

42128 2

国外火力发电设备 技术考察总结

(第四分册)

电站成套设计与自动化

一机部火电技术工作组编

一机部上海发电设备成套设计研究所印

一九八〇年

521.3

前 言

1979年6月2日至7月26日第一机械工业部火电技术工作组赴美国通用电气公司、燃烧工程公司、瑞士勃朗鲍维利公司、苏尔寿公司、法国阿尔斯通—大西洋公司、斯太因锅炉公司和西德勃朗鲍维利公司，为引进大型机组制造技术进行了比较深入的技术核查工作。在核查工作过程中，工作组的专业人员也对美、瑞、法等国有电厂成套设计的技术工程公司和制造厂的有关部门进行了参观访问。为了比较深入地核查各有关公司产品的实际运行情况，各制造公司还安排了十几个电站的访问。

为了使技术工作组在技术核查过程中所获得的有关资料能够迅速在我国进一步发展大型成套火力发电设备的实际工作中得到充分利用，由技术工作组成员和有关单位人员编写了这个“国外火力发电设备技术考察总结”，共四分册：

- 第一分册 锅炉
- 第二分册 汽轮机
- 第三分册 发电机
- 第四分册 电站成套设计和自动化。

由于“总结”中涉及到一些各制造公司的商业秘密范围以内的考察和数据，请各使用单位作为内部资料予以管理。

1979年10月



A791789

目 录

前 言

第一章 电站成套设计和自动化概况

- 一 自动化方面的情况..... (1)
- 二 电站成套设计方面的情况..... (8)
- 三 在科学研究试验方面的情况..... (5)

第二章 美国沙建和伦迪顾问工程公司(Sargent & Lundy)

- 一 沙建和伦迪顾问工程公司概况..... (7)
 - 1. 一般概况..... (7)
 - 2. 沙建和伦迪公司的计算机装置..... (9)
 - 3. 有关环境保护工作..... (10)
 - 4. 工程项目的组织..... (10)
- 二 主控制盘的小型化..... (12)
 - 1. 早期的主控制室..... (12)
 - 2. 部件..... (12)
 - 3. 布置形式..... (12)
 - 4. 系统的布置变化..... (12)
 - 5. 远置逻辑端子箱的优缺点..... (13)
 - 6. 电站接口的最佳化..... (15)
 - 7. 多通道信息遥输..... (15)
 - 8. 当前采用的控制和显示系统..... (16)
- 三 整体式管道分析系统(PIPSYS)..... (16)
 - 1. 概述..... (16)
 - 2. 管道设计和分析的因素..... (17)
 - 3. 管道分析的历史和PIPSYS的发展..... (17)
 - 4. 对管道分析用计算机程序的临界要求..... (18)
 - 5. 结束语和未来改进..... (19)
- 四 煤与电站设计..... (19)
 - 1. 概述..... (19)
 - 2. 具体特性与一般分类之间的关系..... (20)

3. 煤质特性的效应	(20)
4. 燃煤电站的环境保护	(25)
5. 煤质资料与电站设计工序的关系	(27)
五 电站设计模型及其用途	(30)
1. 电站设计模型的用途	(30)
2. 模型的种类	(30)
3. 指导设计用的模型 (简称设计模型)	(31)
4. 设计模型的优点	(33)
5. 设计模型的费用和收益	(34)

第三章 美国柏克德集团 (Bechtel)

一 概况	(35)
1. 柏克德动力公司	(35)
2. 柏克德股份公司	(35)
3. 柏克德公司	(36)
二 柏克德集团的业务范围	(36)
1. 工程	(36)
2. 施工	(37)
3. 经营管理	(37)
三 火力发电站的设计工程	(37)
1. 柏克德动力公司负责设计的电站	(37)
2. 美国火力发电站的发展趋势	(37)
3. 美国火力发电站成本组成百分比 (1979年)	(38)
4. 电站设计的组织机构	(38)
5. 几个燃煤电站设计工时举例	(39)
6. 燃煤电站初步设计的内容	(40)
7. 典型的设计文件	(40)
8. 柏克德动力公司在电站成套设计中采用的标准和设计参考资料	(40)
9. 柏克德动力公司盖瑟斯堡分公司采用的设计工具	(40)
10. 电站标准设计	(41)
四 电站工程的技术转移	(41)
五 柏克德公司对电站自动化设计的意见	(42)
1. 生产过程的监视、控制设备方面	(42)
2. 仪表与控制系统的技术能力方面	(43)
3. 经济因素方面	(43)
六 能量运输系统公司 (ETSI) 的煤浆线管	(44)

七 用钠或钙的两级联合干式除尘除硫装置.....	(45)
--------------------------	------

第四章 美国通用电气公司(GE公司)

一 美国通用电气公司的安装和服务工程部门.....	(46)
1. 一般概况.....	(46)
2. 培训运行人员.....	(46)
3. 汽轮机小島设计.....	(47)
二 汽轮机转子应力指示器.....	(47)
1. 概述.....	(47)
2. 原理和结构.....	(48)
3. 操作步骤.....	(49)
4. 异常情况.....	(50)
5. 自行试验和辅助程序.....	(50)
三 汽轮机监测仪表系统.....	(51)
1. 系统的概况.....	(51)
2. 多通道警报盘.....	(51)
3. 汽轮机监测仪表盘内的结构.....	(51)
4. 屏上装的设备.....	(52)
5. 测量的通道.....	(53)

第五章 法国阿尔斯通公司(Alsthom公司)

一 阿尔斯通公司的电站设计和自动化生产概况.....	(54)
二 60万千瓦电厂的典型系统.....	(55)
1. 燃料和锅炉系统.....	(55)
2. 汽轮机——发电机.....	(67)
3. 冷凝、真空和回热系统.....	(68)
4. 冷却系统.....	(79)
5. 补给水系统.....	(83)
6. 各种机械设各.....	(85)
三 巡回检测装置(Centrolog).....	(90)
四 带微处理机的巡检装置.....	(90)
1. 接口单元.....	(91)
2. 采样单元.....	(92)
3. 信息处理单元.....	(93)
4. 显示单元.....	(94)
5. 电源部份.....	(95)

五 Turbodem控制系统.....	(95)
1. 一般介绍.....	(95)
2. Turbodem装置的结构形式.....	(96)
3. 电源系统.....	(99)
4. 程控单元的设计特点.....	(102)
5. 程控单元的程序编制.....	(103)

第六章 瑞士勃朗鲍维利公司(BBC公司)

一 电站系统工程设计.....	(104)
1. 概述.....	(104)
2. 电站系统工程设计组织及其职能.....	(104)
3. 火电站系统工程设计程序和工程管理.....	(105)
二 自动化控制系统及其装置.....	(109)
1. 自动化控制系统.....	(109)
2. 汽轮机自动化装置TM和汽机电子调节系统TT4	(117)
三 专题技术.....	(120)
1. 低压旁路系统.....	(120)
2. 冷端最佳化设计.....	(123)
3. 冷凝器.....	(124)
4. 汽轮机组基础.....	(129)
5. 高压加热器.....	(133)
6. 美国福斯特惠勒公司高压加热器工艺特点.....	(134)

第七章 瑞士苏尔寿公司(Sulzer 公司)

一 概况.....	(135)
二 控制阀及执行机构.....	(135)
三 旁路控制阀.....	(137)
四 核电阀门.....	(137)
五 截止阀、逆止阀等.....	(138)
六 控制系统.....	(138)
1. AV5 控制装置的机械布局	(138)
2. AV5 控制装置的电气设计	(138)
七 动态特性计算.....	(138)

第八章 参观美国、瑞士、西德、法国一些火电厂和核电站的概况

一 概况.....	(140)
二 九座火电厂的特点和运行概况.....	(142)
三 四座核电站的特点和情况.....	(146)

第一章 电厂成套设计和自动化概况

一 自动化方面的情况

1. 汽轮机自启停方面

汽轮机的自启停是火电站自动化的主要部分,是电厂自动化水平的一个标志。1959年美国通用电气公司(GE)取得了用电子计算机启动汽机的成果,并开始用计算机全面控制电站的工作,经过几年的实践,到1965~1966年,美国认为用电子计算机全面控制电站综合效果并不好(美国至今只有8个电厂采用电子计算机直接数字控制——DDC,维护很不容易),GE公司在这时把计算机启动的专利让给汉尼威尔公司(Honeywell),自己开始搞按汽机转子应力作为限制条件进行汽机启停,1969年正式运行。方法是测量高压缸第一级进汽,中压缸第一级进汽及中压缸末级的进汽温度。转子表面温度比缸的内壁温度略低,但可认为大致相当。轴孔的温度则是表面温度与进汽时间的函数,由计算机求出,计算机并算出汽轮机高、中压转子和轴孔应力,应力限制在屈服应力的80%以下。

瑞士勃朗鲍维利公司(BBC)的汽机自启动也是按照测转子应力的方法,但只测两点,就是用两根温度探针,置于高压缸和中压缸温度最高的部位,可代表转子的表面温度和转子表面与轴孔的温差,与元宝山电厂CEM30万千瓦机组的相同。当时称BBC公司经过15年的研究,意思是比GE公司为早,但只适用于BBC反动式机组。

美国GE公司还按照测应力的办法来计算汽轮机的寿命损耗,这种装置已有三台正式运行,是世界上最早开展这方面工作的

公司,对保证机组安全运行作用很大。

法国阿尔斯通公司(Alsthom)的汽机启动是采用程序控制,叫Turbodem,只要整定得当,实际效果会差不多,但按技术水平衡量是简单一些,因对汽轮机转子的应力未加控制。

2. BBC、GE的汽机采用电液调速(EHC),Alsthom的RC-70也是电液调速,GE在搞数字式调速装置(DHC)。各公司已普遍采用高压抗燃液(磷酸脂)。GE的电液调速最早,60年代已在一台机组上投运。

国外的汽机电液调速是与汽机启停密切结合进行全程调速,而且能接受锅炉的负荷信号进行协调。

3. 在自动化装置中已采用了微处理器,GE在应力监视中已采用,Alsthom在Micro-Centrolog的事故追忆中也采用,但还没有运行经验。

勃朗鲍维利、苏尔寿(Sulzer)和阿尔斯通的成套自动化装置,都是插件组装式,带有自检故障功能,采用双重回路(2取2或3取2)及新的接头方法(不用螺钉和焊接,用绕线工具等)。

4. 在结构制造上和厂内试验检查方面有很多先进的地方:

① 印刷板制造上采用了干膜感光、数控高速钻、小孔金属化、按程序配件、波峰焊、高速无齿铣等技术。

② 在插件、装置的校验和检查上采用了计算机技术和数模技术,印刷板配线时也采用计算机辅导。

③ 全电站的自动化装置作数模联调试

验(BBC)。

④ BBC用彩色CRT作微型接线图象显示和运行趋势显示。

⑤ 在主控室的屏台结构上采用微型元件和模拟块技术,使60万千瓦机炉电单元控制台的长度缩短在7~8米之间。

5. 制造厂用模拟装置,培训操作人员,GE、BBC及CE(美国燃烧工程公司)等都这么办。GE的培训中心面积约6000米²,设备很齐全,焊接室、机械室、仪表室、电子室等,主机房和主控室的一些设备和仪器都有,有50个工作人员,一年可培训200人,这是代使用单位培训的部分,还为GE培训现场服务工程师,时间2~3年,GE的现场服务工程师有4,000人,在美国有150个现场服务办公室,在国外有20个办公室,已对2,000台机组进行了服务。

6. 数字计算机的应用

GE 1959年第一台数字计算机在电站使用,从1965年起电站全用计算机控制的方法已经不搞了,多用在监控,小部分用作机组启动和带15%的负荷。

1973~1979年柏克德公司(Bechtel)设计的30~75万千瓦机组74台,其中54台的统计为:

No Computer (不用计算机)	9台
Data Logger (巡检和计算)	30台
Start Control (启动控制)	11台
DDC (直接数字控制)	4台

沙建伦迪顾问工程公司(Sargent & Lundy)提供的计算机应用情况则是:已设计的30~60万千瓦机组共76座,只有约15个机组是采用计算机启停的,其余则只采用巡检报警和整据计算,连巡检也不采用的只2~3个机组。

欧洲BBC、Sulzer和Alsthom公司对计算机在电站的使用仅限于在线监控和作巡检用,没有用计算机启停的,在参观中,看到有些机组连巡检也没有采用。

7. 是否采用旁路系统这是在美国和西欧各公司内看法不同的一个问题。欧洲由于用核电站带基本负荷,火电机组参加调峰、机组启动频繁,年启动可达200次,甚至一天启动多次,因而主张采用旁路。美国情况不同,美国火电多带基本负荷,也不采用滑压运行,不主张用旁路,尤其不同意用100%旁路,但现在也认为可采用30%的旁路系统。

用旁路系统的优点是:

(1) 在冷态启动时,可以加快启动时间,汽水损失少;

(2) 热态启动时,可以使汽温容易与汽机温度接近,缩短启动时间,不要向空排汽,减少损失和噪音;

(3) 机组甩负荷后,可以带厂用电运行;

(4) 可以停机不停炉;

(5) 锅炉过热器出口可不设安全阀。

用旁路的缺点是:

(1) 旁路系统(阀门、汽水管路和调节装置)投资大,系统复杂;

(2) 冷凝器要特殊设计,容量要大很多。

瑞士苏尔寿公司适应这种需要,设计和制造了一套高压、低压旁路阀和相应的电子调节装置,阀门执行机构为液压传动,推力大(2~40吨),打开时间短(2~10秒),阀体是双球体设计,能适应温度的急剧变化,西德的安全机构在1976年已正式批准可将此种旁路阀作安全阀使用(见VdTÜV—Merblatt 76~537)。

8. 在炉膛火焰监视方面,烧油烧烟煤的锅炉是采用紫外线光敏管作为测量元件,对于褐煤因其紫外线少可采用红外线管监视,一层喷燃器中有火焰,就认为炉膛在燃烧。采用紫外线或红外线光敏管容易受到干扰。BBC推荐采用工业电视观察炉膛燃烧,也监视燃烬炉排和出灰渣的情况,在西德诺

依拉特 (Neurath) 褐煤锅炉上就是这么办的, 效果很好, 当然, 这要锅炉在结构上预留出摄像头在安装部位和观测孔。

9. 数学模拟技术

① GE对30万、60万千瓦汽机有数学模型, 锅炉和发电机的模型也做过, 对给水泵还没有做过, 正在进行电网的单相重合闸等对大轴产生扭力矩疲劳影响的研究。数学模型的研究包括电机、变压器和电网。电站动态模拟也可以做。

设备: 模拟计算机 2 台 共92阶
数字计算机 2 台 (内存96K)

② BBC对60万千瓦的锅炉、汽机全系统用混合数字模拟方法做过实时模拟, 计算机与操作系统联起来在曼海姆(Mannheim)做过, 两年前用数字、模拟混合办法, 现在则全用数字计算机, 主要设备:

数字计算机 3 台 (内存65K, 外存磁带)
CRT 1 台 (24吋, 带光笔)
打字机 4 台

动模室的大量试验是得出主辅设备的传递函数, 在 Honeywell 生产的程序系统计算机 (Process System Computer) 上与被调试的自控设备 (有十几个屏) 作联调试验, 我们看到的是130万千瓦的核电站自控设备, 这样的调试据说要进行六个月, 他们补充说: 由于三哩岛的事故, 对自控设备的完善和操作人员的培训更需要了。

③ Sulzer 对数字动态模拟技术开展较早, 1960年开始陆续有文章发表。CE公司、南斯拉夫与法国在这方面都与 Sulzer 有联系。他们搞数模是为了研究锅炉本身的结构和协助确定控制系统。如研究螺旋形锅炉管圈的动态特性, 研究垂直管屏压力变化对汽量的敏感性, 这些是由锅炉的结构型式和蓄热性能等决定的, 也与燃烧的反应速度有关。通过数模技术把问题暴露在前期, 在设计上予以解决。使锅炉有足够的可控性, 而控制系统的整定范围可以满足运行工况的要

求。如烧油的反应速度是40秒, 烧煤是140秒, 如果烧煤延迟大, 保持不了稳定, 则在改变给煤机速度的同时调节磨煤机, 效果可使延迟时间缩短60秒。

二 电站成套设计方面的情况

电站设计在国外有下列几种情况: 一种是制造厂设有电站设计部门, 例如瑞士BBC公司设有TK部门, 法国Alsthom设有CTM部门, 都可承担发电站设计工作, 但土建方面除汽轮发电机基础部分做全部施工图, 其余部分只决定负荷大小、几何尺寸和布置, 然后由专门的建筑工程公司进行 (瑞士BBC公司关于电厂公用部分和土建的设计是由西德BBC承担)。其中Alsthom公司的CTM只作向国外出口产品的电站设计, 法国国内的电厂设计则由法国电力公司 (EDF) 设计部门承担; 另一种是美国GE的情况, 它只做汽轮发电机组周围 (称小岛范围) 的设计 (包括主机自动化在内), 不做电站设计, 电站设计由顾问工程公司 (如Bechtel 或 Sargent & Lundy等) 或电力公司 (如杜克电力公司或TVA) 进行。锅炉制造厂一般均供给锅炉房范围内锅炉、附属设备和各种管道的布置, 与锅炉有关的自动化以及对土建结构的负荷, 几何尺寸和布置等要求, 然后由电站设计部门进行协调和做施工设计。美国CE公司也可以进行锅炉房的布置设计工作。

通过我们的参观访问, 初步感到有以下特点:

1. 国外广泛使用电子计算机作为设计工具

大部分国外设计部门均有计算机中心, 装有大型计算机, 在设计人员工作地点设有终端, 可利用计算机中心的计算机进行各种设计计算, 并在计算机中心存储有大量计算

结果和数据,可随时调用。例如CE的计算中心存储有大量计算结果和数据,可随时调用。CE的计算中心有十多台电子计算机,型号有IBM3033,470,ICOM及CDC—7600,并与世界各地计算中心有联系,计算机可用率达98%。沙建和伦迪顾问工程公司无计算中心,但有两台K—1100/81型计算机,配有70台终端设备。各公司还利用计算机存储资料,设计人员索取资料十分方便。GE及其它公司(法国Alsthom除外)都已在最近一、二年内用计算机制图,并可用光笔在屏幕上修改设计图,用计算机配合制图机制图,速度可达每秒钟5吋。各公司还设有各种小型计算机多台供设计人员使用。各公司均有计算机程序存储库,各种应力、系统计算和最佳化设计均有现成程序使用。技术资料的存储还用缩微胶片,可存储208张图纸,并有多台阅读和复印的设备。

2. 广泛采用模型作为设计方法

Bechtel, Sargent & Lundy 及 BBC 均采用模型作为设计方法,模型比例为1:20左右,模型制作,系由设计人员和模型制作人员共同讨论,共同完成,模型部件和元件目前大部分用塑料制作(这些元件和部件用十种不同颜色的塑料以挤压或喷射法模制)。模型的制作费用约为电厂整个建造费用的1%(一台30~60万千瓦电厂模型在美国制作费用约200万美元)。模型制作的程序大致如下:(1)先作电厂主厂房初步总布置;(2)收到制造厂设备尺寸和形状后,制作设备模型和安好位置;(3)进行各种管道和其它设备布置;(4)考虑各种通道、安装、空间等条件,进行调整,以达到最佳的布置。在模型上表明直径、流向和必要的符号。模型交付施工现场时,附管道布置的单线图,并附各层各个位置的模型照片。不再绘制三维空间图。利用模型进行设计布置和代替大部分施工图有以下优点:

(1)可大量节省设计施工图,节省设计时间;(2)可取得最佳的布置图,有利于质量控制;(3)有利于现场施工和检修,便于安排施工程序、人力和进度等。可避免施工时返工和修改图纸;(4)在施工完毕后可作为培训运行人员和制定检修计划用。除了主要的完整的电厂设计模型外,还制作设计检验模型(以检验管道支吊架,维修平台和电缆支吊架)、局部研究模型(解决施工过程中发生的一些特殊问题)、施工程序模型(安装施工计划用)。以及主控制台模型(可以拆散、搬动的)。但法国Alsthom至今不采用模型设计法,他们认为他们的设计施工人员熟悉三维空间图纸,不必用模型设计,并认为模型制作费工时。

3. 设计标准、手册和文件齐全

瑞士BBC公司、美国Sargent & Lundy和Bechtel以及法国Alsthom均有比较齐全的电站设计用标准、设计手册、计算方法和设计用计算机程序等,其中以瑞士BBC和美国Bechtel公司较为齐全。瑞士BBC可供转让的设计文件约400余件,Bechtel初步提出的计算机程序达40余种。瑞士BBC公司的AKS系统是技术文件、图纸等的标码系统,对于设计文件、图纸的管理、处理很有利。

4. 在电站设计方面的科学组织和管理

美国Sargent & Lundy, Bechtel 和瑞士BBC对每一项目的电站设计均组织专职工程技术人员(由原来公司各专业部门抽调人员组成),并由管理能力较高的工程师担任工程项目负责人,工程项目组织的责任除负责该工程项目的设计外,并负责质量管理(从设备的质量检查、试验到安装时的质量检查和设备的试验)和工程进度管理,用计算机按照统筹法(CPM)安排工程进度和进行工程管理,并负责与各设备制造厂的协调工作。整个工程项目必须等设备投入运行

后算结束。结束时写出工程总结。

5. 在电站设计方面采用的新技术

电站设计方面的新技术系指由电站设计部门决定和设计的,而不是由制造厂供应的。主要是汽水管道路结构、自动控制、电缆敷设、土建结构以及其它由电站设计部门设计的系统(例如电站除硫、上煤、除灰、化学水和废水处理系统等)。我们考察和访问的各设计部门目前已采用而国内尚不熟悉的有以下各个方面:

(1) 轻型基础

瑞士BBC和西德BBC已在多台汽轮发电机组上采用轻型基础(又称低频基础),轻型基础有两种:一种是设计的钢筋混凝土基础或钢结构基础的自然振动频率远小于机组运行的频率(工频),基础的梁柱比较小,空间比较大,机组的振动小。另一种系弹簧支撑的汽轮发电机组基础,我们参观的瑞士来布斯特(Leibstadt)原子能发电厂的90万千瓦机组上及其它如比布里斯(Biblis)原子能发电厂的120万千瓦、130万千瓦机组基础上均已采用这种弹簧支撑的基础,在我国刚开始进行这方面的试验工作。

(2) 采用计算机确定电厂电缆的走向和敷设

美国Bechtel, Sargent & Lundy和瑞士BBC均向我们介绍了利用计算机确定电厂各种通讯电缆和电力电缆的走向和敷设,利用这种方法可节约电缆约10~25%(Bechtel的报告),并可利用计算机编制各种不同电缆手册(例如不同直径、芯数、长度的电缆、各种功能电缆的统计手册),有利于采购、仓库管理和施工,可节约投资和加快设计施工速度。在这一方面,我国尚未采用过。

(3) 多通道信息传输技术(Multiplex)系70年代在国外发展的新技术,已在美国Bechtel、瑞士BBC和法国Alstom采

用。Bechtel和瑞士BBC利用这种技术将现场的各种信息通过同轴电缆传输到主控制室,信息在现场经过处理(分频、分时和脉冲调幅等方法)传输到主控制室,根据国外报导,这种技术可大量节约电站通讯电缆和施工费用,一台60万千瓦机组电站,采用这种技术可节省电缆和施工费用共约80万美元。法国Alstom已在主控制室盘内(例如Centrolog)作信息传输之用,而在电站设计中尚未采用。

除上述新技术外,尚有分相隔离母线,采用布袋式过滤除尘、干式除硫、新型厂用设备如SF₆千伏开关,380伏电动机启动器、环氧树脂浇注母线、反渗透水处理、发电厂废水处理(西德诺伊拉特Neurath电厂)等新技术。其中干式除硫是将苛性碱泵入布袋雾化,使与烟气中的SO₂结合而成干状硫化物排出,是Bechtel最近的技术,效果较好。美国政府1978年9月规定,烟气中的硫必须除去。煤含硫1%,则75%的硫需排除,煤含硫3%,则90%的硫需在烟气中排除。

三 在科学研究试验方面的情况

在核查中,有少部分时间对美国GE及GE公司,瑞士和西德的BBC公司,及法国Alstom公司的科研试验作了概略的了解和参观,总的印象是上述各公司虽然各有差别,但都对科研试验工作很重视,特别是GE和BBC两家公司广罗人材,购置先进仪器设备,长远目标和近期任务兼顾,使技术贮备充足。如果要对比我们的差距,在科学研究试验方面,我们的差距是很大的,这个差距远大于产品设计和生产工艺方面与他们相应部门的差距。当然我们的社会制度和组织与他们不一样,他们的一些基础研究工作实际上相当于我们科学院的一部分工作。我

们企业的科学研究不能直接与他们的公司对比。

1. 重视基础研究工作

美国GE和瑞士BBC公司都有庞大的研究机构,一般分为基础理论研究(5~10年期限的科研项目),试验室的应用研究(1~2年期限的试验项目)和适应顾客主要要求和车间生产中改小革为内容的试验等三级机构。美国GE公司的以基础理论研究为目的的研究中心,在一个环境幽静的地方有12,000米²的5层大楼,有2,100名工作人员,其中700名为科学家,过去有5人曾得过诺贝尔奖金。他们的主要研究项目有新的能源(太阳能利用),煤的气化、人造金刚石(1千大气压下试验),150万伏输电和激光等项目。GE是一个对象很广泛的制造商集团,它的研究项目范围非常宽广,上面举出的几个项目只是与我们比较接近的而已。

瑞士BBC是BBC国际集团的一部分,每年用于科研试验的费用为7亿瑞士法郎,BBC国际集团用于科研试验的费用为集团年收入的8%,三级研究试验机构全部人员超过5,000人,我们看过的Dattwil科研中心在巴登附近,在德国海登堡还有一个科研中心。他们进行的科研项目主要围绕固体力学、材料科学、电化学、光学和电子学、流体物理学、热力工程、电气工程等领域选题,还有一部分人搞理论物理学。我们在Dattwil参观时,他们介绍该科研中心有170人,来自15个国家,正在进行的科研项目有激光测量、全息照相、75万伏至115万伏高压开关,矫顽力较现有永久磁钢高三倍的高磁能磁钢、固体电池、液晶现象、流体动力学和材料断裂力学等。

法国Alsthom的科研工作是和法国电力公司EDF合作,在Marcoussis科研中心进行,有职工500人,其中高级工程技术人员

180名,进行一些叶片振动,材料断裂力学和腐蚀、新合金和碳化硅、激光等研究。给我们印象较深的在开展超导的研究,材料已采用的有铌钛(NbTi),温度3.2°K,电流密度460安/毫米²和铌三锡(Nb₃Sn),温度8.5°K,电流密度720安/毫米²。还有研究新材料铌三锗(Nb₃Ge),氦(He)的压力为3公斤/厘米²,温度3.5°K。他们介绍说正在试制25万千瓦的超导机组,计划1983年试运,还在设计120万千瓦的超导机组。

2. 拥有先进的科学仪器和设备

在参观的几家公司中,无论是科研中心和试验室,都拥有现代化的科学仪器和设备,几乎每一个专题研究试验室内都有一台小型电子计算机或终端设备,用电子计算机记录和处理试验数据,个别还有用计算机控制试验程序,小型计算机或终端又与计算中心相联系,可调用计算中心的技术资料和图纸。此外,还看到下列先进的试验设备:

(1) 汽机叶片振动频率分析仪,采用电子计算机作数据处理(GE及BBC)。

(2) 原子能电站高压缸后的汽水分离器作透明的模型试验,以解决汽流不均的问题(BBC)。

(3) 湿蒸汽试验透平1:3.5试验台(BBC)和1:1试验台(GE),作低压缸模拟试验。

(4) 在燃烧室内对喷燃器的温度、压力、流量进行测试,对烟气进行分析,用计算机作数据处理(CE)。

(5) 对煤的灰份在管壁上结焦的试验,有50吨/时的锅炉作三周的燃烧试验(CE)。

(6) GE的空气动力试验室有2台空气透平可作超音速透平试验和超音速叶栅试验,数据处理用计算机进行。

(7) 用动态模拟方法作主机或全电厂的模拟试验,对整套自动控制设备作联调试

验(BBC, Sulzer), 对主机主炉作性能试验(GE和Sulzer)或培训自动控制人员(CE, GE, BBC)。

(8) 利用三维振动台模拟地震, 对整套自动控制设备进行抗地震的试验并拍成电影(BBC)。

试验频率: $f = 2\text{ Hz} \sim 3.5\text{ Hz} \sim 2\text{ Hz}$

震动强度: $X-1.3\text{ g} \sim 2.7\text{ g}$

$Y-1.2\text{ g} \sim 2.0\text{ g}$

$Z-1.2\text{ g} \sim 2.0\text{ g}$

最大做过 $3.8\text{ g} \sim 4.5\text{ g}$ 。

(9) 金相电子显微镜采用屏幕显示, 同时进行金属元素分析(Alsthom)。设备型号: JEOL JSM-50A, 制造厂: Scanning Microscope, 放大倍数: 10万倍。

在金相分析方面, GE及BBC有电子显微镜, 放大倍数为20万倍, 但功能不及Alsthom的设备完善。

第二章 美国沙建和伦迪顾问工程公司(Sargent & Lundy)

一 沙建和伦迪顾问工程公司概况

1. 一般概况

美国沙建和伦迪顾问工程公司系一家美国专门为公用电力公司和工业发电站(包括火电站和核电站)以及输电工程提供全面设计和施工管理业务的工程公司, 据称已有85年的历史, 共有4400人, 其中华裔美国人有100人左右, 有学士以上学位的共约2000人, 有博士学位的达91人, 已为美国一些电力公司设计火电站和核电站总容量达8000万千瓦左右。该公司总部设在美国芝加哥。公司业务包括电站工程的选厂、总布置、全部建筑结构、机械和电气设计(从原则设计到详细施工图), 成本核算、进度安排、设备和材料选购、制造商和分包合同管理以及现场施工管理。该公司还负责核电系统的技术和经济分析、安全分析、申请核电的开工和运行执照、质量保证以及核燃料的采购和管理等。

沙建和伦迪公司在美国以外的业务, 有与以色列从1967年起技术转让和合 作 建 设

14~50万千瓦机组工程的经验。

该公司的组织见表2-1。

近年来由于对发电站的大量复杂的要求, 该公司增加了很多工程师和科技人员以提供管理、分析、设计和工程的特殊服务。例如: 为了做好建设火电站和核电站的质量保证, 质量控制部门必须完成以下各项任务: 制定和协调一个工程项目所需质量控制计划和质量控制所需工具, 指导质量控制人员执行有关质量控制规划的步骤; 有关一个工程项目的安全工作等。质量控制部门向公司服务部经理负责。与以前相比, 公司新增加的部门包括: 控制和仪表; 采暖通风; 上煤除灰和材料运输(机械部分); 工程力学; 环保; 核电站安全和执照申请; 上煤除灰和材料运输(电气部分); 土壤技术、水源和厂址、质量控制; 计算机服务以及规划和进度等。

一些特殊部门的工作任务和人员如下:

1) 环境保护部门—环境保护部分有化学、机械、核能和环境保护工程师; 水产和陆上生物学家; 卫生专家, 物理学家和辐射生态学家; 有关旅游问题的分析家; 气候学家; 法律顾问, 技术编辑以及研究服务人员等。

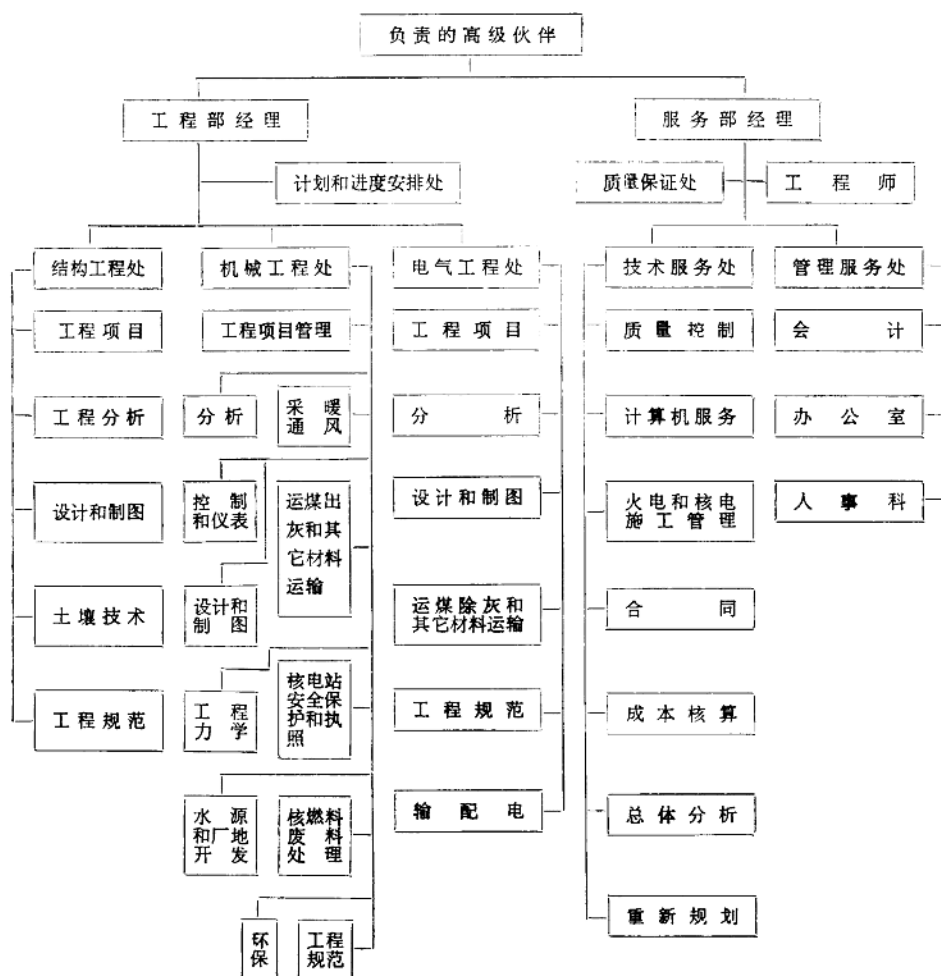


表 2—1 沙建和伦迪顾问公司组织表

2) 工程力学部门—有关热膨胀, 地震反应, 热传输, 高温蠕变断裂力学, 管道和其相联建筑的动态和静态分析。这一部门应用数字计算机较多。人员均为大学毕业生, 很多取得了高级学位。

3) 机械分析部门—这一部门负责工程项目所需机械工程分析, 它包括火电站系统和设备的设计和大小的确定, 各种不同方案的评价以及在正常和瞬态运行情况下工况的预测。此部门负责编制解决电站复杂设计问

题的特殊计算机程序, 经常取得有关电力生产技术的情报, 如烟气除硫, 煤的气化, 以及燃气轮机的发展等。此外, 此部门还要解决有关火电站空气、水和防止噪音等方面的问题。

4) 结构分析部门—此部门的人员大多数有各种专业的高级学位。如结构学工程力学, 水文学和水力学等, 并与附近的工程学院有联系, 负责制定高级分析步骤和制定设计部门用的计算机程序, 并解决特殊需要

分析技术的复杂问题。

2. 沙建和伦迪公司的计算机装置

计算机服务部门共有负责发展和装备计算机的科技人员100人,其中50人担任计算机系统的日夜运行维护工作。该部门还维持一个计算机程序库,并收集有关计算机软件应用的文件和资料、计算机系统的手册、以及其它计算机科学有关材料。该公司的计算机系统设计的目的是为了有效的和经济的供给公司在科学和技术上的应用,数据和信息处理。从1972年安装计算机起已经过8次大的改进,计算机的处理能力已增大360%,以适应计算任务的增长。

1) 计算机组成

计算机的主体是一个 Univac 1100/81 的系统,包括以下各项:

- (1) 一台中央处理机
- (2) 一台输入输出处理机
- (3) 主存储器 (524,288, 36 字长的字, 3,145,728 字节)
- (4) 缓冲存储接口单元 (Cache 储存 (8,192, 36 字长的字))
- (5) 磁鼓 (2,097,152 字, 12,000,000 字节)
- (6) 磁盘 (26 单元, 总容量为 4.08 亿字)
- (7) 磁带 (8 个单元)
- (8) 一台通讯/子程序处理机 (31 个低速, 6 个中速和 2 个高速接口)
- (9) 输入 (穿孔带读出器, 打孔机, 2 台打印机)。

司普里 (Sperry) Univac 计算机硬件系在 Univac 1100EXEC-8 运行系统 35RL 控制下运行的。此外,还设有相互联系的接口,两个远方成批接口站,4 个相互联系的图象接口,一个离线 Calcomp 905/936 绘图机,以及三个离线 XEROX 1200 打印机。以上各项设备系与主计算机系统相连,以处理计算机

的各种计算工作。

除应用上述公司计算机系统内部进行计算外,还可利用公司外计算机进行大规模科学和工程计算和为特殊目的服务。

司普里 Univac 1100 系列计算机为通用型计算机,运行工况很好的系统,采用了最新的计算机设计、系统组织和程序技术。这种计算机采用标准插件结构,允许为了大规模科学计算和作为全面在线信息系统用,达到最高速度和容量的要求而选用最好的系统部件。

2) 处理机

处理机系 Univac 1100/80 中央处理机 (CPU),系计算机系统的主要部分,可按照使用者的程序控制模式,可进行数字和逻辑计算。中央处理机有 128 寄存器 (Registers),可供两组多指数的寄存器 (Index Registers)。中央处理机的执行速度 (Execution Speed) 可从 0.2 微秒到 1.7 微秒。地址系用中央处理机存储的成组描写寄存器 (Bank Description Registers),程序可于动态情况下在存储器中重新变更。

3) 主存储器

主存储器系大规模集成器 (MOS) 所组成,分为两组,每组有 262,144 字句,从主存储器取存包含两个连续的 4 个双字句,每一双字句包括 80 字二进制字,其中 72 个数据和 8 个改正错误的二进制字,8 个字转移的时间为 1.125 微秒。

4) 存储接口单元 (SIU)

所有主存储器的读写系经过高速缓冲寄存装置 (Cache Memory),可同时接受两个读写的需求。缓冲寄存装置称为存储接口单元,目前的装备为 8 K 字。读取循环时间为 0.15 微秒。SIU 系经中央处理机和输入输出装置接口,然后到主存储器。

5) FH1782 磁鼓系统

FH1782 磁鼓系一高速大容量磁鼓,对磁鼓进行操作的时间为 17 毫秒。从磁鼓读

取的时间为120,000字/秒(720,000字符/秒)。总的磁鼓容量为2,097,152字(超过12,000,000字符)。

沙建和伦迪公司计算机程序库内有500个常用的程序。以下为部分计算机程序举例:

1) 机械工程: 管道应力分析, 管道动态分析, 火电站热平衡计算, 汽轮机凝汽器冷却系统最佳化, 水泵吸入瞬间工况研究。

2) 环境保护: 烟囱排烟的大气扩散, 冷却湖大小选择和温度预测, 火电站冷却塔水汽的热扩散, 核电站厂址的人口统计学研究。

3) 电气工程: 潮流研究, 短路电流和动稳定分析, 电站扩建不同方案的经济比较。

4) 土木工程: 挖填方计算, 开式水沟回流水的研究, 洪水水位分析, 水文数据处理, 土坝泄漏研究, 斜坡稳定分析, 水库储水量计算。

5) 结构工程: 结构静、动态和非线性分析、平面多轴对称, 壳体和其它固体静态和动态负荷的有限元法分析, 钢或钢筋混凝土梁、桁架、柱等建筑部件设计, 输电线路塔的分析和设计, 壳体结构的静、动态和稳定分析, 基础分析和设计, 管理科学, 工程项目控制和进度安排, 建造费用控制系统, 会计、工时耗用报告。

3. 有关环境保护工作

环境保护部门为了满足与前美国法律和技术方面的要求而设立的。美国联邦和州的法规和导则均要求对火电厂从厂址选择到投运以后的情况进行环境保护的分析。环境部门与公司其它部门以及公司以外专门部门配合进行以下6个方面的分析。

1) 生态学分析: 生态部门总结文献和厂址情况, 评价地区和建设厂址的特殊生态学的特点, 特别强调研究特殊有价值的和敏

感的生态学有关的社会的情况和动植物种类。上述的评价作为厂址评价, 厂址选择报告, 环境保护报告, 以及特殊分析(例如输电线路的环保问题)的基础。此外, 还要制定生态监测规划, 监测装置和设施的规范, 以及评价承包厂商对这些装置和设施的投标。

2) 厂址用地和人口统计学: 对一些特殊用地, 例如有关旅游场地、历史遗迹、考古场地、农业田地、工业用地、居民区和风景区等必须由这方面的专家进行鉴定。在这些地方或其附近建电厂时必须研究取得土地、公共安全、居民反对意见, 以及取得建厂执照等方面的问题。对于人口的统计要用现有数据和用计算机计算现有和规划的人口分布。

3) 气象学: 由气象学家评价电厂各种扩散问题和用模式进行计算, 并考虑厂址和地区的气象和气候特点。从文献和厂址收集的材料, 作为环保报告中空气质量控制, 厂址选择的评价报告。

4) 法律分析和执照申请: 主要由法律方面的专家分析政府规定和执照申请的要求, 制定申请书和必要的文件以及作证词等。

5) 工程协调: 主要制定环保部门与其它部门, 工程项目管理以及顾主等之间的协调与分工。本部门的协调人员制定协调进度和注视有关选厂报告, 厂址评价, 环保报告和其它研究报告的情况。

6) 编辑工作: 主要负责报告的编辑和对总结的评论意见。

4. 工程项目的组织

一个工程项目的完成系通过组织一些有经验的工程师、设计师和制图人员完成的。其组织形式如下:

所有工程项目均受公司工程项目监督(由公司高级伙伴之一担任)领导, 他既对顾主, 又对公司负主要责任, 保证火电站有满意的运行工况。工程项目的经理负责协调

工程项目的设计和工程工作，对公司的工程项目监督负责，保证工程照进度圆满进行。若工程项目顾主对其工程需要制定一个施工管理规划时，该公司可提供这种服务。为了设计和施工的配合，该公司的施工管理人员将直接与工程项目设计组织结合在一起。为了协调，进行以下工作：

- 1) 在主要设计过程中，每两周进行设计部门之间的协调配合，定期由公司人员和顾主方面的工程师进行讨论，总结设计要求；
- 2) 设计人员定期到施工现场总结工程进度；

3) 每两周公司各工程项目的经理和工程师讨论和交流工程和设计情况，系统的新流程，各种设备的设计，以及制造厂和施工承包单位的其它特殊情况。

沙建和伦迪顾问工程公司曾为美国四家电力公司设计电厂60年，与另8家电力公司设计电厂30~50年。在此期间，曾采用以下一些新的技术：

- 1) 最初采用旋转滤网；
- 2) 最初采用露天式发电厂；
- 3) 最初采用集中控制室；
- 4) 发展和采用整体式运煤列车。

工程项目的组织如下：

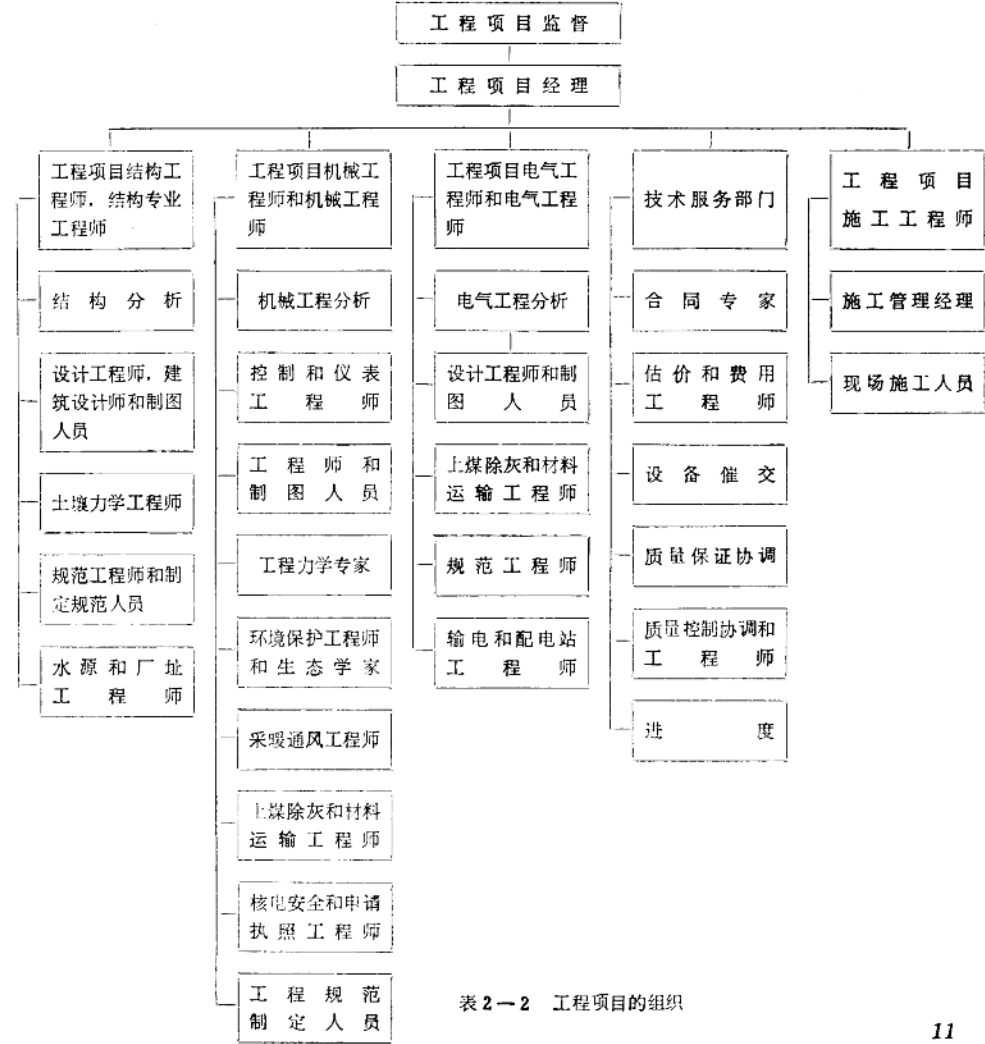


表 2—2 工程项目的组织