

ICS: 27.180

团 体 标 准

T/JSERS 2-2024

生物质热化学制氢系统技术要求

Specification of biomass thermochemical hydrogen
production system

2024 - 02 - 19 发布

2024 - 04 - 01 实施

江苏省能源研究会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 命名与综合能耗计算	2
5 技术要求	3
6 安装	5
7 试验与检测	6
8 标志	6
9 随机文件	6
10 包装	8
附 录 A （资料性附录） 典型生物质热化学转化系统框图.....	9
附 录 B （资料性） 典型生物质热化学转化装置.....	10
附 录 C （资料性附录） 生物质热化学制氢系统综合能耗计算实例.....	11

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省能源研究会提出并归口。

本文件起草单位：东南大学、光大环保技术装备(常州)有限公司、光大绿色环保技术服务(江苏)有限公司、中国标准化研究院、中国林业科学研究院林产化学工业研究所、中国科学院广州能源研究所、浙江大学、中国科学技术大学、合肥德博生物能源科技有限公司。

本文件主要起草人：肖睿、吴石亮、杨仕桥、吴永新、孙丽娟、胡明、杨燕梅、蒋剑春、马隆龙、王树荣、李文志、张守军。

生物质热化学制氢系统技术要求

1 范围

本标准规定了以生物质为原料，采用热化学方法制备H₂的合成气和通过气体分离技术得到高纯氢的制氢系统的术语和定义、技术要求、安装、试验与检测、标志、包装。

本标准适用于生物质热化学转化制氢系统。

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 150 压力容器
- GB/T 151 热交换器
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2589 综合能耗计算通则
- GB/T 3634.1 氢气 第1部分：工业氢
- GB/T 3634.2 氢气 第2部分：纯氢、高纯氢和超纯氢
- GB 3836.14 爆炸性气体环境用电气设备 第14部分：危险场所分类
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB 16297 大气污染物排放综合标准
- GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
- GB/T 19773 变压吸附提纯氢系统技术要求
- GB/T 20801 压力管道规范 工业管道
- GB/T 29412 变压吸附提纯氢用吸附器
- GB/T 29729 氢系统安全的基本要求
- GB/T 34540 甲醇转化变压吸附制氢系统技术要求
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50058 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范
- GB 50126 工业设备及管道绝热工程施工规范
- GB 50177 氢气站设计规范
- GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范
- GB 50235 工业金属管道工程施工规范
- GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工规范
- GB 50275 压缩机、风机、泵安装工程施工及验收规范
- GB 50316 工业金属管道设计规范
- GB/T 50441 石油化工设计能耗计算标准

- GB 50461 石油化工静设备安装施工质量验收规范
- GB 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范
- GB 50650 石油化工装置防雷设计规范
- GB 50726 工业设备及管道防腐蚀工程施工规范
- HG 20231 化工工业建设项目试车规范
- HY/T 103 中空纤维微孔滤膜装置
- JB/T 4711 压力容器涂敷与运输包装
- JB 4732 钢制压力容器 分析设计标准
- SH 3097 石油化工静电接地设计规范
- TSG D0001 压力管道安全设计监察规范 工业管道
- TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

含焦油气体 (tar-contained gas)

含有焦油的生物质热解气化气

3.2

含氢气体 (hydrogen-contained gas)

含有氢气的气体混合物

[GB/T 24499-2009, 定义 2.24]

3.3

氢提纯 (hydrogen purification)

将含氢气体中的杂质去除, 使氢浓度提高至规定值的工艺过程。

[GB/T 24499-2009, 定义2.25]

3.4

生物质 (biomass)

通过光合作用而形成的各种有机体, 包括所有的动植物和微生物。

3.5

热转化 (Thermochemical)

通过热解或气化等方式在加热条件下将生物质转化为气体、液体和固体。

3.6

生物质热化学转化制氢系统 (Biomass thermochemical conversion hydrogen production system, BMTCH)

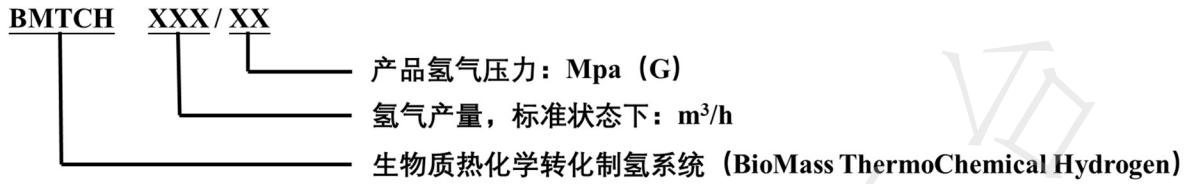
采用生物质热化学转化防止制氢氢气设备组合的统称, 简称BMTCH

4 命名与综合能耗计算

4.1 总则

生物质热化学转化制氢系统产品氢气纯度指标和杂质含量应符合GB/T 3634.1和GB/T 3634.2的有关规定或满足用户的要求。

4.2 命名



注：产品氢气压力指生产产品氢气能达到的最大压力，MPa（G）中G代表表压。

4.3 综合能耗计算

4.3.1 BMTCH的能耗计算法则参考GB/T 50441和GB/T 2589有关规定。

4.3.2 BMTCH中原料是指生产单位氢气所消耗的生物质折算成标准能源值。

4.3.3 BMTCH配套供热设备应根据配套供热设备的消耗折算成标准能源值，采用生物质部分氧化反应供热的不计入供热设备原料消耗。

4.3.4 BMTCH综合能耗的计算按式（1）计算：

$$E_p = \sum(G_i C_i) + \sum Q_j \quad (1)$$

式中：

E_p 单位时间BMTCH折算成标准能源值后的能耗，单位千克标准煤/每小时（kgce/h）；

G_i 单位时间原料、燃料、电、及耗能工质*i*消耗量，单位为千克每小时（kg/h），立方米每小时（m³/h），千瓦（kW）；

C_i 原料、燃料、电及耗能工质*i*的能源折算值，单位为千克标准煤每千克（kgce/kg），千克标准煤每立方米（kgce/m³），千克标准煤每千瓦（kgce/kW）；

Q_j 单位时间BMTCH与外界交换热量折算成标准能源值，单位为千克标准煤每小时（kgce/h），输入时为正值，输出时为负值。

4.3.5 BMTCH单位产品综合能耗的计算按式（2）计算：

$$e_p = E_p / G_p \quad (2)$$

E_p BMTCH单位产品综合能耗，单位为千克标准煤每立方米（kgce/m³）

G_p 单位时间内BMTCH合格产品量，单位为立方米每小时（m³/h）

5 技术要求

5.1 一般规定

5.1.1 BMTCH 包括的主要单元设备有：生物质热化学转换单元，氢提纯单元。

5.1.2 BMTCH 的废水应符合 GB8978 及地方环保的规定，废气应符合 GB16297 及地方环保的规定，固体废弃物排放应符合 GB18599 及地方环保的规定。

5.1.3 BMTCH 的工作压力范围宜为：0.8 Mpa(G)-3.0MPa（G）

5.1.4 BMTCH 运行场所爆炸危险区域及等级的划分，应符合 GB50177 的有关规定。

5.1.5 生物质原料要求：生物质原料宜为固体成型颗粒。

5.1.6 BMTCH 应设置置换气体接口，置换气体宜采用氮气。

5.1.7 BMTCH 中设备表面温度高于 100 °C 或低于 0 °C 的设备、管道及仪表管道应采取绝热措施，应符合 GB/T4272 的有关规定。

5.1.8 循环冷却水水质应符合 GB 50050 的有关规定。

- 5.1.9 仪表空气质量应符合 GB/T 4830 的有关规定。
- 5.1.10 催化剂产品的物理性质、化学组分、使用条件、使用要求应符合国家和行业的有关规定。

5.2 工艺系统及单元设备

5.2.1 一般规定。

- 5.2.1.1 工艺系统及单元设备应根据 BMTCH 的规模、用气特征、氢气质量要求等合理配置。
- 5.2.1.2 单元设备的技术性能、工作参数应满足氢提纯单元的整体要求，并应严于整体系统要求。
- 5.2.1.3 单元设备内与含有氢气接触的材料应与氢有相容性，应符合 GB/T 29729 的有关规定。
- 5.2.1.4 属于压力容器的设备设计、制造、检验和使用应符合 TSG 21 的有关规定。
- 5.2.1.5 属于常规压力容器的设备设计、制造、检验和使用应符合 GB 150 的有关规定。
- 5.2.1.6 属于疲劳压力容器的设备设计、制造、检验和使用应符合 JB 4732 的有关规定。
- 5.2.1.7 属于热交换器的设备设计、制造、检验和使用应符合 GB/T 151 的有关规定。
- 5.2.1.8 BMTCH 内的动力设备，宜设置备用设备。
- 5.2.1.9 BMTCH 应设置灭火保护、充氮保护。

5.2.2 生物质热化学转化单元

- 5.2.2.1 生物质热化学转化的主要设备有：进料单元、热转换单元、催化重整单元、气体净化单元。
- 5.2.2.2 进料单元是将生物质原料输送到热转换单元的装置，对于品质较低、含水较高的原料，进料单元宜加载干燥预处理功能。进料单元出口应加载压力检测仪表。
- 5.2.2.3 热转换单元是生物质发生热化学发生转化反应生成氢气的主体设备之一，它的性能参数决定了 BMTCH 的主要技术性能。热转换单元可以是固定床、流化床、双床流化床、反应釜等。
 - a) 热转换单元进出口宜设置氮气置换口。
 - b) 热转换单元进出口宜设置温度检测仪表和压力检测仪表。
- 5.2.2.4 催化重整单元是生物质气与水蒸气发生重整发生生成氢气的主体设备之一，它的性能参数决定了 BMTCH 的氢气产品质量。
 - a) 重整器进出口宜设置氮气置换口。
 - B) 重整器进出口宜设置温度检测仪表和压力检测仪表。
- 5.2.2.5 气体净化单元是分离含氢气体中气体和颗粒的设备，气体净化单元的出口应加载压力检测仪表。
- 5.2.2.6 进料单元、热转换单元、催化重整单元、气体净化单元低压侧设计压力小于高压侧设计压力 2/3 时，应在低压侧设置安全保护措施。

5.2.3 氢气提纯单元

- 5.2.3.1 采用变压吸附法，从富氢气体中提纯氢气的单元，变压吸附单元设计、制造应符合 GB/T 19773 的有关规定。
- 5.2.3.2 采用膜分离法从富氢气体中提纯氢气的单元，膜分离单元设计、制造应符合 HY/T 103 的有关规定。

5.2.4 二氧化碳捕集单元

- 5.2.4.1 二氧化碳捕集单元用于捕集燃烧尾气中的二氧化碳以实现绿氢生产，二氧化碳捕集单元设计、制造应符合 GB/T 51316 的有关规定。

5.3 管道及附件

- 5.3.1 BMTCH 的管道应符合 GB/T 20801 和特种设备安全技术规范 TSG D0001 的有关规定，氢气及含氢气体管道材料选择还应符合 GB 50177 的有关规定。
- 5.3.2 所有含氢气体冷凝液的管道应采用耐酸性腐蚀的不锈钢材质，如 06Cr19Ni10 等。
- 5.3.3 对于有热应力的管道，应符合 GB 50316 的有关规定。
- 5.3.4 对于有热应力的管道，应合理采取热补偿措施，并不得影响安装、操作和维修。
- 5.3.5 管道附件、阀门的材质宜与管道材质等同或高于管道材质。
- 5.3.6 管道内介质有脉动冲击的管段，应合理采取吸收脉冲能量措施。
- 5.3.7 管道及附件的布置应整齐有序，减少管道交叉。

5.4 电气设施

- 5.4.1 氢气生产环境电气设施的设防应符合 GB 50058 的有关规定，爆炸级别不低于 IIC T2。
- 5.4.2 有爆炸危险环境中的电气设备及其配线选用、配置应符合 GB 50058 和 GB 3836.14 的有关规定。
- 5.4.3 建筑物、构筑物的防雷分类及防雷措施，应符合 GB 50057 的规定。
- 5.4.4 露天布置的装置区的防雷设计，应符合 GB 50650 的规定。
- 5.4.5 防静电接地设计，应符合 SH 3097 的规定，含可燃介质管道的法兰、阀门连接处宜设置防静电金属连接线跨接。

5.5 自动控制和检测

- 5.5.1 BMTCH 的自动控制及软件编程应满足工艺要求。
- 5.5.2 自动控制系统应具备报警联锁功能，进行检测报警，自动或手动停车。
- 5.5.3 自动控制和检测设备，应符合下列要求：
 - a) 进料单元、热转换单元、催化重整单元、气体净化单元、产品氢气和仪表空气总管处应设置压力检测仪表。
 - b) 进料单元、热转换单元、催化重整单元、气体净化单元应设置温度检测仪表。
 - c) BMTCH 的产品氢气应设置流量检测仪表。
 - d) BMTCH 宜配置原料液组分、含氢气体组分及产品氢气纯度的分析仪器。
 - e) BMTCH 区域内应设置可燃气体、CO 有毒气体报警装置，配置应符合 GB 50493 的有关规定。

6 安装

6.1 一般规定

- 6.1.1 BMTCH 的压力管道工程施工安装应符合 GB/T 20801 的有关规定。
- 6.1.2 其他管道工程施工安装应符合 GB 50235 的有关规定。
- 6.1.3 现场设备、管道焊接工程施工应符合 GB 50236 的有关规定。
- 6.1.4 设备管道的绝热施工应符合 GB 50126 的有关规定。
- 6.1.5 设备、管道的防腐蚀施工应符合 GB 50726 的有关规定。

6.2 设备安装和填料装填

- 6.2.1 压力容器设备安装前应核查满足特种设备安全技术规范 TSG 21 有关规定的出厂资料。
- 6.2.2 压力容器设备安装前应符合 GB 50461 和特种设备安全技术规范 TSG 21 的有关规定。
- 6.2.3 机械设备、动力设备的安装施工应符合 GB 50231 和 GB 50275 的有关规定，核查制造单位提供的出厂资料，并按设备的有关标准、规范和制造单位的技术说明书中的要求进行安装。
- 6.2.4 在转化装置、催化重整装置、及氢提纯装置就位、管道安装完成，并进行系统实验合格后，应在技术提供单位的技术人员的指导下进行催化剂、吸附剂的填装。

7 试验与检测

7.1 试验方法

7.1.1 试验前应核查所有制造单位提供的出厂资料，主要包括：设计图纸文件、设备质量证明文件和需监督检验的压力容器的特种设备制造监督检验证书；文件资料齐全，并逐一进行核对无误后，才能进行试验。

7.1.2 机械设备、动力设备试车时应符合 GB 50231 和 GB 50275 的有关规定，并按相关设备的有关标准、规范和制造单位的技术说明书中的要求进行试验和验收。

7.1.3 单元设备应根据设计文件及相关的标准规范进行测试。

7.2 试验要求

7.2.1 试验前应检查外观和各种相关尺寸，检查各类液体、气体管道和仪电线路的连接的正确性。

7.2.2 压力频繁交变的疲劳管道，应进行 100% 的无损检测，其他管道检测应符合 GB 50184 的有关规定。

7.2.3 强度试验、泄漏试验，应符合 GB 50316、GB 50231、GB 50235 和 GB 50275 的有关规定。

7.2.4 变压吸附采用真空解吸时，真空度测试应符合 GB/T 19773 的有关规定。

7.3 性能参数检测

7.3.1 性能参数检查是对 BMTCH 的性能考核，性能参数考核连续运行时间不低于 72h，应符合 HG 20231 的有关规定。检测前准备如下：

- a) 对 BMTCH 进行吹扫置换，吹扫置换后系统内氮气中含氧量应小于 0.5%，且无其他氧化性介质。
- b) 生物质催化转化催化剂应按照催化剂生产厂家技术说明进行催化剂还原；催化剂还原管道及设备内氮气中氧含量应满足催化剂的还原要求，氧含量需满足 7.3.1a) 的要求。
- c) BMTCH 的原料、公用工程及自控系统均应符合设计要求，达到开车所应具备的条件。
- d) BMTCH 区域环境符合设计要求，各种生产辅助设备均应达到开车具备的条件。
- e) BMTCH 试车运行，逐渐增加负荷，原料进料量、转化温度、含氢气体的组成、产品氢气纯度、工作压力、工作温度、氢气产量直到满足规定工况，并对此进行检测、记录。
- f) 性能参数检测的内容有：产品氢气产量、氢气纯度、原料耗量、公用工程耗量。进行上述检测的同时，应测试并记录 BMTCH 工作压力、工作温度和环境温度。
- g) 在产品气纯度和压力达标的情况下，根据 4.3 综合能耗计算方法计算产品氢气的能耗。

7.3.2 氢气产量检测方法采用气体流量法或容积法，检测用气体流量计应在有效检定周期内使用，采用容积法测量氢气产量应根据 GB/T 19773 的有关规定进行。

7.3.3 氢气纯度的检测和氢气中杂质含量应根据 GB/T 3634.1 和 GB/T 3634.2 的有关规定进行分析检测。

8 标志

8.1 BMTCH 及其设备的标志制作、安装位置，应符合 GB/T 13306 的有关规定。

8.2 标志的内容应简洁、明确，显示主要性能参数、指标和要求。标志应固定在易于观察的明显位置。

8.3 压力容器铭牌应由压力容器制造单位按照特种设备安全技术规范 TSG 21 的有关规定制作。

8.4 包装箱储运图示标志应符合 GB/T 191 的有关规定。

9 随机文件

9.1 搬运、吊装

制造单位应提供 BMTCH 各类单体设备、组件的安全搬运、吊装方案。必要时以图示说明吊装、搬运方法。

9.2 设计文件

设计单位应提供 BMTCH 在安装、运行维护中所需的系统设计说明书，设计图纸文件，使用手册，分析手册，维护手册。主要设计文件如下：

- a) 设计说明书：
 - 1) 设计依据
 - 2) 设计规范和标准
 - 3) 设计范围
 - 4) 工艺说明
 - 5) 施工要求
- b) 设计图纸文件：
 - 1) 工艺管道专业主要提供流程图、设备布置图、管道平面布置图、管道轴测图、管道特性表等，流程图应列出控制点和管径；
 - 2) 设备专业主要提供设备总装图。压力容器应提供强度计算书或应力分析报告、三类压力容器应提供风险评估报告；
 - 3) 自控专业应提供仪表清单、仪表数据表、报警及联锁逻辑图、回路原理图、可燃及有毒气体报警平面布置图、仪表安装图、安装材料表、控制柜接线原理图；
 - 4) 电气专业应提供系统图、电气原理图、防雷接地图、危险区域划分图、安装材料表。
- c) 使用手册：
 - 1) 应含启动、停机程序的技术要求或操作步骤说明；
 - 2) 安全使用须知应含生产环境有关的物料特性、防爆、防毒、防泄漏、安全运行及安全疏散说明；
 - 3) 当 BMTCH 设有远距离监控系统时，应提供人机操作界面的操作运行说明。
- d) 分析手册：
 - 1) 所需分析介质的性质和规格；
 - 2) 分析方法；
 - 3) 产品气中 CO、CO₂、CH₄ 的分析。
- e) 维护手册：
 - 1) 提供催化剂、吸附剂、填料等使用说明、更换要求、推荐使用年限；
 - 2) 说明各种需定期更换或维保的部件，并提出更换、维护的要求。

9.3 交工技术文件

交工技术文件的内容应包括：

- a) 施工组织设计；
- b) 工程开工、中间交接、交工等工程交付文件；
- c) 安装工程施工质量检验、检测等质量验收文件；
- d) 设备、材料质量证明文件及材料的检测、复验报告；
- e) 竣工图
- f) 政府相关职能部门的过程监检记录及其批复文件等。

10 包装

10.1 包装应符合 GB/T 13384 的有关规定，并按装箱单的编号、项目名称和件数进行装箱。

10.2 压力容器的包装和运输应符合 JB/T 4711 的有关规定。

全国团体标准信息平台

附录 A

(资料性附录)

典型生物质热化学转化系统框图

生物质热化学转化制氢系统的主体设备为热转换单元和氢气提纯单元，热转换单元将生物质转化为含焦油气体，可以通过固定床、流化床、双流化床等多种热转化工艺实现。氢气提纯单元将富氢气体提纯为高纯氢气，可以通过膜分离和变压吸附等工艺实现。可根据生物质原料品质和产品氢气品质需求，搭配催化重整单元和气体净化单元，具体示意图如图A.1所示，典型生物质热化学转化系统框图。

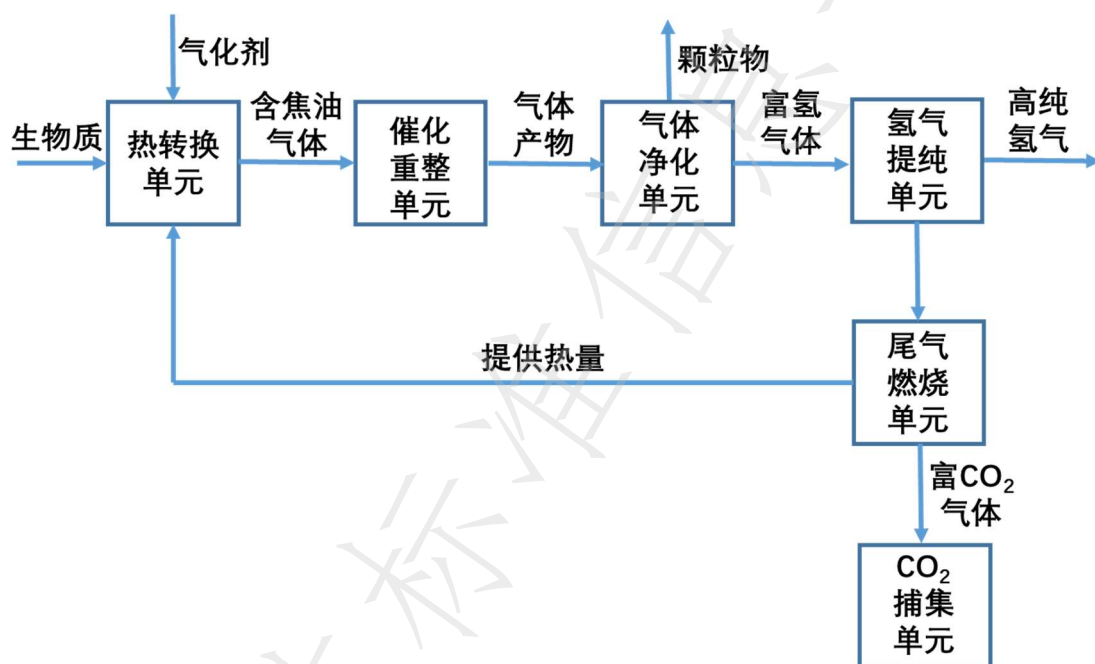
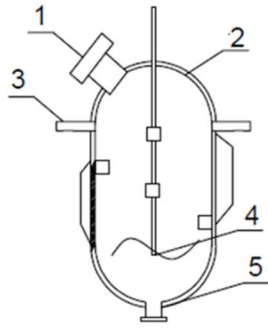


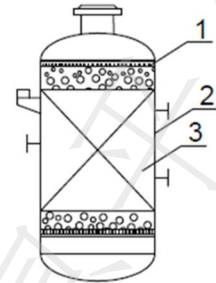
图 A.1 典型生物质热化学转化系统框图

附录 B
 (资料性)
 典型生物质热化学转化装置



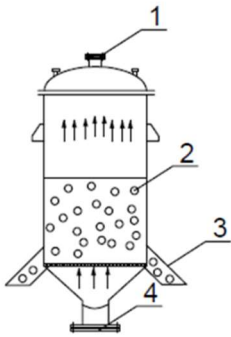
(a)

说明：
 1—进料口
 2—反应釜
 3—蒸汽入口
 4—搅拌装置
 5—出料口



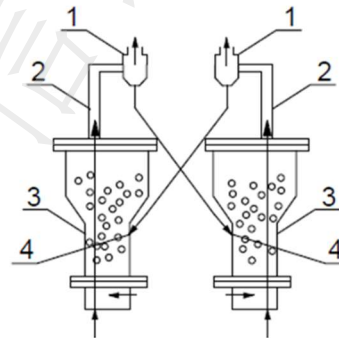
(b)

说明：
 1—压栅
 2—筒体
 3—填料



(c)

说明：
 1—出气口
 2—填料
 3—进料口
 4—进气口



(d)

说明：
 1—分离器
 2—提升管
 3—流化床
 4—下降管

图 B.1 典型生物质热化学转化装置 (a) 反应釜; (b) 固定床; (c) 流化床; (d) 双流化床

附录 C

(资料性附录)

生物质热化学制氢系统综合能耗计算实例

C.1 BMTCH综合能耗计算

BMTCH综合能耗的计算按式 (C.1) 计算:

$$E_p = \sum(G_i C_i) + \sum Q_j \quad (C.1)$$

式中:

E_p 单位时间BMTCH折算成标准能源值后的能耗, 单位千克标准煤/每小时 (kgce/h);

G_i 单位时间原料、燃料、电、及耗能工质 i 消耗量, 单位为千克每小时 (kg/h), 立方米每小时 (m^3/h), 千瓦 (kW);

C_i 原料、燃料、电及耗能工质 i 的能源折算值, 单位为千克标准煤每千克 (kgce/kg), 千克标准煤每立方米 (kgce/ m^3), 千克标准煤每千瓦 (kgce/kW);

Q_j 单位时间BMTCH与外界交换热量折算成标准能源值, 单位为千克标准煤每小时 (kgce/h), 输入时为正值, 输出时为负值。

实例:

以10000 m^3/h 玉米秸秆流化床热解转化制氢提纯高纯氢, 尾气燃烧为例, 该装置正常工作条件下的消耗, 换算为标准能源标煤值如表C.1所示。

表C.1 10000 m^3/h 生物质热化学转化制氢系统能耗值

序号	能耗类别	单位时间消耗量	能量折算值MJ	能源折算值 kgce	折算能耗值 kgce/h
1	电	50 kW	10.89	0.372	18.6
2	生物质	100 t	19.678	671.421	67100.421
3	循环冷却水	18000 kg	1.19	0.041	0.738
4	催化剂	0.5 t	96.3	3.286	1.643
5	净化空气	30 m^3	1.59	0.054	1.62
合计	综合能耗, E_p				67123.022

由上述计算得, 10000 m^3/h BMTCH综合能耗值为: 67123.022 kgce/h。

C.2 BMTCH单位产品综合能耗的计算

BMTCH单位产品综合能耗的计算按式 (C.2) 计算:

$$e_p = E_p / G_p \quad (C.2)$$

式中:

E_p BMTCH单位产品综合能耗, 单位为千克标准煤每立方米 (kgce/ m^3)

G_p 单位时间内BMTCH合格产品量, 单位为立方米每小时 (m^3/h)

按实例10000 m^3/h BMTCH综合能耗67123.022(kgce/h), 换算单位产品综合能耗为:

$$e_p = E_p / G_p = 67123.022 / 10000 = 6.71(kgce/m^3)$$

由上述计算得, BMTCH单位产品综合能耗为: 6.71 (kgce/ m^3)。