

利用煉鉄矿渣 生产石膏矿渣水泥

建筑工程部水泥研究院 編

建筑工程出版社

利用煉鉄矿渣
生产石膏矿渣水泥
建筑工程部水泥研究院 編
編輯、設計：閻正堅

1958年12月第1版

1958年12月第1次印刷

5,060册

787×1092 • $1/32$ • 15千字 • 印張 $11/16$ • 定价(9) 0.10元

建筑工程出版社印刷厂印刷 • 新华書店发行 • 統一書号：15040·1481

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业营业許可証出字第052号)

目 录

一、前 言	(1)
二、什么叫做石膏矿渣水泥	(2)
三、石膏矿渣水泥的原料及其配合比	(2)
四、石膏矿渣水泥的质量标准	(9)
五、生产工艺过程及质量控制	(10)
六、石膏矿渣水泥的硬化过程	(15)
七、石膏矿渣水泥的特性	(16)
八、石膏矿渣水泥的使用范围	(17)
九、利用石膏矿渣水泥施工时, 应注意事项	(18)

一、前 言

自从党中央号召鋼产量今年要比去年翻一番，达到1070万吨以后，已經形成了全民办鋼鐵工业的新高潮。全国生鉄的产量将会迅速增加，新建的土、洋小高爐遍地皆是。如果今年生鉄产量可达到2000万吨以上的話，按生产1吨生鉄同时生产0.8吨矿渣計算，則矿渣产量可达到1600万吨左右。根据形势的发展，还会远远的超过这个数字。这样大量的矿渣，如果都用来生产石膏矿渣水泥，就可得到近2000万吨石膏矿渣水泥，因此，这是一項非常可貴的資源，必須充分的加以利用。这不仅可增加水泥产量，滿足国家建設的需要，而且同时可以帮助煉鉄厂解决廢料的堆积和降低煉鉄成本。

利用粒状煉鉄矿渣生产石膏矿渣水泥是达到充分利用煉鉄副产品——矿渣最有效的途徑。因为生产这种水泥具有許多优点：首先这种水泥的質量好，一般都可达到300号以上，矿渣質量优良时，甚至可达到500号以上的高标号水泥，而且水泥本身还具有許多优良的特性，例如抗硫酸盐性能强，水化热低，体积收縮小和制得的混凝土标号高等；其次是建厂投資少，設備簡單，生产成本低，因为它是一种无熟料水泥，所以生产設備和水泥成本与一般的无熟料水泥差不多。由此可見，利用矿渣生产石膏矿渣水泥具有重大的經濟意义。这完全符合多快好省的精神，值得大大推广。

自从今年大跃进以来，已有不少的地区，注意到利用矿渣生产石膏矿渣水泥的优越性。并有一些地区已 开始生产 了这种水

泥：山西省阳泉市工业局在我院协助下，于短期内建成了一座小型石膏矿渣水泥工厂，已于上月投入生产，水泥标号可达到300—400号。另外在河南省的各地，以及青岛、北京等地也开始比较普遍的利用炼铁矿渣生产了石膏矿渣水泥，并已取得了不少经验。建工部于今年11月底在山西省阳泉市召开石膏矿渣水泥现场经验交流会议，通过这次会议更好的使石膏矿渣水泥在全国范围内得到全面推广，遍地开花，在更短的时间内，使炼铁矿渣得到有效的充分利用，增加水泥产量，满足国家建设的需要。

二、什么叫做石膏矿渣水泥

石膏矿渣水泥又称为矿渣硫酸盐水泥或硫酸盐矿渣水泥，它是将干燥的粒状炼铁矿渣（一般为80%左右）、石膏（一般为15%左右）和矽酸盐水泥熟料（一般为0—5%）或石灰（一般为0—2%）混合粉磨或分别粉磨所制得的水硬性胶凝材料。

三、石膏矿渣水泥的原料及其配合比

石膏矿渣水泥的原料，主要是粒状炼铁矿渣，另外包括硫酸盐激发剂——石膏和碱性激发剂——石灰或矽酸盐水泥熟料，现分述如下：

1. 粒状炼铁矿渣

制造石膏矿渣水泥的高炉矿渣，必须是经过水淬的，所以称为粒状高炉矿渣，对于矿渣的化学成分，主要要求具有较高的

Al_2O_3 含量和較高的碱性系数($\frac{\text{CaO}+\text{MgO}}{\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3}$), 矿渣中 Al_2O_3 含

量愈高愈好, 也就是活性率($\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$)愈高愈好, 碱性系数对酸性矿渣而言是愈高愈好。此外矿渣中的MnO为有害組份, 应要求愈低愈好。矿渣水淬的好坏, 对矿渣質量也有影响, 水淬的溫度愈高愈好, 也就是要求由高爐放出的熔融矿渣, 隨即进行水淬, 則水淬好的矿渣中可含有較大量的玻璃質, 这对于矿渣的質量是有利的。

石膏矿渣水泥的質量主要决定于矿渣的質量, 在苏联認為矿渣的性質对于石膏矿渣水泥質量的影响, 有表1中所示的关系, 以供参考, 但对我国矿渣也不一定完全符合。

矿渣的性質对于石膏矿渣水泥質量的影响 (苏联資料) 表 1

矿渣种类	$\frac{\text{CaO}+\text{MgO}}{\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	MnO%	水泥的 預計标号
碱性的	>1.0	≤3.0	≤1.0	300—400
碱性的	>1.0	3.0—4.0	≤1.5	200—300
酸性的	0.90—1.0	≤2.0	≤1.0	400—500
酸性的	0.75—0.90	≤2.0	≤3.0	250—300
酸性的	0.70—0.75	≤2.0	3.0	150—200

我国煉鉄矿渣的化学成份, 各地区也都不一致, Al_2O_3 的含量范围一般为7—20%。根据我們的研究試驗, 也說明了矿渣的質量是决定石膏矿渣水泥質量的主要因素。根据矿渣的化学成份, 与制得的石膏矿渣水泥的質量, 大致有以下的关系: Al_2O_3 含量較低时, 例如10%左右, 一般可制得300号左右的石膏矿渣水泥, Al_2O_3 含量为15%以上时, 便可能制得400号以上的石膏矿渣水

泥。矿渣的碱性系数对于酸性矿渣而言，愈高愈好（碱性系数 $\frac{\text{CaO}\% + \text{MgO}\%}{\text{SiO}_2\% + \text{Al}_2\text{O}_3\%}$ 大于1时，称为碱性矿渣，碱性系数小于1时，称为酸性矿渣），由于影响水泥质量的因素还很多，例如矿渣中的MnO含量，矿渣水淬得好坏，水泥的配合比是否适当等，所以以上所述的矿渣化学成份与制得的石膏矿渣水泥标号的关系，不是一成不变的。

小高爐和土高爐的粒状矿渣，也同样可作为石膏矿渣水泥的原料。这方面也进行过一些試驗，例如北京永聚鉄工厂的8立方米的小高爐的粒状矿渣，可制得300号以上的石膏矿渣水泥，这种矿渣的 Al_2O_3 含量为12%，碱性系数为0.75。山西省故县鉄厂的高爐矿渣 Al_2O_3 含量达20%，碱性系数为0.80，根据进行的小試体試驗估計，达到500号是不成問題的。浙江大学土木系用質量較好的高爐矿渣进行了石膏矿渣水泥的研究試驗，結果7天抗压强度就达到了400多公斤。青島建筑工程学校，已制得了500号的石膏矿渣水泥。所有这些情况都說明大、中、小型高爐及土高爐矿渣都可以生产标号比較高的石膏矿渣水泥，只要矿渣質量一般不是太差，制得的石膏矿渣水泥都可达300号以上。

关于矿渣的水淬（成粒）問題，我院編了一本小冊子“国内高爐矿渣湿法成粒介紹”，已由建筑工程出版社出版。所以这里仅簡單的介紹一下这个問題：

矿渣的水淬（成粒）方法有湿法、半干法、干法等三种。目前我国普遍采用湿法，因为它的設備簡單，适合于当前的具体情况。湿法水淬又可分为 爐前水冲、爐外水池和爐前水池三种方法，其中最簡單的方法，是爐前水池法，这个方法就是在高爐出渣口前面挖一个坑，四周可用磚及砂浆抹面砌成一个水池，融熔矿渣从爐中流出后，通过渣沟即流入池内进行水淬。渣在水淬过

程中，最好用冷水繼續補充池中的水，并用鐵棒攪開堆積在熔融、礦渣流入處的已水淬好的礦渣，等一次渣放完後即由人工用竹耙或鐵絲勾將粒狀礦渣從池中撈出，堆于近旁的空地上。經過水淬的礦渣，體積增加，很疏松，容重很小，從容重的大小可判斷水淬得好不好；容重較輕時，說明水淬得較好，一般可達0.5公斤／立升左右；容重較重時，則水淬得不好，一般可達1.0公斤／立升以上，從水淬後礦渣的顏色，也可判別礦渣水淬得好不好：顏色愈淺，水淬得愈好。同時煉鐵的種類和爐內溫度對水淬後礦渣的容重及顏色也有影響，一般鑄造生鐵礦渣水淬後呈白色或黃白色，煉鋼生鐵礦渣水淬後呈黃褐色或黑褐色。對於某些土高爐，若渣鐵是同時由出鐵口流出的，則可採用在爐前渣鐵分離的辦法，將渣鐵在熔融狀態下分開，然後使渣流入水池中。

2. 石 膏

在自然界中石膏礦是很多的，我國的石膏資源也很豐富，現已大量開採的有山西省太原和湖北省應城等石膏礦。石膏的成份，主要是硫酸鈣，而在石膏礦中硫酸鈣有時以 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 的形式存在，稱為二水石膏；有時以 CaSO_4 的形式存在，稱為無水石膏。石膏礦中，除了 CaSO_4 的成份外，還可能含有一些雜質，例如粘土質和碳酸鹽等，石膏中雜質愈少，石膏的質量就愈好，愈純。

在石膏礦渣水泥中，石膏要摻加15%左右，各種類型的石膏都可用於生產石膏礦渣水泥，包括天然二水石膏，天然無水石膏、粘土質石膏和煅燒至 $600-750^\circ\text{C}$ 的高溫煅燒石膏，以及工業副產品的人造石膏等，而以煅燒至 $600-750^\circ\text{C}$ 的無水石膏對石膏礦渣水泥的質量最有利，但採用天然二水石膏或天然無水石膏時，不需要煅燒石膏的窯因此可簡化生產過程，降低水泥成本，是較為經

济的，各地可根据自己的具体情况，决定采用那一种石膏，若当地能找到天然无水石膏，则用来生产这种水泥是很理想的，若只有二水石膏，就可根据对产品质量要求和经济价值等方面考虑是否经过煅烧。

石膏的煅烧温度范围应达到 $600-750^{\circ}\text{C}$ ，若在低温度（例如 $100-300^{\circ}\text{C}$ ）时，石膏溶解度很大，这种石膏的性质不适合于制造石膏矿渣水泥；若在高温度（例如 800°C 以上）时，石膏中的 CaSO_4 会逐渐分解为 CaO 和 SO_2 ，这也不是我们所要求的，所以煅烧温度范围最好是 $600-750^{\circ}\text{C}$ 。

关于在寻找石膏矿时，如何判別石膏矿及其质量的问题，当然最好是用化学分析的方法，但在不具备化学分析条件的情况下，可按以下几方面的办法，较粗略的来鉴别是不是石膏矿：

①石膏当煅烧到 1000°C 左右，或更高的温度时，会有气体放出，这种气体有刺激性臭味；

②石膏当煅烧到 $100-300^{\circ}\text{C}$ 时，若放出大量水份，而烧后石膏的重量损失接近 20% 时，便是二水石膏；若确为石膏，而在这个温度煅烧时，没有水分放出，或放出很少时，便是天然无水石膏；

③石膏在 $100-200^{\circ}\text{C}$ 煅烧后，磨成粉末，加 30% 左右的水调和均匀后，能很快的凝结和变硬；

④石膏当煅烧到 300°C 以上时，变为白色，并很疏松一打就碎，颜色愈白，石膏愈纯，若白色中带有红色则为粘土质石膏；

⑤天然二水石膏的外形，有的成白色细长针状结晶，有时成灰黑色颗粒状结晶，天然无水石膏，一般成灰黑色颗粒状结晶，天然无水石膏一般比天然二水石膏硬一些。根据用锤打碎石膏块时的用力程度，也可估计出是二水石膏还是无水石膏。

3. 熟料和石灰

石膏矿渣水泥中需要加少量的矽酸盐水泥熟料或石灰，这些外加剂我们称它为碱性激发剂，碱性激发剂的作用，就是在水泥加水后硬化时，造成适当的碱性，促进矿渣水化并与石膏化合。矽酸盐水泥熟料水化时，会放出 Ca(OH)_2 ，所以熟料也可作为碱性激发剂。矿渣的碱性愈高，则需要加入的熟料或石灰量就愈少，甚至对于碱性高的矿渣，可不加熟料或石灰。不论是采用熟料还是采用石灰，在配合适当的情况下，都可得到质量良好的石膏矿渣水泥，但采用熟料比采用石灰较为有利：采用熟料作为碱性激发剂的石膏矿渣水泥在储存过程中，比采用石灰作为碱性激发剂的石膏矿渣水泥具有较强的抗风化性能；在生产过程中，对于同一种矿渣，为了达到最适当的碱性所需掺加的熟料量一般应大于所需掺加的石灰量，而且采用熟料时，其掺加量所允许的波动范围可以比较大些，这样，在生产上采用熟料时，其掺加量就较易于控制在石膏矿渣水泥的生产中，因为碱性激发剂的掺加量一般都很小，而它又要较严格的控制，因此如何使碱性激发剂的掺加量易于控制，是很重要的。另外，采用熟料时，对于避免石膏矿渣水泥的“起砂”^{*}，比采用石灰时，也较为有利，所以在条件许可的情况下，应尽可能的采用熟料作为碱性激发剂。

作为碱性激发剂的熟料，采用一般煅烧正常的熟料都可，熟料本身的矿物组成不同时，根据我们的试验对石膏矿渣水泥的质量影响不大，作为碱性激发剂的石灰，一般皆采用消石灰，根据

* “起砂”现象是石膏矿渣水泥在空气中硬化时，硬化体表面受 CO_2 的作用，使水泥与空气接触的表面层中的 CaO 与空气中的 CO_2 作用，生成 CaCO_3 ，大大的降低了这一层水泥的碱性，使表面层的水泥不能很好的硬化，易于脱落的现象。

我們的試驗，採用生石灰也可以。

用土立窖生產的矽酸鹽水泥熟料，同樣可以作為石膏礦渣水泥的鹼性激活劑，只要摻加量適當，並不影響石膏礦渣水泥的質量。目前水泥工業飛躍發展的形勢下，各地建立了不少土立窖，這樣就有可能解決了生產石膏礦渣水泥所需的熟料的來源問題。由於土立窖所制得的矽酸鹽水泥熟料與一般的旋窖生產的水泥熟料比較，其 C_3S 較少，也就是說水化時放出的 $Ca(OH)_2$ 較少，因此對於同一種礦渣，當採用土立窖生產的熟料時，其摻加量應稍多些。例如對某一種礦渣而言，若採用旋窖熟料時，應摻加1%為合適，若採用土立窖熟料時，應摻加2%為合適。用普通矽酸鹽水泥或礦渣矽酸鹽水泥也可替矽酸鹽水泥熟料，而只是需酌量的調整其配合比便可。

石膏礦渣水泥的原料配合比，應根據礦渣成分的不同而有所不同，而其中最主要的是鹼性激活劑的摻加量，應根據不同的礦渣而要求不同。對於每一種類型的礦渣，都應通過試驗，確定其鹼性激活劑摻加量。採用熟料時，其摻加量一般為0—5%，採用石灰時，其摻加量一般為0—2%。在生產上對於已經確定的鹼性激活劑摻加量應較為嚴格的控制，否則會顯著影響水泥質量，在鹼性激活劑不足的情況下，水泥凝結，硬化緩慢，強度降低，尤其是“起砂”現象，特別嚴重。在鹼性激活劑過多的情況下，由於產生了“石膏膨脹”現象，強度顯著降低，尤其表現在7天至28天的強度增進率非常低（“石膏膨脹”現象就是由於水泥中鹼性過高，形成膨脹性硫鋁酸鈣，使水泥結構破壞的現象）。

為了更好的說明這個問題，現將石景山鋼鐵廠的高爐礦渣製成的石膏礦渣水泥，在不同的熟料摻加量下，水泥質量情況列入表2，以供參考。

碱性激发剂掺加量对石膏矿渣水泥的影响

表 2

配合比 (%)			比 面 积 (透气法) (平方公分/克)	1:3硬練胶砂强度(公斤/平方公分)								
矿 渣	石 膏	熟 料		初 凝 (时:分)	終 凝 (时:分)	抗 压			抗 拉			
						3天	7天	28天	3天	7天	28天	
82.3	17.8	—	4940	16:52	96:58	强 度 微 弱						
82.0	17.7	0.3	4820	5:26	10:37	32	137	382	2.1	10.6	27.3	
81.7	17.7	0.6	4930	5:57	8:34	50	164	410	6.3	16.8	32.0	
81.5	17.6	0.9	5040	4:29	7:37	68	182	387	10.0	23.7	33.6	
81.0	17.5	1.5	4970	3:56	7:38	81	152	247	13.0	21.0	31.2	
80.0	17.4	2.5	4930	4:32	8:46	94	131	173	15.0	18.0	22.7	
79.7	17.3	3.0	4960	7:23	10:16	135	202	275	16.4	20.9	23.6	

由表 2 可看出,碱性激发剂不足时,凝結非常緩慢,强度很低,甚至无强度。碱性較为适当的水泥,强度都很高,尤其表现在 28 天强度上特别显著。当碱性激发剂掺加量超过了最适当的情况时,由于发生了“石膏膨脹”现象而使水泥强度显著下降,尤其是 28 天强度更为明显,这时凝結時間也延迟了。

石膏的掺加量按苏联資料認為一般为 15—20%。根据我們的試驗証明,石膏掺加量在較大的範圍內(例如 13—19%)波动时,对石膏矿渣水泥的質量的影响不大。

四、石膏矿渣水泥的質量标准

我国新品种水泥技术条件(暫行)第一輯中,技术条件 107—57 規定石膏矿渣水泥的标号有 150, 200, 250, 300 号四个标号。

該标准規定以 1:3 硬練胶砂 7 天强度作为水泥的强度标准,

但同时必須进行28天强度試驗，作为生产上的檢查及研究水泥强度成長之参考，其强度标准如表3所示。

石膏矿渣水泥的强度标准

表 3

水 泥 标 号	1 : 3 硬 練 胶 砂 7 天 强 度 (公 斤 / 平 方 公 分)	
	抗 压	抗 拉
150	90	10
200	110	11
250	146	13
300	170	15

水泥的細度(4900孔/平方公分篩篩余%)不得超过10%。
凝結時間：初凝不得早于45分；終凝不得迟于12小时。安定性試驗应采用浸水法，浸水法就是将試并在湿空气养护24小时后浸水养护7天，28天进行檢查，水温为20°C左右。

在該标准中强度指标只到300号为止，若超过300号时，可按矿渣矽酸盐水泥的标准来衡量。

对于地方性土法生产的工厂，缺乏試驗設備的情况下，建議采用“土立生产的矽酸盐水泥临时技术条件”一書中所介紹的方法进行試驗。

五、生产工艺过程及質量控制

石膏矿渣水泥的生产工艺过程，它与一般的无熟料水泥一样，不需要煅燒熟料的旋窖或立窖，主要設備仅是一台球磨机另外包括矿渣烘干设备和石膏煅燒設備，其主要生产流程如下：

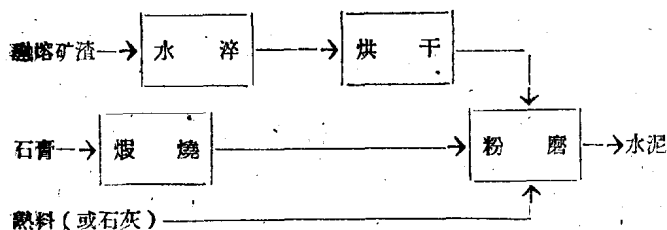


图 1 共同磨粉时的生产流程图

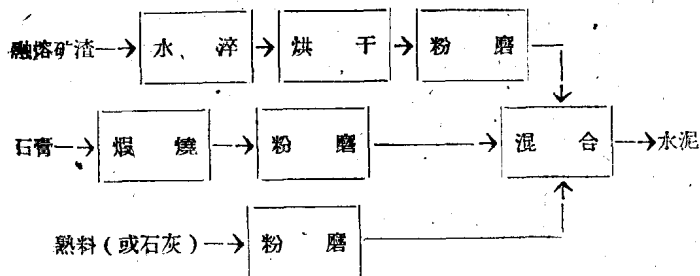


图 2 分别粉磨时的生产流程图

现将生产工艺过程及质量控制的主要问题分述如下：

1. 矿渣的烘干设备

对于产量大的，机械化程度高一些的工厂，一般都是用迴轉

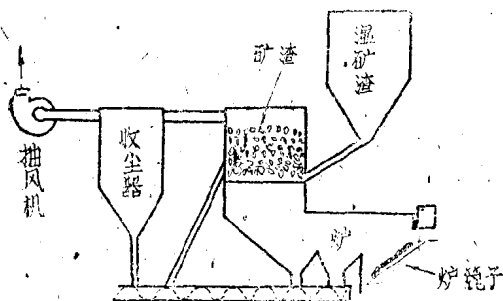


图 3 沸腾式矿渣烘干窑

式烘干机，对土、洋結合的中、小型水泥厂，我們可以介紹一种沸騰式的矿渣烘干窖。这种窖的設備較簡單而效率較高。这种窖的形式如图三所示。产量根据窖的大小不同而有所不同。

对于土法的矿渣烘干方法，可用鉄板或耐火磚架成平台，下面砌成火道和火床，用煤或木材作为燃料，平台的面积可按产量的要求而决定。現在阳泉水泥厂就是按这种方法进行烘干矿渣的。烘干前的矿渣，最好經過一个时期的堆放，使其水份风干一部分，一般剛水淬后的矿渣中含水分可达30—40%左右，經過几天风干后，水分可大大降低到10—20%左右，这样再烘干就很容易了。烘干后的矿渣水分要求少于1%。烘干时矿渣溫度最好不超过300°C。

2. 石 膏 的 煨 燒

若当地沒有天然无水石膏，而只有二水石膏时，为了得到質量較好的水泥，最好将二水石膏煨燒至600—750°C，这样对水泥質量是有利的。煨燒石膏的設備，最好是采用連續生产的立式这种的形式如图四所示。

石膏在窖內煨燒带停燒的时间，应以能够使石膏块內外都燒得很均匀为原则，石膏块的大小为100—200公厘时，一般必須燒三小时

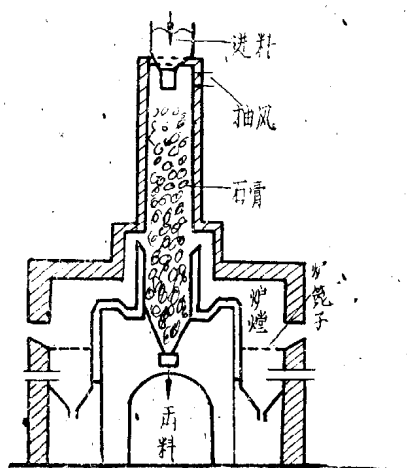


图 4 立式石膏煨燒

以上。

对于地方性土法生产的煅烧石膏的窑，可采用马蹄形的倒焰（一般烧青砖的倒焰窑），在阳泉水泥厂就是这种窑，窑的内部尺寸为 $1.8 \times 1.8 \times 2.4$ 米时，每窑可装12吨石膏，烧后尚有10吨左右，每烧一窑需2—3天，煤耗约为每吨石膏消耗0.2吨煤。

3. 水泥的粉磨

石膏检查水泥的粉磨设备与其他水泥一样，一般都是采用球磨机，现在向大家介绍一种适合于地方性小型厂生产的球磨机，它的规格是长1.83米，直径0.956米，动力为14瓩，磨的价格（不包括电动机）约为4,000元。这种磨机的全套图纸可向建工部标准设计院索取。另外在“建筑材料工业”第16期中有“日产12—14吨的木壳球磨机制造介绍”一篇资料，是广东建筑工程局介绍的，这种磨机很适合于地方土法生产水泥。

石膏矿渣水泥的粉磨细度，对水泥的强度有着很大的影响，因为矿渣的水化仅能在其颗粒表面逐渐进行，因此水泥愈细，则能进行水化的矿渣表面积愈大，所以水泥强度将显著提高。

根据我们的研究，认为石膏矿渣水泥的细度（4,900孔/平方公分筛余%）应小于5%。而比面积最好能达到4,000—5,000平方公分/克。对于在生产上粉磨细度的控制如果有条件的話，最好能采用比面积的方法。

石膏矿渣水泥的粉磨方法，采用混合粉磨或分别粉磨都可，但由于原料中粒状高炉矿渣（尤其是半干法水淬的）和石膏的易磨性相差较大，矿渣是比较难磨的，而石膏比较容易磨，因此若能采用分别粉磨的方法是比較合理的，但采用分别粉磨时必须保证在最后得到的水泥中各种原料的充分混合均匀，否则会影影响水泥质量。所以若采用分别磨的方法，一般是先将各种原料分别粉磨

至較粗的細度，然後按配合比配合，再在磨機中混合磨至水泥所要求的粉磨細度。

4. 生產上的質量控制

在生產石膏礦渣水泥時，除了進行一般的生產控制外，還必須快速測定水泥在一定的條件下水化時，其液相中游离 CaO 濃度，以調整水泥中的熟料或石灰的摻加量，這種 CaO 濃度的控制範圍應隨着礦渣成份的不同而有所不同。而如果礦渣成份比較固定時，這種濃度的變化就決定了鹼性激活劑摻加量的變化或鹼性激活劑本身質量的變化。

對於每一種類型的礦渣在生產上所應控制的 CaO 濃度範圍，應通過試驗，根據水泥中的鹼性激活劑摻加量不同時的水泥質量與測得 CaO 濃度之間的關係而確定，然後在生產上就可根據 CaO 濃度與鹼性激活劑摻加量的關係進行控制鹼性激活劑的摻加量。

測定 CaO 濃度的方法，是將100克水泥加900毫升水在1立升容量的瓶內，振蕩或攪拌2小時，將溶液迅速過濾，測定濾液中的游离 CaO 濃度， CaO 濃度的測定可採用鹽酸滴定法。

我們曾用石鋼礦渣制成的一批鹼性激活劑摻加量不同的石膏礦渣水泥，按這種方法測定了水泥的 CaO 濃度，找出了 CaO 濃度與水泥強度的關係（見圖5）。

用這種方法在生產上可

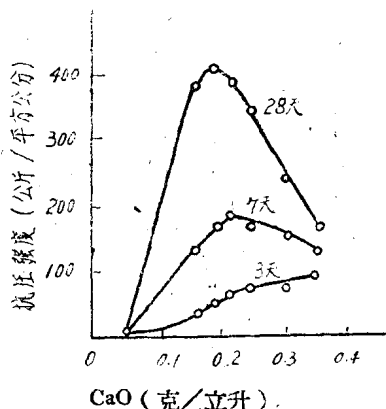


圖 5. 石鋼礦渣制成的石膏礦渣水泥的強度與 CaO 濃度的關係