混合铁矿数据

炉料结构配比 烧结矿：球团矿：块矿=

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | TFe | Fe2O3 | FeO | SiO2 | Al2O3 | CaO | MgO | MnO | P2O5 | S/2 | V2O5 | TiO2 |
| 烧结矿 |  | =（TFe%-FeO%\*56/72）/112\*160 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 球团矿 |  | = |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 块矿 |  | = |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

混合矿成分（%）

Tfe=（烧结矿TFe%\*炉料结构中烧结矿%+球团Tfe%\*炉料结构中球团的比例%+块矿TFe\*块矿%）/100

Fe2O3=（烧结矿Fe2O3%\*炉料结构中烧结矿%+球团Fe2O3%\*炉料结构中球团的比例%+块矿Fe2O3\*块矿%）/100

FeO =（烧结矿FeO %\*炉料结构中烧结矿%+球团FeO %\*炉料结构中球团的比例%+块矿FeO \*块矿%）/100

SiO2=（烧结矿SiO2%\*炉料结构中烧结矿%+球团SiO2%\*炉料结构中球团的比例%+块矿SiO2\*块矿% ）/100

Al2O3=（烧结矿Al2O3%\*炉料结构中烧结矿%+球团Al2O3%\*炉料结构中球团的比例%+块矿Al2O3\*块矿%）/100

CaO =(烧结矿CaO %\*炉料结构中烧结矿%+球团CaO %\*炉料结构中球团的比例%+块矿CaO \*块矿% )/100

MgO =(烧结矿MgO%\*炉料结构中烧结矿%+球团 MgO%\*炉料结构中球团的比例%+块矿MgO \*块矿%)/100

MnO=(烧结矿MnO %\*炉料结构中烧结矿%+球团MnO%\*炉料结构中球团的比例%+块矿MnO\*块矿% )/100

P2O5 =(烧结矿P2O5%\*炉料结构中烧结矿%+球团P2O5%\*炉料结构中球团的比例%+块矿P2O5\*块矿%)/100

S/2=(烧结矿S/2%\*炉料结构中烧结矿%+球团S/2%\*炉料结构中球团的比例%+块矿S/2\*块矿%)/100

V2O5=(烧结矿V2O5%\*炉料结构中烧结矿%+球团V2O5%\*炉料结构中球团的比例%+块矿V2O5\*块矿%)/100

TiO2 =(烧结矿TiO2%\*炉料结构中烧结矿%+球团 TiO2%\*炉料结构中球团的比例%+块矿TiO2\*块矿%)/100

冶炼每吨生铁矿石量(kg/t)=[Fe]\*10/铁在渣铁分配比/混合矿铁品味TFe)

吨铁烧结矿量(kg/t)=混矿量\*炉料结构中烧结矿%/100

吨铁球团矿量(kg/t)= 混矿量\*炉料结构中球团%/100

吨铁块矿量(kg/t)= 混矿量\*炉料结构中块矿%/100

燃料数据

冶炼每吨生铁焦炭用量：焦比（kg/t）

冶炼每吨生铁煤粉用量：煤比（kg/t）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 燃料工业分析表 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Fcd(固定碳%)（C%） | Ad（灰分%） | Vd（挥发分% | Std（全硫量%） | H2O | CO | H2 | N2 | CO2 | CH4 |
| 焦炭(.K) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Fcd | Ad | Vd | Std | H2O | C | H | N | O |  |
| 煤粉(.M) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 灰分表 |  |  |  |  |  |  |
|  | Al2O3 | SiO2 | CaO | MgO | Fe2O3 | Tfe |
| 焦炭 |  |  |  |  |  |  |
| 煤粉 |  |  |  |  |  |  |
| 焦炭 | %=Ad.K\*(AI2O3).K/100 | %=Ad.K\*( SiO2).K/100 | %=Ad.K\*( CaO).K/100 | %=Ad.K\*( MgO).K/100 | %=Ad.K\*( Fe2O3).K/100 | %=Ad.K\*(Tfe).K/100 |
| 煤粉 | %=Ad.M\*(AI2O3).M/100 | %=Ad.M\*( SiO2).M/100 | %=Ad.M\*( CaO).M/100 | %=Ad.M\*( MgO).M/100 | %=Ad.M\*(Fe2O3).M/100 | %=Ad.M\*( Tfe).M/100 |

所喷煤气

喷吹煤气数据(喷吹气体成分和数量、温度、位置)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 喷吹部位 | CO% | CO2% | H2% | CH4% | H2O% | N2% | 喷吹量Nm³/tFe | 温度/℃ |
| 风口 |  |  |  |  |  |  | v喷风口 |  |
| 炉身 |  |  |  |  |  |  | V喷炉身 |  |

热风成分

鼓风湿度φ 富氧率fo 氧气纯度a

产品数据

生铁成分

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 成分 | [Fe] | [Si] | [P] | [ S] | [ Mn] | [ C] | [Ti] | [V] |
| 占比 | [Fe]=100-其他成分 |  |  |  |  |  |  |  |

炉渣数据（kg）

元素在渣铁相间分配

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 | Fe | Mn | P | S |
| 生铁 |  |  |  |  |
| 炉渣 |  |  |  |  |
| 煤气 |  |  |  |  |

炉尘数据（%）

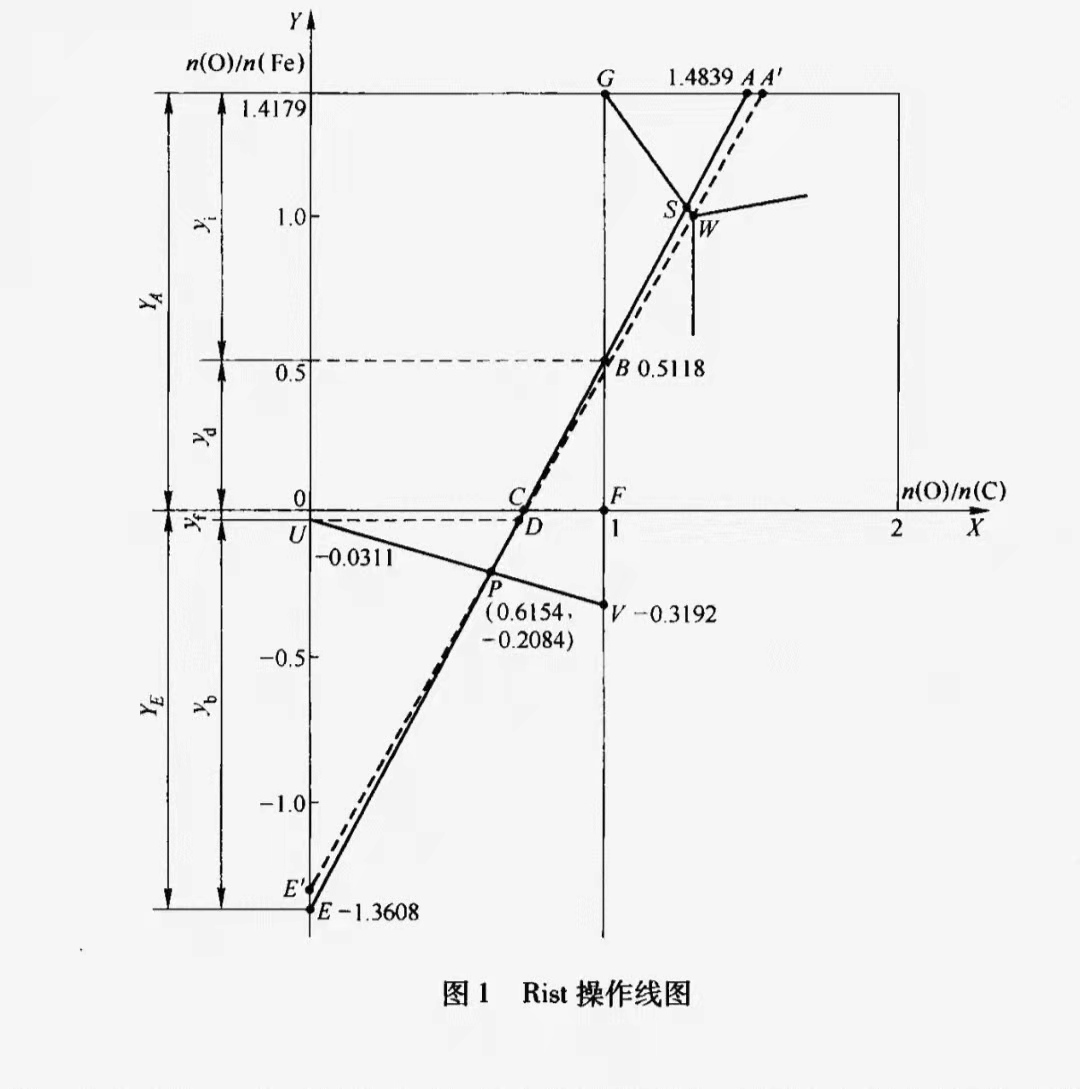
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C% | SiO2% | CaO% | Al2O3% | FeO% | TiO2% | V2O5% | MgO% | Σ kg/tFe |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

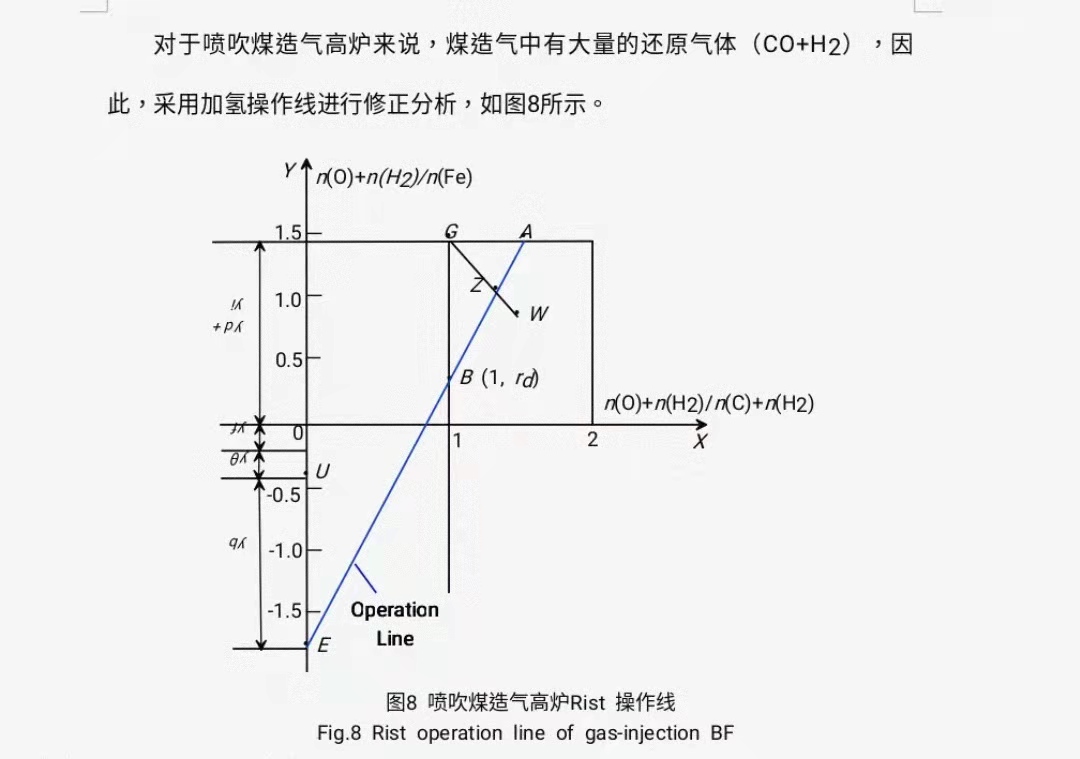
预测高炉需要输入list操作线中的炉身工作效率Ks、氢的利用率ηH2、直接还原度rd、焦比、煤比，其思路是：根据炉身工作效率Ks和W点、G点确定出S点，S点、B点两点确定一线，就可确定E点坐标，即可知道热风中O+H2摩尔数，进而确定风中O摩尔数；然后根据C平衡可确定风口前Cb，即风口前燃烧的C摩尔数；风口前燃烧C的摩尔数=风中O摩尔数，即rd设的正确了，否则就继续修改rd取值，直到风口前燃烧C的摩尔数+V喷风口\*CH4%/2（风口前甲烷燃烧消耗的O2）≈风中O摩尔数（小数点后4位相同）。但焦比和煤比设定值是否正确合理需要结合高炉整体热损失、理论燃烧温度、高温区热损失、高温区热损失占整体热损失的百分比、理论燃烧温度参数，因此，预测高炉输入界面需要增加list 操作线界面，输入值包括焦比、煤比、炉身工作效率、氢的利用率ηH2、直接还原度rd、富氧率、鼓风湿度。点计算准备后该界面还包括：风中O摩尔数、风口前燃烧C摩尔数+风口前甲烷燃烧消耗O、理论燃烧温度、高炉全炉热损失及占比、高温区热损失及占比、高温区热损失占全炉热损失百分比，C消耗、CO2排放。

输入项

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 炉身工作效率Ks | 氢的利用率ηH2 | 直接还原度rd | 焦比 | 煤比 | 富氧率 | 鼓风湿度（%） |
|  |  |  |  |  |  |  |

计算方法如下：





W点

在此介入炉缸煤气成分、1000℃（高炉内高温与低温区划分界限）煤气成分。

yW=1.056

用1000℃煤气成分

xW=1+CO%/（CO%+H2%）\*a+H2%/（CO%+H2%）\*b

注：方程平衡时二氧化碳、水蒸气的体积分数，按1000摄氏度时计算，a、b分别取0.287711428、0.41315796；

炉身工作效率Ks=GS/GW =（Xs-1）/（Xw-1）

yA=[ (混合矿Fe2O3%)×3/160+（混合矿FeO%）/72]\*56/（混合矿TFe%）

G点

xG=1

yG=yA

∴S点

Xs= Ks\*（Xw-1）+1

yS=yA—Ks\*（yA-yW)

根据输入rd得到xB=1，yB=rd

B坐标（1，rd）

∴SB线斜率=AB线斜率=kAB=（yS-rd）/（xS-1）

SB方程：Y=kABX+ rd- kAB=kAB（X-1）+rd

则SB线与y轴交点E点纵坐标 yE= rd- kAB

E坐标（0，rd- kAB）

y喷H2=（v喷风口\*（H2喷%+CH4喷%\*2+H2O%）+v喷炉身\*（H2喷%））/22.4/（[Fe]\*10/56）]

y喷煤H2= (煤比\*煤粉中含H%/100/2+(湿煤-煤比)/18)/( [Fe]\*10/56) ]

（其中湿煤=M/（1-煤粉含水百分比%（一般1%-1.5%））

则风中O+H2摩尔数=-（yE+yf+y喷H2\*ηH2+y喷煤H2+y喷O）\*w[Fe]\*10/56

=-（rd-kAB+ yf+y喷H2\*ηH2+y喷煤H2\*ηH2+y喷O）\*w[Fe]\*10/56

y喷O=（(湿煤-煤比)/18)/( [Fe]\*10/56) +（v喷风口\*（H2O%）+v喷风口\*（CO%）+2\*v喷风口\*（CO2%）+v喷炉身\*（CO%））/22.4/（[Fe]\*10/56）

鼓风量：Vb（m3/tFe）=（O+H2）\*22.4/（2\*（（O2）b+φ/2）

根据鼓风湿度φ，则风中O摩尔数=Vb\*（O2）b/22.4\*2

另外，根据C平衡 Cb=C总-C渗-C非铁-C尘-w[Fe]\*rd\*10\*12/56=焦比\*焦炭中C%/100+煤比\*煤粉中C%/100-[C]\*10-12\*10\*（[Si]\*2/28+[Mn]/55+[P]\*5/62+[V]\*5/2/51+[Ti]\*2/48）-12/56\*w[Fe]\*10\*rd-炉尘量\*炉尘中C%/100

Cb/12=【焦比\*焦炭中C%/100+煤比\*煤粉中C%/100-[C]\*10-12\*10\*（[Si]\*2/28+[Mn]/55+[P]\*5/62+[V]\*5/2/51+[Ti]\*2/48）-12/56\*w[Fe]\*10\*rd-炉尘量\*炉尘中C%/100】/12

风口甲烷燃烧消耗O摩尔数=V喷风口\*CH4%/22.4

C燃摩尔数=Cb/12+V喷风口\*CH4%/22.4

=【焦比\*焦炭中C%/100+煤比\*煤粉中C%/100-[C]\*10-12\*10\*（[Si]\*2/28+[Mn]/55+[P]\*5/62+[V]\*5/2/51+[Ti]\*2/48）-12/56\*w[Fe]\*10\*rd-炉尘量\*炉尘中C%/100】/12+V喷风口\*CH4%/22.4

不断输入rd直到（风口前燃烧C的摩尔数）≈风中O摩尔数（小数点后4位相同）时停止。

U点

yf(非铁元素还原耗碳)=(4[Si]+1.02[Mn]+4.52[P] +2.75[V]+2.33[Ti])/[Fe]

y喷H2=（v喷风口\*（H2喷%+CH4喷%\*2\*H2O%）+v喷炉身\*（H2喷%+CH4喷%\*2\*H2O%））/22.4/（[Fe]\*10/56）

y喷煤H2=(M\*(H)M/100/2+(湿煤-煤比)/18)/( [Fe]\*10/56)

yU=-（yf+y喷H2+y喷煤H2）

xU=0

V点

xV=1

yV=-（Q/qd） （qd=152190）

（Q是高温区除去直接还原耗热之外的热消耗，包括非铁元素还原热消耗、渣铁热消耗，以及热损失，这个可利用高温区热平衡进行计算，即高温区热收入=热支出；见后高温区热平衡）

kUV=(yV-yU)

直线UV方程为：yUV=kUV\*x +yU=（yV-yU）\*x+yU

P点 （P点是UV线和AE线交点，yAE=kAEx+yE=（yA-yE）/xA)\*x+yE）

kUV=yV-yU

xP=(yU-yE)/(kAE-kUV)

yP=kUV\*xP+yU

kPW=(yW-yP）/（xW-xP)

吨铁节碳潜力=（kAE-kPW）\*[Fe]\*10/56\*12

吨铁理论C消耗=(kPW-y喷H2-y喷煤H2)\* [Fe]\*10/56\*12+w(C)生铁渗碳

实际C消耗=C总=焦比\*焦炭中C%/100+煤比\*煤粉中C%/100+v喷\*（CO%+CO2%+CH4%）\*12 /22.4

输出计算

（1）风量

每m³风中富氧量W（m3/m3）=fo富氧率/（氧气纯度a-0.21）

热风含O2量（%）：（O2）b=0.21+0.29×φ+(a—0.21)×W—0.29×φ×W

热风含N2量（%）：（N2）b=（1—φ）×（1—W ）×0.79+（1—a）×W

鼓风量：Vb（m3/tFe）=（O+H2）\*22.4/（2\*（（O2）b+φ/2）

鼓风输出项

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 富氧率% | 风（O2）b | （N2）b | H2O%=φ | ∑ Nm³/tFe | 温度/℃ |
| =输入的富氧率 |  |  |  | Vb | =输入值 |

(2)炉缸煤气成分：

炉缸煤气量（m3）：

V(CO) =Cb\*22.4/12+V喷风口\*CO%喷+V喷风口\*2\*CO2%喷

V（N2）=Vb\*（N2）b+煤比\*煤粉中N2%/100+V喷风口\*N2%喷

V(H2)= v喷风口\*（H2喷%+CH4喷%\*2+H2O%）+煤比\*煤粉中H2%/100)\*22.4/2+Vb\*φ

炉缸煤气量=V(CO)+ V（N2）+V(H2)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CO | N2 | H2 | Σ(  **Nm³/tFe**  ） |
| %=V(CO)/炉缸煤气量 | = V(N2)/炉缸煤气量 | = V(H2)/炉缸煤气量 |  |

（3）1000℃煤气计算

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CO(m3) | N2(m3) | H2(m3) | Σ |
| 风口前碳素燃烧生成CO+非铁元素直接还原生成的CO+铁直接还原生成的CO+VCO=  22.4\*C燃/12+22.4\*  10\*（[Si]\*2/28+[Mn]/55+[P]\*5/62）+[Fe]\*10\*rd/56+V喷风口\*（CO%+2\*CO2%+CH4%）+V喷炉身\*（CO%） | Vb\*（N2）b+煤比\*煤粉中N2%/100+V风口\*N2%+V喷炉身\*N2% | ∑H2（m3/t） | ∑CO+N2+H2 |
| %=CO/∑ | %=N2/∑ | %=H2/∑ |  |

其中∑H2（m3/t）=H2喷+CH4喷\*2+H2燃料+热风水H2

=v喷风口\*（H2喷%+CH4喷%\*2+H2O%）+ v喷炉身\*（H2喷%）+（焦比\*焦炭中H2%/100+煤比\*煤粉中的H2%/100）\*22.4/2+Vb\*φ+(湿煤-M)/18)\*22.4

（其中湿煤=M/（1-煤粉含水百分比%（一般1%-1.5%））

H2还原度

rH2=((∑H2\*η H2\*56 )/(22.4\*[Fe]\*10)

直接还原度rd 氢的还原度rH2，CO还原度=1-rH2-rd，得出还原度分布

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| rH2 | rd | CO还原度 | Σ |
| = rH2=((∑H2\*η H2\*56 )/(22.4\*[Fe]\*10) | = | 1-rd-rH2 | 1 |

1. 炉顶煤气计算

V(CO2)=（[Fe]\*10\*ω（Fe2O3）\*22.4）/(TFe\*160)+ ([Fe]\*10\*(1-rd-rH2)\*22.4)/56+K\*mk(CO2)\*22.4/44

V(CO)=22.4\*Cb/12+22.4\*10\*（[Si]\*2/28+[Mn]/55+[P]\*5/62）+[Fe]\*10\*rd/56+V喷风口\*（CO%+2\*CO2%+CH4%）+V喷炉身\*（CO%）-生成CO2量

=22.4\*Cb/12+22.4\*10\*（[Si]\*2/28+[Mn]/55+[P]\*5/62）+[Fe]\*10\*rd/56+V喷风口\*（CO%+2\*CO2%+CH4%）+V喷炉身\*（CO%）-【（[Fe]\*10\*ω（Fe2O3）\*22.4）/(TFe\*160)+ ([Fe]\*10\*(1-rd-rH2)\*22.4)/56+K\*mk(CO2)\*22.4/44】

V（N2）=Vb\*（N2）b+煤比\*煤粉中N2%/100+V喷风口\*N2%喷+V喷炉身\*N2%喷

V(H2)=∑H2（m3/t）\*（1-ηH2）

V(H2O)=∑H2（m3/t）\*（ηH2）

炉顶煤气输出项

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | CO2% | CO% | H2% | N2% | H2O% | ∑ |
| （湿成分/%） | VCO2/Σ |  |  |  |  | VCO2+VCO+VN2+VH2+VH  2O |

此时高炉碳消耗分布

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 铁水渗碳（kg） | 非铁还原耗C（kg） | 直接还原耗C（kg） | 风口燃烧耗C（kg） | 炉尘C（kg） | 喷吹C用于间接还原 | Σ |
| [C]\*10 | 12\*10\*（[Si]\*2/28+[Mn]/55+[P]\*5/62+[V]\*5/2/51+[Ti]\*2/48） | 12/56\*w[Fe]\*10\*rd | Cb | 炉尘量\*炉尘中C%/100 | v喷\*（CO%+CO2%+CH4%）\*12 /22.4 |  |
| %=铁水渗碳/C总 | %=非铁还原耗碳/C总 | %=直接还原耗碳/C总 | %=Cb/C总 | %=炉尘C/C总 |  |  |

List操作界面输出点计算准备后该界面还包括：风中O摩尔数、风口前燃烧C摩尔数、理论燃烧温度、高炉全炉热损失及占比、高温区热损失及占比、高温区热损失占全炉热损失百分比，C消耗、CO2排放。

包括各点坐标、碳消耗分布表、实际C消耗、吨铁CO2排放、炉身利用率、理论碳消耗、吨铁节碳潜力、还原度分布表、CO利用率=炉顶煤气中CO2%/CO% 与H2利用率

|  |  |
| --- | --- |
| 风中O摩尔数 | = Vb\*（O2）b/22.4\*2 |
| 风口前燃烧C摩尔数 | =【焦比\*焦炭中C%/100+煤比\*煤粉中C%/100-[C]\*10-12\*10\*（[Si]\*2/28+[Mn]/55+[P]\*5/62+[V]\*5/2/51+[Ti]\*2/48）-12/56\*w[Fe]\*10\*rd-炉尘量\*炉尘中C%/100】/12 |
| 风口前CH4燃烧消耗O摩尔数 | V喷风口\*CH4%/22.4 |
| 理论燃烧温度 | （Cb\*9800+Q热风+K\*（C）k/100\*4.18\*550-Vb\*φ\*10788-M\*1255）/（炉缸煤气量\*｛【28.409+1/2\*4.1/1000\*（T理论假设+273）-0.46\*100000/273/T理论假设】\*CO%+【27.965+1/2\*4.268/1000\*（T理论假设+273）】\*N2%+【27.28+1/2\*3.264/1000\*（T理论假设+273）+0.502\*100000/273/T理论假设】\*H2%） |
| 高炉全炉热损失及占比 | %=全炉热损失/全炉热支出 |
| 高温区热损失及占比 | %=高温区热损失/高温区热支出 |
| 高温区热损失占全炉热损失百分比 | =高温区热损失/全炉热损失 |
| C消耗 | =焦比\*焦炭中C%/100+煤比\*煤粉中C%/100+v喷\*（CO%+CO2%+CH4%）\*12 /22.4 |
| CO2排放 | =（[Fe]\*10\*混合矿中Fe2O3%ω（Fe2O3）\*22.4）/(TFe\*160)+ ([Fe]\*10\*(1-rd-rH2)\*22.4)/56+K\*Vd.K\*(CO2).K/100\*22.4/44 |

炉渣计算

（kg/t）

FeO=w[Fe]\*10\*铁在渣铁分配比\*72/56

SiO2=吨铁混矿量\*混合矿中SiO2%/100+焦比\*灰分%\*灰分中SiO2%/10000+煤比\*灰分%\*灰分中SiO2%/10000-炉尘\*炉尘中SiO2%/100

Al2O3=吨铁混矿量\*混合矿中AI2O3%/100+焦比\*灰分%\*灰分中AI2O3%/10000+煤比\*灰分%\*灰分中AI2O3%/10000-炉尘\*炉尘中AI2O3%/100

CaO=吨铁混矿量\*混合矿中CaO %/100+焦比\*灰分%\*灰分中CaO %/10000+煤比\*灰分%\*灰分中CaO %/10000-炉尘\*炉尘中CaO % /100

MgO=吨铁混矿量\*混合矿中MgO %/100+焦比\*灰分%\*灰分中MgO %/10000+煤比\*灰分%\*灰分中MgO %/10000-炉尘\*炉尘中MgO %/100

(MnO因为Mn会有一部分进入铁水，因此不能按以上计算)

MnO=（吨铁混矿量\*混合矿中MnO%/100-炉尘\*炉尘中MnO%/100-【Mn】\*10/51\*67）

S/2=吨铁混矿量\*混合矿中S/2%/100+焦比\*焦粉中全硫量Std%\* /100+煤比\*煤粉中全硫量Std%/100-炉尘\*炉尘中S量%/100- [ S]\*10

TiO2=混合吨量\*混合矿中TiO2%-1000\*铁水中Ti%\*80/48-炉尘\*炉尘中TiO2%

V2O5=混合吨量\*混合矿中V2O5%-1000\*铁水中V%\*192/102-炉尘\*炉尘中TiO2%

炉渣渣量（kg）=ΣFeO+SiO2+ AI2O3+CaO+MgO +MnO+S/2+V2O5+TiO2

炉渣二元碱度=CaO/SiO2

炉渣成分(%)

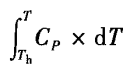
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| FeO | SiO2 | Al2O3= | CaO | MgO | MnO | V2O5 | TiO2 | S/2= |
| =FeO/炉渣渣量\*100 | =SiO2/炉渣渣量\*100 | =AI2O3/炉渣渣量\*100 | =CaO/炉渣渣量\*100 | =MgO/炉渣渣量\*100 | =MnO/炉渣渣量\*100 | = V2O5/炉渣渣量\*100 | = TiO2/炉渣渣量\*100 | S/2/炉渣渣量\*100 |

1. 全炉热平衡

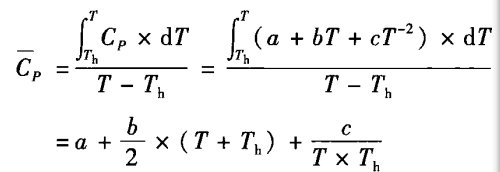
热收入

1. 风口前碳素燃烧=4.18\*2340\*Cb
2. 鼓风带入热

在这里要用到各气体的热焓或热熔

气体热焓q==

气体热熔

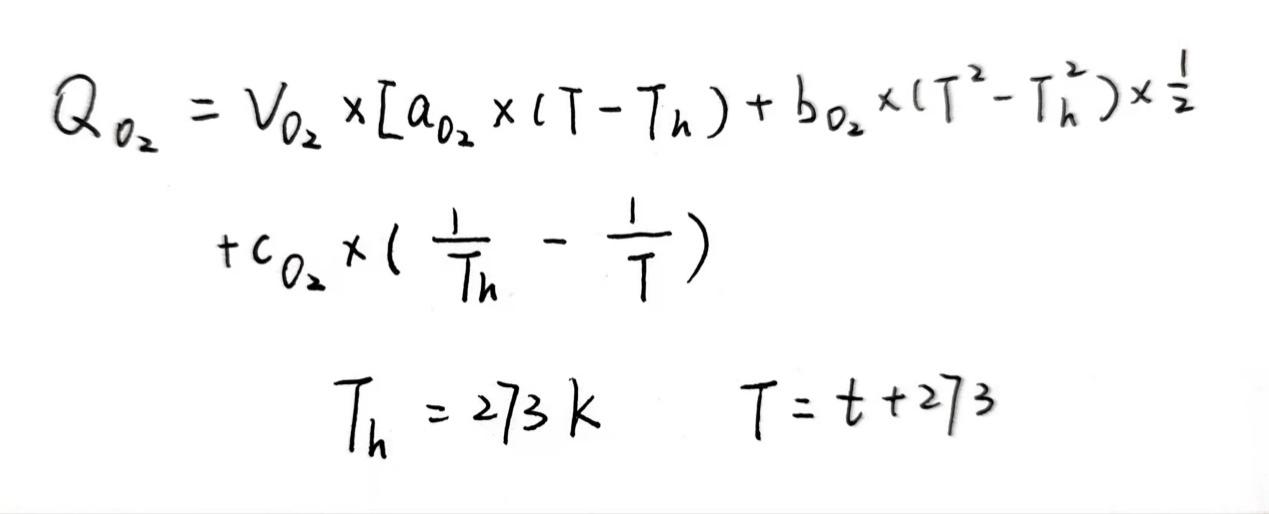


炼铁常用热容数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 气体 | O2 | N2 | H2O | CO | CO2 | CH4 | H2 |
| a | 29.957 | 27.965 | 29.999 | 28.409 | 44.141 | 23.617 | 27.28 |
| b | 4.184/1000 | 4.268/1000 | 10.711/1000 | 4.1/1000 | 9.037 | 47.8192 | 3.264/1000 |
| c | -1.674\*100000 | 0 | 0.335\*100000 | -0.46\*100000 | -8.535 | -1.9228 | 0.502\*100000 |

鼓风带入热

Q热风=



=Q（O2）+Q(N2)+Q风H20

=Vb\*（O2）b/22.4\*｛aO2\*【(t+273)-273】+1/2\*bO2\*【(t+273)^2-273^2】+cO2\*【1/273-1/(t+273)】+

Vb\*（N2）b/22.4\*｛aN2\*【(t+273)-273】+1/2\*bN2\*【(t+273)^2-273^2】+cN2\*【1/273-1/(t+273)】+

Vb\*φ/22.4\*｛aH2O\*【（t+273）-273】+1/2\*bH2O\*【（t+273）^2-273^2】-cH2O\*【（1/273-1/（t+273）】｝

=Vb\*（O2）b/22.4\*｛29.957\*【（风温+273）-273】+1/2\*4.184/1000\*【（风温+273）二次方-273\*273】-1.674\*100000\*【1/273-（1/（风温+273）】｝+

Vb\*（N2）b/22.4\*｛27.965\*【（风温+273）-273】+1/2\*4.268/1000\*【（风温+273）二次方-273\*273】｝

+Vb\*φ/22.4\*｛29.999\*【（风温+273）-273】+1/2\*10.711/1000\*【（风温+273）二次方-273\*273】+0.335\*100000\*【1/273-（1/（风温+273）】｝

3.喷入气体带入热量 (包括物理热与化学热，物理热的计算跟热风携带热量计算方法相同，化学热主要包括风口前CH4燃烧放出热量、喷吹气体中CO2风口前气化溶损消耗热量、喷吹气体中H2O风口裂解消耗的热量。。高炉喷吹包括两部分风口和炉身、但炉身温度较低不考虑CH4燃烧放热、H2O分解和CO2溶损)

Q喷

=V喷风口\*CO%/22.4\*｛28.409\*【（风口喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*4.1/1000\*【（风口喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】-0.46\*100000\*【1/273-（1/（风口喷吹煤气温度+273）】｝+

V喷风口\*N2%/22.4\*｛27.965\*【（风口喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*4.268/1000\*【（风口喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】｝

+V喷风口\*H2O%/22.4\*｛29.999\*【（风口喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*10.711/1000\*【（风口喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】+0.335\*100000\*【1/273-（1/（喷吹煤气温度+273）】｝+

V喷风口\*CO2%/22.4\*｛44.141\*【（风口喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*9.03/1000\*【（风口喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】-8.535\*100000\*【1/273-（1/（风口喷吹煤气温度+273）】｝+

V喷风口\*CH4%/22.4\*｛23.617\*【（风口喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*47.8192/1000\*【（风口喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】-1.9228\*100000\*【1/273-（1/（风口喷吹煤气温度+273）】｝

+V喷\*H2%/22.4\*｛27.28\*【（风口喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*3.264/1000\*【（风口喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】+0.502\*100000\*【1/273-（1/（风口喷吹煤气温度+273）】｝+

V喷炉身\*CO%/22.4\*｛28.409\*【（炉身喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*4.1/1000\*【（炉身喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】-0.46\*100000\*【1/273-（1/（炉身喷吹煤气温度+273）】｝+

V喷炉身\*N2%/22.4\*｛27.965\*【（炉身喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*4.268/1000\*【（炉身喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】｝+

V喷炉身\*H2O%/22.4\*｛29.999\*【（炉身喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*10.711/1000\*【（炉身喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】+0.335\*100000\*【1/273-（1/（炉身喷吹煤气温度+273）】｝+

V喷炉身\*CO2%/22.4\*｛44.141\*【（炉身喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*9.03/1000\*【（炉身喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】-8.535\*100000\*【1/273-（1/（喷吹煤气温度+273）】｝+

V喷炉身\*CH4%/22.4\*｛23.617\*【（炉身喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*47.8192/1000\*【（炉身喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】-1.9228\*100000\*【1/273-（1/（炉身喷吹煤气温度+273）】｝+

V喷炉身\*H2%/22.4\*｛27.28\*【（炉身喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*3.264/1000\*【（炉身喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】+0.502\*100000\*【1/273-（1/（炉身喷吹煤气温度+273）】｝+

V喷风口\*CH4%\*1573—V喷风口\*CO2%/22.4\*44\*3765—V喷风口\*H2O%\*10788

以上均为后台计算

4． 炉料带入热=热烧结矿\*比热容

热支出

1．硅酸盐分解

以2FeO.SiO2存在FeO=烧结矿量（kg）\*烧结矿中FeO/100\*0.2+K\*(Ad)K\*焦炭中Fe2O3/10000+M\*（Ad）M\*煤粉中Fe2O3/10000

Q硅酸盐分解=（烧结矿量（kg）\*烧结矿中FeO/100\*0.2+K\*(Ad)K\*焦炭中Fe2O3/10000+M\*（Ad）M\*煤粉中Fe2O3/10000-炉渣中FeO质量）\*47522/2/72

2.铁氧化物还原耗热

1）Fe3O4还原热消耗

以Fe3O4存在FeO=烧结矿量\*烧结矿中FeO\*0.8/100+球团矿量\*球团矿中FeO/100+块矿\*块矿中FeO/100

以Fe3O4存在Fe2O3=以Fe3O4存在FeO \*160/72

Fe3O4=以Fe3O4存在FeO+以Fe3O4存在Fe2O3

QFe3O4还原热消耗=【（烧结矿量\*烧结矿中FeO\*0.8/100+球团矿量\*球团矿中FeO/100+块矿\*块矿中FeO/100）+（烧结矿量\*烧结矿中FeO\*0.8/100+球团矿量\*球团矿中FeO/100+块矿\*块矿中FeO/100）\*160/72】\*20883/232

2）Fe2O3还原吸热

游离Fe2O3= 混合矿量\*混合料中Fe2O3/100-以Fe3O4存在Fe2O3

QFe2O3还原吸热=（混合矿量\*混合料中Fe2O3/100-以Fe3O4形式存在的Fe2O3）\*1549/160

1. FeO被CO间接还原放热

QFeO间接还原放热=228054.4199\*（1-rd-rH2）

1. FeO直接还原吸热

Q直接还原=w【Fe】\*10/56\*rd\*152190

1. 氢还原吸热

Q氢还原吸热=w【Fe】\*10/56\*rH2\*27718

ΣQ铁还原吸热=QFe3O4还原热消耗+QFe2O3还原吸热-QFeO间接还原放热+Q直接还原+Q氢还原吸热

3．非铁元素还原=[Si]\*10\*4.18\*5360+[Mn]\*10\*4.18\*1248+[P]

\*10\*4.18\*6257+[Ti]\*10\*4.18\*3460+[V]\*10\*4.18\*2270

Q非铁还原=

[Si]\*10\*22404.8+[Mn]\*10\*5216.64+[P]\*10\*26154.26+[Ti]\*1014462.8+[V]\*10\*9488.6

4.水分解吸热 =鼓风水分分解+燃料水分分解

Q水分解=（Vb\*φ\*18/22.4+焦比\*焦炭中H2O%+煤比\*煤粉中H2O%）\*4.18\*3211

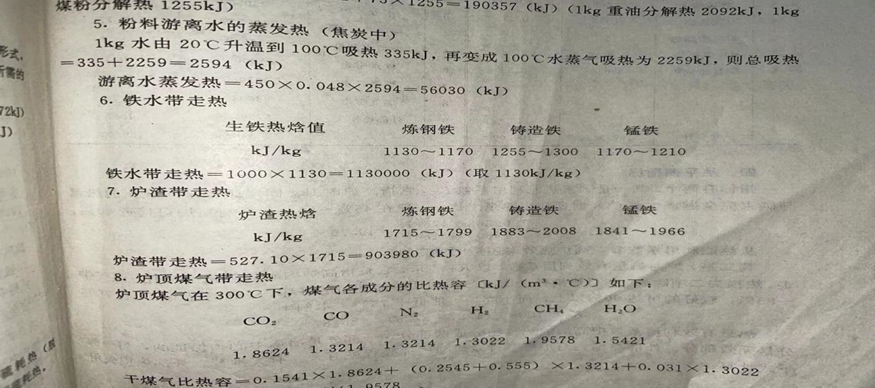
=（Vb\*φ\*18/22.4+焦比\*焦炭中H2O%+煤比\*煤粉中H2O%）\*13421.98

5.煤粉吸热=M\*1255

6.游离水蒸发吸热 =[焦比/(1-(H2O%)k)-焦比]\*620\*4.18

7.铁水带走=

（铁水和炉渣热熔计算较为复杂，一般取经验值，但冶炼的铁水种类不同，该值的选取也不同，见下图，另外那树人《炼铁计算》一书p263有铁水和炉渣热焓的计算方法。）



q铁水（铁水温度应在1412℃以上，T铁水（℃））

=qp=（1-[C]%\*180/12-[Si]%）\*qFe+([C]%\*180/12)\*qFe3C+[Si]%\*qSi

=4.18\*【13257.1+10.5\*（T铁水+1400）】/56\*（1-[C]%\*180/12-[Si]%）+4.18\*【47231.3+29\*(T铁水+1227)】/180\*([C]%\*180/12)+4.18\*【20796.8+6.1\*(T铁水1412)】/28\*[Si]%）

=4.18\*【13257.1+10.5\*（T铁水-1400）】/56\*（1-[C]%\*180/12-[Si]%）+4.18\*【47231.3+29\*(T铁水-1227)】/180\*([C]%\*180/12)+4.18\*【20796.8+6.1\*(T铁水-1412)】/28\*[Si]%

T铁水<1412℃(修正qSi)

qSi=4.18\*【5.7\*t+0.7\*10^-3\*((T铁水+273)^2-273^2)/2+1.04\*10^5\*(1/(T铁水+273)-1/273) 】/28

qp=（1-[C]%\*180/12-[Si]%）\*4.18\*【13257.1+10.5\*（T铁水-1400）】/56+([C]%\*180/12)\* 4.18\*【47231.3+29\*(T铁水-1227)】/180+[Si]%\* 4.18\*【5.7\*t+0.7\*10^-3\*((T铁水+273)^2-273^2)/2+1.04\*10^5\*(1/(T铁水+273)-1/273) 】/28

T铁水<1400℃（修正qSi和qFe）

qSi=4.18\*

【5.7\*T铁水+0.7\*10^-3\*((T铁水+273)^2-273^2)/2+1.04\*10^5\*(1/(T铁水+273)-1/273) 】/28

qFe=4.18\*【8884.8+1.84\*（（T铁水-910）+4.66\*10^-3\*((T铁水+273)^2-1183^2)/2】/56

qp=（1-[C]%\*180/12-[Si]%）\*4.18\*【8884.8+1.84\*（（T铁水-910）+4.66\*10^-3\*((T铁水+273)^2-1183^2)/2】/56+([C]%\*180/12)\* 4.18\*【47231.3+29\*(T铁水-1227)】/180+[Si]%\* 4.18\*【5.7\*T铁水+0.7\*10^-3\*((T铁水+273)^2-273^2)/2+1.04\*10^5\*(1/(T铁水+273)-1/273) 】/28

Q铁水带走=1000\*q铁水

9.炉渣带走热量=炉渣质量U\*1300

10.煤气带走

=VCO2炉顶/22.4\*｛44.141\*【（炉顶煤气温度+273）-273】+1/2\*9.03/1000\*【（炉顶煤气温度+273）二次方-273\*273】-8.535\*100000\*【1/273-（1/（炉顶煤气温度+273）】｝+VN2炉顶/22.4\*｛27.965\*【（炉顶煤气温度+273）-273】+1/2\*4.268/1000\*【（炉顶煤气温度+273）二次方-273\*273】｝+VH2O/22.4\*｛29.999\*【（炉顶煤气温度+273）-273】+1/2\*10.711/1000\*【（炉顶煤气温度+273）二次方-273\*273】+0.335\*100000\*【1/273（1/（炉顶煤气温度+273）】｝+VCO炉顶/22.4\*｛28.409\*【（炉顶煤气温度+273）-273】+1/2\*4.1/1000\*【（炉顶煤气温度+273）二次方-273\*273】-0.46\*100000\*【1/273（1/（炉顶煤气温度+273）】｝+VCH4/22.4\*｛23.617\*【（炉顶煤气温度+273）-273】+1/2\*47.8192/1000\*【（炉顶煤气温度+273）二次方-273\*273】-1.9228\*100000\*【1/273-（1/（炉顶煤气温度+273）】｝+VH2/22.4\*｛27.28\*【（炉顶煤气温度+273）-273】+1/2\*3.264/1000\*【（炉顶煤气温度+273）二次方-273\*273】+0.502\*100000\*【1/273-（1/（炉顶煤气温度+273）】｝

以上均为后台计算

编写高炉全炉热平衡表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 日期 | 热量收入项 | | | 热量支出项 | | |
| 项目 | 热量，kJ/tHM | % | 项目 | 热量，kJ/tHM | % |
| 1 | 碳素氧化放热 |  |  | 铁还原及脱硫 |  |  |
| 鼓风带入热 |  |  | 1.硅酸盐分解 |  |  |
| 喷吹煤气带入 |  |  | 2.Fe3O4还原 |  |  |
| 矿石带入 |  |  | 3.Fe2O3还原 |  |  |
|  |  |  | 4.FeO间接还原放热 |  |  |
|  |  |  | 5.FeO直接还原 |  |  |
|  |  |  | 6.氢还原 |  |  |
|  |  |  | 铁还原Σ | 1+2+3-4+5+6 |  |
|  |  |  | 非铁还原 |  |  |
|  |  |  | 热风水分解 |  |  |
|  |  |  | 焦炭水蒸发 |  |  |
|  |  |  | 铁水带走热 |  |  |
|  |  |  | 炉渣带走热 |  |  |
|  |  |  | 炉顶煤气带走热 |  |  |
|  |  |  | 热损失 | Q收-Q支出 |  |
| 合计 |  |  | 合计 |  |  |

1. 高温区热平衡

一般高炉以1000℃为界限，将高炉分为高温区和低温区

热收入

1.风口前C燃烧QC：9800\*Cb

2.热风带入（与全炉热平衡计算相同）

Q热风=

=Q（O2）+Q(N2)+Q风H20

=Vb\*（O2）b/22.4\*｛aO2\*【(t+273)-273】+1/2\*bO2\*【(t+273)^2-273^2】+cO2\*【1/273-1/(t+273)】+

Vb\*（N2）b/22.4\*｛aN2\*【(t+273)-273】+1/2\*bN2\*【(t+273)^2-273^2】+cN2\*【1/273-1/(t+273)】+

Vb\*φ/22.4\*｛aH2O\*【（t+273）-273】+1/2\*bH2O\*【（t+273）^2-273^2】+cH2O\*【（1/273-1/（t+273）】｝

=Vb\*（O2）b/22.4\*｛29.957\*【（风温+273）-273】+1/2\*4.184/1000\*【（风温+273）二次方-273\*273】+1.674\*100000\*【1/273-（1/（风温+273）】｝+

Vb\*（N2）b/22.4\*｛27.965\*【（风温+273）-273】+1/2\*4.268/1000\*【（风温+273）二次方-273\*273】｝

+Vb\*φ/22.4\*｛29.999\*【（风温+273）-273】+1/2\*10.711/1000\*【（风温+273）二次方-273\*273】+0.335\*100000\*【1/273-（1/（风温+273）】｝

3.焦炭进入高温区携带的显热 (1) 焦炭燃烧率Kφ=（Cb-M\*(C)M）/K\*(C)K

Q焦=（Cb-M\*[C]M/100）\*1506

4.喷吹煤气带入物理热 （(高温区值考虑风口喷入气体热量，包括物理热与化学热)

Q喷风口

=V喷风口\*CO%/22.4\*｛28.409\*【（风口喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*4.1/1000\*【（风口喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】-0.46\*100000\*【1/273-（1/（风口喷吹煤气温度+273）】｝+

V喷风口\*N2%/22.4\*｛27.965\*【（喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*4.268/1000\*【（风口喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】｝+V喷风口\*H2O%/22.4\*｛29.999\*【（风口喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*10.711/1000\*【（风口喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】+0.335\*100000\*【1/273-（1/（喷吹煤气温度+273）】｝+V喷风口\*CO2%/22.4\*｛44.141\*【（喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*9.03/1000\*【（喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】-8.535\*100000\*【1/273-（1/（喷吹煤气温度+273）】｝+V喷风口\*CH4%/22.4\*｛23.617\*【（风口喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*47.8192/1000\*【（风口喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】-1.9228\*100000\*【1/273-（1/（风口喷吹煤气温度+273）】｝+V喷风口\*H2%/22.4\*｛27.28\*【（风口喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*3.264/1000\*【（风口喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】+0.502\*100000\*【1/273-（1/（风口喷吹煤气温度+273）】｝+ V喷风口\*CH4%\*1573—V喷风口\*CO2%/22.4\*44\*3765—V喷风口\*H2O%\*10788

以上均为后台计算

热支出

1直接还原:

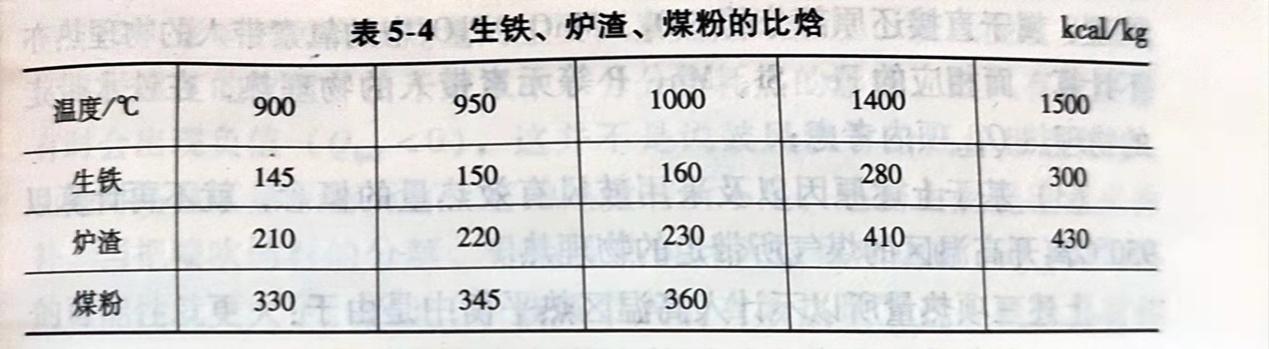
=

[Fe]\*rd\*10/56\*152190+22049\*[Si]\*10+5087\*[Mn]\*10+15492\*[P]\*10 +[Ti]\*10\*144623+[V]\*10\*9489-2887

\*（(12\*10\*（[Si]\*2/28+[Mn]/55+[P]\*5/62+[V]\*5/2/51+[Ti]\*2/48）+

12/56\*w[Fe]\*10\*rd)

2.炉渣带走=每吨生铁渣量U(kg)\*（qs—qs0）=渣量\*（qs-963）



U:每吨生铁渣量U（kg）

qs：炉渣出炉温度比晗 （查上面图片确定炉渣比焓）

qs0：高温区界限温度炉渣比晗=963

3.铁水带走=1000\*（qp—qp0）=1000\*（qp-606）

q铁水（铁水温度应在1412℃以上，T铁水（℃））

qp=（1-[C]%\*180/12-[Si]%）\*qFe+([C]%\*180/12)\*qFe3C+[Si]%\*qSi

=4.18\*【13257.1+10.5\*（T铁水+1400）】/56\*（1-[C]%\*180/12-[Si]%）+4.18\*【47231.3+29\*(T铁水+1227)】/180\*([C]%\*180/12)+4.18\*【20796.8+6.1\*(T铁水1412)】/28\*[Si]%）

=4.18\*【13257.1+10.5\*（T铁水-1400）】/56\*（1-[C]%\*180/12-[Si]%）+4.18\*【47231.3+29\*(T铁水-1227)】/180\*([C]%\*180/12)+4.18\*【20796.8+6.1\*(T铁水-1412)】/28\*[Si]%

Tp<1412℃(修正qSi)

qSi=4.18\*【5.7\*t+0.7\*10^-3\*((T铁水+273)^2-273^2)/2+1.04\*10^5\*(1/(T铁水+273)-1/273) 】/28

qp=（1-[C]%\*180/12-[Si]%）\*4.18\*【13257.1+10.5\*（T铁水-1400）】/56+([C]%\*180/12)\* 4.18\*【47231.3+29\*(T铁水-1227)】/180+[Si]%\* 4.18\*【5.7\*t+0.7\*10^-3\*((T铁水+273)^2-273^2)/2+1.04\*10^5\*(1/(T铁水+273)-1/273) 】/28

Tp<1400℃（修正qSi和qFe）

qSi=4.18\*

【5.7\*T铁水+0.7\*10^-3\*((T铁水+273)^2-273^2)/2+1.04\*10^5\*(1/(T铁水+273)-1/273) 】/28

qFe=4.18\*【8884.8+1.84\*（（T铁水-910）+4.66\*10^-3\*((T铁水+273)^2-1183^2)/2】/56

qp=（1-[C]%\*180/12-[Si]%）\*4.18\*【8884.8+1.84\*（（T铁水-910）+4.66\*10^-3\*((T铁水+273)^2-1183^2)/2】/56+([C]%\*180/12)\* 4.18\*【47231.3+29\*(T铁水-1227)】/180+[Si]%\* 4.18\*【5.7\*T铁水+0.7\*10^-3\*((T铁水+273)^2-273^2)/2+1.04\*10^5\*(1/(T铁水+273)-1/273) 】/28

qp：铁水出炉比晗

qp0：高温区界限温度生铁比晗

4.高温区煤气带走热量 如果以1000℃为界限

Q煤气带走

=CO/22.4\*（｛28.409\*【（1000】+1/2\*4.1/1000\*【（1273）\*1273-273\*273】-0.46\*100000\*【1/273-（1/（1273）】｝）+N2/22.4\*｛27.965\*【1000】+1/2\*4.268/1000\*【1273\*1273-273\*273】｝+H2/22.4\*｛27.28\*【1000】+1/2\*3.264/1000\*【1273\*1273-273\*273】+0.502\*100000\*【1/273-（1/（1273）】｝

=（C燃\*22.4/12+非铁元素直接还原生成的CO+铁直接还原生成的vCO）/22.4\*｛28.409\*【（1000】+1/2\*4.1/1000\*【（1273）\*1273-273\*273】-0.46\*100000\*【1/273-（1/（1273）】｝+（Vb\*（N2）b+M（N2））/22.4\*｛27.965\*【1000】+1/2\*4.268/1000\*【1273\*1273-273\*273】｝+（v喷风口\*（H2喷%+CH4喷%\*2+H2O%）+（M\*(H)M）/2\*22.4+(湿煤-M)/18)\*22.4+Vb\*φ）/22.4\*｛27.28\*【1000】+1/2\*3.264/1000\*【1273\*1273-273\*273】+0.502\*100000\*【1/273-（1/（1273）】｝

=

（C燃\*22.4/12+12\*10\*

（[Si]\*2/28+[Mn]/55+[P]\*5/62+[V]\*5/2/51+[Ti]\*2/48）/12\*22.4+w[Fe]\*10/56\*rd\*22.4）/22.4\*｛28.409\*【（1000】+1/2\*4.1/1000\*【（1273）\*1273-273\*273】-0.46\*100000\*【1/273-（1/（1273）】｝+（Vb\*（N2）b+M（N2））/22.4\*｛27.965\*【1000】+1/2\*4.268/1000\*【1273\*1273-273\*273】｝+（v喷风口\*（H2喷%+CH4喷%\*2+H2O%）+（M\*(H)M）/2\*22.4+(湿煤-M)/18)\*22.4+Vb\*φ）/22.4\*｛27.28\*【1000】+1/2\*3.264/1000\*【1273\*1273-273\*273】+0.502\*100000\*【1/273-（1/（1273）】｝

5.煤粉分解=M\*1255

因此得到高温区热平衡表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 日期 | 热量收入项 | | | 热量支出项 | | |
| 项目 | 热量，kJ/tHM | % | 项目 | 热量，kJ/tHM | % |
| 1 | 碳素氧化放热 |  |  | 直接还原 |  |  |
| 鼓风带入热 |  |  | 炉渣带走 |  |  |
| 喷吹煤气带入 |  |  | 铁水带走 |  |  |
| 焦炭显热 |  |  | 煤气带走 |  |  |
|  |  |  | 煤粉分解 |  |  |
|  |  |  | 热损失 | Q收-Q支出 |  |
| 合计 |  |  | 合计 |  |  |

（这里就得到前面list操作线中yV 计算时的Q=风口前C燃烧放热+热风带入热量+焦炭进入高温区携带显热+风口喷吹煤气带入的热量（包括物理热和化学热）-直接还原耗热-炉渣带走热量-铁水带走热量-1000℃煤气带走的热量-风口前水分解热量支出-rd\*w[Fe]\*10/56\*152190）

1. 理论燃烧温度计算

（理论燃烧温度计算用到煤气热熔，该热熔也会随温度变化而变化，因此理论燃烧温度计算应该是先假设一个温度取气体热熔，进行计算，如果计算出的理论燃烧温度跟假设的相差较大，则需修改假设的温度再取热熔进行计算，直到计算出的理论燃烧温度和该该温度的热熔相差不大）

t理=（风口前碳素燃烧放热（kJ/t）+热风携带热量+焦炭显热+风口喷吹煤气带入热量—热风中水分解吸热—煤粉分解吸热）/（炉缸煤气量\*Cp煤）

=（Cb\*9800+Q热风+K\*（C）k/100\*4.18\*550-Vb\*φ\*10788-M\*1255）/（炉缸煤气量\*｛【28.409+1/2\*4.1/1000\*（T理论假设+273）-0.46\*100000/273/T理论假设】\*CO%+【27.965+1/2\*4.268/1000\*（T理论假设+273）】\*N2%+【27.28+1/2\*3.264/1000\*（T理论假设+273）+0.502\*100000/273/T理论假设】\*H2%）

cp煤—炉料温度下煤气的平均比热容。

低温区热平衡

热收入

1. 低温区煤气带入=高温区热支出的第4

Q煤气带入=CO/22.4\*（｛28.409\*【（1000】+1/2\*4.1/1000\*【（1273）\*1273-273\*273】-0.46\*100000\*【1/273-（1/（1273）】｝）+N2/22.4\*｛27.965\*【1000】+1/2\*4.268/1000\*【1273\*1273-273\*273】｝+H2/22.4\*｛27.28\*【1000】+1/2\*3.264/1000\*【1273\*1273-273\*273】+0.502\*100000\*【1/273-（1/（1273）】｝

=（C燃\*22.4/12+22.4\*10（[Si]\*2/28+[Mn]/55+[P]\*5/62）+22.4\*Fe.r\*rd/56）/22.4\*｛28.409\*【（1000】+1/2\*4.1/1000\*【（1273）\*1273-273\*273】-0.46\*100000\*【1/273-（1/（1273）】｝+（Vb\*（N2）b+M（N2））/22.4\*｛27.965\*【1000】+1/2\*4.268/1000\*【1273\*1273-273\*273】｝+（v喷风口\*（H2喷%+CH4喷%\*2+H2O%）+（K\*(H)K+M\*(H)M）/2\*22.4+(湿煤-M)/18)\*22.4+Vb\*φ）/22.4\*｛27.28\*【1000】+1/2\*3.264/1000\*【1273\*1273-273\*273】+0.502\*100000\*【1/273-（1/（1273）】｝后台

1. 炉身喷入煤气带入=

V喷炉身\*CO%/22.4\*｛28.409\*【（炉身喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*4.1/1000\*【（炉身喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】-0.46\*100000\*【1/273-（1/（炉身喷吹煤气温度+273）】｝+V喷炉身\*N2%/22.4\*｛27.965\*【（炉身喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*4.268/1000\*【（炉身喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】｝+V喷炉身\*H2O%/22.4\*｛29.999\*【（炉身喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*10.711/1000\*【（炉身喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】+0.335\*100000\*【1/273-（1/（炉身喷吹煤气温度+273）】｝+V喷炉身\*CO2%/22.4\*｛44.141\*【（炉身喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*9.03/1000\*【（炉身喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】-8.535\*100000\*【1/273-（1/（喷吹煤气温度+273）】｝+V喷炉身\*CH4%/22.4\*｛23.617\*【（炉身喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*47.8192/1000\*【（炉身喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】-1.9228\*100000\*【1/273-（1/（炉身喷吹煤气温度+273）】｝+V喷炉身\*H2%/22.4\*｛27.28\*【（炉身喷吹煤气温度+273）-273】+1/2\*3.264/1000\*【（炉身喷吹煤气温度+273）二次方-273\*273】+0.502\*100000\*【1/273-（1/（炉身喷吹煤气温度+273）】｝后台

3矿石热装携带物理热=热烧结矿\*比热容

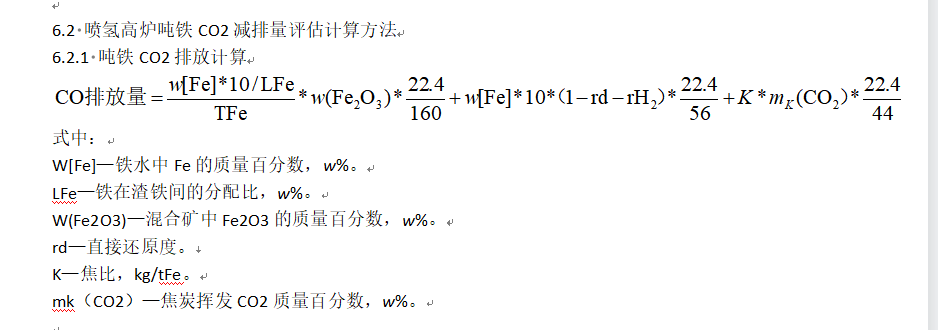
热支出

1. 硅酸盐分解=全炉热平衡中焦硅酸盐分解吸热
2. 焦炭水分蒸发=全炉热平衡中焦炭水蒸发吸热
3. 氢还原=全炉热平衡中氢还原吸热
4. Fe2O3还原=全炉热平衡中Fe2O3还原吸热
5. Fe3O4还原=全炉热平衡中Fe3O4还原吸热
6. FeO间接还原=全炉热平衡中FeO间接还原放热
7. 炉顶煤气带走=全炉热平衡中热支出的9

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 日期 | 热量收入项 | | | 热量支出项 | | |
| 项目 | 热量，kJ/tHM | % | 项目 | 热量，kJ/tHM | % |
| 1 | 高温区煤气带入 |  |  | 1.硅酸盐分解 |  |  |
| 炉身喷入煤气带入 |  |  | 2.Fe3O4还原 |  |  |
| 矿石热装物理热 |  |  | 3.Fe2O3还原 |  |  |
|  |  |  | 4.FeO间接还原放热 |  |  |
|  |  |  | 氢还原 |  |  |
|  |  |  | 焦炭水蒸发 |  |  |
|  |  |  | 炉顶煤气带走 |  |  |
|  |  |  | 热损失 | Q收-Q支出 |  |
| 合计 |  |  | 合计 |  |  |

吨铁CO2排放量

=（[Fe]\*10\*ω（Fe2O3）\*22.4）/(TFe\*160)+ ([Fe]\*10\*(1-rd-rH2)\*22.4)/56+K\*mk(CO2)\*22.4/44



预测炉顶煤气温度

设定低温区热损失。。。

炉顶煤气温度=（煤气带入到低温区的热量+炉身喷吹煤气带入热量+矿石热装带入热量-热消耗-设定的低温区热损失）/炉顶煤气成分热值（参考理论燃烧温度的算法）

高炉整体热损失=还是按原来的计算方法（只不过煤气带走热量按这次计算的炉顶煤气温度计算）

