

# 电炉

电炉是用电加热实现预期工艺目的(如物料的冶炼、熔化、加热、热处理、烧结、烘干等)的电热设备。应用学科：电力（一级学科）；配电与用电（二级学科）

电炉分为工业电炉和家用电炉两种，工业电炉又分为电阻炉、感应炉两种，随着现代工业技术的发展感应炉成为电炉中最为节能的电转换加热方式，广泛应用于家庭、医药、化工、冶金、等多个领域。

优点



CRLB-1500S 高级封闭式电炉

同燃料炉比较，电炉的优点有：炉内气氛容易控制，甚至可抽成真空；物料加热快，加热温度高，温度容易控制；生产过程较易实现机械化和自动化；劳动卫生条件好；热效率高；产品质量好；且更加环保对与日趋严重的环境问题是一个很好的产品等。冶金工业上电炉主要用于钢铁、铁合金、有色金属等的熔炼、加热和热处理。19 世纪末出现了工业规模的电炉，20 世纪 50 年代以来，由于对高级冶金产品需求的增长和电费随电力工业的发展而下降，电炉在冶金炉设备中的比额逐年上升。电炉可分为电阻炉、感应炉（神光电炉）、电弧炉、等离子炉、电子束炉等。

电阻炉

以电流通过导体所产生的焦耳热为热源的电炉。按电热产生方式，电阻炉分为直接加热和间接加热两种。在直接加热电阻炉中，电流直接通过物料，因电热功率集中在物料本身，所以物料加热很快，适用于要求快速加热的工艺，例如锻造坯料的加热。这种电阻炉可以把物料加热到很高的温度，例如碳素材料石墨化电炉，能把物料加热到超过 2500℃。直接加热电阻炉可作成真空电阻加热炉或通保护气体电阻加热炉，在粉末冶金中，常用于烧结钨、钼、铌等制品。采用这种炉子加热时应注意：①为使物料加热均匀，要求物料各部位的导电截面和电导率一致；②由于物料自身电阻相当小，为达到所需的电热功率，工作电流相当大，

因此送电电极和物料接触要好,以免起电弧烧损物料,而且送电母线的电阻要小,以减少电路损失;③在供交流电时,要合理配置短网,以免感抗过大而使功率因数过低。电阻炉热效益不高时他的一个缺点。

大部分电阻炉是间接加热电阻炉,其中装有专门用来实现电-热转变的电阻体,称为电热体,由它把热能传给炉中物料

#### 电渣重熔

这种电炉炉壳用钢板制成,炉膛砌衬耐火材料,内放物料。最常用的电热体是铁铬铝电热体、镍铬电热体、碳化硅棒和二硅化钼棒。根据需要,炉内气氛可以是普通气氛、保护气氛或真空。一般电源电压 220 伏或 380 伏,必要时配置可调节电压的中间变压器。小型炉 (<10 千瓦) 单相供电,大型炉三相供电。对于品种单一、批料量大的物料,宜采用连续式炉加热。炉温低于 700℃ 的电阻炉,多数装置鼓风机,以强化炉内传热,保证均匀加热。用于熔化易熔金属(铅、铅铋合金、铝和镁及其合金等)的电阻炉,可做成坩埚炉;或做成有熔池的反射炉,在炉顶上装设电热体。电渣炉是由溶渣实现电热转变的电阻炉(见电渣重熔)。

感应炉  
利用材料的感应电热效应而使物料加热或熔化的电炉。感应炉的基本部件是用紫铜管绕制的感应圈。感应圈两端加交流电压,产生交变的电磁场,导电的物料放在感应圈中,因电磁感应在物料中产生涡流,受电阻作用而使电能转变成热能来加热物料;所以,也可认为感应电热是一种直接加热式电阻电热。国内知名生产商河北恒远电炉制造有限公司等



SX2-2-9 箱式电炉(马弗炉)

感应电热的特点是在被加热物料中转变的电热功率(电流分布)很不均匀,表面最大,中心最小,称为趋肤效应。为了提高感应加热的电热效率,供电频率

要合宜，小型熔炼炉或对物料的表面加热采用高频电，大型熔炼炉或对物料深透加热采用中频或工频电。感应圈是电感量相当大的负载，其功率因数一般很低。为了提高功率因数，感应圈一般并联中频或高频电容器，称为谐振电容。感应圈和物料之间的间隙要小，感应圈宜用方形紫铜管制作，管内通水冷却，感应圈的匝间间隙要尽量小，绝缘要好。感应加热装置，主要用于钢、铜、铝和锌等的加热及熔铸，加热快，烧损少，机械化和自动化程度高，适合配置在自动作业线上。

### 感应炉系列加热炉特点

加热速度快、生产效率高、氧化脱炭少、节省材料与锻模成本

由于中频感应加热的原理为电磁感应，其热量在工件内自身产生，普通工人用中频电炉上班后十分钟即可进行锻造任务的连续工作，不需烧炉专业工人提前进行烧炉和封炉工作。不必担心由于停电或设备故障引起的煤炉已加热坯料的浪费现象。由于该加热方式升温速度快，所以氧化极少，每吨锻件和烧煤炉相比至少节约钢材原材料 20-50 千克，其材料利用率可达 95%。由于该加热方式加热均匀，芯表温差极小，所以在锻造方面还大大的增加了锻模的寿命，锻件表面的粗糙度也小于 50um。

工作环境优越、提高工人劳动环境和公司形象、无污染、低耗能

感应加热炉与煤炉相比，工人不会再受炎炎烈日下煤炉的烘烤与烟熏，更可达到环保部门的各项指标要求，同时树立公司外在形象与锻造业未来的发展趋势。感应加热是电加热炉中最节能的加热方式由室温加热到 1100℃ 的吨锻件耗电量小于 360 度。

加热均匀，芯表温差极小，温控精度高

感应加热其热量在工件内自身产生所以加热均匀，芯表温差极小。应用温控系统可实现对温度的精确控制提高产品质量和合格率。

感应加热炉具有体积小，重量轻、效率高、热加工质量优及有利环境等优点正迅速淘汰燃煤炉、燃气炉、燃油炉及普通电阻炉，是新一代的金属加热设备。

### 芯感应炉

工业上应用的感应熔化炉有坩埚炉（无芯感应炉）和熔沟炉（有芯感应炉），见图 2 感应炉炉体结构示意图。坩埚用耐火材料或钢制成，容量从几公斤到几十吨。其熔炼特点是坩埚中熔体受电动力作用，迫使熔池液面凸起，熔体自液面中心流向四周而引起循环流动。这种现象称为电动效应，可使熔体成分均匀，缺点是炉渣偏向周边，覆盖性差。与熔沟炉比较，坩埚炉操作灵活，熔炼温度高，但功率因数低，电耗较高。熔沟炉的感应器由铁芯、感应圈和熔沟炉衬组成，熔沟为一条或两条带状环形沟，其中充满与熔池相联通的熔体。在原理上，可以把熔沟炉看作是次级只有一匝线圈而且短路的铁芯变压器。感应电流在熔沟熔体中流动，而实现电热转变。

生产中，每炉金属熔炼完毕后，不能把熔池放空，不然容易干枯，一定要保留一部分熔体作为下一炉的起熔体。熔沟温度比熔池高，又承受熔体流动的冲刷，所以熔沟炉衬容易损坏，为便于维修，现代炉子的感应器制成便于更换的装配件。熔沟炉的容量从几百公斤到百余吨。熔沟炉供工频电，由于有用硅钢片制作的铁芯作磁通路，电效率和功率因数都很高。熔沟炉主要用于铸铁、铜、锌、黄铜等的熔化，还可作为混熔炉，用来贮存和加热熔体。

### 电弧炉

利用电弧热效应熔炼金属和其他物料的电炉。按加热方式分为三种类型：①间接加热电弧炉。电弧在两电极之间产生，不接触物料，靠热辐射加热物料。这

种炉子噪声大，效率低，渐被淘汰。②直接加热电弧炉。电弧在电极与物料之间产生，直接加热物料；炼钢三相电弧炉是最常用的直接加热电弧炉（见电弧炉炼钢）。③埋弧电炉，亦称还原电炉或矿热电炉。电极一端埋入料层，在料层内形成电弧并利用料层自身的电阻发热加热物料；常用于冶炼铁合金（见铁合金电炉），熔炼冰镍、冰铜（见镍、铜），以及生产电石（碳化钙）等。

#### 真空电弧炉

是在抽真空的炉体中用电弧直接加热熔炼金属的电炉。炉内气体稀薄，主要靠被熔金属的蒸气发生电弧，为使电弧稳定，一般供直流电。按照熔炼特点，分为金属重熔炉和浇铸炉。按照熔炼过程中电极是否消耗（熔化），分为自耗炉和非自耗炉，工业上应用的大多数是自耗炉。真空电弧炉用于熔炼特殊钢、活泼的和难熔的金属如钛、钼、铌（见真空冶金）。

电弧电热可以认为是弧阻电热。电弧（弧阻）稳定是炉子正常生产的必要条件。交流电弧炉通常采用工频电，为使电弧稳定，炉子供电电路中要有适当的感抗，但是存在感抗会降低功率因数和电效率。降低电流频率是发展交流电弧炉的途径。弧阻阻值相当小，为获得必要的热量，炉子需要相当大的工作电流，因此炉子短网的电阻要尽量小，以免电路损耗过大。对于三相电弧炉，要使三相的阻抗接近一致，以免三相负荷不平衡。

#### 等离子炉



SYD-2806 石油沥青软化点试验器(配电炉)

利用工作气体被电离时产生的等离子体来进行加热或熔炼的电炉。产生等离子体的装置，通常叫作等离子枪，有电弧等离子枪和高频感应等离子枪两类。把工作气体通入等离子枪中，枪中有产生电弧或高频（5~20兆赫）电场的装置，工作气体受作用后电离，生成由电子、正离子以及气体原子和分子混合组成的等离子体。等离子束从等离子枪喷嘴喷出后，形成高速高温的等离子弧焰，

温度比一般电弧高得多。最常用的工作气体是氩，它是单原子气体，容易电离，而且是惰性气体，可以保护物料。工作温度可高达 20000℃；用于熔炼特殊钢、钛和钛合金、超导材料等。炉型有配置水冷铜结晶器炉、中空阴极式炉、配置感应加热的等离子炉、有耐火材料炉衬的等离子炉等（见等离子冶金）。

#### 电子束炉

用高速电子轰击物料使之加热熔化的电炉（图 4 电子束炉示意）。在真空炉壳内，用通低压电的灯丝加热阴极，使之发射电子，电子束受加速阳极的高压电场的作用而加速运动，轰击位于阳极的金属物料，使电能转变成热能。因为电子束可经电磁聚焦装置高度密集，所以可在物料受轰击的部位产生很高的温度。电子束炉用于熔炼特殊钢、难熔和活泼金属。工业上用的电炉分类为两类：周期式作业炉和连续式作业炉。

周期式作业炉分为：箱式炉、密封箱式炉，井式炉，钟罩炉，台车炉，倾立式滚筒炉。连续式作业炉分为：窑车式炉，推杆式炉，辊底炉，振底炉，转底炉，步进式炉，牵引式炉，连续式滚筒炉，传送带式炉等。其中传送带式炉可分为：有网带式炉、冲压链板式炉、铸链板式炉等...

#### 电热炉

电热炉可使用金属发热体或非金属发热体来产生热源，其构造简单，用途十分广泛是它的主要特色，可广泛应用于退火、正常化、淬火、回火、渗碳及渗碳氮化等。主要的金属发热体包括 Ni-Cr 电热线（最常见，最高用至 1200℃）、Mo-Si 合金及 W、Mo 等纯金属；非金属发热体包括 SiC（最常见，最高可加热至 1600℃）、LaCrO<sub>3</sub> 及石墨棒（真空或保护气氛下可加热至 2000℃）。

##### (1) 电炉具有的优点

- 1) 与燃料炉相比容易得到高温。
- 2) 可从材料内部加热使其升温。
- 3) 便于在可控气氛炉和真空炉中使用。
- 4) 电炉没有燃料炉的排烟热损失，所以热效率高。
- 5) 容易控制温度，便于遥控、细调。
- 6) 能进行快速加热。
- 7) 操作性能好，不污染环境。

##### (2) 电炉存在的缺点

- 1) 需要增加配电设备费用。
- 2) 电力成本高。
- 3) 电阻加热温度超过 1000℃时，耐火材料有可能导电，需要注意绝缘问题。

#### 主要种类

##### 1. 工业炉

工业炉：分为电炉和燃烧炉（狭义的工业炉指燃烧炉）

##### 2. 主要产品

七大类：电阻炉、感应炉、真空炉、电子束炉、热处理（或熔炼）机组、热处理辅助设备、燃烧炉。

##### 三. 电阻炉：三大部件：加热器、炉衬、耐热构件

##### 1. 分为周期式及连续式两大类

##### 2. 周期式炉的特征：

##### A. 炉料同时加入同时取出

- B. 加热时炉料基本不动（特殊情况除外：如滚筒炉，辊底炉）
  - C. 工作区内力求温度均匀
3. 周期式电阻炉的分类
- A. 箱式炉
  - B. 台车炉（分为自行式和牵引式），用作退火之用，加热后工件随炉冷却
  - C. 井式炉
  - D. 罩式炉（主要用于退火，加热罩可吊移）
  - E. 底升式罩式炉（罩子固定，升降底座，适用于大型炉子）
  - F. 转筒式炉
  - G. 密封箱式炉（又称为多用炉，可进行渗碳、光洁淬火、碳氮共渗等热处理工艺。采用辐射管加热，辐射管是由耐火陶瓷盘固定的电阻丝装于一个密封耐热钢管中，这样的结构使炉内气氛对加热元件不会有影响）
4. 连续式电阻炉
- A. 推送式炉
  - B. 传送带式炉
  - C. 网带炉（适用于薄小零件的退火、烧结、钎焊及固溶处理。结构类似传送带式炉）
  - D. 连续式转筒炉
  - E. 辊底炉（料盘在辊子上运动）
  - F. 转底炉

#### 电炉变压器

电炉变压器是指专为各种电炉提供电源的变压器。工业用电炉变压器大致可分为3类：电阻炉变压器、电弧炉变压器和感应炉变压器。

电阻炉变压器用于机械零件加热、热处理、粉末冶金烧结、有色金属熔炼等的电阻炉和盐浴炉。由于其发热体的电阻太小，或者在升温过程中发热体电阻的变化太大，所以需要在炉子和电力网之间配备一台电阻炉变压器，以降低和调节电炉的输入电压。

电弧炉变压器 给用于钢铁冶炼的电弧炉供电的专用变压器。容量大，结构复杂，技术要求较高。其副边电压低，一般从数十伏到数百伏，并要求能在较大范围内调节；副边电流往往达数千至数万安。此外在钢铁冶炼中，熔化期需要功率大，要求变压器能在2小时内有20%的过载能力。在炼钢过程中，由于炉料的倒塌容易造成电极短路，所以电弧炉变压器的原边应串入限流电抗器，或使其具有较大的阻抗，以限制短路电流。

感应炉变压器 用于熔化黑色和有色金属的感应炉，实质上是一台特殊的电炉变压器。变压器原绕组连接电源，副绕组实际上只有一匝，它就是装在熔化槽内的熔化金属。当原绕组通有电流时，副绕组就产生感应电流，在槽中流通，从而发出热量，使金属熔化。

#### 电炉结构

整套电炉设备包含中频电源柜，补偿电容，炉体（两个）及水冷电缆、减速机。炉体由炉壳、感应圈、炉衬、倾炉减速箱等四个部分组成，炉壳用非磁性材料制成，感应线圈是由矩形空心管制成的螺旋状筒体，熔炼时管内通冷却水。线圈引出铜排与水冷电缆连通，炉衬紧靠感应圈，由石英砂打实烧结而成，炉体的倾动由倾炉减速箱直接转动。倾炉减速箱系二级涡轮变速，自锁性能好，转动平

稳可靠，出现紧急断电时看收工倾炉，避免危险。可以通过选炉开关对两台炉体的倾炉减速箱电动机的控制进行选择，带有四芯橡皮线的开关盒能使操作者站在合适位置对炉体的倾动，复位进行点动控制。

#### 电炉操作规程

- 1、操作人员必须了解以下几点：
  - A、电炉及其辅助设备的结构和性能。
  - B、配电系统、控制系统的布置及安全装置的位置等。
  - C、操作工艺和安全操作规程。
- 2、运行前准备工作检查
  - A、设备的电源是否正常，是否有断相、短路或裸线等情况。
  - B、检查接地装置接线处的接触是否良好。
  - C、检查加热元件是否有损坏的地方，各连接处的接触是否良好，有否与炉体及罩壳相接触的地方。
  - D、检查温控系统是否有不正常的现象。
  - E、检查炉门升降、台车进出运行是否正常。
- 3、带有腐蚀性、挥发性、爆炸性气体的工件严禁进入炉体加工，以免影响加热元件和耐火材料使用寿命及引起爆炸等事故。
- 4、电炉不得超温运行，否则会缩短设备的使用寿命。
- 5、工件均匀堆放，离加热元件应在 100-150mm 左右。
- 6、氧化皮太多的工件进炉前需清除，可用钢丝刷刷下。
- 7、严禁野蛮操作，工件应轻放，避免冲击。
- 8、电炉使用时操作人员不得擅自离开岗位，必须随时注意电炉的工作状况是否正常，
- 9、电炉在进行装卸工件时，必须先切断加热元件电源，以保证操作人员的安全。
- 10、炉膛的氧化物（包括电炉丝下）应经常清理，至少每周一次或五炉次一次。炉底板下可用压缩空气吹。
- 11、电阻丝如经使用后，就不得碰撞拗折，以免断裂。
- 12、电炉电动机需定期检查，添加润滑油等，注意使用安全。
- 13、定期检查加热元件的使用情况。加热元件经短期使用后便不得拗折、碰撞。如尚未严重腐蚀而折断时，可用与电炉丝相同的材料（或电炉丝本身）作为焊条，采用乙炔气进行加热焊接，焊条采用 50%白云粉末混合而成，若加热元件严重腐蚀不能使用时，则应另行更换。
- 14、定期校验仪表、热电偶的偏差情况，防止因仪表、热电偶的误差造成测温不正确而影响产品质量。