

石油工业基本建设
技术革新资料

耐热混凝土

石油工业部石油五厂著

石油工业出版社

內 容 提 要

这本小册子介绍石油工业部第一建筑安装工程公司和石油五厂利用耐热混凝土的经验。用耐热混凝土代替，炼油厂加热爐、干餾爐和焦化爐的耐火磚，不但可以降低造价、节约耐火磚，而且还可以縮短施工期限，所以这一創举是完全符合我們黨中央提出的多快好省的原則的。

書中的兩篇文章詳細的介绍了耐火混凝土的材料、配料比例、施工和养护方法以及耐热混凝土試驗性能等。这本书可以作爲各基本建設施工部門有关工人和技术人員学习参考。

統一書号： 15037·533

石油工业基本建設技术革新資料

， 耐 热 混 凝 土

石油工业部石油五厂著

石油工业出版社出版（社址：北京六鋪炕石油工业部內）

北京市書刊出版業營業許可証出字第088號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 印張 $\frac{7}{8}$ * 18千字 * 印1—4,000册

1958年10月北京第1版第1次印刷

定价(10)0.15元

目 录

耐热混凝土	石油五厂 (1)
一、前 言	(1)
二、焦化平爐結構概述	(2)
三、原材料的分析与試驗	(2)
四、耐热鋼筋混凝土組成及試驗情况	(4)
五、耐热鋼筋混凝土施工及养护情况	(7)
六、烘干和加热試驗情况	(8)
七、耐热混凝土結構計算	(18)
八、結論	(20)
耐热混凝土的应用	一公司 (21)
一、前言	(21)
二、原材料及性能	(23)
三、施工方法	(25)

耐 热 混 凝 土

石油五厂

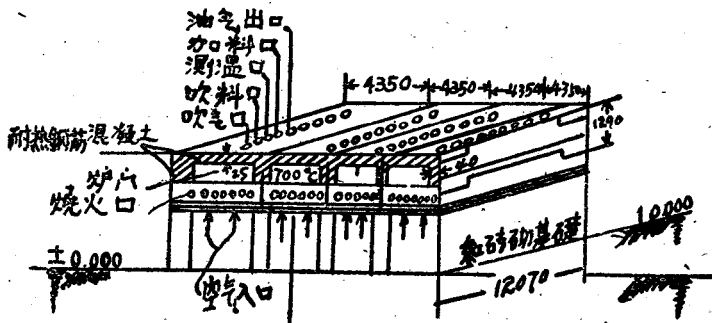
一、前 言

在党的总路线照耀下，我們作到敢想敢作創造的，大胆的在工业炉全部結構上使用了耐热鋼筋混凝土，給今后工业炉結構大改革奠定了良好的基础，將會大大加速工业炉建造的速度，节省大量資金和鋼材。

石油五厂今年修建焦化平炉需用大量耐火砖，訂貨方面由于工程确定較晚故到处訂不到貨，厂領導虽曾亲自出馬奔找貨源但終未解决，因此这个問題就成了施工中的关键問題，如果解决不了工程就无法进行。最初思想顧慮很多，因为耐热混凝土代替耐火砖在国外是近十多年的事情，我国在使用耐热混凝土方面从52年才开始，到目前为止还未見到在全部工业炉上使用耐热混凝土的特別是像我們修建的平炉跨度在4公尺以上的更是罕見，但是由于領導上的鼓舞和支持坚定了信心。

方案提出之后厂領導很重視，当时除有两个厂长参加外，总工程师，工程师、科长、技术員等同志都参加了討論。在会上通过了这一方案后，我們又到北京冶金建筑科学研究院請求帮助，他們對我們給以很大帮助和鼓舞，但是关于使用上的成熟經驗，特別是我們这样大的跨度全部采用耐热鋼筋混凝土結構，大家都在探索中，但是从我們点火試驗的情

焦化平炉目前只有石油七厂已建成了几部现在新建的尚未投入生产，结构炉型完全采用伪满的样式。我们今年新建了几个炉原则上采用了七厂图纸，但是由于采用耐热钢筋混凝土，将炉型结构全部加以改革，现在炉型结构如图1。



焦化平炉炉膛温度最高为 700°C ，炉平頂采用了双层鋼筋混凝土板样加少量鋼筋，頂和牆完全采用旧耐火砖作骨料，底采用紅砖作骨料，炉下为普通 140 号鋼筋混凝土板基础，地下水以下部分以大块石砌，上部为紅砖砌。經修改之后初步統計节省鋼材 110 吨。

炉子和铁管联接部分采用地脚螺丝，埋入及连接方法如图2。

三、原材料的分析与試驗

(一) 胶結材料

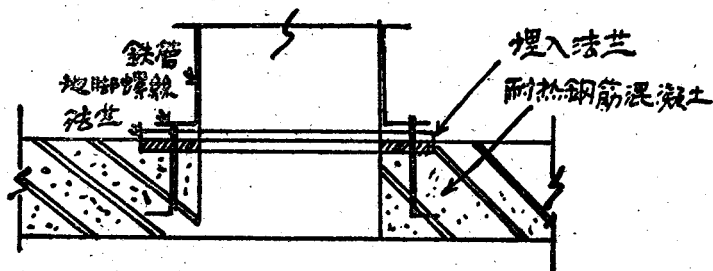


图 2 地脚螺栓埋入及连接

胶結材料采用普通硅酸盐水泥，标号为 500 号未进行化学分析，但作物理性能試驗。

水泥物理性能試驗

表 1

水泥品种	4900孔/ 厘米 ²	凝 結 时 間		安定性	胶砂抗拉 强 度 公斤/ 厘米 ²		胶砂抗压 温 度 公斤/ 厘米 ²		备注
		初凝 时分	終 凝 (时:分)		7 天	28天	7 天	28天	
	篩余 %								
#500硅酸 盐 水 泥	2.5	2 : 30	5 : 05	安定	39.5	61.2	1.42	247	1:2 軟練

(二) 細磨掺合料:

焦化平炉最高温度在炉膛内为 700°C 故此按“耐热钢筋混凝土热工设备的施工使用和修理，暂行指示”第10頁第22条及第十頁表 1 选用鍋炉煤灰，其化学成分如表 2。

煤灰比重 2.6，細度过 4900 孔/厘米²，通过量为 91%。

(三) 細集料及粗集料:

粗細集料采用的为旧耐火砖经过破碎机加工，用篩分开不同粒径，其化学成分如表 3。

表 2

氧化硅	氧化铝及鉄	氧化鉄	灼热失重 (包括灰分)	氧化鈣	氧化鎂	未測定物
47.2	38.6	5.7	0.96	4.92	1.98	0.64
47.4	37.9	5.2	0.98	4.95	1.93	0.64

旧 粘 土 磚 分 析

表 3

成 分	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	HgO	Al ₂ O ₃	R ₂ O	SO ₃	灼 碱	水分
百分值%	49.25	3.5	0.67	数量	45.2	0.74	0.08	800°C2小时 0.52	0.10

細集料

0—5公里

骨 料

5—10公里

"

10—25公里

耐火度平均为

1580—1670°C

(四) 紅砖骨料

焦化平炉炉底在热空气下面温度較低，一般为 350—400°C 左右。所以采用紅砖作骨料，胶結材仍用 500 号的硅酸盐水泥，煤灰細磨摻合料，細集料与粘土砖砂紅砖沒有进行分析，因为温度較低我們就参考了冶金建筑研究院試驗的資料进行使用，使用的是一等紅砖，紅砖分析情况如表 4。

四、耐热鋼筋混凝土組成及試驗情况

(一) 配合比

在設計以水泥胶結材配制的耐热混凝土成分配合比时，

紅磚的物理力学性能

表 4

項目	物 理 性 能					力 学 性 能			耐火度
	公斤/米 ³ 干容量	湿容量 公斤/米 ³	含水 %	吸水 %	比重	抗压 强度 公斤/ 厘米 ²	抗弯 强度 公斤/ 厘米 ²	抗剪 强度 公斤/ 厘米 ²	
結果	$\frac{875}{1089}$ ①	$\frac{927}{1097}$ ①	0.1	15	2.00	100	38.8	6.5	1230°C

① 分子为松散容量，分母为紧密容量。

紅磚的化学分析

表 5

成 分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	备注
百分值 %	69.9	17.09	4.95	1.36	1.54	0.027	1.89	3.29	

先定出結構构件的最高温度和混凝土的塌落度以及混凝土标号之后，再来确定耐热混凝土的种类及其下列参数：

1 立方米混凝土混合物的水泥(U)用量(按公斤計算)，細磨掺合料与水泥的比重(g)，粗細集料中含砂量(重量比z)及1立方米耐热混凝土的用水量(b)按公升計。

根据“暫行指示”13頁第36条、第37条規定1立方米混凝土内水泥不得少于250公斤，在以硅酸盐水泥加粉煤灰細磨掺合料，煤灰的数量等于硅酸盐水泥用量的一半($g=0.5$)，当粗骨料最大粒径量20—40公厘时，細集料与其总量的 $\frac{2}{5}$ ($\gamma=0.40$)，用水量(b)在很大程度上取决于集料的孔隙度，1立方公尺耐热混凝土用水量介于150—350公升之間，第40条指出U和B的参数用試样方法来确定。按照第41条指出

試样耐热混凝土体积(米³) V_6 所需的材料耗用量(公斤),
按下列近似公式計算。

当骨料最大粒径在20—40公厘之間以硅酸盐水泥加細磨
掺合料配制的耐热混凝土:

水泥量	$U = qV_6$
細磨掺合料量	$a = qu$
粗集料量	$K = 0.9V_K V_6 - 0.62$
細集料量	$\kappa = 0.7K$

式中 V_K = 粗集料的体积重量(公斤/米³)

依据上述近似公式作了試配, 經实际强度試驗采取如下的配合比。

硅酸盐水泥	420公斤/米 ³	标号500号
煤 灰	200 "	細度經4900孔/厘米 ² 篩过量91%
粘土砖砂	500 "	粒度0—5毫米
粘土砖块	430 "	粒度5—10毫米
粘土砖块	430 "	粒度10—25毫米
水	280 "	

(二) 耐热混凝土强度試驗。

1. 粘土砖集料配合之混凝土:

残余强度	200°C	48小时	115公斤/厘米 ²
残余强度	800°C	48小时	85公斤/厘米 ²

2. 紅砖集料配合之混凝土:

重量配合比:

硅酸盐水泥	320公斤/米 ³	标号500号
煤 灰	140 "	細度經4900孔/厘米 ² 篩过量91%
粘土砖砂	600 "	粒度0—5毫米

紅 磚 块	430	公斤/米 ³	粒度5—10毫米
紅 磚 块	430	"	粒度10—25毫米
水	260	"	

在常溫下養护强度

表 6

时 間 (天)	耐压强度(公斤/公分 ²)	备 註
3	93.5	三个試块
5	136	"
7	175.5	"
15	215.6	"
28	286.5	"

在常溫下養护强度及加热残余强度

表 7

常 溫 强 度 公斤/厘米 ²		加 热 冷 却 强 度 公斤/厘米 ²		干燥强度 公斤/公分 ² 100—110°C	备 註
7 天	79	500°C	225	235	三个块
28天	121	700°C	104		三个块

五、耐热鋼筋混凝土施工及养护情况

細磨摻合料未进行任何加工在工地直接摻入使用。粗細集料用我厂几年来检修炉子拆換下来的廢磚，用粉碎机进行加工，粒度用篩进行篩分。紅磚用一等紅磚及燒过火的磚。

在此次試驗中鋼筋采用两种处理方法，一块板刷油一块板鋼筋未刷油，刷油的目的为了使鋼筋在热胀时减小混凝土裂紋，未刷油的鋼筋作了除锈处理，配合比是用秤衡量混凝土，拌合时調度非常好，粘度很大。

模板进行刨光，在浇捣时模板进行浇水湿润，在浇捣后24小时开始浇水养护。虽然每天浇水两次，連續7天，但是由于水泥标号高，水化热大，表面有塑性收缩裂紋。另外在第一次強度試驗中由于浇水养护不好，強度在7天就停止，有的強度反而下降。其原因是由于粘土砖块吸水大，試块过于干燥，12天拆模，28天开始点火烘干試驗。

六、烘干和加热試驗情况

根据我厂建設之平炉跨度只有3.2公尺，我們为了試驗更适合应用，所以設計为4公尺之跨头板樑，板配直径6毫米鋼筋樑鋼筋直径14毫米，保护层5厘米。

(一) 烘干:

养护28天进行烘干，烧瓦斯和油。由于設備問題温度很难掌握，按烘干温度曲綫不能达到要求实际烘干温度如表8。

由于烘干升温速度快，混凝土表面有一道裂紋並流水，接着有三处裂紋，是凡裂紋处皆有水流出，但停火后混凝土下部未有裂紋。

(二) 加热試驗情况:

烘干时感到烧油和瓦斯因为泵和烧火咀不好用，温度上升速度快所以在試驗时就采用裂化油焦，又因为第一次温度对炉子有一次考驗，我們为了取得广泛經驗，所以試驗时就放开胆子采取快速升温，升温情况如表9

烘干升温情况

表 8

时 間 (时:分)	温 度 °C	备 註
未点火爐温	37	8点40分开始点火。
9:10	98	
9:25	340	
12:00	548	
13:30	548	
13:45	556	
14:00	691	
14:20	680	

1. 急冷急热性:

我們在試燒过程中不但作了热传导試驗,而且也作了急冷試驗。在試燒时我們在耐热混凝土上浇了九次凉水,水温24°C,浇后在混凝土上並沒有发现任何裂紋或表皮松散現象。此次試驗目的是为了考驗在生产时着雨的現象。我們在試燒中,于8月3日正好遇天降大雨,共計連續降雨18小时,气温21°C,炉子上面被大雨淋,里边的火仍然在燃燒,温度在800°C之上。經過这一番考驗也未发现任何变化,只是表面温度普遍降低50—60°C。

2. 耐磨性:

耐热混凝土在試燒时也作了耐磨試驗。此項試驗目的为了將耐热混凝土推广至低温乾餾炉上或其它受摩擦的工业炉上。耐摩試驗加压10公斤摩擦面长6厘米,寬1厘米以頁岩,煤炭、焦炭分別进行了試驗。通过摩擦15分鐘,耐热混凝土表面沒有任何磨損,只是頁岩、煤、焦、焦炭磨去了很

6-11

電 燈 溫 度 情 況 統 計 表

日 期	时 間 (时:分)	試 燒 溫 度 ℃	混凝土 外部溫度	蓋 一 层 紅 磚	蓋 一 层 保 溫 磚	備 註
			厚25厘米 厚35厘米 处 处	磚上溫度 厚25厘米 厚35厘米	磚下溫度 厚25厘米 厚35厘米	
7月31日	7:00	50				厚26和35厘米指 耐熱混凝土厚度
"	7:35	184				
"	8:35	239				
"	8:55	255				
"	9:00	283				
"	9:20	283				
"	11:10	374				
"	11:30	466				
"	11:45	472	72 55			
"	12:00	510	72 60			
"	14:30	474				
"	15:25	523				
"	16:35	486				

續表 9

日 期	时 間 (时:分)	試 驗 溫 度 、 °C	混凝土外 部溫度°C		蓋 一 层 紅 磚		蓋 一 层 保 溫 磚		備 註
			厚25 厘米	厚35 厘米	磚上溫度	磚下溫度	磚上溫度	磚下溫度	
			处	处	厚25 厘米	厚35 厘米	厚25 厘米	厚35 厘米	
7月31日	18:50	555							
"	19:00	596							
"	19:25	658							
"	19:35	691							
"	20:30	740							
"	20:45	891							
"	21:15	710							
8月1日	6:40	720	75	60	70	65	95	80	
	7:05	745	82			65			
	8:35	735							
	9:50	745	78	62	68	71	96	86	
	10:25	899							
	10:40	890							

續表 9

日 期	时 間 (时:分)	試 燒 溫 度 °C	混凝土 外部溫度		蓋 一 层 紅 磚		蓋 一 层 保 溫 磚		備 註
			厚25 厘米	厚35 厘米	磚上溫度	磚下溫度	磚上溫度	磚下溫度	
			處	處	厚25 厘米	厚35 厘米	厚25 厘米	厚35 厘米	
8月1日	1:40	750							
"	2:35	680							
"	4:27	650							
"	4:50	700							
"	5:30	750							
"	19:45	750							
"	21:00	740							
"	22:10	760							
"	23:30	769							
"	24:00	750							
8月2日	2:00	760							
"	5:00	791							
"	8:00	810							

續表 9

日期	時間 (时:分)	試驗溫度 ℃	混凝土 外部溫度	蓋 一 层 紅 磚			蓋 一 层 保溫 磚			備 註
				磚上溫度			磚下溫度			
				厚25厘米	厚35厘米	厚25厘米	厚25厘米	厚35厘米	厚35厘米	
8月2日	10:00	765								空氣溫度32℃
"	12:00	790								
"	14:15	700	135 98					90	61 1210 155	
"	15:00	760						90	62 230 161	
"	15:55	709								
"	18:05	721								空氣溫度30℃
"	20:20	723								
"	21:45	802						74	68 240 180	
"	21:00	700						100	82	
"	23:30	754								
"	24:00	720								8月3日
"	2:00	700								
"	4:00	760								"