

华东电情

(95—02)

赴英、法和丹麦三国考察的报告

——为嘉兴电厂Ⅱ期锅炉选型——

华东电力试验研究院
科学技术信息所
一九九五年八月

中国华东电力集团公司考察团组成

团长

李传庆 华东电力集团公司科学技术委员会副主任

团员

陈凤鸣 华东电力集团公司规划建设处副处长

乐长义 华东电力试验研究院总工程师

刘崇和 华东电力集团公司生产技术处高级主管

吴含蕴 华东电力试验研究院信息所高级工程师

总 目 录

资料一:双进双出球磨机	(32)
资料二:Vestkraft 电厂 3 号机组	(39)
资料三:炉膛直接喷入石灰/石灰石和烟气增湿先进直接脱硫技术	(52)
资料四:250MWe 及以上容量电站流化床锅炉.....	(63)
资料五:英国 Little Barford 联合循环电站	(72)
资料六:先进燃煤电厂的超临界锅炉	(78)
资料七:五十年燃烧无烟煤和半无烟煤的经验	(88)

目 录

1 前言

2 概况

3 几点看法

附件 1 STEIN 公司简介

附件 1 重点考察的三个电厂四台机组

附件 3 嘉兴 I 期塔式直流炉初步设计方案概要

1 前言

嘉兴电厂Ⅱ期 $4 \times 660\text{MW}$ 工程是一个由中英方共五家投资的BOT工程。中方投资者有浙江省电力开发公司、中国华东电力集团公司和中国国际信托投资公司三家;外方的两家投资者是英国国家电力公司(NP)和英国通用电气公司(GEC)。

在主设备的选用上,作为投资方之一的GEC公司要求首选他们的设备,而不是采用公开竞标的方法,只有当他们的设备性能确实不能满足要求时,才可以向其他公司招标。因此锅炉的首选制造单位就是GEC—A集团所属的法国Stein工业公司。

1994年末,Stein公司根据询价书要求提交了一份切园燃烧、Ⅱ型炉膛、控制循环汽包炉的标书,在94年12月份和95年1月份两次标书澄清会上经过与会各方的认真讨论,提出了很多修改意见,Stein公司接受了这些意见并修改了设计。修改后的设计虽然比以前合理,也有一定的安全裕度,但鉴于以下两点,我们总觉得不太放心。

(a) 大容量四角切园燃烧Ⅱ型炉烟气偏差大

四角切园燃烧Ⅱ型炉在炉膛出口和水平烟道中由于燃烧气体的残余旋转动量而造成烟气不论在流速、含灰量还是温度等各方面都很不均匀,这是我国很多锅炉过、再热器超温爆管的重要原因之一。这种烟气偏差随着锅炉容量的增大而增大,因为残余旋转动量随烟气质量的增大而增大。嘉兴电厂锅炉不仅容量大,而且燃用的又是具有强结渣性的神木府谷煤,巨大的烟气偏差还易造成炉膛出口部位的受热面结渣。

虽然澄清会后修改的设计中采取了很多可以减小炉膛出口烟气偏差和提高过、再热器安全性的措施,诸如加大炉膛断面和高度、使炉膛宽深比接近于1、提高高、中温再热器的钢种等级、改高温和中温再热器逆流布置为顺流布置、设计过热器和再热器时预先考虑 250°C 的烟温偏差以及加大金属允许壁温的安全裕量等,但大容量四角切园燃烧

II 型炉存在较大的烟气偏差这一先天缺憾对锅炉运行来说总是一个潜在的危险因素。

(b) Stein 公司缺乏 600MW 级燃煤 II 型汽包炉实绩

Stein 公司自 1964 年以来,共接到 28 台 600MW 级以上机组的锅炉订货,其中 24 台是塔式直流炉,只有 4 台是 II 型控制循环炉。4 台 II 型炉中,3 台燃油,只有一台燃煤,而且这唯一的一台燃煤 II 型控制循环炉还是双炉膛结构(参见附件 1 中的表 1)。因此可以说,Stein 公司在设计制造 600MW 级 II 型锅炉方面经验不多,没有设计制造 600MW 级燃煤控制循环单炉膛 II 型炉的实绩。Stein 公司擅长的大容量锅炉是塔式直流炉,他们已制成投运的 600MW 以上容量的塔式直流炉有 21 台,正在制造的有 3 台,共 24 台,最大容量为 800MW。24 台中除 1 台烧天然气与 7 台烧褐煤外,其余 16 台均为烧煤炉,应该说在这方面是有经验的。

那么,我们是否可以考虑采用塔式直流炉呢? Stein 公司塔式直流炉的运行实绩如何? 为此,浙江省电力公司、中信公司和华东电力集团公司接受了 GEC—A 公司发出的赴英、法、丹三国访问的邀请。访问的目的主要是考察 Stein 公司制造的 600MW 级锅炉的资质、实际运行状况及安全、经济性方面的实绩,同时还访问 GEC—A 公司、NP 公司及其下属工厂和有关工程。

2 概况

中方应邀参加这次考察的共有 4 个单位 17 人:电力部 2 人,浙江省电力公司 8 人,中信公司 2 人,华东电力集团公司 5 人。外方作为业主的 NP 公司和 GEC 公司也有代表参加。按照预先制定的计划,自 1995 年 3 月 6 日至 21 日,考察团访问与考察了英国、法国和丹麦三个国家,主要活动内容如下。

在英国期间

(a) 访问 GEC—A 公司,听取了 GEC—A 发电部总裁对其发电部的机构设置、生产与经营情况所作的介绍,还听取了对北仑电厂#2 机组振动问题所作的测试、分析和改进情况的介绍。

(b) 参观 GEC—A 的汽轮机制造厂、发电机制造厂和变压器制造厂。

(c) 访问 NP 公司,听取了燃料与燃烧研究部门的技术人员对燃料和燃烧特性(包括结渣与积灰特性)方面所作的研究,听取了电厂工程师对锅炉屏式过热器设计的介绍。参观了煤种数据库(已收入了世界各地 400 个煤种)以及研究燃烧特性用的试验设备。还参观了 NP 公司所属的 Didcot 电站——2000MW(4×500 MW)燃煤电站,全厂仅 290 人,原设计烧英国煤,后燃煤改从世界各地供应,NP 特地为此建了燃煤试验台。

(d) 部分人员与 GEC—A 承包集团的三个土建分包商——德国 Bilfinger & Berger 公司、德国 Hochtief 公司和意大利 Impregilo 公司进行了会晤,听取了他们的资质介绍。

(e) 听取了 NP 公司负责组织并与 Bristol 港口公司合资建设的 Bristol 大批量装卸站工程的介绍。

(f) 参观 NP 公司刚建成的 Little Barford 电站——680MW 联合循环电站及其交钥匙工程的介绍。

在法国期间

(a) 访问 Stein 工业公司,听取了该公司总裁对公司机构的介绍及其在设计难烧煤种锅炉方面的经验,听取了他们对嘉兴 I 期锅炉所作的 II 型控制循环汽包炉和塔式直流炉两种设计的介绍。

(b) 参观与考察 Stein 公司的锅炉制造厂。

(c) 考察装有 Stein 公司锅炉的 Provence 电厂#5 机组和 Le

Havre 电厂#2和#4机组。

(d) 参观 Provence 电厂的即将安装完毕的#4机组——Stein 制造的世界上容量最大的 250MW 循环流化床机组。

在丹麦期间

(a) 考察装有 Stein 公司锅炉的 Vestkraft 电厂#3机组,听取了 ELSAM 电力系统计划设计部经理介绍为减少 CO₂ 排放而研究和规划采用先进循环的情况。

最后在丹麦哥本哈根,考察团会同制造厂陪同人员对本次考察进行了简要的回顾和总结。

考察团认为,Stein 锅炉厂是欧州较大的锅炉厂,在国际电站锅炉市场上占有一定份额,在设计制造塔式直流炉和燃用高灰分、不同结渣特性煤种锅炉方面有较强实力和较多业绩。与此相反,在设计制造 600MW 燃煤四角燃烧 II 型汽包炉方面缺乏业绩。同时考虑到嘉兴电厂 I 期采用的神木府谷煤是一种强结渣性的煤,原标书选用的四角切园燃烧 II 型汽包炉易产生局部结渣和炉膛出口烟温偏差,而这些问题在塔式炉上可得到明显的改善。因此,通过考察,中外五方业主有了统一的认识,一致认为嘉兴电厂 I 期工程以改用塔式直流炉较为适宜。

GEC—A 集团对这次考察很重视,事先作了认真的计划和周密的安排,接待隆重、热情、友好。考察团每到一个单位,都受到那里主要领导的欢迎。我们重点考察的几个电厂都能根据我们考察提纲的要求,有的放矢地介绍情况和讨论问题。因此,虽然这次考察时间短,考察的点多且分散,但我们还是顺利地完成了考察任务,达到了预定的目标。

3 几点看法

3.1 对 Stein 公司的初步评价

(a) Stein 公司是欧洲一家有着近 60 年历史的较大的锅炉制造

公司,在国际电站锅炉市场上占有一定份额,在锅炉设备制造上有现代化的加工和检验设备,有严格的工艺和质保体系,并拥有一个能进行必要试验研究的开发中心,具备保证产品质量的基本设施和手段。

(b) Stein 能生产大至 800MW 机组的锅炉,擅长塔式直流炉,有设计制造燃烧劣质煤、无烟煤和易结渣煤锅炉的经验,在这些方面有较强实力和较多业绩,如为德国制造的两台烧泥煤配 800MW 机组的塔式直流炉和为法国 Provence 电厂烧有严重结渣倾向次烟煤的配 600MW 机组的塔式直流炉,我国燃用无烟煤的四川珞璜电厂两台 360MW 机组的锅炉和江油电厂两台 330MW 机组的锅炉也出自 Stein 公司之手。

但 Stein 在设计制造 600MW 级四角燃烧单炉膛 II 型燃煤汽包炉方面缺乏业绩。

此外,Stein 公司在设计制造常压循环流化床方面走在世界前列。

(c) 根据此次我们考察的三个电厂以及我国装有 Stein 锅炉的江油和珞璜电厂的情况看,Stein 公司的锅炉质量还是可靠的,各项性能指标均能达到或超过保证值,不计投产头一年,Provence 电厂#5 炉和 Vestkraft 电厂#3 炉的强迫停运率都不超过 2%。Le Havre 电厂的两台炉虽然事故多一些,但很多是属于辅机系统的故障,如火焰检测系统和炉烟循环系统等。不过 Le Havre 电厂#4 炉承压部件的故障确实比其他几台炉多一些,这里存在个体差异问题。

3.2 对重点考察的三个电厂四台机组的印象与评价

重点考察的三个电厂四台机组是法国 Provence 电厂#5 机组、法国 Le Havre 电厂#2、#4 机组和丹麦 Vestkraft 电厂#3 机组。其中 Vestkraft 电厂#3 机组给我们留下的印象最好,电厂环境、厂房以及机组本身都很整洁,看不到“滴”、“冒”、“漏”现象。机组技术先进,运行实

绩良好,年运行小时数达到 7000 以上,投运两年多所发生的 4 次承压部件漏泄都是由吹灰器造成,锅炉效率高达 95.77%,机组效率达到 45.3%,创了常规郎肯循环发电的世界纪录。为此,该机组获得了美国《动力》杂志和《国际电力》杂志 1994 年度的发电厂奖。

相比之下,法国的两个电厂要差得多,设备陈旧,环境也欠整洁,时还能看到滴水,冒汽和漏灰现象。Le Havre 厂两台炉投运初期故障还比较多。虽然这两个厂的机组同 Vestkraft 厂#3 机组相比,条件不同,前者是运行十几年和二十几年的老机组,而后者是刚投运两年多的新机组,存在性能恶化和设计制造水平不一样的问题;而且运行模式也不一样,前者调峰,后者带基本负荷。但一个厂或一台机组环境的整洁与否还是能反映出一个厂的管理水平和精神风貌。

3.3 对一些技术问题的看法

3.3.1 宜用塔式直流炉

在不进行公开竞标的前提下,即优先选用 Stein 公司锅炉的前提下,采用塔式直流炉是比较合适的。理由如下:

(a) 塔式炉的烟道是炉膛垂直向上的延伸,烟气出炉膛后继续向上运动,四角切园燃烧的烟气残余旋转动量将逐渐消失,而且烟气不作 180°的拐弯,所以烟气流场均匀,两侧烟温偏差小。据 Stein 公司在法国一台 600MW 机组的塔式直流炉燃烧室出口处测量的结果,两侧烟温偏差仅 30—90℃。因此,过、再热器超温爆管以及结渣等问题都可得以避免,这一点对燃用易结渣的神木府谷煤的嘉兴电厂Ⅱ期锅炉来说,尤为重要。此外,塔式炉还具有过、再热器受热面易于疏水和保养维修方便等优点。

(b) 据 Stein 介绍,塔式直流炉造价较便宜。若以Ⅱ型汽包炉的造价作基准,为 100%,则塔式直流炉为 98%,塔式汽包炉为 102%;即

塔式直流炉比Ⅱ型汽包炉便宜2%，比塔式汽包炉便宜4%。

(c) 直流炉响应负荷变化能力强，机动性好，能快速起动。

(d) 塔式直流炉是Stein公司的强项，已制造600MW及以上容量的塔式直流炉21台，正在制造中的还有3台。而相比之下，Stein只生产了4台600MW容量的Ⅱ型汽包炉，4台中只有一台是烧煤的，还是双炉膛结构，从燃烧角度看，只是2台300MW机组锅炉的组合。

(e) 从考察几个厂的塔式直流炉来看，各方面情况都还可以，而Vestkraft厂#3机组的锅炉可谓优良。

当然，塔式直流炉也有缺点。直流炉对锅炉水质要求高，而塔式炉的基础要求比Ⅱ型炉坚实，这方面的投资要增加。

此外，塔式直流炉虽不是新鲜事物，国内也已经引进了10台，但对我们华东电网来说，还从未使用过。因此，今后不论在施工安装还是运行检修等方面都需有个学习与熟悉的过程。

3.3.2 嘉兴Ⅰ期锅炉选用双进双出球磨机是合理的

双进双出球磨机运行安全可靠，Vestkraft电厂运行两年多来几乎没有修过。各易磨件，除筒体内衬的磨损较快，接近预期的设计速度外，其他的都比预期值低得多。另据Stein介绍，他们在国外某电厂的一台机组上只配置了1台这种磨煤机，不设备用，而这台锅炉从没有因磨煤机故障而停运过。

除了可靠性高和维修量小之外，双进双出球磨机还有很多其他优点：对煤种适应性好；煤粉可以磨得细，有利于防止炉膛结渣和减少未完全燃烧损失；筒内能贮存大量磨制好的煤粉，能很快响应锅炉负荷的变化；每台磨有两个进出口，可单侧运行，一台磨相当于两台磨，机动性好。

当然，与中速磨相比，钢球磨的制粉单位耗电量大，运行费用高，设备价格也较贵，但考虑到以上几项优点，特别是考虑神府煤的强结渣

性,需要较高的煤粉细度,选用双进双出球磨机比较合适。而且这种球磨机国内沈阳与北京重型机器厂都已获生产许可证,上海重机厂不久也可获得,配套与今后备件供应都很方便。

3.3.3 炉膛可以采用水力吹灰器吹灰

对于燃用结渣性较强煤种的锅炉,炉膛采用水力吹灰是避免炉膛结渣的有效措施。对这一点,虽见诸国外报导,但国内因无实践经验,总存疑虑。此番考察的法国 Provence 电厂#5 机组投运至今的 10 年内,一直使用水力吹灰,从未发生因对水冷壁“热冲击”而损坏水冷壁的情况,从而疑虑尽消。

此外还了解到,Stein 公司 1982 年曾在该厂的#4 机组上做过试验,结论是:只要设计配置好合适的吹灰器喷嘴直径,即控制好工质速度,使对水冷壁的“热冲击”不超过 70°C (A42 钢的最大允许值),运行中就完全不用担心水力吹灰对水冷壁的影响。

3.3.4 锅炉排烟温度可以适当选取得低一点

我们考察的三个电厂四台机组的锅炉设计排烟温度都在 $104\sim 116^{\circ}\text{C}$ 范围内,燃煤含硫量并不低,而空气预热器均未发生腐蚀。对照嘉兴 II 期,燃煤含硫量不算高(不超过 1%),煤灰中 CaO 含量又达到 35%(灰中 CaO 能部分中和炉烟中的 SO_2),只要运行中注意环境温度低时及时投运暖风器,保证一定的预热器进风温度,设计排烟温度可以适当选得低一点。而且,锅炉运行一段时间后由于积灰,实际排烟温度还会高于设计值。

3.3.5 一次风机高位布置须慎重

在 Stein 为嘉兴 II 期所作的塔式炉设计方案中,一次风机是布置在原煤仓上方标高为 52.5m 的混凝土平台上。这样布置能节省地面位置,比较紧凑,而且据我国有这种布置方式的姚孟电厂反映,检修也方便(因检修空间增大了)。但姚孟电厂的锅炉是配 300MW 机组的,是苏

尔寿的设计,容量不及嘉兴Ⅱ期炉的一半,嘉兴Ⅱ期锅炉一次风机的风量、重量、体积和转动惯量等都要比姚孟 300MW 机组的大得多,对锅炉钢结构和基础的要求将很高,否则难以保证运行中不产生振动。这一点须在今后设计中,请有关专家进一步审定。

3.3.6 嘉兴Ⅱ期塔式直流炉的水冷壁质量流速偏低

Stein 公司对嘉兴Ⅱ期塔式直流炉所作的设计中,螺旋管圈水冷壁的质量流速为 $2253\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$,偏低了一些,为确保这部分水冷壁的安全,应适当提高。与此同时,整个锅炉自省煤器进口至过热器出口的水汽压降还不应超过 3MPa。

3.4 须加强监造

一般说,每个锅炉制造厂生产的锅炉,即使设计相同,质量和性能往往也有差异,前面提到,Stein 也不例外。如果今后该工程决定采用 Stein 的锅炉设备,那么必须根据前能源部能源安保[1992]476 号文件“关于加强进口电站锅炉压力容器安全性能检验工作的通知”的精神,加强监制。特别是对大直径厚壁高压元件,更应加强检验和监造。对所选用的配套辅机,也要认真审查其生产厂家的资质和业绩。

附件 1 Stein 公司简介

Stein 公司最初是由两家分别建于 1903 年和 1908 年分别生产燃烧设备和研磨设备的公司合并而成,合并于 1936 年,合并后称为 Stein & Roubaix 公司,并开始生产锅炉设备。1968 年改为 Stein 工业公司(Stein Industrie),1991 年加入 GEC—A,成为 GEC Alsthom Stein Industrie,简称 GASI。

Stein 公司 1936 年开始与 CE 公司合作,1949 年得到与 CE 联合生产的许可证,1962 年后开始独立设计(除一些特殊设计外),1994 年获 CE 控制循环方面许可证,与此同时 Stein 也给了 CE 公司双进双出水平钢球磨许可证。

Stein 公司 1952 年从苏尔寿公司获得直流炉生产许可证,1992 年中止了这种转让关系,开始独立设计直流炉。

Stein 目前是欧洲最大的锅炉制造公司,其生产能力在世界锅炉制造业中排名第三,位于 CE 和三菱之后。Stein 公司拥有雇员 1100 人,其中工程师 350 人。总部在巴黎附近的 Velizy 区。总部设有工程设计、质保、安装与调试等部门。公司所属的制造厂、试验研究开发中心等在美国北部的 Lys-Lez-Lannoy,占地 80,000m²(其中 60,000m² 为厂房),共有 386 人,组成如下:

工厂部分

工程师和经理	17 人
技术员和管理人员	77 人
非直接生产工人	12 人
直接生产工人	203 人
共计	309 人

附属部分

工程科	26 人(包括 3 名工程师和经理)
实验室	14 人(包括 4 名工程师和经理)
废物中性处理部	27 人(包括 10 名工程师和经理)
试验研究中心	4 人
其他(质控、安装等)	6 人
共计	77 人(包括 17 名工程师和经理)

工厂主要由几个大车间组成,每个车间长约 200m,跨度 20—30m。车间内有制造锅炉受热面、联箱和大型管道所需的金加工设备、焊接设备、弯管设备与检验设备。我们考察时但见车间宽敞,环境清洁,工件堆放整齐,设备自动化程度很高,一个大车间内只有几个工人在流水线上作业,自动弯管与自动焊接出来的成品外观规整无疵。工厂有严格的质保体系,有按照 ASME 标准制定的检验规定,还有一些自动检测设备,这都为产品质量提供了保证。

工厂主要生产锅炉承压受热面、大型管道、联箱、核电站热交换器和汽水分离器后的水加热装置、空气预热器、磨煤机以及联合循环电厂的余热锅炉等,这些产品所占的比例如下:

管状和焊接类产品(过热器、水冷壁及燃烧器等)	30%
余热锅炉组件	30%
管道和联箱	10%
核电产品(汽水分离器后的水加热器、热交换器、蒸发器)	10%
其他(磨煤机、空气预热器、备品等)	20%

Stein 公司不制造汽包锅炉的最大承压部件——汽包,如有汽包炉订货时,他们委托其他制造商制作。与 Stein 有合作关系的制造商在法国有两个,意大利有一个。

试验研究中心内装有锅炉冷态和热态试验装置、磨煤机试验装置和除尘器试验台等,目前正在进行的研究课题是:

- (a) 循环流化床锅炉——开发一种 GEC—A Stein Industri 的专门技术;
——为高参数蒸汽循环选择材料。
- (b) 煤的研磨和燃烧——对球磨机进行优化;
——研究一种新的直接拱燃烧概念。
- (c) 废物处理——研究旋转炉窑中的燃烧;
——通过玻璃化来使废物惰性化。

Stein 公司自 1950 年以来已生产了 200 多台 200t/h—2000t/h 的电站锅炉,循环方式有自然循环、强制循环和直流;压力有亚临界和超临界;炉型有 II 型和塔式;燃烧系统有切向燃烧、前墙燃烧和 W 型火焰燃烧以及直吹、半直吹、仓储式系统;燃用的燃料有油、气、烟煤、褐煤、无烟煤、煤矸石和煤泥等。在已投运的 200 多台锅炉中,配 600MW 以上机组的有 25 台,另有 3 台 600MW 以上机组的锅炉正在制造中。表 1 是这 28 台大型锅炉的概要。

除电站锅炉外,Stein 还制造了 400 多台各种型式的大型工业锅炉,1200 台磨煤机(容量从 15t/h—200t/h,型式有钢球磨、中速磨和风扇磨等)以及 170 多台核电站的汽水分离器后的水加热装置,还制造了多台联合循环机组中的余热锅炉和城市固体废物焚烧炉。

表1 Stein 公司配 600MW 以上机组的锅炉一览表

订货年份	国家	电厂、机组号	台数×容量 (MW)	蒸汽压力 (MPa)	蒸汽温度 (℃)	燃料	循环方式	燃烧系统	炉型
1964	法	Le Havre, "2	1×600	19.4	567/566	煤	控制循环	切园	II 型
1969	法	Le Havre, "3	1×600	19.4	542/541	油	控制循环	切园	II 型
1969	德	NiederauBem, "G	1×600	19.5	530/530	褐煤	直流	切园	塔式
1970	法	Porcheville B, "3	1×600	19.4	542/541	油	控制循环	切园	II 型
1971	法	Porcheville B, "4	1×600	19.4	542/541	油	控制循环	切园	II 型
1971	德	Meppen	1×600	19.5	530/530	天然气	直流	切园	塔式
1972	德	Neurath, "D, "E	2×600	19.5	530/530	褐煤	直流	切园	塔式
1976	德	Scholven, "F	1×740	22.7	535/535	煤	直流	切园	塔式
1977	南斯拉夫	Nicda Tesla B	2×600	20.5	540/540	褐煤	直流	切园	塔式
1978	法	Emile Huchet, "6	1×600	21.4	543/541	煤	直流	切园	塔式
1978	德	Bergkamen, "A	1×747	23.0	535/535	煤	直流	切园	塔式
1979	法	Le Havre, "4	1×600	21.4	542/541	煤	直流	切园	塔式
1980	法	Cordemals, "4	1×600	21.4	542/541	煤	直流	切园	塔式
1980	德	Bexbach	1×750	21.4	535/535	煤	直流	切园	塔式
1980	法	Provence, "5	1×600	21.4	543/541	煤	直流	切园	塔式
1981	法	Cordemals, "5	1×600	21.4	542/541	煤	直流	切园	塔式
1981	南非	Matimba	6×660	21.0	540/540	煤	直流	切园	塔式
1982	德	Heibronn, "7	1×760	22.0	540/540	煤	直流	切园	塔式
1992	德	Fraken	1×600	29.5	545/562	煤	直流	液态排渣	塔式
1992	德	Schwarze Pumpe	2×800	28.5	547/565	褐煤	直流	切园	塔式

附件 2 重点考察的三个电厂四台机组

此次考察我们共去了 5 个电厂,即英国的 Didcot 和 Little Barford 电厂、法国的 Provence 和 Le Havre 电厂以及丹麦的 Vestkraft 电厂。其中英国的两个电厂与嘉兴工程的锅炉选型关系不密切,故在此不作汇报。

1 法国 Provence 电厂

Provence 电厂位于法国南部马赛附近的 Gardanne 矿区,属法国煤碳集团公司 CdF(Charbonnages de France Group)。CdF 共有 9 台发电机组,分布于 5 个电厂,Provence 电厂是这五个电厂中的一个。它原有 5 台机组,“1—”3 机组的容量均为 55MW,现已废弃不用,因此实际上现在只有两台机组,总容量 840MW:

4 机组 250MW,建成于 1967 年,现正改建成一台 250MW 的循环流化床机组——目前世界上容量最大的循环流化床机组,我们参观时改建工作已近尾声,计划于今年 4 月份点火。详情见资料四。

5 机组 600MW,建成于 1984 年,汽轮发电机组系 Alsthom 产品,锅炉则是由 Stein 生产,是嘉兴 I 期的参照锅炉,也是我们这次考察的主要对象之一。

1.1 Provence 电厂“5 机组锅炉设备简介

1.1.1 主要参数

锅炉型式	塔式直流炉
过热蒸汽流量、压力、温度	1787t/h、18.1MPa、543℃
再热蒸汽流量、压力、温度	1650t/h、3.7MPa、541℃
给水温度	247℃
排烟温度	116℃

1.1.2 炉膛

宽×深	19.32×19.32m
炉膛高(冷灰斗折角至高过底)	49.75m
下层燃烧器至上层燃烧器中心距	24.8m
上层燃烧器中心至高过底距离	20.8m
炉膛截面	373m ²
炉膛容积	19813m ³
炉膛截面热强度	16×10 ⁶ kJ/m ² ·h
炉膛容积热强度	0.30×10 ⁶ kJ/m ² ·h
燃烧器区域壁面热强度	2.76×10 ⁶ kJ/m ² ·h
炉膛四周为螺旋管圈水冷壁,炉膛上部布置水平受热面区段的四周布有垂直水冷壁。螺旋	