

铁矿球团

中南矿冶学院团矿教研组 編著

冶金工业出版社

74.918
140
23

鉄 矿 球 团

中南礦冶学院团礦教研組編著

2006.6

冶金工业出版社

內 容 提 要

本書是對國內外球團礦的科學研究和生產實踐所發表的文獻資料進行整理和綜合評述。全書共包括五章，既精論、造球、生球的固結、國外球團礦生產實踐與我國鐵精礦球團研究和生產現狀及其發展遠景。

本書可作為高等學校球團專業和煉鐵專業教學參考用書，也可供現廠、科研機關和設計單位的造塊工作者參考之用。

本書由中南冶學院球團教研組王篤鳴、左文亮、黃天正、肖琪、張耀南、孫宗毅等編著。

鐵 礦 球 團

中南冶學院球團教研組編著

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行

— * —

1960年3月 第一版

1960年3月 北京第一次印刷

印數3,025冊

開本850×1168·1/32·110,000字·印張4 $\frac{16}{32}$ ·

— * —

統一書號15062·2152 定價0.59元

前 言

球团是一种新的造块方法。該方法的制定虽然已有近五十年的历史，但工业上应用还不到十年。球团矿对强化高爐冶炼过程和降低焦炭消耗所起的作用已为中外造块工作者和高爐工作者所公認。

我国开始进行球团矿的研究工作还不到五年，到目前已取得很显著的成績。在1958年大跃进中，我国第一个鉄精矿球团的工业生产車間在鞍山鋼鉄公司誕生了。因此，近来越来越多的引起了各方面对球团矿的注意和兴趣。为了向教学、科研、設計和現厂人員比較有系統地介紹这一造块方法，我們編写了这本书。但由于球团造块是一个新方法，文献資料不多；且編著者的水平有限，差錯脫漏在所难免，希讀者指正。

本书是在院党委领导下，由六位教师集体編著，并得到团矿教研組与研究室全体同志的大力支持，特此表示感謝。

編著者 1959年11月

目 录

前 言

第一章 緒論	5
§ 1. 造块对鋼鉄工业的作用和意义	5
§ 2. 造块方法的分类	10
§ 3. 球团矿的发展簡史及国外发展的现状	12
§ 4. 我国球团矿的发展情况	13
第二章 造球	15
§ 5. 造球原料的准备	15
§ 6. 物料的成球机理	19
§ 7. 成球性的測定	26
§ 8. 影响造球过程的因素	28
§ 9. 生球的质量检查	37
第三章 生球的固結	38
§ 10. 生球固結方法的分类	38
§ 11. 生球的干燥	38
§ 12. 磁鉄矿生球的焙烧	45
§ 13. 赤鉄矿生球的焙烧	63
§ 14. 生球的其他固結方法	69
§ 15. 球团矿的质量检查	75
第四章 国外球团矿生产实践	80
§ 16. 造球作业	82
§ 17. 生球焙烧作业	96
第五章 我国鉄精矿球团研究和生产现状及其发展远景	118
§ 18. 鞍山、包头、大冶三大鋼鉄基地鉄精矿球团的研究	118
§ 19. 从鉄精矿球团过程中有色及稀有金屬的回收	131
§ 20. 鞍山球团矿的生产实践	133
§ 21. 我国球团矿的发展远景	140
参考文献	142

03065

74.918
140
23

鉄 矿 球 团

中南礦冶学院团礦教研組編著

2006.6

冶金工业出版社

內 容 提 要

本書是對國內外球團礦的科學研究和生產實踐所發表的文獻資料進行整理和綜合評述。全書共包括五章，既精論、造球、生球的固結、國外球團礦生產實踐與我國鐵精礦球團研究和生產現狀及其發展遠景。

本書可作為高等學校球團專業和煉鐵專業教學參考用書，也可供現廠、科研機關和設計單位的造塊工作者參考之用。

本書由中南冶學院球團教研組王篤鳴、左文亮、黃天正、肖琪、張耀南、孫宗毅等編著。

鐵 礦 球 團

中南冶學院球團教研組編著

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行

— * —

1960年3月 第一版

1960年3月 北京第一次印刷

印數3,025冊

開本850×1168·1/32·110,000字·印張4 $\frac{16}{32}$ ·

— * —

統一書號15062·2152 定價0.59元

目 录

前 言

第一章 緒論	5
§ 1. 造块对鋼鉄工业的作用和意义	5
§ 2. 造块方法的分类	10
§ 3. 球团矿的发展簡史及国外发展的现状	12
§ 4. 我国球团矿的发展情况	13
第二章 造球	15
§ 5. 造球原料的准备	15
§ 6. 物料的成球机理	19
§ 7. 成球性的測定	26
§ 8. 影响造球过程的因素	28
§ 9. 生球的質量检查	37
第三章 生球的固結	38
§ 10. 生球固結方法的分类	38
§ 11. 生球的干燥	38
§ 12. 磁鉄矿生球的焙烧	45
§ 13. 赤鉄矿生球的焙烧	63
§ 14. 生球的其他固結方法	69
§ 15. 球团矿的質量检查	75
第四章 国外球团矿生产实践	80
§ 16. 造球作业	82
§ 17. 生球焙烧作业	96
第五章 我国鉄精矿球团研究和生产现状及其发展远景	118
§ 18. 鞍山、包头、大冶三大鋼鉄基地鉄精矿球团的研究	118
§ 19. 从鉄精矿球团过程中有色及稀有金屬的回收	131
§ 20. 鞍山球团矿的生产实践	133
§ 21. 我国球团矿的发展远景	140
参考文献	142

前 言

球团是一种新的造块方法。該方法的制定虽然已有近五十年的历史，但工业上应用还不到十年。球团矿对强化高爐冶炼过程和降低焦炭消耗所起的作用已为中外造块工作者和高爐工作者所公認。

我国开始进行球团矿的研究工作还不到五年，到目前已取得很显著的成績。在1958年大跃进中，我国第一个鉄精矿球团的工业生产車間在鞍山鋼鉄公司誕生了。因此，近来越来越多的引起了各方面对球团矿的注意和兴趣。为了向教学、科研、設計和現厂人員比較有系統地介紹这一造块方法，我們編写了这本书。但由于球团造块是一个新方法，文献資料不多；且編著者的水平有限，差錯脫漏在所难免，希讀者指正。

本書是在院党委领导下，由六位教师集体編著，并得到团矿教研組与研究室全体同志的大力支持，特此表示感謝。

編著者 1959年11月

第一章 緒 論

§ 1. 造块对鋼鐵工业的作用和意义

冶金工业所用的原料一貫是以質量較純的块状矿石为主。在冶炼时，特别是高爐熔炼时，很少应用小于3~5毫米的粉矿，即或应用，其数量也不得超过爐料中矿石重量的15~20%〔1〕。

矿石中的矿粉含量如果超过上述数量，除矿粉以爐尘的方式大量損失外，并会严重地破坏高爐熔炼的正常进行。矿粉会造成料柱中的局部堵塞，因而瓦斯不是从沒有矿粉处通过，就是在矿粉处吹成孔道。瓦斯不均匀地通过爐子的横截面，使冶炼进程失常，并降低爐子的生产率。特别是风压提高时，这个問題就更为严重。

由于現代的机械化开采，粉矿的产率大量增加。为了很好的利用这些粉矿，必須进行造块。同时随着逐年富矿开采的日益減少，因此不得不使用貧矿作为原料。但是在高爐中如果直接使用貧矿是不經濟的，如表1所示。当爐料中鉄的含量降低1%，則每吨生鉄的渣量平均增加30公斤，焦炭增加17公斤〔2〕。渣量和焦比的增加，必然引起高爐生产率下降。

表 1

項 目	混 合 矿 含 鉄 量, %			
	52.06	53.06	54.06	55.06
1. 渣鉄比 公斤/吨生鉄 含鉄量提高1%时	527.8	495.9	467.0	436.6
2. 渣的差值, 公斤	—	31.9	28.9	30.4
3. 焦比, 公斤/吨鉄 含鉄量提高1%时	661	644	627	611
4. 焦比降低数	—	17	17	16

因此，貧矿一定要經過选矿提高其品位才能使用。但选矿的产品都是細粒的精矿，这种精矿的冶炼效果比粉矿还差，所以非經造块不可。

高爐所使用的原料，除要求有一定的粒度及含鉄量外，对于一些有害雜質，如：硫、磷、砷、鋅、鉛、銅、鈦等的含量应有一定的限度。要除去以上有害雜質，除选矿外，往往在造块过程中也能去掉。例如在燒結过程中能去硫、去砷、去鋅等。如果添加一些氯化剂尚能去銅、鈦等金屬。

現代高爐的冶炼强度很大，吹出的爐尘（高爐灰）量也很多。例如鞍山煉鉄厂在1953年吹出的爐尘量为0.105吨/吨鉄，1955年上半年为0.062吨/吨鉄〔3〕，根据每年所煉鉄的数量可計算出每年所吹出的高爐尘，这个数目是很大的，虽然随着高压操作的采用，爐尘量也会减少，但总的数量仍然不少，爐尘中含有40%左右的鉄及分布均匀的碳。这些物料都是不能直接作为高爐原料的，只有經過造块才能应用。

从以上的事例充分說明造块在冶金工业中的必要性。下面再談談人造富矿的冶炼效果。

我們知道高爐冶炼效果的好坏，与原料性質有密切关系，在高爐冶炼过程中总希望爐料透气性好、还原性高、軟化温度高、品位高和組份均一。从这些条件来看，使用人造富矿比天然富矿有利，首先是原料經過造块其組份較均匀，人造富矿的孔隙率較天然矿高，因此它們的透气性、还原性都比天然矿好。在使用自熔性人造富矿时，还可以减少高爐中分解石灰石所消耗的冶金焦，并将高爐中这一部分工作移到造块中进行，使高爐生产率提高。同时自熔性人造富矿的軟化点高，因而軟化温度范围較窄，使煤气通过时的阻力减小以提高冶炼强度。例如美国将含鉄60%的鉄燧岩制成球团矿以代替含鉄50%的块状富矿，进行30天的冶炼試驗，証明高爐生产率提高了30~40%〔4〕。

我国本溪鋼爐厂由原来使用35%的燒結矿，每增加10%时，

表 2

各种矿石原料冶金性质的评比

原 料 种 类	块的尺寸毫米		块的形状	块尺寸均 匀性	微孔率	总孔隙率	堆比重	冷强度	热稳定性	透气性	含铁量	氧化度	有害的 杂质量	碱度	还原性
	由	至													
磁铁矿块矿	10	200	不定	2 3	1 2	1 1	2 4	5 4	2 3	2 3	3 3	4 1	2 2	3 1	2 1
赤铁矿块矿	10	200	不定	2 3	2 3	1 2	4 5	3 5	2 3	2 3	3 4	4 5	2 3	1 2	2 3
用精矿制出的团矿	170	170 × 65	棱柱形	4 5	4 5	4 5	3 4	3 4	4 5	3 4	4 5	3 4	4 5	2 3	3 4
用精矿和矿粉混合物制出的非自熔性烧结矿	10	200	不定	2 3	1 2	1 2	2 3	3 4	4 5	3 4	4 5	1 2	3 4	1 2	2 3
用精矿和矿粉混合物制出的自熔性烧结矿	10	200	不定	2 3	2 3	2 3	1 2	2 3	4 5	3 4	4 3	4 2	3 4	4 5	3 4
用精矿制出的自熔性烧结矿	70	200	不定	1 2	2 3	2 3	1 2	1 2	4 5	2 3	3 4	2 3	4 5	4 5	3 4
用精矿制出的非自熔性球团矿	10	30	球形	4 5	4 5	4 5	3 4	4 5	4 5	4 5	4 5	4 5	4 5	1 2	4 5
用精矿制出的自熔性球团矿	10	30	球形	4 5	4 5	4 5	3 4	4 3	4 4	5 4	5 3	4 4	5 4	4 5	4 5

以质量指标的假定单位表示

矿石原料的质量指标代号：1—很不好；2—不好；3—中等；4—良好；5—很好。

高爐產量可提高1.6~2.4%，焦比降低1.7~2.7%。

雖然人造富礦都能強化冶煉過程，但各種人造富礦的冶金性質是不相同的，如表2所示〔5〕。

由於各種人造富礦的冶金性質不同，隨着用途不同，其冶煉效果也不相同，對高爐而言使用球團是較為有利的，因為球團礦微孔多、強度高、粒度適宜而均勻，因此其透氣性、還原性都比團礦和燒結礦好。例如鞍鋼二號高爐使用部份球團礦代替其他人造富礦進行比較，所使用的各種人造富礦成份如表3，其冶煉效果見表4〔6〕。

表3

各種人造富礦的成份

成份名稱	Fe全	FeO	CaO	SiO ₂	CaO/SiO ₂	粒度，毫米
方團礦	55%	7.75	3.70	14.00	0.26	60×60
球團礦	57%	7.93	6.09	10.50	0.582	10—25
燒結礦	48.02	17.55	15.70	13.46	1.17	5—200

表4

冶煉效果的比較

日期	人造富礦%	球團率%	去CaO含鐵%	產量	焦比	負荷	風壓	係數	冶煉強度	風溫
1958年4月	88.44	—	58.38	312	0.672	2,540	0.785	1.36	0.918	873
1959年2月	91.25	48.3	57.45	354	0.618	2,746	0.822	1.43	0.942	802

1958年4月份是58年冶煉鑄鐵最好的月份，但與59年2月份爐料中使用48.3%的球團礦進行比較時，2月份的焦比降低7%，產量提高7%，冶煉強度及利用係數都有所提高。

隨着球團礦在爐料中的比例增加，其冶煉效果愈好，如圖1，圖2所示。隨着所使用的球團礦百分數增加，爐頂煤氣中CO₂的含量，冶煉強度也隨着增加，焦比則逐漸下降。

由於人造富礦比天然礦的冶煉效果好，所以各種人造富礦的使用量一年比一年多。例如蘇聯在1927—1928年使用燒結礦僅

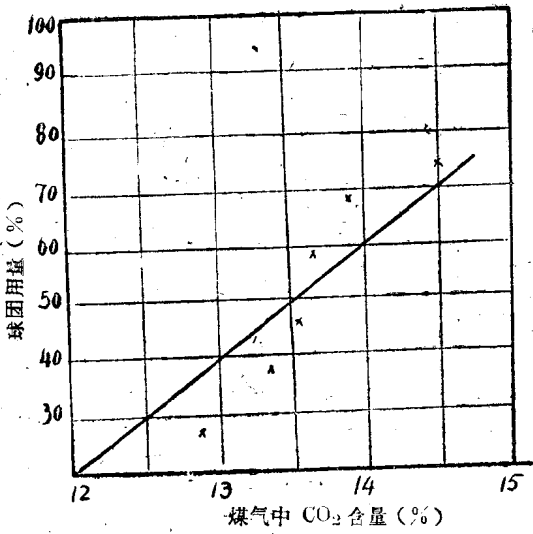


图 1 爐料中球团矿
用量与爐頂煤气中
CO₂ 含量的关系

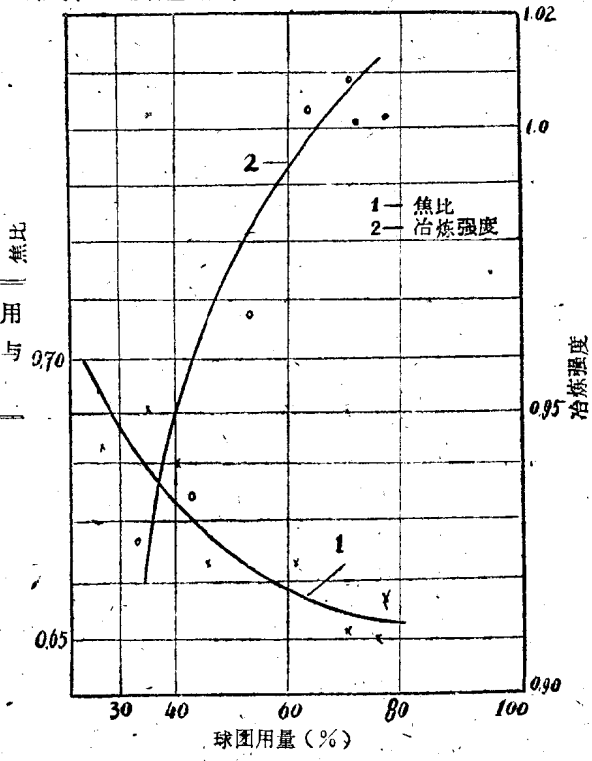


图 2 爐料中球团用
量与高爐冶炼强度与
焦比的关系

占0.2%，1946年为32.1%，預計最近要达到70%。我国鞍鋼历年來使用燒結矿的情况見表5〔7〕。

表5

鞍鋼逐年使用燒結块的情况

時間, 年	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1959 (5月)
燒結矿占 爐料的百分数%	54.4	54.9	56	55	55	55.1	65	96.3

§2. 造块方法的分类

造块方法分为三类：压团、燒結、球团。

(一) 压团——在一定的压力下，使粉末在模型中受压成块，压成块后一般还需繼續进行固結，其成品形状、大小一定，比較致密，化学性質基本上沒有多大的改变。

(二) 燒結——在高温作用下，使細粒原料由于軟化或熔化产生液相，并在冷却时固結成块。燒結块的形状与大小不一。多孔、化学性質变化很大。

(三) 球团——粉末原料在加水的条件下受到震动或滚动而成球，其形状为球形、粒度均匀、大小則由滚动的時間而定。生球必須經固結后才具有足够的强度，固結后的球团矿空隙率高，还原性好。

压团是最早使用的一种方法，在前一世紀的后半叶已获得相当广泛的应用。但在本世紀初随着燒結法的出現和改善，鉄矿石的压团在冶炼中的意义就显著降低了，其原因有以下几点：

(1) 燒結能除去矿石中某些有害杂质。

(2) 压团时必须采用价格很貴的粘合剂，有时还会降低矿石品位；而燒結根本不需要。

(3) 压团在目前尚难能采用高度机械化的設備，因此劳动强度大，生产率也远远落后于燒結。

虽然燒結法比压团法具有許多优点，但是我們并不能認為燒

結法就可以完全代替压团法；因为随着原料的性質不同，用途不同，所采用的方法也不相同。例如粉状褐鉄矿就很难燒結，燒結这些矿石，只能得出强度較低而矿粉产率高的燒結矿，同时还要消耗較多的燃料，对于这种矿石采用压团法是比较适宜的。根据团矿的物理性質（密度、粒度、气孔率，視比重），完全能满足平爐原料的要求，此外压团对某些用于电爐的合金原料造块也是有前途的。

球团法是一种新型的造块方法，球团矿無論是在高爐、平爐、电爐中都能使用。由于它具有一系列的优点，所以許多国家一經研究后，很快就投入生产。它与燒結法比較起来有如下的优点：

(1) 球团矿呈球形，孔隙度大，粒度均匀。这就保证了在高爐中爐料的优良透气性。

(2) 由于焙燒氧化的結果，球团矿的还原性接近，甚至比赤鉄矿好，而比燒結矿的还原性要好得多。

(3) 球团矿在加热时可維持較高的机械强度。

(4) 球团矿在运输和多次搬运的条件下破損很小，可以在露天之下，任何气候下存放。

特别是細粒精矿，在燒結时由于透气性和导热性差，垂直速度仅为10~12毫米/分，单位生产率0.5~0.8吨/时·米²，采用球团法正可解决这些困难〔8〕。

虽然球团法比起燒結法来有許多优点，但是它們两者之間的关系正如前面所述的压团法与燒結法的关系一样，并不是互相排挤，而是互相补充的。根据条件不同則采用不同的方法。例如原料是細磨精矿則无疑的球团法比燒結法好。但是，如果原料的粒度粗，如粉矿，那就沒有必要花大量的动力去破碎作为球团用，这时采用燒結法比較适宜。

§3. 球团矿的发展簡史及国外发展的现状

將細磨鉄精矿进行球团，最初是由瑞典的安德逊于1912年提出，在当时并没有被注意。30年代，在德国、苏联和美国曾断續地进行研究。1937年苏联烏拉尔金屬研究所提出了：在圓筒中滾动成型随后在带式隧道干燥机中干燥生球的方法，由于干燥費用大和球团質量差，因此沒有在生产上应用。第二次世界大战末，美国开始了球团矿方面的研究。1944—1946年发表了第一批研究結果，当时世界上許多国家开始了球团矿的研究。瑞典在1947年就建立了生产率为7吨/昼夜的試驗装置。1950—1952年在生产能力为20万吨/年的試驗厂中进行工业性試驗。

加拿大第一个球团厂，在1955年初投入了生产，生产率为每年100万吨。

苏联及其他社会主义国家、美国、西德和法国都开展了广泛的實驗室和半工业性研究〔5〕。

目前世界上使用得較广的球团法，是先造球后焙烧。造球设备是旋轉的圓筒或圓盘，焙烧设备是直井爐和带式焙烧机。由于各国的具体条件不同所以在球团矿的生产和研究上也各有不同。

瑞典球团矿生产的特点是将矿石深入細磨和选別，得出极純的精矿，用圓筒造球，在直井爐中用液体与气体燃料焙烧，得出粒度为32毫米左右，氧化度99%以上的优質球团矿，供“維別克”爐炼海棉鉄或供电高爐炼鉄和平爐炼鋼之用〔9〕。

芬兰在制得黄鉄矿渣球团的同时，由于在配合料中加入氯化剂进行氯化焙烧而回收其中所含的銅、鉛、鋅等有色金屬。

美国和加拿大用球团方法，主要是处理粒度极細的鉄磁岩精矿与貧錳矿中选出的鉄精矿，精矿的品位較高。球团矿主要是供高爐使用，因此对球团矿的質量要求不像瑞典那样严格。焙烧设备主要为生产率大的带式焙烧机，球的粒度不大，最初为22毫米，現在逐漸降低到9.5—12.7毫米。