

核安全导则

HAD202/XX

研究堆调试
(征求意见稿)

国家核安全局

2008年6月

安全导则

研究堆调试

本导则自发布之日起实施
本导则由国家核安全局负责解释

1 引言

1.1 概述

1.1.1 本导则是对《研究堆运行安全规定》的说明和补充。

1.1.2 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部门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，不会对研究堆厂区人员和公众增加风险。

1.2 范围

1.2.1 本导则适用于各种类型的对公众潜在危害不大的研究堆。功率达几十兆瓦的研究堆、快中子研究堆或小型的原型动力堆等可能还需另外的要求，因此在某些方面可参照动力堆相应的安全导则。然而，风险低的几十千瓦以下的研究堆和临界装置可能不需要本导则中提出的详细的调试大纲。

1.2.2 虽然本导则主要适用于新设计或新建的研究堆的调试，但也适合于研究堆的再调试以及实验装置和具有重要安全意义的反应堆修改的调试。

1.2.3 本导则包括调试大纲的要求，调试的组织、管理、试验和审查的程序，以及调试与建造和运行活动的接口关系，还包括在调试期间对变更和文件的管理。

2 调试大纲

2.1 概述

2.1.1 制定调试大纲是为了证明安全分析报告中所述设计的要求和意图可以得到满足。

2.1.2 对调试大纲的规划应从设计阶段开始，以便设计人员与调试规划人员之间相互交流。这将便于遵守设计应包含便于反应堆调试过程所必需的设计特性。

2.1.3 在反应堆修改之后或在安装具有重大安全意义的新实验装置时通常需要编写调试大纲。

2.1.4 调试大纲编制完成后，必须提交给安全委员会和核安全部门，并在付诸实施前接

受适当的审查和评价。

2.1.5 为达到调试大纲的目的所需的组织安排应准备就绪。应该设计一个方便、实用的工作流程图，使现有的人员、设备和方法得到最佳使用。

2.1.6 调试大纲应考虑到所有预期的反应堆运行方式（包括预计的堆芯布置和实验装置在内）。预计的堆芯布置和实验装置的限制应包含在运行限值和条件的限制条件中，并应在调试过程中得到验证。

2.1.7 在反应堆调试期间，应充分考虑到实验装置某些实验装置的调试可能与反应堆系统同时进行，若如此，这些调试应包括在调试大纲里。

2.1.8 如果实验装置在使用前遵守适当的专用调试程序，其调试也可在反应堆调试之后进行。

2.1.9 在编写调试大纲时，应该利用其它同类反应堆设施调试和运行经验中的可用信息。

2.1.10 要求调试大纲根据系统、部件和构筑物的安全重要性，确定合适的试验，附录中包括了一些对必要试验的指导。这一要求允许对试验进行分级，同时即使是具有较低安全重要性的系统、部件和构筑物也应进行试验，目的在于验证其功能和安全性。这些试验应按功能组和逻辑顺序予以安排并根据书面程序进行，在实施程序前满足先决条件。因此，调试应分为若干阶段。

2.1.11 应在整个调试大纲中设置审查的停工待检点或见证点，以确保试验结果已经得到评价，进入下一阶段所必需的先决条件已经具备，并且营运单位和核安全部门的要求已得到满足。

2.1.12 应制定调试所需的辐射防护、应急、实物保护和核材料操作程序，并在调试大纲中予以引用。应尽可能验证日常运行中所用程序的可用性。

2.2 格式与内容

调试大纲的编制应使审查者和实施者能了解试验的目的和方法，并易于管理控制和协调。调试大纲必须包括下列内容：

- (a) 概述；
- (b) 组织机构和职责分工；
- (c) 调试阶段，包括试验、先决条件和进度表；
- (d) 调试的程序和报告；
- (e) 文件需求；
- (f) 包括验证、审查、监查和不符合项处理的管理系统。

2.2.1 概述

在概述中应给出有关每一个阶段的目的、要求、主要的试验和程序的总体情况以及预计的结果。

2.2.2 组织机构和职责分工

调试大纲说明文件应描述负责调试的组织机构，包括组织机构图。应明确地指出有关的各级组织或小组以及各个关键岗位（如管理小组和调试小组的负责人）的功能和职责。

2.2.3 调试阶段

2.2.3.1 调试大纲说明文件应描述调试中的主要阶段。这些阶段可能是：

- (a) A 阶段：装料前试验；
- (b) B1 阶段：装料、初始临界试验；B2 阶段：低功率试验；
- (c) C 阶段：提升功率和功率达到额定满功率。

2.2.3.2 调试大纲说明文件应描述用以证明所有反应堆设备和系统在设计技术规格书范围内可安全运行的主要调试试验。这种描述应包括开始试验的先决条件，诸如系统的设置（如报警水平整定值）或预先项目已完成的证据。编制调试大纲时应考虑各系统之间的相互依赖作用。

2.2.3.3 调试大纲说明文件应描述实施上面规定的主要试验的进度表。这个进度表尤其应该指出：

- (a) 每个构筑物、系统和部件的试验顺序；
- (b) 具体程序的编制、审查、技术人员的特殊培训、试验的实施、文件编制以及结果报告等所需要的时间周期（必要时）；
- (c) 适用的核安全管理要求，例如监督人员对试验的见证和检查。
- (d) 结果评价计划和安全分析报告修订计划（需要时）。

2.2.3.4 调试大纲说明文件应描述控制和过程系统及设备故障后果的模拟情况（如失去电源），而这些故障是预计在该设施寿期内可能会出现。调试大纲包括的这些模拟应仅达到可行并且不危及反应堆安全的程度。

2.2.3 调试程序和调试报告

2.2.3.1 调试大纲应包括对调试程序的编写、审查和批准的规定。还应包括或适当引用用于主要试验的程序一览表。

2.2.3.2 调试大纲应包括以下规定：在上个阶段或分阶段之后，编制在下一个调试阶段开始之前需审查和批准的总结报告；根据调试试验结论编制综合调试报告。

2.2.4 文件编制要求

2.2.4.1 调试大纲应包括对文件编制和调试记录归档以及记录所做的任何设计变更或所授予的任何特许的规定。

2.2.4.2 作为调试大纲的一部分，安全文件（包括安全分析报告）和设施的其他文件，应在必要时根据调试结果加以修订。

2.2.5 调试质量保证大纲

调试质量保证大纲应包括验证、审查、监查和不符合项处理。

3 调试组织机构

3.1 组织机构

3.1.1 营运单位应建立调试组织机构。营运单位应对调试组织机构作出以下方面规定：

- 组织机构框架；
- 职责范围；
- 授权等级；
- 审批渠道；
- 小组间接口。

3.1.2 在调试期间实施的重大活动可分成三类，即：

- (a) 与设施建造和安装的最终阶段有关的；
- (b) 满足调试特殊需要（包括安全审评）的；
- (c) 与设施运行有关的。

在调试过程中，由于有关建造、调试本身和运行操作活动会相互影响，因此，营运单位在建立调试组织机构时应适当考虑上述活动。

3.1.3 典型的调试组织机构可包括：

- (a) 管理组；
- (b) 建造组；
- (c) 调试组；
- (d) 运行组；
- (e) 其它的组（根据需要），如安全委员会。

当有多个组织参与这一机构，应明确规定每个组织的职责和相互之间的接口。不属于为调试建立的组织机构一部分的监督部门，也将以审查、评价和在调试过程所有阶段发放许可的角色参加调试。

3.1.4 不同的组织可以有多种方式组成这些小组。除了受设施的规模和设计的影响之外，这些组的组成也可能取决于能否得到执行规定职能的人员以及他们的经验。无论营运单位是否把这些活动中的任何部分承包给别的组织，但营运单位仍然承担安全责任。

3.1.5 研究堆各组之间的人员交叉是常见的。在这种情况下，职责分工应使得试验的执行和其它功能及其验证适当地分离。

3.1.6 其他诸如设计单位、制造单位和质量保证组织的代表可能参加调试活动。他们在必要时与各小组合作。尤其是设计人员和制造人员，应向各组提供足够的、完整的信息。

3.1.7 应该尽早地建立调试组织机构，并尽早确定为了确保充分协调调试活动所作的计划安排，以便确定所有这些活动并作充分的准备。

3.1.8 如果运行人员并非早先的运行组成员，调试组织应该采取措施使他们参加调试，以便使他们在调试过程中熟悉该设施。运行人员将获得现场的经验，并形成设施的“制度记忆”，这还有助于在调试过程结束时将设施顺利地移交给运行人员。

3.2 管理组

3.2.1 可以选择营运单位为管理组，直接管理调试。或者，可由由营运单位指定管理组，代表营运单位管理所有调试活动，并控制和协调参与调试的其他各组的活动。

3.2.2 可由在反应堆各有关学科领域内有经验的高级人员组成的委员会执行管理组的职能。反应堆负责人可能是管理组的成员。

3.2.3 如果调试负责人已经选定，他（她）的授权和职责由管理组予以确认。

3.2.4 对管理组应至少包括反应堆物理、辐射防护和核安全方面的专家。

3.2.5 管理组应该具有管理与调试大纲有关的所有活动的行政管理权。

3.2.6 反应堆负责人对反应堆安全负有直接责任，如果不同意管理组的决定，应由营运单位裁决。如果国家核安全部门认为会危及安全，可能会介入。

3.3 建造组

建造组可由反应堆设施的设计人员、供货商、安装人员和建造人员组成。建造组应确保设施已经按技术规格书完成。

3.4 调试组

调试组应由对被调试系统和部件有基础知识和经验的人员组成。他们的任务是确保对构筑物、系统和部件进行试验以保证设施已按设计建造完毕，各单个系统的运行满足设计要求，并且设施已为安全运行准备就绪。

3.5 运行组

运行组应该由对设施运行负责的人员组成。根据调试大纲，运行组要确保设施按调试大纲的假设和意图运行。如有必要，运行组有足够的成员获得核安全管理部门授权在装料期间和其后执行指定任务（如反应堆操作）的资格，应成为调试大纲的一部分。

3.6 其它各组

应成立独立于反应堆负责人的一个或多个顾问组或安全委员会，在以下方面为营运单位提供建议：(a)反应堆安全及其安全使用相关的问题，(b)设计、调试和运行的事项的安全评价。委员会应也向反应堆负责人提供建议”。调试安全委员会的职责应在调试大纲中细述。其它各组，如质量保证组、辐射防护组和设计组，可根据需要组成，参与调试。

3.7 职责分工

3.7.1 营运单位

3.7.1.1 营运单位必须对研究堆的安全负全面责任，安全责任不能转移。营运单位对监督全部调试活动的圆满完成负有全面的责任，并且对调试期间的安全负最终的责任。营运单位还负责组建调试组织，并确保调试管理体系的建立和有效实施。

3.7.1.2 营运单位可把调试大纲的规划、制订和实施的部分或全部活动委托出去，但仍

然对调试大纲的有效性负责。

3.7.1.3 作为许可证持有者，营运单位在调试事项上是与国家核安全部门的唯一联系者，应与核安全部门保持密切联系，并应向国家核安全部门和安全委员会提供与安全直接相关的试验的结果和分析。营运单位应在批准的阶段安排向国家核安全部门提交必须的文件，并遵守核安全部门的要求。此外，营运单位应接受和传达国家核安全部门的要求和信息。

3.7.1.4 如果在调试期间发现具有重大安全意义的问题（如在国家核安全部门对营运单位递交文件的审查和评价中，或作为在调试期间发现偏离的结果），营运单位应确保对问题进行安全分析，并遵守和反应堆本身相当的设计、建造和调试程序。在评价满意之后，营运单位和国家核安全部门（必要时）应批准恢复调试活动。

3.7.1.5 如果选择营运单位作为管理组，直接管理调试，营运单位应额外承担管理组织的责。或者，营运单位也可指定一个管理组承担下列职责和基本任务。

3.7.2 管理组

管理组的责任包括：

- (a) 确保调试质量保证大纲的实施；
- (b) 审查和批准调试大纲；
- (c) 确保调试程序已由适当技术背景的人员和合适的委员会编制、审查和批准；
- (d) 规定参加的小组的权限和职责；
- (e) 规定联络渠道、人员资格和培训要求，以及组织调试大纲的审查；
- (f) 确保设计人员参与制定试验的目的和验收准则；
- (g) 控制、审查和协调参加调试的各组之间接口方面的活动；
- (h) 监督调试大纲的执行；
- (i) 解决参加调试的各组之间的问题；
- (j) 确保有足够的经过适当培训的、有经验的、合格的以及被授权的（必要时）人员，进行调试活动；
- (k) 确保采取适当的行动以纠正在调试期间被确认的任何缺陷；
- (l) 在由其他有关的组提供信息和支持的情况下编写综合调试报告。
- (m) 在其他各有关组提供信息和支持下负责组织编写调试大纲；

3.7.3 建造组

建造组与调试过程有关的责任包括：

- (a) 确保构筑物、系统和部件已经按照设计要求和规格书安装完毕，并且得到适当的维护，以防止在交付调试组之前劣化；
- (b) 提供安装竣工文件、侧重于设计变更的试验证书，以及在建造阶段被批准的偏差，用作基准数据；
- (c) 将安装好的系统移交给调试组并提供文件证明；
- (d) 协助管理组确定试验目的和验收准则、评价试验结果、纠正偏差以及在必要时

修订文件。

3.7.4 调试组

调试组的责任包括:

- (a) 预先规划调试大纲, 涵盖详细的调试试验并编制进度表和程序, 包括试验的次序、先决条件、审查点、以及所需的人力和设备;
- (b) 确保参加调试活动的人员具有与其职责及其工作的安全重要性相应的资格;
- (c) 必要时向参加调试活动的人员提供培训;
- (d) 与适当的小组一起制定调试试验的目的和验收准则;
- (e) 编制系统记录设施数据的程序, 以便将来使用和更新信息;
- (f) 编制配置控制的程序, 控制设施有意和无意的修改;
- (g) 制订并实施必要的程序, 以确保有秩序地将对构筑物、系统和部件所负的责任从建造组移交给调试组, 包括对部分安装的或有缺陷的系统确定必要的特殊预防措施及标识;
- (h) 对管理权限由建造组移交给调试组的物项采取必要的措施以防止其劣化;
- (i) 根据调试期间的经验和作为设计修改的结果, 升版调试大纲;
- (j) 确保调试试验的先决条件是适宜的, 核实书面的程序是合适的, 并得到审查和批准;
- (k) 确保调试程序遵守适当的规定和规则, 包括辐射防护和安全;
- (l) 执行调试试验, 包括在部分安装时进行过初试调试的系统进行重复试验;
- (m) 向营运单位报告调试中发现的所有缺陷, 以便采取纠正措施;
- (n) 确保在不能满足设计准则时, 提出设计变更申请, 并得到审查和执行;
- (o) 证明满意地执行了调试大纲;
- (p) 签发报告、证明和竣工证明文件, 并在移交之前保管所需的记录;
- (q) 把经过调试的系统移交给运行组并提供文件证明;
- (r) 确认正常运行期间使用的书面运行程序是合适的;
- (s) 收回或取消调试期间使用的但不适用于正常运行的程序和设备。
- (t) 通过尽可能多使用运行人员参加调试活动, 确保为运行人员提供获得经验的机会;
- (u) 确保在调试活动中保持设施适当的清洁。

3.7.5 运行组

运行组与有关调试的责任包括:

- (a) 参加调试活动并获得实际的培训和设施运行、维修的经验;
- (b) 确认移交给运行组的系统满足设计、性能和安全的的要求, 接受被移交的系统的责任;
- (c) 在调试期间按照经过批准的运行、维修和监督程序运行和维修反应堆;

(d) 更新和生效运行程序和其它运行文件，包括安全分析报告和运行限值条件。

3.7.6 安全委员会和国家核安全部门

3.7.6.1 调试大纲必须提交给安全委员会和国家核安全部门，在执行前必须得到适当的审查和评价在调试大纲的审查过程中，国家核安全部门应验证其关于试验结果的审查、批准和试验见证点的要求得到理解。应在国家核安全部门评价提交的大纲满意、并予批准之后，开始调试。在某些情况下，可能会分阶段批准调试。应为安全委员会和国家核安全部门准备好直接影响安全的试验的结果和分析，以便需要时审查、批准

3.7.6.2 在批准装料前，国家核安全部门应完成下列审评工作：

- (a) 安全分析报告；
- (b) 运行限值条件；
- (c) 设施调试的特定运行限值条件；
- (d) 调试质量保证大纲；
- (e) 燃料操作安排；
- (f) 应急计划。

同样，国家核安全部门应确保执行特定职能（如反应堆运行）的人员资格程序已完成，并在批准装料前人员得到了适当的授权。

3.7.6.3 在发放许可证和/或授权正常运行前，国家核安全部门应完成对调试大纲结果和新版安全分析报告（包括运行限制条件）的审评工作

3.7.7 其他各组

可能参与调试的任何其它组的责任由管理组确定。

3.8 参加小组之间活动接口

由于在设施调试期间很多活动并行开展，应由营运单位（或由管理组代表营运单位）管理这些活动之间的接口，以保证人员和设施的安全，确保调试大纲没有受到阻碍。

应建立合适的工作控制过程，协调涵盖主要工作任务的相关各组的接口。

3.8.1 建造组和调试组之间的接口

建造组在调试过程中的职责应在调试开始前明确规定，以防误解。建造组和调试组可能有接口的特殊区域为：

- (a) 调试部分安装的系统所需特别注意事项；
- (b) 系统返回建造组纠正调试试验中发现的缺陷；
- (c) 设备在建造组干预后的再试验；
- (d) 首次通电前建造组的证明。

3.8.2 调试活动和运行活动之间的接口

关于调试和运行活动之间的接口应考虑下列特别主题：

- (a) 源自调试的基准数据和现有放射性条件的说明；
- (b) 安全责任的变更，包括负责人的任命；
- (c) 人员出入条件；
- (d) 临时程序的控制；
- (e) 辐射监测和防护的规定和程序；
- (f) 应急计划和程序的编制；
- (g) 保存可能对退役有用的调试记录。

3.9 设施的移交

3.9.1 营运单位应确保有合适的程序用于研究堆设施的移交。特别要关注人员、设施和安全的职责得到明确的规定，且在合适的时间由合适的组织负责。

3.9.2 从核燃料到达现场之时，设施的安全责任要求由营运单位承担。

3.9.3 进行审查的人员应由接收移交包的营运单位指定。在进行审查时，应举行会议，而与移交过程有关的营运单位的代表应在设施内进行巡检。

3.9.4 在系统或过程包中移交的文件，应包括：

- (a) 一般信件、系统记录和日志簿
- (b) 来自建造阶段的接收包；
- (c) 试验结果；
- (d) 竣工图，包括电气、仪表、控制和流程图；
- (e) 维修和监督记录；
- (f) 供应商手册；
- (g) 首次临界试验、低功率试验和功率提升试验的记录；
- (h) 满功率运行时的辐射调查结果；
- (i) 备件目录。

应向营运单位提供证明所有参数和条件满足验收准则的最终验收文件。

3.10 应急计划

3.10.1 营运单位应确保应急计划及执行程序在装料前准备就绪并经过试验。应急计划中应考虑到非核危害。

3.10.2 所有与调试大纲有关的人员都应接受应急方面的培训。

3.10.3 应规定在核或放射性事件中应采取的行动要求。

4 调试阶段

4.1 总则

4.1.1 应把调试划分为几个阶段。应确定每个阶段进行的那些试验，同时指出在继续下

一阶段调试之前，应完成试验结果审查的时间。

4.1.2 在这种审查的基础上，管理组应考虑是否进行下阶段的调试，以及对后续阶段是否应根据试验结果或根据一些没有做或没有完成的试验而加以修改。

4.1.3 此外，必要时在调试期间应该使用“分阶段”的概念。每个分阶段中试验的顺序应该按其实施的时间给出。在附录中列出了在调试大纲中要包括的试验和先决条件的详细一览表。

4.1.4 在适当的调试阶段，相关的安全系统整定值和报警整定值，包括辐射防护仪表的整定值，都应加以确定并使用。

4.1.5 在确定试验的顺序时要考虑下列需要：

- (a) 优先试验其它系统试验所需的系统；
- (b) 在试验期间由于安全原因而需要投入的某些系统；
- (c) 为了运行或安全的原因而证实反应堆或系统的某些特性；
- (d) 将进入下一阶段之前应完成的试验集成一个组。

4.1.6 确定试验的顺序要使设施的安全不依赖于正被试验的部件的性能。

4.1.7 所有安全重要的系统以及其运行所需的辅助和支持系统必须全部在原地进行功能试验。允许系统进行部分试验的装置不得损害该系统的整体功能要求。

4.1.8 在调试试验开始之前，下列支持性文件应根据营运单位的规定完成编写、审查、批准和颁发：

- (a) 调试程序，包括有关的管理要求；
- (b) 包括设计资料、初始运行手册、维修手册、运行限值和条件、监督/试验程序以及应急程序在内的文件；
- (c) 建造文件，包括建造前构筑物和设备的环境鉴定试验资料、建造试验报告、建造缺陷一览表，以及被接受的建造不符合项；
- (d) 安全分析报告。

4.2 阶段划分、试验和先决条件

4.2.1 A 阶段：装料前试验

在 A 阶段中，对于在这一阶段计划要调试的设备应记录其初始运行数据、验证其功能并确认其与相连系统运行的相容性。运行前辐射区域和环境监测应在阶段 A 完成。

(1)A 阶段的先决条件

构筑物、系统和部件的建造应该基本完成，部分未完成的建造项目不影响试验结果的有效性。与建造有关的检查和试验，以及对建造符合设施图纸的验证应该已经完成，其中有一些重要部件可能已经在制造期间在制造厂中完成，以及在部件安装前在车间中完成。

(2)A 阶段的试验：

在 B 阶段开始之前要求完成 A 阶段的试验。在附录中给出了这一阶段里要实施的试验的详细情况。

应制定一些程序，以确保对在 A 阶段之中或之后退回建造保管、维修或修改的构筑物、

系统或部件进行适当的再试验。

在 A 阶段之后需要进行一次审查，以证明已经完成了试验大纲并提交了报告，确定并纠正了偏差，以及迄今所做的试验已足以证明装料、初始临界和低功率试验能安全地进行。此审查应确认运行限值和条件是否充分和可行，并且应鉴定对设施运行的任何新的限制。

4.2.2 B 阶段：装料、初始临界和低功率试验

(1) B 阶段进行的试验意在确认反应堆堆芯、反应性控制系统、反应堆停堆和保护系统、其它安全系统、反应堆物理参数、堆芯冷却剂系统特性，以及屏蔽（在适当的情况下）是满足要求的。在实施这些试验时必须仔细地采取特殊的预防措施。在这个阶段中应尽可能减少放射性物质的积累以便于最终纠正与设计 and 建造方面有关的问题。

(2) 一旦反应堆达到临界，所有安全设备，尤其是在启动前不能试验的设备，应该在低功率下做试验。建议在低功率下运行一段时间对人员进行培训。

(3) B 阶段应分成如下的两个分阶段：

(a) B1 阶段：装料试验和首次临界试验；

(b) B2 阶段：低功率试验。

在进入 C 阶段之前，要求对 B 阶段的结果进行审查。

(4) B1 分阶段（装料试验和首次临界试验）的先决条件

(a) 应有适当的辐射防护程序和应急程序，并且用它们对人员进行适当的培训以应付调试过程中可能出现的事故工况。

(b) 反应堆停堆系统和适当的启动仪表应完全可以使用，并且能在运行工况的全范围内符合其设计要求。应当有关于这种能力的证明文件，证明满足国家核安全部门的要求（特别是符合为调试制定的运行限值和条件）。

(c) 在开始逼近临界之前，启动中子监测仪表应可用。为了在这一分阶段中得到适当的中子计数率以确保准确的测量和适当的控制，中子源应该布置在适当的几何位置上。

(d) 附录中给出了 B1 分阶段先决条件的一览表。

(5) B1 分阶段的试验：装料试验及首次临界试验

在逼近临界的过程中，装料、移走吸收体或加入慢化剂要求做计算或估算，以预计堆芯反应性的变化，并且定期测量次临界倍增量以确定随后安全的反应性增加量。如果在逼近临界期间实测的堆芯次临界工况与运行前所做的预计差别很大，则必须推迟堆芯的进一步装料。只有在分析了偏差、确定了偏差的原因、了解了问题的本质，并采取了适当的纠正行动后才能继续添加反应性。

在这一分阶段，应对可能为使用大纲所要求的预期的将来堆芯布置进行试验。

(6) B2 子阶段低功率试验的先决条件

应当记录并审查 B1 分阶段的结果。在进行 B2 分阶段之前，需审查 B1 分阶段的结果满意。

(7) B2 分阶段的试验：低功率试验

(a) 在这个分阶段期间应避免使燃料受到显著辐照和反应堆部件被显著活化，以便在

必要时对堆芯和反应堆部件进行检查。

(b)应当进行低功率试验和测量，这包括：反应性测量（包括反应性控制装置¹的反应性价值测量）、停堆系统试验、中子通量分布图的测量、中子和 γ 辐射场的测量、主回路冷却剂系统试验，以及对丧失电源的响应的验证。

(c)从低功率试验中得到的资料要保证实测的反应堆物理参数和安全分析报告中的这些物理参数没有重大的差别。在进行下一阶段之前，应当研究和消除所发现的任何偏差。

(d)在许多情况下，要求对特定的反应堆类型做一些特殊的试验，并且这些试验应在这个阶段中加以实施（可能时）。

(8) 在 B 阶段之后，应进行审查以证实：已完成了试验大纲并提出了报告，已确定并纠正了偏差，并且迄今所做的试验已足以证明能安全地进行功率提升和功率试验。此审查应确认运行限值和条件是适当的和切实可行的，并且要确定对设施运行的任何新的限制。应根据调试结果审查培训计划和运行程序，必要时予以修改。

4.2.3 C 阶段：提升功率和功率试验

C 阶段试验的目的是确认正常运行以及在预计的运行事件期间和之后的工况下反应堆能按照运行限值和条件带功率运行（如一回路冷却剂电源故障或失流）。

在 C 阶段，应当确定运行中例行测量和监测的所有安全有关参数的基准数据，包括初始的系统运行参数和安全重要部件的诊断数据。这些数据将成为以后评价性能降级或性能变化趋势的基准。

(1) C 阶段可分成如下的两个分阶段：

- (a) C1：功率提升试验；
- (b) C2：功率试验。

(2) C 阶段的先决条件：

5.32 在 C 阶段开始之前，必须满足下述先决条件：

- (a) 完成了 B 阶段的调试试验，评价并批准了试验结果；
- (b) 按要求获得了国家核安全部门审查和批准；
- (c) 全部反应堆系统（包括完整的热量导出系统）的功能已得到证明并做好了满功率运行的准备。

(3) C1 分阶段试验：功率提升试验

功率提升试验应按程序的规定逐步进行，每一步都要进行一系列试验以确认设计的意图，并确认继续提升功率是安全的。应当审查试验中获得的数据和结果，并且应在进行到下一个功率水平之前应解决实测值与预计值之间的差别。

(4) C2 分阶段试验：功率试验

在 C2 分阶段应进行下列试验：

- (a) 验证设施内的辐射剂量率符合预期，并验证屏蔽的适用性；
- (b) 验证气体、液体和悬浮颗粒流出物都处在预期的可接受的水平上；

- (c) 验证反应堆参数和特性（如反应性系数和氙及其他毒物的效应）都是符合预期并可以接受的。
- (5) 在满功率运行的验证试验之后，应进行一些试验和研究以证明或确认与应用和最佳化相关的各种设施参数。在批准的运行范围内，这些试验和研究可以包括下列内容：
- (a) 合同规定的验收鉴定；
 - (b) 测量以前未包括的其它实验设备的影响；
 - (c) 燃料管理参数测量；
 - (d) 为运行、环境和实验目的而进行的辐射测量的最终评价；
 - (e) 束流和辐照装置的中子注量率和 γ 场的测定。
- (6) 在C阶段调试之后应进行审查以证实：已确定并纠正了偏差，并且表明大纲对于证明反应堆设施能连续安全运行是合适的，C阶段调试已满意地完成了，并提出了报告。此审查应确认所有测量的参数和条件都在可接受的限值之内，而运行限值和条件是合适的。如有必要，应对设施运行规定新的限制。应根据调试结果审查培训计划和运行程序，必要时予以修改。

5 调试程序和报告

5.1 调试程序

5.1.1 在每个阶段的调试试验开始之前应对该调试阶段的调试程序进行编写、审查、批准，必要时也应为其它调试任务编写程序。程序还可用来为试验结果的评估和成文提供帮助。调试程序应包括以下的资料：

- a) 详细说明程序的目的，以及在条件许可时说明其原因（例如，证实安全分析中所作的一个假设）；
- b) 确定和详细说明为确认试验物项的运行可接受性所需的全部活动；
- c) 详细说明要在规定的稳态和瞬态工况下测量的性能参数；
- d) 确定性能要求以及明确规定的验收准则。

5.1.2 某些调试活动可能只需要一般性的程序或细则一览表。

5.1.3 设备和系统试验的调试程序应该包括下述内容：

- 标题；
- 检查将要使用的程序的最新修改的版本批准情况；
- 试验目的概述，要试验的设备，与大纲其余部分的关系；
- 与其他程序的关系；
- 预期结果；
- 验收准则；
- 使用的试验方法；

- 先决条件和初始工况；
- 试验期间要求的安全措施；
- 预防措施，包括试验的中止；
- 正文：试验工况和每一步骤的指令；
- 所需已检定的仪器的清单；
- 人员要求、职务、责任和资格；
- 要记录的数据清单和核对单；
- 对数据分析的要求和预计结果的说明；
- 试验完成的证明材料；
- 参考文献目录。

5.1.4 试验程序应该在切实可行的范围内遵循正常的运行程序，以便证实并在必要时修正这些运行程序，并为运行人员提供熟悉正常设施运行程序的机会。

5.1.5 程序应该说明试验所需要的对正常运行配置所做的任何改变，这种情况下，就应该在试验开始之前进行检查和确认，以确保正确地做了这些改变，并且确保在试验后把部件或系统恢复到其正常状态。

5.1.6 程序中应该包括对数据和试验结果（试验单和表格）加以收集和整理的安排；应说明分析的方法并将它以便于进一步验证的方式表示出来。按验收准则评价试验数据和结果，确认设计目标是否实现；，安全分析中使用的不确定性应被计及，偏离也已解决。。

5.2 调试报告

5.2.1 在特定的阶段或分阶段结束之后，应该由调试组编写概要报告。在随后的阶段或分阶段开始之前，要对这些报告进行审查和批准。报告应提交给管理组，如果需要也应给调试大纲中的其他参与人员。

5.2.2 每个试验的正式报告由管理组批准，调试报告的格式可以多样化，但应该包括下列内容：

- 标题、作者、标识和分发清单；
- 摘要；
- 适用的试验程序参考文献；
- 试验方法和目的概述；
- 试验实施（包括数据）、限值、存在问题或不足及解决办法的概述；
- 数据收集、分析和不符合项的概述（包括相关的细节和结论）；
- 结果评价，包括验收准则的实现状态；；
- 结论。

5.2.3 管理组应审查调试报告，以保证大纲目标已经达到。管理组尤其应当确认运行限值和条件已得到验证以及在安全分析报告里的假定和预计的反应堆性能已得到了证实。

5.2.4 调试活动一结束，由管理组编写的综合调试报告，调试报告应包含所需要的全部资料，包括试验结果的整理和评价。

5.2.5 营运单位从管理组收到综合调试报告，并经过研究之后，就应在适当时候将它提交给安全委员会和国家核安全管理部门以进行审查认可，尤其试验的结果和分析直接影响。

6 文件

6.1 调试文件

6.1.1 应当按照调试质量保证大纲编制程序以便对文件加以识别、收集、保存、审查、批准、颁发、修订和归档。

6.1.2 为所提出的调试活动、提供结果和结果的评价、消除偏差、允许不同组之间职责的移交、以及确保这些活动已正确地实施，所产生的调试文件，应当供营运单位使用。

6.1.3 调试文件应包括：

- (a) 调试质量保证大纲；
- (b) 调试大纲和程序；
- (c) 综合调试报告；
- (d) 工作文件包括：
 - (i) 核对单和日志；
 - (ii) 证书和批准文件；
 - (iii) 重大事件报告；
 - (iv) 关于偏差和消除方法的报告；
 - (v) 关于所实施的变更的报告。
- (e) 管理记录和其他记录
- (f) 支持性文件包括：设计报告、竣工图纸、安全分析报告、运行程序、运行限值和条件、维修程序，以及供货商的技术规格书和数据。

6.2 记录的保存

6.2.1 记录应分成两类——永久性记录和临时性记录：

6.2.2 永久性记录必须在设施的整个寿期内得到保存，其满足以下一个或一个以上的准则：

- 证明安全运行能力；
- 确定事故或物项故障的原因；
- 提供定期检查的原始数据；
- 为物项维修、修改或更换所需要；
- 便于退役；
- 为国家核安全部门或其他有关组织所要求。

技术规格书、程序和结果应该作为设施历史记录的一部分永久保留。

6.2.3 临时记录仅仅是证明根据要求完成活动所需要的，不需要在完成活动审查后保存。

6.3 安全分析报告的修改

6.3.1 在发放运行许可证之前应当把调试大纲及其结果的综合报告编入该设施修订的安全分析报告中。

7 新实验装置和修改的调试

7.1 总则

7.1.1 在反应堆调试大纲完成后安装的实验装置、调试大纲中未考虑的新装置或其后对堆和设施的任何修改，都要按《研究堆运行安全规定》中适当的章节进行审评。。安全导则《研究堆的应用和修改》(HAD202/03)中提供了详细的指导。

7.1.2 所有新实验装置、实验和修改应通过调试确认其功能和安全。新实验装置、实验和具有重要安全意义修改的调试相当于堆本身的调试。新实验装置和具有重要安全意义的修改必须提交给安全委员会审查认可,并为国家核安全部门所接受。

7.1.3 没有重要安全意义的实验装置或修改应当适当地按安全导则《研究堆的应用和修改》(HAD202/03)中的有关要求执行。

7.1.4 新实验装置、实验和没有重要安全意义修改只有在通过调试大纲包括确认调试实施修改之前和实施过程的检查、测量和评价确认安全后，才能投入使用。

7.1.5 最终批准的修改或实验的调试顺利完成，应评价基于调试结果的调试报告。调试报告应由反应堆管理者和反应堆安全委员会批准，如果需要，也应由监管部门批准。

7.1.6 在新的实验装置和反应堆修改调试以后，应修改相应系统的文件、图纸、安全分析报告和运行程序以反映最新状态。。

7.2 调试阶段的延伸

7.2.1 反应堆的某些修改可能需要运行一定的时间，才能获得足够的有关这些修改对反应堆的运行、可靠性和安全的影响的资料，应对这些影响进行评价。《研究堆的应用和修改》对此实施后阶段提供了进一步的指导。

附录：不同阶段的调试试验和先决条件

1 概述

1.1 试验的数量和实施这些试验的顺序通常取决于反应堆的类型和该设施的情况。“核电厂调试程序”安全导则中关于动力反应堆调试中所用的具体试验的进一步的指导，应评价这些试验是否也适用于研究堆。

1.2 调试大纲通常包括设施所有构筑物、系统和部件的适当的试验。试验应该足够广泛以便证实在设计中分析的所有方式（尽可能包括预计运行事件）下运行正常。但是，通常不进行在安全分析报告采用的假定范围之外的试验。

1.3 在确定调试试验时，应使用设计和安全文件。建造组和设计组的参与确定试验目标、要求和验收准则是重要的和必要的。通常，设计者/供货商为达到合同保证的目的而确定所需要的最低数量的试验；还应该补充其它为实现调试过程和营运单位的目标所要求的试验（应与设计者和供应商讨论），但是这一批试验的确定应该得到与调试相关的所有组织机构和监管部门的同意。

1.4 试验实施的时间表应该根据本导则的建议编制。通常，在进行试验时，重点应放在实现下列目标所依靠的安全系统和专设安全设施上：

- 证实遵守运行限值和条件；
- 执行停堆、余热导出、放射性物质包容和缓解事故后果设施的安全功能。

1.5 调试大纲应该包括设施预计的运行所需要的所有其他系统（特别是区域监测、消防系统和通讯系统）的验证试验，对于与反应堆一起调试的实验装置及其辅助系统设备的试验也应给予充分的考虑。如果计算机系统用于试验，那么该系统应该是有效的。

1.6 在 B1 子阶段，反应堆装料并逼近临界，本阶段的试验覆盖了反应堆运行阶段可能需要的典型的堆芯构成。应进行最小过剩反应性堆芯的反应堆参数测量；试验的结果应与调试过程开始前的安全分析和中子学的结论进行比较。

1.7 附录中的项目应包括合适的装料、达临界试验程序。

2 A 阶段

2.1 A 阶段的先决条件

2.1.1 在任何构筑物、系统或部件开始试验之前，应当考虑以下几点：

- (a) 调试管理系统的实施；
- (b) 在 A 阶段中被试验设备的建造活动已经完成并已形成文件，例如：被试验设备的安装、检定等的记录和证书，以及运行和维修程序或手册；
- (c) 实施初步试验和检查以保证设备已做好了试验的准备。例如：对安装后设备的记录和状态的检查和验证，对导线的通和断、连锁、保护装置等的检查，仪表的初始运行和检定，控制器、限值开关等的调整和定值，以及加移交用的标签；

- (d) 核实试验设备是可以使用的并且已被检定；
- (e) 实施单个部件或子系统的功能试验。例如：
 - 水箱、阀门、泵和管道；
 - 电动机和发电机；
 - 风机和通风管道；
 - 仪表和控制装置。
- (f) 完成了详细的试验程序编制和审查。

2.2 A 阶段的试验

2.2.1 实施装料和逼近临界的主要先决条件是完成 A 阶段的试验。系统的试验（电气、仪表、通风、供水等）应有序地进行，以确保实施调试大纲所需的系统可供使用。在一些情况下，车间、制造厂和建造单位已经做过的试验，倘若试验的方法、结果和文件满足调试大纲的要求，可不必重复。但是，在下一节中建议验证这些试验。

2.2.2 A 阶段试验的典型系统和所建议的试验如下所示。这些试验应证明系统的运行能力，并在适当的地方验证其多重性。

(a) 辅助系统

典型的系统包括厂用水、仪表和厂用空气、压缩气体、供暖和通风、水净化、水清洗、消防、以及通讯和报警。典型的试验包括：

- 证明其可运行性，并在适当的场合证明系统的电气独立性。
- 验证通讯和报警装置足够响亮，以便于在合适的地方能听得见，但报警的音量又不影响通讯。

(b) 电气系统

典型试验包括：

- 确保它们得到检查和供电；调节它们的电压和频率；试验启动载荷和满载荷，并验证电气的独立性；
- 检查连锁、仪表和控制、应急装置和照明、指示和报警装置、保护装置、继电器、逻辑电路、变压器、断路器等等的正常功能；
- 检查在模拟事故工况和完全丧失外电源情况下的运行；
- 检查应急电源触发装置的运行和应急供电系统的性能；
- 验证蓄电池的放电试验、蓄电池组充电器、转换装置和逆变器的能力。

(c) 反应堆结构：

典型试验包括：

- 检查流量导向装置、假燃料组件、反射层部件和其它有关的物项尺寸、对中、支撑、定位和配合。

(d) 仪表和控制系统

典型的系统包括反应性控制、监测、显示、通讯和报警系统、启动仪表、安全和保护系统，以及计算机系统。

- 典型试验包括：检查正常运行的功能动作：调整、控制、监测、记录、和计算机系统的工作（硬件和软件）
- 检验保护系统、预计运行事件的信号和报警，以及远距离监测和停堆的性能。

(e) 反应性控制、停堆和保护系统

- 检查尺寸、支撑以及反应性控制机构的装配和间隙。
- 演示正常运行和紧急停堆；验证计算机程序的响应、驱动机构、定序、阻通、连锁、报警、控制室显示、控制棒位置指示仪表、跑合定时和落棒时间；
- 验证安全系统逻辑的正常动作、紧急停堆和报警的整定值、测量通道的响应时间、多重性试验、电气独立性和鉴定要求；

试验故障模式下的正常操作，并验证电源丧失试验。(f)反应堆压力容器/水箱和堆内构件

- 检查可移动的堆内构件的可靠安装；密封圈、锁紧螺母、钉焊的合适性。
- 检查束流孔的对中、塞子的配合和密封以及验证泄漏试验；
- 验证水池或/水箱的清洗、充水和泄漏试验；
- 检查再循环、过滤、净化和补水系统的蒸发量，及其有关设备的水位和泄漏显示。

(g)反应堆主回路和二回路冷却系统

典型系统和部件包括泵、阀门、管路、热交换器、冷却塔和仪表：

- 检查间隙和机械支撑，以及验证泄漏试验；
- 系统和部件试验包括：流量和压力测量仪表的检定、辅助系统的同时运行、法规和标准所要求的试验，以及压力边界试验；
- 在可能时，以设计的流量和压力运行，并进行振动试验；
- 检查自然对流冷却措施。

(h) 慢化剂系统

- 系统和部件的检查和试验。

(i) 应急堆芯冷却系统

典型的系统包括应急供水、补水、注入或堆芯喷射系统、管道以及支撑系统和部件，典型的试验包括：

- 检验在所有预计运行模式下的性能（在正常电源和应急电源供电的情况下），以及触发装置、逻辑线路和整定点的正常动作。

(j) 反应堆厂房——安全壳：

典型的系统包括水池密封、安全壳贯穿件、空气闸门、隔离阀门、应急通风系统、再循环系统、给水系统、过滤和空气净化系统、排气通风以及仪表和控制等系统。

- 检查正常运行、供热 / 通风要求；
- 检查隔离（动作、触发、逻辑线路），和泄漏试验（全部系统和部件），并验证多重性、电气独立性、鉴定要求，以及在事故工况下的完整性要求。
- 安全壳泄漏率试验

- 过滤性能
- 测量通风率和不同压力通过构筑物墙体的能力。

(k) 燃料贮存和装卸：

典型系统包括吊车、带屏蔽的燃料运输容器、天桥吊车、操作工具、热室、贮存设施、报警、通风、安全和保卫设备。

- 检查所有设备的功能试验、泄漏试验（在需要的场合）和现场用假燃料进行的操作试验。

(l) 辐射防护系统和废物处理：

典型的系统包括过程、流出物和区域辐射监测、辐射测量仪器、分析用的实验室设备、以及废物的处理、贮存、释放或控制释放用的系统和部件。

- 做所有设备的功能试验、响应试验、和检定；
- 检查液体废物处理系统的泄漏试验。

(m) 反应堆部件操作系统：

- 操作设备和吊车负荷和功能试验。

(n) 实验和实验装置：

典型的实验装置包括：水池或反射层辐照装置、跑兔系统、回路、热柱等，以及相关的仪表和控制装置。

- 验证安装和拆卸、跑合试验、并在这个阶段可能的场合验证设备的正常运行；
- 检查泄漏试验。

3 B 阶段

3.1 B 阶段的先决条件

3.1.1 除了完成上述试验和验证外、应制定管理措施和预防措施作为附加的先决条件。这些可包括：

- 安全措施和出入控制，尤其是反应堆和控制室的安全措施和出入控制；
- 确定在应急情况下工作人员明确的责任和撤离厂房准则；
- 制定燃料操作预防措施以防止燃料损坏或意外临界，以及辨识不同燃料类型、富集度和毒物元件；
- 评价和批准试验结果；
- 为 B1 子阶段编写详细的程序；
- 以下各节中所示的其它要求。

3.1.2. 下列清单提出了有关安全文件的更新和使用的最低要求：

- (a) 调试质量管理大纲是最新的；
- (b) 有关按要求审查 2.2.2 节中物项的完成情况的文件是适用的；
- (c) 安全分析报告的更新符合国家核安全部门的要求。尤其是应该特别注意 A 阶段不符合项和修改的处理。

- (d) 基于 A 阶段的结果的运行限值和条件是完整的正确的。
- (e) 编写、审查和批准首次临界的操作手册或程序。它们应包括：
 - 目的以及与所完成的计算一致的预计结果；
 - 运行限值和条件为启动仪表和测量通道设定的整定值和条件；
 - 上述仪表的核对清单和验证程序；
 - 堆芯的几何位置（包括中子源、探测器的位置）以及与先前分析一致的装料计划；
 - 装料程序和管理准则以及与次临界倍增测量导出的结果有关的措施，和在连续的次临界堆芯中反应性控制机构的反应性价值的估计值。这种准则可包括装料过程的中止和适当的再评价；
 - 次临界倍增测量程序；
 - 参与 B1 子阶段人员的单位和责任。

—运行日志和燃料日志可供使用。这些记录意在按顺序包括所有有关的运行事件以及与设施中的新燃料有关的地点、状态、转移等情况。应有足够的核对清单和工作许可证。

—维修记录应根据试验结果和已完成的维修活动予以更新。

3.1.3 应制定设施的辐射防护大纲，随着放射性材料（如：中子源燃料组件）进入现场，应尽快实施辐射防护大纲，大纲应包括以下内容：

- (a) 调试过程中可能释放到环境中的放射性物质总量；
- (b) 在调试过程中参与人员的辐照剂量；
- (c) 放射性的厂区应急；
- (d) 有关调试过程的辐射防护设备，包括区域和可携带的辐射监测仪表；
- (e) 放射源的清单和转移；
- (f) 辐射防护培训。

按调试大纲要求编制的辐射防护程序应由营运单位批准。

3.1.4 应当由营运单位为调试大纲制定适当的应急程序，并且如有要求也由核安全监管部门批准。这些程序应对如下各项进行充分地控制：

- (a) 调试过程中可能发生的常规风险；
- (b) 对厂区放射性应急管理和与可能的厂外应急有关当局合作的准备（应急由调试过程中的研究堆引起，并假定在安全分析中已被考虑）；
- (c) 对人员进行应急程序方面的充分培训的规定。

3.2 B1 子阶段 装料、逼近临界

3.2.1 B1 子阶段的试验和程序

下面列出的试验举例说明了在子阶段 B1 期间试验的类型和要进行的验证。（通过逐步增加燃料试验和验证逼近临界；通过调整慢化剂、反射层或中子吸收体，不同的步骤来验证达临界也是合适的。

- (a) 保护系统和反应性控制系统
 - 试验控制功能、报警、提棒速度、插棒速度、提棒的顺序、以及棒位指示；
 - 检查安全系统紧急停堆整定值、逻辑线路、动作、和手动紧急停堆；
 - 检查反应性控制机构和导向管在运动或定位方面可能存在的摩擦问题；
 - 进行落棒时间的测量（在有流量和没有流量的情况下分别测量），以及减震器的验证试验。
- (b) 慢化剂和主冷却剂系统
 - 检查流量试验以检验震动、通过堆芯和主要部件的压差、流量丧失和管道泄漏；
 - 检查水质试验；
 - 检查当放置固体慢化剂部件时可能出现的摩擦或卡塞问题。
- (c) 中子注量率测量仪器和报警装置的最终试验
 - 用中子源检查报警和停堆整定值。
- (d) 装料
 - 根据书面的程序进行装料（实施临界实验）；
 - 进行独立验证以确认燃料组件和反应性控制机构都已按批准的计划被适当地放置在它们的正确位置上；
 - 对计划好的每一次单个燃料装载或每一个次临界堆芯，监测燃料添加期间以及反应性控制机构移动期间的中子计数率；
 - 制定由于接近临界而减少燃料添加量的准则。
- (e) 次临界反应性测量
 - 逐步增加堆芯的反应性；
 - 确保中子注量率受到连续监测，用计数率倒数对燃料装载作图以及对结果做评价以便预计临界；
 - 估算临界质量并在接近临界时减少燃料装载的增加量；
 - 通过次临界倍增测量对反应性控制机构的反应性价值做初步的估计。
- (f) 反应堆接近临界
 - 在移动反应性控制机构时采取预防措施。（例如，减少每次移动的反应性，并等一段时间，待中子计数率稳定）；
 - 如有必要，则规定在反应性控制机构移动期间定期地进行次临界测量。
- (g) 反应堆临界
 - 如果可能，则取出中子源并重新调整反应性控制机构；
 - 提升功率到足够的水平，以确保中子计数率进入测量仪表响应范围。
 - 对反应性系数反应性控制机构（安全/补偿/调节装置）的反应性价值进行测量。
 - 如果可能，则紧急停堆并估计反应性控制机构的全部反应性价值。

3.3 B2 子阶段：低功率试验

3.3.1 下面列出的试验说明了在 B2 阶段的每个子阶段中所进行的试验的类型和验证。

(a) 反应性测量

- 确定并验证过剩反应性和反应堆停堆裕度；
- 刻度调节性、补偿性和安全性反应性控制机构和其他吸收体的反应性价值；
- 确定反应性系数（冷却剂、慢化剂和反射层的初始等温温度系数，和空泡系数）；
- 确定堆芯内和反射层内实验装置的反应性价值。例如：已安装的回路、专用设备、容器、辐照位置等的反应性价值。

(b) 控制系统和停堆系统的试验：

- 验证用于显示、报警、控制和保护功能的中子探测仪器的灵敏度和测量范围；
- 验证起反应性控制功能的操作，例如：反应性的引入/移出顺序、自动功率控制、连锁和计算机；
- 验证保护功能。例如：紧急停堆的整定值、报警、定时、以及停堆。

(c) 注量率分布图的测量

- 在堆芯和反射层内以及对吸收体和不同燃料类型/富集度的影响进行整体测量；
- 确定临界功率比、中子注量率分布、径向和轴向功率峰因子；
- 确定靠近燃料和吸收体的中子注量率局部分布图；
- 刻度中子注量率测量通道并确定实验装置和反应性控制机构对引起反应堆紧急停堆的传感器的影响。

(d) 初始测量和中子和 γ 辐射场试验：

- 进行辐射调查，并确认辐射监测器的响应。

(e) 主冷却剂系统试验

- 确定堆芯内冷却剂流量分布（如有要求）、泄漏、震动和压降，以及实验装置和设施的影响；
- 验证对紧急停堆和断流试验的响应。

(f) 电气系统

- 证实对失电有正确的响应；
- 如有可能，检查确认全负荷对仪控系统没有不良的影响。

4 C 阶段

4.1 C 阶段的先决条件

4.1.1 下列活动应在 C 阶段开始前完成：

- (a) 完成了 B 阶段的调试试验：并且其结果已得到了评价和批准；
- (b) 完成了所要求的审查；
- (c) 已编写了详细的运行和调试程序。

4.2 C 阶段的试验

4.2.1 在 C 阶段，逐步提升反应堆功率，直到达到满功率。在每一步设置必要的停工待检点，继续进行可能需要国家核安全部门的批准。如有需要，每一步都进行试验和调整。尤其重要的是保护和调节系统的试验和调整、辐射调查（包括屏蔽）、用于设计和安全分析的

分析模型的验证、以及反应堆对预计运行事件（包括瞬态）的响应。

4.2.2 试验应有足够的全面性以便证实设施能安全地运行，不会使反应堆的运行方式或工况超出安全分析所采用的假设的范围。应考虑在系统的极端运行方式下的试验以及在可用设备数量最少的模拟条件下的试验，如果打算让该设施在这些方式下运行的话。

4.2.3 计划在适当功率水平下进行的试验包括下列各项：

(a) 反应性测量

- 温度和功率系数，以及氙中毒的反应性的测量。

(b) 停堆试验

- 快速停堆试验，以验证包括模拟瞬态之后定时的跳闸。

(c) 通道检定

下列刻度中有一些可能在 B 阶段就已经开始进行，但是它们应该在达到满功率之前完成。

- 功率测量通道的检定；
- 安全系统测量通道的检定和安全系统整定值的调整。
- 扰动、不对称和注量率倾斜的评价。

(d) 仪表和控制系统的确认

- 检查控制系统的性能、反应性引入/移出的顺序、连锁；
- 检查其他过程控制系统的运行；
- 检定并验证流量、压力、温度、功率等测量仪表；
- 检查控制计算机——反应堆自动控制，过程变量输入和性能输出的确认，失效的影响；
- 确定降功率和停堆时的氙毒特性。

(e) 冷却剂和慢化剂系统运行的验证

- 验证总流量、通道/堆芯流量、压降、泄漏和探测、震动；
- 进行冷却剂的化学分析并检查放射性污染以及冷却剂化学和放射化学控制的报警；
- 进行自然循环试验并检查余热导出系统的性能；
- 检查二次、三次排热系统的性能；
- 检查辅助系统的性能（冷却剂/慢化剂的补充系统、净化/清洗系统、破损燃料的探测、辅助冷却系统、慢化剂/反射层的冷却系统等）；
- 验证反应堆对冷却剂系统（包括泵和阀门）故障的响应。

(f) 稳态堆芯性能的评价

- 验证反应堆功率测量；
- 验证燃料和冷却剂的温度，并在切实可行的场合验证堆芯的热工水力性能（表面热通量、线功率密度、偏离泡核沸腾比（DNBR）和临界热通量（CHF）评定）；

- 确定临界功率比、注量率分布、径向和轴向功率峰因子；
 - 验证在反应性控制设备的允许模式/方式下堆芯限值未被超过。
- (g) 辐射测量和试验
- 验证 γ 和中子的辐射调查、屏蔽有效性，审查对出入的控制；
 - 验证区域辐射监测仪的响应和检定。
- (h) 放射性排出流和放射性废物系统试验
- 验证排出流和废物监测系统的检定；
 - 检查气体和液体废物处理、贮存和排放系统的运行。
- (i) 反应堆厂房试验
- 证实通风和空调系统的性能（在满功率时以允许的最少设备运行），并验证包容/清洗应急系统的性能（如果以前没有试验的话）。
- (j) 其它辅助系统试验
- 验证安全系统和专设安全设施的运行所需要的辅助系统的性能裕量或以最小的设备设计能力维持运行环境的辅助系统的性能裕量。
- (k) 在满功率情况下设备带载能力的确认；
- (l) 验证在控制室外远距离停堆和监测的能力（如果需要的话）；
- (m) 确认在满功率运行情况下失电之后的正常性能；
- (n) 实验和实验装置。

以下是一些应该在 C 阶段中或是在单个实验装置的调试期间做的试验、测量或验证。某些试验可能需要做临界实验或使用模型：

- 实验的中子注量率、谱和梯度的测量；
- 实验装置的反应性影响（引入、移出、故障、空泡）的测量；
- 实验装置对注量率分布的影响及对控制和安全仪表响应影响的试验；
- 实验装置的仪表和控制装置以及辅助系统（例如：应急电源系统、冷却系统等等）的运行试验；
- 与实验装置有关的安全装置（报警、停堆、降功率），以及任何安全壳设施的试验；
- 实验装置（放射性同位素的生产、供热、回路或专用设备试验、冷源、辐射源、束流等等）的设备功能试验；
- 设备失效的模拟试验（例如：回路失冷）。

(o) 常规运行的准备

在开始常规运行之前，应确认下列各项：

- 已完成了反应堆主要实验设备的试验，得到了原始数据，进行了演示，并做了所要求的一切修改和调整；
- 运行文件，诸如运行程序以及运行限值和条件，都在需要的地方做了修订。
- 已完成了调试报告，修订了安全分析报告以便包括重要的结果，并申请了运

行许可证。

(p) 作为运行过程中应完成的典型的试验和活动如下：

- 收集原始数据、试验、调整以及修改和参数优化，为设施常规运行作准备；
- 重新评价全寿期内的反应性价值（停堆裕度、反应性控制机构的价值等等）；
- 证实燃料管理的预计和燃耗估算；
- 证实乏燃料的装卸、贮存和装运的适宜性；
- 确定堆芯部件和材料的辐照效应（例如：蠕变）；
- 制定和确认实验和应用设施的方法和程序；
- 确认辐射防护措施的适宜性（包括对应急中心远距离监测仪表的验证）；
- 确定环境监测的原始数据；
- 验证独特的运行方式（远距离操作，脉冲方式等等）；
- 验证合同要求（例如：生产目标、长期运行、地区供热）；
- 验证应用的方法和设备（例如：放射性同位素生产、装卸、加工、贮存和装运）；
- 原型设施和设备的长期试验。

名词解释

预计运行事件

反应堆运行寿期内预计可能出现一次或数次的偏离正常运行的各种运行过程。由于设计中已采取相应措施，这类事件不致于引起安全重要物项的严重损坏，也不导致事故工况。

监查

通过对客观证据的调查、检查和评价，为确定所制定的程序、细则、技术规格书、规程、标准、行政管理计划或运行大纲及其他文件是否齐全适用，是否得到切实遵守以及实施效果如何而进行的审核并提出书面报告的工作。

调试

反应堆已安装的部件和系统投入运行并按设计要求进行性能验证，以确认是否满足性能标准的过程。调试由反应堆装载燃料前和反应堆进入临界、链式裂变反应在持续进行中两种条件下的试验组成。

建造

研究堆的部件制造、组装、土建施工、部件和设备的安装，及有关联的试验在内的过程。

正常运行

研究堆及其相关实验装置的运行；包括启动、功率运行、停堆过程、停堆状态、维修、试验和换料（参见运行状态）。

营运单位

持有国家核安全部门许可证（执照），负责经营和运行反应堆设施的单位。

运行限值和条件

经国家核安全部门认可的，为研究堆设施的安全运行而列举参数限值、设备的功能和性能及人员执行任务的水平等一整套规定。

运行状态

正常运行或预计运行事件两类状态的统称。

研究堆

主要用于产生和利用中子注量率和电离辐射作研究和其它目的用的核反应堆。

核安全（或安全）

完成正确的运行工况、事故预防或缓解事故后果从而实现保护厂区人员、公众和环境免受过量辐射危害。

安全分析报告

申请者提供给国家核安全部门的支持申请许可证的文件，其内容包括核设施的相关信息、其设计、安全分析，以及使运行人员、公众和环境的风险减至最低的措施。

安全委员会

独立于反应堆运行管理机构的内部组织，在反应堆和相关实验的运行方面给营运单位提供安全咨询。安全委员会的功能、授权、组成和任期经过书面确认，其成员代表是研究堆设计、运行等不同领域的专家。

安全限值

过程变量的各种限值，研究堆设施在这些范围内运行已证明是安全的。**安全系统**安全上重要的系统，用于保证反应堆安全停堆、从堆芯排出余热或限制预计运行事件和事故工况的后果。