

安全丛书

No. 50-SG-04

国际原子能机构安全导则

安全导则

核动力厂的调试程序



国际原子能机构，维也纳，1987

IAEA 安全丛书分类

从安全丛书 No. 46 开始，丛书内的各种出版物将分以下四类：

(1) **IAEA 安全标准** 这类出版物包括机构理事会于 1976 年 2 月 25 日通过并载于 IAEA 文件 INFCIRC/18/Rev.1 的“国际原子能机构的安全标准和措施”所规定的本机构安全标准。这类标准是经过理事会的批准出版的，因此是本机构的业务和受本机构援助的活动所必须遵守的。这类标准由本机构的基本安全标准、本机构的专用规章和本机构的实施法规所构成。封面的下半页印有宽的红色标带。

(2) **IAEA 安全导则** 据 IAEA 文件 INFCIRC/18/Rev.1, IAEA 安全导则的目的是补充说明 IAEA 安全标准并为执行这些安全标准推荐一个或数个可以采用的程序。这类出版物是经过本机构总干事的批准出版的。封面的下半页印有宽的绿色标带。

(3) **推荐性文件** 这类出版物包括指导安全实践的一般推荐性文件，是经过本机构总干事的批准出版的。封面的下半页印有宽的棕色标带。

(4) **程序和数据** 这类出版物包括与安全问题有关的程序、技术和准则，是经过本机构总干事的批准出版的。封面的下半页印有宽的蓝色标带。

注：属于 NUSS 计划（核安全标准计划）范围内的所有出版物，其封面的上半页均有宽的黄色标带。

安全导则

核动力厂的调试程序

[illegible]

© IAEA, 1987 年

国际原子能机构印于奥地利
1987 年 3 月

序

总干事

不论发达国家还是发展中国家，其能源需求均在持续不断地增长。象石油和天然气这类传统能源，可能在今后几十年内耗尽，而现有的能源生产能力已日益难以满足当前世界范围的能源需求。据专家们估计，到本世纪末，我们就可能要面临能源短缺的局面。在新能源中，核能因其成熟的工艺而成为弥补未来能源缺口的唯一的、最重要的可靠能源。

在过去 25 年中，已有 19 个国家建造了核动力厂。现有 200 多座动力反应堆在运行，还有 150 座正在计划建造。从长远看，核能将在世界能源规划发展中发挥愈来愈重要的作用。

核工业从出现以来，始终保持着首屈一指的安全记录。鉴于核动力安全的重要性，并希望把这个记录保持下去，国际原子能机构制定了一项广泛的计划，在与热中子动力堆有关的许多安全问题上给成员国提供指导。这项计划就是众所周知的 NUSS 计划（NUSS 是 Nuclear Safety Standards 的缩写），即核安全标准计划。目前该计划包括以实施法规和安全导则的形式编写和出版的约 50 本书。这些书正在作为机构的安全丛书出版，每一本都有英文、法文、俄文和西班牙文版本^①。这些书在必要时将根据经验加以修订，使其内容得到更新。

这项计划面临的任务是繁杂而又艰巨的，需要组织大量的会议来起草、审查、修改、统一和批准这些文件。国际原子能机构感谢许多成员国，它们慷慨地提供了专家和资料；也感谢许多个人，他们的名字列在已发表的参与人员名单中，这些人花费了时间和精力来帮助实施这个计划；还真诚地向参与这项工作的国际组织致以谢意。

这些实施法规和安全导则，是本机构出版的推荐性文件，供成员国按自己的核安全要求加以利用。愿意与国际原子能机构签订协议，以便在核动力厂选址、建造、调试、运行或退役方面从本机构获得援助的成员国，将被要求遵守属于该协议规定活动范围的那部分实施法规和安全导则。但是应当承认，在任何许可证审批程序中的最终决定权和法律责任，总是属于该成员国的。

NUSS 出版物事先假定有一个全国性的体系，在这个体系内的各方，如管理机构、许可证申请者 / 持有者、供应者或制造者等，要各善其事。然

^① 从 1986 年起增补中文版本。

而，如涉及一个以上的成员国，那就可能有必要根据国情和成员国之间及各组织间的有关协议对所述程序作某些修改。

这些法规和导则是以这种形式编写的，即只要成员国决定采用，就能把这些文件的内容直接应用于它所管辖的各项活动。因此，根据法规和导则的惯例并按照高级顾问组的建议，行文中采用了“必须”和“应该”二词，使可能的使用者区别是坚持要求还是希望采用。

保证为子孙后代提供充足而安全的能源，从而对提高他们的福利和生活水平有所贡献这样一个任务，是我们大家都关心的事。希望本书以及根据 NUSS 计划正在出版的其他文件，能对实现这个任务有所裨益。

说 明

高级顾问组

国际原子能机构关于制定核动力厂实施法规和安全导则的计划，已载于 IAEA 文件 GC (XVIII) / 526 / Mod. 1。这个计划称作 NUSS 计划，它讨论放射安全问题，而且目前只限于陆上固定式热中子反应堆核动力厂。本书就是根据这个计划出版的。

总干事为实施该计划而在 1974 年 9 月设立的高级顾问组选定了实施法规的五个题目，并草拟了一份有助于实施这五种法规的安全导则的暂定书目。高级顾问组被委以在这项计划的各个阶段对其进行监督、审查和咨询的任务，以及批准将递交总干事的文件草案。已针对每个实施法规成立了一个相应的技术审查委员会，各委员会均由成员国的专家们组成。

按照上述 IAEA 文件所规定的程序，实施法规和安全导则——它们基于不同国家的组织体制和实践方面的文件和经验——由来自成员国的两三位专家同本机构的工作人员组成的专家工作组首先草拟。然后再由相应的技术审查委员会进行审查和修改。这项工作既利用公开的资料，也利用非公开的资料，如成员国对征求意见表的答复等。

经技术审查委员会修改后的文件草案，提交高级顾问组。在高级顾问组认可后，要把英、法、俄和西班牙文本送交各成员国征求意见。技术审查委员会根据这些意见进行修改与补充，再经高级顾问组进一步审查之后，文件草案就递交总干事，由他在适当的时候送交理事会，进行出版前的最后核准。

五种实施法规包括下列题目：

管理核动力厂的政府机构；
核动力厂选址的安全问题；
核动力厂安全设计；
核动力厂运行中的安全问题；
核动力厂安全方面的质量保证。

这五种实施法规确定了为实现核动力厂充分安全运行应达到的目标和最低要求。

出版安全导则，是为了说明并向成员国提供实施有关法规特定部分的可接受的方法。如果采用的方法和方案与这些导则中规定的不同，但它们提供了至少相当的保证，说明核动力厂可以安全运行而不会给广大公众和厂区人员的健康和带来过大的危险，那么这样的方法和方案也是可以接受的。虽然这些实施法规和安全导则为安全建立了必要的基础，但它们也可能不充分或不完全适用。必要时应参考国际原子能机构出版的其他安全方面的文件。

为了适应特殊情况，有时可能需要满足附加要求。而且，还会有一些特殊问题，必须由专家们根据具体情况加以分析。

易裂变物质和放射性物质以及整个核动力厂的实体保卫只在适当场合笼统提到，未加详细讨论。工业安全和环境保护的非放射性方面的问题，没有明确地加以考虑。

文件中的附件，要看作是文件的一个不可分割的组成部分，而且与正文具有同样的地位。

另一方面，附录、脚注、参与人员名单和参考书目仅仅是为了给使用者提供可能有帮助的资料或实际事例。补充的书目资料有时可从本机构得到。

每本书中都附有有关的定义。

出版这些书的目的是为了成员国的管理机构和有关单位在适合时使用。为了完整地理解这些书的内容，还应参阅其他有关实施法规和安全导则。

注

本安全导则正文中引用下列 NUSS 计划出版物：

安全丛书 No. 50-C-G

安全丛书 No. 50-SG-G6

安全丛书 No. 50-C-O

安全丛书 No. 50-SG-O6

上述书名及其出版日期刊印在本导则后面的 NUSS 计划书目中。如何订购这些出版物，见本导则最后一页的说明。

目 录

1. 引言	1
1.1. 概述	1
1.2. 范围	1
2. 调试大纲	2
2.1. 概述	2
2.2. 格式	2
2.3. 审查	3
3. 调试的主要阶段	4
3.1. 总则	4
3.2. A 阶段：预运行试验	5
3.2.1. 概述	
3.2.2. A1 分阶段：冷态性能试验	
3.2.3. A2 分阶段：热态性能试验	
3.3. B 阶段：装料、初始临界和低功率试验	6
3.3.1. 概述	
3.3.2. B1 分阶段：装料和次临界试验	
3.3.3. B2 分阶段：启动到初始临界	
3.3.4. B3 分阶段：低功率试验	
3.4. C 阶段：功率试验	8
4. 试验规程	8
4.1. 概述	8
4.2. 规程的内容	8
4.3. 试验结果	10
4.3.1. 数据的收集	
4.3.2. 数据的处理	
4.3.3. 数据的评定	
4.4. 报告	10
4.5. 证书的批准和颁发	11
5. 组织、责任和监查	12
5.1. 调试组织	12
5.1.1. 概述	
5.1.2. 调试组	

5.2. 营运机构和其他参加者的责任	13
5.2.1. 营运机构	
5.2.2. 建造组	
5.2.3. 调试组	
5.2.4. 运行组	
5.2.5. 调试活动的其他参加者	
5.3. 监查	16
6. 在现场的建造、调试和运行活动的相互关系	16
6.1. 概述	16
6.2. 建造和调试活动的相互关系	16
6.3. 调试和运行活动的相互关系	17
7. 在调试期间的偏离	18
7.1. 概述	18
7.2. 提出的变更	18
7.3. 意外的试验结果和情况	18
7.4. 事故和紧急事件	18
8. 文件	19
附件 A 装料	21
A-1. 先决条件	21
A-2. 试验条件和程序	22
附录 I 调试试验的详细项目	24
I-1. 引言	24
I-2. A 阶段的先决条件	24
I-2.1. 概述	
I-2.2. 各子系统或部件的功能试验	
I-3. A 阶段: 预运行试验	25
I-3.1. 概述	
I-3.2. 反应堆冷却剂系统	
I-3.3. 慢化剂系统	
I-3.4. 反应性控制系统	
I-3.5. 反应堆保护系统	
I-3.6. 功率转换系统	
I-3.7. 辅助系统和其他附属系统	
I-3.8. 电气系统	
I-3.9. 安全壳系统	

I-3. 10. 放射性废物处置系统	
I-3. 11. 燃料贮存和装卸系统	
I-3. 12. 反应堆部件装卸系统	
I-3. 13. 辐射防护系统	
I-3. 14. 仪表和控制系统	
I-3. 15. 专设安全设施	
I-4. B 阶段: 装料、初始临界和低功率试验	33
I-4. 1. 装料和初始临界期间的试验	
I-4. 2. 低功率试验	
I-5. C 阶段: 功率试验	35
定义	39
参与人员名单	43
NUSS 计划书目	47

1. 引言

1.1. 概述

1.1.1. 本安全导则是作为国际原子能机构 NUSS 计划的一部分而编写的。该计划的目的是建立与核动力厂有关的实施法规和安全导则。本导则是对《实施法规：核动力厂运行（包括调试和退役）中的安全问题》（IAEA 安全丛书 No. 50-C-O）的补充。本书后面列出了 NUSS 计划书目。

1.1.2. 调试的定义是“动力厂的部件和系统安装完毕后，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”（见定义）。

1.1.3. 周密计划和认真完成的调试，对核动力厂随后的安全运行是十分重要的。因此，必须制订一个详细的试验大纲，并且必须明确规定该调试大纲各个部分的实施和报告的责任。若有要求，调试大纲必须提交给管理机构批准。在整个调试大纲的制订和实施期间，管理机构和营运机构之间必须保持密切的联系。

1.1.4. 调试工作应合乎逻辑地按顺序进行，并必须始终与安全相结合。调试的目的在于验证构筑物、系统、部件及其仪表的正确安装，调试中首先验收已安装好的部件，然后进行各系统的试验，再进行系统综合试验，直到最终证明整个核动力厂能安全运行。通过这些活动，也应使运行人员能够熟悉运行特性、拟定的运行和维护规程以及所提出的定期试验；应验证这些规程和试验对动力厂的安全运行是合适的。

1.2 范围

1.2.1. 本安全导则适用于各种陆上固定式热中子核动力厂的调试。其目的是根据目前采用的成功的实践经验对调试提供指导，只要执行本导则，就能使调试安全地进行。本导则也能为按设计意图建成动力厂并使其可按设计意图运行提供必要的保证。

1.2.2. 本导则包括调试大纲的要求、组织和管理，试验和审查的程序，以及调试与建造和运行活动的相互关系。它还包括在调试期间所要求的对变更的管理和文件。

2. 调试大纲

2.1. 概述

2.1.1. 为了保证动力厂能以安全、有效的方式进行调试，为了积累资料，需要有一个调试大纲。

2.1.2. 大纲必须采用能使人明确了解试验的目的和方法，并便于管理控制和进行协调的方式书写。

2.1.3. 为了验证安全报告中确定的设计要求和意图能被满足，必须制定和执行大纲。大纲必须指明为满足营运机构和管理机构的要求而需要审查的要点。

2.1.4. 调试大纲必须提供一个计划表，以便安排试验和有关活动的进度及适时得到合适的人员和设备。大纲也必须为及时编写出所有文件作出安排。

2.1.5. 就一个多堆核动力厂中的相同的反应堆而言，可以略去已经为前面几个堆做过的一些选定试验。但营运机构必须保证这样作的后果不危及安全，并只有事先取得管理机构的批准，方可进行这类活动。

2.1.6. 在多堆核动力厂中，如果一些构筑物、系统和部件是两个以上堆共用的，则必须对它们进行试验，以保证这些构筑物、系统和部件能满足规定的性能要求。

2.2. 格式

2.2.1. 调试大纲必须列出为证明核动力厂的设计和建造是合适的，并证明核动力厂能安全运行所需要的全部试验和有关的活动。

2.2.2. 在确定试验的顺序时，必须仔细地考虑下列几点：

(1) 需要先对某些系统进行试验，以便其他系统的试验得以正确进行。

(2) 需要使某些系统投入运行，以保证其他系统能在不危及安全的情况下进行试验。

(3) 在任何给定阶段，需要进行某些联动试验，而这些试验被认为是在能以安全方式继续执行调试大纲之前需要完成的。

2.2.3. 调试大纲必须分为几个阶段，阶段的数目和规模取决于安全、技术和管理的要求。调试大纲应明确各项活动的计划持续时间以及彼此之间的关系，并应包括使运行人员有机会熟悉动力厂运行的一些活动。

2.2.4. 调试大纲必须表明：

- (1) 需要审查的环节。
- (2) 管理机构的各种适当要求，包括见证所规定的试验。
- (3) 具有唯一识别标志的每项试验的标题。
- (4) 与调试有关的其他参照文件。

2.3. 审查

2.3.1. 在开始实施调试大纲时，必须审查预运行试验的先决条件，在每个阶段终了时，必须审查试验结果和文件。只有营运机构对本阶段的审查感到满意，且符合管理机构的要求后，营运机构才能允许继续下一阶段的调试。

2.3.2. 审查的目的必须是保证所完成的试验能证明该系统的性能符合设计意图，并保证任何运行方面的限制都已查明。审查还必须保证得到和分析了所要求的全部资料，并确保技术评定及其报告已经完成。审查也必须为安全地执行后续阶段的调试提供保证，并且保证核动力厂的安全决不依赖于未经试验的构筑物、系统和部件的性能。

2.3.3. 审查也必须保证在进行下一阶段试验之前，能得到试验所需的全部系统和专用试验设备，并保证遵守明文规定的所有相应管理程序和控制程序。必须保证有所需的工作人员，在这一方面，必须利用各种机会让运行人员参加调试工作，使他们熟悉核动力厂。

2.3.4. 被指定执行审查的人员，必须在他们各自的专业方面具有足够的经验，并且必须对其工作采取认真负责的态度。对一些特殊问题，可以请顾问协助审查。

3. 调试的主要阶段

3.1. 总则

3.1.1. 必须把核动力厂的调试大纲分为几个阶段。其目的是指明在每个阶段内预期要完成的一组试验，并确定在继续进行下一阶段试验前必须完成试验结果审查的时机。审查应能对调试大纲是否要进入下一阶段，以及后续阶段是否要根据试验结果或由于本阶段的一些试验没有进行或未完成而进行修改作出判断。

3.1.2. 可以认可的主要调试阶段是：

- (1) A 阶段：预运行试验。
- (2) B 阶段：装料、初始临界和低功率试验。
- (3) C 阶段：功率试验。

此外，在一个阶段内的次序具有重要安全意义的情况下，营运机构还必须要划分分阶段。每一个阶段和分阶段试验后必须审查通过，然后才能开始下阶段的试验。在 C 阶段试验开始之前，应该完成 A 阶段和 B 阶段能进行的全部试验。通常，在 C 阶段进行的试验，应仅限于那些在有功率时才能进行的试验。在附录 I 中按各个阶段列出了在调试大纲中所考虑的详细试验项目。

3.1.3. 在每个分阶段内的试验项目应该按计划进行的日期顺序列表。

3.1.4. 每个阶段必须包括为下阶段作准备的必要工作，特别是下阶段要用的那些系统的可用性要求。

3.1.5. 试验应尽可能有足够的持续时间，使试验中的系统和部件达到它们的正常平衡工况，这样就能减小在动力厂运行初期发生故障的概率。

3.1.6. 必须仔细地考虑如何去论证系统和部件应付某些故障和 / 或功能失常的能力，而这些故障和 / 或功能失常是以往的动力厂经验表明在预期的动力厂寿期内有可能发生的。

3.1.7. 在适当的调试阶段，需要规定有关安全系统和报警的整定值，包括放射防护仪器的整定值。

3.2. A 阶段：预运行试验

3.2.1. 概述

3.2.1.1. 在调试大纲的第一阶段即 A 阶段开始之前，需要具备一定的先决条件。因此，必须在这个阶段开始之前进行审查，以保证本阶段所需的由建造组负责的那些系统和部件的试验（见 5.2.2 节）已经完成。

3.2.1.2. A 阶段可以分为以下两个分阶段：

A1：冷态性能试验；

A2：热态性能试验。

这些试验在 3.2.2 节和 3.2.3 节中予以讨论。在试验完成后，必须进行规定的检查。

3.2.2. A1 分阶段：冷态性能试验

3.2.2.1. 进行冷态性能试验是为得到设备的初始运行数据、与相连系统的运行配合特性和验证这些系统的功能特性。

3.2.2.2. 在把系统移交给调试组之前，如果未进行按规定要作的压力试验，那么在本分阶段中，必须作为调试大纲的一部分进行试验。

3.2.3. A2 分阶段：热态性能试验

3.2.3.1. 为了验证系统符合规定要求，必须进行热态性能试验。如有可能，热态试验必须在冷态性能试验后接着进行，试验中要尽可能模拟核动力厂实际运行条件，包括在典型的温度、压力和流量下的预期运行事件。

3.2.3.2. 热态性能试验必须尽可能验证保温和排热系统的效率。试验将能对流量、振动、间隙和其他为适应部件或系统膨胀所采取的措施进行初步核查。试验必须验证仪器及其他设备在高温时的运行情况，并确认有关的操作技术。

3.2.3.3. 热态性能试验必须持续到建立稳态运行工况，以确定构筑物、系统和部件是否能按照技术规格书运行。

3.3. B 阶段：装料、初始临界和低功率试验

3.3.1. 概述

3.3.1.1. 因为初始装料的开始就是运行的开始，所以从这以后，就必须按与核动力厂运行有关的安全要求行事。

3.3.1.2. B 阶段的目的是证实反应堆已处在适于启动的状态，并证实堆芯冷却剂、堆芯、反应性控制系统的特性，反应堆物理参数，必要时还包括屏蔽特性，都是令人满意的。该阶段希望避免使燃料受到较大的辐照和使反应堆部件受到严重的活化，以便如有需要可以随后对堆内构件进行检查。从这些试验中获得的资料必须保证在测得的反应堆物理参数与在安全报告中使用的那些参数之间无根本的分歧，只有这样，才允许进行功率试验。

3.3.1.3. B 阶段可以分为以下三个分阶段：

B1：装料和次临界试验；

B2：启动到初始临界；

B3：低功率试验。

3.3.2. B1 分阶段：装料和次临界试验

3.3.2.1. 装料必须按照书面程序进行，以保证安全和正确地装载。因为在装料过程中可能会形成一个临界布置，所以必须注意防止因疏忽而引起临界。

3.3.2.2. 装料程序必须根据具体情况要求有定期数据记录，有指示通量异常增加的音响信号，当燃料正在插入和 / 或进行对堆芯反应性有影响的其他操作时观察中子计数率仪的指示，并在每步装料时作次临界度的校核，以便决定下一步的安全装载增量。为了估计次临界度裕量，必须预先得到堆芯反应性的预期特性。如果实测值偏离了预定值，程序必须要求延迟下一步的装料，直到分析了情况、确定了偏离原因并采取了适当的纠正措施为止。（在附件 A 中有关于装料程序细节的进一步的指导。）

3.3.2.3. 重水反应堆系统，是在初始装料之后通过引进慢化剂来达到临界的，因此，为防止在本分阶段中由于疏忽而引起临界的预防措施必须作相应的修改。