



团体标准

T/CES XXX-XXXX

电动汽车可调节负荷调控潜力评估技术 导则

Guidelines for Assessment of Electric Vehicles Charge and Discharge Load
Regulation Potential

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

目 次 I

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体原则 1

5 技术指南 1

 5.1 数据采集 1

 5.2 可行域评估 2

 5.3 关键参数预测 2

 5.4 调控潜力评估 3

附 录 A （资料性） 潜力评估方法 4

附 录 B （规范性） 评价指标 5

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》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。

本文件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储能技术工作组归口。

本文件起草单位：××××、××××。

本文件主要起草人：×××、×××。

本文件为首次发布。

电动汽车可调节负荷调控潜力评估技术导则

1 范围

本文件提供了电动汽车可调节负荷调控潜力评估的相关技术指南。

本文件适用于电动汽车聚合商、充换电服务运营商参与电网调控时可调节负荷资源调控潜力的评估。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 29317 电动汽车充换电设施术语

DL/T 1711 电网短期和超短期负荷预测技术规范

DL/T 2473.5 可调节负荷并网运行与控制技术规范 第5部分：负荷能力评估

3 术语和定义

GB/T 29317 界定的以及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 adjust load

能根据电网需求控制充电行为的电动汽车负荷。

3.2

可调控能量 regulated energy

电动汽车可调节负荷参与电网调控的能量。

3.3

可调控时间 regulated time

电动汽车可调节负荷能够参与电网调控的时间段。

3.4

电动汽车可行域 electric vehicle feasible area

单个电动汽车满足用户出行条件下，电池剩余容量和充放电功率的取值范围。

3.5

电动汽车聚合商 electric vehicle aggregator

将大量电动汽车整合起来，实现规模化电动汽车集中控制的组织或公司。

4 总体原则

4.1 潜力评估宜利用电池移动储能特性和电动汽车用户充电行为规律，计算向电网提供电动汽车可调节负荷的可调控能量和可调控时间，满足用户的出行需求。

4.2 潜力评估结果应适用于电网调度和电动汽车聚合商参与电力市场，进行潜力评估宜考虑其在电网调峰、调频、调压等场景下的适用性。

4.3 电动汽车聚合商、充换电服务运营商、电力调度机构宜积极参与电动汽车可调节负荷调控潜力评估。

4.4 调控潜力评估宜分为数据采集、电动汽车可行域评估、电动汽车可行域关键参数预测、调控潜力评估四个部分。

5 技术指南

5.1 数据采集

5.1.1 电动汽车聚合商、充换电服务运营商应具备监控系统，具备数据采集、监视、异常告警及信息处理等功能。

5.1.2 电动汽车聚合商、充换电服务运营商应确保数据的完整性和规范性，应具备进行数据校验能力。数据校验应包括完整性检验和合理性检验。

5.1.2.1 数据完整性检验应包括：

- a) 数据进行完整性检验时，应保证数据的数量等于要求记录的数据数量；
- b) 数据进行完整性检验时，数据的时间顺序应符合要求的开始、结束充电时间，并且应保证数据连续。

5.1.2.2 数据合理性检验应包括：

- a) 数据合理性检验时，应对空数据点情况进行检查；
- b) 数据合理性检验时，应该对零数据点情况进行检查。

5.1.3 历史功率数据应按照不同类型电力市场规则对采集频率要求进行存储，电量数据宜按小时冻结存储，本地存储时间不低于 6 个月，满足调度机构开展功率、电量数据稽查校核的需要，数据宜采用国密算法进行存储和传输。

5.1.4 可调节负荷调控潜力评估数据宜包括以下内容：

5.1.4.1 影响电动汽车用户充电行为的因素：

- a) 充电站数量及地理位置分布；
- b) 充电站内充电设备数量及状态（空闲、使用中、停运）；
- c) 区域内天气、温度等环境因素。

5.1.4.2 电动汽车充电行为相关数据：

- a) 电动汽车连接的充电桩编号；
- b) 电动汽车电池容量；
- c) 电动汽车开始充电时间、结束时间；
- d) 开始充电时电动汽车 SOC、结束充电时电动汽车 SOC。

5.2 可行域评估

5.2.1 进行可行域评估的电动汽车聚合商、充换电服务运营商应具有获取电动汽车历史充电订单的能力，应至少包括电动汽车开始充电时间、结束充电时间、到达充电站 SOC、离开充电站 SOC、电动汽车容量。

5.2.2 可行域评估技术应提供单辆电动汽车在充电期间电池剩余能量和功率的上下界，可采取多边形刻画的方式，具体方法见附录 A。

5.2.3 宜结合电动汽车电池容量、充电功率限制和用户出行需求等因素进行可行域评估。

5.3 关键参数预测

5.3.1 需对可行域评估模型中关键参数进行预测，将预测结果输入评估模型应得到未来一天的调控潜力。

5.3.2 参数预测前可进行特征选择、聚类等工作提高预测准确性。

5.3.3 宜考虑影响电动汽车用户充电行为的因素对关键参数进行预测，如地区、天气、温度、工作日等。

5.3.4 宜应根据数据特征、数据规模、预测目标选择合适预测算法，同时应考虑算法的时效性和预测结果的精度，可建立由多种算法构成的算法库，如线性回归、支持向量机、机器学习和深度学习等多种算法。

5.3.5 参数预测应采取必要的评价指标对预测结果进行评估，可采用均方根误差、平均绝对误差、相关性系数、准确率、合格率对电动汽车充电行为预测进行评价。具体计算方法见附录 B。

5.4 调控潜力评估

5.4.1 调控潜力评估应包括预测的可行域评估和上述评估结果聚合两个部分。预测可行域评估部分可将参数预测结果输入可行域评估模型得到预测的可行域。聚合部分可采用多边形求和的方式对单辆电动汽车的可调控能量和可调控功率进行加和。

5.4.2 可调控潜力评估应根据关键参数预测结果量化未来一天某个区域内电动汽车向电力系统提供的可调控能量和可调控时间。

5.4.3 电动汽车聚合商、充换电服务运营商应每天向电力调度机构上报可调控潜力，时间分辨率应为 15min。

5.4.4 可调控潜力评估时应具有可靠的准确度，潜力评估结果能够用于电网调度和电动汽车聚合商精准调控。

5.4.5 可调控潜力评估结果宜通过次日电动汽车集群参与电力市场和电网调控的表现进行检验，可通过电动汽车集群在特定时间提供的可调控能量和功率的实际值评价。

附录 A (资料性) 潜力评估方法

A.1 评估方法

示例：

若输入某天内某个场站电动汽车的到达时间、驶离时间、到达电量、驶离电量、电池容量等参数，采用多边形评估单个电动汽车调节能力。

其上界为在电动汽车到达充电站后以最大充电速度充电直到到达电池最大容量后维持电量不变的曲线。

关于下界，可将其分为两类讨论，若到站电动汽车电量大于其最小电量，则电动汽车可先维持电量不变，然后在其能满足以最大功率充电能够达到用户驶离需求电量的最晚时刻之后，以最大充电速度充电得到一条曲线，此曲线便是其下界；若到站电动汽车电量小于其最小电量，则电动汽车可先充电至最小电量，然后在其能满足以最大功率充电能够达到用户驶离需求电量的最晚时刻之后，以最大充电速度充电得到下界曲线。

接下来采用多边形求和的方式聚合多个电动汽车可行域，输出该场站这一天内电动汽车集群可提供的电动汽车可调节能力大小。见图 A.1。

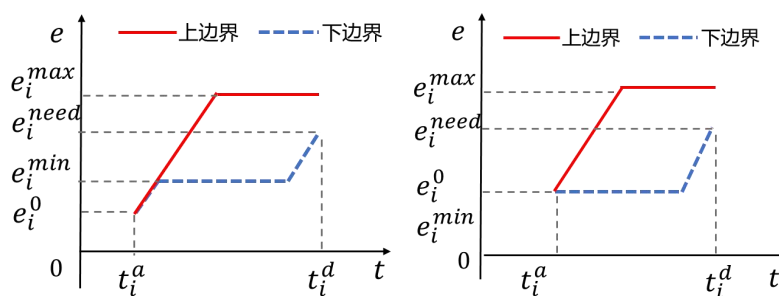


图 A.1 电动汽车可行域评估方法

附录 B (规范性) 评价指标

B.1 均方根误差

均方根误差可用来评价电动汽车充放电行为预测值误差的分散程度,从整体上评价电动汽车充放电概率预测的性能、预测效果。

$$E_{\text{rmse}} = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{P_{M,i} - P_{P,i}}{C_i} \right)^2} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

E_{rmse} ----电动汽车充放电行为预测值的均方根误差;

$P_{M,i}$ ----第 i 辆电动汽车的实际充放电行为,包括到达充电站时间、离开充电站时间、到达充电 SOC、离开充电站 SOC;

$P_{P,i}$ ----第 i 辆电动汽车的预测充放电行为,包括到达充电站时间、离开充电站时间、到达充电 SOC、离开充电站 SOC;

C_i ----第 i 辆电动汽车在充电站的停留时间或最大 SOC;

n ----电动汽车数量。

B.2 平均绝对误差

平均绝对误差可避免误差相互抵消问题,准确反映实际预测误差的大小。

$$E_{\text{mae}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{P_{M,i} - P_{P,i}}{C_i} \right| \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

E_{mae} ----电动汽车充放电行为预测值的平均绝对误差;

$P_{M,i}$ ----第 i 辆电动汽车的实际充放电行为,包括到达充电站时间、离开充电站时间、到达充电 SOC、离开充电站 SOC;

$P_{P,i}$ ----第 i 辆电动汽车的预测充放电行为,包括到达充电站时间、离开充电站时间、到达充电 SOC、离开充电站 SOC;

C_i ----第 i 辆电动汽车在充电站的停留时间或最大 SOC;

n ----电动汽车数量。

B.3 相关性系数

相关系数能够反映电动汽车充放电行为预测值与实际值的相关程度。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n [(P_{M,i} - \bar{P}_M) \cdot (P_{P,i} - \bar{P}_P)]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{M,i} - \bar{P}_M)^2 \cdot \sum_{k=1}^n (P_{P,i} - \bar{P}_P)^2}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

R ----电动汽车充放电行为预测值与实际值的相关系数;

$P_{M,i}$ ----第 i 辆电动汽车的实际充放电行为,包括到达充电站时间、离开充电站时间、到达充电 SOC、离开充电站 SOC;

$P_{p,i}$ ----第 i 辆电动汽车的预测充放电行为, 包括到达充电站时间、离开充电站时间、到达充电 SOC、离开充电站 SOC;

\bar{P}_M ----统计时间区间内的实际电动汽车充放电行为的平均值, 包括: 到达充电站时间、离开充电站时间、到达充电站 SOC、离开充电站 SOC;

\bar{P}_p ----统计时间区间内的预测电动汽车充放电行为的平均值, 包括: 到达充电站时间、离开充电站时间、到达充电站 SOC、离开充电站 SOC;

n ----电动汽车数量。

B.4 准确率

$$A = 1 - E_{\text{rmse}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

A ----电动汽车充放电行为预测值的准确率;

E_{rmse} ----电动汽车充放电行为预测值的均方根误差。

B.5 合格率

合格率主要体现电动汽车充放电行为预测值与实际值的预测误差情况。

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 1 \left(\left| \frac{P_{M,i} - P_{p,i}}{C_i} \right| < T \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

Q ----电动汽车充放电行为预测值的合格率;

$P_{M,i}$ ----第 i 辆电动汽车的实际充放电行为, 包括到达充电站时间、离开充电站时间、到达充电 SOC、离开充电站 SOC;

$P_{p,i}$ ----第 i 辆电动汽车的预测充放电行为, 包括到达充电站时间、离开充电站时间、到达充电 SOC、离开充电站 SOC;

C_i ----第 i 辆电动汽车在充电站的停留时间或最大 SOC;

T ----合格判定阈;

n ----电动汽车数量。