



中华人民共和国机械行业标准

JB/T 6053—2004

代替 JB/T 6053—1992

钢质锻件热锻工艺 燃料消耗定额计算方法

**Caculation of fuel consumption quota
For hot forging process for steel forgings**

2004-03-12 发布

2004-08-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、符号	1
3.1 术语和定义	1
3.2 符号	1
4 计算方法	2
4.1 自由锻	2
4.2 模锻	2
4.3 其他热锻工艺	2
4.4 锻造工艺单位锻件燃料消耗	3
5 式(1)、式(2)、式(3)计算过程中各参数的确定	3
5.1 G_z 及 G_m 值	3
5.2 n 值	3
5.3 μ 值	3
5.4 W_z 值	3
5.5 W_m 值	4
5.6 α 值	4
5.7 β 值	4
5.8 F 值	4
5.9 P 值	5
5.10 c 及 c_H 值	5
5.11 Z 值	5
5.12 G_H 值	6
5.13 t_H 值	6
6 钢质锻件热锻工艺燃料消耗定额计算步骤	6
附录 A (资料性附录) 钢质锻件热锻工艺燃料消耗定额计算实例	7
A.1 采用自由锻造工艺生产锻件	7
A.2 采用模锻工艺生产锻件	8

前 言

本标准是对 JB/T 6053—1992《钢质锻件热锻工艺燃料消耗定额计算方法》的修订。

在修订时,本标准编写格式符合 GB/T 1.1《标准化工作导则 第 1 部分:标准的结构和编写规则》的规定,与 JB/T 6053—1992 相比,主要变化如下:

——增加了前言部分,并对全文作了编辑性修改。

——3.2 符号中增加了一项:“ SQ_{DW}^Y ——燃料低位平均发热量 (kJ/m^3)”;;

——在表 8 中将“ kJ/实物单位 ”改为“ kJ/kg 或 kJ/m^3 ”;

——将“第 5 章式 (1)、式 (2)、式 (3) 中参数的计算及选择”改为“第 5 章式 (1)、式 (2)、式 (3) 计算过程中各参数的确定”。

本标准代替 JB/T 6053—1992。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国锻压标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位:北方设计研究院。

本标准主要起草人:底建永、谷立峰。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——JB/T 6053—1992。

钢质锻件热锻工艺 燃料消耗定额计算方法

1 范围

本标准规定了钢质锻件热锻工艺燃料消耗定额的计算方法。

本标准适用于火焰炉加热、采用热锻工艺生产钢质锻件的燃料消耗定额的计算。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 8541 锻压术语

3 术语和定义、符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1

钢质锻件 **steel forgings**

以钢材、钢锭为原材料经过锻造变形而得到的锻件或毛坯。

3.1.2

热锻工艺燃料消耗定额 **fuel consumption quota for a hot forging process**

按热锻工艺规定，完成锻件加热所需的燃料消耗定值。

3.1.3

计划统计期 **planned statistics period**

企业、车间用以计划、记录一段时间内生产情况的时间单位，其可以是星期、月、季度、年等。其他有关术语应符合 GB/T 8541 的规定。

3.2 符号

本标准计算公式中使用的符号：

B_z —— 计划统计期内采用自由锻造工艺生产锻件时所消耗的燃料热量，单位为 kJ；

B_m —— 计划统计期内采用模锻工艺生产锻件时所消耗的燃料热量，单位为 kJ；

b —— 生产单位锻件消耗的标准煤量，单位为 kg/t；

c —— 被加热金属在出炉温度下的平均比热容，单位为 $\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ；

c_{tH} —— 被加热金属在 t_H 温度下的平均比热容，单位为 $\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ；

F —— 加热炉平均负荷系数；

f —— 加热炉平均负荷率，%；

G_z —— 计划统计期内自由锻件产量，单位为 kg 或 t；

G_m —— 计划统计期内模锻件产量，单位为 kg 或 t；

g_{zi} —— 计划统计期内所生产的自由锻件单重，单位为 kg；

g_{mi} —— 计划统计期内所生产的模锻件单重，单位为 kg；

g_u —— 锻件生产过程中的火耗、飞边、连皮、芯料、钳口及钢锭底部、冒口等金属损失总和，单位为 kg；

- g_1 —— 金属加热时的火耗(烧损)量, 单位为 kg;
 g_2 —— 锻件生产过程中连皮重量, 单位为 kg;
 g_3 —— 锻件生产过程中飞边重量, 单位为 kg;
 g_4 —— 生产锻件时操作钳口重量, 单位为 kg;
 g_5 —— 切除钢锭冒口重量, 单位为 kg;
 g_6 —— 切除钢锭底部重量, 单位为 kg;
 G_H —— 计划统计期内热钢锭(坯)用量, 单位为 kg;
 G_{zp} —— 自由锻件平均单重, 单位为 kg;
 G_{mp} —— 模锻件平均单重, 单位为 kg;
 G_j —— 计划统计期内所生产的合金钢锻件产量, 单位为 kg;
 g_j —— 计划统计期内所生产的合金钢锻件单重, 单位为 kg;
 H_i —— 计划统计期内第 i 台加热设备开动台时, 单位为 h;
 K —— 计划统计期内锻件生产数量, 单位为件;
 K_i —— 计划统计期内单个锻件生产的加热火次数, 单位为次;
 n —— 计划统计期内全部锻件生产过程中所需加热的平均火次数, 单位为次;
 m —— 计划统计期内使用加热炉的数量, 单位为台;
 P —— 模锻件产量系数;
 Q_{DW}^Y —— 燃料低位发热量, 单位为 kJ/m³ 或 kJ/kg;
 SQ_{DW}^Y —— 燃料低位平均发热量, 单位为 kJ/m³ 或 kJ/kg;
 S_i —— 第 i 台加热设备平均生产率, 单位为 kg/h;
 t —— 被加热金属出炉时的平均温度, 单位为 °C;
 t_H —— 热钢锭(坯)装炉时的平均温度, 单位为 °C;
 W_z —— 自由锻件平均单重系数;
 W_m —— 模锻件平均单重系数;
 W'_z —— 自由锻件平均单重系数原值;
 W''_z —— 自由锻件平均单重系数增强值;
 Z —— 燃料按等价热值折算标准煤系数;
 α —— 燃料系数;
 β —— 加热炉热效率系数;
 μ —— 每次加热金属材料的烧损及锻造过程中平均损失率, %;
 γ —— 锻件产量中合金钢锻件的比例, %。

4 计算方法

4.1 自由锻

采用自由锻造工艺生产锻件时, 其燃料消耗定额(B_z)按式(1)计算:

$$B_z = G_z n (1 + \mu) c t \alpha \beta W_z F - G_H f c_H \quad \text{.....(1)}$$

4.2 模锻

采用模锻工艺生产锻件时, 其燃料消耗定额(B_m)按式(2)计算:

$$B_m = G_m n (1 + \mu) c t \alpha \beta W_m P \quad \text{.....(2)}$$

4.3 其他热锻工艺

采用其他锻造工艺生产锻件时, 首先根据生产工艺特点, 判断其属于自由锻、模锻或两者兼用, 然后参照式(1)、式(2)计算燃料消耗定额。

4.4 锻造工艺单位锻件燃料消耗

锻造工艺单位锻件燃料消耗按式(3)计算:

$$b = \frac{B_z(\text{或} B_m)}{G_z(\text{或} G_m)} \times \frac{Z}{Q_{DW}^Y} \dots\dots\dots(3)$$

5 式(1)、式(2)、式(3)计算过程中各参数的确定

5.1 G_z 及 G_m 值

按式(4)、式(5)计算:

$$G_z = \sum_{i=1}^K g_{zi} \dots\dots\dots(4)$$

$$G_m = \sum_{i=1}^K g_{mi} \dots\dots\dots(5)$$

5.2 n 值

按式(6)计算:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^K K_i}{K} \dots\dots\dots(6)$$

5.3 μ 值

按式(7)计算:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^K g_{fi}}{\sum_{i=1}^K g_{zi}(\text{或} g_{mi}) + \sum_{i=1}^K g_{fi}} \times \frac{1}{n} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

5.4 W_z 值

按式(8)计算:

$$W_z = W'_z W''_z \dots\dots\dots(8)$$

根据表 1 选取 W'_z 、 W''_z 。

表 1

自由锻件平均单重 G_{zp} t	≤ 0.15		$> 0.15 \sim 1$			$> 1 \sim 5$		
平均单重系数原值 W'_z	0.95~1.15		0.85~1.05			1.05~1.2		
锻件产量中合金钢锻件的 比例 γ (%)	≤ 60	> 60	≤ 30	$> 30 \sim 60$	> 60	≤ 30	$> 30 \sim 60$	> 60
平均单重系数增强值 W''_z	1	1.1	1	1.1	1.15	1	1.15	1.2
自由锻件平均单重 G_{zp} t	$> 5 \sim 10$					> 10		
平均单重系数原值 W'_z	1.1~1.3					1.25~1.45		
锻件产量中合金钢锻件的 比例 γ (%)	≤ 30	$> 30 \sim 60$		> 60		≤ 30	$> 30 \sim 60$	> 60
平均单重系数增强值 W''_z	1	1.2		1.25		1	1.25	1.3

表中 G_{zp} 、 γ 按式(9)、式(10)计算

$$G_{zp} = \frac{G_z}{K} \text{ (t)} \dots\dots\dots(9)$$

$$\gamma = \frac{G_j}{G_z} \times 100\% = \frac{\sum g_z}{G_z} \times 100\% \dots\dots\dots(10)$$

5.5 W_m 值

按式(11)计算 G_{mp} 后, 根据表 2 选取。

$$G_{mp} = \frac{G_m}{K} \text{ (kg)} \dots\dots\dots(11)$$

表 2

模锻件平均单重 G_{mp} kg	≤ 1	$> 1 \sim 2.5$	$> 2.5 \sim 6.3$	$> 6.3 \sim 15$	> 15
模锻件平均单重系数 W_m	1.05~1.15	0.9~1.05	0.85~0.95	0.8~0.9	0.75~0.85

5.6 α 值

根据生产中使用燃料种类按表 3 选取。

表 3

燃料种类	原 煤			发生炉煤气		重 油	天然气
燃料低(位)发热量 Q_{Dw}^Y kJ/kg 或 kJ/m ³	$\leq 20\,930$	20 930~26 163	$> 26\,163$	$\leq 5\,861$	$> 5\,861$	41 868	35 581
燃料系数 α	1.25	1.2	1.15	1.1	1.0	0.90	0.85

5.7 β 值

根据生产中使用加热炉的型式按表 4 选取。

表 4

炉 型	室式炉	台车式炉	环型炉	开隙式炉	半连续式炉
加热炉热效率 (%)	8~12	11~17	22~28	13~18	14~20
加热炉热效率系数 β	8~12	6~9	3.5~4.5	5.5~7.5	5~7

5.8 F 值

按式(12)计算 f , 根据表 5 选取 F 值。

$$f = \frac{G_z n(1+\mu)}{\sum_{i=1}^m S_i H_i} \times 100\% \dots\dots\dots(12)$$

表 5

加热炉平均负荷率 f %	≤ 50	$> 50 \sim 65$	> 65
加热炉平均负荷系数 F	1.05~1.15	0.95~1.05	0.8~0.95

5.9 P 值

先将 G_m 折算为年产量, 按表 6 选取。

表 6

模锻件产量 t	≤ 1000	$> 1000 \sim 5000$	$> 5000 \sim 10000$	$> 10000 \sim 20000$	> 20000
模锻件产量系数 P	1.1 ~ 1.2	1.0 ~ 1.1	0.9 ~ 1.0	0.8 ~ 0.9	0.7 ~ 0.8

5.10 c 及 c_H 值

可根据 t 、 t_H 及钢材的含碳量按表 7 的算术平均值选取。

表 7

		kJ/ (kg · °C)							
序 号	温 度 ℃	碳素钢含碳量 (%)							
		0.09	0.224	0.300	0.540	0.610	0.795	0.950	1.410
		碳素钢比热容 c 及 c _H							
1	100	0.465	0.465	0.469	0.473	0.477	0.481	0.494	0.486
2	400	0.515	0.515	0.515	0.523	0.523	0.527	0.535	0.527
3	500	0.532	0.565	0.535	0.535	0.540	0.544	0.553	0.544
4	600	0.565	0.599	0.565	0.573	0.573	0.573	0.578	0.582
5	700	0.599	0.678	0.603	0.603	0.607	0.607	0.615	0.607
6	800	0.666	0.703	0.691	0.691	0.687	0.678	0.687	0.682
7	900	0.707	0.703	0.699	0.691	0.687	0.678	0.670	0.674
8	1 000	0.707	0.703	0.699	0.691	0.687	0.678	0.653	0.674
9	1 100	0.707	0.703	0.699	0.691	0.691	0.680	0.661	0.678
10	1 200	0.707	0.707	0.703	0.695	0.691	0.687	0.661	0.678
11	1 250	0.707	0.707	0.699	0.695	0.695	0.687	0.661	0.678

5.11 Z 值

依生产使用燃料及燃料低发热量按表 8 选取。

表 8

序 号	燃料名称	实物单位	低位平均 发热量 SQ_{DW}^Y kJ/kg 或 kJ/m ³	等价热值 kJ/kg 或 kJ/m ³	折算标准煤系数 Z
1	原煤	kg	20 930	20 930	0.714
2	洗中煤	kg	8 372	8 372	0.285
3	干洗精煤	kg	26 372	26 372	0.9
4	无烟煤	kg	26 163	26 163	0.89
5	重油	kg	41 868	46 046	1.571
6	天然气	m ³	—	35 581	1.214
7	天然气	m ³	—	39 767	1.36
8	发生炉煤气	m ³	5 233	8 494	0.29
9	发生炉煤气	m ³	5 651	8 694	0.297
10	发生炉煤气	m ³	6 070	9 034	0.31
11	城市煤气	m ³	16 744	32 232	1.10
12	焦炭	kg	28 465	33 488	1.143

5.12 G_H 值

按车间(或机组)锻件生产明细表或生产台帐统计而得。

5.13 t_H 值

按热钢锭(坯)入炉的平均温度计。

6 钢质锻件热锻工艺燃料消耗定额计算步骤

6.1 根据计划统计期内拟生产锻件的工艺文件提供的数值及式(4)~式(11), 计算 G_z 、 G_m 、 n 、 μ 、 W_z 、 G_p 、 γ 、 G_{mp} 等数值。

6.2 根据锻造加热工艺文件、加热设备的技术参数及锻件生产计划的预安排, 确定 t 、 t_H 数值, 按式(12)计算 f 。

6.3 按车间(或机组)实际使用的燃料种类及其低位发热量、加热炉炉型、6.1 中计算的数值, 查表 1 确定 W'_z 、 W''_z , 按式(8)计算 W_z 。按需查表 2~表 7 确定 W_m 、 α 、 β 、 F 、 P 、 c 及 c_H 等参数。

6.4 将确定的参数值分别代入式(1)或式(2)中, 计算出生产 G_z (或 G_m) 吨合格锻件所需要的燃料消耗量 B_z 、 B_m , 即计算统计期内所生产的钢质锻件热锻工艺燃料消耗定额。

6.5 查表 8 确定 Z , 按式(3)将 b 、 B_z 折算成单位锻件燃料消耗。

附录 A (资料性附录)

钢质锻件热锻工艺燃料消耗定额计算实例

A.1 采用自由锻造工艺生产锻件

某厂锻压车间在计划统计期(年)内以钢锭为原材料生产自由锻件 12 277.28t, 其中合金锻钢件 5 603.18t。加热炉均为台车式加热炉, 其平均热效率为 11%, 使用燃料为发生炉煤气, 经实测 $Q_{DW}^Y = 5651 \text{ kJ/m}^3$ 。根据锻造工艺卡等有关工艺文件资料统计分析得知: 锻件平均加热火次为 1.85 次, 每次加热、锻造金属材料的平均损失率为 24%, 锻件平均重量在 1t~5t 之间。热钢锭装炉量为 7000t, 装炉平均温度为 600℃。加热炉生产能力为 35 000t/a。

试计算: a) 锻造工艺燃料热量 (B_z);

b) 单位锻件消耗的标准煤量 (b)。

已知: $G_z = 12\,277.28 \text{ t} = 12\,277.28 \times 10^3 \text{ kg}$

$n = 1.85$ 次

$\mu = 24\%$

$t = 1250^\circ\text{C}$ 查表 7, 取 c 在 $0^\circ\text{C} \sim 1250^\circ\text{C}$ 之间的平均值, $c = 0.603 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

$Q_{DW}^Y = 5651 \text{ kJ/m}^3$ (发生炉煤气) 查表 3, 取 $\alpha = 1$

台车式加热炉热效率为 11%, 查表 4, 取 $\beta = 9$

因为 G_{ap} 在 1t~5t 之间

$G_j = 5\,603.18 \text{ t}$

$$\gamma = \frac{G_j}{G_z} \times 100\% = \frac{5\,603.18}{12\,277.28} \times 100\% = 45.6\%$$

查表 1, 取 $W'_z = 1.1$, $W''_z = 1.15$

所以 $W_z = W'_z W''_z = 1.1 \times 1.15 = 1.265$

又因为

$$\sum_{i=1}^m S_i H_i = 35\,000 \text{ t}$$

$$f = \frac{G_z n (1 + \mu)}{\sum_{i=1}^m S_i H_i} \times 100\% = \frac{12\,277.28 \times 1.85 \times (1 + 0.24)}{35\,000} \times 100\% = 80.5\%$$

所以 查表 5, 取 $F = 0.9$

$G_H = 7000 \text{ t}$

$t_H = 600^\circ\text{C}$ 查表 7, 取 c_H 在 $0^\circ\text{C} \sim 600^\circ\text{C}$ 之间的平均值, $c_H = 0.526 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

根据式 (1):

$$\begin{aligned} B_z &= G_z n (1 + \mu) \alpha \beta W_z F - G_H t_H c_H \\ &= 12\,277.28 \times 10^3 \times 1.85 \times (1 + 0.24) \times 0.603 \times 1250 \times 1 \\ &\quad \times 1.265 \times 9 \times 0.9 - 7000 \times 10^3 \times 600 \times 0.526 \\ &= 2.153\,1042 \times 10^{11} \text{ (kJ)} \end{aligned}$$

根据式 (3):

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{B_z Z}{G_z Q_{DW}^Y} \\
 &= \frac{2.1531042 \times 10^{11} \times 0.297}{12277.28 \times 5651} \\
 &= 921.7 (\text{kg/t})
 \end{aligned}$$

所以: a) 生产 12277.28t 自由锻锻造工艺燃料消耗定额为 $2.1531042 \times 10^{11} \text{kJ}$ (3807 万 m^3 煤气);
 b) 单位锻件燃料消耗为 921.7kg/t (3 103.4 m^3 煤气/t 锻件)。

A.2 采用模锻工艺生产锻件

某模锻件生产专业厂计划在统计期内(年)模锻件产量为 4019t, 加热设备是推杆式加热炉, 使用燃料为发生炉煤气, 经实测 $Q_{DW}^Y = 5651 \text{kJ/m}^3$ 。锻件平均加热火次为 1 次, 根据锻造工艺文件及统计资料得知金属材料平均损失率为 23%, 锻件平均重量 3.6kg。

试计算: a) 锻造工艺燃料消耗定额 (B_m);

b) 单位锻件燃料消耗 (b)。

已知: $G_m = 4091 \text{t} = 4091 \times 10^3 \text{kg}$

$n = 1$ 次

$\mu = 23\%$

按工艺文件 $t = 1250^\circ\text{C}$ 查表 7, 取 c 在 $200^\circ\text{C} \sim 1250^\circ\text{C}$ 之间的平均值 $c = 0.603 \text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

$Q_{DW}^Y = 5651 \text{kJ/m}^3$ (发生炉煤气) 查表 3, 取 $\alpha = 1$

推杆式加热炉按半连续炉选 β , 查表 4, 取 $\beta = 7$

$G_{mp} = 3.6 \text{kg}$ 查表 2, 取 $W_m = 0.9$

$G_m = 4019 \text{t}$ 查表 6, 取 $P = 1.05$

$Q_{DW}^Y = 5651 \text{kJ/m}^3$ (发生炉煤气) 查表 8, 取 $Z = 0.297$

根据式 (2):

$$\begin{aligned}
 B_m &= G_m n (1 + \mu) c \alpha \beta W_m P \\
 &= 4019 \times 10^3 \times 1 \times (1 + 0.23) \times 0.603 \times 1250 \times 1 \times 7 \times 0.9 \times 1.05 \\
 &= 2.464792 \times 10^{10} (\text{kJ})
 \end{aligned}$$

根据式 (3):

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{B_m Z}{G_m Q_{DW}^Y} \\
 &= \frac{2.464792 \times 10^{10} \times 0.297}{4019 \times 5651} \\
 &= 322.3 (\text{kg/t})
 \end{aligned}$$

所以: a) 生产 4019t 模锻件锻造工艺燃料消耗定额为 $2.464792 \times 10^{10} \text{kJ}$ (436.17 万 m^3 煤气);
 b) 单位锻件燃料消耗为 322.3kg/t (1085.3 m^3 煤气/t 锻件)。