



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

机械加工制造过程工件能耗限额制定方法

Establishment method for product energy consumption allowance of mechanical
manufacturing process

(征求意见稿)

2021-05-19

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 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。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件于XXXX年XX月XX日首次发布。

机械加工制造过程工件能耗限额制定方法

1 范围

本文件规定了机械加工工件能耗限额的总则、制定方法以及应用。
本文件适用于机械加工企业能耗限额的制定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 4863-2008 机械制造工艺基本术语

GB/T XXXX 机械加工过程 能效基础数据检测方法

3 术语和定义

GB/T 4863-2008界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工件 workpiece

加工过程中的生产对象。

[GB/T 4863-2008，定义3.2.9]

3.2

能耗限额 energy consumption allowance

能源消耗限定的数额。

3.3

批量工件总电耗 total power consumption of batch workpieces

在报告期内，机械加工一批工件的生产全过程中实际消耗的总电能。

3.4

单位工件能源消耗限额 allowance energy consumption per unit workpiece

机械加工过程的批量工件总电耗与同期内生产该合格工件总量的比值。

4 能耗限额总则

4.1 机械加工工件能耗限额应在保证工件质量、安全生产、满足环保要求的基础上，本着科学合理、鼓

励先进、鞭策后进的原则制定，以达到推动能源科学管理，促进节能技术进步，提高能源利用水平的目的。

4.2 机械加工工件能耗限额的能耗统计边界为工件机械加工过程消耗的电能，包括机床待机时段、空运转时段和切削时段的电能消耗，不包括物流系统（叉车、行车等）、辅助系统（压缩机、照明系统等）的能量消耗。

4.3 机械加工工件能耗限额指标为批量工件总电耗和工件单位批量综合电耗。

4.4 计算单位工件综合电耗，只计算该工件在本企业机械加工过程的实际消耗的电能：

- a) 工件加工全过程中实际消耗的电能。
- b) 不合格工件所消耗的电能应计入工件总电耗中。

4.5 工件机械加工过程所涉及的生产数据：

- a) 该工艺方案下工件的报废数量，以及该工艺方案下的产品合格数量。
- b) 工件加工过程工序数量。

4.6 机械加工工件能耗限额制定方法包括能耗限额统计法和能耗限额计算法。

工件加工过程所涉及的上述各电耗数据参考标准《GB/T XXXX 机械加工过程 能效基础数据检测方法》。

5 能耗限额制定方法

5.1 能耗限额统计法

按照近三年（不足三年的自开始生产之日算起）的工件单位批量综合电耗确定能耗限额，并可根据企业能源水平利用宽放系数来调整能耗限额值。

$$e = \frac{E_z}{Q} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

e ——工件单位批量综合电耗，单位为千瓦时（kW·h）；

E_z ——批量工件总电耗，单位为千瓦时（kW·h）；

Q ——合格工件总数量，单位为工件件数（件）；

单位工件能源消耗限额具体计算见公式（2）。

$$E^b = \kappa \cdot e \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

E^b ——单位工件能源消耗限额，单位为千瓦时每件（kW·h/件）；

κ ——宽放系数。

机械加工工件能耗限额宽放系数参见附录 A。

5.2 能耗限额计算法

测试计算一段时间内工件单位批量综合电耗，并根据企业能源水平利用宽放系数来确定单位工件能源消耗限额。在机械加工过程中，一批同种工件可由一种工艺方案加工完成，也可由多种工艺方案加工完成。批量工件能耗限额制定是指企业在报告期内所有工艺方案下生产一批同种工件的总用电量与所加工的工件合格总数量的比值。

工件单位批量综合电耗具体计算见公式（3）。

$$e = \frac{E_Z}{Q} = \frac{E_Z}{\sum_{i=1}^N Q_{hi}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

e ——工件单位批量综合电耗，单位为千瓦时每件（kW·h/件）；

E_Z ——批量工件总电耗，单位为千瓦时每件（kW·h/件）；

Q ——工件合格总数量，单位为工件件数（件）；

Q_{hi} ——第 i 种加工工艺方案下的工件合格数量，单位为工件件数（件）。

其中，批量工件总能耗就是企业在报告期内所有工艺方案下生产一批工件的总用电量，具体计算见公式（4）。

$$E_Z = \sum_{i=1}^N E_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

N ——工件的加工工艺方案总数量，单位为工艺方案种数（种）；

E_i ——第 i 种加工工艺方案下加工电耗，单位为千瓦时（kW·h）。

其中，第 i 种加工方案的电耗包括工件整个加工过程各时段所消耗的电能，具体计算见公式（5）。

$$E_i = E_{st}^i + E_u^i + E_c^i \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

E_{st}^i ——第 i 种加工工艺方案下该批工件待机时段电耗；

E_u^i ——第 i 种加工工艺方案下该批工件空运转时段电耗；

E_c^i ——第 i 种加工工艺方案下该批工件切削时段电耗。

其中，每种加工工艺方案下的工件合格数量具体计算见公式（6）。

$$Q_{hi} = Q_i - W_i \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

Q_i ——第 i 种加工工艺方案下工件的加工数量，单位为工件件数（件）；

W_i ——第 i 种加工工艺方案下工件的废品数量，单位为工件件数（件）；

单位工件能源消耗限额具体计算见公式（7）。

$$E^b = \kappa \cdot e \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

E^b ——单位工件能源消耗限额，单位为千瓦时每件（kW·h/件）；

κ ——宽放系数。

机械加工工件能耗限额宽放系数参见附录 A。

6 机械加工工件能耗限额的应用

6.1 企业计算各加工方案的工件单位批量综合电耗，按照工件单位批量综合电耗从小到大的顺序依次确定各加工方案工件单位批量综合电耗等级。各工艺方案以等级最低加工方案为目标，改进和完善各加工方案，实现节能技术进步和能效水平提升。

企业各工艺方案工件单位批量综合电耗由公式（8）计算，其等级见表 1。

表 1 企业各工艺方案工件单位产量综合电耗等级

工艺方案 编号	工件单位批量综合电耗	工件单位批量综合电耗等级			
		1	2	<i>i</i>	<i>N</i>
工艺方案 1					
工艺方案 2					
工艺方案 <i>i</i>					
工艺方案 <i>N</i>					
注： 1 级电耗最低					

6.2 通过统计各企业单位工件能源消耗限额，按照单位工件能源消耗限额从小到大的顺序依次确定各企业的限额等级，促使淘汰耗电量大的加工设备并采用先进技术，使企业单位工件能源消耗达到先进水平的指标。

各企业机械加工过程工件能耗限额等级见表 2。

表 2 各企业机械加工过程工件能耗限额等级

企业编号	工件单位批量能耗限额 E^b	工件能耗限额等级			
		1	2	<i>i</i>	<i>M</i>
企业 A					
企业 B					
企业 <i>i</i>					
企业 M					
注： <i>M</i> 为企业总数目，1 级能耗最低。					

附录 A
(资料性附录)
机械加工工件能耗限额放宽系数

放宽系数 κ 与机械加工车间或加工技术及装备水平、能耗管理水平以及节能技术等相关，通常 $\kappa \leq 1$ 。 κ 越小，能耗限额越小，对机械加工技术及装备水平、能耗管理水平以及节能技术越高。放宽系数选取原则如下：

在一种或多种工艺方案下的工件单位批量综合电耗按式(8)计算。各工艺方案下工件单位批量综合电耗的最小值按式(9)计算：

$$e_p^i = \frac{E_Z^i}{Q_i} \dots\dots\dots (8)$$

$$e_p^{\min} = \min(e_p^1, e_p^2, \dots, e_p^N) \dots\dots\dots (9)$$

式中：

e_p^{\min} ——各工艺方案下的工件单位批量综合电耗的最小值，单位为千瓦时每件(kW·h/件)；

e_p^i ——第*i*种加工工艺方案下工件单位批量综合电耗，单位为千瓦时每件(kW·h/件)；

E_Z^i ——第*i*种加工工艺方案下工件总电耗，单位为千瓦时(kW·h)；

Q_i ——第*i*种加工工艺方案下合格工件总数量，单位为工件件数(件)；

N ——工件的加工工艺方案数量，单位为工艺方案种数(件)。

其中，放宽系数按式(10)计算：

$$\kappa = \frac{e_p^{\min}}{e} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

κ ——放宽系数；

e ——工件单位批量综合电耗，单位为千瓦时(kW·h)。

附录 B
(资料性附录)

机械加工工件能耗限额计算法应用示例

B.1 工件基础数据获取

以某机械加工车间的数控剃齿机产品中的主轴箱底座零件为对象,对其开展能耗限额制定。主轴箱底座零件的尺寸、材料、型号等信息,见表 B.1。可行工艺路线方案见表 B.2-B.4。

表 B.1 主轴箱底座加工特征和加工工序信息

零件名称	主轴箱底座			零件型号	FHSGPC15 28-31207	
材料牌号	Q235A			加工批量	90	
毛坯	种类	铸件	所属产品	产品名称	数控剃齿机	
	尺寸	长方体 320 ×120×110		产品型号	TCJII	

表 B.2 主轴箱底座零件的工艺方案 1

工艺方案编号	加工工序编号	工步内容	可选刀具	可选机床
1	工序 1	铣 320×120×110 底平面	M003、M004	立加 VGC1500、镗 TH5656、镗铣 TX6511B
		铣 175×120×110 上平面	M003、M004	
		铣 155×120×18 台阶面	M003、M004	
		铣 75×120×10 台阶面	M003、M004	
	工序 2	铣 120×50×40 斜面	M003、M004	VGC1500、 TH5656、 TX6511B
	工序 3	铣 50×120×75 台阶面	M003、M004	VGC1500、 TH5656、 TX6511B
		铣 75×50×13 凹槽	M003、M004	
		铣 2 个 45×20×12 凹槽	M003、M004	
	工序 4	钻 2 个 Φ12 通孔	D002 麻花钻	Z XK50、 VGC1500、 TH5656
		钻 Φ75 通孔	D004 麻花钻	
		钻 4 个 Φ10 通孔	D001 麻花钻	
		钻 2 个 Φ20 通孔	D003 麻花钻	
	工序 5	铰 Φ75 通孔	C001	TX6511B
		镗 Φ75 通孔	B001	

表 B.3 主轴箱底座零件的工艺方案 2

工艺方案编号	加工工序编号	工步内容	可选刀具	可选机床
2	工序 1	铣 320×120×110 底平面	M003、M004	VGC1500、 TH5656、
		铣 175×120×110 上平面	M003、M004	

		铣 155×120×18 台阶面	M003、M004	TX6511B
		铣 75×120×10 台阶面	M003、M004	
		铣 50×120×75 台阶面	M003、M004	
	工序 2	铣 120×50×40 斜面	M003、M004	VGC1500、 TH5656、 TX6511B
		球头铣 120×50×40 斜面	M005 球头铣刀	
	工序 3	钻 2 个Φ12 通孔	D002 麻花钻	ZXK50、 VGC1500、 TH5656
		钻Φ75 通孔	D004 麻花钻	
		钻 2 个Φ20 通孔	D003 麻花钻	
		钻 4 个Φ10 通孔	D001 麻花钻	
	工序 4	铣 75×50×13 凹槽	M003 端铣刀	VGC1500、 TH5656、 TX6511B
		铣 2 个 45×20×12 凹槽	M003、M004	
	工序 5	铰Φ75 通孔	C001	TX6511B
		镗Φ75 通孔	B001	

表 B.4 主轴箱底座零件的工艺方案 3

工艺方案编号	加工工序编号	工步内容	可选刀具	可选机床
3	工序 1	铣 320×120×110 底平面	M003、M004	VGC1500、 TH5656、 TX6511B
		铣 175×120×110 上平面	M003、M004	
		铣 155×120×18 台阶面	M003、M004	
		铣 75×120×10 台阶面	M003、M004	
		铣 50×120×75 台阶面	M003、M004	
	工序 2	钻 2 个Φ12 通孔	D002 麻花钻	ZXK50、 VGC1500、 TH5656
		钻Φ75 通孔	D004 麻花钻	
		钻 2 个Φ20 通孔	D003 麻花钻	
		钻 4 个Φ10 通孔	D001 麻花钻	
	工序 3	铣 75×50×13 凹槽	M003、M004	VGC1500、 TH5656、 TX6511B
		铣 2 个 45×20×12 凹槽	M003、M004	
	工序 4	铰Φ75 通孔	C001	TX6511B
		镗Φ75 通孔	B001	
	工序 5	铣 120×50×40 斜面	M003、M004	VGC1500、 TH5656、 TX6511B
球头铣 120×50×40 斜面		M005 球头铣刀		

B.2 机械加工工件能耗限额

B.2.1 工件单位批量综合电耗

以主轴箱底座零件试件开展加工，每种工艺方案加工批量为 30，测量得到各工艺方案的加工能耗值，如表 B.5 所示。

表 B.5 工件加工电耗值

工艺方案	工序	机床	刀具	能耗 (kW·h)
1	工序 1	VGC1500	M003	1.22
	工序 2	VGC1500	M003	
	工序 3	TX6511B	M004	
	工序 4	ZXK50	D001/D002 /D003/D004	
	工序 5	TX6511B	B001/C001	
2	工序 1	TH5656	M003	1.14
	工序 2	TX6511B	M003/M005	
	工序 3	ZXK50	D001/D002 /D003/D004	
	工序 4	TX6511B	M003	
	工序 5	TX6511B	B001/C001	
3	工序 1	TH5656	M004	1.32
	工序 2	VGC1500	D001/D002 /D003/D004	
	工序 3	TX6511B	B001/C001	
	工序 4	TX6511B	M003	
	工序 5	VGC1500	M005	

将表 B.5 中的各工艺方案的加工电耗带入公式 (4)，得批量工件总电耗 E_Z ：

$$E_Z = \sum_{i=1}^{N=3} E_i = 3.68 \text{ kWh}$$

主轴箱底座零件各工艺方案的合格零件数量见表 B.6。

表 B.6 各工艺方案的合格零件数量

工艺路线方案编号	工件加工数量 (件)	工件废品数量 (件)
工艺方案 1	30	2
工艺方案 2	30	4
工艺方案 3	30	2
工件合格总数量 Q	82	

将批量工件总电耗 E_Z 和工件合格总数量带入公式 (3)，得工件单位批量综合电耗 e ：

$$e = \frac{E_Z}{Q} = \frac{3.68}{28+26+28} = 0.0448 \text{ kW·h/件}$$

B.2.2 宽放系数

将 B.2.1 中的各工艺方案的批量工件总电耗和工件合格数量带入公式 (8)，得各工艺方案下工件单位批量综合电耗，见表 B.6。

表 B.6 各工艺方案下工件单位批量综合电耗

工艺路线方案编号	工艺方案下工件总电耗 (kW·h)	工件合格数量 (件)	工艺方案下工件单位批量综合电耗 (kW·h/件)
工艺方案 1	1.22	28	0.0436
工艺方案 2	1.14	26	0.0438

工艺方案 3	1.32	28	0.0471
各工艺方案的工件单位批量综合电耗的最小值 e_p^{\min}	0.0436		

将各工艺方案的工件单位批量综合电耗的最小值 e_p^{\min} 和工件单位批量综合电耗 e 带入公式 (10), 得宽放系数:

$$\kappa = \frac{e_p^{\min}}{e} = \frac{0.0436}{0.0448} = 0.97$$

B.2.3 机械加工工件能耗限额

将各工艺方案的工件单位批量综合电耗和宽放系数带入公式 (7), 得机械加工工件能耗限额:

$$E^b = \kappa \cdot e = 0.97 \times 0.0448 = 0.0435 \text{ kW} \cdot \text{h/件}$$

B.3 工件单位批量综合电耗等级

将 B.2.2.1 中的各工艺方案下工件单位批量综合电耗按从小到大的顺序依次确定各企业的限额等级, 见表 B.7。

表 B.7 各工艺方案工件单位批量综合电耗等级

工艺方案编号	工件单位批量综合电耗	工件单位批量综合电耗等级		
		1	2	3
工艺方案 1	1.22		√	
工艺方案 2	1.14	√		
工艺方案 3	1.32			√

B.4 能耗限额值的调整

最后, 综合考虑该工件在机械加工车间正常加工条件下的加工电耗, 对其电耗值进行选择并确定能耗限额值, 进而得到最优能耗限额。