

工专(001)

内部

专题情报资料

(高炉炼铁)

四川省科学技术情报研究所
四川省冶金局情报标准中心站

一九七七年十月

PDG

前 言

在华主席“抓纲治国”战略决策的指引下，冶金战线的广大工人、革命干部和革命知识分子，以阶级斗争为纲，贯彻“**独立自主，自力更生**”和“**两条腿走路**”的方针，深入开展工业学大庆、普及大庆式企业的群众运动，大搞技术革新和技术革命，在提高高炉利用系数、降低焦比和提高入炉熟矿率等方面，创造了不少行之有效的好经验，对发展我省地方钢铁工业作出了应有的贡献。

为了互通情报，我们将一九七六年十一月在西昌召开的“四川省小高炉炼铁经验交流会”的部分经验材料，进行了增补和修改，加以选编，提供参考，不妥之处，敬请批评指正。

一九七七年六月

目 录

- 28米³高炉是怎样实现高产的西昌钢铁厂 (1)
- 超高碱度烧结矿的生产实践及高炉冶炼效果
..... 重庆钢铁公司炼铁厂 (7)
- 庙沟菱铁矿烧结试验
.....重庆大学冶金系、重庆钢铁公司炼铁厂、达县钢铁厂现场指挥部 (19)
- 一种提高水浸提钒球团强度卓有成效的新方法——卤
化法.....攀枝花钢铁研究院炼铁室 (37)
- 南桐菱铁矿回转炉予还原磁选实验报告
.....重庆大学冶金系炼铁教研室、重庆市南桐炼铁厂 (42)
- 高炉喷吹天然气.....重钢炼铁厂 黄家骏 (54)
- 高炉冶炼操作线图重庆大学 杨世泽 (74)
- 雾化除尘.....攀枝花钢铁公司炼铁厂技术科 (86)
- 小高炉生产技术的发展.....重庆大学 杨世泽 (90)

28米³高炉是怎样实现高产的

西昌钢铁厂

一九七五年初，由于燃料缺乏，我厂小高炉将近四个月时间没有生产，影响着13,000吨生铁年计划的完成。在无产阶段文化大革命批林批孔运动和学习无产阶级专政理论的推动下，全国农业学大寨会议发出了战斗号召：全党动手，大办农业，为普及大寨县而奋斗。伟大领袖和导师毛主席教导我们：“农业的根本出路在于机械化”。农业要大上，我们钢铁工业怎么办？我厂小高炉是直接为农业服务的。高炉党支部及时抓住了这个问题，深入发动群众，提出“奋战四季度，完成一万三”，于是大搞技术革新，实现了两台风机串联，采用强化冶炼操作，使高炉利用系数大幅度提高，到十二月份，月平均利用系数达到2,425吨/米³·天，提前一天完成年计划，为支援社会主义革命和建设做出了贡献。

一、原燃料及设备情况

(一) 原燃料情况

一九六五年，为了解决钒钛铁矿选冶的科学试验问题，小高炉在原有基础上，新建有选矿车间和一台8.25米³烧结机的烧结车间。因为需要铸造生铁，使用沪沾粉矿生产自熔性烧结矿。

烧结矿用矿车卸到冷却场自然冷却，然后用人工推运到破碎机，经破碎筛分（主要筛去粉末）入高炉矿仓。今年初，为了使上料机械化，取消冷却场，改为在烧结机上冷却，经卷扬机卸入贮矿仓，再破碎筛分入高炉矿槽。这个新的系统还在不断完善中。

烧结矿粒度均匀，含粉量较少。化学成份基本稳定，含铁45—48%，有时受原矿成份波动的影响。碱度 1.1 ± 0.1 ，高炉加少量石灰石。烧结矿与石灰石的化学成份见表一。

表一

烧结矿、石灰石的化学分析

(%)

名称	时间	TFe	FeO	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S	烧损	$\frac{CaO}{SiO_2}$
沪沾烧结矿	11月下旬	46.00		14.36		13.42				1.08
"	12月上旬	47.40	11.40	14.62	0.97	12.66	2.81	0.033		1.15
"	12月下旬	46.39		14.85		13.28				1.12
乐山石灰石				52.14	0.56	2.75	3.00		40.57	
后山石灰石				51.13	1.00	2.81	3.12		41.05	

燃料使用渡口攀钢冶金焦和益門土焦。前者的质量很好，益門土焦的灰分高、硫高，水份在20%以上，块度大，粉焦多。入炉前经破碎筛分，粒度40—10毫米。工业分析见表二。

熔剂使用乐山和后山石灰石，经选矿的破碎筛分系统后运到高炉，粒度25—6毫米。

表二 焦炭的化学分析

名称	时间	工业分析 %					灰份分析 %			
		固定炭	灰份	硫	挥发份	水份	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
渡口焦	1975.12	83.69	13.27	0.74	3.04	4.33	10.66	2.72	41.62	24.79
益門焦	1975.12	79.49	17.98	1.45	2.52	18.43	9.11	2.42	41.66	23.15
益門焦	1975.12	80.07	17.93	1.37	2.00	13.00	8.13	3.02	43.44	29.69

除益門焦以外，各种原燃料条件是好的，这是我厂高炉能够高产的物质基础。

(二) 设备概况

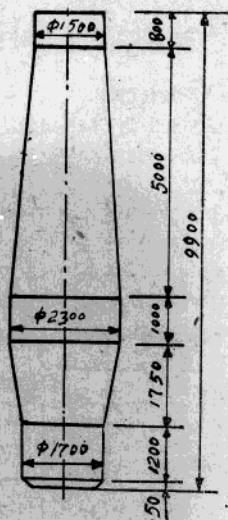
28米³高炉的内型如图一，有六个风口，两个渣口。

高炉配有三座考贝式热风炉，原设计蓄热室格孔为60×60毫米，每座热风炉蓄热面积563米²，每米³高炉有效容积的蓄热面积为60.3米²。一九七四年大修后，2、3号热风炉蓄热室改为五孔梅花砖，每座热风炉的蓄热面积为676米²。因1号热风炉的格孔未改，以及施工中的误差，综合计算每米³高炉容积的蓄热面积大约是64米²。燃烧室的断面积为0.68米²。热风炉炉顶燃烧温度1250℃，常用热风温度1000℃。

煤气洗涤系统为重力除尘器、洗滌塔、两根喉径200、120毫米的文氏管和两座管式电除尘器，工作正常时期，煤气含灰量在20毫克/米³以下。

高炉鼓风为200米³/分电动透平机两台，一般使用一台。风压0.5公斤/厘米²。由于受高原气压的影响，实际入炉风量为5500—6000米³/时。

出铁为炉前铁模铸块，配有空压泥炮，两台电葫芦装运铁块。采用炉前冲水渣，经卷扬渣车、渣仓和汽车运走。



图一 高炉炉型图

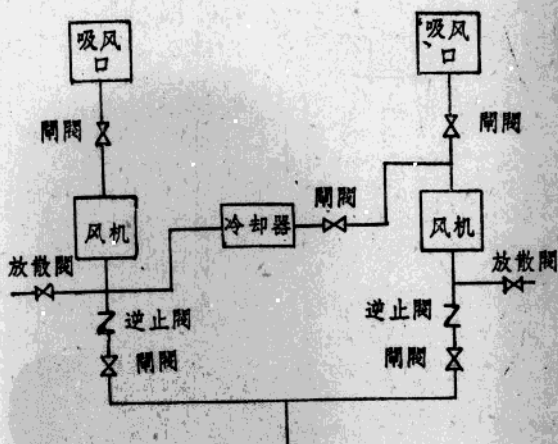
二、两台风机串联，实行大风量操作

十月份，高炉的利用系数之稳定在2左右，为了完成年计划，必须大幅度地提高日产量。要达到这个目的，主要依靠什么措施呢？经过讨论，觉得主要依靠提高风量。为了实现高炉大风量操作，我们经历了一个曲折的过程：

一九七一年，我们在原有一台风机的厂房里，安装了第二台同样型号的风机，采用在管道上并风的办法；经过反复的试验，没有成功，压力高的把压力低的顶了回去。

一九七一年，又有的同志建议将高炉风口直径由原来的75毫米扩大为100毫米，来达到增加风量的目的。实践了一个月，高炉风量仅增加了5%，由于风速大幅度降低，鼓风动能不足，边沿煤气流过分发展，中心气流严重不足，炉况失常，焦比升高，高炉产量反而降低了。我们在实践中认识到只有在大风量的条件下扩大风口直径才是合理的，单凭扩大风口，虽因边沿发展而增加少许风量，但得到的只能是炉子失常。

一九七五年十月，有的同志建议，将两台风机的风分别送入热风炉，把热风炉当风包使用来达到增加风量的目的。实践证明，两台风机的风都送入了高炉，但总风量仍然相当于一台风机的风量。后来得悉云南富源铁厂有多台风机并、串联结合使用的经验，于是派三结合小组前往学习。在十二月初将两台透平风机串联，如图二，解决了多年没有解决的难题，高炉实现了大风量操作。

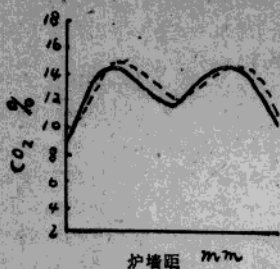


图二 风机串联示意图

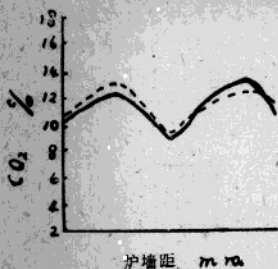
高炉风量大了，炉子里煤气流分布和冶炼进程发生变化，如果不及时恰当地进行调节，高炉同样是要失常的，达不到迅速提高产量的目的。在这个关键的时候，我们成功

地运用了我国高炉强化时上下部调节必须相结合的经验。

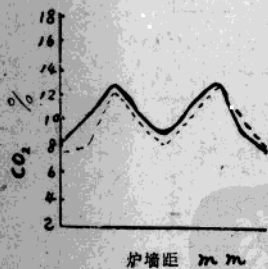
十一月十四日，我们将风口直径由75毫米扩大为80毫米。十二月一日两台风机串联送风，风量逐步增加，高炉显得边沿气流不足，中心气流过多，行程不顺。虽经加大矿石批比重，亦不能抑制中心气流。十二月十五日，又将风口直径扩大到90毫米，立即纠正了中心气流过多的现象，高炉变得顺行了。这个时期炉喉煤气中CO₂曲线如图三。



时间：11月下旬
料线：700毫米
装料顺序：4pk+kp
焦批：170公斤
矿批：360公斤



时间：12月上旬
料线：800毫米
装料顺序：3pk+2kp
焦批：190公斤
矿批：390公斤



时间：12月下旬
料线：900毫米
装料顺序：3pk+1kp
焦批：210公斤
矿批：420公斤

注：—— 东西
----- 南北

图三 不同时期炉喉煤气CO₂曲线图

同时，在上部调节中适当地加大矿石批重，借以抑制中心气流，又可减少上料批数，避免上料来不及的现象发生。由于采取了上下部调节相结合的操作方法，使得高炉风量在较短时间内由6000米³/时，增加到8700米³/时，而高炉操作很好，利用系数由2.07提高到2.66吨/米³，高炉个别日产80吨。加大风量前后的高炉技术经济指标如表三。

高炉风量加大了，不但冶炼行程发生变化，前后左右工序的工作亦变得不相适应，炉后上料量显著增加，工人们提出新建一个焦仓，使上焦时间由三班改为两班，节约劳力支援上矿石。于是，工人们自己动手，自己设计，自己施工，仅仅用了一个月时间，就建起了一个焦仓，使上料紧张的矛盾得到缓和。

高炉里铁多了，要及时放出来，工人们提出将每班出铁次数由四次增加到五次，保证了高炉的顺行和安全生产。

风量加大后，煤气发生量增加了，原有的净化洗涤能力感到不够，煤气亦用不完。为了保证煤气的含尘量，采取在洗涤塔顶放散部份荒煤气的办法。这里也暴露出一个问题，采用大风量操作后，煤气净化系统要相应地进行技术改造。

采用高强度操作后，焦比有些升高。将十二月下旬与十一月下旬相比，扣除铁份、焦炭灰份和风温的影响，十二月下旬的焦比应升高19公斤，如表四，其差数886—819 = 67公斤，主要是由于煤气利用的变坏，混合煤气中CO₂由11.9%下降到10.3%。因为时间短促，高炉的上下部调节制度还没有能够调整到最好的条件，风温还可以提高，预计焦比不应该升高这么多。这里说明，采用高强度操作，更应该搞好原料，搞好各个方面的工作，才能达到提高冶炼强度与降低焦比同时并举的目的。

表三 (一) 各个时期的主要经济指标

时间	产量 吨/日	合格 率%	系数 吨/米 ³	焦比 公斤	强度 吨/米 ³	风量 米 ³ /时	风温 °C	风压 公斤 厘米 ²	湿份 克/米 ³	风口直 径 φ φ × n	风速 米/秒	动能 公斤 —米 —秒	焦炭 负荷
11月 下旬	58.03	96.08	2.073	800	1.657	6480	968	0.44	28.1	80 × 6	50.8	482	2.15
12月 月上旬	60.72	98.36	2.169	836	1.814	7150	860	0.47	26.3	80 × 6	56.7	528	2.05
12月 月下旬	74.54	99.30	2.662	886	2.216	8700	904	0.52	26.5	90 × 6	53.8	585	2.00

(二)

时间	煤气 CO ₂ %	[Si] %	[S] %	GaO SiO ₂	料线 米	装料 制度	烧结矿 Fe%	益門 焦比例%	说明
11月 下旬	11.9	1.52	0.033	1.24	0.8	3PK + 2KP	46.00	27.3	一台风机
12月 月上旬	11.9	1.61	0.040	1.24	0.8	"	47.40	27.5	一台到二台
12月 月下旬	10.3	1.58	0.036	1.25	0.9	3PK + KP	46.39	31.8	二台

表四

焦比的換算

时间	焦比 公斤	铁 份		焦 炭 灰 份			风 温			合计影 响焦比 公斤	混合煤 气 CO ₂ %	
		Fe%	±%	±公斤 焦炭	灰份	±%	±公斤 焦炭	°C	±°C			±公斤 焦炭
11月 下旬	800	46.00			14.36			968				11.9
12月 下旬	886	46.39	+0.39	-7.8	14.59	+0.23	+3.68	904	-64	+23.0	+19.0	10.3

說明：燒結礦鐵分變動1%，影響焦比2.5%；

焦炭灰分變動1%，影響焦比2%；

熱風溫度每100°C，影響焦比4.5%。

簡 短 的 結 語

1. 我廠28米³小高爐的高產，關鍵在於群眾在黨的領導下，發揚了建設社會主義的革命幹勁，在技術上，主要是依靠兩台風機串聯，實行大風量操作得來的結果。

2. 大風量操作後，要採取上下部調節相結合的操作方法，隨著風量的增加，要不斷地擴大風口直徑，降低風速和鼓風動能，同時加大礦石批重，籍以抑制中心煤氣流的過分發展，保持邊沿與中心兩條煤氣通路。至於調節的具體範圍，只能在實踐中去摸索，而不能生搬硬套。

3. 大風量操作後，由於煤氣利用變差，焦比有些升高。這時，要進一步搞好原料，搞好各方面的工作，減少這個因素的影響。

4. 原料是高爐生產的物質基礎，沒有精料，就沒有好的指標。

超高碱度烧结矿的生产实践及高炉 冶炼效果

重庆钢铁公司炼铁厂

我厂一烧结 2×18 米²烧结机的生产能力,远不能满足一座620米²高炉全熟料比或高熟料比的需要。烧结用含铁料,系块矿生产过程中,过度破碎所产生的约为原矿量百分之三十的矿粉。在烧结生产能力和烧结用含铁料均不足的情况下欲减少甚至取消生熔剂入炉和尽可能多产烧结矿,提高熟料比,改善高炉冶炼的技术经济指标,采取超高碱度烧结是一有效途径。

一、超高碱度烧结生产实践

自然碱度烧结,其产品虽然机械强度高,但还原性很差,特别是不能避免生熔剂直接入高炉,对高炉技术经济指标的改善效果甚微,仅达到矿粉利用的目的。自熔性烧结矿于五十年代采用以后,使高炉冶炼过程和技术经济指标发生了巨大的变化,冶炼强度和利用系数大大提高,焦比大幅度降低,操作也得到一定程度的简化。但经过长期的生产实践,感到自熔性烧结矿的冶金性能也并非很完善的。由于熔剂的加入,在它成矿过程中,会生成数量较多的正硅酸钙($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, 以下简称为 C_2S)和硅酸盐玻璃质;另一方面,自熔性烧结矿的主要矿物为磁铁矿,被钙铁橄榄石、硅酸钙、铁酸钙和少量玻璃质所胶接,磁铁矿晶粒和胶接相矿物形成粒状结构。因此,影响了烧结矿的主要理化性能之一——机械强度。为克服自熔性烧结矿的这一严重缺陷,更进一步完善烧结矿的冶金性能,探索更高碱度烧结的产品品质和生产工艺就具有十分重要的意义。另外,对于采取部份熟料比的高炉,自熔性碱度的烧结矿还不能取消生熔剂直接入炉,也需要更高碱度的烧结矿。所以,从六十年代起,国内外进行了高碱度($\text{CaO}/\text{SiO}_2 > 2.0$)烧结的大量研究和试验工作,取得了良好效果,并且很快就成功地用于工业生产中,使高炉冶炼效果得到更进一步改善。

(一) 超高碱度烧结基本理论浅述

配加大量熔剂,进行超高碱度烧结,烧结矿的胶接相矿物则由自熔性烧结矿的 $\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 系(硅酸钙系)和 $\text{FeO}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 系(铁钙橄榄石系)变为 $\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 系(铁酸钙系)。铁酸钙系矿物的熔化温度比硅酸钙系矿物的熔化温度低得多(铁酸钙系矿物最低熔化温度为 1200°C 左右,硅酸钙系矿物最低熔化温度为 1500°C 左右),因此,超高碱度烧结,铁酸钙是易于获得的液相。在超高碱度烧结过程中,因为熔剂分解放出大量

二氧化碳使得烧结气氛的氧化性较强，而获得 $\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 系液相又不需要很高的温度，这就使得 Fe_2O_3 能够稳定存在而具备生成铁酸钙系矿物的良好条件。而且，根据国外一些研究， $\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 系矿物的生长速度本来就比其它矿物的生长速度快。因此，铁酸钙易于大量生成，并且成为超高碱度烧结矿的主要胶接相。所以，国外有的将超高碱度烧结矿称为铁酸二钙烧结矿。由于铁酸钙系矿物的大量生成，相应地就减少了 C_2S 的生成量，亦就减轻了它的相变对烧结矿机械强度的危害。铁酸钙系矿物生成的关键是温度条件，必须将烧结温度控制在 1300°C 以下。否则，铁酸钙会变得不稳定而发生分解。

超高碱度烧结矿 ($\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 3\sim 5$) 主要矿物组成为铁酸钙、硅酸二钙和硅酸三钙，其胶接相矿物主要为铁酸钙和硅酸钙，与磁铁矿构成网状结构或柱状交织结构，存在于铁酸钙的细小的硅酸钙析出物，被铁酸钙包裹而均匀地分布于烧结矿中。国内外对烧结矿矿相组成与机械强度之关系的研究指出，强度最好的是磁铁矿，其次是铁酸钙和铁橄榄石 (FeO, SiO_2)。铁酸钙是超高碱度烧结矿的主要矿物组成和胶接相，使得超高碱度烧结矿具有强度比自溶性烧结矿更佳的优点。特别是它进入高炉后，在炉身经部份还原出浮氏体和金属铁时，铁酸钙从原来的长柱状结构变成网络状结构，其机械强度还将更进一步提高。

在超高碱度烧结过程中，烧结温度水平控制不高，烧结矿宏观组织不出现石头状体，粗孔蜂窝状体也较少，而多是微孔海绵状体，这也使它具高的机械强度。

烧结过程中，熔剂分解放出大量的二氧化碳留下空隙，烧结气氛氧化性强，烧结温度不高，因此烧结矿气孔率高，氧化亚铁含量低，氧化度高，具有良好的还原性能。

与普通烧结矿相比，超高碱度烧结矿兼具有的机械强度和良好的还原性，克服了普通烧结矿存在的强度和还原性的矛盾。这是超高碱度烧结矿可贵的冶金性能。

烧结过程本来是一个很有有效的脱硫过程，而且在超高碱度烧结时，更存在着废气流速快（脱硫反应不受外扩散限制）、氧化气氛浓等有利脱硫的条件，但是，也存在着反应时间短（烧结速度快）、矿物熔性低（即易软化和熔化）和氧化钙浓度大等不利脱硫的因素，因而使得超高碱度烧结过程的脱硫效率很低。这是超高碱度烧结的一大弊病。因此，高硫原、燃料不宜进行超高碱度烧结。最近，国内一些研究指出，硫化钙 (CaS) 在高炉冶炼温度下，不可能发生分解， CaS 直接熔于炉渣中，对高炉脱硫负荷无影响。那末，超高碱度烧结过程脱硫率低也就并非弊病了，而且也将扩大原、燃料范围（即高硫原、燃料也可超高碱度烧结）。

熔剂的大量加入，使得烧结矿的含铁品位大大降低。但扣钙后的品位与普通烧结矿相近，而不影响高炉炼铁生产。但应指出，超高碱度烧结矿如能保持较高的含铁品位，则更有利于机械强度的提高。

熔剂大量分解后，留下很多孔隙，超高碱度烧结矿组织疏松，气孔率高，烧结温度不高，这使烧结料层的透气性特别好。这一突出的特点，一方面有利于提高烧结机的利用系数，并且，不要求高负压的抽风机，不需要高效率的混料造球设备和专门的混合物料予热措施；但是，如果对这一特点利用不当，垂直烧结速度过快，将使烧结过程的理化反应不能充分进行，以至恶化产品质量，降低产量。

一般自溶性烧结时，因为熔剂加入量少，烧结温度水平要求也不高，因此，烧结过

程热量消耗增加不多或不增加。超高碱度烧结时，配入了大量熔剂，熔剂分解热大大增加；由于熔剂大量分解，烧结废气量增加，废气带走的物理热也大大增加；烧结速度快，高温的烧结废气流速快，热交换不充分，热的有效利用差，这样，超高碱度烧结的总热耗量大大幅度增加。在我厂原、燃料条件下，超高碱度烧结的燃料消耗比普通烧结多一倍左右。

超高碱度烧结的燃料消耗增加量大，燃烧反应所需的氧量（空气量）和燃烧产物量亦相应增多；熔剂分解产生大量二氧化碳气，以上二者使得烧结废气量大大幅度增加；在我厂条件下，超高碱度烧结每吨烧结矿的废气量较普通烧结多 1000 米³左右。因此，需要比普通烧结更大风量的风机才能保证烧结机较高的利用系数。

超高碱度烧结虽然垂直烧结速度很快，但是因为混合料的烧碱很大，成品率低，烧结矿组织疏松，假比重小，所以，即使在风机风量足够的条件下，利用系数也仅仅与普通烧结相近或者还有所下降，SiO₂含量很高的铁矿粉超高碱度烧结时，利用系数下降较大。

超高碱度烧结，其烧结碱度究竟高到何等程度为宜？对部份熟料比高炉来说，在保证取消生熔剂直接入炉的前提下，烧结碱度主要取决于烧结生产能力，同时，还须视碱度提高对产品的机械强度影响如何。对中、小型高炉，一般来说，烧结能力较小，只能采取部份熟料比，但因高炉高度不高，对烧结矿机械强度的要求比大型高炉允许低些，因此，烧结碱度可更高些。对配用高、低两种碱度烧结矿的高炉来说，无论用降低烧结料中SiO₂含量或者用增加熔剂来提高碱度，都必须能相应改善强度和提提高成品率，否则，就不能再提高碱度。

（二）超高碱度烧结生产实践

我厂于一九六三年八月开始超高碱度烧结的试验、研究，一九六四年六月正式进行 2.5 超高碱度烧结矿的工业生产，并且，于同年年底将烧结碱度由 2.5 提高为 3.2。自此，一直维持 2.5 至 4.0 碱度的烧结，仅在矿粉堆存过多为处理矿粉以及高炉炉况需要时，才短期进行 1.5 碱度的烧结。现将生产史上具代表性的 3.2 超高碱度烧结和 1.5 碱度熔剂性烧结的主要技术经济指标比较于表 1。

1. 对原、燃料理化性能的要求

我厂烧结用的含铁料是单一的贫赤铁矿粉，熔剂有石灰石和白云石两种，燃料采用焦粉。其理化性特点是：

① 矿粉品位低（平均 35%），二氧化硅含量高（高达 26%），化学成份波动幅度大。

② 矿粉和燃料含硫均高（分别为 1.18% 和 1.0%）。

③ 熔剂含有有效氧化钙量高，杂质少。

④ 所有原、燃料粒度均偏太。矿粉小于 8 毫米粒级占 85%，其中小于 5 毫米粒级仅占 45%；熔剂小于 3 毫米粒级占 80% 左右，焦粉小于 3 毫米粒级仅占 60~70%。

根据超高碱度特点，对原、燃料有以下要求：

① 杂质量少，以保证产品具较高含铁品位；

表1

1.50与3.20碱度烧结主要技术经济指标

指 标		时 间				
		1963年	1965年	1966年	1967年 7月	1975年 8月
·	利用系数 吨/米 ² ·时	1.273	1.146	1.389	1.245	1.173
	作 业 率 %	78.96	64.68	75.42	58.9	59.68
	扣外因作业率 %	82.94	86.66	90.73	73.13	72.16
	烧结矿成本 元/吨	26.14	/	23.58	/	/
	劳动生产率 吨/人·月	/	124.8	199.0	87.0	87.5
	燃料(焦粉)消耗 公斤/吨	102	143	146	133	140
烧结矿主要理化性能						
碱 度 CaO/SiO ₂		1.49	3.11	3.12	3.22	3.20
化 学 成 份 %	TFe	31.18	24.02	22.81	17.98	17.94
	扣CaO的TFe	42.22	43.59	41.89	37.33	35.79
	CaO	26.15	44.90	45.55	50.17	49.88
	SiO ₂	17.82	14.49	14.89	15.56	15.59
	FeO	12.15	10.15	10.15	9.85	9.92
	S	0.177	0.261	0.268	0.432	0.458
	Al ₂ O ₃	3.39	2.92	2.75	3.35	3.51
	MgO	1.35	3.33	3.23	4.25	3.72
	MnO	0.675	0.47	0.41	0.37	0.32
	P	0.258	0.282	0.235	0.244	0.180
轉鼓指数 <5毫米%		20.78	12.69	13.33	/	/
粉末含量 <5毫米%		17.52	20.30	21.34	26.30	24.08
粒 度 组 成 %	>40毫米	11.78	3.00	2.71	3.50	4.40
	40~25毫米	11.36	12.30	12.57	8.35	6.60
	25~10毫米	60.68	38.00	43.34	19.40	17.40
	10~5毫米		29.70	21.20	39.90	48.00
	<5毫米	16.18	17.00	20.18	28.85	23.60
堆 比 重 吨/米 ³		/	1.365	1.301	1.303	1.330

②含硫量低;

③粒度须达到烧结要求,特别是熔剂和燃料粒度质量应比普通烧结要求更高;

④化学成份稳定。

2. 工艺特点

一、配料比确定

①配料碱度

超高碱度烧结（特别是贫矿粉超高碱度烧结），熔剂在配料中占很大比例，但其粒度、湿度和假比重均比粉矿小，因此，在烧结料的转运和烧结过程中，熔剂的损失量比矿粉为多。所以，配料碱度须适当高于烧结要求碱度，才能保证烧结矿碱度合格率。配料碱度高出要求碱度的差值视烧结工艺设备和烧结碱度而定。我厂3.2碱度烧结时，配料碱度一般为3.6~3.8。烧结碱度愈高，该差值越大。

②燃料配比

适量的燃料是超高碱度烧结维持正常作业和获取良好的产、质量指标的关键因素。超高碱度烧结期望得到CaO—Fe₂O₃系的矿物，则须严格控制烧结温度。但整个烧结过程总热耗量又很大，因此，燃料的失量会造成严重的不良后果。

燃料配量一般是根据热平衡计算和试验确定。我厂3.2碱度烧结，热平衡计算结果，每吨烧结矿耗热量为920百万大卡，折算的固定炭消耗为120公斤，相当于配料中（返矿在外）配入9%的焦粉。实际生产中配入8~10%的焦粉。

二、配料的准确性

烧结料中，氧化钙与二氧化硅的比值大，二者中任何一项的少量变化，不仅会引起烧结碱度的大幅度波动，而且还会造成烧结热制度的失常，因此，要求配料的准确性比普通烧结更高。烧结碱度愈高，配料误差要求愈小。

由于烧结温度控制严格，热耗量又大，因此，烧结作业对热制度（燃料量）非常敏感。燃料配量除要求准确性高外，还须根据燃料质量（粒度、固定炭量、湿度）的变化，及时地予以调整。否则，烧结作业急趋恶化，并难以扭转。

三、加水、混合

混合料适宜含水量与普通烧结相近。但因烧结作业对混合料水份很敏感，因此，混合料水份的稳定也是维持正常作业的重要因素。

在烧结料中熔剂占比例很大和烧结速度快的情况下，为使烧结过程的渣化反应能充分进行，混合料各组份的均匀分布和充分接触是很必要的。因此，要求混合料的混匀效果好。混合料造球好坏对烧结效果影响不大。

四、烧结制度

超高碱度烧结过程具有料层透气性好，垂直烧结速度快，高温持续时间短，烧结温度水平低，热耗大，作业稳定性差，对混合料水、炭敏感性强等特点。因此，烧结工艺操作要求严格。

我厂超高碱度烧结采取的操作方针是：大风量、厚料层、高负压、快机速、烧好烧透，高产优质。为适应超高碱度烧结过程的特点，在操作上，我们采取了一些与普通烧结不同的工艺措施：

①布料

为使烧结过程理化反应充分进行和增加烧结矿的致密度，在布料工序上采取下述压

料措施，适当降低料层透气性，减慢烧结速度；

A. 在保证垫底料能有效分出的前提下，尽量增大反射板的倾角，同时，维持反射板上烧结料堆面在反射板高度的 $1/2 \sim 2/3$ ，这样，借助物料下移的冲击力和反射板上的料重将铺于台车的烧结料压紧；

B. 在反射板之后装设活动压料板和压料棍，将来自反射板下的烧结料面压下 $20 \sim 30$ 毫米；

C. 采取较厚料层烧结。料层厚度由普通烧结的 250 毫米增高为 300 毫米。

② 点火

由于布料的粒度偏析，使得表面层的熔剂量较中、下层多，须保证较多的点火供热，才能保证表层料良好烧结。为此，我们采取 $1300 \pm 50^\circ\text{C}$ 的高点火温度和延长点火时间。为使点火热量集中于表面薄层，还采取控制适当的点火深度（ $10 \sim 15$ 毫米）。

③ 烧结风量

为适应超高碱度烧结废气量大的特点，应采用大风量的风机，才不致使利用系数降低过多。

我厂条件下，每吨烧结矿的废气量为 $4200 \sim 4500$ 米³。 18 米²烧结机配置 2000 米³/分风量的风机恰能满足超高碱度烧结所需。

④ 真空制度

料层透气性佳，不要求高负压风机，我厂 3.2 碱度烧结时，总管负压为 $800 \sim 1000$ 毫米水柱。如果设备条件允许，我们还欲增加料层厚度。

⑤ 烧结作业对操作条件变化的敏感性较强，作业稳定性差，应随时注意操作因素的变化，并及时调整，切不可吊以轻心。

（三）简易烧结设备的超高碱度烧结生产

地方小型铁厂为处理块矿生产过程中过度破碎所产生的粉矿，一般多采用平地吹的简易设备进行烧结。因为平地吹的烧结设备简单，布置灵活方便，投资少，上马快，操作容易掌握，调剂方便，而且对原料适应性强。

平地吹烧结的主要设备是风机、风管和炉篦。风机风量视生产能力要求而定，风压 $250 \sim 300$ 毫米水柱。每吨烧结矿需风量约 1000 米³。风管大小依风机风量而定。地上挖一锅底形的直径约为两米左右的坑，坑上安设炉篦条或者堆积 $80 \sim 120$ 毫米粒级的烧结矿作炉篦，炉篦上铺点火料，点火后再在上面铺烧结料。一台风机一般配置 $2 \sim 3$ 个烧结坑，轮换生产。

平地吹烧的一般操作：

1. 点火操作

① 在炉篦上铺引火草 $5 \sim 10$ 公斤，引火草上撒布焦粉或煤粉 $20 \sim 30$ 公斤，然后，再均匀铺上一层烧结料，其量约为烧结料总量的 7% ；

② 从引火草挖出几个孔洞，用火把或红烧结矿引火，同时开适量的风，随后用烧结料堵住燃好的孔洞；

③ 待各处均匀着火，料面有火星跳出时，加一层混合料，然后开全风。

2. 调火操作

- ①开全风后，添加烧结料按“勤、薄、匀”的要求，红一层加一层，局部红局部加；
- ②发现“生料”，要及时耙掘疏松；发现“管道”，要及时堵塞；
- ③局部温度太高，采取“充火”；局部温度太低，补撒燃料。

3. 终点控制

烧结堆愈大愈好，一般堆高700~1200毫米。当风压逐渐下降，则停止加烧结料，在堆面再均匀撒少量燃料，空吹1~2小时，停风自然冷却后便可出炉。

烧结时间2~8小时，产量10~80吨不等，随风机能力和操作好坏而变化。

平地吹烧能进行超高碱度烧结，这对小高炉具有很大意义。小高炉几乎均采取原矿入炉，粉矿量虽少，但因未予处理而堆积困难，甚至泛滥成灾。如果超高碱度平地吹烧，既利用小的烧结能力处理了粉矿，作到资源充分利用，同时，又可减少或取消生熔剂直接入炉，大大改善技术经济指标，特别是大幅度降低焦比，这无论对小高炉解决热源或降低成本，都具有特殊意义。

超高碱度平地吹烧对原、燃料理化性能以及混合料制备的要求与烧结机相同，由于平地吹烧时间长，因此，对原、燃料粒度还可适当放宽。在烧结操作上，由于工艺及设备特点，应注意以下问题：

1. 平地吹烧的热损失大，热能有效利用率较低，应适当增加燃料量；
2. 因为不存在布料时的成份偏析，因此点火温度勿需提高。但应切实保证点火的均匀效果。
3. 料层透气性好，易形成“管道”，加料要均匀、适时，每次加料量可比普通烧结多，加料后应适当压料。
4. 平地吹烧一般存在风量分布不均问题，在超高碱度烧结时，风量分布不均将会严重影响产、质量，必须使风量均匀分布。现有的厂采取切线进风、围管进风、坑中心进风和加风帽等措施来改善风量分布。
5. 平地吹烧的烟尘很大，超高碱度平地吹更须加强防尘工作。
6. 平地吹烧普通烧结矿，FeO含量较高，如果超高碱度烧结，可能会使FeO量降低一些。但为了保证烧结矿良好的还原性，在平地吹的方便条件下，最好采取分层配炭。这样，既使FeO量不多，同时，也保证能严格控制烧结温度水平，以获得CaO—Fe₂O₃系的矿物。
7. 严禁打水冷却和长期露天贮存，否则，将严重粉化。

(四) 超高碱度烧结矿质量评述

我厂贫矿粉超高碱度烧结，其产品的理化性能除与一般超高碱度矿相近外，还具有以下特点：

1. 化学成份的特点

①除碱度(CaO/SiO₂)高外，CaO和SiO₂在烧结矿化学成份中占的比例很大，二者之和达65%。因此，我厂超高碱度的目的，很显然是为高炉提供经高温分解后的熔剂。

②含铁品位很低，仅18%左右。对我厂低熟料比高炉来说，扣CaO的品位基本不变，因此，提高碱度造成的品位降低，对高炉冶炼无多大影响。

③氧化亚铁含量低，（10%左右），氧化度较高，还原性好。不同碱度烧结矿的氧化亚铁含量及还原度比较于下：

烧结矿碱度	1.5	2.3	3.2
FeO含量（%）	16	13	10
还原度（%）	52	65	81

④烧结过程脱硫率低，仅35~40%，烧结矿含硫高达0.5~0.6%。对于我厂使用高硫焦（硫含量0.95~1.0%）的高炉，使用超高碱度烧结矿降低焦比所减少的硫量多于烧结矿含量升高所带入高炉的硫量，所以，高硫的超高碱度烧结矿并不危害高炉产品质量，如果烧结矿中的硫以CaS的形式进入高炉，则对高炉更无影响。

2. 物理性能的特点

①烧结矿的粒度偏小，但粒度组成比较均匀，其中5~40毫米粒级占70~80%，无特别大块。

②转鼓强度好，一般的转鼓指数为13%左右。

③烧结矿的宏观结构疏松，气孔率较高。

④小于5毫米粒级的粉末含量多（25%）。这是我厂超高碱度烧结矿的最大缺陷，给高炉生产造成很严重的危害。烧结矿粉末多，我们认为系以下因素所致：

①垂直烧结速度过快（达50毫米/分），上层矿冷却非常强烈（冷却速度为200~250℃/分），烧结矿块热应力大，产生内部裂纹，遇冲击易碎裂成小块和粉末，同时，冷却速度过大，使结晶过程来不及充分进行，致使表面层的烧结矿含有较多的含钙质的玻璃质，因而脆性大；

②布料所造成的粒度偏析也引起烧结料产生垂直方向上的化学成份偏析（上层碱度高，熔剂量多），上层料烧结所需热量比下层多，但实际上恰恰是上层热量不足，因而烧结温度过低，液相量少，粘结不牢，成矿不良；

③烧结料中水、炭波动以及终点控制不当、点火效果差等工艺操作因素引起烧结作业失常；

④采用热矿入炉，仅在烧结机尾装有筛分效率很低的固定条筛，前述原因所产生的粉末没有能被有效地筛除；

⑤烧结矿经烧结机尾卸出后，要历经5~6次摔撞才进入称量车，在这转运过程中又产生一些粉末。

不同碱度烧结矿物理性能比较于下：

烧结矿碱度	1.5	2.3	3.2
5~40毫米粒级比例（%）	70	76	80
转鼓指数（<5毫米%）	20	15	13
<5毫米粒级含量（%）	16	21	25
堆比重（吨/米 ³ ）	1.35	1.28	1.20

3. 烧结矿矿相组成

我厂超高碱度烧结矿的主要矿物是铁酸钙和硅酸钙，此外还有磁铁矿和少量的橄榄石、玻璃质、赤铁矿和游离氧化钙。（见表2）