城市生物质垃圾气化工艺研究

李宇宸

（北京中环博宏环境资源科技有限公司，北京100102）

摘要：生物质垃圾气化是解决城市垃圾的重要方法，具有广阔的发展前景和市场应用价值。本文综述了当前城市生物质垃圾气化技术中的超临界水气化法、两步（多步）气化法、串行流化床气化法，提出了生物质垃圾气化需要解决好焦油、二次污染和催化剂等问题。生物质垃圾气化是未来城市垃圾解决的发展方向，也是提升资源利用效率，建设美丽中国的需要。

生物质垃圾是指生物质由于失去其原来价值或在一定时空中未能被利用，从而导致被搁置的一种状态。其中，城市生物质废物主要包括家庭厨余垃圾、城市粪便以及城镇污泥。随着城市化、工业化进程的加快，每年所产生的城市生物质废物以8%-10%的速度快速增长，通过开发利用垃圾来发电、焚烧集中供热或气化产生煤气供市民使用，做好城市生物质垃圾再利用是实现变废为宝的重要途径。预计，生物质能利用量到2050年将占全球能源消费的50%左右[1]。

1城市生物质垃圾气化处理工艺

近年来，随着能源结构的调整，以及城市环境污染问题突出等因素，使得国内外关于生物质资源化利用给予了更多关注，产生了许多生物质燃气化新技术和新方法。

1.1超临界水气化法

超临界水气化是指利用超临界水可溶解多数有机物和气体，及其密度高、粘性低、运输能力强的特性，将城市生物质高效气化，从而制备出可燃气的一种气化技术。其中，超临界水是指处于临界压力（22.12MPa）和临界温度（374.12℃）以上时的水，超临界水是一种具有很强的扩散和传输能力的均质非极性溶剂[2]。超临界水能够改变相行为、扩散速率，以及溶剂化效应，从而达到增大扩散系数、使反应混合物均相化，并控制相分离的过程及其产物的分布。基于此，超临界水中气化法制氢过程中发生的热效率不会随着生物质含湿量的变化而变化，而且，对高湿气物质，在超临界水中气化具有比常规气化和热解过程能够产生出更高的热效率。闫秋会[2]等通过玉米芯、锯木屑、木质素以及农业生物质等超临界水气化的研究，得出了相关的研究结果：在这些生物质气化过程中离子反应和自由基起到了十分重要的作用，并且通过升高压力等举措实现离子反应的促进效果，并同步做到自由基活性的抑制功效，最终会影响气化产物的效果。徐雪松[3]采用超临界水处理油性污泥的热态实验后发现，在临界温度为420℃、临界压力为24MPa、pH值为10，密度ρ（COD）为1000mg/L的反应初始条件下，采用超临界水气化技术对油性污泥的COD去除率高达95%。超临界水气化生物质技术作为一种新兴生物质利用技术，具有很高的利用率和环保特性，日益受到普及和重视，但其效果也受到温度、压力、浓度、停留时间和催化剂等因素影响。例如，在没有催化剂的作用下，温度、压力的升高有利于生物质在超临界水气化技术中的气化效率；高浓度不利于气化完全进行，但高浓度生物质气化商业及时更高；停留时间延长有利于提升气化率。综上，生物质原料浓度、成分、密度、pH等影响超临界水气化的因素较多，其监测和目的产物难以实时快速控制；超临界状态下，所产生的活性自由基、强酸以及盐类等对反应器设备腐蚀性严重，增加日常维护难度；金属离子及无机盐在超临界水中溶解度低，所产生的金属氧化物和无机盐沉积容易导致设备堵塞等等，这些问题都需要在实际应用中加强研究，采取有效措施予以解决。

1.2两步（多步）气化法

鉴于超临界水气化制氢在反应过程中会产生焦油，为降低生物质燃气化过程中焦油含量，近年来，两（多）步气化法技术逐步被应用到生物质燃气化处理中。两（多）步气化法工艺是将生物质气化过程中低温热解和高温气化两个过程采取的是相对分步进行，从而实现了“多级”气化的处理效果，使生物质在气化过程中保证其中的焦油裂解一直处于在高温环境下进行，将焦油充分地裂解为小分子不凝性的可燃气体。两（多）步法气体化配合纯氧、富氧、水蒸气等催化剂联合使用，能够将生物质原料中的焦油转化成为气体产品，极大地降低了焦油的含量，也提升了气化效率。研究两段气化过程中，一段供风与两段供风对降低生物质气化过程中的焦油生产量影响的结果表明：两段供风能够显著提升气化炉内的最高温度和还原区温度，气体中的焦油含量显著降低，仅为常规供风的10%左右。而分步气化法则充分保证了焦油在强化裂解的高温条件下，通过充分的裂解为小分子小凝性可燃气体，降低可燃气体中基础焦油质量浓度，大大提高了燃气品质。闫桂焕[4]等人研究发现，采用多步气化法使生物质在燃气化时焦油强化裂解所需的高温条件，并使生物质在充分裂解成小分子不凝性可燃气体，大大降低可燃气体基础焦油质量浓度（其研究结果发现，能将焦油浓度降低到了20mg/m^{3}以下），可燃气体的品质也得到了显著提升。王立群等[5]人通过单一流化床两步气

化法，对醋糟生物质进行气化制取合成气研究后发现，即使对于含水量较高的生物质，采取两步气化法运行稳定，并且随着含水量增加，氢气含量也会随之增加，随着温度的不断升高（实验研究认为，最佳温度为90-1000°C），燃气中氢气的含量也会不断提升，两步法为高含水量的生物质燃气化处理提供了技术和理论依据。

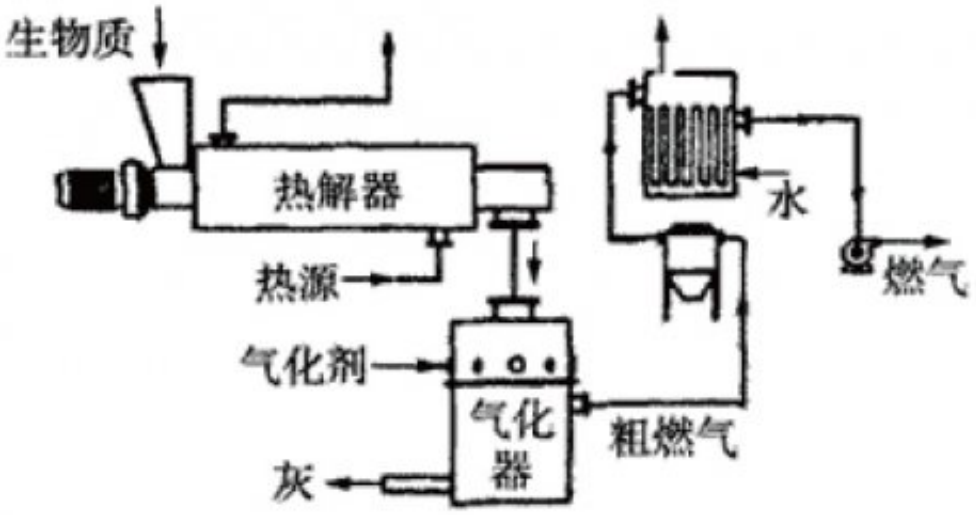
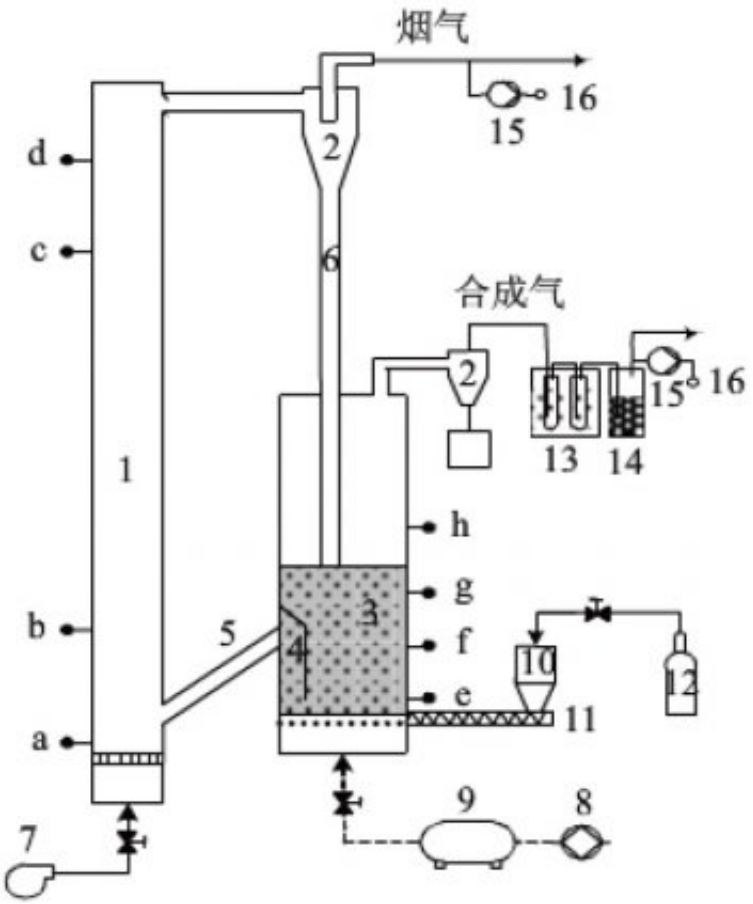


图 1　两步法生物质气化工艺路线



1- 循环流化床；2- 旋风分离器；3- 鼓泡流化床；4- 隔板；5- 返料管；6- 下料管；7- 风机；8- 微型水泵；9- 蒸汽发生器；10- 斜斗；11- 螺旋给料器；12- 氩气瓶；13- 冷凝器；14- 棉线过滤器；15- 取气泵；16- 集气袋

图 2 串行流化床生物质气化系统示意图

1.3串行流化床气化法

近年来，随着生物质气化研究和应用的深入，流化床生物气化工艺逐渐成为关注度高的一类技术。传统流化床技术将生物质气化和燃烧同步进行，离不开催化剂应用，并增加工艺过程的复杂性，也提升了工艺成本。将生物质热解气化和燃烧过程分开的串行流化床气化法降低了气体分离难度，其中，热解气化工艺主要采用的是鼓泡流化床（气化反应器），半焦燃烧则采用循环流化床（燃烧反应器）工艺，惰性固体载热体在这两个反应器之间实现热量传递。串行流化床气化法基于的是循环流化床工艺理念。该工艺能够最大程度地保障了较高的产氢率，提升生物质燃气品质。沈来宏[6]等人利用AspenPlus软件，建立串行流化床气化反应器模型，对生物质催化气化制氢进行了模拟计算后发现，采用CaO催化生物质蒸汽气化反应显著提高产氢率，而且温度会对催化气化过程有显著影响，即，随着温度提高，气体产物中的氢气含量明显下降，在气化反应温度为700℃、CaO催化作用下产氢率达到了94.1%。吴家桦等[7]人采用串行流化床气化技术，研究了串行流化床在生物质气化过程中所受到的床层压降和床内温度分布、生化反应器温度、S/B等因素的影响，其中，随着反应器温度升高，合成气中氢、一氧化碳减小，合成气产率提升，热值降低，总碳转换率先升后降低，S/B最佳值为1.4，并得出了串行流化床生物气化系统实际运行的安全稳定性，能够保证生物质经技术处理后满足稳定连续地获得高品质合成气。

2生物质气化现实问题及解决方案

2.1焦油问题

焦油问题是目前制约生物质气化技术应用和推广必须要解决的问题。城市生物质垃圾自身所具有的有机物等原料特性，使得其在生物质气化转换再利用过程中产生的必然产物。焦油的产生容易给设备造成腐蚀、堵塞设备管道，燃烧过程中生成的大量炭黑颗粒污染环境，损害燃气轮机等设备，减少设备的应用周期，对气化系统的稳定运行构成较大影响，不利于燃气的应用和发展。

2.2二次污染问题

城市生物质垃圾气化过程中会产生焦油、灰尘等会给环境造成二次污染，此外，为了提升生物质气化后获得合格的燃气，采用水洗等方法降低焦油和灰尘含量又造成了水资源和土壤污染问题。

解决生物质气化二次污染问题，尤其是水、灰尘污染等问题，一方面，可以比照污水处理方法，将生物质气化过程中除灰尘和除焦油产生的废水进行无害化处理，积极采取循环利用技术，提升水资源利用效率。选用干式除尘、静电除尘等技术加强灰尘的收集和处理，提升资源综合利用，减少对环境的污染。

2.3催化剂问题

城市生物质垃圾气化过程中往往需要借助各种催化剂的辅助作用，提升气化反应效果，目前已研制出各种催化剂，但也存在一些问题。主要表现在催化剂的价格昂贵、易失活、抗烧结性差等不足，所以很难进行大规划的商业化应用。催化剂作为生物质气化技术中一项重要的辅助性材料，积极开发出高活性、高稳定性以及高选择性催化剂是未来的研究重点。其中，研究各种优势集于一体的复合型催化剂，以提升催化剂的抗失活、抗烧结、抗积炭等性能是发展的方向和重点解决的思路。

3结语

近年来，随着生物质气化研究和应用的深入推进，除了上述几种主要工艺技术外，等离子体气化、催化气化、热解气化以及气化剂气化等技术应用也得到了长足进步。城市生物质垃圾燃气化技术进入了应用阶段，并已经实现了集中供气、供热和气化发电阶段。进一步提升生物质能，还需要在焦油裂解原理、灰尘二次污染、催化剂功能发挥机制、反应器以及气化产物定向性调控等关键技术方面加大研究，解决生物质燃气化关键技术和配套设备等核心问题，不断完善生物质垃圾燃气化技术。

参考文献

[1]孙立,张晓东.生物质热解气化原理与技术[M].北京:化学工业出版社,2013.80.

[2]闫秋会,赵亮,吕友军.操作参数对纤维素超临界水气化制氢产气性能的影响[J].应用基础与工程科学学报,2009,39(11):4040-4053.

[3]徐雪松.超临界水氧化处理油性污泥工艺参数优化的研究[D].石河子:石河子大学,2016.

[4]闫桂焕,孙荣峰,许敏等.生物质固定床两步法气化技术[J].农业机械学报,2010,4(4):101-104.

[5]王立群,白文斌.醋糟生物质两步气化法制取富氢燃气[J].重庆理工大学学报(自然科学),2016,30(9):55-59.

[6]沈来宏,肖军,高杨.串行流化床生物质催化剂氢模拟研究[J].中国电机工程学报,2006,26(1):7-11.

[7]吴家桦,沈来宏,肖军等.串行流化床生物质气化制取合成气试验研究[J].中国电机工程学报,2009,29(11):111-118.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/191011.html