

某百万塔式锅炉点火方式方案比选

段会新

内蒙古电力勘测设计院有限责任公司

DOI:10.12238/pe.v2i5.9864

[摘要] 采用传统大油枪点火方式的大容量锅炉整套启动试运期间和每年机组启动耗油量巨大,因此需采取少油或无油点火技术,以提高电厂的经济性。基于此,本文将按照等离子点火、气化小油枪和天然气点火三种方式进行方案比选,并给出推荐意见。

[关键词] 点火方式; 技术经济比选

中图分类号: F062.4 **文献标识码:** A

Comparison and Selection of Ignition Methods for a Million Dollar Tower Boiler

Huixin Duan

Inner Mongolia Electric Power Survey and Design Institute Co., Ltd

[Abstract] During the trial operation and annual start-up of a large capacity boiler using the traditional large oil gun ignition method, the fuel consumption is huge. Therefore, it is necessary to adopt low oil or oil-free ignition technology to improve the economy of the power plant. This article will compare and select three schemes: plasma ignition, gasification small oil gun, and natural gas ignition, and provide recommended opinions.

[Key words] Ignition method; technical and economic comparison and selection

前言

进入21世纪后,大容量的电站锅炉批量建设,随着锅炉容量的增加,锅炉点火启动耗油量随之增大,如采用传统大油枪点火方式,锅炉启动试运期间耗油量巨大。为了节约石油资源,提高电厂的经济性,各种少油点火和无油点火技术相继研发及应用^[1]。本文将介绍适用于本工程的几种少油和无油点火技术,并进行经济性分析,并结合技术和经济两方面的因素,提出推荐方案,以期对后续工程提供借鉴。

1 工程概况

本工程位于内蒙古自治区鄂尔多斯市鄂托克前旗,本期建设2×1000MW高效超超临界燃煤间接空冷机组,厂址位于上海庙能源化工基地东南部,距上海庙镇区10公里,距三新铁路上海庙火车站1.5公里,距长城一号矿井田边界4公里,距榆树井井田边界约500m,拟建铁路运距约30公里,灰场运距约20公里。厂址周边交通便利,厂址不压覆矿产、文物,不影响军事、民航、通讯设施,建设条件优越。

本工程充分利用当地煤炭资源,燃煤通过铁路运输进厂,交通运输条件较好。

2 锅炉点火方式

《大中型火力发电厂设计规范》(GB50660-2011)中:

8.6.1点火及助燃燃料应根据燃用煤种、点火方式、油(气)

源、油(气)价及运输等条件,通过技术经济比较确定,并应符合下列规定:

(1)宜选用轻油作为点火和低负荷助燃的燃料。

(2)当重油的供应和油品质量有保证时,也可采用重油作为点火和低负荷助燃的燃料。

(3)工程条件合适时,也可采用可燃气体作为点火和低负荷助燃的燃料。

8.6.2锅炉点火及助燃系统的形式应根据燃用煤种、锅炉形式、制粉系统形式、点火及助燃燃料等条件确定;燃用煤种适应时,宜采用等离子点火、微油点火和气化小油枪等节油点火系统。节油点火系统设计宜纳入锅炉的总体设计^[2]。

针对本工程而言,附近天然气资源丰富,西侧距时鼎天然气公司约4km,因此点火方式还可采用天然气点火,因此本文按照等离子点火、气化小油枪和天然气点火三种方式进行方案比选,并给出推荐意见。

2.1 等离子无油点火

等离子点火技术的起源可以追溯到20世纪60年代,当时人们开始研究等离子体在燃烧领域的应用,20世纪70年代,等离子点火技术开始进入实用化阶段,被应用于航空发动机和工业燃气轮机的点火。进入21世纪,随着环保要求的提高和能源利用的多样化,等离子点火技术在化石燃料领域得到了广泛应用,并逐

渐成为一种主流的点火技术。

2.1.1 等离子点火机理

等离子点火装置是利用直流电流在空气介质一定气压下接触引弧,并在强磁场控制下获得稳定功率的直流空气等离子体,该等离子体在专门设计的燃烧器中心燃烧筒中形成温度 $T > 4000\text{K}$ 的温度梯度极大的局部高温区,煤粉颗粒通过该等离子“火核”受到高温作用,并迅速释放出挥发物,使煤粉迅速燃烧。有助于加速煤粉的燃烧,这样就大大地减少促使煤粉燃烧所需要的引燃能量^[3]。

2.1.2 等离子点火适用煤质范围

《等离子体点火系统设计及运行导则》(DL/T1127-2010):

锅炉设计燃用烟煤或褐煤,煤质特性满足下述要求时可采用等离子点火系统:

(a) 烟煤: 灰分 $A_{ar} \leq 35\%$, 且 $Mar \leq 10\%$, $V_{daf} \geq 32\%$ (相当于 $Var \geq 18\%$)。

(b) 褐煤: 灰分 $A_{ar} \leq 30\%$, 且 $Mar \leq 25\%$, $V_{daf} \geq 40\%$ (相当于 $Var \geq 18\%$); 或灰分 $A_{ar} \leq 17\%$, 且 $Mar \leq 40\%$, $V_{daf} \geq 42\%$ (相当于 $Var \geq 18\%$)。

当煤质参数在上述规定的范围以外时,应通过调整煤粉细度,煤粉浓度,一、二次风速,煤粉/空气混合物温度,加大等离子发生器的功率等措施,并经试验验证后,方可采用等离子点火技术。

2.2 燃油点火

燃油点火是目前火力发电厂普遍采用的点火方式,因常规大油枪点火燃油消耗量较大,运行成本高,一般电厂都会采用节油点火方式,对于大容量机组最常用的节油点火方式是微油气化点火技术,该技术由气化小油枪和少油冷炉点火燃烧器组成。

2.2.1 气化小油枪燃烧原理

先利用压缩空气的高速射流将燃料油直接击碎,雾化成超细油滴进行燃烧,同时用燃烧产生的热量对燃料进行初期加热,扩容,后期加热,在极短的时间内完成油滴的蒸发气化,使油枪在正常燃烧过程中直接燃烧气体燃料,从而大大提高燃烧效率及火焰温度。刚性极强、其传播速度极快超过声速、火焰呈完全透明状(根部为蓝色,中间及尾部为透明白色),火焰中心温度高达 $1500 \sim 2000\text{C}$,可作为高温火核在煤粉燃烧器内进行直接点燃煤粉燃烧,从而实现电站锅炉启动、停止以及低负荷稳燃。压缩空气主要用于点火时实现燃油雾化、正常燃烧时加速燃油气化及补充前期燃烧需要的氧量;高压风主要用于补充后期加速燃烧所需的氧量。

2.2.2 煤粉分级燃烧原理

气化小油枪燃烧形成的高温火焰,使进入一次室的浓相煤粉颗粒温度急剧升高、破裂粉碎,并释放出大量的挥发份,迅速着火燃烧,然后由已着火燃烧的浓相煤粉在二次室内与稀相煤粉混合并点燃稀相煤粉,实现了煤粉的分级燃烧,燃烧能量逐级放大,达到点火并加速煤粉燃烧的目的,大大减少煤粉燃烧所需

引燃能量。满足了锅炉启、停及低负荷稳燃的需求。周界冷却二次风主要用于保护喷口安全,防止结焦烧损及补充后期燃烧所需氧量。

2.3 天然气点火

天然气点火方式在火力发电厂中应用较少,一般需要电厂周边有天然气气源,本工程4km处有天然气公司,具有天然气管道接入的便利条件,使用天然气,可以保证机组启停过程中达到燃机排放标准,机组启动初期就可以投入电除尘,同时避免燃油导致的污染脱硫浆液。可研阶段、主机招标文件及技术协议中均按照天然气点火方式设计。

3 经济性比较

3.1 初投资比较

3.1.1 天然气点火

序号	项目	单位	费用
1	天然气引接管道	万元	907
2	天然气调压站	万元	1275.2
3	天然气调压站建筑	万元	74.7
4	天然气燃烧器及燃气系统	万元	1280
5	材料及安装	万元	156.2
	总计	万元	3693.1

3.1.2 等离子无油点火

序号	项目	单位	费用
1	等离子体发生器、燃烧器、电气柜及其控制系统	万元	1736.4
2	冷炉制粉冷风加热系统	万元	71.2
3	一次风在线检测系统	万元	43.2
4	冷却水系统	万元	51.6
5	载体风系统	万元	25.8
6	图像火检系统	万元	36.8
7	电缆	万元	111.2
8	安装费	万元	150
9	启动锅炉用天然气引接管道	万元	140
	总计	万元	2366

3.1.3 微油点火

序号	项目	单位	费用
1	燃油系统设备	万元	138.6
2	燃油系统管道	万元	199.6
3	燃油泵房控制系统	万元	16.7
4	燃油系统建筑	万元	184.2
5	节油点火装置	万元	720
6	锅炉油燃烧器和燃油系统	万元	240
	总计	万元	1499.1

说明：表中所示节油点火装置费用按照《火电工程限额设计参考造价指标》计列。

3.2 运行成本比较

3.2.1 天然气点火费用

序号	项目	单位	整套试运	启动
1	单台炉燃料消耗量	Nm ³	1189.1×10 ³	377.3×10 ³
2	燃料价格	元/Nm ³	2.16	
3	单台炉燃料费用	万元	256.85	81.5
4	两台炉燃料费用	万元	513.7	163

说明：(1)天然气耗量按燃油耗量折算(天然气发热量为35500kJ/Nm³,燃油发热量为41860kJ/kg)。(2)启动燃料费用按启动一次计算。

3.2.2 等离子无油点火运行费用

序号	项目	单位	整套试运	启动
1	原煤消耗量	t	2411.71	812.52
2	折算标煤消耗量	t	1441.86	485.77
3	标煤价	元/t	450	
4	标煤费	万元	64.88	21.86
5	电耗	kWh/t	50	
6	电价	元/kwh	0.22881	
7	耗电费用	万元	2.76	0.93
8	阴阳极更换费用	万元	19.2	6.4
9	单台炉运行成本	万元	86.84	29.19
10	两台炉运行成本	万元	173.68	58.38

说明：表中所示阴阳极更换费用按照一年更换两次计列。

3.2.3 微油点火运行费用

序号	项目	单位	整套试运	启动
1	单台炉燃油消耗量	t	1008(504)	339.6(169.8)
2	燃油价格	元/t	7798	
3	单台炉燃油费用	万元	786.04(393.02)	264.82(132.41)
4	两台炉燃油费用	万元	1572.08(786.04)	529.64(264.82)

说明：(1)表中燃油耗量按照《火力发电工程建设预算编制与计算规定》中节油点火方式燃油消耗量计列,节油80%;(2)括号内数据为节油90%时的费用。

3.3 启动锅炉

本工程为新建机组,需设置2×50t/h启动锅炉。如锅炉采用燃油点火,启动锅炉可采用燃煤锅炉或燃油锅炉;锅炉采用燃气点火,启动锅炉可采用燃煤锅炉或燃气锅炉。根据《锅炉大气污染物排放标准》,新建锅炉大气污染物排放浓度限值见下表:

污染物项目	限值			污染物排放 监控位置
	燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	
颗粒物	50	30	20	烟囱或烟道 烟囱排放口
二氧化硫	300	200	50	
氮氧化物	300	250	200	
汞及其化合物	0.05	-	-	
烟气黑度(林格曼黑度,级)	≤1			

按满足上述排放限值启动锅炉(2×50t/h)设备初投资费用为:

		燃煤锅炉(含脱硫脱硝设置)	燃气锅炉	燃油锅炉
投资费用	万元	2650	980	950

由上表可见,燃煤启动锅炉设备总投资远高于燃油及燃气锅炉,且燃煤启动锅炉烟气处理系统较为复杂,故本工程不考虑燃煤启动锅炉。

序号	项目	单位	燃气	燃油
1	燃料消耗量	Nm ³ /h(t/h)	8389	7.11
2	燃料价格	元/Nm ³ (元/t)	2.66	7798
3	燃料费用	万元/h	2.23	5.54

3.3.1 启动锅炉采暖期运行费用

考虑冬季施工全厂采暖需求,全厂采暖蒸汽量25t/h,按照保证最低60%采暖负荷,也就是采暖蒸汽量15t/h,折算到启动锅

炉负荷为15%,采暖周期按照5个月,期间启动锅炉燃料运行费用分别为:

采暖期启动锅炉运行费用:

燃气启动锅炉: $2.23 \times 0.15 \times 5 \times 30 \times 24 = 1204.2$ 万元

燃油启动锅炉: $5.54 \times 0.15 \times 5 \times 30 \times 24 = 2991.6$ 万元

3.3.2启动锅炉启动期间运行费用

主机启动调试和整套试运期间,需启动锅炉提供启动蒸汽,按照启动锅炉70%负荷提供70t/h蒸汽量计算,假定启动调试及整套试运均为一次成功,启动锅炉运行时间按照10h计算,启动锅炉运行费用:

燃气启动锅炉: $2.23 \times 0.7 \times 10 = 15.61$ 万元

燃油启动锅炉: $5.15 \times 0.7 \times 10 = 38.78$ 万元

3.3.3启动锅炉比较

综上,燃油启动锅炉与燃气启动锅炉初投资基本相当,但运行成本较燃气启动锅炉高;从环保方面考虑,燃油启动锅炉及燃气启动锅炉均可满足现行《锅炉大气污染物排放标准》要求,但燃油排放的污染物尤其NO_x排放值较燃气高。燃油炉采用烟气再循环等手段后,NO_x排放浓度可降至为200mg/Nm³之内,而燃气锅炉采用低氮燃烧器后可实现NO_x排放浓度不高于50mg/Nm³。目前全国范围内重点地区均已陆续出台地方锅炉大气污染物排放标准,数据均较国家标准有不同程度的降低。以天津为例,新建燃油、燃气锅炉NO_x排放浓度限值由国标的250(200)降低为80mg/Nm³,采用燃油锅炉已无法满足当地排放要求。另外,锅炉以天然气为燃料可保证启动过程中各污染物均可达到排放要求。故以气为燃料更能长久满足日益严格的环保排放要求。

因此,不论从经济性还是环保方面考虑,均推荐采用燃气启动锅炉。

3.4初投资及运行成本比较

		天然气点火+燃气启动锅炉	等离子无油点火+燃气启动锅炉	微油点火+燃油启动锅炉
初投资	万元	4673.1	3346	2449.1
试运燃料费用	万元	513.69	173.69	1572.08(786.04)
启动燃料费用	万元	162.99	58.38	529.64(264.82)
启动锅炉运行成本	万元	1219.81	1219.81	3030.38
运行成本合计	万元	1667.86	1223.25	4982.51(4006.73)

说明:(1)表中所示启动燃料费用按启动一次计算。

(2)表中启动锅炉运行成本为假定启动调试及整套试运均为一次成功的情况下数据,如启动锅炉在实际调试和试运期间运行时间更长,则燃油启动锅炉运行成本与燃气启动锅炉运行成本差值更大。

4 结论

从经济性分析,天然气点火+燃气启动锅炉初投资最高,等离子无油点火+燃气启动锅炉初投资较高,微油点火+燃油启动锅炉初投资最低;运行费用微油点火+燃油启动锅炉最高,天然气点火+燃气启动锅炉次之,等离子无油点火+燃气启动锅炉最低;综合考虑,等离子无油点火+燃气启动锅炉初投资+运行成本最低。

从技术方面考虑,三种方案均为成熟技术,针对本工程现有煤质资料,设计煤种和校核煤种2适合等离子点火,校核煤种1采用等离子点火技术时需加大的等离子发生器功率。但考虑本工程煤质变化范围较大,建议建设单位在点火时采用适合等离子点火技术的煤种;在实际运行过程中,在煤场对不同煤源进行掺混,保证入炉煤质稳定在目前设计范围内,降低调峰时低负荷停炉的风险。

[参考文献]

[1]班云福.循环流化床锅炉点火系统柴油改天然气应用总结[J].氮肥与合成气,2021,49(1):13-16.

[2]杨勇.锅炉油枪点火困难原因分析及对策[J].科技风,2019(26):240.

[3]邱振业.再生集料透水混凝土的试验研究[J].广东建材,2021,37(5):5-8.

作者简介:

段会新(1983--),女,汉族,河南安阳人,本科,现就职于内蒙古电力勘测设计院有限责任公司,高级工程师,研究方向火力发电厂设计节能与环保技术研究。