

区域型分布式能源燃气轮机机组选型分析

邵旭峰

(江苏华电戚墅堰发电有限公司,江苏 常州 213011)

摘 要:以江苏金湖某分布式能源站工程为例,通过对区域内供热情况充分调查,确定供热需求,提出分布式能源方案。在此基础上分析了 4 种对应的燃气轮机机型,根据确定的选型原则对 4 种机组作出结论,为同类型分布式能源站建设、选型提供参考。

关键词:燃气轮机;分布式能源;机组选型;选型比较

中图分类号:TM 611.3 **文献标志码:**B **文章编号:**1674 - 1951(2018)01 - 0065 - 03

0 引言

在能源需求强度高的地区(如开发园区等)推广使用天然气分布式能源系统,可实现能源的梯级运用,有效提高能源利用率、缓解电网调峰压力、减少城市污染物排放,且由于贴近用户建设,可有效减少供热及供冷损失,最大限度地提高能源利用率^[1]。

如何挑选合适的分布式能源设备,对能源站最终能取得的效果有重要影响。本文以江苏金湖某分布式能源站工程(以下简称某分布式能源站)燃气轮机(以下简称燃机)选型为例,依据“供热制冷能力、整体经济效益优先,同时以机组性能、环保为基础,合理考虑维护服务能力”的原则,进行燃机选型分析。

1 机组选型的几个要素和原则

(1)必须满足基本供热制冷发电的需求。根据以热(冷)定电的原则,在对开发区热用户进行充分调研的基础上,确定实际供热量和未来供热量发展的趋势;同时,确定日最大、最小供热量(早晚峰供热量),在明确实际供热需求的基础上确定最佳机组类型^[2]。

(2)经济效益方面,不仅考虑燃机的单机效率,而且要求燃机厂家按照打捆招标的需求给出搭配相应汽轮机、余热锅炉以后的整体联合循环效率,以及不同供热、制冷量下的联供效率;采取供热制冷发电联供效率总体优先的原则,综合考虑各种状态下的整机效率。

(3)燃机机组技术的可靠性、稳定性。
(4)燃机检修的便利性、成本、检修间隔,供货商服务的能力;检修时对运行供热的影响程度。
(5)其他因素,如排放、供货时间、业绩等。

2 工程概况

某分布式能源站以“西气东输”工程天然气为支撑,根据服务区域的工业热负荷、供冷负荷需求,并考虑供热稳定性的要求,按照“以热定电、搬迁替代小煤电”的原则,建设 2 套 30 MW 级的燃气 - 蒸汽联合循环冷热电三联供分布式能源站。供热调研情况见表 1。

考虑空调负荷(供汽)后,近期能源站的蒸汽负荷分别为平均 35. 04/35. 30 t/h(夏/冬)、最大 46. 63/46. 89 t/h(夏/冬)、最小 29. 68/29. 94 t/h(夏/冬),3 000 kW 的空调冷负荷由溴化锂系统直供

表 1 全年热负荷分布

项目名称	热负荷/kW	冷负荷/kW	工业蒸汽/(t·h ⁻¹)			备注
			最大	最小	平均	
现状工业热负荷	—	—	44. 11	27. 16	32. 52	外供蒸汽
未来新增工业热负荷(至 2020 年)	—	—	32. 36	15. 37	26. 90	外供蒸汽
空调负荷(直供)	—	3 000	—	—	—	溴化锂
空调负荷(供汽)	2 360	2 950	—	—	—	外供蒸汽
总计	2 360	5 950	76. 47	42. 53	59. 42	

最小 45.03/45.31 t/h(夏/冬)。

根据表 1 中冷热负荷,考虑到实际供热时的不确定性及日均热负荷变化,主机方案选择了 2 套“一拖一”30 MW 等级燃机+抽凝式汽轮机组的配置方案,单套供热在 30~40 t/h 之间,近期一台供热、一台发电即可满足要求,未来也能适应供热的增长^[3]。在此基础上,该项目选择了 4 种燃机机型,分别为西门子 SGT-700、川崎 L30A、三菱 H25(32)、GELM2500+G4,要求厂家根据配置方案提供相关经济和技术数据,在此基础上进行投资比较。

3 机组性能、价格比较

3.1 基本情况

4 种型号机组基本情况见表 2。由表 2 可知:西门子和 GE 作为老牌燃机厂家,其产品质量有一定优势;三菱的国产化程度较高,为以后的维修带来便利;从供货时间上看,GE 的 LM2500 最佳,适用于需要尽早投产供热的情况;业绩方面,LM2500 最多,川崎 L30A 则明显较少。

3.2 经济性能比较^[4]

4 种型号机组经济性能比较见表 3。

(1)从机组容量、性能指标、供热能力等方面初步分析,4 种机型均能达到最低要求。

(2)联合循环发电功率方面,三菱、GE、西门子基本相同,川崎稍低;供热量方面,三菱最大,GE、西门子相差不多,川崎燃机供热能力稍低。

(3)从机组效率方面分析,单机效率最高的是川崎,次之 GE、西门子,三菱最低;纯凝工况时,4 家相差不大;随着机组供热量增加,冷热电联供效率西门子、GE 较高。

3.3 机组整体结构、技术性能的比较

机组整体结构、技术性能比较见表 4。

(1)就燃机类型分析,重型燃机质量大、应力小,设计简单,天然气压力要求低;航改机质量小、应力大,设计复杂,天然气压力要求高,一定场合需要增压装置^[5]。

(2)就内部结构分析,H25 单轴、中分面布置、管式燃烧器,比较简单;SGT-700、L30A 双轴中分面布置;LM2500 双轴套装布置(大小修不能用开缸的方式,受损部分的套件要整体拿下,安装时对中和变形不易控制),同时燃烧器有 75 喷嘴环形布置、2 套润滑油系统,较为复杂。

(3)排放均能满足要求,低于国家排放标准。

3.4 售后及维修比较

售后及维修比较见表 5。

(1)维修间隔。如长时间运行,则 L30A 最有优势;如频繁启停,则 SGT-700、LM2500+G4 占优。从本工程供热情况分析,需 1 台燃机长期连续运行,1 台供热高峰期顶峰运行,综合考虑 SGT-700 略佳,LM2500+G4 次之。

(2)维修方式及用时。大修均以更换为主,其中 SGT-700、L30A、LM2500+G4 大修必须返厂,

表 2 机组基本情况

项目	SGT-700	L30A	H25(32)	LM2500+G4
生产厂商	西门子	川崎	三菱	GE
合作公司	无	东方电气	上海电气	华通
业绩(国内)	3	0	3	3
业绩(国外)	77	2012 年生产第 1 台燃机,在国外有一定业绩		2000
交货期+安装期/月	13+4	12+3	13+3	8+4
国产化情况	全部进口	发电机和部分辅件国产	除主机外全部国产	除部分辅件外全部进口

表 3 机组经济性能比较

项目	SGT-700	L30A	H25(32)	LM2500+G4
单机功率/MW	32.82	30.10	32.30	32.80
单机效率/%	37.20	38.68	33.80	38.50
联合循环功率 ^① /MW	45.20	37.60	46.95	45.40
联合循环效率 ^① /%	52.50	50.88	51.65	53.00
设计抽汽量 ^② /(t·h ⁻¹)	30	25	30	30
最大抽汽量 ^② /(t·h ⁻¹)	35	30	40	35
联合循环功率 ^③ /MW	40.75	31.10 ^④	40.16	40.85
热电联供效率 ^③ /%	74.00	71.94 ^④	72.14	74.30

注:①为纯凝工况下数据;②为燃机基本负荷时数据;③为燃机基本负荷设计抽汽量时数据;④为川崎最大抽气量 30 t/h 时数据。

表 4 机组整体结构、技术性能比较

项目	SGT-700	L30A	H25(32)	LM2500+G4
燃机类型	工业重型燃机	工业重型燃机	工业重型燃机	航改轻型燃机
轴系	双轴	双轴	单轴	双轴
透平级数	2 级高压透平+2 级动力透平	2 级高压透平+2 级动力透平	无高压透平,3 级动力透平	2 级高压透平+6 级动力透平
燃机轴承形式	支撑轴承,1 套油系统	支撑轴承,1 套油系统	支撑轴承,1 套油系统	滚动轴承,2 套油系统
燃机气缸形式	水平中分面	水平中分面	水平中分面	压气机部分中分,其余套装
燃烧器形式	18 个燃烧器,单个环形燃烧室	8 个管式燃烧室	10 个干式管式回流 DLE 燃烧器	75 个 DLE 喷嘴环形布置
透平进口温度/℃	1 190	1 300	1 300	1 280
进口天然气压力/MPa	3.3	3.2	2.3	3.5~3.7
排放情况/ $\times 10^{-6}$	<25	<25	<25	<25

表 5 售后及维修比较

项目	SGT-700	L30A	H25(32)	LM2500+G4
大修间隔/h	60 000	96 000(或 12 年 1 次)	64 000(约 8 年)	50 000
启动次数对 EOH 的影响	正常启停因子基本为 0,不考虑进 EOH 计算	启动因子=15,最大	启动因子=10,较大	不影响 EOH 计算(即不影响维修间隔)
大修时间/d	39(整机租赁更换 10 d)	>30	25	35(整机租赁更换 7 d)
检修方式	小修现场,大修返厂(国外)	小修现场,大修返厂	大小修均为现场检修	小修现场,大修返厂
紧急情况服务能力	一般	未能确定	较好	较好
检修成本/ [分·(kW·h) ⁻¹]	2.0~2.5	≤3.0	2.0	3.5

注:EOH 为等效运行小时数。
H25 现场维修;正常用时 H25 最短,如增加费用采用租赁方式,SGT-700,LM2500+G4 用时较短。

(3) 维修成本。三菱、西门子较低,GE、川崎较高。

(4) 紧急情况的服务能力。西门子:武汉有零部件储存基地,可 24 h 更换燃烧器。川崎:暂未能提供及时的备件服务,东汽广州检修公司可承担部分临时性部件检修工作。三菱:南京设立的燃机服

务公司提供紧急情况下的技术服务、备品交付。GE:备件储备情况好,出现问题时,保证 24 h 工程师到位,48 h 零部件到位,所有问题 7 d 解决。

3.5 价格比较

由供货商预估了燃机价格及在打捆招标情况下整套机组预估价格(包括汽轮机和余热锅炉),见表 6。由表 6 可知,价格方面 GE 和三菱机组较有优势。

表 6 燃机价格及预估价格

万元

项目	SGT-700	L30A	H25(32)	LM2500+G4
燃机价格	8 200	10 000	8 100	8 000
预计总价(单套)	12 000	14 000	11 500	10 800

4 结论

针对本工程的现状,热负荷相对饱满,对机组的供热能力和连续可靠运行要求较高。对调研的 4 种机型作以下结论:(1)川崎 L30A 机型出力较小,余热利用率较低,不适合本工程;(2)三菱 H25 机型能够满足本工程需要,在维护和检修上均有优势,但总体热效率略低于 GE 和西门子;(3)西门子 SGT-700 机型尾部利用能力大,总体热效率高,设备可用性、可靠性高,但业绩较少,交货期较长,是本工程的

次选机型;(4)GE 的 LM2500+G4 机型单循环效率高,尾部余热利用能力较大,产品成熟,投产业绩多,供货周期短,后续维护服务能力强,价格合理,唯一缺点是维护成本较高,是本工程的主选机型。

参考文献:

[1]徐建中,邓建玲.分布式能源定义及其特征[J].华电技术,2014,36(1):3-5,77.
[2]宋伟明.天然气分布式能源项目开发中应注意的问题[J].应用能源技术,2016(10):9-13.(下转第 70 页)

表 2 #2 机组改造前、后供热能力变化

项目		单位	改造前			改造后		
			一期	二期	合计	一期	二期	合计
现状	热负荷指标	W/m ²	55.1			55.1		
	供热能力	MW	342		342	388		388
	供热面积	m ²	6.210 × 10 ⁶		6.210 × 10 ⁶	7.040 × 10 ⁶		7.040 × 10 ⁶
中期 2020	热负荷指标	W/m ²	51.0			51.0		
	供热能力	MW	342	653	995	388	653	1041
	供热面积	m ²	6.710 × 10 ⁶	1.280 × 10 ⁷	1.951 × 10 ⁷	7.610 × 10 ⁶	1.280 × 10 ⁷	2.041 × 10 ⁷
远期 2030	热负荷指标	W/m ²	48.0			48.0		
	供热能力	MW	342	653	995	388	653	1041
	供热面积	m ²	7.120 × 10 ⁶	1.360 × 10 ⁷	2.072 × 10 ⁷	8.080 × 10 ⁶	1.360 × 10 ⁷	2.168 × 10 ⁷

额定功率为 98.29 MW,主要热经济指标见表 3。

表 3 #2 机组热经济指标计算结果

项目	单位	改造前	改造后
锅炉蒸发量	t/h	428	428
汽机进汽量	t/h	428	428
工业抽汽量	t/h	0	0
采暖抽汽量	t/h	120	150
发电功率	MW	118.46	98.29
发电年利用小时	h	2643	2639
年发电量	GW·h	356.8	356.2
年供电量	GW·h	314.35	310.37
年供热量	GJ	2.34 × 10 ⁶	2.94 × 10 ⁶
发电厂用电率	%	8.14	8.14
供热厂用电率	%	4.16	4.73
综合厂用电率	%	12.30	12.87
发电热耗率	kJ/(kW·h)	4463.9	3672.0
发电标煤耗	g/(kW·h)	166.87	137.27
发电标煤耗(全厂)	g/(kW·h)	177.43	164.06
供电标煤耗	g/(kW·h)	181.66	149.43
供热年平均煤耗	kg/GJ	38.14	38.14
年均全厂热效率	%	80.20	85.97
年均热电比	%	126.48	160.99

#2 机组改造前机组设计发电标准煤耗为 177.43 g/(kW·h),考虑区域小锅炉热效率为 75%,供热标准煤耗为 45.55 kg/GJ;改造后机组发电标准煤耗为 164.06 g/(kW·h),供热标准煤耗为

38.14 kg/GJ。按上述数据计算,改造后该工程每年可节约标准煤约 9.4 kt,其中发电节煤量为 4.9 kt,供热节煤量为 4.5 kt。

4 结论

通过热电联产来实施集中供热,替代供热区内已有或拟建的热效率低、污染防治措施落后的小锅炉,减少了区域燃煤消耗及烟尘排放量。提高了电厂的综合能源利用效率,既节约了大量能源,又减少了煤、灰渣在装卸、运输、贮存过程中对环境、交通及占地的影响。CO₂,SO₂,NO_x 及烟尘排放量减少,区域内环境空气质量得到改善。

参考文献:

[1]孔令先,李继伟,李宏伟. 220 MW 汽轮机组供热改造研究与应用[J]. 节能技术,2010,28(4):319-322,328.
[2]程钧培. 节能减排与火电新技术[J]. 动力工程,2009,29(1):1-4.
[3]戈志华,杨佳霖,何坚忍,等. 大型纯凝汽轮机供热改造节能研究[J]. 中国电机工程学报,2012,32(17):25-30.
[4]万燕,孙诗梦,戈志华,等. 大型热电联产机组高背压供热改造全工况热经济分析[J]. 电力建设,2016,37(4):131-137.

(本文责编:刘芳)

作者简介:

孙嘉权(1983—),男,吉林临江人,助理工程师,从事发电厂生产技术工作(E-mail:18035025677@189.cn)。

燃气轮机技术,2013,26(2):34-38.

(本文责编:白银雷)

作者简介:

邵旭峰(1977—),男,江苏常州人,助理工程师,技师,从事燃气轮机运行管理方面的工作(E-mail:shaovf1@163.com)。

(上接第 67 页)

[3]夏立峰. 天然气分布式能源站装机方案选择及节能分析[J]. 科技资讯,2014(9):116-117.
[4]张丹,高顶云,郭甲生,等. 分布式能源系统燃气发电机组特性及选型原则[J]. 煤气与热力,2013,33(10):20-23.
[5]秦渊,陈昕,王华超. 分布式能源站燃气轮机的选择[J].