

基于积分制的燃煤机组节能减排综合绩效评估方法与应用

鲁松林, 代家元, 周春蕾, 李春岩
(江苏方天电力技术有限公司, 江苏 南京 211102)

摘要: 分析了燃煤发电机组独立评价系统的不足, 介绍了节能减排综合绩效评价概念, 详细阐述了燃煤机组节能减排综合绩效在线评估模型及综合绩效实时评估系统架构设计要点, 最后介绍了该系统在竞赛评比、班组对标、行业对标提升以及相关政府部门加强行业监管方面的高级应用。

关键词: 燃煤机组; 节能减排; 综合评价; 绩效指标

中图分类号: TM611

文献标志码: A

文章编号: 1009-0665(2016)05-0090-04

近年来, 在日益恶化的大气环境的倒逼下, 我国逐步建立了以二氧化硫、氮氧化物、烟尘为代表的燃煤机组大气污染物排放实时在线监测系统、以供电标准煤耗为主的燃煤机组节能指标监控系统。如自 2005 年开始研发的江苏省火电机组节能减排在线监测系统, 实现了对全省燃煤发电机组减排效果的实时动态跟踪与统计, 监测主题囊括了以热定电管理、污染物排放监测与考核、节能监测、资源利用电厂监测与考核等。虽然目前燃煤机组的节能减排监控体系已初具规模, 监测因子相对齐全, 但整个评价体系较为分散, 仍然自成体系, 没有形成完整的基于在线监测数据的综合评价模型。

对于燃煤机组, 节能减排各性能指标之间是相互关联影响的, 为了降低污染物排放, 目前通常做法是对环保设施进行改造或新增超低排放装置^[1], 而环保设施的改造与新增, 将影响烟气流场分布及辅机设备布置, 进而影响机组的能耗水平^[2]。

因此, 对于燃煤机组总体节能减排效果而言, 单纯追求个别指标的极限, 反而可能导致其他指标的恶化, 如何利用在线监测数据实现燃煤发电机组节能减排效果的定量综合评估, 是目前对燃煤机组节能减排效果评价亟待解决的问题, 也是开展燃煤机组行业对标、排名排序的重要前提。文中基于积分制理念, 提出了一种基于在线监测性能指标的燃煤机组节能减排综合绩效评估方法。

1 基于积分制的燃煤机组节能减排综合绩效评估方法

所谓燃煤机组节能减排综合绩效评价模型, 指的是综合考虑机组供电煤耗、厂用电率、供热情况、脱硫系统运行水平、脱硝系统运行水平、除尘设施运行水平等因素, 建立多目标、多层次燃煤机组综合评价模型, 通过该指标可实现对火电机组节能减排效果的全

面评估, 同时推进节能减排的精细化管理。

燃煤机组节能减排综合绩效计算公式如下:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n \quad (1)$$

其中: F 代表燃煤机组节能减排综合绩效得分, F_n ($n=1, 2, \dots$) 代表各分项指标得分。

根据燃煤机组节能减排指标的在线监测情况, 分项指标选择了供电煤耗、厂用电率^[3]、关键运行小指标、二氧化硫排放浓度、氮氧化物排放浓度、烟尘排放浓度^[4]六大类。其中供热情况在供电煤耗中予以考虑, 不再单独作为子项进行评分。

1.1 供电煤耗指标得分 F_1

对于纯凝燃煤机组, 供电煤耗指标一般均在 270 g/(kW·h) 至 400 g/(kW·h) 之间, 低于 270 g/(kW·h) 的燃煤机组基本依靠供热方式实现; 对于 100 MW 以上大型燃煤发电机组, 即使参与供热, 其供电煤耗一般不低于 200 g/(kW·h); 另外, 依据《电力企业节能降耗主要指标监管评价标准》, 全国超高压 125~200 MW 级纯湿冷机组平均供电煤耗为 360 g/(kW·h), 因此可设计一种线性分段考核模型:

当供电煤耗 ≤ 200 g/(kW·h), $F_1 =$ 满分 A_1 ;

当供电煤耗 = 270 g/(kW·h), $F_1 = 90\% A_1$;

当供电煤耗 = 360 g/(kW·h), $F_1 = 0$ 。

其中 200 g/(kW·h) < 供电煤耗 < 270 g/(kW·h)、供电煤耗 > 270 g/(kW·h) 两段采用线性插值计算得到, 如图 1 所示。

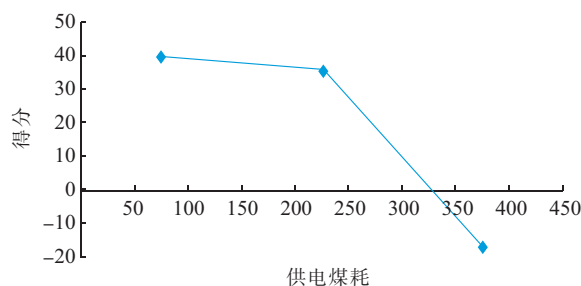


图 1 F_1 评分标准

1.2 厂用电率指标得分 F_2

大型燃煤机组厂用电率基本在3%以上,故将3%厂用电率对应分值设置为满分,而5%为常规燃煤机组基准厂用电率水平,将其对应分值设置为1/2满分,得分评价以两点插值计算得到。该项满分初始设置为 A_2 。图2即为 F_2 评分标准。

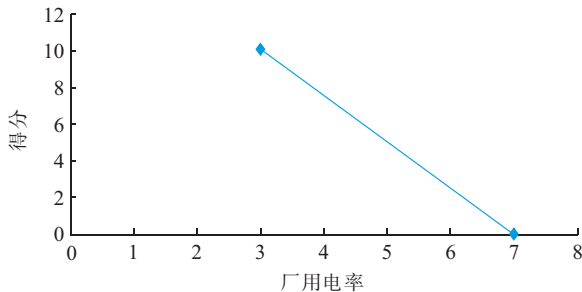


图2 F_2 评分标准

1.3 主要运行指标得分 F_3

以机侧主蒸汽温度、再热蒸汽温度、高加投入率为考核值,扣分标准为主蒸汽温度额定值 ± 3 ℃以外偏离次数/总次数 $\times(A_3/3)$ +再热蒸汽温度额定值 ± 3 ℃以外偏离次数/总次数 $\times(A_3/3)$ +高加投入率得分。高加投入率低于95%不得分,在95%基准上高加投入率每增加1%,得 $(A_3/15)$ 分。该项满分初始设置为 A_3 。

1.4 脱硫设施运行指标得分 F_4

将燃机排放标准(35 mg/m^3)以下对应的分值设置为满分,而将排放限值(100 mg/m^3)对应的分值设置为0。该项满分初始设置为 A_4 。图3即为 F_4 评分标准。

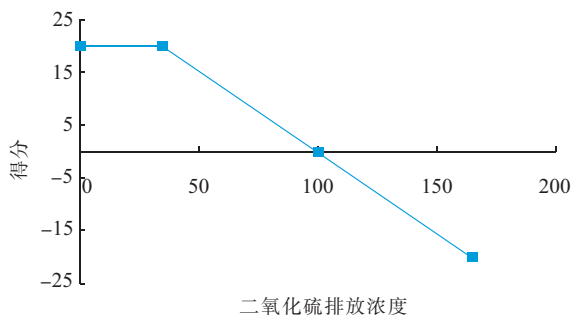


图3 F_4 评分标准

1.5 脱硝设施运行指标得分 F_5

将燃机排放标准(50 mg/m^3)以下对应的分值设置为满分,而将排放限值(100 mg/m^3)对应的分值设置为0。该项满分初始设置为 A_5 。图4即为 F_5 评分标准。

1.6 除尘设施运行指标得分 F_6

将燃机排放标准(5 mg/m^3)以下对应的分值设置为满分,而将排放限值(30 mg/m^3)对应的分值设置为0。该项满分初始设置为 A_6 。图5即为 F_6 评分标准。

对于积分制燃煤机组节能减排绩效综合评价模型,在具体应用过程中,各项权重还可以进行细致微调,只要保证 $A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 = 100$ 即可。

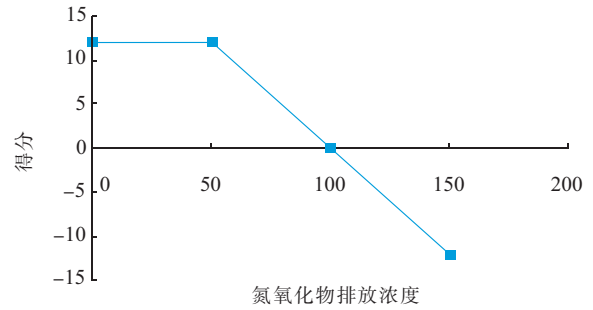


图4 F_5 评分标准

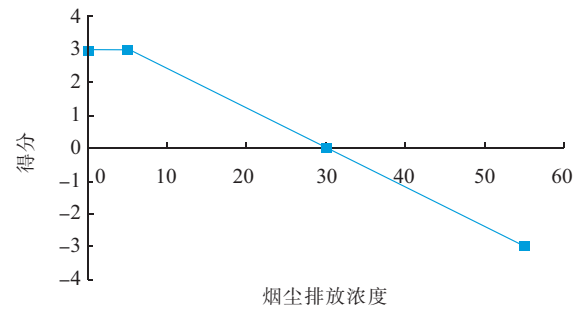


图5 F_6 评分标准

参照中国电力企业联合会全国火电燃煤机组竞赛评比管理办法及环保电价考核补贴标准,按照等比例计算得到各评分项基准分值为 $A_1 = 40, A_2 = 10, A_3 = 15, A_4 = 20, A_5 = 12, A_6 = 3$ 。

2 综合绩效评价方法实例分析

以江苏省10台燃煤发电机组实测评价指标数据为例介绍综合评价方法应用情况,表1为10台典型发电机组的装机情况。

表1 10台典型机组成装机情况

机组编号	额定容量/MW	类型	锅炉厂家	汽机厂家	是否超低排放机组
S1	330	亚临界	上锅	东汽	否
S2	330	亚临界	上锅	上汽	是
S3	330	亚临界	上锅	上汽	否
S4	660	超超临界	哈锅	上汽	是
S5	630	超临界	哈锅	上汽	是
S6	660	超超临界	哈锅	哈汽	否
S7	630	亚临界	进口	进口	否
S8	1000	超超临界	哈锅	上汽	是
S9	1000	超超临界	上锅	上汽	否
S10	1000	超超临界	上锅	上汽	是

2016年1月1日至3月16日,10台典型机组江苏省节能减排监控系统统计数据如表2所示。

根据10台燃煤发电机组实测节能环保指标,按照积分制节能减排综合绩效评价方法,计算得到各机组的综合评分结果如表3所示。

通过对10台典型燃煤机组历史运行数据的分析,可以看到基于积分制的节能减排综合绩效评价方

表 2 10 台典型机组实测节能环保指标

机组编号	平均负荷率/%	供电煤耗 / [g/(kW·h)]	热电比/%	厂用电率/%	主汽温超限率/%	再热汽温超限率/%	高加投入率/%	SO ₂ 排放浓度 / (mg·m ⁻³)	NO _x 排放浓度 / (mg·m ⁻³)	烟尘排放浓度 / (mg·m ⁻³)
S1	78.00	266.81	90.63	6.87	24.34	4.10	100	43.35	53.82	13.21
S2	77.60	279.75	24.67	4.48	18.23	9.60	100	28.87	33.48	2.36
S3	75.60	337.4	0.50	4.94	7.60	2.54	100	26.52	78.52	8.10
S4	82.70	286.89	0.00	4.43	21.20	10.80	100	15.43	32.72	2.16
S5	77.90	290.72	2.30	4.90	18.50	8.14	100	22.13	43.55	2.25
S6	75.80	299.19	0.00	4.45	15.50	11.14	100	63.48	60.49	11.73
S7	74.00	314.36	0.00	2.94	8.23	5.14	100	25.38	88.71	8.06
S8	80.00	277.58	5.00	4.08	27.45	11.34	100	12.42	31.31	1.32
S9	80.90	288.29	0.00	4.23	21.09	18.51	100	46.85	60.87	13.70
S10	81.50	279.57	0.00	2.93	19.93	14.39	100	21.40	32.84	2.92

表 3 10 台典型机组综合绩效评价结果

机组编号	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	总分	同容量等级机组排名	所有机组排名
S1	36.18	0.32	13.58	17.43	11.08	2.01	80.61	2	6
S2	32.10	6.30	13.61	20.00	12.00	3.00	87.01	1	3
S3	9.04	5.15	14.49	20.00	5.16	2.63	56.47	3	10
S4	29.24	6.43	13.40	20.00	12.00	3.00	84.07	1	4
S5	27.71	5.25	13.67	20.00	12.00	3.00	81.63	2	5
S6	24.32	6.38	13.67	11.24	9.48	2.19	67.28	4	9
S7	18.26	10.15	14.33	20.00	2.71	2.63	68.08	3	8
S8	32.97	7.30	13.06	20.00	12.00	3.00	88.33	2	2
S9	28.68	6.93	13.02	16.35	9.39	1.96	76.33	3	7
S10	32.17	10.18	13.28	20.00	12.00	3.00	90.63	1	1

法,不仅能够实现同容量等级机组的综合评价,且能够实现不同容量等级机组之间的统一尺度标准评价。

该方法兼顾了节能、环保两方面多项性能指标,单项指标的过分突出,并不能决定其排名一定靠前,如 S1 机组,该机组虽然为 330 MW 等级机组,热电比却能够达到 90.63%,可见其供热量非常之大,因此其煤耗指标也是所有 10 台机组中最低,甚至远远超过了百万机组的煤耗指标。但该机组由于供热量偏大,其厂用电率明显高于其他机组,因此在厂用电率 F_2 评分时,出现了明显扣分现象;另外该机组尚未进行超低排放改造,3 种污染物排放浓度较同容量的 S2 机组明显偏高,因此其环保指标得分明显小于 S2 机组。

最终综合六项评分,可见 S1 机组在同容量等级机组中排名第二,在所有机组中仅排名第六。

3 综合绩效评价方法应用分析

通过对全省范围内所有大型燃煤机组运行数据的实时采集,利用燃煤机组节能减排绩效实时评估模型,在线分析、统计各机组的供电煤耗、厂用电率、污染物排放浓度等单项指标以及综合评价得分,进而可设计如下相关高级应用功能。

(1) 全省大型燃煤机组节能减排综合竞赛服务应

用。目前开展的大型燃煤机组竞赛评比活动,基本以电厂选择上报的运行、统计数据为主,采用抽查方式进行校核。由于数据为上报数据且并未实现全部普查,上报数据的真实性、代表性有待考究,通过燃煤机组节能减排绩效实时评估系统可实现全省所有大型燃煤机组节能减排各项指标及综合评价指标的在线实时统计,该数据可追溯、可比较,统计结果的真实性高、代表性强,因此基于该系统开发节能减排综合竞赛高级应用功能,可准确地定位各机组在全省中排名,快速挖掘全省能耗低、污染物排放低的标杆机组,为全省机组对标管理奠定基础,有助于提升全省机组整体节能减排性能,促进电力行业节能减排工作的深入推进。

(2) 班组对标管理应用。通过对燃煤机组节能减排绩效实时评估系统的研究,可实现同一台机组不同运行班组之间深度对标考核管理。所谓对标考核,指的是通过对各运行班组综合绩效得分的分析,寻找标杆班组,然后各运行班组与标杆班组进行分项对比分析,寻找与标杆班组之间的差距,以明确提升方向,促进各班组运行水平的整体提升,为机组节能降耗、污染减排潜力的挖掘奠定基础。图 6 为机组供电煤耗对标分析。

(3) 同类型机组运行潜力挖掘应用。通过对全省容量等级、生产厂家、设备类型等基础信息的归类整

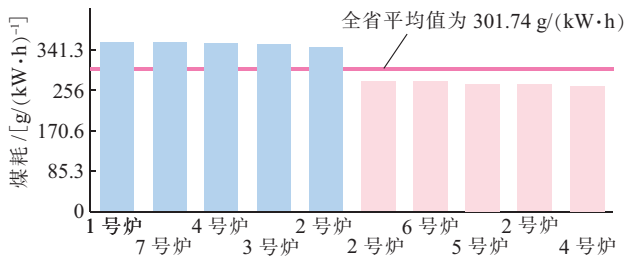


图6 燃煤机组供电煤耗对标分析

理,将各机组划分为不同类型组别,然后对同组内的机组统计时段内的综合绩效进行分析,寻找运行水平最佳机组,然后以其为对标目标机组,将其他各机组与其进行分项对比分析,寻找综合绩效指标差距的原因,明确机组调整方向,为挖掘机组运行节能减排潜力奠定了基础^[5]。同时,可对同类型所有机组按照负荷段、输入煤质、环境因素进行工况划分,寻找综合绩效最佳的各工况运行参数,制定各种工况下机组调整标准样式表,为机组优化调整奠定了基础。

(4) 相关政府部门加强节能减排综合监管应用。基于实时数据开发的燃煤机组节能减排绩效评估系统实现了各机组节能减排效果的综合在线评价,通过该系统可准确定位各机组节能减排性能在全省、同集团、同类型机组内的位置,相关政府部门可基于该系统开展行业标杆对标评比、行业标准值确定,有利于提升其综合监管的水平和能力。

4 结束语

文中介绍一种综合评价机组节能减排总体性能的

方法,该模型对火力发电机组关键性能指标(如供电煤耗、厂用电率、关键小指标、二氧化硫排放浓度、氮氧化物排放浓度、烟尘排放浓度等)分项在线评分,进而求得得到机组的总体性能水平,为电力企业加强班组对标、行业对标管理,提升机组运行水平提供了切实有效的量化技术手段,为相关政府管理部门定量、科学评价各燃煤机组的节能减排绩效效果提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 徐钢,袁星,杨勇平,等.火电机组烟气脱硫系统的节能优化运行[J].中国电机工程学报,2012,32(32):22-29.
- [2] 李立峰.火电厂环保设施的能耗分析与对策[J].广东电力,2010,23(11):108-111.
- [3] 钱立军,周强,代家元.火力发电机组能耗实时监测模型的研究[J].江苏电机工程,2010,29(1):62-64.
- [4] 孙栓柱,代家元,高进,等.江苏省火电机组节能减排在线监测系统的开发及应用[J].电力科技与环保,2014,30(1):50-53.
- [5] 王双童.低碳经济形势下提升燃煤发电企业节能降耗对策[J].江苏电机工程,2011,30(2):66-69.

作者简介:

- 鲁松林(1971),男,江苏句容人,高级工程师,从事火力发电机组节能减排管理相关工作;
- 代家元(1985),男,河南信阳人,工程师,从事火力发电机组节能减排在线监测相关工作;
- 周春蕾(1973),女,江苏南京人,工程师,从事火力发电机组节能减排在线监测相关工作;
- 李春岩(1985),女,江苏徐州人,工程师,从事火力发电机组节能减排在线监测相关工作。

Research on the Comprehensive Evaluation of the Energy-saving Emission Reduction Performance of Coal-fired Unit Based on the Integrating System

LU Songlin, DAI Jiayuan, ZHOU Chunlei, LI Chunyan

(Jiangsu Frontier Electrical Power Technology Co. Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: This paper analyzed the defects of the independent evaluation system on coal-fired unit, introduced the concept of the energy-saving and emission reduction performance evaluation, elaborated the online evaluation model of comprehensive performance and the framework design of the real-time evaluation system. Finally the advanced application of the system on competition comment, team benchmarking, the promotion of industry benchmarking and the supervision of government department was presented.

Key words: coal-fired units; energy-saving emission reduction; comprehensive evaluation; performance indicator

广告索引

远东电缆有限公司

南京苏逸实业有限公司

南京南瑞继保电气有限公司

封一

封二

前插 1

《江苏电机工程》协办单位

南瑞科技股份有限公司

封三

封四