

水泥制造能耗测试技术规程

1 范围

本文件规定了水泥制造能耗的测试范围、测试条件、技术要求和测试报告。

本文件适用于生产符合GB/T 21372的硅酸盐水泥熟料以及符合GB 175的通用硅酸盐水泥制造的能耗测试与计算，其它水泥品种和熟料制造的能耗测试与计算参考本文件。

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 175 通用硅酸盐水泥
GB/T 176 水泥化学分析方法
GB/T 212 煤的工业分析方法
GB/T 213 煤的发热量测定方法
GB/T 384 石油产品热值测定法
GB/T 1345 水泥细度检验方法 筛析法
GB/T 2565 煤的可磨性指数测定方法 哈德格罗夫法
GB/T 8074 水泥比表面积测定方法 勃氏法
GB 16780 水泥单位产品能源消耗限额
GB 17167 用能单位能源计量器具配备标准
GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
GB/T 21372 硅酸盐水泥熟料
GB/T 23331 能源管理体系 要求及使用指南
GB/T 26281 水泥回转窑热平衡、热效率、综合能耗计算方法
GB/T 26282 水泥回转窑热平衡测定方法
GB/T 26566 水泥生料易烧性试验方法
GB/T 26567 水泥原料易磨性试验方法（邦德法）
GB/T 27977 水泥生产电能能效测试及计算方法
GB/T 30727 固体生物质燃料发热量测定方法
GB/T 35461 水泥生产企业能源计量器具配备和管理要求
GB 50123 土工试验方法标准
GB/T 50152 混凝土结构试验方法标准
JC/T 543 烘干机热工测量方法与计算

3 术语和定义

GB 16780、GB/T 26281、GB/T 26282界定的术语和定义适用于本文件。

4 测试范围

水泥制造能耗测试范围见图1。

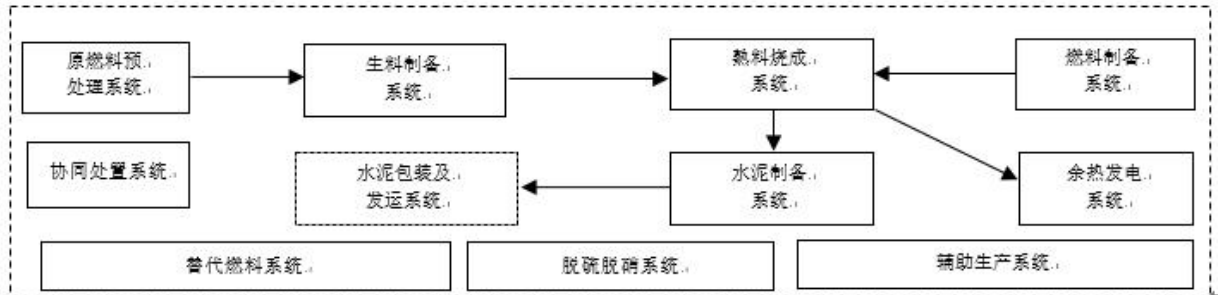


图 1 水泥制造能耗测试范围

5 一般要求

- 5.1 生产企业应按照 GB 17167、GB/T 23331 的要求建立能源管理体系，同时按 GB/T 35461 的要求配备计量器具，在能耗测试前计量器具经过校验和校准，并记录。
- 5.2 水泥生产线主要生产系统和辅助生产系统稳定运行 72h（稳定运行比较模糊），产品质量应符合 GB 175、GB/T 21372 等的要求。
- 5.3 同一个厂区存在多条生产线时，每条生产线应单独进行能耗测试。
- 5.4 测试前应根据企业提供的生产线基本情况表（参见附录 A）编制测试大纲（参见附录 B）。
- 5.5 测试中使用的温度、压力、烟尘浓度、烟气成分等测试仪器和仪表均应符合 GB/T 26282 规定的精度要求。
- 5.6 测试前根据测试大纲的要求开好测孔，测孔位置满足 GB/T 26282 规定的要求。
- 5.7 测试中电能的测试与计算应满足 GB/T 27977 的要求。

6 技术要求

6.1 原燃料预处理系统能耗测试

6.1.1 测试边界

从原燃材料进厂至原燃材料经过预处理后入储存库，包括但不限于原燃料破碎、预均化、烘干及输送等。

6.1.2 测试条件

- 6.1.2.1 在整条生产线运行的情况下，统计的时间应不少于 7d。
- 6.1.2.2 预处理工段主机设备规格正常稳定运行，产量、质量达到设计指标要求。
- 6.1.2.3 原燃料预处理配置有烘干机时，应按照 JC/T 543 现场条件确认测试要求。

6.1.3 测试内容

测试内容见表1。如果采用回转烘干机系统，烘干机系统能耗测试内容按JC/T 543的规定进行。

表 1 原燃料预处理系统能耗测试内容

序号	测定项	测试内容			
		料量	成分	粒度	水分
1	进预处理系统物料	•	•	•	•
2	出预处理系统物料	•	•	•	•
3	预处理系统电耗	物料进入预处理系统至预处理后输送至相应储存库的电耗			
注：“•”表示该项需要进行测试					

6.1.4 测试及计算方法

预处理系统电耗主要以水泥企业统计为主，对原燃料破碎和预均化系统，主要统计生产线正常运行情况下电耗及对应的熟料产量，预处理系统电耗折算至每吨熟料基准。

烘干机系统的热工测试与计算方法按JC/T 543的规定进行。

6.1.5 测试结果

测试结果主要为预处理系统电耗，如果有烘干机系统，还应包括烘干机系统热效率的测试结果。

6.2 粉磨系统能耗测试

6.2.1 测试边界

6.2.1.1 生料制备系统

从原料出原料调配库底到生料均化库顶，见图 2，其中生料均化库储存和均化电耗单独统计。

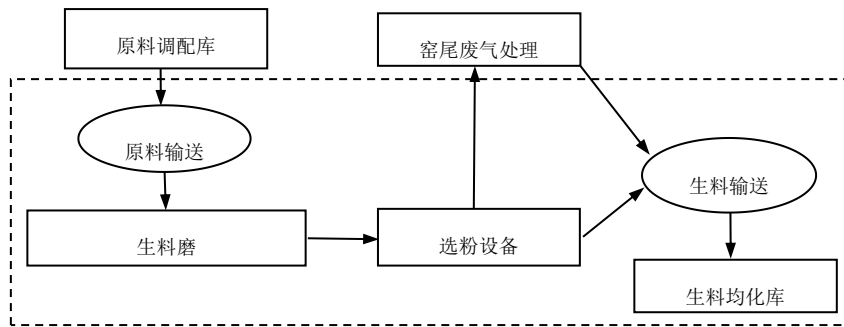


图 2 生料制备系统能耗测试边界（尾排风机归入烧成系统）

6.2.1.2 水泥制备系统

从水泥原料调配库底到水泥库顶，见图 3。

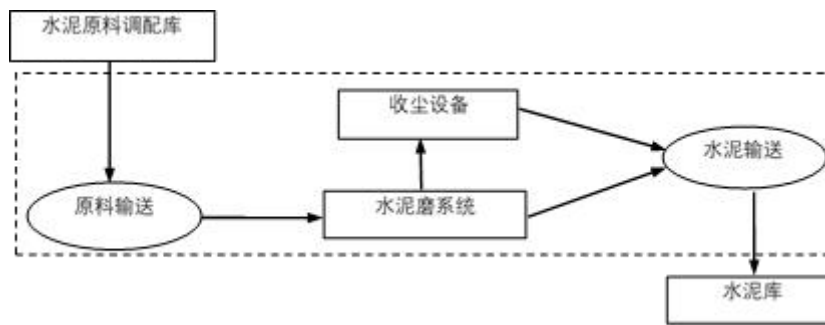


图3 水泥制备系统能耗测试边界

6.2.1.3 燃料制备系统

从燃料出原煤仓底到煤粉成品仓顶，见图4。

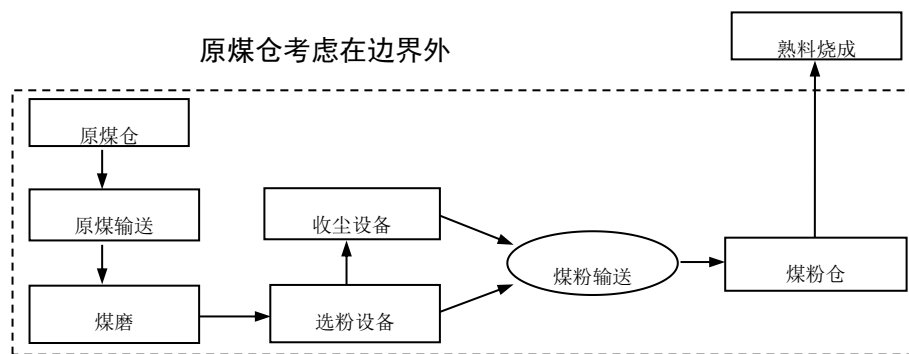


图4 燃料制备系统能耗测试边界（对于窑尾的煤磨，要注明煤磨引风机、旋风筒、送灰）

6.2.2 测试要求

- 6.2.2.1 测试期间，对燃料制备系统和生料制备系统，不应改变入磨物料的种类；对水泥制备系统，不应改变混合材的种类和水泥的品种。
- 6.2.2.2 测试次数应不少于3次，每次不宜少于8h，测试期间不应停磨，否则应重新进行能耗测试。
- 6.2.2.3 测试期间过程控制应满足表2要求，测试期间主要操作参数不应大幅变动。

表2 粉磨系统能耗测试过程控制要求

项目	成品水分	比表面积波动幅度	投料量控制范围	0.08mm 筛余细度 (%) 控制范围	0.08mm 或 0.045mm 筛余细度 (%) 控制范围	测试方法
生料制备系统	≤1%	-	目标值±5%	目标值±2	-	GB/T 50123
燃料制备系统	≤2% ^a	-	目标值±5%	目标值±2	-	GB/T 212 GB/T 1345
水泥制备系统	≤0.5%	目标值±4%	目标值±5%	-	目标值±2	GB/T 8074 GB/T 1345 GB/T 50152

^a 对褐煤来说，成品水分不包含内水。

6.2.3 测试内容及测试频率

测试内容及测试频率见表3。如水泥制成系统采用高效选粉机，宜测试选粉机的选粉效率。

表3 测试内容及测试频率

序号	测定项	测试内容								8h 测试频率
		料量	风温	风压	料温	成分	气流量	含尘量	其它	
1	入磨物料 ^a	•			•				易磨性或可磨性	1次
2	出磨物料	•			•				细度	1次
3	入磨气体		•	•		•	•			1次
4	出磨气体		•	•		•	•			1次
5	出旋风筒/选粉机气体		•	•		•	•	•		1次
6	水泥成品				• ^c				水泥强度 ^b 含水率与细度	1次
7	环境条件	大气温度、大气压力、环境风速等								
8	电能能耗	系统电耗、供电系统及运行系统状态								
^a 对入磨物料取3个8h的混合样进行易磨性试验。煤的可磨性指数按GB/T 2565的规定进行，水泥原料易磨性按GB/T 26567的规定进行。 ^b 水泥强度测试取3个8h的水泥成品的混合样按GB/T17671的规定进行。 ^c 水泥成品物料温度宜在空气输送斜槽处取样进行测试，测试频率每8h一次。取料温的部位需要明确，开路磨和闭路磨有差异。斜槽的取样部位不同，温度也不同，比如20米长的斜槽。										

6.2.4 测试及计算方法

粉磨系统测试和计算参照GB/T 26282和GB/T 26281的规定进行，电耗测试按GB/T 27977的规定进行。

6.2.5 数据处理

根据粉磨系统测试期间的测试数据进行数据处理，各次能耗测试数据之间偏差应小于5%，否则应重新进行现场测试。

6.2.6 测试结果

粉磨系统能耗测试数据参考GB/T 26281汇总成表，测试结果至少包括各点风量、粉尘浓度、粉磨系统电耗、主要用电设备电耗、入磨物料的物性、成分测试结果。

6.3 熟料烧成系统能耗测试

6.3.1 测试边界

从生料出库到熟料入库，见图5，包括生料入窑计量与输送、预热预分解系统、窑尾高温风机、回转窑、熟料冷却机、窑尾及熟料冷却废气处理和燃料计量与输送等设备。其中窑尾废气处理系统中脱硫脱硝脱汞等的电耗应单独统计，系统配置有氧气制备系统、二氧化碳捕集系统的，不计入烧成能耗范围，单独统计其能耗。采用废弃物作为替代原燃材料时，处理废弃物的能耗应单独统计。不包括用于基建、技改等项目建设消耗的电量。

生料库

煤粉仓

熟料库

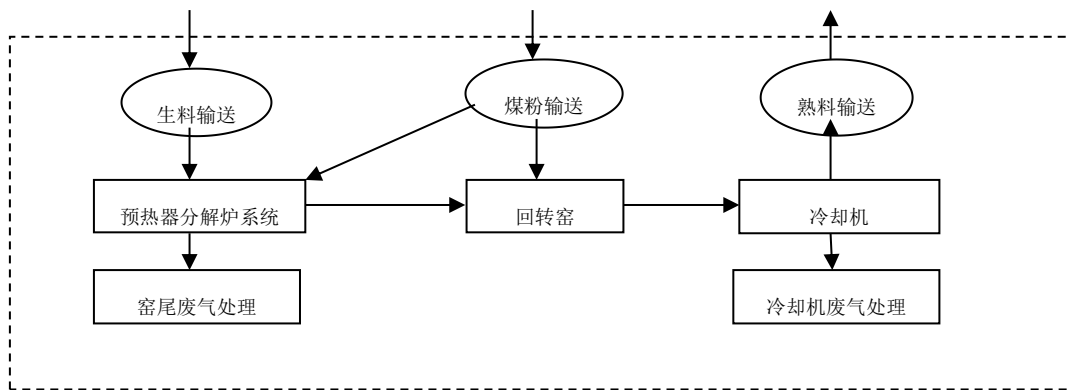


图 5 熟料烧成系统能耗测试边界

6.3.2 测试要求

6.3.2.1 熟料烧成能耗测试应不少于 72 h，且应在正常稳定运行工况下进行。

6.3.2.2 熟料烧成能耗测试时过程控制应满足表 4 的要求。

表 4 熟料烧成系统过程控制要求

名目	项目	控制范围	测试方法
生料	石灰饱和系数 KH (或 LSF)	目标值±0.02 (±2)	GB/T 176
	硅酸率 SM	目标值±0.1	GB/T 176
	铝氧率 IM	目标值±0.1	GB/T 176
	0.08mm 筛余细度 (%)	目标值±2	GB/T 1345
	水分	≤1.0%	GB/T 50123
	投料量	目标值±5%	-
燃料	燃料低位发热量 $Q_{net, ad}$	目标值±5%	GB/T 213
	0.08mm 筛余细度 (%)	目标值±2	GB/T 1345
	水分	≤2.0%	GB/T 212
熟料	化学性能和物料性能	质量合格	GB/T 21372

6.3.3 测试内容及测试频率

测试内容及测试频率见表 5。

表 5 测试内容及测试频率

序号	测定项	测试内容								24h 测试频率	
		料量	风温	风压	料温	成分	气流量	分解率	含尘量		其它
1	冷却机废气		•	•			•		•		2 次
2	出窑熟料				•						2 次
3	出冷却机熟料 ^a	•			•	•				28d 强度 ^b	3 次
4	冷却机各室鼓风		•	•			•				2 次

5	入炉三次风		•	•			•				2次
6	入窑二次风		•								2次
7	窑头一次风		•	•			•				2次
8	窑头煤粉输送风		•	•			•				2次
9	入窑煤粉 ^c	•			•					低位发热量	3次
10	预热器系统出口烟气		•	•		•	•		•		2次
11	其它各级出口烟气		•	•		•					抽测
12	入窑尾烟室料管							•			2次
13	分解炉出口烟气		•	•		•					2次
14	烟室烟气		•	•		•					2次
15	入预热器生料 ^d	•			•	•				易烧性	2次
16	分解炉煤粉输送风		•	•			•				2次
17	入炉煤粉 ^c	•			•					低位发热量	3次
18	煤磨抽热风		•	•			•				2次
19	表面温度	测试边界内各热工设备									1次
20	环境条件	大气温度、大气压力、环境风速等									2次
21	用电量	烧成系统用电量，其中窑尾废气处理系统电耗单独统计									3次
22	供配电系统运行状态	变压器日负荷率、变压器负载系数、功率因数									1次
23	主要电动机运行状态	功率因数、用电量、运行状态判定									1次
^a 采用全天混合样测试熟料的成分。 ^b 28d 强度采用全天混合样，测试按 GB/T 21372 的规定进行。 ^c 采用全天混合样测试低位发热量。 ^d 采用全天混合样测试生料成分和易烧性，易烧性测试按 GB/T 26566 的规定进行。											

6.3.4 测试及计算方法

烧成系统能耗的测试和计算按GB/T 26282、GB/T 26281的规定进行，电耗测试按GB/T 27977的规定进行。燃料消耗量根据煤粉喂煤秤累计值计算，熟料产量宜通过生料计量秤累计值和生熟料折合系数计算，生熟料折合系数计算方法见附录C。熟料产量或根据实物放料计量确定，方法见附录D。

6.3.5 数据处理

根据每24h的测试数据进行数据处理，3组24h能耗测试数据之间偏差应小于5%，同时按GB/T 26281热平衡表中“其它支出”计算值 Q_{qi} 应小于±3%，否则应重新进行数据测试。

6.3.6 测试结果

熟料烧成系统能耗测试数据按GB/T 26281汇总成表，并计算物料平衡、热平衡和冷却机热平衡。数据汇总应包括熟料烧成系统煤耗、熟料烧成系统电耗和熟料单位产品综合能耗，宜增加供配电系统运行状态和主要电动机运行状态判定结果等内容。

6.4 余热发电系统能效测试

6.4.1 测试边界

从余热发电系统的余热锅炉进口至汽轮机及冷却塔，见图6。

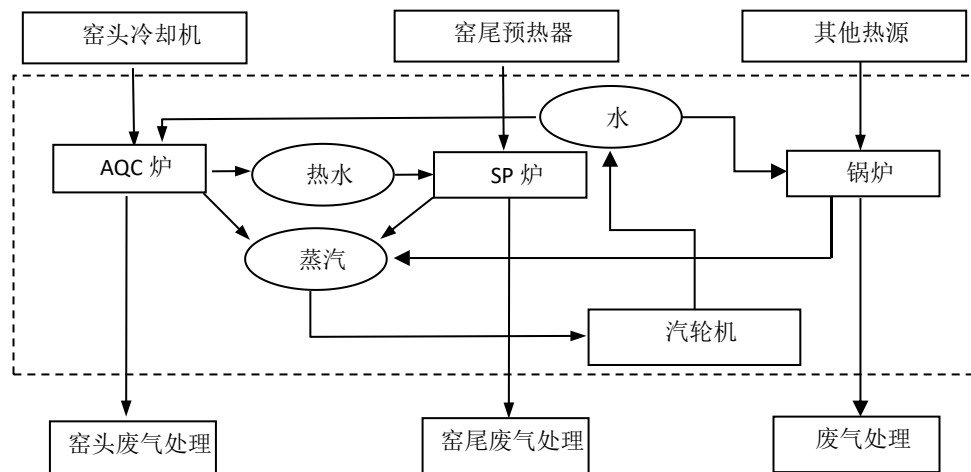


图6 余热发电系统能效测试边界

6.4.2 测试要求

6.4.2.1 余热发电系统能效测试期间应统计核算熟料烧成系统产量、电耗和烧成煤耗，烧成系统产量和余热发电系统发电量波动幅度不超过测试期间平均值的 $\pm 5\%$ ；测试应不少于72h，且应在水泥熟料烧成系统和余热发电系统正常稳定运行工况下进行，即测试期间窑和余热发电系统不应停止运行，否则应重新进行能效测试。

6.4.2.2 余热发电系统能效测试时熟料烧成系统过程控制应满足表4的要求。

6.4.2.3 余热发电系统热工参数的测试按GB/T 26282的规定进行。

6.4.3 测试内容及测试频率

余热发电系统能效测试内容及频率见表6，所有用于余热发电的热源都应进行测试。

表 6 余热发电系统能效测试内容及测试频率

序号	测定项	测试内容						24h 测试 频率
		风压	风温	气流量	成分	含尘量	其它	
1	冷却机废气	•	•	•		•		2 次
2	入 AQC 炉废气	•	•	•		•		2 次
3	出 AQC 炉废气	•	•	•				2 次
4	入 SP 炉废气	•	•	•	•	•		2 次
5	出 SP 炉废气	•	•	•	•			2 次
6	表面温度 ^a	包括:AQC 炉、SP 炉和连接管道						2 次
7	环境条件	大气温度、大气压力、环境风速等						2 次
8	电能能耗	余热发电系统发电量、自用电量、供配电系统及运行系统状态						1 次

^a如果回转窑筒体散热用于发电，应测试筒体表面温度。

6.4.4 测试及计算方法

余热发电系统热效率的计算方法见附录E。

6.4.5 数据处理

根据每24 h的测试数据进行数据处理，3组24 h能效测试结果之间相差应不大于5%，否则应重新进行能效测试。

6.4.6 测试结果

余热发电系统能效测试参数参考GB/T 26281汇总成表。

6.5 水泥包装及发运系统能耗测试

6.5.1 测试边界

水泥包装及水泥发运系统测试边界为从水泥出水泥库至水泥出厂。

6.5.2 测试要求

水泥包装及发运系统在稳定运行的情况下，电耗统计的时间应不少于7d。

6.5.3 测试内容

主要测试电耗，能耗测试按GB/T 27977的要求进行，测试结果应参考GB 16780折算为水泥制备工段电耗。

6.5.4 测试内容及计算方法

能耗测试主要以水泥企业统计为主。对于水泥包装及发运系统，主要统计系统电耗及对应包装及散装的水泥产量。

6.5.5 测试结果

水泥包装及发运系统能耗测试结果主要为系统电耗。能耗测试参数以系统内各电力室、变压器及高压设备的电量消耗量和对应产量列表表示。

6.6 协同处置系统能耗测试

6.6.1 测试边界

系统测试边界为协同处置废弃物进厂至进入烧成系统为止，包括但不限于物料破碎、筛分、预处理（陈化、减量化）、废水处理装置、入窑计量等。

6.6.2 测试要求

协同处置系统能耗测试期间应统计核算熟料烧成系统产量、电耗和烧成煤耗，烧成系统产量和协同处置系统处置量波动幅度不超过测试期间平均值的 $\pm 5\%$ ；测试应不少于72h，且应在水泥熟料烧成系统和协同处置系统正常稳定运行工况下进行，即测试期间窑和协同处置系统不应停止运行，否则应重新进行能效测试。

6.6.3 测试内容及计算方法

主要测试协同处置系统内各设备电能消耗量。电能消耗测试参照GB/T 27977规定的方法执行，测试结果应折算为物料单位处置能耗或入窑废弃物单位物料量处置电耗（ $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ ）。

6.6.4 数据处理

根据每24 h的测试数据进行数据处理，3组24 h能效测试结果之间相差应不大于5%，否则应重新进行能效测试。

6.6.5 测试结果

协同处置系统能耗测试结果主要为系统电耗。能耗测试参数以系统内各电力室、变压器及高压设备的电量消耗量和对应产量列表表示。

6.7 替代燃料系统能耗测试

6.7.1 测试边界

系统测试边界为替代燃料进厂至进入烧成系统为止，包括但不限于物料破碎、筛分、预处理（陈化、减量化）、废水处理装置、入窑计量、输送等。

6.7.2 测试要求

替代燃料系统能耗测试期间应统计核算熟料烧成系统产量、电耗和烧成煤耗，烧成系统产量和替代燃料系统处置量波动幅度不超过测试期间平均值的 $\pm 5\%$ ；测试应不少于72h，且应在水泥熟料烧成系统和替代燃料系统正常稳定运行工况下进行，即测试期间窑和替代燃料系统不应停止运行，否则应重新进行能效测试。

6.7.3 测试内容及测试频率

测试内容及测试频率见表7。

表 7 测试内容及测试频率

序号	测定项	测试内容					24h 测试频率
		料量	风温	风压	料温	气流量	
1	窑头替代燃料输送风		•	•		•	2 次
2	入窑替代燃料 ^a	•			•		低位发热量 ^b 3 次
3	分解炉替代燃料输送风		•	•		•	2 次
4	入炉替代燃料 ^a	•			•		低位发热量 ^b 3 次
5	用电量	替代燃料系统用电量					3 次

a 采用全天混合样测试低位发热量。
b 固体替代燃料发热量应按照 GB/T 30727 的要求测定，液体燃料发热量应按照 GB/T 384 的要求测定。

6.7.4 测试内容

主要测试替代燃料系统内设备的电能消耗量，以及替代燃料热量替代率。

6.7.5 计算方法

电能消耗量的统计应符合GB/T 27977的要求，测试结果应折算为物料单位处置能耗或入窑替代燃料单位物料量处置电耗（kWh/t）。固体替代燃料发热量应按照GB/T 30727的要求测定，液体燃料发热量应按照GB/T 384的要求测定。替代燃料热量替代率的计算按式（1）进行计算。

$$TSR = \frac{\sum_i^n (m_{irAF} \times C_{irAF} \times t_{irAF}) \times 1000}{P_{sh} \times e_{cl}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

TSR ——统计期内替代燃料热量替代率，%

m_{irAF} ——统计期间内第*i*种替代燃料使用量，单位为千焦每千克（kJ/kg）；

C_{irAF} ——统计期间内第*i*种替代燃料平均比热容，单位为千焦每千克摄氏度[kJ/（kg·℃）]；

t_{irAF} ——统计期间内第*i*种替代燃料平均温度，单位为摄氏度（℃）；

P_{sh} ——统计期间内符合GB 175的要求的水泥产品总量，单位为吨（t）；

e_{cl} ——统计期间内熟料烧成热耗，单位为千焦每千克熟料（kJ/kg）。

6.7.6 数据处理

根据每24 h的测试数据进行数据处理，3组24 h能效测试结果之间相差应不大于5%，否则应重新进行能效测试。

6.7.7 测试结果

替代燃料系统能耗测试结果主要为系统电耗和替代燃料热量替代率。能耗测试参数以系统内各电力室、变压器及高压设备的电量消耗量 and 对应产量列表表示。

6.8 脱硫脱硝环保系统测试

6.8.1 测试边界

系统测试边界为脱硫脱硝原料进厂至进入烧成系统为止。

6.8.2 测试要求

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/99800000025006112>