

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200310115199.4

[51] Int. Cl.

F23G 7/00 (2006.01)

F23G 5/00 (2006.01)

H05H 1/02 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 2 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 1300506C

[22] 申请日 2003.11.26

[21] 申请号 200310115199.4

[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

[56] 参考文献

DE 4038570A1 1992.6.11

CN 1217775A 1999.5.26

JP 7071733A 1995.3.17

CN 2660329Y 2004.12.1

JP 2002235916A 2002.8.23

审查员 钟德惠

[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 3 页 说明书 12 页 附图 3 页

[54] 发明名称

一种同时处理多种有机废物的等离子体多级  
裂解工艺和装置

[57] 摘要

本发明涉及一种同时处理多种有机废物的等离子体多级裂解方法和装置。该方法包括一级等离子体裂解炉采用还原性工作气体，产生的尾气是可燃性气体，进入二级裂解炉，为二级裂解炉提供辅助能源。二级裂解炉采用氧化性工作气体，可以节约电能消耗；如果采用并联布置，则一级裂解炉和二级裂解炉可以采用一套尾气处理设备。串联布置的一级裂解炉的尾气可以经过洗涤中和酸性气体进入二级裂解炉作为辅助燃料；二级裂解炉排出的可燃性气体经后处理，送到燃烧器燃烧或发电机发电。本发明提供的二级裂解炉的底部设置至少一个进气口，因此可以通过增加气体供应量来提高裂解温度，达到节约能源和时间的优点；两级裂解炉可以按照一体化设计，形成组合型炉体。



1. 一种进行同时处理多种有机废物的裂解方法，包括按以下步骤进行：

(1) 首先将适合一级裂解炉处理的固体废物进行前处理后，通过输料系统间歇或连续加入一级裂解炉内裂解；并通入还原气氛作为工作气体，工作气体是氢气、氩气、氮气或甲烷气，输入气体量为每小时 1 至 10 立方米；当炉内气体含氧，则氧含量与废物完全反应所需氧量之比小于 0.3，裂解处理温度为 1200K-3500K；

(2) 从一级裂解炉裂解后排出的可燃性气体进入二级裂解炉，包括在进入二级裂解炉之前，进行常规洁净化处理中和酸性气体；或者还包括添加用于生成玻璃体的硅化合物、钙化合物、钠化合物、铁和铁氧化物到一级裂解炉内，其添加量为硅化合物 20~40 份，钙钠化合物 30~50 份，铁和铁氧化物 20~40 份，均以重量份计算；

(3) 同时将适合二级裂解炉处理的固体废物直接送入二级裂解炉，或者先对其进行前处理后，通过输料系统间歇或连续加入二级裂解炉内；二级裂解炉的等离子炬的工作气体为氧化性气体，所述的氧化性气体是氧气或空气；二级裂解炉内还补充气体，所述的补充气体为空气和水蒸汽；补充气体可以将被处理废物吹动，在流态化状态下工作；

(4) 从二级裂解炉中排出的可燃性尾气，包括直接送到燃烧器燃烧或内燃发电机发电；或者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后，再送到燃烧器燃烧或内燃发电机发电；

(5) 将步骤(4)分离的颗粒物分别回收。

2. 按权利要求 1 所述的进行同时处理多种有机废物的裂解方法，其特征在于，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；所述铁和铁氧化物为：铁和四氧化三铁。

3. 一种进行同时处理多种有机废物的裂解方法，包括按以下步骤进行：

(1) 将适合一级裂解炉处理的固体废物进行前处理后，通过输料系统间歇或连续加入一级裂解炉内裂解；一级裂解炉内工作气体为还原气氛，所述的还原气体是氢气、氩气、氮气或甲烷气，输入气体量为每小时 1 至 10 立方米；当炉内气体含氧，则氧含量与废物完全反应所需氧量之比小于 0.3，裂解处理温度为 1200K-3500K；

(2) 同时将适合二级裂解炉处理的固体废物直接送入二级裂解炉，或对其进行前处理后，通过输料系统间歇或连续加入二级裂解炉内；二级裂解炉的工作气体为氧化性气体，所述的氧化性气体是氧气或空气；二级裂解炉还补充气体，所述的补充气体为空气和水蒸汽；

(3) 从一级裂解炉和二级裂解炉排出的可燃性气体，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后，送到燃烧器燃烧或内燃发电机发电；

(4) 将步骤(3)分离的颗粒物分别回收。

4. 按权利要求1或3所述的进行同时处理多种有机废物的裂解方法，其特征在于：所述的间歇方式加料的间歇时间为15秒钟—5分钟。

5. 一种权利要求1所述的同时处理多种有机废物的裂解方法的专用装置，包括一一级裂解炉和一二级裂解炉；其特征在于，所述的一级裂解炉与二级裂解炉两个炉膛连在一起公用一面炉膛壁，一级裂解炉和二级裂解炉前后串联做成一体炉；所述的一级裂解炉上有一个可开关的排气口，排气口连接一级裂解炉排气的净化装置的入口，净化装置的出口连接二级裂解炉的进气口；公用的炉壁面上开一通道，既是一级裂解炉排气口，同时是二级裂解炉的一个进气通道；通道内设有挡板开关，当采用通道排气的时候，排气口关闭；当使用排气口排气，则关闭通道内的挡板开关；所述的一级裂解炉工作气体采用氢气、氩气、氮气或甲烷气，采用交流或直流电源，所述的二级裂解炉等离子体炬的工作气体为氧化性气体，所述的氧化性气体是氧气或空气；二级裂解炉内还补充气体，所述的补充气体为空气和水蒸汽，采用直流电源。

6. 一种权利要求3所述的同时处理多种有机废物的裂解方法的专用装置，包括一一级裂解炉和一二级裂解炉；其特征在于，所述的一级裂解炉的排气口通过管道与所述的二级裂解炉的排气口相连，形成两级裂解炉的并联式布置。

7. 按权利要求5所述的同时处理多种有机废物的裂解方法的专用装置，其特征在于，所述的一级裂解炉包括一炉体，该炉体内侧设有耐火材料、隔热材料衬及冷却水套，炉体上设有入料口、气体排放口和废料排出口；炉体顶部设有工作气体进口；炉体底部设有坩埚；至少两个与电源连接的电极斜插在炉体顶部；还包括一个用于对所述至少两个的电极进行电极定位和辅助起弧的起弧定位装置。

8. 按权利要求7所述的同时处理多种有机废物的裂解方法的专用装置，其特征在于，所述起弧定位装置包括定位杆和用于驱动电极的步进电机，所述定位杆插设于炉体上的开孔内，并可沿该开孔径向移动，所述定位杆在电极定位和辅助起弧

---

时与电极接触，并在起弧后远离电极；所述定位杆上还可设有传感器。

9. 按权利要求 5 或 6 所述的同时处理多种有机废物的裂解方法的专用装置，其特征在于，所述的二级裂解炉包括一炉膛，其内侧设有耐火材料炉衬、隔热保温层及冷却水套，该炉膛壁上设有进料口和至少一个等离子体炬，多个等离子体炬交错布置；炉膛壁底部设有出渣口，炉膛壁顶部设有排气口，炉底或炉壁上还至少设有一个进气口，进气口通过带有控制阀的管道与气源连通。

10. 按权利要求 7 或 8 所述的同时处理多种有机废物的裂解方法的专用装置，其特征在于，所述的电极是石墨或高温金属制成的热电极。

---

## 一种同时处理多种有机废物的等离子体多级裂解工艺和装置

### 技术领域

本发明涉及一种等离子体裂解的方法和等离子体炉，特别是涉及一种同时处理多种有机废物的等离子体多级裂解工艺和装置。

### 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，公开了采用直流等离子体技术，并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<sub>x</sub>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：技术复杂，使得成本较高，设备昂贵，给工业化带来困难，特别是常见的废物根据等离子体裂解处理方法的差异，可以分为如下两类，分别适合还原气氛和氧化气氛进行裂解：

1) 第一类：化学武器的毒剂、多氯联苯、农药、一般有毒化学品等，毒性较高，但一般为气体、液体或颗粒状固体，可以采用小型进料口，进料容易，不会挟带大量空气，密封容易。此类废物采用还原气氛工作气体的优点：尾气量很少，处理较易；可以造渣材料形成玻璃体，固定重金属等；可以采用热电极，如石墨电极、钨合金电极；可以采用交流或直流电源，可以采用等离子体电弧。

2) 第二类：医疗废物等有一定热值的废物，毒性较低、包装体积较大、密度低、重金属等有害物含量少，污染物主要为病原体，没有玻璃化残渣的要求；包装物内含大量空气，不能排出而被带入炉内，如果排除包装，还需要热处理消毒；进料口必须很大，等离子体炉的系统密封较困难，因而难于采用还原气体氢气作为工作气体，适合采用空气等离子体或者采用氧等离子体工作气体进行裂解处理，此时，还可以利用部分废物内的能量（热值），减少电力消耗，尾气量也较少。因此不适合采用热电极，可以采用水冷金属电极，一般采用直流电源。

上述两类不同类型的废物不适合在同一台等离子体反应器内采用同一种工作气氛处理。如果简单的采用两台或多台等离子体炉处理，则设备投资和运行费用均会过高；如果采用同一台等离子体炉处理不同类型的废物，不能对所有废物都达到合理的处理，造成处理电耗大、尾气处理量大等缺点。

如果根据不同类型的废物的特点及数量，设计一种同时处理多种有机废物的等离子体多级裂解装置，就可以克服上述缺点。本发明就是克服上述缺点，将采用还原气氛和氧化气氛的等离子体炉组合，根据其特点设计出多级式等离子体裂解工艺，可采取等离子体炉串联与并联的工艺路线，一般采用两级裂解炉串联布置比较优越。

## 发明内容

本发明的目的在于克服已有等离子体裂解技术存在的成本较高、电能消耗高以及不能同时处理多种不同类型废物的缺点；从而提供一种采用两级等离子体裂解炉串联，或者并联的方式组成一体化炉体，各级采用不同的工作气体与工作气

氯，实现同时裂解处理不同类型的危险废物的方法和装置。

本发明的目的是通过如下的技术方案实现的：

本发明提供的同时处理多种有机废物的等离子体裂解方法，包括在本发明串联组成的多级裂解等离子体炉上按以下步骤进行：

(1) 首先将适合一级裂解炉处理的固体废物进行前处理后，通过输料系统间歇或连续加入一级裂解炉内裂解；并通入还原气氛作为工作气体，工作气体是氢气、氩气、氮气或甲烷气，输入气体量为每小时 1 至 10 立方米；当炉内气体含氧，则氧含量与废物完全反应所需氧量之比小于 0.3，裂解处理温度为 1200K-3500K；

(2) 从一级裂解炉裂解后排出的可燃性气体进入二级裂解炉，包括在进入二级裂解炉之前，进行常规洁净化处理中和酸性气体；或者还包括添加用于生成玻璃体的硅化合物、钙化合物、钠化合物、铁和铁氧化物到一级裂解炉内，其添加量为硅化合物 20~40 份，钙钠化合物 30~50 份，铁和金属氧化物 20~40 份，均以重量份计算；

(3) 同时将适合二级裂解炉处理的固体废物直接送入二级裂解炉，或者先对其进行前处理后，通过输料系统间歇或连续加入二级裂解炉内；二级裂解炉的等离子炬的工作气体为氧化性气体，氧化性气体是氧气或空气；二级裂解炉内还补充气体，所述的补充气体为空气和水蒸汽；补充气体可以将被处理废物吹动，在流态化状态下工作；

(4) 从二级裂解炉中排出的可燃性尾气，包括直接送到燃烧器燃烧或内燃发电机发电；或者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后，再送到燃烧器燃烧或内燃发电机发电；

(5) 将步骤(4)分离的颗粒物分别回收。

或者还包括在步骤(2)中添加用于生成玻璃体的硅化合物、钙化合物、钠化合物、铁和铁氧化物到等离子体电弧炉内，其添加量为硅化合物 20~40 份，钙钠化合物 30~50 份，铁和铁氧化物 20~40 份，均以重量份计算；其中硅化合物为二氧化硅；钙化合物为碳酸钙；钠化合物为碳酸钠；所述铁和铁氧化物为：铁和四氧化三铁。

所述的步骤(3)中的氧化性气体包括：氧气、空气或二者的任意重量份混合的气体。

所述的间歇方式加料的时间间隔为 15 秒钟到 5 分钟。

本发明提供的同时处理多种有机废物的裂解方法，包括在本发明提供的并联

组成的等离子体裂解炉按以下步骤顺序进行：

(1) 将适合一级裂解炉处理的固体废物进行前处理后，通过输料系统间歇或连续加入一级裂解炉内裂解；一级裂解炉内工作气体为还原气氛，所述的还原气体是氢气、氩气、氮气或甲烷气，输入气体量为每小时1至10立方米；当炉内工作气体含氧，则氧含量与废物完全反应所需氧量之比小于0.3，裂解处理温度为1200K-3500K；

(2) 同时将适合二级裂解炉处理的固体废物直接送入二级裂解炉，或对其进行前处理后，通过输料系统间歇或连续加入二级裂解炉内；二级裂解炉的工作气体为氧化性气体，氧化性气体是氧气或空气；二级裂解炉还补充氧化性气体，或加入水蒸汽；

(3) 从一级裂解炉和二级裂解炉排出的可燃性气体，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后，送到燃烧器燃烧或内燃发电机发电；

(4) 将步骤(3)分离的颗粒物分别回收。

所述的间歇方式加料的时间间隔为15秒钟到5分钟。

本发明提供的一种同时处理多种有机废物的一体化等离子体多级裂解装置，包括一级裂解炉（等离子体电弧炉）和一二级裂解炉（等离子体炬炉）；其特征在于，所述的一级裂解炉与二级裂解炉两个炉膛连在一起公用一面炉膛壁，一级裂解炉和二级裂解炉前后串联做成一体炉；所述的一级裂解炉上有一个可开关的排气口，排气口连接一级裂解炉排气的净化装置的入口，净化装置的出口连接二级裂解炉的进气口；公用的炉壁面上开一通道，既是一级裂解炉排气口，同时是二级裂解炉的一个进气通道；通道内设有挡板开关，当采用通道排气的时候，排气口关闭；当使用排气口排气，则关闭通道内的挡板开关；所述的一级裂解炉工作气体采用氢气、氩气、氮气或甲烷气，采用交流或直流电源，所述的二级裂解炉等离子体炬的工作气体为氧化性气体，氧化性气体是氧气或空气；二级裂解炉内还补充气体，所述的补充气体为空气和水蒸汽，采用直流电源。

本发明提供的一种同时处理多种有机废物的一体化等离子体多级裂解装置，包括一等离子体电弧炉（一级裂解炉），还包括一等离子体炬炉（二级裂解炉），所述的等离子体弧炉的排气口6通过管道与所述的等离子体炬炉的排气口12相连，炉体不设置通道13，形成两级裂解炉的并联式布置。

本发明还可以采用分离的等离子体电弧炉和等离子体炬炉实现，不采用一

体化炉。

所述的等离子体电弧炉包括一炉体，由上炉体1'和下炉体33构成，该炉体内侧设有耐火材料和隔热材料衬22及冷却水套17，炉体上设有入料口2、排气口6和出渣口5；炉体顶部设有工作气体进口88；炉体底部设有坩埚18；至少两个与电源连接的电极3斜插在炉体顶部；还包括一个用于对所述至少两个的电极进行电极定位和辅助起弧的起弧定位装置。

所述起弧定位装置包括定位杆16和用于驱动电极的步进电机112，所述定位杆插设于炉体上的中心开孔88内，并可沿该开孔径向移动，所述定位杆在电极定位和辅助起弧时与电极接触，并在起弧后远离电极。所述定位杆上还可设有传感器。

所述的等离子体炬炉包括一炉膛，其内侧设有耐火材料炉衬、隔热保温层及冷却水套，该炉膛壁上设有进料口7和至少一个等离子体炬8，多个等离子体炬交错布置；炉膛壁底部设有出渣口9，水封10，炉膛壁顶部设有排气口12，炉底或炉壁上还至少设有一个进气口11，进气口通过带有控制阀的管道与气源连通。

所述的电极可以是石墨或高温金属制成的热电极。

所述的一体化炉体的优选方式为串联方式。

本发明所述的等离子体炉能连续24小时持续运行或间断运行，可根据要求自行选择。所述的等离子体电弧炉适合裂解毒性较大、体积较小的废物，等离子体炬炉适合裂解热值较高、毒性较小、体积较大的有机废弃物，如医疗废物、生活废物等，包括固态、半固态、液态或气态的各种废物。

本发明的工艺和等离子体炉与已有技术相比，其优点在于：

1、一般采用两级裂解炉串联布置：一级等离子体裂解炉采用还原性工作气体，产生的尾气是可燃性气体，进入二级裂解炉，为二级裂解炉提供辅助能源。二级裂解炉采用氧化性工作气体，可以节约电能消耗；如果采用并联布置，则一级裂解炉和二级裂解炉可以采用一套尾气处理设备；本发明提供的二级裂解炉的底部设置至少一个进气口，因此可以通过增加气体供应量来提高裂解温度，达到节约能源和时间的优点；两级裂解炉可以按照一体化设计，形成组合型炉体；

2、全套工艺包括一级裂解炉前处理进料和等离子体裂解，二级裂解炉前处理进料和等离子体裂解，后处理及燃烧排放等。串联布置的一级裂解炉的尾气可以经过洗涤中和酸性气体进入二级裂解炉作为辅助燃料；二级裂解炉排出的可燃

性气体经后处理，送到燃烧器燃烧或发电机发电；

3、可以同时处理数量不多的高危险性废物和数量大、体积大、密度低的医疗和生化类有机废物，设备与工艺流程比较简单，投资低，电耗低；

4、本方法充分利用有机废弃物自身的热值，在受控制的氧化气氛下释放热能增强裂解，电能消耗大约为一般等离子体裂解技术的三分之一到四分之一，处理医疗废弃物等有机废弃物的电耗约  $0.2\sim0.3 \text{ kW/kg}$ ，具有投资省、运行成本低的特点；如果利用可燃气发电，发电量可高于自身用电量；

5、经本方法处理后的有机废弃物的容积可大幅度减少，最高可达 99%，有机物可分解为碳、氢等单质结构，低气化点金属的蒸气凝聚后进行收集，硅酸盐变成无害玻璃体结构；尾气产生量仅为传统焚烧法的 10~15 % 左右，而且不产生二噁英类等有害物质，符合环保的要求；本方法使尾气温度降至  $450^{\circ}\text{C}$  后急骤冷却，可以保证在尾气降温过程中不会合成多氯代二苯并二噁英与多氯代二苯并呋喃，即二噁英类化合物；

6、本方法适用范围广，适用于包括城市固体废物、医疗废物在内的多种有机废弃物的处理，而且适用于固态、半固态、液态或气态的有机废弃物；特别是与已有技术相比该方法简单，可以不需要先粉碎固态有机废弃物，直接进行气化、裂解。

## 附图说明

图 1 为采用本发明二级裂解串联布置的裂解工艺流程图

图 2 为采用本发明二级裂解并联布置的裂解工艺流程图

图 3 a 为本发明二级裂解一体化炉体结构的主视剖面图

图 3 b 为本发明二级裂解一体化炉体结构的左视剖面图

图 3 c 为本发明二级裂解一体化炉体结构的俯视剖面图

等离子体弧和等离子体炬的电源均未表示在图内

图 4 为本发明所述的等离子电弧炉（一级裂解炉）结构示意图

在图 3a、图 3b、图 3c 和图 4 中：

炉体（一体化炉体）1;	进料设备（一级裂解炉用）2;
一级裂解炉电极3;	熔渣（一级裂解炉）4;
出渣口（一级裂解炉）5;	排气口（一级裂解炉用）6;
进料口（二级裂解炉）7;	等离子体炬（二级裂解炉）8;
出渣口（二级裂解炉）9;	水封（二级裂解炉）10;
进气口（二级裂解炉）11;	排气口（二级裂解炉）12;
通道13;	进水口113; 出水口14; 隔热屏15;
耐火材料及隔热保温层22;	冷却水套17; 中心孔88;
等离子体电弧炉上炉体1'; 等离子体电弧炉下炉体33;	堵塞装置111;
步进电机112;	定位杆16; 坩埚18;

### 具体实施方式

#### 实施例 1:

参照附图 1 和具体实施例，对本发明的串联组成的等离子体裂解有机废弃物的工艺和等离子体炉作进一步详细描述。

本发明实施例 1 采用串联式处理固体危险废物的方法，按以下步骤进行：

(1) 首先将待处理的含氟及多氯联苯残渣的有毒有害固体废物进行粉碎处理，然后通过螺旋式输料系统连续输送到本实施例 1 的等离子体电弧炉内，它在运行时产生的是等离子体电弧，采用氢气作为等离子体发生器的工作气，功率 150 kW，每小时可以处理 60 kg；裂解处理温度为 1800~2000 K；通过在炉内添加二氧化硅 30 份，碳酸钙、碳酸钠混合物 40 份，四氧化三铁和金属铁片 20 份，生成玻璃体，均以重量份计；总量为每小时添加 15 kg。

(2) 从一级裂解炉产生的尾气由气体排放口进入尾气净化系统，经过常规尾气急冷降温，氟化氢、氯化氢脱除，碳黑等颗粒物分离，得到可燃气，可燃气体进入二级裂解等离子体炬炉；这里的可燃气一般包含下列气体的一种或几种：氢、一氧化碳、甲烷；

(3) 同时将含有塑料、棉纱的医疗垃圾和废塑料混合物通过斗式加料机加入二级等离子体裂解炉，间歇加料方式可以采用的时间间隔根据炉内温度变化，在 50~150 秒钟之间变动，相当于准连续工作；医疗废物和废塑料的添加量为 4 : 1 重量份；

该等离子体炉的空气流量每小时 40 立方标米。补充气体为空气和水蒸汽，空气流量每小时 60 立方标米，水蒸汽每小时 10 kg，每小时可以处理 120 kg 医疗废物和废塑料的混合物，炉膛温度控制在 1300~1500 K 范围内；

(4) 二级裂解炉排出的可燃气经热交换器降温到 500℃后，喷水急冷后进入尾气处理系统，喷射氧化钙粉末浆，去除氟化氢和氯化氢，然后进入燃烧器燃烧加热热水锅炉，可燃气体净化后也可以送到气体燃料内燃发电机组燃烧发电。

所述的等离子体电弧炉为圆形截面（如附图 4），由上炉体 1' 和下炉体 33 构成的炉膛壁内侧设有石墨耐火材料及隔热保温层 22 和冷却水层 17，熔渣 4 在炉底部；在炉体的上部相对斜插设有三个与电源接通的电极 3，电极 3 通过变压器与三相交流电源电联接。所述的变压器为带饱和电抗器的磁性调压器，工作电压 70 V。本实施例的电极 3 使用石墨电极。等离子体通过炉内的电极 3 端部间的放电形成，不依赖炉料的导电特性。

所述的等离子炬炉为矩形截面炉膛，（参考图 3a、图 3b、图 3c 的二级裂解炉部分），炉体 1 的炉膛壁内侧设有氧化铝耐火材料炉衬、隔热保温层和冷却水套，炉膛壁上设有进料口 7 和 2 个等离子体炬 8 交错布置，以促进炉内气体流动，使炉内温度分布均匀。炉体底部设有出渣口 9，炉膛壁顶部设有排气口 12，还设有 10 个进气口 11，进气口 11 垂直安装在等离子体炉的矩形截面炉膛的底面，进气口 11 通过带有控制阀的管道与空气压缩机和一级裂解炉尾气净化装置的出口连通。将上述等离子体弧炉和等离子体炬炉的两个炉膛联起来，两个炉膛中间共用一个壁；所述的等离子体弧炉的排气口 6 通过管道与一级裂解炉尾气净化装置的进口相连，该尾气净化装置的出口与所述的等离子体炬炉的进气口 11 相连，形成两级裂解炉的串联。

所述的等离子体炬为直流等离子体炬；等离子体炬的电极是水冷金属电极，由无氧铜或其他金属制成。所述的等离子体炉采用直流电源，电源采用饱和电抗器造成陡降的特性；为减小电极的烧蚀，采用高电压小电流状态工作，工作电压 400 V，电流 100 A，每台功率 40 kW。

## 实施例 2：

结合附图 2，应用本发明实施例 2 的等离子体裂解炉，进行裂解处理含磷肥农药，按以下步骤进行：

(1) 将待处理的非农药进行粉碎处理，然后再通过送料系统连续输送到本

实施例 2 的等离子体电弧炉内；它在运行时产生的是等离子体电弧，采用氢气作为等离子体发生器的工作气， 使用直流电源，工作电压 40 V 功率，25 kW，每小时可以处理 15 kg；裂解处理温度为 1600~1700 K；

(2) 同时将废塑料通过液压式加料机加入二级等离子体裂解炉，进料液压推杆与柱塞安装在炉体的进料口处；间歇加料方式可以采用的时间间隔根据炉内温度变化，在 15~50 秒钟之间变动，相当于准连续工作。

裂解炉的氧等离子体炬，气体流量每支炬每小时 10 立方标米，进气口 11 加入补充氧气增强裂解，进气量每小时 10 立方标米，进气口还加入水蒸汽每小时 1 kg，裂解气从排气口排出，底渣排入渣池，经水封排出。等离子体炬采用直流电源，工作电压为 100V，电流 80 A，每台功率 8 kW，每小时可以处理废塑料 60 kg，裂解处理温度为 1400~1500 K。

(3) 从一级裂解炉和二级裂解炉产生的尾气进入尾气净化系统，经过常规尾气换热降温和急冷降温，喷射氧化钙粉末，喷射水蒸汽，脱除氟化氢、氯化氢、磷化物，用布袋除尘器将碳黑等固体颗粒物分离，得到洁净的可燃气进入燃烧器；这里的可燃气一般包含下列气体的一种或几种：氢、一氧化碳、甲烷、二氧化碳、氮气。

参照附图 3a、图 3b、图 3c 对本发明的并联组成的等离子体裂解炉作进一步详细描述。

所述的等离子体电弧炉为矩形截面（参考图 3a、图 3b、图 3c 中一级裂解炉部分），炉体 1 的炉膛壁内侧设有石墨耐火材料、隔热保温层和冷却水层，炉的上部相对插设有两个与电源接通的电极 3，电极 3 与直流电源电联接，可控硅电路控制电源的电压电流陡降特性；电极可以无氧铜等金属制造的水冷电极。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。

所述的等离子炬炉为具有圆形截面布置的等离子体增强裂解炉，该等离子体炬炉包括一炉体，该炉体炉膛壁内侧设有氧化镁耐火材料炉衬和隔热保温层，在隔热保温材料外可以布置冷却水套。炉膛壁上设有进料口，炉体底部设有出渣口，炉膛壁上交错安装三台氧等离子体炬，等离子体炬沿炉膛圆周均匀分布，且等离子体炬的轴线与圆形炉膛的法线方向成 60 度的角度，垂直于炉膛轴线，以促进炉内气体流动，使炉内温度分布均匀；炉膛壁顶部设有排气口，炉壁上还设有 3 个进气口，与等离子体炬交错设置；该进气口的轴线与圆形炉膛的法线方向成 60 度的角度，垂直于炉膛轴线，进气口通过带有控制阀的管道与氧气瓶连通。将上述等离子体弧炉和等离子体炬炉并联；把所述的等离子体电弧炉的排气口 6

与所述的等离子体炬炉的排气口通过管道连通，形成两级裂解炉的并联式布置。

在此实施例中，也可以采用一体化炉体（附图 3a、图 3b、图 3c），但不设置通道 13，将一级裂解炉排气口 6 和二级裂解炉排气口 12 用管道连接形成并联布置。

实施例 3：应用本发明的一体化裂解炉和本发明的方法串联式处理固体危险废物，其步骤与实施例 1 相似，由于一级裂解炉处理的废物含氟、氯等形成酸性气体的成分极少，因此可以在工艺流程中省略一级裂解炉尾气的净化措施（图 1 中用虚线标志的部分），采用一体化炉体 1（图 3a、图 3b、图 3c），不设一级裂解炉排气口 6，具体流程按以下顺序进行：

(1) 将待处理的橡胶厂橡胶中间体（废料）破碎，然后再通过一级裂解炉螺旋进料设备 2 连续输送到本发明的一级裂解炉膛内，一级裂解炉膛在运行时产生的是等离子体电弧，电极 3 为钨钼合金热电极，采用氢气作为等离子体发生器的工作气，使用直流电源，变压器为带饱和电抗器的磁性调压器，硅整流，工作电压 40 V，功率 20 kW，每小时可以处理 15 kg；裂解处理温度为 1400~1600 K。一级裂解炉的残渣 4 通过一级裂解炉排渣口 5 排出；

(2) 从一级裂解炉产生的裂解气经过一级裂解炉与二级裂解炉的通道 13 进入二级裂解炉膛，与炉内氧气发生反应，放出热量，提高裂解温度，可以减小等离子体炬的功率。将含有塑料、棉纱的医疗垃圾通过二级裂解炉进料设备 7 加入二级裂解炉膛，间歇加料方式可以采用的时间间隔根据炉内温度变化，在 10~50 秒钟之间变动，相当于准连续工作。二级裂解炉膛具有矩形截面布置，炉膛内侧设有氧化镁耐火材料做的炉衬和隔热保温层，炉膛壁上安装 2 台管弧式空气等离子体炬 8，产生炉内气体流动，改善炉内温度与气体成分分布的均匀性。二级裂解炉膛底部设有出渣口 9，炉渣通过水封 10 排出；炉底部还设有进气口 11，共 50 个，补充气体将被处理废物吹动，在流态化状态下工作；进气口通过带有控制阀的管道与鼓风机连通，炉膛顶部设有排气口 12，二级裂解炉尾气从排气口排出。二级裂解炉采用直流等离子体发生器，电源采用带饱和电抗器的直流电源，得到陡降的特性；为减小电极的烧蚀，采用高电压小电流状态工作，工作电压 400 V，电流 50 A，每台功率 20 kW，空气流量每小时 20 立方米。补充气体为空气和水蒸汽，空气流量每小时 30 立方米，水蒸汽每小时 5 kg，每小时可以处理 60 kg 医疗废物。

(3) 二级裂解炉排出的可燃气经热交换器降温到 500℃后，喷水急冷后进

入尾气处理系统，喷射氧化钙粉末浆，去除氟化氢和氯化氢，然后进入燃烧器燃烧加热热水锅炉。可燃气体净化后也可以送到气体燃料内燃发电机组燃烧发电。这里的可燃气一般包含下列气体的一种或几种：氢、一氧化碳、甲烷、二氧化碳、氮气。

#### 实施例 4

参照图 4 制备一本发明的所述的等离子体电弧炉，如图 4 所示的结构。上炉体 1' 和下炉体 33 为钢制外壳，它们的内侧设有耐火材料及隔热材料层 22，下炉体 33 的底部设有坩埚 18。在坩埚 18 与炉内壁之间加有隔热屏 15。

炉的顶部相对插设有三个与电源（未示出）接通的电极 3（剖面图仅表示二个电极）。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 3 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。

在图 4 中，工作气体由上炉体的中心口 88 内的通道进入，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 33 的进料口 2 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 6 排出，其中的无机物在石墨坩埚内形成金属层和熔渣 4 沉积在坩埚 18 内，再从坩埚 18 底部的熔渣及金属排放出渣口 5 排出。出渣口 5 内设有堵塞装置 111。等离子体电弧炉可在运行中从出渣口 5 定期排出金属和熔渣，可从中收集金属和玻璃体。图 4 中，进料口 2 和气体排放口 6 布置在上炉体，在实际应用时，它们也可以布置在下炉体。等离子体电弧炉的工作温度保持在 1200K-3500 K。

等离子体电弧炉采用水冷却，冷却水由进口 113 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℃。

为使电极 3 能够在起弧之前在炉体内准确定位，并保证炉体内的电极 3 端部顺利起弧，本实用新型提供了一种起弧定位装置。该起弧定位装置包括定位杆 16 和传感器（未示出）。定位杆 16 可以由电机（未示出）控制沿中心口 88 上下

移动。在等离子电弧炉启动前，定位杆 16 下降，步进电机 112 将电极 3 向炉体 内输送，直至电极 3 与定位杆 16 接触，完成电极的定位，并由传感器给出完成 定位的信号。等离子电弧炉启动后，最初的电弧在电极 3 与定位杆 16 之间形成， 然后，将定位杆 16 在电机的控制下提升，随着定位杆 16 的上升，电弧逐渐转移 到电极 3 之间。

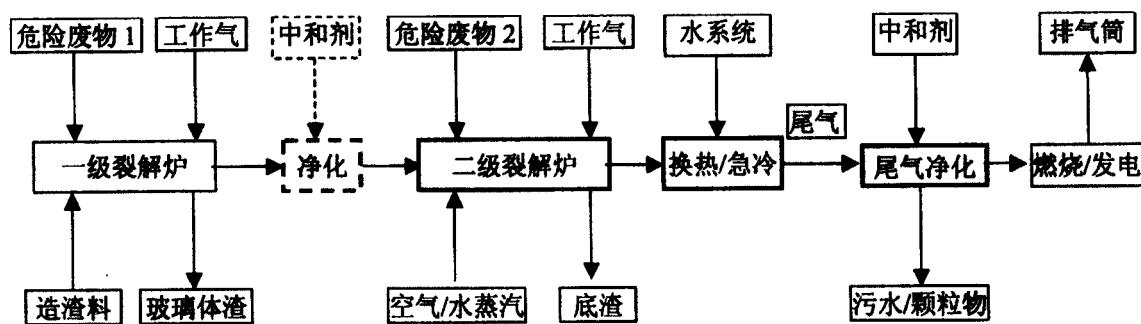


图 1

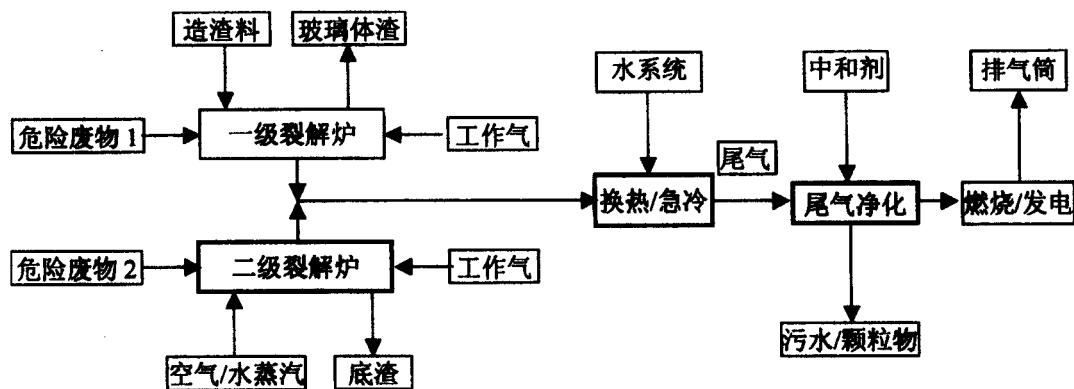


图 2

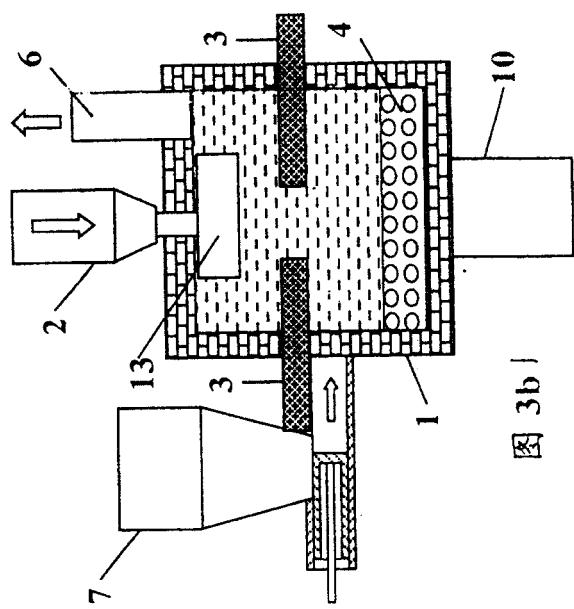


图 3b |

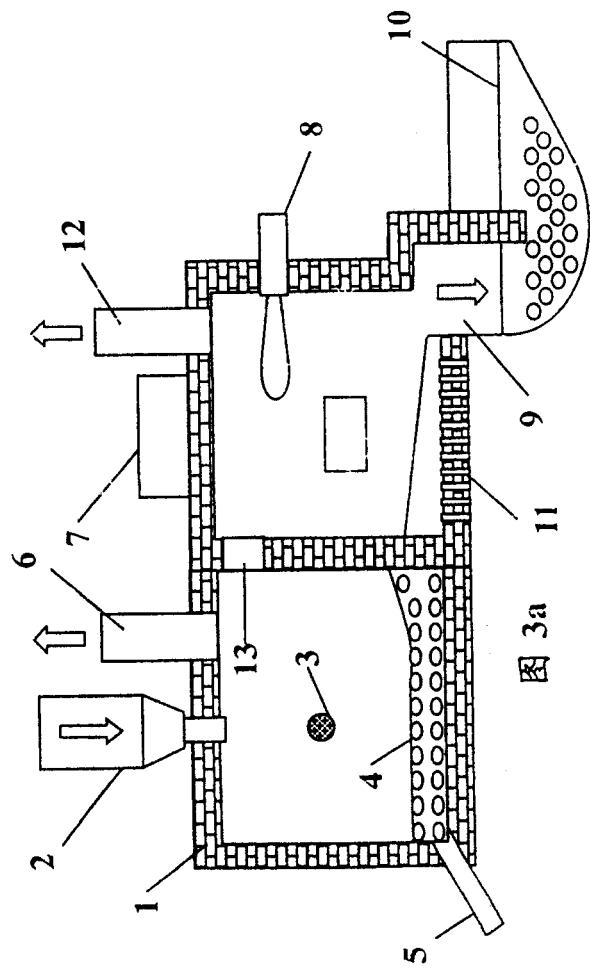


图 3a |

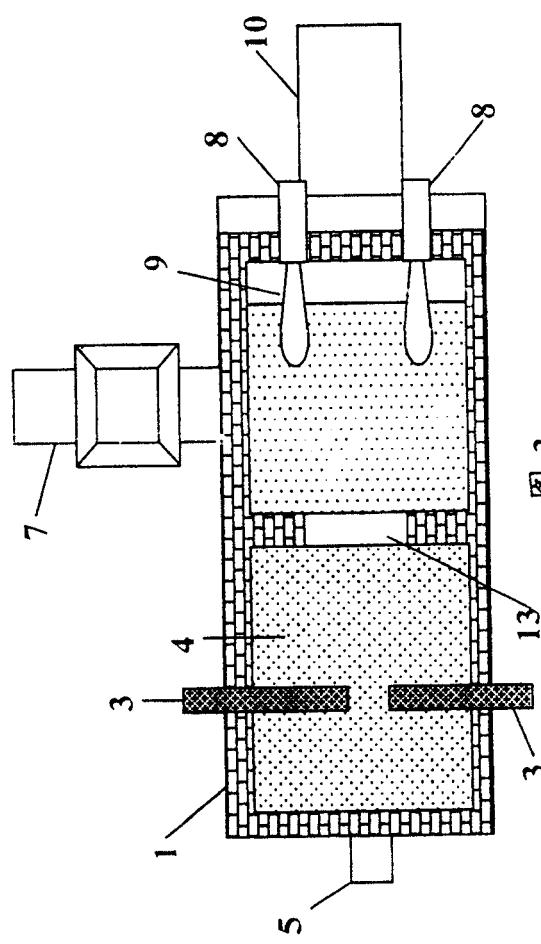


图 3c |

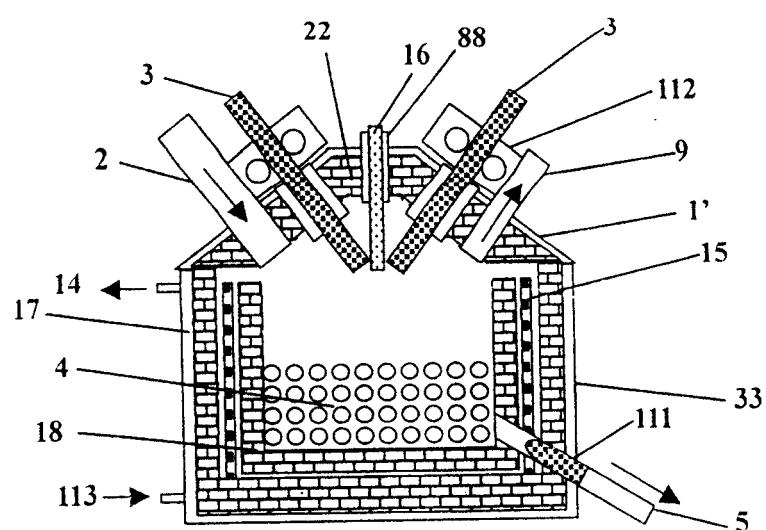


图 4