

ICS 79.060.20
CCS B 70

LY

中华人民共和国林业行业标准

LY/T 1929-20××

代替 LY/T 1929-2010, LY/T 3203-2020

竹炭基本物理化学性能试验方法

Test methods on basic physical and chemical properties of
bamboo charcoal

(报批稿)

20××-××-××发布

20××-××-××实施

国家林业和草原局 发布

目 次

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 试验方法.....	1
4.1 密度的测定.....	1
4.2 含水率的测定.....	3
4.3 挥发分含量的测定.....	4
4.4 灰分含量的测定.....	5
4.5 固定碳含量的测定.....	5
4.6 pH 值的测定.....	6
4.7 电阻率的测定.....	6
4.8 精炼度的测定.....	9
4.9 热值的测定.....	9
4.10 红外发射率的测定.....	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。

本文件代替 LY/T 1929-2010《竹炭基本物理化学性能试验方法》和 LY/T 3203-2020《竹炭远红外发射率测定方法》，与 LY/T 1929-2010 和 LY/T 3203-2020 相比，除编辑性修改外，主要技术内容变化如下：

——修改了 1 范围；

——修改了 2 规范性引用文件（增加了引用文件，删除了未引用文件，见 2）；

——修改了 LY/T 1929-2010 版的术语和定义 3.1 和 3.2（见 3）；

——修改了 LY/T 1929-2010 版的 4.1 密度的测定（修改了原 LY/T 1929-2010 中的“密度”为“表观密度”并对试验方法进行了修改，见 4.1.3；增加了颗粒密度、振实密度及相应的试验方法，见 3.1.1、3.1.2）；

——修改了电阻率、精炼度的测定方法（见 4.7.2、4.8）；

——增加了红外发射率的测定方法（见 4.10）。

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。

本文件由全国竹藤标准化技术委员会（SAC/TC 263）提出并归口。

本文件起草单位：浙江农林大学、浙江方圆检测集团股份有限公司、福建竹家女工贸有限公司、浙江双枪竹木有限公司、德华兔宝宝装饰新材股份有限公司、国际竹藤中心、浙江佶竹生物科技有限公司、四川惊雷科技股份有限公司、浙江旺林生物科技有限公司、浙江富来森竹炭有限公司、浙江维康日用品有限公司、温州甬泰竹业有限公司、宁波中合碳新能源科技有限公司、建瓯市恒顺炭业有限公司、福建省林业科学研究院、江西省林业科学院、上海华严检测技术有限公司、浙江省衢州理工学校。

本文件主要起草人：张文标、李文珠、李敏、钟金环、李岚、吴强、应伟军、余文军、黄景达、马中青、蔡博、毛家女、杜松青、刘雪羽、王国睿、杨杰、黄慧、王晓晴、方发华、王卫东、练素香、严王峰、王正郁、任凌颖、郑国友。

本文件所代替标准的历次版本发布情况为：

——2001 年首次发布为 LY/T 1929-2010；

——本次为第一次修订，并入了 LY/T 3203-2020。

竹炭基本物理化学性能试验方法

1 范围

本文件规定了竹炭的密度、含水率、灰分含量、挥发分含量、固定碳含量、pH 值、电阻率、精炼度、热值和红外发射率的试验方法。

本文件适用于燃料、空气净化、家居日用、调湿保鲜、水质净化、洗护用品、食品、电磁屏蔽及新能源材料等用途的竹炭。

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 1033.1-2008 塑料非泡沫塑料密度的测定 第 1 部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法

GB/T 1636-2008 塑料 能从规定漏斗流出的材料表观密度的测定

GB/T 6682-2008 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 21354-2008 粉末产品 振实密度测定通用方法

LY/T 2483-2015 竹炭产品术语

3 术语和定义

LY/T 2483-2015 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

粉状竹炭 powdered bamboo charcoal

竹炭粉 bamboo charcoal powder

经粉碎或磨碎，粒径小于等于 1mm 的竹炭。

3.2

颗粒竹炭 granular bamboo charcoal

小块和碎料竹炭，粒径大于1mm的竹炭。

4 试验方法

4.1 密度的测定

4.1.1 颗粒密度

4.1.1.1 方法提要

针对不规则颗粒竹炭，依据阿基米德原理，采用固体密度计（由电子天平、密度软件、密度配件等组合而成的一种仪器）测定其密度。尺寸偏大的颗粒竹炭需进行破碎后再进行测定，筒状和片状竹炭也可参考使用。

4.1.1.2 试剂与仪器

4.1.1.2.1 固体密度计，符合 GB/T 1033.1-2008 中 5.1 的规定，精度：0.001 g/cm³。

4.1.1.2.2 液体介质：液体石蜡，分析纯。

4.1.1.3 操作步骤

取颗粒竹炭试样在 105 °C±2 °C 条件下烘至恒重，并封装备用。取试样放入固体密度计测量台上测定试样空气中质量，然后将试样浸入液体介质中进行测量，读取密度值。

4.1.1.4 结果计算

平行测定 3 个试样取平均值，结果精确到小数点后 3 位有效数字。

4.1.1.5 允许误差

结果相对标准偏差不大于 1.00 %。

4.1.2 振实密度

4.1.2.1 方法提要

称取绝干粉状竹炭试样（以粒径不小于 0.05 mm 为宜），装入量筒中，然后置于振实仪上按规定的参数充分振实后，读取量筒的数值得到试样的体积，质量与体积的比值即为竹炭振实密度。

4.1.2.2 仪器

4.1.2.2.1 振实仪，符合 GB/T 21354-2008 中 4.3 的规定，振动频率：100 次/min~300 次/min 可调。

4.1.2.2.2 电子天平，精度：1 mg。

4.1.2.2.3 量筒，100 mL。

4.1.2.3 操作步骤

取粉末竹炭在 105 °C±2 °C 条件下烘至恒重，并封装备用。称取试样，装入量筒中，并置于振实仪上。设置振动频率：200 次/min ±20 次/min，振动时间：4 min~5 min，使试样充分振实，粉末体积不再减少后，读取量筒的刻度值，即为试样的体积。

4.1.2.4 结果计算

竹炭振实密度按式（1）进行计算：

$$D_t = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

D_t — 试样的振实密度，单位：g/cm³；

m — 试样的质量，单位：g；

V — 试样充分振实后的体积，单位：mL。

平行测定 3 个试样取平均值，结果精确到小数点后 3 位有效数字。

4.1.2.5 允许误差

结果相对标准偏差不大于 1.00 %。

4.1.3 堆积密度

4.1.3.1 方法提要

将漏斗和挡板垂直固定于容器上方，取适量竹炭加入漏斗中，移开挡板使颗粒或粉状竹炭试样缓慢落入一定体积的容器中，装满后轻敲容器外壁，然后用刮刀等工具刮平，称取竹炭试样和容器总质量，最后计算其密度。

4.1.3.2 仪器

4.1.3.2.1 表观密度计（D 型），符合 GB/T 1636-2008 中的规定，配置 A 型漏斗，见图 1。

4.1.3.2.2 电子天平，精度：1 mg。

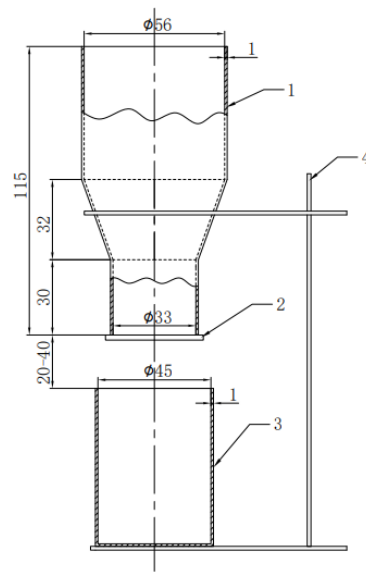
4.1.3.3 操作步骤

取竹炭试样，在 105 °C±2 °C 条件下烘至恒重，并封装备用。取洁净的平口容器进行称重，记录平口容器质量。

将 A 型漏斗与平口容器同轴线垂直固定，用挡板封住漏斗下端小口。

取竹炭试样适量倒入漏斗中，移开挡板使试样自然流入平口容器中，装满后用直尺刮平，称量试样和平口容器总质量，精确至 1 mg。

单位为毫米



标引序号说明：

- 1——漏斗；
- 2——挡板；
- 3——平口容器（容积一般为：100 mL±0.5 mL）；
- 4——支架。

图 1A 型漏斗密度测量装置

4.1.3.4 结果计算

竹炭堆积密度按式（2）进行计算：

$$D_b = \frac{m_1 - m_0}{V} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- D_b — 试样的堆积密度，单位：g/cm³；
- m_0 — 平口容器的质量，单位：g；
- m_1 — 试样和平口容器的总质量，单位：g；
- V — 平口容器的体积，单位：cm³。

结果表示应标明所取竹炭试样的粒径。对已知含水率的试样，要除去含水率计算。

平行测定 3 个试样取平均值，结果精确到小数点后 3 位有效数字。

4.1.3.5 允许误差

结果相对标准偏差不大于 1.00 %。

4.2 含水率的测定

4.2.1 方法提要

一定质量的试样，在 105°C±2 °C条件下烘至恒重，以质量减少量占原试样质量的百分数作为试样含水率。

4.2.2 仪器

4.2.2.1 电热恒温干燥箱，带有自动调温装置，并附有鼓风机或通风装置。

- 4.2.2.2 分析天平，精度：1 mg。
- 4.2.2.3 干燥器，内装干燥剂（未吸潮的氯化钙或硅胶）。
- 4.2.2.4 称量瓶， $\Phi 70\text{ mm}\times 35\text{ mm}$ 。

4.2.3 操作方法

称取经粉碎且粒径不大于 1.0 mm 的试样 1 g~5 g（精确至 1 mg），放入预先干燥至恒重的称量瓶中，试样在称量瓶均匀铺开，置于温度调节至 $105^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的电热恒温干燥箱内，干燥 3 h~4 h，取出放入干燥器中冷却到室温后称量。

然后进行检查性试验，每次干燥时间为 30min，直到试样的减量小于 0.010g 或质量增加时为止，在后一种情况下，必须采用增重前的质量作为计算的依据。

4.2.4 结果计算

竹炭含水率测定结果按式（3）计算：

$$w = \frac{m - m_1}{m - m_2} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- w — 试样的含水率，%；
- m — 干燥前试样加称量瓶的质量，单位：g；
- m_1 — 干燥后试样加称量瓶的质量，单位：g；
- m_2 — 称量瓶的质量，单位：g。

4.2.5 允许误差

含水率的两次平行测定结果误差应不大于 0.2 %。

4.3 挥发分含量的测定

4.3.1 方法提要

一定质量的试样，在 $850^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 的温度下，隔绝空气加热 7 min，以所失去的质量占原试样质量的百分数表示试样挥发分含量。实验中如果发现有明显的火星时，则应重新测定。

4.3.2 仪器

- 4.3.2.1 瓷坩埚：高 40 mm，上口直径 30 mm，底外径 18 mm，盖外径 35 mm，槽外径 29 mm，外槽深 4 mm。
- 4.3.2.2 高温电炉，带有能保持 $850^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 的调温装置。
- 4.3.2.3 坩埚架，由镍铬丝制成，其大小以放入高温炉中的坩埚不超过恒温区为限，并使放在坩埚架上的坩埚底部距炉底 10 mm~15 mm。
- 4.3.2.4 分析天平，精度：0.1 mg。
- 4.3.2.5 秒表或定时钟。
- 4.3.2.6 干燥器，内装干燥剂（未吸潮的氯化钙或硅胶）。

4.3.3 操作方法

称取经粉碎且粒径不大于 0.25 mm 的干燥试样 1 g（精确至 0.1 mg），置于已于 $850^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 烧至恒重的瓷坩埚中，将坩埚盖好，轻轻振动以使试样铺平，放在坩埚架上。然后，迅速送入事先加热到 850°C 的高温电炉中，使坩埚位于热电偶测点的上方或下方，继续加热 7 min。开始时炉温下降，但在 3 min 内应恢复到 $850^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ，如发现有明显火星，则应重新测定。

最后，取出坩埚置于瓷板上，在空气中冷却 5 min 后，放入干燥器冷却到室温，称重。

4.3.4 结果计算

竹炭挥发分含量测定结果按式（4）计算：

$$V = \frac{m - m_1}{m} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

V — 试样的挥发分含量，%；

m — 试样的质量，单位：g；

m_1 — 试样加热后的质量，单位：g。

4.3.5 允许误差

挥发分的两次平行测定结果误差应不大于 0.5 %。

4.4 灰分含量的测定

4.4.1 方法提要

一定质量的试样于 $800^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 下，灼烧至恒重（冷却后称重），以残留物的质量占原试样质量的百分数表示试样灰分含量。

4.4.2 仪器

4.4.2.1 高温电炉，带有能保持 $800^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 的调温装置，附有热电偶和高温表。

4.4.2.2 带盖瓷坩埚，30 mL。

4.4.2.3 分析天平，精度：0.1 mg。

4.4.2.4 干燥器，内装干燥剂（未吸潮的氯化钙或硅胶）。

4.4.3 操作方法

将符合规格的瓷坩埚置于 $800^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 高温电炉中灼烧至恒重，将坩埚置于干燥器中冷却至室温，称量（精确至 0.1 mg）。再称取经粉碎且粒径不大于 0.25 mm 的干燥试样 1 g（精确至 0.1 mg），置于已恒重的瓷坩埚中，并送入温度不超过 300°C 的高温电炉中，打开坩埚盖，缓慢升到 500°C ，并保持 30 min，继续升高温度，在 $800^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 的条件下灼烧 3 h~4 h。取出坩埚置于瓷板上，盖上坩埚盖，在空气中冷却约 5 min 后，放入干燥器，冷却到室温，称重。

然后进行检查性灼烧，每次灼烧 30 min，直到试样的减量小于 1 mg 或者质量增加时为止，在后一种情况下，必须采用增重前的一次质量作为计算的依据。

4.4.4 结果计算

竹炭灰分含量测定结果按式（5）计算：

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

A — 试样的灰分含量，%；

m_1 — 坩埚的质量，单位：g；

m_2 — 灰分和坩埚的质量，单位：g；

m — 试样的质量，单位：g。

4.4.5 允许误差

灰分的两次平行测定结果误差应不大于 0.3 %。

4.5 固定碳含量的测定

4.5.1 方法提要

固定碳含量以经过干燥后的竹炭质量，减去其所含灰分及挥发分来计算。

4.5.2 仪器

同 4.3.2 和 4.4.2。

4.5.3 操作方法

将试样粉碎且粒径不大于 0.25 mm 的试样，在 105 °C±2 °C 条件下烘至恒重。试样质量不得少于 30 g，供测定挥发分和灰分使用，相应操作方法分别见 4.3.3 和 4.4.3。

4.5.4 结果计算

竹炭固定碳含量测定结果按式（6）计算：

$$C=100\%-(A+V) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- C — 试样的固定碳含量，%；
- A — 试样的灰分含量，%；
- V — 试样的挥发分含量，%。

4.5.5 允许误差

固定碳的两次平行测定结果误差应不大于 0.5 %。

4.6 pH 值的测定

4.6.1 方法提要

试样在不含二氧化碳的水（煮沸过的去离子水或蒸馏水）中煮沸，过滤，冷却后测定滤液的 pH 值。

4.6.2 试剂与仪器

- 4.6.2.1 不含二氧化碳的水，将 GB/T 6682-2008 规定的三级水煮沸 3 min ~ 5 min。
- 4.6.2.2 天平，精度：0.01 g。
- 4.6.2.3 pH 计，精度：0.1。
- 4.6.2.4 电炉或加热板。

4.6.3 操作方法

称取经粉碎且粒径不大于 0.25 mm、与 2.50 g 竹炭干燥品相当的未干燥试样，置于 100 mL 锥形瓶中，加入不含二氧化碳的水 50 mL，缓和煮沸 10min，补添蒸发的水，过滤，弃去初滤液 5 mL，余液冷却到室温后用 pH 计测定 pH 值。同时进行平行试验。

4.6.4 结果计算

直接读数。结果以两平行实验算术平均值表示，读数至 0.01。

4.6.5 允许误差

两次平行测定结果误差应不大于 0.1。

4.7 电阻率的测定

4.7.1 颗粒或粉状竹炭的电阻率

4.7.1.1 方法提要

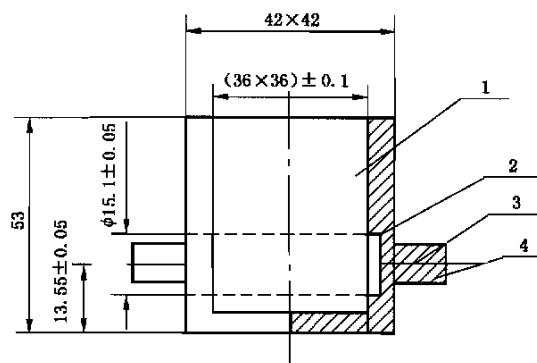
将颗粒或粉状试样置于基本绝缘的邻苯二甲酸二丁酯中，借助搅拌器的作用，使之分散均匀并形成稳定的悬浮液，测定悬浮液的电阻率以表征导电性的强弱。

4.7.1.2 试剂与仪器

- 4.7.1.2.1 邻苯二甲酸二丁酯，分析纯。
- 4.7.1.2.2 乙醇（95%），分析纯。
- 4.7.1.2.3 乙炔炭黑电阻率测定仪，测定池规格见图 2。
- 4.7.1.2.4 恒温干燥箱，带有自动调温装置，可控制在 105°C±2°C。
- 4.7.1.2.5 干燥器，内装干燥剂（未吸潮的氯化钙或硅胶）。
- 4.7.1.2.6 分析天平，精度：0.1 mg。
- 4.7.1.2.7 量筒，50 mL。

4.7.1.2.8 烧杯, 150 mL。

单位为毫米



标引序号说明:

- 1—电阻测定池;
- 2—银片电极, 面积 1.79 cm²;
- 3—电极银丝引线;
- 4—引线套管。

图 2 测定池

4.7.1.3 操作方法

4.7.1.3.1 称取干燥试样 1 g (精确至 0.1 mg), 置于洁净干燥的 150 mL 烧杯中, 缓慢加入 50 mL 邻苯二甲酸二丁酯。

4.7.1.3.2 将仪器预热 30 min, 待试样全部浸润后, 把它放到预先按仪器说明书调好的搅拌器中, 将搅拌桨放入烧杯的中心位置 (转速 1050 r/min~1100 r/min), 离底部为 13.5 mm, 搅拌 10 min。

4.7.1.3.3 将干燥洁净的电阻率测定池置于测试卡簧中, 打开测量开关。

4.7.1.3.4 将烧杯中的悬浮液全部倒入测定池中静置 1 min, 按读数键, 显示器上所显示的数字即为试样的电阻率。

4.7.1.4 结果计算

试样的电阻率由显示器上直接读取, 结果准确至 0.1 Ω·m, 最终结果表示为 Ω·cm。

4.7.1.5 允许误差

电阻率两次测定结果之差应不大于 0.4 Ω·m。

4.7.2 片状竹炭 (竹片炭) 的电阻率

4.7.2.1 方法提要

在 25 °C ± 10 °C 温度下, 采用电阻率测定装置测定通过一定规格试样的电流和电压, 通过计算得到其电阻率, 以表征其导电性的强弱。

4.7.2.2 仪器

4.7.2.2.1 直流电源, 电压 0~6 V, 电流不小于 40 A。

4.7.2.2.2 磁电式电流表, 不低于 1.0 级。

4.7.2.2.3 磁电式毫伏表, 不低于 1.0 级。

4.7.2.2.4 变阻器。

4.7.2.2.5 游标卡尺, 精度: 0.02 mm。

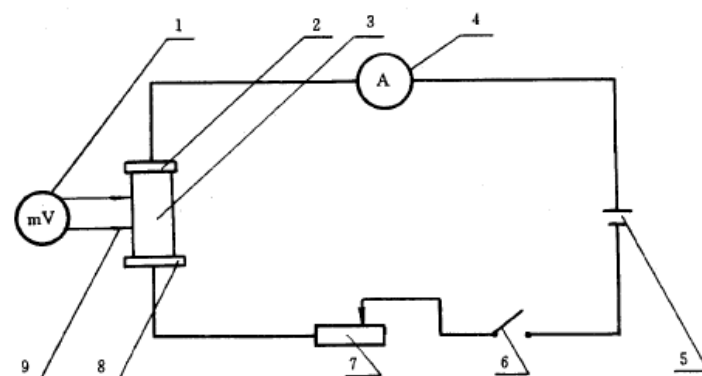
4.7.2.2.6 万能角度尺。

4.7.2.2.7 电阻率测定装置, 带有弹性的两个接触极。

4.7.2.2.8 不锈钢电位针，两针间距不得小于试样长度 30%，不大于试样长度 50%，间距偏差为 $\pm 1\%$ 。

4.7.2.3 操作方法

4.7.2.3.1 连接电气线路，按图 3 操作。



标引序号说明：

- 1—毫伏表；
- 2—弹性铜网接触电极；
- 3—试样；
- 4—电流表；
- 5—电源；
- 6—开关；
- 7—变阻器；
- 8—弹性铜网接触电极；
- 9—毫伏表。

图 3 电气线路图

4.7.2.3.2 竹炭试样应具有一定的尺寸，符合表 1 的规定且尺寸的误差不大于 0.5 mm。

4.7.2.3.3 试样按长度方向置于两个弹性极中间，使试样轴心与两极中心重合。

4.7.2.3.4 通电，调节变阻器，使电流符合表 1 的规定。

4.7.2.3.5 按表 1 的规定选好电位针，置于试样 $W \times L$ 面上，对挤压试样，应置于平行挤压方向的面上，压力以毫伏计稳定为准。

4.7.2.3.6 分别迅速测量两个 $W \times L$ 面上电位针间电压值，避免试样受热影响电阻值，然后取算术平均值来计算电阻率。

表 1 电流表、毫伏表和电位针读数

试样尺寸, mm ($b \times W \times L$)	电位针间距, mm	电阻率, $\mu\Omega \cdot m$	电流, A	电压, mV
10×10×64 (4×8×32)	25 (16)	600.00	2.00 (1.00)	300.00
		300.00	4.00 (2.00)	300.00
		150.00	8.00 (4.00)	300.00
		75.00	8.00 (4.00)	150.00
		37.50	8.00 (4.00)	75.00
		15.00	8.00 (4.00)	30.00
		7.50	8.00 (4.00)	15.00

		3.75	8.00 (4.00)	7.50
		1.50	20.00 (10.00)	7.50
		0.75	40.00 (20.00)	7.50
		0.60	20.00 (10.00)	3.00
		0.30	40.00 (20.00)	3.00

4.7.2.4 结果计算

竹炭电阻率按式 (7) 计算:

$$\rho = \frac{U \cdot b \cdot W}{I \cdot d \cdot 10^4} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- ρ — 试样的电阻率, 单位: $\Omega \cdot \text{cm}$;
- U — 电位针间的电压, 单位: mV ;
- I — 通过试样的电流, 单位: A ;
- b — 试样的厚度, 单位: mm ;
- W — 试样的宽度, 单位: mm ;
- d — 电位针间距, 单位: mm 。

4.7.2.5 允许误差

同4.7.1.5。

4.8 精炼度的测定

4.8.1 方法提要

精炼度根据筒状或片状竹炭的电阻率进行划分。精炼度衡量了竹炭的炭化程度, 精炼度数值小则炭化程度高。

4.8.2 仪器

同 4.7.2.2。

4.8.3 操作方法

同 4.7.2.3。

4.8.4 结果计算

精炼度共分 10 个级别。根据试样的电阻率结果, 对照表 2, 确定其精炼度。

表 2 精炼度级别

精炼度级别	0	1	2	3	4
电阻率范围, $\Omega \cdot \text{cm}$	$\leq 10^0$	$> 10^0 \sim 10^1$	$> 10^1 \sim 10^2$	$> 10^2 \sim 10^3$	$> 10^3 \sim 10^4$
精炼度级别	5	6	7	8	9
电阻率范围, $\Omega \cdot \text{cm}$	$> 10^4 \sim 10^5$	$> 10^5 \sim 10^6$	$> 10^6 \sim 10^7$	$> 10^7 \sim 10^8$	$> 10^8$

4.9 热值的测定

4.9.1 方法提要

单位质量试样在充有过量氧气的氧弹内完全燃烧, 其燃烧产生气体、液态水以及固态灰时放出的热量称为竹炭的热值, 热值的测定由两个独立的试验组成, 即规定条件下基准量热物质的燃烧试验 (热容量标定) 和试样的燃烧试验, 两次试验的条件应尽量相近。

4.9.2 试剂与仪器

- 4.9.2.1 氧气，纯度不低于 99.5%，不含可燃成分，不允许用电解氧。
- 4.9.2.2 苯甲酸，二级量热标准物质，应由国家计量行政部门批准并发布的量热标准物质并具有标准物质证书。
- 4.9.2.3 点火丝，直径约为 0.1 mm 的铂、铜、镍丝或其他抑制热值的金属丝。
- 4.9.2.4 自动氧弹量热仪，包括氧弹、内筒、外筒、搅拌器、量热温度计、点火装置、压饼机以及附属设备。
- 4.9.2.5 分析天平，精度：0.1mg。

4.9.3 操作方法

4.9.3.1 基准量热物质的燃烧试验（热容量标定）

- 4.9.3.1.1 按使用说明书安装、调节量热仪。
- 4.9.3.1.2 称取预先研细并在 80 °C~90 °C 烘箱中烘干 24h 的苯甲酸 1.0g~1.2g（精确至 0.2mg），压成片状。
- 4.9.3.1.3 取一定质量点火丝，将其两端固定在电极柱上，并让其与苯甲酸有良好的接触，同时注意电极间以及燃烧皿与电极之间的短路。小心拧紧氧弹盖，并通过进气管缓慢的冲入氧气直至弹内压力为 2.8 MPa~3.2MPa 为止，充氧时间不得少于 15s。当钢瓶中氧气压力降到 5.0MPa 时，充氧时间应酌量延长，压力降到 4.0MPa 以下时，应更换新的钢瓶氧气。
- 4.9.3.1.4 向量热仪内筒中加入约 3000 mL 蒸馏水（温度已调至比外筒低 0.7°C 左右），慢慢放入氧弹，水面应至氧弹进气阀螺帽高度的约 2/3 处。每次试验时用水量应与标定热容量时一致（相差 1g 以内）。
- 4.9.3.1.5 按仪器说明书中操作方法进行。
- 4.9.3.1.6 停止搅拌，取出传感器，打开水筒盖，取出内筒和氧弹，用放气阀放掉氧弹内的氧气，打开氧弹，观察氧弹内部，若有试样燃烧不完全，试验作废。取出未烧完的点火丝称重。

4.9.3.2 试样的燃烧试验

取经粉碎且粒径不大于 0.25 mm 的干燥试样 1g（精确至 0.1mg），放入燃烧皿中，若竹炭密度较小，可酌情减少竹炭取用量。测定方法参照 4.9.3.1.3~4.9.3.1.6。

4.9.4 结果计算

试样热容量按式（8）计算：

$$E = \frac{Q_1 \cdot m_1 + Q_2 \cdot m_2}{\Delta T} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- E — 试样热容量，单位：J/°C；
- Q_1 — 苯甲酸热值，单位：J/g；
- m_1 — 苯甲酸质量，单位：g；
- Q_2 — 点火丝热值，单位：J/g；
- m_2 — 点火丝质量，单位：g；
- ΔT — 修正后的温升，单位：°C。

试样热值按式（9）计算：

$$Q = \frac{E \cdot \Delta T}{m} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- Q — 试样热值，单位：J/g；
- E — 试样热容量，单位：J/°C；

ΔT — 修正后的温升，单位： $^{\circ}\text{C}$ ；

m — 试样的质量，单位：g。

热值的计算结果精确到 1J/g ，结果以 J/g 或 MJ/kg 的形式表示。

4.9.5 允许误差

热容量标定一般应进行5次重复试验。计算5次重复试验结果的平均值和标准差，其相对标准偏差不应超过0.20%，若超过0.20%，再补做一次试验，取符合要求结果的平均值（修约至 $1\text{J}/^{\circ}\text{C}$ ）作为该仪器的热容量。

试样热值的测定一般进行3次重复实验，误差应不大于1%。

4.10 红外发射率的测定

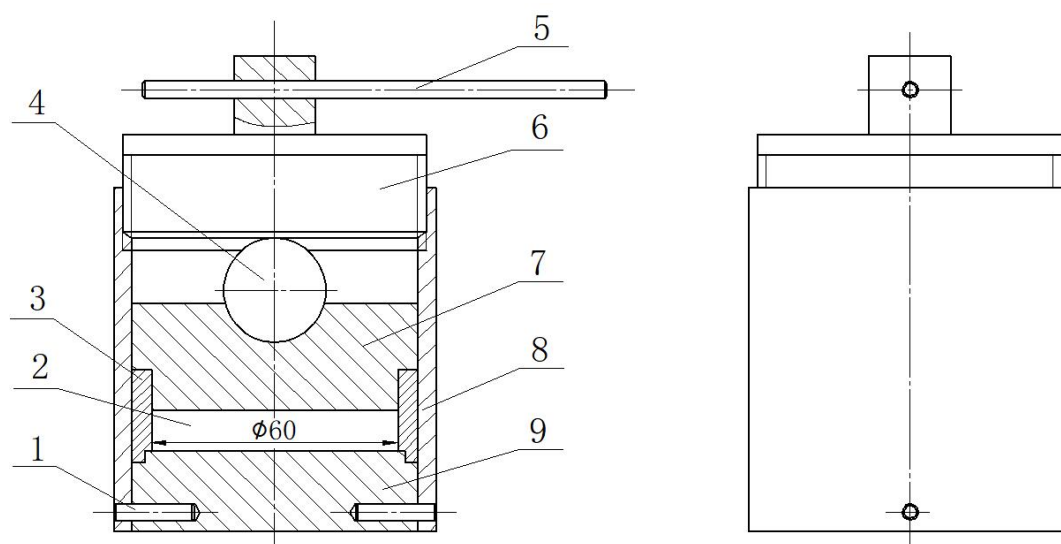
4.10.1 方法提要

根据能量守恒定律及基尔霍夫定律，通过采用主动黑体辐射源测定待测物表面的法向反射率。即将已知强度的辐射能投射到待测的不透明试样表面上并用反射计测出表面反射能量，求得试样的反射率并进而计算出发射率。

4.10.2 仪器

4.10.2.1 双波段发射率测量仪，主要技术参数：发射率测量范围 $0.1\sim 0.99$ ，灵敏度 0.001 。

4.10.2.2 压片工具，结构示意见图4。



标引序号说明：

- 1——定位销；
- 2——压片腔；
- 3——环形模；
- 4——传压钢球；
- 5——扳杆；
- 6——上压盖；
- 7——（上表面带 V 状承球坑）中压盖；
- 8——外套筒；
- 9——铝制底座。

图4 压片机结构示意图

4.10.2.3 环形塑料模具：公称直径 60 mm ，高度 4 mm ；铝制底座： $150\text{ mm}\times 150\text{ mm}\times 1.5\text{ mm}$ ；玻璃板应完全覆盖塑料模具。

4.10.3 操作方法

4.10.3.1 试样预处理

试样经粉碎且粒径不大于0.15 mm（100目）的试样，在105 °C±2 °C条件下烘至恒重，采用压片法制样。

4.10.3.2 压片试样制备

将过筛的竹炭试样放入环形塑料模具中，装满后用玻璃板压平表面，用于测试。若需要压片则将铝制底座平放并上置环形塑料模具（公称直径60 mm），向压片腔中加入待测竹炭试样，根据试样片厚度要求调整高度，套上中压盖和外套筒，并插入定位销固定，然后在中压盖顶面中心部的承球凹中放入一个传压钢球，最后将上压盖拧入外套筒的上口内，在扳杆插孔内插入扳杆，扳动扳杆将试样紧压成圆形片状，完成压片工作。

4.10.3.3 试样测试

设定仪器参数，装上8μm~14μm的滤光片，待温度稳定后进行校正，然后将装有试样的模具放置于测试台上进行测试，试验时数据波动较大则需重新制样。

试验时保持测试台静止。保持试样干燥、表面平整。

4.10.4 结果计算

随机转动试样并测定10次以上，直接记录远红外发射率数值读数。

结果取算术平均值，精确至0.001。

4.10.5 允许误差

结果相对标准偏差应不大于 1.00 %。

《竹炭基本物理化学性能测试》 林业行业标准编制说明

一、工作简况，包括任务来源、协作单位、主要工作过程、 标准主要起草人及承担的工作

1. 任务来源

《竹炭密度测定方法》林业行业标准为 2020 年林业行业标准制修订项目计划（计划编号：2020—LY—111）。

2022 年又根据国家林业和草原局科技司、生态司关于《竹藤领域标准体系和相关工作安排的通知》（科标字〔2022〕20 号）的通知精神，明确由浙江农林大学等单位承担《竹炭基本物理化学性能测试》《竹炭远红外发射率测定方法》《竹炭密度测定方法》林业行业标准的整合、修订任务。

主管部门：国家林业和草原局

技术归口单位：全国竹藤标准化技术委员会

主要承担单位：浙江农林大学

2. 制定的目的和意义

竹炭作为一种生物质炭材料，它是由竹材及其加工剩余物在限制性通氧或缺氧条件下高温热解得到的固体产物。竹炭具有特殊孔隙结构、高比表面积、热稳定性好等特点，在空气净化、水质改良、土壤改良、食品添加、建筑园艺等领域应用广泛。但随着竹炭应用领域的不断延伸、拓展，相关性能指标需要进一步修改、补充和完善，对竹炭性能测试方法的适用性、可操作性和精确度等方面提出了更高的规范和要求。原 LY/T 1929-2010《竹炭基本物理化学性能测试》方法标准进行了初步的编制，以期竹炭的生产、销售和应用提供统一的技术标准和规范，这也是竹炭行业发展的基石，修订《竹炭基本物理化学性能测试》林业行业标准也有利于促进我国竹产业的高质量发展。

3. 主要工作过程

3.1 项目计划下达后，签订合同，建立项目组负责制，分解项目内容。

3.2 标准编制准备工作

调研国内外竹炭生产及产品性能检测现状；收集国内外主要竹炭生产企业，不同烧制设备和工艺的竹炭材料；查阅密度测试方法相关的标准规范和期刊文献等；了解相关的仪器设备和专利成果等。

(1) 国内竹炭生产现状

竹炭产业经历 20 多年的发展，从无到有，从小规模、作坊式到大规模现代生产方式转变，生产设备从传统的砖土窑发展到机械窑生产竹炭，以及现在的炭气（气化炉）联产自动化的生产设备。不同的生产设备和工艺，生产出不同性能的竹炭产品。竹炭产品从原来以竹片炭、筒炭、颗粒炭、粉炭粗放型经营为主向竹炭深加工领域转变，开发出日用保健、调湿除臭、洗涤用品、工艺品、竹炭纤维、竹炭基复合材料等七个品系 300 余种。

(2) 竹炭性能检测标准及方法

对原LY/T 1929-2010行业标准进行充分分析研究，根据市场技术调研进行验证、确认和补充。尤其是根据现有文献，进行实验室竹炭密度测试方法研析。

竹炭为无固定的长、宽、厚尺寸的不规则固体物，不便于准确测定其长宽厚尺寸并计算其体积，故颗粒状竹炭采用排液法固体密度计进行测试，或者堆积密度；对于粉末状竹炭可以测堆积密度和振实密度，用量筒取已知质量竹炭样品，由自然堆积状态下的体积计算得到堆积密度，经振实后得到的体积计算得到竹炭振实密度。

(3) 固体密度测试方法相关标准及期刊文献

相关标准：

中华人民共和国国家标准 GB 4472-84 《化工产品密度、相对密度测定通则》，本通则适用于一般化工产品密度、相对密度的测定；不适用于炭黑和开孔式泡沫橡胶或塑料等特殊状态的化工产品密度。

在日本工业标准(JIS)和美国材料试验协会(ASTM)标准中，采用密度梯度管法测定物质的密度。具体方法是在圆柱形容器中配制一种沿垂直方向具有一定密度梯度的液柱，在液柱中加入待测的固体试料，根据试料的静止位置，便可知道试料的密度。液柱内的位置和密度之间的关系，用标准浮子标定。而这种标准浮子是直径小于5 mm的空心小玻璃球，它们的密度必须事先经过准确的测量。

期刊文献:

韩保民, 陈药, 陈光表. 固体药品密度的测定, 《药学实践杂志》第26卷第6期:455-456。设计一个测定固体药品密度的方法。根据密度定义推导得计算密度的数学公式, 通过公式计算可测定某些固体药品的密度。此法可直接测定某些固体药品及药包材(如PVC等)的密度而毋须另外配置密度测定器。

高正明, 贺升平, 赵娟. 一种新的不规则实体密度测量方法研究, 《自动化仪表》33(12):10-12。根据不规则实体密度检测技术的需求, 在分析非接触式体积测量系统基本原理的基础上, 结合不确定度理论, 研究了非接触式体积测量系统的性能指标。探索了该系统应用于不规则实体密度测量的可行性, 分析了基于该系统的不规则体密度测量不确定度。研究表明, 基于非接触式体积测量系统的不规则体密度测量方法具有较高的测量精度, 可实现不规则实体密度的智能化无损检测。

陈焕强. 应用液体石蜡快速准确测定岩石块体密度, 《浙江建筑》第29卷第10期:28-30。岩石块体密度试验存在以下问题: 试件制备精度不高导致量积法结果偏低; 蜡封法操作手续繁琐、难以把握、准确性和可靠性受到影响; 遇水崩解、溶解的软岩石不能采用水中称量法。针对这些问题, 提出了应用液体石蜡作为液体介质、运用阿基米德定律, 结合独特的操作模式来解决上述弊端的设想。围绕这一主题展开了探索研究, 找到了解决问题的方法并获得了满意的结果。该方法操作简单、快速、稳定、实用、测定范围广、试验结果与标准法相吻合, 表明具有一定的准确性和可靠性, 可满足有关规定要求。对于密度大于 $0.90\text{g}/\text{cm}^3$ 的固体(如土样、新材料等)密度的测定也可借鉴和使用。

王锐, 吴燕冈, 王君. 岩矿石密度仪的设计, 吉林大学学报(信息科学版) Vo.1 24 No.6。针对DM-2密度仪存在精度低、显示不便、所测样本种类受限、操作复杂不足等问题, 在分析常用固体密度测量方法的基础上, 提出了一种基于阿基米德浮力定律测量岩矿石密度的方法, 并完成了密度仪硬件电路设计和配套软件编程工作, 同时给出了密度仪的技术指标及测量结果的误差分析。密度仪由荷重传感器、放大器、模数转换器、单片机、显示部分及USB(Universal Serial Bus)接口等组成。该密度仪不仅可以用于测量多种岩矿石标本的密度, 而且也可用于固体标本的重量、体积、孔隙度和含油或水饱和度等多种参数的检测, 同

时实现了各种固体密度自动测试和密度值实时显示功能，提高了工作效率，减少了人为误差。本密度仪同DM 2型密度仪相比，具有智能化程度高、自动LCD (Liquid Crystal Display) 显示密度值、存储测试结果、可同计算机通讯、测量精度高(均方差) 小于 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$ 和操作简单等优点。

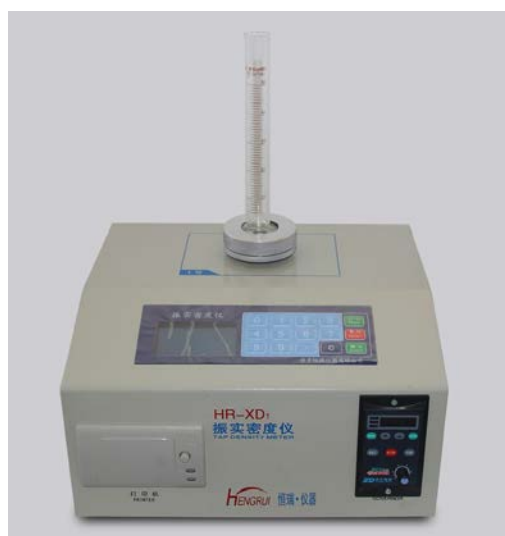
(4) 固体密度测试仪器设备及相关专利

固体比重计是将现代微固体技术与阿基米德原理相结合而研发出来的新型比重测试仪。此仪器改变了传统密度测试的繁琐操作，实现了不规则样品的快速准确测量。能满足现代产品生产及新材料研究过程中对样品密度的精确测量要求。

通过浮力与密度计算公式的推导与变换形成等式，首先利用高精密度分析天平分别计算出待测样品在空气中的重量 (W_1) 和在水中之重量 (W_2)，并计算出 W_1-W_2 值，水的密度默认为 $\rho=1$ ，通过 $V_{\text{样品}}=V_{\text{排水}}$ 建立等式，即可计算出样品的密度值： $\rho=W_1/(W_1-W_2)$ ，此为固体计算公式。如果待测样品为液体，则先利用一个已知体积和密度的标准块作为参考物，通过水的密度 $\rho_{\text{水}}$ 与标准块在空气中重量 (W_1) 水中重量 (W_2) 得出计算公式： $\rho_{\text{液}}=(W_1-W_2)/\text{标准块}$ 。



固体密度测试仪



振实密度仪

3.3 制定测试与试验方案

(1) 颗粒状竹炭密度测定

采用固体密度计，选择4种溶液作为液体介质：水、无水酒精、液体石蜡和食用油，分别进行测试对比测试精度和偏离值，最终确定液体介质。

(2) 粉末状竹炭密度测定

采用ZS振实密度仪，针对不同粒径、选择不同的振动频率和时间作为试验因素，进行测试，分析测试结果和影响因素，确定最佳测试条件。

(3) 竹炭松散堆积密度测试

松散堆积密度又称体积密度，松密度，毛体积密度，简称堆密度。散粒材料在堆积状态下，单位体积的质量，是包含颗粒间的空隙和颗粒内部孔隙在内的总体积，与颗粒大小及其分布、形状有关。

3.4 标准文本编写研讨

2020年9-12月，通过走访企业及相关院校、产业协会等，进行座谈讨论，汇报实验室测试方案及结果分析，确定标准的基本框架、基本定义，形成了初稿，安排了下一步工作内容。

2021年2月-2021年4月，项目组到浙江遂昌、衢州、庆元、安吉、德清、宁波、泰顺等企业，福建建瓯、永安，江西上饶，上海，广州等地企业征求标准修改意见，在此基础上，项目组上进行了认真细致的讨论，进一步完善标准草案稿。

2021年4月，项目组召集相关人员在浙江农林大学召开《竹炭密度测定方法》草案稿专家咨询会，邀请专家们对标准内容和编制情况进行研讨，提出了宝贵的意见和建议。

标准起草小组修改相关内容，形成标准征求意见稿，编制起草说明。

2022年6月进行了标准修订了整合，将原LY/T 1929-2010《竹炭基本物理化学性能试验方法》标准的内容进行了编辑性修改和技术调整，并整合了《竹炭远红外发射率测定方法》。

4. 标准主要起草人及承担的工作

标准项目负责人总体负责标准的起草工作；并组织研究生和本科生进行样品测试、信息查询和反馈意见、资料整理等工作；企事业参加人员提供测试样品、市场信息和用户反馈的信息谈等工作。

标准修订小组向竹炭生产、科研相关的40余家竹炭企业、科研院所和检测机构发送了“竹炭基本物理化学性能测试”标准征求意见稿、“竹炭基本物理化学性能测试”标准编制，收到意见回69个，起草小组在分析总结多方面意见的基础上，形成了新的标准审查稿。

二、标准的编制原则和标准的主要内容(技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等)、论据(包括试验、统计数据)、修订标准时的新旧标准主要技术指标的对比情况

1. 标准的编制原则

本标准在制定中应遵循以下基本原则：

- (1) 本标准编写格式应符合 GB/T 1.1-2020 的规定；
- (2) 本标准规定的测试方法内容及要求应全面、科学、合理，有利于规范市场，促进竹炭产业的健康、快速发展；
- (3) 本标准编制的主要内容：范围、规范性引用文件、术语和定义、试验方法等。

2. 主要内容说明及编制依据

本文件规定了竹炭本标准规定了竹炭的密度、含水率、灰分含量、挥发分含量、固定碳含量、pH 值、电阻率、精炼度、热值和红外发射率的试验方法。

本文件适用于燃料、水质净化、空气净化、家居日用、调湿保鲜、化妆品、食品、电磁屏蔽及新能源材料等用途的竹炭。

对竹炭密度的测定方法进行了较大篇幅的调整。密度通常有颗粒密度、实质密度和堆积密度 3 种表示方法。通过对竹炭基本性能中密度和应用的关系，同时结合实际生产、贸易和应用过程中密度要求，本文件利用阿基米德定律、振实密度法和堆积密度测定法等分别对颗粒状竹炭和粉末状竹炭的密度进行测试试验，确定相关方法和参数。

对含水率、灰分含量、挥发分含量、固定碳含量、pH 值、电阻率、精炼度、热值的测定试验方法（4.2-4.9），根据木炭、木质活性炭等相关国家、行业标准所规定的技术参数，进行了部分参数微调，以实现一致性，更具实施性和准确性。对原标准文本中出现的纰漏（缺少表 1）进行补充更正，对恒温干燥温度统一调节至 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，避免全文本前后产生细微差异。此外还进行了编辑性修改和完善，并整合了《竹炭远红外发射率测定方法》。

3. 修订标准时的新旧标准主要技术指标的对比情况

本文件代替 LY/T 1929-2010 《竹炭基本物理化学性能试验方法》和 LY/T 3203-2020 《竹炭远红外发射率测定方法》，与 LY/T 1929-2010 和 LY/T 3203-2020 相比，除编辑性修改外，主要技术内容变化如下：

——修改了 1 范围（将 LY/T 1929-2010 版 1 范围中的“烧烤”和“工业用半导体”分别修改为“燃料”和“新能源材料”，增加了“家居日用”，删除了“不适用于经过特殊加工的竹炭，如各种改性的竹炭”，见 1）；

——修改了 2 规范性引用文件（增加了引用文件，删除了未引用文件，见 2）；

——修改了 LY/T 1929-2010 版的术语和定义 3.1 和 3.2（并引用文件，见 3）；

——修改了 LY/T 1929-2010 版的 4.1 密度的测定（修改了原 LY/T 1929-2010 中的“密度”为“表观密度”并对试验方法进行了修改，见 4.1.3）；

——修改了电阻率、精炼度的测定方法（修改了文本结构，增加了表 1，见 4.7.2、4.8）；

——增加了颗粒密度、振实密度及相应的试验方法，见 3.1.1、3.1.2）；

——增加了红外发射率的测定方法（并入了 LY/T 3203-2020，见 4.10）。

三、主要试验或者验证的分析、预期的经济效益

本标准主要对新增的密度测定方法进行验证，有较大幅度的修改内容。此外对其他理化性能进行相关技术结构微调和完善，并对竹炭红外发射率的测试方法（LY/T 3203）进行整合，以和相关国家、行业标准实现一致性。

1. 主要试验或者验证的分析

（1）竹炭固体密度测试与分析

将颗粒状竹炭分别取四种液体介质（水、乙醇、液体石蜡、植物油），用固体密度计进行密度测定。每份样品测定 15 次结果取平均值，数据精密度 RSD<2%。四种溶剂介质的相对密度分别为：无水乙醇（0.789-0.791g/ml）、液体石蜡（0.830-0.860 g/ml）、植物油（0.910-0.920g/ml）、蒸馏水（1.000 g/ml），即（0.80、0.85、0.90、1.00）。

通过实验和比对，液体介质选用液体石蜡，颗粒状竹炭密度测试结果比较稳定，偏差小。

(2) 竹炭包裹处理

将颗粒状竹炭用 PE 保鲜膜包裹(保鲜膜重量相对于竹炭重量可以忽略不记)，在四种不同液体介质中多次测定其密度，通过对比在包裹前后竹炭在同一种液体中密度的变化，研究分析影响竹炭密度的因素。通过实验和比对，竹炭密度测试时不宜进行包裹处理。

(3) 竹炭振实密度测试与分析

选用振实密度仪，采用响应曲面法，针对三个因素：竹炭粒径（目数）、振动频率、振动次数，选择不同的水平进行试验，结果分析，获得最佳测试参数。

在初步试验的基础上确定，竹炭粒径分别选择 0.5-1mm、0.1-0.5mm、 \leq 0.1mm(80 目、140 目、200 目)；振动频率（100r/min、200r/min、300r/min）；振动次数（500 次、1000 次、1500 次）。

通过样品测试和结果验证，建议用振实密度仪进行粉末状竹炭密度测试最优参数为竹炭粒径 0.1mm、转速 200r/min 和振动次数 1000 次。

(4) 竹炭堆积密度测试与分析

竹炭堆积密度分为松散堆积密度和振实堆积密度，按自然堆积体积计算的密度称为竹炭堆积密度，以振实体积计算则称为竹炭振实密度，由上述振实密度仪测试。

竹炭堆积密度在堆积状态下，单位体积的质量，是包含颗粒间的空隙和颗粒内部孔隙在内的总体积，与颗粒大小及其分布、形状有关。

本次测试选用塑料表观密度计（符合 GB/T 1636-2008 中规定），配置 A 型漏斗，分别取不同粒径的竹炭样品，颗粒状竹炭（大于 5mm、3-5mm、1-3mm）、粉末状竹炭（16 目/ \leq 1mm、50 目/0.27mm、100 目/0.15mm）；调节漏斗与量筒之间的高度（20mm、40mm、60mm），竹炭样品加入到漏斗中后自然流入到一定容积的量筒中，物料加满量筒后停止加料，表面刮平，称量样品和量筒的总质量，计算出竹炭的堆积密度。

通过试验，确定竹炭样品粒径为 3-5mm，漏斗与量筒之间的高度为 4cm，所

测结果较平稳。

(5) 其他

此外，还增加了原标准中的 4.8.4.4 中的表 1；整合了原标准中的 4.7 和 4.8 关于电阻率的测定方法；增加了 4.10 红外发射率的测定方法。

2. 预期的经济社会效益

- (1) 对消费者起到保护作用，又为消费者了解竹炭产品开辟了新的途径。
- (2) 标准将推动企业加大技术投入，提升工艺水平，提高产品的功效性等。
- (3) 有利于促进企业的发展和产生良好的经济效益。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

参照 LY/T 1615-2004《木质活性炭术语》和 LY/T 1929-2010《竹炭基本物理化学性能试验方法》，引用 GB/T 1636-2008《塑料能从规定漏斗流出的材料表观密度的测定》，并借鉴了 ISO 21626-1:2020《Bamboo charcoal-Part1: Generalities》等。

五、与有关现行法律、法规和强制性国家标准、行业标准的关系

与现行法律、法规不冲突。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

对标准内容的重大分歧采取相互沟通，对意见比较集中或意见分歧较大的进行广泛座谈和征询意见之后，既根据实际生产中要求，同时又符合习惯要求的条件下，进行修改和处理。

七、作为强制性标准或者推荐性标准的建议

竹炭产业不断发展，竹炭产品的开发利用逐步深入，产品质量也逐渐稳定，工艺也日趋成熟，人们对竹炭及其产品的功能需求日益提高。目前竹炭产品在国内外市场份额亦有较大的成长，为保证产品质量，突出亮点，对竹炭密度指标的

确定非常有必要。本文件对竹炭基本理化性能测定方法作出规范，但由于没有涉及到人们生命、财产等安全方面的内容，尚无必要作为强制性标准执行，因此建议本文件作为推荐性标准实施。

八、贯彻标准的要求、措施和建议，包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容

要执行好本标准，规范竹炭测定方法，为生产企业开发相关产品提供理论参考，配套完善的实验条件和检测手段，要制定相应的产品质量的内控标准，使本标准落到实处，拓宽竹炭及其相关制品的应用领域。

九、废止现行有关标准的建议

《竹炭基本物理化学性能试验方法》行业标准为首次修订，并对《竹炭远红外发射率测定方法》、《竹炭密度测定方法》林业行业标准的整合、修订任务，并进行相应替代。

十、其他应予说明的事项

无。

《竹炭基本物理化学性能试验方法》

标准修订小组

二〇二二年十一月