

### 节能技术改造及合同能源管理项目 节能量审核与计算方法 第 16 部分：烟道式余热回收

Energy savings M&V and calculation method for energy conservation  
technical retrofit and EPC project—Part 16 : Gas pass heat recovery

2020-03-25 发布

2020-06-01 实施

---

上海市市场监督管理局 发布

## 前 言

DB31/T 668《节能技术改造及合同能源管理项目节能量审核与计算方法》已经或计划发布以下部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：空气压缩机系统；
- 第3部分：电机系统(水泵)；
- 第4部分：锅炉系统；
- 第5部分：电梯系统；
- 第6部分：炉窑系统；
- 第7部分：冷却塔系统；
- 第8部分：大功率电磁加热系统；
- 第9部分：制冷系统；
- 第10部分：照明系统；
- 第11部分：电机系统(风机)；
- 第12部分：配电变压器；
- 第13部分：热泵替代锅炉系统；
- 第14部分：电动机；
- 第15部分：输配电电缆；
- 第16部分：烟道式余热回收；
- 第17部分：异形柔性保温。

本部分为 DB31/T 668 的第 16 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由上海市发展和改革委员会、上海市经济和信息化委员会、上海市住房和城乡建设管理委员会共同提出，由上海市经济和信息化委员会、上海市住房和城乡建设管理委员会组织实施。

本部分由上海市能源标准化技术委员会归口。

本部分起草单位：上海工业锅炉研究所有限公司、上海市能效中心、上海帝广机电工程技术有限公司、上海节能技术服务有限公司。

本部分主要起草人：杨麟、秦宏波、李慧波、王杨、张旭、丁永青、薛恒荣、彭燕娥。

# 节能技术改造及合同能源管理项目

## 节能量审核与计算方法

### 第 16 部分：烟道式余热回收

#### 1 范围

DB31/T 668 的本部分规定了烟道式余热回收装置节能量的技术要求和计算方法,作为节能技术改造及合同能源管理项目中烟道式余热回收项目节能量审核的依据。

本部分适用于以水、空气、有机热载体等为工质的烟道式余热回收装置,其他形式的余热回收装置可参照执行使用。

#### 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/T 2900.48 电工名词术语 锅炉

GB/T 10863 烟道式余热锅炉热工试验方法

DB31/T 668.1 节能技术改造及合同能源管理项目节能量审核与计算方法 第 1 部分:总则

#### 3 术语和定义

GB/T 2900.48 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1

**余热介质** **heat medium**

含有大量可被利用显热资源的废气。

##### 3.2

**烟道式余热回收装置** **gas pass heat recovery device**

利用余热介质中含有的显热与布置在烟道中的受热面进行热交换,提高被加热工质的温度,从而达到余热回收的装置。

##### 3.3

**输入热量** **heat input**

单位时间内输入烟道式余热回收装置的余热介质的总热量。

##### 3.4

**有效吸收热量** **absorbed heat**

单位时间内工质所吸收的总热量。

##### 3.5

**基准温度** **reference temperature**

为了计算能量平衡中各项热量所确定的起点温度。

## 3.6

**基期 baseline period**

用以比较和确定项目节能量的,节能措施实施前的时间段。通常为一年。

## 3.7

**统计报告期 reporting period**

用以比较和确定项目节能量的,节能措施实施后的时间段。通常为一年。

## 3.8

**统计节能量 statistical energy saving**

被审核对象基期前折算成一年的项目总耗能量与统计报告期折算成一年的项目总耗能量差值。

## 3.9

**计算校核节能量 checked energy saving**

通过测量烟道式余热回收装置进出口工质的参数,利用工质侧有效吸收热量计算得到该装置的节能量。

## 4 技术要求

4.1 节能量审核应符合 DB31/T 668.1 的规定。

4.2 审核时,应采用基期与统计报告期的用能数据对比对进行节能量统计计算,同时还应计算采用烟道式余热回收装置工质侧有效吸收的热量,并考虑用能时的损耗、增加的能耗和产能设备的效率,以此进行节能量校核。

4.3 审核时,被审核的企业提供的所有资料应完整、真实。余热回收装置的测试应聘请有相应资质第三方检测机构完成。

4.4 节能量统计计算时,设定的项目基期和统计报告期均应覆盖审核项目的典型工况。若设定的基期和统计报告期不为一年时,均应折算成一年进行校核计算。

4.5 余热回收装置的测量方法、选用仪表的精度等应符合 GB/T 10863 中的要求。

4.6 余热回收装置热工性能参数的测量应在典型工况下进行,该典型工况应与基期和统计报告期所覆盖的典型工况一致。

4.7 根据能量守恒准则,建立烟道式余热回收装置的热量平衡关系图,如图 1 所示。烟道式余热装置的热平衡计算按附录 A 计算。

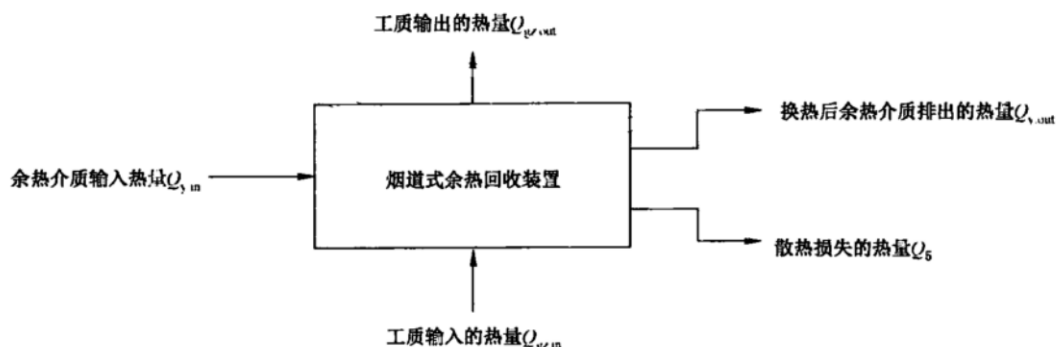


图 1 烟道式余热回收装置的热量平衡关系图

4.8 应将烟道式余热回收装置周围的环境温度为各输入与输出热量的起点温度,即基准温度。

4.9 节能量结果应按上海市统计局最新规定的等价值折算系数,折算成标准煤。

4.10 审核统计节能量  $E'$  与校核计算  $E$  结果的偏差  $\Delta E$  小于  $\pm 10\%$  时,则统计节能量为最终该装置的

节能量。如  $\Delta E$  偏差大于或等于  $\pm 10\%$  时,应重新统计、测量关键数据,并进行计算。

## 5 计算方法

### 5.1 工质有效吸收热量

工质为水时,有效吸收热量按式(1)计算:

$$Q_{gz} = G_s (h_{s,out} - h_{s,in}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$Q_{gz}$  ——工质有效吸收热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

$G_s$  ——水流量,单位为立方米每小时( $m^3/h$ );

$h_{s,out}$  ——出口水焓或蒸汽焓,单位为千焦每小时(kJ/h);

$h_{s,in}$  ——进口水焓,单位为千焦每小时(kJ/h)。

工质不为水时,按式(2)计算:

$$Q_{gz} = Q_{gz,out} - Q_{gz,in} = G_{gz} (C_{gz,out} t_{gz,out} - C_{gz,in} t_{gz,in}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$Q_{gz,out}$  ——工质输出的热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

$Q_{gz,in}$  ——工质输入的热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

$G_{gz}$  ——介质流量,单位为立方米每小时( $m^3/h$ );

$C_{gz,out}$  ——出口介质平均定压比热容,单位为千焦每立方米摄氏度 [ $kJ/(m^3 \cdot ^\circ C)$ ];

$C_{gz,in}$  ——进口介质平均定压比热容,单位为千焦每立方米摄氏度 [ $kJ/(m^3 \cdot ^\circ C)$ ];

$t_{gz,out}$  ——出口介质温度,单位为摄氏度( $^\circ C$ );

$t_{gz,in}$  ——进口介质温度,单位为摄氏度( $^\circ C$ )。

计算时,常用气体平均定压比热容取值可参见附录 B。

### 5.2 节能量的确定

#### 5.2.1 计算节能量

烟道式余热回收装置每小时节能量按式(3)计算:

$$Q_j = \frac{Q_{gz} - Q_s}{\eta} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$Q_j$  ——烟道式余热装置节能量,单位为千焦每小时(kJ/h);

$Q_{gz}$  ——工质有效吸收的热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

$Q_s$  ——余热回收装置运行过程中的损失的能量和增加的能耗,单位为千焦每小时(kJ/h);

$\eta$  ——被余热回收装置替代的设备运行效率, %。

烟道式余热回收装置的年节能量按式(4)计算:

$$E = Q_j \cdot \tau \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$E$  ——烟道式余热回收装置的年节能量,单位为千焦每年(kJ/a);

$Q_j$  ——烟道式余热装置节能量,单位为千焦每小时(kJ/h);

$\tau$  ——烟道式余热回收装置全年运行时间,单位为小时每年(h/a)。

#### 5.2.2 统计节能量

统计节能量的计算按式(5)计算:

$$E' = E_1 - E_2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$E'$ ——烟道式余热回收装置统计年节能量，单位为千焦每年(kJ/a)；

$E_1$ ——基期前折算成一年的项目总耗能量，单位为千焦每年(kJ/a)；

$E_2$ ——统计报告期折算成一年的项目总耗能量，单位为千焦每年(kJ/a)。

### 5.2.3 节能量校核

节能量的校核计算按式(6)计算：

$$\Delta E = \frac{E' - E}{E'} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$\Delta E$ ——年节能量校核偏差率，%；

$E'$ ——烟道式余热回收装置统计年节能量，单位为千焦每年(kJ/a)；

$E$ ——烟道式余热回收装置的计算年节能量，单位为千焦每年(kJ/a)。

## 附录 A

## (规范性附录)

## 烟道式余热回收装置的热平衡计算

## A.1 烟道式余热回收装置的热平衡计算

烟道式余热回收装置的热平衡按式(A.1)计算:

$$Q_{y.in} - Q_{y.out} - Q_5 = Q_{gz.out} - Q_{gz.in} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- $Q_{y.in}$  ——余热介质输入的热量,单位为千焦每小时(kJ/h);
- $Q_{y.out}$  ——换热后余热介质排出的热量,单位为千焦每小时(kJ/h);
- $Q_5$  ——烟道式余热回收装置散热损失的热量,单位为千焦每小时(kJ/h);
- $Q_{gz.in}$  ——工质输入的热量,单位为千焦每小时(kJ/h);
- $Q_{gz.out}$  ——工质输出的热量,单位为千焦每小时(kJ/h)。

## A.2 余热介质输入的热量计算

余热介质输入的热量按式(A.2)计算:

$$Q_{y.in} = V_{y.in} (C_{y.in} t_{y.in} - C_{lk} t_{lk}) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- $Q_{y.in}$  ——余热介质输入的热量,单位为千焦每小时(kJ/h);
- $V_{y.in}$  ——进口余热介质流量,单位为立方米每小时(m<sup>3</sup>/h);
- $C_{y.in}$  ——进口余热介质平均定压比热容,单位为千焦每立方米摄氏度[kJ/(m<sup>3</sup>·℃)];
- $C_{lk}$  ——基准温度下的定压比热容,单位为千焦每立方米摄氏度[kJ/(m<sup>3</sup>·℃)];
- $t_{y.in}$  ——进口烟温,单位为摄氏度(℃);
- $t_{lk}$  ——基准温度,单位为摄氏度(℃)。

## A.3 换热后余热介质排出的热量计算

换热后余热介质排出的热量按式(A.3)计算:

$$Q_{y.out} = V_{py} (C_{py} t_{py} - C_{lk} t_{lk}) \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- $Q_{y.out}$  ——换热后余热介质排出的热量,单位为千焦每小时(kJ/h);
- $V_{py}$  ——出口余热介质流量,单位为立方米每小时(m<sup>3</sup>/h);
- $C_{py}$  ——出口余热介质平均定压比热容,单位为千焦每立方米摄氏度[kJ/(m<sup>3</sup>·℃)];
- $t_{py}$  ——出口烟温,单位为摄氏度(℃);
- $C_{lk}$  ——基准温度下的定压比热容,单位为千焦每立方米摄氏度[kJ/(m<sup>3</sup>·℃)];
- $t_{lk}$  ——基准温度,单位为摄氏度(℃)。

## A.4 散热损失的热量计算

散热损失的热量按式(A.4)计算:

$$Q_5 = 1670A \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

$Q_5$ ——烟道式余热回收装置散热损失的热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

$A$ ——烟道式余热回收装置散热表面积,单位为平方米( $m^2$ )。

## A.5 能量利用率计算

正平衡计算能量利用率应按式(A.5)计算:

$$\xi_1 = \frac{Q_{gx}}{Q_{y,in}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

$\xi_1$ ——烟道式余热回收装置的正平衡利用率,%;

$Q_{gx}$ ——工质有效吸收的热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

$Q_{y,in}$ ——余热介质输入的热量,单位为千焦每小时(kJ/h)。

反平衡计算能量利用率应按公式(A.6)计算:

$$\xi_2 = 100 - \frac{Q_{y,out} + Q_5}{Q_{y,in}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

$\xi_2$ ——烟道式余热回收装置的反平衡利用率,%;

$Q_{y,in}$ ——余热介质输入的热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

$Q_{y,out}$ ——换热后余热介质排出的热量,单位为千焦每小时(kJ/h);

$Q_5$ ——烟道式余热回收装置散热损失的热量,单位为千焦每小时(kJ/h)。

附 录 B  
(资料性附录)  
常用气体平均定压比热容

常用气体平均定压比热容见表 B.1。

表 B.1 常用气体平均定压比热容

| 温度<br>℃ | 平均定压比热容 $C$<br>$\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ |                |                |                  |         |                |                 |         |
|---------|--------------------------------------------------------------|----------------|----------------|------------------|---------|----------------|-----------------|---------|
|         | RO <sub>2</sub>                                              | N <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O | CO      | H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | 空气      |
| 0       | 1.599 8                                                      | 1.294 6        | 1.305 9        | 1.494 3          | 1.299 2 | 1.276 6        | 1.550 0         | 1.318 3 |
| 10      | 1.609 9                                                      | 1.294 7        | 1.307 1        | 1.495 4          | 1.299 5 | 1.278 0        | 1.559 1         | 1.319 4 |
| 20      | 1.619 9                                                      | 1.294 8        | 1.308 3        | 1.496 5          | 1.299 7 | 1.279 4        | 1.568 2         | 1.320 0 |
| 30      | 1.629 9                                                      | 1.294 9        | 1.309 5        | 1.497 6          | 1.300 0 | 1.280 8        | 1.577 3         | 1.320 6 |
| 40      | 1.639 9                                                      | 1.295 0        | 1.310 7        | 1.498 7          | 1.300 2 | 1.282 2        | 1.586 4         | 1.321 2 |
| 50      | 1.649 9                                                      | 1.295 1        | 1.311 9        | 1.499 8          | 1.300 5 | 1.283 6        | 1.595 5         | 1.321 8 |
| 100     | 1.700 3                                                      | 1.295 8        | 1.317 6        | 1.505 2          | 1.301 7 | 1.290 8        | 1.641 1         | 1.324 3 |
| 150     | 1.743 8                                                      | 1.297 8        | 1.326 6        | 1.513 7          | 1.304 0 | 1.294 0        | 1.700 0         | 1.328 1 |
| 160     | 1.752 5                                                      | 1.298 2        | 1.328 4        | 1.515 4          | 1.304 6 | 1.294 6        | 1.711 8         | 1.328 9 |
| 170     | 1.761 2                                                      | 1.298 6        | 1.330 2        | 1.517 1          | 1.305 2 | 1.295 2        | 1.723 6         | 1.329 7 |
| 180     | 1.769 9                                                      | 1.299 0        | 1.332 0        | 1.518 8          | 1.305 8 | 1.295 8        | 1.735 4         | 1.330 5 |
| 190     | 1.778 6                                                      | 1.299 4        | 1.333 8        | 1.520 5          | 1.306 6 | 1.296 4        | 1.747 2         | 1.331 3 |
| 200     | 1.787 3                                                      | 1.299 6        | 1.335 2        | 1.522 3          | 1.307 1 | 1.297 1        | 1.758 9         | 1.331 8 |
| 300     | 1.862 7                                                      | 1.306 7        | 1.356 1        | 1.542 4          | 1.316 7 | 1.299 2        | 1.886 1         | 1.342 3 |
| 500     | 1.988 7                                                      | 1.327 6        | 1.398 0        | 1.589 7          | 1.342 7 | 1.305 0        | 2.140 3         | 1.368 2 |
| 800     | 2.131 1                                                      | 1.367 0        | 1.449 9        | 1.668 0          | 1.386 2 | 1.316 7        | 2.494 1         | 1.411 4 |
| 1 000   | 2.203 5                                                      | 1.391 7        | 1.477 5        | 1.722 9          | 1.412 6 | 1.328 9        | 2.699 2         | 1.437 3 |