

UDC

SH

中华人民共和国行业标准

P

SH3534 2001

石油化工筑炉工程施工及验收规范

**Specification for the construction and acceptance of furnace
brick lining engineering for petrochemical industry**

2002 03 11 发布

2002 05 01 实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会 发布

中华人民共和国行业标准

石油化工筑炉工程施工及验收规范

**Specification for the construction and acceptance of furnace
brick lining engineering for petrochemical industry**

SH3534—2001

主编单位：中国石化集团第四建设公司

主编部门：中国石油化工集团公司

批准部门：中华人民共和国国家经济贸易委员会

2002 北 京

前 言

本规范是根据中国石化[1999]建标函字第 140 号文的通知，由我公司主编的。

本规范共分九章和四个附录，主要内容包括总则、术语、施工准备、耐火材料、耐火砖砌筑、不定形耐火材料炉衬、耐火纤维炉衬、冬期施工、工程验收和耐火砖、耐火泥浆、不定形材料、耐火纤维及结合剂性能指标等。

在编制的过程中，进行了比较广泛的调查研究，总结了近几年来石油化工筑炉工程施工经验，并征求了有关设计、施工、生产等方面的意见，对其中主要问题进行多次讨论，最后经审查定稿。

本规范在实施过程中，如发现需要修改补充之处，请将意见和有关资料提供给中国石化集团第四建设公司，以便今后修订时参考。

主编单位地址：天津市大港区世纪大道 180 号

邮 政 编 码：300270

本规范的主编单位：中国石化集团第四建设公司

本规范的参编单位：中国石化集团第十建设公司

中国石化集团燕山石化公司建安公司

北京达斯特炉衬工程技术公司

主要起草人：笪 炜 苏延秋 张衍谊 胡纬宙 李长江

目 次

1 总则.....	1
2 术语和定义.....	2
2.1 炉子结构.....	2
2.2 耐火材料及制品.....	2
2.3 耐火材料物理性能.....	4
2.4 炉衬施工.....	5
3 施工准备.....	6
4 耐火材料的验收、保管和运输	7
5 耐火砖砌筑.....	8
5.1 工业炉砌筑的一般规定	8
5.2 炉底.....	11
5.3 炉墙.....	12
5.4 拱和拱顶.....	13
6 不定形耐火材料炉衬	15
6.1 一般规定.....	15
6.2 耐火浇注料炉衬.....	15
6.3 耐火可塑料炉衬.....	19
6.4 耐火涂抹料涂层.....	22
6.5 钢烟囱和烟道耐火浇注料内衬.....	23
7 耐火纤维炉衬.....	24
7.1 一般规定.....	24
7.2 层铺式耐火纤维炉衬.....	24
7.3 叠砌式耐火纤维模块炉衬.....	27
7.4 不定形耐火纤维炉衬	30
7.5 贴面式耐火纤维炉衬.....	31
8 冬期施工.....	33
9 工程验收.....	34
附录 A 常用耐火砖理化性能指标、耐火制品取样验收规定.....	35
附录 B 常用耐火泥浆理化性能指标.....	46
附录 C 不定形耐火材料理化性能指标及取样验收规定.....	51
附录 D 耐火纤维及结合剂理化性能指标.....	56
用词说明.....	58
附：条文说明.....	59

1 总 则

1.0.1 本规范适用于石油化工工业炉（以下简称工业炉）筑炉工程施工及验收，工业炉改造和检修筑炉施工及验收可参照使用。

1.0.2 工业炉筑炉工程应执行本规范和设计文件的规定。筑炉工程的材料，应按设计要求采用，并符合相关材料标准的规定。常用炉衬材料相应标准的规定见附录 A、附录 B、附录 C、附录 D。

1.0.3 凡对筑炉工程有影响或筑炉后无法拆除的临时构件（如拉筋、支撑等）应全部清除。

1.0.4 工业炉筑炉工程施工的安全技术、劳动保护执行《石油化工施工安全技术规程》SH3505 的规定。

1.0.5 规范性引用文件

下列相关标准中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款，本规范出版后，下列标准均为现行版本，鼓励使用本规范的各方研究使用这些文件最新版本的可能性。

GBJ211 《工业炉砌筑工程施工及验收规范》

SH3531 《隔热耐磨混凝土衬里技术规范》

SH3022 《石油化工设备和管道涂料防腐蚀技术规范》

SH3503 《石油化工工程建设交工技术文件规定》

2 术语和定义

2.1 炉子结构

2.1.1 石油化工工业炉 petro-chemical furnace

石油化工工业炉，用来改变物料的物理和化学性能的一种热工设备，按工艺用途可分为加热炉和反应炉。

2.1.2 加热炉 heater/furnace

用以提高物料的温度，被加热的物料不在炉管内进行化学反应。

2.1.3 反应炉 react furnace

炉管内被加热的物料在压力和催化作用下进行反应的工业炉。

2.1.4 燃烧室 combustion chamber

燃料在其中进行燃烧的炉内空间，燃烧室亦称炉膛。

2.1.5 辐射室 radiant chamber

主要以辐射方式传递热量的炉内空间，当辐射室亦作燃烧室时，辐射室亦称炉膛。

2.1.6 对流室 convection section

主要以对流方式传递热量的炉内空间。

2.1.7 烟道 flue duct

烟气从对流室（无对流室时则为辐射室）出口到烟囱入口所流经的通道。

2.1.8 烟囱 stack

用以将炉内烟气排入大气和对炉子产生一定抽力的圆形直立结构。

2.1.9 炉壳 Shell

围封炉衬的金属结构。

2.1.10 炉衬 linings

由致密耐火材料和隔热耐火材料构成炉子内衬的总称。

2.1.11 砖架 brick support

用以固定或支承耐火砖的金属构件，一般可分为吊砖架、托砖架和挂砖架。

2.1.12 锚固件 Anchor

固定在炉壳上金属或耐火材料构件，以保持炉衬的稳定性。

2.2 耐火材料及制品

2.2.1 耐火材料 refractory

耐火度不低于 1580℃的非金属材料或制品。

2.2.2 酸性耐火材料 acid refractory

通常指 SiO₂ 含量大于 93%的耐火材料，在高温下能抵抗酸性渣的侵蚀，但易于与碱性熔渣起反应。

2.2.3 碱性耐火材料 basic refractory

一般指以氧化镁或氧化镁和氧化钙为主要成份的耐火材料，耐火度较高，抵抗碱性熔渣能力强。

2.2.4 中性耐火材料 neutral refractory

在高温下与碱性或酸性熔渣都不易起明显反应的耐火材料，高铝质耐火材料和铬质耐火材料也归于此类。

2.2.5 硅酸铝质耐火材料 aluminosilicate refractory

硅酸铝质耐火材料是指以 SiO_2 - Al_2O_3 为主要成分的耐火材料，按其 Al_2O_3 含量的多少可以分为半硅质 (Al_2O_3 15~30%)、粘土质 (Al_2O_3 30~48%)、高铝质 (Al_2O_3 大于 48%) 三类。

2.2.6 通用耐火砖 general firebrick

指工业炉窑等热工设备的直墙砌砖和辐射形砌砖所用的直形砖、侧厚楔形砖、竖厚楔形砖、竖宽楔形砖及拱脚砖。

2.2.7 轻质耐火材料 light weight refractory

体积密度 $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 以下隔热耐火材料，轻质耐火制品体积密度一般不超过 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2.2.8 隔热耐火制品 heat-insulating products

真气孔率不低于 45%，体积密度在 $0.4\text{kg}/\text{cm}^3$ 以下的材料称隔热材料耐火制品。

2.2.9 不定形耐火材料 monolithic refractories

由耐火骨料和一种或多种结合剂组成的混合料，其耐火度应不低于 1500°C 。

2.2.10 耐火浇注料 refractory castable

由耐火骨料和结合剂组成的混合料，交货状态为干状，加水或其他液体调配后使用，主要结合剂为水硬性结合剂，也可以采用陶瓷和化学结合剂，以浇注、震动、捣固，必要时用夯实的方法施工，无需加热即可常温状态下凝固硬化。

2.2.11 耐火可塑料 refractory plastics

由耐火骨料、结合剂和液体组成的混合料，交货状态为具有可塑性的软坯状或不规则形状的料团，可以直接使用，采用陶瓷、化学（无机、有机-无机、有机）结合剂，以捣打（手工或机械）方法施工，在高于常年的加热状态下硬化。

2.2.12 耐火纤维浇注料 refractory fiber castable

由耐火纤维、结合剂和填充料组成的混合料，结合剂有气硬性结合剂和水硬性结合剂，常温固化，可采用手工涂抹和支模浇注方法施工。

2.2.13 耐火喷涂料 refractory gunning mix

由耐火骨料和结合剂组成的混合料，需专用机械喷射方法施工，其它方面的特性分属于耐火浇注料。

2.2.14 耐火泥浆 refractory mortar

是由一定颗粒级配的耐火粉状物料和结合剂、外加剂组成，用水或液态结合剂调成浆体，做砌体的接缝材料，又称接缝料。

2.2.15 陶瓷结合耐火泥浆 ceramic bonded refractory mortar

由细耐火骨料和陶瓷结合剂组成的混合料，交货状态为干状，需加水后使用，也可以制备成浆状供直接使用，在高温下通过陶瓷结合而硬化。

2.2.16 水硬性结合耐火泥浆 hydraulic-setting refractory mortar

由细耐火骨料和起主要结合作用的水硬性结合剂组成的混合料，交货状态仅有干状，加水后使用，硬化时无需加热。

2.2.17 化学结合耐火泥浆 chemical bonded refractory mortar

由细耐火骨料和化学（无机、有机-无机、有机）结合剂组成的混合料，在低于陶瓷结合温度下硬化，按照硬化温度，耐火泥浆可分为气硬性和热硬性两种。

2.2.18 耐火涂抹料 refractory paint

由耐火细骨料和结合剂组成的混合料，结合剂可以是陶瓷、水硬性或化学结合剂，其含水量或含其他液体量一般要比耐火泥浆高，以手工（刷涂或滚涂）、风动机具或机械喷涂方法施工。

2.2.19 保护涂料 protective paint

用于保护炉膛内砌体不受高温气体、炉渣和尘埃侵蚀作用，在砌体表面涂刷的耐火涂抹料。

2.2.20 耐火纤维 refractory fibers

由耐火原材料经高温熔融后喷吹（或甩丝法）加工而成的无机非金属的纤维状态的材料（非晶态纤维）。也有采用胶体法制成纤维，然后再经 1100℃ 煅烧而制成结晶态纤维。

2.2.21 硅藻土砖 diatomite brick

硅藻土（含硅藻的软泥固结而成的硅质沉积岩）为主要成分的砖。

2.2.22 膨胀蛭石 expanded vermiculite

由蛭石（黑云母、金云母）经焙烧制成的层状颗粒隔热材料。

2.2.23 膨胀珍珠岩 expanded perlite

由天然酸性火山玻璃质岩石（即珍珠岩）经焙烧膨胀而制成的颗粒多孔隔热材料。

2.2.24 石棉 asbestos

石棉是一种蕴藏于中性或酸性火成岩矿床中的天然纤维状非金属矿物。通常将这种具有天然纤维状结构，并可以剥离成细微而柔韧的纤维材料矿物统称为石棉。

2.2.25 岩棉 rock wool

以岩石（由安山岩、玄武岩作主体）为原料高温熔融后喷吹而制成人造无机纤维材料。

2.2.26 高温粘结剂 high temperature binder

能耐高温的，用于耐火纤维层间粘贴或将耐火纤维粘贴于耐火砌体和炉壳上的结合剂。

2.3 耐火材料物理性能

2.3.1 耐火度 refractoriness

耐火材料在无荷重时，抵抗高温作用而不熔化的性质。

2.3.2 高温体积稳定性 heat volume stability

耐火材料在高温作用下长期使用时，其外形体积保持稳定而不发生变化（收缩或膨胀）的性能。

2.3.3 热震稳定性 thermal shock resistance

耐火材料抵抗温度的急剧变化（急冷急热）而不破坏的性能。

2.3.4 抗渣性 slag resistance

耐火材料在高温下抵抗熔渣侵蚀作用而不破坏的能力。

2.3.5 抗冲刷性 abrasion resistance

耐火材料和制品在高温下承受物料或烟气高速流动的能力。

2.3.6 荷重软化点 softening point under load

耐火材料抵抗荷载、温度和时间共同作用的能力，它的试样在固定压力下，当温度不断升高测定发生一定变形量时的温度。

2.3.7 线变化率 linear change ratio

耐火材料加热到规定温度，保温一定时间，冷却到室温后，所产生的残存膨胀或收缩。

2.3.8 真气孔率 ratio of pores

又称总气孔率，指材料中开口气孔、闭口气孔和贯通气孔的体积与材料的总体积的百分比值。

2.3.9 导热系数 thermal coefficient

表示耐火材料传导热量能力的物理量，即当材料厚度为 1m 时，材料两面温度差为 1℃，在与热流方向垂直的 1m² 面积上，每秒内通过的热量。

2.3.10 常温力学强度 cold mechanical strength

耐火材料常温状态下抵抗外力作用而不破坏的临界应力，用常温耐压强度、常温抗折强度和常温抗剪强度三项技术指标表示。

2.3.11 线膨胀系数 linear expansion coefficient

耐火材料和制品受热膨胀时，平均每升高 1℃在长度方向上发生的相对变化率。

2.4 炉衬施工

2.4.1 砌体 brick masonry

用耐火材料和隔热材料砌成实体。

2.4.2 砌筑 masonry

指炉衬施工的整个过程，也称筑炉。包括砌耐火砖、隔热砖、浇注耐火浇注料、粘贴耐火纤维毡等。

2.4.3 灰缝 mortar joint

砌体中砖与砖之间或耐火砌块之间用泥浆充填的间隙。

2.4.4 湿砌 wet masonry

使用耐火泥浆砌筑的方法。

2.4.5 干砌 dry masonry

不使用耐火泥浆砌筑，而填以干耐火粉的施工方法。

2.4.6 填料 filler

用以填充砌体间隙，且体积密度小、导热系数低的物料。

2.4.7 预砌筑 pre-masonry

正式砌筑前，对砌体中复杂和质量要求高的部位，以及某些异型砖砌体，选择有代表性的一部分或全部进行的砌筑。

2.4.8 错缝砌筑 interlacing seam masonry

同一砖层内前后相邻砖列和上下相邻砖层的砖缝呈交错的砌筑方法。

2.4.9 重缝 overlapping seam

炉墙同一砖层内前后相邻砖列和上下相邻砖层的两块砖错缝距离小于 12mm 即认为重缝。

2.4.10 膨胀缝 expansion joint

砌体中留下的空间，以适应由于砌体加热而产生的膨胀。

2.4.11 配合比 mixture ratio

组成不定形耐火材料各组分之间的质量或体积百分比。

2.4.12 水灰比（水料比） water cement ratio

不定形耐火材料或耐火泥浆搅拌时，水与水泥、掺合料或水与耐火泥的质量比值。

2.4.13 养护 curing

为了凝结和硬化获得初期强度，在一定时间内创造必要温度、湿度条件所采取的措施。

2.4.14 烘炉 dryout

按照一定的升温、恒温、降温过程中温度和时间的关系曲线，对炉衬进行加热干燥的过程。

3 施工准备

3.0.1 筑炉施工环境温度应保持在 5℃以上，夏季或冬季施工应分别采取降温或保温措施，雨季应设有防雨及排水措施。

3.0.2 筑炉施工所用的容器和工具应清洗干净，防止有害杂质混入集料中。

3.0.3 根据炉型及炉衬要求，应搭设安全可靠便于操作的脚手架，并配置充足照明。

3.0.4 各种管架、套管及其他金属构件（锚固件除外）埋在炉衬内的部分，应按设计文件留置膨胀间隙，设计文件无要求时，可缠绕牛皮纸或耐火纤维纸。管嘴应有防止堵塞措施。

3.0.5 施工前应将炉壁内表面焊渣、油污、浮锈、疏松氧化皮及其他附着物清理干净，除锈后的炉体表面应防止雨淋受潮。

3.0.6 施工中搅拌和养护用水应是清洁水。

3.0.7 根据设计图纸，针对不同炉型和耐火材料，在正式施工前应对筑炉工进行技术交底。

3.0.8 工业炉筑炉工程应于炉体钢结构和有关设备安装完毕，经检查合格并办理工序交接手续后进行施工。工序交接检查项目应包括下列内容：

- 1 炉子的中心线和控制标高的测量记录；
- 2 隐蔽工程验收记录；
- 3 炉内已安装炉管防护要求；
- 4 炉体钢结构组装质量检查记录，有严密性要求的炉壳应有严密性试验记录；
- 5 炉内锚固件及托砖板等器壁上附件安装的位置、尺寸及焊接质量检查记录；
- 6 可动炉子或炉子可动部分的试运转记录。

3.0.9 工业炉砌筑前应根据炉的中心线和主要标高控制线校核砌体的放线尺寸。

4 耐火材料的验收、保管和运输

4.0.1 耐火材料或制品应有质量证明书,有时效性的材料应注明其有效期限。耐火材料或制品的牌号、等级和砖号等应符合设计文件要求,其外观质量和理化性能指标应符合相应标准。

4.0.2 耐火材料或制品,有下列情况之一时应复验:

- 1 主要部位(辐射室或燃烧室)使用的耐火砖、耐火泥浆;
- 2 质量证明书理化指标不全或有异议时;
- 3 设计或顾客有要求时。

4.0.3 不定形耐火材料,根据设计文件要求和生产厂提供的说明书分别进行下述检验:

- 1 耐火浇注料应作 110℃烘干和高温烧后的冷态抗压、抗折强度及体积密度和线变化率等项检验;
- 2 胶结剂为水泥的耐火浇注料从出厂到使用时间应小于 3 个月,如存放期超过 3 个月但小于 6 个月,使用时应重新检验,试块全部达到设计指标方可使用;
- 3 耐火可塑料应作 110℃烘干冷态抗压、抗折强度、高温烧后线变化率,含水率和可塑性指数等项检验;
- 4 不定形耐火纤维应作 110℃体积密度、线变化率和导热系数等项检验,耐火纤维浇注料还应作烧后抗压强度的检验。

4.0.4 运输和装卸耐火材料或制品时,轻拿轻放,防止雨淋,不定形材料应防止杂质污染。

4.0.5 耐火材料保管应符合下列规定:

- 1 耐火材料宜在仓库贮存,妥善保管,防止耐火材料受潮,易受潮变质的材料不得直接放于地面;
- 2 仓库内的耐火材料,按牌号、等级、砖号和砌筑顺序放置,并作出标识;
- 3 有防冻要求的耐火材料,冬期应采取防冻措施,有保持水份要求的耐火材料应密封贮存,放在阴凉的仓库内。

5 耐火砖砌筑

5.1 工业炉砌筑的一般规定

5.1.1 根据设计文件对施工精细程度的要求，耐火砌体按砖缝厚度分以下五类,表 5.1.1。

表 5.1.1 耐火砖砌体分类(mm)

项次	砖缝厚度	砌体类别
1	≤0.5	特类砌体
2	≤1	I类砌体
3	≤2	II类砌体
4	≤3	III类砌体
5	≤5	IV类砌体

5.1.2 除设计另有规定外，工业炉炉墙各部位砌体的砖缝厚度不应超过表 5.1.2 的规定的数值。

表 5.1.2 工业炉炉墙各部位砌体砖缝的允许厚度 (mm)

项次	部位名称	砖缝允许厚度	
1	底和墙	3	
2	高温或有炉渣作用的底和墙	2	
3	拱和拱顶	湿砌	2
		干砌	1.5
4	隔热耐火砖（粘土质、高铝质和硅质）	工作层	2
		非工作层	3
5	硅藻土砖	5	
6	红砖内衬	5	
7	外部红砖	底和墙	8~10
		拱和拱顶	5~10
8	空气、煤气管道	3	
9	烧嘴砖	2	

5.1.3 工业炉砌体的允许偏差，不应超过表 5.1.3 规定的数值。

5.1.4 耐火砖在砌筑前，应进行外观尺寸检查和挑选，符合要求后，才可使用，经挑选的耐火砖应分类挂牌标识，选砖时耐火砖分类应按砌筑方式决定：

- 1 平砌砖层时按厚度和长度分类；
- 2 侧砌砖层时按宽度和厚度分类；
- 3 立砌砖层时按长度和厚度（宽度）分类。

表 5.1.3 工业炉砌体允许偏差 (mm)

项次	项 目		允许偏差	
1	垂直度	墙	每米高	3
			全高	15
2	表面平面度 (用 2m 靠尺检查靠尺与砌体间隙)	墙面		5
		挂砖墙面		7
		拱脚砖下的炉墙上表面		5
3	水平度	平墙	每米长	3
			全长	10
		圆墙	每米弧长	3
			在直径方向对应两点间	15
4	线尺寸	矩 (或方) 形炉墙的长度和宽度		±10
		矩 (或方) 形炉墙的对角线长度差		15
		圆形炉膛内半径	内半径 < 2000	±10
			内半径 ≥ 2000	±15
		拱和拱顶的跨度		±10
		烟道的高度和宽度		±15
5	圆形炉墙的圆度 (用 1m 弧长样板检查)		直径 0.4%, 且小于 20	
6	烧嘴砖中心		±3	
	烧嘴砖分上下两层时同心度		3	
7	膨胀缝宽度		+2 -1	

5.1.5 耐火砖在砌筑时, 经挑选后仍不能满足砌筑质量要求, 应对砖进行加工, 砖加工的精细程度, 根据砌体质量要求来确定:

- 1 特类砌体用砖应精密加工, 砖的扭曲误差小于 0.25mm;
- 2 I 类砌体用砖应仔细加工, 砖的扭曲误差小于 0.5mm;
- 3 II、III类砌体用砖必要时加工。

5.1.6 砌筑耐火制品的泥浆种类、牌号及其性能指标, 当设计无规定时, 应根据炉子的温度和操作条件选定。

5.1.7 砌筑工业炉前, 应根据砌体类别试验确定泥浆的稠度和凝结时间, 同时检查泥浆的砌筑性能。测定泥浆的稠度, 可按《耐火泥浆稠度试验方法》YB/T5121 进行测定; 泥浆的凝结时间, 可按《耐火泥浆凝结时间试验方法》YB/T5122 进行测定。

5.1.8 不同类别的砌体选用泥浆稠度, 可按表 5.1.8 选用。

表 5.1.8 砌体类别适用泥浆稠度

项次	砌体类别	名称	稠度 0.1mm
1	I~II	普通泥浆	400~500 (轻型锥)
	III~IV		320~360
2	I~II	掺有外加剂的泥浆	320~380
	III~IV		280~320

注：特类砌体使用沾浆法。

5.1.9 砌筑工业炉宜采用成品泥浆，泥浆的最大粒径不应大于规定砖缝厚度的 30%。当无成品耐火泥浆而需现场配制时，根据砌体类别按照表 B.0.8 的配比配制，并符合下述规定：

- 1 配制泥浆时，应称量准确，搅拌均匀；
- 2 调制磷酸盐泥浆时，应保证困料时间，当班搅拌泥浆当班用完。

5.1.10 掺有水泥、水玻璃或卤水的泥浆应根据固化时间，适时调制，已初凝的泥浆不得使用。

5.1.11 砌筑工业炉砌体，应符合下列规定：

- 1 砌体应错缝砌筑，同一砖层内前后相邻砖列和上下相邻砖层的砖缝不得重缝；
- 2 砌体应横平竖直，表面光滑平整，且只允许有与物料或机械走向同方向的顺错台，并尽量做到无错台；
- 3 砌体的砖缝中，泥浆均应饱满，其表面应勾缝。干砌底和墙时，应以干耐火粉填满，砖面应清洁；
- 4 砌筑耐火制品的泥浆耐火度和化学成份，应与所用耐火制品的耐火度和化学成份相同或相适应；
- 5 复杂或重要的部位，必要时进行预砌筑；
- 6 不得在砌体上砍凿砖，砌砖时，应使用木锤或橡胶锤找正。在泥浆干固后，不得敲打砌体；
- 7 砌砖中断或返工拆砖而必须留茬时，应作成阶梯形的斜茬；
- 8 耐火砌体中不得使用宽度、长度小于原砖 1/2 的砖或厚度小于原砖 2/3 的砖，吊砖的砖槽不得加工。砖的加工面，不宜朝向炉膛和烟气通道的内表面；
- 9 隔热砖和保温板应错缝砌筑，灰浆饱满且接缝严密，不得有松动现象。当设计要求不用灰浆砌筑时，应紧贴钢结构炉壁；
- 10 耐火和隔热砌体，在施工过程中，直至投入生产前，应防止雨淋。

5.1.12 砌体膨胀缝留设应符合下列规定：

1 砌体膨胀缝的间隙、构造及分布位置，应符合设计规定。当设计没有规定时，每米长砌体膨胀缝的间隙尺寸平均数值可依据下列数据留设：

- a 粘土砖砌体为 5~6mm；
- b 高铝砖砌体为 7~8mm；
- c 刚玉砖砌体为 9~10mm；
- d 镁铝砖砌体为 10~11mm；
- e 硅砖砌体为 12~13mm；
- f 镁砖砌体为 10~14mm。

- 2 留设膨胀缝的位置，应避免受力部位、炉体骨架和砌体中的孔洞；
- 3 砌体内外层的膨胀缝不应互相贯通，上下层宜互相错开；
- 4 当半砖厚耐火砌体的膨胀缝与隔热砌体串通时，该处的隔热砖应用粘土砖代替。拱顶直通膨胀缝应用耐火砖覆盖；
- 5 膨胀缝应均匀平直，缝内保持清洁，并按规定填充材料；

6 托砖板与其下部砌体之间，托砖板上部砖体与下部砌体之间，均应留有间隙（图 5.1.12）；

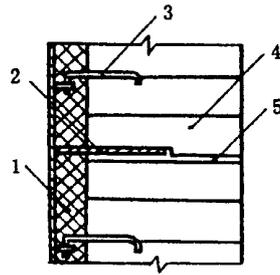


图 5.1.12 具有托板的砌体示意

1—隔热层； 2—托砖板； 3—拉砖钩； 4—托砖板上部砖； 5—膨胀缝

7 当托砖板下的膨胀缝不能满足设计尺寸时，可加工托砖板部位的砖；

8 砌体与设备、构件、埋设件和孔洞有关联时，应留膨胀间隙。

5.1.13 基础有沉降缝时，其上的砌体也应留设沉降缝。缝内应用石棉绳、耐火纤维等填料塞紧。

5.1.14 当烟道与建筑物或烟囱联结时，应在建筑物或烟囱沉降基本稳定后，才可砌筑烟道，留置的沉降缝不得透气或渗水。

5.1.15 耐火砌体的砖缝厚度应用塞尺检查，塞尺宽度应为 15mm，厚度应等于被检查砖缝的规定厚度，用塞尺插入砖缝的深度不超过 20mm 时，则该砖缝即认为合格。

炉砌体的砖缝厚度，应按炉子各部分砌体每 5m² 的表面上用塞尺检查 10 处，比规定砖缝厚度大 50% 以内的砖缝，不应超过下列规定的处数：

I 类砌体为 4 处；

II 类砌体为 4 处；

III 类砌体为 5 处；

IV 类砌体为 5 处；

特类砌体每 5m² 的表面上用塞尺检查 20 处，比规定砖缝厚度大 50% 以内的砖缝不应超过 4 处。

5.1.16 工业炉的一般部位的泥浆饱满度不得低于 90%；对气密性要求较严格以及有熔渣侵蚀的部位，其砖缝的泥浆饱满度不应低于 95%。

5.2 炉 底

5.2.1 砌筑炉底前，炉墙基底应按设计标高找平，其允许误差为 ± 10 mm。必要时加工最下一层砖或用浇注料找平。

5.2.2 水平砖层砌筑的斜坡炉底，其工作层下部的退台或错台所形成的三角部分，可用满足设计要求的耐火浇注料找平。

5.2.3 非弧形炉底、通道底的最上层砖的长边，宜与气体的流动方向垂直。

5.2.4 炉底干砌时，砖缝应按设计要求填充，多层砖炉底的砖缝应分层填充。

5.2.5 炉底砖应砌筑稳固，表面平整。

5.2.6 炉底的标高允许偏差为 ± 10 mm。

5.2.7 炉底有烧嘴砖时，应先砌筑烧嘴砖。砌筑烧嘴砖时，应先砌筑点火孔部位的砖，烧嘴砖和炉底

或相邻炉墙之间应设置膨胀缝，用耐火纤维填满。

5.2.8 在耐火浇注料基层上砌筑炉底时，应在基层达到设计强度后才可进行。

5.3 炉 墙

5.3.1 直墙应拉线砌筑，当两面均为工作面时，宜双面拉线砌筑。

5.3.2 具有拉砖杆和拉砖钩或挂砖结构的炉墙，除砖槽的受拉面应与挂件靠紧外，砖槽的其余各面与挂件间应留有活动余地，不得卡死。

5.3.3 炉墙内的拉砖杆和拉杆钩（图 5.3.3），必须符合下列规定：

- 1 拉砖杆应平直，不应有弯曲现象；
- 2 拉砖杆在纵向膨胀缝处应断开；
- 3 拉杆钩的长度应适合，严禁出现不拉或虚拉现象；
- 4 拉杆钩应平直地嵌入砖内，不得一端翘起。

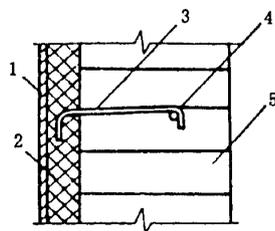


图 5.3.3 炉墙拉砖杆和拉杆钩

1—炉墙钢板 2—隔热层 3—拉杆钩 4—拉砖杆 5—耐火砖

5.3.4 隔热耐火砖砌体的拉砖钩，应位于隔热耐火砖的中间，拉砖钩的嵌入深度不得小于 25mm，当个别拉砖钩遇到砖缝时，可水平转动拉砖钩，使其嵌入处与砖缝间的距离大于等于 40mm（图 5.3.4）。

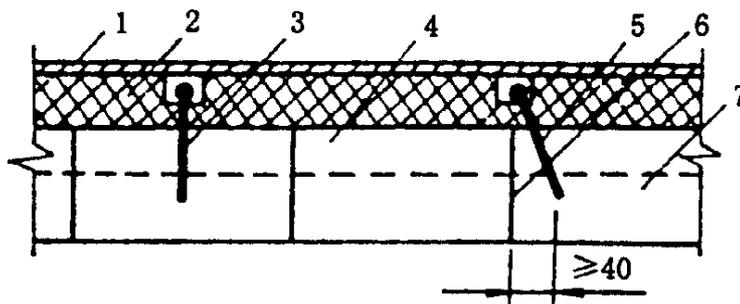


图 5.3.4 拉砖钩移动示意

1—炉壳钢板 2—隔热层 3—拉砖钩 4—托砖板 5—水平移动的拉砖钩 6—砖缝 7—轻质耐火砖

5.3.5 隔热耐火砖采用固定杆穿串结构时，应进行预砌筑，检查固定杆、固定套与隔热耐火砖的配合，确定砖缝的砌筑厚度及组砌方法和加工砖尺寸。

5.3.6 圆形炉墙砌筑，应符合下列规定：

1 圆形炉应按中心线砌筑，当炉壳的中心线和直径误差符合炉内形的要求时，可以炉壳为导面进行砌筑；

2 圆形炉墙的砖缝厚度应均匀一致，不得有三层或三环重缝，上下两层与相邻两环的重缝不得在同一位置，炉墙的合门砖应均匀分布。

5.3.7 卧式圆形炉墙有隔热层时，下半圆应先砌隔热层，上半圆应先支设拱胎砌耐火层后，再衬砌隔热层。

5.3.8 拱脚砖下的炉墙上表面，应按设计标高找平，表面应平整。拱脚砖与中心线的间距，符合设计尺寸。

5.3.9 隔热耐火砌体的耐火砖与隔热层或隔热层与炉壳间砌筑不用耐火泥或粘结剂粘结时，砌体应紧贴隔热层或炉壳。

5.4 拱和拱顶

5.4.1 拱胎的弧度应符合设计要求，胎面应平整。支设拱胎时，应正确牢固且便于拆除。

5.4.2 砌筑拱顶前，拱脚梁与骨架立柱应靠紧，砌筑可调节骨架的拱顶前，骨架和拉杆调整后必须固定。

5.4.3 拱脚砖砌筑，应符合下列规定：

1 拱脚表面应平整，拱脚砖的斜面角度必须符合拱顶角度要求，不得用加厚砖缝的方法找平拱脚；

2 拱脚砖应紧靠拱脚梁砌筑。当拱脚砖后面有砌体时，应在该砌体砌完后，才可砌筑拱或拱顶，砌体应全部砌实，不得留有间隙。不得在拱脚砖后面砌筑隔热耐火砖，隔热耐火砖拱顶的拱脚砖后面，可砌与拱顶相同材质的砖。

5.4.4 拱和拱顶砌筑应符合下列规定：

1 除有专门规定外，拱和拱顶应错缝砌筑，错缝砌筑的拱和拱顶，应沿纵向缝拉线砌筑，保持砖面平直；

2 跨度不同的拱和拱顶宜环砌，环砌拱和拱顶的砖环应保持平整垂直，两环之间应填满泥浆，各环锁砖松紧一致；

3 砌筑双层拱和拱顶时，上层和下层应分别错缝砌筑；

4 拱和拱顶应从两侧拱脚同时向中心对称砌筑；

5 拱和拱顶的放射缝，应与半径方向相重合，拱和拱顶的内表面应平整，个别砖的错台不应超过3mm；

6 粘土砖拱顶部找平层的加工砖，可用相应材质的耐火浇注料代替。

5.4.5 锁砖砌筑必须符合下列规定：

1 锁砖应按拱和拱顶的中心线对称均匀分布，跨度小于3m的拱和拱顶，应打入1块锁砖；跨度为3m~6m时，应打入3块；大于6m时，应打入5块；

2 锁砖砌入拱和拱顶内的深度宜为砖长的 $2/3\sim 3/4$ ，在同一拱和拱顶内砌入深度应一致。打锁砖时，两侧对称的锁砖应同时均匀地打入，打入锁砖应使用木槌，使用铁锤时，应垫以木板；

3 不得使用砍掉厚度 $1/3$ 以上的或砍凿长侧面使大面成楔形的锁砖。

5.4.6 吊挂砖砌筑应符合下列规定：

1 吊挂砖应预砌筑，并进行选分和编号，必要时加工，吊挂砖的主要受力处不得有裂纹；

2 吊挂平顶的吊挂砖，应从中间向两侧砌筑，吊挂平顶的内表面应平整，个别砖的错台不应超过3mm。当砖的耳环上缘与吊挂小梁之间有间隙时，应用薄钢片塞紧，砌筑吊挂平顶时，边砖与炉墙接触处应留设膨胀缝，斜坡炉顶应从下面的转折处开始向两端砌筑；

3 吊挂拱顶应环砌，环缝彼此平行，并与炉顶纵向中心线垂直，开始砌筑吊挂拱顶时，应先试砌一环，然后按此环依次砌筑，吊挂拱顶应分环锁紧，各环锁紧程度一致。锁砖合紧后，立即把吊挂长销穿好；

4 在砌完具有吊杆、螺母结构的吊挂砖后，应将吊杆的螺母拧紧。拧紧螺母时，应随时注意不使吊挂砖上升，且吊钩紧靠吊挂砖孔的上缘；

5 砌完粘土质（高铝质）炉顶吊挂砖后，应在炉顶上面灌缝，再在规定的部位铺砌隔热制品。

5.4.7 砌筑球形拱顶时，有金属球壳时可采用金属卡钩，无金属球壳时可采用支设拱胎的方法砌筑。球形拱顶应逐环砌筑，并及时合门，留茬不宜超过三环，合门砖应均匀分布。

5.4.8 跨度大于 5m 的拱胎在拆除前，应设置测量拱顶砖下沉的标志，拱胎拆除后，应作好下沉记录。

拱顶拱胎拆除前，应将锁砖全部打紧，拱脚处的凹沟砌筑完毕，骨架拉杆的螺母拧紧。拆除吊挂拱顶的拱胎前，还应将吊挂结构安装完毕，拱胎应均匀拆除，不得使拱和拱顶砖松动。

6 不定形耐火材料炉衬

6.1 一般规定

- 6.1.1 不定形耐火材料炉衬包括耐火浇注料、耐火喷涂料、耐火可塑料和耐火涂抹料。
- 6.1.2 耐火浇注料中结合剂为 CA-50 铝酸盐水泥时，施工环境温度宜为 5~35℃。
- 6.1.3 炉壁除锈应符合设计文件规定，当设计文件无要求时应符合《石油化工设备和管道涂料防腐蚀技术规范》SH3022 中 st2 级标准。
- 6.1.4 受潮结块水泥不得使用。
- 6.1.5 不得任意改变不定形耐火材料配合比，不应在搅拌好的不定形耐火材料内任意加水或其他材料。
- 6.1.6 耐火浇注料分部位（分段）炉衬时，接口两侧预留宽度不应小于 200mm，接口处炉衬浇注应与和炉衬本体一致，按规定养护，防止接口处出现干缩裂纹。
- 6.1.7 炉衬在施工后至烘炉前，应防止急热和强震。
- 6.1.8 炉衬养护后应在干燥环境保管，防止日晒、风吹、雨淋和受冻。
- 6.1.9 耐火浇注料炉衬成型后，不得抹面。

6.2 耐火浇注料炉衬

- 6.2.1 耐火浇注料炉衬可用手工涂抹、手工捣制、支模浇注、机械喷涂的方法施工。
- 6.2.2 **耐火浇注料搅拌应符合下列规定：**
 - 1 浇注料应用强制搅拌机搅拌；
 - 2 浇注料搅拌时应先加入骨料、粉料和结合剂进行干混均匀，然后按规定加水充分搅拌；含有钢纤维的浇注料在搅拌时，加水前钢纤维应分散加入，确保其在混合料中均匀分布；
 - 3 **浇注料一次搅拌量应在初凝前浇筑完，失去施工和易性的浇注料不得使用。**
- 6.2.3 采用半湿法机械喷涂时，耐火浇注料搅拌时宜加入物料重量 3%~5%的水预润湿混合，以粉料均匀包裹骨料为宜；
- 6.2.4 耐火浇注料炉衬浇筑时，应符合下列规定：
 - 1 施工部位应先清理干净；
 - 2 耐火浇注料中钢筋或金属锚固件应设在非受热面；
 - 3 耐火浇注料与耐火砖或隔热制品等在接触时应采取防吸水措施予以隔离。
- 6.2.5 用于浇筑炉衬的模板表面应光滑，具有足够的刚度和强度，且构造简单，模板的支设和拆除应符合下列规定：
 - 1 支撑牢固，装拆方便、接缝处不漏浆；
 - 2 腐蚀性或粘结性较强的耐火浇注料应在模板内设置隔离层，采取防粘结措施；
 - 3 预留膨胀缝用的木板条应固定牢靠，避免振捣时移位；
 - 4 厚度方向尺寸准确，其允许偏差为 ± 2 mm；
 - 5 已浇筑的浇注料强度未达到 1.2MPa 时不应在其上安装模板；
 - 6 可水平分层分段或分块间隔支模，每次支设模板高度应根据施工现场环境温度、浇筑速度和浇注料凝结时间等因素而定，一般不宜超过 1.5m；
 - 7 承重模板应在浇注料达到强度 70%时拆除，不承重模板宜在浇注料强度能保证炉衬表面及棱角不因脱模受损坏时拆除；

8 热硬性浇注料应烘烤到规定温度后方可拆模。

6.2.6 炉衬施工缝应在耐火浇注料施工前确定，施工应连续进行，同品种耐火浇注料炉衬厚度应一次成型，不准分层施工，如因故中断，应按施工缝处理，并符合下列规定：

1 施工缝宜留在相邻两排锚固件的中心线上；

2 施工缝接口型式：

a 当炉衬厚度 $\delta \leq 50\text{mm}$ 时可作成直缝(图 6.2.6-1)；

b 当炉衬厚度 $\delta > 50\text{mm}$ 时应作成台阶缝(图 6.2.6-2)；

3 不同品种的耐火浇注料双层炉衬，浇筑时施工缝应错缝，错缝距离不小于 100mm；

4 水硬性耐火浇注料接合面在浇注或喷涂时应充分润湿，气硬性、热硬性耐火浇注料接合面应用结合剂溶液均匀涂刷，并清除接合面处松动和残余的耐火浇注料；

5 已浇注的耐火浇注料继续浇注时，接合面应细致捣实，使新旧浇注料紧密结合。

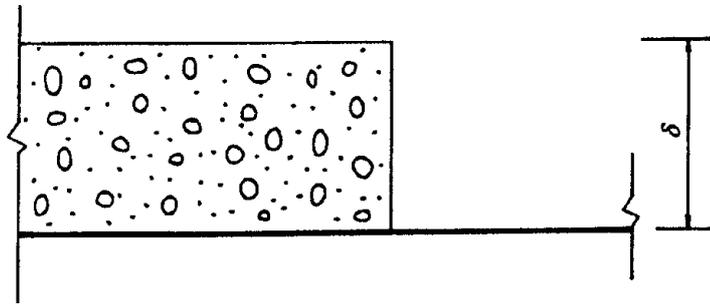


图 6.2.6-1 施工缝接口型式 ($\delta \leq 50\text{mm}$)

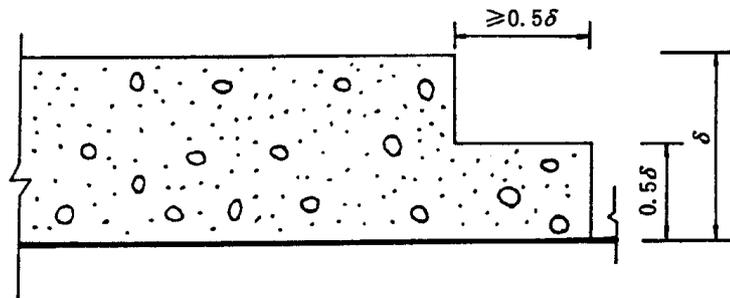


图 6.2.6-2 施工缝接口型式 ($\delta > 50\text{mm}$)

6.2.7 整体浇注炉衬的膨胀缝间隙尺寸及分布位置和构造，应符合设计规定，并按设计规定填充材料。当设计对膨胀缝间隙尺寸没有规定时，每米长炉衬膨胀缝的平均数值在粘土质和高铝质浇注料中可采用下列数据：

1 铝酸盐水泥耐火浇注料 6~8mm；

2 磷酸盐耐火浇注料 6~8mm；

3 水玻璃耐火浇注料 4~6mm；

4 硅酸盐水泥耐火浇注料 5~8mm。

6.2.8 轻质耐火浇注料表面膨胀线可在浇注时设置，也可在浇注后切割。炉衬厚度大于 75mm 时，膨胀线的宽度宜为 1~3mm、深度宜为炉衬厚度的 1/3~1/4，膨胀线的间距宜为 0.8~1m，按井字形设置。

6.2.9 隔热耐火浇注料炉衬厚度 $\delta \leq 50\text{mm}$ 时也可采用手工涂抹方法连续浇注，人工捣固，浇筑后炉衬表面应平整、密实、不得压光。

6.2.10 轻质耐火浇注料炉衬厚度 $\delta < 200\text{mm}$ ，炉衬面倾角小于 60° 的部位，可采用手工捣制方法，浇筑时应均匀布料，连续浇注，采用橡皮锤或木锤呈梅花型一锤压半锤砸实，后用手提式平板振捣器振动密实，炉衬表面应平整密实，没有松动颗粒。

6.2.11 耐火浇注料支模浇筑时应振捣，机械振捣时应符合下列规定：

1 浇注料浇筑下料时应均匀连续分层浇筑，有施工间歇时，次层的浇注料应在前层的浇注料初凝前浇筑完毕，浇注料自由下落高度不得超过 1.5m；

2 使用插入式振捣器的浇注层的高度不应大于 300mm，振捣棒宜插入下层浇注料 50mm 左右，移动间距不宜大于振捣棒作用半径，且振动时间不宜过长，使内部气泡溢出呈现浮浆不再沉落即可；

3 耐火浇注料浇注振捣时，应观察模板和支撑，发现变形后应及时采取措施。

6.2.12 耐火浇注料半湿法机械喷涂适用于隔热耐火浇注料、轻质耐火浇注料、致密耐火浇注料，但氧化铝空心球耐火浇注料不得使用半湿法机械喷涂施工，并应符合下列规定：

1 喷涂施工应具备的条件：

a 用水压力不得小于 0.6MPa；

b 压缩空气的压力不得小于 0.4MPa，风量不得小于 $7\sim 9\text{m}^3/\text{min}$ ；

c 作业环境应有通风设施；

d 通过试喷确定各项参数。

2 喷涂应分段连续喷射，一次喷到设计厚度。如炉衬较厚需分层喷涂时，应在前层喷涂料初凝前喷完次层，附着在支承件或管道上的回弹料应及时清除。

3 喷涂时，料和水应均匀连续喷射，喷涂面上不应出现干料夹层或流淌。喷涂方向应垂直于受喷面，喷嘴离受喷面的距离宜 0.8~1.2m，喷嘴应不断地进行螺旋运动，使骨料分布均匀；

4 喷涂厚度应及时检查，过厚部分削平，不够厚的部分及时补喷，喷涂表面不得压光，回弹料严禁使用；

5 每台班应至少测定一次含水率，含水率的测定方法如下：

a 将喷涂物表面层刮 30mm 厚，选取材料 2kg 左右，用四分法取样 200g，加酒精燃烧至恒重。

按下式计算：

$$W = \frac{200 - G}{G} \times 100\% \quad (6.2.12)$$

式中 W—喷涂物的含水率 (%)；

G—干样的质量 (g)。

B 试验结果取两次数值的算术平均值。

6 当表面留膨胀线时，应在喷涂完毕后及时切割。

6.2.13 耐火浇注料炉衬的养护，应按设计规定或材料生产厂家的施工说明书进行，如无规定，常用耐火浇注料养护制度应按表 6.2.13 进行。

1 潮湿养护应在浇注料硬化后保持炉衬表面有足够的润湿状态，自然养护相对湿度 35%~75%为宜；

2 蒸汽养护升温速度宜为 $10\sim 15^\circ\text{C}/\text{h}$ ，降温速度不宜超过 $40^\circ\text{C}/\text{h}$ ；

3 CA-50 铝酸盐水泥耐火浇注料养护时，应视气候条件确定是否采取降低表面炉衬温度措施，加强早期养护，至少 1d 后自然条件养护；

4 CA-60、CA-70、CA-80 铝酸盐水泥耐火浇注料的养护，应视浇注料中水泥的 Al_2O_3 含量和水泥用量多少，选择是否采取表面覆盖塑料布、自然状态或潮湿养护的方法；

5 浇注料养护期间不得受外力及震动。

表 6.2.13 耐火浇注料养护制度

项次	品 种	养护环境	适宜养护温度 (°C)	最少养护时间 (d)
1	硅酸盐水泥耐火浇注料	潮湿养护	15~25	7
		蒸汽养护	60~80	0.5~1
2	CA-50 铝酸盐水泥耐火浇注料	潮湿养护	15~25	3
3	CA-60、CA-70、CA-80 铝酸盐水泥耐火浇注料	自然养护或潮湿养护	15~25	3~7
4	水玻璃耐火浇注料	干燥环境养护	15~30	7~14
5	磷酸盐耐火浇注料	干燥环境养护	20~25	3~7

6.2.14 耐火浇注料施工质量检验，应以现场 $40 \times 40 \times 160$ (mm) 每组 3 块的工程试块进行检验，试块制作和养护应与炉衬施工条件一致。浇注料试块留置应以分项工程中每种牌号浇注料每 $20m^3$ 为一批，留置不少于 2 组试块进行检验，不足此数量时亦作一批检验。

6.2.15 耐火浇注料炉衬表面不应有剥落、裂纹、孔洞等缺陷，设计无特殊要求时，允许有轻微网状裂纹和少量气孔。

6.2.16 耐火浇注料炉衬允许偏差应符合表 6.2.16-1、6.2.16-2、6.2.16-3 的规定。

表 6.2.16-1 锚固钉安装允许偏差 (mm)

项 次	项 目	允许偏差
1	垂直度	4
2	高度	±4
3	间距	±5

表 6.2.16-2 致密耐火浇注料和轻质耐火浇注料炉衬允许偏差 (mm)

项次	项 目		允许偏差
1	厚度		±5
2	表面平面度 (用 2m 靠尺检查靠尺与炉衬间隙)		5
3	垂直度	高度 < 1000	3
		高度 1000~1500	5
		高度 1500~2500	8
		高度 2500~4000	10
		高度 > 4000	15

续表 6.2.16-2

项次	项目		允许偏差	
4	线尺寸	矩形（或方形）炉膛长度和宽度	±10	
		矩形（或方形）炉膛对角线长度差	15	
5	圆形炉膛	圆度（1m弧形样板与墙面间隙）		直径0.4%，且<20
		内半径误差	内半径≥2000	±15
			内半径<2000	±10
6	膨胀缝宽度		+2 -1	

表 6.2.16-3 隔热耐火浇注料允许偏差（mm）

项次	项目		允许偏差	
1	厚度	≤150	±5	
		>150	±8	
2	表面平面度（用2m靠尺检查，靠尺与炉衬间隙）		8	
3	垂直度	高度<2500	10	
		高度2500~4000	12	
		高度>4000	15	
4	线尺寸	矩形（或方形）炉膛长度及宽度	±10	
		矩形（或方形）炉膛对角线长度差	15	
5	圆形炉膛	圆度（1m弧形样板与墙面间隙）		直径0.4%且<20
		内半径误差	内半径≥2000	±15
			内半径<2000	±10
6	膨胀缝宽度		+2 -1	

6.2.17 耐火浇注料分段预制炉衬养护期完，达到抗压强度 70%后方可起吊运输组装，并在此过程中应采取防止产生裂纹措施，组对时不得重力敲击。

6.2.18 耐火浇注料炉衬缺陷修补时，对影响炉衬结构性能的缺陷应会同设计、监理和建设等有关单位研究处理，并应符合下列规定：

- 1 耐火浇注料炉衬需修补处，应至少凿出一个锚固钉，修补接合面应做成内八字（燕尾式）；
- 2 修补用料、养护方法应和原炉衬一致；
- 3 修补处应仔细填塞，水硬性耐火浇注料接合面应充分润湿，气硬性、热硬性耐火浇注料接合面应用结合剂溶液均匀涂刷。

6.3 耐火可塑料炉衬

6.3.1 可塑料炉衬可采用手工、机械捣打方法成型，材料使用说明书中没有具体规定时，可塑料炉衬宜采用风镐或捣固机械捣打，风压不应小于 0.5MPa，锤头应加橡胶衬垫。

6.3.2 锚固组件安装应符合下列规定：

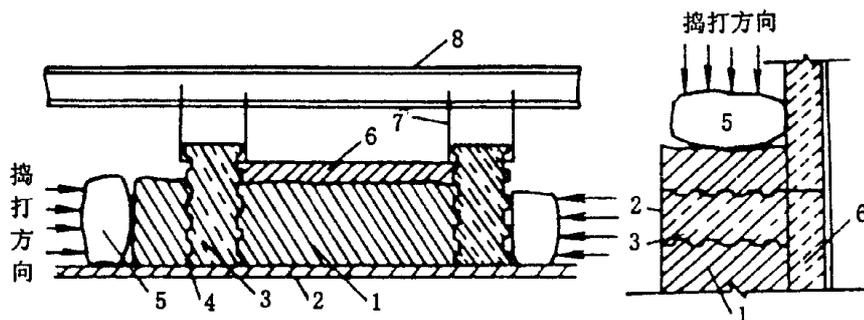
- 1 锚固砖的外形和尺寸应逐块检查验收，锚固砖不得有横向裂纹，捣打前锚固砖宜润湿。

2 炉墙锚固砖应与钢结构连接牢固并垂直，炉顶锚固砖、锚固座与锚固钩应相互拉紧，锚固砖应能随炉墙胀缩而起落。锚固钩四周不得填料，炉顶锚固砖和吊梁之间应楔紧，捣打一定范围后，楔子应拆除；

3 锚固砖安装前，宜先将木模砖打入已捣实的可塑料体中，形成与砖面相同的凹凸面，取出木模砖后，再将锚固砖嵌入并固定；

4 锚固砖必须用胶质（木质）手锤捣打并使其与可塑料紧密咬合。

6.3.3 捣打可塑料时，炉墙应垂直捣打，炉顶应水平方向捣打（图 6.3.3），即捣打方向应与炉衬受热面平行。拱顶沿切线方向捣打，炉底捣打方向可垂直于受热面。



(a) 炉顶的捣打

(b) 炉墙的捣打

图 6.3.3 捣打方向示意

1—可塑料炉衬 2—炉衬受热面 3—锚固砖 4—模板 5—可塑料坯 6—隔热层 7—吊挂 8—吊挂梁

6.3.4 支模捣打时，模板应有足够强度和刚度，防止捣打过程中变形，锚固砖的端面与模板间隙为 4~6mm，捣打后不得大于 10mm。

6.3.5 可塑料的铺排与捣打应符合下列规定：

1 可塑料坯铺排应错缝靠紧，并应逐层进行捣打，每层厚度不宜超过 60mm。在第一层料坯全部捣打完毕后方可铺排第二层，如采用散状可塑料时，每层铺料厚度不应超过 100mm；

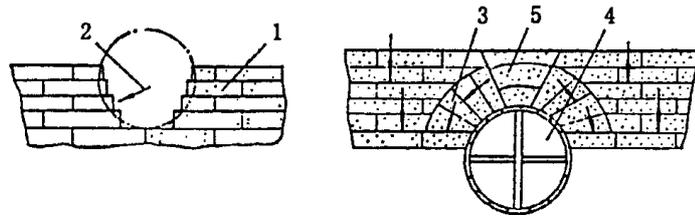
2 可塑料应从坯间接缝处开始捣打，锤头与锤头重叠 2/3、行与行重叠 1/2 的方式向前移动，往复捣打 3~4 遍。炉墙可塑料应逐层连续捣打，每层捣实后，将表面刮毛，再铺第二层，捣打面应保持同一高度。如遇施工间歇时，应用塑料薄膜将捣固体覆盖；

3 捣打中断时间较长时，接缝宜留在相邻排锚固砖的中心线处，当继续捣打时，应将已捣实的接合面刮 10~20mm 厚形成毛面，接合面干燥时应喷雾状水湿润；

4 捣打完的炉墙厚度一般应比设计尺寸稍厚（支模时大 6~8mm；不支模时大 20mm 左右），施工后进行修整，修整时按设计尺寸削去表面多余部分。

6.3.6 烧嘴和孔洞可塑料捣打应符合下列规定：

- 1 烧嘴和孔洞下半圆处的可塑料应退台铺排，退台处径向捣打，捣打后应整形，见图 6.3.6a；
- 2 上半圆在安放木模后按耐火砖砌拱方式铺排，沿切线方向捣打；
- 3 “合门”应作成楔形，填入可塑料从垂直方向分层捣打，见图 6.3.6b。



(a) 下半圆 (b) 上半圆

图 6.3.6 烧嘴部位施工示意

1—烧嘴下半圆捣打层 2—下半圆退台处捣打方向 3—上半圆捣打层 4—木模 5—“合门”

6.3.7 炉顶可塑料捣打应符合下列规定:

1 炉顶可塑料分段进行捣打, 捣打斜坡炉顶应由下部转折处开始, 捣打 600mm 后, 才能拆除挡板, 捣打另一侧, 见图 6.3.7-1;

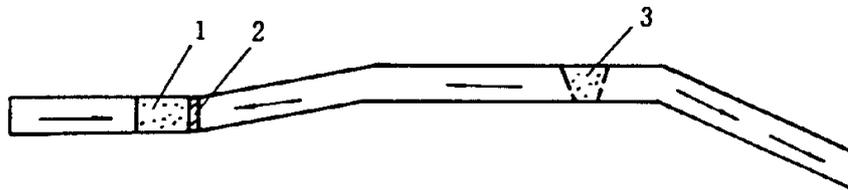


图 6.3.7-1 炉顶分段捣打示意

1—下部转折处 2—挡板 3—最后捣打“合门”处

2 炉顶“合门”处宜选定在水平炉顶段障碍物较少的位置, 尽量留小。先捣打成窄条倒梯形“合门”, 宽度不宜大于 600mm, 然后分层铺料, 分层捣打成“合门”形状 (图 6.3.7-2);

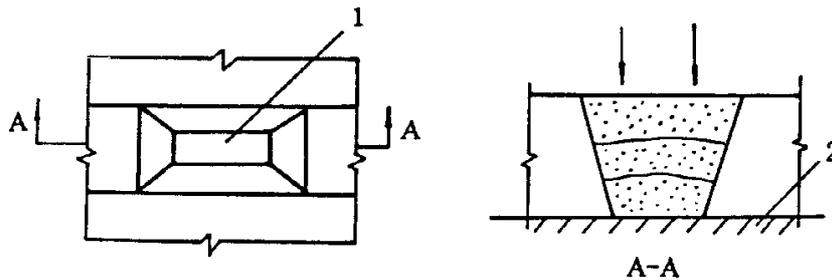


图 6.3.7-2 炉顶合门捣打示意

1—“合门” 2—模板

3 炉顶“合门”处模板必须在施工完毕 24 小时后才可拆模, 用热硬性可塑料捣打的“合门”, 其拱模宜在临近烘炉时拆除。

6.3.8 可塑料炉衬修整应符合下列规定:

1 可塑料捣打完毕将模板拆除后, 应在料体表面上及时进行修整。修整前, 锚固砖端面周围的可塑料, 用橡胶锤或木锤轻轻地敲打, 使咬合紧密。修整以锚固砖端面为基准, 削除多余部分, 未削除

的表面则应进行拉毛处理；

2 在修整后的可塑料炉衬未硬化前，应于受热面上开设直径为 4~6mm 的通气孔，其间距宜为 150~230mm，井字形排列，位置宜开设在两个锚固砖中间，深度约为炉衬厚度的 1/2~2/3；

3 可塑料炉衬受热面的表面膨胀线，按设计要求留设，当设计无要求时，可按宽为 3~5mm、深 50~80mm、间距 1~1.5m，水平和垂直方向留设。

6.3.9 可塑料炉衬膨胀缝应按设计要求留设，可以切割、亦可预留。预留膨胀缝两侧的可塑料应均匀捣打，使膨胀缝垂直。炉墙与炉顶交接处，应留水平和垂直膨胀缝。缝内填塞耐火纤维（图 6.3.9）。

图 6.3.9 炉墙与炉顶交接处膨胀缝

1—炉墙 2—炉顶 3—炉顶锚固砖 4—垂直膨胀缝 5—水平膨胀缝

6.3.10 修整后的可塑料炉衬，如不能及时烘炉，宜在 15~35℃干燥环境，用塑料布覆盖养护，烘炉前不得受潮。

6.3.11 可塑料炉衬应在烘炉前进行外观检查，如裂缝宽度大于下列尺寸时，应进行修补：

- 1 烧嘴、孔洞处：3mm；
- 2 高温或重要部位：5mm；
- 3 其他部位：12mm。

修补时，裂缝处应挖成楔形口，喷雾状水湿润，填充可塑料，并仔细捣实。各部位裂缝宽度小于上述尺寸时，可在裂缝处喷雾状水湿润，用橡胶锤或木锤仔细轻敲，使裂缝闭合。

6.3.12 可塑料捣打后，炉衬应平整、密实、均一。

6.3.13 耐火可塑料炉衬厚度允许偏差±5mm。

6.4 耐火涂抹料涂层

6.4.1 耐火涂抹料可刷涂、滚涂和喷涂法施工。

6.4.2 耐火涂抹料使用时应搅拌均匀，稠度适宜，结块变质的涂抹料不准使用。

6.4.3 涂刷前应清理炉衬表面，并用同样成份的稠涂抹料找平砖缝。

6.4.4 耐火涂抹料应在干燥的炉衬上涂刷，涂刷前应用同样成份涂抹料液体经稀释后对炉衬表面进行润湿。

6.4.5 耐火涂抹料应分层涂刷，先刷稀浆后刷浓浆，刷涂、滚涂时，层间应纵横交错，时间间隔 2~4h。

6.4.6 喷涂法施工时，空气压力宜为 0.3~0.6MPa，喷枪头离喷涂表面距离宜为 0.25~0.50m。

6.4.7 耐火涂抹料涂层厚度和涂装遍数应符合设计要求，涂层均匀，不得漏涂，涂层表面应颜色一致，无针孔、气孔、流坠、粉化和破损现象。

6.4.8 耐火涂抹料应在常温下自然干燥。

6.5 钢烟囱和烟道耐火浇注料内衬

- 6.5.1 钢烟囱和烟道耐火浇注料内衬可采用卧置分瓣手工捣制法浇筑，翻转时宜在滚动胎上进行。
- 6.5.2 分段内衬时，每段端口应根据钢烟囱和烟道刚度采取加固措施。
- 6.5.3 每段耐火浇注料内衬浇筑时应符合下列规定：
 - 1 每瓣施工弧度不宜大 $1/3$ 周长；
 - 2 浇筑时应从中间向两侧均匀浇筑，用橡皮锤或木槌呈梅花形一锤压半锤捣实；
 - 3 内衬厚度应一次成型，内衬表面平整、密实、无松动颗粒，且表面弧度一致。
- 6.5.4 每瓣施工完毕，应养护停放不少于 24 小时后方可翻转进行下瓣施工。
- 6.5.5 钢烟囱和烟道内衬后旋转、拼接和运输吊装时应避免强烈震动和器壁变形使内衬裂纹、损坏。

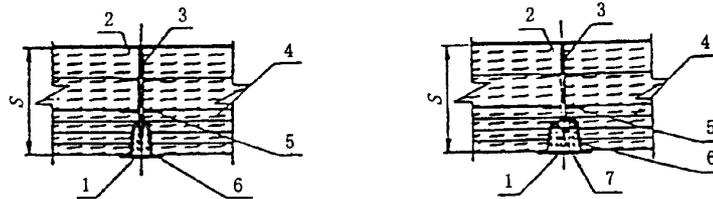
7 耐火纤维炉衬

7.1 一般规定

- 7.1.1 耐火纤维制品炉衬可采用层铺式、叠砌式、贴面式方法施工，不定形耐火纤维炉衬施工可手工涂抹、支模浇筑和机械喷涂。
- 7.1.2 所用粘结剂、结合剂使用时应搅拌均匀，稠度适宜。
- 7.1.3 设计要求对炉壳特殊防腐处理时，炉壳除锈应满足设计要求。无特殊防腐处理时，炉壳除锈应符合第 3.0.5 条规定。
- 7.1.4 层铺式耐火纤维毯和不定形耐火纤维炉衬，不得受外力碰撞。
- 7.1.5 耐火纤维喷涂炉衬在喷涂炉顶时，炉顶外壁不得敲打震动，且喷涂过程中不得污染烧嘴、炉管等炉内器件。
- 7.1.6 耐火纤维及制品在施工过程中，直至投产前均应防止雨淋。

7.2 层铺式耐火纤维

7.2.1 层铺式耐火纤维炉衬，耐火纤维毯应与受热面平行，耐火纤维毯可采用陶瓷杯（图 7.2.1-1）、陶瓷螺母（图 7.2.1-2）或金属转卡压盖固定（图 7.2.1-3）。

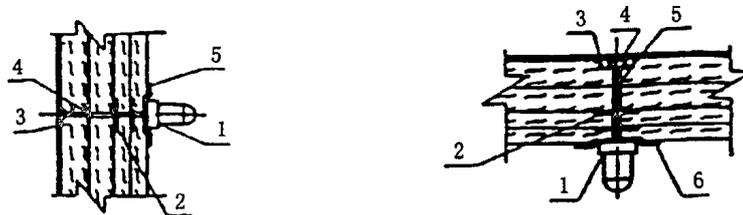


(a) 陶瓷杯转卡固定

(b) 陶瓷杯螺母固定

图 7.2.1-1 陶瓷杯固定示意

1—陶瓷杯盖 2—背衬 3—锚固钉 4—耐火纤维毯 5—快速夹子 6—陶瓷杯 7—螺母

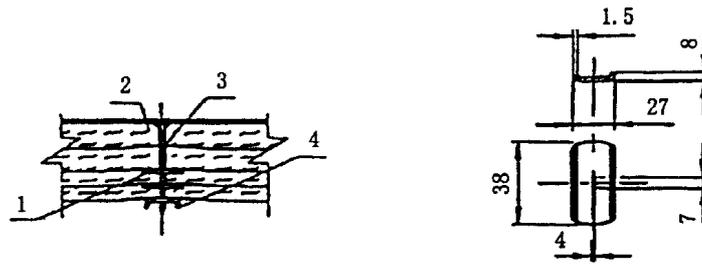


(a) 陶瓷螺母固定 I 型

(b) 陶瓷螺母固定 II 型

图 7.2.1-2 陶瓷螺母固定示意

1—陶瓷螺母 2—快速夹子 3—耐火纤维毯 4—锚固钉 5—垫圈 6—厚螺母



(a) 转卡压盖固定

(b) 转卡压盖

图 7.2.1-3 金属转卡压盖固定

1—快速夹子 2—耐火纤维毯 3—锚固钉 4—压盖卡帽

7.2.2 锚固钉安装应符合下列规定:

1 层铺式炉衬锚固钉焊接位置偏差不应大于 5mm。锚固钉距受热面层耐火纤维毯的边缘宜为 50mm，最大距离不宜超过 75mm；

2 当采用陶瓷杯转卡或金属转卡压盖固定耐火纤维毯时，转卡固定杆的断面排列方向应一致。

7.2.3 耐火纤维毯铺贴应符合下列规定:

1 隔热层与耐火层均应错缝铺设，各层之间错缝应大于 100mm，里层可对缝连接，对接缝处应留有余量以备压缩挤紧（图 7.2.3-1）。受热面层接缝应搭接，搭接长度宜为 100mm，搭接方向应顺气流方向（图 7.2.3-2）；

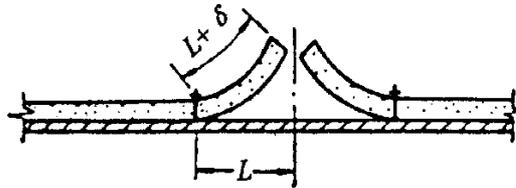


图 7.2.3-1 对接缝处压缩

δ --耐火纤维毯厚度

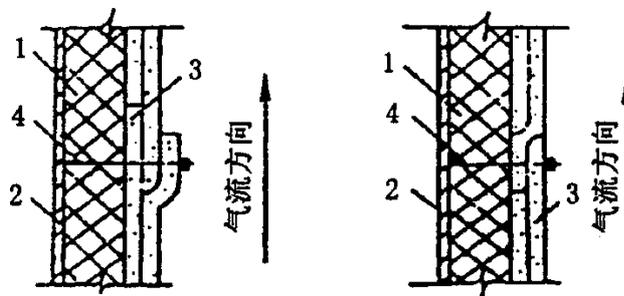


图 7.2.3-2 耐火纤维毯搭接

1—隔热层 2—炉壳 3—耐火纤维毯 4—锚固钉

2 隔热层应紧贴炉壁，隔热层与耐火层的毯铺设应严密，隔热层和耐火层之间金属铝箔应搭接，

搭接长度大于 20mm，紧固锚固件时应松紧适度；

3 耐火纤维毯应按炉壳上孔洞的实际位置和尺寸用剪刀或专用工具剪切，切口应略小于实际尺寸，其边缘应齐整，不得任意撕扯；

4 铺贴炉顶的耐火纤维毯时，应用快速夹进行层间固定；

5 受热面层的耐火纤维毯在炉墙拐角、炉墙与砖砌体或其他耐火炉衬的连结处应相互交错，不应出现通缝，可采用图 7.2.3-3~图 7.2.3-6 所示结构形式。

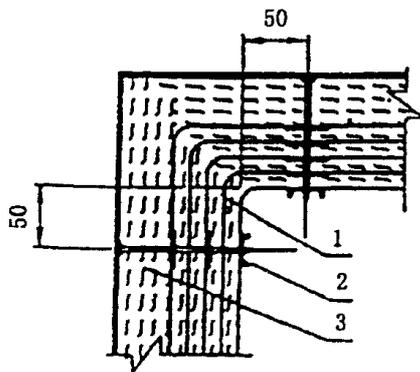


图 7.2.3-3 耐火纤维毯炉墙拐角结构

1—耐火纤维；2—锚固件；3—隔热层

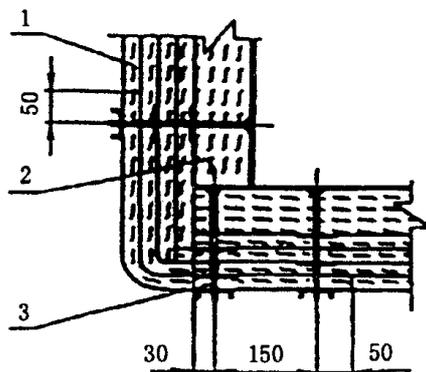


图 7.2.3-4 耐火纤维毯炉墙拐角结构

1—耐火纤维；2—隔热层；3—锚固件

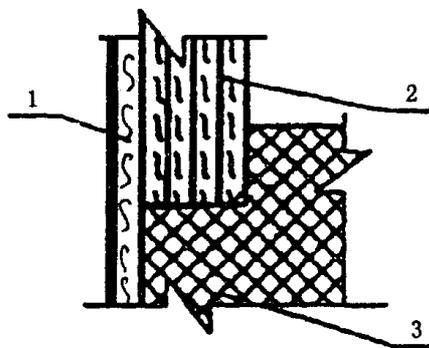


图 7.2.3-5 耐火纤维毯炉墙与砖砌体连接结构

1—隔热层；2—耐火纤维；3—砖砌体

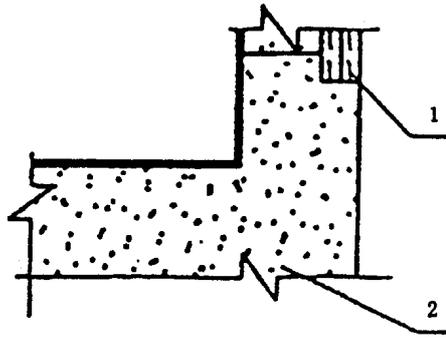


图 7.2.3-6 耐火纤维毯炉墙与耐火浇注料连接结构

1—耐火纤维 2—耐火浇注料

7.2.4 锚固件安装应符合下列规定:

- 1 当锚固钉端部采用陶瓷杯固定时,耐火纤维毯上面层锚固钉位置宜切开一个十字切口,切口尺寸应略小于陶瓷杯外形尺寸,每个陶瓷杯或螺母拧进深度应一致,并锁牢;
- 2 陶瓷杯内应均匀填充保护金属锚固钉的耐火纤维后用杯盖封住;
- 3 采用陶瓷螺母、转卡压盖固定时,应用耐火纤维毯覆盖,并粘贴牢固。

7.2.5 耐火纤维毯层铺式炉衬,表面应平顺一致,铺贴均匀,松紧适度,接缝严密,无松散、折皱、拉裂、毛刺现象。

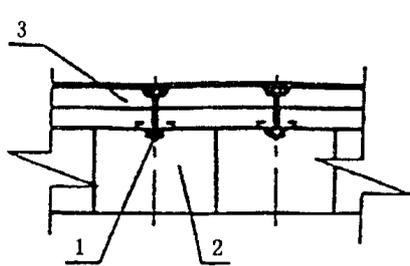
7.2.6 耐火纤维毯层铺式炉衬允许偏差不应超过表 7.2.6 规定的数值。

表 7.2.6 层铺式耐火纤维毯炉衬尺寸允许偏差 (mm)

项次	项 目		允许偏差
1	厚度	50~100	+10 -5
		>100	+15 -5
2	平面度 (用 2m 靠尺检查与炉衬间隙)		10
3	垂直度	每米	10
		全高	20

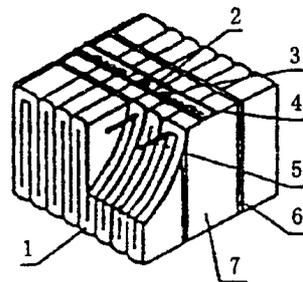
7.3 叠砌式耐火纤维模块炉衬

7.3.1 耐火纤维模块结构可采用中心孔吊装式、插刺式和滑槽式等,见图 7.3.1 所示。



(a) 固定方法

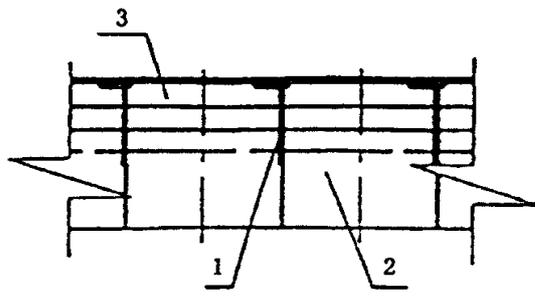
1—锚固件; 2—模块; 3—耐火纤维



(b) 模块结构

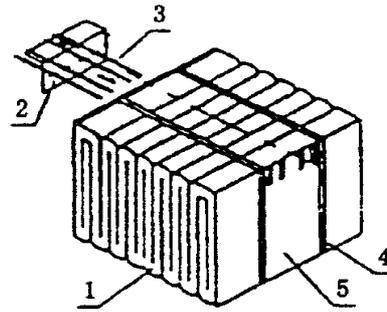
1—纤维毯; 2—钢夹; 3—压紧件; 4—安装;
5—支承棒; 6—捆扎带; 7—硬纸板

图 7.3.1-1 中心孔吊装式模块结构



a 固定方法

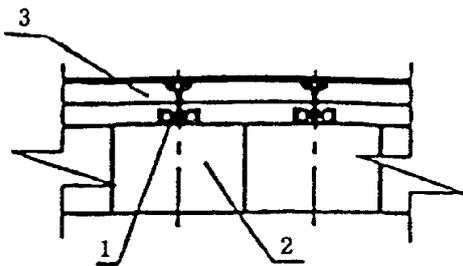
1—锚固件；2—模块；3—耐火纤维



b 模块结构

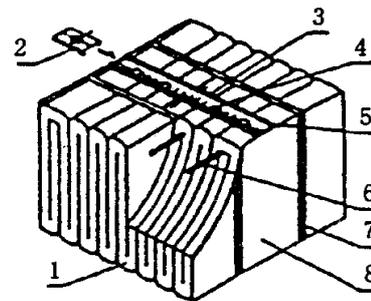
1—纤维毯；2—角钢；3—支承棒（插齿）；
4—捆扎带；5—硬纸板

图 7.3.1-2 插刺式模块结构



a 固定方法

1—锚固件；2—模块；3—耐火纤维



b 模块结构

1—纤维毯；2—滑块；3—钢夹；4—压紧件；
5—安装槽兼滑轨；6—支承棒；7—捆扎带；8—硬纸板

图 7.3.1-3 滑槽式模块结构

7.3.2 耐火纤维模块应按设计要求在工厂加工制作，并提供配套的模块组装件和焊于炉壳上的金属锚固件。

7.3.3 锚固件应焊接牢固，并垂直炉壁板，相邻两锚固件中心距偏差应不大于 2mm，任意两个锚固件间距偏差不得大于 3mm。

7.3.4 模块安装应符合下列规定：

1 模块采用单向排列方法安装时，对于沿折叠方向顺次同向排列形式，不同排之间纤维收缩缝应用相应的纤维毯经对折压缩挤紧。用于炉顶时，应用耐热钢“U”形钉使纤维毯与折叠模块在 1/3 厚度位置固定（图 7.3.4-1）；

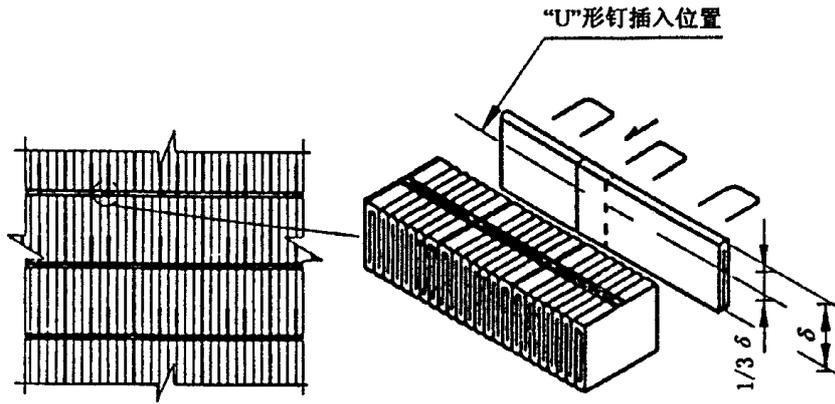


图 7.3.4-1 模块单向排列型式

- 2 模块采用拼花式排列安装时, 应避免模块交叉处的窜气缝 (图 7.3.4-2);

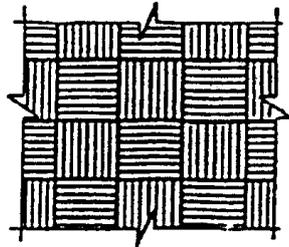
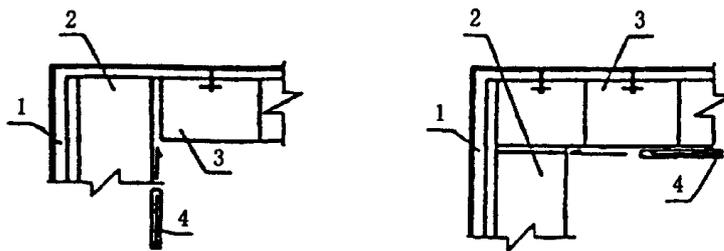


图 7.3.4-2 模块拼花排列型式

- 3 模块与砖砌体或其他耐火炉衬的连接处, 如果为模块的非折叠方向, 应在直通缝中加装对折压紧的纤维毯 (图 7.3.4-3);



1—背衬; 2—砖砌体; 3—模块; 4—耐火纤维毯

图 7.3.4-3 模块非折叠方向拐角型式

- 4 中心孔吊装式模块在吊装螺母拧到位后, 应抽出中心衬托管, 并在中心孔中填塞相应的纤维卷;
 5 模块捆绑带、包装纸板必须在全部模块安装完, 经检查调整符合要求后, 方可拆除;
 6 表面用木钯拍平。
- 7.3.5 耐火纤维模块炉衬表面应均匀平整, 模块间应挤压紧密, 不得有窜气缝。

7.3.6 耐火纤维模块炉衬尺寸允许偏差不应超过表 7.3.6 规定的数值。

表 7.3.6 叠砌式耐火纤维模块炉衬尺寸允许偏差 (mm)

项次	项 目	允许偏差	
1	厚 度	+10 -5	
2	表面平面度 (用 2m 靠尺检查与炉衬间隙)	8	
3	垂直度	每米	5
		全高	15

7.4 不定形耐火纤维炉衬

7.4.1 不定形耐火纤维炉衬,可使用耐火纤维喷涂料和耐火纤维浇注料,耐火纤维浇注料可手工涂抹或支模浇筑。

7.4.2 耐火纤维棉应经过预处理,结合剂用水稀释至密度宜不小于 $1.02\text{g}/\text{cm}^3$ 。

7.4.3 喷涂应使用纤维喷涂专用设备进行,喷涂用风机压力不得小于 0.15MPa ,风量不得小于 $4\text{m}^3/\text{min}$ 。液压泵压力不得小于 0.4MPa ,喷枪与施工面的距离宜保持 $0.5\sim 0.9\text{m}$ 。

7.4.4 喷涂前宜预先对喷涂机进行空运转,以排空输棉管中的积存物,炉壳钢板内表面应先喷(刷)少量结合剂。

7.4.5 耐火纤维喷涂应符合下列规定:

- 1 不同材质的耐火纤维应分层喷涂;
- 2 耐火纤维棉与结合剂的质量比宜为 1: 1.1~1.2。喷涂时,喷涂层不应出现淌水现象;
- 3 喷涂施工应分段分层自上而下依次沿厚度方向进行,每层厚度宜为 $40\sim 80\text{mm}$,先喷结构复杂处和异形面,后喷平面,喷涂时应片状鱼鳞式层层喷吹,各层的接缝应相互错开,避免形成贯通缝;
- 4 喷涂施工应连续进行,若施工中断,复喷前应在接合处喷洒结合剂润湿;
- 5 **耐火纤维喷涂炉衬面层应将锚固钉覆盖,并使表面与锚固钉顶端距离控制在 $20\sim 30\text{mm}$ 内,在炉顶喷涂时层间应缠绕米字形耐热细钢丝网锚固并安装快速夹子;**
- 6 喷涂中,应及时清除虚挂在锚固钉上的耐火纤维棉,防止锚固钉处有“虚洞”和疏松现象;
- 7 喷涂炉衬中应及时检查厚度,喷涂完毕后,用压板或胶皮辊找平压实至设计总厚度,压实量为 5%,但不得抹面;
- 8 回弹料严禁使用。

7.4.6 耐火纤维浇注料浇筑时,应搅拌均匀,过期变质的促凝剂不得使用。浇筑前炉壁钢板上应刷涂一层粘结剂。

7.4.7 耐火纤维浇注料作隔热层时,可采用手工涂抹方法施工,厚度方向宜一次成型。

7.4.8 耐火纤维浇注料支模浇筑时,应符合下列规定:

- 1 支模要求应符合第 6.2.5 条有关规定;
- 2 耐火纤维浇注料浇筑应采用人工捣固,分层连续浇筑,分层高度不宜大于 300mm ;
- 3 双层结构炉衬施工,应先浇筑隔热层,后浇筑耐火层,耐火层浇筑时,隔热层应采取防吸水措施;
- 4 双层结构炉衬耐火纤维浇注料,当隔热层支模浇筑时,锚固件应选用可装卸的组合锚固件;
- 5 施工缝宜留成直缝,层间错缝距离大于 100mm ,并在相邻锚固件中心线上。施工应连续进行,如因故施工中断时按施工缝处理;

6 支模浇筑成型后，自然干燥至少 12h 后才可脱模，有倾角或仰面炉衬完全固化后才可拆模。

7.4.9 耐火纤维炉衬施工后自然干燥，不应雨淋。

7.4.10 耐火纤维炉衬应在与炉衬施工同条件下制作工程试块作质量检验，试块留置应以分项工程中每一种牌号每 50m³为一批（不足此数亦作一批检验），留置不少于 2 组（每组 3 块）试块：

- 1 耐火纤维喷涂炉衬工程试块尺寸为 100×100×20（mm）；
- 2 耐火纤维浇注料炉衬工程试块尺寸为 40×40×160（mm）。

7.4.11 耐火纤维喷涂炉衬性能指标见表 7.4.11。

表 7.4.11 耐火纤维喷涂炉衬性能指标

项次	炉衬材质	体积密度 110℃ 烘干 (kg/m ³)	线变化率 (%) (温度 ℃, 6h)
1	喷涂普通硅酸铝纤维炉衬	250±15	≤2 (900℃×6h)
2	喷涂高铝纤维炉衬	300±15	≤3 (1100℃×6h)
3	含锆纤维炉衬	300±15	≤4 (1200℃×6h)

7.4.12 耐火纤维浇注料炉衬性能指标见表 7.4.12。

表 7.4.12 耐火纤维浇筑炉衬性能指标

项次	纤维品种	岩 棉	普通硅酸铝纤维	高铝耐火纤维	含锆耐火纤维
1	体积密度 (kg/m ³) 110℃烘干	450~550	500~600	500~600	550~650
2	烧后耐压强度 (MPa)	0.4~0.5(550 ℃)	0.4~0.5(900℃)	0.4~0.5(1100℃)	0.4~0.5(1300℃)
3	线变化率 (%)	-1.2(550℃)	-1.5(900℃)	-2.5(1100℃)	-3(1300℃)

7.4.13 不定形耐火纤维炉衬的尺寸允许偏差见表 7.4.13。

表 7.4.13 不定形耐火纤维炉衬的尺寸允许偏差 (mm)

项次	项 目		允许误差
1	厚度		+10 -5
2	表面平面度（用 2m 靠尺检查与炉衬间隙）		8
3	垂直度	每米	5
		全高	15

7.4.14 不定形耐火纤维炉衬体积密度应均匀，表面平整，无明显疏松和缝隙。

7.4.15 烘炉后不定形耐火纤维炉衬允许有宽度不大于 3mm、深度不大于 50mm 的裂纹，大于允许的裂纹可用同材质不定形耐火纤维料修补。

7.5 贴面式耐火纤维炉衬

7.5.1 贴面式耐火纤维炉衬，应符合下列规定：

- 1 可采用平贴式和立贴式；

- 2 平贴式炉衬层间应错缝粘贴，错缝距离应大于 100mm；
- 3 立贴式炉衬宜采用拼花式排列（图 7.5.1），施工前应在被贴的表面按每扎的大小分格划线，保证耐火纤维条的平直和紧密；

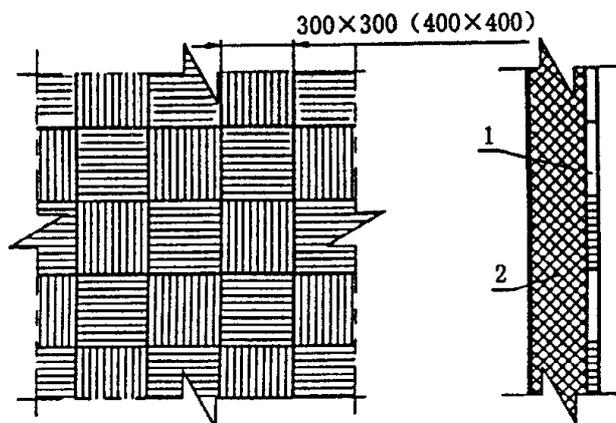


图 7.5.1 立贴式

1—耐火纤维毡； 2—耐火砖或耐火浇注料

- 4 粘贴的耐火纤维毡（条），应切割整齐；
- 5 粘贴宜从上而下地进行，当从下而上施工时，不得将粘结剂掉在已贴好的耐火纤维毡上；
- 6 粘贴耐火纤维毡可用涂抹法或蘸浆法粘贴，粘贴时在粘贴面和基面均应涂刷粘结剂，粘结剂应均匀饱满，其厚度宜为 1~1.5mm；
- 7 耐火纤维毡涂好粘结剂之后，应立即贴在预定的位置上，并用木钹压紧，使之粘牢，粘贴和压紧时，不得推动已贴好的相邻耐火纤维毡；
- 8 在烧嘴、排烟口、孔洞等部位立贴时，耐火纤维条应与其周边垂直。

7.5.2 贴面式耐火纤维炉衬应粘贴牢固，粘贴后的炉衬表面应平整，各连接部位不应有间隙。

7.5.3 贴面式耐火纤维炉衬尺寸允许偏差不大于表 7.5.3 的规定数值。

表 7.5.3 贴面式耐火纤维炉衬尺寸允许偏差（mm）

项次	项 目	允许偏差	
1	厚 度	±5	
2	平面度（2m 靠尺检查与炉衬间隙）	5	
3	垂直度	每米	5
		全高	10

8 冬期施工

8.0.1 冬期筑炉工程应在有采暖设施的环境中进行，工作地点和炉衬周围的温度均不应低于 5℃。筑炉完毕至烘炉前应采取保护措施，炉衬周围的温度不得低于 5℃。

8.0.2 耐火材料和制品在筑炉前，应预热至 0℃以上，并符合下列规定：

- 1 耐火泥浆、可塑料、喷涂料和水泥耐火浇注料等在施工时混合料的温度均不低于 5℃；
- 2 水玻璃耐火浇注料和磷酸盐耐火浇注料在施工时混合料的温度，不宜低于 10℃；
- 3 其他耐火材料或制品施工时的温度不低于 0℃；
- 4 水泥不得直接加热，使用前宜事先运入暖棚内存放预热。

8.0.3 搅拌耐火浇注料的水可以加热，并符合下列规定：

- 1 CA-50 铝酸盐水泥耐火浇注料的水温不应超过 30℃；
- 2 其他品种水泥耐火浇注料的水温不应超过 60℃。

8.0.4 喷涂施工时，除应对骨料和水在装入搅拌机前加热外，还应对水管、料管采取保温措施。

8.0.5 耐火浇注料炉衬的养护应符合下列规定：

- 1 CA-50 铝酸盐水泥耐火浇注料炉衬的养护温度宜为 5~30℃；
- 2 CA-60、CA-70、CA-80 铝酸盐水泥和硅酸盐水泥耐火浇注料炉衬的养护温度可为 5~80℃；
- 3 水玻璃和磷酸盐耐火浇注料炉衬的养护采用干热法，水玻璃耐火浇注料宜为 10~60℃，加促凝剂的磷酸盐耐火浇注料宜为 10~30℃。

8.0.6 冬期施工时，应有专门的施工记录，记录数据包括外部环境的温度、工作地点和炉衬周围的温度、存放材料的暖棚内的温度以及耐火浇注料、喷涂料和泥浆等在搅拌、浇筑和养护时的温度，并每隔 4h 测量一次。

9 工程验收与烘炉

9.0.1 工业炉交工验收时，应按《石油化工工程建设交工技术文件规定》SH3503 要求提供下列资料：

- 1 交工技术文件目录，交工技术文件说明；
- 2 开工报告；
- 3 筑炉隐蔽工程验收记录；
- 4 工程中间交接记录；
- 5 重大质量事故处理鉴定报告；
- 6 设计变更一览表；
- 7 工程联络单；
- 8 交工验收证书；
- 9 材料质量的证明资料包括材料质量证明书、检验复验报告；
- 10 筑炉工程施工记录；
- 11 耐火浇注料和不定形耐火纤维等现场试块试验报告；
- 12 冬期施工记录；
- 13 竣工图；
- 14 工程质量验评资料。

9.0.2 筑炉工程施工完毕后，应及时组织验收和烘炉。烘炉由生产单位负责，施工、设计、监理单位共同参加。如不能及时烘炉，应采取相应的保护措施。

9.0.3 耐火浇注料炉衬应按规定养护后，才可进行烘炉。

9.0.4 全耐火纤维炉衬的炉子，不需烘炉即可投入生产，如该炉衬使用热硬性粘结剂粘贴，投产前应按规定升温。

9.0.5 烘炉结束，对筑炉质量进行全面检查，不应有超标缺陷。

9.0.6 耐火浇注料炉衬烘炉后，炉衬表面裂纹宽度不应大于 5mm，且不应有贯穿性网状裂纹，特殊材质的耐火浇注料按设计规定。炉衬表面裂纹宽度大于 5mm 或贯穿性裂纹应进行修补，裂纹修补方案与设计 and 监理商定，当无特殊要求时，可用浸泡水玻璃泥浆或磷酸盐泥浆和高温粘结剂的耐火纤维填塞。

附录 A 常用耐火砖理化性能指标、耐火制品取样验收规定

A.0.1 粘土质耐火砖

1 粘土质耐火砖的物理指标应符合《粘土质耐火砖》YB/T5106 的规定，见表 A.0.1-1；

A.0.1-1 粘土砖物理指标

项 目		指 标							
		N-1	N-2a	N-2b	N-3a	N-3b	N-4	N-5	N-6
耐火度 (°C)		≥1750	≥1730	≥1730	≥1710	≥1710	≥1690	≥1670	≥1580
0.2MPa 荷重软化开始温度 (°C)		≥1400	≥1350	—	≥1320	—	≥1300	—	—
重烧线变化 (%)	1400°C×2h	+0.1 -0.4	+0.1 -0.5	+0.2 -0.5	—	—	—	—	—
	1350°C×2h	—	—	—	+0.2 -0.5	+0.2 -0.5	+0.2 -0.5	+0.2 -0.5	—
显气孔率 (%)		≤22	≤24	≤26	≤24	≤26	≤24	≤26	≤28
常温耐压强度 (MPa)		≥29.4	≥24.5	≥19.6	≥19.6	≥14.7	≥19.6	≥14.7	≥14.7
热震稳定性次数		N-2b、N-3b 必须进行此项检验，将实测数据在质量证明书中注明							

2 粘土质耐火砖的尺寸及外形允许偏差应符合《粘土质耐火砖》YB/T5106 的规定，见表 A.0.1-2；

表 A.0.1-2 粘土质耐火砖尺寸及外形允许偏差 (mm)

项 目	指 标	允许偏差
尺 寸	≤100	±2
	101~150	±2.5
	151~300	±2%
	301~400	±6
扭 曲	长度≤230	2
	长度 231~300	2.5
	长度 301~400	3
缺棱，缺角深度		7
熔洞直径		7
渣蚀厚度<1mm		在砖的一个面上允许有
裂纹长度	宽度≤0.25	不限制
	宽度 0.26~0.5	60
	宽度>0.5	不准有

3 粘土砖的断面层裂

- a) 层裂宽度不大于 0.25mm 时，长度不限制；
- b) 层裂宽度为 0.26~0.5mm 时，长度不大于 40mm；
- c) 层裂宽度大于 0.50mm 时，不准有。

A.0.2 粘土质隔热耐火砖

- 1 粘土质隔热耐火砖物理指标应符合《粘土质隔热耐火砖》GB/T3994 的规定，见表 A.0.2-1。

表 A.0.2-1 粘土质隔热耐火砖物理指标

项 目	指 标									
	NG-1.5	NG-1.3a	NG-1.3b	NG-1.0	NG-0.9	NG-0.8	NG-0.7	NG-0.6	NG-0.5	NG-0.4
体积密度 (g/cm ³)	≤1.5	≤1.3	≤1.3	≤1.0	≤0.9	≤0.8	≤0.7	≤0.6	≤0.5	≤0.4
常温耐压强度 (Mpa)	≥5.88	≥4.41	≥3.92	≥0.94	≥2.45	≥2.45	≥1.96	≥1.47	≥1.18	≥0.98
重烧线变化不大于 2% 的试验温度 (°C)	1400	1400	1350	1350	1300	1250	1250	1200	1150	1150
导热系数 (W/m.K) (平均温度 350±25°C)	≤0.7	≤0.6	≤0.6	≤0.5	≤0.4	≤0.35	≤0.35	≤0.25	≤0.25	≤0.20

注：①砖的工作温度不超过重烧变化的试验温度；

②导热系数指标为平板法试验数值。

- 2 粘土质隔热耐火砖的尺寸及外形允许偏差应符合 GB/T3994 的规定，见表 A.0.2-2；

表 A.0.2-2 粘土质隔热耐火砖尺寸及外形允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差	
尺 寸	≤100	±2
	101~250	±3
	251~400	±4
扭 曲	长度≤250	2
	长度 251~400	3
缺棱，缺角深度	7	
熔洞直径	5	
裂纹长度	宽度≤0.50	不限制
	宽度 0.51~1.0	30
	宽度>1.0	不准有

注: 宽度 0.51~1.0mm 的裂纹不允许跨过两个或两个以上的棱。

- 3 粘土质隔热耐火砖的断面层裂:

- a) 层裂宽度不大于 0.50mm 时，长度不限制；
- b) 层裂宽度为 0.51~2.0mm 时，长度不大于 30mm。对 NG-0.4 牌号，长度不大于 60mm；
- c) 不准有黑心。

A.0.3 高铝砖

1 高铝砖的理化指标应符合《高铝砖》GB/T2988 的规定，见表 A.0.3-1；

表 A.0.3-1 高铝砖理化指标

项 目		指 标			
		LZ-75	LZ-65	LZ-55	LZ-48
Al ₂ O ₃ (%)		≥75	≥65	≥55	≥48
耐火度 (°C)		≥1790	≥1790	≥1770	≥1750
0.20MPa 荷重软化开始温度 (°C)		≥1520	≥1500	≥1470	≥1420
重烧线变化 (%)	1500°C 2h	+0.1 -0.4			—
	1450°C 2h	—			+0.1 -0.4
显气孔率 (%)		≤23		≤22	
常温耐压强度 (MPa)		≥53.9	≥49.0	≥44.1	≥39.2

2 高铝砖的尺寸及外形允许偏差应符合《高铝砖》GB/T2988 的规定，见表 A.0.3-2；

表 A.0.3-2 高铝砖的尺寸及外形允许偏差 (mm)

项 目		允许偏差
尺 寸	≤100	±2
	101~300	±2%
	301~400	±6
扭 曲	长度≤300	2.0
	长度 301~400	2.5
	长度>400	协议
缺角深度		≤6
缺棱深度		
熔洞直径		
裂纹长度	宽度≤0.25	不限 (但不准成网状)
	宽度 0.26~0.50	≤50
	宽度 0.51~1.0	≤20
	宽度>1.0	不准有

3 砖的断面层裂:

- a 层裂宽度小于 0.25mm 时，长度不限；
- b 层裂宽度 0.26~0.50mm 时，长度不大于 50mm；

- c 层裂宽度 0.51~1.0mm 时，长度不大于 20mm；
- d 层裂宽度大于 1.0mm 时，不准有。

A.0.4 高铝质隔热耐火砖

1 高铝质隔热耐火砖理化指标应符合《高铝质隔热耐火砖》GB/T3995 的规定，见表 A.0.4-1；

表 A.0.4-1 高铝质隔热耐火砖理化指标

项 目	指 标						
	LG-1.0	LG-0.9	LG-0.8	LG-0.7	LG-0.6	LG-0.5	LG-0.4
Al ₂ O ₃ (%)	≥48						
Fe ₂ O ₃ (%)	≤2						
体积密度 (g/cm ³)	≤1.0	≤0.9	≤0.8	≤0.7	≤0.6	≤0.5	≤0.4
常温耐压强度 (MPa)	≥3.92	≥3.43	≥2.94	≥2.45	≥1.96	≥1.47	≥0.78
重烧线变化不大于 2%的试验温度 (°C)	1400	1400	1400	1350	1350	1250	1250
导热系数 (W/m.K) (平均温度 350±25°C)	≤0.5	≤0.45	≤0.35	≤0.35	≤0.30	≤0.25	≤0.20

注：①砖的工作温度不超过重烧线变化的试验温度；

②导热系数为平板法试验数值。

2 高铝质隔热耐火砖的尺寸及外形允许偏差应符合 GB/T3995 的规定，见表 A.0.4-2；

表 A.0.4-2 高铝质隔热耐火砖尺寸及外形允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差	
尺 寸	≤100	±1.5
	101~250	±2
	251~400	±3
扭 曲	长度≤250	≤1.5
	长度 251~400	≤2.5
缺棱、缺角深度	≤7	
熔洞直径	≤5	
裂纹长度	宽度≤0.5	不限制
	宽度 0.51~1.0	≤30
	宽度>1.0	不准有

注：宽度 0.51~1.0mm 的裂纹不允许跨过两个或两个以上的棱。

3 砖的断面层裂：

- a 层裂宽度≤0.5mm 时，不限制；
- b 层裂宽度 0.51~2.0mm 时，长度不大于 30mm，LG-0.4 牌号不大于 60mm。

A.0.5 镁砖

1 镁砖及镁硅砖的理化指标应符合《镁砖及镁硅砖》GB/T2275 的规定，见表 A.0.5-1；

表 A.0.5-1 镁砖及镁硅砖理化指标

项 目	指 标			
	MZ-91	MZ-89	MZ-87	MGZ-82
MgO (%)	≥91	≥89	≥87	≥82
SiO ₂ (%)	—	—	—	5~10
CaO (%)	≤3	≤3	≤3	≤2.5
0.2MPa 荷重软化开始温度 (°C)	≥1550	≥1540	≥1520	≥1550
显气孔率 (%)	≤18	≤20	≤20	≤20
常温耐压强度 (MPa)	≥58.8	≥49	≥39.2	≥39.2
重烧线变化 (%) (1650°C×2h)	0.5	0.6	—	—

2 镁砖和镁硅砖的尺寸及外形允许偏差应符合《镁砖及镁硅砖》GB/T2275 的规定，见表 A.0.5-2；

表 A.0.5-2 镁砖和镁硅砖尺寸及外形允许偏差 (mm)

项 目		允许偏差			
		MZ-89	MZ-91	MGZ-82	MZ-87
尺 寸	≤100	±1		±2	
	101~200	±2		±2	
	201~300	±3		±3	
	>300	±4		±4	
扭 曲	长度≤230	1		1	
	长度>230	2		2	
缺角深度	长度≤230	5		5	
	长度>230	6		8	
缺棱深度	长度≤230	3		3	
	长度>230	5		5	
裂纹长度	宽度≤0.1	不限制			
	宽度 0.11~0.25	60		60	
	宽度 0.26~0.50	不准有		20	
	宽度>0.5	不准有			
相对边长：宽度、厚度		1		2	

注：裂纹不得跨过砖的 1 个以上的棱。

3 砖的断面层裂不得有宽度大于 0.50mm 的裂纹。

A.0.6 硅砖

1 硅砖的理化指标应符合《硅砖》GB/T2608 的规定，见表 A.0.6-1；

表 A.0.6-1 硅砖理化指标

项 目	指 标		
	GZ-95	GZ-94	GZ-93
SiO ₂ (%)	≥95	≥94	≥93
耐火度 (°C)	≥1710	≥1710	≥1690
0.2MPa 荷重软化开始温度 (°C)	≥1650	≥1640 ≥1620 (胶结硅石)	≥1620
显气孔率 (%)	≤22	≤23	≤25
常温耐压强度 (MPa)	≥29.4	≥24.5	≥19.6
真密度 (g/cm ³)	≤2.37	≤2.38	≤2.39

2 硅砖的尺寸及外形允许偏差应符合《硅砖》GB/T2608 的规定，见表 A.0.6-2；

表 A.0.6-2 硅砖尺寸及外形允许偏差 (mm)

项 目		允许偏差		
		GZ-95	GZ-94	GZ-93
尺 寸	≤100	±2		
	101~350	±3		
	>350	±1%		
扭 曲	长度≤250	2		
	长度 251~450	3		
	长度>450	4		
缺角深度	工作面	5		
	非工作面	8		
缺棱深度	工作面	5		
	非工作面	8		
熔洞直径	工作面	5		
	非工作面	8		
渣 蚀		不准有		—
裂纹长度	宽度≤0.10	不限制		
	宽度 0.11~0.25	50	75	75
	宽度 0.26~0.50	不准有	50	75
	宽度>0.5	不准有		
相对边长：宽度		1	—	

注：制品工作面：

直形制品——一个端面和一个侧面；

楔形制品——小端面或侧面；

其他制品——按图纸规定的的面。

- 3 裂纹允许跨过 1 个棱，异型、特型砖边宽小于 50mm 的面，裂纹允许跨过 2 个棱；
- 4 垫砖和支撑砖的缺角深度允许不大于 10mm，缺棱深度允许不大于 8mm，熔洞直径允许不大于 10mm，砖面上宽度为 0.11~0.5mm 的横向裂纹，其长度不大于 50mm；
- 5 硅砖的断面层裂
- a 炉顶砖断面层裂，不准有；
- b 其他砖层裂宽度小于 0.10mm 时，长度不限制；
- c 其他砖层裂宽度为 0.11~0.25mm 时，长度不大于 50mm；
- d 其他砖层裂宽度为 0.26~0.50mm 时，长度不大于 30mm；
- e 其他砖层裂宽度大于 0.50mm 时，不允许；
- f 断面层裂延伸至砖表面时，不允许。

A.0.7 硅质隔热耐火砖

- 1 硅质隔热耐火砖理化性能应符合《硅质隔热耐火砖》YB/T386 的规定，见表 A.0.7-1 的规定；

表 A.0.7-1 硅质隔热耐火砖理化性能

项 目		指 标			
		GGR-1.00	GGR-1.10	GGR-1.15	GGR-1.20
SiO ₂ (%)		≥91	≥91	≥91	≥91
体积密度 (g/cm ³)		≤1.00	≤1.10	≤1.15	≤1.20
常温耐压强度 (MPa)		≥1.96	≥2.94	≥4.9	≥4.9
重烧线变化 (%)	1550℃×2h	—	—	≤0.5	≤0.5
	1450℃×2h	≤0.5	≤0.5	—	—
0.1MPa 荷重软化开始温度 (℃)		≥1400	≥1420	≥1500	≥1520
导热系数 (W/m.K) (平均温度 350±10℃)		≤0.55	≤0.60	≤0.65	≤0.70

注：导热系数为参考指标，但必须进行此项检验，并将实测数据在质量证明书中注明。

- 2 硅质隔热耐火砖的尺寸及外形允许偏差应符合《硅质隔热耐火砖》YB/T386 的规定，见表 A.0.7-2 的规定。

表 A.0.7-2 硅质隔热耐火砖的尺寸及外形允许偏差 (mm)

项 目		允许偏差			
		GGR-1.00	GGR-1.10	GGR-1.15	GGR-1.20
尺 寸	≤100	±2			
	101~200	±3			
	201~300	±4			
	>300	±1.5%			

续表 A.0.7-2

项 目	允许偏差			
	GGR-1.00	GGR-1.10	GGR-1.15	GGR-1.20
扭曲：按对角线长度	1%			
缺角 a+b+c	40			
缺棱 a+b+c	60			
熔洞直径	8			
裂纹长度	宽度≤0.25	不限制		
	宽度 0.26~1.00	70		
	宽度>1.00	不准有		

注：①裂纹不允许跨过两个棱，跨棱裂纹不合并算；

②断面层裂按裂纹规定检查；

③制品不准有黑心；

④空洞按熔洞规定检查。

A.0.8 硅藻土隔热制品

1 硅藻土隔热制品的物理指标应符合《硅藻土隔热制品》GB/T3996 的规定，见表 A.0.8-1；

表 A.0.8-1 硅藻土隔热制品的物理指标

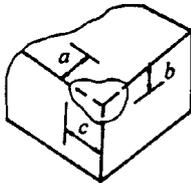
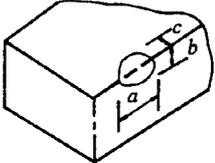
项 目	指 标					
	GG-0.7a	GG-0.7b	GG-0.6	GG-0.5a	GG-0.5b	GG-0.4
体积密度 (g/cm ³)	≤0.7	≤0.7	≤0.6	≤0.5	≤0.5	≤0.4
常温耐压强度 (MPa)	≥2.45	≥1.18	≥0.78	≥0.78	≥0.59	≥0.78
重烧线变化不大于 2%， 保温 8h 的试验温度 (°C)	900	900	900	900	900	900
导热系数 (W/m·K) (平均温度 300±10°C)	≤0.20	≤0.21	≤0.17	≤0.15	≤0.16	≤0.13

注：①硅藻土制品的工作温度不超过重烧线变化的试验温度；

②导热系数指标为平板法试验数据。

2 硅藻土隔热制品的尺寸及外形允许偏差应符合《硅藻土隔热制品》GB/T3996 的规定，见表 A.0.8-2。

表 A.0.8-2 硅藻土制品的尺寸及外形允许偏差 (mm)

项 目		允许偏差
尺 寸	≤100	±2
	101~200	±3
	201~300	±4
扭 曲	长度≤250	2
	长度 251~300	3
孔洞直径		10
裂纹长度	宽度≤0.5	不限制
	宽度 0.51~1.0	40
	宽度>1.0	不准有
缺角 a+b+c		60
缺棱 a+b+c		70

注：宽度 0.51~1.0mm 裂纹不允许跨过两个或两个以上棱。

A.0.9 硅酸钙绝热制品技术要求应符合《硅酸钙绝热制品》GB/T10699 的规定：

1 外观质量

a 尺寸允许偏差：以标明的公称尺寸为基础，制品尺寸的允许偏差不应大于表 A.0.9-1 所列数值；

表 A.0.9-1 尺寸允许偏差 (mm)

制品形状	尺寸允许偏差				
	长度	宽度	内径	厚 度	
				平均值	极差
平板	±4	±4	—	+3~ -1.5	3
弧形板	±4	—	+3%~+1%	+3~ -1.5	3
管壳	±4	—	+3%~+1%或+5~+2 取较大值	+3~ -1.5	3

注：厚度的极差指厚度最大的制品与厚度最小的制品的厚度差。

b 外观缺陷

——不得有长度超过 30mm 和深度超过 10mm 的缺棱,也不得有棱长超过 20mm 和深度超过 10mm 的缺角;

——深度不大于 3mm 的棱损伤和深度不大于 4mm 的角损伤不作为外观缺陷;

——上述两项缺陷总数不得超过 4 个,其中缺角不得超过 2 个;

——不得有贯穿裂纹;

c 厚度均匀性: 弧形板、管壳制品在任一位置的局部厚度与平均厚度的偏离不得超过 3mm;

d 垂直度偏差:

——平板、弧形板制品角垂直度误差不超过 0.5%;

——管壳制品端部垂直度误差不超过 2%。

e 翘曲度

——平板制品的翘曲度不得超过长度(或宽度)的 0.5%或 3mm,取较大值;

——弧形板、管壳制品的纵向翘曲度不得超过制品长度的 0.5%或 3mm,取较大值。

2 硅酸钙绝热制品的物理性能指标应满足表 A.0.9-2 的要求;

表 A.0.9-2 物理性能指标

项 目		指 标						
		I 型			II 型			
		240 号	220 号	170 号	270 号	220 号	170 号	140 号
体积密度 (kg/m ³)		≤240	≤220	≤170	≤270	≤220	≤170	≤140
质量含湿率 (%)		≤7.5			≤7.5			
抗压强度 (MPa)	平均值	≥0.50		≥0.40	≥0.50		≥0.40	
	单块值	≥0.40		≥0.32	≥0.40		≥0.32	
抗折强度 (MPa)	平均值	≥0.30		≥0.20	≥0.30		≥0.20	
	单块值	≥0.24		≥0.16	≥0.24		≥0.16	
导热系数 (W/m·K)	平均 373 (K 100°C)	≤0.065		≤0.058	≤0.065		≤0.058	
	平均 473 (K 200°C)	≤0.075		≤0.069	≤0.075		≤0.069	
	平均 573 (K 300°C)	≤0.087		≤0.081	≤0.087		≤0.081	
	平均 673 (K 400°C)	≤0.100		≤0.095	≤0.100		≤0.095	
	平均 773 (K 500°C)	≤0.115		≤0.112	≤0.115		≤0.112	
	平均 873 (K 600°C)	≤0.130		≤0.130	≤0.130		≤0.130	
最高 使用 温度	匀温灼烧试验温度 (K)	923 (650°C)			1273 (1000°C)			
	线收缩率 (%)	≤2			≤2			
	裂缝	无贯穿裂缝			无			
	剩余抗压强度 (MPa)	≥0.40		≥0.32	≥0.40		≥0.32	

注: 其他密度硅酸钙绝热制品, 其物理性能指标应满足表中相近密度硅酸钙绝热制品的要求。

3 燃烧性能

硅酸钙本身为不燃性材料，以有机纤维作为增强材料的制品必须提供不燃性试验结果；

4 腐蚀性

多数硅酸钙绝热制品中含有微量水溶性氯化物及其他卤化物。在有湿气和氧气存在时，这些离子可能使敏感的合金（如奥氏体不锈钢）产生腐蚀裂纹。用户需要时，应提供可溶性氯离子浓度的试验报告；

5 憎水性

憎水性硅酸钙绝热制品，其憎水率应大于 98%，其他物理性能指标仍应满足表 A.0.9-2 的要求。

A.0.10 耐火制品的取样、验收应符合《耐火制品堆放、取样、验收、保管和运输规则》GB/T10325 的规定。

1 取样规则

- a 耐火制品尺寸、外观、断面检查和理化性能检验的试样，采用随机取样方法，即每次取样时，批中所有验收的制品被取到的可能性都相等；
- b 编排，按砖号进行分批，如果数量太少，可由数砖号合并成一批（应是同一工艺）；
- c 取样前，在取样单内应注明砖号、数量、批号及取样日期。

2 砖批大小及取样数量

根据制品的种类、品种、规定砖批大小和取样数量，见表 A.0.10；

表 A.0.10 制品的种类、品种、规定砖批大小和取样数量

品 种	砖批数量 (t)				取样数量 (块)	
	粘土质	高铝质	硅质	镁质	理化性能	外观、尺寸
标型砖	≤200	≤150	≤200	≤150	6	20
普、异型砖	≤150	≤100	≤150	≤100	6	20
特型砖	≤100	≤60	≤100	—	6	10

3 尺寸、外观和断面的检查

a 尺寸和外观的检查：

在经尺寸和外观检选后的砖垛上取样 10 块时，可以有一块不低于下一级品规定的数值；取样 20 块时，可以有 2 块不低于下一级品规定的数值，但对二级品（或不分级产品），不能低于其标准的规定，如检查后不合格，允许翻垛重选，复验一次；

b 断面的检查：

每批尺寸和外观取样 20 块时，其中 6 块检查断面；取样 10 块时，其中 3 块检查断面；取样 6 块时，可以有 1 块不低于下一级品规定的数值，但对二级品（或不分级产品），不能低于标准规定，取样 3 块时，应全部合格，如检查后不合格，允许翻垛重选，复验一次。

4 理化性能的检验

每块试样均符合该耐火制品技术标准中相应检验项目的指标。如果第一次取样检验不合格，可在该批制品中再随机抽取双倍数量的试样进行该不合格项目的复验，复验结果仍不合格，即判为不合格品。

A.0.11 耐火制品尺寸、外观及断面的检查方法应符合《耐火制品尺寸、外观及断面的检查方法》GB/T10326 的规定。

附录 B 常用耐火泥浆理化性能指标

B.0.1 粘土质耐火泥浆

粘土质耐火泥浆的物理指标应符合《粘土质耐火泥浆》GB/T14982 的规定，见表 B.0.1。

表 B.0.1 粘土质耐火泥浆理化指标

项 目		指 标				
		NN-30	NN-38	NN-42	NN-45A	NN-45B
耐火度 (°C)		≥1630	≥1690	≥1710	≥1730	≥1730
Al ₂ O ₃ (%)		≥30	≥38	≥42	≥45	≥45
冷态抗折粘结强度 (MPa)	110°C干燥后	≥0.98	≥0.98	≥0.98	≥0.98	≥1.96
	1200°C×3h 烧后	≥2.94	≥2.94	≥2.94	≥2.94	≥5.88
0.2 MPa 荷重软化温度 (°C) T _{2.0}		—				≥1200
线变化率 (%)	1200°C×3h 烧后	+1~ -3		—		
	1300°C×3h 烧后	—		+1~ -5		
粘结时间 (min)		1~3				
粒度 (%)	<1.0mm	100				
	>0.5mm	≤2				
	≤0.074mm	≥50				

B.0.2 高铝质耐火泥浆

高铝质耐火泥浆理化指标应符合《高铝质耐火泥浆》GB/T2994 的规定，见表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2 高铝质耐火泥浆理化指标

项 目		指 标							
		LN-55A	LN-55B	LN-65A	LN-65B	LN-75A	LN-75B	LN-85B	GN-85B
耐火度 (°C)		≥1770	≥1770	≥1790	≥1790	≥1790	≥1790	≥1790	≥1790
Al ₂ O ₃ (%)		≥55	≥55	≥65	≥65	≥75	≥75	≥85	≥85
冷态抗折 粘结强度 (MPa)	110°C干燥后	≥0.98	≥1.96	≥0.98	≥1.96	≥0.98	≥1.96	≥1.96	≥1.96
	1400°C×3h 烧后	≥3.92	≥5.88	≥3.92	≥5.88	≥3.92	≥5.88	—	—
	1500°C×3h 烧后	—						≥5.88	≥5.88
0.2 MPa 荷重软化温度 (°C) T _{2.0}		—	≥1300	—	≥1400		≥1400	—	≥1650

续表 B.0.2

项 目		指 标							
		LN-55A	LN-55B	LN-65A	LN-65B	LN-75A	LN-75B	LN-85B	GN-85B
线变化率 (%)	1400℃×3h 烧后	+1~ -5					—		
	1500℃×3h 烧后	—					+1~ -5		
粘结时间 (min)		1~3							
粒度 (%)	<1.0mm	100							
	>0.5mm	≤2							
	≤0.074mm	≥50					≥40		

B.0.3 镁质耐火泥

1 镁质耐火泥的理化指标应符合《镁质耐火泥》YB/T5009 的规定，见表 B.0.3；

表 B.0.3 镁质耐火泥理化指标

项 目	指 标	
	MF-82	MF-78
MgO (%)	≥82	≥78
SiO ₂ (%)	≤5	≤6
灼烧减量 (%)	≤2	≤2

2 镁质耐火泥颗粒组成

颗粒小于 1mm 者 100%，其中：

- a 贴补炉墙用的镁质耐火泥颗粒小于 0.50mm 者不少于 90%，其中小于 0.125mm 者不少于 50%；
- b 砌砖用的镁质耐火泥颗粒小于 0.50mm 者不少于 97%，其中小于 0.088mm 者不少于 50%。

B.0.4 硅质耐火泥浆

硅质耐火泥浆理化指标应符合《硅质耐火泥浆》YB/T384 的规定，见表 B.0.4-1、B.0.4-2、B.0.4-3、B.0.4-4 的要求。

表 B.0.4-1 热风炉用硅质耐火泥浆

项 目		指 标
		RGN-94
耐火度 (°C)		≥1690
冷态抗折粘结强度 (MPa)	110℃干燥后	≥0.98
	1400℃×3h 烧后	≥2.94
粘结时间 (min)		1~2
粒度组成 (%)	>0.5mm	≤1
	≤0.074mm	≥60
化学成份 (%)	SiO ₂	≥94
	Fe ₂ O ₃	≤1.0
0.2 MPa 荷重软化开始温度 (°C) T _{2.0}		≥1600

表 B. 0. 4-2 焦炉用硅质耐火泥浆

项 目		指 标	
		JGN-92	JGN-85
耐火度 (°C)		≥1670	≥1580
冷态抗折粘结强度 (MPa)	110°C干燥后	≥0.98	≥0.98
	1400°C×3h 烧后	≥2.94	≥2.94
粘结时间 (min)		1~2	1~2
粒度组成 (%)	>0.5mm	≤3	≤3
	≤0.074mm	≥50	≥50
化学成份 (%) SiO ₂		≥92	≥85
0.2 MPa 荷重软化开始温度(°C) T _{2.0}		≥1500	≥1420

表 B. 0. 4-3 玻璃窑用硅质耐火泥浆

项 目		指 标	
		BGN-96	BGN-94
耐火度(°C)		≥1710	≥1690
冷态抗折粘结强度(MPa)	110°C干燥后	≥0.78	≥0.78
	1400°C×3h 烧后	≥0.98	≥1.98
粘结时间 (min)		2~3	2~3
粒度组成 (%)	>0.5mm	≤2	≤2
	≤0.074mm	≥60	≥60
化学成份 (%)	SiO ₂	≥96	≥94
	Al ₂ O ₃	≤0.6	≤1.0
	Fe ₂ O ₃	≤0.7	≤1.0
0.2 MPa 荷重软化开始温度(°C) T _{2.0}		≥1620	≥1600

表 B. 0. 4-4 硅质隔热耐火泥浆

项 目		指 标	
		GGN-94	GGN-92
耐火度(°C)		≥1690	≥1670
冷态抗折粘结强度(MPa)	110°C干燥后	0.49	≥0.49
	1400°C×3h 烧后	≥1.47	≥1.47
粘结时间 (min)		1~2	1~2
粒度组成 (%)	>0.5mm	≤3	≤3
	≤0.074mm	≥50	≥50
SiO ₂		≥94	≥92

B.0.5 硅酸铝质隔热耐火泥浆

硅酸铝质隔热耐火泥浆的理化指标应符合《硅酸铝质隔热耐火泥浆》YB/T114 的规定，见表 B.0.5。

表 B.0.5 硅酸铝质隔热耐火泥浆的理化指标

项 目		高铝质		粘土质	
		LGN-160	LGN-140	NGN-120	NGN-100
Al ₂ O ₃ (%)		≥80	≥65	≥35	—
冷态抗折 粘结强度 (MPa)	110℃干燥后	≥0.98		≥0.49	
	烧 后	1600℃×3h	1400℃×3h	1200℃×3h	1000℃×3h
		≥1.47		≥0.49	
线变化率 (%)		1600℃×3h	1400℃×3h	1200℃×3h	1000℃×3h
		+1~ -3		+1~ -5	
粘结时间(s)		60~120			
粒度 (%)	>0.5mm	≤2			
	≤0.074mm	≥60			
导热系数 (W/m.K) (平均温度 350±10℃)		≤0.60	≤0.55	≤0.35	

B.0.6 磷酸盐耐火泥浆

1 原材料要求

- a 磷酸：浓度 85%，密度 1.69~1.73g/cm³；
- b 刚玉粉：颗粒小于 0.125mm 的不少于 100%，其中小于 0.088mm 的不少于 80%，Al₂O₃ 大于 98%。

2 配合比 (质量%)：

- a 刚玉粉 100；
- b 磷酸 16~18；
- c 水 24。

如耐火泥的砌筑性能不好，失水速度较快时，可用牛皮胶水来调制，牛皮胶的用量可按所需耐火泥的稠度来决定，一般 100kg 水中加入 2~4kg 牛皮胶；

3 配制方法

- a 配制耐火泥可采用机械搅拌或人工搅拌，机械搅拌的时间不少于 5min 采用人工搅拌时，必须从加料开始不断拌和，直至搅拌均匀；
- b 配制时按比例将磷酸倒入 50~80℃ 的热水或牛皮胶水中，搅拌均匀后，再按比例加入刚玉粉，不断搅拌，直至均匀。

4 搅拌好的耐火泥应困料，困料温度在 20~30℃ 时，困料时间不应少于 24h；困料温度为 40~60℃ 时，困料时间不应少于 16h。困料初期反应剧烈，气泡较多，必须勤搅拌，促使加速反应及排除气体，气泡较少后，可 1~2h 搅拌一次；

- 5 为了准确控制耐火泥的稠度和熟悉其性能，应进行试砌筑，以调整其稠度。

B.0.7 磷酸铝耐火泥浆

1 原材料要求：

- a 磷酸：浓厚 85%，密度 1.69~1.73 g/cm³；
 - b 工业氢氧化铝：细度要求粒径小于 0.088mm；Al(OH)₃大于 75%；Fe₂O₃小于 1.5%；
 - c 刚玉粉：细度要求 80[#]为 70%，320[#]为 30%；Al₂O₃大于 98%；
 - d 水：洁净饮用水。
- 2 磷酸铝胶结剂：
- a 磷酸铝溶液配合比：磷酸 76%，氢氧化铝 10.2%，水 13.8%；
 - b 配制方法：按比例将氢氧化铝置于热水（70~80℃）中，搅拌 1~2min，使其成均匀的溶液。按比例将磷酸倒入玻璃或搪瓷容器内，在电炉上加热至 80℃时，立即切断电源，将氢氧化铝水溶液分数次徐徐倒入磷酸中，用玻璃棒不断搅拌，直至变成白色透明胶状液为止，待冷却后过滤贮存于有盖的玻璃或搪瓷容器内待用。
- 3 磷酸铝耐火泥的配制
- 将 80[#]和 320[#]的刚玉粉按 7: 3 的比例混合均匀后，其量约为磷酸铝胶结剂的 2.5~3 倍，倒入磷酸铝胶结剂中，搅拌均匀，其稠度以适于操作为宜。

磷酸铝耐火泥应困料，困料时间可少于磷酸盐耐火泥所需的时间。

B.0.8 耐火泥现场配置时，按表 B.0.8 耐火泥现场配制配合比选用。

表 B.0.8 耐火泥现场配制配合比

砖缝尺寸 (mm)	耐火泥粒度	耐火熟料 (%)	结合粘土 (%)
≤2	细 粒	80~85	20~15
2~3	中 粒	75~80	25~20
≥3	粗 粒	65~75	35~25

附录 C 不定形耐火材料理化性能指标及取样验收规定

C.0.1 粘土质和高铝质致密耐火浇注料理化指标应符合《粘土质和高铝质致密耐火浇注料》YB/T5083 的规定，见表 C.0.1。

表 C.0.1 粘土质和高铝质致密耐火浇注料理化指标

分 类		粘土结合耐火浇注料			水泥结合耐火浇注料					低水泥结合耐火浇注料		磷酸盐结合耐火浇注料			水玻璃结合耐火浇注料
		牌 号	NL-70	NL-60	NN-45	GL-85	GL-70	GL-60	GN-50	GN-42	DL-80	DL-60	LL-75	LL-60	LL-45
指 标	Al ₂ O ₃ (%)	≥70	≥60	≥45	≥85	≥70	≥60	≥50	≥42	≥80	≥60	≥75	≥60	≥45	≥40
	CaO (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	≤2.5	≤2.5	—	—	—	—
	耐火度 (°C)	≥1760	≥1720	≥1700	≥1780	≥1720	≥1700	≥1660	≥1640	≥1780	≥1740	≥1780	≥1740	≥1700	—
	烧后线变化率不大于 ±1%的试验温度 (保温 3h) (°C)	1450	1400	1350	1500	1450	1400	1400	1350	1500	1500	1500	1450	1350	1000
	110±5°C 烘干后														
	耐压强度 (MPa)	≥10	≥9	≥8	≥35	≥35	≥30	≥30	≥25	≥40	≥30	≥30	≥25	≥20	≥20
	抗折强度 (MPa)	≥2	≥1.5	≥1	≥5	≥5	≥4	≥4	≥3.5	≥6	≥5	≥5	≥4	≥3.5	—

C.0.2 高强度耐火浇注料是以刚玉为骨料，优质铝酸盐水泥为结合剂，外掺若干添加剂配置而成，具有高强度的，用作工业炉炉衬高温易磨损部位的一种水硬性耐火浇注料。

1 高强度耐火浇注料的理化性能指标应符合《高强度耐火浇注料》JC/T498 的规定，见表 C.0.2；

表 C.0.2 高强度耐火浇注料的理化性能指标

项 目		性能指标	
		优等品	一等品
Al ₂ O ₃ (%)		≥93	≥93
SiO ₂ (%)		≤0.5	≤1.0
CaO (%)		≤4.0	≤4.0
不同温度处理后抗压强度 (MPa)	110℃	≥80	≥60
	1100℃	≥100	≥70
	1500℃	≥120	≥100
不同温度处理后抗折强度 (MPa)	110℃	≥8	≥6
	1100℃	≥9	≥7
	1500℃	≥10	≥9
线变化率 (%)	1100℃×3h	≤0.5	≤±0.5
	1500℃×3h	≤0.5	≤±0.5
110℃体积密度 (kg/cm ³)		≥2900	≥2900
耐火度 (℃)		≥1800	≥1800

2 高强度耐火浇注料的初凝时间不小于 30min，不大于 240min。

C.0.3 轻质耐碱浇注料是指以低铝粘土质轻骨料，铝酸盐水泥结合剂，外掺适量添加剂配置而成，具有耐碱性，用做隔热炉衬的一种水硬性浇注料。

轻质耐碱浇注料的性能须符合《轻质耐碱浇注料》JC/T807 的规定，见表 C.0.3。

表 C.0.3 轻质耐碱浇注料的性能

产品等级	性能指标 型号	耐碱性 (最低等级)	110℃烘干 体积密度 (kg/m ³)	抗折强度 (MPa)		抗压强度 (MPa)		3h 恒温后 线变化不 大于 1.5% 的试验温 度 (℃)
				110℃ 烘干	1100℃ 烧后	110℃ 烘干	1100℃ 烧后	
优等品	Q-12D	一级	≤1650	≥4.0	≥3.5	≥35	≥30	1200
	Q-13D	一级	≤1700	≥4.0	≥3.5	≥40	≥35	1300
一等品	Q-12	二级	≤1600	≥2.5	—	≥25	—	1200
	Q-13	二级	≤1650	≥3.0	—	≥30	—	1300

C.0.4 铝酸盐水泥应符合《铝酸盐水泥》GB201 的规定。

1 定义与分类

a 定义, 凡以铝酸钙为主的铝酸盐水泥熟料, 磨细制成的水硬性胶凝材料称为铝酸盐水泥, 代号 CA;

根据需要也可在磨制 Al_2O_3 含量大于 68% 的水泥时掺加适量的 $\alpha-Al_2O_3$ 粉。

B 分类铝酸盐水泥按 Al_2O_3 含量百分数分为四类:

- CA-50 $50\% \leq Al_2O_3 < 60\%$;
- CA-60 $60\% \leq Al_2O_3 < 68\%$;
- CA-70 $68\% \leq Al_2O_3 < 77\%$;
- CA-80 $77\% \leq Al_2O_3$ 。

2 要求

a 化学成份, 铝酸盐水泥的化学成份按水泥质量百分比计应符合表 C. 0. 4-1 的要求:

表 C. 0. 4-1 化学成份 (%)

类 型	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	R_2O ($Na_2O+0.658K_2O$)	S (全硫)	C
CA-50	$\geq 50, < 60$	≤ 8.0	≤ 2.5	≤ 0.40	≤ 0.1	≤ 0.1
CA-60	$\geq 60, < 68$	≤ 5.0	≤ 2.0			
CA-70	$\geq 68, < 77$	≤ 1.0	≤ 0.7			
CA-80	≥ 77	≤ 0.5	≤ 0.5			

b 物理性能:

- 细度, 比表面积不小于 $300m^2/kg$ 或 $0.045mm$ 筛余不大于 20%;
- 凝结时间 (胶砂) 应符合表 C. 0. 4-2 要求;
- 强度, 各类型水泥各龄期强度值不得低于表 C. 0. 4-3 的数值。

表 C. 0. 4-2 凝结时间

水泥类型	初凝时间不得早于 (min)	终凝时间不得迟于 (h)
CA-50、CA-70、CA-80	30	6
CA-60	60	18

表 C. 0. 4-3 水泥胶砂强度

水泥 类型	抗压强度 (MPa)				抗折强度 (MPa)			
	6h	1d	3d	28d	6h	1d	3d	28d
CA-50	20	40	50	—	3.0*	5.5	6.5	—
CA-60	—	20	45	85	—	2.5	5.0	10.0
CA-70	—	30	40	—	—	5.0	6.0	—
CA-80	—	25	30	—	—	4.0	5.0	—

C.0.5 粘土质和高铝质耐火可塑料

粘土质和高铝质耐火可塑料的理化性能应符合《粘土质和高铝质耐火可塑料》YB/T5115 的规定，见表 C.0.5。

C.0.6 不定形耐火材料取样验收应符合《隔热耐磨混凝土衬里技术规范》SH3531 的规定：

- 1 不定形耐火材料应按同一牌号进行编批，每批不得超过 50t，原料变更时应另作编批；
- 2 每批为一个取样单位，取样应有代表性，袋装散状混合料每批至少由其中 5 袋等量取样，共取出不少于 20kg 的样品，如果是袋装组装机料应将 5 袋全部混合搅拌均匀，按四分法划分到最小取样重量进行取样；
- 3 检验结果如有一项不符合标准要求时，应重新取双倍试样进行复验，复验结果如有一项不合格，则整批作为不合格品。

表 C.0.5 粘土质和高铝质耐火可塑料的理化性能

类别		A 类						B 类					
牌 号		SG ₁	SG ₂	SG ₃	SG ₄	SG ₅	SG ₆	SD ₁	SD ₂	SD ₃	SD ₄	SD ₅	SD ₆
Al ₂ O ₃ (%)		—	—	—	≥48	≥60	≥70	—	—	—	≥48	≥60	≥70
耐火度 (°C)		≥1580	≥1690	≥1730	≥1770	≥1790	≥1790	≥1580	≥1690	≥1730	≥1770	≥1790	≥1790
线变化率 (%)	1300°C×3h	±2	—	—	—	—	—	±2	—	—	—	—	—
	1350°C×3h	—	±2	—	—	—	—	—	±2	—	—	—	—
	1450°C×3h	—	—	±2	—	—	—	—	—	±2	—	—	—
	1500°C×3h	—	—	—	±2	—	—	—	—	—	±2	—	—
	1600°C×3h	—	—	—	—	±2	±2	—	—	—	—	±2	±2
110°C干燥后强度 (MPa)	耐压	≥5.884						≥1.961					
	抗折	≥1.471						≥0.490					
可塑性指数 (%)		15~40						15~40					
含水率 (%)		≤13.0						≤13.0					

附录 D 耐火纤维及结合剂理化性能指标

D.0.1 耐火纤维棉

1 纤维棉的种类及使用温度、化学成分和物理性能要求，应符合《绝热用硅酸铝棉及制品》GB/T16400 的规定，见表 D.0.1；

表 D.0.1 耐火纤维棉的种类及使用温度、化学成分和物理性能要求

项 目	低温硅酸铝纤维棉	普通硅酸铝纤维棉	高纯硅酸铝纤维棉	高铝纤维棉
使用温度 (°C)	≤800	≤1000	≤1100	≤1200
Al ₂ O ₃ (%)	≥40	≥45	≥47	≥52
(Al ₂ O ₃ +SiO ₂) (%)	≥95	≥96	≥96	≥96
(Na ₂ O+K ₂ O) (%)	≤2.0	≤0.7	≤0.7	≤0.7
Fe ₂ O ₃ (%)	≤1.5	≤1.2	≤0.8	≤0.8
(Na ₂ O+K ₂ O+Fe ₂ O ₃) (%)	≤3.0	—	—	—
渣球含量 (%) (>0.25mm)	≤15	≤15	≤15	≤15
导热系数 (W/m.K) (平均温度 500±20°C)	≤0.153	≤0.153	≤0.153	≤0.153

注：测定导热系数时，试件密度为 192kg/m³。

2 纤维棉中不应混入高钙、高铁等外来夹杂物，同一种纤维棉混入其他品种的量不应超过 10%；

3 喷涂用纤维棉宜用喷吹法生产的纤维棉，不宜采用甩丝法生产的纤维棉。

D.0.2 结合剂

1 结合剂应与被粘结的耐火纤维棉具有相同或相近的物理化学性能和使用温度；

2 结合剂应具有良好的流动性、浸润性、扩散性和渗透性，但不应有腐蚀性，PH 值应为 6.2~7.8，密度不应大于 1.2g/cm³；

3 结合剂应同时具有常温和高温粘结强度，使纤维棉间具有强的机械结合和物理化学结合。

D.0.3 高温红外辐射涂料

1 高温红外辐射涂料性能指标应符合《高温红外辐射涂料》YB/T134 的规定，见表 D.0.3；

表 D.0.3 高温红外辐射涂料性能指标

项 目	指 标		
	GHT-1	GHT-2	GHT-3
发射率 (常温)	≥0.87		
耐火度 (°C)	≥1140	≥1540	≥1780
热震稳定性 (次)	≥5		
涂料浆体密度 (g/cm ³)	≥1.60		
悬浮性 24h	不分层		
线膨胀系数 1.0×10 ⁻⁶ °C ⁻¹	必须进行此项检验，将实测数据在质量证明书中注明		

2 产品的发射率（高温）、PH 值和粘度，根据设计要求确定。

D.0.4 普通硅酸铝耐火纤维毡技术要求应符合《普通硅酸铝耐火纤维毡》GB/T3003 的规定：

1 毡的化学成份应符合表 D.0.4-1 的规定：

表 D.0.4-1 毡的化学成份

成 份	含 量 (%)
$Al_2O_3+SiO_2$	≥ 96
Al_2O_3	≥ 45
Fe_2O_3	≤ 1.2
K_2O+Na_2O	≤ 0.5

2 毡的物理性能应符合表 D.0.4-2 的规定：

表 D.0.4-2 毡的物理性能

项 目	指 标	
体积密度 (kg/m ³)	130	±15
	160	
	190	
	220	
渣球含量 (%) (>0.25mm)	≤ 5	
加热线收缩率 (%) 1150℃, 保温 6h	≤ 4	
含水量 (%)	≤ 0.5	

3 毡的外形尺寸允许偏差应符合表 D.0.4-3 的规定。

表 D.0.4-3 毡的外形尺寸允许偏差 (mm)

尺 寸		允许偏差
厚 度	10~40	±2
	>40	协议确定
宽 度	400~500	±2
	>500	协议确定
长 度	500~1000	±3
	>1000	协议确定

用 词 说 明

本规范条文中要求严格程度的用词，在执行时按下述说明区别对待：

(一) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”；

(二) 表示严格，在正常情况下应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(三) 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做，采用“可”。

中华人民共和国行业标准

石油化工筑炉工程施工及验收规范

SH 3534-2001

条文说明

2002 北京

目 次

1	总则	63
3	施工准备	64
4	耐火材料的验收、保管和运输	66
5	耐火砖砌筑	67
5.1	一般规定	67
5.2	炉底	70
5.3	炉墙	70
5.4	拱和拱顶	71
6	不定形耐火材料炉衬	73
6.1	一般规定	73
6.2	耐火浇注料炉衬	74
6.3	耐火可塑料炉衬	77
6.4	耐火涂抹料涂层	78
6.5	钢烟囱和烟道耐火浇注料内衬	78
7	耐火纤维炉衬	80
7.1	一般规定	80
7.2	层铺式耐火纤维炉衬	80
7.3	叠砌式耐火纤维模块炉衬	81
7.4	不定形耐火纤维炉衬	81
7.5	贴面式耐火纤维炉衬	82
8	冬期施工	83
9	工程验收与烘炉	84

1 总 则

1.0.1 石油化工工业炉指石油化工生产过程中使用的炉子，这些炉子根据工艺要求和使用目的不同分为加热炉和反应炉，它们的共同点是烧嘴间接将炉管内物料加热。加热炉物料不在炉管内进行化学反应，通常分圆筒炉、箱式炉、槽形炉三种。反应炉炉管内被加热的物料在压力催化作用下进行反应的炉子，如转化炉、裂解炉。本规范主要适用于这类间接加热的工业炉，其它反应炉，如二段转化炉、焚烧炉、水煤气发生炉、电石炉、硫回收炉等专业炉可参照执行。

1.0.2 工业炉筑炉工程除执行本规范规定外，必须按设计施工，满足设计炉衬耐火材料和炉衬结构要求，完整执行各个设计要点，充分体现设计意图，以便全面发挥炉子特性，保证炉子使用性能和寿命。

筑炉材料必须按设计要求采用，必须具有满足工业炉使用要求和技术性能，其性能指标应符合现行国家标准规定或设计要求，所需材料必须具有良好的施工性，并能满足施工技术要求和工程质量要求。炉衬耐火材料质量优劣是保证质量和炉子使用寿命的重要因素。

1.0.4 筑炉施工中，特别是耐火浇注料和耐火纤维喷涂时，由于粉尘作业，直接危害操作者的身体健康，故必须加强现场通风和劳动保护佩戴，并对作业人员定期身体检查，每两年检查一次，不适合从事该项工作应调离作业岗位。

在已投产的生产区域内施工时，应按生产区域的特点，制定施工安全技术措施，满足安全生产的厂规要求。

3 施工准备

3.0.1 施工环境温度低于 0℃时泥浆冻结，砖缝厚度不能保证，砌体也不易保持平整，泥浆内水分因受冻而体积膨胀，使粘结强度大为降低，而不定形材料不仅施工困难，而且无法进行养护，施工质量得不到保证。适宜的施工环境温度不仅有利于耐火浇注料养护，而且给工人创造良好作业环境，有利于现场作业质量和劳动效率提高。

3.0.2 有害杂质通常指石灰、其他水泥、粘土等。

3.0.3 充足照明指安全电压照明，电源线和炉壳、金属脚手架应有可靠的隔离措施。炉内脚手架有防火要求，应用扣件钢管式脚手架、钢跳板、立杆下垫木板。

3.0.4 炉子各种管嘴可用塑料帽、木塞等防止堵塞，在施工中经常管嘴被不定形材料堵塞。金属件埋在耐火砖和不定形材料中应留设膨胀缝，用耐火纤维纸或牛皮纸包裹，锚固件有设计要求时还应涂沥青漆、涂料或戴塑料套，在高温下熔化或被烧掉留膨胀间隙。

3.0.5 施工前应将炉壁内表面油污、表面松动翘起的氧化皮、疏松的锈、旧涂层及其他污物除掉，可保留粘附在炉壁表面不能被油灰刀除掉氧化皮和旧涂层。该条作为对耐火砖砌筑和耐火纤维炉衬对炉壳无特殊防腐处理时的除锈一般要求，其他炉衬除锈应符合设计要求。金属在贮存运输过程中，涂防护漆或油在除锈前应进行除油污处理。

3.0.6 施工用水应是清洁水，也可用非新鲜的饮用水，施工中有用地下水作搅拌用水，由于地下水水质差别较大，水质不纯可能影响水泥凝结和强度发展，并对钢材产生腐蚀，为了保证质量，宜用饮用水作搅拌用水。在《生活饮用水标准》GB 5749 中氯离子 (Cl⁻) 含量不应大于 250mg/L，pH 等于 6.5~8.5，所订范围较宽，而美国 UOP、石伟和日本 JGC 公司浇注料要求氯离子含量小于 50mg/L，氯离子高时在钢材表面沉积易产生电化学锈蚀，高温时氯离子 (Cl⁻) 对炉体中合金钢腐蚀严重。

搅拌用水中 pH 值会影响水泥凝结，pH 值过小会引起不定形材料缓凝，pH 值过高会引起不定形材料的速凝，而且会使已硬化的浇注料表面有起砂脱皮现象，这是因为水中和骨料中碱的存在，促使和大气中 CO₂ 反应生成碱性碳酸盐，遇水或吸收空气中的水份，产生体积膨胀，对铝酸盐水泥水化物侵蚀。《隔热耐磨混凝土衬里技术规范》SH 3531 对耐火浇注料的施工用水 pH 值规定为 6.5~7.5。

3.0.7 目前，一般企业缺少筑炉工，用瓦工代替。瓦工砌砖在结构上很少有外加条件，一般只要满足各种自然条件的围护结构、荷重主要是自重结构，外观上美观即可，而筑炉工砌砖不仅要满足建筑结构要求，还必须根据炉子用途满足各种耐火结构条件，承受各种外加苛刻条件，因此忽视筑炉工技术培训、自身能力提高是影响筑炉质量的重要因素，为此强调筑炉工程应由筑炉工来承担。

工业炉筑炉前必须制定合理的筑炉技术方案或措施，并对筑炉工进行技术交底，施工人员必须熟悉施工方法和技术要求及保证质量的实施措施，对保证工业炉筑炉质量有重要指导意义。

筑炉质量对炉子使用寿命非常重要，筑炉技术人员和筑炉工都必须认真地、忠实地按照设计和规范规定施工，尤其是筑炉工的能力和责任心，在许多情况下不能如愿，应耐心细致进行教育指导和培训。

3.0.8 本条为强制性标准条文。工序交接对保证筑炉质量起到积极作用。炉壳经组装后应具有良好外形，能保持砌体稳定，防止气体外漏，炉壳质量对筑炉尺寸影响很大，筑炉前应进行检查，合格后办理工序交接方可开始筑炉，筑炉时炉膛内已安装炉管时，为了防止筑炉材料对炉管表面造成污染，筑炉时应对炉管采取保护措施。

托砖板（或不定形材料支承圈）均为分段卸荷承重稳定结构，炉衬的重量由水平托砖板分层传递

到炉壁钢结构上，锚固件是受力元件，使炉衬牢固连接在炉壳上，从而增加炉衬整体强度，在荷载作用下锚固件是传力元件。托砖板和锚固件如果焊接不牢固，生产时炉衬由于和炉壳连接松弛而引起脱落，检查时应锤击检查，用 0.5kg 手锤轻轻敲击。

不定形材料内锚固件的焊接，有些是安装单位施工，有些是专业筑炉公司施工，都必须按本标准规定进行检验，并办理工序交接手续，如果是专业筑炉公司施工，则应办理隐蔽工程验收记录。

3.0.9 本条为强制性标准条文。工业炉中心线和主要标高控制线应在工序交接检查时标识，在砌筑前应校核，砌筑时可按砖层数和砖缝大小在炉壳内表面标记，砌筑时及时发现并消除累计误差是保证砌筑质量措施之一。砌筑时从墙角开始的第一层、第二层砖找出最佳的配砖方式，通常称“撂底”。施工中重点检查炉中心线、标高、放线、撂底、标杆是否正确，使砌体各部位尺寸满足设计要求。砌筑程序包括摆砖、配砖、砌筑、勾缝、清扫检查验收。

4 耐火材料的验收、保管和运输

4.0.1 筑炉质量应从原材料的验收抓起，耐火材料质量是保证炉衬质量和使用寿命的前提条件，本章对炉衬材料在验收、保管等方面提出一定要求，特别对耐火材料在检验方面提出明确要求，是针对当前耐火材料质量现状而制定。当前耐火浇注料生产厂有些是小作坊生产，耐火砖有些是联营厂生产，不具备材料检验手段和质量保证体系，耐火浇注料同一产品在配方上也有差异，故使用时要严格检验。

质量证明书是代表产品身份的必备文件，出厂合格并不能全面反映材料的性能，必要时应由试验室重新检验，耐火砖外观检查应确认各种砖号到货数量、尺寸和形状、裂纹和缺棱等破损数量，耐火砖的外观检查应根据材料标准所列项目进行全数或批量抽查，最终确定是否符合有关技术要求和规范规定。

4.0.2 本条是强制性标准条文。

4.0.3 本条是强制性标准条文。对不定形耐火材料检验性能作出规定：

1 不定形材料使用过程中承受高温和物理化学作用，应具有低抗高温使用能力，在常温下一般也应具有强度，为了满足上述要求对不定形材料需做基本性能测试，不定形材料除要满足上述要求外还应具有生产制造厂制定的施工方法说明书，检验配合比一经确定，在施工过程中不得随意变动。

以水泥为胶结剂的耐火浇注料，随温度升高强度降低，在 900℃ 以前由于水化合物转变和结晶水排除导致体积收缩，随着温度升高液相出现，冷后体积收缩更大。故耐火浇注料需作 110℃ 烘干和高温烧后强度、体积密度和线变化试验，作评价质量和允许使用条件重要依据，设计有要求时还应增加要求项目的检验。

2 有时效性的材料指施工周期过长或超过保管期而造成性能下降的应重新检验。如水泥为胶结剂的耐火浇注料，由于水泥的有效保管期为 3 个月，故贮存时间超过 3 个月的耐火浇注料应重新检验，试块全部达到设计要求时才可使用，贮存期超过 6 个月，水泥吸湿可能结块，不应使用。

3 可塑性指标是衡量可塑料施工性能的数据，坯状可塑料以 20%~30% 为宜，散状可塑料以 25%~30% 为宜。可塑料 110℃ 烘干冷态抗压强度、抗折强度试块尺寸为 40×40×160 (mm)，每组 3 块，制作 2 组。

4 耐火纤维必须符合设计要求和现行国家标准，主要指化学成份、体积密度、导热系数等，体积密度直接影响内衬的隔热效果。

4.0.5 仓库的容纳能力根据作业方式和通道条件有所不同，一般仓库容纳能力耐火砖为 1.0~1.5t/m²，隔热耐火砖为 0.4~0.6t/m²，不定形材料为 0.7~1.0t/m²，仓库进料一定要按筑炉施工顺序进料，便于运进运出，仓库管理一定要按不同规格、材质建立标识，不定形材料应注意有效保管期，过期应经复验合格后再使用。

胶结剂、粉料、耐火泥应密封保存，对有时效性的不定形材料，应根据不同结合剂和外加剂的保管要求，采取措施妥善保管，并标明名称、牌号和生产时间；保护涂料应密封保管，放在阴凉仓库内贮存；耐火浇注料中有水泥时，应干燥贮存，下垫木板，否则潮气上升会使水泥吸湿硬化。

考虑到某些耐火材料对保管条件和环境有特殊要求，从而保证耐火材料在贮存中质量不受影响。如可塑料中水份和施工性密切相关，为了不致脱水必须放在阴凉室内，特别是气硬性的，在室内由于温度高引起粘剂起反应而硬化。热硬性可保存 6~12 个月，气硬性可保存 3~6 个月，此外还应防止冻结，冬期贮存需采取防冻措施。

大型工业炉耐火材料运输宜用集装箱运输，耐火材料制品在运输过程中不得碰撞和损坏，装卸时应轻拿轻放，并防止雨淋。

5 耐火砖砌筑

5.1 工业炉砌筑的一般规定

5.1.1 耐火砖砌体是工业炉主要组成部分，其工作条件不同于一般建筑物砌体。普通建筑物砌体只承受静荷或动荷，而耐火砖砌体还要抵抗高温作用，遭受炉气冲刷，同时耐火砌体为单面受热，容易引起耐火材料不均匀热膨胀，这些因素在筑炉时都应予以考虑。

耐火砌体砖缝决定施工精细程度，一般耐火砖 3mm，因砖缝抗气体侵蚀性差，所以必要时将砖缝作成 2mm，甚至研磨砖使砖缝达到 1mm 以下。较大砖缝有调整砖的扭曲和尺寸误差作用，在一定程度上能缓冲砖的热膨胀，与砖相比砖缝是薄弱的部位。

5.1.2 耐火砖砌体中，控制砖缝厚度是为了强化耐火砌体的薄弱环节管理，也是满足炉子正常生产的基本要求，目的是确保砌体质量。砌砖使用泥浆目的，是使砖牢固地粘结成耐冲刷的炉墙，使具有一定常温强度和热态稳定性，调整砖面扭曲均匀传递荷重，使砌体具有气密性，防止漏气，防止熔渣侵入。

5.1.3 炉衬内表面应具有良好几何形状和尺寸反映砌体表面质量的几个重要指标，炉筑时应予以保证。

检查砌体的水平度用水平尺，如果砌体较长将水平尺放在靠尺上，气孔在中央可认为水平。否则用薄垫板调节至水平，然后测试砖顶面至靠尺间隙来确定砖层的水平误差。

检查垂直度时可用水平尺、线坠，或线坠和靠尺杆同时使用，测定砌体锥度时应先制作一个样板，使样板角度和砌体角度恰好成为一个水平面或垂直面，然后用水平尺或线坠检查。

检查砌体的平面度，用靠尺杆和楔形塞尺检查，将靠尺杆靠在砌体上如有凹陷处，再将楔形塞尺插入，可得知表面平面度偏差。

砖缝厚度和砌体允许偏差检查的方法和检查数量应符合《工业炉砌筑工程质量检验评定标准》GB 50309 的规定。

5.1.4 每块砖在烧后尺寸、扭曲误差是经常存在的，通过选用不同公差的砖相互搭配使用，使同层内砖尺寸误差能达到规定砖缝要求，也是砖加工的依据，对保证砌筑质量有重要作用。

5.1.5 为了达到砌体的砖缝要求，选砖后仍不能满足时可加工砖，此外通过砖加工可成为所需要的形状。砖加工工序有砖划线、砖的切断、切断面的凿削、切断后的研磨加工，使之成为所需要的形状。

加工形状复杂难以用机械加工时，应手工加工，手工加工砖是筑炉工的基本技能。

5.1.6 在工业炉内，砌体和砖缝中泥浆的工作条件相同，两者理化指标应相同或相适合，对于同一整体性砌体，如果使用两种不同材质的泥浆，会产生排异作用，导致砌体破坏。故泥浆的品种、牌号、配合比必须符合设计要求。

耐火泥浆应具有良好的涂抹性，泥浆易于在砖面上铺展而不粘滞，砌筑时具有一定保水性，在砌筑时达到灰浆饱满；具有和砌体相同或相似的化学成份和热膨胀性；具有一定的粘结强度、粘结时间和合理颗粒组成，保证施工正常进行及砌体整体性，具有与砖相似抗侵蚀性。

制造普通耐火泥的结合剂是塑性粘土在高温作陶瓷结合而硬化，耐火泥浆依据结合剂种类凝结和硬化，可分为水硬性、热硬性和气硬性泥浆。气硬性泥浆常用硅酸钠等气硬性粘结剂配置，这种泥浆接缝严密；水硬性泥浆以水泥为结合剂可使用于常温下可能与水和水汽接触之处，干燥时，要求有粘结力场合；热硬性泥浆常用磷酸和磷酸盐等热硬性结合剂制成，这种泥浆在硬化后，除在各种温度下都具有较高强度处，还具有收缩小、接缝严密和耐侵蚀性强特点。

5.1.7 耐火泥浆的作业性能应良好，粘结时间和保水时间适当，一般通过试砌筑了解泥浆施工性好坏，

粘结时间以 1~1.5min 为宜，大尺寸的砖可到 2~3min。粘结时间过短不好揉砖，找正困难，粘结时间过长，砖会走动，易走型，砌砖效率降低，良好施工性也容易达到规定砖缝厚度和泥浆饱满度。

本条规定泥浆的配比稠度加水量，应经试验确认，防止盲目施工。影响泥浆粘结时间的因素，有泥浆粘结剂、砖材质、砖缝厚度和泥浆搅拌方法，颗粒粒度等。

5.1.8 泥浆的稠度用重 100 克圆锥角 30° 的标准稠度锥在泥浆中沉入深度 (mm) 计，沉入深度为稠度，也可用比值大于 2 的比重计来控制，泥浆的稠度主要与水 (或液体胶结剂) 加入量有关，由于粉料的煅烧程度和细度等情况不同，加水量也不同，泥浆中加入水玻璃或磷酸可改善保水性、粘结性和塑性，提高砌筑性能和强度，提高工程质量。

5.1.9 当无成品泥浆而需现场配置时必须计量准确充分搅拌均匀，泥浆配比需经试验确定，泥浆中加入一定比例结合粘土 (软质粘土) 使颗粒分散度增大，可塑性增大，改善泥浆砌筑性能。

5.1.10 热硬性泥浆可先用水浸泡后再搅拌使用，气硬性泥浆应边搅边用，可密封保存二次使用，成品耐火泥浆应搅拌后使用。机具清洁是为了防止不同品种泥浆混合后产生高温时化学作用。

5.1.11 为使砌体的质量符合规范要求，在砌筑过程中应认真掌握错缝砌筑、横平竖直、泥浆饱满和成份一致的基本规则：

1 错缝砌筑为了保证砌砖的坚固，砖的排列方式应遵循内外搭接，上下错缝的原则，而且最少应错开 1/4 砖长。砖的排列应使墙面和内缝中不出现连续垂直通缝 (或称重缝)，否则将影响砌体的强度和稳定性；

错缝是为了保证炉在砌筑时成为一个整体，特别是高温时稳定性，炉子砌体中砖和砖的砌缝，除起结合作用外，还有吸收膨胀、收缩和调节制砖尺寸误差等重要作用，砌体应错缝砌筑，保证传力均匀，整体性好，高温状态下热稳定性好。由于耐火砖砌体一般是单面受热时候多，当温度超过耐火材料规定加热温度时，出现塑性不能直接传递荷重，砖墙有倒向炉内危险，热面出现这种情况后由冷面来支持荷重，保证高温状态下结构强度增大稳定性；

2 横平竖直，砌体的横平竖直能保证各部位的线尺寸准确，以满足工艺要求，所谓横平就是两块砖结合面必须水平，否则在此会产生一种推力，使泥浆与砌体分离而引起砌体破坏。所谓竖直就是砌体表面必须垂直，否则砌体在垂直荷载作用下，容易使砌体失去稳定而倒塌。

干砌砖缝不能用砌砖来调整尺寸误差，因此对砖尺寸精度要求较高，同层使用同一误差厚度的砖来调整水平度。

砌体有和物料和机械走向逆向错台时，物料会附着在砌体表面，由于砌体和物料温度较高会加速砌体磨损，影响炉衬使用寿命；

3 泥浆饱满，砖缝是砌体中最薄弱的地方，极易被炉气等侵蚀。砌体的损坏往往从砖缝开始。因此砌筑时泥浆必须饱满，没有空缝和“花脸”，使砖紧密联结成一个整体，并保证受力均匀，砌筑时泥浆的饱满度应不低于 90%，干砌时，砖缝也应被粉料填满。泥浆不饱满时，整个砌体连接强度就会降低，严重时气态生成物从缝隙中渗出。勾缝是一项比较重要工作，将砌体表面泥缝勾实勾紧，不仅增加美观，而且使泥浆压严压实，保护砌体的砖缝，提高表面密实度、气密性，勾缝应在泥浆半干状态下进行，应平整光滑无丢缝；

4 成份一致，耐火砖化学成份与耐火泥浆的化学成份应完全一致，不准任意使用，若两者的化学成份不同，在高温时相互间会发生化学作用，加速炉衬破坏，大大缩短其寿命。耐火砖和耐火泥浆工作条件相同，只有两种化学成份相同或相适应，烧结条件才能一致，避免降低炉衬的耐火度和其他性能；

5 预砌筑一般在室内坚固平整的场地进行，以免砌体下沉产生裂纹，预砌使用耐火泥浆、操作方法、质量标准和正式施工时相同，以便真实反映存在问题，预砌结果应作详细记录，对于预砌筑中所

存在问题找出解决办法。预砌筑目的：

- a 检查耐火砖外形是否满足砌体质量要求，提出耐火砖加工的依据以及各种不同偏差的耐火砖相互搭配使用情况，一些耐火材料外观和尺寸不能满足砌筑质量要求，通过预砌对耐火砖挑选加工改形；
- b 审查设计图纸和耐火砖制作是否有错误；
- c 使施工人员了解炉体结构的特点和质量要求，熟悉操作方法和施工工具的使用；
- d 检查耐火泥浆的砌筑性能和质量情况；
- e 试验新技术和新操作方法；

6 本款为强制性标准条文。在砌筑过程中操作时，泥浆干固后敲打砌体，会使砌体松动，泥浆和砖粘结力被破坏，砌体强度下降，砖缝开裂，影响气密效果；

7 砌炉墙时应均匀上砌，局部砌得过高会使局部挤出泥浆、砖下沉、砌体变形，必须留茬时应留成阶梯形斜茬，不得留马牙茬，保证灰缝饱满度；

8 砖加工面和有缺陷的表面耐火度低，不应朝向火焰，但有时受到结构限制而导致加工面朝向火焰时，加工面必须经磨平处理，必要时涂刷高温涂料。待加工的砖的长度应最大限度利用，不要将长方形砖加工成又短又小的砖，尽量保持砖的原来长度，使砌体仍保持原砖错缝位置。不应使用小于原砖长度 1/4 的砖，这点与建筑砌筑大不相同，厚度方向可以加工，但不得小于原砖厚度 2/3，主要用于水平膨胀缝处，特别注意膨胀缝处用砖不得出现混乱现象。砌筑带托砖板炉墙时，应检查托砖板安装质量和水平度，托砖板上第一层砖应保持砖层表面水平不得向炉内倾斜；

9 在此款规定中有时受炉壳几何尺寸误差限制，隔热砖和保温板之间有缝隙时可用保温板的粉料填充密实；

10 工业炉在砌筑时，砌筑材料切忌受潮、雨淋，潮湿材料砌筑后，砌体外形易走动，结构疏松。另外炉体受潮后含水量增加，烘炉时有大量水份逸出，严重时破坏炉衬结构，降低炉衬使用寿命。

5.1.12 关于砌体的膨胀缝，本条是强制性标准条文。

1 砌体受热膨胀时，依靠灰缝来补偿炉墙膨胀量是不够的，因此必须留设膨胀缝（特殊缝隙），防止炉墙受热膨胀所产生内应力损坏；

耐火材料都具有根据外部温度的变化而膨胀或收缩的性质，忽视膨胀和收缩曾发生许多事故，因此了解炉的性质以及外部条件，可以很好理解设计所规定的吸收膨胀而留设膨胀缝的重大意义；

2~8 款规定留设膨胀缝能保证炉墙在高温作用自由有效的滑动，确保墙体整体性、气密性和强度的必备条件应严格遵守。

由于炉材性质不同，留设膨胀缝数值也不一样，筑炉时应严格保证膨胀缝间隙尺寸，膨胀缝应均匀留设，膨胀缝间隙严禁小于设计尺寸，而且应该清扫干净，按规定正确留置膨胀缝，使膨胀缝正确发挥作用，否则会引起砌体变形，甚至导致破坏。炉内各部位的膨胀缝不允许降低砌体强度，而且保证气体不渗漏，为了避免冷空气进入炉内或炉内气体外逸，膨胀缝内应用放在稀薄泥浆浸过石棉绳或耐火纤维填塞。

水平膨胀缝应按设计规定部位留设，水平膨胀缝是炉墙最薄弱部位，也容易使炉墙失稳而造成蠕动或倾斜。砌筑时上下两层异形砖必须垂直平整，砌完下层砖铺上石棉绳子或耐火纤维再砌上层，上层砖砌筑要仔细，它除起到本身膨胀缝外，还要传递内外墙荷重，上层砖任何一块砖蠕动会直接影响炉墙蠕动，上层砖与填料不能太松，通常压得紧些好，否则水平缝下面墙会产生松动。

当砌体内有金属构件时应在金属构件和砌体间留设膨胀间隙，使之受热时各方向自由膨胀，否则会拉裂炉墙。

5.1.15 检查时被检查的砖缝用塞尺随机抽样，耐火砖干砌时，缝内必须以干耐火泥填满或填充规定

材料，检查数量和湿砌一样，检查方法观察检查。

5.1.16 从整个砌体而言，砖缝是透气度最大部位，为了使泥浆将砖粘结成致密的整体内衬，砖缝内泥浆必须密实饱满，故条文中对泥浆饱满规定了具体数值，泥浆饱满度用百格网测试，以百分比表示，以泥浆粘结面 3 块砖平均值计算。当耐火砖体积重量很大无法用上述方法检查饱满度时，可在施工时观察检查，泥浆饱满度在作业过程中要加强中间检查，发现泥浆不饱满应及时纠正。

5.2 炉 底

5.2.1 此条规定炉墙基底找平方法，加工砖不能违背加工砖原则，使用浇注料找平时，应和耐火砖材质一致。

炉底分死底和活底，砌筑时，先砌底后砌墙，墙压在底上，这种底称死底，先砌墙，后砌底，这种底称活底。活底维修换砖方便，最上层砖一般横砌、侧砌，与气流流动方向垂直，活底和炉墙之间应设膨胀缝并用耐火纤维填满。

5.2.2 砌筑斜底时，首先在两侧炉墙上划出坡度线，然后按线砌筑基底，基底应退台或错台砌筑，三角部分用耐火浇注料找齐，而不应该砍凿工作层耐火砖。

5.2.3 砌筑平底前，应检查基底表面水平，基底水平误差较大可用耐火泥浆找平。小型炉底可从一端开始砌至另一端，大型炉底应从中间开始，然后向两端砌筑，炉底每层砖部位要掌握水平，并遵守错缝原则。炉底砌砖时，下面砖层采用平砌，上面砖层可能时采用侧砌，侧砌砖层强度大，耐摩擦，不飘浮走动，上下两层纵向长缝应十字形对称砌筑，避免形成贯通缝，防止热量向下渗透。

砌筑反拱底前，应用样板找准弧形面，从中心向两侧对称砌筑。

5.2.5~5.2.6 两条是基本砌筑要求，最上层的炉底的结构形式与炉底的结构强度有关，而标高控制是保证炉膛或通道的高度尺寸符合设计要求的前提。

5.2.7 此条规定是防止烧嘴砌筑偏差使油气燃烧不充分，应严格控制，烧嘴砖在砌筑前应预组装，干排检查尺寸是否满足设计要求。

5.3 炉 墙

5.3.1 直墙砌筑中通常用标准砖与其配合的错缝砖即长度 $3/4$ 的砖（俗称七寸头砖），它是专为砖墙上下前后错缝而使用，砌筑直墙时，在同一砖层内，前后相邻砖列和上下相邻砖层的砖缝应交错，为了使每层砖横向竖缝错开，先砌砖层与后砌砖层必须交错 $1/4$ 或 $1/2$ ，墙角和墙的始末处必须用七寸头砖砌筑。正确的组砌方法，应保证在高温状态下有稳定性、耐久性，而且在保留上部分炉墙情况下可抽出下部分炉墙进行部分修理。

5.3.2 砖槽受拉面指砖槽冷面一侧与挂件紧靠，保证砌体在高温状态下不致向内鼓胀。

5.3.3 本条是强制性标准条文。该条取自《工业炉砌筑工程施工及验收规范》GBJ 211 第 2.2.38 条。拉杆 $3\text{mm}/\text{m}$ 弯曲取消，拉砖钩改拉杆钩更确切，表示拉杆结构的连结方式。设置拉砖杆和拉杆钩，保证耐火砖炉墙高温状态下稳定。

5.3.4 隔热耐火砖炉墙在高温下长期使用，由于升温降温反复膨胀收缩以及振动等原因，炉墙有向内倾倒趋势，每 4~5 层适当间隔设置拉砖钩，以保证隔热砌体稳定。必须重视拉砖钩直径、长度符合设计要求，拉砖钩由于受炉壁表面平面度影响，长度会不一致，需调整，拉砖钩埋设间距位置正确，不准漏埋、虚埋或埋设深度不够，造成拉砖钩在砌体受热膨胀时，脱离拉砖孔，致使向炉膛鼓胀。

5.3.5 固定穿杆穿插隔热耐火砌体有两种方法，一种先将固定杆下端插到托砖架上，其次将砖一块一块穿插好再推到固定位置上固定。另一种先将砖干摆验缝，然后将固定杆由上往下穿插到已干摆好的砖内，后一种方法较方便，但必须使固定杆插入固定套内。

5.3.6 本条对圆形炉墙砌筑作出了规定：

1 圆形炉墙炉壳中心线和半径误差符合炉内形要求，指炉壳砌体尺寸符合允许误差时，才允许以炉壳为导面进行砌筑，在砌筑过程中允许采用隔热层来调整，以保证砌体几何尺寸和表面平整；

2 圆形炉墙除有专门尺寸的扇形砖型设计外，一般用直形砖和楔形砖砌筑，多环圆形炉墙，重缝不可避免，但不能有三层或三环重缝，夹砌条子砖虽可以消除重缝，但应使用适度，否则砖缝增多，相应增加重缝的机会，两层两环重缝是允许的，但如果均匀散开墙面较为美观，重缝位置不集中在同一地点列为优良，合门砖为砌体中薄弱环节，故砌筑时合门砖应均匀分布。单环同经圆墙上下两层砖不应有重缝，重缝是薄弱点，经过通缝可能渗透炽热气体，砌筑半砖圆墙可将侧楔形砖立砌，一砖厚圆墙将竖形砖侧砌，但幅射砖应平砌。

5.3.7 形状复杂变径卧式圆形炉墙可环砌，在直径变化圆形炉墙交叉部位，因形状复杂，对嘴茬子应仔细加工，砌筑耐火砖时应特别注意，上半圆支设拱胎移动砌筑。

5.3.8 拱脚是拱顶的基础，是拱顶作用的落脚点，拱脚一般设在两侧墙顶部，并直接座落在侧墙上，故必须使炉墙上表面按设计标高找平，中心距离符合设计尺寸。

5.3.9 隔热层是浇筑料时可在耐火砖砌筑一定高度后填捣密实，可增加砌体整体性和稳定性。

5.4 拱和拱顶

5.4.1 拱胎是砌筑拱和拱顶的临时设施，拱胎是由木板条、木楞连结拱架片组成，球形拱胎由连接扇形或环形拱胎梁制成，拱和拱顶在拱胎上砌筑要承受砌体和操作人员重量，因此拱胎制作一定要选择质地较好的木材，并保证拱胎达到要求的荷载强度。

拱胎支设时应充分考虑拱胎拆除时均匀平稳，下落不破坏拱和拱顶。为了便于拆除拱胎底部应用相对木楔为拱胎支点，第一在校正拱架水平时可起调节作用，第二拆除时可退松木楔起到松架，方便拆除作用。为了使拱胎均匀下沉，拆除三排以上支柱支撑拱胎时，应先拆除中间支撑，另二排支撑应同时拆除。拱胎应均匀下落，防止拱胎倾斜上翘，破坏拱和拱顶。

5.4.2 拱脚砖砌在炉子两侧钢结构的拱脚梁上时，此种结构炉墙不承受拱和拱顶荷重作用，延长使用寿命并有利于检修和维护。

5.4.3 本条第2款为强制性标准条文。拱脚砖砌筑直接影响到拱和拱顶的稳定和强度，拱是由拱脚砖支撑，拱在高温状态下应力比常温时显著增大，拱脚砖处水平分力也明显增大，如果拱脚砖没有牢固，拱砖就会松动脱落，拱脚砖后侧和下侧传力范围内的耐火砖必须砌实砌死，不得有空隙或低于拱脚砖强度的砖。

5.4.4 拱和拱顶是炉子重要部位，砌体受力情况比较复杂，且承受火焰气流冲刷，生产时易出现漏气、窜火甚至脱落，影响炉子正常生产。高温时拱的应力比常温显著增大，由于拱的变形或变位可能引起脱落，砌拱时应严格按照规范规定进行。环拱易砌但环向易产生间隙容易脱落；错砌拱顶结构牢固，要求砖型正确和较好砌筑技术；双层复合拱常温下稳定，在高温时由于内外温差大，使拱的变形增大，可用于低温部位。砌拱时楔形砖强度高，也有用标准砖和楔形砖搭配砌筑，不得使用有龟裂和有缺陷的砖，砌拱时砖缝薄好，当天砌完好。斜拱砌筑时可将炉墙上部拱脚砖加工成斜面错缝砌筑，也可不加工成斜面，采用退台环砌，转折处“对嘴茬子”无论采用何种砌筑方法，拱肩处拱砖需仔细加工，接缝严密。

环砌拱顶所有砖环应保持平行，且与纵向中心线垂直，错砌拱顶所有纵向砖列均平直，且与纵中心线平行，目的都要使拱顶砖砌筑平直整齐，避免环缝处出现张嘴和收口时产生扭曲现象。砌体内表面平整，不错牙意味着拱顶放射缝与半径相吻合，几何尺寸正确。

5.4.5 本条是强制性标准条文。在墙上同一水平砌筑的拱的锁砖必须同时打入，如不同时打入会使拱

松紧不一致，会使拱脚砖位移。锁砖砌入顶部要避免中心是砌缝，拱曲率大时可增加锁砖数量，不用加工半块厚的锁砖，必要时可加工 2~3 块砖。

5.4.6 吊挂结构是在炉顶上部梁上连接金属挂件，挂件下端嵌在炉顶吊挂砖孔中或沟槽内或夹住砖上部突出部分，砌筑吊挂砖时应严密牢固。常用于大型复杂炉型结构，采用吊挂结构来消除耐火材料热膨胀的不利影响。砌筑时注意吊挂砖和挂件之间间隙，每边至少留 2mm，以便耐火砖受热膨胀，如果砖和吊杆配合不好，强行打入，会使吊挂砖受力部位出现裂纹，高温时会断裂或脱落，出现掉砖事故，导致炉顶窜火，伤害金属挂件造成炉顶塌落，所以必须仔细砌筑。砌砖时应仔细涂抹泥浆，应用气硬性泥浆防止泥浆脱落而引起炉内气体外漏。施工前应配砖预砌，调整间隙和吊挂件，认真认定金属挂件的安装位置，砖的吊挂部分不应有裂纹，炉子本体和吊挂砖间应有膨胀缝，并留出下部炉墙向上的间隙。拱顶内表面平整，吊挂和吊挂垫板排列整齐是保证吊挂拱顶质量基本要求。

5.4.7 砌筑有金属球壳的球形拱顶，齿榫结合砖可不加金属卡钩，无齿榫结合砖可用金属卡钩砌筑，当球形拱顶砌筑到一定高度时，每砌 5~6 块砖用金属卡钩固定在已经锁紧的砖上，另一端挂住球形拱砖并用木楔调整直至砌成封闭圆环后，拆除金属卡钩。最后一段砌筑时每块砖一个卡钩，一环一环砌，下环合门后可砌上环。无拱胎球形顶收口处合门时，应先在球顶合门处拱胎上干排塞头砖和 8 块盖头砖，仔细加工研磨后试砌，砌筑时在球顶人孔门处进行，塞头砖和四周盖头砖砌筑合门时应同时砌入砌体 2/3 深度，然后逐块轮流对称分块楔入，每次楔入深度不得超过留置长度 1/5。

无金属球壳的球形顶可支设球形拱胎后砌，砌筑拱砖应逐块用样板检查，对形状尺寸不能满足要求应加工研磨，并经预砌筑，选配砖编号，每环应按十字线对称砌筑，砌筑环数不得超过三层，每环应错缝环砌，未合门留茬阶梯不得超过三环。

球形拱顶应经常检查砌体几何尺寸和放射缝正确性，拱顶内表面不平整，出现错台，则砌体的放射缝与半径方向必然不相吻合，几何尺寸不正确，并且弧度也不会符合要求。这样将导致收口合门处出现不规则的圆形从而砖加工量大大增加。球形拱顶的合门砖处一般是该砖环薄弱环节，每环如果分布不均匀或集中在一处就会降低拱顶的结构强度。

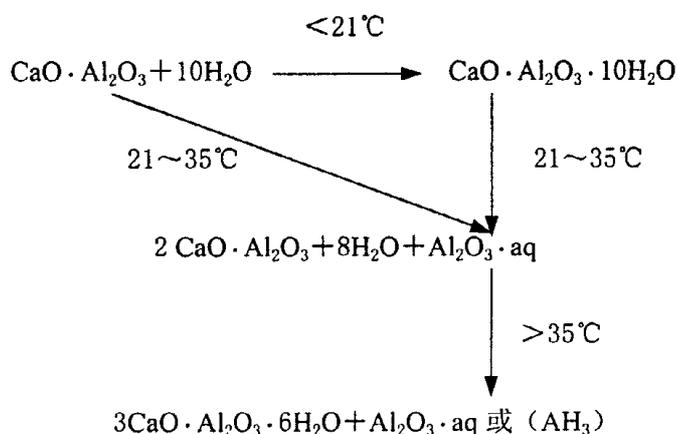
5.4.8 砌筑在拱脚梁上的拱，拉杆螺母必须确认最终紧固后，才能拆除拱胎，否则拱和拱顶会变形、松动，甚至塌落。收紧拉杆螺母时，应使拱均匀受力，拉杆两侧应逐次均匀拧紧，拉杆的水平推力使拱顶向上隆起来反映拱顶受力大小，上升距离一般为跨度 1‰~2‰为止，在紧拉杆的过程中发现拱顶两侧不对称时，将读数大的一侧拉杆临时固定，只紧读数小的一侧拉杆螺母，拉杆拉到理想读数后，保持 8 小时观察直至读数不出现大的变化时方可拆拱胎。

6 不定形耐火材料炉衬

6.1 一般规定

6.1.1 国内生产的耐火浇注料大部分为组装牌号料，耐火集料未经烘干和充分混合，使用时应充分搅拌均匀。耐火捣打料在石油化工工业炉很少使用，故未收集于本规范中，耐火涂抹料为新增内容，涂刷或喷涂在耐火砖和耐火纤维表面可提高砌体的严密性，保护纤维材料和提高抗气流冲刷能力，强化炉内热辐射性能。

6.1.2 CA-50 铝酸盐水泥（高铝水泥）以铝酸钙为主要矿物组成， Al_2O_3 含量约 50%，硬化快早期强度高，抗蚀性强。铝酸钙水化反应因水化温度不同有较大差异，CA-50 铝酸盐水泥水化反应式如下：



一般认为， CAH_{10} 和 C_2AH_8 都属六方晶体，其晶体呈片状或针状，互相交错重叠结合，铝胶又填充于晶体骨架空隙中，形成致密结构，从而使水泥获得很高强度。 C_3AH_6 和 AH_3 属立方晶体，晶体间结构结合差，故有此水化产物构造强度一般较低。

在温度高于 35°C 时，CA-50 铝酸盐水泥水化产物只能形成 C_3AH_6 和 AH_3 晶体，相对稳定的强度较低，CA-50 铝酸盐水泥烘炉前应避免在高温（ $>35^\circ\text{C}$ ）、高湿（相对湿度 $>95\%$ ）的环境下长期保管，避免水化物晶型急剧转变和吸湿，造成常温强度急剧下降，隔热耐火浇注料由于自身强度低，危害非常明显。

CA-50 铝酸盐水泥最佳养护温度 $10\sim 25^\circ\text{C}$ ，此时水化反应生成水化铝酸钙和铝胶多，常温强度高，故 CA-50 铝酸盐水泥施工环境温度在 $5\sim 35^\circ\text{C}$ 之间基本满足水化反应要求。

6.1.3 st_2 级除锈为彻底手工和动力除锈，要示钢材表面无可见的油脂和污垢，且没有附着不牢靠的氧化皮、铁锈和油漆涂层。可用手工钢丝刷除锈，表面腐蚀较重时可用电动钢丝刷除锈，也可喷砂除锈。

6.1.5 不定形材料配合比是根据工业炉生产时工作条件由设计选定，一经检验试用满足施工要求时，不得随意变动，使用时失去施工和易性已初凝的混合料不得加水或其他材料再用，应废弃。

不定形耐火材料在施工过程中严禁混入有害杂质，铝酸盐水泥耐火浇注料不能与硅酸盐水泥、石灰等能析出 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的胶凝材料混合使用，这是由于 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的作用形成含水铝酸一钙，使铝酸盐水泥迅速凝结，强度大大降低。

6.1.6 耐火浇注料分段浇筑时，接口预留一定宽度是为了减少焊接急热和防止接口变形对炉衬影响，

炉衬接口是炉衬的薄弱部位，应仔细施工，接口处炉衬浇筑和炉衬本体一致，指并非使用手工涂抹方法接口。

6.1.7 炉衬施工后应防止在炉壁上进行焊接作业，使炉衬产生裂纹，并在吊装组装时应采取措施，防止变形挤压、强震而产生炉衬裂纹。

6.1.8 耐火浇注料炉衬露天放置寒暑交替，干湿交替可使耐火浇注料强度下降，CA-50 铝酸盐水泥浇注料炉衬长期经风吹、日晒、雨淋炉衬会出现干缩裂纹，严重时会使炉衬表面粉化削弱炉衬表面强度，未加促凝剂磷酸盐耐火浇注料必须经热处理才能存放，否则易产生潮解现象。

6.1.9 浇注料成型后不得抹面，二次抹面在烘炉和生产时会脱落，造成炉衬使用时的缺陷。

6.2 耐火浇注料炉衬

6.2.1 本章主要用于以水泥水化获得强度的硅酸盐水泥和铝酸盐水泥耐火浇注料，水玻璃、磷酸盐耐火浇注料主要通过胶结剂和耐火骨料、粉料、外加剂之间的物理化学作用而获得强度的气（热）硬性材料可参照执行。

6.2.2 本条强调了强制搅拌和搅拌要求：

1 影响物料混合因素，当物料的颗粒形状近似球形颗粒，内摩擦小，在混合过程中相对运动速度大，容易混合，棱状、片状颗粒内摩擦大，不易混合，混合时间长，混合设备强制搅拌机好，滚筒式差，手工最差，轻质和致密耐火浇注料应用强制搅拌机。混合时间长混合均匀，混合初期均匀性增加很快，再延长均匀性增加不明显，混合时间过长，物料颗粒会被再破碎，一般以水泥为胶结剂 3~4min，磷酸盐、水玻璃为胶结剂适当延长，合理的搅拌顺序和搅拌量也有利于混合物搅拌均匀；

2 耐火浇注料的和易性选择一般在检验时已考虑，一经确定搅拌时不得改动用水量和其他胶结剂用量，如果发现搅拌过程中和易性变动较大，应查明原因再调整用水量和胶结剂量，以满足设计和工程要求；

3 本款为强制性标准条文。耐火浇注料一次搅拌量应根据初凝时间和施工需要确定边搅边用、少搅勤搅，失去施工和易性浇注料严禁二次加水搅拌，是保证质量的有效措施。耐火浇注料搅拌时在满足施工和易性的条件下水应尽量少，用水量多会造成粒度偏析，干燥后成为多孔组织强度降低。

6.2.3 机械喷涂时，混合料可加物料重量 3%~5%水预湿润，亦称半湿法喷涂，以粉料包裹骨料为宜，但必须边搅边用，结块物料不准使用。此条规定主要是为了减少回弹，降低作业环境的粉尘，但应严格控制加水量。

6.2.4 为了防止耐火浇注料在凝固前应有的水份过早流失而使强度下降，同时不使耐火砖或隔热制品遭水浸泡受损，必须对耐火浇注料与耐火砖或隔热制品接触面应做防吸水措施。

6.2.5 截面尺寸允许偏差引用土建支模要求，模板要牢固足以承受耐火浇注料的重量和侧压力并应充分牢固支撑，防止浇注时模板变形。可在模板上刷机油或粘塑塑料布等防粘模板措施。预留膨胀线条少用，宜在此位置分层与分块浇筑留缩缝效果好，已浇筑的耐火浇注料在凝结过程中强度未达 1.2MPa 时，不准在上面支模，防止耐火浇注料受扰动出现裂纹。

6.2.6 本条为强制性标准条文。凝结时间指浇注料从初凝到终凝的时间，从施工实践来看，混合料具有一定粘性、流动性，初凝表现失去施工和易性，终凝失去塑性，这个阶段叫水泥凝结，炉衬用手指轻轻按压表面有手印但不沾手，超过凝结时间实际上炉衬表面已经凝结开始硬化，必须留设施工缝。施工缝位置应在浇注料浇筑前确定，炉衬接口、分层或分块间隔支模接口或施工中中断浇注料施工间歇超过凝结时间时必须留设施工缝。施工缝是缩缝必须具有良好外形，并遵守错缝原则，以利高温时膨胀和收缩，接合面应是毛面以利新浇注料粘结，减少常温下干缩裂纹。施工缝不是结构缝，是炉衬薄弱部位，施工中造成施工缝应尽量少。

同品种的耐火浇注料炉衬厚度方向一次成型，不准分层施工，CA-50 铝酸盐水泥浇注料厚度超过 470mm 时可分层浇筑，主要怕厚度过大，水化热集中，炉衬表面温度高，因此，比较厚大的炉衬需加强早期养护，防止炉衬表面裂纹。

沿长度和高度方向浇筑耐火浇注料，应连续浇筑不应随意留施工缝，次层浇注料应在前层浇注料初凝前浇筑完毕。

6.2.7 耐火浇注料是整体结构没有耐火砌体的砖缝，高温下耐火浇注料内衬膨胀量比砌体大，浇注料如果没有适当的膨胀缝，会把炉衬挤裂，甚至炉体钢结构变形，必须引起注意，膨胀缝应用浸过耐火泥浆的石棉绳或耐火纤维嵌实，防止低温阶段向炉外冒烟气和火焰。

条文中所列数值为实际需留数值，一般以取全面加热时热膨胀值的 70%数值为依据。膨胀缝大小和使用温度及胶结剂和骨料品种等有关。

6.2.8 轻质耐火浇注料（含隔热耐火浇注料）一般热膨胀率和弹性模量较小，而加热后收缩比较大，除在适当位置留膨胀缝外，还应在表面留膨胀线，可减少裂纹延伸。

6.2.9 隔热耐火浇注料是由胶结剂和耐火轻骨料和外加剂组成，容重轻、导热系数小的隔热耐火材料，体积密度小于 $900\text{kg}/\text{m}^3$ ，采用手工涂抹是习惯说法，应拍打成型，不准分层涂抹，浇注料表面应用抹子抹平但不能压光，过分压光造成表面水泥浆过多，骨料下沉，易产生表面粉化和干缩裂纹，此种施工方法仅限于隔热耐火浇注料厚度 $\leq 50\text{mm}$ 的垂直炉墙可用，手工涂抹比浇注成型产生孔洞大，所以必须用力拍打，尽量一次拍打到规定厚度。

隔热耐火浇注料的隔热耐火性能与浇注料密实程度有关，操作方法直接影响浇注料密实，此法仅用次要部位。

6.2.10 轻质耐火浇注料未列在标准化分类之列，耐火浇注料仅分致密和隔热两种。轻质耐火浇注料比隔热耐火浇注料重，比致密耐火浇注料轻，体积密度小于 $1700\text{kg}/\text{m}^3$ ，有较高的机械强度（高温强度和耐磨性），热稳定性和耐侵蚀性好，在石油化工工业炉中广泛使用。

6.2.11 插入式振捣器的振捣棒的振动强度可用加速度表示，加速度与振幅和振动频率平方成正比，材料内部传递速度和振捣器作用半径距离成反比。粒度小粘稠的浇注料由于骨料不易流动，振动时衰减系数大，振捣棒应选择频率高的振捣器，材料受震时接近震源先组织致密，在同一地点振动随着时间加长而增大，振捣棒的作用半径为 30~40cm，振捣棒移动间距对于土木工程混凝土不宜大于 1.5 倍作用半径，耐火浇注料稠度大粒度小宜取 1 倍作用半径，每次振捣深度最大不超过棒长的 $2/3\sim 3/4$ ，插入下层浇注料深度 50mm 左右，振捣棒应快插慢拔慢移，振捣棒在每一位置振动延续时间应保持浇注料获得足够的捣实程度，即浇注料表面返浆，不再沉落为宜。浇注料为了不产生蜂窝孔洞，每个角落都应用振捣棒振捣密实，但过度振捣使浇注料粒度分布不均，强度降低，适度振捣，强度显著提高。

其中第 1 款，浇注料浇筑下料时，应均匀连续分层浇筑，有施工间隙时，次层的浇注料应在前层浇注料初凝前浇筑完毕，浇注料自由落下高度不得超过 1.5m 为强制性标准条文。目的是为了保证浇注料整体强度，减少裂纹。

6.2.12 机械喷涂不支模，炉衬强度高，有良好粘结性，施工速度快，但有回弹损失，喷涂前后颗粒组成不同，由于技术水平不熟悉，可能在产品上出现不均匀现象，不严格按工艺喷涂会引起分层。氧化铝空心球喷涂时回弹损失大，不应使用喷涂方法施工。在炉衬表面设置膨胀线或分块间隔交错喷涂，可有效减少裂纹。

正式喷涂前喷枪应进行试喷，调整料和水比例，检查混合均匀程度，达到喷涂面上不出现干料和流淌，水过少时回弹料将增加，水过多时，喷涂料易流淌。为了使喷涂料喷射到受喷面紧密粘结，应选择合适的喷涂工艺参数，喷嘴操作压力常以喷涂罐本体上压力为准，未投料无负荷的情况下 0.1~0.25MPa，投料后升高 0.2~0.5MPa，此表的压力根据材料的比重，料管长度和高度有所不同，

操作手必须掌握最适宜的喷嘴压力，以达到优良喷涂体。喷嘴和施工面 1mm 左右是喷嘴圆周运动的合适距离，喷涂压力过小，会引起喷涂料在喷射中下坠，喷涂压力过大，回弹损失也大，因此必须在 1mm 左右调整压力，使喷嘴料流量和加水量连续均匀，只有罐体连续均匀送料，才能保证用水量连续均匀，压力和喷嘴到施工面距离合适才能得到良好喷涂体。

喷涂质量的好坏取决于耐火材料、喷涂工技术水平和作业计划，合适的喷涂材料，熟悉喷涂技术和优化的作业计划，就能得到良好喷涂体。

喷涂体应一次喷完规定厚度，不要分层喷涂，指在初凝时间内次层覆盖前层。接缝必然是裂纹，在厚度方向绝对不允许出现接缝，接缝最好留在膨胀线处，由于不可预见的原因引起施工中断也必须作垂直切断接缝，不准作斜面缝，双层炉衬遵守错缝原则留设。

喷涂作业一般自下而上进行，也可由上而下进行，但必须及时清理沾在炉壁和锚固钉上回弹料，喷涂应分段连续进行。注意喷嘴方向防止锚固钉阴影处产生孔洞，喷涂较厚炉衬时应先将锚固砖固定，喷涂时不要因锚固砖遮挡而形成死角。修整时以锚固砖或与内衬弧度一致样板为基准削除整形。

喷涂作业用水量比浇注时少，硬化速度快，发热温度高，因此容易产生内部压力过大而引起裂纹。在喷涂体终凝时应雾湿养护，硬化有强度时喷水养护，以保持炉衬表面不发干，养护至没有水化热时可减少浇水次数，直至保持 24h。

6.2.13 耐火浇注料的养护是为了凝结和硬化，从而获得初期强度，耐火浇注料养护制度与胶结剂种类有关。

水泥为胶结剂的耐火浇注料是水硬性的，常因早期脱水而发生表面“起皮”现象，为此浇注料成型凝结后应及时养护，CA-50 铝酸盐水泥浇注料成型后，水化热 80%集中在 10 小时内释放，在气温较高时，如果得不到及时养护，易使浇注料内部产生裂纹，同时也影响铝胶在水泥颗粒和骨料周围均匀分布。为防止早期脱水，引起碳化，使水泥石表面粉化或起砂，施工厚大炉衬更应注意。因此，CA-50 铝酸盐水泥耐火浇注料成型后 24h 内应潮湿环境养护后方可自然养护。CA-60 及以上铝酸盐水泥配置的耐火浇注料凝结后可直接通蒸汽进行养护，也可在潮湿养护但养护时间要适当延长，一般为 3d，潮湿环境养护后可自然养护。

水玻璃、磷酸盐耐火浇注料是气硬性或热硬性材料，加促凝剂后应在自然状态养护不能浇水，最好在干燥空气中养护，必要时可提高温度，尤其是水玻璃耐火浇注料在成型 48h 内严禁遇水，因遇水会发生表面粘软现象，降低强度。水玻璃耐火浇注料强度增长在硅胶脱水过程中产生，在潮湿环境下水玻璃被浸析脱水困难，水玻璃耐火浇注料在 15~25℃条件下自然养护至少 7 天，磷酸盐耐火浇注料如不加促凝剂均需热处理后才能有强度。在常温下不硬化或硬化很慢，有时存放期间内也有潮解现象，应在干燥环境下养护至少 3d，为了施工和使用方便，需加促凝剂使之在常温下硬化获得足够强度，一般至少 1d 自然养护。

耐火浇注料养护除遵守本规范规定外，尚应符合材料生产厂的施工说明书的养护要求。

浇注料养护期间不得受力和震动，主要指浇注料终凝后，强度发展初期强度低不足以抵抗外力和震动，会产生裂纹。

6.2.14 本条是强制性标准条文。工程试块是评定耐火浇注料质量的保证项目，浇注料试块养护和炉衬施工条件一致，混凝土工程中现场试块要求标准条件养护，试块在 20±3℃水中养护，现场条件难以达到所需温度，耐火浇注料主要测定高温性能，故筑炉工程未作此要求。

6.2.15 耐火浇注料在高温下工作，精心施工是必要的，由于浇注料有较高强度和脆性，一经发现缺陷，修补后很难保证原来炉衬质量。一些轻微干缩裂纹和气孔是允许的，轻质耐火浇注料孔洞直径和深度小于 10mm 不处理。对于深度大于 10mm 孔洞可用水玻璃泥浆或磷酸盐泥浆填塞，设计有特殊要求除外。较长的干缩裂纹常在炉衬接口施工缝处，由于接缝施工时预湿不佳、接合处粘结不牢、养护

不及时或长期风吹日晒会在接缝处产生干缩裂纹，一经发现慎重处理，必须要处理时应用磷酸盐或水玻璃泥浆填塞，并且只能评为合格工程。

6.2.16 炉衬内表面具有良好形状和尺寸误差，它是反映浇注料质量的重要指标，浇注时予以保证，质量标准允许偏差参照本规范耐火砖炉衬允许偏差制定，按《工业炉砌筑质量检验评定标准》GB 50309进行质量评定。

6.2.17 由于耐火浇注料是脆性材料，炉衬变形肯定会造成裂纹，变形裂纹是粉碎性，网状交叉封闭的裂纹时应按 6.2.18 方法处理。

6.3 耐火可塑料炉衬

6.3.1 耐火可塑料应优先选用机械捣打，手工捣打仅用在不能机械捣打的部位。风镐使用压缩空气压力不小于 0.5MPa，冲击频率宜 1100 次/min。

6.3.2 锚固件使可塑料和炉壳及钢结构间牢固连接成整体，更重要的是非金属锚固件和可塑料炉衬共同作用可提高炉体使用寿命，安装锚固件一般要与炉壳和钢结构连接牢固，并使它与耐火可塑料紧密接触，否则会失去锚固作用，甚至锚固件周围冒火烧坏锚固螺栓或钢结构。锚固砖内表面有凹凸形状增加与可塑料接触面积，使强度稳定气密性提高，施工时可用和锚固砖形状相同木模打入可塑料施工面，形成凹凸面，然后再嵌入锚固砖，捣打木模和锚固砖时应轻轻捣打中间，其中第 4 款，锚固砖捣打时应用胶质（木质）手锤捣打，是强制性标准条文，防止锚固砖被金属工具直接捣打产生裂纹甚至损坏。手锤捣打时，不要打两端，减少锚固砖（木模）前后跳动而中间变高，锚固砖也就不会稳定固定。

6.3.3 捣打方向必须垂直于施工面，且捣打方向要与炉衬受热面平行，这样可减少炉衬分层现象。当炉衬较薄或炉底不好与受热面平行时，才可垂直于受热面捣打。

6.3.4 耐火可塑料炉墙一般不支模捣打，捣打后炉衬比设计尺寸厚时应及时削去多余部分，炉顶和开孔处应支模捣打。根据结合剂种类、气温和湿度条件，可塑料应自然干燥一段时间后脱模，拆模过早会在锚固砖受力处产生裂纹，当气温在 25℃ 左右时，磷酸盐结合的可塑料以自然干燥 48h 后脱模为宜，硫酸铝和结合粘土的可塑料以自然干燥 72h 后才可脱模为宜。有的点火前模板都要留在原来位置。

6.3.5 铺置耐火可塑料料坯应根据机具能力而定，但每层不能超过 60mm，层与层之间必须错缝，捣打时锤头移动距离应使其重合 1/2 或 1/3，并应充分捣打，使结合面趋于消失，否则可能产生料坯之间滑移现象，使内衬失去整体性和密实性，捣打要均匀密实，捣打面应平整，捣打密实一层后才能铺下层料坯。如遇施工间隙要用塑料布将捣打面覆盖，防止脱水，如时间较长应将捣打面脱水层削去或喷雾化水湿润再继续施工。

6.3.6 烧嘴和人孔部位工作条件恶劣，形状复杂，为了保证可塑料质量，应按规定要求捣打，支设拱胎应略小于设计尺寸以便修整。

烧嘴和孔洞处也可全支模捣打，但必须拱胎充分加固，捣打时任何方向不得活动。

6.3.7 炉顶和侧墙施工不同，必须安装模板，常用吊挂式模板，模板和锚固砖间应有间隙，否则造成吊挂件松动，锚固砖荷重也就不均匀。锚固砖与上吊梁间应打入楔子临时固定，仔细填塞料坯，捣打后再撤掉木楔。炉顶捣打时由于是水平方向捣打，打击力小，坯块间粘结力可能薄弱，必须仔细捣打，炉顶捣打后一般不修整，仅内衬比锚固砖下表面突出 15mm 以上才修整，但拆模后必须用钢丝刷扒毛并开透气孔。炉顶“合门”宜选在水平炉顶段障碍较少位置，可支模捣打，也可不支模由下往上分层捣打。

6.3.8 可塑料炉衬修整时致密光滑的工作面应用铁丝刷扒毛露出内部气孔，以便在干燥和烘烤过程中水份能顺利排出。还要用 $\phi 4 \sim 6$ 铁丝在垂直工作面上开排气孔，孔的深度衬体厚度 1/2 或 2/3 之间，

排气孔能缓冲衬体因急剧升温而产生膨胀和收缩，使炉墙深处的蒸汽容易排出，不能忽视。可塑料炉墙上设置膨胀线可使可塑料因残余收缩大而引起的裂纹和由于炉子反复升温降温所引起的裂纹都集中在膨胀线位置，使整个炉衬减少裂纹。

可塑料工作面处理是一项十分重要工序，包括修整、扒毛、开设排气孔、切割膨胀线，这些工作最好与捣打工序平行开展，如表面变干可喷雾化水润湿后再进行工作面处理。

6.3.10 可塑料养护是炉衬能否成功的条件之一，为了避免可塑料干燥脱水，随着施工进行内衬必须要用塑料布覆盖，以保持表面润湿状态，点火前炉衬表面干燥时应喷雾化水进行润湿，渗入气孔内部，否则炉衬表面显著脱水，蒸汽难以排出。气硬性的可塑料大多用水玻璃或磷酸盐作胶结剂，由于粘结剂向表面转移形成表面碱化现象，在干燥加热时，可能妨碍蒸汽排出，所以烘炉前最好进行喷雾化水润湿，冬期施工可塑料不允许受冻。

可塑料可直接烘炉烧结，如不能及时烘炉时应在干燥环境养护，不得雨淋受潮。可塑料在 110℃ 大多数游离水排除，以 40~55℃/h 升温速度达到操作温度，并保持可使可塑料表面形成稳定陶瓷结合。

6.3.11 可塑料内衬出现裂纹，在烘烤前必须按规范规定进行修补，否则无法弥补，形成永久性缺陷。

6.3.12~6.3.13 炉衬质量验评方法见《工业炉砌筑工程质量检验评定标准》GB 50309 相关部分。

6.4 耐火涂抹料涂层

6.4.1 耐火涂抹料是由细骨料和结合剂组成的混合料，其含水量和其他液体量一般要比耐火泥浆高，以手工（刷子或滚涂）涂抹或喷涂施工，使用时呈膏状或浆状。使用耐火涂抹料大致有二种情况，第一使用部位温度较低，常用耐火涂抹料作室外防火层。第二经常用耐火涂抹料作涂层，以保护原来衬体。根据使用目的不同，耐火涂抹料可分保护涂料、高温节能涂料等。

保护涂料涂在砌体的表面，其主要作用为提高砌体的严密性，以防止冷空气侵入炉体或炉内气体外窜而使炉温降低，防止燃气的窜漏而形成局部燃烧等不正常的现象。

高温节能保护涂料在使用温度较高和有特殊要求的部位，主要目的保护炉衬在高温下不受火焰和尘埃的侵蚀，提高热辐射能力，延长炉衬使用寿命。

手工涂抹工具简单适应性强，效率低，劳动强度大。滚涂时粘度不能过高，过高会影响涂料的流平性和涂料平面度，滚涂每次蘸涂料不宜太多，防止引起流挂，耐火纤维炉衬宜采用喷涂法施工，保持炉衬不被拉毛。涂装环境直接影响涂装质量，适宜温度 13~30℃，但不得低于+5℃，相对湿度不宜大于 80%，遇雨、雾、雪、强风不宜室外施工，不宜在阳光暴晒下施工。

6.4.2 涂料一般用水玻璃溶液调制，应在使用前 0.5~1h 内制备好涂料，不宜过早调制，因涂料长久放置在空气中会降低粘性，事先调制必须保存在密封容器内，成品涂料应二次搅拌均匀再用，因粉料易沉淀在装桶底部。

6.4.7 耐火涂抹料涂层均匀颜色一致，无针孔、气孔、流坠粉化和破损现象，涂层总厚度是保证质量的关键，涂层总厚度决定了使用效果，造成涂层厚度不够的原因有设计规定不明确，施工检测控制不严，涂料产品质量问题，如固体含量太低等。涂装遍数指涂层表干（阴干）后涂刷次层的遍数。

6.4.8 耐火涂抹料应在常温下自然干燥，也可进行烘干，其温度 100~120℃，时间 12h 左右。

6.5 钢烟囱和烟道耐火浇注料内衬

6.5.1 石油化工工业炉钢烟囱和烟道为一个分部工程，工程量较大，常用隔热耐火浇注料，可用卧置分瓣手工捣制方法施工，按炉衬倾角小于 60° 部位，沿长度方向浇筑。

6.5.2 大直径钢烟道和烟囱分段内衬时，为了保证接口尺寸，应采取加固措施，如焊钢管十字撑等。

6.5.3 内衬在轴线方向和每段端口接茬部位应按施工缝处理，内衬外形应用满足内衬内表面弧度样板

找平，并用手提式振捣器震实。浇筑前钢烟囱和烟道应用枕木垫平，较长的钢烟道和烟囱应多设垫点，以保证器壁不产生变形和扭曲，刚度较差的应加固避免吊装时出现裂纹。

7 耐火纤维炉衬

7.1 一般规定

7.1.1 本条的不定形耐火纤维是指不定形耐火纤维浇注料及散棉和结合剂组成的耐火纤维喷涂料。不定形耐火纤维浇注料以支模浇筑为主，隔热层可用手工涂抹。耐火纤维及制品常用有硅酸铝纤维、氧化铝纤维、莫来石纤维、氧化锆纤维，有些品种目前尚无国家标准和行业标准，但应满足设计要求。

国内多采用非结晶态纤维，熔融喷吹生产，在高温下会发生方英石结晶，温度愈高，再结晶过程加快，会使纤维收缩，脆化粉化。多晶氧化铝和莫来石纤维是采用胶体法生产纤维，然后经 1100℃ 煅烧而成，性能优越可延缓再结晶过程，耐火纤维可制成绳、带、毡、毯作为工业炉衬。

耐火纤维是低热导率和低热容优良隔热材料，这主要是耐火纤维由固态纤维和空气组成混合结构，气孔率 90% 以上，具有一定抗气流冲刷性能，毯可承受 10m/s 气流冲刷速度，耐火纤维热化学稳定，合成高纯耐火纤维可用于可控气氛的炉内，耐火纤维柔软，有弹性，抗热冲击，耐急热急冷性好，能承受机械震动，且节能效果十分显著。

7.1.2 目前常用高温粘结剂有磷酸、硅溶胶和水玻璃三个系列，由于无机粘结剂的常温粘结性能差，所以必须加入少量有机聚合物，如聚乙烯醇、糊精、聚合铝等，这样可增加常温粘结力以便施工，而有机物在高温下自行烧掉。

对耐火纤维高温粘结剂要求粘结力强，在常温下有粘结强度，硬化速度要适应施工要求，在高温下具有一定抗拉强度，有良好热震稳定性，耐剥落和抗震性，对耐火纤维不产生腐蚀，不得带进使纤维莫来石结晶的 Na、K、Fe 等离子析出，否则纤维过早粉化，寿命大大缩短，粘结剂的使用寿命不能低于耐火纤维的寿命。结合剂和粘结剂性能相似但不加粉料。

7.1.4~7.1.6 耐火纤维炉衬受雨淋会变形塌落，模块安装时炉内不得电气焊作业，焊渣飞溅到炉衬纸板内会引起火灾，炉顶纤维喷涂时，应避免外力震动，减少坠落可能。

7.2 层铺式耐火纤维炉衬

7.2.1~7.2.2 锚固件是支撑耐火纤维毯不脱落的固定结构，锚固件不同材质具有不同耐高温等级，严禁越级使用。耐火纤维毯刚性差，锚固钉的焊接位置必须正确，锚固件的间距合理布置，保证层铺式耐火纤维牢固性，特别是边缘处锚固件尺寸不宜大于 75mm，防止耐火纤维毯下坠，造成空隙影响使用效果。层铺式结构耐火纤维的损坏主要是锚固件损坏和布置不合理造成。

锚固件无论采用何种固定方式，均是将一端有螺丝的固定螺栓焊牢在炉壳上，配合快速卡子，固定垫圈，最后用螺母固定。

耐火纤维毯采用干法加工工艺，不加或稍加结合剂制成的制品，针刺毯是采用针刺工艺，即通过带有倒钩的针在纤维表面上下勾刺而制成，与其他耐火纤维制品相比，它的柔韧性和回弹性好，强度高，抗风蚀性强，热收缩小。

7.2.3 耐火纤维毯应紧贴基层表面铺设，才能保证耐火纤维炉衬质量，下料尺寸应比实际使用时至少大二个厚度，保证接缝处有余量以备压缩，如厚度 10mm 层铺式耐火纤维毯对缝连接时，待相邻纤维毯固定后，再将 600mm 宽的纤维毯两边压缩至 580mm 宽的位置上，利用耐火纤维毯弹性挤紧接缝，以免受热收缩。拐角处耐火纤维毯下料尺寸比实际尺寸大 100mm，安装后多余部分剪去。

耐火纤维毯炉衬结构一般由隔热层和纤维毯复合组成，由于纤维毯在厚度方向是多层叠合，平面方向是多块纤维毯拼接，因而对接缝处要求是内外层应错缝 100mm 以上，里层可对缝连接，面层接

缝应是搭接或重叠，其搭设长度 100mm 为宜，以此来防止热炉气进入较低的隔热层内，搭接方向应顺气流方向，不得逆向，搭接处应用高温粘结剂粘牢。

耐火纤维在拐角处连接是比较重要的，要相互交错，以防止炉衬出现通缝，如果连接不严密，会影响炉衬寿命。拐角处的铺设方法有交错式、迷宫式、圆角式和重叠式，迷宫式在承受高温发生收缩，容易产生缝隙，而圆角式铺放困难，最好有 1~2 层采用圆角式，而其余几层采用迷宫式。

7.2.4 本条第 2、3 款是强制性标准条文。耐火纤维毯用螺母锁紧转卡压盖或瓷杯固定时表面应作适当保护性处理，以免锚固件暴露在炉膛中，尤其对腐蚀性炉子保护措施更为重要。

7.2.5~7.2.6 采用大尺寸的针刺毯容易达到质量要求，耐火纤维表面破损时应用耐火纤维毯复补，新毯尺寸必须保证有 4 个锚固钉，并涂刷粘结剂粘结，局部破坏局部修补，将损坏部位纤维毯成矩形锥状里小外大切割，按错缝原则修补，锚固件损坏时应补焊锚固件。

7.3 叠砌式耐火纤维模块炉衬

7.3.1 叠砌式模块比层铺式炉衬表面强度较高，抗风蚀性好，炉衬抗气流冲刷速度小于 15m/s，耐火纤维模块安装较牢固，但施工没有层铺方便，纤维收缩倾向较小，但热导率比层铺式大 20%左右，故需相应增加炉衬厚度，使用温度比层铺式可高 50~100℃。

7.3.2~7.3.3 模块工厂化制作，纤维毯折叠成风琴状，并按 20~35%预压缩捆包并加装组合件，由模块组合件和炉墙上锚固件连结，炉墙锚固件是支撑结构，一定要焊牢并满足间距偏差要求，才能保证模块安装紧密。

7.3.4 模块无论采用单向排列方法和拼花式方法，安装都必须保证没有窜气缝，特别注意模块非折叠方向必须用纤维毯对折压缩挤紧，以补偿高温状态耐火纤维收缩，拼花式模块由于尺寸误差，十字缝处窜气缝不可避免，施工时应用耐火纤维毯与粘结剂填塞紧密。

模块安装时应先安装燃烧嘴砖、视孔砖，安装应从下向上按设计规定的方向、型号逐排对号入座，中心孔吊装式模块需用特制的专用扳手，将螺母沿导向管拧于螺栓上。在炉顶和炉墙拐角应先安装炉顶模块再安装炉墙后二排，在炉顶安装时，应将中间盖板安装就位后与炉顶同时安装，炉顶模块安装从炉顶四周向中间逐排安装，不规则的模块可切割加工保证边角平直。

拍打目的使表面平整，横平竖直排列整齐，接缝严密，拍打前模块表面可喷雾状水润湿。

7.3.5 本条是强制性标准条文。模块间应挤压紧密，模块的严密性是保证炉壁无热点的重要管理内容。

无论是熔融硅酸铝纤维还是结晶质耐火纤维高温下热收缩总是存在的，即使采用预压缩方法，也很难保证在热应力作用下绝对不发生纤维制品之间的开裂现象，遇到这类情况应采取接缝填塞或局部修补，修补时用薄钢片插入接缝使之扩展，将耐火纤维毯对折涂上粘结剂塞进接缝，再拍打严实。

7.4 不定形耐火纤维炉衬

7.4.1 不定形耐火纤维炉衬是近年来开发的新一代耐火纤维制品，新的筑炉技术目前有纤维喷涂和纤维浇注料，两种炉衬整体性好，克服了传统的纤维毯及模块制品不可被避免的接缝及因高温收缩而形成窜气缝，降低使用效果和使用寿命，同时该材料抗气流冲刷能力强，尤其是纤维浇注料同硅酸钙板一样，有一定强度，又有纤维特性。

7.4.2 耐火纤维棉为膨胀棉，膨胀棉为喷吹法生产，为了避免耐火纤维卷起影响质量宜用短纤维，纤维长度不宜大于 25mm。

7.4.3 本条规定纤维喷涂的技术参数，喷嘴离施工面距离远，喷涂炉衬疏松、容重轻；喷嘴离施工面距离近，炉衬密实、容重大；结合剂少疏松，结合剂多密实。

7.4.5 本条第 5 款是强制性标准条文。耐火纤维喷涂不需支模，喷射到炉墙上形成无缝的整体炉衬，

由于技术不熟悉，可能会造成喷涂体密度不均匀，且回弹大，熟悉喷涂操作可得到优质的喷涂体。

正式喷涂前应进行试喷调整纤维和结合剂溶液比例，并制作工程试块（或衬体上切割），检查体积密度等技术指标是否符合设计要求。耐火纤维喷涂应分段分层由上至下喷吹，以利成型和成品保护。为了防止坠落，炉顶喷吹时，用干燥的耐火纤维和较稠结合剂，且在层间加装快速夹子和缠绕耐热钢丝，并压至纤维中，至少在不同材质之间和离表面 30mm 处缠绕钢丝，以保证炉顶不塌落。喷射时，应作片状鱼鳞式层层喷吹，切忌打补丁式集中在一处馒头状喷吹，容易造成喷涂体密度不均匀和锚固钉处由于遮挡形成孔洞。接缝应掌握错缝的原则，可作成直缝，但隔热层和耐火层接缝应错开不小于 100mm，继续喷吹时接缝应用结合剂润湿，表面应找平，适当压实，但不抹面。为了保证炉衬结构牢固，避免锚固钉过热，钉头保护层不小于 20mm。

7.4.6~7.4.8 双层结构的纤维浇注料，里层可采用手工涂抹、拍打成型的方法施工，当锚固钉采用可装卸式组合件时也可支模浇注。成品纤维浇注料使用前应二次搅拌，面层支模浇注时，背衬宜采取防吸水措施，防止背衬受潮和面层失水。支模浇注时接缝处可作成直缝，垂直于炉墙。

耐火纤维浇注料拆模时间因胶结剂和填充料而异，应满足材料生产厂要求，原则上，硬化时能保持一定几何尺寸时才能拆模。

7.4.9 不定形耐火纤维炉衬形成后切忌雨淋，采用热硬性结合剂需烘炉。

7.4.10 本条为强制性标准条文。耐火纤维喷涂试块尺寸 100×100×20（mm）取自耐火材料检验标准《普通硅酸铝耐火纤维毯加热线收缩试验方法》GB/T 3005 规定。耐火纤维的导热系数是炉衬性能的重要数据，体积密度能体现导热性能，合理的体积密度和控制喷涂体密度均匀是十分重要的。

7.4.13~7.4.14 厚度检查方法用 ϕ 4mm 的探针尺量检查，每平方米取间距不小于 200mm 的 6 处检查。

不定形耐火纤维炉衬应形成致密平整表面，但不准加浆抹面。

7.4.15 不定形耐火炉衬烘炉后有裂纹是正常的，大于允许的裂纹需修补，修补时应用结合剂预湿接缝，用同种材料填缝，缺陷修补按 6.2.18 条规定执行。

7.5 贴面式耐火纤维炉衬

7.5.1 耐火纤维毡是将纤维棉加入少量有机粘结剂或耐热无机粘结剂，经成型制成板状制品，比毯稍硬，具有适宜的柔软性，分半硬平板和硬质平板，常用于旧炉衬的节能改造和作为炉衬表面隔热保护层，可直接粘贴在经除锈的炉壳表面，也可为增加粘结强度将钢板网点焊在炉壳上，再粘贴耐火纤维毡。

平贴式易产生耐火纤维分层，对于有一定气流冲刷的场合不适用，通常做法是立贴式，粘贴时基面和粘贴面两个面均应涂刷粘结剂，并手工拍打贴牢，平贴式最好用木棍滚压紧密，耐火纤维粘结拍打不牢，则在毡与毡之间或毡与砖之间留有气泡，烘炉时气泡膨胀将纤维鼓开甚至脱落。平贴式耐火纤维毡大小以 400×400（mm）方块为好，尺寸过小接缝多，尺寸过大不易贴牢，容易产生局部脱落，立贴式应采用拼花式排列，注意十字缝处不能有窜气缝。

7.5.2 粘结剂质量，粘贴牢固，无窜气缝是保证质量关键，应重视。

8 冬期施工

8.0.1 本条是强制性标准条文。冬期施工期间划分原则是，根据当地气象资料，当室外日平均气温连续 5d 稳定低于 5℃ 或者低温降到 0℃ 及以下，即进入冬期施工，当室外日平均气温连续 5d 高于 5℃ 时解除冬期施工。水泥作胶结剂的浇注料在 5℃ 环境中水化作用非常缓慢，即使 CA-50 铝酸盐水泥在 5℃ 以下，铝胶量形成较少，水化铝酸钙也少，强度增长慢，在气温下降时容易使炉衬受冻害。在低温条件下砌筑，耐火砖泥浆饱满度和外形尺寸不易保证，当气温低于 0℃ 时，对工业炉砌筑最为不利，砌筑泥浆时砖会迅速冻结在砌好的砖层上，耐火泥浆冻结会降低砌砖质量，砖缝中水份受冻体积膨胀，因而破坏了砖缝，降低砌体的强度，在烘烤和加热过程中，泥浆融化，并可能部分从砖缝中淌出，造成砖缝中泥浆不饱满。水玻璃耐火浇注料，施工环境温度高低对水玻璃与氟硅酸钠之间反应有明显影响，温度高反应快，凝结时间短，温度低于 5℃ 反应几乎停止，耐火浇注料很难硬化。冬期施工是工程质量事故多发季节，制定好冬期施工措施，并落实是保证质量的关键。

炉衬筑炉完毕尚不能烘炉投产时应及时采取烘干措施，保证炉衬内游离水排除干净，只有此时才可不继续保持 5℃ 以上。

8.0.3 为了保证物料的出罐温度，优先考虑水加热，但应控制温度，以免发生假凝现象。水泥不准加热，其他材料可以预热至 0℃ 以上，但不准用明火加热。骨料可放在蒸汽排管上加热，允许骨料加热温度不得高于 30℃，加热时温度最高限值也是为了防止浇注料中水泥出现假凝现象，从出罐到浇捣后养护均不得低于该物料炉衬的施工环境温度。

冬期施工一般浇注料搅拌时间比常温延长 50%，一般不超过 5min，搅拌宜在暖棚中进行，运输过程中应采取保温措施，减少热损失。

8.0.4 喷涂施工时对料管、水管等均应进行保温措施，减少热损失，防止受冻。

8.0.5 浇注料冬期施工养护温度应保持在正常施工环境温度，除 CA-50 铝酸盐水泥耐火浇注料外可采用蒸汽养护，采用蒸汽养护时应控制温度在 $80 \pm 5^\circ\text{C}$ ，升温速度控制在 $10 \sim 15^\circ\text{C}/\text{h}$ ，不超过 $20^\circ\text{C}/\text{h}$ ，降温速度不大于 $40^\circ\text{C}/\text{h}$ ，时间 1d，冬期施工浇注料不应有失水现象，应及时洒水养护。

8.0.6 冬期施工记录是交工资料的必备文件，必须有专人负责，认真做好该项工作。

9 工程验收与烘炉

9.0.1 交工资料是施工单位在施工过程中形成的技术资料，是工程竣工档案的一部分，必须及时填写，系统完整，数据准确，并有可追溯性。

工业炉分项工程质量检验评定必须分保证项目、基本项目、允许偏差项目，并按《工业炉砌筑工程施工及验收评定标准》GB 50309 规定评定，石油化工专业炉筑炉工程除遵守本规范共同规定外，尚应符合专业炉的特殊要求。

9.0.2 烘炉是投产前一项重要工作，其作用主要是排除炉衬中水份，同时炉衬得到焙烧而获得一定强度形成整体，正确烘炉可提高炉子的使用寿命，否则水份排不出去，将导致炉衬剥落，甚至爆裂事故，烘炉前必须制定完整的烘炉方案，具备条件方可进行。

根据工程建设和生产过程中所处不同阶段，在工业炉筑炉后不能立即投产时宜进行烘干，使整个工业炉内温度达到并保持在 110°C ，达一周左右时间，以干燥炉衬的游离水份，避免工业炉在冬期期间内受冻害。

9.0.3 耐火浇注料必须经养护后才能烘炉，目的是使水化物经烘烤很快转变成 C_3AH_6 和 AH_3 晶体，铝酸盐水泥水化只需要本身重量 20% 左右的水，为了施工需要加入不与水泥起反应的适量水，游离水经过 110°C 后基本排除，结晶水在以后加热过程中逐渐排除， $300\sim 350^{\circ}\text{C}$ 大量脱水，一般在 $510\sim 550^{\circ}\text{C}$ 排除完。