

ICS:29.020

F 20

# 团 体 标 准

T/CERS0129-2025

---

## 电动汽车充换电设施调频控制技术规范

Technical specification for frequency regulation of EV charging/battery swap infrastructure

2025-12-01发布

2025-12-01实施

---

中国能源研究会发布

# 目 次

前 言 .....	I
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 .....	4
5 充换电设施参与调频总体架构 .....	5
6 调频技术要求 .....	5
7 通信技术要求 .....	6
8 测试内容 .....	6
附 录 A（资料性） 充换电设施接入电网调度系统总体架构 .....	8
附 录 B（资料性） 充换电设施有功功率控制响应曲线及参数 .....	9
附 录 C（资料性） 充换电设施参与一次调频控制的频率下垂特性曲线图 .....	10
附 录 D（资料性） 调频基本采集信息 .....	11
附 录 E（资料性） 调频试验方案 .....	13

## 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。

本文件由中国能源研究会提出并归口。

本文件起草单位：华北电力科学研究院有限责任公司、国网冀北电力有限公司、上海蔚来汽车有限公司、中国电力科学研究院有限公司、上海启源芯动力科技有限公司、深圳市科中云技术有限公司、阿里云计算有限公司、北京市腾河智慧能源科技有限公司、北京清大科越股份有限公司、国网北京市电力公司、国网浙江省电力有限公司、国网（苏州）城市能源研究院有限责任公司、电力规划总院有限公司、中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司。

本标准主要起草人：丁然、王俊鏢、王泽森、陈宋宋、董家伟、李德智、孔帅皓、胡伟峰、梁贝宁、刘丽芳、郭鹏、黄振、常洪山、徐立中、李奇、周志宇、凡鹏飞、吴明宸、郭静蓉、许昂兢、何光、童成杰、郭梦婕、郭向威、孙杰、饶亦然、江海燕、徐海翔、姚一鸣、熊孝国、张政聪、马翔、项中明、袁伟、葛良、魏笑然、孙玮泽、张思琪。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国能源研究会。

相关意见反馈联系方式：中国能源研究会标准执行办公室（E-mail: cers@cers.org.cn；电话：010-56284696）

# 电动汽车充换电设施调频控制技术规范

## 1 范围

本文件规定了电动汽车充换电设施参与电网调频的控制模式、功能要求和性能指标。

本文件适用于通过10kV/0.4kV电压等级并网的电动汽车充换电设施，其他电压等级可参照执行。

## 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 18487.1-2023	电动汽车传导充电系统 第1部分：通用要求
GB/T 20234.1-2023	电动汽车传导充电用连接装置 第1部分：通用要求
GB/T 27930-2023	电动汽车非车载传导式充电机与电池管理系统之间的通信协议
GB/T 29317-2021	电动汽车充换电设施术语
GB/T 31464-2022	电网运行准则
GB/T 36547-2024	电化学储能系统接入电网技术规定
GB/T 36572-2018	电力监控系统网络安全防护导则
GB/T 40289-2021	光伏电站功率控制系统技术要求
GB/T 40594-2021	电力系统网源协调技术导则
GB/T 40595-2021	并网电源一次调频技术规定及试验导则
GB/T 44241-2024	虚拟电厂管理规范
GB/T 44260-2024	虚拟电厂资源配置与评估技术规范
DL/T 634.5104-2009	远动设备及系统 第5-104部分：传输规约 采用标准传输规约集的
IEC60870-5-101	网络访问
DL/T 1870-2018	电力系统网源协调技术规范
DL/T 2194-2020	水力发电机组一次调频技术要求及试验导则
DL/T 2473-2022	可调节负荷并网运行与控制技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**充换电设施** charging/battery swap infrastructure

为电动汽车提供电能的相关设施的总称，包括充电设施和换电设施。

[来源：GB/T 29317-2021，3.1]

### 3.2

**充电设备** charging equipment

以传导或无线方式与电动汽车或动力蓄电池连接，为其提供电能的设备。

[来源：GB/T 29317-2021，3.2]

### 3.3

**充换电服务运营商** charging and battery swap service operator

为电动汽车用户提供充换电服务的提供者，可包括充换电服务平台运营商和充换电设施运营商，简称运营商。

[来源：GB/T 29317-2021，9.3]

### 3.4

**充换电运营服务系统** charging and battery swap operation and service system

实现电动汽车充换电相关业务的营业服务、调度管理、运行监控、数据采集、统计分析、运行决策的系统，为联网电动汽车用户提供信息服务。充换电运营服务系统可由充换电监控平台、充换电服务平台、充换电服务客户端等组成。[来源：GB/T 29317-2021，9.4]

### 3.5

**电动汽车与电网充放电双向互动** vehicle to grid (V2G)

电动汽车动力蓄电池通过充放电装置与电网相连，作为储能单元参与电网供电的运行方式，实现双向能量流动。[来源：GB/T 29317-2021，10.1.1]

### 3.6

**聚合商平台** aggregator operating platform

在其本地或互联网云端部署的满足相应安全防护等级要求的自动化信息系统，具备对各类可调节负荷资源实现信息接入、实时监视、指令下达、操作控制、统计查询、计量计费等功能。[来源：DL/T 2473.1-2022，3.3]

### 3.7

**数据采集与监视** supervisory control and data acquisition (SCADA)

可实现对各类可调节负荷终端设备进行数据采集、处理、状态监视以及异常监视告警的功能应用。

[来源：DL/T 2473.1-2022，3.4]

### 3.8

**一次调频** primary frequency regulation

当电力系统频率偏离目标频率时，常规机组通过调速系统的自动反应、新能源和储能等并网主体通过快速频率响应，调整有功出力减少频率偏差所提供的服务。

[来源:GB/T40595-2021，3.1，有修改]

### 3.9

**二次调频** secondary frequency regulation

指并网主体通过自动功率控制技术，包括自动发电控制（AGC）、自动功率控制（APC）等，跟踪电力调度机构下达的指令，按照一定调节速率实时调整发用电功率，以满足电力系统频率、联络线功率控制要求的的服务。

### 3.10

**自动功率控制 automatic power control (APC)**

采用信息通信和自动控制技术，通过调度侧向发电厂、大工业负荷或聚合商平台接入的可调节负荷下达实时调节指令，实现对电网调控范围内发电机、可调节负荷等源网荷储各环节调节资源有功的目标计算分配和自动跟踪调节，达到满足电网实时平衡及频率调节等要求，维持系统频率和联络线交换功率在计划偏差范围内的闭环控制过程，是传统的自动发电控制 (AGC) 功能进一步深化拓展。

[来源：DL/T 2473.1-2022，3.11]

## 3.11

**调差率 active power-frequency regulation rate**

充换电设施的调差率 $\sigma\%$ ，一般以百分数表示，表达式如式(1)所示。

$$\sigma\% = - \frac{\Delta f / \Delta P}{f_n / P_n} \quad (1)$$

$\Delta P$ ——有功功率的变化量， $\Delta P = P_e - P_0$ ， $P_e$ 是频率变化后的有功功率， $P_0$ 是系统频率保持额定频率时的有功功率，单位为MW。

$P_n$ ——额定有功功率，单位为MW。

$\Delta f$ ——系统频率的变化量， $\Delta f = f - f_n$ ， $f$ 是频率变化后的系统频率，单位为赫兹(Hz)。

$f_n$ ——系统额定频率，单位为赫兹(Hz)。

## 3.12

**下垂曲线 droop curve**

具备一次调频能力的电力设备并网运行过程中，电网频率与额定频率产生偏差时，设备出力的变化曲线。

## 3.13

**调节容量 peak-shaving capacity**

充换电设施最大技术出力与最小技术出力之差。

## 3.14

**最大可用充电功率 maximum available charge power**

充换电设施在运行中实际所能提供的最大可靠充电功率。

## 3.15

**最大可用放电功率 maximum available discharge power**

充换电设施在运行中实际所能提供的最大可靠放电功率。

## 3.16

**最大调节步长 maximum adjustment step**

对充换电设施进行充放电功率控制的单个控制指令的最大调节幅度。

## 3.17

**最小调节步长 minimum adjustment step**

对充换电设施进行充放电功率控制的单个控制指令的最小调节幅度。

## 3.18

**响应滞后时间 response delay time**

充换电设施自接受有功功率控制指令的时刻 $t_0$ 起,至实测有功功率开始变化,且变化幅度越过有功功率允许的响应滞后死区范围并在趋势上不再返回的时刻 $t_1$ 之间的时间差,表达式如式(2)所示。

$$\text{响应滞后时间 } T_d = t_1 - t_0 \quad (2)$$

[来源:GB/T40595-2021, 3.10, 有修改]

## 3.19

**上升时间 rise time**

充换电设施实测有功功率达到有功控制目标值10%的时刻 $t_2$ ,起,至实测有功功率达到有功控制目标值90%的时刻 $t_3$ 之间的时间差,表达式如式(3)所示。

$$\text{上升时间 } T_r = t_3 - t_2 \quad (3)$$

[来源:GB/T40595-2021, 3.11, 有修改]

## 3.20

**稳定时间 steady time**

充换电设施自接受有功功率控制指令的时刻 $t_0$ 起,至实测有功功率第一次进入有功控制目标所允许的稳态控制误差带其在趋势上不再返回的时刻 $t_4$ 之间的时间差,表达式如式(4)所示。

$$\text{稳定时间 } T_s = t_4 - t_0 \quad (4)$$

## 3.21

**平均调节速率 average load ramp rate**

选取充换电设施实测有功功率变化至有功控制目标值10%和90%的两个工况点,两点连线的斜率,表达式如式(5)所示。

$$\text{平均调节速率} = \frac{90\%P_s - 10\%P_s}{t_3 - t_2} \quad (5)$$

## 3.22

**稳态控制偏差 static control deviation**

在有功控制目标不变的工况下,在考核时间段内,有功功率偏离有功控制目标的偏差值,按正向有功稳态偏差、负向有功稳态偏差分别计算。

**4 总体要求****4.1 基本功能**

应充分利用充换电设施控制精度高、响应速度快、充放电灵活的特点,实现调频功能,其中调频功能包括一次调频和二次调频。建议聚合后参与调频的资源总容量不低于1MW,以确保调频效果和控制稳定性。

**4.2 安全要求**

充换电设施参与电网调频控制时,应确保充换电设施的安全稳定运行。充换电设施运行应满足 GB/T 31464 要求,运行过程中应确保人身和设备安全。充换电设施与电网通信应满足国

家和电力行业信息安全和GB/T 36572等电力监控系统网络安全防护相关要求。充换电设施与动力电池交互应满足GB/T 18487.1、GB/T 27930等标准要求，充换电设施调节应在电池BMS允许调节范围内执行。

## 5 充换电设施参与调频总体架构

电动汽车充换电设施参与电网调频的总体架构如附录A所示，对于一次调频、二次调频等快速响应要求的通过 I 区的安全接入区直接接入或通过内外网隔离设备到调度机构互联网区实现。

## 6 调频技术要求

### 6.1 一次调频

#### 6.1.1 功能要求

当电网频率超过一次调频控制死区时，具备电网一次调频能力并提供一次调频辅助服务的充换电设施应具备主动有功功率响应功能，快速响应电网频率变化，提高电网频率稳定水平。

- a) 一次调频功能应在充换电站本地控制器中实现，聚合商平台负责对不同站点一次调频容量进行动态分配。
- b) 应能够按照一次调频下垂曲线(见附录C)进行一次调频动作。
- c) 调差率、频率死区、调频限幅等一次调频参数应可设置。
- d) 应具备一次调频投入/退出功能。
- e) 应具备一次调频相关历史数据的存储、查询功能。

#### 6.1.2 控制参数

充换电设施聚合后整体的控制参数应满足以下要求，单个充换电设施可参照执行：

- a) 一次调频调差率应不大于5%，该技术指标不考虑调频死区的影响。
- b) 一次调频频率死区应设置在 $\pm 0.033\text{Hz}$ 至 $\pm 0.067\text{Hz}$ 内，推荐 $\pm 0.05\text{Hz}$ 设置。
- c) 一次调频的功率调节限幅应不小于最大可用充电功率的50%。
- d) 一次调频的投用范围为调度机构核定的出力范围。

#### 6.1.3 性能指标

充换电设施聚合后整体的性能指标应满足以下要求，单个充换电设施可参照执行：

- a) 参与一次调频的响应滞后时间应不大于3s。
- b) 参与一次调频的响应速度应满足：达到90%理论调节功率的时间应不大于12s。
- c) 参与一次调频的稳定时间应不大于30s。
- d) 参与一次调频的稳定运行时间应不小于1min。
- e) 频率信号的采样周期应不大于100ms，频率测量精度不大于0.003Hz，应具备测量0.003Hz 及更小的频率变化。
- f) 有功功率调节偏差不超过 $\pm 5\% P_n$ 。

### 6.2 二次调频

#### 6.2.1 功能要求

当接收到电网调度下发的AGC/APC控制目标时，应实时生成有功控制指令并执行，实现对调度AGC/APC控制目标的跟踪。

- a) 应具备对调度下发AGC/APC控制指令的校验功能。校验AGC/APC控制指令是否超出最大可用充/放电功率、可用容量等安全范围；对从调度下发的AGC/APC控制指令的调节步长应进行幅度校验，超出最大允许幅度时须拒绝执行，并向调度主站上报告警信息。

- b) 接收到AGC控制目标后,应根据运行状态、SOE和电池倍率特性等条件,采用相应的控制策略合理生成有功控制指令,宜采用等裕度或等比例策略。
- c) 在电网频率异常、通信中断和储能系统故障等情况时,应闭锁AGC控制功能
- d) 应具备一次调频与AGC协调控制功能。在AGC调节过程中,应优先响应一次调频,并能够正确闭锁与一次调频动作方向相反的AGC指令,避免发生三反向调节。
- e) 响应死区、稳态控制偏差、调节速率等AGC控制参数应可设置。
- f) 应具备AGC远方/就地控制功能,各储能单元应具备AGC投入/退出控制功能。
- g) 应具备AGC相关历史数据的存储、查询功能。

### 6.2.2 控制参数

充换电设施聚合后整体的控制参数应满足以下要求,单个充换电设施可参照执行:

- a) 响应死区应设置在 $\pm 5\% P_n$ 内。
- b) 稳态控制偏差应设置在 $\pm 5\% P_n$ 内。
- c) 最大调节步长应设置为 $100\% P_n$ 。
- d) 最大可用充电功率应设置为 $100\% P_n$ 。
- e) 对于具备放电能力的资源,最大可用放电功率应设置为 $100\% P_n$ 。
- f) SOE上限和下限应充分考虑充换电站运营状态进行动态评估。
- g) AGC的投用范围为调度机构核定的出力范围。

### 6.2.3 性能指标

充换电设施聚合后整体的性能指标应满足以下要求,单个充换电设施可参照执行:

- a) AGC功能的年可用率应不小于90%。
- b) AGC功能调节合格率应不小于90%,其中,充放电功率在接收AGC控制目标后的规定时间里到达稳态控制偏差内为合格点。
- c) 到AGC指令后的响应时间不大于30s。
- d) 收到AGC指令后的调节时间不大于90s
- e) AGC的实际平均调节速率应不小于 $10\% P_n / 60s$ 。
- f) AGC的稳态偏差应不超过 $\pm 5\% P_n$ 。

## 7 通信技术要求

### 7.1 通信要求

充换电设施或聚合商与调度主站应采用电力调度数据网、专用远动通道等进行通信,通信规约采用DL/T634.5 104等。

### 7.2 信息要求

7.2.1 充换电设施或聚合商上送至调度主站的实时遥测信息,具体内容参见附表D.1。

7.2.2 调度主站下发至充换电设施或聚合商的遥调命令,具体内容参见附表D.2。

7.2.3 充换电设施或聚合商上送给至调度主站的实时遥信信息,具体内容参见附表D.3

7.2.4 调度主站下发至充换电设施或聚合商的遥控命令,具体内容参见附表D.4。

7.2.5 单个充换电设施及聚合数据的遥测、遥调、遥信和调控数据应进行存储,聚合商平台保存期限不得少于1年,并应具备数据完整性校验和追溯功能。

## 8 测试内容

### 8.1 试验工况

8.1.1 充换电设施或聚合商应选择系统负荷峰段及谷段两种工况。

8.1.2 对系统负荷平段工况有特定要求的,应开展系统平段工况下的试验。

## 8.2 试验项目

### 8.2.1 一次调频死区试验

通过连续改变模拟的机组顺差（模拟转速）信号测试一次调频死区，直至有功功率开始规律性调节。

### 8.2.2 一次调频动态性能试验

通过顺差（模拟转速）阶跃试验得到一次调频滞后时间、上升时间、调节时间。

每个工况阶跃试验至少包括 $\pm 0.05\text{Hz}$ 、 $\pm 0.15\text{Hz}$ 、 $\pm 0.3\text{Hz}$ 的有效频差阶跃，最大有效频差宜不超过 $\pm 0.4\text{Hz}$ ，频差应持续保持至一次调频功率达到理论计算值后40s。具体性能指标应满足6.1要求。

### 8.2.3 一次调频限幅试验

设置有一次调频限幅的，应分别测试系统负荷峰段及谷段工况下的最大调节幅度。

对系统负荷平段工况有特定要求的，应开展系统负荷平段工况下的一次调频试验。

### 8.2.4 AGC性能试验

包含聚合和单体两种形式，测试方法均为在每个工况下设置被测试资源的充电功率，逐级按照25%额定功率开展升功率和降功率测试。

根据功率响应数据同步开展包括AGC响应时间、调节时间、平均调节速率、稳态偏差指标的测试。性能指标应满足6.2要求。

## 附录 A

(资料性)

## 充换电设施接入电网调度系统总体架构

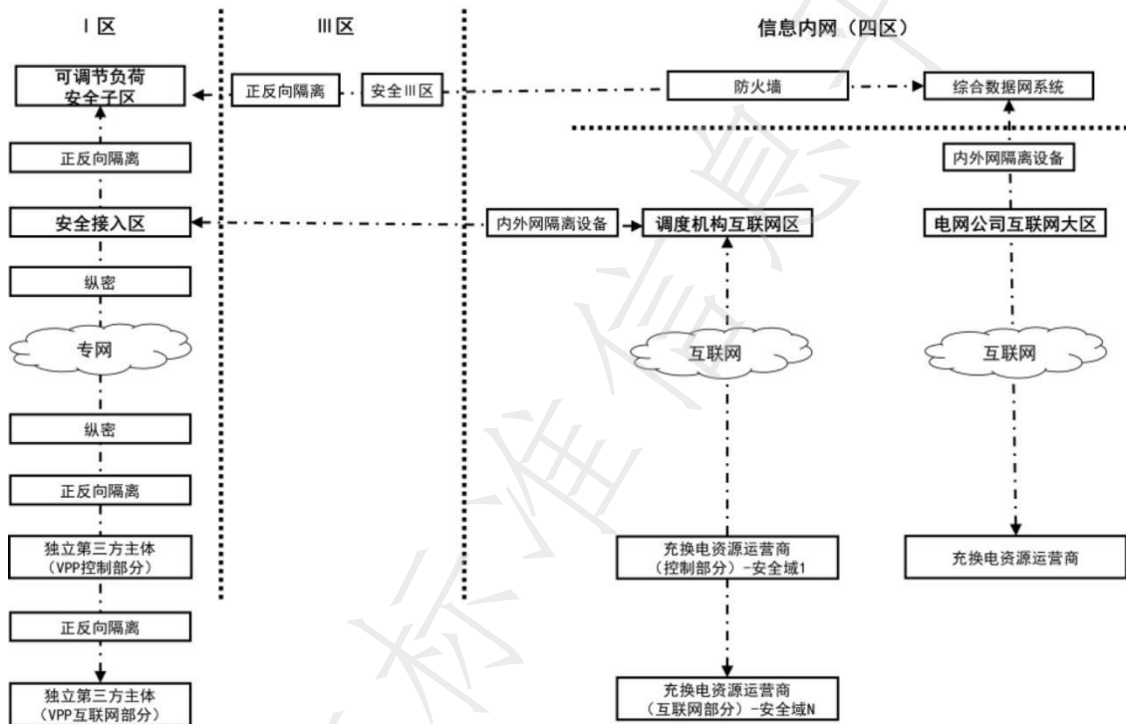


图 A.1 充换电设施接入电网调度系统总体架构

## 附录 B

(资料性)

## 充换电设施有功功率控制响应曲线及参数

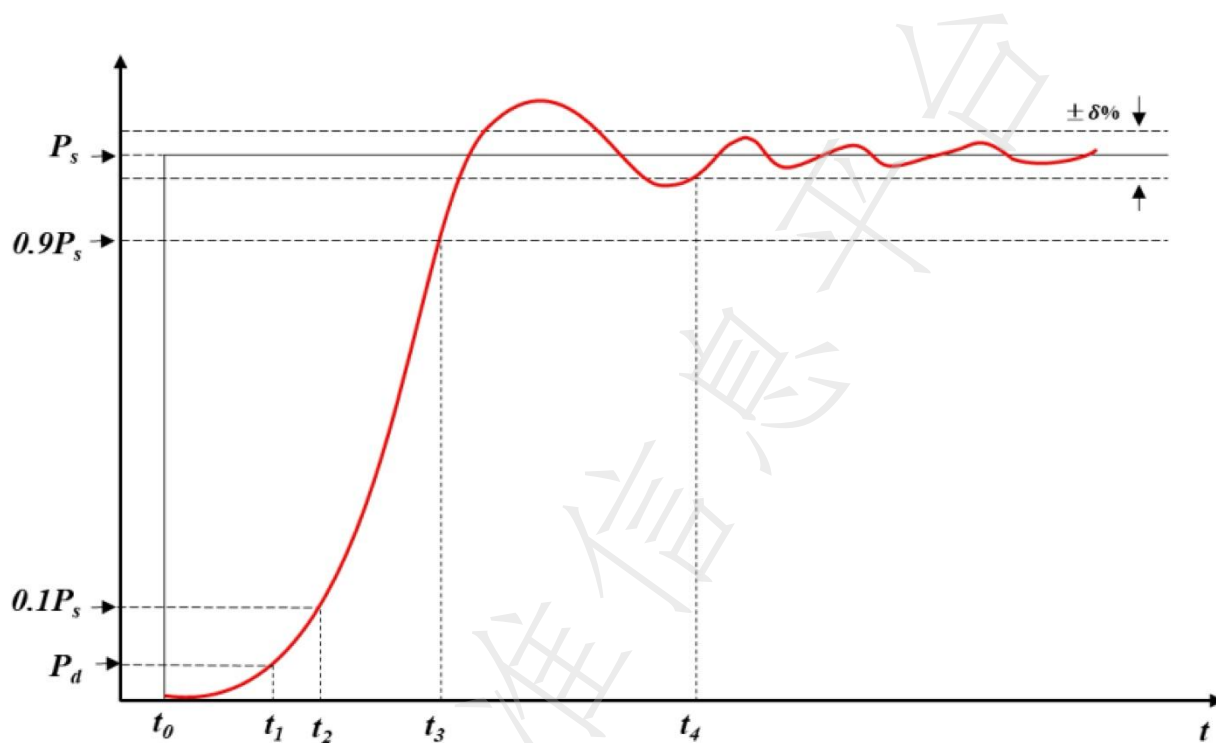


图 B.1 充换电设施或聚合商有功功率响应模拟曲线

$P_s$ : 充换电设施或聚合商有功功率控制目标值;

$P_d$ : 充换电设施或聚合商有功功率控制的响应滞后死区;

$t_0$ : 充换电设施或聚合商接受到有功功率控制目标值的起始时刻;

$t_1$ : 充换电设施或聚合商实测有功功率越过响应滞后死区的时刻;

$t_2$ : 充换电设施或聚合商实测有功功率达到有功控制目标值10%的时刻;

$t_3$ : 充换电设施或聚合商实测有功功率达到有功控制目标值90%的时刻;

$t_4$ : 充换电设施或聚合商实测有功功率不再超出稳态控制误差带的时刻;

$T_d$ : 响应滞后时间;

$T_r$ : 上升时间;

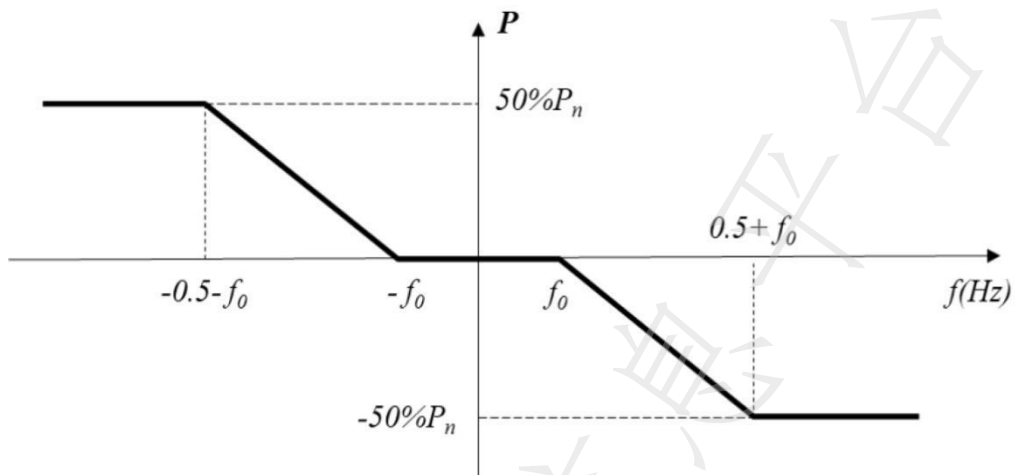
$T_s$ : 稳定时间

$\pm\delta\%$ : 稳态控制误差带。

## 附录 C

(资料性)

充换电设施参与一次调频控制的频率下垂特性曲线图



图C.1 充换电设施或聚合商参与一次调频控制的下垂曲线图

附 录 D  
(资料性)  
调频基本采集信息

根据为满足调度对充换电可调节资源的调频需求,依据DL/T 634.5104-2009远动设备及系统第5-104部分进行数据交互,将充换电站内电气量信息等遥测、遥信、遥调、遥控通过104协议上传。

#### D.1 充换电可调节负荷遥测点表

表 D.1 充换电可调节负荷遥测点表

序号	名称	地址(十进制)	说明
1	APC遥调功率	16385	返回调度或者虚拟电厂下发的APC指令,充电为负,放电为正, kW
2	系统最大可充电功率	16386	充换电设施结合自身运营需求可以提供的最大的充电功率, kW
3	系统最大可放电功率	16387	充换电设施结合自身运营需求可以提供的最大的放电功率, kW
4	系统可充电量	16388	充换电设施结合自身运营需求可以提供的最大的充电电量, kWh
5	系统可放电量	16389	充换电设施结合自身运营需求可以提供的最大的放电电量, kWh
6	系统充放电状态	16390	充换电站整体的充电或者放电状态,充电为0,放电为1
7	系统电池总台数	16391	充换电站目前连接的电池数量
8	电池最高SOC	16392	充换电站目前连接的电池最高的SOC
9	电池最低SOC	16393	充换电站目前连接的电池最低的SOC
10	电池平均SOC	16394	充换电站目前连接的电池平均的SOC
11	系统电压	16395	充换电站进线电压
12	系统电流	16396	充换电站进线电流
13	系统SOC	16397	充换电站目前连接的所有电池系统SOC
14	电表总有功功率	16398	充换电站整站的有功功率, kW
15	电表总无功功率	16399	充换电站整站的有功功率, kVar
16	电表正向总有功电度	16400	充换电站整站正向总有功电度, kWh
17	电表反向总有功电度	16401	充换电站整站反相总有功电度, kWh
18	备用	16402	备用
19	备用	16403	备用

#### D.2 充换电可调节负荷遥调点表

表 D.2 充换电可调节负荷遥调点表

序号	名称	地址(十进制)	说明
1	调度下发APC遥调功率	25089	调度或者虚拟电厂下发的APC指令,充电为负,放电为正, kW
2	备用	25090	备用

#### D.3 充换电可调节负荷遥信点表

表 D.3 充换电可调节负荷遥信点表

序号	名称	地址（十进制）
1	充换电站APC调频投入/退出返回值（默认1为投入，0为退出）	1
2	充换电站一次调频投入/退出返回值（默认1为投入，0为退出）	2
3	充换电站故障信号	3
4	充换电站告警信号	4
5	充换电站停机信号	5
6	充换电站切远方模式	6

#### D.4 充换电可调节负荷遥控点表

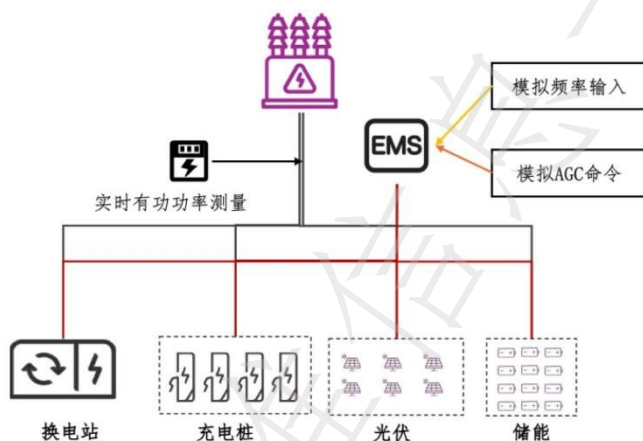
表 D.4 充换电可调节负荷遥控点表

序号	名称	地址（十进制）
1	APC调频投入/退出指令	24577
2	一次调频投入/退出指令	24578

## 附录 E (资料性) 调频试验方案

### E.1 充换电站单站测试方案

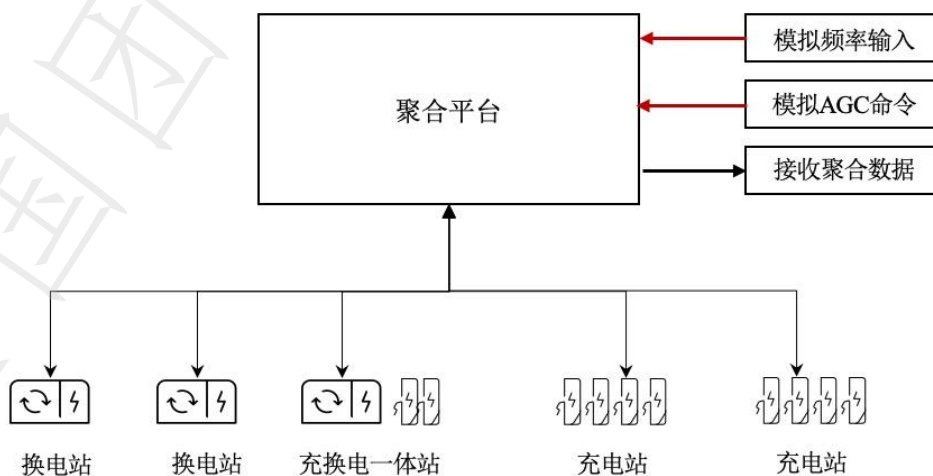
调频试验可以如下图所示，对于一次调频通过模拟频率信号测试响应能力，对于二次调频通过发送 AGC 命令测试响应能力：一次调频在充换电资源的并网点添加有功功率采集模块实时测量一次调频响应情况，通过向充换电资源本地 EMS 输入模拟的频率信号，测试充换电资源的一次调频性能。二次调频性能测试通过直接给充换电资源下发功率指令，实时测量充换电资源的响应情况。



图E.1 典型的光储充换一体站现场测试方案

### E.2 聚合商平台侧的测试方案

聚合资源调频试验可如下图所示，对于一次调频可通过模拟频率信号测试响应能力，对于二次调频可通过发送 AGC 命令测试响应能力：一次调频测试在聚合资源的平台聚合上报的实时测量结果为对模拟频率信号的响应情况。通过向聚合控制平台输入频率偏差信号，验证聚合资源在调度指令下的功率分配、协调一致性及整体一次调频性能。二次调频性能测试通过向聚合控制平台下发 AGC 功率指令，实时测量聚合资源的总有功功率变化情况，评估系统的跟踪精度、响应速度及稳定性。



图E.2 聚合商平台侧的测试方案