



ASME 核电规范与标准
RA-S

核电厂概率风险评价 应用标准

2002 版

上海发电设备成套设计研究院
上海核工程研究设计院

译



上海科学技术文献出版社

ASME 核电规范与标准

RA-S

核电厂概率风险评价应用标准
2002 版

上海发电设备成套设计研究院
上海核工程研究设计院 译

上海科学技术文献出版社

出版说明

美国机械工程师学会 (ASME) 颁布的《锅炉及压力容器规范》(简称《ASME 规范》或《规范》), 是目前世界上公认的范围最为广泛、内容最为详尽的一部关于锅炉及压力容器的规范。该系列《规范》在一些国家已得到广泛应用, 有些国家的规范、标准也来源于此。《规范》自 1914 年正式问世以来, 至今已有九十多年的历史。近三十年来, 《规范》每三年修订一次, 颁布新的版本。至今已扩展至 11 卷 28 册的系列型规范。其中第 III 卷《核设施部件建造规则》已扩展到 3 册 12 分卷, 它与第 II 卷《材料》、第 V 卷《无损检测》、第 VIII 卷《压力容器建造规则》、第 IX 卷《焊接和钎焊评定》、第 XI 卷《核电厂部件在役检查规则》等综合在一起组成了核电厂设备的材料、设计、制造、焊接、检测、运行等方面的一套完整的规范与标准体系。

为更好地消化吸收国外先进的规范、标准体系, 积极推进我国自主核电设备设计、制造事业的发展, 并为建立我国自主核电标准体系创造良好条件, 2006 年 2 月上海发电设备成套设计研究院与美国机械工程师学会签订了翻译出版与核电有关的 2004 版 BPVC-III、BPVC-XI、OM、AG-1、QME、NQA 和 2002 版 RA-S 等规范、标准的授权协议。2006 年 3 月上海发电设备成套设计研究院与上海核工程研究设计院签订“ASME 核电规范翻译出版合作协议”, 成立了“ASME 核电规范与标准翻译出版委员会”和“ASME 核电规范翻译出版工作组”, 组织和邀请熟悉核电工程和具有丰富经验的技术人员分专业进行译、校、审和统审。中文版尽量达到使从事核电工程的技术人员能正确理解和应用本规范与标准的目的。

在此, 衷心感谢为《ASME 核电规范与标准》的翻译和出版做了大量前期工作的有关专家、学者和工程技术人员。凡事先未取得版权人书面认可, 中文版的任何一部分不得以任何形式, 包括电子检索系统或别的方式复制。

本规范与标准的中文版版权属于上海发电设备成套设计研究院和上海核工程研究设计院共同所有。

限于客观条件与我们的水平, 《ASME 核电规范与标准》中文版难免存在缺点和不足, 敬请广大用户和读者随时提出意见和批评指正。

上海发电设备成套设计研究院

上海核工程研究设计院

2007 年 9 月

**STATEMENT OF PERMISSION TO SPERI TO TRANSLATE
AND REPRODUCE PORTIONS OF THE
2004 ASME NUCLEAR POWER CODES & STANDARDS**

SPERI* has translated and published portions of the ASME Nuclear Power Codes & Standards copyright © 2004 by The American Society of Mechanical Engineers with the prior written consent of the ASME Codes & Standards Department. ASME has licensed SPERI to make this translation and takes no responsibility for any syntax errors or conflicts in understanding that arise from the standard being referenced out of context. No additional translation or reproduction may be made of this material without the prior written consent of the ASME.

ASME 许可 SPERI 翻译、出版部分 2004 版

ASME 核规范的声明（译文）

SPERI 经美国机械工程师学会的书面许可，翻译和出版了 2004©版 ASME 核电规范与标准。ASME 授权 SPERI 作此翻译，但对其译作中的任何语法错误或由于断章取义地引用标准从而造成理解上的冲突不负任何责任。在事先未征得 ASME 书面许可之前，任何单位或个人都无权对本材料作任何额外的翻译或复制。

* 上海发电设备成套设计研究院的缩写。

Main Articles of License Agreement

- Through this Agreement, ASME grants SPERI the nonexclusive right to translate and reproduce a Chinese version of the ASME Standards cited in this Agreement.
- This agreement becomes effective upon signature of both parties and terminates on January 1, 2010.
- Appendix 1

The following lists the ASME nuclear codes and standards covered by this Agreement.

BPVC Section III - Rules for Construction of Nuclear Facility Components

Subsection NCA - General Requirements for Divisions 1&2

Subsection NB - Class 1 Components

Subsection NC - Class 2 Components

Subsection ND - Class 3 Components

Subsection NE - Class MC Components

Subsection NF - Supports

Subsection NG - Core Support Structures

Subsection NH - Class 1 Components for Elevated Temperature Service

Appendices (Division 1)

Division 2 - Code for Concrete Containments

Division 3 - Containments for Transportation and Storage

BPVC Section XI - Rules for In-service Inspection of Nuclear Power Plant Components

Operation and Maintenance of Nuclear Power Plants (O&M)

Nuclear Air and Gas Treatment (AG-1)

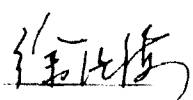
Qualification of Active Mechanical Equipment used in Nuclear Power Plants (QME)

Quality Assurance Requirements for Nuclear Facility Applications (NQA)

Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications (RA-S)

- Signature

The American Society of Mechanical Engineers:  (Michael K. Weis) (Jan. 25, 2006)

Shanghai Power Equipment Research Institute:  (Xu Honghai) (Jan. 19, 2006)

许可证协议主要条款（译文）

- 通过本协议，ASME 授权 SPERI 对本协议规定范围内的 ASME 标准进行非排他性的翻译和出版。
- 本协议自双方签字之日起生效，终止日期为 2010 年 1 月 1 日。
- 附录一

本协议所涵盖的 ASME 核电规范与标准如下：

第 III 卷-核设施部件建造规则

第 III 卷 NCA 分卷—第 1 册和第 2 册的总要求

第 III 卷 第 1 册

NB 分卷—1 级部件

NC 分卷—2 级部件

ND 分卷—3 级部件

NE 分卷—MC 级部件

NF 分卷—支承件

NG 分卷—堆芯支承结构

NH 分卷—高温使用的 1 级部件

附录

第 III 卷 第 2 册—混凝土安全壳规范

第 III 卷 第 3 册—用于运输与储存乏燃料和高放射性材料及废料的安全容器

第 XI 卷 核电厂部件在役检查规则

O&M 核电厂运行和维修规范

AG-1 核电厂空气和气体处理

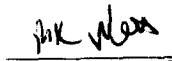
QME 核电厂能动机械设备鉴定

NQA 核设施质量保证要求

RA-S 核电厂概率风险评价应用标准

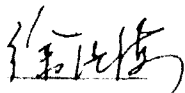
- 签名

美国机械工程师学会：



(Michael K. Weis) (2006 年 1 月 25 日)

上海发电设备成套设计研究院



(2006 年 1 月 19 日)

翻译出版委员会名单

主 任: 孙昌基
副 主 任: 孙汉虹 严宏强
执行副主任: 徐洪海 夏志定
高级顾问: 陆燕荪 欧阳予 June Ling (美)

委 员: (以姓氏笔画为序)

C.R.Lanzit (美)	吴祖乾	张丽琴	张 强	张 瑞
杨仁安	沈文荣	陈 煜	姚伟达	胡兰芬
徐受律	隋永滨	黄伟清	蔡剑平	戴佩琨

工作小组: (以姓氏笔画为序)

吴祖乾	张丽琴	张 瑞	杨仁安	陈 煜	姚伟达
胡兰芬	蔡剑平	戴佩琨			

译、校、审: (按姓氏笔画排列)

丁亚平	丁 璐	于连涛	仇永萍	王赤虎	王建民
王 政	王晓雯	王高阳	邓晶晶	乐秀辉	古现华
叶明华	叶剑云	叶 琛	宁 冬	左 波	刘海滨
刘继文	刘 鑫	朱 隽	邬国伟	何建东	何德炜
余 燕	宋文辉	吴祖乾	吴 颖	张万平	张可丰
张志超	张 明	张亮亮	张 晨	张琴芳	李宗国
李 欣	李肇华	杨仁安	杨文鹄	杨永华	沈培洁
沈 翔	陆仔根	陈 露	林宇清	姚伟达	施 伟
胡兰芬	贺寅彪	赵飞云	赵文华	赵智颖	钟志民
夏祖讽	夏 栓	徐永志	徐定耿	徐 欣	徐受律
徐雪莲	涂光协	高文道	曹 刚	曹 明	曹耶南
梁兵兵	梁星筠	盛燮康	章 莉	黄伟清	黄 庆
童玉祥	蒋 兴	谢世球	谢永诚	韩秀琛	褚苗兴
蔡 坤	蔡剑平	潘际厚	戴佩琨		

发行日期：2002 年 4 月 5 日

本标准的 2002 版本发行，带有一个自动的增补订阅服务。为了回答公众审查意见或委员会的活动而进行的修订，有必要将修订部分采用增补的形式来出版。增补形式的修订版将在该增补颁发之日 6 个月后生效。本标准的下一版定于 2005 年出版。

涉及本标准技术方面条款解释的询问，ASME 以书面解答形式给予发行。上述增补服务将包括条款解释。

ASME 是美国机械工程师协会的注册商标。

本规范或标准是按照符合美国国家标准准则的认可程序制定的。批准本规范或标准的“标准委员会”所组成经过协调，可保证技术权威和利益相关部门的人士都有机会参加。规范或标准草案经过公开征求意见和公开评议，使产业界、学术界、监督机构和公众得以提出补充意见。

ASME 不对任何物项、建造、专利的装置或活动进行“批准”、“定等级”或“担保”。

ASME 对与本文件述及的任何项目有联系的任何专利权的有效性，不作任何表态；不保证任何人在使用某一标准时是否违反法律侵犯有关专利证书，也不承担此类责任。ASME 明确告知规范或标准的使用人：确定任何这类专利权是否有效以及侵犯专利带来的风险，完全由他们自己负责。

不可把产业界人士或联邦政府代表的参与理解为产业界或联邦政府对本规范或标准的认可。

ASME 只对那些按照 ASME 管理程序和方针发布的文件的“条款解释”负责，不允许以个人名义发布“条款解释”。

凡事先未取得出版商书面认可，本文件的任一部分都不得以任何形式，
包括电子检索系统或别的方式复制。

美国机械工程师协会

Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990

2002 版的版权归美国机械工程学会所有

版权所有

在美国印刷

前 言

ASME 核规范与标准总部(BNCS)于 1997 年夏季开始考虑开发一套使用概率风险评价(PRA)进行以风险信息为导向的决策的统一标准。在支持核电厂设计和运行中进行的以风险信息为导向的变更所需的 PRA 应具备的技术能力方面,最近出版的以风险信息为导向的应用的 ASME 规范案例有效地推动了 PRA 标准的建立。

BNCS 和 ASME 规范与标准理事会认为这次的考虑是与以风险信息为导向的应用有关的 ASME 安全准则和活动。在锅炉和压力容器委员会以及运行和维修委员会发布了在开展以风险信息为导向的规范案例前提下,决定为了描述支持这项新兴技术的 ASME 应用所需的 PRA 能力,需要有一套标准。在通过 ASME 规范与标准理事会批准后,1998 年初成立了一个 ASME 项目组和一个标准委员会,来制定为现有的及将来的核电厂以风险信息为导向的应用提供基础的 PRA 标准。这个委员会和项目组负责起草这套标准,其间得到了美国核管会(NRC)和工业界的大力支持,并一直与美国核学会(ANS)、美国消防协会(NFPA)、美国电气及电子工程师协会(IEEE)核标准制定组保持联系。

项目组(即编写组)主要由具有直接知识和经验的人员组成,便于在 ASME 规范与标准更新程序下,及时地完成一份有足够技术含量的文件。这个程序中一个独特的部分是在正式的公开审评和批准过程之前,由 ASME 委员会组成内部和外部的专家对标准的两份草案进行审评。项目组已经对这些审评意见作了说明,并已反映在标准的合适位置。

美国核工业界已经制定了一套用于评价 PRA 支持以风险信息为导向的管理执照申请的技术能力和充分性的同行审评程序(NEI 00-02)。美国的许多核电厂已开展过同行审评。本 PRA 标准的制定亦考虑了 NEI 00-02 的导则。

上述所有的审评完成以后,本标准的草案通过了技术标准协商委员会、核风险管理委员会(CNRM)的批准。

CNRM 按照美国国家标准学会(ANSI)的认可规程操作,以满足美国国家标准协商规程的准则。本标准通过了 ASME 核规范与标准总部的批准,随后于 2002 年 1 月 31 日通过 ANSI 的批准。

在 ASME 初始版本之后,CNRM 负责保证本标准作必要的维护和修订,其中包括与开发其它以风险信息为导向的应用中的其它标准作适当链接。

核风险管理委员会

2001 年 6 月 11 日

总委员会

S. A. Bernsen, <i>Chair</i>	R. E. Hall
G. L. Zigler, <i>Vice Chair</i>	R. A. Hill
G. M. Eisenberg, <i>Secretary</i>	T. G. Hook
R. E. Bradley	S. H. Levinson
H. D. Brewer	T. A. Meyer
R. J. Budnitz	W. J. Parkinson
M. A. Cunningham	L. Sage
K. N. Fleming	R. L. Simard
H. A. Hackerott	F. A. Simonen
	J. J. Zudans

项目组

R. L. Simard, <i>Chair</i>	G. A. Krueger
G. M. Eisenberg, <i>Secretary</i>	S. H. Levinson
H. D. Brewer	B. W. Logan
R. J. Budnitz	B. B. Mrowca
M. Drouin	W. J. Parkinson
K. N. Fleming	F. J. Rahn
C. R. Grantom	R. E. Schneider
H. A. Hackerott	B. D. Sloane
R. A. Hill	I. B. Wall
	R. A. West

为本标准提供了大力支持和输入的其他个人和组织

D. M. Bucheit	W. T. Pratt
E. T. Burns	N. O. Siu
A. Camp	D. E. True
J. Chapman	D. W. Whitehead
M. C. Cheok	American Nuclear Society
W. Hannaman	B&W Owers' Group
S. Kojima	BWR Owers' Group
J. L. LaChance	CE Owers' Group
J. R. Lehner	Electric Power Research Institute
G. W. Parry	Westinghouse Owers' Group

向核风险管理委员会提交技术询问的准备

引言

ASME 核风险管理委员会将对风险管理标准的条款解释和修订、以及根据技术发展开发新要求等方面的书面申请进行研究。对于后者，委员会的活动严格限制在对所要求的条款解释，或对基于新数据或新技术的要求的修订考虑。鉴于出版政策，ASME 不对任何物项、建造、专利的装置或活动进行“批准”、“定等级”或“担保”，故对此类考虑的询问要求将被退回。此外，ASME 并不对专门工程问题或对通常标准要求的应用或理解等方面担当顾问。根据提交的询问信息，如果委员会认为询问者是寻求帮助，则该询问函将被退回，并附上可以得到这种帮助的建议。

若没有提供充分的信息以使得委员会完全理解的所有询问将被退回。

询问格式

询问严格限制在对要求的条款解释，或基于新数据或新技术对现有要求的修订考虑。

询问应按下列格式提交：

- (a) **范围。**询问应包括一个单项要求或者一些紧密相关的要求。一封与主题无关的询问函将会被退回。
- (b) **背景。**注明询问的目的，是要获得标准要求的条款解释还是提议对现有要求修订的考虑。向委员会简要地提供能理解该询问所需的资料（需要时可附简图），可查明包括了所参照的适用标准版本、增补、篇、附录、条、图或表格。
- (c) **询问结构。**询问应以简要而确切的问题格式陈述，省略繁琐的背景资料，并在合适的地方以“是”或“否”的方式（可能加附文）成为一种可接受的答复。这种询问陈述在技术上和编写上都应是正确的。
- (d) **建议的答复。**陈述标准明确需要的是什么？如果询问者的意见认为标准需要修订，则要求给出建议性的语句。
- (e) 询问应以书面打印格式提交，但清晰的手写格式也可以考虑。
- (f) 询问应包括询问者的姓名、电话号码和邮寄地址。
- (g) 询问应提交到以下地址：Secretary, Committee on Nuclear Risk Management, The American Society of Mechanical Engineers, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990.

序 言

本标准的组成

本标准由以下几章组成：

- 1 引言
- 2 缩略词和定义
- 3 风险评价应用过程
- 4 风险评价技术要求
- 5 PRA 状态控制
- 6 同行审评

每章又细分为节、条和款，例如：

节：3.1

条：3.1.2

当各节需要表示顺序要求时，可采用小写字母如 (a)、(b)、(c) 等来表示。

本标准中的表格和图用相应的节或条号加上“表”或“图”及顺序号表示，如 3.2.1-1、3.2.1-2 等。每张表或图放在其相应的文字旁边。

在正文中参考说明以脚注按顺序列。在表中，参考说明按顺序表示，如注 (1)、注 (2) 等。在“参考文献”这一章中，列出了包括出版商信息的完整的参考文献列表。

当本标准上下文文字上需要时，单数亦可理解为复数，反之亦然，而名词中的阴、阳或中性也可处理为其它适当的性。

本标准中各章的描述

以下对本标准中各章作描述，为读者对所包含的范围及其展开的基础提供总体的信息。

1 引言

本章对本标准的范围、适用性及内容作简要描述。

2 缩略词和定义

本章对本标准中用到的专用术语、缩写词和首字母缩略词作描述。

3 风险评价应用过程

本章对确定 PRA 是否可用来支持以风险信息为导向的具体应用的过程进行描述。

4 风险评价技术要求

本章包含了 PRA 的目标、高级别要求 (HLRs) 和支持性要求 (SRs)，该 PRA 用于支持本标准范围内的以风险信息为导向的决策。

5 PRA 状态控制

本章为用于支持本标准范围内的以风险信息为导向的决策的 PRA 提供维护和升级的要求。

6 同行审评

本章为用于支持本标准范围内的以风险信息为导向的决策的 PRA 提供同行审评的要求。

扩充章节的建议

除了本标准中提供的准则，将来还要考虑扩充本标准，即除功率运行下内部事件（除了火灾）一级的分析及有限的二级（LERF）分析外，提供其它风险评价的方法。

用户职责

提请本标准的用户注意，他们要对 PRA 模型使用、计算机程序和为满足本标准所做的分析中内在的一切技术假设负责。

通信

对本标准的改进建议或需增加其它主题的建议应发送到如下地址：Secretary, Committee on Nuclear Risk Management, The American Society of Mechanical Engineers, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990。

增补服务

ASME RA-S-2002 版包括了自动增补订阅服务，直到下一个版本的出版，该服务还没有一个固定的进度表。该增补订阅服务包括已批准的新章节、对当前章节的修订以及条款解释的发布。增补服务内容中所包括的条款解释不属于本标准的一部分。

目 录

前言	i
核风险管理委员会	ii
向核风险管理委员会技术询问的准备	iii
序言	iv

章节

第1章 引言	3
第2章 缩略词和定义	5
第3章 风险评价应用过程	13
第4章 风险评价技术要求	21
第5章 PRA 状态控制	83
第6章 同行审评	87
参考文献	93

第1章 引言

1.1 范围3

1.2 适用性3

1.3 PRA 能力类别.....3

1.4 PRA 要素的要求.....3

1.5 风险评价的应用过程.....4

1.6 PRA 状态控制.....4

1.7 同行审评要求4

表 1.3-1 PRA 能力类别依据5

第1章 引言

1.1 范围

本标准阐明用于支持商业核电厂进行以风险信息为导向的决策的概率风险评价(PRA)要求,并且提供如何针对具体应用这些要求的方法。

1.2 适用性

本标准适用于支持以风险信息为导向的决策的PRA,这些决策与设计、执照审批、采购、建造、运行和维修相关。本标准规定了功率运行时内部事件一级PRA的分析要求。此外,本标准还规定了能充分评估功率运行时内部事件的大量放射性早期释放频率(LERF)的范围有限的二级PRA分析的要求。

1.3 PRA能力类别

本标准打算在一个广泛的范围内应用,该应用应相应于PRA的能力类别。应用随着所采用的风险量、所使用的决策准则、用以支持决策的PRA结果的可靠性程度,以及对提议变更确定其风险重要性因素所需的可分辨程度而不同。为了确定所需的能力,通过考虑上述特性来对应用进行评估,如3.2.2节中的详细介绍。举例来说,对于某个给定的部件,对所建议的部件维修实践的变更可在某个特定的应用中进行评价。那些与该部件的失效和不可用有关的事故序列的PRA能力是与这一应用相关的,而那些对应在这部分中不需要修改的事故序列的PRA能力是与这一应用不相关的。

基于不同的应用,所要求的PRA能力类别在PRA的不同要素之间、在一个给定的要素内、在不同的事故序列间、或不同的事故序列、始发事件、基本事件和最终状态类别之间,都会有所不同。虽然用于支持某种应用的PRA

的每个部分的能力范围是连续统一的,但在本标准中还是定义了三种能力类别,以便于以一种易于管理的方式来清晰地提出和表述有关的要求。它们分别是PRA能力类别I、II和III。表1.3-1描述了PRA的属性,用于建立第4章所要求的各种PRA能力类别。

本标准包括高级别要求(HLRs)和支持性要求(SRs)。对于所有应用,每一个要素的高级别要求是相同的,而每个要素确定的支持性要求则因为能力类别的不同而不同,这种区别便于为支持某个给定的应用所必需的PRA各个部分确定合适的要求。

这些能力类别的边界只能作大致上的定义。对本标准中的任一给定的PRA能力和SRs进行比较时,认为:一个PRA要素的能力或在每个要素内的部分PRA的能力并不需要完全在同一个能力类别中,而更可能发布在所有的三种能力类别中。(PRA要素或在要素中的部分PRA有的可能不能满足这些能力类别中任一个的SRs)。虽然并不是PRA的所有部分需要具备相同的能力,但PRA模型必须保持一致。SRs的编写考虑了在一种类别中PRA各部分之间的接口是一致的,例如对事件树的要求是与始发事件组的定义一致的。

当进行一个具体的应用时,需要作出判断来决定哪个能力类别是PRA各个部分都需要的,从而确定哪些SRs适用于该应用。(见第3章)

1.4 PRA要素的要求

1.4.1 PRA要素 本标准的要求由九个PRA要素组成,由这些要素组成了功率运行内部事件的一级和二级/LERF PRA。这些要素及其缩略词如下: