

团体标准

T/CES XXX-XXXX

电力碳计量服务终端技术规范

Technical specification for smart energy carbon metering service terminal

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会发布

目 录

目 录	2
前言	3
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 碳计量功能要求	7
5 碳排放计算	10
6 安全防护措施	13
7 电力碳计量服务终端软硬件架构	13
8 电力碳计量服务终端技术要求	14
附 录 A.....	18

前 言

本标准按照 GB/T1.1—2009《标准化工作导则 第1部分 标准的结构与编写》给出的规则起草。

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。

本标准由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会能源智慧化工作组归口。

本标准起草单位：国网信息通信产业集团有限公司、国网重庆市电力公司电力科学研究院、四川大学、四川中电启明星信息技术有限公司、国网重庆市电力公司。

本标准主要起草人：李强、李温静、赵峰、刘迪、刘柱、余文魁、吕东东、刘永清、张捷、李炳森、林建华、崔传建、谭洪恩、苏少春、杨迎春、周孔均、钟加勇、彭舰、唐巍、彭皓月、黄飞虎、王金策、林晓康、黄江升、冯笑、董腾飞、廖应霞。

本标准为首次发布。

1 范围

本文件规定了面向含分布式电源的区域配电网碳排放的核算业务、终端软硬件架构、技术要求。

本文件适用于面向含分布式电源的110kV及以下电压等级电网碳排放核算的终端的设计、制造，碳排放核算不包含其新建、改建和扩建过程。

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（包括所有的修订单）适用于本文件。

GB/T 2829-2002 周期检验技术抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验） GB/T 13384-2008 机电产品包装通用技术条件

GB/T 32151.1-2015 温室气体排放核算与报告要求 第1部分：发电企业

GB/T 32151.2-2015 温室气体排放核算与报告要求 第2部分：电网企业

GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 51366-2019 建筑碳排放计算标准

GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验

GB/T 16935.3—2016 低压系统内设备的绝缘配合 第3部分：利用涂层、罐封和模压进行防污保护

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 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5—2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验

GB/T 17626.6—2017 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.11—2008 电磁兼容试验和测量技术电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

GB/T 17626.18—2016 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验

GB/T 17626.20—2014 电磁兼容 试验和测量技术 横电磁波(TEM)波导中的发射和抗扰度试验

GB/T 36951-2018 《信息安全技术 物联网感知终端应用安全技术要求》

GB/T 37044-2018 《信息安全技术 物联网安全参考模型及通用技术》

GB/T 37093-2018 《信息安全技术 物联网感知层接入通信网安全要求》

工信部《物联网基础安全标准体系建设指南（2021 版）》

DL/T 5729-2016 配电网规划设计技术导则

3 术语和定义

3.1

电力碳计量服务终端 smart low-carbon service terminal unit

安装在区域配电网配电房中，采用硬件模组化、系统平台化、功能软件化设计，与安装在排放单位附近的各类碳计量仪表/传感器进行通信，用于数据采集、数据存储、处理碳排放数据、碳排放核算功能，同时还具备与碳服务平台进行交互的能力。

3.2

低压电力线高速载波通信 high speed power line communication

一种具备高速、互联互通特点，工作在0.7~12MHz频段范围内的高速载波通信技术。

3.3

统一嵌入式操作系统 unity embedded operating system

应用于不同电力碳计量服务终端硬件的统一安全加固操作系统，包括系统内核、文件系统、安全组件、容器组件等，实现软硬件资源分配、任务调度、应用隔离、安全启动等功能。

3.4

功能模组 function module

安装在电力碳计量服务终端的本体上，用于扩展本体功能，包括远程通信模组（如4G通信模组、5G通信模组等）、本地通信模组（如电力线载波通信模组、微功率无线通信模组、RS-485通信模组、M-Bus通信模组、CAN通信模组等）、控制模组、遥信脉冲模组等。

3.5

硬件抽象层 hardware abstraction layer

位于操作系统内核与应用框架层之间的接口层，其目的在于将硬件抽象化，形成统一的对外接口。

3.6

主控模块 main control module

安装在电力碳计量服务终端本体上，是电力碳计量服务终端显示和业务处理的核心单元。

3.7

电源计量模块 power and meter module

安装在电力碳计量服务终端本体上，提供电力碳计量服务终端整机正常运行电源，实现独立的电能计量相关业务功能。

3.8

应用软件 application software

运行在电力碳计量服务终端内部，符合边缘计算架构、可快速开发、自由扩展、满足电力碳计量服务终端业务需求的软件。

3.9

最小电流 minimum current (I_{min})

规定的符合电力碳计量服务终端准确度等级要求的电流最小值。

注：除非另有说明，“电压”和“电流”术语指方均根值（r.m.s.）。

3.10

转折电流 transitional current (I_{tr})

规定的电流值，在大于等于该值时，与电力碳计量服务终端准确度等级对应的最大允许误差在最小极限内。

注：除非另有说明，“电压”和“电流”术语指方均根值（r.m.s.）。

3.11

最大电流 maximum current (I_{\max})

规定的电力碳计量服务终端持续承载并保持安全且满足准确度要求的电流最大值。

注：除非另有说明，“电压”和“电流”术语指方均根值（r.m.s.）。

3.12

标称电压 nominal voltage (U_{nom})

确定电力碳计量服务终端相关性能所依据的电压值。

3.13

排放源 emission source

向大气中排放温室气体的物理单元或过程。

[GB/T 32150—2015，定义3.5]

3.14

配电网 distribution network

从电源侧（输电网、发电设备等）接受电能，并通过配电设备就地或逐级分配给各类用户的电力网络。其中，110kV-35kV电网为高压区域配电网，10（20、6）kV电网为中压区域配电网，220/380V电网为低压区域配电网。

[DL/T 5729-2016，定义2.0.1]

注：本部分将分布式电源包含在区域配电网中。

3.15

活动数据 activity data

导致二氧化碳气体排放的生产或消费活动量的表征值。

[GB/T 32150-2015，定义3.12]

3.16

碳排放 carbon emission

排放到大气中二氧化碳量。

3.17

排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的二氧化碳气体排放的系数。

[GB/T 32150-2015，定义3.13]

3.18

购入的电力产生的排放 emission from purchased electricity

消费的购入电力所对应的电力生产环节产生的二氧化碳排放。

[GB/T 32151.1-2015，定义3.5]

3. 19

碳氧化率 carbon oxidation rate

燃料中的碳在燃烧过程中被完全氧化的百分比。

[GB/T 32150-2015, 定义3.14]

3. 20

分布式电源 distributed resources

接入35kV及以下电压等级、位于用户附近、就地消纳为主的电源，包括同步发电机、异步发电机、变流器等类型。

[DL/T 5729-2016, 定义2.020]

4 碳计量功能要求

4.1 基本要求

- a) 区域配电网运行状态下所有碳排放源采集的活动数据宜选用实时在线监测,使用各类碳计量仪表/传感器采集,减少人为干扰因素的影响。
- b) 所建立的核算模型,应科学严谨、普遍适用,可操作、可扩展,具有实用性,考虑了分布式电源、固碳技术对区域配电网碳排放的影响。
- c) 区域配电网碳计量业务整体架构,如图所示。

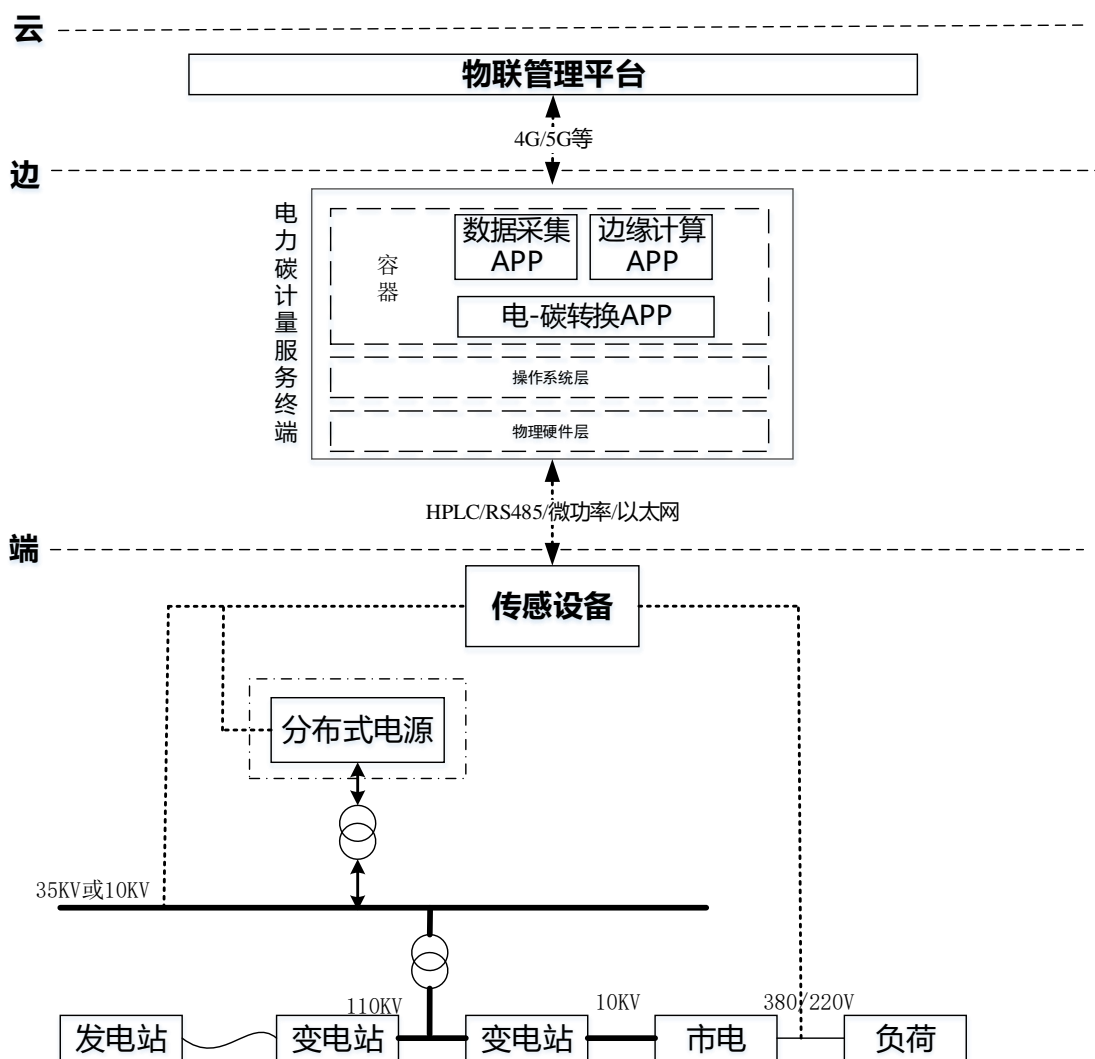


图 1 区域配电网碳计量业务整体架构

4.2 核算范围

根据区域配电网构成，其碳排放核算范围包括（见图 2）：燃料燃烧产生的二氧化碳排放、脱硫过程产生的二氧化碳排放、购入电力产生的二氧化碳排放以及固碳技术减少的二氧化碳排放。

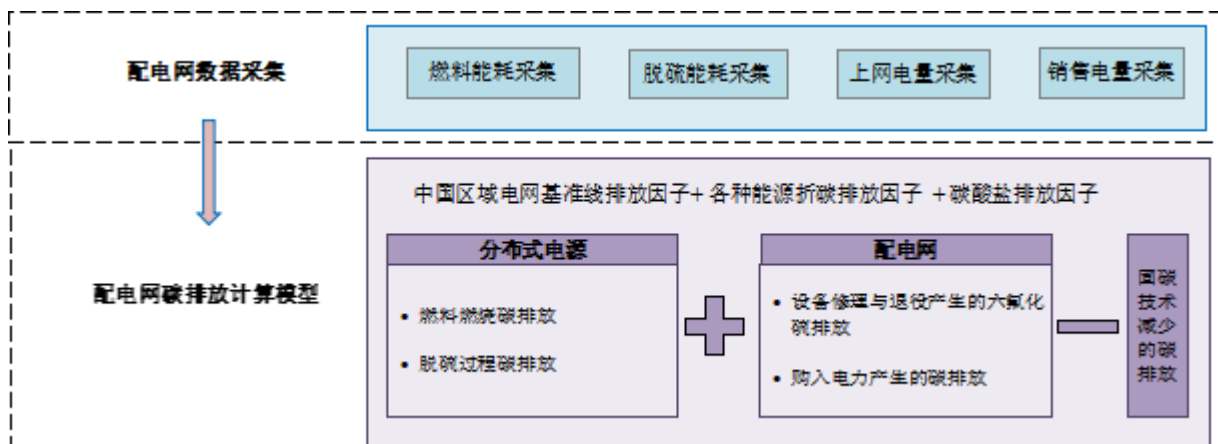


图 2 区域配电网碳排放构成图

4.3 核算步骤与核算方法

4.3.1 核算步骤

区域配电网碳排放核算与报告工作基本流程见图 3。

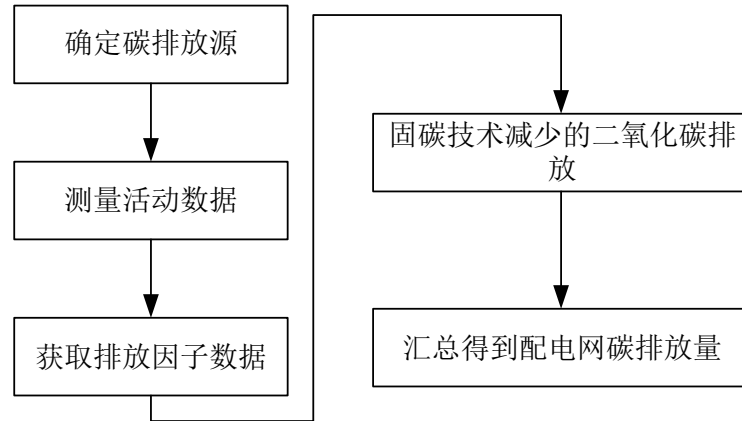


图 3 区域配电网碳排放核算流程图

4.3.2 核算方法

对于分布式生物质发电和垃圾发电产生的二氧化碳排放仅统计混合燃料中化石燃料的二氧化碳排放。

$$E = E_{\text{分布式}} + E_{\text{配电网}} - E_{\text{固碳}}$$

其中：

E —区域配电网二氧化碳总排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

$E_{\text{分布式}}$ —分布式电源产生的二氧化碳排放量，包括化石燃料燃烧和脱硫过程产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

$E_{\text{配电网}}$ —区域配电网产生的二氧化碳排放量，指购入电力消费产生的二氧化碳，单位为吨二氧化碳（tCO₂）。

$E_{\text{固碳}}$ —固碳技术减少的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）。

分布式电源产生的二氧化碳排放计算如下：

$$E_{\text{分布式}} = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{脱硫}}$$

其中：

$E_{\text{燃烧}}$ —化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

$E_{\text{脱硫}}$ —脱硫过程产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）。

区域配电网产生的二氧化碳排放计算如下：

$$E_{\text{配电网}} = E_{\text{购入}}$$

其中：

$E_{\text{购入}}$ —购入电力消费的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

5 碳排放计算

5.1 分布式电源

5.1.1 燃料燃烧产生的二氧化碳排放

5.1.1.1 计算公式

燃料燃烧导致的二氧化碳排放量可按不同化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量的加总，其计算公式如：

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i)$$

其中：

AD_i —第 i 种化石燃料的活动数据，单位为吉焦（GJ）；

EF_i — i 种化石燃料的二氧化碳排放因子，单位为吨碳每吉焦（tCO₂/GJ）。

5.1.1.2 活动数据获取

化石燃料燃烧的活动数据是按照年度内各种化石燃料的消耗量与平均低位发热量的乘积计算得出：

$$AD_i = NCV_i \times FC_i$$

其中：

NCV_i —第 i 种化石燃料的平均低位发热量，对于固体和液体化石燃料，单位为吉焦每吨（GJ/t）对于气体化石燃料，单位为吉焦每万标立方米（GJ/10⁴Nm³）

FC_i —第 i 种化石燃料的净消耗量，对于固体和液体化石燃料，单位为吨（t），对于气体化石燃料，单位为万标立方米（10⁴Nm³）。

化石燃料中平均低位发热量和净消耗量的确定，应符合 GB/T 32151.1-2015 的相关要求。

5.1.1.3 排放因子计算

燃料燃烧二氧化碳排放因子计算公式为：

$$EF_i = CC_i \times OF_i \times \frac{44}{12}$$

其中：

CC_i —第 i 种化石燃料的单位热量含碳值，单位为吨碳（tC/GJ）；

OF_i —第 i 种化石燃料的碳氧化率，以%表示。

44/12 — 二氧化碳与碳的分子量之比。

燃料含碳量和碳氧化率的确定，应符合 GB/T 32151.1-2015 的相关要求，具体取值可参见附录 A.1。

5.1.2 脱硫过程产生的二氧化碳排放

5.1.2.1 计算公式

$$E_{\text{脱硫}} = \sum_{j=1}^n (CAL_j \times EF_j)$$

其中：

CAL_j —第 j 种脱硫剂中碳酸盐消耗量，单位为吨（t）；

EF_j —第 j 种脱硫剂中碳酸盐的排放因子。

5.1.2.2 活动数据获取

脱硫剂中碳酸盐的年消耗量可按下式计算：

$$CAL_k = \sum B_k \times I_k$$

其中：

CAL_k —第 k 种脱硫剂中碳酸盐在全年消耗量，单位为吨（t）；

$\sum B_k$ —脱硫剂在某月的消耗量，单位为吨（t）；

I_k —脱硫剂中碳酸盐含量，以%表示。

脱硫过程中所使用的脱硫剂（如石灰石等）的消耗量可通过每批次或每天测量值相加得到。在

没有进行测量或测量值不可得时可使用结算发票替代。

脱硫剂中碳酸盐含量取缺省值 90%，有条件时还可以自行或委托具有资质的专业机构定期检测脱硫剂中碳酸盐的含量。

5.1.2.3 排放因子计算

脱硫过程排放因子的大小取决于脱硫过程的转化率，在无具体测定时可取转化率等于 100%。完全脱硫过程的排放因子可参照附录 A.2。

5.2 区域配电网络

5.2.1 购入电力产生的排放

5.2.1.1 计算公式

对于购入电力消费所对应的电力生产环节产生的二氧化碳排放量，用购入电量乘以该区域电网平均排放因子，其计算公式如：

$$E_{\text{购入}} = AD_{\text{购入}} \times EF_{\text{购入}}$$

其中：

$AD_{\text{购入}}$ ——配网购入电量，单位为兆瓦时（MWh）；

$EF_{\text{购入}}$ ——区域电网年平均排放因子，单位为吨二氧化碳每兆瓦时（tCO₂/MWh）。

5.2.1.2 活动数据获取

购入电力活动数据以记录读数为准，若无电表或读数不可用，可采用供应商提供的电费发票或结算单等凭证上数据。

5.2.1.3 排放因子获取

电网排放因子应根据生产地址国家主管部门公布的相应区域电网排放因子计算，也可取省级电网排放因子。

5.3 固碳

对于固碳技术，目前主要应用在分布式电源部分。因技术限制，区域配电网网络中固碳量可忽略不计。在分布式电源中，宜通过计量固碳物质前后质量，计算得出吸收二氧化碳量：

$$E_{\text{固碳}} = W_{\text{前}} - W_{\text{后}}$$

其中：

$W_{\text{前}}$ ——分布式电源固碳物质吸收前质量，单位为吨（t）；

$W_{\text{后}}$ ——分布式电源固碳物质吸收后质量，单位为吨（t）。

固碳数据以发电侧记录数据为准，也可采用具备资质机构提供的测量数据证明。

6 安全防护措施

6.1 通用安全

选择应用成熟的 SM2/3/4 系列的国密算法，为参与人员、设备、系统颁发唯一可信标识凭证，利用密码技术在身份鉴别、数据加密、信任传递等方面的重要作用，实现端到端、端到边、边到云的身份可信认证和数据安全传输及存储。

6.2 终端可信接入

应具备唯一的、经过密码应用技术处理的安全的身份标识，基于对称密码机制或非对称密钥机制实现双向身份认证，确保终端接入安全。

6.3 指令/数据安全交互

基于密码技术的数据签名验签、加解密、校验等技术，保障会话及数据交互的中的真实性、机密性、完整性，有效的防止数据篡改、伪造、重放、恶意固件攻击等安全风险。

7 电力碳计量服务终端软硬件架构

7.1 硬件架构

电力碳计量服务终端硬件架构组成框图见图 4，由电源计量模块、主控模块、后备电源、功能模组构成。电源计量模块提供电力碳计量服务终端整机正常运行的电源，同时实现独立的计量相关功能；主控模块是显示和业务处理的核心单元；功能模组采用可插拔设计，用于扩展本体功能。电力碳计量服务终端具有五个功能模组槽位，可配置的功能模组包括包括远程通信模组（如 4G 通信模组、5G 通信模组等）、本地通信模组（如电力线载波通信模组、微功率无线通信模组、RS-485 通信模组、M-Bus 通信模组、CAN 通信模组等）、控制模组、遥信脉冲模组等。

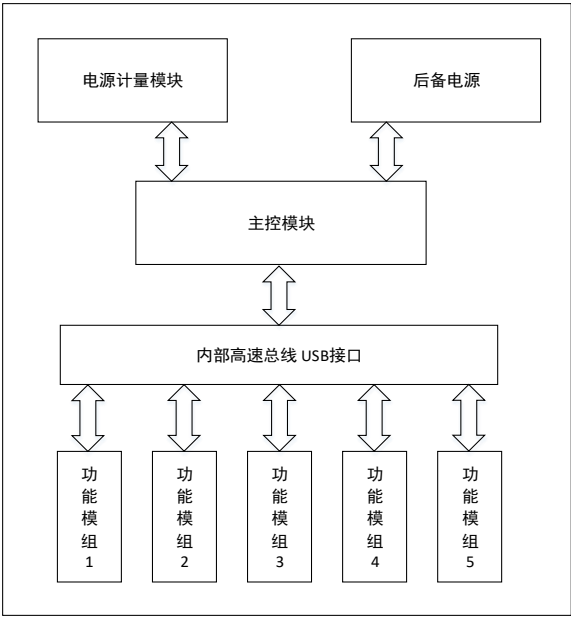


图 4 电力碳计量服务终端硬件架构组成框图

7.2 软件架构

电力碳计量服务终端软件架构组成见图 5，分系统层和应用层，系统层包括统一嵌入式操作系统、硬件驱动、系统接口层、硬件抽象层，操作系统通过系统接口层为应用层提供系统调用接口，通过硬件抽象层提供硬件设备访问接口；应用层包括各类 APP，APP 包括基础 APP、边缘计算 APP、高级业务 APP 以及其它 APP，APP 之间通过消息总线进行数据交互。

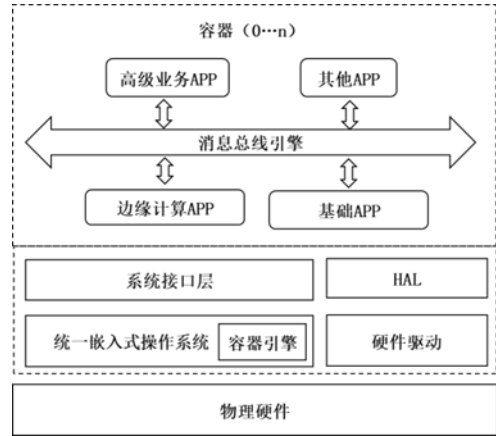


图 5 电力碳计量服务终端软件架构组成框图

8 电力碳计量服务终端技术要求

8.1 环境条件

8.1.1 参比条件

电力碳计量服务终端工作的参比条件见表 1。

表 1 气候环境条件分类

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 °C ^a	±3 °C
环境相对湿度 ^c	45%～75%	-
大气压	86 kPa～106 kPa	-
电压	标称电压	±1.0%
频率	标称频率	±0.3%
相序, 仅对多相电力碳计量服务终端	L1-L2-L3	—
电压不平衡	所有相连接	—
波形	正弦电压和正弦电流	畸变因数 (d) 小于 2%
外部恒定磁感应	=0	—
标称频率的外部磁感应	=0	引起误差偏移不大于 ±0.1% 的磁感应值, 但在任何情况下宜小于 0.05 mT ^b
射频电磁场, 30 kHz～6 GHz	=0	<1 V/m
辅助装置工作	辅助装置不工作	—
对位置敏感的电力碳计量服务终端的工作位置	按电力碳计量服务终端的相关规定安装	±0.5 °
射频场感应的传导干扰, 150 kHz～80 MHz	=0	<1 V
2 kHz～150 kHz 频率范围内的传导差模电流	=0	<0.1 A
直流电压纹波	=0	±1.0%
^a 试验在非参比温度的某一温度 (包括允许偏差) 下进行, 应通过采用相应的电力碳计量服务终端温度系数来校正试验结果。 ^b 误差偏移计算方法: 在功率因数为1的条件下进行三次测量; 每次测量后, 在相序不改变时, 电流电路和电压电路的连接全部改变 120°, 测定每一误差之间 (连接改变前与连接改变后) 的最大差值, 它们的平均值就是误差偏移的值。 ^c 应没有霜、露、冷凝水、雨等存在。		

8.1.2 工作环境条件

电力碳计量服务终端设备正常运行的气候环境条件见表 2。

表 2 气候环境条件分类

级别	空 气 温 度		湿度		使用场所
	范围	最大变化率 ^a	相对湿度 ^b	最大绝对湿度	
	℃	℃/h	%	g/m ³	
C1	-5～+45	0.5	5～95	29	室内
C2	-25～+55	0.5	10～100		遮蔽场所
C3	-40～+70	1		35	户外
CX	根据需要由用户和制造商协商确定。				
^a 温度变化率取 5min 时间内平均值。					
^b 相对湿度包括凝露。					

8.1.3 大气压力

63.0kPa～108.0kPa (海拔 4000m 及以下), 特殊要求除外。

8.2 规格要求

8.2.1 标称电压

标称电压见表 3。

表 3 标称电压

接入线路方式	标称电压 U_{nom} (V)
直接接入	3×220/380
经互感器接入	3×57.7/100, 3×100

8.2.2 电压工作范围

电压工作范围 $0.8U_{nom} \sim 1.2U_{nom}$ 。

8.2.3 电流规格

电流规格见表 4。

表 4 电流

最小电流 I_{min} (A)	转折电流 I_t (A)	最大电流 I_{max} (A)
0.015	0.075	6

8.2.4 标称频率

标称频率的标准值为 50Hz, 允许偏差 $-6\% \sim +2\%$ 。

8.2.5 计量常数

电力碳计量服务终端不同规格推荐的脉冲常数见表 5。

表 5 推荐常数表

电压 (V)	最大电流 (A)	推荐常数 (imp/kWh、imp/kvarh)
3×220/380	6	10000
3×57.7/100	6	20000
3×100	6	20000

8.3 工作电源

8.3.1 一般要求

交流三相供电, 电源出现断相故障, 即三相三线供电时断一相电压, 三相四线供电时断一相或两相电压的条件下, 交流电源能维持电力碳计量服务终端正常工作。

8.3.2 抗接地故障能力

在接地故障及相对地产生 10%过电压的情况下, 没有接地的两相对地电压将会达到 1.9 倍的标称电压, 在此情况下, 电力碳计量服务终端不应出现损坏。供电恢复正常后, 电力碳计量服务终端应正常工作, 保存数据应无改变。

8.3.3 功率消耗

电力碳计量服务终端满配功能模组进入稳态后 (充电 2h 后), 在非通信状态下, 电力碳计量服务终端三相消耗的视在功率应不大于 25VA、有功功率应不大于 15W。

8.4 主要性能指标要求

终端主控 CPU 应为国产工业级芯片, CPU 主频不低于 1GHz, 内存不低于 1GByte, 数据存储器不

低于 4GByte。

8.5 硬件接口要求

终端硬件接口应满足以下要求：

- a) 应具备至少 2 路无线公网/专网远程通信接口，支持 2G/3G/4G，宜支持 5G；
- b) 应具备至少 2 路 RJ-45 以太网通信接口，用于远程通信和本地维护，传输速率选用 10/100Mbps 全双工，RJ-45 接口插拔寿命不小于 500 次；
- c) 应具备至少 1 路本地通信接口，可连接 HPLC 通信模块、微功率无线通信模块或 HPLC+RF 双模通信模块；
- d) 应具备至少 4 路 RS-485 通信接口，其中 2 路可以通过软件切换为 RS-232 接口；
- e) 应具备 1 路蓝牙接口，支持蓝牙 5.0 及以上版本，支持与 2 个主机和 3 个从机并发通信；
- f) 应具备秒脉冲输出接口，应具备有功、无功光电脉冲输出接口；
- g) 应具备至少 4 路开关量输入接口；
- h) 应具备北斗/GPS 双模，用于地理位置信息采集和对时。终端能够通过参数配置，切换 GPS/北斗工作模式；
- i) 应具备 1 路 RS-232 调试接口；
- j) 应具备硬件复位功能接口。

附录 A (资料性附录)

A.1 常用化石燃料相关参数推荐表

表A.1 常用化石燃料相关参数推荐表

能源名称	计量单位	低位发热量 GJ/t 或 GJ/104Nm3	单位热值含碳量 tC/GJ	碳氧化率
燃煤	t	-	-	98%b
原油	t	41.816	20.1*10 ^{-3b}	98%b
燃烧油	t	41.816	21.1*10 ^{-3b}	
汽油	t	43.070	18.9*10 ^{-3b}	
柴油	t	42.652	20.2*10 ^{-3b}	
炼厂干气	t	45.998	18.2*10 ^{-3b}	
天然气	10 ⁴ Nm ³	389.31	15.3*10 ^{-3b}	99%b
焦炉煤气	10 ⁴ Nm ³	179.81	13.58*10 ^{-3b}	
其他煤气	10 ⁴ Nm ³	52.27	12.2*10 ^{-3b}	
a 数据取值来源《中国能源统计年鉴（2020）》				
b 数据取值来源《省级温室气体清单编制指南》				

A.2 碳酸盐排放因子推荐表

表A.2 碳酸盐排放因子推荐表

名称	排放因子 (tCO ₂ /t)
碳酸钙	0.440
碳酸镁	0.552
碳酸钠	0.415
碳酸钡	0.223
碳酸锂	0.596
碳酸钾	0.318
碳酸氢钠	0.524
碳酸铁	0.380