

# 炼铁文集

冶金部钢铁生产技术司

中国金属学会炼铁学术委员会

# 炼铁文集

冶金部钢铁生产技术司  
中国金属学会炼铁学术委员会



1992

# 前 言

为了提高我国高炉炼铁技术人员的水平，更好地为技术革新和技术改造服务，冶金部钢铁司与中国金属学会炼铁学术委员会决定联合举办“全国重点企业炼铁技术骨干培训班”。为此邀请了国内在生产、技术或装备方面较先进的企业的代表，有关的领导同志及专家、学者及技术人员等为本培训班的教员，分专题介绍国内外炼铁工业的发展及理论研究的情况。并将他们的讲稿集中成册出版，以满足广大未参加培训班的技术人员的需要。谨向大力支持这一工作的各位教员表示感谢。本书承蒙太钢炼铁厂及厂服务队印刷厂热情支持担负了印刷及繁重的校核工作，对他们这种主动为四化建设服务的精神表示感谢。

培训班筹备组

一九八四年十月

# 目 录

1. 近几年我国炼铁技术的发展	钢铁司	徐矩良 ( 1 )
2. 论分装大批重	钢铁司	徐矩良 ( 13 )
3. 日本高炉冶炼技术的发展	科技司	李马可 ( 20 )
4. 论我国炼铁的技术改造	钢铁司	刘 琦 ( 61 )
5. 炼铁过程数学模型的建立和应用	北京钢院	杨永宜 ( 72 )
6. 高炉解剖	东北工学院	杜鹤桂 ( 104 )
7. 我国高炉能量平衡存在问题及节能技术展望	国家经委	郭廷杰 ( 155 )
8. 武钢高炉寿命及内衬侵蚀的研究	武钢	张寿荣 ( 165 )
9. 高炉炉料结构合理化的探讨	北京钢院	周取定 ( 173 )
10. 烧结球团生产发展动向	钢铁司	张志勋 ( 192 )
11. 烧结球团冶金性能及其检验方法	钢研院	张成吉、蔡佩真 ( 206 )
12. 高炉热风炉	宝钢	奚兆元 ( 225 )
13. 高炉炉顶装料设备	宝钢	奚兆元 ( 251 )
14. 高炉汽化冷却	鞍钢	陈万泉 ( 265 )
15. 改造型内燃式热风炉	鞍钢	张万仲 ( 284 )
16. 外燃式热风炉	鞍钢	张家乐 ( 310 )
17. 高炉布料规律和无料钟布料特点	首钢	刘云彩 ( 327 )
18. 现代高炉检测仪表及电子计算机在高炉上的应用	首钢	江冠中 ( 373 )
19. 首钢二高炉顶燃热风炉的设计与使用情况	首钢	张伯鹏 ( 401 )
20. 高炉煤气干式净化	包钢设计院	高鲁平 ( 424 )
21. 铁水预处理的几个问题	北京钢院	董一诚 ( 461 )
22. 高炉喷吹煤粉技术安全及计量	北京钢院	晏 伟 ( 495 )
23. 气固相及液态还原反应	北京钢院	齐宝铭 ( 517 )

# 近几年我国炼铁技术的发展

徐矩良

我国炼铁技术和国外先进水平比尚有较大差距。这个差距主要差在原料和燃料的质量及装备水平方面。就技术经济指标而论，目前我国重点企业的高炉焦比是中等水平，比日本、苏联高，与西德、法国接近而低于美国和英国（见表1）；就产量而言，目前我国在世界上一百多个国家中，仅次于苏、美、日三国而居世界第四位（见表2）。此外，我国的喷煤和顶燃热风炉技术在世界领先，已向国外输出，而有些高炉的指标也已达到国际先进水平。因此，我们既不能盲目自满，也不应妄自菲薄。我们应该发挥所长，克己之短，继续前进。

近几年我国炼铁技术发展迅速（见表3），将1982年和1976年的指标相比，重点企业高炉利用系数提高56%，综合焦比下降17.6%，生铁合格率提高5.3%；地方骨干企业高炉利用系数提高50.3%，焦比降低28.5%，生铁合格率提高4.86%。我们有一批企业的炼铁指标已经达到相当高的水平（见表4）。标志着我国炼铁技术有很大进步。

## （一）原料有改善

### 1. 入炉矿品位有较大提高

1978年以来，我国许多矿山采用了细筛再磨等新技术，使铁精矿品位显著提高（见表5）。此外，1978年以来，每年进口了一部份高品位矿，也是入炉矿品位升高的一个因素。

表1 几个主要产铁国家的焦比（kg/T铁）

	日本	苏联	中国	西德	法国	美国	英国
1980年	450	512	539	515	521	569	588
1981年	476	—	540	540	536	550	577

表2 近两年几个主要国家生铁产量（万吨）

	苏联	日本	美国	中国	西德
1981年	10800	8004	6656	3416	3165
1982年		7765	3897	3552	2741

表3 我国高炉指标

年 份		1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
重 点 企 业	利用系数	0.994	1.10	1.429	1.487	1.555	1.471	1.547
	焦比,公斤/吨	640	623	562	553	539	540	538
	喷油,公斤/吨	38.4	36.4	32.6	16.8	12.3	2.2	0
	喷煤,公斤/吨	18.0	21.0	27	35	39	45.5	48.2
	综合焦比,公斤/吨	700	683	623	601	585	579	577
	生铁合格率,%	94.64	96.29	99.41	99.81	99.92	99.94	99.94
	风温, °C	828	832	914	933	978	976	992
	入炉矿品位,%	50	50.68	52.8	53.72	53.74	53.33	52.52
	熟料比,%	88.8	89.2	88.06	86.73	88.37	90.02	90.68
	焦炭灰份,%	14.27	14.36	13.77	13.6	13.55	13.61	13.72
休风率, %	12.6	10.5	3.69	4.9	3.31	3.89	2.92	
地 方 骨 干 企 业	利用系数	0.921	1.052	1.222	1.311	1.445	1.334	1.385
	焦比,公斤/吨	883	813	763	712	654	649	631
	生铁合格率,%	94.89	97.27	98.49	99.45	99.7	99.67	99.75

表4 1982年我国几个先进厂的高炉指标

	系数	焦比 公斤/吨	喷 煤 公斤/吨	综合焦比 公斤/吨	合格率 %	入炉矿 品位 %	风温 °C	熟料比 %	休风 率 %
首 钢	2.002	409	134.8	517	99.99	58.51	1050	99.91	3.14
梅 山	1.871	479	56.9	525	99.99	53.28	1042	87.74	3.82
马 钢	1.940	492	86	560	99.99	52.09	1023	90.22	0.63
本 钢	1.878	521	49.5	563	99.99	58.16	995	99.9	1.41

但是, 目前我们的矿石品位仍然太低, 除首钢、本钢外, 一般比国外先进水平低3—4%。例如, 1982年我国磁铁精矿品位虽然高达66.9%, 但红矿精矿品位只有61.24%, 多金属矿的精矿品位只有54.72%, 平均品位只有62.52%, 因此, 今后应继续在提高红矿和多金属矿的精矿品位上下功夫。

表5

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
铁精矿含Fe,%	60.05	60.52	61.12	62.45	62.88	62.67	62.52
入炉矿含Fe,%	50	50.68	52.8	53.72	53.74	53.33	52.52

## 2. 广泛使用高碱度烧结矿，改善炉料结构。

烧结矿在重点企业高炉炉料配比中占90%，在地方骨干企业中占80%，是高炉主要原料，因此，改进烧结矿质量对我国炼铁技术发展具有决定性意义。

五十年代，从自然碱度烧结矿发展为自熔性烧结矿无疑是一个重大进步，对高炉生产带来了巨大变化。那时以来，一段时间人们把使用100%自熔性烧结矿，高炉基本不加石灰石看成是理想炉料结构，我国有不少厂子就是按照高炉全部用自熔性烧结矿来建设的，而且目前仍这样生产着。

但是，后来人们发现，烧结矿的质量和其碱度关系极大，而且在自熔性烧结矿的碱度范围内(1.2—1.3)，烧结矿的强度往往最差。把碱度降低些，强度可以变好，但还原性要变差，而且高炉又要加石灰石，不是方向；把碱度提高些，生产高碱度烧结矿，则烧结矿的强度和还原性都改善，一举数得，所以六十年代以后，国内外都迅速发展高碱度烧结矿。

我国研究和试生产高碱度烧结矿是六十年代初开始的。当时武钢、石钢(即现在的首钢)、马钢、重钢等都进行过研究和工业试验，并取得初步效果。但由于种种原因多数厂都一度中断下来，只有重钢自1963年以来一直坚持使用碱度为1.8~3.2的高碱度烧结矿。

1977年以来，我国高碱度烧结矿发展很快，现在除少数厂由于烧结率高，无法使用高碱度烧结矿外，多数厂都已改用高碱度烧结矿。提高烧结矿碱度后，烧结矿的质量有显著改善(见表6、7)，使用高碱度烧结矿的效果见表8。

表6 我国重点企业烧结矿质量指标变化情况

	1977	1978	1979	1980	1981	1982
碱度 CaO/SiO <sub>2</sub>	1.17	1.27	1.37	1.42	1.46	1.50
转鼓 >5% %	77.97	78.22	78.75	78.91	80.48	80.6
FeO %	17.32	17.26	15.84	13.93	13.45	12.59
TFe %	50.62	52.08	15.16	53.22	53.03	52.33
高炉石灰石消耗 公斤/吨	113	70	58	37	28.5	23.7

使用高碱度烧结矿需有酸性矿搭配，否则，炉渣碱度过高。目前我国采用的办法有如下几种：

表7 本钢一铁提高烧结矿碱度后有关指标变化情况

	碱度 cao/sio <sub>2</sub>	TFe	FeO	转鼓	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO
82年 10月	1.25	59.54	12.98	79.7	6.23	7.84	1.87
11月	1.60	58.52	9.66	82.7	6.10	9.84	0.91
11月	1.70	57.9	9.50	84.8	6.25	10.64	0.73

表 8 高碱度烧结矿的使用效果

	重钢	包钢	湘 钢	太 钢	攀 钢	马钢二铁	杭钢	济钢	本钢一铁
使用时间 年	1963	1976	1978	1979	1978	1979	1978	1979	1982
降低焦比	33%	17.3%	60—70公斤	29.6公斤	49—71公斤	4—8%	37公斤	49公斤	15.5公斤
增产 %	30.5	19	—	8.2	—	—	7	—	4.4

(1) 高碱度烧结矿配以酸性球团矿：目前使用这种炉料结构的有杭钢、包钢、本钢等。由于球团矿和烧结矿都有良好的冶金性能，一般认为是较理想的炉料结构，许多厂都打算采用。

(2) 高碱度烧结矿配块矿：目前多数厂采用这种结构。但由于我国富块矿有限且品位较低，所以这种配料将逐步被第一种代替。

(3) 高碱度烧结矿配以硅石：本钢一铁厂去年以来采用这种炉料结构，焦比降低15.5公斤，产量提高4.4%。但这只宜于在矿石品位高、渣量少的高炉上使用而且硅石用量不能太多。渣量大的高炉不宜采用。

(4) 高碱度和低碱度烧结矿搭配使用：它比单一烧结矿好，高炉可以完全去掉石灰石。但由于低碱度烧结矿还原性差，终非长久之计，如果有条件生产球团矿，在将来的改造中还是应过渡到第一种结构。

烧结矿的碱度高到多少最好，应根据原料特性和原料平衡来确定，各厂原料条件不同，其最佳碱度值也各异。

随着烧结矿碱度提高，其矿物组成发生变化。强度高、还原性好的铁酸钙增多，而脆弱的玻璃质和还原性差的钙铁橄榄石与铁橄榄石减少，FeO降低。这是高碱度烧结矿的特性，也是我们希望之所在。有的高炉工作者看见高碱度烧结矿的FeO降低就耽心强度不好是没有根据的。

### 3. 对矿石实行槽下过筛，减少入炉粉末

我国现有高炉绝大多数原设计都没有矿石槽下筛分，过去，入炉烧结矿含粉率一般在20%左右，对高炉生产危害甚大。近十年许多厂增加了槽下过筛设施（有的在槽上过筛），入炉矿含粉率一般降到10%以下，情况大有好转。目前，重点企业已有50%的高炉采用了这项措施。

## (二) 高炉操作的进步

### 1. 改善煤气分布，提高煤气利用

长期以来，我国高炉煤气分布基本上是两种形式：一是边沿发展型；一是边沿和中心同时发展型。采用的基本制度大多是小批重，正装和倒装综合循环装入，有的甚至以倒装或半倒装为主，下部则采用大风口，低风速。造成这种情况是因为过云原料粉末多，料柱透气性差，而在操作指导思想上又片面追求高冶炼强度忽视焦比的结果。大家知道这两种煤气分布不仅焦比高而且对炉身砖衬损害很大，是很不经济的，特别是边沿



发如型很容易造成中心堆积、风口渣口大量破损等事故。

近几年随着原料条件的改善和操作上采取以节能降低焦比为主的方针，高炉工作者们在改善煤气利用方面做出了新的努力，取得了前所未有的进展。有一批高炉煤气CO利用率从过去的35~37%提高到40~43%，煤气CO<sub>2</sub>含量达到17%以上。采取的措施是增加正装或改用正分装，扩大批重，下部则适当提高风速，使整个煤气曲线提高，但以加重边沿为主。许多高炉由过去的双峰式或“馒头”型煤气曲线变成了边沿比中心重、以中心通路为主的“喇叭花”式煤气曲线，如首钢、梅山、本钢、马钢、重钢等。由于煤气分布的改善，这些厂焦比逐年降低，系数逐年提高。（见表9）

表9 梅山高炉近几年指标变化情况

年份	系数	综合焦比 (公斤)	风温 (°C)	熟料比(%)	矿石含铁 (%)	装料制度
1978	1.79	583	1076	80.9	54.43	正装+倒装
1979	1.722	577	1083	83.67	53.92	同上
1980	1.842	553	1070	87.13	53.14	上半年同上 下半年正分装
1981	1.858	539	1043	88.63	53.21	正分装
1982	1.871	525	1042	87.74	53.28	同上

特别值得重视的是近几年推广的正分装大批重装料法，无论在理论上和实践上都已证明它是比较好的一种装料方法，目前国内已有几十座高炉采用。采用这个方法一般可降低焦比10—30公斤，相信今后它会被更多的高炉采用。

## 2. 降低生铁含硅和炉渣碱度的控制

炼钢厂对铁水质量的要求是硅低、硫低、物理温度高。生铁含硅每降低0.1%，高炉焦比降低4—7公斤。故降低炼钢铁的硅对炼钢和炼铁都有好处。

日本有些高炉铁水含硅低到0.3—0.4%，硫0.02—0.03%；而物理温度高达1500℃。日本高炉的特点是原料好，炉容大，风温高，炉渣碱度高。

近几年我国许多高炉铁水的硅、硫含量也显著降低，同时物理温度也达到1450~1500℃水平。例如，目前马钢和首钢生铁含硅为0.4~0.5%，硫为0.02~0.03%；杭钢生铁含硅为0.3~0.4%，梅山生铁含硅为0.5~0.6%，含硫0.02—0.03%，其他还有些高炉也生产过和生产着低硅低硫铁。

实践证明，要获得低硅、低硫铁，首先要有好的原料：原料成份稳定，熟料比高的高炉容易得到低硅低硫铁。使用生矿或熟料比很低的高炉要得到低硅低硫铁是困难的；第二，高炉要顺行，特别是要有合理的煤气分布，炉缸要活跃。崩料、悬料多，煤气分布失常，中心堆积的高炉不可能出低硅低硫铁；第三，要有合适的炉渣碱度；第四，要有较高的风温。这些是高炉生产的一般规律，也是上面例举那些低硅、低硫高炉的共同特征。

关于炉渣碱度问题，日本人采用的是高两元碱度，（ $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} = 1.25$ 左右），较低的MgO（6—7%）；我国那些低硅低硫高炉则采用较低的两元碱度（ $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} = 1.0 \sim 1.15$ ）较高的MgO（10%上下）。这两种作法在各自的条件下都取得了好结果（见表10）。

表10 我国和日本某些高炉的指标

	中 国			日 本		
	马钢—铁	首 钢	梅 山	大分厂	扇岛1*	千叶6*
时 间	1983.4	1983.5	1983二季	1982.4	1981年平均	1982.3
炉容 m <sup>3</sup>	300	576—1327	1060	4158—5070	4052	4500
利用系数	2.001	2.204	1.924	1.761	1.97	1.83
焦比 kg/t	463	408	481	432.6	448.9	464.9
油比 kg/t	/	/	/	36.2	36.3	/
煤比 kg/t	85	118.6	54.5	/	/	/
△综合焦比kg/t	530	503	525	476	492	465
风温 ℃	1054	1058	1035	1229	1039	1149
熟料比 %	93.71	99.5	83.7	92	80.8	86.6
生铁(Si) %	0.44	0.43	0.59	0.37	0.37	0.29
[S] %	0.024	0.025	0.022	0.020	0.033	0.028
渣量 kg/t	566	327	487	312.9	298.5	318
炉渣MgO %	9.7	10.5	9.82	6.96	6.38	6.53
CaO/SiO <sub>2</sub>	1.16	1.04	1.12	1.22	1.24	1.23

△日本高炉的综合比是按我国换算法计算的，以便比较。

在我国目前条件下能否像日本高炉那样采用高两元碱度、低MgO炉渣呢？我认为一般不宜采用，理由如下：第一，我国高炉一般渣量较大，如采用高两元碱度、低MgO炉渣，将因其流动性差而增加放渣困难。不像日本高炉渣量少而且许多高炉根本没有渣口，不存在这个问题。第二，我国高炉炉容较少，原料和焦炭质量又较差，炉温不如日本高炉稳定，炉温波动，甚致炉子大凉的情况时有发生。在这种情况下，高两元碱度低MgO炉渣极易促使炉缸堆积，造成炉况失常。第三，我国有些高炉原料含碱金属较高，必须尽可能采用较酸性的炉渣来提高炉渣排碱率以防止碱金属在炉内积累而危害生产。第四，某些试验指出：烧结矿中MgO自1.5~2.0%提高到3.5~4.0%，使烧结矿的冶金性能得到改善，并且在高炉冶炼中易于获得低硅低硫铁（此时相应炉渣含MgO 10%左右）。

### 3. 铸造铁的冶炼技术有新发展

解放初期, 根据国外某些理论, 我国高炉曾采用高碱度炉渣 ( $\text{CaO}/\text{SiO}_2 > 1.2$ ) 冶炼铸造生铁, 经常发生炉缸堆积, 风口、渣口大量破损。1954年鞍钢高炉改用低碱度或酸性渣 ( $\text{CaO}/\text{SiO}_2 \approx 1.0$ ) 炼铸造铁取得成功, 是一次不小的进步。此后, 对铸造铁的冶炼技术研究得不多。

铸造铁的主要特点是硅高。要提高生铁含硅, 必须满足两个条件: 第一, 要有硅源; 第二, 炉温要高。一般说, 矿石的脉石中硅是足够的, 但是今天烧结矿是高炉主要原料, 而烧结矿中的 $\text{SiO}_2$ 主要存在于硅酸盐中, 活度很低, 难于还原。因此近几年国内外出现了加硅石冶炼铸造铁的成功实践。在我国, 梅山高炉1980年首先加硅石炼铸造铁取得成功, 和不用硅石相比, 焦比降低20—30公斤(见表11)。现在, 本钢、天津铁厂等许多高炉都已采用这个办法, 都取得了好效果。这使冶炼铸造铁的技术, 从理论到实践都又提高了一步。硅石使用量一般20—50Kg/T铁。

表11 梅山炼铁厂1980年加硅石冶炼铸造铁的情况

	一 高 炉			二 高 炉		
	基准期 (试验前 三个月)	试验期	增 减	基准期 (前三个月)	试验期	增 减
硅石用量 kg/t	0	37.8		0	40.6	
利用系数	1.725	1.844		1.581	1.805	
焦比 kg/t	580	543		579	538	
煤比 kg/t	60.5	78.6		66.5	79.2	
综合焦比 kg/t	628.4	606	校正-20.4	632.2	601.4	校正-32.2
风温 $^{\circ}\text{C}$	1080	1095		1066	1076	
熟料比 %	78	83.1		79.4	80.6	
入炉矿品位 %	54.75	53.26		54.6	53.41	
生铁〔Si〕%	1.77	1.93		1.65	1.89	

#### 4. 高风温与综合鼓风。

近几年我国风温提高得不快, 主要原因是热风炉老化和煤气发热值太低。在综合鼓风方面, 喷油、喷煤、富氧在一些高炉上都曾用过, 效果都是好的, 技术上是成功的。但是近两年由于供应困难, 1981年四月起我国行止喷油了。富氧鼓风, 由于供电紧张, 在我国始终没有着重发展。因此, 目前主要是喷煤粉, 没有喷煤的则用蒸汽鼓风。

喷煤技术近几年有发展。喷吹高炉逐渐增多, 喷吹量逐年提高(见表3)喷吹煤种已从单一无烟煤发展到烟煤。目前重点企业有66%的高炉喷煤粉, 其中马钢二铁、苏州钢铁厂喷烟煤, 其余的喷无烟煤。各重点厂1982年高炉喷煤量见表12。

目前存在的问题一是连续计量和煤量自动调节等控制手段有待进一步完善; 二是煤质太差, 灰份太高。(这个题, 国家已下决心逐步解决)。目前, 有些高炉工作者不愿

多喷煤粉，我认为是不对的。因为，即使在目前煤粉灰份高达20%的情况下，喷煤还是降低成本的，何况喷煤的作用除了代替焦炭外还有活跃炉缸，促进炉子顺行的作用。目前，喷煤量少的高炉不如喷煤多的炉子顺行，各项指标也较差，其原因之一就是喷煤太少。我们主张把喷煤量提高到100Kg/T铁是有实践根据的。

表12 1982年各重点厂高炉喷煤量

厂名	首钢	宣钢	上钢二厂	马钢	梅山	本钢	太钢	鞍钢	武钢	湘钢
喷煤量kg/T	134.8	95	87.8	86	56.9	49.5	49	40	28	13

没有喷煤的高炉，为了充分利用风温，近几年纷纷采用了蒸汽鼓风，取得了较好的效果。但目前的蒸汽鼓风应和五十年代的加湿鼓风相区别。五十年代把加湿鼓风作为一项技术政策，主张湿份高达50g/M<sup>3</sup>，那时认为没有高湿份，风温就用不上去。但其后的实践证明，不使用高湿份也可以用高风温，特别在有喷吹的情况下，不但不加湿，还采用了脱湿鼓风。包钢、唐钢的高炉在没有喷吹、也没有加蒸汽的情况下，风温使用到1000—1100℃。目前加蒸汽主要是作为一种调剂手段，即固定最高风温，调湿份。因此使用的湿度范围应是大气湿度加调剂量，不应过高。至于喷煤的高炉则应固定风温调煤粉，根本不需要加蒸汽。

#### 5. 碱金属问题

我国高炉工作者对碱金属的危害是近几年才重视起来的。我国许多高炉碱负荷都很高，八一钢铁厂、宣钢、包钢、酒钢、昆钢等碱负荷都高达10—20Kg/T铁，还有些厂碱负荷虽不如上述几厂高，但也不容忽视。

碱金属主要以硅酸盐形态随物料进入炉内，一般情况下，70—90%可随炉渣排出，其余部份在炉子下部高温区被C还原。K的沸点766℃，Na的沸点890℃，因此被还原出来的K、Na呈汽态随煤气上升。上升过程中，K、Na又被氧化为细粒的K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>等物质，一部份还可能与C、N结合生成液态KCN、NaCN。这些碱金属化合物一部份随煤气逸出高炉，其余部份或粘附于炉墙或粘附于矿石和焦炭，又随炉料下降，如此在高炉内循环、积累，给高炉生产带来危害。

碱金属对高炉的危害主要有以下几个方面：

(1) K、Na能侵入焦炭与C生成C<sub>8</sub>K、C<sub>8</sub>Na等插入式化合物，体积膨胀，使焦炭变碎而使高炉下部料柱透气性变坏，恶化炉缸工作。此外，碱金属还能增加焦炭反应性，使碳素溶解损失增加。

(2) 粘附于铁矿石上的K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O能与氧化铁反应引起体积膨胀当被CO还原时，使矿石粉化；它也降低矿石的熔点。这些都会使料柱透气性变坏。

(3) 液态的KCN、NaCN及细粒的K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>等存在于炉料孔隙中，直接恶化炉料的透气性。

上列三条都极易破坏炉子顺行而导致管道、崩料、悬料、甚致结瘤。

(4) 碱金属能直接与耐火砖发生化学作用, 破坏其强度; 甚致对炭砖也有破坏作用(但比粘土砖、高铝砖轻)。近几年还发现碱金属对炉缸砖衬的破坏也很厉害(如昆钢高炉)。

根据国内外的实践经验, 防止碱金属危害的措施是:

(1) 改善原料, 降低碱负荷。如八一钢铁厂原料中碱金属有一部份是硫酸盐(芒硝)矿石经过水洗即去除了很大一部份碱金属。许多矿石可用选矿办法降低碱金属含量。

(2) 尽可能稳定原料成份, 减少矿石粉末。入炉原料最好经过整粒。应注意提高焦炭强度, 对焦炭的反应性指数应予特别重视。

(3) 降低炉渣碱度, 采用酸性渣操作, 增强炉渣排碱, 同时采取炉外脱硫。

(4) 采用较低炉温以减弱碱金属还原。

(5) 保持炉子顺行。包钢的实践证明: 炉子顺行情况越好, 排碱越好。

(6) 必要时加硅石(粒度10%左右), 以增强排碱, 或采用倒装洗炉。

(7) 选用抗碱金属能力强的耐火材料以提高炉衬寿命。

6. 我国独特的钒钛矿和含氟矿冶炼技术(略)

### (三) 工艺装备的改进

#### 1. 无钟炉顶在我国逐步推广

首钢2号高炉1979年在我国首次采用无钟炉顶成功, 有力地推动着这项新技术在我国的运用。今年首钢4号高炉已改为无钟炉顶, 接着3号高炉也将采用, 明年包钢1号高炉的无钟炉顶也将投产。还有些高炉将在“六、五”末期或“七、五”计划期间改为无钟炉顶。随着这项技术的推广, 我国高炉的炉顶压力将有所提高, 煤气利用将进一步改善。

#### 2. 热风系统的改进

随着风温提高, 传统的内燃式热风炉暴露出明显的缺陷: 燃烧室穿漏、倾斜、掉砖、倒塌等现象普遍发生。为了解决这个问题, 七十年代我国安阳水冶铁厂、济南铁厂、本钢、鞍钢等新建和改建了15座外燃式热风炉, 效果不错。但由于近几年我国新建高炉不多, 而老厂改造往往受场地和资金限制, 所以外燃式热风炉在我国发展不快。不过今后新建高炉它还是应作为主要的选型之一。顶燃式热风炉我国首先在大炉子上采用, 引起了国内外的重视。这项技术在我国先后经过几十立米的小高炉和100M<sup>3</sup>高炉长期试验之后, 1979年才在首钢2号高炉(1327M<sup>3</sup>)扩大使用的。它是很有前途的一种炉型。1981年鞍钢9号高炉大修中, 对内燃式热风炉进行了较大改造, 采用了陶瓷燃烧器、锥型炉顶、燃烧室隔墙内加不锈钢隔板等等, 1982年风温持久地用到1200℃, 改得较为成功, 为我国旧热风炉改造提供了经验。在耐火材料的选用上, 鞍钢和首钢共有七座热风炉使用硅砖, 但由于煤气热值低和经验不够, 目前这些用硅砖的热风炉尚未发挥出应有的作用。我国小高炉相当广泛地使用着石球热风炉, 效果也是不错的。

随着焦比降低, 高炉的煤气热值已降到800—850KJ/M<sup>3</sup>, 用这样的煤气加热热风炉不可能获得高风温。国外解决这个问题的办法一般是加焦炉煤气, 但我国的钢铁联合

企业一般焦炉煤气不够用，因此只有另寻出路。济南铁厂创造的“热风炉自身预热法”颇有独到之处，适于在高炉煤气充足、热风炉部力足够的地方采用。去年以来，马钢和杭钢有三座高炉的热风炉采用了回收烟气余热预热助燃空气的措施，使风温提高了40—60℃。1982年梅山铁厂在热风炉燃烧器前使用旋流板将煤气进行脱水，使风温提高了20℃。这是花钱少收效快的好措施。

热风阀寿命短是一个薄弱环节，不仅耽误生产而且备品紧张。鞍钢9号高炉使用新型热风阀，寿命已达一年半以上，值得进一步推广。此外，热风主管和支管在结构、砌筑和保温方面近几年都有些改进。

### 3. 高炉本体的改进

高炉剖面的发展是逐渐趋向矮胖。 $\frac{H_u}{D}$ 值不仅随炉容增加而减小，而且对相同炉容来讲亦随时间的推移而减小（见表13）。风口数目增多。死铁层加深（至一米以上）铁口增多。我国目前有五座高炉具有两个铁口，其中三座是七十年代建成的，一座是八十年代改建的。1000M<sup>3</sup>以上较强化的高炉都感到一个铁口太少，在今后改造中，具有双铁口或多铁口的高炉还会增多。国外，渣口有减少的趋势，有的高炉已不设渣口。我国高炉一般渣量较大，而且只有一个铁口，所以目前还不能取消渣口。但是像首钢、本钢这样的原料条件，在今后改造中可以考虑增加铁口，同时减少或取消渣口。

表13 高炉剖面变化举例

组 别	800型		1000型		1500型		2500型
	1957	1973	五十年代	1970	1959	1982	1970
投产时间 (年)	1957	1973	五十年代	1970	1959	1982	1970
炉 号	A3	A2	A4	M1	B1	W2	W4
有效容积 (M <sup>3</sup> )	831	826	1002	1000	1513	1536	2516
H <sub>0</sub> (%)	24500	22850	24950	25100	28000	27000	30000
d (%)	6500	6800	7200	7300	8600	8900	10800
D (%)	7500	7700	8200	8720	9600	9900	11900
$\frac{H_u}{D}$	3.26	2.97	3.04	2.88	2.92	2.72	2.52
风 口 数 (个)	14	—	14	14	18	24	24

我国高压高炉从五十年代末期起，绝大部份已采用炭砖和高铝砖（或粘土砖）综合炉底，并且获得很好的效果。在此基础上近几年炉底有减薄的趋势，向着全炭砖水冷薄炉底方向发展。与此同时把死铁层加深到1200%左右。例如武钢的几座高炉均已改成这样的结构。此外，有些300M<sup>3</sup>、620M<sup>3</sup>高炉近几年试用了自焙炭砖和粘土砖综合炉底，也已初见成效。

炉身砖衬有减薄的趋势，但是效果不佳，特别是薄炉身和冷却壁结合的一些高炉，一般寿命不长，有的甚致发生砖衬大批脱落。炉身结构的改进，还是今后的一项严重任务。

#### 4. 风口和渣口的改进

长期以来，风口、渣口破损一直是造成高炉减风、休风的主要因素，对生产影响很大。风口、渣口破损首先与原、燃料质量及操作制度有关，焦炭强度高，矿石质量好，炉况顺行，炉缸活跃，风口和渣口就坏得少，反之就坏得多。因此，解决风口和渣口破损问题，首先要改善焦炭和矿石的质量，并采用正确的操作制度，以保持炉子顺行。但是，随着高炉的强化和大型化，即使在正常炉况下，风口和渣口也是坏得不少的，这就需要改进风口和渣口本身的材质和结构并加强其冷却来解决这个问题。

改进风口和渣口目前有两种基本做法：一是加强冷却，二是加涂层保护。采用前一种办法的如包钢的螺旋铜管高流速冷却风口和紫铜渣口及首钢的环流高流速冷却风口和液锻环流渣口都已获得成功。包钢以前每炉月坏风口100个以上，现在减少到2~4个。他们改进风口和渣口的基本原则有三：（1）采用纯度高的铜以提高其导热性；（2）改进内部结构以保证冷却水合理循环，不产生涡流，并且易于达到规定流速；（3）提高水压以达到要求的流速。国外为宝钢提供的风口基本上也是按这三条设计制造的。采用涂层风口和渣口的有本钢、梅山等厂。本钢在风口渣口上喷以Ni—Cr，Ni—Al， $Al_2O_3$ 等耐高温物质，渣口寿命提高一倍，但风口喷涂效果不如渣口明显。看来解决风口和渣口破损问题应以加强冷却为主。喷涂措施可用来减少热损失和提高其耐磨性，特别喷煤多时，更应考虑这个问题。

#### 5. 其他改进

本钢的煤气自动分析和炉喉径向测温，梅山等厂的焦炭中子测水、补差和矿石自动补差都已使用成功。炉前设备也有很大改进，如本钢和首钢的摆动渣、铁流嘴，首钢的矮式泥泡及炉前除尘，以及许多厂的水冷渣口泥套、水冷渣沟、炭捣撇渣器、无水泡泥等都是行之有效的。余热、余压回收已在一部份高炉上开始，重钢、马钢和杭钢有五座高炉的热风炉烟道废气余热得到回收；首钢2号高炉的炉顶压发电已投入运行，明年梅山也将有一套压发电设备投产。此外，为利用冷风余热，一些高炉已开始将冷风管道保温。

### （四）主要差距和今后努力方向

近几年我国炼铁技术虽然有很大进步，但和世界先进水平比仍有不小差距。首先原料和燃料质量差得很多，和国外先进水平比，我们的矿石品位低2—4%，焦炭灰份高2—3%以上，喷吹煤的灰份高得更多，此外我们的矿石成份波动大，粒度不均匀，含粉率高。第二，我们的风温低200℃以上。第三，顶压低 $1.0Kg/cm^2$ 左右。第四，自动化程度低，环保差。我们要赶超世界先进水平，实现炼铁技术现代化，就必须努力缩小和消除这些差距并争取在某些方面领先。因此今后我们的努力方向是：

1. 大力改善原料，提高入炉矿品位；搞好中和混匀，稳定成份；发展高碱度烧结矿和酸性球团，改进炉料结构；改善烧结矿和球团矿的冶金性能；搞好整粒，使粒度均匀，粉末减少。

2. 降低焦炭灰份和喷吹及烧结用煤灰份  
抓精料工作仍是今后我们的首要任务。
  3. 提高风温，一要改造热风炉，二要解决煤气热值不足的问题。
  4. 提高炉顶压力，改用冷烧结矿，推广无钟炉顶。
  5. 进一步完善喷煤技术，提高计量和自动控制水平，完善安全措施，因地制宜地喷吹无烟煤或烟煤。
  6. 随着喷煤量的增加和我国电力的发展，有条件地采用富氧鼓风。
  7. 采用先进装备，延长高炉寿命，提高自动化水平，改善环保。
  8. 加强人员培训，开展科学试验研究，提高技术操作和管理水平，达得最佳化操作。
- 要做的工作还有许多，以上仅列举其要。



# 论分装大批重

徐矩良

高炉生产的目标是获得高产、优质、低耗，同时还要有较长的炉子寿命。在一定的原料和设备条件下，炉内的炉料和煤气分布是否合理，对上述几个目标能否达到起决定性作用。因此，高炉工作者都十分重视炉料和煤气分布以及控制这种分布的上、下部调剂方法的研究。

多年来我国的高炉装料方法一直沿用矿石和焦炭同装，即正装、倒装、半倒装和各式各样的“花装”或综合循环装入或单独装入。1978年报导了武钢高炉采用分装大批重取得降低焦比的效果以后，许多厂试验过这种装料制度。近几年，虽然采用分装大批重的高炉在逐渐增多并取得较好的效果，但发展不够快。有的试验过一段时间遇到一些问题又打退了，有的还要看一看，有的正在试验。在这种情况下，有必要搞清楚：分装大批重究竟有没有科学性？其理论根据是什么？采用这种装料制度需要注意哪些问题才能持久地用下去？把这些问题搞清楚了，就更能坚定我们推广这种装料方法的信心和决心。

## (一) 高炉解剖的启示

国内外高炉解剖的资料证明：分层装入炉内的矿石和焦炭在其下降过程中仍保持着矿、焦分层状态。随着炉料下降，料层厚度变薄，倾角变平。软熔带随温度分布不同或呈“ $\Delta$ ”型（多数）或呈“W”型与“V”型。软熔带中的矿石层呈半熔

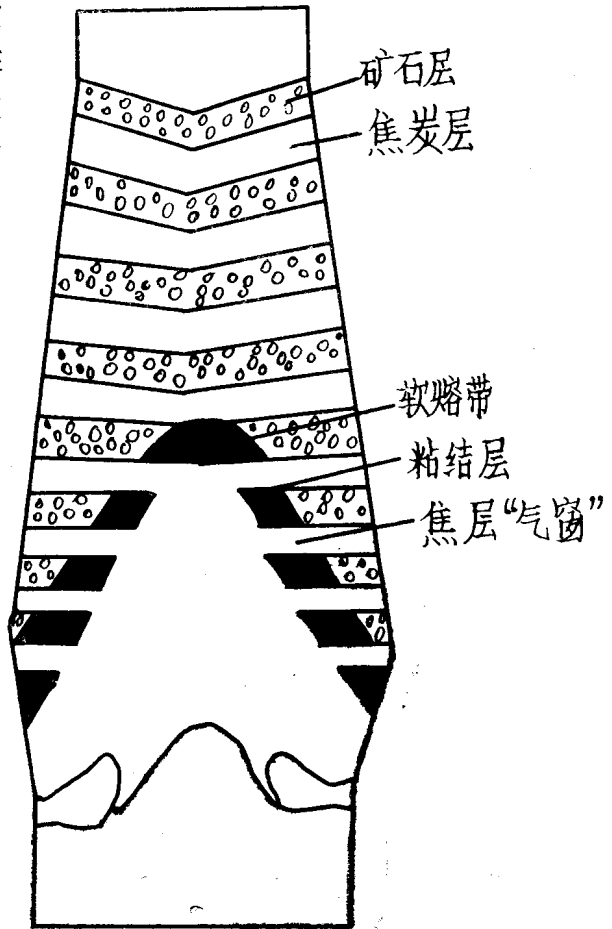


图1. 高炉内软熔带示意图

化状态，互相粘结在一起，形成一层层透气性极差的粘结带；而软熔带中的各焦炭层透气性良好，起着“气窗”作用，煤气通过软熔带时主要是从这些“气窗”通过的（图1）。因此，软熔带的位置，形状及其各焦层“气窗”的总面积对于煤气分布和气流