

鋼鐵冶煉基礎知識叢書

煉鐵實用知識

南京市鋼鐵技術研究組編著



江蘇人民出版社

· 內 容 提 要 ·

本书比較全面而系統地講述煉鐵的實用知識，着重闡明煉鐵原料、中小型高爐與上高爐冶煉原理、高爐構造及其車間附屬設備、高爐開爐、爐前操作以及生產中常用的幾個指標等。本書可供干部和工人閱讀。

鋼鐵冶煉基礎知識叢書

煉 鐵 實 用 知 識

南京市鋼鐵技術研究組編著

*

江蘇省書刊出版營業許可證出〇〇一號

江 蘇 人 民 出 版 社 出 版

南 京 湖 南 路 十 一 號

新華書店江蘇分店發行 廣京印刷廠

*

開本787×1092 紙 1/32 印張5 1/8 字數 12

一九五八年七月第一版

一九五八年九月南京第三次印刷

印數 70,001—130,000

統一書號： 15100·78

定 價：(6)四 角

前 言

本书原为南京地区鋼鐵技术訓練班教学的需要而編写的。目前全国各地小高炉遍地开花，为了适应新形势发展的需要，使我国工业以飞跃的速度赶上和超过英国，我們特将本书加以修正和补充，由江苏人民出版社出版，供給大家学习和参考。

本书是由南京市鋼鐵技术研究組韓瑞屏、徐仲林、陈远超三同志合編，編好后請戴行珪工程师和阮志学工程师分別审閱，并經教学試用。

由于編写时间匆促，錯誤难免，欢迎讀者提出宝贵意見，以便修正。

南京市工业局

目 录

第一章 炼鉄原料及冶炼前的处理.....	1
第一节 鉄矿石.....	1
第二节 錳矿石及熔剂.....	4
第三节 矿石及熔剂代用品.....	5
第四节 冶炼前的矿石处理.....	6
第五节 燃料.....	8
第二章 高炉冶炼的原理.....	10
第一节 炉料与煤气的分布及热传导作用.....	10
第二节 还原反应鉄的渗碳.....	14
第三节 造渣与去硫.....	18
第四节 炉缸內的燃烧反应.....	23
第五节 配料計算.....	24
第三章 高炉构造及其車間附属設備.....	29
第一节 高炉的主要組成部分及其意义.....	29
第二节 高炉剖面和基本尺寸.....	32
第三节 高炉炉基.....	36
第四节 高炉炉衬和耐火材料.....	37
第五节 高炉砌砖.....	48
第六节 高炉的冷却和冷却設備.....	51
第七节 出鉄口、出渣口、风口的构造.....	57
第八节 高炉金属結構.....	63
第九节 高炉炉頂設備.....	65
第十节 高炉附属設備.....	71

第十一节	高爐爐前機械·····	102
第十二节	高爐車間平面布置·····	107
第四章	高爐開爐·····	111
第一节	高爐開爐設備的檢查·····	112
第二节	烘爐·····	112
第三节	開爐爐料的準備·····	113
第四节	開爐前的裝料·····	117
第五节	開爐操作·····	118
第五章	高爐冶煉進程的控制·····	121
第一节	高爐行程情況的判斷·····	121
第二节	高爐行程的調節·····	125
第三节	高爐行程失常現象的判斷和處理·····	128
第六章	爐前操作·····	141
第一节	出鐵口的維護·····	141
第二节	出鐵·····	143
第三节	出渣和出渣口的維護·····	145
第四节	冷却系統的維護·····	145
第五节	熱風爐的操作·····	148
第七章	高爐的停爐·····	150
第八章	高爐產品及生產中常用的幾個指標·····	153
第一节	生鐵和鐵合金·····	153
第二节	爐渣·····	156
第三节	高爐瓦斯與瓦斯灰·····	157
第四节	高爐常用的幾個指標·····	158

第一章 煉鐵原料及冶煉前的處理

第一節 鐵 礦 石

在自然界中呈金屬狀的天然鐵幾乎是沒有的，所存在的鐵往往是與氧、硫及其他元素結合成化合物。現在已知的含鐵礦物超過一百種，但並非都能作為工業上的煉鐵原料。因此，我們所稱的鐵礦石是指那種含鐵較高（超過25%）並能以現代的科學技術水平從其中提煉出鐵來，在經濟上是有利的礦物。

一、鐵礦石的種類及其性質：

常用的鐵礦石有磁鐵礦、赤鐵礦、褐鐵礦、菱鐵礦四種。

1. 磁鐵礦：化學式為 Fe_3O_4 （含72.4%Fe和27.26% O_2 ）。它的顏色為深灰色，從灰色到黑色；這個礦物具有磁性。硬度為5.5—6；比重為4.9—5.2。產狀為致密堅硬的塊狀，是一種難還原的礦石，並且含有害雜質硫、磷較高。

2. 赤鐵礦：化學式為 Fe_2O_3 （含70%Fe和30% O_2 ）。它的顏色為紅色，也有從鐵黃色到鋼灰色的。其硬度為5.5—5.6，比重為5.0—5.3，產狀為堅硬的塊狀，還原性較磁鐵礦容易，含有害雜質硫、磷少。

3. 褐鐵礦：是一種含有結晶水的鐵的氧化物。其代表性的化學分子式為 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ （含59.88%Fe，14.43%的結晶水）。它的顏色一般是黃褐色，如組織致密時則為灰黃色；硬度為1—4；比重為3.3—4.0；產狀有塊狀、乳狀、顆粒狀、腎狀、卵石狀、粉末狀等。由於結晶水的去除使其組織變得疏松，因此易還原。

4. 菱鉄矿：化学式为 FeCO_3 （含48.3%Fe和37.9% CO_2 ）。顏色为淡黃色、浅灰色，有时带黃色或棕色的光澤。硬度为3.5—4.5，比重为3.7—3.9。产状为块状、球状、腎状等。由于加热或焙烧后，放出了 CO_2 使其組織疏松，因此易还原。

二、評定矿石的使用价值：

在选用某种矿石时，一方面要考虑它所具备的性質对高炉冶炼的影响，同时要考虑采用这种矿石經濟与否。后者是在选定厂址的过程中已考虑了的。因此这里只談談根据冶炼的观点来鑑別矿石的好坏。

首先了解矿石的含鉄量（矿石的貧富程度），含鉄愈高愈好。因为炼鉄的主要目的是想得到生鉄，因此当矿石含鉄高时，得到的生鉄多，渣量少，同时燃料的消耗量也少。

鉄矿石同其它矿石一样，含有許多有害和有益的杂质与脈石。在有害杂质中常见的有硫、磷、鋅。硫在鋼中，使鋼具有热脆性，加热到赤热时含硫超过允許含量时，鋼会失去强度，在煅时会拆断。因生鉄中的硫主要来源于焦炭，所以矿石中硫的含量可允許达到0.15%或更高些。磷在鋼中使鋼具有冷脆性，即在冷加工时易断裂。磷与硫不同的是磷在高炉中不能除去，全部还原到生鉄中。磷区别于硫的第二点，是在某些品种的生鉄里，要求有一定的磷含量，如在鑄造鉄中有了一定的含磷量，能增加熔化的鉄水流动性，获得表面光滑的鑄件。在托馬斯生鉄中，磷还是生鉄炼鋼过程中热的来源。鋅虽然不会进入生鉄中，但也被認為是有害杂质之一，这是由于它在高炉内还原后会蒸发，而到上部又因氧化結果易形成炉瘤，影响高炉正常的生产，或者是由于氧化鋅沉积到耐火砖的孔隙中，膨胀而破坏炉衬。有益杂质中最常见的是錳，它在生鉄中能帮助脫硫，在鋼中是一种很重要的合金

元素，能增加鋼的強度和硬度。脈石是爐渣的主要組成部分，因此要求脈石含量愈少愈好。脈石的成分對熔劑和燃料的消耗量有很大的影響。因為世界上大多是酸性的鐵礦石（即酸性物質 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ，多於鹼性物質 $\text{CaO} + \text{MgO}$ ），因此鹼性的鐵礦石是很珍貴的。脈石在鐵礦中的分布集中，成層狀為最好。

粉末和大塊的礦石都不利於冶煉，用它們來煉鐵時都會使高爐內的還原過程變壞，同時粉末的很大一部分會由爐頂吹出。經實際生產總結，得出對高爐有利的粒度範圍如下：磁鐵礦是5—35毫米，赤鐵礦是5—40毫米，褐鐵礦是5—60毫米，燒結礦5—40毫米。小高爐採用小粒度的礦石（5—25毫米）增大礦石與煤氣的接觸面積，使煤氣的熱能、化學能在較短的爐內停留時間中（相對大高爐而言）得到充分地利用。

小高爐雖然可以採用小的粒度，但在5毫米以下的粒度也是不適宜的。因小粒太多，容易使氣體上升困難，鼓風機壓力增加，尤其在鼓風機壓力低的情況下，不宜採用小粒度。

實際生產時，所用的礦石，也有超過粒度範圍的現象，這是因為考慮到冶煉前礦石準備處理的成本問題。

礦石的气孔率大，則礦石的透氣性好，也促進礦石在高爐內的還原性好。

最後，要考慮礦石各個質量指標（特別是含鐵量、脈石成分、有害有益雜質量、粒度和還原性五個性質）的穩定，對高爐操作順行具有特別重要的作用。

第二节 錳矿石及熔剂

錳矿石和鉄矿石一样，大都是含錳的氧化物。其中主要有軟錳矿 MnO_2 和硬錳矿 $\text{MRO} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($\text{RO} = \text{MnO} \cdot \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{BaO}$) 两种。前者質地較硬，放置日久，容易风化而变碎；后者比較坚硬。现在常用的錳矿石的含錳量比鉄矿石中的含鉄量为低，含錳43%已认为是优良的錳矿了。最好的錳矿含錳量5—52%，我国錳矿一般含錳量为30—40%。由于錳是一种脱氧、脱硫剂，同时又是一种很重要的合金元素，因此，鋼中含有一定量的錳时，能改善鋼的性质，扩大其使用范围，这就是錳矿在冶金上得到广泛应用的原因。

冶炼錳鉄或鏡鉄时，錳矿内含磷是很有害的。因为把錳合金加入鋼内时，磷从脱氧剂中完全轉入鋼内，若鋼中含磷超过一定范围时，易产生冷脆。

在炼低錳鉄时，錳矿中的鉄是有益的杂质。然而当炼高錳生鉄时，錳矿中含有鉄质是不好的。因为过多的鉄会降低錳合金鉄中的含錳量。

熔剂是一种用来降低脈石熔点，造成一定成分炉渣的物质。高炉最常用的是一种硷性熔剂（如石灰石、白云石等等），另一种酸性熔剂（如石英石之类），在高炉上几乎是不用的。

在目前所采用的硷性熔剂中，是不希望有較高的二氧化硅和三氧化二鋁的酸性物质。因为这些物质的存在就表明自由鈣量的降低，同时需要附加的氧化鈣来造渣。較好的石灰石内含 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 的总量不超过1%，較差的达到5%，通常为3%。

在熔剂中有害杂质硫和磷应该少。因石灰石中含这些杂质很少，一般不考虑，只是在炼貝氏生鉄或特殊低磷生鉄时，

才注意到石灰石內的含硫、磷量。

熔劑在強度方面必須是堅固的，能夠承受多次轉載而不形成粉末，並要求長期放在空氣內不失去應有的強度。對於熔劑塊度要求，根據我國第二次高爐會議決定為25—75毫米。

第三節 礦石及熔劑代用品

冶金工廠經常產生許多爐渣和其它廢物，其中一部分因含有較高的氧化鐵、氧化錳及鹼性氧化物，可以作為高爐原料來使用。這些廢物的利用對金屬的回收和某種程度上降低產品成本是有利的。常用的這一類原料有下列幾種：

一、加熱爐渣：在用來加熱金屬的爐子中，形成的加熱爐渣，含有48—50%鐵和許多二氧化矽（28—32%）。此渣中含有害雜質很少，因此這種爐渣應認為是高爐爐料的極好補充品。

二、鹼性平爐爐渣：在氧化初期的渣中，含10—24%Fe，7—10%Mn，並含很多的氧化鈣和氧化鎂，其兩者之和為40—50%。因此，可以在一定的程度上用作熔劑的代用品。可是用它來代替部分熔劑時，顯然地增加爐渣量，故只有在高爐使用富礦和渣量少的操作條件下，採用它是合理的。鹼性平爐渣的缺點是含磷高（達1—3%），因此用它作為高爐爐料受到限制。

三、軋鋼皮：鋼錠在加熱過程中表面產生氧化鐵皮，在軋鋼工藝過程中氧化鐵皮脫落。軋鋼皮含鐵很高，幾乎達到70%，含二氧化矽和氧化鋁通常為1—2%，含有害雜質極少，由於粒度小，不宜直接加入高爐內，通常加入燒結原料內。

四、高爐爐塵：隨著高爐煤氣帶出的粉狀爐料。高爐爐塵含鐵40—50%，由於粒度小不能再裝入爐內，可以用作為

燒結原料。

五、高爐錳渣：在冶煉錳鐵時得到的爐渣。其中含Mn 10—25%，同時不含磷，價廉，又是成塊的：因此在冶煉制鋼生鐵時，可將其作為錳礦代用品。

六、貝氏爐渣：含10—15%Fe, 15—25%Mn, 50—60%SiO₂，不含磷，常用作錳礦代用品。特別是當用富礦煉貝氏鐵時，用它更為合理。

七、硫酸渣：是硫化物（FeS₂）制硫酸後所得的粉末狀渣。含鐵為40—55%，含硫高達1.5—2.0%，用作燒結原料（在燒結過程中可除去90—98%的硫）。

八、附加的金屬：將機械加工鐵屑、生鐵碎片等廢鐵作為高爐原料加入爐內。

第四節 冶煉前的礦石處理

由礦山開采出來的礦石，無論在塊度方面和成分方面都不一致。如果用它來直接冶煉，將造成煤氣在爐內的分布極為惡劣，爐況發生激烈的波動，高爐生產很難控制，不僅產量降低，也很可能得到不合規格的生鐵。我們可以這樣說，煉鐵生產的好壞，百分之七十決定於冶煉前的礦石處理。

冶煉前的礦石處理有破碎、篩分、中和及燒結等工作。含鐵量低的貧礦石，不可直接送入高爐進行熔煉，而必須經過選礦處理，成為精礦粉，然後再燒結成塊。

一、破碎和篩分：礦石的破碎分為4個階段進行。粗碎是將1,500—500毫米的天然礦石破至400—125毫米，再破至100—25毫米；中碎自100—25毫米破至25—6毫米；細碎自25—6毫米破至6—1毫米；粉碎自6—1毫米破至1—0.075毫米。

按照礦石的不同，將礦石破碎至75毫米或者50毫米以下。

如果有篩分設備，那末就將破碎過的礦石篩分為三類，如75—30、30—5和5—0毫米。前兩類是至高爐直接使用，5—0毫米的部分則送至燒結車間去燒結。根據篩分設備情況將礦石分級裝入高爐，實踐證明這是提高產量最經濟而有效的方法。

二、礦石的中和：各個礦山開出來的礦石，其成分是不相同的，即使是同一礦山，開出來的礦石也并非都相同。如果直接用它們來冶煉，將破壞高爐的正常生產。例如，礦石含鐵量突然升高，產生爐涼，反之亦然。為此必需將成分變動的礦石進行中和，然後送至高爐使用。

礦石的中和是在不斷斷地進行着的，由礦山開始，直到入爐前的所有轉載過程都起着中和的作用。而最主要的中和作用是在貯礦場中進行的。在大型的煉鐵廠是采用門型起重機，來中和礦石，中、小型廠由於設備的限制而用人工來進行。其方法是平鋪截取，就是將礦石鋪成一定高度的條堆，一條條的并排鋪至堆邊為止。當進行鋪第二層時，可以鋪在第一層的两个條堆之間。如此逐層堆積到一定的高度。在整個鋪的過程中要求均勻。

取料時，從料堆的橫截方向來取，能包括先後不同時期內卸入的礦石，也就達到了一定的中和作用。根據原礦石成分的不同，中和後礦石成分的均一性，能夠提高2—3倍。

三、粉礦的燒結：粒度很小的礦石，是不直接裝入高爐的。因小粒的礦石在爐內阻塞了煤氣的通道，影響着高爐的正常生產。同時由於爐內壓力很大，小粒礦從爐頂吹出的損失很大。因此，對於這些粉礦要送去造塊，變成一定塊度均一成分的人工礦石，再送至高爐進行熔煉。

造塊的方法有三種：

(1) 团矿；

(2) 燒結;

(3) 造球。

現在世界各國在造塊中應用最廣的是帶式燒結機，應用此種方法生產率高，成本低，造出的塊質好。其燒結工藝過程，是將已配好的原料，進行混均、團球，然後均勻布於燒結小台車上（最下層鋪的是墊底料，防止燒壞小台車的爐篦子），經點火器下面點火，由下面抽風箱抽風進行燃燒，燒結礦由上向下逐漸形成。已生產好的燒結礦，經過破碎、冷卻、運至煉鐵車間。

第五節 燃 料

燃料在高爐生產中，不僅是熱的來源，同時也是製造還原劑和進行生鐵滲碳的物質。常用的燃料有木炭和焦炭兩種。過去多採用木炭，因它容易制得，同時含雜質和灰分少，以致熔劑消耗量比焦炭高爐少三分之一，焦比也較低，如果在同樣的鼓風條件下，木炭高爐鼓風量僅為焦炭高爐的65%。但由於木炭強度差，來源不足，近代高爐容積不斷擴大，所以木炭不能廣泛採用，現在幾乎完全被焦炭所代替。

對高爐冶煉的燃料提出下列的要求：

(1) 燃料含灰分和有害雜質（硫、磷）要少。

(2) 為使燃料經過爐內時不致造成妨礙氣流正常分布的許多碎粒，則燃料應有足夠的強度。

(3) 為保證燃料有適宜的透氣性，則燃料必須有足夠的氣孔率。

(4) 燃料的塊度要適當，大型高爐塊度應大於40毫米，中小型高爐，燃料塊度應大於25毫米。

燃料在裝入高爐前，首先應進行工業分析和強度試驗。焦炭強度愈大時，在從爐頂下降至風口的過程中，產生的碎

块愈少，高炉的透气性也愈好，高炉生产便能很順利的进行。測驗焦炭机械强度最常用的方法是轉鼓試驗（測定其耐磨能力）。將410公斤大于25毫米的焦炭放入一个特定的轉鼓內，鼓长800毫米，直径2,000毫米，周围焊有25毫米的圓鉄棍126根，共間隙为25毫米，以每分钟10轉的速度旋轉15分钟，然后称量鼓內剩余的焦炭量（大于25毫米），即是該焦炭的轉鼓指数。（见表1）

表 1

焦炭强度（轉鼓指数）	< 280 公斤	< 280~300公斤	> 300 公斤
用于高炉 { H_1 (米)	20~22	24~26	26~28
{ V (米 ³)	250	500	600

由于目前焦炭供应較紧张，許多小高炉都在試用价廉的白煤来代替部分焦炭，也能在良好的經濟指标条件下得到合格的生鉄。（可参看58年2月号“鋼鉄”杂志，“苏州市农业机械厂用部分白煤炼鉄”一文。）

第二章 高爐冶煉的原理

高爐冶煉的實質，就是爐料與煤氣相對運動時，進行了還原及其它各種作用，使礦石變成生鐵。在高爐冶煉的過程中所發生的物理、機械、熱、化學作用是多種多樣錯綜複雜的。為了闡明問題方便起見分下面几部分來作簡單說明：

1. 爐料與煤氣的分布及熱傳導作用；
2. 還原反應及鐵的滲碳；
3. 造渣與去硫；
4. 爐缸內的燃燒反應。

第一節 爐料與煤氣的分布及熱傳導作用

爐料與煤氣正確分布的結果，使煤氣中的熱量能充分的傳給爐料，同時使煤氣的還原能力在爐內得到有效的利用。

一、爐料在爐喉內的分布：

當人們知道煤氣是一種可燃氣體之後，就將爐頂封閉起來，用管道引出煤氣，以便使用，但布料因此就不便用人工進行，而尋求出各式各樣的布料裝置，至今得到廣泛應用的就是雙鐘式布料裝置。

爐料由料鐘上面，下到爐喉內時，形成一個邊緣高，中間洼的漏斗形狀。這種料面形式是合理的，因為煤氣易從邊緣通過（一方面由於風口在邊緣燃燒，另一方面由於煤氣通過邊緣的曲折率小，即阻力小的原因，如第一圖所示）。但布料的主要目的就是造成煤氣在高爐內均勻分布。為達此目的就需要邊緣料層厚，中間料層薄，因此說這種雙峯式的料面是合理的。

我們在布料时都是將難透氣的礦石，布向邊緣（先裝），透氣性好的焦炭，布往爐子中心（后裝）。料堆尖離爐牆有一定距離，使邊緣煤氣有適當發展，保證高爐生產順行。為了防止結瘤，石灰石在—批料的最后一車裝入，布向爐子中心。

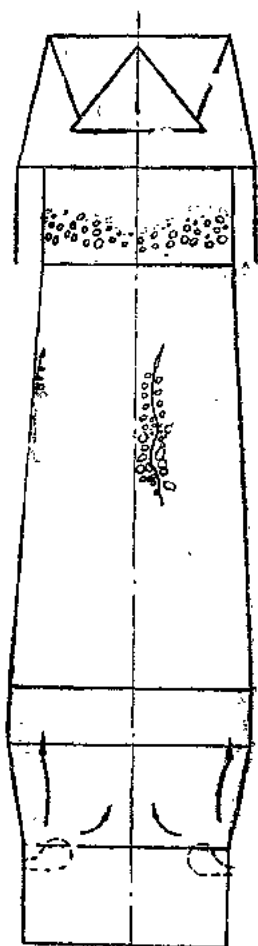
二、爐料下降過程中的再分布：

爐料的下降一方面由於爐料在爐內受熱熔化，體積縮小，另一方面由於爐料摩擦作用，小塊填在大塊空隙中體積減少，而最主要的是由於焦炭的燃燒作用，形成空洞，使料有下降的余地。

爐料的下降速度，在高爐各處都不同（例如某爐子，在邊緣為63毫米/分鐘，燃燒帶正上方為81.4毫米/分鐘，爐中心為41毫米/分鐘）因此爐料在下降過程中進行了重新分布，從高爐縱橫斷面上來看都不是同一批料。

爐料在下降過程中我們常查覺到后一批（或一種）料的下降速度，超過前一批（或一種）料的現象，這就是大家常說的“超越現象”。

除了爐料在各處下降速度不同所引起的“超越現象”外，爐料組成部分的重量和塊度大小的不同，



爐料在爐喉內分布
及煤氣上升示意圖

第 1 圖

也能引起“超越现象”。炉料的任何組成部分的比重愈大，块度愈小，表面愈光滑則其下降速度愈快。所以鉄矿石总是超越焦炭，而較富的鉄矿比貧鉄矿下降快。小块的鉄矿撒在大块之間的空洞中会超过大块先降下。

由于“超越现象”的存在，当变更所炼的生鉄种类时，会造成中間产物。例如：貝氏鉄含磷(P) 0.05%以下，而托馬氏生鉄含磷(P) 1.8%。如果从炼貝氏鉄改炼托馬氏鉄要換用高磷矿石，由于高磷矿石能超越低磷矿石，这就会得到含磷不高也不低(不合规格)的生鉄。因此对高炉来講最好不要經常改換冶炼的鉄种。

利用“超越现象”，在某种情况下也可校正炉况，如炉渣硷度太高，粘度太大，影响炉况順行和去硫，就利用超越作用，向炉內加部分砂子(主要成分 SiO_2)，两小时左右便可到达炉缸，降低炉渣硷度，使其流动性好，对去硫有利。

三、炉料的分解：

炉料装入炉內后发生下列分解作用：

- ①原料所含水分的蒸发；
- ②化合水的蒸发；
- ③燃料里揮发物的分离；
- ④碳酸盐的分解。

附着在原料上的水分，在原料刚装入高炉时就开始蒸发。当料块在料层中加热至 100°C 以上时，即蒸发完。一般磁鉄矿和赤鉄矿含水量不多，在炉內最上层就被蒸发掉。

褐鉄矿除附着水分外，在其成分中还含有化合水，后者在 300°C 至 400°C 时可分解完毕。

焦炭含有少量的揮发物，揮发物的大部分在溫度不高时即分离出，其余的在 800°C 时才除尽。

装入高炉的石灰石当熱至 600°C 时，开始分解为石灰