

第19章 工业炉修理的技术准备

曾 正 明

工业炉窑是对物料进行热加工，并使其发生物理和化学变化的工业加热设备。炉与窑并无明显区分，但含义稍有不同。一般用于金属加热及熔化的加热设备称为炉，而用于硅酸盐工业的加热设备则称为窑。工业炉窑常统称为“工业炉”。

第1节 机械工厂 工业炉的分类

机械工业中的大量热加工工艺过程，都是在一定温度的条件下进行的，因此，工业炉是机械工厂中的主要生产设备之一。按生产工艺的需要，工业炉的构造多种多样，其工作情况也各不相同。

工业炉的分类方法很多，一般可按工业炉的某些特征来进行分类。

1) 按用途分

① 锻造用炉。主要是加热炉，供金属在锻造、轧制和冲压前的加热，以增大其可塑性，如室式炉、半连续式炉和转壁式炉等；

② 热处理炉。以改变金属结晶组织为目的的加热（淬火、退火和渗碳等），如井式炉、盐浴炉和振底炉等；

③ 铸造用炉。主要有熔炼炉和烘干炉两类。熔炼炉供熔化和精炼金属用，如冲天炉、电弧炉和感应炉等。烘干炉供型砂、粘土和砂芯的烘干用，如热气流烘砂炉、滚筒烘干炉和立式烘干炉等。

④ 烘干室。主要用于各种溶剂、水分和液体的烘干，如油漆烘干室、木材烘干室和清洗烘干室等。

2) 按热源分

① 火焰炉。借燃料燃烧发生的热量，对物料进行热加工的设备，又称燃料炉。一般分为煤炉、油炉和煤气炉等；

② 电炉。借电能转化为热能而加热物料的设备，一般分为电阻炉、电弧炉、感应炉、电子束炉和等离子炉等。

3) 按炉温分

① 高温炉。炉温在1000℃以上，炉内传热一般以辐射为主；

② 中温炉。炉温为650~1000℃，炉内除以辐射传热外，对流传热也不可忽视；

③ 低温炉。炉温在650℃以下，以对流传热为主。

4) 按加热介质分

① 空气炉。加热介质为空气；

② 控制气氛炉。加热介质为特制的具有一定成分的还原性气体；

③ 浴炉。随加热介质的不同，又可分为盐浴炉、碱浴炉、油浴炉和铅浴炉。

5) 按热工制度分

① 恒温炉。炉膛内各区段的温度相等，不随时间变化，如室式及开敞式加热炉，但在整批冷装料时炉温下降；

② 间断变温炉。炉膛内各区段温度相等，但随时间变化，如台车式及室式热处理炉；

③ 变温炉。炉膛内各区段温度不等，且随时间变化，故又称连续变温炉，如各种连续式及半连续式炉。

6) 按操作方式分

① 连续式操作的炉子；

② 周期性（间歇式）操作的炉子。

除此之外，还可按炉子结构形式的不同，分为箱式炉、井式炉、罩式炉、台车式炉、震底式炉、步进式炉、传送带式炉等。

在机械工厂的设备动力管理中，经常还把工业炉按修理复杂程度分为一般、较难和复杂三类，见

表19-1-1 工业炉修复复杂程度分类表

类别	修理复杂程度	工业炉名称	大修周期 (年)	备 注
燃料 加热 炉	一 般	反射式炉	1~1.5	结构一般, 维修工作量较大, 费用一般
		室式炉	1~1.5	结构简单, 维修方便, 费用小
		开敞式炉	1~1.5	结构一般, 维修方便, 费用小
		孔眼式炉	1~1.5	结构简单, 维修方便, 费用小
	较 难	半连续式炉	10月~1年	结构较复杂, 维修工作量较大, 费用较大
		台车式炉	>1.5	结构较复杂, 维修工作量较大, 费用一般
热处 理电 阻 炉	一 般	箱式炉	1.5~3	结构简单, 维修费用较小
		坩埚式炉	1.5~3	结构简单, 维修费用较小
	较 难	电板盐浴炉	<6月	结构简单, 修理频繁, 费用一般
		振底式炉	1.5~3	结构较复杂, 维修工作量较大, 费用较大
		井式炉	3~5	结构一般, 修理时耗用工时较多, 费用较大
		鼓形炉	3~5	结构较复杂, 维修工作量较大, 费用大
		罩式炉	3~5	结构较复杂, 维修工作量较大, 费用大
	复 杂	箱丝炉	6月~8月	结构较复杂, 修理时耗用工时多
		箱式密封炉	3~5	结构复杂, 修理工时多, 维修费用大
		传送带式炉	3~6	结构复杂, 维修工作量较大, 费用大
		推杆式炉	>6	结构较复杂, 停修时间长, 维修费用较大
		连续式无罐炉	>6	结构复杂, 停修时间长, 修理工时多, 维修费用大
		真空炉	3~5	结构复杂, 修理工时多, 维修费用大
熔 炼 炉	一 般	回转式前炉	<1	结构一般, 修理频繁, 费用一般
		坩埚式熔化炉	>2	结构一般, 维修费用较小
	较 难	感应炉	<1	结构一般, 修理频繁, 打结较难, 维修费用较大
		电弧炉	<1	结构复杂, 修理频繁, 维修工作量较大, 费用大
		冲天炉	>2	结构庞大, 修理频繁, 维修工作量较大, 费用大

注: 大修周期按每年工作: 300天, 三班生产考虑。

表19-1-1。

虽然机械工厂中的工业炉是多种多样的, 但一般说来, 都应具备下列几项要求:

- 1) 升温速度快, 单位面积产量高;
- 2) 炉温、气氛易于控制, 产品质量好;
- 3) 燃料或动能单位消耗量低, 热效率高;
- 4) 结构简单, 造价低, 寿命长, 维修方便;
- 5) 操作简单, 机械化、自动化程度较高, 环境污染少, 劳动条件好。

第2节 工业炉修理的特点和主要内容

(一) 工业炉修理的特点

工业炉与其它设备相比, 无论在结构形式上, 操作使用上, 维修上都有其特点。从修理方面来说, 就是修理次数多、维修费用多、非标设备多、废物

修理多。

1. 修理次数多

机械工厂的热加工工艺多半在 650~1700℃ 的温度下进行, 因此, 工业炉的砌体承受着高温烧蚀和炉温急变等的高温作用; 各种炉气、熔液和炉渣的化学侵蚀以及各种物料、高温气流和熔融金属的冲击磨损, 这些综合因素加速了工业炉的损坏。所以与一般冷加工设备相比, 工业炉的技术状况易发生变化, 使用寿命短, 修理次数多。在一般机械工厂中, 工业炉的数量虽然不多, 约占设备总数的 5%~8%, 但每年的大修理台数却占全部设备大修理台数的 16%~20%。工业炉与金属切削机床大修理次数对比见表 19-2-1。

表 19-2-1 工业炉与金属切削机床大修理次数对比

设备名称	大修理间隔期 (年)
燃料加热炉	0.8~1
热处理电阻炉	2~5
冲天炉	1
烘干炉	5~8
金属切削机床	8~12

注: 每年工作 300 天, 两班生产。

众所周知, 铸造化铁用冲天炉, 每开一天炉就要进行一次小修; 锻造加热炉, 则每年要大修一次以上。工业炉修理次数之多, 工况变化之快, 在工厂内除了个别的铸造设备(如造型机、喷丸机等)之外, 恐怕在所有各类设备要数“名列前茅”。

2. 维修费用多

修理工业炉时, 除了需要一般设备常用的材料之外, 还要使用许多适应高温工作条件的炉用材料, 例如耐火材料、隔热材料、电热材料以及耐热钢等。越是炉温高、机械化与自动化程度高的炉子, 这些与“高温”有关的特殊材料就用得越多。

电热材料和耐热钢中的主要成分为镍和铬, 而镍、铬元素在我国十分稀缺, 供不应求。价格很高。Cr20Ni80 电热材料、Cr25Ni20 耐热钢等的价格都十分昂贵。就是一些高级耐火材料, 如刚玉砖、碳化硅砖等, 其价格也是相当高的。

由于炉用材料昂贵, 又炉子修理频繁, 因此, 在设备维修费用中所占的比重也较大。在一般机械工厂中, 以大修理费用为例, 工业炉约占全部设备

大修理费用的 18%~25% (尚不包括易损构件, 如耐热钢炉底板、料盘、夹具等)。工业炉与金属切削机床大修理费用对比见表 19-2-2。

表 19-2-2 工业炉与金属切削机床大修理费用对比

设备名称	型号规格	每次大修理 费用对比
室式煤气炉	1.8m ²	1.6
箱式电阻炉	RJX-45-9	1.8
井式气体渗碳炉	RJJ-60-9 TG	2.4
车床	C162	1.0

3. 非标设备多

由于热加工物料和加工工艺的多样性, 以及各地技术经验和操作习惯的不同, 导致炉型结构上的千差万别, 因此, 在工业炉中非标设备多。在一般机械工厂中, 工业炉中非标设备约占 60%~70%。

为了适应生产的发展, 非标工业炉经常需要修改, 因此, 难以制订标准修理工艺。非标工业炉用各种构件也不易做到标准化、通用化和系列化, 修前必须各自准备, 从而给修理工作增加了困难。

4. 现场修理多

工业炉的主要组成部分是砌砖体, 砖体笨重, 不易搬移。一些非标设备还有基础, 因此, 一般多为现场砌筑, 即使炉子较小, 也不宜搬移, 因为搬移时的振动容易损坏砖体; 炉壳构架也需就地组合; 管道烟道更需就地连接配合, 因此, 现场修理多。

由于现场修理, 对时间和空间的安排, 对修炉物资的运送, 对工具和器具的准备, 对水、电和压缩空气等动能的供应, 对现场卫生的保持等, 要根据生产和现场条件综合考虑, 全面安排。这就对修理工作的组织提出较高的要求。

(二) 工业炉修理的主要内容

工业炉的修理可分为热修和冷修两种。热修一般属于事故抢修。它是在减少或停止燃料供给(炉子温度仍然相当高)的情况下修补炉子的损坏部分, 使炉子恢复正常生产。将炉子停炉冷却后进行的修理称为冷修。冷修一般是有计划进行, 以消除炉子所存在的一切缺陷。

工业炉修理工作的好坏, 对于满足工艺要求,

提高产品质量,合理使用热源,改善劳动条件,消除公害,实现文明生产等都有着很大影响。有计划、有组织地进行修理,能延长使用寿命,减少修理费用和停歇台时,这是挖掘设备潜力的一条最经济、最有效、最根本的措施。

1. 修理类别

根据修理内容和工作量的大小,计划修理又分为小修、中修和大修。

(1) 小修 外部检查炉子情况,检修少量已经损坏的砖体和构件。检查、润滑并调整机械部分。检查所有电气部分,消除一切缺陷。检查并修复漏油、漏气和漏水现象。

(2) 中修 部分地修理或更换损坏了的砖体和构件,并需砌砖30%以上。局部更换耐热钢构件。部分拆卸,修理并调整机械部分,更换磨损零件。修理、更换配管及阀门附件。对已变形的金属构架进行焊补加固。

(3) 大修 全部拆卸炉子,修理或更换损坏了的砖体和构件,消除一切缺陷,基本上恢复设备原有的技术性能,一般必须砌砖60%以上。更换和修复已磨损、腐蚀、老化、变形之机械零件、金属构件、管道及附件等。检修电气设备及附件,校验所有热工仪表、电工仪表,有水套冷却者要重新试压鉴定。金属构架、管道全部重新涂漆,以达到完好标准。

工业炉大修理的全过程包括:冷炉拆除、现场修理和烘炉调整。为了确保修理质量,烘炉调整前

还必须认真做好质量验收工作。

2. 修理内容

一般来说,工业炉修理的主要内容有以下几个方面:

1) 炉体部分:包括砌体、炉壳、金属构架、炉门及其附件和马弗罐等。

2) 燃烧装置部分:包括各种燃烧器、燃烧室、炉篦和辐射管等及其附件。

3) 电气部分:包括各种电热元件、远红外辐射器、感应圈、配电箱、控制柜以及各种电气元件和装置等。

4) 工件运载部分:包括台车、输送链、炉内导轨与料盘、振底板、传动辊、转底和滚筒等及其传动部分。

5) 管道部分:包括煤气、燃油、压缩空气、冷却水和控制气氛等管路及其附件。

6) 排烟部分:包括换热器、烟道、排烟机和烟道闸板等及其附件。

各种工业炉随着工作条件的不同,其修理内容也不一样,现将几种常用工业炉的修理内容简要列举如下。

(1) 火焰加热炉的修理内容 见表19-2-3。

(2) 热处理电阻炉的修理内容 见表19-2-4。

(3) 冲天炉的修理内容 见表19-2-5。

(4) 电弧炉的修理内容 见表19-2-6。

(5) 烘干室的修理内容 见表19-2-7。

表19-2-3 火焰加热炉的修理内容

序号	修理类别	修 理 内 容	序号	修理类别	修 理 内 容
1	小修	1.清除炉体内外的杂物 2.检查基础、金属构架和炉壳的情况 3.检查并局部修补砌体 4.检查、清扫燃烧器、炉篦、换热器及通风烟道,堵塞漏气现象 5.检修配管、阀门附件,充塞填料 6.检查炉门及转动活动零部件,并加油润滑 7.检查全部连接螺栓,并小修炉子机械部分 8.润滑,并调整传动机构 9.检查并修复漏油、漏气和漏水现象	2	中修	换热器及排烟系统 5.检修或更换损坏的零件或个别炉篦 6.修理更换配管、阀门附件,加衬垫充填料,堵塞漏损 7.局部检修机械部分,更换损坏零件 8.检修各种风幕、水幕及导轨,检修水冷装置 9.检查并修复管道的保温层
2	中修	1.焊补金属构架和炉壳,修理炉门装置 2.更换部分砌体,拆修炉底、拱顶和喷嘴砖 3.修理更换喷焰器、喷头及部分附件 4.清除煤气换热器的煤焦油,检修	3	大修	1.检修炉子金属构架、炉门装置,并更换个别炉壳钢板 2.修理80%以上的砌体 3.全部或大部分更换燃烧器或炉篦 4.检修或更换换热器及排烟系统 5.检修或更换不合格的管道及其附件,研磨全部煤气阀门,并达到严密 6.修复全部管道保温层 7.检修全部机械部分,并更换损坏的零件或部件 8.金属构架、炉篦及管道全部涂漆

表19-2-4 热处理电阻炉的修理内容

序号	修理类别	修 理 内 容	序号	修理类别	修 理 内 容
1	小修	1.清理炉体及附属装置内外的杂物 2.局部修补砌体及隔热层,补充保温料 3.检查接地装置和电气线路的绝缘情况 4.检查电热元件及所有电气部分 5.润滑并调整传动及活动部分零件 6.检查进出口密封是否良好 7.检修管道、阀门及其附件,并保持严密 8.检查并修复漏油、漏气和漏水现象	2	中修	6.部分拆卸,修理并调整机械传动机构,清洗换油 7.检修风扇、液压件 8.修理更换部分配管及阀门附件,并打压试验,消除泄漏
2	中修	1.修补和更换部分砌体 2.检修电气部分及控制装置 3.修理、更换部分电热元件 4.修理进出口密封装置 5.检修底板、导轨、链条或炉罐等耐热钢构件	3	大修	1.修理或更换炉壳骨架、炉门、密封装置 2.修理60%以上的砌体 3.更换全部或大部分电热元件 4.检修或更换坩埚、底板、导轨、链条或炉罐等耐热钢构件 5.检修全部机械部分,并更换损坏零件 6.检修或更换不合格的管道及其附件,并达到严密 7.检修安全保护装置 8.金属构架、炉壳及管道全部涂漆

表19-2-5 冲天炉的修理内容

序号	修理类别	修 理 内 容	序号	修理类别	修 理 内 容
1	小修	1.清除炉体内的熔渣、铁块和杂物,修理熔化带和炉缸的炉衬 2.检查炉壳变形情况 3.打结炉底 4.修理出铁槽、出渣孔和挡渣板 5.更换损坏的风眼 6.检修风箱及冷却水套 7.检查送风系统运转是否正常 8.检查附属机械机构及安全装置,对转动部分进行润滑 9.检查修理配管及阀门,消除漏水	2	中修	6.修理或更换冷却水套 7.检修可拆式底板 8.检修管道及其阀门附件,并保持严密 9.清理除尘系统 10.修理更换附属机械、转动零部件,并清洗换油
2	中修	1.焊补炉壳损坏部位 2.修理燃烧带、预热带的砌体 3.检修或更换出铁、排渣及风眼装置 4.修理前炉 5.焊补或更换风道、风箱,检修送风系统	3	大修	1.焊补或更换部分炉壳 2.修理燃烧带和预热带达80%以上 3.更换铁砖 4.修理或更换前炉 5.更换风箱和冷却水套 6.检修或更换送风系统 7.清理、检修或更换除尘系统 8.修理更换火花熄灭装置 9.修理更换加料机构及其它机械装置 10.炉子及管道全部涂漆

表19-2-6 电弧炉的修理内容

序号	修理类别	修 理 内 容	序号	修理类别	修 理 内 容
1	小修	1.检查炉壳结构,局部修理损坏部分 2.检查并修补装料口、出钢槽的砖衬 3.检查炉衬,并进行局部修理 4.检查、调整炉子机械传动部分,并加油润滑 5.检查液压系统及气动系统的工作情况 6.检查全部冷却系统 7.检查所有电气部分,保安接地装置必须良好 8.采用 500V 摇表检查绝缘电阻 9.检查自动装置的可靠性	2	中修	5.检修或更换冷却水箱、水套、配管阀门附件,并进行水压试验 6.更换烧坏的连接接触点 7.修理更换电气配线、配件,并调整测试 8.检查变压器
2	中修	1.局部焊补炉体结构 2.检修炉顶、炉墙、熔池等砌体的损坏部分,必要时重砌 3.部分拆卸、修理传动机构及机械零部件,并清洗润滑 4.检修装料运转机构及电极升降机构,检修液压和气动部件	3	大修	1.重新砌筑(或打结)炉衬,修砌量达80%以上 2.全部拆卸和检修设备的零部件,必要时更换炉门、炉盖等 3.修补校正或更换炉壳 4.修理更换机械传动结构以及冷却装置 5.清理、检修或更换除尘系统 6.修理更换电气配件、配线 7.检修电炉变压器,作工作试验 8.炉壳、管道全部涂漆

表19-2-7 烘干室的修理内容

序号	修理类别	修 理 内 容	序号	修理类别	修 理 内 容
1	小修	1.清扫内外表面的油污和灰尘,检查主体骨架、护板,处理局部缺陷 2.检查清理过滤器、换热器 3.检查修理风管、附件支柱、吊架紧固螺栓 4.检查调整转动机构,并进行润滑 5.检查调整压力、温度等表计 6.检查修理管道和阀门附件,处理泄漏 7.检查修理局部损坏的保温层,并于补漆	2	中修	4.更换或校验压力表、温度计及其它表计 5.修理传动机构及其附属装置 6.消除全部通风系统的不严密处,修复通风管道的保温层
2	中修	1.修正校正主体的变形骨架钢板 2.修理通风管道、阀门附件,更换部分通风道 3.修理或更换加热器、排管、阀门和附件	3	大修	1.更换修理金属构架、壁板,并于填充 2.更换修理风箱、风管及附件,保证严密 3.修理更换电加热装置或燃烧装置及其附件 4.更换修理空气过滤器 5.修复机械传动部分,并于润滑 6.金属构架和管道保温涂漆

3. 正确处理修理工作中的几种关系

工业炉修理工作的好坏,对于满足工艺要求,提高产品质量,合理使用能源,改善劳动条件,消除公害,实现文明生产等都有着很大影响。有计划、有组织地进行修理,延长设备使用寿命,减少修理费用和停歇台时,这是挖掘设备潜力的一条最经济、最有效、最根本的措施。因此,工业炉的修理是一项十分重要的工作,是企业管理工作的重要组成部分,是贯彻多快好省的一个重要方面。

工业炉修理,根据企业规模的大小和炉子设备的多少,可以采取集中修理、分散修理以及混合修理。为了经常保持工业炉的良好技术状况,除了按计划组织好修理以外,还必须正确处理好下面三种关系:

(1) 修理与维护的关系 工业炉的日常维护极为重要,维护工作的好坏直接关系到炉子设备的技术状况和修理工作。日常维护工作做得好,可以延长工业炉的修理周期,减少修理工作量。因此,必须十分注重炉子的日常维护保养,坚持清扫炉膛,定期加油润滑,发现设备缺陷,及时予以消除。

(2) 修理与调整的关系 有时炉温达不到工艺要求或是炉温不稳定,不能满足生产工艺需要,这些问题的出现不一定要进行修理,而可以通过调整求得解决。同样,往往炉子虽经修理,但仍然不能符合工艺,这时也需进行炉子调整。

(3) 修理与改造的关系 随着新材料、新技术的不断涌现,自动化程度的不断提高,这就要求不断改造炉子设备,以提高生产效率,改善产品质量,满足生产日益发展的需要。由于工业炉大部分是非标设备,大修时又经常需要大拆大卸,因此,给炉子的改造工作提供了方便条件,十分有利于经常进行改造。

修理工作中一定要充分做好人员、物资和技术资料的准备工作,周密组织,全面安排,尽量缩短停歇时间。

在修理工作中,还要贯彻节约原则,要做到能修复的不更换,能少修的不多修,修旧利废,大力降低修理费用。如废旧耐热钢可以返回重熔;废旧电阻丝带可以作为补充耐热钢铸件的镍铬成分;废旧耐火砖可以降级用在次要的部位,或经破碎后用作耐火混凝土骨料或打结料。

第3节 修理前的技术准备工作

修前准备工作的好坏,直接影响修理工作的进度、质量和费用。因此,应建立一套完整的、细致的、科学的技术准备规范。

修理前一定要组织操作工人、修理人员、技术人员和其它有关人员,详细地检查被修炉子设备的技术状况。在此基础上提出对修理的具体要求,正确地估计炉子的缺陷情况,确定修理内容,明确修理类别,是小修、中修、大修,还是改造项目,并初步订出修理时间。

(一) 编制修理工艺

根据工业炉修前检查的技术状况以及使用单位提出的改进要求,确定具体修理内容后,开始着手编制修理工艺。

编制修理工艺时,首先要准备好图纸资料,如有个别改进,则需绘制修改图纸;如属改造项目,则应根据改造方案,绘出详细的制造和施工图纸。所有图纸都要认真核对,务使图纸与实物相符。

编制修理工艺时,必须提出:

- 1) 修理前的拆卸工作量以及拆卸顺序;
- 2) 各种材料和外购件的需用清单,尤其是异型砖和电热元件,如果缺乏某些材料,则应提出代用和改制意见;
- 3) 毛坯件、机加件和组合件的数量,加工和组装工艺以及注意事项;
- 4) 准备修复再用的备件清单,及其修复方法和要求;
- 5) 修理顺序,需要工种以及各工种之间的相互配合;
- 6) 修理停歇时间、各种工时以及费用;
- 7) 需用工具、机械和特殊用具;
- 8) 修理时的关键所在以及注意事项。

(二) 材料备件准备

物资准备是设备修理的物质基础工作,为了缩短停歇时间,只有在备好各种材料和备件之后,方可开始拆炉修理。

1. 备料

用作修理工业炉的材料有耐火材料、隔热材料、

耐热铸铁、耐热钢以及电热材料等,修前务必备足。由于材料在搬运过程中的损坏和消耗,如耐火材料和隔热材料等一般要比实际耗用的多备6%~10%。对于经常大量耗用的材料要有一定的库存储备。对于一些难以订购的耐热钢,必须充分储备。对于关键炉子使用的异型砖,由于订货(制造)周期较长,必须成套特殊储备,修炉耗用后,应即时予以补充。

(1) 各种材料的估算 一般来说,耐火材料的重量占炉子总重的60%以上,耐火泥的耗量约为砖重的8%~12%。成袋耐火泥多已配好,如要自

配耐火泥,则可取熟粘土:生粘土=70%:30%。

一般工业炉砌1 m³耐火砖、红砖与硅藻土砖所需材料可参考表19-3-1和表19-3-2的数据。

砌筑耐火砖和红砖的直墙及底时,每1 m³砌体净用砖数,见表19-3-3和表19-3-4。

(2) 拱顶用砖量 常用拱顶的用砖量见表19-3-5和表19-3-6。

(3) 标准电炉用砖量 在机械工厂中,常用标准电炉所用的碯砖、阶形砖、扇形砖等已基本标准化。现将一些标准电炉需用主要耐火砖的数量列入表19-3-7和表19-3-8。

表19-3-1 一般工业炉砌1 m³耐火砖所需材料

砌体名称	砌筑材料	单位	直墙及底	圆弧状砌体	球形顶、底
耐火粘土砖砌体	耐火粘土砖	t/%	2.06/3	2.047/3.5	2.136/6.5
	粘土质耐火泥	kg	150	150	150
高铝砖砌体	高铝砖	t/%	2.304/3	2.34/4.5	2.524/9
	高铝质耐火泥	kg	180	170	170
硅砖砌体	硅砖	t/%	1.864/3	1.851/3.5	1.942/7
	硅质耐火泥	kg	150	150	150
碯砖砌体	碯砖	t/%	2.711/1.5	—	—
	碯质耐火泥	kg	140	—	—
轻质耐火粘土砖砌体	轻质耐火粘土砖	t/%	0.951/2	0.955/3	—
	粘土质耐火泥	kg	190	190	—

注:1.分子数为单位材料用量,并包括损耗在内;分母为材料损耗率。

2.轻质耐火粘土砖的体积密度为1000kg/m³。

表19-3-2 一般工业炉砌1 m³红砖和硅藻土砖所需材料

砌体名称	砌筑材料	单位	直墙及底	圆弧状砌体
红砖砌体	红砖	块/%	560/3.5	627/4.5
	砂浆	m ³	0.28	0.3
硅藻土砖砌体	硅藻土砖	块/%	528/2	595/2
	硅藻土粉	kg	147	147
	粘土质耐火泥	kg	63	63

注:分子数为单位材料用量,并包括损耗在内;分母为材料损耗率。

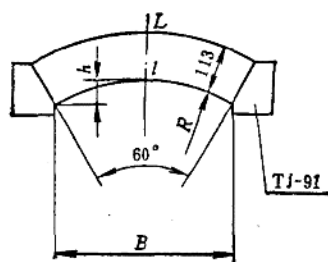
表19-3-3 耐火砖直墙及底每1 m³砌体净用砖数(230×114×65)

砖缝 (mm)	墙 厚				
	0.5砖	1砖	1.5砖	2砖	砖墙
1	580	578	557	577	575
2	569	564	562	562	559
3	559	552	549	549	544
4	549	539	534	534	529

表19-3-4 红砖直墙及底每 1 m³砌体净用砖数 (240×115×53)

砖缝 (mm)	墙 厚				
	0.5砖	1砖	1.5砖	2砖	砖堆
5	612	599	595	593	586
6	600	584	580	577	569
7	586	570	566	562	556
8	575	555	549	546	537
9	564	541	536	532	522
10	552	529	522	518	508

表19-3-5 拱形结构尺寸、用砖组成表 (拱厚114mm、拱中心角60°)

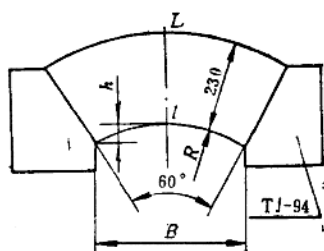


序号	拱 形 尺 寸 (mm)					每 环 用 砖 (块)				共计
	跨度 <i>B</i>	弧 长		半径 <i>R</i>	弦高 <i>h</i>	砖 号				
		<i>l</i>	<i>L</i>			TC-23	TC-22	Tz- 3	Tz- 2	
1	348	365	483	348	47	2	5	—	—	7
2	464	486	604	464	61	6	3	—	—	9
3	580	607	725	580	78	10	1	—	—	11
4	696	729	847	696	94	12	—	—	1	13
5	812	850	968	812	109	13	—	1	1	15
6	928	971	1089	928	105	12	—	4	1	17
7	1044	1093	1211	1044	140	12	—	6	—	18
8	1160	1214	1332	1160	155	13	—	7	—	20
9	1276	1336	1454	1276	171	12	—	9	1	22
10	1392	1457	1575	1392	187	13	—	10	1	24
11	1508	1579	1697	1508	202	13	—	12	1	26

注: 1. 砌体灰缝一般为 1~2 mm;

2. 序号 7 以下尽量少用。

表19-3-6 拱形结构尺寸、用砖组成表 (拱厚230mm、拱中心角60°)



序号	拱形尺寸(mm)					每环用砖(块)					错砌时两端齐缝环共用砖(块)							
	跨度 B	弧长		半径 R	弦高 h	砖号				共计	砖号							
		l	L			Ts-43	Ts-42	Tz-3	Tz-2		Ts-47	Ts-46	Tz-4	Ts-43	Ts-42	Tz-3	Tz-2	共计
1	464	486	726	464	61	—	11	—	—	11	—	10	—	—	18	—	—	28
2	580	607	847	580	78	1	11	—	1	13	2	10	—	—	18	—	3	33
3	696	729	989	696	94	4	10	—	1	15	6	8	—	3	18	—	3	38
4	812	850	1090	812	109	9	7	—	—	16	8	8	—	15	9	—	—	40
5	928	971	1213	928	125	13	5	—	—	18	10	8	—	24	3	—	—	45
6	1044	1093	1333	1044	140	16	4	—	—	20	12	8	—	30	—	—	—	50
7	1160	1214	1456	1160	155	20	2	—	—	22	18	4	—	33	—	—	—	55
8	1276	1336	1576	1276	171	24	—	—	—	24	24	—	—	36	—	—	—	60
9	1392	1457	1699	1392	187	24	—	2	—	26	22	—	4	39	—	—	—	65
10	1508	1579	1819	1508	202	23	—	4	—	27	20	—	6	39	—	3	—	68
11	1624	1700	1942	1624	248	23	—	6	—	29	16	—	12	45	—	—	—	73
12	1740	1822	2082	1740	233	23	—	8	—	31	14	—	16	48	—	—	—	78
13	1856	1943	2183	1856	249	23	—	10	—	33	16	—	16	45	—	6	—	83
14	1972	2065	2305	1972	265	25	—	10	—	35	18	—	16	48	—	6	—	88
15	2088	2186	2426	2088	280	24	—	12	1	37	18	—	18	45	—	9	3	93
16	2204	2308	2548	2204	295	24	—	14	1	39	22	—	18	42	—	15	3	98
17	2320	2429	2669	2320	311	23	—	16	2	41	20	—	20	39	—	18	6	103
18	2436	2551	2791	2436	326	24	—	18	—	42	22	—	20	39	—	24	—	105
19	2552	2671	2911	2552	342	24	—	20	—	44	24	—	20	36	—	30	—	110

注:砌筑灰缝一般为1~2mm。

表19-3-7 箱式和坩埚式电阻炉用主要耐火砖数量

耐火砖名称	材 料	砖号尺寸 (mm)	单重 (kg)	中温箱式炉			坩埚盐浴炉		
				RJX-15-9	RJX-30-9	RJX-45-9	RYG-10-8	GRY-20-8	RYG-30-8
直 形 砖	轻质粘土	Tz-3 230×114×65	1.7	85	131	191	16	24	34
侧厚楔形砖	轻质粘土	TC-23 230×114×65/55	1.6		69	117			
阶 形 砖	轻质粘土	230×114×65	1.4	28	60	96			
扇形阶砖	轻质粘土						45	66	117

耐火砖名称	材 料	砖号尺寸 (mm)	单重 (kg)	中温箱式炉			增埶盐浴炉		
				RJX- 15-9	RJX- 30-9	RJX- 45-9	RYG- 10-8	GRY- 20-8	RYG- 30-8
扇形砖	轻质粘土						9	22	13
直形掏砖	高 铝	110×50×20	0.18	98	228	368			144
引出掏砖	高 铝	110×50×20	0.175	6	10				
扇形掏砖	高 铝	110×50/32×20	0.17				140	198	216
炉底掏砖	高 铝	150×120×40	0.8	8	21	30			
热电偶用管	耐火粘土			1	1	1	1	1	1
引出棒用管	耐火粘土			6	6	12	2	6	6
硅藻土砖	硅藻土	230×114×65	1.3	113	226	445	65	95	216

表19-3-8 井式电阻炉用主要耐火砖数量

耐火砖名称	材 料	砖号尺寸 (mm)	单重 (kg)	井式渗碳炉			井式回火炉		
				RJJ-25 -9 TG	RJJ-60 -9 TG	RJJ-105 -9 TC	RJJ- 24-6	RJJ- 36-6	RJJ- 75-6
直形砖	轻质粘土	Tz-3 230×114×65	1.7	39	52	124	30	40	53
扇形阶砖	轻质粘土			135	234	483	78	135	440
扇形砖	轻质粘土			30	36	42	26	39	73
直形掏砖	高 铝	110×50×20	0.18	198	377	782			
扇形掏砖	高 铝	110×50/32×20	0.17	198	377	759	240	424	1476
热电偶用管	耐火粘土			1	2	4	1	1	1
引出棒用管	耐火粘土			6	12	16	6	6	12
硅藻土砖	硅藻土	230×114×65	1.3	95	312	420	97	153	365

2. 耐火材料的代用

在工业炉的修理过程中，经常会遇到材料的代用问题。一般来说，耐火砖的代用有两种情况：一种是材料质量的代用；另一种是形状尺寸的代用。

(1) 材料质量的代用 所谓代用，就是用质量相近，甚至质量稍低的材料来代替使用。如果采用比原来高一档的材料来砌砖，那就不能称之为“代用”。当施工现场发现缺乏某一种耐火材料，必须设法采用其它材料进行代用时，应该从两方面去考虑：一是该炉的工作条件，真正弄清哪个是炉衬破坏的主要因素；二是评价耐火材料的各项性能，能否适应炉子的需要。经全面衡量，方可决定。

例如锻造半连续式加热炉的炉底，原设计应采用镁铬砖砌筑，由于我国铬矿缺乏，镁铬砖供应一

直十分紧张，难以完全得到解决。在这种情况下，首先应分析炉底的使用条件，该炉采用推杆将毛坯由进料端推向出料端，由于毛坯在炉底上不断移动，炉底磨损很快，因此，要求炉底的耐磨强度高。又炉底上积满了氧化铁皮，在1300℃高温的作用下，对炉底的侵蚀严重，因此，炉底又必须具有良好的抗渣性。这两条是炉底损坏的主要原因。镁铬砖的耐磨性和抗渣性都很好，因此，将它用作炉底材料，十分理想。在缺乏镁铬砖的情况下，若采用烧结镁砖，其使用效果也较好。但千万不能采用结合镁砖，因为它未经高温烧结，机械强度不大，耐磨性很差。若烧结镁砖又没有，镁铝砖也是较好的代用材料，唯其使用寿命稍短。如果上列3种镁质制品全部没有，也可采用高铝砖。但必须烧结良好，因

为高铝砖的力学强度与烧结是否充分有很大关系，否则使用寿命则更短。

(2) 形状尺寸的代用 形状尺寸上的代用，就是一般所说的加工改制。没有图纸上所要求的那种形状和尺寸的砖，必须将形状近似或大砖改小的办法进行必要的加工，如砍砖、磨砖、切砖等过程而达到所需的外形和尺寸。砌筑时注意被砍削的砖面不要朝向炉膛而直接与火焰、钢水等接触。

也可采用以小砖代替大砖使用，但要尽量减少炉膛内的砖缝数量，并合理布置，不致影响炉衬的强度。

3. 备件储备

炉用备件分为外购件（标准件、管接件等）和加工件两种。根据加工情况的不同，加工件又可分为：

(1) 毛坯加工件 主要是铸锻件，例如炉门、坩埚和炉罐等；

(2) 机械加工件 包括各种轴类、齿轮和销子等；

(3) 冷作件 例如电阻丝、电阻带和耐热钢丝编织的链条等；

(4) 组合件 一般是指组装零件较多，装配要求较高的备件，例如油嘴、气缸和换热器等。

备件加工周期较长，尤其是一些耐热钢构件的机械加工较为困难，因此，必须在修前早作准备。对于烧嘴板、阀门等的法兰连接孔最好在修前配钻，否则在现场修理时往往出现孔的位置不对，而难以安装固定。对于一些易损的、通用的、大量耗用的以及关键的备件要有库存储备。

(三) 筑炉工具与辅具

筑炉工具与机械的合理选择与正确使用，将直接关系到砌筑炉衬的质量和速度，并能减轻劳动强度。了解这方面的知识，对于掌握筑炉技术是十分必要的。

1. 常用筑炉工具

筑炉工具随着地区及习惯的不同而有所差异，因此，一定要根据各自的习惯和经验来选用筑炉工具。筑炉工常用的工具见图19-3-1。

(1) 桃形大铲 它是用来往砖上抹浆和刮平

砌体上的泥浆。大铲应用有弹性的锯钢制造，其手柄呈弧形，以免在手中滑动。

(2) 双刃锤 双刃锤用于加工砖。它是用

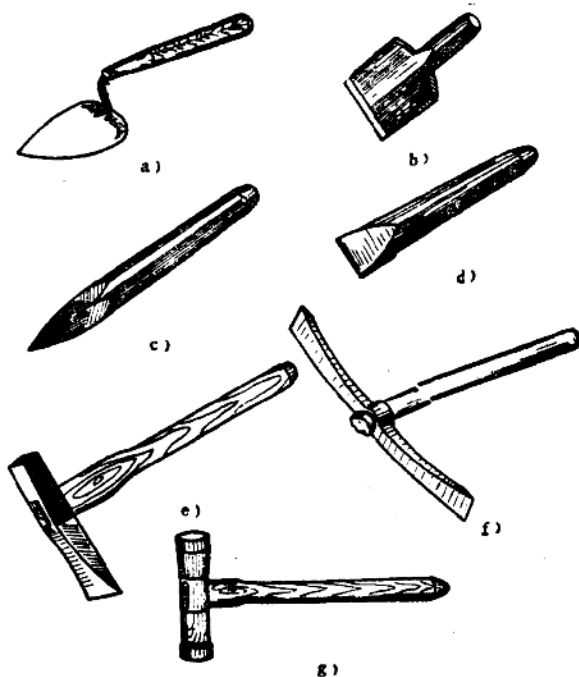


图19-3-1 常用筑炉工具

a) 桃形大铲 b) 销子 c) 钎子 d) 扁铲
e) 单刃锤 f) 双刃锤 g) 胶皮锤

T8 碳素工具钢制造的，并淬硬至 RC45~50，否则在砍砖过程中极易变钝。锐利的双刃磨钝后，可以磨锐再用。当在砂轮上磨锐双刃锤时，必须避免双刃的过分受热，以免导致退火，丧失硬度。因此，在磨锐双刃时，要经常把它放入水中冷却。当双刃端部变厚时，还可锻长再用。

双刃锤的手柄呈椭圆形，这样工作时易于握紧。

(3) 单刃锤 单刃锤一端锐利，而另一端呈锤头状。单刃一端在砌筑耐火砖时，可用于加工砖；而锤头一端又可用作铁锤，打紧砖缝，找平砌体。但一般只用于较小的炉子，如砌筑标准电炉的捆砖和轻质砖，则相当方便。

(4) 铁锤 一般采用 0.68~0.91kg (1.5~2 lb) 的标准锤，主要用于较大炉子的砌筑，如打紧砌砖砖缝，找正砌体水平等。

(5) 木槌 木槌是用来把砌在砌体内的砖打紧。因为用铁锤敲打耐火砖时，可能在砖内产生细

小而不明显的裂纹，而砖在受热时即行裂开，从而受到破坏。木槌由硬木车削制成，为防止木槌破裂，可用金属箍包扎。如能使用胶皮锤，则效果更好。

(6) 钎子 钎子用于耐火砖刻痕和开砖。砍砖好坏的关键在钎子上，因此，制作钎子的材料应采用较好的碳素工具钢，如T8钢。刀口要淬火，硬度要适当，太硬时会崩裂伤手，刀口宽约68mm。

(7) 钎子 开砖后如有凸出部分，首先用钎子凿去。它是用来初步找平砖的表面。

(8) 扁铲 它是用来铲平被加工砖的表面，以达到要求的形状尺寸。

(9) 泥浆槽 泥浆槽用于盛放泥浆，槽的两端应安有把手，以便于移动。

(10) 小桶 小桶用来盛放和运送泥浆。小桶不要做得太大，要便于在装满泥浆时一个人就能随意地提送。

有时为了砌筑红砖，还应准备红砖砌筑工具和勾缝工具，见图19-3-2和图19-3-3所示。

2. 筑炉辅具

砌筑过程中经常要使用一些辅具，用来测量和检查砌砖质量等，这些筑炉辅具如图10-3-4所示。

(1) 水平尺 它是用来检查砌体的水平度。水平尺中有一个玻璃管，里面装有酒精或水银，这个管叫做视孔。如果水平尺处于严格的水平状态，则管中的气泡准确地位于视孔中央。如果气泡偏向哪端，说明哪端就高；反之，则低。

当检查较长砌体的水平度时，首先将长木板放在砌体上，然后再将水平尺放在长木板上进行检查。

(2) 线锤 线锤用绳结好后，即可用来检查砌体的垂直度。检查时，通常在炉墙上。用砖或木方挑出挂线，将线锤放到某处，待线锤稳定后，再用钢板尺在上、中、下几处量出吊线至炉墙的距离，根据几处量出的偏差，即可测出炉墙的倾斜

度。

(3) 托线板 又称靠尺板，与线锤配合测量炉墙的垂直度和平整度。这样测出的效果，比单用

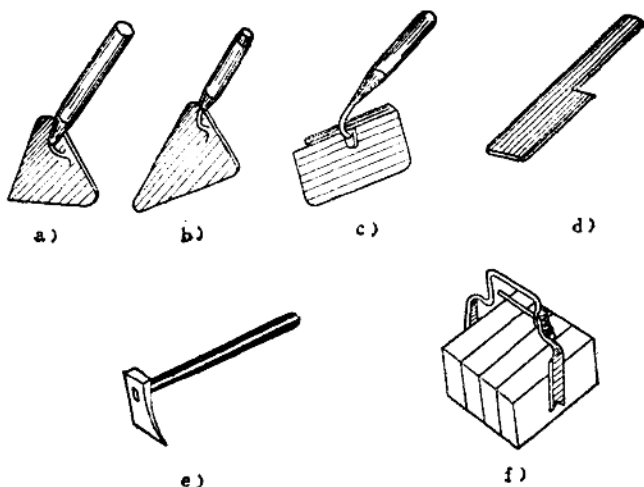


图19-3-2 红砖砌筑工具

a) 桃形大铲 b) 长三角大铲 c) 长方形大铲
d) 瓦刀 e) 刨砖 f) 砖夹子

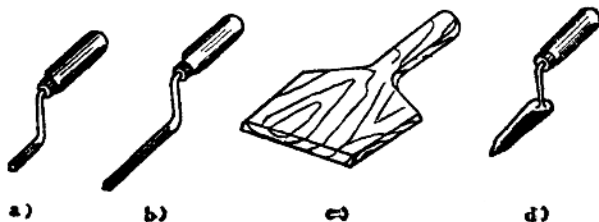


图19-3-3 勾缝工具

a) 短刮子 b) 长刮子 c) 托灰板 d) 抿子

线锤要好得多。常用的托线板的长度为1.2~1.5m。

(4) 塞尺 它是一组细薄的钢片，宽15mm，其厚度与砖缝厚度相同，一般有0.5mm、1mm、1.5mm、2mm和3mm，用于检查砖缝的厚度。检查时，将相应厚度的塞尺伸入砖缝的深度不超过20mm，则该砖缝即认为合格。

(5) 木折尺 木折尺用于被加工砖的划线，测量砖加工后的尺寸。

3. 一般筑炉机械

在工业炉的砌筑过程中，经常使用的机械有泥浆搅拌机、碾砂机、挤泥机、切砖机、磨砖机、锤式粉碎机、筑炉升降机、喷补炉衬装置、插入式振

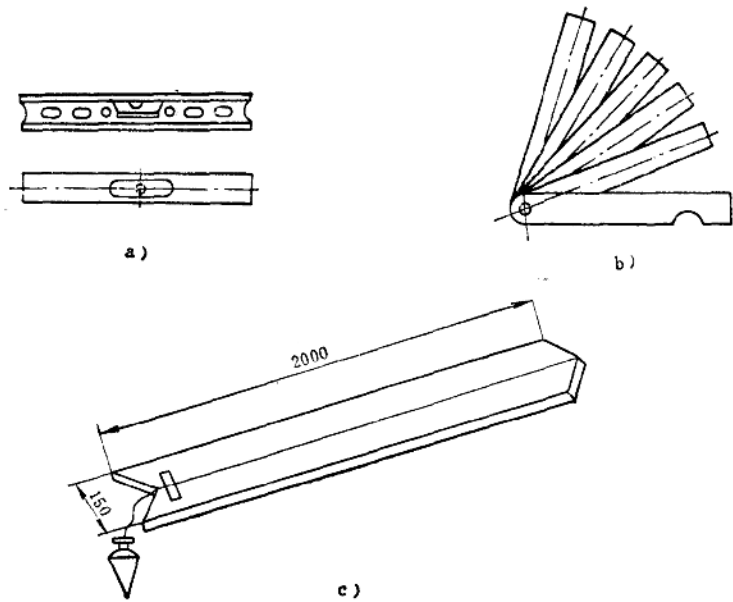


图19-3-4 筑炉辅具
a) 水平尺 b) 塞尺 c) 托线板

动棒等。

(1) 泥浆搅拌机 一般常用的泥浆搅拌机，结构比较简单，由电动机变速驱动装有搅拌叶片的轴旋转进行搅拌，见图19-3-5和表19-3-9。

表19-3-9 100L泥浆搅拌机的技术性能	
主要技术规范	数据
搅拌筒容量 (L)	100
生产能力 (次/h)	~15
主轴转速 (r/min)	25
电动机功率 (kW)	2.8
外形尺寸 (mm)	2045×950×1175

搅拌机的一个侧面装有手柄，可以转倾90°，以便出料。

操作时一般是先加水后加料，待电动机运转正常后，再投料搅拌。操作时必须注意下列事项：

1) 一次搅拌量不得超过额定容量，如超量运行，会引起停止转动，甚至损坏电动机。

2) 所有物料均应过筛，不允许混入大块硬物，以防杂物在机内引起卡阻叶片的故障。

3) 加料时工具不能碰撞叶片，更不能在转动时把工具伸进搅拌筒里扒浆。

4) 在搅拌筒内存放泥浆不宜过长，更不能过夜。因为泥浆长时间存留在筒内会凝结、硬化。重新搅拌时，搅拌叶不能转动，会引起电动机烧毁事故。

5) 工作完后必须用水冲洗干净，避免残留的泥浆锈蚀机体。

(2) 碾砂机 碾砂机主要用来碾碎废砖和混拌泥料。碾砂机如图19-3-6所示，在固定不动的碾盘中，用中轴通过十字头带动一对碾轮和内、外刮板转动进行工作。中轴转动时，碾轮不仅绕主轴作圆周运动，而且由于碾轮和砂层表面之间的摩擦，使碾轮还同时绕其自身碾轮轴自转。为避免砂粒被碾轮压碎，应使碾轮和碾盘底之间保持一定的可调间隙。

碾砂时，加入碾砂机的各种材料在碾轮的碾压和搓揉作用下以及在内、外刮板的翻铲和搅拌作用下进行混碾。刮板除了搅拌，将碾轮压实的物料铲起并送到碾压区供碾压以外，尚起着卸料的作用。

表19-3-10列出 S111A 型碾砂机的技术性能。

(3) 挤泥机 挤泥机主要用来混碾冲天炉用耐火泥料，并将其挤成泥条，以便于保管、运输和使用。

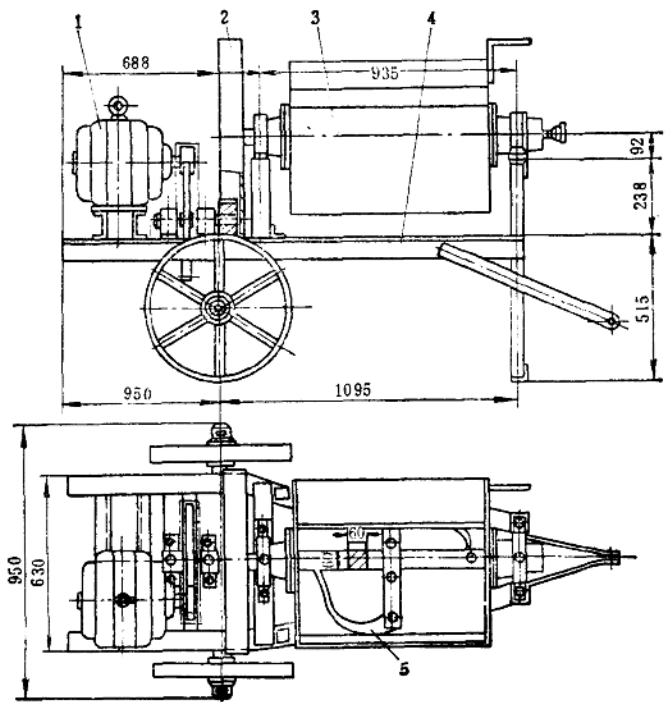


图19-3-5 100L 泥浆搅拌机

1—电动机 2—内齿轮 3—搅拌筒 4—机架 5—搅拌叶

表19-3-10 S111A 型碾砂机的技术性能

主要技术规范	数据
正常一次混合量 (m ³)	0.08~0.12
每次混合时间 (min)	3~8
主轴转速 (r/min)	41
电动机功率 (kW)	4
外形尺寸 (mm)	1400×1280×1250

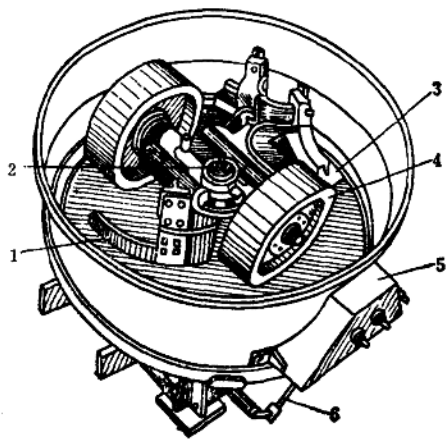


图19-3-6 碾砂机

1—刮板 2—主轴 3—卸料口 4—碾轮
5—保护罩 6—气动拉杆

挤泥机的结构如图19-4-7所示，内装一根由三角皮带轮带动的主轴，主轴的后端装有搅拌叶片，叶片按逆时针方向螺旋前进，每二片在圆周方向相隔 $\pi/4$ 度，在轴向相距70mm。叶片轻易磨损，为了便于更换，一般用螺母固定在主轴上（见图19-3-7中A—A剖面）。

主轴的前面装有挤压器。挤泥机运转时，白泥、石英砂或耐火砖粉加水混合后由装料口加入，经叶片搅拌并向前推移至挤压器处，被挤压器挤成白泥条，将它折断成适当的长度后即可应用。表19-3-11为挤泥机的技术性能。

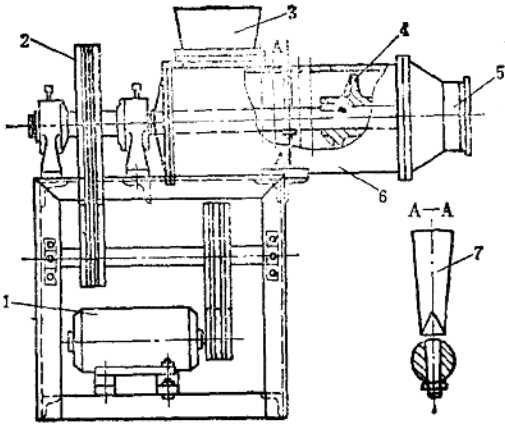


图19-3-7 挤泥机

1—电动机 2—皮带轮 3—装料口 4—挤压器
5—泥条出口 6—外壳 7—叶片

表19-3-11 挤泥机的技术性能

主要技术规范	数据
泥条直径 (mm)	170
生产能力 (t/h)	0.1~1
主轴转速 (r/min)	90
电动机功率 (kW)	2.8
外形尺寸 (mm)	1060×700×960

(4) 切砖机 切砖机是切割各种耐火砖的一种专用机械，适用于大批量的砖加工，具有工作效

率高、加工质量好等特点。切砖机见图19-3-8，其技术性能见表19-3-12。

表19-3-12 切砖机的技术性能

主要技术规范	数据
砂轮规格 (mm)	φ400×25×3、4、5
小车最大行程 (mm)	600
生产能力 (块/台班)	600
主轴转速 (r/min)	2000
电动机功率 (kW)	1.7
外形尺寸 (mm)	1100×530×1200

切砖机使用的割刀有工业金刚石刀片和碳化硅砂轮片。操作时只需将耐火砖装上切砖小车，对准切割线，开动吸尘风机（或微型塑料水泵），踩动脚踏板，即可切砖。当使用工业金刚石刀片切砖时，水经水泵沿刀片两侧流下，既起冷却刀具的作用，又较好地处理了切砖过程中产生的大量粉尘。当使用碳化硅砂轮片切砖时，就采用吸尘风机处理切砖产生的粉尘。

实际使用表明：利用工业金刚石刀片切砖时，加工砖的表面比较光洁，尺寸准确，刀片耐磨使用寿命长，工作安全，除尘效果好。

(5) 磨砖机 对砌砖质量要求特别精细，砖缝小于1mm时，最好能采用磨砖机加工砖块。磨砖机的结构较多，常用的是辊型磨砖机，见图19-3-9，其技术性能见表19-3-13。

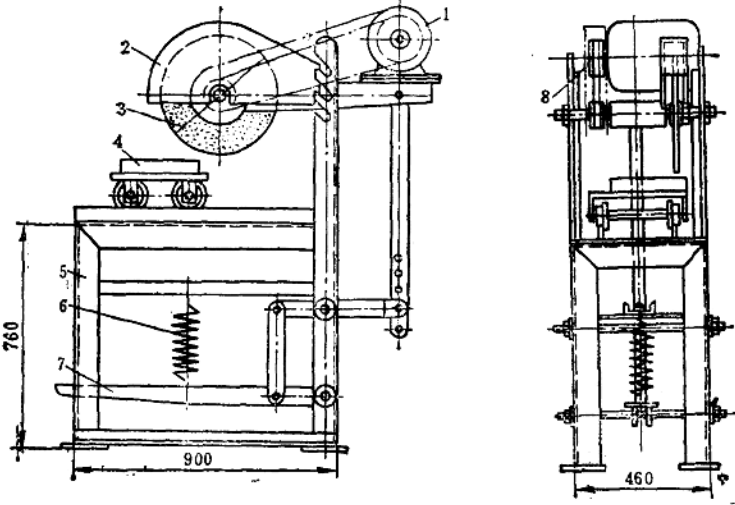


图19-3-8 切砖机

1—电动机 2—砂轮罩 3—砂轮 4—切砖小车 5—机架 6—弹簧 7—脚踏板 8—安全罩

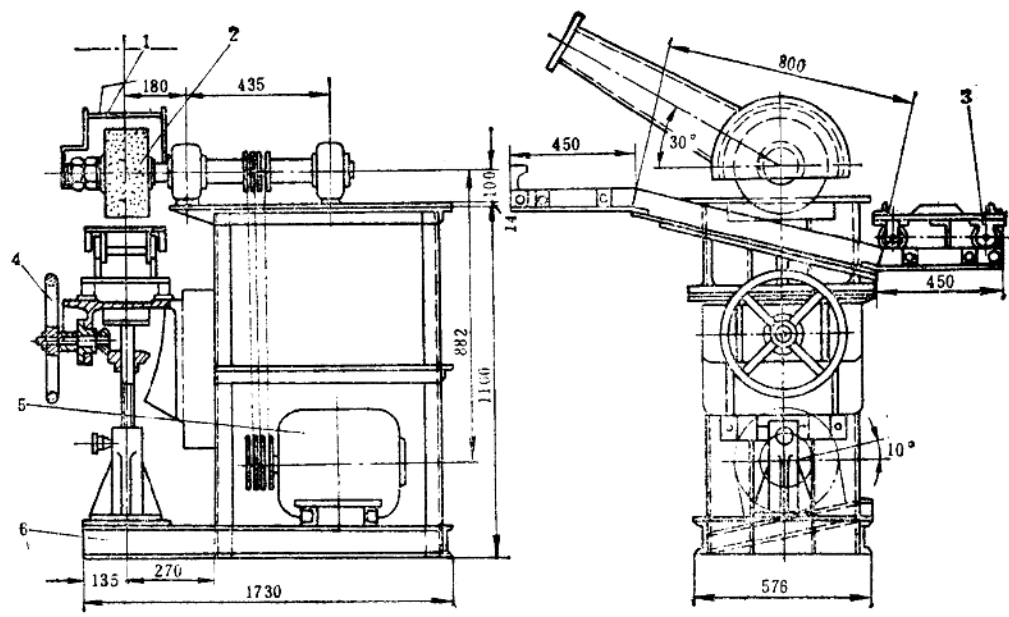


图19-3-9 辊型磨砖机

1—抽尘罩 2—砂轮 3—小车 4—手轮和升降台 5—电动机 6—机架

表19-3-13 辊型磨砖机的技术性能

主要技术规范	数据
砂轮规格 (mm)	$\phi 280 \times 160$ (或 185)
生产能力 (面/台班)	220
主轴转速 (r/min)	1860
电动机功率 (kW)	4.5
外形尺寸 (mm)	1300×1560×1680

操作前，应对磨砖机的各部位及排尘系统进行检查。待空运转正常后，方能上机工作。操作时，先把要加工的砖夹牢于小车上，然后再启动排尘风机和机头。操作人员必须站在机头的侧面，一手掌握小车，一手控制小车升降的手摇盘，以便随时控制小车的升降。小车进入机头时，应垂直平稳地接触，此时小车在机头下往复来回，达到磨砖要求为止。

磨砖机用后必须进行清理工作。

(6) 锤式粉碎机 许多工厂将回收的焦炭加以粉碎，用于修砌冲天炉炉膛和浇包。锤式旧焦粉碎机见图19-3-10，其技术性能见表19-3-14。

电动机通过大皮带轮带动转子作高速旋转，在

转子上悬挂着24个由铸铁制成的小锤。小锤共分6排，每排4个。从进口口加入回收的焦炭块，经高速旋转的小锤直接锤击，和物料与物料、物料与壳体的反复撞击，粉碎成粉末。合格的焦粉通过筛子板落入储粉箱内，需要时取用。较粗的焦炭块留在筛子板上继续粉碎。

表19-3-14 旧焦粉碎机的技术性能

主要技术规范	数据
生产能力 (kg/h)	500
主轴转速 (r/min)	1400
电动机功率 (kW)	14
外形尺寸 (mm)	1200×450×450

(7) 筑炉升降机 冲天炉熔化带处的炉衬侵蚀最为严重，熔化带一般离地面较高，每次修磨都要搭脚手架，操作时上下十分不便。采用筑炉升降机，由设在架上的电动机倒顺开关控制升降，可以减轻筑炉工的劳动强度，提高劳动生产率。

实践证明，在高温和多尘的场合下，采用铰车式升降机（图19-3-11）较为简单可靠。升降机要