

DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T XXX—XXXX

电动汽车充（换）电站与电网互动能力评估 技术指南

Technical Guidelines for Assessing the Interaction Capacity between Electric
Vehicle Charging (Battery Swapping) Stations and the Grid

（送审稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

深圳市市场监督管理局 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 总体要求 2

5 评估内容 2

6 评估结果应用 5

附录 A （资料性）电动汽车充（换）电站与电网互动能力评估内容 6

附录 B （规范性）电动汽车充（换）电站与电网互动能力评估计算公式 7

附录 C （资料性）电动汽车充（换）电站与电网互动能力综合评估报告 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专利的责任。

本文件由深圳市发展和改革委员会提出并归口。

本文件起草单位：深圳供电局有限公司、深圳市标准技术研究院、南方科技大学、上海交通大学、南科智慧能源（深圳）有限公司、深圳市东部公共交通有限公司、清华大学深圳国际研究生院、香港理工大学、上海蔚来汽车有限公司、海南电网有限责任公司电力科学研究院、广汽能源科技有限公司、深圳市永联科技股份有限公司、南京德睿特来电能源研究院有限公司、深圳电气科学研究院、北京理工大学深圳汽车研究院、成都华茂能联科技有限公司、香港中文大学（深圳）、南光石油化工有限公司、西南交通大学、深圳市浩能能源科技有限公司、深圳金奇辉电气有限公司、深圳市新能源汽车运营企业协会、深圳英飞源技术有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、中石油昆仑网联电能科技（广东）有限公司、富华德电子（东莞）有限公司、成合科技（深圳）有限公司、南科智慧能源（深圳）有限公司、深圳市科华恒盛科技有限公司、深圳市盛弘电气股份有限公司、阳光电源股份有限公司。

本文件主要起草人：唐文俊、赵宇明、易检长、王益群、何山、嘉有为、郭宇嘉、徐潇源、严正、李媛红、贾永鹏、许聪、代勇盛、郭烨、徐曼琪、王俊镭、陈图南、梁贝宁、庞松岭、张晨佳、梁唐杰、江海、卢慈荣、韩亚宁、肖敏英、邓永辉、贾翠漫、杨晓光、谢涸、唐晓莹、谢子浩、刘婕、廖凯、朱明、张兢兢、张启福、袁艺锦、肖鸿霞、王赞、陈国鹏、梁舒展、陈宗元、郭桃勋、林海、史梦鸽、胡家硕、伍程鑫、曹书。

电动汽车充（换）电站与电网互动能力评估技术指南

1 范围

本文件规定了电动汽车充（换）电站与电网互动能力评估的总体要求、评估内容、评估结果应用。本文件适用于电动汽车负荷聚合商在聚合电动汽车负荷资源与电网互动时的调控能力的评估。

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 32127 需求响应效果监测与综合效益评价导则
- DL/T 2473.1 可调节负荷并网运行与控制技术规范 第1部分：资源接入

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电动汽车可调节负荷 electric vehicle adjustable load

电力系统中具备技术条件并参与电网调度的电动汽车负荷资源。通过车联网平台接入负荷调控系统，具备按照电网调度指令或既定控制策略参与调节的能力。

[来源：DL/T 2473.1-2022, 3.1, 有修改]

3.2

电动汽车负荷聚合商 electric vehicle charging load aggregator

汇集电动汽车负荷资源，对其灵活性进行统一管控和运营的第三方主体。

3.3

可调控功率 adjustable power

在特定的互动类型场景下，电动汽车充（换）电站通过调控潜力测算得到的场站可调控功率指标，包括电动汽车充（换）电站最大可调控功率和平均可调控功率。

3.4

最大可调控功率 maximum adjustable power

在指定互动场景时段下，电动汽车充（换）电站理论上能够提供的最大可调节功率。

3.5

平均可调控功率 average adjustable power

在指定互动场景时段下，电动汽车充（换）电站能够提供的平均可调控功率。

3.6

车网互动 vehicle-grid interaction; VGI

车网互动是指电动汽车通过充电桩与电网进行能量和信息的互动。通常情况下，可按能量流向分为有序充电和双向充放电。

4 总体要求

4.1 评估目标

电动汽车充（换）电站与电网互动能力评估的目标是针对现货市场、市场化需求侧响应、调频市场等互动场景，建立覆盖不同时间尺度（短期调度、中长期规划）和空间范围（区域电网、配电网节点）的互动力量化评估方法，规范数据采集、指标计算、结果分析等评估流程，生成综合评估报告，为充（换）电站的互动能力认证、电网调度优化及市场交易参与提供技术依据。

4.2 评估原则

电动汽车充（换）电站与电网互动能力评估应遵循以下原则：

- a) 多场景适用性：评估结论支持现货市场、市场化需求侧响应、调频市场等电力市场交互场景的应用需求，确保评估结果具有广泛的适用性和实用性；
- b) 数据支撑性：评估过程建立完整的数据支撑体系，确保所使用的基础数据具备准确性、时效性和可溯源性，数据来源和采集方法可验证；
- c) 技术经济性：评估方法的设计在满足评估精度要求的前提下，统筹考虑实施成本，优先采用效费比最优的技术路径，确保评估工作的经济性和可行性；
- d) 扩展兼容性：评估框架具有良好的兼容性和可扩展性，适应电动汽车和电网技术的发展迭代，以及电力市场规则和政策的变化需求，预留可扩展接口，支持未来功能的升级和优化。

5 评估内容

5.1 评估流程

电动汽车充（换）电站与电网互动能力评估流程包括互动场景确定、评估目标设定、数据采集和预处理、互动能力评估分析、经济收益评估分析以及生成综合评估分析报告，见图 1。评估机构应根据具体互动场景及评估需求生成相应的评估报告结果。

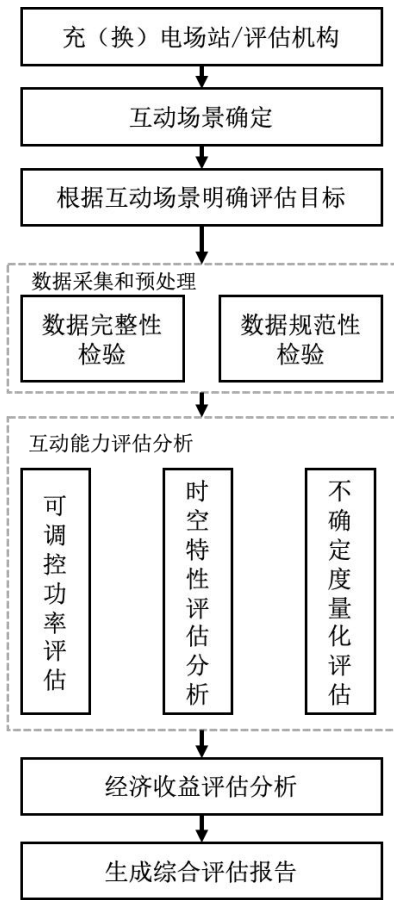


图 1 电动汽车充（换）电场站与电网互动能力评估流程图

5.2 数据采集和预处理

5.2.1 数据采集应符合下列规定：

- a) 多源异构数据接入：支持从充（换）电站、电动汽车、聚合商管理平台等终端或平台获取数据；
- b) 数据类型覆盖：包括但不限于设备运行数据、用户行为数据、参与市场交易数据等；
- c) 数据存储周期：数据存储周期不低于 1 个季度，关键数据宜支持长期存储。

5.2.2 数据预处理应符合下列规定：

- a) 缺失值插补：采用均值插补、插值法或机器学习方法对缺失数据进行补充；
- b) 异常值标记：对突变数据、空值、零值等异常情况进行自动标记，并支持人工复核；
- c) 时间序列对齐：统一不同数据源的时间戳，确保时间序列一致性；
- d) 数据版本管理：支持数据快照回溯，版本差异可追溯；
- e) 数据匿名化：对电动汽车充（换）电站相关数据进行脱敏处理。

5.2.3 数据质量应符合下列规定：

- a) 完整性检验：
 - 1) 采集阶段保证时间序列连续，采样间隔符合电力市场规则；
 - 2) 存储阶段支持数据快照回溯，版本差异可追溯。
- b) 规范性检验：
 - 1) 对突变数据、空值、零值进行标记，并对突变数据进行人工复核；
示例：功率值阶跃超±20%视为突变数据。

2) 历史功率数据采样频率满足所属电力市场规则。

5.3 互动能力评估分析

5.3.1 互动能力的评估应根据应用场景确认数据需求和评估内容，可参考附录 A。

5.3.2 可控功率测算应符合下列规定：

- a) 电动汽车充（换）电站可控功率测算需确定充（换）电站可用于电网调控的资源，包括可调节的充电桩数量、可调节的充电功率等；
- b) 可控功率的测算方式应符合附录 B.1 的规定；
- c) 根据实际调控需求以及电动汽车充（换）电站可控功率测算结果，构建电动汽车充（换）电站调控潜力测算模型，结合充电功率限制、场站典型日/典型时段负荷和用户停留时间等因素，对电动汽车充（换）电站调控潜力进行评估测算；
- d) 涉及多个充（换）电站的评估，可对多个站点总调控潜力进行聚合测算。

5.3.3 时空特性评估分析应符合下列规定：

- a) 评估按照高峰时段、低谷时段、凌晨时段等典型时段的划分，评估电动汽车充（换）电站在不同时间段的调控能力；
- b) 分析电动汽车充（换）电站的充电需求与电网负荷之间的时间匹配性，确定其不同时间段的调控潜力；
- c) 评估考虑电动汽车充（换）电站空间地理位置分布对充电负荷以及电网调控的影响，考虑不同电网区域对充（换）电站调控响应时间和范围的影响；
- d) 时空耦合特性分析综合考虑时间和空间因素，评估电动汽车充（换）电站在不同条件下的调控响应能力；
- e) 响应时间的测算方式应符合附录 B.2 的规定。

5.3.4 不确定度量化评估应符合下列规定：

- a) 评估重点考虑电动汽车充（换）电站用户行为带来的不确定度；
- b) 不确定度的测算方式应符合附录 B.3 的规定；
- c) 基于电动汽车充（换）电站不确定度量化评估结果，综合评估场站负荷不确定度对场站与电网互动能力的影响；
- d) 根据不确定度评估结果，将场站不确定度对场站与电网互动能力的影响程度划分为不同等级，并将其考虑在报量报价阶段。

5.4 经济收益评估分析

5.4.1 根据实际互动场景，识别电动汽车充（换）电站参与电网互动的收益来源，包括参与现货市场、市场化需求响应、调频市场等。

5.4.2 根据实际互动场景，构建电动汽车充（换）电站经济收益评估模型，考虑多种收益评估影响因素，包括成本、收益、风险等。

5.4.3 利用经济收益评估模型预测电动汽车充（换）电站参与电网互动的中长期和短期经济收益。

5.4.4 评估电动汽车充（换）电站通过设备升级、系统改造等方式参与电网互动所需的投资成本及潜在收益。

5.4.5 评估影响电动汽车充（换）电站经济收益的关键参数，包括但不限于电价波动、充电需求变化等。

5.5 综合评估报告

结合多维度评估结果，编制电动汽车充（换）电站与电网互动能力综合评估报告，报告应包括场站可控功率测算、场站时空特性评估分析、不确定度量化评估、场站经济收益评估分析等内容。综合评估报告相关示例见附录 C。

6 评估结果应用

6.1 现货市场

6.1.1 电动汽车负荷聚合商在参与现货市场时的功率申报范围应以互动能力评估结果为申报基准。

6.1.2 参与现货市场的功率申报范围应按式（1）计算：

$$P_{bid} \in [\max(P_{minsafe}, P_{ctrl} - 3\sigma_{inter}), \min(P_{ratedctrl}, P_{ctrl} + 3\sigma_{inter})] \quad (1)$$

式中：

$P_{minsafe}$ ——设备最低安全运行功率，单位：MW；

$P_{ratedctrl}$ ——额定可调控功率，单位：MW；

P_{ctrl} ——统计周期内平均可调控功率，单位：MW；

σ_{inter} ——互动能力不确定度标准差。

6.2 市场化需求侧响应

6.2.1 电动汽车负荷聚合商在参与市场化需求侧响应时的功率申报值应以互动能力评估结果为申报基准，并应满足 GB/T 32127 的有关要求。

6.2.2 参与市场化需求侧响应的功率申报值应按式（2）计算：

$$P_{resp} = \min(P_{maxctrl}, P_{ctrl} + 3\sigma_{inter}) \cdot \eta_{cred} \quad (2)$$

式中：

η_{cred} ——信用衰减系数，由历史响应偏差率 δ 决定，当 $\delta > 20\%$ 时宜重新评估互动能力。

$$\eta_{cred} = \begin{cases} 1.0, & \delta \leq 5\% \\ 0.9, & 5\% < \delta \leq 20\% \\ 0.0, & \delta > 20\% \end{cases} \quad (3)$$

6.3 调频市场

6.3.1 电动汽车负荷聚合商在参与调频市场时应首要评估场站响应时间是否满足调频市场参与规则。

6.3.2 在满足调频市场参与规则的前提下，电动汽车负荷聚合商在参与时的功率申报范围应以互动能力评估结果为申报基准。

6.3.3 参与调频市场的功率申报范围应按式（4）计算：

$$P_{bid} \in [\max(P_{minsafe}, P_{ctrl} - 3\sigma_{inter}), \min(P_{ratedctrl}, P_{ctrl} + 3\sigma_{inter})] \cdot f_{acc} \quad (4)$$

式中：

f_{acc} ——历史调频指令执行准确率， $f_{acc} \geq 90\%$ 。

附录 A

(资料性)

电动汽车充（换）电站与电网互动能力评估内容

A.1 互动能力数据需求与评估内容

互动能力数据需求与评估内容见附表A.1。

附表 A.1 互动能力数据需求与评估内容表

应用场景	评估内容	数据需求	历史数据采集颗粒度	输出结果
现货市场	可调控功率	1. 充换电站静态参数（电动汽车充换电站的功率上限、充电桩数量、单桩的最大功率） 2. 场站动态功率数据集	1. 充换电站静态参数（定值） 2. 充放电功率时序数据集（采样间隔：15min） 3. 订单数据（采样间隔：15min）	针对参与的现货市场时段的最大可调节功率（时间窗口：15min）、平均可调节功率（时间窗口：15min，置信区间：95%）
	互动能力不确定度	3. 充电订单数据（包含用户充电起止时间、充电电量、充电功率曲线、插拔枪时间）		针对参与的现货市场时段的互动能力不确定度（时间窗口：15min，以标准差或协方差表示）
市场化需求侧响应	可调控功率	1. 充换电站静态参数（电动汽车充换电站的功率上限、充电桩数量、单桩的最大功率） 2. 场站动态功率数据集	1. 充换电站静态参数（定值）； 2. 充放电功率时序数据集（采样间隔：1h） 3. 订单数据（采样间隔：1h）	针对参与的需求侧响应时段的最大可调节功率（时间窗口：1h）、平均可调节功率（时间窗口：1h，置信区间：95%）
	互动能力不确定度	3. 充电订单数据（包含用户充电起止时间、充电电量、充电功率曲线、插拔枪时间）		针对参与的需求侧响应时段的互动能力不确定度（时间窗口：1h，以标准差或协方差表示）
调频市场	可调控功率	1. 充换电站静态参数（电动汽车充换电站的功率上限、充电桩数量、单桩的最大功率） 2. 场站动态功率数据集	1. 充换电站静态参数（定值）； 2. 充放电功率时序数据集（根据参与的调频市场类型订定采样间隔） 3. 订单数据（根据参与的调频市场类型订定采样间隔）	针对参与的需求侧响应时段的最大可调节功率（根据参与的调频市场类型订定输出时间窗口）、平均可调节功率（根据参与的调频市场类型订定输出时间窗口）
	互动能力不确定度	3. 充电订单数据（包含用户充电起止时间、充电电量、充电功率曲线、插拔枪时间）		针对参与的需求侧响应时段的互动能力不确定度（根据参与的调频市场类型订定输出频率，以标准差或协方差表示）
	响应时间	1. 聚合商平台与场站通讯时间 2. 场站控制器执行指令动作时间 3. 充电订单数据（包含用户充电起止时间、充电电量、充电功率曲线、插拔枪时间） 4. 充换电站静态参数	1. 通讯时间（定值） 2. 执行时间（定值） 3. 订单数据（根据参与的调频市场类型订定采样间隔） 4. 场站负荷数据（根据参与的调频市场类型订定采样间隔）	响应时间

附录 B

(规范性)

电动汽车充（换）电站与电网互动能力评估计算公式

B.1 可调控功率

B.1.1 评估指标

响应功率评估指标包括最大可调控功率与平均可调控功率，按照式（5）计算最大可调控功率，按照式（6）计算平均可调控功率：

$$P_{max,t} = \min(\sum_{i=1}^{n_t} p_{i,t}^{max} - \sum_{i=1}^{n_t} p_{i,t}^{min}, P_{UB} - \sum_{i=1}^{n_t} p_{i,t}^{min}) \quad (5)$$

式中：

$P_{max,t}$ ——第 t 时刻场站最大可调控功率，单位：MW；

$p_{i,t}^{max}$ ——第 i 个充电桩第 t 时刻的最大充电功率，单位：MW；

$p_{i,t}^{min}$ ——第 i 个充电桩第 t 时刻的最小充电功率，单位：MW；

P_{UB} ——电动汽车充（换）电站的功率上限约束，单位：MW；

n_t ——第 t 时刻电动汽车充（换）电站在充充电桩的总数量。

$$P_{avg,t} = \sum_{j=1}^m (\sum_{t=t}^{t+n\Delta t} (P_{j,t}^s - \sum_{i=1}^{n_t} p_{i,t}^{min}) / n) / m \quad (6)$$

式中：

$P_{avg,t}$ ——场站平均可调控功率，单位：MW；

$P_{j,t}^s$ ——电动汽车充（换）电站历史数据在第 j 天第 t 时刻的充电总功率，单位：MW；

$p_{i,t}^{min}$ ——第 i 个充电桩第 t 时刻的最小充电功率，单位：MW；

Δt ——电动汽车充（换）电站采集功率的采样间隔时间；

n_t ——第 t 时刻电动汽车充（换）电站在充充电桩的总数量；

n ——指定互动场景时段下电动汽车充（换）电站采集功率的采样个数；

m ——指定互动场景时段下电动汽车充（换）电站采集功率的采样天数。

B.1.2 评估方法

确定互动评估场景：根据具体的互动类型场景，确定调控潜力测算对应的时段。

计算可调控功率：基于上述评估指标，计算场站在指定互动类型场景下的最大可调控功率和平均可调控功率。

聚合测算：如果电动汽车负荷聚合商或充换电服务运营商同时管理多个充（换）电站，需要对所有站点的可调控功率进行聚合测算。

B.2 响应时间

B.2.1 评估指标

电动汽车充（换）电站的响应时间反映了电动汽车充（换）电站从接收到调节指令至实际执行调节所需的时间，受充（换）电站与充电桩通讯延迟、充电桩处理延迟与充电桩执行延迟的影响，通过计算评估指标 t_{total} 对其响应时间进行评估，见公式（7）

$$t_{total} = \max_{i=1,\dots,n} (t_{i,com}) + \max_{i=1,\dots,n} (t_{i,proc}) + \max_{i=1,\dots,n} (t_{i,exec}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

t_{total} ——响应时间；

$t_{i,com}$ ——从电动汽车充（换）电站发送指令到第*i*个充电桩接收指令的时间；

$t_{i,proc}$ ——第*i*个充电桩处理指令并启动调节充电功率的时间；

$t_{i,exec}$ ——第*i*个充电桩实际完成功率调节的时间；

n——电动汽车充（换）电站在充电桩的个数。

B.2.2 评估方法

确定评估场景：根据充电系统的具体运行情况，确定评估场景。

计算响应时间：基于上述评估指标，计算场站在指定互动类型场景下的响应时间评估指标。

聚合测算：如果电动汽车负荷聚合商或充换电服务运营商同时管理多个充（换）电站，需要对所有站点的响应时间进行聚合测算。

B.3 不确定度

B.3.1 评估指标

互动能力不确定度：为了量化电动汽车充（换）电站互动能力的不确定度，通过计算评估指标 σ_C 对其不确定度进行评估，见公式（8）。

$$\sigma_C = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum_t^{t+n\Delta t} (P_{max,t} - \sum_t^{t+n\Delta t} P_{max,t}/n)^2 / (\sum_t^{t+n\Delta t} P_{max,t}/n))} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

σ_C ——场站互动能力不确定度评估指标；

$P_{max,t}$ ——第*t*时刻场站最大可调控功率；

Δt ——电动汽车充（换）电站采集功率的采样间隔时间；

n——指定互动场景时段下电动汽车充（换）电站采集功率的采样个数。

B.3.2 评估方法

确定互动评估场景：根据具体的互动类型场景，确定调控潜力测算对应的时段。

计算互动能力不确定度：基于上述评估指标，计算场站在指定互动类型场景下的互动能力不确定度评估指标。

聚合测算：如果电动汽车负荷聚合商或充换电服务运营商同时管理多个充（换）电站，需要对所有站点的互动能力不确定度进行聚合测算。

根据不确定度评估指标结果，将场站的互动能力不确定度划分为不同等级。

附 录 C
(资料性)

电动汽车充（换）电站与电网互动能力综合评估报告

C.1 综合评估报告示例

综合评估报告示例见附表C.1。

附表 C.1 综合评估报告示例表

电动汽车充换电站 基本信息	场站名称			
	场站配置			
	评估场景			
	评估数据			
	评估日期			
典型日/ 典型时段	典型日 1/ 典型时段 1	典型日 1/ 典型时段 2	...	典型日 N/ 典型时段 M
可调控功率评估测 算结果	最大可调控功率 $P_{\max,t}$ ： 平均可调控功率 $P_{\text{avg},t}$ ：	最大可调控功率 $P_{\max,t}$ ： 平均可调控功率 $P_{\text{avg},t}$ ：	...	最大可调控功率 $P_{\max,t}$ ： 平均可调控功率 $P_{\text{avg},t}$ ：
时空特性评估分析 结果	xx 时段调控能力： xx 时段调控能力： ...	xx 时段调控能力： xx 时段调控能力：	xx 时段调控能力： xx 时段调控能力： ...
不确定度量化评估 结果	互动能力不确定度 σ_C ： 不确定度等级：	互动能力不确定度 σ_C ： 不确定度等级：	...	互动能力不确定度 σ_C ： 不确定度等级：
经济收益评估分析 结果	场站参与 xx 市场预期收益 (年度)：	场站参与 xx 市场预期收益 (年度)：	...	场站参与 xx 市场预期收益 (年度)：
市场参与时段	xx 市场建议参与时段	xx 市场建议参与时段	...	xx 市场建议参与时段
评估单位：				