

岭澳核电工程实践与创新

设计管理与采购卷

(IV)

电 气 仪 控

原子能出版社

书名题字：邹家华

图书在版编目 (CIP) 数据

岭澳核电工程实践与创新·设计管理与采购卷. IV, 电器仪控 / 《岭澳核电工程实践与创新》
编辑委员会编. —北京: 原子能出版社, 2002
ISBN 7-5022-2625-7

I. 岭… II. 岭… III. ①核电站—建设—经验—广东省②核电站—电工仪表—设计—管理—广
东省③核电站—电工仪表—采购—广东省 IV. F426.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 035053 号

©

原子能出版社出版 发行

责任编辑: 柴芳蓉 高泽民

装帧设计: 崔 彤

社址: 北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码: 100037

北京朝阳科普印刷厂印刷 新华书店经销

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张 19.25 字数 445 千字

2002 年 5 月北京第 1 版 2002 年 5 月北京第 1 次印刷

印数: 1—2500

定价: 81.00 元

《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)

杨卡林 沈如刚 张兆丰 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之后，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江泽民总书记的“三个代表”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好。通过岭澳核电站一期工程建设和运营，我们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。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。二号机组按计划在一号机组之后8个月开始建设，目前已全面进入调试高峰。岭澳核电站的五年建设实践已取得了相当成功：进度上，一号机组比计划提前48天投入商业运行，二号机组也将提前投入商业运行；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、主回路冷态功能试验、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。



2002年5月

前 言

设计与采购是核电工程建设的龙头,对后续施工安装、调试工作的顺利开展具有决定性的作用。工程设计与设备购置的质量对整个工程的质量、进度以及投资有着重要的影响。岭澳核电有限公司设计采购部门负责整个电站的设计管理和采购工作,具体任务是确定总体技术方案,选择设计标准规范,签订采购合同,进行设计文件审查,对设备制造进行监督和及时提出执照申请,指导供应商、承包商严格按照标准规范和合同开展工作,确保施工、安装、调试等活动的结果符合标准规范和合同规定,高质量按期完成工程项目。

设计管理是一项技术难度很大的工作,涉及到设计与采购的模式,计划进度控制,接口交换,文件图纸审查,物项采购的质量管理与施工、安装、调试等活动的配合和不符合项处理等。岭澳核电工程在设计管理和采购自主化、电站配套设施设计自主化的实践过程中,解决了大量的管理和技术事项,积累了较丰富的知识和经验,在充分吸取大亚湾核电站工程建设成功经验的基础上,通过与设计院、研究所和国内各部门、单位的紧密合作,形成了有自己特色的设计采购管理机制,并有所创新。在核岛土建设计管理、电站配套设施设计采购、常规岛及电站配套设施的设备制造质量监督过程中,积极探索自主化新路,提出并实践了不少新的办法。例如实施了由业主全面负责初步设计、设备采购和详细设计审查的业主管理模式;使用计划、接口控制手册和工程文件索引等管理工具,以矩阵式子项负责制方式,对电站配套设施的设计与采购进行全过程控制等。

设计管理与采购卷为《岭澳核电工程实践与创新》中的一卷,由《设计与采购总体管理、执照申请与总体运行设计及制造质量控制》、《土建》、《核岛、常规岛及电站配套设施》和《电气仪控》等四册组成,文章从不同的角度分析和总结了工程实践的经验和教训,提出了许多有益的建议,对新建核电站会有所帮助。

《岭澳核电工程实践与创新》编委会

2002年5月

目 录

I 综 述

电气仪控设计采购工作总结	1
电气仪控设计自主化与设备国产化	11
电气设计采购管理	18
仪表控制计算机系统功能软件出厂验收	23
系统设计手册修改和移交	27

II 设计自主化与设计采购管理

采购包 11A 的设计采购及工程管理经验	32
电站配套设施电子仪表类设计采购	44
常规岛电缆文件设计问题	47
电站配套设施电气材料零星采购和最小库存管理	54
电站配套设施现场短缺电气材料管理	59
试验数据采集及试验仪表系统	63
控制区出入监测系统的项目管理	71
厂区环境辐射和气象监测系统招评标及项目技术管理	76
供电系统的设计采购过程及其跟踪控制	81
电站配套设施电缆桥架采购	85
电站配套设施非技术性厂房的电气设计	89
电站配套设施小电气元件的选型	92
化水车间电气仪控技术谈判	99

III 设计改进

集中数据处理及安全监督盘系统	106
汽机调节器上位机软件的修改	112
P320 系统在常规岛的应用	119
220 kV 辅助变电站设计	124
500 kV 主开关站设计	133
同步并网系统设备的选型与设计改进	144
发电机和输电保护系统的设计与采购	149

应急柴油发电机组的改进	155
保安系统的设计	163
松动部件及振动监测系统设计改进	170
改进项目对主控制室的影响	174
除盐水处理仪表控制系统	183
泵站仪控设计采购	189
电站配套设施通风空调系统自控设计	195
全厂接地系统	204
全厂火灾探测系统设计	216

IV 技术专题分析与处理

电缆桥架白锈及其处理	222
电流互感器烧损原因及其解决办法	224
单芯钢丝铠装动力电缆的发热及载流量	228
循环水处理系统整流变压器温升超值问题分析处理	233
反应堆保护系统 RS1 卡件接地故障隐患的处理	238
常规岛电缆接口问题	240
电站配套设施低压配电系统的设计和设备制造中的几个问题	245
电缆的设计及制造	249
电站配套设施直流系统	253

V 设备制造与出厂验收

堆芯欠热监测系统的设计与出厂验收	258
主变压器的设计制造及出厂验收	264
1000 MW 发电机组制造质量问题处理	272
1000 MW 发电机技术特点	282
1000 MW 发电机工厂试验	289
厂区出入及保安系统出厂验收试验	297

电气仪控设计采购工作总结

岭澳核电有限公司 周获堂

一、工作范围及主要工作

电气仪控设计处(EIB)成立于 1995 年 10 月,隶属于岭澳核电公司工程部设计采购分部(EPM),负责处理工程阶段设计采购工作中与电气仪控相关的技术问题。根据设计采购分部组织管理程序,电气仪控处的工作包括下述八个方面:

- 总体横向活动;
- 设计活动;
- 采购活动;
- 电气仪控接口管理;
- 国产化与自主化;
- 现场安装及调试启动中设计采购相关活动;
- 安装及调试后核岛(NI)、常规岛(CI)、电站配套设施(BOP)系统设计手册(SDM)的升版;
- 质量控制(QC)监督活动。

1. 总体横向活动

- 总体性文件的编写和审核;
- 安全分析报告(SAR)的审核;
- 设计基准报告(DBR)的审核;
- 总体运行手册(OOM)的审核;
- 总体技术规范(GTS)、标准技术规范(STS)和技术导则(TG)的编写和审核;
- 主控制室人-机接口管理规范的编写与审核(BOP 报警、BOP 主控制室装置、电厂计算机输入规范等);
- 全厂电气单线图(高、低压交流及直流系统)的审核与修改;
- 厂用电负荷计算与分配;
- 概率风险分析报告(PRA)的审核;
- 环境影响报告(EIR)的审核。

2. 设计活动

(1) 核岛、常规岛部分

审核 NI、CI 供货商出版的设计文件(系统设计手册、技术规范书、设备采购规范书、计算书、出厂验收文件、安装文件、调试文件等)。

(2) 电站配套设施部分

- BOP 厂房电气概念设计;
- BOP 各系统的电气仪控概念设计,包括第一阶段 SDM 的出版;
- 审核 BOP 供货商出版的设计文件(SDM、设备规范书、安装/调试、运行维修文件等);
- 审核国内设计院出版的 BOP 厂房、供电、仪控、消防系统的详细设计文件及采购清册;
- BOP 电气仪控设备标准调试导则及设计院设计的系统调试程序的编写 (380 V 配电盘、直流盘、变压器、电动机、传感器、继电器等)。

3. 采购活动

BOP 部分的自主采购:

- 确定 BOP 采购方式和策略(国内/国外、整包/部件等):

设计采购分部电气仪控处(EIB)负责的 BOP 采购包中,由承包商负责设计供货的(A类包)有:500 kV 开关站(LOT1A),厂区出入口控制及安全保卫系统(LOT14A),个人剂量监测系统(LOT14B),试验数据采集及试验仪表系统(KDO/KME, LOT17A/B),全范围模拟机(LOT25)等。由国内设计院设计,承包商供货的(B类包)有:220 kV 辅助开关站设备(LOT1B/C/D),线路保护系统(LOT1E),通用电气仪控设备(LOT11A,分为控制电缆,动力电缆,K3 级动力电缆,K3 级控制电缆,低压开关盘,直流开关盘,厂用配电变压器,柴油机,电缆桥架,照明,火灾探测,电气附件,仪控设备[11C/P/Q/R/D/S/E/F/H/I/J(M)/K/G 共 13 个子包],厂区辐射监测系统(19A/B/C/D)。标准产品部件采购的(C类包)有维修试验电气仪表设备:调试、维修用仪器、安全壳泄漏试验设备等。

- 准备招标书(ITT);
- 潜在供货商技术资格评审;
- 评标,选择供货商;
- 合同谈判;
- 根据国内设计院的设计文件,出版采购定单并负责采购管理。

4. 电气仪控接口的管理

- 对岭澳欧洲工程管理队(欧办)的技术支持,对 NI,CI 供货商之间的接口进行审核;
- 对 BOP 供货商之间、BOP 供货商与 NI/CI 供货商间的接口进行管理和审核。

5. 国产化和自主化

- 根据国产化原则对主供货商(FRAMATOME, ALSTOM)选择的中國分包商、BOP 供货商进行管理与协调;
- 国内设计院及供货商的协调及技术支持。

6. 现场安装及调试启动中的设计采购相关活动

- 现场设计变更文件的审核及部分设计变更文件的出版;
- 安装、调试过程中缺件的采购及跟踪协调;

- BOP 系统调试报告的审核。

7. 安装及调试后 NI,CI,BOP 系统手册(SDM)的升版

根据 NI、CI 及 BOP 整包采购的合同规定,供货商应在系统安装调试后的最终安装完工报告(F-EESR)签发后对相应系统手册(SDM)进行升版,EIB 则负责对相应电气仪控部分进行审核。

对由国内设计院设计的系统,在施工单位提交竣工文件后由 EIB 对 SDM 相应电气仪控部分进行修改升版。

8. QC 监督活动

- 支持 QC 处对国外供货商的 QC 文件、质量计划、制造不符合项、偏差进行审核;
- 负责对国内 BOP 供货商的 QC 文件、制造不符合项等进行审查和管理;
- 参与电气仪控设备系统的工厂验收,尤其是 NI、CI 计算机仪控系统软件部分的 QC 不在常规 QC 的范围内,相应系统的出厂验收是 EIB 的重要工作之一。

二、组织机构

1. 机构配制

岭澳核电公司工程部下设计采购、施工、调试、合同行政及工程控制几个分部。电气仪控处(EIB)隶属设计采购分部,实行处长负责制,另设一名副处长、一名处长助理(法国电力公司专家)、一名处长顾问及一名处主任工程师协助处长工作。根据电气、仪控两个专业,处内分为高压电气科、低压电气科、核岛仪表科、常规岛与 BOP 仪表科等四个科。在处内实行子项负责人、系统负责人、采购包负责人负责制。该类负责人除重要子项(如 LOT1, LOT11A)负责人由科长担任外,一般由工程师担任。对其他专业负责的子项、系统及采购包,EIB 均配备了相应的电气、仪控专业工程师,参与相关的工作。

2. 人力资源投入

员工有调入、借聘(社会招聘)、技术服务(国内支持单位)、EDF 专家等四种来源,其中调入人员占 1/3~1/2,总人力基本保持在 50~65 人之间。EIB 有近 60%的人力投入 BOP 设计自主化及设备国产化工作。应该说,从工程管理角度投入的人力是比较大的,但由于 BOP 设计自主化、设备国产化的探索及实践,BOP 占用了相当多的人力、精力。EIB 长期处于一种人力短缺、技术骨干长期过负荷的状态,尤其是仪控专业,国内人才流失较为严重,很难招募合格的(有经验、外语好)仪控工程师,补充到空缺岗位。

3. 外国专家在机构中的作用

依工程咨询合同,EDF 派遣专家参与到业主队伍中从事工程管理与技术支持。EDF 先后派出 11 人次在 EIB 工作,其中处长助理岗位 3 人次,科长助理岗位 4 人次,工程师岗位 4 人次。这些专家对工程管理体系建立、技术专题的研究、与外方的沟通、EDF 的经验反馈等方面发挥了较大作用,加强了业主力量,促进了业主的自主化管理。但仍存在一些问题:一是中法文化的差异导致中方与 EDF 人员之间的沟通存在较长时间的磨合期(一般约半年);二是 EDF 派遣的专家业务能力参差不齐,个别人不能很好发挥作用。

三、组织管理

1. 分工原则及各级管理

电气仪控处内电气、仪控是作为相近专业统一管理的,但又考虑到国内电气、仪控是两大工艺专业。在处内机构设置及人员配置上,兼顾到两个专业:正、副处长,一个是仪控专业,另一个则为电气专业;起初的两个科为电气科、仪控科,到后来根据工作进展变为四个科,两个电气,两个仪控。每一系统、采购包,子项均配有相应的电气、仪控工程师,且分别设立 A、B 角,实行工作搭接。根据系统、采购包、子项的特点,指定其中一位为负责人,进行处内外的协调与配合。

处内实行处、科、组三级管理,处长对全处的工作质量、进度等负全责。处长既是相应专业的技术责任人,又是行政管理人。副处长协助处长工作并负责相应分管科的工作。科长、组长分别对其科、组内的工作负全责。工程师是具体工作的执行者。从专业角度分工,工作质量、进度由处、科、组三级进行纵向落实、把关。从管理协调角度,工作是通过专项(系统、采购包、子项)负责人制度,对各处专业工程师的工作进行进度及技术上的沟通与配合。通过上述纵横向矩阵式的管理,确保了各项工作得以协调有序地进行。

2. 欧洲工程管理队的管理

岭澳核电站主供应商都在欧洲,工程伊始,就以工程部为主,成立欧洲工程管理队,在法国巴黎设立了办事处,由工程部经理级领导任驻欧洲总代表。电气仪控处驻欧洲队隶属设计采购欧洲队(EPE)。工程前期,欧洲工程管理队设电气工程师、仪控工程师,由 EPE 经理直接领导。同时技术上受工地电气仪控处领导,负责电气仪控专业技术问题的协调、交流,以及 NI、CI、BOP 进度、接口问题的处理及协调。随着欧洲电气仪控设计、制造、设备出厂验收活动的全面展开,1999 年开始,EPE 成立电气仪控小组(EIE),设经理一名,EDF 顾问一名,电气、仪控工程师各一名、主要负责电气仪控设备制造、出厂验收等重要技术问题的处理。这样的设置,加大了对欧洲电气、仪控设备设计制造的管理和各方沟通的力度,使问题得到及时解决。

3. 定期会议及任务跟踪制度

召开会议,形成会议纪要,并据此跟踪落实是进行工程管理及推动工作的有效手段。除不定期召开技术专题会外,还确定了定期会议制度。如由工程部经理主持的每季度一次的工程协调会,协调解决 NI、CI 主供应商、国内设计院工作过程中出现的重大技术、商务问题;每月一次的由设计采购经理主持的设计联络会,与供应商、设计院一起进行设计采购相关问题的协调;每周一次的设计采购经理部会议,汇报工作进展,反映需上级关注的问题,接受上级工作部署;每周一次处内管理会议,布置、检查工作,协调各科工作;每周一次与电气仪表安装处的协调会,协调现场安装过程中的设计、供货问题,推动现场工作进程;每两周一次与调试队的协调会,讨论调试中设计变更文件等的处理情况。这些会议作为公司内外各部门的重要协调手段,在工程各阶段起到了非常重要的作用。

上述会议制度是对外跟踪各协作部门任务的重要手段。另外,EIB 还制定了任务跟踪单制度。对重要问题制定任务跟踪单、建立数据库、明确责任人及完成日期。各项任务每

周检查一次,对任务跟踪数据库进行更新。这些措施有效地控制了工作任务的进展。

4. 工程管理质量、进度、投资三大控制的运作

作为设计采购的技术管理部门,质量主要体现为合同要求的技术规范和质量等级以及设计文件的质量、设备制造的质量等。进度体现为设计文件的出版进度和设备的制造进度。投资体现在合同技术方案的选择及合同的管理。

(1) 合同招评标阶段的质量、进度、投资控制

BOP 采购合同招评标、合同谈判及设备制造阶段的管理工作集中体现了质量、进度、投资三者之间对立统一的关系,是后续工程阶段质量、进度、投资三大控制的基础。岭澳工程以大亚湾核电站(简称广一核)为参考电站,充分吸取广一核的经验反馈外,技术上尽量采用先进成熟的技术。质量水平等同或高于广一核,进度、投资也均以广一核为参考,进行综合控制。

(2) 进度控制

进度控制是工程项目有关的实体(业主和供应商)对完成项目整体活动动态的、规范性的管理、控制。这个控制的纽带是计划、进度的编制、协调和反馈。

对 BOP 而言,设计采购队(EP)一项很重要的管理工作是对国内设计院、供货商设计文件及设备供货进度的控制。根据工程二级进度,对每一子项 EP 都制定了设计采购三级进度;设计院、供货商在此基础上,制定相应的四级、五级进度,同时编制相应的工程文件索引(IED)。编制 BOP 接口控制手册(ICM),也是 BOP 设计采购工作得以顺利展开下去的重要前期工作之一。在各子项设计采购三级进度、IED、ICM 经设计院、供货商、业主内部各专业处等各方认可生效后,才可以说 BOP 的设计采购工作走上了正轨。对 NI,CI 而言,业主控制的主要依据性文件是二级进度、IED、ICM。工程管理的方针可概括为“以合同为依据,以进度为龙头,以 IED 为准绳,以 ICM 为手段”。可以说,依据合同建立了完整准确的三级进度、IED、ICM,设计采购工作就完成了一半。设计采购管理的主要工作是协调各供货商、设计院严格遵守 ICM 规定,按时进行设计输入数据的准确交换,使供货商、设计院能按各自既定的三、四、五级进度开展相应设计制造工作;按 IED 的规定提交设计文件;按既定进度提交设备。容易出现的问题,引起责任推诿,甚至合同纠纷的,往往是接口交换的内容与时间不符合要求,此时,则需要业主介入,必要时依据合同协调解决。

(3) 质量控制

质量控制主要包括两个方面,一方面是供货商内部的控制、监督,另一方面是业主的控制监督。从保证质量的角度出发,双方的目标是一致的、统一的,但两者从不同的角度看,又有一定的矛盾。

设计文件的审核,是 EP 的主要工作之一。依参考电站原则,设计文件分成三类:A 类——与参考电站文件相同;B 类——在参考电站文件基础上进行了修改;C 类——参考电站没有,新编写的文件。相应的设计深度也做了规定:A 类文件可基本不审,B 类文件着重审核修改部分,C 类文件需全面审核。此外,对电气仪控类详细设计文件,由于文件图纸量太大,人力不够,则进行 10%~30%的抽样审核。工程师的审核意见,经组、科、处三级审核后发出。

设备制造过程的质量监督,除供货商本身的质量保证(QA)/质量控制(QC)外,设计

采购分部另设有质量控制处,进行相应的QC管理。EIB参与对相应质量偏差报告的审核。对重要系统设备,负责组建专家组进行出厂验收,力争将质量问题发现并消灭在设备出厂前。实践证明,该项措施是卓有成效的,如全厂计算机系统KIT/KPS、P320系统设备、汽轮机微机调节系统(GRE)、500 kV开关站GIS系统等,均在出厂验收阶段发现并解决了与合同不相符的问题。

(4) 合同管理

在上述进度、质量控制过程中,经常会出现业主、供货商、设计院间合同责任问题。处理该类问题的首要原则是以合同为依据,维护业主利益;而处理问题的策略应该是业主与承包商“双赢”策略。对业主而言,质量或进度上的损失均意味着失败,而承包商不能有效履行合同,丧失商业信誉及市场,也是他们不愿接受的。因此,坚持原则,以积极的态度,合同双方共同努力解决问题,推动工程顺利进行下去,才能真正实现“双赢”。如派国内发电机专家到发电机厂协助供应商解决制造中出现的问题,派业主人员到设计院协调建立BOP电缆软件数据库等,均是实现“双赢”的典型事例。

5. 团队精神与人员培训

EIB队员来自四面八方,人员流动性较大,工作任务繁重,发扬团结协作的团队精神,创建积极向上的工作态度,对EIB的运作起着至关重要的作用。处科级领导以身作则,公字当头,提倡将个人价值的实现与日常工作密切结合起来,培养严谨求是的工作作风,发扬主人翁精神。在工作、生活上创造条件互帮互学,使员工既能感受到EIB这个大家庭的温暖,又能以全身心投入到紧张的工作中去,并在工作中得到锻炼和成长。

人员培训是EIB管理的重要环节。EIB员工大部分没有核电设计采购经验,设计采购分部也没有完整的上岗培训体系,因此人员培训最主要的途径是“以老带新”,在工作中不断提高员工的业务能力。处内经常组织电气、仪控设计知识讲座、工程管理程序讲座、技术专题讲座、经验交流及讨论等,一方面对相关人员进行培训,另一方面集思广益、优化技术问题的解决方案,同时有助于培养钻研业务、严谨求是的工作氛围。

四、经验反馈

1. 参考电站政策与标准问题

岭澳核电站以大亚湾核电站(广一核)为参考电站。在NI,CI主合同中,相应系统设计基本上参照广一核的设计,局部的改进也是在广一核及EDF经验反馈基础上进行的。这就使得技术的成熟性得到了保证,同时设计采购工作的重点也可放在与广一核不同的地方。实践证明,该政策是行之有效的,质量、进度、投资三大控制的效果均在广一核的基础上有所提高。

BOP也采用了类似的参考电站政策,但主要体现在技术规范上,并在广一核基础上做了较全面的改进。广二核所选用的设备、厂家多数不同于广一核。在BOP初步设计、技术规范书(GTS/STS)等的编制过程中,一个较为突出的问题是标准问题:编写上述文件的参考文件是广一核相应文件,所引用的大部分是法国标准,而采用法国标准进行招标和设计显然是不合适的。当时花了相当大的精力,包括借助EDF专家的力量,对相关标准进

行查找和比较。电气、仪控的大部分标准找出了等效的国际标准,但还有少量因各国标准体系的不同而找不到相应标准。招标时,如投标商使用了与标书要求不同的标准,要求投标商进行比较。然而投标商也同样缺乏对法国标准的了解,无法进行比较,这几乎成了某些招标过程中的卡壳问题。最后的解决办法是业主作适当让步,接受投标商采用的标准,而技术规范书中的标准也就失去应有的作用。

正确的作法应该是,对安全性法规,应明确必须遵循中国及国际原子能机构(IAEA)的相应法规,其他标准只能以国际通用标准为准或将具体技术指标放入招标文件中。对一般标准则允许供应商采用其所在国标准。

2. BOP 采购方式及运作问题

实践证明,电气仪控参考广一核 BOP 采购包所采用的分包方式及采购方式是基本合理的,大部分设计文件质量较广一核上了一个档次。但其中 BOP 电气通用设备采购包(LOT11A)的分包方式及运作值得进行总结和探讨。LOT11A 定位为 B 类包,即国内设计院进行设计,业主依此进行分批采购。应该说这是合适的。当时,由于国内没有有实力的采购公司对 LOT11A 进行总承包,决定将 LOT11A 分成 13 个子包,是当时的市场环境条件所决定的。在工程前期曾出现供货商与设计院之间设计进度、接口数据交换问题以及供货商的内部管理问题等,曾造成某些设备供货的延误并对少数子项施工进度造成影响。因此业主投入大量人力进行管理协调。在以后工程中,应对国内电气设备生产厂家及采购供应市场状况,进行广泛深入的调查分析,对 Lot11A 进行合理的划分,减少业主的设计采购工作量及难度。同时对国内供货商的运作状况及实力,要进行严格的审核和评估。

3. 供货商的管理问题

岭澳工程常规岛(CI)供应商的管理是一个典型的实例,由于其内部各部门配合不好,曾使电气设计进度滞后达一年之久。在发电机制造过程中,由于制造工艺的变化,发电机内定子发生严重的进度问题,致使发电机制造进度延误近半年。对这样的供应商,除在招评标阶段尽量避免外,万一选定其为供应商,惟一可采取的策略是“双赢”策略,严格依据二级、三级进度、IED、ICM 进行控制。业主及时发现问题,尽早介入,必要时通过高层介入,引起双方高度重视。以合同为依据,双方采取积极的态度,解决了质量和进度问题,扭转了被动局面。

另外,对通用设备可考虑选择两家供货商,以防其中一家供货商出现问题,或发生突发事件,影响工程进度。倘若工程进度受到影响,无论能得到何种补偿,最终损失最大的还是业主。

4. 与设计院的合作问题

岭澳核电公司与国内设计院所签的是技术服务合同,设计院对业主进行技术支持。很多情况下设计院与业主不能仅靠合同解决问题,必须建立良好的合作关系,才能推动设计工作顺利开展。尤其岭澳核电站这种设计模式,业主介入较深,你中有我,我中有你。工程开始时很难预见以后发生的问题。在实际运作中,由于对接口、设计模式、责任、进度、出图要求等理解不一致,业主与设计院往往需反复协调,耗费大量人

力。如何在工程开始前尽量处理好这些关系,并在合同中明确,需在新建核电站工程设计中给以重视。现在已经走过了一个全过程,新建核电站的工作相信会比岭澳核电站做得更好。

5. 设计进度与接口管理问题

在 CI 及 BOP 设计中,曾出现由于接口不能及时准确交换造成设计进度的延误。工程初期 BOP 一些子项的电气设计,就曾出现过因电气设备的接口数据不能及时提交而影响另一方设计进度或造成设计返工。CI 的电气设计中也出现过提交不准确的电缆敷设接口数据,造成 NI 电缆设计返工并不得不重新打开接口的情况。

接口管理与设计进度是密不可分的,是业主进行供应商之间协调衔接的重要手段。欧洲办事处的主要工作之一就是进行 NI、CI 供货商之间的接口管理。接口管理的好坏实际上反应了业主管理的水平。设计进度的控制主要应在供货商内部解决,但为了保证工期,业主必须跟踪,对 IED 的执行情况进行严密监督与控制。

6. 业主的定位问题

总体而言,业主在 NI、CI 及 BOP A 包、C 包上的定位是合适的,运作也是成功的。对 BOP 自主化设计的 B 包部分,采取业主负责,设计院参与进行初步设计,设计院负责进行详细设计,业主负责采购的策略及定位也是正确的。在运作过程中,由于该做法与国内习惯做法不一致,某些设备采购合同签订较迟,设计输入资料不能及时提供,使初期设计进度及质量均不能满足要求。业主出于对工程总进度的考虑,不得不投入大量人力进行 BOP 设计采购管理,详细审查设计文件,甚至进行某些设计工作。尽管从结果上看,BOP 的设计进度及质量基本令人满意,但应该说,业主作了很多应由设计院完成的工作,未能充分发挥设计院的作用,这对人力资源管理及投资都是不利的。正确的做法应该是,业主依据合同对设计进度进行控制,而设计质量基本应由设计院或供货商的内部审核来保证。业主可通过抽查严格控制。

7. 业主内部各部门间的沟通协调问题

实行子项负责制,同一子项在 EP 内各专业处间建立了工作层的正规联系渠道;通过各种例会(周会、双周会、月会),各部门相关处间也建立了快速沟通渠道,各部门间的协作基本上是正常的。但各部门间仍存在沟通问题。子项设计中各工种、各供货商间的不协调,工程部工程完工后向生产部门移交过程中意见的不一致,大部分是由沟通协调不够引起的。该类问题只有通过强化各级管理干部及员工的现代化管理意识,必要时设立更权威的协调机构(如 EP 设立总体处),才能解决。

8. 设计采购部门人员的素质要求及上岗培训问题

设计采购部门是整个工程的龙头,所从事的工作对工程的实施有重要影响,这就要求设计采购部门的员工具备扎实的专业基础及技能、丰富的工程设计及管理经验、足够的核电知识、较高的英语水平、严谨的工作作风及敬业精神。员工上岗前,应进行严格的上岗培训及考核。

由于 EP 组建较晚,有相当一部分人员并未达到上述要求,也未进行岗前培训。这是 EP 工作走过一段弯路的重要原因之一。这与当时的环境以及广一核投产后,大批工程技

术人员流失是分不开的。在以后工程中,应引以为戒。

五、对下一工程的建议与思考

1. 工程管理模式的确立

岭澳核电工程基本上采用的是广一核的工程管理模式。工程部设立设计采购、施工、调试三个分部,每个分部下设类似的专业处,有较明确的分工。文件及现场活动设立明确的责任转移点,各处分别对责任范围内的活动负责。这种模式的优势是下游的工作对上游的工作是一个独立的质量检验过程,从质量保证角度看是很理想的。但该模式增加了相同专业间的接口及协调工作量,若责任转移点控制不严,容易形成责任不清及交叉作业,且管理机构庞大。与之相对的管理模式是,依专业设立分部,负责工程全过程。这样可充分利用人力资源,较大幅度地削减工程管理人员,但对质量管理不太有利。采用何种模式,应借鉴国内外相关工程管理经验进行深入分析研究,作出选择。

2. 电气、仪控处的设置

电气、仪控作为相近的两个专业,从工程管理角度,放在一个处管理是可以的。但从技术管理角度看,处长应对两个专业的技术负全责,而处长往往熟悉其中一个专业,另一个专业的技术责任实际上就要转移到另一专业的副处长身上,这与处长的职责是不一致的。因此,作为负实际技术责任的处级机构,电气、仪控设立两个独立的处更有利于技术把关和专业技术人才的培养。尤其随着仪控技术的飞速发展,仪控专业在整个核电工程中起着越来越重要的作用,设立单独的仪控处和电气处更利于发挥上述作用。

3. 设计采购分部的人力构成及培训

人员不稳定及流动性太大是困扰电气仪控处乃至整个设计采购分部的问题之一。鉴于设计采购部门的重要性以及在整个工程中的持续性,它的人员构成应以素质符合要求的业主人员为主,加上少量必要的专家顾问。在负荷高峰时可从设计院或社会上借聘少部分设计工程师,但外聘人员不能超过三分之一,且业主人员应保持稳定。经过岭澳核电工程的锻炼,一支专业素质过硬的设计采购骨干队伍已基本形成,只需再从其他部门补充一些素质较高的技术人员,上述业主队伍即可形成。同时应制定完整的上岗培训大纲,目前可借用生产部的培训教材,各岗位人员经严格考核通过后,发证上岗。

4. 设计采购模式及业主的定位

BOP 采用的自主设计采购模式是成功的。根据目前国内核电的设计实力,自主化设计采购的范围可向 NI, CI 适当扩大,如 CI 辅助系统的设计,通用的电气、仪控设备的采购等。同时,采购包的划分可根据目前国内外工程市场状况做适当调整,尽量减少采购包的数量。系统初步设计、设备技术规范书,可根据具体情况,考虑由业主提出设计要求,委托设计院完成,采购仍由业主负责。对 A 类包,即整包采购,仍沿用岭澳核电工程模式;对 B 类包,即由设计院负责详细设计的系统,业主应定位于进度、接口的管理,质量上进行抽查,起到独立审核的作用。同时,可考虑与两个以上设计院签订技术服务合同,在设计进度、质量等问题上,以合同为依据,进行控制。