**《无机酸和有机酸行业单位产品能源消耗限额》国家标准**

**关于能耗计算边界、计算方法的说明**

****

 **中国硫酸工业协会**

**目 录**

[**一、关于能耗计算边界的说明** 1](#_Toc79420008)

[1、硫磺制酸 1](#_Toc79420009)

[2、硫铁矿 1](#_Toc79420010)

[3、冶炼烟气制酸 2](#_Toc79420011)

[4、石膏制酸 2](#_Toc79420012)

[5、硫磺掺烧硫酸亚铁制酸 2](#_Toc79420013)

[**二、能耗计算方法** 4](#_Toc79420014)

[1.工业硫酸综合能耗计算 4](#_Toc79420015)

[**★“内插法”计算蒸汽热焓 5**](#_Toc79420016)

[（1）饱和蒸汽 5](#_Toc79420017)

[（2）过热蒸汽 5](#_Toc79420018)

[（3）产蒸汽折标煤系数 6](#_Toc79420019)

[2.硫酸产量的计算方法 6](#_Toc79420020)

[3.硫酸单位产品综合能耗计算 7](#_Toc79420021)

[◆ **举例**： 8](#_Toc79420022)

[第一步：计算蒸汽的折标煤系数 8](#_Toc79420023)

[第二步：计算单位产品综合能耗 9](#_Toc79420024)

# 一、关于能耗计算边界的说明

## 1、硫磺制酸

硫磺入场开始，硫磺储运，熔硫（固硫、液硫有所区分），焚烧，余热回收（产生蒸汽为止，蒸汽的应用不在界区内，但推动风机透平的蒸汽在界区内），转化，吸收（产生蒸汽为止，蒸汽的应用不在界区内），尾气处理为止（副产品的生产不在界区内）。

**重点填报内容：**

①液硫还是固硫

②熔硫保温的能耗

③尾气处理的工艺及能耗

## 2、硫铁矿

硫铁矿入场开始（规定标准的硫铁矿的硫铁比例，计算发热量，其他的硫铁比如何折算），硫铁矿储运，烘干（界定硫铁矿的标准含水量8%，不同的含水折算问题），沸腾炉分解，余热回收（产生蒸汽为止，蒸汽的应用不在界区内，但推动风机透平的蒸汽在界区内），净化（包括净化稀酸的处理），转化，吸收（产生蒸汽为止，蒸汽的应用不在界区内），尾气处理为止（副产品的生产不在界区内）。

**重点填报内容：**

①硫铁矿的品位（硫和铁的含量）、水分含量

②如硫铁矿入炉前需干燥，干燥的能耗

③净化稀酸处理的工艺及能耗

④尾气处理的工艺及能耗

## 3、冶炼烟气制酸

冶炼烟气进入电除尘开始，净化（包括净化稀酸的处理），转化（烟气的二氧化硫浓度不同，氧硫比不同的折算问题），吸收（产生蒸汽为止，蒸汽的应用不在界区内），尾气处理为止（副产品的生产不在界区内）。

**重点填报内容：**

①进入转化器的烟气二氧化硫的气浓和氧浓

②净化稀酸处理的工艺及能耗

③尾气处理的工艺及能耗

## 4、石膏制酸

石膏预处理开始（石膏含水的折算），窑内分解（石膏分解热量折算问题），除尘（烟气的二氧化硫浓度不同的折算问题），净化（包括净化稀酸的处理），转化，吸收（产生蒸汽为止，蒸汽的应用不在界区内），尾气处理为止（副产品的生产不在界区内）。

**重点填报内容：**

①石膏预处理的能耗

②窑内分解的能耗

③进入转化器的烟气二氧化硫的气浓和氧浓

④净化稀酸处理的工艺及能耗

⑤尾气处理的工艺及能耗

## 5、硫磺掺烧硫酸亚铁制酸

硫磺、硫酸亚铁入场开始（确定掺烧比例，计算硫铁比），硫磺和硫酸亚铁的预处理开始（含水的折算），沸腾炉内的分解（分解热量折算问题），余热回收（产生蒸汽为止，蒸汽的应用不在界区内），除尘（烟气的二氧化硫浓度，氧硫比不同的折算问题），净化（包括净化稀酸的处理），转化，吸收（产生蒸汽为止，蒸汽的应用不在界区内），尾气处理为止（副产品的生产不在界区内）。

**重点填报内容：**

①硫磺和硫酸亚铁的掺烧比例

②硫酸亚铁水分含量

③硫酸亚铁预处理的能耗

④进入转化器的烟气二氧化硫的气浓和氧浓

⑤净化稀酸处理的工艺及能耗

⑥尾气处理的工艺及能耗

注：

1.除上述重点填报内容外，取水量、电耗、蒸汽耗、产汽量也是必填内容。

2.从系统内抽走二氧化硫或者三氧化硫，抽出的量要折算成硫酸产量计入硫酸总产量中，抽出的能耗及后续加工的能耗不计入硫酸能耗中。

# 二、能耗计算方法

## 1.工业硫酸综合能耗计算

硫酸综合能耗等于硫酸生产过程中所输入的各种能量减去向外输出的各种能量。

$$E=\sum\_{i=1}^{n}\left(E\_{i}×k\_{i}\right)-\sum\_{j=1}^{m}\left(E\_{j}×k\_{j}\right)\cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (1)$$

式中：

*E*—硫酸综合能耗，单位为千克标准煤(kgce)；

*Ei*—硫酸生产过程中输入的第*i*种能源实物量；

*ki*—输入的第*i*种能源的折标准煤系数；

*n*—输入的能源种类数量；

*Ej*—硫酸生产过程中输出的第*j*种能源实物量；

*kj*—输出的第*j*种能源的折标准煤系数；

*m*—输出的能源种类数量。

**表1 输入、输出能量能源名称及折标准煤系数**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **能源名称** | **折标准煤系数** | **参考依据** |
| **输入能量** | 电力 | 0.1229 kgce/（kW·h） | GB/T 2589-2020 |
| 新鲜水 | 0.2571 kgce/ t | GB/T 2589-2020 |
| 软化水 | 0.4857 kgce/ t | GB/T 2589-2020 |
| 除氧水 | 0.9714 kgce/ t | GB/T 2589-2020 |
| 压缩空气 | 0.0400 kgce/ m3 | GB/T 2589-2020 |
| 柴油 | 1.4571 kgce/ kg | GB/T 2589-2020 |
| 天然气 | 1.1000～1.3300 kgce/ m3 | GB/T 2589-2020 |
| 蒸汽 | 参照“内插法计算蒸汽热焓” | 《流体与过程热力学》 |
| **输出能量** | 蒸汽 | 中压 | 参照“内插法计算蒸汽热焓” | 《流体与过程热力学》 |
| 低压 | 参照“内插法计算蒸汽热焓” | 《流体与过程热力学》 |

## ★“内插法”计算蒸汽热焓

### （1）饱和蒸汽

|  |
| --- |
| **表2 饱和蒸汽压力（绝压）—焓表** |
| **压力（MPa)** | **温度（℃）** | **焓（kJ/kg）** |
| 0.35 | 138.9 | 2732.4 |
| 0.40  | 143.6  | 2738.5  |
| 0.45  | 147.9  | 2743.8  |
| 0.50  | 151.9 | 2748.5  |
| 0.60  | 158.9  | 2756.4  |
| 0.70  | 165.0  | 2762.9  |
| 0.80  | 170.4  | 2768.4  |
| 0.90  | 175.4 | 2773.0  |
| 1.00  | 179.9  | 2777.0  |
| 1.10  | 184.1  | 2780.4  |
| 1.20  | 188.0  | 2783.4  |

欲查取压力为X时的热焓M，用内插法。当X值时的M，介于X1值时的M1及X2值时的M2之间时，即

|  |  |
| --- | --- |
| **压力（MPa）** | **焓（kJ/kg）** |
| X1 | M1 |
| X | M=？ |
| X2 | M2 |

有：

$$M=\left（\frac{X\_{2}-X}{X\_{2}-X\_{1}}\right）M\_{1}-\left（\frac{X\_{1}-X}{X\_{2}-X\_{1}}\right）M\_{2} （1-1）$$

### （2）过热蒸汽

|  |
| --- |
| **表3 过热蒸汽温度、压力（绝压）—焓表** |
| **温度（℃）** | **压力（MPa）** |
| **1** | **3** | **5** | **7** |
| 300 | 3051.3 | 2994.2 | 2925.4 | 2839.2 |
| 350 | 3157.7 | 3115.7 | 3069.2 | 3017 |
| 400 | 3264 | 3231.6 | 3196.9 | 3159.7 |
| 420 | 3306.6 | 3276.9 | 3245.4 | 3211.02 |
| 440 | 3349.3 | 3321.9 | 3293.2 | 3262.34 |
| 450 | 3370.7 | 3344.4 | 3316.8 | 3288 |
| 460 | 3392.1 | 3366.8 | 3340.4 | 3312.44 |
| 480 | 3435.1 | 3411.6 | 3387.2 | 3361.32 |
| 500 | 3478.3 | 3456.4 | 3433.8 | 3410.2 |
| 520 | 3521.86 | 3501.28 | 3480.12 | 3458.6 |
| 540 | 3565.42 | 3546.16 | 3526.44 | 3506.4 |
| 550 | 3587.2 | 3568.6 | 3549.6 | 3530.2 |
| 560 | 3609.24 | 3591.18 | 3572.76 | 3554.1 |
| 580 | 3653.32 | 3636.34 | 3619.08 | 3601.6 |
| 600 | 3697.4 | 3681.5 | 3665.4 | 3649 |

过热蒸汽的热焓与温度压力都有关系。

下表表示M（热焓）为两个独立变数X（压力）及Y（温度）的函数，若有相邻的数据点：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **X1** | **X** | **X2** |
| **Y1** | M1,1 |  | M1,2 |
| **Y** |  | M=？ |  |
| **Y2** | M2,1 |  | M2,2 |

用线性内插法，以求得M的公式可表示为：

$$M=\left[\left（\frac{X\_{2}-X}{X\_{2}-X\_{1}}\right）M\_{1,1}-\left（\frac{X\_{1}-X}{X\_{2}-X\_{1}}\right）M\_{1,2}\right]\left（\frac{Y\_{2}-Y}{Y\_{2}-Y\_{1}}\right）-\left[\left（\frac{X\_{2}-X}{X\_{2}-X\_{1}}\right）M\_{2,1}-\left（\frac{X\_{1}-X}{X\_{2}-X\_{1}}\right）M\_{2,2}\right]\left（\frac{Y\_{1}-Y}{Y\_{2}-Y\_{1}}\right） （1-2）$$

### （3）产蒸汽折标煤系数

$$折标煤系数=\frac{蒸汽的热焓}{标煤的热焓}$$

式中，标煤的热焓为29270 kJ/kg。

## 2.硫酸产量的计算方法

企业应按报告期内各批量浓度硫酸产品折100%硫酸计算产量。

$$M=\sum\_{γ=1}^{n}N\_{i}γ\_{i}\cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (2)$$

式中：

*M—*报告期内硫酸产量，单位为吨（t）；

*Ni*—报告期内生产的第*i*批硫酸的合格实物量,单位为吨（t）；

—报告期内生产的第*i*批硫酸的浓度，用质量分数（%）表示，以实测为准；

*n*—报告期内生产硫酸批次的数量。

硫酸衍生产品：如液体二氧化硫、三氧化硫、氯磺酸、硫铵、亚硫酸氢铵、亚硫酸氢钠等等，硫酸衍生产品均应折成硫酸计入产量内，以总硫酸量计算硫酸单位产品能耗。但生产硫酸衍生产品的能耗不计算在硫酸产品能耗之中。

## 3.硫酸单位产品综合能耗计算

硫酸单位产品综合能耗等于报告期内硫酸综合能耗除以报告期内硫酸产量。

$$e=\frac{E}{M}\cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (3)$$

式中：

*e*—硫酸单位产品综合能耗，单位为千克标准煤/吨（kgce/t）；

*E*—报告期内硫酸综合能耗，单位为千克标准煤(kgce)；

*M*—报告期内硫酸产量，单位为吨（t）；

## ◆举例：

|  |
| --- |
| 硫酸单位产品综合能耗=水耗\*折标煤系数+电耗\*折标煤系数+蒸汽耗\*折标煤系数$-\frac{产生蒸汽量\*折标煤系数}{锅炉效率}$其中，折标煤系数见表1，锅炉效率按0.8计算。 |

例：某硫酸企业，能耗数据如下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **能耗种类** | **能耗数据** |
| **输入能量** | 新鲜水（m3/t酸） | 1.2 |
| 电耗（kwh/t酸） | 33.5 |
| 蒸汽耗（t/t酸） | 0.65Mpa，175℃，0.05 t/t酸 |
| **输出能量** | 产汽量 | 中压 | 3.23MPa，430℃，1.219 t/t酸 |
| 低压 | 0.35MPa，150℃，0.465 t/t酸 |

### 第一步：计算蒸汽的折标煤系数

①计算消耗蒸汽的折标煤系数

0.65MPa时饱和蒸汽的热焓，介于下列数据之间：

|  |  |
| --- | --- |
| **压力（MPa）** | **焓（KJ/kg）** |
| X1=0.60 | M1=2756.4 |
| X=0.65 | M=？ |
| X2=0.70 | M2=2762.9 |

将这些数值代入（1-1）式，得到：

$$M=\left（\frac{0.70-0.65}{0.70-0.60}\right）2756.4-\left（\frac{0.60-0.65}{0.70-0.60}\right）2762.9=2759.65$$

即0.65MPa时饱和蒸汽的热焓为2759.65 kJ/kg。

$$折标煤系数=\frac{对应蒸汽的热焓}{标煤的热焓}=\frac{2759.65}{29270}=0.0943 kgce/kg$$

②计算产生蒸汽的折标煤系数

**中压蒸汽：**

3.23MPa、430℃时过热蒸汽的热焓，介于下列数据之间：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **X1=3** | **X=3.23** | **X2=5** |
| **Y1=420** | M1,1=3276.9 |  | M1,2=3245.4 |
| **Y=430** |  | M=？ |  |
| **Y2=440** | M2,1=3321.9 |  | M2,2=3293.2 |

将这些数值代入（1-2）式，得到：

$$M=\left[\left（\frac{5-3.23}{5-3}\right）3276.9-\left（\frac{3-3.23}{5-3}\right）3245.4\right]\left（\frac{440-430}{440-420}\right）-\left[\left（\frac{5-3.23}{5-3}\right）3321.9-\left（\frac{3-3.23}{5-3}\right）3293.2\right]\left（\frac{420-430}{440-420}\right）=3295.9$$

即3.23MPa、430℃对应的焓值为3295.9 kJ/kg。

$$折标煤系数=\frac{对应蒸汽的热焓}{标煤的热焓}=\frac{3295.9}{29270}=0.1126 kgce/kg$$

**低压蒸汽：**

查表2，得到0.35MPa时饱和蒸汽的热焓为2732.4 kJ/kg。

$$折标煤系数=\frac{对应蒸汽的热焓}{标煤的热焓}=\frac{2932.4}{29270}=0.09335 kgce/kg$$

### 第二步：计算单位产品综合能耗

将数据汇总至下表：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **能耗种类** | **能耗数据** | **折标煤系数** |
| **输入能量** | 新鲜水（m3/t酸） | 1.2 | 0.2571 kgce/ t |
| 电耗（kwh/t酸） | 33.5 | 0.1229 kgce/（kW·h） |
| 蒸汽耗（t/t酸） | 0.65Mpa，175℃，0.05 t/t酸 | 0.0943 kgce/kg |
| **输出能量** | 产汽量 | 中压 | 3.23MPa，430℃，1.219 t/t酸 | 0.1126 kgce/kg |
| 低压 | 0.35MPa，150℃，0.465 t/t酸 | 0.09335 kgce/kg |

**即：**

**硫酸单位产品综合能耗**

=水耗\*折标煤系数+电耗\*折标煤系数+蒸汽耗\*折标煤系数$-\frac{产生蒸汽量\*折标煤系数}{锅炉效率}$

$$=1.2×0.2571+33.5×0.1229+0.05×0.0943×1000-\left（\frac{1.219×0.1126}{0.8}×1000+\frac{0.465×0.09335}{0.8}×1000\right）=-216.6933$$

即该企业硫酸单位产品综合能耗为-216.6933 kgce/t酸。