

分布式功能系统节能减排计算研究

介绍了一种分布式供能系统节能减排计算方法。该方法在现有计算方法基础上,首先定义了分布式供能系统研究的对象,仅指原动机和一次余热利用设备;并充分考虑了系统的外用电和传统供能系统的自用电,以充分体现分布式供能系统的优势。在节能量计算的基础上,根据国家相关统计资料公布的减排因子,给出了分布式供能系统的污染物减排量计算方法。

冯云岗 卢海勇/上海电力设计院

0 引言

由于经济全球化进程加快给中国带来资源环境新挑战,能源问题已引起党中央、国务院高度重视,党的十六届五中全会提出把节约资源作为基本国策,我国政府已连续在“十一五”、“十二五”规划发展纲要中把节能作为约束性指标。根据上海市电力发展“十二五”规划要求,到2015年把非化石能源占一次能源比例和单位GDP能源消耗二氧化碳减排作为刚性目标,国家对上海电力结构调整提出了比其他地区更高的要求,要求进一步提高清洁能源发电的比例,燃机占市内装机比重提高到约30%。故要实现2015年单位GDP能源消耗二氧化碳减排,需要全社会共同努力。

为提高能源利用效率,促进结构调整和节能减排,积极推动天然气分布式能源有序发展,科学、规范地指导示范项目的建设、运营和管理,国家发展和改革委员会、财政部、住房和城乡建设部及国家能源局联合下发了《关于发展天然气分布式能源的指导意见》(以

下简称《指导意见》)。本细则指出:

“天然气分布式能源”是指利用天然气为燃料,通过冷、热和电三联供等方式实现能源的梯级利用,综合能源利用效率在70%以上,并在负荷中心就近实现能源供应的现代能源供应方式,是天然气高效利用的重要方式。

目前,上海市已有十多个分布式供能系统投入运行,其中不乏运行良好的例子,尤其是在节能减排方面均有比较好的成效。但由于分布式供能系统与分散供电、供热之间目前还没有统一的能耗差值计算方法,使得用不同计算方法得出的节能率相差较大,不能很好地体现分布式供能系统在节能方面的优越性。因此通过本课题研究,以达到统一的节能减排计算方法,为今后分布式供能系统推广和评估提供技术支撑。

1 研究方法

按照《指导意见》中对分布式供能系统的定义,分布式供能主要产品为供冷量、供热量和发电量。分布式供能作为一次能源的高效梯级利用的典范,人们越来越形成共识。同时,分布式供能系统相比传统的分产燃煤发电、分散小锅炉供热和以电为主的制冷方式还大幅减少了污染物的排放,为缓解日益严重的环境污染问题起到很好的作用。但是分布式供能系统与传统的单独分散供冷、供热和供电之间在节能减排方面还没有统一的计算方法,不同计算方法结算结果偏差很大,不能很好地体现分布式供能系统在节能方面的优越性。



冯云岗/高级工程师

关键词/Keywords

分布式供能 (DES) ·
传统供能 (TES) ·
一次能源 ·
减排 ·

本文从能源利用角度出发,采用“有无对比”的原则,分析分布式供能系统节能减排的优势。计算中,为更准确分析分布式供能系统的优势,要求除去调峰设备的供能量,仅以分布式供能系统DES(与CCHP相同)(原动机+一次余热利用设备)为研究对象。分布式供能系统,输出侧为分布式供能系统所产生的冷量、热量和电量,输入侧为分布式供能系统一次能源天然气消耗量。传统供能方式TES,指电网供电、用户小锅炉供热和电制冷机组供冷的方式,输出侧与分布式供能系统产生相同的冷量、热量和电量进行分别计算。对于电量按照电网供电煤耗折算成一次能源标煤耗量;对于热量按照分散小锅炉折算成一次能源标煤耗量;对于冷量按照通用电空调系统首先折算成用电量后再按照电量折算成标煤耗量,输入侧为上述三者标煤耗量的总和。节能量由TES系统标煤耗量与分布式供能系统一次能源天然气按照等热值折算成标煤之差计算得到。

由于目前分布式供能系统主要燃料为天然气,而天然气燃烧本身并不产生粉尘和SO₂等有害物质,不能简单地用两者的节煤量来折算。而对于CO₂的减排量,无论是分布式供能系统所采用的燃料天然气还是传统供能方式更多使用的煤,燃烧后均产生CO₂,因此分别计算分散供能一次能源当量排放量和分布式供能系统一次能源当量排放量,两者的差值即为分布式供能系统的减排量。

2 计算方法

2.1 DES一次能源消耗量

2.1.1 DES总能量输出

$$Q_{DES,T} = Q_{DES,C} + Q_{DES,H} + \frac{Q_{DES,E} \times 3600}{10^6} \quad (1)$$

式中, $Q_{DES,T}$ 为DES总供能量, GJ; $Q_{DES,C}$ 为DES总供冷量, GJ; $Q_{DES,H}$ 为DES总供热量, GJ; $Q_{DES,E}$ 为DES总供电量, kW·h。

对于DES系统,输出能量主要包括冷量、热量

和电量,总能量为三者的和。

2.1.2 DES一次能源消耗总量

$$Q_{DES} = \frac{Q_{DES,NG} Q_{ar,net}}{7000 \times 4.186} + Q_{DES,M} \quad (2)$$

式中, Q_{DES} 为DES一次能源折算标煤消耗量, t; $Q_{DES,NG}$ 为DES燃气耗量, Nm³; $Q_{ar,net}$ 为DES燃气低位热值, MJ/Nm³。

$$Q_{DES,M} = \frac{Q_{DES,EW} m_{s,E}}{10^6 (1 - \eta_{NET,E})} \quad (3)$$

式中, $Q_{DES,M}$ 为DES外用电量折算标煤消耗量, t; $Q_{DES,EW}$ 为DES外用电量, kW·h; $m_{s,E}$ 为上海市当年供电标煤耗, g/kW·h; $\eta_{NET,E}$ 为上海市当年电网线损率。

DES系统一次能源消耗主要是天然气,还包括少量自用电,一次能源需要将天然气乘以低位发热量折算成标煤耗量,电量根据发电标煤耗和电网线损折算到标煤消耗量,一次能源总消耗量为两者和。

2.2 TES一次能源消耗量

$$Q_{TES,EC} = \frac{Q_{DES,C} \times 10^6}{3600} / ERR \quad (4)$$

式中, $Q_{TES,EC}$ 为TES制冷用电量, kW·h; ERR为TES系统制冷系数。

$$Q_{TES,H} = \frac{Q_{DES,H}}{29.3 \eta_B (1 - \eta_{NET,H})} \quad (5)$$

式中, $Q_{TES,H}$ 为TES供热一次能源折算标煤消耗量, t; η_B 、 $\eta_{NET,H}$ 为TES锅炉效率, 供热输送损耗。

$$Q_{TES,T} = \frac{(Q_{DES,E} + Q_{TES,EC} + Q_{TES,EW}) m_{s,E}}{10^6 (1 - \eta_{NET,E})} \quad (6)$$

式中, $Q_{TES,T}$ 为TES用电折算标煤耗量, t; $Q_{TES,EW}$ 为TES系统外用电量, kW·h。

$$Q_{TES} = Q_{TES,H} + Q_{TES,T} \quad (7)$$

式中, Q_{TES} 为TES一次能源折算标煤消耗量, t。

TES系统一次能源消耗主要指传统供能模式,包括供冷用电空调用电量,供热用分散小锅炉耗煤量,供电通过电网提供,三者全部折算至一次能源标煤消耗量,一次能源总消耗量为三者之和。

2.3 节能减排量计算

2.3.1 节能量计算

$$\Delta B = Q_{TES} - Q_{DES} \tag{8}$$

$$\eta = \frac{Q_{TES} - Q_{DES}}{Q_{TES}} \tag{9}$$

式中，ΔB为节能量（标煤量），t；η为节能率。

2.3.2 减排量计算

$$E_{CO_2,TES} = 2.66Q_{TES} \tag{10}$$

$$E_{SO_2,TES} = 0.0165Q_{TES} \tag{11}$$

$$E_{CO_2,DES} = 2.66Q_{DES,M} + 2.162Q_{DES,NG} \tag{12}$$

$$E_{SO_2,DES} = 0.0165Q_{DES,M} \tag{13}$$

式中，2.66为标煤碳排放系数^[2]；2.162为天然气排放系数^[2]；0.016 5为标煤SO₂排放系数^[3]；E_{CO₂,TES}为TES系统CO₂排放量，t；E_{SO₂,TES}为TES系统SO₂排放量，t；E_{CO₂,DES}为DES系统CO₂排放量，t；E_{SO₂,DES}为DES系统SO₂排放量，t；

CO₂和SO₂的减排量分别为

$$\Delta E_{CO_2} = E_{CO_2,TES} - E_{CO_2,DES} \tag{14}$$

$$\Delta E_{SO_2} = E_{SO_2,TES} - E_{SO_2,DES} \tag{15}$$

式中，ΔE_{CO₂}为DES系统CO₂减排量，t；ΔE_{SO₂}为DES系统SO₂减排量，t。

3 案例分析

本文针对上海市分布式供能系统应用较普遍的机场、工业企业、医院以及饭店四种不同类型的已建成案例进行调研，分别汇总了浦东机场、奥特斯、闵行医院和华夏宾馆四个天然气分布式供能系统供电、供能以及燃料消耗量等实际运行数据，对其节能减排效果进行了分析。

为了便于准确分析分布供能系统节能减排量，对比较的基准值作以下假设：天然气热值为8 500 kcal/Nm³（35 581 kJ/Nm³），标煤热值为7 000 kcal/Nm³（29 302 kJ/Nm³），电空调COP取4.0，TES 锅炉效率取75%，供热输送损耗取5%，上海市发电厂平均供电标煤耗取305 g/kW·h。

节能减排成效如下表所示。

根据表中计算结果，上海市几个典型分布式供

表 节能减排量计算表

项目名称	单位	上海国际机场股份有限公司	奥特斯（中国）有限公司	闵行区中心医院	华夏宾馆
一、原始数据					
装机功率	kW	4 000	1 166	350	480
年发电总量	kW·h	16 500 000	4 008 960	962 708	1 040 556
天然气低位热值	kJ/Nm ³	35 581	35 581	35 581	35 581
年利用时数	h	4 125	3 438	2 751	2 168
厂用电率	%	5	5	5	5
分产锅炉效率	%	75	75	75	75
热网损耗	%	95	95	95	95
电空调COP		4	4	4	4
上海市发电厂平均供电标煤耗ξ	g/kW·h	305	305	305	305
上海市平均供电线损率η _s	%	6	6	6	6
标煤排放因子	CO ₂ (g/g)	2.66	2.66	2.66	2.66
	SO ₂ (g/g)	0.016 5	0.016 5	0.016 5	0.016 5
天然气CO ₂ 排放因子	kg/Nm ³	2.162	2.162	2.162	2.162
分产脱硫效率	%	90	90	90	90
二、全年产能量计算					
全年天然气耗量	m ³	6 480 000	1 093 365	262 600	335 553
年供电量	kW·h	15 675 000	3 808 512	914 572.6	988 528.2
供热总量	GJ	96 778	15 676	2 897	3 972

(续)

项目名称	单位	上海国际机场股份有限公司	奥特斯（中国）有限公司	闵行区中心医院	华夏宾馆
三、节能计算					
分布式供能一次能源折算标煤消耗量	t/年	7 869	1 328	319	407
分产用电折算标煤耗量	t/年	5 086	1 236	297	321
分产供热一次能源折算标煤消耗量	t/年	4 636	751	139	190
分产一次能源折算标煤消耗量	t/年	9 722	1 987	436	511
节能量	t/年	1 853	659	117	104
节能率 η	%	19	33	27	20
四、减排计算					
分产CO ₂ 排放量	t/年	25 860	5 285	1 158	1 359
分产SO ₂ 排放量	t/年	16	3	1	1
分布式供能CO ₂ 排放量	t/年	14 010	2 364	568	725
分布式供能SO ₂ 排放量	t/年	0	0	0	0
CO ₂ 减排量	t/年	11 850	2 921	591	634
	t/(kW·年)	2.96	2.50	1.69	1.32
SO ₂ 减排量	t/年	16.04	3.28	0.72	0.84
	kg/(kW·年)	4.01	2.81	2.05	1.76

能系统与传统的分供系统相比,节能率为19%~33%,单位千瓦每年减少排放CO₂1.32~2.96 t,单位千瓦每年减少排放SO₂量1.76~4.01 kg。对比分析不同类型分布式供能系统,节能率和减排量差异主要体现在设备年利用时数,年利用时数越高节能减排效果越明显。因此,分布式供能系统应尽量提高年利用时数,对于具有连续稳定热(冷)负荷需求,且用电需求和热(冷)负荷具有同步性的企事业单位,可以优先发展分布式供能系统。

另一方面，分布式供能系统节能减排量具有一定的相对性，因此选择的比较基准非常重要，为了更好地评估分布式供能系统的节能减排效果，建议有关部门尽早建立统一的统计数据平台，并对相关数据进行滚动更新，为今后分布式

供能系统推广和后评估提供技术支撑。

4 结束语

在结合已有DES系统的的基础上,提出了DES
节能量及减排计算方法。

为体现DES系统在节能方面的优越性确立了统一标杆。

对上海市分布式供能系统应用较普遍四种不同类型的已建成案例进行调研分析,并给出了各自的节能减排量,分析不同案例节能减排量产生差异的原因。

为了便于今后分布式供能系统的推广和后评估,本文建议有关部门尽早建立统一的统计数据平台,并对相关数据进行滚动更新。

(收稿日期: 2015-03-12) EA

[illegible]

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告