

高爐矿渣土法制造水泥

冶金工业出版社

高爐礦渣土法製造水泥

編輯：殷保楨 設計：朱駿英 校對：劉薇芸

1958年12月第一版 1958年12月北京第一次印刷10,000冊

787×1092· $1/32$ ·28,000字·印張 $1\frac{16}{32}$ (2·定價0.12元

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行 書號1321

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

出版者的話

目前全国有几十万座小高爐土高爐，在进行生产，在炼鉄的同时每天都有大量的爐渣生产出来。但是在过去，大量高爐爐渣都沒有很好地加以利用，而被当作废料拋棄掉，这是很大的浪費。因为高爐爐渣是一种用途广泛的宝貴原料，它可以用来制造水泥及其他建筑材料。充分的利用高爐矿渣使它更好地为生产建設服务，是一项极其重要的任务。为此，我們將有关利用高爐矿渣制造水泥的經驗汇编成这本小册子出版，供各地参考。

目 录

- (一) 讓矿渣为冶金工业大跃进服务..... 1
- (二) 石灰矿渣水泥应该大力发展..... 6
- (三) 应朝鉄业社土制石灰矿渣水泥試驗..... 11
- (四) 安平鉄厂試制爐渣水泥成功的經驗..... 14
- (五) 用水渣爐灰配制土水泥..... 18
- (六) 硫酸盐矿渣水泥的研究..... 20
- (七) 推荐湿碾矿渣混凝土..... 31
- (八) 石灰矿渣水泥混凝土試驗..... 37

(一) 讓矿渣为冶金工业大跃进服务

冶金工业部建筑研究院副院长 李万傑

在社会主义建設总路綫灯塔的照耀下，在“以鋼为綱”这一宏伟口号的鼓舞下，冶金工业在全国各个城市和乡村以飞跃的速度蓬勃发展。随着冶金工业大跃进的形势的发展迫切需要大量建筑材料来满足建設的需要，因此能否解决大跃进所带来的建筑材料供应不足的困难，乃是一项能否保証和促进冶金工业建設跃进再跃进的关键問題。

其实，生产建筑材料也不是非常困难的事，我国有丰富的建筑材料的物质资源，有大宗的地方材料如砖、瓦、砂石……等，这些都是取之不尽用之不竭的，就是带有活性的材料如石灰、石膏、粘土……等也是分布很广，蕴藏量极其丰富的。最近各地創造性地用土法生产水泥及耐火材料等重要建筑材料，积累了丰富的經驗。

特别是我們冶金工业部門，在生产建筑材料方面存在着巨大的潛力，这就是我們具有一种大宗的、多种用途的、宝贵的建筑材料——高爐矿渣，它将給我們解决建筑材料不足的困难問題开辟了广阔的前途。因此，如何充分的利用高爐矿渣，挖掘矿渣的潛力，使矿渣更好的为冶金建設服务是摆在我們冶金建筑工作者面前的一项极其迫切任务。

一、高爐矿渣是一种大宗的地方性建筑材料。

过去，高爐矿渣是被人們当作工业废料而被抛棄掉，据初步調查，全国各地被抛棄的重矿渣就有2000多万吨，其中

如鞍鋼、石鋼、太鋼及馬鞍山等企业的矿渣都是堆积如山，不但占用了很多的耕地面积，而且浪費了很大的运输力。大家很清楚，矿渣是一种能制造水泥的活性材料。但是我們的建設工作者一方面大喊水泥不够，另一方面却把加工后能制成水泥的活性胶結材料給白白的拋棄掉了，这是十分可惜的事，真是端着金碗还要飯吃。过去只有几个鋼鉄基地才有矿渣，一般地区沒有矿渣。在大、中、小并举，全党全民办冶金工业的方針下，不仅是矿渣的产量将随着鋼鉄产量的提高而逐年累月的增加，而且遍布在全国各地。因此矿渣不仅是一种冶金企业所特有的建筑材料，而且也是一种带有地方性的建筑材料，我們必須立即研究使用这种新型的大宗的地方建筑材料，并使之早日为冶金建設大跃进服务。

二、高爐矿渣亦是一种用途广泛而宝贵的原料。

矿渣不但是建筑材料而且也是一种原料，这种原料不但建設能用而且一般工业和农业上亦能用，高爐排出的熔融矿渣經水淬后即变成水渣，这种水渣在水泥厂可以制成矿渣矽酸盐水泥，我們可利用这种水渣自制成矿渣无熟料水泥（如石灰矿渣水泥和石膏矿渣水泥，后者亦称硫酸盐水泥）、湿碾矿渣混凝土（以前叫做活化塑化混凝土）、砌筑砂浆以及代替石灰制造矽酸盐制品、制造水渣保湿板及大型砌块。在农业上并可用于六六六粉的渗料以及制成肥田粉。熔融矿渣經自然冷却后称作重爐渣。用这种矿渣可作耐热混凝土的骨料，能耐700°C以下的高温，也可做普通混凝土的骨料、道路及基础工程的垫层、道渣、水泥掺合料、矿渣砖及工业用搪磁、陶磁和釉等，熔融矿渣并可制造人造浮石、热鑄矿渣砌块、矿渣棉、矿渣玻璃和絕緣材料等。初步統計矿渣的

用途就有三十多种，当然还可能有其它更多更广泛的用途。但我们过去对它的使用却太少，这是对祖国资源的巨大浪费，我们必须广泛的利用矿渣来进行冶金工业的建设。

三、有高炉的地方就有水泥。

在我们冶金企业里生产水泥并不是什么困难和神秘的事，只要将水渣烘干掺入15~25%的石灰，3~5%的石膏共同磨碎就可以制成300号石灰矿渣水泥。这种水泥比高铝水泥及波特兰水泥具有较高的抗侵蚀性，可以用于设备基础、貯水池、高炉及焦炉工作平台和支架等具有侵蚀性工程中，亦可用于一般的地上、地下及水中的构筑物和钢筋混凝土工程中。这种水泥生产简单，成本低廉（较普通水泥便宜50%以上），因此可以大量生产和使用。

在烘干的水渣中，依据工程需要的标号掺以一定数量的石膏或半水石膏共同磨碎就可制成250号~400号石膏矿渣水泥，这种水泥除基础及震动荷重的结构尚须进一步研究外，可以制作屋面板、楼板、梁柱及隔墙板等构件，并可供抹灰用，这种水泥的生产设备简单，除需化二、三百元盖上一个蒸压石膏的火窑生产半水石膏外，其他制造过程均与制造石灰矿渣水泥相同。成本亦很低廉，每吨水泥仅需27元、若用天然石膏制造时，成本更低。用矿渣制造水泥的共同特点是可以就地取材，就地生产，就地使用，不要熟料，可以大大地节省燃料，不用远地运输可以节省运输费用，亦不用长期储存，可以大大的节省临时工程费用。

依据建筑上不同用途的要求，大量生产这二种水泥可以基本上满足施工的需要。如能进一步研究提高其标号，亦可用于预应力混凝土中。这样我们冶金工业建设所需的水泥，

即可全部作到自給自足。

四、有了矿渣就可以大大的节约水泥。

有了矿渣，不但可以生产水泥，而且还可以直接湿碾矿渣制成混凝土，这种混凝土是用100%的水渣，5~10%的石灰，3~5%的石膏在輪碾机中經過湿碾后再拌以骨料而制成的混凝土。制造300号以下的湿碾矿渣混凝土，完全可以不用水泥。如需300~500号的混凝土可酌情每立方公尺混凝土中掺以50~70公斤的水泥，600~800号的混凝土可掺以100~120公斤的水泥。这种混凝土的强度高，如用蒸汽养护可达800公斤/公分²左右，砂浆强度可达900公斤/公分²。其它抗冻、耐磨、隔热、混凝土与鋼筋粘着力等性能均与普通矽酸盐水泥制成的混凝土相同。这种混凝土的成本低，每立方米仅需30元左右，較普通混凝土便宜30%左右，但其使用范围都与普通混凝土相同。高标号的湿碾矿渣混凝土还可用于預应力中。除此之外，这种混凝土还有一个突出的特点，就是可以不用砂子。这对缺乏砂子的地区更有其特殊的意义。

矿渣可作水泥掺合料，磨細重矿渣是具有一定的表面活性，如在混凝土中掺入水泥量20~30%的磨細重矿渣代替水泥，其强度仍可保持不变，这就可以大量的节约水泥，掺入这种掺合料还可以改善混凝土的和易性，增加混凝土的密实性、抗水性和抗蝕性，这种掺和料的成本約为水泥成本的30%，如在混凝土中掺入30%的磨細重矿渣，不但可以节约水泥30%，而且可以降低成本7%左右。

从上述各点中我們可以清楚的看出，只要我們增加几个水渣池增添一些簡易的磨碎設備，就可以用矿渣生产水泥作为建筑材料。有高爐有矿渣的老厂就可以很快克服目前水泥

紧张的困难，而且可以作到自給自足，甚至还可以将多余的支援新厂和地方工业建設。

因此我認为冶金工业企业生产水泥的最主要途径就是大量的利用矿渣，，首先生产矿渣水泥，其次才是用土法生产部份的高标号水泥或特种水泥。如果我們丢掉大量的矿渣不用，而去大搞堅窰或轉窰，将会增加很多的宝贵的建設投資，浪費了国家矿渣資源的綜合利用，延慢了冶金工业的建設速度，这是极端錯誤的。

这种大宗的、宝贵的，且有多种用途的矿渣沒有得到及时的广泛的应用是与我們建筑研究院宣传不够，組織不力有很大关系，我們要立即改进，但希望我們企业的建筑工作者們也要扭轉这种只管使用材料不管生产材料而伸手向国家要的思想，同时要克服盲目崇拜名牌水泥的迷信观点，放心大胆的使用矿渣水泥。

(二) 石灰矿渣水泥应该大力发展

太原钢厂 刘元德

在社会主义建设大跃进中，水泥感到不足，根本办法是自己生产水泥。但是，生产什么样的水泥最符合多快好省呢？我认为：在我们冶金企业内，那就是石灰矿渣水泥，因为我们冶金企业拥有大量的矿渣，它是制造水泥的良好原料，容易磨细，而且不需要成本，此外用它制造水泥还不必建窑、煅烧，因此成本大大降低，一吨石灰矿渣水泥比普通水泥便宜25~30元，它的标号可以做到250号以上，用这种水泥配成的混凝土经蒸汽养生后强度可达300~400公斤/公分²，我们已生产的大批大型屋面板（标号为200号）完全是用这种水泥做的，质量不亚于普通水泥做的混凝土，因此石灰矿渣水泥大有发展的必要。

石灰矿渣水泥的生产

1. 生产设备

磨细设备——这是制作石灰矿渣水泥最主要最关键的工具。材料磨细度要求4900孔筛，筛余量<15%。可根据生产量及具体条件采用各型球磨机或改装球磨机及土法石碾等都可以。我们系用雷蒙式磨细机及自制球磨机；

混合设备——这是将磨细的水渣、石灰、石膏掺和均匀的工具。因此可按此要求自行制作，我们目前是用轮碾机拌合的；

干燥設備——水渣磨細前須先进行干燥，我們小部分用火炕烘，大部分用太阳晒。利用太阳晒是最經濟办法，但受天等及气候影响，故如要求均量及大量生产时，应制作干燥設備。

2. 材料

水渣——可直接由高爐工地取得，这是炼鉄工业中的废料，根据不完整資料統計，过去我国每年有250万吨矿渣丢掉。现在小型高爐遍地开花，矿渣的数量就更多了，尤其有利的是分布面广取用方便。今后矿渣将是一項取之不尽用之不竭的廉價材料；

石灰——是一項很普通的地方材料，几乎每个村鎮都有；

石膏——我国几乎每省都有石膏矿，各建筑单位应就地开采或組織开采。石膏在石灰矿渣水泥里用量很小，它更大的用处可以制作水硬性石膏。

3. 生产过程

生产工艺很簡單，如果采用一次进料一次出料的磨細設備——即将干燥的水渣、生石灰、半水石膏按配合比混合磨細（細度4900孔篩、篩余量 $<15\%$ ），即为成品；如系連續进料連續出料的磨細設備，即将三种材料分別磨細，然后再按配合比混和均匀即得成品。

4. 配合比及成品质量

石灰矿渣水泥的活性主要决定于水渣质量。又由于石灰、石膏质量比較稳定，故合成水泥的配合比主要是根据水渣的质量变动而改变的。我們用的配合比是：水渣70~85%，石灰10~25%，石膏（ $\text{CaSO}_2 \cdot \frac{1}{2} \text{HO}_2$ ）3~5%。所配成水泥强度，标准养生为200~300号。蒸气养生（90°C）則

达400号以上。曾利用这种水泥设计200号混凝土制作6公尺×0.75公尺屋面板（蒸气养生），其出养生密强度为198公斤/公分²，七天后载荷试验其破坏荷重将近设计荷重的三倍，且在破坏荷重时其刚度仍符合设计要求。现在我們已用这种水泥大批生产6公尺×1.5公尺屋面板。

影响石灰矿渣水泥质量的几项因素

1. 水渣

水渣质量是决定石灰矿渣水泥活性的主要因素，这已于上面谈过。水渣质量的好坏（活性大小），又根据矿渣的化学成份、冷却速度等条件确定。矿渣化学成分一般是：

SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	FeO	SO ₃
35~38%	40~50%	8~16%	4~8%	0.4~1%	2~3%

其中Al₂O₃最高也有达24%的，最低也有低到8%的。

根据有关资料及专家报告可按下面各式鉴定矿渣活性：

$$\text{硷性率} = \frac{\text{CaO}\% + \text{MgO}\%}{\text{SiO}_2\% + \text{Al}_2\text{O}_3\%}$$

硷性率 ≥ 1 ，矿渣为硷性；硷性率 < 1 ，矿渣为酸性。

如果Al₂O₃含量较高时，则上列公式应作如下变更，

$$\text{硷性率} = \frac{\text{CaO}\% + \text{MgO}\% + \frac{1}{3}\text{Al}_2\text{O}_3\%}{\text{SiO}_2\% + \frac{1}{2}\text{Al}_2\text{O}_3\%}$$

硷性矿渣，也就是CaO含量较多的矿渣，其活性较大，一般硷性率为1.5~1.0者为活性矿渣，硷性率为1.3~0.9者为低活性或潜活性矿渣。矿渣除了用硷性率来比较外，Al₂O₃

和SiO₂含量的重量比也是比较活性的有效方法。 $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$ 的

比值称为活性率，当活性率大于0.25时即认为是活性较好的矿渣。有时也用下式判定矿渣活性：

$$\frac{\text{CaO}\% + \text{MgO}\% + \text{Al}_2\text{O}_3\%}{\text{SiO}_2\% + \text{MnO}_3\%} = K$$

当 $K \geq 1$ 时矿渣有活性。式中 MnO 很明显是不利成分，故其含量越小越好，一般不得超过 5%。总的，矿渣中 MnO 含量低， Al_2O_3 ， CaO 含量高是矿渣具备活性的先决条件。

按上列各式计算我厂矿渣属于活性或潜活性范畴，但按实际试验效果还很好。故我们意见在利用矿渣时这些公式可为参考，不能作为鉴定矿渣标准。

当矿渣由熔融状态变为固体其冷却速度对矿渣活性亦很重要，尤其硷性矿渣，其冷却速度越快，则活性越大，反之冷却缓慢即失掉活性或活性很小。一般同样矿渣经水淬成的水渣有活性，而重矿渣（自行缓冷的）则没有活性（或很小），这就是因为冷却速度关系。

当矿渣由熔融状态冷却时（根据有关资料），即有很多矿物组成结晶状态分析出来，由不稳定性变为稳定性。已经变为稳定性的矿渣对我们来说就是失掉了活性。如矿渣中一项主要矿物 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ，当冷却缓慢时就由 β 型 C_2S 变为 r 型 C_2S 。 β 型 C_2S 有水硬性， r 型几乎完全没有水硬性。如果将熔融矿渣急速冷却使其没有结晶的机会，则矿渣即呈无晶形玻璃体（这里指硷性矿渣，因酸性矿渣即使缓冷亦能形成玻璃体）。这种玻璃体是贮存了一部份潜能，是不稳定的，也就是有活性的。矿渣结晶较快的温度是在 850°C 左右。故当有活性矿渣加温到 850°C ，其本身会放热（潜能）而重行结晶失掉活性。所以当干燥水渣时温度不应过高（到 600°C

即会降低活性)。

2. 石灰

根据試驗結果用生石灰配成的水泥强度較熟石灰蒸气养生中相差 15~20%，在自然养生相差 5~15%。

我們認為石灰与矿渣起作用是以 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 形式出現的，因为 CaO 与水掺和后会馬上变成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的。因此我們又想利用生石灰配水泥强度高的原因是否是这样：一个是由于 CaO 产生水化热促进化学反应；一个是由于混凝土搗固 CaO 后开始吸收水分水化，結果混凝土干硬度加大致使强度增高。

3. 石膏

在蒸气养生中石膏中半水石膏与二水石膏效果近似，但在自然养生中半水石膏則較好，一般强度差約 10%。至于高强度石膏与工业石膏尚未发现有差別。

4. 材料細度

与一般水泥相同細度，越細越好。如以 4900 孔篩篩余量为 5 作比較，篩余量为 10, 15, 20, 30 者各降低强度 5%，6%，15%，30%。

(三) 应朝鉄业社土制

石灰矿渣水泥試驗

张汉輝 刘中尚

全国各地已建立数以万計的小高爐，随着这些小高爐的出鉄，将有大量矿渣产生。这些矿渣如加以利用，可以制成水泥和其他建筑材料；如不利用，則还要花費人力物力去清除，并占用土地。因此矿渣必須利用。山西省阳城应朝鉄业社针对这个問題用土法进行了200号石灰矿渣水泥的試制和試驗。試驗分二个阶段，即矿渣成粒阶段与水泥配制、性能試驗阶段。

矿渣成粒

从高爐流出的液体矿渣，驟然水淬冷却，即成为多孔而疏松的玻玻体顆粒，这个过程称为“矿渣成粒”。

矿渣成粒要在土高爐出渣口前挖一个坑（80×80×80公分），四周及底面用旧耐火砖（可利用高爐现有而廢棄的耐火砖）砌筑和砂浆抹面。当液体矿渣流入水坑前，坑內先充滿了水（每次需水約400公斤），矿渣在水中成粒后，即由人工取出，而坑內多余水仍可繼續应用。取出的矿渣放在空地上晒干，再用碾碾細（如当地有其他磨細設備更好），其細度应达4900孔，存余量不超过15%，将磨細的水渣再和石灰、石膏配合。

水泥配制和性能試驗

对原材料的要求:

矿渣(水渣)——細度4900孔篩, 篩余量小于15%, 晒干后的水渣含水量小于1%;

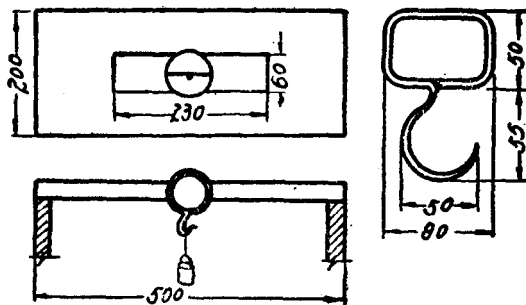
石灰——一級生石灰(熟石灰亦可);

石膏——較純的天然石膏。

配制成分的选择

矿渣	65	70	75	80	85	65	70	75	80	85	65	70	75	80	85
石灰	35	30	25	20	15	35	30	25	20	15	35	30	25	20	15
石膏	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1

水泥安定性試驗: 用标准稠度的水泥淨浆做成五个水泥餅, 貯藏于鍋或碗下, 外用湿布封住, 經24小时取出放入清水煮鍋中, 經4小时煮沸, 冷却至15~20°C(水餅仍放在水中)。然后取出, 如发现有裂縫、分碎裂紋或边缘翘起等情况, 說明安定性不好。



水泥餅抗折强度試驗設備(单位公厘)

水泥标号测定：把安定性合格的試件，进行抗折試驗，水泥餅抗折强度为各个水泥餅的平均值，求得值后可根据下表查得抗压强度（水泥标号）。

水泥餅抗折强度（公斤/公分 ² ）.....	50	55	60	70	85	100
水泥标号.....	200	250	300	400	500	600

水泥凝結時間試驗：用标准稠度的水泥淨浆制成的水泥餅（直径7~8公分，中間厚約1公分），每隔5分鐘用刀片在这一水泥餅上輕划凹痕，如果尚未达到初凝時間，凹痕就会再結合起来，这样繼續划痕到凹痕不再結合，并观察痕內沒有光澤反射，再用手指輕輕敲击水泥餅下的玻璃板，如仍不結合就用刀背在餅上划一較深的凹痕，再輕輕震动切口仍不結合，則从水泥加水算起到此时为止算为水泥初凝時間。再繼續用刀切餅。直到不加压力就不能将餅面切开，或用直径为2公厘的平头圓木棒用手自然加压力于餅的表面，直到压印深度达0.5公厘时为止，就算为水泥終凝時間。

水泥标准稠度用水量：秤取200克水泥样品，放在不吸水的平板上，加水約水泥量的30%，用錫刀拌和，時間約3~5分鐘，取淨浆一部分搓成1公分的圓球，在60公分高处坚硬的平面上，如不生裂縫或不偏于原来直径的 $\frac{1}{2}$ ，即标准稠度的淨浆，否則就表示水量过多或过少，須另取水泥样品变更水量重做，到适合规定为止。