

核电站工作管理

——NEA辐射防护和公众健康委员会手册

《工作管理对职业照射之影响》专家工作组编

晏仲民 杨茂春 等 译

濮继龙 张延生 审

原子能出版社

内 容 简 介

本书具体阐述了工作管理的观念,详细介绍了在工作的全过程中如何实施工作管理,包括法规、工作管理政策、工作人员的参与、工作项目的筛选、计划及进度安排、工作准备、工作执行和工作评价与反馈。书中给出的大量实例研究介绍了商用核电站的实际经验。本书可以用于帮助电站经理、运行维修人员、计划准备人员和辐射防护人员改进工作管理的实施。通过实施工作管理可以导致减少完成一项工作所需的工作人员数目,减少在辐射控制区内的用工人时数,并因此减少工作的综合成本。而且还可以按 ALARA 原则实现职业照射的降低。

图字: 01-99-0580 号

图书在版编目(CIP)数据

核电站工作管理/国际原子能机构、经济合作与发展组织编;李振亚等译.-北京:原子能出版社,1999.1

ISBN 7-5022-1973-0

I.核… II.①国… ②李… III.核电站-生产管理 IV.TM623

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 39385 号

Work Management in the Nuclear Power Industry

©OECD 1997

Applications for permission to reproduce or translate all or part of this

Publication should be made to:

Head of Publications Service,OECD

2,rue André-Pascal,75775 PARIS CEDEX 16,France.

核电站工作管理

李振亚 等译

©原子能出版社,1999

责任编辑:王雷

社址:北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码:100037

原子能出版社出版发行

中国农业大学印刷厂印刷 新华书店经销

开本 787×1092mm 1/16 印张 13 字数 92.7 千字

1999 年 3 月北京第 1 版 1999 年 3 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000

定价:35.00 元

经济合作和发展组织

Organization for Economic Co-operation and Development

依据1960年12月14日在巴黎签署的并于1961年9月30日生效的公约之第一款，经济合作和发展组织(OECD)将推行下述政策：

- 在维持金融稳定性的同时，实现足以持续的经济高速增长与就业并提高成员国的生活水平，并且以此贡献于世界的经济发展；
- 为成员国以及非成员国的经济发展过程中合理的经济扩展作出贡献；
- 为世界贸易依据国际法在多边、平等的基础上展开作出贡献。

OECD的发起成员国是：奥地利、比利时、加拿大、法国、德国、希腊、冰岛、爱尔兰、意大利、卢森堡、荷兰、挪威、葡萄牙、西班牙、瑞典、瑞士、土耳其、英国和美国。下述国家依次在括号标明的日期通过申请而成为成员国：日本(1964年4月28日)、澳大利亚(1971年6月7日)、新西兰(1973年5月29日)、墨西哥(1994年5月18日)、捷克共和国(1995年12月21日)、匈牙利(1996年5月7日)、波兰(1996年11月22日)和韩国(1996年12月12日)。欧洲共同体委员会参与OECD的工作(OECD公约第13款)。

核能机构

Nuclear Energy Agency

经济合作和发展组织(OECD)的核能机构(NEA)建立于1958年2月1日，当时的名称为OECE欧洲核能机构，1972年4月20日开始使用现在的名称，其时日本成为该机构的第一个非欧洲国家的全权成员。今天NEA的成员包括OECD的全部欧洲成员国以及澳大利亚、加拿大、日本、韩国、墨西哥和美国。欧洲共同体委员会参与机构的工作。

NEA的基本目的是推进其成员国政府间在进一步发展核能作为安全、为环境所接受且经济的能源方面的合作。

这一目的的实现依据于：

- 推进国家管理政策与实践的一致，特别是在核设施安全、人对电离辐射的防护与环境保护、放射性废物管理，以及核第三方责任与保险等方面；
- 通过保持对核能增长的技术和经济方面的审查和预测核燃料循环不同阶段的需求和供应，来评价核能对整体能源供应的贡献；
- 发展科学技术信息交流，特别是通过参加公用服务；
- 建立国际研究开发计划并联合实施。

在上述以及相关的任务中，NEA与设在维也纳(Vienna)的国际原子能机构(IAEA)，以及其它国际组织在核领域中密切合作，与IAEA已有一份合作协议。

中文版前言

《核电站工作管理》一书具体阐述了工作管理的观念，详细介绍了在法规、工作管理政策、工作人员的参与、工作项目的筛选、计划及进度安排、工作准备、工作执行、工作评价与经验反馈等方面如何贯彻实施工作管理。书中给出的实例介绍了商用核电站的实际经验。本书是一本有用的工具书，可以帮助核电站的经理、运行维修人员、计划准备人员以及辐射防护人员改进其工作管理的实施。因为，通过实施工作管理不仅可以减少完成一项工作所需的工作人员数目，减少在辐射控制区的用工人时数，并因此减少工作的综合成本，而且还可以按ALARA原则实现职业受照剂量的降低。

本书中文版的翻译出版，在广东核电合营有限公司的大力支持下，获得了经济合作与发展组织（OECD）的正式授权，并且得到了国际原子能机构(IAEA)的部分资助，在此表示感谢。

本书中文版的翻译出版工作的负责人为濮继龙、李振亚、晏仲民。参与本书翻译的还有计中（第二章、附件），顾景智（第六章），赵宏大（第七章）。

参加审校的还有陈德淦先生。

由于译者水平有限，难免出现差错，敬请读者指正。

Foreword of the Chinese Version

《Work Management in the Nuclear Power Industry》 introduces the concept of Work Management in very concrete terms and presents details of how to implement Work Management in such areas as regulation, work management policy, worker involvement, work selection, planning and scheduling, work preparation, work implementation, and work assessment and feedback. Numerous case studies are presented of actual experience from the commercial nuclear power industry. This is an useful tool to help plant managers, operation and maintenance engineers, planners and perpetrators, and radiation protection personnel to improve their implementation of work management, which can lead to reduced numbers of workers needed to perform a job, of person-hours spent in the radiologically controlled zone, and thus the overall cost of work. Moreover, this also leads to reduced occupational exposures in an ALARA fashion.

The translation and publishing of this Chinese version is supported by Guangdong Nuclear Power Joint Venture Company Limited (GNPJVC), formally authorized by OECD, and partly sponsored by IAEA who should be highly appreciated.

Mr. Pu Jilong, Li Zhenya and Yan Zhongmin are responsible for the publishing of this Chinese version and others who take part in translating and checking includes:

Overall checking: Pu Jilong, Chen Degan, Zhang Yansheng

Translating: Yan Zhongmin(Foreword, Executive summary, chapter 1 and 8)

Ji Zhong (chapter 2 and Annex)

Yang Maochun (chapter 3, 4 and 5)

Gu Jingzhi (chapter 6)

Zhao Hongda (chapter 7)

序 言

十多年来，世界核电站的职业照射稳步下降。特别是在1990年国际放射防护委员会(ICRP)第60号出版物发布以后，法规的压力、技术进步、改进的电厂设计、水化学与电厂运行程序的改善，以及其他因素都促使着这一进步。然而，由于世界核电站的年龄在增长，维持低职业照射的任务已逐渐变得更加困难。另外，经济压力也导致电站运行的管理者们尽可能优化换料并延长运行时间，这也增加了计划安排和预算对减少电站现场照射的压力。

作为对这些压力的回应，辐射防护人员已经发现把职业照射保持在可合理达到的尽量低水平(ALARA)的要求，可以通过适当的计划、准备、执行及对工作的审查而实现。这一观念被广泛地称之为工作管理。如果能恰当地应用它，工作管理能够使得完成一项工作所需的工作人员人数减少，使得在辐射控制区所用的人时数减少，进而减少该项工作的综合成本，并按照ALARA的原则降低职业照射剂量。

为了进一步研究工作管理方法在核电行业中的应用，NEA于1992年2月召集了一个主题为“通过工作管理减少职业照射剂量”的研讨会。在这次会议上，来自世界各地的辐射防护人员介绍了大量的研究实例，这些实例表明如何通过应用工作管理节省了时间、剂量和费用。普遍认为，工作管理实践已在核电行业中逐渐展开，进一步的工作应该是量化工作管理实践的效果。研讨会的建议之一是：“为继续已经开展的工作，应考虑去努力编写一些量化ALARA措施的指导手册。如果能够以定量形式给出节省工时、资金和剂量的证据，譬如介绍减少剂量的措施，将会比较容易地使人们认可并实践这些措施。因此，建议NEA成立一个专题小组研究工作管理行动的量化问题。”

根据这一建议，1993年职业照射信息系统(ISOE)执行委员会，经NEA辐射防护和公众健康委员会(CRPPH)同意，成立了《工作管理对职业照射之影响》的专家工作组，并安排经费供该小组进行工作管理关键因素对工作人员剂量和生产成本影响的量化研究。最后，本报告的目的是提供一份对工作管理实践的全面评估，同时提供一些量化工作管理各阶段影响的应用方法。

量化方法通过实际事例的研究加以说明。

本报告的起草和研究实例的收集由《工作管理对职业照射之影响》专家工作组完成，该工作组由David W. Miller博士(美国)主持，专家工作组的成员有：

Dr. David W. Miller

Clinton Nuclear Power Station, 美国

Mr. J.A. Bond

Atomic Energy of Canada Limited, 加拿大

Mr. Arif Kahn	Ontario Hydro, 加拿大
Mr. Björn Wahlström	Loviisa Nuclear Power Plant, 芬兰
Mr. Maurice Perin	Electricité de France, 法国
Mr. Alain Brissaud	Electricité de France, 法国
Ms. Caroline Scheiber	ISOE European Regional Technical Centre, (CEPN), 法国
Dr. Wolfgang Pfeffer	GRS, 德国
Dipl. Ing. Peter Jung	Phillipsburg Nuclear Power Plant, 德国
Mr. Tsunehisa Higuchi	Fugen Nuclear Power Station, 日本
Mr. P. Carmena Servert	AMYS, 西班牙
Mr. Christer Viktorsson	Swedish Radiation Protection Institute (SSI), 瑞典
Mr. Bengt Löwendahl	Oskarshamn Nuclear Power Plant, 瑞典
Mr. Wolfgang Jeschki	Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, 瑞士
Dr. Max Furrer	Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, 瑞士
Mr. Ian Robinson	HSE Nuclear Installations Inspectorate, 英国
Mr. Charles Temple	HSE Nuclear Installations Inspectorate, 英国
Mr. Steve Barrett	Byron Nuclear Power Station, 美国
Dr. Richard L. Doty	Susquehanna Nuclear Power Station, 美国
Mr. Mark Somerville	Diablo Canyon Nuclear Power Station, 美国
Dr. Ted Lazo	OECD Nuclear Energy Agency, 法国

本报告中的所有绘画均由 Björn Wahlström 先生绘制。

本报告由OECD秘书长负责出版。它不承担任何成员国或任何组织机构的义务。

目 录

概 述	(1)
第 1 章 前言	(9)
第 2 章 安全管理	(11)
2.1 引言	(11)
2.2 国际标准	(12)
2.3 安全管理政策	(13)
2.3.1 核安全相关法规	(13)
2.3.2 辐射防护相关法规	(15)
2.3.3 沿用至今的法规	(17)
2.4 小结	(18)
2.5 安全管理实例研究	(18)
第 3 章 工作管理政策	(19)
3.1 引言	(19)
3.2 ALARA: 辐射防护管理思想(管理基础)	(20)
3.2.1 科学导则和 ALARA 管理规定	(20)
3.3 行业指导文件	(23)
3.4 电站 ALARA 组织	(24)
3.4.1 电站 ALARA 大纲	(24)
3.4.2 责任的分配	(25)
3.4.3 ALARA 委员会的功能与组成	(26)
3.4.4 ALARA 工作组的功能与组成	(26)
3.4.5 ALARA 评审	(27)
3.5 小结	(27)
3.6 管理政策实例研究	(27)
第 4 章 工作人员的参与	(29)
4.1 引言	(29)

4.2	工作人员执行 ALARA 的行为因素	(30)
4.3	重要的相关因素	(31)
4.3.1	实现工作人员参与的先决条件	(31)
4.3.2	保持工作人员参与的先决条件	(41)
4.3.3	工作人员的被动参与	(42)
4.4	小结	(42)
4.5	工作人员参与实例研究	(43)
第 5 章	工作项目的筛选、计划与安排	(46)
5.1	引言	(46)
5.2	工作项目的筛选	(47)
5.3	工作计划过程	(49)
5.4	追踪“热点”工作项目	(55)
5.5	现有信息的利用	(58)
5.6	小结	(59)
5.7	工作项目筛选与计划实例研究	(60)
第 6 章	工作准备	(63)
6.1	引言	(63)
6.2	作业现场的优化	(64)
6.3	人员的挑选与培训	(65)
6.4	临时屏蔽	(68)
6.5	污染控制	(71)
6.5.1	去污车间	(72)
6.5.2	去污技术	(72)
6.5.3	系统冲洗	(73)
6.5.4	化学去污	(74)
6.6	专用工具	(76)
6.6.1	热车间	(77)
6.6.2	机器人	(77)
6.7	支持设备	(78)
6.7.1	通风和过滤系统	(78)
6.7.2	远距离通讯和监测	(78)
6.8	工作过程的引导与控制	(79)
6.8.1	电子剂量计/出入控制系统	(79)
6.8.2	工作许可证制度	(80)
6.8.3	工作剂量的跟踪与检查	(80)
6.8.4	工作协调	(81)

6.9	小结	(81)
6.10	工作准备实例研究	(82)
附录 1	NEA3—作业相关信息报告:余热导出系统热交换器的高压去污 [Philippsburg 1]	(84)
附录 2	NEA3—作业相关信息报告:反应堆水池池壁的高压去污 [Philippsburg 1]	(86)
附录 3	NEA3—作业相关信息报告:承压水系统的去污与拆卸 [Philippsburg 1]	(88)
附录 4	专用工具经验	(91)
第 7 章	工作执行	(94)
7.1	引言	(94)
7.2	工作过程控制	(95)
7.3	减少路程照射和避免非必要的剂量	(98)
7.4	反馈信息的收集	(100)
7.5	工作人员的激励与教育	(101)
7.6	小结	(102)
7.7	工作执行实例研究	(102)
附录 1	具有作业现场位置图的“ALARA 工作程序”实例 [Paluel 核电站(法国)]	(104)
附录 2	节省时间并减少受照剂量的工间休息安排实例 [Loviisa 核电站(芬兰)]	(106)
附录 3	数据收集系统实例—法国信息系统 FRADOSE [法国核岛设备供货厂商 FRAMATOME 使用]	(109)
附录 4	ALARA 工作审查表 [Clinton 核电站(美国)]	(111)
附录 5	失误分析表—法国	(115)
附录 6	工作结束简报单—法国	(118)
第 8 章	工作的评价和反馈	(119)
8.1	经验数据库	(119)
8.2	工作后评审	(120)
8.3	工作评审跟踪	(121)
8.4	大纲审计	(123)

8.5	小结	(123)
8.6	工作的评价和反馈实例研究	(124)
附录 1	辐射防护建议单—美国	(125)
附录 2	返工原因分类—法国	(126)
附录 3	Ontario Hydro 公司的返工分析—加拿大	(129)
附录 4	时间和动作研究实例—LaSalle 核电站(美国)	(135)
附录 5	“归一化”剂量分析实例—法国	(140)
附录 6	降低照射计划—美国	(142)
附录 7	良好实践信息单—法国	(144)
附件 1	参考文献	(146)
附件 2	相关读物	(148)
附件 3	工作管理在海洋石油行业中的应用	(150)
附件 4	核能机构(NEA)关于“节省大修费用、工期和剂量的工作 管理与良好实践专题研讨会”与会者名单	(159)

概 述

随着21世纪的悄然逼近，工业化的世界连续不断地变化着。在现代工业的各个方面，日益增加的经济压力，使得生产力和成本竞争能力成为决定企业能否生存的关键因素。作为对这些压力的回应，许多公司采用全面综合的工作方式，即强调多专业、多方面的合成团队工作方式的重要性，强调工作全过程管理的重要性，其中包括策划、设计、计划、准备、执行以及跟踪等各个阶段。通过重点关注以上各点，可以保证工作任务的圆满完成，即按照计划进度、在预算之内、具有足够的质量等级，以最低的费用最大限度地实现预定的目标。这种多专业的、从开始至结束全过程的工作方式可以用“工作管理”这一术语来概括。

和大多数其他现代工业一样，核电行业也在经受着同样的经济压力，核电行业也在努力增加收入并降低成本，而所有这些必须同时保持对公众的足够的安全裕度并降低其工作人员职业受照的风险。在核电行业中，增加收入意味着尽量延长核反应堆的运行时间(或尽量缩短停堆时间)，而降低成本则意味减少正常运行期间和换料大修期间维修的支出。这两个目标似乎与保持对公众足够的安全裕度和降低核电工作人员的风险的目标相矛盾。核电行业40年来的运行表明，由于前面提到的工作管理原则在核电行业中的应用，上述目标能够同时实现，它们并不互相抵触。

为了进一步研究工作管理方法在核电行业中的应用过程，NEA于1992年2月资助召集了一个主题名为“通过工作管理减少职业照射剂量”的研讨会。在这次会议上，来自世界各地的辐射防护人员介绍了大量的研究实例，这些实例表明如何通过应用工作管理节省了时间、剂量和金钱。普遍认为，工作管理实践已在核电行业中逐渐展开，进一步的工作应该放在量化工作管理实践的效果方面。正如NEA研讨会文件所指出的，研讨会建议如下：

为继续已经开展的工作，应考虑去努力开发一些量化ALARA措施的指导手册。如果能够以定量形式给出节省工时、金钱和剂量的证据，譬如介绍减少剂

量的措施，将会比较容易地使人们认可并实践这些措施。因此建议NEA成立一个专题小组研究工作管理行动的量化问题。

根据这一建议，1993年NEA成立了《工作管理对职业照射之影响》的专家工作组，并安排经费供该小组进行工作管理关键因素对工作人员剂量和生产成本影响的量化研究。作为成果，编写了本书以提供一份对工作管理实践的全面评估，同时提供一些量化工作管理各阶段影响的应用方法。量化方法通过实际事例的研究加以说明。

本报告的目的集中在工作管理原则的应用和减少职业照射上，这仅是前面提到的工作管理的一个目标。然而，为了减少受照剂量通常要减少辐射控制区工作人员的数目、减少工作人员在辐射控制区花费的工时和减少由于设计、计划、准备、执行或跟踪等缺陷造成的返工。所以，应用工作管理还可以同时降低成本，降低常规安全风险并且缩短换料大修所需的时间。

本书扼要评述工作管理的各项原则，并用实例研究示范各原则的具体应用。

安全管理法规

本章简要讨论国际放射标准及不同国家在其法规中实施这些标准的方法。国家法规尽管不像电站政策那样对工作管理的应用具有直接影响，但它间接地影响所用的工作管理的方法。广义地从应用ALARA原则上讲，国家法规用于确保对工作人员和公众的辐射照射的防护。

目前，法规的发展趋势更倾向于“绩效基准”型，而不是传统的指示型。例如，某一绩效基准型法规可要求二次侧水中污染物浓度保持低于某一特定限值或约束值，而某一指示型法规可能要求在每次换料大修期间都对蒸汽发生器传热管进行系统性检查。相比之下，前一类型的法规既能使审管部门履行保护工作人员和公众的职责，又能使营运单位根据其具体情况灵活地优化其工作以获得最佳结果。

出于探讨工作管理原则应用的目的，我们考虑将这些法规分为三类：1. 与核安全相关的法规，2. 与辐射照射相关的法规，以及3. 从过去沿用至今的法规。第一类包括那些保护公众免受辐射危害的法规，这种辐射危害可能会在事故后发生。比如，可能与系统或部件的检查及维修频度相关的法规，绩效基准型法规可以允许根据设备的历史和状态来进行维修，需要对设备进行监视，但不需要每次大修时都对设备采取系统性行动。

第2类包括那些保护工作人员和公众免受辐射有害效应的法规，这些法规明确给出剂量限值、剂量约束和运行限制条件。剂量限值就是绩效基准型法规的一个例子。而ICRP(国际放射防护委员会)第60号出版物中的概念如剂量约束和运行剂量限制等同样遵循绩效基准的思路，允许辐射源(核电站，加速器，固定源等)的运营者在如何满足法规限值、剂量约束和运行限制上具有适当的灵活性。

最后，沿用至今的法规则是已应用了一段时间且可能不再有效或不再符合现行政策。这里需要再次强调的是，对于法规，绩效基准型方式允许质疑该类法规，并可能导致对法规的改进或删减以更好地适应当前的实际状况。这种出自辐射源营运者的质疑应该受到审管部门的欢迎。

工作管理政策

与实施任何其他创意一样，成功依赖于单位最高层领导的激励和支持。工作管理也不例外，同样需要电站领导在政策和资金上的积极支持，需要由各方面人员组成的多专业混成队伍来完成工作的策划、计划和跟踪。应在这支队伍与电站之间培养建立一种“客户”型的关系，换句话说就是以服务为主导的关系。

管理层对某一项目或计划的承诺与支持通常表现为出现在该项目的现场。因此，管理政策鼓励经理们经常巡视工作现场，从而对项目的现状与存在问题具有第一手资料。现场巡视围绕确定的目的和关注的范围(如厂房的整洁状态，现场的清洁条件，员工遵守程序的情况，工具的适用性，支持人员是否及时到位，特殊维修工作的进展等等)。通过适当授权于部下，经理们可以腾出更多的时间去完成对电站的现场巡视。

另外，从管理上可以要求工作要在一定的限制条件(剂量、用工人时、时间等)下完成。这些可以通过合同明确对承包商的要求，并通过管理层在资金和人力上的积极支持来实现，而项目必须达到预定的目标。同样重要的是与全体员工进行交流并使他们了解工作目标以及管理层对目标的承诺。

不论是在北美、欧洲或亚洲，辐射防护领域的管理思想都同样基于ALARA原则。在这方面有很多国际指导文件和国家指导文件。依据这一管理思想，为维持照射剂量在可以合理达到的尽量低水平，大多数国家的ALARA大纲的结构要点是共同的。这些要点包括：在每一核电站均有一份这样的大纲，恰当地责任分工，创建“最优化委员会”(ALARA Committee)并明确其职责，创建“ALARA工作组”并明确其审查工作程序的职责，建立准则以明确在什么时候和什么等级的工作将被送往“ALARA工作组”去接受“ALARA审查”。

工作人员的参与

对工作过程的许多步骤都能带来影响的一个重要因素是工作人员的参与。通过让工作人员参加到他将要完成的工作中去，工作人员更容易受到激励，从而能够在工作中发挥其最佳水平。作为结果就是较低的受照剂量和高质量的工作。

工作人员的激励可以通过许多方式实现。在工作管理过程中，工作人员应该尽最大可能参与多专业的混成工作组，该工作组进行工作任务的计划、进度安排、培训、实施以及反馈。

有许多重要因素贡献于创建并维持工作人员的良好参与。多数这样的因素都集中围绕着工作人员的激励。例如，管理层和高级员工的日常行为应该表现出他们相信并接受具体工作中的工作管理方式。再者，他们的行为应表现出愿意听取工作人员的建议并作出适当的回应。这在工作过程中可以表现为通过“计划”来应付可能发生的不测，也就是在工作程序中留有一定的灵活性，以使得工作人员的“专家判断”能够在工作项目的培训和执行过程中发挥作用。

对于工作人员，同样重要的是有关其工作中应用工作管理和实施ALARA原则的实用方法的培训。需要强调的是这些实用方法是为了工作人员自身的利益，而不是简单地为公司赢得时间和金钱。在此方面，工作人员在工作计划、工作后审查以及确定工作目标等过程中的参与将大大增强培训课程所讲授的“ALARA意识”的实际应用。

与工作人员交流的多样化也是维持激励的重要因素之一。例如，使用信息表、小册子和广告单能有效地使工作人员熟悉基本原则。另外，应该提醒工作人员设定的各种目标是些什么并告知他们达到这些目标的进展如何。这可以采用张贴图表的形式给出实际的剂量结果和用工人时的变化趋势以及与预定目标的比较。高级员工、辐射防护人员、工作负责人还可以利用定期的工作人员短会扼要地告诉大家当前的进展状况，强调工作要达到的目的，并讨论剂量目标和质量目标。

奖金、纪念品等奖励措施和对工作人员的表彰都已被证实是激励工作人员的有效手段。采用挑战性措施或强制性措施同样能够鼓动工作人员干得更好，例如增加经理们和辐射防护人员出现在工作现场的频度，并保持前面提到的行为特性即主动听取意见、讨论并给予回应。

最后，工作人员的激励机制一经建立就必须保持。管理层对于实施以上方法的承诺、通过培训强化工作管理过程，以及经理们兑现对工作人员的承诺都将有助于保持工作人员的参与积极性。

工作项目的筛选、计划与安排

筛选工作项目的目的在于分辨出那些确属“必需的”工作。能够属于“必需”类的工作包括：法规要求的工作、与电站运行可靠性相关的工作，以及与换料有关联的工作等。不幸的是，并非所有的工作都是如此明确地“必需”或“非必需”，而且在这里必须采用工作管理的观念去适当地选择将要完成的工作项目。一旦选定了工作项目去执行，计划过程就开始，同时要重申的是应该采用多专业合成的工作管理队伍方式。

作为工作项目筛选的一个部分，有一种方法已在某些国家(芬兰、法国)被证实是行之有效的，就是将某些工作项目推迟到未来的长大修中(5年大修、10年大修等)。虽然，这样做并不改变需要完成的工作总量，但工作项目的延迟可以允许把相似类型的工作或在相同设备或系统上的工作重新组合在一次大修中完成。如果安排得当，这样做应能节省时间并降低受照剂量。在恰当地考虑了电站安全和维修要求的前提下，延迟工作项目可以导致工作项目的减少，例如，在可能条件下，某些年度项目如检查、标定等，可延至下一年度完成。

另一节省大修时间但未必减少受照剂量的方法是将某些大修的项目安排在正常运行期间完成。当然，由于实际情况的限制和法规的约束，这一方法并非总是可行，但是若能有所选择就应该考虑。

最后，尽管很难明确通用的筛选准则，恰当地筛选要完成的工作项目可以明显地减少换料大修的工期和受照剂量。正如前面提到的，应该根据电站的具体情况系统地质疑每项工作的必要性，提议的工作是否确属能使电站更安全、更可靠或更有效？该项工作的必要性是否依据于过分保守的计算？需要指出的是，这种质疑应根据进度安排的变化和其他行将实施的工作项目情况而持续直至该项工作已实际开始。

在计划和进度安排方面，工作管理需要使用由多方面人员综合组成的队伍来进行计划安排，这一队伍包括来自电站管理层的代表，计划部门的代表、维修工程部门的代表、安全部门的代表和辐射防护代表，以及相关的承包商代表。这一方式将保证在计划(准备程序和合同、设备定货等)过程以及进度安排过程中各种适当措施都会被采纳。这将需要花费一些时间以使之“正确地”进行，大多数国家的核电企业都在机组大修开始前相当早地(通常为7至9个月)进行其计划和进度安排工作。

在计划和进度安排方面的另外一些考虑同样也是重要的。例如，不同专业的人员(计划工程师、维修工程师、辐射防护工程师等)一起共同参与计划和进度安排可推进交流和决策过程。在系统设备充满水使水屏蔽具备最佳效果时，工作项目的计划安排是很重要的，资源使用(资源基准型进度计划)和场地使用(场地基准型进度计划)的综合考虑能够大大减少工时和受照剂量。采用标尺模式、摄影图片、摄像机巡视系统以及模拟培训等同样都有助于工作的适当计划与安排，并使得工作能高效率完成。

在计划安排资源的有效利用方面，最为普遍并具有特别意义的是人力资源的利用，许多电站都有意集中其精力在那些熟知的特殊工作即“热点工作”上。这样的工作对于不同的电站都是共通的并都具有不应被忽视的丰富经验(不要去做重新发明车轮子之类的傻事)。经验包括先前的大修(历史数据)以及大量的外部信息库(NEA的ISOE计划，姐妹厂电站咨询，WAN0，INPO，各成员国用户等等)。为了应用于后续的大修，应通过收集工作人员类别和数量以及相应的用工人时数(脚手架、工作执行、作业现场的完工清洁等)等详细数据来保证信息“数据库”的不断丰富。

工作准备

与实施工作管理过程的其他方面一样，各专业多方面的交流是工作准备的关键要素之一。在此情况下，工作准备根据具体工作任务的要求配备工作人员、工作现场准备和相关系

统或设备的零部件的准备。

首先，从支持设备(脚手架、临时屏蔽、通风设施、场地去污、保温层拆卸等等)的使用和布置着手能够优化工作现场。显然，人员的挑选和培训也是非常重要的，虽然通常培训只是在大的和/或复杂的工作项目中才显得有效。应该指出的是，通常只有25%的工时实际耗费在工作现场，这样即使是最好的培训也只能节省有限量的计划工期用时(尽管这对于关键路径上的工作项目仍是很重要的)。尽管如此，对于那些具有较高的剂量份额比的工作项目，仍可通过选择那些在培训中表现优秀的工作人员来实现对工作的优化，这些工作人员的训练中包括熟悉由于使用防护衣具而带来的种种不便。例如，临时屏蔽安置和拆卸作业班组应该是一个技能熟练且富有经验的集体，他们熟悉自己的设备、熟悉将要布置临时屏蔽的现场情况、并且熟知期望达到的低剂量率值。通过诸如现场去污、设备去污(在工作现场或在热车间)、系统冲洗或化学去污等手段，污染控制能够减少累赘的防护衣具的使用需求并进而提高工作人员的工作效率和准确程度。

在有些情况下，专用工具和/或机器人的应用可能既经济又有效。这包括在作业现场使用的工具和专门的“热车间”中使用的工具。需要特别强调的是具有一个配备良好的热车间可以改善维修质量，并能够节省时间和成本。某些支持性设备如通风过滤系统、远程通讯及监测设备的有效利用，同样可以减少受照剂量、节省时间和金钱。

最后，工作的过程控制也是非常重要的。采用电子剂量计和出入控制系统能够为实时检查工作人员的受照剂量和剂量跟踪提供足够的数据库。应用某些工作许可证系统也可以帮助工作的实时协调，并帮助确保所有的开工先决条件(阀门在线、供电、特种风险工作许可证等)在工作开始之前均已满足。

工作执行

在工作的执行阶段实施工作管理，最重要的就是工作过程的控制和工作环境。

首先讲辐射防护人员的作用，随着工作人员自身承担辐射防护责任的程度不一，各个国家辐射防护人员的作用也不尽相同，然而辐射防护人员的关键职能之一即向工作人员提供支持和专业帮助却是共同的。为推进这一任务，某些国家的辐射防护人员在特殊情况下被指派去跟踪某些特殊工作项目(如蒸汽发生器一、二次侧的工作，一回路主泵工作、干井中的工作等)。再者，采用“辐射防护控制点”以确保在工作的辐射风险关键点处(例如在人孔打开后要求对蒸汽发生器的一次侧水室进行辐射防护监测)必须要求并将

肯定能够获得辐射防护人员的专业帮助。对工作人员设定其个人剂量限制同样可以确保他在关键时刻受到监护并获得这类专业帮助。

此外，为实现有效地控制，工作负责人必须在其作业现场花费足够时间以便熟知工作的进展状态和存在问题，并清楚其作业项目的辐射状况。为解决遇到的任何问题，单位间的交流必须快捷有效。法国试行了全时反应堆厂房协调经理的方法，该经理是所有问题的中心汇合点，譬如失去供电电源、电梯问题、许可证问题等等。在美国，对某些特殊工作任务或某一类型的工作任务指定项目协调人MIHM(Make It Happen Manager)和“干井指挥”，采用这样的方法来负责各单位间的交流并推进工作任务的完成。大修的日常例会同样也可以有效地解决各单位间的矛盾和问题。

同样重要的是对辐射控制区的控制和在控制区内工作时间的控制。美国人已试行了“反应堆厂房门卫”制度，该门卫负责确保所有进入反应堆厂房的工作人员都确实获得批准且不会错失指定的工作项目。减少“路程剂量”（由工作人员进入和离开或寻找其作业现场时所接受的剂量）能够提高工作效率。让工作人员在进入辐射控制区之前熟悉其作业现场（采用照片、监测图、计算机化的厂房监视系统等）可以显著地降低受照剂量。通过确保工作人员在低剂量率区域度过其“等待时间”和休息时间，受照剂量可以进一步减少。在芬兰，设置了专门的工间休息室以便工作人员不必脱去未沾污的防护服就可以抽烟和吃、喝东西。在法国，反应堆厂房环廊中的低剂量率部分被指定为“绿区”以便工作人员在作业间隔中在那儿等待。

为了保证获得足够的数据进行跟踪分析，工作执行阶段的数据收集是非常重要的。收集数据最有效的方法是由与电子剂量计系统、工作许可证管理和辐射区域监测系统等相关的计算机系统自动完成。随着目前电子剂量计的普遍使用，这样的计算机系统变得越来越适用。

最后，正如前面关于工作人员激励机制章节中所指出的，工作执行阶段中对工作人员的激励将具有最明显的影响。再次重申，采用按工作项目、作业班组和区域设定集体剂量目标，并明确显示日常集体剂量与这些目标的对比结果的方法已在好几个国家被证实具有激励作用。在实现这些目标时给予某些方式的奖励也已被证实是有很有效用的。

书中所附的这些简单的例子表明了对已进行的工作保持控制的重要性。再一次强调，各专业多方面的交流和协调是成功地实施工作管理的关键。

工作评价和反馈

工作的最终阶段是对工作的评价和反馈。然而，在把工作管理思想应用到实际工作中时，它也是工作过程的最初阶段。这是因为就其本质而言，工作管理是一个连续不断、周而复始的过程。与工作管理的其他阶段一样，多专业的组合工作方式是重心所在。

至于工作评价，用于评价工作的指标必须是多方面的，在同行交流比较时经常用到这些指标。例如，集体剂量指标和个人剂量分布指标必须同时涉及其他指标譬如耗费的人时数、工作人员数、工期、返工率、延误和解决的问题等。对于同行交流和指标比较，工作前后的ALARA分析数据、历史数据和出自其他电站的数据都是必需的。

反馈应该尽可能地直接。也就是说，已经完成工作任务的工作人员应该直接提出其建议，如怎样才能改进该项工作，或是怎样才能更好地解决工作中遇到的问题。这样做或许可能导致额外支付承包商在工作完成后继续留在现场的工资问题。

为使工作管理过程成为一个“闭合”环路，必须具有确保工作反馈意见得以落实执行的机制。正式的系统如“建议落实跟踪单”或非正式的系统即简单地维持工作后审查小组继续后续工作的准备与计划等均曾被采用。

最后，工作管理实施的整个系统应定期进行审计以保证其运作得当。再次说明，许多系统从非常正规的到极不正规的都曾被试行过。

结束语

工作管理是全面考虑各种风险，从开始至完工全过程的、多方面多专业的综合工作方式。工作管理的目的在于实现工作的优化，也就是保证工作项目的圆满完成，即按照计划进度、在预算之内、具有足够的质量等级、并最大限度地实现预定的目标。达到这一目的需要与工作任务相关的每位员工的积极参与。期望由NEA出版的本书能够成为有助于实施工作管理的工具。

第1章 前 言

随着21世纪的悄然逼近，工业化的世界连续不断地变化着。在现代工业的各个方面，日益增加的经济压力，使得生产力和成本竞争能力已成为决定企业能否生存的关键因素。作为对这些压力的回应，许多公司采用全面综合的工作方式，即强调多专业合成团队集体工作方式的重要性的工作全过程管理的重要性，其中包括策划、设计、计划、准备、执行以及跟踪等各个阶段。通过重点关注以上各点，可以保证工作任务的圆满完成，即按照计划进度、在预算之内、有足够的质量等级，以最低的费用最大限度地实现预定的目标。这种多专业的、从开始至结束全过程的工作方式可以用“工作管理”这一术语来概括。

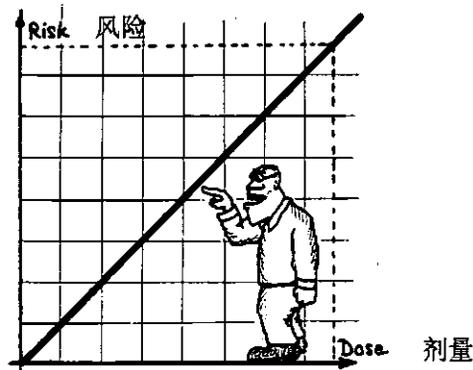
和大多数其他现代工业一样，核电行业也在经受着同样的经济压力，核电行业也在努力增加收入并降低成本，而所有这些必须同时保持对公众的足够的安全裕度并降低其工作人员职业受照的风险。在核电行业中，增加收入意味着尽量延长核反应堆的运行时间(或尽量缩短停堆时间)，而降低成本则意味减少正常运行和换料大修期间维修的支出。这两个目标似乎与保持对公众足够的安全裕度和降低核电工作人员辐射风险的目标相矛盾。核电行业40年来的运行表明，随着持续不断地经验反馈和辐射防护水平的改进已经积累了重要的经验。特别是，由于前面提到的工作管理原则在核电行业中的应用，近十年来的核电运行已经向人们表明上述目标能够同时实现，它们并不互相抵触。

本书的目的集中在工作管理原则的应用和减少职业照射上，这仅是前几节中提到的目标之一的一个部分。然而，由于受照剂量的减少通常是通过减少辐射控制区工作人员的数目、减少工作人员在辐射控制区花费的工时和减少返工(由于设计、计划、准备、执行或跟踪的缺陷)的数量而达到的，所以降低成本及降低常规安全风险的目标和缩短换料大修所需时间的目标经常能够同时实现。这些同时的收获将在本书的其余章节中予以说明以便应用。

为了达到这一目的，本书将讨论工作管理能够应用于核电行业的不同阶段。工作管理可应用于各个阶段的具体情况通过实际事例的研究予以说明，而且还将举例说明工作

管理积极作用的量化方法。正如前面已经提到的，日益增加的经济压力正涉及核电行业的方方面面，辐射防护也不例外，为了确保说服电站管理层接受新的工作大纲，任何降低职业照射的工作大纲或项目都应是正当合理的。就ALARA的真正含义而言，它要求剂量的降低必须是优化的且花费是合理的。在某些情况下，确实可以简单地通过应用辐射防护的良好实践而节省开支并且同时降低剂量。希望辐射防护工作人员能够应用本书描述的这种方式：实施工作管理时合理支出并降低职业照射。

第2章 安全管理



2.1 引言

本章简要讨论国际辐射标准以及不同的国家在其法规中采用这些标准的方法。建立安全监督管理机构的目的在于确保和改进民用核设施的安全标准和防止工作人员与公众受到电离辐射的伤害。国家的法规是有效实施辐射防护的基础，其中包括从普通工人直至管理人员都应对辐射防护负责并具备“核安全文化”。

对控制职业照射相关的工作管理具有关键影响的是ALARA原则。保持受照剂量“可以合理达到的尽量低”的概念对于目前的辐射防护活动是十分重要的。在执行这一原则时，很有必要在进一步降低正常运行时公众剂量和影响职业照射的措施之间进行权衡。公众的个人照射剂量水平通常是非常低的，相关的某些措施将影响职业照射，而在这些措施中确实还有潜力减少少数人的受照剂量。例如，安装和建立通风过滤装置或液体处理设施时从事安装、维护、操作和解体的工作人员受到的照射。

应进一步确保从事维护和检查的作业人员受到的照射是正当的，这可以明显提高电站的可靠性和进一步将某种极低概率的灾难性故障减到最小。依赖于特别装置的安全性能，

某种电站状态监视和停运检修的制度可能比严厉的定期预防性检修制度更好。在实践中，有相当多的电站失效事件是伴随着定期预防性检修发生的，因为在检修的解体和回装过程中有可能出现差错。

一个有效的安全管理当局应当认识到在这些方面进行权衡的必要性并且应使营运单位在应用ALARA原则时具有灵活性。营运单位有责任保证某次特殊操作是安全的并且符合ALARA原则。不同的传统有不同的监督管理机制，传统管理机制可能破坏上面谈到的灵活性并可能为营运单位和管理当局带来不必要的负担。而另一方面，实施非传统的监督管理机制则需有高水平的专业知识及判断力的专家来监督和保证执照申请者遵守适当的标准。执照申请制度为安全管理当局提供了一种控制的手段。

2.2 国际标准

涉及在核设施管理工作中所采用安全标准的主要国际组织有国际放射防护委员会(ICRP)，以欧洲原子能共同体(EURATOM)条约为纽带的欧洲联盟(EU)，国际原子能机构(IAEA)和经济合作与发展组织(OECD)的核能机构(NEA)。下面将分别讨论这些国际组织的作用。

ICRP是非政府间科技合作组织，于1928年在第二届国际放射学大会上成立。ICRP是一流的国际组织，它提出的各种建议多次成为辐射防护的基准，并且它还继续在整个辐射防护领域中提供指导性意见。五十多年来，ICRP的建议已经成为制定管理电离辐射工作的国家标准和控制监督的基础。ICRP的权威性出自遵守共同科学规则的各独立成员的支持和ICRP建议本身的优点。

ICRP关于限制电离辐射有害效应的建议是通过出版物的形式发表的，并且通过后续的说明来澄清或引申这些建议。在建议中包括防护的三项基本原则：第一，所有的受照射的操作都应是正当的；第二，所有的照射都应是最优化的；第三，个人剂量不得超过限值。ICRP第26号出版物(ICRP, 1977)中的建议形成了许多国家管理法规的基础，例如涉及辐射防护的美国联邦法规10CFR20(CFR, 1993)中的部分内容。ICRP第60号出版物(ICRP, 1990)给出该委员会的最新建议，最近发表的欧盟(EU)关于基本防护安全标准(Euratom)的法规就以这些建议为基础，这些安全标准对欧盟各成员国具有约束力。

EURATOM成立于1958年1月1日，它是随着1957年在罗马签订有关条约后出现的，它的成员国与欧洲经济共同体(EEC)成员国相同，它的任务是使成员国在和平利用核能方面共同努力，谋求发展。EURATOM条约规定要为工作人员和公众建立防止电离辐射危害的基本安全标准，这些体现ICRP建议的标准归入欧洲联盟的法规中并对其成员国具有法律效力。前面提到欧盟辐射防护基本安全标准法规的修改版已于1996年6月正式生效，它采纳

了ICRP第60号出版物中的建议。欧盟各成员国将在四年内建立本国的法律体系以执行这部新法规。

IAEA作为联合国框架内的一个独立的政府间合作组织成立于1957年，其基本宗旨是促进在世界范围内以和平、健康和繁荣为目的利用原子能。该机构制定了覆盖所有辐射应用安全方面的标准和其它指导性文件。在核安全标准(NUSS)体系内制定了以法规和导则形式出现的基本安全标准，而在辐射安全体系内制定了一整套国际公认的安全系统文件。将ICRP第60号出版物建议引入国际公认安全标准的有关电离辐射防护与辐射源安全方面的新版国际基本安全标准(简称BSS)已得到六个国际组织—联合国粮农组织(FAO)、国际原子能机构(IAEA)、国际劳工组织(ILO)、经合组织的核能机构(OECD/NEA)、泛美健康组织(PHAO)和世界卫生组织(WHO)的认可，并于1996年初由IAEA出版。当然这些文件对IAEA各成员国并无法律效力，但各国在制定本国安全标准和监督管理要求时可作参考。

OECD的核能机构(NEA)最初成立于1958年，致力于促进成员国政府间的合作，进一步将核能发展为安全、保护环境和经济的能源。虽然NEA没有像ICRP或IAEA那样出版了同样的建议和指导性文件，但是它在核安全、核管理、放射性废物管理、辐射防护、核能发展与科技诸领域开展了许多工作。来自NEA各委员会、专家组和专题讨论会的报告代表了对其成员国感兴趣问题的共识。总的来说，NEA所确定的题目都是涉及特别的、高技术的或新构思的领域，在这些领域内IAEA和欧洲委员会所制定的一些指导性文件可以得到贯彻执行。

2.3 安全管理政策

通常，为执行国际标准而制定的世界通行的管理政策对工作管理应用只有间接的影响，而国家法规的形式和内容则可以修订，通过管制设施的方法可促进工作管理的应用。为了探讨国家法规的作用，我们不妨将其分为三类：以核安全为目的的法规，以辐射防护为目的的法规和从过去沿用至今的法规。

2.3.1 核安全相关法规

虽然所有的核法规都是为了保护工作人员和公众免受辐射照射伤害的，但是这种保护行动的一个重要方面是防止核事故的发生。那些与核安全相关法规的一个主要目的也是要防止核事故的发生。前面曾经谈到过，有些核安全法规涉及系统的检查和维修，包括检查或维修的程度和频度。因为不易定出这类检查或维修工作的程度和频度应为多少合适，这类法规灵活的程度各国均有所不同。

如果检查和维修的程度和频度很高，则工作管理的应用可能受到限制。例如，如果每年或每次大修期间必须进行大量的检查和预防性维修工作，则很难将几项检查结合起来做，比如在优化辐射防护条件下，将他们集中起来每三年做一次。又比如，将各种检查活动放到系统去污完成以后做便可以减少剂量和优化检查及维修的计划。如果每年规定要做许多检查活动，则可用来优化应用工作管理的手段就有限了。

同样的情况也会出现在因某种意外发生后而制定的强制性管理要求上。例如，在一处或几处核电站发现某个部件出现裂缝或失效，安全管理当局要求其他核电站也要检查是否有同样情况存在，这种检查通常要求在很短的时间内完成。这时，即使没有时间制造执行任务使用的优化工具或进行一比一的模型操练，也要采取一些合理的步骤来减少照射剂量。

目前法规的发展趋势更倾向于“绩效基准”型法规，而不倾向于传统型法规。例如，某项绩效型法规可要求二次侧水的污染物浓度保持在特定限值(法定的)、参照水平(如技术规范书限值)和行动干预水平(超过此值需采取行动)以下。这样的绩效标准与电站无关，但与工作人员和公众的整体剂量或风险有关。某项传统型法规可能要求在每次换料大修期间做蒸发器传热管的系统检查。相比之下，前面那种法规更具有灵活性，既能使安全管理当局履行保护工作人员和公众的职责，又能使营运单位具有灵活性来优化职业照射剂量。

安全管理当局应用工作管理的例子有很多。在英国，安全管理当局已经接受了一些营运单位关于将动力堆换料的时间间隔从2年延长到3年的论证结果。在这些论证文章里有电站可靠性的全面分析，并且在恰当的地方设法论证了将定期检修改为电站状态监控的合理性。以充分的安全管理为前提，这种降低定期大修频度的做法有降低职业照射剂量的趋势。再举另外一个例子，美国Susquehana电站(1100MWe BWR)曾将一份执照申请变更提交核管理委员会(NRC)，该项变更将主蒸汽管道阻尼器重新分成独立的试验组，每次大修只需试验一部分阻尼器，如果试验失效率大于某一定值，则将扩大试验范围。值得注意的是主蒸汽管道阻尼器较其他类别的阻尼器更易失败，将阻尼器分组后，那些失效率较高的组别将得到适当的处理，而那些失效率较低的组别则可避免不必要的试验。

在Susquehana电站发生的另一个类似的例子是一项涉及到测试阀门泄漏率的传统型法规。对于联通干井阀门的允许泄漏率，该项法规对每个阀门均有规定。其中属于余热导出系统(RHR)的许多阀门不易通过这类泄漏率的测试，然而即使某些余热导出系统阀门的泄漏率超过了规定值，整条干井管线的总泄漏率也不会超过各单个阀门的允许泄漏率之和。因此，核管理委员会准许使用所

有阀门的总泄漏率而不是单个阀门的允许泄漏率作为需要进行阀门检修的行动准则。这样可使业主能够更好地确定需检修的阀门和检修的频度以满足新的指令性程度较低的管理要求。

2.3.2 辐射防护相关法规

除了上述以核安全为目的的法规之外，还有许多法规直接涉及辐射照射的事项。他们包括对工作人员和公众的剂量限值，考虑设计新工艺流程或设施时采用的剂量约束条件和监视现有设施活动时使用的运行限制条件，如技术规范书、干预行动水平、调查水平等。这类法规的目标之一就是确保在达到法定限值前可采取各种措施防止限值被突破，或者确保职业照射剂量处在合理可行尽量低的水平。在这一方面，绩效型法规的使用，特别以运行限制条件形式出现的法规的使用可再次促进工作管理在受管制设施上的应用。

在英国，目前职业照射剂量的主要限值定为50 mSv/a并附带15 mSv/a的“调查水平”。要求雇主确保电离辐射的照射剂量处于“合理可行尽量低”(ALARP)的水平，ALARP为英国法律用短语，在英国有关于它的重要法律。对于任何照射剂量超过“调查水平”的情况，雇主有责任进行调查决定是否采取必要的步骤以ALARP为原则限制该人员的照射剂量。欧共体委员会认为“ALARP”与“ALARA”之间没有实质的区别。1985年以批准实施法规的形式为各成员国安全管理当局发出了相关的指导文件(HCS, 1985)。在此后出版的指导文件中又增加了连续五年中受照剂量为75 mSv的调查水平(HSC, 1991)。

“法定限值”和其他一些值如“约束”和“调查水平”之间的差距是很明显的。按照英国这样的法规结构进行监督管理，已使超过调查水平15 mSv/a的从事辐射工作的人数从1986年的2000人降至1992年的143人。

在英国也出版了介绍实践方法的非法律性指导文件，雇主和从业人员可据此文件按照ALARP的原则限制与正常工作活动相关的职业照射剂量(HSE, 1992)。该文件建议了一种可以发展和保持核安全文化的组织机构，通过该组织可承诺限制照射剂量的目标，并且将其反映在组织机构的高级管理人员和其他所有人员的日常工作中。更进一步针对核设施安全管理的非法律性指导文件也已经出版(HSE, 1996)，这份文件概述一个评判核设施执照申请者安全管理组织系统的提纲，其中重点强调计划与执行、风险分析、风险控制和操作控制的应用。

在英国，要求执照申请者向安全管理当局提交书面的安全论证文件，安全当局将对照已出版的一套“安全评价准则”(HSE, 1992)判断这类安全论证的安全裕度。这些准则包括后果或概率的数值上限和下限，上限(基本安全限值)

定义为可容忍风险与不可容忍风险之间的界限，在此限值之下，ALARP原则的应用可进一步减低核设施的风险；下限(基本安全目标)定义为某一个数值，低于该数值时，安全当局将不要求执照申请者寻求ALARP做出进一步的改进。这些限值和目标值的具体数值反映了HSE文献关于“核电站风险容忍度”(HSE, 1988, 1992年改版)的研究成果。对于风险容忍度的水平而言，这些数值可与社会因某种利益所承担的其他风险进行比较。

在英国，已建议执行写入欧盟新法规的ICRP第60号出版物中的关键内容，这项新的立法将于2000年前后完成。一项正在考虑的事情是设立法定限值：每年20 mSv，每连续五年不超过100 mSv；在这连续五年中的任何一年内，允许有计划的特殊照射剂量不超过50 mSv。

欧盟的其他成员国也打算实施ICRP第60号出版物中已成为欧盟新法规的关键内容，通过立法确定工作人员的剂量限值为每五年100 mSv，其中任何一年的剂量限值为50 mSv。

在瑞典，虽然ICRP第60号出版物的建议尚未通过立法成为法规，但是安全当局已经实施每五年100 mSv的个人剂量运行限值。在瑞典实施的另一项运行限制是在任何场址连续五年期间的累积集体剂量必须与年限制相同，即不得超过每百万千瓦装机2人·Sv。例如Oskarshamn场址，三台机组总装机为2.297 GW，该场址的运行限制为平均每年总集体剂量不得超过4.6人·Sv。

芬兰是第一个将ICRP第60号出版物的建议引入法律的国家。从1992年1月1日起，芬兰的个人剂量限值已定为五年的总剂量不得超过100 mSv，单一年份不得超过50 mSv，这样平均每年的实际剂量为20 mSv。除了这些限值以外，在芬兰也采用了运行限值的做法。一项安全当局要求实施的限值为：如果某电站机组的集体职业受照剂量按连续二年的平均值计算超过每百万千瓦2.5人·Sv，必须将超过限值的原因和辐射防护改善行动及时报告安全当局。此外，对于任何涉及可能使工作人员集体剂量达0.1人·Sv的工作项目或内污染风险极大的工作项目，必须事先向安全当局提交描述任务和相关辐射防护措施的报告。作为另一个绩效基准管理方法的例子是任何大剂量或高剂量的工作应事先经过电站辐射防护经理的审查和批准，这是芬兰辐射防护与安全中心(STUK)要求并且经过芬兰各电力公司同意的。

瑞士是立法采用ICRP第60号出版物建议的最早的几个国家之一。从1995年初开始实施20 mSv的个人年剂量运行限值和2.5人·Sv的机组年运行限值(1991年3月22日的瑞士联邦法和1994年6月22日的规定)。值得注意的是，瑞士所实施的各项限值是1991年确定的，因此各个电站已经花了几年的时间来调整自己的工作方式以适应新法律的要求。

虽然安全管理的运行限制条件与安全限值一样，其本身并不附带有民事或刑事的惩罚性条款，但是他们已具有足够的管理权威来确保其得到很好的遵守。就工作管理而言，这种非传统的管理方式使得各营运单位有一定的自由度，能够在要求的限值内优化他们的运行方式，而与此同时，安全管理当局也履行了保护工作人员的责任。现在越来越多的国家安全管理当局更倾向于采用此种绩效基准限值和运行限制条件的管理方法。

2.3.3 沿用至今的法规

尽管有定期进行的检验其适用性的安全法规评审，但是仍有一些因历史原因遗留下来的法规，这些法规已不再适用于今天的情况或不再符合现代思维方式。就工作管理而言，对这些法规的审评是十分重要的，并且有许多营运单位正致力于应用工作管理的方法向安全当局证明某法规的条文可能过于苛刻。

例如在德国有人建议应允许在正常运行期间在冗余的安全系统开展工作，而不只是在换料大修期间才允许，这样在制定大修计划时就有更大的灵活性。德国安全当局正在考虑采用具体事件具体分析的方法处理。

现代辐射防护的观点是注意“总风险管理”，对内照射和外照射应同等对待。如只强调避免内照射可能导致过度防护，比如使用呼吸器和全套的防护服可能反过来导致在辐射场内逗留时间过长，受到更高的外照射剂量。在美国，根据新的联邦法规的第10章第20节(10CFR Part20)，各执照申请者必须拥有使工作人员的辐射剂量保持在合理可行尽量低水平的工作方式。这个第20节包含了ICRP第26号和30号出版物中的概念，这种概念将剂量定义为总有效剂量当量(TEDE)，它是内照射剂量(待积有效剂量当量，CEDE)和外照射剂量(直接剂量当量，DDE)之和(NRC, 1993)。为了执行保持总有效剂量当量合理可行尽量低(降低对工作人员的总风险)的要求，各执照申请者必须论证穿戴呼吸器的结果是使工作人员的总剂量增加还是减少。“核工业界已大多认识到使用呼吸保护设备将使工作人员的工作效率下降25%(Lee, 1994)”。必须在工作计划过程中或工作前的ALARA分析中进行总有效剂量当量的直观评价，事先确定如果工作人员穿戴呼吸器工作是否会接受更多的照射剂量。改变工作环境(如在沾污部件表面保持潮湿状态)可能是一种简捷的降低气载放射性浓度和减少使用呼吸器的方法。当然其他降低气载放射性水平的方法还包括通风装置的使用。自1994年1月1日新的联邦法规第10章第20节生效以来，从各电站的许多使总有效剂量当量合理可行尽量低的事例中发现，工作人员作业时不戴呼吸器和其他防护用品有时反而可使总的剂量降低。

2.4 小结

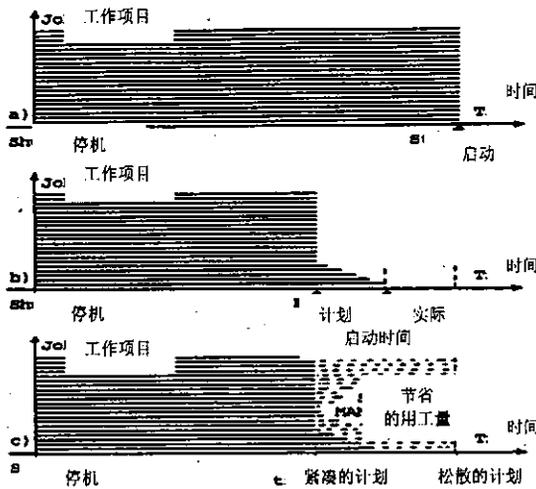
尽管法规是检查公众防护和工作人员防护所必须的，但是必须牢记的是法规的内容和应用可能有助于或有害于工作的整体优化。基于上述理由和就应用工作管理原则优化工作的剂量、时间和费用而言，目前国际上普遍倾向于使用绩效基准型的法规，而不是使用传统型的法规。

2.5 安全管理实例研究

前面引述过每台机组或每百万千瓦装机的年度总集体剂量的运行限制条件(如瑞典、芬兰和瑞士的法规)，这种关于辐射照射剂量的新的法规标志着一个新的开始。虽然这种管理法规的价值仍需经过几年的实践才能证明，但是其中那些既满足运行限制条件又具有灵活性的方法完全符合在工作管理中那些满足法规要求的做法。

第3章 工作管理政策

降低辐射剂量并不一定都需花钱。减少用工量意味着既省钱又同时降低剂量。对一项工作来说，它总是会用尽它所允许的所有时间才能完成。时间安排松散的大修，它的所有的工作都会比一个时间安排紧凑的大修耗费的时间要长！因此，通过选择一个紧凑而不是松散的大修时间表，用工量就可以简单地被节省下来。这样工作即便有少许的延期也不要紧。因为工期变得紧凑后，费用和剂量都被节省下来了。



一个松散的计划(a)总是比紧凑的计划(b)需要更多的用工量，节省用工量(c)就意味着降低费用和剂量。

3.1 引言

与实施任何其他创意一样，其成功依赖于来自组织最高层领导的鼓励与支持。工作管理也不例外，也需要电站领导在政策上和资金上的支持，以及一个由各专业、多方面

人员组成的队伍完成其计划、进度安排、实施和跟踪。还必须在这些队伍与电站之间建立一种类似于“客户”的关系，换句话说一种以服务为主导的关系。

管理层对一个项目或计划的承诺与支持常常表现为对该项目现场的巡视上。因此管理政策应鼓励经理们经常巡视作业现场，从而对项目的现状与存在问题掌握第一手的资料。现场巡视应围绕一定的目的和重点关注的范围(比如场地清洁、厂房清洁，员工是否遵守程序，工具的适用性，支持人员是否及时到位，特殊的维修工作进展等等)。通过对部下适当地授权，经理们可以抽出更多的时间进行对现场的巡视。

另外，从管理上可以要求工作在一定的限制条件下(剂量、用工量、时间等)完成。通过合同明确对承包商的要求，以及管理层在资金和人力上的倾力支持，都有助于预定目标的实现。经理们就工作目标与全体员工的交流，以及对目标的承诺都是非常重要的。

3.2 ALARA：辐射防护管理思想(管理基础)

职业照射剂量限值是由国家和国际组织确定的并认为是安全的水平，这里同时考虑了年剂量及终生累积剂量，以确保职业照射是安全的。这些限值既提供了操作上的灵活性又保证了足够的安全水平，只要有一个明确、严格的辐射防护大纲。曾任职英国辐射防护委员会(National Radiological Protection Board)，目前在国际原子能机构(IAEA)工作的G. A. M Webb 博士将ALARA即辐射防护最优化描述为“一种不断进步的思维方式”。防护的最优化，正如ICRP提出的那样，具有坚实的思想基础。它提倡将质量保证与追求卓越的安全和生产指标结合起来，因而质量、安全、生产是相互补充而不是矛盾的目标(Webb, 1993)。

任职于美国核管理委员会(U.S Nuclear Regulatory Commission, NRC)的Richard E. Cunningham先生指出，法规和管理条例应避免在最优化的方法和要求方面的细节性描述，部分原因是因为方法与技术常常比法规与条例的发展要快，从而可能产生并非最优的结果。在核电站实现高质量的最优化是一个没有终点，但实现标准却不断提高，不断优化过程。(Cunningham, 1993)

同样也是来自NRC的Don Cool博士说，ALARA实施多年来已经为核电站带来许多利益，包括较低剂量带来的较低的民事诉讼风险，较少的员工带来的较低的劳动力成本以及一般说来更好的运行指标(Cool, 1995)

3.2.1 科学导则和ALARA管理规定

国际放射防护委员会(ICRP)在其60号出版物中是这样描述ALARA概念(第112段)的：

委员会对拟议中的与正在继续进行中的实践建议的放射防护体系，基于以下的通用原则。该体系与有关实践方面的这个体系的细节将于第5章论述，对于干预的体系将于下一段与第6章讨论。

(a) 涉及照射的实践，除非对受照个人或社会能产生足够的利益可以抵偿它所引起的辐射危害否则就不得采用(实践的正当性)。

(b) 对一项实践中的任一特定源，个人剂量的大小，受照的人数，以及在不是肯定受到照射的情形下其发生的可能程度，在考虑了经济和社会因素后，应当全部保持在可以合理达到的尽量低的程度。这一程序应当受到限制个人剂量的约束(剂量约束)，对潜在照射则应受到个人危险的约束(危险约束)，以便限制内在的经济和社会判断容易带来的不公平(防护的最优化)。

(c) 个人受到所有有关实践联合产生的照射，应当遵守剂量限值，或者在潜在照射情形下遵守对危险的某些控制。其目的是为了保证个人不会受到从这些实践来的在正常情况下被断定为不可接受的辐射危险。不是所有的源均能在源的所在处采取行动施加控制，所以在选定剂量限值前应先规定哪些源应包括在内作为有关个人剂量限值的源来考虑。

从以上内容可以看出，ICRP第60号出版物将对实践的正当性控制、辐射防护评价的实施以及确定在各种管理因素的基础上必须合理可行地避免多大的剂量等责任，都赋予了核设施的执照申请者。

欧洲的ALARA情况

正如第2章指出的那样，欧共同体成员国的辐射防护受欧洲原子能(EURATOM)条约的约束，其实施依据是基于“基本安全标准”(BSS)的欧洲委员会法规以及各成员国的国家标准。在这些欧共同体成员国中，自批准新的BSS后的四至五年时间内，基于旧版BSS(CEC基本安全标准法规，L246，1980年9月17日)的各国标准仍在整个欧共同体内有效，之后要求各国标准执行新的BSS要求。标题III第6节指出：

“来自可控照射的个人与集体剂量限制必须依据以下的基本原理：

- a. 所有可导致电离辐射照射的活动必须根据它所带来的利益进行正当性控制；
- b. 所有照射必须保持在‘可合理做到的尽量低的水平。’”

新的条例(L159, 1996年6月29日)，反映了ICRP第60号出版物中的ALARA概念。标题IV，第1章“基本原则”第7节中指出：

3. “除此之外，各成员国必须保证：

(a) 在最优化方面，所有照射，在考虑到经济和社会因素后，均必须保持在可合理达到的尽量低的水平。”

根据欧洲委员会(EC)的法规,欧共体各成员国通过本国的国家标准实施条例的要求。例如,1998年,英国的保健与安全执委会(HSE)出版了针对核电站带给员工(及公众)个人及社会的风险的可耐受水平导则(HSE,1998),在这一文件中,HSE指出:

“应用在控制工业风险方面的主要措施与用于日常生活中的方法非常相似。包括确定:

- i. 是不是风险太大或者结果不可接受,因而必须同时拒绝;
- ii. 是不是风险很低,或已经控制得很低,因而不需采取进一步的措施;
- iii. 如果风险介于二者之间,考虑到利益随接受的风险水平的变化及进一步降低风险的费用,将其降低到可合理做到的最低水平。安全法规的交汇点是任何风险必须降低到可合理做到的尽可能低的程度,或者降低到‘可合理做到的尽可能低’的水平(ALARP原则)。”

ALARA原则(英国称之为ALARP)体现在英国的法规中,要求业主做到可合理做到的尽可能低的程度以降低风险。这意味着,除非所需费用与风险的降低量已很不成比例,业主必须承担这一费用。

亚洲的ALARA情况

在日本,ALARA思想已经被吸收到对核企业的执照申请审查中。例如,《轻水反应堆设施的安全设计评审导则(日本核安全委员会采用)》即包括这样的要求:核设施的设计必须使得放射性流出物的排放(排放量和浓度)ALARA,以及工作场所的剂量率ALARA。

尽管在日本没有定量的员工的ALARA剂量目标,但根据ICRP的建议,为降低职业照射采取了一切措施。至于公众照射,为了减少放射性物质向环境的释放,在《轻水反应堆设施的安全设计评审导则(被日本核安全委员会采用)》中,确定的年度个人有效剂量目标是 $50\mu\text{Sv}$ 。

此外,日本辐射理事会(Japanese Radiation Council)正在讨论ICRP第60号出版物之建议的实施,即个人职业照射剂量限值为五年100 mSv,其中任一年份为50 mSv。

美国的ALARA情况

美国的ALARA导则对向NRC提出执照申请的单位规定以下要求

这些建议是基于这样的假设,即辐射照射产生的风险必须与引起照射的活动产生的总的效益联系在一起考虑。

这一说法类似联邦辐射协会(FRC)在1960年的联邦导则中使用的概念。当时的FRC阐述是:

本质上，基本辐射防护标准的确定包含了对为了实现辐射的已知利益和社会所乐于接受的可能的健康危害程度的判断。

由此得出了美国近几十年来管理工作人员的辐射防护的三个基本原则。尽管这些原则的具体表述在近年来已经发生变化，但其基本精神一直没有改变。第一个原则是，导致职业性辐射照射的所有活动必须被确定对社会有足够的利益，以保证工作人员接受的照射和该活动是“正当的”。该原则适用于人类几乎所有的具有一定伤害风险的活动。第二个原则是，对于正当性的工作，工作人员接受的照射必须合理可行地低（一般地用缩写ALARA表示），这一点最近已被ICRP表述成辐射防护的“最优化”。最后，为了确定工作人员个人所接受的风险的上限，对个人允许接受的最大剂量进行“限制”。

在美国，对ALARA的新规定体现在改版的10CFR20.101规定（联邦法规）的辐射防护大纲中。就ALARA概念，目前的法规要求是：

- a. 各执照申请者必须制订、形成文件并实施辐射防护大纲，该大纲必须与申请活动的范围与程度相适应并且足以保证有关措施的执行。
- b. 执照申请者必须尽实际可能地应用建立在严格辐射防护原则上的程序和工程控制，以保证职业照射和对公众成员的照射均保持在可合理达到的尽量低的水平（ALARA）。
- c. 执照申请者应定期（至少一年一次）审查辐射防护大纲的内容与实施情况。

3.3 行业指导文件

根据多年的反应堆运行经验，以及同样多年的剂量管理经验，在国际和各国两个层次上已经产生了许多具有指导性的文件。

例如，在美国，核电运行研究院(INPO)出版了仅向核电站辐射防护经理发行的“核电站辐射防护导则”，该行业指导文件讨论了外照射和内照射控制以及降低辐射照射等内容。

通用电气公司沸水堆(BWR)业主俱乐部1998年成立了一个“ALARA分委员会”每年召开三次会议。在该委员会的会议纪要中包含大量的降低剂量与费用的信息。美国压水堆(PWR)电站也组织了一个类似的工作组(PWR ALARA工作组)，它有时与BWR分技术委员会召开联合会议。PWR ALARA工作组的会议纪要也是在实际工作中应用剂量降低技术及其结果的重要信息来源。除此之外，其它工业团体也经常组织相应的研讨会和专题讨论会，西屋公司的REM研讨班就是一例。

在其他国家也有许多组织发表了类似的导则。例如，法国电力公司(EDF)编写了所谓“白皮书”(EDF, 1993)，该书描述了法国核电站辐射防护部门的职责功能和机构，表达

了EDF最高层领导对辐射防护的一致态度。在英国，国家辐射防护委员会(NRPB)已经发布了许多有关实施ALARA原则的文件。在国际上，OECD的核能机构(NEA)、联合国的国际原子能机构等组织也产生了许多有关ALARA、ALARA原则的实施和剂量管理方面的资料文献。

3.4 电站ALARA组织

为了有效地实施ALARA原则，电站管理层必须建立一个相应的管理机构或组织，以保证在所有工作中辐射防护都得到适当的考虑。尽管这些组织的结构因国家不同而异，对许多国家来说，这些组织的许多基本点是一致的。本节则看重讨论这些共同点。

3.4.1 电站ALARA大纲

所有的核电站都应有一个“ALARA大纲”，该大纲表达了电站管理层对适当地实施辐射防护措施的承诺，描述在实施过程中可利用的各种条件与方法。电站的行政管理程序和规定可作为该大纲的实施工具，一般包括电站“ALARA委员会”运作方式的详细说明，“ALARA工作组”的功能，规定什么时候、什么地方和如何对电站的改造和维修工作进行“ALARA评审”，以及临时屏蔽、机器人、遥控摄相等技术的应用等问题。

具体地说，电站ALARA大纲应描述行动目的，确定实施过程所必须的具体机构、程序和工具。一般包括：

- a. 工作目标和指标的确定，例如，确定年度、大修和具体工作的集体剂量指标；
- b. 确定为实现工作目标可以利用的资源；
- c. 对“ALARA委员会”所发挥的作用与功能的描述；
- d. 对辐射防护机构的说明(大修协调，具体的辐射防护工作组等)；
- e. 责任分配；
- f. 与培训教育政策的结合；
- g. 对工作的准备、执行和工作后分析的方式方法的要求与建议(例如：降低受照剂量方法、工程评审、工作前的重点提示等)；
- h. 量度ALARA实施工作成功与否的方法。例如，一个能够及时、定期地向管理环节上下反馈工作计划的目标与指标实现状况的监督体系；以及
- i. 当反馈信息显示计划失败或存在缺陷时采取必要的纠正行动的措施。

3.4.2 责任的分配

所有的工作人员和管理人员都必须承担在自己的活动范围内实施ALARA大纲的责任。对这些责任必须明确地划分，特别是：

- 电站经理；
- 部门经理(特别是辐射防护部门的经理)；
- 电站和承包商工作人员；

例如，在美国，适用于每个核电站的“最新安全分析报告”(USAR)对ALARA规定了如下的组织责任：

- 一般来说：
 - a. 电站副经理直接领导ALARA大纲的实施并且对其总体效果负责；
 - b. 电站经理对ALARA大纲负总体责任；
 - c. 电站部门经理负责保证工作按ALARA原则和程序实施；
 - d. 个人负责保持自己的剂量ALARA，接受辐射防护培训，遵守辐射防护程序，以及向管理层提出降低剂量的建议。
- 电站管理层负责根据公司的政策和目标实施ALARA大纲，使得
 - a. 管理层参与制定电站的ALARA大纲目标与指标；
 - b. 管理层支持电站成员，特别是辐射防护经理，实施辐射防护措施的努力；
 - c. 管理层保证电站各级之间沟通渠道畅通；
 - d. 管理层评审电站降低剂量活动的状况。
- 部门经理负责在其负责的活动领域内实施电站的ALARA大纲，使得
 - a. 确定其部门对电站ALARA大纲的贡献；
 - b. 确定其部门的剂量目标；
 - c. 检查和生效为达到目标而制定的程序和方法；
 - d. 支持本部门成员实施ALARA原则的活动；
 - e. 对照ALARA大纲目标，定期地评审本部门的执行情况。
- 辐射防护经理必须具有“向上层领导反映问题”的权力，以解决辐射防护相关的问题。这一职位的职责包括：
 - a. 建立实施ALARA原则的方法和程序；
 - b. 鉴别可能产生重大辐射照射的工况与操作；
 - c. 实施照射控制计划；
 - d. 向其他部门提供反馈数据(辐射场数据，受照数据，……)
 - e. 实施电站的辐射防护初始培训，及根据电站培训大纲不断地组织复训。

- 辐射防护技术人员负责对现场运行维修活动的跟踪，协助工作人员保证辐射防护政策的落实，以及工作按ALARA原则实施。他们的责任包括：
 - a. 向工作人员提供帮助和建议，以促成他们的“ALARA行为”；
 - b. 跟踪工作过程以保证遵守安全和辐射防护程序；
 - c. 在有些电站，当发现严重违反剂量目标或工作人员接受的辐射风险显著升高时有权停止工作。
- 最后，每个工作人员也负有相应的责任，例如：
 - a. 通过应用合适的辐射防护程序与方法，保持个人以及与其一同工作的其他人员的受照剂量在可以合理达到的尽量低水平；
 - b. 提出和建议降低辐射照射剂量的改进措施和良好实践。

3.4.3 ALARA委员会的功能与组成

核电站ALARA委员会负责评审和批准由电站经理提出的ALARA大纲，确定年度职业照射剂量目标，以及保证大纲有效地实施。委员会成员的挑选一般要使委员会具有较宽的专业背景，应包括来自维修、运行、工程、计划、执照申请和ALARA控制等方面的人员。电站辐射防护经理也应当是委员会的成员。

ALARA委员会应定期开会，以审查电站的ALARA执行情况，评价降低个人剂量的建议，并且就ALARA大纲的有效性向经理层提出建议。

每次委员会的会议纪要中都应明确由谁负责落实委员会决定采取的每一项行动，而且会议纪要应分发到所有部门。

3.4.4 ALARA工作组的功能与组成

为了协调工作程序、计划，以及对辐射防护数据库的ALARA评审活动，创建一个专门的由辐射防护专业人员和工程师们所组成的ALARA工作组可能是很有用处的。

例如，在美国，核电站ALARA工作组一般由几名保健物理工程师和技术人员组成，该工作组实施日常的ALARA评审以及剂量计算工作。一般来说，该工作组每年对200至300项工作进行ALARA评审，向ALARA委员会推荐年度及大修集体剂量目标值，管理剂量数据库、图片库及工作用机器人，以及设计和建议设置临时屏蔽。该工作组的工作必须密切地联系工作的计划、进度安排及准备的各个阶段，以保证符合ALARA要求的相应的辐射防护措施落实到所有工作中。

3.4.5 ALARA评审

一般来说，为了保证ALARA概念以适当的方式结合到工作中去，对某些特定的工作，其计划、进度安排、准备和程序应当接受ALARA工作组的评审。评审过程包括参加工作的计划、进度安排和准备等有关会议，对工作程序进行深入的审查，以及临时屏蔽的设计等等。

在将ALARA概念应用到具体工作中时，显然不是所有的工作都需要相同程度的评审。工作具有的辐射风险水平不同，为降低剂量的目的对工作的评审所付出的努力也应该不同。一般地说，应建立确定评审级别以及在工作实施前需由哪一级领导批准的剂量标准。

这些标准通常这样确定，即当工作的预计个人剂量和/或预计集体剂量超过一定值后，就必需经过一定级别的评审和批准。例如，在美国的某些核电站，当维修工作预计接受的集体剂量超过0.1 人·Sv时，则必须由电站ALARA委员会进行专门的评审。其它类似的标准将在第4章“工作人员的参与”中有关计划的章节中讨论。

3.5 小结

正如质量保证与质量控制概念以及职业安全文化一样，有效地实施ALARA原则和工作管理方法的思想必须是自上而下的。管理层必须承诺支持工作管理的实施，在时间、措施、资金上体现这一承诺，而且应建立相应的机构管理其实施过程。管理环节中的每一个级别，从公司领导到基层员工，都必须知道工作管理是公司的一项优先级工作，而且必须自始至终地为其实施作出不懈的努力。为达到这样一种状态，管理层应表明他们乐意听取工作人员的反馈意见，同时利用他们自己掌握的第一手资料，在反馈基础上对该体系进行必要的调整。

3.6 管理政策实例研究

管理政策的改变一般来说是个缓慢的过程，需要进行深入的正当性判断。在实施工作管理的原则时，进行几种类型的正当性判断是可能的。例如，为启动管理层对工作管理的承诺，所考虑的费用应包括维持ALARA委员会运作以及在电站和公司范围内支持各种ALARA活动的费用。作为所考虑问题的一个例子和途径，为实施工作管理所建立的策略首先应在较大的项目（蒸汽发生器更换、全系统去污等）上试验，然后，在这一层次上较好地推广到整个大修计划中去。在过去五年间，这一过程已经在法国核电站得以实践。

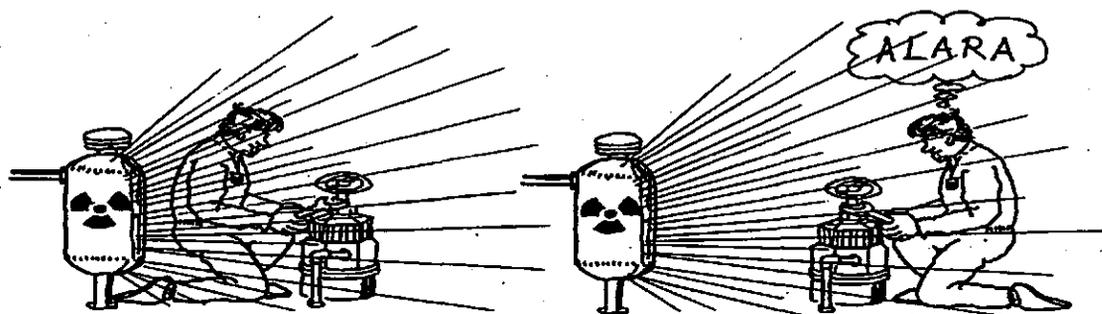
自90年代初期起，加拿大Ontario Hydro公司已经对公司政策进行修改，强调实施工作管理对降低职业照射的必要性。现在，该公司的大部分核电站都有自己的ALARA协调人和规范的ALARA大纲。该行动最初受ICRP第60号出版物启发，公司意识到加拿大管理当局，即原子能管理委员会（AECB），将会很快地降低法定剂量限值。1994年AECB发布了管理政策建议，要求将所有辐射照射保持在可合理达到的尽量低的水平，突出了ALARA大纲的中心地位。

Ontario Hydro公司管理中的做法之一是在辐射工作人员的安全方面引入一些业绩指标，如两台机组的集体剂量以及由出口全身监测器监测发现的人员沾污事件数。为此，1995年Ontario Hydro公司修改出版了新的辐射防护管理政策。该政策不仅规定了保证不超过法定剂量限值的原则与要求，而且表达了不断改善个人与集体剂量控制水平的愿望。采取的方法是确定集体受照剂量以及个人剂量指标的参照水平与目标值。

在该政策指导下，各个电站对大修剂量甚至单项工作剂量都实施了目标管理，以控制剂量在尽可能低的水平。随着Ontario Hydro公司核电站的运行历史的延伸，高剂量工作越来越多，这些剂量控制的措施将会益显其重要性。

第4章 工作人员的参与

只有当工作人员进入作业现场时才会接受辐射剂量。因此，通过对核电站和承包商工作人员的培训，许多辐射剂量都能得以避免。在每一位工作人员都能清楚地掌握“ALARA-意识”的主要原理与概念之前，我们切不可放松这一点。通过了解应该站在什么地方，应该在哪儿休息，应该避开哪些地方，哪儿是最佳的行走路线等信息，许多剂量都可被简单地避免掉。



不要这样做

应该这样做

对所有的的工作，如果工作人员在“ALARA-意识”方面得到充分的培训，就能有效地降低受照剂量。

4.1 引言

对工作的许多阶段均能带来影响的一个重要因素是工作人员的表现。工作人员是介于管理和所要完成的工作之间的最后一环，负责工作的实施。因而让工作人员参与到工作中来是非常重要的。通过让工作人员参与到他将要完成的工作中去，工作人员就更容易

易受到激励，从而能够在工作中发挥他/她的最佳水平。作为结果就是低的受照剂量和高质量的工作。

尽管在这里阐述的重点是“工作人员”并将其作为管理环节的最后一环，但必须考虑到人员的行政序列，从部门经理、科长、主管到一般工作人员。在以后讨论到的许多方面“工作人员”指的是各级工作人员。

就实施辐射防护原则的工作管理来讲，许多因素既能促进工作人员的良好表现，又因工作人员的积极参与得到支持和改善。在下面章节中将对此予以总结。

4.2 工作人员执行ALARA的行为因素

优秀的工作人员总是被期望能够以高质量、低剂量而且以尽可能低的代价完成其工作，从而带来剂量的降低。为实现这一愿望，工作人员必须在工作的技术方面得到良好的教育与培训。在这里，这种技术方面的教育与培训作为已经达到的先决条件而不再评述。

就ALARA概念实施方面工作人员的良好表现来说，在技术知识与经验之外，还有另外一些具有重要意义因素如下：

- 工作人员必须了解ALARA原则，理解管理层的要求，能够遵循这些原则并将其应用到具体工作中去；
- 为了自身安全和电站利益，工作人员接受ALARA原则；
- 为了帮助实施ALARA原则，所有工作人员必须了解而且自觉地将辐射防护的良好实践应用到工作中去。这些良好实践包括与放射源保持距离，快速高质量地工作，工作中断时停留在低剂量率区域，实施局部屏蔽，保持工作场地清洁，与其他人员和主管交流沟通信息，以避免工作的延误、发生差错和返工；
- 在进行较大的工作时，工作人员必须按照他们在工作中承担的任务行动，并且与整个班组的工作相适应与协调；
- 工作人员们都被期望能够思考自己所要完成的工作，并利用自己的经验，努力在遵循程序要求的前提下改进工作的执行。这些可以在工作过程中通过与主管的协作来达到，但更应该在工作的准备阶段，甚至在工作的计划阶段就进行这种改进。工作人员还应该参与工作后的审查以期改进今后的相关活动；
- 根据自己的经验，结合辐射安全的要求，工作人员应该对现有的工具、设施、设备提出新的设计与修改建议，以改进大修中的工作；
- 工作人员应该了解潜在的问题，而且能够根据自己的知识与任务，在发生异常时以安全和有效的方式作出反应。

以上的这些重要方面，有助于促进工作人员的良好行为和改进ALARA原则在核电站的实施。一个能够保证工作人员按照以上规则行动的基本条件是依据这些规则对工作人员的激励。激励不足则影响这些规则的实施或达不到应有效果。因而，对工作人员的激励将是影响工作人员参与的最重要的因素，而且将决定ALARA原则在工作管理中的实施效果。

4.3 重要的相关因素

由于对工作人员的激励被认为是促进工作人员参与的一个重要因素，以上讨论的这些因素与行为方式要求核电企业具有以下条件与体制：

- 鼓励工作人员参与；
- 保持工作人员的参与热情。

在ALARA原则下，具有改善工作人员行为及企业业绩的长期目标。

4.3.1 实现工作人员参与的先决条件

管理层的行为

通过工作管理，从剂量和代价上优化工作，必须得到电站各级工作人员的支持和参与。为了让工作人员加入到这一工作管理过程中来，重要的是让他们看到各级领导都确信工作管理观念，即便不是唯一的，也是最重要的一种保持受照剂量ALARA的工具。管理环节中的所有成员都应利用这一管理工具来改善电站的业绩，这样就可以起到很好的示范作用，由此来引导工作人员赞同实施工作管理，并吸引和激励他们参与。情况经常是这样，各电站的实施经历也说明，电站经理层的示范作用以及带头参与实施工作管理和辐射防护都能够提高工作人员参与的积极性。相反，如果经理或哪怕只是电站级别较高的工作人员不愿意或不关心工作管理或ALARA原则的实施的话，一般工作人员将不会接受或支持工作管理这一实践。大修的工作常常多由承包商来完成，因而同样重要的是承包商工作人员也应参与工作管理和辐射防护活动。在管理方面，必须说明以下两个方面的问题：

- 首先，承包商自身的管理部门有责任使其工作人员介入工作管理与辐射防护活动中；
- 其次，对业主来讲
 - 在大修工作中支持承包商工作人员的介入，
 - 从对待工作管理和辐射防护的态度方面对承包商进行审查。

如果必要并且可能，业主应鼓励和促进承包商在工作管理和ALARA活动中的合作。达到促进和鼓励作用的方法很多，从对承包商的培训，直到根据其对工作管理和辐射防护的态度挑选承包商等等。

高级员工的行为

前面已经说明，作为辐射防护的工具之一，实施工作管理需要从经理层到工作人员层这一管理环节上包括高级员工在内的所有人员的合作。在这里必须再次说明，在本章讨论的许多内容对高级员工提出了两个方面的要求，因为高级员工经常必须既作为管理者，又以一般工作人员的身份去完成工作管理提出的任务与要求。例如，高级员工们需要：

- 激励自己的下属员工，同时受经理们的激励；
- 接受下属员工的报告，同时向经理们报告。

因此，高级员工是工作管理和工作人员参与问题上一个重要的中间环节，对此将在后面作进一步说明。

通过教育与培训来实施和跟踪ALARA工作

为了能够达到前述的各种要求，工作人员必须接受教育，并在一定程度上接受ALARA意识及其管理工具的培训。

正如前面指出的那样，这里所说的工作人员在参与工作管理和ALARA实践方面的教育与培训，并不是基本技术教育、技能培训、工作中培训、工作的专项培训或模拟培训。当然这些培训在工作准备和工作实施阶段对于工作管理都是重要的，对此将在有关章节中讨论相关问题时专门论述。

在工作人员参与ALARA实践方面，培训是讲述ALARA的基本概念和辐射防护的良好实践，提供工作人员承担其职责所必须的知识，以保持受照剂量ALARA。

培训必须与受训工作人员的工作类型以及他们所承担的责任相适应。例如，给经理们上的专项培训课，可以讲述实施ALARA大纲的重要性和正当性、ALARA大纲的基本原则（如前所述，建立目标的必要性、多专业合成队伍参与大修准备与实施活动的重要性等等）以及评价该大纲实施效果的程序方法。

对于辐射防护基层专业人员的培训，除了基本的ALARA原则外，还必须讲述辐射防护的管理方法（工作前和工作后的审查，降低受照剂量的技术方法），工作人员承担的责任，以及基层辐射防护专业人员作为其他部门和工作人员的助手与参谋的特殊职能。

同样重要的是，维修与运行人员必须清楚与其工作相关的辐射防护技术。例如，他们应该知道工作条件对照射时间的可能影响，因而在确定新的工作程序、开发在控制区使用的工具或穿戴“笨重的”防护衣具时能够将其考虑在内。

具体地说，当工作遇到剂量与代价问题时，必须贯彻ALARA这一基本观念并讲述重要论据，以提高工作人员降低受照剂量的意识、改善他们自身的安全水平、为了平衡电站的利益降低费用和电站的安全这两个方面的因素。除了这些基本观念外，还应让工作人员了解电站的管理方法和提出的建议，使得他们能够成功地将其应用到自己的工作中去，并且在工作管理中有良好的表现。这里，工作人员必须接受辐射防护基本概念和良好实践的培训，以保护本人及其他工作人员的安全，降低工作中和工作停顿期间的受照剂量。对于工作人员的行为，工作人员应该学习和接受工作中良好的个人行为，以降低剂量并高质量地完成工作。

在培训和教育中，还应包括一旦在工作中发生意外事件时所应采取的措施，以指导工作人员在发生这种情况下应该如何行动。

计划阶段工作人员的参与

由于大修中专业人员所具有的经验，因此很有必要让他们参与大修的计划、进度安排和准备工作。这方面也许包括考虑在工作中能够采用的工具和技术方法、所采取行动的协调性、在工作准备阶段的程序的改进等等。对于特殊工作项目，还应考虑组织专门的模拟训练。

在大部分工作由承包商承担的情况下，工作人员参与计划和进度安排等阶段的工作就会受到限制，因为承包商通常只是在开工前才来到电站现场。但是，在计划和安排某些特定工作项目时，电站方面必须与承包商一起进行准备。同样，承包商不仅要完成开工前的某些任务和电站的专门培训，还要参加完工后的工作评审。而且，承包商还应参与和特定工作相关的指标值的选择与确定过程，比如集体剂量、个人剂量、关键路径上的工时数等。

例如，在美国Diablo Canyon核电站，ALARA一级工作(< 10 人·mSv)的辐射工作许可证(RWP)，由ALARA工作组审查批准。ALARA二级(10 人·mSv $<$ 集体剂量 < 100 人·mSv)需接受辐射防护工作计划组的ALARA正式审查。ALARA三级工作(集体剂量 > 100 人·mSv，或个人剂量 > 10 mSv)，则需接受ALARA协调员的正式的ALARA审查。最后，超过上述划分范围的工作(集体剂量 > 250 人·mSv或个人剂量 > 10 mSv)在接受ALARA三级审查同时，还必须送交电站ALARA委员会审批。

在Ontario Hydro公司，那些具有显著辐射风险，可能使受照剂量超过剂量管理限值以及需要特殊的辐射防护计划与控制的工作，被列为高风险的工作。表征高风险工作的条件包括：

- * 在工作距离上外照射全身剂量率 > 30 mSv/h (> 3 rem/h)

- * 在工作距离上皮肤剂量率 $> 150 \text{ mSv/h}$ ($> 15 \text{ rem/h}$)
- * 在工作距离上肢端剂量率 $> 300 \text{ mSv/h}$ ($> 30 \text{ rem/h}$)
- * 气溶胶或放射性碘的浓度 $> 1,000 \text{ MPCa}$
- * 氡的浓度 $> 10,000 \text{ MPCa}$
- * 存在超过 300 mSv/h ($> 30 \text{ rem/h}$) 的射线束

在高风险工作准备阶段，其中一项措施是由该工作的负责人召集的与该工作相关的所有人员都参加的会议，以保证他们熟悉整个计划，同时安排对工作人员的特殊培训，以及需要时利用模拟装置进行的模拟训练。

除此之外，Ontario Hydro公司的某些核电站已经正式地将集体剂量指标作为他们的辐射照射管理体系的一部分。对于集体剂量 $> 20 \text{ 人}\cdot\text{mSv}$ ($> 2 \text{ 人}\cdot\text{rem}$) 的工作，必须有详细的剂量估算和明确的降低照射的措施，并且记入工作前的ALARA审查记录中。对集体剂量 $> 50 \text{ 人}\cdot\text{mSv}$ ($> 5 \text{ 人}\cdot\text{rem}$) 的工作，必须准备一份详尽的工作计划与程序，审查工作前的ALARA审查记录；召开工作评审会议，参加人员包括参与这一工作的所有工作单位的代表、保健物理以及辐射防护人员；对会议的结论应进行记录并且包括在工作计划中，还要确定该工作的剂量目标。对于集体剂量 $> 100 \text{ 人}\cdot\text{mSv}$ ($> 10 \text{ 人}\cdot\text{rem}$) 的工作，除上述所有措施外，还需得到辐射防护负责人和经理的批准。

在这里还应该注意到，对大部分承包商人员来说，他们还有另外的使其剂量保持在ALARA水平的动机，因为他们能否承担一项工作取决于他们的总的剂量水平(年度，连续五年总和等)。

通过“计划”，促使工作人员准备应付工作中可能发生的不测。也就是通过教给工作人员在事件情形下一定的行为方式，而且在工作程序中留有一定的灵活性，在培训和工作实施的过程中工作人员的“专家判断”就可以发挥作用。这样就能够保证不论工作是在什么地点和什么时间进行，工作均能顺利地完成。

工作人员参与工作的评审

在工作的计划中，工作管理可从以下两个方面获益：一是工作人员通过工作后的评审所获得的经验，二是在适当情况下，在某项特定工作中设置特殊阶段(如控制点)。这两方面是相辅相成的：工作人员参与工作后的评审，将激励他们丰富自己的知识和经验

以达到可接受和所要求的水平；反过来又促进他们改进工作业绩。涉及工作程序、工具、协调、工期和工作实施中所需的支持等方面的计划、准备和培训，也都能够从工作后的评审中吸取经验。

一般认为，工作第一线的人最了解工作，也最有资格提出减少时间和降低剂量的建议，以改进所进行的工作及其过程。如果能够使一般工作人员相信有价值的ALARA建议能够通过正常渠道到达经理层，而且能够在电站的工作方法中得以发展和实施的话，那将是再合适不过的了。

工作后的评审对于重复性的工作也是非常重要的。这包括那些常规的、并不特殊的工作如脚手架的搭设与拆除、管道保温层的拆除与安装、去污以及屏蔽工作等等，这些工作约占电站大修集体剂量的15%至30%。还有一些特殊的工作，如反应堆压力容器顶盖的更换。对所有上述工作的评审，非常重要的一点是让承包商工作人员留在现场，让他们提出自己的见解，并且反馈到下一次的工作计划中去。这需要经理层承诺支付承包商参与工作评审时间的工资，并且保持现场工作的评审与反馈机构的存在。

另外一个经验反馈的方法，可能不及工作后的评审那么正规，就是辐射防护“建议箱”，也可以成为一个有用的激励工具。通常这需要某种类型的定期的奖励(如周、月最佳建议奖等)以引起工作人员的重视。

人员安排

人员的安排可能与工作的计划与实施、以及工作人员的参与都有关系。考虑到后一种因素，人员的安排应该保证工作人员知道自己的任务，而且有能力以成功、高效、低剂量、高质量并在较短时间内完成所安排的工作。从这一方面也能够提高参与工作的工作人员的主观能动性。

应该说明的是，通过合同规定所需工作人员的素质要求，虽然常常会多花些钱，但可保证用到高质量的人员，因而从理论上讲能够更好地完成工作。

通过制定目标促进人员的参与

给工作人员制定一定的目标是具有激励性和挑战性的措施，因而能够促进他们的参与。制定诸如集体剂量、日剂量、个人剂量、总用工量等指标，往往能够有效地鼓励工作人员，特别是在辅以一个对达到这些目标的工作人员予以适当奖励的制度的情况下。

常用的ALARA目标包括长期目标、年度目标和具体工作的目标。

- 长期目标，一般来说是作为部门长期工作计划的一部分，他确定一个单位今后的三至五年时间内，在集体剂量和个人剂量方面将自己定位在什么样的高度的一个远

景。为了保证长期目标的可实现性，应制定并公布一些量度指标，以表明长期目标当前的执行状况。例如，法国电力公司1993年发表的“白皮书”确定1995年核电站单机组年度平均剂量目标为1.6 人·Sv。1993年该平均值为2.04 人·Sv，1994年为1.74 人·Sv，1995年为1.63 人·Sv。

- 在年底制定出第二年的剂量目标，对所有计划性活动给出预计的和/或期望的剂量值。这些年度的目标，不管是根据工作任务、接受剂量的专业人员，或是根据实际负责工作执行的班组制定出来的，只有当这些班组和专业人员参与了目标的制定和批准过程，才能够有效地发挥作用。主要是由高级员工和计划部门参与长期目标和年度目标的制定。
- 最后一类常用的目标是单项工作目标，一般通过辐射工作许可证(RWP)进行管理。这种针对某项具体工作制定的目标，通常在工作开始前确定下来。这样就使得辐射工作许可证的目标最为精确，而且对工作人员来说也是最重要的，因为该目标直接与其本人安全及其工作的执行有关。

还应建立对工作的执行进行跟踪的机制，以评价年度和单项工作目标的进展情况。

当电站的业绩指标与同行相比处于落后状态时，建立参照目标也许是有意义的，而且可能有助于激发工作人员的主观能动性。例如，在美国，核电运行研究院(INPO)建立了一套核电行业业绩指标。每年各电站都将集体剂量数据上报到INPO，由他们进行统计和分析并给出年度和三年滚动平均剂量数据。他们对全美PWR和BWR两类电站都分别给出了年度和三年滚动平均值。具有最佳四分之一水平的电站被称为最佳电站。根据核电行业的计划，针对不同堆型，INPO为美国核电行业制定了长期的三年平均剂量水平目标。

为了同样的目的，核能机构(NEA)建立了职业照射信息系统(ISOE)，并且得到了国际原子能机构(IAEA)的支持。该系统每年都发布世界上来自17个国家，超过300个反应堆的各种集体剂量统计。这些统计数据，包括年度集体剂量、大修集体剂量、正常运行剂量和停堆维修剂量，以及不同工作项目和工作部门的剂量。在对电站和/或某项具体工作制定集体剂量目标(例如，年度目标)时，上述这些信息均可资参考。

根据待评价的工作种类的不同，目标的制定过程应采用不同的方法。制定的目标必须同时具有挑战性和现实性，而且应该依据于实实在在的ALARA分析，并以先前的“良好实践”作为基础。目标的制定必须考虑计划实施的降低剂量手段与措施，而且要考虑工作人员的素质、现状和经验。工作人员，至少是高级员工，在这一阶段应该参与到计划过程中并参与目标的制定。

瑞典审管当局-瑞典辐射防护院(SSl)要求其核电站制定“ALARA大纲”，即保持剂量ALARA的工作计划。SSl强调了电站管理层亲自参与辐射防护管理活动和保持与全体工作人员良好沟通的重要性，这里的工作人员包括参与电站维修活动，特别是大修活动的外部承包商工作人员。SSl同时也强调教育培训以及建立经验反馈与分析系统的重要性。

SSI认为有必要逐个审查对工作现场剂量率产生贡献的所有设备，评价降低其剂量贡献的可能性及代价。至于具体的导则，SSI制定的目标是每一核电站的五年平均值应控制在每百万千瓦机组装机容量小于 $2 \text{ 人} \cdot \text{Sv/a}$ 。

在瑞典Oskarshamn核电站，其ALARA大纲包括四个子项，三个运行部(1、2、3号机组)及电站综合服务部各有一个。该大纲每年改版一次，对于那些对集体剂量有贡献的计划性生产维修活动，针对其剂量目标及降低剂量的措施，给出年度和五年的计划。根据SSI确定的受照剂量目标，该电站制定的管理目标是年剂量低于 $4.6 \text{ 人} \cdot \text{Sv}$ 。然后把这个数字根据以往的经验，而不是根据装机容量平均地分配到每个机组。分配结果如下：1号机 $< 2.6 \text{ 人} \cdot \text{Sv/a}$ ，2号机 $< 1.3 \text{ 人} \cdot \text{Sv/a}$ ，3号机 $< 0.7 \text{ 人} \cdot \text{Sv/a}$ 。计算该数据时，综合服务部人员的剂量分摊在三个机组的剂量内。

为了使结果更精确，以及使工作人员参与到这一过程中去，部门的剂量目标是根据部门内各班组的剂量目标计算出来的。各部门/班组负责制定自己的计划和剂量目标；辐射防护科则提供支持与协助。年度目标必须尽可能地具有现实性，但同时必需具有挑战性。最后得到的集体剂量的估计值可能会高于总目标值，对于这种情况必须进行正当性评价，因为电站低于 $4.6 \text{ 人} \cdot \text{Sv}$ 的总目标是必须满足的。他们每月将集体剂量结果与剂量目标进行对比，并且向全体工作人员公布。

每次大修也都制定了相应的剂量目标。由于实际情况可能发生变化，最初和最终的剂量估算可能会有差别。在大修中使用的当然应是最终的估算目标值，然而在年底结算时，必须对最初估计值的偏差作出解释与评价。

除了总体剂量目标外，还制定了个人的剂量目标，一般来说该目标适用于一个人群组。作为工作计划的一个方面，制定的个人剂量目标是针对在未根据ALARA原则对工作项目进行讨论与评价的情况下，保证个人剂量不超过 3 mSv/d 、 10 mSv/月 和 20 mSv/a 。目前国家标准确定的剂量目标是五年不超过 100 mSv 和每年不超过 50 mSv 。

瑞典的核电行业界积极地响应了SSI的建议。从管理及技术两个方面，所有的核电站都采取了具有建设性的行动。在管理方面，将辐射防护的责任明确地赋予了各单位的直接管理者。在技术方面，核电站提出了一些旨在降低剂量的研究项目，与行动相适应的ALARA计划也正在制定过程中，其中包括每个核电站都具有明确的辐射防护目标。最后值得强调的一点是，每个核电站都已经实施或正在实施一些技术方案，如寻找钴基合金的替代材料、水化学的优化、系统和设备的去污、燃耗管理和对破损燃料组件处理的改进对策的研究等。

工作人员和管理层在实现辐射防护目标时的一个关键因素是他们对目标的现实性的认识。如果他们认为某目标是不现实的，他们就不会努力地去实现它。试图通过简单地确定目标就要工作班组完成是不现实的，工作人员还应该得到实现挑战所需要的管理方

法。如果管理层不做这方面的工作，即不提供这些方法手段，他们也许是正在拉开使工作人员失望与失败的序幕。

这里值得注意的是，这一体系的成功，在相当程度上依赖于拥有足够的辐射防护人力资源，并且恰当地赋予其责任以使他们正确地履行其职责和对工作项目的受照剂量进行跟踪。

旨在提高人员参与和主观能动性的沟通与交流

应该经常地向工作人员通报管理层的想法，而公开的问题应该及时地得到回答。可以通过定期的信息单、声明、告示，或根据问题的重要性不同采用诸如讨论会或信息交流会等方式达到此目的。如果设定的目标是针对某项具体的工作，从事该项工作的人员的表现可以通过定期的图表、趋势图或工作结果展示出来。

另外，剂量结果应该展示在“显眼”的地方，比如在反应堆厂房入口或更衣间中。为了提高对工作人员实现大修目标的鼓动效果，还可以增加一些关键信息。以下是三个例子：

在美国Clinton核电站，大修开始时，ALARA小组花一小时的时间，向承担维修工作的承包商简单地介绍大修目标。每个工作人员都将得到一份大修导则，该导则包括重要活动负责人的电话号码、大修目标、每天的会议安排及有关保卫、质量保证、工业安全、保温、化学控制、厂地清洁、辐射防护等方面的要求。这个导则还包括25张电站重要区域和主要设备的位置图。

在法国，有的核电站尝试每天展示出大修集体剂量的实际结果与预计情况的变化趋势，这一措施得到了工作人员的普遍欢迎与接受。

工作开始前，由工作负责人和/或辐射防护人员对工作进行简单的介绍，将有助于提醒工作人员注意工作的剂量目标以及工作的特点。在介绍中，也可以像灌输保证质量的重要性一样强调辐射防护就是“质量相关问题”，避免返工的必要性等等。

例如，在Clinton核电站，对于承担具体工作项目的工作人员，将由辐射防护值班主管和ALARA小组代表召开简短的班前会。会议内容记录在一个专门的表格中，包括：

- * 对工作程序的说明
- * 对工作现场条件的说明
- * 就工具和设备进行的讨论
- * 辐射防护相关的简要说明(对辐射工作许可证提出的所有特殊要求的说明，有关在辐射区域进行工作时人员责任的讨论等)。

高层领导支持和参与在岗培训和短会，通过沟通、交流/讨论，实现对工作人员的激励是非常必要的。举一个简单的例子，如召开工作人员动员大会，会上将提出工作目标和达到目标的措施，这时高层领导如能出席，将非常鼓舞人心。让工作人员们亲眼看到不仅仅是他们参与了这一过程，经理们也在倾听他们的建议，这是至关重要的。又如，为了强调电站经理层希望避免出现可能导致燃料破损的问题(工作后在主管道内留下加工碎屑，小金属片等)，美国Clinton核电站的副经理召开了一系列的为期半小时左右的短会，对所有的现场工作人员都提出要求应小心避免出现这类问题。高层领导对一个问题的关注很容易得到工作人员的响应，而且能够极大地提高他们做好工作的主观能动性。

在一个工作班组内，工人和高级员工间的沟通、信息与经验的传递与交流，都将有助于辐射防护程序的实施。特别是电站工作人员与承包商工作人员的交流沟通，能够传授ALARA思想，让承包商工作人员参与到信息交流、经验反馈的过程中。电站和承包商工作人员沟通的必要性还体现在，组成既有电站工作人员又包括承包商工作人员的团队，不仅是重要的而且也是很有价值的，尽管并非所有电站都是这样做的。

作为一个例子，瑞典的Oskarshamn核电站，在承包商对一项可能接受较高个人和/或集体剂量的工作的合同准备中，要求他们估计工作的费用及剂量，并将其作为供电站进行合同评审的文件之一。为了方便承包商的工作和保证计算的准确性，给承包商提供了所有必要的数据(图片、剂量率、系统图等)。承包商的计算结果经由电站负责跟踪该项工作的辐射防护专业人员审查，且要求承包商回答，按照他们所建议的工作程序，辐射受照剂量如何能够保持ALARA。经过这一过程，承包商得以全面认识这个问题，并能够根据以往的经验提出改进建议，从而给电站带来更好的工作质量和更低的照射。

激励工作人员参与

奖励和对成绩的表扬，是另一种保持剂量ALARA的方法。通过将制定的工作目标与竞赛结合起来，如对最好的班组、对与兄弟电站或与以前大修结果相比成绩优异的班组进行奖励，都能鼓励电站和承包商工作人员努力降低剂量。这种正面的鼓励方法，有报道说已在商业核电站实施并有效地降低了人员受照剂量(Miller, 1992)。奖励可以是奖品、奖状或奖金，这些都能有效地强化管理层对成功完成某项作业的人员的鼓励效果。

在1994年美国BWR业主俱乐部会议上，对本国BWR电站进行了一次调查，结果表明大部分电站都已实施了某种形式的ALARA奖励措施，或是在公司范围内的表扬以奖励完成“ALARA目标”的工作人员。有的是奖励工作人员“ALARA美金”，有的是奖品，还有的公司奖励小纪念品(帽子、恤衫、铅笔刀)、好的停车位或餐券。根据心理学家的建议，

奖品与奖金相比的优点之一是，工作人员记住奖励的时间更长，因而对工作人员的态度和思想产生影响的时间也就更长(Miller, 1992)。

还有其他一些奖励措施被采用。例如，在瑞典，年度奖金与剂量目标的实现情况联系起来(如年度集体剂量低于某一目标值)。在德国的Gundremmingen核电站，如果实现了某次大修的剂量目标，电站经理部就承诺不在全国性休假期间安排下一次大修(在许多欧洲国家，大修通常安排在夏天，与全国性的学校放假时间一致，因而也是传统的休假时间)。在美国的Diablo Canyon核电站，如果能够实现大修的目标，工作人员将得到最多为52小时的额外休假时间(其中10小时用于奖励完成辐射防护的目标)。东京电力公司(TEPCO)的三个核电站，在过去几年中，每年都组织一两次工作管理良好实践、降低辐射剂量和放射性固体废物产生量的竞赛。在电站工程部门的组织下，来自各个维修承包商的十多个班组参加了这些竞赛。竞赛参与者介绍自己的良好实践，由东京电力公司经理给最佳实践获得者授奖。

奖励与表扬措施不仅用于表彰良好的工作业绩，同时也用于鼓励工作人员就保持照射剂量ALARA提出建议，这样做可以带来相同甚至更好的效果，对那些确有价值的建议应制定奖励的评审标准。必须注意的是，不要轻易地否定工作人员的建议与努力，以免挫伤其参与这一活动的积极性。因为某项建议给予工作人员奖励，总比假设工作人员提交建议只是为了得到奖励要好。

利用挑战和措施要求促进工作人员的参与

这种措施可能有助于促使工作人员改进其实践ALARA原则的行为。尽管在采用这种措施时，应该考虑在某些情况下或为某种目的时，有可能会使工作人员的主动性下降，从而使工作人员产生困惑，甚至导致工作质量的下降、剂量的增高，以及在某些情况下比如发生返工时的费用增加。

这一措施在实施工作实践方面的应用实例有：

- 增加辐射防护人员对作业现场的巡视，以监督工作人员在辐射防护方面的行为；
- 增加高级员工对作业现场的巡视。

然而必须说明的是，在增加这些巡视频度时必须注意使所有的辐射照射，包括高级员工的受照均保持ALARA水平。

以上两种方法，如果能够谨慎地应用，工作人员们能够理解领导的巡视是支持性的，并且能够改善相互间的沟通，将会是有效的。但是如果领导的巡视被工作人员理解

为只是为了检查工作进度和质疑质量问题，则可能会使工作人员感到不安，从而导致工作主动性下降。

另外一个可能产生问题的挑战措施是为公司和具体工作制定“极具挑战性”的目标。例如，一个公司也许会选择根据以往工作经验估算的剂量值的95%作为目标，相信对工作过程的不断改进能够获得这样一个降低的剂量结果。然而，历史经验告诉我们，对于某项工作来说，这样的目标或许是定得太高(太低)了。在这种情况下，对工作任务的分析，在未考虑挑战性措施的情况下，就会给出一个接近于(或偏离于)剂量估计值的目标值。这种挑战性方式可能会与制定一个可靠的和可接受的工作目标的要求相冲突，从而使工作人员的主动性下降。

4.3.2 保持工作人员参与的先决条件

在鼓励工作人员参与工作管理活动，并努力使工作保持受照剂量ALARA以后，重要的是保持并进一步强化工作人员的参与，还要重视让新员工以及新的承包商工作人员在大修中加入到应用ALARA原则的队伍中来。一般来说，促使工作人员参与的条件和方法与保持工作人员参与的方法差不多，要点是强调沟通和信息的交流。

ALARA专题复训

在核电站，对ALARA实施具有重要作用的有关课题的培训应该定期地反复进行。也就是说，在下次大修前，作为复训课程，应该告诉工作人员辐射防护的关键问题以及在工作时需特别注意的地方。对以下方面应特别关注：

- 尚未完全熟悉ALARA实施及其工具的新员工；
- 考虑在最近的培训课上，特别是来参加培训的人员的评价与建议以及以往的经验；
- 避免仅仅是重复琐碎的和重要的内容的培训，因为这样会使学员失去兴趣并导致主动性下降。

保持工作人员的积极性

为了长期保持工作人员的积极性，管理人员必须注意以下几个相关因素，对高级管理人员来说，则应时刻注意而且不断加强对这些因素的关注。对于这些因素，以前已经进行过详细的讨论，归纳如下：

- 在工作准备、计划阶段应用ALARA原则，对工作管理问题表现出不断增强的关注和参与，以及在现场巡视时表现良好的辐射防护行为等方面，管理人员都应该做出表率；
- 不论是电站工作人员或是承包商工作人员，对其工作的出色表现均应予以肯定和支持，特别是：

- 吸收工作人员参加到工作步骤和目标的制定过程中；
- 在可能和必要时，把责任转移给工作人员，电站要通过适当的计划与手段予以支持；
- 在全体人员参加的工作结束后的评审会中，讨论对工作的计划、培训、专项训练和工具、程序以及工作过程中的防护措施与工作条件的经验反馈和必要的改进措施；
- 在评审工作人员提出的与其有关的各种改进建议时，特别重要的是要让工作人员意识到经过总结和经验反馈，自己提出的改进建议能够在电站得以实施；
- 根据公司政策，采取适当的奖励也有助于这一过程的成功。然而，应定期地评价奖励政策，以避免可能产生的各种问题。比如，建议总是来自某人而奖励也总是授予同一人，使得其他工作人员的积极性受到打击，或者随着时间的推移，工作人员对某种奖励变得“迟钝”和不感兴趣，导致奖励的效果下降等等。

4.3.3 工作人员的被动参与

工作人员的参与也可以被理解为“公司让工作人员参与”，在这种意义上，公司管理层在制定计划和工作管理过程中，令工作人员参与，但并非介入计划的决策过程，而且不是鼓动他们积极地参与。采用这种方式编制计划对管理层来说可能是容易些，而极具挑战性的计划就可能在未考虑工作人员的态度及经验的情况下产生。

目标的确定可能就是这样一个例子。根据所评价的工作不同，其目标的确定可以采用不同的方法。在对工作分类后(例如：大修活动、电站改造或常规的运行活动)，目标的确定是基于以前工作的有关资料、工作班组对工作费用及用工量的估计与预算、或者其他电站完成类似工作的信息。根据历史数据，特别是对于重复性的维修工作，或同类电站的相似的改造，估计值通常接近于实际值。由于计划工作的拖延，或者工作班组未把提供相关信息放在一个重要的地位，当来年的详细工作计划还未及时制定时，目标的制定就变得不太确定，这时领导层应加强关注。有时管理者试图在计划中增加某些额外的挑战性指标以改进工作人员的表现。

这种方式在这里是作为一个反面的例子。在准备一个计划性大修时，它不能作为一种正常的方法来考虑，而应尽量避免这种方式，因为它可能会打击工作人员的积极性，无助于ALARA在电站的实施。

4.4 小结

各级工作人员的参与是工作管理的一个重要方面。让工作人员从事他们所要完成的工作，能使他们发挥出更高的积极性，尽其最大能力完成工作，这将体现在更低的剂量和更好的工作质量上。为了保证工作人员全身心地参与，必须创造合适的条件来焕发和

维护这种参与热情。为了达到这一目标，应该强调高级和中级管理人员，以及基层管理人员(工作负责人、值班主管等等)的良好行为，并且辅以适当的培训，使得工作人员掌握实施ALARA的正确管理工具。应该让工作人员参与工作的所有阶段(计划、工期安排、准备、实施和跟踪)，并保证建立这样的机制使工作人员个人及其技术水平与承担的工作相适应。工作人员还应该参与目标的制定过程，上下级之间和不同专业之间良好的沟通与交流应该成为管理的重点。最后，必须制定对工作人员具有激励和“挑战性”的计划，以促成和保持工作人员的参与。应组织在工作管理和ALARA方面的定期复训，以强化工作人员良好的行为习惯。这一过程将有助于使工作人员的参与精神和主动性达到所需要的水平，从而带来时间、剂量和费用的下降，以及工作质量的提高。

4.5 工作人员参与实例研究

再次强调，在工作人员参与方面，有几个因素对于评价一个新项目的实施是必要的。例如，当包括承包商人员参加的工作计划组开始工作前和工作后的评审计划时，所需考虑的费用可能包括：

- 承包商工作负责人几个(1或2)人·日的工作量；
- 对实施该工作有经验的一个或多个承包商工作人员的工作日数；
- 为了组织工作前的计划会议和工作后的反馈会议，一个多专业的工作计划与准备组所需的工作日数；
- 在数天(根据工作项目不同，也许可长达一两周)的时间内，一个多专业的工作计划与准备组完成对工作反馈的评审，以确定对于工作项目的那些修改和改变是合适的，以及对这些更改的代价 - 利益分析。

为了强调长期的多专业间的沟通，Commonwealth Edison公司的Zion核电站策划了一次“团队建设”的工作研讨会。与其他电站一样，因换料、大修或电站改造，Zion电站两台1040 MWe PWR机组的其中一台停机时，有许多大型的活动需要实施，包括卸料、蒸汽发生器检查、主泵检修、阻尼器试验、泄漏率试验、系统运行试验和阀门检查，这些工作都是由综合许多部门和专业的大修队伍来完成的。涉及电站的电气、仪表和机械维修部门，电站的技术管理人员、维修承包商以及对蒸汽发生器和关键管道焊缝进行无损探伤的专业队伍等。除此之外，辐射防护部门对所有这些部门和专业提供全方位的辐射防护支持。

工作管理实践描述

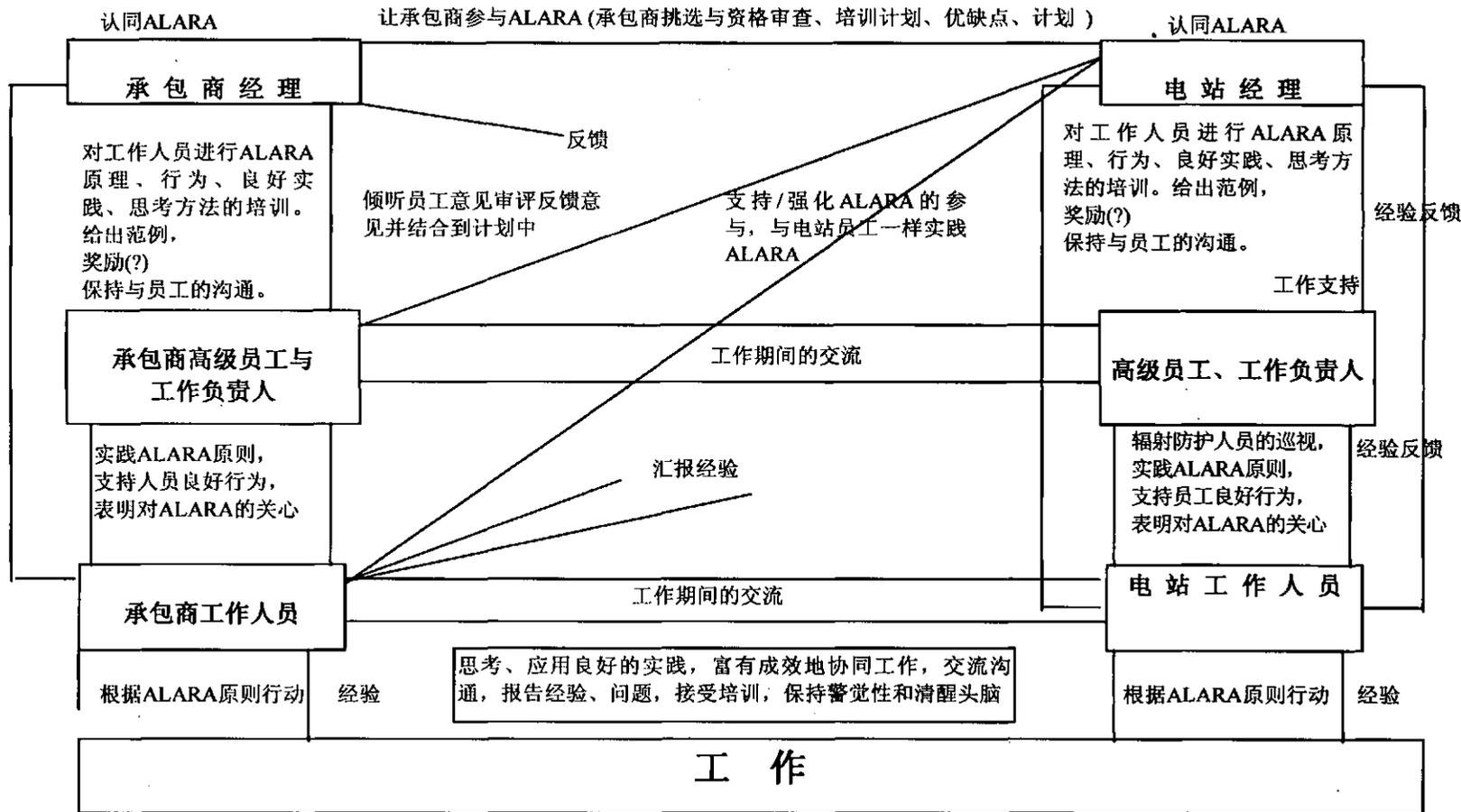
辐射防护人员给予换料大修队伍的支持，以及组织辐射照射最优化行动都离不开一线工作班组。为此该电站策划了一次旨在解决辐射防护部门和换料大修队伍的工作班组

之间沟通问题的工作研讨会。参加这次为期2天的研讨会的人员包括辐射防护人员和承担重要大修活动的主要承包商代表。该研讨会由一个专业主持人主持，指导两个组的讨论。两组的组成情况是：一组是辐射防护人员，另一组是维修承包商。各组在其小组范围内讨论的话题是“工作内容是什么？”然后回答第一个问题“我们怎样做才是对的？”第二个问题“他们怎么做才是对的？”接着一组向另一组展示他们的答案并且给出解释。讨论的另外一个话题是“什么不是工作的内容？”然后回答第三个问题“我们做了什么事情影响了进度？”和第四个问题“他们做了什么事情影响了进度？”接着各组把他们回答的结果写在纸上折起来交给主持人。最后各组评选出亟待解决的问题，提出解决问题的办法，列出纠正行动步骤清单。在下次换料大修前，对落实这些改进方案作出安排。这是一次有益的试验，使得双方都能够了解和尊重对方在大修工作中所发挥的作用，有助于今后大修工作中相互间合作与沟通的改进。

对受照剂量和辐射防护行动的评价

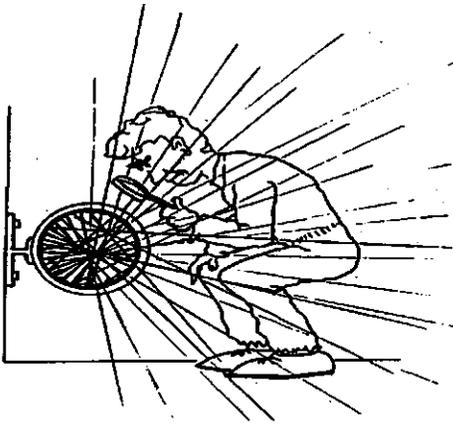
尽管没有具体的剂量数据说明这次工作研讨会产生的效果，但它在把辐射防护工作和ALARA行动结合到大修队伍的工作中所发挥的正面作用得到了大家的认同。当辐射防护和ALARA原则被工作人员广泛接受并成为他们工作实践的一部分之后，辐射防护部门就能更好地与工作结合到一起，就能向工作班组提供更好的支持与服务。

这次研讨会促进了辐射防护工作的沟通和协调，这些进步使得人员在辐射区域停留的时间减少了，集体剂量降低了。

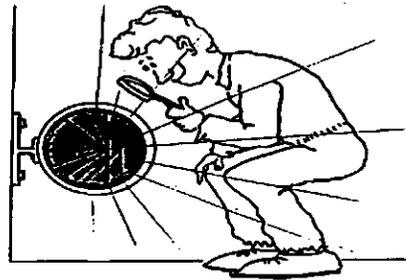


第5章 工作项目的筛选、计划与安排

最短的换料大修包括以下工作：1) 打开反应堆压力容器；2) 换料；3) 回装反应堆压力容器。大修计划的目标应当是将所有其他的工作以最佳的方式安排到这一时间框架内。利用计算机化的工作计划程序，有助于人们将相关的工作安排在系统剂量率最低的期间进行，这样就能够没有增加额外费用的情况下降低受照剂量。在系统或设备充水而不是排空阶段安排与其相关的工作就是一个例子。



检查一个排空的系统



检查一个充水的系统

5.1 引言

对核电站的工作与活动应进行周详的计划，以保证辐射照射的最优化。工作计划不仅应考虑工作步骤的时序，而且必须同时考虑为成功和顺利地完成任务所必须的支持与服务工作。在工作安排时照顾到其他工作项目，指出工作场所可能存在的影响因素和潜在风险，对于是否能够成功和按计划地完成工作，常常起着至关重要的作用。

本章的目的是找出在工作的计划与实施方面的一些关键因素，使得核电站的工作不仅能顺利地完，而且工作人员的受照剂量能够得到优化，同时还将讨论辐射防护的计划、策略和技术方法等问题。

5.2 工作项目的筛选

在核电行业准备放宽管理限制的今天，筛选工作项目并将其纳入电站的大修计划，已经成为管理层越来越关心的问题。在未来的具有高度竞争性的电力能源市场上，降低成本是一个企业能否生存的关键。在这一问题上，特别是在工作项目的筛选方面，许多美国的核电公司已经尝试了欧洲的大修管理策略。芬兰在缩短大修工期方面处于全球领先地位，在芬兰的Loviisa核电站(两台PWR机组)，年度的“短大修”(第1、2、3年)工期是三周，而所谓的“长大修”(第4年)工期也仅六到八周。尔后的一个四年一次的循环又是连续三个为期三周的“短大修”。芬兰的Olkiluoto核电站(两台BWR机组)大修工期通常也很短，仅仅只有两周。

Loviisa核电站的辐射防护经理Björn Wahlström先生在评价这些“短大修”的工作项目时，提出了以下的见解：

a. “每项工作都将用完所允许的所有时间”

假设某项工作能够比较容易地在四天内完成，但如果主管在星期一早晨告诉工人说，该项工作可以在星期五下午完成，可以肯定该工作不会在四天内完成！它会用完所允许的所有时间，而在星期五下午完成。对年度的大修来讲道理也是一样。一个松散的大修计划会使所有的工作比一个紧凑的大修计划耗用更多的时间。因此，简单地通过选择一个使大修计划的时间表更紧凑的策略，用工量、费用和辐射剂量都能得到节省。

b. 如果大修因某单项工作而延期，大修剂量将会提高，因为其他工作也会因此而延期

这一问题与第一个问题是联系在一起的。如果某项工作使得大修计划明显延误，那么对其他工作来讲“允许”的时间也就多了。即便大修安排是优化的，这种现象有时也会出现。如果某项工作意外地导致大修工期的延迟(如备件不能按时到货)，应尽可能地采取措施将该项工作安排到以后的大修中。如果系统能够保持在安全状态直到下一轮大修，安全当局应基于降低剂量的目的允许这样做。

c. 许多工作项目会被提出来，但决不能被接受

d. 决不做“很好但不是必须的”(NBNN)工作

有时许多负责提出工作项目的人会建议对已有系统的改造或更新。即便所建议的工作最初看起来是“很好”，也应该进行评价以保证它们确是“必须的”。在一个组织机构中，应该有专门的小组定期地开会来完成这种评价工作。这个小组应该包括方方面面的代表，只做“行”或“不行”、“做”或“不做”的决定。做“很好但不是必须的”工作既花钱，又产生剂量，而且没有必要性。

e. 工作班组的最佳人数就是能够按时完成工作所需的最少人数

一般来说，工作班组成员的人数越少，集体剂量就越低。这就是说，如果个人剂量不构成问题的话，决不应该安排超过最低需求量的人员来干这一工作。举例说，如果工作成员翻一番，完成工作的时间会短些，但决不会减半。加派工作人员只会增加工作的总用工量，因而也会增加剂量和费用。

另一个说明集体剂量会随工作班组成员人数增加的情况是更换工作班组成员。一项工作所接受的剂量通常由三部分组成，1)走到工作现场、整理工具以及准备工作所接受的剂量；2)工作执行过程中接受的剂量；3)工作结束阶段，包括保证工作现场安全、拆除防护设备以及离场所接受的剂量。第2阶段所接受的剂量一般是相对恒定的而且与工作班组中更换的成员人数无关，但第1)和第2)部分接受的剂量将会因更换工作班组成员和工作班组而增高。因而，除非由于控制个人剂量必须这样做，否则不要轻易更换工作班组成员。

应该说明的是，对那些从技术上是必须的工作，即能够有效地提高核安全和设备可用率水平的工作，必须予以安排与实施。排除“即便是不好的但确属必须的”工作可能会引起的不必要的停机，以及由此带来的费用、风险和剂量。这里的关键问题是对提出的工作项目进行恰当的技术判断，以及具有区别“很好但不是必须的”和“必须的”工作项目的能力。

f. 未实施的工作将不会产生剂量

g. 重新评价过于保守的假设条件

例如，1993年，根据原来的机组全寿期维修大纲，Loviisa核电站1号机组的反应堆压力容器顶盖的60颗螺栓(每颗重180 kg)将会被更换。然而，当核电站业主审查设备生产厂家的计算方法时，发现方法过于保守。利用更精确的数据重新进行计算，结果表明

这些螺栓至少可以再使用五年。计算结果上报到核安全当局并得到批准。从而避免了该项工作以及由此带来的剂量与费用。

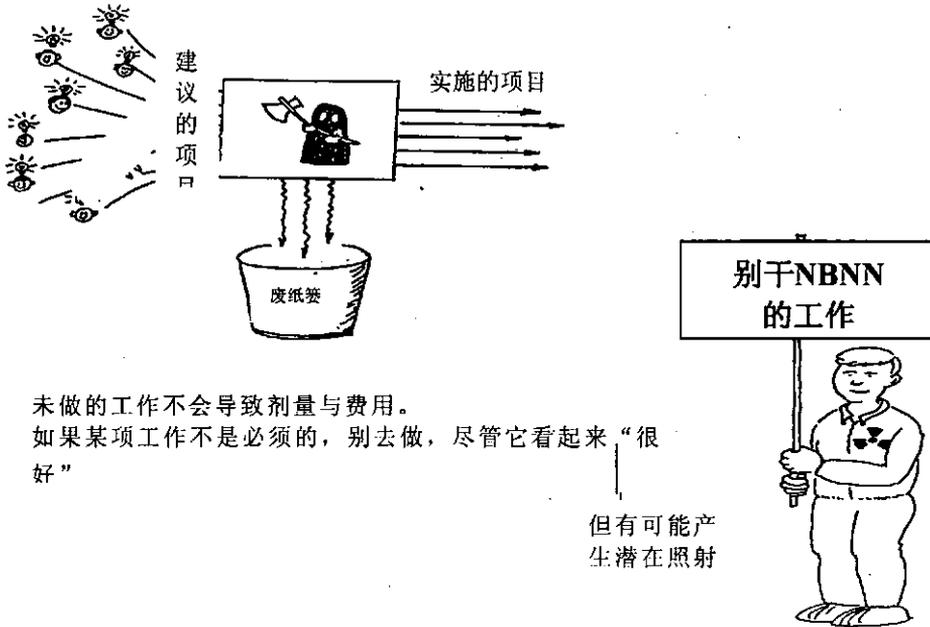
h. 要求做一项工作既快又好，也许要做两次(如果做得太快的话)：首先是快 — 然后才是好

很难精确地给出所谓的重复工作，也就是第一次不成功而又返工的工作所带来的额外的辐射受照剂量。一般给出的估计值是5%-15%。返工的问题将在第7章中详细地讨论。这里只是一些例子：由于检查发现焊接不合格，焊缝也许需要磨平和重焊；由于垫片安装不合适导致泄漏，阀门也许需要再一次拆卸、打开和关闭。一回路上的任何泄漏，由于只能在电站的启动阶段才会被发现，都有可能使整个大修延期。如果返工前反应堆必须降温和降压，之后又需升温和升压，延期可能会长达几天时间。这种延期也会使其他工作产生“额外”剂量。例如，启动阶段重复的运行操作，以及由于允许的时间增多，其它工作的进展也许会变得更为缓慢些。

芬兰核电站的做法也正是一些具有进取精神的美国核电公司为之努力的方向。1994年，美国Philadelphia电力公司(PECO)的Limerick核电站的一个管理代表团访问了欧洲的几个BWR核电站，回国后策划及实施了1995年的一个为期22.9天的换料大修和1996年的为期24天的大修。吸收欧洲的提高效率的策略以及对工作项目的筛选与计划过程，有效地促成了美国BWR核电站的这一成就。

5.3 工作计划过程

许多根本不应该实施的工作项目常常会被提出来。然而，如果一项工作不是必须的，为什么要去做呢？那样只会既花钱又增加剂量，所以千万别做NBNN的工作，也就是“很好但不是必须的”工作。应当建立一个正常的管理途径，将“必须”的工作与那些只是“很好的”工作区别开来，这将会大有裨益。对于这一过程，可以专门组织人对所有较大的工作或改造项目，那怕是由管理当局提出的项目，提出质疑并“尝试坚持”。



有效的工作计划对于减少核电公司的运行和维修(O&M)费用是非常重要的。自80年代初起,由于在计划过程以及与辐射防护人员的接口关系上的改善,已使核电行业的O&M费用与集体剂量得以降低。完整的工作计划过程促成了对辐射区域的工作项目的审查,并且使得把各种控制措施引入到工作计划中成为可能。实施完整的工作计划过程的方法之一是将制定辐射防护计划的责任直接赋予维修计划人员直至工作执行班组,而不是辐射防护人员。当然,保持辐射防护人员对这一过程的参与同样是基本的和必须的,例如,在提供作业现场的辐射条件、承包商和防护材料的选择中的经验反馈以及对工作程序的ALARA审查方面。将辐射防护的责任交给维修计划人员,同时也就将这一责任压到了一线管理人员肩上,因而防护与实际进行的工作就更接近,而且也顺畅了方方面面的交流与沟通。这一策略目前在许多欧洲核电站,也在越来越多的美国核电站得到了实施。

至于工作的计划,重要的是组织一个包括多方面、各专业人员的综合计划小组。这个小组应当有代表来自电站经理层、计划、维修工程、安全、辐射防护等部门,以及可能的话,来自承包商的代表。在工作的计划阶段,这个组织应该定期地开会,从而鼓励参与大修的各方面各专业之间的工作交流。

例如,在瑞典的Ringhals核电站,对大修准备的各个步骤,制定了一个专门的时间表。几个关键的时间为:

- * 大修前7个月: 确定最终的组织机构,召开第一次大修会议,列出大修期间将要实施的所有工作项目的清单;
- * 大修前6个月: 出版第一版预期的工期计划;

- * 大修前5个月：给出最终的工期计划；
- * 大修前2至3个月，给出各项维修活动的详细时间表。

在德国的Philippsburg核电站，大修准备按照以下的时间表执行：

- * 大修前9个月：确定大修中将要实施的所有常规工作项目；
- * 大修前8个月：各部门批准维修项目清单；
- * 大修前7个月：就工作项目清单完成与大修责任工程师的讨论，制定运行准备所必须的工作项目清单；
- * 大修前7个月：参与大修的各个部门讨论维修活动的细节。对工作项目进行统一安排。

计划与准备科的保健物理人员与其它部门讨论各工作项目。

- * 大修前6个月：将工作项目的完整清单发放给所有部门；
- * 大修前6个月：召开第一次大修会议，出版第一版完整的工期计划；
- * 大修前5个月：召开第二次大修会议，出版第二版完整的工期计划(修订版)；
- * 大修前5个月：完成各部门的详细工期计划。责任工程师批准这一计划。

准备部门的主要工作开始：将所有工作项目(1000至2000项)输入计算机系统。编写工作许可证的第一部分(工作项目的技术说明部分)。

- * 大修前4个月：召开第三次大修会议；
- * 大修前3个月：给出最终的工期计划。未经电站经理同意，不得增加新的工作项目；

大修前2个月：与安全管理当局(国家部门)以及独立的TUV专家(德国专门为管理当局工作的调查与试验机构)开会讨论在大修期间将要实施的重要工作项目。他们将得到大修的总体工期计划，和为该会议准备的所有具有重要安全意义的工作项目的清单与说明。

对计划人员来说，必须考虑的一个重要问题是审议在过去的工作中的教训以及与之相应的纠正行动，以便反馈到将来的工作中(见第8章)。建立一个能够发现问题、激励现场工作人员、以及跟踪工作中纠正行动落实情况的制度是非常必要的。有些核电站利用工作后的ALARA评审会议达到这一目的。其他的方法还有由工作负责人和辐射防护人员完成的工作过程中的审查、或大修后的总结报告等。当缺陷被发现并确定了负责缺陷跟踪的单位和人员后，还应当定期进行管理检查，保证遵守所承诺的工期，以及消除可能存在的不足。

计划人员办公的地点也是一个从事计划工作的机构成功与否的关键因素。将计划人员集中在一处办公，敞开了交流的渠道，使得接口更有效率。有时两层楼梯的障碍足以使人放弃为某些信息去寻找该找的人。辐射防护人员不应该被排除在集中的计划组织之外。许多成功地将辐射防护所考虑的因素结合到工作计划过程中的核电站都已将辐射防护人员纳入到其计划组织中。

小心细致的工作进度安排以及对进度的审查对于保持剂量的ALARA也很重要。核电站大部分的高剂量维修工作是在停堆期间完成的。PWR和BWR堆型是换料停堆，CANDU堆型是维修停堆。停堆期间，大部分区域的辐射水平较功率运行期间有明显的降低。然而，维修工作也可在其它工况下实施，比如，BWR堆型在降功率期间实施的控制棒次序的调整，这时受蒸汽影响的区域的剂量率相对较低。在大修的某一阶段安排些什么工作也很重要，有时候在不花任何代价的情况下，只是通过“将工作正确地排序”或安排在合适的时间阶段内实施，就可以减低剂量。这里有一些例子：

- 工作应尽可能地避开系统、管道、容器或其他设备的排空时段。即便系统的水是沾污的，也可以吸收和降低辐射。管道、阀门或泵表面的剂量率，在充水时几乎总是比排空时低得多。因而，只要有可能，就应将工作安排在系统充水阶段实施。一般来说，若有可能，就应尽量保持系统在充水状态。在允许情况下，由于可将热粒子或活化沉积物冲走，对系统的冲洗也会降低剂量。
- 对于某项在有放射性的系统上的工作，如果工作计划不要求大修一开始就实施，则应把它安排在后面。大修收尾阶段的剂量率会比大修开始时要低。冷却剂的净化以及放射性的自然衰变均会使得剂量率下降。
- 在安排工作时应利用其他将要开始、正在进行或已经结束的工作项目的现场条件。由此使得作业现场的布置如防污染工作间和确定现场边界的设备材料等都可以得到充分地利用。如果在某一区域某项并不相关的工作需要使用以前为其他工作而搭设的脚手架，脚手架就应该留给该项工作，因而也就节省了架子工的剂量。这就是通常称之为“资源基准型”的工期安排方法。
- 如果先前为某项工作搭设的脚手架或临时屏蔽在使用后被拆除了，后来由于在同一区域另外一项工作的需要又不得不重新搭设的话，在工作安排上就犯了一个严重的错误。
- 为了利用已经开始的工作的现有条件降低人员剂量，避免一项工作给相邻的其他作业班组成员带来辐射和沾污问题，以及防止因工作交叉、现场拥挤带来的安全性下降和工作效率降低，辐射工作计划人员开发了一个称之为“场地基准型”的工期安排方法。“场地基准型”工期安排方法将工作区域划分为网格，使得计划人员、准备人员和工作负责人能够直观地看到每个网格中的工作项目。标注在透明的网格纸上(每类工作一张)，就可知道在每一网格中工作的密度与种类)，比较简单的方法

是利用建筑物的图纸。有些核电站报告说他们开发了计算机化的数据库，精确地给出了反应堆厂房所有设备的位置，以避免在同一个房间内不同工作之间不必要的相互影响。

当所有的工作项目及相应的工期和优先级别都明确后，在计划阶段就应预计到可能存在的问题，因而能够采取纠正措施，以避免相互间的冲突干扰。

另外一种降低剂量的计划方法，美国Commonwealth Edison公司的几个核电站和瑞士Liebstad核电站都曾有报告，是一种反应堆厂房结构的实体小比例模型。小比例模型可用于提高计划与工作前会议的效率，方便承包商工作人员熟悉现场，而且可以减少工程上现场调查的需要。与大多数辐射防护工具一样，这种小比例模型也能够节省时间。这种模型能够独特地提供全方位的视觉效果，使人一眼就可以看清楚，不然的话，也许需要对许多张图表进行繁琐的阅读评价才能搞明白。

除此之外，在事先进行工作计划方面，值得考虑的几个措施是设备和零部件的预制及预先装配、将现场的设备转移到低剂量率区域或机加工车间维修、以及对工作人员的模拟训练。计划人员、设计工程师以及维修技术人员都有责任提出哪些设备在安装前就可以在辐射控制区外的车间内预先做好。这种方法已经得到成功的运用，例如，管道弯头、法兰焊接、管道支架和阀门电动头导线的预制。另外一种成功的方法是将设备从高辐射水平区域转移到低辐射水平区域维修。成功的实例包括转移阀门驱动头的维修、阀碟的研磨、泵和电机的检查等等，可以将设备简单地转移到邻近的低剂量率区域，或者电站的热车间进行维修。

例如，Laguna Verde 核电站2号机是一台1100 MW的BWR机组，通过将干井中高辐射区域的阀门驱动头维修转移到反应堆安全壳外的低辐射区域进行，降低了0.14人·Sv的剂量。应该说明的是计算降低的剂量时还考虑了和设备所必需的去污中所接受的剂量。

模拟器训练同样也能够降低剂量。接受模拟器训练的工作人员，在干净的现场条件下一遍又一遍地重复所从事的工作，然后在辐射区域工作时就会有更高的效率。这种训练还能够让工作人员提出问题，在进入辐射区域工作前就熟悉维修和检查工作的过程，提出任何“难解”问题。模拟培训可用于诸如安装超声波检漏仪，设置临时屏蔽，拆除或更换导向管驱动机构，以及阀门的装配与拆卸等工作。利用模拟器培训参与PWR蒸

汽发生器更换的工作人员，该工作是核电站可能发生的最复杂和剂量最高的工作之一，已经显著地降低了人员剂量。总之，成功实施模拟器培训需要满足以下两个条件：

1. 模拟器应当是等尺寸的(尽最大可能)而且与实际现场具有相似的环境条件。
2. 不便之处与限制条件(脚手架、铅屏蔽、保温层等)应与实际实施这项工作一样建立起来。

成功地利用模拟器培训的一个范例是CETIC培训中心，该中心由法国电力公司和法马通(FRAMATOME)公司共同营运。这座面积达4000 m²的设施拥有所有重要的PWR设备的等尺寸模型(反应堆压力容器、容器顶盖、蒸汽发生器、稳压器、主泵、换料机、燃料组件、反应堆堆坑等等)，用于对工作人员的培训和新设备的试验。举一个具体的例子，为了进行堵管工作，对“蒸汽发生器定位器”操作的培训使工作人员呆在蒸汽发生器一次侧水室的时间从45 s缩短到20 s。对于诸如这些高剂量率环境的工作，FRAMATOME、法国电力公司和核防护研究中心(CEPN)曾联合进行了一项研究，结果表明充分的模拟器培训可使工作人员在高辐射环境下的工作时间缩短40%。

Pennsylvania电力公司的Susquehanna核电站，建立了各种阻尼器的模拟器，每次大修前，所有参与阻尼器维修与检查的人员都必须接受培训。美国电力公司的D. C Cook核电站，每次大修前，电站的培训、保卫和辐射防护人员到承包商单位驻地完成对承包商人员的培训，从而减少了大修时承包商人员入厂所耗用的时间。

与厂房实体小比例模型一样，图片也可以给工作计划人员，工作前辐射防护的计划以及工作前的会议等提供良好的形象参考。由于运行或辐射水平过高等原因，各类电站都有一些通常不便接近的区域和设备，对于记录和查询其相关图像的重要性，许多核电站都表达了相同的观点(Newman, 1992)。集中的图像数据库，能够提供各种图形参考材料，减少了各方面为收集特定设备的图片和录像材料的重复性和事倍功半的工作。数据库统一规范的信息，便于人们熟悉电站设备布置，减少现场查巡，降低人员剂量。以下这些先进的图像工具，在美国的PWR和BWR核电站正在逐步得到应用：

- 录像带图像贮存和播放系统
- 静止录像和数字照相
- 多媒体
- 图像传输技术
- 图像记录技术

对于所有这些先进的图形系统，根据1992年EPRI的调查结果，在核电站以录像带为介质的图像贮存与播放系统应用得最为广泛(OWEN, 1992)。在常规技术(35 mm或录相带)之外，评价以及决定是否选择数字技术，考虑的因素应包括费用、期望的图片质量、以及期望的播放功能等。市场上有许多品牌的产品可供选用，通俗地说诸如“穿越旅行”、“录像地图系统”和“模拟旅行系统”等。正如他们的名字所表达的那样，这类系统有的具有实时的定向导游(步行旅游)能力。有的核电站开发了数字化图像库，采用室内静止图片照相，图片质量很高。对于电站不同区域的图像，使用数字化的优点是，如果电站有计算机联网系统，图像可以在广泛的范围内查询。那些进入电站计算机网络系统的人员，能够查询一个典型的电站数据库内多达10万张的图像。在“模拟旅行”系统中，人们可以利用键盘、操纵杆或鼠标器在电站内模拟旅行，好像真有一个人在步行一样，不仅可以控制步行的速度，还可以停下来，查看前前后后、上下左右(OWEN, 1992)。

5.4 追踪“热点”工作项目

辐射防护也符合“80-100自然规律”：即80%的工作项目产生20%的集体剂量，而20%的工作项目产生80%的剂量。为了优化资源的利用，把那些20%的高剂量工作挑选出来是很重要的。尽管每座核电站都有自己的特色，但肯定也有许多共同点。例如，在所有电站，拆除和更换保温材料工作都会产生较高的辐射剂量。而诸如换料或电站改造工作，有的电站并不构成问题，而有的电站却产生许多问题。

表5.1列举了轻水反应堆电站典型的高剂量工作。每个电站都可以从该表中找出自己电站的高剂量工作，即关键的“20%产生80%剂量”的工作。这些工作应该优先进入辐射剂量信息管理系统。对这些关键的20%工作，通过ISOE的数据库以及其信息交流网，能够富有成效地利用整个核电行业的大量的集体经验。根据世界上其他核电站类似工作的情况，确定某项工作的集体剂量“参考水平”。

表5.1 轻水反应堆典型的高剂量工作

- 堆坑去污
- 化学和容积控制系统维修
- 控制棒驱动机构维修
- 在役检查
- 保温材料拆卸与更换
- 仪表刻度与维修
- 就地泄漏率试验
- 主蒸汽隔离阀维修

机组运行的常规巡检与阀门在线工作

电站改造

稳压器阀门维修

放射性废物系统维修

放射性废物的处理、贮存与运输

反应堆冷却剂净化泵维修

主泵检修

反应堆容器顶盖维修

再循环泵维修

再循环系统管道更换

换料

余热排出系统阀门检修

安全阀检修

脚手架的搭设与拆除

阻尼器检查与维修

蒸汽发生器维修

蒸汽发生器更换

刻度与维修：

堆内探测器 (TIP)

功率量程探测器 (PRM)

启动量程探测器 (SRM)

堆内辐射探测器 (IRM)

反应堆容器检查与维修

对于这些高剂量工作，降低受照剂量的一个有效途径是让工作人员通过多次参与而熟悉工作过程。在美国电力公司D.C Cook核电站，在连续的几次大修中，辐射防护技术员都被安排到同样的工作和区域，使得他们对所跟踪的工作项目和区域都很熟悉。这一措施对于高辐射区域，如反应堆厂房的上部和下部各层面，以及核辅助厂房的特殊区域特别有效。安排辐射防护技术员到供货商西屋公司与维修班组一起培训高辐射剂量的工作，如主泵维修工作，在增进工作班组的各专业交流方面也已经被证明是很有效的。

若将辐射防护控制结合到工作内容中去，最好是在工作的计划阶段。如果相关的信息与要求能够包括在工作的程序和计划中，它们在工作过程中的实施就可以得到保证。通过综合各种历史经验数据的计算机化的工作计划过程，可以更有效地实现这一目的。

在计算机化的集中信息管理系统中，集体剂量和剂量率信息与工作计划文件一同贮存，每次在实施工作时都可以方便地读取。以下是一些通过以往的数据可以回答的问题：

- 计划安排的时间窗口是否足够？是否优化？是否应该压缩？减少时间意味着既降低剂量又降低费用；
- 需要什么样的支持性服务？脚手架、屏蔽(搭设/拆除需要的时间?)，保温层工作等等；
- 人力安排是否优化？承包商喜欢用太多的人，但这样会增大受照剂量。人数太少又会使个人接受的剂量偏高；
- 预计的剂量是多少？用自己的历史数据库，而不是承包商估计的数据。他们利用的是其他电站的数据，而且也许没有包括所有必须的支持性工作；
- 是否可以检查另外一个类似的设备，而取代原先计划的那个“高剂量率”设备？
- 待维修或检查的设备是否可以转移到低剂量率区域维修或检查？
- 是否应搭设屏蔽？临时的或永久性的(重复性工作)？有时搭设屏蔽反而会使集体剂量增高，这里是不是存在这种情况？
- 以前使用了什么样的个人防护用品？有什么成功的经验？使用这些防护用品有效和有益吗？使用防护设备会延长工作的时间。有时额外增加的外照剂量比防护所避免的内照射剂量还高；
- 对系统的冲洗能得到什么结果？上次的结果怎样？如果系统冲洗既费时又毫无效果——就别这样做。一个好的档案记录就能帮你的忙；
- 上次用的是哪家承包商？如果他们做得很好，尽量利用同一承包商甚至同一批工作人员。他们知道该做什么和怎么去做。

一个好的参考信息系统，能够消除制定工作计划的人员和辐射防护人员对工作的猜测，当组织发生变化或有关人员调到其他部门时，还可以防止丢失当前工作的信息。对于这样的参考系统，基于辐射防护目的的ALARA隔离(将阀门标出来)系统就是一个重要的例子。每当待完成的工作位于一个辐射条件可能会快速和大幅度变化的房间时，如BWR电站的反应堆净化反冲洗水收集箱所在房间或PWR电站的堆冷却剂净化系统的离子交换器间，就是以这种方式实施对阀门和系统的隔离。如果信息能够以适当的方式贮存在计算机化的参考信息系统中，即便是人员更换了，实施这种类型隔离的必要性也不至于会被“忘记”。这一系统也使得辐射防护人员能够完成快速查询和审查，特别是对于那些非常紧急的工作项目，进而可以有效地改善这一过程。

5.5 现有信息的利用

在辐射工作的计划阶段，充分利用现有的信息，将能最有效地降低工作人员的受照剂量。许多信息源均可资利用，如工作的总结报告、大修评价报告、以及缺陷项目追踪单和剂量降低项目跟踪单。辐射工作计划人员可以利用的其他有价值的信息还包括工作的历史文件、图片集、信息数据库以及其他核电站以前曾实施过的类似工作的信息。

工作的历史文件，如果保存得好的话，会给工作计划提供随时可资利用的信息。许多历史性的工作信息的存档，为着节省空间的目的，被浓缩到诸如缩微胶片或缩微卡片等介质上，因而需要借助于放大查询和还原过程。对计划人员来说，存放在办公室附近的直接复印的历史资料文件既方便又实用，有助于辐射工作许可证的准备、确定ALARA目标、采取适当的辐射防护控制、进而减少对工作经历的依赖性，因为这种经历是因人而异的。

图片资料也是一种有用的计划工具。图片可以方便直观地告诉工作人员他们工作的位置，帮助他们熟悉现场。图片也能够减少工程上所需要的现场检查，提前指出可能存在的相互影响的因素。例如，在Pennsylvania电力公司的Susquehanna核电站，在役检查组对电站的所有阻尼器绘制了一系列的现场位置图，帮助工作人员寻找和辨认与他们的工作安排相对应的阻尼器。信息库也可采用录像方式，对此将在第7章中加以讨论。

通过某些核电行业支持的网络，在工作的计划方面，也可以得到相关的辐射和辐射防护信息。正如前面曾提到的，职业照射信息系统(ISOE)有三个可资利用的数据库(NEA-1, NEA-2和NEA-3)，能够提供各种类型的历史的和现时的职业照射数据。这些数据包括一台机组的年职业照射信息(正常运行、换料/维修停堆、强迫性停堆)，一台机组或一个电站的年度个人剂量分布，18类工作及75种分项工作的剂量结果，电站运行维修信息(启动/停机程序，水化学，ALARA大纲等)以及一些从降低剂量观点来说有意义的特殊的工作、任务、事件的信息。ISOE系统由OECD的核能机构(NEA)开发和管理，得到了国际原子能机构(IAEA)的资助。目前，已有超过380台核发电机组的数据输入到ISOE数据库中，数据可回溯到1969年。尽管并不是每台机组每年都提供了上述所有的数据，但必要时通过联系有关电站的联络人可以得到所需的补充信息。到1996年2月，该系统的参与单位包括来自22个国家的61家公司，以及16个国家的管理当局。这个具有三种数据库的系统，将世界各国的公司和管理当局联系起来，为趋势分析、代价-效能分析、技术对比以及其他辐射防护分析提供职业照射的数据。另外一个关于ALARA经验与良好实践的数据库，是由美国纽约Upton Brookhaven国家实验室(BNL)开发的。它收集来自杂志、会议文集的信息，按关键词分类。利用计算机、调制解调器和合适的通讯软件，通过该ALARA中心的传真ACEFAX、ACE(ACE)或电子邮件均可联系该在线数据库系统。

当今，其他核电公司也是可资利用的辐射防护信息的最佳来源之一。特别是在三里岛事件以后，世界上核电站之间的信息交流得到普遍的欢迎与支持。然而，这一趋势也许将开始发生变化，因为许多国家已在开始放宽管理限制。例如，美国1992年的能源政策法给电力工业企业的放宽管理限制铺平了道路，并且营造了一个具有竞争性的市场环境。核电公司的信息还可以通过参加核电行业的业主联合会议获得，可安排辐射防护人员参加业主联合会会议，与同行们交流辐射剂量信息，吸取同行的教训和电站具体的管理经验。也可以派人参观其他核电站，通过与那些公认为处于领先地位的核电站相比较，制定出自己的努力目标与行动方案，或者从这些电站已经遇到的问题中吸取教训。一个有效、方便和便宜的收集信息的方法是——给其他核电站打个电话！

程序、培训文件，当然还有同事们，都能给辐射防护计划提供电站详尽具体的相关信息。人有时是个经常被忽视的信息来源。知道对于什么问题该跟什么人联系需要一定的时间，在一个机构里工作一段时间后，做到这一点就会变得容易些。

5.6 小结

对于计划性的大修或在役检查活动，工作项目的选择与计划阶段是实施工作管理效果最好的阶段之一。通过审慎地挑选工作项目和排除某些工作项目，许多时间、人力和剂量都可被节省下来。在程序还未定版、设备还未购置之前，通过有效地计划工作，可以更简单、更便宜地进行某些变更以节省时间、人力和剂量。

成功地选择工作项目的关键是实施紧凑的工期计划，推迟或者取消那些影响工期的项目，只选择那些对电站的安全和可靠运行“必须”的工作，在确定待实施工作项目的必要性时采用切合实际的假设，并且执行紧凑但不是抢时间的工期计划以避免返工。制定工作计划时，充分吸取先前工作中的以及其他电站类似工作的教训，这一点是非常重要的。通过诸如ISOE，INPO，WANO，BNL的ALARA中心等数据库和通讯网络可以实现经验的共享，获取有用的信息并有助于避免做类似于“重新发明车轮子”之类的傻事情。为方便工作，将所有相关的人员（工作准备人员、工程人员、计划人员等等）集中起来办公，使得相关人员的办公地点得以优化，可以促进和方便各专业间的交流。除此之外，适当安排工期，全面考虑各种服务、脚手架、屏蔽搭设、管道与容器中水的屏蔽作用，以及在工作计划中和对员工熟悉现场的培训利用比例模型，都是对资源的充分利用。最后，在工作项目的筛选和计划时把重点放在高剂量工作上，并充分利用已有的经验数据，这样工作项目的筛选与计划活动将会在关注程度和具体安排上得以优化。

5.7 工作项目筛选与计划实例研究

工作项目的筛选与计划是否成功，可以通过与该过程相应的代价和利益分析来评价。例如，在对工作项目进行筛选时，可以组织一个专业小组，对电站技术规范以及管理当局“要求”的“标准化”工作项目进行评审，以确定哪些工作项目可以被排除。在工作中也许需要考虑以下的“代价”和“利益”：

- 由多方面人员参与组成的综合小组长期的调研工作所需的工作量。
- 参与工作计划与准备综合小组工作的承包商人员的工作量。
- 排除一些“要求”的工作项目而带来的潜在利益。

该小组若对项目的必要性进行评审，则需要对相同类型的因素进行分析。

在Loviisa核电站，有两个这方面实际的例子。其一是，1993年，根据电站维修大纲，计划更换60个反应堆压力容器顶盖螺栓(每个重180 kg)。然而，利用比原生产厂家更为现实的假设条件，对其强度进行重新计算表明，这些螺栓可以至少再使用五年。因而决定将该工作至少推迟到1998年。根据同样的思维方式，计划进行的控制棒驱动装置和燃料跟踪中间棒(VVER堆型特有设备)的更换也被推迟了几年。这些工作的推迟使得费用与剂量均发生了有益的变化，然而，延长部件更换周期，真正的利益在于电站寿期内减少了所需部件的更换量。

第二个实例是，1992年，丧失冷却剂事故(LOCA)分析表明，在发生LOCA情况下，Loviisa 1号和2号机组稳压系统的部分阀门与驱动器有可能不能正确动作。因而决定更换这些阀门和驱动器。然而，在美国进行的分析表明，即便使用推荐的替代部件，可能也不会正确动作，于是决定将该项工作延期。同时，注意到有关单位对该系统的主安全阀已经启动了一个重大的维修/升级计划，遂决定进一步推迟阀门和驱动器的更换，直到整个工作可以一并实施。再一次地，通过适当地筛选工作项目，把两项大型工作并为一项，既节约了费用又降低了剂量。

在工作项目的筛选与计划方面，德国核电站做了一次有趣的调研。由于腐蚀及活化产物在水室及管道中的累积，容积控制系统的热交换器是一个高辐射源。大修期间，许多检查和试验工作常常需要在该热交换器的房间内完成。其中许多检查活动与系统的运行有关，因而不得不分次进行。虽然进行这些检查活动，在短时间内工作人员就会接受较高的受照剂量，但仅根据一项工作很难确定防护措施。为了解决这一问题，降低剂量与费用，电站决定将该热交换器部分的所有活动都集中安排在1992年的大修中，在此期间在该热交换器上要完成多项大型试验。工作项目的集中使得有必要对防护措施进行综合考虑和正当性评价，包括考虑对系统的去污。

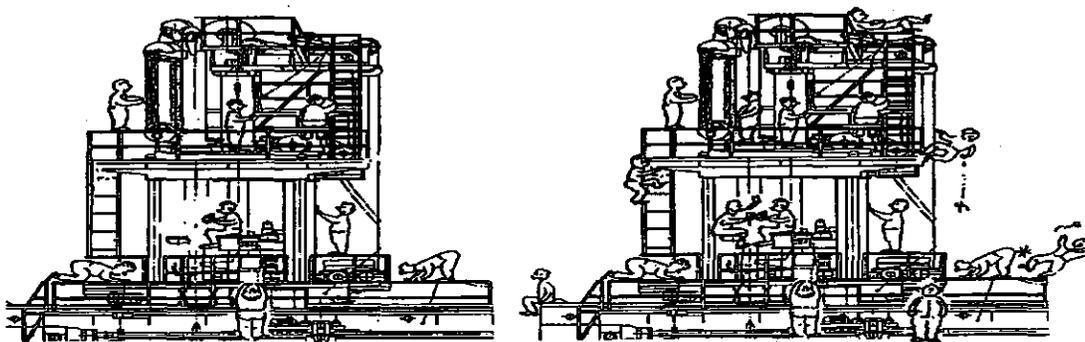
大修一开始，在该热交换器房间的所有计划进行的工作开始之前，应用CORD清洗程序，对该热交换器实施了广泛的去污，以降低热交换器及其房间邻近区域的剂量率水

平。去污使得剂量率降低了四倍，该房间的所有工作，包括在热交换器上的工作，集体剂量得到了很大程度的降低。与该房间所有工作的总集体剂量估计值相比，系统去污使得集体剂量降低了30倍，降低了150 人·mSv。

去污的费用约为41.2万德国马克，结果是每人·mSv的代价约为2000美元/mSv。注意这一数据是事后的计算结果，而不应该被认为是德国人的建议值。

第6章 工作准备

不正确地使用防护设备和辐射屏蔽反而会比不用产生更高的集体剂量。如果因人员使用防护设备降低了工作速度，就会导致为避免沾污而受到更多的外照射。安装/拆除铅屏蔽的工作人员所增加的剂量也许会比因安置这个临时屏蔽而减少的剂量还要高。还有一件事情值得注意：增加工作人员的人数就意味着增加集体剂量。



假设有 N 个人在 X 小时时间里做某一件事，若将人数增加到 $2N$ 做同样的事，所需时间很可能会超过 $X/2$ 小时，因此，费用和集体剂量将随工作人员人数的增加而上升。

6.1 引言

本报告所提到的工作准备包括在一项维修作业或现场恢复中所有关于人员、场地及所需器材备件的准备。因此，对于一次大修，会有大量的准备工作要做。所有这些努力都是为了现场准备和方便操作，因为只有工作条件的优化，才能确保工作的质量并使工作时间、受照剂量以及费用在合理可行的前提下尽可能的低。

因此，适当的各方面、多专业的准备对于大修是非常重要的。

工作准备涉及许多重要的方面。利用实物的模型、图片和实地考察等手段来培训工作人员将会是非常实用的。然而，这类培训仅适合于那些大型的和/或复杂的工作项目。应当注意到，由于工作人员在现场实施操作的时间仅为该项工作总耗时的25%，即便是最好的培训也只能节约有限的时间（尽管这对于关键路径上的工作仍是很重要的）。此外，为了方便和适当控制那些临时性的工作，辐射工作许可证和/或工作许可证的应用将会是十分有益的。如能正确使用这些许可证，将有助于管理几个工作班组在同一场地施工的现场，让他们都知道各自该怎样去做，而且电站人员也会知道机组设备所处的状态，从而防止工作的延误和工序上的冲突。

ALARA审查和剂量评估应当基于各子项操作的剂量值，这一点非常重要，应在工作开始前与工作人员一起商讨。通过讨论，工作人员会知道各自工作现场的剂量目标和辐射防护人员可以提供的适当支持。实际剂量结果与预计剂量值的比较可以用于检查“工作管理”执行的有效性。

需要注意的是本章的一些内容与第5章的“计划活动”中的内容是重复的，但本章将从工作准备的角度来讨论这些内容。

6.2 作业现场的优化

如第五章所述，工作准备的主要目的在于优化作业现场进而改善工作条件。工作必须是在对同一作业现场的各子项操作十分了解的基础上进行计划和准备，以便避免返工。这一点对于优化使用器材设备和支持性服务是尤为重要的，如：

- 脚手架
- 保温层
- 活动式过滤抽风机
- 现场、部件、系统、工具及设备的去污
- 放射性废物的清除

大量放射性废物的转移，特别是那些在检修活动中产生的高剂量率的高放射性活度的废物，必须事先做好准备和计划使作业现场保持在低剂量率水平。例如，大管道的保温材料的转移应与保温层工作一并计划。对于那些具有极高剂量率的设备部件（来自反应堆压力容器），必须事先准备好中间贮存过程的屏蔽。

与作业现场相关的另一件重要事情是优化强辐射场下的工作量，例如，将工作的某些步骤安排在弱辐射场环境下。一个好的范例是使用预制好的管道型材，如事先计划的那样，大部分焊接工作都可以在现场以外的地方去做，而不必忍受工作环境的不舒服及其辐射照射。其结果除了减少受照剂量，还可改进工作质量和减少返工。

另一个优化作业现场的要素是改善工作条件。例如，为了量化某些工作条件对剂量的影响，法国的CEPN(Schieber, 1994)做了一项文献研究，给出了由于工作条件的改善而产生的对于受照时间的影响。调查结果来自于法国五个核电站的检修活动，这些活动主要包括三个方面的操作：一回路阀门检修，反应堆水池去污及一些特殊的检修作业。有80位工作人员(工人、主管、辐射防护人员和计划人员)接受了面谈调查，主要内容是根据他们各自的认识，了解工作条件对受照时间的影响及主要的缺陷原因。下表是调查结果的总结：

表 6.1 对受照时间有影响的工作条件

工作条件	对受照时间的影响
不合适的照明	+ 20% 与有合适照明的的工作相比较
噪音条件，或因使用面罩又无通讯手段而造成的沟通不便	+ 20% 与具有通讯手段而能及时沟通相比较
工作空间比较狭窄	+ 20% 与开放型现场相比较
工作空间十分狭窄	+ 40% 与开放型现场相比较

一些有直接影响的要素，如工作的组织或准备的影响是难于量化的。然而，这些要素的重要性在对日常维修活动和事件后的操作分析中还是得到了应有的重视。实际上，这类分析表明，平均大约20%到30%的集体剂量是由于操作失误或较差的工作条件所产生的。

对于失误其主要根源归纳如下：

- 工作准备不当(如脚手架不合适，进度安排问题等)；
- 工具不合适或有功能缺陷；
- 工作人员缺少培训。

这类定量分析对于辐射防护活动的优化是十分重要的。当然，这些研究可用于剂量降低的趋势分析，同时，也可计算所节省的费用。因为，有时减少受照时间就意味着与之相关的生产费用的降低(减少大修的时间、所需的工作人员数量和因免穿防护服而减少的废物量，甚至于减少培训费用，因为若工作人员还未达到他们当年的个人剂量限值，他们还可以在该年度做更多的工作)。

6.3 人员的挑选与培训

准备或计划的一项重要任务就是要挑选合适的人员，重要的是要有积极、能干的人并且他们具有完成预定工作或类似工作的经验。

一个受过良好培训和有经验的核电行业工作人员应能够比一个专业人员在更短的时间内完成同一项工作任务，同时还要具有更高的工作质量，因为一般的专业人员不习惯于在控制区内工作。培养一支合格且富有经验的工作人员队伍需要大量的培训。这类培训包括两方面的内容，一方面是那些涉及在特定的放射性工作条件下的普通操作，另一方面是一些专项培训，通常其内容是穿戴真实的防护用品、使用实际的或类似的工具及设备进行演练。

穿戴和使用防护用品可能会在很大程度上影响工作时间和工作质量。为了评价这一影响，法国核防护研究中心CEPN(Schieber, 1994)进行了专项模拟试验。试验在三个不同的模拟现场上进行，目的是试图量化人和机械带来的各种影响，例如体力强度、所需精度及工作时间等。

1. 第一个模拟操作是在蒸发器一次侧水室内安装和拆除一个检修用蜘蛛夹具(重20 kg)。该操作代表那些在很短的时间和有限的空间内操作一个很重又很精密的工器具。
2. 第二个模拟操作是在一个“小”阀门(口径2英寸)上，工作人员必须在较长的时间和一个有限的空间内完成拆除、安装和调节两个限位开关。
3. 第三个模拟操作是在一个“大”阀门(口径12英寸)上松开、拆除和更换12只螺母(每只重0.9 kg)。该操作代表那些时间较长、繁重、精度要求不高和场地不太狭窄的现场作业。

试验时选用了八种着装，分别代表了法国核电站及法国核工业其它部门所使用的防护服：

- 服装1：一件棉质布连体服和一副棉纱手套=“参照服装”；
- 服装2：两件棉质布连体服，两副橡胶手套，一套呼吸保护器，一顶棉质布帽；
- 服装3：两件棉质布连体服，一套塑料连体服，三副橡胶手套，一套供气式呼吸保护器，一顶棉质布帽；
- 服装4：两件棉质布连体服，一件塑料连体服，三副橡胶手套，一套呼吸保护器，一顶棉质布帽；
- 服装5：一件棉质连体服，一件塑料连体服，一副棉纱手套，一副橡胶手套，一副供气式通风面罩；
- 服装6：一件棉质布连体服，一件供气式通风气衣，一副棉纱手套；
- 服装7：两件棉质布连体服，一件供气式通风气衣，三副橡胶手套，一副供气式呼吸保护器；
- 服装8：一件棉质布连体服，一件供气式通风气衣，一副棉纱手套(该着装仅用于在蒸汽发生器模型内操作)。

共有九名工人参加了上述三个模拟演练，对他们的每一项模拟操作和每一种防护服都做了计时统计。在这些模拟演练的基础上，计算得出了每一项操作和每一种防护服对所需时间差的平均百分数，其中，第一种防护服是作为参考之用的，该项研究的主要结果给出在表6.1。

如以上法国的研究所述，通过实际操练，可部分地消除不同种类防护服带来的负面影响。对于培训来说，最好的器材莫过于与真实条件相似的模拟装置。这样工作人员会逐渐熟悉那些以前不太清楚的工作步骤、专用工具及其相关的设备，或者不同的工作条件。在没有辐射及高温的危害影响下，通过多次演练一项具有多个繁杂操作步骤的工作，工作人员便会通过经验反馈获得该项工作所需的经验。同时，工作人员也能够通过演练减小防护服(不同种类的手套、通风气衣和呼吸保护器等)所带来的负面影响，从而提高工作效率。一部分员工经过培训，就会比那些未受培训的人在做相同的工作时干得更好。那些培训过的工作人员将会在较短的时间里更高效地工作，同时也会减少辐射受照剂量。

在欧洲，许多压水堆核电站都拥有蒸汽发生器一次侧水室的实物模型，用于培训电站及承包商的工作人员，甚至有些核电行业的服务公司也有自我培训用的模型设备。在法国，CETIC是一个高科技的培训中心，它由法国电力公司EDF和核电站核岛设备制造公司FRAMATOME联合运营。该中心拥有各种不同类型的蒸汽发生器一次侧水室、换料水池、水泵及阀门的实物模型。日本的Kansai Electric也有类似的设备。这些设施还可在电站大修前用于试验那些新近开发并将服务于现场实地操作的各种工具和设备，这样能够节省时间、优化其使用及功能组合。

表6.2 防护服对受照时间的影响
(与参考的棉质防护服相比所增加时间的百分数)

	第一类工作	第二类工作	第三类工作
	* 连续集中精力 * 精细操作 * 重体力 * 耗时<2分钟 * 工作场地十分狭窄 * 工作姿势不舒服 (例如在蒸发器水室里安 装检修用蜘蛛夹具)	* 连续集中精力 * 精细操作 * 稍重体力 * 耗时<10分钟 * 工作场地狭窄 * 工作姿势不舒服 (例如拆卸、更换和调节 2英寸阀门的限位开关)	* 非连续集中精力 * 非精细操作 * 重体力 * 耗时<10分钟 * 工作场地空间尚可 * 工作姿势舒服 (例如拧松、取下和 再拧紧12颗12英寸阀 门上的螺母)
无通风的棉质工作服			
2. 棉连体服+口罩	34%(±19)	34%(±14)	19%(±14)
无通风的不透水工作服(PVC或聚醋酸酯)			
3. 无通风塑料衣(chadoc)+ 通风雨罩	34%(±19)	65%(±20)	21%(±13)
4. 无通风塑料衣+口罩	29%(±8)	46%(±18)	25%(±13)
5. 无通风塑料衣+通风帽	28%(±12)	27%(±16)	22%(±10)
正压供气式工作服(PVC)			
6. 通风气衣Mururoa	30%(±11)	37%(±25)	8%(±4)
7. 供气式塑料衣(chadoc)+ 通风面罩	51%(±12)	57%(±25)	16%(±14)
8. 收缩式通风气衣	21%(±12)		

让工作人员和技术准备人员了解现场及作业条件的另一方法就是参阅实物模型、图片、录像片或特别的计算机数字图片数据库(如同现场巡游)。这些图片应配有相关区域或设备的辐射风险信息。这些系统在第5章的第3节“工作计划过程”中有更详细的介绍。

6.4 临时屏蔽

换料和检修中使用临时屏蔽是降低特定的工作现场及周围区域辐射水平最为有效的方法之一。沸水堆机组的反应堆干井、压水堆机组的蒸汽发生器和主回路管道是大量使用临时屏蔽的地方,大修期间,许多沸水堆机组的反应堆冷却剂、净化、再循环管道和压水堆机组的一回路管道上安装的可移动式屏蔽的重量超过了250 t。要想充分发挥临时屏蔽的作用,就得使用各种屏蔽材料并根据不同的场地条件搭制成合适的屏蔽体以达到

最佳的屏蔽效果。一般来说，在使用临时屏蔽时为工作人员保留作业空间是十分重要的，尤其是在工作场地狭窄的情况下。

典型的活动式屏蔽器材料有：

- 铅棉或铅毡(用易于去污的聚乙烯塑料布包裹的铅制成)；
- 铅皮(5~10 mm厚)；
- 铅砖(带不锈钢衬套)；
- 水屏蔽体(用聚合物塑料或树脂做装载容器)；
- 重复性作业制作的特定的铅/钢屏蔽材料。

可起到支撑作用的装置：

- 特制带有屏蔽支承挂件并能快速连接的脚手架；
- 可直接在管道或支架上安装屏蔽材料的挂钩及吊带。

所有这些屏蔽方式都是十分有效的。然而，采用何种屏蔽取决于期望的辐射剂量率水平降低幅度、电站的布局和被屏蔽管道的载荷。在不可能大量安装和去除铅毡/皮的情况下，水作为屏蔽体也能有效地减少人员受照剂量，因为盛水的容器较轻，而且还可以远距离充/排水。

尽管在大多数场合下，脚手架用作支撑铅毡/皮，但还可找到其他替代品。作为直接屏蔽，可选择用固态铅材料或钢圈套在管道上或包容那些大的阀门。

目前，已在几个电站所采用的并具有良好的降低剂量率的效率的做法是在经常有人工作的现场附近搭建有屏蔽的驻留区。这些“辐射盲区”成为工作人员在工作间隙小憩和讨论技术问题的场所。典型的例子是将其搭建在反应堆厂房内(压水堆和沸水堆机组)或在干井附近(沸水堆机组)。

在美国1993年的BWR业主俱乐部会上仅提到了一项新的屏蔽技术，在所要屏蔽的管道/设备外先安装好一个屏蔽容器(密封的钢壳)，然后通过泵和连接装置向容器内注入铅砂和另外一种流体(如硅)，这项技术目前还处于试验阶段。当不再需要屏蔽时，不锈钢壳内的铅砂混合物可通过重力排出。这种称之为流体铅屏蔽的技术正由一个自愿单位和一家销售公司作跟踪试验。时下的问题是在泵送流体铅时如何使其保持低粘滞性、在高温下保持其固体状态、给维修钢壳附加的麻烦以及相关的混合废物。

换料大修期间实施临时屏蔽的计划应包括工作范围审查、事先确认、代价/利益评价、工程分析和屏蔽需求计划等几个方面。电站在搭设屏蔽过程中遇到的一个首要问题是事先确认，它直接影响后续的合理性分析。美国的一些电站已改进了屏蔽计划，并且缩短了从屏蔽的确认到工程审批的时间，改进体现在编写了一份类似于菜谱的“屏蔽手册”中包含了大部分屏蔽的全过程。一般来说，对那些量大而且类型相同的屏蔽结构做

统一的工程分析，常常可以缩短工程的审查过程，使辐射防护人员能够及时地进行屏蔽控制。

在短时间内完成屏蔽搭建任务一方面要求屏蔽材料品种齐全，另一方面施工队伍必须要有足够的技能以便确定最佳屏蔽方案。

欧洲的一些国家拥有专门搭建活动式屏蔽的承包商，他们都是由能工巧匠和技术人员组成，使用配有图片和不同剂量率数据的详细工作文件。经过辐射防护基础培训和多次大修的锻炼，这些承包商都具有丰富的经验，并开发了搭建临时屏蔽的专用工具。一些电站的数据表明拥有这样的施工队伍可使电站年集体剂量降低5%~10%。

一个优化的屏蔽计划必须要有恰当的进度安排的支持。将管道充满水或在无人作业时把水排出，可省去数以吨计的屏蔽材料以及在搭建屏蔽时的集体剂量，这一点必须在进行计划和进度安排时一并考虑(见第5章)。然而，值得注意的是当管道直径不足10 cm(4英寸)时，水的屏蔽效果是很有限的。

自80年代中期开始，德国的一家承包商在核电站大修期间专门提供搭建临时屏蔽的服务。这支队伍拥有3-5名经过辐射防护培训、能搭建各类临时屏蔽的熟练技工。由于这支队伍常年在各电站只承接搭建屏蔽的单项合同，因此，他们的经验相当丰富。他们根据经验还开发出了能安置和支撑各种屏蔽材料的专用器具和设备。此外，经过培训和经验的积累，他们能够恰当地设计、选材和搭建各种形状的屏蔽，同时也会考虑到诸如平台和管道的载荷等力学方面的问题。

在1990年，这家承包商曾经为Philippsburg电站一号机组(BWR)的一次非计划大修搭建临时屏蔽。该次大修的大部分活动都集中在第一周，而且范围主要集中在干井及其周围的区域。他们的部分工作区域是在机组停堆后经辐射防护人员巡检并发现的高放射性设备(包括热点)所在区。

在正常的大修期间，由于这支专业队伍搭建的临时屏蔽而可能减少的剂量以往为100 人·mSv (其他承包商)，目前减少的剂量为150~200 人·mSv，而搭设屏蔽人员的集体剂量平均只有10 人·mSv (以往为30 人·mSv)。

这支专业队伍在一个大修期间的服务费用约为20万马克，而一支非专业化队伍的费用估计也在15万马克左右。

在美国电力公司的D. C. Cook核电站，做了一些解决搭建临时屏蔽时带来的问题的尝试。例如，工作人员在走动过程中的受照剂量(路程剂量)对集体剂量来说是一个不小的贡献。在反应堆厂房底部安装屏蔽时，工人们运送材料的最短路径上要经过反应堆厂房底部的气闸门，然而这就要求工作人员不得不穿过几个高辐射区域。为了避免这部分剂量，现在屏蔽材料改经反应堆厂房的龙门吊和设备舱口，利用吊车经活动地板吊运口运送至适当位置。此外，对那些具

有较高的辐射水平的临时过道加装屏蔽，以便尽可能地降低工作人员的路程剂量。在每次大修时大量使用能快速安装和卸除的水屏蔽，对降低搭建屏蔽的工作人员剂量也是十分有效的，就像在那些有永久屏蔽挂钩上安装临时屏蔽材料一样。

日本的一些沸水堆核电站在检修时安装了一些“活动式”的永久屏蔽，缩短了屏蔽的拆装时间，因此也减少了人员的受照剂量。工作时间约可减少10~20倍，剂量率水平与那些常用的屏蔽(铅皮和铅毡)相比也可以降低20%。

活动式(永久)屏蔽用于那些易于通行的管道和设备的检修现场，它的结构是把可活动的铅毡挂在导轨上，而这些导轨又永久地固定在有抗震功能的支架上。铅毡并肩挂在挂钩上并采用底部固定来限制摆动，因此，在机组运行时也可保留在现场。拆卸铅毡时要先松开底部固定夹具，该装置可以沿导轨滑动足够远，使工作人员能十分容易地到达作业位置，而且此时，它仍具有一定的屏蔽作用。对于要卸除的铅毡也不需要存放空间，因为铅毡已设计成可重叠挂放，以便腾出足够的工作空间。图6.1展示了一个由普通方式屏蔽的作业现场和由活动式永久结构屏蔽的同一现场。

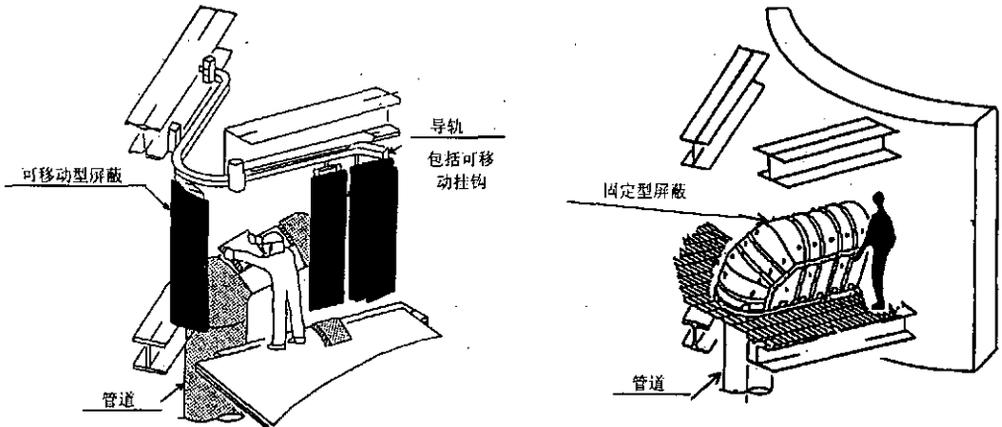


图 6.1

6.5 污染控制

污染控制是减少工作人员辐射风险最基本的方法之一。保持电站内各区域的清洁能减少防护服和呼吸保护装置的使用，并因此可以提高工作效率，而工作效率的提高又意味着节省时间和减少剂量。防护服对人员的灵活性、舒适性、可活动性的影响，以及温度导致工作人员的不适已是被广泛认同的事实。呼吸保护装置(如全遮式面罩、通风面罩

和通风气衣等)可能影响工作人员的视力和与他人的口头交流,在6.3节中已详细描述了这些影响。

非固定性表面污染的去污可以采用一般的非核专业的清洁方法。大多数设备的表面污染是由手工去除的,但对大面积地面的去污可采用专门的清洁设备。为避免由于设备表面沾污的放射性粒子的松脱而产生空气污染,美国的核电站使用能将表面沾污固定在原处的粘合剂,以此来减少呼吸保护器的使用。这类粘合剂中也包括那种可剥离的涂料,这种涂料常用于反应堆水池池壁的去污,最近,还有人尝试使用普通的木工胶(美国人所熟悉的Elmer胶水)在进行阀芯检修时固定表面沾污。

6.5.1 去污车间

在一些欧洲国家,不论是压水堆,还是沸水堆电站都建有一个专门的去污车间,这类设施通常距热车间很近,主要是用于各种零部件或可移动的内部构件(或许是在拆卸后)以及工具的去污。大部分无法在现场去污的设备都能在该车间得到去污。这些设施已被证明对于降低部件的剂量率和污染是非常有效的,工作人员可以方便地在热车间或工作现场对去污后的部件进行检修,因此减少了检修过程中的受照剂量。

典型的去污设备包括:

- 适合大部件用的去污室;
- 适合小部件用的去污箱(槽);
- 几个不同尺寸的浴槽,配备超声波清洁装置,亦可用于电化去污;
- 与去污室/箱配套的高压水(13~25 MPa)喷扫系统;
- 与去污室/箱配套用的玻璃砂、金刚砂和钢砂喷扫系统。

6.5.2 去污技术

一些非破坏性的机械去污技术能够去除那些非固定性表面沾污,还有其他一些常用的或仍处于试验阶段的去污技术讨论如下:

高压喷水技术对于去除容器或换料水池表面的非固定性沾污十分有效,喷嘴出口压力25 MPa以下(人工操作)和100 MPa以下(遥控操作)的去污方法效果好且费用不高。

玻璃或塑料珠喷扫打磨技术在去污过程中具有较强的破坏性,但确能达到很高的去污效率,对于降低一回路设备内表面氧化层的剂量率水平效果特别好,然而该技术不适用于易损伤的设备表面。随着新技术的发展,近来已经能

重复使用一些喷磨介质，它们可重复使用，只要从技术上认为还有效。去污后还可自动地把有沾污的废物与喷磨介质材料分开。

CO₂清洁法是唯一一种带压的干燥去污过程，该方法用干冰作为去污介质 (Aldridge等人, 1994)。它与传统的喷扫打磨技术相似，但不使用有害的或磨蚀性的介质材料，因此可用于易被损坏的设备，如电子器件的清洁，遗憾的是该方法对硬的氧化层的去除效果较差。尽管由于污染控制的要求而需用通风，但CO₂清洁法不会产生很费钱的二次废物。例如污水或喷扫打磨介质。该项技术主要用于清洁较软的材料表面，如木材、橡胶和塑料，也可去除设备表面的漆或镀膜。

喷冰是一种湿的去污过程，采用小冰珠作为清洁介质。该技术的缺点是速度慢于常用的去污方法，而且噪音大(典型值为110 dB)。

喷冰技术的发明提供了一种有利于环保的去污方法，它利用冷冻设备和碎冰机产生的冰块，然后用压缩空气将冰块送至沾污的设备表面。整个系统可自动运行，每小时用水约60~90 L。在1993年的沸水堆核电站业主俱乐部年会上讨论过该项技术的安全性，包括低的热应力、低空气污染，以及低的喷口压力不易使人感到操作疲劳等。对固定式表面沾污的去除效果与其他技术的比较已有过报导，这是一项新技术，但看来还缺少工业应用的经验。

6.5.3 系统冲洗

系统冲洗是通过冲洗将系统和管道里的放射性辐射源及热点传送到工作人员不受其影响的地方，从而降低剂量率。冲洗可通过多种途径，但通常都把这些放射性物质输送到废水处理系统或反应堆冷却剂处理系统。一个有效的冲洗计划的主要内容包括早期确认、制定操作程序、系统状态设置和确保进度安排上的时间窗口。必须考虑冲洗时间与工作计划之间的关系，以求达到最佳的减少剂量的效果。通常，冲洗的时间窗口安排在机组停堆大修的早期，这对于那些要求在反应堆顶盖仍未打开时的冲洗尤为重要。此外，系统在额定压力、额定温度和最大流量状态下的冲洗最为有效。

例如，Laguna verde电站一号机组第四次换料大修时，由于在反应堆压力容器的23个入口贯穿件的在役检查前进行了冲洗，结果减少了20人·mSv的集体剂量。冲洗是在全部燃料从堆芯卸出后开始的，然后，利用潜水泵和过滤器去除反应堆压力容器里的杂质。

必须指出的是在安装冲洗用的连接设备时要考虑到其布局的合理性。因为这些设备也属于被冲洗或被去污的系统的一部分，合适的布局和工作安排同样可减少剂量。

由管道冲洗去除的放射性物质会增加管道沿途区域的剂量率水平，它们要么被过滤器截留住，要么散布在整个反应堆压力容器、堆芯外管道和各容器的内表面上。这里所说的概念与环境保护的相反：在污染物中加入溶液并不是稀释，而是污染物质的再次扩散分布。冲洗是利用高压水[压力范围从7 MPa(1000 psi)到150 MPa(20000 psi)]冲刷那些散布在反应堆水池、进/出口热套管，容器入口管嘴及其他死角或杂质滞留地方的放射性物质、泥砂或树脂材料等。在德国的一些沸水堆核电站，每年都在大修开始时对堆内设备存放池(已排空)进行冲洗。大修期间，水池周围的区域工作量很大，冲洗后这一区域的剂量率约可降低2~5倍，由此每次大修都能减少约100 mSv的剂量。另一个例子是一回路热交换器检修前的冲洗，能大大降低该现场的剂量率水平和整个检修工作集体剂量。

在冲洗反应堆压力容器内的贯穿管时再配合使用水下真空吸尘器，能收集和截留由冲洗带出的放射性微粒，而且还可减小对水的透明度(冲洗时产生的微粒和再悬浮)和大修关键路径时间的影响。缺点是冲洗时如不配备过滤装置，大多数放射性物质仅仅是暂时的去除，当它们重新扩散分布时，还会对其他作业现场产生较高的剂量率。经验表明，使用特殊喷头的高压(80~100 MPa)冲洗对于管道更换现场也是一项很好的准备。一方面能降低管道更换现场的剂量率；另一方面，由于减少了设备内表面的非固定污染，又可降低对工作人员防护用品的要求。

此外，日本还发明了一项十分有意义的污染控制技术。沸水堆换料时必须打开反应堆压力容器的顶盖，而且要将压力容器充满水。但在充水过程中，若含有放射性杂质的冷却剂进入主蒸汽管线，就可能会造成这部分管线、卸压阀及隔离阀的污染。一旦这些设备被污染，其辐射水平就会增高。为此，日本的沸水堆机组(在压力容器充水换料前)将干净的补给水注入到主蒸汽管道里直到水位至压力容器的入口。这样就可防止已沾污的水由反应堆进入到主蒸汽管道和由此产生的污染。这样一来，不仅降低了主蒸汽管线上阀门(卸压阀和隔离阀)的剂量率水平，同时也减少了在这些作业现场因使用附加个人防护服而带来的麻烦。

6.5.4 化学去污

核电站的另一个有效去除放射性物质和降低剂量率水平的方法是对系统设备的内表面进行化学去污，或通过去除金属基体的杂质而减少辐射源项，这些杂质经活化成为放射性物质后会增加电站的辐射水平。

80年代初，核电站就已具有商业规模的化学去污方法。目前，大多数普通的和高效的化学去污是应用氧化还原的原理去除积聚在各类设备内表面上(如管道、泵、阀门和容器)的放射性物质。尽管化学去污主要用于反应堆循环系统(BWR机组)、反应堆冷却剂清洁系统的管道和一回路主泵(PWR机组)，也适用于PWR机组的蒸汽发生器一次侧水室。据估计从1986年到1992年间，美国核电站的化学去污减少了工作人员大约1300 mSv的受照剂量(Wood, 1994)。最近，Oskarshamn和Loviisa的大规模系统去污又取得了十分令人鼓舞的结果，明显地降低了一回路系统管道上的剂量率水平，估计由此能大大减少工作人员的剂量。

1994年，为吸取发生在Barsebäck的保温材料堵塞了过滤器事件的经验教训，Oskarshamn电站一台442 MWe的BWR机组实施了一项改造，需要在反应堆压力容器内的给水溢流口进行检修工作。为降低检修现场的剂量率，应用CORD处理方法对压力容器做了进一步的去污。该过程反复进行了四次，费时134 h，还不包括准备时间。去除了大约2.3 TBq的放射性物质，去污因子达到500~1000。结果，工作人员在压力容器内的检修共用工6000人·h，集体剂量仅为800人·mSv(Svantesson, 1995)

1994年，Loviisa电站二号机组，也应用CORD处理方法做全系统去污。这是一台VVER-440型、六个环路的PWR机组，六个环路都做了去污。整个过程重复进行了四遍，耗时10天，这还不包括准备时间。管道内表面的去污因子不尽相同，平均值为10，去除的总放射性达36.3 TBq。

本次去污产生了32.5 m³的废树脂，但估计减少了8人·Sv的集体剂量。

值得指出的是再次污染的程度比预计的要低。机组去污和重新启动四个月后，有一次非计划停堆，这时一回路的剂量率水平从去污前的10%增加到15%(Wahlström, 1995)。

最后一个例子是对Hamaoka电站一号机组(BWR、515MWe)再循环系统进行去污。去污在1993年实施，为的是降低更换入水管嘴作业现场的剂量率水平。被去污系统的容积为23 m³，同样也是使用CORD处理方法，不包括准备时间共耗时5天。结果，平均去污因子达到36，估计由此减少了3.6人·Sv的集体剂量(Kaneko, 1995)。

各家核电公司所采用的去污技术不尽相同(Wood, 1988)。如今，许多电站在每次换料大修期间都要进行化学去污，但也有一些电站不愿意在大规模的检修活动之前安排去污。代价与利益分析是决定是否进行化学去污的基本依据。对ALARA代价-利益分析产生影响的要素有

电站具体的剂量率水平、预期减少的剂量、一个人·Sv的价值以及电站对去污技术的认同程度。

由德国Phillipsburg核电站向NEA的ISOE提供的三例去污的研究报告附在本章后面，附录1：余热导出系统热交换器的高压水去污，附录2：卸料池池壁高压水去污和附录3：全系统的CORD方法去污。这些报告表明去污对于减少剂量是十分成功的。此外，NEA下属IOSE的工作组在1994年举办了化学去污的专题研讨会，这次会议的论文集中收录了几个化学去污的成功范例。

6.6 专用工具

工作人员使用合适的工具对于作业现场保持剂量的最优化是十分重要的。无论是计划的过程，还是最终的工作计划的实施都应引导工作人员使用合适的工具。工具的适用性和质量检查及保管过程中都须避免提供不合适的工具，或将工具遗放在辐射工作区域使得服务人员不得不去清理而受到额外照射。从工程控制方面来说，工具涉及确认、采购或开发等过程，以及使用专用工具(如扳手、链式吊具和锤子等)的培训。有助于减少剂量的专用工具包括自动/遥控切割、打磨机及焊接机、遥控在役检查设备或准直器/起重器具等。正确的选择工具也能节省时间和剂量。

普遍使用的专用工具有多种类型。气弧切割的速度通常高于氧气-乙炔割枪。反应堆厂房里用的带缓冲器的运输小车不仅能防止工作人员在搬运物件时受伤，而且还能便于设备的移动。建议电站的运输小车配以大胶轮，使它能够容易地在金属栅格板上行走和进入那些狭窄的区域。类似把镜子固定在棍子上的小工具可使工作人员对那些不易到达的区域的检查工作变得容易些。其他使人员易于到达某处的工具还有电动升降机和梯子，有了它们就可免去因搭制脚手架而受到的辐射照射；把摄像机固定在长杆上可以帮助对高于人体的区域进行目视检查。

在某些情况下，如修理、检查和更换部件的工作，开发了专门的和智能化的工具。为检验这些工具的性能以及让工作人员了解它们，还采用了一些模型。这一切都是为了帮助工作人员避免在关键路径上出错，同时也少受照射。EDF和FRAMATOME在CETIC测试新开发的设备就是一个很好的例子。

另一个例子是Pennsylvania电力公司的Susquehanna电站根据经验反馈，工作人员对阻尼器的检修过程进行了优化。为了检修，通常是在高辐射场下拆除该阻尼器，然后还需花费不少的时间和精力去把它们放入一塑料袋中以便控制运输途中的污染。现在用一个专门设计的小车来运输，省略了装袋过程，减

少了工作时间和剂量。此外，为方便移动和重新安装该阻尼器，还开发了调准工具，并且将阻尼器的销钉磨成锥形，使之便于定位。

日本BWR机组的冷凝水除盐器由几百个部件组成，以往这些部件是由承包商工人用刷子手工去污的，去污时他们身着塑料防护服和全遮式面罩。两个除盐器的去污需四个工人干七天，考虑到如此费时和人员的受照剂量，东京电力公司的Fukushima Daiich电站开发并使用了一个去污的清洁工具，它是由多只刷子和多个高压水喷头组装在一个配有通风的小箱子组成。现在，部件清洁的时间比以前缩短了五倍，而且不再需用塑料防护服和呼吸保护器(见下表)，工人的劳动强度和现场的清洁状况都有了很大改善。

	手工刷	清洁箱
清洁432个冷凝器部件所花时间	127小时	26小时
塑料防护服和呼吸保护器数量	50件	0件

6.6.1 热车间

为维修在控制区内已被沾污的设备、备品备件和工具，核电站须有一个热车间。例如，斯堪的那维亚国家的一些电站已通过增建新厂房的方式，在很大程度上提高了热车间的工作效率，这是因为作业空间扩大了，机加工能力增强了，使热车间具有与冷车间相同的装备，不仅能改善维修质量，还能减少剂量和费用。在位于控制区内的热车间对所有零部件进行去污，还可避免将其送到冷车间去处理。

热车间与去污车间的距离应尽可能的近，这样会方便零部件的维修，同时也可减少工人的剂量。

6.6.2 机器人

在核电行业中早已开发并应用了可移动的机器人，它们既减轻了工作人员的劳动强度，又减少了他们的工作风险。自从在三里岛核电站(TMI)使用机器人做清洁工作后，核电领域开始广泛应用机器人，这已经不是什么新鲜事了(Jones and White, 1994)。人们发现，移动式机器人和远距离手控装置在放射性废物处理、水下检查、设备去污、在高辐射场下巡检以及辐射水平调查等方面的应用有着非常可观的代价-效益比。通常，在强辐射场下如反应堆容器内部，远距离实施检修是唯一可行的方法。严重事故后的干预情况下，机器人能上下楼梯、潜水，还能携带远距离照明、摄像机及辐射探测装置。机器

人既能做器材修补等简单的工作，而工业智能化的机器人还能用于在高辐射风险区域内完成那些例行的、劳动强度高的操作，如部件更换或管道的去污。

6.7 支持设备

6.7.1 通风和过滤系统

通风、过滤系统和临时的防污染工作间对于控制气载放射性污染是十分有效的。合理设计和应用的通风装置常采用高效粒子过滤器。为此工作人员可省去个人呼吸保护设备，特别是在一些靠近有空气污染源的区域。在选择安装这种带有风管和风罩的高效粒子过滤通风装置时，必须考虑其通风量和风罩的设计或粒子捕获速度等因素。在含有碘放射性时，还要注意使用特殊类型的过滤器(活性炭过滤器)，为了安全使用这类过滤器，要避免那些会降低其性能的环境(高湿、有机溶剂等)。有些操作本身也会影响通风过滤装置的使用类型，例如，打磨操作时需要具有更高流速的通风装置，以捕获打磨时产生的碎屑。

6.7.2 远距离通讯和监测

通讯系统在辐射防护最优化中所起的作用是增加人与源之间的距离。远距离通讯系统包括声像等信息，通过这类信息的传递方式，使工作人员不必进入辐射或高辐射区域便能完成指定的操作。在核电站，无线耳机/发送器已经广为使用，特别是在辐射防护及运行操作等活动中。应用它们，辐射防护工作人员能够将辐射工作区域内的辐射条件等信息通知在该区域外的人员；现场操纵员能够快速地将阀门在线或控制棒驱动机构脱扣等信息通告主控室操纵员；作业现场的工作人员可以申领设备或通知其他班组的工作人员哪些重要的工作步骤已经完成等。使用体积小，分辨率高的摄像机做电视巡视和检查，能够观察人员的操作情况，保障远距离检查的质量或反应堆内部构件的在役检查。一种以文件形式传递信息的特殊通讯方式是在控制区内外之间使用传真机，它在传送测量结果、数据或重要程序等方面可以避免误解。

远距离监测系统，如测量剂量率或气溶胶放射性，能提供被监测区域的辐射场的实时数据。这类监测系统主要是减少辐射防护人员的受照剂量，同时，还提供了监测结果。在辐射防护控制室可以收集到人员不易到达的工作区域内的辐射信息，当辐射水平达到预先设定的阈值时，还会发出报警信号。类似的方法还被应用在其他领域如监视那些关键的参数，以及利用摄像机从辐射控制区外观察一些自动操作活动(监视自动焊接、切割和在役检查等)。

6.8 工作过程的引导与控制

6.8.1 电子剂量计/出入控制系统

在核电站，电子剂量计系统正在迅速取代自读式剂量计或袖珍电离室剂量计。在配备了实时剂量计的硬件和软件系统时，电子剂量计或报警剂量计可以实现对剂量的监测和对工作中的剂量进行实时跟踪。这样的系统与电子出入控制系统组合，电子剂量计系统可以记录佩戴者所接受的辐射防护教育/培训的结果、呼吸保护器的使用资格，以及到目前为止的个人累积受照剂量等信息。因此，这类系统可以用于辐射控制区或其他工作地点的出入控制。与辐射工作许可证系统(RWP)相结合，出入控制还可限制不必要的人员进入控制区，即只有那些具有工作许可证的人员才能获得进入控制区的授权。这种控制方式也适用于那些已被隔离的区域的出入控制(如换料区)。在这些限制区域，使用带有出入控制功能的电子剂量计对于获得与作业及区域相关的剂量数据和进行剂量跟踪也是十分有用的。

电子剂量计不仅能设置剂量率、累积剂量和停留时间等各种报警阈值，同时也具有保证作业现场数据采集的完整性和数据再恢复的功能(特别是对于新型的电子剂量计，在剂量计被损坏后，已采集的数据还能再现)。当人员离开控制区时，通过实时剂量计的读出器，电子剂量计系统的计算机自动更新工作人员的剂量，避免了在使用自读式剂量计或袖珍电离室剂量计时模拟显示盘的读数错误和辐射工作许可证RWP上的剂量数据输入过程中的错误，使这类剂量计的数据与法定剂量计(典型的有热释光剂量计(TLDs)或胶片剂量计)的结果具有更好的一致性。因此，有些电站目前正在致力于改变他们的辐射监测计划，即把电子剂量计得到的结果作为记录剂量。

在美国电力公司的D.C Cook核电站，由于采用了电子剂量计，已经在几个方面节省了时间、资金和剂量。首先，辐射防护人员根据工作人员将要实施的工作项目情况以及他本人的剂量状态设置报警值。当剂量达到初始报警值时，该名工作人员就得离开作业现场。在离开控制区时，若其剂量超过更高的二级报警值，他必须与辐射防护人员联系，这样，报警值与剂量结果可以自动地记录进入辐射防护档案。其次，D.C Cook电站还用电子剂量计测量剂量率，取代那些常用的便携式剂量率仪，这些仪表体积既大又笨重。工作人员认为这样更为方便，因为体积小，不易发生仪表脱落和破损。应该注意的是，在使用剂量率测量功能时，他们的个人剂量计不能用于测量其本身的剂量。

6.8.2 工作许可证制度

工作过程的控制是一个良好计划的大修取得成功的关键，同时，电站的辐射工作人员在参加电站的工作之前必须受到很好的培训。培训必须涉及工作过程及与其相关的电站控制文件，包括维修工作指令，辐射工作许可证和工业安全许可证等。

在某些电站，已经引入了现代计算机化的工作许可证系统。这些系统引导和控制着工作过程，给出信息和责任网络，包括不同部门对某项预定工作的授权过程和对相关系统的隔离要求。有些电站还将辐射工作许可证纳入该系统，辐射工作许可证所需的辐射信息(设备、现场和工作条件)主要来自类似工作的数据库，包括过去曾经工作过的或类似现场的数据。工作许可证作为一种工具，为作业现场的各工作组提供指导，给出检修状态等信息。剂量率及其他和辐射风险有关的辐射监测数据均来源于辐射防护数据库。这样的系统在计划和进度安排阶段，以及在处理非预期的工作项目时都有许多优点。根据大多数电站的经验，即使在处理那些非预期的且又有最高优先权的工作项目时，尤其在计划阶段该系统是十分有用的，且能减少剂量与时间。即使是面对这种非预期事件，计划和进度安排也都是不可缺少的，以便确保工作能得到合理的结果和质量，又避免返工。因此，用计算机等辅助工具进行快速计划和进度安排是非常重要的。

6.8.3 工作剂量的跟踪和检查

对一项具有高辐射风险的工作，为了优化作业过程和辐射防护措施，一个好的实践方法就是将该项工作分解为若干个步骤，然后一步一步地评价各个步骤的工作时间和相应的剂量，这样所得到的计算结果可以用于对该工作过程进行跟踪，并能及早发现和确定问题之所在。为了这一目的，需要有在线的统计剂量的计算机，它应与工作许可证系统相连接，以便给出作业的进展状态和与之相关的剂量结果。

大范围、高剂量的工作均应在工作结束和汇总了全部结果后做一次全面检查，不同专业的作业班组(机械、电气、脚手架、辐射防护和工业安全等)都应配合以获取所有可用的经验。这样便可为再次计划类似的工作项目积累有价值的数据库。

对于所有工作项目，需要收集与设备和作业现场相关的各种信息并适当地加以整理以便输入到一个可操作的数据库。这一数据库必须对所有电站开放，以支持它们对类似工作的计划和进度安排。不断地更新工作状态当然是所有与之相关的组织机构的责任。作为支持，该系统需要一个计算机化的网络系统。欧洲的一些电站已经具有这样的系统正在运行或正在评估。

6.8.4 工作协调

大修期间，65%的剂量来自BWR的干井和PWR的反应堆厂房内的各项维修活动。美国的一些BWR电站指派了干井工作协调员和负责人，他们的职责是对工作过程进行控制和监督，这样一来，减少了这些现场的作业时间和人员受照剂量。法国的一些PWR电站也因指派了反应堆厂房协调员而成功地提高了工作效率和减少了剂量。

有了现场协调负责人(MIHM)，他们就能够有效地保证关键路径上各项工作的监督和指导。这样，作业班组长承担剂量目标的责任就十分重要，他们要确保将剂量控制在预期目标之内。

从一个侧面来看对工作过程进行主动控制的结果是使电站员工意识到，辐射剂量也是一个“质量相关问题”。工作负责人将对那些不必要的剂量的增加进行跟踪和调查，以避免其重复发生。

在德国，根据VGB的要求，西门子公司对全德国的BWR电站在换料平台上的工作时间和集体剂量做了一项比较调查。其中的一项结果表明，就可比的工作项目耗时而言，不同BWR电站的数据最大可相差一倍，与时间相关的剂量也有类似的差别。这一差别可以认为是源于不同的工作管理政策，对工作区域进行更为严格的控制就会减少工作时间和剂量。

在调查中发现，Philippsburg电站1号机组(BWR)在1995年大修前安装了一套换料平台的出入控制系统。在这次大修期间，进入该区域的人员数量为580，而在以往大修中的该数目曾超过了800。1995年大修在该区域的集体剂量约为70人·mSv，而以前约为80人·mSv。

*Technische Vereinigung der Grosskraftwerksbetreiber e.V.
(Technical Association of Large Power Plant Operators大功率电站运营者技术协会)。

6.9 小结

如前所述，本章的工作准备指的是在执行一项特定的工作项目前所需的全部工作。一项阀门维修作业的准备可能涉及该作业现场阀门作业与其他作业间的协调，工作人员的挑选与培训，临时屏蔽的搭设，现场地面和/或阀门部件的去污，专用工具的选择、准备和使用，以及通风或通讯设备的使用等。工作过程的控制系统(如工作许可证、剂量控制、工作检查和厂房内的工作协调)也有助于工作的准备。有关这些工作的所有方面都应综合统一考虑，同时，还应注意与在本书中讨论的工作管理的其他方面的协调。

6.10 工作准备实例研究

在工作准备方面，有几类信息对于判断执行一项新的工作计划的正当性是必需的。例如，作业现场的优化将要求专门指派一支队伍，对所需的人时数加以估计，并与以往相似的、但结果较差的工作项目的经验数据相比较，此次会有多少收益。人员的挑选和培训所需的费用是很清楚的，但收益确是很难量化的。然而，有些电站的经验表明，对于某些特定的工作，做得好坏与工作人员的挑选和培训并非没有关系。一般认为，一项搭建临时屏蔽的工作将需要一支由各种专业人员组成的队伍和一定量的用工时数，但是，事先可以预估所节省的剂量和时间。同样，对于资源(通风和过滤装置、通讯设备、吊车和电梯的使用等)的应用研究，也可采用量化的正当性分析，如估计所需的用工时数和由于合理计划和使用这些资源而节省的时间和减少的人员受照剂量。最后，对于工作过程的控制，关于某项工作计划(或改变现行计划)的正当性的讨论应包括从计算机系统上所做的修改而需花费的时间和费用，及执行该计划(工作协调人，大修经理等)所需的用工时数等。对于实施这样一项计划所带来的好处可用其他电站的经验作为例证，并且尽可能地以定量的方式强调已改进的工作的质量，从而决定保持当前的趋势或者改变现行的工作计划。

Commonwealth Edison公司的Byron核电站在这里提供了一个有关工作准备的研究实例。在机组换料大修期间，需要对管道、焊接部件、泵和阀门上300多个点进行在役检查(ISI)。在役检查工作分成三组采用不同的无损检测技术进行，包括超声波、液体或磁粉渗透以及目视检查等。在役检查的地点通常人员不易到达，并具有较高的辐射风险。因此，常需要搭设脚手架，有时也可用电机驱动的升降电梯来代替脚手架，但一般不允许使用梯子到达检测位置。实施检查的步骤分为对检测点的分析和准备，包括搭建脚手架、拆除保温层和对焊口的处理(如清洁和抛光)，然后，实施检查并把检测点恢复到原来的状态。

用于在役检查的脚手架，有时也被用来拆除各种管道系统的阻尼器。这些阻尼器经检测部门测试合格后再重新装回。显然，合理的协调与计划安排在这里是十分必需的，以便尽量缩短工作时间和减少工作所带来的剂量。

基于这一目的，建立了一套确认电站内各在役检查点、阻尼器位置及检查方法的跟踪系统。该系统的功能之一是确认在什么地点(电站内具体位置)及什么时间(搭建日期)需要使用脚手架实施在役检查或拆装阻尼器的工作。通过查询可以了解到所有需要使用且已搭建了脚手架的工作项目，避免了随后在同一作业现场因拆除和重新搭建脚手架而出现返工现象。反应堆厂房和核辅助厂房里的所有脚手架都可利用该系统进行查询。在一号机组的第五次大修期间，由于使用了该系统，避免了搭建那些不必要的脚手架。该机组第一次大修中反应堆厂房内共搭建了101个脚手架，而在这次大修中通过查询该套跟

踪系统，发现有41处现场已因其他工作而搭建了脚手架，在役检查等工作所需的脚手架就不用再搭建了，结果只搭建了其余的60个，其中有26个脚手架同时适用于多项操作任务。在核辅助厂房需搭建77个脚手架，经查询跟踪系统的工作进度安排，发现有15处不必搭建，这些地方工作可以利用载人电梯。据估计，少搭建这15处脚手架可节省600个人·时的用工量。

除了跟踪脚手架，该系统也可用于跟踪在役检查和阻尼器测试等活动。跟踪系统的这一功能被称之为“公交车票”程序，用于协调工作地点和日期。每一项在役检查的详细地点事先已用等比例方法标在区域的网络图上。这些图可以帮助工作人员方便、快捷地到达他们的工作现场。仅需一个人与“跟踪协调员”联系，以便了解工作的状态。每项工作的开始都须守时。以尽量减少对其他工作项目的干扰，同时要求在同一区域的所有工作项目都依序列按计划进行。所有的工作活动都要经过跟踪协调员，他拥有一份已经完工的和业已开工但仍有遗留的工作的项目状态表。对于每一项在役检查或阻尼器测试作业，当工作包和计划准备完成后，“跟踪协调员”便发出一张“公交车票”，让作业开工。“公交车票”包括了辐射工作许可证和作业现场位置图。在工作项目进行当中，每一班次都须将现场状态通知跟踪协调员，由他保证整个作业过程的循序渐进。

在最近一次的一号机组换料大修中，通过较好的计划、进度安排和在反应堆厂房内多用途地使用脚手架，估计减少了1640人·时的用工量和82人·mSv的集体剂量，在核辅助厂房减少了900人·时的用工量和27人·mSv的集体剂量，还因应用15部载人电梯而减少了90人·mSv的集体剂量。

附录1

NEA职业照射信息系统

NEA3 - 作业相关信息报告: 余热导出系统热交换器的高压去污 [Philippsburg 1] (专门存档)

请描述(1)下列任一或所有涉及特殊辐射防护问题的活动情况(分别地)或/和(2)某项对电站总集体剂量有重要影响的常规和非常规的作业,或/和(3)计划将要实施的与辐射防护密切相关的工作。

当填写这份报告时请记住,描述应尽可能清楚,这对在其他电站/国家的同行们十分有用。特别要求使用附录1、2和3中所列的编码去定义作业项目、相关系统和辐射防护行动。

1. 一般信息

国家:	<input type="text" value="德国"/>	地区:	<input type="text" value="欧洲"/>	
电站名称-机组-堆型-运行周期:			KKP: BUR:	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="11"/>
联系人:	JUNG	电话: +497256 95-328770	Fax: 49 7256 95 2029	Telex:
地址:	<input type="text" value="Peter Jung, Kernkraftwerk Philippsburg GmbH, Postfach 2240, D-76652 Philippsburg"/>			

2. 工作描述:

工作日期(开始):	<input type="text" value="09.05.1992"/>	工作日期(结束):	<input type="text" value="26.05.1992"/>
工作描述(原因、主要特点、工作方法、良好实践...)			
<input type="text" value="KKP 1/1/4.94 检查余热导出(RHR)系统热交换器。检查项目包括涡流探伤、压力试验和目视。高压去污作为准备和特殊的辐射防护行动。"/>			
编码:			
操作(附录1):	<input type="text" value="1.1.2"/>	<input type="text" value="1.1.9"/>	<input type="text" value="6.2"/>
相关系统及设备(附录2):	<input type="text" value="G.C."/>	<input type="text"/>	

3. 剂量信息(对已计划的操作给出估计值)

集体剂量(人·mSv):	2.90
最大个人剂量(mSv):	0.60
受照射人数:	11
工作用工人·时数:	51.00

4. 对照射剂量和辐射防护行动的评论(描述、费用、效率、工作所含各子项活动的集体剂量统计和报告的参考资料)

上述数据仅对应于去污活动。	
全部维修行动的子项活动	
- 去除保温+打开热交换器	1.1 mSv
- 高压去污	2.9 mSv
- 涡流探伤+检查+连接阀门的检修+热交换器的目视检查+压力试验+热交换器的回装	11 mSv
- 总费用: 15,000马克用于去污活动	
- 总集体剂量: 15 mSv	
- 耗时: 10小时	
辐射防护行动编码(附录3)	1.1.5.5
报告参考资料:	
KKP1 92年度大修报告(德国)	

5. 附加评论

对于RHR系统的热交换器,常规检查要求在热交换器周围区域做大量的工作,通常这一区域的剂量率约0.7 mSv/h(已充水)。在检查的大部分时间内热交换器必须排空,因此,其表面接触剂量率可高达1.5 mSv/h,而主要作业区域的剂量率为0.2 mSv/h。

从1990年大修开始,应用高压去污作为检查前的准备工作。去污液经过临时装置从反应堆安全壳地坑送到废液处理系统。去污后主要作业区域的剂量率降至0.02~0.07 mSv/h。

去污活动的集体剂量为2.9 mSv,估计减少的集体剂量约为33mSv,与其相比,检查和检修的总剂量是15 mSv(包括去污活动)。

自从1990大修首次采用这种去污方法后,到目前为止,因其良好的效果使该方法被作为热交换器检查的一项常规活动。

附录2

NEA职业照射信息系统

NEA3 - 作业相关信息报告:
反应堆水池池壁的高压去污 [Philippsburg 1]
(专门存档)

请描述(1)下列任一或所有涉及特殊辐射防护问题的活动情况(分别地)或/和(2)某项对电站总集体剂量有重要影响的常规和非常规的作业,或/和(3)计划将要实施的与辐射防护密切相关的工作。

当填写这份报告时请记住,描述应尽可能清楚,这对在其他电站/国家的同行们十分有用。特别要求使用附录1、2和3中所列的编码去定义作业项目、相关系统和辐射防护行动。

1. 一般信息

国家:	德国	地区:	欧洲
电站名称-机组-堆型-运行周期:		KKP:	1
联系人:	JUNG	BUR:	11
	电话: +497256 95-328770	Fax: 49 7256 95 2029	Telex:
地址:	Peter Jung, Kernkraftwerk Philippsburg GmbH, Postfach 2240, D-76652 Philippsburg		

2. 工作描述

工作日期(开始):	10/05/1992	工作日期(结束):	11/05/1992
工作描述(原因、主要特点、工作方法、良好实践...)			
KKP 1/3/4.94 用特殊高压水对反应堆水池池壁去污,以降低水池内部及周围区域的剂量率。			
编码:			
操作(附录1):	6.2	5.1	
相关系统及设备(附录2):	C	MA	

3. 剂量信息 (对已计划的操作给出估计值)

集体剂量(人·mSv):	1.50
最大个人剂量(mSv):	0.20
受照射人数:	7
工作的人时数:	52.00

4. 对照射剂量和辐射防护行动的评论(描述、费用、效率、工作所含各子项活动的集体剂量统计和报告的参考资料)

上述数据仅对应于去污活动。	
去污活动:	
1). 排空水池	
2). 用特殊的去污头从3个方位进行高压去污(每个方位为120°)	
3). 在去污的同时对去污水进行处理(约45 m ³)	
总费用: 12 500马克	
耗时: 5.5小时, 另用13小时进行准备	
辐射防护行动编码	1.1.5.5
报告参考资料:	1.1.1
KKP1, 92年大修报告(德国)	
KKP1, 报告1/GLA/001505/92(德国)	

5. 附加评论

<p>大修期间, 特别是当反应堆水池排空进行检查时, 池壁上的污染层会增加反应堆安全壳内水池边的辐射剂量率, 通常在这一区域有许多作业现场。</p> <p>为降低该区域的剂量率, 从1992年大修起采用一配有去污喷头专用的水箱所产生的高压水(3.5 MPa)对池壁进行去污。降低了四倍有效剂量率, 从0.4 mSv/h降至0.08 mSv/h。在水池排空时的剂量率从0.6到0.15 mSv/h不等。</p> <p>因去污所减少的剂量对于各次大修不尽相同, 这主要取决于该区域的工作量, 一般来讲, 该工作量约为5000 人·时。仅1992年一次大修所减少的集体剂量估计约为100 人·mSv。</p> <p>经验反馈</p> <p>由于良好的结果和明显的效益, 此项活动应在今后每次大修中纳入整体工作计划, 至少是在水池必须排空时。</p>
--

附录3

NEA职业照射信息系统

NEA3 - 作业相关信息报告: 承压水系统的去污与拆卸 [Philippsburg 1] (专门存档)

请描述(1)下列任一或所有涉及特殊辐射防护问题的活动情况(分别地)或/和(2)某项对电站总集体剂量有重要影响的常规和非常规的作业,或/和(3)计划将要实施的与辐射防护密切关联的作业。

当填写这份报告时请记住,描述应尽可能清楚,这对在其他电站/国家的同行们十分有用。特别要求使用附录1、2和3中所列的编码去定义作业项目、相关系统和辐射防护行动。

1. 一般信息

国家:	德国	地区:	欧洲
电站名称-机组-堆型-运行周期:		KKP:	1
联系人:	JUNG	BUR:	12
	电话: +497256 95-328770	Fax: 49 7256 95 2029	Telex:
地址:	Peter Jung, Kernkraftwerk Philippsburg GmbH, Postfach 2240, D-76652 Philippsburg		

2. 工作描述

工作日期(开始):	20/06/1993	工作日期(结束):	18/10/1993
工作描述(原因、主要特点、工作方法、良好实践...)			
KPP 1/5/4.94 拆卸与内部再循环泵相连的承压轴承水系统(TD)的管线:用反应堆水净化系统(TC)对这些管道进行化学去污,以降低作业现场的剂量率。拆卸这些管道是执行一项改造以去掉设计上多余的水泵轴承。同时,必须更换TC系统在反应堆安全壳内的管线。因为管线与TD系统相连。			
编码:			
操作(附录1):	4.1	4.2	
相关系统及设备(附录2):	A.5.3	A.D.4	5

3. 剂量信息 (对已计划的操作给出估计值)

集体剂量 (人·mSv):	775.00
最大个人剂量 (mSv):	12.90
受照人数:	454
工作的用工人时数:	43855.00

4. 对照射剂量和辐射防护行动的评论 (描述、费用、效率、工作所含各子项活动的集体剂量统计和报告的参考资料)

此项化学去污确属必要, 因为TC和TD系统的管道与部件及周围区域的剂量率相当高。去污须分为几个步骤来进行, 这是考虑到待去污的设备较为庞大且复杂。加权去污因子(平均值)如下:

管道	75
设备部件	14
工作区域	25

为在反应堆压力容器 (RPV) 管嘴处进行管线更换操作, 必须拓宽生物屏蔽层上的贯穿孔, 以使工作能在屏蔽体外实施。为了降低受RPV及管道影响的工作区域的剂量率, 应用了活动式铅皮, 并在管嘴处 (切开后) 安装了铅塞。

各子项活动的集体剂量 (估计) 为:

系统的化学去污:	38.5 mSv
TD系统拆卸:	257.8 mSv
在反应堆安全壳内更换TC系统:	209.1 mSv
更换再循环泵的齿轮:	308.1 mSv
总的去污费用:	1350000马克
总工期:	67天

辐射防护行动编码 (附录3):

1.1.5.1

1.2.2

2.4.2

报告参考资料:

2.4.3

KKP1-报告00226/06/1993 - 关于剂量评估和辐射防护行动的描述 (德国)

SIEMENS/KWV-报告S733/93/027 - 在KKP-1-核电站 TC、TD系统和水泵法兰之CORD去污过程的技术描述 (德国) - 1994年11月10日卢森堡CEC会议纪要。

5. 附加评论

KKP-1核电站与KWU-BWR KKB和KKI-1电站一样，装备有内部再循环泵，这类循环泵需要一承压轴承水系统(TD)。该系统由3条高压管线组成，其体积庞大并坐落在反应堆安全壳外。

由于核安全的原因，该系统不得不由装有新轴承的泵取而代之，因此，需要全部更换这类泵的滚动轴承。

在反应堆安全壳内，从反应堆压力容器管嘴开始一直到反应堆安全壳外，需要拆掉包括所有贯穿孔的TD系统的管道(从压力容器外侧到反应堆安全壳的内缘，一条管线被分成了三根管线)。另外还有一条(高压侧)从反应堆安全壳贯穿孔与再循环泵轴承取样管相连的管道全部要拆掉。

净化后的水经供水管被再输入到反应堆安全壳。

因此，必须在反应堆压力容器管嘴和反应堆安全壳内贯穿孔之间新安装一条TC管线，并且封堵原有的4个TD系统贯穿孔。同时，要在水下用换料机拆下9个泵的滚动轴承，然后将其存放在乏燃料水池中。

去污后作业现场的典型剂量率如下：

压力容器管嘴	0.15 mSv/h
TD在反应堆安全壳内的管线	0.05 mSv/h
TC在反应堆安全壳内的管线	0.08 mSv/h
控制棒驱动室、泵安装区	0.07 mSv/h
反应堆检查平台	0.015 mSv/h

经验反馈

用CORD法去污非常有效，估计减少了约8人·Sv的集体剂量。换下的滚动轴承装入屏蔽容器后送往Karlsruhe核研究中心，去污设备被拆除后做长期贮存处理。

附录4

专用工具经验

以下是对Commonwealth Edison公司的电站有关专用工具使用的两项很有趣的研究。

1. 反应堆部件湿法吊装设备：LaSalle County核电站

反应堆机组在其18个月燃料周期末停堆进行换料大修。每次大修期间，必须先将反应堆上部构件吊出后方可开始卸料。LaSalle过去的做法是将换料水池的水位充至反应堆法兰面，先将蒸汽干燥器脱扣并“干法”吊(在大气中)到干燥器/分离器贮存池，然后，把分离器从栅格脱扣后再将其从已充满水的换料水池中“湿法”吊到干燥器/分离器贮存池。

1992年春，在二号机组第四燃料周期大修时首次成功地采用了新的吊运反应堆上部构件的方法。该方法分别在1992年和1993年秋的一、二号机组的第五燃料周期换料大修中加以完善。这里将二号机组的第三燃料周期与第五燃料周期大修中的吊运活动做了直接比较，新吊运方法使用由ABB燃料工程公司提供的WETLIFT 2000吊装设备。该设备可以完成向反应堆腔充水、将蒸汽干燥器与换料机桥架锁在一起，接着将其“湿法”运(在水下)到干燥器/分离器贮存池。接着，将分离器也与换料机桥架锁在一起并用同样的方法将其吊运到贮存池。

WETLIFT 2000是由一个防水密封的吊钩箱、干燥器/分离器吊具、提升腿以及一个钢吊杆组成。该设备可使操作人员在换料机桥架或工作平台上进行下述水下操作：

1. 抓住蒸汽干燥器向下运行；
2. 合上/打开蒸汽干燥器的吊具；
3. 移开蒸汽干燥器；
4. 松开固定防护罩的螺丝；
5. 合上/打开分离器的吊具；
6. 移开蒸汽分离器；
7. 安装蒸汽管堵塞；

使用WETLIFT 2000设备，在吊运堆内构件的关键路径上约能节省12小时。在二号机组第五燃料周期的换料大修中，吊运上部构件活动的集体剂量为80.28 人·mSv，与二号机组第三燃料周期的换料大修相比，同样活动的集体剂量为127.47 人·mSv，减少了46.19 人·mSv。此外，使用WETLIFT 2000回装反应堆上部构件也约节省了49.15 人·mSv的

集体剂量。因此，在整个反应堆上部构件的拆卸/回装过程上共减少了95.34 人·mSv，与以前的方法相比，集体剂量减少了26%。下表是各子项活动的剂量。工作前的准备会和作业程序检查对于所有工作人员熟悉各自的操作设备的步骤是很有益的。

反应堆容器拆卸/回装活动比较
二号机组第三燃料周期换料大修 - 二号机组第五燃料周期换料大修

工作组	L2R03(无WETLIFT) mSv		L2R05(有WETLIFT)	
	拆卸剂量	回装剂量	拆卸剂量	回装剂量
运行人员	2.07	5.25	0.26	0.06
电站人员	5.23	0	5.46	27.67
机械检修人员	70.42	188.81	59.65	111.42
电器检修人员	0	1	0.04	0.01
仪表检修人员	0	0	1.11	1.66
燃料装/卸人员	0.15	15.10	2.37	2.67
辐射防护人员	11.10	12.82	5.54	11.05
化学人员	0	0	1.28	1.18
技术人员	0	2.65	0.27	0.48
工程质量控制	0.35	1.77	0.07	1.98
培训	0	0	1.30	0.41
本公司非电站人员	2.82	5.09	0.89	0.16
核管理委员会人员	0	0	0.03	0.10
设计工程师	0.05	2	0.21	0.08
承包商人员	34.28	5.52	1.89	26.23
合计	126.47	234.31	80.28	185.16
减少的剂量			46.19	49.15
使用WETLIFT总计减少的剂量			95.34 人·mSv	

2. 反应堆压力容器法兰清洁系统：Byron核电站

每一次反应堆换料大修期间，必须在重新回装反应堆压力容器顶盖之前对O形环环座/法兰表面进行清洁和检查。清洁时，要求去除所有粘附在不锈钢法兰表面上的异物、

灰尘或附在法兰面上的氧化物，然后，再做一次目视检查以证实其清洁。该作业区域内的辐射水平约为15 mSv/h到30 mSv/h。

过去通常需要多达12名工作人员穿戴塑料防护服和负压全遮式呼吸保护器手工擦拭法兰面。该活动通常耗时4小时并需要38 人·mSv的剂量代价。

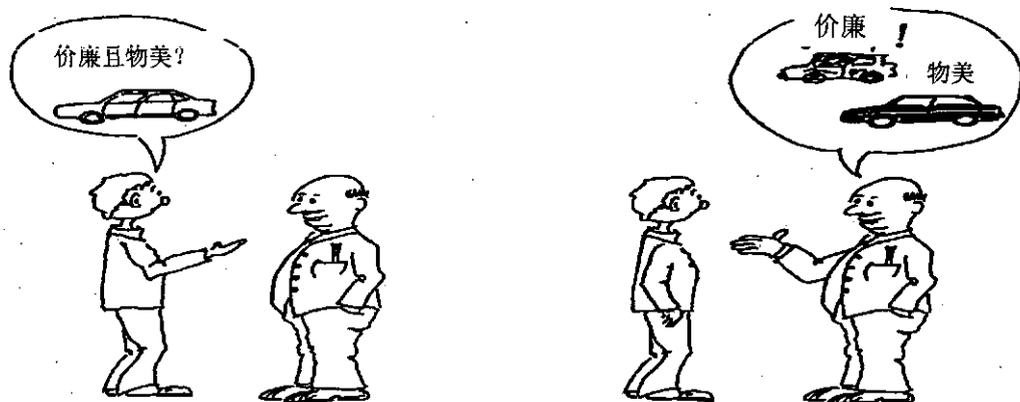
在一号机组第四燃料周期换料大修中首次使用了反应堆压力容器O形环法兰面清洁机，取代了人工操作。该E-2型清洁机是由美国加州的Barron和Santa Cruz联合研制的。该装置配有一个控制箱，操作人员可在低辐射物区域进行遥控。清洁机可自行沿反应堆压力容器法兰面的沟槽内行走，活动范围限定在堆内构件和法兰面之间的空隙。在导向轮的引导下，清洁机在沿法兰面行走时刷洗沿途表面。该装置配有前后两组3M牌缓冲刷轮，通过一开关箱，可在15米外处的低剂量率区域遥控自动清洗法兰表面。

该法兰清洁机操作简便、易于安装且价格低(不到2万美元)。不像以前那样需耗时4小时，现在仅需1到1.5小时，其中在法兰面上的清洗时间为45分钟，且仅需二人进行操作。一人安装并拆除该装置，另一人在反应堆水池外的桥式吊车控制台上进行遥控操作。

在第四燃料周期的换料大修期间，由于使用了这台装置，从而减少了23 人·mSv的照射剂量，在今后的使用中同样还会减少剂量。建议在现场应用前先在法兰模型上进行检验。

第7章 工作执行

“永远没有足够的时间一次就把工作做得很好，但总是有时间来返工”。总的来说，需要返工的工作有两类：1) 琐碎的工作，比如裂缝焊接后经检查不合格而需磨平再次复焊。2) 重大失误的工作，比如因一根控制棒未能成功地与其驱动机构连接而导致再次打开反应堆压力容器，这将新增一周的工作量。避免返工就意味着降低剂量和费用。



如果购买小汽车时的选择标准是价廉且物美，那么很有可能要买两辆，一辆价廉，一辆物美。同样道理，要想把工作做得既快又好，也可能需要做两次，首先是速度快，然后才是质量高。

7.1 引言

同本书述及的其他阶段一样，工作管理对任何任务的实施执行阶段都起着重要作用。执行阶段包括工作的实际执行过程以及执行过程中采取的将会影响工作进展的其他活动。具体地讲，工作管理可以从四个方面来降低费用，减少照射剂量和用工人·时

数。首先，有效的工作过程控制将有助于确保工作计划阶段设定的目标得到满足；其次，是向工作人员提供足够的有关电站、工作细节以及辐射状态等信息，将会降低“非必要”的剂量和路程剂量；第三，及时收集反馈信息有助于工作的实时管理，并有益于将来准备类似的工作；最后，良好的工作管理将激发和保持工作人员的工作热情(第4章中已有讨论)。

7.2 工作过程控制

工作过程控制对于良好计划的换料大修的圆满成功至关重要。由于参与控制的人员众多，因此必须清楚地划分每个人的职责并建立起灵活的组织机构来协调工作、解决工作中遇到的困难。

辐射防护人员的作用可能随各国赋予工作人员的辐射防护责任的程度不同而不同，不过辐射防护人员的关键作用是向工作人员提供辐射防护建议和相关技术支持。当然工作人员应在需要帮助时能容易地识别跟踪他们工作的辐射防护工程师。如果工作人员是直接从辐射防护科领取辐射工作许可证，就不存在这种识别方面的问题；而且如有可能，应指派一名辐射防护工程师专门监督某一项工作。

在瑞典的Vattenfall公司Ringhals核电站，一名辐射防护人员负责监督蒸汽发生器上的所有操作，另外一名工程师专门负责燃料装卸工作，并在发给工作人员的大修组织机构表中指明。这种组织方式也有助于工作协调，确保相关信息的传递。

为保证定期进行辐射防护检查，尤其是对可能改变辐射环境状态的工作项目的检查，在工作程序中可以设定“辐射防护控制点”，其目的是“强迫”工作人员停止工作，待辐射防护工程师检查合格后再继续工作。

在美国的Illinois电力公司Clinton核电站，如果工作程序中某项行动可能导致工作现场剂量率明显升高(比如大于10 mSv/h)或者产生不可监控的向环境释放的途径时，便设定“辐射防护控制点”。当工作执行到控制点时，工作人员必须找辐射防护工程师检查签字后再继续工作，“辐射防护控制点”不可被略过。而“辐射防护关键点”则为确保满意地完成某一工作步骤，要求进行直接监督而设定的。该点也不可被略过，工作前由辐射防护工程师或辐射防护值班主管来签字确认。

为有助于防止非计划性高剂量照射，设立个人剂量限制并在工作人员进出辐射控制区时进行剂量检查可能是有用的。

在美国的Illinois电力公司Clinton核电站，如果某个工作人员一次进出控制区受照剂量大于0.5 mSv时，控制区主通道旁的辐射防护值班室内的计算机上会给出一个报警信号，该名工作人员下次再进入控制区前就要去见辐射防护人员。而对于估计剂量大于10 mSv的工作，计算机会自动地把工作人员实际受照剂量同辐射工作许可证上的预计剂量进行比较，如果受照剂量超过估计剂量的80%，计算机系统就会记录一条相关信息，如果受照剂量达到了估计剂量，工作人员就须与辐射防护人员取得联系；如果受照剂量大于估计剂量的150%，他/她将被禁止进入控制区。

在瑞典的Vattenfall公司 Ringhals核电站和芬兰的IVO's Loviisa核电站，采用一种电子剂量计，其报警阈值设在2 mSv作为人员进出控制区的控制点，而且有时为配合高剂量工作，阈值可以适当调高。如果某个工作人员工作中受照剂量超过1 mSv，那么当他离开控制区时，其名字就将显现在辐射防护控制室里的计算机显示屏上。

在德国的Kernkraftwerk Philippsburg核电站，一般进出控制区的个人剂量限制定为0.5 mSv/天，不过这个限制也可由辐射防护人员根据某项工作估计的和批准的剂量状况来调整。

工作负责人(或项目经理)的作用也很大，因为他们与现场工作人员直接联系。工作负责人为有效控制工作，必须在工作现场耗费足够时间来关注工作进展和出现的问题。而且大修过程中加强工作负责人和辐射防护人员之间的联系也很必要，同时班组长(经常是承包商)必须能识别负责收集有关工作进展和所遇到问题之相关信息的工作负责人，并与之紧密合作。

在美国的Illinois电力公司Clinton核电站，对于预计剂量大于10 mSv的工作项目，工作负责人必须同ALARA小组合作来确定一个“最终(授权)目标剂量”。大修期间，他们每天向辐射防护分析小组提供工作进展状态，以便辐射防护人员把所关心的各项工作的辐射剂量数据补充到剂量管理数据库中；工作负责人对赋予他的工作部分的剂量目标负有个人责任，为此要与辐射防护人员共同努力，并保证适当注意整体工作进展中总的剂量的降低。

在美国的Philadelphia电力公司Limerick核电站，“项目协调人”的设置对于确保关键路径上工作的连续监控和区域协调也很奏效。当“项目协调人”负责某一特定工作时，其任务是处理工作中遇到的问题，比如缺乏公用组织的支持(负责脚手架、保温、屏蔽工作的人员；负责吊车使用，维修人员以及负责供电的人员等)，程序问题或维修过程中遇到的未列入计划的工作项目(阀门破裂/泄漏，泵故障等)，这时，“项目协调人”便积极响应，进行多方面协调，使工作能够不受时间、费用、剂量等方面的不利影响。

为了解决工作中遇到的问题，各部门之间的信息交流必须快捷有效，其中很有意义的一点是指定专人负责协调信息并向大修组织机构报告。

为确保信息传递顺畅，法国电力公司曾尝试在其机组的一些换料大修期间启用了—个全时核岛协调员，作为处理诸如缺少电源、电梯故障、许可证等问题的中心联络点。

在沸水堆核电站，65%以上的大修剂量来自干井里的工作活动。在美国，干井工作协调员和负责工作过程控制及监督的经理的设立起到了减少电站这一关键位置处的工作时间和剂量的作用。在瑞士，通常由辐射防护小组中的一名成员来协调干井工作，而如果大修中该位置工作量较大时，就专门指定一名干井经理来负责。比如在美国的Susquehanna Steam Electric Station电站，同时指定干井协调员和换料现场经理两个人来确保有效地协调工作和快速作出决定。

在墨西哥的CFE's Laguna Verde核电站和德国的Kernkraftwerk Gundremmingen核电站，区域协调员在一定程度上起到了确保在某些特定区域内进行的工作能与该区域的所有其他工作很好协调的作用，并能有效处理大修期间出现的问题。值得注意的是在Gundremmingen核电站协调员最关心的是工业安全方面的事情。

每日的大修例会是一“实时”解决问题的好地方，工作负责人，辐射防护人员以及负责计划准备的人员都应参加。在遇到特别问题时，如有必要，也可请承包商参加。会议期间，采用与计划项目同样的方式，把事先未计划的紧急工作项目纳入大修计划(考虑不同工作项目间的相互干扰问题，或以环路充水方式降低剂量率等)。同时还应注意把当前大修的实际剂量结果向大修管理机构汇报并将其与预期剂量相比较。

各部门之间的信息交流在工作执行过程中很重要，Pennsylvania 电力公司之Susquehanna核电站指出，在检查阻尼器工作中这一点就很重要。以前，例行测试、维修阻尼器的清单在确定后先发给作业班组和某一辐射防护工程师。在工作人员进入反应堆厂房之前，辐射防护工程师要对清单上列出的每个阻尼器进行检查测量。可是，工作人员经常不能当天完成全部工作，只好把未完成的阻尼器工作加入次日的工作清单中。这样，辐射防护工程师次日按照新的工作清单对各阻尼器进行检查时就要对前一天已经检查过的但尚未进行工作的阻尼器进行重复检查，从而造成不必要的工作重复。如果加强辐射防护工程师与阻尼器工作计划组之间的信息交流就可以解决这种问题。

7.3 减少路程照射和避免不必要的剂量

对控制区的进入及在控制区停留时间的控制，尤其是对控制区内剂量率较高的部分区域的控制，对于避免非必要受照剂量很重要。通过使用辐射工作许可证(RWP，只允许工作人员在当天内进入控制区)的方法可以实现控制区进入的“电子化”控制，有些情况下，比如某项工作配给的时间较长，只用这个办法还不能完全奏效，这时指派专人负责控制区进出会很有帮助。

美国一些电站曾尝试派一专人作“反应堆厂房门卫”，他的任务是确保所有进入反应堆厂房的工作人员都有正规授权，而且只让他们停留在规定的作业现场(而不能随意走动)。

工作管理的另一目的是给工作人员提供必要的信息和工作区域的特性来降低“路程剂量”。在反应堆厂房入口及厂房内各层如贴有详细区域图将有助于避免工作人员寻找工作位置时可能的“迷路”，进而可以减少不必要的剂量，这些地图可以包含在发给工作人员的工作程序中，或在工作前的简单介绍时展示给他们看。其中重要的是有关剂量率的信息特别是通行路径上的热点信息。

在日本，使用可视的提示物向工作人员来显示场所剂量率的高低。日本沸水堆电站采用的是彩色发光管，红色表示强辐射场，绿色表示弱辐射场。这些由柔软、透明的聚乙烯制成的发光软管内大约每隔30厘米距离放置一个彩色灯泡，把它们挂在设备、把手或墙壁上来显示应远离该区域或可停留，与附近的辐射探测器连接后还可根据剂量变化颜色。实例见插图7.1。

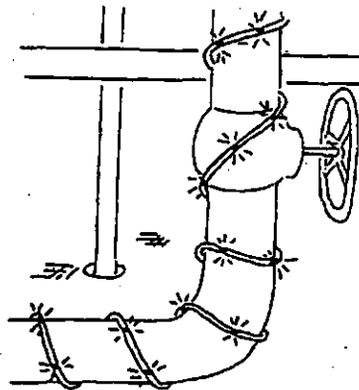


插图 7.1

另一种解决办法就是利用可映示反应堆厂房影像的计算机系统。

在德国的Kernkraftwerk Philippsburg核电站，控制区入口处和辐射防护办公室内有关于反应堆厂房的剂量率图表，供每个人查看。厂房内各主要标高处都有区域分布图，其上标有高剂量率(>3 mSv/h)房间的信息。此外，所有剂量率高于0.1 mSv/h的房间入口处都张贴有房间剂量率分布的测量图。

在美国的Illinois电力公司Clinton核电站，ALARA小组在计算机上建立了包含电站主要的系统图的数据库，以用于工作前工作情况的简介和维修工作包的准备。各系统工程师和工作准备人员也可通过计算机网络使用这个图片库。

在法国电力公司Paluel核电站，进行有关阀门工作时工作人员拿到的工作程序上附有一张显示阀门位置的图纸，并标明了实测的或估计的剂量率(见附录1)。

美国和法国的几个核电站现在使用“模拟漫游”，即一个贮存了成千上万张控制区图片的光盘系统。使用者可以通过一个操纵杆就实现对控制区内感兴趣区域的“漫游”，可前进，可后退，也可上下左右地交换视角。这对电站的新员工很有帮助，可让他们在未受辐照的情况下熟悉工作现场。

在芬兰的IVO's Loviisa核电站，所有相关房间的数据都编入了中央计算机文件库中，包括房间的辐射信息(平均剂量率、热点等)。这些数据任何人在电站计算机的各个终端上均可查到，而且在设备(含阀门、泵、传感器等)文件系统中查阅某个设备部件时，有关设备部件所在房间的位置及相关的辐射信息连同设备部件一起出现在显示屏幕上。

为了减少在高剂量率区的停留时间，指定一些低剂量率区域，使工作人员在其中阅读工作程序，作些准备工作或等待进度等，对于减少照射是有帮助的。

法国电力公司把反应堆厂房中几个层高上的部分地段指定为“绿区”，并予以清楚地标识。反应堆厂房气闸门外的区域经常作为“绿区”，并注意教导工作人员正确使用该区域，即必要时应尽量利用但不能过分利用这些区域，如不能作为休息场所。

为缩短工间休息时间，芬兰的核电站建立了专用工间休息室，工人不必脱下控制区防护服换便装就可以喝饮料(咖啡、汽水、水等)和吸烟。该休息室位于两个控制检查点之间，进入休息室前人员必须通过门式监测器检查并须满足污染水平小于4 Bq/cm²的条件，休息室内还有卫生间(见附图2)。依此，工间休息时间可由原来的大约50分钟缩短到不足20分钟。

最后，应当注意，运行剂量控制也是很重要的，这同样也必须依靠有效的信息交流才能完成。比如辐射防护人员在对管道系统上的高剂量率热点进行监测控制时，首先要由工作人员和(或)辐射防护人员确认热点，继而进行管道冲洗或热点屏蔽，由于热点本身的不稳定性，辐射防护人员又要进行跟踪测量，这过程中各部门间的信息交流就起着十分重要的作用。

7.4 反馈信息的收集

反馈信息数据的收集在工作开展阶段起着关键的作用。收集的数据有双重作用，首先是提供了一个“实时”信息反馈，以便在剂量偏差的情况下，迅速地实施改正行动；其次，收集的数据可以作为阶段评估的基础并有助于为下次大修作准备。

要使建立的经验反馈数据库尽可能的完善，重要的不只是收集剂量学数据，事实上，如果希望对非预期的数据和记录数据与预期数据的偏差(正的或负的)进行分析，掌握工作期间的整体操作信息也很关键。

将反馈信息数据输入计算机系统时，其完整性可以较容易地通过数据管理系统来实现，困难最大的是原始数据的采集。采集原始数据的一个有效办法是使用记录表格来系统地跟踪工作，这可由辐射防护人员来做，也可由工作负责人在工作结束时来完成。其中比较有用的数据包括剂量数据(总的集体剂量、个人剂量等)，描述工作环境的数据(环境剂量率、沾污情况、防护服类型、工作条件状况等等)。在准确记录遇到的故障细节时，描述故障原因和对工作时间及照射剂量方面定量影响是有用的。对反馈数据分析的质量和准确性完全依赖于这些原始数据的收集，所以数据跟踪一定要注意完整性和充分性。同时，记录表格的设计应方便工作负责人使用，也要便于输入到计划的处理系统进行处理。对采集过程中遇到的问题的记录应按时间顺序加以整理，在可能的情况下按可变项目进行编码(例子见附录3法国反应堆供货厂商FRAMATOME使用的数据收集系统)。

另一种收集实时反馈数据的办法是通过组织由辐射防护人员、大修经理和工作负责人参加的工作总结会，采用检查清单来确保所有相关信息的收集。

在美国的Illinois电力公司Clinton核电站，ALARA小组在大修主要工作结束时召开由所有工作人员参加的工作总结会，并用“ALARA工作审查表”来收集反馈信息(见附表4)，同时把实际的用工量·时数和集体剂量人·Sv两个量值同估计值相比较，并列出一条可能的造成两个量值偏高的原因项进行详细分析，最后在表格末尾有一空白栏用以填写工作建议，以便改进以后的工作。

在法国电力公司，更换蒸汽发生器时使用“失误分析表”来传递信息，包括问题描述、后果，并列举出六组可能的失误原因(程序原因、工作组织方面原因、信息/交流/培训原因、工作条件原因、工具方面原因、人因)(见附录5)，在工作的总结会上还要使用有15个项目的检查清单(附录6)。

7.5 工作人员的激励与教育

核电站的辐射工作人员在加入工作前必须接受良好的培训，这里的培训主要指电站控制文件中有关工作过程的培训，包括维修指令、辐射工作许可证和工业安全许可证等方面的培训。

使工作人员了解大修目标和他们自身工作的预计剂量也是很重要的。大修过程中，将实际集体剂量和预计值进行比较，并在一些“显眼”的地方，比如反应堆厂房入口处或更衣室张贴剂量结果以及附加一些关键信息，可以鼓励工作人员为降低大修总剂量而作出努力。

法国和英国的一些核电站，大修期间每天公布大修实际剂量和集体剂量预计值，已对工作人员起到了良好的激励作用。

在美国的Illinois电力公司Clinton核电站，每次大修开始时，ALARA小组都要花一个小时的时间(在Lovisa, 辐射防护小组花2.5小时)向维修承包商简单介绍大修剂量目标值，并发给每位工作人员一份大修手册。手册中有主要活动负责人的电话号码、大修任务和剂量目标值、例会时间表以及有关人身安全、工业安全、脚手架、化学控制、仓库守卫、辐射防护等方面的建议，并附有重要区域和主要系统的图片。这一经验已被世界上大多数核电站所接受，值得推荐。

工作开展前，由工作负责人或辐射防护人员进行简单的工作介绍可使工作小组成员更清楚地了解工作的主要特性和剂量目标值，同时也应强调工作质量的重要性、辐射防护也是“质量相关问题”以及避免返工等。

在美国的Illinois电力公司Clinton核电站，工作前介绍由辐射防护值班主管和ALARA小组代表来负责，并形成了特定格式的文件。包括：

- 工作程序审查；
- 作业区工作条件准备情况审查；
- 讨论分析设备和工具的必要性；
- 辐射防护要求简介(复查辐射防护工作许可证上所有的特殊要求，讨论在高剂量场工作时的个人职责)。

最后一点，由作业班组长详细阐述其工作项目中各阶段的剂量情况，对工作后分析整个任务的总体剂量是非常重要的。

7.6 小结

工作的执行阶段是影响特定工作的费用、剂量、工作时间的最后机会，如果此阶段能够适当地应用工作管理原则，将有助于优化这三方面的工作。其中，工作过程控制，给工作人员提供适当的信息、反馈信息的收集以及激励机制的运用均可使有效的工作管理原则在“优化”工作方面发挥重要作用。

7.7 工作执行实例研究

可以通过几种不同途径来分析工作管理原则在工作执行阶段的应用。比如讨论与各种工作过程控制方法有关的代价问题，这可能包括对某些任务或某项工作的项目负责人赋予必要的工时数。应用工作管理的好处可以通过比较两次大修中同一类型工作中有无设立“项目协调人”而导致的工时数的差别来表现。

另一个例子是使用不同类型的图片库，讨论使用图片库前后执行作业的代价和节约。适当的反馈信息的收集方式要通过比较收集这类信息的代价(花费班组长的时间和工作后的复查时间)和应用此反馈信息带来的好处(工作水平的提高等)来表明。

Commonwealth Edison公司Braidwood核电站提供了一个较有价值的工作执行研究实例，与Commonwealth Edison公司Byron核电站的实例类似(见第6章附录6.4) 该实例说明的是反应堆压力容器 形环清洗的一种新方法，形环环座表面必须在压力容器顶盖回装前清洗，清洗过程中要求除去沾在不锈钢表面的任何油漆、异物或氧化物。以往的处理办法是换料水池排水后手工清洁环座，先用低压硼化水手工冲洗，再用磨砂布擦净

1993年春季 号机组第三轮换料大修期间成功地采用了一种新的清洗方法。首先是在换料水池充水情况下由一潜水员利用水下真空系统、刷子和磨砂布在水下工作，这样待排干水后就只需极少量的清洁工作

工作时潜水员利用一真空头(用一根抽吸管与水下真空系统连接而且真空头上配有磨砂布和刷子)在反应堆压力容器周围降压、抽洗环座表面，排干堆坑水后再由一人用低压蒸汽进行冲刷，最后由一人用长杆拖布擦干环座。工作结束时由质量检查人员在行车上用望远镜进行目视检查。

过去要在这样的高剂量率区(大于15 mSv/h)完成这项清洗工作需用6名工人花费400多人·时以上，而采用这些新方法后，潜水员水下工作大约只需要4小时，排水后其余工作也只需要3小时。该项工作的集体剂量下降到5.59 人·mSv(其中潜水员受照1.17 mSv，完成最后刷洗、擦干工作的人员受照4.22 mSv)。

水下真空系统的采用，除了降低工作人员的受照剂量外，还可以防止大量腐蚀产物、裂变产物被搅动起来后进入堆坑水中。工作开始前全体工作人员要参加工作前会议，并认真阅读有关工作程序，熟悉清洗工作的每一步骤，尤其是，潜水员需要做好充分准备，并应配备备用潜水员以处理紧急问题。在Braidwood，为这种清洗任务及在放射性区域工作而训练准备的潜水工作人员，也从事一些其他工作。工作中潜水员的受照剂量由固定在潜水衣外面的复合式电子剂量计测量。

附录1

具有作业现场位置图的“ALARA工作程序”实例

Paluel核电站(法国)

本程序在工作人员进入控制区前发给他们。正面有反应堆厂房布置图、到达工作区的路线以及一些阀门的参考编码；背面是有关工作区域和某个特定阀门的图片及相关的剂量率分布情况。

EDF CNPE PALUEL		GAMME D'INTERVENTION ALARA		(72)
Ordre d'intervention	Intervention sur:	Référence gamme	Indice	
Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Date	
Objet de la révision:			Référence archive	
<p>LOCAL NC 0508 REPERE FONCTIONNEL TEU 401 VK</p>				
<p>IMPLANTATION</p>				
		REP	VANNE	
		1	TEU 001 VK	
		2	TEU 002 VK	
		3	TEU 003 VK	
		4	TEU 050 VK	
		5	TEU 060 VK	
		6	TEU 070 VK	
		7	TEU 080 VK	
		8	TEU 091 VK	
		9	TEU 101 VK	
		10	TEU 102 VK	
		11	TEU 104 VK	
		12	TEU 111 VK	
		13	TEU 112 VK	
		14	TEU 401 VK	
		15	TEU 402 VK	
		16	TEU 403 VK	
		17	TEU 405 VK	
		18	TEU 415 VK	
		19	TEU 416 VK	

EDF
CNP
PALERIE

GAMME D'INTERVENTION ALARA

3 radiés de l'indicateur position

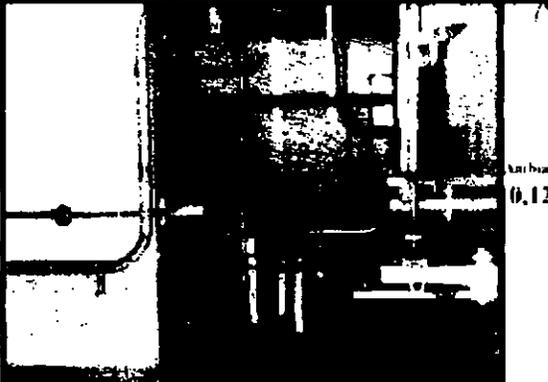
Indicateur en bas (0,12)

Indicateur en haut

Indicateur

LOCAL: SC 0508

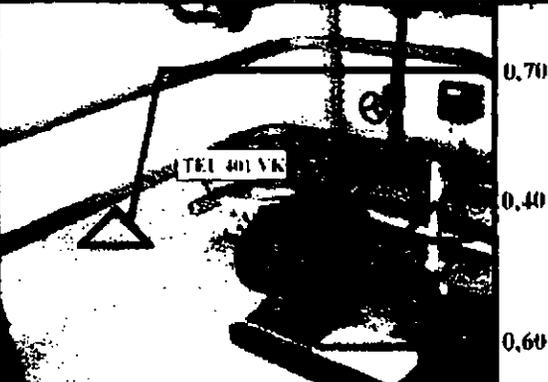
DDD
ms/h



0,12

REPERE FONCTIONNEL: TEU 401VK

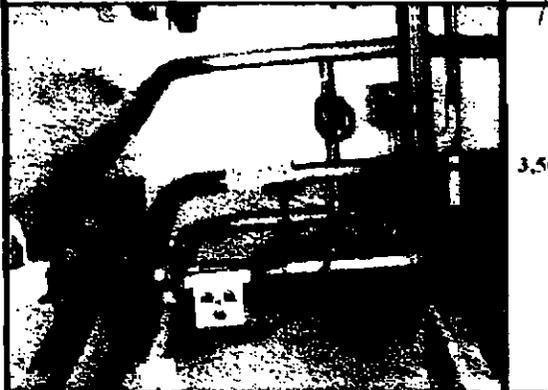
DDD
ms/h



0,70
0,40
0,60

REPERE FONCTIONNEL: TEU 401VK

DDD
ms/h



3,50

MOYENS MIS EN PLACE:

SUGGESTIONS:

Référence des débits de dose: VP7 TR3 1994



Protection biologique



Point chaud

Débit de dose à 1 m



Débit de dose au contact



附录2

节省时间并减少受照剂量的工间休息安排的实例

Loviisa核电站(芬兰)

IMATRAN VOIMA OY

Loviisa 核电站

节省时间并减少受照剂量的工间休息安排

分别于1977年、1980年投入运行的Loviisa 1、2号压水堆机组每台机组容量为465 MWe, 在最近的30堆年运行期间, 每台机组平均年集体剂量为1 人·Sv, 其中与正常运行有关的部分不足5%, 所以每年换料大修的时间长短就直接影响到集体剂量的大小, Loviisa 电厂的大修一般需要3至4周。

大修时间短是集体剂量低的原因之一, 而对工间休息进行特殊安排也是大修工期短的原因之一。

在芬兰, 法律上允许工人连续工作两小时后可以花12分钟时间来休息喝咖啡, 这样八小时上班期间除了中间用餐要一段较长时间外, 另外还有两次工间休息。控制区内工作的人员要去休息喝咖啡的正常程序又很繁琐。在别的电站, 工作人员离开作业现场去休息喝咖啡一般要用去45~50分钟。而在Loviisa电站, 为此所花时间减至不足20分钟。

Loviisa采用的较快方式

1. 洗手
2. 自我检测
3. 吸烟、喝咖啡
4. 返回工作现场

正常的繁琐方式

1. 洗手
2. 自我检测
3. 去换鞋区
4. 脱下控制区鞋套
5. 脱下连体服
6. 进入更衣室
7. 打开衣柜锁
8. 穿上便装
9. 走到小餐厅
10. 吸烟、喝咖啡
11. 返回更衣室
12. 脱下便装
13. 把衣服放入衣柜
14. 走到换鞋区
15. 穿上连体服
16. 穿上控制区鞋套
17. 返回工作现场

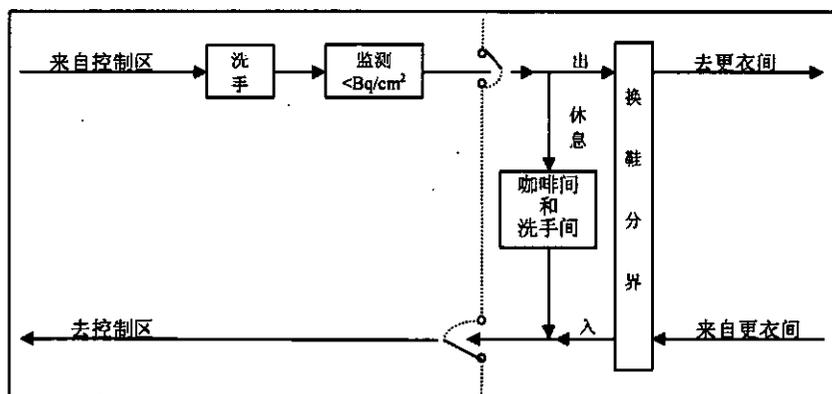
在大多数电站，工作人员每次去休息都要经过以上17个步骤，而Loviisa电站工作人员穿着防护服和工作鞋去喝咖啡，而后直接返回工作现场，这样工作人员上班时部分休息时间转变为工作时间，有助于缩短大修时间，每天均可节约数十万美元。

虽然休息期间不受辐射照射，通过这种工间休息的安排，省去一些时间仍然起到降低剂量的作用。因为许多专业人员，比如辐射防护人员、物品保管员、工作负责人、守卫、洗衣房人员、巡检人员等他们的受照剂量大小是与大修时间的长短直接相关的。

Loviisa这种管理模式自从1977年电站投产以来便开始采用。不过，前提是电站内没有严重的沾污问题，污染区必须立即去污，在污染部件上工作时必须设立控制区，而且洗后的防护服须经过监测，其污染限值为ICRP所要求的4 Bq/cm²。

经过门式监测器测量合格后，工作人员就可以喝咖啡(或茶)和吸烟。工作人员工作时不用带钱包，供应都是免费的，并有卫生间与咖啡厅相连。休息室很小，也没有椅子，如果人员不流动房间就会很拥挤，这样一部分人进入就必须有一部分人出去返回工作。

这种安排与相关的国际建议及辐射安全机构制定的法规相符合，从辐射防护角度来讲，所有能通过门式监测器(报警阈为4 Bq/cm²)的人员(即使未脱下辐射防护服)都为“自由人”，便可进入位于监测器与冷更衣室之间的咖啡厅(从咖啡厅再往外走便是冷更衣室，工作人员便可由此离开控制区，详见下面的图解和下页的图片)



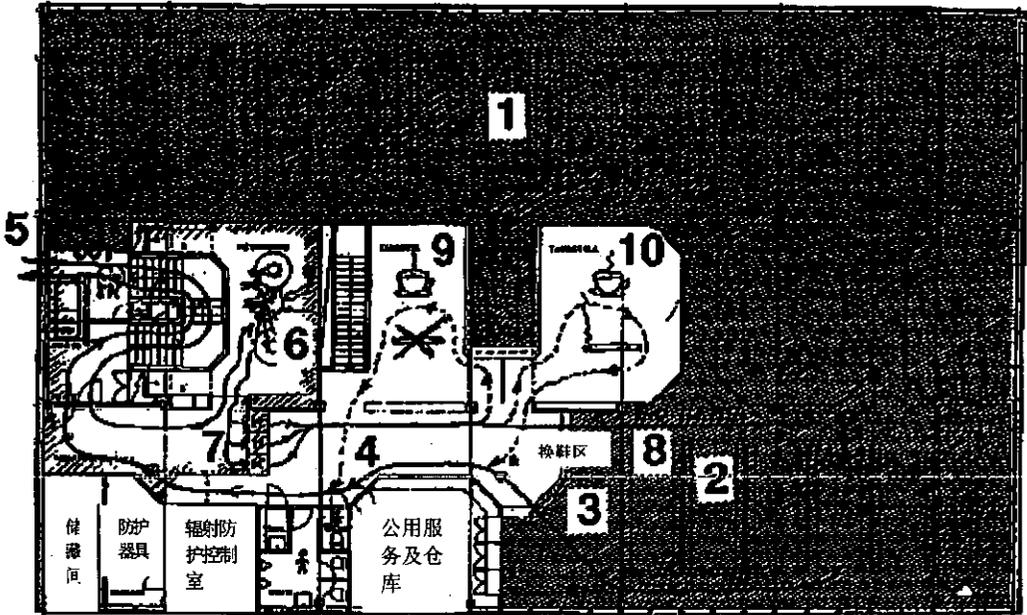
白区=控制区

灰区=非控制区、“干净”区

去工作的工作人员在1号房间脱下便装，分别在2、3号房间穿上连体服和鞋套，而后顺着箭头4去现场。工作人员从位置5开始离开控制区，在房间6洗手并通过位置7处的门式监测器检查。监测过程中只有监测器从测量装置收到“安全”信号时，其小门才会打

开让人员通过。如果身体没有沾污就可沿着路线8回家或去用餐，也可去房间9或10喝咖啡或吸烟。一旦有污染报警，连体服或鞋套必须在房间6脱下。

咖啡厅工作人员工作在房间9、10之间的“干净”区，工作时站在U型吧台后，也无需穿连体服，而且他们提供的咖啡、面包圈、香烟都从“干净”区运来，途中也不经过控制区。



附录3

数据收集系统实例

法国

信息系统FRADOSE

(法国核岛设备供货商FRAMATOME使用)

FRAMATOME开发了一个计算机数据库系统，用以收集和分析与核电站内特殊维修工作有关的辐射防护数据。

每次维修工作结束时，跟踪工作的辐射防护技术人员填写一份“辐射防护工作表格”，表格的前八页用于填写一般信息，另外两页专门用于填写维修工作类别和详细的剂量数据。所有数据被输入数据库中用来进行统计分析和综合计算。

数据库中列有以下各类运行维修活动：

- 蒸汽发生器管道机械堵板(手工和远程自动控制)；
- 蒸汽发生器拆堵板；
- 蒸汽发生器 抽管(手工和远程自动控制)；
- 蒸汽发生器 管定点敲击；
- 蒸汽发生器 U型管的热处理；
- 修复稳压器液相仪表管嘴；
- 更换控制棒导向管支撑销；
- 修复蒸汽发生器管嘴堵板密封面；
- 蒸汽发生器U型管塞堵。

1. 通用数据

以下数据适用于上述各类操作：

第一页：运行维修活动定义的确认

- 编号
- 工作的目标
- 编写者姓名
- 工作开始日期(日-月-年)
- 机组名称
- 机组“状态”(冷停、热停、功率 $P\%$ (运行功率水平)，其他)
- 大修类型(短大修、长大修、十年大修、五年大修、非计划大修、役前检查、其他)
- 燃料循环周期数

- 大修开始后的天数
- 工期
- 工作类别(改造、正常维修、特殊维修)

第二页：设备系统及工作位置

- 设备识别码、系统名、系统构成
- 作业现场位置
- 其他系统及位置

第三页：采取的防护措施

- 个人防护(防护服类型)
- 集体防护(建立负压间、防污染通风间、去污等)
- 屏蔽(铅片、铅块、铅皮、特殊屏蔽等)

第四页：沾污情况

- 表面沾污(是或否)
- 空气污染(是或否)
- 使用的测量仪器

第五页：个人剂量

- 工作人员名单包括姓名、部门、任务、个人剂量
- 总人数
- 集体剂量
- 工作人员的平均个人剂量

第六、七页：工作完成情况记录及评述

第八页：剂量率分布图

2. 与工作类型相关的特殊数据

第一页：辐射防护措施采取前后主要区域的剂量率记录表格

表格上有区域名称并列出事先规定的测量点。

第二页：按照作业每个阶段和作业现场统计的集体剂量与受照时间，以及按照作业阶段统计的由于失误导致的受照剂量和受照时间。

作业分期和作业现场的名称预先在表格中确定。

附录4

ALARA 工作审查表

Clinton 核电站(美国)

Illinois 电力公司						
工作后ALARA审查表						
授权文件:		RWP:			AJR	
位置:						
工作描述:						
预计用工人时 Man-hours	实际用工人时 Man-hours	%偏差	预计集体剂量 人·雷姆 Man-rem	实际剂量 Man-rem	%偏差	实际 剂量率 mrem/h
核对以下可能造成用工人时和集体剂量人·雷姆值偏高的一项或若干项目:						
1) 工作范围变化或被扩展						
2) 工作现场放射条件变化						
3) 工期进度变更/或工作协调困难						
4) 工具/设备故障使工作延期						
5) 备件/工具/设备不对或不能提供使用导致工作延期						
6) 计划外的现场准备要求导致工期延长						
7) 其他工作介入或干扰使工作延期						
8) 辐射防护控制不当						
9) ALARA实践考虑不当						
10) 辐射工作许可证签发不当						
11) 屏蔽不当						
注释:						
改进建议-经验总结						
ALARA 工程师:				日期:		

工作后ALARA审查表

第一部分 - 工作信息

授权文件:	RWP:	AJRR						
位置:								
工作描述:								

第二部分 - 工作计划

是 否 不适用 (标出适用的项目)

1) 工作时系统需要开口	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	服务项目
2) 设备部件可移至极低剂量区	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	工作所需条件
3) 工作程序或工作包已准备好	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	照明 <input type="checkbox"/>
4) 工作场所已检查, 脚手架已搭	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	电源 <input type="checkbox"/>
5) 辐射防护控制点已确认	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	呼吸用空气 <input type="checkbox"/>
6) 工具清单已列出	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	仪器用气 <input type="checkbox"/>
7) 需要特殊工具	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	焊接/明火 <input type="checkbox"/>
8) 特殊工具需用脚手架	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	通风 <input type="checkbox"/>
9) 已经考虑了事先制作	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	远程录像 <input type="checkbox"/>
10) 已参阅该工作历史记录	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	通用耳机 <input type="checkbox"/>
11) 将产生放射性废物	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	区域去污 <input type="checkbox"/>
12) 具备放射性废物处置条件	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	部件去污 <input type="checkbox"/>
13) 工作区域设立出入控制	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	临时屏蔽 <input type="checkbox"/>
14) 通讯已准备好	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	灯泡 <input type="checkbox"/>
15) 选用了有经验的工作人员	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	系统疏水 <input type="checkbox"/>
16) 考虑了交叉培训	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	系统冲洗 <input type="checkbox"/>
17) 脚手架/搭建位置在可进入区	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	切割/打磨 <input type="checkbox"/>

续表

第二部分 - 工作计划

是 否 不适用 (标出适用的项目)

有何特别的ALARA行动应用于该工作中	
主管/计划者	日期:

第三部分：工作人员受照剂量预估

按预计在辐射控制区内进行的任务项目分类列表

(辐射工作计划用工人时)

任务	主要工作简述	预计用工人时 Man/hrs(人·时)	预计剂量率 mR/hr(毫雷姆/时)	预计集体剂量 Man/rem(人·雷姆)
总计				

第四部分：ALARA

ALARA 计划	
是否需要特殊培训或模拟训练？	
是否召开工作前会议？	
利用图片或录像是否有用？	
是否审查或编写放射事件记录？	
是否召开工作结束总结会议？	
是否已认定干扰工作和浪费时间的事项？	
该工作是否为高风险或是第一次？	
是否使用已制定的辐射工作计划？	
降低辐射照射/工程控制	
是否要制定剂量限值和停留时间限制？	
对设备部件或作业现场的屏蔽是否有益？	
是否要使用手套箱或其他密封屏蔽间？	
设备是否需要或已经进行了去污？	
是否已设置远距离操作或观察装置？	
是否需要屏蔽面罩和过滤面罩？	
是否使用可移动风机？(HEPA)	
是否明确特殊检查的内容及频度？	
源项的衰变是否合理地有利于工作？	
源项是否可以去除（例如冲洗）？	
是否需要建立低剂量率区？	
以往工作的实际集体剂量（人·雷姆）	以往工作的实际用工人时 （人·时）
注释：	
ALARA 工程师：	日期： 电话：
ALARA 委员会	日期：

失误分析表 第二页:

工作编码 :

区域 :

设备 :

2.用于信息反馈和工作后审查的失误分析

1. 程序不当:

- 工作过程
- 工具运入作业区的程序
- 工作条件准备程序
- 工具运出程序
- 废物清除程序
- 辐射防护程序
- 个人防护
- 集体防护
- 辐射防护干预程序
- 供水/供气的设施
- 其他

2. 信息、交流、培训

- 工作人员培训不够
- 培训大纲缺陷:
 - 技术培训大纲
 - ALARA 培训大纲
- 模拟练习:
 - 未计划
 - 不合适
- 通讯缺陷
- 口头交流用词错误或不当
- 技术信息错误或不全
- 图纸缺陷
- 其他.....

3. 工作管理

- 工作前会议分析不足
- 人员任务分配不当
- 工作前计划不够
- 无工作计划跟踪
- 协调不当
 - 工作人员之间
 - 班组之间
 - 公司之间
- 可利用率低
 - 工作人员
 - 工具
 - 机器
- 工具不合适
- 其他

4. 工作区域准备及工作条件

- 工作区域布置不当
- 工作区域清洁不够
- 照明不好、噪声大
- 脚手架不当或缺陷
- 制约工作的因素
 - 位置
 - 光线
 - 温度
- 其他:.....

附录6

工作结束简报单

法国

与作业班组长进行讨论:

工作编码:

区域:

设备:

工作描述:

否		是
	1. 工具和设备是否按时准备好?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	2. 当作业班组到达时作业现场是否已准备好?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	3. 作业现场是否已采取了适当的辐射防护措施?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	4. 工作准备必须用多少时间?是否足够?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	5. 有无其他工作干扰?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	6. 为了便于工作,作业区是否保持清洁?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	7. 班组成员是否清楚其受照剂量水平?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	8. 有否督促班组成员尽可能减少剂量?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	9. 班组成员是否清楚工作的剂量目标? 是否受到鼓励?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	10. 与其他班组/部门间是否有协调问题? 遇到的哪类问题导致受照水平的增加?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	11. 执行解决问题的方案时是否有困难?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	12. 是否有行政管理方面的问题?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	13. 是否有特殊事件使剂量降低?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	14. 下次工作是否将采用同样的工作方法?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	15. 工作过程是否需要改进?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

阐述肯定的答案:

.....

第8章 工作的评价和反馈



工作过程的最后阶段是评价和反馈。然而，当把工作管理思想应用于工作中时，评价和反馈同样也是工作过程的最初阶段。因为从本质上讲，工作管理的过程是个连续不断的过程。一般说来，为了提供完整的反馈需要二个层次的信息，即：“内部”层次和“外部”层次，“内部”层次由电厂进行的分析组成，“外部”层次则提供国内和国外的数据，这样做不仅倡导交流新的想法也使电站能够参考其他同类型电站来评价自己。

8.1 经验数据库

保证有效反馈的重要工具之一是完整的信息系统。该系统应能够包含数据收集、分析和储存功能。特别对于是数据储存，必须采用计算机化的数据库。前面提到的两个层次的数据信息都是有用的，而且都包括与特定工作或某一类工作相关的时间、人力、设备、剂量等信息。在内部层次上，这些数据直接地在工作前、工作进行中和工作完成后进行收集。计算机化的数据收集系统能够非常有效地收集此类数据，这样的系统可以方便地与剂量监测系统相连接。

在美国，详细的信息例如工作人员进、出控制区的时间，以及工作人员的受照剂量都由电子剂量监测系统来收集。在Illinois电力公司，人员辐射剂量监测系统PREMS (Personnel Radiation Exposure Monitoring Systems) 收集工作人员进、出控制区的信息与剂量信息。这些信息包括每次进、出放射性控制区(在大修期间，每月的进出次数高达百万次)时间和进出某些特定的配备有辐射控制设施的工作场所如干井、换料平台等的时间。这一系统提供有关工作人员在工作场所实际花费的时间、受照剂量等很有价值的信息。

在法国，一个相似的系统叫做MICADO正在核电站中安装，以收集同类详细信息。每次工作人员使用出入证件卡进入或离开控制区，其在控制区内的时间和剂量均被记录，并按照“作业代码”进行分类跟踪。这里“作业代码”是由大修指挥部制定(辐射防护人员参与制定)以便跟踪某一特定任务(如上充泵更换)或某一特定类型的任务(如脚手架作业)的编码。

需要说明的是，在控制区内的时间和在工作现场的时间并不是一回事，对于那些以降低剂量为目的的详细研究来说，就需要比从“出入证件卡进出”控制系统中得到的更为详细的信息。这一问题可以通过在控制区内设置多个专用刷卡点来解决。

关于外部层次的信息数据，上面所述的某些详细信息在国际上是通用的。一些组织机构如NEA的ISOE计划(详细请见5.4节)，美国的INPO(核能运行研究院)和WANO亦进行了其他研究，这些都可以提供某些工作或某类工作的详细的剂量、人力和所耗时间等信息。

至于工作评价，用于评价工作的指标作为判断标准必须是多方面的，在同行交流比较时经常用到这些指标。例如，集体剂量和个人剂量分布的指标必须同时述及其他指标如用工人时数、工作人员数、工期、返工、延误及问题等。对于同行交流和指标比较，工作前、后的ALARA分析数据，历史数据和其他电站的数据都是必需的。(参考7.4节工作执行中的反馈数据收集)

8.2 工作后评审

工作后评审的范围和性质随被评审的工作项目而变化。也就是说，较大的工作项目将比较小的工作项目需要更深入的评审。为帮助确定哪些工作应该被评审，应制订灵活的标准以指导项目评审员，如集体剂量总和、用工人时总数、超过或低于预期的集体剂量与用工人时数的百分比等。通常，这样的评审应由一个多专业各方面人员组成的小组来进行，评审的目的在于确定工作的哪些部分做得好或不好，以及哪些工作可能在将来被做得更好以及如何做得更好。

完成工作的工作人员应该直接提出建议，如怎样才能够改进工作，或是怎样才能够更好地解决工作中遇到的问题。在7.4节中已见到可以通过工作后小结来收集这些信息，而通过在大修结束时召集有承包商参加的专门会议同样能够收集这类信息。虽然这样做可能会导致承包商在完成工作后继续留在现场而支付额外的工资。

在大修中工作人员提出降低照射的各种“建议单”，同样也是收集相关信息的好方法。为了激励工作人员填写“建议单”，必需答复并告诉他们其建议已被研究分析甚至已被考虑采用。应该很好地集中处理这些“建议单”，指定一个人(或一个小组)负责“建议单”的收集和分析是很有必要的。(建议单的格式见附录1)。

在分析运行维修活动时，应使用已形成的方法。为了辨明最需要改进的重要方面，可以使用返工原因分类法(见附录2和附录3)。对于特定的运行维修活动，“时间和动作”(Time and Motion)研究能够评估在执行程序中采用的技术，这将提高整个工作过程的整体效率。此类研究还包括其他方面如：作业现场的设计、改进工作方法的研究、时间标准的制定等(见附录4)。

分析某些已进行过多次但可能是在不同剂量率环境中进行的运行维修活动的剂量趋势时，有必要使其剂量与参考环境剂量率“归一化”。这种归一化使得同类作业的受照时间被视为等同。这里要说明的是此类分析已经表明：当某一项工作由同一作业班组在高剂量率条件下完成后在低剂量率条件下进行时，工作人员有可能在现场花费比需要的更长的时间。因为他们习惯于确定的受照水平，而当剂量率不是足够大时工作人员就会降低对剂量的重视程度。这一事实说明需要在工作前向工作人员提供考虑了实际剂量率的预估剂量水平(见附录5)。

大修报告的编写中包含技术和辐射防护资料是必要的。这样的报告还必须包括对与大修目标的偏差(正偏差或负偏差)之原因的分析、改进意见、以及“良好实践”的确认等内容。此类报告应在大修组织机构中广泛分发。

在美国，有些电站也编写“ALARA报告”描述电站当年的ALARA执行情况以及与年度剂量目标的比较。这些报告讨论的不仅包括电站的大修期间，同样还包括全年的非大修期间。在报告中多项工作均提供逐项滚动信息，并对预期目标和实际的成绩进行比较。报告中通常还列出改进的要求并确定后续行动的责任。

有几个美国核电站已经制订远景目标。作为例子，目前每台机组年集体剂量为2.5人·Sv的核电站也许可以制订一个在五年内达到机组年集体剂量为1.5人·Sv的目标。随后制定满足这一目标的降低照射的计划，附录6给出的就是一个实际例子。

8.3 工作评审跟踪

要使工作管理成为一个闭合环路，必须具有保证工作反馈意见得以落实执行的机制。为了确保建议意见被执行，在大修后，可以组织一次或多次有多专业各方面人员参加的致力于大修分析的会议，确定需落实的后续行动并指定人员负责完成这些行动。这

些都可以由“ALARA委员会”(如果该委员会存在)决定,或由更为普遍存在的“大修分析组”决定。在任一上述的两种情况中,跟踪小组应常年存在。并改变其职能从大修的跟踪到下次大修来临前的制定大修计划。这将有助于保证大修到大修之间经验的适当的连续性。应该指出的是,这种设立常年跟踪小组的方针大多数国家都有。

为保证恰当的建议得以实施,正式的系统,如跟踪表,或非正式的系统,如简单地保留一个工作后评审小组,以继续后续工作准备和计划,都被使用过。在其中任一情况下,对于适当的工作跟踪而言,工作后评审小组的加入是必要的。例如,在日本Fugan核电站大修期间召开辐射防护人员与承包商之间的周会以讨论工作的进展状态并评估主动降低剂量措施的有效性。在瑞典Ringhals电站,采纳过去的经验已明显降低了反应堆压力容器顶盖卸盖和更换的集体剂量,自1977到1995年,该项活动的集体剂量从约200人·mSv降到小于50人·mSv。

作为电站内部可用信息的补充,电站需要在国内和国际间各个层次上保持与本公司或外公司其他电站的联系。出席辐射防护会议有利于信息交流并使工作人员了解新的技术。

在德国,一个名为VGB的组织,它聚集了德国所有大的电力公司(核与非核)和部分欧洲国家的公司。其中有一个VGB保健物理管理者小组,德国各核电站都有代表出席。这一小组每年在某一成员电站厂址聚会2次。通常其讨论内容包括:

- 信息、经验交流
- 辐射防护特别活动报告
- 管理发展
- 放射学专门讨论如: β -剂量学,内照射剂量学,ALARA专题,ISOE等。

在美国,压水堆(PWR)和沸水堆(BWR)业主俱乐部每年组织一次或更多的会议。核能研究所(NEI)也支持召集保健物理信息座谈会,提供机会使各公司的辐射防护管理者每年聚会一次,讨论内容包括前面德国辐射防护人员的会议内容。核能运行研究院(INPO)也组织召开类似的会议,约每两年一次。

在瑞典,有好几个管理者小组例行聚会,其成员来自Ringhals、Forsmark,有时也有芬兰电站的成员出席。这样的小组的成员有电站经理,也有运行经理、维修经理等,还有一些是管理层以下的人员。同样,还有瑞典和芬兰的电站以及ABB燃料制造厂(Atom Fuel factory)的辐射防护经理年会,最近几年瑞典Studsvik研究中心,挪威Halden反应堆,以及丹麦Riso研究中心亦派员出席。

在法国,所有核电站都属于同一公司,为分享降低照射的“良好实践”已组织数次电站间的会议。这些实践方法被正规地分组收集在文件里,并被分发到各电站由技术人员和辐射防护人员使用。当几个电站都遇到某一普遍性问题

时(如热粒子或反应堆压力容器顶盖裂缝), 则编制如何处理这一问题的专门文件并发往各电站(见附录7中的良好实践信息单样本和专门的ALARA文件清单)。

在国际间, ISOE系统创建的信息网络允许其成员电站通过技术中心的中介向其他电站询问具体问题。ISOE“第三级”数据库(NEA3)包含良好实践、技术问题或辐射防护问题的描述。这个数据库供所有ISOE的成员电站应用(见第6章附录1至3)。与ISOE相关的年度专题会议使得辐射防护管理者们聚会一起讨论当时感兴趣的某些专题如蒸汽发生器更换、燃料破损、化学去污、以及电子剂量计等。

另外, 在过去十年间, 欧洲共同体委员会(CEC)召集由其成员国的辐射防护专家参加的年会讨论各类专题。通常, 与会者介绍其计划的现状以及在过去的一年中所进行的任何有意义的工作。

8.4 大纲审计

最后, 工作管理执行的整个系统应定期进行审计以保证其功能完善。再次说明, 许多系统, 无论是非常正规的或是极不正规的, 都曾被试过。

8.5 小结

看起来, 工作的事后评价以及适当的后续行动的落实都是必需的, 并且是工作进展过程中最重要的部分之一。为了适当地进行此类评价, 不同方式的同行比较是很有帮助的。随着核电行业经验的积累, 目前已能够建立包含国际经验的数据库并应用于世界各国的核电站。对于工作后评审, 由一个多专业各方面人员组成的小组进行并且尽可能多地吸收包括承包商在内的工作人员的参加是必不可少的。然后, 较为理想的是建议意见及经验教训的跟踪由进行工作后评审的同一个小组来进行。通常, 后续行动的落实将直接引入正在考虑的下一生产维修活动实施中, 这样就有了一定程度的闭路反馈存在(工作项目设计、进度、计划、执行、评价和跟踪, 吸取经验教训后的工作修改、进度、计划等), 且工作被逐步优化和恰当地修改而与当前的技术发展保持一致。

8.6 工作的评价和反馈实例研究

在把工作管理实践应用于工作评价和工作反馈时，有好几种方式能够被用来证明计划的正当性。例如，就工作评价和反馈而言，一要组成一个对各种工作进行评审的工作小组，其计划可能包括建立此小组和维持该小组的费用以及在承包商完成其工作后与其面谈所需支付的费用。这里大多是人员的工时费用。此外，还应考虑实施适当的修改所需的费用。再次说明，用某件以前的工作和在经过评审小组评审后再次完成的同类工作来说明其效果的分析可能是最好的做法。

作为一个实例，由德国Neckarwestheim核电站在反应堆堆芯吊篮螺丝更换中获得并应用了许多丰富的经验。在1986年的大修中，由于发现裂纹，90个堆芯吊篮螺丝需要被更换。这是在大修中发现并确定的一项紧急工作任务，虽然做了尽可能周密的准备，但仍导致了920人·mSv的集体剂量。对已进行的工作重新评估表明，在维修方法上尚能改进，而后这些改进落实在1987年和1988年的堆芯吊篮的螺丝更换工作上，下表就是此项工作的小结：

年度	更换的螺丝数	与换螺丝工作直接相关的集体剂量(mSv)	更换一根螺丝的平均剂量(mSv)	螺丝更换的集体剂量总和(mSv)
1986	90	920	10.2	3720
1987	471	730	1.5	2840
1988	375	480	1.3	2750

更换及搬运上述螺丝时的剂量情况如下：

测量位置	测量条件	剂量率(mSv/h)
堆芯吊篮	水下距其表面23厘米	33500 ~ 15300
旧螺丝的包装箱	空气环境下的表面测量	100000 ~ 70000
旧的螺丝	表面测量	600 ~ 700

第二、三年的剂量结果表明：为了有效地降低受照剂量，对高剂量率的工作任务进行评审和计划是非常必要的。

附录1

辐射防护建议单

美国

辐射防护建议单		ILLINOIS 电力公司			
第一部分：建议者		RS			
姓名：	部门：	电话：	通讯址：		
日期：					
本建议涉及的方面或程序：					
建议内容描述：					
建议原因：					
第二部分：建议的评价					
辐射防护改进 <input type="checkbox"/>					
ALARA改进 <input type="checkbox"/> (检查1)		如是ALARA改进建议请附代价利益分析			
改进建议费用预估？		该建议有助于减少剂量？			
本改进建议预计的利益？		(必要时附上附加信息)			
本建议不能证明是正当的但应采纳 <input type="checkbox"/>					
本建议不应被采纳 <input type="checkbox"/>					
附件 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无		本建议代价是正当的并应采纳 <input type="checkbox"/>			
落实改进建议的负责人为：					
评述：					
S-RE 辐射防护工程师签名：		日期：			
第三部分：最后审查/批准					
本建议获得批准 <input type="checkbox"/> 本建议不获批准 <input type="checkbox"/> CCT <input type="checkbox"/>					
执行部门负责人：		日期：			
具体执行负责人：					
电站副经理(D-PRP)：		日期：			

附录2

返工原因分类

法国

本实例研究介绍1991年至1993年间在法国部分核电站中进行的部分分析，目的在于更准确地确定影响受照水平的主要原因。

选择了两类运行维修活动来进行这一分析，第一类是一回路系统阀门的例行维修。第二类是某些事件导致的维修活动。在这两类分析中，对剂量和受照时间进行了专门的跟踪，以便能够确切地知道由于失误而导致的受照剂量份额。

1. 例行维修活动

表1给出了由于不同起因而导致失误的百分比，这些数据来自两个不同机组的两次大修中的14项一回路阀门维修作业。平均来说，集体剂量总和中的23%是由于失误所致，但对于某些特殊检修活动，由失误导致的剂量曾高达相应集体剂量的40%。

表1 14次一回路阀的检修中失误原因分析

失误类型	所占百分比
工具	26%
工作现场准备	25%
培训	24%
程序	6%
环境	6%
等待时间	5%
总体组织	4%
屏蔽	4%
小计	100%

此类分析能够分辨出导致非生产性受照时间的主要原因和在工作管理过程中的首要优先行动，这些管理对于减少非必要的受照是必须采取的措施。在例行检修情况下，看起来重要的是改进工具使之适合于工作环境，以及特别是在工具被用于几项连续的维修活动时的可靠性。在导致失误的可能的原因内，工作现场的准备和工作人员的培训所占的份额亦不可忽视。

2. 重大维修活动

1991年，在发现某些反应堆压力容器顶盖贯穿件部分有裂纹后，决定对法国900 MWe机组和1300 MWe机组的反应堆顶盖进行检查并在必要时进行修复。由于事发紧急而在此方面又缺乏经验反馈，第一批维修未能进行良好的工作准备。这就导致了失误率的异常增加。在13个法国机组上于1992年3月至10月间进行的22次维修如检查或修复中的失误分析表明：失误率为例行维修中失误率预计值的两倍。表2给出了失误原因的分析。

表2 法国13个核电机组22次反应堆大修检查或修复中的失误原因分析

失误原因	百分比
总体组织	38%
工具	29%
培训	18%
屏蔽	11%
程序	2%
等待时间	1%
环境	1%
小计	100%

维修活动的紧急性引发了组织机构问题，主要是由于扰乱了大修计划，而且在相关的不同电站之间缺少经验反馈机制。造成工具失误部分是由于辐射防护的不够完备或是在最初阶段工作环境的影响。

这些结果表明，必需能够迅速组建一个专门的事件处理机构以便加速信息的传递并促进各类人员间的合作。

3. “ALARA”计划的益处

1992年初，一项关于重大维修活动的ALARA计划开始应用。由于涉及一大批机组，且维修工作又十分繁忙，ALARA程序的完备程度在某电站与另一电站之间有很大的差别。对于相同维修活动中失误所致剂量的平均百分比随ALARA在不同阶段如准备、跟踪和经验反馈分析的完备程度而变化，分析表明，在这两者之间存在着直接联系(见表3)。

表3 反应堆压力容器顶盖22次维修中失误所致剂量的平均百分比

ALARA计划完备程度	失误所致剂量百分比 (最小-最大)
未使用已有的ALARA程序	70%(50~80)
无专门的ALARA准备,但在维修中使用ALARA程序。	40%(30~50)
有ALARA准备和跟踪,但维修中无全面技术监控。	30%(15~40)
有ALARA准备和跟踪并应用过去维修的经验反馈。	10%(0~30)

1993年初,法国电力公司(EDF)估计由于ALARA计划的实施,在反应堆压力容器的顶盖维修中减少了5人·Sv的集体受照剂量。

附录3

Ontario Hydro公司的返工分析

加拿大

1. 返工的定义

工作部分或全部重做
恶化原有问题
未达到计划的期望要求
未解决原有问题

2. 返工控制计划

实施于：
返工的确定、辨别和趋势分析
改进电站设计、维修、修改、执行和工作过程
减少辐射照射和成本

3. 返工可能性

返工可能由下述缺陷导致：

- 设计
- 采购
- 执行
- 运行
- 维修

缺陷可能导致以下方面的增加：

- 剂量
 - 时间
 - 人力需求
 - 计划的工作
-

4. 用于收集数据的专用表

返工鉴定表

•返工性质 (尽可能具体): _____

•位置 (机组、厂房、层高、部件): _____

•返工的可能原因: _____

•返工是如何确定的: _____

•鉴定人: 公司 _____ 机组 _____ 姓名 _____ 选项 _____

•鉴定时间: 年: _____ 月: _____
日: _____ 时间: _____

说明、图纸等

返工调查表

缺陷源于:

设计
执行
维修

采购
运行
其他 _____

返工原因

口语交流
设备条件
环境条件
培训

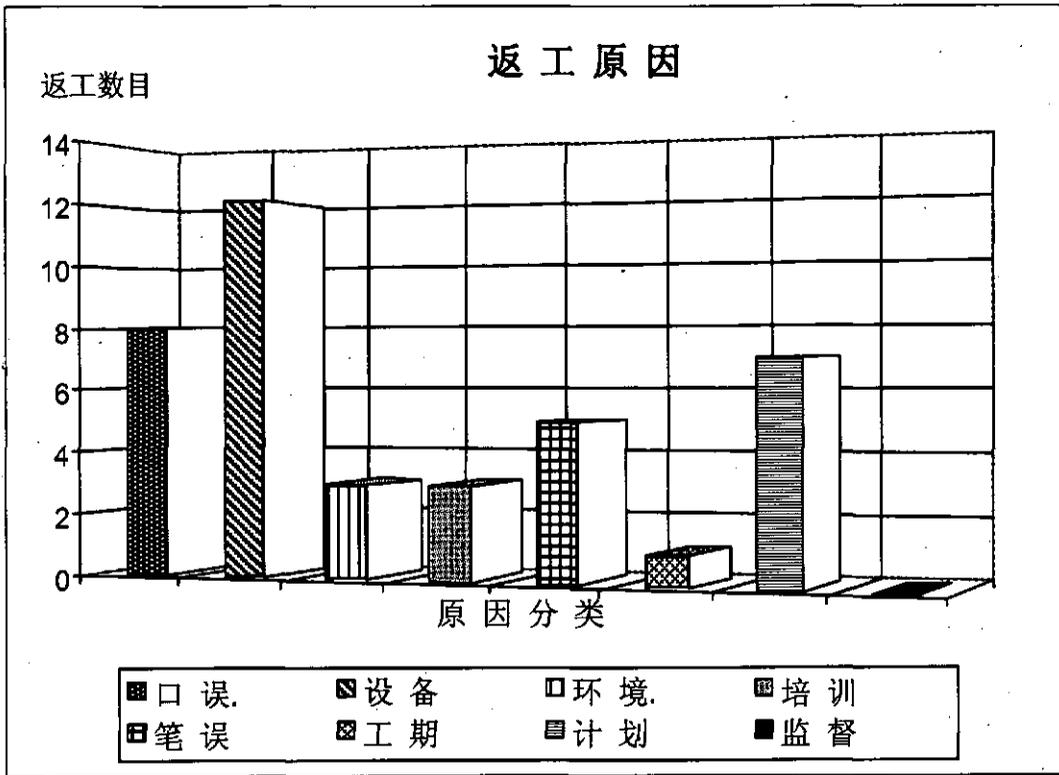
文字交流
工作进度
工作计划
管理方法

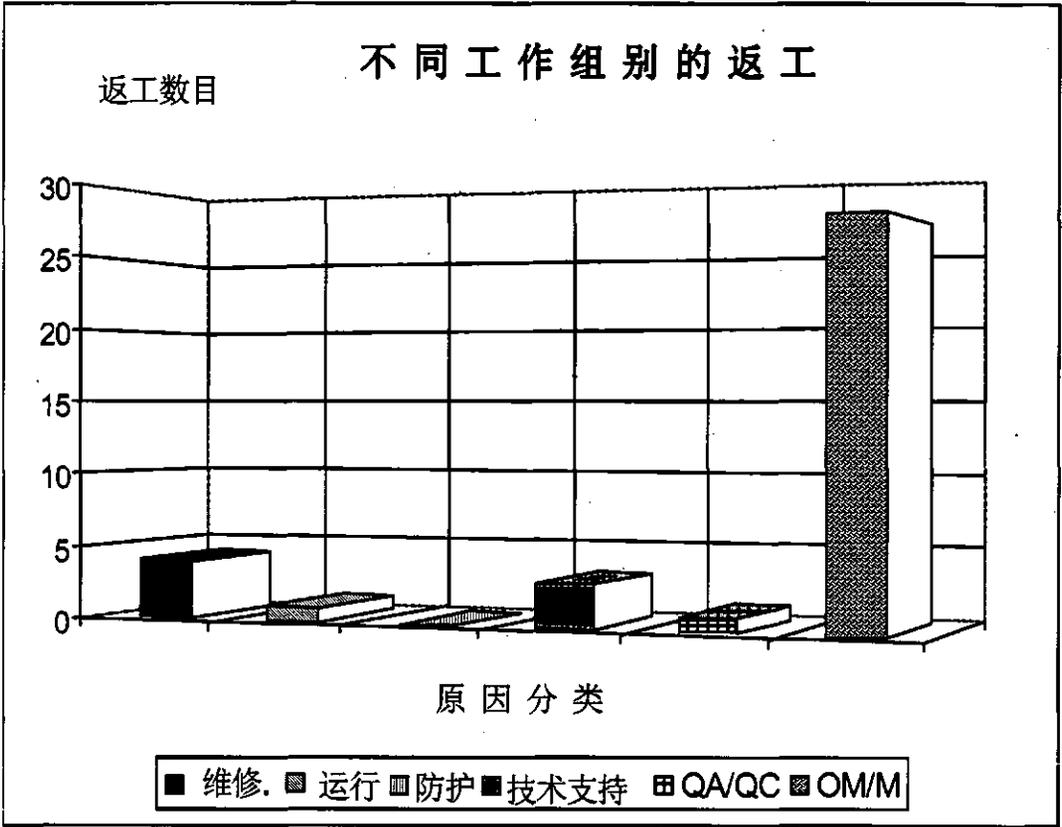
初始工作的辐射剂量: _____人·mSv

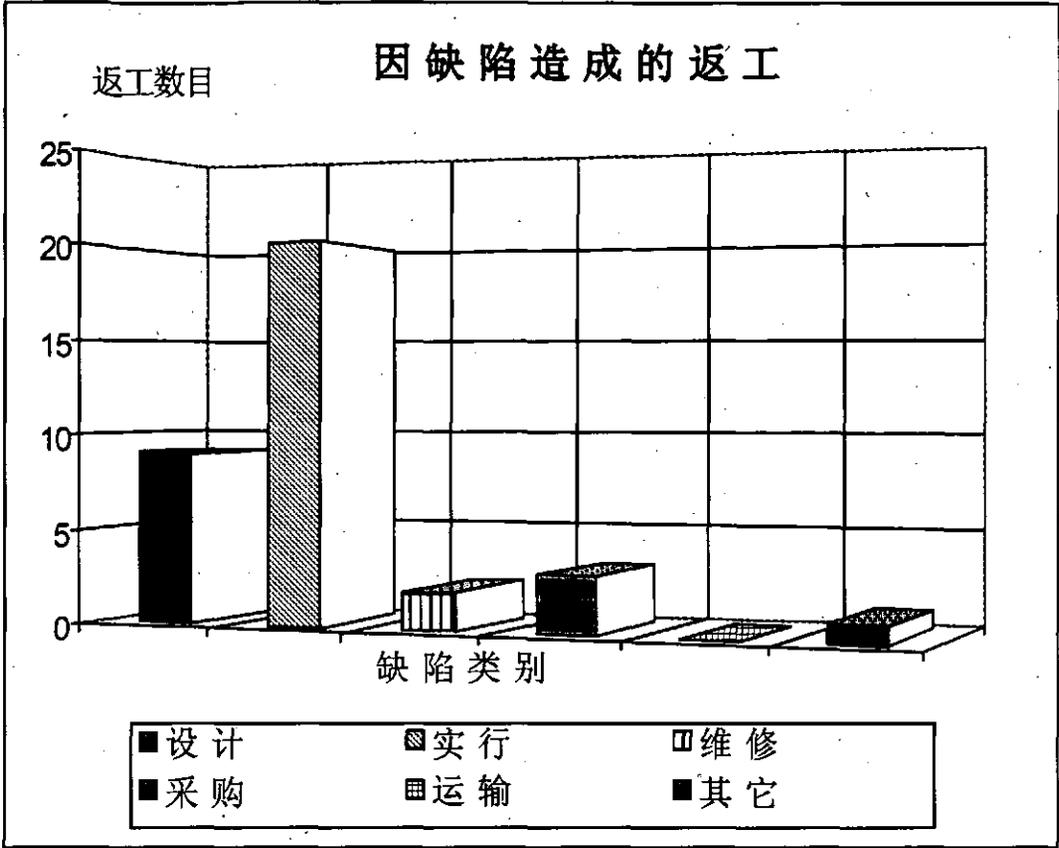
返工的辐射剂量: _____人·mSv

纠正行动: _____

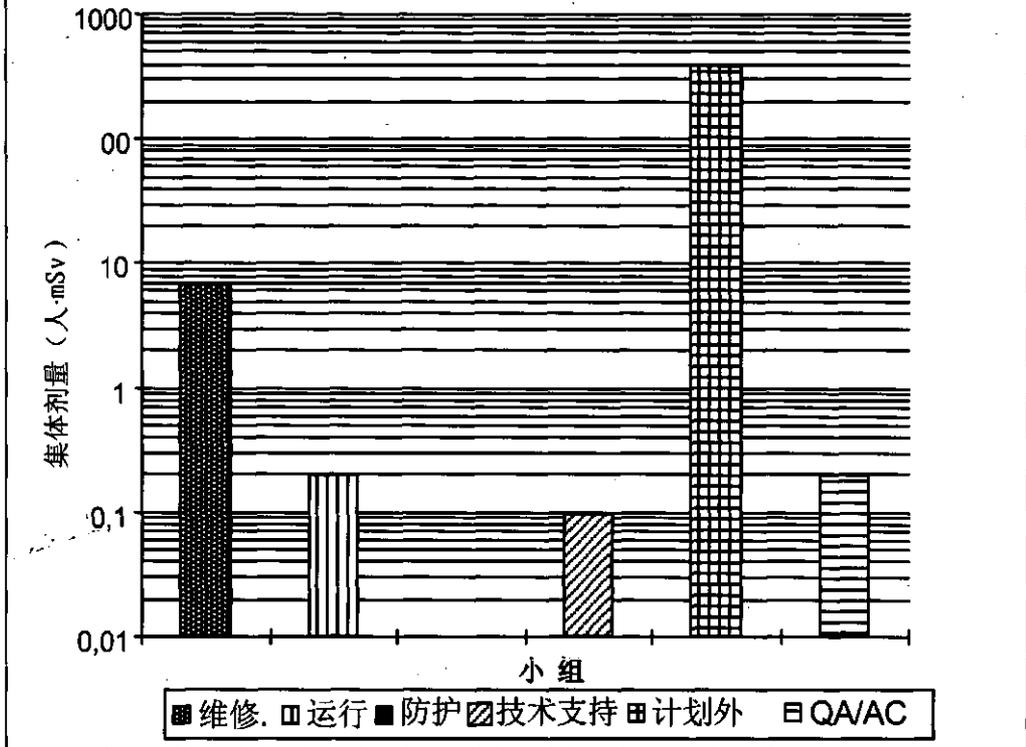
5. 结果







返工剂量



附录4

时间和动作研究实例

LaSalle核电站（美国）

Commonwealth Edison 公司
ISOE 第二号报告—时间和动作研究

一般介绍:

美国

LaSalle - 1&2 - BWR/5 - 第4燃料周期

联系人: Shane Marik 经 Paul Nottingham

电话: 815-357-6761 X-2234

传真: 815-357-6761 X-2268

地址: LaSalle核电站

化学

2601 N 21st RD

Marseilles, IL6134-9757

工作描述:

工作日期: 1992年

新近从反应堆中移出的具有高放射性水平的控制棒驱动机构(CRD), 准备对其进行分解和复装。从辐射防护角度看, CRD拆卸程序是一个工作量大、复杂且费时的过程。CRD拆卸通常要用两个人。

工作管理实践描述:

控制棒驱动机构拆卸过程的时间和动作研究, 其目的在于评价程序执行中和实现目标中所采用的技术方法, 此项研究将改进此工作过程的整体有效性。

此项研究亦可覆盖其他方面, 例如: 作业现场的设计, 作业方法的改进研究, 时间标准的制定, 劳动力费用预估, 有效工具的研制, 恰当设备的选择, 工作人员的培训和管理人员关于方法学的培训。

剂量数据:

	无工作管理实践	有工作管理实践
集体剂量		
工作15分钟	0.78 mSv (78 mrem)	0.40 mSv (40 mrem)
程序计划工作耗时(秒)		
工人A	1779	1136
工人B	1779	778
实际工作耗时比		
工人A	47%	70%
工人B	32%	63%

对照射和辐射防护措施的评述:

附件A: 时间和动作研究 CRD092-001

附件评述: 无

小 结

此项时间和动作研究已确认有五个方面与拆卸控制棒驱动机构(CRD)技术方法相关联。在完成时间和动作研究之后,估计拆卸过程的效率将比在录像带所演示的提高45%。时间和动作研究是技术方法的研究,通过改进技术方法改进了执行动作并缩短了执行所需的时间。相关的第一点是作业现场及其组织。第二,CRD的复装罐的设计需要改进。第三,通讯交流在此项工作中是关键并需要改进。第四,从对录像带的研究中发现CRD的搬运的改进是根本性的。第五,用于规范拆卸方法的程序需要修订。

作业现场的布置需要变动以使之更有效。首先,建议将工具架交叉置在罐中,这样工具就由一弹性装置悬挂在与眼睛同高度。这将形成一个工作习惯,即工作人员将本能地知道工具在什么位置。其次,供气管应垂直导入工具架,可为呼吸用供气管线和气动工具供气。

发现CRD复装罐是一个低效率的根源。建议开发一个系统以收回掉入罐中的零件和工具。

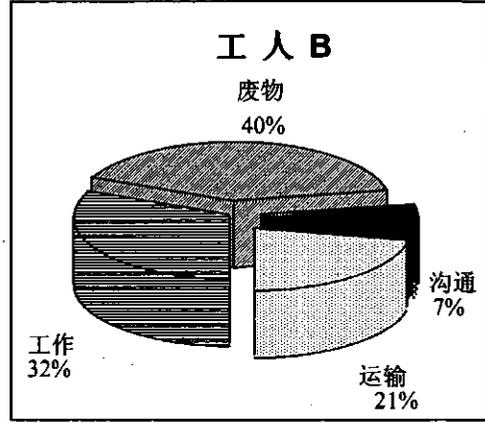
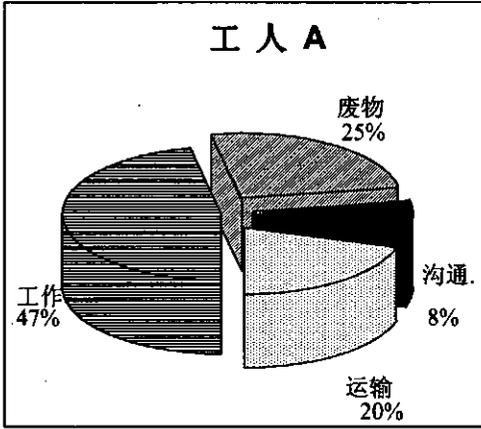
对录像带的研究表明,通讯交流是需要的并应使用改进的通讯器具。

在复装罐中,CRD的移动是手动的,这引发了两个严重问题。第一,工人们抬起或转动CRD时的操作将增大他们受到的照射。第二,个人搬运或转动CRD时有严重的人身安全问题。一个重新设计的带有机械起吊和转动装置的复装罐将降低受到的照射和在抬走或转动CRD时的伤害风险。在原有的程序中,这些操作被写成是一个人的工作。我们使用两个人试图加速拆卸过程。这就产生了混淆:谁来做下一步操作,因为程序是按步骤一步一步编写的。因此需要重新编写一份由两人完成拆卸任务的工作程序。

作为结论,通过重新布置作业现场,重新设计复装罐,满足了通讯交流的需要,让工人们使用起吊和转动器具以及重新编写程序,Commonwealth Edison公司在好几个方面获得益处。首先,通过更快的操作过程节省了劳动力成本。其次,通过解决安全问题降低了伤害风险。第三,新的更快的过程减少了工作人员的受照剂量。总体上,CRD拆卸过程将较原先计划改进45%。

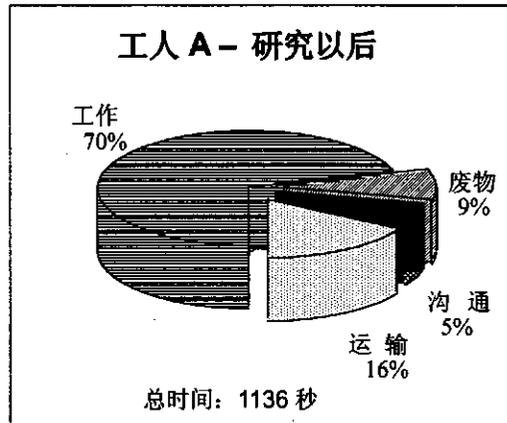
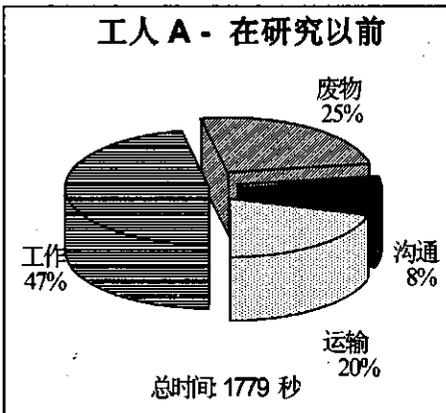
这些建议意见形成题为“时间和动作研究”#CRD92-001的文件。

时间与活动

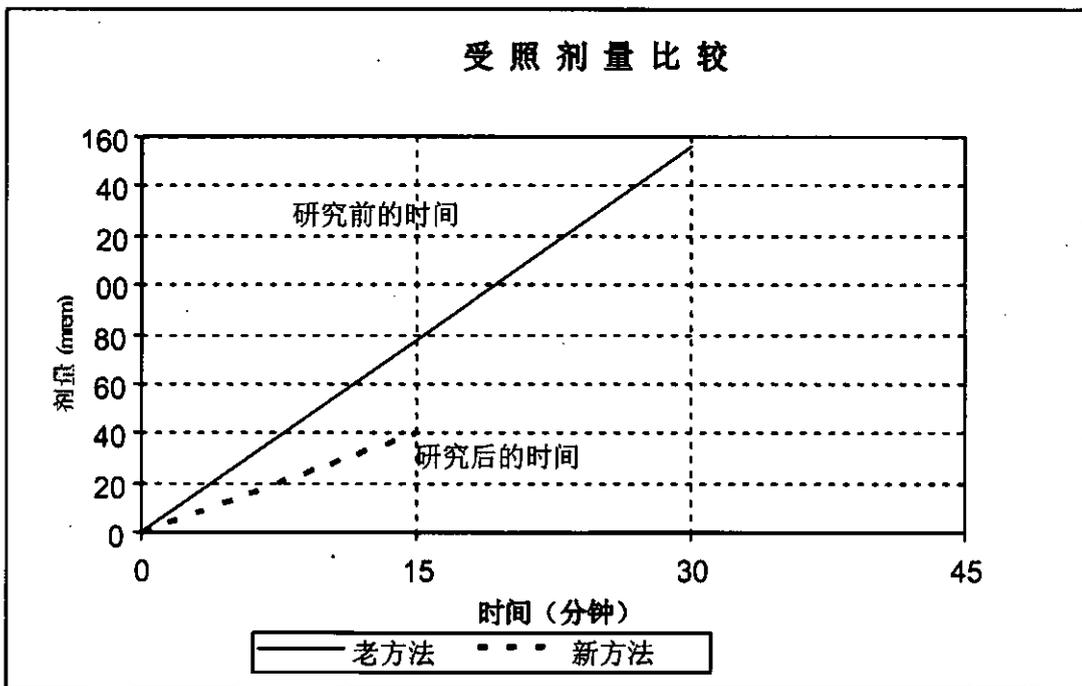
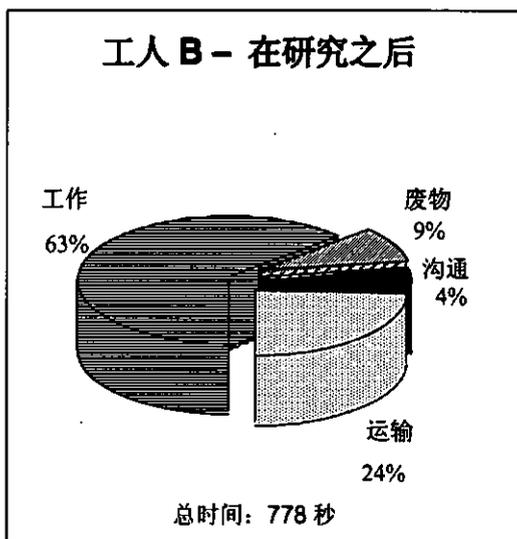
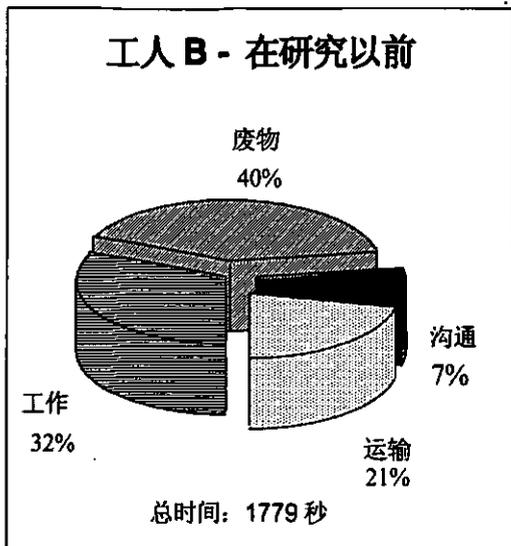


总时间: 1779秒
CRD 拆卸

工人A



工人B



附录5

“归一化”剂量分析实例

法国

通常，当工作人员不得不在一高剂量率环境下进行作业时才考虑剂量率的影响。在这种情况下，大家都知道高剂量率带来的紧张能够影响工作人员的工作能力。对于这样的运行维修活动，工作人员应该接受一项专门培训以降低剂量率对维修活动中技术能力的影响。对某些特定运行维修活动相关的反馈数据的分析给出另外一种被称之为“松懈”的影响：当在不同的辐射条件下进行相同的运行维修活动时，在较低的环境剂量率下，完成工作所花费的时间却比较长。

作为一个例子，法国17个核电机组在1984至1988年间进行了余热排除系统热交换器的机械维修工作，这些维修几乎是由同一组人完成的，对于这些维修活动相关的集体剂量的分析清楚地揭示了此类行为特性。未参考任何相关的剂量率，集体剂量的趋势表明：从第八次此类维修活动集体剂量开始变化不大，而最后七次维修活动的集体剂量均约为50 人·mSv。但是，这些维修活动是在不同的环境剂量率条件下完成的。为了对与这些维修活动相关的受照剂量进行真正的比较，集体剂量则必须相对于相同的环境剂量率值(即归一化的集体剂量)。这样，显而易见，最后七次维修活动的归一化的集体剂量的变化范围很大。(见图1)

比较用环境剂量率水平进行归一化的总集体剂量(事实上，归一化集体剂量表示受照时间水平)，揭示出剂量率水平与受照工作时间之间的反比例关系，这就如图2所示。特别是对于最后一次维修活动，当时，预计工作人员约接受50 人·mSv的集体剂量。这样，只要他们未达到50 人·mSv水平，他们并不真正关心受照水平，而是考虑他们仍有一些“剂量余额”可用。

这一类结果表明：在每件工作之前，为了估计集体剂量，需要考虑实际的环境剂量率，而且，在工作开始之前工作人员和保健物理人员都需要适当的信息数据。

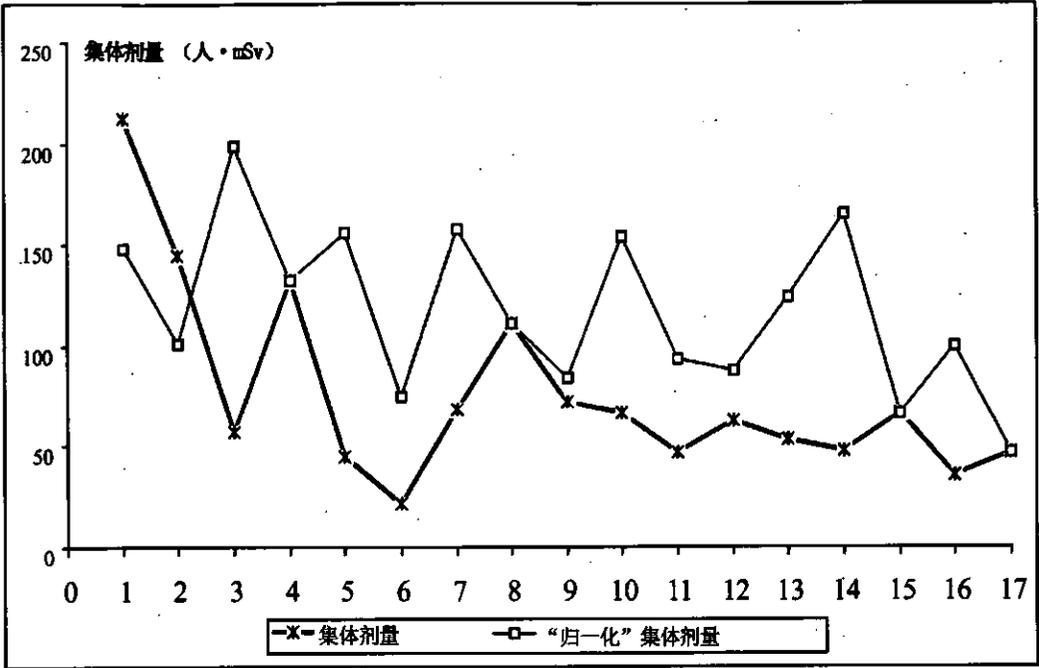
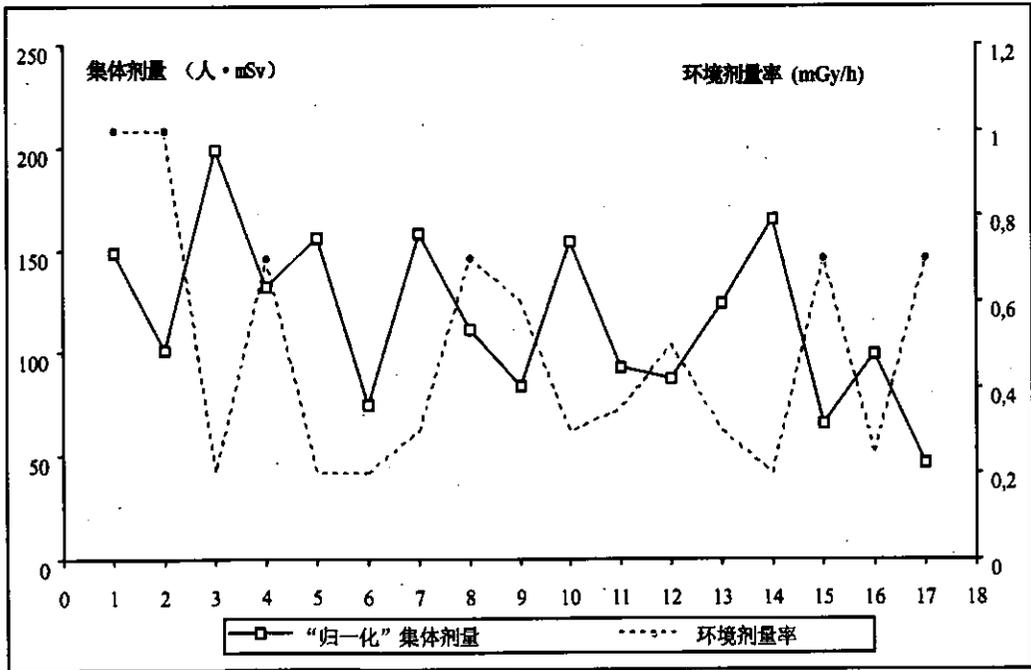


图 1



附录6

降低照射计划

美国

Pennsylvania Power and Light公司, Susquehanna核电站编制了一份年度项目清单以降低未来数年间的职业受照剂量。这里, 给出的是一份此类表格的例子。除了每个项目估计将减少的集体剂量人·Sv外, 还列出了项目的成本、进度安排及负责单位等。

项目编号	项目描述	估计每年减少的人·雷姆	成本	进度安排
94-002	为减少照射使用摄像机进行调查		人力	1995年4月
94-009	工作文件包中巡测图片的更新、升级	0.2~0.3	10万	1994年3月
94-016	降低建造作业辅助脚手架的抗震要求的评估	1~2(可能性)	人力	
94-010	编制技术规范以使阴影屏蔽对安全屏障的时间和剂量影响。		人力	1995年3月
94-022	实施除盐器底部修改-U2	3	61.2万/项	1995年3月
94-024	研究1克 ⁶⁰ Co释入反应堆压力容器的剂量负担	N/A	人力	
94-025	编制可能成为钴的重大贡献源的阀门清单	N/A	人力	1995年4月
95-002	冲洗喷射泵Jet Pump仪表(N8)喷嘴	5~10	1~1.5(万)	U18R10 U28R110
95-003	研究MDV快速断开的改造	4~5		正在进行
95-004	评价在干井中看火人的替换使用(摄像机, 使用HP rover)	0.5~0.6		1995年4月
95-005	以“磁性”树脂U-T更换除盐床		14万	1995年4月
95-006	评价LRW过滤器的就地清洗	3.5	710万	

主办者	负责单位	参考	实施机制	评述意见/状态
保健物理 (HP) (组长)	保健物理 (HP) 维修 (MT)	EAC同行比较报告 EAC#93-003, 92030 92010		监测结果2分析, 组成-CPIP 组
维修 (MT) 保健物理 (HP)		INPO/MGMT/培训		已结束, 将被结合进NIMS辐 射防护模块
维修 (MT)		SACMeg 1993年9月16日		EWR或408029
维修 (MT) 保健物理 (HP)		作业后报告	TSR	U1/U2 DW及RHR已完成, 剩余 的将逐项评价
化学 (CHEM)		5年计划	DCP93-3080	完成
保健物理 (HP)		源项降低计划		已结束, 后续行动将在94- 026钴降低计划中跟踪
维修 (MT)		源项降低计划		
维修 (MT) (ISI- 在役检 查)			RPV94-014 初步研究不 合适	已结束, 确定为不可用
维修MT		E&S评述	DCP: 94-9901	已结束
维修MT (E&S)		同行比较报告	NDAP-OA-OAC PCAP	完成
化学 (CHEM)		化学计划	树脂规范 PPR&OPS	已结束, 由于表面的影响将 不能被采用
化学 (CHEM)		EAC94-005		待对凝结过滤作出决策

附录7

良好实践信息单

法国

	ALARA	
good practice information sheet		
OPTIMISATION OF THE INSTALLATION AND REMOVAL OF THERMOCOUPLE COLUMNS TIGHTENING AND LOOSENING TOOLING FOR CONOSEAL JOINT		
DOSIMETRIC SAVING: 2.5 mSv per shutdown		
COST OF INVESTMENT: Screwdriving machinery + control panel: 149,000 F 1992 / plant		
UPDATED AVERAGE COST PER INTERVENTION: 13,600 F 1992 (over 5 years)		
DESCRIPTION OF PROCEDURE		
TOOLS TO ENABLE:		
<ul style="list-style-type: none">● pre-tightening of the 6 CONOSEAL joint compression screws● loosening of the 6 screws during removal		
NB: a part can be added during screw loosening to facilitate screw braking		
ADVANTAGES:		
<ul style="list-style-type: none">● simplicity of use● substantial time-saving, in particular when the screw-braking device is used (2h30 per shutdown in a high dosimetric atmosphere)● simultaneous tightening of the 6 screws (uniform pressure on the joint ensures that the column remains vertical)● reduction in number of personnel (1 rather than the previous 2)		



ALARA



good practice information sheet

OPTIMISATION OF OPENING/CLOSING OF INSPECTION COVERS ON CONTROL ROD ASSEMBLY MECHANISM VENTILATION DUCTS

DOSIMETRIC SAVING : 9.2 mSv per inspection (4 covers)

COST OF INVESTMENT : 40,000 F 1992 / unit

UPDATED AVERAGE COST PER INTERVENTION : 4,100 F 1992 (over 20 years)

DESCRIPTION OF PROCEDURE

The time for assembly/disassembly of the ventilation duct inspection covers involves the unscrewing of 16 screws per cover.

The modification involves drilling a hole in the existing covers, plugged by an autoclave system enabling rapid opening and closing of the covers.

ADVANTAGES :

- notable time-saving (approximately 3 hours per inspection)
- reduction in number of personnel

附件 1

参考文献

- ALDRIDGE, T.L. *et al.* (1994) "CO₂ Pellet Decontamination technology at Westinghouse Hanford", pages 10-5 in *Proceedings, Third International Workshop on Implementation of ALARA at Nuclear Power Plants* (U.S. Nuclear Regulatory Commission and Brookhaven National Laboratory, Hauppauge Long Island, New York).
- CFR (1993), *Code of Federal Regulations*, Energy 10, parts 0 to 50, revised as of January 1, 1993, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- COOL, D.A. (1995), "The future of ALARA", pages 3 to 5 in *Proceedings of the Third International Workshop on Implementation of ALARA at Nuclear Power Reactors*, held at Hauppague, New York, on 8 to 11 May 1994, Khan, T.A., compiler, NUREG/CP-0143, BNL-NUREG-53449, National Technical Information Services, Springfield, Virginia.
- CUNNINGHAM, R.E. and MCKENNEY, C.A. (1993) "Radiation Protection Optimisation Through Regulation: A Viewpoint from the Americas", in Session IV of the *Fourth European Scientific Seminar on Radiation Protection Optimisation*, held at Luxembourg on 20 to 22 April 1993 (Commission of European Communities, Luxembourg).
- EDF, Electricité de France (1993), Comité de Radioprotection, Groupe de coordination en radioprotection, *La radioprotection à EDF - orientation et objectifs*, Paris.
- ICRP (1977), International Commission on Radiological Protection, *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 26, Pergamon Press, New York.
- ICRP (1990), International Commission on Radiological Protection, *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 60, Pergamon Press, New York.
- JONES, S. L. and WHITE, J.R. (1994), "Mobile Robotics Application in the Nuclear Industry", pages 11-1 in *Proceedings, Third International Workshop on Implementation of ALARA at Nuclear Power Plants* (U.S. Nuclear Regulatory Commission and Brookhaven National Laboratory, Hauppague Long Island, New York).
- KANEKO, M. (1995) "Chemical Decontamination Experiences at Commercial Nuclear Power Plants in Japan", in *Second ISOE Topical Session - Electronic Dosimetry and Chemical Decontamination*, Paris, November 1995.
- MILLER, D.W., WYATT, K. (1992), "ALARA Awareness and Incentives" in *Proceedings, 1992 Radiation Exposure Management Seminar* (Westinghouse Radiation Engineering and Analysis, Nuclear & Advanced Technology Division).
- NEWMAN, J. (1992) "Experience in Developing a Plant Image Data Base" in *Proceedings, 1992, Radiation Exposure Management Seminar*, 10 CFR 20, 56 FR 23361, May 21, 1991 (U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.).
- OECD-NEA (1995), Committee on radiation Protection and Public Health, ISOE Steering Group, *Second ISOE Topical Session - Electronic Dosimetry and Chemical Decontamination*, Paris 8-9 November 1995.

- OWEN, D.E. (1992) "Advanced Imaging Tools for Nuclear Power Plant Operation and Maintenance" in Session 5 of *Radiation Exposure Management*, Proceedings of a seminar held at Pittsburgh, Pennsylvania on 4 to 7 October 1992 (Westinghouse Electric Corp., Pittsburgh, Pennsylvania).
- SCHIEBER, C. (CEPN) and VIKTORSSON, C. (SSI) (1994) "Occupational Dose Reduction at Nuclear Installations through Work Management and ALARA/ENC_94", Congress in Lyon 961004.
- SCHIEBER, C. (September 1994), "Optimisation de la radioprotection et organisation du travail", in *Rapport CEPN R-227*.
- SCHIEBER, C. (September 1994a), "Equipements de protection individuelle en milieu nucléaire : impact sur les temps d'exposition", in *Rapport CEPN R-226*.
- SWANTESSON, I. (1995), "Chemical Decontamination in Sweden", in *Second ISOE Topical Session - Electronic Dosimetry and Chemical Decontamination*, Paris, 8-9 November 1995.
- WAHLSTRÖM, B. (1995), "Radiological Aspects of a Full-System Decontamination of Loviisa 2 PWR", in *Second ISOE Topical Session - Electronic Dosimetry and Chemical Decontamination*, Paris, 8-9 November 1995.
- WOOD, C.J. (1994), "Recent Developments in Chemical Decontamination Technology", C.J. Wood, pages 10-1 in *Proceedings, Third International Workshop on Implementation of ALARA at Nuclear Power Plants* (U.S. Nuclear Regulatory Commission and Brookhaven National Laboratory, Hauppauge Long Island, New York).

附件 2

相关读物

- ALARA bei Planung und Betrieb von Kernkraftwerken/ atw 40.Jg. 1995 Heft 1 Januar by D. Mertin/RWE, M Holl/Muhlheim Kerlich, P. Jung/Phillipsburg, W. Beutele/ Neckarwestheim, L. Bergemann/Gundremmingen, HP Kapteinat/VGB
- BNLAU (1994), "Introduction to ACE and ACEFAX" pages 19-20 in *BNL ALARA Notes* Number 10 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.).
- BWR Owner's Group (1994), BWR Owner's Group, Radiation Protection ALARA Committee. Meeting Minutes, December 1994.
- FRC (1960), Federal Radiation Council, "Radiation Protection Guidance for Federal Agencies", Federal Register, FR211-212, May 18, 1960 (U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.).
- GRIFFON-FOUCO and EDF Blayais NPP (1994), "Occupational RP in NPPs towards a Management Approach/ENC_94", Congress in Lyon 961004.
- HEALTH AND SAFETY COMMISSION (1985), "The protection of persons against ionising radiation arising from any work activity", *The Ionising Radiations Regulations 1985*, Approved Code of Practice L58, ISBN 0 7176 0745 3.
- HEALTH AND SAFETY COMMISSION (1991), "Dose limitation - restriction of exposure, Additional guidance on regulation 6 of *The Ionising Radiations Regulations 1985*", Approved Code of Practice Part 4, , ISBN 0 11 885605 7.
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (1992), "A Framework for the Restriction of Occupational Exposure to Ionising Radiation", HS(G) 91, ISBN 0 11 886324 X.
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (October 1993), "Successful Health and Safety Management" (fourth impression), HS(G) 65, ISBN 0 7176 0425X,.
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (1996), "Managing for Safety at Nuclear Installations", ISBN 0 7176 1185 X.
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (1992), "Safety Assessment Principles for Nuclear Plants", ISBN 0 11 882043 5.
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (1992), "The Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations" (Revised), ISBN 0 11 886369.
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, "The Public Inquiry into the Piper Alpha Disaster", ISBN 0 10 113102.
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, "A guide to the Offshore Installations (Safety Case) Regulations 1992", ISBN 0 11 882055 9.
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, "Successful Health and Safety Management", ISBN 0 11 885988 9
- HENRY, H.G. and REILLY, B.P. (1994), "Use of Mock-up Training to Reduce Personnel Exposure at the North Anna Unit 1 Steam Generator Replacement Project", pages 8A-1 in *Proceedings, Third International Workshop on Implementation of ALARA at Nuclear Power Plants* (U.S. Nuclear Regulatory Commission

- and Brookhaven National Laboratory, Hauppauge Long Island, New York).
- HMSO (1985), "Ionising Radiation Regulations", *Statutory Instrument 1985 No 1333*, ISBN 0 11 057333 1.
- JONES, G.T. (1993), Private Communications, Pennsylvania Power & Light Company, 1993.
- LAZO, E. (1994)m "Progress Report on the Management of the NEA ISO System", pages 4-5 in *Proceedings, Third International Workshop on Implementation of ALARA at Nuclear Power Plants* (U.S. Nuclear Regulatory Commission and Brookhaven National Laboratory, Hauppauge Long Island, New York).
- LEE, R. (1994), "The effects of respiratory protection on worker efficiency", in *Radiation Protection Management*, No 5, pages 55-58.
- LEWIS, L., and FOX, J. (1988), "A Maintenance ALARA Planning Flowchart", *Radiation Protection Management*, 5, 55-58.
- NRC (1991), *Standards for Protection Against Radiation*, 10 CFR 20, 56 FR 23361, May 21, 1991, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- NRC (1994), 10 CFR 20, *Standards for Protection Against Radiation*, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- RACABOY, A. (1994), "ALARA Planning and Interventions", pages 6-2 in *Proceedings, Third International Workshop on Implementation of ALARA at Nuclear Power Plants* (U.S. Nuclear Regulatory Commission and Brookhaven National Laboratory, Hauppauge Long Island, New York).
- SHYMANSKI, M.J. (1995), Private Communications, Pennsylvania Power & Light Company, 1993.
- WEBB, G.A.M. (1993), "Optimisation of Radiological Protection: A developing way of thinking", in Session I of the *Fourth European Scientific Seminar on Radiation Protection Optimisation*, held at Luxembourg on 20 to 22 April 1993 (Commission of European Communities, Luxembourg).

附件 3

工作管理在海洋石油行业中的应用

—引自核能机构 (NEA) 关于节省大修费用、工期和剂量的工作管理与良好实践专题研讨会

巴黎，1995年5月

在编写本篇关于工作管理良好实践的报告时参考了NEA组织的同名专题研讨会的有关资料内容，此次专题研讨会是1995年11月在经济合作与发展组织巴黎总部召开的，出席此次会议的人员名单见附件四。会上一篇来自健康与安全执行局(HSE)海洋石油工业安全处(DSD)G. A. Blackmore先生的论文介绍了有关在海洋石油行业中应用工作管理的良好实践，这篇论文有助于与会者编制在其他工业领域里应用工作管理方法的文件。以下是这篇论文的全文。

1. 引言

此次大会曾邀请健康与安全执行局(HSE)海洋石油工业安全处(OSD)的发言人介绍有关工作管理在海洋石油行业的应用，本文是这次情况介绍的发言稿。在准备此次发言稿时作者曾考虑过多种选择，最后的选择是评论ISOE专家组关于OSD评价海洋石油行业管理工作及有关相似点与不同点的报告。作者完全同意有些内容并不反映核电行业的情况，请读者略过。作者相信这样做的好处是使读者能够发现从海洋石油行业中获得的实践经验、知识或思维方式可在核电行业里进行拓展和应用。这种观点已得到大会组织者的认可。

2. 背景

1986年发生了Piper Alpha惨剧，在这次事故中，海洋石油平台完全被摧毁，167人丧生，这是一起工业界完全没有预料到的事故。从公众对事故的质询而引出了含有一百零六条建议的Cullen报告，最后形成了新的安全管理模式。按照新的管理模式，要求海洋石油装置负责人提交安全报告，该报告应以大量篇幅说明其安全管理体系的完备性。

在已提交的二百多份安全报告中包含了固定式和移动式装置。较大的装置包括直升机场、船舶供应基地、旅店和抽取、处理及向岸上泵送碳氢化合物的设备。

提交安全报告的公司包括一些大的跨国公司，如Shell、Elf，以及只拥有单个平台装置的英国小公司。然而这些公司只雇用了大约20%的在英国大陆架(UKCS)工作的人员，其余的都是由承包商雇用的。

3. OSD的评审方法

OSD根据一项包含十八个单元的准则评价了海洋石油工业安全报告中的安全管理体系，符合HSE的文件“成功的健康与安全管理”中的模型。为了简化起见，作者只列出了对相关单元所做的评价，另外提供了关于海洋石油行业管理和工作实践方面的情况。

4. 评审结果

4.1 有关工作安排的政策和目标

在英国大陆架(UKCS)从事工作的各公司均各有一份由其最高管理层签署的安全政策，以表明他们的安全承诺。而在其他的政策说明中阐述了其他活动的目的，如运行和维修管理的政策说明。海洋石油行业的管理人员认为这些政策说明是一种十分重要交流的手段。只有有效地将这些具体的政策内容传达到位，才能使进行具体操作的人员明白每项操作的意义，而不只是单单按规程操作。

总的健康与安全政策说明常常指出需要主要的承包商参与编写的这些政策和目标文件。目前英国正在开展一项称为CRINE(Cost Reduction In New Era, 节省费用新纪元)的运动，其目标是节省费用30%。CRINE运动正致力于最大限度地利用英国的可再生资源，提高英国供应商的竞争力并且尽可能高地维持英国的就业水平。此项运动带动了称为“利益共享联盟”活动的开展。这个所谓联盟的成员是某一特定项目的主要承包商、供货商和业主，他们共同承担该项目的利益和财务风险。如果其成员中某一些承包商能够降低他那部分的项目开支，则所有成员作为一个整体将共享这一成果。但是反过来讲，如果该项目的建设超时或超支，则所有成员也将共同承担损失。这种做法增加了彼此间的协作关系。

海洋石油行业与核电行业的相似之处是较高的现场工作费用。海上作业的费用比陆上作业的费用要高很多，就像核电行业中的控制区作业费用高于非控制区作业费用那样，通过在陆上建造和调试大型平台的方法已使海洋石油行业成功地减少了代价昂贵的海上作业的工作量。目前这类平台的重量最重可达一万吨。

ISOE报告的政策部分清楚地表明管理层应对ALARA原则做出承诺，该报告还阐明对核电行业来说，降低辐射剂量是其关键目标之一。而在海洋石油行业中，我们既找不到

任何象辐射剂量那样可测量的东西，也不能直接地判断风险的大小，因此我们只能寻求一些间接的行为指标用来改善现场活动的管理和控制。显而易见的行为指标是关键安全设备检修工作的积压量，其他一些不那么明显的行为指标有对工作现场的检查次数、现场会的次数和效果以及高层管理人员视察平台的次数。有一家海洋石油公司为其承包商设定了以下的指标：

- 陆上承包商经理人员必须一年两次向海上平台经理提交安全评价报告；
- 陆上承包商经理人员必须每月到海上平台报告主要合同的完成情况；
- 承包商的代表必须及时向海上平台经理反馈有关事故的分析与纠正行动要点。

海洋石油行业的管理人士承认行为指标的改善并不意味着就一定能够降低风险，但是他们相信可以逐步改善管理。引用ISOE报告中的例子，该报告中7.4节介绍由于增加了大修主要相关负责人的电话号码，使得Clinton站的信息交流有所改善。在关于海洋石油行业的文章里讲到有些公司打算将这类电话的数量和电话号码作为检验通讯系统是否有效的指标。

ISOE工作组希望考虑类似的间接指标对核电行业的工作改进是否有用，如高层管理人员出席ALARA委员会会议的次数、事件调查的响应时间等。

4.2 组织机构和责任

近几年，大的海洋石油公司经历了很大规模的机构调整。将管理的部门划小，有更多的行为检查，更注意责任和经营的过程不再只是注意部门的职能。有些公司的技术人员从职能部门转到运行部门工作，这使专业技术力量分散了而运行标准也分细了。这样做的好处是能够更清楚地划分问题的归属。

在ISOE报告中，值得注意的是在第7章的工作执行中首先谈到辐射防护人员的作用，然后谈到工作负责人的作用。文章列举了离线监控的例子，第7章第2节谈到辐射防护工作人员跟踪某项特殊操作，或者在工作开始前必须得到辐射防护工作人员的签字认可。另一个例子是第5章第3节讲到整体计划时说，主要的目的是使检修计划人员而不是辐射防护人员负责将辐射防护工作计划纳入具体的操作步骤中去。

将以上所讲的内容与海洋石油行业的情况进行比较十分有益。过去许多石油公司都设有安全技术员岗位，该岗位人员负责监督操作的完成、提出建议和推动安全工作，然而现在这些公司已取消了这类岗位，只由在线管理人员全权负责安全工作。这说明这些公司对安全工作过于放任，而且在线的管理人员也并不具备多少安全工作的专业知识。

第5章第3节讲了工作计划人员办公地点的重要性，对此有人有不同观点，认为各个部门的地点分布同等重要。在海洋石油行业中，人们已经认识到支持部门与一线部门之

间的良好沟通十分重要。例如，公司可将属于不同雇主的设计人员调出设计室，集中参与建造过程以及其后的运行调试过程，其目的就是要将人员集中到现场。另一个例子是公司委派所谓的区域负责人在运行和停机期间监控所在区域的活动，运用他们的有关该区域及其活动的知识减少工作重叠和防止出现矛盾。另外，他们还负有发现和解决该区域缺陷的责任。

ISOE报告承认组织机构内良好沟通的重要性。最近又认为需要最高层管理人员参与组织的各级活动，例如定期参加设计审查会和现场讨论会，并参加安全会议和安全检查活动。

可能因为质量保证是核设施安全管理的一个主要部分，所以ISOE报告中没有提到对技术变更的控制。然而对海洋石油行业的安全问题来说，提到了对技术变更的控制，应指出的是，不考虑对组织变动的控制和评审而只考虑对人员更替的控制和评审，有较大的风险隐患。

4.3 工作人员的参与

ISOE报告比海洋石油工业的安全报告更加注重和强调工作人员的参与。该报告明确指出应教育员工超越基本技能和专业技能的范畴去理解ALARA的概念。然而在许多领域，海洋石油行业的管理人员对工作人员参与安全事务所能取得的成果持悲观态度。在有些公司里，对工作人员的这种参与逐渐形成的一种观点是：“你能够把马牵到河里，但你却不能逼它饮水。”出现这种观点的原因是公司对其工作人员参与安全工作并没有给与充分的鼓励。过去有些公司，特别是那些建筑安装公司，其业务并不对雇员公开，这使得雇员们认为如果表达太多的不同意见就有被解雇的可能。现在这类情形已越来越少了，但在那些合同工人的心里可能仍然存在，这将妨碍员工参与安全工作。虽然较先进的英国海洋石油行业人士认为他们已经尽了最大努力使员工参与安全工作，但是一项评价安全立法有效性的研究报告指出：总的来说，管理人员并没有能够完全使员工知晓哪些属于安全问题。出现这种情况的原因之一是安全问题的复杂性以及将工作人员的日常行为与设施安全联系的困难。

ISOE报告正文中没有讲明管理人员如何保证使工作人员，特别是承包商人员能够畅所欲言。在海洋石油行业中，有一家公司使用了计算机网络会议系统，使经理与安全代表能够进行不确认身份的对话。在另一家公司，为了解工作人员的想法，管理人员发放了大量的征求意见表，但是出乎意料的是并没有多少积极的回应。

海洋石油工业安全的法规要求设立设施安全委员会并定期召开会议。工作人员分成几个人数一定的选举小组，安全委员会的代表通过选举的方式产生。包括所有承包商在

内的每位在平台设施工作的人员，不论其工作期限的长短，都有参加这种选举的权力。有的公司则做得更好，安排来自几个不同平台设施的安全代表出席安全委员会的会议。

在第7章第4节中引用了回答是或否来进行ALARA工作评价的方法。大多数人认为这种方法有变得过于机械的危险。有一家海洋石油公司使用现场危险标识卡，以图形标示危险和风险的所在，并且要求工作人员定量分析一旦出现异常时各种危险情况可能导致的预期后果。这种做法在提高风险意识方面是成功的，它或许也可以在核电行业的估计预期剂量方面得到应用。运用这种做法可为完成第7章附录5中的失误分析做前期准备。

最后要说的是，人们在探讨工作人员参与安全工作的安全问题时不可能不考虑海洋石油行业与核电行业之间工作安排的差异。在大多数钻井平台上，工作人员和管理人员每天工作12小时，连续当班工作两周，然后回岸上休息两周。很明显，这将影响到人们的工作。例如，在当班工作期间虽然有较多的机会与人相处，但是却存在着更大的增加困惑的可能，这主要因为有被窥探隐私的压力和与家人分隔的痛苦。只简单地将人员组合到一起并不一定能构成一个完整的组织，这一点是十分清楚的。在一项涉及同属一家公司的两座钻井平台的安全监查中发现，两座平台之间管理作风的不同导致二者工作人员与管理人员合作程度的巨大差异。虽然各海洋石油公司认识到管理的作风对安全有很大的影响，但却没有几家公司监查这方面的情况。

4.4 控制风险的标准和程序

在发生Piper Alpha事故以前，各海洋石油公司使用的都是构成很差的程序和针对已发生的事故而制定的标准。安全法规要求各公司必须评价其运作方式并将管理健康与安全的整套系统就位。根据要求，各公司开展了大量的工作来确定隐患所在，并且用定量风险评价(QRA)方法支持特殊的重大危害风险评价。

虽然现在文件的内容改善了，但是其可读性并没有改善。有证据显示，管理人员和工作人员通常并不知晓整套文件的内容。由于文件内容太多，不可能指望知晓全部内容。

各公司正设法通过不同的途径处理这个问题。有的公司是将文件中各职位或职能部门的所有责任摘录出来。有的公司则是通过现场讨论决定什么地方会出问题，应采取什么行动防止或采取什么行动减小出现问题后的影响；在这里有的还会用到隐患与可操作性研究(NAEOPS)的成果。

第7章第4节引述了如何保存那些与环境及活动相关的剂量记录。海洋石油公司正计划启用人员跟踪系统，主要是为了确定在紧急事态下人员的位置，其次是打算评价风险的大小，后者可能只是为了满足法规的要求以及论证对安全问题所作假设的正确性，不过它肯定对应付紧急情况的出现有益。

在Cullen爵士关于Piper Alpha惨剧的报告中着重论述的工作许可证 (PTW) 的方法已引起广泛关注。石油工业咨询委员会 (OIAC) 已有关于PTW系统的指导性文件, 它包括一套非常有用的评价公司安全工作布置是否恰当的检查表。从简单无风险的喷漆工作到风险度较高的高温操作的广泛领域, 各海洋石油公司一直沿用PTW的方法。通常是使用不同颜色的表格以表示风险程度, 并且所有的表格都经平台经理的签字。在许多公司里, 安全工作的布置比较繁琐, 是工作行政管理的一部分。但是, 使用PTW的方法可以明确工作范围, 划清与其他部门如承包商的相互关系。另外, 它也是协调工作特别是在交接班时协调工作的一个关键所在。

在生产装置上主要关注的问题是碳氢化合物的释放。某公司的一项特殊安全情况调查表明石油钻井平台比几乎所有其他设施更易发生爆炸和大面积火灾。为此, 该公司检查了所有装载碳氢化合物的装置, 尽量减少小口径联接管数目, 如仪表管线联接管(主要的泄漏来源)的数目。该公司还设法通过改进培训、增加检查次数和更换更加可靠的螺栓紧固方法来改善对法兰的控制。

4.5 工作能力和培训

ISOE报告介绍了管理层承诺要有一支具有良好教育背景并经过良好培训的员工队伍, 使他们具备ALARA的专门知识, 而且能够在安全工作中应用ALARA的原则, 即承诺ALARA的原则。当然还要强调团队的整体工作。关于这一方面, 可参考德国人那种大力培训员工并颁发特别证书的做法。

在海洋石油行业中所讲的工作能力是指教育背景、资格鉴定结果、经过的培训和具有的经验。有许多公司, 特别是那些人员变动频繁的承包商公司, 都利用“国家求职资格鉴定”(NVQ)的方法来检验人员的工作能力。NVQ有理论部分和培训部分, 并且通过一套划定范围的试题来考核人员的工作能力。虽然从设施的操作人员到管理人员的许多方面都可以利用NVQ, 但是其实际价值仍然有些值得怀疑的地方。

虽然有些公司利用模拟器训练员工应付高风险的情况, 但是没有一家公司能够做到像第6章所说的那样, 使用一比一的模型训练员工, 然后选出最佳者。

值得一提的是ISOE报告中所讲的“应利用在工作管理和ALARA原则方面的定期再培训来保持员工的良好工作习惯。”而在英国大陆架方面, 除了一些诸如个人救生训练和部分消防训练的特殊训练活动外, 并没有广泛地开展再培训活动。

海洋石油行业越来越重视应急管理的培训。老实讲, 早期的培训通常仅限于人员集合和一些小型的演练, 而现在则在更大程度上强调选拔、培植和评价管理人员以及在应付安全相关工作中可能出现的各种紧急情况。较先进的公司开展对海上工作组的技术工作能力和管理工作能力的培训和评价。他们利用陆上模拟机和通过海上演习进行这类培

训和评价。现在有两种明显不同的意见，一种意见是用角色扮演者来支持管理人员的培训，以提高其培训的价值；另一种意见是将管理人员和工作班组结合起来，以检验整体的工作能力。

有一两家公司认为可以利用评价人员在处理紧急情况获得经验教训的方法来评价人员在正常管理活动中的表现。

最后，以上述有关人员培训和培养的观点，ISOE报告中用了大量篇幅谈到工作人员参与安全工作的动机以及其他方面的情况，但是这份报告或许没有充分注意人员选拔这一问题。

4.6 承包商的选择和管理

在海上石油平台的整个寿期内，承包商对设施有着重大的影响。在设施的设计、调试、运行和废弃的各个阶段都要广泛地使用承包商。的确，有些公司雇用了40个员工来运作整个设施，其中只有经理一个人是属于业主公司的。在许多情况下，是承包商公司负责评价、培训和培养自己的员工，而设立的业主公司负责监控各项工作的开展。

前面4.1节谈到的改变对承包商的政策一直影响着现在的各个石油平台设施。各家公司正在通过设定共同的目标、建立共同的计划体系、参与共同的监查活动和共同进行事故调查来改善彼此间的相互关系。较先进的公司能够保证承包商的高层管理人员参与建立和评价联合管理体系内所有方面的事物。当然，现在想看到这种政策变化所带来的效果可能还为时过早。在那些只有单个主承包商的较小的平台上，已经很难区分谁是承包商的员工，谁是业主的员工了，而在那些有数个承包商的较大平台上，也能够设法将其联合成为一个整体。

承包商的事故率明显高于业主公司员工事故率，这可能只是因为承包商从事的是那些较为危险的工作。

在ISOE报告的第5章第3节中确认了承包商参与计划工作的重要性，但是这种参与的程度只能用这样一句话来说明：“颇为有限，原因是承包商人员不能够在工作开始以前尽早进入工作的现场。”承包商员工可能认为这减弱了核电行业高层管理人员承诺的分量。

4.7 监控、监查和评价

监控被认为是一种在线管理职责，分为主动监控和被动监控。在主动监控时，工作层和管理层人员要检查操作标准、规程和行为标准是否得到满足。在海洋石油行业中对监控和衡量员工的工作表现存在着很大的争议，目前已经搁置和取消了各个工作层的检

查。一方面，如果由工作负责人检查操作人员完成工作，则可能导致该项工作无人负责。这种情况在过去就肯定已经存在了。而另一方面，有些工作又十分重要，不能不进行检查。有一家公司的解决办法是在那些关键性的工作开始前召开现场会讨论该项工作，然后要求由工作负责人或工作同行检查工作的完成过程。

另外一个十分重要的事情是在监控与自我约束之间作出权衡。有些公司引入现场自我约束的想法以尽量保持不出现批评指责的气氛。然而，这种想法在安全事务方面还没有建立起十分良好的形象。

值得注意的是报告中集中讨论的是减少职业照射的重要性。而没有提到如何控制可能造成主要危害的其他活动，大概这已经超出了该报告的范围。在海洋石油行业中颇有争议的是投入力量，以及很好地控制如滑倒、绊倒和坠落这类职业危险是否有益于对主要危害风险的控制。虽然二者之间没有联系，但是许多公司投入了相当的力量来消除这类较小的危害。

被动监控出现在事故、事件或损失发生后公司采取后续行动的时候。虽然还出过几次相当大的天然气释放事故，但是近几年的事故率已经在下降。各公司利用无伤害事件的概念作为继续发展的一个推动力。有些公司将发生事件的趋势进行分类，派出一个有一定权威的调查团不断地走访各处以反映发生事件的趋势。

在报告中可以注意到，工作后总结、失误分析的使用和第8章附录3中返工分析的使用可以达到类似的目的。

安全法规要求由独立于生产管理组织的部门进行监查活动。各公司尝试让那些并不熟悉相关工艺和活动的专业人员评价生产管理的定额并对此提出质询。在监查高层管理人员时要做到这一点特别困难，只有从管理部门以外选调人员进行监查才有效。有些公司由于监查太过度，使得监查活动变得机械，并不特别有效，这一点很具有代表性。而在那些气氛良好的公司里，监查活动则显得很有效并且富有建设性。

在起草的ISOE报告中没有提到有关监查的内容。

海洋石油公司有许多评价其安全管理体系(SMS)的方法。在最高层设有高级管理委员会，该委员会定期考虑本公司目前状态是否满足工作目标的要求，并且还要定期评价监查建议的内容以及完成相关纠正行动的进展情况。

5. 结束语

在Piper Alpha事故发生以后，海洋石油行业在减少事件和事故方面取得了相当大的进展，有许多业内人士都认为这是由于高层管理人员更加注意安全问题而取得的。在这里我们可以引用Cullen爵士在回答公众质询时所讲的一段话：“西方石油公司的高层管理人员并不是一些既吝啬又无同情心，只注重盈利而忽视安全的人。对于所有正确的事

物，他们也在讲并且也能理解，但是他们却没有参与所要求采取的具体行动，没有确认这些行动是否已经落实，也没有监控行动的执行过程。”

作为对ISOE报告中各种观点的认同，许多在海洋石油行业中从事安全工作的人士认为只有高层管理人员也像核电行业的同行们那样开始注意个人在实施安全管理体系时所起的作用，本行业的安全工作才能有进一步的提高。只有高级管理人员创造出良好的条件，才能使全体员工为改善安全工作而尽心竭力。

附件 4

核能机构(NEA)关于“节省大修费用、工期和剂量的工作管理与良好实践专题研讨会”与会者名单

法国巴黎, 1995年11月8日

比利时

Mr. Claude STEINKUHLER
Operations Manager
Westinghouse European Service Center
43, rue de l'Industrie
B-1400 Nivelles

Tel: +32 (67) 28 78 18
Fax: +32 (67) 28 78 21
e-mail: WFU379

加拿大

Mr. Mike RAVEN
Operations Manager
Bruce 'B'
P.O. box 4000
Tiverton, Ontario

Tel: +1 (519) 361 5001
Fax: +1 (519) 361 7215

Mr. Arif KHAN
Supervisor, Health Physics Section
Supervisor, Emergency Planning Section
c/o FCNE - c/o AECL
Str. Prelungirea Seimeni 25
8625 CERNAVODA
ROUMANIE

Tel: +40 (41) 239 340
Tel: +40 (41) 239 822
Fax: +40 (41) 312 1408
Fax: +40 (41) 312 0519

Mr. Yvan ROY
Section Head, Radiation Protection
Hydro Quebec
4900 Boul. Becancour
Gentilly, Quebec
Canada, BOZ 1G0

Tel: +1 (819) 298 2943
Fax: +1 (819) 298 5660

Ms. J. HORONHA
Supervisor, Health Physics Dept.
Ontario Hydro Nuclear
jennifer.noronha@hydro.on.ca
1549 Victoria Street Whitby
Ontario L1N 9E3

Fax: +1 (905) 430 2215
Fax: +1 (905) 430 0628
e-mail:

Mr. Rod UTTING
Head, Operational Radiation Protection Section
Atomic Energy Control Board
P.O. Box 1046,
Ottawa,
Canada K1P 5S9

Tel: +1 (613) 995 1760
Fax: +1 (613) 995 5086

捷克

Ing. Zdenek ZELEŇKA
Personal Dosimetry Department
CEZ, INC, Nuclear Plant Dukovany
Dukovany 675 50

Tel: +42 (509) 9231 3779
Fax: +42 (509) 9223 60

Ing. Bozena JUROCHOVÁ
Head of Personal Dosimetry Department
CEZ, INC Nuclear Power Plant Dukovany
Dukovany 675 50

Tel: +42 (509) 9231 3662
Fax: +42 (509) 9223 60

芬兰

Mr. B. WAHLSTRÖM
Head of Radiation Protection
IMATRAN VOIMA OY
Loviisa Power Plant
SF-07900 Loviisa

Tel: +358 (15) 5501
Fax: +358 (15) 5504435

Mr. Veli RIIHILUOMA
STUK (Finnish Centre for
Radiation and Nuclear Safety)
PL/P.O. Box 14
FIN-00881 Helsinki

Tel: +358 (0) 759 88 313
Tlx: 122691 STUK SF
Fax: +358 (0) 759 88 382
e-mail: veli.riihiluoma@stuk.fi

法国

M. PERCHET
Directeur Adjoint Sut
Central Nucléaire de Production d'Electricité de Chinon
B.P. 80
F-37420 Avoine

Tel: +33 (16) 4798 6000
Fax: +33 (16) 4798 7709

M. Patrice SAUMON
Engineer
Framatome
10, rue Juliette Recamier
F-69006 Lyon

Tel: +33 (16) 7274 8216
Fax: +33 (16) 7274 8302

Mr. POTOCZEK
ALARA Project Manager
EDF/DSRE
6, rue Ampere
F-92 St. Denis

Tel: +33 (1) 4369 8107
Fax: +33 (1) 4369 8155

德国

Dr. Robert HOCK
Siemens-KWU-NDRS
Postfach 101 063
D-640 10 Offenbach

Tel: +49 (69) 807 3650
Fax: +49 (69) 807 3696

Mr. Volker MEYER
Gemeinschafts Kernkraftwerk Grohnde GmbH
Postfach 12 30
D-31857 Emmerthal

Tel: +49 (5155) 672 340
Fax: +49 (5155) 672 380

Mr. Wolfgang STANG
Leader of Maintenance Department
Kernkraftwerke Gundremmingen Betriebsgesellschaft mbH
Postfach 300
D-89355 Gundremmingen

Tel: +49 (8224) 78 2310
Fax: +49 (8224) 78 2900

Dr. Wolfgang PFEFFER
Gesellschaft für Anlagen - und
Reaktorsicherheit (GRS) mbH
Schwertnergasse 1
D-50667 KÖLN

Tel: +49 (221) 2068 773
Fax: +49 (221) 2068 888

Mr. Klaus WEBER
Permanent German Delegation
Paris

Tel: +33 (1) 4417 1600
Fax: +33 (1) 4501 2977

意大利

Dr. V. ZACCARI
ENEL S.p. A-ATN
Viale Regina Margherita, 137
I-00198 Roma

Tel: +39 (6) 8539 8860
Tlx: 610581
Fax: +39 (6) 8539 8601

日本

Mr. Masahito KANEKO
General Manager
Radiological Health and Safety Center
Tokyo Electric Power Company (TEPCO)
1-1-3 Uchisaiwai-cho, Chiyoda-ku
Tokyo 100

Tel: +81 (3) 3501 8111
Fax: +81 (3) 3591 3886
e-mail: 256925@pmail.tepco.co.jp

Mr. Seishiro SUZUKI
Assistant General Manager
Radiation Control Office
Japan Atomic Power Company
6-1, 1-Chome, Otemachi
Chiyodaku
Tokyo 100

Tel: +81 (3) 3211 4866
Fax: +81 (3) 3201 2130

Mr. Tsunehisa HIGUCHI
General Manager, Safety & Chemical Section
Fugen Nuclear Power Station
Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation
3 Myogin-cho
Tsuruga-shi,
Fukui-Ken 914

Tel: +81 (770) 26 1221
Fax: +81 (770) 26 8125

Mr. Takashi SUZUKI
Premier Secrétaire
Affaires générales

Tel: +33 (1) 53 76 61 81
Fax: +33 (1) 45 63 05 44

11, avenue Hoche
F-75008 Paris

墨西哥

M. C. Sergio H. Zorrilla
Radiation Protection Manager
Comision Federal de Electricidad
Central Laguna Verde
Protección Radiológica
Carretera Cardel-Nautla Km. 43
Apdo. Postal 61, Cd. Cardel, Ver. 91680

Tel: + 52 (297) 407 00
Fax: +52 (29) 34 35 72

荷兰

Mr. Jacobus ABRAHAMSE
NV EPZ - Locatie Zeeland
Wilhelminahofweg 3
Postbus 130
NL - 43010 AC Vlissingen

Tel: +31 (1105) 6000
ext. 6360
Fax: +31 (1105) 2550

西班牙

Mr. Jeronimo INIGUEZ
AMYS/UNESA
c/ Francisco Gervás 3
E-28020 Madrid

Tel: +34 (1) 570 44 00
Fax: +34 (1) 572 14 85

Mr. Patricio O'DONNELL
Consejo de Seguridad Nuclear
Justo Dorado, 11
E-28040 Madrid

Tel: +34 (1) 346 0561
Tlx: 45869
Fax: +34 (1) 346 0588
e-mail: pot@csn.es

瑞典

Mr. Bengt LOWENDAHL
Senior Radiation Protection Officer
OKG AB
S-57093 Oskarshamn

Tel: +46 (491) 86 361
Fax: +46 (491) 86 673

Mr. Lars MALMQVIST
Senior Radiation Protection Physicist
Swedish Radiation Protection Institute (SSI)
Box 60204
S-171 Stockholm

Tel: +46 (8) 729 71 00
Fax: +46 (8) 729 71 08

Mr. Krister EGNER
Vattenfall AB
Ringhals
S-Väröbacka 43022

Tel: +46 (340) 667 150
Fax: +46 (340) 665 390

英国

Mr. Ian ROBINSON

Tel: +44 (151) 951 4158

Principal Inspector of Nuclear Installations
Nuclear Safety Division
HM Nuclear Installations Inspectorate
St. Peters House,
Balliol Road, Bootle
Liverpool L20 3LZ

Fax: +44 (151) 951 3942

Mr. Tony BLACKMORE
Offshore Safety Division
Health & Safety Executive (HSE)
4th Floor, Merton House
Stanley Rd., Bootle
Merseyside L20 3DL

Tel: +44 (151) 951 3149
Fax: +44 (151) 951 3158

Ms. Margaret BENNETT
Senior Engineer - ALARA
Rolls-Royce & Associates Ltd.
P.O. Box 31
Derby DE24 8BJ

Tel: +44 (1332) 661461
ext.: 3346
Fax: +44 (1332) 622936

Dr. Anastasios M. ZODIATES
Radiological Protection
Nuclear Electric plc
Berkley Technology Centre
Berkley
Gloucestershire GL13 9PB

Tel: +44 (1453) 812 026
Fax: +44 (1453) 812 050

美国

Dr. D. W. MILLER
Director, Plant Radiation Protection
Clinton Power Station
Illinois Power Company
P.O. Box 678
Clinton, IL 61727

Tel: +1 (217) 935 8881
Fax: +1 (217) 935 4632
e-mail: dwmphD@aol.com

Dr. Richard L. DOTY
Supervisor, Operations Technology
Pennsylvania Power & Light Co.
2, N. Ninth Street (A9-3)
Allentown, PA 18101

Tel: +1 (610) 774 7932
Fax: +1 (610) 774 7205
e-mail: rldoty@papl.com

ISOE 技术中心

CEPN (法国核防护研究中心)

Mrs. Caroline SCHIEBER
Centre d'étude sur l'évaluation de la
protection dans le domaine nucléaire
B.P. 48
F-92263 Fontenay-aux-Roses Cedex

Tel: +33 (1) 4654 8778
Tlx: 632 773 Energat
Fax: +33 (1) 4084 9034

NUPEC (日本核动力工程公司)

Mr. Hiroshi KAWAGUCHI
Manager, Plant Operation Evaluation Division
Safety Information Research Center,
Nuclear Power Engineering Corporation (NUPEC)
Fujita Kanko Toranomom BLDG. 8F
17-1, 3-Chome Toranomom
Minato-ku Tokyo 105, Japan

Tel: +81 (3) 5470 5504
Fax: +81 (3) 5470 5524

经济合作与发展组织核能机构 (NEA/OECD)

Le Seine St-Germain,
12, boulevard des Îles
92130 Issy-les-Moulineaux

Mr. Makoto TAKAHASHI
Deputy Director,
Safety and Regulation

Tel: +33 (1) 45 24 10 04
Fax: +33 (1) 45 24 11 10

Dr. E. LAZO
ISOE Secretary
Division of Radiation Protection
and Waste Management

Tel: +33 (1) 45 24 10 45
Fax: +33 (1) 45 24 11 10
e-mail: lazo@nea.fr