

循环流化床机组成本曲线的研究

张诗若

国能(河曲)热电有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i3.14360

[摘要] 本文研究了循环流化床机组成本曲线,通过测算不同负荷下的煤耗水平,分析了煤耗的影响因素,包括环境温度、设备状况、值班员操作水平及入炉煤热值等。采用最小二乘法拟合煤耗曲线,通过实例验证了预测的准确性。并且基于标煤单价与煤耗计算了度电成本,并给出了整月成本水平的计算实例。研究结果表明,煤耗与成本受多种因素影响,预测需考虑相似工况,为循环流化床机组的运行优化与成本控制提供了依据。

[关键词] 负荷; 煤耗; 成本; 影响因素; 拟合曲线

中图分类号: TM714 文献标识码: A

Research on Cost Curve of Circulating Fluidized Bed Unit

Shiruo Zhang

Guoneng (Hequ) Thermal Power Co., Ltd

[Abstract] This article studies the cost curve of circulating fluidized bed units, calculates the coal consumption level under different loads, and analyzes the influencing factors of coal consumption, including environmental temperature, equipment condition, operator level, and calorific value of coal entering the furnace. The coal consumption curve was fitted using the least squares method, and the accuracy of the prediction was verified through examples. Furthermore, based on the unit price of standard coal and coal consumption, the cost per kilowatt hour was calculated, and an example of calculating the monthly cost level was provided. The research results indicate that coal consumption and cost are influenced by multiple factors, and predictions need to consider similar operating conditions, providing a basis for optimizing the operation and cost control of circulating fluidized bed units.

[Key words] load; Coal consumption; Cost; Influencing factors; fitting curve

引言

循环流化床机组作为一种高效的燃烧技术,在电力生产中得到了广泛应用。然而,其运行成本受多种因素影响,尤其是煤耗水平。煤耗不仅与机组负荷有关,还受到环境温度、设备状况、值班员操作水平及入炉煤热值等多重因素的制约。因此,准确测算并预测循环流化床机组在不同负荷下的煤耗水平,对于优化机组运行、降低生产成本具有重要意义。本文旨在通过研究循环流化床机组的煤耗特性,拟合煤耗曲线,并进一步计算成本曲线,为机组的运行管理与成本控制提供科学依据。

1 测算机组不同负荷下的煤耗水平

1.1 计算煤耗水平

研究的机组是煤矸石机组,这种机组入炉煤热值较低,因工艺要求,入炉煤为颗粒状,颗粒煤进入炉膛后为流化沸腾状态,随着床压及排渣量不同,导致煤耗不稳定,并且为提高经济性,部分电厂掺烧大量煤泥,煤矸石,受条件限制,在只有发电负荷

曲线、入炉煤量曲线、每8小时一次的原煤平均热值,每天的煤泥或煤矸石的掺烧量和全天热值均值,和每天的标煤总量、发电厂用电率,因此得到的数据并不精确。如表1所示,这里用原煤量曲线根据热值换算成标煤量曲线,用每15分钟的标煤量除以发电量减去厂用电以后的供电量计算得到煤耗曲线。

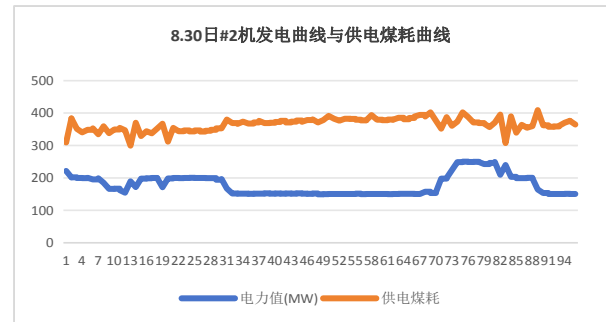


图1 8.30日#2机发电曲线与供电煤耗曲线

表1 供电量计算值

序号	机组名称	日期	时段	电力值(MW)	机组状态	原煤量	热值	标煤量	发电量	发电厂用电率	供电量	供电煤耗
1	1#	2023/8/1	0:15	182.26	开机	141.9	3294	16.69	45.57	5.37	43.12	387.16
2	1#	2023/8/1	0:30	158.35	开机	126.81	3294	14.92	39.59	5.37	37.46	398.24
3	1#	2023/8/1	0:45	197.64	开机	114.68	3294	13.49	49.41	5.37	46.76	288.54
4	1#	2023/8/1	1:00	198.7	开机	135.01	3294	15.88	49.68	5.37	47.01	337.89
5	1#	2023/8/1	1:15	200.23	开机	146.39	3294	17.22	50.06	5.37	47.37	363.55
6	1#	2023/8/1	1:30	199.77	开机	148.2	3294	17.43	49.94	5.37	47.26	368.9
7	1#	2023/8/1	1:45	199.31	开机	148.61	3294	17.48	49.83	5.37	47.15	370.78
8	1#	2023/8/1	2:00	199.62	开机	145.89	3294	17.16	49.91	5.37	47.23	363.43
9	1#	2023/8/1	2:15	199.47	开机	144.65	3294	17.02	49.87	5.37	47.19	360.62
10	1#	2023/8/1	2:30	199.31	开机	150.82	3294	17.74	49.83	5.37	47.15	376.28
11	1#	2023/8/1	2:45	199.47	开机	150.17	3294	17.67	49.87	5.37	47.19	374.37
12	1#	2023/8/1	3:00	199.77	开机	146.58	3294	17.24	49.94	5.37	47.26	364.87
13	1#	2023/8/1	3:15	199.62	开机	147.75	3294	17.38	49.91	5.37	47.23	368.06
14	1#	2023/8/1	3:30	199.47	开机	148.89	3294	17.52	49.87	5.37	47.19	371.18
15	1#	2023/8/1	3:45	199.62	开机	148.12	3294	17.43	49.91	5.37	47.23	368.99
16	1#	2023/8/1	4:00	199.47	开机	146.72	3294	17.26	49.87	5.37	47.19	365.77
17	1#	2023/8/1	4:15	199.62	开机	145.85	3294	17.16	49.91	5.37	47.23	363.32
18	1#	2023/8/1	4:30	199.31	开机	146.1	3294	17.19	49.83	5.37	47.15	364.52
19	1#	2023/8/1	4:45	199.47	开机	146.92	3294	17.28	49.87	5.37	47.19	366.26
20	1#	2023/8/1	5:00	199.77	开机	147.79	3294	17.39	49.94	5.37	47.26	367.89
21	1#	2023/8/1	5:15	199.62	开机	147.58	3294	17.36	49.91	5.37	47.23	367.65
22	1#	2023/8/1	5:30	199.47	开机	146.57	3294	17.24	49.87	5.37	47.19	365.41
23	1#	2023/8/1	5:45	199.31	开机	146.24	3294	17.2	49.83	5.37	47.15	364.86
24	1#	2023/8/1	6:00	201.6	开机	146.5	3294	17.23	50.4	5.37	47.69	361.36
25	1#	2023/8/1	6:15	220.78	开机	148.08	3294	17.42	55.2	5.37	52.23	333.53
26	1#	2023/8/1	6:30	215.6	开机	161.5	3294	19	53.9	5.37	51.01	372.49
27	1#	2023/8/1	6:45	201.6	开机	161.05	3294	18.95	50.4	5.37	47.69	397.26
28	1#	2023/8/1	7:00	205.25	开机	150.78	3294	17.74	51.31	5.37	48.56	365.31
29	1#	2023/8/1	7:15	205.1	开机	150.18	3294	17.67	51.28	5.37	48.52	364.12
30	1#	2023/8/1	7:30	210.12	开机	149.62	3294	17.6	52.53	5.37	49.71	354.09
31	1#	2023/8/1	7:45	207.69	开机	154.29	3294	18.15	51.92	5.37	49.13	369.41
32	1#	2023/8/1	8:00	202.05	开机	154.25	3294	18.15	50.51	5.37	47.8	379.64
33	1#	2023/8/1	8:15	235.55	开机	147.92	3062	16.18	58.89	5.37	55.73	290.28
34	1#	2023/8/1	8:30	239.21	开机	167.35	3062	18.3	59.8	5.37	56.59	323.39
35	1#	2023/8/1	8:45	239.66	开机	184.66	3062	20.19	59.92	5.37	56.7	356.17
36	1#	2023/8/1	9:00	239.97	开机	173.95	3062	19.02	59.99	5.37	56.77	335.08
37	1#	2023/8/1	9:15	239.36	开机	177.06	3062	19.36	59.84	5.37	56.63	341.95
38	1#	2023/8/1	9:30	240.12	开机	177.23	3062	19.38	60.03	5.37	56.81	341.18
39	1#	2023/8/1	9:45	240.12	开机	174.54	3062	19.09	60.03	5.37	56.81	336.01
40	1#	2023/8/1	10:00	239.51	开机	172.64	3062	18.88	59.88	5.37	56.66	333.2
41	1#	2023/8/1	10:15	239.66	开机	175.11	3062	19.15	59.92	5.37	56.7	337.75
42	1#	2023/8/1	10:30	239.21	开机	172.33	3062	18.85	59.8	5.37	56.59	333.02
43	1#	2023/8/1	10:45	239.97	开机	172.41	3062	18.85	59.99	5.37	56.77	332.12
44	1#	2023/8/1	11:00	239.51	开机	172.9	3062	18.91	59.88	5.37	56.66	333.7
45	1#	2023/8/1	11:15	240.12	开机	172.2	3062	18.83	60.03	5.37	56.81	331.51
46	1#	2023/8/1	11:30	239.36	开机	176.99	3062	19.36	59.84	5.37	56.63	341.81
47	1#	2023/8/1	11:45	238.6	开机	173.43	3062	18.97	59.65	5.37	56.45	335.99
48	1#	2023/8/1	12:00	218.04	开机	172.57	3062	18.87	54.51	5.37	51.58	365.86
49	1#	2023/8/1	12:15	200.38	开机	149.64	3062	16.36	50.1	5.37	47.4	345.19
50	1#	2023/8/1	12:30	199.16	开机	139.87	3062	15.3	49.79	5.37	47.12	324.65

表 1 供电量计算值

序号	机组名称	日期	时点	电力值(MW)	机组状态	原煤量	热值	标煤量	发电量	发电厂用电率	供电量	供电煤耗
51	1#	2023/8/1	12:45	199.92	开机	143.83	3062	15.73	49.98	5.37	47.3	332.56
52	1#	2023/8/1	13:00	200.38	开机	144.01	3062	15.75	50.1	5.37	47.4	332.2
53	1#	2023/8/1	13:15	199.77	开机	144.7	3062	15.82	49.94	5.37	47.26	334.81
54	1#	2023/8/1	13:30	159.42	开机	141.3	3062	15.45	39.86	5.37	37.71	409.72
55	1#	2023/8/1	13:45	155.92	开机	122.77	3062	13.43	38.98	5.37	36.89	363.98
56	1#	2023/8/1	14:00	149.83	开机	112.01	3062	12.25	37.46	5.37	35.45	345.58
57	1#	2023/8/1	14:15	150.44	开机	104.93	3062	11.47	37.61	5.37	35.59	322.4
58	1#	2023/8/1	14:30	150.89	开机	113.18	3062	12.38	37.72	5.37	35.7	346.72
59	1#	2023/8/1	14:45	156.98	开机	111.86	3062	12.23	39.25	5.37	37.14	329.4
60	1#	2023/8/1	15:00	198.09	开机	117.21	3062	12.82	49.52	5.37	46.86	273.5
61	1#	2023/8/1	15:15	228.09	开机	140.73	3062	15.39	57.02	5.37	53.96	285.2
62	1#	2023/8/1	15:30	218.8	开机	164.45	3062	17.98	54.7	5.37	51.76	347.43
63	1#	2023/8/1	15:45	236.92	开机	165.22	3062	18.07	59.23	5.37	56.05	322.35
64	1#	2023/8/1	16:00	239.21	开机	176.94	3062	19.35	59.8	5.37	56.59	341.92
65	1#	2023/8/1	16:15	240.58	开机	177.3	3162	20.02	60.15	5.37	56.92	351.79
66	1#	2023/8/1	16:30	239.51	开机	181.53	3162	20.5	59.88	5.37	56.66	361.79
67	1#	2023/8/1	16:45	239.21	开机	177.57	3162	20.05	59.8	5.37	56.59	354.34
68	1#	2023/8/1	17:00	239.51	开机	176.69	3162	19.95	59.88	5.37	56.66	352.15
69	1#	2023/8/1	17:15	239.51	开机	177.35	3162	20.03	59.88	5.37	56.66	353.47
70	1#	2023/8/1	17:30	239.36	开机	176.72	3162	19.96	59.84	5.37	56.63	352.42
71	1#	2023/8/1	17:45	239.51	开机	175.96	3162	19.87	59.88	5.37	56.66	350.7
72	1#	2023/8/1	18:00	239.21	开机	176.56	3162	19.94	59.8	5.37	56.59	352.33
73	1#	2023/8/1	18:15	239.51	开机	176.39	3162	19.92	59.88	5.37	56.66	351.55
74	1#	2023/8/1	18:30	239.51	开机	176.27	3162	19.91	59.88	5.37	56.66	351.32
75	1#	2023/8/1	18:45	240.27	开机	176.79	3162	19.96	60.07	5.37	56.84	351.22
76	1#	2023/8/1	19:00	240.27	开机	177.69	3162	20.07	60.07	5.37	56.84	353.02
77	1#	2023/8/1	19:15	239.81	开机	177.83	3162	20.08	59.95	5.37	56.73	353.98
78	1#	2023/8/1	19:30	239.81	开机	178.05	3162	20.11	59.95	5.37	56.73	354.41
79	1#	2023/8/1	19:45	239.97	开机	178.09	3162	20.11	59.99	5.37	56.77	354.25
80	1#	2023/8/1	20:00	239.97	开机	177.18	3162	20.01	59.99	5.37	56.77	352.45
81	1#	2023/8/1	20:15	240.12	开机	177.88	3162	20.09	60.03	5.37	56.81	353.61
82	1#	2023/8/1	20:30	240.12	开机	179.58	3162	20.28	60.03	5.37	56.81	357
83	1#	2023/8/1	20:45	239.51	开机	180.47	3162	20.38	59.88	5.37	56.66	359.68
84	1#	2023/8/1	21:00	240.12	开机	180.98	3162	20.44	60.03	5.37	56.81	359.78
85	1#	2023/8/1	21:15	239.81	开机	181.53	3162	20.5	59.95	5.37	56.73	361.33
86	1#	2023/8/1	21:30	239.51	开机	181.25	3162	20.47	59.88	5.37	56.66	361.23
87	1#	2023/8/1	21:45	239.81	开机	180.77	3162	20.41	59.95	5.37	56.73	359.82
88	1#	2023/8/1	22:00	239.51	开机	180.13	3162	20.34	59.88	5.37	56.66	359.01
89	1#	2023/8/1	22:15	239.51	开机	179.39	3162	20.26	59.88	5.37	56.66	357.53
90	1#	2023/8/1	22:30	239.81	开机	178.31	3162	20.14	59.95	5.37	56.73	354.93
91	1#	2023/8/1	22:45	239.21	开机	178.64	3162	20.17	59.8	5.37	56.59	356.47
92	1#	2023/8/1	23:00	240.12	开机	178.69	3162	20.18	60.03	5.37	56.81	355.23
93	1#	2023/8/1	23:15	239.51	开机	178.52	3162	20.16	59.88	5.37	56.66	355.8
94	1#	2023/8/1	23:30	217.28	开机	178.5	3162	20.16	54.32	5.37	51.4	392.16
95	1#	2023/8/1	23:45	212.26	开机	159.5	3162	18.01	53.07	5.37	50.22	358.69
96	1#	2023/8/1	24:00:00	201.29	开机	150.59	3162	17.01	50.32	5.37	47.62	357.11

表2 每月煤耗统计

2022年#2机												
负荷	1月煤耗	2月煤耗	3月煤耗	4月煤耗	5月煤耗	6月煤耗	7月煤耗	8月煤耗	9月煤耗	10月煤耗	11月煤耗	12月煤耗
150							339.27	350.5				358.96
155											355.03	
160		396.64						358.14	341.73	347.03	349.12	363.43
165				339.32								
170												
175	378.05		343.44				344.58					
180								353.52				
185												
190						354.42						
195												
200							334.92	350.38	335.14	341.12	360.12	348.55
205												
210												
215												
220									311.57			
225												
230												
235					361.78							
240								345.55	330.28	335.25	336.36	
245												
250									331.44			
255												
260						338.89	346.34					
265												
270												
275												
280	365.5	387.68	314.89	320.48				340.56	323.79	329.76	336.95	
285												
290												
295												
300	358.2	347.59		322.94	353.65	342.42	358.4	342.48	328.25	333.22	322.22	338.25
305												
310												
315												
320				314.2	340.45	337.54	345.9		322.27	325.76	331.15	
325												
330					358.47	337.85						
335												
340	350.49		312.64		355.9	343.82	331.05	342				
345												
350	354.44		311.75		360.76			338.85	316.63	321.13	321.31	330.29

1.2不同负荷的煤耗测算方式及原理、影响因素分析

一天中煤耗水平受环境温度、设备、值班员操作水平、入炉煤热值等多个因素影响,尤其是煤矸石机组,不可能某一负荷水平的煤耗是恒定不变的。根据图1的煤耗曲线可以看出,即使发电曲线是一条直线,计算出来的煤耗曲线都不能是一条直线,因此只能算平均值。

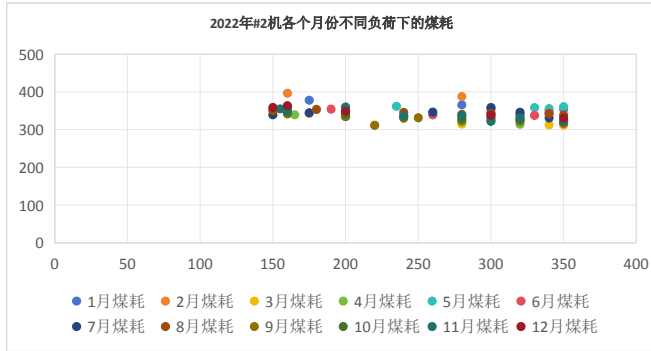
平均值的概念,比如一个小学生一年12次数学测验,考试成绩分别是80、90、60、78、70、81、95、55、61、79、66、100,他12次考试成绩的平均值76.25就是他的平均水平,如果这一年再增加12次考试,他的知识掌握程度应该还是这个水平,因此测算一个月某一负荷下多个煤耗的均值,可以得到这个月这一负荷的煤耗在受到温度、设备、值班员、煤炭热值多种因素影响

表 3 2023 年#2 机煤耗统计表

2023 年#2 机								
负荷	1月煤耗	2月煤耗	3月煤耗	4月煤耗	5月煤耗	6月煤耗	7月煤耗	8月煤耗
150	376.87	356.34	362.49	353.95				
155								
160	361.34							
165								
170								
175								
180								
185					341.13			
190								
195								
200	357.61	335.13	346.25	330.55		386.14		
205								365.47
210							420.83	
215								
220								
225								
230								
235								
240	340.48	333.27	333.12	302.51				
245								
250								
255								
260						314.91		
265								
270								
275								
280	349.09	341.65	333.99	309.47	286.35	309.55	282.29	317.42
285								
290							279.05	300.23
295								
300	313.48	318.25	335.33	302.28	281.63	302.57	292.9	335.86
305								
310								
315								
320		330.96	322.57		283.75		288.45	338.65
325								
330						332.84	283.88	
335								332.18
340						336.61		
345								
350	343.54	325.54	330.82	319.92	307.15	273.38		

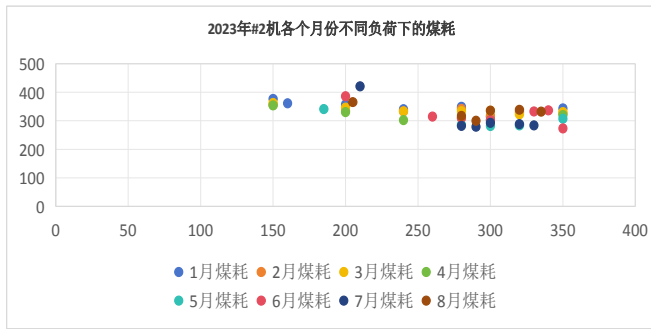
注: 5-8 月 255 负荷以下掺烧煤泥

后的平均水平。从2022和2023年的煤耗水平可以看出, 天气寒冷的12月、1月、天气炎热的7月、8月的煤耗是比较高的, 3月、4月、5月、9月、10月、11月这样温度适宜的月份煤耗较低, 同时掺烧煤泥、煤矸石会大大增加煤耗, 当然不同年不同月份购进的煤质不一样, 以及不同的机组设备操作人员都会影响煤耗水平。



注: 1-6月255负荷以下掺烧煤泥煤矸石

图2 2022年#2机各个月份不同负荷下的煤耗



注: 5-8月255负荷以下掺烧煤泥

图3 2023年#2机各个月份不同负荷下的煤耗

1. 3拟合二次函数的方式测算煤耗曲线

因为煤耗水平会受到气温、设备、煤质, 人员操作水平的影响, 那如果相近天, 气温、设备状况、工况、煤质的变化不大, 理论上是一负荷的煤耗水平差不多。表4是8月全月的天气情况, 其中8. 20日开始至月底没有掺烧煤泥。

如图4、图5所示, 8月21日和8月29日, 天气状况相近, 发电曲线相似, 煤耗曲线就相近。

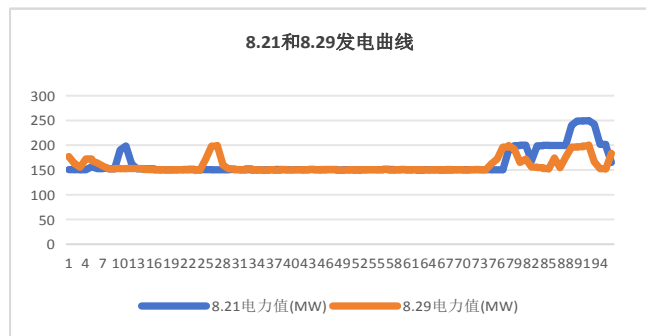


图4 8. 21和8. 29发电曲线

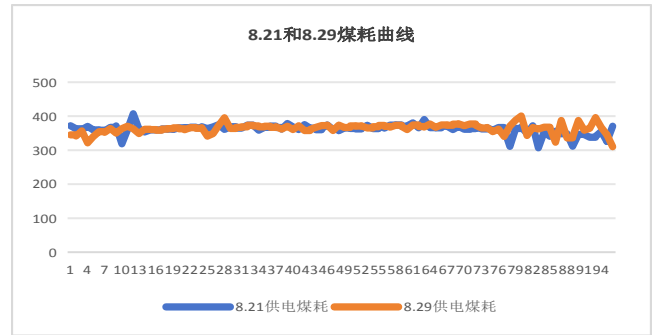


图5 8. 21和8. 29煤耗曲线

如图6、图7所示, 同样8月28日和8月30日, 天气状况相近, 发电曲线也相似, 煤耗曲线也相似。

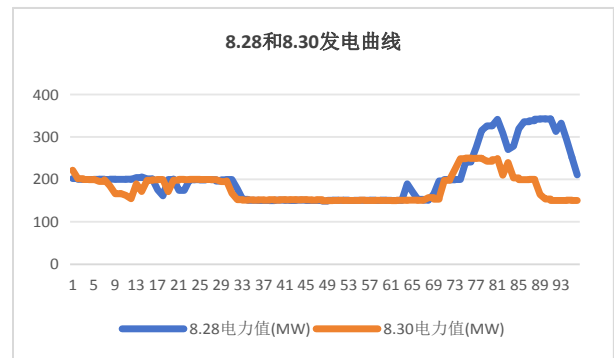


图6 8. 28和8. 30发电曲线

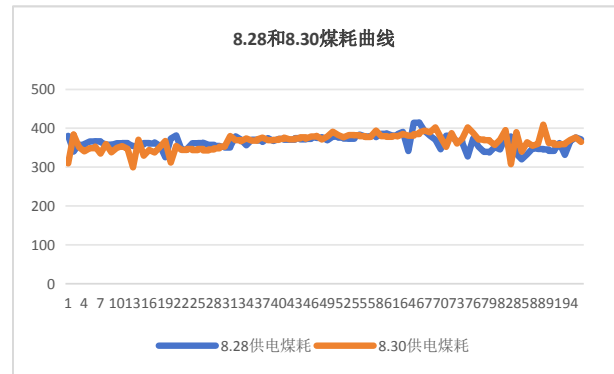


图7 8. 28和8. 30煤耗曲线

但是8月21日和8月29日的15万负荷对应的煤耗与8月28日和8月30日的15万负荷对应煤耗并不相同。

拟合曲线用最小二乘法, 最小二乘法就是要找到一个多项式 $y(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + \dots + a_nx^n$,

拟合实际数据, 要找到一组 $(a_0, a_1, a_2, a_3 \dots a_n)$, 使得拟合得到的预测数据与实际数据之间的误差平方和最小, 即求

$$\min \sum_{i=1}^n (y(x_i) - y_i)^2$$

表 4 8 月全月的天气情况

日期	日最高气温 (°C)	日最低气温 (°C)	08时-08时 累积降水量 (mm)	20时-20时累积 降水量(mm)	日平均风 速(m/s)	日平均气压 (百帕)	日平均体感温度 (°C)	日太阳辐射总量 (J/m ²)
2023年8月1日	31.1	21.4	0	0.1	1.1	910.8	26.63	20208780
2023年8月2日	32.4	22.4	0	0	1.4	909	28.77	27512640
2023年8月3日	33.5	22.4	0	0	2.7	906.7	29.69	28081800
2023年8月4日	30.3	21.7	13.2	7	1.3	907.2	23.88	12157200
2023年8月5日	31.8	19.6	0	6.2	1.6	907.4	25.97	27592560
2023年8月6日	31.2	19.1	0	0	1.4	908.1	26.01	27651600
2023年8月7日	29.4	21.9	0	0	1.1	908.4	25.42	16164900
2023年8月8日	32	19	0	0	1.7	909.8	26.36	27578520
2023年8月9日	30.9	20.3	0	0	1.4	911.9	26.68	23816520
2023年8月10日	30.9	20.9	0	0	1.5	911.4	26.95	22723560
2023年8月11日	27.2	19.9	3.6	2.5	1.2	907.9	23.51	6088860
2023年8月12日	30.6	17.1	0	1.1	1.6	907.6	24.02	27803520
2023年8月13日	31.2	15.3	0	0	1.6	909.5	24.09	28771380
2023年8月14日	31.9	17.7	0	0	1.3	910.9	24.72	25640820
2023年8月15日	32.5	19.7	0	0	1.1	911	26.27	26355420
2023年8月16日	34.5	19.2	0	0	1.1	910	27.24	26821800
2023年8月17日	29.5	20.7	0.4	0.4	1	910.6	24.80	7493040
2023年8月18日	32.1	21.7	0	0	1.5	911.6	25.96	24002460
2023年8月19日	31.2	19.5	0	0	1.6	913.9	25.03	21405600
2023年8月20日	31.3	18.1	0	0	1.4	912.8	24.88	25111080
2023年8月21日	31.4	15.7	0	0	1.9	909.6	23.92	26301780
2023年8月22日	30.1	12.1	5.4	1.4	2.1	911	21.31	25019640
2023年8月23日	25.3	13.1	5.6	9.6	1.8	911.9	17.50	13568040
2023年8月24日	26.1	14	0	0	1.5	913.6	21.44	26609220
2023年8月25日	23.9	12.8	30.5	2.2	1.3	914.9	17.80	14621580
2023年8月26日	16.8	13.8	25.4	39.7	2	915.9	14.80	3718980
2023年8月27日	16.4	13.5	5.7	19.7	1.4	915.9	15.00	0
2023年8月28日	25.3	11.5	0	0	1.3	914.6	17.00	0
2023年8月29日	25.1	11.7	0	0.02	1.9	914.6	17.10	0
2023年8月30日	27.7	11.4	0	0	1.4	916.1	20.73	23258160
2023年8月31日	29.1	12.6	0	0	1.5	913.8	22.20	22556520

因为煤耗=标煤量/供电量,因此煤耗*供电量=标煤量,负荷对应耗标煤总量是个一元二次函数, $y=ax^2+bx+c$, 边际煤耗曲线是总标煤曲线求导 $y=2ax+b$, 平均煤耗曲线是 $y=(ax^2+bx+c)/x$, 因为是做预测, 所以只能假设每天的厂用电率是一样的, 因此标煤量=平均煤耗*负荷就是一个一元二次函数, 可以找相近天、近

似天气、近似发电曲线、近似工况的负荷和煤耗, 拟合一个一元二次方程, 再用这个拟合出的函数来做需要预测天的煤耗情况。

1.4实例预测对比

找到8.21日#2机各个负荷对应的煤耗, 然后用电量与供电煤耗的乘积拟合出标煤总量的一元二次方程曲线, 再除以电

力值来拟合出平均煤耗曲线。

拟合的标煤总量一元二次函数曲线如下, 形状如图8所示:

$$y = 0.3522x^2 + 152.2158x + 24359.8487$$

拟合的平均煤耗曲线如下, 形状如图9所示:

$$y = (0.3522x^2 + 152.2158x + 24359.8487) / x$$

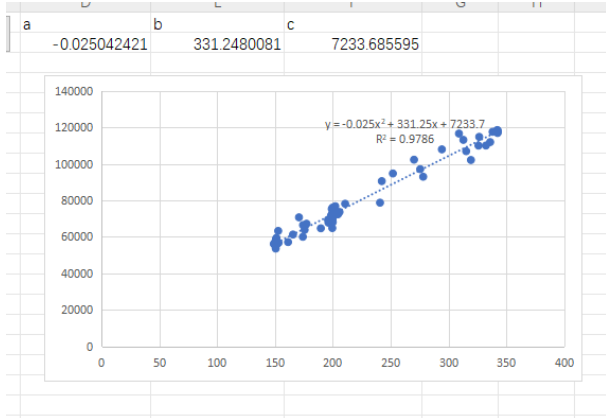


图8 拟合的标煤总量一元二次函数曲线

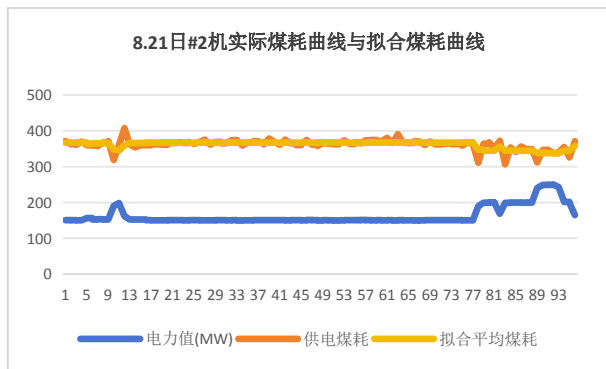


图9 8.21日#2机实际煤耗曲线与拟合煤耗曲线

如图10所示, 用8.21日拟合出的平均煤耗曲线做8.29日的煤耗曲线预测与实际进行对比, 预测结果基本可以反映实际情况。

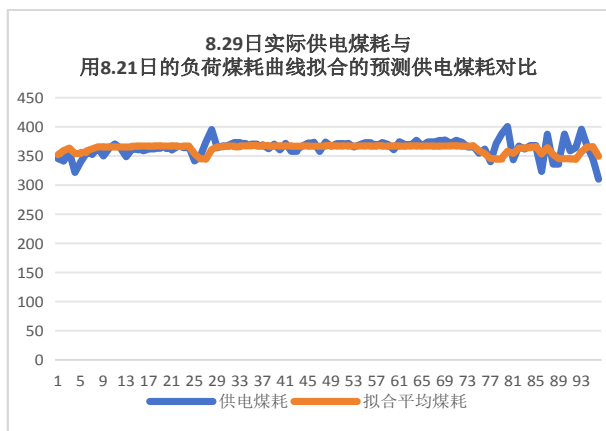


图10 8.29日实际供电煤耗与8.21日的负荷煤耗曲线拟合的预测供电煤耗对比

用8.28日的负荷煤耗曲线来预测8.30日的煤耗曲线, 如图11所示。

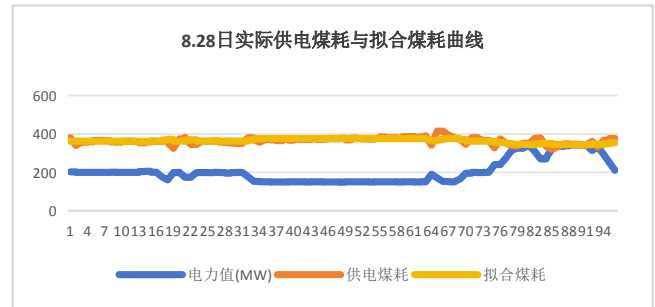


图11 8.28日实际供电煤耗与拟合煤耗曲线

如图12所示, 用8.28日拟合出的平均煤耗曲线做8.30日的煤耗曲线预测与实际进行对比, 预测结果也基本可以反映实际情况。

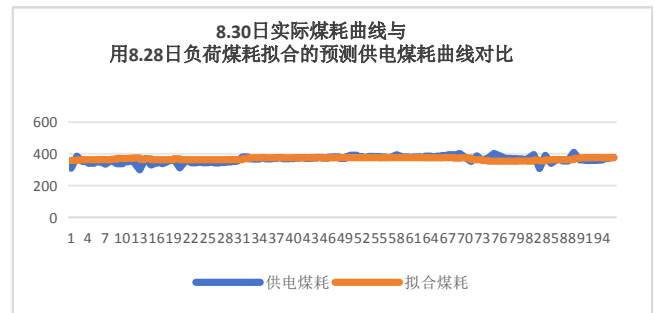


图12 8.30日实际煤耗曲线与8.28日负荷煤耗拟合的预测供电煤耗曲线对比

这里采用分段拟合的方式, 把8.28日三个值的数据分别合成一元二次函数公式

$$y = \begin{cases} -2.0264x^2 + 1082.2443x - 63704.3469 \\ -5.5875x^2 + 2112.0434x - 134856.7829 \\ -0.0945x^2 + 349.8347x + 8528.8366 \end{cases}$$

那么三段的平均煤耗曲线如下所示:

$$y = \begin{cases} (-2.0264x^2 + 1082.2443x - 63704.3469) / x \\ (-5.5875x^2 + 2112.0434x - 134856.7829) / x \\ (-0.0945x^2 + 349.8347x + 8528.8366) / x \end{cases}$$

再将8.30日的三个值的负荷分别代入三段平均煤耗曲线

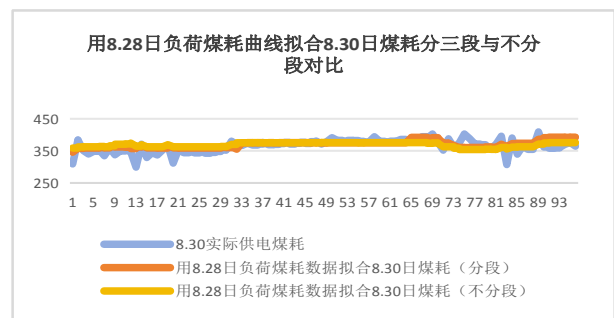


图13 用8.28日负荷煤耗曲线拟合8.30日煤耗分三段与不分段对比

分三段拟合比不分段更接近真实值, 毕竟三个值的操作人员 and 气温都不同。

2 成本曲线计算

2.1 成本计算方式

标煤为标准煤的简称, 是能源的度量单位, 由于各种燃料燃烧时释放能量存在差异, 采用的实物计量单位也不一样。因此, 为了便于对各种能源进行汇总计算, 对比分析, 应将各种能源的实物单位折算成统一的标准单位, 即能源度量单位。中国采用标准煤为能源的度量单位, 即每千克标准煤为29307千焦耳(7000千卡), 也就是用焦耳去度量一切能源。

标煤单价*标煤量=原煤单价*原煤量=总煤价

标煤量*7000=原煤量*原煤热值

标煤单价*原煤量*(原煤热值/7000)=原煤单价*原煤量

标煤单价=原煤单价*7000/原煤热值

度电成本=总煤价/上网电量=标煤单价*标煤量/上网电量

标煤量/上网电量=供电煤耗

度电成本=标煤单价*供电煤耗

如果计算一天的成本曲线, 用当天的原煤价格和当天的热值先换算成标煤价格, 再用标煤价格乘以煤耗。如果计算一段时间的成本曲线, 比如一个月的, 用当月的原煤价格和当月的加权热值换算成标煤价格, 再用标煤价格乘以煤耗。

2.2 实例计算和成本预测

例如8.21日, 全天原煤的热值是3276大卡/千克, 原煤价格322元/吨(不含税), 标煤价格是322*7000/3726=688.03元/吨(不含税), 度电成本=(标煤价格*煤耗曲线/1000+13)*1.13(含税), 成本曲线如图14所示:

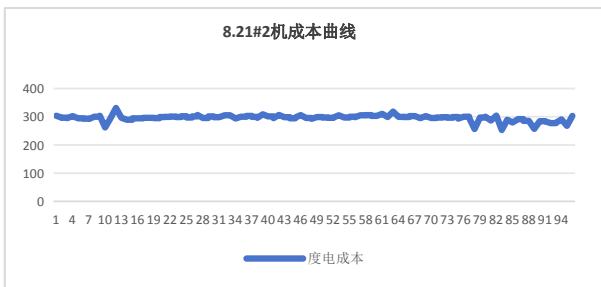


图14 8.21#2机成本曲线

统计一整月的煤耗水平, 如表5所示:

表5 一整月的煤耗水平

2023年8月#2机	
负荷(MW)	供电煤耗(g/kwh)
255 负荷以下掺烧煤泥	365.47
281	317.42
292	300.23
300	335.86
319	338.65
335	332.18

8月全月的原煤加权热值是3296大卡/千克, 按照原煤价格322元/吨(不含税), 换算后8月的标煤价格是683.86元/吨, 255负荷以上不掺烧煤泥的部分可以迅速算出, 15-25万负荷掺烧煤泥部分, 需要先用15-25万负荷的原煤量、原煤热值、煤泥量、煤泥热值计算出全月这段负荷的标煤价格, 标煤量, 供电量, 煤耗水平, 再计算成本, 掺烧煤泥的多少会影响到煤耗水平和标煤单价。整月的成本水平计算如表6所示。

表6 整月的成本水平计算表

2023年8月#2机		
负荷(MW)	平均供电煤耗(g/kwh)	平均成本(元)
255 负荷以下掺烧煤泥	365.47	270.36
281	317.42	259.98
292	300.23	246.70
300	335.86	274.23
319	338.65	276.39
335	332.18	271.39

3 结论

本文针对循环流化床机组中的煤矸石机组, 深入研究了其成本曲线。通过测算不同负荷下的煤耗水平, 分析煤耗影响因素, 并采用最小二乘法拟合煤耗曲线, 验证了预测的准确性。并且基于标煤单价与煤耗计算了度电成本, 并给出了整月成本水平的计算实例。研究表明, 煤耗与成本受多种因素影响, 预测需考虑相似工况。研究成果为循环流化床煤矸石机组的运行优化与成本控制提供了科学依据, 有助于提升机组的经济性与环保性, 对电力行业的可持续发展具有重要意义。

【参考文献】

- [1]李明阳, 王晓峰. 循环流化床锅炉运行成本分析与优化策略研究[J]. 能源工程, 2020, 40(03): 45-49.
- [2]张华, 刘强. 循环流化床机组经济性分析及成本评估模型构建[J]. 电力建设, 2019, 40(07): 123-128.
- [3]赵宇, 孙悦. 循环流化床技术成本效益分析及发展趋势探讨[J]. 洁净煤技术, 2018, 24(06): 1-6.
- [4]陈刚, 周莉. 循环流化床发电成本影响因素及控制策略研究[J]. 中国电力, 2017, 50(08): 152-156.
- [5]王强, 李娜. 循环流化床机组全生命周期成本分析与研究[J]. 发电设备, 2016, 30(05): 321-325.

作者简介:

张诗若(1990--), 女, 汉族, 河北人, 本科, 工程师, 研究方向: 电力现货交易。