



中华人民共和国国家标准

GB/T 37390—2019

热轧工序能效评估导则

Guides for energy efficiency assessment of hot rolling process

2019-03-25 发布

2020-02-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本标准起草单位：中冶南方工程技术有限公司、冶金工业信息标准研究院、江苏苏创管业科技有限公司、江苏沙钢集团有限公司、张家港长力机械有限公司、上海欧腾实业有限公司、甘肃酒钢集团宏兴钢铁股份有限公司、河北津西钢铁集团股份有限公司。

本标准主要起草人：项明武、叶理德、徐海伦、王姜维、柯衡珍、殷斐、卢勇、王建军、罗新华、张晓兵、仇金辉、崔海伟、张观华、王露、张新、胡兴隆、何往、赵一臣、赵晶晶。



热轧工序能效评估导则

1 范围

本标准规定了热轧工序能效评估的术语和定义、基本原则、评估步骤、边界及能耗统计范围、基准能耗、实际能耗、能效指数、能效分析及能效优化措施。

本标准适用于钢铁企业热轧工序的能效评估和节能潜力分析。

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 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 21368 钢铁企业能源计量器具配备和管理要求

GB/T 23331 能源管理体系 要求

GB/T 28924 钢铁企业能效指数计算导则

YB/T 4662 钢铁企业能效评估通则

3 术语和定义

GB/T 23331、GB/T 28924、YB/T 4662 界定的术语和定义适用于本文件。

4 基本原则

热轧工序的能效评估应遵循以下基本原则:

- a) 合法合规原则:评估对象应符合国家法律、法规,符合钢铁产业政策要求,符合相关节能减排强制性标准要求;
- b) 高效用能原则:促进能源的高效利用和合理配置,鼓励企业采用先进的节能技术或管理措施,改善低能效生产环节;
- c) 突出重点原则:应重点考察能源消耗多、节能潜力大的关键过程及设备,重点分析影响能效的主要因素;
- d) 科学合理原则:应在条件许可的范围内,剔除不可比因素的影响,保证评估指标的可比性和评价分析的合理性。

5 评估步骤

热轧工序能效评估包含但不限于以下步骤:

- a) 确定边界与能耗统计范围;

- b) 采集评估对象的现场数据,计算实际能耗;
- c) 根据现场的客观情况,计算修正的基准能耗;
- d) 计算热轧工序的能效指数,评定能效等级;
- e) 分析用能水平、能源计量器具配置以及节能潜力;
- f) 提出能效优化措施。

6 边界及能耗统计范围

6.1 工序边界划分

热轧工序边界以原料(铸坯)、能源及耗能工质的输入为起点,以终产品(轧材)及外供蒸汽的输出为终点。

热轧工序的边界划分参见附录 A。

6.2 能耗统计范围

热轧工序能耗统计范围如下:

- a) 热轧生产过程,包含原料准备、加热、轧制、冷却以及精整等;
- b) 包含机修、检验、化验、计量、运输、生产管理和调度系统、采暖或制冷、照明、仓储等辅助生产系统;
- c) 包含各种能源在热轧工序界面内的损失量。

上述能耗统计范围应扣除回收并外供的蒸汽;不包含与生产无关的用于生活目的的设施(如食堂、休息室等)所耗能源。

7 基准能耗

7.1 基准条件

7.1.1 基准条件是若干可计量的对基准能耗影响较大的因素,可分为客观因素和主观因素。

7.1.2 客观因素是指受工序边界外固有条件的的影响,工序内不可控制的因素,主要指原料条件、产品条件、地理环境、气候温度等。

7.1.3 主观因素是与企业自身管理水平、技术装备水平、操作水平等相关的因素,可以通过技术装备优化与管理水平提升等途径进行改善和提高。

7.1.4 基准条件选择应满足先进、成熟和经济的的原则,取值通常能代表行业先进水平。

7.2 基准能耗确定

基准能耗的确定包含但不限于以下要点:

- a) 基准能耗的确定首先需明确其边界及相关的基准条件;
- b) 基准能耗通常由一个量化的单位产品能耗指标和基准条件组成;
- c) 基准能耗可以根据理论计算、统计分析和现场检测所获得;
- d) 采用基准能耗比较分析时,应尽量排除客观因素的影响,提高评估的合理性。

热轧工序基准能耗见表 1。

表 1 热轧工序基准能耗

热轧分类	细分	基准能耗 kgce/t
热轧型钢	小型型钢	40
	中型型钢	45
	大型型钢	56
热轧棒材	小型棒材	40
	中型棒材	43
	大型棒材	54
热轧线材		47
热轧带钢(连铸连轧)		48(41)
热轧中厚板		57
热轧无缝钢管		88
注 1: 电力折标准煤系数取当量值 0.122 9 kgce/(kW·h)。 注 2: 考虑加热炉烟气余热回收。 注 3: 连铸连轧包括连铸部分能耗。 注 4: 热轧型钢和棒材分类参考 GB 50410。 注 5: 客观因素取值见表 2。		

7.3 修正的基准能耗

修正的基准能耗按式(1)计算:

$$e_0' = e_0 + \Delta e_0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

e_0' ——修正的基准能耗,单位为千克标准煤每吨(kgce/t);

e_0 ——基准能耗,单位为千克标准煤每吨(kgce/t);

Δe_0 ——修正量,单位为千克标准煤每吨(kgce/t)。

修正量按式(2)计算:

$$\Delta e_0 = \sum_{i=1}^m f_i(x_i' - x_i) \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

m ——客观因素的数量;

x_i' ——评估对象的客观因素值;

x_i ——基准能耗对应的客观因素取值;

$f_i(x_i' - x_i)$ ——第 i 个客观因素差值对应的基准能耗修正量。

热轧工序的客观因素取值及基准能耗修正见表 2。

表 2 客观因素取值及基准能耗修正

品种	客观因素	基准能耗对应的 客观因素取值 x_i	变化量 $x_i' - x_i$	基准能耗修正量 $f_i(x_i' - x_i)/e_0$
热轧型钢	热送温度	600 ℃	增加或减少 10 ℃	减少或增加 0.30%
	热送比例	70%	增加或减少 1%	减少或增加 0.26%
	断面形状	普通型钢	H 型钢	增加 10%
			钢板桩、Z 型钢	增加 30%
	钢种	非合金钢和低合金钢	合金元素含量为 5%~10%	增加 30%
合金元素含量>10%			增加 50%	
热轧棒材	热送温度	600 ℃	增加或减少 10 ℃	减少或增加 0.35%
	热送比例	80%	增加或减少 1%	减少或增加 0.26%
	原料坯断面	≤150 mm×150 mm	>150 mm×150 mm	增加 10%
	钢种	非合金钢和低合金钢	合金元素含量为 5%~10%	增加 30%
			合金元素含量>10%	增加 50%
热轧线材	热送温度	600 ℃	增加或减少 10 ℃	减少或增加 0.34%
	热送比例	80%	增加或减少 1%	减少或增加 0.26%
	原料坯断面	≤150 mm×150 mm	>150 mm×150 mm	增加 10%
	钢种	非合金钢和低合金钢	合金元素含量为 5%~10%	增加 30%
			合金元素含量>10%	增加 50%
热轧带钢	热送温度	500 ℃	增加或减少 10 ℃	减少或增加 0.24%
	热送比例	60%	增加或减少 1%	减少或增加 0.20%
	钢种	非合金钢和低合金钢	合金元素含量为 5%~10%	增加 30%
			合金元素含量>10%	增加 50%
	产品	宽带钢	中宽带或窄带	减少 10%
普通带钢		薄带	增加 20%	
热轧中厚板	热送温度	400 ℃	增加或减少 10 ℃	减少或增加 0.10%
	热送比例	30%	增加或减少 1%	减少或增加 0.13%
	原料	铸坯	钢锭	增加 50%
	钢种	非合金钢和低合金钢	合金元素含量为 5%~10%	增加 15%
			合金元素含量>10%	增加 30%

表 2 (续)

品种	客观因素	基准能耗对应的 客观因素取值 x_i	变化量 $x_i' - x_i$	基准能耗修正量 $f_i(x_i' - x_i)/e_0$
热轧无缝 钢管	钢种	合金钢	合金元素含量为 5%~10%	增加 30%
			合金元素含量>10%	增加 50%
	产品	光管	油井管	增加 30%
<p>注 1: 实际变化量不等于表 2 中变化量($x_i' - x_i$)时,可用内插法或外推法计算基准能耗修正量。</p> <p>注 2: 低合金钢指合金元素含量<5%的钢种。</p> <p>注 3: 薄带指厚度小于或等于 1.2 mm 的热轧带钢。</p> <p>注 4: 因轧制钢种和规格不同导致能耗差异较大时,企业可根据实际情况对基准能耗进行修正。</p>				

8 实际能耗

8.1 数据采集

现场数据采集包括但不限于以下内容,过程参数应取稳定生产条件下的数据,变化量应取统计报告期的平均值:

- 产量信息,包括生产规模、统计报告期合格产品量等;
- 原料条件,包括原料断面规格、钢种、成分等;
- 产品条件,包括产品类型、规格、尺寸等;
- 能源及耗能工质消耗情况,如循环水、电、压缩空气、氮气、天然气、煤气等消耗量;
- 能源回收情况,如蒸汽回收量、压力、温度等;
- 主要耗能单元和重要耗能设备参数,如加热炉、轧机、水处理等系统的主要参数;
- 环境温度。

8.2 能源及耗能工质折标准煤系数取值原则

8.2.1 用能单位实际消耗的燃料能源应以其低位发热量为基础折算成标准煤量,未实测的参考附录 B 中的表 B.1。

8.2.2 蒸汽应以其热焓值为基础折算成标准煤量,可参考表 B.2。

8.2.3 耗能工质折算标准煤参考表 B.3。

8.2.4 标准煤与热量的换算关系为 $1 \text{ kgce} = 29\,307.6 \text{ kJ}$ 。

8.2.5 电力折标准煤系数取当量值,即 $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 0.122\,9 \text{ kgce}$ 。

8.3 实际能耗

实际能耗按式(3)计算:

$$e_x = \frac{e_{\text{in}} - e_{\text{out}}}{p} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

e_x ——统计报告期热轧工序的实际能耗,单位为千克标准煤每吨(kgce/t);

e_{in} ——统计报告期热轧工序的直接耗能量,单位为千克标准煤(kgce);
 e_{out} ——统计报告期热轧工序回收并外供的能量,单位为千克标准煤(kgce);
 p ——统计报告期热轧工序的合格产品量,单位为吨(t)。

统计报告期热轧工序的直接耗能量按式(4)计算:

$$e_{in} = \sum_{j=1}^n c_j \cdot g_j \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

c_j ——统计报告期热轧工序使用第 j 种能源的量,单位为千克(kg)或立方米(m^3)或千瓦时(kW·h);
 g_j ——第 j 种能源的折标准煤系数,单位为千克标准煤每千克(kgce/kg)或千克标准煤每立方米(kgce/ m^3)或千克标准煤每千瓦时[kgce/(kW·h)];
 n ——统计报告期热轧工序直接消耗的能源品种数。

统计报告期热轧工序回收并外供的能量按式(5)计算:

$$e_{out} = \sum_{k=1}^r c_k \cdot g_k \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

c_k ——统计报告期热轧工序回收第 k 种能源的量,单位为千克(kg)或立方米(m^3)或千瓦时(kW·h);
 g_k ——第 k 种能源的折标准煤系数,单位为千克标准煤每千克(kgce/kg)或千克标准煤每立方米(kgce/ m^3)或千克标准煤每千瓦时[kgce/(kW·h)];
 r ——统计报告期热轧工序回收能源的品种数。

9 能效指数

9.1 计算公式

能效指数按式(6)计算:

$$EEI_x = \frac{e_x}{e_0} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

EEI_x ——能效指数。

9.2 能效等级

- 9.2.1 能效指数 $EEI_x \leq 1.0$,则统计报告期热轧工序能效等级为 1 级。
- 9.2.2 能效指数 $1.0 < EEI_x \leq 1.2$,则统计报告期热轧工序能效等级为 2 级。
- 9.2.3 能效指数 $EEI_x > 1.2$,则统计报告期热轧工序能效等级为 3 级。
- 9.2.4 能效指数越大,表明能效水平越低,节能潜力越大。

10 能效分析

10.1 规范性分析

规范性分析应包括但不限于以下内容:

- a) 是否符合国家相关法律、法规、政策以及强制性标准条款;
- b) 有无采用明令禁止或淘汰的落后工艺、设备;
- c) 国家及行业推荐的节能新工艺、新技术、新产品使用情况。

10.2 能源计量器具配备及监测分析

能源计量器具配备及监测分析应包括但不限于以下内容：

- a) 依据 GB 17167 和 GB/T 21368 的要求,分析热轧工序能源计量器具配备方案的科学性和合理性;
- b) 热轧工序能源利用状态可参照 GB/T 15316 进行监测。

10.3 能效水平分析

能效水平分析应包括但不限于以下内容：

- a) 热轧工序能效分析;
- b) 重要设备能效分析,可参考 GB 18613、GB 30254、GB 19761、GB 19762;
- c) 能源单耗分析;
- d) 能源管控分析,可参考 GB/T 30258;
- e) 电能利用的合理性分析,可参考 GB/T 3485;
- f) 热能利用的合理性分析,可参考 GB/T 3486;
- g) 节能潜力分析及能量系统优化,可参考 GB/T 30715。

11 能效优化措施

热轧工序可以采用但不限于以下能效优化措施：

- a) 提升能源管控和工艺操作水平;
- b) 提高热装温度和热装比例;
- c) 低温轧制技术;
- d) 蓄热式燃烧技术;
- e) 采用加热炉节能涂料;
- f) 加热炉汽化冷却技术;
- g) 变频调速、永磁调速、高效电机等节电技术。

附录 A
(资料性附录)
热轧工序边界划分

热轧工序边界划分示例见图 A.1。

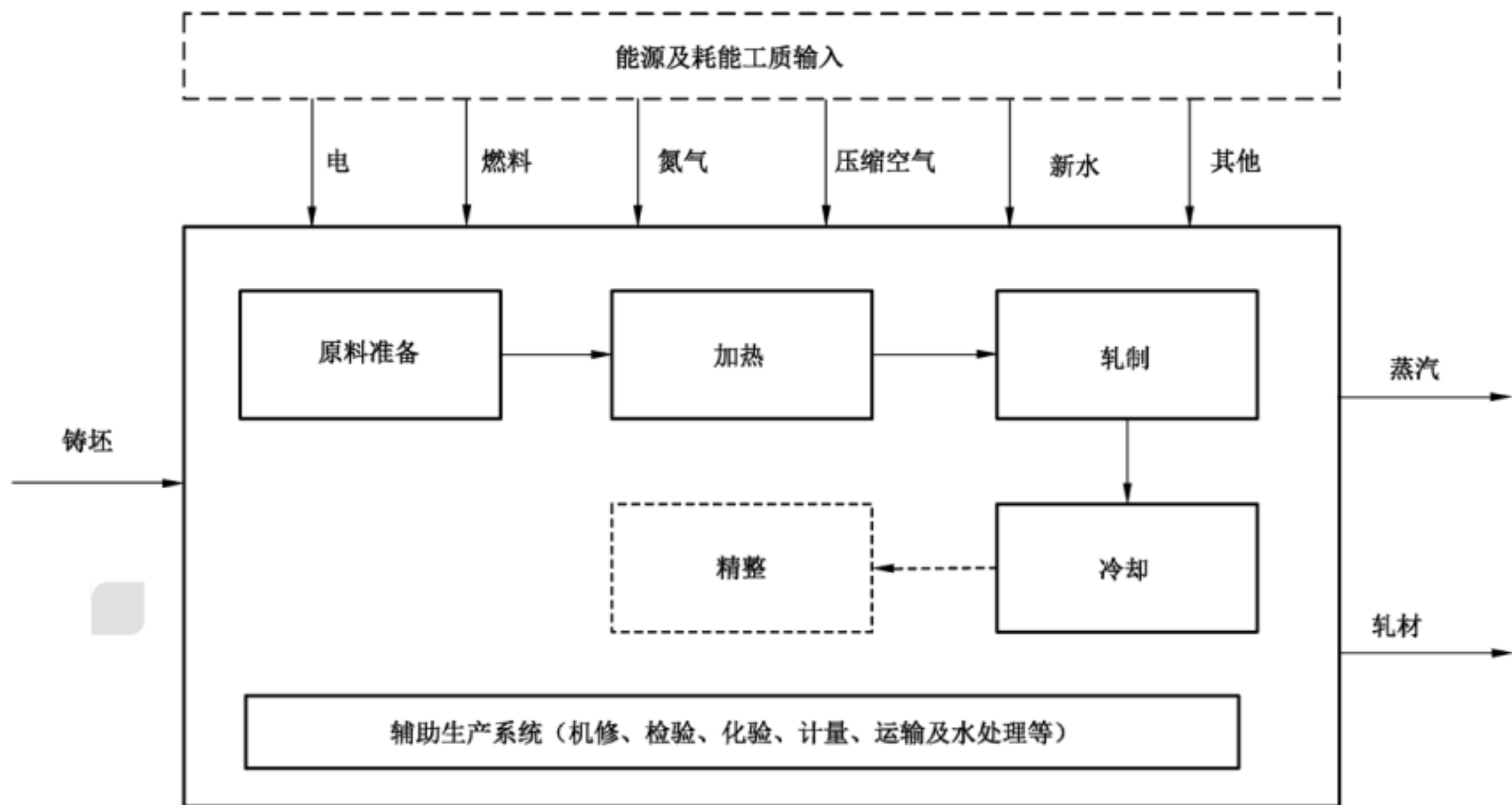


图 A.1 热轧工序边界划分示例

附录 B

(资料性附录)

各种能源及耗能工质的折标准煤系数推荐值

一次、二次能源(燃料)平均低位发热值及折标准煤系数推荐值见表 B.1。

表 B.1 一次、二次能源(燃料)平均低位发热值及折标准煤系数推荐值

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数 kgce/m ³
天然气	35 588 kJ/m ³	1.214 3
焦炉煤气	16 746 kJ/m ³	0.571 4
高炉煤气	3 139 kJ/m ³	0.107 1
转炉煤气	7 327 kJ/m ³	0.250 0
电力(当量)	3 602 kJ/(kW·h)	0.122 9

饱和蒸汽热焓及折标准煤系数推荐值见表 B.2。

表 B.2 饱和蒸汽热焓及折标准煤系数推荐值

压力 MPa	温度 ℃	热焓 kJ/kg	折标准煤系数 kgce/kg
0.1	99.606	2 674.9	0.091 4
0.2	120.21	2 706.2	0.092 5
0.3	133.52	2 724.9	0.093 1
0.4	143.61	2 738.1	0.093 5
0.5	151.82	2 748.1	0.093 9
0.6	158.83	2 756.1	0.094 2
0.7	164.95	2 762.8	0.094 4
0.8	170.41	2 768.3	0.094 6
0.9	175.35	2 773.0	0.094 7
1.0	179.88	2 777.1	0.094 9
1.1	184.06	2 780.6	0.095 0
1.2	187.96	2 783.7	0.095 1
1.3	191.60	2 786.5	0.095 2
1.4	195.04	2 788.8	0.095 3
1.5	198.29	2 791.0	0.095 4
1.6	201.37	2 792.8	0.095 4
1.7	204.31	2 794.5	0.095 5

表 B.2 (续)

压力 MPa	温度 ℃	热焓 kJ/kg	折标准煤系数 kgce/kg
1.8	207.11	2 795.9	0.095 5
1.9	209.8	2 797.2	0.095 6
2.0	212.38	2 798.3	0.095 6

耗能工质折标准煤系数推荐值见表 B.3。

表 B.3 耗能工质折标准煤系数推荐值

名称	单位耗能工质耗能量 kJ/m ³	电取当量值时折标准煤系数 kgce/m ³
新水	1 213	0.041 4
工业水	1 392	0.047 5
软水	5 539	0.189 0
压缩空气	445	0.015 2
氮气	495	0.016 9

参 考 文 献

- [1] GB/T 3485 评价企业合理用电技术导则
 - [2] GB/T 3486 评价企业合理用热技术导则
 - [3] GB/T 15316 节能监测技术通则
 - [4] GB 18613 中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级
 - [5] GB 19761 通风机能效限定值及能效等级
 - [6] GB 19762 清水离心泵能效限定值及节能评价值
 - [7] GB 30254 高压三相笼型异步电动机能效限定值及能效等级
 - [8] GB/T 30258 钢铁行业能源管理体系实施指南
 - [9] GB/T 30715 钢铁生产过程能量系统优化实施指南
 - [10] GB 50410 型钢轧钢工程设计规范
-