



中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

专题报告1：超超临界燃煤发电新技术应用

唐 飞 电力规划设计总院 副主任

中国电机工程学会电力建设专委会

2019年11月

报告编写组

编写团队主要由电力规划设计总院、国家电投、华能、国家能源、华电、大唐等单位有关人员组成

主要编写人员包括：

组 长：姜士宏、黄宝德

副组长：唐飞、程阳、李文谱、段喜民、钟儒耀

成 员：赵文瑛、李文凯、薄煜、张俊春、卓伟宏、周奎应、闫喜宏、郑清瀚

学术秘书组：王怡萍、章美芳

报告章节

第一章：概述

第二章：现役超超临界燃煤机组主力机型技术特点

第三章：超超临界燃煤机组新技术应用

第四章：国产超超临界机组“走出去”

第五章：总结



用电量

概述

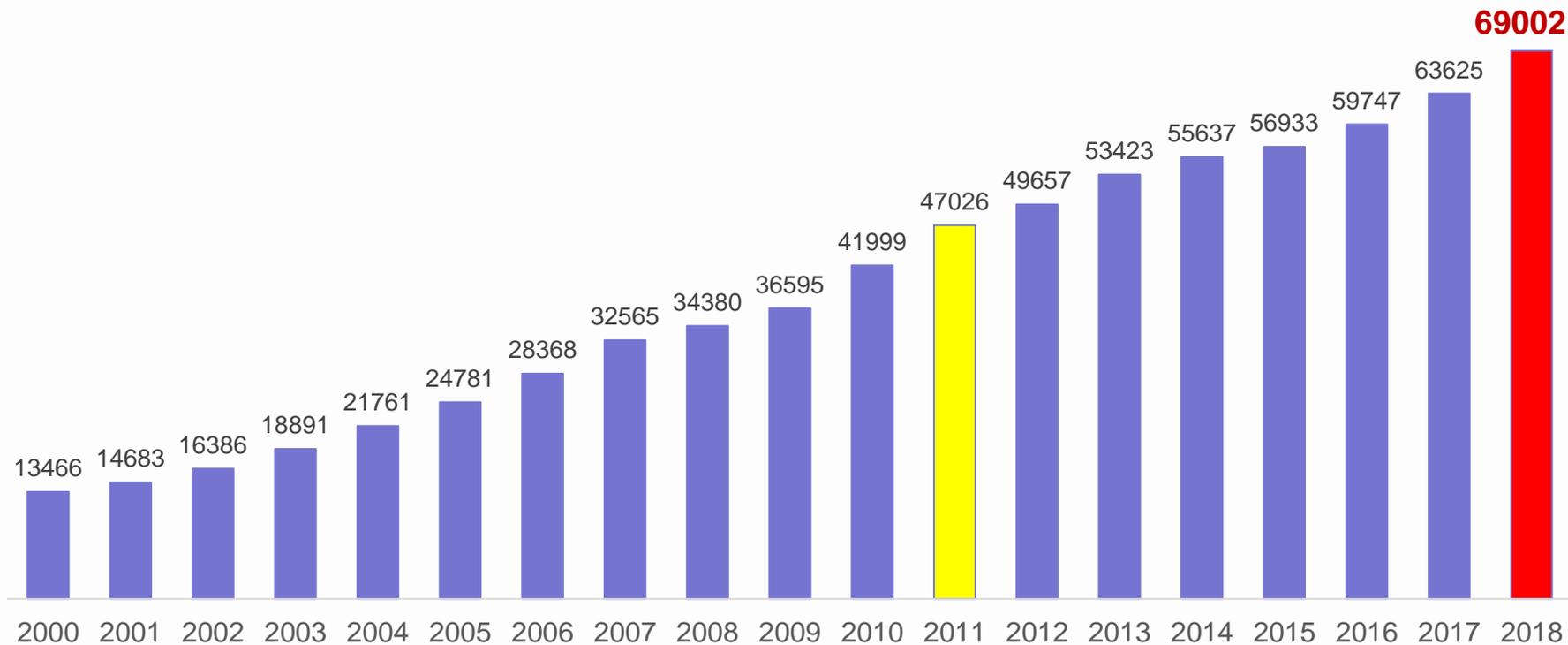
用电量 2018年，我国全社会用电量达到6.9万亿千瓦时，同比增长8.5%，连续八年位居世界第一，有力支撑了我国经济社会的快速发展。

现役超超临界燃煤
机组主力机型技术
特点

超超临界燃煤机组新
技术应用

国产超超临界机组
“走出去”

总结



2000-2018年我国用电量情况 (单位：亿千瓦时)



中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

发电装机

概述

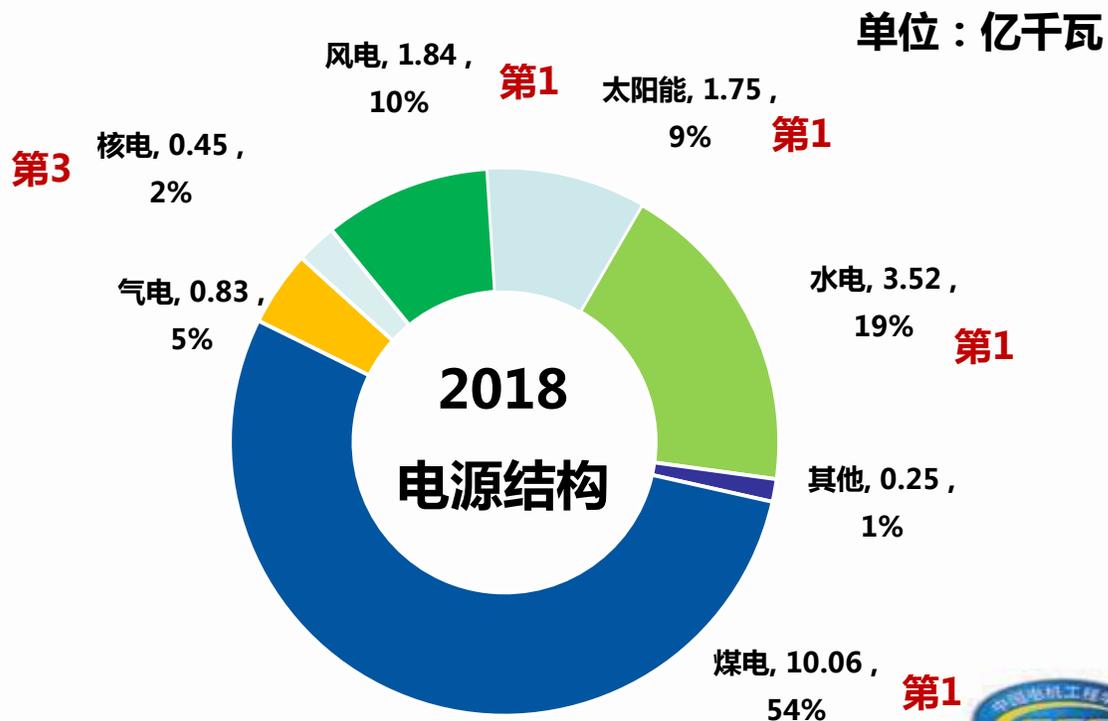
发电装机 截至2018年底，我国发电装机容量19亿千瓦，居世界第一位。火电、水电、风电、太阳能发电装机均列世界第一。煤电装机容量占总装机容量的比重近几年呈下降趋势，但在我国发电装机中仍占主导地位，2018年煤电装机占比53.2%。

现役超超临界燃煤机组主力机型技术特点

超超临界燃煤机组新技术应用

国产超超临界机组“走出去”

总结



中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

煤电装机结构

概述

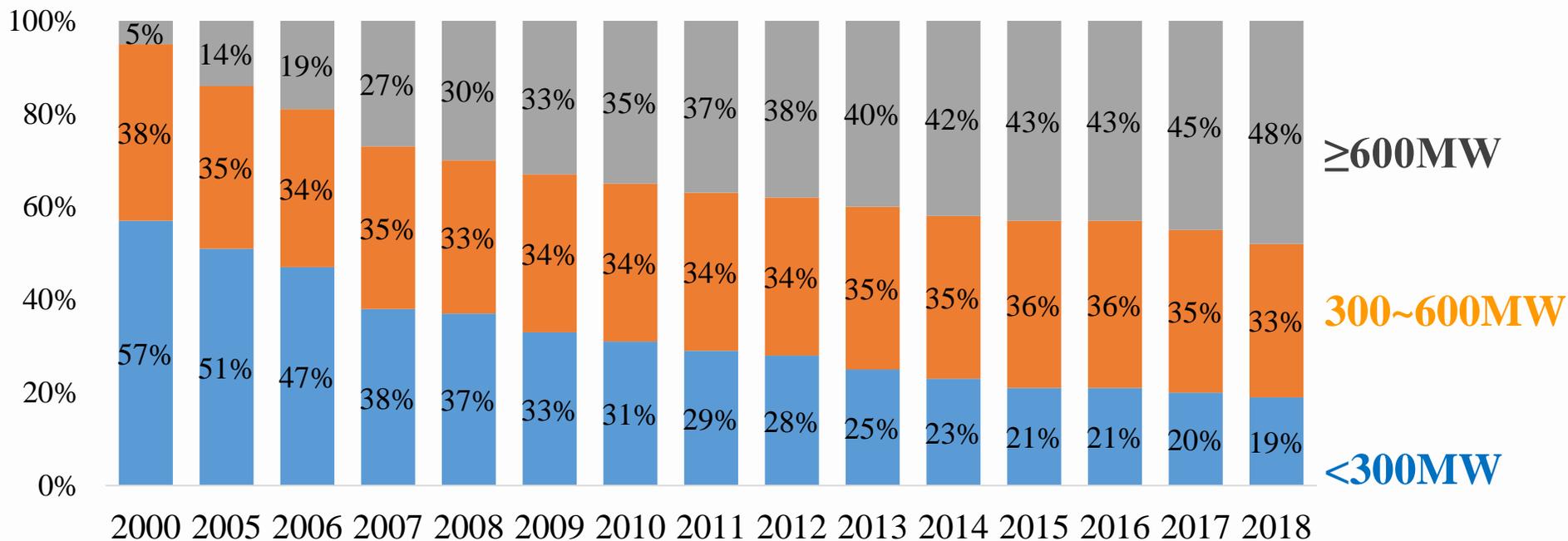
煤电装机结构 通过近年来国家“上大压小”和淘汰落后工作，我国火电装机结构得到显著优化。截至2018年底，在役600MW及以上机组701台，其中1000MW级机组112台，占煤电总容量11%。

现役超超临界燃煤机组主力机型技术特点

超超临界燃煤机组新技术应用

国产超超临界机组“走出去”

总结



供电煤耗

概述

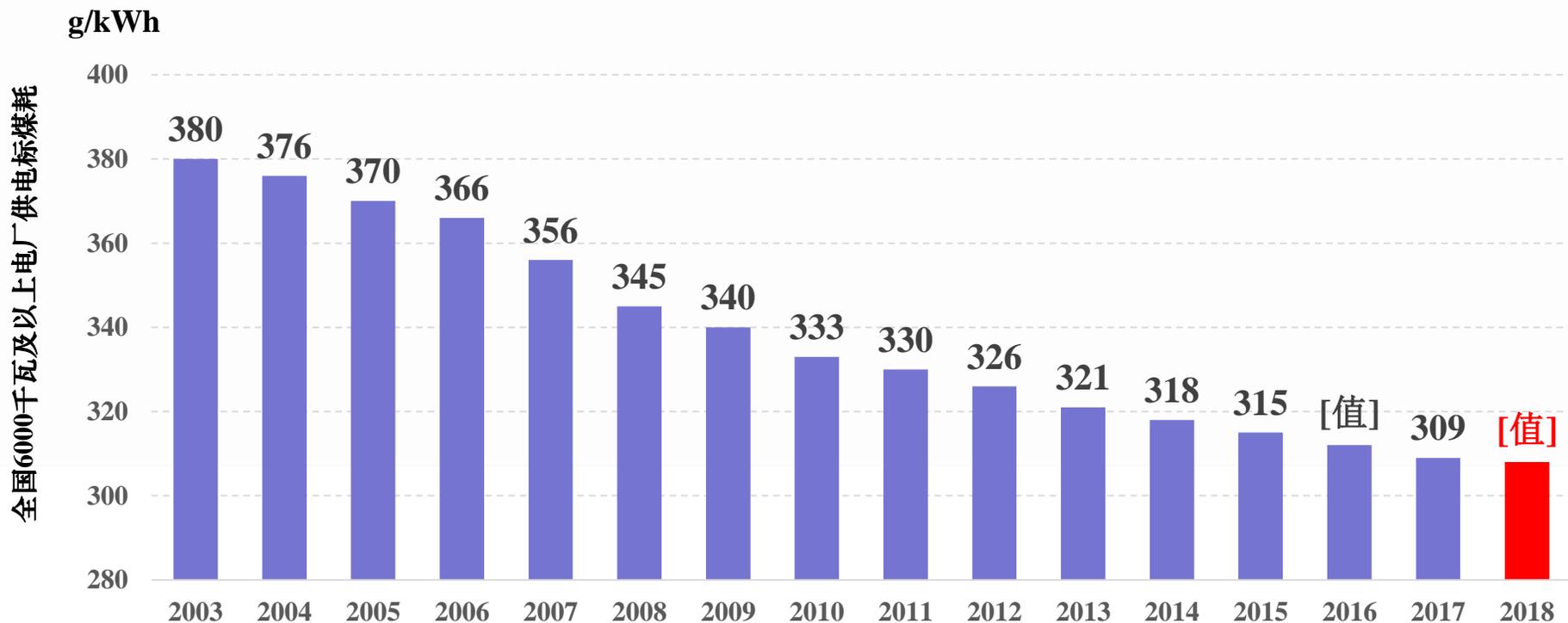
现役超超临界燃煤
机组主力机型技术
特点

超超临界燃煤机组新
技术应用

国产超超临界机组
“走出去”

总结

供电煤耗 持续推进煤电机组淘汰落后产能和节能改造升级，供电煤耗持续下降。2018年火电煤耗降至308克标煤/千瓦时，已逐步步入世界领先行列。



发展成效

概述

现役超超临界燃煤
机组主力机型技术
特点

超超临界燃煤机组新
技术应用

国产超超临界机组
“走出去”

总结

已建成全球最大的清洁煤电供应体系

煤电环保、节能改造持续推进。

截至2018年：

- 超低排放煤电机组总计8.1亿kW，占比超过80%。
- 节能改造累计完成6.5亿kW。

电力污染的占比不断降低，已不是主要污染源。

2018年：

- 烟尘占比：2.7%
- 二氧化硫占比：12.1%
- 氮氧化物占比：8%



基于节能减排的要求，超超临界机组已经成为我国燃煤机组的主力机型

现役主力机型

概述

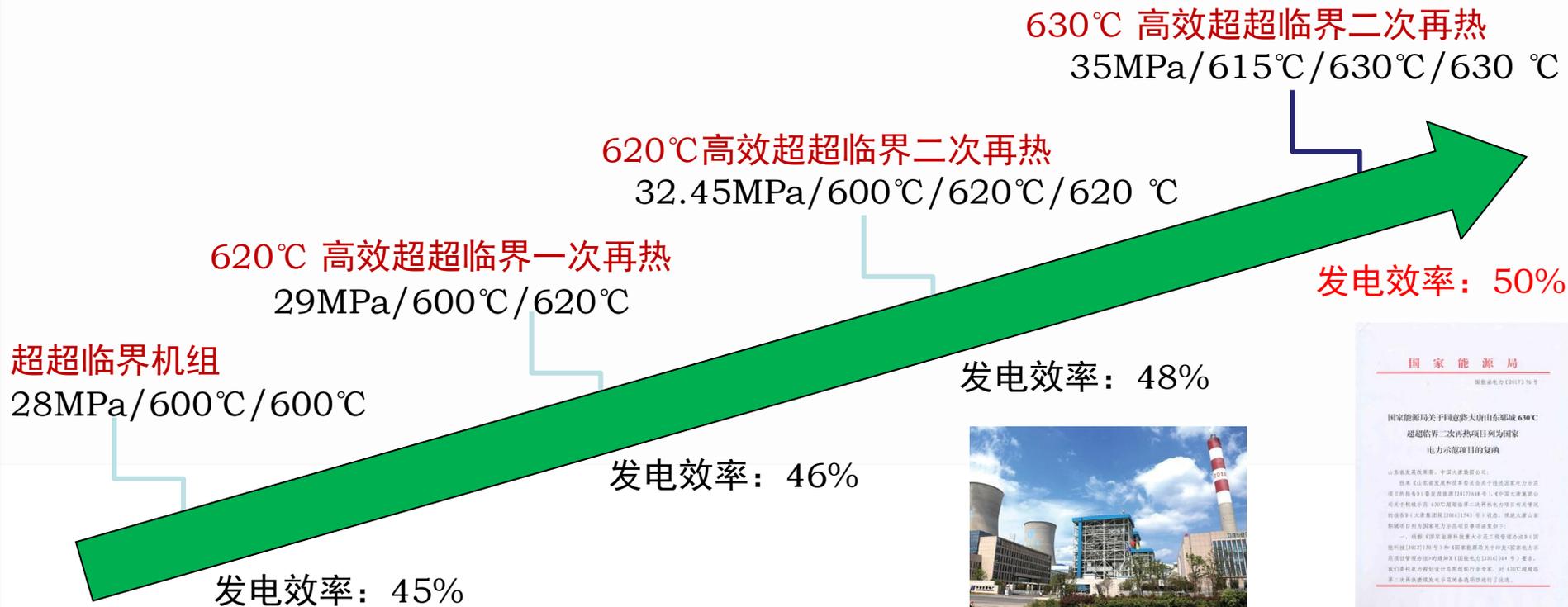
随着高温材料的升级，我国在常规超超临界机组的基础上进一步提高主蒸汽压力和再热蒸汽温度，相继投产了参数为28MPa/600℃/610℃~620℃的一次再热高效超超临界机组、二次再热超超临界机组，并成为当前我国燃煤机组的主力机型。

现役超超临界燃煤机组主力机型技术特点

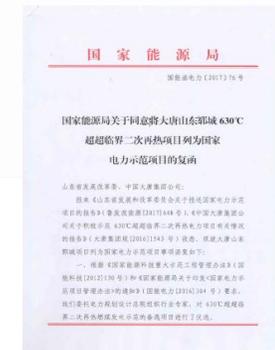
超超临界燃煤机组新技术应用

国产超超临界机组“走出去”

总结



华能安源电厂



大唐郟城电厂

现役主力机型

概述

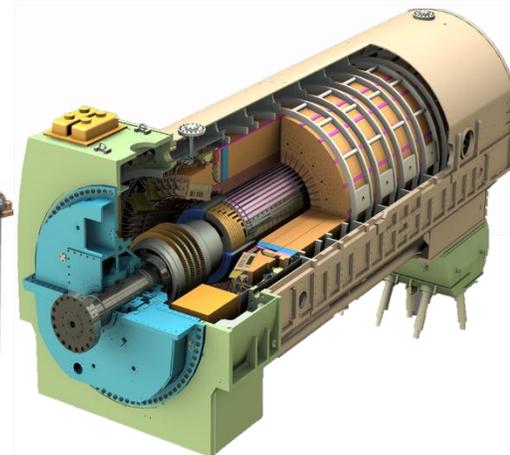
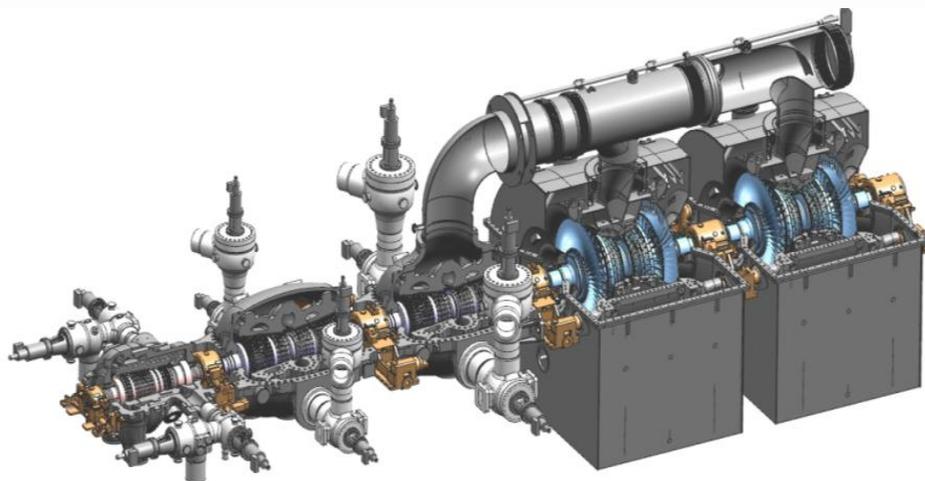
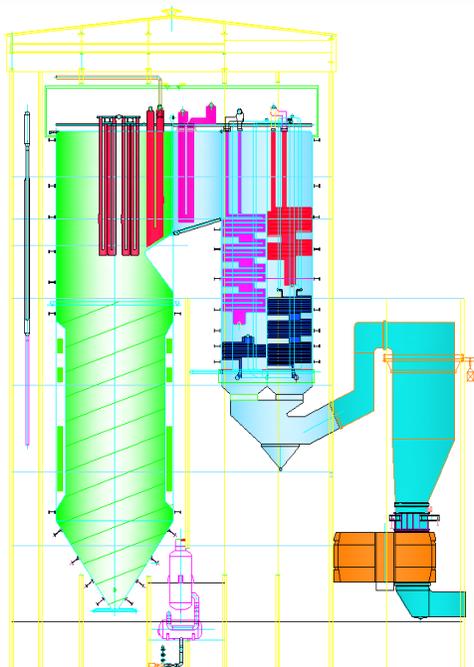
- 本章主要介绍了国内三大主机厂以及国外主要设备商的常规超超临界、高效超超临界以及二次再热燃煤机组锅炉、汽轮机、发电机技术特点、主要参数等

现役超超临界燃煤机组主力机型技术特点

超超临界燃煤机组新技术应用

国产超超临界机组“走出去”

总结



新技术应用

概述

近两年，为进一步提高发电效率、降低污染物排放，几种超超临界燃煤发电项目被列为国家电力示范项目，涉及630°C超超临界发电技术、超超临界循环流化床发电技术、高低位布置等新技术，代表着电力工业发展的新台阶

现役超超临界燃煤机组主力机型技术特点

1. 630°C高效超超临界二次再热煤电技术

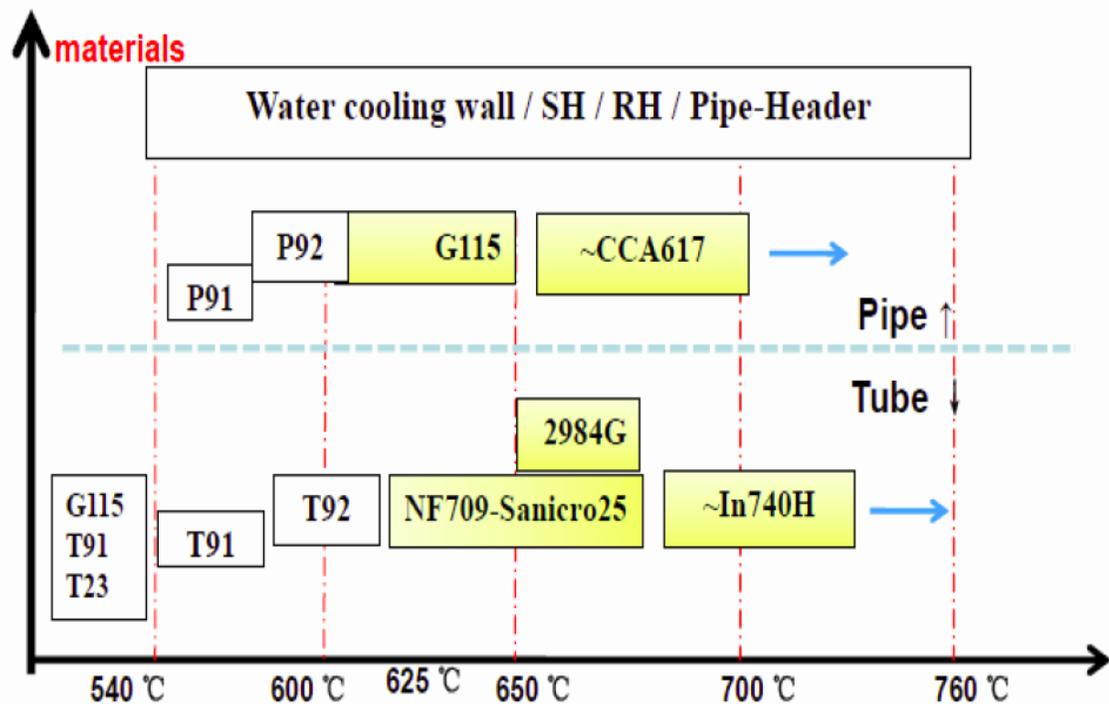
超超临界燃煤机组新技术应用

项目名称	大唐山东郓城630°C超超临界二次再热机组示范工程
装机容量	1×1000MW
工艺参数	36.75MPa/620°C/633°C/633°C（过热器出口） 35.5MPa/616°C/631°C/631°C（汽轮机入口）
设计发电标准煤耗率	244.26 g/kWh
设计发电效率	50.36%
设计供电标准煤耗率	255.96 g/kWh

国产超超临界机组“走出去”

总结

630℃二次再热



- 高温材料拟选用由中国钢铁研究总院和宝钢联合开发的具有完全自主知识产权的G115耐热钢。



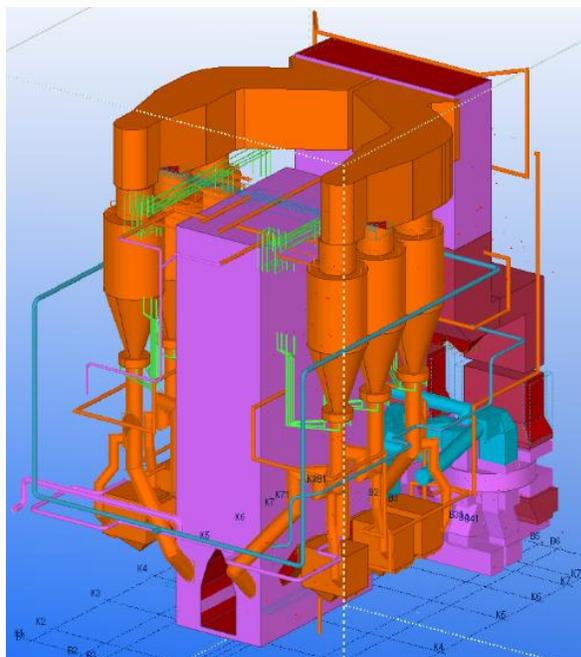
新材料制造工艺——集箱、大管道G115

超超临界CFB锅炉发电技术

2019年2月，国家能源局批复同意将陕西彬长660MW超超临界CFB项目、贵州威赫660MW燃用高硫无烟煤的超超临界CFB列为国家电力示范项目。

煤种适应性

- 石油焦、煤矸石、煤泥、生物质等低热值燃料
- 西南地区高硫无烟煤
- 高水分褐煤



环保经济性

- SO_2 : 炉内脱硫+尾部湿法/半干法, $<35\text{mg}/\text{Nm}^3$
- NO_x : 炉内超低排放, SNCR备用, $<50\text{mg}/\text{Nm}^3$
- 适应宽负荷灵活运行

超超临界CFB



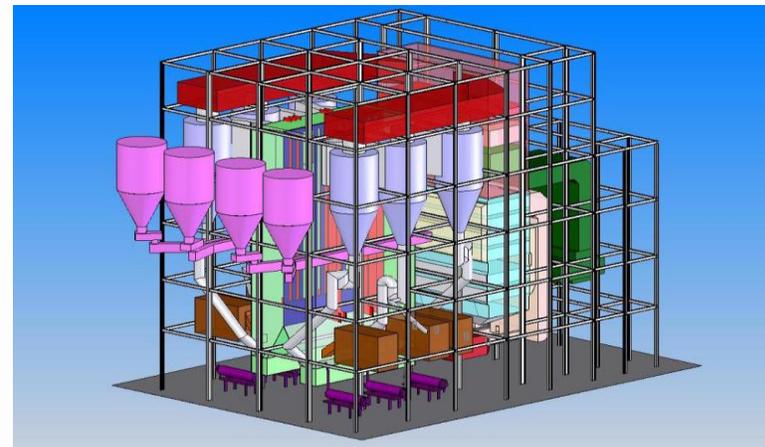
世界首台超临界流化床(波兰
lagisza)

- ❑ 燃料种类：褐煤
- ❑ 燃料热值：4960 kcal/kg
- ❑ 硫含量：0.86%
- ❑ 厂用电率：7.4%
- ❑ 锅炉效率：91.0%



最大的超临界流化床(白马
600MW)

- ❑ 燃料种类：贫煤
- ❑ 燃料热值：3629 kcal/kg
- ❑ 硫含量：3.3%
- ❑ 厂用电率：5.6%
- ❑ 锅炉效率：91.52%

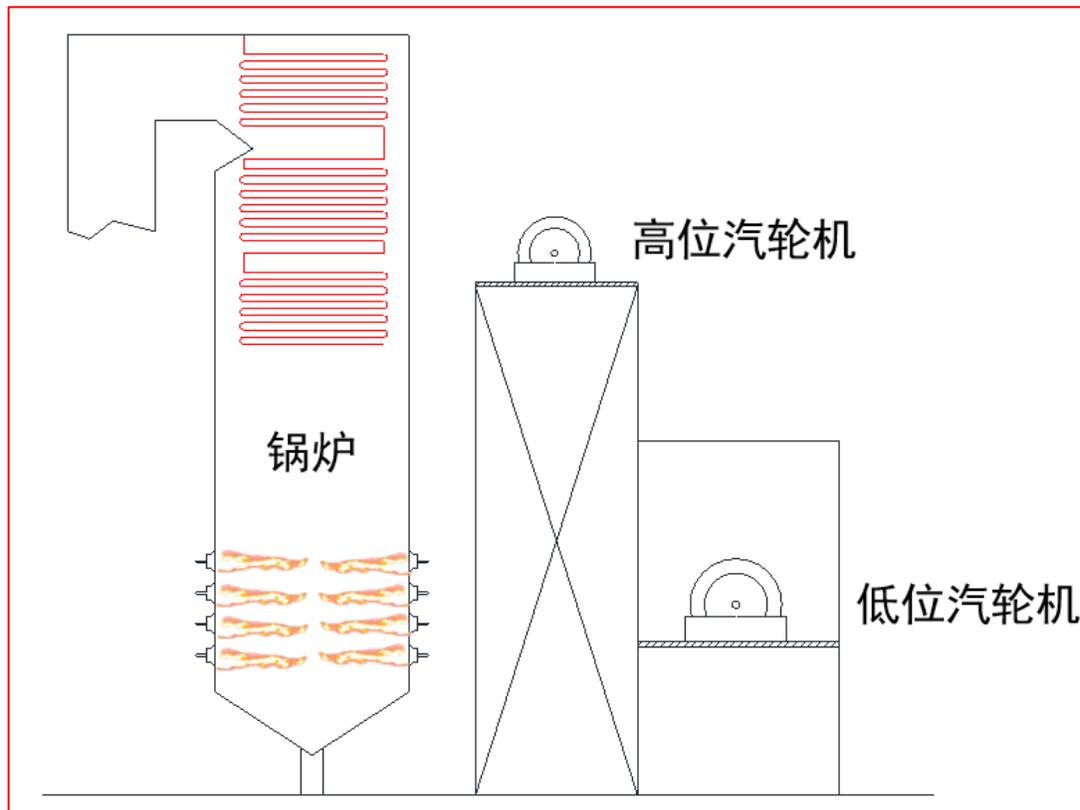


660MW超超临界CFB示范项目
贵州威赫：示范高硫无烟煤。“十四五”
初投产
陕西彬长：示范低热值煤，2021年投产

- ❑ 燃料种类：煤矸石、煤泥、末原煤
- ❑ 燃料热值：3472 kcal/kg
- ❑ 硫含量：0.63%
- ❑ 厂用电率：~4.72% (彬长)
- ❑ 锅炉效率：~93.5% (彬长)

高低位布置

高低位布置能够减少高温蒸汽管道的长度和高温金属材料用量，未来在700℃项目中，可以大幅缩减昂贵的镍基合金的投资。



将煤电机组的部分汽轮机缸体（如：超高压缸、高压缸）高位布置（接近锅炉联箱联接标高），其余缸体（中压缸、低压缸）和凝汽器则按照常规方案低位布置。

高低位布置

项目名称	申能平山电厂二期工程	国华锦界电厂三期工程
项目所在地	安徽省淮北市	陕西省神木县
装机容量	1×1350MW	2×660MW
工艺参数	30MPa/600℃/610℃/620℃（汽轮机入口）	28MPa/600℃/620℃（汽轮机入口）
工艺特点	超高压、高压缸高位布置，中压、低压缸低位布置	汽轮机全部高位布置

国产化材料和阀门辅机

□ 四大管道

✓ 主蒸汽、再热蒸汽管道

- P91: 我国在300MW及以上机组的主蒸汽管道上已大量使用P91管材，基本掌握了生产焊接工艺；
- P92: 我国也已开始生产P92管材，2014年2月，江苏南通电厂1000MW超超临界火电2号机组作为国产化示范项目，使用了北重生产的P92钢管；

✓ 低温再热蒸汽管道、给水管道不涉及新材料应用

□ 630℃超超临界机组

高温出口集箱首次采用国内自主研发新材料马氏体耐热钢G115

国产化材料和阀门辅机

□ 高端阀门

我国已具备高温高压电站阀门的设计制造技术，但对于工作压力25-35.2MPa、工作温度为600-650℃用于超超临界机组的高端阀门，国内配套能力相对较弱。

□ 主要辅机

给水泵汽轮机、100%容量凝结水泵、真空泵、三大风机、中速磨煤机等主要辅机均可采用国产设备，部分部件如液压调节装置、轴承、执行机构等采用进口，百万机组100%容量的给水泵目前还主要依靠进口。

国产化材料和阀门辅机

□ 江苏华电句容二期扩建工程（国家发电设备国产化依托工程）



- 三大主机全部国产；
- 三大泵全部国内采购，国产化率100%；
- 六大管道全部国内采购，国产化率100%；
- 阀门方面，主要阀门国内采购，机组阀门国产化率达到85%以上；
- 执行机构方面，在依托工程上使用的国产阀门原则上应全部配套采用国产执行机构。

国产超超临界机组 “走出去”

概述

国内三大动力集团300MW、600MW等级主机已有大量海外业绩，一带一路沿线国家未来有较大的市场需求，国产超超临界机组走出去有较好机遇，同时也有涉及技术协议的限制因素。

现役超超临界燃煤机组主力机型技术特点

超超临界燃煤机组新技术应用

国产超超临界机组 “走出去”

总结

目前能够“走出去”的仅有东锅，东汽和哈汽自主设计的型式“走出去”虽然没有任何限制，但受制于各自的发电机产品

01
600MW级高效超超临界机组

只有上海电气的锅炉（Π型炉）、汽轮机和发电机“走出去”会受到技术转让方的限制；

1000MW级高效超超临界机组

02

1200MW级及以上更大容量的机组

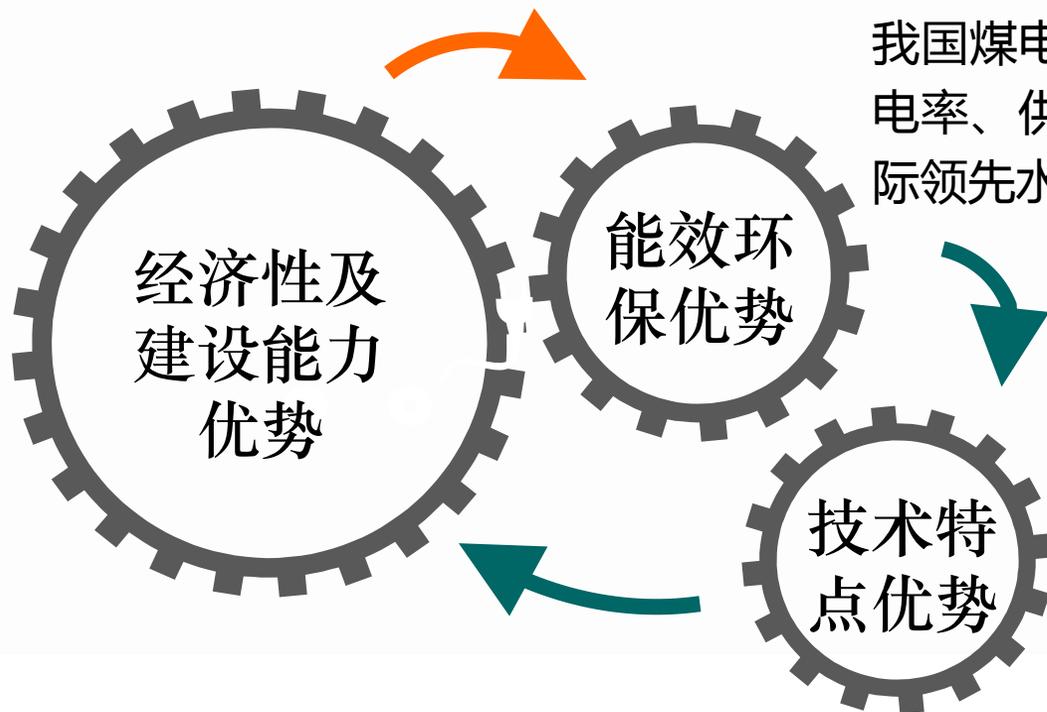
03

只有上海电气的汽轮机和发电机若用到西门子的授权技术“走出去”会受到技术转让方的限制。

国产超超临界机组 “走出去”

我国主要的动力装备厂（上海、东方、哈尔滨）通过长时间的引进、消化、吸收和自主化研发，目前已实现完全自主设计制造，不存在“卡脖子”问题，并且在国际市场具有较强的竞争力。

- 我国超超临界燃煤发电机组在设计、制造、施工与运行等整体技术装备水平均居于世界领先水平；
- 我国超超临界机组的造价水平远低于发达国家；
- 中国能建的电力设计、工程建设处于国际先进水平，性价比好，符合很多国家需求和承接能力。



我国煤电机组的环保水平、厂用电率、供电煤耗等指标均处于国际领先水平

我国能制造600MW等级和1000MW等级的超超临界煤电机组，机组技术水平处于国际先进水平，具有明显的竞争优势

总结

概述

现役超超临界燃煤机组主力机型技术特点

超超临界燃煤机组新技术应用

国产超超临界机组“走出去”

总结

电力工业发展现状

- 电力工业清洁高效水平显著提升，电力结构持续优化，电力技术水平已步入世界先进行列，煤电仍为主导，超超临界机组已成为主力机型。

超超临界燃煤发电新技术应用

- 国家电力示范项目：630℃超超临界二次再热、660MW超超临界CFB、高低位布置，超超临界燃煤发电技术新水平；除部分高端阀门、辅机部件外，基本实现国产化

超超临界机组“走出去”

- 煤电“走出去”已经取得了丰硕成果，从整体竞争实力上看，我国超超临界燃煤发电机组在设计、制造、施工与运行等在内的整体技术装备水平均居于世界领先水平；面临着一些不确定因素和限制条件。

谢谢大家!