

ICS XXXXXX
CCS XXXX

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

余热余压发电利用率和节能量评价

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由XXX提出。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会归口。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件主要起草单位：

本文件主要起草人：

余热余压发电利用率和节能量评价

1 范围

本文件规定了工业热力系统的余热余压资源分类、余热余压发电利用率的计算、余热余压发电节能量评价、评定方法等。

本文件适用于工业企业生产的余热余压发电系统，不适用于垃圾处理余热发电、燃气—蒸汽联合循环发电、热电联产等。具有补燃系统的余热余压发电可参照评价。

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，下列文件所包含的条文，凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 1028 工业余能资源评价方法

GB/T 2589 综合能耗计算通则

GB/T 3484 企业能量平衡通则

GB/T 6422 用能设备能量测试导则

GB 13271 锅炉大气污染物排放标准

GB/T 15316 节能监测技术通则

GB16297 大气污染物综合排放标准

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

3 术语和定义

下列术语与定义适用于本文件。

3.1

余热发电 surplus heat for electricity generation

指回收焦炉、高炉、电石炉、炼钢转炉、铁合金炉、有色冶炼炉、轧钢加热炉、水泥炉窑、矿热炉等生产过程中可利用的热能或可燃性气体生产电力，并且无二次燃料添加系统的电力生产。

3.2

余压发电 surplus pressure for electricity generation

指工业生产过程中消耗输入能源后输出可利用的压力能来生产电力的电力生产。

3.3

余位能 surplus pressure energy

压力下的液态或气态流体，经减压后回到系统内，其始压与终压差大于 0.2MPa 时，其释放的能量。

3.4

余能量 quantity of surplus energy

余热余压载体所含的余能的数量。

3.5

载体 carrier

在本文件中特指包含余热余压的物质。

3.6

化学余能 surplus chemical energy

工业生产工艺系统消耗输入能源后输出可利用的化学能。

3.7

理论可利用余能量 theoretically available quantity of surplus energy

工业生产工艺系统消耗输入能源后输出的余能载体所含的总能量。

3.8

技术经济可利用余能量 technically and economically available quantity of surplus energy

经技术经济评估后确定的具有回收利用经济价值的最大可利用的余能量。

3.9

可用势 available potential energy

单位工质在某一状态下的最大做功能力。

3.10

混合态载体 mixedstatecarrier

气态、液态、固态同时共存或其中两种状态共存的余热余压载体。

3.11

余热发电利用率 recovery rate of surplus heat for electricitygeneration

余热发电输出电量扣除余热发电系统其它消耗能量后与理论可利用余能量的比值。

3.12

余压发电利用率 recovery rate of surplus pressure for electricitygeneration

余压发电输出电量扣除余压发电系统其它消耗能量后与理论可利用余能量的比值。

3.13

余热余压发电节能效率 energy-saving efficiency of surplusheat or pressure for electricitygeneration

余热余压发电节能量与技术经济可利用余能量的比值。

4 一般要求

4.1 余热余压发电设备及其系统设计、制造、安装和使用应符合国家相关规定，其大气污染物排放应当满足GB16297或GB 13271等行业的排放标准的要求，同时满足使用所在地区大气污染物排放要求。

4.2 余热余压发电系统应按照GB 17167的规定配置监测仪表、计量器具，并满足发电系统能效评定的需要。

4.3 余热余压发电利用效率和节能量评价机构应当是一个法律实体或法律实体的一部分，具备能源利用效率指标评定的资源和能力。

4.4 余热余压发电利用效率和节能量评价应确定余能系统边界和评价边界，余能系统边界和评价边界可按区域（省、市、县、工业园、工厂地理区域）和系统（工艺系统）划分。

5 余热余压资源分类

- 5.1 工业余热余压资源按能源类型分为余热、余压、化学余能及其他余能等。
- 5.2 工业余热余压资源按能源载体形态分为固态载体余热、液态载体余热、液态载体余压、气态载体余热、气态载体余压、混合态载体余热等六种。

6 余热余压发电利用率的计算

6.1 余热余压发电系统辅助设备包括给水泵、循环水泵、油泵、压缩风机、吹灰器、鼓风机、引风机、水处理或其他耗能设备，但不包括工业生产中原有的耗能设备。工业生产中原有的耗能设备（如风机、吹灰器等）因余热余压发电系统而增加的耗能量应计入。

6.2 余热发电利用率

$$E_{e,h} = (E_h - E_{e,p}) \dots \dots \dots (1)$$

$$\eta_{yr,h} = (3.6 \times (E_h - E_{e,p}) - Q_{w,h}) / Q_{yr,h} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

$E_{e,h}$ ——年余热发电输出电量，单位为千瓦时（kW·h）；

$\eta_{yr,h}$ ——余热发电利用率，单位为%；

E_h ——年余热发电量，单位为千瓦时（kW·h）；

$E_{e,p}$ ——余热发电系统辅助设备每年消耗的电量，单位为千瓦时（kW·h）；

$Q_{w,h}$ ——余热发电系统中其余耗能工质（新水、软化水、压缩空气等）年折算能耗量，单位为兆焦（MJ）；

$Q_{yr,h}$ ——年生产过程中可供余热发电的热量或可燃性气体（含可燃颗粒物）完全燃烧释放的热量，单位为兆焦（MJ）。

$$Q_{w,h} = 14.235 * D_0 \dots \dots \dots (3)$$

式中：

D_0 ——年余热发电系统软化水量，单位为吨（t）。

6.3 余压发电利用率

$$\eta_{yr,p} = 3.6 * (E_p - E_{e,p}) / N_{yy} \dots \dots \dots (4)$$

式中：

$\eta_{yr,p}$ ——余压发电利用率，单位为%；

E_p ——年余压发电量，单位为千瓦时（kW·h）；

$E_{e,p}$ ——余压发电系统辅助设备每年消耗的电量，单位为千瓦时（kW·h）；

N_{yy} ——生产过程中可供余压发电的压力能，单位为兆焦（MJ）。

$$N_{yy} = \sum G_i * \Delta P_i \dots \dots \dots (5)$$

式中：

G_i ——第*i*种余能载体（流体）流量，单位为立方米（m³），按1年累积；

ΔP_i ——第*i*种余能载体（流体）始压与终压差的平均值，单位为兆帕（MPa）。

7 余热余压发电节能量评价

7.1 工业余热余压资源评价

工业余热余压资源按余能量、品位、污染物含量进行分级。

7.1.1 余能量

7.1.1.1 余能量分为理论可利用余能量和技术经济可利用余能量。

7.1.1.2 理论可利用余能量用于评价余热余压发电利用率；技术经济可利用余能量用于评价余热余压发电节能量。

7.1.1.3 技术经济可利用余能量的计算

$$Q_y = \sum_{i=1}^n m_i (h_{i1} - h_{i2}) \dots \dots \dots (6)$$

式中：

- Q_v ——年技术经济可利用余能量，单位为千焦每年（kJ/a）；
 m_i ——年统计第*i*种余能载体总量，单位为千克每年或标准立方米每年（kg/a或m³/a）；
 h_{i1} ——年统计第*i*种余能载体初始比焓，单位为千焦每千克或千焦每标准立方米（kJ/kg或kJ/m³）；
 h_{i2} ——年统计第*i*种余能载体技术经济最低可回收热量比焓，单位为千焦每千克或千焦每标准立方米（kJ/kg或kJ/m³）。烟道气及空气按120℃计算，蒸汽和软化水按环境温度25℃计算，液态物料按80℃计算，固态物料按300℃计算。

7.1.1.4 可燃气体、液体、固体技术经济可利用余能量按低位发热值计算。

7.1.2 品位

7.1.2.1 余热余压资源的品位按可用势、温度和压力来表达。

7.1.2.2 可用势的计算

$$e = h - T_0 s \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- e ——可用势，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
 h ——余热余压载体比焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
 T_0 ——环境温度，单位为开（K）；
 s ——熵，单位为千焦每千克开（kJ/（kg·K））。

式中用到的常见余热余压载体热力性质参见GB/T 1028中附录A、附录B。

7.1.2.3 采用标准环境参数（ $T=25^\circ\text{C}$ 、 $P_0=0.1\text{MPa}$ ）可用势对余热余压进行评价，该参数下常见气体的可用势 e 、焓值 h 、熵 s 可查GB/T 1028中附录A、附录B。

7.1.2.4 实际环境参数可用势的计算

$$e_s = e_t - e_0 \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- e_s ——实际环境参数下余热余压载体可用势，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
 e_t ——实际初始环境参数下余热余压载体可用势，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
 e_0 ——标准环境参数下余热余压载体可用势，单位为千焦每千克（kJ/kg）。

7.1.3 余热余压载体污染物含量

余热余压按其载体污染物含量可分为三类：

- 污染物含量超标排放，余热余压发电应考虑防磨、防腐、防积灰及其他环保措施；
- 污染物含量达标排放，余热余压发电建议考虑防磨、防腐、防积灰及其他环保措施；
- 污染物含量超净排放，余热余压发电不考虑防磨、防腐、防积灰及其他环保措施。

7.1.4 余热余压发电资源等级划分

7.1.4.1 余热余压发电资源按可用势、温度、压力、污染物含量划分为4个等级。

7.1.4.2 余热余压发电资源等级划分见表1，其中1级为可高效清洁发电利用，2级为可高效发电利用，3级为可推荐发电利用，4级为不推荐发电利用。

表1 余热余压发电资源等级

余热余压资源种类		可用势 e (kJ/kg)	温度 T ($^\circ\text{C}$)	压力 P (MPa)	污染物含量	资源等级
工业烟 气	水蒸汽含量高、温度高	>110	≥ 300	/	可达标排放	1
					超标	2
	水蒸汽含量低、温度高	>80	≥ 300	/	/	2
	水蒸汽含量高、温度低	≥ 30	< 300	/	/	3
水蒸汽含量低、温度低	< 30	< 300	/	/	4	
水蒸气	温度较高	≥ 700	≥ 400	/	/	1
	温度中等	≥ 700	150~400	/	/	3

	温度较低	<700	≤150	/	/	4
余压气 ^a	表压高、温度高	/	≥300	≥0.1	可达标排放	1
		/	≥300	≥0.1	超标	2
	表压高、温度低	/	<300	≥0.1	/	3
	表压低、温度高	/	≥300	<0.1	/	3
	表压低、温度低	/	<300	<0.1	/	4
液态载体 ^b	表压高、温度高	/	≥700	≥4	/	2
	温度高	/	200~700	/	/	3
	表压高	/	/	≥4	/	3
	表压低、温度低	/	<200	<4	/	4
固态载体 ^b	温度高	/	>700	/	/	2
	温度中	/	400~700	/	/	3
	温度低	/	<400	/	/	4

注 a: 余压气为可燃气体时, 且直接燃烧用于该发电工艺的, 应按燃烧后的气体温度计入, 同时考虑增加的污染物含量。

b: 液态或固态余热载体含可燃物时, 如可燃物燃烧利用, 则按燃烧后形成的工业烟气进行评价。

7.1.4.3 余热余压发电技术的选择应综合考虑技术经济可利用余能量、品质、污染物含量等。

7.2 余热余压发电节能量计算

7.2.1 余热余压发电节能量按年节约标煤量(等价法折算)计算

$$B_{jm} = (E - E_{e,p}) * k_E \dots \dots \dots (9)$$

式中:

B_{jm} ——余热余压发电节能量, 单位为千克标煤(kgce);

E ——年余热余压发电量, 单位为千瓦时(kW·h);

$E_{e,p}$ ——余热余压发电系统辅助设备每年消耗的电量, 单位为千瓦时(kW·h);

k_E ——每千瓦时电力(等价值)折算标准煤系数, 采用项目所在省份上年电厂发电标准煤耗计算, 单位为千克每千瓦时(kgce/kW·h)。

7.2.2 余热余压发电节能效率计算

$$\eta_{jn} = 29.308 * B_{jm} / Q_y \dots \dots \dots (10)$$

式中:

η_{jn} ——余热余压发电节能效率, 单位为百分比(%);

Q_y ——年技术经济可利用余能量, 单位为千焦每年(kJ/a)。

7.3 余热余压发电节能综合评价

7.3.1 余热余压发电系统按余热余压能量、余热余压资源等级、余热余压发电量、节能量、节能效率、环保投入等进行节能综合评价。

7.3.2 余热余压发电节能效率评价见表2, 其中I级为高效节能, II级为中等节能, III级为一般节能, IV级为低效节能。

表2 余热余压发电节能效率等级评价表

节能效率等级	余热余压资源等级		
	1级	2级	3级
I级能效	≥95%	≥85%	≥80%
II级能效	85%~95%	75%~85%	60%~80%
III级能效	75%~85%	60%~75%	45%~60%
IV级能效	<75%	<60%	<45%

7.3.3 余热余压发电节能量综合评价见表3。

表3 余热余压发电节能量综合评价表

余热余压发电评价边界：

余热余压发电资源：

项目		单位	数值	评价	备注
1. 余热余压资源评价	年理论可利用余热量	MJ/a			可折算标煤
	年理论可利用余压量	MJ/a			可折算标煤
	年技术经济可利用余热量	MJ/a			可折算标煤
	年技术经济可利用余压量	MJ/a			可折算标煤
	余热余压载体污染物含量		粉尘、有机废液、硫化物、氮氧化物、VOCs、其他	超标、达标、超净	勾选
	资源等级	/	可用势、温度、压力	表1	
2. 发电量	年发电量	kW·h			
	年输出发电量	kW·h			
3. 节能量	年余热余压发电节能量	kgce			等价法折算标煤
	余热发电利用率	%			
	余压发电利用率	%			
	余热余压发电节能效率	%			
4. 污染物排放	发电后污染物排放		粉尘、有机废液、硫化物、氮氧化物、VOCs、其他	超标、达标、超净	勾选
	环保设施投入折算能耗	kgce			按时年平均厂用电价折算标煤
综合评价：1. 可持续发展, 积极支持；2. 可发展, 支持；3. 可改进, 支持技改；4. 限制发展；5. 低效产能, 高污染, 淘汰。					勾选

8 评价方法

8.1 评价机构应当根据余热余压发电系统运行特点, 确定评价余热余压发电系统节能量评价的起止时间。典型评价周期一般为12个自然月。

8.2 评价机构应按照GB/T 2589、GB/T 3484及 GB/T 6422的要求采集余热余压系统节能量评价所需的数据, 数据采集用的检测计量仪表/器具准确度应满足表4的要求。

表4 检测计量仪表/器具准确度

测量项目		仪表(或装置)	准确度等级要求
可燃余热余压载体量	固态	衡器	静态计量 0.1
			动态计量 0.5
	液态	流量计	成品油 0.5
			重油、渣油及其它液体 1.0
气态	流量计	2.0	
水(油)流量		流量计	水 1.5
			蒸汽 2.0
			油 1.0
电量	总用电量	电能表	1.0
	单台设备或分类设备	电能表	2.0
温度(气态余能、液态余能、输入输出介质)		热电偶/热电阻	2.0

		与质量计算相关1.0
压力(气态余能、液态余能、输入输出介质)	压力表	2.0
		与质量计算相关 1.0

8.3 余热余压发电系统所耗能源折算标准煤时，应按如下要求进行：

a) 可燃烧固态、液态及气态余热载体应以实测的平均低位发热量进行折算，无实测的平均低位发热量时，则按附录A折算；

b) 其他燃料和耗能工质按附录A中所对应的折标准煤系数进行折算。

c) 多组分余热余压载体则按其各自组分所占比例折算成标准煤。

8.4 当余热余压发电系统有多个余热余压资源，且共用辅机或烟气净化装置时，公用部分的能源消耗应按被评价余热余压发电量占该系统总余能量的比例分摊到各组余热余压资源。

附录 A

(规范性附录)

各种能源折算标准煤系数

各种能源折算标准煤系数见表 A.1。

表 A.1 各种能源折算标准煤系数

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数
原煤	20908kJ/kg(5000kcal/kg)	0.7143kgce/kg
燃料油	41816kJ/kg(10000kcal/kg)	1.4286kgce/kg
天然气	38979kJ/m ³ (9318kcal/m ³)	1.330kgce/m ³
焦炉煤气	17981 kJ/m ³ (4299kcal/m ³)	0.6143kgce/m ³
炼厂干气	46055kJ/kg(11010kcal/kg)	1.5714kgce/kg
液化石油气	50160kJ/kg(11991kcal/kg)	1.7143kgce/kg
煤泥	6314~12600kJ/kg(1509~3012kcal/kg)	0.2286~0.4286kgce/kg
煤焦油	33453kJ/kg(7997kcal/kg)	1.1429kgce/kg
粗苯	41816kJ/kg(9997kcal/kg)	1.4286kgce/kg
气田气	35556kJ//m ³ (8500kcal/m ³)	1.2131kgce/m ³
油田伴生气	38902kJ//m ³ (9300kcal/m ³)	1.3273kgce/m ³
发生炉煤气	5230kJ//m ³ (1250kcal/m ³)	0.1784kgce/m ³
重油催化裂解气	19242kJ//m ³ (4600kcal/m ³)	0.6565kgce/m ³
水煤气	10458kJ//m ³ (2500kcal/m ³)	0.3568kgce/m ³
电力(当量值)	3600kJ/kW·h(860kcal/kW·h)	0.1229kgce/kW·h
电力(等价值)	/	按上年电厂发电标准煤耗计算
热力	按热焓计算	0.03412kgce/MJ
新水	7530kJ/m ³ (1800kcal/m ³)	0.2569kgce/m ³
软化水	14222kJ/m ³ (3400kcal/m ³)	0.4852kgce/m ³
除氧水	28444kJ/m ³ (6800kcal/m ³)	0.9705kgce/m ³
鼓风	878kJ/m ³ (210kcal/m ³)	0.02997kgce/m ³
压缩空气	1171kJ/m ³ (280kcal/m ³)	0.03996kgce/m ³
二氧化碳气	6275kJ/m ³ (1500kcal/m ³)	0.2141kgce/m ³
氧气	11712kJ/m ³ (2800kcal/m ³)	0.3996kgce/m ³
氮气	19660kJ/m ³ (4700kcal/m ³)	0.6708kgce/m ³
电石	60863kJ/kg(14550kcal/kg)	2.0766kgce/kg
乙炔	243451kJ/kg(58200kcal/kg)	8.3065kgce/kg

注：表中未列出燃料可按热值折算，1kg 标准煤热值为 29308kJ/kg。