

关于碱性轉爐 爐 衬 的 若 干 問 題

中国科学院冶金陶瓷研究所
耐火材料組 著



冶金工业出版社



5016899

1511.782
42

9524681

关于碱性轉爐爐衬的若干問題

中国科学院冶金陶瓷研究所耐火材料組 著



TF 748.2/2

Q

02

冶金工业出版社



0359092

294

10									
4									
4									
1									

15.11.782
42

关于碱性转爐爐衬的若干問題

中国科学院冶金陶瓷研究所耐火材料組著

編輯：徐忠本 設計：姜哲 校對：徐聖

— * —

冶金工业出版社出版（北京市东单以里大街）

北京市書刊出版業營業登記證出字第093号

国家統計局印刷厂印 新华書店发

— * —

1959年7月第一版

1959年7月 北京第一次印刷

印数 5,520 册

开本 850×1168 · 1/32 · 42,000字 · 印张 1 $\frac{1}{2}$

— * —

統一書号： 15032 · 1579 定价 0.18 元



內 容 簡 介

轉爐煉鋼是我國煉鋼生產的一個重要方面，與我國鋼的增產有着密切的關係。然而轉爐爐襯壽命直接關係着轉爐鋼產量的增加。影響爐襯壽命的因素很多，而且複雜。本書乃是作者根據在上海地區各主要煉鋼廠所進行的調查研究提出的有關提高爐襯壽命若干重要問題的探討：轉爐爐襯用的鹼性耐火材料，優質瀝青爐襯材料的製備，側吹鹼性轉爐用的風眼磚，烘爐以及爐型和冶煉因素對爐齡的影響，瀝青白云石爐襯使用後的觀察和發展新型的鹼性轉爐爐襯的可能性。

本書是耐火材料工作者、煉鋼工作者和轉爐修築人員的有用參考書。

目 录

(一) 轉爐爐衬用的碱性耐火原料.....	1
一、鎂砂与白云石的比較	1
二、燒結白云石的質量	2
三、鎂砂的質量	4
四、固爐砂	4
(二) 优质瀝青爐衬材料的制备.....	7
一、粒度配合	7
二、添加物的作用.....	14
三、工艺操作	16
(三) 側吹碱性轉爐用的风眼砖.....	17
一、卤水风眼砖爆裂原因和改进意見	18
二、瀝青风眼砖的爐外焦化	24
(四) 烘爐.....	25
(五) 轉爐爐型与爐齡的关系.....	33
(六) 冶炼因素对爐齡的影响.....	34
(七) 瀝青白云石爐衬使用后的观察.....	42
(八) 发展新型的碱性轉爐爐衬的可能性.....	44
参考文献.....	46

轉爐煉鋼是我國煉鋼生產的一個重要方面，它與我國鋼的增產有着密切關係。然而，轉爐鋼的產量能否迅速增加的關鍵問題之一是轉爐爐襯壽命能否提高。去年三月以後，上海地區各煉鋼廠轉爐爐齡開始下跌，情況嚴重。因此，“與爐襯壽命短作鬥爭，亦即爭取產量的鬥爭”（1）是轉爐爐襯工作者既光榮又艱巨的任務。直到目前為止，各有關企業部門在提高爐齡方面已經取得了不少的寶貴經驗。但是考慮到“我國今年轉爐鋼約占全部鋼產量的50%以上；爐襯壽命是一個大關”（2）（3），所以如何提高爐襯壽命這一鬥爭，仍未結束，並且在一定時期內鬥爭還要繼續着。我們在上海地區所屬各主要煉鋼廠，經過一段時期的調查研究，認為影響爐襯壽命的因素很多，而且複雜。除了有關爐襯質量的因素以外，冶煉規程與生產組織也是不能忽視的重要因素。本書就有关提高爐襯壽命的若干重要問題進行了討論，以供同志們參考①。

（一）轉爐爐襯用的鹼性耐火原料

一、鎂砂與白云石的比較

直至今日為止，鹼性轉爐所用的耐火原料是燒結鎂石及燒結白云石。在製備爐襯砌塊時，某些煉鋼廠只用其中一種原料，另一些煉鋼廠則在燒結白云石中加入部分鎂砂來作爐襯。從經濟上看來，白云石比鎂砂要便宜得多，並且也比較容易就地取材。然而，這兩種原料的抗渣性怎樣呢？有人從 $MgO-CaO-Fe_2O_3$ 相圖中計算鎂砂和白云石在鉄酸二鈣爐渣中的溶解度，結果白云石的溶解度為鎂砂的2.7~3.1倍（4）。如果只從化學觀點來考慮，則鎂砂的壽命至少也是白云石的两倍。但是，渣與耐火材料

① 在調查研究的过程中，不斷得到上海冶金局、上海所屬各廠，特別是上鋼六廠的大力支持和幫助，今特致以衷心的謝意。

进行化学反应的先决条件还有许多复杂的、重要的物理因素。首先，渣要与耐火材料相接触，才能开始反应。在瀝青爐衬的情况下，存在于鎂砂和白云石顆粒中或顆粒間的，有由于瀝青焦化所残留的碳素，需要将它氧化以后，渣才能与耐火材料直接接触。这时鎂砂及白云石本身与轉爐渣的潤湿性（以接触角表示）对抗渣性即有重大影响。我們以轉爐初期渣在高溫顯微鏡下分別观察鎂砂及燒結白云石对它的潤湿情况（图1），在1400°C时，測得的潤湿角分別是：

鎂砂 25°，

燒結白云石 45°，

这就是說，初期轉爐渣对鎂砂的潤湿能力差不多要比燒結白云石大一倍。但实际上燒結白云石爐衬的使用寿命并不比鎂砂爐衬差，这是早已有了結論的（5）。

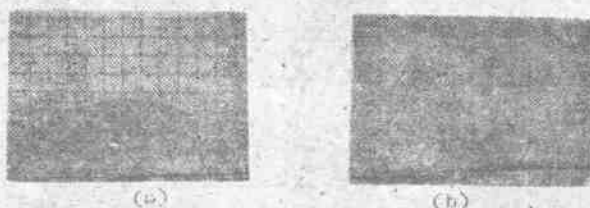


图 1 轉爐初期渣与鎂砂 (a) 及燒結白云石 (b) 的潤湿情况 (1400°C)

不过这并不是說在任何条件下都是这样的。白云石的化学組成与燒結过程决定了燒結白云石的质量。劣质的燒結白云石当然会大大地降低由它所制成的爐衬的寿命。

二、燒結白云石的质量

白云石的化学組成一般具有下列的范围：

CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CO ₂
35—38%	14—20%	1—7%	0—14%	0.5—5%	43—46%

供应竖窑用的白云石，如果其来源沒有改变，同时化学組成

变动不大的話，則在一定的焙燒規程下应得到均匀的燒块。純白云石是不适宜的，因为这种白云石燒結溫度很高。上鋼三厂应用南京丹徒的白云石作原料，經58年9月采样进行化学分析，其結果如下：

	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	灼燒減量 (%)
白云石	31.40	21.50	0.69	0.25	0.57	46.22
燒結白云石	55.80	35.80	4.98	0.70	1.08	2.36

看来这种白云石杂质并不算多，燒結溫度可能要高一些，但是在堅窖中进行燒成时，还要看焦比的大小和焦炭中灰分的含量及出料的間隔時間等而定。上鋼三厂的燒結白云石，在生产过程前后，据我們了解并未进行质量检查。在显微镜下观察，这种燒結白云石呈现死燒白云石的特有結構(图2)，其中氧化鎂已經形成大小約为16微米的方鎂石孤立的晶粒，处于連續的氧化鈣基底中，此外还有少量的鈣化合物。此种燒結白云石經測定，真比重为3.303，体积密度为2.6—2.7克/厘米³，可以說是燒結得較好的。但是，應該用那些质量指标来控制燒結白云石的质量，目前还没有一定的标准。Eichel認為，燒結白云石最理想的气孔率应为20%，适宜

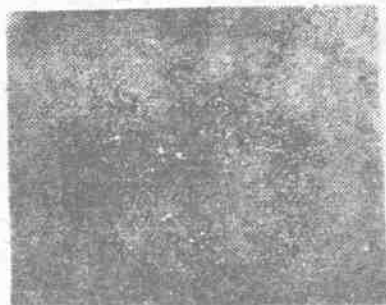


图2 上鋼三厂燒結白云石的显微結構(光片×185)

的真比重是2.9(6)。最好是每班都进行几次体积密度的測定，将每月所測定的数据制成质量控制卡片，以便采取措施，防止燒結白云石质量波动。

白云石原料除了尽可能燒好之外，應該进行严格的挑选，剔除混在燒結白云石中的焦块、欠燒的白云石和焦炭。尽可能縮短保藏的时间，最好是出窖后，很快就应用。保藏时防止与水或水汽作用。燒結白云石細粉最好密封保藏。上述这些措施是大家都知

道的，同时絕大部分工厂也是这样做，問題是如何經常地严格执行而已。

三、鎂砂的質量

用于制备轉爐爐衬的燒結鎂石（鎂砂）的質量，按原料的合理利用与經濟上的要求是不可能采取制磚鎂砂这样的高质量燒結鎂石的。目前各地大多采取冶金鎂砂作澇青鎂砂爐衬或鹵水鎂砂風眼磚。應該注意鎂砂的 MgO , CaO , SiO_2 的含量。 MgO 的含量最好按照一級冶金鎂砂的要求。 CaO 的含量應尽可能低，否則，制成的鹵水風眼磚，就會經常出現干燥裂紋或使用时产生爆炸、掉片等現象；并且鎂砂在鈣酸二鈣渣中的溶解度也隨着 CaO 含量的增加而增大。上海各煉鋼厂所用鎂砂全靠东北地区供应，很难保証良好的化学組成，特別是 CaO 含量經常波動，有时甚至高达 10% 左右（參看表 1）。鎂砂化学成份經常的不穩定，必然會給生产上带来不少困难，嚴重地影响爐衬及風眼磚的寿命。因此，必須采取严格的管理措施，規定一些必要而又可行的轉爐爐衬用鎂砂規格，要求鎂砂供应部門按照規格切实供应。另一方面，鎂砂又應該有一定的粒度要求。在鎂砂供应紧张的情况下，为了生产不致于停頓，提出“有啥吃啥”的口号，不管鎂砂的粒度如何，照样制造爐衬，也許还可以，但是經常不顧鎂砂的粒度或者安于以不致密的粒度配比制造爐衬，那么爐衬的質量是不会好的，因而也得不到高寿的制品。为了防止鎂砂缺号，鎂砂应当有一定量的儲存。儲存时必须防止煉鋼用的石灰及其他杂质混入，同时还需要避免細粉鎂砂的水化。

四、回 爐 砂

轉爐煉鋼时，每經一个爐役以后，总会残留一部分未被侵蝕掉的爐衬。如果因局部損毀无法进行冷修时，剩余的爐衬，估計甚至要占整个爐衬的 70% 以上。各煉鋼厂一般把这种旧材料经过粉碎过篩后，作为制造爐衬的一种原料，称为回爐砂。当爐衬寿

表 1

上海冶金局鑄砂加工廠鑄砂的CaO含量(%) (1958年)

日 期	标 号	CaO	日 期	标 号	CaO
25/10	混合砂	6.79	24/11	磚 料	4.36
28/10	7号粉	8.02	24/11	磚 料	3.65
28/10	粗 粒	2.16	24/11	磚 料	3.62
28/10	7号粉	1.55	24/11	磚 料	2.33
5/11	7号粉	1.49	24/11	磚 料	2.08
8/11	4号砂	1.54	24/11	磚 料	1.62
8/11	7号粉	1.30	24/11	3号砂	2.35
17/11	7号粉	10.14	24/11	7号粉	8.96
21/11	磚 料	2.19	24/11	7号粉	5.44
21/11	磚 料	1.39	24/11	磚 料	3.39
22/11	磚 料	1.26	24/11	磚 料	2.73
22/11	7号粉	1.17	25/11	磚 料	2.19
22/11	4号砂	8.30	25/11	7号粉	2.64
22/11	統 砂	5.4	25/11	磚 料	6.45
23/11	磚 料	2.48	25/11	磚 料	4.24

命过短或因局部損毀时，往往怀疑到是否回爐砂影响了爐衬的質量。這個問題首先要看回爐砂的質量而定。从化学成份看来（參看表2）回爐砂不見得比新鑄砂差多少，MgO含量有时甚至还比劣質的鑄砂高一些。含鑄砂的白云石回爐砂（回爐混合砂），MgO含量比燒結白云石要高一些。因此，只要在旧爐衬破碎以前尽可能把粘有爐渣的工作面敲掉，慎重剔除混雜于旧爐衬中的砂鉄、錳鉄、鉛块等煉鋼調溫剂和螢石、石灰及其他雜質，以保證回爐砂有合理的化学組成。进行破碎以后，为了除去鑄砂或白云石顆粒間有害的殘留碳粉及部分已經水化了的細粉，需要篩掉小于0.5毫米的細粉部分，把它用作爐衬与爐壳間的填料。其余的顆粒又不應太大，因为較大的顆粒常常是由各种大小的較小顆粒所堆积而成，它的强度較差，致密度低，在成型时易被气錘所击碎，增加了細顆粒的数量，而且这种細顆粒未与結合剂混拌，因而降低了爐衬的致密度。回爐砂中原来大顆粒的鑄砂或燒結白云石絕大部分沉积了瀝青焦化后的殘留炭，再經瀝青飽和及再度焦化，

含炭量会更高，这是一个值得重视的优点。但是必须注意回爐砂的保管；回爐盐卤镁砂容易受空气中水汽的影响而水化，在仓库儲存二年以后的盐卤镁砂部分因水化而結块。根据我們进行的回爐盐卤镁砂綜合热差分析的结果看来，在400℃左右，因脫水而有10%左右的失重，回爐混合砂除了会水化以外，还要进行碳酸化。图3为回爐混合砂的綜合热差分析曲线。由此图可以看出，在800℃时，由于碳酸化了的回爐混合砂重新分解产生了吸热峰，放出碳酸气，因而重量损失了3.7%左右。这种情况在冶炼前的烘爐阶段必将降低爐衬的致密度和强度，因而是中不利的。所以回爐砂不宜久存，或加入量要适当控制。实际使用的經驗証明，使用30%回爐砂是可以的。另外一个不利的因素是在900℃以后有較大的收縮（1170℃时达4.6%），这也說明回爐混合砂不宜多加。

表 2

镁砂、回爐镁砂和回爐混合砂的化学組成 (%)

編 号	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	G	烧減	备 注
新镁砂 1	1.82	90.97	5.7	0.64	1.37	—	2.5	六厂分析数据
新镁砂 2	1.17	91.79	—	—	—	—	—	自六厂取样
新镁砂 3	5.4	86.27	—	—	—	—	—	“
新镁砂 4	5.44	84.96	4.06	—	—	—	—	“
新镁砂 5	8.96	82.11	3.60	—	—	—	—	“
新镁砂 6	10.14	79.39	3.44	1.71	1.40	—	—	“
回爐镁砂 1	3.58	81.81	5.55	0.45	2.49	6.9	—	六厂分析数据
回爐镁砂 2	0.49	80.79	3.99	1.73	2.11	6.38	10.20	自六厂取样
回爐镁砂 3	4.29	84.33	4.47	1.69	1.99	5.00	—	“
回爐混合砂	21.14	58.36	4.91	2.39	1.50	—	—	自三厂取样

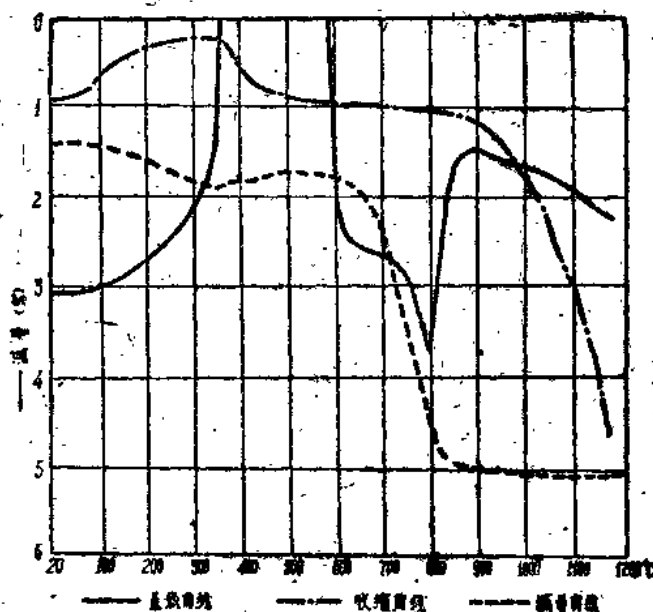


图 3 上鋼三厂回爐混合砂的综合差热分析曲线

(二) 優質瀝青爐衬材料的制备

一、粒度配合

轉爐爐衬工作者在他們丰富的实践經驗中体会到并且能够像 Metz (15) 那样对获得优质瀝青爐衬材料提出如下的要求:

1. 瀝青爐衬焦化后有尽可能高的残留碳量, 并且最好以石墨的形态存在;
2. 焦化后应有最低的气孔率;
3. 在保证具有最低的气孔率时, 顆粒配合中应有最大限度的粗顆粒。

第一点要求与瀝青的质量和用量、焦化制度以及增碳剂的加入与否有关。石墨的形成与否, 則視烘爐温度与冶炼时爐衬的溫

与各种炼铁炉相似的粒度配合的堆积密度

表 3

- 鑛砂 粒 度 配 合 (%) -										堆 积 密 度	提 出 者
8~3毫米	5~1.5毫米	2.5~1.0毫米	1.2~0.75毫米	0.75~0.3毫米	<0.3毫米	<0.15毫米	7号細	6号	5号		
1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号細					
—	50	10	—	—	40	—	—	40	—	2.35	鋼鉄院等 (7)
10	40	—	—	25	25	—	—	25	—	2.27	唐山鋼厂 (8)
30	10	10	5	25	—	20	—	—	20	2.27	冶陶所
30	—	—	—	—	70	—	—	70	—	2.22	文县鉄厂 (9)
30	—	10	15	30	15	—	—	15	—	2.22	冶陶所
—	60	10	—	—	30	—	—	30	—	2.20	鋼鉄院等 (7)
—	30	30	10	10	20	—	—	20	—	2.20	文县鉄厂 (10)
—	—	40	—	20	40	—	—	40	—	2.15	班达連科 (11)
—	23.8	—	14.3	14.3	—	47.6	—	—	47.6	2.15	六厂新修爐方
—	—	—	20	—	30	50	—	30	50	2.13	致密鉄磚配方 (8)
—	—	40	—	—	60	—	—	60	—	2.10	唐山鋼厂 (12)
—	—	30	—	50	20	—	—	20	—	2.10	八一鋼厂 (13)
—	—	50	—	10	40	—	—	40	—	2.06	班达連科 (14)
—	7.3	18.1	15.1	13.6	22.7	22.7	—	44	22.7	2.06	六厂修爐方
—	20	20	9	7	45	—	—	45	—	2.04	上鋼中心鑛風眼配方
—	—	45	45	10	35	—	—	35	—	2.02	班达連科 (5)
—	—	—	45	20	—	—	—	—	—	1.98	"

度而定。要滿足第二点和第三点要求，顆粒配合是先决条件。沒有紧密堆积的顆粒配合，就談不上具有低气孔率的爐衬或风眼砖。配料中最粗顆粒的临界用量亦以保証获得最低的气孔率和易于成型为外观良好的制块为前提。因此，如何获得合理的顆粒配合是制造轉爐爐衬材料的重大問題之一。以往全国各地的轉爐炼鋼厂，因地制宜，采用他們自己認為合理的顆粒度并且根据实践經驗采取若干种比較紧密的顆粒配合。由于各地采用的大小粒度的标号不同，很难加以比較，并从中获得一种或数种最紧密的顆粒配比。因此我們搜集了各地所用的粒度配合比，采用上鋼鑄砂加工厂的鑄砂顆粒标号，分別配成与各地粒度相似的配合比，測定其堆积密度，結果如表3。

表3中头五种配合的堆积密度較大，可以認為是紧密堆积的配合比。其中第一种是經過鋼鉄研究院与上鋼所屬有关单位詳細研究后得出的，堆积密度高达2.35，是最致密的粒度配合，有条件的地方，可以采用它。但是自去年第四季度开始以来，上海地区鑄砂供应紧张，常常难以获得需要的粒度，有时甚至只能供应一种粒度。在这种情况下，除了尽量向供应部門要求协助解决外，显然，一定要按这种粒度配合来制爐衬是不切合实际而且也是不可能的。为了鑄砂供应缺号时能够找到較致密的粒度配比来制作爐衬，我們进行了一系列的各种粒度配合的堆积密度試驗。試驗时仍然采用上鋼鑄砂加工厂的各号鑄砂，最粗顆粒則采用鑄砂加工厂供应的大石桥鑄矿厂的統砂。試驗結果如图4~8。統砂的粒度組成如下：

統砂的粒度組成

>10毫米	1.1%	1.2~1.0 毫米	3.3%	10.9%
10~9	1.0	1.0~0.75	7.6	
9~8	5.2	0.75~0.6	3.3	12.7%
8~7	5.9	0.6~0.5	4.1	
7~6	7.2	0.5~0.4	3.0	
6~5	9.9	0.4~0.3	2.3	

5~4	7.1	} 16.2%	0.3~0.25	2.0	} 11.6%
4~3	7.7		0.25~0.20	2.2	
3~2.5	1.4		0.20~0.15	1.6	
2.			0.15~0.12	1.6	
2.5~2	4.1	} 18.3%	0.12~0.10	0.4	
2~1.5	7.9		0.1~0.09	0.9	
1.5~1.2	6.3		<0.09	2.9	

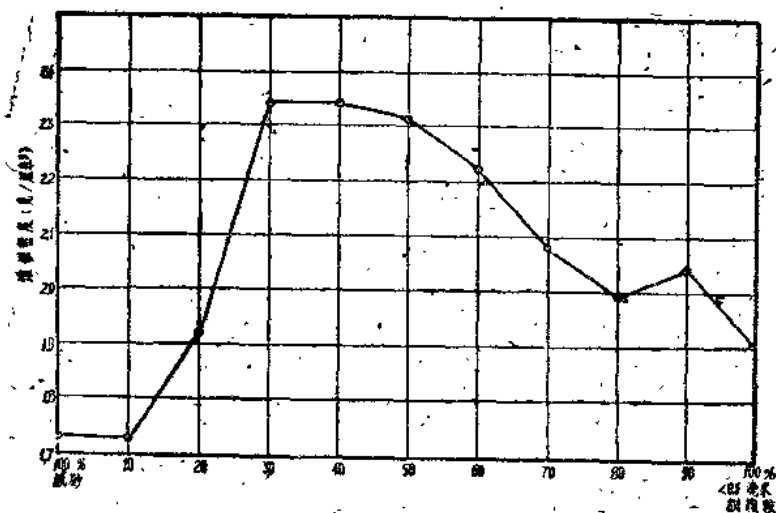


图 4 统砂— <0.3 毫米细颗粒的粒度配合与堆积密度的关系

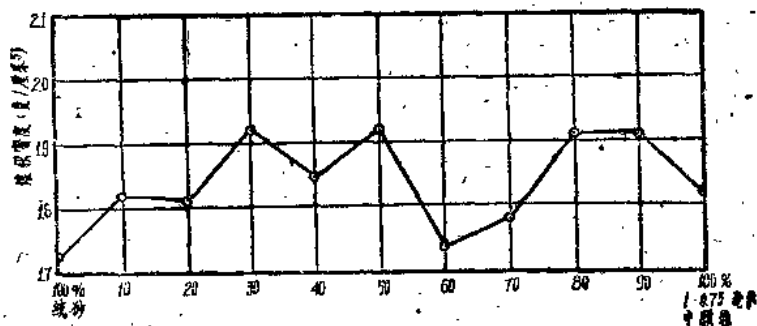


图 5 统砂— $1\sim0.75$ 毫米中颗粒的粒度配合与堆积密度的关系

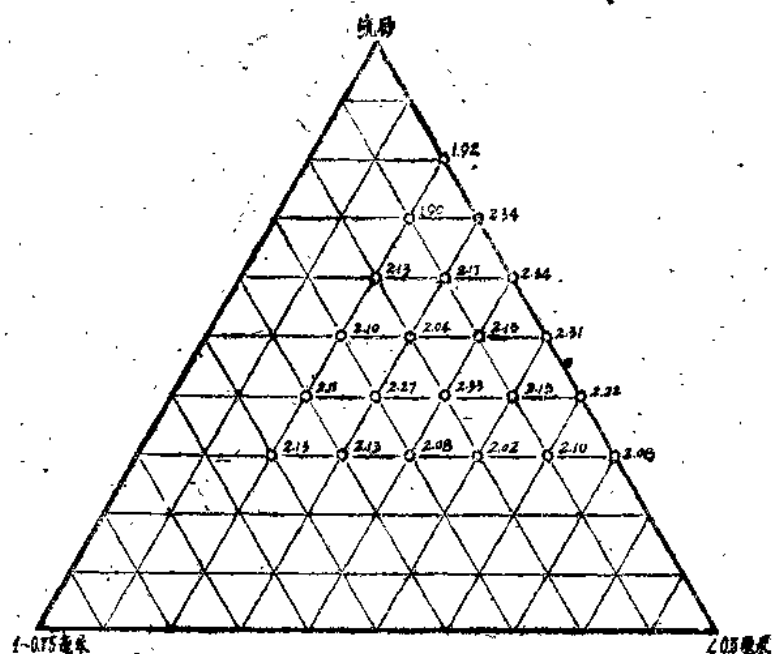


图 7 統砂—(1.0—0.75毫米)中顆粒—<0.3毫米細
顆粒的粒度配合与堆积密度的关系

在統砂、0.75~0.3毫米中顆粒和<0.3毫米細顆粒的各种粒
度配合中，可以找到三种比較緊密的配合，它們的組成和堆积密
度是：

統砂	0.75~0.3毫米	<0.3毫米	堆积密度
50	10	40	2.33
40	10	50	2.33
40	30	30	2.35

另外，也有數种配比的堆积密度在2.27—2.30之間(图 8)。
在統砂、5~2毫米大顆粒和<0.3毫米細顆粒的相互配合时，情
况就完全两样了。在这些配合中我們可以得到二种配比，其堆积
密度为2.35，与一向被認為最致密的表 3 的第一种配比相同。另
外又得到了五种配比，其致密度甚至超过了它(图 6)。这數种