

# 超临界化——优化我国火电结构应从这里起步

宋之平

(华北电力大学研究生部, 北京 100085)

**[摘要]** 文章认为优化火电结构应放在超临界化上, 使超临界机组和超超临界机组在我国火电中占据举足轻重的比例。而且这些机组的主要性能指标以及环保性能等应不逊于同类机组的国际水平。论述了超临界技术在优化火电结构的特殊作用, 指出超临界化已被证明是改造和优化火电结构的一种成功的道路, 阐明了我国实施这一发展道路的必要性 and 可能性。

**[关键词]** 火电结构; 超临界; 超超临界; 可持续发展战略

**[中图分类号]** TM611 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2002)02-0022-06

## 1 我国的电力建设和电力技术

1997年12月在东京召开的联合国气候变化公约第三次缔约方会议上, 国际能源机构 IEA 的报告中提出了一种论点, 认为“电力技术是步入 21 世纪和可持续发展的桥梁”。说明电力技术的水平与可持续发展战略的实施有着密不可分的联系。

截至改革开放之前, 我国全国的装机容量实现了从 1.85 GW 至 65 GW 的飞跃。改革开放以来的 20 年, 是我国电力建设大发展的时期, 至 1987 年我国电力装机上了一个新台阶, 达到了 100 GW; 又过了不到 10 年即 1995 年就达到 200 GW, 此后短短的 5 年中, 即 2000 年 4 月 19 日又进而实现了 300 GW 的装机。我国的电力事业就是带着这世界上少有的辉煌成就踏入了新的世纪。然而就火电技术水平而言, 与国际先进水平还有不小的差距。表现之一就是长期来我国的火电平均供电煤耗居高不下, 在 90 年代初是 412 g/kWh, 经过了 90 年代 10 年的发展, 供电平均煤耗仍在 400 g/kWh 左右徘徊, 比先进国家高出约 70~80 g/kWh 之多。

我国是世界上主要的煤炭生产大国和消费大国

之一, 以煤炭为主要一次能源。电力工业是煤炭的主要用户。发达国家所生产的煤炭绝大部分用于发电, 目前我国全国生产的煤炭约有 45% 用于发电, 今后这个比例还要大幅度上升。所以生产同样多的电量, 供电煤耗比国际水平竟高出 25% 之多。这不是个一般性的技术问题和经济问题, 而是涉及可持续发展战略的大问题。何况我国火电生产的规模还在急剧扩大, 国际上的节能降耗水平也在日益提高, 降低全国火电煤耗问题需要认真对待。

## 2 优化火电结构的重要性和紧迫性

煤耗高的原因很多, 但从宏观上讲就是火电的总体结构落后。目前我国火电结构大致是单机容量 300 MW 及 300 MW 以上、100 MW~210 MW、100 MW 以下各占 1/3。在庞大的火电容量中, 超临界机组, 包括投运和计划在建的不过寥寥十余台, 低效小机组数量很大, 直到 1998 年底全国单机容量在 50 MW 及 50 MW 以下的小凝汽机组有 30.5 GW。解决供电煤耗问题, 从根本上讲就是要优化火电结构。

火电结构建设也和其他的基本建设一样, 就其

**[收稿日期]** 2001-09-10

**[基金项目]** 博士点基金资助项目 (2000007903)

**[作者简介]** 宋之平 (1933-), 男, 北京市人, 华北电力大学教授, 博士生导师

形成过程而言有快有慢，取决于建设的规模和速度，可是一旦形成就不是一朝一夕能够改变的。

按照我国经济发展分三步走的战略，到 2000 年在解决温饱之后要基本达到小康水平，到 2010 年要达到富裕小康水平，到 21 世纪中期要达到中等发达国家水平。为了满足我国工业化和现代化建设对电力的需要，电力工业肩负着光荣而艰巨的任务，尤其是 21 世纪前 10 年到 20 年，是我国电力发展的关键时期。预计到 2010 年全国装机容量将达到 540 GW，到 2020 年，全国装机容量将达到 900 GW 左右。换言之，21 世纪前 20 年中平均每年新增装机 30 GW 左右。其规模之大，连续时间长，是世界上所没有的。与此同时，电网互联，其中包括跨大区联网和全国联网，以及跨国输电和联网，将会得到更快的发展。可见，新世纪的最初一、二十年对电力建设是一个承前启后的重要时期。由于电力建设的规模、速度和惯性，这一段不长时期的建设结果，会在相当长的一段时期内体现我国电力工业总体面貌和特征。

我国的火电事业发展如此迅猛，几年就增  $1 \times 10^8$  kW 的容量，所以发展道路十分重要。优化火

电结构是个受到普遍关心的战略性的大问题。它与技术环境、经济环境和体制、机制间有着相互的作用和反作用关系。不同的发展道路就会铸造出不同的发展结果，直接影响着今后一个相当长时期内我国电网中火电主力机组的构成。所以这是一个既重要又紧迫的问题。

### 3 超临界技术在优化我国火电结构中的特殊地位

新世纪进入了知识经济时代，高新技术的采用是这一时代的重要特点。近年来火电方面的高新技术和前沿课题不断涌现，超临界机组，燃气蒸汽联合循环，PFBC，IGCC，正压煤粉炉联合循环以及热能动力与化学过程的结合等等，体现了火电事业的前进方向。

在这些方向中，一个传统的课题——效率，在新的世纪里不但没有弱化，反而更多地被我们关注。因为一次能源的利用效率既是经济问题，也是资源问题，又是环境问题，与可持续发展战略有着密不可分的联系。从效率的角度，一些火电高新技术的现状和发展情况如图 1 所示。

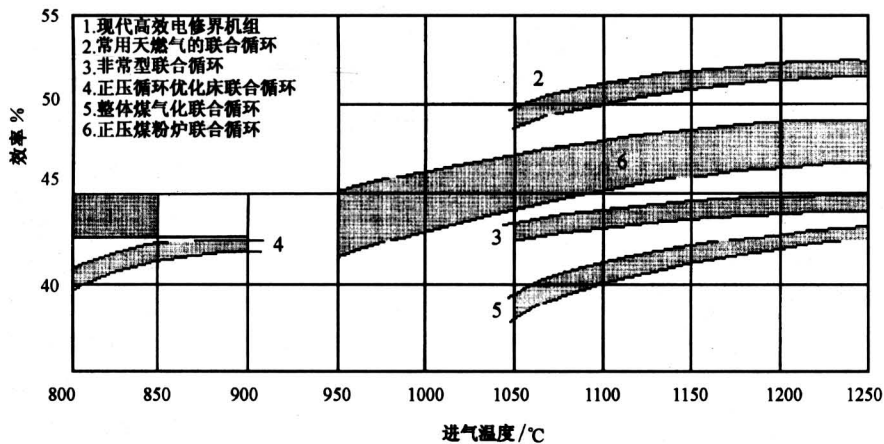


图 1 一些火电高新技术的现状和发展情况

Fig.1 Net efficiencies of state-of-the-art fossil-fired power plants

单纯从效率的角度，最诱人的当属燃用天然气的燃气蒸汽联合循环，其效率目前已超过 50%，并向 55%~60% 迈进，其他方面的指标也很优越，所以不少国家，特别是日本，在发展大容量高效率的燃气蒸汽联合循环方面进展很快。在我国的一些地区发展这种装置也很有必要。这类装置在全国大面积地采用将受到限制，原因是我国的能源结构特

点很突出（见表 1.），一方面煤炭很丰富，另一方面天然气很少，1997 年只占一次能源总量的 1.9%。目前也只有 2.7%，而世界能源结构中这一比例超过 20%~25%。在今后我国的燃料构成中，即使计入西气东输和进口天然气管线的建成，我国以煤为主的燃料结构不会发生重大改变，这就决定了在我国火电主要是煤电的大格局。

表1 世界上主要国家一次能源消耗情况(1997年)

Table 1 World primary energy consumption in 1997

国家	能源消耗总量(油当量) /10 <sup>8</sup> t	各种能源消耗占能源总消耗的比例/%				
		石油	天然气	原子能	煤炭	水力
日本	5.06	52.6	11.6	16.5	17.7	1.6
德国	3.40	40.1	20.9	12.9	25.5	0.5
法国	2.44	37.6	12.8	41.8	5.4	2.4
意大利	1.58	59.8	30.7	-	7.1	2.5
英国	2.25	36.1	34.3	11.3	18.0	0.2
加拿大	2.27	36.1	29.7	9.4	11.7	13.2
美国	21.44	39.5	26.6	8.6	24.6	1.4
印度	2.60	31.9	8.5	1.0	56.2	2.4
中国	9.05	20.5	1.9	0.4	75.3	1.8
合计	85.09	39.9	23.2	7.3	27.0	2.7

高效低污染的燃煤火电装置中循环流化床联合循环,即PFBC-CC有很好的性能。这种装置能达到可观的效率,且在燃烧过程中除硫,流化床内温度一般控制在850~900℃,可抑制NO<sub>x</sub>的生成。目前的PFBC-CC已经实现了100 MW功率等级机组的商业化示范运行,最高已达到350 MW机组。由于低温燃烧,影响了燃气轮机的燃气初温,从而限制了这种装置效率的发展,但第二代带有炭化炉和一个顶置燃烧室的PFBC-CC可望超越效率的限制。另一个具有发展前景的就是整体煤气化燃气蒸汽联合循环装置,即IGCC。IGCC目前已经实现了250 MW功率等级机组的商业化示范运行,供电效率已经达到40%~43%。这两种燃煤联合循环机组既能提高发电设备的供电效率,还能同时解决因燃煤而带来的严重污染问题,因而今后具有广阔的发展前景,是21世纪火电技术的重要发展方向之一。正压煤粉炉联合循环是更先进的燃煤火电装置。火电的进一步的发展必然是与化学反应相结合,因为化学反应的实质就是原子间的重新排列,永远伴随着能量的释放、吸收和转换,与化石燃料热动力有着本质的渊源关系,有可能从源头上把动力生产与环境保护过程统一起来。早在50年代,前苏联的邱汉诺夫教授就大力倡导化工动力系统。近年提出的以煤的气化为基础的多联产系统、化学链燃烧动力系统、甚至目前兴起的燃料电池热都可归到这一范畴。尽管上述这些技术有着光辉的发展前景,但就世界范围内,它们还处于示范阶段,有的在大型化方面还有很长的路要走,有的尚处在初步探索阶段,均难以成为迅猛发展的我国大火电结构调整中的主力技术。

优化我国火电结构就是用新技术武装我国的火电系统,使之发生结构性的更新换代,为今后进一步的发展建立一个良好的基础。这里所采用的起步技术,要有多方面的考虑。首先它应能适应我国国情和如此规模、如此速度的火电建设和优化火电结构紧迫性的要求,性能上要足够先进,技术上要足够成熟(至少在世界范围内是这样),单机规模要足够大,要能适应以煤电为主的要求,同时在设备造价、机组的可用率和负荷适应能力等方面具有良好的性能。从这个意义上讲,与其他的火电高新技术不同,大容量超临界和超超临界参数火电机组发电技术具有特殊的地位和作用。自从1957年第1台超临界火电机组投入商业化运行以来,已有了40多年的实践,目前世界上已有600多台超临界机组在运行,效率一般都大于40%,最高达到47%,最大单机容量达到1300 MW,可用率基本上与亚临界机组相仿,机组造价也与亚临界机组接近。

#### 4 超临界化发展模式的成功实践

超临界火电机组是常规蒸汽动力火电机组的自然发展和延伸。提高蒸汽初参数一直是提高这类火电厂效率的主要措施。当蒸汽压力提到高于22.1 MPa时就称为超临界机组,如果蒸汽初压力超过27 MPa,则称为超超临界火电机组。目前一些发达国家中,超临界和超超临界机组已是火电结构中的主导机组或是占据举足轻重的比例,也就是说火电结构已经“超临界化”了。以超临界化为特点的对火电结构的更新换代早在20世纪的中叶就已开始。超临界化可以说是火电发展的一种模式,一条

道路，是被多国实践证明的成功模式。

美国于 1957 年投运的第一台 125 MW 超临界机组的参数为 31 MPa/621 ℃/566 ℃/560 ℃，1958 年投运的 325 MW 机组的参数为 34.4 MPa/649 ℃/566 ℃/566 ℃，实质上它们已是迄今最高参数的超超临界机组。到 60 年代中期，新增机组中有一半采用超临界参数，但到 70 年代订货台数急剧下降。根据 EPRI 的一份调查报告认为，这一下降的原因是多方面的，当时美国缺乏超临界机组调峰运行的经验，最重要的是核电站担负起了基本负荷，因而对带基荷的超临界机组的需求量出现了下降，在采用超临界参数方面出现了反复。在日本和欧洲情况则有所不同。尽管如此，从宏观上看美国在 1967~1976 年的 10 年期间，共安装 118 台超临界机组，单机最大容量为 1 300 MW，到 80 年代初，超临界机组仍增至 170 余台，占燃煤机组的 70% 以上，占总装机容量的 25.22%，其中单机容量介于 500~800 MW 者占 60%~70%，至 1994 年共安装和投运了 9 台 1 300 MW 的超临界机组。

日本在 1967 年第一台超临界的 600 MW 机组系从美国引进，在姉崎电厂投运。此后日本的超临界压力火力发电得到了迅速的发展。截至 1989 年 3 月，日本各大电力公司的 48 个主要火电厂的总装机容量 75 870 MW 中，超临界压力的为 49 350 MW，占总装机量的 65%，比重很大，致使火电机组全国供电煤耗由 1963 年的 366 g/kWh 降低到 1987 年 335 g/kWh<sup>[1]</sup>。1989 和 1990 年在川越电厂投运的两台 700 MW 机组的参数是两次再过热的 31 MPa/566 ℃/566 ℃/566 ℃，在满负荷下的热效率达 41.9%，投运以来情况很好。目前在日本，450 MW 以上的机组全部采用超临界参数。从 1993 年以后已把蒸汽温度提高到 566 ℃/593 ℃和 593 ℃/593 ℃，一次再过热，说明这种等级的超超临界参数已达到成熟阶段。

原苏联也是世界上拥有超临界机组最多的国家，共有 224 台，总容量达 79 300 MW，凝汽式汽轮机中，超临界机组的容量占 48.7%。1963 年，苏联投入第一台 300 MW 超临界机组，其热耗率比超高压的 200 MW 机组降低了 5.2%。这一成功促使苏联决定，300 MW 以上的机组全部采用超临界参数。300 MW 机组在 70 年代中期的可用率已达 86.4%，1984 年雷夫提恩电厂的 300 MW 机组的利用时数达 7 043 h。

德国早在 60 年代开始发展超临界机组，是研究和制造超临界机组最早的国家之一，但初期容量较小。1972 年投运了一台 430 MW 的超临界机组，1979 年投入了一台 475 MW 二次再过热的机组。德国 VEAG 电力公司在 1999 和 2000 年于 Lippen-dorf 电厂投产的两台 900 MW 褐煤机组，蒸汽参数为 26.8 MPa/554 ℃/583 ℃，净效率为 42%；计划于 2002 年在 Niederaussen 发电厂投产的 985 MW 褐煤机组，使用的蒸汽参数为 26 MPa/580 ℃/600 ℃，由于采用了以超超临界参数为主的多项提高效率的措施，净效率高达 45.2%，机组滑压运行，可超负荷 5%。最低负荷为 50%，电厂大修期最少为 4 年。

丹麦是热动力方面很先进的国家，在火电机组上也处于领先地位。在 1998 年在 Skaebæk 发电厂投产的 400 MW 机组，两次中间再过热，蒸汽参数为 29 MPa/582 ℃/582 ℃/582 ℃，加以海水直接冷却，额定背压为 2.2 kPa，净效率高达 49%，是当今世界上效率最高的火电机组。1999 年在 Nordjylands 电厂投产的 400 MW 机组，使用同样的蒸汽初参数，效率也高达 47%。丹麦计划 2001 年在 Avedøre 电厂投产的 375 MW 机组，采用的参数为 30 MPa/580 ℃/600 ℃，其净效率也是高达 48%。

其他如意大利、荷兰、芬兰等国在采用超临界机组方面也都有成功的经验<sup>[2]</sup>。目前世界上已有 600 多台超临界机组在运行。

## 5 从超临界化起步

超临界化——优化我国火电结构应从这里起步，这是作者阐述的中心论点，其根据就是上述各点。这里所谓超临界化指的是经过若干年的努力应使超临界机组和超超临界机组在我国火电结构中占据举足轻重的比例，而且这些机组的规格、造价和主要性能指标，包括环保性能等应不逊于同类机组的国际水平。我国的超临界化起步晚，现在已比火电先进国家晚了 40 多年，但要优化我国的火电结构，这似乎是必经的模式。

上述论点意味着对近年涌现的各种火电高新技术，就其发展的轻重缓急、需要投入的力度和强度作了区分，把超临界技术放到了紧迫而突出的地位。优化我国火电结构，发展超临界乃至超超临界火电机组，估计业内人任意见基本一致，需要商榷

和讨论的核心正是在于要不要把它放在如此紧迫而突出的位置。

参数等级和容量等级是需要讨论的另一问题。关于容量等级的意见比较一致,多认为300 MW的容量似乎太小,以600 MW为起步容量酌情分成几个容量系列较为适当。关于参数主要是两种意见,一是从超临界的最低参数起步,即由现在的亚临界参数16.7 MPa/538 °C/538 °C,单纯通过提高蒸汽压力过渡到超临界参数24.2 MPa/538 °C/538 °C;另一种意见则是从更高一些的起点开始我们的国产化研制。蒸汽初参数与机组效率有着密切的关系。图2是对二者关系的一种估计<sup>[3]</sup>。一般而言,采用亚临界的机组,在计入脱硫与脱硝后的净效率约38%,把亚临界参数过渡到超临界的25 MPa/540 °C/540 °C,净效率最多可提高到40%~42%。把亚临界机组格局转换为超临界或超超临界机组格局,意味着降低16~32 g/kWh的供电煤耗。这一数值已很可观。

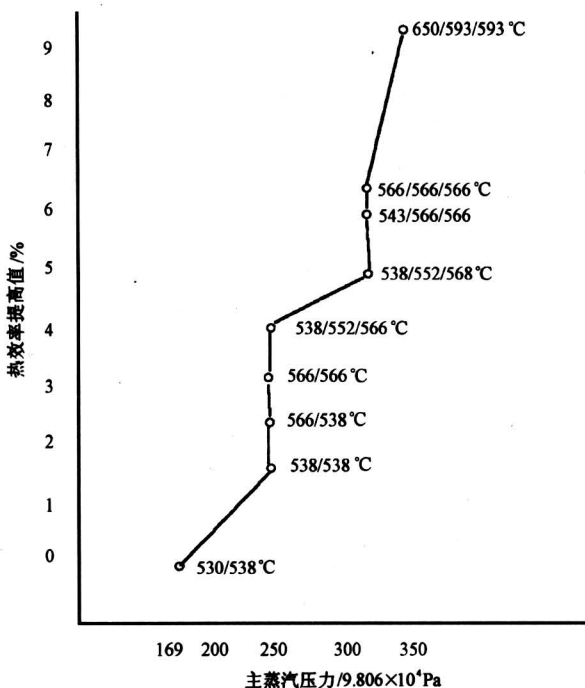


图2 蒸汽初参数与机组效率关系的一种估计

Fig.2 Enhancement of plant net efficiency versus main steam conditions

迄今水蒸汽循环电厂蒸汽初参数的提高,从本质上讲主要是不断使用改进的金属材料的成果,金属材料的水平与火电厂初参数的水平有着相互依存和相互促进的紧密关系。通过采用更高的初参数

使供电效率每提高1%,降低煤耗约7 g/kWh,但要求使用的则是不同的金属材料和不同的部件结构,它们又直接地与设备造价、机组的可用率和负荷适应能力相关联。国际上80年代以后,大量铁素体耐热钢开发成功,在580~630 °C范围内替代了奥氏体钢,从而使电站的蒸汽参数得以提高,在28~31 MPa、566~580 °C或24~25 MPa、593~600 °C的参数范围内具有良好的可靠性<sup>[4]</sup>。按当代的技术水平,机组的参数与材料的关系大致如图3所示。该图以25 MPa/540 °C/540 °C一次再过热的某700 MW机组为比较标准,其背压是4 000 Pa这种机组使用的是X20CrMoV12 1钢,不使用奥氏体。下一步对主蒸汽区(如过热器联箱,管道,汽轮机)将使用X10CrMoVNb 91(即P91钢),至于过热器管道还要使用奥氏体。图中事实上也对参数与效率的关系作了估计。如采用了二次再过热,则效率可再提高约0.8%。从效率和经济效益的观点,P91钢使用的最佳场合可能是27 MPa/580 °C。在日本正在发展一种叫做Nf616的钢,欧洲则是E911,它们均是非奥氏体钢,研究目标是在600 °C时的蠕变强度达到120 N/mm<sup>2</sup>,而P91才90 N/mm<sup>2</sup>,所以有时把前者称为120 N/mm<sup>2</sup>钢。这种钢可用于31 MPa/595 °C的蒸汽参数,它比奥氏体钢导热性好,热胀率低,在某些场合有希望代替奥氏体钢,而奥氏体钢的极限使用温度则有希望从650 °C扩展到700 °C。

目前国际上即使是超超临界机组所采用的参数也还是过渡性的。FLS Miljφ/BWE公司已公布了发展下一代超临界机组的计划,蒸汽初温将从现在的580 °C提高到610~700 °C,相应地压力将从目前的30 MPa提高到40 MPa,供电效率将达到50%~55%。<sup>[5]</sup>在超临界化方面,我们起点的选择到底应放在那里?作者认为这是个重大问题,需要既有脚踏实地的作风,又要有高屋建瓴的气度。但不容忽视的是我们的发展环境已今非昔比,所以作这一战略决策时既要考虑我们的历史与现状,更要考虑我国的未来和发展。

就目前状况而言,我国电力科研力量不但不够雄厚而且比较分散。由于缺乏有组织的跨越式的发展,致使我国电力科技水平较国际水平有比较大的差距。建国以来,我国一直在追踪世界先进技术研制国产化火电机组,从6 MW开始,经历了几乎所有的参数和容量等级,成绩很大,但道路既不平

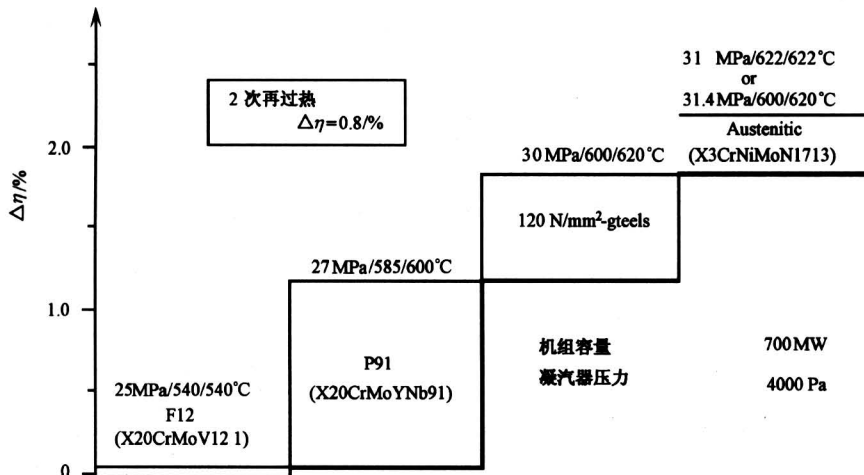


图 3 机组的参数与材料的关系

Fig.3 Net efficiency of thermal power units in relation to materials

坦也不笔直，特别是 200 MW 以上大机组的研制，经过了不少曲折。至今我国制造的 200 MW、300 MW、600 MW 机组与从国外引进同容量同参数机组还有一些差距。我国在电站用钢方面还相对落后，表现为规格不全，性能不高且进展缓慢。这种现状使我们对于超临界参数的发展一直持非常谨慎的态度。

然而需要考虑的还有另一方面。不容置疑，我们不但要成为一个火电大国，还要成为一个火电先进大国，而且不能走始而大规模建设，继而大规模改造的道路。在新的世纪里，可持续发展战略已成为全世界的共识，它对火电生产不仅要求减排硫氧化物和氮氧化物，而且对二氧化碳和其他温室气体的排放总量也加强了限制，这是通过京都议定书的形成变成了世界公众和各国政要所关注的重大问题。我国将是温室气体排放的头等大国，排放量的每一变化都将受到世界高度重视。在新的世纪里，世界经济、科技、跨国公司的发展，使世界经济技术合作日益加强，经济全球化趋势更加明显。特别是随着我国进入 WTO，经济市场化、贸易和投资国际化、区域经济合作化的步伐会明显加快，引进和国产化之间的关系将发生明显的变化。我国的体制将进一步改革并与世界接轨，一个激励与制约相结合有活力的新机制将很快地成长起来。在这些内部和外部的机遇和挑战的条件下，过去研制先进火电机组的经验和曲折将成为我们重要的财富，会在提高我们的技术和管理素质方面起到重要作用。我国在电站用钢方面还相对落后，但在市场经济条件

下，只要运用得当，需求与发展有着相辅相成，相互促进的作用，不但不一定是制约我们发展的因素，而且有可能是促进我们发展的因素。

### 6 结论

优化火电结构是战略性的大问题，它与技术环境、经济环境和体制、机制间有着相互的作用和反作用关系。不同的发展道路就会铸造出不同的发展结果，直接影响着今后一个相当长时期内我国电网中火电主力机组的构成。面对新世纪，面对我们所肩负的任务，火电建设的要求不仅是增加发电装机容量以满足用电需要，而是要有新的思维，新的起步点，以全面适应国内外新的大环境，迎接新的机遇和挑战。超临界技术在优化火电结构方面有特殊作用。可以断言，采用超临界和超超临界参数将是新世纪初火力发电厂主要发展方向之一。超临界化是火电的一种发展模式，且已被证明是改造和优化火电结构的一种成功的模式，应给以高度重视。我国实施超临界化有两层涵义，一是要经过若干年的努力使超临界机组和超超临界机组在我国火电中占据一个可观的比重，二是这些机组的总体指标，如供电煤耗、设备造价、机组的可用率和负荷适应能力以及环保性能等应不逊于同类机组的国际水平。超临界化发展模式的具体的实施，则要结合世界发展的大趋势特别是我国的国情进行，既要考虑我们的历史与现状，更要考虑我国的未来和发展。

(下转第 41 页)

- [ 2 ] Z Xu, F Y Gu, J D Pang, et al. Plasma surface alloying [J]. *Surface Engineering*, 1986, 2(2): 103~106
- [ 3 ] Chengji Li, Zhong Xu. Diffusion mechanism of ion bombardment[J]. *Surface Engineering*, 1987, 4(3)
- [ 4 ] Zhong Xu, Yongan Su, Chongzeng, et al. Xu-Tec hacksaw blades versus bimetal hacksaw blades[J]. *Journal of Advanced Materials*, 1999, 31(1): 3~6
- [ 5 ] Zhong Xu. Method and apparatus for introducing normally solid materials into substrate surface [P], US Pat. 4 520, 268, 1985; 4 731 539, 1988; Canada Pat. 1 212 486, 1986; Australia Pat. 580 734, 1989; Gt. Britain Pat. 2 150 602, 1984; Sweden Pat. 8500364-8, 1989

## Development of Plasma Surface Metallurgy Technology

Xu Zhong

(*Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China*)

[Abstract] The plasma surface metallurgy technology is a method of the surface metallurgy by using low temperature plasma produced by glow or arc discharge. The double glow surface alloying process, which developed based on the plasma nitriding, is a kind of the plasma surface metallurgy technology. This process, also called as Xu-Tec/Xu-Loy process, can produce various alloys, such as nickel base alloys and high speed steels, on the surface of common carbon steels. The process has been used to develop a hacksaw blade for hand or power application. It performs as well as standard bimetal blades. Recently the double glow surface alloying process has been applied to titanium and its alloys. A wear and high temperature oxidation resistant alloy has been formed on the surfaces of Ti6Al4V and TiAl.

[Key words] plasma; plasma surface metallurgy technology; double glow surface alloying process

(上接第 27 页)

### 参考文献

- [ 1 ] 陈尚文. 从日本发展超临界机组的经验再谈我国发展超临界机组问题 [J]. *热力发电*, 1991, (1): 1~6
- [ 2 ] 中国电力百科全书(第二版) 北京: 中国电力出版社, 2001
- [ 3 ] 郑泽民, 危师让, 杨寿敏. 对我国发展大容量超临界火电机组的一些看法 [J]. *热力发电*, 1995, (5): 23~30
- [ 4 ] 赵中平. 超临界和超超临界火电机组用新材料 [J]. *机械工程材料*, 2000, 24(6): 1~4
- [ 5 ] 叶大钧, 李宇红, 徐旭常. 高效超临界压力燃煤发电与低费用烟气净化技术 [J]. *中国电力*, 2000, 33(3): 4~9

## Updating the Fossil-fired Power Infrastructure via Supercritical Thermal Power Units

Song Zhiping

(*North China Electric Power University, Beijing 100085, China*)

[Abstract] Numerous efforts have been made worldwide to reach high levels of efficiency by using super- and ultra supercritical steam conditions for thermal power generation. This paper points out that China should follow this way of development for updating the fossil-fired power infrastructure.

[Key words] thermal power infrastructure; supercritical steam conditions; ultra-supercritical power unit; sustainable development