

热处理电炉可比单位产品电耗 监测技术要求

Technical requirements for monitoring and testing of electricity consumption
per comparable unit production for Heat treatment electric furnace

2015 - 05 - 07 发布

2015 - 06 - 07 实施

浙江省质量技术监督局 发 布

前 言

本标准依据GB/T 1.1-2009给出的规则进行起草。

本标准由浙江省经济和信息化委员会提出。

本标准由浙江省能源标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：浙江省节能协会、杭州市能源监察中心、浙江省机电设计研究院、浙江省热处理行业学会。

本标准主要起草人：段小平、郎 莺、刘小莉、徐 恺、潘东杰、凌国平。

热处理电炉可比单位产品电耗 监测技术要求

1 范围

本标准规定了热处理电炉节能监测的监测内容、方法和评价指标。
本标准适用于各类热处理电炉的节能监测。

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，仅所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 10066.1 电热设备的试验方法 第1部分：通用部分

GB/T 10066.4-2004 电热设备的试验方法 第4部分：间接电阻炉

GB/T 10201 热处理合理用电导则

GB/T 13324 热处理设备术语

GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波

DB33/ 656 用能单位能源计量管理要求

3 术语和定义

GB/T 10201和GB/T 13324中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

可比单位产品电耗 comparable electricity consumption of unit product

根据热处理产品和工艺的不同，按相关规定将生产的合格产品折算成可比标准产品，计算得出实际生产耗电量与产品可比质量的比值。其单位为千瓦时每吨（kW·h/t）。

3.2

热稳定状态 thermal steady state

炉子的炉温和加热功率不变或在某一恒定的平均值附近略有波动的一种状态，其中炉温指炉子常规工作温度区域。

3.3

标准工艺电耗 power consumption of standard heat treatment process

将中碳钢或中碳合金结构钢在额定装载量下，于830℃~850℃的箱式电阻炉中施行热装炉加热，连续三班生产的淬火工艺电耗定为标准工艺电耗 N_b 。其单位为千瓦时每吨（kW·h/t）。

3.4

表面温升 surface temperature rise

电炉在最高工作温度的热稳定状态时，炉体外表面指定范围内任意点的温度与环境温度的差值。其单位为摄氏度（℃）。

3.5**空炉能耗 no-load energy consumption**

电炉从冷炉开始升温到热稳定状态时间内所消耗的总电能。其单位为千瓦时（kW·h）。

4 热处理电炉节能监测项目**4.1 检查项目**

热处理电炉节能检查项目包括：

- a) 热处理电炉及附属设备是否属于国家明令淘汰的产品；
- b) 热处理电炉计量器具配备是否齐全；
- c) 企业是否建立热处理电炉能耗计量统计制度及能耗考核制度；
- d) 热处理电炉设备技术档案是否完整；
- e) 感应加热炉是否装设无功补偿及谐波治理装置。

4.2 测试项目

热处理电炉节能监测测试项目包括：

- a) 可比单位产品电耗；
- b) 炉体表面温升；
- c) 空炉升温时间；
- d) 空炉能耗；
- e) 空炉损耗功率比。

5 热处理电炉节能监测方法**5.1 测试条件**

测试应在电炉处于正常生产运行工况下进行；测试时间为一个生产周期；监测所用的仪表应能满足监测项目的要求，仪表应完好，并应在检定周期内，其精度应符合GB/T 10066.1的有关规定。中、高频感应电炉装置的测试应在炉子处于热态之后进行。

5.2 可比单位产品电耗的计算**5.2.1 实际生产耗电量**

在统计报告期内或一个生产周期内供给电炉本体加热元件的电量和直接用于电炉的附加装置的耗电量合计为实际消耗电量W，单位为千瓦时（kW·h）。

5.2.2 产品的实际质量

电炉在统计报告期或一个生产周期热处理的各种合格产品(工件)的实际质量总和m,单位为 吨(t)。

5.2.3 折合可比质量

可比质量按式（1）计算：

$$m_z = m \cdot K_1 \cdot K_2 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

m_z ——可比质量，单位为吨（t）；

m ——实际质量，单位为吨（t）；

K_1 ——工艺折算系数，按表1确定；

K_2 ——工件材质系数，按表2确定。

表1 工艺折算系数（ K_1 ）

热处理工艺	K_1	热处理工艺	K_1
淬火	1.0	气体渗碳淬火（渗层深1.2mm）	2.0
正火	1.1	气体渗碳淬火（渗层深1.6mm）	2.8
退火	1.1	气体渗碳淬火（渗层深2.0mm）	3.8
球化退火	1.3	气体渗碳淬火（渗层深2.5mm）	5
去应力退火	0.6	气体渗碳淬火（渗层深3.0mm）	6.5
不锈钢固溶热处理	1.8	真空渗碳（渗层深1.5mm）	2.0
铝合金固溶热处理	0.6	气体碳氮共渗（渗层深0.6mm）	1.4
铝合金箔材退火	0.6	气体碳氮共渗（渗层深1.0mm）	2.4
高温回火（>500℃）	0.6	气体氮碳共渗	0.6
中温回火（250~500℃）	0.5	气体渗氮（渗层深0.3mm）	1.8
低温回火（<250℃）	0.4	离子渗氮	1.5
时效（固溶热处理后）	0.4	感应加热淬火	0.5
气体渗碳淬火（渗层深0.8mm）	1.6		
A 同时存在淬火、回火工艺时，两种工艺折算系数叠加			

表2 工件材质系数（ K_2 ）

工件材料	低中碳钢或低中碳合金结构	合金工具钢	高合金钢	高速钢	铝箔
合金元素含量（%）	≤5	5~10	≥10	—	—
系数	1.0	1.2	1.6	3.0	1.8

5.2.4 可比单位产品电耗的计算

合格产品的可比单位产品电耗 b_{kb} ，单位为千瓦时每吨（kW·h/t），按式（2）计算：

$$b_{kb} = W / m_z \dots\dots\dots (2)$$

式中：

b_{kb} ——可比单位产品电耗，单位为千瓦时每吨（kW·h/t）；

W ——实际消耗的电量；单位为千瓦时（kWh）；

m_z ——可比质量；单位为吨（t）。

5.3 炉体表面温升的测定

在电炉最高工作温度下的热稳定状态时用热电偶或可给出可靠读数的其他测温装置，先测出电炉的表面温度，然后减去测量时的环境温度即得到表面温升。

炉温表面温度测量点以离开炉门、观察孔等热出口处90mm处的炉门和炉壳（炉顶、炉侧、炉后）等外表面任意点上，每0.5m²~1m²取一个测点，大型设备的测点不少于10个，炉体表面温度取测点温度最大值。

环境温度测量取车间内距离电炉1m外空旷处环境温度，不少于5个测点，取平均值。

5.4 热处理工艺电耗的计算

热处理工艺电耗定额计算按式（3）计算。

$$N_i = N_b \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

N_i ——某一热处理工艺电耗，单位为千瓦时每吨（kW·h/t）；

N_b ——标准工艺电耗，240kW·h/t；

K_1 ——热处理工艺折算系数，按表1确定；

K_2 ——工件材料系数，按表2确定；

K_3 ——加热方式系数，按表3确定；

K_4 ——生产方式系数，按表4确定；

K_5 ——装载系数，按表5确定。

表3 加热方式系数（ K_3 ）

加热方式		空气炉	气氛炉	真空炉	流态炉	浴炉
系数	周期炉	1	1.2	1.5	1.6	2
	连续炉	0.9	1.08	1.35	—	—

表4 生产方式系数 (K₄)

生产方式	一班	二班	三班
系数	1.6	1.4	1.0

表5 装载系数 (K₅)

装载量比例	<30%	30%~50%	50%~80%	>80%
系数	1.6	1.4	1.2	1.0
B 感应加热淬火K ₅ =1.0				

5.5 空炉升温时间及空炉能耗的测定

空炉升温时间测定前电阻炉应已充分干燥，在空炉冷态情况下接上电源，测出炉温上升到最高工作温度的时间，用秒表测量。

空炉能耗的测定过程同空炉升温时间的测定，记录开始前电能表读数E_o，在空炉冷态情况下接上电源，当电炉达到热稳定状态时再次记录电能表的读数E_b，求其差值E_{bo}。就是空炉能耗。即：

$$E_{bo} = E_b - E_o \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- E_{bo}——空炉能耗；单位为千瓦时（kWh）；
- E_o——空炉升温前电能表读数；单位为千瓦时（kWh）；
- E_b——空炉升温到稳态时电能表读数；单位为千瓦时（kWh）。

5.6 空炉损耗功率比的测定

5.6.1 额定功率的测定

当炉温将达到最高工作温度而温控仪尚未起作用时，用功率表测量，对于位式控温电炉也可在炉温达到最高工作温度以后的通电期间内测量。若检验期间受电压波动的影响，测量结果应按式（5）进行折算。

$$p_n = p_n' \left(\frac{U_n}{U} \right)^2 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- p_n ——额定功率；单位为千瓦（kW）；
- p_n' ——在电压U（与U_n的偏差不超过±5%）时测得的功率，单位为千瓦（kW）；
- U_n ——额定电压；单位为伏特（V）；
- U ——测量功率时的电压，单位为伏特（V）。

5.6.2 空炉损失的测定

电炉的空炉损失应在电炉工作温度下的热稳定状态进行测量。炉内气氛应与正常工作时相同，炉内风机所消耗的功率应包括在内，空炉损耗功率为稳定状态下30分钟的平均功率。电炉的热稳定状态按GB/T 10066.4-2004的6.11条规定确定。

空炉损耗功率比按式（6）计算。

$$R = P_o / P_n \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

R ——空炉损耗功率比；%；

P_o ——空炉损耗功率；单位为千瓦（kW）；

P_n ——额定功率；单位为千瓦（kW）。

6 热处理电炉节能监测考评指标

6.1 可比单位产品电耗

按本标准5.2测定和计算得出的结果，热处理电炉可比单位产品电耗应符合表6要求。

表6 热处理电炉可比单位产品电耗

炉型	可比单位产品电耗（kW·h/t）
密封箱式多用炉	≤440
真空淬火炉	≤600
常规连续式炉	≤330
可控气氛连续式炉	≤400
中高频感应电炉	≤300

注： 常规周期箱式炉、台车炉、井式炉可比单位产品电耗参照箱式多用炉考评，其中常规周期箱式炉修正系数为0.8，台车炉修正系数为0.85，井式炉修正系数为0.95。

6.2 炉体表面温升

6.2.1 额定温度下工作的电炉，表面温升应符合表7规定。

表7 表面温升值

额定温度分等	表面温升（℃）	
	炉壳	炉门或炉盖
<750℃	≤35	≤50
750℃~1 000℃	≤40	≤60
>1 000℃	≤50	≤70

6.2.2 非额定温度下工作的电炉，应按式（7）计算后与表7比较，看是否符合要求：

$$\Delta\theta \leq [(\theta - 20)/(\theta_n - 20)] \cdot \Delta\theta_n \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$\Delta\theta$ ——测得的表面温升, 单位为摄氏度 (°C);

θ ——测量时的工作温度, 单位为摄氏度 (°C);

θ_n ——电炉的额定温度, 单位为摄氏度 (°C);

$\Delta\theta_n$ ——在额定温度下的最大允许表面温升 (见表7), 单位为摄氏度 (°C)。

6.3 空炉升温时间、空炉损耗功率比及空炉能耗

空炉升温时间、空炉损耗功率比及空炉能耗仅在电炉建成验收或大修后或企业要求委托监测时对炉子监测考评, 空炉升温时间、空炉损耗功率比及空炉能耗分别按照本标准附录A中表A1、表A2、表A3进行考评。

7 热处理电炉节能监测结果评价

7.1 本标准规定的热处理电炉检查项目和测试项目作为评价监测合格的基准指标, 全部监测指标均合格方可评价为监测合格。

7.2 空炉升温时间、空炉损耗功率比及空炉能耗仅在电炉建成验收或大修后或企业要求委托监测时对炉子监测考评。

7.3 监测报告格式参见本标准附录 B。

8 节能技术管理

8.1 企业应定期对热处理电炉能源消耗进行考核, 并把考核指标分解落实到各基层部门, 建立用能责任考核制度。

8.2 企业应按 DB33/ 656 要求, 配备能源计量器具并建立能源计量统计管理制度, 成套热处理设备和单台容量 70kW 及以上的设备应单独配置计量用电度表。

8.3 企业应建立设备技术档案。包括设计图、施工图、主要附属设备图、说明书、设备清册、烘炉、维修记录、运行记录、运行技术参数、节能改造报告等。

8.4 鼓励热处理专业厂 (车间) 采用先进热处理工艺和新型炉型, 合理组织热处理生产。

8.5 热处理电炉设备应采用节能型耐火和保温材料, 减少蓄热损失, 并合理利用余热余能。

8.6 电炉设备的无功补偿应力求就地补偿, 电压、电流谐波应满足 GB/T 14549 等国家相关标准要求。

附 录 A

(规范性附录)

空炉升温时间、空炉损耗功率比及空炉能耗参考值

A.1 空炉升温时间

空炉升温时间按表A.1参考评价。

表 A.1 空炉升温时间

炉型	额定温度	工作容积	升温时间
箱式炉	950	≤ 0.2	≤ 0.5
		$0.2 \sim 1.0$	≤ 1.0
		$1.0 \sim 2.5$	≤ 1.5
箱式炉	1200	≤ 0.2	≤ 1.5
		$0.2 \sim 1.0$	≤ 2.0
		$1.0 \sim 2.5$	≤ 2.5
台车炉	950	≤ 0.75	≤ 1.2
		$0.75 \sim 1.50$	≤ 1.5
		$1.50 \sim 3.00$	≤ 2.0
井式炉	950	≤ 0.3	≤ 0.5
		$0.3 \sim 1.0$	≤ 1.0
		$1.0 \sim 2.5$	≤ 1.5
井式炉	1200	≤ 0.3	≤ 1.0
		$0.3 \sim 1.0$	≤ 1.0
		$1.0 \sim 2.5$	≤ 2.0

注：热处理电炉容量较大时，由供需双方自行商定。

A.2 空炉损耗功率比

空炉损耗功率比按表A.2评价。

表 A.2 空炉损耗功率比

炉型	额定功率	空炉损耗功率比
箱式炉	≤ 15	≤ 32
	$15 \sim 75$	≤ 30
	≥ 75	≤ 27
台车炉	≥ 65	≤ 18

表A.2 空炉损耗功率比（续）

炉型	额定功率	空炉损耗功率比
井式炉	≤25	≤27
	25~50	≤22
	≥50	≤18
盐浴炉	≥20	≤38
密封箱式多用炉、底装料立式多用炉	≥90	≤27
网带式炉	≥60	≤35
推杆式炉	≥120	≤35
真空炉	≥40	≤25
注：对特大型炉或有特殊要求的设备，由供需双方商定。		

A.3 空炉能耗

空炉能耗按表A.3参考评价。

表 A.3 空炉能耗

炉型	额定温度	工作容积	空炉能耗
箱式炉	950	≤0.2	≤270
		0.2~1.0	≤630
		1.0~2.5	≤1260
箱式炉	1200	≤0.2	≤450
		0.2~1.0	≤1050
		1.0~2.5	≤2150
台车炉	950	≤0.75	≤630
		0.75~1.50	≤1050
		1.50~3.00	≤2200
井式炉	950	≤0.3	≤420
		0.3~1.0	≤550
		1.0~2.5	≤990
井式炉	1200	≤0.3	≤520
		0.3~1.0	≤800
		1.0~2.5	≤1500
注：热处理电炉容量较大时，由供需双方自行商定。			

