



注册核安全工程  
师岗位培训丛书

注册核安全工程师  
岗位培训丛书

# 核安全专业实务

HEANQUAN  
ZHUANYESHU (修订版)

《注册核安全工程师岗位培训丛书》编委会 编著

经济管理出版社



数据加载失败，请稍后重试！

注册核安全工程师岗位培训丛书

# 核安全专业实务

## (修订版)

《注册核安全工程师岗位培训丛书》编委会 编著

经济管理出版社

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

注册核安全工程师岗位培训丛书/《注册核安全工程师岗位培训丛书》编委会编著. —北京: 经济管理出版社, 2013. 5

ISBN 978 - 7 - 5096 - 2476 - 0

I. ①注… II. ①注… III. ①核安全—安全工程师—岗位培训—教材 IV. ①TL7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 104866 号

## 核安全专业实务(修订版)

组稿编辑: 勇 生

责任编辑: 勇 生

技术编辑: 杨国强

责任校对: 李玉敏

出版发行: 经济管理出版社

(北京市海淀区北蜂窝 8 号中雅大厦 A 座 11 层 100038)

网 址: [www.E-mp.com.cn](http://www.E-mp.com.cn)

电 话: (010) 51915602

印 刷: 三河市延风印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787mm × 1092mm/16

印 张: 34

字 数: 827 千字 (全套丛书 2438 千字)

版 次: 2013 年 5 月第 1 版 2013 年 5 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5096 - 2476 - 0

定 价: 350.00 元 (全套共 4 册)

· 版权所有 翻印必究 ·

凡购本社图书, 如有印装错误, 由本社读者服务部负责调换。

联系地址: 北京阜外月坛北小街 2 号

电话: (010) 68022974 邮编: 100836

## 《注册核安全工程师岗位培训丛书（修订版）》编委会

主任委员：李宗明

副主任委员：梁士彪 张志刚 柴建设 陈金融 柴国早

委 员：（以姓氏笔画为序）

卞洪兴 王青松 李洪训 许明霞 吴钟旺 张天祝

张 健 罗上庚 周志伟 洪润生 施仲齐 赵亚民

顾洪坤 奚树人 潘英杰

## 修订版出版说明

《注册核安全工程师岗位培训丛书》自出版发行以来，深得专家、学者和广大读者的热情支持，在此表示感谢。随着我国核能与核技术利用领域的形势发展及注册核安全工程师培训任务的需要，结合本丛书近年来的应用实践，我们深感本丛书还存在许多不足之处，因此，组织了部分专家、学者对本丛书进行了修订，以趋日臻完善。

随着时代的发展，我国政府对核安全的重视程度在不断提高，国务院及其核安全监管部門陆续发布了一些核安全法规和部门规章。为了适应核安全管理的发展形势，修订组对《核安全相关法律法规》一书进行了调整，按照法律法规的层次体系编排内容，并补充了部分法律、法规和部门规章。

结合核安全管理工作的实际情况和需要，修订组对《核安全综合知识》、《核安全专业实务》两书进行了重新编排，充实和增加了部分章节，使其内容更具全面性、系统性。同时尽量避免艰深的理论，简化了理论推导，力求做到深入浅出，理论联系实际。

《核安全相关法律法规》由王青松负责修订。《核安全综合知识》和《核安全专业实务》由卞洪兴、顾洪坤、洪润生、李洪训、罗上庚、潘英杰、施仲齐、吴钟旺、奚树人、许明霞、张健、赵亚民、周志伟等负责修订。丛书修订的汇总协调工作由王青松完成，宋少良、王承智、李莉、邢丹、张波、王冠一、陈方强、张振华、李筠斐等参与了丛书有关章节的校核工作。

虽经反复斟酌和努力，但由于时间紧迫和水平所限，《注册核安全工程师岗位培训丛书（修订版）》仍难免存在一些不足之处，敬请广大读者指正。

编者

2013年2月25日

## 前 言

我国对核能与核技术的开发利用始于 20 世纪 50 年代。经过多年的不懈努力，核能与核技术已在我国国防、医疗、能源、工业、农业、科研、教育等领域得到了广泛利用，这对维护我国国防安全，促进国民经济和社会发展，增强我国的综合国力，起到了十分积极的作用。但是，核能与核技术开发利用过程中的安全问题和放射性污染防治问题，也越来越突出，主要表现在：一是我国已有多座核设施，有些核设施已进入退役阶段，如果监管不严或处置不当，其遗留的放射性物质将对环境和公众健康构成威胁；现正在运行的核设施，也存在着潜在危险，一旦发生泄漏或者因发生安全事故产生放射性污染，将危及周边广大范围内的生态环境安全和公众健康。二是我国现有放射源近 10 万枚，由于用户多而分散、部分单位管理不善等原因，近年来因放射源使用不当或丢失导致的放射性污染事故不断发生，造成严重后果。三是在铀（钍）矿和伴生放射性矿开发利用过程中，由于对放射性污染防治重视不够，缺乏对放射性污染防治的专项管理制度，乱堆、乱放放射性废矿渣的情况时有发生，由此造成的放射性污染事故威胁着环境安全和公众健康。四是我国已产生了不少放射性废物，虽然国家有放射性废物处置政策，但是由于缺乏强制性的法律制度和措施，致使对放射性废物的处置监管不力，在一定程度上对环境和公众健康构成了威胁。为了解决上述问题，进一步做好放射性污染防治工作，在总结我国放射性污染防治的实践经验、借鉴一些有核国家防治放射性污染的成功经验的基础上，全国人大常委会于 2003 年 6 月 28 日通过了《中华人民共和国放射性污染防治法》，对我国核安全的统一监管起到了巨大作用。

为了提高核安全专业技术人员素质，确保核与辐射环境安全，维护国家、社会和公众利益，根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例》的有关规定，人事部、国家环境保护总局于 2002 年 11 月 19 日颁布了关于印发《注册核安全工程师执业资格制度暂行规定》的通知（人发〔2002〕106 号），决定在核安全及相关领域中建立注册核安全工程师执业资格制度。根据《注册核安全工程师执业资格制度暂行规定》，注册核安全工程师执业资格考试科目为《核安全相关法律法规》、《核安全综合知识》、《核安全专业实务》和《核安全案例分析》。

为了方便考生复习和准备考试，本丛书编写委员会依据《全国注册核安全工程师执业资格考试大纲》的具体要求编写了此书，供广大专业人员培训或自学使用。本丛书共有四个分册，包括《核安全相关法律法规》、《核安全综合知识》、《核安全专业实务》和《核安全案例分析》。在本丛书编写过程中，虽经反复斟酌和努力，但由于时间紧迫和水平所限，难免存在不足之处，诚望广大读者提出宝贵意见，以便再版时修改完善。

# 目 录

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>第一章 核安全监管概述</b> .....             | 1   |
| 第一节 核能与核技术利用及其核安全监管.....             | 1   |
| 第二节 纵深防御与核安全监管.....                  | 5   |
| 第三节 核安全许可制度.....                     | 7   |
| 第四节 其他一些核与辐射安全监管工作 .....             | 11  |
| <b>第二章 核安全质量保证要求</b> .....           | 15  |
| 引 言 .....                            | 15  |
| 第一节 与质量保证有关的专业术语 .....               | 15  |
| 第二节 质量管理和核电厂质量保证的形成与发展 .....         | 18  |
| 第三节 我国核设施质量保证法规的基本结构和规定的基本要求 .....   | 21  |
| 第四节 我国核设施质量保证导则简介 .....              | 36  |
| 第五节 核设施质量保证体系的建立 .....               | 40  |
| 第六节 质量保证文件的编制 .....                  | 43  |
| 第七节 质量保证大纲的管理和实施 .....               | 48  |
| 第八节 对质量保证的核安全审评 .....                | 75  |
| 第九节 对质量保证实施的核安全检查 .....              | 78  |
| <b>第三章 核设施厂址安全评价</b> .....           | 80  |
| 引 言 .....                            | 80  |
| 第一节 核电厂厂址安全评价综述 .....                | 81  |
| 第二节 核电厂厂址地震危险性评价 .....               | 84  |
| 第三节 核电厂厂址安全评价中的气象事件 .....            | 95  |
| 第四节 滨海和滨河核电厂厂址的洪水灾害.....             | 102 |
| 第五节 核电厂厂址评价和地基的岩土工程问题.....           | 112 |
| 第六节 核电厂厂址评价的外部人为事件.....              | 123 |
| 第七节 核电厂厂址评价中的放射性物质流出物的弥散和人口分布问题..... | 130 |
| 第八节 放射性废物处置.....                     | 137 |
| <b>第四章 核动力厂的设计安全要求</b> .....         | 144 |
| 第一节 核动力厂安全目标.....                    | 144 |



|            |                        |            |
|------------|------------------------|------------|
| 第二节        | 纵深防御原则                 | 146        |
| 第三节        | 安全管理要求                 | 147        |
| 第四节        | 安全功能、安全分级和设计规范         | 149        |
| 第五节        | 总的设计基准                 | 153        |
| 第六节        | 构筑物、系统和部件的可靠性设计        | 159        |
| 第七节        | 辐射防护设计安全要求             | 164        |
| 第八节        | 防火设计安全要求               | 170        |
| 第九节        | 设计基准事故安全分析             | 173        |
| 第十节        | 严重事故预防和缓解              | 181        |
| 第十一节       | 概率安全分析及其在安全管理中的应用      | 183        |
| <b>第五章</b> | <b>核动力厂的运行</b>         | <b>197</b> |
| 第一节        | 运行限值和条件                | 197        |
| 第二节        | 核动力厂运行的安全管理            | 205        |
| 第三节        | 核动力厂的在役检查和定期试验         | 219        |
| <b>第六章</b> | <b>民用核安全设备质量监管要求</b>   | <b>232</b> |
| 第一节        | 民用核安全设备监管相关法规文件        | 232        |
| 第二节        | 民用核安全设备及其资格许可制度        | 233        |
| 第三节        | 进口民用核安全设备监管要求          | 239        |
| 第四节        | 民用核安全设备活动监管要求          | 241        |
| 第五节        | 民用核安全设备监管中的几个特殊问题      | 244        |
| <b>第七章</b> | <b>核燃料循环设施核安全监督管理</b>  | <b>248</b> |
|            | 引 言                    | 248        |
| 第一节        | 铀矿勘探、开采和加工的辐射安全监督管理    | 248        |
| 第二节        | 核燃料加工、处理设施的辐射防护        | 285        |
| 第三节        | 核燃料加工、处理设施的临界安全        | 290        |
| 第四节        | 核燃料加工、处理设施的化学安全        | 297        |
| <b>第八章</b> | <b>核材料管制与核设施实物保护</b>   | <b>304</b> |
|            | 引 言                    | 304        |
| 第一节        | 核材料管制的目的、基本要求和采取的对策    | 304        |
| 第二节        | 核材料衡算管理                | 306        |
| 第三节        | 实物保护                   | 309        |
| 第四节        | 核材料管制的监督检查             | 316        |
| <b>第九章</b> | <b>核与辐射应急准备和响应及其监管</b> | <b>319</b> |
| 第一节        | 核事故与核事故应急              | 319        |

---

|             |                           |            |
|-------------|---------------------------|------------|
| 第二节         | 我国核事故应急管理体制               | 324        |
| 第三节         | 干预、干预原则与干预水平              | 331        |
| 第四节         | 核事故应急状态、应急行动水平及应急响应       | 346        |
| 第五节         | 核设施应急计划区                  | 351        |
| 第六节         | 核应急设施                     | 355        |
| 第七节         | 核应急响应能力的保持                | 361        |
| 第八节         | 国务院核安全监管部门对应急准备与响应的监管     | 372        |
| 第九节         | 辐射事故及应急预案                 | 377        |
| 第十节         | 国际核与辐射事件分级表               | 380        |
| <b>第十章</b>  | <b>放射性同位素和射线装置的核安全监管</b>  | <b>384</b> |
|             | 引 言                       | 384        |
| 第一节         | 放射性污染防治法的相关规定和要求          | 384        |
| 第二节         | 放射性同位素和射线装置的核安全许可管理       | 385        |
| 第三节         | 放射性同位素应用中的辐射防护            | 393        |
| 第四节         | 射线装置应用中的辐射防护              | 399        |
| 第五节         | 放射源使用、贮存的监督管理             | 407        |
| 第六节         | 大型辐照装置的辐射监督管理             | 410        |
| 第七节         | 核技术利用放射性废源返回生产厂家或送贮的政策    | 417        |
| 第八节         | 核技术利用废物贮存库场址选择的特点和基本要求    | 418        |
| <b>第十一章</b> | <b>放射性废物和核与辐射设施退役安全监管</b> | <b>421</b> |
|             | 引 言                       | 421        |
| 第一节         | 放射性废物管理指导思想和原则            | 421        |
| 第二节         | 放射性废物的产生和分类               | 424        |
| 第三节         | 低、中放废物的处理                 | 428        |
| 第四节         | 低、中放和极低放废物的处置             | 443        |
| 第五节         | 高放废物和 $\alpha$ 废物的处理与处置   | 448        |
| 第六节         | 核设施与辐射设施退役前期准备            | 455        |
| 第七节         | 核设施与辐射设施退役的实施             | 460        |
| 第八节         | 核设施和辐射设施退役的管理             | 465        |
| <b>第十二章</b> | <b>放射性物质运输安全监督管理</b>      | <b>469</b> |
|             | 引 言                       | 469        |
| 第一节         | 放射性物品运输安全管理条例             | 469        |
| 第二节         | 放射性物质安全运输规程               | 472        |
| <b>第十三章</b> | <b>流出物排放控制</b>            | <b>478</b> |
|             | 引 言                       | 478        |

---

|             |                         |            |
|-------------|-------------------------|------------|
| 第一节         | 流出物概述                   | 478        |
| 第二节         | 流出物中的污染物种类              | 480        |
| 第三节         | 流出物的来源                  | 480        |
| 第四节         | 流出物在环境中的转移、弥散途径         | 486        |
| 第五节         | 控制流出物排放的原则              | 489        |
| 第六节         | 流出物排放要求和排放准则            | 491        |
| 第七节         | 流出物监测的基本要求              | 493        |
| 第八节         | 流出物管控现状                 | 494        |
| 第九节         | 核动力厂严重事故及缓解放射性物质事故排放的措施 | 497        |
| <b>第十四章</b> | <b>辐射环境监测</b>           | <b>499</b> |
| 引 言         |                         | 499        |
| 第一节         | 辐射环境监测的概述               | 499        |
| 第二节         | 环境中放射性的背景情况             | 500        |
| 第三节         | 辐射环境监测的管理               | 508        |
| 第四节         | 辐射环境监测方法                | 511        |
| 第五节         | 放射性本底调查与运行监测            | 516        |
| 第六节         | 人为活动对环境放射性的影响的监测        | 521        |
| 第七节         | 环境辐射监测的质量保证             | 525        |

# 第一章 核安全监管概述

## 第一节 核能与核技术利用及其核安全监管

### 一、国务院核安全监管部门的监管范围

说到“核”，人们会想到很多，核弹、贫铀弹、核电厂、X光机、放疗、宇宙射线、无损探伤、辐射育种以及宝石改色，等等。这些都是核能与核技术利用的例子。随着科学技术的进步，核能与核技术的利用已经在能源、医疗、工业、农业、地质调查、科学研究和教学等领域得到广泛的应用。

随着社会主义市场经济的发展，目前我国民用核能与核技术利用的行为主体是企事业单位。由于我国的国情以及核能与核技术利用的重要性和敏感性，国家行政管理在这个领域也发挥着重要作用，其中较为重要的国家行政管理有核电发展计划管理、核电自主化和国产化管理、核设施安全管理、核事故应急与反恐准备、核材料管制、人才教育和相关科研管理、放射性污染防治管理以及核安全监管等。

在这些国家行为中，国务院核安全监管部門主要承担着放射性污染防治管理以及核安全监管职责。同时，根据职能分工，国务院核安全监管部門还承担着核设施安全管理、核事故应急与反恐准备和核材料管制部分职能。

核安全监管问题中最重要和最典型的问题是核电厂安全。2011年3月11日发生的福岛核事故改变了人们对核电安全的认识。由于能源紧张、地缘政治、气候变化以及环境保护的原因，我们选择核电。在短期内，核能是唯一成熟可大规模开发利用的“新能源”。相比“弃核”所要面临的问题，核电的安全性是可以接受的。从目前看，福岛核事故不会改变我国“在确保安全的基础上，高效发展核电”的方针。通过总结经验，吸取教训，相信中国核电会在更加安全的基础上健康、有序、高效发展。

核事故发生后的全局性影响使得代表公众利益的国家必须负责对核设施安全实施统一监督，成立机构独立行使核安全监督管理。为此，我国于1984年成立了国家核安全局。1986年国务院发布的《民用核设施安全监督管理条例》中规定“民用核设施的选址、设计、建造、运行和退役必须贯彻安全第一的方针；必须有足够的措施保证质量，保证安全运行，预防核事故，限制可能产生的有害影响。”从此，民用核设施的核安全监管走上了

法制化管理的道路。

1992~1993年,国家核安全局会同当时的机械电子工业部和能源部,联合颁发了国务院部门规章《民用核承压设备安全监督管理规定》(HAF601)和《民用核承压设备安全监督管理规定实施细则》(HAF601/01),将核承压设备的质量监管正式纳入了核安全监管的范围。

2002年11月人事部和环境保护总局印发《注册核安全工程师执业资格制度暂行规定》(人发[2002]106号),该文第三条规定“国家对核能和核技术利用及为核安全提供技术服务的单位中从事核安全关键岗位工作的专业技术人员实行执业资格制度,纳入国家专业技术人员职业资格证书制度,统一规划管理。”这是在正式文件中首次将核设施安全监管和辐射安全监管统一到核安全监管。

2003年6月国家主席签发的《中华人民共和国放射性污染防治法》第十三条规定:“核设施营运单位、核技术利用单位、铀(钍)矿和伴生放射性矿开发利用单位,必须采取安全与防护措施,预防发生可能导致放射性污染的各类事故,避免放射性污染危害。”这就从法律上第一次对核设施安全与辐射安全统一提出要求。

2007年7月国务院发布的《民用核安全设备监督管理条例》在《民用核承压设备安全监督管理规定》成功监管实践的基础上,进一步扩展了核安全设备质量监管的范围。

2008年国家机构改革后,环境保护部核与辐射安全管理司改名为核安全管理司。地方机构改革中,陆续成立了多家省级核安全局,有些地区也成立了核安全局。核安全一词已成为核与辐射安全的代称。

2010年2月国家核安全局发出《关于进一步加强商用核电厂建造阶段核安全管理的通知》(国核安发[2010]11号),明确了核电厂营运单位必须对核电厂建造阶段的质量与安全承担全面责任,要求核电厂营运单位不得将核岛工程总承包活动中的设计管理、采购、施工管理活动,委托给不具备核电厂核岛工程总承包资质的单位。同时,将核岛工程总承包单位和工程监理单位纳入核安全监管体系。

2010年6月国家核安全局发出《关于加强核电厂主变压器监督管理的通知》(国核安函[2010]86号),将核电厂主变压器纳入核安全设备管理名录,从而将核安全监管扩展到核电厂非核级设备。

综上所述,目前国家核安全局的核安全监管概念已经从核设施的设施安全,扩展至核安全设备的质量监管和辐射安全监管。如果要严格区分的话,核安全监管包括核设施安全监管、核安全设备质量监管、辐射安全监管和放射性环境监测。设施安全主要是针对受控核裂变及其产生的放射性物质的控制,即临界安全、链式反应及其后果控制和链式反应所产生的放射性物质的控制;辐射安全是针对放射性物质或瞬发放射性的控制。根据我国的情况,目前国家核安全局管理的范围还扩大至核设施常规环境问题,比如核动力厂的温排水问题等,但这些不属于国际上公认的核安全领域。

## 二、核安全监管的组织机构

福岛核事故后,我国政府为保证核安全采取了很多措施,其中一个重要的措施就是对国家核安全局的机构进行了调整。目前,国家核安全局下设核设施安全监管司、核电安全

监管司以及辐射安全监管司三个业务司。

### 1. 国家核安全局

国家核安全局相关业务工作主要有：

(1) 组织拟定核与辐射安全政策、规划、法律、行政法规、部门规章、制度、标准和规范。

(2) 负责核电厂、研究型反应堆、临界装置、核燃料循环设施、放射性废物处理和处置设施等核设施的行政许可和监督检查以及事件与事故的调查处理。

(3) 负责核设施退役项目、核技术利用项目、铀（钍）矿和伴生放射性矿、放射性物质运输等核活动的行政许可、监督检查以及事件与事故的调查处理。

(4) 负责核安全设备设计、制造、安装和无损检验活动的行政许可和监督检查。

(5) 组织辐射环境监测。

(6) 组织核与辐射事故应急准备和响应，参与核与辐射恐怖事件的防范和处置。

(7) 负责核材料管制核安全监管。

(8) 负责核与辐射安全从业人员资质管理和相关培训。

(9) 负责放射性污染治理的监督管理。

(10) 负责电磁辐射装置设施的行政许可和监督检查。

在国家核安全监管体系中，除了国家核安全局机关的三个司外，还有其他一些部门和组织发挥着重要作用。

### 2. 环境保护部地区核与辐射安全监管站

环境保护部地区核与辐射安全监管站是参考公务员管理的事业单位，其职责是根据分工执行相应的监督工作，接受国家核安全局的业务指导。

### 3. 地方辐射环境保护部门

地方辐射环境保护部门属于地方环境保护部门，受地方政府领导，其职责是根据分工执行相应的辐射安全监管工作，接受国家核安全局的业务指导。

### 4. 授权提供核安全技术服务的单位

授权提供核安全技术服务的单位是为国家核安全局提供技术服务的企事业单位。国家核安全局的后援单位主要有环境保护部核与辐射安全中心、浙江辐射环境监测技术中心、苏州核安全中心和机械科学研究院核设备与可靠性中心等。

### 5. 核安全与环境专家委员会

核安全与环境专家委员会是国家核安全局非常设的审议咨询机构。其职能是协助国家核安全局制定核与辐射安全政策法规、审评和监督民用核设施的核与辐射安全、开展核与辐射安全科学研究，为国家核与辐射安全事业重大决策提供科学依据。

## 6. 核与辐射安全法规标准审查委员会

核与辐射安全法规标准审查委员会是国家核安全局根据《民用核设施安全监督管理条例》第五条第二款的规定成立的非常设审议机构。其职能是对核与辐射安全政策、规划、法规和标准以及法规标准体系进行技术审查，提出核与辐射安全法规标准建设的建议。核与辐射安全法规审查委员会下设核安全、辐射安全、核安全设备和电磁辐射四个专业组。

### 三、核安全监管的特点

国家核安全局成立 20 余年来，在对我国民用核设施的核安全监管过程中，逐渐积累经验，监管能力不断提高和完善，使我国核能与核技术利用工作处于有效的监管之下，确保在核安全这样敏感的领域，始终没有发生对核安全有重大影响事故或事件。

总结起来，国家核安全局的核安全监管工作主要有以下几个特点：

一是贯彻“安全第一、质量第一”，将在确保核安全的前提下促进我国核能发展作为国家核安全局的工作方针。

二是吸取核能发达国家的核安全管理经验，坚持与国际接轨的原则，采用了国际通用的核安全监管管理模式。

(1) 建立起了国务院核安全监管部门直管的派出监督部门——地区核与辐射安全监管站，专门负责相应的核安全监管工作。

(2) 建立起了独立于核能与核技术利用工作的专职核与辐射安全技术后援队伍——环境保护部核与辐射安全中心，在几个单位的支持下专门为国家核安全局提供核安全监管技术支持。

(3) 建立起了多种形式、多个层次的核安全许可体系，明确核设施营运单位和核活动许可申请与持有单位对核安全相关活动的核安全与辐射环境安全负有最终责任；由国家核安全局组织核与辐射安全技术后援队伍和地区核与辐射安全监管站，依照法规和标准的要求实施强制性的核安全与辐射环境安全的技术审评和监督，并将其审评、监督结果作为国家核安全局对核设施营运单位和核活动许可申请单位颁发相应许可证的依据；建立起了国家核安全局核安全专家委员会，为国家核安全局的重要决策提供咨询意见。

三是采取“拿来主义”的方针，结合国情建立了我国的核安全法规体系，并初步建立起了对国外成熟的核安全审评和监督相关技术准则文件和参照使用的有关工业标准的认可和适用性评价体系。

四是对核能与核技术利用的质量保证工作，不再采用我国常规工业，包括军工体系的传统质量管理体系，而是采用了国际先进的理念，要求强制性建立符合核安全法规体系的质量保证体系，使上述有关活动的实施处于质量保证体系的有效控制之下。

五是国家核安全局及其技术支持机构大力开展多边或双边国际合作，积极开展国际交流和人员培训。充分注意收集和跟踪国内外有关核安全与辐射环境安全的经验反馈和最新研究成果，大力开展旨在提高监管能力的科学研究，并将研究成果加以应用。

## 第二节 纵深防御与核安全监管

### 一、核安全目标与纵深防御

核安全问题最典型的代表是核动力厂的安全，同时因为目前有关核动力厂的法规体系较完整，许可证管理较严格，监管体系比较完善，因此，我们以核动力厂为例介绍核安全监管相关问题。

根据核安全法规《核动力厂设计安全规定》(HAF102)，核动力厂核安全总目标是在核动力厂中建立并保持对放射性危害的有效防御，以保护人员、社会和环境免受危害。

这个总目标又可以分解为辐射防护目标和技术安全目标，这两个目标互相补充、相辅相成，技术措施与管理性和程序性措施一起保证对电离辐射危害的防御。

辐射防护目标：保证在所有运行状态下核动力厂内的辐射照射或由于该核动力厂任何计划排放放射性物质引起的辐射照射保持低于规定限值并且合理可行尽量低，保证减轻任何事故的放射性后果。实现这个目标的手段是在保证减轻事故的放射性后果的基础上，实现辐射防护最优化。

技术安全目标：采取一切合理可行的措施防止核动力厂事故，并在一旦发生事故时减轻其后果；对于在设计该核动力厂时考虑过的所有可能事故，包括概率很低的事故，要以高可信度保证任何放射性后果尽可能小且低于规定限值；并保证有严重放射性后果的事故发生的概率极低。

实现核安全目标，使用的主要手段是纵深防御原则。纵深防御原则一般可描述为五层防线。

第一层防线：精心设计、制造、施工，确保核动力厂有精良的硬件环境。建立周密的程序，严格的制度，对核动力厂工作人员有高水平的教育和培训，人人注意和关心安全，有完备的软件环境。

第二层防线：加强运行管理和监督，及时正确处理异常情况，排除故障。

第三层防线：在严重异常情况下，反应堆正常控制和保护系统动作，防止设备故障和人为差错造成事故。

第四层防线：发生事故情况时，启用核动力厂安全系统，包括各外设安全系统，加强事故中的核动力厂管理，防止事故扩大，保护反应堆厂房（安全壳）。

第五层防线：万一发生极不可能发生的事故，并伴有放射性外泄，启用厂内外应急响应计划，努力减轻事故对周围居民和环境的影响。

### 二、核动力厂设计中的纵深防御要求

具体到核动力厂的设计，技术安全目标可以归纳为对三个基本核安全功能的保证：



(1) 必须为在某些运行工况和事故工况期间和之后的安全停堆和维持安全停堆状态提供必要的手段;

(2) 必须为在某些运行工况和事故工况期间和之后, 为停堆后从堆芯排出余热提供必要的手段;

(3) 必须为减少可能的放射性物质释放, 为保证运行工况期间和之后的任何释放不超过规定限值, 事故工况期间和之后的任何释放不超过可接受的限值提供必要的手段。

对于每一项基本安全功能及其每一个可能出现的事故, 都可以运用纵深防御的思想进行设计设防。

第一层次防御的目的是防止偏离正常运行及防止系统失效。这一层次要求: 按照恰当的质量水平和工程实践, 例如多重性、独立性及多样性的应用。为此, 应十分注意选择恰当的设计标准和材料, 设计方案应有利于减少内部灾害的可能 (即控制假设始发事件的响应)、减轻特定假设始发事件的后果或减少事故序列之后可能的源项释放, 重视制造、建造、在役检查、维修和试验的过程控制要求和为保证这些活动的可达性, 并为确定核动力厂运行和维修提供详细的设计资料。

第二层次防御的目的是能够检测和纠正偏离正常运行状态, 以防止预计运行事件升级为事故工况。尽管注意预防, 核动力厂在其寿期内仍然可能发生某些假设始发事件。这一层次要求设置在安全分析中确定的专用系统, 并制定运行规程以防止或尽量减小这些假设始发事件所造成的损害。

第三层次防御是基于以下假定: 尽管极小可能, 某些预计运行事件或假设始发事件的升级仍有可能未被前一层防御所制止, 而进展成一种较严重的事件。这些不大可能的事件在核动力厂设计基准中是可预计的, 并且必须提供固有安全特性、故障安全设计、附加的设备和规程以控制这些事件的后果, 使核动力厂在这些事件后达到稳定的、可接受的状态。这就要求设置的专设安全设施有能力将核动力厂首先引导到可控制状态, 然后引导到安全停堆状态, 并且至少维持一道包容放射性物质的屏障。

第四层次防御的目的是针对设计基准可能已被超过的严重事故的, 保证放射性释放保持在尽实际可能地低。这一层次最重要的目的是保护包容功能。除了事故管理规程之外, 这可以由防止事故进展的补充措施与规程, 以及减轻选定的严重事故后果的措施来达到。由包容提供的保护可用最佳估算方法来验证。

第五层次, 即最后层次防御的目的是减轻可能由事故工况引起潜在的放射性物质释放造成的放射性后果。这方面要求有适当装备的应急控制中心及场内、场外应急响应计划。

当然, 在设计上这五道防御只是针对正确的防御目标才有效的。日本福岛第一核电厂就是因为人们对海啸的危险估计不足, 在设计基础, 也就是防御目标上就发生了错误, 导致不能及时从堆芯排出余热、完全失去保护和监测系统以及缓解事故手段, 最终酿成了放射性失控释放的事故。最后, 事故场景超出了应急计划设定。

### 三、核动力厂建造和运行时的纵深防御要求

大家知道, 完善的设计只是核动力厂安全的基础, 真正的核动力厂安全是要用建造质量或运行安全来保障的。在建造或运行方面, 纵深防御的主要要求是: