

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B09B 3/00 (2006.01)

F23G 7/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200310121342.0

[45] 授权公告日 2009年3月18日

[11] 授权公告号 CN 100469467C

[22] 申请日 2003.12.12

[21] 申请号 200310121342.0

[73] 专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100080 北京市海淀区北四环西路15号

[72] 发明人 盛宏至 魏小林 吴承康

[56] 参考文献

CN1040148A 1990.3.7

US4770109A 1988.9.13

CN2469328Y 2002.1.2

CN1217775A 1999.5.26

CN2665535Y 2004.12.22

US4644877A 1987.2.24

JP2002-235916A 2002.8.23

US4831944A 1989.5.23

审查员 陈辉

[74] 专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理有限公司

代理人 王凤华

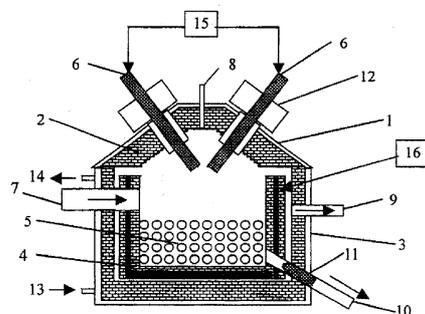
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

[54] 发明名称

采用等离子体弧与电热复合裂解有机废物的装置和方法

[57] 摘要

本发明涉及采用等离子体弧与电热复合裂解有机废物的装置和方法，装置包括等离子体弧炉，炉体内侧设有耐火材料、隔热材料衬及冷却水套，炉体上设有进料口、排气口和出渣口；炉体顶部设有工作气体进口；至少两个与电源连接的电极斜插在炉体顶部，其底部设有坩埚；坩埚上设置独立加热元件，电热元件连接至电源，炉壁上安装有测温、控温用的热电偶。本发明采用等离子体弧与电热复合加热有机物的裂解装置和工艺，采用在等离子体弧炉的坩埚上设置加热元件的结构，由于独立的加热不需依赖熔渣的导电，就可采用焦耳电热效应加热废物，因此可将裂解温度控制在 1273 - 1773K 的较低温度下，节约电能消耗。电阻加热方式不需要事先将电能转化为等离子体再加热废物，可以达到 100% 的电热效率。



1、一种采用等离子体弧与电热复合裂解处理有机废物的装置，其特征在于，包括一等离子体弧炉，该炉体内侧设有耐火材料及隔热材料衬和冷却水套，炉体上设有进料口、排气口和出渣口；炉体顶部设有工作气体进口；至少两个与电源连接的电极斜插在炉体顶部，在等离子体弧炉炉膛的底部设有坩埚；其特征在于，所述的坩埚上设置独立加热元件，该独立加热元件连接至可调功率的交流或直流电源，炉壁上安装有测温、控温用的热电偶。

2. 按权利要求 1 所述的采用等离子体弧与电热复合裂解处理有机废物的装置，其特征在于，所述的独立加热元件包括：高温电热丝、硅碳棒、硅钼棒或其它导电加热材料，该独立加热元件均匀地包裹在坩埚外壁上或嵌入坩埚体内。

3 按权利要求 1 所述的采用等离子体弧与电热复合裂解处理有机废物的装置，其特征在于，所述的坩埚采用氧化铝或氧化镁的非导电材料制作，或者采用石墨导电耐火材料制作的。

4. 按权利要求 2 所述的采用等离子体弧与电热复合裂解处理有机废物的装置，其特征在于，所述的独立加热元件均匀地包裹在坩埚外壁上：最内层为导电耐火材料构成的坩埚，其坩埚外面包裹一层绝缘耐火材料，绝缘耐火材料之外包裹着所述的独立加热元件。

5. 按权利要求 2 所述的采用等离子体弧与电热复合裂解处理有机废物的装置，其特征在于，所述的独立加热元件嵌入坩埚内结构为下述方式：所述的独立加热元件为硅碳加热元件，该硅碳加热元件包裹在非导电耐火材料构成的坩埚体内上，然后在硅碳加热元件外再套一大小相配的非导电耐火材料构成的坩埚外层。

6. 按权利要求 1 所述的采用等离子体弧与电热复合裂解处理有机废物的装置，其特征在于，所述的独立加热元件的电源采用三相交流，自耦式变压器，该自耦式变压器的输出电压为 40~480 V。

7. 一种应用权利要求 1 所述的等离子体弧与电热复合裂解处理有机废物的装置进行裂解处理方法，其特征在于，包括按以下步骤顺序进行：

(1) 将待处理的固体废物进行前处理工序，和通过输料系统间歇或连续加

入等离子体弧炉内的坩埚中；

(2) 在等离子体弧炉内进行处理，其中裂解处理的工作气体为还原性气体，工作气体内的氧含量与废物完全反应的需氧量之比小于 0.3，裂解处理温度为 1273K—1573K；

(3) 从等离子体弧炉裂解后排出的气体进入尾气处理系统，经过常规尾气急冷降温、净化、酸性气体处理、颗粒物分离处理工艺；

(4) 将步骤(3)分离的颗粒物和气体分别按常规方法回收。

8、按权利要求 7 所述的处理有机废物的装置进行裂解处理方法，其特征在于，还包括在步骤(3)中气体进入尾气处理系统时，加入用于中和尾气中酸性物质的碱性物质。

9. 按权利要求 8 所述的处理有机废物的装置进行裂解处理方法，其特征在于，所述的碱性物质包括：氧化钙、氢氧化钠或氢氧化钾，加入数量根据尾气中所含的酸性气体量确定。

采用等离子体弧与电热复合裂解有机废物的装置和方法

技术领域

本发明涉及一种等离子体裂解有机废物的装置，特别是涉及一种采用等离子体弧与电热复合裂解有机废物的装置和方法。

背景技术

有机废弃物不仅本身的成分极其有害，而且还可能包含有各种其它的有毒有害成分。如医疗废物携带的细菌病毒有极强的传染性，化学废物包含多环芳烃、多氯联苯等有毒有害的有机物，因而必须进行有效的处理处置。当前，医疗废物和其他有机废弃物的处理已成为一个重要的环保议题，社会各界十分关注无害化的处理方法。采用焚烧方法可以彻底消灭病原体，但容易释放有害气体，产生二次污染，例如可能会产生多氯代二苯并二噁英与多氯代二苯并呋喃（PCDDs 与 PCDFs，简称二噁英类）等有害物质，成为新的污染源。

使用等离子体技术裂解处理危险废物，可以克服传统填埋、焚烧法的缺点，其具有高效、环保的优点。目前国内外已有一些专利，公开了采用等离子体技术，依靠电能来裂解有机废弃物。

美国星科（Startech）环境公司发展的直流等离子体专利技术，可以处理包括化学武器在内的多种废物，但技术复杂，设备成本昂贵。

卡尔特（美国专利 5280757）用电弧等离子体气化城市固体废物；巴顿（美国专利 4644877）和贝尔（美国专利 4431612）用电弧等离子体破坏多氯联苯（PCBs）等，但这些方法均需更换电极，使得成本较高。

德国格里马（中国专利 89105527.4）专利公开了采用水蒸汽等离子体气氛和直流等离子体技术，澳大利亚联邦科学和工业研究组织（中国专利 93103682.8）采用惰性气体等离子体气氛和直流等离子体技术，但反应仅在陶瓷管内进行，反应空间小，给工业化带来困难。

浙江巨圣氟化学有限公司（中国专利 00128708.7）采用直流等离子体处理有

机卤化物，但此法不适合处理医疗废物。

王忠义、黄少青（中国专利 01206033.X）采用直流等离子体处理医疗废物，但是存在过量空气过多，尾气量过大，NO_x 排放量大的缺点。

综上所述，上述已有的等离子体裂解技术存在许多缺点，如：多数采用直流等离子体炬技术，设备复杂，电热效率不高；全部能量来自等离子体，技术复杂，设备昂贵，电热效率较低，耗电量大，成本较高，给实用化带来困难。特别对于医疗废物等体积大，密度低的废物，当完全采用等离子体加热裂解时，需要采用技术复杂的等离子体炬技术，或者采用转动等离子体炬，或者采用多个特殊布置的等离子体炬，利用工作气体的流动，使容积较大的反应器温度达到比较均匀，保证较高的裂解速度和比较彻底的裂解率。电热效率较高的等离子体弧技术，能量集中，适合小容积高温加热，如高温金属冶金，但由于等离子体弧高温区域过小，能量密度过高，温度均匀性很差。

针对上述缺点，美国巴特勒-迈默瑞尔研究所（Battele Memorial Institute）在直流等离子体弧熔融裂解炉中，加入三根石墨电极，通入三相交流电，利用导电的熔渣形成的熔池形成导电回路，产生焦耳电热效应（电阻热效应）加热熔渣，进而通过熔渣加热并裂解落入熔渣中的废物（中国专利申请号 96192788.7）。但是，炉渣一般在凝结状态不导电，这种辅助加热方式必须先用等离子体加热，熔融大量炉渣，得到导电的炉渣，才能用电热法加热，并对熔融炉渣的导电性有要求，需要根据导电性加入炉渣材料。由于炉渣熔点较高，处理温度必须高于熔点才能得到导电的熔渣，系统需要加入较多的能量，而且电流不易控制。此技术称为电弧等离子体增强熔融器，由美国集成环境技术公司（IET）成产品，注册商标为 PEM —— Plasma Enhanced Melter。

本申请人在中国专利 ZL96119824.9 中公开了一种交流等离子体电弧炉，在此引入与前述专利一并作为参考。

发明内容：

本发明的目的在于：为了克服一般采用单纯利用焦耳电热效应的电炉慢速加热，低挥发温度元素及金属气化，会富集在排气中，污染尾气，造成加大尾气处理系统的负担的缺点；以及针对等离子体电弧温度高，但难以将热量均匀地分布在较大的反应器空间，高温区域小的缺点；从而提供一种采用发热元件，利用焦

耳电热效应加热反应器坩埚，扩大高温区域，与采用等离子体弧技术相结合的复合裂解有机废物的装置和方法。

本发明的目的是这样实现的：

本发明提供一种采用等离子体弧与电热复合裂解有机废物的装置，包括一等离子体弧炉，该炉体内侧设有耐火材料、隔热材料衬及冷却水套，炉体上设有进料口、排气口和出渣口；炉体顶部设有工作气体进口；至少两个与电源连接的电极斜插在炉体顶部，与等离子体电源连接，在等离子体弧炉炉膛的底部设有坩埚；其特征在于，所述的坩埚上设置独立加热元件，该独立加热元件连接至可调功率的电源；炉壁上安装有测温、控温用的热电偶。

所述的独立加热元件包括：高温电热丝，硅碳棒，硅钼棒等导电加热材料，该加热元件均匀地包裹在坩埚外壁上或嵌入坩埚体内。

所述的坩埚采用氧化铝或氧化镁等非导电材料制作，或者采用石墨等导电材料制作的；当采用石墨等导电材料坩埚时，为防止短路，出现焦耳电热效应不可控的现象，在发热元件与石墨坩埚之间衬有绝缘材料层。

所述的电源为可调功率的交流或直流电源；交流电源为三相交流电源，变压器无需电抗器，需要自耦式变压器，电压40~480V。

所述的热电偶包括：铂铑-铂、双铂铑热电偶或钨铼热电偶。

本发明提供一种采用等离子体弧与电热复合裂解有机废物的方法，包括按以下步骤顺序进行：

(1) 将待处理的固体废物进行前处理工序，和通过输料系统间歇或连续加入本发明提供的等离子体弧与电热复合裂解炉的坩埚内；

(2) 在等离子体弧与电热复合裂解炉内进行固体废物的裂解处理，其中裂解处理的工作气体为还原性气体或其它气体，工作气体内的氧含量与废物完全反应的需氧量之比小于0.3，裂解处理温度为1273K—1573K；

(3) 从等离子体电弧炉裂解后排出的气体进入尾气处理系统，经过常规尾气急冷降温、酸性气体净化处理、颗粒物分离处理工艺；

(4) 将步骤(3)分离的颗粒物和气体分别按常规方法回收。

所述前处理工序包括对待处理的固体废物进行常规破碎和/或气化工序。

所述其它气体包括：惰性气体或水蒸气。

还包括在步骤(3)的酸性气体处理时，加入用于中和尾气中酸性物质的碱

性物质，该碱性物质包括：氧化钙、氢氧化钠或氢氧化钾。

还包括在步骤（2）中添加用于生成玻璃体的金属氧化物、硅化合物、钙化合物及铁到等离子体电弧炉内，其添加重量份为：硅化合物 20~40 份，钙钠化合物 30~50 份，铁和金属氧化物 20~40 份。

所述的硅化合物为二氧化硅。

所述的钙化合物为碳酸钙。

所述的钠化合物为碳酸钠。

所述铁和金属氧化物包括：三氧化二铁、四氧化三铁、金属铁片、铝块或片。

本发明等离子体复合加热裂解装置和工艺，采用在等离子体弧炉的坩埚上设置加热元件的结构，加热方式不同于美国巴特勒研究所的方法，采用独立的加热器件，不需要依赖熔渣的导电，就可以采用焦耳电热效应加热废物，因此可以将裂解温度控制在 1273-1773 K 的较低温度下，节约电能消耗。相比一般采用的等离子体炬加热方法，本发明采用焦耳电热效应辅助加热，尽管电热速度较慢，但焦耳电热效应加热方式不需要事先将电能转化为等离子体再加热废物，可以达到 100% 的电热效率，而且设备简单可靠，提高总效率，使电能消耗少。而且，对于相同裂解能力的等离子体裂解炉的，由于等离子体发生器和等离子体电源的功率大幅度下降，仅为纯等离子体炉的电功率的 20~50%，设备投资可以大幅度节约。本发明适合裂解不需要很高裂解温度的有机废物，如医疗废物等，不需要达到残渣熔融的温度就可以工作。

本发明与单纯利用焦耳电热效应的一般电炉相比，由于等离子体温度高，加热快，可以快速形成硅钙化合物，克服一般电炉的慢速加热，低挥发温度元素及金属气化，会富集在排气中，污染尾气，加大尾气处理系统负担的缺点。本发明采用等离子体弧技术可以有效控制尾气排放。

由于本发明不依赖炉渣的导电性，也不依赖坩埚导电，因而可以采用各种坩埚材料，不仅可以采用氧化气氛，更可以采用惰性或还原气氛裂解废物，当采用氧化性工作气时，工作气体内的氧含量与废物完全反应的需氧量之比小于 0.3，保证其裂解反应。也可以在反应器内加入水蒸气，制造合成气。

本发明还采用高频辅助起弧装置，并可以移动电极调整工作电压。

本发明适合裂解不需要很高裂解温度的有机废物，如医疗废物和一般化学品等，特别适合电子线路版等电子废物，不需要达到残渣熔融的温度就可以工作。

本发明所述的装置和工艺，能连续 24 小时持续运行或间断运行，可根据要求自行选择。

附图说明

图 1 等离子体弧与电热复合裂解炉结构示意图

图 2 加热材料在坩埚上的安装示意，图 2 a 为加热元件嵌入式，图 2 b 为加热元件包裹式。

图 1 和图 2 中：

上炉体 1	耐火材料 2	下炉体 3
坩埚 4	炉渣 5	电极 6
进料口 7	工作气入口 8	排气口 9
出渣口 10	堵塞 11	电极定位器 12
进水口 13	出水口 14	等离子体电源 15
电阻加热电源 16	非导电材料坩埚 21	加热元件 22
导电材料坩埚 23	绝缘材料 24	

图 3 等离子体弧与电热复合裂解有机废物工艺流程

具体实施方式

下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细地说明：

实施例 1

参见附图 1，制作一等离子体电弧炉，如图 1 所示的结构。上炉体 1 和下炉体 3 为钢制外壳，它们的内侧设有耐火材料及隔热材料衬 2，下炉体 3 的底部设有坩埚 4，在坩埚 4 与炉内壁之间加有隔热屏。

参考图 2b 为包裹式结构，最内层为导电耐火材料构成的坩埚 23，其坩埚 23 外面包裹一层绝缘耐火材料 24，绝缘耐火材料 24 之外包裹着加热元件 22。

在所制作的附图 1 等离子体电弧炉内，使用图 2b 所示的具有加热元件包裹坩埚的结构，结合进行有机废物的裂解处理，对本发明进行详细地说明，其工艺流程如图 3 所示。

炉的顶部相对插设有三个与电源（未示出）接通的电极 6（剖面图仅表示二个电极），该电极 6 为石墨电极。在实际应用时，可根据电源类型对称安装多于两个的电极，电极与炉轴心线形成的夹角角度在 0 到 90 度之间。等离子体电弧炉可以根据需要采用直流电源运行（电压 40-500V），或者采用交流工频电源（频

率 50-60Hz, 电压 40-350V), 电源带有饱和电抗器。交流电源可以为单相或三相供电, 也可以是三个单相供电。本实施例为三相工频供电。电极 6 可以是石墨或高温金属制成的热电极, 也可以是无氧铜等金属制造的水冷电极, 本实施例为石墨电极, 等离子体电源 15 与电极 6 电连接。等离子体通过炉内的电极端部间的放电形成, 不依赖炉料的导电特性。等离子体功率 150 kW, 电加热 100 kW, 处理医疗废物, 能力为 200~300 千克/小时。坩埚壁面温度范围 1273~1373 K, 电耗 0.6-1.3kW-h/kg, 本实施例裂解处理有机废物的工艺流程如图 3 所示。

所述的独立加热单元由一石墨材料构成的坩埚 23, 该坩埚 23 外包氧化铝绝缘材料 24, 电加热元件 22 采用高温电炉丝, 包裹在绝缘材料 24 外, 电热元件 22 的电源采用三相交流, 自耦式变压器, 输出电压为 40~480 V, 可以调整电热功率。

工作气体氢气由炉顶的中心设置的工作气入口 8 的通道进入, 由电极端部间的电弧电离为等离子气体。经前处理的废物(固体和气体)从位于上炉体 1 或下炉体 3 的入料口 7 进入炉内, 经与等离子体气体接触, 在高温下裂解。裂解后产生的气体从气体排放口 9 排出, 其中的无机物在石墨坩埚内形成金属层和熔融的炉渣层 5 沉积在坩埚 4 内, 再从坩埚 4 底部的熔融的炉渣 5 及金属排放口 10(或称谓出渣口)排出。排放口 10 内设有堵塞 11。等离子体电弧炉可在运行中从排放口 10 定期排出金属和熔融的炉渣, 可从中收集金属和玻璃体。其入料口 7 和气体排放口 9 布置在炉顶, 在实际应用时, 它们也可以布置在炉侧。

等离子体电弧炉采用水冷却, 如图 1 所示, 冷却水由进口 13 进入炉体, 由出口 14 排出, 通过该降温措施, 使炉体表面温度不高于环境温度 50℃。

所述的裂解工作气体为氢等离子体。

由于废物中几乎不含有酸性气体成份, 而且颗粒物极少, 可燃性气体直接送燃烧器燃烧, 省略了步骤(3)。

实施例 2

结合附图 1、2 和 3, 在实施例 1 的基础上对装置和方法进行进一步的描述。

其区别在于等离子体电弧部分: 水冷铜电极 2 根, 接直流等离子体电源, 等离子体功率 50 kW, 电加热 100 kW, 处理能力 120~180 千克/小时, 当坩埚壁面温度控制在 1473~1573 K 范围内时, 电耗为 0.9-1.2kW-h/kg。

采用电加热元件嵌入坩埚的结构。所述的坩埚为氧化镁材料制作的，与电热元件的组合参考图 2a。该结构为嵌入式的结构，硅碳加热元件 22 包裹在非导电耐火材料构成的坩埚 21 内层上，然后在加热元件 22 外再套一大小相配的非导电耐火材料构成的坩埚外层，形成嵌入结构，加热元件 22 由引出线接到电阻加热电源 16 上，电源使用三相交流、自耦式变压器，输出电压为 40~480 V。

本实施例用于处理电子废物，工艺区别在于：工作气体采用氩气，有少量空气与被处理材料一同进入坩埚，保证气体中氧含量与废物燃烧所需要的化学需氧量之比小于 0.3，并加入少量水蒸汽，形成合成气。

电子废物经过破碎，由螺旋给料机送入裂解炉上部的进料口，进入裂解炉处理。可燃的合成气从排气口排出。

由于合成气中含有各种有害成分，因此采用常规的尾气处理工艺进行后处理。尾气处理系统包括：喷水急冷降温，采用半干法处理酸性气体，处理时加入碱性物质用于中和尾气中酸性物质，然后采用袋式分离器收集尾气中的颗粒物。所述的碱性物质采用氧化钙，加入数量根据尾气中所含的酸性气体量确定。

洁净处理后的气体送发电机发电。

实施例 3

本实施例处理对象及加热元件嵌入式结构与实施例 2 相同，但实现嵌入式结构的方法不同。

本实施例的坩埚 4 为一体结构，材料为氧化铝，通过在上面打孔，将高温电热丝穿入，形成加热元件的嵌入结构，坩埚壁的温度在 1373~1473 K 范围内。还可以采用硅钼电热棒，事先埋入氧化镁的坩埚毛胚，加工成合适形状后烧结成型，形成加热元件嵌入结构。采用硅钼电热棒和氧化镁的组合可以得到较高的工作温度。

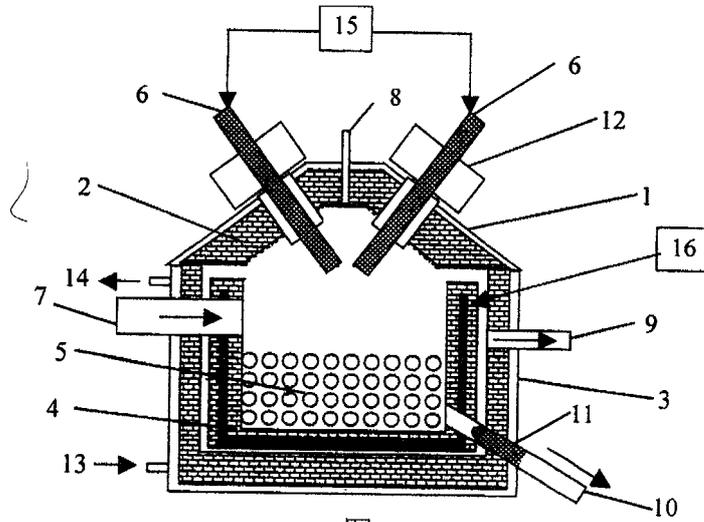


图 1

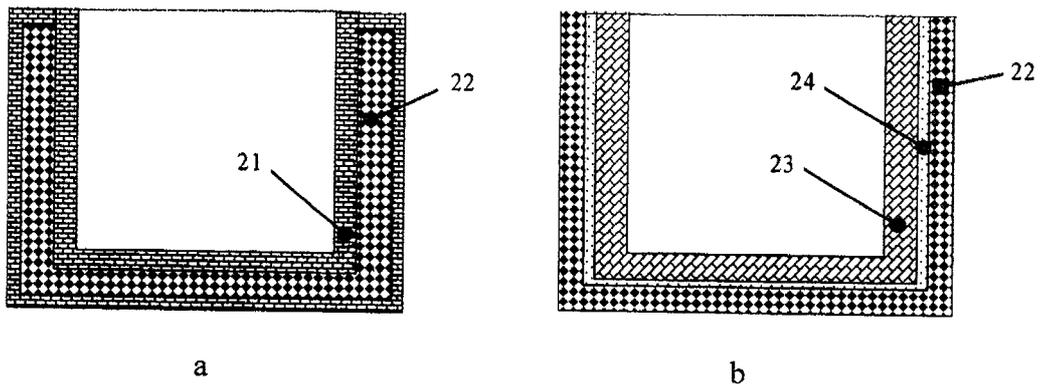


图 2

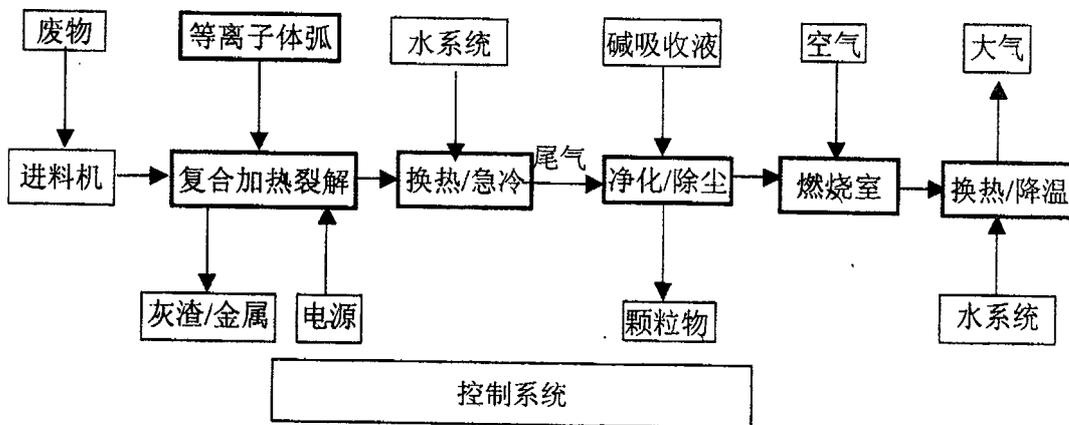


图 3