



HEDIANZHAN CAOZONG RENYUAN QUZHAO BIDU

核电站操纵人员取照必读

上册

贺禹 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

核电站操纵人员 取 照 必 读

(上 册)

贺 禹 主编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书共收编了约 2800 道与百万千瓦级压水堆核电站生产运行相关各专业的技术题目, 并以一问一答的形式给出参考答案。全书分上、下两册, 共六章。上册内容包括: 第一章核电站基础理论; 第二章核电站系统和设备。下册内容包括: 第三章机械与电气设备; 第四章压水堆核电站仪表和控制; 第五章安全法规、技术规范、运行管理及其他; 第六章岭澳核电站技术不同点。

本书是为大型压水堆核电站运行操纵人员、安全工程师和模拟机教员等须持有运行执照的岗位人员参加核电厂《操纵员执照》和《高级操纵员执照》取照考试而编写的复习参考教材, 也可供压水堆核电站维修、技术支持等部门有关专业技术人员, 以及其他类型核电站、研究所和高等院校有关工程技术人员、研究人员、大学教师及学生等学习与参考之用。

图书在版编目(CIP) 数据

核电站操纵人员取照必读/贺禹主编. —北京: 中国
电力出版社, 2001.12
ISBN 7-5083-0788-7

I. 核... II. 贺... III. 核电站-基本知识-问答
IV. TM623-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 075392 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)
北京地矿印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2002 年 5 月第一版 2002 年 5 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 34 印张 830 千字
平装定价 86.00 元 精装定价 118.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

序 一

广东大亚湾核电站是我国第一座大型商用压水堆核电站，其业主广东核电合营有限公司从公司成立之初，就把大亚湾核电站建成国际一流核电站作为自己的奋斗目标。经过十多年的工程建设和生产管理实践，大亚湾核电站已取得了可喜的优良业绩，并正在一步一步朝着更高的目标迈进。

十几年来，大亚湾核电站不仅仅为广东和香港地区源源不断地输送电力，还造就了一大批优秀的工程、技术、生产和管理人员，其中包括日夜坚守岗位的运行持照人员。有人形象地将运行持照人员比作民航飞机驾驶员。运行持照人员肩负着核电站安全运行的重大责任，就像飞机驾驶员肩负着飞机上乘客和机组人员生命和财产安全责任一样，其职责的重要性是不言而喻的。

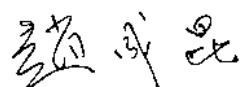
然而，培养合格的运行持照人员需要一整套完整周密的培养计划、相应的教材、严格的考核制度和合格的师资力量，需要长期的物质、资金和人力的投入，还需要电站管理层的高度重视和支持。令人欣慰的是，大亚湾核电站十多年来一直非常重视运行操纵人员的培养，自觉地执行严格培训、严格考核的制度，培养出了一批批合格的人才，为大亚湾核电站长期稳定安全运行，也为岭澳核电站的顺利接产奠定了坚实的基础。作为核电厂《操纵员执照》和《高级操纵员执照》的颁发和管理机构，国家核安全局一直关注和监督着大亚湾核电站运行持照人员的培训和考核情况，对大亚湾核电站的做法表示认同与支持，并为他们取得的丰硕成果而高兴。

核电厂《操纵员执照》和《高级操纵员执照》考试内容之一的笔试，是衡量运行操纵人员是否掌握了核电站基本理论、系统知识、技术管理知识和核安全法规知识的重要依据。《核电站操纵人员取照必读》一书集大亚湾核电站十多年生产准备和运行经验之所成，将操纵人员必须掌握的知识浓缩在几千道题中，为运行操纵人员学习相关知识和自我评估提供了便利，成为核电站操纵人员取照考试的必读资料。

目前，岭澳核电站一号机组已顺利完成首次临界试验，并进入低功率试验阶段。我相信，随着岭澳核电站投产日期的临近，广东核电在新的二十一世

纪，将百尺竿头更进一步，取得更加显著的业绩。藉本书出版之际，我由衷地希望广东核电能继续总结运行持照人员培训的经验，出版更多类似的好书，为各相关单位所借鉴，达到相互交流，促进核电发展的目的。

国家核安全局局长

Handwritten signature of Zhang Chengbin in black ink.

二〇〇二年二月

序 二

随着 2002 年新年钟声的敲响，大亚湾核电站迈入了商业运行的第九个年头。在过去的岁月里，大亚湾核电站经历了一个又一个挑战，运行业绩逐年攀升。2001 年，电站实现了上网电量 143.65 亿千瓦·时，创造了又一个历史新高，机组能力因子达 89.455%，在 WANO（世界核营运者协会）颁布的十大指标中就有 6 项达到或超过世界先进水平。另外，大亚湾核电站还连续获得 1999 年和 2000 年度“EDF（法国电力公司）核安全挑战赛”第一名。人们欣喜地看到，大亚湾核电站已经进入了它的成熟期，正在朝着世界一流电站的既定目标稳步前进。

良好的业绩来自我们始终倡导、大力推进的“安全意识”和“质量意识”。必须清醒地看到，在影响核电站运行的诸多因素中，人的因素始终起着决定性的作用。特别是直接操纵反应堆的“持照运行人员”，即核电厂操纵员和高级操纵员，是整个运行活动的主要实施者和操作者，对于电站的安全与质量更有着举足轻重的作用，其素质高低直接影响到核电站的安全稳定运行。因此大亚湾核电站一直十分注重培养合格的持照运行人员。

古人云：“十年树木，百年树人”。我也曾经多次对我们的员工说，培训是公司为员工提供的最大福利，员工接受培训的过程是不断提高自身价值的过程。持照运行人员培训的成功实践已充分证明了这一点。持照运行人员培训是一个长期的过程，培养一名合格的操纵员，需要经过至少三年的不懈努力，而培养出一名高级操纵员，则至少要经过五年时间。每年在国家核安全局的监督下，由国防科工委在大亚湾核电站组织的核电厂《操纵员执照》和《高级操纵员执照》取照考试，则是对我们操纵人员培训质量的最终检验。参加考试的运行人员必须在十分严格的理论考试中脱颖而出，并在模拟机操作考试中过关斩将，最后通过口试，才有可能获取国家核安全局颁发的执照。然而，核电站系统复杂，设备众多，涉及诸多专业领域，采用了大量先进的工艺技术。要对电站各类系统流程、设备结构、重要参数的调节原理以及各种工况下的运行特点了然于胸，并且融会贯通，谈何容易！因此，他们迫切需要一套全面概括核电站各专业、深浅适度的复习资料，来帮助他们复习、巩固先前学过的电站知

识，以便顺利通过考试。

正是基于这种需求，“广东核电核电厂操纵人员考评委员会”早在电站投产前就组织人员编制了一套《广东大亚湾核电站操纵人员考试复习题集》，并在大亚湾核电站内得到有效应用。经过逐年反复修订与补充完善，它已成为大亚湾核电站和岭澳核电站培训教材系列的重要组成部分，并在更名为《核电站操纵人员取照必读》后正式出版。本书的作者和编辑人员都是具有多年教学或生产现场工作经验的骨干，对相应章节涉及的问题都有深刻的理解和体会。因而本书在某种程度上是大亚湾核电站运行培训经验的总结。我相信，本书不仅有助于核电站运行人员在参加取照考试前复习，而且对有关科研院校、电站等单位从事核专业的研究、工程技术人员也是很有价值的。

2002年是广东核电合营有限公司第一个五年发展计划的最后一年，也是关键的一年。目前，大亚湾核电站实现了从十二个月换料周期到十八个月换料周期的改造，岭澳核电站一号机组投产在即，广东核电群堆管理模式已经付诸实施；随着电力体制改革逐步深化，“厂网分开、竞价上网”迫在眉睫，电网对电力品质的要求日益提高。所有这些，都对核电站运行人员的素质提出了更高的要求。《核电站操纵人员取照必读》的出版适逢其时，可以肯定，它必将进一步促进核电站操纵人员队伍的培养和建设。在此谨向参加本书编写的全体人员致以诚挚的感谢。

广东核电合营有限公司总经理



二〇〇二年二月

前 言

《核电站操纵人员取照必读》(以下简称《取照必读》)是在原《广东大亚湾核电站操纵人员考试复习题集》(以下简称《复习题集》)、《大亚湾核电厂操纵人员补充复习题集》(以下简称《补充复习题集》)、《广东大亚湾核电站机械与电气复习题集》(以下简称《机电复习题集》)、《岭澳核电站技术不同点》等内部出版物的基础之上,根据原中国核工业总公司(以下简称“中核总”)发布的中华人民共和国核行业标准 EJ1043—1996《核电厂操纵人员执照考核标准》(1996年10月发布,1997年2月实施),并结合大亚湾核电站与岭澳核电站十多年生产准备和生产运行经验汇编而成的。

《复习题集》最早的版本是由“广东核电核电厂操纵人员考评委员会”(以下简称“广东核电考委”)根据“中核总”颁布的“广东核电首批取照人员培训、考核管理办法”规定的培训和考核要求,组织和邀请有关专业人员编制的试用稿版(1991年),随后经修订成为正式稿版(1992年)。作为考取执照的复习参考资料,它为大亚湾核电站第一批操纵人员(主控室操纵员、副值长、值长、安全工程师、模拟机教员、运行工程师、运行处副处长和处长等)所用。此后,该书又经历了一次重大修订,并增加了大量的新题目,成为1994年以后大亚湾核电站操纵人员考取执照复习参考资料。1998年“广东核电考委”根据“中核总”于1996年10月24日颁布的《核电厂操纵人员执照考核标准》的有关要求,又组织编写了《机电复习题集》,以弥补《复习题集》在机械与电气方面的不足之处。同年,“广东核电考委”委托武汉核动力运行研究所编写了《补充复习题集》,使《复习题集》在基础理论、系统知识、控制与保护、核安全法规等方面更为全面地反应了压水堆核电站的专业技术。

多年来,各类版本的《复习题集》极大地满足了大亚湾核电站和岭澳核电站运行操纵人员考取各级“运行执照”的需要,为广大持照人员和各类专业技术人员所喜爱。1999年“广东核电考委”决定:首先将三本复习题集合而为一,升版为一套精炼的复习题集,并在内部出版试用;然后再进行进一步修订、编辑并正式出版,使之成为国家正式出版物。

重新修订、编辑过程历时两年。在此过程中,编审人员根据大亚湾核电站

的生产运行经验、核电站系统的改造和生产运行规程的升版等情况，对该书的有关题目和内容进行了仔细的修改，并将岭澳核电站与大亚湾核电站的技术不同点融入其中，使本书成为适用于大亚湾和岭澳两座大型压水堆核电站的取照考试复习教材。出于其内容考虑，本书被重新命名为《核电站操纵人员取照必读》。

《取照必读》一书分上、下两册，共六章，收编了约 2800 道题。它把核电站持照人员所必须具备的基础理论知识、核电站系统和设备知识、机械与电气设备知识、核电站仪表和控制知识、以及安全法规、运行技术规范、运行管理、辐射防护和工业安全等方面的知识以提问和解答的方式简明扼要地编排出来，为操纵人员取照考试考前学习提供了许多便利。

《取照必读》是百万千瓦级压水堆核电站操纵人员参加核电厂《操纵员执照》和核电厂《高级操纵员执照》取照考试必需的主要复习参考资料。它不仅适合于大型压水堆核电站运行部门各岗位人员，也可供维修、技术支持等部门有关专业技术人员，以及其他类型核电站、研究所有关专业技术人员 and 高等院校相关专业师生学习和参考之用。

参加《复习题集》组织、撰稿和编审的人员有：黄世强、李振亚、徐平生、李寿才、陈军、陈观福、郭希全、孙树辉、石小毛、袁松、蒋达进、张立军、琚存有、蒋兴华、陈小强、陈王林、朱闵宏、林卫国、孙世洲、张善明、郑东山、苏圣兵、徐文兵、廖伟明、李兴婧、陆玮、方军、林树谋、陈泰、王嘉仁、黄常勇、熊春华、张禄庆、杨学仁、陈金炎、吕小玲、吴淑梅、李德文、温泮林、姜朝芳、邹建国、郑福裕、冯志一、赵炳全、朱瑞安、沈俊雄、陈济东、张清泉、秦国平、陆开利、何日润、李玉馨、潘世华、傅小生、王春生、黄小桁、虞福祥、汪礼彪等。

参加《机电复习题集》组织、撰稿和编审的人员有：柯国柱、张义昌、张志权、李琳教、曹文会、李焕新、唐琪、张仕为、王彦东、钟汉强、林德生、徐百凯、刘汉业、刘光清、徐光明、唐炳生、万安泰、苏林森、沈光耀、郑伟平、金光奎、程鉴煌、居玉鑫、陶少平等。

《补充复习题集》由武汉核动力运行研究所根据与大亚湾核电站签定的合同提供。

《取照必读》的编审工作由徐平生和曾伟文主持。参加修订的人员有：第一章核电站基础理论：曾伟文（1.1 反应堆物理，1.2 反应堆热工水力，1.3 堆用材料）、洪锦从（1.4 电站化学）；第二章核电站系统和设备：钟汉强、蔡二灵；第三章机械与电气设备：冯文彪；第四章压水堆核电站仪表和控制：曾晓晖；第五章安全法规、技术规范、运行管理及其它：苏圣兵、苏敏华

(5.1 技术规范, 5.2 安全法规, 5.3 核安全)、计中 (5.4 应急计划)、周创彬、林德生 (5.5 运行管理)、顾景智 (5.6 辐射防护)、慕齐放、黄红 (5.7 工业安全); 第六章岭澳核电站技术不同点: 王荣华、刘爱东、骆艺雄、王法俊等。全文曲线、图表及设备插图由曾伟文负责修订, 龚岚负责绘制。审核工作由曾伟文、金光奎、安军靖、王清泉、李桂夫、陈观福、陈王林、邱斌和雷胜等负责。在本书的编写和试用过程中, 武汉核动力运行研究所给予了热情支持和大力协助, 尤其是该所陶少平先生对第一章进行了认真地审校并提出了许多宝贵的意见和建议。

本书经内部审校成稿后, 编委会和中国电力出版社又约请了国内多位知名的专家和教授对其技术内容进行了认真仔细的审查, 并收到了他们提出的许多宝贵的修改意见: 第一章由西安交通大学尹邦华教授负责审稿; 第二、四章由西安交通大学朱继洲教授负责审稿; 第三章由天津大学宋文南教授负责审稿; 第五章由武汉核动力运行研究所居玉鑫研究员负责审稿; 第六章由苏州热工所钱纪生研究员级高工负责审稿。

大亚湾核电站将于第九循环开始实施 18 个月换料循环运行方案, 本书中涉及的与 12 个月换料循环运行方案相对应的许多内容, 如安全限值、堆芯物理和热工水力参数、相关系统运行参数和定值等将会随之而改变。本书将于适当的时候进行升版增补这方面的内容。

本书在编辑出版过程中, 得到了中国电力出版社领导的大力支持, 有关编辑人员做了大量细致的工作, 使本书的质量得到了保证。

编委会对十年来曾经参与本书及其前期版本组织、编写、修订、审校的所有领导、专家、作者、审编者、编辑, 对曾经给予关心和支持以及为本书出版做出过贡献的所有人员表示衷心的感谢!

限于编者的水平, 书中难免还有缺点和错误, 恳请读者批评指正。

编 者

二〇〇二年二月

《核电站操纵人员取照必读》

编委会及编审人员

主 编：贺 禹

副 主 编：杨昭刚 张善明 张志雄 沈光耀

执 行 编 委：徐平生 曾伟文

编 委：贺 禹 杨昭刚 张善明 张志雄 沈光耀
徐平生 曾伟文 陆 玮 高立刚 郑东山
柯国柱 陈 健 黄世强 金光奎 张 明
苏圣兵 郭利民 潘银生 廖伟明

参加编审人员：(按姓氏笔画为序)

王法俊	王荣华	王清泉	计 中	冯文彪
刘爱东	安军靖	苏圣兵	苏敏华	李寿才
李桂夫	陈王林	陈观福	邱 斌	金光奎
周创彬	钟汉强	洪锦从	骆艺雄	顾景智
徐 峰	徐平生	黄 红	曾伟文	曾晓晖
慕齐放	雷 胜	蔡二灵		



1. 广东核电核电厂操纵人员考评委员会在大亚湾核电站培训中心举行执照考试前会议

2	1
	3
4	



2. 笔试考场一角
3. 核电站操纵人员正在进行取照考试笔试
4. 笔试主考场



5. 考评委员会正在进行笔试后的评卷工作
6. 核电站操纵人员取照考试的口试正在进行



7. 核电站操纵人员取照考试的模拟机考试现场（大亚湾核电站培训中心模拟机室）

8. 模拟机考试正在进行

注：本书插图由刘志宏供稿



序一
序二
前言

上册

第一章 核电站基础理论 (堆物理、热工、水力、材料、水化学)	1
1.1 反应堆物理	1
1.2 反应堆热工水力	52
1.3 堆用材料	89
1.4 电站化学	96
第二章 核电站系统和设备	109
2.1 一回路系统和部件	109
2.2 核辅助系统、安全设施、三废等	137
2.2.1 化学和容积控制系统 (RCV)	137
2.2.2 反应堆硼和水的补给系统 (REA)	148
2.2.3 余热排出系统 (RRA)	151
2.2.4 设备冷却水系统和核岛应急生水系统 (RRI、SEC)	155
2.2.5 反应堆水池和乏燃料水池的冷却和处理系统 (PTR)	159
2.2.6 硼回收系统 (TEP)	162
2.2.7 燃料装卸贮存系统 (PMC)	164
2.2.8 核岛排气、疏水、废水回收和核取样系统 (RPE、REN、SRE)	165
2.3 专设安全设施	167
2.3.1 安全注入系统 (RIS)	167
2.3.2 安全壳喷淋系统 (EAS)	174
2.3.3 辅助给水系统 (ASG)	177
2.3.4 安全壳隔离系统 (EIE)	181
2.4 三废处理和通风系统	182
2.4.1 废气处理系统 (TEG)	182
2.4.2 废液处理系统 (TEU)	185
2.4.3 固体废物处理系统 (TES)	188
2.4.4 安全壳通风系统、泄漏监测系统 (EBA、ETY、EVR、EVC、EPP、EVF)	189

2.4.5 其他通风系统 (DVN、DVH、DVF、DVL、DVC、DVW)	193
2.4.6 核岛和电气厂房冷冻水 (DEG、DEL)	194
2.4.7 控制棒驱动机构风冷系统 (RRM)	196
2.5 汽轮机及其辅助系统	197
2.5.1 汽轮机及其蒸汽和疏水系统	197
2.5.2 汽轮机监测、调节及保护系统 (GME、GRE、GSE)	206
2.5.3 汽轮机的油系统 (GGR、GTH、GFR)	212
2.5.4 汽轮机轴封系统和排汽口喷淋系统 (CET、CAR)	216
2.5.5 冷凝器抽真空系统 (CVI)	218
2.6 二回路蒸汽及凝、给水系统	220
2.6.1 主蒸汽系统 (VVP)	220
2.6.2 汽水分离再热器系统 (GSS)	224
2.6.3 汽轮机旁路系统 (GCT)	226
2.6.4 凝结水抽取系统 (CFX)	229
2.6.5 给水加热及除氧系统 (ABP、ACO、ADG、AHP)	232
2.6.6 给水泵及其辅助系统 (APP、APA、AGR、APU)	236
2.6.7 蒸汽发生器排污系统 (APG)	241
2.6.8 辅助蒸汽生产分配系统 (XCA、XPA、STR、SVA)	242
2.6.9 化学试剂注射和给水化学取样系统 (SIR、SIT)	243
2.6.10 常规岛闭路冷却水系统 (SRI)	244
2.7 循环水及有关系统	245
2.7.1 循环水过滤水系统 (CFI)	245
2.7.2 循环水处理系统 (CIE)	246
2.7.3 循环水系统 (CRF)	246
2.7.4 循环水系统润滑系统 (CGR)	247
2.7.5 阴极保护系统 (CPA)	247
2.7.6 辅助冷却水系统 (SEN)	248

下 册

第三章 机械与电气设备	249
3.1 交流与直流电	249
3.2 继电保护	257
3.3 发电机及其辅助系统	264
3.3.1 发电机	264
3.3.2 发电机氢气冷却系统 (GRH)	275