

ICS 91.140.50

CCS P 63

团体标准

T/CAQI 502-2026

建筑智能微电网虚拟碳减排综合评价

Comprehensive evaluation of virtual carbon emission reduction
in smart building microgrids

2026-02-10 发布

2026-03-10 实施

中国质量检验协会 发布

前 言

本标准根据《中国质量检验协会关于下达<建筑智能微电网虚拟碳减排综合评价>团体标准制定项目计划的函》（质检协函〔2025〕111号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要内容包括：总则、术语、基本规定、分布式电源虚拟碳减排、储能虚拟碳减排、负荷虚拟碳减排、附加虚拟碳减排。

本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由中国质量检验协会负责管理，由西安华瑞网电科技股份有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至西安华瑞网电科技股份有限公司（地址：陕西省西安市高新区纬二十六路169号中交科技城A座华瑞网电大楼，邮编：710100；电子邮箱：13661537335@126.com）。

本标准主编单位：西安华瑞网电科技股份有限公司

山西博源电力科技有限公司

本标准参编单位：广东览讯科技开发有限公司

上海路明星光智能科技有限公司

上海极碳微网科技有限公司

中国建筑西北设计研究院有限公司

上海萃纯新能源科技有限公司

雄安新众业科技有限公司

河南羿赐智能科技有限公司

西安工商学院

上海汇珏科技集团股份有限公司

上海水石建筑规划设计股份有限公司

上海庄生机电工程设备有限公司

广州泰阳能源科技有限公司

浙江大冲能源科技股份有限公司

润沣清源（陕西）传热科技有限公司

大秦集萃（陕西）材料科技有限公司

广州凌富机电有限公司

北京中汇华兴供热技术服务有限公司

苏州塞维索斯自动化设备有限公司

上海华电源信息技术有限公司
河北空调工程安装有限公司
中建研科技股份有限公司
思特林库柏（上海）建筑工程设计咨询有限公司
浩金欧博科技股份有限公司
济南一诺振华防腐保温工程有限公司
佛山冰菱能源科技有限公司
上海胥东实业有限公司
广州鲲云数字科技有限公司
金来邦自控阀门有限公司
广州锦域能源科技有限公司
大周清为数字能源技术（苏州）有限公司
固德威技术股份有限公司
杭州汽轮新能源有限公司
北京龙德缘电力科技发展有限公司
上海现咨建设工程审图有限公司

主要起草人员：李海军 赵怀军 贺颂钧 柴德闯 薛 晓
姬 有 吴沛杰 李 忠 李雪梅 顾蓉蓉
魏志刚 张小刚 张亚朝 王忠举 王 旭
陈向阳 姜干清 姜 震 吴小芳 曹雨平
蔡 文 丁现阳 崔建辉 李润恺 刘俊良
肖 睿 高懿明 刘东红 陈国林 仇长顺
葛凌文 秦 超 程世红 林星春 吕 微
邓高峰 翁远辉 张南城 王 涛 吕金汉
陈殿坤 张可男 胡定兴 唐永生 龚王磊
主要审查人员：唐西胜 陈 俊 钱观荣 周如禄 宋海军

目 次

1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本规定	4
3.1 一般规定	4
3.2 评价与等级划分	4
4 分布式电源虚拟碳减排	6
4.1 一般规定	6
4.2 控制项	6
4.3 评分项	6
5 储能虚拟碳减排	7
5.1 一般规定	7
5.2 控制项	7
5.3 评分项	7
6 负荷虚拟碳减排	8
6.1 一般规定	8
6.2 控制项	8
6.3 评分项	8
7 附加虚拟碳减排	9
7.1 一般规定	9
7.2 加分项	9
7.3 减分项	9
附录 A 虚拟碳减排计算	10
本标准用词说明	11
引用标准名录	12
附：条文说明	13

Contents

1 General provisions	1
2 Terms	2
3 Basic requirements	4
3.1 General requirements.....	4
3.2 Assessment and rating	4
4 DER virtual carbon emission reduction	6
4.1 General requirements.....	6
4.2 Prerequisite items.....	6
4.3 Scoring items.....	6
5 Virtual carbon emission reduction of energy storage	7
5.1 General requirements.....	7
5.2 Prerequisite items.....	7
5.3 Scoring items.....	7
6 Virtual carbon emission reduction of loads	8
6.1 General requirements.....	8
6.2 Prerequisite items.....	8
6.3 Scoring items.....	8
7 Additional carbon emission reduction	9
7.1 General requirements.....	9
7.2 Bonus items.....	9
7.3 Negative bonus items	9
Appendix A Calculation of virtual carbon emission reduction	10
Explanation of wording in this standard.....	11
List of quoted standards.....	12
Addition: Explanation of provisions.....	13

1 总 则

1.0.1 为体现建筑智能微电网的碳减排价值，鼓励源网荷储一体化，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于建筑智能微电网虚拟碳减排的设计阶段预评价和运行阶段的综合评价。

1.0.3 建筑智能微电网虚拟碳减排综合评价除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

全国团体标准信息平台

2 术 语

2.0.1 虚拟碳减排 virtual carbon emission reduction

在不具备实时碳排放因子时，微电网的碳减排量经分时电价的修正值。

2.0.2 需求侧响应虚拟碳减排 virtual carbon emission reduction of demand response

建筑微电网需求侧响应对微电网虚拟碳减排影响的附加值。

2.0.3 可再生能源利用率 utilization rate of renewable energy

并网型微电网在一定周期内可再生能源利用量占其电量需求量的比例，本标准中评估周期取一年。

2.0.4 自平衡率 self-balancing rate

并网型微电网在一定周期内微电网自身的分布式电源满足微电网负荷的比例，本标准中评估周期取一年。

2.0.5 自发自用率 the proportion of self-consumption in microgrid power generation

并网型微电网在一定周期内满足自身需求的分布式电源发电量占分布式电源总发电量的比例，本标准中评估周期取一年。

2.0.6 冗余率 the proportion of surplus electricity access to the grid in microgrid power generation

并网型微电网在一定周期内余电上网的电量占分布式电源总发电量的比例，本标准中评估周期取一年。

2.0.7 电动汽车与电网互动 vehicle-to-Grid (V2G)

通过充电桩为电动汽车有序充电，或将电动汽车转变为移动储能单元，借助双向充电桩从开放协议的电动汽车传输电能到电网。

2.0.8 联络线 microgrid tie-line

微电网联络线是指在微电网与主电网之间用于连接和传输电能的专用导线。

2.0.9 联络线功率交换比 the proportion of microgrid tie-line power in DER power

并网型微电网一定周期内实际的联络线功率与微电网分布式电源总装机功率的比值，本标准中评估周期取一年。

2.0.10 联络线功率波动率 rate of microgrid tie-line power change

并网型微电网一定周期内联络线功率的标准差，本标准中评估周期取一年。

2.0.11 可调分布式电源装机容量比 the proportion of adjustable DER power in DER power

可调节分布式电源装机功率在微电网分布式电源总装机功率的占比。

全国团体标准信息平台

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 建筑智能微电网虚拟碳减排综合评价应遵循可操作性、完整性、一致性、透明性原则。

3.1.2 建筑智能微电网虚拟碳减排预评价应在微电网工程施工图设计完成后进行，建筑智能微电网虚拟碳减排综合评价应在微电网工程竣工一年后进行。

3.1.3 建筑智能微电网虚拟碳减排综合评价可委托第三方评价机构或自评价。

3.2 评价与等级划分

3.2.1 建筑智能微电网虚拟碳减排综合评价应包括源、储、荷、网四类指标。

源类指标应包含可再生能源利用量虚拟碳减排量、可再生能源利用率虚拟碳减排、可调分布式电源装机容量比和自平衡率 4 项指标。

储类指标应包含容量虚拟碳减排、自发自用率、V2G 和联络线功率波动率 4 项指标。

荷类应包含冗余率和联络线功率交换比 2 项指标。

以上 10 类指标为评分项。

网类指标应包含需求侧响应附加虚拟减碳的加分项和弃光弃风率附加虚拟减碳的减分项。

3.2.2 控制项的评定结果应为达标或不达标；评分项和加（减）分项的评定结果应为分值。

3.2.3 建筑智能微电网虚拟碳减排综合评价的分值设定应符合表 3.2.3 的规定。

表 3.2.3 建筑智能微电网虚拟碳减排综合评价分值

建筑 智能 微电 网虚 拟碳 减排 评价	控 制 项 基 础 分 值	分布式电源				储能				负荷		附加	
		可再 生能 源虚 拟碳 减排 量	可再 生能 源利 用率 虚拟 碳减 排	可调 分布 式电 源装 机容 量比	自 平 衡 率	容 量 虚 拟 碳 减 排	自 发 自 用 率	V 2 G	联络 线功 率波 动率	冗 余 率	联络 线功 率交 换比	需求 侧响 应虚 拟碳 减排	弃 光 弃 风 率
预 评 价	30	30	5	5	5	10	10	5	0	5	0	0	0
运行综评	30	30	5	5	5	10	10	5	5	5	5	15	5

3.2.4 建筑智能微电网虚拟碳减排综合评价的总得分应按下式计算：

$$Q = \sum_{i=0}^{10} (Q_i) + Q_A - Q_B \quad (3.2.4)$$

式中：Q 一总得分；

Q_0 一控制项基础分值，当满足所有控制项的要求时取 30 分。

$Q_1 \sim Q_{10}$ 一分别为评价体系 10 项类指标（可再生能源虚拟碳减排量、可再生能源利用率虚拟碳减排、可调分布式电源装机容量比、自平衡率、储能容量虚拟碳减排、自发自用率、V2G、联络线功率波动率、冗余率、联络线功率交换比）评分项得分；

Q_A 一需求侧响应附加虚拟碳减排加分项得分。

Q_B 一弃光弃风率附加虚拟碳减排减分项得分。

3.2.5 建筑智能微电网虚拟碳减排综合评价等级由低至高应划分为基本级、一星级、二星级、三星级、四星级 5 个等级。

3.2.6 当满足全部控制项要求时，综合评价等级应为基本级。

3.2.7 当总分分别达到 60、70、80、90，综合评价等级应分别为一星级、二星级、三星级、四星级。

4 分布式电源虚拟碳减排

4.1 一般规定

4.1.1 分布式电源虚拟碳减排指标应包含可再生能源利用量虚拟碳减排量、可再生能源利用率虚拟碳减排、可调分布式电源装机容量比、自平衡率。

4.2 控制项

4.2.1 可再生能源装机功率不应小于 50kW。

4.2.2 可再生能源利用率不应小于 30%。

4.2.3 可调节分布式电源或储能装机容量比不应小于 10%。

4.2.4 自平衡率不应小于 25%。

4.3 评分项

4.3.1 可再生能源年虚拟碳减排量超过 30t 的部分，每增加 15t 加 1 分，最高得 30 分。

4.3.2 可再生能源利用率 40% 应得 1 分，每增加 10% 加 1 分，最高得 5 分。

4.3.3 可调节分布式电源装机容量 10% 应得 1 分，每增加 10% 加 1 分，最高得 5 分。

4.3.4 自平衡率 30% 应得 1 分，每增加 10% 加 1 分，最高得 5 分。

5 储能虚拟碳减排

5.1 一般规定

- 5.1.1** 建筑微电网储能可采用蓄冷蓄热、电化学储能、电动汽车 V2G 等形式。
- 5.1.2** 建筑微电网宜优先采用蓄冷蓄热系统实现可再生能源的就地消纳利用。
- 5.1.3** 储能虚拟碳减排应包含储能容量虚拟碳减排、自发自用率、V2G、联络线功率波动率 4 项指标。
- 5.1.4** 预评价阶段联络线功率波动率不参评。

5.2 控制项

- 5.2.1** 配储容量不应小于 50kWh。
- 5.2.2** 自发自用率不应小于 40%。
- 5.2.3** 充电桩应具备 V2G 功能，且功率不应小于 50kW。
- 5.2.4** 微电网联络线功率波动率不应大于 40%。

5.3 评分项

- 5.3.1** 配储容量 100kWh 应得 1 分，每增加 100kWh 加 1 分，最高得 10 分。
- 5.3.2** 自发自用率 50% 应得 1 分，每增加 5% 加 1 分，最高得 10 分。
- 5.3.3** 微电网充电桩 V2G 50kW 应得 1 分，每增加 50kW 加 1 分，最高得 5 分。
- 5.3.4** 联络线功率波动率对虚拟碳减排影响的赋分值应按表 5.3.4 的规则评分。

表 5.3.4 联络线功率波动率对虚拟碳减排影响的赋分值

联络线功率波动率	30%	25%	20%	15%	10%
得 分	1	2	3	4	5

6 建筑负荷虚拟碳减排

6.1 一般规定

6.1.1 建筑负荷的虚拟碳减排指标应包含冗余率、联络线功率交换比。

6.1.2 预评价阶段联络线功率交换比不参评。

6.2 控制项

6.2.1 微电网冗余率不应大于 60%。

6.2.2 联络线交换功率不应大于 400kW 且联络线功率交换比不应大于 0.30。

6.3 评分项

6.3.1 微电网冗余率对虚拟碳减排影响的赋分值应按表 6.3.1 的规则评分。

表 6.3.1 冗余率对虚拟碳减排影响的赋分值

冗余率	50%	40%	30%	20%	10%
得分	1	2	3	4	5

6.3.2 联络线功率交换比对虚拟碳减排影响的赋分值按表 6.3.2 的规则评分。

表 6.3.2 联络线功率交换比对虚拟碳减排影响的赋分值

联络线功率交换比	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05
得分	1	2	3	4	5

7 附加虚拟碳减排

7.1 一般规定

7.1.1 附加虚拟碳减排应包含需求侧响应附加虚拟碳减排加分项和弃光弃风附加虚拟碳减排减分项。

7.1.2 参与建筑微电网需求侧响应的负荷可包含以下设备：

- 1 充电桩；
- 2 暖通空调；
- 3 给水排水。

7.2 加分项

7.2.1 需求侧响应最高可加 15 分。

7.2.2 蓄能空调系统可根据需求侧响应改变蓄冷、供冷模式，蓄能率每 10%应加 1 分。

7.2.3 作为虚拟电厂的一部分接受电力调度，每 100kW 应加 1 分。

7.3 减分项

7.3.1 年弃光弃风率每 5%减 1 分，最高减 5 分。

附录 A 虚拟碳减排计算

A.0.1 平段电价虚碳因子 virtual carbon emission factor of standard load tariff

根据电力系统年总碳排放量守恒，即各省尖峰、高峰、平段、低谷、深谷时段的年总耗电量与对应时段经分时电价成比例修正后的电力碳排放因子的乘积之和等于该省年总耗电量与电力平均碳排放因子的乘积，求解得到平段电价的平均碳排放系数，简称虚碳因子。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015

《微电网工程设计标准》GB/T 51341

《建筑智能微电网技术标准》T/CABEE 106-2025

中国质量检验协会团体标准

建筑智能微电网虚拟碳减排综合评价

Comprehensive evaluation of virtual carbon emission reduction
in smart building microgrids

T/CAQI 502-2026

条文说明

目 次

1 总 则	15
6 负荷虚拟碳减排	16
6.1 一般规定	16
附录 A 虚拟碳减排计算	17

1 总 则

1.0.1 建筑智能微电网具有智能化、柔性化、直流化、鲁棒化、分散化、低碳化、数字化、多源化八大特征。微电网有三重价值即电能量价值、可靠性价值、碳减排价值。光伏和储能成本的快速下降，为微电网的经济性提供了坚实的基础。微电网的继电保护体现微电网的质量。建筑智能微电网需要体现设计的力量、AI 的力量，而不是产品的堆积。绿色微电网的价值远不止于环保，建筑的碳信用变现，也可以为业主带来收益，本标准从碳减排的角度并综合其他因素评价建筑智能微电网，鼓励其实现源网荷储一体化。

由于缺少动态实时的碳排放因子，微电网特别是储能的碳价值得不到量化的体现。在可预见的未来，准确的碳排放因子难以获取，并且不是建筑领域能够实现的。没有绝对数，不能实现完美，但可以引入相对、柔性，更能体现设计的专业价值，发挥设计师主动作为的虚拟碳减排。这个概念的出现就是为了鼓励储能、引领储能、服务储能、量化储能，赋能和评价微网。

1.0.2 建筑微电网从示范工程到源荷互动，EMS 历经了四个阶段。第一阶段（1G）研究重点：与微电网控制运行相关的基础技术和设备研发，通过示范工程对关键技术和设备进行功能的可行性研究。未考虑用户侧可调控资源的作用，对可再生能源的随机波动特性缺少深入研究，采用集中式能量管理。第二阶段（2G）研究重点：随机优化、鲁棒优化、在线优化，解决可再生能源及用户用电行为随机性难点问题，采用集中式能量管理。第三阶段（3G）研究重点：产销者、多主体、市场化、微电网群，能量管理由集中优化模式转换为市场化的多主体分布式优化模式。第四阶段（4G）研究重点：需求侧响应、配合虚拟电厂与能源互联网。能量管理体现多能互补、机电耦合、信息耦合、AI 助力、源网荷储一体的分布式优化模式。

建筑电气工程师主导设计微电网，有利于实现多种储能互补，推动氢能在建筑中的应用，降低可再生能源丢弃率；有利于体现系统集成能力，成为智能微电网和微电网群，而不是仅仅购买新能源设备，散兵游勇；本标准不但要体现绿色低碳设计的引领作用，更加重视运行阶段的减碳数量和质量。

1.0.3 建筑微电网要实现源网荷储一体化、智能化，需要从原理出发，深入思索实现精细化、低碳化设计。简单的光伏+储能已经不能适应波动剧烈的分时电价。在满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》、《绿色建筑评价标准》、《微电网工程设计标准》等现行国家规范、标准的同时，增强创新能力，提升微电网的绿色低碳设计水平。

6 建筑负荷虚拟碳减排

6.1 一般规定

6.1.1 建筑负荷柔性化，可促进可再生能源就地消纳，并减小冗余率、联络线功率交换比，提高联络线利用率，通过这些指标间接体现建筑负荷的碳减排作用。

建筑智能微电网与主电网的关系上，扮演“主动配电网”角色：正常情况下，建筑微电网保持与主电网并网运行，双向交换功率但净交换量小；当电网需要时（如城市高峰或紧急事故），微电网应调低对主网取电、甚至隔离为孤岛，为大电网减负；反过来当社区自身出现故障或极端天气缺电时，又能从主网获取支援。社区微电网技术上实现无缝切换和双向支撑。建筑智能微电网带来的整体能效提升和绿色福利是显著的，使用更多可再生能源，碳排放减少，环境更友好。

附录 A 虚拟碳减排计算

A.0.1 虚碳因子是最基本、最重要的碳排放系数。在难以获取准确的实时碳排放系数的情况下，采取一种简化的方法计算碳排放。峰谷电碳排放系数反映不同时段电力产生二氧化碳排放强度的差异。碳排放核算方法面临技术挑战，包括机组启停过程排放量化、跨省电力交易排放因子分配问题。储能技术发展改变传统峰谷排放格局。英国国家电网公司开发碳强度预测 APP，提前 24 小时发布各时段碳排放系数。美国国会立法要求能源部门发布小时级电力排放因子，芬兰电网每 3 分钟发布一次电力排放因子。我国可再生能源的占比持续升高、储能装机容量不断增长，增加了准确计算、预测各时段碳排放系数的难度。

根据中国化学与物理电源行业协会储能应用分会统计，截至 2022 年末，我国储能项目累计投运装机总功率达 66.493GW。其中蓄冷/蓄热储能项目累计投运规模 531.2MW，占比 0.80%。截至 2025 年，热储能有了较快的发展，但占比依然不足 1.5%。性价比高、安全可靠的热储能，还需要标准的赋能和引领。如何合理地确定各个时段的碳排放因子，从而为储能的碳减排量计算提供基础数据迫在眉睫。通过价格信号引导用户用电行为与新能源出力特性相匹配，是分时电价的核心功能之一。储能是实现削峰填谷的最佳方式。分时电价差与储能的经济性正相关，随着分时电价的市场化改革，对储能的需求越来越大。

通过电力碳排放总量平衡，可以计算出虚碳因子。碳排放总量=总电量 x 电力平均碳排放因子=尖峰电量 x 尖峰电价虚碳因子+高峰电量 x 高峰电价虚碳因子+平段电量 x 虚碳因子 +低谷电量 x 低谷电价虚碳因子+深谷电量 x 深谷电价虚碳因子。

分时各省总用电量的获取比较困难，但这个数值只会影响虚碳因子的绝对值，不会影响分时电价虚碳因子之间的比例关系，这个关系由分时电价决定，与用电量无关。建筑智能微电网虚拟碳减排综合评价中更关注碳减排占碳排放的比例，只要分时电价确定，上述比例关系的影响在变小。

以上海的峰平谷为例：假定高峰电量：平时段电量：低谷时段电量=1.2：1.0：0.8。分时电价浮动比例按照《关于进一步完善我市分时电价机制有关事项的通知》（沪发改价管〔2022〕50 号）文件规定执行：

(1) 一般工商业及其他两部制、大工业两部制：夏季（7-9月）和冬季（1、12月）高峰上浮 80%，低谷下浮 60%，尖峰电价在高峰电价基础上上浮 25%，其他月份高峰上浮 60%，低谷下浮 50%；

(2) 一般工商业及其他单一制：夏季（7-9月）和冬季（1、12月）高峰上浮 20%，低谷下浮 45%，其他月份高峰上浮 17%，低谷下浮 45%。

取大工业电价冬季和夏季的分时电价比为：1.8：1：0.4，虚碳因子 C 可通过下式计算： $1.8 \times 1.2 \times C + 1.0 \times 1.0 \times C + 0.8 \times 0.4 \times C = (1.2 + 1.0 + 0.8) \times 0.5859 = 1.7577$

$C = 0.5051$ 。

虚碳因子预评价阶段模拟计算时采用上一年的分时电价数据，评价阶段采用实时分时电价数据。

以山西 2024 年工商业电价为例计算，高峰电量 39.22 亿千瓦时，0.815 元/kWh，平段电量 26.06 亿千瓦时，0.585 元/kWh 低谷电量 38.92 亿千瓦时，0.375 元/kWh，平均碳排放因子为 0.9608。

$39.22 \times (0.815 / 0.585) \times C + 1.0 \times 26.06 \times C + (0.375 / 0.585) \times 38.92 \times C = (39.22 + 26.06 + 38.92) \times 0.9608$ $C = 0.9476$ 。

$100.115 = 105.6485 \times C$ 平段电价虚碳因子 $C = 0.9476$ ，通过比例推算出低谷电价虚碳因子 = 0.6074，高峰电价虚碳因子 = 1.32。

上述虚碳因子计算仅为示意，实际应用中应使用各省市官方发布的分时电价和用电量数据。