

(高清版) GB/T 16716.5 2024 包装与环境 第5部分：能量回收.

格式: PDF | 页数: 24 | 上传日期: 2025-01-02 16:31:37 | 浏览次数: 57 | 下载积分: 1000 | 加入书架



maxb23

上传于: 2025-01-02

粉丝量: 30

下载此文档

相关

目录

笔记

1

相关文档

- [GB_T 11760-2021 青裸\(高清版\)](#)
星级: ★★★★★ 8 页
- [GB/T 13662-2018 黄酒\(高清版\)](#)
星级: ★★★★★ 49 页
- [GB_T 38212-2019 呱呱\(高清版\)](#)
星级: ★★★★★ 14 页
- [GB/T11765-2018油茶籽油\(高清版\)](#)
星级: ★★★★★ 7 页
- [\(高清版\)GB/T 44309-2024 陶瓷](#)
星级: ★★★★★ 23 页
- [GB_T 40750-2021 农用沼液\(清](#)
星级: ★★★★★ 7 页
- [\(高清版\) GB/T 44331-2024](#)
星级: ★★★★★ 20 页
- [GB_T 21072-2021 通用仓库等](#)
星级: ★★★★★ 8 页
- [GB/T36309-2018公共文化资源](#)
星级: ★★★★★ 12 页

ICS 55.020
CCS A 80



中华人民共和国国家标准

GB/T 16716.5—2024

代替 GB/T 16716.6—2012

包装与环境 第5部分：能量回收

Packaging and the environment—Part 5: Energy recovery

(ISO 18605: 2013, Packaging and the environment—Energy recovery, MOD)

2024-09-29 发布

2024-09-29 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发布





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。

本文件是 GB/T 16716《包装与环境》的第5部分。GB/T 16716已经发布了以下部分：

- 第1部分：通则；
- 第2部分：包装系统优化；
- 第3部分：重复使用；
- 第4部分：材料循环再生；
- 第5部分：能量回收；
- 第6部分：有机循环。

本文件代替 GB/T 16716.6—2012《包装与包装废弃物 第6部分：能量回收利用》，与 GB/T 16716.6—2012相比，除结构性调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了术语“净热值”“热量增益”的定义（见3.1、3.3，GB/T 16716.6—2012的3.1、3.3）；
- b) 更改了“必需能量”“最低理论净热值”“有效热量”“焚烧”的术语和定义（见3.2、3.4、3.5、3.6，GB/T 16716.6—2012的3.2、3.4、3.5、3.6）；
- c) 增加了“能量回收”的术语和定义（见3.7）；
- d) 删除了“包装组分”“包装成分”的术语和定义（见GB/T 16716.6—2012的3.7、3.8）；
- e) 更改了“要求”的有关内容（见第5章，GB/T 16716.6—2012的第5章）；
- f) 更改了“评估程序”的有关内容（见第6章，GB/T 16716.6—2012的第6章）。

本文件修改采用 ISO 18605:2013《包装与环境 能量回收》。

本文件与 ISO 18605:2013相比做了下述结构调整：

- 6.1对应ISO 18605:2013的6.2，增加了6.1.1～6.1.4；
- 6.2对应ISO 18605:2013的6.3；
- A.1对应ISO 18605:2013附录A的第一段、第二段；
- A.2对应ISO 18605:2013附录A的第三段、第四段；
- A.3对应ISO 18605:2013附录A的第五段至第九段；
- B.1对应ISO 18605:2013附录B的第一段、第二段；
- B.2对应ISO 18605:2013附录B的第三段至第五段；
- C.1对应ISO 18605:2013附录C的第一段；
- C.2对应ISO 18605:2013附录C的第二段；
- C.3对应ISO 18605:2013附录C的第三段、第四段；
- C.4对应ISO 18605:2013附录C的第五段、第六段。

本文件与 ISO 18605:2013的技术性差异及其原因如下：

- 更改了内容提要，增加了适用界限，删除了内容提要之外的表述（见第1章），以适应我国的技术条件；
- 用规范性引用的GB/T 23156—2022替换了ISO 21067:2007（见第3章），以适应我国的技术条件，增加可操作性。
- 将术语“等体积净热值”更改为“净热值”（见3.1），以方便标准的使用；
- 更改了评估程序，增加了能量回收评估的步骤（见6.1.1～6.1.4），以适应我国的技术条件，增加可操作性；



- 用规范性引用的GB/T 16716.1—2018替换了ISO 18601：2013（见6.2），以适应我国的技术条件，增加可操作性；
- 删除了标准适用情况的表述（见ISO 18605：2013的6.1），以符合GB/T 1.1—2020的要求。

本文件做了下列编辑性改动：

- 为与现有标准体系协调一致，将标准名称改为《包装与环境 第5部分：能量回收》；
- 用资料性引用的GB/T 16716.2替换了ISO 18602（见第5章的注5）；
- 增加了资料性引用的GB 16297、GB 18599和GB 18485（见C.3）；
- 更改了符合性声明表样（见附录D）；
- 删除了能量回收评估步骤的内容（见ISO 18605：2013的D.1、D.3、E.1、E.3）；
- 更改了符合性声明示例（见附录E）。

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。

本文件由全国包装标准化技术委员会（SAC/TC 49）提出并归口。

本文件起草单位：台州珩辉实业有限公司、温州知良实业有限公司、湖州嘉亨实业有限公司、浙江方圆检测集团股份有限公司、中山市天图精细化工有限公司、中国出口商品包装研究所、河北上东包装科技有限公司、湖南怡永丰新材料科技有限公司、浙江山山家食品产业发展有限公司、干霸干燥剂（深圳）有限公司、西安理工大学、山东省产品质量检验研究院、广东欧亚包装有限公司、清远市立道精细化工有限公司、宝艺新材料股份有限公司、无锡熠冠智能科技有限公司、济南迪科瑞仪器有限公司、广州标明机械技术研究有限公司、新疆沁美包装有限公司、嘉兴星越包装材料有限公司、中包包装行业生产力促进中心有限公司、河北环宸科技有限公司、山东丽曼包装印务有限公司、湖南工业大学、华昭控股集团有限公司、上海海洋大学、云南侨通包装印刷有限公司、浙江金瑞薄膜材料有限公司、广州市科唯仪器有限公司、廊坊军兴溢美包装制品有限公司、山东传媒职业学院、虎彩印艺股份有限公司、河南华福包装科技有限公司、广东旺盈环保包装实业有限公司、宁夏夏进制箱包装有限公司、深圳劲嘉集团股份有限公司、厦门吉宏科技股份有限公司、广州市普理司科技有限公司。

本文件主要起草人：黄荣、宿健、应建斌、刘天航、蒋今生、徐宇霖、王灿军、许聪艳、王剑、张为敏、韩立鑫、杨秋云、王平、姜传兴、吴海娇、章耀平、王正天、胡正阳、冯清正、李元月、武晓庆、李润苗、黄裔华、胡震、林培基、刘鹏、黄红军、李晓明、毛兵、袁志庆、许常乐、赵有梅、李立、张维、施文正、张敏、马天全、杨海涛、孙晓、湛知伟、钟建、魏书坤、邵峥、臧秀龙、岳蕾、李慧、曹斌、郭建森、林峰、徐华、吕伟、张和平、林小博。

本文件所代替文件的历次版本发布情况为：

- GB/T 16716.6，2012年首次发布。



引 言

为加强包装和包装废弃物管理，欧盟于1994年发布94/62/EC《包装和包装废弃物》指令，后续发布EN 13427~EN 13432作为该指令的协调标准。为了适应我国包装工业的发展以及消除国际贸易壁垒，我国根据欧盟包装和包装废弃物指令及协调标准，制定我国国家标准GB/T 16716《包装与包装废弃物》（GB/T 16716.1—2008，GB/T 16716.2~16716.6—2010，GB/T 16716.7—2012）系列标准。《包装与包装废弃物》系列标准是我国制定的包装与环境领域的专业基础标准，对推动我国包装与环境的协调发展和包装行业的技术进步发挥了积极的引领和带动作用。

2013年，国际标准化组织（ISO）也依据欧盟EN 13427~EN 13432系列标准，结合国际情况，制定发布了ISO 18601~ISO 18606《包装与环境》系列标准。为了与国际标准协调一致，促进国际贸易发展，GB/T 16716系列标准本次修改采用了国际标准，并将标准名称修改为《包装与环境》。GB/T 16716由6个部分组成：

- 第1部分：通则；
- 第2部分：包装系统优化；
- 第3部分：重复使用；
- 第4部分：材料循环再生；
- 第5部分：能量回收；
- 第6部分：有机循环。

GB/T 16716系列标准间关系如图1所示。

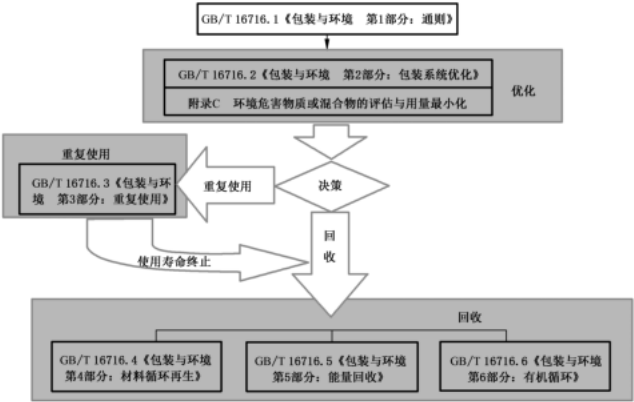


图1 《包装与环境》系列标准间的关系





包装与环境 第5部分：能量回收

1 范围

本文件规定了以能量回收形式进行回收的包装的要求和评估程序，描述了最低净热值的确定方法。
本文件适用于以能量回收形式回收的包装的评估。

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/T 16716.1—2018 包装与环境 第1部分：通则（ISO 18601:2013，MOD）
GB/T 23156—2022 包装 包装与环境 术语（ISO 21067-2:2015，MOD）

3 术语和定义

GB/T 23156—2022 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

净热值 net calorific value

q_{net}

在恒定体积的条件下，使得所有反应产物的水都保持为水蒸气（理想状态下0.1 MPa时），且所有其他产品的总热值均在参考温度下，在氧气中焚化的固体燃料单位质量燃烧比能的绝对值。

注：在本文件中，“燃料”指用后包装。

[来源：GB/T 23156—2022, 3.5.4, 有修改]

3.2

所需能量 required energy

H_a

以绝热方式加热材料，使材料的燃烧后物质和过量空气从环境温度到指定最终温度所需的能量。

[来源：GB/T 23156—2022, 3.5.5]

3.3

热量增益 calorific gain

材料燃烧释放的能量与所需能量之间的正差值。

[来源：GB/T 23156—2022, 3.5.6]

3.4

理论最低净热值 theoretical minimum net calorific value

$q_{\text{net,min,theor}}$

燃烧释放的能量的一部分，以绝热方式加热，使将材料或产品的燃烧后物质和过量空气从指定的环境温度加热到指定的最终温度。

[来源：GB/T 23156—2022, 3.5.7]



3.5

可用热能 available thermal energy

在实际工业系统中燃烧释放的能量中得到转移的部分（如转移到锅炉的蒸汽循环中），即总释放能量减去热量损失。

[来源：GB/T 23156—2022, 3.5.3]

3.6

燃烧 combustion

焚化 incineration

对有机材料和金属的氧化反应。

注：现代焚化厂能够高效地分离能量，并以能量回收的形式使用它。一般情况下的“焚化”是指通过燃烧减少固体废弃物的过程，不论是否存在能量回收。而在包装与环境领域，本术语仅指存在能量回收的焚化过程。

[来源：GB/T 23156—2022, 3.5.2]

3.7

能量回收 energy recovery

通过直接可控的燃烧产生可用的能量。

[来源：GB/T 23156—2022, 3.5.1]

4 最低净热值的确定

理论最低净热值（ $q_{\text{net,min,theor}}$ ）取决于燃烧过程所需的温度和其他条件。本文件中将其视为等同于所需能量（ H_a ）。热量增益的确定和理论最低净热值的确定见附录 A。

实际最低净热值（ $q_{\text{net,min,real}}$ ）可用于优化实际工业系统中的能量回收过程，其数值的确定见附录 B。

5 要求

为了在实际工业系统中优化能量回收，理论热量增益应远大于零。如需声明包装适用于能量回收的处理方式，则净热值（ q_{net} ）应大于或等于不同燃烧条件下的实际最低净热值（ $q_{\text{net,min,real}}$ ），各种常见燃烧条件见表 B.2。

注1：包装由至少 50%（按质量计）的有机成分组成，且这些有机成分提供的热量增益满足 q_{net} 等于或大于 $q_{\text{net,min,real}}$ 的要求，例如：木材、纸板、纸和其他有机纤维、淀粉、塑料等。

注2：包装由超过 50%（按质量计）的无机成分组成，可以能量的形式回收，且这些无机成分提供的热量增益满足 q_{net} 等于或大于 $q_{\text{net,min,real}}$ ，例如：无机填料和无机层。

注3：包装由超过 50%（按质量计）的无机成分组成，但其主要成分是不可能量回收的（例如：带有塑料盖的玻璃或刚性金属容器），不被认为可能量回收。

注4：薄铝（通常厚度小于 50 μm）可提高包装的 q_{net} ，并被认为是可回收能量的；厚度超过 50 μm 的铝不被认为可能量回收。

注5：GB/T 16716.2 中规定了若干环境有害物质会导致包装不适合能量回收。不适合能量回收的包装见附录 C。

6 评估程序

6.1 评估

6.1.1 确认包装的有机物含量比例：

a) 包装的有机物含量比例大于或等于 50%，则判定包装适合能量回收，按照 6.1.4 a) 总结评估结果；



b) 包装中的有机物含量比例小于50%，即包装中的无机物含量比例大于或等于50%，按照6.1.2进行下一步评估。

6.1.2 确认包装物的呈现方式。

- a) 包装物以组分的形式呈现，则可使用附录A中的方法或附录B中给出的数据计算包装的净热值，燃烧条件参考各国法规规定。填写表1，并按照6.1.3进行下一步评估。
- b) 包装物以组件的形式呈现，则判定包装不适合能量回收，按照6.1.4 b) 总结评估结果。

表 1 包装说明、质量百分比和 q_{net} 的计算

材料		功能		%	净热值 (q_{net}) /	已知质量的净热值	评定
		组件	组分			(q_{net}) /	
				(质量百分比)	(MJ/kg)	(MJ/kg)	
1							
2							
3							
4							
5							
合计							

6.1.3 对比包装的净热值 (q_{net}) 和实际最低净热值 ($q_{\text{net,min,real}}$)：

- a) 包装的净热值 (q_{net}) 不低于实际最低净热值 ($q_{\text{net,min,real}}$)，则判定包装适合能量回收，按照6.1.4 a) 总结评估结果；
- b) 包装的净热值 (q_{net}) 比实际最低净热值 ($q_{\text{net,min,real}}$) 低，则判定包装不适合能量回收，按照6.1.4 b) 总结评估结果。

6.1.4 包装能量回收利用要求的符合性评估结果为：

- a) 包装符合能量回收利用的要求，按6.2进行自我声明；
- b) 包装不符合GB/T 16716.5的要求。

6.2 符合要求的自我声明

为了证明已完成满足 GB/T 16716.1—2018 中第 5 章规定的评估，应准备一份书面声明。符合性声明的表样见附录 D，符合性声明示例见附录 E。



附录 A

(资料性)

热量增益和理论最低净热值的确定

A.1 热量增益的确定

热量增益的确定基于燃烧化学和热力学中计算绝热最终温度的标准程序。

净热值 (q_{net}) 是材料燃烧时释放的热量 and 所有水都保留在气相中时释放的热量。为了以能量的形式回收, 包装宜在能量回收过程中提供热量增益。为符合本文件要求, 假定当 q_{net} 超过所需能量 H_a , 并将燃烧后物质 (包括过量空气) 的温度从环境温度绝热升高到规定的最终温度时, 则视为实现了本文件回收利用的目标。获得的热量增益符合公式 (A.1)。

$$q_{\text{net}} - H_a > 0 \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

A.2 净热值的确定

由不同组件或组分组成的包装的净热值可按公式 (A.2) 计算。

$$q_{\text{net}} = \sum_{i=1}^n f_i q_{\text{net},i} \quad \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

式中:

q_{net} —— 包装的净热值, 单位为兆焦耳每千克 (MJ/kg);

f_i —— 包装中第 i 个组件或组分的质量份额, %;

$q_{\text{net},i}$ —— 包装中第 i 个组件或组分的净热值, 单位为兆焦耳每千克 (MJ/kg)。

可燃包装可能含有惰性的或起反作用 (吸热) 的非可燃组件和 (或) 组分, 这可能会对热量增加产生负面影响。

A.3 理论最低净热值的确定

理论最低净热值 (被视为等同于所需能量 H_a) 可按公式 (A.3) 和公式 (A.4) 计算。

$$q_{\text{net}, \text{min}, \text{theor}} = H_a = \sum_{i=1}^n f_i H_{a,i} \quad \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

式中:

$q_{\text{net}, \text{min}, \text{theor}}$ —— 包装的理论最低净热值, 单位为兆焦耳每千克 (MJ/kg);

H_a —— 焚化物、残渣和过剩空气从环境温度绝热升温到最终温度需要的能量, 单位为兆焦耳每千克 (MJ/kg);

$H_{a,i}$ —— 包装中第 i 个组件或组分的焚化物、残渣和过剩空气, 从环境温度绝热升温到最终温度需要的热量, 单位为兆焦耳每千克 (MJ/kg)。

$$H_{a,i} = \sum_{j=1}^m g_j C_{pj} (T_a - T_0) \quad \dots\dots\dots (\text{A.4})$$

式中:

g_j —— 焚化物、残渣 (烟道气和灰烬) 和过剩空气 j 与包装中第 i 个组件或组分的比率;

C_{pj} —— 焚化物 “ j ” 的定压比热容, 单位为兆焦耳每千克摄氏度 [MJ/(kg·°C)];



T_a —— 绝热的最终温度，单位为摄氏度（℃）；

T_0 —— 环境温度，单位为摄氏度（℃）。

公式（A.4）适用于绝热情况。为符合本文件的要求， H_a 宜在规定的燃烧条件下计算。由于燃烧条件不同， H_a 宜在不违背国家法规要求的前提下以 T_a 计算。

示例1：对于欧盟国家， H_a 在指定条件下计算，目前在指令 2000/76/EC 中给出，即最终温度 T_a 为 850 ℃。 T_0 设置为 6% O_2 条件下 25 ℃。

示例2：对于加拿大， H_a 在指定条件下计算，目前在报告 CCME-TS/WM-TRE003 中给出，即最终温度 T_a 为 1 000 ℃。 T_0 设置为 7%~11% O_2 条件下 25 ℃。

示例3：对于日本， H_a 在指定条件下计算，目前在国家法规中给出，即最终温度 T_a 为 800 ℃。 T_0 设置为 25 ℃。

H_a 可以根据从材料供应商处获得的化学成分声明来计算。

单个包装材料的 q_{net} 值可从原材料供应商或标准手册中获得。一个包装的 q_{net} 按公式（A.2）计算。 q_{net} 也可以根据 ISO 1928:2009 通过试验确定。

计算 H_a 所需的灰分（或固体残留物）宜通过 ISO 1171:2010 中规定的方法确定。



附 录 B
(资料性)

推导包装的实际最低净热值，以优化工业系统中的能量回收

B.1 推导实际最低净热值的常用数据

为了用于能量回收，包装在附录 A 中提到的条件下燃烧时需要产生能量。热量增益是在理想的绝热情况下确定的，在稳态条件下没有损失。在实际工业系统中，可利用的热能总是大于理论发热量。尽管燃烧设备中存在热损失，但热烟道气的热回收导致整体热效率为 75%~90%。表 B.1 给出了典型组分、组件和包装的 q_{net} 、热量增益和可用热能的值，也包含一部分不常用包装材料的数值。

烟道气净化和残渣处理的能源消耗大约是能源输入的百分之几。所有废弃物回收或处置都需要能源来进行运输和处理，所需的能源消耗因情况而异，但通常每 1 kg 废弃物烟道气净化和残渣处理的能量消耗远低于 1 MJ/kg。

表 B.1 各种组分、组件和包装，在 25 ℃ 的环境温度和 6%O₂ 的各种最终温度下计算的热量增益 [q_{net} 是材料特定的，可以通过标准方法确定，例如通过热量测定法 (ISO 1928:2009)。大多数材料的数据可在文献中找到 (例如化学和物理手册)]

组分、组件和包装	$q_{\text{net}}/$ (MJ/ kg) ^e	不同燃烧温度下的 H_{a} (MJ/kg) (T_{a} , °C)				$q_{\text{net}} - H_{\text{a}}$, 不同燃烧温度 的热量增益 (MJ/kg) (T_{a} , °C)				可用 热能/ (MJ/kg) ^f	灰分或固体 残留物 (质量 %) ^g
		800	850	900	1 000	800	850	900	1 000		
纤维素	16.1	7.4	7.9	8.4	9.3	8.7	8.2	7.7	6.8	12.1	<0.1
木素	26.0	11.3	12	12.7	14.2	14.7	14.0	13.3	11.8	19.5	<0.1
淀粉	16.1	7.4	7.9	8.4	9.3	8.7	8.2	7.7	6.8	12.0	<0.1
惰性材料 (陶瓷、玻 璃等)	0.0	0.9	1.0	1.1	1.2	-0.9	-1.0	-1.1	-1.2	—	100.0
碳酸钾 ^a	-2.0	0.9	1.0	1.1	1.2	-2.9	-3.0	-3.1	-3.2	—	56.0
水 (潮气)	-2.0	1.9	2.0	2.1	2.4	-3.9	-4.0	-4.1	-4.4	—	0.0
木材 ^a											
干燥木材	20.0	9.1	9.7	10.3	11.5	10.9	10.3	9.7	8.5	15.0	0.4
20%湿润木材	15.6	7.5	8.0	8.5	9.5	8.1	7.6	7.1	6.1	11.7	0.3
30%湿润木材	13.3	6.9	7.3	7.7	8.6	6.4	6.0	5.6	4.7	10.0	0.3
50%湿润木材	8.8	5.4	5.7	6.0	6.7	3.4	3.1	2.8	2.1	6.6	0.2
纸和纸板											
干燥纸板 (66%纤维素、 23%木素、11% 惰性 图层)	16.6	7.6	8.1	8.6	9.6	9.0	8.5	8.0	7.0	12.5	11.0



表 B.1 各种组分、组件和包装，在 25 ℃ 的环境温度和 6%O₂ 的各种最终温度下计算的热量增益[q_{net} 是材料特定的，可以通过标准方法确定，例如通过热量测定法（ISO 1928:2009）。大多数材料的数据可在文献中找到（例如化学和物理手册）]（续）

组分、组件和包装	$q_{\text{net}}/$ (MJ/ kg) ^c	不同燃烧温度下的 H_a (MJ/kg) (T_a , °C)				$q_{\text{net}} - H_a$, 不同燃烧温度 的热量增益 (MJ/kg) (T_a , °C)				可用 热能/ (MJ/kg) ^f	灰分或固体 残留物 (质量 %) ^g
		800	850	900	1 000	800	850	900	1 000		
纸和纸板											
7%湿润纸板 (66%纤维 素、23%木素、11% 惰性填料)	15.3	7.1	7.6	8.1	9.0	8.2	7.7	7.2	6.3	11.5	10.0
干燥纸板 (85%纤维素、 15%惰性填充)	13.7	6.4	6.8	7.2	8.0	7.3	6.9	6.5	5.7	10.3	15.0
7%湿润纸板 (85%纤维 素、15%惰性填充)	12.6	6.1	6.5	6.9	7.7	6.5	6.1	5.7	4.9	9.5	14.0
干燥裹包纸 (80%纤维素、 20%惰性填充)	12.9	6.1	6.5	6.9	7.7	6.8	6.4	6.0	5.2	9.7	20.0
3%湿润裹包纸 (80%纤 维素、20%惰性填充)	12.4	6.0	6.4	6.8	7.6	6.4	6.0	5.6	4.8	9.4	19.0
干燥裹包纸 (60%纤维素、 40%惰性填充)	9.7	4.8	5.1	5.4	6.0	4.9	4.6	4.3	3.7	7.3	40.0
3%湿润干燥裹包纸 (60% 纤维素、40%惰性填充)	9.3	4.7	5.0	5.3	5.9	4.6	4.3	4.0	3.4	7.0	39.0
7%湿润漂白纸 (100%纤 维素)	14.8	6.9	7.4	7.8	8.7	7.9	7.4	7.0	6.1	11.1	<0.1
6%湿润涂层牛皮纸 (80% 纤维素、20%碳酸钙)	11.6	5.9	6.2	6.6	7.4	5.7	5.4	5.0	4.2	8.7	19.0
聚合物											
聚乙烯PE	43.0	19.7	21.0	22.3	24.8	23.3	22.0	20.7	18.2	32.2	<0.1
聚丙烯PP	44.0	19.2	20.4	21.6	24.1	24.8	23.6	22.4	19.9	33.0	<0.1
聚苯乙烯PS	40.0	17.1	18.2	19.3	21.5	22.9	21.8	20.7	18.5	30.0	<0.1
聚氯乙烯PVC	17.0	7.5	8.0	8.5	9.5	9.5	9.0	8.5	7.5	12.8	<0.1
聚对苯二甲酸乙二醇酯 PET	22.0	9.4	10.0	10.6	11.8	12.6	12.0	11.4	10.2	16.5	<0.1
聚碳酸酯PC	29.0	13.2	14.0	14.8	16.5	15.8	15.0	14.2	12.5	22.0	<0.1
金属											
铝 (易燃) ^b	31.0	6.0	6.4	6.8	7.6	25.0	24.6	24.2	23.4	23.3	189.0
钢铁 (惰性)	0.0	0.4	0.4	0.4	0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	—	100.0



表 B.1 各种组分、组件和包装，在 25 ℃ 的环境温度和 6% O_2 的各种最终温度下计算的热量增益[q_{net} 是材料特定的，可以通过标准方法确定，例如通过热量测定法（ISO 1928:2009）。大多数材料的数据可在文献中找到（例如化学和物理手册）]（续）

组分、组件和包装	$q_{\text{net}}/$ (MJ/ kg) ^c	不同燃烧温度下的 H_{a} (MJ/kg) (T_{a} , °C)				$q_{\text{net}} - H_{\text{a}}$, 不同燃烧温度 的热量增益 (MJ/kg) (T_{a} , °C)				可用 热能/ (MJ/kg) ^f	灰分或固体 残留物 (质量 %) ^g
		800	850	900	1 000	800	850	900	1 000		
塑料											
含50%碳酸盐的PP	21.1	10.1	10.7	11.3	12.6	11.0	10.4	9.8	8.5	15.8	28.0
含70%碳酸盐的PP	12.0	6.4	6.8	7.2	8.0	5.6	5.2	4.8	4.0	9.0	39.0
含2%二氧化钛的PS	39.2	16.8	17.9	19.0	21.2	22.4	21.3	20.2	18.0	29.4	2.0
层压板											
干燥纸板（66%纤维素、 23%木素、11% 惰性涂 层）含7%水分、20% PE、5%铝	21.6	9.6	10.2	10.8	12.1	12.0	11.4	10.8	9.5	16.2	17.0
71%PE、12%铝、17% PET	38.0	16.3	17.3	18.3	20.4	21.7	20.6	19.7	17.6	28.5	23.0
49%PE、22%铝、29% PET	34.2	13.7	14.6	15.5	17.3	20.5	19.7	18.7	16.9	25.7	42.0
23%PE、46%铝、31% PET	31.0	10.2	10.9	11.6	12.9	20.8	20.1	19.4	18.1	23.3	87.0
含0.7%铝层的PP薄膜	43.9	19.1	20.3	21.5	24.0	24.8	23.6	22.4	19.9	32.9	1.0
含0.7%SiO _x 层PET薄膜	21.9	9.3	9.9	10.5	11.7	12.6	11.9	11.4	10.2	16.4	1.0
58.1%铝、41.9% PVC	25.0	6.6	7.0	7.4	8.3	18.4	18.0	17.6	16.7	19.0	110.0
包装											
16%湿润木托盘、2% 钉子	16.1	7.9	8.4	8.9	9.9	8.2	7.7	7.2	6.2	11.9	2.0
16%湿润木托盘、4% 钉子	15.1	7.6	8.1	8.6	9.6	8.2	7.7	7.2	6.2	11.9	4.0
16%湿润木箱、5%钉子	15.6	7.5	8.0	8.5	9.5	8.1	7.6	7.1	6.1	11.7	5.0
调料罐（81.8%钢铁、 18.2PP）	9.0	3.8	4.0	4.2	4.7	4.2	4.0	3.8	3.3	6.0	82.0
金属											
铝（惰性） ^e	0.0	0.9	1.0	1.1	1.2	−0.9	−1.0	−1.1	−1.2	—	100.0



表 B.1 各种组分、组件和包装，在 25 °C 的环境温度和 6%O₂ 的各种最终温度下计算的热量增益[q_{net} 是材料特定的，可以通过标准方法确定，例如通过热量测定法（ISO 1928:2009）。大多数材料的数据可在文献中找到（例如化学和物理手册）]（续）

组分、组件和包装	$q_{\text{net}}/$ (MJ/ kg) ^c	不同燃烧温度下的 H_a (MJ/kg) (T_a , °C)				$q_{\text{net}} - H_a$, 不同燃烧温度 的热量增益 (MJ/kg) (T_a , °C)				可用 热能/ (MJ/kg) ^f	灰分或固体 残留物 (质量 %) ^g
		800	850	900	1 000	800	850	900	1 000		
包装											
气雾剂罐 (85.2%钢铁、 14.8%PP) ^d	6.5	3.2	3.4	3.6	4.0	3.3	3.1	2.9	2.5	4.9	85.0
糖浆罐 (89.5%钢铁、 10.5%PP) ^d	4.6	2.3	2.5	2.7	3.0	2.3	2.1	1.9	1.6	3.5	89.0
^a 在燃烧过程中，碳酸钙吸热形成氧化钙和二氧化碳。 ^b 根据第5章的注4，厚度达50 μm的薄规格铝宜被认为是可能量回收的。 ^c 超过50 μm的铝应被视为不可能量回收（第5章的注4）。 ^d 包装不满足能量可回收性的要求，但有机组件提供可用的热能（第5章的注3）。 ^e 用粗体字母表示的 q_{net} 值表示包装、组分或组件满足第5章的要求。 ^f 用于热损失为25%的垃圾燃烧发电厂的条件。可用热能=0.75 × q_{net} 。 ^g 由 ISO 1171:2010确定。											

B.2 推导实际最低净热值

净热值和热量增益的函数关系见图 B.1。图 B.1 是表 B.1 的图形表示。对于各种燃烧条件的最终温度，将热量增益绘制为 q_{net} 的函数。对于每个最终温度，根据最小二乘法计算一条平均线并扩展到 $q_{\text{net}}=0$ 。从这个统计分析中，可以计算每个燃烧最终温度的实际能量回收所需值，即 $q_{\text{net,min,real}}$ 。首先，计算每条曲线在热量增益为零时 q_{net} 的截距。然后，对 q_{net} 的每个截距取 95% 置信限，获得理论最低值 $q_{\text{net,min,theor}}$ 。对 $q_{\text{net,min,theor}}$ 取工业过程设计和施工中常用的安全系数“2”，计算所需值，即 $q_{\text{net,min,real}}$ 。

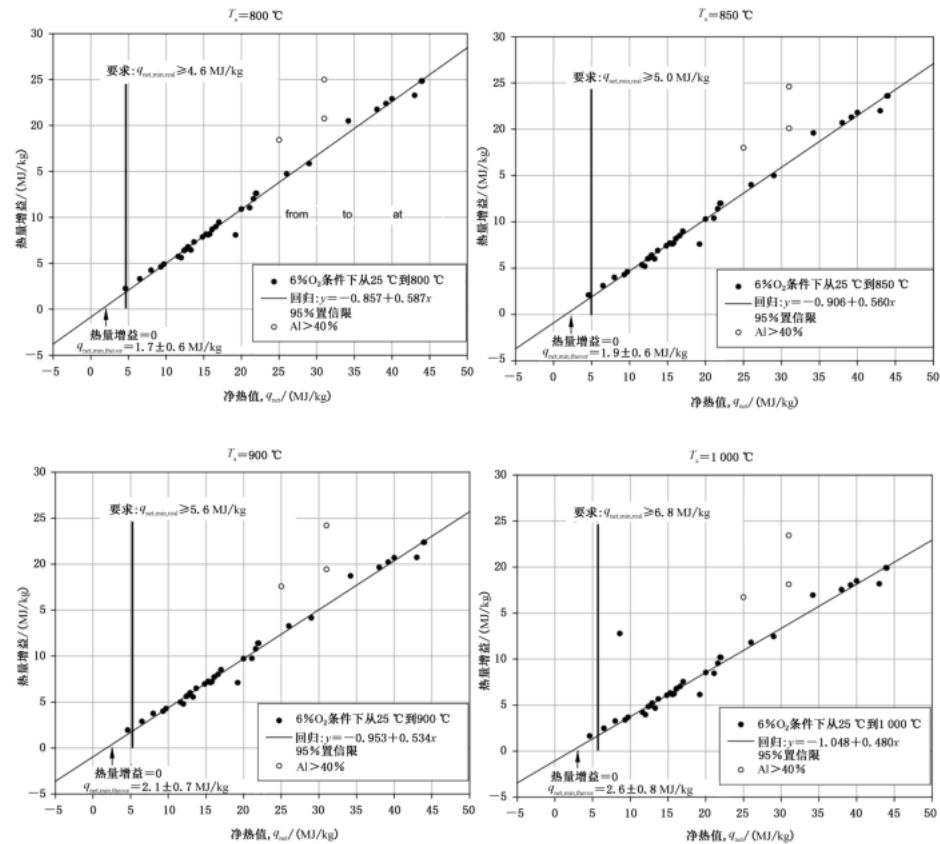
例如，在最终温度为 850 °C 的情况下，外推表明当 $q_{\text{net}} > 1.9$ MJ/kg 时，热量增益大于零。考虑到 95% 的置信限，理论最低净热值 ($q_{\text{net,min,theor}}$) 介于 1.3 MJ/kg 和 2.5 MJ/kg 之间。取安全系数“2”，所需值 $q_{\text{net,min,real}}$ 设置为 5 MJ/kg。在这种情况下，热量增益约为 2 MJ/kg，计算出的可用热能为 4 MJ/kg 或更多。即使考虑到额外的运输和处理、烟气净化和残渣处理的能源消耗，可用的热能也超过了这些操作消耗的能量。

基于表 B.1 和图 B.1 所列出的各种燃烧温度计算的实际最低净热值 ($q_{\text{net,min,real}}$) 见表 B.2。因为各国的燃烧温度不同， $q_{\text{net,min,real}}$ 宜根据各国燃烧法规规定的条件设定。

示例1：对于欧盟国家，考虑到指令 2000/76/EC 中给出的最终燃烧温度，即最终温度 T_a 为 850 °C， $q_{\text{net,min,real}}$ 设置为 5 MJ/kg。

示例2：对于加拿大，考虑到报告 CCME-TS/WM-TRE003 中给出的最终燃烧温度，即最终温度 T_a 为 1 000 °C， $q_{\text{net,min,real}}$ 设置为 6.8 MJ/kg。

示例3：对于日本，考虑到国家法规中给出的最终燃烧温度，即最终温度 T_a 为 800 °C， $q_{\text{net,min,real}}$ 设置为 4.6 MJ/kg。



注：直线上方的三个点代表铝含量超过 40%（按质量计）的例子。在热力学中，铝的表现不像有机材料，因此这些数据被排除在计算之外。

图 B.1 包装及其组件或组分的净热值和热量增益的函数关系图

表 B.2 各种最终燃烧温度下计算得出的实际最低净热值（燃烧条件为 25 °C 的环境温度和 6% 的氧含量）

相关参数	燃烧温度（ T_b ）/°C			
	800	850	900	1 000
理论最低净热值（ $q_{net,min,theor}$ ）/（MJ/kg）	1.7	1.9	2.1	2.6
q_{net} 截距的置信区间/（MJ/kg）	± 0.6	± 0.6	± 0.7	± 0.8
实际最低净热值（ $q_{net,min,real}$ ）/（MJ/kg）	4.6	5.0	5.6	6.8

附 录 C
(资 料 性)
不适合能量回收的包装

C.1 概述

包装中可能含有的重金属物质或环境有害物质在正常状态下是稳定的，在收集或分类过程中不构成环境危害。然而，能量回收所涉及的燃烧有可能导致有害物质的释放，因此在处理任何可能含有有害物质的用后包装时，视情况采取适当的预防措施，并满足 GB/T 16716.1—2018 和 GB/T 16716.2—2018 对环境有害物质的要求。

C.2 包装中常见的四种重金属元素

GB/T 16716.2—2018 中规定了关于四种重金属含量的要求。它们在包装材料中的含量可以通过标准方法确定，并且可以根据材料成分计算任何特定包装。这在 GB/T 16716.2—2018 的附录 C 中有所涉及。在能量回收设施设计的过程中要考虑尽量减少与这些重金属相关的环境影响。

C.3 燃烧排放物相关规定

用后包装中可能存在的任何对环境有害的有机物质都将被燃烧过程的高温分解并产生有关排放物。

硫、氮和卤素等产酸元素燃烧产生的物质具有技术和环境影响。出于合理的功能原因，可燃包装可能包含其中一些元素。GB/T 16716.2—2018 的附录 C 中给出了环境有害物质的最小化方法。尽管需要特定的过程管理，但包装仍会在燃烧过程中提供热量增益。城市固体废弃物焚化炉配备了以满足技术和环境要求的方式处理形成的酸性物质的设备。有关污染排放物的限制要求见 GB 16297、GB 18599 和 GB 18485 等标准。

C.4 其他不适合能量回收的情况

燃烧产生的残渣、炉渣和底灰也受监管。对于某些元素（例如金属），可以选择其他回收过程，例如材料循环再生。

用于包装的惰性材料通常不会妨碍能量回收，但可能会影响燃烧过程的效率。



附 录 D
(资 料 性)
符合性声明的表样

符合性声明的表样见表 D.1。

表 D.1 符合性声明表样

符合性声明							
文件编号							
包装信息							
燃烧条件 (T_a)				$q_{\text{net,min,real}}$			
包装说明、质量百分比和 q_{net} 的计算							
材料		功能		％ (质量百分 比)	净热值 (q_{net}) / (MJ/kg)	已知质量的净热值 (q_{net}) / (MJ/kg)	备注
		组件	组分				
1							
2							
3							
4							
5							
合计							
声明：本包装符合GB/T 16716.5 关于能量回收的要求。							
企业名称：		姓名：		职务：			
通信地址及联系方式：							
日期、签章：							



附 录 E
(资料性)
符合性声明示例

符合性声明示例见表 E.1。

表 E.1 符合性声明示例

符合性声明							
文件编号							
包装信息		杯盖：PET（12 μm）/铝（30 μm）/PE（40 μm）					
燃烧条件（ T_a ）		在6%氧气条件下从25℃加热至850℃		$q_{\text{net,min,real}}$		5 MJ/kg	
包装说明、质量百分比和 q_{net} 的计算							
材料		功能		％ （质量百分比）	净热值 （ q_{net} ）/ （MJ/kg）	已知质量的净热值（ q_{net} ）/ （MJ/kg）	备注
		组件	组分				
1	铝箔		○	60.5	31.0	18.8	
2	PET		○	12.5	22.0	2.8	
3	PE		○	27.0	43.0	11.6	
4							
5							
合计						33.2	
声明：本包装符合GB/T 16716.5 关于能量回收的要求。							
企业名称：		姓名：		职务：			
通信地址及联系方式：							
日期、签章：							



参 考 文 献

- [1] GB 16297 大气污染物综合排放标准
 - [2] GB/T 16716.2—2018 包装与环境 第2部分：包装系统优化
 - [3] GB 18485 生活垃圾焚烧污染控制标准
 - [4] GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
 - [5] Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste
 - [6] Report CCME-TS/WM-TRE003 Operating and Emission Guidelines for Municipal Solid Waste Incinerators
 - [7] ISO 1171:2010 Solid mineral fuels—Determination of ash
 - [8] ISO 1928:2009 Solid mineral fuels—Determination of gross calorific value by the bomb calorimetric method and calculation of net calorific value
-

