



中华人民共和国国家标准

GB/T 47051—2026

废活性炭热再生技术规范

Technical specification for thermal regeneration of spent activated carbon

2026-01-28 发布

2026-08-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 废活性炭热再生程序	3
5 总体要求	4
6 废活性炭热再生工序	5
7 污染物排放	6
8 再生活性炭检测	6
9 包装与销售	7
10 证实方法	7
附录 A (规范性) 外推终点温度的测定方法	9
附录 B (资料性) 常用能源及耗能工质折标准煤系数(参考值)	11
参考文献	12



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。

本文件由国家林业和草原局提出。

本文件由全国林化产品标准化技术委员会(SAC/TC 558)归口。

本文件起草单位：中国林业科学研究院林产化学工业研究所、浙江虞越环保科技有限公司、江苏乾汇和环保再生有限公司、江苏省环境工程技术有限公司、江苏亚旗环保科技有限公司、青岛冠宝林活性炭有限公司、杭州星宇炭素环保科技有限公司、广东健态实业有限公司、蜂窝活性炭有限公司、天一活性炭有限公司、新疆美景天成环保科技有限公司、青岛多乐可环境科技有限公司、福建省芝星炭业股份有限公司、广东汇德科技有限公司、常州碧之源再生资源利用有限公司、南通滨海活性炭有限公司、河北渤联环保处理有限公司、山东格瑞德环保科技有限公司、山西瑞达再生资源科技有限公司、山东恒泰利华环境科技有限公司、江西爱科道环境科技发展有限公司、江苏嘉盛旺环境科技有限公司、南京林业大学、中国科学院山西煤炭化学研究所、青岛理工大学。

本文件主要起草人：刘军利、许伟、孙康、左宋林、吴平、孙彬、周海云、魏陈福、杨黎军、徐卫星、严超群、黄裕明、周小配、牛跃宏、刘毅、魏安国、冯伟铭、黄鹏、姚正飞、魏晓建、管志广、施东煌、徐长有、郑先强、陈春明、曾泽泉、张庆建、周旭、呼生春、范孟孟、卢辛成、徐茹婷、张燕萍、刘颖。

废活性炭热再生技术规范

1 范围

本文件规定了废活性炭热再生技术的热再生程序、总体要求、热再生工序、污染物排放、再生活性炭检测、包装与销售等要求，描述了对应的证实方法。

本文件适用于木质、煤质以及合成材料来源的废颗粒活性炭、废粉状活性炭的热再生。

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 2589—2020 综合能耗计算通则

GB 5085.1 危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别

GB 5085.2 危险废物鉴别标准 急性毒性初筛

GB 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别

GB 5085.4 危险废物鉴别标准 易燃性鉴别

GB 5085.5 危险废物鉴别标准 反应性鉴别

GB 5085.6 危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别

GB/T 7702 煤质颗粒活性炭试验方法

GB 8978—1996 污水综合排放标准

GB/T 12496(所有部分) 木质活性炭试验方法

GB 14554—1993 恶臭污染物排放标准

GB 16297—1996 大气污染物综合排放标准

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB 18484—2020 危险废物焚烧污染控制标准

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准

GB/T 27611 再生利用品和再制品通用要求及标识

GB/T 27761 热重分析仪失重和剩余量的试验方法

GB/T 32560 活性炭分类和命名

HJ 75 固定污染源烟气(SO₂、NO_x、颗粒物)排放连续监测技术规范

HJ 77.2 环境空气和废气 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法

HJ 212 污染物在线监控(监测)系统数据传输标准

HJ 298 危险废物鉴别技术规范

HJ 2025 危险废物收集、贮存、运输技术规范

JY/T 0589.4 热分析方法通则 第4部分:热重法

3 术语和定义

GB/T 32560 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

粉状活性炭 powdered activated carbon

粒度小于 180 μm 的活性炭。

3.2

颗粒活性炭 granular activated carbon

粒度大于 180 μm 的活性炭。

3.3

废活性炭 spent activated carbon

在生产、生活和其他活动中产生的,丧失原有利用价值或者虽未丧失利用价值但被抛弃或者放弃的活性炭。

3.4

活性 activity

描述活性炭吸附能力的通用术语。

[来源:LY/T 1615—2004,2.25]

3.5

再生 regeneration

使失去活性的活性炭恢复活性的过程。

[来源:LY/T 1615—2004,2.29]



3.6

热再生 thermal regeneration

通过加热方法在惰性或活化介质中使废活性炭部分或全部恢复活性的过程。

3.7

再生活性炭 regenerated activated carbon

通过物理、化学或生物化学等方法部分或全部恢复活性的活性炭。

3.8

危险废物 hazardous waste

列入《国家危险废物名录》或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的固体废物。

3.9

一般工业固废 general industrial solid waste

未列入《国家危险废物名录》或者根据国家规定的危险废物鉴别标准认定其不具有危险特性的工业固体废物。

3.10

热重分析 thermogravimetric analysis; TGA

在程序控温和一定气氛下,测量试样的质量与温度或时间关系的技术。

[来源:GB/T 6425—2008,3.2.1,有修改]

3.11

热重曲线 thermogravimetric curve; TG curve

由热重法测得的数据,以质量(或质量分数)随温度或时间变化的形式表示的曲线。

注:曲线的纵坐标为质量 m (或质量分数),向上表示质量增加,向下表示质量减少;横坐标为温度 T 或时间 t ,自左向右表示温度升高或时间增长。

[来源:GB/T 6425—2008,3.2.5,有修改]

3.12

微商热重曲线 derivative thermogravimetric curve; DTG curve

由热天平测得的数据,以质量变化速率与温度(扫描型)或时间(恒温型)的关系图示。

注:当试样质量增加时,DTG 曲线峰向上;质量减小时,峰向下。

[来源:GB/T 6425—2008,3.2.6,有修改]

3.13

热重曲线外推终点温度 extrapolated endpoint temperature of TG curve

外推终止准基线与热重曲线峰的终止边或台阶的拐点或类似的辅助线的最大线性部分所做的切线的交点对应的温度,以 T_{eTG} 表示。

3.14

微商热重曲线外推终点温度 extrapolated endpoint temperature of DTG curve

外推终止准基线与微商热重曲线的终止边或台阶的拐点或类似的辅助线的最大线性部分所做的切线的交点对应的温度,以 T_{eDTG} 表示。

3.15

二燃室高温段温度 high temperature section of secondary combustion chamber

燃烧室出口及出口上游保证烟气停留时间满足规定要求的区域内的平均温度。

4 废活性炭热再生程序

废活性炭热再生程序包含 8 个步骤,程序流程图如图 1 所示。



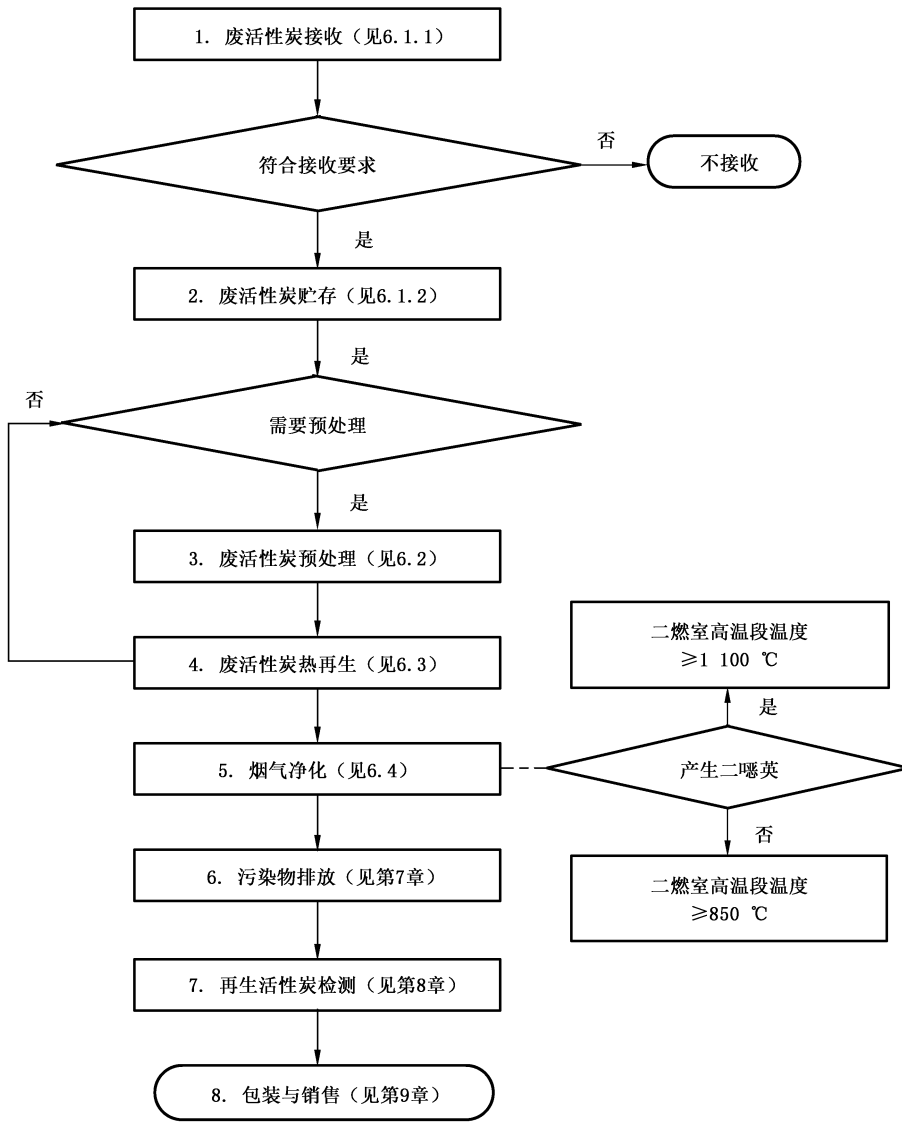


图 1 废活性炭热再生程序流程图

5 总体要求

5.1 废活性炭应按照危险废物和一般工业固体废物两大类的要求分别进行收集、贮存、转移、再生以及重新使用。

5.2 危险废物收集、贮存、运输时应符合 HJ 2025 的要求,并按照危险特性对危险特性进行分类、包装并设置相应的标志及标签。危险废物特性应按照其产生源特性及 GB 5085.1、GB 5085.2、GB 5085.3、GB 5085.4、GB 5085.5、GB 5085.6、HJ 298 进行鉴别。

5.3 具有易燃性和反应性的废活性炭,应进行稳定化预处理。含有放射性元素、剧毒物质、爆炸性物质,不适宜再生。以去除二噁英和重金属为目的产生的废活性炭不应再生利用。

5.4 应采取烟气净化措施,属于一般工业固废的废活性炭热再生烟气排放应符合 GB 16297 的要求,属于危险废物的废活性炭热再生烟气排放应满足 GB 18484 的要求,特征污染物排放(控制)应满足环境影响评价要求。

- 5.5 应采取必要的措施防止恶臭物质扩散,周界恶臭污染物浓度应符合 GB 14554 的要求。
- 5.6 产生的洗涤液、浓缩液、渗滤液等废水应进行有效收集后集中处理,排放时应符合 GB 8978 的要求,特征污染物排放(控制)应满足环境影响评价要求。处理后的尾水宜考虑循环利用。

6 废活性炭热再生工序

6.1 废活性炭接收与贮存

- 6.1.1 再生单位应根据自身技术能力建立废活性炭的接收要求,接收废活性炭前应经过检测且应符合接收要求。
- 6.1.2 废活性炭应按照一般工业固废和危险废物分类贮存。属于一般工业固废的废活性炭贮存应符合 GB 18599 规定的要求,属于危险废物的废活性炭贮存应符合 GB 18597 规定的要求,还应执行国家安全生产、职业健康、消防等要求。

6.2 废活性炭预处理

- 6.2.1 含石子、铁块等杂物的废活性炭应采取筛分除杂、除铁处理。
- 6.2.2 含多种重金属及重金属氧化物的废活性炭应通过酸或碱洗去除蓄积的重金属。
- 6.2.3 粉状废活性炭可选择脱水造粒处理。
- 6.2.4 负载贵金属催化剂的废活性炭应先回收催化剂。
- 6.2.5 含盐分或酸性较高的废活性炭可选择水洗处理。
- 6.2.6 黏性较大影响输送的废活性炭可选择配料或预热解处理。

6.3 废活性炭热再生

6.3.1 热再生炉使用要求

热再生炉主要有回转炉、沸腾炉(流化炉)、隧道炉、耙式炉(多层炉)、卧式炉、移动层炉、微波再生炉等,使用时符合如下要求。

- a) 热再生炉应配备温度自动控制装置,密闭性能良好,运行过程中应保证系统处于负压状态,避免有害气体逸出。
- b) 在启动热再生炉时,应先将炉内温度升至运行温度后才能投入废活性炭(微波再生炉无需炉内升温后再投料),投入量应逐渐增加,直至达到额定再生处理量。废活性炭再生过程中,应保持炉内温度在整个再生过程中不能低于热再生温度,直至废活性炭再生完成,方可停止加热系统。热再生炉运行时应减少停机或启动次数。
- c) 热再生炉排出的再生炭宜选用水冷滚筒间接冷却。
- d) 废活性炭再生时应实时监测烟气净化装置的运行状态,排放不能满足要求时应及时停炉处理。
- e) 废活性炭再生产生的可燃气体应优先循环利用作为热再生炉的燃料,或安装余热锅炉回收利用,不能回收利用的应焚烧处理后排放。

6.3.2 热再生温度要求

废活性炭热再生温度应根据废活性炭的热失重外推终点温度测定,测定方法按照附录 A 的 A.5 执行。热再生炉温度宜控制在高于废活性炭热失重外推终点温度 100 °C~200 °C。

6.3.3 热再生水蒸气消耗要求

废活性炭热再生时水蒸气消耗应符合如下要求:

- a) 废活性炭热失重外推终点温度低于 350 °C 时,再生过程热再生炉宜不通入水蒸气;
- b) 废活性炭热失重外推终点温度在 350 °C ~ 550 °C 之间时,再生过程热再生炉宜通入少量水蒸气,每生产 1 t 再生活性炭,水蒸汽消耗量一般不大于 0.5 t;
- c) 废活性炭热失重外推终点温度大于 550 °C 时,再生过程热再生炉宜通入适量水蒸气,每生产 1 t 再生活性炭,水蒸汽消耗量一般不小于 0.5 t,且不大于 1 t。

6.3.4 热再生能耗要求

热再生技术能耗应满足表 1 中的指标要求,能源计量器具配备和管理应按照 GB 17167 的有关要求,综合能耗计算原则应符合 GB/T 2589 的有关规定。常用能源及耗能工质折算标准煤系数参照 GB/T 2589—2020 的附录 A 和附录 B 或参考本文件的附录 B。自产蒸汽的生产单位,蒸汽量不应与耗煤量重复计算。

表 1 热再生能耗指标

类型	热再生炉、二燃室综合能耗(t 标准煤/t 再生活性炭)
废粉状活性炭	≤0.50
废颗粒活性炭	≤0.40

6.4 烟气净化

6.4.1 属于一般工业固废的废活性炭,热再生炉至少应配置喷淋洗涤、除尘等烟气净化系统。

6.4.2 属于危险废物的废活性炭热再生炉应配置二次焚烧、脱硝、急冷、喷淋洗涤、除湿、除尘等烟气净化系统,或采用其他先进技术和设备。再生单位应对排放烟气中主要污染物浓度进行在线自动监测,在线监测指标的确定应满足环境影响评价要求,在线自动监测数据的采集和传输应符合 HJ 75 和 HJ 212 的要求。

6.4.3 属于危险废物的废活性炭热再生过程中,有机废气排放控制技术宜采用烟气二次焚烧,烟气停留时间 ≥ 2.0 s,烟气含氧量(干烟气,烟囱取样口) ≤ 15% 为宜。热再生过程产生二噁英的,二燃室高温段温度应 ≥ 1 100 °C;不产生二噁英的,二燃室高温段温度应 ≥ 850 °C。

6.4.4 酸性气体排放控制技术宜采用喷淋洗涤等技术。

6.4.5 颗粒物排放控制技术宜选用旋风分离、文丘里除尘、湿式除尘、袋式除尘等技术。

6.4.6 金属排放控制技术宜采用喷淋洗涤技术去除气相金属物,采用 6.4.5 技术去除金属颗粒物。

7 污染物排放

7.1 属于危险废物的废活性炭再生时污染物排放限值应符合 GB 8978—1996 中表 1 ~ 表 5、GB 14554—1993 中表 1、表 2 和 GB 18484—2020 中表 3 的要求。

7.2 属于一般工业固废的废活性炭再生时污染物排放限值应符合 GB 8978—1996 中表 1 ~ 表 5、GB 14554—1993 中表 1、表 2 和 GB 16297—1996 中表 1、表 2 的要求。

8 再生活性炭检测

再生活性炭技术性能指标根据应用要求确定,或与用户协商确定,并按照 GB/T 12496(所有部分)、GB/T 7702 的方法进行检测。

9 包装与销售

9.1 再生活性炭应按照 GB/T 27611 相关要求标注再生利用品标识,注明再生活性炭名称、制造厂名称、制造厂地址、净重、批号、出厂日期、本文件编号以及用途。标识应清晰、易于识别。

9.2 属于危险废物的废活性炭再生后不应销售至生活饮用水、食品、医药等领域。

10 证实方法

10.1 热失重外推终点温度测定方法

废活性炭热重分析按照 GB/T 27761 进行测定,测定方法按照 A.1~ A.4 执行。

废活性炭热失重外推终点温度通过热重曲线外推终点温度或微商热重曲线外推终点温度测定,测定方法见 A.5。

10.2 热再生水蒸气消耗测定方法

热再生水蒸气消耗通过使用蒸汽流量乘以运行时间再除以运行时间内再生活性炭的量进行测定。

10.3 热再生能耗测定方法

热再生炉、二燃室综合能耗按照 GB/T 2589—2020 中第 7 章的计算方法进行测定。

10.4 二燃室高温段温度、烟气停留时间测定方法

二燃室高温段温度以二燃室炉膛内热电偶测量温度的 5 min 平均值计,即出口断面及出口上游断面各自热电偶测量温度中位数算术平均值的 5 min 平均值。

烟气停留时间测定方法通过二燃室高温段有效容积和烟气流量的比值计算。

10.5 二噁英浓度测定方法

二噁英浓度按照 HJ 77.2 进行测定。

10.6 污染物排放测试方法

属于危险废物的废活性炭再生时污染物排放浓度按照 GB 8978—1996 中表 6、GB 14554—1993 中表 3 和 GB 18484—2020 中表 4 的方法测定。

属于一般工业固废的废活性炭再生时污染物浓度按照 GB 8978—1996 中表 6 和 GB 14554—1993 中表 3 的方法测定。

10.7 生产记录

10.7.1 再生企业记录并保持以下日常生产信息:

- a) 入厂检测记录(6.1.1);
- b) 废物管理台账(6.1.2);
- c) 预处理操作记录(6.2);
- d) 热再生炉运行记录(6.3.1)
- e) 热重分析记录、热再生炉温度(6.3.2);

- f) 水蒸汽流量和运行时间(6.3.3);
- g) 二燃室高温段温度、烟气停留时间(6.3.4);
- h) 烟气净化设备运行记录(6.4.1)
- i) 污染物监测记录(6.4.2);
- j) 烟气含氧量、二噁英浓度(6.4.3);
- k) 再生活性炭检测记录(第8章);
- l) 包装与销售记录(第9章)。

10.7.2 再生企业记录并保持以下一般生产信息:

- a) 生产周期内再生活性炭质量;
- b) 生产周期内水蒸气消耗;
- c) 生产周期内热再生炉、二燃室综合能耗。

附 录 A

(规范性)

外推终点温度的测定方法

A.1 测试原理

使用热重分析仪对废活性炭测试样进行热重分析,在程序控制温度和一定气氛的条件下,测量试样的质量与温度或时间连续变化的关系。通过热重分析记录热重曲线和微商热重曲线两种热分析曲线峰,外推终点温度为外推终止基准线与热分析曲线峰的终止边或台阶的拐点或类似的辅助线的最大线性部分所做的切线的交点。

测试时将装有试样的坩埚置于与热重分析仪的质量测量装置相连的试样支持器中,在预先设定的程序控制温度和一定气氛下对试样进行测试,在程序加热的过程中,测试样发生热解反应,导致重量变化,重量变化量可通过天平测量获得。

A.2 仪器设备

热重分析仪,应符合 GB/T 27761、JY/T 0589.4 中的要求。

注:热重分析仪是连续记录质量与温度或时间变化关系的仪器,它把加热炉与天平结合起来进行质量与温度测量。

A.3 样品

将废活性炭干燥后,磨成粒径小于 180 μm 的粉末,称取 3 mg~10 mg 样品作为测试样。

A.4 测试步骤

按照所用热重分析仪的操作规程开机、启动气氛控制系统以及冷却附件,使仪器处于待机状态。

设定气氛气体(干燥的纯度高于 99.9% 的氮气或者其他惰性载气)和气氛流量(30 mL/min~50 mL/min),平衡后准备测试。

打开炉体,将空试样坩埚置于试样支持器上,关闭炉体。平衡后将天平归零,扣除坩埚的质量。打开炉体,取出坩埚,称取 3 mg~10 mg 测试样,将测试样放入试样坩埚中并置于试样支持器上(位置应接近),关闭炉体。平衡后,由热重分析仪读取试样的初始质量。

设定升温速率(5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ~10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$)和温度范围(从室温以上 10 $^{\circ}\text{C}$ 加热至 900 $^{\circ}\text{C}$)。

测试开始后,记录热重曲线和微商热重曲线;测试结束后,冷却试样至 25 $^{\circ}\text{C}$,此时不记录热重曲线和微商热重曲线。

关闭仪器。

A.5 试验数据处理

A.5.1 热重曲线外推终点温度的测定

通过热重曲线确定试样在测试过程中每一质量变化阶段的外推终止温度。热重曲线外推终点温度(T_{ETG})是热重曲线外推终止准基线与热重曲线失重阶段台阶拐点最大线性部分所作的切线的交点温度,见图 A.1a)。

若热重曲线中出现多个失重峰,则代表废活性炭吸附了多种吸附质,在测定热重曲线外推终点温度时,以温度最高的失重峰为准,见图 A.1b)。

在热失重过程中,除废活性炭吸附的吸附质热解导致试样质量损失外,炭基体在高温阶段也会存在

持续缓慢的热解,导致试样失重。若持续失重较为明显,热重曲线在吸附质热解完成后仍存在一定斜率,此时热重曲线外推终点温度应按照图 A.1c)中的方法测定。

热重曲线在吸附质热解完成后仍存在一定斜率,此时热重曲线外推终点温度应按照图 A.1c)中的方法测定。

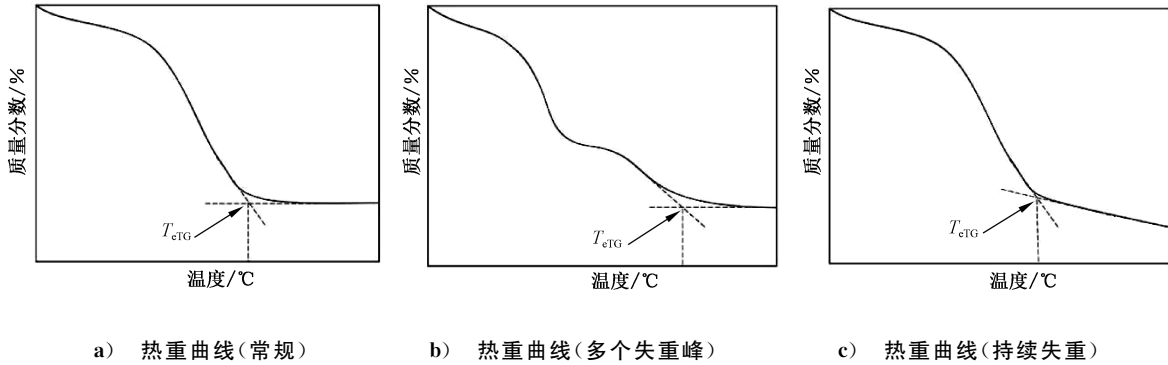


图 A.1 热重曲线外推终点温度

A.5.2 微商热重曲线外推终点温度的测定

通过微商热重曲线确定试样在测试过程中每一质量变化阶段的外推终止温度。微商热重曲线外推终点温度(T_{eDTG})是外推终止准基线与微商热重曲线的终止边或台阶的拐点或类似的辅助线的最大线性部分所做的切线的交点对应的温度,见图 A.2a)。

若微商热重曲线中出现多个曲线峰,则代表废活性炭吸附了多种吸附质,在测定微商热重曲线外推终点温度时,以温度最高的曲线峰为准,见图 A.2b)。

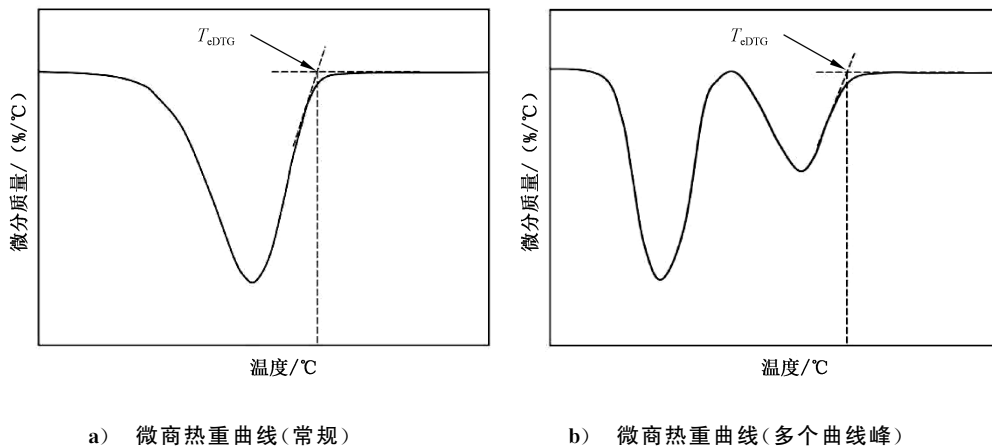


图 A.2 微商热重曲线外推终点温度

附录 B

(资料性)

常用能源及耗能工质折标准煤系数(参考值)

常用能源折标准煤系数(参考值)见表 B.1 和表 B.2,常用耗能工质折标准煤系数(按能源等价值)(参考值)见表 B.3。

表 B.1 常用能源折标准煤系数(参考值)

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数
原煤	20 934 kJ/kg (5 000 kcal/kg)	0.714 3 kgce/kg
汽油	43 124 kJ/kg (10 300 kcal/kg)	1.471 4 kgce/kg
柴油	42 705 kJ/kg (10 200 kcal/kg)	1.457 1 kgce/kg
天然气	32 238 kJ/m ³ ~38 979 kJ/m ³	1.100 0 kgce/m ³ ~1.330 0 kgce/m ³
液化天然气	51 498 kJ/kg(12 300 kcal/kg)	1.757 2 kgce/kg
液化石油气	50 242 kJ/kg (12 000 kcal/kg)	1.714 3 kgce/kg

注 1: 每千克标准煤按 29 307.6 kJ (7 000 kcal)计算。
注 2: 原煤采用实际测算的平均热值再折算为标准煤,也能采用表列数值。
注 3: 生物质采用实际测算的平均热值再折算为标准煤。若无检测条件,也能按 14 MJ/kg (3 350 kcal/kg)折算,折标准煤系数为 0.478 6 kgce/kg。

表 B.2 电力和热力折标准煤系数(参考值)

能源名称	折标准煤系数
电力(当量值)	0.122 9 kgce/(kW·h)
电力(等价值)	按上年电厂发电标准煤耗计算
热力(当量值)	0.034 12 kgce/MJ
热力(等价值)	按供热煤耗计算

表 B.3 主要耗能工质折标准煤系数(按能源等价值计)(参考值)

耗能工质名称	单位耗能工质耗能量	折标准煤系数
新水	7.54 MJ/t (1 800 kcal/t)	0.257 1 kgce/t
软化水	14.24 MJ/t (3 400 kcal/t)	0.485 7 kgce/t
压缩空气	1.17 MJ/m ³ (280 kcal/m ³)	0.040 0 kgce/m ³

注: 单位能耗工质耗能量和折标准煤系数是按照发电厂发电标准煤耗为 0.404 kgce/(kW·h)计算的折标准煤系数。实际计算时,推荐考虑上年电厂发电标准煤耗和制备耗能工质设备效率等影响因素,对折标准煤系数进行修正。

参 考 文 献

- [1] GB/T 6425—2008 热分析术语
 - [2] GB 34330 固体废物鉴别标准 通则
 - [3] LY/T 1615—2004 木质活性炭术语
-

