中华人民共和国工业和信息化部　发布

YS

××××-××-××实施

××××-××-××发布

重有色冶金炉窑热平衡测定与计算方法

(铅锌密闭鼓风)

**Methods of determination and calculation of heat**

**balance in metallurgical furnaces for heavy non-ferrous metals**

**(Imperial Smelting Furnace)**

**（讨论稿）**

（2015.1.24）

YS/T118.13—2024

代替YS∕T 118.13-1992

中华人民共和国有色金属行业标准

ICS 77.120

CCS H 01

**目 录**

[前 言 III](#_Toc17071)

[1 主题内容与适用范围 1](#_Toc20690)

[2 引用标准 1](#_Toc26689)

[3 热平衡测定与计算基准 1](#_Toc22444)

[4 设备概况与生产流程 1](#_Toc3124)

[5 热平衡测定条件 2](#_Toc14967)

[6 热平衡测定项目与方法 3](#_Toc3983)

[7 物料平衡计算及平衡报表 5](#_Toc26194)

[8 热平衡计算及热平衡结果报表 7](#_Toc16086)

[9 主要能耗指标计算 11](#_Toc16911)

[10 热平衡测定分析和改进建议 11](#_Toc26763)

# 前 言

本文件按照GB/T1.1-2020《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。

本文件代替YS/T118.13-1992《重有色冶金炉窑热平衡测定与计算方案（铅锌密闭鼓风炉）》，与YS/T118.13-1992相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下:

a)第2章“引用标准”，更新了引用标准的编号、名称及性质；

b)第2章“引用标准”，增加了GB/T13338，删除了已废止标准GB 2588；

c)第6章“热平衡测定项目与方法”、第7章“物料平衡计算及平衡报表”、第8章“热平衡计算及热平衡结果报表”，增加了与粉煤和氧气的使用有关的计算；

d)第7章“物料平衡计算及平衡报表”、第8章“热平衡计算及热平衡结果报表”,更改了“炉气质量”算法，将其分解为“烟气质量”和“烟尘质量”分别测算，也更改了相关热量计算，提高便捷性和准确性；

e)第8章“热平衡计算及热平衡结果报表”，删除了“造渣反应热”、“挥发铅带走热”、“炉底散热”；增加了“炉顶部分锌蒸气氧化放热”、“炉顶散热总量”、“碳逃逸损失热总量”；

f)第8章“热平衡计算及热平衡结果报表”，更改了“金属锌蒸气带出热”、“液态铅带出热”和“鼓风炉上部炉体散热总量”的计算依据或算式，在确保准确性的前提下对其进行简化。

g)“8.4.1 热效率计算”，更改了“”的计算，将“炉气化学热”纳入其中。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC243）归口。

本文件起草单位：深圳市中金岭南有色金属股份有限公司韶关冶炼厂等单位。

本文件主要起草人员：

本文件所代替文件的历次版本发布情况为:

—1992年首次发布为YS/T118.13-1992；

—本次为第一次修订。

**重有色冶金炉窑热平衡测定与计算方法**

**(铅锌密闭鼓风炉)**

# 1 主题内容与适用范围

本文件规定了铅锌密闭鼓风炉的热平衡测定与计算基准、设备概况与生产流程、热平衡测定条件、热平衡测定项目与方法、物料平衡计算及平衡报表、热平衡计算及热平衡结果报表、主要能耗指标计算、热平衡测定结果分析与改进建议。

本标准适用于铅锌密闭鼓风炉的热平衡测定和计算。

# 2 引用标准

GB/T 2587-2009 《用能设备能量平衡通则》

GB/T 17357-2008 《设备及管道绝热层表面热损失现场测定热流计法和表面温度法》

GB/T 13338-2018 《工业燃料炉热平衡测定与计算基本规则》

# 3 热平衡测定与计算基准

3.1基准温度

采用环境温度。

3.2燃烧用空气

采用空气的体积百分数。即O2：21.0％、N2 79.0％。

3.3燃料发热量

采用实际测得的应用基低（位）发热量。

3.4热平衡测定范围

铅锌密闭鼓风炉（不含电热前床、铅雨冷凝器及分离系统）。

3.5物料平衡及热平衡计算单位

铅锌密闭鼓风炉为连续作业炉，物料平衡和热平衡计算单位以kg/h和kJ/h为基准。

# 4 设备概况与生产流程

4.1设备概况

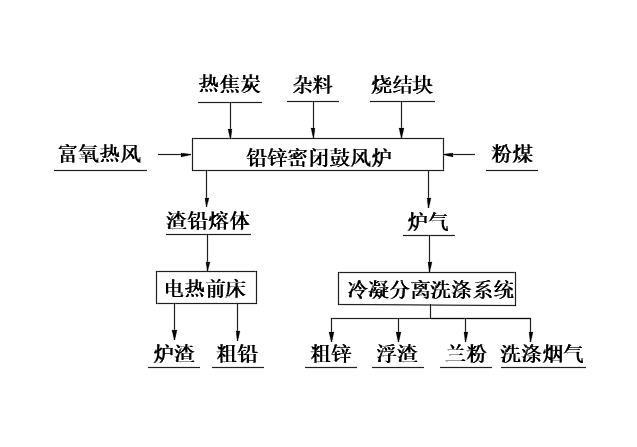
铅锌密闭鼓风炉的设备概况按表1填写。

表1 铅锌密闭鼓风炉设备概况

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 单位 | 数值 |
| 1 | 鼓风炉炉身面积 | m2 |  |
| 2 | 鼓风炉炉身高度 | m |  |
| 3 | 鼓风炉风口区面积 | m2 |  |
| 4 | 鼓风炉喷淋炉壳高度 | m |  |
| 5 | 鼓风炉炉腹角度 | 度 |  |
| 6 | 鼓风炉风口个数 | 个 |  |
| 7 | 鼓风炉风口内径 | mm |  |
| 8 | 鼓风炉风口间距 | m |  |
| 9 | 鼓风炉炉缸面积 | m2 |  |
| 10 | 鼓风炉炉缸深度 | mm |  |

4.2生产流程示意图

图1铅锌密闭鼓风炉生产流程示意图



# 5 热平衡测定条件

5.1测定条件

测定时加料量与鼓风量应达到工艺规定值，入炉炉料成分、品种、规格不变，鼓风炉炉气成分、炉渣成分的波动在工艺规定的指标范围内，产量达到正常水平，中途不得休风，炉子处于热稳定态。

5.2测定时间

满足测定条件的正常生产阶段连续测定2次以上，每次不得少于8h。

5.3炉子运行技术参数

按表2规定填写测定前一个月铅锌密闭鼓风炉运行技术参数。

表2 测定前一个月炉子运行技术参数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 技术指标 | 单位 | 数值 | 备注 |
| 1 | 粗锌产量 | 吨/日 |  |  |
| 2 | 粗铅产量 | 吨/日 |  |  |
| 3 | 燃炭量 | 吨/日 |  |  |
| 4 | 粉煤量 | 吨/日 |  |  |
| 5 | 烧结块处理量 | 吨/日 |  |  |
| 6 | 炉渣含锌 | % |  |  |
| 7 | 鼓风量 | Nm3/h |  |  |
| 8 | 氧气浓度 | % |  |  |
| 9 | 氧气流量 | Nm3/h |  |  |
| 10 | 热风温度 | ℃ |  |  |
| 11 | 炉顶温度 | ℃ |  |  |
| 12 | CO/CO2 | / |  |  |
| 13 | 冷凝器效率 | % |  |  |
| 14 | 铅直收率 | % |  |  |
| 15 | 锌直收率 | % |  |  |
| 16 | 作业率 | % |  |  |
| 17 | 送风率 | % |  |  |

# 6 热平衡测定项目与方法

按表3的规定进行热平衡测试

表3 热平衡测定项目与方法

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **测定项目** | | **符号** | **单位** | **测点位置** | **测定仪器** | **测定频率** | **取值原则** | **测定数据** |
| 气象条件 | 1、大气干球温度 | te | ℃ | 主鼓风机房附近 | 干湿球温度计 | 4小时一次 | 算术平均值 |  |
| 温度测定 | 1、烧结块温度 | t1 | ℃ | 烧结块仓下料口 | 半导体点温计 | 每两小时一次 | 算术平均值 |  |
| 2、热焦温度 | t2 | ℃ | 焦炭预热炉下料口 | 热电偶 | 每两小时一次 | 算术平均值 |  |
| 3、热风温度 | t3 | ℃ | 炉底风口 | 热电偶 | 每两小时一次 | 算术平均值 |  |
| 4、喷淋水进水温度 | t4 | ℃ | 进水口 | 水银温度计 | 每两小时一次 | 算术平均值 |  |
| 5、喷淋水出水温度 | t5 | ℃ | 集水槽 | 水银温度计 | 每两小时一次 | 算术平均值 |  |
| 6、炉气温度 | t6 | ℃ | 炉喉处 | 热电偶 | 每两小时一次 | 算术平均值 |  |
| 7、渣、铅温度 | t7 | ℃ | 鼓风炉放渣口 | 双铂铑热电偶 | 每两小时一次 | 算术平均值 |  |
| 8、鼓风炉上部炉壳表面温度 | tb | ℃ | 鼓风炉上部炉壳表面 | 半导体点温计 | 测试中期一次 | 区域平均值 |  |
| 9、上部炉体散热表面环境空气温度 | teb | ℃ | 距散热表面1m处 | 半导体点温计 | 测试中期一次 | 区域平均值 |  |
| 10、冷风温度 | t8 | ℃ | 主鼓风机出口 | 半导体点温计 | 每两小时一次 | 算术平均值 |  |
| 11、炉顶表面温度 | td | ℃ | 炉顶外部钢板 | 半导体点温计 | 测试中期一次 | 区域平均值 |  |
| 12、炉顶表面环境空气温度 | ted | ℃ | 距炉顶表面1m处 | 半导体点温计 | 测试中期一次 | 区域平均值 |  |
| 13、洗涤烟气温度 | tx | ℃ | 低热值煤气输送管末端 | 半导体点温计 | 测试中期一次 | 算术平均值 |  |
| 固体物料 | 1、烧结块质量 | m1 | kg/h | 烧结块秤量漏斗 | 电子漏斗秤 | 每次加料 | 累计小时平均值 |  |
| 2、热焦质量 | m2 | kg/h | 烧结块秤量漏斗 | 电子漏斗秤 | 每次加料 | 累计小时平均值 |  |
| 3、杂料质量 | m3 | kg/h | 排入汽车 | 电子漏斗秤 | 测试期内全部重量 | 累计小时平均值 |  |
| 4、粗锌质量 | m4 | kg/h | 粗锌检斤点 | 磅秤 | 测试期内全部重量 | 累计小时平均值 |  |
| 5、粗铅质量 | m5 | kg/h | 粗铅检斤点 | 地磅 | 测试期内全部重量 | 累计小时平均值 |  |
| 6、浮渣质量 | m6 | kg/h | 排入汽车 | 地磅 | 测试期内全部重量 | 累计小时平均值 |  |
| 7、炉渣质量 | m7 | kg/h | 排入渣包 | 地磅 | 测试期内全部重量 | 累计小时平均值 |  |
| 8、兰粉质量 | m8 | kg/h | 排入汽车 | 地磅 | 测试期内全部重量 | 累计小时平均值 |  |
| 9、补充铅质量 | m9 | kg/h | 转运叉车 | 地磅 | 测试期内全部重量 | 累计小时平均值 |  |
| 10、粉煤质量 | m10 | kg/h | 喷吹罐 | 电子秤 | 测试期内全部重量 | 累计小时平均值 |  |
| 流体测定 | 1、热风流量 | V1k | m3/h | 鼓风炉热风管 | 高温气体流量计 | 每两小时一次 | 累计小时平均值 |  |
| 2冷风流量 | V2k | m3/h | 鼓风炉冷风管 | 气体流量计 | 每两小时一次 | 算术平均值 |  |
| 3、洗涤烟气流量 | V3k | m3/h | 升压机进口总管 | 气体流量计 | 每两小时一次 | 算术平均值 |  |
| 4、氧气流量 | VO | m3/h | 氧气输送管 | 气体流量计 | 每两小时一次 | 算术平均值 |  |
| 5、喷淋冷却水(包括风口、渣口冷却水)流量 | m11 | kg/h | 冷却水总管 | 水表 | 每四小时一次 | 算术平均值 |  |
| 物料成分  物料成分 | 1、烧结块成分 |  | 质量百分数 | 烧结块仓排料口 |  | 每两小时一次 | 日混合样平均值 | Pb、Zn、S、SiO2、Fe、CaO、Cu、Sb、Cd、As、Al2O3 |
| 2、焦炭成分 |  | 质量百分数 | 热焦排料口 |  | 每两小时一次 | 日混合样平均值 | 固定碳、S、挥发分、灰分 |
| 3、杂料成分 |  | 质量百分数 | 烧结块仓排料口 |  | 每两小时一次 | 日混合样平均值 | Pb、Zn、S、SiO2、Fe、CaO、Cu、Sb、Cd、As、Al2O3 |
| 4、粗锌成分 |  | 质量百分数 | 贮锌槽放锌口 |  | 每四小时一次 | 日混合样平均值 | Pb、Zn、Cd、Fe |
| 5、粗铅成分 |  | 质量百分数 | 前床放铅口 |  | 每四小时一次 | 日混合样平均值 | Pb、Zn、Cu、Sb、Bi |
| 6、浮渣成分 |  | 质量百分数 | 浮渣冷却器下料口 |  | 每四小时一次 | 日混合样平均值 | Pb、Zn、C |
| 7、兰粉成分 |  | 质量百分数 | 兰粉池 |  | 每四小时一次 | 算术平均值 | Zn、Pb、H2O、C |
| 8、洗涤烟气成分 |  | 体积百分数 | 升压机出口 |  | 每两小时一次 | 算术平均值 | CO2、CO、O2、H2、CH4、N2 |
| 9、炉渣成分 |  | 质量百分数 | 前床放渣口 |  | 按工艺控制频率 | 日混合样平均值 | Pb、Zn、S、As、SiO2、Fe、CaO、Al2O3、C |
| 10、焦炭发热值 |  | kJ/kg | 热焦排料口 | 氧弹分析器  (工业分析) | 每四小时一次 | 日混合样平均值 |  |
| 11、洗涤烟气发热值 |  | kJ/kg | 炉顶炉喉处 | 氧弹分析器  (工业分析) | 每两小时一次 | 日混合样平均值 |  |
| 12、粉煤发热值 |  | kJ/kg | 粉煤仓 | 氧弹分析器  (工业分析) | 每四小时一次 | 算术平均值 |  |
| 13、氧气浓度 | *Φo* | 体积百分数 | 制氧设备 | 气体在线分析仪 | 实时监测 | 算术平均值 | O2 |

# 7 物料平衡计算及平衡报表

7.1物料平衡及物料平衡的有关数据计算按表4进行

表4 物料平衡及与热平衡有关的数据计算

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 符号 | 单位 | 依据或计算式 | 数值 |
| 1 | 浮渣质量 | m6 | kg/h | 测量值 |  |
| 2 | 兰粉质量 | m8 | kg/h | 测量值 |  |
| 3 | 锌蒸发量 | m12 | kg/h |  |  |
| （1） | 烧结块含Zn | [Zn]1 | % | 分析值 |  |
| （2） | 杂料含Zn | [Zn]3 | % | 分析值 |  |
| （3） | 炉渣含Zn | [Zn]7 | % | 分析值 |  |
| （4） | 炉顶部分锌蒸气氧化后质量 | m18 | kg/h |  |  |
| 4 | 铅蒸发量 | m13 | kg/h |  |  |
| （1） | 烧结块含Pb | [Pb]1 | % | 分析值 |  |
| （2） | 杂料含Pb | [Pb]3 | % | 分析值 |  |
| （3） | 粗铅含Pb | [Pb]5 | % | 分析值 |  |
| （4） | 炉渣含Pb | [Pb]7 | % | 分析值 |  |
| 5 | 热风质量 | m14 | kg/h |  |  |
| 6 | 冷风质量 | m15 | kg/h |  |  |
| （1） | 冷风密度 |  | kg/m3 | 按t8查《有色金属炉窑设计手册（梅炽、周萍主编）》第1112页附3-5；  当时，取 |  |
| 7 | 烟气质量 | m16 | kg/h |  |  |
| （1） | 洗涤烟气温度 | tx | ℃ | 测量值 |  |
| （2） | 洗涤烟气密度 |  | kg/m3 | 根据按tx和炉气成分查《有色金属炉窑设计手册（梅炽、周萍主编）》第1112页附3-5，并根据烟气组分加权求得。  当，炉气成分：CO占比25%，CO2占比12.5%，N2占比61%，CH4占比1.5%，取 |  |
| 8 | 烟尘质量 | m17 | kg/h |  |  |
| （1） | 浮渣质量 | m6 | kg/h | 测量值 |  |
| （2） | 浮渣含Zn | [Zn]6 | % | 分析值 |  |
| （3） | 浮渣含Pb | [Pb]6 | % | 分析值 |  |
| （4） | 兰粉质量 | m8 | kg/h | 测量值 |  |
| （5） | 兰粉含Zn | [Zn]8 | % | 分析值 |  |
| （6） | 兰粉含Pb | [Pb]8 | % | 分析值 |  |
| （7） | 兰粉含H2O | [H2O]8 | % | 分析值 |  |
| （8） | 炉顶部分锌蒸气氧化后质量 | m18 | kg/h |  |  |
| 9 | 氧气质量 | m19 | kg/h | VO× |  |
| （1） | 氧气流量 | VO | m3/h | 测量值 |  |
| （2） | 氧气密度 |  | kg/m3 | 按te查《有色金属炉窑设计手册（梅炽、周萍主编）》第1112页附3-5；  当时，取 |  |
| 10 | 物料平衡总收入 |  | % |  |  |
| 11 | 重量差值 |  | kg/h |  |  |
| 12 | 误差 |  |  |  |  |

7.2物料平衡报表

将测试值及计算值填入表5

表5 物料平衡

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 收入 | | | | 支出 | | | |
| 符号 | 项目 | 数值 | | 符号 | 项目 | 数值 | |
| kg/h | % | kg/h | % |
| m1 | 烧结块质量 |  |  | m5 | 粗铅质量 |  |  |
| m2 | 热焦质量 |  |  | m7 | 炉渣质量 |  |  |
| m3 | 杂料质量 |  |  | m12 | 锌蒸发量 |  |  |
| m9 | 补充铅质量 |  |  | m13 | 铅蒸发量 |  |  |
| m10 | 粉煤质量 |  |  | m16 | 烟气质量 |  |  |
| m14 | 热风质量 |  |  | m17 | 烟尘质量 |  |  |
|  |  |  |  | Δm | 重量误差 |  |  |
|  | 合计 |  | 100 |  | 合计 |  | 100 |

# 8 热平衡计算及热平衡结果报表

8.1热平衡计算

按表6的规定进行热平衡计算

表6 热平衡计算

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 符号 | 单位 | 依据或算式 | 数值 |
| （一） | 热收入项 |  |  |  |  |
| 1 | 热焦物理热 | Q1 | MJ/h |  |  |
| （1） | 热焦比热 | C2 | kJ/(kg·℃) | 按t2查《重有色冶金炉设计参考资料（王达成、梅炽等主编）》第3页表1-6；  当时， |  |
| （2） | 热焦质量 | m2 | kg/h | 测定值 |  |
| （3） | 热焦温度 | t2 | ℃ | 测定值 |  |
| 2 | 焦炭燃烧热 | Q2 | MJ/h |  |  |
| （1） | 焦炭的发热值 |  | kJ/kg | 分析值 |  |
| 3 | 烧结块物理热 | Q3 | MJ/h |  |  |
| （1） | 烧结块比热 | C1 | kJ/(kg·℃) | 查《有色金属炉窑设计手册（梅炽、周萍主编）》第1137页附6-10及第1139页附6-15；  按烧结块平均组分计算加权平均比热，计算得 |  |
| （2） | 烧结块质量 | m1 | kg/h | 测定值 |  |
| （3） | 烧结块温度 | t1 | ℃ | 测定值 |  |
| 4 | 热风物理热 | Q4 | MJ/h |  |  |
| （1） | 热风比热 | C4k | kJ/(kg·℃) | 按t3查《有色金属炉窑设计手册（梅炽、周萍主编）》第1112页附3-5，  当*，*计算得 |  |
| （2） | 热风温度 | t3 | ℃ | 测定值 |  |
| 5 | PbO被CO还原放热 | Q5 | MJ/h |  |  |
| （1） | 粗铅含铅 | [Pb]5 |  | 测定值 |  |
| （2） | 粗铅质量 | m5 | kg/h | 测定值 |  |
| （3） | PbO被CO还原反应放热 | ΔrHPb | kJ/kg·Pb | 查《无机物热力学数据手册（梁英教、车荫昌主编）》，计算得 |  |
| 6 | 粉煤燃烧热 | Q6 | MJ/h |  |  |
| （1） | 粉煤的发热值 |  | kJ/kg | 分析值 |  |
| 7 | 炉顶部分锌蒸气氧化放热 | Q7 | MJ/h |  |  |
| （1） | 反应放热 | ΔrHZnO |  | 查《无机物热力学数据手册（梁英教、车荫昌主编）》，计算得 |  |
| （2） | 炉顶部分锌蒸气氧化后质量 | m18 | kg/h |  |  |
| 8 | 总热收入 | ∑Q | MJ/h |  |  |
| （二） | 热支出项 |  |  |  |  |
| 1 | 炉气物理热 |  | MJ/h |  |  |
| （1） | 洗涤烟气比热 |  | kJ/(kg·℃) | 按t6查《有色金属炉窑设计手册（梅炽、周萍主编）》第1112页附3-5；  计算加权平均比热 |  |
| （2） | 烟气质量 | m16 | kg/h | 测量或计算值 |  |
| （3） | 炉气温度 | t6 | ℃ | 测定值 |  |
| 2 | 炉气化学热 |  | MJ/h |  |  |
| （1） | 洗涤烟气发热量 |  | MJ/kg |  |  |
| （a） | 洗涤烟气发热值 |  | kJ/kg | 分析值 |  |
| （b） | 烟气质量 | m16 | kg/h | 测算值 |  |
| 3 | 金属锌蒸气带出热 |  | MJ/h |  |  |
| （1） | 锌蒸发量 | m12 | kg/h | 物料平衡计算 |  |
| （2） | 锌蒸气焓变 |  | kJ/(kg·℃) |  |  |
| （a） | t6时锌蒸气焓 |  | kJ/mol | 按t6查《无机物热力学数据手册（梁英教、车荫昌主编）》，，；  当*，*计算得 |  |
| 4 | ZnO还原吸热 |  | MJ/h |  |  |
| （1） | ZnO被CO还原反应吸热 | ΔrHZn | kJ/kg·Zn | 查《无机物热力学数据手册（梁英教、车荫昌主编）》；  计算得 |  |
| 5 | 液态铅带出热 |  | MJ/h |  |  |
| （1） | 粗铅质量 | m5 | kg/h | 测试值 |  |
| （2） | 粗铅含Pb | [Pb]5 | % | 分析值 |  |
| （3） | 液态铅焓变 |  | kJ/(kg·℃) |  |  |
| （a） | t7时液态铅焓 |  | kJ/mol | 按t7查《无机物热力学数据手册（梁英教、车荫昌主编）》，，；  当*，*计算得 |  |
| 6 | 炉渣带出热 |  | MJ/h |  |  |
| （1） | 炉渣热焓 | HS | kJ/kg | 按渣温t7及渣成分查《重有色冶金炉设计参考资料（王达成、梅炽等主编）》第754页附表5-10、5-11；  计算得 |  |
| （2） | 炉渣质量 | m7 | kg/h | 物料平衡计算 |  |
| 7 | 鼓风炉上部炉体散热总量 |  | MJ/h |  |  |
| （1） | 上部炉体内外面积的算术平均数 | Ai | m2 | 查图计算 |  |
| （2） | 鼓风炉上部炉壳表面温度 | tb | ℃ | 测定值 |  |
| （3） | 上部炉体散热表面环境空气温度 | teb | ℃ | 测定值 |  |
| （4） | 上部炉体散热损失 |  |  | 用热流计直接测定表面的平均热流密度或根据tb、teb查《有色金属炉窑设计手册（梅炽、周萍主编）》第68页表3-31和表3-32.当，时，取 |  |
| 8 | 喷淋冷却水带出热 |  | MJ/h |  |  |
| （1） | 水的比热 | CH2O | kJ/(kg·℃) | 按4.18计算 |  |
| （2） | 喷淋水流量 | m11 | kg/h | 测定值 |  |
| （3） | 喷淋水进水温度 | t4 | ℃ | 测定值 |  |
| （4） | 喷淋水出水温度 | t5 | ℃ | 测定值 |  |
| 9 | 炉顶散热总量 |  | MJ/h |  |  |
| （1） | 炉顶面积 | Ad | m2 | 查图 |  |
| （2） | 炉顶表面温度 | td | ℃ | 测定值 |  |
| （3） | 炉顶表面环境空气温度 | ted | ℃ | 测定值 |  |
| （4） | 炉顶散热损失 |  |  | 用热流计直接测定表面的平均热流密度或根据td、ted查查《有色金属炉窑设计手册（梅炽、周萍主编）》第68页表3-31和表3-32.当，时，取 |  |
| （5） | 炉顶散热换算系数 | kd | / | 查《有色金属炉窑设计手册（梅炽、周萍主编）》第68页表3-32，取 |  |
| 10 | 碳逃逸损失热总量 |  | MJ/h |  |  |
| （1） | 浮渣含碳量 |  | % | 分析值 |  |
| （2） | 炉渣含碳量 |  | % | 分析值 |  |
| （3） | 兰粉含碳量 |  | % | 分析值 |  |
| （4） | 碳完全燃烧反应热 | ΔrHC | kJ/kg·C | 查《无机物热力学数据手册（梁英教、车荫昌主编）》， |  |
| 11 | 烟尘带出热 |  | MJ/h |  |  |
| （1） | 烟尘质量 |  | kg/h | 测算值 |  |
| （2） | 烟尘比热 |  | kJ/(kg·℃) | 烟尘成分复杂，但主要成分是ZnO，故按ZnO比热进行估算。查《无机物热力学数据手册（梁英教、车荫昌主编）》并计算，计算得298K～1273K平均比热 |  |
| 12 | 还原金属氧化物耗CO化学热 |  | MJ/h |  |  |
| （1） | 金属氧化物还原耗CO量 | mco | kg |  |  |
| （2） | CO发热值 | ΔrHCO | kJ/kg | 查《无机物热力学数据手册（梁英教、车荫昌主编）》并计算， |  |
| 13 | 差值 | ΔQ | MJ/h | －(＋＋＋＋＋＋＋＋＋) |  |
| 14 | 总热支出 | Σ | MJ/h | ＋＋＋＋＋＋＋＋＋＋＋ΔQ |  |
| 15 | 误差 |  |  |  |  |

8.2热平衡计算结果报表

将热平衡计算结果填入热平衡表7

表7 铅锌密闭鼓风炉热平衡

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 收入 | | | | 支出 | | | |
| 符号 | 项目 | 数值 | | 符号 | 项目 | 数值 | |
| ×kJ/h | % | ×kJ/h | % |
| Q1 | 焦炭物理热 |  |  |  | 炉气物理热 |  |  |
| Q2 | 焦炭燃烧热 |  |  |  | 炉气化学热 |  |  |
| Q3 | 烧结块物理热 |  |  |  | 金属锌蒸气带出热 |  |  |
| Q4 | 热风物理热 |  |  |  | ZnO还原吸热 |  |  |
| Q5 | PbO被CO还原放热 |  |  |  | 液态铅带出热 |  |  |
| Q6 | 粉煤燃烧热 |  |  |  | 炉渣带出热 |  |  |
| Q7 | 炉顶部分锌蒸气氧化放热 |  |  |  | 鼓风炉上部炉体散热总量 |  |  |
|  |  |  |  |  | 喷淋冷却水带出热 |  |  |
|  |  |  |  |  | 炉顶散热总量 |  |  |
|  |  |  |  |  | 碳逃逸损失热总量 |  |  |
|  |  |  |  |  | 烟尘带出热 |  |  |
|  |  |  |  |  | 还原金属氧化物耗CO化学热 |  |  |
|  |  |  |  | ΔQ | 差值 |  |  |
|  | 合计 |  | 100 |  | 合计 |  | 100 |

8.4热效率计算

8.4.1热效率计算

×100%

8.4.2炉子余热回收率

×100%

# 9 主要能耗指标计算

按表9的规定填写。

表9 主要能耗指标

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 符号 | 单位 | 计算公式 | 数值 |
| 1 | 吨粗铅、锌产品热单耗 | Qch | kJ/t |  |  |
| 2 | 吨粗铅、锌燃料消耗 | Qrl | 吨标煤/吨 |  |  |

# 10 热平衡测定分析和改进建议

10.1对设备结构、操作制度的分析。

10.2评价热效率及主要技术经济指标。

10.3找出节能途径。

10.4改进建议及研究课题。