

DB4403

深圳市地方标准

DB4403/T XXX—XXXX

超级充电站接入城市配电网承载力计算与 核定规则

Technical guideline for calculating and assessing power grid hosting capacity of super-charging
stations connected to urban distribution networks

(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 热稳定计算与核定 2

6 短路电流计算与核定 3

7 电压偏差计算与核定 4

8 谐波计算与核定 5

9 电网承载力等级划分 5

附录 A（规范性） 计算与核定流程 7

附录 B（规范性） 数据要求 8

附录 C（资料性） 核定图表 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、安徽安大清能电气科技有限公司、深圳市计量质量检测研究院、安徽大学、海南电网有限责任公司电力科学研究院、中石油昆仑网联电能科技（广东）有限公司、深圳电气科学研究院、深圳市新能源汽车运营企业协会、深圳市东部公共交通有限公司、深圳金奇辉电气有限公司、深圳市浩能能源科技有限公司、深圳市冠智达实业有限公司、阳光电源股份有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、香港理工大学、南光石油化工有限公司、富华德电子（东莞）有限公司、成合科技（深圳）有限公司、南京德睿特来电能源研究院有限公司、深圳英飞源技术有限公司、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。

本文件主要起草人：张茜、张华赢、王益群、易检长、戴昊、高敏、朱明星、邓浩、叶骏、陈士超、刘惠聪、张宏钊、吴显、贾永鹏、李媛红、许聪、周頔、庞松岭、赵雨楠、王赞、肖敏英、邓永辉、张兢兢、代勇盛、朱明、贾翠漫、黄春燕、陈图南、程卓、刘敏敏、袁艺锦、肖鸿霞、陈宗元、郭烨、谢子浩、郭桃勋、韩亚宁、常洪亮、乔洪新、高文江、高瑞鑫、韩涛、傅帅、郭明。

超级充电站接入城市配电网承载力计算与核定规则

1 范围

本文件规定了电网接纳超级充电站承载力计算与核定的总体要求、热稳定计算与核定、短路电流计算与核定、电压偏差计算与核定、谐波计算与核定、电网承载力等级划分等。
本文件适用于超级充电站接入城市配电网承载力的计算与核定。
其他快充站接入城市配电网承载力的计算与核定规则，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 14549 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15544 三相交流系统短路电流计算
- DL/T 5729 配电网规划设计技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超级充电站 EV super charging station

安装有超级充电设备，为电动汽车提供充电服务的场站。

注：超级充电设备是固定连接至交流或直流电源，并将其电能转化为直流电能，采用整车传导充电方式为电动汽车提供电能，且至少具备一个额定功率不小于480 kW的车辆插头的专用装置。

[来源：DB4403/T 434—2024, 3.4, 有修改]

3.2

电网承载力 power grid hosting capacity

在设备持续不过载和短路电流、电压偏差、谐波不超标条件下，电网接纳电源、负荷的最大容量。

[来源：DL/T 2041-2019, 3.1]

3.3

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公共电网相连，作为储能单元参与公共电网供电的运行方式，实现双向能量流动。

[来源：DB4403/T 342-2023, 3.2]

3.4

反向负载率 reverse load rate

从低电压等级向高电压等级电网流经输变电设备的输送功率与设备运行限值的比值。

[来源：DL/T 2041-2019, 3.2]

3.5

热稳定 thermal stability

长期运行中，输变电设备承受电流热效应的能力。

[来源：DL/T 2041-2019, 3.3]

3.6

公共连接点 point of common coupling

用户接入公共电网的连接处。

[来源：DL/T 2041-2019, 3.4]

4 总体要求

4.1 承载力计算与核定应以保障电网可靠供电和促进超级充电站健康有序发展为前提，为超级充电站和电网规划、设计、建设、运行提供依据。

4.2 承载力计算与核定应基于电力系统现状和规划，遵循“分区分层”原则，从总体到局部、从高压到低压，按供电区域和电压等级开展。

4.3 承载力计算与核定应结合电网结构、用电负荷变化适当调整核定周期，对于承载力较弱的区域应缩短核定周期。

4.4 承载力计算与核定范围应包括超级充电站接入的上级变电站供电区域，核定对象应包括上级变电站的供电变压器、中压侧配电线路和断路器等电气设备。

4.5 承载力计算与核定应开展热稳定计算，在此基础上进行电压偏差、谐波等核定，确定供电区域内的承载等级和可新增超级充电站容量。当超级充电站参与 V2G 或存在光伏、储能等分布式电源向电网放电时，还应开展反向负载率计算和短路电流核定。

4.6 承载力计算与核定流程应按数据准备、计算分析、等级划分、措施建议顺序依次开展。计算与核定流程应符合附录 A 的规定，数据准备过程中的数据要求应符合附录 B 的规定，核定图表相关示例见附录 C。

5 热稳定计算与核定

5.1 热稳定核定应以电网输变电设备热稳定不越限为原则。

5.2 核定对象应包括超级充电站接入的上级变电站 110kV（或 220kV）变压器、10kV（或 20kV）线路。

5.3 热稳定核定应根据电网运行方式、输变电设备限值、充电站充电功率、发电功率等因素，计算正向负载率 λ_F 和反向负载率 λ_R 。

5.4 正向负载率 λ_F 应按式（1）计算：

$$\lambda_F = \frac{S_C + S_L}{S_e} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

S_e ——变压器或线路实际运行限值；

S_L ——同时刻等效的其他负荷容量，是其他用电负荷减去光伏、储能等分布式电源的出力；

S_C ——超级充电站充电负荷总容量，按式（2）计算。

$$S_C = K_t \sum_{n=1}^N \frac{K_x P_n}{\eta_n \cos \varphi_n} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

K_t ——超级充电站充电设备的同时系数，一般取0.8~1。

K_x ——超级充电站充电设备的需要系数，一般取0.9~1。

P_n ——超级充电站充电设备的装机功率，单位：MW；

$\cos \varphi_n$ ——超级充电站充电设备的功率因数，一般取0.9~0.98；

η_n ——超级充电站充电设备的转换效率，一般取0.9~0.95；

注：超级充电站充电负荷容量计算时，可根据项目使用性质、规模及使用情况等因素确定合理的同时系数和需要系数。当超级充电设备或供配电系统具备功率控制功能，且能够保证充电功率不超过变压器额定容量时，同时系数可在允许范围内取较小值。

5.5 超级充电站参与 V2G 或存在光伏、储能等分布式电源向电网放电时，反向负载率 λ_R 应按式（3）计算：

$$\lambda_R = \frac{S_G - S_L}{S_e} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

S_G ——超级充电站参与V2G的出力。

5.6 热稳定核定应采用核定周期内正向负载率的最大值 $\lambda_{F,\max}$ 和反向负载率 λ_R 的最大值 $\lambda_{R,\max}$ 作为核定指标。

5.7 核定区域内可新增超级充电站容量 S_m 应按式（4）计算：

$$S_m = \min(S_{R,m}, S_{F,m}) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$S_{R,m}$ ——反向负载率约束下可新增的超级充电站容量；

$S_{F,m}$ ——正向负载率约束下可新增的超级充电站容量。

$$S_{F,m} = (1 - \lambda_{F,\max}) \times S_e \times k_r \dots\dots\dots (5)$$

$$S_{R,m} = (1 - \lambda_{R,\max}) \times S_e \times k_r \dots\dots\dots (6)$$

式中：

k_r ——设备运行裕度系数，一般取0.8，以线路不重载为原则。

6 短路电流计算与核定

6.1 超级充电站参与 V2G 或存在光伏、储能等分布式电源向电网放电时，应对超级充电站接入后系统母线短路电流进行核定。

6.2 短路电流核定应包括超级充电站接入的上级变电站 10kV（或 20kV）母线，应以接入超级充电站后对应 10kV（或 20kV）母线节点短路电流不超过相应断路器开断电流限值为原则。

6.3 应根据核定范围内系统最大运行方式下短路电流现状和待核定超级充电站容量，以 GB/T 15544、DL/T 5729 为依据计算系统母线短路电流。

6.4 短路电流应按公式（7）进行核定。

$$I_{xz} + \frac{1000k_{sc}S_m}{\sqrt{3}U_N} < I_m \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

I_{xz} ——超级充电站接入前，系统最大运行方式下母线短路电流的现状值，单位：A；

U_N ——各级母线标称电压，单位：kV；

k_{sc} ——超充站产生的短路电流与其额定电流的比值；

S_m ——超级充电站的额定容量，单位：MVA；

I_m ——允许的短路电流限值，应选取与核定母线连接的所有线路断路器开断电流限值最小值。

7 电压偏差计算与核定

7.1 电压偏差核定应以超级充电站接入后电网电压不越限为原则。

7.2 核定对象应包括超级充电站接入的上级变电站 10kV（或 20kV）母线。

7.3 应根据核定周期内电网最高和最低运行电压，结合 GB/T 12325 给出的电压偏差限值分别计算核定区域的最大正电压偏差、负电压偏差裕度，分别表示为 ΔU_H 和 ΔU_L ，单位：%。

$$\Delta U_H = \Delta U_{L,H} - \Delta U_{xz,H} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\Delta U_L = \Delta U_{L,L} - \Delta U_{xz,L} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$\Delta U_{L,H}$ ——电压正偏差限值，10kV 和 20kV 母线 $\Delta U_{L,H} = 7\%$ ；

$\Delta U_{L,L}$ ——电压负偏差限值，10kV 和 20kV 母线 $\Delta U_{L,L} = -7\%$ ；

$\Delta U_{xz,H}$ ——电压正偏差现状值；

$\Delta U_{xz,L}$ ——电压负偏差现状值，若无负偏差则 $\Delta U_{xz,L} = 0$ 。

7.4 应根据待核定超级充电站容量，按公式（10）和（11）计算出新增超级充电站接入后导致该区域的最大正、负电压偏差，分别表示为 δU_H 和 δU_L ，单位：%。

$$\delta U_H = \frac{R_L P_{\max-} + X_L Q_{\max-}}{U_N^2} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$\delta U_L = -\frac{R_L P_{\max+} + X_L Q_{\max+}}{U_N^2} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$Q_{\max+}$ ——依据充电桩、分布式光伏、储能等装置参数计算的超级充电站最大感性无功功率，单位：Mvar，若无感性无功功率，则 $Q_{\max+} = 0$ ；

$Q_{\max-}$ ——依据充电桩、分布式光伏、储能等装置参数计算的超级充电站最大容性无功功率，单位：Mvar，若无容性无功功率，则 $Q_{\max-} = 0$ ；

$P_{\max+}$ ——依据充电桩、分布式光伏、储能等装置参数计算的超级充电站最大用电功率，单位：MW，若无用电功率则 $P_{\max+} = 0$ ；

$P_{\max-}$ ——依据充电桩、分布式光伏、储能等装置参数计算的超级充电站最大发电功率，单位：MW，若无发电功率则 $P_{\max-} = 0$ ；

U_N ——对应母线的标称电压，单位：kV；

R_L ——电网阻抗的电阻分量，单位：Ω；

X_L ——电网阻抗的电抗分量，单位： Ω 。

7.5 电压偏差应按公式（12）进行核定。

$$\Delta U_H > \delta U_H \text{ 且 } \Delta U_L < \delta U_L \quad \cdots \cdots (12)$$

8 谐波计算与核定

8.1 谐波核定应以超级充电站接入后节点谐波电流值、谐波电压含有率和电压总谐波畸变率不越限为原则，核定谐波次数满足 GB/T 14549 的考核要求。

8.2 核定对象应包括超级充电站接入的上级变电站 10kV（或 20kV）母线谐波电压以及对应 10kV（或 20kV）线路谐波电流。

8.3 谐波电流应按式（13）核定。

$$I_{cs,h} < I_{L,h} \quad \cdots \cdots (13)$$

式中：

$I_{cs,h}$ ——超级充电站注入电网的第 h 次谐波电流值。采用 GB/T 14549 的同次谐波电流迭加方法计算超级充电站注入电网的第 h 次谐波电流值，根据谐波电流发生量由大到小的顺序依次迭加。

$I_{L,h}$ ——根据 GB/T 14549 核算的超级充电站并网点第 h 次谐波电流限值。

8.4 核定节点的各次谐波电压含有率和电压总谐波畸变率不应超过 GB/T 14549 规定的限值，谐波电压含有率应按式（14）进行核定。

$$HRU_h < HRU_{L,h} \quad \cdots \cdots (14)$$

$$HRU_h = \sqrt{HRU_{xz,h}^2 + HRU_{cs,h}^2 + K_h HRU_{cs,h} HRU_{xz,h}} \quad (15)$$

式中：

$HRU_{L,h}$ ——对应母线 h 次谐波电压含有率限值，参见 GB/T 14549 谐波电压限值；

HRU_h ——超级充电站接入后对应母线 h 次谐波电压含有率；

$HRU_{xz,h}$ ——超级充电站接入前母线 h 次谐波电压含有率现状值；

$HRU_{cs,h}$ ——超级充电站注入电网的 h 次谐波电流引起的谐波电压含有率。

K_h ——系数，3 次、5 次、7 次、11 次和 13 次谐波分别取 1.62、1.28、0.72、0.18、0.08，其他次谐波均取 0。

电压总谐波畸变率应按式（16）进行核定。

$$THD_U < THD_{U,L} \quad \cdots \cdots (16)$$

$$THD_U = \sqrt{\sum_{h=2}^H HRU_h^2} \quad (17)$$

式中：

$THD_{U,L}$ ——对应母线电压总谐波畸变率限值，参见 GB/T 14549 谐波电压限值；

THD_U ——超级充电站接入后对应母线电压总谐波畸变率。

9 电网承载力等级划分

- 9.1 电网承载力核定等级应根据计算分析结果，分区分层确定。核定等级由低到高可分为绿色、黄色、红色。
- 9.2 核定区域正向或反向负载率超过 80%，或短路电流、电压偏差或谐波核定不通过，其相应的核定等级应为红色。
- 9.3 核定等级划分应符合表 1 的规定。

表 1 核定等级划分

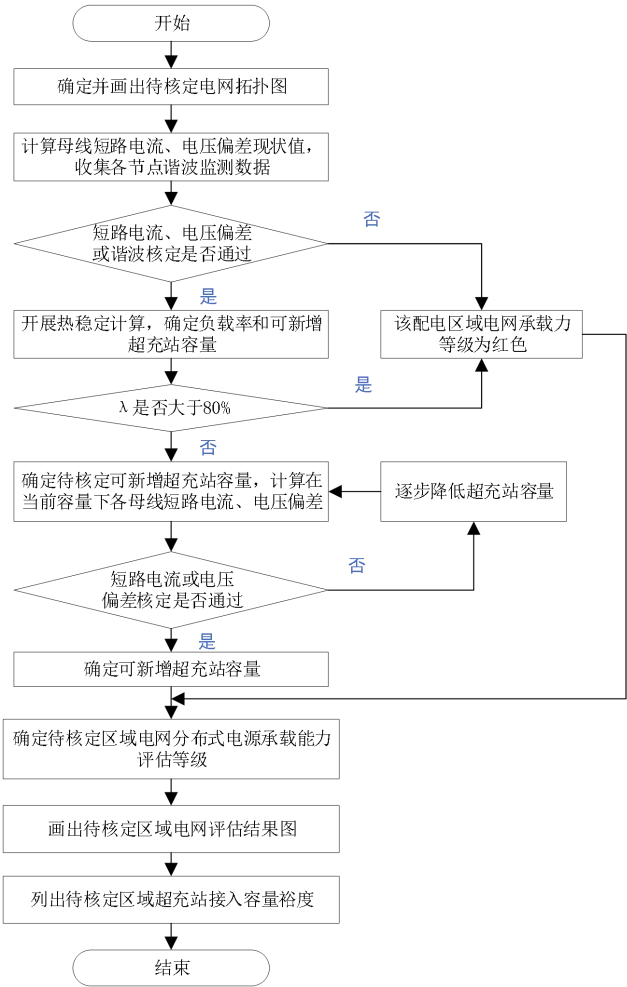
核定等级	依据	含义	建议
绿色	正向负载率 $\lambda_F \leq 50\%$ ，或反向负载率 $\lambda_R \leq 0$ ；且短路电流、电压偏差、谐波含量核定通过。	电网输变电设备裕量较大，参与 V2G 出力可完全就地消纳，电网无反送潮流。	推荐超级充电站接入。
黄色	正向负载率 $50\% < \lambda_F \leq 80\%$ ，或反向负载率 $0 < \lambda_R \leq 80\%$ ；且短路电流、电压偏差、谐波含量核定通过。	电网输变电设备存在一定的裕量，电网反送潮流不超过设备限额的 80%。	对于确需接入的项目，应由电网公司根据实际电网情况分析决策。
红色	正向负载率 $\lambda_F > 80\%$ ，或反向负载率 $\lambda_R > 80\%$ ，或短路电流、电压偏差、谐波含量核定不通过。	输变电设备负载率偏高，功率潮流超过设备限额的 80%，或电网运行安全存在风险。	在电网承载力未得到有效改善前，暂停新增超级充电站项目接入。

- 9.4 核定结果应至少包括电网承载力核定等级、核定结果图表和可新增超级充电站容量等。

附录 A
(规范性)
计算与核定流程

承载力计算与核定流程(见图A. 1)应按数据准备、计算分析、等级划分、措施建议顺序依次开展，应符合下列规定：

- a) 明确待核定区域电网范围，画出待核定区域电网拓扑图；
- b) 计算待核定范围内各母线短路电流、电压偏差现状值，收集各节点谐波监测数据，若短路电流、电压偏差或谐波核定不通过，则该配电区域电网承载力等级为红色；
- c) 在待核定区域电网正常运行方式下，开展热稳定计算分析，确定待核定区域负载率及可新增超级充电站容量；
- d) 根据 c) 得出的可新增超级充电站容量，核定短路电流和电压偏差；
- e) 若 d) 核定不通过，逐步降低可新增超级充电站的容量，重复步骤 d)，直到核定通过，该值即为可新增超级充电站容量结果；
- f) 根据以上计算结果和第 9 章中的相关原则，确定待核定区域电网超级充电站承载能力核定等级，画出待核定区域电网核定结果图，列出待核定区域各电压等级可新增超级充电站容量。



图A. 1 承载力计算与核定流程图

附录 B

(规范性)

数据要求

B.1 一般原则

数据要求一般原则应满足下列要求：

- a) 超级充电站接入电网的承载力核定以超级充电站负荷数据、电网设备参数、电网安全运行边界数据等为基础进行计算，并充分考虑在建及已批复的充电站项目；
- b) 核定数据来源于历史运行数据、运行设备参数、电网实测数据、电网和充电站的建设规划数据，并充分考虑地理位置、电网结构、运行方式、负荷类型、负荷水平、时间尺度等因素。

B.2 数据准备

B.2.1 电网数据应包括以下内容：

- a) 超级充电站接入的上级 110kV（或 220kV）变电站系统接线图；
- b) 正常最小运行方式下，110kV（或 220kV）变电站 10kV（或 20kV）系统公共连接点的最大短路容量、最小短路容量、供电设备容量、用户协议容量等；
- c) 110kV（或 220kV）变电站供电变压器、10kV（或 20kV）配电线路及断路器等电网设备参数、运行限值等；
- d) 核定周期内电网负荷、母线电压等历史数据；
- e) 超级充电站接入的变电站 10kV（或 20kV）母线背景谐波电压含有率、电压总谐波畸变率实测值，以及 10kV 馈线现有负荷谐波电流发生量实测值。

B.2.2 超级充电站数据应包括以下内容：

- a) 超级充电站接入系统推荐方案、超级充电站一次系统图；
- b) 超级充电站配置的超/快充桩数量、额定功率、运行效率、功率因数范围、谐波电流发生量等；
- c) 超级充电站配置的照明、空调、办公用电负荷容量、谐波电流发生量等；
- d) 超级充电站配置的光伏、储能等装置的额定容量、谐波电流发生量等；
- e) 超级充电站充电负荷的同时系数、需要系数；
- f) 正常运行或电网短路时，超级充电站的最大放电功率；
- g) 超级充电站充放电功率曲线（如有）；
- h) 超级充电站的 V2G 策略。

B.3 数据处理

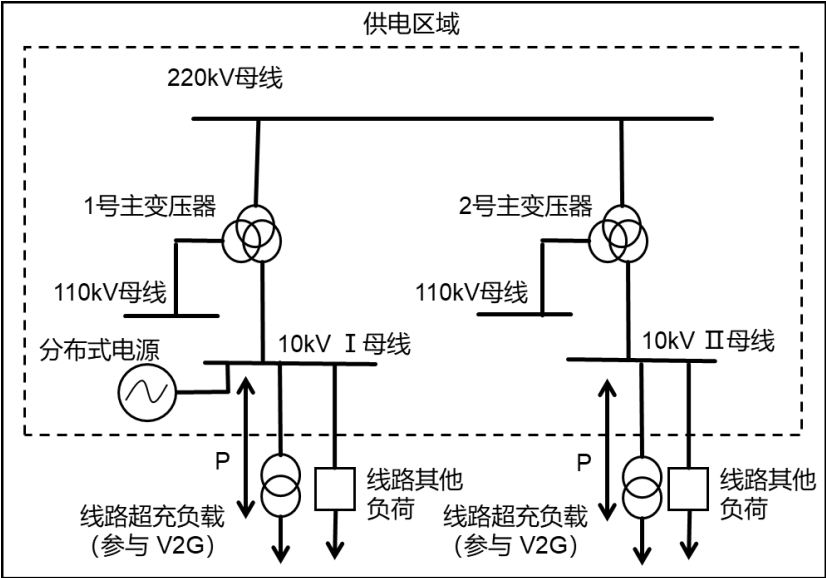
数据处理应包括以下内容：

- a) 计算电网阻抗参数，绘制电网等值阻抗图；
- b) 计算超级充电站的总负荷容量、谐波电流发生量等参数，包括充电站内的光储充设备和照明、空调、办公等辅助设备；
- c) 当超级充电站不向上级电网放电时，需计算与核定上级变电站供电变压器和线路的正向负载率、供电母线电压偏差、谐波电压以及超级充电站接入变电站的 10kV 馈线谐波电流；
- d) 当超级充电站存在光伏、储能及 V2G 充电桩向电网放电时，还需计算与核定上级变电站变压器和 10kV（或 20kV）线路的反向负载率，以及 10kV（或 20kV）母线的短路电流。

附录 C
(资料性)
核定图表

C.1 待核定区域拓扑图示例

待核定区域拓扑图示例如附图C.1所示。



附图 C.1 待核定区域拓扑图示例

C.2 热稳定核定分析示例

核定区域热稳定核定示例见附表C.2。

附表C.2 核定区域热稳定核定示例表

核定线路\母线指标量	$S_C + S_L$ 最大值 (MVA)	$S_G - S_L$ 最大值 (MVA)	主变运行限值Se (线路运行限值Se) (MW)	$\lambda_{F,max}$	$\lambda_{R,max}$	S_m (MVA)	备注
220kV或110kV变压器							
20kV或10kV线路							
.....							

C.3 短路电流核定分析示例

核定区域短路电流核定示例见附表C.3。

附表 C.3 核定区域短路电流核定示例表

核定母线指标量	设备短路电流允许 值Im	母线短路电流值 Isc	短路电流核定(通过/不 通过)	S_m (MVA)	备注
20kV或10kV母线					
.....					

C.4 电压偏差核定分析示例

核定区域电压偏差核定示例见附表C.4。

附表 C.4 核定区域电压偏差核定示例表

核定母线指标量	最大正电压偏差允许值 ΔU_H	最大负电压偏差允许值 ΔU_L	电网阻抗 抗值 (R_L)	电网阻抗 抗值 (X_L)	超充站最大无功正负值 $Q_{\max+}$ 、 $Q_{\max-}$	超充站最大有功正负值 $P_{\max+}$ 、 $P_{\max-}$	超充站接入后最大正电压偏差值 δU_H	超充站接入后最大负电压偏差值 δU_L	电压偏差核定	S_m (MVA)
20kV或10kV母线										
.....										

C.5 谐波核定分析示例

核定区域谐波核定示例见附表C.5。

附表 C.5 核定区域谐波核定分析示例表

核定母线指标量	接入点最小短路容量 S_{k1}	谐波电流核定	谐波电压含有率核定	谐波电压畸变率核定	本节点谐波综合核定	备注
20kV或10kV母线						
.....						

C.6 核定区域电网超级充电站承载力核定等级示例

核定区域电网超级充电站承载力核定等级表示例见附表C.6。

附表 C.6 核定区域电网超级充电站承载力核定等级表

核定母线（线路）	热稳定核定（ λ_{\max} ）	短路电流核定	电压偏差核定	谐波核定	核定等级划分	S_m (MVA)
220kV或110kV变压器						
20kV或10kV母线						
.....						

参考文献

- [1] DL/T 2041-2019 分布式电源接入电网承载力评估导则
 - [2] DB4403/T 342-2023 电动汽车充换电设施有序充电和V2G双向能量互动技术规范
 - [3] DB4403/T 434-2024 电动汽车集中式公共充电站设计规范
 - [4] T/GAEPA 001—2022 电动汽车超级充电站建设技术规范
-