



高爐矿渣耐热混凝土施工須知

冶建須知1-60

冶金工業部建築研究院 編



建築工程出版社

高爐矿渣耐热混凝土施工須知

冶建須知1-60

冶金工業部建築研究院 編

1960年3月第1版 1960年3月第1次印刷 4,070册

787×1092¹/₃₂ • 17千字 • 印張³/₄ • 定價(8)0.10元

· 建築工程出版社印刷廠印刷 · 新華書店發行 · 統一書號: 15040·1938

建築工程出版社出版(北京市西郊百萬莊)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第052號)

前 言

在冶金、化学、石油、机械制造和建筑材料工业部門，工作溫度在 700°C 以下的热工設備結構很多。在这种結構中如采用普通混凝土或紅磚砌体，都会影响工程質量，縮短使用寿命。如采用以耐火粘土磚做集料的耐热混凝土或耐火磚砌体，不仅材料充分供应有問題，而且其价格也較貴。采用价廉易得的高爐矿渣做集料的耐热混凝土，既能保証工程質量，又能因地制宜、就地取材，降低工程成本。其每立方米成本比耐火粘土磚集料耐热混凝土或耐火磚砌体要低約50%。

从1956年起，冶金工业部建筑研究院协同鞍山、武汉、包头鋼鐵工业基地的中心試驗室，分別对鞍山、馬鞍山和石景山的高爐矿渣做耐热混凝土集料进行了試驗研究和工程試点，并在新建工程上大量推广应用。据初步統計，从1957年以來，在鞍鋼、武鋼和包鋼新建焦爐、平爐等基础工程上已使用了数万余立方米，收到了良好的技术經濟效果。

現在我們根据国内外有关資料，編制了“高爐矿渣耐热混凝土施工須知”供大家參考使用。

目 录

前 言

第一章	定义和应用范围·····	(1)
第二章	配制高爐矿渣耐热混凝土所用材料的要求·····	(1)
第三章	高爐矿渣耐热混凝土的組成及其性能·····	(4)
第四章	高爐矿渣耐热混凝土配合比的选择和試驗項目 ·····	(5)
第五章	高爐矿渣耐热混凝土施工·····	(7)
第六章	烘烤和加热·····	(9)
附录 1	高爐矿渣安定性的試驗方法·····	(10)
附录 2	高爐矿渣强度的間接試驗方法·····	(11)
附录 3	配合比設計程序和計算实例·····	(12)
附录 4	耐热混凝土試件抗压强度換算表·····	(17)
附录 5	高爐矿渣耐热混凝土試驗 (摘要) ·····	(17)
参考資料	·····	(22)

第一章 定义和应用范围

第 1 条 高爐矿渣耐热混凝土是一种用高爐矿渣做混凝土集料的特种混凝土。它在 700°C 以下的工作溫度長期作用下，能够在規定範圍內保持其基本的物理机械性能。

第 2 条、高爐矿渣耐热混凝土 只能使用于工作溫度 700°C 以下的、溫度无急剧頻繁变化和无酸性侵蝕的工程部位，如热工設備的基础、烟道、廢气通道、干燥和热处理用爐窖的許多部位等等。

第二章 配制高爐矿渣耐热 混凝土所用材料的要求

第 3 条 硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥应符合現行国家建筑材料标准101-56中之規定。

注：矿渣硅酸盐水泥中矿渣含量小于50%时，应加入細磨掺合料（粉煤灰、銘鐵質材料除外），其用量为水泥重量的30%。

第 4 条 如水泥中掺有石灰岩类的掺料时，不宜用以配制耐热混凝土。

第 5 条 以硅藻土、浮石凝灰岩或廢硫酸鋁做水硬性掺合料的火山灰硅酸盐水泥，不許用以配制耐热混凝土。

第 6 条 配制耐热混凝土不得使用低于430号的水泥。

第 7 条 高爐矿渣耐热混凝土中可采用耐火粘土熟料、粒

状高爐矿渣、石英砂、紅磚作为細磨掺合料。

第 8 条 如結構工作温度不超过 350°C 时，用硅酸盐水泥配制的高爐矿渣耐热混凝土中可不加細磨掺合料。

第 9 条 各种細磨掺合料（石英砂除外）的細度，应保証在每平方厘米4,900孔篩上的篩出率不少于70%；在每平方厘米1,600孔篩上应全部通过，如有篩余部分不必篩出，在計算混凝土配合比时，可作为細集料計算。

第 10 条 用作細磨掺合料的石英砂，二氧化硅（ SiO_2 ）的含量不应低于90%。細度应保証在每平方厘米4,900孔篩上的篩出率不小于85%；在每平方厘米1,600孔篩上的篩余部分不超过5%。

第 11 条 已使用过的旧耐火粘土磚碎块允許用作細磨掺合料，但必須清除其表面上的爐渣和其他污物。禁止采用硫酸盐含量大于0.3%（折算成 SO_3 ）的和使用过的酸化耐火粘土制品作为高爐矿渣的耐热混凝土的細磨掺合料。

第 12 条 用作細磨掺合料的粒状高爐矿渣，其硷性模数（ $M = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}$ ）不应大于1。

第 13 条 禁止使用一般石英砂作为高爐矿渣耐热混凝土的集料。

第 14 条 用作耐热混凝土集料的高爐矿渣必須有良好的安定性，严禁使用正处在分解状态中的高爐矿渣。

新生产的高爐矿渣应在加工破碎后存放三个月以上的時間，或者在堆置中每日充分澆水一次的情况下待安定后方能使用。安定性的試驗方法見附录1。

第 15 条 供制作耐热混凝土集料用的高爐矿渣应符合下列要求：

1. 其中 CaO 总含量不应大于45%，硷性模数最好不大于1；

2. 矿渣顆粒大于10毫米以上者不应含有玻璃質矿渣; 10毫米以下者, 其玻璃質矿渣含量不应超过矿渣总重的20%;

3. 用作粗集料的矿渣中, 片状顆粒含量不应大于10%;

4. 用作粗集料的矿渣容重不应小于1,100公斤/立方米, 其中多孔或大孔的輕質矿渣含量不得超过总重量的20%;

5. 矿渣块的耐压强度应符合附录 2 矿渣强度間接試驗所规定的結果。

第 16 条 用作耐热混凝土集料的高爐矿渣中, 不得含有平爐渣、鉄渣、石灰岩、泥土和垃圾等杂质。

第 17 条 配制高爐矿渣耐热混凝土用的粗集料的顆粒級配, 应符合普通混凝土所用碎石級配的要求, 其最大粒徑不宜大于20~25毫米; 最小粒徑不小于5毫米。

超过粗集料最大粒徑的部分, 不应大于总重量的5%; 而小于5毫米的不应超过10%。

第 18 条 配制高爐矿渣耐热混凝土用的細集料的最大粒徑为5毫米, 最小粒徑为0.15毫米。

超过細集料最大粒徑的部分, 不应大于总重量的5%; 而小于0.15毫米的不应超过25%。細集料顆粒的級配建議采用表1中的数值。

細集料顆粒的推荐級配

表 1

篩 (毫米)	徑	5.0	1.2	0.15
篩 (重量%)	余量	5~0	55~20	100~75

第 19 条 如破碎后矿渣混合物的顆粒級配符合表2的要求时, 可以不將粗細集料分开, 而直接用作配制耐热混凝土的集料。

第 20 条 在粉碎各批材料时, 应以篩分平均試样(粗集料

粗細集料混合物顆粒的推荐級配

表 2

筛 徑 (毫米)	圓 篩 孔			方 格 筛 孔		
	20	10	5	1.2	0.5	0.15
筛 出 率 (重量%)	100	65~35	40~45	20~35	2~15	0~10

需 5 公斤，細集料需 1 公斤) 的方法来确定集料的顆粒級配。

第 21 条 拌合高爐矿渣耐热混凝土可采用拌普通混凝土所用的水。

第三章 高爐矿渣耐热混凝土

的組成及其性能

第 22 条 高爐矿渣耐热混凝土可分为：1) 用矿渣硅酸盐水泥做胶結材、高爐矿渣做粗細集料加水配制的混凝土；2) 用加入細磨掺合料的硅酸盐水泥做胶結材、高爐矿渣做粗細集料加水配制的混凝土。

第 23 条 结构构件的最高允許工作溫度及可采用的混凝土标号見表 3。

第 24 条 高爐矿渣耐热混凝土的标号可規定为 100、150、200 号。

注：耐热混凝土的标号，以 100×100×100 毫米試块，在正常条件下养护 7 天，再在 100~110°C 的溫度下烘干 32 小时后的常溫抗压强度极限值来确定。

第 25 条 高爐矿渣耐热混凝土的湿容重为 2,200~2,450 公斤/立方米。

第 26 条 高爐矿渣耐热混凝土的残余綫收縮为 0.4~1.0%。

第 27 条 高爐矿渣耐热混凝土的抗激冷激热性能不宜低于

7 次熱交換。

高爐礦渣耐熱混凝土的性能

表 3

混 凝 土 的 种 类	耐熱混凝土的材料			結構构件 最高允許 工作溫度 (°C)	耐熱混凝土 可採用的 標 号	附 注
	胶結材	細磨擦合料	粗細集料			
用硅酸鹽水 泥配制的	硅酸鹽 水泥	耐火粘 土 熟 料 粒狀高爐 礦渣石英 砂、紅磚	高爐礦渣	700	100~200	不得使用 有鹼性侵蝕 的地方
	同上	无	同上	350	100~200	
用礦渣 硅酸鹽水 泥配制的	礦渣硅 酸鹽水泥	見本指示 第 3 条注	同上	700	100~200	

第 28 条 高爐礦渣耐熱混凝土加熱至所指定的使用溫度并在該溫度下持續 4 小時。冷卻后在干燥空氣下養護 10 天，其殘余強度極限值不應小於烘干強度的 30%。

注：如試塊加熱至高溫，或加熱后在干燥空氣中養護后，其表面出現深而開口的裂縫時，不管殘余強度極限值如何，均認為混凝土的該種配合比試驗不合格。如只有表面細小發紋可不考慮，仍認為合格。

第 29 条 高爐礦渣耐熱混凝土在 2 公斤/平方厘米荷重下的開始變形（收縮 0.6%）溫度，不宜低於 950°C。

第四章 高爐礦渣耐熱混凝土配合比

的選擇和試驗項目

第 30 条 設計耐熱混凝土配合比前應先確定：

1. 結構构件承受的最高工作溫度；

2. 混凝土的設計標号;

3. 按构件断面尺寸等情况所选取的混凝土的坍落度;

4. 按材料供应条件, 可先考虑使用矿渣硅酸盐水泥或火山灰硅酸盐水泥, 在考虑使用硅酸盐水泥时, 需选定細磨掺合料种类。

第 31 条 在进行配合比設計之前, 应掌握下列試驗資料:

1. 水灰比与混凝土標号 (7 天烘干强度 $R_{110^{\circ}\text{C}}$) 的关系;

2. 硅酸盐水泥掺入細磨掺料后, 水泥用量和混凝土强度的关系;

3. 混凝土標号与混凝土在加热后强度 (R_m) 的关系;

4. 胶結材、掺合料、粗細集料的比重和容重。

第 32 条 在試驗和施工上可采用实验配合法 (绝对体积法) 进行配合比設計。配合比設計程序和計算实例見附录 3。

第 33 条 1 立方米耐热混凝土所用的水泥不应少于 300 公斤; 如用矿渣水泥或火山灰硅酸盐水泥 (均不另加掺合料) 时, 其用量約为 300~400 公斤; 如用普通硅酸盐水泥时, 用量約为 300~350 公斤。

第 34 条 使用普通硅酸盐水泥时, 細磨掺合料与水泥重量比不应少于 30%。

第 35 条 高爐矿渣耐热混凝土的坍落度, 最大不宜超过 2 厘米。

注: 用高爐矿渣制作耐热混凝土, 一般稠度很大, 坍落度为 "0" 时, 混凝土的和易性仍然很好, 使用振動器进行搗固并无困难。在进行設計和試拌时, 必須注意这一点。

第 36 条 高爐矿渣耐热混凝土性能試驗項目如表 4 所示。

高爐矿渣耐热混凝土性能試驗項目及試件尺寸

表 4

編號	試驗項目	試件尺寸及需用組數			備 注
		10×10×10 (厘米)	7×7×7 (厘米)	直 徑 (厘米)	
1	7天后烘干強度	1	1		在 100~110°C 下烘干 32 小時 加熱溫度視結構構件工作溫度而定
2	加熱冷卻後強度		3		
3	殘余繞收縮		1		
4	熱穩定性(次)		1		
5	殘余強度	1			加熱(溫度同第 3 項)後 再放置十天的強度 需有特設加熱電爐
6	熱狀態下強度			50.3	
7	荷重軟化點			36.1	
8	線膨脹系數	1			直徑尺寸視設備而定
9	導熱系數				試塊尺寸視設備而定

注: 1. 使用單位可根據具體情況酌量減少試驗項目, 但 1~5 項應予以試驗。

2. 試塊抗壓強度換算表見附录 4。

第五章 高爐矿渣耐热混凝土施工

第 37 条 各种材料配料应按重量計算。水泥、細磨摻合料和水的配料稱量誤差不應超過 $\pm 2\%$, 集料不應超過 $\pm 3\%$ 。

第 38 条 用矿渣水泥配制耐热混凝土時, 往攪拌機內裝料的順序与普通混凝土相同, 攪拌時間可較普通混凝土延長 $1/2 \sim 1$ 分鐘。

第 39 条 用硅酸盐水泥加細磨摻合料配制耐热混凝土時, 往攪拌機內裝料的順序是: 先倒入硅酸盐水泥和細磨摻合料, 干拌均勻後加入粗集料及占全部用水量 $3/4$ 的水, 攪拌 5 分鐘; 然後, 再加入細集料和其餘的水量, 直至混凝土拌合到完全均勻為止, 但不能少於 3 分鐘。如粗細集料系用混合物時, 裝料順序可規定為: 先倒入硅酸盐水泥和細磨摻合料, 干拌 2 分鐘, 然後加

入粗細集料和水再攪拌 3 分鐘。

第 40 条 在使用攪拌機時，開始第一次攪拌混凝土可將膠結材（水泥＋摻合料）、細集料和水的用量增加 5 %。

第 41 条 澆灌高爐礦渣耐熱混凝土時，應採用分層澆灌法，每層厚度不得大於 25 厘米；必須使用振動器澆灌。在結構斷面較小或鋼筋布置較密、無法採用振動器時，可以採用人工搗實，但每層厚度不應大於 15 厘米，並須注意結構邊角的均勻密實。

第 42 条 澆灌高爐礦渣耐熱混凝土時的空氣溫度應保證在 $+7^{\circ}\text{C}$ 以上，否則須採用加熱法。加熱時，混凝土溫度不應超過 40°C 。耐熱混凝土中不允許採用化學促凝劑（如氯化鈣）。

第 43 条 高爐礦渣耐熱混凝土在澆灌後的凝固過程中，必須保持一定的溫濕條件。其養護方法（如蓋上草袋、席子、砂子、鋸末等）與一般混凝土相同，在澆灌完 24 小時後（視具體情況可縮短）就開始澆水；對用硅酸鹽水泥配制的混凝土需持續 6 天，而對用礦渣硅酸鹽水泥配制的混凝土則需持續 14 天，溫度不得低於 $+7^{\circ}\text{C}$ 。

第 44 条 製備耐熱混凝土時應進行如下各項檢查：

1. 檢查混凝土所用材料的質量；
2. 根據混凝土配料，檢查混凝土各種原材料的稱量是否正確；
3. 檢查細磨摻合料的細度及集料的顆粒；
4. 檢查混凝土攪拌的時間；
5. 檢查混凝土的流動性（坍落度用標準圓錐筒確定），每 2 小時不少於 1 次。

第 45 条 為檢查混凝土質量，須從大型基礎（每 100 立方米混凝土為一單位）、複雜的結構（每 5 立方米混凝土為一單位）或其他任一構件（混凝土體積小於 5 立方米）中取出一部分

混凝土作6块試块，其尺寸为 $100 \times 100 \times 100$ 毫米，其中三块按第24条注試驗，另三块按第28条試驗。

第46条 在耐热混凝土澆灌后，应檢查掩盖物是否严密及澆水情况，并檢查混凝土的养护時間和溫度情况。

第47条 冬季施工时，应測定混凝土所用材料和混凝土拌合物的溫度；檢查混凝土在正溫度下的养护時間，并制作12个 $100 \times 100 \times 100$ 毫米的混凝土試块，其中6块在混凝土澆灌的原地养护；其余在正常条件下养护，并按本指示第45条进行試驗。

測定混凝土硬化溫度时，一般結構是在其上作一深 $10 \sim 15$ 厘米的測溫孔，以便測溫；大体积結構則在其上作一深50厘米的測溫孔。

第48条 有关鋼筋和模板工程的质量檢查与驗收以及拆模后混凝土結構缺陷的修补，均可参照一般混凝土施工規程进行。

第六章 烘烤和加热

第49条 耐热混凝土应在达設計强度70%以上后进行烘干。用硅酸盐水泥配制的混凝土不应早于澆灌后的第七天；而用矿渣硅酸盐水泥配制的混凝土不应早于第14天。

第50条 高爐矿渣耐热混凝土結構的烘烤与加热的升溫速度，将取决于結構的厚度体积和外形，应根据各結構不同情况分別具体确定。在制定烘烤制度时，勿使混凝土烘干溫度上升过快，否則将会引起混凝土的开裂。一般热工設備基础不必直接烘烤，可随热工設備的烘烤和加热而逐漸烘干。

高爐矿渣安定性的試驗方法

(苏联国定全苏标准5578-57)

第一, 由粒度为20~40毫米干燥至恒溫的块体試样中, 选出各重2公斤的两个試样, 一个置于蒸汽養生窖或高压釜, 另一个置于硫酸鈉飽和溶液中。

为使块体于蒸汽養生窖内进行蒸汽加热, 可用一容量为10升的带盖的容器, 其中有一带圓孔(孔径为3毫米)的小箱, 当水灌入容器(箱底以下)后, 将块体投入箱内, 将水加热至沸点进行3小时的蒸汽加热, 然后将小箱由容器中取出, 并于室溫的水中保持3小时, 如此使块体循环加热和冷却三次。

如块体是在高压釜(于飽和水蒸汽介质中)中进行試驗时, 將試样置于高压釜中30分鐘, 使高压釜中压力逐渐提高至2个大气压。块体在此压力下保持2小时, 然后在30分鐘内使压力逐渐降至一个大气压。試样在高压釜中的試驗只进行一次。

第二, 于硫酸鈉溶液中試驗块体时, 应取2公斤的試样, 將其投入带孔的小箱, 并将小箱置于硫酸鈉溶液中, 在室溫下保持16小时, 然后取出試样在干燥箱内 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ 的条件下干燥4小时, 在室溫下使之冷却。試样在硫酸鈉溶液中的試驗, 应循环进行2次。

当試样用蒸汽加热和在硫酸鈉溶液中的試驗做完后, 将块体倒在篩孔(圓孔)为3毫米的篩子上用热水冲洗, 直至硫酸鈉和矿渣粉全部洗掉为止。洗净的試样在干燥箱内干燥至恒重, 其重量损失不应超过原試样的5%。

高爐矿渣強度的間接試驗方法

高爐矿渣抗压强度极限值不宜将矿渣作成立方体試件来測定，可參照苏联南方科学研究院在1956年出版的“高爐矿渣在建筑上应用的經驗”一書中所介紹的混凝土中矿渣碎石強度的測定方法进行。

选用两种配合比，各种配合比分别采用两种灰水比 ($II/B=2$ 及 1.25) 和相同稠度 (坍落度 $2 \sim 3$ 厘米) 制成混凝土进行測定。

所用水泥的活性 $R_k = K \cdot R_0$

式中 R_k ——水泥28天龄期的活性 (公斤/平方厘米)；

R_0 ——所規定的混凝土标号；

K ——采用的系数，在 $2.2 \sim 2.5$ 之間。

采用的砂子应符合 ГОСТ 2781-50 “普通混凝土用的砂子”的要求，而碎石則应符合 ГОСТ 2778-50 的要求。

用每一配合比的混凝土振动成型 6 个标准試块 ($20 \times 20 \times 20$ 厘米)，再試驗其 28 天正常养护或蒸汽养护 (养护条件应能保証混凝土强度达到 70%) 后的抗压强度。

根据正常养护或在蒸汽养护后强度增加 30% 的試件試驗結果 (每組取平均值)，繪出直綫函数：

$$R = f(II/B) \text{ 和 } II = f(R)$$

式中： R ——混凝土試块抗压强度 (公斤/平方厘米)；

II ——每立方米混凝土的水泥用量 (公斤)。

按直綫函数 $R = f(II/B)$ 确定出所要求的混凝土标号；从直綫函数 $II = f(R)$ ，可以确定該种标号混凝土的水泥

最小用量。如能得到所要求标号的混凝土，其水泥比用量不大于 7 时，则矿渣碎石的强度即为足够了。

水泥比用量：

$$q_u = \frac{II \cdot R_u}{100 \cdot R_g}$$

式中： R_g ——混凝土抗压强度。

附录 3

配合比设计程序和计算实例

第一，设计程序：

1. 确定混凝土标号 ($R_{110^\circ C}$)——由于耐热混凝土的“高温强度折减系数” (φ_m) 掌握不准，常将设计要求的混凝土标号看作加热后的强度 (R_m)，结果提高了混凝土的实际标号。为此，可按下列公式推算：

$$R_{110^\circ C} = \frac{R_m}{\varphi_m}$$

2. 计算水灰比 (B/II)——按 $R_{110^\circ C} = AR_u \left(\frac{II}{B} - 0.5 \right)$

推算。

3. 确定单位用水量 (B) 和水泥用量 (II)——可参照一般混凝土单位用水量参考图估算出初步用水量，或者从以往试验资料估计出初步水泥用量。二者确定其一后，即可按 $II = \frac{B}{B/II}$ 公式确定另一用量。

如采用硅酸盐水泥作胶结材时，细磨掺合料用量 $II = g \cdot II$

(式中 g 为細磨掺合料与水泥重量的比值)。

4. 計算細、粗集料用量:

(1) 細、粗集料总体积为:

$$V_{m+k} = 1000 - \left(\frac{M}{\gamma_n} + \frac{L}{\gamma_d} + \frac{B}{\gamma_s} \right)$$

(2) 細、粗集料比和粗集料孔隙率为:

$$\frac{M}{K} = \alpha \cdot \frac{V_m}{V_k} \cdot V'_k \quad V'_k = 1 - \frac{V_k}{\gamma_k}$$

(3) 細、粗集料总重量为:

$$B_{m+k} = V_{m+k} \cdot \gamma_{m+k} \quad \gamma_{m+k} = \frac{\gamma_k + \frac{M}{K} \gamma_m}{1 + \frac{M}{K}}$$

(4) 細、粗集料重量为:

$$B_m = B_{m+k} \frac{\frac{M}{K}}{1 + \frac{M}{K}}$$

$$B_k = B_{m+k} \frac{1}{1 + \frac{M}{K}}$$

以上各式中:

V_{m+k} ——粗、細集料的总体积;

$\gamma_n, \gamma_d, \gamma_s$ ——水泥、掺合料及水的比重;

V_m, V_k ——細、粗集料的容量;

B_{m+k} ——粗、細集料单位总用量;

γ_m, γ_k ——細、粗集料的比重;