

包钢烧結矿质量研究报告汇编

包头钢铁公司

北京钢铁学院

北京钢铁学院资料室印

一九七六年三月

参加本试验的单位

包头钢铁公司

烧结厂

中央试验室

科技处

包头钢铁学校

北京钢铁学院

地质教研组

炼铁专业

1976.1

1. 前 言

包钢烧结矿的质量问题是许多同志所关心的，烧结机自投产以来，产量从未达到设计能力，台时产量原设计为70.92吨，实际生产在45-60吨之间波动。产量低，质量也差。1966年开工初期，当时精矿粉含氟低，又配加部分庞家堡矿粉，强度尚可，随着精矿中含氟增加，庞矿供应中断，加上操作的因素，烧结矿的转鼓及落下强度日益下降。烧结矿粉末多，转鼓指数年平均达26~27%高炉沟下筛分 $<10\text{MM}$ 在50%以上，从而造成高炉炉尘吹出量增加，焦比升高。高炉使用烧结矿一般在 $\frac{1}{3}-\frac{1}{2}$ ，每进一步增加烧结矿使用量就给高炉带来新的困难，对炼铁生产十分不利，因此包钢烧结生产就成了包钢生产进一步搞上去的一个关键问题。

近年来，包钢党委及广大职工响应毛主席“开发矿业”的伟大号召，狠抓原料工作，在中央关于“包钢问题座谈会”的精神鼓舞下，大家决心把包钢搞上去。在包钢党委领导下，由科技处组织烧结厂、中央试验室、包头钢校及北京钢院成立联合试验小组，研究烧结矿质量问题，重点集中在烧结矿强度上。通过近两年的试验研究，初步搞清烧结矿质量差的原因，提出了改进烧结矿质量的途径，为今后提高烧结矿质量提供了一些可供选择的办法。

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

目 录

包钢烧结矿质量研究.....	1
一、包头精矿粉烧结的特点.....	1
二、包钢烧结矿强度差的原因分析.....	9
三、提高烧结矿强度的试验研究.....	15
四、结论.....	23
包钢烧结矿岩矿相分析、矿物组成及机械性能测定.....	28
一、引言.....	28
二、包钢烧结矿的岩矿相分析.....	28
三、烧结矿中胶结相矿物的合成及其机械性能的测定.....	39
包钢烧结矿液相粘度及表面张力的测定.....	47
一、引言.....	47
二、样品准备.....	47
三、测定原理及方法.....	47
四、测定结果的分析与讨论.....	50
附：数理统计计算.....	52

包钢烧结矿质量研究

一、包头精矿粉烧结的特点

包头精矿烧结属于低硅含氟矿粉的特殊烧结。精矿 SiO_2 一般在4—5%，F 在2—3%，烧结各项指标年平均值见表-1。

表-1 包钢烧结生产主要指标

项 目	年									
	66	67	68	69	70	71	72	73	74 (9-12)	75 (1-6)
TFe	49.76	46.78	46.39	47.23	48.45	51.31	51.19	51.15	48.8	47.34
F	1.18	1.62	1.61	1.96	1.59	2.05	2.15	2.42	3.26	3.32
SiO_2	10.55	11.89 (1-8)	11.36 (6-9)	—	—	—	7.97	8.10	8.42	10.05
FeO	15.76	17.56	15.68	16.7	15.93	18.07	19.5	24.89	23.89	34.54
转鼓	23.23	22.24	23.75	23.2	24.10	25.7	26.12	24.52	30.3	23.84
台时产量, 吨	46.68	43.14	53.58	40.86	48.06	58.8	44.42	28.3	49	48.53
利用系数吨/米 ² ·时	0.622	0.575	0.728	0.545	0.64	0.78	0.58	0.38	0.65	0.645

1966年开工初期，包头精矿含 F 1.28%， SiO_2 8.68%，生产配料中配加部分庞家堡矿粉，烧结矿含 F 1.18%， SiO_2 10.55%，烧结矿的粒度筛分组成见表 2，与外地烧结矿相比较，转鼓指数及 $<5\text{mm}\%$ 都不算差，其差别在于 $5\sim 10\text{mm}\%$ 高一些， $<10\text{mm}$ 达40%左右。几年来，庞矿供应中断，生产中只好使用含氟高 (F=8.1%) 的白云矿粉，使烧结矿含氟量上升。74年九月开工以来，虽然使用了庞矿，但精矿含氟又逐渐增加，最高达4.42%，也致使烧结矿含氟量上升，再加以操作上的因素，烧结矿的转鼓指标上升到26~27%，个别月平均达30%，高炉沟下筛分 $<10\text{mm}$ 达50~60%。

表 2 包钢烧结生产的粒度筛分组成 (66年11月)

取 样 地 质	$>40\text{mm}$	40-25	25-10	10-5	<5	转度	$<10\text{mm}$
冷却盘出口	28.2	8.8	24.3	26.3	12.4		38.7
二次筛分后成品皮带	31.8	14.6	33.7	15.6	4.3	20.9	19.9
高炉沟下筛分	6.31	12.36	42.8	28.03	10.52		38.55

表 3 是1975年7月包钢烧结厂实测数据[1]，此时包头精矿中含 F 2% 左右，又配加了10-15%的庞矿，其粒度筛分组成在环冷机出口皮带上与1966年大致相同。由于操作因素及二次筛改为固定条筛又常被堵住，所以转鼓指标及高炉沟下筛分组成变坏。

为了研究包头烧结的特殊性，我们把包钢和其他烧结厂的生产混合料进行试验室试验，发现有以下特点：

表3

包钢烧结生产成品粒度筛分组成 (75年7月)

取样地点	>40	40-25	25-10	10-5	<5	转鼓	<10
环冷机出口皮带	19.9	7.95	35.7	23.5	12.95		36.45
二次筛分后成品皮带	10.23	8.44	38.25	25.52	17.06	24.4	43.08
高炉沟下皮带	6.3	5.5	28.6	32.6	27		59.60

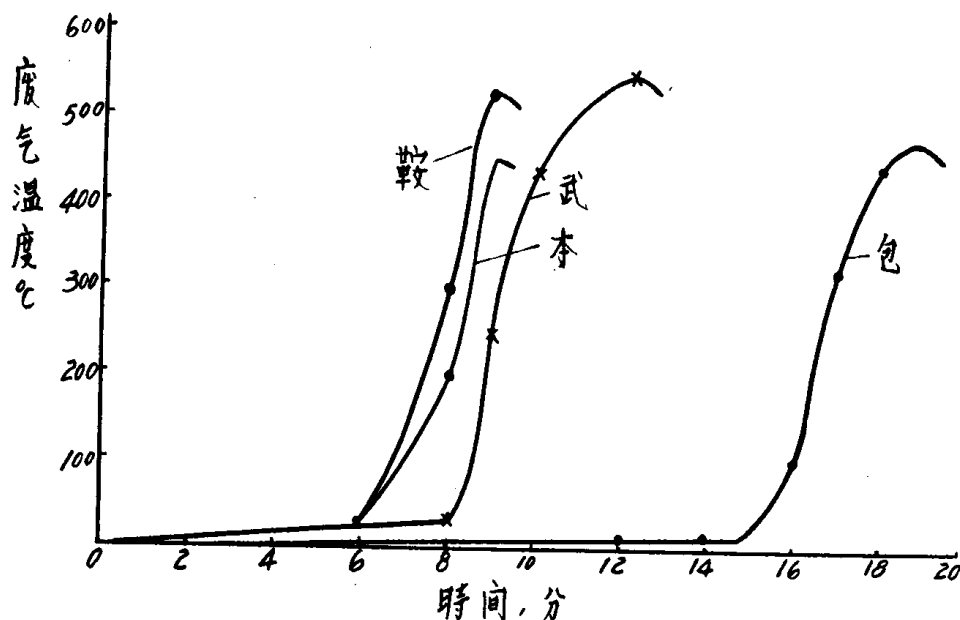


图1 包头与外地精矿烧结时间的比较

1. 包头精矿烧结, 其烧结时间长 (见图1), 垂直烧结速度低, 透气性差, 配炭高, 台时产量低。
2. 烧结成品率低, 落下及转鼓强度差。
3. 烧结矿的还原性差。

从图2可以看到包头精矿粉烧结其还原性比其他各地均差。例如以粒度为3-5 mm的样品在CO气体下30分钟后其还原只有19.25%, 而首钢烧结矿已达47.5%见附表一。

4. 宏观显微结构及矿物组成的特点。

包钢烧结矿的宏观结构特点是多孔薄壁, 微观上磁铁矿晶体发育不完全, 多为半自形或其他形晶, 密集分布于胶结相中, 形成不均匀的粒状结构。磁铁矿晶粒较大, 一般在0.041 mm, 最大可达0.246 mm, 晶粒间及晶面上有较多的微孔, 因而有较多的次生赤铁矿 (照片1-2) 和铁酸半钙 (照片1-4)。

包钢烧结矿的矿组成主要含铁矿物为磁铁矿 (Fe_3O_4) 赤铁矿 (Fe_2O_3) 及富氏体 (Fe_xO) 胶结相主要为抢晶石 ($3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{CaF}_2$) 玻璃质及少量铁酸一钙 ($\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), 铁酸半钙 ($\text{CaO} \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3$), 萤石 (CaF_2), 另外还有少量的钙铁橄榄石 ($\text{CaO} \cdot \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$) 铁橄榄石 ($2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$) 钙硅石 ($\text{Re}_{0.356} \cdot \text{Ca}_{0.299} \cdot \text{Si}_{1.565}$) (照片1-5)。

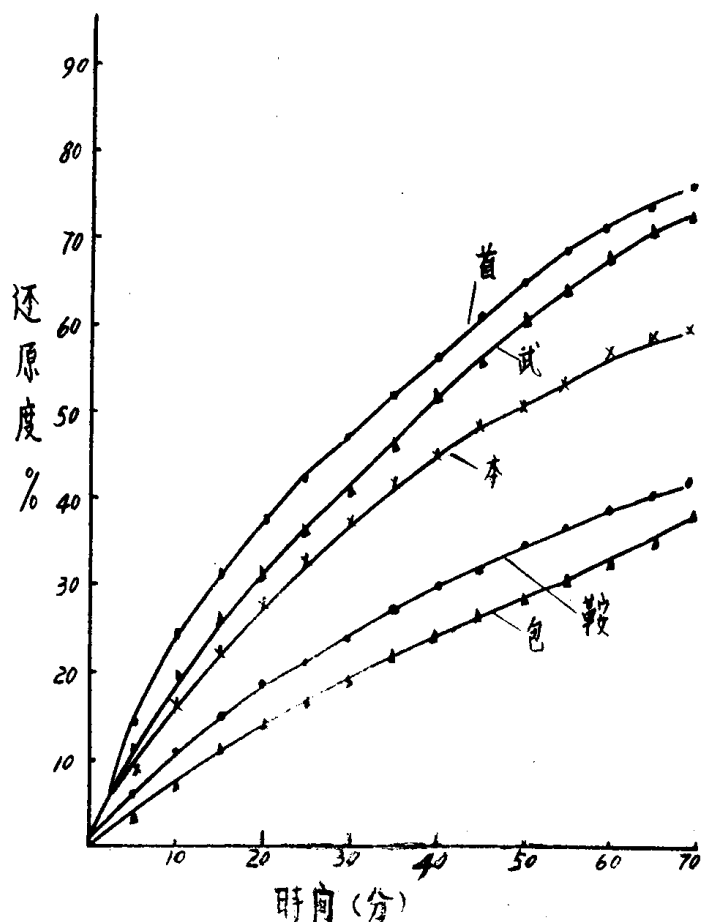


图-2 包钢烧结矿与其他外地烧结矿还原性能的比较

包钢烧结矿与外地烧结矿的矿物组成区别:

1. 包钢烧结矿中胶结相主要为枪晶石和玻璃质, 胶结相总量为20~25%左右, 而外地胶结相中主要为钙铁橄榄石 ($\text{Ca}_x\text{Fe}_{2-x}\text{SiO}_2$, $x = 0.25 - 1.5$) 胶结相总量约 30~35% 以上。
2. 包钢烧结矿胶结相中除枪晶石外, 尚有少量的萤石铁酸半钙和稀土矿物——铈钙硅石, 上述矿物在外地烧结矿均未发现。
3. 包钢烧结矿中极少发现 $\beta\text{-}2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 游离 CaO 及钙铁橄榄石矿物。

二、包钢烧结矿强度差的原因分析

从前面所列数据表明包钢烧结矿质量问题主要表现为烧结矿强度差, 粒度筛分组成不好, 小颗粒多。从烧结矿的宏观结构, 化学成分, 矿物组成来分析, 包钢烧结矿的强度与包头精矿粉的低硅, 高氟有密切联系, 为此我们对包头精矿粉的特性, 硅、氟对烧结矿强度的影响以及胶结相中枪晶石的特性进行了试验研究。

(一) 包头精矿粉的特点

包头精矿粉由包头白云鄂博铁矿经过破碎, 磁-浮或磁-浮-强磁联合选矿后获得的产品。

从化学成分来看，包头精矿粉的特点是氧化硅低，一般在4~5%有时6~8%个别到10%，氧化钙高一般3.4%个别接近自熔，磷高一般在0.13%左右，並含有螢石，一般含F 1.5~2.0%。今年开始矿山调整期间使用中贫矿及边矿入选，精矿含氟上升，高达5%SiO₂含量达6~8%。此外还含有2%的稀土氧化物。

包头精矿包含铁矿物粒度细因而磨矿粒度也细（<200目占86.15%）。表4系试验用的包头精矿並列出其他产地的精矿化学成分以比较。

表4

产地	TFe	FeO	SiO ₂	CaO	S	P	F	R _x O _y	<200目
包头精矿	58.71	20.08	4.92	3.4	0.38	0.13	1.7	1.35	86.15
弓长岭	61.99	24.43	11.80	0.2	0.0283	—	—	—	77.58
大孤山	57.80	21.61	16.68	0.65	0.043	—	—	—	—
南芬	61.71	26.32	12.46	0.80	0.043	—	—	—	77.39
迁安 *	59.83	22.05	12.10	2.25	0.192	—	—	—	59.04
武钢 * (原生)	64.65	27.66	3.44	1.10	1.03	—	—	—	64.99

注：目前首钢使用的迁安精矿品位在62%左右，武钢使用精矿是原生与氧化矿混合，故品位比此数低。

镜下鑑定查明：包头精矿主要金属矿物为磁铁矿、赤铁矿、半假象赤铁矿、褐铁矿等。脉石有霓石 (NaFeSi₂O₆)，钠闪石 [Na₂Fe₂Fe₃(S₄O₁₁)₂(OH)₂]、螢石、云母、独居石 (Ce、La、Pr)PO₄、氟炭鈰矿 (Ce、La、Pr)PCO₃，白云石、方解石、重晶石、磷灰石Ca₅(PO₄)₃(F、Cl、OH)、等。

包头精矿与其他地区精矿的区别：(1)精矿中含SiO₂低，大都以硅酸盐矿物——霓石，钠闪石的形式存在，SiO₂一般含量4~5%，有时6~8%，而外地精矿粉SiO₂一般9~12%（武钢原生精矿例外）而且极大部分为独立式石英。(2)矿石中含有少量的螢石及稀土矿物，(3)熔化性能上，开始熔化温度低，最始终熔化温度高，熔化区间宽（见表5）。

表5 各地精矿粉熔化温度及区间

产地	开始熔化温度	大部分熔化时温度	最终熔化温度	熔化区间
包头精矿	1390	1500	1550	160
武钢	1460	1560	1575	115
迁安	1435	1480	1550	115
南芬	1455	1490	1510	55
弓长岭	1470	1480	1490	20
大孤山	1460	1470	1495	35
包头铁矿	1240	1280	1490	250

(二) 硅及氟对烧结矿强度的影响

为了弄清硅、氟对包头烧结矿强度的影响，我们对于不同含氟的包头精矿粉进行配加SiO₂的烧结试验。並用低硅武钢精矿及高硅本溪鞍山混合精矿进行对比试验。

试验在包钢中央试验室烧结杯中进行，杯高 350mm， $\phi 200\text{mm}$ ，料层高度 230mm，装料 15 公斤，杯温控制在 60~70℃，点火用焦粉，刨花，温度约 1230℃，真空度为 1100mm 造球时间 3 分钟，混合料水分控制在 8.5~9.0%

烧结矿的强度是用落下及转鼓指数表示，落下指数是使用两杯烧结饼，自 1.5M 高落下两次，然后进行筛分（>40mm，40~25mm，25~10mm，<10mm）>10mm% 作为成品指数，转鼓是取 >10mm 成品烧结矿 10 公斤在 $\phi 1000\text{mm}$ ，宽为 325mm，转鼓内，以每分钟 25 转，旋转 4 分钟，经筛分以后 <5mm% 作为转鼓指数。

试验用的原燃料的化学成分见表 6，各系列的烧结指标见附表三。

表 6 试验用的原燃料化学成分

名称	TFe	FeO	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	S	P	R _x O _y	F	Ig	C
包头精矿												
№1	58.26	15.1	4.10	5.56	1.15	0.818	0.396	0.196	2.00	2.10	2.24	
№2	58.71	20.83	4.08	3.60	—	—	—	—		1.90		
№3	66.81	18.23	2.05	1.14	—	—	—	—		1.30		
包头矿粉	41.47	—	14.0	7.20	1.08	1.12	0.797	0.669	3.8	8.10		
武钢精矿	61.85	27.01	1.4	5.40	—	—	0.866	0.031	—	—		
本溪鞍山混合精矿	62.97	23.60	0.45	11.48	—	—	—	—	—	—		
瓦斯灰	19.97	12.89	8.20	7.87	1.8	3.35	0.917	0.182	—	2.25	28.6	
灰石			48.5	3.44		0.44						
螢石				14.75		2.43				40.98		
硅石				96.35		—						
焦粉	(灰分 19.16)		6.1	49.5								78.56

1. 硅对包钢烧结矿强度的影响

我们对包钢精矿（№1、2、3）配加一定量的硅石粉其烧结矿中含 SiO₂ 量达到 6、8、10、12%，试验时混合料配炭量为 5.5% 及 4.8%，烧结各项指标见附表三、烧结矿含 SiO₂ 量与转鼓指数及落下指数的相互关系见图 3 及图 4 中。从图可知：

(i) 不论烧结矿含 F 的高低，配炭的高低，烧结矿中含 SiO₂ 的增加带来烧结矿转鼓强度的明显改善。在配炭 5.5% 条件下，烧结矿中，

F = 1.08—1.13% 时，SiO₂ 在 8% 以下时，增加烧结矿中的 SiO₂，转鼓有改善，但 SiO₂ > 8% 时，继续增加 SiO₂ 转鼓指数变化不大。

F = 1.98—2.1% 时，SiO₂ 在 9% 以下时，增加烧结矿中的 SiO₂，转鼓指数有改善，但 SiO₂ > 9% 时，继续增加 SiO₂，转鼓指数变化不大。

F = 2.73—2.90% 时，增加含 SiO₂，转鼓指数有明显的改善，要维持转鼓指数在 20% 左右（指试验室转鼓，生产实际转鼓要偏高些）。必须使烧结矿含 SiO₂ 达到 12% 左右。

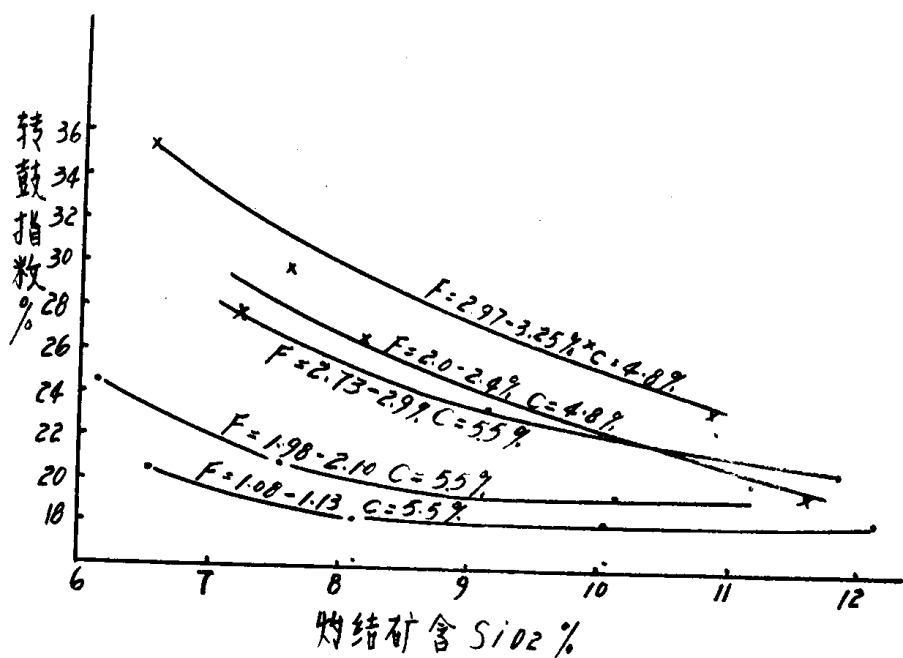


图3 包钢烧结矿含 SiO_2 与转鼓强度的关系

配炭在4.8%条件下，增加 SiO_2 对于转鼓指数的改善更加明显。

以上试验表明，在配炭较高烧结条件下（C 5.5% FeO 30%）在保证转鼓指标在 20% 以下，烧结矿中 F 及 SiO_2 有以下关系：

烧结矿中含 $F = 1.08 - 1.13\%$ 时，烧结矿含 $\text{SiO}_2 \geq 8\%$

烧结矿中含 $F = 1.98 - 2.1\%$ 时，烧结矿含 $\text{SiO}_2 \geq 9\%$

烧结矿中含 $F = 2.73 - 2.90\%$ 时，烧结矿含 $\text{SiO}_2 \geq 12\%$

在低炭烧结条件下（C 4.8%，FeO 24%）

烧结矿中含 $F = 2.0 - 2.4\%$ ，烧结矿含 $\text{SiO}_2 \geq 12\%$

$F = 2.97 - 3.25\%$ ，烧结矿含 $\text{SiO}_2 \geq 13\%$

(ii) 随着烧结矿中含 SiO_2 的增加，落下筛分组成中 +10mm % 有显著的增加。

在配炭较高的烧结条件下（C = 5.5%，FeO $\approx$ 30%）烧结矿中含 $F = 1.08 \sim 2.10\%$ 时，尽管烧结矿中 SiO_2 达到 8~9%，继续增加 SiO_2 ，转鼓指数虽然变化不大而落下指数 +10mm 却继续增加，因此为了获得较好的落下指数，应使 $\text{SiO}_2 \geq 12\%$ 。含 $F = 2.73 - 2.90\%$ 时，增加 SiO_2 量对于提高落下指数作用更加明显。在低炭烧结的条件下，增加含 SiO_2 量对于提高落下指数也是十分明显的。

2. 氟对包钢烧结矿强度的影响

图 5 及图 6 是根据上述同一试验数据，以烧结矿含 F 为横坐标整理而成，从图中明显看出 F 对包钢烧结矿转鼓及落下指数的影响。

(i) 图 5 看出，在烧结矿同样含 SiO_2 条件下，当烧结矿中含 F 量增加，烧结矿的转鼓指数显著变坏。在配炭较高的条件下，当烧结矿中含 SiO_2 增加到 11~12% 时，F 的影响减轻。在低配炭烧结的条件下，即使 SiO_2 在 12% 左右，F 的增加对于转鼓指数的影响仍然是显著的。

(ii) 图 6 表明，在配炭较高的烧结条件下，含 $F = 2.1\%$ 以下的烧结矿，F 对于落下指

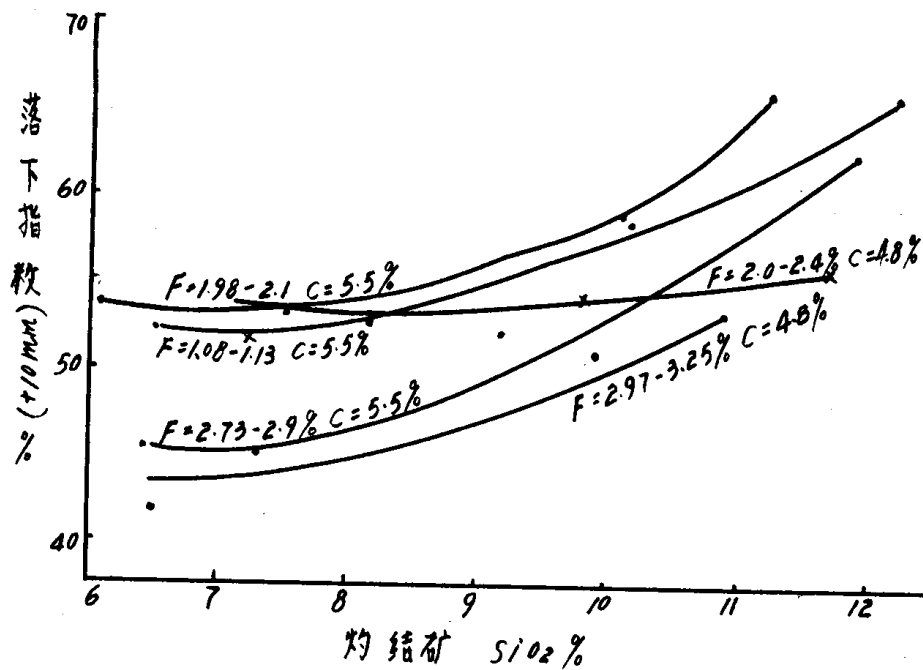


图4 包钢烧结矿含 SiO_2 与落下强度的关系

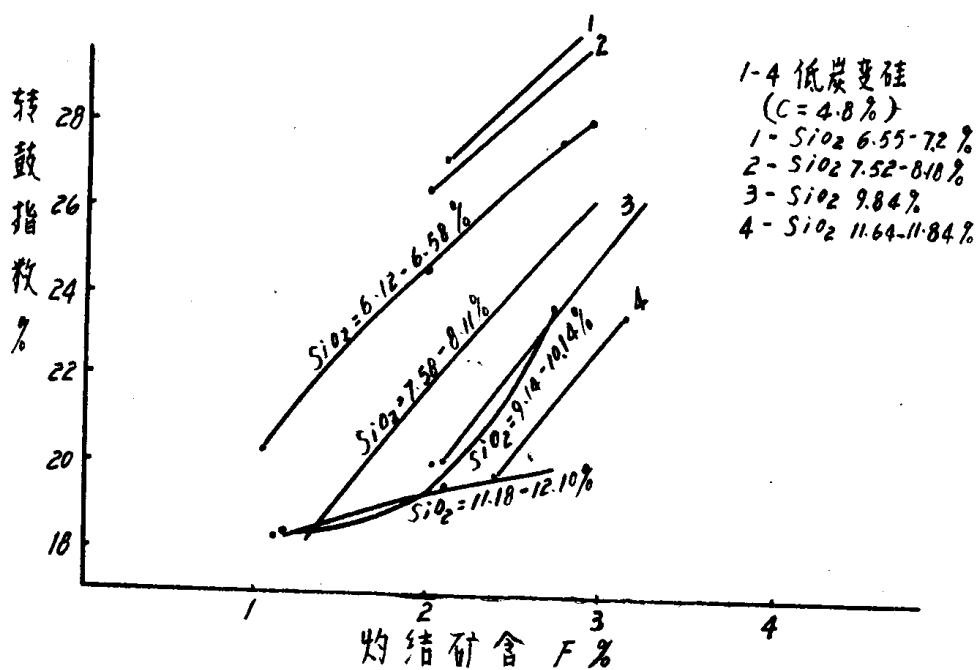


图5 包钢烧结矿含F%与转鼓强度的关系

数影响不明显,当 $F > 2.1\%$ 时,增加含F对于落下指数的影响是十分显著的。烧结矿含 SiO_2 越低,影响就越明显(见图6, $\text{SiO}_2 = 6 \sim 8\%$ 的曲线)。在低配炭的烧结条件下,随着含F的增加,落下指数都是明显的下降。

从以上试验可知, SiO_2 对于包钢烧结矿强度能起好作用,F对于烧结矿强度则起坏作用。对于低硅高氟的烧结矿两者究竟谁的影响大,需要进一步研究。

3. 硅、氟对于低硅及高硅精矿粉烧结矿强度的影响。

为了进一步观察硅、氟对于烧结矿强度的影响,我们采用不含氟的武钢原生精矿(低硅)配加硅石粉试验,同时改变配炭。此外又在武钢原生精矿及本溪鞍山混合精矿(高硅)配加萤石粉的烧结试验。试验数据整理于附表三,其结果分述如下:

(i) 从表7看到武钢原生精矿在固定炭5.5%的烧结条件下可以得较好的转鼓指数18.6%),随着配炭量下降,转鼓指数变坏。从岩相观察表明在配炭5.5%条件下,发现烧结矿中 Fe_3O_4 有连晶现象,即形成 Fe_3O_4 的固结,此时烧结矿中FeO达到25~30%,这可能是武钢低硅原生精矿高炭烧结时转鼓变好的原因。

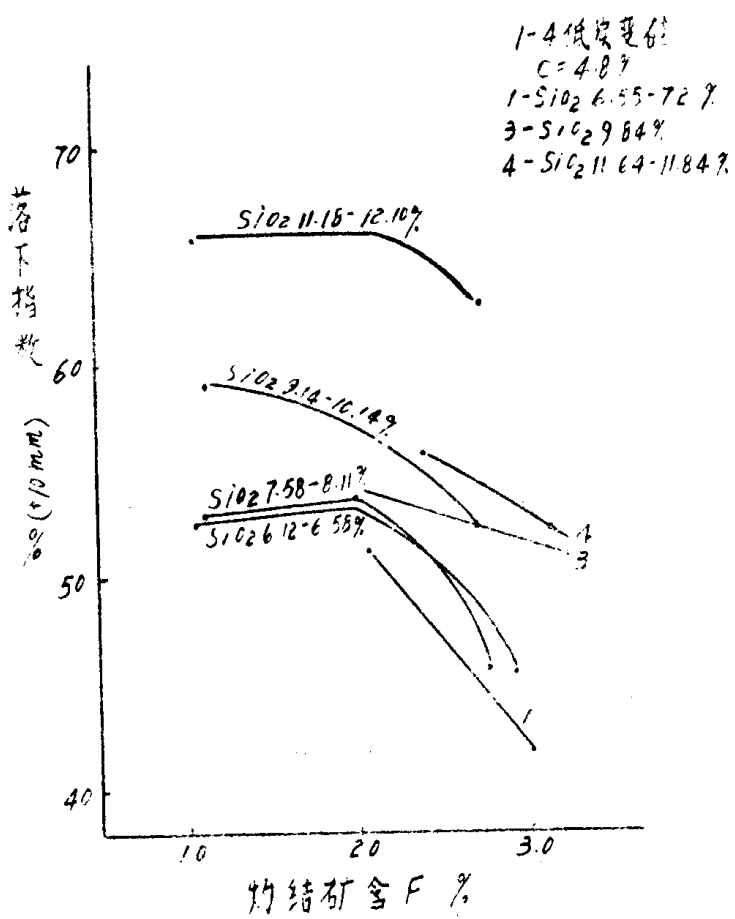


图6 包钢烧结矿含F%与落下强度的关系

表7 武钢原生精矿变炭试验

自然碱度			生产碱度		
编号	C	转鼓指数	编号	C	转鼓指数
74	4.5	21.6	79	4.0	20.4
75	5.0	22.7	80	4.5	22.7
76	5.5	20.8	81	5.0	19.9
77	6.0	19.0	82	5.5	18.6

(ii) 武钢低硅精矿配加 SiO_2 ,对于转鼓及落下强度有改善趋势(见图7),从岩矿相分析这种良好趋势是由于液相量增加。但随着 SiO_2 增加, C_2S 物相增多,出现了严重的粉

化，导致了转鼓及落下指数的恶化，因此改善的规律性不明显。

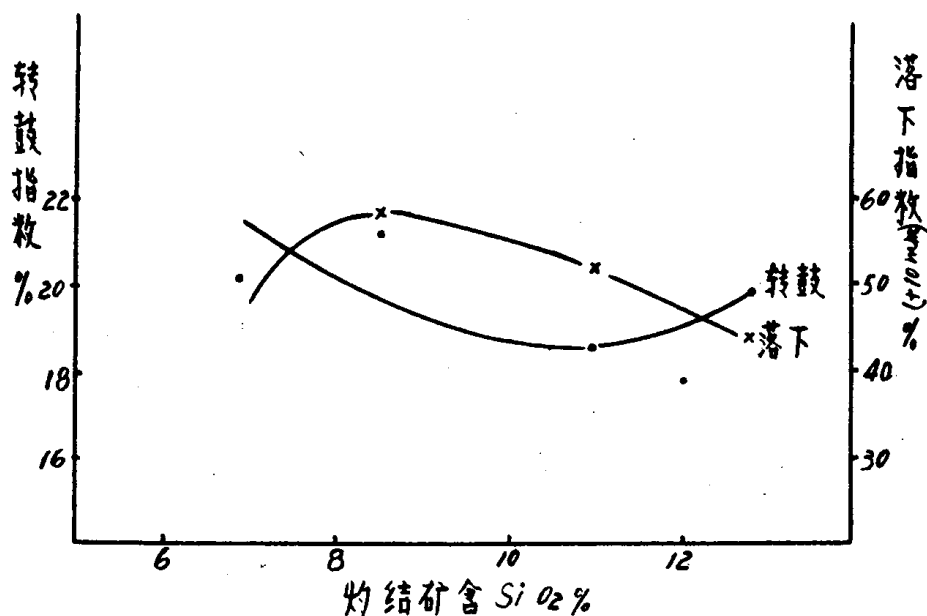


图7 武钢低硅烧结矿增加含 SiO_2 %对转鼓及落下强度的关系

(iii) 武钢精矿变F烧结试验表明，随着含F的上升，烧结矿的转鼓指数有明显的变差，图8中曲线2表明这种趋势。从烧结矿的宏观结构来看，随着含F的增加，烧结矿渐趋多孔薄壁，形成包头型烧结矿。F对于自然碱度的烧结矿的强度影响要比生产碱度的大（图8曲线1）。

F对于高硅的本溪鞍山混合精矿粉烧结矿的影响其趋势与对武钢低硅烧结矿是相同的，但是比武钢的影响小。从F对于本溪鞍山混合精矿粉烧结矿（自然碱度）的影响来看发现在含 $F < 1$ 时增加含F反而有利由转鼓强度增加（图8曲线3），这是因为 CaF_2 是一种良好的矿化剂，它可以稀薄过稠的液相，有利于烧结矿结构的改善。它比生产碱度的转鼓指标差得多，因为自然碱度的高硅烧结矿不加石灰石，透气性差不易烧好，而烧结矿中液相又少，粘结不好的缘故。图9表明F对高硅及低硅烧结矿的落下强度都有不利的影响。对于自然碱度的影响比生产碱度更大。

从以上试验表明：在低硅武钢精矿中增加 SiO_2 对于增加烧结矿强度的幅度不大，而增加F对于强度的破坏作用很强。又从对高硅烧结矿的影响看，F的破坏作用减轻。这说明对于低硅烧结矿($\text{SiO}_2 \approx 6\%$)左右而言，F对于它的强度的破坏作用居于首位，而低硅对于烧结矿强度的影响是第二位的。

4. 包钢烧结矿变F变 SiO_2 后宏观及微观结构的变化。

(i) 在固定F变 SiO_2 系列中，随着 SiO_2 的增加，烧结矿中胶结相总量增加了，宏观结构由多孔薄壁变为大孔厚壁。 Fe_3O_4 结晶由他形晶变为自形晶或半自形晶。晶粒由大变小，在 Fe_3O_4 晶粒中或晶粒间的微孔也逐渐减少。这些都有利于烧结矿强度的增加。表8看到当烧结矿中 $F \approx 1$ 时，在粘结相中枪晶石%随着增加 SiO_2 而减少而钙铁橄榄石增加。而当 $F \geq 2$ 时，增加 SiO_2 ，则枪晶石%反而增加，这是由于 $F \geq 2$ 时， CaF_2 较多，而 SiO_2 高时，由于质量作用定律支配下，形成较多的枪晶石，此处也可以看到由于胶结相枪晶石的增加并不

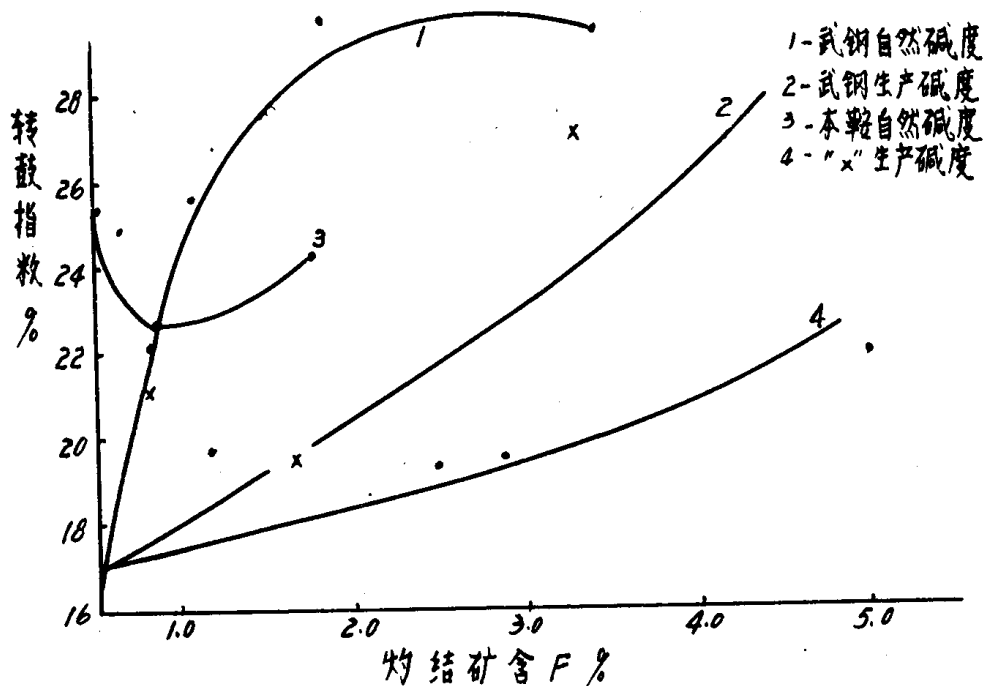


图8 低硅及高硅精矿烧结矿增加含F%对转鼓强度的影响

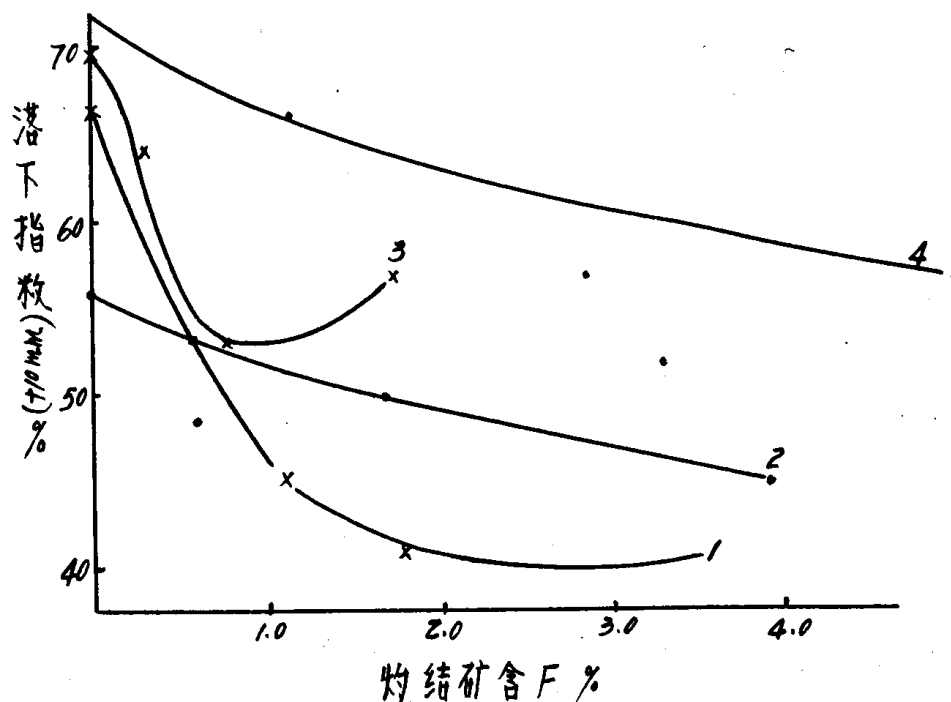


图9 低硅及高硅精矿烧结矿增加含F%对落下强度的影响

影响增加 SiO_2 后烧结矿强度的不断增加。

(ii) 在固定 SiO_2 变F的系列中,随着含F量的增加(F增至2.1%以上),烧结矿的宏观结构多孔薄壁更加明显,在矿物组成中枪晶石,萤石及铁酸半钙均有明显地增加,钙铁橄榄石则明显地减少见表-8。在微观结构上 Fe_3O_4 晶粒由自形或半自形晶变为他形晶,晶粒间及

晶粒中微孔增加。在含F及SiO₂较低时,胶结相量少,而且分布不均,在Fe₃O₄的晶粒间有极少胶结相或无胶结相,这些宏观及微观结构对烧结矿的强度都是不利的。因而随着烧结矿含F的增加,烧结矿的强度变坏。

(iii) 武钢及本溪鞍山混合精粉烧结矿加SiO₂及加F后的烧结矿宏观结构及微观结构的变化大致与上述相同。在烧结矿相同的含F条件下,本钢烧结矿比武钢烧结矿(生产碱度)的粘结相量高,而粘结相中含F量相对降低,这可能是本钢烧结矿比武钢烧结矿强度好的原因之一,武钢自然碱度烧结矿由于采取了高炭烧结(C=6%),显微结构中发现Fe₃O₄连晶,因而达到了较好的转鼓强度。

表 8 烧结矿中主要粘结相量随硅、氟变化表

序号	条件变化		在 烧 结 矿 中					在 粘 结 相 中				转鼓	成品率 %
	F %	SiO ₂ %	总量	枪晶石 %	钙铁橄榄石 %	玻璃 %	铁酸盐 %	枪晶石 %	钙铁橄榄石 %	玻璃 %	铁酸盐 %		
1	2.95	6.46	22-23	10	1	5	5	44.1	4.4	22.2	22.2	28.0	45.5
	2.75	7.67	20-33	10-15	1	5-10	3-5	47.1	3.8	28.2	15.1	27.7	46.0
	2.70	9.14	30-33	16	1-2	9	3-5	50.9	4.8	28.5	12.7	28.5	52.15
	2.73	11.84	28-36	15-20	2-3	9-10	2-3	54.7	7.8	29.7	7.8	20.0	63.2
2	1.98	6.12	21-22	10	2-3	5	3	46.5	11.6	23.3	14.0	24.5	53.8
	2.05	7.58	21-29	10-15	2-3	5-7	3	50.0	10.0	24	12.0	20.7	53.25
	2.10	10.14	25-31	15	2-3	5-10	3	53.6	8.9	26.8	10.7	19.35	56.4
	2.10	11.18	31-32	16	2-3	10	3	50.8	7.9	31.8	9.5	20.10	66.1
3	1.08	6.58	20-22	5	2-3	5	3-4	23.7	11.9	23.7	16.7	20.4	52.15
	1.10	8.11	22-25	5	4-5	5	3-4	21.2	18.1	21.2	14.9	18.3	52.80
	1.13	10.04	23-29	5	12	5-10	3-4	19.2	38.5	28.9	13.4	18.4	59.0
	1.08	12.20	28-34	5	15	5-10	3-4	16.1	48.5	24.2	11.3	18.35	59.65
4	—	6.88	19-26	—	5-10	10	3-5	—	33.3	44.5	17.8	20.3	44.9
	—	8.50	21-32	—	10-15	5-10	5	—	48.1	28.9	18.9	21.2	58.45
	—	11.00	28-29	—	15	5	5	—	49.2	17.7	17.5	18.6	51.18
	—	12.80	30-33	—	20	5	3-5	—	63.5	15.9	12.7	19.8	44.20
5	0	6.39	20	—	10	5	—	—	50	25	—	16.45	60.0
	0.65	6.55	20	—	5	10	—	—	25	50	—	22.1	52.7
	1.1	6.88	20	—	5	10-12	—	—	25	55	—	25.7	44.8
	1.78	6.88	20	少	5	10-12	—	—	25	55	—	30.4	40.8
	3.45	6.55	20-25	5-10	5	3-5	—	33.15	22.2	17.75	—	29.8	42.75

说明: 序号中, 1、2、3 三项为包钢矿粉生产碱度固定F变SiO₂系列试验, 序号 4 为武钢生产碱度试验, 序号 5 为武钢自然碱度试验。

(三) 硅、氟对烧结矿强度作用机理的分析

从以上硅、氟对于烧结矿强度作用以及烧结矿宏观微观结构的变化表明, 烧结矿强度与

它的宏观微观结构有密切的联系。烧结矿中含 SiO_2 较低，含F较高，其结构为多孔薄壁微孔多，转鼓及落下强度不好，而低F高 SiO_2 烧结矿，其结构趋向大孔厚壁强度较好。为什么以上两种不同成分的烧结矿其宏观微观结构完全不同？从对高炉炉渣性能的研究表明，这与炉渣的粘度及表面张力有密切联系，例如包头矿冶炼的高炉炉渣，其表面张力低粘度小，炉外凝固后形成多孔疏松状。因之有必要对于不同含硅及含氟的烧结矿液相粘度及表面张力的变化进行研究，以便确定烧结矿宏观微观结构的变化与硅氟的相互关系。另外烧结矿中硅、氟含量的变化直接引起胶结相中矿物组成的变化。矿物组成的变化是否也是造成强度差的又一原因，这也是作用机理研究所必须涉及到的一个问题。

1. 硅氟对于烧结矿液相粘度及表面张力的影响。

将以上不同含F及 SiO_2 烧结矿在球磨机进行粉碎，使200目大于75%，然后进行磁选，

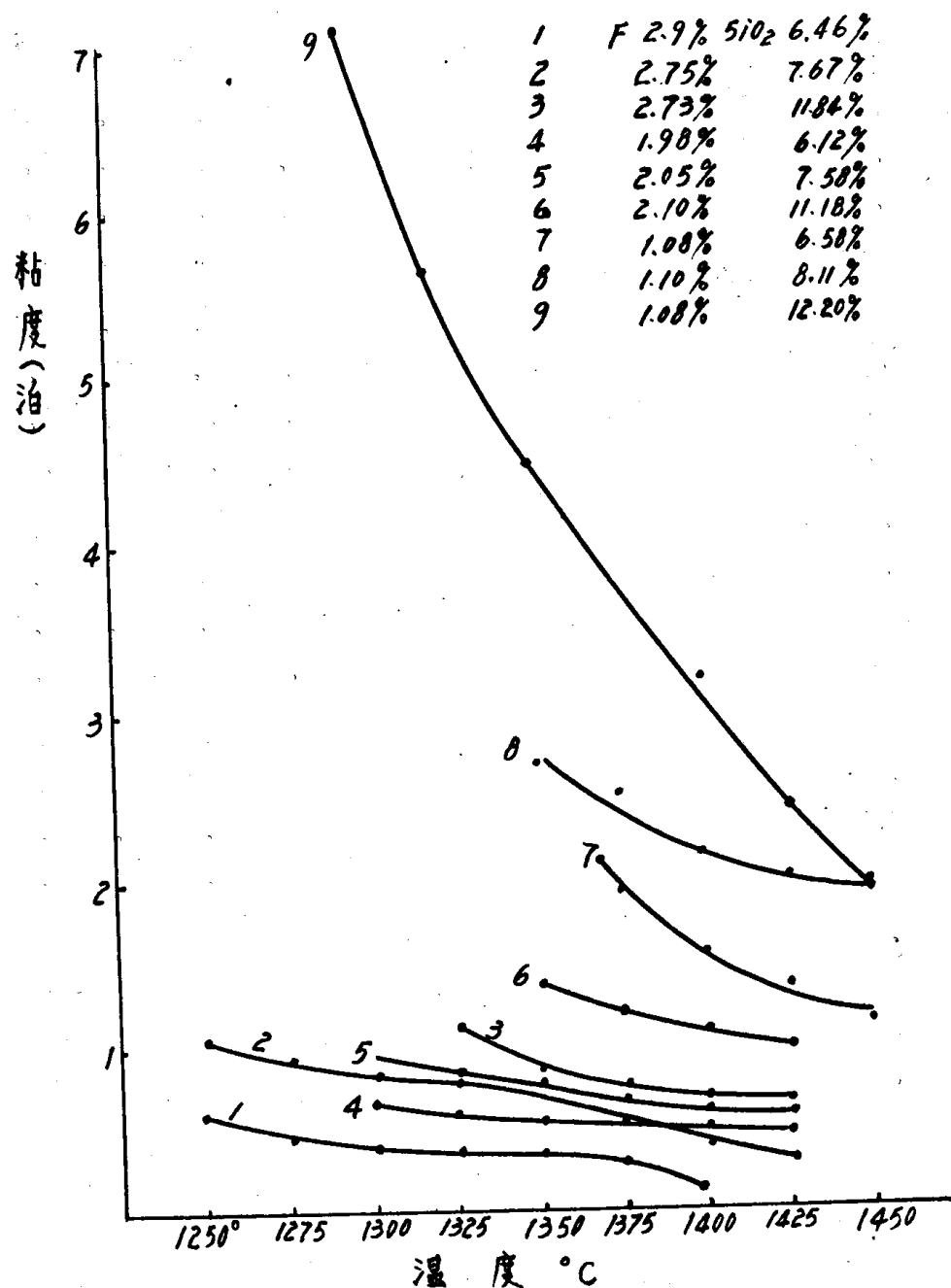


图10 包钢烧结矿液相粘度-温度曲线