

中国
铁矿粉烧结
三十年

1949-1979

中国铁矿粉烧结三十年

《中国铁矿粉烧结三十年》编辑组

冶金工业出版社

中国铁矿粉烧结三十年
《中国铁矿粉烧结三十年》编辑组

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 10 1/2 字数 276 千字

1981年5月第一版 1981年5月第一次印刷

印数 00,001~2,200 册

统一书号: 15062·3589 定价 1.35 元

序 言

《中国铁矿粉烧结三十年》是根据1978年5月中国金属学会炼铁学术委员会和冶金部科技办公室在上海召开的全国大高炉学术讨论会的决定，为庆祝建国三十周年而编辑的。目的在于总结我国铁矿粉烧结生产的经验，反映我国铁矿粉烧结技术的发展过程。本书以文集形式出版，内容包括铁矿粉烧结生产、理论研究以及“三废”处理等方面的一些代表性著作和科研成果的总结。

本文集在编辑过程中得到了有关厂矿、科研单位和学校以及从事烧结生产的工程技术人员的大力支持，特此致谢。

由于水平所限，编辑过程中难免有缺点和错误，请广大读者批评指正。

1979年12月

目 录

一、采用生石灰、消石灰强化铁矿粉烧结·····	1
二、自熔性烧结矿的生产·····	13
三、在圆筒混合机中用蒸汽预热混合料·····	25
四、烧结使用梭式布料器的效果分析·····	32
五、本钢五号高炉烧结矿过筛的初步实践·····	40
六、东鞍山细粒赤浮精矿烧结生产实践·····	48
七、攀钢钒钛铁精矿的烧结生产·····	60
八、烧结矿机上冷却工艺实践·····	74
九、铺底料工艺在马钢二烧三号机上的初步实践·····	87
十、平炉钢渣在烧结生产中的应用·····	97
十一、重钢高碱度烧结矿的生产·····	110
十二、对降尘管水封装置的几点看法·····	119
十三、烧结矿振动冷却机的生产实践·····	126
十四、含 MgO 的高碱度烧结矿生产和应用·····	130
十五、重油点火烧结生产实践(摘要)·····	135
十六、首钢二烧机尾除尘系统的设计与实践·····	139
十七、烧结矿矿相组成与还原性和强度的关系·····	151
十八、迁安磁选精矿烧结矿粉化原因的研究和防止 措施·····	166
十九、高碱度烧结矿的研究·····	186
二十、烧结料水分行为的初步研究·····	201
二十一、包钢烧结矿的岩矿相分析·····	209
二十二、铁矿粉烧结脱硫的研究·····	223
二十三、菱铁矿烧结的几个问题讨论·····	237
二十四、机上冷却工艺研究·····	248
二十五、高品位细磨精矿烧结·····	260

二十六、延长烧结抽风机转子使用寿命的经验.....	277
二十七、烧结配料自动化生产线.....	282
二十八、二次混合料水分中子测定法及其自动控制试验.....	299
二十九、烧结工业废水处理及泥浆回收设施.....	316
三十、高压静电尘源控制试验.....	322

一、采用生石灰、消石灰强化铁矿粉烧结

鞍山钢铁公司烧结总厂 鄢思荣

鞍山黑色冶金矿山设计研究院 张锡典

(本文发表于1963年6月)

早在1950年下半年,鞍钢烧结总厂一烧车间恢复生产时,即利用消石灰作为粘结剂(消石灰消耗为63公斤/吨烧结矿)来强化造球,提高混合料透气性,生产CaO含量为2.35%的普通烧结矿。1952年和1954年,在使用消石灰65公斤/吨烧结矿的同时,还分别添加石灰石31公斤/吨烧结矿和60公斤/吨烧结矿,使烧结矿碱度(CaO/SiO_2)分别提高到0.44和0.56。在细精矿占含铁原料一半以上的条件下,采用消石灰强化混合料的造球和逐步提高烧结矿碱度的办法,1952年和1954年一烧车间的利用系数分别达到1.22吨/米²·时和1.43吨/米²·时。

1954年7月,一烧车间首次进行使用生石灰的工业性试验。生石灰由熔剂矿槽卸车贮存,用皮带机运至配料矿槽,然后参加配料。当时正值雨季,熔剂矿槽无防水设施,生石灰遇水风化,劳动条件恶劣,配料圆盘机“放炮”,试验失败。同年10月,又进行了第二次工业性试验。生石灰粒度为10~0毫米(其中5~0毫米部分占90%),由受料槽卸车。生石灰参加配料后,立即在皮带机上加水消化,并运至混合机进行混合造球。试验表明,在混合料中加入生石灰,由于提高了料温,改善了料层透气性,因而其烧结指标比使用消石灰的效果还要好。

从1955年起,一烧车间正式采用生石灰代替部分消石灰进行生产;1956年停用消石灰,使用生石灰和石灰石生产碱度为1.0的自溶性烧结矿。1955~1961年,生石灰消耗和烧结矿碱度提高

的情况见表1-1。

1962年以来，一烧生石灰消耗量保持在 70~90 公斤/吨烧结矿，利用系数保持在 1.6 吨/米²·时左右。长期生产实践证明，使用生石灰强化烧结过程的效果显著。

表 1-1 一烧生产指标

年 份	熔剂消耗(公斤/吨烧结矿)			利用系数 (吨/米 ² ·时)	烧 结 矿		
	生石灰	消石灰	石灰石		CaO/SiO ₂	FeO(%)	转鼓指数 (%)
1955	25	53	65	1.395	0.72	22.60	22.89
1956	59	29	80	1.471	0.99	20.91	22.91
1957	77	3	96	1.608	1.02	17.83	22.76
1958	85	—	91	1.679	1.18	18.21	26.20
1959	92	—	78	1.837	1.18	18.29	22.31
1960	84	—	86	1.744	1.18	17.69	22.43
1961	100	—	92	1.567	1.20	16.53	20.70

鞍钢烧结总厂二烧在1956年建成投产时，由于缺少生石灰，只好采用消石灰强化造球，并且添加一部分石灰石，生产碱度(CaO/SiO₂)为1.0的自溶性烧结矿。从1958年开始，在使用石灰石的同时，逐渐增加生石灰用量(减少消石灰)。到1964年，停用消石灰，只采用生石灰和石灰石作为熔剂。二烧生产指标见表1-2。

表 1-2 二烧生产指标

年 度	熔剂消耗(公斤/吨烧结矿)			利用系数 (吨/米 ² ·时)	烧 结 矿		
	生石灰	消石灰	石灰石		CaO/SiO ₂	FeO(%)	转鼓指数 (%)
1956	—	51	179	0.965	1.04	19.71	20.83
1957	1	42	203	1.410	1.02	16.97	—
1958	13	53	203	1.646	1.18	17.91	—
1959	39	36	155	1.780	1.10	19.13	22.22
1960	61	34	142	1.883	1.15	18.19	22.43
1961	65	13	156	1.646	1.20	15.63	22.41
1962	59	17	160	1.518	1.18	17.01	21.35
1963	49	19	165	1.550	1.18	17.73	21.22
1964	50	3	170	1.530	1.17	17.17	20.82

二烧的含铁原料以精矿为主。除1956、1957、1958年外，其它时间的精矿用量均占含铁原料的80~90%，甚至90%以上。二烧的生产实践证明，在烧结细磨精矿时，配合料中添加生石灰可以显著地提高烧结机产量。但是由于生石灰供应不足，1963年以后，二烧只能使用生石灰40~50公斤/吨烧结矿。

二

1963年鞍钢烧结总厂烧结生产中的原料条件比较稳定，生石灰和消石灰的供应比较充裕。为了系统地比较不同配比的生石灰和消石灰对烧结矿产、质量和成本的影响，找出合理的经济技术指标，为烧结生产和设计提供比较全面的资料，在鞍山矿山院的协作下，从1963年5月9日至6月19日，在二烧车间连续进行了四十天的工业试验。

1. 生石灰不同配比试验

(1) 原料条件

试验期间所用原料、燃料的物理化学特性见表1-3~1-6。

表 1-3 铁精矿筛分分析 (%)

粒 度 (网目)	>120	120~140	140~160	160~200	<200
大孤山磁选	0.8	2.1	24.2	21.7	51.2
弓长岭磁选	1.1	2.58	45.32	8.7	42.3
大孤山浮选	2.0	2.6	23.4	10.6	61.4
华铜精矿	20.8	14.8	20.6	13.0	30.8

(2) 配料比

试验期间烧结混合料的配比见表1-7。

(3) 试验结果

混合料中生石灰、石灰石不同对比对烧结矿产、质量的影响见表1-8和表1-9。从表中可以看出，完全用石灰石作为熔剂时，

烧结机台时产量为89.96吨。但加入2.87%的生石灰后，台时产量上升到114.7吨，增产27.5%。

表 1-4 熔剂、燃料物理性质

项 目	水 分 (%)	堆比重 (吨/米 ³)	粒 度 组 成 (%)			
			0~1毫米	1~3毫米	3~5毫米	> 5毫米
石 灰 石 粉	4.1	1.44	44.5	43.5	12.0	—
生 石 灰	—	1.41	46.5	31.0	13.2	9.3
消 石 灰	22.1	0.65	77.5	10.0	7.5	5.0
菱 镁 石	4.0	1.44	60.1	32.0	7.9	—
阳 泉 煤	8.5	0.72	53.0	40.5	5.0	1.5

表 1-5 原料化学成分 (%)

成分	TFe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	烧损	S	P	Mn
大孤山磁选	60.94	25.15	59.20	13.52	0.44	0.66	0.43	1.19	0.037	0.022	0.05
弓长岭磁选	61.42	25.40	59.61	13.17	0.28	0.44	0.23	0.81	0.045	0.020	0.05
大孤山浮选	56.96	16.95	62.61	17.67	0.54	0.54	0.61	1.48	0.054	0.041	0.07
华铜矿精矿	58.63	29.10	51.50	6.25	1.23	5.20	1.49	4.39	2.63	0.023	0.04
瓦斯灰	40.48	13.00	43.44	15.11	9.98	1.65	1.72	14.44	0.25	0.037	0.11
石灰石				2.34	51.31	0.65	3.26	41.30	0.02	0.013	0.02
生石灰				2.75	68.41	1.09	1.25	26.4*	0.075	0.012	0.02
消石灰				2.92	50.04	3.71	3.48	31.8	0.054	0.016	0.02
菱镁石				1.45	4.31	41.89	2.55	48.8	0.015	0.021	0.06

* 化验前有风化现象。

随着生石灰用量增加，烧结机产量上升。生石灰配比达4.77%时，台时产量最高，达到121.7吨，再继续增加生石灰，产量不再上升，反而稍有降低。和生石灰配比为2.87%相比，每多加1%生石灰，台时产量提高3.22%。

2. 消石灰不同配比试验

原料条件见表1-3至表1-6，配料比见表1-10。

表 1-6 燃料成分 (%)

成 分	硫	水 分	灰 分	挥 发 分	固 定 碳
阳 泉 煤	0.65	6.7	15.9	8.25	75.1

表 1-7 烧结混合料配料比 (%)

编号	大孤山 磁 选	弓长岭 磁 选	大孤山 浮 选	华铜精矿	瓦斯灰	生石灰	石灰石	菱镁石	阳泉煤
1	42.73	—	12.65	7.11	6.11	—	21.51	3.11	6.78
2	22.43	18.02	16.41	7.37	6.62	2.87	16.33	3.39	6.56
3	23.87	18.83	14.76	6.6	6.6	3.77	15.67	3.3	6.6
4	28.14	16.71	13.87	6.15	6.24	4.77	14.06	3.21	6.85
5	14.27	27.25	15.77	7.65	6.69	5.74	12.91	3.03	6.69
6	9.95	27.41	24.10	7.13	2.6	6.6	11.75	3.18	7.28
7	—	43.17	15.99	6.83	7.73	8.79	8.19	3.02	6.98
8	—	45.94	15.19	7.08	7.58	14.45	—	3.03	6.73

表 1-8 生石灰对比对生产过程的影响

配 比	生 石 灰	—	2.89	3.77	4.77	5.74	6.60	8.79	14.45
(%)	石 灰 石	21.51	16.33	15.67	14.06	12.91	11.75	8.19	—
混合料	水 分 (%)	8.98	8.73	8.82	8.92	8.90	8.73	9.02	9.35
	< 2 毫米 (%)	29.86	27.17	28.80	23.26	27.49	29.07	20.68	14.75
	温 度 (℃)	51.04	59.07	58.34	59.14	59.67	60.55	59.36	65.00
	固 定 碳 (%)	4.30	3.80	3.93	3.88	4.03	3.67	3.82	3.89
烧结料层 (毫米)		208	233	236	238	234	234	232	238
负压 (毫米水柱)		858	859	875	822	848	849	820	787
台时产量 (吨)		89.96	114.7	118.9	121.7	119.5	119.2	120.7	119.5
利用系数 (吨/米 ² ·时)		1.20	1.53	1.58	1.62	1.60	1.59	1.61	1.60

从表1-11、1-12可以看出，当消石灰配料比为2.71%时，台时产量为113.1吨。和单用石灰石作熔剂时相比，烧结机台时产

量提高25.1%。当消石灰用量达4.55%时，产量最高，台时产量为119.7吨。在配比为2.71~4.55%之间，每多用1%的消石灰，台时产量提高3.4%。与使用等量生石灰相比，使用消石灰时产量稍低。

表 1-9 烧结矿质量指标 (%)

编号	TFe	FeO	CaO	SiO ₂	CaO/ SiO ₂	S	MgO	转鼓指数	脱硫率	耗电 (度/吨)
1	48.99	18.74	15.62	12.92	1.21	0.070	2.50	20.13	72.5	24.08
2	49.05	17.74	15.49	12.84	1.20	0.072	2.42	20.51	65.4	18.51
3	49.23	17.65	15.44	12.82	1.22	0.081	2.46	20.77	70.6	18.44
4	48.97	18.32	15.56	13.00	1.20	0.078	2.33	21.94*	66.0	19.99
5	48.47	18.71	15.57	12.64	1.23	0.080	2.50	20.99	70.8	17.67
6	49.17	18.06	15.05	12.58	1.20	0.075	2.61	20.36	69.0	18.62
7	48.96	17.42	15.21	12.82	1.19	0.087	2.49	20.65	69.7	18.86
8	49.11	18.58	15.83	12.53	1.25	0.079	2.67	20.35	72.0	18.80

* 由于烧结机开停频繁，取样量少，影响指标。

表 1-10 烧结混合料配料比 (%)

编 号	大孤山 磁 选	弓长岭 磁 选	大孤山 浮 选	华铜精矿	瓦斯灰	消石灰	石灰石	菱镁石	阳泉煤
9	37.35	6.03	11.91	6.34	6.5	2.71	19.63	2.72	6.81
10	4.23	36.87	14.63	6.9	5.66	4.55	17.27	3.08	6.81
11	39.5	—	14.8	6.91	6.31	6.31	16.71	2.7	6.76
12	—	41.67	14.15	6.34	5.77	8.2	14.45	2.95	6.47
13	—	42.5	12.47	6.33	6.37	9.94	12.8	2.94	6.65
14	—	42.17	11.67	6.29	7.19	11.67	11.6	2.8	6.6
15	—	39.13	19.04	6.35	3.4	6.35	15.47	3.16	7.1

当消石灰用量超过4.55%以后，产量逐渐下降。

3. 关于使用生石灰、消石灰试验结果的分析

(1) 关于提高产量

混合料中添加的生石灰，在加水消化过程中，放出热量，从而提高了混合料温度。二烧在利用热返矿预热混合料的条件下，单用石灰石作熔剂，二次混合后料温平均为51.04°C。当添加生

石灰到2.87%时，料温上升到59.07℃。平均每增加1%的生石灰，料温提高2.7℃。生石灰由2.87%增至8.79%时，料温升高不多。这是因为烧结料中添加生石灰过多时，烧结矿强度有变坏的趋势，为了保持一定的强度，操作人员加大了返矿的加水量和一次混合的水量，因而降低了返矿和生石灰的预热效果。

表 1-11 消石灰对比对生产过程的影响

配 比 (%)	消石灰	—	2.74	4.55	6.31	8.20	9.94	11.67
	石灰石	21.51	19.63	17.27	16.71	14.45	12.80	11.60
烧 结 料	水分 (%)	8.98	8.96	8.36	9.0	9.0	9.20	9.20
	< 2 毫米 (%)	29.86	24.30	26.6	27.7	25.3	30.0	28.9
	温度 (℃)	51.04	54.5	53.7	58.6	52.5	52.4	57.1
	固定碳 (%)	4.30	4.23	3.80	4.01	4.03	3.89	4.18
烧结料层 (毫米)		208	238	231	242	237	234	235
负压 (毫米水柱)		858	868	858	815	847	815	826
台时产量 (吨)		89.96	113.1	119.7	117.2	116.1	114.7	113.7
利用系数 (吨/米 ² ·时)		1.20	1.51	1.59	1.56	1.55	1.53	1.52

表 1-12 烧结矿质量指标 (%)

编号	TFe	FeO	CaO	SiO ₂	CaO/ SiO ₂	S	MgO	转鼓指数	脱硫率	耗 电 (度/吨)
9	48.84	17.79	15.19	12.80	1.19	0.075	2.59	21.08	73.0	21.5
10	48.95	17.55	15.48	12.86	1.21	0.073	2.38	20.78	73.4	19.0
11	49.17	17.59	15.09	12.59	1.20	0.061	2.54	20.4		21.13
12	48.12	18.09	15.39	12.92	1.20	0.074	2.66	21.71	72.6	19.5
13	48.97	18.27	14.98	12.72	1.18	0.071	2.52	21.19	72.5	19.38
14	48.99	17.12	15.14	12.73	1.19	0.075	2.56	21.2	76.5	19.4
15	49.13	17.63	15.31	12.67	1.21	0.076	2.48	21.07	73.5	18.7

由于消石灰在混合料中没有放热反应，故料温比使用生石灰时低5~8℃。这也是二烧使用消石灰时产量不如使用生石灰时高的原因。

混合料中添加的生石灰遇水消化成消石灰，和往混合料中添加消石灰一样粘结性很强，在混合造球过程中，能大大提高烧结料的成球效果，从而改善了透气性。在二烧的条件下，生石灰配比为3~5%，消石灰配比为4~6%时，效果最好，见图1-1、1-2。

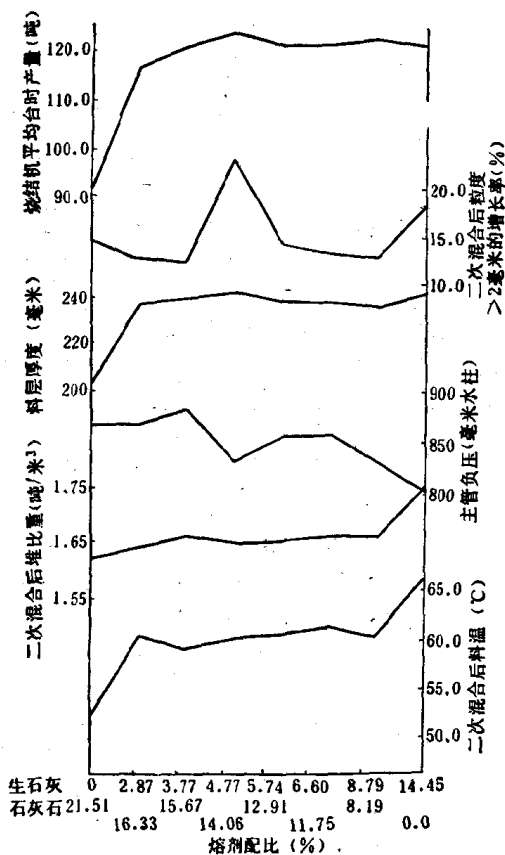


图 1-1 生石灰对烧结过程的影响

当生石灰超过5%，消石灰超过6%时，效果不显著。这是由于水分难控制，烧结速度过快，烧结矿强度变坏，返矿增加，以及混合料堆比重下降（图1-2），操作条件恶化等原因所致。

生石灰加水生成的消石灰或直接加入的消石灰胶结性强，比表面大，在吸附大量水分的情况下仍能保持一定的透气性。在试

验中当生石灰由6.6%继续增加,料层加厚时,主管负压仍有所下降,说明料层透气性不断改善。

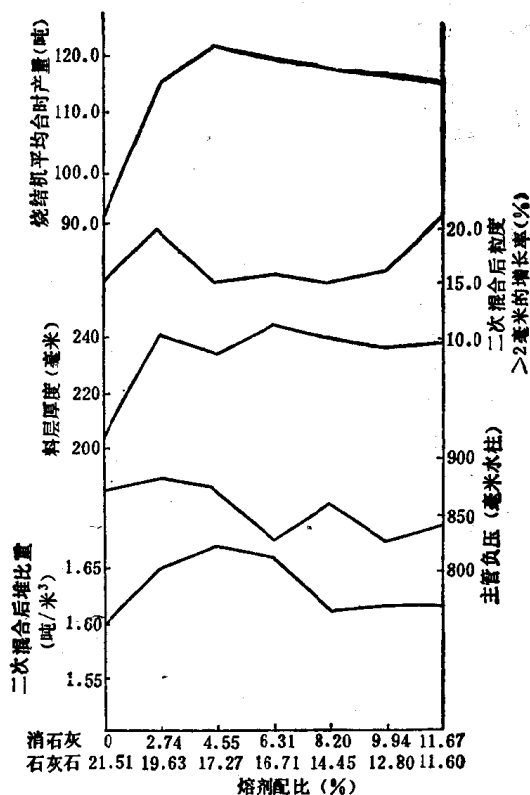


图 1-2 消石灰对烧结过程的影响

(2) 关于烧结矿质量

由于对烧结矿质量的要求,在整个试验期间,烧结矿成分和转鼓指数都必须控制在规定的范围内。因此,操作人员须尽力调整操作,以减少熔剂品种不同和配比变化对成品质量的影响。

在消石灰配比超过7%以后,转鼓指数明显变坏,即使提高混合料的固定碳也难以改善。这是由于堆比重降低,料层疏松,烧结速度过快所致(见图1-3)。增加生石灰用量比单用石灰石作熔剂时的转鼓指数稍有提高。但当生石灰用量过多时,在操作上

应适当调整水、碳含量，适当压料并严格控制烧结终点，这样转鼓指数仍能控制在一定范围（见图1-4）。另外，试验中也观察到生石灰用量超过4.77%时，烧结时液相增多，易结块，烧结矿块堵塞固定筛缝；超过8.79%时，装车后粉末较多。

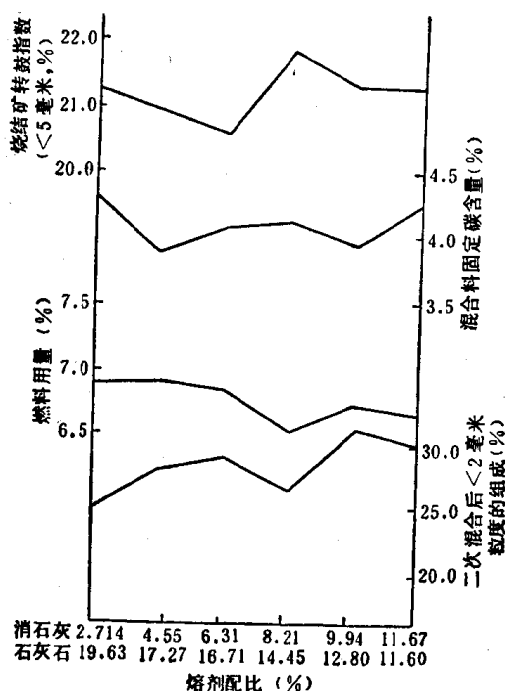


图 1-3 消石灰对烧结矿质量的影响

如图1-4所示，在二烧试验期间，含铁原料以细磨铁精矿为主，生产碱度1.2的烧结矿，单用石灰石作熔剂时，脱硫率最高，可达73.2%。添加生石灰后，脱硫率降低。当生石灰配比为2.87~6.6%时，脱硫率随混合料含硫的高低，呈现正比变化的关系。当混合料含硫0.2~0.25%时，脱硫率为67~72%。但当生石灰超过6.6%以后，混合料含硫升高，脱硫率下降。

关于成本计算的单价，按鞍钢现行规定，消石灰每吨15元，生石灰每吨21元，石灰石每吨5元，阳泉煤每吨25元，电每度

0.043元。加工费以二烧1963年二季度实际平均数3.54元/吨为基础，然后按二季度平均台时产量119.6吨和试验期的台时产量成反比换算。

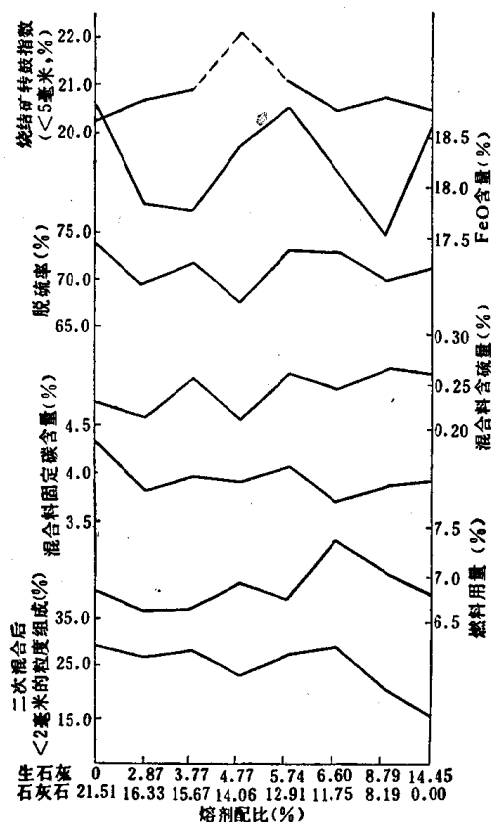


图 1-4 生石灰对烧结矿质量的影响

如图1-5所示，混合料中加入2.87~3.77%的生石灰成本最低。过多地使用生石灰和单用石灰石作熔剂都不能降低成本。

原料费以全部使用石灰石时为最低，随着生石灰加入量与石灰或消石灰的增加，费用上升。而加工费和电费同产量成反比。当全部使用石灰石时，产量低，而加工费和电费就高，总成本也高。