

国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

核电厂改造

特定安全导则

第 SSG-71 号



IAEA

国际原子能机构

国际原子能机构安全标准和相关出版物

国际原子能机构安全标准

根据《国际原子能机构规约》第三条的规定，国际原子能机构受权制定或采取旨在保护健康及尽量减少对生命与财产之危险的安全标准，并规定适用这些标准。

国际原子能机构借以制定标准的出版物以国际原子能机构《安全标准丛书》的形式印发。该丛书涵盖核安全、辐射安全、运输安全和废物安全。该丛书出版物的分类是安全基本法则、安全要求和安全导则。

有关国际原子能机构安全标准计划的资料可访问以下国际原子能机构因特网网站：

www.iaea.org/zh/shu-ju-ku/an-quan-biao-zhun

该网站提供已出版安全标准和安全标准草案的英文文本。以阿拉伯文、中文、法文、俄文和西班牙文印发的安全标准文本；国际原子能机构安全术语以及正在制订中的安全标准状况报告也在该网站提供使用。欲求进一步的信息，请与国际原子能机构联系（Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria）。

敬请国际原子能机构安全标准的所有用户将使用这些安全标准的经验（例如作为国家监管、安全评审和培训班课程的依据）通知国际原子能机构，以确保这些安全标准继续满足用户需求。资料可以通过国际原子能机构因特网网站提供或按上述地址邮寄或通过电子邮件发至 Official.Mail@iaea.org。

相关出版物

国际原子能机构规定适用这些标准，并按照《国际原子能机构规约》第三条和第八条 C 款之规定，提供和促进有关和平核活动的信息交流并为此目的充任成员国的居间人。

核活动的安全报告以《安全报告》的形式印发，《安全报告》提供能够用以支持安全标准的实例和详细方法。

国际原子能机构其他安全相关出版物以《应急准备和响应》出版物、《放射学评定报告》、国际核安全组的《核安全组报告》、《技术报告》和《技术文件》的形式印发。国际原子能机构还印发放射性事故报告、培训手册和实用手册以及其他特别安全相关出版物。

安保相关出版物以国际原子能机构《核安保丛书》的形式印发。

国际原子能机构《核能丛书》由旨在鼓励和援助和平利用原子能的研究、发展和实际应用的资料性出版物组成。它包括关于核电、核燃料循环、放射性废物管理和退役领域技术状况和进展以及经验、良好实践和实例的报告和导则。

核电厂改造

国际原子能机构的成员国

阿富汗
阿尔巴尼亚
阿尔及利亚
安哥拉
安提瓜和巴布达
阿根廷
亚美尼亚
澳大利亚
奥地利
阿塞拜疆
巴哈马
巴林
孟加拉国
巴巴多斯
白俄罗斯
比利时
伯利兹
贝宁
多民族玻利维亚国
波斯尼亚和黑塞哥维那
博茨瓦纳
巴西
文莱达鲁萨兰国
保加利亚
布基纳法索
佛得角
布隆迪
柬埔寨
喀麦隆
加拿大
中非共和国
乍得
智利
中国
哥伦比亚
科摩罗
刚果
哥斯达黎加
科特迪瓦
克罗地亚
古巴
塞浦路斯
捷克共和国
刚果民主共和国
丹麦
吉布提
多米尼克
多米尼加共和国
厄瓜多尔
埃及
萨尔瓦多
厄立特里亚
爱沙尼亚
斯威士兰
埃塞俄比亚
斐济
芬兰
法国
加蓬
冈比亚

格鲁吉亚
德国
加纳
希腊
格林纳达
危地马拉
几内亚
圭亚那
海地
教廷
洪都拉斯
匈牙利
冰岛
印度
印度尼西亚
伊朗伊斯兰共和国
伊拉克
爱尔兰
以色列
意大利
牙买加
日本
约旦
哈萨克斯坦
肯尼亚
大韩民国
科威特
吉尔吉斯斯坦
老挝人民民主共和国
拉脱维亚
黎巴嫩
莱索托
利比里亚
利比亚
列支敦士登
立陶宛
卢森堡
马达加斯加
马拉维
马来西亚
马里
马耳他
马绍尔群岛
毛里塔尼亚
毛里求斯
墨西哥
摩纳哥
蒙古
黑山
摩洛哥
莫桑比克
缅甸
纳米比亚
尼泊尔
荷兰王国
新西兰
尼加拉瓜
尼日尔
尼日利亚
北马其顿

挪威
阿曼
巴基斯坦
帕劳
巴拿马
巴布亚新几内亚
巴拉圭
秘鲁
菲律宾
波兰
葡萄牙
卡塔尔
摩尔多瓦共和国
罗马尼亚
俄罗斯联邦
卢旺达
圣基茨和尼维斯
圣卢西亚
圣文森特和格林纳丁斯
萨摩亚
圣马力诺
沙特阿拉伯
塞内加尔
塞尔维亚
塞舌尔
塞拉利昂
新加坡
斯洛伐克
斯洛文尼亚
南非
西班牙
斯里兰卡
苏丹
瑞典
瑞士
阿拉伯叙利亚共和国
塔吉克斯坦
泰国
多哥
汤加
特立尼达和多巴哥
突尼斯
土耳其
土库曼斯坦
乌干达
乌克兰
阿拉伯联合酋长国
大不列颠及北爱尔兰联合王国
坦桑尼亚联合共和国
美利坚合众国
乌拉圭
乌兹别克斯坦
瓦努阿图
委内瑞拉玻利瓦尔共和国
越南
也门
赞比亚
津巴布韦

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

国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-71 号

核电厂改造

特定安全导则

国际原子能机构
2024 年·维也纳

版权说明

国际原子能机构的所有科学和技术出版物均受 1952 年（伯尔尼）通过并于 1972 年（巴黎）修订的《世界版权公约》之条款的保护。自那时以来，世界知识产权组织（日内瓦）已将版权的范围扩大到包括电子形式和虚拟形式的知识产权。必须获得许可而且通常需要签订版税协议方能使用国际原子能机构印刷形式或电子形式出版物中所载全部或部分內容。欢迎有关非商业性翻印和翻译的建议并将在个案基础上予以考虑。垂询应按以下地址发至国际原子能机构出版处：

Marketing and Sales Unit,
Publishing Section
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre
PO Box 100
1400 Vienna, Austria
传真：+43 1 2600 22529
电话：+43 1 2600 22417
电子信箱：sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/zh/chu-ban-wu>

© 国际原子能机构，2024 年
国际原子能机构印刷
2024 年 3 月·奥地利

核电厂改造

国际原子能机构，奥地利，2024 年 3 月
STI/PUB/2012
ISBN 978-92-0-521323-1（简装书：碱性纸）
978-92-0-521123-7（pdf 格式）
EPUB 978-92-0-521223-4
ISSN 1020-5853

前 言

拉斐尔·马里亚诺·格罗西总干事

国际原子能机构（原子能机构）《规约》授权原子能机构“制定……旨在保护健康及尽量减少对生命与财产的危险的的安全标准”。这些是原子能机构必须适用于其自身业务而且各国可以通过其国家法规来适用的标准。

原子能机构于 1958 年开始实施其安全标准计划，此后有了许多发展。作为总干事，我致力于确保原子能机构维护和改进这套具有综合性、全面性和一致性的、与时俱进的、用户友好的和适合目的的高质量安全标准。在利用核科学和技术的过程中正确地适用这些标准将为全世界的人和环境提供高水平的保护，并为持续利用核技术造福于所有人提供必要的信心。

安全是得到许多国际公约支持的一项国家责任。原子能机构的安全标准奠定了这些法律文书的基础，而且是有助于各方履行各自义务的全球基准。虽然安全标准对成员国没有法律约束力，但它们被广泛适用。对已在国家法规中采用这些标准以加强核能发电、研究堆和燃料循环设施中以及医学、工业、农业和研究领域核应用中的安全的绝大多数成员国而言，它们已成为不可或缺的基准点和共同标准。

原子能机构的安全标准以原子能机构成员国的实际经验为基础，并通过国际协商一致产生。各安全标准分委员会、核安保导则委员会和安全标准委员会成员的参与尤其重要，我向所有为这项工作贡献自己的知识和专长的人表示感谢。

原子能机构在通过评审工作组访问和咨询服务向成员国提供援助时，也使用这些安全标准。这有助于成员国适用这些标准，并使得能够共享宝贵经验和真知灼见。在安全标准的定期修订过程中，会考虑到这些工作组访问和服务的反馈，以及从使用和适用安全标准的事件和经历中汲取的教训。

我相信，原子能机构安全标准及其适用将为确保在使用核技术时实现高水平安全作出宝贵的贡献。我鼓励所有成员国宣传和适用这些安全标准，并与原子能机构合作，在现在和将来维护其质量。

国际原子能机构安全标准

背景

放射性是一种自然现象，因而天然辐射源的存在是环境的特征。辐射和放射性物质具有许多有益的用途，从发电到医学、工业和农业应用不一而足。必须就这些应用可能对工作人员、公众和环境造成的辐射危险进行评定，并在必要时加以控制。

因此，辐射的医学应用、核装置的运行、放射性物质的生产、运输和使用以及放射性废物的管理等活动都必须服从安全标准的约束。

对安全实施监管是国家的一项责任。然而，辐射危险有可能超越国界，因此，国际合作的目的就是通过交流经验和提高控制危险、预防事故、应对紧急情况和减缓任何有害后果的能力来促进和加强全球安全。

各国负有勤勉管理义务和谨慎行事责任，而且理应履行其各自的国家和国际承诺与义务。

国际安全标准为各国履行一般国际法原则规定的义务例如与环境保护有关的义务提供支持。国际安全标准还促进和确保对安全建立信心，并为国际商业与贸易提供便利。

全球核安全制度已经建立，并且正在不断地加以改进。对实施有约束力的国际文书和国家安全基础结构提供支撑的原子能机构安全标准是这一全球性制度的一座基石。原子能机构安全标准是缔约国根据这些国际公约评价各缔约国履约情况的一个有用工具。

原子能机构安全标准

原子能机构安全标准的地位源于原子能机构《规约》，其中授权原子能机构与联合国主管机关及有关专门机构协商并在适当领域与之合作，以制定或采取旨在保护健康及尽量减少对生命与财产之危险的安全标准，并对其适用作出规定。

为了确保保护人类和环境免受电离辐射的有害影响，原子能机构安全标准制定了基本安全原则、安全要求和安全措施，以控制对人类的辐射照射和放射性物质向环境的释放，限制可能导致核反应堆堆芯、核链式反应、辐射源或任何其他辐射源失控的事件发生的可能性，并在发生这类事件时减轻其后果。这些标准适用于引起辐射危险的设施和活动，其中包括核装置、辐射和辐射源利用、放射性物质运输和放射性废物管理。

安全措施和安保措施¹具有保护生命和健康以及保护环境共同目的。安全措施和安保措施的制订和执行必须统筹兼顾，以便安保措施不损害安全，以及安全措施不损害安保。

原子能机构安全标准反映了有关保护人类和环境免受电离辐射有害影响的高水平安全在构成要素方面的国际共识。这些安全标准以原子能机构《安全标准丛书》的形式印发，该丛书分以下三类（见图1）。



图1. 国际原子能机构《安全标准丛书》的长期结构。

¹ 另见以原子能机构《核安保丛书》印发的出版物。

安全基本法则

“安全基本法则”阐述防护和安全的基本安全目标和原则，以及为安全要求提供依据。

安全要求

一套统筹兼顾和协调一致的“安全要求”确定为确保现在和将来保护人类与环境所必须满足的各项要求。这些要求遵循“安全基本法则”提出的目标和原则。如果不能满足这些要求，则必须采取措施以达到或恢复所要求的安全水平。这些要求的格式和类型便于其用于以协调一致的方式制定国家监管框架。这些要求包括带编号的“总体”要求用“必须”来表述。许多要求并不针对某一特定方，暗示的是相关各方负责履行这些要求。

安全导则

“安全导则”就如何遵守安全要求提出建议和指导性意见，并表明需要采取建议的措施（或等效的可替代措施）的国际共识。“安全导则”介绍国际良好实践并且不断反映最佳实践，以帮助用户努力实现高水平安全。“安全导则”中的建议用“应当”来表述。

原子能机构安全标准的适用

原子能机构成员国中安全标准的使用者是监管机构和其他相关国家当局。共同发起组织及设计、建造和运行核设施的许多组织以及涉及利用辐射源和放射源的组织也使用原子能机构安全标准。

原子能机构安全标准在相关情况下适用于为和平目的利用的一切现有和新的设施和活动的整个寿期，并适用于为减轻现有辐射危险而采取的防护行动。各国可以将这些安全标准作为制订有关设施 and 活动的国家法规的参考。

原子能机构《规约》规定这些安全标准在原子能机构实施本身的工作方面对其有约束力，并且在实施由原子能机构援助的工作方面对国家也具有约束力。

原子能机构安全标准还是原子能机构安全评审服务的依据，原子能机构利用这些标准支持开展能力建设，包括编写教程和开设培训班。

国际公约中载有与原子能机构安全标准中所载相类似的要求，从而使其对缔约国有约束力。由国际公约、行业标准和详细的国家要求作为补充的原子能机构安全标准为保护人类和环境奠定了一致的基础。还会出现一些需要在国家一级加以评定的特殊安全问题。例如，有许多原子能机构安全标准特别是那些涉及规划或设计中的安全问题的标准意在主要适用于新设施和新活动。原子能机构安全标准中所规定的要求在一些按照早期标准建造的现有设施中可能没有得到充分满足。对这类设施如何适用安全标准应由各国自己作出决定。

原子能机构安全标准所依据的科学考虑因素为有关安全的决策提供了客观依据，但决策者还须做出明智的判断，并确定如何才能最好地权衡一项行动或活动所带来的好处与其所产生的相关辐射危险和任何其他不利影响。

原子能机构安全标准的制定过程

编写和审查安全标准的工作涉及原子能机构秘书处及分别负责应急准备和响应（应急准备和响应标准委员会）（从 2016 年起）、核安全（核安全标准委员会）、辐射安全（辐射安全标准委员会）、放射性废物安全（废物安全标准委员会）和放射性物质安全运输（运输安全标准委员会）的五个安全标准分委员会以及一个负责监督原子能机构安全标准计划的安全标准委员会（安全标准委员会）（见图 2）。

原子能机构所有成员国均可指定专家参加四个安全标准分委员会的工作，并可就标准草案提出意见。安全标准委员会的成员由总干事任命，并包括负责制订国家标准的政府高级官员。

已经为原子能机构安全标准的规划、制订、审查、修订和最终确立过程确定了一套管理系统。该系统阐明了原子能机构的任务；今后适用安全标准、政策和战略的思路以及相应的职责。

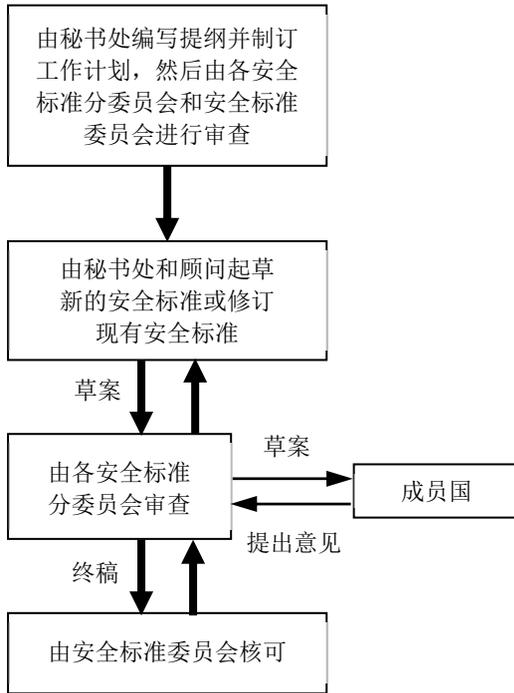


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

与其他国际组织的合作关系

在制定原子能机构安全标准的过程中考虑了联合国原子辐射效应科学委员会的结论和国际专家机构特别是国际放射防护委员会的建议。一些标准的制定是在联合国系统的其他机构或其他专门机构的合作下进行的，这些机构包括联合国粮食及农业组织、联合国环境规划署、国际劳工组织、经合组织核能机构、泛美卫生组织和世界卫生组织。

文本的解释

安全相关术语应按照《国际原子能机构安全术语》（见 <http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>）中的定义进行解释。否则，则采用具有最新版《简明牛津词典》所赋予之拼写和含义的词语。就“安全导则”而言，英文文本系权威性文本。

原子能机构《安全标准丛书》中每一标准的背景和范畴及其目的、范围和结构均在每一出版物第一章“导言”中加以说明。

在正文中没有适当位置的资料（例如对正文起辅助作用或独立于正文的资料；为支持正文中的陈述而列入的资料；或叙述计算方法、程序或限值和条件的资料）以附录或附件的形式列出。

如列有附录，该附录被视为安全标准的一个不可分割的组成部分。附录中所列资料具有与正文相同的地位，而且原子能机构承认其作者身份。正文中如列有附件和脚注，这些附件和脚注则被用来提供实例或补充资料或解释。附件和脚注不是正文不可分割的组成部分。原子能机构发表的附件资料并不一定以作者身份印发；列于其他作者名下的资料可以安全标准附件的形式列出。必要时将摘录和改编附件中所列外来资料，以使其更具通用性。

目 录

1. 导言	1
背景 (1.1-1.5).....	1
目的 (1.6-1.7).....	2
范围 (1.8-1.12).....	2
结构 (1.13).....	3
2. 改造管理计划 (2.1-2.20)	3
3. 电厂改造角色和责任	7
营运组织 (3.1-3.11).....	7
承包商和其他外部组织的使用 (3.12-3.14).....	8
4. 电厂配置相关改造 (4.1).....	8
按安全重要性对改造进行分类 (4.2-4.3).....	9
安全评定 (4.4-4.12).....	9
对拟定改造的评审 (4.13-4.15).....	11
设计注意事项 (4.16-4.18).....	12
对运行限值和条件的修订 (4.19-4.21).....	13
对程序和文件的修订 (4.22-4.23).....	13
对基于计算机系统的改造 (4.24-4.26).....	14
配置控制 (4.27-4.32).....	14
5. 对营运组织的变革	15
组织变革 (5.1-5.4).....	15
对运行管理计划的修订 (5.5).....	16
对安全评定工具和过程的改进 (5.6).....	16
6. 临时改造 (6.1-6.10)	16
7. 实施与电厂配置相关的改造	18
对电厂配置改造的管理控制 (7.1-7.5).....	18
电厂配置改造的特定安全考虑 (7.6-7.9).....	19
电厂配置改造的试验和调试 (7.10-7.16).....	20
对电厂配置的改造投入运行 (7.17-7.23).....	21
8. 组织变革的实施 (8.1-8.3)	22
9. 员工培训 (9.1-9.5)	22

10. 文件管理 (10.1-10.7)	23
附录 I 基于安全重要性的改造分类标准.....	25
附录 II 基于安全重要性的改造过程推荐要素	27
参考文献	29
参与起草和审订人员	31

1. 引言

背景

1.1. 原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-2/2 (Rev.1) 号《核电厂安全：调试和运行》[1]规定了核电厂运行的要求，而原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-2/1 (Rev.1) 号《核电厂安全：设计》[2]规定了核电厂设计的要求。

1.2. 本“安全导则”提供了关于控制与核电厂改造相关活动的特定建议。

1.3. 本“安全导则”是与其他六份关于核电厂运行的安全导则同时制定的：

- 原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-70 号《核电厂运行限值和条件及运行程序》[3]；
- 原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-72 号《核电厂营运组织》[4]；
- 原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-73 号《核电厂堆芯管理和燃料装卸》[5]；
- 原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-74 号《核电厂维护、试验、监视和视察》[6]；
- 原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-75 号《核电厂员工的招聘、资格和培训》[7]；
- 原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-76 号《核电厂运行的实施》[8]。

本“安全导则”的共同目标是支持在核电厂培养强大的安全文化。

1.4. 本“安全导则”中使用的术语应按照原子能机构《安全术语》[9]定义和解释来理解。

1.5. 本“安全导则”取代原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-2.3 号《核电厂改造》¹。

目的

1.6. 本“安全导则”目的是就控制与核电厂改造相关的活动提出建议，以满足 SSR-2/2 (Rev.1) [1]规定的要求，特别是要求 11。

1.7. 本“安全导则”中提供的建议主要针对核电厂的营运组织和监管机构。

范围

1.8. 预计本“安全导则”将主要用于陆基固定式核电厂，其水冷反应堆设计用于发电或其他生产应用（如区域供暖或海水淡化）。

1.9. 本“安全导则”涵盖对核电厂的改造，包括与核电厂配置相关的改造和营运组织相关的变革，以及临时改造。营运组织对这些改造的设计、安全评定和评审、控制、实施和试验的责任也在本“安全导则”的范围内。

1.10. 在核电厂设计和建造阶段所作的改造不在本“安全导则”的范围之内。

1.11. 作为电厂维护的一部分，设备和部件的修理和更换引入新部件（例如由于备件不可用）属于本“安全导则”的范围。设备或部件的其他修理或更换不在本“安全导则”的范围内。关于这种维护的建议见 SSG-74[6]。

1.12. 为延长设计寿命而对核电厂进行的改造和/或翻新可能需要对设计进行重大修改和再评价核电厂的安全性，而这种改造属于本“安全导则”的范围。

¹ 国际原子能机构《核电厂改造》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-2.3 号，国际原子能机构，维也纳（2001 年）。

结构

1.13. 第 2 部分提供了与核电厂改造管理相关的建议；第 3 部分确定了营运组织在改造计划和使用承包商及其他外部组织方面的角色和责任；第 4 部分和第 5 部分提供了关于改造的建议及其在安全方面的评定；第 6 部分提出了关于临时改造的建议；第 7 部分和第 8 部分分别提供了关于实施电厂配置改造和组织变革的建议；第 9 部分就员工培训提出建议；第 10 部分就与改造相关的文件管理提出建议。附录 I 基于对安全重要性提出了改造的分类建议；附录 II 举例说明了在制定总体改造计划时应遵循的步骤。

2. 改造管理计划

2.1. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 11 规定：“营运组织应制定并实施一项管理改造的计划”。

2.2. 电厂改造必须按照一个管理系统进行，该管理系统由营运组织根据原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 2 号《安全的领导和管理》[10]规定的要求建立和实施。相关建议见原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.5 号《核装置管理系统》[11]。

2.3. 在核电厂的整个寿期间，营运组织应按照核准的程序定期视察、试验和维护核电厂，以确保核电厂继续满足设计要求，并与安全分析的假设和结果保持一致。电厂改造的管理必须与电厂配置的控制相一致（见要求 10 和 SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 4.38 段）。还需要进行改造以符合设计要求和电厂配置文件，这些文件已在整个电厂使用寿命内作为改造计划的一部分进行了修订。都不应影响核电厂按照设计意图安全运行的能力。

2.4. 核电厂改造的管理由营运组织负责（见要求 1 和 SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 3.1 段）。关于与改造计划相关的角色和责任的建议见第 3 部分。

2.5. 对电厂进行改造的需求应根据以下情况进行评定：

- (a) 运行经验，包括国家和国际运行经验；
- (b) 定期安全评审和其他相关安全评定的发现；
- (c) 当前的安全目标；
- (d) 监管要求；

- (e) 内部和外部危害的设计基准是否充分；
- (f) 知识的进步；
- (g) 技术改进；
- (h) 备件不可用。

2.6. 改造必须基于其安全重要性（见 SSR-2/2（Rev.1）[1]第 4.39 段）加以定性，并应在符合这一安全重要性的时间框架内设计和实施。附录 I 列出了基于安全重要性对改造进行分类的建议系统。

2.7. 可能影响安全的改造应分为以下两类：

- (a) 与电厂配置直接相关的改造：
 - 对结构、系统和部件或过程软件的改造（包括相关文件）；
 - 对运行限值和条件的修定；
 - 对运行程序的修改；
 - 这些的组合。
- (b) 对营运组织的变革：
 - 组织机构或资源的变化；
 - 对管理系统的修改可能影响电厂安全；
 - 与安全评定工具和过程相关的改造，包括为反映对实物现象的更好认识而作出的改造（例如，来研究和开发的结果）；
 - 这些的组合。

2.8. 附录 II 中给出了一个示例，说明了与安全相关改造的改造过程要素。附录 II 中介绍的过程区分了与电厂设计相关的电厂配置（即技术、文件和程序）修订（见第 4 部分和第 7 部分）和对管理系统的修改（与安全相关的组织变革；见第 5 部分和第 8 部分）。

2.9. 作为管理改进计划的一部分，还应考虑产品或服务供应链的变化。

2.10. 所有改造都应按其安全重要性的比重记录在案。如果这一点不是很明显，则应由营运组织证明不存在任何安全意义。

2.11. 对以基于计算机系统及相关硬件和软件的改造必须使用一般适用于改造的相同原则和方法加以控制（见 SSR-2/2（Rev.1）[1]第 4.42 段）。在某些情况下，可能会出现唯一影响基于计算机应用程序的问题，在改造过程中应考虑到这些问题。进一步的建议见原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-39 号《核电厂仪器仪表和控制系统的的设计》[12]。

2.12. SSR-2/2（Rev.1）[1]第 4.40 段指出：

“改造控制……应确保所有永久和临时改造的正确设计、安全评定和评审、控制、实施和试验。应系统地分析对人员的任务和实施变化的影响。对于所有的电厂改造，应充分考虑人力和组织因素。”

当提出改造时，应进行评审以确保与相应的设计和和功能要求一致。以前在运行经验基础上进行的设备改造和改进不应无意中被新的改造所否定。应确保附录 II 所示的各种步骤已经完成。每项改造都应说明适当的正当性，并在改造前对其进行评定。

2.13. 当有必要进行改造时，应评审改造对电厂安全的全部后果，并界定改造的边界和影响（包括实物、系统和控制边界，以及将进行改造的环境条件）。核电厂内的许多系统是相互关联的；因此，一个区域的改造可能会影响其他区域。因此，在最后确定适用改造的区域之前，应进行全面评审。在可能的情况下，应考虑其他电厂进行类似改造的经验。

2.14. 在计划改造时应考虑到以下因素：

- (a) 改造的范围和意义；
- (b) 所涉及的组织及其责任，以及这些组织之间的互动；
- (c) 与核安保的接口；
- (d) 改造的不同阶段及其内容；
- (e) 改造阶段的输入和输出数据；
- (f) 文件的结构；
- (g) 拟执行的程序、计划和方案；
- (h) 以前的经验；
- (i) 分级方法的应用；
- (j) 需要特别注意的事项，见证点和停工点，以及报告。

2.15. 与核电厂配置、运行限值和条件相关的改造须符合 SSR-2/1 (Rev.1) [2]确定的核电厂设计要求。特别是,应保持电厂维持所有安全功能的能力。

2.16. 营运组织关于改造的安全政策应基于以下内容:

- (a) 保持防止放射性排放的屏障(并保护这种屏障);
- (b) 加强各级纵深防御的独立性,并确保在所有改造和相关运行活动的结果下,各级防御在行动中的充分可靠性。

在与改造相关的所有运行活动中,应考虑到人力和组织因素对这些屏障和纵深防御水平的影响,以避免对屏障和水平的可靠性以及在电厂运行期间对每一水平的独立性产生不利影响。

2.17. 对与电厂改造相关的所有运行活动都应采取纵深防御方法。这些活动应精心策划,适当授权,并由有能力的人员按照管理系统下发布的核准程序进行,以实现高水平的安全绩效。此外,在设计和实施改造时,应进行充分的独立安全评定和核实,以确保其可靠完成。

2.18. 改造后的系统和/或设备的安装应按照电厂的工作控制系统和适当的试验程序进行。改造应始终在营运组织的控制之下。

2.19. 在投入运行之前,应试验和检查电厂的改造,以证明符合设计并确保电厂的正确配置得以保持。对于需要在运行工况下(例如辐射水平、压力、温度)进行试验的改造,应按照既定的调试计划进行试验。改造后的电厂运行所需的所有相关文件都必须更新,运行人员必须接受适当培训(见 SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 4.43 段)。

2.20. 对设计特征或用于设计扩展工况设备的改造,包括移动和便携式设备,也必须根据电厂改造计划进行。

3. 电厂改造角色和责任

营运组织

3.1. 营运组织保留对安全的主要责任，包括对改造的所有安全影响（请参见 SSR-2/2（Rev.1）[1]）。该责任包括安排对改造进行适当的评审和核准。营运组织应酌情向监管机构申请必要的许可证或核准，以执行改造。

3.2. SSR-2/2（Rev.1）[1]第 4.39 段指出：

“应制定和实施改造计划，以确保所有改造都得到适当的识别、规定、筛选、设计、评价、授权、实施和记录。改造计划应包括：结构、系统和部件；运行限值和条件；程序；文件；以及营运组织的机构。改造应根据其安全意义进行表征。改造应根据其安全重要性并按照国家安排得到监管机构的核准。”

改造计划还应具体说明是否符合设计、施工和建造的相关规范和标准。

3.3. 营运组织必须保持一个正式指定的实体，负责电厂设计的持续完整性（通常称为“设计当局”）（见 SSR-2/2（Rev.1）[1]第 3.2 (f) 段）。该实体应正式批准所有改造。

3.4. SSR-2/2（Rev.1）[1]第 4.41 段指出：“营运组织应建立正式系统，及时将临时改造及其对电厂运行和安全的影响通知相关人员。”

3.5. 营运组织应确保在开始实施改造之前进行了适当的安全分析。如果需要对拟定改造的范围和影响进行独立安全评审，则应由不参与改造设计和实施的人员进行。

3.6. 营运组织应安排有能力的人员和适当的工具，以协助设计、研究和开发工作，以改造对电厂安全重要物项。这些人员应参与改造规范的准备、拟定设计的评定和工程工作的监督。应作出特殊的安排，支持与涉及特殊工具或分析方法的电厂改造相关的电厂活动。

3.7. 营运组织应确保改造按正确的顺序进行，因为随后的改造可能取决于以前改造按特定顺序完成的情况。

3.8. 营运组织应确保根据管理系统计划和实施改造（见第 2.2 段）。

3.9. 要求营运组织根据替代安排进行定期安全评审或安全评定，以确认考虑到改造的累积影响，对电厂的安全分析仍然有效（见 SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 4.44 段）。相关建议见原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-25 号《核电厂定期安全评审》[13]。

3.10. 营运组织应确保改造所需的对电厂文件、员工培训和电厂模拟机的任何变化作为改造计划的一部分以完整、正确和及时的方式实施。对电厂模拟机的改造应根据其范围和重要性确定优先级并加以实施，以确保适当的培训。

3.11. 营运组织在对电厂其他部分或其他电厂进行改造之前，应考虑到在电厂首次进行改造所获得的经验。

承包商和其他外部组织的使用

3.12. 虽然营运组织可以将某些改造任务的工程、评定和执行委托或分包给其他组织，但它仍然对安全负责（见 GSR Part 2[10]第 4.33 段）。营运组织应配备具有足够技术知识的工作人员，以指导和评价代表其进行的任何改造工作。

3.13. 当承包商参与进行改造时，应确认所有相关人员的专业能力、经验和资格，并确保承包商的管理系统符合营运组织的期望。

3.14. 在评定改造对电厂安全的影响时，应酌情咨询原设计组织、建筑师和/或建造组织，以保证改造后保留设计基准和功能。

4. 电厂配置相关改造

4.1. 为本“安全导则”的目的，与电厂配置相关的改造定义为对结构、系统或部件、过程软件、运行限值和条件、运行程序或电厂配置文件的任何永久或临时改造。这包括对现有结构、系统或部件的任何更换或翻修。这不包括在公认的维护活动中用等效部件替换部件。²

² 等效部件是指与原部件相同的部件，或安全评定先前已核实其符合相同的设计要求，可视作为原部件的等效替换部件。

按安全重要性对改造进行分类

4.2. 拟定改造应根据其安全重要性进行分类（见附录 I）。管理改造的原则对所有分类都是相同的，但在改造过程的每一步中，分类确定了应该应用的安全评审的详细程度。

4.3. 用于确定每项改造分类的标准应加以定义和记录，以帮助确保正确评定与改造的实施、试验和运行相关的安全重要性，即使改造物项没有安全分类。

安全评定

4.4. 根据原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 4 (Rev.1) 号《设施和活动安全评定》[14]第 4.6 段和第 5.2 段，核电厂的安全评定必须在必要时更新，以便考虑到对核电厂设计或运行的改造。

4.5. 在开始改造之前，应进行初始的安全评定，以确定拟定的改造是否对安全有任何影响。在评定改造时还需要考虑人力和组织因素（见 SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 4.40 段）。这种初始评定应由合格和训练有素的人员采取系统的方法进行，并应由独立的安全专家进行评审（见 GSR Part 4 (Rev.1) [14]）。在初始安全评定中应考虑改造的实施阶段以及改造后的电厂运行工况。如第 4.2 段和第 4.3 段所述，初始安全评定的结果应导致对拟定改造的分类作出决定。

4.6. 根据初始安全评定的结果，可能需要更详细和全面的安全评定。这一额外评定的范围和复杂性将取决于为安全而进行的改造潜在后果的性质和程度。如果初始评定已清楚表明，改造在实施期间或改造后不会对安全产生不利影响，则可能没有必要进行进一步的安全评定。

4.7. 对可能影响冗余安全相关物项的改造应进行全面的安全评定，并特别考虑避免常见原因故障和常见模式故障的可能性。在实际可行的情况下，此类改造的实施应分阶段进行，以便在改造其他等效的冗余通道或系统部分之前，收集第一个冗余通道或系统部分的运行经验和试验结果。

4.8. 全面的安全评定应包括评价改造在实施过程中以及改造后的电厂随后的调试、试验、维护、运行和退役过程中对放射性危害的影响。该评定应包括改造后的电厂物项及其相关系统对实物相邻的影响系统和电厂物项，以及相互连接的系统或支持系统，如电力供应。

4.9. 全面的安全评定应证明改造后的电厂可以安全运行，并符合系统规范和相关安全要求。应特别考虑表明以下情况：

- (a) 改造符合 SSR-2/1 (Rev.1) [2]和 SSR-2/2 (Rev.1) [1]为所有相关电厂状态确定的所有相关要求。
- (b) 已经考虑到与核安保的接口。
- (c) 在所有电厂状态下，新的或改造的系统不会对其他安全重要物项的安全产生不利影响。
- (d) 已适当考虑到改造未充分实施的潜在后果。
- (e) 实施该改造所产生的职业照射，以及因该改造而产生的职业照射和公众照射（包括因意外事故而产生的潜在照射）均低于核准限值，并已达到合理可达尽量低水平。在考虑这一点时，改造的必要性和任何相关的安全利益都应该考虑在内。
- (f) 改造可以在不对电厂安全产生不利影响的情况下进行，也不会引入新的危害。
- (g) 对安全分析报告中考虑的每一个事故序列，改造后的系统在技术或运行上的影响已得到充分评定。
- (h) 改造后系统的每个识别故障模式都已通过适当的评价方法进行了评定。除了对电厂的直接影响外，在评定中还应考虑安全重要物项的影响。
- (i) 评定和/或分析了潜在外部事件的影响以及结构、系统和部件承受这些影响的鉴定不足的后果。
- (j) 对环境影响进行了评价和考虑。
- (k) 已经考虑了实施改造（以及使用的任何临时设备）的安全后果，以及在实施过程中承受预计运行事件和事故工况的能力。
- (l) 与其他设计变更的潜在相互作用已被评审，以确保在实施改造后电厂配置的控制（例如，因为以后的变更可能取决于是否已经进行了早先提议的变更）。

- (m) 调试试验范围符合系统规范。
- (n) 电厂改造产生的放射性废物将得到妥善管理。
- (o) 在实施之前，已充分评定了暂时禁用任何与安全相关的电厂联锁或暂停任何运行限值的必要性，并已采取措施确保迅速撤销和恢复这些措施。
- (p) 如果一项改造已经在类似的电厂中实施，在设计文件、实施程序或试验程序重复之前，电厂之间的任何差异都已得到适当的评定。

4.10. 综合安全评定应包括确定性安全分析和概率安全分析的再评价，应用安全评定的相关标准，并考虑数据的不确定性。然后，这些结果应该被用来为保守的决策过程提供信息。分析结果还可用于决定额外的减少风险措施。

4.11. 应使用风险知情的方法来评定拟定改造的可能替代解决计划，并评价其对安全的影响。这应以概率安全分析和确定性安全分析的结果为基础，以工程判断和运行经验反馈为基础。

4.12. 对于多机组电厂场址，拟定改造的安全评定应考虑到可能同时对厂址的几个或所有机组造成影响的内部和外部危害。任何旨在通过提供机组之间的相互连接来加强安全的改造都应进行评定，以表明改造不影响遵守 SSR-2/1 (Rev.1) [2]要求 33，其中要求每个机组都有自己的安全系统，并在设计扩展工况下有自己的安全特点。

对拟定改造的评审

4.13. 拟定改造的范围、安全影响和后果应由未参与其设计或实施的人员评审。这些评审人员应酌情包括营运组织的代表以及工程人员、设计组织的代表、安全专家、其他技术专家以及管理和组织问题顾问。必要时，评审人员还可包括独立的外部顾问（特别是重大改造），以确保能够对改造进行全面和充分知情的评审，包括其对电厂的所有安全影响。这些评审还应包括适当的独立验证和对重大改造的软件修改的核实。

4.14. 提交独立评审的改造建议应符合营运组织的管理系统。建议应特定说明拟定改造的功能要求和安全要求，并应说明如何满足这些要求。所需信息量将取决于改造的程度和复杂性；然而，提交材料至少应包括以下内容：

- (a) 受改造影响的电厂部分设计文件或初始设计文件的修订；
- (b) 对拟定改造的设计和正当性的说明；
- (c) 草图、图纸和材料清单；
- (d) 零件和材料规范；
- (e) 适用的规范和标准以及相关的安全分析；
- (f) 安全评定以及，如适用，对运行限值和条件提出修改建议（如有）；
- (g) 对不利环境条件或运行工况的分析，包括对放射性废物、污染、放射性排放和辐射照射的任何影响；
- (h) 关于制造、安装和试验方法的说明，包括软件的验证和核实方法；
- (i) 实施改造所需的电厂或其部分的运行工况说明；
- (j) 管理系统中质量保证要求的说明；
- (k) 设备鉴定说明（见 SSR-2/2（Rev.1）[1]要求 13）和实施后将进行的试验和调试；
- (l) 与安全相关的电厂维护和老化管理安排的改造说明；
- (m) 说明如何确定改造目标实现的有效性。

4.15. 改造的安全评定结果应由安全委员会（或具有类似职责的一组人员）评审，并应得到营运组织的核准。作为分级方法的一部分，安全委员会应考虑归因于改造的分类（即基于安全重要性的分类），并应在必要时请求更新。这可能导致需要对改造进行额外的安全判断。

设计注意事项

4.16. 改造时，包括安装新的或额外的结构、系统和部件时，应评定其与原始设计基准的兼容性。与电厂配置相关的改造应符合 SSR-2/1（Rev.1）[2]规定的核电厂设计要求。特别是，履行基本安全功能的能力（见 SSR-2/1（Rev.1）[2]要求 4）而不得退化。

4.17. 只要有可能,改造应尽量减少与初始设计及其基准的偏差。当这种偏差不可避免时,应对改造进行评定,以确保它们符合 SSR-2/1 (Rev.1) [2] 规定的要求。应确保修订后的设计要求一旦确定,就有正当性、得到维护并提供给参与实施改造的所有各方。

4.18. 改造的详细设计应包括建造、安装、调试、设备鉴定和试验(包括试验验收标准)、老化控制以及运行和退役期间的维护等方面的规范。

对运行限值和条件的修订

4.19. SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 4.8 段指出:“应考虑到经验、技术和安全方法的发展以及电厂的变化,在必要时评审和修订运行限值和条件。”关于运行限值和条件的建议见 SSG-70[3]。

4.20. 如果有必要对运行限值和条件进行修订,则应将其视为具有高度安全意义的修订(如附录 I 所述的第 1 类改造)。

4.21. 如果有必要临时修订运行限值和条件(例如对新的堆芯进行物理试验),应特别注意确保对改造的影响进行分析。改造后的状态虽然是暂时的,但必须按照永久改造的方式进行评定和核准(见 SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 4.40 段)。如果可以采用永久性的方法作为合理的替代方法,则应优先采用这种方法,而不是临时修订运行限值和条件。

对程序和文件的修订

4.22. 对程序和文件的修订应根据其安全重要性进行分类。必要时应进行全面和详细的安全评定(见第 4.6 段)。

4.23. 对程序和文件的任何修订都必须得到核准(见 SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 7.4 段)。修订后的文件在使用前应进行核实和验证。受改造影响的其他文件都必须修订,运行人员必须接受适当培训(见 SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 4.43 段)。

对基于计算机系统的改造

4.24. 在实施改造之前，应该有一个结构化的改造过程来管理任何硬件或软件修改，包括硬件升级。在软件的整个改造过程中，应该保持严格的配置控制，特别是为了解决同时执行的改造所导致的任何冲突。只有那些已成功完成安装前试验的物项才应安装在电厂中。关于核电厂软件设计和控制的建议见 SSG-39[12]。

4.25. 对计算机系统（特别是软件）进行的改造，应实施全面的验证和核实过程，以确保改造的适用性。

4.26. 基于计算机的安全系统必须考虑到由软件引起的共模故障（见 SSR-2/1（Rev.1）[2]第 6.37 (e) 段）。因此，应适当考虑 SSG-39[12]提出的建议。

配置控制

4.27. 改造、设计要求和电厂文件之间必须保持一致（见要求 10 和 SSR-2/2（Rev.1）[1]第 4.38 段）。当对结构、系统和部件或过程软件进行改造时，相关的电厂文件应相应地进行修订。在修订运行限值和条件（见第 4.19—4.21 段）时，应相应修订相关的运行指示和程序（见第 4.22 段和第 4.23 段），在某些情况下，相关的结构、系统和部件也可能需要改造。

4.28. 配置管理还应用于确保改造的实施符合设计文档中确定的设计要求。

4.29. 应考虑修订程序、培训和电厂模拟机或培训设施的必要性，作为实施改造的一部分（另见 SSR-2/2（Rev.1）[1]第 4.21 段）。应考虑修订的程序应包括正常运行的运行程序、应急运行程序、严重事故管理导则、监视和维护程序、校准和试验程序以及电厂说明。

4.30. 必须为电厂人员提供关于改造后的电厂配置、系统和部件的培训（见 SSR-2/2（Rev.1）[1]第 4.43 段）。这种培训应涉及所有的运行状态和事故工况，以及维护和试验，视情况而定。

4.31. 对电厂模拟机或培训设施配置的任何更新都应包括在改造计划中，以确保该计划准确地反映对电厂所做的所有改造和改变。

4.32. 应制定适当的程序，以避免在电厂的同一部分或相互关联的部分同时设计和实施两个或两个以上潜在冲突的改造。因此，主图的使用、安全分析报告和程序应受到严格的控制。营运组织应指定一个特定实体（例如，一个部门或一组人员）来管理改造计划。改造请求应该通过该实体引导，该实体应该跟踪改造，直到它们完全实现。当一项拟定改造被拒绝时，这应该被正式记录。负责管理改造的实体还应确保拟定改造的发起人被告知需要协调其活动。

5. 对营运组织的变革

组织变革

5.1. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 3 规定：“**应建立并记录营运组织的机构及其人员的职能、作用和责任。**”营运组织应在开始运行前为核电厂的安全运行建立其组织机构。关于核电厂营运组织的进一步建议见 SSG-72[4]。

5.2. 营运组织机构的变革必须作为正式改造计划的一部分加以考虑，并必须根据其安全重要性加以定性（见 SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 4.39 段）。这些变革应遵循电厂建立的正式改造过程（见附录 II）。对核工业和其他工业中相关组织变革的运行经验反馈的基准和分析应用于支持这一进程。

5.3. SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 3.9 段指出：

“对结构和相关安排的拟定组织变革，可能对安全具有重要意义，应事先由营运组织进行分析。如果国家法规要求，此类组织变革的建议应提交监管机构核准。”

对营运组织的任何变革或改造都应仔细评价，以避免对组织机构的频繁变革，从而可能影响组织的稳定性。无论何时在任何级别进行组织重组，变革后的结构都应确保营运组织继续充分履行其职责，如 SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 1 和第 3.1—3.3 段所述。还应进行独立的内部评审，以确认安全管理的规定，包括充分控制和监督的规定不会被妥协。

5.4. 应特别注意评审和修订员工培训计划，以事先确保管理层和工作人员广泛了解与组织变革相关的新任务和职能。特别是，应确保提供足够的经费，在安全重要所有领域保持适当数量的训练有素和称职的员工，并确保任何新的组织安排都有明确和充分理解的职能、作用和责任的文件。应查明对这些职能、作用和责任培训需求，并在必要时为相关工作人员提供培训。

对运行管理计划的修订

5.5. SSG-72[4]第7部分提供了关于电厂运行管理的建议，包括营运组织建立适当的文件化管理计划的必要性。对此类管理计划的任何修订都应由营运组织评审，以评定其对安全的影响。对具体运行管理计划的修订可能会影响其他计划；因此，应该进行彻底的评审以确定这可能影响安全的程度。

对安全评定工具和过程的改进

5.6. 核电厂的安全要经过多次评定（例如在设计阶段、调试阶段和运行期间），以确保核电厂在安全范围内运行，并符合许可证条件。安全评定的准确性和信心取决于评定工具和用于执行评定的输入数据。作为持续改进过程的一部分，营运组织应考虑更新工具，并应检查所使用的数据是否有效。示例包括改进的物理过程计算机模式、对故障（或事故）工况的高级理解、新的安全评定方法和新的在役检查技术。对现有安全评定工具的任何改进都应评审其安全影响，包括对确定安全裕度的不确定性进行评定。

6. 临时改造

6.1. 在有限期间内实施的改造应视为临时改造。临时改造的示例有临时旁路、电气跳线、抬起的电气引线、临时跳堆点设置、临时盲法兰³和连锁的临时故障。临时改造还包括在意外情况下用于维持电厂设计基准配置的临时厂房和设备。在某些情况下，临时改造可以作为进行永久改造的中间阶段。

³ 盲法兰是安装在两个法兰之间以阻挡流动的金属片。

6.2. 不应使用临时改造而不是永久性改造来加快实施或绕过全面的安全评定。然而，临时改造程序应允许迅速评审和评定必须紧急进行的任何拟定改造。这种紧急行动既不应降低安全水平，也不应允许在没有事先安全评定的情况下实施改造。SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 4.40 段要求对临时和永久改造采取同样的改造控制措施。

6.3. 除紧急需要⁴或既定程序明确允许的情况外，未经授权人员的书面命令或指示，不得改变安全重要物项的配置（如破坏联锁或安装跳线）。此类改动不应违反运行限值和条件。任何改动在实施前应尽快由主管人员评审。SSG-76[8]提供了关于控制电厂设备临时改造的进一步建议。

6.4. SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 4.41 段指出：“应限制临时改造的时间和数量，以最大限度地减少累积的安全影响。”为此，应利用任何机会尽快取消临时改造，特别是在停电期间，或将其转换为永久改造。如果临时改造持续的时间超过其商定的期限，则应提供正当性，并应规定新的期限。

6.5. 与临时改造相关的图纸和程序等文件应明确标记，以显示改造的存在，直到改造被移除或改为永久改造。

6.6. 获得授权实施临时改造的程序应与永久改造的程序相同。该程序应确认，临时改造不会导致运行限值和条件的改变，除非有单独的判断，并且不会导致任何安全问题，而不是经过适当评定的安全问题。

6.7. 在对所有拟定改造（临时和永久）进行安全评定和评审时，还应考虑任何现有的临时改造和拟定改进的累积安全意义。

6.8. 营运组织应定期评审临时改造，并决定是否仍然需要这些改造。评审应检查相关联的运行程序、说明书和图纸，以及运行人员辅助设备符合核准的配置。临时改造的状态应该定期（通常是每月一次）报告给电厂经理。认为永久需要的，应按照既定程序及时转换。

⁴ 当必须立即实施改造以保证人员安全或保护安全重要物项时，可能会出现紧急需要。在事故工况下，由于情况的紧迫性，实施改造的正常过程可能不可能。此类改造不能免除改造控制过程。但是，紧急改造可以在得到负责经理的口头批准后实施，然后根据正常流程尽快进行适当的评审和处理。

6.9. SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 4.41 段指出：

“临时改造应在其位置 and 任何相关控制位置明确标识。营运组织应建立正式制度，及时将临时改造及其对电厂运行和安全的影响通知相关人员。”

在实施改造之前，应向所有相关运行人员，特别是值班人员明确说明因临时改造而引起的任何预防措施或运行限值。

6.10. 应建立适当的程序来控制电厂的临时改造。该程序应包括以下内容：

- (a) 允许启动、核准、执行和移除临时改造的指定人员。
- (b) 技术评审的程序，特别是在进行临时改造之前进行的安全评审。安全重要物项（包括软件）的临时改造应由不参与临时改造设计或实施的人员独立评审。
- (c) 控制文件，如运行流程、运行手册、维护手册和应急程序，以确保这些文件反映临时改造，并确保在改造到位时电厂继续安全地运行和维护。
- (d) 以独特的方式记录、标记和标志临时改造。
- (e) 与运行人员的沟通，以及这些人员在初始阶段参与改造的实施。
- (f) 主控室运行人员对临时改造的控制。
- (g) 为临时改造设定时限的程序，以及必要时延长这一时限的程序。
- (h) 检查以确保电厂配置的恢复，并在改造完成时与员工沟通。

7. 实施与电厂配置相关的改造

对电厂配置改造的管理控制

7.1. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 10 规定：“营运组织应建立并实施电厂配置管理系统，以确保设计要求、实物配置和电厂文件之间的一致性。”

7.2. 对于重大改造物项，营运组织应建立实现这些目标所必需的目标和组织机构。营运组织还应任命一名项目经理，确定和分配责任，提供适当的控制和监督，并分配足够的资源。

7.3. 电厂改造的实施，包括必要的试验，应按照电厂的工作控制系统（见 SSG-76[8]第 7 部分）和适当的试验程序进行。改造的实施应遵守通常的维护程序（见 SSG-74[6]）和行政程序，以及评审和安全评定产生的任何额外程序。

7.4. 营运组织必须确保参与实施可能影响安全改造的所有人员，包括承包商，都具有适当的资格、经验和培训（见 SSR-2/2（Rev.1）[1]要求 7）。应为受改造影响的所有人员分配适当的时间来熟悉改造。

7.5. 对实施改造的时间表或顺序的任何变更，包括可能无法完全实施或分几个阶段实施的一揽子改造，都应就安全性和可运行性进行适当评定和记录。

电厂配置改造的特定安全考虑

7.6. 应系统地考虑改造的以下安全方面：

- (a) 辐射照射，包括确保辐射剂量达到合理可达尽量低水平；
- (b) 放射性废物管理，酌情包括运输、去污和拆解；
- (c) 减少污染扩散的措施；
- (d) 实施改造过程中装置的安全运行；
- (e) 改造对非辐射相关安全的影响；
- (f) 带着个人防护装备工作，在密闭空间或高处工作。

7.7. 电厂应置于适当的安全运行工况下进行改造。要改造的系统也应置于安全运行工况下。

7.8. 如果确定了与实施改造相关的特定额外危害，则应考虑是否需要制定特别临时应急运行程序。

7.9. 控制软件修改的程序应包括确保软件所有备份（例如主备份、正在使用的软件备份和任何开发备份）安全规定；任何软件的备份都应严格控制。

电厂配置改造的试验和调试

7.10. 需要进行改造后试验（见 SSR-2/2（Rev.1）[1]第 4.40 段），这项试验应核实整个系统的可运行性以及改造所涉及的特定部件或子系统的可运行性。试验计划应包括在改造之前、改造期间和改造完成时的检查、测量和评定。改造的试验和调试（可能包括设备和模型的安装前试验），包括设备鉴定，应旨在证明改造符合所有设计规范的运行状态、设计基准事故并在适当情况的设计扩展工况。

7.11. 试验应该作为改造的初始设计的一部分进行计划。应考虑设备在电厂安装前的试验。试验应包括基于性能标准和试验规定的特定验收标准，作为改造计划的一部分。

7.12. 调试试验计划，包括试验范围的正当性，应结合改造的安全评定进行独立评审，然后应得到电厂管理层的批准。试验不应仅依赖于供应商进行的试验（即，试验可能不涉及在真实配置中试验整个系统），并应核实任何连接的系统没有受到改造的不当影响。还应使用调试试验来验证新的或修订的运行程序。

7.13. 必要时，应制定与改造相关的结构、系统和部件的鉴定计划。

7.14. 应安排对程序、运行限值和条件以及/或软件的任何变更进行核实和验证，这应作为调试的一部分进行。验证可以通过在仿真模型上进行试验或通过特殊控制的运行试验来进行，以确认改造是可运行的并产生预期的结果。当条件不允许在实施改造后进行试验时，应事先在特定的试验设施上进行试验。成功和有效地执行试验计划的能力可能取决于经改造的在线测量系统的可访问性，并可能需要为试验和测量提供特殊规定。应在改造的设计阶段评定是否需要这种特别规定。

7.15. 对安全相关软件的改造应采取特别预防措施，在上线前应进行彻底的脱机试验。如果可能，软件应该在电厂运行期间并行运行（但不连接到电厂系统），同时检查其在实际电厂工况下是否符合设计。

7.16. 日常运行前改造的最终核准应基于调试试验的成功完成以及所获得的信息和经验确认符合设计的核实。为了协助这项工作，应编写一份改造调试报告，包括验收标准和调试试验结果。该报告应由电厂安全委员会评审，并经电厂管理层核准，作为允许改造后的电厂正常运行的依据。

对电厂配置的改造投入运行

7.17. 在核电厂改造投入运行之前，应确保下列各项：

- (a) 所有受电厂改造影响的文件，如安全分析报告⁵、运行限值和条件、图纸、运行和应急程序、定期维护和试验程序以及设备指数（通常用于系统运行、退出和维护），都已更新并可获得。在改造完成之前，不应排放文档供使用。
- (b) 改造后的系统的竣工配置已得到核实，设计文件和如果受到影响，设计基准文件已得到更新。
- (c) 相关人员已获告知及接受相关改造的培训。
- (d) 设计、调试、管理系统的应用、试验和安装记录的完整性和准确性都经过了评审。
- (e) 更新了需要时投入运行的设备时间表。

7.18. 只有在有详细正当性支持的情况下，才允许在运行期间改造计算机系统（特别是软件）。在电厂运行期间可能需要改变的参数设置的改造（如跳闸设置和校准常数）只应在合格的设备上由合格的人员进行。电厂参数变化的范围应限制在电厂安全分析中合理的范围内。

7.19. 在实施了改造并进行了调试试验后，所有受改造影响的系统和部件的准确对齐应独立（在营运组织内）进行核实。

7.20. 为了确保改造实施后的可靠配置控制，还应评审其他设计变更的状态，以确保关于这些改造实施的任何假设仍然有效。

⁵ 如果安全分析报告受到改造的影响，则需要改造后不久进行更新。

7.21. 改造的完成应包括检查用于实施改造的所有临时连接、程序和安排是否已被移除或取消，以及电厂是否已恢复到完全运行状态。它还应包括检查电厂文件，包括监视计划，是否已经修订，以考虑到改造，并且电厂的配置是否符合修订后的文件。

7.22. 应评定改造对电厂模拟机和相关计算机代码的影响，以确定是否纳入了适当的改造，以及是否评定了这些改造的效果。

7.23. 应评审和更新因改造而在电厂存储的备件和消耗品清单。

8. 组织变革的实施

8.1. 应明确界定拟定的组织变革，并要求对其安全影响进行评定（见 SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 4.40 段）。在实施组织变革期间，应保持安全安排的充分性，特别是在新的组织安排完全确立之前的过渡阶段。组织变革应该提前做好适当的计划。应考虑可能需要额外资源来应付过渡阶段增加的工作量。

8.2. 运行人员应参与营运组织的任何重组，以避免对计划中的变化产生不必要的不确定性和担忧。

8.3. 如果适当的话，大型组织变革应该分步骤实施。每个步骤的实施和完成应由相关小组或来自另一组织或电厂的同行小组进行评审，以确保变革的目标已经达到。

9. 员工培训

9.1. 必须进行培训（见 SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 4.43 段），以确保负责运行和维护的相关人员熟悉改造，并有足够的知识以安全可靠的方式运行和维护改造后的设备。关于电厂员工培训的进一步建议见 SSG-75[7]。

9.2. 应评审电厂改造对培训需求的影响；如有必要，应在改造过程的早期阶段修订培训计划。负责培训的实体应与营运组织协商确定与改造相关的培训需求。应考虑改造和未改造区域之间的接口。

9.3. 必要时，在调试、运行和维护改造后的系统之前，应完成适当的培训。培训应酌情包括书面信息、程序、班前简报或正式培训，具体取决于改造的复杂性及其对电厂运行和维护的影响。

9.4. 一些电厂工作人员（见 SSR-2/2（Rev.1）[1]第 3.12 段）在实施与安全相关的重大电厂改造后恢复其职责之前，应考虑重新授权的必要性。该重新授权应在对被授权人在改造配置方面的能力进行评审基础上进行。

9.5. 在改变管理系统之前，应对管理人员和其他人员进行相关其新职责的适当培训。

10. 文件管理

10.1. SSR-2/2（Rev.1）[1]第 4.42 段指出：“电厂管理层应建立改造控制系统，以确保计划、文件和计算机程序根据改造进行修订。”该系统应确保：

- (a) 所有受改造影响的相关文件都得到识别和更新，并与电厂特定设计要求保持一致，准确反映改造后的电厂配置；
- (b) 在电厂寿期内对设计的所有变更都是基于电厂的实际状况，如当前电厂文件所反映的；
- (c) 改造后的电厂配置完全符合文件和许可证条件。

10.2. 应使用信息技术应用程序来支持改造的管理，以确保改造过程与电厂的实物配置和电厂文件保持一致。

10.3. 在改造过程中修订或编写的所有相关电厂文件都应遵守根据 SSR-2/2（Rev.1）[1]要求 10 建立和实施的配置管理系统。对这些文件的修订应追溯到改造，并应在正式重新发布之前提交核准。

10.4. 与改造相关的文件，特别是与安装和试验相关的文件，应尽快更新。应明确规定所有文件的修订责任，如图纸（包括数字表示）、规范、程序、安全报告、运行限值和条件、设备和电厂系统的描述、培训材料（包括电厂模拟机）、供应商设备手册和备件清单。

10.5. 改造后的运行限值和条件以及其他运行文件应通过核准的程序包含在电厂文件中，并应接受与原始运行文件相同级别的评审和核准。

10.6. 过期的文档应该以明确的方式标记为“无效”。关于暂停或取消文件的建议是原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.1 号《设施和活动管理系统的适用》[15]第 II.23 段和第 II.24 段所指出。

10.7. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 15 规定：“**营运组织应建立并维持记录和报告控制系统。**”与改造和改造后的电厂配置相关的文件和记录应适当存储，以便在整个电厂寿期内都能获得这些文件和记录。

附录 I

基于安全重要性的改造分类标准

I.1. 如第 4.2 段和第 4.3 段所述，拟定改造应根据其安全重要性进行分类和优先排序。这一分类应遵循既定程序，最初提出的类别应独立检查。本附录包含将改造分为 3 类的示例方法。

第 1 类

I.2. 第 1 类改造能够对安全产生产生重大影响，或涉及对电厂设计和许可证所依据原则和结论的改变。此类改造可能涉及设计基准事故集的变化，它们可能改变为满足安全目标而采用的技术解决方案，或者它们可能导致运行程序的更改。第 1 类改造将涉及全面的安全评定，也可能需要事先核准、变更运行许可证或由监管机构签发新许可证。

第 2 类

I.3. 第 2 类改造包括安全重要物项以及相关运行方法和/或程序的更改，通常需要更新安全分析报告或其他许可证文件。第 2 类改造的表征是对安全的影响较小，对核电厂许可证发放所依据的原则没有重大改变。对于此类改造，不应更改许可证文件中的结论。在第 2 类改造的设计阶段，应确定是否存在负面的副作用，如安全特点退化或实施改造后预期会导致大量辐射照射。对于第 2 类改造，营运组织应按照既定程序通知监管机构。

第 3 类

I.4. 第 3 类改造是可以以下列方式之一来表征的微小改造：

- (a) 改造对安全没有影响。
- (b) 需要改造物项被归类为非安全重要物项，在许可证文件中没有提及。
- (c) 该改造，即使设计或实施错误，也不会影响安全。

附录 II

基于安全重要性的改造过程推荐要素

II.1. 图 II.1 给出了在开发与基于安全重要性总体改造过程时应遵循的步骤示例。

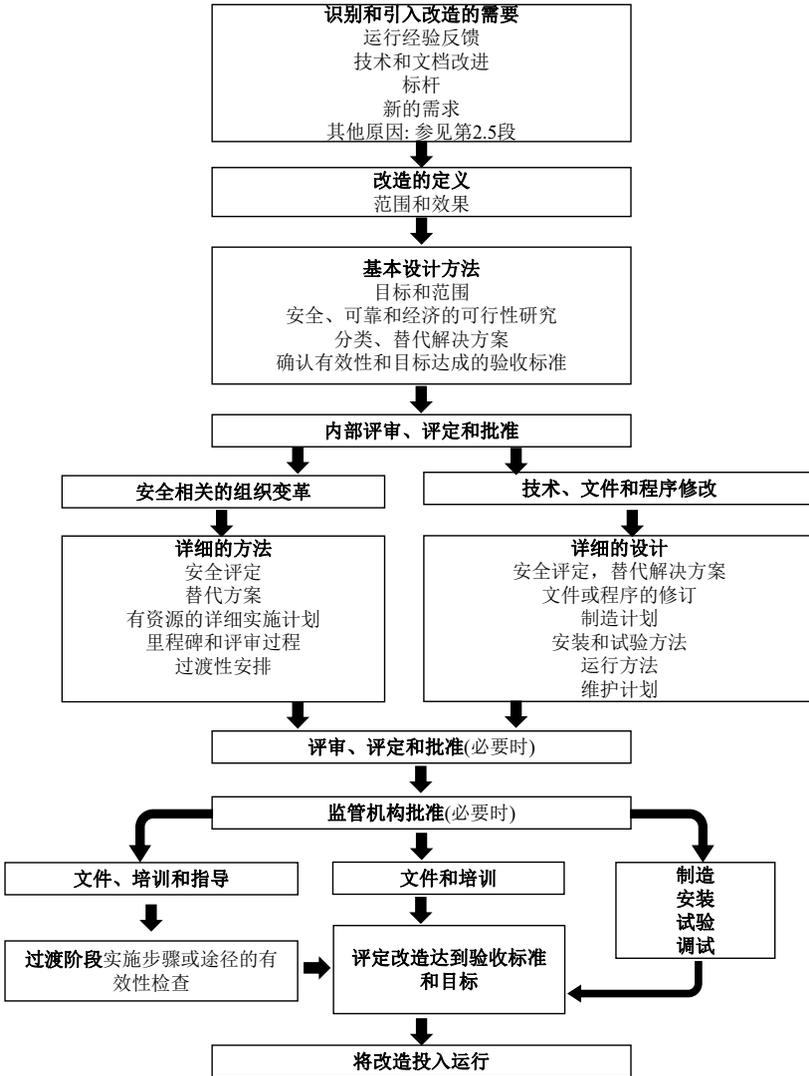


图 II.1. 开发整体改造过程的步骤示例。

参 考 文 献

- [1] 国际原子能机构《核电厂安全：调试和运行》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-2/2 (Rev.1) 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [2] 国际原子能机构《核电厂安全：设计》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-2/1 (Rev.1) 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [3] 国际原子能机构《核电厂运行限值和条件及运行规程》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-70 号，国际原子能机构，维也纳（出版中）。
- [4] 国际原子能机构《核电厂营运组织》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-72 号，国际原子能机构，维也纳（出版中）。
- [5] 国际原子能机构《核电厂堆芯管理和燃料装卸》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-73 号，国际原子能机构，维也纳（出版中）。
- [6] 国际原子能机构《核电厂维护、试验、监视和视察》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-74 号，国际原子能机构，维也纳（出版中）。
- [7] 国际原子能机构《核电厂员工的招聘、资格和培训》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-75 号，国际原子能机构，维也纳（出版中）。
- [8] 国际原子能机构《核电厂运行的实施》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-76 号，国际原子能机构，维也纳（出版中）。
- [9] 国际原子能机构《国际原子能机构核安全和辐射防护安全术语》（2018 年版），国际原子能机构，维也纳（2019 年）。
- [10] 国际原子能机构《安全的领导和管理》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 2 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [11] 国际原子能机构《核装置管理系统》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.5 号，国际原子能机构，维也纳（2009 年）。

- [12] 国际原子能机构《核电厂仪器仪表和控制系统的的设计》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-39 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [13] 国际原子能机构《核电厂定期安全评审》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-25 号，国际原子能机构，维也纳（2013 年）。
- [14] 国际原子能机构《设施和活动安全评定》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 4 (Rev.1) 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [15] 国际原子能机构《设施和活动管理系统的适用》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.1 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。

参与起草和审订人员

Andersson, O.	顾问（瑞典）
Asfaw, K.	国际原子能机构
Bassing, G.	顾问（德国）
Cavellec, R.	国际原子能机构
Depas, V.	比利时能源集团电力公司
Lipar, M.	顾问（斯洛伐克）
Nikolaki, M.	国际原子能机构
Noël, M.	欧洲委员会联合研究中心（比利时）
Rangelova, V.	国际原子能机构
Shaw, P.	国际原子能机构
Tararin, A.	俄罗斯联邦俄罗斯核电厂联合企业
Vaišnys, P.	顾问（奥地利）

当地订购

国际原子能机构的定价出版物可从我们的主要经销商或当地主要书商处购买。
未定价出版物应直接向国际原子能机构发订单。

定价出版物订单

请联系您当地的首选供应商或我们的主要经销商：

Eurospan

1 Bedford Row
London WC1R 4BU
United Kingdom

交易订单和查询：

电话：+44 (0) 1235 465576

电子信箱：trade.orders@marston.co.uk

个人订单：

电话：+44 (0) 1235 465577

电子信箱：direct.orders@marston.co.uk

网址：www.eurospanbookstore.com/iaea

欲了解更多信息：

电话：+44 (0) 207 240 0856

电子信箱：info@eurospan.co.uk

网址：www.eurospan.co.uk

定价和未定价出版物的订单均可直接发送至：

Publishing Section
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre
PO Box 100

1400 Vienna, Austria

电话：+43 1 2600 22529 或 22530

电子信箱：sales.publications@iaea.org

网址：https://www.iaea.org/zh/chu-ban-wu

通过国际标准促进安全

国际原子能机构
维也纳