

第21章 砌体的修理

曾 正 明

所谓砌体，是指用砖砌筑起来的物体的总称。例如用耐火砖砌筑的炉底、炉墙、炉顶、烟道等，都叫做砌体。后来，凡是用耐火混凝土、耐火可塑料和耐火喷涂料等施工的炉体，虽然不是用砖砌筑的，也沿袭砌体的叫法。

耐火砌体是工业炉的主要组成部分，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的或动的负荷，而耐火砌体还要抵抗高温的作用，遭到炉渣的侵蚀、炉料的磨损以及炉气的冲刷。同时，耐火砌体多为单面受热，容易引起耐火材料的不均匀热膨胀。这些破坏因素在砌筑炉衬时，都必须予以考虑。

第1节 炉子基础

基础位于炉子的最下层，是炉子地面以下的承重结构。它承受炉子上部结构（包括工作物料）传下来的全部荷载，并将这些荷载传递到地基上去。由此可见，基础起着承上启下的作用。因此，没有一个具有足够强度和稳定性的基础，就不能保证炉子上部结构的坚固耐久。

一般说来，炉子基础的作用有二：一方面是承受整个炉子的重量不致下沉或倒塌；另一面，防止炉底受潮或遭受地下水的侵袭，保证炉子正常工作。炉子基础所受的压力并不大，对一般工业炉来说不超过0.1MPa。

（一）基础划线

炉子基础划线，是按照炉子的基础图进行的。按照图纸上的尺寸下线定位，确定炉子的炉前、尾部以及在车间的位置。

当进行基础划线时，必须注意下列事项，

1) 下线时通常以车间轴线来定位。一般在图上都注明距离某一轴线的尺寸、方向及角度大小。

2) 把土建施工完的炉体基础检查一遍，看看是否符合规定的偏差。一般大型炉子都有混凝土基础、壳体和骨架，在土建施工时已经确定了炉子的具体位置，应再复查校对一下是否正确。

3) 按照炉子平面图标注的尺寸和图纸上炉子的纵横中心线与某一轴线的关系，找出炉子中心线。

4) 根据炉子的中心线、喷嘴中心线，在高度方向上测出两点，用红色漆做出标记，作为放线、吊线的依据。

5) 没有固定中心线的圆筒形砌体，只测出十字线。

6) 标高是按照炉子立面图和剖面图的尺寸进行测量。 ± 0 标高有两种：其一是以车间钢轨表面为 ± 0.00 标高（相对标高）；其二是以海拔标高（绝对标高）的某一个高度定为 ± 0.00 。

测量标高时，要标注上所测标高的具体数字，以米为单位，防止砌筑时弄错。测完后作好记录。

7) 炉底划线是根据测量的标记进行放线的，一般用墨斗弹线。铁板上的墨线看不清时，可用红粉或白粉弹线。首先应根据测量出的中心线标记弹出中心线，再根据炉底的长、宽尺寸，量出外围边线尺寸，用墨斗弹线。炉底的上表面标高用墨线弹出，然后根据图纸尺寸，一层一层往下返，最好每一层都弹上控制线，便于炉底砌筑时找平。如果炉底是倾斜的，则根据倾斜的角度弹出斜线。

8) 边墙划线是在炉底砌筑完毕，清扫干净以后，根据上面的标记将测量的中心线，用线锤吊在炉底上，弹上中心线。根据平面图上的尺寸量出四周边墙线的尺寸，并用墨线弹好。如果墙的厚度没有变化，而且四周又有铁皮，可将此线弹在铁板上，

砌筑时随时用拉线检查墙面。

圆弧形炉墙应按尺寸做好弧度板，利用弧度板将弧度线划在砌筑好的炉底上，以此线为准砌筑墙体。熔炼室的划线要以炉子纵中心线、横中心线及装料门坎水平面为基准。

在划线之前，必须详细检查炉子外壳结构的实际尺寸、中心线的位置及标高是否符合砌砖图纸的要求。

烟道转角，通常在图纸上标出中心线相交尺寸的内角，没有标出墙面相交尺寸的，先弹出两条相交的中心线，如图21-1-1所示。然后量出内空尺寸，并弹出墙边线相交于 a 点和 b 点，边线相交的位置就是转角位置。

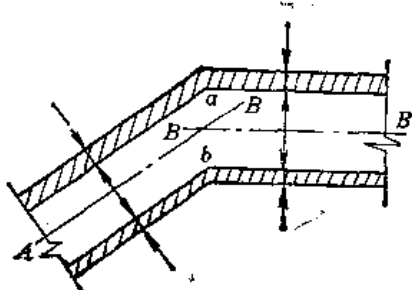


图21-1-1 烟道转角画线

(二) 修建炉子基础

对一些重量不大的小型炉子，如室式锻造加热炉和箱式热处理炉等，当然不必另建炉基。但在新建重量较大的小型炉以及中型和大型炉时，必须要打好炉基。

根据炉子的大小和土质的好坏，炉基应因地制宜地采用不同的材料和结构来砌筑。

1) 较小的炉子可以采用灰土基础，如连续式加热炉的炉基可用7份泥土和3份石灰拌匀后分层夯实做成，每层厚约150mm，按炉子大小可采用一层、二层或三层。

2) 较大一点的炉子，可用红砖或块石砌筑。用块石时有灌浆法和刮浆法两种砌法。灌浆法就是往坑下分层填置大小不一的石块，每层厚约250mm，各层用锤头捣紧，缝隙用细碎石填满后再灌入稀泥浆。刮浆法则用砍得较为平整的块石用于法砌成，缝隙也应以碎石和灰浆灌满。刮浆法比灌浆法结实。

3) 绝大多数大中型炉子都采用混凝土或钢筋混凝土修建基础，因为它既结实又抗压。

在修建炉基时应注意下列事项：

1) 混凝土任何部分的温度都不得超过 300°C ，否则混凝土就会变质而压坏。因此，当炉底直接建筑在混凝土上时，要在炉底与混凝土之间用隔热材料隔开。对于温度较高的炉子，要把炉底架空起来，靠空气冷却基础。

2) 炉基必须是整块，不允许有断裂现象，而且应避免将炉子与烟囱、厂房支柱以及其它设备放在同一个整块的基础上。否则，会由于基础受力不同而引起不均匀下沉，使基础开裂或设备倾斜。建在房架基础时，应在两者之间打入排桩加固。

3) 基础的底部应在地基的冻土线以下，以免天气寒冷使基础破坏。若在车间内，则深度可以不必太大。

4) 炉子基础应尽可能地建在地下水水平面以上，以免由于地下水的侵入而损坏基础的强度。如果象烟道、换热器等炉子的个别部分必须要建在地下水水平面以下时，一定要有防水沟或防水层等严密的防水措施。

5) 轻质耐火砖和硅藻土砖不能与地下土壤直接接触。

可见，在修建炉基时，首先应进行实地调查研究，查明当地的土质、冻土线、地下水位等情况，这样才能切合实际地做好基础的建筑工作。

第2节 砌砖的基本规则和方法

耐火砌体的坚固和耐久，即是使用寿命的长短主要取决于两个因素，即正确的选择砌筑材料以及砌砖的工作质量和细致程度。

正确的选择材料，就是使每一座炉子及其各部分都采用最为坚固的材料，但这仅仅是保证质量的一个方面。如果材料的选择是正确的，而砌筑质量很差，就可能引起炉子过早的损坏。所以说，炉子的使用寿命如何，也同样取决于筑炉工的技术素质这一重要因素。

(一) 砌砖的基本规则

对砌筑一般工业炉，其要求很多，主要有以下两个方面：一是砌体砌好以后不能有内外串通气体；二是物质在熔融的状态下，通过静压的作用不得渗透砌体。为此，对工业炉耐火砌体的基本操作

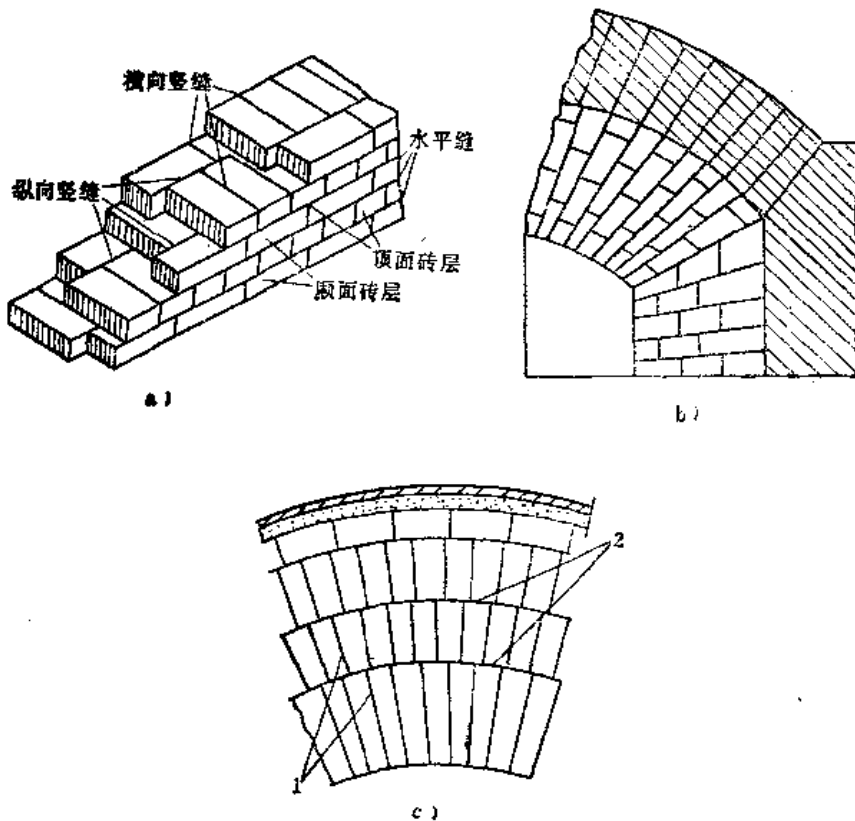


图21-2-1 错缝砌筑

a) 直墙错砌 b) 拱顶错 c) 圆墙错砌

要求是错缝砌筑、泥浆饱满、横平竖直。具体来说，在砌筑工业炉炉衬时，必须掌握下列基本规则：

- 1) 砌砖不应产生通缝，必须严格错缝砌筑，以提高砌体的强度，并保持其气密性。
- 2) 砖缝应以耐火泥浆填满，不许有没填满泥浆的空隙。干砌时应以耐火粉料填满，使耐火砌体成为一个整体。
- 3) 砌砖的横平竖直是保证各部位的线尺寸准确，以满足生产工艺要求，同时横平竖直能保证稳定和均匀地承受上部重量。
- 4) 砌筑耐火砖时，所用耐火泥浆的化学成分要与其相适应。
- 5) 缺棱掉角的或经过加工的砖面，不应朝向炉膛或是与炉气接触的地方。
- 6) 禁止直接在炉体上砍砖。砌耐火砖时，宜用木槌找正。
- 7) 不用受潮的耐火材料和隔热材料，禁止向砌体上浇水。
- 8) 炉子若无外壳，则红砖砌体的外部表面必须勾缝。

(二) 砌砖方法

耐火砖的砌法有干砌和湿砌两种。砌砖过程中不是用加水调制的泥浆使砌体结合，而是用干粉来填塞砖缝，称为干砌。如抗水性差的硅砖、镁砖和镁铬砖均采用干砌。

在砌砖过程中用耐火泥浆填塞砖缝，称为湿砌。如耐火粘土砖、高铝砖或是有煤气通过的地方，均采用湿砌。

1. 湿砌的挂浆方法

耐火砖体湿砌时，一般有3种挂浆方法：

(1) 沾浆法 砖缝要求在1mm以下的，特别精细砌砖采用这种方法。把砖浸入稀泥浆槽，沾满泥浆，取出后放在砌体上，用手压紧，然后用木槌敲击打紧，见图21-2-2。由于采用这种方法砌筑的砌体表面脏，吸水量大而很少使用。

(2) 打浆法 用大铲将泥浆在砖的几个面上打平后，放到砌体上，然后用木槌打紧。这是最常用的砌筑方法，其操作顺序见图21-2-3。

(3) 挤浆法 在已砌好的砖层表面铺上一薄

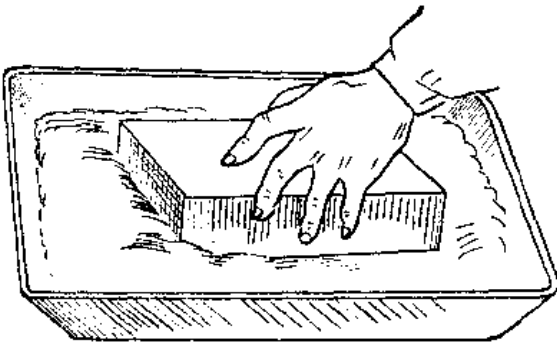


图21-2-2 沾浆法砌砖

层泥浆，将砖沿泥浆推动，部分泥浆在填满砖缝后被挤出缝外。这种方法用来砌筑炉底等看不见的部位，其速度较快。挤浆法的操作顺序见图21-2-4。

2. 砖缝厚度

砖缝是砌体最弱的地方，它的强度总比压制和烧结良好的砖薄弱。因此，在砌砖过程中，必须注

意砖缝的质量。

(1) 砖缝厚度的确定 砖缝厚度应当符合图纸或技术规范的规定。但当炉子砌砖的砖缝厚度未作规定时，可根据炉子的不同部位和工作条件，参照表21-2-1和表21-2-2来确定砖缝的厚度。

(2) 砖缝厚度的检查 砌体的砖缝厚度和泥浆饱满程度应及时用塞尺检查。塞尺宽15mm，厚度等于被检查的砖缝厚度。如果相应塞尺伸入砖缝的深度不超过20mm，则该砖缝即认为合格。

检查砖缝厚度时，应在每5m²的表面上用塞尺检查处数，比规定砖缝厚度大50%以内的砖缝，不应超过表21-2-3中的规定处数。

3. 冬季砌砖

当空气温度低于零度时，对工业炉的砌筑最为不利。在这样的温度下泥浆易冻结，而用泥浆砌筑的砖就迅速地冻结在以前砌好的砖层上。耐火泥浆的冻结会降低砌砖质量，因为这时砖缝中的水分体

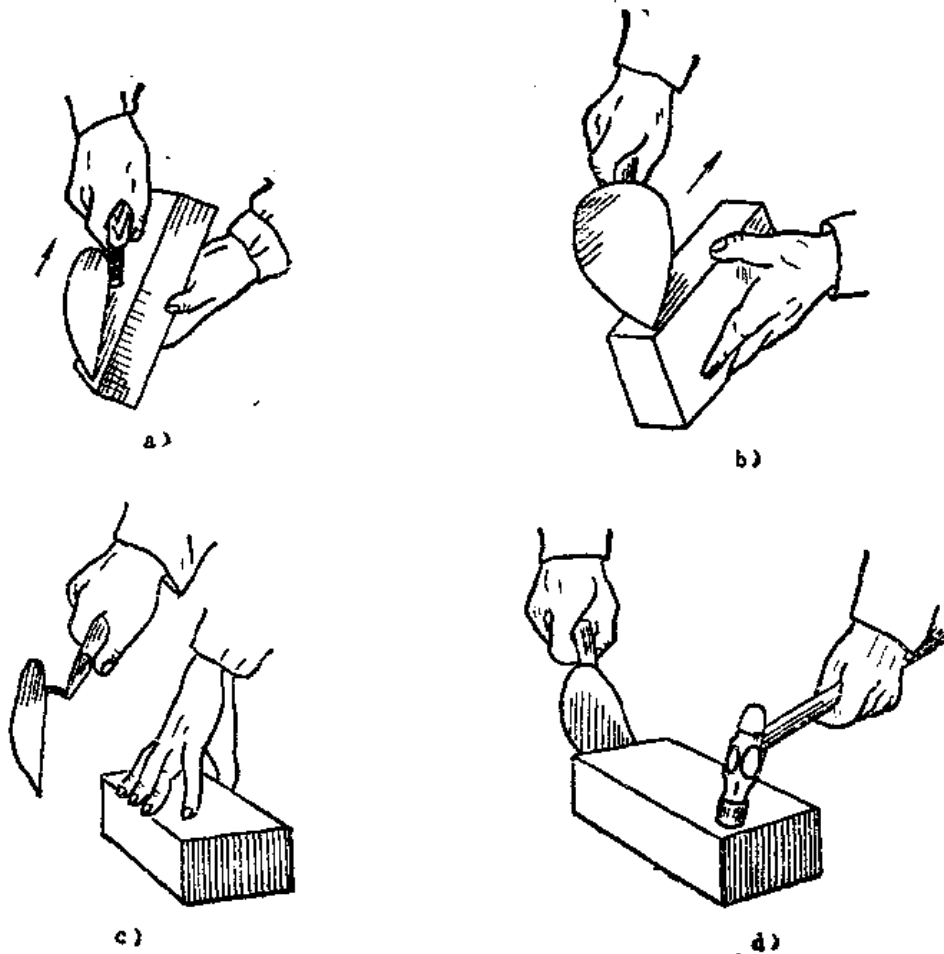


图21-2-3 打浆法砌砖

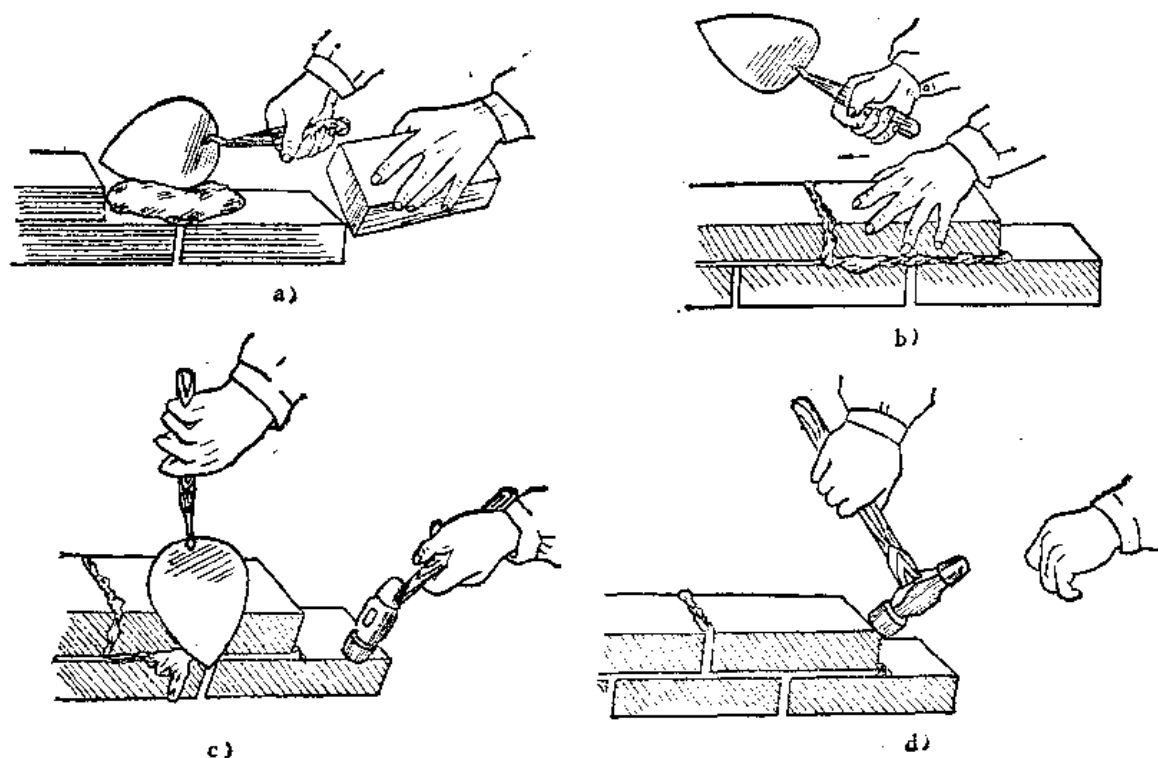


图21-2-4 挤浆法砌砖

表21-2-1 根据工业炉使用条件规定的砖缝厚度

砌砖等级	砖缝厚度 (mm)	使用部位的工作条件	应用范围
特别精细砌砖 I类	1	炉衬与熔化金属、盐类和炉渣接触的地方；炉内气压超过0.04MPa的部位；加热温度超过1400℃的炉顶；跨度大于4m，炉温超过1300℃的炉顶；不用炉罐与可控气氛（渗碳）直接接触的炉衬	冲天炉的熔化带和炉缸；前炉内衬；电弧炉炉墙；盐浴炉炉衬；加热炉炉顶；无罐多用炉内衬；钨丝炉炉膛
精细砌砖 II类	2	炉内气压为0.01~0.04MPa，遭受炉料磨损作用；出现炉渣以及炉温达1300℃的部位	加热炉和热处理炉的炉顶、炉墙和炉底；各种燃烧室
普通砌砖 III类	3	炉子没有熔化金属、炉渣和炉料磨损的地方；炉温不超过1200℃，且气压不超过0.01MPa的部位	加热炉和热处理炉炉底的底层砖和烟道；各种管道的衬砖
粗糙砌砖 IV类	4	炉子不遭受炉渣侵蚀和炉料磨损作用的部位	各种炉子的拱顶及炉墙的保温层和封闭层；烟道的底和墙
硅藻土砖和红砖砌砖 V类	5 硅藻土砖	炉温不大于600~700℃的部位	烘干炉的拱顶和炉墙
	8~10 红砖		炉子外部砌砖，拱顶为5~8mm，炉墙和炉底为8~10mm

表21-2-2 机械工厂常用工业炉的砖缝厚度

炉子种类	砌砖部位	砌砖等级	允许最大砖缝 (mm) 不大于
火焰加热炉和热处理炉	炉膛炉底	Ⅱ	3
	烧嘴、喷嘴	I	1
	镶砖炉底	Ⅱ	2
	炉顶和拱	Ⅱ	2
	换热器和烟道	Ⅳ	4
一般电阻炉	轻质粘土砖砌体	Ⅱ	2
	硅藻土砖砌体	V	5
无罐密封多用炉	炉膛全部	I	1
电极盐浴炉	炉膛全部	I	1
冲天炉	预热带	Ⅱ	2
	熔化带和炉缸	I	1
前炉	炉膛全部	I	1
电弧炉	炉底炉墙	I	1
	炉顶	Ⅱ	2
钨丝炉	炉膛全部	I	1

表21-2-3 塞尺检查不超过处数

砌砖等级	检查要求	不超过处数
I类砌砖	5 m ² 表面检查20处	4处
Ⅱ类砌砖	5 m ² 表面检查10处	4处
Ⅲ类砌砖		5处
Ⅳ类砌砖		5处

积膨胀,因而破坏了砖缝,增加了气孔率,并降低了砌体的力学强度。在烘烤和加热过程中,泥浆溶化,并可能部分地从砌体的砖缝中淌出,以致造成某些砖缝中的泥浆不饱满。

在《工业炉砌筑工程施工及验收规范》中明确规定:冬季砌筑工业炉,应在采暖的建筑物或暖棚内进行。砌筑工业炉时,工作地点和砌体周围温度均不得低于+5℃。砌筑用的材料应保持零度以上。砖和预制品应在砌筑前预先加热至零度以上。在砌筑时,耐火泥浆的温度不应低于+5℃,而砂浆不应低于+10℃。

正如“规范”中所规定,禁止气温在+5℃以下砌耐火砖。因此,在冬季当气温低于+5℃时,

砌筑耐火砖的工程只能在关严的并有采暖措施的厂房内进行。如果砌筑的炉子位于厂房外或者厂房过大,以致很难实现采暖措施,那么就在炉子的周围设置临时装置,围住施工地点,使其不受外部空气的侵袭。

在暖棚内调制泥浆时,最好调制温热的泥浆,为此,用加热到60~80℃的水来调制耐火泥浆。调制红砖和硅藻土砖用的泥浆时,加入泥浆内的砂子也应预热。还要特别要注意受冻的耐火砖,如长期存放在露天或冷库内的耐火砖,必须事先运到修理现场,待砖解冻后方可使用。

在暖棚内砌筑的炉子,砌砖结束时应当烘干。在烘烤结束前,不允许拆除暖棚,否则留存在泥浆中的水会冻结,并可能重新产生不良的后果。当温度在零度左右,而又没有暖棚时,只允许进行红砖和硅藻土砖的砌筑,且只允许用于要求不太重要的部位。

冬季施工的耐火混凝土,可采用加热的方法养护,经常采用低温烘烤,保持一定的温度以防冻结。对硅酸盐水泥耐火混凝土,其加热温度不得超过80℃。矾土水泥耐火混凝土的加热温度不得超过30℃。水玻璃和磷酸盐耐火混凝土的加热温度不得超过60℃。采用此方法养护,各种耐火混凝土中均不应另加促凝剂。

4. 砌砖注意事项

砌砖时无论采用哪种方法,都必须注意下列事项:

1) 砌筑时要学会选砖。选砖,主要是用眼睛观察,操作时把砖块拿起,在手中翻跳,检查砖面,观察外形、颜色,把烧结良好的无缺陷的砖块,摆在正手端面,砌在炉膛里面。

2) 砌砖必须跟着准线走,俗语叫“上跟线,下跟楞,左右相跟要对平”(见图21-2-5)。就是说砌砖时砖的上楞边要与线约离1mm,下楞边要与下层已砌好的砖楞平,左右前后位置要准,上下层砖要错缝,相隔一层要对直,俗称不要游顶走缝。

3) 砌在墙上的砖必须放平,且砖缝不能一边厚,一边薄而造成砖面倾斜。当砌完每层砖后要看它是否平直,砖缝是否均匀一致,有无高出、低洼、拱出或凹进准线的现象,有了偏差要及时纠正。

4) 当墙砌到一定高度时,要用托线板全面检查一下垂直度及平整度。在砌筑过程中要随时注意头角的垂直和平整,发现问题及时检查纠正。

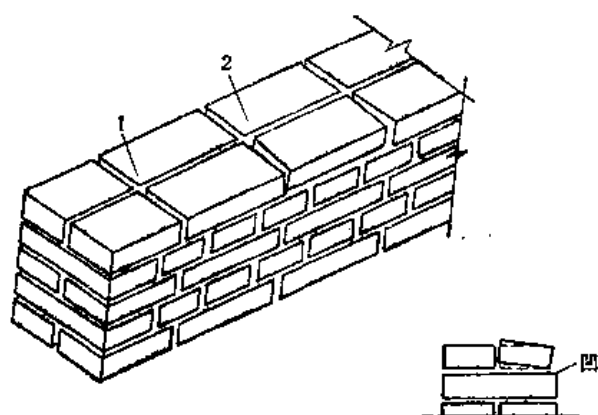


图21-2-5 砖面上棱对接平正

1—砖面对接平正 2—砖面对接不平

5) 砌好的墙不能砸。如果墙面有鼓肚，用砸砖调整的办法是不好的习惯。因为泥浆与砖已粘结牢，甚至泥浆已凝固，经砸后粘结力被破坏，墙就不牢固。如发现墙有大的偏差，应拆掉重砌才能保证质量。

6) 砌砖除懂得基本的操作外，还要在实践中注意练好基本功，掌握操作要领。砌筑中应从严格要求，养成良好的砌筑习惯。此外，砍砖要注意砍得整齐和准确，泥浆要随拌随用。注意墙面清洁，不要污损墙面，这样砌出的墙才会整齐美观质量好。

5. 砌砖检查方法

工业炉的砌砖应具有平整的表面，并保持水平和垂直。

砌砖的水平是指每一层砖均处于同一水平面内。为了保持砌砖的水平，必须从炉底第一层砖起就开始找平，可用泥浆或砂浆来找平。如误差较大时，也可将第一层砖进行加工，使上部砖层的砌筑保持表面水平。

1) 检查砌砖层的水平：可用水平尺检查。其

方法是，在墙上设木靠尺，靠尺下面放两块同样厚度的木垫板或金属垫板，水平尺即放在木靠尺的中央，见图21-2-6。如水平尺的水泡位于中央，即可认为水平。否则，用薄垫板调节至水平。然后测量砌砖上部至靠尺间的距离，来确定砌砖层水平的误差。根据误差，可在砌筑后一层砖时再找平，即在较低的地方砌较厚的砖，而在较高处砌较薄的砖。

2) 检查砌砖的垂直度：可用托线板（又称靠尺板）和线锤检查。若托线板中心的垂直墨线与线锤线重合时，即认为垂直（图21-2-7）。如发现托线板下端的线锤与托线板的墨线不一致，则说明砌砖不垂直。如线锤往里偏，表示砌体向内倾斜。反之，线锤往外偏，表示砌体向外倾斜。如误差不大，且砖缝内的泥浆还未硬化时，可作适当的调整。

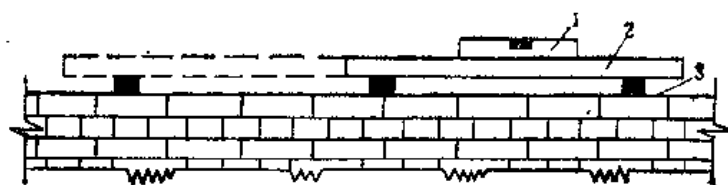


图21-2-6 检查砌砖的水平

1—水平尺 2—靠尺 3—垫板

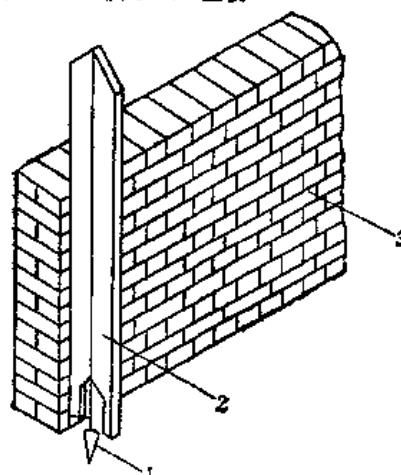


图21-2-7 检查砌砖的垂直度

1—线锤 2—托线板 3—砖墙

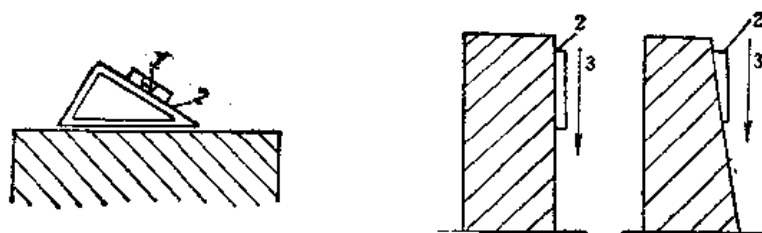


图21-2-8 检查砌砖的倾斜度

1—水平尺 2—靠尺 3—线锤

否则必须拆除重新砌筑。

同样，可用线锤和样板检查墙的垂直或倾斜角（图21-2-8）。

（三）炉墙的砌筑

炉墙的砌筑采用错缝砌法，为了使每层砖的横向竖缝错开，先砌的砖层与后砌的砖层必须交错1/4或1/2，墙角或墙的始末处必须用3/4长度的砖砌筑，见图21-2-9。

纵向竖缝的交错（产生于一块半砖以上的砖墙）是用顶砌和顺砌砖层互相更换的方法达到的。如果在一层内的砖是顶砌，则与其邻近的上下层的砖就应顺砌。

砌体的厚度一般以砖尺寸的倍数为单位，如一砖厚的炉墙、一砖半厚的炉墙等。一般半砖为116mm，一砖为232mm，一砖半为348mm，总之是116mm的倍数，依此类推。这样在炉子施工中可大大减少砖的加工量，既砌筑方便，又保证质

量。

图21-2-9表示半砖、一砖、一砖半、两砖厚的炉墙的砌筑方法：

1) 半砖厚的墙完全用顺砖砌筑。横向竖缝的交错是上下层砖移动半块砖，即错开1/2半砖厚的墙较少，只有烟道和设备内表面衬砖等处采用。独立的炉墙至少要用一砖厚，否则墙的强度不够。

2) 一砖厚的墙用顶顺砖砌筑。横向竖缝的交错是使上下层的顶、顺砌砖层错开1/4砖。

3) 一砖半厚的墙用一列顶砌、一列顺砌的砖来砌筑。横向竖缝的交错是使顺砌的砖列对着顶砌的砖列错开1/4砖。为了使纵向竖缝交错，顺砌层和顶砌层要交替进行砌筑。

4) 两砖厚的墙采用一层是由两列顺砌的砖和它们中间的一列顶砌砖，另一层由两列顶砌砖砌筑。横向竖缝的交错，在同一表面的砖层移动1/4砖来达到竖缝的交错。而纵向竖缝的交错是两列顶砌与两列顺砌加一列顶砌的砖，依次交替地进行砌筑。

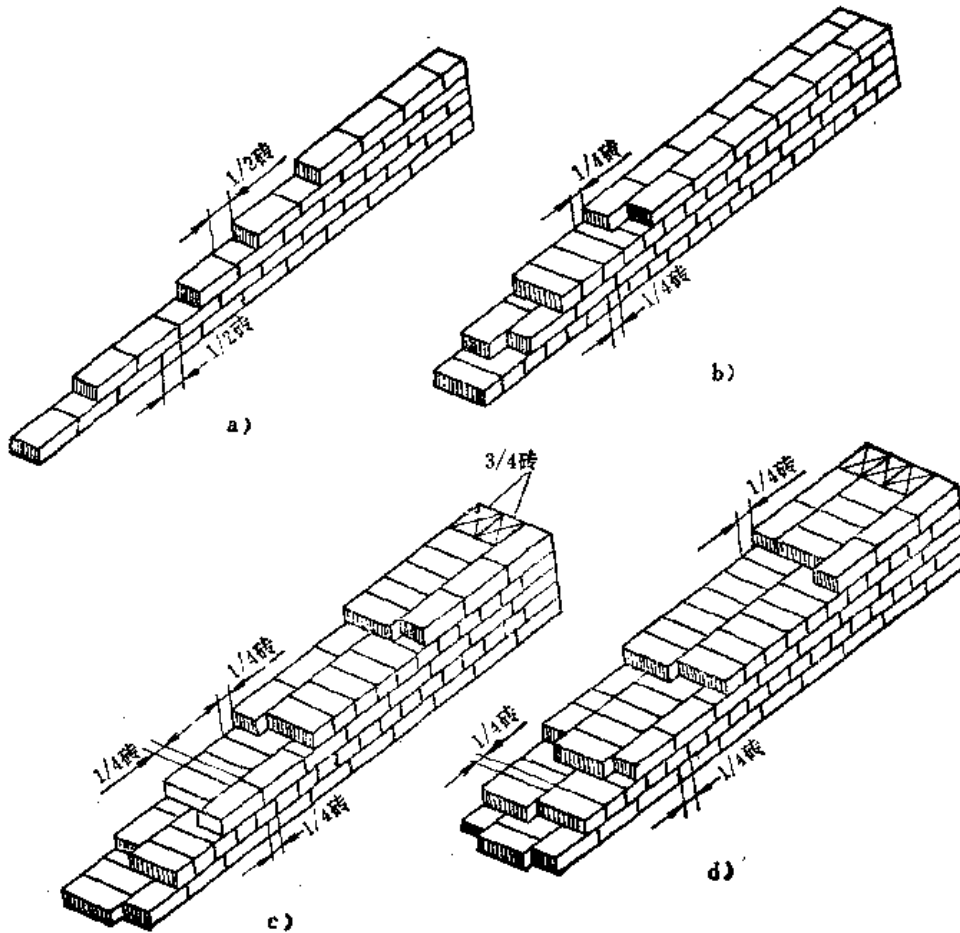


图21-2-9 墙的错缝砌法

● a) 半砖墙 b) 一砖墙 c) 一砖半墙 d) 两砖墙

为了使砖层错开 $1/4$ ，在顺砌砖层一端的第1块砖，必须采用标准砖长度 $3/4$ 的砖。

每垛墙在砌筑第1层砖时，一般都采用顶砌，并必须从右端开始按顺序进行干砌——排砌，必要时调整砍削找砖（即加工成小于整砖的砖），然后按照一定的顺序将砖取下，重新按原顺序用泥浆砌筑。通过干砌，如需要大小不等的找砖时，它的砌筑位置一般应安排在左端的第2块砖位，或是支架立柱间断处的第2块砖位。找砖的长度不应小于砖长的 $2/5$ ，也不应大于 $4/5$ 。如发现超过 $4/5$ 长度时，可采用加砌一块顶面砖的方法来纠正。

炉墙砌砖应平整、垂直，而且砖层必须成水平。为了保持砖层的水平，墙的直线部分按照沿着砌砖边缘拉紧的线绳（粗 2mm 左右）进行砌筑，见图21-2-10。线绳的两端各缚在一枚钉子上，钉子插入砖墙转角的砖缝内。两端墙角的线绳用薄铁皮托起，再用一块砖压平。砌砖时，必须使墙面与线绳平行一致。墙面不得碰线绳，要离开 $1\sim 2\text{mm}$ 。如遇砖墙过长，而线绳下垂时，可用与砖层同样厚度的砖块搁于长度的中间部位，将线绳搁在砖块上。

标杆是为了控制砖层一定厚度而设立的。标杆上刻制每层砖的实际厚度（包括砖缝），安置于墙体的端部。施工经验表明，在砌筑大型工业炉时，以此保证砌砖层的正确是非常有效的方法。

控制砖层的另一种方法，也可利用工业炉的钢架立柱，将砌体砖层的正确厚度，标记在钢架立柱上，以代替标杆，既方便又省力。此外，还可以配置一定数量长约 $0.7\sim 0.8\text{m}$ 的木直尺，尺上作出砖层厚度标记，供随时检测，既灵活又方便。

对于一般炉墙，砌墙的垂直误差每米高度不应超过 3mm ，全高不超过 10mm 。墙的水平误差每米长度不应超过 3mm ，全长不超过 8mm 。炉内的墙面局部不平处应不超过 $\pm 3\text{mm}$ ，可用 2m 木靠尺和楔形塞尺来检验。

在砌墙过程中如有停歇，或砌砖有暂时性的阻碍时，不允许留垂直的插口。在这种情况下，应将砖层砌成阶梯形的退台或探出形的错台，如图21-2-11所示。退台是用由下至上逐层后退的方法进行砌砖，而错台则是由下至上逐层突出的方法砌砖。

以后再继续砌砖时，必须仔细地进行堵砌。

如果炉墙是用两种或两种以上的砖砌筑时，例

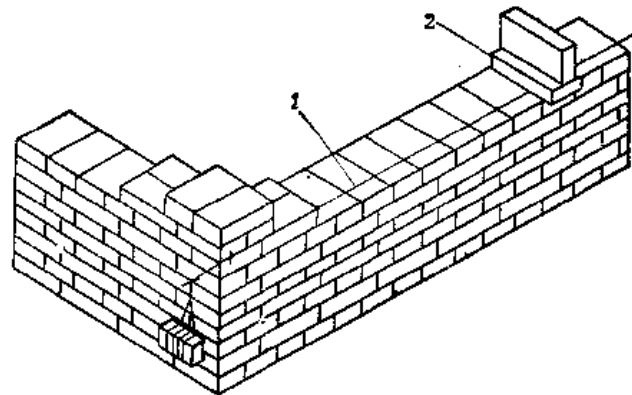


图21-2-10 按照线绳进行直墙砌筑
1—线绳 2—砖块

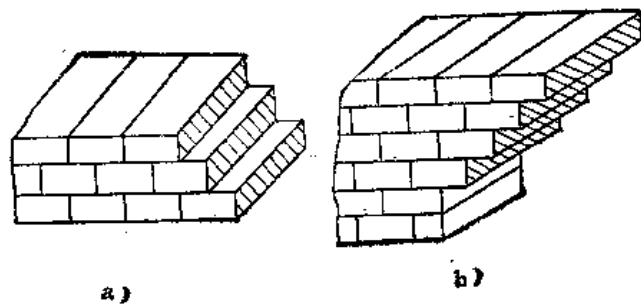


图21-2-11 退台和错台
a) 退台 b) 错台

如耐火砖和红砖墙，有时两墙中间砌有隔热砖，那么这些墙的每一种砌体都必须单独地砌筑，犹如一堵单墙。为了防止分离和保持炉墙的稳定性的，当墙高超过 1.5m 时，每隔 $5\sim 8$ 层，在砌砖层相重合的地方，要进行内外墙互相拉固的砌筑法，即将耐火砖长度的一半插入红砖或隔热砖层内，以保持炉墙的整体性和稳固性。有时采用锚固件（铁扒钉）埋置在砖缝内防止塌落，铁扒钉固定在钢架上（图21-2-12）。

当耐火砖与红砖相邻砌筑时，砌砖尺寸应以耐火砖为准。

实践证明，承受高温的炉墙当其高度或长度较大时，要保证有足够的稳定性。增加稳定性的办法是增加炉墙的厚度或用金属锚固件固定（图21-2-13）。

1. 喷嘴砖的砌筑

喷嘴砖安放的位置应严格按照图纸进行，因为该砖放置是否正确，直接影响炉内的火焰位置、气流方向及热量分布，对工件加热质量有很大影响。

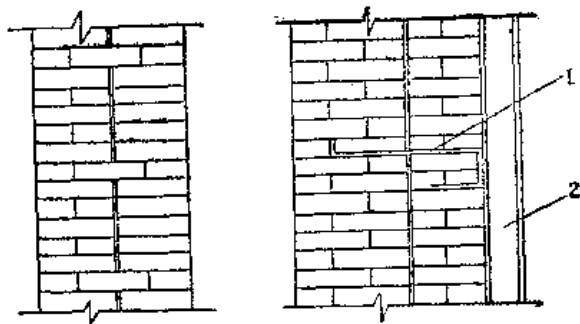


图21-2-12 单独垂直墙交错砌法

1—锚固件 2—钢架

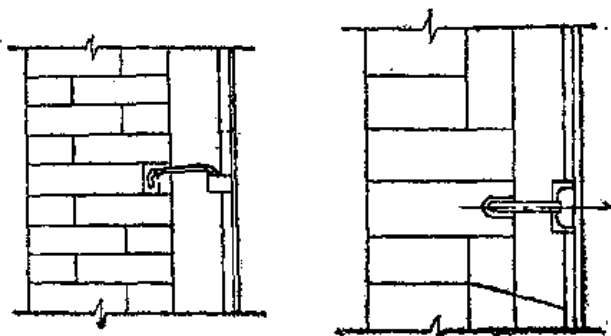


图21-2-13 炉墙拉钩结构

喷嘴砖一般由几块组合而成，在砌筑时，几块砖上下左右一定要对齐，砖缝要饱满勾好。如喷嘴砖与炉墙成角度放置，则先按角度做好样板，然后再用样板将喷嘴砖的角度找好。

喷嘴砖的中心线必须与金属燃烧器的中心线重合（图21-2-14），不得有丝毫偏差，更不能先砌喷嘴砖后安装燃烧器，因为这样容易出现中心线不对的毛病。喷嘴砖与炉壳石棉板必须靠紧压实，不能有任何间隙，而且要注意点火孔对准金属喷嘴板上的点火孔。

砌筑喷嘴砖时，最好在它的上面铺放一块强度高的大板砖（图21-2-15），使其独自存在，不承受上面砌体的负荷，且便于维修更换。

2. 圆形墙的砌筑

常见的井式炉、冲天炉、电弧炉等的砌体，均属圆形墙。

圆形墙的横向竖缝叫做辐射缝；纵向竖缝叫做环缝（一般出现在墙厚一块半砖以上的砌体）。圆形墙的错缝规则与直墙的错缝相同。见图21-2-16。

砌筑圆形墙时应用异形的弧形砖、扇形砖或楔

形砖。

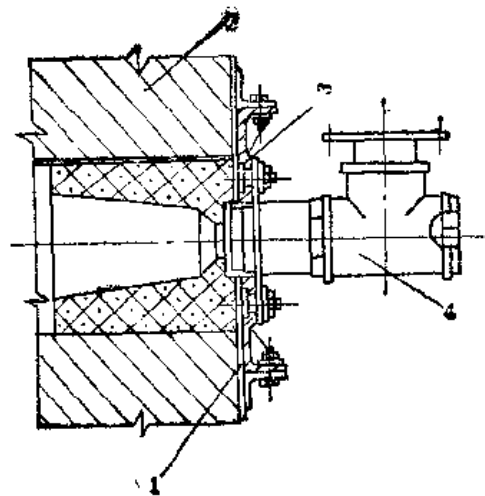


图21-2-14 燃烧器与喷嘴砖同心

1—底板 2—炉衬 3—喷嘴砖 4—低压烧嘴

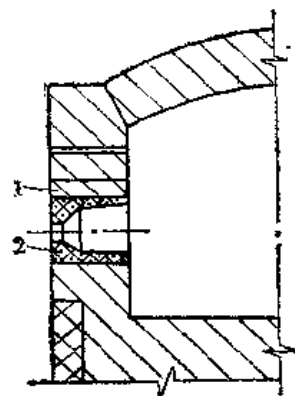


图21-2-15 喷嘴砖上铺放大板砖

1—大板砖 2—喷嘴砖

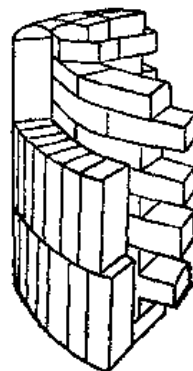


图21-2-16 圆形墙的错缝砌法

圆形墙的砌筑不同于直墙。由于墙体的正面线是圆弧形，因此，不能挂线砌筑。控制圆形墙垂直度和圆弧度的砌筑方法，有以下几种：

(1) 按炉壳为基准面的砌筑法 采用样板控制圆形墙的垂直度和圆弧度, 样板的控制距, 即墙厚加上隔热层的厚度。使用样板时, 必须与圆形墙的辐射缝平行, 见图21-2-17。

(2) 按中心线的砌筑法 在炉子的中心点设立中心管及轮杆 (又称半径规), 检查和控制圆形墙的垂直度和圆弧度。采用这种方法控制砌体的砌筑, 准确度较高。中心管可沿着炉子的中心位置一次安装固定, 也可根据具体情况, 采用随着砌体的上升而逐段接高的方法, 见图21-2-18所示。

(3) 用样板控制的砌筑法 根据圆形墙内径的大小, 可将砌体周围固定4~8个基准点。砌筑

时, 每一个基准点要保持垂直, 然后用样板检查砌体的准确度, 见图21-2-19。

3. 墙内孔洞的砌筑

在炉墙上开设燃烧器、看火孔、测温孔等孔洞时, 不应削弱砌体的强度和气密性。当炉墙上要开设孔洞时, 按孔洞的大小采用下列方法:

- 1) 孔宽为116mm, 可直接在砌筑中留出。
- 2) 孔宽为117~250mm, 可按图21-2-20 a 砌筑。
- 3) 孔宽为 251~450mm, 可用砖逐层突出的砌法, 每层突出部分不超过 75mm, 也可采用覆盖大板砖法, 如图21-2-20 b 所示。

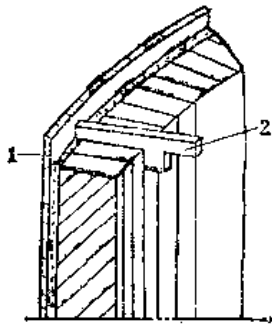


图21-2-17 按炉壳砌筑圆形墙
1—炉壳 2—样板

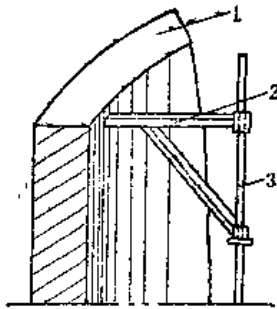


图21-2-18 按中心线砌筑圆形墙
1—圆形墙 2—轮杆 3—中心管

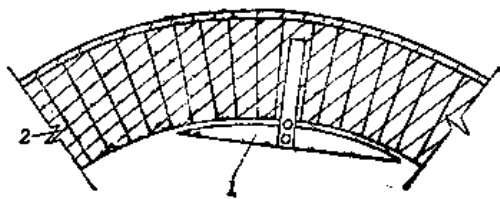
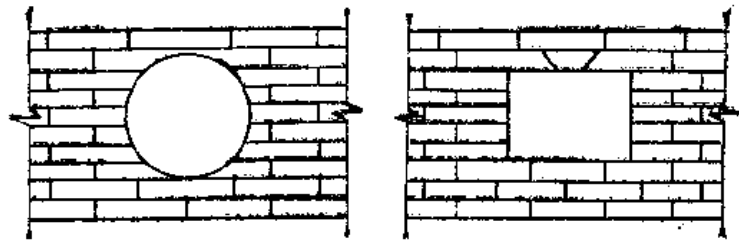
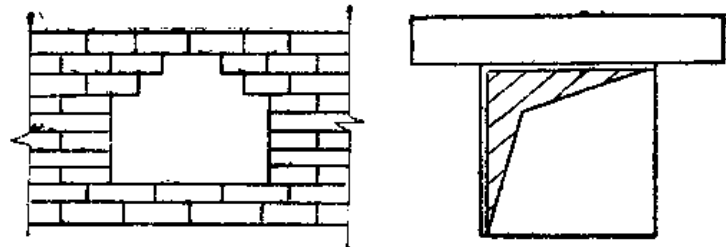


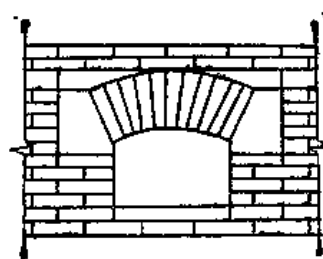
图21-2-19 用样板检查圆形墙
1—样板 2—圆形墙



a)



b)



c)

图21-2-20 墙内孔洞的砌法

- a) 孔宽为117~250mm b) 孔宽为251~450mm
c) 孔宽>450mm

4) 孔宽为 450~1200mm, 就要采用砌拱的办法, 见图21-2-20c。

5) 孔宽 > 1200mm, 可用平拱覆盖, 见图20-2-21。

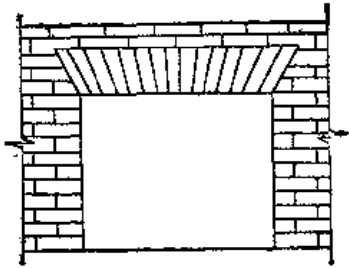


图21-2-21 用平拱覆盖孔洞的砌法

4. 墙角的砌筑

墙角砌砖的交错应该特别注意, 因为墙角是砌体的薄弱部位。在炉墙砌筑过程中, 墙角是起基准作用的, 也是砌每层砖的挂线依据, 如墙的垂直度、水平度、砖缝厚度, 以及横向竖缝的排列等都是以墙角为基准点的, 因此, 墙角砌砖的好坏直接影响墙体的质量。

墙角砖必须经过挑选, 应选用符合标准, 又不缺棱掉角、不扭曲、厚度均匀的砖。为了使砌砖错缝, 墙角砖一般都采用3/4砖砌筑。

(1) 不同墙厚直墙墙角的砌法 墙的厚度有半砖、一砖、一砖半和两块砖, 其直墙墙角的砌砖见图21-2-22。

如图所示, 除半块砖外, 墙角砖都用 3/4 砖交错砌筑 (即 8 分砖), 并在同一砖层内。如果一个墙的露面砖是顺砖, 则另一个墙的露面砖必须是顶砖。但是, 3/4 砖必须顺着与顺砖露面的水平层砌筑, 也就是说, 如果在两块砖厚的一堵墙内, 砌两列顶砖, 在第二堵墙内的同一水平层内, 则砌两列顺砖和一行顶砖。

在一砖半厚的墙内, 如果一个墙内顶砖面露在外面, 则相应地在第二堵墙内的同一砖层, 应当露出顺砖的砖层。

(2) 两墙成直角相交时墙角的砌法 其砌筑方法见图21-2-23。

(3) 墙体成锐角或钝角相交时墙角的砌法 必须将一堵墙的砖层 (墙表面) 加工砍削, 使符合于第二堵墙的砖层, 见图21-2-24。同时, 必须使

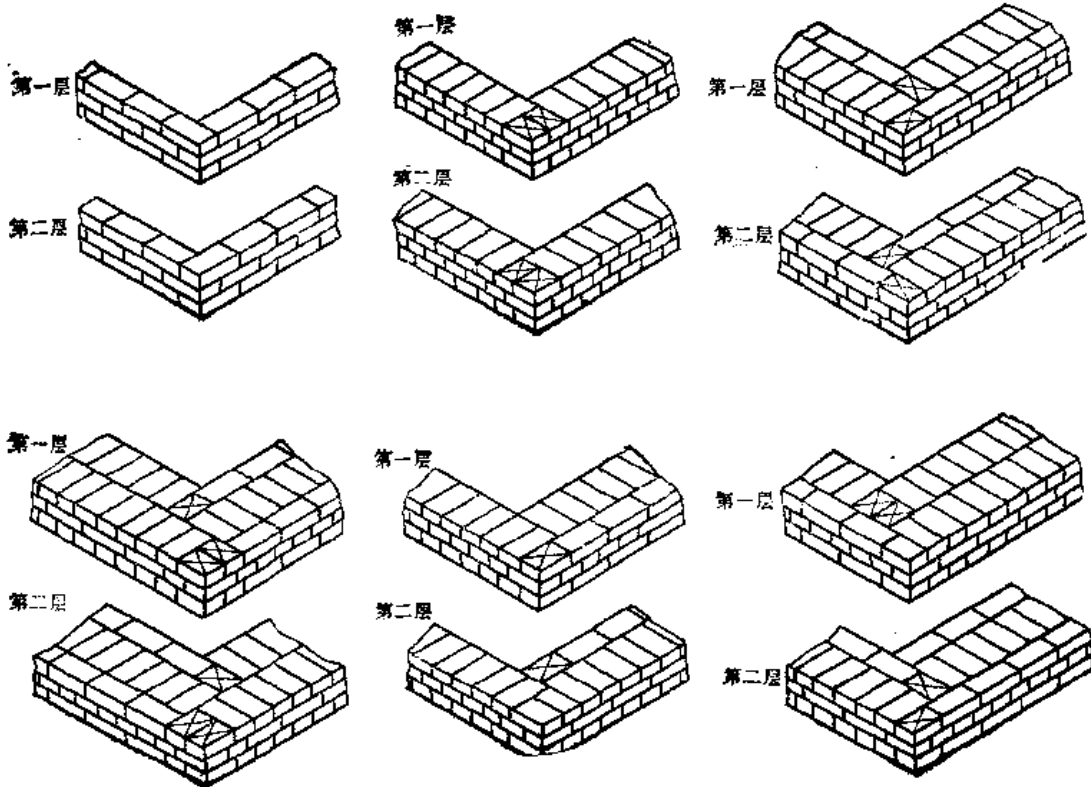


图21-2-22 直角墙的墙角砌法

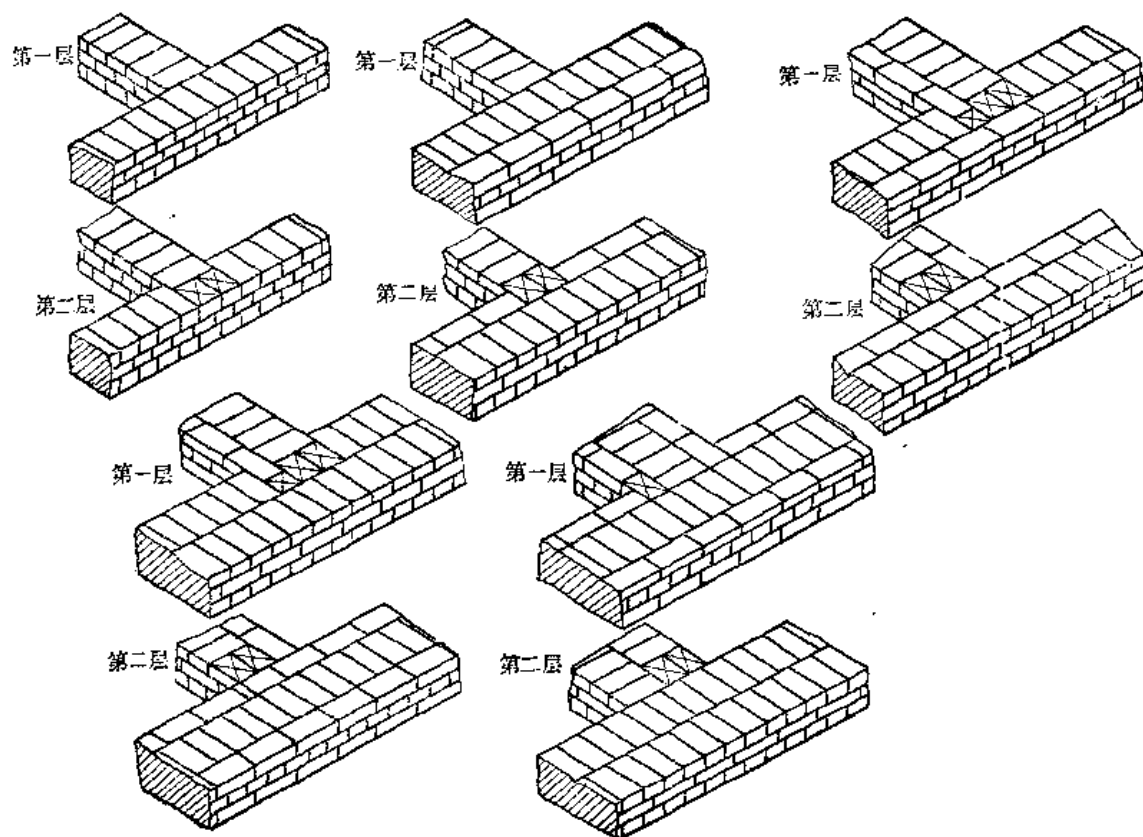


图21-2-23 两墙成直角相交的墙角砌法

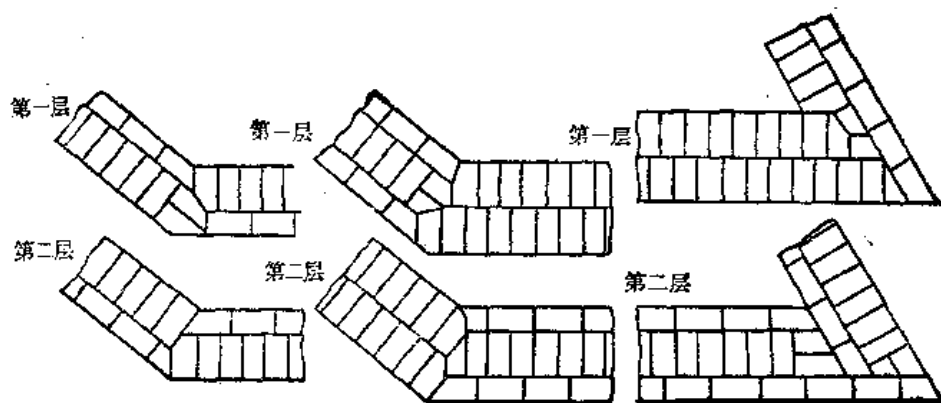


图21-2-24 成斜角相交的墙角砌法

墙的相交处不产生通缝，而且两个墙的砌砖在同一水平层上进行顺面砖与顶面砖轮换地砌筑。

凡是砌在锐角或钝角的墙角加工砖，经常要外露在砖的表面，因此，在加工时要格外细致，必须保持砖的垂直与平整，避免出现有凹凸形或缺棱掉角的现象。

(4) 两墙成斜角相交时墙角的砌法 其砌筑

方法见图21-2-25。

当弯墙的砌筑过程中，必须利用特制的样板或半径轮杆，以保持规定的形状。

(5) 砖垛的砌法 砖垛在砌体内，常常四面高温，工作条件要比墙角或交叉墙更为恶劣，是墙体上的薄弱环节。砌筑的砖垛，无论哪一层，力求使每一层的竖缝与上下相邻层之间的竖缝交错开，

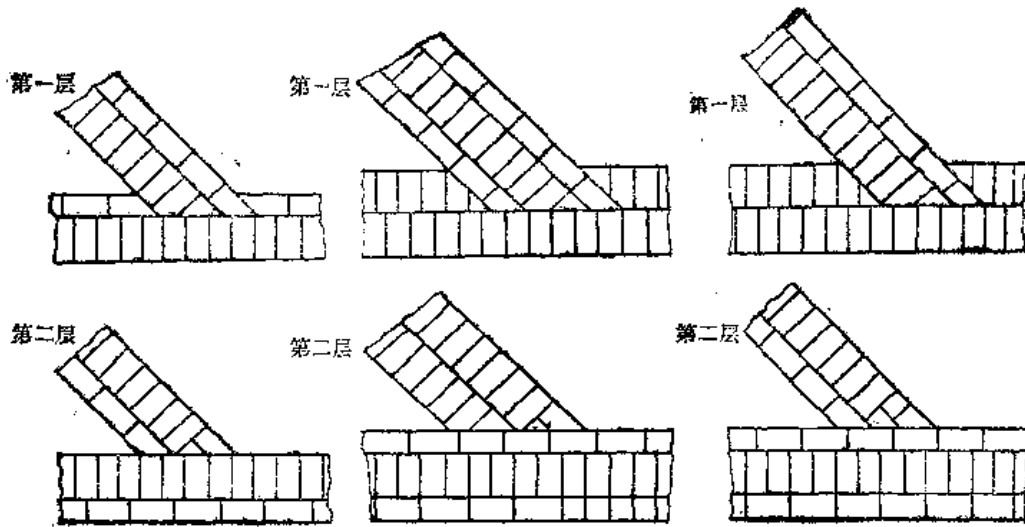


图21-2-25 两墙成斜角相交的砌法

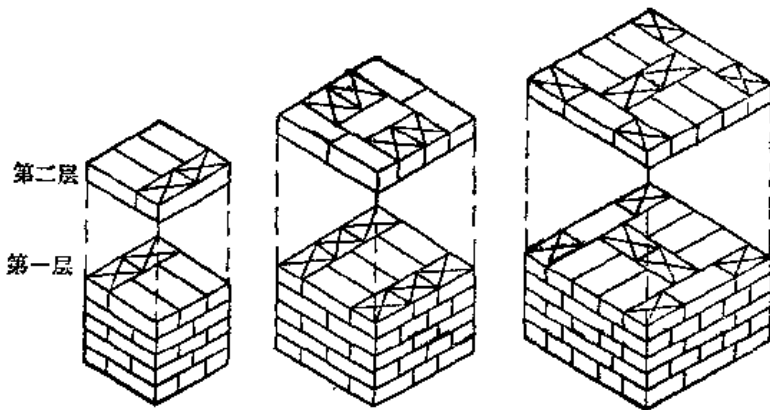


图21-2-26 砖拱的砌法

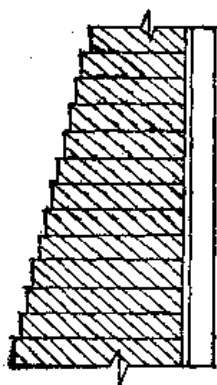


图21-2-27 塔形砖垛

交错时可用几种砖头填放。砖垛的砌筑应注意防止包心的办法。包心是指砖垛外表面用顺砖砌筑，然后用整砖或碎砖填心。这个办法不好，易使砖垛的内、外完全分离，不能构成一个整体，影响使用寿命，

严重的可能发生倒塌事故。

1) 砖垛也分为一砖半、两砖厚等的砖垛，砌筑错缝大体与直墙相似，见图21-2-26。

2) 有时为了提高砌体的稳固性，将其砌成上小下大的塔形砖垛，如图21-2-27所示。

(四) 炉底的砌筑

炉底有死底和活底两种，如图21-2-28所示。砌砖时先砌底后砌墙，墙压在底上，这种底叫做死底，

如电弧炉炉底。先砌墙后砌底，这种底叫做活底，如锻造加热炉大多采用活底，日常维修换砖比较方便。

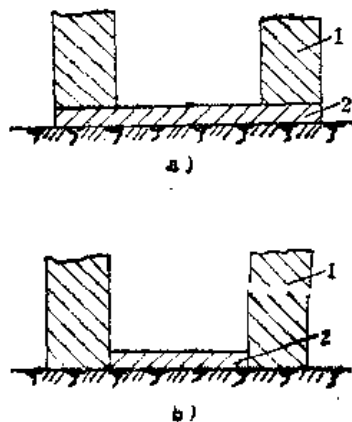


图21-2-28 炉底的砌法

a) 死底 b) 活底

1—炉墙 2—炉底

在开始砌筑铺底前，事前要检查基底表面的水平，如基底水平误差较大，可用水泥砂浆找平。对个别突出部位可用砍削方法修平。如基底呈斜坡状，必须检查其坡度。不符合规定要求的，应在铺底前找平。

1) 砌筑斜坡形基底铺底砖：可先在两侧砖墙上划出正确的坡度线，然后按线砌筑，这样容易砌平，同时，对坡度也易控制。如需大块砌体砌斜坡形铺底时，可采用平砌退台的方法砌筑，并将退台留下的阶梯形，用相同材质的耐火混凝土填成斜坡形平面，然后再砌铺底砖。

2) 铺底砌砖：由炉子或烟道中间的横向中心线开始，向两边的端部进行。铺底是横着炉子条砌、或平砌、或侧砌，但同样要遵守错缝原则，详见图21-2-29。为了使砖层交错，每隔一层，要用半砖砌始端。

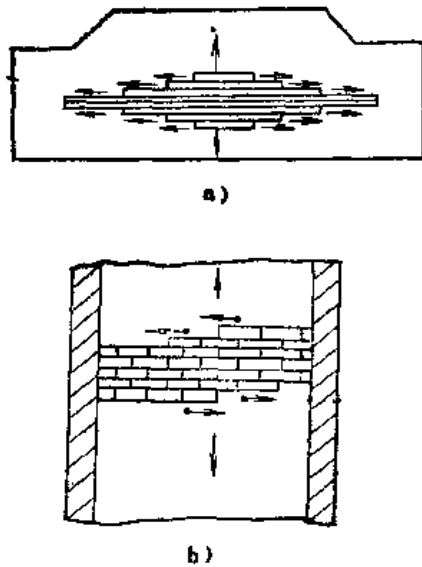


图21-2-29 铺底砌筑顺序

a) 炉底 b) 烟道

3) 炉底砌砖：除高温对其影响外，还可能遭受装料的机械影响及氧化铁皮、炉渣、熔融金属的腐蚀冲刷作用。因此，炉底经常是采用若干层砖砌筑，而且砖缝要小，并要细致地进行交错。

炉底最上层砖的砌筑方向，应与气流或液态金属及熔渣的流动方向垂直。

炉底砌砖一般情况是炉底下面砖层采用平砌，而上面砖层采用侧砌或竖砌。这样可以使炉底的竖缝处于砖的大面，高温作用时不致因膨胀而造成变

形（即向上凸出）现象。

砌筑以前，根据图纸的尺寸，算出炉底应铺设几层砖，如几层平砌，几层侧砌。将炉底标高弹上线，以炉底为准逐层往下确定好尺寸。根据算出的砖层数量确定最下一层的砌筑方向。若计算出是偶数层，第1层砖的长边应与侧墙方向平行，如果是奇数层，第1层砖的长边与侧墙方向垂直，以保证炉底最上层砖侧砌。

4) 加热炉炉底一般有冷炉底和热炉底两种：砌筑冷炉底时，上面的两层经常是呈十字形侧砌，同时最上层则沿着炉子条砌，见图21-2-30 a。有时炉底的最上层也采用人字形砌筑，见图21-2-30 b，这是一种非常坚固的砌法，但比较费工。应该特别仔细地砌筑由下面加热的热炉底，即带火室的炉子。由于两面遭受高温作用的炉底砖，是处于相当恶劣的条件下工作，因而砌筑这类炉底时若粗心大意，将会导致炉底的过早损坏。热炉底一般砌成拱形，如图21-2-31所示。当宽度不大时，也可采用大板砖来铺盖炉底，但必须选用导热性好，高温强度大的耐火制品，如碳化硅板等。

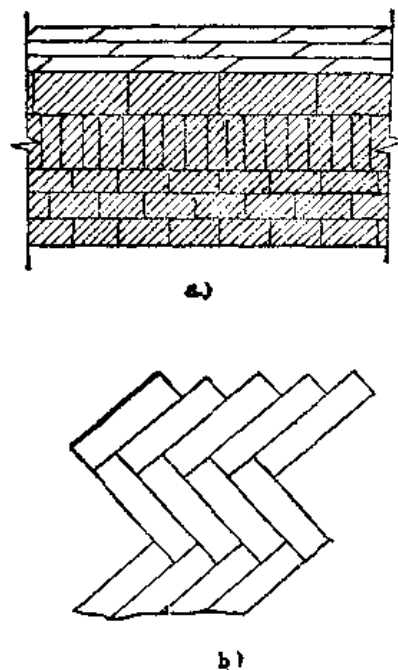


图21-2-30 加热炉冷炉底的砌法

a) 十字形 b) 人字形

5) 台车炉炉底砌砖结构见图21-2-32 a所示，其四周侧边尽量选用侧板砖。工作面层砖则采用侧砌法，以增加其强度。环形炉炉底的工作面层则采

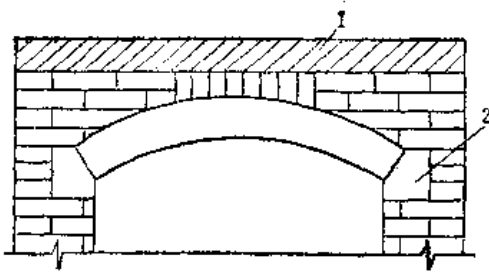


图21-2-31 加热炉热炉底的砌法
1—工作面层用砖 2—拱脚砖

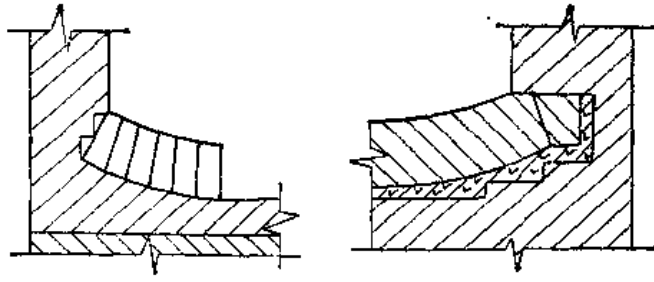
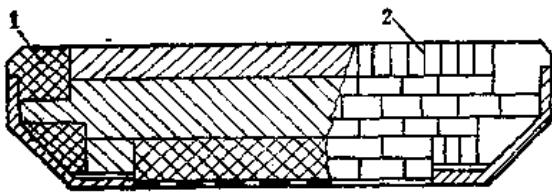
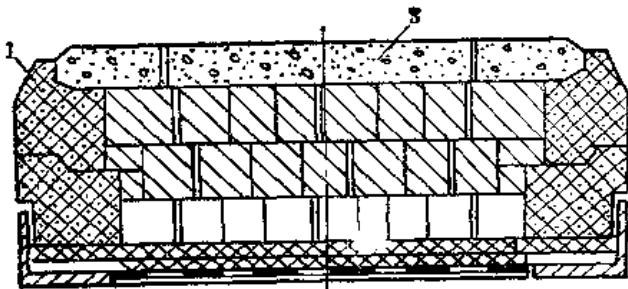


图21-2-33 反拱炉底的砌法

筑这种形式的炉底，首先应作好样板，按照样板砌筑炉底的第一层砖。这些砖一般要经过机械加工，注意弧面的公差，因为要以这层带有弧面的砖层作为反拱的拱胎。图21-2-33所示为反向拱砌筑，由炉底的中心开始向拱脚砌筑。要注意砖缝错列，不允许环砌。最好采用拱脚砖，不能满足的可用标准砖加工。反拱炉底砌砖砖缝的辐射程度，用样板进行检查。而炉底最上一层，经常使用打结料或做烧结层。



a)



b)

图21-2-32 台车炉和环形炉炉底的砌砖
a) 台车炉 b) 环形炉
1—拱脚砖 2—工作面层砖 3—打结料

用打结料，如图21-2-32 b 所示。

6) 弧形炉底：砌法相当于拱的方向倒置，是一种凹曲面向上的拱，又称为反拱式炉底砌法。砌

(五) 拱顶的砌筑

拱和顶按拱的角度分为 60° 、 90° 和 180° 3 种 (见图21-2-34)。

60° 和 90° 拱为弓形拱，其跨度等于拱高的 6 ~ 12 倍。 60° 拱比较平坦，但侧推力较大，上推力较小，这样的拱顶应用较强的金属构架固定。随着拱的度数增加，拱高加大，侧推力越来越小，上推力越来越大。 180° 拱为半圆拱，其跨度正好等于拱高的 2 倍。它具有较大的上推力，而侧推力最小，这种拱比较坚固，不易塌落。

60° 拱常用于砌筑炉子的拱顶、炉门拱等； 90° 拱常用来砌筑跨度较大的低温或中温炉拱顶； 180° 拱则常用于砌筑烟道顶，由于它比较坚固，近来侧

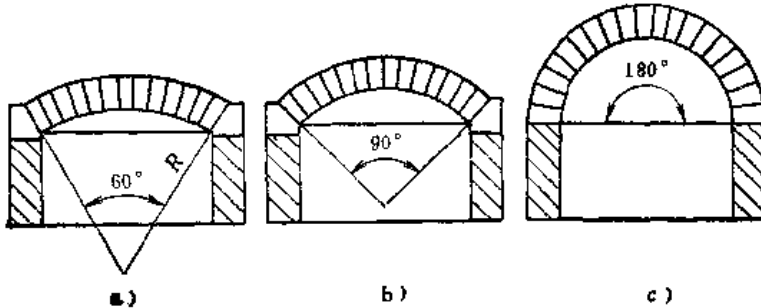


图21-2-34 60° 、 90° 、 180° 角度的拱顶

a) 60° 拱 b) 90° 拱 c) 180° 拱

炉门也多采用。

1. 拱顶的砌筑

拱顶是炉子砌体中最重要的部分，也是最不稳定的薄弱环节。砌筑质量的好坏对整个炉子寿命有直接的影响。拱顶是在拱胎上进行砌筑，拱胎应支设正确、牢固。

砌筑拱顶前，拱脚梁与骨架立柱必须靠紧。在砌筑可调节骨架的拱顶之前，骨架和拉杆必须调整固定。

(1) 拱脚的砌筑 拱脚是拱顶的基础，是拱顶作用力的落脚点。拱脚一般设在两侧炉墙的顶部，并直接座落在侧墙上。有的炉子的拱脚不是支持在侧墙上，而是支持在炉子两侧钢结构的拱脚梁上（见图21-2-35），使炉墙不承受拱顶的作用力，对炉墙和拱顶都有好处，并有利于检修和维护，以延长使用寿命。

拱脚用专用的异型拱脚砖砌筑，拱脚的砌筑比较重要，必须注意下列事项：

1) 拱脚表面应平整，角度应正确。不得用加厚砖缝的办法找平拱脚。

2) 两侧墙拱脚下的炉墙上表面或拱脚梁必须位于同一水平上，拱脚砖与中心线的间距应保持设计尺寸。

3) 两侧墙之间的拱脚砖既要保持同一高度，又要保持平行状态，即相对的两行拱脚砖，它们之间的距离（跨度尺寸）必须处处相对。

4) 拱脚砖应紧靠拱脚梁砌筑，砌筑必须平稳牢固。如拱脚是直接座落在炉墙顶上，拱脚砖后面有砌体时，应将砌体全部砌实，不得留有膨胀的间隙。也不得在拱脚砖外面砌轻质砖或硅藻土砖，以免拱顶膨胀，将它挤碎而使拱顶塌陷。

(2) 拱顶的砌筑：

1) 拱顶用楔形砖砌筑，必要时允许用直形砖配合使用，但是每块砖的侧边都必须与半径线吻合。在拱的砌筑过程中，楔形砖不准大头朝下，因为烘炉时，这种砖会沉落。

2) 在砌筑拱顶前，必须将所要砌的拱砖干排一环，通过干排来掌握和处理砌筑技术上尚待解决的问题：

- ① 确定楔形砖与直形砖如何搭配砌筑；
- ② 根据干排的砖层数，确定两边拱脚砖的第一层拱砖起头处采用哪种错缝砖，每环砖数应是奇数；
- ③ 按砖缝厚度的要求，确定和配制锁砖层的正确位置与厚度尺寸，避免加工；
- ④ 根据干排的实际情况，锁砖层非加工不可

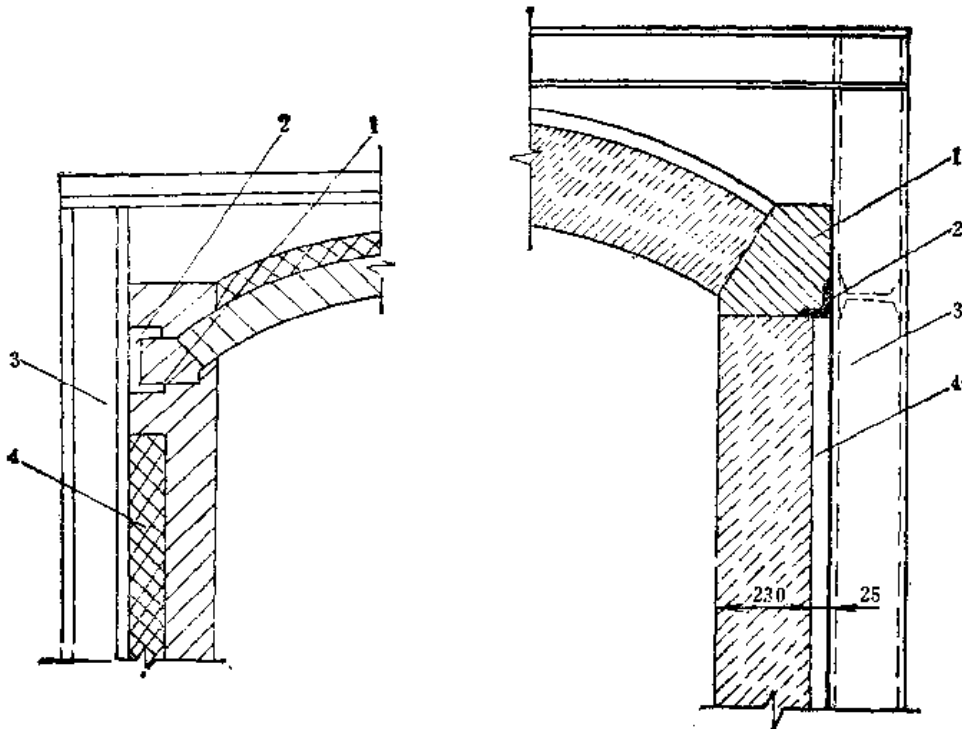


图21-2-35 拱脚梁托住拱脚砖

1—拱脚砖 2—拱脚梁 3—骨架 4—隔热层

时，可将加工砖砌在靠近拱脚砖的地方；

⑤ 在确定全拱砖层数的基础上，可在拱胎上划出砖层线，以便控制砖层的厚度，确保锁砖锁紧锁好。但是，砖层可不必层层划线，采用每三层或五层划线也可。

因此，干排的作用和效果是显而易见的，不可忽视这一有益的而又必不可少的工序。

3) 砌筑拱顶时，拱砖应从两侧拱脚同时向中心对称砌筑，不允许单侧地进行。否则一边受力过大，拱胎就会变形，根据这个变了形的拱胎砌出的拱顶，是不能符合设计要求的(图21-2-36)。若水平推力继续增大，甚至还会把拱胎推倒，必须引起足够重视。



图21-2-36 拱胎砌筑时的受力情况

4) 拱顶的放射缝应与半径方向相吻合。为了避免砖层倾斜，要经常用专门的样板检查砖的斜度是否正确，确保放射缝的方向正确。

5) 砖缝要小。将砖一块块地揉动研缝，并且一面砌筑，一面用木槌轻轻地敲打固定，如图21-2-37所示。研合砖缝时，按图上1~3顺序，上下揉动2~3次。

6) 拱顶的锁砖层的砌筑要求：

① 不要用薄砖当锁砖合门，也不要将薄砖紧靠着锁砖(图21-2-38)。因为被加工的薄砖作锁砖，容易破损，即使紧靠锁砖，也易破损，因此，必须按图错开放置。

② 锁砖必须锁紧，太松或松紧不匀都会直接影响拱顶的质量。锁砖应按拱顶中心线对称均匀分布。锁砖层必须用稀泥浆砌筑，先在空档处抹上泥浆，再在锁砖上也打上泥浆插进去，这样可以保证砖缝泥浆饱满。锁砖砌入拱顶的深度约为砖长的2/3~3/4，但在同一拱顶

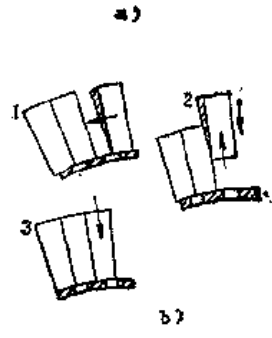
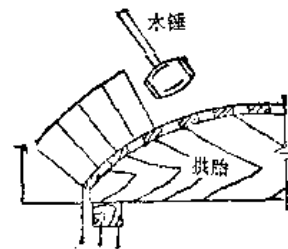


图21-2-37 拱砖的砌法
a) 用拱用木槌敲击 b) 砖缝研合顺序

砌入深度应一致。不可砌一块，打入一块。应待全段锁砖层都砌完后，同时打入，并可先打入较紧的砖。锁砖应用木槌打入，如使用铁锤时，则应垫以木板(图21-2-39)，且应慢慢地敲打固定。

③ 拱顶的跨度小于3m时，可采用一层锁砖，见图21-2-40 a，而大于3m时，则采用三层锁砖，见图21-2-40 b。采用三层锁砖时，锁砖层之间的距

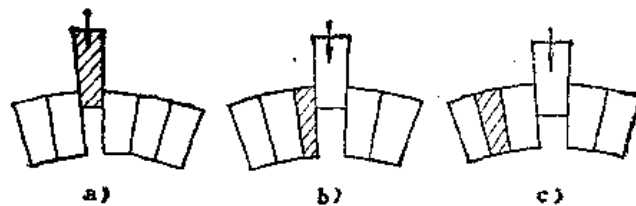


图21-2-38 锁砖处加工薄砖的砌法
a) 用加工的薄砖作锁砖 b) 加工的薄砖紧靠锁砖
c) 加工的薄砖错开放置

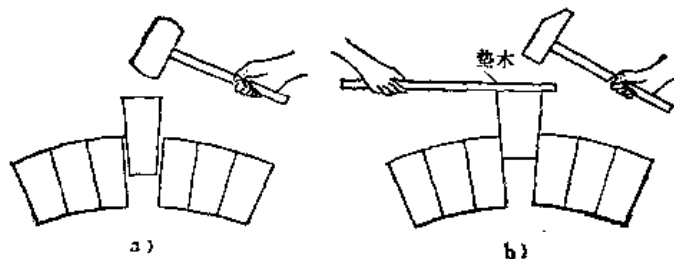


图21-2-39 锁砖的固定
a) 用木槌敲打 b) 用铁锤敲打时应垫木板

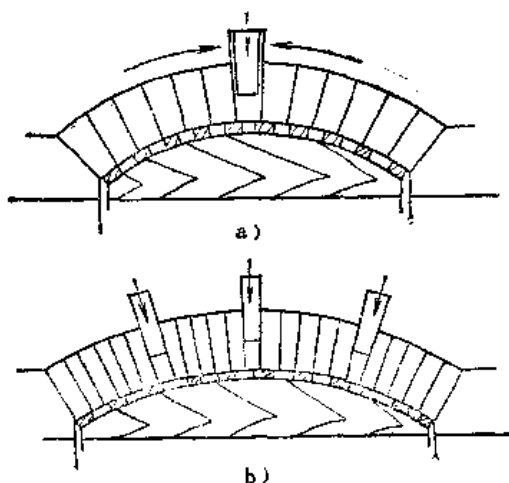


图21-2-40 填打锁砖

a) 一层锁砖 b) 三层锁砖

离应为：在拱顶的中心位置处和两侧拱的1/4处各设置一层锁砖。打锁砖时，两侧对称的锁砖应同时均匀打入。

④ 在墙内同一水平上砌筑几个拱时，锁砖必须同时打入。由于拱与拱之间的距离较小，如不是同时打入，就会使拱脚砖移位。砌好的拱用加工砖从上面找平，不允许砍掉砖厚的一半以上，在这样情况下，加工砖可采取侧砌的方法，见图21-2-41。

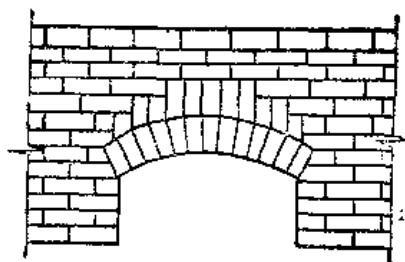


图21-2-41 拱顶上部找平方法

7) 有时为了预防拱脚砖的烧毁和破坏，可以将拱脚缩进墙内20~30mm，如图21-2-42所示。

8) 拱顶应尽量在当天砌完。砌完拱顶锁砖后，从上面将剩下的空缝用稀泥浆灌满。

9) 拱顶的砌筑有错砌和环砌两种方法，如图21-2-43所示。错砌时是从两边拱脚开始一齐向中心对称砌筑，其纵向砖缝应拉线砌成平直，使横向垂直砖缝互相交错咬合。环砌时是从两边的拱脚开

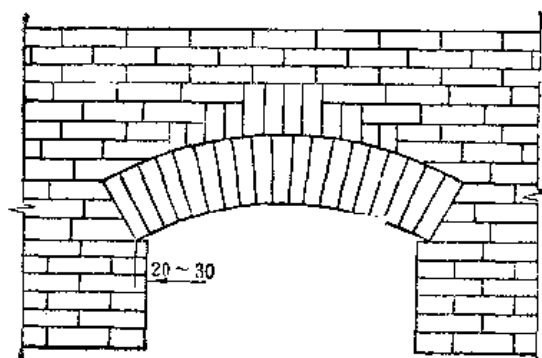
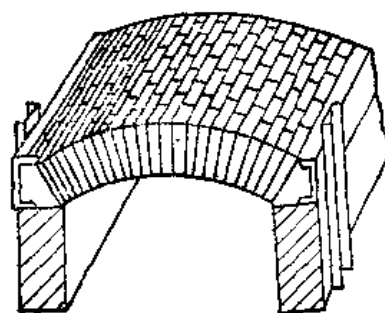
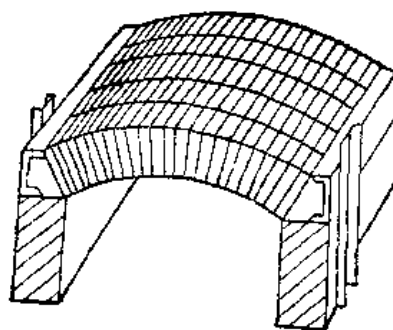


图21-2-42 拱脚缩进墙内



a)



b)

图21-2-43 拱顶砌法

a) 错砌 b) 环砌

始向中心一环一环地砌筑，横向垂直砖缝不交错。

① 错砌的炉顶比较坚固，整体性好，耐压强度高。因为其中每一块交错砌筑的砖都被邻层的两块砖挤住了。若个别的砖掉落时，也不会损坏炉顶的结构，而且掉落的砖也比较容易补砌上。但是，若炉顶上有很大一部分被损坏时，则就难以修复，此时，必须设置拱胎重新砌筑。错砌法适用于各点工作温度一致的加热炉、热处理炉的炉膛拱顶；各

种烟道拱顶及其温度场分布均匀而不需要经常拆修的拱顶。

② 环砌的炉顶掉落一块砖，会经常引起全环砖的塌落损坏，但修理比较容易，特别是在热修（抢修）时，因为砖之间互不交错。环砌法适用于砌筑各段温度不一致的连续式炉的炉膛拱顶，工作温度较高、损坏较快、需要经常拆修的各类炉顶。

采用环砌的炉顶，应特别注意锁砖的选择和均匀地打入，因为如果在一个环内锁砖打得很紧，而在另一个环内却很松，则在拱胎拆除后，锁砖很松的砖环会下沉。

10) 拱顶的厚度超过一块砖时，上下层不必交错砌筑，而采取分层砌法，如图 21-2-44 所示。同时，必须尽可能地选择尺寸相同的砖砌筑下层，因为它的表面将作为上一层的拱胎使用。上下层之间的间隙按砌体砖缝的要求用泥浆填充。但是，在炉墙内的双层拱（保险拱）的情况下，有时上下层之间需要留出膨胀缝，缝内用石棉绳填充。烟道上部

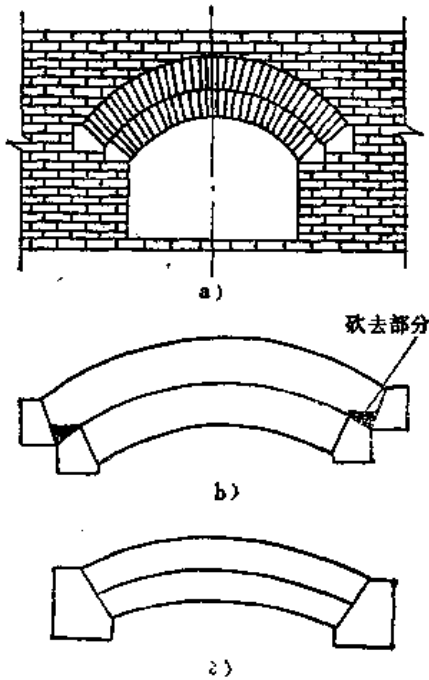


图21-2-44 拱顶的分层砌法

a) 双层拱分层砌法 b) 单独拱脚 c) 同一拱脚

的保险拱，一般用红砖砌筑，上下层之间留设膨胀缝，缝内可用草绳填充，即在第一层拱的上部横着烟道每隔180mm左右放一根草绳。

有时把拱的下缘做成平的，而不是弯曲的，这种构造称为平拱，如图21-2-45所示。

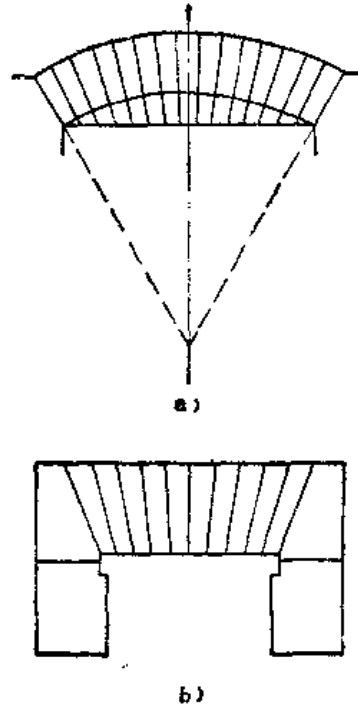


图21-2-45 平拱

a) 上曲下平的平拱 b) 上下都平的平拱

(3) 炉门拱的砌筑 炉门拱除可采用砌拱外，还可采用异形砖拼砌，如图 21-2-46 所示。这样不仅砌筑方便，还能延长使用寿命，但所用异形砖较多。

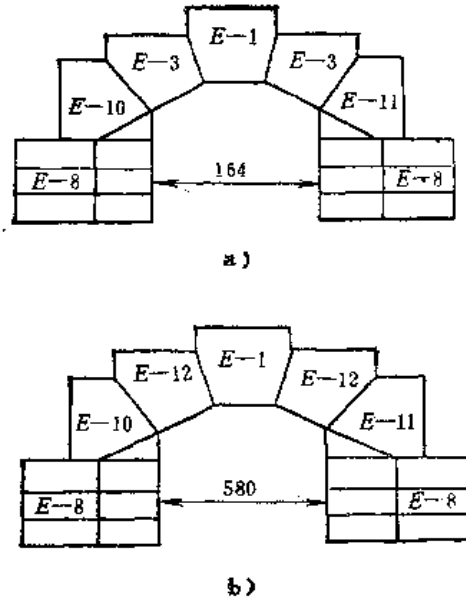


图21-2-46 异形砖拼砌炉门拱

a) 炉门拱宽 464mm b) 炉门拱宽 580mm

拼砌炉门拱时，所需异形砖的型号和数量，可根据表21-2-4选用。表21-2-5是炉门拱用耐火制品

表21-2-4 拼砌炉门拱时用异形砖的
型号和数量

护墙厚度 (mm)		464		580	
炉门宽度 (mm)		464	580	464	580
需用砖数 (块)	E-1	2	2	—	—
	E-2	—	—	2	2
	E-3	4	—	—	—
	E-4	—	—	4	—
	E-5	—	—	—	—
	E-6	6	—	—	—
	E-7	—	—	2	2
	E-8	—	6	—	—
	E-9	—	—	6	6
	E-10	1	1	1	1
	E-11	1	1	1	1
	E-12	—	4	—	—
	E-13	—	—	—	4
合计		14	14	16	16

的形状和尺寸。

2. 吊顶的砌筑

炉子宽度大于3.5~4m时, 砌筑拱顶就比较困难, 必须采用吊挂炉顶结构。吊挂炉顶简称吊顶, 或称悬拱, 是用金属吊挂将特殊形状的耐火砖吊在炉顶钢结构上构成的, 其结构多种多样, 见图21-2-47。

砌筑悬拱式吊顶时, 其质量和进度与炉顶金属悬挂装置制作和安装的良好与否有密切的关系。所以在砌砖前, 必须按下列项目进行详细检查。

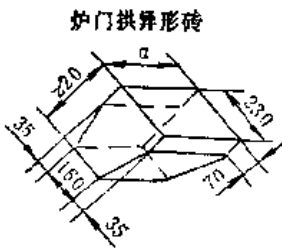
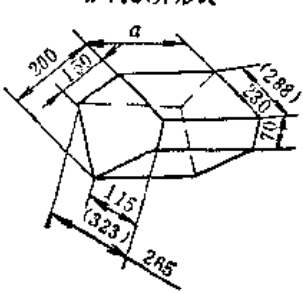
1) 吊砖吊梁的下面必须光滑和平整, 且无结疤和飞边。同一段的吊梁应位于一个平面上(用长靠尺进行检查), 不平时可调整吊梁上的螺栓(图21-2-48)。

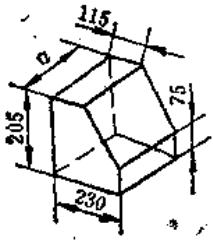
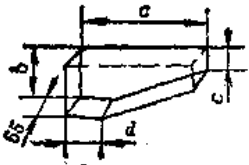
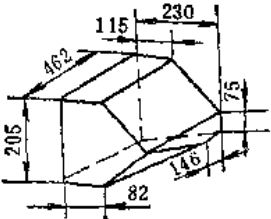
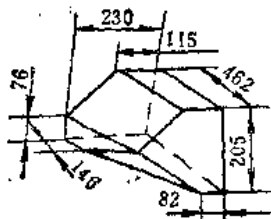
2) 相连接吊梁的端部不应错位, 以免砌砖时出现错台或缝隙。

3) 吊梁间的中心距离符合图纸尺寸。

4) 曲梁上部的钩座及上部侧面应严格符合图

表21-2-5 炉门拱耐火制品的形状和尺寸

制品形状及名称	砖号	尺寸 (mm)				体积 (cm ³)	重量 (kg)		备注
		a	b	c	d		粘土砖	半硅砖	
 炉门拱异形砖	E-1	230				10400	21.6	20.8	
	E-2	290				13100	27.5	26.2	
 炉门拱异形砖	E-3	230				9000	18.6	18.0	图中括号内 数字为E-12 及E-13的尺 寸
	E-4	290				11350	23.5	22.7	
	E-12	230				11400	23.6	22.8	
	E-13	290				14400	29.8	28.8	

制品形状及名称	砖号	尺寸 (mm)				体积 (cm ³)	重量 (kg)		备注
		a	b	c	d		粘土砖	半硅砖	
炉门拱异形砖 	E-5	230				7420	15.4	14.8	
	E-6	290				10000	20.7	20.0	
	E-7	115				3960	8.2	7.9	
炉门拱异形砖 	E-8	345	345	197	27	6200	12.8	12.4	
	E-9	462	345	197	146	8860	18.4	17.7	
炉门拱异形砖 	E-10					14980	31.0	30.0	
炉门拱异形砖 	E-11					14980	31.0	30.0	

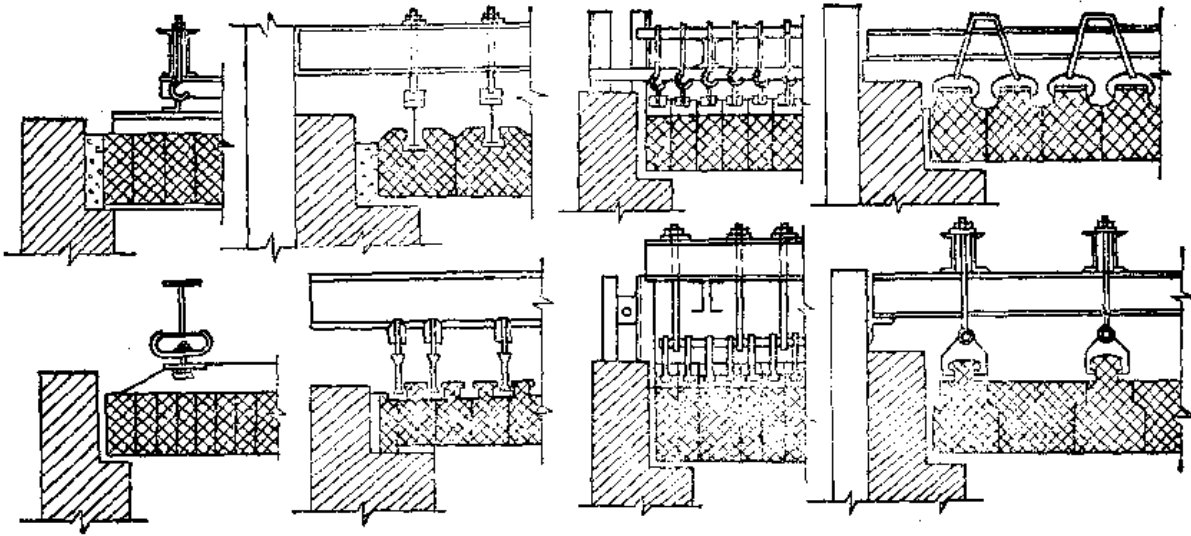


图21-2-47 几种吊顶型式

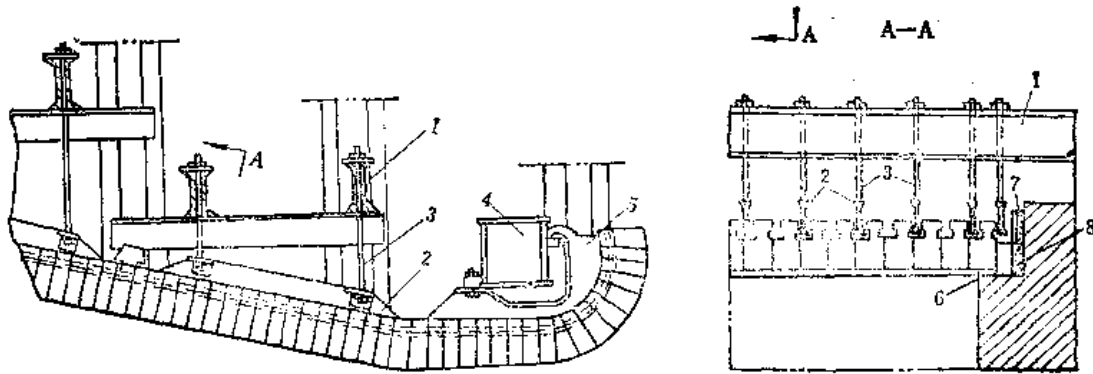


图21-2-48 吊顶结构

- 1—炉顶承重梁 2—直型吊砖吊梁 3—调整炉顶高度的吊杆 4—水冷却梁 5—曲梁
6—粘土泥料 7—石棉-粘土泥料 8—炉墙

纸尺寸，以便曲梁包住水冷却梁。

5) 直梁与曲梁端头之间的间隙不得超过15~20mm。如果间隙太大，接头处的吊砖将挂不牢固，容易掉落。

吊顶可分段进行砌筑。砌筑前首先要检查炉顶吊砖的规格及质量，将尺寸误差相同的砖分堆使用，把有缺陷的砖排出用于低温部位，缺陷严重者不能使用。

砌筑时，在开始的两排吊砖下面设置木托板，并以木支柱支撑，然后按着图 21-2-49 所示的方向砌砖。

每排吊砖是从炉子中心开始在两边砌筑。炉顶吊砖一般为干砌，但弯曲部分的几排砖应使用半稠的粘土质泥浆湿砌。

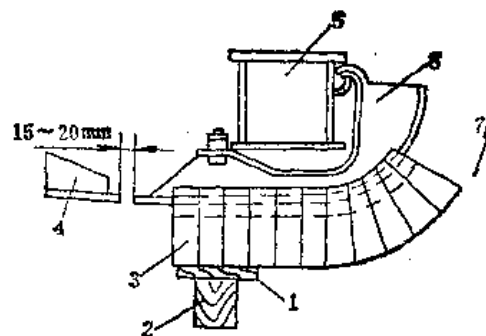


图21-2-49 吊顶的砌筑方法

- 1—木托板 2—木支柱 3—顶板 4—直型吊砖吊梁
5—水冷却梁 6—弯曲吊梁 7—炉顶施工方向

砌砖时，注意使每排砖在一条直线上。吊砖要互相靠紧，砖缝厚度不大于2mm。带沟槽的砖不

允许砍凿。

砌筑炉顶的倾斜部分或水平部分时，可在吊砖下铺设可移动の木托板，木托板以木支柱支撑，以保证炉顶下表面的平整。当吊砖耳环上缘与吊梁之间有间隙时，应用薄钢片塞紧。炉顶斜坡处应从下面的转折处向上砌筑。

炉顶砌完后，在其上面灌注粘土质稀泥浆，其厚度为15~20mm。然后按图铺砌硅藻土砖作为隔热层，但螺栓、螺母及吊柱附近不灌注泥浆，且不砌硅藻土砖，如图21-2-50所示。

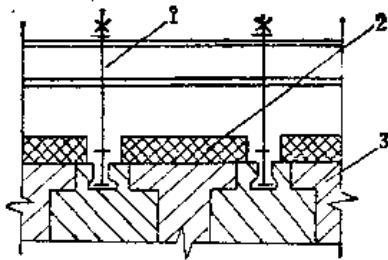


图21-2-50 吊顶用硅藻土砖覆盖
1—吊杆 2—硅藻土砖 3—吊砖

3. 改变跨度的拱顶砌筑

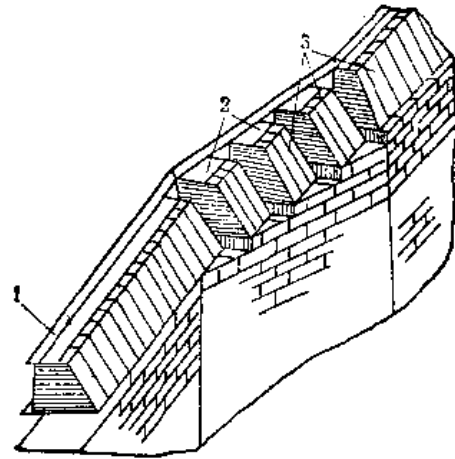
在改变跨度的顶内，过渡部分砌成阶梯形，见图21-2-51。在砌筑拱脚砖时，过渡部分的拱脚砖与直平部分的拱脚平行。但是，每个阶梯的厚度尺寸必须与所用拱脚砖的厚度尺寸相等。拱脚梁和拱脚砖后面的空隙用砖严密地堵砌。拱胎可按每个阶梯的不同跨度，分段制成不同跨度的拱胎。

墙内改变跨度的门拱（带斜度的工作门或窥视孔），同样采用阶梯形拱脚的办法砌筑，见图21-2-52。或者沿着最宽的跨度砌筑，然后将拱底下留出的空间用砖堵砌或用耐火混凝土填平墙面，并须抹光滑平整。

逐段倾斜的拱 可按图21-2-53所示的结构处理。每段拱的高度变化必须保持一致，使拱的各相应点处在同一直线上（图中虚线所示），以保证结构强度。

4. 烟道拱顶的砌筑

烟道拱顶经常采用半圆形拱顶，利用它的拱高的空间部位，作为烟道排烟通道，既合理又经济。并借助它的侧推力比弓形拱小的特点，可减少金属支架的敷设，见图21-2-54。



纵断面

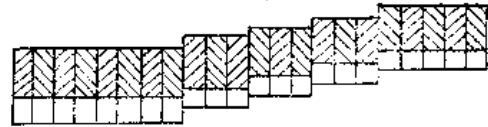


图21-2-51 改变跨度的炉顶的砌法

1—拱脚梁 2—用砖堵砌 3—阶梯形拱脚砖

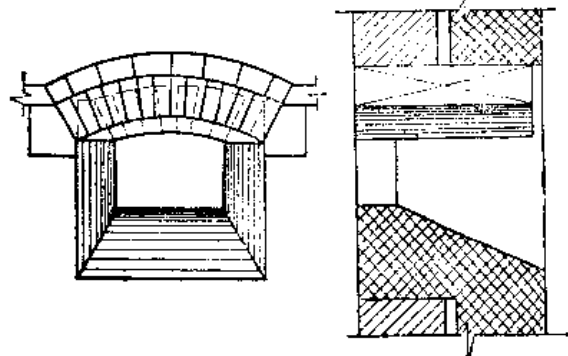


图21-2-52 改变跨度的门拱的砌法

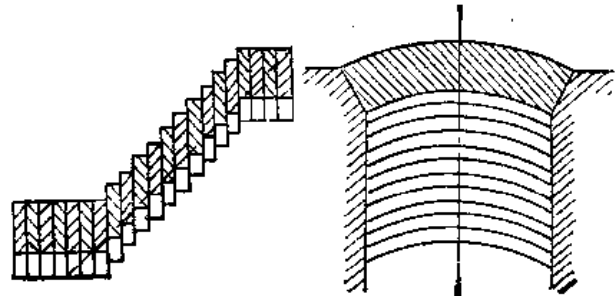


图21-2-53 斜拱的砌法

(1) 烟道改变方向的拱顶砌筑 烟道自炉子出口到烟囱，改变方向是经常发生的。如果把烟道转弯砌成90°直角，就势必增加气流阻力。因此，在

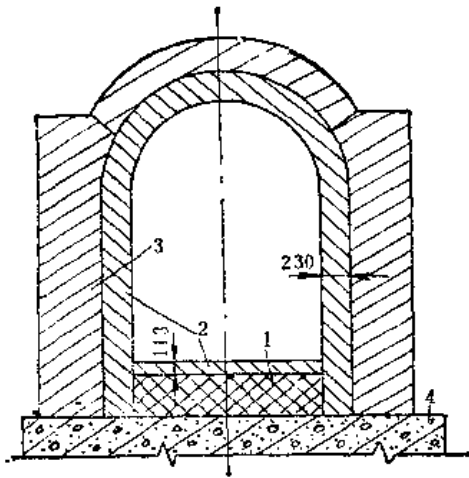


图21-2-54 烟道结构
1—硅藻土砖 2—耐火粘土砖 3—红砖
4—混凝土基础

砌筑90°直角弯烟道时，必须加设缓冲段，见图21-2-55。按照这种砌筑方式，可用于任意角度的烟道拱顶。

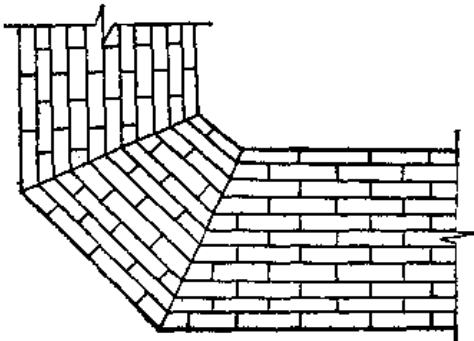


图21-2-55 改变方向的烟道拱顶砌法

(2) T形相交烟道拱顶 也称三通相接，即一条纵向主烟道（总烟道），与横向的支烟道相交接的部位，叫做T形烟道接头或叫三通烟道接头。

砌筑T形烟道拱顶有两种方法：一种是人字形砌筑法，见图21-2-56 a，另一种是从横向烟道的墙角处用45°斜直线相接的砌筑法，见图21-2-56 b。

人字形砌筑法一般采用的较少，因为它的砖加工量大，难度高，并且只能用于60°以下的拱顶。采用45°斜直线相交的砌筑较为广泛，它只要加工

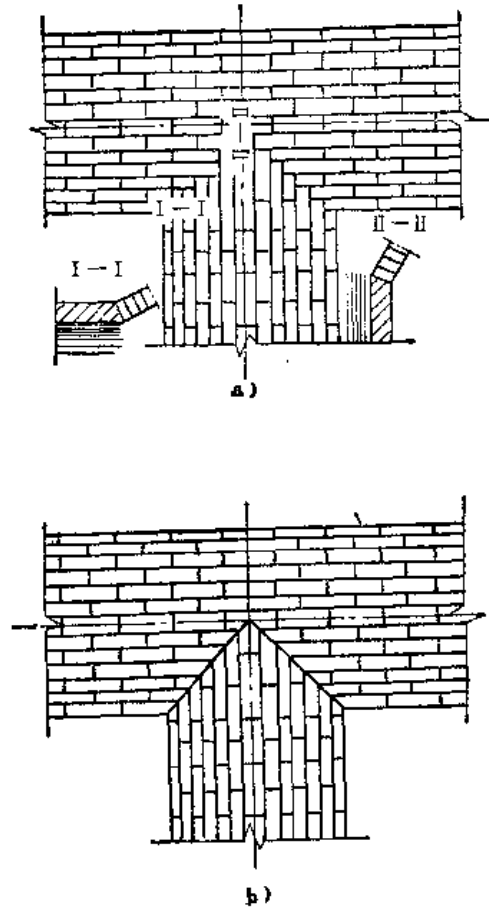


图21-2-56 T形相交的烟道拱顶砌法
a) 人字形砌筑法 b) 45°斜直线砌筑法

一个砖面，而且包括360°在内的圆拱同样可以砌筑。

6. 拱顶内孔洞的砌筑

拱顶内较小的直角孔洞，其尺寸小于115mm时，可按图21-2-57 a进行砌筑。尺寸在115mm和200mm之间的，可用两块砖横砌（图21-2-57 b），尺寸大于200mm时，砌成两个小圆拱（图21-2-57 c）。

拱顶内的圆形孔洞用环状砖层砌筑，见图21-2-58 a。如果孔洞内壁是垂直的，那么，环砌的砖就砍成楔形砖，见图21-2-58 b。

拱顶砌完后，必须仔细检查拱顶钢结构情况。湿砌拱顶时，拱胎应在拧紧拉杆或拉筋2h后拆除。干砌拱顶，则可在拉杆或拉筋固定后立即拆除。

拱顶内的孔洞也可以采用耐火混凝土浇灌。在预先砌成错台的孔洞内，安装一个按照孔洞形状制

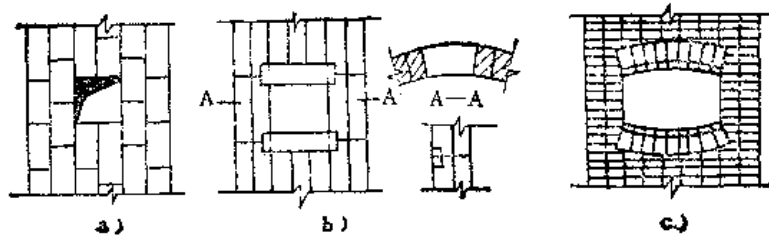


图21-2-57 拱顶内直角孔洞的砌法

a) 小于115mm b) 小于200mm c) 大于200mm

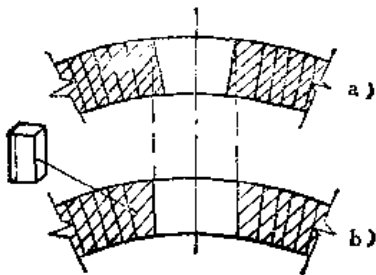
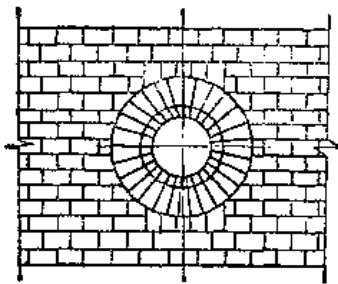


图21-2-58 拱顶内圆形孔洞的砌法

a) 砌成倾斜的 b) 砌成垂直的

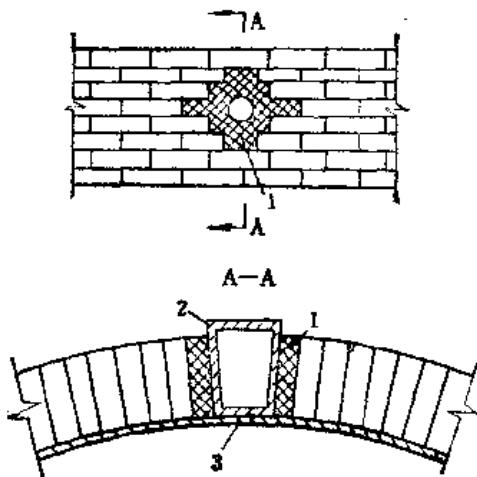


图21-2-59 用耐火混凝土浇筑拱顶内的孔洞

1—耐火混凝土 2—木胎 3—油毡纸

造的木胎，见图21-2-59。在错合和木胎之间的缝隙内，填充耐火混凝土。为了易于在耐火混凝土浇筑后拆除木胎，必须用一张油毡纸衬垫在木胎上，在拱胎上也同样铺设油毡纸。

(六) 内衬的砌筑

1. 回转圆筒内衬的砌筑

砌筑回转炉和转筒烘干炉等回转圆筒的内衬时，其内衬砖若不与外壳紧密接触，则内衬砖会空转、松动而脱落。因此，砌砖时要紧贴外壳，最后的锁砖也必须完全砌好。

以前砌筑回转炉内衬时，主要采用错缝砌筑的方法。现在为便于部分修补，则多采用环砌。砌砖时，可在炉长方向分成若干段，并同时开砌，直至砌完。砌筑顺序和千斤顶的用法如图21-2-60 a~f 所示。

砌完砖后，将炉体空转一下，进行内衬砖的检查。此时，若发现有松驰的砖，则用厚约2mm的铁板打入松驰的砖缝进行固定。

2. 管道内衬的砌筑

管道内衬的砌筑是从煤气管或空气管的下部开始。当内衬砖砌到管道中间的中心线时，即被砌的砖，其本身已经不能在砌体上支持时，安装一个长度约0.5~0.6m的拱胎，如图21-2-61所示，使管道上部的砖沿着拱胎砌筑。此时，顶部砌体的锁砖从端面上角打入，锁砖就位后，再由上向下锁紧。管道内衬在一个部位上结束后，拱胎继续向另一处移动，继续施工。

衬砌煤气管和空气管时，经常有圆管形内衬与圆筒形接头管相交接的情况。当它们相接时，应采取不交错自由连接的方式，如图21-2-62所示。凡是纵横管道T形内衬接头部分的砌砖，必须砍制成圆锥形。这种砌砖法不会影响接头砌砖和内衬在加热后的热膨胀。

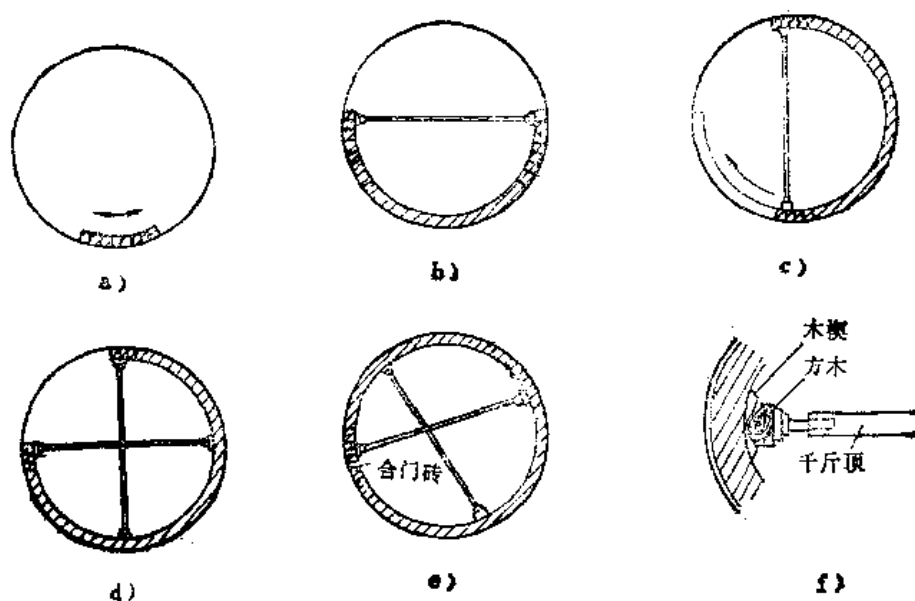


图21-2-60 回转圆筒内衬的砌法

a) 首先由筒壳下部往两边砌砖 b) 当两边砌到比筒体中心稍高的地方时, 用千斤顶牢固地顶紧 c) 将筒体慢慢回转 90° 后, 继续砌下约 $1/4$ 部分 d) 再用千斤顶顶紧 e) 使未砌部分的回转筒体转到下面, 继续砌砖, 最后从横向打入锁砖 f) 千斤顶顶紧处的详图

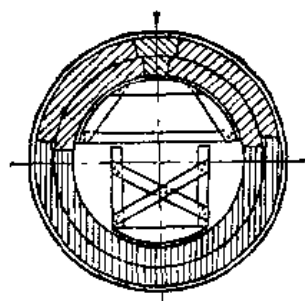


图21-2-61 管道内衬的砌法

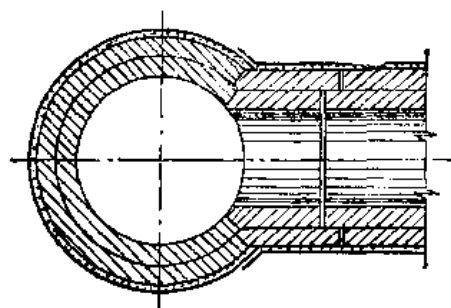


图21-2-62 管道内衬接头部分的砌法

(七) 烟囱与烟道的砌筑

烟囱与烟道是排除工业炉、窑内燃烧产生的烟

气的构筑物。烟囱还能增强抽风能力。它的高度一般在 $45\sim 60\text{m}$ 之间, 较大直径的烟囱也有砌到 100m 的, 但通常在 80m 以上多采用钢筋混凝土烟囱。

砖烟囱又分为方形和圆形两种。方形的一般高度不大, 较少采用, 其构造原理和圆烟囱相同。烟囱主要由基础、筒身、内衬、隔热层及附属设施所组成, 其构造见图21-2-63。

基础通常采用现浇钢筋混凝土。筒身按高度分成若干段, 每段的高度一般为 10m 左右。每段筒壁的厚度由下而上逐渐减薄。当使用红砖时, 筒壁厚度多为半砖或一砖(变化), 且每段内的筒壁厚度相等。

筒身内气温高于 500°C 时, 内衬应采用耐火粘土砖或耐火浇注料预制块砌筑; 低于 500°C 时, 可采用不低于75号的红砖砌筑。

隔热层分空气隔热层和填充隔热材料(如矿渣棉、蛭石等)隔热层两种。以空气层隔热的烟囱, 可在筒身上开设通气孔, 并应上下交错布置, 以避免在筒身的同一水平截面上。

附属设施均为金属构配件, 按设计标高埋设, 安装前在地上按规定遍数先刷好防锈漆。

烟囱外壁在构造上有 $1.5\%\sim 2.5\%$ 的坡度, 所以除常用的筑炉工具外, 还需备有:

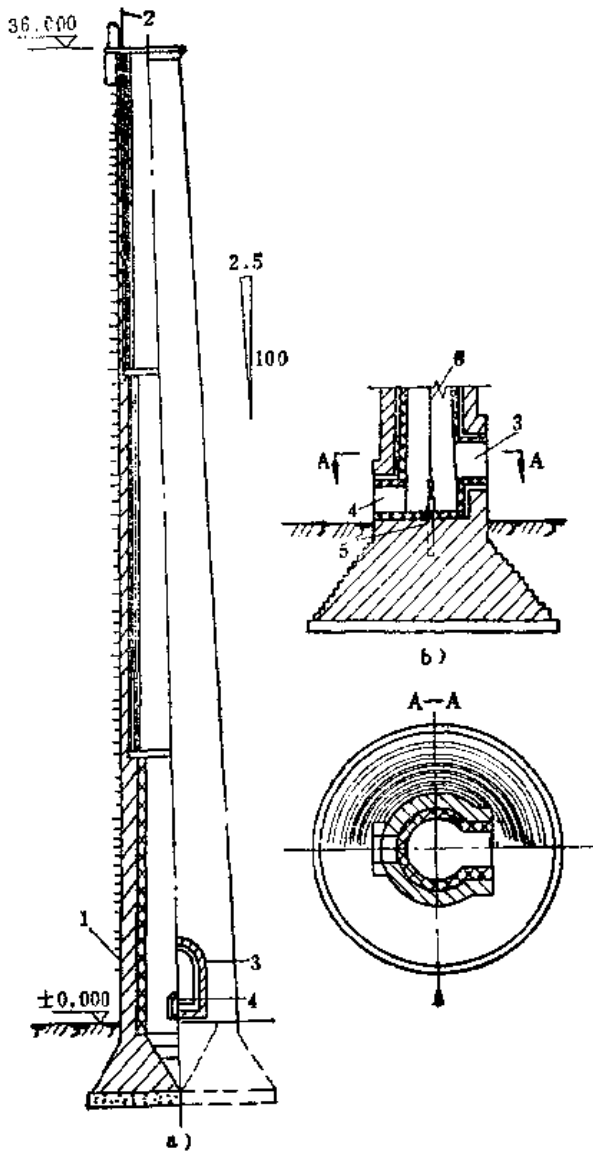


图21-2-63 烟囱构造

a) 烟囱纵向剖视图 b) 十字中心点预埋钢管

1—铁爬梯 2—避雷针 3—烟道口
4—出灰口 5—预埋钢管 6—锤线

1) 大线锤：线锤一般10kg左右，砌筑烟囱过程中，线锤的锤尖对准基础上的中心，一端悬挂在引尺架下面的吊钩上，左右前后移动引尺架，以便对中。

2) 引尺架（十字杠）：引尺架是采用断面为60mm×120mm的方木，其长度与筒身的最大外径相同。方木的中心点下面有一小吊钩，以便悬挂线锤找中用。

3) 引尺（轮圆杆）：引尺上刻有烟囱筒身的最大和最小外径，以及每砌高半米烟囱外壁收分后

的直径尺寸。引尺的一端套在引尺架中心上，并以此为圆心。当烟囱每砌高半米，引尺即绕圆心回转筒身一圈，测量一次。如发现有误差，必须逐步调整纠正。检查一次，涂去一格。测量时应知道已砌筒身的标高和半径，以便心中有数。

4) 坡度靠尺板：检查烟囱外壁收分坡度和凹凸用。

5) 铁水平尺：检查烟囱砌体的水平偏差。

1. 砌筑圆烟囱的几个关键环节

(1) 定位和中心轴线的控制 钢筋混凝土基础底板浇捣好后，将烟囱前后左右的龙门板用经纬仪校核一次，无误后，拉紧两对龙门板的中线所形成的交叉点，这就是烟囱的中心点。将此点用线锤引到基础面，把预埋铁件对准此点埋入基础内。在混凝土凝固前以及养护中都要随时注意其走动与倾斜。混凝土凝固后，复校一次，并用红漆标出中心位置。

烟囱在砌筑过程中，每砌高0.5m(约8块砖)，要校核中心轴线一次，其方法如下：将引尺架放在烟囱上，大线锤的铁丝系挂在架下的吊钩上，前后左右移动引尺架，使线锤的锤尖对准基础中心。套上引尺，然后根据砌筑的筒身高度与相应的直径，回转引尺一周，观察收分后引尺的刻度若能与实际筒身圆周相符合，则说明筒身的中心在基础中心的垂线上。

(2) 烟囱标高的控制 烟囱基础砌出地面后，用水平仪在砌体外壁定出±0.00标高，并用红漆做出记号。以后每砌高5m或筒壁厚度变更时，均用钢皮尺仍从±0.00起垂直往上量出各点标高，并用红漆标明。烟囱附属设施的埋设、腰线、挑治和通气孔的设置，均以此点为标准。

(3) 烟囱垂直度的控制 烟囱的筒壁在构造上都有收分，一般收分的坡度为1.5%~2.5%。因此，要保证烟囱垂直度的正确，要用坡度靠尺板(即托线板)来检查。一般砌墙用的托线板宽10cm，长150cm，墨线弹在板的中心。用于砌烟囱的托线板，则应按坡度加工成坡度(伸势)托线板。现以烟囱坡度2.5%为例，板之下口宽仍为10cm，则上口宽应为13.75cm(150×2.5%=3.75cm，再加原来10cm)。

当坡度托线板贴在烟囱筒壁，线锤能对准板上垂直墨线，说明烟囱的垂直度是正确的。否则表示太大或太小，应及时校正墙面。检查烟囱质量的工

具见图21-2-64。

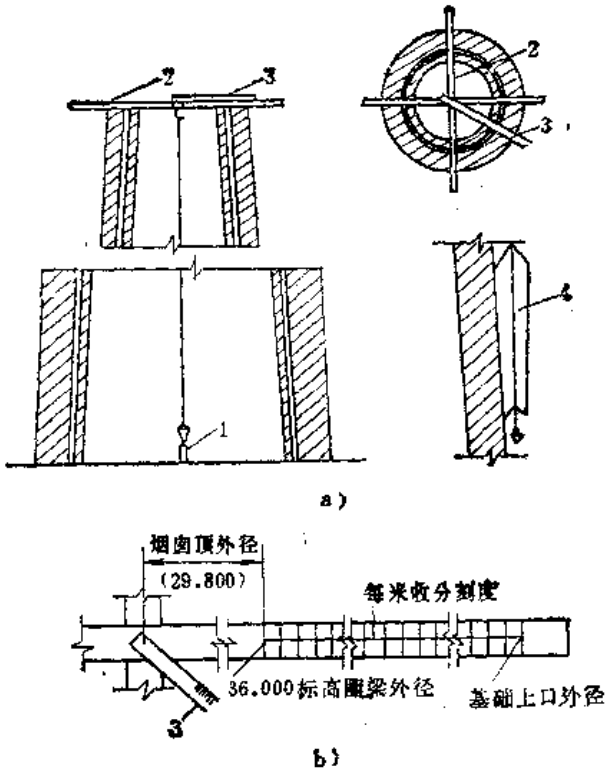


图21-2-64 检查烟囱的工具与方法

a) 检查烟囱的工具 b) 十字架大样图
1—中心线 2—十字架 3—轮圆杆 4—坡度靠尺板

2. 基础的砌筑

钢筋混凝土基础浇完后，根据施工图要求，用水平仪测出基础面标高，并在底板的侧面用红漆划出标高记号。基础面不平时要用1:2水泥砂浆找平，再以基础中心为圆心，弹出基础内外径的圆周线，即可浇水润湿进行砌筑。

开始砌筑时，先要摆砖摆底。砖层的排列，一般采用顶砌，以保证外形的规整。只有外径较大（7 m 以上的勒脚或筒身）时，才用一顺一顶砌法。但筒身的内侧也可以顺砌，以减少半砖的数量。砌体上下两层砖的放射状砖缝，应错开 1/4 砖，环状砖缝应错开 1/2 砖。为达到错缝要求，可用半砖进行调整。通常水平砖缝为 8~10mm，垂直砖缝内圈不小于 5mm，外圈不大于 12mm。

基础有大方脚的与砖墙一样向中心收退，基础的高度与块数由小块数杆控制。一般烟囱基础墙没有收分，呈圆柱形，可用普通托线板检查垂直度。基础的内衬要与外壁同时砌筑，如需要填充隔热材料时，每砌高 4~5 块砖即填塞一次。筒壁砌体的

砖缝交错见图21-2-65。

基础砌完后，要进行一次中心轴线、标高、垂直度、圆半径、圆周尺寸、上口水平等全面检查，合格后方可砌筑筒身。

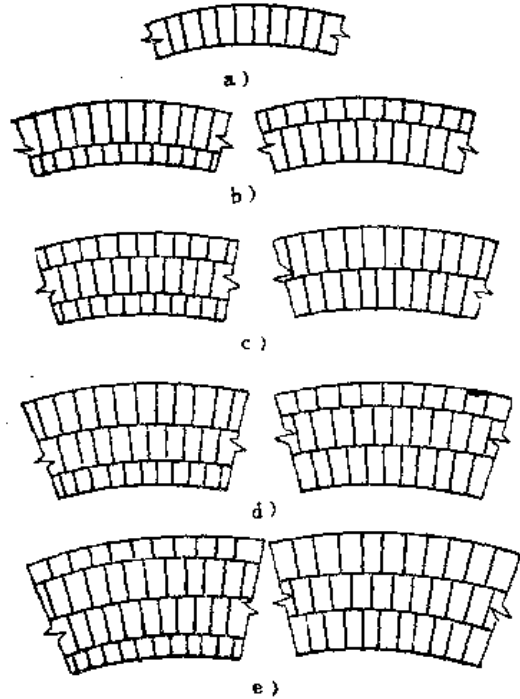


图21-2-65 筒壁砌体的砖缝交错

a) 一砖 b) 一砖半 c) 二砖
d) 二砖半 e) 三砖

3. 筒身的砌筑

(1) 外壁的砌筑 外壁又称筒壁，外壁砌筑时开始要收分，并按图纸要求砌好出灰口与烟道及其附壁砖垛。筒身直径较大，可用整砖；较小时，为使砖缝均匀，可将砖砍成楔形。加工后砖的宽度应不小于原来宽度的 2/3。由于宽度减少，砌到一定块数后，会出现放射状砖缝的直通现象，此时可砌两块顺砖来进行调整（图21-2-66）。外壁的水平与垂直砖缝的要求与基础相同。但上下两环之间的砖缝（俗称花槽）应交错砌筑，不得形成同心环。

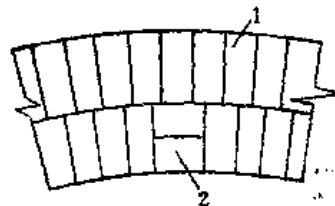


图21-2-66 放射状砖缝的错砌

1—顶砌砖 2—顺砌砖

对筒壁厚度为 $1\frac{1}{2}$ 砖时, 第 1 块砖, 半砖在外圈, 整圈在内圈; 砌第 2 块时, 内外圈对调。厚度为 2 砖的, 砌第 1 块砖时, 内外圈均用半砖, 中间一圈用整砖; 到第 2 块时, 内外圈均为整砖。厚度为 $2\frac{1}{2}$ 砖的, 第 1 块砖外圈用半砖, 里面两圈用整砖; 到第 2 块时, 半圈调到里圈, 外面两圈用整砖。这样砌的目的, 用半圈进行调整主要是避免形成同心圆环。其余如 3 块以及 3 砖以上则按此类推。对于多圈的筒壁, 一般先砌外圈, 再砌内圈, 最后填心。

筒壁上的内衬悬壁, 但每一台阶挑出的长度应大于 60mm (1/4 砖), 挑出部分各台阶的高度, 应不小于 120mm (1/2 砖)。

烟囱顶部筒壁称为筒首。筒首应以台阶形式向外挑出, 其挑出的宽度以 180mm 为宜, 但每一台阶挑出的长度应不大于 60mm, 高度不小于 120mm (二块砖)。烟囱的内衬悬壁与挑沿也有如图 21-2-67 的砌法。

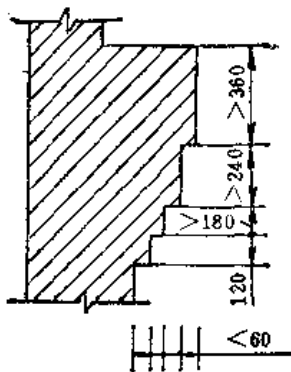


图 21-2-67 筒首的砌法

筒壁是囱身的主要部分, 为确保囱身质量, 必须注意下列事项:

1) 小于半砖的碎砖, 不得用以砌筑烟囱。

2) 砌体的每块砖应为水平, 或稍微向内倾斜 (使烟囱外表面符合收分坡度要求, 砌体重量的合力中心向里位移, 烟囱更趋稳定, 且砖与砖之间挤得更紧), 绝对不允许向外倾斜, 应随时用水平尺检查纠正。

3) 为了防止因操作人员的手法不同, 而产生的垂直偏差、砖缝不均和上口不平等现象, 筑炉工的操作位置应依次随时轮换, 至少每砌半米轮换一

次。

4) 囱身每砌高半米, 对中心轴线、垂直度、高度、断面半径、囱壁圆周的收分与上口的水平应进行一次全面的检查。若在允许偏差范围之内, 则在以后的砌筑过程中逐步纠正。

5) 砌囱身时, 应注意囱道入口处两侧的砖垛, 须与烟囱筒身同时砌筑, 每层砖要在同一水平上, 不要砌成螺旋形墙。

6) 烟囱每天砌筑的高度, 视气温与砂浆硬化的情况而定。一般每天砌筑的高度为 1.8~2.4m, 砌得过高会因砂浆受压缩变形而引起囱身偏差。

7) 地震区囱身配有竖向和环向钢筋, 砌筑时应按设计要求认真埋置。

8) 烟囱的附属设施应事先涂好防锈漆。砌筒壁时按设计位置认真埋设, 嵌入筒壁内不得小于 24cm, 卡入砖缝内, 用 100 号水泥砂浆窝牢, 并用砖压实。

9) 外壁砖缝应随砌随刮随勾, 并勾成风雨缝 (即斜缝)。腰线、挑沿和压顶用 1:2 水泥砂浆粉成 45 度和 60 度的泛水。

(2) 内衬的砌筑 砖烟囱的内衬一般是随着筒壁同时砌筑的。衬壁厚半砖的, 用顺砖砌筑, 错缝搭接为半砖; 厚度为一砖的, 用顶砖顺砖交替砌筑, 错缝搭接为 1/4 砖。

用红砖砌的内衬, 砖缝不得大于 8mm。用耐火砖砌的内衬, 不得大于 4mm, 砖上披上耐火泥浆, 用锤轻打砖块, 使垂直与水平砖缝达到饱满密实, 做到微烟不透砖缝, 砌好一块把舌头浆刮干净。囱身与内衬间的空气隔热层不允许落入砂浆或砖屑。如设计要求填充隔热材料的, 则每砌 4~5 块砖就要填充一次, 并轻轻捣实。为减轻隔热材料的自重而产生的体积压缩, 沿内衬高度每 2~2.5m 砌一圈减荷带。当囱身砌到内衬顶面时, 或外壁厚度减薄时, 囱壁向内砌出挑沿 (悬壁) 盖住隔热层的上口, 以免灰尘落入其内, 见图 21-2-68。

为了保证内衬的稳定和牢固, 水平方向沿囱身周长每隔 1m, 垂直方向每隔 0.5m, 上下交错地挑出一块砖与烟囱壁顶住 (图 21-2-69)。

内衬砌好后, 经检查合格, 在内衬表面涂刷耐火泥浆或粘土浆一遍。最后铺砌烟囱底部的耐火砖, 并使上下层砖缝错开。

4. 方烟囱的砌筑

方烟囱受到的风压比圆烟囱要大, 因此, 其砌

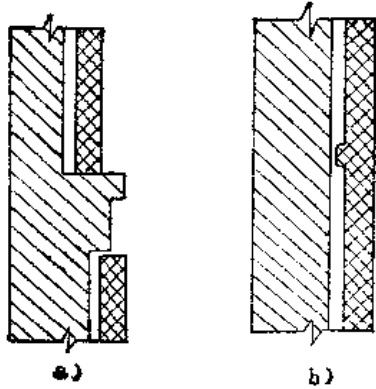


图21-2-68 挑沿与减荷带
a) 挑沿 b) 减荷带

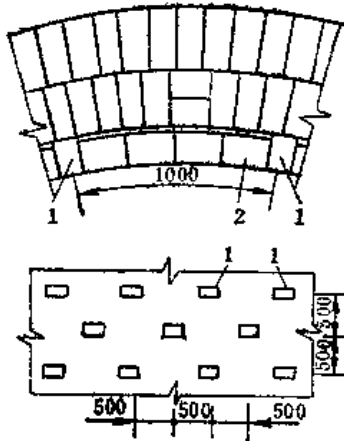


图21-2-69 内衬与筒身相顶砖的位置
1—顶砖 2—内衬

筑高度比圆烟囱要小，一般在15m左右。在拔风要求不大、炉子温度不高时（如烘干炉、退火炉等）可以采用。

方烟囱筒身及内衬的砌筑方法、操作要领、质量要求、使用工具以及标高、中心轴和垂直度的控制，基本与圆烟囱相同。其差异仅有如下几点：

1) 砌圆烟囱时允许每一层砖微微向内倾斜，而方烟囱则要求每层砖都要砌平。因此，方烟囱的收分采取踏步式，砌筑前要按坡度的大小事先计算好每层砖收分的数值。

例如，烟囱的坡度为2.5%，每米高应收分25mm。每米以16块砖计算，25除以16等于1.56mm，按此数收分，砌砖时就做到了心中有数。

2) 检查圆烟囱不同标高的截面尺寸时，可将

圆周6等分，在筒身外接圆周上取6点，并相对固定进行检查。因此，所用引尺的划数应将不同标高的方形边乘以0.707。

检查圆烟囱的坡度，是用坡度靠尺板在上述6点上进行，而方烟囱检查坡度时，除四角顶外，还应在每边的中点上进行。

3) 方烟囱应按一顺一顶方法砌筑。为了达到错缝要求，需砍出一个3/4砖。但方烟囱是层层踏步收分，不能因收分而把转角处的砖过多地砍掉（即在转角处仍要保留3/4砖），需砍部分应在筒身内调整。

4) 圆烟囱的通气孔，一般沿竖向每隔50cm（8层砖）、沿筒身水平方向每隔1m留一个，并且要上下左右错开。而方烟囱一般不留通气孔，如必须留设时，应避开四个顶角。

此外，铁爬梯、避雷针等的埋设也与圆烟囱相同，但应避开四个顶角，并应设置在常年背风的一面。

5. 烟道的砌筑

从炉容出烟口到烟囱根部，这一段烟气通道称为烟道。烟道的外壁与内衬应同时砌筑。当砌到拱脚高度后，按拱脚标高先安装内衬拱胎，顶撑要立稳支牢，然后可以砌筑筒拱。如内衬采用耐火砖，则应用侧厚楔形砖砌筑。半砖厚的筒拱，按砖长侧砌，相邻两砖交错搭接半砖，如图21-2-70所示。

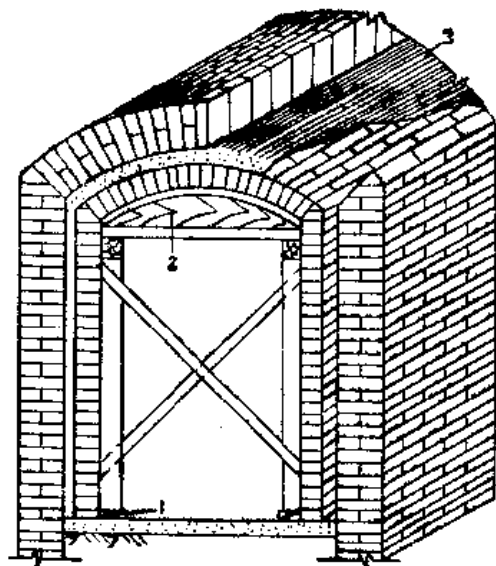


图21-2-70 烟道的砌法
1—木模 2—拱胎 3—草帘

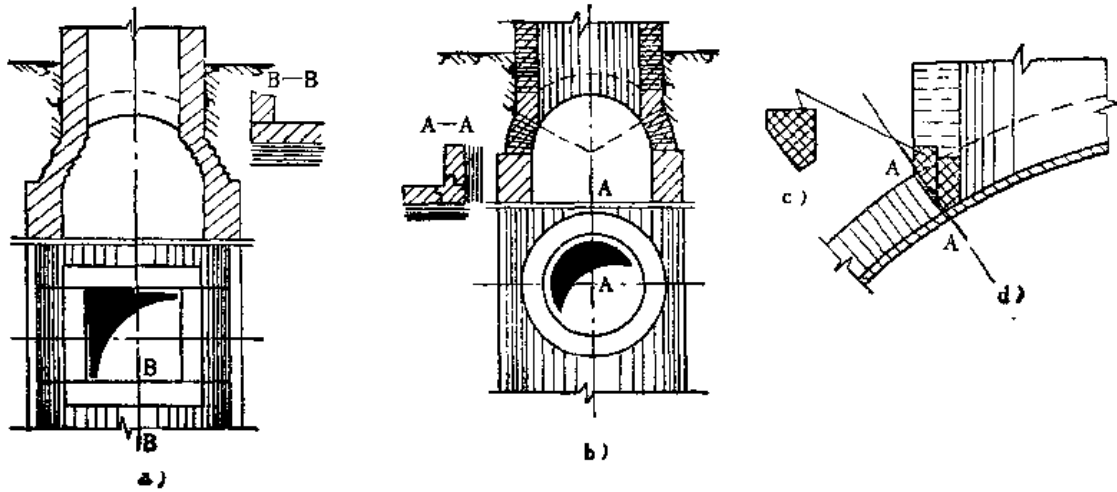


图21-2-71 烟道人孔的砌法
a) 方形人孔 b) 圆形人孔 c) 样板 d) 人孔墙的托砖砌法

砖缝一般在 $2\sim 3\text{ mm}$ ，最大不超过 4 mm ，泥浆要饱满密实，做到不透烟。

砌时从两端拱脚同时开始，逐渐砌到拱顶。内衬砌好，铺上草帘作为外壁筒拱的拱胎。同样从两端渐次向中心砌筑，砌好后在拱圈砖缝中用水泥砂浆刮平灌缝，待强度达到后拆除拱胎。

烟道与烟囱底部的烟道口与炉窑的出烟口砌法相同，但砌接处应留沉降缝，并用石棉绳堵塞严密。最后进行烟道底面铺砖。

6. 烟道人孔的砌筑

人孔是烟道顶内的孔洞，用砖砌的竖井把它和地面连道起来，竖井的上面用铸铁盖覆盖，竖井砌体坐落在孔洞周围顶的砌砖上。竖井有方形和圆形两种。

(1) 方形人孔 是利用两侧的烟道墙，砌筑几层砖凸台来达到孔洞的一个内径尺寸，另一个内径尺寸则由预先砌筑烟道拱顶时砌成的两个截面的间距。竖井砌砖则沿着顶的截面砌筑，见图21-2-71。当烟道很宽时，在烟道的顶内留设整个孔洞，然后再砌筑人孔的竖井。

(2) 圆形人孔 在人孔的中心垂直地安装圆筒形木胎，其形状应符合人孔的内径尺寸。然后，制造一个形状符合人孔托砖的木样板，样板的倾斜角度应接近拱胎圆筒中心的砖层斜度。接着就可根据制好的样板，在图21-2-71 d所示的线A-A处结束顶的砌筑。在圆筒的周围所形成的托圈上，铺砌预先按样板制造的托砖。当砖找平后，即在托砖的上面砌筑人孔的竖井。但是，这种砌筑方法一般很少采用，因为它的最大缺点是托砖下面拱砖的加工

量极大，而且难度也高，甚至不易砍成。

常用的圆形人孔的砌筑，可参照方形人孔的砌筑法。只要在拱顶的两端截面部分，各加工成 $1/4$ 的平台圆截面，然后，再在两侧烟道墙上用凸台的方法，砌成 $1/4$ 的平面弧形。随后将砌砖找平，再沿着已砌好的圆形，砌筑人孔的竖井。这种砌筑方法，操作简便，技术要求一般，而工作效率较高。

第3节 耐火泥浆

耐火泥浆是用来填充砌砖时由于砖的外形尺寸不精确和表面不平正所造成的隙缝，使砖块互相粘结，从而使炉子具有一定的强度、整体性和气密性。

(一) 耐火泥

耐火泥是由细耐火骨料和结合剂所组成，是砌筑耐火砖用泥浆的干料成分。耐火泥的化学成分、抗侵蚀性、热膨胀率等应接近于被砌筑的耐火制品的相应性质。

耐火泥根据组成材质的不同可以分为：粘土质耐火泥、高铝质耐火泥、硅质耐火泥、镁质耐火泥等。常用耐火泥的分类与颗粒组成列于表21-3-1。

耐火泥按照结合剂的不同，又可分为以下三类：

(1) 陶瓷结合耐火泥 由细耐火骨料和陶瓷结合剂（塑性粘土）组成的混合物。交货状态为干状，需加水后使用，在高温下通过陶瓷结合而硬化。

表21-3-1 常用耐火泥的分类与颗粒组成

耐火泥名称	牌号	耐火度 (°C)	粒度 等级	颗粒组成 (%)							熟料与结合 粘土含量		备注
				通过筛孔 (mm)							(%)		
				0.088	0.125	0.2	0.6	1.0	2.0	2.8	熟料	结合粘土	
粘土质耐火泥 YB396-63	NF-40	1730	细粒	—	50	—	97	100	—	—	80~85	15~20	适用于砌 筑粘土质耐 火制品
	NF-38	1690	中粒	—	25	—	—	97	100	—	75~80	20~25	
	NF-34	1650		—	—	—	—	97	100	—	65~75	25~35	
	NF-28	1580	粗粒	—	15	—	—	—	97	100	—	—	
高铝质耐火泥 GB2994--82	LF-76	1790	细粒	80	—	97	—	—	—	—	—	—	适用于砌 筑高铝质耐 火制品
	LF-70	1770	中粒	—	50	—	97	—	—	—	—	—	
	LF-60	1770		—	—	—	—	97	—	—	—	—	
	LF-50	1750	粗粒	—	25	—	—	97	—	—	—	—	
硅质耐火泥 YB384-63	GF-93	1690	中粒	—	—	80	—	97	—	—	—	—	适用于砌 筑硅质耐火 制品
	GF-90	1650 ~1690		—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	GF-85	1580 ~1650		—	—	—	—	—	—	—	—	—	
镁质耐火泥 GB2274-80	MF-82	2000	细粒	50	—	—	97	—	—	—	—	—	适用于砌 筑镁砖、镁 铬砖、镁铝 砖和贴补炉 墙
	MF-78		粗粒	—	50	—	97	100	—	—	—	—	

(2) 水硬性结合耐火泥 由细耐火骨料和起主要结合作用的水硬性结合剂(水泥)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。

(3) 化学结合耐火泥 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。交货状态既可以是浆状,又可以是干状,在低于陶瓷结合温度下硬化。按照硬化温度,这种耐火泥可分为气硬性和热硬性两种。气硬性耐火泥常用水玻璃等气硬性结合剂配制。热硬性耐火泥常用磷酸和磷酸盐等热硬性结合剂配制。这种热硬性耐火泥硬化后,除在各种温度下都具有较高的强度以外,还具有收缩小、接缝严密、耐腐蚀性强等特点。

(二) 耐火泥浆的组成

各种耐火砖砌体除个别部位(如镁砖炉底、硅砖炉顶)采用干砌外,绝大部分均使用泥浆砌筑。综合起来,对耐火泥浆的要求是:

1) 湿润时加入最小的水量,就可使其粘附在砖的表面,并完全充填不平的隙缝。

2) 干燥时应有较小的收缩,不发生裂纹,保证炉衬粘结在一起。

3) 使用时具有良好的粘结性能,保证砌体坚固、严密。能抵抗金属熔液、炉渣或炉气对砖缝的侵蚀,并且有较高的耐压强度,以承受砌体对它的压力。

在现场实际砌砖时,泥浆的铺展性、涂抹性、失水性和粘结性都是重要的性能。但是这些性能都是难以用数字表示的,作为大致指标,可以用泥浆保水时间的长短来确定。所谓保水时间,就是将搅拌成适当稠度的泥浆用大铲在砖上铺展成一定厚度,其水分被砖面吸走的时间。保水时间过长或过短,对于砌砖都是不合适的,这样也可以推演出泥浆的铺展性、涂抹性和粘结性等。

一般的耐火泥浆的保水时间以1~2min为宜,当然还应该按其用途而有所不同。在机械工厂中,砌筑工业炉时常用耐火泥的组成见表21-3-2。

表21-3-2 砌砖用泥浆组成和用量

砌体名称	泥浆名称	泥 浆 组 成	每块砖所需泥浆 (kg/块)	泥浆干料 月水量 (L/m ³)	每立方米 砌体用砖数 (块)	备 注
耐火粘土 砖、轻质耐火 粘土砖	粘土质泥浆	粘土质耐火泥 100%	0.2	400~600	550	砌筑各种加热炉 和热处理炉
	水玻璃粘土质泥 浆	耐火生粘土 5% 粘土熟料粉 64% 水玻璃 10% 水 21%		适量		
高铝砖	高铝质泥浆	高铝质耐火泥 100%	0.27	400~600	550	砌筑各种热处理 炉
	磷酸盐高铝质耐 火泥	高铝熟料粉 100% 工业磷酸 (浓度85%) 15%~17% 水 16%~18%		适量		
刚玉砖	刚玉泥浆	刚玉粉 (80目) 70% 刚玉粉 (3.5μm) 30% 磷酸 (外加) 1%	—	适量	—	砌筑铝丝炉
抗渗碳砖	抗渗碳泥浆	耐火生粘土 (<120目) 30% 耐火熟料 (<80目) 70%	—	适量	—	砌筑无罐渗碳炉
硅砖	硅质泥浆	硅质耐火泥 100%	—	400~600	550	砌筑酸性电弧炉
镁砖	干砌: 镁质耐火泥	干燥的镁质耐火泥 (或加适量 氧化铁粉)	0.29	—	550	砌筑碱性电弧炉 和加热炉炉底
	湿砌: 镁质泥浆	镁质耐火泥 100% 卤水 (密度1250kg/m ³) 适量	0.29	—	550	
硅藻土砖	粘土质泥浆	粘土质耐火泥 100%	0.061 0.072 0.018 0.09	400~600	550	砌筑炉体的隔热 部分
	硅藻土粘土泥浆	硅藻土粉 (体积比) 70% 耐火粘土 30%		适量		
	水泥硅藻土泥浆	水泥 (400号) 20% 硅藻土粉 80%		—		
膨胀蛭石砖	粘土质泥浆	粘土质耐火泥 100%	—	400~600	—	砌筑炉体的隔热 部分
	蛭石粉泥浆	膨胀蛭石粉 (<3mm) 40% 水泥 (400号) 30% 粘土质耐火泥 30%		适量		
红砖	水泥砂浆	水泥 (体积比) 20% 砂子 80%	0.1 0.41	200	540	砌筑红砖砌体
	粘土砂浆	普通粘土 (体积比) 70% 砂子 30%	0.38 0.15			
	耐热混合砂浆	水泥 (体积比) 15% 粘土质耐火泥 15% 砂子 70%	0.068 0.061 0.375			砌筑红砖砌体的 受热承压部分

(三) 耐火泥浆的稠度

部分水，然后再徐徐倒入粉料，不然会出现搅不动的现象，甚至发生烧毁电机的事。根据砌砖砖缝

耐火泥浆的稠度，应根据砌砖的厚度而定。砌砖的厚度不同，泥浆的稠度也不同。

表21-4-1 一般耐火砌体留设膨胀缝的平均值

砌体名称	膨胀缝平均值 (mm/m)
耐火粘土砖	5~6
高铝砖	8~10
刚玉砖	12~14
硅砖	10~12
镁砖	12~14
轻质耐火粘土砖	5~6
红砖	5~6

排烟道内层耐火砖才留膨胀缝。

在某些情况下，耐火砖的膨胀可与砖缝（泥浆）的收缩或压缩相抵消。这是因为：

1) 耐火泥搅拌成泥浆要加水或其它添加剂，如水玻璃、卤水、磷酸、纸浆等，当失水后体积自行收缩；

2) 耐火泥中掺有生粘土等，其中含有杂质或有机物，当高温烧失后形成空隙；

3) 泥浆（砖缝）没有象耐火砖那样经受压力成型。实践证明：散状泥料经过压力（如捣打或挤压）作用可压缩40%~50%。

根据上述分析，一般认为砖缝约有50%的厚度可起到膨胀缝的作用。

(二) 耐火砖砌体膨胀缝的留设

耐火砖砌体的膨胀缝可集中留设，也可分散留设，但都要满足总的膨胀尺寸要求。集中留设又可分为交错式和锁口式两种。

集中留设是将砌体总的膨胀尺寸，分为几条较大的膨胀缝。每条缝宽为10~20mm和间距为2~3m为宜。交错式膨胀缝，即砖层中的膨胀缝，在上、下砖层中交错排列，又称“弓”字形膨胀缝。锁口式膨胀缝，即内外不同种类的砖层中的膨胀缝互相错开，见图21-4-1。

分散留设是在膨胀总尺寸不变的情况下，按砖的长度、宽度或厚度方向留设较多的和尺寸较小的膨胀缝。

在砌筑过程中，留设膨胀缝时应注意下列事项：

1) 有利砌体的自由膨胀，膨胀缝的总尺寸应满足图纸要求。

2) 不能因留设膨胀缝而降低砌体的强度，留设膨胀缝要防止冒火、漏气、漏钢或漏渣等现象。

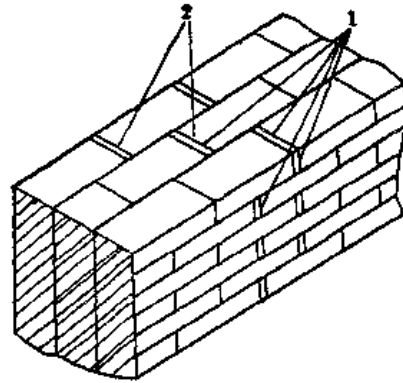


图21-4-1 集中留设膨胀缝

1—交错式膨胀缝 2—锁口式膨胀缝

3) 膨胀缝的位置应避开砌体的受力部位、隔热砖层和炉子骨架，以免影响强度。

4) 膨胀缝不能贯通砌体，要上下左右错开留设。靠近炉壳或隔热砖处，应在膨胀缝后衬砌耐火砖保护。

5) 膨胀缝内要填塞纸板或木板、耐火纤维、石棉制品等，不能混入杂质、砖块或泥浆。

对砌体不同部位膨胀缝的位置和留设方法，举例如下。

1. 炉墙膨胀缝

1) 炉墙砌体内外不同种类的砖层中，留成锁口式，互不相通，而在上下砖层中则留成交错式，互相错开（图21-4-2 a 和 b），一般采取每2m留一条，但应避开炉墙上的烧嘴、洞口、拱门等。

2) 对弧形墙的膨胀缝，一般采取圆弧砌体与外壳之间留设缝隙来代替膨胀缝，并在缝内填充耐火泥料或隔热材料。因为圆弧砌体受热时呈圆周增大方向（放射方向）膨胀，为了防止损坏钢结构和固定砌体，可挤压泥料以满足砌体膨胀的要求，见图21-4-2 c。

2. 拱顶膨胀缝

1) 拱顶一般在两端留出直通膨胀缝。留设时，除考虑拱顶的纵向伸长外，还应考虑两端炉墙向上的膨胀。拱顶的长度大于5m时，除在两端留设膨胀缝外，还应根据其长度分段在拱顶的中部留设膨胀缝。拱顶的膨胀缝应用一层平砌砖层覆盖（图21-4-2 d）。

2) 在悬挂式的吊顶上，通常是在靠近两侧墙砖列的侧面和底部留设膨胀缝，缝内填充石棉绳（图21-4-2 e）。在第一排横向拱砖背部留设的膨

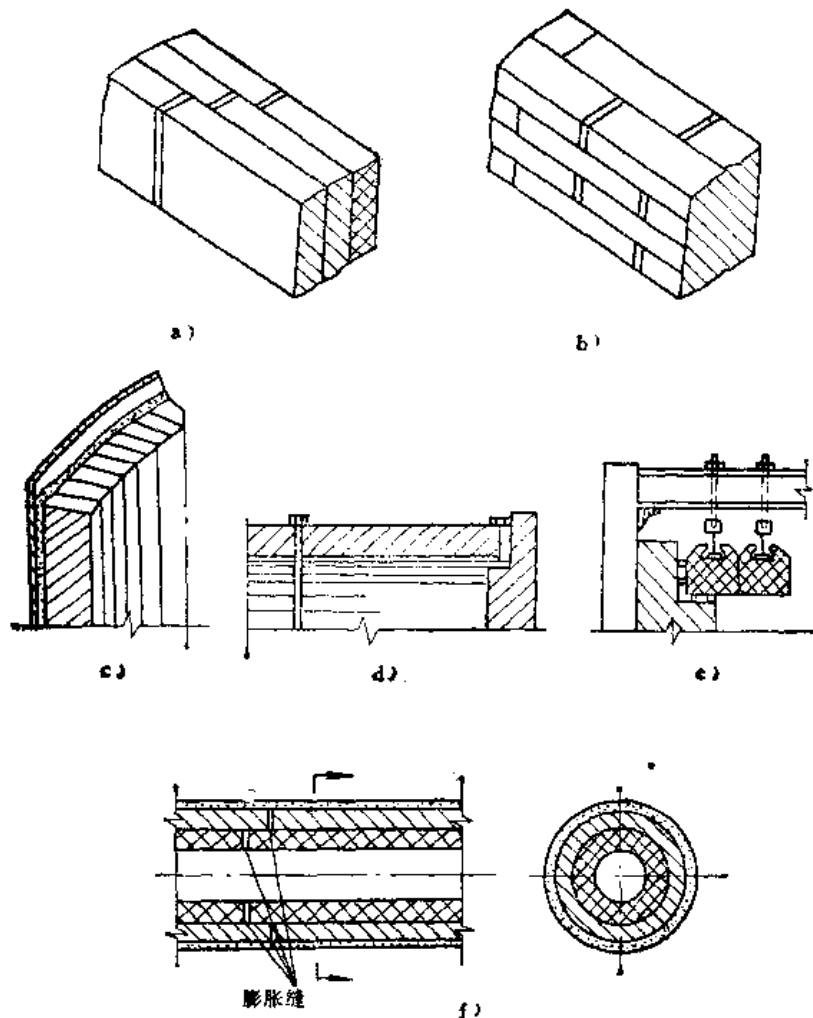


图21-4-2 耐火砖砌体膨胀缝的留法

a)、b) 在直墙内 c) 在弧形墙内 d) 在拱顶上 e) 在吊顶上 f) 在管道内

胀缝与侧面相同。

3) 用硅砖干砌的拱顶, 应在拱的辐射缝中, 每隔3~5块砖夹入厚度为1~2mm的纸板, 以抵偿膨胀。

3. 炉底膨胀缝

砌筑镁砖或镁铬砖炉底时, 每隔3~4块砖留设一条厚2~3mm的膨胀缝。在缝内填放2~3张1mm厚的纸板, 也可采用在每条砖缝内填充1张1mm厚的纸板。

4. 管道内衬膨胀缝

管道内衬膨胀缝的留设方法见图21-4-2 f)。横向膨胀缝保证砌体沿长度方向膨胀, 而环缝则沿直径方向膨胀。

5. 砌体内有金属构件的膨胀缝

砌体内有金属构件时, 应在金属构件和砌体之间留设膨胀缝, 使金属构件在加热时能自由膨胀。

为了保证膨胀缝的厚度和位置正确, 应采用样板作为留设膨胀缝的依据。膨胀缝内要保持干净, 为此在砌筑时留下的膨胀缝要用纸板或尺寸合适的木片填好, 以防落入杂物。

工业炉砌体的膨胀缝, 已经越来越引起人们的重视。由于膨胀缝留设的尺寸不足、留设方法不对, 曾经出现炉子的漏气、漏钢液、砌体倒塌、钢结构变形断裂等严重损坏现象, 甚至造成被迫停炉修理。近年来对膨胀缝留设的方法已做了很多改进。例如将原来的交错式膨胀缝改成滑动式膨胀缝。滑动式膨胀缝是由每层砖交错改为每4~5层交错一次, 并在砌体交错的地方用油纸板隔开(不填泥浆), 缝内填铺耐火纤维(图21-4-3)。

滑动式膨胀缝的主要优点, 是当砌体受高温作用膨胀时, 减少了砖与砖之间交错产生摩擦或因砌筑不平产生的阻力作用, 有利伸缩。同时, 因为在

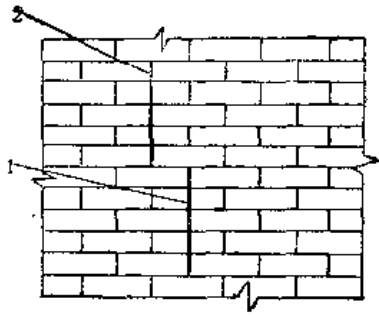


图21-4-3 滑动式膨胀缝
1—油纸板 2—耐火纤维

交错处没有泥浆而有利于膨胀两侧砌体的滑动。另外，滑动缝内填铺耐火纤维，可防止砌体的窜火现象。砌体膨胀时耐火纤维受到挤压，假如不能充分胀满，耐火纤维仍可起到耐火、隔热和密封的作用。

(三) 耐火混凝土膨胀缝的留设

耐火混凝土的热膨胀主要根据骨料的品种而定，它与同类耐火制品的热膨胀大致相同。用耐火砖砌筑的砌体，由于具有大量的砖缝补偿了受热后的膨胀，相对说来，其膨胀较小。而耐火混凝土是整体性结构，受热后的热膨胀则较大，如果不留适当的膨胀缝，耐火混凝土就不能伸张自如，甚至很快地被破坏。各种耐火混凝土的膨胀系数见表 21-4-2。

耐火混凝土膨胀缝的留设，主要选择膨胀缝的间距、宽度和形式，缝内用浸过稀耐火泥浆的石棉绳填充，以保持耐火混凝土的密封性和膨胀性。耐火混凝土膨胀缝的留设见表21-4-3。

耐火混凝土膨胀缝内用的填料，一般与前述的耐火砌体膨胀缝相似，粗缝采用石棉绳作填料，细缝采用耐火纤维等作填充料。

对耐火混凝土膨胀的质量要求如下：

- 1) 现场浇捣成型的各类耐火混凝土，均应按设计与图纸的规定留设膨胀缝，其宽度误差为 $+3$ -6 mm。
- 2) 水平膨胀缝的水平度误差，每米长度内不大于2.5mm，全长不大于15mm。
- 3) 垂直膨胀缝的垂直度误差，每米高度内不大于1.5mm，全高不大于15mm。
- 4) 膨胀缝内必须保持清洁，缝内不得有泥

表21-4-2 各种耐火混凝土的膨胀系数

名称	骨料品种	温度 (°C)	平均线膨胀系数 (1/°C)
硅酸盐水泥耐火混凝土	耐火粘土熟料或废耐火粘土砖块	200~1000	(4.0~7.0) × 10 ⁻⁶
水玻璃耐火混凝土	耐火粘土熟料或废耐火粘土砖块	200~1000	(4.7~5.5) × 10 ⁻⁶
矾土水泥耐火混凝土	矾土熟料或废高铝砖块	200~1000	(5.0~6.5) × 10 ⁻⁶
低钙铝酸盐耐火混凝土	熔渣或废高铝砖块	200~1000	6.8 × 10 ⁻⁶

表21-4-3 耐火混凝土膨胀缝的留设

名称	工作温度 (°C)	分段分块 (mm)	膨胀缝宽度 (mm)	膨胀缝留设形式
直墙及斜墙	600~900	1000~1200	3~4	
	900以上	800~1000		
弧形拱和筒体圆形壁	600~900	环向1000	3~4	
	900以上	纵向1000		
平拱和倾斜拱	600~900	1000~1200	3~4	
	900以上	800~1000		

浆、碎块和其它杂物。

5) 膨胀缝内的填料必须填充密实，不得存在松动现象，防止炉气渗漏。

6) 膨胀缝内的填料不得凸出于耐火混凝土的表面，应保持平齐或略低于表面。

第5节 工业炉隔热

隔热工作对工业炉的修理来说，是一项颇为重要的操作。隔热不仅是为了节约能源，而更重要的

是保证炉子升温速度，保持炉温稳定，还可以改善操作环境。根据工业炉的特点，隔热工作一般分为炉体隔热、管道保温和炉底管包扎隔热层。

（一）炉体隔热

工业炉的隔热可以采用成型制品（如轻质耐火粘土砖、硅藻土砖等）、散状材料（如硅藻土粉、膨胀蛭石等），或是两者同时使用。采用成型制品时，与耐火砖的砌筑方法基本相似。散状隔热材料一般用于堵塞砖块之间、炉壳与砌砖之间的隙缝中或铺放在炉顶上面。

在电阻炉炉底铺放硅藻土砖时，每铺一层砖即倒入一次硅藻土粉，将砖孔全部填满，如图21-5-1所示。砌筑炉墙时，每当砌至一定高度后，一般约为500mm，即可将散状隔热材料倒入间隙内，并用细铁棒轻轻捣实，以保证间隙内均匀填满，避免散状隔热材料在间隙内形成“搭棚”现象。

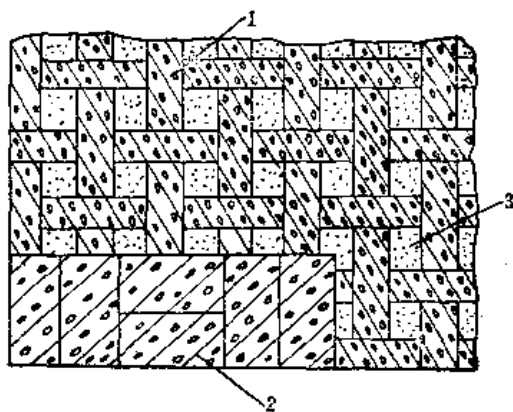


图21-5-1 电阻炉炉底的铺砌

1—第一层侧砌 2—第二层平砌
3—砖孔内填满硅藻土

为了保持填料的均匀分布，防止炉子使用后，由于承受高温作用产生的收缩或经受振动而出现的下沉，致使上部形成空洞而降低隔热作用。在砌筑过程中应根据整个炉墙高度，每隔一定距离将砌砖突出一层，把孔隙覆盖，使散状隔热材料形成互不相通的几层。

炉墙孔洞的周围要用轻质耐火砖或硅藻土砖砌筑严密，不留孔隙，以免散状隔热材料漏入炉内。

在烘干室壁板中若采用矿渣棉充填时，经一段时间的使用后，经常产生下沉现象。为此，可采用多层隔板的形式。最近开始改用成型矿渣棉制品，则完全消除了这种缺陷。

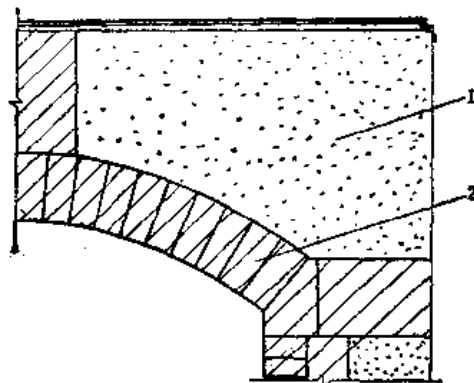


图21-5-2 箱式电阻炉炉顶隔热

1—散状隔热材料 2—炉顶楔形砖

炉顶隔热时，在箱式电阻炉炉顶上均匀地铺上一层散状隔热材料或硅藻土砖即可（图21-5-2）。对于火焰加热炉，则直接在炉顶上覆盖一层硅藻土砖，或在两层硅藻土砖之间再填充一层散状隔热材料（图21-5-3）。

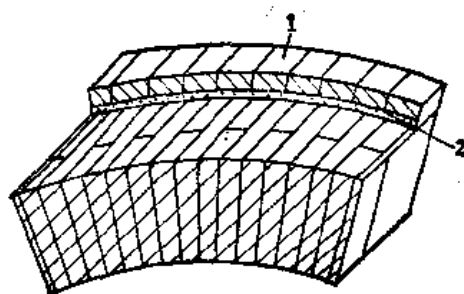


图21-5-3 火焰加热炉炉顶隔热

1—硅藻土砖 2—填料

（二）管道保温

管道保温是为了减少管道内输送介质与外界的热传导，以节约能源、防止冻结、满足使用要求等需要。管道的保温施工，应当在强度和气密性试验后进行。

保温前应将管道表面的污垢、灰尘和铁锈等清除干净，然后刷上防锈漆，以免金属管道被腐蚀后而导致保温层的脱落。刷漆时要求油漆层能形成连续无孔的膜，不透气，不透水，对金属表面有牢固的附着力，有一定的力学强度和弹性。

管道保温一般是由保温层和保护层组成。

1. 保温层

根据管道内的介质和温度，选用隔热材料和保

温层的厚度。常用的保温结构形式有：预制式、捆扎式、填充式和涂抹式等4种。由于结构形式不同，施工方法也各有特点。

(1) 预制式保温结构 这种保温结构常做成石棉硅藻土瓦、矿渣棉瓦及泡沫混凝土瓦，其形状有半圆形、扇形和梯形(图21-5-4)。

安装时将半圆形瓦的内表面涂上一层用水调和的硅藻土或石棉硅藻土泥浆，立扣在管子上，如图21-5-5所示；另一块则以同样的方法交错地扣在管子的另一半上，再用镀锌铁丝在其外圆上扎紧。镀锌铁丝的直径为1~2mm，间距150~200mm，距

离瓦的边缘约50mm。如遇变向的弯头，则将瓦按弯头样板锯割成若干节数，以相同的方法安装(图21-5-6)。扇形瓦的安装方法和要求与半圆形瓦相似，但因为它由4块组成一个圆，在施工上较为麻烦。立管保温时应装托架。

采用立扣的好处是使两块瓦的本身重量都能承托在管子上，而瓦不易掉下。铁丝接头应扳倒在上，以便在抹保护完时可以看清，而防止扎手。瓦扎完后，瓦之间的间隙应用硅藻土泥浆填充，以提高保温效能。

(2) 捆扎式保温结构 这种保温结构主要用

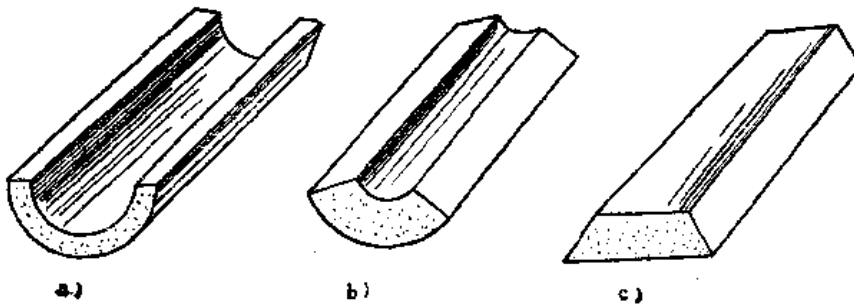


图21-5-4 管道保温预制品
a) 半圆形瓦 b) 扇形瓦 c) 梯形瓦

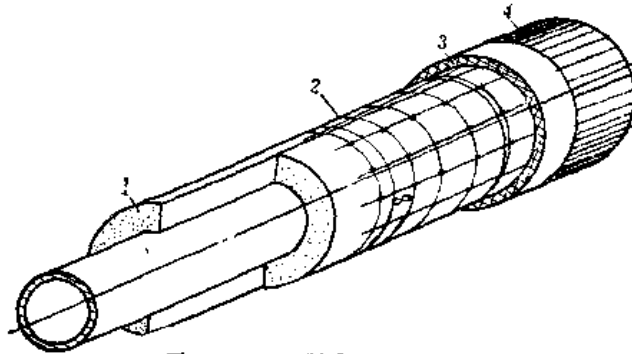


图21-5-5 预制式保温结构
1—保温瓦 2—铁丝 3—保护层 4—油漆

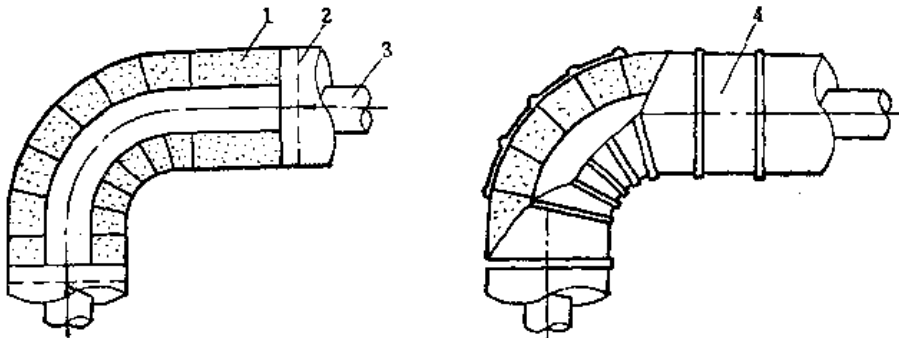


图21-5-6 弯管保温结构
1—保温瓦 2—铁丝 3—管道 4—铁皮壳

于毡状、带状或绳状的隔热材料。捆扎矿渣棉毡或玻璃棉毡时，首先将它按管子外径周长加上搭接宽度裁成块状，由下往上包扎，纵向搭接缝留在管子上端，然后用镀锌铁丝扎牢。

捆扎玻璃丝带或石棉绳时，则可按图21-5-7往管子上顺序紧密绕缠，并用铁丝扎牢。当管径较大时，还应包扎玻璃丝布或直径为0.8~1mm、网孔为20mm×20mm~30mm×30mm的六角形铁丝网。接缝处如有间隙，可用矿渣棉、玻璃棉或石棉绒塞满。

(3) 填充式保温结构 这种保温结构主要用于纤维状的隔热材料，常用的有矿渣棉和玻璃棉。填充隔热材料时，先在管道上安装支撑环。支撑环有两种：一种是用泡沫混凝土（或石棉硅藻土）瓦

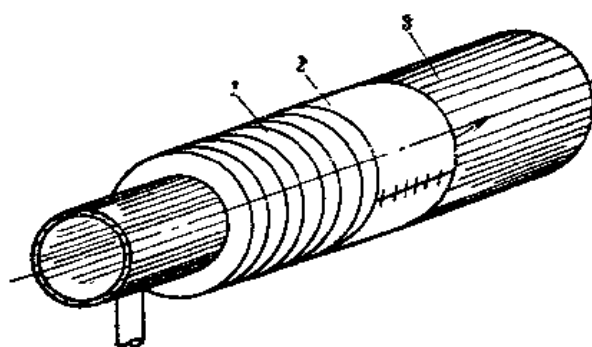


图21-5-7 捆扎式保温结构

1—石棉绳 2—玻璃丝布 3—油漆

锯成环状，用镀锌铁丝扎牢在管子上（图21-5-8a）。另一种是用圆钢制成的金属支撑环卡在管子上，再用铁丝扎牢（图21-5-8b）。环的厚度要和保

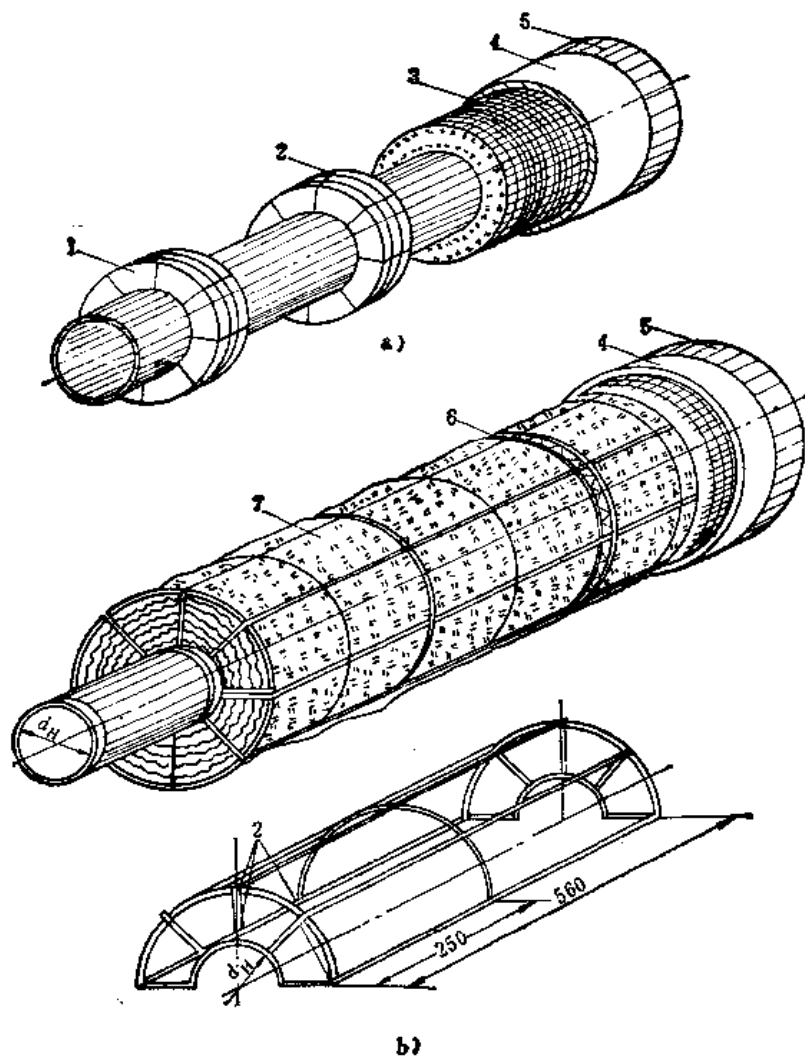


图21-5-8 填充式保温结构

a) 泡沫混凝土支撑环 b) 金属支撑环

1—保温瓦 2—铁丝 3—铁丝网 4—保护层 5—油漆 6—金属支撑环 7—纤维状隔热材料

温厚度相同。

根据保温外径周长，事先将铁丝网裁好，由下向上地裹在支撑环上，接口朝上，再把纤维状隔热材料填入网内。填塞后用直径为0.8mm的镀锌铁丝网接口缝合。

(4) 涂抹式保温结构 这种保温结构主要用于颗粒状隔热材料，如硅藻土、石棉灰和硅藻土石棉灰等。

涂抹时先将颗粒状隔热材料用水调和后，将它抻成团状，再将团状的胶泥直接贴在管子外圆上，并用抹子抹平抹圆。然后再用镀锌铁丝缠住胶泥（图21-5-9），以防干裂或振动后脱落。

2. 保护层

保护层对保温层起保护作用，故应具有一定的强度和耐水性。常用的保温层有玻璃丝布、石棉水泥壳、金属外壳等，待保温层干燥后方可施工。

(1) 玻璃丝布保护层，采用玻璃丝布作保护层时，先将布裁成条状，按螺旋形缠裹在保温层上。布条要紧贴，不应有开裂、皱纹和不平处。布的搭接应不小于5mm，布的外缘每隔一定距离用 $\phi 1\text{mm}$ 的镀锌铁丝绑扎，防止松脱，并在其外表刷以油漆。

(2) 石棉水泥保护层 这种保护层适用于石棉硅藻土、珍珠岩、蛭石制品等的保温层。当管道直径在150mm以上或介质温度较高时，应在保护层外包一层镀锌铁丝网。铁丝网的铁丝直径为1.1~1.4mm（即19~17号）、网孔为20mm×20mm或30mm×30mm。铁丝网外用14号铁丝绑扎。

石棉水泥保护层的厚度，与保温层的外径以及是否用铁丝网包扎有关。当保温层外径在300mm以内，并且不包铁丝网时，厚度为10~15mm；当保温层外径在300mm以上时或保温层外包铁丝网时，厚度为15~20mm。

石棉水泥保护层的配比为：400号水泥：4级石棉：硅藻土 = 2.5:2.5:5。先将其拌和均匀。涂抹时抹子的胶泥要紧贴保温层的外壁，抹子一头略为翘起，纵向拖拉，直到抹子内的胶泥全部涂抹在保温层上，再顺拖拉方向轻轻拿出。涂抹可先从管子下部开始，最后抹管子上部，因为下部比较难抹，而且容易脱落。待胶泥抹上后，再用抹子找圆。

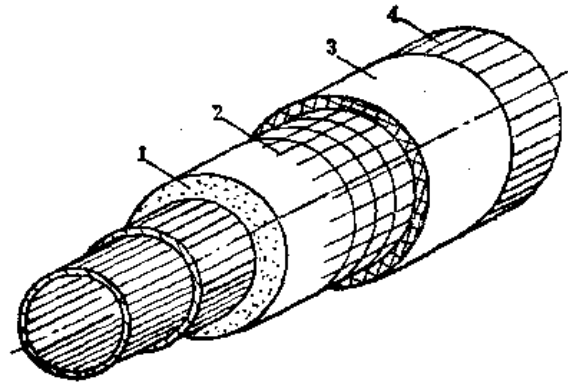


图21-5-9 涂抹式保温结构

1—隔热材料 2—铁丝 3—保护层 4—油漆

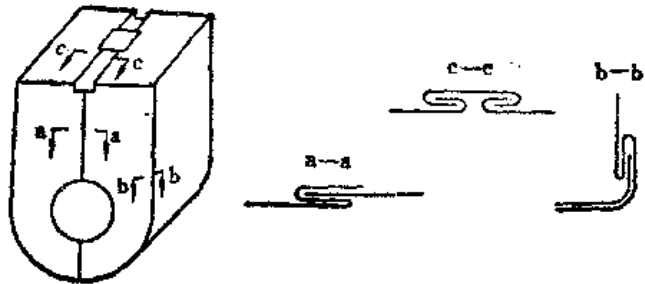
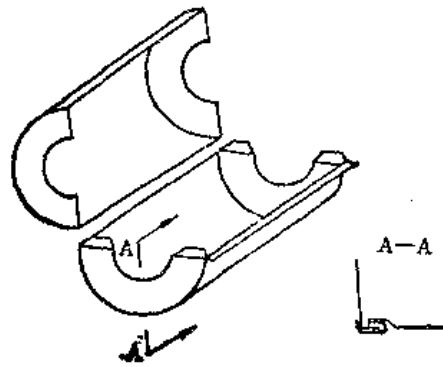


图21-5-10 金属保护层的安装

涂抹时最好一次就达到设计厚度，先用抹子初步找圆，等半小时后再进行压光。根据气候条件可适当浇水养护，以防开裂。

(3) 金属外壳保护层 在安装这些金属保护层之前，应按前述方法用玻璃丝布或油毡做保温层。

金属保护层可采用厚0.5mm铝板、镀锌铁皮或普通黑铁皮制造。要先经过起凸和滚圆，安装时要象屋面上瓦一样互相搭接，以防雨水流入保温层。水平管道的纵向缝应在管道的下侧面。金属保护层的安装方式如图21-5-10所示。

黑铁皮在包扎前应涂红丹防锈漆两道，最后再涂面漆。铝皮和涂锌铁皮一般不涂漆。

金属保护壳之间的连接是用小型手电钻打出 $\phi 3.2\text{mm}$ 的底孔，再用 $M 4 \times 16$ 的自攻螺丝固定。自攻螺丝的纵向间距为 150mm ，环向间距为 100mm ，但应不少于3~4个。

(三) 炉底管包扎隔热层

大型加热炉炉底管必须进行包扎，这是因为包扎隔热层后，可使加热炉的冷却水热损失减少为原来光管时的 $1/4$ 以下；可减轻钢坯上的墨印；改善轧件质量；可使炉温提高，且能延长炉体寿命。

对炉底管包扎层有以下几个要求：

- 1) 要求包扎层有起码的使用寿命，能跟上中、大修间隔周期。
- 2) 包扎层能承受震动及其它机械冲击。
- 3) 能耐急冷急热的温度变化，且开裂后不易崩落。
- 4) 能耐高温和一定的火焰冲刷，能耐熔渣的侵蚀。
- 5) 隔热性能好，且施工方便，易于修复。

这些基本要求中最突出的是耐震动和耐温变，要求包扎层在开裂后也能完整地锚固在管子上，因为包扎层如果掉落下来，其它一切性能也就丧失了。目前使用的包扎方法有：钉钩法、钢丝簧法、底板预制块法、耐火纤维法以及其它方法。

1. 钉钩法包扎隔热层

钉钩法的特点是将钉钩直接焊在管子上，并将包扎层牢牢地锚固住，如图21-5-11所示。施工时应注意下列事项：

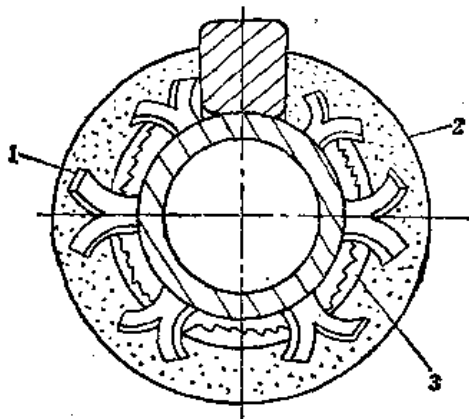


图21-5-11 钉钩法包扎隔热层

1—Y形扁钩 2—耐火混凝土 3—耐火纤维

(1) 焊牢 焊缝必须饱满，点焊的钉钩不能用手一扳就掉。钉钩冷却要好，如冷却不佳，易过热氧化变粗使包扎层胀裂。为便于焊牢，圆钉直径不要小于 $\phi 10\text{mm}$ 或采用Y形扁钩。

(2) 焊密 过去钉钩的轴向间距采取 $50\sim 60\text{mm}$ ，近年来有加密的趋势，采用 $40\sim 45\text{mm}$ 或更小一些的间距。圆周方向每 $60^\circ\sim 90^\circ$ 排一列钉子。

(3) 捣实 采用耐火混凝土浇注或可塑料捣制时，要求用小型震动棒震捣匀实。为便于焊牢，捣得实，有时要求包扎工作在炉外进行。

4) 严格烘烤及升温：耐火混凝土包扎层养生后，通蒸汽烘烤7~8天方可脱模，且要求炉子严格遵守烘烤及升温制度。

2. 钢丝簧包扎隔热层

这种包扎层以不锈钢丝簧作为联系筋，即使包扎层开裂，也不致会产生脱落。

它分预制压块和直接捣制两种，钢丝直径为 $\phi 2.5\text{mm}$ ，丝簧外径为 $\phi 20\sim 25\text{mm}$ 。预制块(图21-5-12a)是将一排通过丝簧的穿心丝的两端露出块外，用点焊法将它焊到管壁上。捣制的则利用穿心丝($\phi 3\sim 3.5\text{mm}$)，将丝簧扎紧在水管的锚钉上(图21-5-12b)，国内推广的是后者。

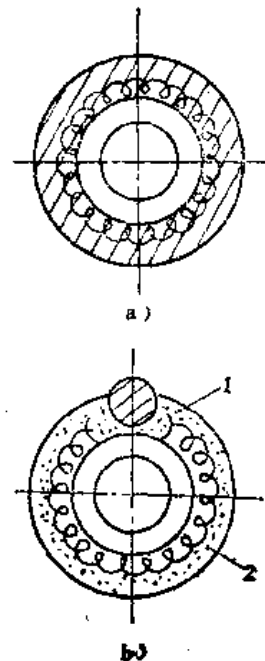


图21-5-12 钢丝簧包扎隔热层

a) 横管(预制压块) b) 纵块(直接捣制)

1—锚钉 2—可塑料

根据这种结构的特点，施工时必须注意下列事项：

1) 丝簧及穿心丝要采用不锈钢丝或电阻丝，一般丝簧的外缘温度达800~900°C，内缘也有500~600°C。

2) 穿心丝必须用特制手钳牢牢扎紧在水管上，不锈钢丝要经过软化处理，扎穿心丝的锚钉要牢焊在管上。

3) 捣制用托板要以木托架用千斤顶顶起，将放入的可塑料压实，用震动棒捣实，再用铁丝牢固地将金属托板（带小孔的薄铁皮或铁丝网）扎紧在水管上，然后拆除木托板。

4) 在150~300°C下（管内不通水）烘烤2~3天，待可塑料具有一定强度后才可拆除托板。在烘烤中要确保可塑料内的水汽排出，必要时可钻一些排气孔。

3. 底板预制块包扎隔热层

带底板的预制块（图21-5-13）是在冲压齿片或焊有锚固钉钩的瓦形金属底板上压制而成。施工时可直接焊到管子上。由于敷设快，施工或修复一座炉子只要1~2个班，且不要烘烤（因事先已烘烤好）就可开炉。

它的缺点是底板和管表面接触不好，冷却不充分，在高温炉内易超温氧化。为此，采用这种预制块时必须注意下列事项：

1) 底板内圆应与水管外表面贴合，其间隙应在0.6~1.2mm以内。不采用气割的管段来制作底板，而应采用冲压件，最好直接冲出齿片。

2) 应组织专门生产预制块，其规格有（ $\phi 76$ ）、（ $\phi 89$ ）、 $\phi 102$ 、 $\phi 114$ 、 $\phi 127$ 、 $\phi 140$ 、（ $\phi 159$ ）等。

3) 底板应经过渗铝，即在酸洗、水洗、烘干后在780°C铝液内浸5min，取出抹光，并进行扩散退火。

4) 当炉温超过1400°C时，在底板与管子之间应涂抹1~1.5mm厚的导热膏，其成分为0~0.2mm粒度的锰铁合金粉2份与建筑水泥1份混合，用浓度1.15的水玻璃调和后涂刷。

5) 底板与可塑料之间压入10mm厚的耐火纤维毯。

4. 耐火纤维包扎隔热层

耐火纤维具有良好的隔热性能，性质柔软，受震不易开裂，用于水管隔热时其性能优于其它任何材料。包扎耐火纤维的方法是：将耐火纤维毡环粘贴或用金属件固定到炉底管上去（图21-5-14）。有时采用3~5mm厚的纤维布缠到管上，纤维布事先浸过铝铬酸结合剂，管表面涂有机硅结合剂，最外层抹上含耐火粘土粉的粘结涂料。由于耐火纤维不能承受过高的温度，这种包扎层目前只能用于不强化操作的炉子，以及没有熔渣侵蚀和火焰冲刷的低温部位。

5. 其它的包扎隔热层

(1) 挂砖法水管隔热 是预先制成与水管直径相一致的异型砖，然后将此异型砖挂在水管上，如图21-5-15 a所示。左图是挂在预先焊在水管上的扁钢上，用于纵水管，右图是直接将砖套在水管上，适于横水管。此法施工最方便，但寿命最短，受热开裂后就要震落，有时在预热段采用。

(2) 嵌砖法（图21-5-15 b）是在挂砖法基础上发展起来的，利用钢环夹持住异型砖，开裂后不易脱落，但砖与钢环的间隙不易掌握，修复困难。

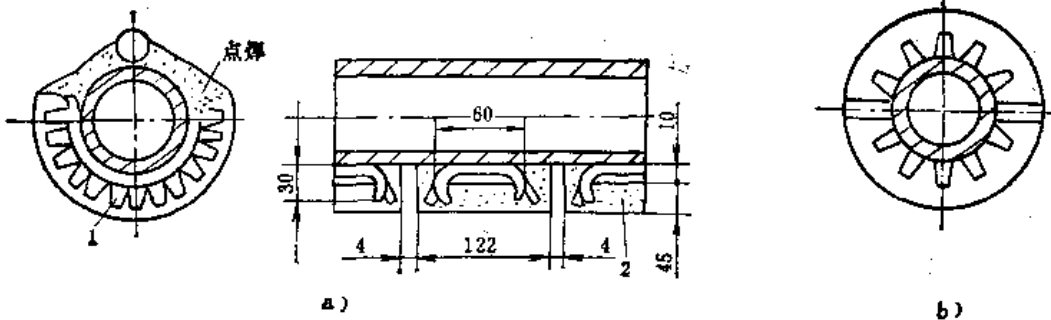


图21-5-13 底板预制块包扎隔热层

a) 用于纵水管 b) 用于横水管

1—冲制的百叶板 2—耐火材料

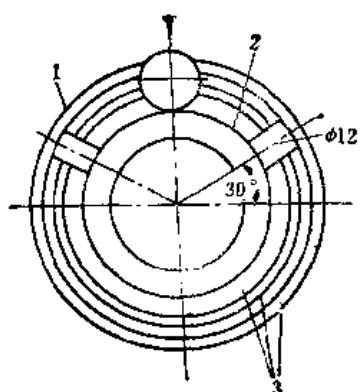


图21-5-14 耐火纤维包扎隔热层

1—3~5 mm厚含耐火粘土粉的粘结涂料 2—有机硅粘结涂料 3—3~5层3~5 mm厚的硅酸铝耐火纤维毡

对炉底管的包扎材料，一般推广使用的有下列几种：

1) 一等耐火粘土砖 (NZ-40)；用于制作挂砖或嵌砖，但抗渣性差，仅用于1100~1300℃的炉

段。

2) 矾土水泥耐火混凝土：矾土水泥成分为 Al_2O_3 47%、 SiO_2 18%、 CaO 37%、 Fe_2O_3 3%。1份矾土水泥与2份耐火粘土混合后掺水搅拌，在模内就地浇制，要求加水养护，施工周期较长，一般用于钉钩法。

3) 高铝可塑料 (含 Al_2O_3 约65%)：配比是骨料60%、细粉30%、耐火粘土10%，外加磷酸溶液10%，混合后加湿到含水7%~8%的半干料。可作为扣制压块，也可制作钢丝篦包扎层，适用于1300~1350℃的燃油炉或煤气炉。

4) 镁质混合料：由85%镁砂粉或镁铬砖粉、10%耐火粘土和5%水玻璃混合后加水搅拌而成。调成半干料时可以压制成块，适用于1400℃的燃油炉。

5) 铬质耐火混凝土：由15%矾土水泥、60%铬矿粉 (含 Cr_2O_3 30%~40%)、25%镁铬砖粉 (含 Cr_2O_3 11.8%、 MgO 58%) 混合而成。可捣制或作成半干料压块，用于高温燃油炉。

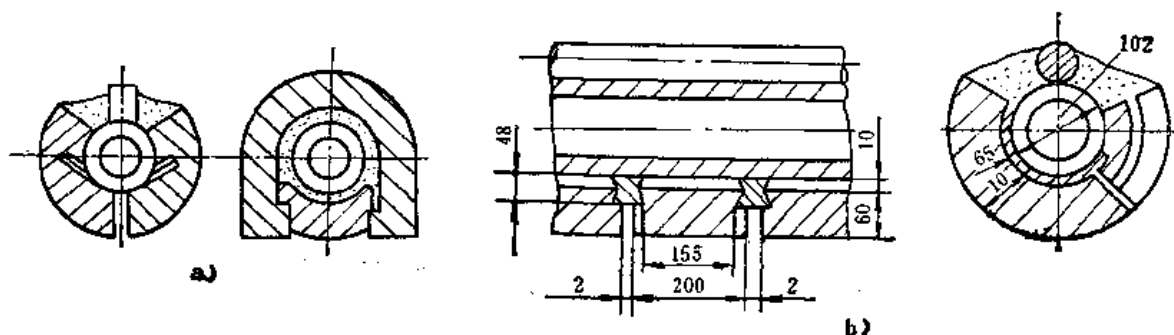


图21-5-15 挂砖法和嵌砖法包扎隔热层

a) 挂砖法 b) 嵌砖法

第6节 耐火混凝土的施工

耐火混凝土又称耐火浇注料，是不定形耐火材料中的一个重要品种。它是由耐火骨料、掺合料和胶结剂按一定比例，经搅拌、成型和养护而成。这种材料可以现场配制施工，也可预制成型、实行吊装筑炉。由于其基本组成和成型、硬化过程与土建工程中常用的混凝土相同，因而有“耐火混凝土”之称。与定形、烧成耐火制品——耐火砖相比，这种耐火材料大大简化了制作工艺，降低了制造成本，革新了砌筑作业，加快了修理速度，并使炉子砌体具有良好的整体性，是一种技术经济指标较好的耐火材料。

耐火混凝土是不烧的耐火材料，与烧成的耐火制品相比，在性能上具有以下特点：

- 1) 荷重软化温度比同质耐火砖低得较多；
- 2) 线膨胀系数较小，因胶结剂在加热过程中有烧结收缩作用，而与骨料的热膨胀相抵消；
- 3) 温度急变抵抗性好，冷热交换次数可在100次以上，比同质耐火砖好；
- 4) 重烧线收缩一般比耐火砖大；
- 5) 常温强度高，如水玻璃耐火混凝土的常温强度比烧成制品大得多。

耐火混凝土按胶结剂的不同，分为硅酸盐耐火混凝土、矾土水泥耐火混凝土、低钙铝酸盐耐火混凝土、水玻璃耐火混凝土、磷酸盐耐火混凝土等。按使用温度的不同，又可分为低温耐火混凝土

表21-6-1 耐火混凝土的分类和使用范围

名 称	硅酸盐水泥耐火混凝土	矾土水泥耐火混凝土	低钙铝酸盐水泥耐火混凝土	水玻璃耐火混凝土	磷酸盐耐火混凝土	铸石耐火混凝土	轻质耐火混凝土
胶结剂	400号 硅酸盐水泥	400号 矾土水泥	400号 低钙铝酸盐水泥	水玻璃 (模数2.6~3.0 密度1380~1400 kg/m ³)	磷酸(浓度40%~50%)	水玻璃 (密度1200~1240kg/m ³)	400号 矾土水泥 (加促凝剂)
材	15~20	12~15	12~15	15~20	6.5~14	8~10	27~28
料	—	—	—	硅酸酸的 1.5	400号 矾土水泥 ²	—	—
组	耐火粘土熟料粉	耐火粘土或高铝熟料粉	高铝熟料粉	耐火粘土熟料粉	高铝熟料粉	耐火粘土熟料粉	耐火粘土熟料粉
成	10~15	5~15	10	20~25	25~30	25	8~9
(%)	耐火粘土熟料	耐火粘土或高铝熟料	高铝熟料	耐火粘土熟料	高铝熟料	镁砂、废镁砖或废镁铝砖 (0~20mm)	耐火粘土熟料粉 膨胀蛭石
	70~75	70~75	75	75~80	70~75	75	37~38
	9~11	9~11	9~11	—	—	—	—
使用温度(°C)	1000~1200	1300~1500	1300~1400	900~1000	1400~1500	1400~1600	700~1000
混凝土标号	200~300	300~500	200	300~350	300~500	—	—
使用范围	适于温度不高, 如加热炉的预热段、热工设备的基座、烟道等	有良好的热稳定性, 高温强度大, 适于加热炉、热处理炉及电弧炉的出钢槽等	热稳定性好, 适于温度变化大的加热炉、热处理炉炉衬等	适于有严重磨损和冲击以及温度急剧波动的部位, 如台车式炉小车等	适于要求强度高、强度大、抗腐蚀性、温度变化频繁以及耐冲刷冲刷的部位, 如加热炉炉底和烧嘴周围等, 但最好不要用在还原性气氛中	适于受碱性渣侵蚀的部位, 但不宜用在温度变化频繁的地方	适于高温, 但承受负荷不大的部位

($<1000^{\circ}\text{C}$)、中温耐火混凝土($1000\sim 1200^{\circ}\text{C}$)和高温耐火混凝土($>2000^{\circ}\text{C}$)。

耐火混凝土的分类和使用范围及其物理-力学性能分别见表21-6-1和表21-6-2。

表21-6-3是粘土质和高铝质耐火浇注料(耐火混凝土)的牌号和理化指标。

常用耐火混凝土的筑炉法有直接浇捣成型和用预制块砌筑两种。在机械工厂中在现场直接浇捣成型的有下列几种情况:

(1) 整体浇捣炉体 对于一些小型室式炉、盐浴炉坩埚炉膛等,均可在现场用直接浇捣成型的方法,把炉子浇捣为一个整体。

(2) 整体浇捣部分炉体 图21-6-1为5t锤用半连续式加热炉的整体浇捣炉顶,是在拱胎上浇捣的。图21-6-2为转底式加热炉的球面炉顶,是在用泥土堆成的拱胎上预制的。图21-6-3是用耐火混凝土直接在加热炉炉门内浇捣而成。

(3) 修补 某些形状不规则、砌砖困难的部位,可用耐火混凝土修补的方法解决,例如图21-6-4所示的结构。

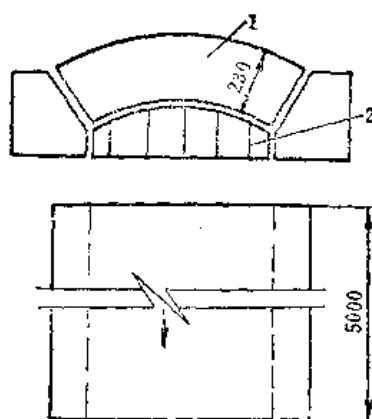


图21-6-1 整体浇捣炉顶
1—炉顶 2—拱胎

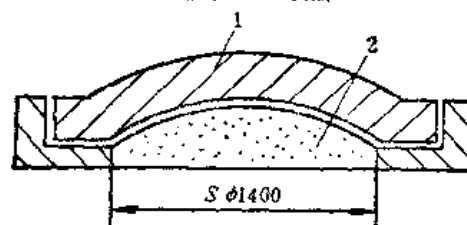


图21-6-2 整体浇捣球面炉顶
1—炉顶 2—泥土

表21-6-2 耐火混凝土(振捣成型)的物理-机械性能

指标名称	硅酸盐水泥	矾土水泥	低钙铝酸盐水泥	水玻璃	磷酸盐	铁质	轻质耐火混凝土	
	耐火混凝土	耐火混凝土	耐火混凝土	耐火混凝土	耐火混凝土	耐火混凝土		
常温抗压强度 (MPa)	R 7天 15	R 3天 20~30	R 7天 5~10	R 3天 25~30	R 7天 10~15	—	—	—
烘干抗压强度 (MPa)	25~30	30~40	20~25	30~40	20~25	—	16	8~8.5
加热后抗压强度 (MPa)	1200°C 15~20	1300°C 5~18	1300°C 15~20	900°C 30~40	1400°C 40~50	1400°C 10~25	900°C 7.8	800°C 6~6.5
高温时抗压强度 (MPa)	1200°C 8~10	1300°C 10~15	1200°C 10~12	1000°C 10	1350°C 10~13	—	—	—
耐火度 (°C)	1380~1450	1710~1820	—	1430~1770	>1770	—	—	—
荷重软化开始温度 (°C)	1100~1200	1250~1300	1270~1340	1120~1180	1300~1460	1440~1580	1190	850~900
残余收缩 (%)	1200°C 0.7~1.0	1400°C 0.6~0.9	1400°C 0.2~0.9	900°C 0.2~0.3	1400°C 0.2~1.0	1400°C -0.06~-0.145	-0.15	0.11~0.12
热稳定性 (次)	15~25	>25	>20	>25	20~80	—	—	—
显气孔率 (%)	20~24	18~23	18~23	17~20	17~20	—	—	—
体积密度 (kg/m ³)	2000~2200	2260~2500	2300~2500	2200~2400	2300~2500	3000	1470	950~1000
热导率 (W/(m·K))	20~400°C 0.41~0.81	20°C 0.7~1.6	—	0.93~1.05	—	—	0.6	—
线膨胀系数 (1/°C)	20~1200°C (4~7) $\times 10^{-6}$	20~1200°C (5~7) $\times 10^{-6}$	20~1200°C (5~6) $\times 10^{-6}$	20~900°C (4~5) $\times 10^{-6}$	20~1200°C (5~7) $\times 10^{-6}$	—	—	—

注: R——养护。

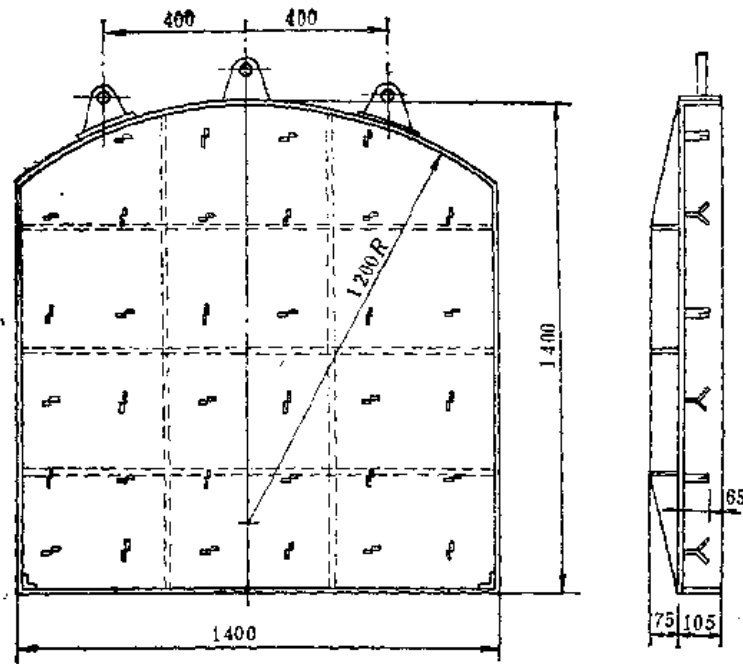


图21-6-3 整体浇筑加热炉炉门
1—Y形金属加固件 2—耐火混凝土

表21-6-3 粘土质和高铝质耐火浇注料（混凝土）的牌号和理化指标（GB3712—83）

分类 牌号	粘土耐火浇注料			水泥耐火浇注料							无机耐火浇注料				
				高铝水泥耐火浇注料							硅酸盐 水泥耐 火浇注 料	磷酸盐耐 火浇注料		水玻 璃耐 火浇 注料	
	NL2	NL1	NN	G3L	G2L	G2N	G1L	G1N2	G1N1	GN		LL2	LL1		LN
Al ₂ O ₃ (%) 不小于	65	55	45	85	60	42	60	42	30	30	75	60	45	40	
耐火度 (°C) 不低于	1730	1710	1690	1790	1690	1650	1690	1650	1610	—	1770	1730	1710	—	
烧后线变化, 保温 3h, 不大于1%的试 验温度 (°C)	1450	1350	1300	1500	1400	1350	1400	1350	1300	1200	1450	1450	1450	1000	
105~110°C 烘干后	抗压强度 (MPa) 不小于	3	3	3	25	20	20	10	10	10	20	15	15	15	20
	抗折强度 (MPa) 不小于	0.5	0.5	0.5	5	4	4	3.5	3.5	3.5	—	3.5	3.5	3.5	—
最高使用温度 (°C)	1450	1350	1300	1650	1400	1350	1400	1350	1300	1200	1600	1500	1450	1000	

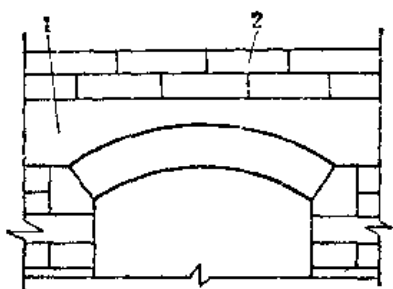


图21-6-4 用耐火混凝土找平拱顶

1—耐火混凝土 2—耐火砖

(一) 铝酸盐水泥耐火混凝土的制作

铝酸盐水泥耐火混凝土是以矾土水泥或低钙铝酸盐水泥等为胶结剂，以耐火熟料为骨料和掺合料，制成的水硬性耐火混凝土。这是目前使用较广的一类耐火混凝土。

1. 对原材料的要求

(1) 水泥 各种水泥应符合国家标准，标号不得低于400号。水泥在储运过程中易受空气湿度的影响而结块变质，必须严格检查。

(2) 骨料 骨料是耐火混凝土的骨架，一般占总重量的70%以上，是决定耐火混凝土耐高温性能的重要因素。耐火粘土和高铝熟料均应选用充分煅烧的，粗径最大取10~15mm，粒径愈大，耐急冷急热性愈差。骨料的颗粒级配见表21-6-4。

(3) 掺合料 可采用与骨料相同的材料磨细

表21-6-4 骨料颗粒级配

名称	粗骨料		细骨料		
	10	5	5	1.2	0.15
骨料粒径 (mm)					
累计筛余, 按重量计 (%)	0~5	90~100	0~10	20~55	90~100

而成。细度小于0.088mm的细粉量应大于85%。

粗细骨料及细磨掺合料必须保证化学成分、技术性能合乎要求(表21-6-5)，不应含有其它杂质，尤其不应含有石灰石、白云石等。

(4) 水 制作耐火混凝土的水，应是无酸、碱及油质的净水。

2. 模型

制作模型时必须注意下列事项：

1) 对成型耐火混凝土预制块的模型要求是：

表21-6-5 骨料及掺合料的技术性能

使用温度 (°C)	耐火度 (°C)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SO ₃ (%)	选用材料
<1200	>1670	≥30	≤5.5	≤1.3	耐火粘土熟料
>1200	>1750	≥48	≤3	—	高铝熟料

尺寸力求准确，拆卸和装配方便，用后变形小；模型与耐火混凝土的接触面应光滑严密，成型过程中不漏浆。

2) 采用木模时应使用树脂成分多的木材，并且用机油、塑料布和防水纸等不吸水材料处理，防止吸收耐火混凝土的水分。使用金属模时也要涂油，以便脱模。

3) 为了运输、施工的方便，在大型预制件中应设置吊环(图21-6-5)，埋入深度约100mm左右。尽量配制在冷面，以利于降低吊环的温度。

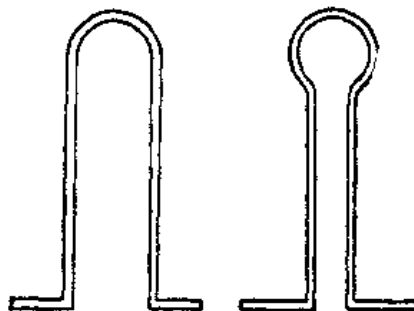


图21-6-5 吊环形状

3. 配料

1) 制作耐火混凝土时，配料必须按重量比准确称量。

2) 水泥用量过多，会使耐火混凝土的耐火度、荷重软化温度降低，重烧收缩增加；水泥用量不足时，耐火混凝土的强度降低。一般水泥用量应取12%~15%。

3) 加水量对耐火混凝土的性能有显著影响，在能够成型的条件下，水分应尽量减少。水灰比是指水与水泥加掺合料之比。表21-6-6所列的加水量可供参考。

4. 搅拌

1) 耐火混凝土的搅拌方式以及搅拌所用的机械，与普通混凝土基本相同。

2) 为了保证搅拌质量，降低劳动强度，一般均应采用机械搅拌。人工搅拌水泥胶结剂耐火混凝土

表21-6-8 不同成型方法的加水量

成型方法	水灰比	加水量 (%)
振捣成型	0.3~0.4	9~11
捣打成型	0.23~0.25	6.5~7.5
机压成型	0.18~0.20	5.5~6.5

注：冬季作业时加水量取下限，夏季作业时取上限。

土时，应先将水泥与粉料混匀再加骨料，然后加水拌匀。

3) 搅拌时间要根据具体情况确定，即保证混合均匀又不宜时间太长，以防水泥硬化而影响耐火混凝土的质量。

4) 冬季作业应使骨料保持一定温度，并可采用温水搅拌，水温不应超过40~50℃。不能采用低熔点的化学促凝剂，如CaCl₂、NaCl等，否则会降低高温性能。

5) 在更换耐火混凝土品种时，搅拌机必须冲洗干净，不得存有残留物，因为它对另一品种的耐火混凝土来说是有害物质。

5. 成型

成型方法一般可分为振动成型、捣打成型和机压成型。振动成型用来制作预制块或现场浇灌。

对于块度大、数量多、形状简单的制品，可采用预制生产。现场浇灌适用于使用温度不高、要求整体性强和一般的基墙等部位。对制作质量较高而数量较少的制品，如各种喷嘴砖、电弧炉的出钢槽和炉盖等部位均可采用捣打成型。对于砖型小、数量多、质量要求比较高的制品，则可采用机压成型。

(1) 振动成型 必须注意下列事项：

1) 成型一般尺寸的耐火混凝土预制块，往模内装满混凝土混合物后，一直振动至表面泛浆，边角严密为止。

2) 成型高度较大和薄壁预制块时，为使耐火混凝土振捣致密，可分次加料和振动，每层料厚约100~150mm。

3) 由于混凝土混合物的粘度大，流动性较小，采用振捣棒成型时插点应该加密，拔出振捣棒时要慢而稳，以免造成空洞。

4) 使用振捣棒时，不允许将其支承在结构的钢筋上，并应避免碰撞钢筋、芯管和预埋件。

5) 预制块振动成型完毕后，才可将其表面抹平。如边振边抹，易导致层裂。

(2) 捣打成型 必须注意下列事项：

1) 分层捣制，每层加料厚度不大于150mm，要求密实度达50%以上。层与层之间需扒松再加料捣打，四角周边要充分捣固。

2) 连续进行，当捣打完一层后，需在它未硬结前扒松再捣打第二层。间隔过久，会产生分层现象而影响使用效果。

3) 严格控制混合料的水分，尽量做到每批料的成型水分一致。以免在捣打过程中，产生鼓起起波的“橡皮土”或捣打不紧密现象。

6. 养护与脱模

耐火混凝土按一定条件，养护一定时间才能获得足够的强度。如不严格按照养护要求，将会严重影响混凝土的质量。

1) 硅酸盐水泥耐火混凝土应在15~25℃的潮湿环境中养护7昼夜。

2) 矾土水泥耐火混凝土需在≤20℃的潮湿环境中养护3昼夜，养护温度不可超过30℃。为此，在耐火混凝土凝固后即应洒水或淋雾养护，或成型后16h浸入水中养护，切不可在烈日下曝晒，更不可用蒸汽养护。

3) 低钙铝酸盐水泥耐火混凝土在常温下硬化缓慢，为缩短养护时间，可用蒸汽(75~85℃)养护一昼夜。

4) 耐火混凝土经养护获得足够的强度后，才能脱模。脱模时应保证混凝土不受损坏，棱角保持完整。

5) 拆卸模板时应轻振轻敲，防止损坏模具。拆下的模板应及时清理粘附在模板上的泥浆，如不清除，再使用时模板装不严，容易跑浆，同时影响预制块尺寸的准确性。

7. 烘烤

耐火混凝土使用前的烘烤，是决定使用效果好坏的关键。烘烤的目的是排出混凝土中大量的水分，以免在使用过程中，由于水分急剧汽化而导致炸裂现象。

1) 烘烤温度以500℃为宜。升温应缓慢，升至150℃及350℃应有一定保温时间。大型预制块的烘烤，升温 and 保温约需80h，网炉冷却16h，共4天。

2) 用耐火混凝土砌筑的炉子，其烘烤的时间应比耐火砖砌筑的同类炉子要长。

3) 在使用中直接接触铁水、钢水的部位，耐

火混凝土必须烘烤至500℃以上,才可使用。

(二) 水玻璃耐火混凝土的制作

水玻璃耐火混凝土是以水玻璃为胶结剂,以耐火熟料为骨料及掺合料,加入适量的促凝剂(如氟硅酸钠)而制成的气硬性混凝土。主要特点是具有较高的强度,在加热过程中强度变化又比较平稳,因此,常把它用作耐火耐磨材料。

1. 对原材料的要求

采用水玻璃为胶结剂,工业氟硅酸钠作促凝剂。水玻璃的模数对荷重软化温度的影响是随着水玻璃模数的增加,即 Na_2O 含量的降低,而使荷重软化温度相应提高。因此,一般要求水玻璃的模数为2.5~3.0。

2. 配料

水玻璃的用量对耐火混凝土的荷重软化温度有一定影响,当水玻璃用量增加时,荷重软化温度逐渐降低。因此,需要控制水玻璃的加入量,一般外加水玻璃12%~14%。

掺入过多的氟硅酸钠,对耐火混凝土的高温性能是不利的。当其掺入量由水玻璃加入量的12%增加到15%时,荷重软化温度即由1120℃降低到1050℃。一般采用氟硅酸钠加入量为水玻璃加入量的10%~12%〔折算为料量(骨料+细粉)的1.5%~2.0%〕。此外,还可采用硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥作促凝剂。

3. 养护

水玻璃耐火混凝土是气硬性材料,成型完毕后应放在温度大于20℃的干燥环境中自然养护至凝固。成型后约4~8h即可脱模。脱模后要放在30~40℃干燥环境中养护或经高温空气干燥。不准浇水养护,因为在水作用下水玻璃被浸析、溶解、脱水困难,强度也不能提高,所以应在干燥环境中贮存,不能淋雨。

4. 烘烤

水玻璃耐火混凝土在使用前,要缓慢烘烤,以排除混凝土中的水分,增加强度。烘烤制度可参考铝酸盐水泥耐火混凝土。

(三) 磷酸盐耐火混凝土的制作

磷酸盐耐火混凝土是以磷酸为胶结剂,以耐火熟料为骨料及掺合料,制成的一种热硬性耐火混凝土。磷酸盐耐火混凝土具有高的耐高温强度、耐火

度、高温韧性以及良好的热稳定性和耐磨性等。

1. 对原材料的要求

(1) 胶结剂 采用浓度在45%~55%范围的磷酸较好,其加入量与成型方法有关:机压成型为8%~9%;振动成型为12%~15%。一般情况下,随磷酸浓度的提高和用量的增加都会引起高温性能的降低。

(2) 骨料和掺合料 磷酸盐耐火混凝土可以用各种耐火骨料和掺合料制作,如焦宝石、矾土熟料、铝铬渣等。磷酸盐胶结剂在混凝土中主要是同掺合料发生反应,其次同骨料发生反应,因为掺合料的表面活性和表面积比骨料大。一般要求骨料和掺合料中 Fe_2O_3 的含量小于3%。

(3) 促凝剂 为了增加耐火混凝土的脱模强度,特别是振动成型和气温较低的情况下成型,添加促凝剂有明显效果。目前普遍采用矾土水泥做促凝剂,加入量为2%~3%(气温高时可少加),加多了要降低高温性能。

2. 困料

困料的目的主要是排除混合物中含铁氧化物与酸起反应而产生的气体。防止耐火混凝土产生膨胀变形,以保证制品的致密性。困料时间一般大于16h。

混料时温度应高于25℃,低于该温度磷酸将会冻结。

第1次加入磷酸量要足够,以保证铁质与磷酸反应完全,但又不要过多。如果磷酸量过多将使料发粘、结块,影响困料后的第2次混合,降低粘结性能。因此,第1次磷酸加入量要适当。通常在振动成型料中,第1次磷酸加入量约为总量的1/2(6%~7%),其余的磷酸在第2次混料时加入。

3. 脱模

对振动成型的磷酸盐耐火混凝土都加有2%~3%矾土水泥作促凝剂,加速硬化过程,以缩短模型的周转。一般成型4~6h即可拆模,20h后拆除底模板。脱模时间受气候影响较大,通常是夏、春季气温高,风大脱模时间短些,冬季则较长一些。

4. 养护

磷酸盐耐火混凝土切忌用水和蒸汽养护。脱模后的制品强度是不稳定的,这时的磷酸盐以不稳定形态存在,遇潮时易吸收水分而溶解,使强度下降。所以对制品应进行自然干燥或强制干燥。自然干燥是在室温大于25℃,湿度小于75%的条件下放

置7~10天。强制干燥是在干燥室内进行的，烘干温度的高低不仅直接决定磷酸盐耐火混凝土的强度，而且对制品的体积稳定性也有很大影响。如果干燥温度较低，耐火混凝土中形成的是焦磷酸 $H_4P_2O_7$ ，属于吸湿性化合物。在存放期间，这些化合物从空气中吸附水分后还原成正磷酸，因而破坏胶结性能，甚至使制品丧失强度或软化。这种现象一般称为“潮解”。因此，选择适当的烘干温度和制度是制作工艺上十分重要的一环。

按照通常的经验，这类制品需在350~450℃以上的温度下热处理后，其结构才能稳定。在较低温度（150℃）下长时间烘干（不少于24h），方可基本上消除这种潮解现象，得到强度较高的制品。

但是，在烘干时要注意均匀升温，特别是对大型或形状复杂的制品。若升温过快，烘干后制品的表面容易开裂。

5. 烘烤

磷酸盐耐火混凝土是一种热硬性（或称火硬性）材料，其硬化是取决于胶结剂本身的物理化学过程，由磷酸的生成、聚合和陶瓷烧结等反应所决定。

耐火混凝土受热后，在不同温度下胶结剂组分经过多次脱水，产生晶型转化和聚合作用，同时伴随有各组分的体积变化。最后由于磷酸铝的无机聚合作用，形成链状，空间网状无机高分子结构，从而使磷酸盐耐火混凝土具有良好的高温性能。因此，应根据实际使用情况，确定烘炉升温制度。

表21-6-7是各种耐火混凝土的养护规定。

（四）质量检查

耐火混凝土预制块制作完毕，必须进行质量检查。表21-6-8规定的耐火混凝土预制品的尺寸允许偏差及外形可供质量检查之用。

表21-6-7 各种耐火混凝土的养护规定

类别	混凝土名称		养护条件	养护时间(天)	可否蒸汽养护
水硬性混凝土	矿渣硅酸盐水泥耐火混凝土		15~25℃, 潮湿空气	14	可以
	硅酸盐水泥耐火混凝土		15~25℃, 潮湿空气	7	可以
	矾土水泥耐火混凝土		≤20℃, 潮湿空气	3	可以
	低钙铝酸盐水泥耐火混凝土		≤20℃, 潮湿空气	7	可以
气硬性混凝土	水玻璃耐火混凝土		≥15℃, 干燥空气	3	不可
	镁质水泥耐火混凝土		≥15℃, 干燥空气	3	不可
火硬性混凝土	磷酸盐耐火混凝土	不加常温促凝剂	300~500℃加热	10h	不可
		加常温促凝剂	≥15℃, 干燥空气	1~10	

表21-6-8 耐火混凝土预制品的尺寸允许偏差及外形规定 (GB3712-83)

项目		单位	指标	项目		单位	指标
尺寸允许偏差	尺寸≤100mm	mm	±3	1t及1t以下	工作 面 深 度	不 大 于	15 棱长的1/5
	尺寸101~500mm		±6				1t以上
	尺寸501~1000mm		±10	裂 纹			
	尺寸>1000mm	%	±1				宽度≤0.5mm, 长度
扭曲	长度≤500mm	mm	4	宽度0.51~1mm, 长度	于	不 准 有	不准有
	长度>500mm	%	1	宽度>1mm, 长度			
缺角	1t及1t以下	工 作 面 深 度	mm	20	于	不 准 有	不准有
	1t以上			30			

注：预制品长度大于1000mm时，其宽度方向尺寸允许偏差±15mm。

(五) 预制块的砌筑

与直接浇捣成型相比,使用预制块砌筑的方法目前应用得更为广泛。由于目前不少使用耐火混凝土砌筑的炉子是由原来的砖砌炉子改建的,同时也考虑与耐火砖之间的互换性,因此,预制块的尺寸都与砌砖尺寸相适应。

1. 砌筑

耐火混凝土预制块的砌筑质量直接影响工业炉的使用效果,因此,砌筑预制块的一个基本要求是相邻两层间不得有通缝,上、下两层相邻缝之间的距离不宜小于预制块长度的30%,如图21-6-6所示。

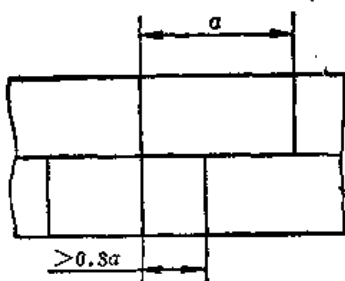


图21-6-6 上、下两层间相邻缝的最小距离

直墙拐角处,应错砌。对于环形砌体,应注意起点的选择和终点的处理。

预制块砌筑时,比较容易发生的问题是突起和错台。为了防止这种现象的发生,砌筑前应对预制块尺寸公差进行全面检查,并按检查结果配层砌筑,即把尺寸相近的预制块,分层编号,按号入座。还可以采用“干验砖”的措施,即在未抹泥浆

前,将预制块就位检查,合适后再砌筑,否则更换预制块。这些措施对于保证砌筑质量都是行之有效的。

2. 接缝方式

接缝方式和灌浆孔留设,对工业炉砌体的整体性具有重要的意义。因此,要处理好预制件的接缝,合理留设灌浆孔并浇注同材质的耐火混凝土。

(1) 水平缝 如砌体分内、外两层时,应使其水平缝错开(见图21-6-7a);如只有一层时,可在上、下两层预制件的外侧接缝处留槽,待组装后用砖堵严(见图21-6-7b、e),或将上、下两层做成咬口形(见图21-6-7c、d)。

(2) 炉顶缝 为使炉顶预制件之间的缝隙严密,可在每个预制件宽度方向的两侧去掉一斜角(或方角),组装后在开口处灌以耐火混凝土或耐火泥浆(见图21-6-8a、c),或者填以耐火砖盖严(见图21-6-8b)。最好不留槽,炉顶缝直接用耐火砖覆盖,并用泥浆堵严。

(3) 垂直缝 在同一层炉墙预制件之间形成的垂直缝,可采取预留灌浆孔的办法予以密封。灌浆孔的形式多为圆形或方形,如图21-6-9所示。待预制件组装后,用同材质的耐火混凝土或耐火泥浆灌实。

砌筑耐火混凝土预制块时,必须注意下列事项:

- 1) 耐火混凝土预制块的砌筑砖缝为5~10mm。
- 2) 砌筑用泥浆应与预制块的材质相一致。
- 3) 砌筑时应在底层预制块的表面抹浆,然后

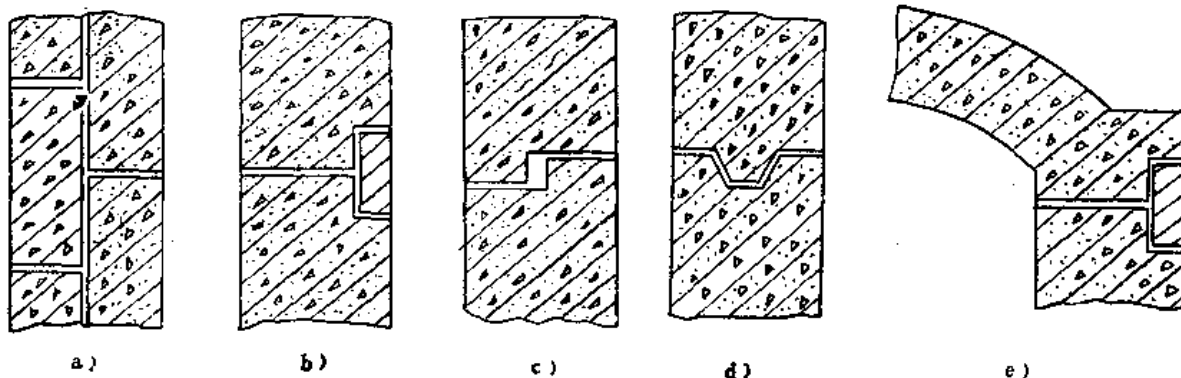


图21-6-7 预制件水平缝的接缝形式

a) 错缝式 b)、e) 填砖式 c) 高低缝式 d) 凸凹缝式

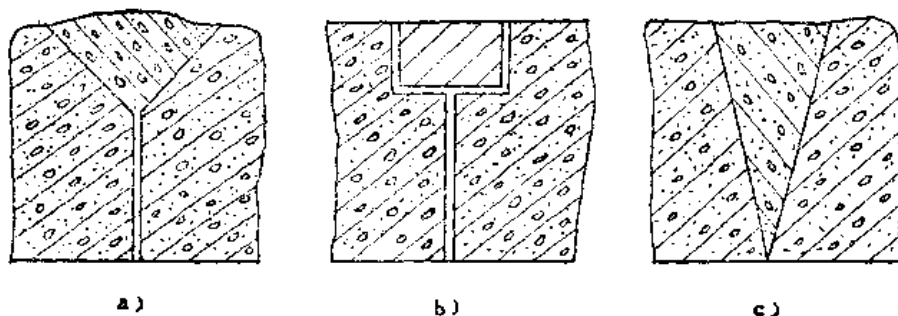


图21-6-8 炉顶缝的接缝形式
a)、c) V型式 b) 填砖式

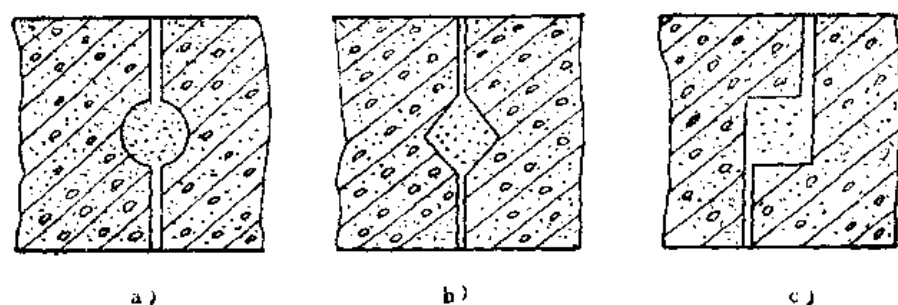


图21-6-9 炉墙垂直缝灌浆孔形式
a) 圆柱式 b) 棱形式 c) 矩形式

再行吊放。吊砌时，则在其侧面抹浆。

- 4) 预制块每吊砌完一层后，在接缝孔内灌满耐火混凝土。
- 5) 将吊环割去，打平或在其附近灌满泥浆。
- 6) 吊砌拱顶时，应在拱脚两侧设法顶紧。
- 7) 砌筑预制块时如间隙太大，可用耐火混

土现浇连接或用耐火砖塞砌。

3. 泥浆

为了保证砌缝严密和符合设计要求的宽度，选择合适的泥浆配比和稠度也是十分重要的。砌筑所用的泥浆，原则上应与砌体材质相同。砌筑耐火混凝土预制块用泥浆的组成见表21-6-9。

表21-6-9 砌筑耐火混凝土预制块用泥浆组成

预制块名称	材料要求	组成(%)	预制块名称	材料要求	组成(%)
硅酸盐耐火混凝土	矿渣硅酸盐水泥(500号)	50	铝酸盐耐火混凝土	低钙铝酸盐水泥	50
	粘土熟料粉(<3mm)	50		矾土熟料粉(<3mm)	50
	硅酸盐水泥(400~500号)	20		低钙铝酸盐水泥	1份
	粘土熟料粉	50	矾土熟料粉	3~5份	
	粘土质耐火泥	30	矾土熟料粉	100	
	硅酸盐水泥(400~500号)	20~30	水玻璃(密度1320~1400kg/m³)	外加20~30	
	粘土熟料粉	70~75			
矾土耐火混凝土	矾土水泥(大于400号)	20~25	水玻璃耐火混凝土	粘土熟料粉	85~90
	矾土熟料粉(或粘土熟料粉)	75~80		结合粘土	10~15
			水玻璃(密度1300~1350kg/m³)	外加40~46	
			糊精	1	

(续)

预制块名称	材 料 要 求	组成 (%)	预制块名称	材 料 要 求	组成 (%)
磷酸盐耐火 混凝土	粘土熟料粉 (<0.088mm的, >80%) 工业磷酸 (浓度85%)	100 外加16~20	镁质耐火混 凝土	镁砂 粘土质耐火泥 卤水 (密度1240kg/m ³)	80 20 外加54
	矾土熟料粉 (<0.088mm的, >80%) 工业磷酸 (浓度85%)	100 外加16~18		镁砂 水玻璃 (密度1330~1400kg/ m ³)	100 外加56

(六) 增强耐火浇注料的制作

耐热钢纤维增强耐火浇注料是一种新型筑炉材料,它是由耐火浇注料与短而细的耐热钢纤维组成。

耐热钢纤维的品种很多,可以根据不同的使用温度、部位和炉子气氛进行选择。钢纤维的直径为 $\phi 0.4\sim 0.5\text{mm}$,长25mm。钢纤维在浇注料中的加入量为1%~4%(重量计)。若钢纤维过长或加入量过多,则在浇注中不易分散,达不到最佳增强效果;若钢纤维过短或加入量过少,也起不到增强效果。因此,钢纤维的长短与加入量要适宜。

钢纤维可在干混合料中进行搅拌,然后加水搅拌均匀。但是,一般都先把混合料加水进行充分搅拌,然后再向浇注料中均匀地撒上钢纤维,再进行搅拌。这样做不仅使混合料能搅拌均匀,而且与钢纤维在干料中搅拌相比,要节省1/3的搅拌时间。

要使钢纤维均匀地分散在浇注料中,钢纤维在加到浇注料前必须预先通过振动或筛分,进行均匀分散。浇注料加入钢纤维后会降低作业性,但不能再另加水进行补充,否则会对浇注料的最终强度不利。

成型时可用振动器在外部振动,也可以用振动棒在制品内部振动,同样能获得致密制品。成型后不能用木质工具修整表面,因为钢纤维会刺入工具而破坏制品的表面。钢纤维增强浇注料的养护、干燥与普通耐火浇注料相同。

耐热钢纤维增强耐火浇注料比之非增强浇注料,具有较高的抗拉强度和较好的抗热冲击性、抗机械磨损性,材料产生裂纹后仍能承载工作。它被应用于工业炉的易受冲刷、磨损、急冷急热频繁的部位,如加热炉的水冷管包扎和烧嘴砖周围、辊底炉炉辊以及电弧炉电极的三角区等,都取得了明显的效果,一般可提高使用寿命2~3倍。

第7节 耐火可塑料的施工

耐火可塑料是一种在常温下较长时间内具有较高可塑性,呈软泥膏状的不定形耐火材料。它是由耐火骨料和粉料、结合剂、增塑剂和水分组成。耐火可塑料通常加工成粗坯,用塑料薄膜或其它密封容器包装后发往用户,施工时直接安放在砌筑部位,用手锤或气锤捣打结实,构成无缝的整体炉衬。

耐火可塑料具有高温强度高和热稳定性好等特点,使用时耐剥落性强。它的缺点是施工效率低,劳动强度大。

耐火可塑料按耐火骨料品种可分为:粘土质、高铝质、硅质、镁质、锆质和碳化硅质等;按胶结剂种类可分为:粘土、水玻璃、磷酸(盐)和有机胶结剂等耐火可塑料;按硬化机理可分为:气硬性和热硬性耐火可塑料。

(一) 原材料

耐火骨料和粉料是可塑料的主要组分,它们的品种、用量、颗粒级配和粉料细度等,对耐火可塑料的质量有较大的影响。首先,原材料要有较好的体积稳定性,要能与结合粘土等胶结剂很好的烧结和反应;其次,耐火骨料要有适当的粒径和级配,骨料最大粒径一般为10mm以下,采用连续级配。骨料形状以棱角形为优,圆形最差。耐火粉料细度要求小于0.088mm的占85%以上。一般来说,越细越能够增加耐火可塑料的塑性以及高温性能。耐火可塑料的骨料用量为55%~70%,粉料用量为25%~35%。

由于耐火可塑中含有结合粘土,在干燥和加热过程中会产生收缩。如果收缩过大,就会使炉体开裂损坏。为了减小其收缩,可掺加膨胀剂(如蓝晶

石、硅线石和红柱石等),使之部分或全部抵消结合粘土所带来的收缩。

在耐火可塑料中,加入结合粘土主要起胶结作用,同时可以提高其可塑性及烧结性能,其用量一般为5%~15%。如果加入量太多,会使耐火可塑料的收缩增大,荷重软化温度降低,高温蠕变增大。耐火可塑料中除加结合粘土外,有时还要添加其它胶结剂,如磷酸(盐)、硫酸盐和有机胶结剂等,以便改善和提高耐火可塑料的质量和施工性能。

外加剂主要是改善和提高耐火可塑料的塑性和高温性能。外加剂通常包括有塑化剂、增强剂、保存剂、抑制剂和烧结剂等,其加入量一般不

超过于料重的1%。它的用量虽少,但对耐火可塑料的性能改善却较明显,同时还可减少结合粘土的加入量。目前采用的外加剂有木质素磺酸盐、有机酸、纸浆、木糖浆等。

由于耐火可塑料主要用于不直接与熔融物料接触的各种加热炉、热处理炉和锅炉等设备上,故应用最广泛的是粘土质和高铝质耐火可塑料。表21-7-1为常用的几种高铝质耐火可塑料的理化性能,表21-7-2为粘土质和高铝质耐火可塑料的类别、牌号和理化性能指标,均可供作使用中参考。

表21-7-1是几种高铝质耐火可塑料的理化性能。

表21-7-1 几种高铝质耐火可塑料的理化性能 (GB4758.1—84)

耐火可塑料编号		1	2	3	4	5
化学成分 (%)	Al ₂ O ₃	52	54	63	64	70
	SiO ₂	39	41	29	26	19
耐火度 (°C)		1750~1770	1770	1790	1790	>1790
荷重软化温度 (°C)	开始点	—	—	1440	1330	—
	4%	—	—	1510	1520	—
烘干和烧后耐压强度 (MPa)	110°C	18	15	23	15	12.5
	800°C	26	18	15.5	20	12.5
	1400°C	32.5	30	37.5	38	49
高温耐压强度 (MPa)	1000°C	—	—	20	33	62
	1400°C	—	—	3	4	3.5
烧后抗拉强度 (MPa)	800°C	3.3	5	—	2.5	2.4
	1400°C	6	9	—	7.5	10
烧后线变化 (%)	800°C	-0.31	-1.8	—	-0.10	-0.12
	1400°C	+0.34	-0.6	—	+0.22	-0.03
膨胀系数 (1/°C)	20~1200°C	—	—	3.3×10 ⁻⁶	5.1×10 ⁻⁶	5.4×10 ⁻⁶
热稳定性 (冷热次数)		—	—	100	110	130
显气孔率 (%)		16.8	17.5	21	—	—
体积密度 (kg/m ³)		2290	2300	—	—	—
烘干体积密度 (kg/m ³)		—	—	2210	2260	2600

表21-7-2 粘土质和高铝质耐火可塑料的类别、牌号和理化指标 (GB4758.1-84)

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 (%)	不小于	—	—	—	48	60	70	—	—	—	48	60	70
耐火度 (°C)	不低于	1580	1690	1730	1770	1790	1790	1580	1690	1730	1770	1790	1790
烧后线变化率 (%)													
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	
1600°C 3h							± 2						± 2
110°C干燥后强度 (MPa)	不小于	6 1.5						2 0.5					
可塑性指数 (%)		15~40						15~40					
含水率 (%)	不大于	13						13					

(二) 耐火可塑料的制作

耐火可塑料的制作工艺流程大致为：原料粉磨、筛分、配料、混碾、挤泥、切坯、包装和贮存等。混碾时，为了使胶结剂和耐火粉料能均匀地包裹住骨料颗粒，最好先加颗粒料，然后加入部分水或其它胶结剂，湿湿后再加入细粉和结合粘土。同时补足水或胶结剂的用量，再混碾一段时间后出泥。

混好后的料如能困置一昼夜或更长一段时间，不仅能消除拌和物中的部分气体，还能增强耐火可塑料的塑性。耐火可塑料的挤泥、切坯和包装工序，一般是连续进行的。在料坯制作过程中，泥料经过挤压（揉搓）作用，可以提高耐火可塑的质量。如能同时采用真空除气措施，质量则会更好。耐火可塑料切坯后即可使用，或者严密包装起来，置阴凉仓库内，贮存待用。一般情况下，热硬性耐火可塑料能够保存6个月左右，气硬性耐火可塑料能够保存3~6个月。贮存到期后，仍要具有可塑性。

耐火可塑料在使用时，应具有良好的可塑性。可塑性是泥料受力后易变形而不破坏的性能，一般用可塑指数（即试样受冲击力后的塑性变形高度与原试样高度的百分比）表示。耐火可塑料的可塑指数一般为20%~30%。如果小于20%则太硬，难于施工；如果大于30%则太软，捣打不实，烧后收缩

大。可塑指数合适的耐火可塑料，用手可以揉捏成团，没有水分泌出，也不粘手。

(三) 耐火可塑料的施工

耐火可塑料的施工工序一般分为：安装模板或锚固件、捣打和修整、工作面处理以及烘炉。

1. 安装模板或锚固件

采用耐火可塑料捣制炉顶或拐角等部位，要支设模板；捣制主墙等部位可以不用支模。

锚固件有金属锚固件和非金属锚固件两大类。它的作用是使耐火可塑料衬体与炉壳及其钢结构间牢固地连接成为整体，更重要的是非金属锚固件与耐火可塑料衬体共同作用，取长补短，可以提高炉体的使用寿命。

锚固件的间距没有严格规定，一般水平方向为550~600mm，垂直方向为450~500mm。具体尺寸可根据炉墙厚度、高度及锚固件种类等条件而定，总的原则要保证墙与钢结构的牢固结合，冷端应尽量靠近炉壳，且能自由活动，如图21-7-1所示。

安装锚固件时最重要的是与金属炉壳可靠地连接，以及与可塑料可靠地咬合。锚固件与金属炉壳连接不好时，运转中炉墙就可能张出和倒塌。而锚固件与可塑料咬合不充分时，火焰就可能在锚固件周围回窜，甚至烧坏锚固螺栓、损坏炉衬，从而降

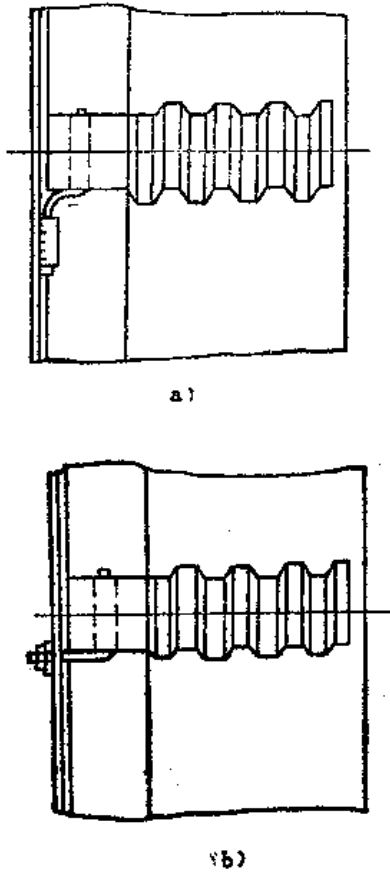


图21-7-1 炉膛用非金属衬砌构件构造图
a) 活动式 b) 固定式

低炉子寿命。为了解决这些问题，首先应使锚固件牢固地安在打结面上，施工时必须注意锚固件与锚固件之间，以及锚固件与炉壳之间不得松动。

2. 捣打

耐火可塑料一般采用风动锤捣打施工。

1) 风动锤使用的压缩空气压力为 0.5MPa，冲击频率为 1100次/min。锤头应加橡皮衬垫，捣打要连续进行。

2) 使用风动锤时，应紧紧地握住锤身和头部，并且必须垂直地对着施工面正确地施工。一般锤的前进速度按锤头半径来移动最合适。但是打紧料坯所需要的时间，不仅与所用锤的型式、冲头的材质、形状尺寸，以及所用的空气条件等有关，而且与所用的可塑料的施工性能、料坯的厚度，以及表面状态等有很大关系。

3) 捣打方向要与炉衬工作面平行，即垂直墙应垂直捣打，炉顶为水平方向捣打，这样可减少砌体的分层剥落现象，见图21-7-2。

4) 捣打炉顶时，先支设模板约600mm宽，再安装锚固砖，其端部与模板距离为4mm左右。然后铺置耐火可塑料料坯，进行捣打施工。

① 铺置耐火可塑料料坯的厚度，应根据风动锤的能力而定，但每层不超过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。捣打层要均匀密实，捣打面应平整。捣打密实一层后，才能铺置下一层料坯。

② 施工时耐火可塑料料坯要充分打结好，使结合面趋于消失，否则可能产生料坯之间的滑移现象，使砌体失去整体性和密封性。

5) 烧嘴和人孔等部位，工作条件恶劣，形状复杂，为保证耐火可塑料砌体的质量，应按图21-7-3所示的方法施工。同时，模型尺寸应略小于设计尺寸，以便修整。

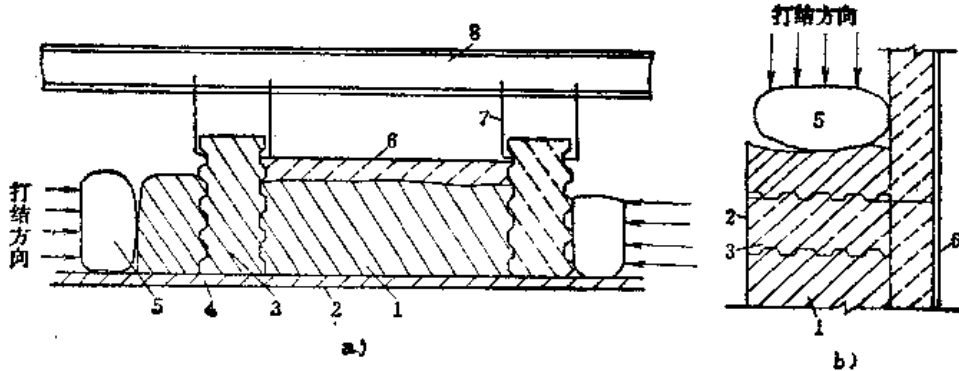


图21-7-2 耐火可塑料砌体的打结方法

a) 吊顶的打结 b) 炉膛的打结

1—打成的砌体 2—砌体受热面 3—锚固砖 4—模板 5—可塑料坯 6—隔热层 7—吊挂 8—吊挂梁

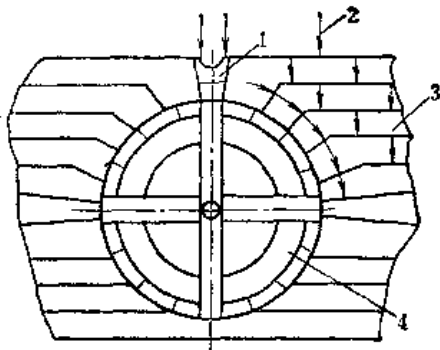


图21-7-3 烧嘴部位施工方法

1—楔形部位 2—捣打方向 3—耐火可塑料料层 4—烧嘴模型

6) 耐火可塑料在捣打施工过程中, 每隔1~3m应留设一条膨胀缝, 缝宽为2~3mm, 其形式见图21-7-4。但是为了防止胀缝材料吸水, 影响耐火可塑料砌体的质量, 一般采用塑料波形板为宜。如果施工间断时, 要用塑料布等物将捣打面盖严, 防止脱水。间断时间较长时, 应将捣打面脱水层削去, 然后继续施工。

3. 修整

修整的主要目的是将打结后的炉墙表面加工成图纸尺寸, 削去表面多出的部分。在将炉墙加工成规定尺寸和形状的同时, 也除去了表面的致密层, 露出内部气孔, 使水分容易散发出去。

可塑料一般含有8%~10%的水分, 这些水分大部分要通过气孔放出, 所以炉墙表面不能妨碍脱水。因此, 修整后的墙面严格禁止涂抹异物或用抹子进行加工。

修整工作采用图21-7-5所示的修整刀或类似的工具进行。孔洞或特殊曲面, 最好使用各种按特制的刀具或抹子去修整。

修整最好与捣打平行作业。待全部捣打完再行

修整会增大损耗, 是不经济的。修整下来的料可用于墙壁的低温侧。但是修整下来的余料长期放置, 会干燥硬化而不能再用。天气炎热时, 炉墙面易干燥而难以修整, 此时可在炉墙表面稍稍洒一些水, 恢复可塑性。

修整时还必须注意修整深度, 要根据情况改变所用刀具的角度, 不要刻划超过规定的尺寸。一般说来, 耐火可塑料墙壁的锚固砖面即为炉墙面, 所以宜以锚固砖面为基准进行修整。

4. 透气孔

耐火可塑料捣打的砌体在烘炉过程中, 首先表面层干燥硬化, 而砌体内部尚含有大量的水分, 如果继续烘烤, 内部水分就无法逸出, 到一定程度时水汽便将已经硬化的表面鼓开, 使耐火可塑料砌体一块块剥落, 剥落块的厚度一般为50~100mm, 使砌体遭受严重的破坏。为使砌体中水分安全逸出, 在可塑料捣打完工后, 要在砌体表面位于锚固砖之间, 每隔150mm的距离钻成 $\phi 4\sim 6\text{mm}$ 的透气孔(孔深为砌体的 $2/3$)。透气孔还可对干燥升温中产生的收缩和膨胀起缓冲作用, 所以这是可塑料施工中必不可少的重要环节。

此外, 还要将捣打时形成的光滑表面刮毛。这样在烘炉过程中砌体表面层虽然硬化, 但内部水汽仍可通过小孔和粗糙的表面顺利排出, 保证砌体完好无损。

5. 构造缝

耐火可塑料除在捣打施工时留设贯通的膨胀缝外, 还要在表面修整时, 用切缝刀(图21-7-6)切出构造缝, 以供控制干燥升温时产生的膨胀和收缩用。缝是不贯通的, 深度一般为砌体的 $1/3\sim 1/4$, 缝宽为3~5mm, 缝的间距为1~1.5m。

耐火可塑料捣打的炉墙等部位, 贯通缝是垂直

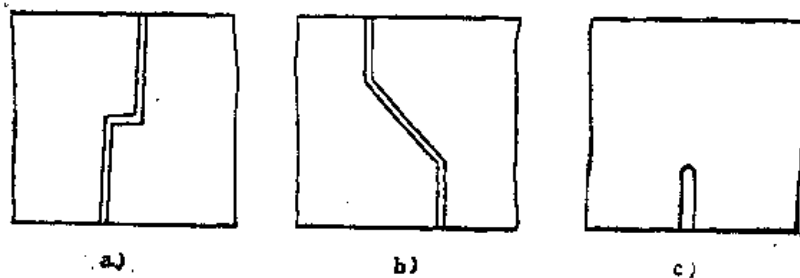


图21-7-4 膨胀缝的形式

a) 直角贯通式 b) 钝角贯通式 c) 封閉式

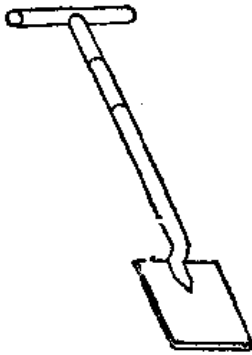


图21-7-5 修整刀

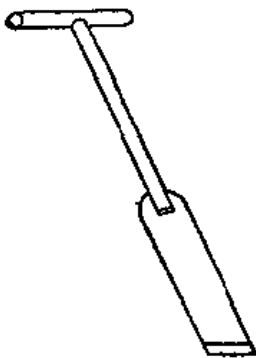


图21-7-6 切缝刀

方向留设，水平构造缝是用切缝刀切制的。炉顶等部位，只留设贯通膨胀缝。贯通缝的非工作面要用耐火砖盖严，防止跑火。

采用耐火可塑料的工业炉内衬，如施工时间较长时，待工作面处理后，应该用塑料薄膜盖严，以防脱水变硬而堵塞气孔，影响烘炉时水分的排除，导致表面裂纹或剥落。

6. 烘炉

耐火可塑料施工结束后，应尽快烘炉。烘炉前要检查砌体表面是否变干，如变干应浇水养护，使水分渗透到砌体内部，将排气道沟通，然后再点火烘炉。烘炉时，在低温（600℃以下）阶段要缓慢进行。总烘炉时间要比耐火混凝土的多4~6天。

第8节 耐火喷涂料的施工

耐火喷涂料的材料组成与耐火混凝土基本相似，由于采用喷涂方法施工，故称为耐火喷涂料。喷涂是筑炉和补炉中的一项新工艺。实践证明，它是延长炉子寿命，降低耐火材料消耗，缩短修炉时间，加快施工进度的一项有效措施。

(一) 喷涂工艺

喷涂是利用喷涂机或喷枪进行的。物料借助压缩空气以获得相当大的速度，通过喷嘴射到受喷面上，便形成牢固的喷涂层。

1. 喷涂技术

喷涂可分为火法和湿法两大类：

(1) 火法喷涂 是将干状喷涂料加热至部分或大部分熔融，处于热塑状态时射到受喷面上，使之与原衬体加速反应而形成粘结牢固的喷涂层。例如，干粉状涂料在氧化喷枪嘴前的火焰中通过，物料部分熔融后射到受喷面上，这种方法主要用于热喷补炉衬。

(2) 湿法喷涂 又可按加水顺序和含水量的多少而划分为干法、半干法和泥浆法等3种。同时，这3种方法可以将其中两种方法混合使用，则称为混合法。

1) 干法和半干法喷涂：干法和半干法喷涂的工艺流程大致为：耐火喷涂料的配制→输送到喷涂机喷嘴处→加水与物料混合→经喷嘴射向受喷面。

这种喷涂方法可采用粒径较大的耐火喷涂料连续喷涂，比泥浆法含水量少，有助于提高喷涂层的致密度和降低其气孔率。它适用于新建炉子喷涂和蚀损较深部位的喷补。每次喷涂层的厚度可达数10mm以上。但喷涂时灰尘较大，操作环境恶劣，加水量难以控制准确。

2) 泥浆法喷涂：泥浆法喷涂的工艺流程与干法和半干法的基本相似，主要区别在于预先将耐火喷涂料搅拌成泥浆状，供喷涂使用。它的特点是制浆容易，喷涂时灰尘小，操作方便。但因含水量多，易流淌，喷涂层孔隙较多。为此，可采用薄喷、勤喷的办法补炉，也能收到良好的效果。

3) 混合法喷涂：混合法喷涂一般采用泥浆法与半干法或干法一起使用。其工艺流程和设备如图21-8-1所示。混合法喷涂的特点是两个罐分别装不同的物料，各自几乎同时喷出并互相混合而射到受喷面上。例如泥浆罐中装有小于2.5mm的骨料与粉料拌成的泥浆，干料罐装有6mm以上的耐火骨料。喷涂时先喷泥浆，待受喷面上形成薄薄一层泥浆层后，立即喷射骨料。两种料在喷出过程中和在受喷面上达到混合，同时耐火骨料喷出动能大些，能对喷涂层起着一定的打结作用，使喷涂层更加密

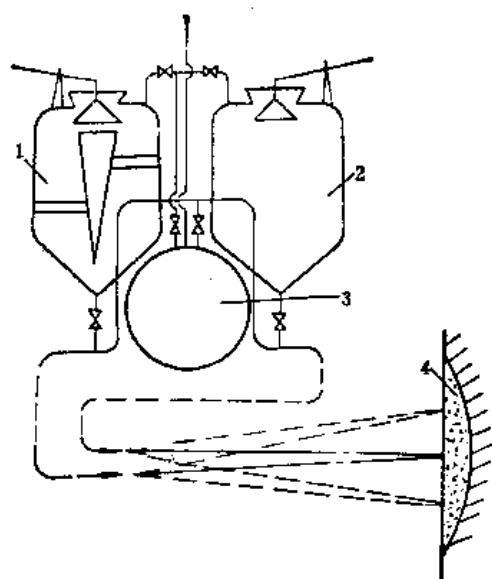


图21-8-1 混合法喷补机和工艺流程示意图

1—干料罐 2—泥浆罐 3—风包 4—受喷面

实，同时降低了含水量，有利于获得良好的喷涂层。

2. 喷涂工艺参数的选择

耐火喷涂料、喷涂机和喷涂层的形成与使用是喷涂技术的三大关键环节，而后者是选择耐火喷涂料和喷涂工艺参数的依据。为了得到良好的喷涂层，首先应选择合适的喷涂工艺参数，使喷涂料射到受喷面后能紧密粘结，形成机械结合；其次，喷涂料应选择合适的耐火骨料和粉料、胶结剂或另掺外加剂，喷涂后能迅速形成化学反应，高温下能逐渐产生陶瓷结合。总之，整个喷涂过程是机械作用、物理和化学反应的过程，参数较多，要合理选择和控制。

当喷涂设备一定时，喷涂工艺参数的选择是十分重要的，它直接影响喷涂层的质量和回弹损失的多少。一般情况下，喷嘴与受喷面距离为1~1.5m，同时与受喷面垂直。喷嘴出口风压为0.1~0.15MPa，料流要均匀连续，这样才能得到良好的喷涂层。喷涂方法应根据受喷面的生产状况或修筑炉子要求的不同，合理选择。

(二) 喷补内衬

工业炉的喷补效果主要取决于所用耐火材料的质量，因此，喷补材料要符合下列要求：

1) 喷补料的化学成分和线膨胀系数必须与炉

衬相适应。

2) 喷补料应能迅速凝固，在喷补表面能形成均匀的具有一定塑性的薄层。

3) 在使用过程中，特别是在受到机械冲击和热震的情况下，能牢固附着。

4) 在侵蚀性介质与高温的长时间作用下，其性能应保持不变。

现以电弧炉的喷补为例，作简要介绍。

1. 喷补机

电弧炉喷补机是喷射半干物料的一种机械设备(图21-8-2)。工作时，压缩空气带动搅拌均匀的干喷补料，从罐体进入输料管，然后通过枪头与结合剂混合成半干喷补料，喷射到需要喷补的部位与其形成一个整体。工作程序示于图21-8-3。

电弧炉喷补机对于炉体垂直、水平、倾斜等空间任何部位都可进行喷补。因此，不仅可以维护渣线、炉底、炉墙和炉顶，还可以对电弧炉突然发生的炉底掏坑、渣线凸凹、炉墙塌落等特殊情况进行修补，效果良好。

2. 喷补料

喷补料的选择必须根据炉子需喷补部分的材质而定，其要求应具有良好的粘结性，能承受高温熔渣侵蚀和机械冲刷等作用，并与原工作面很好的烧结在一起。5t碱性电弧炉用喷补料列于表21-8-1。

表21-8-1 5t碱性电弧炉用喷补料

材 料 名 称	重量比 (%)
镁砂 (0~4 mm)	60
镁砂粉 (170目)	40
沥青 (<1 mm)	8 (外加)
卤水 (密度1300~1350kg/m ³)	20~25 (外加)

若往喷补料中加一些高温化学结合剂，如三聚磷酸钠、三偏磷酸钠、铁皮或萤石粉等，效果会更好。低温结合剂除用卤水外，还可用水玻璃。在低温情况下，喷补料结合很好，附着率高，回弹量小。

3. 喷补操作

热喷补操作要求紧张、熟练、遇事沉着。一般应掌握下列要点：

(1) 最佳喷补期 根据物理-化学原理，固态物质的烧结是与其质点的可动性密切相关的。湿

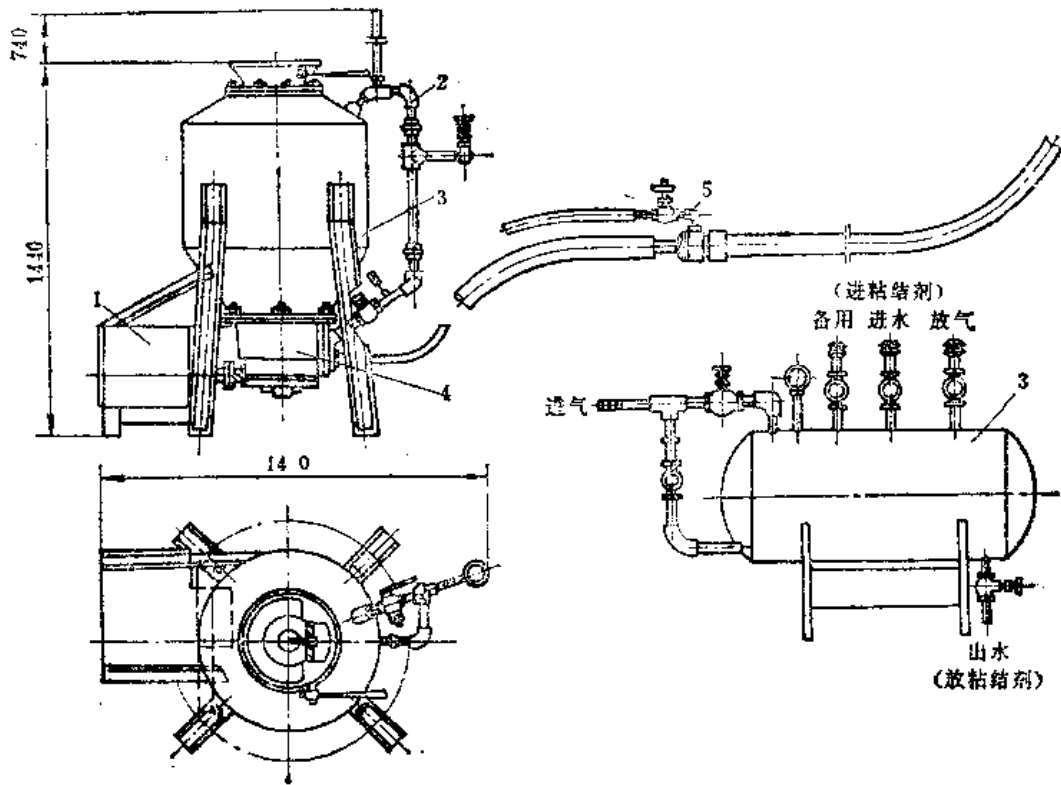


图21-8-2 电弧炉喷补机

1—底架 2—管路 3—罐体 4—布料器 5—喷枪 6—结合剂包

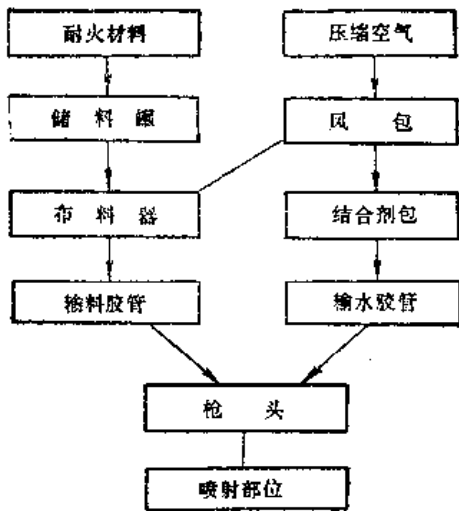


图21-8-3 喷补工作程序

度愈高，质点愈容易取得位移的活化性，因而移动的质点也愈多，喷补之后结合得也愈好，所以喷补期应选择在接受喷补部位温度较高的时候。作为电弧炉应在出钢后立即进行喷补，7min之内炉内温度仍可达1000℃以上。

(2) 加水量 加水量一般有两种：一种为

20%左右，混合后的喷补料成半干状；另一种为30%~40%，混合后成稀泥状。真正合适的加水量必须在喷补过程中，根据喷出料的结合和附着情况来调节。实践证明：喷补渣线和炉底以半干法为好，如喷补炉盖和炉墙，其加水量则可增加为25%~30%。

(3) 喷补距离和角度 枪头距喷补部位的距离太近会产生回弹，破坏已经喷上的喷补料；太远则力量不够，造成结合不牢或达不到喷补面。因此，在刚喷补时，可把距离调近，此时炉衬温度高，耐火材料处于熔融状态，喷补料可借较大喷出力打进去。随着温度的降低，可把喷补距离选为1.5m左右。枪管与喷补部位的夹角为70°~90°。

(4) 空气压力 喷补时空气压力的大小，决定了喷补料的喷出量、速度和射程。因此，必须根据炉子大小、喷补料状态、垂直还是水平作业等条件来选择合适的压力。压力选定后，不要随便变换，否则压力不稳，易发生堵塞和造成喷补效果不佳等现象。对5t电弧炉渣线和炉墙的喷补工作，压力在0.15~0.2MPa左右即可。

(5) 喷补层的厚度 情况不同，要求不同。

如炉墙塌陷、炉底掏坑、渣线凹陷等都可以一直喷补到平口为止。在没有上述情况下，喷补炉墙和渣线的厚度，一般在10~25mm之间。

(三) 喷涂涂料

随着喷涂目的的不同，一般可将喷涂用涂料分为3种，即密封涂料、保护涂料和节能涂料。其实3种涂料有时却难以严格区分，这是因为它们的作用经常是相互联系的。

1. 密封涂料

密封涂料涂在砌体表面，其主要作用为提高砌体的严密性，以防止冷空气侵入炉体内部或炉内气体外窜而使炉温降低，防止煤气和空气的窜漏而形成局部燃烧等不正常现象。

(1) 密封涂料的组成 推荐组成列于表21-8-2。

(2) 涂刷工艺：

1) 涂刷密封涂料前，应预先清刷砌体表面，把灰尘、泥浆和炉渣用压缩空气吹扫干净。先用同

样成分的较浓的涂料涂抹砖缝。在砌体上涂刷涂料时，砌体表面的温度不应超过70℃。

2) 密封涂料应用刷子分层涂刷，先刷稀浆，后刷浓浆。每次涂刷的厚度不超过1mm，涂料层的总厚度为3~4mm。

3) 应在砌体清洁干燥的情况下，在新砌体上涂刷涂料，并用调和涂料所用的胶结剂与水将其润湿后进行涂刷。

4) 涂料一般用水玻璃溶液调制。因此，应在使用前0.5~1h内制备好涂料，不宜过早，因涂料长久放置在空气中，水玻璃中的硅酸凝胶过多的分泌会降低其粘性。在个别情况下，涂料必须事先调制时，则应保存在密封的容器内。

5) 涂料涂刷完后进行烘干，其温度为100~120℃，时间约12h左右。

2. 保护涂料

使用保护涂料一般有两种情况：一种是在使用温度较低、构造复杂和衬体较薄的情况下，如锅炉（特别是沸腾锅炉）的燃烧室内管和旋风除尘器等

表21-8-2 密封涂料的推荐组成

涂料名称	材 料 名 称	体积比 (%)	每立方米用量 (kg)	使用温度 (°C)
1号涂料	1.石英砂或硅砖粉 (粒径<1mm)	70	840	400~500
	2.石棉纤维 (6级)	10	120	
	3.水玻璃 (密度1300~1400kg/m ³)	20	240	
	4.水 (使涂料为半浓稠度)	—	适量	
2号涂料	1.石英砂或硅砖粉 (粒径<1mm)	30	360	400~500
	2.石棉硅藻土粉 (粒径<1mm)	50	600	
	3.水玻璃 (密度1300~1400kg/m ³)	20	240	
	4.水 (使涂料为半浓稠度)	—	适量	
3号涂料	1.石英砂或硅砖粉 (粒径<1mm)	70	840	400~500
	2.石墨粉 (粒径<1mm)	10	120	
	3.水玻璃 (密度1300~1400kg/m ³)	20	240	
	4.水 (使涂料为半浓稠度)	—	适量	
4号涂料	1.石英砂或硅砖粉 (粒径<1mm)	45	540	400~500
	2.石墨粉 (粒径<1mm)	45	540	
	3.水玻璃 (密度1300~1400kg/m ³)	10	120	
	4.水 (使涂料为半浓稠度)	—	适量	
硅藻土砖砌体用涂料	1.粘土质耐火泥	55 (重量比)	—	—
	2.石棉纤维	30	—	
	3.矾土水泥	5	—	
	4.水玻璃	10	—	
红砖砌体用涂料	1.耐火粘土熟料粉	18 (重量比)	—	—
	2.结合粘土	10	—	
	3.硅藻土粉	47	—	
	4.石棉粉	25	—	
	5.水玻璃 (占干料体积)	4	—	

部位,采用耐火涂料做保护层,取得了良好的效果。

(1) 保护涂料的配比和性能 见表21-8-3。

另一种情况是在使用温度较高和有特殊要求的部位,如高温炉膛等涂刷保护涂料,其主要目的是保护砌体在高温下不受火焰、炉渣和尘埃的侵蚀,以延长炉衬寿命。这种保护涂料又称耐火涂料。因此,组成耐火保护涂料的材料,其高温使用性能应比原有炉衬的材料高得多。

(2) 耐火保护涂料 推荐组成见表21-8-4。

保护涂料的涂刷操作,基本上与密封涂料相似。

3. 高温节能涂料

高温节能涂料是近年来出现的一种新型节能材料。其主要原理是涂刷在炉衬内表面的一层高温辐射涂料,它是用于提高炉壁内表面的黑度,在1000℃以上的高温作用下增强了炉膛内部的辐射传热,使

被加热工件得到的热流有所增加,从而节约了能源,提高了炉子的热效率,并延长了炉衬的使用寿命。

在高温下使用的节能涂料,除要经受高温的作用外,还要承受炉气的侵蚀、火焰的冲刷、意外的机械碰撞,工作条件是相当苛刻的。

(1) 高温节能涂料的性能 必须满足以下几项要求:

1) 具有高的辐射率,即高黑度,其黑度不小于0.9,并且要求辐射率的衰减越慢越好,以延长其有效使用期。

2) 在高温下能牢固地粘附在炉壁上,不龟裂,不剥落,有较好的高温强度和抗热震性,不软化,不流淌。

3) 在高温下的化学稳定性要好,能抵抗炉气的冲刷、渣皮的侵蚀,并与基底材料在高温下不发生共熔现象。

表21-8-3 几种保护涂料的配比和性能

涂料名称		耐火粘土质涂料	耐火粘土质涂料	铬渣涂料	高铝质涂料	刚玉涂料	
配 比 (%)	骨料	粘土熟料 32(2.5~2mm) 48(2~0mm)	粘土熟料 32(2.5~2mm) 48(2~0mm)	铬渣 70(<5mm)	矾土熟料 47(2.5~0.5mm) 20(0.5~0.1mm)	刚玉 47(16号) 19(80号)	
	粉料	—	矾土熟料 20	矾土熟料 30	矾土熟料 33	刚玉粉(混合320号) 34	
	粘结剂	矾土水泥 (水灰比0.5~0.6)	水玻璃 (密度1380kg/m ³)	水玻璃 (密度1380kg/m ³)	磷酸铝 (密度1560kg/m ³)	磷酸铝 (密度1560kg/m ³)	
		20	16	18	20~24	15	
	促凝剂	—	氟硅酸钠 12 (占水玻璃重)	硅酸盐水泥 3	1.低钙铝酸盐耐火水泥 2.5 2.氢氧化铝 2.5	1.低钙铝酸盐耐火水泥 2.0 2.氢氧化铝1.0	
性 能	烧后耐 压强度 (MPa)	110℃ 200℃ 300℃	35 32 30	64 70 76	36 36.5 (700℃) 32 (1100℃)	>20 (常温干燥20天) >70 (500℃) — —	>20 (常温干燥20天) >85 (500℃) — —
	磨损系数 (cm ³ /cm ²)		0.196	0.189	—	—	—
	使用部位与效果	在旋风除尘器上使用5个月以上		沸腾炉燃烧室墙面上使用	在水电锅炉及一般热工设备上应用,效果良好		

表21-8-4 耐火保护涂料的推荐组成

涂料名称	材 料 名 称	体 积 比 (%)	每 m ³ 用量 (kg)	使用温度 (°C)
耐火粘土质涂料	NZ-40粘土制成的粉	91	1240	1100~1400
	耐火生粘土	9	100	
	水玻璃 (密度1300~1400kg/m ³)	2	21	
	占干料体积			
高铝质涂料	三等高铝矾土熟料	91	1280	1400~1600
	耐火生粘土	9	100	
	纸浆(密度1200kg/m ³)占干料体积	6	85	
石英高岭土涂料	石英粉 (SiO ₂ >95%)	70	945	1100~1400
	高岭土	19	266	
	耐火生粘土	11	121	
铬镁质涂料	铬铁矿 (Cr ₂ O ₃ >35%)	44	1150	1400~1600
	二等镁砂YB411-63	39	780	
	耐火生粘土	17	181	
	纸浆(密度1200kg/m ³)占干料体	7	150	
	积			
铬镁质涂料	铬铁矿 (Cr ₂ O ₃ >35%)	70	1820	1400~1600
	二等镁砂	20	400	
	旧型砂 (SiO ₂ >80%)	4	60	
	耐火生粘土	6	66	
	水玻璃 (密度1300~1400kg/m ³)	10	200	
	占干料体积			

4) 施工工艺简单, 涂料要易于成膜, 易于干燥, 具有足够的塑性和粘度。

5) 材料来源广泛, 价格便宜。配制好的涂料要有较长的保存期, 在此期间, 涂料不结块, 易搅动。

(2) JT高温节能涂料的技术指标 是用碳化硅作基质材料, 再加入适量的增塑剂、烧结剂、抗氧化剂和复合高温结合剂配制而成。

因为SiC在很宽的温度范围内有相当高的辐射率, 并且具有高的耐火度和好的高温结构强度、抗渣性、热稳定性和耐磨性等优点, 是一种理想的基质材料。但必须添加一种辅助材料, 以补偿SiC波长在10μm以上辐射下降的缺陷。这种JT高温节能涂料的组成为: SiC50%~55%、水分40%~45%、其它5%~7%。其主要技术指标见表21-8-5。

碳化硅高温节能涂料是一种浆状物质, 呈悬浊液状, 为一种深绿色粘性液体。用密闭容器存放在阴凉通风处可以长达3个月以上不变质。如果将粉料和溶剂分开贮存, 则存放期可达一年以上。

(3) JT高温节能涂料的应用 根据炉子的

表21-8-5 JT高温节能涂料的主要技术指标

指 标 名 称	数 值
密度 (kg/m ³)	1660~1680
粘度 (Pa·s)	200~320
pH值	5~6
不同温度下的半球向全辐射率 (ε _r)	
1000°C	0.82
1100°C	0.85
1200°C	0.87
1300°C	0.90
1400°C	0.92
热辐射有效期 (月)	> 3
粘结强度 (MPa)	
常温	12.8
110°C	12.9
1000°C	11.7
1200°C	20.1
1400°C	31.7
耐火度 (°C)	>1790
热膨胀系数 20~1500°C	7×10 ⁻⁶
氧化增量率1350°C24h (%)	

使用要求，涂料可以直接涂覆在耐火砖、不定形耐火材料以及耐火纤维各种材质的砌体内表面上。在涂刷前，砌体内表面需用压缩空气或钢丝刷进行仔细清理，清除附着的耐火泥浆或残渣、炉灰等，并保持砌体处于干燥状态。

涂料由粉料和溶剂按一定的体积比进行配制，倒入非金属容器中并充分搅拌均匀。采用机械喷涂时的空气压力为0.4~0.6MPa，喷枪头距离喷涂表面的最佳位置为250~500mm。但对耐火纤维毡铺设的炉墙，则喷枪距离要适当加大，以避免高速气流损坏纤维毡表面。

总之，不论是采用机械喷涂或手工涂刷施工，都应保持涂层的均匀性。涂层厚度一般以0.2mm为宜，最大不得超过0.5mm。每千克涂料可喷涂3~4m²。手工涂刷的涂层可以稍厚，每千克的涂刷面积为2~3m²。涂层太厚或太薄都不利，因为涂层厚度不仅影响涂料的辐射强度，还会影响涂层的粘着性和抗热震性。如果涂层太薄，辐射层物质就过少，因而辐射强度和总的辐射功率都会降低，力学强度也低；涂层过厚，不但涂料消耗增大，而辐射能量并不增高，并且抗热震性变坏，在多次冷热反复交替后，涂层出现裂缝，甚至剥落。

涂料喷涂后一般不需经过特别的热处理，待其在自然状态下表面充分干燥后，即可随炉升温。正常情况下，涂料与炉墙的基底材质粘结良好，可以有较长的使用期。如果发现涂层局部脱落，或长期使用辐射能量衰减，可再在表面重新进行喷涂。

第9节 耐火捣打料的施工

耐火捣打料是由骨料和粉料、胶结剂或另掺外加剂等组成，按比例拌和后用捣打方法施工，则称为耐火捣打料。它的性能优于同材质振动成型的耐火混凝土，而低于或相当于不烧砖。

(一) 耐火捣打料的组成

耐火捣打料根据原材料的不同，可以分为粘土质捣打料、石英砂捣打料、镁砂捣打料和铬质捣打料等。如根据用途的不同，又可分为冲天炉捣打料、感应炉捣打料和电弧炉捣打料等。

耐火捣打料的骨料，其最大粒径一般为5mm，也可以放至10mm，用量为60%~70%；耐火粉料的用量为30%~40%，胶结剂或水的用量为6%~

10%。当采用结合粘土做胶结剂时，其用量为10%左右。外加剂应根据炉子设备和施工要求，酌情选定和掺加。

耐火捣打料的组成列于表21-9-1。

表21-9-1 耐火捣打料的组成

捣打料名称	材料名称	重量比 (%)	使用部位
粘土质捣打料	耐火粘土	30	冲天炉炉壁
	普通型砂	40~50	
	耐火砖粉	20~30	
石英砂捣打料	石英砂 (SiO ₂ >98%)	100	熔铝工频炉 炉衬
	硼砂	2.5(外加)	
镁砂捣打料	镁砂	91.5~89	电弧炉炉底
	脱水煤焦油	7~9	
	煤沥青	1.5~2	
	镁砂 氧化铁粉 脱水煤焦油	89 2 9	电弧炉炉底 和炉坡
镁砂捣打料	镁砂	50~20	中频感应炉 炉衬
	电熔镁砂	50~80	
	水玻璃	适量	
均热炉炉膛 中央烧嘴周围	镁砂	50	均热炉炉膛 中央烧嘴周围
	粘土质耐火泥	30	
	铁矾土	5	
	焦粉	5	
	氧化铁粉	10	
	肉水	适量(外加)	
	适量(外加)		
均热炉炉膛 中央烧嘴周围	铬铁矿	100	均热炉炉膛 中央烧嘴周围
	水玻璃	7(外加)	
	铬铁矿 结合粘土 水玻璃	97 3 7(外加)	
环形加热炉 炉底	铬铁矿 (Cr ₂ O ₃ >35%)	95 (体积比)	环形加热炉 炉底
	氧化铁粉	5	

(二) 耐火捣打料的施工

耐火捣打料的性能与捣打质量有较大的关系，人工捣固性能较差，应尽量采用机械捣打。耐火捣打料的施工程序为：捣打料的配制、模板安装、捣打、修整拆模和养护，其关键为捣打工序。

耐火捣打料一般采用风锤捣打，也有人工捣固的。采用风锤捣打时，风压不能低于0.5MPa。锤

头形状有正方形、长方形和圆形等几种，一般尺寸在50~80mm之间。如太大，捣打力量不够，密实性较差，影响耐火捣打料的性能；如太小，捣打力量过大，也不易捣实，而影响工效。

捣打时，每次铺料厚度为20~60mm，风锤要与料面垂直，锤头按一个方向连续移动，而且锤头要重叠 $1/3 \sim 1/2$ ，以免漏空。每行间也要重叠。每层料连续捣打4~5遍，达到均匀密实形成整体后，即可铺放下一层料。铺料前最好将捣打面打毛，使上下层紧密连接，防止分层。捣打施工应当连续进行，如间断时间较长，要将捣打面盖严。再施工时，应把捣打面扒毛后，才能进行捣打。

捣打后可立即拆模进行养护或烘烤。如果是捣打预制构件或预制块时，必须达到设计要求的标号后，方可搬运。

镁砂捣打料主要用作捣打电弧炉的炉底和炉坡。捣打前，煤焦油加热至160℃以下脱水，镁砂和氧化铁粉加热至180℃左右进行预热。

当砌砖完毕后，应将砌体表面加热至50~60℃，并将表面清扫干净，趁热涂刷一层煤焦油，然后将拌好的捣打料分层倒入，每层厚度为70~80mm。松散料的压下量为50%。捣打料用加热的捣锤自炉子中心向四周捣打，以免油质挤向中心而形成软点。捣锤的风压不小于0.5MPa，捣打料的捣打温度应控制在100~110℃之间。

第10节 耐火纤维炉衬的施工

耐火纤维是一种新型、轻质耐火隔热材料，用它作为工业炉的衬面材料或隔热填料，一般可以节约能耗10%~30%。因此，随着节能工作的不断深入，耐火纤维的应用领域日趋广泛。

(一) 耐火纤维的分类与特性

1. 耐火纤维的分类

耐火纤维按其成纤方法和使用温度可作如下分类，见表21-10-1。

2. 耐火纤维的主要特性

耐火纤维的主要特性是耐高温、热导率小、热化学稳定性好，而且还具有良好的耐急冷急热性和抗震性。表20-10-2为耐火纤维的化学成分和物理性能。

(1) 耐高温性能 用熔融法生产的耐火纤维，是一种玻璃态物质。当再加热到950~1000℃时，会发生莫来石($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$)结晶；当温度超过1200℃时，就发生方石英(SiO_2)结晶。温度越高，再结晶过程加快，再结晶率也相应增大。由于再结晶的进行，会使纤维收缩、脆化与粉化。但如果提高成分中 Al_2O_3 对 SiO_2 的比值，减少杂质的含量，或加入一定量的 Cr_2O_3 或 ZrO_2 ，可以延缓再结晶过程。

为了提高纤维及其制品的使用温度，不仅需要进一步提高 Al_2O_3 的比例，而且需要从根本上改变纤维结构，即由非晶态改变为多晶结构。目前国外生产的多晶氧化铝纤维和莫来石纤维，是以氧化铝及醋酸铝等铝盐和硅盐为原料，采用胶体法制成纤维，然后经1100℃煅烧而成。

(2) 热导率 静止空气是一种具有低热导率和低热容的优良隔热材料(图21-10-1)，耐火纤维具有接近空气的热导率，这是因为耐火纤维系由固态纤维和空气组成的混合结构，气孔率达90%以上。大量低热导率的空气充满于纤维中，并破坏了固态分子的连续网络结构，从而获得了优良的隔热性能。

表21-10-1 耐火纤维的分类

成纤方法	纤维类别	档级	名 称	长期使用温度(℃) 不超过
熔融法	非晶态纤维	低档	普通硅酸铝纤维	1000
		中档	高纯硅酸铝纤维	1100
		中档	高铝纤维	1200
		中档	含铬硅酸铝纤维	1300
胶体法	结晶态纤维	高档	莫来石纤维	1350
		高档	氧化铝纤维	1500
		高档	氧化锆纤维	1600

表21-10-2 各种耐火纤维的理化性能

项目	品种	普通硅酸铝耐火纤维	高纯硅酸铝耐火纤维	含铬硅酸铝耐火纤维	高铝耐火纤维	多晶莫来石耐火纤维	多晶氧化铝耐火纤维
化学成分(%)	Al ₂ O ₃	45~52	>47	40~46	>60	72~74	94.8
	Al ₂ O ₃ +SiO ₂	>96	>99	SiO ₂ 47~55 Al ₂ O ₃ +SiO ₂ 98.5	98.8	SiO ₂ 20~24	SiO ₂ 4.96
	Cr ₂ O ₃	—	—	3~6	—	—	—
	Fe ₂ O ₃	<1.2	<0.2	<0.3	<0.3	—	0.09
	Na ₂ O+K ₂ O	<0.37	0.38	<0.4	<0.5	1.6~3.0	—
	B ₂ O ₃	—	—	—	—	3~5	—
物理性能	体积密度(kg/m ³)	a.120~140 b.150~170 c.180~200	>140	120~150	a.150~200 b.200~250	<150	—
	加热线收缩率(%)	1150°C, 6h <4	1260°C, 6h 2.7	1400°C, 6h <4	1250°C, 6h, <2.5 1400°C, 6h, <4	1300°C, 6h <1	1500°C, 6h 2.6
	渣球率(%)	<5	<5	<5	<5	3.18	<3
	纤维直径(μm)	3~5	2~5	2~6	2~5	2~7	2~7
	热导率(W/(m·K))	(热面1047°C, 冷面185°C) 0.15	(热面900°C, 冷面300°C) 0.097	(热面1000°C, 平均560°C) 0.12	(热面990°C, 冷面289°C) 0.09	(热面1000°C, 冷面273°C) 0.18	(热面1200°C) 0.29
	残余水分(%)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
长期使用温度(°C)	<1000	<1100	<1280	1200~1250	<1320	1400~1600	
工作气氛	火焰炉 (油、煤气) 电阻炉 (大气)	火焰炉 (油、煤气) 电阻炉 (大气、还原 气氛)	电阻炉 (大气)	火焰炉 (油、煤气) 电阻炉 (大气、还原气氛)			

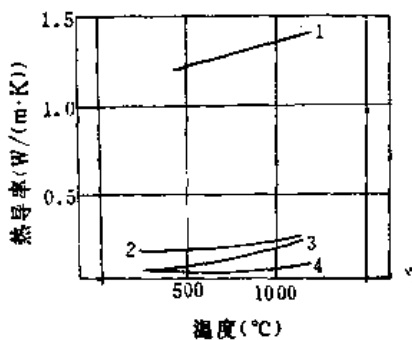


图21-10-1 各种耐火材料和隔热材料的热导率
1—耐火砖(气孔率15%~20%) 2—隔热砖(气孔率80%) 3—耐火纤维毡(体积密度160kg/m³, 气孔率90%) 4—空气

(3) 抗气流冲刷性能 对于火焰炉以及采用风扇循环的炉子, 要求耐火纤维必须具有一定的抗气流冲刷能力。表21-10-3是耐火纤维二次制品抗

表21-10-3 耐火纤维制品的抗气流冲刷能力

制品名称	毯	毡	软板	针刺毡	硬毡	湿法压制毡
最大允许风速(m/s)	5	8	8	20	25	30

气流冲刷能力的参考数据(气流方向与耐火纤维制品的表面平行)。

如果气流速度超过上表所列数值范围, 应采用预压缩垂直(气流方向与纤维制品垂直)布置法, 或者对纤维制品表面进行硬化处理, 即用切断的氧化铝纤维或莫来石纤维, 加高温无机粘结剂进行固化, 或者用胶体二氧化硅系的表面硬化涂料进行涂刷。经过表面处理的前3种制品(毯、毡和软板), 可承受15m/s的气流冲刷速度。

(4) 热化学稳定性 用于可控气氛多用炉和化学热处理的无罐炉时, 还要求耐火纤维制品必须具备相对的热化学稳定性。试验表明, 含有较多量还原性氧化铁、氧化钛等杂质的普通耐火纤维, 不能用于可控气氛等要求较高的炉子; 合成高纯耐火纤维则可以应用于可控气氛炉和真空炉。当在氢气氛中应用时, 纤维中含有的氧化铁和氧化钛极易被还原而生成水汽, 使炉内的露点升高, 加速炉内金属材料的氧化。此时, 当把这种耐火纤维用作炉衬材料时, 在温度大于 1300°C 时, 纤维同铁也能发生化学作用, 生成硅铁合金。

另外, 氢还取代存在于纤维间隙中的空气, 导致热导率增大, 使冷面温度升高 $30\% \sim 40\%$, 故氢气氛炉还要求相应增加耐火纤维炉衬的厚度。

耐火纤维用于渗碳气氛炉时, 和其它耐火材料一样, 也会沉积碳黑, 其厚度可达 $1 \sim 3 \text{ mm}$ 。碳黑可用燃烧法除去, 并不影响炉子的使用寿命。

耐火纤维耐化学侵蚀的能力要比玻璃纤维和矿渣棉强, 除强碱、氢氟酸外, 几乎不受各种化学药品和蒸汽、油类的侵蚀。在常温下不与酸作用。在高温下对液态铝、铜、铅、锡及其合金不润湿, 因而可以用作多种金属熔炉的隔热材料。

(5) 其它性能 耐火纤维柔软、有弹性, 所以抗热冲击、耐急冷急热性好, 不论升温和冷却速度多快, 都不会碎落破裂。能耐机械振动, 但不能承受直接的冲击摩擦。

耐火纤维的压缩回弹性和透气阻力都较好, 而且其密封性比砂子还好, 如图 21-10-2 所示。根据这一性能, 它可以用作砌体膨胀缝及炉门等经常开启部位的密封材料。

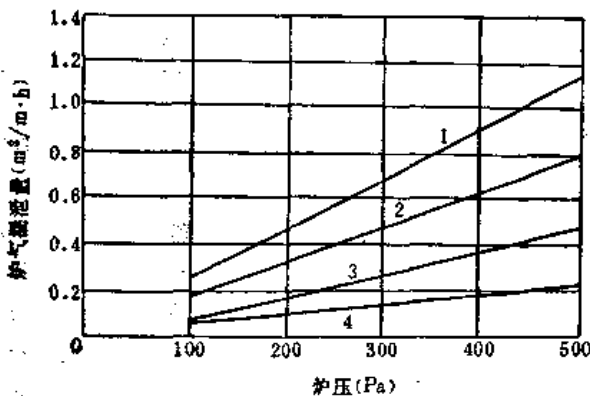


图21-10-2 各种材料的密封性

1—河砂 2—硅砂 3—筛沙 4—耐火纤维

耐火纤维的黑度为0.95。黑度大, 有利于炉内的辐射传热, 因而用作 800°C 以上工业炉的热面材料, 则更为合适。

(二) 耐火纤维制品

耐火纤维可以用类似纺织及造纸等工业的生产工艺, 将其加工成纸、绳、带、板、毡和毡等各种形式的二次制品。在工业炉的砌筑过程中经常使用散状纤维、纤维毡、纤维毡和异型制品。

1. 散状耐火纤维

散状纤维是一种松散的棉状物, 也是耐火纤维的基本形态。它的特点是耐高温、重量轻, 并有较好的弹性、优良的充填性能和抗热震性能, 而且热导率低, 是一种优良的耐火隔热材料。散状纤维有两种: 一种为未经加工的原棉; 另一种为经处理加工的棉, 其长度一般在 25 mm 以下。主要用作工业炉膨胀缝的充填材料、背衬隔热材料以及耐火纤维制品的原料。

表21-10-4为散状耐火纤维的性能。

表21-10-4 散状耐火纤维的性能

性能名称	数值
体积密度 (kg/m^3)	30~100
充填密度 (kg/m^3)	60~250
渣球含量 (%)	1~10
热导率 ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) 400°C 时:	
密度为 $100 \text{ kg}/\text{m}^3$	0.11
密度为 $130 \text{ kg}/\text{m}^3$	0.10
密度为 $160 \text{ kg}/\text{m}^3$	0.093

2. 耐火纤维毡

耐火纤维毡是用纤维原棉积叠成层状的制品。它重量轻, 富有柔软性, 施工方便。纤维毡完全不含有机粘结剂或其它有机成分, 在高温下使用时不污染炉内气氛, 不产生难闻的气味, 可直接用作工业炉的内衬。

耐火纤维毡的规格见表21-10-5。

3. 耐火纤维毡

耐火纤维毡是将纤维原棉加入少量的有机粘结剂或耐热性无机粘结剂, 经成型制成板状的制品。这种制品的表面比毡稍硬, 并具有适宜的柔软性、自立性, 搬运施工性能也较好。添加有机粘结剂的毡, 施工时处理方便, 当高温加热时, 有机粘结剂被烧掉后, 由于纤维本身互相交织在一起而保持了

表21-10-5 耐火纤维毡的规格

体积密度 (kg/m ³)	规格 (mm)		
	厚度	宽度	长度
140~170	5~50	300~800	400~2500

原来形状,但强度和抗气流冲刷性能较差。添加无机粘结剂的毡,高温加热时,由于粘结剂仍具有结合能力,所以这种毡仍具有较高的强度和抗气流冲刷性能。耐火纤维毡的理化性能见表21-10-6。

耐火纤维毡分为半硬平板和硬质平板两种。

(1) 半硬平板 按加工工艺分为湿法和干法,按外表面又分外包玻璃布和不包玻璃布两种。

(2) 硬质平板 由耐火纤维加入适量的特殊粘合剂压制而成,具有一定的抗压、抗折强度。

耐火纤维毡的规格见表21-10-7。

4. 耐火纤维异型制品

耐火纤维异型制品是将耐火纤维棉(一般切至小于20mm以下),加入无机粘结剂和少量有机粘结剂,在水中制成纤维料浆,然后用真空吸滤成型或模压成型方法制成板状、圆筒状或圆锥状等各种形状的坯体,脱模后经干燥而制得。

(三) 耐火纤维的合理选用

目前国产的耐火纤维属于非晶态硅酸铝耐火纤维,大部分是以天然高岭土为原料熔融喷吹而成,称为天然硅酸铝耐火纤维(即普通硅酸铝耐火纤维)。每一种耐火纤维的使用温度都不一样,因此在改造和设计新的工业炉时,要针对不同的情况选用不同种类的耐火纤维。

1. 炉温低于1000℃时的选用

工业炉的工作温度低于1000℃时,可以采用普通硅酸铝耐火纤维。这种耐火纤维的使用温度与其

表21-10-6 各种耐火纤维毡的理化性能

指标项目		普通硅酸铝 耐火纤维毡 GB3003—82	高纯硅酸铝 耐火纤维毡	高 铝 耐火纤维毡	含铬硅酸铝 耐火纤维毡
		PXZ-1000	—	—	—
化 学 成 分 (%)	Al ₂ O ₃	≥45	49	62.8	41
	Al ₂ O ₃ + SiO ₂	≥96	SiO ₂ 50.1	SiO ₂ 36	SiO ₂ 53.4
	Fe ₂ O ₃	≤1.2	0.13	0.23	0.31
	Na ₂ O + K ₂ O	≤0.5	0.38	0.39	0.25
	Cr ₂ O ₃	—	—	—	4.7
物 理 性 能	体积密度 (kg/m ³)	130、160 190、220 ±15%	150	<200	130
	渣球含量 (%) φ > 0.25mm	≤ 5	≤ 5 (>60目)	≤ 5 (>60目)	1.3 (>60目)
	加热线收缩 (%) 1150℃, 保温 6 h	≤ 4	≤ 4 (1250℃, 6 h)	2.7 (1350℃, 6 h)	2.8~3.3 (1400℃, 6 h)
	含水量 (%)	≤ 0.5	—	—	—
	热导率 (W/(m·K))	(1000℃) 0.15	(热面 900℃) 0.097	(910~290℃) 0.23	(1200~507℃) 0.16
长期使用温度 (℃)		<1000	1100	1200	1300

表21-10-7 耐火纤维毡的规格

体积密度 (kg/m ³)		规格 (mm)		
半硬平板	硬质平板	厚 度	宽 度	长 度
140~170	160~220	5~50	300~800	400~1000

质量有很大的关系。目前国内有近百家生产耐火纤维的工厂，其质量却不一样。在使用中，发现有的厂生产的耐火纤维毡到950℃时就发酥，而有的厂所生产的耐火纤维毡经1000℃煅烧后，其弹性还很好。经过实践证明，这种普通耐火纤维还是在1000℃以下使用为好。但是，在电阻丝旁的耐火纤维应该选用合成纯料耐火纤维，如高纯硅酸铝耐火纤维、高铝耐火纤维、含铬硅酸铝耐火纤维等。

2. 炉温高于1000℃时的选用

工业炉的工作温度高于1000℃以上时，可以选用合成纯料硅酸铝耐火纤维。由于其中 F_2O_3 等有害杂质少，其长期使用温度可达1050~1100℃。也可选用高铝或含铬硅酸铝耐火纤维，其长期使用温度可达1200~1280℃。

对于工作温度为1350℃的工业炉，则上述的耐火纤维是不宜选作内衬，必须选用多晶莫来石耐火纤维和多晶氧化铝耐火纤维。

总之，要根据各种不同类型的工业炉炉温和炉墙厚度方向的温度梯度曲线，来合理选用所要求的耐火纤维。

另外，在选用耐火纤维作工业炉内衬时，还要特别注意如下几种情况不能选用耐火纤维，即：

- 1) 与熔融液态金属和熔渣接触的部位。
- 2) 容易与被加热的工件相碰撞而无法防护的内衬，如手工操作加热成盘的钢丝时，其两头的单丝会把耐火纤维刮掉。
- 3) 当炉内气体流速超过13m/s，而耐火纤维又没有经过特殊处理。

4) 用氢气作保护气体的热处理炉。

上述不宜用耐火纤维作内衬的工业炉，可以把耐火纤维放在中间和外层当保温材料，同样也会收到节能效果的。

(四) 耐火纤维炉衬的组成

如何合理选用炉衬及组成，是关系到耐火纤维工业炉炉衬结构的经济合理性以及施工方便、节能效果和使用寿命的问题。目前，耐火纤维炉衬从总体上来说，可分为“全纤维炉衬”（炉衬全部采用耐火纤维）和“复合炉衬”（由耐火纤维和其它隔热材料组成）两种。

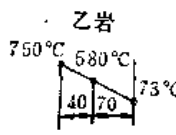
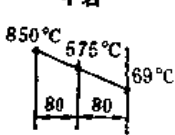
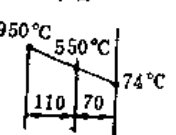
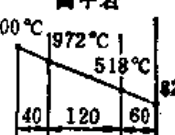
我国的耐火纤维虽然经过一再降价，但是与其它耐火材料相比，还是比较贵的。此外，隔热保温冷面材料在较低温度时，其热导率则小于耐火纤维毡的热导率，所以应该积极采用“复合炉衬”的结构形式。

目前，隔热保温冷面材料普遍采用矿渣棉毡、玻璃棉毡及岩棉板。矿渣棉毡以采用酚醛树脂粘剂的矿渣棉毡较好，其使用温度可达400℃。玻璃棉毡一般采用无碱超细玻璃棉毡，其使用温度为600℃。岩棉板采用酚醛树脂加入量为1%的软质岩棉板，其使用温度为600℃。

在炉衬结构设计中，应尽量使耐火纤维毡与冷面隔热保温材料之交面的温度（温度梯度），接近于所采用冷面材料的极限使用温度，这样就可以获得最佳的技术经济效果。

现根据有关资料，推荐几种形式的炉衬组成，列于表21-10-8和表21-10-9。

表21-10-8 炉衬组成及热工性能（一）

炉衬的组成及界面温度	乙岩 	甲岩 	甲岩 	高甲岩 
散热量 (kJ/(m ² ·h))	2340	2110	2399	2889
蓄热量 (kJ/m ²)	5903	10614	14009	22801
材料费 (元/m ²)	44	94	122	250

(续)

炉衬的组成及界面温度	乙矿 750°C 580°C 40 80 73°C	甲矿 850°C 641°C 80 100 71°C	甲矿 950°C 885°C 80 100 74°C	高甲矿 1100°C 642°C 978°C 79°C 40 100 40
散热量 (kJ/(m ² ·h))	2340	2223	2399	2700
蓄热量 (kJ/m ²)	7503	11480	14817	23773
材料费 (元/m ²)	52	85	105	240
炉衬的组成及界面温度	乙岩 750°C 508°C 60 60 74°C	甲岩 850°C 533°C 100 70 70°C	甲岩 950°C 517°C 130 70 76°C	高甲岩 1100°C 963°C 513°C 81°C 50 140 60
散热量 (kJ/(m ² ·h))	2399	2169	2520	2826
蓄热量 (kJ/m ²)	7834	12904	16705	27599
材料费 (元/m ²)	60	114	114	302
炉衬的组成及界面温度	乙矿 750°C 612°C 40 100 74°C	甲矿 950°C 637°C 70 110 73°C	甲矿 950°C 621°C 110 100 75°C	高甲矿 1100°C 963°C 577°C 81°C 50 120 80
散热量 (kJ/(m ² ·h))	2399	2340	2462	2826
蓄热量 (kJ/m ²)	8729	13017	17476	27281
材料费 (元/m ²)	57	98	135	290

注：甲—甲级普通耐火纤维毡；

高—高铝耐火纤维毡；

岩—软质岩棉板；

乙—乙级普通耐火纤维毡；

矿—矿渣棉毡。

计算条件：环境温度25°C，按垂直炉壁计算。

表21-10-9 炉衬组成及热工性能 (二)

炉衬的组成及界面温度	甲轻珍	高轻珍
体积密度 (kg/m^3)	140; 400; 120	180; 400; 120
热导率 ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)	0.27; 0.23; 0.10	0.32; 0.26; 0.12
散热量 ($\text{kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$)	2462	2512
蓄热量 (kJ/m^2)	38548	51791
材料费 ($\text{元}/\text{m}^2$)	78	180

注：甲—甲级普通耐火纤维毡；珍—膨胀珍珠岩；高—高铝耐火纤维毡；轻—超轻质耐火粘土砖。计算条件：环境温度 25°C ，按垂直炉壁计算。

(五) 耐火纤维炉衬的施工方法

耐火纤维炉衬的施工与传统的耐火砖的砌筑完全不同，操作简单，施工较快，是改革工业炉砌筑的一项新工艺。耐火纤维炉衬的施工方法有：层铺法、叠砌法、组件法、粘贴法、喷涂法等。

1. 层铺法

层铺法是将耐火纤维毡象裱纸那样，一层一层地铺到炉壁上，这是一种最常用的施工方法。

这种方法铺砌方便，适于新炉或旧炉的整个炉衬的更换，炉墙的保温性能好。但是要消耗一定的昂贵的耐热钢作为锚固件，特别是在炉温高于 1200°C 以上和在渗碳气氛中使用，还需要使用陶瓷制作的锚固件。层铺时可采用螺栓固定式、转卡固定式、金属网固定式和瓷件固定式等。

(1) 螺栓固定式 常用的螺栓直径为 M5 (图21-10-3)，用焊接或螺纹连接固定在炉壳钢板上 (图21-10-4)。但经高温使用后，常发生螺栓与

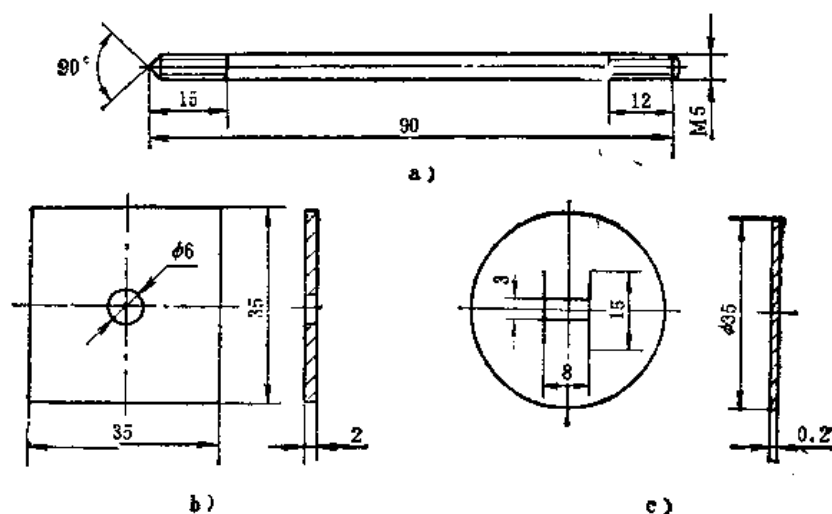


图21-10-3 耐火纤维炉衬用锚固件

a) 双头螺栓 b) 方垫圈 c) 快速夹紧圈

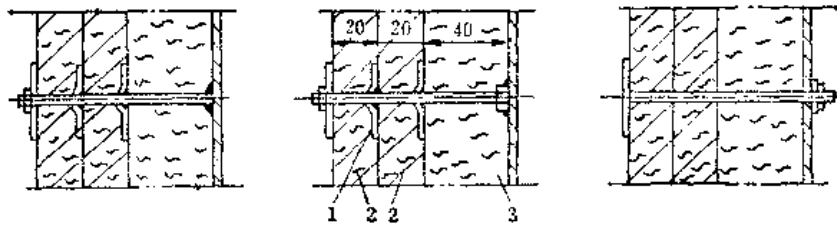


图21-10-4 螺栓固定的纤维炉衬结构

1—快速夹 2—耐火纤维毡 3—无碱玻璃棉

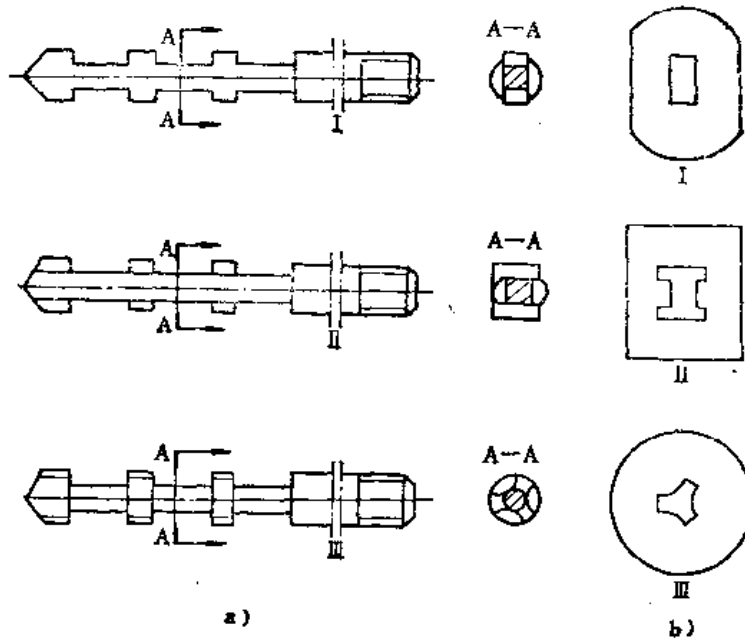


图21-10-5 转卡固定用锚固件

a) 卡杆(支持销) b) 卡板(垫圈)

螺母咬死现象。

(2) 转卡固定式 将带卡口的卡板套上卡杆，旋转90°，即可固定炉衬(图21-10-5)。这种层铺方法的特点是安装、修理方便，而且不会产生咬死的现象。

(3) 金属网固定式 当炉顶采用层铺法施工耐火纤维毡时，最好使用金属网固定纤维毡，以免下沉(图21-10-6)。

(4) 瓷件固定式 一般采用瓷帽结构，见图21-10-7。瓷帽用氧化铝制作，有两种形式：中间带圆孔的配螺栓螺母用，中间带长方孔的转卡瓷帽，它是为了配转卡固定杆用。安装后，在瓷帽中充填耐火纤维，用以保护金属构件。

炉衬耐火层若采用 Al_2O_3 60% 的高铝耐火纤维毡，其使用炉温可达1200°C左右；若采用 Al_2O_3 含量约为85%~95%的耐火纤维真空成型板，其炉温

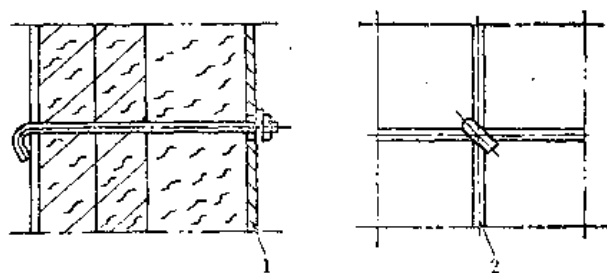


图21-10-6 金属网固定的纤维炉衬结构

1—炉壳 2—金属网

可用到1350°C。

如采用瓷钉，则一端有内螺纹，而另一端有卡槽。先在炉壳钢板上焊上普通碳素钢螺钉，将瓷钉拧上，铺好耐火纤维毡后，再用带缺口的瓶垫卡住(图21-10-8)。

由于层铺式炉衬系层状结构，故热面材料与隔热材料可以分别选用，也即冷面部分可选用价廉而

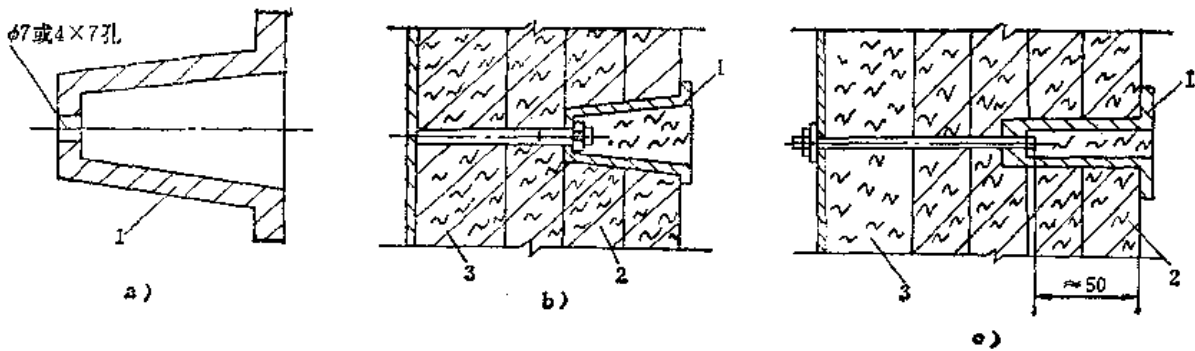


图21-10-7 瓷帽固定的纤维炉衬结构

a) 瓷帽 b) 锥形瓷帽结构 c) 管形瓷帽结构
1—瓷帽 2—耐火纤维毡 3—矿渣棉毡

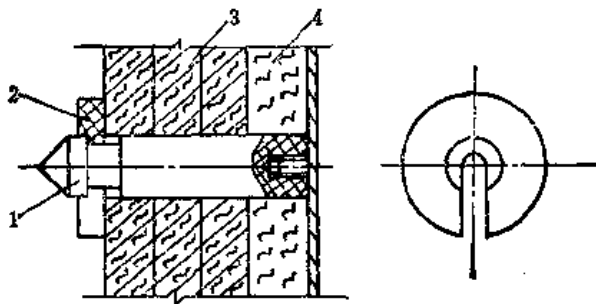


图21-10-6 瓷钉固定的纤维炉衬结构

1—瓷钉 2—瓷垫 3—耐火纤维毡 4—矿渣棉毡

热导率同样比较小的材料，如散状纤维、矿渣棉、珍珠岩板、0.4超轻质砖等。

层铺法炉衬的钉子中心距与耐火纤维毡的质量等有关，一般可参考表21-10-10的数据和图21-10-9进行选择。

表21-10-10 钉子的中心距离

炉衬部位	炉子中心距离 (mm)
炉墙	300
炉顶	250
钉子离毡边缘	50~100

选用锚固件材料时，必须根据使用温度、炉内气氛等条件加以考虑（表21-10-11）。

当采用螺栓固定式对耐火纤维毡进行施工时，必须注意下列事项：

1) 清除钢板上的耐火泥等杂物，如果钢板表面氧化较为严重，也应设法除去氧化铁皮，最好还能刷上一层防锈漆。

表21-10-11 锚固件材料的选用

使用温度 (°C)	适用材料
<800	1Cr13、Cr9Si2、1Cr18Ni9
800~1000	1Cr13Al4、Cr23Ni13、Cr25、Cr25Ni20、Cr18Ni25Si2
1000~1250	0Cr25Al5
>1250	耐热瓷

2) 在钢板上划线确定螺栓的中心位置，用φ2mm电焊条焊上M5螺母。焊接电流不能太大，以免烧坏螺母。

3) 焊接螺母时，不要将0Cr25Al5螺栓拧在螺母上，以免受高温后晶粒粗大变脆。螺母拧上螺栓后，即可层铺纤维毡。

4) 层铺纤维毡时，利用螺栓刺穿成孔，即用一根φ16×3mm管子当工具，在毡后推挤一下即穿。

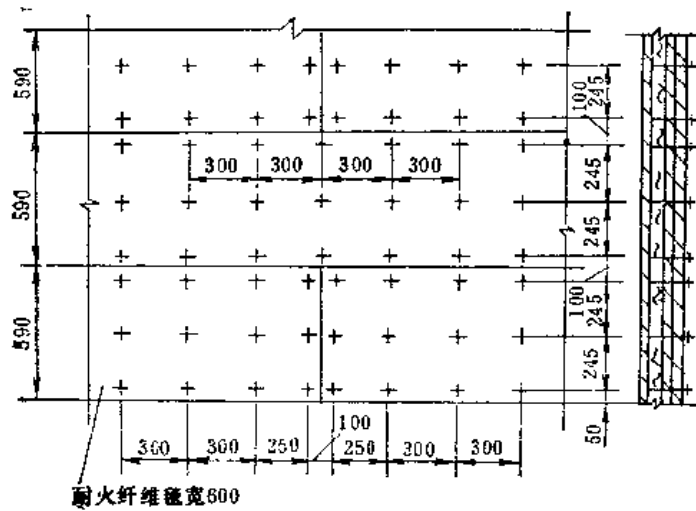
5) 分层铺放时，先将纤维毡压在中心线上的一排钉子上，让其刺穿，并以快紧圈压住。快紧圈是靠弹性夹住螺栓的。

6) 铺放最后一层，即内表层后，装上垫圈及螺母。

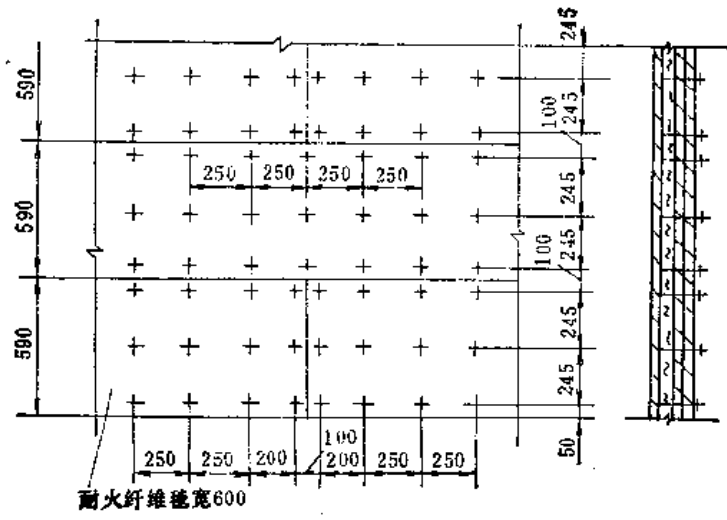
7) 待相邻纤维毡的中心固定好后，再将两毡边缘相互挤紧。例如将600mm宽的纤维毡两边压缩后安放在590mm宽的位置上，利用耐火纤维的弹性挤紧接缝（图21-10-10），以免受热收缩。

在末端，为了保护外壳，可采用图21-10-11的结构。

8) 为了提高耐火纤维炉衬的严密性，最好采用大块毡制品（卷毡）来铺砌，使接缝减少。层间



a)



b)

图21-10-9 炉墙及炉顶的钉子布置

a) 炉墙的钉子布置 b) 炉顶的钉子布置

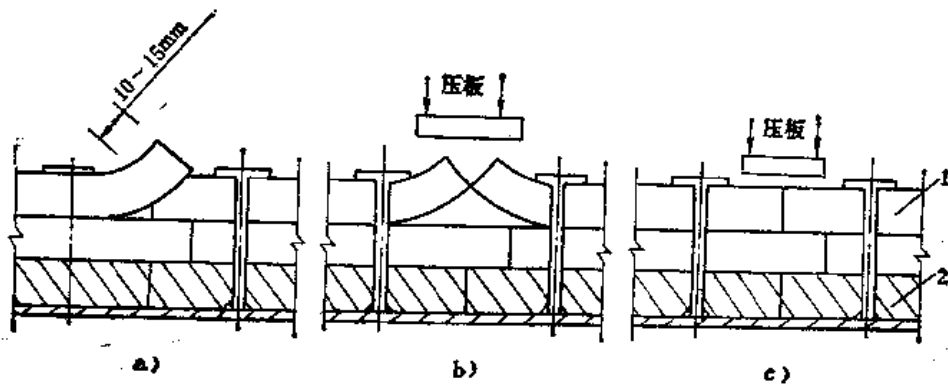


图21-10-10 按压接缝的顺序

a) 将接缝端重叠10~15mm b) 将两端头紧靠一起 c) 用压板从上面压平
1—耐火纤维毯 2—矿渣棉毡

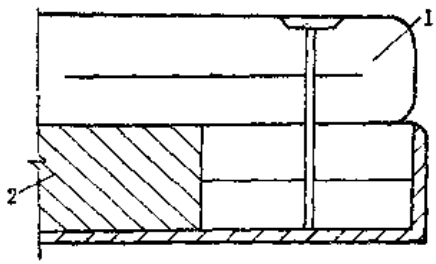


图21-10-11 末端的结构
1—耐火纤维毡 2—矿渣棉毡

接缝应该采取交错布置，热面纤维毡应该采取搭接或重叠的方式来连接，并保持搭接和压接边的走向

与炉气方向相平行，如图21-10-12所示，以此来防止热炉气进入到较低级的隔热层内。

9) 拐角部位的连接是比较重要的，如果连接得不严密，会影响炉衬的寿命。拐角处的铺设方法有迷宫式、圆角式和重叠式，如图21-10-13所示。

10) 迷宫式在承受高温发生收缩后，容易产生缝隙，而圆角式铺设困难，所以最好有1~2层用圆角式，而其余几层则采用迷宫式。

11) 耐火纤维毡与砌体的连接要避免直通缝，以防止纤维毡收缩后接缝扩大，造成热损失增加和炉衬冷面层及钢结构的损坏，为此，应采用如图21-10-14所示的结构。

12) 喷嘴砖等不要凸出炉内，以免凸出部分与

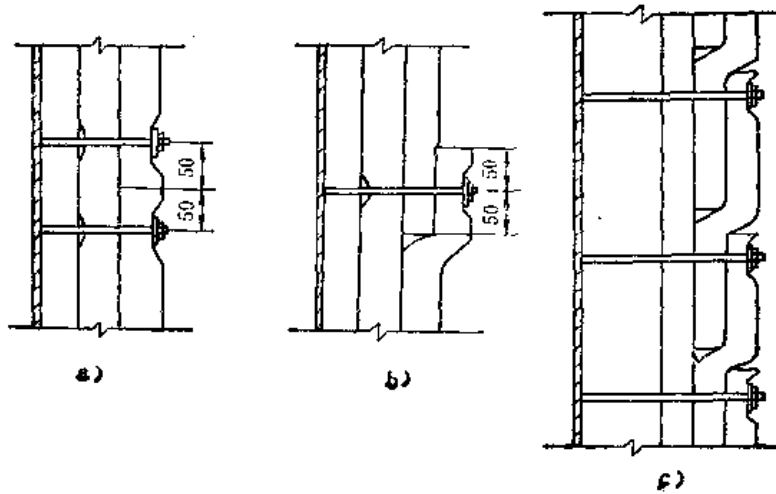


图21-10-12 耐火纤维炉衬接缝结构
a) 平接 b) 搭接 c) 重叠

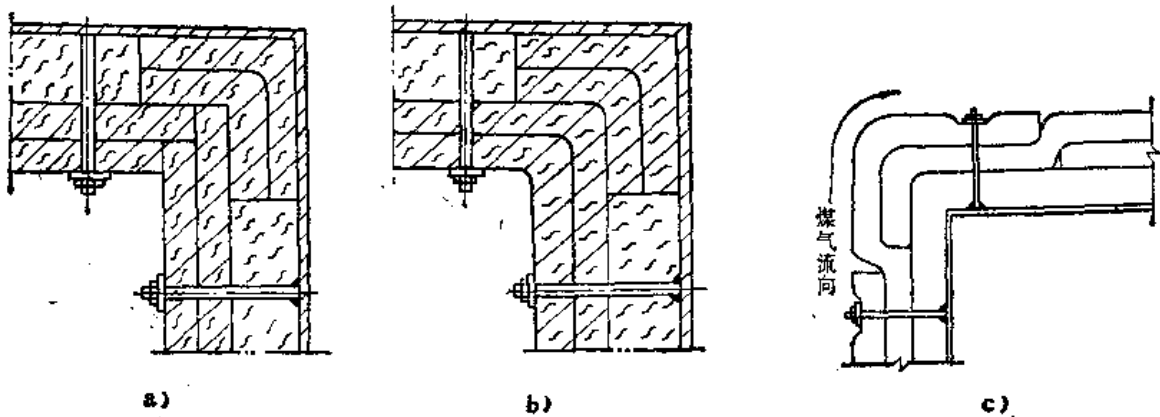


图21-10-13 耐火纤维炉衬拐角结构
a) 迷宫式 b) 圆角式 c) 重叠式

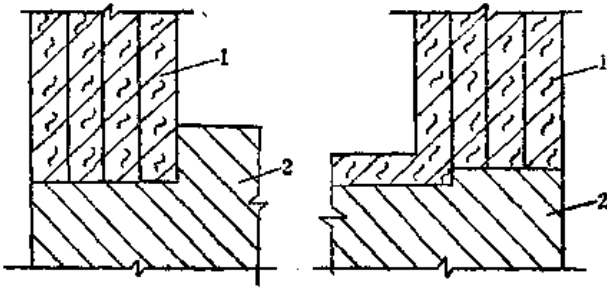


图21-10-14 耐火纤维毡与砌体的连接结构

1—耐火纤维毡 2—砌体

埋入纤维毡部分在升温或降温速度相差悬殊时，而发生裂缝，如图21-10-15所示。在冷面隔热层铺到离喷嘴砖5~10cm处留一个环隙，其内填以耐火纤维棉。在热面层上要开一个通过喷嘴砖的孔洞，使毡边压紧喷嘴砖。并在喷嘴砖和钢架之间，要垫进厚为3~5mm的体积密度大的耐火纤维毡，以此来防止高温时耐火纤维变质。

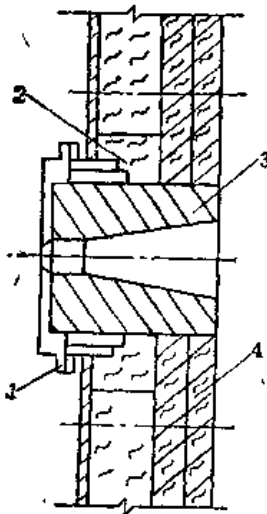


图21-10-15 喷嘴砖安放结构

1—喷嘴砖固定板的钢架 2—耐火纤维棉

3—喷嘴砖 4—耐火纤维毡

层铺法的特点是施工比较方便。但由于耐火纤维毡与炉壁平行，所以抗气流冲刷性能较差。为了提高层铺炉衬的抗气流冲刷能力，可在其表面涂敷由氧化铝纤维加粘结剂制成的涂料或胶体二氧化硅系硬化涂料。

2. 叠砌法

叠砌法，系指纤维毡与炉壁相垂直的一种叠层施工方法。叠砌时需预先将纤维毡裁成所需要的宽

度（其宽度等于炉衬的厚度），然后用金属棒穿透，固定在其它砌体（如膨胀珍珠岩砌成的隔热层）或炉壳的架子上；或者用销钉角钢固定。对于侧墙、后墙，也可以将纤维毡叠压起来，再用粘结剂粘结在经过防锈处理的炉壳上。纤维毡同样也应进行预压缩。炉衬表面也可涂敷耐高温涂料，以提高炉衬的寿命。

叠砌的纤维炉衬结构及其固定方法，如图21-10-16所示。

叠砌法与层铺法相比，叠砌炉衬表面强度较高，抗风蚀能力较好，涂敷材料粘附较牢固，纤维收缩倾向也较小。但是叠砌法现场施工不如层铺法方便，热导率要比层铺法大20%左右，故应相应增加炉衬的厚度。

为了提高叠砌炉衬的隔热性能，可采用层铺-叠砌结合式炉衬，即在紧靠炉壳的冷面层按层铺法平铺纤维毡，炉衬热面层仍用叠砌方法铺筑耐火纤维层。

此外，金属锚固件所承受的温度比理论上的要高，故一般要求选用较好的耐热材料制作。

叠砌法的使用温度比层铺法的可高出50~100°C。

3. 组件法

组件炉衬实际上也是叠砌炉衬，与一般叠砌炉衬所不同之处，是炉衬预先组件化。

把耐火纤维毡做成标准组合件，使炉衬的总厚度一次装完。在一个单位面积的炉衬上，只要用一个紧固钉就可以把耐火纤维组合件固定在炉壳上。这个紧固钉是和组合件上的一个金属元件连接在一起。其优点是安装方便，节约耐热钢，不受炉气侵蚀的影响，维护和更换都很方便。

(1) Z形组合件 这是最典型的一种组合件，图21-10-17所示的Z形组合件是用宽度为305mm经过针织的耐火纤维毡折叠而成的。这条毡是按照手风琴的式样折叠起来，每褶尺寸相同，就等于炉衬最终厚度。要做一个比较厚的炉衬组合件，只要用一条比较长的毡就可以了，然后按照前面所介绍的方法折叠。Z形组合件的压缩量为15%~25%，太大就会使其失去弹性，太小也不行，这是制造组合件的一个关键性问题。

Z形组合件的结构型式很多，见图21-10-18和图21-10-19。

图21-10-17组合件的安装可以从最低的水平面

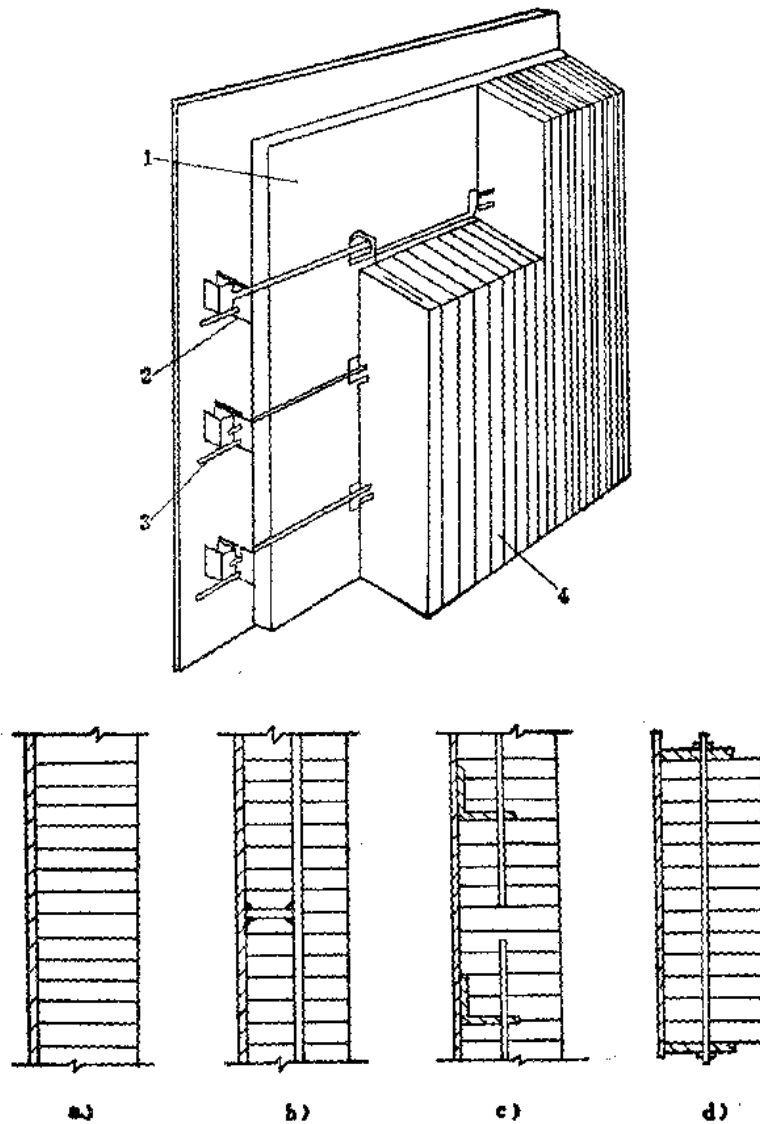


图21-10-16 叠砌的纤维炉衬结构

a) 叠砌粘堵法 b) 金属棒穿透固定法 c) 销钉角钢固定法 d) 螺钉压块固定法
 1—垫板 2—支承件 3—销杆 $\phi 12\text{mm}$ 4—耐火纤维毯(压缩25%)

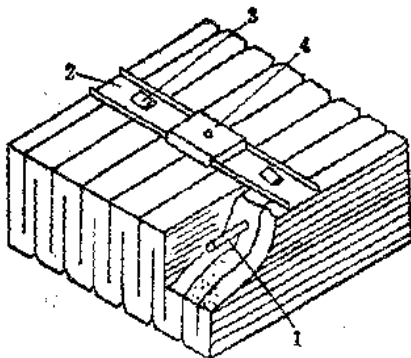


图21-10-17 Z形组合件(1)

1—杆子 2—槽钢 3—接头 4—夹头

开始, 或从一个角开始, 也可从门框开始。第一块组合件的安装, 是先把夹头固定在炉墙上, 同时滑动组合件上面的夹头, 用自动铆钉枪把夹头固定在一个新的或旧的炉壳上。还可以用标准螺栓焊接机, 焊接有肩的螺栓, 或螺栓及自攻螺钉。其具体的安装方法如图21-10-20所示。

安装时筑炉工先把夹头推到组合件支承槽钢的一端, 然后把夹头和组合件放在炉壳上, 使组合件紧贴在邻近的一块, 并使夹头置于组合件的中心位置附近。另一名助手开动铆钉枪把夹头钉在炉壳上, 筑炉工再把组合件推到最终位置。把第1块组

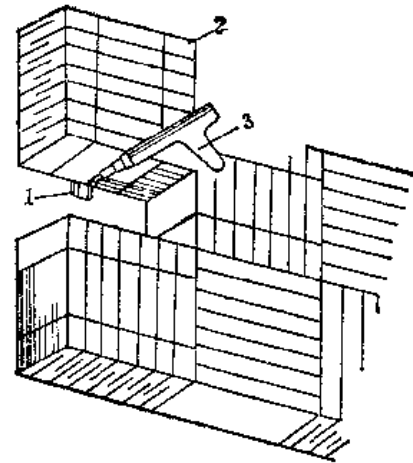
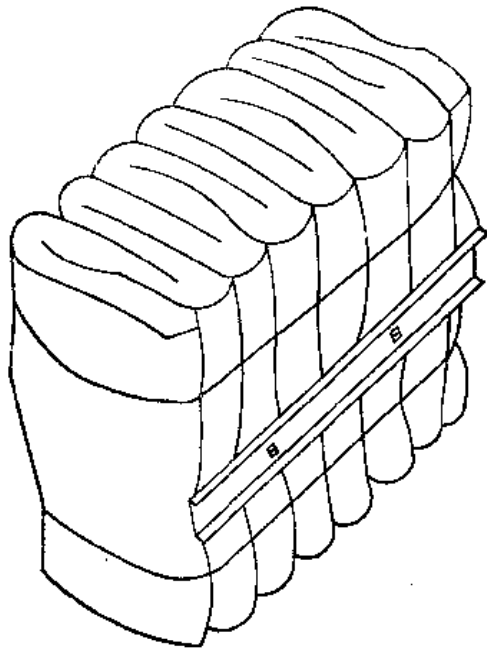


图21-10-20 Z形组合件的安装方法
1—夹头 2—Z形组合件 3—自动铆钉枪

组合件固定后，下一块组合件的方向要垂直于第1块，要把它紧紧地推向已固定的组合件，钉在规定的位上。压缩的方向是照铺块地板那样交叉布置，特别是在每一连接处和交界面都必须充分压紧，最后使一系列被压缩了的组合件紧紧地安装在一起。

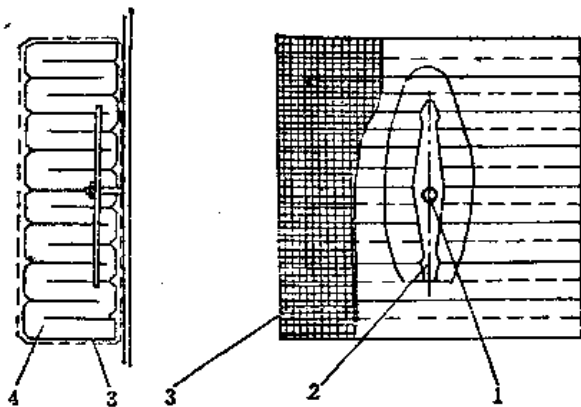


图21-10-18 Z形组合件(2)
1—螺拴螺母 2—横担 3—沙布 4—耐火纤维毡

(2) U形组合件 这种方法是将耐火纤维毡切割成条状，然后将其折成如图21-10-21所示的形状，粘贴在底板上。U形组合件用绑带绑紧，等到安装完毕形成炉衬后，剪断绑带，耐火纤维可封住周边。

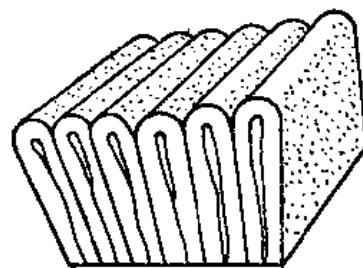


图21-10-21 U形组合件

U形组合件也可制成如图21-10-22的结构，然后再安到炉壳上。

4. 粘贴法

粘贴法多半用于旧炉改造。它是用高温粘结剂将耐火纤维毡条粘贴在炉衬或炉壳上，不需要用耐热钢制作的锚固件，因此，投资少，易施工，易维修。这种方法在近近年来得到了迅速的发展。

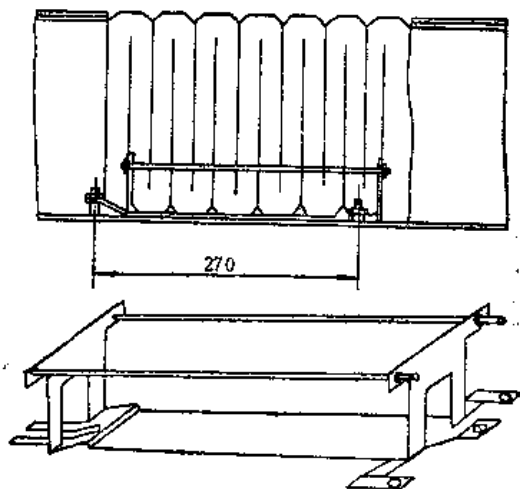


图21-10-19 Z形组合件(3)

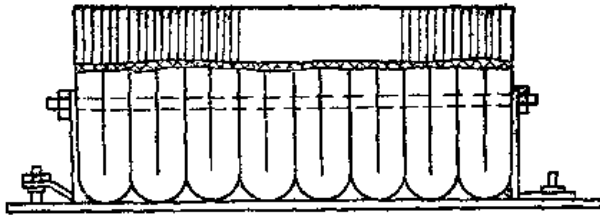


图21-10-22 U形组合件的安装方法

(1) 高温粘结剂 在耐火纤维粘贴施工技术中, 高温粘结剂质量的好坏, 直接影响使用寿命及节能效果。如果高温粘结剂的质量不好, 就会使耐火纤维贴面脱落。

1) 高温粘结剂必须符合下列要求:

① 粘结力强, 在常温下的粘结强度、硬化速度要适应施工要求。

② 在高温下应具有一定的抗拉强度, 有良好的热稳定性、耐剥落性和抗震性。

③ 对耐火纤维不产生腐蚀, 不得带进使纤维莫来石结晶的钠、钾、铁等离子析出, 否则纤维过早粉化, 寿命大为缩短。

④ 粘结剂的使用寿命, 不应低于所用耐火纤维的寿命。

2) 常用高温粘结剂的系列: 目前, 常用的高温粘结剂大多数是在高铝熟料中, 加入能在高温下脱水烧结的物质, 如磷酸、硅溶胶以及水玻璃等3个无机系列。由于无机粘结剂的常温粘结性能差, 所以要加入少量的有机聚合物, 如聚乙烯醇、糊精、聚合铝等。这样可以增加其常温粘结力, 以便于施工, 而有机物在高温下即自行烧掉。

① 磷酸系列粘结剂: 高温性能是比较好, 但价格较贵一些。在使用过程中, 由于高温分解的磷酸或磷酐要与硅酸铝耐火纤维起反应, 使之溶解或脆化, 从而降低了使用寿命, 也影响了保温性能。

② 硅溶胶系列粘结剂: 是以水玻璃为原料, 剔去大部分 Na_2O 等杂质而成为比较纯净的溶液, 其 Na_2O 小于0.5%。所以硅溶胶系列的粘结剂, 其使用温度比较高, 但价格也较高。

③ 水玻璃系列粘结剂: 原料来源比较丰富, 而且易于制取。但是, 由于在高温条件下, Na_2O 等会引起硅酸铝耐火纤维过早地产生析晶, 这样就破坏了纤维结构。正是由于这个原因, 限制了它的使用温度, 一般不得超过900°C。水玻璃在高温

下具有非常好的导电性能, 在使用过程中要防止电热元件产生短路。

3) 国内有关单位使用的几种粘结剂配方:

① 磷酸系列高温粘结剂:

第一种配方: 磷酸880mL, 碎硅酸铝耐火纤维60~100g, 氢氧化铝粉197.5g, 水288mL, 外加5%~10%聚乙烯醇。使用温度为900~1100°C。

第二种配方: 磷酸(浓度85%)30%, 高铝矾土(200~300目)70%, 外加5%聚乙烯醇和8%糊精, 并加入适量的水搅拌成粘稠状。使用温度在1300°C以下。

第三种配方: 工业磷酸1.8kg, 水2.4kg, 高铝矾土细粉10kg。使用温度为1000°C左右。

② 硅溶胶系列高温粘结剂:

第一种配方: 硅溶胶1.97kg, 碎硅酸铝耐火纤维(1~2mm)1.97kg, 熟粘土粉2.62kg, 另加适量水。使用温度小于1200°C。

第二种配方: 硅溶胶43%, 碎硅酸铝耐火纤维(3~5mm)3.5%, 熟粘土粉50%, 水3.5%。使用温度小于1300°C。

③ 水玻璃系列高温粘结剂:

配方: 高铝熟料5kg, 4%~5%聚乙烯醇溶液2kg, 水玻璃(密度1500~1600kg/m³)3kg, 加入适量的水。使用温度在1000°C以下。

(2) 清扫墙面 清洁而干燥的墙面, 使耐火纤维毡贴得最牢固。砖面多灰或新砌的砖墙粘贴效果差, 容易脱落。新砌的炉体最好先经过烘干或生产一段时间后再贴耐火纤维毡。

如果是直接粘贴在炉壳上, 则应对钢板表面除锈, 并擦去油迹。

(3) 粘贴施工 粘贴方法可分为平贴、直贴和交错直贴等3种。

1) 平贴: 是把耐火纤维毡涂上粘结剂, 平贴于炉膛内壁, 耐火纤维毡与炉膛内壁面相平行。用这种方式粘贴的耐火纤维毡厚度, 一般为10~20mm。

2) 直贴: 是把耐火纤维毡裁成条状, 其宽度就是粘贴耐火纤维毡的厚度, 一般为50mm。然后把一定数量的耐火纤维条两手抓紧, 涂上高温粘结剂, 垂直紧贴在炉膛内壁上。

3) 交错直贴: 这种粘贴的方式与直贴的方式相同, 只是把耐火纤维毡裁成条状后, 再用细麻绳将小条以5%~10%的预压缩量捆扎成方块毡。在

炉壁上和方块毡的纵断面处同时抹上粘结剂，然后将捆扎的耐火纤维毡方块纵横交错地粘贴到炉壁上，并尽量挤紧，如图21-10-23所示。若当温度升高后出现收缩缝隙时，可以从另外一组耐火纤维块的预压缩量中得到补偿，故这种粘贴方式是目前较为理想的一种。

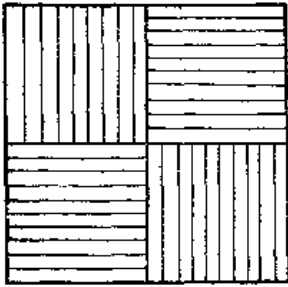


图21-10-23 交错直贴耐火纤维毡方块

粘贴时，粘结剂抹的是否饱满均匀，厚薄是否适中，这对耐火纤维毡的粘贴效果极关紧要，这一点往往为施工人员所忽视。一般先在砖面上用毛刷刷1~1.5mm厚的粘结剂，再在耐火纤维毡上抹1.5mm厚粘结剂，迅速将耐火纤维毡贴到砖面上，用手拍打贴牢，最好能用圆木棍滚压紧密。耐火纤维毡的大小以600mm×400mm~800mm×600mm方块为好，尺寸小则接缝多，尺寸太大则不易贴牢，容易产生局部脱落。

耐火砖种类不同，粘结剂的厚薄也不同，粗糙表面的砖，粘结剂要厚些；光洁表面的则粘结剂要薄些。粘结剂不宜过厚，过厚则耐火纤维毡吸收水分过多，产生软脱。相反，过薄时耐火纤维毡还是干硬的，不能粘附在砖面上。耐火纤维毡拍打不紧，则毡与砖之间留有气泡，烘炉时气泡膨胀将耐火纤维毡鼓开，逐渐脱落。在耐火纤维毡与砖面上同时抹粘结剂，比只在某一面上抹粘结剂的粘贴效果好得多。

考虑到因粘贴强度不足，而引起耐火纤维毡贴层剥离的可能性，当贴面厚度比较大时，应有辅助的机械固定措施。而其中炉顶部分，则无论粘贴厚度多大，均应辅之以机械固定措施。

(4) 烘炉 贴完耐火纤维后第2天便可烘炉。点火后要缓慢升温，400℃以下一般烘烤8~12h，然后按每小时10~20℃速度升至使用温度。

5. 喷涂法

耐火纤维喷涂炉衬是将经过预处理的纤维材料

与高温无机粘结剂混合，使用特制的设备喷射到炉墙上，从而建立无缝的整体隔热炉衬。这种隔热系统的隔热性能与采用层铺或叠砌结构的纤维炉衬差不多，而施工速度却快得多，特别是对于那些突起物多、炉墙凹凸不平及曲面部位，采用喷涂炉衬更具其优越性。

喷涂施工的基本过程是：纤维预处理、喷涂上墙、炉衬烘干。

(1) 纤维预处理 这主要是对用作喷涂的耐火纤维进行切短或成球处理。经处理后的耐火纤维便于输送和喷涂操作，也有利于形成低密度、高强度的耐火纤维喷涂隔热层。

切短或成球的耐火纤维与粘结剂的混合可采取预混、内混、外混等3种方式进行。

1) 预混：先将经预处理的纤维与粘结剂混配好，然后一同输入喷枪，射向炉墙。这种喷涂炉衬中纤维含量较小，炉衬密度高，热导率大，隔热性不及其它耐火纤维炉衬。因此，现在一般不采用预混式喷涂，而采用内混或外混方式进行耐火纤维喷涂施工。

2) 内混或外混：是将耐火纤维和无机粘结剂分别从各自的输送管道送入喷枪，然后一起射向炉墙。这种喷涂方式所用的无机粘结剂少，喷涂炉衬密度小，其结构组成接近于耐火纤维板或毡炉衬。

内混与外混的区别在于：前者是纤维与粘结剂在喷枪内混合后一同喷射出去，而后者是二者从各自的喷孔射出，于空中混合并喷向炉墙。

(2) 喷涂上墙 喷涂之前，应保持被喷涂的炉壳或耐火砌体表面清洁，可采用喷砂清理方法除去表面灰尘、油渍和其它污物。对于平顶、拱顶及活动竖墙，应埋设锚固件，然后再喷涂。对于一般竖墙，可以不设锚固件，直接喷涂上墙。

首先在清洁的表面喷上一层粘结剂溶液，然后再与粘结剂一起以内混或外混方式喷涂纤维。喷涂从拐角和接缝开始，然后喷炉顶，最后喷炉墙。对于拱形顶面，应先从顶端喷起，逐渐向下推进。为了获得整体均匀而结合牢固的喷涂炉衬，必须注意下列事项：

1) 不要一次喷得很厚，先将整个炉衬均匀喷涂40mm左右，然后逐层加厚，直至达到设计厚度。

2) 在喷涂作业时，控制喷头距喷涂面的距离为50~90mm，并迅速而平稳地摆动喷枪。

3) 在整个喷涂过程中，表面温度应保持在

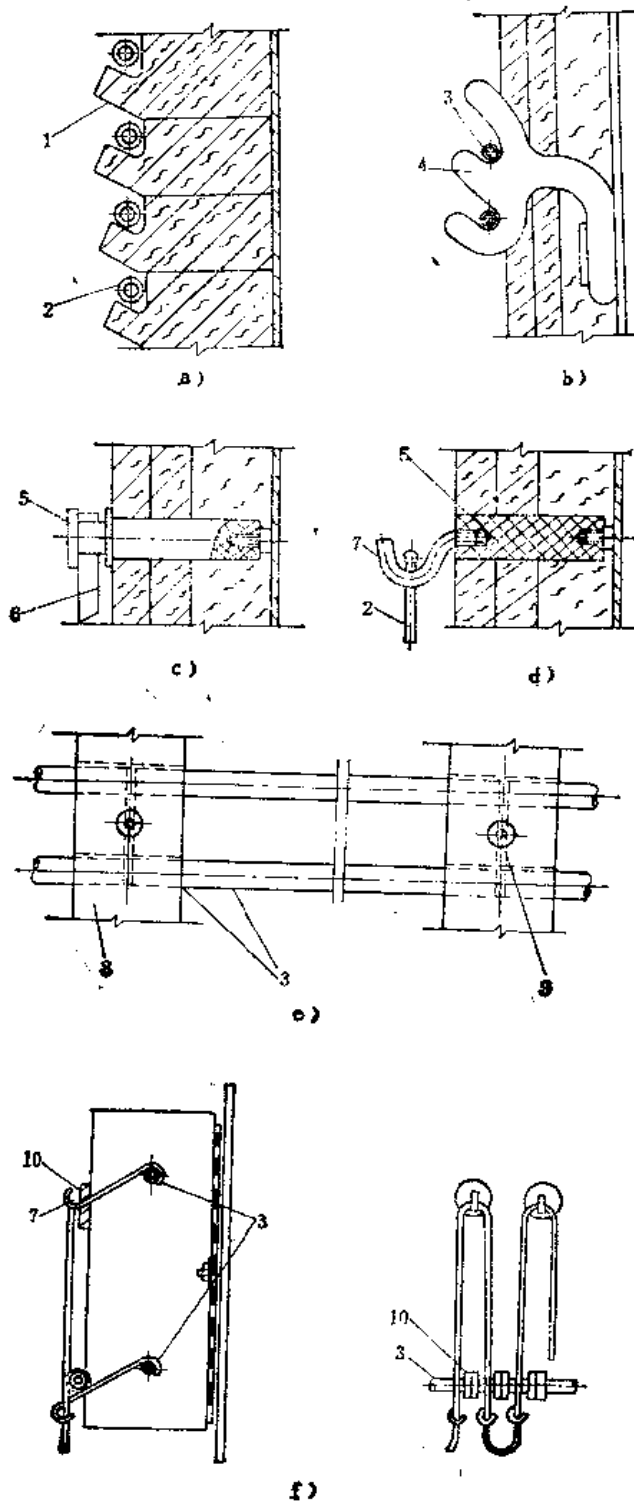


图21-10-24 电热元件的安装形式

- a) 纤维质砖属丝结构 b) 瓷支架托丝结构 c) 瓷柱挂带结构
 d) 瓷柱挂丝结构 e) 瓷管套丝结构 f) 耐热钢钩瓷管结构
- 1—耐火纤维捆砖 2—电阻丝 3—瓷管 4—瓷支架 5—瓷柱 6—电阻带
 7—耐热钢钩 8—砖柱 9—耐热钢钉 10—瓷垫圈

10℃以上。

(3) 炉衬烘干 干燥及固化处理应在完成喷涂的24h内进行，一般是在450℃左右进行8~24h的烘干处理。

6. 电热元件的安装

电热元件的安装有多种形式，这里侧重介绍新砌炉子电热元件安装的几种常见形式，同时也提一下旧炉改造时安装电热元件应当注意的问题。

(1) 新砌炉子时电热元件的安装 新炉包括新砌的炉子和进行彻底翻修的炉子。

新砌炉子有多种安装形式，图21-10-24是常见的几种结构形式。其中，专用的成型硬制品（即预制耐火纤维捆块和整体耐火纤维捆体）只能在700℃以下使用。这是因为耐火纤维捆砖支承强度比较低，而且在高温下纤维容易析晶粉化和收缩变形，从而会导致捆砖的过早损坏。对于处于较高温度下使用的炉子，推荐用瓷管、瓷柱与瓷支架法，或者用瓷管加耐热钢芯棒支承法，或者直接用耐热钢钩支承法。当用耐热钢钩支承时，必须使钢钩之间保持良好的绝缘，以避免发生短路。

(2) 旧炉改造时电热元件的安装：

1) 改造箱式电阻炉（图21-10-25）时，首先拆下炉门，卸下电阻丝，然后将两侧的捆砖拆除。拆完后，在原来的每排阶梯砖凹槽里，每隔600mm左右重新塞回2~3块捆砖。在捆砖与前后端墙之间要留有50mm空隙，以便于电阻丝的转弯和安装。为了使炉膛能粘贴20~30mm厚的耐火纤维毡，重新放入的捆砖要比原来多伸进炉膛10~15mm，并用水玻璃耐火泥浆粘结，以便提高粘结强度。在没有放进捆砖的凹槽里，可填塞耐火纤维碎块或填入干稠的耐火泥浆。耐火纤维毡粘贴后就安放电阻丝，先在炉外把瓷管（ $\phi 21 \times 600\text{mm}$ ）穿进电阻丝的螺旋。

炉底电阻丝的安装如图21-10-26所示。炉底有穿挂螺旋形电阻丝的高温瓷管，其两端搁在由标准轻质砖制成的托砖上。轻质托砖则插在炉底的支架上。

2) 改造RJJ-25-9TG型井式渗碳炉时，先把原炉内的三组电热元件取出，拆除全部捆砖，用钢丝刷清除炉衬内壁的灰尘、氧化铁皮、浮土、油污等杂物，修补高低不平之处。在自上而下的原第2、4、6、8、9层捆砖上，每3块双层捆砖（图21-10-27）支撑一根高铝弯管（图21-10-28），

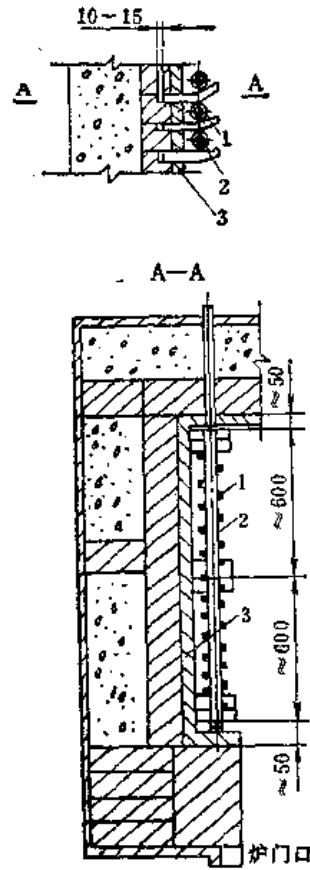


图21-10-25 箱式电阻炉炉侧电阻丝的安装
1—电阻丝 2—瓷管 3—耐火纤维

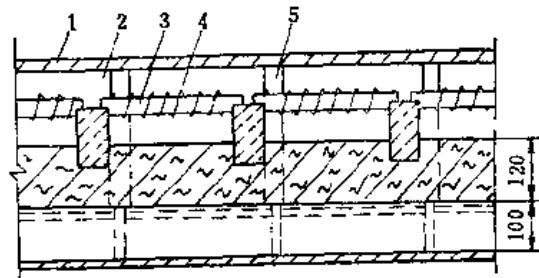


图21-10-26 箱式电阻炉炉底电阻丝的安装
1—炉底板 2—轻质捆砖 3—瓷管
4—电阻丝 5—耐热钢支架

两块双层捆砖的弧长大约164mm，其位置如图21-10-29所示。

第9层捆砖槽由于是单数，就不需要双层，可以把双层捆砖的上半部分砍去，只留下半部分。双层捆砖上有两个 $\phi 3\text{mm}$ 的小孔，是用来绑扎支撑弯管用的，以防在使用时支撑弯管可能产生的滑动。

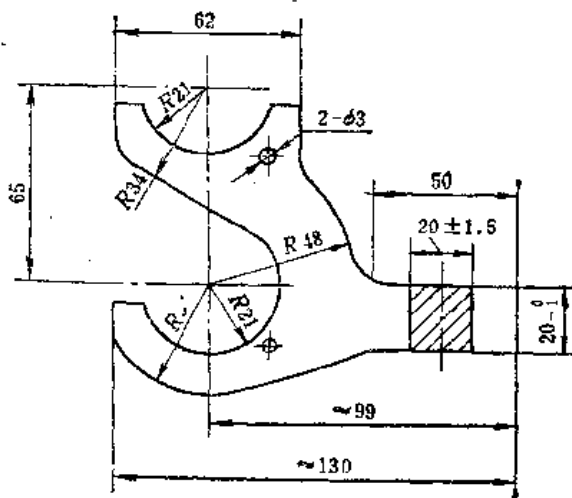


图21-10-27 双层高铝坩埚

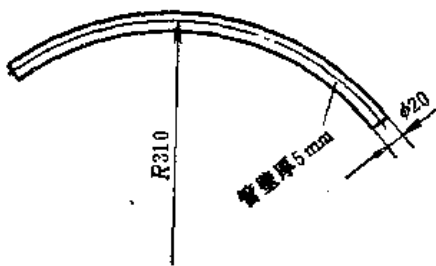


图21-10-28 高铝支撑弯管

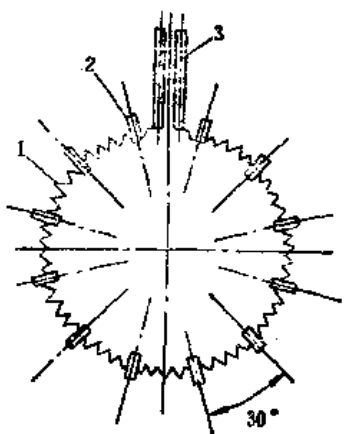


图21-10-29 双层坩埚的安装位置

1—电热元件 2—双层高铝坩埚 3—引出棒

由于并式渗碳炉是圆形炉膛，因此，弧形的支撑弯管是改造的关键。双层高铝坩埚放入凹槽时，可用高温粘结剂粘贴。凹槽的其余间隙可以填入其它耐火材料，使坩埚不致产生移动。

把上述工作做完以后，就可以粘贴耐火纤维

毡。炉衬内壁是采用厚度为40mm的耐火纤维条，进行纵向粘贴。炉底及炉口一般是采用厚度为20mm的耐火纤维毡，采用平贴法。

炉衬内壁的耐火纤维毡粘贴好以后，就可以安装电热元件。先安装最下面的一层。如果是用旧炉原有的电热元件，应在炉外平地上整形，新的电热元件就不需要这个工序。每层穿进4根支撑弯管，再把整组电热元件送进炉膛口。先插入引出棒，后把电热元件安装在双层高铝坩埚上。把第一组电热元件安装完了以后，就依次安装中间一组和上面一组。安装完后，不需要进行烘炉，只要自然干燥后就可立即使用。

7. 表面硬化处理

为了提高耐火纤维炉衬的抗气流冲刷性和热化学稳定性，要进行表面硬化处理。

耐火纤维炉衬组装后，在其表面涂刷一层耐火涂料，经烧结后表面呈现一层白色的硬壳，起到了保护耐火纤维的作用，减少了炉气对耐火纤维的侵蚀和重烧收缩，增加了炉衬对热辐射的反射作用，收到了令人满意的效果。实践证明：不刷涂料的耐火纤维炉衬使用后既出现收缩，又挂粉尘；而经刷涂料的耐火纤维炉衬仍很严密，表面光洁，粉化损坏缓慢，大大提高了使用寿命。

耐火涂料的性能应能保证耐高温、耐冲刷、耐侵蚀、耐热震。此外，还应具有粘结性好、修补方便、使用寿命长等优点。

配制这种涂料，一般采用的粘结剂有磷酸二氢铝、硅溶胶、甲基纤维素和水玻璃等。涂料中含有较多的固体物质，多采用高铝粉、短耐火纤维或细磨的纤维粉末等。

表21-10-12是耐火纤维增强涂料的理化性能。

表21-10-12 耐火纤维增强涂料的理化性能

性能名称		数值
化学成分 (%)	Al ₂ O ₃	31.4
	SiO ₂	14.1
	Cr ₂ O ₃	1.2
	其它	8.3
	灼烧	45.0
物理性能	体积密度 (kg/m ³)	1620
	耐火度 (°C)	1670
	抗气流冲刷速度 (m/s)	150
长期使用温度 (°C)		1350
耗量 (kg/m ²)		0.9

第11节 砌体的维护与修理

(一) 砌体易损部位分析

工业炉砌体在日常使用中的损坏现象有两种：一是正常损坏；二是故障损坏。其实一些常见故障也是有规律的，只要经常研究总结，是完全可以掌握，并能适当避免的。因此，在熟悉各种工业炉砌体易损部位的基础上，还应分析产生原因、排除方

法以及采取改进措施。

1. 锻造加热炉砌体常见易损部位分析

锻造加热炉在正常使用情况下，其砌体的易损部位分析见表21-11-1。

2. 热处理电阻炉砌体常见易损部位分析

热处理电阻炉在正常使用情况下，其砌体的易损部位分析见表21-11-2。

3. 冲天炉砌体常见易损部位分析

冲天炉在正常使用情况下，其砌体的易损部位分析见表21-11-3。

表21-11-1 锻造加热炉砌体常见易损部位分析

序号	易损部位	损坏现象	损坏原因	改进措施
1	炉顶	裂缝冒火	1. 砖的质量不好，残余收缩大 2. 耐火泥浆配比不当 3. 砖缝太大或分布不均 4. 锁砖打得不紧 5. 升温加热或冷却速度过急	1. 保证砖的质量 2. 适当减少生粘土量 3. 注意砖缝大小和分布情况 4. 按砌砖规则打紧锁砖 5. 遵照加热、冷却制度加热或冷却
		局部下沉	1. 侧出料门和喷砖附近容易损坏拱脚架，而引起局部下沉 2. 半连续式炉顶预热段中拱下沉 3. 拱脚砖等砌筑质量不好	1. 认真砌筑，确保质量 2. 保证砌筑质量 3. 精细砌筑，注意砖缝厚度
2	炉底	高低不平	1. 室式炉投料时的冲击，取料时的摩擦 2. 半连续式炉推料磨成沟槽 3. 氧化铁皮堆积熔融，形成炉底高低不平 4. 采用浇水急冷除渣时砖块脆裂	1. 注意投料、取料 2. 放正棒料，砌筑耐磨强度好的耐火材料 3. 及时清除氧化铁皮 4. 尽量不用浇水办法来除渣
		开裂	1. 氧化铁皮熔融后急冷 2. 浇水除渣时裂开	1. 及时清除铁皮 2. 尽量不用浇水除渣
3	喷嘴砖	破裂剥落	1. 升温制度不合理 2. 冷煤气的强裂冲击 3. 煤气中的焦油和水对砖的冲刷	1. 严格升温制度 2. 调好阀门，开启量由小逐渐增大 3. 提高煤气质量
		变形	1. 喷嘴砖上面承受负荷大 2. 燃烧温度过高 3. 砖的质量不好	1. 喷嘴砖上不应承受负荷 2. 控制好燃烧温度 3. 保证砖的质量
4	炉门拱	下沉掉砖	1. 砌砖质量不好 2. 投料和取料时的碰撞	1. 精细砌筑，保证砖缝厚度 2. 注意投料和取料
5	炉门柱	凹陷撞坏	投料和取料时的碰撞和摩擦	注意投料和取料

表21-11-2 热处理电阻炉砌体常见易损部位分析

序号	易损部位	损坏现象	损坏原因	改进措施
1	捆砖和隔板砖	断裂掉落	1.投料和取料时的碰撞 2.装料不稳,倒下碰断 3.元件短路后被烧坏 4.加热时由于元件产生应力而折断	1.注意投料和取料 2.装料要稳 3.避免引起元件短路 4.合理安放元件
2	引出砖	断裂	1.冷炉升温时温度急剧升高 2.上密封球时用力过猛而压碎	1.注意升温速度 2.用力要轻而稳
		熔融	引出棒截面小,温度过高	选好引出棒直径,并防止可燃炉气在管口燃烧
3	炉门柱	磨损掉落	1.投料时的碰撞摩擦 2.推杆式炉装大料或装料过多刮上	1.注意投料,不要碰撞 2.不要装偏,不要装多
4	碳化硅炉底板	断裂	1.投料的冲击 2.长期使用磨损变质,又装料过多	1.投取材料要轻拿轻放 2.不要超载,且要分布均匀
		凹坑变形	1.砖的材质不好 2.装料过多或集中一处	1.严格砖的质量 2.装料适量并合理分布
5	硅碳棒引砖	局部熔融	可控气氛在高温析出的碳黑积存在引出孔砖内,造成短路,产生弧光	定期清理引出孔砖内的碳黑

表21-11-3 冲天炉砌体常见易损部位分析

序号	易损部位	损坏现象	损坏原因	改进措施
1	炉缸	熔蚀变薄	1.始终遭受铁水侵蚀 2.炉渣侵蚀	1.选用较好材料,并注意砌筑质量 2.控制好渣的酸碱度,并及时排渣
2	燃烧带	烧损变薄	1.高温烧损 2.热风冲刷	1.控制好炉内温度,掌握好风量和焦铁比。提高砌筑质量,设法减少炉壁效应 2.力求热风均匀分布燃烧
		局部凹洼	1.投料时偏料,石灰石等熔剂不均匀分布 2.风口砌筑不正确 3.风量不均匀	1.投料层次均衡,加入熔剂处于中心位置 2.严格控制风口的形状尺寸、位置 and 角度 3.合理布置风管,并调节好风量,保证每个风口畅通一致
3	预热带和加料口	磨损掉落	炉料碰撞摩擦	注意投料操作,炉料长度不应超过炉径的1/3
4	风口	风口变小或堵死	铁水或炉渣凝固	及时放铁水,及时排渣,控制好渣线位置
		风口偏移	风口局部被铁水或炉渣堵塞	掌握好铁水和炉渣位置

(续)

序号	易损部位	损坏现象	损坏原因	改进措施
5	出铁口	孔眼变大	1. 流出铁水的冲刷 2. 炉渣侵蚀	1. 及时放铁水, 并控制铁水的压力和流速 2. 排好炉渣, 不放在出铁口跑渣
		铁水凝住	1. 铁水温度低 2. 停风时间长	1. 注意保持铁水温度 2. 停风时间长时, 放净铁水
		断裂	捅孔时打偏或用力过猛	捅孔动作要准, 操作要轻
6	出渣口	渣口变大	1. 炉渣强裂侵蚀 2. 风压、风速很高, 冲刷渣口 3. 堵塞和通渣交换次数多	1. 选好出渣口砖的材料, 尽量降低渣量 2. 调整好风压、风速 3. 合理掌握堵塞、通渣的次数
		渣口堵死	1. 铁水跑入渣眼凝住 2. 温度低, 炉渣粘度大	1. 及时排渣, 并掌握好铁水的位置和温度 2. 掌握好温度和熔剂的加入量
7	除尘器	烧坏	1. 除尘器的温度过高 2. 打炉时火焰集中, 空烧除尘器	1. 炉内要加满料, 控制好焦炭比, 使其燃烧完全 2. 压入一些打炉铁 (浇冒口、元宝铁), 并减小风量, 使残余焦炭徐徐烧尽

(二) 砌体的日常维护和修理

1. 砌体的日常维护

(1) 维护的一般要求 在对一般工业炉砌体的日常维护中, 必须注意下列事项:

1) 装料出料时, 应避免对炉门、炉底的乱碰乱砸。

2) 推料时注意毛坯状况, 使其在炉底或导轨上正确地移动, 不要碰坏两侧炉墙。

3) 工件投入盐浴炉后, 应浸入一定深度, 并与电极、炉壁、炉底保持一定的距离。

4) 不要强行在小炉子上加热过大的工件, 把炉温提得很高, 以致烧坏炉衬。

5) 及时启闭炉门炉盖, 尤其是在高温刚出完炉后, 要立即关闭炉门, 以防冷空气的侵袭。

6) 对锻造加热炉要经常清除炉底上的氧化铁皮, 以防止和减轻铁皮对炉衬的侵蚀。

7) 电阻炉内的氧化铁皮必须经常清除干净, 防止掉落在电热元件上而发生短路, 甚至烧坏搁砖。

8) 对含碳控制气氛的热处理炉, 要定期吹除炉膛内的积碳 (碳丝和碳灰), 以免发生短路而烧

坏炉衬。

9) 对熔化炉要及时排渣或采取薄渣层操作, 尽量避免炉渣与炉衬过多的接触。

10) 对水冷炉门、水冷炉盖、水冷电极等要随时检查和调整水温, 使其保持在50~60℃之间。

11) 要经常检查温度自动控制系统是否正常, 以防温度失控而烧坏电热元件和炉衬。

12) 当炉顶或炉墙出现掉砖或局部损坏时, 应及时进行填塞、拆换或修补, 决不能让其蔓延扩大。

13) 应经常检查炉门、炉盖、推料装置、升降机构、风扇和油泵等摩擦部位的润滑是否良好。

14) 拆砖时为加速冷炉, 不应将水浇到不需要修理的部位。

15) 修理后最好在砌体的表面涂刷一层保护耐火泥浆, 以提高其气密性和强度。

16) 经大修后的炉子一定要进行烘炉, 日常操作中也要严格遵守热工制度, 不准升温过快或将炉温提得过高。

(2) 电弧炉的日常维护:

1) 炉底和炉坡的日常维护:

① 炉底、炉坡必须保持正常形状, 当有洼坑

时，必须按规定垫补，高涨时应及时处理。

② 装料前炉底必须均匀加入足够数量的石灰。装料时料罐距炉底高度要适当，不要过高，防止炉料砸坏炉底。

③ 每当修炉后，前三炉不得冶炼合金钢，最好采用不氧化法冶炼或冶炼碳素钢钢种。

④ 冶炼过程中必须严格按电力曲线用电。

⑤ 吹氧时吹氧管不得触及炉底和炉坡。

⑥ 冶炼过程中要随时注意调整碱度，防止炉渣过稀侵蚀渣线。

2) 炉墙的日常维护:

① 炉子装入量要根据炉役而定。一般炉子修理后减少装入量，不得多装，以防渣线上升侵蚀。炉役后期可增加装入量。

② 每次炉墙砌筑时应注意校正电极架，歪斜的电极架不准迁就使用，以防损坏炉墙。

③ 所有炉体各部分的冷却系统，必须经常注意检查水温，并保持畅通，以防漏水。

④ 为了防止炉墙急冷急热而产生裂纹，停炉时应装入炉料，关闭炉门。

⑤ 炉墙的日常修补：焦油沥青镁砂或焦油沥青镁砂-白云石炉墙的修补，可按出钢时补炉操作处理。镁砂钢管炉墙可以局部修补，先将损坏部分清理干净，然后用镁砂管和镁砂浆，与砌炉一样将损坏部分补齐；如果损坏部分不在渣线上，只补炉墙，不补渣线和炉坡，可不烘炉。修补镁砂钢筋炉墙时，先将侵蚀部分铲去，再用镁砂钢管修补。

3) 炉盖的日常维护:

① 炉盖上的积灰应定期清扫，以保持炉盖散热。

② 严格按电力曲线用电，以免损坏炉盖。一般规定送电加电抗，30min后切除电抗。在还原期电石渣或白渣形成后用低压。

③ 顶装炉子装料后，如炉料过高，估计炉体不能开进时，必须平整炉料，不得使炉料碰撞炉盖。落下炉盖时必须细心，不得用力过猛，以防损坏炉盖。

④ 在冶炼过程中，升降电极时应特别认真，以防电极带动电极圈和压跨炉盖。

⑤ 经常检查炉盖冷却水压 ($\geq 0.3\text{MPa}$)，发现有漏缝时应立即焊补。还应定期拆换炉盖圈。

⑥ 对于水冷炉盖，要经常注意检查水温，以防止水温升高。

(3) 感应炉的日常维护:

1) 坩埚使用初期烧结层很薄，任何的机械冲击和强烈的电磁搅拌都会引起坩埚的破裂，因此，不允许倒空炉内的铁水再加料，以免加料时产生应力冲击。同时，必须采用低功率熔炼，避免过强的电磁搅拌而使坩埚损坏。

2) 在正常使用情况下，每次开炉前必须严格检查坩埚情况：炉膛大小、炉底深度、炉壁有无裂纹和沾渣以及炉口炉嘴有无损伤等。

3) 为减轻炉衬被侵蚀，应避免工作温度超过所需出炉温度。锈蚀严重的炉料不应随意加入，返回料中的型砂也应清理干净。

4) 操作过程中应尽量不使炉料搭桥和炉渣结壳，因这样会影响炉衬寿命。所以加料时应多批少量，随熔随加，并注意每炉扒清炉渣。

5) 石英砂坩埚对温度的敏感性较大，当急冷急热温度多变时，就会出现裂纹，造成铁水渗透，因此，必须注意：

① 节假日或星期天停炉时应倒空炉内铁水，盖严炉盖，使其缓冷。

② 如从冷炉开始熔炼，加料后应用低功率（送200~400V）使炉温慢慢上升。等到全部炉料发红后，再改用高功率（送800~1000V）熔化。

6) 长期使用不经处理的硬水，会使感应器内壁逐渐形成水垢，造成水道截面积缩小，冷却水流量不足，水温过高，因此，要定期检查感应器水道是否畅通。如有水垢，应及时用浓度小于15%稀盐酸清洗，水温不得超过70℃。

7) 随时观察冷却水的温度，最好在每个冷却水管上都装上水温表，这不仅可以帮助指示温度，而且当超过一定温度后，即可发出讯号。

8) 为了防止突然停水而发生意外事故，最好将冷却水同时联接消防用水或其它备用水源。

9) 炉衬在使用过程中被侵蚀的情况是不同的，有时被冲刷变薄，如熔炼钢、磷青铜等；有时则粘渣增厚，如熔炼铁、黄铜、铝、锌等。一般来说，熔炼紫铜时既不冲刷，又不增厚，但低温时由于发粘，也会被挂上。为了调整炉壁的刷薄和增厚现象，可以适当交替熔炼各种有色金属或黑色金属。

10) 炉渣挂上后，最好趁热进行清理。即刚出完炉后，利用长柄铲铲掉。

11) 当熔铁坩埚炉壁粘渣严重时，可在炉料刚

刚化完还没有进入高温以前，往铁水中加石灰石。如果还不能除净渣子，下次可再加入苏打，利用高温下石灰石或苏打与炉渣的反应，将炉壁粘渣刷尽。这虽对炉衬有所侵蚀，但比起用锤子敲打，仍有利于炉衬寿命。为了除去炉壁粘渣，每经使用一定炉次后适当提高一次炉温，也可得到解决。

12) 发生紧急停电时，首先查明停电原因和停电时间，根据炉温和停电时间的长短，妥善处理金属熔液，最好不要让其凝固在炉膛里。恢复供电之后，应缓慢送电慢慢熔化，及时除去原有炉渣，不允许有结壳现象。如有结壳，应用氧气吹出孔洞，让炉内气体能及时地排出。

13) 当发生漏炉时，切勿匆忙停水。当引起火灾时，不能浇水，必须用砂子或二氧化碳灭火。

2. 砌体的修理

所谓修理，是设备技术状态劣化或发生故障后，为恢复其功能而进行的技术活动。工业炉的修理又可分为冷修和热修两种。

(1) 冷修 按计划进行的，停歇时间较长，修得比较彻底。砌体的冷修一般包括冷炉、拆炉、修理和烘炉。

1) 冷炉，停炉冷却时，如炉温在1000~1200°C范围内，其冷却速度一般不超过30°C/h，如低于1000°C，则以60~70°C/h进行。有时为了加快炉子的冷却，可将所有炉门打开，并全开烟道闸门，使烟囱具有最大抽力，加速通风冷却。必要时还可采用鼓风机向炉内强迫鼓风冷却。

在不损坏炉子砌体的情况下，停炉后向炉内拆修部分浇水是允许的，但宜于用细水流喷溅，避免使水积存在炉内并流到不需进行修理的部位去。

2) 拆炉：在一般情况下是用大锤、铁钎等工具拆除旧的砌体，但对烧结坚硬的砌体，必须采用风动工具进行。拆除的顺序应保证砌体不修理部分的完整，并消除砌体倒塌或个别砖块掉落的可能，一般是从炉子的上部（拱顶、炉墙）开始往下进行拆除。

在拆除旧的砖体时，应特别注意不要拆毁其它不需要修理的部分。为了减少耐火材料的消耗，拆下的旧砖经清理后，应整齐堆放，以便再用。

3) 修理：冷修条件好，必须认真遵照砌砖的规则和方法，基本上与建造新炉相同。为了确保质量，冷修时必须注意下列事项：

① 根据砖体颜色、损坏情况等来决定拆除旧

砌体的程度。一般说来，热处理炉的使用温度较低，工作条件又较稳定，因此，保留部分较多。相比之下，锻造加热炉能保留部分要少得多，铸造熔炼炉则更少。

② 旧砌体的留用部分不能浇上水，不得有松动。

③ 留用的旧砌体必须找平、找齐。如有阶梯形凸台，要认真清理干净。

④ 注意新、旧砌体之间的结合，有时由于旧泥浆粘结牢固，不易除去，在咬砌阶梯形砖体时必须使用稀泥浆。但对于低凹不平的地方，可用带碎砖的浓稠泥浆堵填。

4) 烘炉：炉子经过修理后都要烘干，如果将泥浆和砖块中水分急速蒸发，会导致砌体的破坏，直接影响使用寿命。因此，即使是中、小修理也要放置适当时间，让其自然晾干。当修后初次使用时也要缓慢升温，决不能操之过急，否则，耐火混凝土砌筑的炉衬会大块崩裂，十分危险；电极盐浴炉若烘不透，出现裂纹后，能导致炉膛早期损坏；用硅碳棒加热的高温电炉，一定要充分烘干，否则水分对硅碳棒的寿命影响很大；对硅砖炉顶则会产生不均匀的膨胀，破坏其几何形状和受力情况，加速炉顶的损坏。

(2) 热修 一般属于事故抢修性质，是在不停炉的状态下，局部修补炉子的损坏部分，以维持炉子能继续正常生产。

1) 炉顶，炉顶的热修最为复杂。炉顶裂缝冒火时，可将干耐火土直接倒在炉顶上，铺放均匀严密即可。

炉顶严重掉砖必须抢修时，首先减少或停止燃料或电能的供给，降低炉膛温度，然后用厚2~3mm的钢板将破口盖上，再在钢板上面铺上一层100mm厚的砂子，这样可以维持一个班的生产。

炉顶局部掉砖时，可在洞口盖上两层石棉板，在相应的洞口边缘撒上一层厚约50mm的干耐火土，铺匀铺严，再覆盖一层大板砖（图21-11-1）。这时接触火焰的石棉板逐渐被烧掉，但耐火土却能封住炉顶，不致冒火，一般可维持较长时间的生产。

炉顶掉砖不多，破口又不大时，则可用掉落相同的楔形砖，用铁丝捆在一起，然后将其塞在破口上（图21-11-2），这样也可获得较好的效果。

在热修炉顶时，严禁站在热的炉顶上进行工

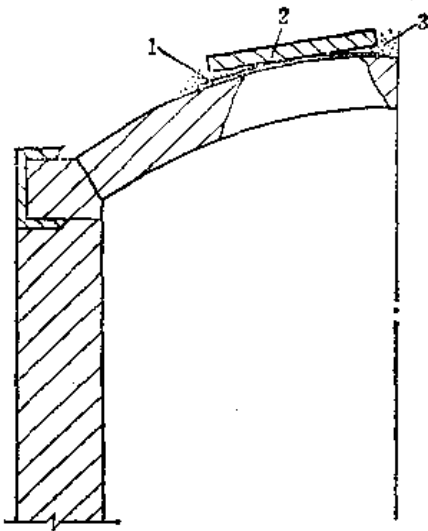


图21-11-1 用板砖压盖冒火洞口
1—石棉板 2—板砖 3—耐火土

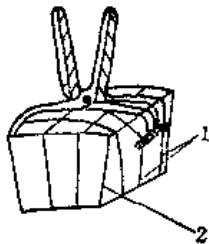


图21-11-2 用铁丝捆砖堵塞破口
1—铁丝 2—楔形砖

作。

2) 炉墙: 抢修炉墙时, 可将破坏处的炉壳钢板割掉, 稍降炉温或用挡火板的方法在破坏处进行补砌。补砌炉墙时可用长柄铁铲及长柄钳进行。

喷嘴砖烧坏而严重威胁炉子的正常工作时, 也可进行热换。卸下喷嘴板, 观察喷嘴砖四周有否变形。若其上部砌砖有下陷, 即可按照下陷的情况砍凿新的同规格喷嘴砖的相应部位, 并在其四周抹上泥浆, 将旧砖取出后, 细心推入换上。

如要热换箱式电阻炉的捆砖, 在断头捆砖的外边先取出一块完整的捆砖, 然后用铁钩(图21-11-3)取出需换的全部捆砖, 再用长柄钳由里往外逐块砌入捆砖。

3) 炉底: 半连续式加热炉炉底严重高低不

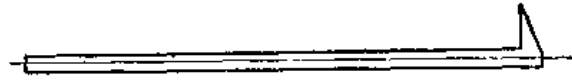


图21-11-3 用于取出捆砖的铁钩

平, 无法推料继续维持生产时, 可用吊锤撞击松动炉底砖, 用长柄钳取出后, 再以长柄钳逐块进行侧砌。

4) 熔化炉: 电极盐浴炉的熔盐经隙缝往外渗漏, 炉壳开始发红变形, 这时应立即停炉, 降低炉温, 使熔盐凝固。当熔盐完全凝固后, 再次启动升温时, 该隙缝内已凝固的盐就不会再被熔化外漏。

当发现冲天炉的炉壳烧红时, 应用沾水的湿麻袋敷于红热处, 并喷水或用冷风冷却炉壳, 这样炉壳里边的铁水或者熔渣受到冷却后, 立即在炉壳内凝聚一层“冷铁”或渣釉子, 可暂时保护炉壳不再烧红。严禁将耐火泥糊在发红的炉壳上。使用水冷却时, 要特别注意炉缸和炉底是否有裂纹, 一旦有铁水流时, 应立即停止喷水, 以免发生爆炸事故, 并应停风出铁, 进行修补, 严重时只好打炉。

一些熔化炉(如冲天炉、回转式前炉等)漏炉时, 可采用“挂斗”法热修, 以维持生产。即在炉壳外焊上挂斗(图21-11-4), 在挂斗内再用同样的修炉料打紧打实。

电弧炉每炼完一炉钢后, 要认真观察炉坡和熔池的损坏情况, 再进行补炉。补炉料随炉衬材料而不同, 酸性炉一般用硅砂掺纸浆; 碱性炉为镁砂加卤水。补炉动作要快, 出完钢水后应立即进行。补炉时如是浅的缝道, 可用长柄锹沿着缝道填料; 如渣蚀严重, 出现大坑, 则用锹填满, 并将高出部分找平, 即可投料开炉。

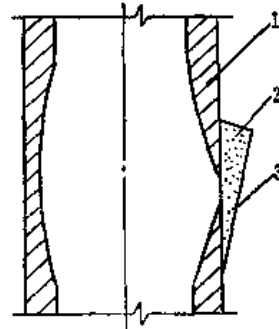


图21-11-4 热修漏炉用“挂斗”
1—炉衬 2—捣打料 3—挂斗