



中华人民共和国国家标准

GB/T 47297—2026

土壤总碳、总氮、总硫含量的测定

Determination of total carbon, nitrogen and sulfur in soil

2026-03-31 发布

2026-10-01 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	1
4 方法原理	1
5 仪器和设备	1
6 试剂和材料	2
7 样品准备	2
8 试验步骤	2
9 结果计算与表示	3
10 质量保证和控制	4
附录 A (资料性) 仪器类型选择	5
附录 B (资料性) 仪器测量参考条件	6
附录 C (资料性) 校准曲线示例	7
附录 D (资料性) 从实验室间试验结果得到的统计数据	9
参考文献	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。

本文件由中华人民共和国农业农村部提出。

本文件由全国土壤质量标准化技术委员会(SAC/TC 404)归口。

本文件起草单位：中国科学院南京土壤研究所、农业农村部耕地质量和农田工程监督保护中心、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、南京师范大学、华中农业大学、江苏省地质调查研究院、中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所、中国科学院南京地理与湖泊研究所、山东省物化探勘查院、吉林省土壤肥料总站、辽宁材料实验室、南京信息工程大学、四川省耕地质量与肥料工作总站、中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所、江苏省质量和标准化研究院。

本文件主要起草人：沈仁芳、孙玉芳、范巧君、马常宝、唐昊冶、郑磊、汪洪、冯兆忠、薛思远、郭志英、黄金丽、毛雪飞、李本银、戴郁菁、谭文峰、毕建玲、刘一兰、吕航、李如燕、于英杰、陕红、王如海、陆国兴、傅泽华、钟明、陈美军、袁秀雪、晋琪、张丽梅、石洪玮、王超仁、陈璐、王柏寒、王加倩、王冰、张庸、周旻悦、郭玉琪、任平。

土壤总碳、总氮、总硫含量的测定

1 范围

本文件描述了用高温燃烧法测定土壤总碳、总氮、总硫含量的方法。

本文件适用于总碳、总氮、总硫含量分别不低于 2‰、0.2‰、0.2‰ 的各类土壤样品的同时测定。

本文件也适用于各类土壤样品总碳、总氮、总硫含量的单独测定。

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。

NY/T 52 土壤水分测定法

NY/T 1121.1 土壤检测 第 1 部分：土壤样品的采集、处理和贮存

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 方法原理

土壤样品在纯氧条件下经过高温燃烧，碳、硫、氮分别生成二氧化碳、硫氧化物、氮氧化物，并通过还原和催化作用，氮氧化物被还原成氮气并除去过量氧，硫氧化物完全转化为二氧化硫。生成的混合气体在载气作用下通过吸附-解吸附柱或色谱柱或其他分离系统分离成氮气、二氧化碳和二氧化硫，进入检测器分别检测并计算得出含量。原理示意图 1。

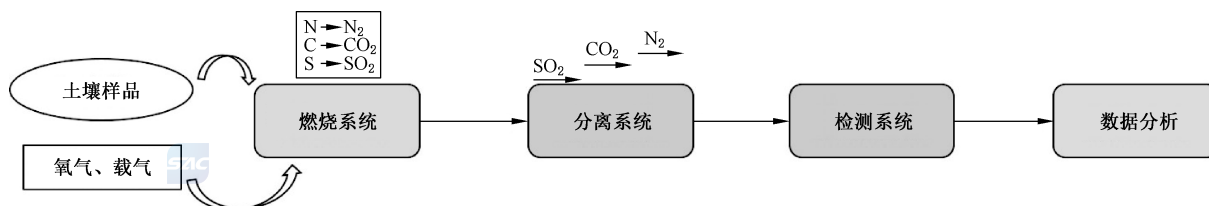


图 1 方法原理

5 仪器和设备

5.1 电子天平：分度值为 0.1 mg、0.01 mg 或 0.001 mg。根据称样量选择，称样量小于 10 mg 时选用分度值为 0.001 mg 的天平。

5.2 高温燃烧分析仪：由进样系统、燃烧系统、分离系统、检测系统和数据分析系统组成，可根据需求，选择测定一种元素或同时测定多种元素，仪器类型选择详见附录 A。

6 试剂和材料

试剂和材料按照仪器厂商推荐选用,如更换试剂或材料,需验证对仪器和测试结果不产生负面影响。

- 6.1 氧化剂(氧化管内填料):根据仪器类型选择装填,氧化铜、三氧化钨等。
- 6.2 还原剂(还原管内填料):根据仪器类型选择装填,电解铜丝、还原铜颗粒、锌粒、钨粒等。
- 6.3 吸附剂(各类吸附阱内填料):根据仪器类型选择装填,如吸附水分装填高氯酸镁、五氧化二磷(含指示剂),吸附卤素装填银棉(丝),吸附二氧化碳装填碱石棉、氧化钙等。
- 6.4 样品舟:根据仪器类型和称样量选择不同材质、尺寸的样品舟,样品舟材质有不锈钢、陶瓷、锡杯等,常用锡杯尺寸有 8 mm×5 mm、12 mm×6 mm、10 mm×10 mm、35 mm×35 mm 等。
- 6.5 载气:氦气(纯度 $\geq 99.999\%$)或其他适合气体。
- 6.6 助燃气:氧气(纯度 $\geq 99.999\%$)。
- 6.7 动力气:氮气(纯度 $\geq 99.99\%$)。
- 6.8 助燃剂(测硫时使用):根据仪器类型选择装填,如五氧化二钒、三氧化钨、纯铁和钨等。
- 6.9 其他:催化剂(5%铂炭、氧化钴、氧化铬、氧化铜)、石英棉、刚玉球等试剂与材料,根据仪器类型选择装填。

7 样品准备

7.1 样品的采集

按照 NY/T 1121.1 采集土壤样品。


7.2 样品制备与保存

按照 NY/T 1121.1 的要求,将采集的土壤样品及时风干,待除去样品中植物残体、石块等入侵体后,全部通过 0.149 mm 孔径筛,供土壤总碳、总氮、总硫含量测定。

7.3 水分测定

按照 NY/T 52 测定土壤样品水分含量。

8 试验步骤

 警示——本文件涉及高温燃烧,分析仪工作时某些部件为高温状态,操作不当时存在烫伤风险。请使用本文件人员遵循仪器厂商提供的警示说明和操作方法,规范操作设备,确保人员和设备安全。

8.1 样品称量

根据待测元素含量及仪器的灵敏度和测量范围,称取适量制备好的样品(7.2),将样品质量 m 录入分析程序(8.4.1)。测定总硫时,应在样品中添加助燃剂(6.8),并确保其完全覆盖样品。

首次分析称样量宜取 20 mg~100 mg,若待测元素含量低时,应增加称样量,若待测元素含量足够高可适当减少称样量。

8.2 仪器准备

8.2.1 按照高温燃烧分析仪(5.2)操作手册装填氧化管、还原管及各类吸附阱,连接管路及气路(载气、

助燃气、动力气等),开启电源。

8.2.2 按照高温燃烧分析仪(5.2)操作手册,设置仪器测量条件(包括氧化管温度、还原管温度、载气流速、氧气流速及注氧时间等参数),检查仪器气密性,确保仪器状态符合分析要求。仪器测量参考条件见附录 B。

8.3 校准曲线

8.3.1 测定称量容器(6.4)空白,直至空白响应值满足仪器技术指标要求。称量 3 个~6 个化学标准物质和高含量待测元素土壤成分分析标准物质,使仪器达到稳定状态。

8.3.2 绘制不少于 6 个点的校准曲线,选 2 种~3 种适合的土壤成分分析标准物质和化学标准物质,称取待测元素不同绝对质量梯度的标准物质,以标准物质中待测元素的绝对质量为横坐标,测得的信号响应值为纵坐标,拟合校准曲线,校准曲线相关系数 $r \geq 0.999$ 。

8.3.3 校准曲线范围应覆盖样品待测元素的信号响应值,校准曲线示例见附录 C。

8.4 样品分析

8.4.1 在仪器的工作软件上,编辑样品分析信息表。分析信息表应包括样品编号、样品质量、样品类型和测试方法。

8.4.2 将称量的样品(8.1)依次放入自动进样盘,按照分析序列开始样品分析。数据分析软件将样品的响应值代入标准曲线,计算出样品中待测元素的绝对质量 m_i ,最后除以样品的质量 m 自动计算出样品中待测元素的含量。

9 结果计算与表示

9.1 结果计算

土壤样品(8.1)中待测元素含量可表示成风干基 $w_{i(\text{风干基})}$ 或烘干基 $w_{i(\text{烘干基})}$ 。

结果用风干基表示时, $w_{i(\text{风干基})}$ 按公式(1)计算:

$$w_{i(\text{风干基})} = \frac{m_i}{m} \times 1\,000 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- $w_{i(\text{风干基})}$ ——土壤样品中待测元素 i 的含量,单位为克每千克(g/kg);
- m_i ——仪器测得土壤样品中待测元素 i 的绝对质量,单位为毫克(mg);
- m ——土壤样品的质量,单位为毫克(mg);
- 1 000 ——单位换算系数。

注:仪器自动计算出的待测元素含量通常以百分数计,需注意单位换算。

结果用烘干基表示时,应测定土壤样品(7.2)中的水分系数进行换算。按公式(2)计算:

$$w_{i(\text{烘干基})} = w_{i(\text{风干基})} / (1 - w_{\text{H}_2\text{O}}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- $w_{i(\text{烘干基})}$ ——土壤干物质中待测元素的含量,单位为克每千克(g/kg);
- $w_{i(\text{风干基})}$ ——土壤样品中待测元素的含量,单位为克每千克(g/kg);
- $w_{\text{H}_2\text{O}}$ ——土壤样品中的水分含量(分析基),以质量分数表示。

9.2 结果表示

测定结果 ≥ 1 g/kg 时,保留三位有效数字;测定结果 < 1 g/kg 时,保留至小数点后第三位。重复测定结果应满足精密度要求,结果以平均值表示。

10 质量保证和控制

10.1 质量有效性核验

10.1.1 样品分析(8.4)前应对校准曲线进行有效性核验,选取高、中、低三个含量梯度的土壤标准物质(推荐梯度范围见表1)进行测定,低含量标准物质测定结果应在证书认定值的两倍不确定度范围内,高、中含量标准物质测定结果应在证书认定值范围内,否则应查明原因,按照8.3重新绘制校准曲线。

表1 有效性核验推荐梯度范围表

待测元素	标准物质含量/(g/kg)		
	高	中	低
总碳	>20	10~20	<10
总氮	>2	0.5~2	<0.5
总硫	>1	0.3~1	<0.3

10.1.2 测定有机质高的土壤样品时,针对利用色谱柱分离的微量进样仪器应关注称样量,并增加质控样和平行样频次,以判断样品是否燃烧完全。

10.1.3 及时清理灰分,确保样品燃烧时处在管式炉中心最高温度位置区域。

10.2 精密度

每10个样品或每批次(样品少于10个/批次)应分析1个平行样。在重复性条件下,两次独立平行测定结果的相对偏差应符合表2的要求,该限值由方法的重复性限(r)计算得到,数据详见附录D。

表2 测定方法的精密度要求

测定元素	样品中的含量/(g/kg)	最大允许相对偏差
总碳	<10	5%
	10~40	2.5%
	>40	5%
总氮	<0.5	10%
	0.5~2	5%
	>2	5%
总硫	<0.3	10%
	≥0.3	5%

10.3 正确度

每10个样品或每批次(样品少于10个/批次)应分析1个质控样,质控样测定结果的判断参照10.1.1。

附 录 A
(资料性)
仪器类型选择

分析仪由燃烧系统、分离系统、检测系统和数据分析系统组成,市场常见燃烧系统为管式炉或高频感应炉,分离系统为吸附-解吸柱或色谱柱,检测系统为热导检测器(TCD, thermal conductivity detector)或非色散红外检测器(NDIR, non-dispersive infrared)。可根据检测需求选择不同排列组合的分析仪测定一种或多种元素,表 A.1 为目前市场上常见的可供选择的仪器类型信息表,标准可用的分析仪包括但不只限于表 A.1。

TCD 原理:利用被测组分和载气的热导率不同而产生不同响应的浓度型检测器。检测器由热导池和检测电路组成。热导池由参照池和测量池构成,两个池腔通过惠斯通电桥连接,气体以恒定的流速通过池腔,其中参照池通过的一直是载气(即参比气),测量池通过的是载气和被检测气体。当测量池通过的气体只有载气时,惠斯通电桥平衡,检测器无电压信号输出。当检测池中通过的载气中混有被测气体时,由于被测组分和载气的热导率不同,就会引起测量池中电阻丝的温度发生变化,进而电阻值发生变化,惠斯通电桥失去平衡,检测器有电压信号输出。载气中待测组分浓度越大,测量池中气体热导率改变就越显著,输出信号就越强,所以输出的电压信号与样品的浓度成正比^[7]。

NDIR 检测器原理:基于气体对特定波长红外光的吸收特性。当红外光通过待测气体时,气体分子会吸收特定波长的红外光,吸收关系遵循朗伯-比尔定律。

表 A.1 市场上常见的可供选择的仪器类型信息表

仪器类型	测定模式	燃烧系统	燃烧温度/ ℃	分离系统	检测器类型	示例仪器	称量范围/ mg	推荐测量范围 (绝对量)/mg
元素分析仪	CNS	管式炉	1 150	吸附-解吸柱	TCD	大进样量分析仪	>60	C:0.05~200 N:0.02~200 S:0.02~15
	S							
	CN		900					
	CNS		1 150			小进样量分析仪	10~60	C:0.1~10 N:0.01~10 S:0.001~2
	S							
	CN		900					
	C、N	管式炉	950	色谱柱	TCD	小进样量分析仪	10~60	C:0.001~1.5 N:0.01~10
C	管式炉	1 200	—	NDIR 检测器	固态碳分析仪	>60	0.05~200	
高频红外碳硫分析仪	CS	高频 燃烧炉	—	—	NDIR 检测器	碳硫分析仪	20~100	0.02~200
	S							

附 录 B
(资料性)
仪器测量参考条件

该附录仅为仪器测量参考条件,实际样品分析过程中,可根据样品复杂程度和待测元素种类多少,适当调整注氧量、燃烧时间、分析时间等参数。表 B.1 为小进样量碳氮分析仪的测试参考条件,表 B.2 为大进样量碳氮硫分析仪的测试参考条件,表 B.3 为碳硫分析仪的测试参考条件,试剂与材料均按照仪器厂商推荐选用。

表 B.1 小进样量 CN 分析仪的测试参考条件

参数名称	设置	参数名称	设置
燃烧炉类型	管式炉	氧气流速	250 mL/min
燃烧温度	950 °C	注氧时间	5 s
氧化剂	氧化铜	分析时间	720 s
还原剂	电解铜	检测器类型	TCD
氮气参比气流速	100 mL/min	检测器温度	65 °C
氮气载气流速	140 mL/min	分离系统	色谱柱

表 B.2 大进样量 CNS 分析仪的测试参考条件

参数名称	设置	参数名称	设置
燃烧炉类型	管式炉	CO ₂ 脱附温度	240 °C
氧化管温度	1 150 °C	SO ₂ 脱附温度	230 °C
还原管温度	900 °C	N 调零延迟时间	15 s
氮气载气流速	780 mL/min	N 峰积分时间	70 s
氮气参比气流速	40 mL/min~50 mL/min	C 峰积分时间	150 s
注氧时间 1	30 s	S 调零延迟时间	15 s
注氧时间 2	80 s	S 峰积分时间	80 s
注氧流速 1	50 mL/min	分离系统	吸附-解吸附
注氧流速 2	60 mL/min	检测器类型	TCD
氧气延迟	25 s	检测器温度	59.7 °C



表 B.3 碳硫分析仪的测试参考条件

参数名称	设置	参数名称	设置
燃烧炉类型	高频燃烧炉	氧气流速	3 L/min
输出功率	3.5 kW	冲洗时间	15 s
加热时间	40 s	延迟时间	20 s
总氧压力	0.18 MPa~0.25 MPa	分析时间	90 s
分析压力	0.1 MPa	检测器类型	红外检测器

附 录 C
(资料性)
校准曲线示例

校准曲线为待测元素的绝对质量和峰面积之间的线性关系。本附录以土壤样品称样量 100 mg 为例,示例校准曲线绘制:

- a) 校准曲线最低点的绝对质量应高于仪器定量限,对于总碳、总氮和总硫,其最低点对应的土壤含量应分别低于 2 g/kg、0.2 g/kg 和 0.1 g/kg;
- b) 标准样品/标准物质的选用种类不超过 3 种,具体推荐值见表 C.1~表 C.3,低含量点宜选用土壤成分分析标准样品/标准物质,高含量点可选用化学品标准样品/标准物质,当同时测定两种或三种元素时,需选取合适的标准物质,并遵循“绝对质量不变”原则调整称样量;
- c) 曲线范围应充分覆盖样品中待测元素的信号响应,样品信号超出曲线范围时,需调整称样量后重新测试。

表 C.1 总碳校准曲线设置示例

校准曲线点	总碳绝对量/mg	选取标准样品/标准物质含量/%	选取标准样品/标准物质称样量/mg
1	0.1	1.0	10
2	0.2	1.0	20
3	0.4	1.0	40
4	0.8	1.0	80
5	1	2.0	50
6	2	2.0	100
7	4	20	20
8	10	20	50

表 C.2 总氮校准曲线设置示例

校准曲线点	总氮绝对量/mg	选取标准样品/标准物质含量/(mg/kg)	选取标准样品/标准物质称样量/mg
1	0.01	500	20
2	0.02	500	40
3	0.04	500	80
4	0.08	1 000	80
5	0.1	1 000	100
6	0.3	10 000	30
7	0.6	10 000	60
8	1.0	10 000	100

表 C.3 总硫校准曲线设置示例

校准曲线点	总硫绝对量/mg	选取标准样品/标准物质含量/(mg/kg)	选取标准样品/标准物质称样量/mg
1	0.005	500	10
2	0.01	500	20
3	0.02	500	40
4	0.04	500	80
5	0.06	1 000	60
6	0.08	1 000	80
7	0.1	2 000	50
8	0.25	2 000	125



附录 D
(资料性)
从实验室间试验结果得到的统计数据

D.1 土壤总碳测定精密度

13 家实验室共计 16 台(套)设备对不同类型的土壤成分分析标准样品/标准物质和样品进行总碳测定,方法的重复性和再现性等精密度数据见表 D.1。

表 D.1 土壤成分分析标准样品/标准物质和样品总碳测定精密度数据汇总表

标准样品/标准物质或试验样品	GSS-55 (38.1±1)	GSS-57 (9.1±0.3)	GSS-66 (23.3±0.5)	SS-01	SS-02	SS-03	SS-04	SS-05	SS-07	SS-08	SS-09
参加实验室设备数	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
可接受的试验结果数	15	16	15	15	15	15	15	16	15	14	16
测定结果平均值/(g/kg)	37.9	9.05	23.3	19.2	10.3	24.2	19.2	99.6	18.0	20.3	21.3
重复性标准差/(g/kg)	0.305	0.077	0.143	0.018	0.185	0.119	0.213	0.317	1.77	0.108	0.134
重复性限 r /(g/kg)	0.862	0.217	0.406	0.523	0.336	0.603	0.897	5.03	3.05	0.379	0.492
再现性标准差/(g/kg)	0.676	0.184	0.235	0.308	0.203	0.348	0.503	3.62	0.270	0.216	0.373
再现性限 R /(g/kg)	1.91	0.521	0.666	0.872	0.575	0.984	1.42	10.2	0.764	0.612	1.06
精密度(相对标准偏差)/%	0.4~1.2	0.3~2.9	0.1~1.0	0.2~1.8	0.5~1.7	0.3~1.7	0.6~2.4	0.5~3.3	0.2~0.9	0.2~1.1	0.3~1.9

D.2 土壤总氮测定精密度

13 家实验室共计 15 台(套)设备对不同类型的土壤成分分析标准样品/标准物质和样品进行总氮测定,方法的重复性和再现性等精密度数据见表 D.2。

表 D.2 土壤成分分析标准样品/标准物质和样品总氮测定精密密度数据汇总表

标准样品/标准物质 或试验样品	GSS-55 (0.639±0.028)	GSS-57 (0.366±0.02)	GSS-66 (2.39±0.09)	SS-01	SS-02	SS-03	SS-04	SS-05	SS-07	SS-08	SS-09
参加实验室设备数	13	12	13	13	13	13	13	13	13	13	12
可接受的试验结果数	11	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11
测定结果平均值/(g/kg)	0.625	0.352	2.40	1.79	1.16	1.50	2.06	7.80	1.05	1.43	0.306
重复性标准差/(g/kg)	0.016	0.009	0.024	0.024	0.019	0.027	0.036	0.144	0.022	0.024	0.013
重复性限 r /(g/kg)	0.045	0.026	0.069	0.068	0.053	0.075	0.100	0.403	0.063	0.069	0.037
再现性标准差/(g/kg)	0.025	0.021	0.042	0.047	0.045	0.035	0.074	0.266	0.053	0.051	0.018
再现性限 R /(g/kg)	0.071	0.060	0.118	0.130	0.126	0.098	0.208	0.753	0.135	0.143	0.052
精密密度(相对标准偏差)/%	1.0~4.1	0.9~3.6	0.3~1.4	0.5~3.0	0.8~2.6	0.5~3.1	0.7~2.4	0.5~3.0	0.8~4.9	0.8~3.9	1.1~8.5

D.3 土壤总硫测定精密密度

10 家实验室共计 11 台(套)设备对不同类型的土壤成分分析标准样品/标准物质和样品进行总硫测定,方法的重复性和再现性等精密密度数据见表 D.3。

表 D.3 土壤成分分析标准样品/标准物质和样品总硫测定精密密度数据汇总表

标准样品/标准物质 或试验样品	GSS-55 (0.324±0.017)	GSS-57 (0.073)	GSS-66 (0.459±0.019)	SS-01	SS-02	SS-03	SS-04	SS-05	SS-07	SS-08	SS-09
参加实验室设备数	11	9	11	11	11	11	11	11	11	11	10
可接受的试验结果数	9	6	9	10	10	10	10	10	10	9	9
测定结果平均值/(g/kg)	0.319	0.076	0.461	0.241	0.249	0.172	0.262	0.689	0.186	0.277	0.216
重复性标准差/(g/kg)	0.010	0.005	0.015	0.009	0.010	0.011	0.011	0.020	0.009	0.009	0.009
重复性限 r /(g/kg)	0.027	0.015	0.041	0.026	0.028	0.030	0.030	0.056	0.026	0.024	0.025
再现性标准差/(g/kg)	0.015	0.008	0.022	0.024	0.023	0.014	0.021	0.056	0.014	0.013	0.013
再现性限 R /(g/kg)	0.042	0.021	0.061	0.067	0.065	0.040	0.059	0.158	0.038	0.037	0.038
精密密度(相对标准偏差)/%	1.6~4.2	2.6~8.8	1.0~6.3	1.4~7.3	0.4~7.5	1.2~9.4	1.6~6.5	0.8~4.9	1.8~7.6	1.1~5.0	1.1~8.5

参 考 文 献

- [1] GB/T 22554—2010 基于标准样品的线性校准
- [2] JY/T 0580—2020 元素分析仪分析方法通则
- [3] NY/T 3498—2019 农业生物质原料成分测定 元素分析仪法
- [4] SN/T 3005—2011 有机化学品中碳、氢、氮、硫含量的元素分析仪测定方法
- [5] ISO 10694:1995 Soil quality—Determination of organic and total carbon after dry combustion (“elementary analysis”)
- [6] ISO 13878:1998 Soil quality—Determination of total nitrogen content by dry combustion (“elemental analysis”)
- [7] WELLS G, SIMON R. Thermal conductivity detector: theory and numerical model [J]. Journal of Chromatography A, 1983, 256: 1-15



