

# 直接空冷系统“国产化”及发展模式探讨

Discussion on localization and development mode of direct air cooling system

刘海锋<sup>1</sup>, 张薇<sup>2</sup>, 陈俊丽<sup>1</sup>

LIU Hai-feng<sup>1</sup>, ZHANG Wei<sup>2</sup>, CHEN Jun-li<sup>1</sup>

(1. 中国华电工程(集团)有限公司, 北京 100044; 2. 华北水利水电学院 环境与市政工程学院, 河南 郑州 450011)

(1. China Huadian Engineering Corporation Limited, Beijing, 100044, China; 2. School of Environmental and Municipal Engineering, North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450011, China)

**摘要:**论述了火电厂直接空冷系统国产化的重要意义和应用前景,直接空冷系统的“国产化”必须通过企业自主创新才能实现。直接空冷系统的“国产化”包括自主设计、系统集成和设备制造3个方面。结合国内市场和实际项目,介绍了直接空冷系统“国产化”的发展模式和技术路线。

**关键词:**直接空冷系; 国产化; 发展模式

**中图分类号:**TK 264.1      **文献标识码:**A      **文章编号:**1674-1951(2008)04-0015-04

**Abstract:** Direct air cooling system in fossil-fired power plant is of great importance and has a broad application future. The localization of direct air cooling system includes three aspects, which are independent design, system integration and equipment manufacture. Based on domestic market and actual projects, the development mode and technical route for localization of direct air cooling system is introduced.

**Key words:** direct air cooled system; localization; development mode

## 0 引言

空冷是“富煤缺水”地区火电厂的主要冷却方式,它改变了原来“以水定电”的被动局面,在水资源日益紧张的今天,具有重要的意义<sup>[1]</sup>。直接空冷系统只能通过自主研发才能实现真正的“国产化”,国家已出台和颁布诸多支持和鼓励空冷“国产化”的相关政策。然而,什么是空冷系统“国产化”?如何判断“国产化”程度?目前国内还有很多争论。尤其是在项目招、投标阶段,对国家相关政策的解读和争论显得异常激烈。“国产化”与“本土化”、“本地化”有什么区别?什么是真正意义上的直接空冷的“国产化”?“国产化率”应如何计算?直接空冷系统“国

产化”有哪些发展模式和技术路线?本文根据对国家相关政策的理解,对上述问题进行探讨。

## 1 直接空冷系统“国产化”的意义<sup>[2]</sup>

### 1.1 直接空冷的意义

电力工业是资源消耗大户,提高电力的生产和使用效率,降低资源消耗,特别是节约和降低水资源及石油资源的消耗,对我国重要战略资源的节约和优化配置具有重要意义。山西、陕西、宁夏、内蒙古西部是煤炭资源富集区,也是水资源缺乏地区。由于缺乏水资源,常规的水冷式火力发电厂建设模式,导致这些地区电源点布局不尽合理,矿区和坑口电站的开发建设相对迟缓,造成了有煤发不出电的被动局面。直接空冷冷却方式作为一种节水技术,解决了“富煤缺水”电源点建设的困难,改变了传统“以水定电”的被动局面。

直接空冷 ACC(Air Cooled Condenser)技术是指

汽轮机的排汽通过金属壁面与空气进行热交换的冷却技术,其工艺流程为汽轮机排汽通过粗大的排汽管道进入室外的空冷凝汽器,轴流冷却风机强制通风使空气外掠空冷凝汽器,通过金属壁面与蒸汽进行换热,将排汽冷凝成水,凝结水再经泵送回汽轮机的回热系统。直接空冷系统主要包括空冷凝汽器系统、空气供应系统、钢结构系统、排汽管道系统、仪表和控制系统、凝结水系统、清洗系统、抽真空系统等。直接空冷系统“国产化”关键技术涉及多个子系统和设备<sup>[3]</sup>。

## 1.2 空冷国产化的意义

2003 年前后,大型电站空冷市场在国内全面启动,3 年来已招标开工的 300 MW 机组以上的直接空冷项目绝大多数被国外基伊埃(GEA)公司和斯必克斯(SPX)公司所瓜分。由于空冷技术被国外公司垄断,直接空冷系统大都采用整岛招标的方式,国家不得不花费大量的外汇进口国外技术和设备。针对空冷市场的现状,国家和行业内空冷技术“国产化”的呼声越来越高。为了能够独立承担空冷系统工程,近几年来,电力规划设计总院和国内一些制造厂商分别与 GEA 公司和 SPX 公司商谈技术转让,但均遭到拒绝,因此,直接空冷系统只能通过自主研发才能实现真正的“国产化”。国家十分重视直接空冷系统的“国产化”和“产业化”,它涉及直接空冷系统的优化、设计、系统集成和制造等方面,有关方面出台和颁布诸多相关鼓励政策。近年来,由国家发改委、中国电力企业联合会、中国电机工程学会火电分会空冷专业委员会等机构主办的各类技术研讨活动十分活跃,旨在推动我国大型电站空冷系统国产化。

## 1.3 应用前景

“十一五”期间,国家将积极开发大型煤电基地,建设坑口大机组并初步形成规模,坑口电站比例达到 47%。对于燃煤火电,采用空冷机组等节水措施,将在很大程度上解决坑口电站的发电缺水问题。电站空冷技术的应用领域除了燃煤火力发电厂外,已扩大到燃气-蒸汽循环电站、垃圾电站、工业企业自备电站等。电站空冷技术不仅能应用于沙漠干旱地区,而且还可以应用于水源充沛地区;不仅可应用于炎热地区,而且还可应用于寒冷地区。火电厂直接空冷技术在这些地区存在广阔的应用前景。

## 2 直接空冷系统“国产化”的内涵

### 2.1 国家重视企业自主创新能力的建设

科学技术是现代生产力中最活跃的因素,是社

会进步的主要推动力,是增强企业经济效益的决定性因素。近年来,国家非常重视科学和技术创新,尤其是自主创新能力和创新型国家的建立。国务院关于实施《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020 年)》(国发[2005]44 号)若干配套政策指出:营造激励自主创新的环境,推动企业成为技术创新的主体,努力建设创新型国家。发挥财政资金对激励企业自主创新的引导作用。创新投入机制,整合政府资金,加大支持力度,激励企业开展技术创新和对引进先进技术的消化吸收与再创新。要引导和支持大型骨干企业开展竞争前的战略性关键技术和重大装备的研究开发,建立具有国际先进水平的技术创新平台;加强面向企业技术创新的服务体系建设。加大对科技型中小企业技术创新基金等的投入力度,鼓励中小企业自主创新。

### 2.2 “自主创新”不是“自我创新”

科技部部长万钢指出:“自主创新”并不等于“自我创新”,重新回到“闭关锁国”的状态。在全球经济和科技一体化的今天,更要“坚持对外开放和自主创新相结合”。《国务院关于加快振兴装备制造业的若干意见》也指出:鼓励企业着眼于前沿领域,积极扩大开放,在引进国外先进技术的基础上,实现消化吸收再创新;建立产、学、研、用相结合的技术创新体系。鼓励企业通过自主开发、引进技术消化吸收以及国际合作、并购、参股国外先进的研发、制造企业等方式掌握核心技术。工程项目重大技术装备需要引进技术的,承接技术转让的单位必须具有消化吸收、研发创新能力和实施产业化的基本条件。

### 2.3 企业“自主创新”是直接空冷系统“国产化”的关键

企业的自主科技创新是科学与技术的创新,包括设计、系统集成和设备制造的创新。企业“自主创新”是直接空冷系统“国产化”和“产业化”的关键。空冷国产化,正如《国家发展改革委办公厅关于船舶等领域自主创新基础能力建设工作的通知》强调指出的,要“围绕大型空冷机组等清洁高效煤电设备的自主设计、制造和系统集成方面,开展研究工作”。打破国外公司在关键技术上的垄断,实现真正意义上的“国产化”。空冷系统的“国产化”离不开企业“自主创新”能力的建设。直接空冷系统“国产化”包括自主设计、系统集成和设备制造 3 个方面。

(1) 对于直接空冷系统来说,自主设计来说尤

为重要,是直接空冷系统的核心和关键技术,它包括环境风速和风向对空冷凝汽器换热性能影响研究、空冷系统选型和优化设计技术研究、空冷凝汽器热力性能和空气动力性能研究、直接空冷系统排汽管道及平台架构设计研究以及直接空冷系统自动控制技术的研究等。

(2)作为工程建设项目,直接空冷电厂和系统的建设离不开直接空冷系统设计和系统集成,它涉及到直接空冷系统的总承包和空冷电厂的总承包。因此,需要建立空冷系统各种设备的合格供货商、产品性能参数和价格数据库。

(3)直接空冷系统设备制造的国产化<sup>[4]</sup>。以直接空冷系统的核心和关键设备——直接空冷凝汽器为例,其基本换热元件包括单排管、双排管和三排管。单排管的主要特点是蒸汽侧流通面积大、阻力小、冬季防冻性能好;空气侧阻力小;传热系数高,是未来的发展方向。单排管的供应商主要包括德国基依埃公司(GEA)、美国斯必克斯冷却技术有限公司(SPX)、北京龙源冷却技术有限公司、哈尔滨空调股份有限公司(HAC)、江苏双良空调设备股份有限公司、四川川空换热器有限公司等。目前,GEA和SPX分别在廊坊和天津建立了单排管生产基地,实现了空冷凝汽器生产的“本土化”或“本地化”。但是,单排管基管板材(钢铝复合板)的制造还完全依赖进口,单排管基管加工也依赖国外进口。少数国内厂商可进行单排管基管加工,但平整度较差。因此,基管板材和基管加工是空冷凝汽器制造的核心和关键技术。只有在空冷凝汽器生产的上游有所作为,在单排管基管板材的制造和加工上有所突破。才能实现真正意义上的设备“国产化”,而非目前国内设备制造的“本土化”或“本地化”。

一般采用“国产化率”的大小来判断直接空冷系统或设备“国产化”程度的高低,以及是否实现真正意义上的“国产化”。国产化率的计算按照中华人民共和国国务院([1999]20号文)和国家计委([1999]428号文、计产业[2001]564号文)的规定执行。国产化率按以下公式计算

$$C = [(A - B) / A] \times 100\%$$

式中, $C$ 为国产化率; $A$ 为设备(含软件)和材料+备品备件价格+专用工具及测试设备价格+技术服务的费用(国内部分的出厂价或国外提供部分的CIF价,不含安装费); $B$ 为 $A$ 中进口部分CIF价格;CIF为成本+保险费+运费。

### 3 直接空冷系统“国产化”的技术路线

国外厂商在打入中国市场时,一般都以产品或设备为先导,垄断系统方案、优化设计和施工图设计。在生产建设初期,施工图设计一般由国内相关设计单位完成。随着项目数量的增加和配合的深入,国外厂商为降低成本,逐步将优化方案和设计转让给国内的专业公司,变成了纯粹的设备供应厂商。然而,空冷项目则是个例外,外商根本不考虑技术转让。系统的优化离不开设备的基本性能参数,作为国外公司核心技术,设备选型只能通过国外“专有程序”才能完成。

对于直接空冷系统国产化而言,国内产品制造商、工程公司、设计院、咨询公司、科研院所等在发展初期都离不开国内外设备供应商的支持。由于目前空冷系统大都采用整岛招标的形式,他们根据自身实际情况,选择了不同的空冷岛总承包的发展模式。概括起来包括以下3个方面。

(1)以设备制造商为主的总承包模式。国内设备厂家研制开发设备和设计国产化。为了完全摆脱国外厂商的牵制,国内一些专业公司逐渐开发和生产出替代产品,成为能自主完成系统方案、优化设计、施工图设计、设备供货并能与国外厂商抗衡的企业。由国内公司进行一系列的试验,取得数据,完全独立开发空冷凝汽器产品,实现了真正意义上的空冷设备“国产化”。然后,设备生产厂联合国内科研院所,整合出自己的设计人员来,加入目前招标模式的投标竞争中。这种模式(即设备和设计)是符合国际惯例的。目前,国内已有几家公司在准备这方面的工作,有些已经有了产品,如北京龙源冷却技术有限公司、江苏双良空调设备股份有限公司、四川川空换热器有限公司等。可以预见,未来几年内将会有更多的设备制造商加入空冷行业。

(2)以设计院为主的分项设备采购模式。由设计院完成整个空冷系统的设计,然后分项进行设备采购,这是国内电厂建设的一般做法。这种方式能充分发挥设计院的系统设计和优化优势。华北电力设计院、西北电力设计院等单位进行了这种尝试。其中,西北电力设计院在兰州铝业股份有限公司 $3 \times 300$  MW直接空冷项目的总承包投标中,以31亿人民币的总价中标。

(3)以工程公司为主的总承包模式。以工程公司为主进行总包的模式。发挥工程公司的工程管理和设备采购优势,通过对空冷系统的设计控制和与

空冷设备厂商的配合降低成本。如中国华电工程(集团)有限公司、北京龙源冷却技术有限公司、大唐环境工程有限公司采取这种模式分别获得了轩岗 2 × 660 MW、大同二电厂 2 × 600 MW 以及甘谷 2 × 300 MW 项目。

随着空冷国产化的深入,还出现了不同公司分工合作、优势互补的(联合)投标的形式。如北京龙源冷却技术有限公司、哈尔滨空调股份有限公司与华北电力设计院在华电灵武一期 2 × 600 MW 项目中的合作,哈尔滨空调股份有限公司与电力规划设计总院在华电集团蒲城 2 × 600 MW 项目中的合作,中国华电工程(集团)有限公司与德国 GEA 公司在轩岗 2 × 660 MW 项目中的合作等。

#### 4 结束语

随着水资源的日益紧张,火电厂直接空冷系统具有重要的意义和广阔的应用前景。直接空冷系统只有通过国内自主研发才能实现真正的“国产化”。直接空冷系统的“国产化”包括自主设计、系统集成和设备制造 3 个方面。直接空冷的“国产化”不同于设备制造的“本土化”和“本地化”,它是一项复杂的系统工程。一般通过“国产化率”的大小来判断

(上接第 14 页)可启动锅炉水循环泵(BCP)运行,同时根据储水罐水位缓慢打开 360 阀,控制流量至 240 t/h 以上,可投入 360 阀自动。注意:360 阀开度不能过快,否则,容易造成因储水罐水位低而跳锅炉水循环泵(BCP)。

(7)适当减少减温水,防止过热器、再热器汽温下降过快。

(8)在转换过程中应严密监视省煤器入口给水流量,其应大于最小给水流量。

#### 3 结束语

超(超)临界直流锅炉干、湿态转换是开停机过程中必须经过的一个较为特殊的阶段,这个阶段是一个工质循环流动和一次强制流动相互转换的阶段,转换过程中主蒸汽压力、主蒸汽温度、过热度、储

直接空冷系统“国产化”程度的高低。国内公司和企业应结合自身实际情况,选择适合自身发展的技术路线。

#### 参考文献:

[1]丁尔谋.发电厂空冷技术[M].北京:水利电力出版社,1991.  
 [2]石磊.直接空冷项目可研及立项申请报告[R].北京:中国华电工程(集团)有限公司,2005.  
 [3]石磊.直接空冷系统国产化关键技术研究[J].华电技术(原水利电力机械),2008,30(1):39-41.  
 [4]石磊.大型电站汽轮机用直接空冷凝汽器的设计制造开发[R].北京:中国华电工程(集团)有限公司,2005.

(编辑:王书平)

#### 作者简介:

刘海峰(1975-),男,河南驻马店人,中国华电工程(集团)有限公司工程师,主要从事直接空冷凝器系统模拟和优化研究方面的工作。

张薇(1976-),女,河南周口人,华北水利水电学院环境与市政工程学院讲师,工学硕士,主要从事暖通空调的教学和科研。

陈俊丽(1975-),女,山西临汾人,中国华电工程(集团)有限公司工程师,主要从事直接空冷系统的工程设计方面的工作。

水罐水位及燃料量等参数均会变化。如果干、湿态转换控制较好,则以上参数均会平稳变化,进而顺利完成干、湿态转换;否则,会造成诸如储水罐水位剧烈波动等不稳定工况,严重时会造成干、湿态的交替转换,延误开停机时间,威胁机组安全。经过不断总结和提高,选用既有策略,实现了干、湿态平稳转换,保证了开停机的顺利进行。

#### 参考文献:

[1]章德龙.单元机组集控运行[M].北京:中国电力出版社,1991.

(编辑:白银雷)

#### 作者简介:

梁刚(1977-),男,山东武城人,华电国际邹县发电厂工程师,主要从事火电厂运行维护及管理方面的工作。