电缆 蓄电池充电器 逆变器

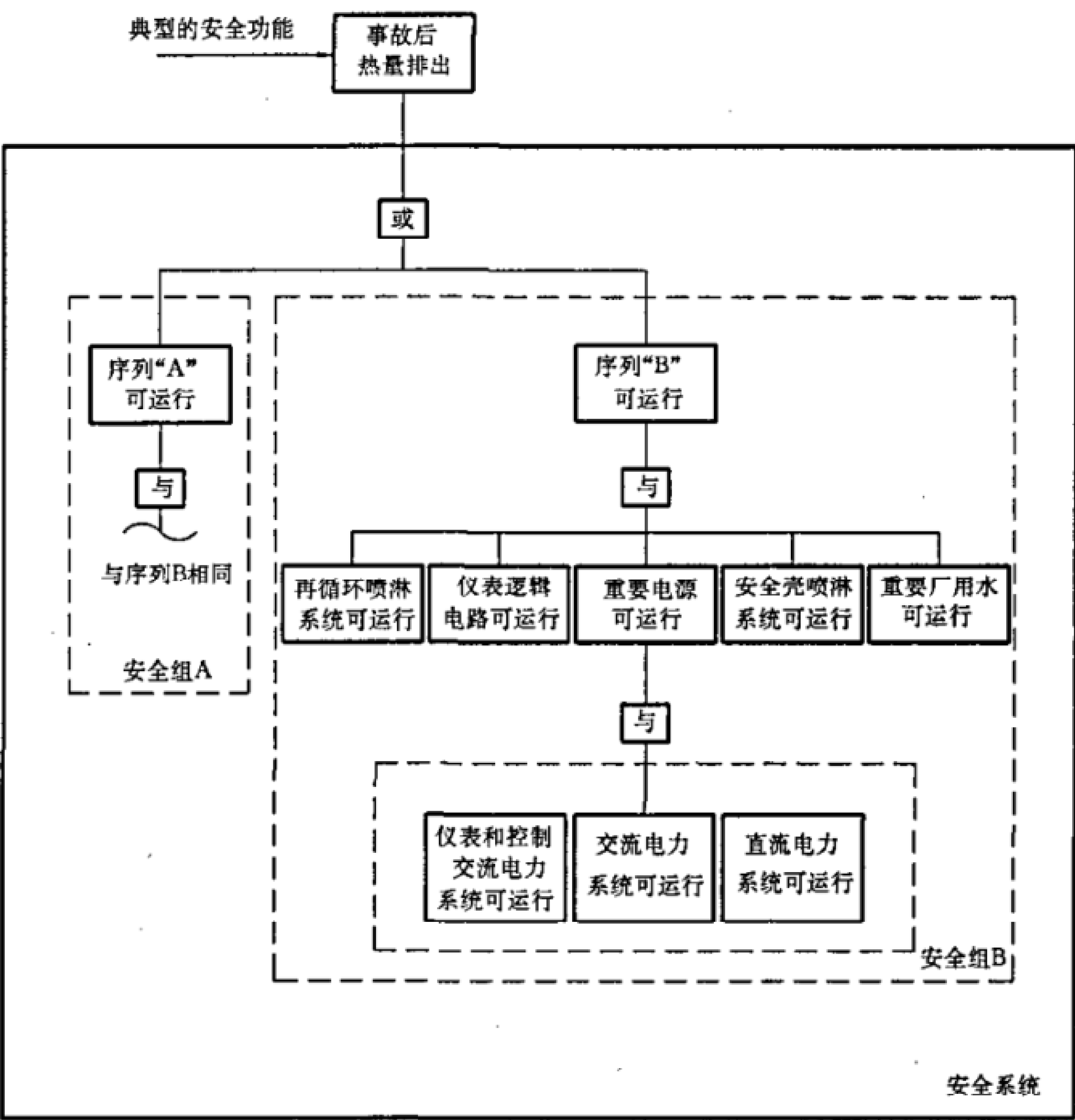
表 1(完)

基 本 单 元		示 例
执行设施	驱动器	断路器 控制器 控制继电器 控制开关 控制阀
	执行装置	电动机 电磁线圈 加热器
监测指令设施	仪表、控制和电气保护器件(与电源和配电设备有关的)	监视指示器 开关 电流互感器 电压互感器 传感器 保护继电器 频率继电器 微处理器



注：L1A 和 L1B—冗余负载；L1Aa 和 L1Ad—L1A 的附属设备；L1Ba 和 L1Bd—L1B 的附属设备；a—交流负载；d—直流负载。

图 1 具有两个 100%容量序列的单机组安全级电力系统的例子



注：每个序列由一个 100%容量的系统组成，所以每个安全组只需一个序列即可完成安全功能。

图 2 典型的安全功能

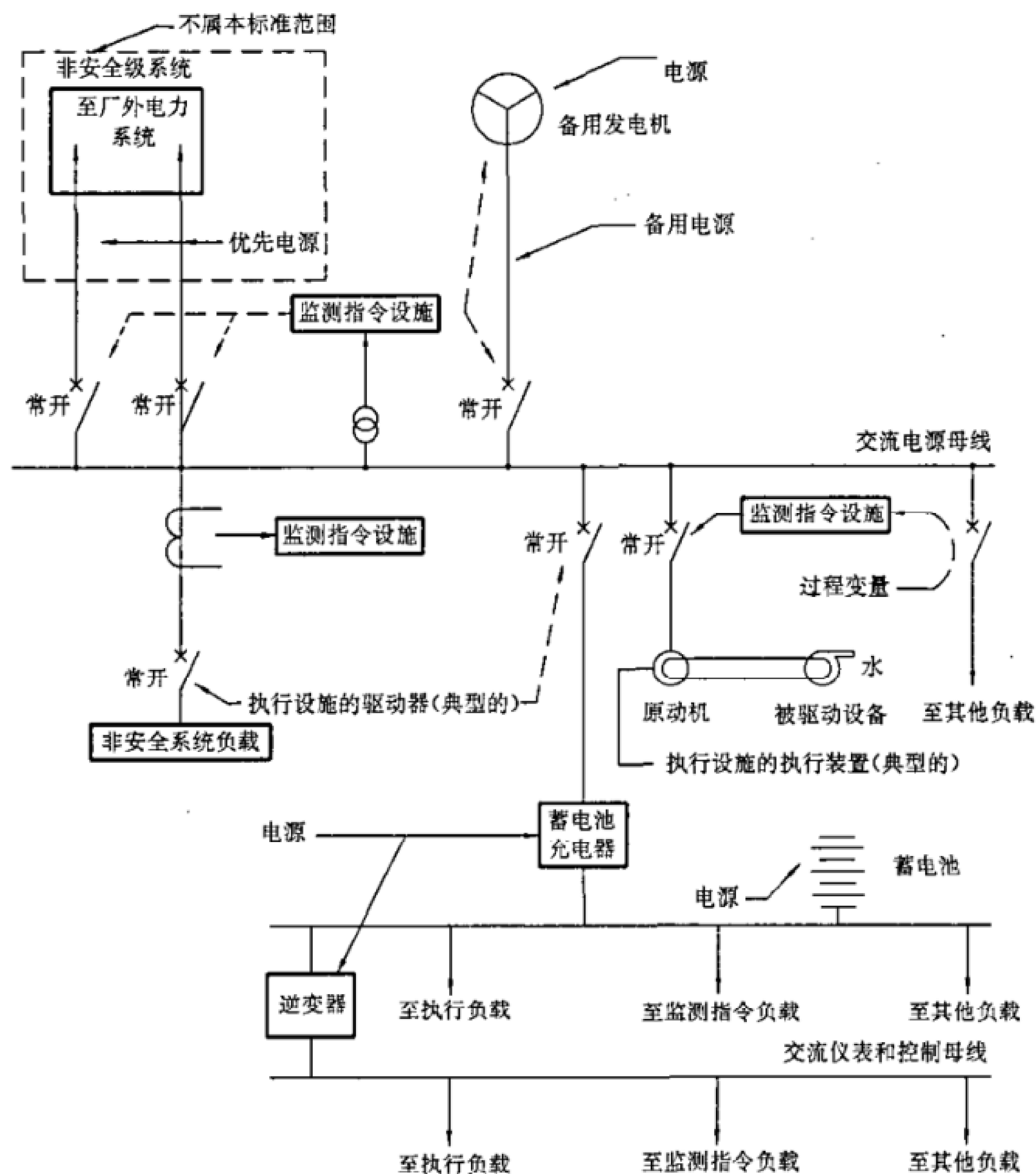


图3 说明安全级电力系统一个序列的简化电气单线图

4.3 设计基准事件的影响

为机组确定的设计基准事件应指出能对安全级电力系统产生有害影响的假设事件。应规定那些事件的严重性和预计的结果。当受到任何设计基准事件的影响时，所要求的安全级电力系统应能执行其功能。

4.4 设计基准

应对每一座核电厂的安全级电力系统规定一个特定的设计基准，至少包括：

- 要求安全级电力系统运行的工况；
- 安全级电力系统运行的驱动信号；
- 接至安全级母线和备用电源的负载清单；
- 安全级电源的启动顺序和带负载的时间曲线；
- 当受到上条所述顺序的事件的作用时，适用于备用发电机及其原动机的时间、电压、速度和其他限值；
- 能在实体上损坏安全级电力系统或导致系统性能降低而为此必须要采取措施的失常、事故、环境条件和运行方式(见表2)；
- 在设备必须工作的正常、异常和事故工况期间能量供应和环境(例如电压、频率、湿度、温度、压力和振动等)的允许瞬态变化范围和稳态值范围；

- h) 系统或设备的最低性能准则(例如备用电源启动时间、低电压继电器准确度、电压调节限值、负荷限值和蓄电池充电时间和电压等);
- i) 允许部分安全级电力系统停止运行或断开的工况(例如差动继电器动作,柴油机超速);

表 2 失常、事故等的例子

自然现象	地震 风 台风 龙卷风	雨、冰和雪 洪水 雷击 极端温度条件
假设现象	假设事故环境(温度、湿度、压力、化学性能和辐射) 火灾 事故产生的飞射物、甩管 消防系统运行 事故产生的洪水、喷淋或喷射 假设丧失优先电源并同时发生以上任一事件 单个设备失常 能引起多个设备失常的单个动作、事件、部件故障或电路故障 单个设备维修停役	

4.5 供电质量

在电厂任何运行方式下安全级电力系统的电压、频率和波形变化不得使任何安全系统负载的性能降低到可接受的水平之下。

4.6 指示器和控制器件的布置地点

设计应在主控制室提供控制器件和指示器,并且应在主控制室之外提供下列设备的控制和指示设备:

- a) 将安全级母线切换至优先电源或备用电源的断路器;
- b) 备用电源;
- c) 为了使电厂处于安全停堆工况所必需的断路器、接触器和其他设备。

4.7 标识

对安全级电力系统的部件及其有关设计、运行和维修的文件应按 GB/T 12790 的要求清晰地作标记或加标签。

4.8 独立性

设备和电路的独立性应符合 GB/T 13286 保障安全级电气设备和电路独立性的要求。

4.9 设备质量鉴定

安全级电力系统的设备应通过型式试验、以前的运行经验、分析或以上三种方法的任何组合进行质量鉴定,以证实该设备能连续地满足设计基准中规定的性能要求。安全级电力系统的设备应按 GB/T 12727的要求进行质量鉴定。

4.10 单一故障准则

安全级电力系统应在下列情况下为完成某一设计基准事件所需要的全部安全功能服务:

- a) 安全级电力系统内存在任何单一可探测故障,并同时存在所有可证实但不可探测的故障;
- b) 存在由单一故障引起的所有故障;
- c) 存在导致需要安全功能的设计基准事件或由它引起的所有故障和系统误动作。单一故障准则适用于安全级电力系统,而不管控制是自动的还是手动的,见 GB/T 13626。

可用安全级电力系统概率风险评价证明应用单一故障准则时无需考虑某些假设故障。概率风险评价的目的是排除对不可信事件和故障进行考虑的必要性,但不能用它来代替单一故障准则。GB/T 7163 和 GB/T 9225 对概率风险评价提供了指导。

当有适当的证据表明满足单一故障准则的某一设计可能不满足核电厂安全系统所有可靠性要求时,对安全系统应进行概率风险评价,评价时不能只限于考虑单一故障。若评价表明不满足设计基准的可靠性要求,则应在设计中采取措施,或进行修改以保证系统满足规定的可靠性要求。

4.11 非安全级电路连接

不宜将非安全级电路与安全级电力系统相连接。但是,如果进行了连接,则非安全级电路只能限于由可靠备用电源供电的负载。如果非安全级电路由安全级电力系统供电,则安全级电力系统的性能不得降低到本标准规定的可接受的水平之下。这些非安全级电路应满足独立性和隔离要求,见GB/T 13286。

4.12 接达管理

设计中应考虑能对接达安全级电力系统的设备区域进行行政管理。

4.13 贯穿安全壳的电路

在核电厂正常运行期间或在要求安全壳隔离的任何设计基准事件期间,贯穿安全壳的电路的任何故障不应引起超过该电路安全壳贯穿件的电流与持续引起的发热量限值。进一步指导见GB/T 13538和EJ/T 639。

5 补充设计准则

5.1 安全级电力系统

5.1.1 描述

安全级电力系统应由一个交流电力系统、一个直流电力系统及一个仪表和控制用电力系统组成。图1示出了单机组核电厂安全级电力系统的一种可能配置的例子。

5.1.2 功能

安全级电力系统应在设计基准所规定的工况下提供可接受的电力以便支持安全系统的运行。

5.1.3 相互连接

优先电源与备用电源连接的时间应限制在进行备用电源试验所要求的时间。

5.2 交流电力系统

5.2.1 总则

交流电力系统包括可向安全级交流负载和控制设备提供交流电力的电源和配电系统。为有助于防止发生单一设计基准事件引起电厂安全级电力系统内的冗余设备不能工作的事件,设计中应采用实体分隔、电气隔离、冗余及合格的设备等措施。设计要求应包括(但不限于):

- a) 安全级电气负载应分成两个或两个以上的冗余负载组;
- b) 每个负载组的保护动作应独立于冗余负载组提供的保护动作;
- c) 每个冗余负载组应既能接至优先电源,也能接至备用电源;

d) 如果在设计基准工况下,负载组失去公用电源所产生的后果是可以接受的,则两个或两个以上的负载组可共用一个电源;

e) 在备用电源的设计中,应采取措施以使任何设计基准事件不会导致冗余发电机电源发生故障。另外,设计应将与单一负载组连接的优先电源和备用电源的共因故障减至最少。

5.2.2 配电系统

5.2.2.1 描述

配电系统包括配电电路中从馈电断路器到负载的所有设备。

5.2.2.2 容量

对设计基准中规定的电厂所有工况,每条配电电路能输送足够的电能使该电路中需要的所有负载启动和运行。

5.2.2.3 独立性

冗余设备的配电电路应按照安全级电气设备和电路独立性的规定(见GB/T 13286),在实体和电

气上保持相互独立。冗余的安全级电源之间不应设置自动切换负载的设施。

5.2.2.4 辅助设备

与一个负载组有关的设备运行所需的辅助设备应由同一段相关母线供电,以防止由于一个负载组失电而引起另外一个负载组丧失设备功能。

5.2.2.5 馈电线

在安全级电力系统与非安全级构筑物中的电力系统之间的馈电线上,应在安全级构筑物中设置安全级断路器。

5.2.3 优先电源

优先电源由从输电系统到安全级配电系统的两条或两条以上的电路组成。它不属于安全级系统。

优先电源电路可以在所有运行工况下使用,向电厂安全级和非安全级母线供电。每一个优先电源,当用于正常运行工况时,其容量应能同时提供预计的安全级和非安全级稳态和瞬态最大负载要求,见 GB/T 13177。

5.2.4 备用电源

5.2.4.1 描述

每个备用电源系统在失去优先电源情况下为所需的安全系统提供电能。备用电源由从储备的能源(燃料)到接至配电系统的馈电断路器的所有部件(例如与原动机、发电机有关的启动系统、冷却系统、激磁和电压调节系统及就地控制、保护和监视系统等)组成,见 EJ/T 625。

5.2.4.2 容量

每个备用电源都应能按要求的顺序向所有需要安全系统负载供电或使它们启动并加速到额定转速。柴油发电机组要满足规定的要求,见 EJ/T 625。

5.2.4.3 独立性

一个备用电源中的任何部件的故障,不得危及其余备用电源的能力,也不得危及其他电源向必需的安全系统负载供电、使它们启动和运行的能力。

每个备用电源都应设有自动地与一个安全级负载组相连接的设备,但不允许设有自动地与任何其他冗余负载组进行连接的设备。如果备有非自动相互连接的手段,则应设置避免冗余备用电源并联的措施。

与这些措施相一致,应设置自动和手动控制器件,以便:

- a) 将备用电源连接至安全级配电系统;
- b) 在需要备用电源时,从安全级电力系统断开适当的负载;
- c) 启动并给备用电源加负载。

5.2.4.4 可用性

在正常与事故工况下,优先电源失电后,备用电源应在与安全功能要求相一致的时间内投入使用。

5.2.4.5 能源储存

在现场储存的能源(燃料)应能在事故后使备用电源在下列时间中较长的时间内运行,以便向机组提供所要求的电力:

- a) 七天;
- b) 在极限设计基准事件后,从远离核电厂的地方补充能源所需要的时间。

5.2.4.6 试验设备

应按 EJ/T 625 柴油发电机组的要求设置在电厂运行时进行备用发电机启动和加载试验的手段,且:

- a) 应对仅在试验期间使用的自动停闭装置加以标识;
- b) 应设置当出现事故信号时,自动地从系统试验状态切换到运行状态的设备。
- c) 应设置在试验期间当备用发电机与厂外电源连接时探测厂外电源失电的设备。进一步指导见

EJ/T 639。

5.3 直流电力系统

5.3.1 总则

直流电力系统包括可向安全级直流负载及为安全级电力系统的控制和切换提供直流电力的电源和配电系统。为了防止发生单一设计基准事件引起电厂安全级电力系统中的冗余设备不能投入运行,在设计中应采用实体分隔、电气隔离、冗余及设备质量鉴定等措施,进一步指导见 GB/T 14546,设计要求应包括:

- a) 安全级电气负载应分成两个或两个以上的冗余负载组;
- b) 每一个负载组的保护动作应独立于冗余负载组所提供的保护动作;
- c) 每个冗余负载组应能接至由一组或多组蓄电池和一个或多个蓄电池充电器组成的电源;
- d) 每个负载组应有自己的蓄电池充电器,并且没有自动的相互连接设备。如果在设计基准工况下,负载组失电产生的后果可以接受,则两个或两个以上的充电器可共用一个交流电源;
- e) 蓄电池应设有在冗余蓄电池之间使共因故障减至最小的设施。进一步指导见 EJ/T 525.2。

5.3.2 配电系统

5.3.2.1 描述

配电系统由配电电路中从电源到负载之间所有的设备组成。

5.3.2.2 容量

每个配电电路应能输送足够的能量使那个电路中所有需要的负载启动和运行。

5.3.2.3 独立性

接至冗余设备的配电电路应按安全级电气设备和电路独立性的要求(见 GB/T 13286)实现实体和电气上的相互独立。不应在冗余负载组之间设置自动连接设备。如果备有非自动连接手段,则应设置防止冗余直流电源并联的措施。在安全级电源之间不应自动切换负载。

5.3.2.4 辅助设备

为了防止由于一个负载组失电而引起另一个负载组的设备丧失功能,操作相关设备所需要的辅助设备应从同一段相关母线供电。

5.3.2.5 馈电线

在安全级电力系统与非安全级构筑物中的电力系统之间的馈电线上,应在安全级构筑物中设置安全级断路器。

5.3.3 蓄电池电源

5.3.3.1 描述

每个蓄电池电源由蓄电池,连接器及接至配电系统电源断路器的接线所组成。(本条中,蓄电池是指为一个冗余负载组供电的一个或多个蓄电池)。

5.3.3.2 容量

每组蓄电池应确保使所要求的稳态或瞬时的负载启动和运行,其容量的确定见 EJ/T 641。

5.3.3.3 可用性

在正常运行工况和交流系统失电情况下,每组蓄电池应能立即投入使用。

5.3.3.4 独立性

每个蓄电池电源应与其他蓄电池电源相互独立。

5.3.3.5 储存的能量

当发生下列情况时,在下列任一时间内,蓄电池所储存的能量应足以使所有需要的连接负载启动和运行,并能操作所需要的断路器:

- a) 在设计基准规定的时间内,接至蓄电池充电器的交流电丧失;
- b) 接至蓄电池充电器的交流电已经恢复,蓄电池正在恢复到它的满充电状态,而所需的电力超过

蓄电池充电器的容量。

5.3.3.6 试验规定

应按 EJ/T 525.4 的规定,测试蓄电池的容量。

5.3.3.7 蓄电池的安装设计和安装准则

见 EJ/T 525.2。

5.3.4 蓄电池充电器

5.3.4.1 描述

每个蓄电池充电器包括从其与交流电源系统连接处到其配电系统电源断路器间所有的设备。(本条中,蓄电池充电器是指为一个冗余负载组提供电能的一个或多个蓄电池充电器)。

5.3.4.2 功能

当蓄电池恢复到或维持在满充电状态时,每个蓄电池充电器应能为正常运行期间和事故后运行期间所需要的连接负载的稳态运行提供电能。

5.3.4.3 容量

每个蓄电池充电器的容量应根据下述两项要求之和来确定:

a) 各种连续稳态负载的最大组合要求;

b) 使蓄电池在设计基准规定的时间内,从最小设计充电状态恢复到满充电状态所需要的充电容量,而不管电厂所需的负载状态如何。

5.3.4.4 独立性

除了在 5.3.1d) 所提到的情况以外,每个蓄电池充电器应和其他蓄电池充电器相互独立。

5.3.4.5 分断装置

为了能隔离蓄电池充电器,每个蓄电池充电器应在其交流输入馈电线上和直流输出回路中设置分断装置。

5.3.4.6 逆向保护

每一个蓄电池充电器的设计应能防止它的交流电源变成蓄电池的负载。

5.3.4.7 瞬态保护

应采取隔离保护措施防止蓄电池充电器的交流系统的瞬态变化影响直流系统,反之亦然。

5.4 仪表和控制用电力系统

5.4.1 总则

仪表和控制用电力系统(ICPS)包括为安全级仪表和控制系统负载提供交流或直流电源的供电及配电系统。

5.4.1.1 应为下列仪表和控制系统提供高可靠性的电源:

- a) 反应堆停堆系统;
- b) 专设安全设施;
- c) 辅助支持设施;
- d) 其他辅助设施。

5.4.1.2 设计要求应包括:

- a) 安全级仪表和控制负载应分成两个或多个冗余负载组;
- b) 每个负载组的保护动作应独立于其他冗余负载组所提供的保护动作;
- c) 应为仪表和控制提供两个或两个以上独立的直流电源。在每个冗余部分里,直流电源可以是安全级直流电源与仪表和控制负载共用的蓄电池;
- d) 应为仪表和控制提供两个或两个以上独立的交流电源。

5.4.2 配电系统

5.4.2.1 描述

配电系统由配电电路中从电源到负载之间所有的设备组成。

5.4.2.2 容量

每个配电电路应足以使它所有连接的负载启动和运行。

5.4.2.3 独立性

接至冗余设备的配电电路应按安全级电气设备和电路独立性的要求(见 GB/T 13286)实现实体和电气上的相互独立。不应在冗余负载组之间设置自动连接设备。如果备有非自动连接手段,则应设置防止冗余直流电源并联的措施。在安全级电源之间不应自动切换负载。

5.4.2.4 辅助设备

为了防止由于一个负载组失电而引起另一个负载组的设备丧失功能,操作相关设备所需要的辅助设备应从同一段相关母线供电。

5.4.3 蓄电池电源

蓄电池电源的要求见 5.3.3。

5.4.4 蓄电池充电器

蓄电池充电器的要求见 5.3.4。

5.4.5 交流电源

5.4.5.1 描述

每个冗余的仪表和控制系统交流电源应包括电源(如:不间断电源、逆变器、变压器等)及其与配电电路相连的分断设备。

5.4.5.2 容量

每个冗余的仪表和控制系统交流电源的容量应根据在电厂正常或事故运行期间下述两项要求之和来确定:

- a) 各种连续负载的最大组合要求;
- b) 可能同时连接至该母线上的各种非连续负载的最大组合。

5.4.5.3 独立性

每个仪表和控制系统交流电源应与其他冗余负载组的仪表和控制系统交流电源实现电气和实体上的相互独立。

5.4.5.4 监视

应提供监视仪表和控制系统交流电源状态的指示器,用于指示:

- a) 输出电压;
- b) 输出电流;
- c) 断路器和(或)熔断器的状态。

5.5 执行设施

5.5.1 总则

执行设施的例子见表 1 和图 3。执行设施包括驱动器、连接导线和电缆及执行装置,它在收到来自监测指令设施的信号后为保护动作提供电能。执行设施应满足核电厂安全系统执行设施的功能和设计要求,见 GB 13284,并应满足下列附加要求。

5.5.2 手动控制

如果需要对执行设施的任何执行装置手动控制,则实现此手动控制所必需的设备应:

- a) 是安全级的;
- b) 满足 5.5.1 的要求;
- c) 通过分析,说明不违反核电厂安全系统有关手动触发的要求,见 GB 13284。

5.6 监测指令设施

5.6.1 总则

监测指令设施的要求见 GB 13284。

5.6.2 保护装置

对执行设施的执行装置应设置保护装置,以便限制安全级执行装置的性能降低。应提供足够的指示来识别保护装置动作。如果使用保护装置可能妨碍保护动作的完成,那么只要引起安全级电力系统的性能降低是在许可的范围以内,就可以省去(或旁路)这些保护装置。

总之,安全系统的功能不包括那些通常与电路和设备相关联的故障保护。

6 监视和试验要求

6.1 监视方法

6.1.1 应提供安全级电力系统运行状态的信息,指示安全级电力系统运行状态的各种监视方法(包括定期试验)的范围、选择及应用取决于电厂本身的设计要求。表 3 中列举了安全级设备的示例性监视方法。

表 3 示例性的监视方法

安全级电气设备参数	监 视 方 法				
	连续监测				定期试验
	仪表	指示灯	信号报警器	计算机	
柴油发电机					
辅助系统	○	○	×○		P
电压	×○			×	
频率	×○			×	
电流	×○			×	
功率	×○				
无功功率	×○				
绕组温度				×	
励磁电流	×○				
励磁电压	×○				
接地			×○		
控制电压			×○		
启动能力					P
负载能力					P
断路器位置		×○	×	×	P
保护继电器			×		P
配电装置母线					
电压	×○			×	
进线电流	×○			×	
接地			×		
电源断路器位置		×○	×	×	P
控制电压			×		
保护继电器			×		P
电压蓄电池					
电流	○				
断路器打开			×		
试验断路器闭合			×		
蓄电池充电器					
输出电压	○		×		

表 3(完)

安全级电气设备参数	监 视 方 法				
	连续监测				定期试验
	仪表	指示灯	信号报警器	计算机	
输出电流	○				
直流电源故障			×		
交流电源故障			×		
断路器打开			×		
直流电压高(继电器打开主交流电源断路器)					
直流母线					
电压	×○		×		
接地	○		×		
母联断路器闭合			×		
注					
×: 表示在主控制室里采用的方法。					
○: 表示在主控制室外采用的方法。					
P: 定期试验是所指明的连续监视的一种补充或替代方法。					

6.1.2 需要在主控制室外面控制的安全级电力系统也应在主控制室外(例如,在设备本身上,在其电源处或在另一个位置)提供其运行状态的信息。

6.1.3 应在主控制室向运行人员提供有关执行设施状态的准确、完整和及时的信息,包括保护动作的指示和执行设施不可用状态的指示。

6.2 设备运行前试验和检查

6.2.1 在设备运行前应对已安装好的所有部件和已校准调整好的所有仪表以及保护装置进行试验与检查,以证明:

- a) 所有部件是正确的,安装也是恰当的;
- b) 所有连接是正确的,电路是连续的;
- c) 所有部件都可运行;
- d) 所有冗余部件都能单独试验。

6.3 系统运行前试验

在系统运行前应对已安装好的所有设备进行试验。试验应证明设备能在设计限值范围内运行,系统可以运行并且能满足性能指标要求。这些试验应在设备的运行前试验之后进行,并应证明:

- a) 优先电源能带同时要求的所有安全级和非安全级负载正常运行;
- b) 能检测到优先电源失电;
- c) 能启动每一个备用电源,并且能在设计基准规定的时间内承载设计负荷;
- d) 安全级冗余电源和它们的相关负载组与其他电源相互之间保持独立,同时保持可接受的电压调节;
- e) 能进行优先电源与备用电源之间的切换;
- f) 在没有充电器投入运行的情况下,直流电源蓄电池能满足它们所连接负载的设计要求;
- g) 每一个蓄电池充电器应有足够的容量来满足各种连续稳态负载的最大组合要求;再加上在设计基准规定的时间内使蓄电池从设计的最低充电状态恢复到满充电状态的充电容量。

有关这些试验性能的进一步指导见 EJ/T 519。

6.4 定期试验

6.4.1 定期试验应按预定的时间间隔进行;

- a) 在实际限值范围内探测出设备向不可接受状态变坏的趋势;
- b) 证明备用电源设备及其他在电厂正常运行期间没有投入使用的设备是可运行的;
- c) 对安全级设备的试验应进行规划,以保证在任何时间都有足够的设备可投入使用,以便执行安全功能。

6.4.2 这些试验应按 GB 5204 规定的时间间隔进行。

7 多机组电厂的考虑

7.1 总则

如果符合本章规定,多机组电厂的各机组可以共用安全级电源。

7.2 准则

7.2.1 如果符合以下条件,允许在多机组电厂中共用安全级电力系统:

a) 对每一个设计基准事件,有最少量的专设安全设施可以使用。共用的安全级电力系统不应损害执行所需安全功能的能力;

b) 证明在一台机组上发生单一故障不损害其他机组执行所需安全功能的能力。

7.2.2 设计中应采取措施,保证一台机组中发生单一故障或瞬态不会对其他机组产生不利影响或蔓延至其他机组,以致妨碍共用系统执行所需的安全功能。

7.2.3 应假定在各台机组中同时发生单一故障或在共用系统中发生单一故障是设计基准的一部分,并要满足 7.2.2 的要求。

7.3 备用电源容量

共用备用电源的容量应能足以使一台机组上发生设计基准事件需要的所有安全系统投入运行,同时满足在其他机组上发生误信号要求安全系统运行或要求机组安全停闭所需的电力。

7.4 蓄电池电源

在多机组电厂中不应共用安全级直流系统,除非能证明这样的共用不会损害它们执行其安全功能的能力。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
核电厂安全级电力系统准则
GB/T 12788—2000

*

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 1½ 字数 36 千字
2000年7月第一版 2000年7月第一次印刷
印数 1—1 000

*

书号: 155066·1-16777

*

标 目 414—29

www.bzxz.net

免费标准下载网