



烧结矿关键技术 质量评价指标及其控制

2024年2月

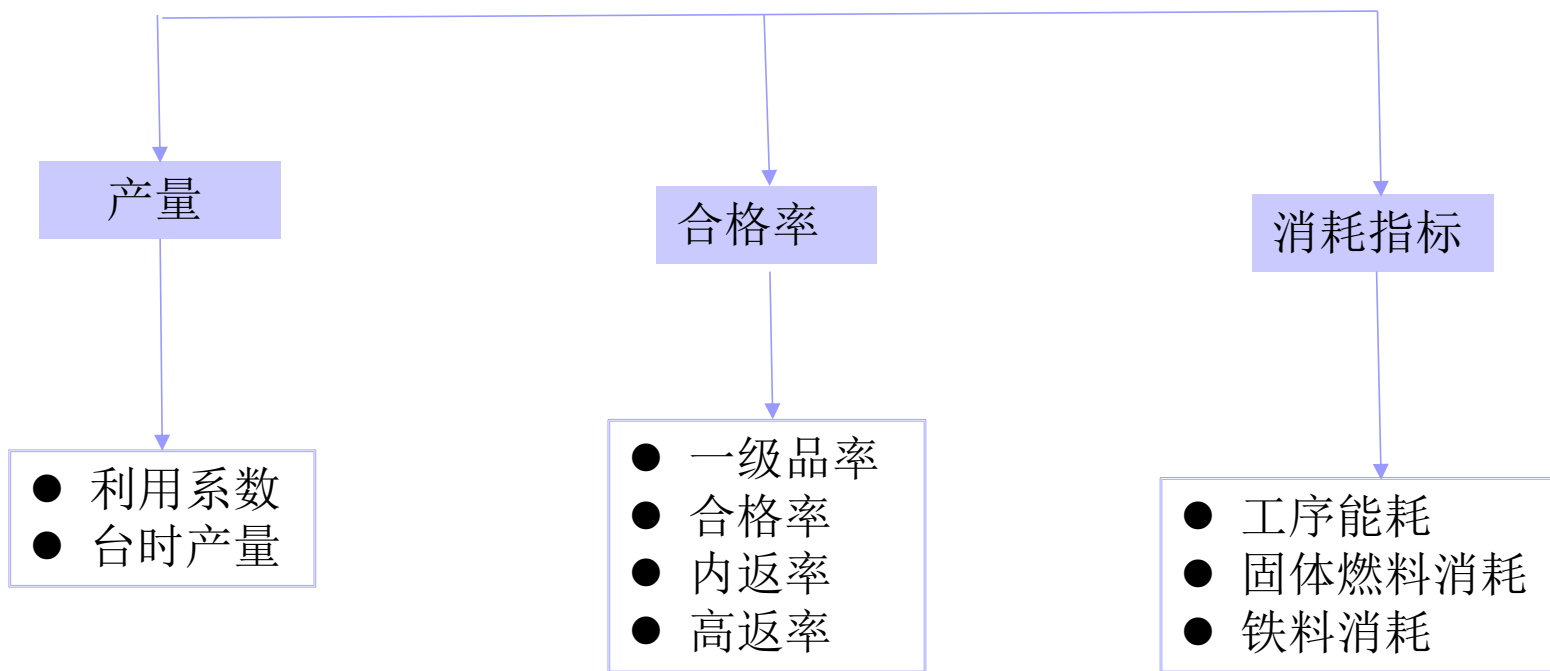
目录

- 烧结矿的技术质量评价指标
- 烧结矿技术质量指标影响因素及控制
- 改善关键技经、质量指标措施

第一部分

烧结矿的技术质量评价指标

1、烧结主要的技术指标



●技术指标

1)、烧结利用系数

定义：在单位时间内，单位面积所产成品烧结矿的量。（单位：**t/m²h**）

公式： 烧结矿产出量/（烧结机面积×烧结生产时间）

子项：烧结矿产出量（吨）

母项：烧结机面积（**m²**）×烧结生产时间(**h**)

2)、台时产量

定义：一台烧结机平均一小时的烧结矿生产量，通常用总产量与运转总台时的比值表示。（单位：**t/台时**）。

公式：

台时产量=每台烧结矿的产出量(吨)/烧结生产作业时间(时)

子项：烧结矿的产出量（吨）

母项：烧结机的生产时间（小时）

●技术指标

3)、烧结矿合格率

定义：检验合格烧结矿的量占烧结矿检验总量的百分比（单位：%）

公式：烧结矿的检验合格量/总检验烧结矿的量×100%

子项：烧结矿检验合格量（吨）

母项：烧结矿检验总量（吨）

4)、烧结矿一级品率

定义：烧结矿一级品量占烧结矿检验合格量的百分比（单位：%）

公式：烧结矿的一级品量/烧结矿检验合格量×100%

子项：烧结矿一级品量（吨）

母项：烧结矿检验合格量（吨）

●技术指标

5)、烧结内返率

定义：烧结矿返矿量（-5mm）占烧结矿成品量（+5mm）与烧结内部返矿量之和的百分比（单位：%）

公式：烧结矿内部返矿量 / （烧结矿成品量+烧结矿内部返矿量） × 100%

子项：烧结内部返矿量（吨）

母项：烧结矿成品量与内部返矿量之和（吨）

6)、烧结外（高）返率

定义：烧结矿高炉槽下返回量占烧结入炉量与槽下返回量之和的百分比（单位：%）

公式：烧结矿高炉槽下返回量 / （烧结矿入炉量+槽下返回量） × 100%

子项：烧结矿高炉槽下返回量（吨）

母项：烧结矿入炉量与槽下返回量（吨）

●技术指标

7)、固体燃料消耗

定义：生产每吨合格烧结矿所消耗的固体燃料消耗量（kg/t）

公式：生产烧结矿所消耗的固体燃料量/成品烧结矿的量×1000（kg/t）

子项：固体燃料消耗量（吨）

母项：成品烧结矿产出量（吨）

8)、烧结工序能耗

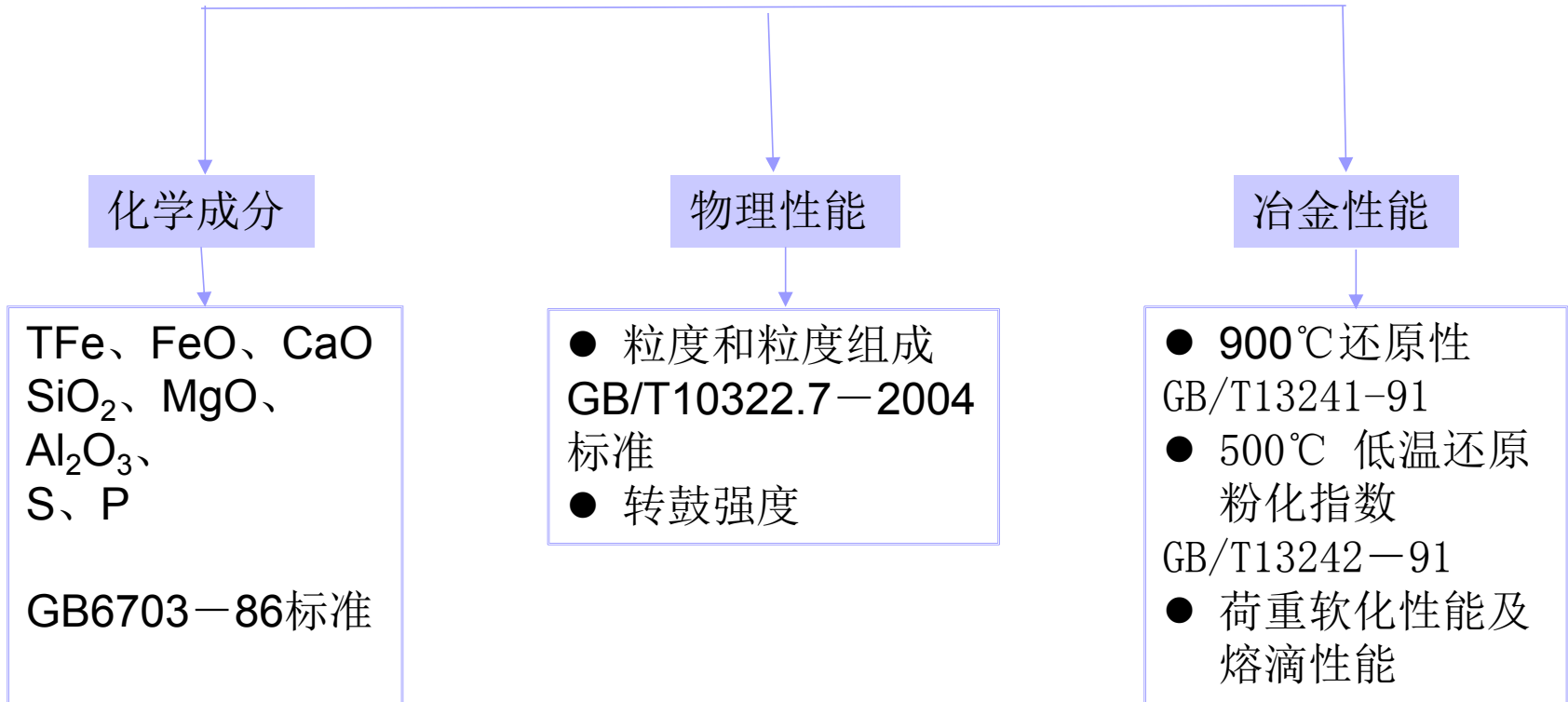
定义：指烧结生产所用全部能源折算成标煤量与烧结矿产量之比，是衡量造块工序能源消耗高低的综合指标。包括固体燃料、气体燃料、液体燃料、水、电、蒸汽和压缩空气等消耗。单位：kg标煤/t。

公式：（固体燃料消耗+煤气消耗+电耗+水耗+蒸汽消耗+压缩空气消耗量）/成品烧结矿量（kg标煤/t）。

子项：固体燃料消耗+煤气消耗+电耗+水耗+蒸汽消耗+压缩空气消耗量，kg标煤

母项：成品烧结矿量（吨）

2、烧结矿主要的质量指标



●质量指标定义

1)、烧结矿品位

定义：指烧结矿的含铁率(单位：%)。

公式：
$$[\sum \text{每个试样所代表的烧结矿产出量 (吨)} \times \text{该试样化验含铁量} (\%)] \times 100 / \sum \text{烧结矿产出量}$$

子项：
$$[\sum \text{每个试样所代表的烧结矿产出量 (吨)} \times \text{该试样化验含铁量} (\%)] \times 100(\text{吨})$$

母项：
$$\sum \text{烧结矿产出量 (吨)}$$

2)、烧结矿碱度 (R)

定义：烧结矿中氧化钙含量与二氧化硅含量的比值 (单位：倍) 。

公式：

$$R = \text{CaO}(\%) / \text{SiO}_2(\%)$$

子项：烧结矿中氧化钙含量 (%)

母项：烧结矿中二氧化硅含量 (%)

● 质量指标

3)、烧结矿碱度稳定率

定义： 检验总量中碱度波动符合标准的量占检验总量的百分比（单位：%）。

公式： 检验样本量中碱度符合标准的样本量/检验样本总量*100%

子项： 检验总量中碱度波动符合标准的量（吨）×100

母项： 检验总量（吨）

4)、烧结矿转鼓指数

定义： 试样检测后粒度大于规定标准(+6.3mm)的重量与总试样重量之比。

公式： 转鼓后经过6.3mm筛子进行筛分，筛上物料重量/入鼓试样总量*100%

子项： 试样检测后粒度大于规定标准的重量（千克）×100

母项： 试样总重量（千克）

●质量指标

5)、烧结矿筛分指数

定义：试样筛分后小于标准规定粒度（-5 mm）的烧结矿占试样总重量的百分比。

公式：（小于5mm的烧结矿量÷筛分试样总量）×100%

子项：试样筛分后小于标准规定粒度的烧结矿重量（千克）

母项：筛分试样总量

6)、烧结矿的还原度

定义：还原性是模拟炉料自高炉上部进入高温区的条件，用还原气体从烧结矿中排除与铁结合氧的难易程度的一种度量。

公式：

$$RI=[0.11W_1/0.43W_2+(m_1-m_t)/(m_0 \times 0.43W_2) \times 100] \times 100\%$$

M_0 -试样质量 M_1 -还原前试样质量 M_t -还原后试样质量

W_1 —试验前试样FeO含量 W_2 —试验后试样全铁含量

● 质量指标

7)、低温还原粉化指数 (RDI)

定义：烧结矿进入高炉炉身上部大约在**500—600°C**的低温区时，由于热冲击及烧结矿的**Fe₂O₃**还原 (**Fe₂O₃-Fe₃O₄-FeO**) 发生晶形转变等因素，导致烧结矿粉化，产生粉率，影响高炉炉料顺行和炉内气流分布。

还原粉化指数 (RDI) :检测方法：在**CO、CO₂**和**N₂**组成的还原气体中还原**1**小时后，再通过转鼓实验后得出烧结矿的粉化程度。分别用转鼓实验后筛分得到的大于**6.30**毫米、大于**3.15**毫米和大于**0.5**毫米的物料质量与还原后试样总质量之比的百分数表示。

- $RDI_{+6.3}$ =筛分后 $\geq 6.3\text{mm}$ 含量的物料/入鼓的烧结矿量
- $RDI_{+3.15}$ =筛分后 $\geq 3.15\text{mm}$ 含量的物料/入鼓的烧结矿量
- $RDI_{0.5}$ =筛分后 $\leq 0.5\text{mm}$ 含量的物料/入鼓的烧结矿量

●质量指标

8) 还原软化—熔融特性

炉料在炉内从上而下，在受热还原作用下，会发生软熔到融化成液体，这个过程对应区域称为软熔带，其形成及位置对炉料还原过程和炉料透气性会产生明显的影响。

开始软化温度：炉料在加热过程中收缩**4%**或**10%**时的温度。用 T_4 、 T_{10} 表示

软化終了温度： T_{40} —收缩**40%**时对应的温度，即软化終了温度

熔化温度： T_s —压差陡升时对应温度，即熔化温度

滴落温度： T_D —铁渣分离，铁珠落下时的温度， $^{\circ}\text{C}$

炉料熔滴区间： T_{SD} ， $T_D - T_s$ ， $^{\circ}\text{C}$

软熔区间=熔化开始温度-软化开始温度

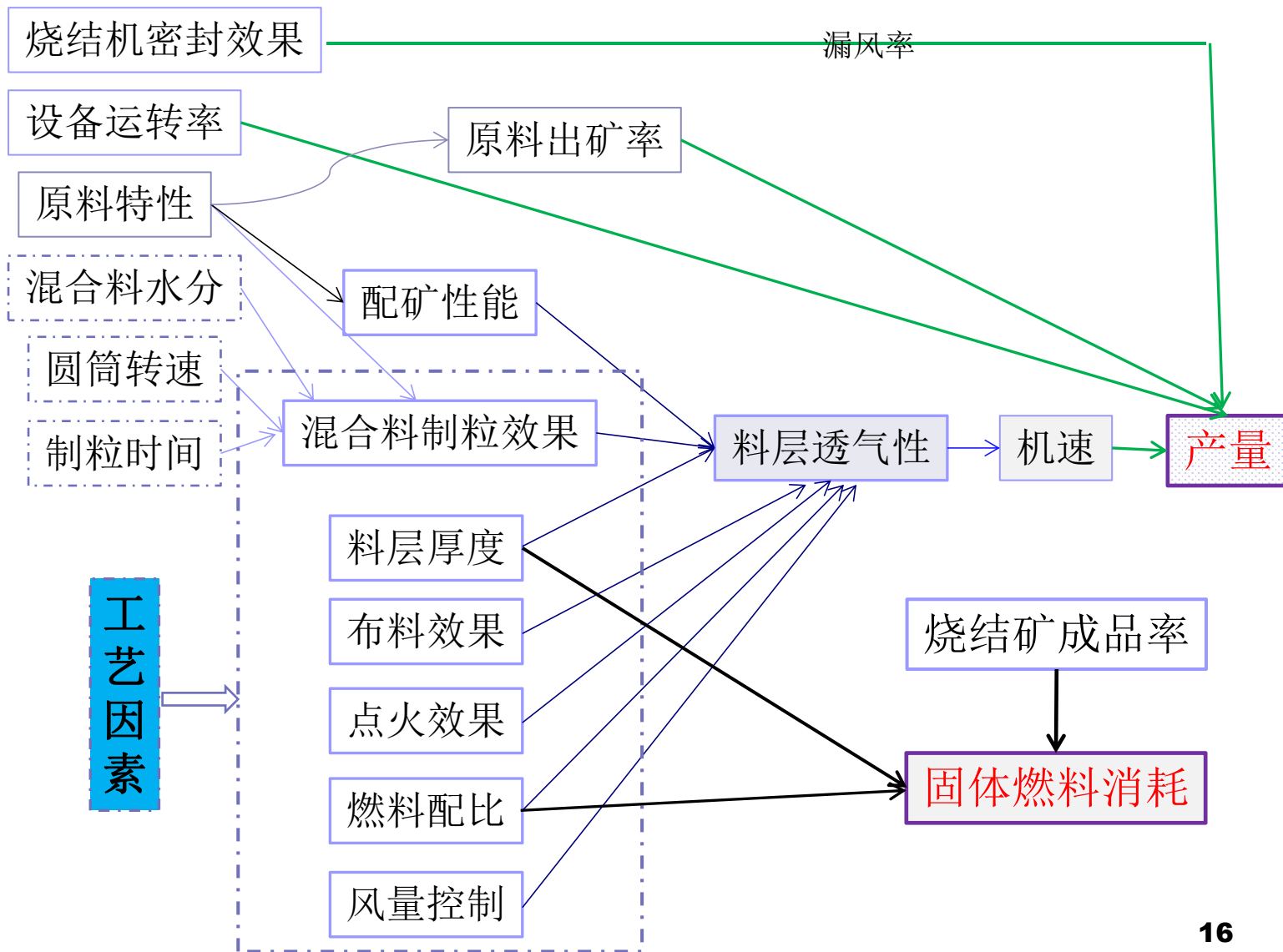
第二部分

烧结矿技术质量指标 的影响因素与控制

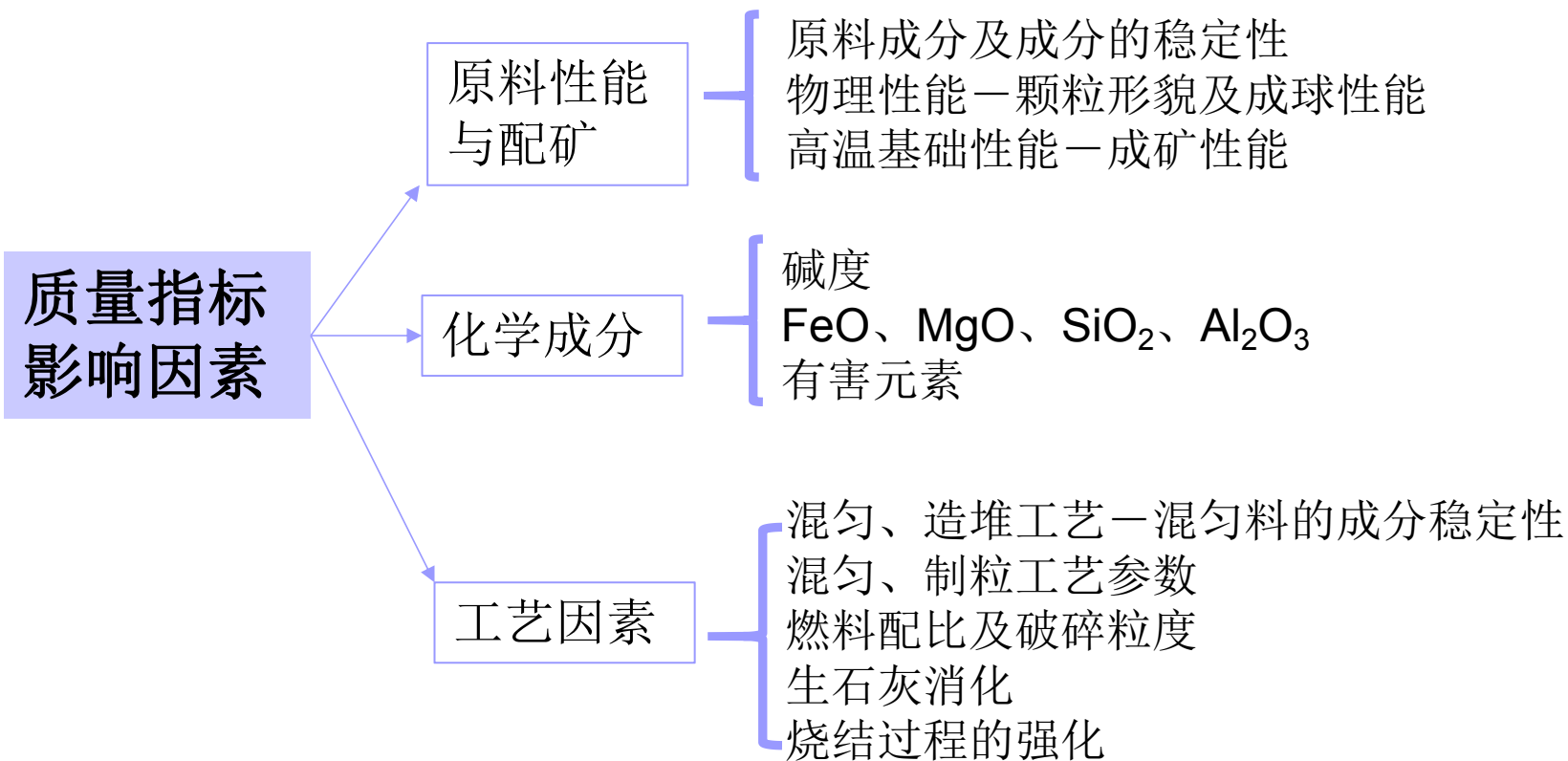
烧结矿技经指标影响因素及控制

设备

原料



烧结矿质量指标影响因素及控制



1、原料特性

1.1化学成分及稳定性

- 原料有效元素含量要高，有害元素含量低：含铁原料要求铁品位高（ $\geq 56\%$ ），渣量元素低。熔剂中有效元素含量高（生石灰 $\text{CaO} \geq 83\%$ ），燃料固定碳含量要高（焦粉固定碳 $\geq 80\%$ ），灰份和挥发分低。
- 原料成分波动小：原料成分波动主要是来自于料本身成分中 TFe 、 SiO_2 、 CaO 、 H_2O 等的不稳定。因此，一定要重视原料成分的波动。尤其是生石灰 CaO 含量的波动，它不仅会带来碱度的波动，而且会使工艺劣化，对混合料加水、制粒效果、过湿层厚度，以至产、质量指标都会带来较大的影响。另外，料仓中仓位高低也会带来成分的波动。满仓时给料粒度细、量大，底仓时给料粒度粗、重量轻，化学成分也会随之发生变化。云石、灰石、燃料等如仓存量不够三分之一，再继续使用容易发生下料量波动，成分发生偏析，均会影响质量。因此，要求生产组织必须保仓存，保仓存量三分之一以上。

1.1 化学成分及稳定性

- 成分稳定性控制措施
- 加强料的混匀作业
- 堆放有序，杜绝混料
- 强化混匀料堆积，一是优化堆积工艺，增加铺料层次；二是优化配料矿槽装料配置。

表 2-16 主要产钢国对烧结用混匀矿成分波动的要求 (%)

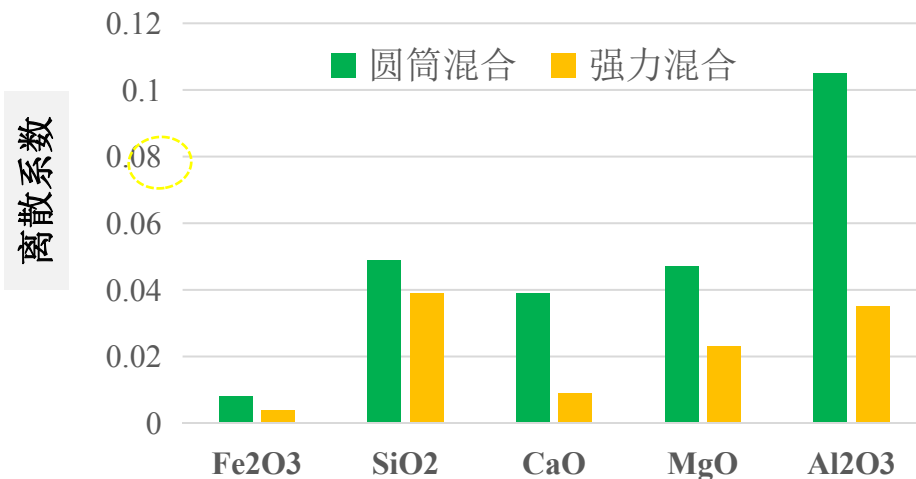
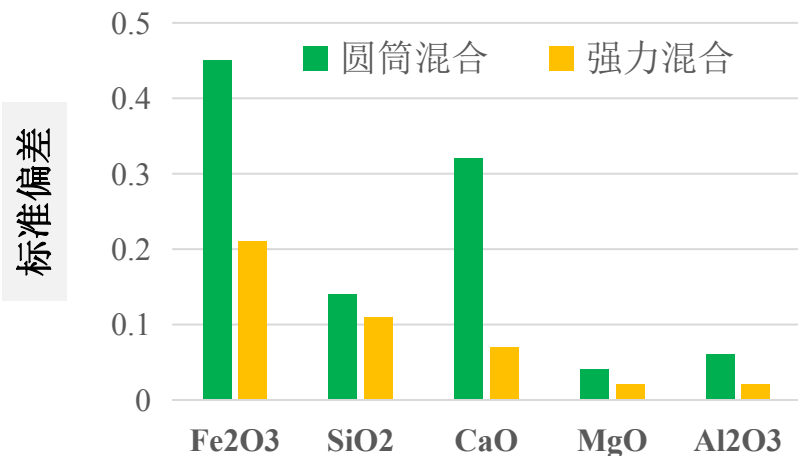
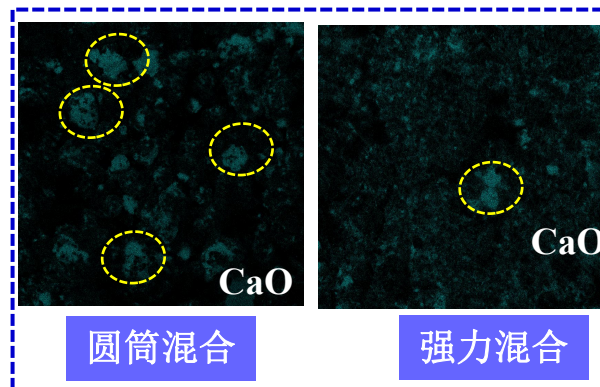
国家及厂名	TFe	SiO ₂	CaO/SiO ₂ (-)	Al ₂ O ₃
日本大分	±0.2 ~ 0.5	±0.12	±0.03	±0.3
日本若松	±0.42	±0.165	—	—
日本福山	<0.05	<0.03	<0.03	—
日本千叶	—	±0.2	—	±0.3
日本君津	±0.167	±0.08	±0.025	—
日本广畑	—	±0.128	—	—
德国西马克	±0.3 ~ 0.4	—	±0.03	—
德国曼内斯曼	±0.3	±0.2	±0.05	—
前苏联	±0.2	±0.2	±0.03	—
英国	±0.3 ~ 0.5	—	±0.03 ~ 0.05	—
美国凯萨	—	—	±0.13	—
中国宝钢	≤ ±0.5	≤ ±0.3	≤ ±0.03	—

1.1 化学成分及稳定性

- 增设强力混合设施。

改善烧结矿的质量和均匀性

- 易结块料打散
- 将水分分散均匀，避免局部水分高而在制粒过程成大球
- 燃料分布均匀，改善燃烧气氛
- 熔剂分布均匀，改善成矿



1.2 对含铁原料质量要求

- 含铁品位要高

表 2-15 我国含铁原料入厂条件

化学成分	磁铁矿为主的原料				赤铁矿为主的原料				水分/%
TFe/%	≥67	≥65	≥63	≥60	≥65	≥62	≥59	≥55	磁铁矿为主原料: I级≤10.00; II级≤11.00
	波动范围±0.5				波动范围±0.5				
SiO ₂ (I类) /%	≤3	≤4	≤5	≤7	≤12	≤12	≤12	≤12	赤铁矿为主原料: I级≤11.00; II级≤12.00
SiO ₂ (II类) /%	≤6	≤8	≤10	≤13	≤8	≤10	≤13	≤15	

- 含SiO₂和Al₂O₃酸性脉石量低，要求SiO₂≤4.5%，Al₂O₃≤1.8%
- 含S、P、碱金属、重金属等含量要低，如：S≤0.3%，P≤0.07%，(K₂O+Na₂O) ≤0.2%；要求含Cu、Pb、Zn、As有害元素越低越好。
- 粒度适宜于制粒，有利于烧结过程进行，粉矿要求0.25~1.0中间颗粒含量≤20%
- 要求具有良好的烧结基础特性(指同化性、液相流动性、铁酸钙生成能力、粘结相强度连晶固结特性等)。

1.2 对燃料、熔剂辅料的质量要求

熔剂

- 有效元素含量高。
- 碱金属含量低。
- 碱性熔剂中Si、Al含量要低。

固体燃料

- 发热值大，固定碳含量要高。
- 挥发分、灰分、硫含量要低，灰分的增加将降低烧结矿的品位。焦粉和煤粉均应 $<15\%$ ；挥发分的增加将恶化烧结料层透气性，降低烧结矿产量。同时粘附在风机转子上，降低风机寿命，而且影响除尘效果。挥发分一般应小于 5% 。

1.2 对燃料、熔剂等辅料的质量要求

表 2-18 我国部分烧结厂固体燃料入厂条件

名称	序号	固定碳/%	挥发分/%	硫/%	灰分/%	水分/%	粒度/mm
无烟煤	1	≥75	≤10	≤0.05	≤15	<6	0~13
	2	≥75	≤10	≤0.50	≤13	≤10	≤25 (≥95%)
焦粉	1	≥80	≤2.5	≤0.60	≤14	≤15	0~25
	2	≥80	—	≤0.8	≤14 (波动+4)	≤18	<3 (≥80%)

表 2-17 我国各种熔剂入厂条件

名称	化学成分/%	粒度/mm	水分/%	备注
石灰石	CaO ≥ 52, SiO ₂ ≤ 3, MgO ≤ 3	80~0 及 40~0	<3	—
白云石	MgO ≥ 19, SiO ₂ ≤ 4	80~0 40~0	<4	—
生石灰	CaO ≥ 85, MgO ≤ 5, SiO ₂ ≤ 3.5, P ≤ 0.05, S ≤ 0.15	≤4	—	生烧率 + 过烧率 ≤ 12% ; 活性度 ^① ≥ 210mL
消石灰	CaO > 60, SiO ₂ < 3	3~0	<15	—

①指在 40 ± 1℃ 水中, 50g 石灰 10min 耗 4mol/L HCl 的量。

1.3 优化配矿结构

- 对矿粉的高温基础性能进行研究掌握的基础上，进行配矿研究。配矿研究的主要任务就是对性能不同的矿粉进行搭配，使性能实现互补，即配合矿同化性好，液相流动性适中，铁酸钙生成量多，粘结相固结强度高。
- 进行国内精矿与进口粉矿之间的搭配研究。磁铁精矿粉与赤铁矿粉的配合研究。
- 回收料的适宜配比选择研究。除尘灰、钢粒、氧化铁皮等。
- 还要考虑配合料有助于制粒效果的改善。
- 同时兼顾成本。

目的

从有利于烧结配矿、混合料制粒和成矿的行为出发，全面、系统地配矿方案进行客观的综合评价，实现低成本烧结生产

2、烧结矿化学成分适宜值的选择

化学成分

□ 烧结矿碱度对其性质的影响

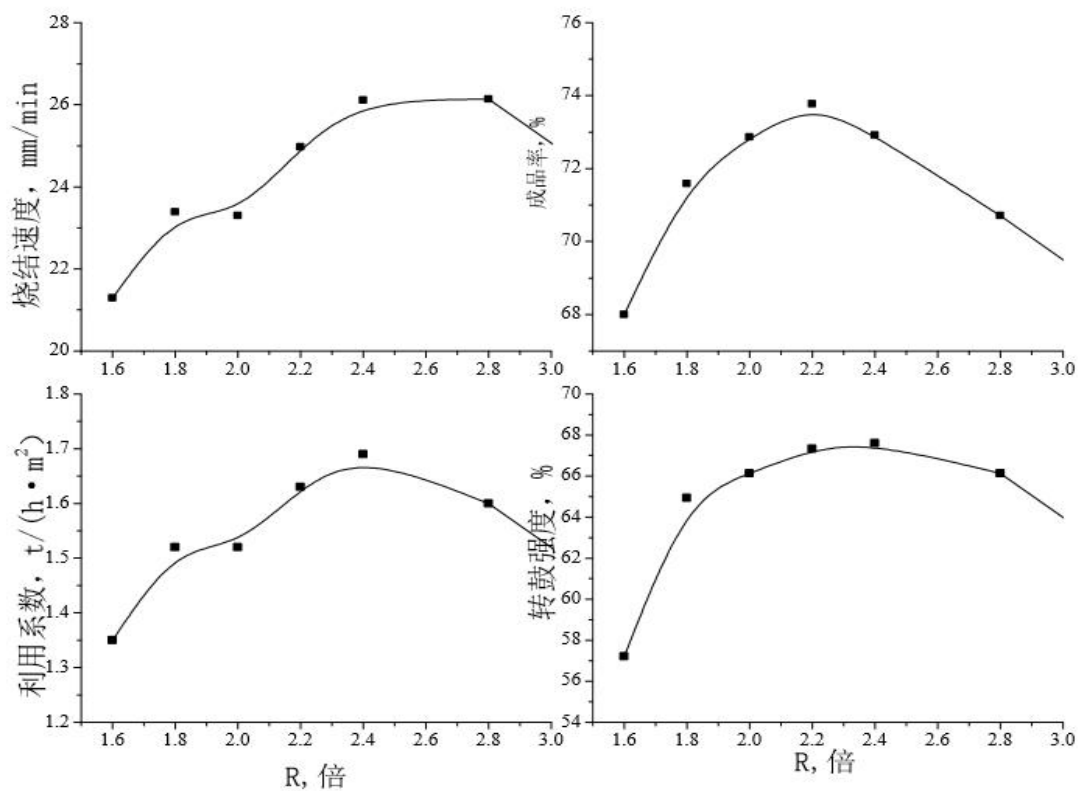
随着碱度的升高，有较多的CaO与赤铁矿发生反应，使强度和还原性能较好的铁酸钙量增加，而还原性能较差的铁橄榄石和玻璃质熔渣减少。有利于烧结矿还原性和转鼓强度提高，低温还原粉化率下降。但碱度不宜过高，过高易生成铁酸二钙，不利于强度的提高。另外碱度的提高，会带来烧结矿含铁量的下降。

必须按照高炉的要求，结合烧结工序的具体情况，选择适当的碱度进行控制。

2、烧结矿化学成分适宜值的选择

化学成分

□ 碱度对烧结矿质量的影响



从保证烧结矿质量角度考虑，**烧结碱度应选择1.8—2.3%。**

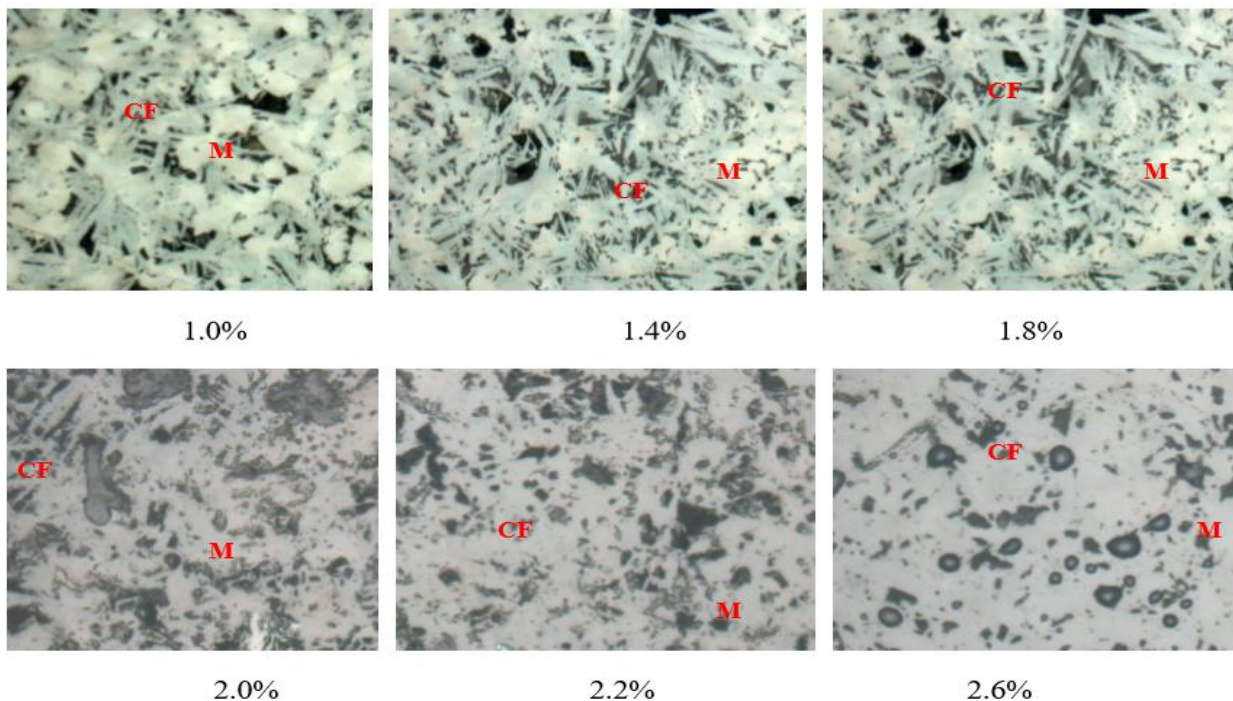
2、烧结矿化学成分适宜值的选择

□ Al_2O_3 含量对烧结矿的影响及选择

- 一般说来， Al_2O_3 在高炉熔渣中以铝黄长石($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$)等硅铝酸盐形态出现，使炉渣的粘度增加，流动性变差，因此要求高炉渣中 Al_2O_3 含量不得超过15%。考虑焦炭灰分中 Al_2O_3 含量比较高，一般烧结矿中 Al_2O_3 含量最好不超过2.0%。为此，在烧结配料时，对不同 Al_2O_3 含量的矿粉要作适当的搭配使用。
- 烧结矿中含有一定 Al_2O_3 ，有利于复合铁酸钙的生成，可提高强度和改善冶金性能。但含量太高，会有助于玻璃质的生成，使烧结矿强度和低温还原粉化性能变坏。

2、烧结矿化学成分适宜值的选择

■ Al_2O_3 含量对烧结矿的影响及选择



Al_2O_3 1.0%~1.8%，熔融区微观结构变化不大

Al_2O_3 超过1.8%，板片状铁酸钙发展，针柱状铁酸钙的生成受到抑制

因此，烧结矿的 Al_2O_3 含量最好 $\leq 1.8\%$ 。

2、烧结矿化学成分适宜值的选择

□ 氧化镁 (MgO) 对烧结矿的影响

- 烧结矿存在MgO，会使磁铁矿稳定，不易氧化，不利于铁酸钙的生成，影响烧结矿还原性和强度的提高。适当的MgO含量可以降低烧结矿的低温还原粉化率和自然粉化率。
- 烧结矿中MgO的主要作用是满足高炉造渣的要求，但是因较高的MgO含量对烧结矿质量造成较大影响时，要从保证烧结矿转鼓强度和改善炉渣角度统筹考虑，可以考虑MgO的优化配置，即降低烧结矿MgO含量，提高球团矿中的MgO含量，以满足高炉造渣要求。

2、烧结矿化学成分适宜值的选择

□ 当生产高硅烧结矿时，以橄榄石为主要粘结相，**MgO**含量可以适当高一些（**1.8%—2.0%**）。

1) MgO含量的增加促进了镁硅钙化合物的生成，可减少或取代C₂S的生成。而且MgO固溶于C₂S中，抑制了β-C₂S向γ-C₂S的转变。

2) 由于Mg²⁺进入磁铁矿晶格后，提高了烧结矿主晶相的熔点而不增加烧结矿中独立相的相数，提高了软熔温度。

3) 提高硅酸盐熔体的结晶能力，减少玻璃质含量。

□ 当生产低硅烧结矿时，以铁酸钙为主要粘结相，**MgO**一般控制较低（**≤1.6%**）。

1) Mg²⁺取代Fe²⁺或进入磁铁矿八面体中，使其难以氧化成赤铁矿，从而阻碍了铁酸盐矿物的生成，影响其强度。

2) 白云石矿物熔点较高，反应性也较弱，不易反应完全，也将造成烧结矿强度下降和能耗升高。

2、烧结矿化学成分适宜值的选择

□ SiO_2 含量对烧结矿质量的影响及适宜值选择

烧结矿中含有一定的 SiO_2 含量，可以增加粘结相量，对保证烧结矿的强度有好处。但过高 SiO_2 含量，易生成橄榄石硅酸盐类粘结相，对于改善烧结矿性能不利。降低烧结矿 SiO_2 含量，不仅可减少高炉渣量和降低高炉燃料消耗，同时还可以改善烧结矿高温性能，有利于稳定炉况和实现低Si冶炼。

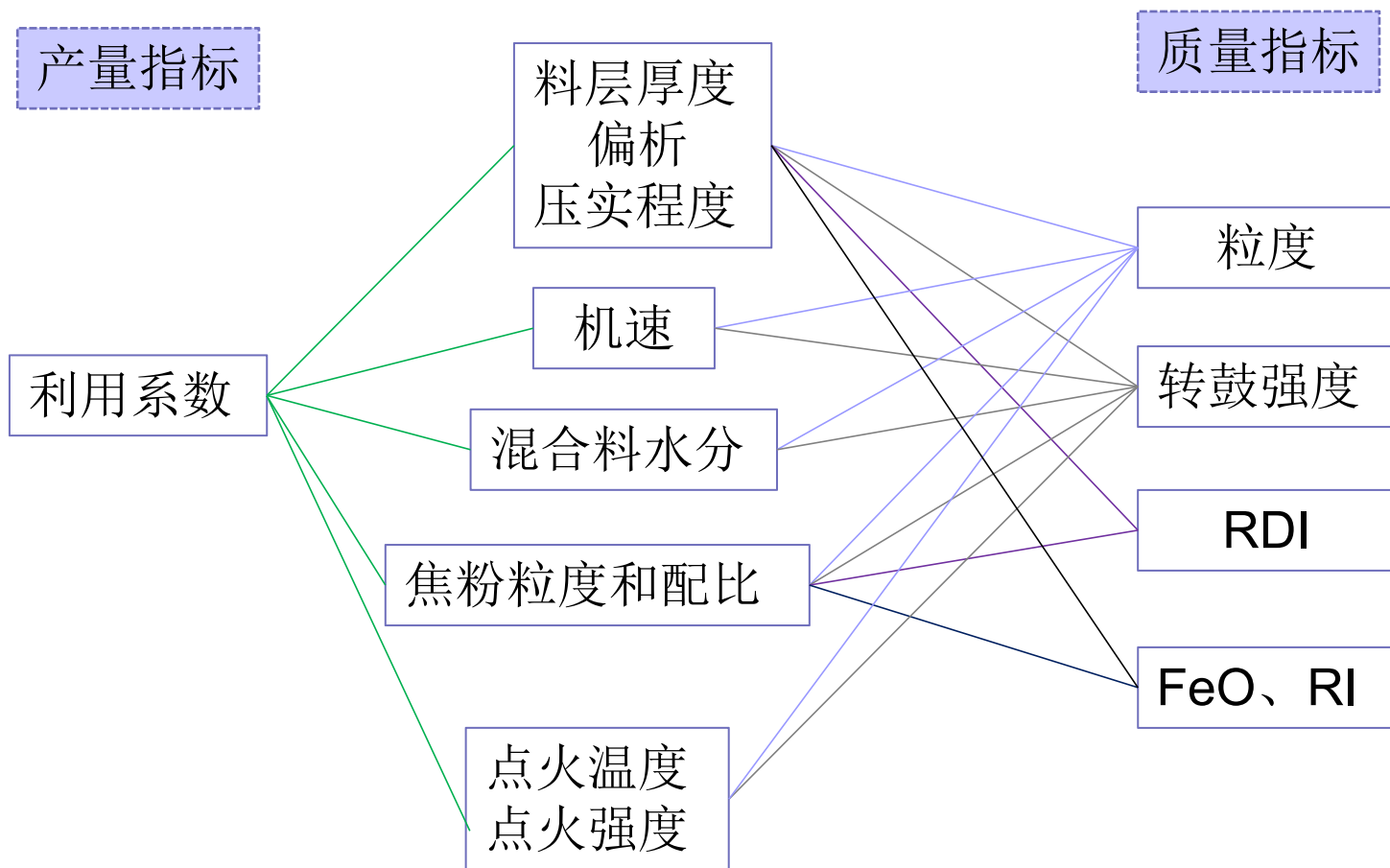
一般烧结矿 SiO_2 含量宜控制在4.7-5.5%。

2、烧结矿化学成分适宜值的选择

□ 适宜FeO含量的选择

- 烧结矿中FeO含量的高低，主要与所用铁料、烧结过程中的氧化气氛强弱及温度水平高低有关，反映出了烧结过程中的温度水平和氧位的高低。与配碳量和燃料粒度有关系，配碳量增加，会使烧结矿中FeO含量升高；燃料粒度粗，燃料在烧结料中的分散度小，化学反应不均匀，会造成相同配比下，烧结矿FeO含量波动大。
- 工艺条件不变时，FeO含量有一个适宜值。可以根据需要进行微调，**偏重于改善还原度和软熔性能，应适当低一点，偏重于改善粒度组成和低温还原粉化时，可以稍高一点。低硅烧结较高硅烧结控制要适当高一些。**

3、对烧结矿技经、质量指标影响的关键工艺因素及强化



3、对烧结矿质量影响的关键工艺因素及强化

3.1 工艺参数

■ 混合料水分的合理控制

混合料适宜水分是保证烧结过程顺利进行，提高烧结矿质量必不可少的条件（制粒作用、导热作用、润滑作用、助燃作用）。

不同烧结料的适宜水分含量不同。物料粒度越细，比表面积越大，所需适宜水分较高；适宜水分与物料类型及结构也有关系，表面松散多孔的褐铁矿适宜水分较高，结构致密的镜铁矿适宜水分较小。

烧结料最适宜的水分是使混合料达到最高成球率或最大料层透气性来评定的。考虑到烧结过程中水分迁移，下部料层中的水分超过适宜值，所以生产中选用的烧结料实际水分较适宜水分约低1%。

3、对烧结矿质量影响的关键工艺因素及强化

3.1 工艺参数

■ 燃烧粒度一过大过小都与烧结不利

粒度过细时：小颗粒燃料燃烧时，一是由于烧的快，难以维持在自身周围结成块；二是在气流作用下，会从上层吹到下层，让上部热量不足，从而使烧结矿强度降低，成品率下降。而下部热量过剩，红层加厚，恶化透气性，也易使炉篦粘料。

粒度过大时：一是使燃料分布不均匀，大颗粒燃料周围熔化得很厉害，而离燃料颗粒较远的物料则不能很好地烧结。同样用量时，料层中碳的分布点少；二是布料时粒度易于偏析，也会使局部燃烧带变厚，料层透气性变差，产质量下降。

一般适宜粒度：—3mm≥80%，小于1mm含量<35%；精矿粉烧结小于3mm含量应适当增加。

3、对烧结矿质量影响的关键工艺因素及强化

3.1 工艺参数

■ 燃烧配比

最适宜的燃料用量应保证所获得的烧结矿具有足够的强度和良好的还原性。对于不同的原料最适宜的燃料用量由试验确定。

燃料配比过小：达不到必要的烧结温度，导致烧结矿液相量不足，烧结强度下降，返矿率增加。

燃料配比过大：使燃烧带变宽，恶化透气性，于烧结过程不太有利；易使烧结矿呈大孔薄壁结构，大量橄榄石形成，强度和还原性能变差，FeO升高。

- 一般配用赤铁矿粉燃料配比相对高一些，4.3%~4.5%；
- 配用磁铁矿粉，燃烧配比可以适当减少，3.7%~4.0%。
- 菱铁矿、褐铁矿一般要求更高的燃料用量。

3、对烧结矿质量影响的关键工艺因素及强化

3.2 其它因素

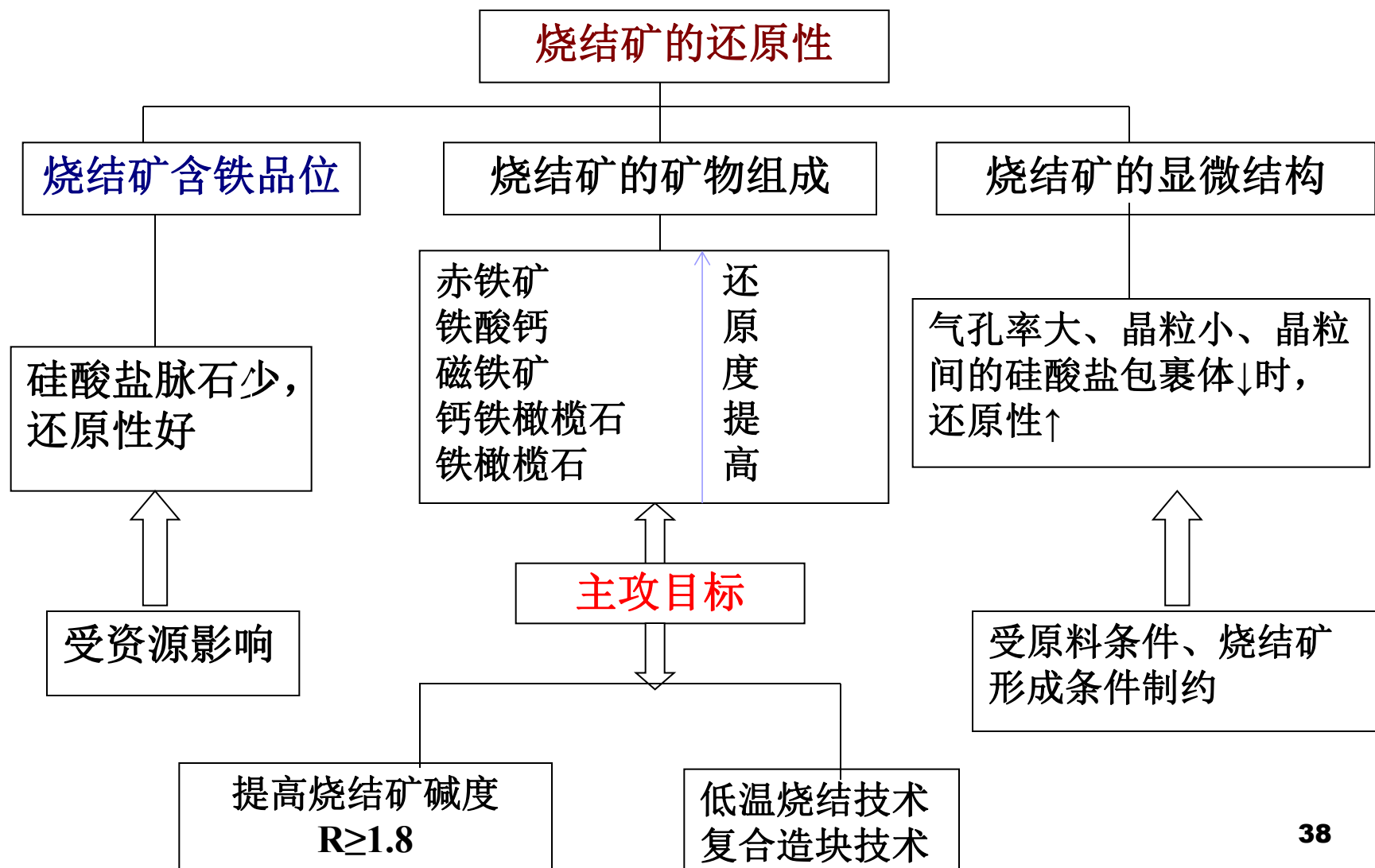
- 生石灰粒度及消化：粒度太粗，不容易消化，会残留在烧结矿中。烧结矿中游离的CaO对烧结矿质量影响较大，在空气中受潮后，CaO矿物吸水会迅速膨胀，使烧结矿不攻自破，发生粉化。粒度太细易喷仓，影响配用量控制，更有甚者，会造成压皮带等安全隐患。
- 细粒级燃料（如CDQ粉）预润湿前置配入混匀料中，在提高烧结矿质量的同时，可以有效降低固体燃料消耗。

	R	-10mm %	平均粒径 mm	强度 %	烧返 %	RDI %	燃料配比 %
未配前	2.03	21.39	22.85	77.52	30.12	31.56	4.3
配入后	2.04	20.31	23.38	78.34	28.56	28.45	3.5

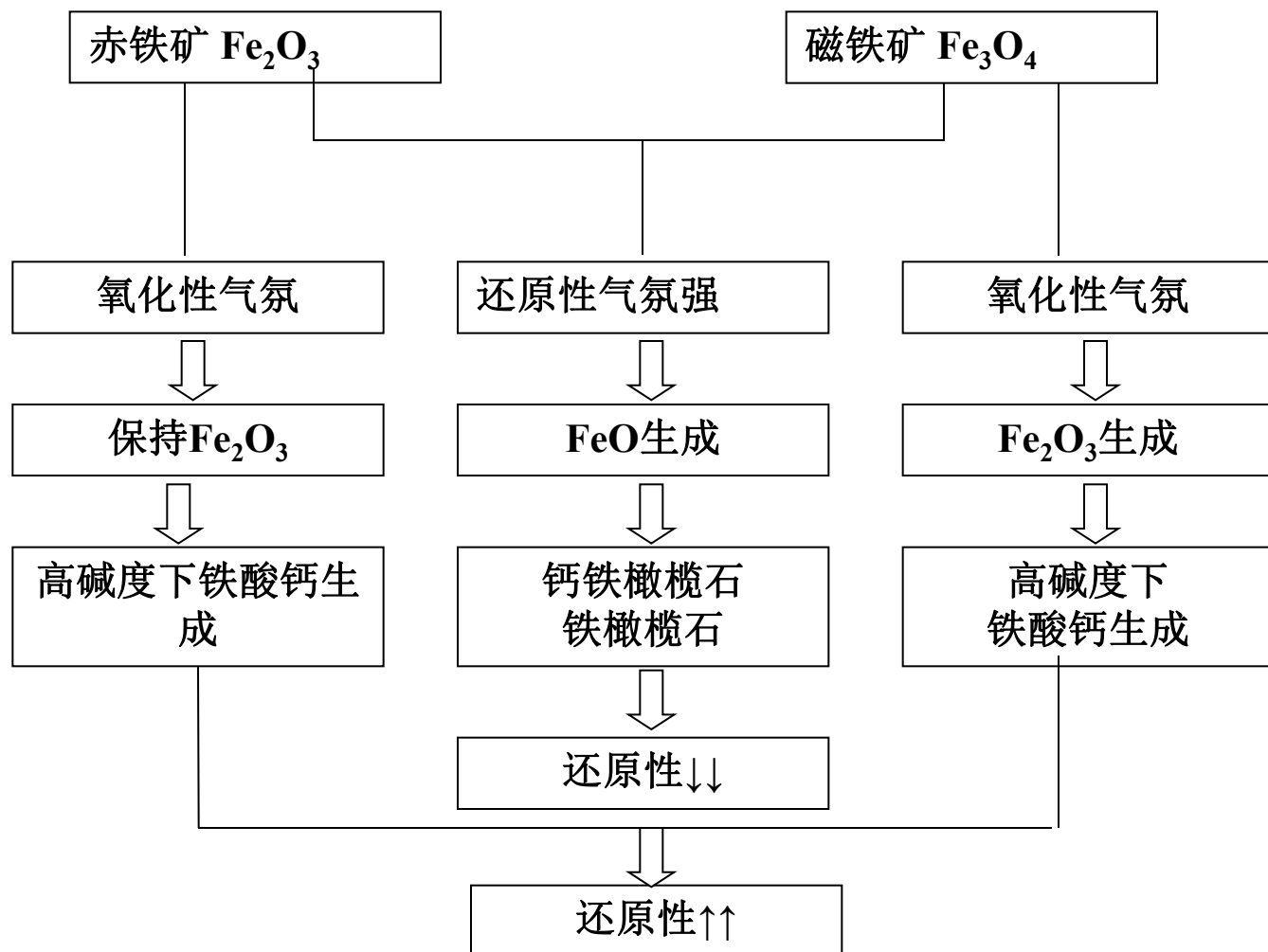
冷却机上进行梯度冷却，有助于减少玻璃体产生和减轻热应力，避免裂纹产生。使得强度、成品率提高，也有助于软化温度的提高。

4、冶金性能改善途径

4.1 还原性

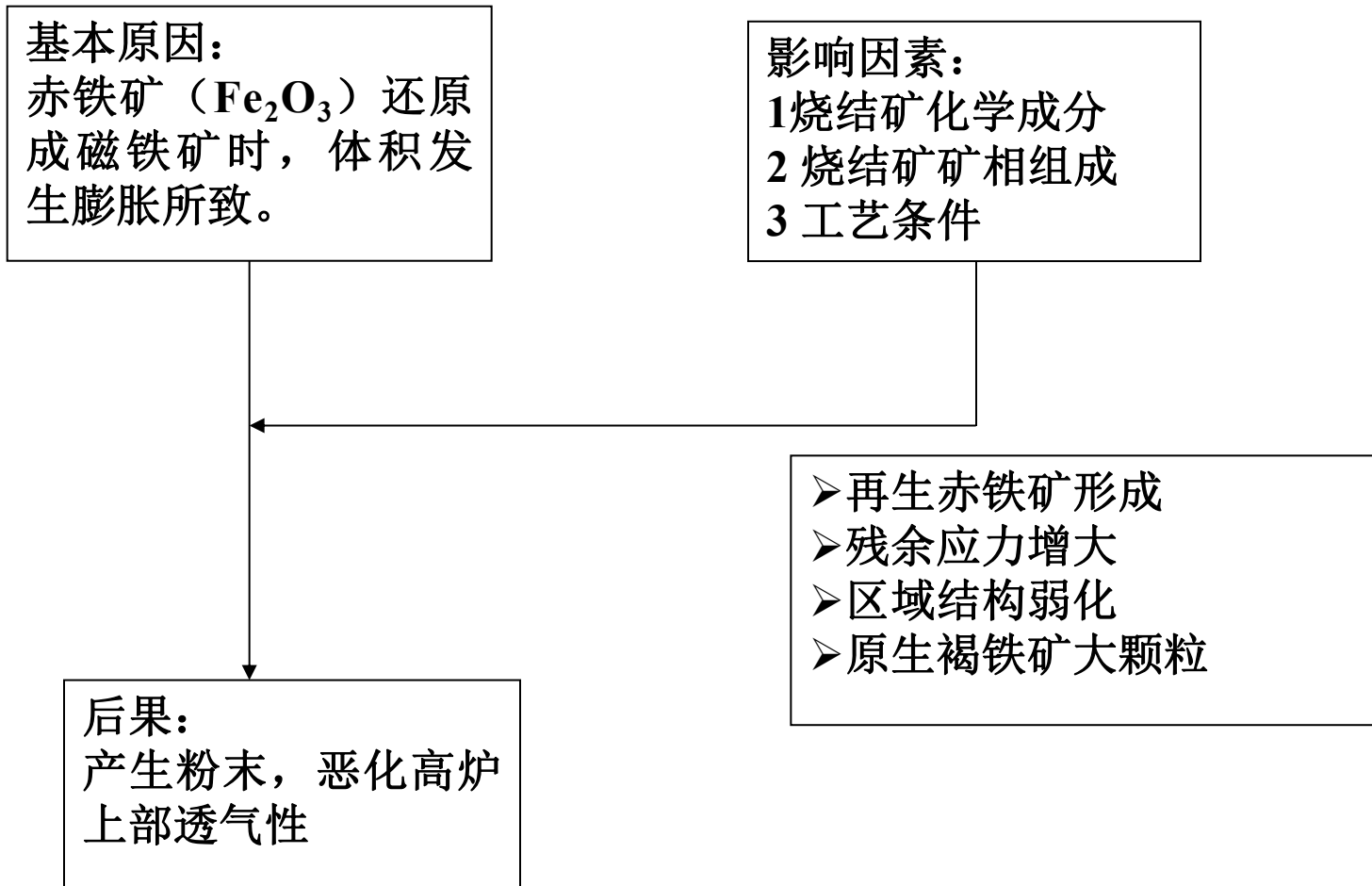


➤ 影响还原性的因素-烧结气氛



4.2 低温还原粉化

➤ 影响因素



磁铁矿直接氧化生成

颗粒状次生赤铁矿

原生赤铁矿

颗粒状存在，危害不大

破坏性大

还原为磁铁矿体积膨胀25%

骸晶状赤铁矿

由熔体中的磁铁矿和铁酸钙在高温下分解出的磁铁矿再氧化生成

主要分布在气孔、裂纹和熔蚀状残存原矿的周围。其中夹杂着玻璃质、铁酸钙和磁铁矿等矿物。

➤ 影响因素一 烧结温度

- 熔融型烧结矿：烧结温度高于**1300°C**时，产生较多的熔体，冷却过程中，从熔体内结晶出次生的骸晶状菱形赤铁矿、柱状铁酸钙等，来不及结晶的硅酸盐熔渣形成玻璃质。低温还原粉化率高
- 中间型烧结矿：烧结温度低于**1300°C**时，产生的熔体较少，冷却过程中，从熔体结晶出斑状赤铁矿、针状铁酸钙等，玻璃质很少。低温还原粉化率低
- 扩散型烧结矿：如果烧结温度低于**1250 °C**，基本上不通过熔体而是靠固相扩散生成的纤细赤铁矿和纤细铁酸钙起固结作用。低温还原粉化率较低

柱状铁酸钙中固溶有较多的 Al_2O_3 和 SiO_2 ，从而引起的晶面收缩比针状铁酸钙和纤细铁酸钙的大，产生的内应力也较大，裂纹粗而长，而且容易使裂纹扩散，低温还原粉化率升高。

4.2 软熔性能

- 荷重软化性能决定高炉中部的透气性。在高炉冶炼中，由于铁矿物的荷重软化性能不良，会引起悬料和炉腰结厚。
- 烧结矿的软化温度取决于其矿物组成和气孔结构强度，开始软化温度的变化往往是气孔结构强度起主导作用的结果。
- 研究和实践表明：要改善入炉料的软熔性，关键是提高脉石熔点和降低矿石的FeO含量（烧结矿中 $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ 的熔化温度为 1205°C ， $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2 - \text{FeO}$ 熔点为 1177°C ）。
- 提高碱度有利于提高脉石熔点，相应提高了矿石的软熔性。适当提高烧结矿的MgO含量也有利于改善其软熔性能。
- 高炉一般要求烧结矿的开始软化温度高于 1100°C ，软化区间小于 150°C 。

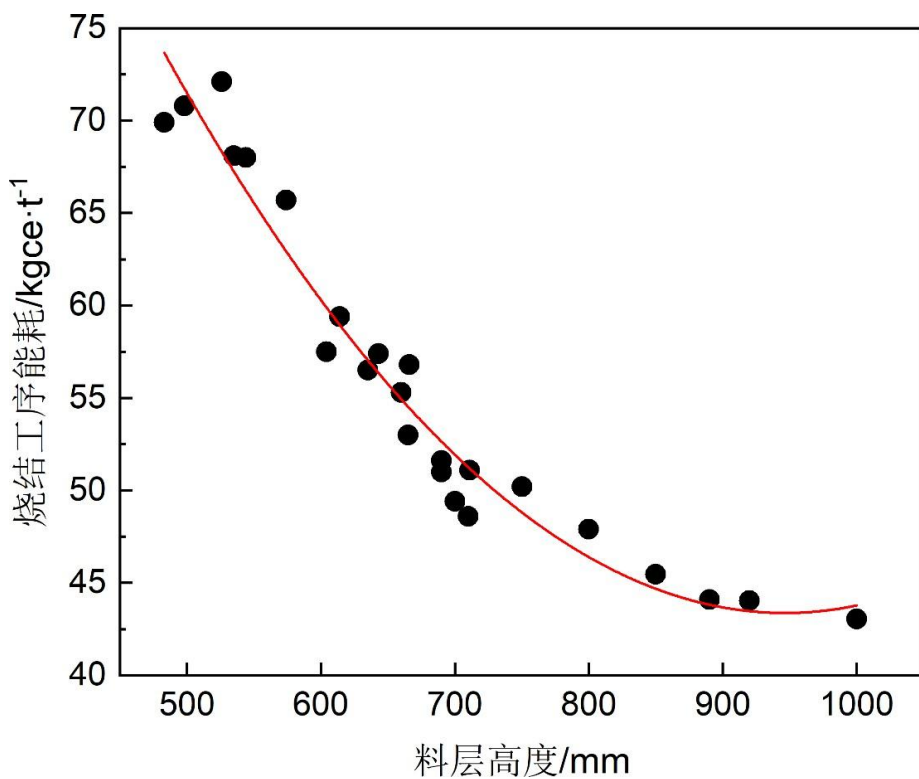
4.3 熔融滴落性能

- 矿石的熔融滴落性能是反映铁矿石在高炉下部熔滴带性状的，由于这一带的透气阻力占整个高炉阻力损失的60%以上，熔滴带的厚薄不仅影响高炉下部的透气性，它还直接影响脱硫和渗碳反应，从而影响高炉的产质量，因此它是铁矿石较为重要的冶金性能。
- 凡是烧结矿品位高， SiO_2 和 FeO 含量低的，渣相粘度小的（ Al_2O_3 含量低），熔滴性能都是比较优良的（ S 值 $\leq 40\text{KPa} \cdot ^\circ\text{C}$ ）。凡是品位低的， SiO_2 和 FeO 含量高的，渣相粘度大的（ Al_2O_3 和 TiO_2 含量高的），熔滴性能都是比较差的（ $> 100\text{KPa} \cdot ^\circ\text{C}$ 甚至 $> 1000\text{KPa} \cdot ^\circ\text{C}$ ）。
- 改善烧结矿的熔滴性能要抓提高品位、降低 SiO_2 和 FeO 含量，控制 Al_2O_3 、 MgO 和 TiO_2 的含量。

第三部分

改善关键技术质量指标措施

● 厚料层烧结



随着料层高度增加，烧结自动蓄热作用增强，**烧结工序能耗**逐步降低，烧结矿产量和质量提高

烧结矿技经、质量指标控制的主要措施

- 原料成分及成分稳定性，有害元素少、含量低。
- 配矿结构的优化—化学成分适宜，利于制粒，高温性能互补。
- 强化混匀、造堆作用，降低 σ 值，提高烧结矿成分的稳定性。
- 配料准确性控制。
- 强化混匀、制粒效果—强力混合技术、三段混料。水分在线监测、自动加水控制。
- 布料合理偏析。
- 改善透气性—松料器、燃料配比及粒度合理控制、混合料水分适宜
- 提高设备工艺系统整体稳定性。
- 改善密封效果，减少漏风。
- 新技术应用—热风富氧技术、料面喷吹气体、厚料层烧结技术等。

谢谢各位的聆听！