

ICS 27.010

CCS F 13

团 体 标 准

T/CI 082—2022

生物质资源转化利用技术指南

Technical guidelines for conversion and utilization of biomass resources

2022 - 10 - 13 发布

2022 - 10 - 13 实施

中国国际科技促进会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 生物质资源类型	3
4.1 农牧业生物质	3
4.2 林业生物质	3
4.3 城乡有机废弃物	3
5 生物质资源转化利用原则与路径	4
5.1 生物质资源转化利用原则	4
5.2 生物质资源转化利用路径	4
6 生物质资源转化利用推荐技术	6
6.1 固化技术	6
6.2 液化技术	8
6.3 气化技术	9
6.4 燃烧技术	10
6.5 联产技术	11
附录 A (资料性) 水解-发酵技术要点	13
A.1 预处理工艺	13
A.2 水解工艺	13
A.3 脱毒脱抑制物工艺	13
A.4 发酵工艺	14
附录 B (资料性) 酯交换技术要点	15
附录 C (资料性) 直接气化技术要点	16
附录 D (资料性) 热裂解炭气油联产技术要点	17
参考文献	18

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：生物质资源化利用国家地方联合工程研究中心（南开大学）、南开大学环境科学与工程学院、农业农村部农业生态与资源保护总站、农业农村部环境保护科研监测所、天津智碳管理咨询服务有限公司。

本文件主要起草人：邵超峰、钱炳宏、刘金鹏、鞠美庭、王晓珺、战雪松、李晓华、师荣光、李维尊、杨 娟、王 鹿。

引 言

为了引导我国生物质产业的发展，全面发挥我国生物质资源的转化利用潜力，服务碳达峰碳中和的“双碳”目标，制定本技术文件。

本文件由生物质资源化利用国家地方联合工程研究中心（南开大学）负责具体技术内容的解释。为了提高指南的质量，请各单位在使用过程中，总结经验和积累资料，及时将发现的问题和意见反馈给生物质资源化利用国家地方联合工程研究中心（南开大学），以供今后修订时参考（E-mail: shaocf@nankai.edu.cn）。

全国团体标准信息平台

生物质资源转化利用技术指南

1 范围

本文件给出了生物质资源类型、生物质资源转化利用原则与路径、生物质资源转化利用推荐技术。本文件适用于所有生物质资源的转化与利用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 17820 天然气
GB 25199-2017 B5柴油
GB/T 30366-2013 生物质术语
GB/T 39514 生物基材料术语、定义和标识
GB/T 40506-2021 生物天然气 术语
NB/T 34063-2018 生物质锅炉供热成型燃料术语
NY/T 2596-2014 沼肥
NY/T 3041-2016 生物炭基肥料

3 术语和定义

GB/T 30366-2013、NB/T 34063-2018界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生物质 biomass

一切直接或间接利用绿色植物光合作用形成的有机物质, 包含除化石燃料外的植物、动物和微生物以及由这些生命体排泄或代谢所产生的有机物质等。主要包括农牧业生物质、林业生物质、城乡有机废弃物等。

[来源: GB/T 30366-2013, 2.1.1, 有修改]

3.2

农牧业生物质 agricultural and animal-husbandry biomass

农牧业生产和加工过程中产生的以及海洋中生产的生物质（3.1）。

[来源: GB/T 30366-2013, 2.1.2, 有修改]

3.3

林业生物质 forestry biomass

林业生产和加工过程中产生的生物质（3.1）。

[来源: GB/T 30366-2013, 2.1.3, 有修改]

3.4

城乡有机废弃物 urban-rural organic waste

除危险废物外, 城市和农村生产、生活和其他活动中产生的丧失原有利用价值或虽未丧失利用价值但被抛弃或放弃的的有机物。主要包括生产有机废弃物和生活有机废弃物。

3.5

生物质固体成型燃料 densified biofuel

通过专用设备将生物质原料压缩成规则形状来增加其密度的固体燃料。

[来源: NB/T 34063-2018, 2.5]

3.6

生物炭 biochar

以生物质（3.1）为原料，在绝氧或有限氧气供应条件下、400℃~700℃热裂解得到的稳定的固体富碳产物。

[来源：NB/T 3041-2016, 3.1, 有修改]

3.7

生物质固体肥料 biomass-derived solid fertilizer

以生物质（3.1）为原料，通过物理、化学或生物过程转化生产的固体肥料。

3.8

沼肥 anaerobic digested fertilizer

以农业有机物经厌氧消化产生的沼渣沼液为载体，加工成的肥料。主要包括沼渣肥和沼液肥。

[来源：NY/T 2596-2014, 3.1]

3.9

沼渣肥 digested sludge fertilizer

以农业有机物经厌氧消化后产生的沼渣为载体加工成的肥料。

[来源：NY/T 2596-2014, 3.3]

3.10

沼液肥 digested effluent fertilizer

以农业有机物经厌氧消化后产生的沼液为载体加工成的肥料。

[来源：NY/T 2596-2014, 3.2]

3.11

生物炭基肥 biochar-based fertilizer

生物炭与无机物料或有机物料混合，通过化学或物理方法生产的生物质固体肥料（3.7）。

3.12

生物炭基无机肥料 biochar-based inorganic fertilizer

以生物炭为基质，添加氮、磷、钾等养分中的一种或几种，采用化学方法和（或）物理方法混合制成的肥料。

[来源：NB/T 3041-2016, 3.2, 有修改]

3.13

生物油 bio-oil

以生物质（3.1）为原料，通过直接液化、热裂解等技术生产的初级液体生物质产品。

3.14

生物乙醇 bioethanol

以生物质（3.1）为原料，通过水解-发酵等技术生产的乙醇。

3.15

生物柴油 biodiesel

以生物质（3.1）为原料，通过酯交换、酶催化等技术生产的脂肪酸单烷基酯。

[来源：GB 25199-2017, 3.1, 有修改]

3.16

生物质燃气 biomass-derived fuel gas

以生物质为原料，通过热化学或生物化学转化产生的可燃气体。

[来源：GB/T 40506-2021, 3.3]

3.17

生物合成气 bio-syngas

生物质（3.1）原料通过直接气化技术，在含氧气化介质的作用下生产的以氢气和一氧化碳为主要成分的混合气体。

[来源：GB/T 30366-2013, 2.4.10, 有修改]

3.18

沼气 biogas

生物质（3.1）在一定温度、湿度、酸碱度和厌氧条件下，经厌氧沼气微生物发酵及分解作用而产生的一种以甲烷为主要成分的混合可燃气体。

[来源：GB/T 30366—2013，2.4.6]

3.19

生物天然气 bio-natural gas

生物质燃气经重整、分离、提纯等处理后得到的，以甲烷为主要成分，且符合GB 17820规定的气体。

[来源：GB/T 40506—2021，3.4]

4 生物质资源类型

4.1 农牧业生物质

农牧业生物质资源主要包括农牧业剩余物、农业非粮能源植物和废弃粮食等三个中类以及农牧业生产剩余物、农牧产品加工剩余物等两个小类，具体分类见表1。

表1 农牧业生物质资源分类

大类	中类	小类	来源
农牧业生物质	农牧业剩余物	农牧业生产剩余物	农牧业生产过程中伴随主产品产生的剩余物，如农作物秸秆、畜禽粪便等。
		农牧产品加工剩余物	农牧产品加工过程中产生的剩余物，如稻壳、玉米芯、畜牧业废弃油脂等。
	农业非粮能源植物		用于生产能源或生物基产品的农业非粮能源植物，如木薯、甜高粱、甘蔗等。
	废弃粮食		不符合食用安全标准的粮食，如陈化粮、霉变粮、污染超标粮等。

4.2 林业生物质

林业生物质资源主要包括林业剩余物、林业能源植物等两个中类以及林业采伐剩余物、林业造材剩余物等七个小类，具体分类见表2。

表2 林业生物质资源分类

大类	中类	小类	来源
林业生物质	林业剩余物	林业采伐剩余物	林木主伐、抚育间伐和低产（效）林改造采伐和更新采伐等过程中产生的剩余物，如枝桠、梢头、打伤木、伐区中必须清理的藤条灌木等。
		林业造材剩余物	林木造材过程中产生的剩余物，如树皮、截头、根部齐头等。
		林业加工剩余物	木材、竹材加工过程中产生的边角料，如板条、锯末、刨花等。
		林业管理剩余物	林木因修剪或自然凋落产生的枝桠、弃果、落叶等。
		次小径材	材质低于原木加工最低等级但未完全失去使用价值的木材、竹材。
		木材、竹材废弃物	不再满足原有使用需求的木材、竹材，如废旧家具、建筑拆除废弃物等。
	园林绿化管理剩余物	园林绿化植物因修剪或自然凋落产生的枝桠、弃果、落叶等。	
林业能源植物		用于生产能源或生物基产品的林业能源植物，如杨树、柳树、油桐等。	

4.3 城乡有机废弃物

城乡有机废弃物生物质资源主要包括生产有机废弃物、生活有机废弃物等两个中类以及工业有机废渣、居民生活垃圾等八个小类，具体分类见表3。

表3 城乡有机废弃物生物质资源分类

大类	中类	小类	来源
城乡有机废弃物	生产有机废弃物	工业有机废渣	工业生产过程中的固体有机废弃物。
		工业有机废水	工业生产产生或收集的有机废水，如洗涤废水、生产加工废水等。

大类	中类	小类	来源
		工业有机污泥	工业废水处理过程中产生的固体有机废弃物。
	生活有机废弃物	居民生活垃圾	城乡居民日常生活产生的有机废弃物，如居民厨余垃圾、居民可回收物等。
		餐饮垃圾	除餐饮废弃油脂外，餐饮业生产经营过程中产生的厨余垃圾，如食物残渣、过期食物、下脚料等。
		餐饮废弃油脂	餐饮业生产经营过程中直接产生的不符合食用安全标准的动植物油脂以及从含油废弃物中提炼分离获得的油脂，如餐厨老油、泔水油、下脚料提炼油等。
		生活有机污水	城乡居民生活和市政服务过程中产生或收集的有机污水，如家庭污水、截留雨水、公共场所污水等。
		生活有机污泥	生活污水处理过程中产生的固体有机废弃物。

5 生物质资源转化利用原则与路径

5.1 生物质资源转化利用原则

5.1.1 坚持与宏观规划统筹结合

生物质资源转化利用宜与我国“双碳”目标紧密结合，充分发挥生物质资源在节能减碳方面的突出作用，加强生物质资源的推广和应用，推动我国能源结构的根本性转变，实现向清洁能源体系的转换升级，为我国生态文明建设和可持续发展目标进程提供保障。

5.1.2 坚持多元化利用与分布式开发模式

我国生物质资源储量丰富、分布广泛，各地宜根据当地的资源禀赋和现实需求，以生物质在土地内部循环的生态思路为基础，充分考虑传统路径技术的成熟性以及高新路径技术的先进性，合理规划生物质资源转化路径和利用技术，因地制宜地确定符合当地实际情况的项目规模，开发生物质肥料、生物质燃料、生物质电力、生物质热力等多元化的生物质产品，形成易于收集资源、灵活转化利用、就近生产消费的多元化利用与分布式开发模式，逐步提高生物质资源转化效率和生物质产品推广规模。

5.1.3 坚持生物质规模化产业化发展

充分发挥生物质资源多元化利用与分布式开发的优势，推广燃煤生物质改造锅炉、生物质锅炉、热电联产、生物质与其他可再生能源组合系统等生物质资源转化设施，完善成熟生物质产业链，推进生物质资源规模化产业化发展，完成生物质与现有能源网络的“并网”，逐步实现生物质在用户侧对传统能源的直接替代。

5.1.4 坚持科技创新导向

始终把推动技术进步和提高创新能力作为生物质资源转化利用的导向性原则。联动各级政府，完善科技创新支持政策与鼓励措施。搭建生物质资源产学研一体化平台，引导创新型技术进入实际应用领域。建立利益共享、成本分担的良性竞争市场，引导生物质产业市场化运行，不断提升生物质资源的市场竞争力。

5.1.5 坚持生物质产业市场化

建立利益共享、成本分担的良性竞争市场，引导生物质产业市场化运行。横向对比各转化路径和利用技术的潜在成本与收益，充分开发生物质产品的经济效益与环境效益，不断提升生物质资源的市场竞争力。

5.2 生物质资源转化利用路径

5.2.1 总体路径

生物质资源转化利用建议秉持宜气则气、宜热则热、宜电则电、宜农则农的整体思路，根据当地生物质资源禀赋和转化利用技术水平选择合理的生物质资源转化利用路径，逐步搭建起应用多元化利用、分布式开发模式的规模化产业化市场化生物质产业体系。生物质资源转化利用总体路线图参考图1。

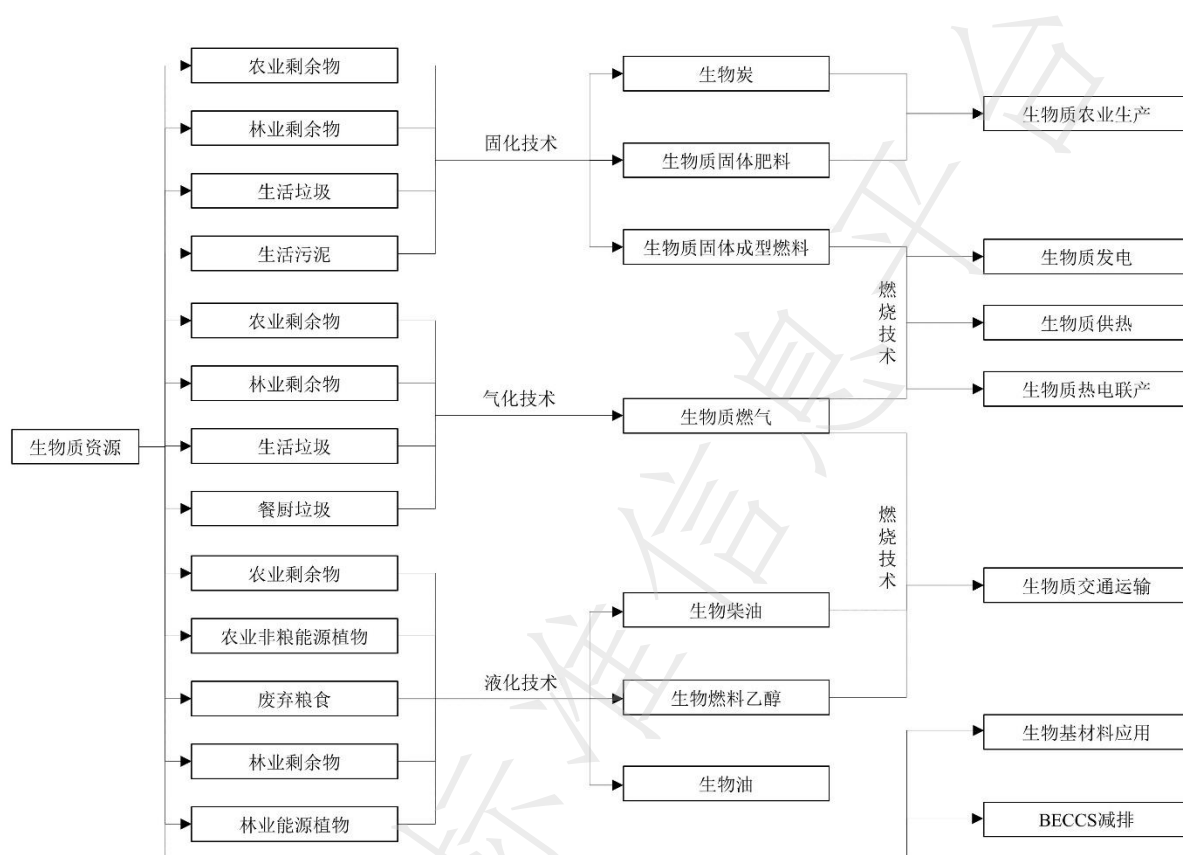


图1 生物质资源转化利用总体路线图

5.2.2 生物质农业生产

生物质产品可用于农业生产领域，对于增加土壤肥力、提高作物产量和改良土壤质量等具有积极意义。

沼肥、生物炭基肥等生物质固体肥料以及生物炭均可应用于农业生产领域。

5.2.3 生物质发电

5.2.3.1 分类

生物质资源可作为发电用燃料，通过燃烧反应将生物质能转化为热能，利用热能驱动汽轮机做功，进一步将其转化为电能。依据生物质发电技术路径的不同，生物质发电主要分为生物质直燃发电、生物质混燃发电和生物质气化发电。

5.2.3.2 燃料

生物质直燃发电的主要燃料为农作物秸秆等农牧业生产剩余物、林业剩余物、居民生活垃圾等生活有机废弃物等生物质原料，以及生物质固体成型燃料等生物质产品。

生物质混燃发电的主要燃料为生物质直燃发电的相关主要原料以及煤炭。

生物质气化发电的主要原料为生物质燃气。

5.2.4 生物质供热

5.2.4.1 分类

生物质资源可作为供热用燃料，通过燃烧反应将生物质能直接转化为热能。

依据生物质供热技术路径的不同，生物质供热主要分为生物质直燃供热、生物质混燃供热和生物质气化供热。

依据生物质供热规模的不同，生物质供热主要分为生物质区域集中供热和户用生物质供热。

5.2.4.2 燃料

生物质直燃供热、生物质混燃供热和生物质气化供热的主要燃料同生物质直燃发电、生物质混燃发电和生物质气化发电的主要燃料。

5.2.5 生物质热电联产

5.2.5.1 分类

生物质资源可作为燃料，通过燃烧反应将生物质能转化为高品位热能，利用高品位热能驱动汽轮机发电的同时，将高品位热能消耗后的低品位热能用于供热。

依据生物质热电联产技术路径的不同，生物质热电联产主要分为生物质直燃热电联产、生物质混燃热电联产和生物质气化热电联产。

5.2.5.2 燃料

生物质直燃热电联产、生物质混燃热电联产和生物质气化热电联产的主要燃料同生物质直燃发电、生物质混燃发电和生物质气化发电的主要燃料。

5.2.6 生物质交通运输

生物质产品可作为化石燃料的替代品，用于驱动交通运输工具。

生物乙醇、生物柴油、生物航空煤油、生物质燃气等生物质产品均可作为生物质燃料应用于交通运输部门。

5.2.7 生物基材料应用

生物基材料指利用生物质为原料或（和）经由生物制造得到的材料，可作为石油基材料的替代品，用于居民日常生活和工业生产等领域。

生物基塑料、生物基纤维、生物基橡胶以及生物基复合材料等生物基材料均可替代相应石油基材料的应用。

注：生物基复合材料指至少一种成分主要来源于生物质的复合材料。

5.2.8 生物质能二氧化碳捕集和封存（BECCS）减排

生物质能二氧化碳捕集和封存是将生物质资源转化利用过程中产生的二氧化碳捕集和封存的过程。BECCS可用于二氧化碳等温室气体的减排，对于创造负碳排放、缓解全球气候变暖和落实气候变化目标进程等具有积极意义。

6 生物质资源转化利用推荐技术

6.1 固化技术

6.1.1 概述

生物质资源固化技术是将生物质原料转化为固态生物质产品的技术集合。成型技术的转换过程为物理过程。

6.1.2 成型技术

6.1.2.1 技术及应用

成型技术是通过粉碎、烘干、压缩成型等专用设备将生物质原料转化为生物质固体成型燃料的技术。该技术较适宜应用于东北、华北等地区以及新疆维吾尔自治区。

6.1.2.2 原料

成型技术以农作物秸秆等农牧业生产剩余物、农牧产品加工剩余物、林业剩余物等为主要原料。

6.1.2.3 产品

成型技术获得的产品为生物质固体成型燃料。依据尺寸的不同，生物质固体成型燃料可分为生物质块状（棒状）燃料和生物质颗粒燃料。

注1：生物质块状（棒状）燃料是指粉碎的生物质原料通过成型机压缩成一定形状的生物质固体成型燃料，其直径或横截面的对角线长度大于25 mm。

注2：生物质颗粒燃料是指粉碎的生物质原料通过成型机压缩成圆柱体的生物质固体成型燃料，直径不大于25 mm、长度不大于其直径的4倍

6.1.2.4 技术要点

6.1.2.4.1 粉碎：粉碎前宜检查生物质原料中是否含有金属、砂石等坚硬异物，严格按照粉碎设备操作规范操作。

6.1.2.4.2 烘干：烘干宜按照生物质固体成型燃料目标含水率确定温度，严格按照烘干设备操作规范操作。

6.1.2.4.3 压缩成型：压缩成型宜按照生物质固体成型燃料目标含水率、目标尺寸、目标真密度、目标抗碎强度和破碎率、目标工业及元素分析指标等参数确定相应运行参数，严格按照压缩成型设备操作规范操作，随时观察成品外观质量并在必要时调整相关设备。

6.1.2.4.4 产品包装与储运：生物质固体成型燃料包装宜注明生产厂家信息、产品信息、主要技术指标、合格证明、服从标准等关键信息；生物质固体成型燃料宜在干燥、通风并设有消防通道的库房中分类储存；生物质固体成型燃料在运输过程中宜避免暴晒、雨淋、扬尘等天气的影响，不与易燃易爆、含水潮湿的产品共同运输。

6.1.3 腐熟堆肥技术

6.1.3.1 技术及应用

腐熟堆肥技术是在高温、富氧和适当的碳氮比等反应条件下，通过细菌等微生物的分解作用将生物质原料转化为生物质固体肥料的技术。该技术可借助机械化设备运行，较适宜应用于东北、华北、华东、华中等地区。

腐熟堆肥技术应用过程中可添加适量菌剂，用以提高堆肥效率、缩短反应时间并提高生物质固体肥料的养分含量。

腐熟堆肥技术的转换过程为生物化学过程。

6.1.3.2 原料

腐熟堆肥技术以畜禽粪便等农牧业生产剩余物、生活有机污泥、工业有机污泥等为主要原料。

6.1.3.3 产品

腐熟堆肥技术获得的产品为生物质固体肥料。

6.1.3.4 技术要点

6.1.3.4.1 温度：温度是腐熟堆肥技术中最关键的影响因素，依据温度的不同，可将腐熟堆肥划分为升温阶段、高温阶段和降温阶段。升温阶段的温度由环境温度上升至约60℃，生物质原料中的有机物初步降解；高温阶段的温度约为60℃-70℃，生物质原料中的大部分有机物降解；降温阶段的温度由高温阶段温度下降至环境温度。

6.1.3.4.2 氧气条件：腐熟堆肥的原料通气量宜依据生物质原料的性质确定，生活有机污泥、工业有机污泥等密度较高的原料最适通气量为150 ml/m³·min -200 ml/m³·min，畜禽粪便等密度较低的原料最适通气量为50 ml/m³·min -100 ml/m³·min。

6.1.3.4.3 碳氮比：腐熟堆肥原料的最适碳氮比约为25-30:1。为了使生物质原料的碳氮比调整到最适范围内，可向生物质原料中加入干燥、疏松的调理剂调节碳氮比。

6.1.3.4.4 pH：腐熟堆肥原料的最适pH约为6.5-8.5。

6.1.3.4.5 湿度：腐熟堆肥原料的最适湿度约为 60%–65%。

6.2 液化技术

6.2.1 概述

生物质资源液化技术是将生物质原料转化为液态生物质产品的技术集合。

6.2.2 直接液化技术

6.2.2.1 技术及应用

直接液化技术是在高温、高压等反应条件下，通过催化剂的降解作用和溶剂的溶解作用将生物质原料转化为生物油的技术。该技术较适宜应用于华北、华中等地区。

直接液化技术的转换过程为化学过程。

6.2.2.2 原料

直接液化技术以农作物秸秆等农牧业生产剩余物、农牧产品加工剩余物、林业剩余物等为主要原料。

6.2.2.3 产品

直接液化技术获得的产品为生物油。

6.2.2.4 技术要点

6.2.2.4.1 温度：直接液化技术的最适温度约为 200°C–400°C。

6.2.2.4.2 压力：直接液化技术的最适压力约为 10MPa–30MPa。

6.2.2.4.3 溶剂：直接液化技术采用的溶剂主要包括水、醇、酮、酯、醚、有机酸、四氢萘和酚等。

6.2.2.4.4 催化剂：直接液化技术采用的催化剂主要包括均相催化剂和多相催化剂。均相催化剂包括可溶于溶剂中的酸、碱、碱式盐等；多相催化剂包括 Co–Mo、Ni–Mo 等金属催化剂。

6.2.2.4.5 反应时间：直接液化技术的最适时间约为 10min–45min。

6.2.3 水解-发酵技术

6.2.3.1 技术及应用

水解-发酵技术是生物质原料经酸水解、酶水解等降解处理后，通过微生物的发酵分解作用转化为生物乙醇、有机酸、多元醇等产物的技术。该技术较适宜应用于东北、华北、华东等地区。

水解-发酵技术的转换过程为生物化学过程。

6.2.3.2 原料

水解-发酵技术以农牧产品加工剩余物、农业非粮能源植物、废弃粮食等为主要原料。

6.2.3.3 产品

水解-发酵技术获得的产品为生物乙醇、有机酸、多元醇等。

依据生物乙醇和石油混合体积分数的不同，生物燃料乙醇产品可分为车用生物乙醇汽油E85、车用生物乙醇汽油E10等。

注1：车用生物乙醇汽油E85是指在变性生物乙醇中加入汽油调合成乙醇含量在65%~85%（体积分数）的专用点燃式内燃机的汽车燃料。

注2：车用生物乙醇汽油E10是指在不添加含氧化合物的车用生物乙醇汽油调和组分油中加入10%（体积分数）的变性生物乙醇调和而成的用作车用点燃式发动机的燃料。

6.2.3.4 技术要点

水解-发酵技术要点见附录A。

6.2.4 酯交换技术

6.2.4.1 技术及应用

酯交换技术是生物质原料经提纯处理后，将醇类物质与提纯得到的生物油混合，通过催化剂的作用转化为生物柴油的技术。依据催化剂的不同，酯交换技术可分为酸催化酯交换技术、碱催化酯交换技术和酶催化酯交换技术。该技术较适宜应用于华东、华南、西南等地区。

酯交换技术的转换过程为生物化学过程。

6.2.4.2 原料

酯交换技术以畜牧业废弃油脂等农牧产品加工剩余物、农业非粮能源植物、林业能源植物、餐饮废弃油脂等生活有机废弃物等为主要原料。

6.2.4.3 产品

酯交换技术获得的产品为生物柴油。依据生物柴油和石油混合体积分数的不同，生物柴油产品可分为BD100生物柴油、B5柴油等。

注1：BD100生物柴油是指由动植物油脂或废弃油脂与醇（例如甲醇或乙醇）反应制得的脂肪酸甲酯（FAME）。

注2：B5柴油是指体积分数为1%~5%的BD100生物柴油与体积分数为95%~99%的石油柴油的调和燃料。

6.2.4.4 技术要点

酯交换技术要点见附录B。

6.3 气化技术

6.3.1 概述

生物质资源气化技术是将生物质原料转化为气态生物质产品的技术集合。

6.3.2 直接气化技术

6.3.2.1 技术及应用

直接气化技术是在高温、缺氧等反应条件下，利用空气、富氧气体或水蒸气作为气化介质，将生物质原料转化为生物合成气的技术。该技术较适宜应用于东北、华北、华中、西北等地区。

直接气化技术的转换过程为化学过程。

6.3.2.2 原料

直接气化技术以农牧业生产剩余物、农牧产品加工剩余物、林业剩余物等为主要原料。

6.3.2.3 产品

直接气化技术获得的产品是由CO、H₂、CH₄等可燃气体组成的生物合成气。

6.3.2.4 技术要点

直接气化技术要点见附录C。

6.3.3 厌氧消化技术

6.3.3.1 技术及应用

厌氧消化技术是在厌氧、适当的pH和碳氮比等反应条件下，经水解、酸化、产氢产乙酸、产甲烷等阶段，通过细菌等微生物的降解作用将生物质原料转化为沼气的技术。该技术较适宜应用于东北、华北、华东、华中等地区。

厌氧消化技术的转换过程为生物化学过程。

6.3.3.2 原料

厌氧消化技术以农牧业生产剩余物、居民生活垃圾和餐饮垃圾等生活有机废弃物等为主要原料。

6.3.3.3 产品

厌氧消化技术获得的产品是由 CH_4 、 H_2 等可燃气体组成的沼气。沼气通过进一步处理可获得生物天然气。

6.3.3.4 技术要点

6.3.3.4.1 碳氮比：厌氧消化技术的最适碳氮比约为 20-30:1。

6.3.3.4.2 pH：产氢产乙酸阶段的最适 pH 约为 4.0-6.5；产甲烷阶段的最适 pH 约为 6.5-7.5。

6.3.3.4.3 温度：依据温度的不同，可将厌氧消化划分为中温厌氧消化和高温厌氧消化。中温厌氧消化的最适温度约 30°C - 37°C ；高温厌氧消化的最适温度约为 45°C - 55°C 。

6.4 燃烧技术

6.4.1 概述

生物质资源燃烧技术是将生物质资源中蕴含的生物质能转化为热能等具有应用价值的能量形态的主要技术之一。

6.4.2 直燃技术

6.4.2.1 技术内容

直燃技术是通过生物质锅炉等燃烧设备，将生物质产品直接燃烧以获取热能、电能等能量形态的技术。

直燃技术的转换过程为化学过程。

6.4.2.2 原料

直燃技术的主要原料为农牧业生产剩余物、林业剩余物、工业有机废渣等生产有机废弃物、生活垃圾等生活有机废弃物等生物质原料，以及生物质固体成型燃料等生物质产品。

6.4.2.3 用途

直燃技术可满足居民日常炊事、取暖需求，也可应用于生物质发电工程、生物质区域集中供热工程和生物质热电联产工程等项目。

6.4.2.4 分类

依据应用环境的不同，直燃技术可分为户用直燃技术和工业直燃技术。

依据生物质锅炉设备技术的不同，工业直燃技术可分为固定炉排、链条炉排、往复炉排、振动炉排和下饲式旋转炉排等固定床锅炉直燃技术，鼓泡流化床和循环流化床等流化床锅炉直燃技术，以及悬浮直燃技术。

6.4.3 混燃技术

6.4.3.1 技术内容

混燃技术是通过传统燃煤锅炉或根据生物质燃料特性改造后的传统燃煤锅炉等燃烧设备，将生物质产品与煤炭混合燃烧以获取热能、电能等能量形态的技术。

混燃技术的转换过程为化学过程。

6.4.3.2 原料

混燃技术的主要原料为直燃技术的相关主要原料以及煤炭。

6.4.3.3 用途

同6.4.2.3。

6.4.3.4 分类

依据混燃方案的不同，混燃技术可分为生物质-煤炭直接混合燃烧技术、生物质气化-煤炭混合燃烧技术和生物质-煤炭并联燃烧技术。

- a) 生物质-煤炭直接混合燃烧技术：生物质-煤炭直接混合燃烧技术主要包括生物质-煤炭混合粉碎燃烧、生物质-煤炭独立粉碎混合燃烧、生物质-煤炭独立粉碎燃烧、生物质作为再燃燃料混合燃烧四种工艺；
- b) 生物质气化-煤炭混合燃烧技术：生物质原料经气化后，将产生的生物质燃气输送至锅炉内燃烧；
- c) 生物质-煤炭并联燃烧技术：生物质与煤炭分别在独立的锅炉内燃烧，将生物质原料燃烧产生的蒸汽输送至燃煤锅炉系统内。

6.5 联产技术

6.5.1 概述

生物质资源联产技术是将生物质原料转化为多种形态或类型的生物质产品的技术集合。

6.5.2 热裂解炭气油联产技术

6.5.2.1 技术内容

热裂解炭气油联产技术是在高温、适当的反应速率和原料粒径等反应条件下，在缺氧的环境中将生物质原料同时转化为生物炭、生物燃气和生物油的技术。

热裂解炭气油联产技术的转换过程为化学过程。

6.5.2.2 原料

热裂解炭气油联产技术以农牧业生产剩余物、农牧产品加工剩余物、林业剩余物等为主要原料。

6.5.2.3 产品

热裂解炭气油联产技术获得的产品为生物炭、生物质燃气和生物油，三种产品的产出比率由反应条件决定。

6.5.2.4 技术要点

热裂解炭气油联产技术要点见附录D。

6.5.3 生物质燃气-沼肥联产技术

6.5.3.1 技术内容

生物质燃气-沼肥联产技术是在通过厌氧消化技术生产生物质燃气的同时，利用产生的沼渣、沼液等副产品生产沼肥的技术。其中，沼液通过过滤、反渗透等技术路径生产沼肥，沼渣通过堆沤、腐熟等技术路径生产沼肥。

生物质燃气-沼肥联产技术的转换过程为生物化学过程。

6.5.3.2 原料

生物质燃气-沼肥联产技术以农牧业生产剩余物等为主要原料。

6.5.3.3 产品

生物质燃气-沼肥联产技术获得的产品是由 CH_4 、 H_2 等可燃气体组成的生物质燃气和沼肥。依据原料的不同，沼肥可分为沼渣肥和沼液肥。

6.5.4 生物炭-生物炭基肥联产技术

6.5.4.1 技术内容

生物炭-生物炭基肥料联产技术是在生产生物炭的同时，将生物炭与无机物料或有机物料混合，通过化学或物理方法生产生物炭基肥的技术。

生物炭-生物炭基肥料联产技术的转换过程为生物化学过程。

6.5.4.2 原料

生物炭-生物炭基肥联产技术以农牧业生产剩余物、农牧产品加工剩余物、林业剩余物等为主要原料。

6.5.4.3 产品

生物炭-生物炭基肥联产技术获得的产品为生物炭基肥。依据混合物料的不同，生物炭基肥可分为生物炭基无机肥料和生物炭基有机肥料。

注：生物炭基有机肥料是指生物炭与来源于植物和（或）动物的有机物料混合发酵腐熟，或与来源于植物和（或）动物的经过发酵腐熟的含碳有机物料混合制成的肥料。

全国团体标准信息平台

附录 A (资料性) 水解-发酵技术要点

A.1 预处理工艺

A.1.1 物理法

物理法主要指通过机械粉碎对生物质原料进行物理处理。

A.1.2 化学法

化学法主要指将酸、碱和有机溶剂等作为生物质原料的预处理剂，打破纤维素的晶体结构，切断木质素与纤维素的连接的同时使半纤维素溶解。化学法是常用的预处理方法之一。

硫酸、盐酸、硝酸、磷酸等均可用作酸预处理剂，其中最常用的是稀硫酸。稀硫酸预处理的工艺参数为：最适温度约为140℃-190℃，最适稀硫酸浓度约为0.5%-1.0%。

钠、钾、钙和氨的氢氧化物等均可用作碱预处理剂，其中常用的是石灰和氨水。石灰预处理的工艺参数为：最适温度约为100℃-120℃，最适处理时间约为1h-4h。

A.1.3 物理化学法

物理化学方法主要包括高压热水处理法和氨纤维爆破法。生物质原料在高压水蒸汽或氨水中经过短时间加热后，快速地向大气中释放压力，使原料的纤维结构严重膨化破坏。物理化学法是常用的预处理方法之一。

A.1.4 生物法

生物法是指利用可分解木质素的酶类，提前降解生物质原料中的木质素。

A.2 水解工艺

A.2.1 酸水解

酸水解的具体工艺参数见表A.1。

表 A.1 酸水解工艺参数与产率比较

水解工艺	催化剂	温度/℃	时间	葡萄糖产率/%
稀酸水解	<1% H ₂ SO ₄	150-200	3 min	50-70
浓酸水解	30-70% H ₂ SO ₄	40	2-6 h	90

A.2.2 酶水解

酶水解主要指将纤维素酶、淀粉水解酶等作为水解催化剂的水解工艺。酶水解的最适工艺参数为：最适温度约为60℃，最适pH约为4.8，最适处理时间约为1.5d，葡萄糖产率约为75%-95%。

A.3 脱毒脱抑制物工艺

A.3.1 必要性

生物质原料水解产物中含有对后续发酵过程起抑制作用的抑制物，主要包括糠醛、羟甲基糖醛、乙酸、酚类化合物、丁香酸、羟基苯甲酸、香草醛及其它有毒化合物。因此在进行发酵前，需要对水解产物进行脱毒脱抑制物处理。

A.3.2 物理蒸发法

物理蒸发法是指利用水解产物中糖类和抑制物的蒸气压差，去除醋酸、香草醛等具有挥发性的抑制物。

A.3.3 过量碱中和法

过量碱中和法是指利用碱性物质，中和带有酸性的脂肪酸和芳香酸或酯等抑制物。常用的碱性物质是石灰。

A. 3.4 吸附法

吸附法是指利用选择性吸附剂吸收抑制物，常用的选择性吸附剂主要包括活性炭、硅藻土和聚合树脂等。

A. 3.5 生物法

生物法是指利用某些可作用于水解产物中抑制物的微生物，改变抑制物的成分和结构。常用的微生物主要包括漆酶等。

A. 4 发酵工艺

A. 4.1 工艺要点

发酵工艺主要包括分步发酵法、同步糖化发酵法（SSF）、固定化微生物发酵法等；可选用的发酵微生物主要包括酿酒酵母、粟酒裂殖酵母、遗传改造大肠埃希氏菌等。

A. 4.2 分步发酵法

分步糖化发酵法的酶水解和发酵过程分别在不同反应装置内完成，可分别实现最适工艺参数条件，但酶水解产生的纤维二糖和葡萄糖对纤维素酶产生明显的抑制作用，酶水解效率较低。

A. 4.3 同步糖化发酵法（SSF）

同步糖化发酵法的酶水解和发酵过程在同一个反应装置内完成，因此酶水解产生的葡萄糖立即被发酵微生物利用，降低了纤维二糖和葡萄糖对纤维素酶的抑制作用，提高了酶水解的效率。

A. 4.4 固定化微生物发酵法

在选择合适的微生物群条件下，固定化微生物发酵法的纤维素酶产生、酶水解和发酵过程在同一个反应装置内同步完成，生物质原料转化率较高。

附 录 B
(资料性)
酯交换技术要点

酯交换技术要点见表B.1。

表 B.1 酯交换技术参数与产率比较

技术	催化剂	醇油比	温度/℃	时间/h	产率/%
酸催化酯交换技术	浓硫酸、盐酸、苯磺酸、磷酸等	10-20:1	65-200	3-50	>90
碱催化酯交换技术	甲醇钠、氢氧化钠、氢氧化钾、碳酸钠和有机胺等	30-40:1	45-65	0.5-10	>80
酶催化酯交换技术	脂肪酶等	3:1	30-40	10-72	>90

附录 C
(资料性)
直接气化技术要点

直接气化技术要点见表C.1。

表 C.1 直接气化技术参数与产率比较

气化介质	CO产率/%	H ₂ 产率/%	CH ₄ 产率/%	生物合成气热值/MJ·m ⁻³
空气	23	12	3	5-6
富氧气体	30	25	13	10-18
水蒸气	27	20	20	10-16

附 录 D
(资料性)
热裂解炭气油联产技术要点

热裂解炭气油联产技术要点见表D. 1。

表 D. 1 热裂解炭气油联产技术参数与产率比较

裂解工艺	升温速率	温度/℃	原料粒度	反应时间	生物炭产率/%	生物油产率/%	生物燃气产率/%
慢速热裂解	5℃/min- 7℃/min	440-660	无要求	5min-30min	35	30	35
中速热裂解	300℃/min	400-550	需粉碎	10s-20s	20	50	30
快速热裂解	550℃/s -1000℃/s	400-550	<2 mm	1s-2s	12	75	13
闪速热裂解	1000℃/s	1050-1300	<0.2 mm	<1s	10-25	50-75	10-30

参 考 文 献

- [1] GB/T 19095 生活垃圾分类标志
- [2] GB/T 35564 生物质清洁炊事炉具
- [3] GB/T 37066 农村生活垃圾处理导则
- [4] GB/T 40113.1 生物质热解炭气油多联产工程技术规范 第1部分：工艺设计
- [5] HJ 2035 固体废物处理处置工程技术导则
- [6] NB/T 10493 生物质能资源调查与评价技术规范
- [7] NB/T 34006 清洁采暖炉具技术条件
- [8] NB/T 34029 非粮能源作物术语标准
- [9] NB/T 34058 废弃油脂分类标准
- [10] NB/T 34064 生物质锅炉供热成型燃料工程运行管理规范
- [11] NB/T 42030 生物质循环流化床锅炉技术条件
- [12] NB/T 42117 生物质水冷振动炉排锅炉技术条件
- [13] NB/T 42118 生物质链条炉排锅炉技术条件
- [14] NB/T 47062 生物质成型燃料锅炉
- [15] NY/T 525 有机肥料
- [16] NY/T 2374 沼气工程沼液沼渣后处理技术规范
- [17] NY/T 2880 生物质成型燃料工程运行管理规范
- [18] NY/T 2907 生物质常压固定床气化炉技术条件
- [19] NY/T 3896 生物天然气工程技术规范
- [20] DB11/T 1693 餐厨垃圾收集运输节能规范
- [21] DB13/T 1175 生物质成型燃料
- [22] 常轩, 齐永锋, 张冬冬, 徐亮. 生物质气化技术研究现状及其发展[J]. 现代化工, 2013, 33(06):36-40
- [23] 董平, 邵伟, 马同庆, 齐泮仑. 纤维素乙醇生产技术与产业化现状[J]. 石油化工, 2011, 40(10):1127-1132
- [24] 何绪生, 耿增超, 余雕, 张保健, 高海英. 生物炭生产与农用的意义及国内外动态[J]. 农业工程学报, 2011, 27(02):1-7
- [25] 黄国锋, 吴启堂, 黄焕忠. 有机固体废弃物好氧高温堆肥化处理技术[J]. 中国生态农业学报, 2003(01):165-167
- [26] 蒋剑春. 生物质能源转化技术与应用(I)[J]. 生物质化学工程, 2007(03):59-65
- [27] 鞠庆华, 曾昌凤, 郭卫军, 张利雄, 徐南平. 酯交换法制备生物柴油的研究进展[J]. 化工进展, 2004(10):1053-1057
- [28] 刘瑾, 邬建国. 生物燃料的发展现状与前景[J]. 生态学报, 2008(04):1339-1353
- [29] 宋吉彬, 银建中, 张礼鸣, 李惠荣, 孙远飞. 生物柴油制备技术研究进展[J]. 化工技术与开发, 2007(09):22-27+46
- [30] 王瑞峰, 赵立欣, 沈玉君, 孟海波, 杨宏志. 生物炭制备及其对土壤理化性质影响的研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2015, 17(02):126-133
- [31] 王晓娟, 王斌, 冯浩, 李志义. 木质纤维素类生物质制备生物乙醇研究进展[J]. 石油与天然气化工, 2007(06):452-461+436
- [32] 王岩, 李玉红, 李清飞. 添加微生物菌剂对牛粪高温堆肥腐熟的影响[J]. 农业工程学报, 2006(S2):220-223
- [33] 温从科, 乔旭, 张进平, 汤吉海, 崔咪芬. 生物质高压液化技术研究进展[J]. 生物质化学工程, 2006(01):32-34
- [34] 徐子琪, 阎中, 葛艳菊, 魏泉源, 黄博. 有机垃圾机械强化快速好氧发酵工艺参数优化[J]. 环境工程, 2022, 40(08):159-163+142

- [35] 杨华美, 赵炜, 刘丹, 吴晓娜, 闫彩辉. 生物质热化学液化的研究进展[J]. 化工中间体, 2011, 8(12):5-8
- [36] 杨茜, 鞠美庭, 李维尊. 秸秆厌氧消化产甲烷的研究进展[J]. 农业工程学报, 2016, 32(14):232-242
- [37] 曾凡洲, 蒋剑春, 卫民, 陈育如. 生物质水解发酵生产燃料乙醇的研究进展[J]. 生物质化学工程, 2009, 43(02):43-48
- [38] 翟世民, 柳荣展, 郭雪松, 肖本益. 污水处理厂污泥制备生物炭及应用的研究进展[J]. 化工进展, 2016, 35(S2):363-368
- [39] 张存胜. 厌氧发酵技术处理餐厨垃圾产沼气的研究[D]. 北京化工大学, 2013
-

全国团体标准信息平台