

岭澳核电工程实践与创新

土建施工卷
设备安装卷

原子能出版社

《岭澳核电工程实践与创新》

编辑委员会

主任 刘锦华

副主任 郭文骏 钱智民 严柏敏 赵志凡

委员 (按姓氏笔画排序)

杨虹 杨卡林 沈如刚 张志雄

郑东山 郑克平 胡文泉 夏林泉

高鹏飞 黄小桁 傅小生 储品昌

曾文星 谢克强 谢阿海

序

1994年2月5日，国务院在深圳现场召开第23次总理办公会议，决定成立中国广东核电集团公司，实施“以核养核，滚动发展”方针，推动广东核电事业发展。中国广东核电集团成立后，经可行性研究论证，并经国家有关部委的审查批准，决定在紧邻大亚湾核电站的岭澳村建设广东第二座核电站，即岭澳核电站，总规模为四台百万千瓦级机组，首期先建两台。

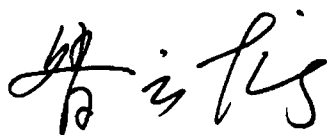
在党中央、国务院的领导和关怀下，在中央和地方各级党政部门的支持和帮助下，参加岭澳核电站建设的开拓者们，坚持学习和贯彻执行邓小平理论和“三个代表”重要思想，在消化、吸收国外先进管理、技术和成功建设运营大亚湾核电站经验的基础上，进一步解放思想，实事求是，开拓创新，力求将岭澳核电站建设得比大亚湾核电站更好。通过岭澳核电站一期工程建设和运营，广东核电集团不仅要在核电站的管理、技术、运营水平和经济效益上有进一步的提高，更要严格按国际先进水平的要求，全面推进并高起点实现核电站设计、制造、施工、运行和工程管理的自主化和设备国产化。岭澳核电站实施工程项目管理、建筑安装施工、生产调试准备的自主化和部分设计自主化、部分设备制造国产化，为我国的核电产业奠定坚实的基础，为广东核电乃至中国核电的发展铺路架桥。

岭澳核电站工程于1995年4月7日上报国家计委批准立项，同年9月21日国务院批准可行性研究报告，10月25日对外签订设备供应合同和工程顾问合同以及相关贷款协议。1996年7月15日签发正式开工令，1997年5月15日一号机组浇注第一罐混凝土。主体工程开工以来，在项目法人全面管理下，各项工作进展顺利，所有的里程碑都按原计划实现。2002年2月4日一号机组核反应堆首次达临界，2月26日首次并网成功，5月28日投入商业运行。2002年8月27日二号机组核反应堆首次临界，9月14日首次并网成功，2003年1月8日投入商业运行。岭澳核电站工程建设已取得了相当成功：进度上，一号机组比计划提前48天投入商业运行，二号机组比计划提前66天投入商业运行；质量上，两台机组无论是施工的一次合格率、安全壳密封试验、一回路冷态功能试验、临界物理试验、汽轮发电机组冲转和并网试验，还是各个功率水平下的性能测试结果都完全符合设计要求，大部分优于大亚湾核电站同期水平；投资上，初步预计可比国家批准的预算节省10%左右。岭澳核电站工程项目的质量、进度、投资控制的优良成果充分说明，参与岭澳核电站工程的全体建设者的开拓创新是卓有成效的，岭澳核电站工程的设计、制造、施工、运行和工程管理在自主化和国产化的道路上迈出了重要的一步。

岭澳核电站工程的建成投产是全体工程建设者在充分消化、吸收大亚湾核电站建设经验，进一步引进学习国内外先进经验，并结合岭澳核电站工程实践进行创新的结果。在组织管理、

项目策划、项目管理体系的建立、可行性研究、对外谈判、前期工程、设计采购管理、施工管理、调试准备、生产准备、移交投产等方面，以及安全、质量、进度、投资和技术五大控制都结合我国国情、民族文化特点进行了大量的改进和创新，并初步形成了带有自己特色的，与国际接轨的、较完整的核电工程管理体系、程序及做法；在工程的其他方面，包括核岛土建设计自主化、电站配套设施设计采购自主化、核岛和常规岛施工安装的施工组织设计、安全壳穹顶整体吊装、进度综合管理、专项协调委员会的网络管理、关键设备制造的技术攻关、寓监督于服务之中的质量保证理念等都紧密结合了国内传统，创造出一套与国情相结合的更有效、更具操作性的设计、施工、制造技术和管理方法。正是由于岭澳核电站工程的全体建设者的这些创造性的努力和实践，才确保了岭澳核电项目的成功。“岭澳核电工程建设与创新”项目被评定为 2002 年度广东省科学技术特等奖。

岭澳核电有限公司在工程建设的过程中，组织各参与单位抓紧进行各专题单项的总结研究，现将这些成果汇集成《岭澳核电工程实践与创新》一书。本书是岭澳核电工程建设的业主和部分承包商、供应商的各级领导和工程建设者共同编写的，是集体智慧的结晶。本书编委和作者们力求对岭澳核电站一期工程建设和全过程进行全方位总结，着重对各项工作的实践及效果进行实事求是的回顾和分析，从中得出应有的经验和教训，以指导今后的工作，并不断提高核电工程的自主化和国产化水平。限于作者的视角不同和经验局限，有些观点或提法难免有偏颇之处；不少实践和创新尚属首次，还有待今后进一步检验和提高。敬请读者批评、指正。



2003 年 6 月

前 言

岭澳核电工程在土建施工组织和管理方面,认真吸取了大亚湾核电工程及国外百万千瓦级压水堆核电工程的施工经验,充分发挥了中国施工企业在大型工程土建施工方面的特长,形成了一套具有中国特色的核电工程土建施工组织、技术和管理体系,成功地实现了岭澳核电工程土建施工的自主化。

土建施工工程项目主要包括核岛及其辅助厂房、常规岛及其辅助厂房、海域工程等三大部分,分别由核工业华兴建设公司、中国建筑第二工程局、交通部第四航务工程局负责施工。土建施工贯穿于岭澳核电工程建设的全过程,工作内容涵盖施工组织、进度控制、质量控制、投资控制、安全控制、接口协调、厂房移交等各个方面。在土建工程施工过程中,各施工企业进一步锻炼了队伍,积累了经验,提高了土建施工组织、技术和管理的整体水平,攻克了许多技术难题,取得了质量优、工期短、投资省的建设成果。

本卷主要是对岭澳核电工程土建自主化施工组织和管理经验的总结。希望通过本书的编辑出版,能积累和丰富我国核电工程建设土建施工方面的经验,为后续核电工程建设提供有益的借鉴。

《岭澳核电工程实践与创新》编委会

2003年6月

前 言

参加岭澳核电站安装的施工承包商都是参加过大亚湾核电站建设的施工企业。在大亚湾核电站建设期间，国内施工企业接受了国际上先进的工程管理理念和做法，积累了大量的经验。在岭澳核电站招标中，这些施工企业以高质量的标书，可信的业绩和合理的价格中标，成为岭澳核电站安装工程的主承包商。在整个岭澳核电站安装过程中，严格按照国际工程管理方法，建立了具有国际先进水平的施工管理体系，并形成了具有自己特色的施工管理方法，安装工程的计划管理和进度控制又有了提高和创新。各企业建立了二级QC（质量控制）一级QA（质量保证）的质量保证体系，制定了几百份的施工工作程序，完善了以点系统为中心的施工进度控制，运用了计算机网络和相应的软件，实现了计划、进度、物资、文件和质量控制信息联网，使整个安装过程都处于受控状态。

“设备安装卷”所选用的文章，仅仅是施工组织、进度计划、质量控制、信息管理、文件管理和施工技术等方面众多的总结中的少部分，因篇幅有限，许多优秀文章未被选入，在此谨表示歉意。该卷的出版，希望能给今后从事核电站施工管理，甚至其他大型工程的施工管理有所帮助和参考。

《岭澳核电工程实践与创新》编委会

2003年6月

目 录

土 建 施 工 卷

前 言

I 核岛及电站配套设施土建施工

通过比较与分析来看岭澳核电站土建施工管理自主化的实践	1
岭澳核电站土建施工管理自主化决策进程	26
土建工程计划管理	32
土建工程质量管理	38
核岛及核岛配套设施工程土建后期施工和安装的协调与管理	49
土建施工不符合项统计分析	56
核岛不锈钢衬里外部质量控制	60
清水混凝土	67
核岛筏基混凝土裂缝控制	71
核岛土建钢筋混凝土工程质量通病分析	76
钢衬里碳钢部分底板施工	84
核岛施工“塔吊群”布置选型及安全管理	89
环吊牛腿焊接及焊后热处理	97
核岛厂房嵌缝及其保护	106
截锥体角焊缝的超声波检查	110
土建材料国产化的探讨	114
屏蔽混凝土	120

II 常规岛及电站配套设施土建施工

常规岛土建施工技术管理	124
不符合项的管理与纠正（预防）措施	132
常规岛土建工程计划编制与工期控制	135
物项采购控制及“国产化”工作	140
950 MW 汽轮发电机基座施工	148
1号汽轮发电机基座不符合项处理和2号汽轮发电机基座的施工	158

汽轮发电机螺栓套管压力注浆	166
主厂房钢筋混凝土框架结构施工	173
2号主厂房人工挖孔桩的施工	186
循环水涵洞模板设计与施工	192
主厂房主钢结构吊装	201
主厂房防甩击大梁吊装	210
常规岛通风空调工程施工	215
岩石地基负挖控制爆破对低龄期混凝土不产生破坏	219
循环水涵洞混凝土裂缝控制	228
泵房(PX)喇叭形、蜗壳形模板的安装与拆除	232
泵房进水道三维钢筋的配制	237

III 海域工程土建施工

海域工程渡槽结构混凝土防裂技术	240
防波堤扭王字块体的预制和安放	245
中隔堤地连墙施工体会	252

设备安装卷

前 言

I 核岛设备安装

核岛安装工程管理策略总结	261
核岛安装质量管理组织模式	267
项目安装进度计划及进度控制方法探讨	273
核岛安装质量管理	286
核岛安装系统完工体系的优化	297
现场变更申请、不符合项报告处理与施工工期关系分析	309
核岛安装工程信息化应用	319
现场物项管理软件——MASSIT 系统	331
核岛安装工程管道材料管理	341
核岛安装工程预制能力评估	352
核岛电气现场设计	364
管道设计与支架设计	375
蒸汽发生器安装技术	383
核岛辅助管道安装施工计划与进度控制管理	393
核岛机械设备安装风险解析与控制	406
EM10 吊车安装施工	411
机械队技术管理实施过程浅析	416
反应堆厂房环吊电气调试技术	419
EM8 符合性检查的管理	428

II 常规岛设备安装

常规岛安装工程概述	436
常规岛安装工程的施工组织和管理	442
常规岛安装工程质量管理的综述	452
常规岛安装过程中的质量趋势分析	461
工程项目管理体系实践与探讨	465
质量计划的编制执行及改进	471

质量检查一次通过率	481
常规岛安装工程焊接管理	487
计划管理与进度控制	493
工作负荷点——工程进度控制的新方法	502
焊接当量——焊接工程统计新方法	507
常规岛安装竣工文件的移交管理	511
设备材料缺件和材料转移管理	517
三维模型 CAD 技术在电站设计中的应用	522
CBPMS 计算机工程管理系统应用	528
主变压器及降压变压器安装	536
热控设备安装	550
仪表管道安装经验	558
常规岛接地系统安装	567

III 电站配套设施设备安装

电站配套设施安装工程项目管理的主要体会	574
电站配套设施安装工程技术管理总结	582
谈电站配套设施安装工程施工管理	591
电站配套设施设备安装工程的质量保证体系	596
以过程控制为核心的质量保证监督	614
电站配套设施尾项的管理	619
安装竣工状态报告的管理	624
电站配套设施项目负责工程师的管理与协调	629
电站配套设施工程——管道工程施工组织与管理	636
电站配套设施工程腐蚀控制	647
预处理澄清设备及其安装	650

通过比较与分析来看岭澳核电站 土建施工管理自主化的实践

核工业华兴建设公司 李一农

一、概 述

随着岭澳核电站(广二核)土建工程高峰的结束,作为土建总承包商的核工业华兴建设公司(华兴公司)取得了自主化管理的成功。

广一核工程建设总体上是相当成功的,不但体现在 HCCM 集团的中外公司良好的合作方式和管理模式,也体现在优质的建筑成品和较快的施工进度上。广二核要实行自主化管理。它不仅是一个方向,更是一种为实现更高更好目标的抉择。作为广一核、广二核工程建设的参与者,亲身经历了两个核电站的管理,通过比较与分析,来客观地评说广二核土建施工管理自主化的实践,从中找出差距,为追赶国外先进的管理找到更准确的切入点,并为确立新的核电站的管理模式和努力目标提供一些参考意见。

二、华兴公司与 HCCM 总承包方式及其历史性条件的分析

用比较法讨论两个核电站各自的管理模式和成效,不可忽视其总承包方式和当时的历史条件。

1. HCCM 在广一核的总承包方式

HCCM 合营集团由 4 家公司组成,即法国的 CB 公司、日本的前田株式会社(前田)、中国的华兴公司和中国建筑第二工程局(中建二局),由 CB 公司总牵头。HCCM 总承包核岛、常规岛及电站配套设施(BOP)的土建工程,其中 CB 公司和华兴公司直接负责核岛及核岛 BOP 工程,前田和中建二局负责常规岛及常规岛 BOP 工程。CB 公司和前田分别承担核岛和常规岛的全面管理责任,两家中方除提供劳务外,也有一定数量的技术人员参与管理工作。HCCM 集团定期召开董事会,以便对重大议项进行决策。从日常运作看,核岛与常规岛的施工管理基本上是两条线,只是在混凝土供应、机修、电器等项作为公共服务线,需要日常协调的也主要在这些方面。值得指出的是,HCCM 作为总承包商,并没有直接从事其全部的工作,特别是核岛部分,将近三分之一的技术性较强的工作分包给了专业公司,此一模式在法国是惯例,这些专业公司不但相对固定地拥有某一方面的专家,甚至在设计施工导则(RCCG)或技术规格书(BTS)中就明确了供应方,如预应力工程必须采用 FREYSSINET 公司的体系。因此,预应力工程、不锈钢衬里、安全壳钢衬里、

油漆、钢结构、防水、门、堵洞等项目都被分别分包出去,形成这种模式的背景是:(1)将特定项目交给具备丰富经验的专业公司,可以保证质量和进度;(2)专业公司基本不需要太多的新投入,永久性材料往往是自己生产或来自固定的供应方,就会比非专业性公司省钱,因而项目报价不一定高,总承包方从经济效益上分析也更合算;(3)专业公司拥有某一方面的专家,可以解决现场的任何问题,而普通的土建公司不可能储备各类人才。因此,HCCM在筹划阶段总是尽可能考虑将整个工程的一大部分分包出去。经过分包,HCCM就不必配备很多人员和资源,只要对自己直接干的核心部分——混凝土工程配足人员,以及针对分包商配备少量的协调和监控人员,就可以了。因为分包管理本来就是一种国际惯例,也应是我们的努力方向。所以在讨论两种不相同的管理模式时,不应忽视总承包方式的差异。

2. HCCM 当时面临的历史性条件

HCCM 成立之初,并不是准备由外方“主政”,大股东是中方(这符合当时的中外合资企业的相关规定),占 51% 的股份。但是随着工程各项工作的逐一展开,中方越发感到忧心——谁又见过百万千瓦级的核电站呢,加上总体设计方为法国电力公司(EDF),中方不可能采用原有的自认为得心应手的方式进行管理。几番折腾几多较量后,中方最终处于配合的地位。

HCCM 面临的历史性条件:(1)必须采取合营公司的方式。无论是中方还是外方,都别无选择。照 CB 公司国外建造核电站的惯行方式,一般不建立合营公司,而采用当地劳务分包的模式。(2)与外方合作的,实际上是一支高素质的中国劳务方。工程之初,外方不论对中方的管理人员还是一线工人都很不放心,特别是一线工人,他们担心工人看不懂图纸,图纸只留给外方现场技术监督一份。“漏筋事件”实际上正好证明了外方低估工人素质的偏见。高素质的劳务人员,也是一个工程成功的先决条件。(3)语言沟通始终是一大障碍。在中外公司决心合作后,语言沟通就成了一个突出的问题。语言直接影响到彼此的理解与交流,也影响到工作成效。为了解决这一问题,外方专从香港、新加坡等地招聘了一批雇员,充实到一线作语言“桥梁”。当然这只能部分解决问题,更彻底的仍应是快速提高中方关键人员的外语水平。圆满地完成工程建设和深入学习外方的管理经验,都离不开良好的沟通。(4)中方人员的核电质量保证意识亟待建立和增强。中方人员绝大部分都是第一次接触核电工程,还没有建立起质量保证这个概念。对于全过程的质量跟踪和控制,以及严格的程序化管理,还会有一个接受和理解的过程。解决这一问题的惟一途径是培训和强制执行。

3. 华兴公司在广二核的总承包方式

华兴公司作为广二核土建工程的总承包商,中建二局作为华兴公司的分包商独自承担常规岛及常规岛 BOP 工程。华兴公司与中建二局的总分包关系比较特殊,总包并不控制分包方的工程质量和工程进度,也不掌握工程进度款支付,这 3 个方面由中建二局直接对口业主,因而属于一种主分包关系。华兴公司承担的总承包责任主要体现在:(1)现场及生产临建区的总平面管理;(2)核岛与常规岛交界区的施工协调;(3)由华兴公司牵头与中建二局合作自产砂石用料;(4)协调解决主要施工机具的相互有偿调用和加工服务。

华兴公司直接承担核岛及核岛 BOP 工程,但并没有像 HCCM 那样将专业性的项目

分包出去,而是大包大揽,全部自己干,自己组织力量解决所有问题。之所以形成这种局面,是有两大原因:一是中方固有的思维模式——凡事主动权必须掌握在自己手里,即根本出发点还是一切为了完成任务,而很少从诸方面,特别是经济效益方面综合考虑。这或多或少地反映了中国公司之间的履约率和信用度。二是华兴公司不可能将专业技术性强的项目转包给国外公司。转包给国外公司,不但其报价会冲破底线,而且中方因此而失去掌握这些关键技术的机会,自主化管理就会成为广一核方式的低档次再现。因而分包决不可取。例如,预应力公司 FREYSSINET 向我们提供了 3 种形式的报价,一是分包式;二是仅提供材料与设备;三是提供材料与租用设备。从报价比较上分析,很容易导出“分包式尽管价高一点但最合理”这个结论,而第三种形式的报价最不可取。为了“诱导”中方,外方刻意将第一、二种形式的价格弄得很接近,并加注一行字:推荐第一方案。预应力工程如此,其他几项工程外方也都主动加上:如果分包,还谈什么优惠条件呢!

对于专业性的特殊技术,华兴公司最终确定的方式为:仅采购原料(少量购半成品),由外方专家在现场提供短期技术服务。事实证明,这是一个可行的、稳妥的也是经济的方式。

4. 华兴公司当时面临的历史性条件

华兴公司成为广二核土建总承包商,意味着承担起自主化管理的重任。尽管华兴公司已具备了一定的实力,但与国际水平的管理差距也是明显的。因而,业主和上层领导心存一丝担忧,包括华兴公司自己也不完全心中有数。当然,华兴公司项目部的决心相当大,其原则是:正视自身的缺陷,不求新奇,预见为先,老老实实规规矩矩地做好每一件事。

华兴公司所具备的条件是:(1)华兴公司已拥有巴基斯坦恰希玛核电站(巴核)自主化的实践经验,尽管管理模式与广一核大不相同,但作了很成功的尝试。而且,首次承担钢衬里和预应力工程施工就获得成功,这为全面承担广二核核岛施工任务创造了条件。(2)经过广一核和巴核锻炼的一大批管理人才和一线工人,是华兴公司担当土建总承包的一个根本前提。这批人才中不少人受过广一核法式程序化管理的熏陶,又得到了巴核自主化实战的考验,成了广二核自主化管理的中坚。(3)为了稳妥推进自主化管理,广二核土建工程实行了聘用少数外国专家作技术支持的自主化管理方案。利用外国专家在工程预见方面的特殊经验,以及他们通晓法国规范和熟悉法国特殊材料的便利,还有通过他们在几个关键部门工作的影响力来“引进”或“带动”一种最新的法式管理思路。在工程之初,少量的法方技术支持起到一定的作用。(4)保存广一核留下的大批资料,这是华兴公司搞技术和施工的指南,实际资料本身就是一个很大的技术支持。(5)华兴公司面临的自主化管理挑战的内涵中,还有在广一核的基础上要取得突破指标的要求:总工期压缩两个月,投资(价格)降低 36%,大部分永久材料国产化,技术上作新的尝试等,这些已经说明了:自工程之初确立自主化管理目标起就已明确——广二核的自主化并非广一核简单的重复。(6)在施工准备工作中遇到的一大难题是对广一核分包部分资料与信息的缺乏,而这部分又恰是施工准备工作的关键内容。(7)从资料信息上基本无从研究广一核的成本控制体系,而华兴公司也缺少一个哪怕是简单一点的方法。从这一点看,没有从一开始全方位抓成本核算,基本上是“事后成本核算”。(8)对特殊材料的供应心中无数,甚至都不知道找哪些供应商。

三、华兴公司与 HCCM 管理模式和实际运作成效的分析

广一核和广二核的模式属于完全不同的两种情况,探讨其模式与成效,完全可用对广二核土建施工自主化管理相比较于广一核的“全面靠近,局部超越”来展开。从 5 个专题来分析,以明确未来工程管理的着力点。

1. 组织协调机制

下面仅就两个机构的较大不同处进行分析。

(1) 项目机构高层设置

广一核与广二核是完全不可比较的。广一核 HCCM 集团在总经理下设 3 位来自不同的合作方的副总经理,这与合营公司的性质相关,算是一种象征并无十分明确到位的分工,纯属利益考虑。广二核项目高层的设置,是项目成立之初最先安排的几个关键人物,无论是业主还是上级领导都十分关注,被称为领导班子。华兴公司在广二核的领导班子中共 8 名,1 名总经理,2 名副总经理,土建与安装各 1 名总工程师,1 名总会计师,1 名总经济师,1 名专职党委副书记。他们中一部分人身兼部门负责人。当时这样的设置不像一个项目管理班子,而是公司式班子,其分工负责近似于各自为政,一种变相的“权力分割”。在这种模式下,总经理要么累得够呛,要么闲得发慌。如果再按传统强调一下分工不分家,则责任又会变得模糊,权力发生交叉,而且多了一个层次。而广一核 HCCM 集团的总经理是由最大股东 CB 公司方委派的,如总经理不在现场时是由工程经理(CB 委派)代行其职。针对广二核华兴公司的这种高层机构设置,特别需要:(1)班子成员团结协作;(2)总经理较民主,又敢于拍板;(3)班子成员尽可能身兼部门主管。但项目仍需建立一个“核心层”,经研究后的设想是:领导班子最好为“1+8”模式,即不一定再设项目副总经理,而由总经理直接对应各分项主管(皆可作班子成员):工程经理、商务经理、技术经理、质量保证经理、行政人事经理、财务经理、采购经理和设备经理。采用此一新模式后,每周一次的项目行政班子最高层例会,就应讨论一些重大的有关工程的事,即是:质量与进度、成本与利润、组织与人事——只有这三组问题,才具有高层共同讨论的意义。在总经理不在时,由工程经理代行日常职责。这是因为工程经理统管各施工队,是保持现场正常运作除总经理之外的最关键人物。“1+8”模式注定了总经理必须是一个掌握全局的人,关键是下属要承担起责任,又不得越权。总经理还得对项目的每一件大事拥有最终决策权,并承担最终的责任。

(2) 工程管理

1) 协调机制的设置

广二核专设工程部,其任务是用于各工程队、有关部门(如设备、材料、技术等)的协调。广一核没设工程部,而专由主攻队负责日常协调。主攻队(核岛队、BOP 队)是牵头单位,两个队的队长即局部现场经理,与之相配合的钢筋、木工车间、预埋件及零星钢结构制作、还有作为分包商的钢衬里及预应力工程等,都是服务于主攻队,日常应服从主攻队的计划性安排及协调(进度计划由主攻队编制,包括配合队或称综合服务队的工作内

容)。主攻队由于体现了的牵头作用,所以队与队之间是一方与另一方的合作关系;搅拌站作为全部现场混凝土浇注的总协调单位;机电队作为全现场大型移动式起吊机械和车辆使用协调单位。而这3个单位的协调,在广二核时,都将其归于工程部的协调范畴。工程部协调各队,实际上仅限于大型机具的使用,其他很多方面实际上仍依靠主管副总(工程经理)亲自下令。设工程部的作用,一是计划,二是协调,三是下达任务——但这三大作用都值得探讨。事实上,如果工程部的权威不够,主管副总仍是个陷于日常协调的人。当然一旦反映出技术、采购、设备等方面制约了工程进展的情况,工程经理仍是当然的协调人。所以,在总经理的8个助手中,工程经理的位置应高于其他7位,特别是对技术、采购、设备三项应授予综合协调的权力。

2) 工程队的设置

对于工程队的设置,按分包项成立专业队,并作调整,如将钢衬里、不锈钢衬里、钢结构、油漆合为钢结构队;将预应力工程并入钢筋队。但由于华兴公司与 HCCM 承担项目内容不一,随着施工进度逐步撤并各队时,与广一核相比,最大的一个不同是适时成立了装修队,这是为扭转现场房间移交被动局面的重要举措。当初在讨论机构设置时,也有建议将整个核岛区归并为一个主体队,以减少其摩擦和协调,而且还可以在一个队内实行频繁的内部人力或材料的调配,但只要分析一下其工程量,特别是高峰期多点的齐头并进的工作量,对一个队的管理班子来讲显然力不从心。

(3) 技术管理线

广二核现行的技术管理模式有欠缺,既可能制约工程进度,又不利于节省成本。然而,值得我们参考的广一核的模式,是将主要技术方案全部集中于技术部,由技术部统一绘制全部现场设施、阶段性总平面布置、模板及其他重要构件加工图,负责材料计划的编制等等;将技术性准备分为长期、中期、近期三种,中长期准备归技术部,而近期准备归施工队;近期准备绝不包含采购等内容,而是检查技术部方案的适用性,再适当绘制一线工地操作简图。我们刚开始时曾尝试运行这套模式,但后来没有再坚持,于是尽量往一线施压,使得一线的技术员整天忙在图板上,而没有足够的时间与现场结合,又由于匆忙,缺少冷静思考,忙中出错而造成返工或报废的很多事例。没能坚持广一核的模式,其原因在于技术部大部分工程师缺少足够的现场经验。技术是工程的龙头。加强技术部是今后新核电站施工应特别注意的组织问题。

(4) 设备管理线

广一核 HCCM 的设置是有道理的,他们是在项目部设副总经理兼设备部经理负责设备的采购、管理及使用维护,下设机电队具体实施,实现“一条龙”管理,这样能够责任到位。广二核华兴公司设备部,专于设备管理,以及采购与维修;与设备部平行的机电队负责使用管理,把管理、使用者的责任分离开,既缺少权威性也缺少可操作性,出了问题很难查找责任。

(5) 管理人员数目分析

广一核建设施工高峰期 HCCM 管理人员人数:外方 91 人,中方约 320 人,合计 411 人。广二核的高峰期华兴公司(含分包商中建二局)管理人员人数约 640 人(其中华兴公

司为 420 人,中建二局为 220 人)。之所以有这样大的差别,有三个原因:一是广一核总工长属管理人员,而普通工长不计;二是广一核人数中不计分包商部分;三是广一核欧洲服务人员未计入其中。但综合比较,广二核管理人员数仍稍多,主要多在施工队技术员和质量监督(QC)人员都比广一核有所增加,以及项目经理部有些部门人员不够精干。当然,随着中方人员业务水平的提高,管理人员数目可以大幅度降低。

2. 技术方案的制定

比较重大的土建技术方案主要是模板工艺、混凝土链及混凝土浇注工艺、预应力工程、安全壳钢衬里制作与安装、不锈钢衬里制作与安装、龙门架的制作与安装等 6 项。下面仅讨论模板、预应力、钢衬里 3 项。

(1) 模板工艺。广一核、广二核的模板工艺没有不同。广一核的这套模板工艺是成熟的,尤其是安全壳外模板为 DOKA 体系,其模板骨架从广一核、巴核沿用至广二核,证明这是一套能够保证质量也极安全并且操作容易的体系。广二核在混凝土平台支撑体系上引进了碗扣脚手,这种体系的优点是搭接简单、迅速,但在层高超过 6 m 时不甚稳定,而且由于每一顶叉的承载力只为广一核引进的 ETEM 体系的一半,因而不宜在厚重平台下使用。经改进的自制墙体“华兴公司模板”体系,在广二核使用获得成功,其对拉固定锚杆从国外引进十分昂贵,今后应国产化。模板工艺尽管简单,但整个核岛区需用的模板面积有 47 万 m^2 ,因方案选择不当可能会造成成本较大的起伏,而且直接影响混凝土墙的外观质量。当然,墙面模板技术应当有所改进,出发点主要是从成本角度提出的。核岛区模板技术有三块:一是安全壳模板;二是墙面模板;三是平台模板。安全壳模板采用 DOKA 体系,十分好用,不用改;但广二核的墙面模板配置是极不合理的,其中标准模板只制作了 4 200 m^2 ,而墙面异型模板则高达 46 274 m^2 ,这不但与广一核形成了反差(广一核标准模板近 6 000 m^2 ,异型模板仅配制了 36 000 m^2 ,而且与国外的核电站相比就更显得不合理,应尽量使用标准模板。因而华兴公司要注意总结模板的技术得失,既要保证质量,也要考虑经济实用。

(2) 预应力工程。为了求稳妥,预应力工程从用料、设备及其操作程序几乎全套从法国 FREYSSINET 公司引进,因而除了灌浆用水泥,完全是广一核的翻版。现在要讨论的:是否必须全套引进。答案是否定的:1)在所购成孔材料中,其钢管和钢带完全不必进口;2)所购张拉千斤顶数量超过了一倍,虽然与广一核一样多,但却没弄明白那是因为全是旧品,供故障时备用;3)张拉平台亦从国外进口有欠慎重,巴核用脚手架体系,虽费事但从综合分析是合算的。当然,如果未来的核电站还是同堆型,其评价会不一样。这里实际引出一个命题:即便是核电站工程,其技术方案的“经济性”必须成为工程师们所思考的一个重要问题。否则,由于技术方案而带来的浪费或损失是惊人的。另外,对预应力这一关键技术,还要研究材料国产化可能带来的技术问题,并应尽早寻求最佳的方案。

(3) 钢衬里工程。现在可以说,广二核的安全壳钢衬里工程质量超过了广一核。这不但体现在质量上,也体现在技术方案上——成功实现了穹顶整体一次吊装成功。在华兴公司钢结构专家的指导下,通过一线工人的精心施工,2 号机组的对接误差仅为 5 mm 左右。钢衬里制作与安装技术要结合广二核的成功经验,再进一步形成一种更成熟的专业技术。

值得一提的是,广一核土建技术方案带给我们的经验主要是“5个尽可能”,即:1)尽可能标准系列化,如模板体系;2)尽可能在加工预制场制作半成品件,以减少现场占用时间及高空作业;3)尽可能使用机械代替人力,如预应力张拉平台;而且其小型机具的选用都考虑到了对人体安全的保护;4)尽可能不考虑加班作业,如混凝土施工缝的设置,除了技术要求外,其一次浇灌量不超过 700 m^3 的规定就是为了保证能在6小时内完成;5)承包商尽可能早地与设计方密切合作,从而能够在设计阶段多考虑施工的条件与要求,如塔吊和笨重机具的布置、固定各种操作平台用预埋件、水电气线路暗埋、留置二次浇灌区以及其他希望设计方考虑的条件。广二核基本保留了广一核的设计,而承包商也基本沿用了广一核的施工技术方案,所以很是合拍。今后新建核电站的情况会有所改变,因而需要加强这种沟通与合作。

3. 采购管理

广一核、广二核土建施工管理上差别较大的是采购。广一核 HCCM 的采购运作中心不在现场,而是分两部分:大宗材料和特殊材料主要由巴黎后盾队从欧洲市场直接采购;零星材料主要由 HCCM 驻香港办事处从香港市场采购。采购计划由现场编制,经总经理批准后执行。这样的土建材料几乎为“零国产化”,这一安排是合理的。所以广一核现场采购部的职责主要是汇总采购单、办理货物进场手续、仓库管理等。广二核的则不然,其现场部分的工作量远远大于广一核,实质上集中了广一核巴黎后盾队和各分包商的采购及 HCCM 现场计划及仓储管理,所以相对来说,难度也大一点。广一核与广二核最值得比较的,主要是下面几个方面:

(1) 采购计划。采购供应线是工程的给养线。要使工程不致因供应而停滞,最重要的就是强调采购的计划性。采购的计划,不完全是采购供应部门的事情,承包商拥有广一核的建设经验与留存资料,加上核电工程用料的特殊性,是可以直接由采购部门预先作一预测性考虑的,而不必被动等待各施工队和技术部门的急需计划。采购部门不能消极等待,可提前作准备;各工程队不能总是应急,应尽可能早地提出计划。这两个问题解决了,也就是配合好了,否则会产生“断炊”现象,就只能是相互埋怨与指责了。应当承认: HCCM 在采购的计划性方面做得比较老练,基本上做到了按部就班,基本上没有发生因供料不及时而影响工程的事件。华兴公司在采购计划性上有欠缺,直接的后果就是还没来得及完全弄清材料的性能和供应商的资质,就匆忙采购,要么价格太高,要么不符合要求,要么干脆就找不到货源。

(2) 采购成本的构成。采购成本由 4 方面构成:第一是采购量要提得准。广二核工程队所报采购计划,大多需要主管者从严控制,因为机制已形成了这样的怪现象——东西买多了很少被人责怪,东西不够用注定会挨骂。这也是因为采购成本的分级分块控制不到位。第二是采购的质量必须符合核电标准。物项的质量,首先就是技术,因为你要用技术指标去核查质量。提出这一点,是为了说明广二核华兴公司采购人员的技术水平有待提高,尽管某一项采购行为还有技术、质量保证和商务等部门的配合,但一个合格的采购人员必须是一个能买来符合质量的物项的人。第三是价格,这是采购的焦点所在。撇开道德素质对价格产生的影响,价格谈判绝不单纯体现于“政治水准”,实际上更体现于“业务水准”,采购人员必须掌握足够的市场信息和对市场规律的把握。在国际市场上的大宗