

高碱度烧结矿的生产和使用

——我国中小型高炉大幅度节焦增铁的有效措施

孙 迪 鹏

湘潭钢铁厂
湘潭市金属学会
一九七八年五月

高碱度烧结矿的生产和使用

——我国中小型高炉大幅度节焦增铁的有效措施

在五十年代，自熔性烧结矿的生产和使用，引起了高炉炼铁的革命性变革，给近代钢铁生产技术的发展以深刻的影响。在自熔性烧结矿带给高炉的好处中，特别显著的是实现了熔剂的予焙烧，使高炉摆脱兼作石灰窑的沉重负担。六十年代初，世界各主要钢铁生产国已普遍地采用自熔性烧结矿，使高炉技术经济指标发生巨大变化。但是，也突出了一个新问题，某些高炉在使用了自熔性烧结矿后，炉料中还包括部分块矿或在酸性球团矿，以致还要加入相当数量的生熔剂矿。因此，由自熔性烧结矿引起的这场高炉革命并没有完结，它应当把使用高比例烧结矿高炉的成功经验，再深入地引向部分甚至小比例使用烧结矿的高炉上去，直到各种类型炉料结构的高炉，都能取消生熔剂矿入炉，这场革命才能算取得圆满结果。

于是，作为自熔性烧结矿发展的继续，就出现了高碱度和超高碱度烧结矿的研究和应用。

一、高碱度烧结矿的应用方向

三十年代前后，烧结只是被简单地作为一种筛下粉矿加以利用的手段，并未得到足够的重视和充分发展。随着高炉操作技术的进步，日益要求块矿整粒并提高入炉矿的品位，粉矿和精矿量的增大促进了选矿和烧结技术的发展。

五十年代初，自熔性烧结矿研究成功，建立了大规模的矿石精选和大幅度降低焦比之间的技术纽带，在高炉技术发展史上是一个较大的突破。但自熔性烧结矿的碱度要求在一点一至一点二左右，是为了要达到在高炉全部使用精矿或粉矿冶炼时，不再加入熔剂的这个目的，然而这个碱度，对烧结矿的机械强度来说，并不是优惠的，恰恰是使它落入了低谷，引起自熔性烧结矿强度差、粉末多的缺陷，改变这种状况，就成了五十年代后期烧结技术继续发展的动力之一。

一九六一年，当时正致力于研究自熔性烧结矿强度改进的米列尔教授，发表了关于高碱度烧结矿的生产工艺研究报告。他发现，把烧结矿的碱度提到五甚至更高，烧结矿的强度、粒度和还原性都大大超过碱度一点二的自熔性烧结矿。根据这个试验结果，米列尔教授针对全部或在主要使用烧结矿的高炉，提出生产碱度等于零点七（强度也比自熔性烧结矿好）和五两种烧结矿，配合使用，来代替单种自熔性烧结矿，以解决这种类型的高炉炉料结构，在取消生熔剂矿入炉之后，还突出存在的自熔性烧结矿的强度差和粉末多的缺陷①。

这个研究成果，当时曾引起各国炼铁界的广泛注意。我国一些学校和企业于六十年代初，也作了一系列大规模相当深入的研究试验，获得丰富成果，特别在生产和使用碱度三点五以上的超高碱度烧结矿方面，取得我国自己成功的工业实践经验，这一点是十分重要的。但是，交替生产两种以上碱度，设计上必须设置两套返矿贮仓，在成品排料处也要有及时的切换手段，这种已经建成的老厂来说，在生产组织和管理系统上还存一定困难②。苏联曾根据米列尔的研究，在下塔吉尔钢铁公司建立了生产两种碱度烧结矿的工厂③。总的说来这种方法并没有得到广泛的采用。

然而，米列尔的研究成果却表现了高碱度烧结矿的优良性能和强

大生命力，其远大前途更突出在熟料低并必须加入大量生熔剂的高炉中，最终成为这类高炉取消生熔剂矿直接入炉的主要手段。因此，近二十年来，高碱度烧结矿在这一方面的深入研究和普遍应用，就显得比较活跃而富有成效。

在国外，主要是北美、西欧和日本一些使用酸性球团和部分整粒块矿的工厂，对于高碱度烧结矿的研究和生产，怀着极大的兴趣。从六十年代中期开始，就在实践上和理论上作了大量的研究试验工作，同时开始正常的生产和使用，甚至碱度三点五以上的超高碱度烧结矿，同酸性球团和块矿搭配，作为高炉节焦增铁主要而经常性的措施，收到了预期的效果。由于高碱度烧结矿能够吸收大量熔剂，原料范围广，生产成本低，质量比自熔性强，因而认为是七十年代烧结工业发展方向之一。

在我国，有部分高炉，特别是中小型高炉，熟料率低，矿石也较贫，目前的技术经济指标同大型高炉相比一般差得较远。没有甩掉兼作石灰窑的负担，是造成焦比高、系数低的突出原因之一。生熔剂入炉量还超过300公斤/吨铁以上的炉子，在注意提高矿石品位的同时，把精料工作的重点首先应当放在“熟”字上。所谓“熟”，就是把熔剂的碳酸盐分解反应挪到炉外去进行，改善炉内的热能和化学能的利用状况，从而促使高炉操作发生质的变化。五八年大跃进期间，我国某些小型高炉创造了使用生石灰作熔剂的经验，也是解决这个问题的一种方式。这种方式虽然在炉外完成了碳酸盐的分解，但既没有解决熔剂本身的强度差粉末多的问题，也没有解决成渣过程的均匀性问题，因而并不理想。在有了熟料手段，包括中小烧结机和土法烧结在内的高炉，改自熔性烧结矿为高碱度或超高碱度烧结矿的生产，才是解决这些问题较为理想而做起来又较现实的方法，这样做，不仅可

以把熔剂的碳酸盐分解从高炉挪到烧结机上进行，而且由于熔剂同铁矿石在烧结过程中生成了以铁酸钙系为主的液相，获得了既比自熔性烧结矿、更比生石灰为好的强度和粒度；同时，也部分地改善了高炉成渣的均匀性。对于目前熟料的量还是不足的工厂，主要应当从熟料的“质”上去动脑筋，用质弥补量的不足，在一定条件下，可以达到同提高熟料比一样的效果。与使用生石灰相比，则无论炉况、环境和技术经济效果，都更为有利。因此，生产和使用高碱度或超高碱度烧结矿，是解决我国中小高炉当前普遍存在着的烧结和高炉能力不配套、熟料率低、熔剂矿入炉量大等矛盾的关键，也是实现较大幅度节焦增铁有效的技术措施。

比如，重庆钢铁公司两台 $18M^2$ 烧结机配一座 $620M^3$ 高炉，以前的原料，主要使用贫铁块矿破碎时产生的粉矿。这种设备和原料的配套格局，在中小高炉中有一定的代表性。一九六三年，重钢开始试验超高碱度烧结矿，一九六四年正式投入生产，生产碱度一般在三左右，十余年来积累了丰富的经验。其中，一九六六年十一月，熟料率百分之五十点五二，烧结矿碱度等于三点二七时，实现了全部取消生熔剂矿入炉的目标。节焦的效果也显著，碱度每提高一，焦比下降92公斤/吨铁，利用系数有相应幅度的上升^⑥。尽管生产中出现过某些有待改进的问题，但在他们上述条件下，实现超高碱度的生产和使用，取得这样大幅度节焦增铁的效果，实在是令人鼓舞的。

再如，南京钢铁厂二号高炉，一九七七年四月，采取了以使用高碱度高氧化镁烧结矿为主的综合性技术措施，取得焦比降低127公斤/吨铁，利用系数上升百分之四十八的可喜成果。以三元碱度($\frac{CaO+MgO}{SiO_2}$)二点一二代替原来一点四八的烧结矿，在熟料比基本维持百分之七十五不变的情况下，生熔剂入炉量由330公斤/吨铁，降低

到88公斤/吨铁，单这一项就节约焦比73公斤/吨铁以上。而且由于使用高碱度高氧化镁烧结矿，有效地改善了还原过程、煤气利用和成渣过程，促使炉况顺行，产生一系列积极有益的连锁效应，解决了操作中的主要矛盾。⑦

在对若干厂例的学习分析中看出，原来熔剂使用量很大(例如超过500公斤/吨铁)或在原来使用自熔性烧结矿强度较差的高炉，使用高碱度或超高碱度烧结矿后的效果特别大，一般每撤消一百公斤石灰石，节焦的效果都超过30公斤焦/吨铁，有的甚至超过35公斤焦/吨铁。这就给目前还没有条件实现全熟料操作的高炉、降低消耗，节焦增铁指明了方向。

在使用全熟料的高炉上，应用高碱度烧结技术实现节焦增铁，马钢和包钢在米列尔高低碱度配合思想的基础上，迈出了值得注意的一步。

马钢基本上是全部使用熟料，有烧结机检修，就会发生熟料率降到百分之六十至百分之七十甚至更低的情况，出现焦比上升产量下跌。一九七五年四月，他们在二烧和二铁厂生产使用碱度二点三的高碱度烧结矿，熟料率由原来的百分之八十七点六二下降为百分之六十六点二，利用系数却由一点七一八上升到一点八一，焦比由605公斤/吨铁下降为578公斤/吨铁，炉况和指标，比全部使用自熔性烧结矿时还要好⑧。马钢的这段经验说明，高熟料比的高炉，在部分烧结检修期间或因其他原因使熟料比降低时，在这段时间内生产和使用高碱度烧结矿，可以把焦比和产量的损失拉回来。

再如包钢，自从自熔性烧结矿投产以来，一直存在着强度和还原性差以及粉末多的老大难问题，一九七七年他们改为生产和使用碱度二的高碱度烧结矿，高炉指标就出现飞跃，焦比下降百分之一十七点

三(一百四十七公斤),产量上升百分之三十九点四,一举改变了炼铁生产的被动局面^⑧。

在我国钢铁工业向着现代化的大发展时期,高碱度烧结矿有着广泛的应用前景。解决中小高炉生熔剂矿入炉问题,是我国当前高碱度烧结矿研究和应用的主要方向。某些高熟料比的大型高炉,也存在着应用碱度烧结矿的多种可能性。将来,高碱度烧结矿,也是使用富矿和酸性球团矿的现代化大型高炉熔剂加入的主要方式。

二、生产工艺和产品特点

米列尔强调:为了使矿粉在熔剂中得到均布使自由氧化钙被充分吸收,从而获得均匀的矿相,在高碱度烧结矿生产时,不应使用天然粉矿,而应使用高品位的细精矿粉^①。实践也证明,以精矿粉为原料,生产工艺和产品质量都较稳定。我国六十年代初进行高碱度烧结矿的研究工作,大都也是以精矿为原料的,对于这方面的规律,已有一定程度的认识。

我国一些中小高炉,原料中精矿较少,甚至完全没有精矿,部分矿粉的粒度也较粗,二氧化硅含量还较高(有时高达百分之一十五至百分之二十),在熟料率比较低的情况下,为实现取消熔剂矿入炉,有时要求的烧结矿碱度很高。本文着重探讨这方面的规律。因为弄清用高二氧化硅含量铁矿粉生产超高碱度烧结矿时,出现的既区别于这种原料生产的自熔性烧结矿,又区别于低二氧化硅含量生产的超高碱度烧结矿的特点,将有助于解决它在生产中存在的若干问题。用二氧化硅百分之八左右的精矿来生产碱度等于三点五的超高碱度烧结矿,原料配比中熔剂约占 $1/4$ 左右。但是用二氧化硅百分之一十六左右的粉矿来生产同样碱度的烧结矿,熔剂的配入量成倍增长,占一半以

上而超过了矿粉量。混合料结构中，熔剂比例特别大，加上矿粉粒度粗，这就是它既区别于自熔性烧结矿，又区别于精矿高碱烧结矿的一系列特点的原因所在。

工艺方面有如下几个主要特点：

1、料层的透气性特好，垂直烧结速度很快。

由于使用粒度较粗的矿粉和 < 3 毫米为主的熔剂和燃料，料层的冷态透气性本来就好。点火之后，熔剂中的大量碳酸盐先于固相和液相反应进行分解，在烧结过程中形成微孔结构，并产生较大的收缩，故料层的热态透气性也很好，所以，垂直烧结速度远远超过同样原料的自熔性烧结矿。比如某矿生产碱度一点二的烧结矿时，垂直烧结速度为26.2毫米/分，同样矿石生产碱度四点七的烧结矿时，则为41.7毫米/分，垂直速度提高百分之四十以上；比精矿生产超高碱烧结矿的垂直速度也快，比如以迁安精矿为主生产碱度四点六三的烧结矿时，垂直速度为29.9毫米/分。^⑩

2、配炭量成倍增长。

使用精矿生产高碱度烧结矿，焦粉用量大致与自熔性烧结矿相同；用以生产超高碱度烧结矿，则需略增。这是因为对二氧化硅含量较低的精矿来说，生产高碱度或超高碱烧结矿时，生成了铁酸钙这种低熔点液相节省的热量，能够抵偿那部分碳酸盐分解所需的热量。对于二氧化硅含量高的矿石，情况就不一样，烧结料层的热平衡随着二氧化硅的量变发生了质变。比如二氧化硅百分之一十五以上的矿粉生产自熔性烧结矿时，配焦量为百分之五左右；而这种原料生产碱度三点五的超高碱度烧结矿时，则焦粉用量达到百分之九至百分之十，烧结热量的需要成倍增长。这是因为熔剂加入量太大，从生成低熔点液相中省得的有限热量，不够应付大量碳酸盐分解的需要，因此，必须提

高配炭量，在新的热平衡水平上，才能实现正常的烧结。

这种烧结过程的热量平衡的质变，对于点火作业也有很大的影响。目前，国内生产高碱度或超高碱度烧结矿的工厂，一般都在生产自熔性烧结矿的烧结机上进行的。这种烧结机的点火器，都按陈旧的点火理论设计，尺寸一般偏小，点火时间不足一分钟。而生产超高碱度烧结矿的热量需要成倍于自熔性烧结矿，加上垂直速度的加快，要求提高车速，所以实际得到的点火时间比自熔性烧结矿还要短。面层烧节点火的热量供和需的矛盾十分突出。点火热量首先用来分解碳酸盐，尔后才能用于点火^④。时间短，热量少，不仅不能实现有效的点火以确保整个料层的正常烧结，而且造成面层烧结率低，甚至出现浮灰层，从而造成返矿多、成品少、环境恶化，以及碳、水操作控制容易失调等一系列弊病。

针对这种混合料烧结热量需要多的特点，经过试验确定适当的固定炭配入量以及与之相配合的气体燃料供热量，是保证烧结正常的重要条件。

3、台时产量下降。

在超高碱度烧结矿的生产率中包含着矛盾的两个因素。一方面，由于熔剂大量配入，料层透气性改善。垂直速度和生产率提高，但碱度大于二点五后，这种提高就不再明显；另一方面，也是由于熔剂配入量的逐渐增加，大量二氧化碳的逸出，引起烧损不断增大，成品堆比重减小和生产率的下降。碱度大于三，垂直速度的变化已不明显，而产量下降倒明显出来。如表一。

因此，如何针对这个特点，在工艺上采取措施，在提高碱度的同时提高产量，是一个有实际价值的课题。

表一

碱 度	烧 损 率 %	成 品 率 %	垂直速度 (毫米/分)	生产率 (%)
1.20	24.4	51.4	29.2	1.42
2.65	30.7	43.3	39.7	1.40
3.85	34.0	45.0	40.1	1.36
4.72	37.6	34.8	41.7	1.16
5.37	41.7	33.6	41.8	1.08

4、脱除硫、砷的效果差。

超高碱度烧结矿，混合料中熔剂多，质点浓度大，矿石在烧结过程中逸出的气相二氧化硫，在料层中容易被氧化钙吸收，生成硫化钙，使得产品的含硫量与自熔性烧结矿相比明显为高，表现为脱硫效果差。自熔性烧结矿的脱硫效果为百分之八十至百分之九十，而有的超高碱度烧结矿只有百分之二十左右。在烧结当中生成硫化钙的过程，同高炉造渣脱硫实质上是完全一样，只是提前进行而已。因此，超高碱度烧结矿虽然含硫较高，但其中的硫已由矿石转移到渣相，多以硫化钙形态存在，除了降低了它有效氧化钙的含量外，对生铁含硫量有无影响及影响的程度如何，值得在实践中进一步探讨。

同样道理，如果矿石含砷，由于生成硫酸钙这种较稳定的盐类，表现出烧结脱砷效果极差。利用这个道理，在生铁含砷允许范围内，可以作为一种阻止烧结脱砷以防大气污染的方法。

5、布料偏析。

使用 < 3 毫米粒级的熔剂，无论以精矿或筛下粉矿（< 10 毫米，

为原料采用常用的泥辊布料时，由于矿粉同熔剂之间的粒度和比重差别，会产生布料在台车纵断面上的偏析。以精矿为原料，熔剂颗粒，尤其是大于一毫米的石灰石，先滚入台车底部，造成底部碱度较面层为高④。相反，以 <10 毫米的矿粉为原料，则大颗粒的矿粉较熔剂先滚入，造成底部碱度较面层为低⑥。改进偏析程度的方法，一是尽可能地减少矿粉和熔剂的粒度差，二是不采用泥辊布料的方式。

原料组成的特点导致超高碱度生产工艺上一些特点，这些，赋予产品一系列区别于自性烧碱结矿的特点。生产这种产品的目的以及产品的特点，是完全不同于普通烧结矿和自熔性烧结矿的，所以，对于高碱度、特别是超高碱度烧结矿，如果不加分析和区别，仍然原封不动地沿用普通烧结矿和自熔性烧结矿的某些评价标准，显然是不适当的。

高碱度和超高碱度烧结矿产品化学成份的主要特点是氧化钙含量高，铁份低，而且碱度愈高，铁份愈低。通常把超高碱度烧结矿叫做含铁熔剂，就是因为它不再同传统的球团矿和烧结矿一样，是炼铁铁份的主要来源，而是熔剂成份的主要来源。所以在概念上应划入熔剂。生产这种产品的主要目的是为了解决熔剂的予焙烧，或者说，为了生产出具有良好强度、均匀粒度、而且粉末很少经过予焙烧的炼铁熔剂。这种产品的铁份降低，主要是由于引入大量炼铁所必须的氧化钙和氧化镁所引起，这部分东西原来在高炉料批中加入，现在加到烧结中去，因此，在计算铁品位时，显然应当扣除烧结矿中的氧化钙和氧化镁才能说明问题。使用这种烧结矿后，由于焦比降低、负荷增加，每批料的出铁量恰恰是升高而不是减低。有一种比较流行的看法，认为高碱度、特别是超高碱度烧结矿铁份太低，是一种令人望而生畏的致命缺点。如果确是这样，那么不是现在的自熔性烧结矿也应

停用，而回到四、五十年代的酸性烧结矿上去吗？这里头，特别要弄清的是，铁份的降低是由于酸性脉石还是碱性脉石的增高而引起的，如果是酸性脉石增高引起的铁份降低，是可以套用“一、二、三”的经验公式来计算焦比的升高和产量的降低，是应当千方百计加以避免的；如果是引入熔剂而引起的铁份降低，就应当套用取消一百公斤生熔剂入炉至少节焦三十公斤，以及在冶强不变时由节焦而至少获得的那部份产量的成果来计算利用系数的增值。国内外使用高碱度和超高碱度烧结矿的工厂，无一例外地取得了节焦增铁的巨大效果，就在实践上充分证明这个道理。

在化学成份上另外一个特点，是氧化亚铁一般较低，超高碱度烧结矿氧化亚铁一般小于百分之十。这首先是由于这种烧结矿的液相以铁酸钙系为主，熔点较低，而大量碳酸盐分解产生的二氧化碳又稀释了料层内部的还原性气氛。另外，由于烧结矿总的铁份含量低，由铁份还原而得的氧化铁自然也相应减少，从矿相上看。超高碱度烧结矿中的氧化铁大都不以铁橄榄石形态存在，而主要以磁铁矿的形态存在。因此，以氧化亚铁含量来评价超高碱度烧结矿还原性能的好坏已完全失去意义，仍旧使用这个指标来研究其还原性，往往得不出规律性的认识^⑩。对于作为熔剂使用的超高碱度烧结矿，还有没有必要对它的还原性着重进行评价，以及如何评价，是一个值得探讨的课题。

在物理性能方面，高碱度、特别是超高碱度矿，转鼓指标优于自熔性烧结矿。超高碱度烧结矿的转鼓指数（ < 5 毫米）一般在百分之一十五以下。而且烧结矿在破碎过程中产生的粉末少，粒度自然集中于 $5 - 40$ 毫米的粒级，这种宝贵的整粒性能，对于改善高炉料柱的透气性，效果特别显著。这些突出的优点，主要由于高碱逐步向超高碱发展的过程中，出现了微孔厚壁结构的铁酸钙系液相，并逐步变成

以铁酸钙系液相为主而引起的。软化温度一般比自熔性烧结矿低；软化区间变窄，这对于高炉造渣过程和顺行是有利的^⑩。如果能够按高碱度烧结矿的要求进行原料准备和安排工艺，可以做到产品的游离氧化钙保持极少。某些使用二氧化硅较高的矿石，在生产高碱和超高碱烧结矿时产生的贮存粉化问题，一般可以通过添加白云石得到解决，有时则还要在工艺上辅以其他措施才能解决。

三、超高碱度生产中的若干问题及改进措施

既然高碱度烧结矿，特别是以高硅粗粒矿粉为原料的超高碱度烧结矿的生产，有它特殊的工艺要求，自熔性烧结矿生产的某些概念，及其工艺和设备的某些方面，对它往往是不适用的。认识矛盾的特殊性，就是为着按照矛盾的特点去解决它。只有按照超高碱度烧结矿的特点，来制订工艺并改造设备，才能获得良好的产品质量和技术经济指标。

返矿多，产量下跌，产品贮存期间粉化，等是某些超高碱度生产中存在的问题。

高碱度生产的熔剂粒度，要尽可能做到百分之九十 < 3 毫米，炭水也要严加控制。这些条件能达到，返矿多的主要原因往往在于点火不充分，上部料层供热不足，面层烧结率低，加上垂直速度太快，冷却急骤而产生粉末的缘故。返矿率高，加上超高碱度烧损大，成品堆比重小（由自熔性烧结矿的 1.6 吨/立方米左右降到碱度四时的 1.25 吨/立方米左右），产量数都低于自熔性烧结矿。对于烧结能本来就嫌太小的工厂来说，提高超高碱度烧结矿的生产率，同提高碱度一样，对于节焦增铁，很有实际价值。

提高超高碱度生产率的一个有效方法，就是配合地使用高料层和

延伸点火的新工艺。六十年代以来,国外先进的烧结工业,在工艺上已广泛采用加强混合成球、提高料层、延伸点火、热处理和降低混合料固定炭用量等一系列相互关联的措施^{②⑤⑬},根本上改变烧结矿在烧结过程中的物理化学反应条件,从而大大改善矿相组成和结构,提高烧结矿的强度和还原性,满足了六十年代特大型高炉出现后对烧结用质量和产量提出的更高要求,同时降低焦粉用量,这些措施,既适用于自熔性烧结矿,而对高碱度烧结矿来说,尤其重要,国外在总结高碱度生产和研究时,都给予特别强调^{④⑤}。

国内对于透气性特好的混合料的烧结,包括超高碱烧结,往往习惯于在较低的料层水平上进行压料,以增加料层阻力的方式达到降低垂直速度的目的。这至少是一种不经济的办法。对于透气性很好、比如垂直速度大于40毫米/分的混合料,采取提高料层的方法来增加料层阻力,可以经济地、在既不增加风机能力、又不增加混合机能力的条件下,实现高料层烧结工艺,从而获得它的好处。高料层烧结,料层中热的利用较好,热容大,烧结过程中物理化学反应的热条件较好,因而返矿少,产量大,质量高,而且燃料用量省。

表一

料 层 (毫米)	成 品 率 %	返 矿 率 %	生 产 率 %
220	25.3	38.3	0.92
250	34.4	32.3	1.25
320	42.4	21.7	1.34
360	41.3	24.3	1.43
400	48.0	16.3	1.58

表一是二氧化硅百分之一十四矿粉在各种不同料层下烧结的试验结果。烧结矿碱度三点七，氧化镁等于百分之五，焦粉用量百分之十二，真空度610毫米，

从表中的数据可以看出，400毫米料层产量比250毫米提高百分之二十二点四，说明采用高料层烧结对于降低返矿、提高产量有明显作用。

我国有些工厂在生产高碱度和超高碱度烧结矿时，也已注意到提高料层、和采取加长点火器的方法。在提高料层方面，可能是限于台车侧板和点火器的高度等条件的限制，提高后的料层一般都仍小于300毫米，提高的幅度不大。从表一的初步试验数据并结合国外的超高碱度生产经验来看，超高碱度生产应较大幅度地提高料层。考虑到我国一般的风机条件，使用富矿粉生产超高碱料层可以在300—500毫米的范围内，经过试验择定。国外超高碱度烧结曾有人试验到600毫米料层，效果非常之好^④。在加长点火器方面，一般延长的幅度都还嫌小，有的厂延长后，由于机速加快，点火时间还是在—分钟左右，甚至不足一分钟。虽然被迫提高点火温度，但上部供热仍然不足，矛盾没有得到解决。根据国外的经验，生产超高碱度烧结矿时，作为提高料层的配合措施，延长点火时间很重要。点火时间要求不少于二至三分钟，点火温度1200度左右^④。每吨烧结矿的气体燃料供热量由四至六万大卡提高到一十六万大卡^④。这种点火器的空气过剩系数假如使用焦炉煤气，天然气或燃料油、炉温控制在一千二百度左右时，应当提到二点二以上才能保证点火作业正常而有效的进行^⑤。

料层提高，点火器延长后，混合料用炭量也要相应削减，以保证底部料层不过熔为度。焦粉削减的数量，同气体燃料增加的数量在热

量上大致是相当的。

较大幅度的提高料层高度和延长点火时间，并相应减炭，是解决返矿率高生产率低的有效方法。只要工艺上措施得当，台时产量可以做到不低于自熔性烧结矿的一般生产水平。

某些高碱度或超高碱度烧结矿在贮存期间出现的粉化问题，其基本原因是游离氧化钙的水解和硅酸二钙的相变。对于那些熔剂粒度大部分能达到 3 毫米以下、混合比较均匀、烧结过程正常的烧结矿，主要原因往往就是硅酸二钙在冷却过程中由 β - γ 相变而引起的体积膨胀所造成。

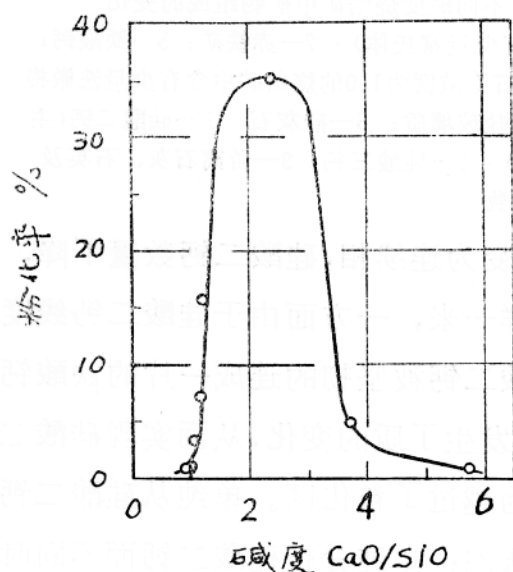


图1 烧结矿不同碱度的碎化率试验结果

通过对迁安精矿的不同碱度烧结矿的粉化规律的研究，得出图一的曲线，它所表明趋势，有一定的代表性。也就是说，由自熔性烧结矿向超高碱度烧结矿发展的过程中，会出现一段粉化区。对高二氧化硅粉化区有滞后的趋向，而且拉得较宽。碱度超过自熔性碱度后，从图二可以看出，在矿相组成上出现了一个值得注意的趋势，就是硅酸二钙和铁酸钙系数数量上同时开始增长。

当着硅酸二钙对铁酸钙系占某种优势时——这里是指不仅在数量上而且还在质点分布上，硅酸二钙能成为连续相，而铁酸钙系则为分散相，换句话说，当有微孔厚壁结构、强度很好的铁酸钙系相在数量上

还较少，分布上是分散相，还不足以包裹硅酸二钙，抑止它的膨胀，同时液相中强度较差的容易被挤碎的玻璃体，以及钙铁橄榄石还有相当数量，硅酸二钙在冷却过程中发生相变就会产生烧结矿的粉化现象。随着碱度的上升，出现了硅酸三钙而玻璃体和钙铁橄榄石渐渐消失，同时，矛盾着的硅酸二钙和铁酸钙系各自向着对立面转化去。铁酸钙系逐步占主导，

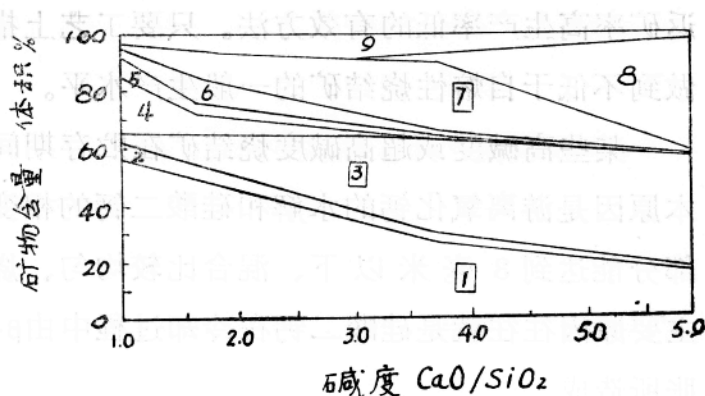


图2 不同碱度烧结矿中矿物组成的变化

1—磁铁矿(有少量富氏体)；2—赤铁矿；3—铁酸钙；4—钙铁橄榄石(碱度为1.0的烧结矿中含有少量铁橄榄石)；5—硅酸盐玻璃质；6—硅灰石；7—硅酸二钙(主要是B—e₂S)；8—硅酸三钙；9—游离石灰、石英及其他硅酸盐矿物

不仅数量上升,而且从原来的分散相变为连续相,硅酸二钙数量下降,从原来的连续相变成为分散相。这样一来,一方面由于硅酸二钙线度减小而致膨胀力减弱,另一方面硅酸二钙被坚韧的连成一片的铁酸钙系所包裹,膨胀力和反膨胀力的对比发生了质的变化,从而实现硅酸二钙的稳定。这时,在图一上就表现为越过了粉化区。单纯从硅酸二钙的数量而不同时注意它的空间分布状态;单纯分析硅酸二钙而不同时研究同它相关联和矛盾着的铁酸钙系,乃至玻璃体、钙铁橄榄石的数量和空间分布,往往就不能圆满地说明一些高碱度烧结矿为什么粉化和为什么不粉化的原因。比如,某烧结矿碱度五点三七,矿相分析硅酸二钙达百分之四十二点二,贮存很长时间并不发生粉化。这是因为主要由铁酸钙系和铁铝酸钙系构成的液相量达百分之三十一.四,从照片上看,(如图三)空间分布状态很明显,硅酸二钙虽多并不成片,