

T/JLA

福建省计量测试学会团体标准

T/JLA XXXX—XXXX

电碳计量表测试方法

Technical specification for Electric Carbon Metering Energy Meters

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

福建省计量测试学会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 概述 1

5 技术要求 2

 5.1 计量特性 2

 5.2 环境条件 3

 5.3 测量标准及其他设备 3

6 测试项目和测试方法 3

 6.1 外观检查 4

 6.2 交流耐压试验 4

 6.3 潜动试验 4

 6.4 起动试验 4

 6.5 基本误差试验 4

 6.6 谐波误差试验 5

 6.7 碳排放量误差试验 5

 6.8 数据通讯试验 6

 6.9 时钟（时刻）示值误差 7

 6.10 数字式电参数试验 7

 6.11 动态电力碳排放因子的准确性 8

7 标志、包装、运输和储存 9

 7.1 标志、标签 9

 7.2 包装 9

 7.3 运输 9

 7.4 贮存 9

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这些专利的责任。

本文件由福建省计量科学研究院提出。

本文件由福建省计量测试学会归口。

本文件起草单位：*****。

本文件主要起草人：*****。

本标准首次公布。

电碳计量表测试方法

1 范围

本文件规定了电碳计量表的要求、检测方法、检测项目、标志、包装、运输和储存。
本文件适用于电碳计量表的生产、制造和检验。

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 17215.231-2021 电测量设备（交流）通用要求、试验和试验条件 第31部分：产品安全要求和试验

GB/T 17215.211-2021 电测量设备（交流）通用要求、试验和试验条件 第11部分：测量设备

GB/T 17215.321-2021 电测量设备（交流）特殊要求 第21部分：静止式有功电能表（A级、B级、C级、D级和E级）

JJG 596-2012 电子式交流电能表检定规程

JJG 1106-2015 工频静止式谐波有功电能表检定规程

JJG 597-2025 交流电能表检定装置检定规程

JJF 1491-2014 数字式交流电参数测量仪校准规范

JJF 1662-2017 时钟测试仪校准规范

JJF 1667-2017 工频谐波测量仪器校准规范

3 术语和定义

GB/T 17215.211界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

电碳计量表 carbon metering energy meters

由计量基表、碳计量模组组成，具备电碳计量、数据处理、实时监测、自动控制、环境感知、信息交互和通信路由等功能的智能电能表。

3.2

电碳量 electric carbon content

电碳量是电力系统中电能附着的二氧化碳排放量。计量单位是千克。

3.3

电力碳排放因子 carbon emission factor

表征单位电量对应二氧化碳排放量的系数。计量单位是千克二氧化碳每千瓦时，符号kgCO₂/kWh。

[来源：GB/T 24067—2024，3.1.1]

4 概述

电碳计量表主要由电能计量模块、功能管理模块和电碳计量算法模块等组成。电能计量模块负责测量电路中的电压、电流、相位等参数，并将其转换为相应的模拟信号。这些模拟信号经过集成芯片处理后，转换为数字信号，通过对数字信号进行积分运算，计算出电能值。电碳计量算法模块则利用电能数据和电力碳排放因子进行积分运算，得出碳排放量。该结果会被反馈至功能管理模块，由其进行数据存储，并在屏幕上显示相关信息。同时，功能管理模块还能够随时通过外部接口与其他设备进行信息交互和数据交换。电碳计量表原理框图如图1。

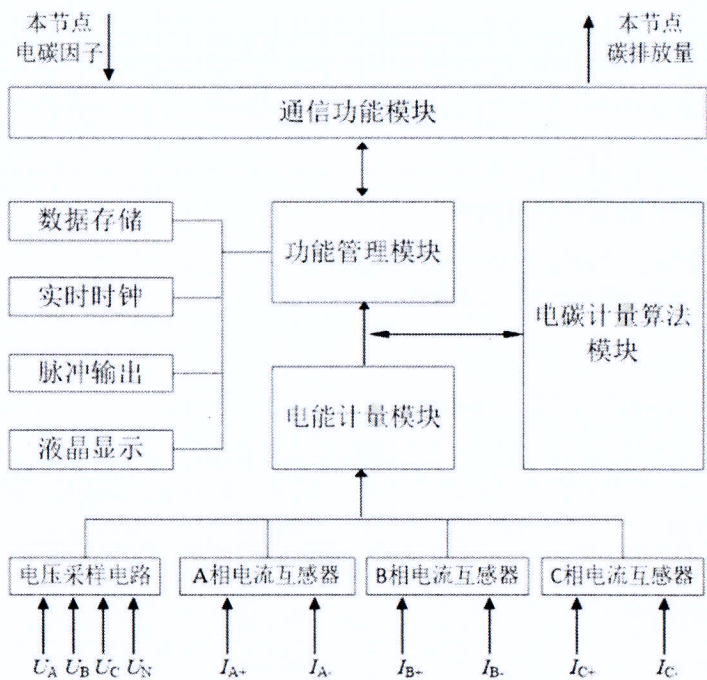


图1 电碳计量表工作原理框图

5 技术要求

5.1 计量特性

5.1.1 基本误差

在规定环境条件下，电碳计量表的基本误差应满足 JJG 596-2012中4.1规定的基本误差限制要求。

5.1.2 谐波误差

在规定环境条件下，电碳计量表的谐波误差应满足 JJG 1106-2015中4.1规定的基本误差限制要求。

5.1.3 碳排放量误差

在规定环境条件下，电碳计量表的碳排放量示值误差应满足表1的规定。

表1 电碳计量表的碳排放量最大允许误差

准确度等级	功率因数 $\cos \phi$	A 级	B 级	C 级	D 级	E 级
最大允许误差	0.5L~1~0.8C	$\pm 2.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 0.6\%$	$\pm 0.3\%$	$\pm 0.15\%$

5.1.4 时钟（时刻）

电碳计量表显示的时间示值误差限为 $\pm 5s$ 。

5.1.5 数字式电参数基本误差

在规定环境条件下，电碳计量表的数字式电参数各参量示值误差应满足表2的规定。

表2 电碳计量表的数字式电参数各参量最大允许误差

准确度等级	参数	A 级	B 级	C 级	D 级	E 级
最大允许误差	交流电压	$\pm 2.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.2\%$	$\pm 0.1\%$

	交流电流	±2.0%	±1.0%	±0.5%	±0.2%	±0.1%
	交流功率	±2.0%	±1.0%	±0.5%	±0.2%	±0.1%
	相位	±0.5°				

5.1.6 动态电力碳排放因子的准确性

电碳计量表动态电力碳排放因子数据传输耗时应小于1s。
注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

5.2 环境条件

电碳计量表工作的参比条件见表3。

表3 参比条件

影响量	参比值	允许偏差
环境温度	参比温度或不标注的为 23 ℃	±2 ℃
环境相对湿度	45%~75%	—
电压	标称电压	±1.0%
频率	标称频率	±0.3%
波形	正弦电压和正弦电流	畸变因数（d）小于 2%

5.3 测量标准及其他设备

5.3.1 电碳计量表校准装置

校准电碳计量表所用的校准装置准确度等级应不低于表4规定的等级，其技术指标满足JJG597-2025对相应等级标准装置的要求。

表4 校准装置准确度等级与电碳计量表对应等级

有功电碳计量表准确度等级	A 级	B 级	C 级	D 级	E 级
校准装置准确度等级	0.2 级	0.2 级	0.1 级	0.05 级	0.02 级

5.3.2 参考时钟

标准时钟（时刻）显示的时间与标准时间（时刻）的差应优于±1s。

6 测试项目和测试方法

电碳计量表测试项目见表5。

表5 测项目一览表

序号	项目名称	测试方法条款
1	外观检查	6.1
2	交流耐压试验	6.2
3	潜动试验	6.3
4	起动试验	6.4

5	基本误差试验	6.5
6	谐波误差试验 ^①	6.6
7	碳排放量误差试验	6.7
8	数据通讯试验	6.8
9	时钟（时刻）示值误差	6.9
10	数字电参数试验 ^①	6.10
11	动态电力碳排放因子的准确性	6.11
①电碳计量表如具备该功能需要测试。若明确后续不使用此功能，可以不测试。		

6.1 外观检查

铭牌应字迹清晰，经日照后应不影响辨别。计度器应显示清晰，液晶或数码显示器不应有缺少笔画、断码，指示灯不亮灯现象。表壳完整，视窗不应模糊或破裂。封印完整无破坏。

6.2 交流耐压试验

电碳计量表交流耐压试验按照JJG 596-2012 中5.2的方法进行试验。试验中，不应出现飞弧、火花放电或击穿现象。试验后，电碳计量表无机械损坏，且能正常工作。

6.3 潜动试验

电碳计量表潜动试验按照JJG 596-2012 中6.4.3的方法进行试验，在要求的最短试验时间内，电碳计量表的测试输出在规定的时限内不应产生多于一个脉冲。

6.4 起动试验

电碳计量表起动试验按照JJG 596-2012 中6.4.4的方法进行试验，在起动时限内电碳计量表应能起动并连续记录。

6.5 基本误差试验

电碳计量表基本误差试验按照JJG 596-2012 中6.4.5的方法进行试验。电压电路输入标称电压和标称频率，按表6规定的调定负载点，负载点按电流逐次减小的顺序测量不同相位角、合元、分元的固有误差。根据需要，允许增加其他的负载点。电碳计量表基本误差不超过5.1.1中规定的要求。

表6 电碳计量表在测试有功基本误差（基波）时应调定的负载点

负载条件	功率因数 $\cos \phi$	负载电流
平衡负载	1, 0.5L, 0.8C	$I_{\max}, (0.5I_{\max}), 10 I_{1r}, I_{1r}, I_{\min}$
	特殊要求时 0.25L, 0.5C	$I_{\max}, 10 I_{1r}, I_{1r}$
	特殊要求时 0.25C	$I_{\max}, 10 I_{1r}, I_{1r}$
不平衡负载	1, 0.5L	$I_{\max}, 10 I_{1r}, I_{1r}$

6.6 谐波误差试验

电碳计量表谐波误差试验按照JJG 1106-2015 中6.4.5.2的方法进行试验。电压电路输入标称电压和标称频率，按表7规定的调定负载点，在不同相位下，按负载电流逐次减小的顺序测量基本误差。根据需要，允许增加其他的负载点。电碳计量表谐波误差不超过5.1.2中规定的要求。

表7 电碳计量表谐波误差试验时应调定的负载点

电碳计量表类别	谐波负载电流	
	$\cos \phi_b = \pm 1$	$\cos \phi_b = \pm 0.5L$ 和 $0.8C$
直接接入	$0.4 I_{\max}$ $0.1 I_b$ $0.05 I_b$	$0.4 I_{\max}$ $0.2 I_b$ $0.05 I_b$
经互感器接入	$0.4 I_{\max}$ $0.05 I_n$ $0.02 I_n$	$0.4 I_{\max}$ $0.1 I_n$ $0.05 I_n$

6.7 碳排放量误差试验

在参比频率和参比电压下，按照表8规定的调定负载点。在不同电力碳排放因子下，按照负载电流逐次减小的顺序测量示值误差。根据需要，可以增加电力碳排放因子测量点。

若电碳计量表适用于多个标称电压，应采用实际使用的标称电压，如不确定的应测量每一个可能用到的标称电压。

表8 电碳计量表在碳排放量误差试验应调定的负载点

电碳计量表准确度等级	负载条件	电力碳排放因子	功率因数	负载电流
A 级, B 级, C 级, D 级, E 级	平衡负载, 不平衡负载	0.1, 0.2, 0.5, 1.0	1, 0.5L, 0.8C	$I_{\text{max}}, (0.5I_{\text{max}})^{\text{①}},$ $10I_{\text{L}}, I_{\text{L}}, I_{\text{min}}$
①当 $I_{\text{max}} \geq 40 I_{\text{L}}$ 时, 增加 I_{max} 测试点。				

6.7.1 固定电力碳排放因子法

校准装置的标准电碳计量表在与电碳计量表都在连续工作的情况下,用电碳计量表输出的脉冲控制标准电碳计量表计数来确定电碳计量表的误差。在固定电力碳排放因子的情况下,设定每个负载点电流值每2 min变化1次,直至所有负载点测量完毕,得到碳排放量的误差。

电碳计量表的碳排放量示值误差用公式(1)表示:

$$\gamma = \frac{m_0 - m}{m} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

γ ——用相对误差表示的示值误差;

m_0 ——标准电碳计量表显示的碳排放量, kgCO_2 ;

m ——电碳计量表显示的碳排放量, kgCO_2 。

此时

$$m_0 = \frac{2\delta \sum_{i=1}^n P_i}{60} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

δ ——电力碳排放因子, kgCO_2/kWh ;

P_i ——电碳计量表在第*i*时刻的功率, kW 。

6.7.2 动态电力碳排放因子法

在动态电力碳排放因子的情况下，电流值保持不变，在每个电力碳排放因子下，在每个调定负载点运行2 min，直至所有电力碳排放因子测量完毕，得到碳排放量的误差。电碳计量表的碳排放量示值误差按公式（1）计算。

此时

$$m_0 = \frac{2P \sum_{j=1}^n \delta_j}{60} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

δ_j ——第j时刻的电力碳排放因子，kgCO₂/kWh；

P ——电碳计量表的功率，kW。

6.7.3 重复性测量次数原则

在测量过程中，每个调定负载点或电力碳排放因子条件下，至少记录2次测试数据，取其平均值作为示值误差。

6.8 数据通讯试验

6.8.1 连接性测试

测试电碳计量表是否能够成功接入网络，包括但不限于本地网络、无线网络或蜂窝网络，确保其能够正常注册到服务器平台。

6.8.2 数据完整性测试

发送模拟数据或实际采集的电能及碳排放数据包，检查接收端数据是否完整无误，确认在传输过程中未发生丢包、乱序或错误的情况。校验数据加密和解密功能，确保数据在传输过程中的安全性。

6.8.3 通讯协议一致性测试

按照相关标准执行协议一致性测试，确保电碳计量表在软件层面上实现协议规定的报文结构、命令字、应答机制等要求。电碳计量表至少应具备DL/T698.45《面向对象协议通信协议》及其增补文件。

6.8.4 响应时间和性能测试

测试电碳计量表对命令请求的响应时间，比如读取数据、更新设置参数、上传事件记录等操作的延迟。

建立电碳计量表校准装置与电碳计量表的应用连接，开始进行通信测试。电碳计量表在施加标称电压、10I_{tr}，在通信状态下，验证电碳计量表的计量误差不应超过表1中的相应准确度等级要求，仪表内存储的计量数据和参数不应受到影响和改变，且满足以下要求：仪表的通信信道物理层应独立，任意一条通信信道的损坏都不得影响其他信道正常工作。通信时，仪表的计量性能、存储的计量数据和参数不应受到影响和改变。

6.8.5 热插拔测试测试

电碳计量表在施加标称电压、10I_{tr}，在热插拔更换通信模块的情况下，验证电碳计量表能够正确计量，仪表内贮存的计量数据和参数不应受到影响和改变，且满足以下要求：具有通信模块的仪表与其通信模块接口均应设计相应的保护电路，在通信模块热拔插及模块损坏等情况下，均不应引起仪表复位或损坏。

6.8.6 互换功能测试

对具有通信模块互换功能的电碳计量表，施加标称电压、10I_{st}，将互换模块插入电碳计量表，待电碳计量表与电碳计量表校准装置建立连接后，通过测试平台以10s的时间间隔抄读仪表的电能量和时间

数据，共抄读5次，电碳计量表应正确应答。在通信状态下，电碳计量表的计量误差不应超过表1的相应准确度等级要求，仪表内贮存的计量数据和参数不应受到影响和改变，且满足以下要求：具有通信模块互换功能的电碳计量表，应具备兼容模块互换的接口，在模块更换后，不应影响和改变仪表的计量性能、存储的计量数据和参数等。

6.9 时钟（时刻）示值误差

电碳计量表显示日期应准确，将电碳计量表显示的时间与标准时钟相比较，分别记录时间值，则电碳计量表时钟示值误差按公式（4）计算。

$$\Delta T = T - T_0 \quad \text{..... (4)}$$

式中：

ΔT ——电碳计量表时钟示值误差，s；

T ——电碳计量表显示的时刻，s；

T_0 ——电碳计量表校准装置时钟测试仪上显示的时刻，s。

6.10 数字式电参数试验

6.10.1 交流电压

交流电压校准点的选择：通常选取50Hz作为频率的校准点，在测量范围内均匀选取不少于5个电压校准点，对被校电碳计量表的交流电压示值误差进行校准。

调节电碳计量表校准装置交流源电压输出至校准点，标准表电压显示值 U_n ，被校电碳计量表电压显示值为 U_x ，则被校电碳计量表交流电压的示值误差 Δ_U 为：

$$\Delta_U = U_x - U_n \quad \text{..... (5)}$$

相对误差 δ_U 为：

$$\delta_U = \frac{U_x - U_n}{U_n} \times 100\% \quad \text{..... (6)}$$

式中：

Δ_U ——被校电碳计量表的交流电压示值误差，V；

U_x ——被校电碳计量表的交流电压显示值，V；

U_n ——标准表的交流电压显示值，V；

δ_U ——被校电碳计量表的交流电压相对误差，%。

6.10.2 交流电流

交流电流校准点的选择：通常选取50Hz作为频率的校准点，在测量范围内均匀选取不少于5个电流校准点，对被校电碳计量表的交流电流示值误差进行校准。

调节电碳计量表校准装置交流源电流输出至校准点，标准表显示值 I_n ，被校电碳计量表电流显示值为 I_x ，则被校电碳计量表交流电流的示值误差 Δ_I 为：

$$\Delta_I = I_x - I_n \quad \text{..... (7)}$$

相对误差 δ_I 为：

$$\delta_I = \frac{I_x - I_n}{I_n} \times 100\% \quad \text{..... (8)}$$

式中：

Δ_I ——被校电碳计量表的交流电流示值误差，A；

I_x ——被校电碳计量表的交流电流显示值，A；

I_n ——标准表的交流电流显示值，A；

δ_I ——被校电碳计量表的交流电流相对误差，%。

6.10.3 交流功率

交流功率校准点的选择：通常选取50Hz作为频率的校准点，在测量范围内均匀选取不少于5个功率校准点，对被校电碳计量表的交流功率示值误差进行校准。

调节交流源的输出电压、输出电流，设置相位，使输出功率至校准点，标准功率表显示值为 P_n ，被校电碳计量表的功率显示值为 P_x ，则被校电碳计量表功率的示值误差 Δ_P 为：

$$\Delta_P = P_x - P_n \quad \dots\dots\dots (9)$$

相对误差 δ_P 为：

$$\delta_P = \frac{P_x - P_n}{P_n} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

Δ_P ——被校电碳计量表的交流功率示值误差，W；

P_x ——被校电碳计量表的交流功率显示值，W；

P_n ——标准表的交流功率显示值，W；

δ_P ——被校电碳计量表的交流功率相对误差，%。

6.10.4 相位

相位校准点的选择：通常选取50Hz作为频率的校准点，在测量范围内均匀选取不少于5个相位校准点，对被校电碳计量表的相位示值误差进行校准。

设置交流源的输出电压、输出电流至选定值，调节交流源的输出相位至校准点，标准表显示值为 PF_n ，被校电碳计量表显示值为 PF_x ，则被校电碳计量表相位的示值误差 Δ_{PF} 为：

$$\Delta_{PF} = PF_x - PF_n \quad \dots\dots\dots (11)$$

相对误差 δ_{PF} 为：

$$\delta_{PF} = \frac{PF_x - PF_n}{PF_n} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中：

Δ_{PF} ——被校电碳计量表相位示值误差，

PF_x ——被校电碳计量表相位显示值，

PF_n ——标准表的相位显示值，

δ_{PF} ——被校电碳计量表相位相对误差。

6.11 动态电力碳排放因子的准确性

6.11.1 测试条件

- 1、时间间隔设定：5 分钟、10 分钟、15 分钟（可根据需求扩展）。
- 2、数据发送频率设定：1 次/秒、1 次/5 秒（可根据需求扩展）。
- 3、被校电碳计量表处于正常工作状态，通信链路稳定。

6.11.2 测试步骤

- 1、启动电碳计量表校准装置，设定目标时间间隔和数据发送频率。
- 2、开始传输电碳因子数据，记录系统首次接收到数据的时间戳（ T_1 ）。
- 3、记录系统接收到完整数据的时间戳（ T_2 ），计算数据传输耗时： $\Delta T = T_2 - T_1$ 。
- 4、重复步骤1-3，测试所有设定的时间间隔和发送频率组合。
- 5、观察电碳因子动态更新系统是否在规定时间内完成数据接收与处理，记录结果。

以上测试完成后，电碳因子动态更新系统需在设定的时间间隔内完成数据接收与处理，无丢包或延迟。数据传输耗时 ΔT 应小于1s。

7 标志、包装、运输和储存

7.1 标志、标签

7.1.1 在电碳计量表产品明显位置应固定铭牌，铭牌上的字应清晰并标有下述内容：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号规格；
- c) 产品编号；
- d) 制造日期；
- e) 生产企业名称、地址及商标。

7.1.2 包装箱上应标有下述内容：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号规格；
- c) 制造厂名；
- d) 数量和毛质量；
- e) 外形尺寸；
- f) 搬运注意事项。

7.2 包装

包装箱内应附有产品合格证、符合GB/T 9969要求的使用说明书及必要的装箱清单。

7.3 运输

运输过程中应防止机械性损伤，避免接触腐蚀性气体、液体。

7.4 贮存

产品应储存在通风、干燥、防尘、无腐蚀性气体或液体的仓库中。

参 考 文 献

- [1]GB/T 17215.231-2021 电测量设备（交流） 通用要求、试验和试验条件 第31部分：产品安全要求和试验
- [2]GB/T 17215.211-2021 电测量设备（交流） 通用要求、试验和试验条件 第11部分：测量设备
- [3]GB/T 17215.321-2021 电测量设备（交流） 特殊要求 第21部分：静止式有功电能表（A级、B级、C级、D级和E级）
- [4]JJG 597-2025 交流电能表检定装置检定规程
- [5]JJF 1491-2014 数字式交流电参数测量仪校准规范
-