

# 浅析大型燃煤电厂供热改造

姚鹏飞

国能河北龙山发电有限责任公司

**[摘要]** 由于煤炭价格较高, 新能源快速发展, 火力发电厂面临着严峻的经营形势, 在这种情况下, 向城市供热、向企业供工业抽汽等, 成为电力企业增加收入的重要手段。不仅可以大幅度提高机组的年利用小时数, 缓解新能源快速发展带来的生存压力, 而且可以替代大量分散的小锅炉, 提高总的能源利用效率, 达到节能环保的目的。因此, 大型燃煤电厂供热改造是火电行业转型的必然趋势, 本文对常见的供热改造方式进行介绍, 结合案例证明了蒸汽梯级利用供热方案可以有效节约煤资源, 减少空气污染。

**[关键词]** 燃煤电厂; 供热; 改造

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-6288.2020.02.109

《国家发展改革委、国家能源局关于开展全国煤电机组改造升级的通知(发改运行)》指出, 到2025年全国火电平均供电煤耗降至300g/(kW·h), 在“双碳”背景下, 随着机组服役年限增加, 机组性能老化下降, 且火电机组利用小时持续下降, 火力发电面临转型发展的困难和挑战较大。在不增加燃煤及排放基础上对火电机组进行供热改造, 通过抽汽或回收余热改造提高能源综合利用效率, 已经成为火力发电企业节能增效的重要手段。对于同时具有电、热、汽等方面需求的地区, 如何正确合理的选用热电联产机组, 因地制宜的选择供热改造技术, 对火电企业的发展和地区环保社会效益的实现起着至关重要的作用。

## 一、热电联产机组

1、背压供热机组。背压供热机组是同时具备发电和供热功能的机组, 蒸汽先通过汽轮机发电后以一定压力排出, 满足供热、制冷的需要。该类机组优点为没有凝汽器, 无冷端损失, 经济性好, 热化发电率在50%~60%, 能源综合利用效率高; 缺点是完全“以热定电”, 依靠热负荷来调整发电负荷, 热电耦合性强, 负荷调整困难。供热品质单一, 主要用于只有一种参数的稳定的热用户, 像化工、造纸等企业。

2、抽背供热机组。抽背式供热机组是从汽轮机的中间级抽取部分蒸汽, 供需要较高压力等级的热用户, 同时保持一定背压排汽, 供需要较低压力等级的热用户使用的汽轮机。这种机组的经济性与背压式机组相似, 热化发电率在60%~80%。该机组较背压机组灵活, 设计工况下的经济性较好, 但对负荷变化的适应性差。

3、抽凝供热机组。抽凝供热机组是采用抽凝式汽轮机进行发电和供热, 抽汽采取调整式和非调整式, 根据不同品质的热负荷选择从汽轮机不同位置进行抽汽, 剩余蒸汽发电进行凝结后进行循环利用。抽凝机组能源利用效率高, 负荷调整范围广, 适用于两种及多种不同品质热负荷, 且热负荷变化频繁的场所。

## 二、燃煤电厂常见机组供热改造技术

1、打孔抽汽供热改造技术。从中低压缸连通管中压段

采用打孔方式接出一根抽汽管道, 做为供热汽源。每个连通管的孔后各设置一个抽汽调整蝶阀, 用于调整抽汽流量和中排压力, 从而使本机成为具有一级采暖抽汽的抽汽冷凝两用式汽轮机。采用此技术, 可将纯凝火电机组改造为热电联产机组, 降低厂发电煤耗, 也为节约能源和改善环境做出贡献, 具有明显的环境效益、社会效益和经济效益。对于居民供暖这一低品位热负荷来说, 存在一定能源浪费, 从能源利用效率考虑, 为解决新蒸汽的能量损失及降低厂用电率, 可采用功热汽轮机拖动异步发电机发电方案, 通过异步发电机所发电量供入厂用电系统中, 以达到节能降耗目的。该技术多用于300MW和600MW纯凝机组。目前1000MW的抽汽供热应用较少。伴随着长输管网及大温差供热技术, 供热半径增加到50km, 原不在供热半径内的纯凝机组具备向城市供热的条件, 打孔抽汽供热技术得到了迅速的推广和应用。

2、高背压供热改造技术。高背压供热技术, 是将汽轮机排汽压力提高, 降低凝汽器的真空度, 提高冷却水温, 直接采用热网水进行冷却, 从而把热网水加热。该技术充分利用凝汽式机组排汽的汽化潜热加热热网水, 将冷源损失降低为零, 提高机组的循环热效率, 采用该技术供热是在不增加机组发电容量的前提下, 减小了供热抽汽量, 增大了供热面积, 其施工周期短、经济效益显著, 缺点是与热网串联运行, 调整有一定困难, 供暖期和非供暖期需要更换两次低压转子, 如不更换则纯凝期运行经济性差。高背压供热改造技术是目前比较成熟的技术, 目前在各大电力集团的电厂中, 陆续进行了高背压供热改造, 节能收益、环保及社会效益非常显著。

## 三、基于背压小汽轮机的燃煤电厂供热改造

1、改造方案。以某燃煤电厂为例, 选取电厂的1号机组和2号机组中压缸和低压缸联通管作为调节对象, 从联通管中抽汽, 两个抽汽调整蝶阀是用于满足调整抽汽流量和中压缸排汽压力, 采用液动控制, 控制供热后主蒸汽流量对应的中排压力与纯凝工况时主蒸汽流量对应的中排压力相一致。其中一部分抽汽引入背压小汽轮机中, 小汽轮机数量为2,

保证均匀引入即可，利用背压小汽轮机拖动发电机。与此同时，排汽引入前置加热器中，均分引入2台装置中，控制循环水温度达到95℃时。另外一部分引入尖峰加热器中，数量为3，同样保证均匀性，加热循环水达到130℃。

(1) 参数设计。为了保证机组得以稳定运行，对供热改造参数进行设计。如表所示为参数设计方案。

项目名称	数值
抽汽压力(MPa)	0.76
中低压连通管抽汽量(t/h)	327
循环水回水温度/供水温度(℃)	70/120
循环水回水压力/供水压力(MPa)	0.2/1.4
汽轮机发电容量(kW)	2×5500
循环水量(t/h)	2846
热负荷(MW)	200.35

依据表提出参数设计方案，当3台尖峰加热器共同运行情况下，加热温度至120℃，饱和水压力为0.76MPa。为了满足此工程供热需求，调节中低压连通管抽汽量，大小为327t/h。

(2) 加热器换热计算。对前置加热器、尖峰加热器压力、焓值、温度、质量流量4项参数分别进行计算，从而确定供热改造方案。如表所示为不同类型加热器换热计算结果。

加热器类型	参数	温度(℃)	压力(MPa)	焓值(kJ/(kg))	质量流量(t/h)
尖峰加热器	进水	94	1.32	398.55	2846
	出水	128	1.32	546.77	
	疏水	167	0.75	709.35	
	进汽	328	0.75	3121.15	
前置加热器	进水	68	1.28	293.56	2846
	出水	94	1.28	398.53	
	疏水	104	0.13	439.28	
	进汽	152	0.11	2794.82	

2、应用效果分析。将设计的供热改造方案投入到应用中展开研究，本次改造应用研究供热期为120d，平均热负荷为106.5MW，供热标准煤耗率为37.5kg·GJ<sup>-1</sup>，年供热量为1505898GJ。测得改造前热耗率为7900kJ·(kW·h)<sup>-1</sup>，改造后热耗率为7120kJ·(kW·h)<sup>-1</sup>，发电功率为280kW·h，煤耗率降低幅度为31.2kJ·(kW·h)<sup>-1</sup>，改造前发电节约煤量为3120t·a<sup>-1</sup>，改造后变为4726t·a<sup>-1</sup>。经过计算得到燃煤相关数值，与传统燃煤供热相比，热耗率降低780kJ·(kW·h)<sup>-1</sup>，发电节约煤量提高1606t·a<sup>-1</sup>。在供热期内，此改造方案节约了4700.2t煤，减少了二氧化硫和二氧化碳排放量，达到节约能源、减少城市污染、促进经济发展、共创美好生活的目的。

3、投产后实际运行的改造。方案构建新的燃煤供热装置

初投产，在此之前做好了初期准备工作，包括材料采购、方案调整等，并将投产城市管道充满水，按照区域不同，采取分段处理，冲洗各个区段水管，测试水压。如果连续10天无异常情况，则启动热网循环水泵及城市循环水泵，利用除污器再次冲洗管道，测得水质满足加热器使用要求后，停止冲洗。而后开启供热改造装置，控制低压联通抽汽参数为100t/h，逐渐提高温度，从常温上升至70℃。通过观察装置实际运行情况，判断热循环水泵控制需求，开启1-2台热循环水泵，流量大约为1820t/h，水温保持在110℃左右，此时测得回水温度大约为60℃。当系统处于热负荷高峰时期，连通管抽汽量将有很大幅度的提高，上升幅度大约90t/h。考虑到异步发电机系统直接应用情况较少，为了避免发生安全事故，降低安全风险，本项目增加了6kV母线段，用于连接异步发电机与供热装置，经过多次调试后，控制发电机转速达到3000r/min，此时开启备用变压器，并采取并网操作。当其达到设定电负荷后，测量系统各个分支电流参数大小，计算用电负荷量。通过计算分析可知，与改造前相比，供热装置厂用电率降低了2%，有效提高了发电上网量，为电厂创造了较高效益。燃煤供热改造问题展开研究，通过对比多项供热改造技术的性能、成本、应用要求，选取背压小汽轮机供热作为核心改造技术，通过计算，确定参数及汽轮机抽气量等，形成完整的改造方案。实践应用结果表明，本文提出的改造方案可以有效节约煤资源，减少空气污染。

节能减排是我国社会经济发展的一个重要核心。提高能源利用率是节约能源、降低碳排放、保护环境根本措施。燃煤电厂实施供热改造技术是节能减排的有效方式。在改造前期工作过程中，对热负荷及运行方式调研应力求准确，结合电厂及热负荷的实际运行情况，进行量身设计，按需改造，以保证电厂的经济效益。对供暖蒸汽梯级利用节能改造，实现按质按需用能，提高能源高效综合利用，对我国清洁供热、零碳城市建设具有重要意义。

参考文献

[1]董锐锋,王志东,李媛.燃煤电厂超低排放改造的技术路线研究[J].环境污染与防治,2019(12):1394-1398.  
 [2]李小龙,段玫祥,李军状.燃煤电厂烟气中SO3控制技术及其测试方法探讨[J].环境工程,2017,35(5):98-102.  
 [3]申景波,于井会,王炳章.燃煤机组供热改造对大气环境影响研究[J].煤炭工程,2017,49(s1):90-91.  
 [4]舒喜,杨爱勇,叶毅科,等.冷凝再热复合技术应用于燃煤电厂湿烟羽治理的可行性分析[J].环境工程,2017(12):82-85.