

交流充电桩计量性能现场检定方法浅析

邵羽达

(江苏省计量科学研究院,江苏 南京 210023)

[摘要] 针对交流充电桩的现场检定方法以及检定过程负载点的选择等问题,在充分调研国内各城市中标安装的充电桩结构、各类电动车性能、充电动态过程的基础上,综合考虑检定机构、生产企业、仪器生产商的意见,提出合理的现场检定方法,以全面充分评价充电桩的准确度性能,同时兼顾现场检定效率、经济性和可操作性。

[关键词] 充电桩,现场检定方法,准确度性能

[中图分类号] TM930.12+8 [文献标志码] A [文章编号] 1672-1292(2017)01-0037-05

Research on the On-Site Verification Method for Metrology Performance of AC Charging Pile

Shao Yuda

(Jiangsu Institute of Metrology, Nanjing 210023, China)

Abstract: According to those problems such as how to select the on-site verification method and load point during the process of verification for AC charging pile, this paper proposes a reasonable verification method based on fully investigation of charging pile structure in domestic cities, performance for various types of electric vehicle and charging dynamic process. This paper considers the opinions of the certification organization, the manufacturing enterprise and the testing instrument manufacturer in order to fully evaluate the accuracy performance of charging pile, taking into account the on-site verification efficiency, economy efficiency and operability.

Key words: AC charging pile, on-site verification method, accuracy performance

电动汽车是我国战略性新兴产业,对提高我国能源安全、应对气候变化、改善环境保护起着重要作用。近年来,我国政府不断加大对电动汽车及充电基础设施的政策支持,从顶层设计、政策配套等方面进行规划部署,电动汽车以及充电基础设施正迎来高速发展的时期。作为涉及人民财产安全的贸易结算类计量器具,交流充电桩亟待质检部门规范其现场的周期检定,确保充电过程中计费的公正准确,但当前充电桩尚未在国内全面铺开,国家规程的出台也需要一定周期,而建设较快的地区如江苏、广东、山东、安徽等都急需对所建设充电桩进行现场检定以确保其经营的合法性。针对该需求,本文对充电桩的现场检定方法作分析探讨。

1 交流充电桩的结构以及工作原理

交流充电桩的结构相对实现快充功能的直流充电机较为简单,由于 AC-DC 转换在车载充电机部分实现,因此在充电桩内部并没有直流充电机的功率单元,其基本构成包括:控制单元、通信单元、计量单元、充电接口以及供电接口等部分组成。其原理结构如图 1 所示。

电动车进站接上充电枪后,充电桩通过枪内通信线与电动车 BMS 进行握手通信,告知电动车桩体载荷能力,电动车 BMS 根据车内电池状况以及充电桩的载荷能力发出充电需求,调整自身负载以达到最佳充电电流,准备就绪,充电开始。充电过程中桩内计量单元对充电桩出口端输出电能进行计量,同时电参数、时间、电池状态等信息通过通信单元传至计费系统与采集交互终端,电池达到满容量后控制单元切断

电源,充电结束^[1].

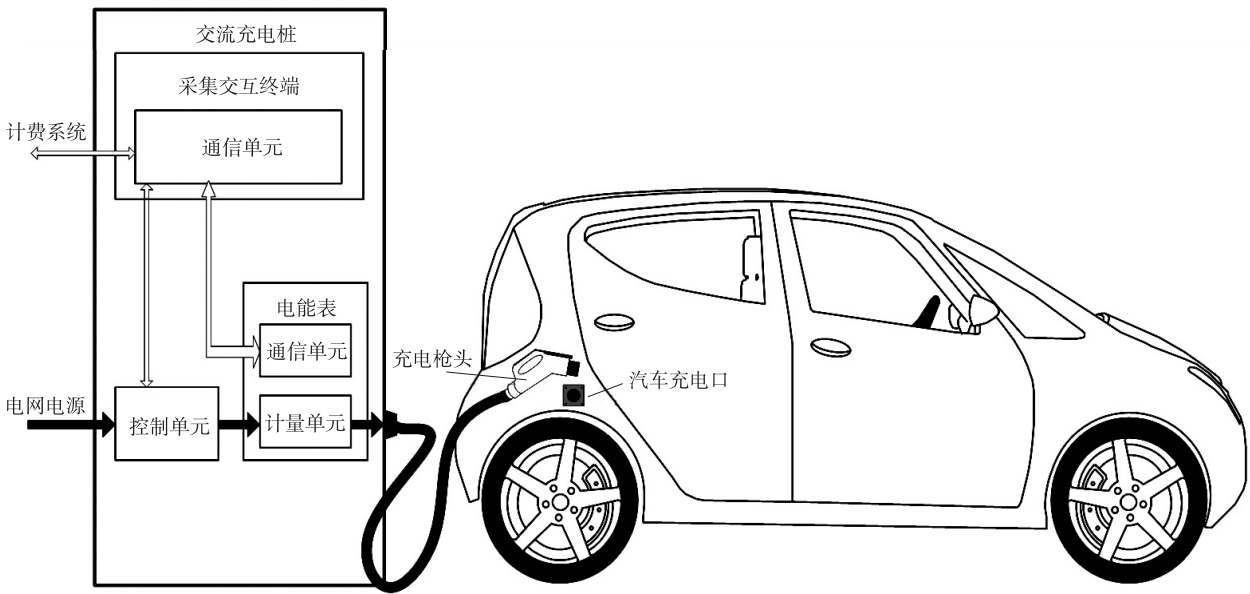


图 1 交流充电桩结构以及现场工作示意图
Fig. 1 AC charging pile structure and layout of field work

2 现场检定计量性能考核项目确定

相较电能表,交流充电桩不再是一个简单的电能计量器具,而是包括了控制单元、通信单元、计量单元、充电接口以及供电接口的整套系统,自身带有通信与控制功能,接线方式也比传统电能表复杂,因此其检定要结合电能表检定规程以及充电桩行业标准、国家标准统筹考虑. 本文方法重点参考 JJG 596-2012《电子式交流电能表检定规程》、DL/T 1478-2015《电子式交流电能表现场检验规程》、GB/T 18487.1-2015《电动汽车传导充电系统 第 1 部分:通用要求》. 根据充电桩自身的工作特点,对其计量性能要求考虑如下:

(1) 充电过程中交流充电桩工况基本处在额定电压与额定电流下,充电过程首尾两端电流急剧发生变化的时间只有短短几分钟,占整个充电过程的时间比重小,相应阶段的电能可以近似忽略,见图 2,其过程负载点单一,一旦确定工况,电压、电流不存在急剧波动,因此,在负载点的选择上,不再像电能表检定一

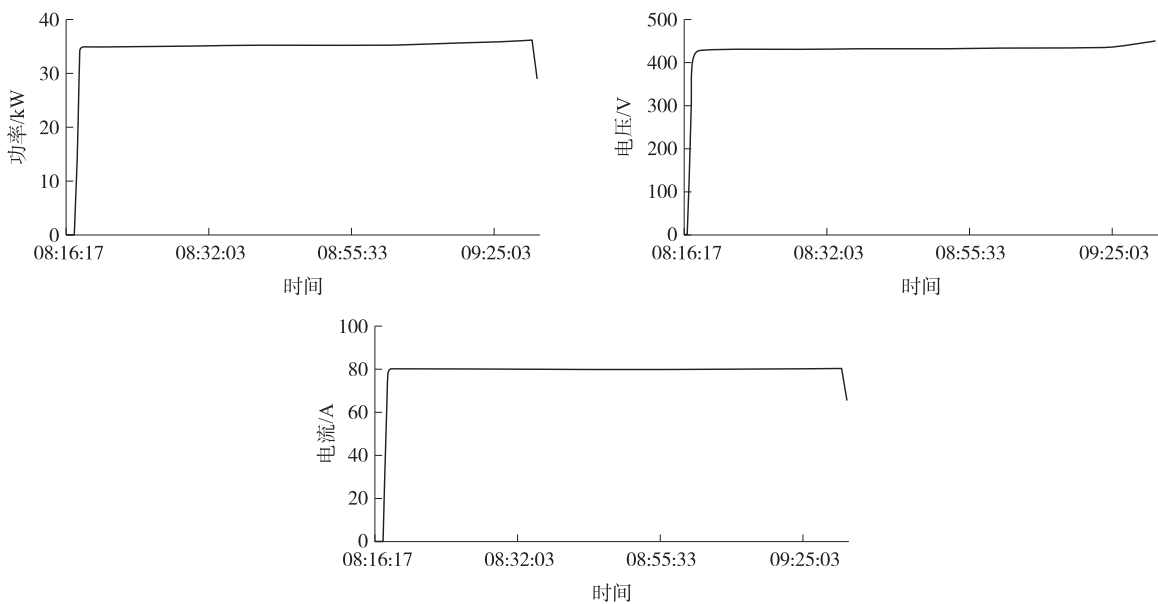


图 2 交流充电桩充电过程电参数曲线
Fig. 2 Electric parameter curve of AC charging pile charging process

样密集细分,仅考虑 $0.1I_n, 0.5I_n, 1.0I_n$ 3 个负载点. 其中最小电流点 $0.1I_n$ 大于电能表的最小电流量程点 $0.01I_n$ [2], 是考虑到准确性和经济性两方面的平衡, 在初期调研中, 江苏地区安装的充电桩电能显示值基本都不超过三位小数, 如果检定装置从桩内电能表的脉冲端口获取脉冲信号进行比较计量, 以额定电流 32 A 的充电桩为例, 如果以 $0.01I_n$ 作为负载计量, 需要有 14.2 h 的累计电能作为底数才能较好地消除分辨率对计量的影响(具体算法见式(5)), 这个时间成本在现场检定中不具备可操作性. 充电桩和电能表的不同之处在于, 在充电计费过程中, 启动与结束过程的小电流所充电能占整个充电过程电能的比重可以近似忽略, 95% 以上的充电过程处于额定恒流阶段, 因此选用 $0.1I_n$ 的负载点, 既能较好地缩短检定过程中电能累计的时间, 提高效率, 又兼顾考核了充电桩在低电流阶段的计量性能.

(2) 由于车载充电机自身带有 PFC 系统, 充电过程中功率因数接近 1, 检定过程不再考虑容性与感性负载的影响, 省去电能表计量过程 0.5 L 与 0.8 C 负载的考核. 具体的工作误差限要求可以参照表 1.

表 1 交流充电桩的工作误差限
Table 1 Working error limit of AC charging pile

负载电流 I	功率因数 $\cos\varphi$	交流充电桩准确度等级	工作误差限/%
$0.1I_n \leq I \leq I_n$	1	1	1.0
$0.1I_n \leq I \leq I_n$	1	2	2.0

注:特殊环境温度下 ($-25\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $+45\text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq +55\text{ }^{\circ}\text{C}$) 考虑环境温度变化影响, 工作误差限加上修正值 $e = C \times |\Delta T| \times 100$ (%). 式中, C 为充电桩电能计量平均温度系数 (%/K), C 的取值见表 2; ΔT 为环境温度偏离值, 高温时取当前环境温度与 +45 $^{\circ}\text{C}$ 的差值, 低温时取当前环境温度与 -10 $^{\circ}\text{C}$ 的差值.

(3) 与直流充电机在 AC-DC 功率单元前端安装电表采样计量不同的是, 交流充电桩自身的计量采样在输出口, 桩内线损与节点损耗对计量准确度的影响可忽略, 因此不考虑桩体损耗的补偿.

(4) 检定温度范围. 结合国家电能表计量型式评价大纲的考核要求以及江苏地区的常年环境条件, 给出检定过程环境一般条件为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +45\text{ }^{\circ}\text{C}$, 扩展条件为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +55\text{ }^{\circ}\text{C}$ (即电能表的极限条件), 该温度范围覆盖了江苏地区的室外工作环境, 本文同时给出扩展条件下的修正要求, 具体修正方法参照表 1 注, 平均温度系数 K 可以参照表 2.

表 2 平均温度系数 K
Table 2 Average temperature coefficient- K

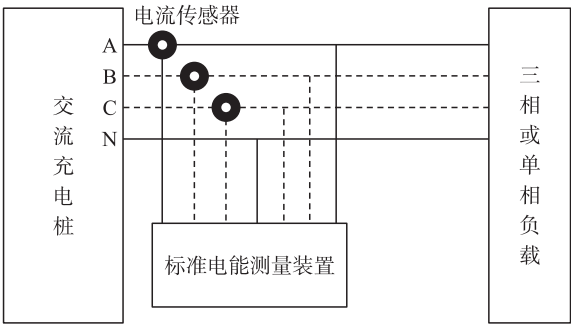
负载电流 I	功率因数 $\cos\varphi$	交流充电桩准确度等级	平均温度系数 (%/K)
$0.1I_n \leq I \leq I_n$	1	1	0.05
$0.1I_n \leq I \leq I_n$	1	2	0.10

(5) 在充电桩充电过程中, 用户需要通过桩体交互界面查看电能、费用、充电时间等信息, 为确保此类信息不存在软件作弊, 应参考多功能电能表考核充电量显示误差 (误差限同工作误差)、充电付费金额误差 (误差不超过最小付费金额)、时钟示值误差 (误差限: $\pm 1\text{ min}$)、时钟日计时误差 (误差限: $\pm 0.5\text{ s/d}$), 如果交流充电桩有预付费功能, 还须根据预付费电能表的国家标准要求, 增加显示功能、控制功能的考核.

3 现场检定方法设计

交流充电桩在现场计量, 无法像实验室检定电能表一样采用虚负载校表台, 因此须在检定装置中设计模拟负载. 根据交流充电桩现场工作条件, 功率负载的设计可采用电子负载或者实物负载, 负载应能够在被测充电桩额定电压下至少模拟表 1 规定的负载点, 测试期间电流波动属于 $[-3\%, 3\%]$. 检定装置主要由标准电能表、功率负载、测量控制模块组成, 按实际检定需要进行组合. 另外, 还应配置标准时钟测试仪以考核时钟日计时误差.

(1) 工作误差的考核: 将检定装置与被检充电桩同时测定的电能值相比较, 以确定被检充电桩的



注: 实线的测量布置表示单相交流充电桩, 带虚线的测量布置表示三相交流充电桩

图 3 现场检定装置布置图
Fig. 3 On-site verification device layout

工作误差. 可采用脉冲法以及电能累计比较法^[3]. 具体试验连接方法参照图 3^[4], 现场检定照片见图 4.



图 4 现场检定照片

Fig. 4 picture of on-site verification

按式(1)计算相对误差 γ' (%), 结果应该满足工作误差限的要求

$$\gamma' = \frac{E' - E}{E} \times 100 + \gamma_0 (\%). \tag{1}$$

式中, γ_0 为计量标准器的已定系统误差, 不需修正时 $\gamma_0 = 0$; E 为计量标准器电能值(kWh); E' 为被检充电桩停止运行与运行前示值之差(kWh).

(2) 充电量显示误差的考核: 在对工作误差考核的过程中, 施加最大负载运行时, 同时对充电量显示误差项目进行考核^[5].

(3) 充电付费金额误差的考核: 检定过程中, 按照式(2)进行应付金额计算, 按照式(3)进行充电付费金额误差的计算.

$$A = \sum_{i=1}^n K_i \Delta W_{xi}. \tag{2}$$

式中, A 为充电应付金额(元); ΔW_{xi} 为本次充电属于费率 i 的电能(kWh); K_i 为费率 i 的单位电价(元/kWh); n 为费率数; i 为费率序号.

$$E_p = Y_f - A. \tag{3}$$

式中, Y_f 为充电桩显示的付费金额(元); E_p 为 付费金额误差.

(4) 时钟示值误差: 用标准时钟 t_0 与充电桩时钟 t 比较, 得时钟示值误差

$$\Delta t = t - t_0. \tag{4}$$

以上考核方法经过现场验证, 方法具备较好的可操作性, 以某一额定电压 220 V, 额定电流 32 A, 准确度等级 1 级的交流充电桩为例, 计算其最小负载点的检定时间.

根据计量检定的原则要求, 对计量器具工作误差检定运行的时间要足够长, 以使得被检充电桩显示器末位一字代表的电能值与所累计的 E' 之比(%) 不大于被检充电桩等级指数的 1/10. 该充电桩电能示值单位为 kWh, 小数位数三位. 对其选择不同负载点检定时间 t 的计算方法参照式(5):

$$\frac{0.001 \text{ kWh}}{0.22 \text{ kV} \times 32 \text{ A} \times t \times x} \leq 1\% \times 0.1. \tag{5}$$

式中, t 为保证检定所需要时间(h); x 为负载点系数; 等式左边分子为被检充电桩显示器末位一字代表的电能值; 等式右边为被检充电桩等级指数的 1/10; 以选择 $0.1I_n$ 和 $0.01I_n$ 作为最小负载为例, 分别代入两个负载点系数($x = 0.1$ 和 $x = 0.01$), 得到表 3 中的测试所需要时间的比较值.

表 3 选择不同最小负载点的时间比较

Table 3 Comparison of test time for selecting different minimum load points

负载点(xI_n)	$0.1I_n$	$0.01I_n$
检定所需要时间(h)	≥ 1.42	≥ 14.20

由表 3 可以看出, 选择 $0.1I_n$ 作为最小负载点计量, 该点工作误差检定不到 2 h, 时间与人工成本能够

— 40 —

被检测机构接受,而在 $0.01I_n$ 负载点进行计量时,为了保证检定结果的可靠性,至少需要 14.2 h 的累计时间,在现场不具备可操作性。

在检定误差上,该充电桩现场检定误差与出厂前型式评价实验室的检测误差作比较,数据吻合较好,具体见表 4、表 5。

表 4 工作误差测量结果比较
Table 4 Comparison of measurement results for working error

工况	$0.1I_n$	$0.5I_n$	I_n
型式评价结果(%)	+0.62	+0.54	+0.47
现场检定结果(%)	+0.67	+0.58	+0.49

表 5 其他误差测量结果比较
Table 5 Comparison of other error measurement results

项目测试场合	充电量显示误差/%	付费金额误差/元	时钟示值误差/min	时钟日计时误差/(s/d)
型式评价结果	+0.51	0.00	+0.02	+0.04
现场检定结果	+0.54	0.00	+0.04	+0.05

4 结语

充电桩是新兴产业,没有成熟的国外标准作借鉴,其计量性能与电能表有一定的相似性,因此,在计量性能方面本文参考电能表的计量方法,同时根据充电桩自身的特点做了相应的调整,以更好地适应现场检定的需求。经过检测机构、企业以及现场试验人员的实验论证,对可操作性和评价的合理性,本文提出的考核要求和方法能很好地满足当前交流充电桩的检定需求。目前各个省份在检定方法上各有侧重,尚未完全达到统一,在国家检定规程出台之前,允许相应的差异存在,并可在部分争议区域进行必要探索与试行,但方法的趋同是未来的必然,希望本文能够为我国未来交流充电桩的法制检定提供有益的参考。

[参考文献](References)

[1] 中国国家标准化管理委员会. 电动汽车传导充电用连接装置 第 1 部分:通用要求:GB/T 20234.1-2015[S]. 北京:中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2016.
Standardization Administration of the People's Republic of China. Connection set of conductive charging for electric vehicles—Part 1:general requirements:GB/T 20234.1-2015[S]. Beijing:General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China,2016.(in Chinese)

[2] 全国电磁计量技术委员会. 电子式交流电能表检定规程:JJG 596-2012[S]. 北京:国家质量监督检验检疫总局,2012.
Metrology Technical Committee on Electromagnetic. Electrical meters for measuring alternation-current electrical energy: JJG 596- 2012 [S]. Beijing: General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China,2012.(in Chinese)

[3] 国家能源局. 电子式交流电能表现场检验规程:DL/T 1478-2015[S]. 北京:中国电力出版社,2015.
EPIS. Field inspection procedures for electronic alternating current energy meter:DL/T 1478-2015[S]. Beijing:China Electric Power Press,2015.(in Chinese)

[4] 中国国家标准化管理委员会. 电动汽车传导充电系统 第 1 部分:通用要求:GB/T 18487.1-2015[S]. 北京:中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2015.
Standardization Administration of the People's Republic of China. Eletrical vehicle conductive charging system—Part 1: general requirements:GB/T 18487.1-2015[S]. Beijing:General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China,2015.(in Chinese)

[5] 周志坚,赵阳,马浩,等. 高速公路电动汽车充电桩现场检测方法[J]. 智能电网,2016(4):432-436.
ZHOU Z J,ZHAO Y,MA H,et al. A kind of field test method for electric vehicle charging pile[J]. Smart grid,2016(4): 432-436.(in Chinese)

[责任编辑:陈 庆]