



中华人民共和国国家标准

GB/T 39200—2020

循环经济评价 火电行业

Guide for circular economy evaluating—Thermal power industry

2020-10-11 发布

2021-05-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

GB/T 39200—2020

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 2

5 评价指标要求 2

6 循环经济指数计算方法 4

7 评价等级 5

附录 A（规范性附录） 循环经济指数计算方法 6

附录 B（资料性附录） 供电煤耗指标修正计算 9

参考文献 11



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国产品回收利用基础与管理标准化技术委员会(SAC/TC 415)提出并归口。

本标准起草单位:中国标准化研究院、中国循环经济协会、安徽蕴德工程技术咨询有限公司、中国电力企业联合会、中国大唐集团科学技术研究院有限公司火力发电技术研究院、山东琦泉能源科技有限公司、大唐环境产业集团股份有限公司、山东标准化研究院、天津国投津能发电有限公司、山西国际能源集团(格盟国际)有限公司、华北电力大学、内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司。

本标准主要起草人:刘君霞、王秀腾、王永明、朱艺、郭占强、赵凯、付允、林翎、马德金、吕征宇、刘志强、董统玺、高东峰、赵瑞卿、刘春霞、范莹莹、端木祥慈、郭婷婷、金绪良、杨卫科、朱逢民、侯益铭、张媛媛、李兴旺、潘荔、孙玉亭、高鹏、董磊、白玉勇、许爽、于海淼、叶泽甫、范润艳、张锴、杨立君。

循环经济评价 火电行业

1 范围

本标准规定了火电行业循环经济评价的基本要求、评价指标要求、循环经济指数计算方法和评价等级。

本标准适用于评价燃煤发电企业循环经济发展水平,其他火电企业可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 8978 污水综合排放标准

GB 13223 火电厂大气污染物排放标准

GB/T 18916.1 取水定额 第1部分:火力发电

GB 21258 常规燃煤发电机组单位产品能源消耗限额

GB/T 21369 火力发电企业能源计量器具配备和管理要求

GB 24789 用水单位水计量器具配备和管理通则

GB 35574 热电联产单位产品能源消耗限额

HJ 75 固定污染源烟气(SO₂、NO_x、颗粒物)排放连续监测技术规范

HJ 76 固定污染源烟气(SO₂、NO_x、颗粒物)排放连续监测系统技术要求及检测方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

资源产出率 resource productivity

主要物质资源实物量的单位投入所产出的经济量或物质量。

[GB/T 34345—2017,定义 3.1]

3.2

资源循环利用率 resource recycling rate

在对资源开采、生产加工、流通和消费过程中产生的各类废弃物,经回收处理后形成可再利用资源的比例。

[GB/T 34345—2017,定义 3.2]

3.3

供电煤耗 net coal consumption

统计期内,机组每对外提供 1 kW·h 电能平均耗用的标准煤量。

[GB 21258—2017,定义 3.1]

GB/T 39200—2020

3.4

单位发电量取水量 quantity of water intake for unit power generation quantity

火力发电企业生产每单位发电量需要从各种常规水资源提取的水量。

注：取水量，包括取自地表水（以净水厂供水计量）、地下水、城镇供水工程，以及企业从市场购得的其他水或水的产品（如蒸汽、热水、地热水等），不包括企业自取的海水、苦咸水以及取水用于生活区和外供水产品（如蒸汽、热水、地热水等）的水量。采用直流冷却系统的企业取水量不包括从江、河、湖等水体取水用于凝汽器及其他换热器开式冷却并排回原水体的水量；企业从直流冷却水（不包括海水）系统中取水用作其他用途，则该部分应计入企业取水范围。

[GB/T 26925—2011, 定义 3.1]

3.5

机组复用水率 unit after water use ratio

全厂复用水量与全厂总用水量之比的百分数。

4 基本要求

4.1 国家和地方有关法律、法规、规章、规范和标准得到有效的贯彻执行，近三年内未发生重大污染事件或重大生态破坏事件。

4.2 污染物排放应符合 GB 8978、GB 13223 及地方排放标准、排污许可等要求，各类重点污染物排放总量均不超过国家或地方的总量控制要求；能耗应符合 GB 21258、GB 35574 等要求；取水指标应满足 GB/T 18916.1 等要求。

4.3 建立完善的环境管理体系、质量管理体系等。

4.4 符合国家和地方相关产业政策，未使用国家明令禁止或淘汰的生产工艺和设备。

4.5 建立计量管理体系，计量配置满足 GB 24789 和 GB/T 21369 的要求。

4.6 配备污染物在线监测系统，在线监测系统应符合 HJ 75、HJ 76 的要求。

5 评价指标要求

5.1 指标构成

火电行业循环经济主要评价指标由资源产出率和资源循环利用率两大类指标构成。根据火电行业的特点，资源产出率指标包括供电煤耗、单位发电量取水量、脱除单位摩尔的硫与消耗钙的摩尔比和单位发电量脱硝还原剂消耗量 4 个具体指标，资源循环利用率指标包括机组复用水率、粉煤灰资源化利用率、脱硫副产品资源化利用率和废水回收利用率 4 个具体指标。

5.2 资源产出率指标要求

资源产出率指标要求见表 1，计算方法见附录 A 的 A.1。

表 1 资源产出率指标要求

一级指标	一级指标权重	二级指标			指标单位	二级指标权重	指标基准值
资源产出率指标	0.6	供电煤耗	纯凝湿冷机组	超超临界 1 000 MW 等级	gce/(kW·h)	50	270
				超超临界 600 MW 等级	gce/(kW·h)		272
				超临界 600 MW 等级	gce/(kW·h)		284
				超临界 300 MW 等级	gce/(kW·h)		286
				亚临界 600 MW 等级	gce/(kW·h)		300
				亚临界 300 MW 及以下等级	gce/(kW·h)		305
			纯凝空冷机组	直接空冷机组	gce/(kW·h)		湿冷+16
				间接空冷机组	gce/(kW·h)		湿冷+10
			纯凝循环流化床机组	超临界 600 MW 等级	gce/(kW·h)		295
				超临界 350 MW 等级	gce/(kW·h)		315
				亚临界 300 MW 等级	gce/(kW·h)		323
				超高压	gce/(kW·h)		350
			供热机组				
		单位发电量取水	循环冷却机组	600 MW 级及以上	m ³ /(MW·h)	20	1.49
				300 MW 级	m ³ /(MW·h)		1.55
				<300 MW	m ³ /(MW·h)		1.70
			直流冷却机组	600 MW 级及以上	m ³ /(MW·h)		0.29
				300 MW 级	m ³ /(MW·h)		0.30
				<300 MW	m ³ /(MW·h)		0.36
			空气冷却机组	600 MW 级及以上	m ³ /(MW·h)		0.31
				300 MW 级	m ³ /(MW·h)		0.32
				<300 MW	m ³ /(MW·h)		0.39
		脱除燃煤中单位摩尔的硫与消耗钙的摩尔比				15	1.03
		单位发电量脱硝还原剂消耗量	炉型	W 型	g/(kW·h)	15	1.16
				普通型			0.28
				CFB			0.35

GB/T 39200—2020

5.3 资源循环利用率指标

资源循环利用率指标要求见表 2,计算方法见 A.2。

表 2 资源循环利用率指标要求

一级指标	一级指标权重	二级指标	指标单位	二级指标权重	指标基准值
资源循环 利用率	0.4	机组复用水率 ^a	%	10	98
		粉煤灰资源化利用率	%	30	100
		脱硫副产品资源化利用率	%	30	100
		废水回收利用率	%	30	100
^a 开式冷却机组及直接空冷机组按基准值计算,其余类型机组按实际值计算。					

6 循环经济指数计算方法

6.1 指标计算方法与数据采集

资源环境类定量指标的数据采集按照国家环境保护、资源能源消耗标准监测方法执行,非环境类定量指标的数据采用企业统计数据。各二级指标的计算方法见附录 A。

循环经济指数的计算方法如式(1)所示。

$$PI = 0.6 \times \sum_{i=1}^{n_1} \omega_i \frac{Y_i}{Y_i^b} + 0.4 \times \sum_{j=1}^{n_2} \omega_j \frac{Y_j}{Y_j^b} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

PI ——循环经济指数;

n₁ ——资源产出率二级指标的个数;

ω_i ——资源产出率指标第 i 个二级指标的权重,其中 $\sum_{i=1}^{n_1} \omega_i = 100$;

Y_i^b ——资源产出率指标第 i 个二级指标的基准值;

Y_i ——资源产出率指标第 i 个二级指标的值;

n₂ ——资源循环利用率二级指标的个数;

ω_j ——资源循环利用率指标第 j 个二级指标的权重,其中 $\sum_{j=1}^{n_2} \omega_j = 100$;

Y_j ——资源循环利用率指标第 j 个二级指标的值;

Y_j^b ——资源循环利用率指标第 j 个二级指标的基准值。

注 1: 当某资源产出指标值小于其基准值时,取 $\frac{Y_i}{Y_i^b} = 1$;当某资源循环利用率指标值大于其基准值时,取 $\frac{Y_j}{Y_j^b} = 1$ 。

注 2: 包括不同类型发电机组时,分别确定指标,按全年发电量加权平均。

6.2 指标权重的确定方法

各评价指标的权重由专家咨询法确定,通过反复多次向专家分发调查表征询意见,形成权重值。



7 评价等级

将燃煤电厂循环经济发展水平分为三个等级：★★★级循环经济企业为行业循环经济领先水平；★★级循环经济企业为行业循环经济先进水平；★级循环经济企业为行业循环经济一般水平。具体等级要求见表 3。

表 3 火电行业循环经济评价等级

评价等级	等级要求
★★★级循环经济企业	同时满足：a)满足基本要求；b) $PI \geq 95$
★★级循环经济企业	同时满足：a)满足基本要求；b) $90 \leq PI < 95$
★级循环经济企业	同时满足：a)满足基本要求；b) $85 \leq PI < 90$



附 录 A
(规范性附录)
循环经济指数计算方法

A.1 资源和能源消耗指标

A.1.1 供电煤耗

发电机组提供单位供电量所耗用的各种能源总量折算的标准煤量。供电煤耗指标修正参见附录 B。

A.1.2 单位发电量取水量

火力发电企业生产每单位发电量需要从各种常规水资源提取的水量,按式(A.1)计算:

注:取水量,包括取自地表水(以净水厂供水计量)、地下水、城镇供水工程,以及企业从市场购得的其他水或水的产品(如蒸汽、热水、地热水等),取用城市污水的企业,取水量按城市污水(一级 A 标)×0.65,外排标准×0.5 折算。不包括企业自取的海水、苦咸水以及取水用于生活区和外供水产品(如蒸汽、热水、地热水等)的水量。采用直流冷却系统的企业取水量不包括从江、河、湖等水体取水用于凝汽器及其他换热器开式冷却并排回原水体的水量;企业从直流冷却水(不包括海水)系统中取水用作其他用途,则该部分应计入企业取水范围。

$$GPS_s = \frac{Q_s}{W_f + W_r} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- GPS_s ——单位发电量取水量,单位为吨每兆瓦时[t/(MW·h)];
- Q_s ——在统计期内,生产过程中取水量总和,单位为吨(t);
- W_f ——在统计期内的发电量,单位为兆瓦时(MW·h);
- W_r ——把统计期供热量折算成电,按式(A.2)计算,单位为兆瓦时(MW·h)。

$$W_r = \frac{Q}{36} \times K_i \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- Q ——统计期供热量,单位为吉焦(GJ);
- K_i ——热折电系数,抽凝机组 K_i=0.45,背压机组 K_i=0.7。

A.1.3 钙硫摩尔比

脱除燃煤中单位摩尔的硫与消耗钙的摩尔比(L_{Ca}),按式(A.3)计算:

$$L_{Ca} = \frac{W_s \times a \times 32}{C_{af} \times b \times 100} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- W_s ——统计期石灰石消耗量,单位为吨(t);
- a ——加权 CaCO₃ 纯度,以百分数(%)表示;
- C_{af} ——统计期耗煤量,单位为吨(t);
- b ——煤的加权含硫量,以百分数(%)表示。

A.1.4 单位发电量脱硝还原剂消耗量(以液氨还原剂为标准)

火力发电企业生产每单位发电量需要消耗的脱硝还原剂,按式(A.4)计算:

$$L_c = \frac{C_m}{W_f + W_r} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

L_c ——单位发电量脱硝还原剂消耗量,单位为克每千瓦时[g/(kW·h)];

C_m ——在统计期内脱硝还原剂消耗总量,单位为克(g);

W_f ——在统计期内的发电量,单位为千瓦时(kW·h);

W_r ——把统计期供热量折算成电,按式(A.2)计算,单位为千瓦时(kW·h)。

注:使用尿素作为还原剂时,W型基准值为2.3,普通型基准值为1.4,CFB型基准值为0.7。计算公式同式(A.4)。

A.2 资源循环利用率指标

A.2.1 机组复用水率

全厂复用水量与全厂总用水量之比的百分数,按式(A.5)计算:

$$\phi_s = \frac{Q_{fs}}{Q_{zs}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

ϕ_s ——机组复用水率;

Q_{fs} ——在统计期内全厂复用水量,单位为立方米(m³);

Q_{zs} ——在统计期内全厂总用水量,单位为立方米(m³)。

A.2.2 粉煤灰资源化利用率

燃煤发电企业粉煤灰年资源化利用量与年产生总量(包括资源化利用往年贮存量)的百分比,按式(A.6)计算:

$$L_f = \frac{D_{fa} + 0.8 \times D_{ft} + 0.5 \times D_{fz}}{D_{fd} + D_{fw}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

L_f ——粉煤灰资源化利用率;

D_{fa} ——在统计期内以粉煤灰为原料生产建材、化工、复合材料等产品年利用量,单位为吨(t);

D_{ft} ——在统计期内粉煤灰直接用于建筑工程、筑路、生态填充等的年利用量,单位为吨(t);

D_{fz} ——在统计期内粉煤灰年无害化处置量,单位为吨(t);

D_{fd} ——在统计期内粉煤灰年产生量,单位为吨(t);

D_{fw} ——在统计期内资源化利用往年贮存粉煤灰量,单位为吨(t)。

注:粉煤灰产生量指锅炉烟气经除尘器收集后获得的细小飞灰和炉底渣。粉煤灰资源化利用量包括从粉煤灰中进行物质提取,以粉煤灰为原料生产建材、化工、复合材料等产品,直接用于建筑工程、筑路、生态填充等的粉煤灰量,合理贮存量,以及当年利用往年的粉煤灰贮存量。

A.2.3 脱硫副产品资源化利用率

燃煤发电企业脱硫副产品年资源化利用量与年产生总量(包括资源化利用往年贮存量)的百分比,

GB/T 39200—2020

按式(A.7)计算：

$$L_1 = \frac{D_{1a} + D_{1b} \times 0.5}{D_{1c} + D_{1z}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

式中：

L_1 ——脱硫副产品资源化利用率；

D_{1a} ——在统计期内以脱硫副产品为原料生产建材等产品的年资源化利用量,单位为吨(t)；

D_{1b} ——在统计期内脱硫副产品年合理贮存量,单位为吨(t)；

D_{1c} ——在统计期内脱硫副产品年产生量,单位为吨(t)；

D_{1z} ——在统计期内资源化利用往年贮存脱硫副产物量,单位为吨(t)。

注：脱硫副产品产生量指脱硫吸收剂与烟气中二氧化硫等反应后生成的副产物量。脱硫副产品资源化利用量包括以脱硫副产品为原料生产建材等产品的脱硫副产品量及合理贮存量,以及当年利用往年的脱硫副产品贮存量。半干法脱硫企业、无脱硫石膏产生的企业,按利用率 100%核算。

A.2.4 废水回收利用率

废水重复利用量与工业废水产生量之比的百分数,按式(A.8)计算：

$$L_w = \frac{D_{wl}}{D_{wc}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

式中：

L_w ——废水回收利用率；

D_{wl} ——在统计期内废水重复利用量,单位为立方米(m³)；

D_{wc} ——在统计期内废水产生量,单位为立方米(m³)。



附 录 B

(资料性附录)

供电煤耗指标修正计算

机组负荷(出力)系数、燃煤成分、环保要求、当地气温、冷却方式对机组供电煤耗的影响按式(B.1)进行修正计算。

$$b_g = b'_g / (K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8) \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

b_g ——修正后供电煤耗,单位为克标准煤每千瓦时[gce/(kW·h)];

b'_g ——实际工况下供电煤耗指标值,单位为克标准煤每千瓦时[gce/(kW·h)];

K_1 ——机组负荷(出力)系数修正系数;

K_2 ——环保要求修正系数;

K_3 ——燃煤干燥无灰基挥发分修正系数;

K_4 ——燃煤收到基灰分修正系数;

K_5 ——燃煤收到基硫分修正系数;

K_6 ——燃煤收到基全水分修正系数;

K_7 ——当地气温修正系数;

K_8 ——冷却方式修正系数。

其中:

K_1 取值如下:

——机组负荷(出力)系数 $\geq 85\%$, $K_1 = 1.0000$;

——机组负荷(出力)系数 $80\% \sim 85\%$, $K_1 = 1 + 0.0014 \times (85 - 100F)$;

——机组负荷(出力)系数 $75\% \sim 80\%$, $K_1 = 1.0070 + 0.0016 \times (80 - 100F)$;

——机组负荷(出力)系数 75% 以下, $K_1 = 1.015^{(16-20F)}$ 。

注 1: F 为负荷(出力)系数。

K_2 取值如下:

——容量级别 1 000 MW, 达标排放 $K_2 = 1.0$, 超低排放 $K_2 = 1.0015$;

——容量级别 600 MW, 达标排放 $K_2 = 1.0$, 超低排放 $K_2 = 1.0025$;

——容量级别 300 MW, 达标排放 $K_2 = 1.0$, 超低排放 $K_2 = 1.00140$;

——容量级别 200 MW, 达标排放 $K_2 = 1.0$, 超低排放 $K_2 = 1.0060$ 。

注 2: 未列出的机组容量级别, 参照低一档容量级别额度。

K_3 取值如下:

——燃煤干燥无灰基挥发分 $V_{daf} > 19\%$ 时, $K_3 = 1.000$;

——燃煤干燥无灰基挥发分 V_{daf} 为 $10\% \sim 19\%$ 时, $K_3 = 1.000 + 3.569 \times \frac{100A_{ar}}{Q_{ar,net}}$;

——燃煤干燥无灰基挥发分 $V_{daf} < 10\%$ 时, $K_3 = 1.000 + 7.138 \times \frac{100A_{ar}}{Q_{ar,net}}$ 。

K_4 取值如下:

——燃煤收到基灰分 $A_{ar} \leq 30\%$ 时, $K_4 = 1.000$;

——燃煤收到基灰分 $30\% < A_{ar} \leq 40\%$ 时, $K_4 = 1.000 + 0.001 \times (100A_{ar} - 30)$ 。

K_5 取值如下:

——燃煤收到基硫分 $S_{ar} \leq 1\%$ 时, $K_5 = 1.000$;

GB/T 39200—2020

——燃煤收到基硫分 $1\% < S_{\text{ar}} \leq 3\%$ 时, $K_5 = 1.000 + 0.004 \times (100S_{\text{ar}} - 1)$ 。

K_6 取值如下:

——燃煤收到全水分 $M_{\text{ar}} \leq 20\%$ 时, $K_6 = 1.000$;

——燃煤收到全水分 $M_{\text{ar}} > 20\%$ 时, $K_6 = 1.010 + \frac{2.300 \times (100M_{\text{ar}} - 20)}{Q_{\text{ar,net}}}$ 。

注 3: $Q_{\text{ar,net}}$ 为燃煤收到基低位发热量,单位为千焦每千克(kJ/kg)。

K_7 取值如下:

——当地气温 $t \leq -5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K_7 = 1.000$;

——当地气温 $-5\text{ }^{\circ}\text{C} < t \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K_7 = 1.000 + 0.002 \times (t + 5)$;

——当地气温 $t > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K_7 = 1.010$ 。

注 4: t 为最冷月份平均气温。

K_8 取值如下:

——冷却方式为开式循环,循环水提升高度不大于 10 m, $K_8 = 1.000$;

——冷却方式为开式循环,循环水提升高度大于 10 m, $K_8 = 1 + 0.009 \times (H - 10) / H$;

——冷却方式为闭式循环, $K_8 = 1.010$;

——冷却方式为间接空冷, $K_8 = 1.040$;

——冷却方式为直接空冷, $K_8 = 1.050$ 。

注 5: H 为循环水提升高度。

参 考 文 献

- [1] GB 21258—2017 常规燃煤发电机组单位产品能源消耗限额
 - [2] GB/T 26925—2011 节水型企业 火力发电行业
 - [3] GB/T 34345—2017 循环经济绩效评价技术导则
 - [4] 电力(燃煤发电企业)行业清洁生产评价指标体系(中华人民共和国国家发展和改革委员会、中华人民共和国环境保护部、中华人民共和国工业和信息化部〔2015〕9号)
-