



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103146761 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 04

(21) 申请号 201310095797. 3

C02F 11/04 (2006. 01)

(22) 申请日 2013. 03. 22

审查员 陈仕高

(73) 专利权人 河北华药环境保护研究所有限公
司

地址 050015 河北省石家庄市长安区和平东
路 388 号

(72) 发明人 王勇军 陈平 韦惠民 周崇晖
吕永涛 杨永会 刘波文 杨彩娟
李超

(74) 专利代理机构 石家庄众志华清知识产权事
务所(特殊普通合伙) 13123
代理人 张明月

(51) Int. Cl.

C12P 5/02 (2006. 01)

权利要求书1页 说明书7页

(54) 发明名称

头孢菌素菌渣的处理方法

(57) 摘要

本发明公开了一种头孢菌素菌渣的处理方法,包括如下工艺步骤:A. 热碱解及分离处理,将头孢菌素菌渣、水和碱均匀混合,进行恒温碱解反应,反应完毕后在一定温度下进行固液分离处理,得沉渣备用;B. 厌氧消化处理,在厌氧发酵罐中接种厌氧活性污泥,然后将步骤A中所得的沉渣与废水生物处理所产生的剩余污泥混合并注入发酵罐中,恒温搅拌,发酵过程中进行排沼渣和进料操作。本发明可完全消除头孢菌素菌渣中的药物残留,解决了单一头孢菌素菌渣厌氧发酵难以高效持续的问题,实现对它的减量化、无害化处理,本发明处理过程中产生的沼渣可用做制备有机肥的原料,产生的沼气可作为清洁燃料利用,实现了头孢菌素菌渣安全、有效地处置和资源化利用。

1. 一种头孢菌素菌渣的处理方法,其特征在于包括如下工艺步骤:

A、热碱解及分离处理:将头孢菌素菌渣、水和碱均匀混合,进行恒温碱解反应,反应完毕后在一定温度下进行静置、固液分离处理,形成上清液和沉渣,将上清液引入常规废水处理系统进行处理,沉渣备用;

B、厌氧消化处理:首先在厌氧发酵罐中接种厌氧活性污泥,然后将步骤A所得的沉渣与废水生物处理所产生的剩余污泥混合,得沉渣污泥混合物,并将所述沉渣污泥混合物注入厌氧发酵罐中,最后在搅拌下进行恒温发酵,发酵过程中进行排沼渣和进料操作;

所述步骤A的具体反应条件是将按重量份数计的头孢菌素菌渣100份~200份、水300份~800份、氢氧化钠1份~4份加入到反应釜中;碱解反应的温度为40℃~55℃,碱解反应的时间为3.0h~5.0h;反应完毕后将反应产物在35℃~40℃下静置,进行固液分离处理,静置时间为10h~14h;所得沉渣的固含量为5%~8%;

所述步骤B中,厌氧发酵罐中厌氧活性污泥的注入量为罐体积的50%~80%;所述沉渣污泥混合物中步骤A所得的沉渣与废水处理所产生的剩余污泥的体积比为1:1~4:1;厌氧发酵罐中沉渣污泥混合物的加入量为厌氧发酵罐体积的2%~6%;所述搅拌的强度为80rpm~150rpm,厌氧发酵温度为50℃~60℃;所述排沼渣和进料操作均为间歇式;

所述间歇式排沼渣和进料操作的时间间隔为6h~24h,每24h的排沼渣总量和进料总量均为厌氧发酵罐体积的2%~6%。

头孢菌素菌渣的处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种抗生素菌渣的处理技术,尤其涉及一种头孢菌素菌渣的处理方法。

背景技术

[0002] 头孢菌素是一类广谱半合成抗生素,第一个头孢菌素在 20 世纪 60 年代问世,目前上市品种已达 60 余种,其产量占世界上抗生素产量的 60% 以上。头孢菌素的基本结构均为 7-氨基头孢烷酸(7-ACA),具有 β -内酰胺特征,其前体为头孢菌素 C。 β -内酰胺类抗生素是临床使用最多、应用最广、品种最全、疗效最好和评价最高的一类抗生素,在抗感染药品中占据重要地位。在生产头孢菌素过程中,发酵产生头孢菌素 C 时,会产生大量的固体废弃物即为菌渣,它含水率高、成分复杂,不仅含有大量的菌体蛋白(占干重的 40% 以上)、丰富的维生素、生长因子及培养基残留物等营养物质,而且含有微生物的各种代谢产物,包括微量的头孢菌素 C。头孢菌素菌渣中的菌丝体不易被破坏,头孢菌素 C 也较为稳定,抗菌谱也较宽,如果不妥善处理流失进入环境,有可能抑制环境中的某些微生物种属和群类的正常生长、繁衍,破坏环境固有的生态平衡,对生态环境产生潜在的危害,严重时可能会进入食物链,进而危害人类健康。

[0003] 长期以来,人们一直在积极寻求一种经济、高效且彻底的头孢菌素菌渣处理方法。目前,国内外关于头孢菌素菌渣处置方法报道不多,主要有以下几种:1) 农业及畜牧业利用:由于头孢菌素菌渣中含有大量的多糖、蛋白质和多种氨基酸及微量元素,因此自上世纪五六十年代起,被广泛用作饲料、添加剂或肥料。但 2008 年 8 月 1 日,我国明确将抗生素菌渣列为“危险废物”,禁止抗生素菌渣直接用作饲料、肥料;2) 焚烧:头孢菌素菌渣焚烧处置可迅速地使菌渣化为灰烬而达到减量化、无害化的目的,是目前最符合法规要求的处理方法,但由于头孢菌素菌渣具有产量大、含水率高、热值低等特点,菌渣干燥需要消耗大量的能量;而且头孢菌素菌渣还含有较多的硫和氮等元素,增加了脱除焚烧尾气中二氧化硫和氮氧化合物的负担;因此,焚烧成本很高,且现有危废焚烧设施能力远远不能满足需求,头孢菌素菌渣焚烧处置难以实施;3) 填埋:填埋是一项比较成熟的技术,该处置方法简单、易行,但由于头孢菌素菌渣含水率高,填埋需要提前预脱水,并且菌渣的填埋存在选址困难、运输距离大以及渗出液可能污染地下水等问题。此外,由于头孢菌素菌渣中的菌丝体不易被破坏,头孢菌素也较为稳定,且其抗菌谱较青霉素要宽,使得头孢菌素的消减显得更加重要和困难。目前已开发的青霉素等抗生素菌渣无害化处理技术并不完全适用于头孢菌素菌渣的无害化处理。

[0004] CN201110409090 公开了一种碱解工艺处理头孢菌素 C 发酵生产残渣的方法。具体步骤包括:①头孢菌素 C 生产残渣的前处理:将头孢菌素 C 生产残渣与碱溶液加入到混合罐中,使其混合液 pH 在 9-11 之间,盖上密封盖,电动搅拌 20-30min,将搅拌均匀的混合液抽入到水解反应釜中;②水解:水解过程用到水解反应釜,用导热油对反应釜加热并保温,在工作压力为 0.4-0.7Mpa,水解温度为 150℃-220℃的条件下,水解时间为 1-3h,水解过程中

保温同时开动搅拌；③过滤：水解完毕后，用固液分离设备将水解后的混合液进行固液分离，收集滤液和滤渣。该发明可以基本消除头孢菌素菌渣中的药物残留，实现了头孢菌素菌渣的无害化处理，但未实现对其的减量化和资源化；而且该方法需要提供较高压力和温度，操作过程存在一定的安全风险，能耗大、成本高，在一定程度上限制了其应用。

发明内容

[0005] 本发明需要解决的技术问题是提供一种能够经济、高效、彻底地对头孢菌素菌渣进行处理的方法。

[0006] 为解决上述技术问题，本发明所采取的技术方案是：

[0007] 一种头孢菌素菌渣的处理方法，包括如下工艺步骤：

[0008] A、热碱解及分离处理：将头孢菌素菌渣、水和碱均匀混合，进行恒温碱解反应，反应完毕后在一定温度下进行静置、固液分离处理，形成上清液和沉渣，将上清液引入常规废水处理系统进行处理，沉渣备用；

[0009] B、厌氧消化处理：首先在厌氧发酵罐中接种厌氧活性污泥，然后将步骤A所得的沉渣与废水生物处理所产生的剩余污泥混合，得沉渣污泥混合物，并将所述沉渣污泥混合物注入厌氧发酵罐中，最后在搅拌下进行恒温发酵，发酵过程中进行排沼渣和进料操作。

[0010] 本发明的进一步改进在于：所述步骤A的具体反应条件是将按重量份数计的头孢菌素菌渣100份～200份、水300份～800份、氢氧化钠1份～4份加入到反应釜中；碱解反应的温度为40℃～55℃，碱解反应的时间为3.0h～5.0h；反应完毕后将反应产物在35℃～40℃下静置，进行固液分离处理，静置时间为10h～14h；所得沉渣的固含量为5%～8%。

[0011] 本发明的进一步改进在于：所述步骤B中，厌氧发酵罐中厌氧活性污泥的注入量为罐体积的50%～80%；所述沉渣污泥混合物中步骤A所得的沉渣与废水处理所产生的剩余污泥的体积比为1:1～4:1；厌氧发酵罐中沉渣污泥混合物的加入量为厌氧发酵罐体积的2%～6%；所述搅拌的强度为80rpm～150rpm，厌氧发酵温度为50℃～60℃；所述排沼渣和进料操作均为间歇式。

[0012] 本发明的进一步改进在于：所述间歇式排沼渣和进料操作的时间间隔为6h～24h，每24h的排沼渣总量和进料总量均为厌氧发酵罐体积的2%～6%。

[0013] 本发明的进一步改进在于：将所述步骤B中产生的沼气用以生产蒸汽，用此蒸汽作为热碱解和厌氧消化的加热热源。

[0014] 本发明的进一步改进在于：对步骤B产生的沼渣进行收集并作为制备有机肥的原料。

[0015] 由于采用了上述技术方案，本发明所取得的技术进步在于：

[0016] 本发明头孢菌素菌渣的处理方法能够实现对头孢菌素菌渣的高效、经济和彻底处理，彻底解决了头孢菌丝体难以破碎、头孢菌素C难降解以及单一头孢菌素菌渣厌氧消化难以高效持续进行等问题。本发明通过热碱解及分离处理结合厌氧消化处理两个工艺步骤实现了对头孢菌素菌渣的减量化、无害化处理，操作简便、处理效果良好，具有显著的环境和社会效益以及一定的经济效益，彻底消除了头孢菌素菌渣中的药物残留及其对环境的污染风险。厌氧消化产生的沼气可以作为能源利用，沼渣可作为原料制备有机肥，实现了头孢

菌素菌渣的资源化利用,为抗生素菌渣的安全处置及合理利用提供了有效途径。

[0017] 本发明中的热碱解及分离处理工艺,首先通过对加碱量、反应温度、反应时间等参数的控制,对头孢菌素菌渣中残留的抗生素和凯氮进行初步消减,使得进入厌氧消化的头孢菌素菌渣中头孢菌素 C 残留和凯氮大幅减少,基本消除了头孢菌素残留对厌氧消化处理的影响,有效减轻了氨氮对厌氧消化处理的影响,为厌氧消化高效、稳定进行创造有利条件。在热碱解处理后通过分离处理,即将热碱解产物在 35℃~40℃ 下静置 10h~14h,分离为上清液和沉渣,沉渣的固含量为 5%~8%,大幅度削减了进入厌氧消化处理头孢菌素菌渣的固体量。而且由于经过热碱解处理后,分离处理所得的上清液中的药物残留已经很少,经常规的废水处理系统即可实现对其的无害化处理。因此,只需要分离处理所得沉渣进行厌氧消化即可,大幅度削减了进入厌氧消化处理头孢菌素菌渣的固体量,经检测削减量大于 47%,从而降低了头孢菌素菌渣的处理成本。

[0018] 本发明中的厌氧消化工艺,首先将头孢菌素菌渣和废水生物处理所产生的剩余污泥进行混合,进一步改善了厌氧发酵基质的营养条件,降低了氨氮对厌氧发酵的抑制作用,且有助于厌氧发酵系统生物量的保持,为头孢菌素菌渣的高效、持续厌氧消化创造了有利条件。然后通过对沉渣污泥混合物的固含量和投配比、搅拌强度、发酵温度、排沼渣量和进料量等因素的控制,实现头孢菌素菌渣厌氧消化的稳定、高效运行,完全消除了残留的抗生素,进一步消减了头孢菌素菌渣的固体质量。

[0019] 本发明中头孢菌素菌渣的厌氧消化可在高负荷、高含固量条件下稳定运行,经厌氧消化产生的沼渣中头孢菌素 C 残留极低,头孢菌素 C 残留 $< 0.05\text{mg/kg}$,而此剂量的残留不会对植物及人体造成危害,且由于沼渣中含有大量的多糖、蛋白质和多种氨基酸及微量元素,不含重金属和有毒有害化学物质。因此,所得沼渣可用做生产有机肥的原料,使头孢菌素菌渣资源得到合理、充分、有效利用,并减少环境污染。

[0020] 本发明的厌氧消化工艺中单位沉渣污泥混合物的产沼气量大于 $420\text{m}^3/\text{吨(干基)}$,所产生的沼气可用以生产蒸汽,所得蒸汽可用作热碱解反应和厌氧发酵的热源,实现了资源的循环利用。

具体实施方式

[0021] 下面结合实施例对本发明进行进一步详细描述,下述实施例中所涉及的份数均为重量份数。

[0022] 实施例 1

[0023] A、热碱解及分离处理:将头孢菌素菌渣 200 份、水 300 份和氢氧化钠 1 份加入到反应釜中,搅拌使物料均匀混合;采用蒸汽加热方式使反应釜内温度升至 40℃,恒温反应 3.0h;反应完毕后对反应釜内物料进行分离处理,即将反应产物在 35℃ 下静置 14h,使其形成上清液和沉渣;最后将上清液引入常规废水处理系统进行处理,留沉渣备用,所得沉渣的固含量为 8%。

[0024] B、厌氧消化处理:首先将为厌氧发酵罐体积 50% 的厌氧活性污泥接种至厌氧发酵罐中;同时将步骤 A 所得的沉渣与废水生物处理所产生的剩余污泥按体积比 3:1 的比例进行均匀混合,得到一种沉渣污泥混合物;然后将为厌氧发酵罐体积 2% 的上述沉渣污泥混合物通过厌氧发酵罐上的进渣口注入为厌氧发酵罐,同时开启厌氧发酵罐上的搅拌装置和加

热装置,搅拌强度为 150rpm,控制发酵温度为 50℃;发酵过程中,每隔 24h 进行一次排沼渣操作,即每隔 24h 将为厌氧发酵罐体积 2% 的经厌氧消化处理后所得的沼渣自厌氧发酵罐的排渣口排出;排渣完毕后立即进行一次进料操作,即将为厌氧发酵罐体积 2% 的沉渣污泥混合物自进渣口注入厌氧发酵罐。厌氧消化过程中产生的沼气自厌氧发酵罐的沼气出口排出,并进入沼气锅炉燃烧使锅炉内产生蒸汽,所得蒸汽用以加热碱解反应釜和厌氧发酵罐。

[0025] 取实施例 1 中的头孢菌素菌渣、热碱解及分离处理后所得的沉渣和上清液、经厌氧消化处理后所得的沼渣进行检测分析,结果如下表 1 所示:

[0026] 表 1

[0027]

物料	头孢菌素 C 残留	凯氮残留	固体量减量
头孢菌素菌渣原料	2235mg/kg	7843mg/L	
热碱解及分离处理所得沉渣	0.45mg/kg	4267 mg/L	47.5%
热碱解及分离处理所得上清液	0.21mg/ kg	1187 mg/L	
厌氧消化处理所得沼渣	< 0.05mg/ kg	3914 mg/L	63.3%

[0028] 由上表 1 可知,实施例 1 中的头孢菌素菌渣原料经过热碱解处理后,头孢菌素残留去除率 > 99.98%,固体减量 47.5%,凯氮消减 45.4%;实施例 1 中的头孢菌素菌渣原料经过热碱解处理和厌氧消化处理后,头孢菌素残留去除率 > 99.99%,固体减量 63.3%。

[0029] 实施例 2

[0030] A、热碱解及分离处理:将头孢菌素菌渣 200 份、水 800 份、氢氧化钠 4 份加入到反应釜中加入到反应釜中,搅拌使物料均匀混合;采用蒸汽加热方式使反应釜内温度升至 55℃,恒温反应 5.0h;反应完毕后对反应釜内物料进行分离处理,即将反应产物在 40℃ 静置 10h,使其形成上清液和沉渣,最后将上清液引入常规废水处理系统进行处理,留沉渣备用,所得沉渣的固含量为 5%。

[0031] B、厌氧消化处理:首先将为厌氧发酵罐体积 80% 的厌氧活性污泥接种至厌氧发酵罐中;然后将步骤 A 所得的沉渣与废水生物处理所产生的的剩余污泥按体积比 4:1 进行均匀混合,得到一种沉渣污泥混合物;然后将为厌氧发酵罐体积 6% 的上述沉渣污泥混合物在 24h 内分四次通过厌氧发酵罐上的进渣口注入为厌氧发酵罐中,同时开启搅拌装置和加热装置,搅拌强度为 100rpm,控制发酵温度为 55℃。在发酵过程中,每隔 6h 进行一次排沼渣操作,每次的排渣量为厌氧发酵罐体积的 1.5%,即在 24h 内将总量为厌氧发酵罐体积的 6% 的经厌氧消化处理后所得的沼渣分四次自厌氧发酵罐的排渣口排出;每次排渣完毕后立即进行一次进料操作,每次的进料量为厌氧发酵罐体积的 1.5%,即在 24h 内将总量为厌氧发酵罐体积的 6% 的沉渣污泥混合物分四次自进渣口注入厌氧发酵罐。厌氧消化处理过程中产生的沼气自厌氧发酵罐的沼气出口排出,并进入沼气锅炉燃烧使锅炉内产生蒸汽,所得蒸汽用以加热热碱解反应釜和厌氧发酵罐。

[0032] 取实施例 2 中的头孢菌素菌渣、经热碱解及分离所得的沉渣和上清液、经厌氧消化后所得的沼渣进行检测分析,结果如下表 2 所示:

[0033] 表 2

[0034]

物料	头孢菌素 C 残留	凯氮残留	固体量减量
头孢菌素菌渣原料	2185mg/kg	7486 mg/L	
热碱解及分离处理所得沉渣	< 0. 1mg/kg	3556mg/L	56%
热碱解及分离处理所得上清液	< 0. 1mg/kg	1020mg/L	
厌氧消化处理所得沼渣	< 0. 05mg/kg	3167mg/L	71. 4%

[0035] 由上表 2 可知, 实施例 2 中的头孢菌素菌渣原料经过热碱解处理后, 头孢菌素残留去除率 > 99. 99%, 固体减量 56%, 凯氮消减 54. 5%; 实施例 2 中的头孢菌素菌渣原料经过热碱解处理和厌氧消化处理后, 头孢菌素残留去除率 > 99. 99%, 固体减量 71. 4%。

[0036] 实施例 3

[0037] A、热碱解及分离处理: 将头孢菌素菌渣 150 份、水 600 份、氢氧化钠 3 份加入到反应釜中, 搅拌使物料均匀混合; 采用蒸汽加热方式使反应釜内温度升至 50℃, 恒温反应 4. 0h; 反应完毕后对反应釜内物料进行分离处理, 即将反应产物在 37℃ 下静置 13h, 使其形成上清液和沉渣; 最后将上清液引入常规废水处理系统进行处理, 留沉渣备用, 所得沉渣的固含量为 6%。

[0038] B、厌氧消化处理: 首先将为厌氧发酵罐体积 70% 的厌氧活性污泥接种至厌氧发酵罐中; 然后将步骤 A 所得的沉渣与废水生物处理所产生的剩余污泥按体积比 1:1 进行均匀混合, 得到一种沉渣污泥混合物; 然后将为厌氧发酵罐体积 4% 的上述沉渣污泥混合物在 24h 内分两次通过厌氧发酵罐上的进渣口注入为厌氧发酵罐中, 同时开启搅拌装置和加热装置, 搅拌强度为 120rpm, 控制发酵温度为 60℃。在发酵过程中, 每隔 12h 进行一次排沼渣操作, 每次的排渣量为厌氧发酵罐体积的 2%, 即在 24h 内将总量为厌氧发酵罐体积的 4% 的经厌氧消化处理后所得的沼渣分两次自厌氧发酵罐的排渣口排出; 每次排渣完毕后立即进行一次进料操作, 每次的进料量为厌氧发酵罐体积的 2%, 即在 24h 内将总量为厌氧发酵罐体积的 4% 的沉渣污泥混合物分两次自进渣口注入厌氧发酵罐。厌氧消化处理过程中产生的沼气自厌氧发酵罐的沼气出口排出, 并进入沼气锅炉燃烧使锅炉内产生蒸汽, 所得蒸汽用以加热热碱解反应釜和厌氧发酵罐。

[0039] 取实施例 3 中的头孢菌素菌渣、经热碱解及分离处理所得的沉渣和上清液、经厌氧消化处理后所得的沼渣进行检测分析, 结果如下表 3 所示:

[0040] 表 3

[0041]

物料	头孢菌素 C 残留	凯氮残留	固体量减量
头孢菌素菌渣原料	2290mg/kg	7801 mg/L	

热碱解及分离处理所得沉渣	0.31mg/kg	3838mg/L	52.1%
热碱解及分离处理所得上清液	0.1mg/kg	991mg/L	
厌氧消化处理所得沼渣	< 0.05mg/kg	3729mg/L	66.3%

[0042] 由上表 3 可知, 实施例 3 中的头孢菌素菌渣原料经过热碱解处理后, 头孢菌素残留去除率 > 99.99%, 固体减量 52.1%, 凯氮消减 50.8%; 实施例 3 中的头孢菌素菌渣原料经过热碱解和厌氧消化处理后, 头孢菌素残留去除率 > 99.99%, 固体减量 66.3%。

[0043] 实施例 4

[0044] A、热碱解及分离处理: 将头孢菌素菌渣 100 份、水 500 份、氢氧化钠 2 份加入到反应釜中, 搅拌使物料均匀混合; 采用蒸汽加热方式使反应釜内温度升至 45℃, 恒温反应 3.5h; 反应完毕后对反应釜内物料进行分离处理, 即将反应产物在 40℃ 下静置 12h, 使其形成上清液和沉渣; 最后将上清液引入常规废水处理系统进行处理, 留沉渣备用, 所得沉渣的固含量为 7%。

[0045] B、厌氧消化处理: 首先将为厌氧发酵罐体积 60% 的厌氧活性污泥接种至厌氧发酵罐中; 同时将步骤 A 所得的沉渣与废水处理所产生的废水污泥按体积比 2:1 进行均匀混合, 得到一种沉渣污泥混合物; 然后将为厌氧发酵罐体积 3% 的上述沉渣污泥混合物在 24h 内分三次通过厌氧发酵罐上的进渣口注入为厌氧发酵罐中, 同时开启搅拌装置和加热装置, 搅拌强度为 80rpm, 控制发酵温度为 60℃。发酵过程中, 每隔 8h 进行一次排沼渣操作, 每次的排渣量为厌氧发酵罐体积的 1%, 即在 24h 内将总量为厌氧发酵罐体积的 3% 的经厌氧消化处理后所得的沼渣分三次自厌氧发酵罐的排渣口排出; 每次排渣完毕后立即进行一次进料操作, 每次的进料量为厌氧发酵罐体积的 1%, 即在 24h 内将总量为厌氧发酵罐体积的 3% 的沉渣污泥混合物分三次自进渣口注入厌氧发酵罐。厌氧消化处理过程中产生的沼气自厌氧发酵罐的沼气出口排出, 并进入沼气锅炉燃烧使锅炉内产生蒸汽, 所得蒸汽用以加热热碱解反应釜和厌氧发酵罐。

[0046] 取实施例 4 中的头孢菌素菌渣、经热碱解及分离处理所得的沉渣和上清液、经厌氧消化处理后所得的沼渣进行检测分析, 结果如下表 4 所示:

[0047] 表 4

[0048]

物料	头孢菌素 C 残留	凯氮残留	固体量减量
头孢菌素菌渣原料	2375mg/kg	8290 mg/L	
热碱解及分离处理所得沉渣	0.25mg/kg	4137mg/L	50.5%
热碱解及分离处理所得上清液	0.13mg/kg	1510mg/L	
厌氧消化处理所得沼渣	< 0.05mg/ kg	4079mg/L	68.4%

[0049] 由上表 4 可知, 实施例 4 中的头孢菌素菌渣原料经过热碱解处理后, 头孢菌素残留

去除率 > 99.99%，固体减量 50.5%，凯氮消减 50.1%；实施例 4 中的头孢菌素菌渣经过热碱解和厌氧消化处理后，头孢菌素残留去除率 > 99.99%，固体减量 68.4%。

[0050] 对上述各实施例所产生的沼渣进行危险废物鉴别，鉴定合格后的沼渣可以用于制备农业有机肥的原料。