

团 体 标 准

T/CES XXX—202X

电动汽车充换电站并网适应性评价规范

Technical specification for evaluation of grid adaptability of electric vehicle
charging/battery swap station and power grid

(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 次

目 次	1
前 言	3
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 基本原则	6
5 供电安全性	7
6 信息安全性	8
7 供电可靠性	8
8 供电充裕性	9
9 供电协调性	10
10 电力需求响应能力	10
11 经济性	13
附 录 A （资料性）	14
附 录 B （资料性）	15

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电动汽车充换电技术工作组归口。

本文件起草单位：国网宁夏电力有限公司经济技术研究院、国网（江苏）电力需求侧管理指导中心、南京邮电大学、许昌开普电气研究院有限公司、国网经济技术研究院有限公司、国网电力科学研究院武汉能效测评有限公司、国网上海市电力公司经济技术研究院、国网青海省电力公司清洁能源发展研究院、东南大学、南京工业大学、中国科学院大学、许昌开普检测研究院股份有限公司、特来电新能源股份有限公司、安徽南瑞继远电网技术有限公司、宁夏宁电电力设计有限公司。

本文件主要起草人：

电动汽车充换电站并网适应性评价规范

1 范围

本标准规定了电动汽车充换电站并网技术方案在安全性、可靠性、充裕性、协调性、电力需求响应能力以及经济性等方面的评价内容与指标。

本标准适用于接入 110kV 及以下电压等级公共电网，充换电站配电容量不小于 100 kVA，且充电设备数量不少于 3 台的充换电站。其他并网运行的电动汽车充换电站可参照执行。

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 12325 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变
- GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程
- GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡
- GB/T 19596 电动汽车术语
- GB/T 19862 电能质量 电能质量监测设备通用要求
- GB/T 24337 电能质量 公用电网间谐波
- GB/T 29316 电动汽车充换电设施电能质量技术要求
- GB/T 29317 电动汽车充换电设施术语
- GB/T 36278 电动汽车充换电设施接入配电网技术规范
- GB 50054 低压配电设计规范
- GB/T 50966 电动汽车充电站设计规范
- DL/T 5438 输变电工程经济评价导则
- 发改委[2014]14号 电力监控系统安全防护规定
- 国能安全[2015]36号 电力监控系统安全防护总体方案

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

充换电站 charging/battery swap station

同时可为电动汽车提供整车充电服务和电池更换服务的场所。

[来源：GB/T 291317-2021, 3.1.3]

3.2

充电站 charging station

为电动汽车提供充电服务的专用场所，由多台集中布置的充电设备以及相关的供电设备、监控设备、配套设施等组成。

[来源：GB/T 291317-2021, 3.1.1]

3.3

换电站 battery swap station

为电动汽车提供电池更换服务的场所。

[来源：GB/T 291317-2021, 3.1.2.1]

3.4

充电设备 charging equipment

与电动汽车或动力蓄电池相连接，并为其提供电能的设备，包括车载充电机、非车载充电机、交流充电桩等设备。

[来源：GB 50966-2014, 2.1.4]

3.5

充电系统 charging system

由充电站内的所有充电设备、电缆及相关辅助设备组成的系统。

[来源：GB 50966-2014, 2.1.3]

3.6

供电系统 power-supply system

为充换电站提供电源的电力设备和配电线路组成的系统。

3.7

蓄电池管理系统 battery management system

可以控制动力蓄电池的输入和输出功率，监视蓄电池的状态（温度、电压、荷电状态），为蓄电池提供通信接口的系统。

[来源：GB 50966-2014, 2.1.7]

3.8

监控系统 monitoring system

应用信息、网络及通信技术，对充换电站内设备运行状态和环境进行监视、控制和管理的系统。

3.9

整车充电模式 vehicle charging mode

将电动汽车通过充电连接装置直接与充电设备相连接进行充电的方式。

[来源：GB 50966-2014, 2.1.1]

3.10

车载充电机 on-board charger

固定安装在电动汽车上运行，将供电电源变换为直流电能，采用传导方式为电动汽车动力蓄电池充电的专用装置。

[来源：GB/T 291317-2021, 5.2]

3.11

非车载充电机 off-board charger

固定安装在地面，将电网交流电能变换为直流电能，采用传导方式为电动汽车动力蓄电池充电的专用装置。

[来源：GB/T 291317-2021, 5.1]

3.12

交流充电桩 AC charging piles

采用传导方式为具备车载充电机的电动汽车提供交流电能的专用装置。

[来源: GB/T 291317-2021, 5.3]

3.13

充电负荷同时率 coincidence factor of charging load

充电设备同时使用的概率。

3.14

充换电服务半径 service-supply radius of charging/battery swap

以充换电站为几何中心, 为电动汽车提供充换电服务的设计距离。

3.15

有序充(放)电 coordinated charging(discharging)

通过运用经济或技术措施进行引导和协调, 按照一定的策略对电动汽车进行充电(放电)。

[来源: GB/T 291317-2021, 10.2]

3.16

充换电服务网络 charging/battery swap service network

为电动汽车用户提供充换电服务及其辅助服务, 并具备信息化管理功能的充换电设施及其管理系统的总称。

[来源: GB/T 291317-2021, 3.5]

3.17

并网点 point of interconnection

充换电站与电网的连接处。对于有变压器的充电站, 指变压器高压侧母线或节点。对于无变压器的充电站, 指充电桩输入的汇总点。

注: 并网点的图例说明参见附录A

3.18

公共连接点 point of common coupling

充换电站与公用电网的连接处。

注: 公共连接点的图例说明参见附录A

4 基本原则

4.1 电动汽车充换电站接入电网所需的线路走廊、地下通道、变/配电站选址等应与当地城乡发展规划、土地利用规划和配电网发展规划相协调。

4.2 电动汽车充换电站建设应与当地电动汽车发展规划相适应, 并适度超前, 满足电动汽车发展的需求。

4.3 电动汽车充换电站接入电网应充分考虑并网点的供电能力, 在保障供电安全和电动汽车充换电需求的同时, 充分挖掘电动汽车充换电站的调节能力及其聚合效应。

4.4 电动汽车充换电站设计方案应满足GB/T 50966 的技术要求。

4.5 电动汽车充换电设施接入电网应满足 GB/T 36278 的要求。

4.6 电动汽车充换电站并网点电能质量应满足 GB/T 29316 、 GB/T 12325 、 GB/T 12326 、 GB/T 14549 、 GB/T 15543 、 GB/T 24337 的要求。

4.7 按照充换电站在经济社会中占有的重要程度，划分为下列两类电力用户。

a) 在政治上具有重大影响，或中断供电将对社会公共交通产生较大影响，在一定范围内造成社会公共次序严重混乱、造成较大经济损失的充电站属二级电力用户。

b) 不属于二级电力用户的充电站为三级电力用户。

5 供电安全性

5.1 电动汽车充换电站采用220V、380V电压等级接入时，配电线路的低压开关设备及保护应符合GB 50054的相关要求。

5.2 电动汽车充换电站采用10 kV~110 kV电压等级接入时，保护配置应符合GB/T 14285的相关要求。

5.3 二级电力用户的充电站宜由两回路高压供电电源供电，两回路高压供电电源宜引自不同的变电站，也可引自同一变电站的不同母线段。每回供电线路应能满足100%负荷的供电能力；三级电力用户的充电站由单回路供电电源供电。

5.4 配电容量小于等于100kVA时，宜采用低压供电方式；配电容量大于100 kVA小于等于10MVA时，宜采用10（20）kV电压等级供电，供电备用宜满足N-1要求；配电容量大于100 kVA小于等于10MVA时，宜采用10kV及以上电压等级供电，供电备用宜满足N-1要求。

5.5 交流充电桩应采用380/220V电压等级供电；直流充电桩应采用380V电压等级供电。

5.6 电动汽车充换电站供电备用安全性N-1校核要求是指正常运行方式下充换电站及其接入系统任一设备元件断开或停运后，应能通过开关操作将失电负荷恢复供电，并且保证站内无设备元件过负荷。

5.7 电动汽车充换电站供电备用安全性“N-1”校验的评价指标包括但不限于：“N-1”通过率、“N-1”最大负荷损失率和“N-1”平均负荷损失率。

5.8 电动汽车充换电站“N-1”通过率是指针对失去某个重要设备元件的预想故障集，充换电站“N-1”校核通过的概率。

$$A_1 = \frac{NUM_{N-1}}{NUM_{pre}} \quad (1)$$

式中， A_1 表示“N-1”通过率；

NUM_{N-1} 表示“N-1”校核通过的故障数目；

NUM_{pre} 表示预想故障集故障数目；

5.9 电动汽车充换电站“N-1”最大负荷损失率是指针对失去某个重要设备元件的预想故障集，充电负荷损失最大值与充换电站额定容量的比值。

$$A_2 = \frac{P_{Loss\max}}{C} \quad (2)$$

式中， A_2 表示“N-1”最大负荷损失率；

$P_{Loss\max}$ 表示充电负荷损失最大值；

C 表示充换电站额定容量。

5.10 电动汽车充换电站“N-1”平均负荷损失率是指针对失去某个重要设备元件的预想故障集，充电负荷损失平均值与充换电站额定容量的比值。

$$A_3 = \frac{P_{Loss}}{C} \quad (3)$$

式中， A_3 表示“N-1”平均负荷损失率；

P_{Loss} 表示充电负荷损失平均值；

C 表示充换电站额定容量。

6 信息安全性

- 6.1 电动汽车充换电服务网络一般有无线公网、光纤、PLC、无线专网等多种通信方式，同一个充换电站内可采用多种通信方式。
- 6.2 电动汽车充换电服务通信采集应用安全可靠的通信协议，确保数据的安全。采集接口可采用直接数据接口，或应用集成平台接口实现数据接入。
- 6.3 电动汽车充换电站监控系统应由站控层、间隔层及网络设备构成，监控系统结构设计可按照本规范附录B进行结构设计，规模较小的充电站可根据实际需要进行简化。
- 6.4 站控层应实现充换电站内运行各系统的人机交互，实现相关的信息的收集和实时显示、设备的远方控制以及数据的存储、查询和统计，并可与上一级监控系统通信。
- 6.5 间隔层应能采集设备运行状态及运行数据，实现上传至站控层、接受和执行站控层控制命令的功能。
- 6.6 充电监控系统宜具备数据采集、控制调节、数据处理与存储、事件记录、报警处理、设备运行管理、用户管理和权限管理、报表管理与打印功能、可扩展性、对时等功能。
- 6.7 供电监控系统应采集充换电站供电系统的开关状态、保护信号、电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数和电能计量信息等。供电监控系统应能控制供电系统负荷开关或断路器的分合。规模较大的充电站供电监控系统应具备供电系统的越限报警、事件记录和故障统计功能。
- 6.8 电动汽车充换电站监控系统在信息安全方面应满足《电力监控系统安全防护规定》（发改委[2014]14号），《电力监控系统安全防护总体方案》（国能安全[2015]36号）的相关要求。
- 6.9 电动汽车充换电站监控系统应具备高度的安全保障特性，能保证数据信息的安全和保密；系统应具备阻止外部非法侵入的能力，可以有效地防止以非正常的方式对系统软、硬件设置及各种数据进行更改等操作；系统应具有良好的恢复机制，严格控制各种计算机病毒的侵入与扩散，对异常情况能够及时恢复。
- 6.10 电动汽车充换电站监控及其聚合运营系统应按照“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证”的原则，制定相应的信息通信和安全防护方案。

7 供电可靠性

- 7.1 电动汽车充换电站供电可靠性主要指充换电站稳定运行时，在元件容量、母线电压和系统频率等的允许范围内，考虑元件的计划停运以及合理的非计划停运条件下，向用户持续供电的能力。
- 7.2 电动汽车充换电站供电可靠性的评价指标包括但不限于：平均停电频率、平均停电持续时间、平均供电可用度。
- 7.4 “平均停电频率”指电动汽车充换电站在水平年内平均每个充电设施经受的持续性停电的次数。

$$B_1 = \frac{NUM_{outage}}{NUM_{cf}} \quad (4)$$

式中， B_1 表示平均停电频率，一般不超过 2.77 次； NUM_{outage} 表示充电设施持续性停电总次数； NUM_{cf} 表示充电设施总数。

- 7.5 “平均停电持续时间”指电动汽车充换电站在水平年内平均每个充电设施经受的总停电时间。

$$B_2 = \frac{Outage_{cf}}{NUM_{park}} \quad (5)$$

式中， B_2 表示平均停电持续时间，一般不超过 8.76 小时； $Outage_{cf}$ 表示充电设施停电持续时间总和； NUM_{park} 表示充电设施停电总次数。

7.6 “平均供电可靠度”指电动汽车充换电站在水平年内充电设施总用电小时数与用户的总充电需求小时数之比。

$$B_4 = \frac{H_{cf}}{H_{cd}} \quad (6)$$

式中， B_4 表示平均供电可靠度，一般不低于 99.9%； H_{cf} 表示充电设施总用电小时数； H_{cd} 表示用户总充电需求小时数。

8 供电充裕性

8.1 电动充换电站的充裕性指电动汽车充换电站规划建设适应当前以及未来充电负荷发展的能力。

8.2 电动汽车充换电站网络的充裕性指标包括但不限于：充电服务半径、资源裕度、供电能力裕度、扩展裕度等。

8.3 电动汽车充换电站的充电服务半径指该站到其供电所能覆盖到的最远负荷点之间的直线距离。应根据地区发展特点及电动汽车不同发展阶段差异化确定服务半径。充电服务半径推荐指标如表 1 所示。

表 1 充电服务半径推荐指标

地区	年份	中心地区 km	乡镇中心 km	规划区域 km
加快发展地区	规划本期	2	5	10
	规划远期	1	2	5
示范推广地区	规划本期	3	7	15
	规划远期	2	5	10
积极促进地区	规划本期	5	10	20
	规划远期	3	7	15

8.4 电动汽车充换电站的资源裕度主要衡量电动汽车充换电站未来的扩建空间和现有资源的剩余量，包括扩容裕度和车位裕度两个指标。

(1) 扩容裕度是指在不增加站点的前提下，在现有充换电站增加充电桩车位所能增加供电容量裕度。

$$A_{kryd} = \frac{C_{extra}}{C_{exist}} \times 100\% \quad (7)$$

式中， A_{kryd} 表示扩容裕度； C_{extra} 表示扩容增加的供电容量； C_{exist} 表示现有供电容量。

(2) 对于规划中间年，车位裕度是指充换电站未使用的车位占充换电站现有的以及将来扩展后的充电车位总数的比例。对于目标年，车位裕度是指充换电站未使用的车位数占充换电站现有的车位总数的比例。

$$A_{cxyd} = \left(1 - \frac{L_p}{L_p + L_N + L_F} \right) \times 100\% \quad (8)$$

式中， L_p 为充换电站中现在已经使用的车位数； L_N 为现在未使用的车位数； L_F 为将来扩展的车位数； A_{cxyd} 为车位裕度，一般不低于 10%；如果计算目标年的车位裕度，取则 $L_F = 0$ 。

8.5 电动汽车充换电站供电能力裕度是指电动汽车充换电站适应充电负荷增长的能力。鉴于负荷的不确定性和长期发展，充换电站的供电能力一般应大于所在区域所需充电的电动汽车负荷量。

$$A_{\text{fhyd}} = \frac{S - P_t / \cos \varphi}{S} \times 100\% \quad (9)$$

式中， S 为充换电站供电能力； P_t 为充换电站有功负荷； $\cos \varphi$ 为充换电站负荷功率因数；

A_{fhyd} 为供电能力裕度，一般不低于 50%。

8.6 电动汽车充换电站的扩展裕度主要评价接线方式能否根据未来充换电站发展的需要作灵活变化。接线方式包括充换电站的接线模式以及接入系统方案，充换电站发展的需要主要是指新增的充负荷需求。

(1) 在对该指标进行计算的过程中，首先明确充换电站接线模式，然后分析确认能否通过比较简单的操作改变接线，再根据该种操作的难易程度、通过操作可得到的不同接线方式的种类等，对电动汽车充换电站网络结构的扩展裕度给定具体数值。

(2) 通常情况下，可用不同接线模式下充电网络的供电能力与最大可能值的差额来表示电动汽车充换电站网络的扩展裕度；也可用电动汽车充电网络中可扩展的接线模式数量所占比例来反映该指标。

9 供电协调性

9.1 电动汽车充换电站的供电协调性指充换电站额定充电容量与高中压配电系统供电能力的匹配、与各等级电网变电站容量的匹配以及充电负荷分布的均衡性。

9.2 电动汽车充换电站额定充电容量与高中压配电系统供电能力的协调性通过对高中压配电网的供电能力的计算来衡量对比。电网供电能力是指一定供电区域内或以某一变电站为单位，电网供电设备满足 N-1 条件下最大能满足充换电站用电的能力，电网供电能力大小取决于变电站站内供电能力和变电站站间的电网供电转移能力。

9.3 电动汽车充电负荷分布的均衡性主要用各充换电站负荷的均衡度指标来量化。

$$\begin{aligned} \alpha_{i\max} &= T_{i\max} \% - T_{i\min} \% \\ &= \max_j \left(\frac{L_{dij}}{P_{ij}} \times 100\% \right) - \min_j \left(\frac{L_{dij}}{P_{ij}} \times 100\% \right) \end{aligned} \quad (10)$$

式中， $\alpha_{i\max}$ 为充电网络负荷均衡度； $T_{i\max}$ 为充换电站网络供电线路最大负载率； $T_{i\min}$ 为充换电站网络供电线路最小负载率； P_{ij} 为线路额定供电能力； L_{dij} 为线路实际承担的充电负荷。

10 电力需求响应能力

10.1 电动汽车充换电站应具备一定的参与电力需求侧响应的能力，电动汽车充换电站网络宜采用聚合运营和协同控制的模式参与电力价格响应、负荷控制和其他辅助服务等。

10.2 电动汽车充换电站电力需求响应能力评价指标包括但不限于：可调度容量、可调度能量、充电响应时间、充电调节时间、放电响应时间、放电调节时间、充放电转换时间、爬坡率、调峰深度、调峰裕度等。

10.3 可调度容量指电力需求响应下电动汽车充换电站能够增加或者减少的有功功率最大值。

10.4 可调度能量指电力需求响应下电动汽车充换电站能够吸收或者释放的电量最大值。

10.5 充电响应时间：正常工作状态下，电动汽车充换电站自收到控制指令起，从热备用状态转成充电，直到充电功率达到额定功率的 90% 的时间。充电响应时间如图 1 所示。

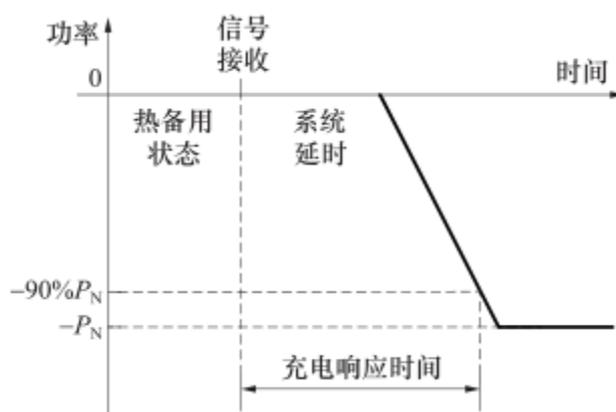


图1 充电响应时间

10.6 充电调节时间：热备用状态下，电动汽车充换电站从开始充电到充电功率达到额定功率，且功率偏差控制在额定功率的 2% 以内所需要的时间。充电调节时间如图 2 所示。

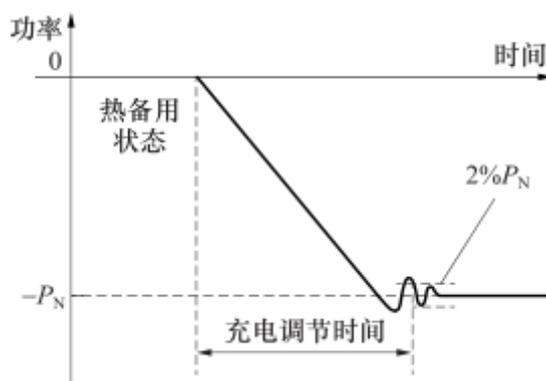


图2 充电调节时间

10.7 放电响应时间：正常工作状态下，电动汽车充换电站自收到控制指令起，从热备用状态转成放电，直到放电功率达到额定功率的时间。放电响应时间如图 3 所示。

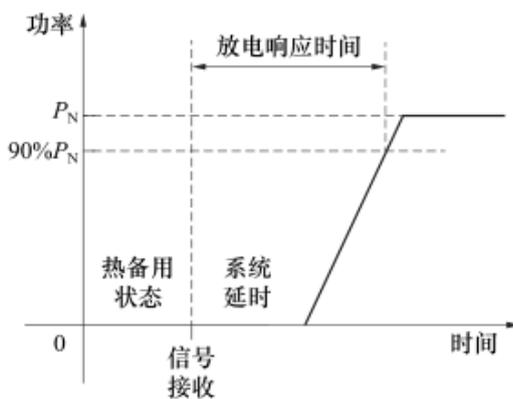


图3 放电响应时间

10.8 放电调节时间：热备用状态下，电动汽车充换电站从开始放电到放电功率达到额定功率且功率偏差控制在额定功率的 2% 以内所需要的时间。放电调节时间如图 4 所示。

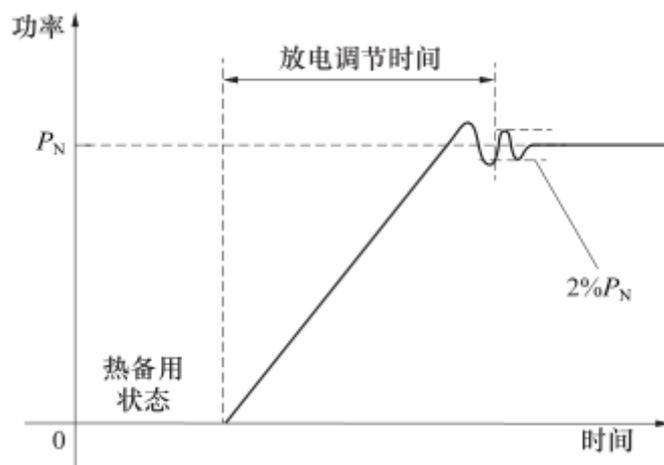


图4 放电调节时间

10.9 充放电转换时间: 正常工作状态下, 储能系统从额定充电功率 90% 达到额定放电功率 90% 的时间与储能系统从额定放电功率 90% 达到额定充电功率 90% 的时间平均值。充放电转换时间如图 5 所示。

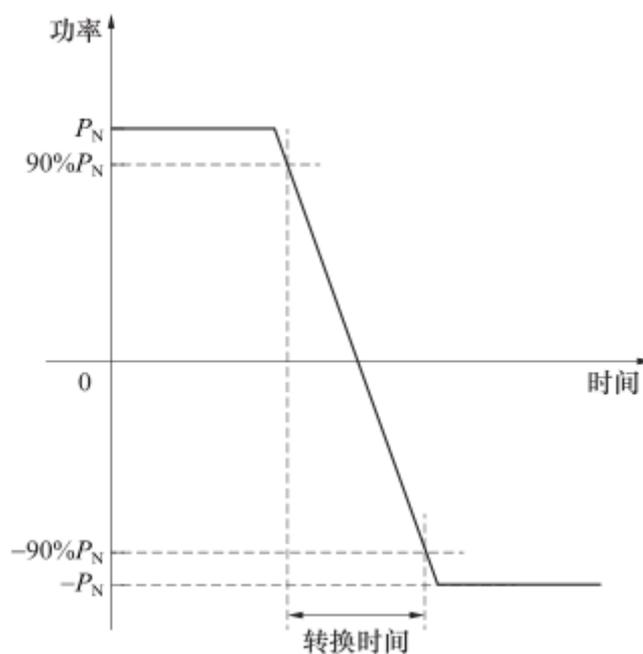


图5 充放电转换时间

10.10 爬坡率: 单位时间内电动汽车充换电站有功功率调节变化的幅值; 电动汽车充换电站参与电力需求响应时间一般不超过 100 ms。

10.11 调峰深度: 电动汽车充换电站功率调节幅度与其可调度容量的比值; 具体根据系统调节需求和电动汽车充换电站当前的调峰裕度确定。

$$\lambda_{+/-} = \frac{P_{+/-}}{P_{\max,+/-}} \quad (12)$$

上式中, λ 为调峰深度; P 为调节幅度; P_{\max} 为可调度容量; “+”为放电, “-”为充电,

具体如下式所示。

10.12 调峰裕度: 电动汽车充换电站功率调节幅度与其可调度能量的比值。

$$\eta_{+/-} = \frac{E_{+/-}}{E_{\max,+/-}} \quad (13)$$

上式中， η 为调峰深度； E 为调节幅度； E_{\max} 为最大可调度容量；“+”为放电，“-”为充电。

11 经济性

11.1 电动汽车充换电站规划经济性评价主要包括充换电站建设经济性和运行经济性两部分内容。

11.2 电动汽车充换电站建设经济性评价包括静态评价和动态评价两部分。静态评价指对充换电站总投资能够获得的电力效益即存量效益进行评价，动态评价指对投资增加能够获得的电力效益即增量效益以及规划工程所产生的经济效益进行评价。

11.3 电动汽车充换电站建设经济性静态评价指标包括但不限于：单位资产供电能力、单位资产所供电量、单位资产所供电负荷等。

11.4 电动汽车充换电站建设经济性动态评价指标包括但不限于：单位新增资产电量增量、单位资产新增资产负荷增量、投资回收期、净现值、内部收益率等。

11.5 电动汽车充换电站运行经济性是指在保证安全运行和满足供电需求的基础上，通过运行方式优化，最大限度降低网络损耗，并充分利用设备，以实现经济效益的最优化。

11.6 电动汽车充换电站运行经济性评价指标包括但不限于：设备利用小时数、充换电站/充电设施运行效率、充电网络损耗。

11.7 电动汽车充换电站经济性评价方法参考 DL/T 5438《输变电工程经济评价导则》。

附录 A (资料性)

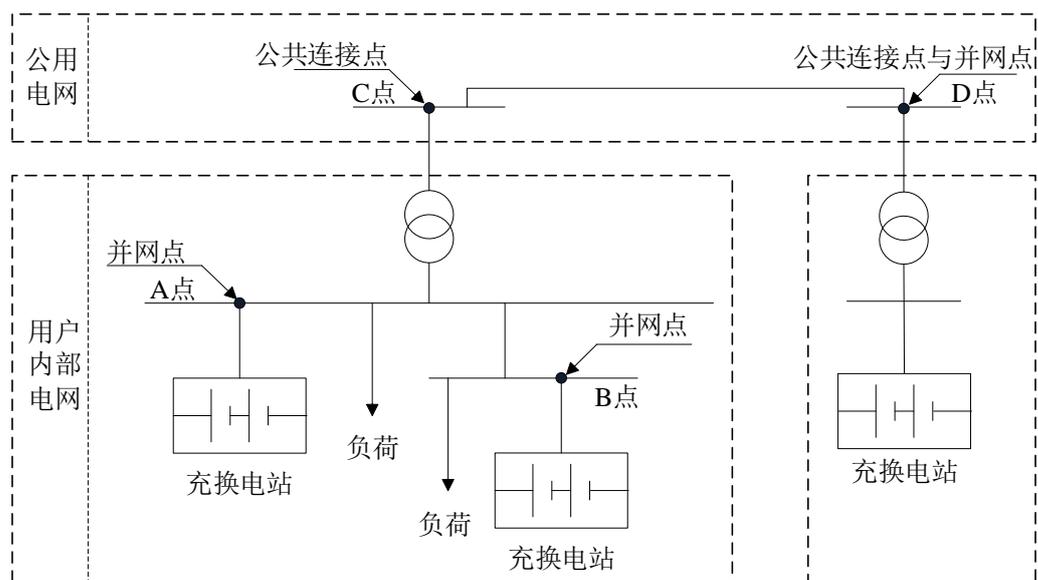
充换电站并网点与公共连接点的图例说明

A.1

电动汽车充换电站的并网点是指充换电站与电网的连接点，而该电网可能是公用电网，也可能是用户内部电网。对于有升压变压器的充换电站，并网点指升压变压器高压侧母线或节点。对于无升压变压器的充换电站，并网点指充电输入汇总点。

A.2

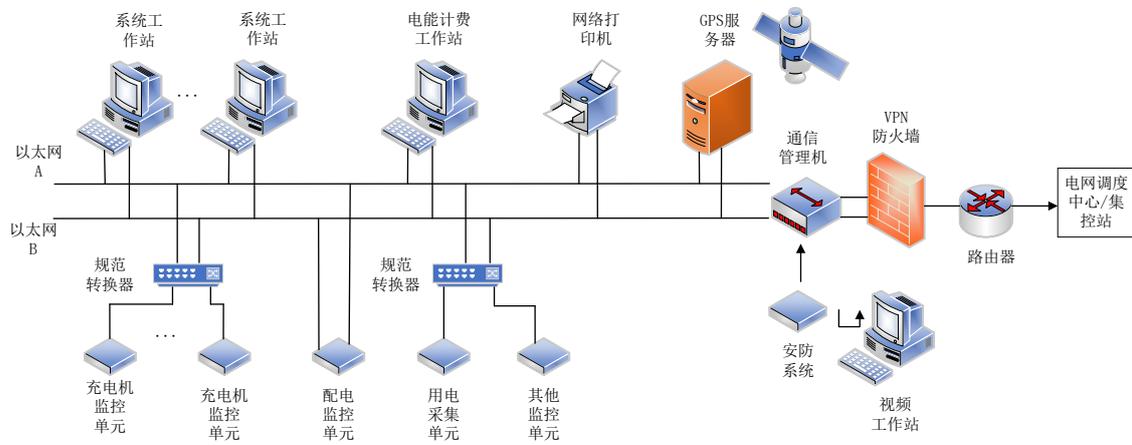
电动汽车充换电站并网点的图例说明如图 A.1 所示：虚线框为用户内部电网，该用户电网通过公共连接点 C 与公用电网相连。在用户内部电网，有两个充换电站，分别通过 A 点和 B 点与用户电网相连，A 点和 B 点均为并网点，但不是公共连接点。在 D 点，有充换电站直接与公用电网相连，D 点是并网点，也是公共连接点。



图A.1 并网点与公共连接点图例说明

附录 B (资料性)

电动汽车充换电站监控系统结构示意图



图B.1 充换电站监控系统结构示意图