



中华人民共和国国家标准

GB/T 16716.6—2012

包装与包装废弃物 第6部分：能量回收利用

Packaging and packaging waste—
Part 6: Recoverable by energy recovery

2012-11-05 发布

2013-05-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

GB/T 16716《包装与包装废弃物》共分为 7 部分：

- 第 1 部分：处理和利用通则；
- 第 2 部分：评估方法和程序；
- 第 3 部分：预先减少用量；
- 第 4 部分：重复使用；
- 第 5 部分：材料循环再生；
- 第 6 部分：能量回收利用；
- 第 7 部分：生物降解和堆肥。

本部分为 GB/T 16716 的第 6 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分技术内容与 EN 13431—2004《包装 能量回收再利用的要求及最小热量值明细》(英文版)的技术内容一致。

为便于使用,本部分做了下列编辑性修改：

- a) “本标准”一词改为“本部分”；
- b) 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”；
- c) 删除了欧洲标准的目录、前言和附录 ZA,修改了引言；
- d) 用“GB/T 4122.1”代替“EN 14182”；
- e) 用“GB/T 16716.1 的条款”代替“94/62/EC 的条款和附录”；
- f) 用“GB/T 16716.2”代替“EN 13427”；
- g) 用“GB/T 16716.3”代替“EN 13428”；
- h) 用“GB 16297”和“GB 18485”代替“2000/76/EC”；
- i) 用“GB 18599”代替“67/548/EEC 及其修正案”；
- j) 用“GB/T 23156”代替“EN 13193”。

本部分由全国包装标准化技术委员会(SAC/TC 49)提出并归口。

本部分起草单位：中国出口商品包装研究所、上海紫江彩印包装有限公司、深圳市美盈森环保科技股份有限公司、希悦尔包装(中国)有限公司、国家包装产品质量监督检验中心(济南)、远东宏信有限公司。

本部分主要起草人：王远德、郭振梅、武向宁、蔡少龄、陈利科、李小俊、王君、张维、邹建兵。

引 言

本标准的第1部分(GB/T 16716.1)提出了包装与包装废弃物处理和利用的基本要求和一般方法。能量回收是包装全部生命周期之内可回收利用的几项选择之一。本部分就包装废弃物能量回收利用所涉及的一系列问题展开。

既然将包装废弃物作为能源再利用,就可视其为燃料。因此,在其全部处理过程中就应包括热力和(或)动力的生产。本部分根据燃烧化学和热力学原理规定了包装废弃物可焚烧的必要条件,但不考虑能量的最终用途和转化,也不涉及各种过程设备的功效问题。

在所有可行的包装废弃物回收利用过程中,可预见的不利因素及其相应的技术措施在本标准的第3部分(GB/T 16716.3)中描述。在能源回收利用期间,某些原料及其成分或由于包装设计的原因,可能引发的问题在本部分的附录C中讨论。附录D给出了评估框架的示例,帮助生产方评价其包装是否符合能量回收利用的要求。

包装与包装废弃物

第 6 部分:能量回收利用

1 范围

GB/T 16716 的本部分规定了评估包装可以能量回收的形式再利用的要求和程序。
本部分适用于可以能量回收的形式再利用的包装或包装组分。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 4122.1 包装术语 第 1 部分:基础

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB/T 16716.1—2008 包装与包装废弃物 第 1 部分:处理和利用通则

GB/T 16716.2 包装与包装废弃物 第 2 部分:评估方法和程序

GB/T 16716.3 包装与包装废弃物 第 3 部分:预先减少用量

GB 18485 生活垃圾焚烧污染控制标准

GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准

GB/T 23156 包装 包装与环境 术语

CEN/CR 13695-1 包装 检测和验证包装中存在的四种重金属和其他危险性物质及其向环境的排放 第 1 部分:检测和验证包装中存在的四种重金属的要求(Packaging—Requirements for measuring and verifying the four heavy metals and other dangerous substances present in packaging and their release into the environment—Part 1: Requirements for measuring and verifying the four heavy metals present in packaging)

CEN/TR 13695-2 包装 检测和验证包装中存在的四种重金属和其他危险性物质及其向环境的排放 第 2 部分:检测和验证包装中存在的危险性物质及其向环境排放的要求(Packaging—Requirements for measuring and verifying the four heavy metals and other dangerous substances present in packaging, and their release into the environment—Part 2: Requirements for measuring and verifying dangerous substances present in packaging, and their release into the environment)

3 术语和定义

GB/T 4122.1、GB/T 16716.2 和 GB/T 23156 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了 GB/T 23156 中的某些术语和定义。

3.1

净热值 net calorific value; q_{net}

单位质量的固体燃料在氧气体积(或压力)不变的条件下燃烧,且将所有反应物残留水视为水蒸气(按 0.1 MPa),在其他产物达到总热值为止,燃烧过程能量释放的绝对值。起始温度为 25 °C。

3.2

必需能量 required energy; H_a

从环境温度绝热加热,使材料的焚烧后产物和过剩空气达到规定的最终温度所需要的能量。

3.3

热量增益 calorific gain

材料焚烧释放的能量超过必需能量的部分。

3.4

最低理论净热值 theoretical minimum net calorific value $q_{net, min, theor}$

从规定的环境温度绝热加热,在焚烧释放的能量中足以使材料或制品的焚烧后产物和过剩空气达到规定最终温度的部分。

3.5

有效热量 available thermal energy

在实际工业系统中,焚烧释放的总能量减去热量损失后的可转化能量,如锅炉产生的循环蒸气等。

3.6

焚烧 combustion

氧化反应,包括有机物燃烧和金属(燃烧)的氧化。

3.7

包装组分 packaging component

用手或用简单物理方法可以分离的包装的组成部分。

3.8

包装成分 packaging constituent

用手或用简单物理方法不可以分离的包装或其组分。

4 最低净热值确定

最低理论净热值是材料的本质特征。它取决于温度和焚烧过程的其他必要条件。本部分将其视为必需能量并且可用附录 A 的方法确定。附录 A 以热量增益的技术观点运用最低理论净热值。

运用实际最低净热值可以优化工业系统中的热量回收,参见附录 B。

5 要求

在工业系统中,为优化能量回收,理论热量增益应远大于零。因此,可燃材料的净热值应不小于 5 MJ/kg(参见附录 B)。

注 1: 构成包装的有机物成分含量大于 50%(按质量计)可提供热量增益,符合净热值不小于 5 MJ/kg 的要求。例如,木材、纸板、纸和其他有机纤维、淀粉、塑料等。

注 2: 当包装成分的无机物含量大于 50%(按质量计)时,如无机填料和惰性材料,当其净热值不小于 5 MJ/kg 时,可以能量回收。

注 3: 铝箔厚度在 50 μm 之内的可燃烧,是可能量回收的,超过 50 μm 是不可燃的。

注 4: 包装的无机物组分含量大于 50%(按质量计)视为不可能量回收的。例如,带有塑料盖的玻璃或金属容器。

6 程序

6.1 应用

本部分所有应用的详细说明见 GB/T 16716.2。

6.2 评估

评估包装可以能量回收的形式再利用的方法按附录 A 并且参照附录 B 和附录 C。常用包装及其组分或成分的相关数据见表 B.1。

6.3 符合性声明

供应商应按 GB/T 16716.2 的规定,参照附录 D 给出的示例,制定书面符合性声明。

附录 A
(规范性附录)

热量增益的确定和最低理论净热值说明

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。

A.1 确定热量增益

材料的净热值是其焚烧后且当全部水分保持气态时释放的热量。为了以能量的形式回收利用,包装应在能量回收过程中提供热量增益。当净热值超过必需能量,即焚烧后产物(包括过剩空气)从环境温度绝热升温到规定的最终温度,则视为实现了本文件回收利用的目标。获得的热量增益应符合式(A.1)。

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

式中:

q_{net} ——净热值;
 H_a ——必需能量。

A.2 计算净热值 q_{net}

由不同组分和(或)成分构成的包装的净热值可按式(A.2)计算。

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

式中:

q_{net} ——包装的净热值;
 f_i ——包装中各组分或成分“i”的质量份额;
 $q_{net,i}$ ——包装中各组分或成分“i”的净热值。

可燃包装可能含有惰性的、或起反作用(吸热)的非可燃组分和(或)成分,可能对热量增益造成不利影响。

A.3 计算必需能量 H_a

最低理论净热值可视为必需能量 H_a ,用式(A.3)和(A.4)计算。

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

式中:

H_a ——焚烧物、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;
 $H_{a,i}$ ——包装中各组分或成分“i”的焚烧物、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。

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

式中:

g_j ——焚烧物、残渣(烟道气和灰烬)和过剩空气“j”与包装中的组分或成分“i”的比率;

C_{pj} ——焚烧物“ j ”的定压比热容；

T_a ——绝热的最终温度；

T_0 ——环境温度。

式(A.4)在绝热状态下有效。必需能量适用于特定条件。按目前的条件,将环境温度“ T_0 ”设定为 25 °C,最终温度“ T_a ”设定为 850 °C,氧气过盈 6%。

A.4 其他方法

必需能量可按材料供应商提供的化学成分说明计算。某些包装材料的净热值可从原料供应商或标准手册获得。包装的净热值依照式(A.2)计算。净热值也可以按 GB/T 213 给出的方法测定。当需要计算必需能量时,灰烬(或固体残渣)的量应按 GB/T 212 给出的方法测定。

附录 B
(资料性附录)

引入最低净热值优化工业系统的能量回收利用

B.1 系统优化和评估

能量回收的普遍意义和可预见的发展见 CEN/CR 1460。能量回收最优化观点的详细论述见 CEN/CR 13686。包装设计、包装要求、能量回收优化和能量回收要求之间的关系见图 B.1。焚烧包装废弃物应符合 GB 16297 和 GB 18485 规定的排放要求。

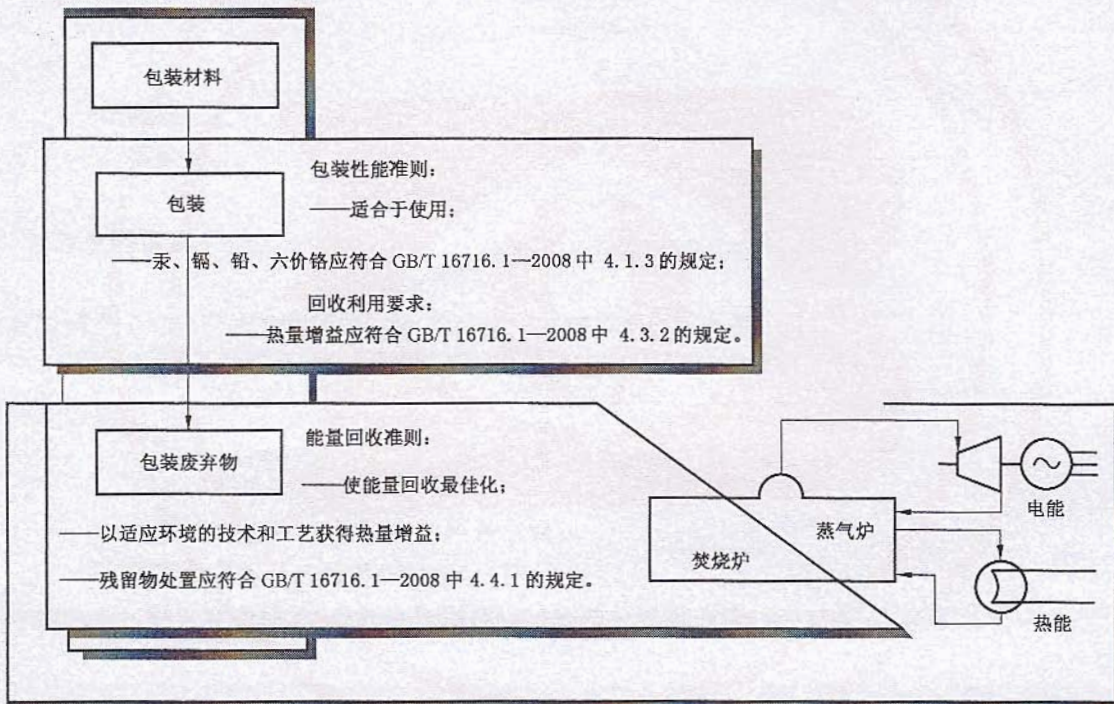


图 B.1 包装优化的总体要求——能量回收的评估范围

B.2 确定最低净热值

包装的能量回收利用应符合热量增益的要求。热量增益以理想的绝热并且稳定的状态为条件，并且假设无热量损失。在现实工业系统中，有效热量总是大于理论热量增益。焚烧设备本身有热量损失，烟道气的热量回收占全部热效率的 75%~90%。表 B.1 给出了典型包装组分、包装材料和包装的净热值、热量增益和有效热量。少量举例的包装材料不是普遍应用的，但是因为可能用到而列出。

在正常情况下，烟道气净化和残渣处理消耗一些能量，大约为输入能量的几个百分点。所有废弃物回收和操作都需要输送和处理能量。因环境条件不同，通常消耗的热量远小于 1 MJ/kg(废弃物)。

图 B.2 解释表 B.1。热量增益是净热值的函数。斜线依据最小二乘法计算获得并且延伸到 $q_{net} =$

0。由图 B.2 显示,当净热值大于 2 MJ/kg,则热量增益大于 0。采用 95% 的置信度,最低理论热量值在 1.5 MJ/kg~2.5 MJ/kg 之间。一般工业过程设备设计和建造采用的安全系数为 2,因此,所需的实际最低净热值设定为 5 MJ/kg。

就 5 MJ/kg 的净热值而论,是考虑到热量增益约等于 2 MJ/kg 且预计有效热量为 4 MJ/kg 或更多。即使附加的输送、操作、烟道气净化和残渣处理有热量消耗,有效热量也超过这些过程的热量消耗。

B.3 常用数据

包装及其组分和成分的热量增益计算采用环境温度 25 °C、最终温度 850 °C 和氧气过盈 6% 的状态。净热值是物质的特征并且可通过标准方法确定,例如按 GB/T 213 测定热量。可以利用技术文献获得大多数物质的资料,例如化学和物理手册。常用包装及其组分或成分的相关数据见表 B.1。

表 B.1 常用包装及其组分或成分的相关数据

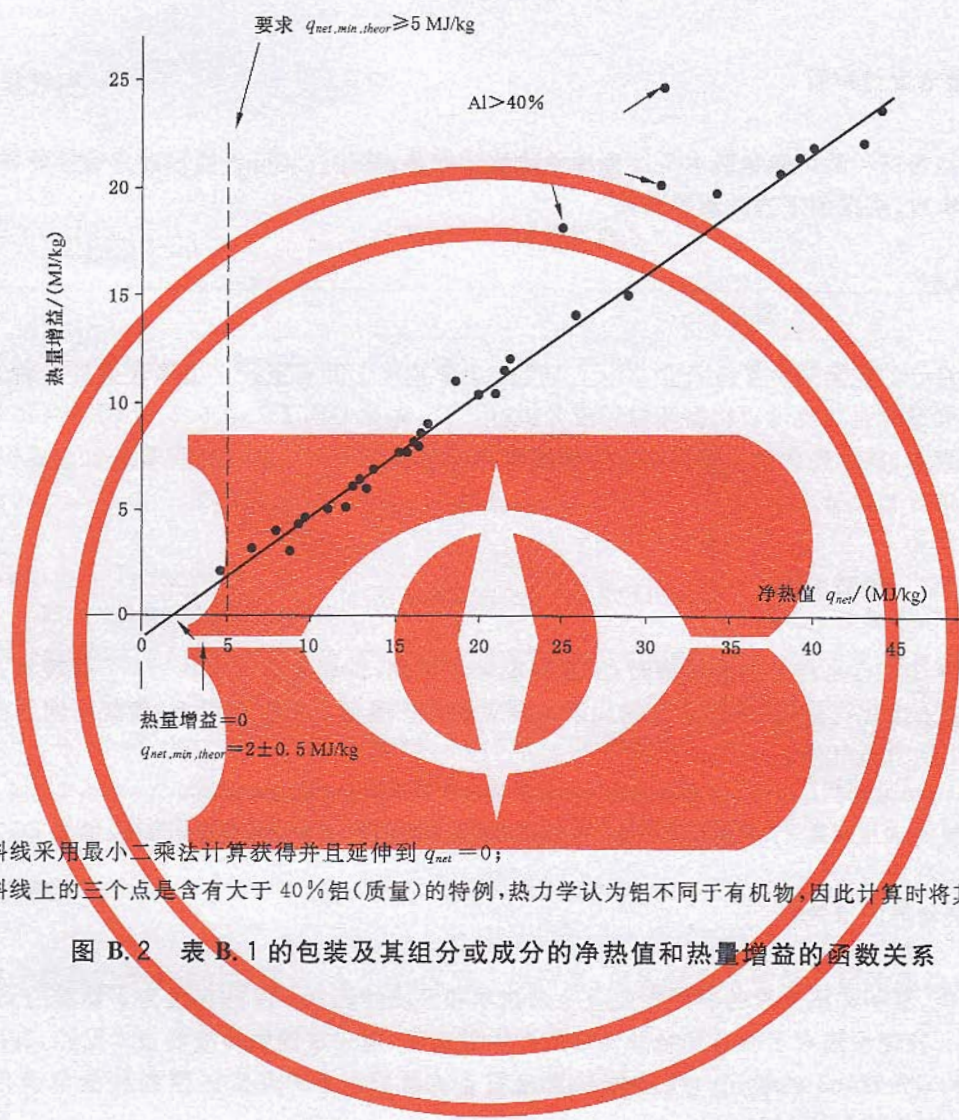
| 材料及其描述 | | q_{net} MJ/kg ^e | H_a MJ/kg | $q_{net} - H_a$ 热量增益 MJ/kg | 有效热量 MJ/kg ^f | 灰烬或固体残渣 质量分数 % ^g |
|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 纤维 | | 16.1 | 7.9 | 8.2 | 12.1 | <0.1 |
| 木素 | | 26.0 | 12.0 | 14.0 | 19.5 | <0.1 |
| 淀粉 | | 16.1 | 7.9 | 8.2 | 12.0 | <0.1 |
| 惰性材料(陶瓷、玻璃、等) | | 0 | 1.0 | -1.0 | — | 100 |
| 碳酸钙 ^a | | -2.0 | 1.0 | -3.0 | — | 56 |
| 水分(如:潮气) | | -2.0 | 2.0 | -4.0 | — | 0 |
| 木材 wood | 干燥木材 | 20.0 | 9.7 | 10.3 | 15.0 | 0.4 |
| | 木材含 30% 水分 | 13.3 | 7.3 | 6.0 | 10.0 | 0.3 |
| | 木材含 50% 水分 | 8.8 | 5.7 | 3.1 | 6.6 | 0.2 |
| 纸和 纸板 paper and board | 干燥纸板 (66%纤维、23%木素、11%惰性涂 层) | 16.6 | 8.1 | 8.5 | 12.5 | 11 |
| | 纸板(66%纤维、23%木素、11%惰 性涂层)含 7% 水分 | 15.3 | 7.6 | 7.7 | 11.5 | 10 |
| | 干燥纸板 (85%纤维、15%惰性填料) | 13.7 | 6.8 | 6.9 | 10.3 | 15 |
| | 纸板 (85%纤维、15%惰性填料)含 7% 水分 | 12.6 | 6.5 | 6.1 | 9.5 | 14 |
| | 干燥包装用纸 (80%纤维、20%惰性填料) | 12.9 | 6.5 | 6.4 | 9.7 | 20 |
| | 包装用纸 (80%纤维、20%惰性填料)含 3% 水分 | 12.4 | 6.4 | 6.0 | 9.4 | 19 |
| | 干燥包装用纸 (60%纤维、40%惰性填料) | 9.7 | 5.1 | 4.6 | 7.3 | 40 |
| | 包装用纸 (60%纤维、40%惰性填料)含 3%水分 | 9.3 | 5.0 | 4.3 | 7.0 | 39 |

表 B.1 (续)

| 材料及其描述 | | q_{net} MJ/kg ^e | H_a MJ/kg | $q_{net} - H_a$ 热量增益 MJ/kg | 有效热量 MJ/kg ^f | 灰烬或固体残渣 质量分数 % ^g |
|---|--|---------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 聚合物 polymers | 聚乙烯 PE | 43.0 | 21.0 | 22.0 | 32.2 | <0.1 |
| | 聚丙烯 PP | 44.0 | 20.4 | 23.6 | 33.0 | <0.1 |
| | 聚苯乙烯 PS | 40.0 | 18.2 | 21.8 | 30.0 | <0.1 |
| | 聚氯乙烯 PVC | 17.0 | 8.0 | 9.0 | 12.8 | <0.1 |
| | 聚对苯二甲酸乙二醇酯 PET | 22.0 | 10.0 | 12.0 | 16.5 | <0.1 |
| | 聚碳酸酯 PC | 29.0 | 14.0 | 15.0 | 22.0 | <0.1 |
| 金属 metals | 铝(可燃) ^b | 31.0 | 6.4 | 24.6 | 23.3 | 189 |
| | 铝(惰性) ^c | 0 | 1.0 | -1.0 | — | 100 |
| | 钢(惰性) | 0 | 0.4 | -0.4 | — | 100 |
| 塑料 plastics | PP 含 50%碳酸盐无机填料 | 21.1 | 10.7 | 10.4 | 15.8 | 28 |
| | PP 含 70%碳酸盐无机填料 | 12.0 | 6.8 | 5.2 | 9.0 | 39 |
| | PS 含 2%二氧化钛 | 39.2 | 17.9 | 21.3 | 29.4 | 2 |
| 复合 材料 laminates | 纸板(66%纤维、23%木素、11% 惰性涂层)和 7%水分、20% PE、 5%铝 | 21.6 | 10.2 | 11.4 | 16.2 | 17 |
| | 71%PE、12%铝、17%PET | 38.0 | 17.3 | 20.6 | 28.5 | 23 |
| | 49%PE、22%铝、29%PET | 34.2 | 14.6 | 19.7 | 25.7 | 42 |
| | 23%PE、46%铝、31%PET | 31.0 | 10.9 | 20.1 | 23.3 | 87 |
| | PP 薄膜含 0.7%铝金属层 | 43.9 | 20.3 | 23.6 | 32.9 | 1 |
| | PET 薄膜含 0.7%氧化硅涂层 | 21.9 | 9.9 | 11.9 | 16.4 | 1 |
| | 58.1%铝、41.9% PVC | 25.0 | 7.0 | 18.0 | 19.0 | 110 |
| 包装 packaging | 木托盘(4%钢钉、16%水分) | 15.8 | 8.1 | 7.7 | 11.9 | 4 |
| | 木箱(5%钢钉、16%水分) | 15.6 | 8.0 | 7.6 | 11.7 | 5 |
| | 香料罐(81.8%钢、18.2%PP) ^d | 8.0 | 4.0 | 4.0 | 6.0 | 82 |
| | 气雾剂罐(85.2%钢、14.8% PP) ^d | 6.5 | 3.4 | 3.1 | 4.9 | 85 |
| | 果汁罐(89.5%钢、10.5%PP) ^d | 4.6 | 2.5 | 2.1 | 3.5 | 89 |
| ^e 在燃烧过程中,碳酸钙形成氧化钙和二氧化碳吸收热量。 ^b 依据第 5 章注 3,铝箔厚度在 50 μm 以内视为可燃的。 ^c 依据第 5 章注 3,铝箔厚度超过 50 μm 视为不可燃的。 ^d 包装不能满足能量回收的要求,但是有机物组分提供有效热量(见第 5 章注 4)。 ^e 包装、组分或成分的净热值符合第 5 章要求的用粗体字表达。 ^f 为了满足废弃物转化为能量的条件,设备按 25%的热量损失,有效热能=0.75× q_{net} 。 ^g 按 GB/T 212 确定。 | | | | | | |

B.4 净热值和热量增益

净热值和热量增益的函数关系见图 B.2。



说明:

- 斜线采用最小二乘法计算获得并且延伸到 $q_{net} = 0$;
- 斜线上的三个点是含有大于 40% 铝(质量)的特例,热力学认为铝不同于有机物,因此计算时将其排除在外。

图 B.2 表 B.1 的包装及其组分或成分的净热值和热量增益的函数关系

附录 C

(资料性附录)

能量回收过程中的技术措施

C.1 清除残留危险性物质

预期进行能量回收的可燃包装本身不呈现危险性。但是,某些包装可能装填过危险性物质,当其废弃物存在残留物时,应采取适当的清除措施。

C.2 控制重金属

包装及其组分重金属含量应符合 GB/T 16716.1 中 4.1.3 的规定。重金属含量可以通过标准试验方法测定。典型的包装也可以根据其材料成分进行计算,详见 GB/T 16716.3 和 CEN/CR 13695-1。在能量回收过程中,重金属含量主要集中在固体残渣中。多次循环再生的材料积聚的重金属较多,应在焚烧后安全处置此类成分。

C.3 高温分解危险性有机物

当包装废弃物中含有危险性有机物时,应按规定炉温焚烧,排放应符合 GB 16297 的规定。当废弃物中含有 1% 以上卤化有机物(例如含有氯元素),则应提升炉温至 1 100 °C 以上,焚烧时间至少应保持 2 s,由此避免产生有害气体。

注:通常称 1 100 °C 为焚化温度。以能量回收的形式焚烧包装废弃物的炉温一般在 800 °C~850 °C 之间。因此,在焚烧设施中,至少配置一台可以自动添加气体或液体燃料的焚烧炉,使炉温达到焚化温度。详见 EC 76/2 000。

C.4 控制酸性物质的排放

焚烧含有硫、氮和卤族元素的酸性物质应考虑技术和环境的因素。某些包装为了功能的需要,可能包含这些成分。焚烧设施对于所有焚烧酸性物质产生的废气,应采取控制排放的技术措施,其排放应符合 GB 16297 和 GB 18485 的规定。残渣的处置应符合 GB 18599 的规定。控制其他危险性物质见 GB/T 16716.3 和 CEN/TR 13695-2。

C.5 提供有效热量增益

预期以能量回收的形式再利用的包装或包装组分应限制其灰分含量,如果可行,改善此类包装的成分,使其在焚烧过程中提供热量增益。例如,用有机物填料替代无机物填料。

C.6 适当的预处理

包装结构和材料应适于能量回收处理的全过程,例如,压缩废弃物流中体积较大的包装,使其便于运输并且适应焚烧设备(炉口)的要求。

附录 D

(资料性附录)

符合本部分要求的声明示例

D.1 评估程序

评估包装及其组分以能量回收的形式再利用的程序见表 D.1。

表 D.1 评估程序

| 文件号 | 日期 | |
|---------------------------------------|----------------------|--|
| 包装名称 | | |
| A 有机物含量 $\geq 50\%$ (按质量) | 是 适合能量回收按 D.3a)继续 | 否 按 D.1 B 继续 |
| B 无机物含量 $> 50\%$ (按质量) 用 D.2 计算 | 是 如果描述成分按 D.2 继续 | 是 如果描述组分 不适合能量回收按 D.3b)继续 |
| C 净热值 ≥ 5 MJ/kg | 是 适合能量回收按 D.3a)继续 | 否 不符合 GB/T 16716.6 的要求 按 D.3b)继续 |

D.2 组分评定

各组分材料的净热值计算按式(A.2)和表 B.1 的数据,再用表 D.2 的评定回答表 D.1 的问题。

表 D.2 包装质量百分比和净热量值计算及其评定

| 材料 | 功能 | | 质量分数 % | 净热值 q_{net} MJ/kg | 已知质量的净热值 q_{net} MJ/kg | 评定 |
|---------------------|----|----|-----------|------------------------|-----------------------------|----|
| | 组分 | 成分 | | | | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 合计 | | | | | | |
| 返回到表 D.1 B 或表 D.1 C | | | | | | |

D.3 符合评估

当包装所有组分的净热值不小于 5 MJ/kg 时,则判定该包装符合要求,且按以下步骤继续:

- a) 包装符合能量回收利用的要求,按 D.4;
- b) 包装不符合 GB/T 16716.6 的要求,评估结束。

D.4 符合性声明

本包装符合 GB/T 16716.6 关于能量回收的要求。签名和日期。

参 考 文 献

- [1] GB/T 212 煤的工业分析方法
 - [2] GB/T 213 煤的发热量测定方法
 - [3] DIRECTIVE 2000/76/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 4 December 2000 on the incineration of waste
 - [4] Directive 67/548/EEC and its amendments on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances
 - [5] CEN/CR 1460 Packaging—Energy recovery from used packaging
 - [6] CEN/CR 13686 Packaging—Optimization of energy recovery from packaging waste
 - [7] Handbook on Chemistry and Physics, 82th Edition, CRC Press, Cleveland, Ohio, 2001
-