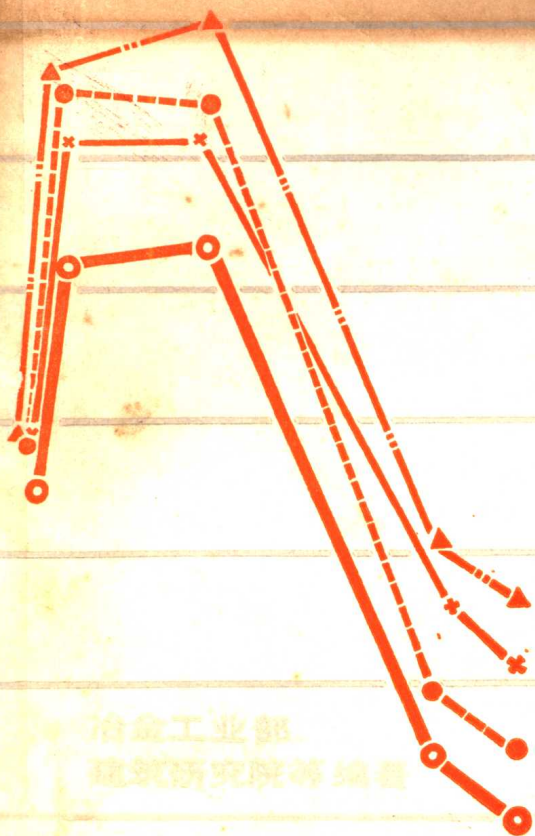


耐火混凝土



冶金工业部
建筑研究院等编著

冶金工业出版社

NAIHUO HUNNINGTU

耐火混凝土

冶金工业部建筑研究院等 编著

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书比较全面地阐述了硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、水玻璃、磷酸和磷酸盐耐火混凝土的硬化机理、高温物理化学变化、配合比、性能及其影响因素。简明扼要地介绍了其它品种耐火混凝土（包括耐火可塑料等）以及轻质耐火混凝土。最后综合叙述了耐火混凝土的设计、生产、施工和应用，并对有关问题进行了分析讨论。内容编排力求简单、明了、实用。

本书可供从事耐火混凝土设计、施工和生产的技术人员使用，也可供教学和试验研究的技术人员参考。

耐火混凝土

冶金工业部建筑研究院等 编著

冶金工业出版社出版

（北京灯市口74号）

新华书店北京发行所发行

山西新华印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张17 $\frac{5}{8}$ 字数463千字

1980年4月第一版 1980年4月第一次印刷

印数00,001~12,500册

统一书号：15062·3456 定价 2.35元

前 言

耐火混凝土是一种不经煅烧的新型耐火材料，是不定形耐火材料中的一个重要品种。近十几年来，发展十分迅速，品种不断增加，应用较为广泛。它可延长窑炉的使用寿命，提高作业率；能机械化筑炉，加快施工进度，降低劳动强度；简化耐火材料的生产工艺，节约燃料和电力，而且为窑炉结构的改革，提供了有利的条件。

为了进一步推动耐火混凝土的发展，在总结国内耐火混凝土试验研究成果、生产施工和应用经验的基础上，编写了本书。

本书比较全面地阐述了硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、水玻璃、磷酸和磷酸盐耐火混凝土的硬化机理、高温物理化学变化、配合比、性能及其影响因素。同时，扼要地介绍了其它品种耐火混凝土和轻质耐火混凝土。对近几年发展起来的耐火可塑料和耐火投射料等，暂归并到其它施工方法的耐火混凝土一章中，予以简要介绍。最后两章综合叙述了耐火混凝土的设计、生产、施工和应用经验，并对使用中出现的有关问题，进行了分析讨论，提出了一些改进的建议和措施。

本书是由冶金工业部建筑研究院主编，第二十冶金建设公司、太原钢铁公司耐火材料厂、鞍山钢铁公司耐火材料厂、上海耐火材料厂和沈阳市耐火材料厂等单位参加组成编写组进行编写的。编写人员有韩行禄、刘庆久、高树森、黄耀宇、郑礼贞和张务全等同志。韩行禄同志主笔，刘庆久同志参加了初稿统编的部分工作。

全书成稿后，经冶金工业部建筑研究院的有关同志审阅。

在编写过程中，不少兄弟单位提供了资料，谨致谢意。

由于编著者水平有限，时间仓促，资料文献搜集不全，内容取舍未必妥善，所以书中难免存在缺点或错误，深望读者批评指正。

目 录

第一章 概述及性能检验	(1)
第一节 定义和分类	(1)
第二节 特点和发展情况	(3)
第三节 性能和检验	(9)
一、耐压强度(10) 二、高温抗折强度(14) 三、荷重软化温度(15) 四、烧后线变化(17) 五、热膨胀(18) 六、热震稳定性(19) 七、耐火度(21) 八、显气孔率、体积密度(21) 九、导热系数(23)	
第二章 原材料及要求	(26)
第一节 胶结剂	(26)
一、硅酸盐水泥(26) 二、铝酸盐水泥(31) 三、水玻璃(35) 四、磷酸和磷酸盐(41)	
第二节 耐火骨料和粉料	(46)
一、概述及技术要求(46) 二、高铝质原料(48) 三、粘土质原料(49) 四、半硅质原料(55) 五、硅质原料(55) 六、镁质类原料(59) 七、特殊原料(63) 八、其它原料(67)	
第三节 耐火轻骨料	(72)
一、膨胀珍珠岩(72) 二、膨胀蛭石(73) 三、陶粒(74) 四、氧化铝空心球(76) 五、轻质砖砂(76)	
第三章 硅酸盐水泥耐火混凝土	(78)
第一节 硅酸盐水泥凝结硬化原理	(78)
一、水泥的化学反应过程(78) 二、水泥的物理变化过程(80)	
第二节 耐火机理	(81)
一、普通混凝土受热破坏的原因(81) 二、硅酸盐水泥耐火混凝土的工作原理(85)	
第三节 强度变化特征	(96)
第四节 普通硅酸盐水泥耐火混凝土	(99)
一、常用配合比(99) 二、主要性能(101)	
第五节 影响性能的因素	(107)
一、用水量(107) 二、水泥和粉料的用量(111) 三、骨料粒径和颗粒级配(117)	

第六节 矿渣水泥耐火混凝土	(120)
第四章 铝酸盐水泥耐火混凝土	(124)
第一节 矿物组成和硬化机理	(124)
一、矿物组成 (124) 二、硬化机理 (127)	
第二节 加热后的物理化学变化和强度变化特征	(137)
一、加热后的物理化学变化 (137) 二、强度变化特征 (143)	
第三节 矾土水泥耐火混凝土	(145)
一、常用配合比 (145) 二、主要性能 (147)	
第四节 铝-60 水泥耐火混凝土	(154)
第五节 低钙铝酸盐水泥耐火混凝土	(157)
一、特点和配合比 (157) 二、主要性能 (159)	
第六节 纯铝酸钙水泥耐火混凝土	(166)
一、纯铝酸钙水泥的制造、组成和性能 (167) 二、耐火混凝土的配制、性能和应用 (168)	
第七节 影响性能的因素	(170)
一、水泥用量 (171) 二、用水量 (176) 三、耐火粉料 (179)	
四、耐火骨料 (181)	
第五章 水玻璃耐火混凝土	(188)
第一节 硬化过程和常温性能	(188)
一、硬化过程 (188) 二、常温性能 (192)	
第二节 高温物理化学变化和强度变化特征	(199)
一、高温物理化学变化 (199) 二、强度变化特征 (205)	
第三节 耐磨性和耐腐蚀性	(206)
一、耐磨性 (206) 二、耐腐蚀性 (207)	
第四节 常用配合比和主要性能	(212)
一、常用配合比 (212) 二、主要性能 (215)	
第五节 影响性能的因素	(219)
一、水玻璃模数、比重和用量 (219) 二、促凝剂品种和用量 (223)	
三、耐火骨料和粉料的品种及用量 (225)	
第六章 磷酸和磷酸盐耐火混凝土	(229)
第一节 概述	(229)
第二节 硬化机理和加热时的物理化学变化	(230)
一、硬化机理 (230) 二、加热时的物理化学变化 (235)	

第三节 强度变化特征	(243)
第四节 耐火混凝土的品种和性能	(245)
一、高铝质和粘土质耐火混凝土 (246)	
二、铬质耐火混凝土 (253)	
三、锆质耐火混凝土 (255)	
四、刚玉和碳化硅耐火混凝土 (253)	
第五节 影响性能的因素	(260)
一、胶结剂浓度和用量 (261)	
二、耐火粉料和骨料 (267)	
三、促凝剂 (272)	
四、工艺因素及存放条件 (275)	
第七章 其它品种耐火混凝土	(282)
第一节 硫酸铝耐火混凝土	(282)
一、硫酸铝及其溶液的调制 (282)	
二、配合比和性能 (284)	
三、加入磷酸以改善高温性能 (292)	
第二节 聚合氯化铝耐火混凝土	(294)
一、聚合氯化铝的特性 (294)	
二、硬化机理 (295)	
三、配合比和性能 (298)	
第三节 白云石水泥耐火混凝土	(301)
一、白云石水泥的烧制 (303)	
二、耐火混凝土的配制及其性能 (305)	
三、试用和讨论 (309)	
第四节 镁质耐火混凝土	(310)
一、镁质水泥耐火混凝土 (310)	
二、水玻璃镁质耐火混凝土 (314)	
三、磷酸和磷酸盐镁质耐火混凝土 (316)	
第五节 硅质耐火混凝土	(325)
一、水玻璃硅质耐火混凝土 (325)	
二、磷酸和磷酸盐硅质耐火混凝土 (330)	
三、硅酸盐水泥硅质耐火混凝土 (339)	
第八章 其它施工方法的耐火混凝土	(344)
第一节 机压耐火混凝土 (不烧砖)	(344)
一、水玻璃不烧砖 (346)	
二、磷酸 (盐) 不烧砖 (352)	
三、硫酸铝不烧砖 (356)	
四、水泥不烧砖 (357)	
第二节 耐火可塑料	(358)
一、原材料、配合比和性能 (359)	
二、生产工艺 (362)	
三、施工 (362)	
第三节 耐火捣打料	(365)
第四节 耐火投射料	(367)
第五节 耐火喷涂料	(371)
一、耐火喷涂料的配合比和性能 (372)	
二、喷涂工艺及设备 (376)	

第六节 耐火涂 抹 料.....	(379)
第九章 轻质耐火混凝土.....	(382)
第一节 轻骨料耐火混 凝 土.....	(383)
一、硅酸盐水泥轻骨料耐火混凝土 (385) 二、铝酸盐水泥轻骨料耐火混凝土 (388) 三、水玻璃轻骨料耐火混凝土 (392)	
第二节 影响性能的 因 素.....	(394)
一、胶结剂种类和用量 (394) 二、耐火骨料和粉料的种类及用量 (399)	
第三节 轻骨料耐火混凝土 制 品.....	(405)
一、膨胀珍珠岩耐火混凝土制品 (405) 二、膨胀蛭石耐火混凝土制品 (411) 三、氧化铝空心球耐火混凝土制品 (412)	
第四节 泡沫和加气耐火混 凝 土.....	(413)
一、泡沫耐火混凝土 (413) 二、加气耐火混凝土 (415)	
第十章 耐火混凝土的生产与施工	(418)
第一节 耐火混凝土设计与施工的有关 问 题.....	(418)
一、耐火混凝土品种和施工方法的选择 (418) 二、预制构件的分块方法和尺寸确定 (420) 三、接缝方式和灌浆孔留设 (422) 四、膨胀缝的留设 (423) 五、吊环的设置 (426) 六、钢筋配置问题 (427) 七、锚固件 (430)	
第二节 生产和施工前的 准 备.....	(432)
一、原材料的准备 (432) 二、配合比的确定 (434) 三、支模和铺设钢筋 (435) 四、施工平面布置、机具安装和劳动组织 (436)	
第三节 搅拌和 浇 捣.....	(437)
一、搅拌 (437) 二、浇捣 (438)	
第四节 养护和 拆 模.....	(442)
第五节 预制构件的堆放、吊装和 砌 筑.....	(444)
一、预制构件的运输和堆放 (444) 二、吊装 (445) 三、砌筑和泥浆 (448)	
第六节 烘炉 制 度.....	(454)
第七节 冬季施工、安全和质量 检 验.....	(459)
一、冬季施工 (459) 二、安全 (460) 三、质量检验 (461)	
第十一章 耐火混凝土的 应 用.....	(463)
第一节 还原竖炉和球团焙 烧 炉.....	(463)
一、还原竖炉 (463) 二、球团焙烧炉 (466)	

第二节 焦 炉.....	(470)
第三节 炼铁系统	(476)
一、高炉 (476) 二、热风炉 (486) 三、其它附属设备及高炉基 础 (493)	
第四节 炼钢系统	(494)
一、平炉系统 (494) 二、电炉 (497) 三、出钢槽 (498) 四、盛 钢桶和浇铸系统 (498) 五、喷涂 (503)	
第五节 均 热 炉.....	(506)
第六节 加热炉和热处 理 炉.....	(511)
一、概述 (511) 二、材质、构造和施工 (518) 三、裂纹和剥落 原因的分析 (526)	
第七节 其它窑 炉.....	(533)
一、概述 (533) 二、有色冶金用炉 (535) 三、石油化 工工 业用 炉 (536) 四、蒸汽锅炉 (543) 五、隧道窑和回转窑 (547)	

第一章 概述及性能检验

第一节 定义和分类

耐火混凝土是由耐火骨料、耐火粉料和胶结剂或另掺外加剂按一定比例组成，经过搅拌（水泥胶结剂应加适当的水搅拌）、成型和养护后，可直接使用的耐火材料。

耐火骨料是耐火混凝土的骨架，对耐火混凝土的高温物理力学性能起重要的作用。它的品种较多，凡是能烧制耐火砖的原料都可以做耐火骨料。此外，还可利用某些工业炉渣和废旧耐火砖以及天然原料，如叶蜡石、白砂石和锆英石等做耐火骨料；轻骨料主要有陶粒、膨胀珍珠岩、膨胀蛭石、氧化铝空心球和多孔熟料等。耐火骨料有粗细之分，最大粒径也有一定限制。一般来说，耐火骨料的品种、粒径大小和颗粒级配，应根据窑炉和热工设备的厚度、施工方法、使用温度以及对高温物理力学性能的要求来选择。

耐火粉料能够改善水泥胶结剂的某些性能，减少水泥用量，增加耐火混凝土拌和物的和易性及混凝土的密实度，提高耐火性能。同时，耐火粉料与某些无机胶结剂能发生反应，将耐火骨料胶结和粘附起来，使耐火混凝土具有强度和高温物理力学性能。

胶结剂的作用主要是把耐火骨料和粉料胶凝和结合在一起，形成具有一定性能的耐火混凝土。

外加剂种类较多，如促凝剂、减水剂、矿化剂和膨胀剂等。一般用量较少，其作用主要是改善和提高耐火混凝土的性能，更好地满足施工和使用的要求。

目前，我国耐火混凝土及其组成材料的名称并不统一，如耐火混凝土也叫耐热混凝土，耐火骨料亦称为集料，耐火粉料又称为掺料、掺合料，胶结剂也叫胶材、胶结材、结合剂，等等。本书为叙述方便，将这种新型耐火材料称为耐火混凝土，其组成材

料术语采用耐火骨料、耐火粉料和胶结剂，以及外加剂等。

耐火混凝土一般可分为两大类：

1. 定型制品：包括振动、机压、捣打和振动加压等制做方法生产的预制构件、预制块（单重小于30公斤）和不烧砖等。这类产品一般是工厂化生产，质量稳定，尺寸规整，模板消耗少。

2. 散状材料：包括耐火骨料、耐火粉料和胶结剂等以及上述几种原材料按比例组成的混合物，以散状形式出厂。施工制做时，散料中要加适当的水或液体胶结剂，可采用任何一种方法成型。

耐火混凝土通常按胶结剂种类、耐火骨料品种和施工制做方法的不同，分类如下：

一、按胶结剂种类分为：

1. 硅酸盐水泥耐火混凝土；
2. 铝酸盐水泥耐火混凝土；
3. 水玻璃耐火混凝土；
4. 磷酸和磷酸盐耐火混凝土；
5. 硫酸盐耐火混凝土；
6. 镁质水泥耐火混凝土；
7. 白云石水泥耐火混凝土；
8. 其它胶结剂耐火混凝土（胶结剂包括其它水泥、有机、无机和复合胶结剂等）。

二、按耐火骨料品种分为：

1. 高铝质耐火混凝土；
2. 粘土质耐火混凝土；
3. 硅质耐火混凝土；
4. 半硅质耐火混凝土；
5. 镁质耐火混凝土；
6. 特殊骨料耐火混凝土（特殊骨料包括电熔或烧结刚玉、碳化硅、铬渣和锆英石等）；
7. 轻骨料耐火混凝土。

三、按施工制做方法分为：

1. 振动成型（简称耐火浇注料）；
2. 机压成型（简称不烧砖）；
3. 捣打成型（简称耐火捣打料）；
4. 可塑捣打成型（简称耐火可塑料）；
5. 喷涂成型（简称耐火喷涂料）；
6. 离心投射成型（简称耐火投射料）；
7. 涂抹成型（简称耐火涂抹料）；
8. 其它施工制做方法及其复合方法等。

耐火混凝土以全称命名时，可按下列程序表述：施工和制做方法—胶结剂种类—耐火骨料品种。例如，振动成型矾土水泥高铝质耐火混凝土，简称为矾土水泥高铝质浇注料。

另外，耐火混凝土还可根据容重大小划分为普通耐火混凝土和轻质耐火混凝土（一般容重小于 1800公斤/米^3 ）；根据硬化条件不同划分为水硬性、气硬性和热硬性耐火混凝土；根据使用温度不同划分为高温、中温和低温耐火混凝土；以及根据用途不同划分为耐火隔热、耐火耐腐蚀、耐火耐磨和耐火钢筋混凝土等等。这几种分类和按施工制做方法分类一样，都不甚严密。例如，振动成型，还可振动加压。因此，一般按胶结剂种类和耐火骨料品种来分类，较为常用。

第二节 特点和发展情况

耐火混凝土的重要特点是不经预先煅烧，可用以直接筑炉，也可用预制构件组装，经过烘烤后使用。因此，耐火混凝土与烧成耐火砖相比具有很多优点：

1. 耐火混凝土生产工艺简单，通常仅用混凝土搅拌机和振动器等施工机具，无需庞大的压砖机和烧成设备等。所以，建设耐火混凝土工厂投资少、上马快、成效大。而且能够节省大量的燃料和电力，生产周期短，生产效率高；

2. 耐火混凝土施工制做方便，可任意造型，能够满足生产对

热工设备的多种要求。热工设备的某些特殊部位，难以用烧成砖制做，可采用耐火混凝土。另外，耐火混凝土可做成轻重相接的复合式衬体，这样可以减薄厚度，降低窑炉的总重量，既节约材料和燃料，又可以少用钢材；耐火混凝土还可配置少量钢筋，既作衬体又起承重作用，可以部分或全部取消围护钢结构；

3.耐火混凝土除了一般常用的振动成型工艺外，根据工程特点和需要，还可采用喷涂、捣打或机压等多种工艺方法施工制做，适用于窑炉和热工设备的新建、翻修和冷热修补。尤其是在采用预制构件和喷涂时，筑炉施工可以机械化，大大缩短施工工期，加快生产和建设。在窑炉和热工设备生产的过程中，可以实现不停炉更换损坏了的预制构件，也可以采用喷涂新工艺热补炉衬，从而提高了窑炉的作业率；

4.耐火混凝土建造的窑炉和热工设备，整体性强，气密性好，合理应用，可提高其使用寿命30~150%，有的高达3~5倍以上。这就不但提高了作业率，而且可降低耐火材料消耗和节约修筑炉费用；

5.耐火混凝土所用原材料，除制砖原料外，还可采用某些工业炉渣、废旧耐火砖和地方性或天然材料等。就是说，它取材广泛，便于综合利用资源，为耐火材料工业开辟了广阔的途径；

6.耐火混凝土的生产制做和修筑炉，工作条件好，劳动强度低和效率高。筑炉工可以甩掉瓦刀，为实现机械化筑炉施工创造了条件。

耐火混凝土存在的一些问题，主要有荷重软化温度较低、收缩较大、烘烤时间较长等。这些问题应在研究和使用的实践中，逐步加以解决，而且也是能够解决的。

总之，发展和采用耐火混凝土新材料，可以促进耐火材料生产和窑炉结构的技术革新，又可节省燃料、动力、财力和人力，实现生产和施工机械化，达到延长窑炉寿命、降低材料消耗和增加生产的目的。所以，耐火混凝土是具有广阔发展前途的新型耐火材料。

在我国，耐火混凝土的研究和应用早在五十年代初期就已开始。在鞍钢以及随后的本钢、武钢、包钢和太钢等单位的建设时期，在热工设备基础、烟道、平炉沉渣室和蓄热室的底板与墙板等部位，采用了硅酸盐水泥耐火混凝土；在工业窑炉的个别部位，如烧嘴砖、水冷管滑道包扎等，也采用了硅酸盐水泥耐火混凝土。

在五十年代后期，在十二年科学技术远景发展规划的推动下，促使耐火混凝土得到了较大的发展。其品种有硅酸盐水泥、白云石水泥和水玻璃耐火混凝土，以及用地方性材料配制的耐火混凝土等。一般使用在中小高炉、热风炉和除尘器的外壳及其局部内衬，还有热烧结矿贮矿槽覆面层、焦炉炉顶覆面层、铝电解槽和烟囱内衬等部位。应当指出，在管式加热炉、碱回收炉和发电锅炉等热工设备上，也采用了耐火混凝土。使用效果良好，受到生产和设计部门的重视，并且制订了耐火混凝土施工定额和暂行规程。

近十几年来，耐火混凝土得到了蓬勃发展，建立了一批耐火混凝土生产车间，并初具生产规模。到目前为止，耐火混凝土的品种已由一、二种发展到七、八种；使用温度由 1200°C 以下提高到 1600°C 以上；使用部位由一般热工设备基础、烟道和窑炉的局部试用，扩大到整个工程使用。耐火混凝土不仅可经受火焰的直接作用，而且可用在直接受物料摩擦、碰撞和熔融金属作用的部位。它的使用遍及冶金系统的选烧、炼铁、炼钢、轧钢、焦化和耐火等多种窑炉，而且在石油化工、水电、建材和机械等工业部门中，也获得了广泛的应用。

耐火混凝土在加热炉、均热炉和高炉等热工设备上，应用面较广，使用量很大，并取得了显著的效果。

加热炉是轧钢和锻钢的重要热工设备，型式多样，数量较多，使用温度一般为 1300°C 左右。从1965年开始，先后在抚顺、鞍山、上海、北京、太原、成都、沈阳和天津等地，进行了耐火混凝土加热炉的试用。到目前为止，全国已有上百座加热炉全部

或局部应用了耐火混凝土，使用寿命提高2~3倍以上。同时，炉顶可以实现不停炉检修更换，从而保证了连续生产，提高了轧机的生产效率。

均热炉是大中型初轧厂必不可少的热工设备。过去采用硅砖砌筑，劳动强度大，操作条件不好。寿命一般只有4~8个月，中小修或热修频繁，作业率低，耐火材料消耗大。从1966年开始，先后在几个大型初轧厂的均热炉上，进行了耐火混凝土的试用，取得了显著成效。例如，某厂均热炉采用磷酸粘土质耐火混凝土预制构件组装，炉龄达到18个月，中间不停炉检修，创造了均热炉连续生产的最高记录。同时，实现了机械化筑炉，减轻了劳动强度，提高了作业率，降低了耐火材料的消耗。

高炉是炼铁生产的重要设备。近十多年来，先后在中小型高炉、各种热风炉和管道的内衬上采用耐火混凝土。一般采用预制构件组装或现场浇捣的方法施工，提高了筑炉机械化水平，加快了修建炉速度。中小型高炉及其热风炉耐火混凝土内衬连续使用五、六年，大型热风炉也使用六、七年，均未出现过问题，仍在继续使用中。另外，也采用过喷涂新工艺检修大型高炉炉身，取得了一定的效果。

在冶金工业部门中，采用耐火混凝土的窑炉和热工设备还有：球团焙烧炉、还原焙烧竖炉，平炉蓄热室用大型预制格子砖及熔炼室内衬的喷补、电炉炉顶、各种炼钢炉用的出钢槽，热处理炉，竖窑、回转窑和隧道窑，盛钢桶、中间包、真空处理吸嘴和浇钢系统，焦炉和有色冶金用炉等。其使用效果良好，有的寿命大大超过耐火砖。

在石油、化工和水电等工业窑炉中，如小化肥和小水泥工业用炉，全部或局部采用了耐火混凝土，寿命比耐火砖提高1~3倍；发电锅炉全部采用普通耐火混凝土和轻质耐火混凝土，制做简单，炉体轻，便于机械化组装，运行十几年，仍完好无损，现已基本定型设计；管式加热炉、各种转换炉、页岩干馏炉和热风炉等，较普遍地采用了耐火混凝土，便于施工，整体性好，寿命

高，满足了生产工艺的要求；另外，建材和机械等工业用炉，也都应用了耐火混凝土，使用效果较好，有的寿命提高2~4倍以上。

在我国，耐火混凝土的研究工作发展得也较快。二十多年来，专业科研技术队伍有了较大的增加，不少耐火材料厂和建设公司试验室也配备了一定的研究力量。经过多年试验和生产实践，研究成功了硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、水玻璃、磷酸（盐）和硫酸盐耐火混凝土，镁质水泥和白云石水泥耐火混凝土，以及各种轻质耐火混凝土等。同时，开展了耐火混凝土的基本理论研究工作，取得了一定成绩，指导了耐火混凝土的生产和使用。目前，在各种窑炉和热工设备上，应用最广泛的是铝酸盐水泥、磷酸（盐）、水玻璃和硅酸盐水泥耐火混凝土等四大品种。近几年来，根据国民经济发展的需要，又研制成功了耐火可塑料、耐火投射料和氧化铝空心球、多孔熟料等新品种、新材料，填补了国内的空白，并在生产中初见成效。

另外，耐火混凝土检验项目不断增加，测试手段和装备不断革新，正向机械化自动化迈进。同时，在试验研究和推广使用的基础上，冶金工业部制订颁发了《粘土质和高铝质耐火混凝土》、《耐火混凝土物理检验方法》和《不定形耐火材料分类》等标准，为进一步提高耐火混凝土的质量、满足生产、设计、施工和使用的需要，提供了技术保证。

在国外，主要产钢国家非常重视不定形耐火材料的试验研究和生产使用。近十年来，其种类不断增多，新工艺不断出现，产量不断增加。例如，日本不定形耐火材料1969年比1955年的产量增长近58倍，到1974年，其产量（包括火泥）为91.5万吨，占耐火材料总产量的33.3%。从品种构成的变化看，耐火混凝土的产量变化不大，约占不定形耐火材料总产量的1/3。在六十年代后半期，耐火可塑料增长较快；到七十年代，耐火喷涂料、耐火捣打料和耐火投射料的增长较快，而耐火可塑料因施工麻烦，产量有下降的趋势。目前，美国、日本、西德和苏联等主要产钢国

家，不定形耐火材料的产量约占耐火砖产量的一半，占耐火材料总产量的 $\frac{1}{3}$ 左右。与此相反，耐火砖的产量维持不变或大有下降的趋势，如美国耐火材料产量从1950年到1974年基本上变化不大，年产量维持在550万吨左右。但是，到1974年耐火砖的产量下降到395万吨，而不定形耐火材料却发展到214万吨，其中耐火混凝土增长4倍多。

国外不定形耐火材料的应用十分广泛，特别是在冶金、化工和水电等工业部门中，得到了普遍地推广。目前，化工联合企业的热工设备，大部分采用不定形耐火材料；钢铁联合企业的窑炉和热工设备，其使用量约占一半左右。应用的部位主要有各种加热炉和热处理炉、高炉、转炉、混铁炉、电炉、平炉、隧道窑和浇钢系统等。

在国外，不定形耐火材料的胶结剂较多，由于掺加外加剂，性能得到较大的改善和提高；耐火骨料和粉料，多数经过二次煅烧，质量优良。同时，电熔刚玉、莫来石、碳化硅等特殊原料，也经常做为耐火骨料和粉料。特别应当指出的是，多孔熟料、电熔空心球以及耐火纤维等轻质隔热材料，由于能够减少衬体厚度、节约能源、施工速度快，因此近几年来发展十分迅速，是一个重要的方向。今后，不定形耐火材料的施工方法，将继续向着泵送浇注、大型预制构件机械化组装、自动捣打和机械喷涂等方面发展。

根据国内外不定形耐火材料的发展情况，为了满足我国各种工业部门窑炉和热工设备的新要求，要积极开展耐火混凝土及其它不定形耐火材料的试验研究工作。其中心课题就是要提高其使用性能，创造新品种，实现机械化修筑炉，延长使用寿命，降低耐火材料消耗和节约能源。

首先，要改善和提高最常用的四大品种耐火混凝土的性能。可从降低胶结剂用量、采用复合胶结剂和外加剂等方面入手，或者选择煅烧良好和使用温度适宜的耐火骨料和粉料；

其次，要研制新的胶结剂和轻骨料及其耐火纤维等，以便迅