

核安全导则 HAD202/10-2024

研究堆运行限值和条件

(国家核安全局 2024 年 12 月 25 日批准发布)

国家核安全局

研究堆运行限值和条件

(2024年12月25日国家核安全局批准发布)

本导则自2024年12月25日起实施

本导则由国家核安全局负责解释

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。

目 录

1 引言	1
1.1 目的	1
1.2 范围	1
2 运行限值和条件的概念及总体要求	1
2.1 运行限值和条件的概念	1
2.2 运行限值和条件的总体要求	3
3 运行限值和条件的内容	5
3.1 安全限值	5
3.2 安全系统整定值	6
3.3 安全运行限制条件	6
3.4 监督要求	8
3.5 设计特点	9
3.6 行政管理要求	9
4 运行限值和条件的遵守	12
名词解释	13
附件 研究堆运行限值和条件的格式和内容	14
附录 安全运行限制条件分组举例	21

1 引言

1.1 目的

1.1.1 本导则是对《研究堆运行安全规定》中有关运行限值和条件相关内容的说明和补充，并为满足《研究堆运行安全规定》所提出的要求提供指导和建议。

1.1.2 本导则的目的是为制定和实施研究堆运行限值和条件提供指导和建议。

1.2 范围

1.2.1 本导则包括运行限值和条件的确定原则和具体内容，以及营运单位制定、修改、遵守运行限值和条件的责任。

1.2.2 研究堆用于各种不同的目的，包括研究、试验、实验、培训、放射性同位素生产、中子放射治疗等，不同研究堆具有不同的设计特点及不同的运行方式和特征，且可能相差很大，因此，应当根据不同类别研究堆的特点对本导则中的要求作适应性处理。

2 运行限值和条件的概念及总体要求

2.1 运行限值和条件的概念

2.1.1 根据纵深防御原则，为保证研究堆运行参数处于正常范围内，并对运行中出现的偏离和异常进行及时响应、处理，防止出现事故状态，以及确保用于缓解事故的构筑物、系统和设备能够在发生事故时执行其预定功能，需要建立一套运行限值和条件。它包括：

- (1) 安全限值;
- (2) 安全系统整定值;
- (3) 安全运行限制条件;
- (4) 监督要求;
- (5) 偏离运行限值和条件时需采取的措施;
- (6) 设计特点;
- (7) 行政管理要求。

2.1.2 应当恰当地划分研究堆的运行模式。每一个运行模式对应于研究堆某些参数或状态（如堆芯反应性状态、功率水平、反应堆冷却剂平均温度等）的一种组合。在不同运行模式下发生事故的风险以及用于缓解事故的构筑物、系统和设备的配置要求可能是不同的，因此需要为不同的运行模式确定相应的运行限值和条件。运行模式的数量应当有利于研究堆的安全管理。

2.1.3 运行限值和条件既包括研究堆安全重要构筑物、系统和设备需要遵守的限制条件和运行要求，也包括运行人员所采取的必要措施和所遵守的限制要求。

2.1.4 运行限值和条件包括对涉及保持运行限值和条件的设备执行其功能进行必要的监督、检查、试验和纠正或补充行动的原则性要求。一些运行限值和条件可能包括自动功能和运行人员行动的组合。

2.2 运行限值和条件的总体要求

2.2.1 运行限值和条件的制定以研究堆设计要求、安全分析，以及安全分析报告中与研究堆运行有关的内容为依据。运行限值和条件的格式和内容应与其主要目的相对应，并应当考虑以下目标：

- (1) 便于认识、理解和遵守运行限值和条件；
- (2) 便于验证是否遵守了经批准的运行限值和条件。

2.2.2 营运单位应当对运行限值和条件进行定期审查，并在必要时进行修改。

2.2.3 如需修改运行限值和条件，应当开展全面分析，包括修改的必要性、对于研究堆安全的影响、定期试验或调试试验的结果等，并应当符合相关管理程序的要求。

2.2.4 运行限值和条件应当以清晰、简洁的方式进行表述，以便在任何情况下都能够清晰判断是否发生了不满足运行限值和条件的情况。运行限值和条件应当由可测量的或可直接识别的参数值来表征。当无法使用可直接识别的数值时，应当采用适当的图、表或计算方法来表示限值参数与堆功率或其他可测量参数之间的关系。

2.2.5 应当说明运行限值和条件适用的运行模式（如启动、停堆、功率运行、换料等）、变量、设备、系统和行政管理要求，以保证能清晰、正确地理解运行限值和条件的范围。例如在某个适用的限值中规定具体的冷却模式（自然循环、强迫循环等）。

2.2.6 运行限值和条件是对一个具体参数值或一组参数值的表述，这些参数值或者是一个单一值，或者是一个数值范围。运行限值和条件可能涉及一个构筑物、一个系统、一个设备或一项操作，也可能涉及一项监督要求或行政管理要求。运行限值和条件的内容不应互相矛盾。

2.2.7 对于辐照考验装置等研究堆应用设施，如果其本身存在放射性释放的风险，应当为其制定单独的运行限值和条件。本导则中的要求也适用于这类应用设施的运行限值和条件的制定。在制定这类应用设施的运行限值和条件时应当考虑应用设施与研究堆之间的相互影响。

2.2.8 应当给出运行限值和条件的解释，以便运行人员能清晰理解其安全意义。这些解释应当基于安全分析报告、反应堆设计，也可基于运行经验或实验结果。在运行限值和条件的解释中应当包括所参考的安全分析报告相关章节的摘要。运行限值和条件的解释应当证明所选择的运行限值和条件对于正常运行是合理的。应当适当考虑标定误差、测量精度，以及系统响应时间或反应堆操纵员响应时间等方面的因素。

2.2.9 可考虑概率安全分析在制定和优化运行限值和条件方面的应用。概率安全分析方法与运行经验一起可用于运行限值和条件的论证和修改。

3 运行限值和条件的内容

运行限值和条件的内容主要包括：安全限值、安全系统整定值、安全运行限制条件、监督要求、设计特点和行政管理要求。

3.1 安全限值

3.1.1 安全限值规定了影响放射性物质从燃料中释放的运行参数的限值。制定的安全限值是为了保证主要实体屏障的完整性，以防止放射性物质不可控制地释放。对某些研究堆，主要的实体屏障是燃料，保持燃料完整性的主要手段是充分地冷却燃料。对某些液态燃料反应堆，反应堆冷却剂边界就是实体屏障。

3.1.2 应当以合理的方法制定安全限值，以保证考虑了安全分析中所有的不确定性。应当保证安全限值得到遵守，如果不满足任一安全限值，就应当停堆，并维持在安全状态，且只有在进行全面的评价和处理，并得到批准后，才能恢复正常运行。

3.1.3 如果燃料温度会影响燃料元件的屏障完整性且可测量，则可用它确定一个安全限值。如果仅在堆芯的一个位置测量燃料温度，则应当在测量的燃料温度与堆芯内燃料最高温度之间确立准确或保守的关系式。

3.1.4 某些研究堆可能没有测量燃料温度的条件。针对这种情况，安全限值通常可用可测量的其他相关参数来表示，如热（核）功率、冷却剂流量、冷却剂温度、冷却剂压力和冷却剂液位等。如

果堆芯能以强迫对流或自然对流的方式来冷却，则应当为每种冷却方式确定安全限值。

3.1.5 如果安全壳或包容体丧失完整性不会直接导致燃料完整性的丧失，则表征安全壳或包容体完整性的参数可不作为安全限值。

3.2 安全系统整定值

3.2.1 对于每个需要确定安全限值的参数以及其他安全重要参数，都应当选定安全系统整定值。超过安全系统整定值将自动触发紧急停堆或启动专设安全设施等保护动作，从而保证满足安全限值或缓解事故后果。

3.2.2 规定的安全系统整定值应当保证在安全分析报告设定的参数值范围内自动触发安全系统。

3.2.3 对于要求安全系统可运行的运行模式，应当规定相应的安全系统整定值。在确定安全系统整定值时，应当考虑过程和测量的不确定性、仪表的响应和运算的不确定性、仪表响应时间等，以保证安全系统整定值的设置具有足够的保守性。

3.2.4 安全系统整定值可以在仪表相关的安全运行限制条件中进行规定，而不作为独立的章节。

3.3 安全运行限制条件

3.3.1 安全运行限制条件规定了研究堆运行期间必须遵守的对系统设备功能和运行参数的限制，以保证研究堆安全运行，不违反

法规要求和许可证条件。安全运行限制条件应当与安全分析报告相符并以安全分析报告为依据。在反应堆所有运行模式下，相应的安全运行限制条件都应当得到遵守。

3.3.2 安全运行限制条件应当包括运行参数限值、系统或设备的可运行性要求、偏离规定的运行限值和条件时运行人员需采取的措施和完成这些措施允许的时间，以及未能在允许的时间内完成需采取的措施时的退防措施。

3.3.3 可运行性要求应当规定在各种运行模式下需处于可运行状态的安全重要系统和设备的数目。当可运行性要求无法满足时，应当规定所需采取的措施，并应当规定完成措施允许的时间。

3.3.4 对设备的可运行性要求，应当考虑设备的冗余性和可靠性的规定，并应当在不显著增加风险的前提下，考虑设备不可运行的时间。

3.3.5 应当说明每个安全运行限制条件的适用范围。

3.3.6 选取安全运行限制条件的准则如下：

(1) 用于探测反应堆冷却剂边界显著异常降级的仪表，这些仪表通常安装在现场并在主控室显示（本准则适用于需要保持反应堆冷却剂边界完整性以冷却燃料元件或包容放射性的研究堆）；

(2) 作为设计基准事故或瞬态分析初始条件的状态和过程参数、设计特点或运行限制，这些事故或瞬态能导致某个裂变产物屏

障失效或危及其完整性；

(3) 作为主要成功路径组成部分的构筑物、系统和设备，其运行或启动能够缓解某个设计基准事故或瞬态，这些事故或瞬态能导致某个裂变产物屏障失效或危及其完整性；

(4) 运行经验或概率安全分析表明对反应堆安全和公众健康重要的构筑物、系统或设备。

3.4 监督要求

3.4.1 为了保证安全系统整定值和安全运行限制条件得到满足，应当根据监督要求对有关的系统和设备进行监测、检查、核对、标定和试验。

3.4.2 涉及安全系统整定值及安全运行限制条件的所有物项都需要适当方式的监督或试验。监督要求应当规定监督的频度、范围和主要的验收准则，以表明涉及安全系统整定值和安全运行限制条件的物项的相关性能要求已得到满足。应当根据物项的安全重要性、可靠性和运行经验确定监督频度。

3.4.3 应当在监督或试验程序中给出明确的验收准则，以便确认关注的系统或设备的可运行性。

3.4.4 应当以清晰的方式表明监督要求与安全系统整定值或安全运行限制条件之间的对应关系。

3.4.5 应当规定监督要求未得到满足时的应对措施，例如在规定

时间内宣布对应的安全运行限制条件不满足，并采取相应措施。

3.5 设计特点

应当描述和说明对安全有显著影响的涉及结构材料和几何布置的设计特点，如场址、反应堆冷却剂系统、反应堆堆芯、燃料贮存等。

3.6 行政管理要求

3.6.1 责任

应当说明营运单位承担的与安全运行有关的责任，以及与该责任相关的授权原则。

3.6.2 组织机构

研究堆的组织机构应当用组织机构图表示。该图应当表明营运单位的各级组织及其关键人员，包括营运单位法定代表人、反应堆负责人、值班和反应堆操纵员等。应当规定营运单位的各级组织及其关键人员的职责和职权。

3.6.3 人员配备和资格要求

行政管理要求应当规定反应堆所有运行状态下相关专业（工种）最低人员配备。同时应当规定主要运行人员的资格要求。

3.6.4 审查

应当说明反应堆安全委员会的审查要求。需反应堆安全委员会审查的方面可包括：

- (1) 运行限值和条件或其它许可证申请文件的变更;
- (2) 有重要安全意义的现有试验、实验装置、应用、设备、系统或程序的变更和新的试验、实验装置、应用、设备、系统或程序申请;
- (3) 有安全影响的修改;
- (4) 违反运行限值和条件、许可证条件和安全重要程序的情况;
- (5) 要求报告的或已向国家核安全局报告的事件;
- (6) 正常运行工况下的放射性释放及工作人员和公众所受照射;
- (7) 研究堆运行和安全性能的定期评价。

3.6.5 应用和修改

运行限值和条件应当包括有安全影响的应用和修改的管理要求。该管理要求应当包括用于判定哪些实验或修改必须报送国家核安全局审查的准则。有关研究堆应用和修改的核安全导则为有安全影响的应用和修改提供了指导。

3.6.6 大纲和程序

应当说明研究堆的程序体系和程序管理要求，并对重要的大纲和程序进行说明，如环境监测大纲、流出物控制大纲、安全相关系统和设备定期试验监督大纲等。

3.6.7 记录和报告

3.6.7.1 运行限值和条件应当包括对各种记录和报告进行整理和使用的行政管理要求。

3.6.7.2 应当规定根据相关法规要求编制并向核安全监管部门提交报告的管理要求。

3.6.7.3 应当编制和保存对研究堆安全运行及证明其遵循运行限值和条件重要的记录。应当对保存记录及保存时限做出规定。应当保存的典型记录包括：

- (1) 研究堆的安全分析报告和对安全分析报告的修改；
- (2) 研究堆的许可证、许可证条件以及运行限值和条件；
- (3) 研究堆图纸；
- (4) 要求的计划、预案和大纲，如应急预案、安全保卫预案、质量保证大纲以及反应堆操纵员和工作人员培训计划；
- (5) 各种程序及对程序的修改；
- (6) 日常运行数据，如值班记录、记录图表；
- (7) 监督和维修记录；
- (8) 燃料接收、装运和存量记录；
- (9) 放射性废物记录；
- (10) 辐射和污染监测记录；
- (11) 流出物向环境的排放记录；
- (12) 辐照剂量记录；

(13) 重大污染事件记录;

(14) 要求向国家核安全局报告的事件;

(15) 有关反应堆实验的记录, 如应用方式、采集的数据;

(16) 对退役重要的记录, 如泄漏记录、竣工图及构筑物修改记录;

(17) 与反应堆安全委员会有关的记录, 如会议时间、审查报告。

3.6.8 违反运行限值和条件后要求采取的管理措施

运行限值和条件中应当包括一旦违反运行限值和条件而要求营运单位采取的管理措施。

4 运行限值和条件的遵守

4.1 营运单位必须保证遵守批准的运行限值和条件。为履行这个责任, 应当制定相关的管理措施。

4.2 为了保证遵循运行限值和条件, 负责执行运行限值和条件的所有人员应当持有运行限值和条件的有效版本, 并应当就其使用进行充分的培训。

4.3 如果发生违反运行限值和条件的情况, 应当按规定报告, 并分析原因、采取纠正措施、开展经验反馈。

4.4 应当按照质量保证要求对研究堆运行及其遵循运行限值和条件的情况进行记录并予以保存, 便于检查和监查。

名词解释

反应堆负责人

由营运单位授权，直接负责反应堆安全运行的人员。

成功路径

在某个设计基准事故或瞬态下，一些构筑物、系统和设备根据需要执行其预定功能，使事故或瞬态得到缓解并满足其验收准则的整个过程。

附件 研究堆运行限值和条件的格式和内容

目录

给出足够详细的目录，以便于查阅具体的运行限值和条件。

1 引言

1.1 概述

本节给出有关研究堆运行限值和条件文件来源的总体信息，如有必要，还应当包括历史沿革。也应当包括对运行限值和条件设置的限制说明，例如“这些运行限值和条件仅适用于此反应堆的调试阶段”。

1.2 名词解释

本节给出运行限值和条件文件中专用术语以及该研究堆特有术语的名词解释。

示例：

通道：由传感器、导线、放大器和输出装置组成，用来测量参数的数值。

1.3 运行模式

本节给出研究堆各运行模式的定义。

示例：

模式	名称	反应性状态 (k_{eff})	%额定热功率 (%RTP)	反应堆冷却剂 平均温度 ($^{\circ}\text{C}$)
1	功率运行	≥ 0.99	> 5	不适用
2	启动	≥ 0.99	≤ 5	不适用
3	热停堆	< 0.99	不适用	≥ 100
4	冷停堆	< 0.99	不适用	< 100
...

1.4 逻辑连接符（如有）

在运行限值和条件中如出现逻辑连接符（如“与”和“或”），则在本节给出其含义及相关的运算规则。

1.5 完成时间（如有）

对于偏离安全运行限制条件的情况，应当规定需采取的措施和允许的完成时间。如有必要，在本节给出关于完成时间的规则，并对其应用做出说明。

1.6 频度（如有）

为了满足相关的安全运行限制条件，应当按规定频度执行监督。如有必要，在本节给出各种频度要求的解释，并对其应用做出说明。

2 安全限值

2.1 安全限值

本节根据本导则正文 3.1 节的要求规定安全限值。

安全限值的解释应当包括：

- (1) 安全限值的背景；
- (2) 安全限值与安全分析之间的关系；
- (3) 安全限值的目的和必要说明；
- (4) 确定安全限值适用范围的依据；
- (5) 违反安全限值时需采取的各项措施及允许的完成时间的依据。

示例：

2.1.1 燃料温度安全限值

燃料芯体最高温度在运行状态下不允许达到相应燃耗下的燃料熔点。

适用范围：模式 1 和 2。

2.2 违反安全限值

本节给出研究堆违反安全限值后需要采取的措施。

示例：

2.2.1 如果违反安全限值 2.1.1，则必须在 1 小时内恢复到安全限值以内，并进入模式 3。

3 安全运行限制条件/监督要求

为了阅读和使用方便，将安全运行限制条件和监督要求相互对

应写在一起，以便逐条对照。

本节给出安全运行限制条件。安全运行限制条件的数量可能较多，可以按专题分组。本导则附录给出了适用于不同类别研究堆的安全运行限制条件分组举例。该附录仅作为参考，应当根据本导则正文 3.3.6 节中的准则确定适用于研究堆的安全运行限制条件。

本节给出与每条安全运行限制条件对应的监督要求，包括监督的项目（包含主要验收准则）和频度。

对于每条安全运行限制条件/监督要求的解释应当包括：

- （1）安全运行限制条件的背景；
- （2）安全运行限制条件与安全分析之间的关系，选取安全运行限制条件所依据的准则；
- （3）安全运行限制条件的目的和必要说明；
- （4）确定安全运行限制条件适用范围的依据；
- （5）偏离安全运行限制条件时需采取的各项措施及允许的完成时间的依据；
- （6）监督要求的目的和监督频度的选取依据。

3.0 总则

本节给出与安全运行限制条件/监督要求相关的一些总体原则，如由于一个支持系统的安全运行限制条件不满足而使得被支持系统的安全运行限制条件不满足时的处理原则、发现在某个监督要求规

定的频度内没有执行监督时的处理原则等。

示例：

3.1 反应性控制系统

3.1.1 停堆裕度

运行限制条件 3.1.1：停堆裕度 $\geq 4.0\% \Delta k/k$ 。

适用范围：模式 2 且 $k_{\text{eff}} < 1.0$ ，模式 3、模式 4。

措施

状态	需采取的措施	完成时间
A. 停堆裕度不在限值以内。	A.1 开始启动硼化以恢复停堆裕度到限值内。	15 分钟
监督要求		
监督		频度
监督要求	核实停堆裕度 $\geq 4.0\% \Delta k/k$ 。	24 小时
3.1.1.1		

4 设计特点

本章主要包括那些未包含在运行限值和条件其他章节中，对安全有显著影响的涉及结构材料和几何布置的设计特点。

4.1 场址和设施描述

本节给出场址和设施的总体描述，包括位置、非居住区边界及规划限制区边界。

4.2 反应堆冷却剂系统

本节描述反应堆冷却剂系统的设计。根据情况，这些内容包括材料、流体、温度、压力和适用规范。

4.3 反应堆堆芯和燃料

本节给出正常堆芯布置的描述，包括燃料元件、控制棒数量和类型，以及与堆芯有关的其他特殊信息。经批准的每种类型的反应堆燃料都应当予以描述，包括堆型、材料、富集度、结构描述和其他特点。

没有包含在运行限值和条件其他章节的堆芯参数，如最大堆芯装载、热工特性、物理参数等，也应当作为设计特点予以描述。

如有必要，应当包括定期检查燃料的要求或燃料燃耗限值。还应当描述带损坏的或泄漏的燃料元件运行反应堆的条件。

4.4 燃料贮存

本节给出新燃料及乏燃料贮存的描述和说明，涉及临界安全、容量、冷却等方面。

5 行政管理要求

本节详细说明反应堆的行政管理要求。

5.1 责任

本节给出营运单位承担的与安全运行有关的责任，以及与该责任相关的授权原则。

5.2 组织机构

本节给出营运单位的组织机构及相关职责和职权。

5.3 人员配备和资格要求

本节给出研究堆相关专业（工种）最低人员配备和主要运行人员的资格要求。

5.4 审查

本节给出反应堆安全委员会的审查要求。

5.5 应用和修改

本节给出有安全影响的应用和修改的管理要求。

5.6 大纲和程序

本节给出研究堆的程序体系和程序管理要求，以及重要的大纲和程序的说明。

5.7 记录和报告

本节给出研究堆各种记录和报告的管理要求。

5.8 违反运行限值和条件后要求采取的管理措施

本节给出一旦违反运行限值和条件时需要采取的管理措施，如在恢复运行前向国家核安全局报告以及相关报告的编制、审批的管理要求。

附录 安全运行限制条件分组举例

一、反应性控制系统

- (一) 剩余反应性;
- (二) 运行期间和换料过程中的停堆裕度;
- (三) 反应性控制机构的反应性价值 (例如: 调节、补偿、安全、脉冲棒等);
- (四) 由反应性控制机构、实验装置和燃料元件引起的反应性添加量和反应性添加速率;
- (五) 备用停堆系统;
- (六) 反应性平衡 (例如: 反应性控制机构提升高度图);
- (七) 不同类型控制棒的数量;
- (八) 反应性系数。

二、反应堆堆芯参数

- (一) 反应堆功率;
- (二) 燃料元件的平均功率和最大功率;
- (三) 偏离泡核沸腾比或流量不稳定性;
- (四) 功率分布;
- (五) 脉冲限制 (如反应性、峰值功率、能量、燃料温度)。

三、仪表

- (一) 在每种运行模式触发保护所需的中子测量设备的类型和

最少数量；

(二) 触发保护所需的其他测量设备(温度、流量、辐射水平等)的类型和最少数量；

(三) 有关上述设备的报警和触发保护整定值；

(四) 联锁和触发保护；

(五) 旁通通道；

(六) 其他安全仪表；

(七) 触发保护延迟时间。

四、冷却剂系统及与之相连的系统

(一) 冷却剂化学(固体杂质含量、不溶解气体含量、pH值和电导率、主要的离子含量)；

(二) 温度、压力(管道上、通过过滤器等)和流量；

(三) 不同运行模式的系统配置(例如：应有几台泵可运行，哪些阀门应该开启或关闭等)；

(四) 冷却剂或慢化剂的液位；

(五) 应急堆芯冷却系统；

(六) 泄漏探测和冷却剂丧失的报警限值；

(七) 冷却剂中放射性核素的含量；

(八) 冷却剂中裂变产物的含量；

(九) 最终热阱；

(十) 慢化剂化学特性。

五、包括通风的包容系统

(一) 反应堆不同区域的温度、湿度和空气流；

(二) 通过过滤器的压降；

(三) 包容体对大气的相对压力；

(四) 包容体的隔离和应急通风的启动；

(五) 通风的布置和最少设备；

(六) 包容体的泄漏率；

(七) 包容体内的有害物质；

(八) 高效过滤器和除碘过滤器的效率。

六、辐射安全和流出物管理

(一) 辐射监测仪表的类型（气态、微粒、 γ 、中子等）和配置；

(二) 放射性核素的浓度限值或在给定时间允许释放的液态或气态流出物的其他限值，如：最大年释放量。

七、实验装置

(一) 特定类型实验的最大反应性价值（例如：固定或不固定在反应堆结构上的实验装置）；

(二) 所有实验的总的反应性价值；

(三) 针对特殊材料的要求，如可裂变材料、易爆材料、腐蚀

性材料或与冷却剂有强烈反应的材料。

八、电源系统

应急电源的类型（柴油机、电池组等）、最小数量或最短运行时间。

九、其他安全运行限制条件