

污泥掺混制备生物质燃料技术现状与 发展前景

郭志新^{1,2,3}

(1. 煤炭科学技术研究院有限公司 节能分院, 北京 100013; 2. 煤炭资源开采与环境保护国家重点实验室, 北京 100013;
3. 国家能源煤炭高效利用与节能减排技术装备重点实验室, 北京 100013)

摘要:为了减轻市政污泥对环境的污染,实现污泥的资源化利用,阐述了国内外污泥处置的现状,介绍了污泥与煤掺混制备污泥水煤浆、与煤(半焦)掺混制备成型燃料以及与植物秸秆掺混造粒制备燃料制备生物质燃料的研究现状。结果表明,污泥制备生物质燃料可以充分利用污泥中有效热值,既可以代替少量煤炭,还为污泥合理利用提供有效的技术途径。分析了污泥制备生物质燃料还存在规模小、能耗高、工艺复杂以及燃料热值低等问题,同时针对这些问题提出了应加强污泥深度改性制备高浓度燃料水煤浆、污泥与燃料秸秆造粒及污泥与煤(半焦)制备成型燃料所用高效黏结剂的开发、污泥在成型前的脱水干燥、成型燃料的防水处理以及污泥制备生物质燃料的工业化等方面的研究,以加速污泥制备生物质燃料的工业化应用。

关键词:污泥;改性;水煤浆;型煤;生物质燃料

中图分类号:X703

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2015)05-0071-05

Technical status and development prospect of biomass fuels prepared by sewage sludge and coal

GUO Zhixin^{1,2,3}

(1. Energy Conservation and Engineering Technology Research Institute, Coal Science and Technology Research Institute, Beijing 100013, China;
2. State Key Laboratory of Coal Mining and Environmental Protection, Beijing 100013, China; 3. National Energy Technology and
Equipments Laboratory of Coal Utilization and Emission Control, Beijing 100013, China)

Abstract: In order to make full use of sewage sewage sludge and decrease its pollution, the status of sewage sludge disposal at domestic and abroad, research status of coal water slurry made from sewage sludge and coal, briquette fuels prepared by sewage sludge and coal or semi-coke and biomass fuels produced from sewage sludge and plant strew were introduced. The results showed that, the biomass fuels prepared by sewage sludge took fully advantage of efficient calorific value, the biomass fuels replaced a small amount of coal and provided effective technical way for sewage sludge use. There were also lots of problems during biomass fuels preparation, such as small capacity, high energy consumption, complex process, low calorific value. In order to resolve these problems, the paper provided development direction from strengthening research of high concentration coal water slurry made from modified sewage sludge, the development of efficient bonding agents which used in the preparation of fuel made from sewage sludge and straw, coal or semi-coke, the dewatering and drying technology of sewage sludge before briquetting, waterproofing technology of briquettes fuel, industrial applications of biomass fuel made from sewage sludge.

Key words: sewage sludge; modified; coal water slurry; briquette; biomass fuel

收稿日期:2015-03-13;责任编辑:孙淑君 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2015.05.017

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2012AA063506)

作者简介:郭志新(1963—),男,河南新乡人,高级工程师,现任煤炭科学技术研究院有限公司节能分院主任工程师,从事水煤浆技术研究及推广工作。E-mail:305711705@qq.com

引用格式:郭志新.污泥掺混制备生物质燃料技术现状与发展前景[J].洁净煤技术,2015,21(5):71-75.

GUO Zhixin. Technical status and development prospect of biomass fuels prepared by sewage sludge and coal[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(5):71-75.

0 引言

城市污泥是污水厂在处理城市生活污水和工业废水过程中产生的带有大量污染物的污水处理副产物。随着我国污水处理率快速增长及由此带来的污泥产量迅速增加,市政污泥已达年3000万t以上(含水率80%)。从外观上看,城市污泥是呈黑色或黑褐色的流体状、半流体状或泥饼状的絮凝体。特点是含水率很高,可达25%~98%,体积庞大,成分复杂。污泥中含有泥砂、纤维、动植物残体等固体颗粒及其凝结的絮状物,含有大量的有机物质(主要为苯、氯酚等)、有毒有害重金属、病原微生物、寄生虫卵、盐类以及放射性核素等难降解物质,对环境造成严重污染。目前国内对外对污泥的处理方法以填埋为主,但日益增长的污泥产量不仅占用土地,也对地下水水质造成污染;焚烧减量明显,是国际上污泥处理的方向之一,但建设焚烧炉初次投资大、运行成本高。因此,如何对城市污泥进行有效处理与处置,是急需解决的问题。由于污泥含有的大量有机物具有一定热值(干基高位热值为8~10 MJ/kg)和丰富的氮、磷、钾等营养物质,将污泥进行资源化利用,对实现污泥减量化、稳定化、无害化具有重要意义。目前开发的污泥资源化利用方式主要有作为土地利用、建材利用和制备生物质燃料3种,其中制备生物质燃料就是将污泥与工业、农业废弃物或清洁燃料掺混制成热值较高的燃料用于锅炉燃烧,是污泥资源化利用的主要方式。污泥制备生物质燃料主要是利用污泥具有较低的热值不能直接燃烧的特性,将其与可燃物混合制备生物质燃料作为能源使用,既充分利用了污泥的热值,又有效降低污泥处理的成本,是污泥无害化、资源化的有效途径。为此,国内外学者对污泥的制备生物质燃料进行了大量的研究。国外污泥主要用于土地利用、填埋和焚烧,资源化利用较少,国内对污泥的资源化利用刚刚起步研究。因此,本文综述了国内外污泥处置的现状,介绍了污泥制备生物质燃料的研究现状和存在问题,提出了污泥制备生物质燃料的发展方向。

1 国内外污泥处置现状

1.1 国外污泥处置现状

目前国外对污泥处理方法主要有农业利用(肥

料、饲料)、填埋、干化焚烧和填埋投海等。

西方发达国家经济雄厚,技术先进,污泥处理程度较高,例如,西欧主要以间接热干化为主,美、英以填埋、农用为主,而日本主要采用焚烧。欧洲如德国、荷兰等国建有大型污泥预干化厂,预干化的污泥含水量达60%后,进入电厂焚烧或堆肥农用,实现能源再利用。据统计,目前世界上7个发达国家的污泥处置中,土地利用占9%~54%,填埋占16%~55%,焚烧占15%~55%,其他占0~8%。日本在1999—2008年间,下水污泥产量以及相应的处理与处置方式所占比例的变化如图1所示。

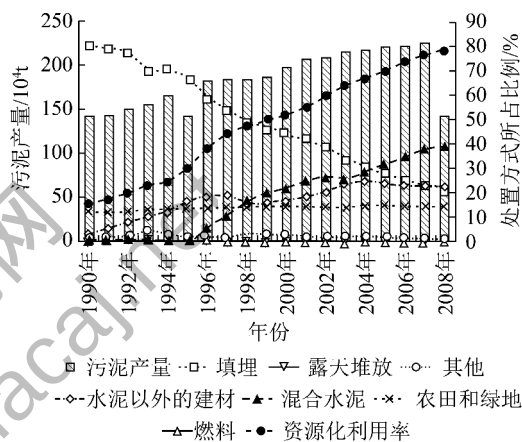


图1 日本下水污泥产量及处理与处置方式的变化

日本污泥的处理与处置方式分为处置(填埋露天堆放、其他处置方式)和资源化利用(建材、农田、绿地、燃料)2类。日本资源和能源缺乏,非常重视污泥的资源化和能源化利用,因此,近年来资源化利用的比例上升较快,到2008年达到了77.9%。主要是将污泥中的有机成分用于农业绿地(肥料和土壤改良剂)和能源化(生物质气体、固体燃料化等)利用,无机成分则用于建材利用。于2010年建成了5 t/d的低成本污泥发电技术^[1]。

1.2 国内污泥处置现状

在我国,由于经费和技术的原因,目前污泥尚无合理的出路,还是以填埋、堆放为主。据统计,中国污泥处置现状是:农用占44.8%,填埋占31%,其他占10.5%,未处置占13.7%。有资料表明,建成的污水处理厂中90%以上没有污泥处理的配套设施。在一些地方,由于滥用污泥,致使重金属、有机物以及病虫害等直接危及人体健康,造成对环境的二次污染。

由于填埋不仅造成土地紧张,还对土地、海洋资源造成污染,因此污泥填埋所占的比例正逐年下降。

焚烧减量明显,是国际上污泥处理的方向之一,但污泥自身热值较低,通常不能直接燃烧,目前存在投资、运营成本高以及污染环境等问题^[2],仍处于起步阶段。随着环保政策的日益严格,国内也在尝试污泥的资源化利用,包括将污泥适当处理后作为土壤改良剂和堆肥等土地利用,作为制砖、水泥和新型材料等建材利用以及作为燃料、发电、造气等能源化利用。利用污泥的超细颗粒和有一定热值的特性,将污泥与农业废弃物如秸秆、煤炭等掺混制备生物成型燃料或燃料水煤浆,是污泥燃料化的有效利用方式。

2 国内污泥燃料化技术现状

随着污泥产量的迅速增加及对环境产生的恶劣影响,污泥资源化利用日益受到关注。近年来国内相关学者对污泥制备生物质燃料进行研究,主要有污泥与煤、农业废弃物秸秆混合制备成型燃料、污泥与煤混合制备燃料水煤浆等。由于这方面的研究刚刚起步,因此,大多停留在实验室研究阶段。

2.1 污泥与煤、农业秸秆混合制备成型燃料技术

污泥自身水分高、热值低,直接燃烧困难,将污泥与煤、农业废弃物混合直接燃烧或成型燃烧是改善污泥燃烧特性的行之有效的方法。

为了解污泥与农业废弃物的燃烧特性,武宏香等^[3]采用热天平反应装置,研究了煤、木屑和污泥混合物的着火温度、燃烬温度等燃烧特性,结果表明,污泥单独燃烧性能较差,加入煤或者木屑共同燃烧时,其综合燃烧特性指数增加,燃点提高,燃烬温度下降,燃烧性能得到改善,证明污泥与生物质废弃物混合燃烧是污泥资源化利用的好方式。

张长飞等^[4]将含水率为80%左右的2种污泥与煤和木屑混合用压滤机在一定压力下制备成具有一定强度和热值的污泥成型燃料,并对成型燃料进行热重试验。结果表明,2种污泥成型燃料热解过程均为干燥阶段、挥发分析出阶段、燃烧阶段及燃烬阶段。木屑与污泥制备的成型燃料燃烧速率最大温度比污泥与煤粉制备的成型燃料低约100 K。

污泥与秸秆、适量添加剂混合后制备成型燃料的目的是提高燃烧热值及热能。成型时需要添加多种添加剂,主要由使成型燃料易于着火的引燃剂、改善成型燃料孔隙率的疏松剂、促进碳粒完全燃烧的催化剂、保证成型燃料固化效果的固化剂以及减少成型燃料燃烧中臭味污染的除臭剂等^[5]。

在上述实验室研究的基础上,赵培涛等^[6]在处理量24 t/d的中试试验平台上进行了污泥制备生物质燃料的试验。试验原材料为含水率82.4%的污泥、木屑、稻草、麦秆和梧桐树叶,同时添加少量引燃剂苯甲酸和铁离子钙离子作为调理剂。以上述原材料制备生物质燃料的工艺流程如图2所示。

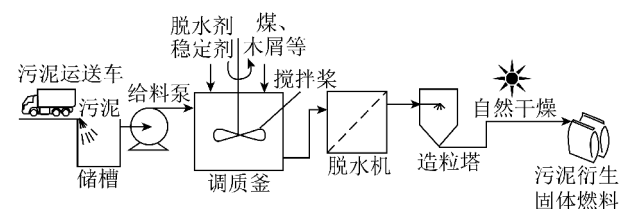


图2 污泥制备生物质燃料工艺流程

该工艺不需要将污泥单独烘干,而是通过添加少量化学药剂和秸秆等生物质,改变污泥中水分子的状态,通过脱水、造粒自然干燥等步骤,直接将湿污泥制成含水率45%左右、热值为3260 kJ/kg的生物质燃料。该燃料经过热天平燃烧试验表明,燃点活化能低,易点燃,可以在较低的温度内完全燃烧,燃烧性能较好,可以作为替代燃料使用。

2.2 污泥与煤掺混制备燃料水煤浆技术

水煤浆是煤与适量水及添加剂混合后经过超细研磨制备成的流体燃料。利用污泥具有超细颗粒、高含水量及具有一定热值的特性,将污泥与煤掺混制备污泥水煤浆代替燃料燃烧,既可以充分利用污泥的热值和水分,又可以节约少量制浆用煤和用水,还可以节约污泥的高额处置费用。为此,国内相关学者进行了污泥与煤掺混制备污泥水煤浆的研究。

1) 污泥水煤浆制备技术

戴财胜等^[7]在污泥中加入煤粉,利用污泥重力脱水的原理,使污泥中水与污泥分层,达到污泥浓缩脱水的目的。结果表明,污泥水的固含量由脱水前的8.87%增至23.65%,而污泥含水率由91.23%降至76.35%,这样为污泥与煤混合制备性能优良的污泥煤浆,实现污泥的资源化利用提供了有利条件。

王健^[8]将含水率大于80%的污泥经碱液改性后与兖州煤掺混并添加适量分散剂和稳定剂制备污泥煤浆,考察了污泥不同添加量对水煤浆的成浆浓度、流变性及稳定性的影响。结果表明,污泥添加量为10%,可以制备出浓度60%、具有较强假塑性的污泥水煤浆。姚杰等^[9]研究了3种污泥添加淮南煤和少量添加剂制备污泥水煤浆。结果表明与单种煤相比,3种污泥制浆浓度降低3%~4%,污泥添加量

不大于2%,只有污泥原浆(固含量仅2%左右)的添加量可以达到10%,但煤浆浓度降低较多,对水煤浆燃烧或气化会有影响。王睿坤等^[10]将污泥(含水率72%)与兖州煤掺混制备污泥煤浆,研究了污泥添加量、添加剂种类、剪切速率等对成浆特性的影响。研究表明,随污泥添加量的增加,污泥水煤浆的黏度增加,成浆浓度下降,在污泥添加量为15%时,水煤浆浓度比不加污泥的水煤浆浓度(69%)下降9%,仅为60%左右;污泥添加量较低时,石油磺酸盐的分散性较强,而污泥添加量较高时,3种添加剂的分散作用相当。

上述污泥制浆技术研究结果表明,由于污泥的高含水率和胶体结构,造成直接与煤混合制备的煤浆浓度过低,而且污泥添加量过少。因此,若在污泥制浆前进行改性处理,可以破坏污泥的胶体结构,将污泥中的网状结构水释放成为自由水,减少制浆用水添加量,提高煤浆的浓度,改善污泥煤浆的特性。

国家水煤浆工程技术研究中心多年来为拓宽制浆用煤来源,减轻污泥、污水等对环境的污染,降低制浆成本,致力于开发污泥制备水煤浆的研究,取得了2种污泥制浆技术成果^[11-12]。一种技术是先用碱性废液如造纸废液对污泥进行改性,使污泥变为流动性较好的液体,然后将改性污泥与煤粉混合制备污泥水煤浆;用潞安煤和兖州煤制浆时,污泥煤浆的成浆浓度可以达到61%~64%,污泥添加量高达20%,同时污泥煤浆具有较好的流动性和稳定性,不需额外加入稳定剂。另一种技术是为提高污泥制备的煤浆的浓度而开发的,即先将污泥用碱性物质(废液或化工原料)进行一级改性,然后将此改性污泥送入流体激波器对污泥进行二级改性,经过二级改性的污泥具有非常好的流动性,这项技术正在燃料浆生产线上试用。

2) 污泥水煤浆燃烧特性

为了解污泥水煤浆的燃烧特性,很多学者研究了污泥水煤浆的燃烧特性。王丹^[13]研究了污泥水煤浆的燃烧特性,结果表明,污泥水煤浆比普通水煤浆有较低的着火温度,说明污泥水煤浆的燃烧性能更好。朱建航^[14]研究了3.2 MW 卧室炉中对污泥的燃烧特性,结果表明,污泥掺混10%制备的污泥水煤浆着火容易,炉膛火焰分布均匀,可以稳定燃烧,其燃烧特性和结渣特性均好于大同煤制备的水煤浆。污泥水煤浆的燃烧特性主要是因为污泥自身的挥发分高、燃点低,因而用其制备的水煤浆比不添

加污泥的水煤浆更易点燃和燃烬。

3 污泥掺混制备燃料技术存在的问题

近年来,随着环保部门对环境要求日益严格,相关工作开发了很多人污泥掺混制备燃料技术。但由于污泥具有持水量高、灰分高、热值低、成分复杂、黏性大、不易降解的特性,造成开发的污泥掺混制备燃料技术虽然有了一定的进展,但还存在很多问题,技术大多停留在实验室研究阶段。对污泥掺混制备燃料技术进行了归纳,存在的问题主要有:

1) 污泥与秸秆或煤炭等掺混制备污泥成型燃料时,由于污泥水分太高,在利用前需要烘干。由于秸秆属于高纤维物质且水分也较高,必须先将秸秆晾晒或烘干,然后粉碎成细粉,最后与污泥或煤炭掺混经高压成型制备型煤或成型颗粒燃料,这就造成了污泥烘干所需热能的消耗;污泥与秸秆或者煤掺混后成型或造粒存在成型率低、强度低、不防水、在运输和使用过程中易于粉化等问题。

2) 污泥与煤掺混制备水煤浆时,由于污泥的高黏性、高持水量以及低热值等特性,造成污泥直接制浆存在污泥添加量少(一般不超过10%)、污泥煤浆成浆性差、浓度低、黏度高以及热值低等问题。

3) 尽管污泥掺混制备生物质燃料技术研究成果仅停留在实验室阶段及半工业性试验阶段,在工业生产线上进行污泥制备成型燃料和制备污泥煤浆以及对其产品燃用基本上属于空白。

4 展 望

1) 加强污泥干化(脱水)方法研究。由于污泥中含有很多絮凝剂,造成其持水率高,其含有的高分子化学物质为网状结构,将水分紧密包裹其中,很难释放出来。这是造成直接用污泥制备水煤浆时,煤浆浓度偏低的主要原因之一。因此,应研究降解污泥中高分子化学物质方法,通过不烘干方法来释放污泥中的水分。

2) 继续进行污泥与秸秆掺混制备成型燃料的研究。我国农作物秸秆资源丰富,产量为6亿~7亿t/a,折合3亿tce。由于尚未找到合理利用秸秆的有效途径,秸秆就地焚烧,对环境造成严重污染。将秸秆与煤掺混制备成型燃料是秸秆合理利用的途径之一。目前对污泥与秸秆或煤炭掺混制备成型燃料的研究尚属起步阶段,采用的是污泥与秸秆先干燥再混合成型或者将污泥与秸秆先加入添加剂挤压

脱水再成型的工艺。这种工艺比较复杂、成本高,因此需要开发工艺简单、成本低、产品强度高、防水性好污泥与秸秆制备成型燃料技术,同时应开发高效黏结剂以提高成型燃料的强度及防水性。

3)应着重研究污泥制备水煤浆及其燃烧技术。污泥制备水煤浆的好处是不需烘干污泥,利用污泥中的部分水和有限的热值制备水煤浆,从而节约制浆用水和制浆用煤,是污泥减量化、资源化、无害化利用的有效途径之一。目前开发的污泥制浆技术虽然也在制浆前对污泥进行改性,但仍存在污泥添加量少、煤浆浓度低的问题。虽然国家水煤浆工程技术研究中心研发的2种污泥改性制浆技术提高了污泥在煤浆中的添加量和浓度,仍需继续开发污泥添加量更多的制浆技术。同时还要研究污泥煤浆在锅炉中燃烧的新技术,如雾化燃烧、流化燃烧和悬浮燃烧技术,使煤浆中更多掺入污泥,从而达到对污泥的低成本有效利用。

4)加快污泥掺混制备生物质燃料技术的示范应用。目前,污泥掺混制备成型燃料及水煤浆技术仍停留在实验室研究阶段,很少进行工业制浆和锅炉燃烧试验。为了应对日益增长的城市污泥,需要将现有污泥制备生物质燃料技术进行总结,将其中效果较好的技术尽快进行工业性试验并建设示范厂,并逐步得到工业化推广应用。

5 结 语

污泥掺混制备生物质燃料技术是污泥减量化、资源化、无害化利用的有效途径之一,其中污泥掺混秸秆等生物质制备成型燃料解决了农村秸秆焚烧污染环境,为秸秆提供合理有效的利用途径;污泥掺混煤制备水煤浆技术是既可以充分利用污泥中的水分和热值,又节约制浆用水和煤炭的低成本制浆技术,还为污泥资源化提供切实可行的利用途径。目前,污泥掺混制备生物质燃料技术基本处在实验室研究阶段。污泥掺混秸秆制备生物质燃料还处在工艺复杂、成型量低、强度差等问题,污泥掺混煤制备水煤浆技术还处在污泥掺入量低、煤浆浓度低等问题。因此,需要进行深入研究,不断完善技术,尽快进行工业示范生产线的建设及应用。

参考文献:

[1] 朱芬芬,高冈昌辉,王洪臣,等.日本污泥处置与资源化利用趋势[J].中国给水排水,2012,28(11):102-104.

- [2] 张燕玲.城市污泥资源利用与思考[J].现代物业,2014,13(4):95-96.
- [3] 武宏香,赵增立,李海滨,等.污泥与煤、木屑的混合燃烧特性及动力学研究[J].环境科学与技术,2011,34(7):73-77.
- [4] 张长飞,葛仕福,赵培涛,等.污泥合成燃料的研制及燃烧特性的研究[J].环境科学学报,2011,31(1):130-135.
- [5] 许禄钟,吴怡.污泥制备合成燃料技术及其工艺特点[J].四川环境,2012,31(12):76-79.
- [6] 赵培涛,葛仕福,张长飞,等.污泥及秸秆生物质固燃料制备中试工艺及燃烧特性[J].农业工程学报,2012,28(9):165-170.
- [7] 戴财胜,刘良良,马淞江.基于污泥煤浆的污泥调质与浓缩脱水实验研究[J].煤炭转化,2014,37(3):86-89.
- [8] 王健.污泥水煤浆的性能研究[D].南京:南京大学,2010:24-50.
- [9] 姚杰,董众兵,朱帮阳,等.城市污泥与淮南煤共制水煤浆制浆性能的试验[J].化工进展,2011(30):500-504.
- [10] 王睿坤,刘建忠,胡亚轩,等.水煤浆掺混湿污泥对浆体成浆特性的影响[J].煤炭学报,2010,35(8):199-204.
- [11] 何国锋,段清兵,杜丽伟,等.流体激波污泥改性工艺提高污泥水煤浆浓度的研究[J].洁净煤技术,2014,20(1):45-48.
- [12] 段清兵,何国锋,王国房,等.利用碱性物质对污泥改性制备污泥水煤浆的实验研究[J].洁净煤技术,2014,20(1):96-99.
- [13] 王丹.污泥水煤浆的基础特性、脱硫特性及锅炉燃烧特性研究[D].杭州:浙江大学,2010:21-63.
- [14] 朱建航,胡勤海,陈菊芬,等.污泥水煤浆燃烧和污染排放特性研究[J].燃料化学学报,2012,40(2):252-256.

(上接第70页)

- [5] 吴秀章.煤制烯烃及下游产品市场需求与加工技术分析[J].神华科技,2011,9(4):70-75.
- [6] 王庆峰,王艳菊.炼厂碳四烃的利用研究[J].中国新技术新产品,2011(7):18.
- [7] 闫国春.甲醇制烯烃工艺副产碳四的综合应用[J].内蒙古石油化工,2007(8):38-41.
- [8] 兰秀菊,李海滨,姜涛.煤基混合碳四深加工方案的探讨[J].乙烯工业,2011,23(1):12-16.
- [9] 魏飞,汤效平,周华群,等.增产丙烯技术进展[J].石油化工,2008,37(10):979-986.
- [10] Mol J C. Industrial applications of olefins metathesis[J]. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 2004, 213(1): 39-45.
- [11] 廖宝星.轻烃芳构化生产芳烃技术进展[J].化学世界,2009(6):373-376.
- [12] 崔锡红,曾群英,李吉辉,等.混合碳四中丁烯-1的分离技术及综合利用[J].精细石油化工进展,2010,11(1):33-37.
- [13] 钱伯章.二丙基庚醇的市场、原料和技术综述[J].精细化工原料及中间体,2011(9):14-20.
- [14] 沈鹏飞,张随平.煤制烯烃技术副产C₄资源的综合利用[J].当代化工,2012,41(12):1333-1336.