

# 国家节能中心能效评价技术依据 (火电行业)





# 目 录

前言 .....	II
1. 适用范围 .....	1
2. 规范性引用文件 .....	1
3. 指标体系术语 .....	1
4. 能效评价指标 .....	2
5. 评价指标的定义及计算方法 .....	3
5.1 供电标准煤耗率 .....	3
5.2 发电标准煤耗 .....	3
5.3 发电厂用电率 .....	6
6. 能效评价指标参比值、修正系数和使用方法 .....	7
6.1 能效评价指标参比值 .....	7
6.2 影响因素修正系数 .....	10
7. 能效评价指标体系的应用 .....	12
7.1 固定资产投资项目节能评估和审查 .....	12
7.2 “能效之星”项目“能效水平状况”评分方法 .....	12
附录 A 发电设备年运行小时分配表 .....	14

# 前言

国家节能中心能效评价技术依据，其核心内容是能效评价指标体系的设置，主要包含能效评价指标和指标值两个部分。其中，指标的设置参考了国家能耗限额标准、地方能耗限额标准（限额文件）、行业能耗限额标准，以及相关行业和企业统计指标；指标参比值的确定参考了国家能耗限额标准、行业能耗限额标准、地方能耗限额标准，以及国家节能中心和地方节能中心所掌握的能效数据、行业协会和相关科研机构的统计数据、典型企业的实际运行数据等。此外，能效评价技术依据还对指标体系的具体应用进行了解释。

制定能效评价技术依据的主要目的是为全国节能中心系统有关工作，例如：固定资产投资项目节能评估和审查、能效之星评价以及能源审计等提供依据。同时，随着能效评价技术依据的不断修订和完善，希望能为相关行业、企业及机构统一规范地开展能效评价工作提供帮助，并为形成国家标准提供参考。

火电行业的能效评价技术依据由国家节能中心评审处组织编制，在编制过程中得到了西安交通大学热流科学与工程教育部重点实验室及陶文铨院士团队的大力支持和协助，在此表示感谢。

## 1. 适用范围

本技术依据适用于国家节能中心相关工作涉及的，机组容量在 300MW 级及以上等级，发电装置为纯凝燃煤发电机组的火力发电厂，包括在建项目的节能评估和审查，以及既有项目的能效评价等。

## 2. 规范性引用文件

下列文件中的规范性条款通过引用而成为本技术依据的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修订单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本技术依据，然而，鼓励根据本技术依据达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新的版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本技术依据。

**GB/T2589-2008 综合能耗计算通则**

**DL/T-904-2004 火力发电厂技术经济指标计算方法**

**DB21/1620-2008 火力发电厂供电标煤耗限额及计算方法**

**DB37/737-2007 燃煤电厂供电煤耗限额**

**GB21258-2007 常规燃煤发电机组单位产品能源消耗限额**

**GB/50660-2011 大中型火力发电厂设计规范**

**DB33/642-2007 热电联产能效能耗限额及计算方法**

**DL/T5153-2002 火力发电厂厂用电设计技术规定**

**GB/T21369-2008 火力发电企业能源计量器具配备和管理要求**

## 3. 指标体系术语

下列术语和定义适用于本技术依据。

### 3.1 能量的当量值

按照物理学电热当量、热功当量、电功当量换算的各种能源所含的实际能量。按国际单位制，折算系数为 1。

### 3.2 标准煤量

在统计期内，用于生产所耗用的各种燃料折算的标准燃煤量。

注：包括生产系统、辅助生产系统和附属生产系统设施的各种能源消耗量和损失量，不包括非生产使用、基建和技改等项目建设消耗的、副产品综合利

用使用的和向外转输的能量量。这里各种工质的折算采用当量值，以各种能源的实测发热量为准。

### 3.3 供电量

在统计期内，机组向电网和电厂非生产用电提供的电能量。

### 3.4 供电标准煤耗率

在统计期内，发电机组提供单位供电量所平均耗用的标准煤量，其中包括生产直接消耗的能量量，以及分摊到该产品的辅助生产系统、附属生产系统设施的能耗量和体系内的能源损失量等间接消耗的能量量。

### 3.5 发电厂用电率

在统计期内，发电厂发电辅机设备的自用电量占统计期单元机组或全厂发电量的百分比。

## 4. 能效评价指标

火力发电厂能效评价指标包括反映全厂整体能源利用水平的核心指标，包括供电标准煤耗率，及反映火电厂工序设备能效水平的参考指标，包括发电标准煤耗率、发电厂用电率。如图 1 所示。

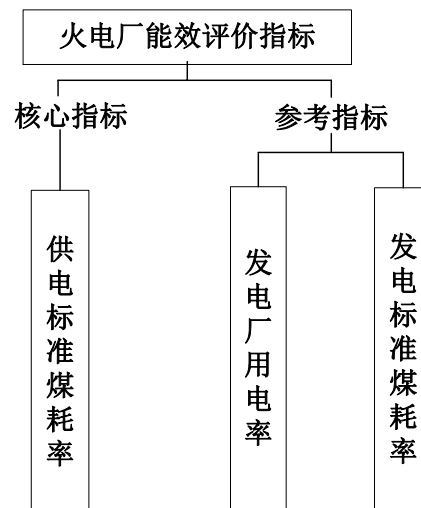


图 1 火电厂能效评价指标

## 5. 评价指标的定义及计算方法

### 5.1 供电标准煤耗率

#### 5.1.1 定义

在统计期内，发电机组提供单位供电量所平均耗用的标准煤量。

#### 5.1.2 计算方法

1) 设计值与估算运行值计算方法：

$$b_g = \frac{b_f}{1 - \frac{L_{cy}}{100}} \quad (1)$$

式中：

$b_g$ ——供电标准煤耗率， gce/(kW h)；

$b_f$ ——发电标准煤耗率，统计期内发电机组每发出单位电能平均耗用的全部燃料（包括煤、油和天然气等）折算至标准煤的燃料量，应包括统计期内的耗用燃料总量，但须扣除非生产用燃料量， gce/(kW h)；

$L_{cy}$ ——发电厂用电率，统计期内发电厂发电辅机设备的自用电量占统计期单元机组或全厂发电量的百分比， %。

2) 运行值：

$$b_g = \frac{B_b}{W_g} \times 10^6 \quad (2)$$

式中：

$b_g$ ——供电标准煤耗率， gce/(kW h)；

$B_b$ ——统计期内发电标准煤耗量， t；

$W_g$ ——统计期内供电量， kW h。

### 5.2 发电标准煤耗

#### 5.2.1 定义

在统计期内，发电机组每发出单位电能平均耗用的标准煤量。

#### 5.2.2 计算方法

### 1) 设计值

$$b_f = \frac{q}{29.271\eta_{gl}\eta_{gd}} \times 10^4 \quad (3)$$

式中:

$b_f$  ——发电标准煤耗率, 发电机组每发出单位电能平均耗用的全部燃料(包括煤、油和天然气等)折算至标准煤的燃料量, 应包括统计期内的耗用燃料总量, 但须扣除非生产用燃料量, **gce/(kW h)**;

$q$  ——汽轮机热耗率, 汽轮发电机组热耗量与机组出线端电功率的比值, **kJ/(kW h)**;

$\eta_{gl}$  ——锅炉效率, 锅炉的有效利用热量占输入热量的百分比, %;

$\eta_{gd}$  ——管道效率, 汽机从锅炉得到的热量占锅炉输出热量的比, 一般取为**99%**。

### 2) 估算运行值:

$$b_f = \frac{\sum_{i=1}^3 \left( \frac{q_i H_{yx-(i)}}{29.271\eta_{gl-(i)}\eta_{gd}(1-\eta_{ss})} \times 10^4 \right)_i}{H_{y \text{ x-year}}} \quad (4)$$

式中:

$i$  —— $i=1、2、3$  分别对应**50%负荷、75%负荷和100%负荷**, 式(4)分子中的各参数对应不同负荷情况选取;

$q_i$  —— $i$  值所对应负荷下的汽轮机热耗率, 该热耗率指汽轮发电机组热耗量与机组出线端电功率的比值, **kJ/(kW h)**;

$H_{yx-(i)}$  —— $i$  值所对应负荷下的运行小时数, 具体数值建议参照附录 A 中数据选取, **h**;

$\eta_{gl-(i)}$  —— $i$  值所对应负荷下的锅炉效率;

$\eta_{gd}$  ——管道效率, 估算值一般取为**99%**;

$\eta_{ss}$  ——厂内损失, 按经验值取为**2%**;

$H_{yx-year}$ —发电设备年运行小时数，具体数值建议结合发电设备利用小时数，  
可参照附录 A 中附表选取， $h$ 。

注：以上公式效率类指标计算中取百分号之前的数字。

3) 运行值：

$$b_f = \frac{B_b}{W_f} \times 10^6 \quad (5)$$

式中：

$b_f$ ——统计期内发电标准煤耗率， $gce/(kW h)$ ；

$B_b$ ——统计期内发电标准煤耗量， $t$ ；

$W_f$ ——统计期内发电量， $kW h$ 。

a) 发电标准煤耗量  $B_b$  计算公式：

$$B_b = B_h - B_k \quad (6)$$

式中：

$B_b$ — 统计期内发电标准煤耗量， $t$ ；

$B_h$ — 统计期内耗用燃料总量(折至标准煤)，包括燃煤、燃油与其它燃料之和， $t$ ；

$B_k$ — 统计期内应扣除的非生产用燃料量(折至标准煤)， $t$ 。

注：对实际消耗的一次能源和二次能源，低位热值应该以实测为准。

b) 非生产用燃料量：

- ① 新设备或大修后设备的烘炉、煮炉、暖机、空载运行的燃料；
- ② 新设备在未移交生产前的带负荷试运行期间，耗用的燃料；
- ③ 计划大修以及基建、更改工程施工用的燃料；
- ④ 发电机做调相运行时耗用的燃料；
- ⑤ 厂外运输用自备机车、船舶等耗用的燃料；
- ⑥ 修配车间、副业、综合利用及非生产用(食堂、宿舍、幼儿园、学校、医院、服务公司和办公室等)的燃料。

## 5.3 发电厂用电率

### 5.3.1 定义

统计期内，发电厂发电辅机设备的自用电量占单元机组或全厂发电量的百分比。

### 5.3.2 计算方法

1) 设计值与估算运行值计算方法 (参照《火力发电厂厂用电设计技术规定》DL/T5153-2002):

$$L_{cy} = \frac{S_c \cos \varphi_{av}}{P_e} \times 100 \quad (7)$$

式中:

$L_{cy}$ ——发电厂用电率, %;

$S_c$ ——厂用电计算负荷, kVa;

$\cos \varphi_{av}$ ——电动机在运行功率时的平均功率因数, 一般取 0.8;

$P_e$ ——发电机的额定功率, kW。

2) 运行值:

$$L_{cy} = \frac{W_{cy}}{W_f} \times 100 \quad (9)$$

式中:

$L_{cy}$ ——发电厂用电率, %;

$W_{cy}$ ——统计期内发电厂用电量, kW h;

$W_f$ ——统计期内的发电量, 指发电机轴端输出功率, kW h。

其中, 厂用电量  $W_{cy}$  是指统计期内发电厂所有发电设备所消耗的总用电量。

a) 计算方法:

$$W_{cy} = W_h - W_{kc} \quad (10)$$

式中:

$W_h$ ——统计期内厂内总耗电量, kW h;

$W_{kc}$ ——统计期内应扣除的耗电量, kW h。

b) 下列用电量不计入厂用电的计算:

- ① 新设备或大修后设备的烘炉、煮炉、暖机、空载运行的电量;
- ② 新设备在未正式移交生产前的带负荷试运行期间耗用的电量;
- ③ 计划大修以及基建、更改工程施工用的电量;
- ④ 发电机作调相机运行时耗用的电量;
- ⑤ 厂外运输用自备机车、船舶等耗用的电量;
- ⑥ 输配电用的升、降压变压器(不包括厂用变压器)、变波机、调相机等消耗的电量;
- ⑦ 修配车间、副业、综合利用及非生产用(食堂、宿舍、幼儿园、学校、医院、服务公司和办公室)的电量。

c) 下列用电量应计入厂用电的计算:

热电系统、脱硫系统、脱硝系统的辅机。

注释:

注 1: 在役机组统计期一般是一年。

注 2: 本技术依据中出现的参数计算应符合《GB/T 2589 综合能耗计算通则》的规定, 机组煤耗计算按《DL/T 904 火力发电厂技术经济指标计算方法》执行。

注 3: 上述计算方法中, 多个指标有多个计算方法, 其选取原则为:

- a) 固定资产投资项目节能评估和审查, 在建机组按设计值和估算运行值公式计算;
- b) 能效之星项目, 在役机组按运行值公式计算。

## 6. 能效评价指标参比值、修正系数和使用方法

### 6.1 能效评价指标参比值

根据火力发电机组的指标计算结果(在建机组根据设计值, 在运行机组根据运行值), 依据表 1 至表 3, 判定该机组的能效等级。

表 1 供电标准煤耗率

容量级别 (类型)	压力参数	能效级别	运行值基础值 [gce/(kW h)]	设计值基础值 [gce/(kW h)]
1000MW	超超临界	A	282.91	267.28

		B	283.58	271.77
		C	284.99	276.75
		D	289.62	278.61
600MW	超超临界	A	295.35	278.43
		B	295.50	279.35
		C	296.32	280.46
		D	300.03	282.35
	超临界	A	298.51	289.71
		B	300.18	290.17
		C	303.03	292.00
		D	306.22	286.48
	亚临界	A	300.11	
		B	306.22	
		C	310.98	
		D	316.99	
300MW	亚临界	A	316.05	
		B	320.29	
		C	325.47	
		D	332.60	
注 1: 供电标准煤耗率的参比值需要根据 6.2 中影响因素进行修正, 修正方式为供电标准煤耗率基础值与各种影响因素的修正系数的乘积。在役机组为全影响因素修正, 在建机组仅对冷却方式、脱硫、脱硝进行修正。				

表 2 发电标准煤耗率

容量级别 (类型)	压力参数	能效级别	运行值基础值 [gce/(kW h)]	设计值基础值 [gce/(kW h)]
1000MW	超超临界	A	271.56	256.28
		B	272.32	261.43

		C	273.80	266.50
		D	277.50	267.82
600MW	超超临界	A	280.65	266.65
		B	281.60	267.01
		C	281.15	268.42
		D	284.67	271.11
	超临界	A	284.56	277.28
		B	286.53	277.94
		C	288.72	281.34
		D	293.29	284.75
	亚临界	A	286.36	
		B	291.87	
		C	298.26	
		D	304.24	
300MW	亚临界	A	298.26	
		B	302.46	
		C	307.34	
		D	312.54	

表 3 发电厂用电率

容量级别 (类型)	压力参数	能效级别	运行值 (%)	设计值 (%)
1000MW	超超临界	A	2.60	2.67
		B	3.24	2.93
		C	3.94	3.47
		D	4.18	3.89
600MW	超超临界	A	4.63	3.34
		B	4.65	3.54
		C	4.69	3.94
		D	5.12	4.32

容量级别 (类型)	压力参数	能效级别	运行值 (%)	设计值 (%)
	超临界	A	3.32	4.29
		B	3.98	4.62
		C	4.34	4.67
		D	4.87	4.98
	亚临界	A	4.23	
		B	4.51	
		C	4.80	
		D	6.14	
300MW	亚临界	A	3.56	
		B	4.50	
		C	5.17	
		D	6.01	

注释:

注 1: 在建机组按设计值一列各参比值进行评价, 在役机组按运行值一列进行评价。

注 2: 表中 A 值为全国同类机组能效最高水平, B 值为全国同类机组的前 5%水平, C 值为全国同类机组的前 20%水平, D 值为全国同类机组的平均水平。

注 3: 表中未列出的机组容量级别, 可按低一档标准考核。

注 4: 现有机组按年度确定统计期。

## 6.2 影响因素修正系数

### 6.2.1 燃煤成分修正系数

燃煤成分修正系数按表 4 选取。

表 4 燃煤成分修正系数

燃煤成分 (质量分数)		修正系数
挥发分 (收到基)	>19%	1.0
	≤19%	$1+0.002 \times (19-100V_{ar})$

灰分（收到基）	≤30%	1.0
	>30%	$1+0.001 \times (100A_{ar}-30)$
注 1: $V_{ar}$ 、 $A_{ar}$ 为燃煤收到基挥发分、灰分。		

### 6.2.2 当地气温修正系数

当地气温修正系数按表 5 选取。

表 5 当地气温修正系数

最冷月份平均气温	修正系数
≤-5℃	1.0
-5<t≤0℃	1.005
>0℃	1.01

### 6.3.3 冷却方式修正系数

冷却方式修正系数按表 6 选取。

表 6 冷却方式修正系数

冷却方式		修正系数
开式循环	循环水提升高度≤10m	1.0
	循环水提升高度>10m	$1+0.01 \times (H-10m)/H$
闭式循环		1.01
空气冷却	间接空冷	1.04
	直接空冷	1.05
注 1: H 为循环水提升高度, 单位为米(m)。		

### 6.3.4 机组负荷率修正系数

机组负荷率修正系数按表 7 选取。

表 7 机组负荷率修正系数

报告期机组负荷率	修正系数
86%及以上	1.0
85%~75%	1.015
75%~60%	每降 5%，修正系数为前值基础上乘 1.015

### 6.3.5 烟气脱硫修正系数

烟气脱硫修正系数按表 8 选取。

表 8 烟气脱硫修正系数

脱硫方式	湿法脱硫
------	------

	厂内制备脱硫剂	厂内无制备脱硫剂
修正系数	1.005	1.00

### 6.3.6 烟气脱硝修正系数

当采用烟气脱硝时，烟气脱硝修正系数为 **1.003**。

### 6.3.7 其它影响因素

除了以上六种影响因素外，还存在一些其它影响因素，如运行机组年利用小时数等。年利用小时数较短的机组应酌情放宽参比值。

## 7. 能效评价指标体系的应用

### 7.1 固定资产投资项目节能评估和审查

新上机组主要采用供电标准煤耗率指标估算能效等级。具体判断能效等级时需根据设计值和估算运行值来评价，最终的评价结果按两者所评价等级较差的一个选取。

机组能效等级划分方案如表 9 所示。能效等级较低的火电机组需要根据发电标准煤耗率、厂用电率两个参考指标找到影响能效水平的关键环节。

表 9 能效等级划分方案（供电标准煤耗率）

计算值与参比值关系	$B \geq x \geq A$	$C \geq x > B$	$D \geq x > C$	$x > D$
能效等级	国内领先	国内先进	国内一般	国内落后

注 1:  $x$  为待评价机组供电标准煤耗率的计算值。  
注 2: 设计值参比值选用表 1 中设计值基础值，乘上对冷却方式、脱硫、脱硝的修正系数；估算运行值参比值选用表 1 中运行值基础值，乘上对冷却方式、脱硫、脱硝的修正系数。

### 7.2 “能效之星”项目“能效水平状况”评分方法

“能效之星”项目针对在役火电机组，其能效水平状况评分参照表 10，表 11 进行计算。能效等级较低的火电机组需要根据厂用电率、锅炉热效率、汽轮机热耗率三个二级指标找到影响能效水平的关键环节。

表 10 火电机组“能效之星”星级评定方案

等级	总得分 (P)	供电标准煤耗率得分 (X)	年耗油量得分 (Y)	发电综合耗水率得分 (Z)
满分	100	90	5	5
5 星级	$100 \geq P \geq 91$	$\geq 85$	$\geq 3$	$\geq 3$
4 星级	$91 > P \geq 79$	$\geq 75$	$\geq 2$	$\geq 2$
3 星级	$49 > P \geq 64$	$\geq 60$	$\geq 2$	$\geq 2$
2 星级	$64 > P \geq 54$	$\geq 50$	$\geq 2$	$\geq 2$
1 星级	$54 > P \geq 50$	$\geq 50$	$\geq 0$	$\geq 0$

注 1: 总得分(P)=供电标准煤耗率得分(X)+年耗油量得分(Y)+ 发电综合耗水率得分(Z);

注 2: 供电标准煤耗率得分(X), 年耗油量得分(Y)和发电综合耗水率得分(Z)的计算参照表 12。

表 11 火电机组“能效之星”星级评定方案

所处区间	分值 指标名称	供电标准煤耗率	年耗油量	发电综合耗水率
	$B \geq x \geq A$	85	4	4
	$C \geq x > B$	75	3	3
	$D \geq x > C$	60	2	2
	$x > D$	50	0	0

注 1:  $x$  为待评价机组供电标准煤耗率、年耗油量或发电综合耗水率的实际值。

## 附录 A 发电设备年运行小时分配表

附表 1 发电设备年运行小时分配表

年利用小时 H (h)	年运行小时 $H_{yx-year}$ (h)	100% 负荷运行 小时 $H_{yx-100}$ (h)	75% 负荷运行小 时 $H_{yx-75}$ (h)	50% 负荷运行小 时 $H_{yx-50}$ (h)
6500	7500	4500	2000	1000
6000	7500	3500	2000	2000
5500	7500	2500	2000	3000
5000	7000	2000	2000	3000
4500	6500	1500	2000	3000