

安
全

标
准

安 全
丛 书

核动力厂安全法规：
设计

核安全标准(NUSS)计划出版物



国际原子能机构安全丛书分类

根据已采用的新的分类法,国际原子能机构安全丛书内的各种出版物分为以下几类:

安全基本法则(银白色封面)

刊载用以确保安全的基本目标、概念和原则。

安全标准(红色封面)

刊载为确保特定活动或特殊应用领域足够安全而必须满足的基本要求。

安全导则(绿色封面)

刊载基于国际经验提出的关于实现基本要求的建议。

安全实践(蓝色封面)

刊载能够用来实施安全标准或安全导则的使用实例和详细方法。

安全基本法则和安全标准是经国际原子能机构理事会核准出版的;安全导则和安全实践是经国际原子能机构总干事批准出版的。

另一类安全报告(紫色封面)刊载关于安全问题的各专家组自己的报告,包括新原则、新概念的发展以及重大问题和事件。这些报告经原子能机构总干事批准出版。

国际原子能机构的其他一些出版物也载有对安全重要的资料,特别是会议文集丛书(载有在专题讨论会和会议上提出的论文)、技术报告丛书(重点在工艺方面)和本机构技术文献丛书(通常载有原始资料)。

核动力厂安全法规：
设 计

下列国家是国际原子能机构的成员国：

阿富汗	海地	巴拿马
阿尔巴尼亚	教廷	巴拉圭
阿尔及利亚	匈牙利	秘鲁
阿根廷	冰岛	菲律宾
澳大利亚	印度	波兰
奥地利	印度尼西亚	葡萄牙
孟加拉国	伊朗伊斯兰共和国	卡塔尔
比利时	伊拉克	罗马尼亚
玻利维亚	爱尔兰	沙特阿拉伯
巴西	以色列	塞内加尔
保加利亚	意大利	塞拉利昂
白俄罗斯苏维埃社会主义共和国	牙买加	新加坡
喀麦隆	日本	南非
加拿大	约旦	西班牙
智利	肯尼亚	斯里兰卡
中国	大韩民国	苏丹
哥伦比亚	科威特	瑞典
哥斯达黎加	黎巴嫩	瑞士
科特迪瓦	利比里亚	阿拉伯叙利亚共和国
古巴	阿拉伯利比亚民众国	泰国
塞浦路斯	列支敦士登	突尼斯
捷克斯洛伐克	卢森堡	土耳其
民主柬埔寨	马达加斯加	乌干达
朝鲜民主主义人民共和国	马来西亚	乌克兰苏维埃社会主义共和国
丹麦	马里	苏联社会主义共和国联盟
多米尼加共和国	毛里求斯	阿拉伯联合酋长国
厄瓜多尔	墨西哥	大不列颠及北爱尔兰联合王国
埃及	摩洛哥	坦桑尼亚联合共和国
萨尔瓦多	蒙古	美利坚合众国
埃塞俄比亚	缅甸	乌拉圭
芬兰	纳米比亚	委内瑞拉
法国	荷兰	越南
加蓬	新西兰	南斯拉夫
德意志民主共和国	尼加拉瓜	扎伊尔
德意志联邦共和国	尼日尔	赞比亚
希腊	尼日利亚	津巴布韦
危地马拉	挪威	
	巴基斯坦	

本机构的《规约》于 1956 年 10 月 23 日经在纽约联合国总部举行的国际原子能机构规约会议通过，并于 1957 年 7 月 29 日生效。本机构的总部设在维也纳。本机构的主要目标是“加速和扩大原子能对世界和平、健康及繁荣的贡献”。

© IAEA, 1990 年

需要翻印或翻译本出版物中所含的资料时，请按下述地址与国际原子能机构书面联系，以取得本机构的许可：Wagramerstrasse 5, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria

国际原子能机构印于奥地利
1990 年 7 月

序

总干事

只要能够确保核动力的安全使用并觉察到这确有保证,就完全能确立核动力的地位并可望其成为许多国家能源计划中更加重要的组成部分。虽然曾发生过一些事故,核动力工业总的来说保持着良好的安全记录。然而,改进总是可能的和必要的。安全并不是一种静止的概念。

由于认识到核动力工业安全的重要性,并希望能设法取得更好的安全记录,国际原子能机构于1974年制定了一项计划,以便在核动力反应堆的许多安全方面向其成员国提供指导。根据这项核安全标准(NUSS)计划,从1978年至1986年,以国际原子能机构安全丛书的形式出版了大约60种涉及放射安全的法规和安全导则。迄今,NUSS计划仅限于为生产动力而设计的陆上固定式热中子反应堆动力厂。

为了考虑自NUSS计划的第一份出版物问世以来所吸取的教训,在1986年决定修订和再版上述法规和安全导则。在最初编写这些出版物以及后来修订的过程中,均已注意到确保所有成员国、尤其是那些正在执行核动力计划的成员国能够提供它们的信息。曾进行过几次独立的审查,其中包括核安全标准咨询组的一次终审。1988年6月,理事会核准了经修订的法规。在修订过程中,根据国际间协商一致的意见,已将工艺和分析方法方面的某些新进展编入法规。希望经过修订的法规将得到应用,并希望各成员国在本国的法律和管理体制中把这些法规作为动力堆安全管理的基础加以接受和尊重。

凡愿意同国际原子能机构签订协议,以便在核动力厂的选址、设计、建造、调试、运行或退役方面从本机构获得援助的成员国,都将被要求遵守法规和安全导则中与该协议所涉及活动有关的那部分规定。但是应当承认,任何许可证审批程序中的最终裁决和法律责任均由各成员国决定。

这些法规和安全导则的表述方式使成员国在需要时即能把这些法规和安全导则的内容直接应用于它所管辖的各项活动。因此,按照法规和导则的实施惯例并根据高级顾问组的建议,行文中分别采用了“必须”和“应该”二词,供使用者区分是严格的要求还是希望的选择。

五种法规涉及下列题目:

- 一政府机构;
- 一选址;
- 一设计;
- 一运行;
- 一质量保证。

这五种法规确定了为确保核动力厂充分安全运行应达到的目标和基本要求。

出版安全导则是为了向成员国说明实施有关法规特定部分的可接受的方法。如果所采用的方法和解决办法是与这些导则所规定的不同,只要它们能提供至少是同等的保证,使核动力厂的运行不会给广大公众和厂区人员的健康和安全带来过分的风险,那么这些方法和解决办法也是可以接受的。虽然这些法规和安全导则为安全奠定了必要的基础,但它们还可能需编入一些符合各国实情的更加详细的要求。此外,还有一些特殊问题需要专家们逐一进行评定。

必要时,这些出版物还可以供成员国的管理机构和有关的其他机构使用。为了全面理解其中任何一种出版物的内容,有必要参阅有关的其他法规和安全导则。必要时还应查阅国际原子能机构的其他安全出版物。

易裂变物质和放射性物质以及整个核动力厂的实体保卫仅在必要时提及,但未作详细讨论。工业安全和环境保护的非放射性方面的问题也未作明确的阐述。

NUSS 出版物所提出的要求和建议可能不完全适用于较老的动力厂。能否将这些要求和建议应用于此类动力厂,必须根据本国的具体情况逐一作出决定。

如何订购国际原子能机构的出版物

已在下述国家指定了一家 IAEA 出版物的专卖代理商，一切订购和查询事宜均可与该代理商联系：

美国 UNIPUB, 4611-F Assembly Drive, Lanham, MD 20706-4391

在下述国家，IAEA 出版物可通过所列出的代理商或书商或你所在地区的主要书商购买。可以使用当地流通货币付款，也可以使用联合国教育科学及文化组织的书券。

阿根廷	Comisión Nacional de Energía Atómica, Avenida del Libertador 8250, RA-1429 Buenos Aires
澳大利亚	Hunter Publications, 58 A Gipps Street, Collingwood, Victoria 3066
比利时	Service Courrier UNESCO, 202, Avenue du Roi, B-1060 Brussels
智利	Comisión Chilena de Energía Nuclear, Venta de Publicaciones, Amunátegui 95, Casilla 188-D, Santiago
中国	IAEA Publications in Chinese: China Nuclear Energy Industry Corporation, Translation Section, P.O. Box 2103, Beijing IAEA Publications other than in Chinese: China National Publications Import & Export Corporation, Deutsche Abteilung, P.O. Box 88, Beijing
捷克斯洛伐克	S.N.T.L., Mikulandska 4, CS-116 86 Prague 1
法国	Alfa, Publishers, Hurbanovo námestie 3, CS-815 89 Bratislava Office International de Documentation et Librairie, 48, rue Gay-Lussac, F-75240 Paris Cedex 05
匈牙利	Kultura, Hungarian Foreign Trading Company, P.O. Box 149, H-1389 Budapest 62
印度	Oxford Book and Stationery Co., 17, Park Street, Calcutta-700 016 Oxford Book and Stationery Co., Scindia House, New Delhi-110 001
以色列	Heiliger & Co. Ltd, 23 Keren Hayesod Street, Jerusalem 94188
意大利	Libreria Scientifica, Dott. Lucio de Blasio "aeiou", Via Meravigli 16, I-20123 Milan
日本	Maruzen Company, Ltd, P.O. Box 5050, 100-31 Tokyo International
巴基斯坦	Mirza Book Agency, 65, Shahrah Quaid-e-Azam, P.O. Box 729, Lahore 3
波兰	Ars Polona-Ruch, Centrala Handlu Zagranicznego, Krakowskie Przedmiescie 7, PL-00-068 Warsaw
罗马尼亚	Ilexim, P.O. Box 136-137, Bucharest
南非	Van Schaik Bookstore (Pty) Ltd, P.O. Box 724, Pretoria 0001
西班牙	Díaz de Santos, Lagasca 95, E-28006 Madrid Díaz de Santos, Balmes 417, E-08022 Barcelona
瑞典	AB Fritzes Kungl. Hovbokhandel, Fredsgatan 2, P.O. Box 16356, S-103 27 Stockholm
联合王国	Her Majesty's Stationery Office, Publications Centre, Agency Section, 51 Nine Elms Lane, London SW8 5DR
苏联	Mezhdunarodnaya Kniga, Smolenskaya-Sennaya 32-34, Moscow G-200
南斯拉夫	Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, P.O. Box 36, YU-11001 Belgrade

在那些还没有指定代理商的国家，订购和索取资料可直接与本机构下述部门联系：



Division of Publications
International Atomic Energy Agency
Wagramerstrasse 5, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria

目 录

定义	1
1. 引言	9
目的(101-102)	9
范围(103-106)	9
2. 安全原则	10
安全目标(201-203)	10
纵深防御(204-209)	10
3. 一般的设计准则	11
辐射防护(301-304)	11
安全功能(305-307)	12
动力厂安全特征(308-309)	12
设计基准(310-314)	13
严重事故(315-317)	14
动力厂的质量(318-321)	14
在役试验、维护、修理、检查和监测 的措施(322-323)	15
系统和部件的可靠性设计(324-346)	15
操作员作业优化的设计(347-353)	19
向最终热阱的输热(354-356)	19
防火和防爆(357-359)	20
与设备故障有关的影响(360-361)	20
多堆核动力厂中构筑物、系统和部件 的共用(362)	20
含可裂变材料或放射性物质的系统(363)	21
撤离路线和通信手段(364-366)	21
核动力厂入口的控制(367)	21
退役(368)	21
4. 反应堆堆芯	21
反应堆设计(401-402)	21
燃料元件(403-405)	22
反应堆堆芯控制(406)	22
反应堆停堆(407-414)	22
5. 反应堆冷却剂系统	23

反应堆冷却剂系统的设计(501—505)	23
一回路压力边界的在役检查(506—509)	24
反应堆冷却剂的装量(510)	24
反应堆冷却剂的净化(511)	24
堆芯余热的排出(512—513)	24
应急堆芯冷却(514—515)	25
应急堆芯冷却系统的检查和试验(516)	25
6. 信息和控制设施	25
一般要求(601—603)	25
控制室(604—606)	26
补充控制点(607)	26
应急控制中心(608)	26
7. 保护系统	27
保护系统的功能(701)	27
保护系统的可靠性和可试验性(702—705)	27
保护系统和控制系统的分隔(706)	27
8. 应急动力源(801—803)	28
9. 安全壳系统	28
安全壳系统的用途(901—902)	28
安全壳结构的强度(903)	28
安全壳的泄漏(904—905)	29
安全壳压力试验的能力(906)	29
安全壳贯穿件(907—908)	29
安全壳的隔离(909—911)	29
安全壳的空气闸门(912—913)	30
安全壳的内部构筑物(914)	30
安全壳的排热(915)	30
安全壳内大气的净化(916—917)	30
包覆层和涂层(918)	30
10. 辐射防护	31
原则(1001—1002)	31
辐射防护的设计(1003—1007)	31
辐射监测的手段(1008—1009)	32
放射性废物的处理(1010—1011)	32
液体放射性物质向环境释放的控制(1012)	33
气载放射性物质的控制(1013—1014)	33

11. 燃料装卸和贮存系统	33
未辐照燃料的装卸和贮存(1101)	33
辐照燃料的装卸和贮存(1102)	33
12. 设计确认	34
安全分析(1201-1205)	34
设备的合格鉴定(1206-1207)	35
质量保证(1208)	35
附件: 假想始发事件	36
参与人员名单	39
NUSS 计划书目	43
与核动力厂安全有关的国际原子能机构出版物选录	49

定 义

在 NUSS 计划中拟采用下述定义,它们与国际上其他场合使用的定义不一定相同。

在许多 NUSS 出版物中都采用下述八条定义,它们之间的相互关系如附图所示。

运行状态

符合正常运行或预期运行事件定义的状态。

正常运行

核动力厂在规定的运行限值和条件范围内的运行,包括停堆状态、功率运行、停堆、启动、维护、试验和换料等。

预期运行事件^①

预期在动力厂运行寿期内出现一次或数次的所有偏离正常运行的运行过程,但由于设计时已采取了应有的措施,这种偏离不会使安全重要物项产生任何明显的损坏,也不会导致事故工况。

事故(或事故状态)

根据事故工况或严重事故所定义的一种状态。

事故工况

偏离运行状态,在这种运行状态时,应有的设计特征使放射性物质的排放保持在可接受的限值内。这种偏离不包括严重事故。

设计基准事故

按已制定的设计准则设计核动力厂时所考虑的事故工况。

严重事故

超出包括那些引起堆芯明显退化在内的事故工况的核动力厂状态。

① 预期运行事件的例子是失去正常电源,以及汽轮机跳闸、正常运行的动力厂中个别物项功能失常、控制设备中个别物项失灵和主冷却剂泵失去动力源之类的故障。

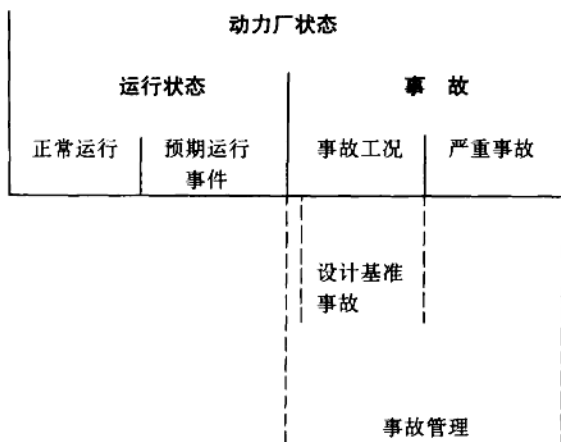
② 偏离可以是较多的燃料元件破损、失水事故等。

事故管理

事故管理是指在下述各期间采取一系列的措施:

- 一在超出动力厂设计基准之前,在事件序列的发展期间,或
- 一在未发生堆芯退化的严重事故期间,或
- 一在发生堆芯退化后,

以便使动力厂恢复到可控安全状态和减轻事故的一切后果。



设计领域中常用的一些术语(包括下面定义的五個术语)之间的关系见下面的简图。

核安全(或简称安全)

达到适宜的运行工况,预防事故或减轻事故后果,从而保护厂区人员、公众和环境免受过大的辐射危险。

安全系统^③

对安全是重要的一些系统,其前提是要能保证反应堆安全停堆或排出堆芯余热,或限制预期运行事件和事故工况的后果。

保护系统

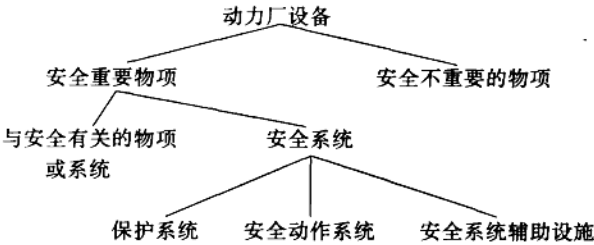
由从传感器一直到执行机构输入端的所有电器件、机械器件和线路组成的产生保护信号的系統。

安全动作系统

当受到保护系统触发时为完成所需的安全动作而要求的一批设备。

安全系统辅助设施

为保护系统和安全动作系统提供所需的各種服务(如冷却、润滑和供能)的一批设备。



安全功能

为了安全必须完成的某一特定目的^④。

③ 安全系统由保护系统、安全动作系统和安全系统辅助设施组成。安全系统的部件可能仅用于完成安全功能,或可能在动力厂某些运行状态下完成安全功能并在动力厂其他运行状态下完成非安全功能(见该条定义后面的附图)。

④ 安全功能项目单载于《安全导则 50-SG-D1》中。

安全系统整定值

系指应有的自动保护装置的那些动作点,这些保护装置拟用于触发动作,以防在预期运行事件和事故工况时超过规定的安全限值。

安全组

用以完成某一特定假想始发事件所需的全部动作的设备组合,以确保不超过设计基准对这个事件所规定的限值。

厂区、厂址

动力厂的所在地,它有确定的边界,并在动力厂管理者的有效管辖之下。

厂区人员

在厂区内工作的全部人员,包括正式的和临时的。

单一故障

使某个部件不能执行其预定安全功能的一起随机故障。由某个单一随机事件引起的所有继发性故障,均应视为该单一故障的组成部分。

多样性

设置冗余的部件或系统来执行一项确定的功能,而这些部件或系统集体地体现了一种或多种不同的属性^⑤。

非能动部件^⑥

功能的执行并不取决于外部输入的部件。它无运动部分,且在执行其功能中仅承受压力、温度或流体流量的变化。此外,某些以不可逆的动作或变化为基础、其功能又极其可靠的部件也可归入本类(参见能动部件)。

废物处理

通过改变废物的特性使安全性或经济性得到改善的各项操作。三种基本的处理方案是:

(a) 减少体积;

⑤ 这类属性的例子有:不同的运行工况,不同的设备规模,不同的制造者,不同的工作原理和利用不同物理方法的各类设备等。

⑥ 非能动部件的例子是热交换器、管道、容器、电缆和构筑物。必须着重指出,这一定义实际上只能是比较笼统的,能动部件的定义也是如此。某些部件,如爆破膜、逆止阀、安全阀、喷射器和一些固态电子器件等,在定为能动部件或非能动部件之前,需要对其特性进行专门研究。

- (b) 除去废物中的放射性核素;
- (c) 改变成份。

功能隔离

防止一个回路或系统的运行方式或故障对另一个回路或系统造成影响的措施。

共因故障

由单一特定事件或起因导致若干装置或部件不能执行其功能的故障^⑦。

管理机构

成员国指定的、由技术部门和其他咨询机构协助的国家管理机构或管理系统,它具有办理许可证审批,颁发许可证,并由此来管理核动力厂的选址、设计、建造、调试、运行和退役或其具体事项的法定权力^⑧。

规定限值^⑨

由管理机构确定或认可的限值。

假想始发事件

导致预期运行事件或事故工况及其继发性故障效应的被确定的事件^⑩。

检查

通过检验、观察或测量等手段确定材料、零件、部件、系统、构筑物以及工艺和程序是否符合规定要求的各种活动。

建造^⑪

系指核动力厂部件的制造及装配的过程、土建工程及构筑物的完工、部件及设备的安装和有关试验的实施。

^⑦ 例如,设计缺陷、制造缺陷、操作和维护差错、自然现象、人为事件、信号的饱和,或者由动力厂内任何其他操作或故障,或者由周围条件的变化而引起的意外级联效应。

^⑧ 该国家管理机构可以是政府本身,可以是政府的一个或几个部门,也可以是特别授予适当法定权力的一个或几个机构。

^⑨ 在 IAEA 的文件中,有时使用术语“批准限值”来代替这个术语。

^⑩ 假想始发事件的主要起因可以是可信的设备故障和操作员差错(在核动力厂内部和外部)、人为事件或自然事件。假想始发事件的技术规格书要能被核动力厂的管理机构所接受。

^⑪ 用选址、设计、建造、调试、运行和退役等术语来说明许可证审批过程的六个主要阶段。其中有些阶段可以交错进行,如建造和调试,调试和运行。

可接受的限值

可以被管理机构接受的限值。

能动部件^⑫

依靠触发、机械运动或动力源等外源工作，因而能主动地影响系统工作过程的部件(参见非能动部件)。

燃料元件

反应堆内以燃料作为其主要成分的结构上分离的最小部件。

燃料组件

在反应堆堆芯的装料和卸料期间不拆开的一组燃料元件。

冗余性

提供超过最少数量的(相同的或不同的)部件或系统,使其中任何一个部件或系统的丧失不会导致所需的整体功能的丧失。

设计(参见脚注⑪)

制定核动力厂及其组成部分的初步设计方案、详细计划、辅助计算和技术规格书的过程和结果。

实体分隔

- (1) 利用几何(距离、方位等)方法分隔,或
- (2) 靠适当的屏障分隔,或
- (3) 同时使用上述两种方法分隔。

试验

使某一物项经受一组物理的、化学的、环境的或运行的条件的考验,以便确定或验证该物项的性能是否符合规定要求。

调试(参见脚注⑪)

核动力厂的部件和系统建成后,使其运转并验证其性能是否符合设计假设和满足性能准则的过程;其中包括非核试验和核试验。

⑫ 能动部件的例子是泵、风机、继电器和晶体管等。必须着重指出,这一定义实际上只能是比较笼统的,非能动部件的定义也是如此。某些部件,如爆破膜、逆止阀、安全阀、喷射器和一些固态电子器件等,在定为能动部件或非能动部件之前,需要对其特性进行专门研究。

退役(参见脚注⑩)

核动力厂永久地退出运行的过程。

许可证

为许可进行与核动力厂的选址、设计、建造、调试、运行和退役有关的规定活动而由管理机构给申请者颁发的凭证。

选址(参见脚注⑪)

为核动力厂选择适宜厂区的过程,包括适当评价和确定有关的设计基准。

余热

放射性衰变和停堆后裂变产生的热量,以及积存在反应堆的有关构筑物和传热介质中的热量的总和。

运行(参见脚注⑫)

为了实现建厂目的而进行的所有活动,包括维护、换料、在役检查及有关的其他活动。

运行限值和条件

为保证核动力厂安全运行,经管理机构批准用以确定参数限值、设备的功能和性能及人员水平的一套规定。

运营机构

由管理机构授权运营核动力厂的机构。

质量保证

为了对将满足规定质量要求的某一物项或服务树立充分信心所需的有计划、有组织的全部活动。

最终热阱

排入余热的大气、水体或这两者的组合。