



大亚湾核电站生产管理丛书

维修管理

咎云龙 / 主编



原子能出版社

大亚湾核电站生产管理丛书

主 编 咎云龙

副主编 林贵清

编辑委员会

主 任 咎云龙

副主任 林贵清 刘锡才 周展麟

编 委

樊鹤鸣	濮继龙	刘达民	戴庆宇	贺 禹	何志勤	周海涌	沈健生
梁汉超	曾文星	高胜玉	刘德强	杨昭刚	张善明	张志雄	郭嘉平
高立刚	蔡康元	陈德淦	柯国柱	卢长申	刘革新	孙宗闻	刘新栓
强 辉	姚镜泉	李晓明	徐 颖	陈 健	陆 玮	徐文兵	

丛书编辑部

主 任 刘德强

编 辑 刘德强 张兆丰 简益民 姚秋明

《维修管理》分册编辑部

主 编 郭嘉平
副 主 编 丁震行
责任编辑 袁昌红
编 辑 简益民 高 歌 张睿琼 陈军琦 吴 翎
 何文新

《维修管理》分册供稿人员

(按供稿出现的先后顺序排列)

郭嘉平	丁震行	袁昌红	简益民	高 歌	强 辉	鲁明波
余 鸿	陈军琦	李友德	张水华	陈建兵	张宇宏	肖 鹏
张 明	孟 杰	王晓峰	吕爱国	贾国安	张熙军	阳运韬
吴天华	王先锋	陆 强	庞松涛	刘兴东	章 勇	王 斐
易少群	金航军	颜少华	黄家权	黄来喜	李宗顺	任世军
阳大森	肖文胜	吴 健	冯家红	吕 峰	陈英杰	刘 敏
吴粉山	曹登洪	陈述清	董孝胜	刘 勇	马 蜀	刘宝鹏
蒲俊春	安建军	毛文军	邹付余	张新华	黎志政	杜秋波
张鸿泉	蒋智敏	夏敬明	李双韶	关建军	徐曙光	董连生
张 伟	吴 超	张睿琼				

和平利用核能
為經濟建設
服務

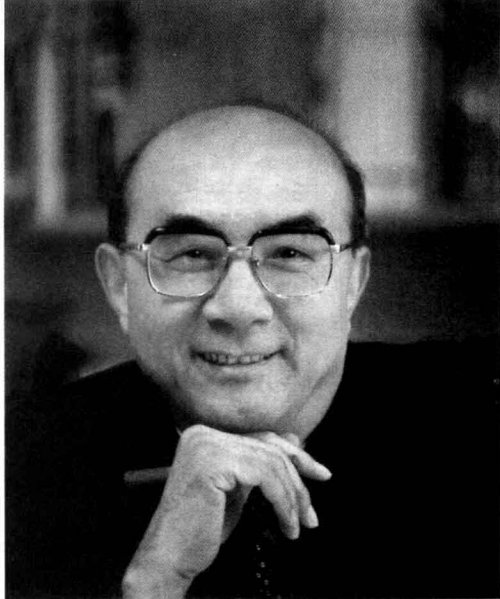
江澤民
一九九九年五月十九日

春到大亞灣秋來
結碩果年復又一年
碩果結滿園

索鵬

乙零三年二月三日

总 序



20多年前，在邓小平理论指引下，党和国家领导人高瞻远瞩、审时度势，决定从高起点起步，在广东建设具有国际水平的大型商业运行核电站。在邓小平同志的直接关注和支持下，广东核电事业的创业者们，从1979年到1994年历经15年的艰苦奋斗，终于使我国大陆第一座借助外国资金和引进全套技术、设备和管理的大型商用压水堆核电站——广东大亚湾核电站两台百万千瓦级机组相继于1994年2月1日和5月6日投入商业运行。

广东大亚湾核电站在运行管理上，认真坚持“安全第一、质量第一”的方针，严格要求，积极创新，努力提高全员综合素质和核安全文化素养，两台机组投产运行八年多来，取得了良好的经济效益和安全运行业绩。电站由中港合资建立企业经营管理法人责权制，按国际规范运作。电站总投资40亿美元，除4亿美元股本金外，其余90%的资金均通过借助国际资本，采取“借贷建设、售电还钱”的方式解决。投产当年，大亚湾核电站就在世界权威性的美国《国际电力》杂志组织的全球电站评选中获得了1994年度电站大奖。1997年7月，电站提前两年由中方人员接任厂长，实现电站管理全面自主化。自投产运行以来，电站安全可靠性和经济效益逐年稳步提高。2001年达到143.6亿千瓦·时的上网电量和89.5%的可用率，远远超过了可行性研究报告提出的65%的目标；至2002年3月累计上网1000亿千瓦·时，偿还基建贷款本息总额的82.6%；反映电站运行水平的十项WANO（世界核营运者协会）指标，已有八项达到或超过中间值，其中四项达到世界同类核电站的前四分之一水平。大亚湾核电站已于1999年进入世界核电界先进行列。

广东核电事业，在大亚湾核电站成功建成投产和几年来良好运行业绩的基础上，遵循“以核养核、滚动发展”的方针，于1995年8月经国务院批准开始兴建岭澳核电站（简称广二核）。由于大亚湾核电站积累了丰富的建设和管理经验，使广二核的建设成功地实

现了工程建设管理自主化，调试、生产准备和运行自主化，建筑安装施工自主化，部分设计自主化和部分设备国产化。随着广东核电事业的新发展，已带动了国内一批与核电工程建设和生产运行相关产业的发展。从1996年8月开始进行的广三核开发研究工作，如获国家批准，经过标准化、系列化建设和小批量的生产，将加速推进我国核电设计自主化和设备国产化目标的实现。

广东核电事业，在党中央、国务院和各级政府的领导帮助下，在各参与单位的共同努力下已成功创立。大亚湾核电站的创业者们，遵照“充分学习和利用人类一切文明成果”的思想，从一开始就瞄准国际核电的先进水平，在引进国外先进技术和设备的同时，还引进国外先进的管理经验，结合中国的国情与文化优势，进行消化、吸收与创新，逐步形成了自身优势，并建立了一套既与国际先进管理接轨，又具有自身特色的管理体系。作为我国大陆第一座大型商用核电站，这些经验具有重要的价值。中国工程院宋健院长在视察大亚湾核电站后评价说“在高技术领域，大亚湾核电站作为第一个工业运行的商业化核电站，通过十多年的建设，在技术、管理、人才和融资等方面，第一次建立了系统的经验，大大缩短了我国核电工业与世界先进水平的差距。”

为了全面系统地总结大亚湾核电站自商运以来安全运行的管理经验，实现大亚湾核电站“出效益、出人才、出经验”的目的，为广东核电乃至中国核电的后续发展提供可供借鉴的管理经验，使中国核电站的生产运行管理少走弯路，与国际接轨，在大亚湾核电站安全运行八周年来临之际，广东核电投入很大的力量，组织编撰了《大亚湾核电站生产管理丛书》。

《大亚湾核电站生产管理丛书》在内容上涵盖核电站生产运行的主要专业领域与营运管理的方方面面，在体系上一个专业或一个专题独立成册。本丛书共十个分册：《安全管理》、《质量管理》、《运行管理》、《维修管理》、《大修管理》、《技术管理》、《培训管理》、《供应管理》、《组织与管理》和《生产准备管理》。各分册内容既相互独立又相互关联，构成了核电站生产运行管理的严密体系。各分册以大亚湾核电站成功的管理实践和成熟的管理经验为主线，以“力主特色，客观真实，反映历史，符合现状，参考国际，着眼未来”为指导思想，通过总结过去，将个案的、分散的和日常的经验与做法，进行系统化和理性提炼，做到既有成熟经验的分析与概括，又有管理目标、内容及发展趋势的描述，还有对当今世界核电站先进的管理理念与方法的介绍及展望，是目前所知国内外第一套从实际中总结成果和介绍核电站生产管理的专著。

本丛书既是大亚湾核电站多年管理经验的总结，也是党和国家领导人多年来对大亚湾核电站指导思想的体现，更是大亚湾核电站的广大参与者、建设者、管理者和全体员

工的集体智慧的结晶。在丛书出版之际，我们感谢曾经支持过我们的领导、专家和曾经参与核电站建设的国内外人士！

本丛书既可作为国内、国际核电同行们交流学习的材料，也可作为核电站管理者的工具书和培训教材，同时对相关专业的理论工作者和其他行业的管理者亦有着较高的参考价值。

丛书虽然对大亚湾核电站的多年实践作了阶段性成果总结，并对下一阶段各专业范围的世界发展趋势作了一定介绍，但有许多观点还不一定成熟和准确，还有待于实践的检验及进一步完善。同时系统地编撰这样一套大型的有关核电站生产管理的丛书，在国内外尚属首次，再加上编者水平有限，书中的缺陷和不足之处在所难免，诚望读者和有关专家批评指正。

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Guo Yifeng' (郭义峰), written in a cursive style.

2002 年 12 月

前 言



维修作为独立的生产活动领域，是在机器生产代替手工生产后逐渐形成的。开始维修仅作为一种辅助手段，由操作工人对机器进行保养及故障处理，随着机械化程度越来越高，生产设备变得越来越复杂，故障情况也变得复杂多变。这就需要有一定经验和专门技能的人员来进行设备的维护保养和故障处理，由此逐渐出现专门的维修人员并成为一种行业。

20 世纪以来，科学技术的进步促进了设备日益朝着大型化、复杂化、自动化等方向发展，生产工艺的技术含量越来越高，生产流程的系统性、连续性越来越强。一旦一台设备出现故障就可能影响整个生产流程，打乱生产计划，甚至产生严重的安全后果。因此，作为维持生产系统、设备、设施按其设计性能和功能在整个生产过程中正常运行的维修，在生产流程中的作用就越来越凸现出来，维修的技术和体系也因此不断地得到发展和创新。

维修活动具有与其他生产活动不同的特点，如工作项目的不连续性和不可预见性、工作量的不确定性、对生产流程的直接介入和对生产过程的影响、工作环境的多变性和受现场条件的限制等，带来了管理上的一系列问题，如计划管理问题、人力及其他资源管理、生产系统的运行状态管理、安全管理等。如何按照企业的生产经营目标有效地组织管理维修活动，保障生产系统、设备、设施的高效运作，实现最佳经济效益，就成为维修管理的课题。

以往，人们往往把设备管理的内容与维修管理的内容等同起来，甚至认为维修管理与设备管理是同一概念。企业管理发展至今天，对设备管理和维修管理已经有了完全明确的不同概念。设备管理是对设备整个寿命周期技术、经济等因素进行全过程和全面的管理，包括研究、设计、制造、安装、调试、运转、维修、改造、更新、报废等阶段；而维修管理仅是设备管理的一个组成部分。维修管理包含对维修的项目产生、计划、组织、实施、安全、质量、人员资格和技能、人力资源、备品备件及材料、工具等维修过程各个环节和影响因素的管理内容、方法、过程。通过对维修管理内容、方法、过程的

研究，寻求安全、高效和经济的规范模式，指导维修实践。

核电站是工业维修中特别具有典型意义的对象。因为核电站规模都十分巨大，系统、设备、设施多种多样，并且数量多，技术含量高，对维修技术的要求高，使维修管理变得异常复杂；而且由于存在核安全事件的风险和放射性物质，核安全的要求严格，对机组状态控制的限制多，从而维修的过程控制必须严谨，对维修人员的要求高。另外，核电站停运的代价太大，因而对设备的可靠性要求特别高，对维修的质量要求也特别高。因此，核电站的维修管理在系统性、规范性、严谨性、严密性等方面有着比其他行业更高的要求。对核电站维修管理实践进行系统的总结，将为不同行业建立和优化维修管理体系提供可以参考的原则。

大亚湾核电站在学习、消化、吸收先进管理理念的基础上参考国际上成熟的核电维修管理经验，建立了大亚湾核电站维修管理体系。在这个体系建立之初就充分考虑了维修自主化的目标，因此，从一开始就带有明显的大亚湾核电站的特点。随着商业运行时间的增加和维修自主化程度的不断提高，大亚湾核电站在日常维修、换料大修以及重大设备故障抢修中积累了相当丰富的实践经验。同时，为了适应自身的进步和发展，对维修管理体系进行了多次调整和优化。这是在总结大亚湾核电站自身经验的基础上，参考国外先进管理方法后，根据大亚湾核电站的实际条件进行创新的结果。

本分册就是对大亚湾核电站维修管理实践经验与创新成果的全面介绍。由于描述的对象具有工业维修的典型性，描述的内容又是直接产生于生产实践，因此，我们希望对不同的工业行业都具有一定的参考价值。参与本分册编写的人员均来自维修领域，其个人的事业是与大亚湾核电站维修管理工作一同发展的。所以说，它是每一位参与大亚湾核电站维修工作的人员集体智慧和心血的结晶。它具有语言和内容朴实、简洁，容易让人理解的特点。

需要说明的是，核电站换料大修从性质上属于维修管理的一个重要部分，但是考虑到换料大修具有十分典型的项目管理特点，并且是核电站生产的一个十分重要的特殊阶段，管理内容广泛，可以自成体系，因此在本分册中仅给予概要的描述，而在本套丛书的《大修管理》分册中有详细、系统的描述。

由于参与本分册编写的人员较多，编者水平有限，本分册中的不足，恳请读者批评指正。

目 录



第1章 绪 论

1.1	压水堆核电站及其特点	3
1.1.1	压水堆核电站简介	3
1.1.2	压水堆核电站的特点	5
1.2	维修的概念	7
1.3	设备维修管理主要模式	8
1.3.1	纠正性维修	9
1.3.2	预防性维修	9
1.3.3	生产维修	10
1.3.4	维修预防	10
1.3.5	设备综合管理	11
1.4	大亚湾核电站维修管理概况	14
1.4.1	大亚湾核电站维修管理的发展阶段	14
1.4.2	大亚湾核电站的维修准备	15
1.4.3	大亚湾核电站的维修自主化	16
1.4.4	大亚湾核电站群堆管理维修模式及其挑战	18
1.5	国外核电站维修管理	18
1.5.1	美国核电站及其维修管理	18
1.5.2	法国核电站及其维修管理	19
1.5.3	日本核电站及其维修管理	21
1.5.4	韩国核电站及其维修管理	22

第2章 维修管理体系

2.1	概述	26
2.1.1	维修工作的特点	26
2.1.2	管理目标	28
2.1.3	管理原则	28
2.1.4	日常维修管理与大修管理	29
2.2	管理要求	30
2.2.1	一般行业法规对维修的要求	30
2.2.2	核安全法规及导则对维修的要求	31
2.2.3	核电站运行阶段质量保证大纲对维修的要求	41
2.2.4	核电站运行技术规范对维修的要求	41
2.3	组织机构与管理程序	41
2.3.1	组织机构及任务	42
2.3.2	管理层次与岗位职责	43
2.3.3	组织机构特点	47
2.3.4	组织建设	49
2.3.5	机电仪维修一体化组织机构设想	53
2.3.6	管理程序	54
2.4	管理计划	56
2.4.1	目标管理与管理计划	56
2.4.2	维修相关业务计划	60
2.5	决策与指挥	60
2.5.1	决策与指挥过程	60
2.5.2	决策与指挥特点	62
2.5.3	决策与指挥的相关制度	62
2.6	控制与协调	63
2.6.1	控制与协调的类型	64
2.6.2	控制与协调的相关制度	65
2.6.3	接口与协调	68
2.7	管理理念	69

第3章 维修资源管理

3.1	概述	74
3.2	维修人力资源管理	75
3.2.1	原则与要求	75
3.2.2	人员资格要求	76

3.2.3	人员聘任	78
3.2.4	培训管理	79
3.2.5	维修承包商管理	89
3.3	维修技术文件管理	92
3.3.1	维修导则	93
3.3.2	预防性维修大纲	94
3.3.3	维修程序	96
3.4	维修备品备件管理	99
3.4.1	管理原则	99
3.4.2	分类方法	100
3.4.3	采购管理	102
3.4.4	过期评估与重新使用	102
3.4.5	缺陷管理	103
3.4.6	数据库管理	106
3.5	维修工具管理	106
3.5.1	工具控制与管理	106
3.5.2	标准仪器仪表控制与管理	111
3.6	维修信息管理	113
3.7	维修成本管理	114

第4章 维修计划管理

4.1	维修计划的特点	118
4.2	维修计划的编制	120
4.2.1	计划项目的产生	120
4.2.2	计划编制的一般原则	121
4.2.3	日常计划的编制	122
4.2.4	大修计划的编制	136
4.3	日常计划与大修计划管理	145
4.3.1	日常计划管理	145
4.3.2	大修计划管理	151
4.3.3	日常计划与大修计划的接口	152
4.4	计算机计划管理软件应用	153
4.4.1	COMIS 中的计划管理	153
4.4.2	项目计划管理软件	154

第5章 工作过程管理

5.1	概述	162
-----	-----------	-----

5.1.1	维修工作过程	162
5.1.2	维修工作过程管理特点	164
5.1.3	维修工作过程授权管理	165
5.2	工作申请	166
5.2.1	工作申请的内容	166
5.2.2	工作申请的填写	167
5.2.3	工作申请的审批	168
5.2.4	工作申请的分发	168
5.3	工作准备	168
5.3.1	工作文件准备	168
5.3.2	工器具及仪器仪表准备	170
5.3.3	备品备件准备	171
5.3.4	人力资源准备	171
5.3.5	工作文件审查	172
5.3.6	许可证申请与计划	172
5.4	工作实施	174
5.4.1	隔离边界检查与附加安全措施	174
5.4.2	现场维修活动的实施	176
5.4.3	再鉴定试验	177
5.5	维修报告	179
5.5.1	维修报告的编写	179
5.5.2	维修记录的存档	180
5.6	紧急维修工作过程	181
5.7	偏差的处理	183
5.7.1	维修过程中偏差的处理	183
5.7.2	文件包审查阶段偏差的处理	183
5.7.3	不符合项跟踪管理	184
5.8	临时控制和临时装置管理	184
5.8.1	临时控制变更管理	184
5.8.2	临时特殊装置管理	185
5.9	工作过程指标管理	186
5.10	计算机系统在维修工作过程中的应用	188
5.10.1	工作票系统的开发与应用	188
5.10.2	工作过程管理系统的开发与应用	188
5.10.3	群堆管理的公司生产管理信息系统	189

第6章 安全质量管理

6.1	概述	196
-----	----	-----

6.1.1	维修质量与核安全的关系	196
6.1.2	安全质量管理基本理论	197
6.1.3	维修安全管理要求	200
6.1.4	维修质量管理要求	201
6.2	维修安全保证	202
6.2.1	主要内容	203
6.2.2	维修安全文化建设	204
6.3	维修安全监督	215
6.3.1	维修工作过程的安全监督	215
6.3.2	内部自查与评估	216
6.3.3	外部监督与评估	216
6.4	维修质量保证	216
6.4.1	维修计划与准备阶段	217
6.4.2	维修实施阶段	217
6.4.3	工作结束后	218
6.4.4	换料大修期间	219
6.5	维修质量控制	219
6.5.1	主要方法	220
6.5.2	第一级验证的实施	221
6.5.3	检查点及其设置	224
6.5.4	质量安全计划	226
6.5.5	维修质量缺陷管理	228
6.5.6	维修基础文件的质量控制	231

第7章 服务支持管理

7.1	核燃料的装卸与贮存管理	234
7.1.1	核燃料装卸管理	235
7.1.2	核燃料贮存管理	243
7.2	放射性固体废物管理	244
7.2.1	管理原则	245
7.2.2	管理体系	245
7.2.3	放射性固体废物处理	249
7.2.4	放射性固体废物处置	253
7.2.5	改进与展望	254
7.3	工业废物管理	259
7.3.1	工业固体废物管理	259
7.3.2	废油处理	259
7.4	现场服务管理	260

7.4.1	现场起重作业	260
7.4.2	脚手架作业	263
7.4.3	保温工作	264
7.4.4	负压工作棚管理	266
7.4.5	去污管理	268
7.5	机械加工管理	271
7.5.1	主要设施	271
7.5.2	质量控制	272
7.6	焊接管理	274
7.6.1	焊接要求	274
7.6.2	焊接过程管理	275

第8章 维修技术应用

8.1	以可靠性为中心的维修	280
8.1.1	基本理论	281
8.1.2	分析过程	284
8.1.3	分析成果实施过程	288
8.1.4	RCM 分析成果更新升版	289
8.1.5	RCM 在大亚湾核电站的成功实践	290
8.2	预测性维修	293
8.2.1	定义	293
8.2.2	理论依据	294
8.2.3	应用范围	300
8.2.4	实施过程	300
8.2.5	预测性维修与 RCM 的关系	302
8.3	在线维修	302
8.3.1	在线维修的目的与分类	302
8.3.2	在线维修的条件	303
8.3.3	在线维修的实施	303
8.4	风险分析及其诊断技术	313
8.4.1	风险分析的意义	314
8.4.2	风险分析与核安全文化	314
8.4.3	风险分析的要求	315
8.4.4	风险分析的内容	316
8.4.5	风险分析的组织与过程管理	316
8.4.6	维修工作过程中的风险防范	317
8.4.7	标准工作指令数据库	318

第9章 主要设备维修

9.1	核蒸汽系统	325
9.1.1	反应堆压力容器	325
9.1.2	蒸汽发生器	329
9.1.3	反应堆冷却剂泵(主泵)	331
9.2	专设安全系统	333
9.2.1	安全注入系统	334
9.2.2	安全壳喷淋系统	336
9.2.3	应急柴油发电机组	336
9.2.4	辅助给水系统	339
9.3	汽轮机	341
9.3.1	主要设备及特点	341
9.3.2	失效模式	343
9.3.3	维修管理	343
9.3.4	维修实例	344
9.4	管道、容器和阀门	345
9.4.1	管道	345
9.4.2	容器	348
9.4.3	阀门	349
9.5	发电机及励磁系统	352
9.5.1	发电机及励磁机本体	352
9.5.2	发电机励磁调节器及同期装置	359
9.5.3	发电机输电保护	360
9.6	变压器	361
9.6.1	主要设备及特点	361
9.6.2	维修管理	362
9.6.3	维修实例	364
9.7	厂用低压电气设备	368
9.7.1	蓄电池	368
9.7.2	电动执行机构	370
9.7.3	低压开关	371
9.7.4	220 V 交流不间断电源	372
9.8	仪表和控制保护系统	375
9.8.1	主要设备与特点	375
9.8.2	仪表控制设备通用维修方法	376
9.8.3	仪表控制设备进行预防性维修的效果	377
9.8.4	常用变送器维修管理	377