

**T/CECS** XXX- 202X

中国工程建设标准化协会标准

光电建筑验收与评价标准

Standard for evaluation and acceptance of photovoltaic building

（征求意见稿）

**在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上**

\*\*\*\*出版社

中国工程建设标准化协会标准

光电建筑验收与评价标准

Standard for evaluation and acceptance of photovoltaic building

**T/CECS \*\*\* -20XX**

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX年××月××日

XXXX出版社

2024 北京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022年第二批协会标准制订、修订计划>》（建标协字[2022]40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。

本标准共分5章和1个附录，主要内容包括：总则、术语、基本规定、评价指标、测评方法等。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院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，请反馈给中国建筑科学研究院有限公司（地址：北京市朝阳区北三环东路30号，邮政编码：100013，邮箱：bianmengm@126.com）。

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 录

[1 总则 1](#_Toc175843807)

[2 术语 3](#_Toc175843808)

[3 基本规定 4](#_Toc175843809)

[3.1 一般规定 4](#_Toc175843810)

[3.2 评价与等级划分 5](#_Toc175843811)

[4 评价指标 7](#_Toc175843812)

[4.1 安全可靠性 7](#_Toc175843813)

[4.2 光伏发电性能 10](#_Toc175843814)

[4.3 建筑表皮资源利用 11](#_Toc175843815)

[4.4 建筑节能性 13](#_Toc175843816)

[4.5 经济性 14](#_Toc175843817)

[4.6 环境效益 16](#_Toc175843818)

[4.7 提高与创新 16](#_Toc175843819)

[5 测评方法 18](#_Toc175843820)

[5.1 文件检查 18](#_Toc175843821)

[5.2 现场检查 18](#_Toc175843822)

[5.3 现场测试 19](#_Toc175843823)

[5.4 指标计算 24](#_Toc175843824)

[附录A 光电建筑测试评价报告 30](#_Toc175843825)

[用词说明 35](#_Toc175843826)

[引用标准名录 36](#_Toc175843827)

**Contents**

[1 General Provisions 1](#_Toc175843807)

[2 Terms 3](#_Toc175843808)

[3 Basic Requirements 4](#_Toc175843809)

[3.1 General Requirements 4](#_Toc175843810)

[3.2 Evaluation and Rating 5](#_Toc175843811)

[4 Evaluation indexes 7](#_Toc175843812)

[4.1 Safety and reliability 7](#_Toc175843813)

[4.2 Power Generation 10](#_Toc175843814)

[4.3 Building Envelop Utilization 11](#_Toc175843815)

[4.4 Building Energy-Saving 13](#_Toc175843816)

[4.5 Economy 14](#_Toc175843817)

[4.6 Environmental Benefits 16](#_Toc175843818)

[4.7 Promotion and Innovation 16](#_Toc175843819)

[5 Testing and Evaluation Method 18](#_Toc175843820)

[5.1 Inspection of Documents 18](#_Toc175843821)

[5.2 Inspection on site 18](#_Toc175843822)

[5.3 Testing on site 19](#_Toc175843823)

[5.4 Index calculation 24](#_Toc175843824)

Appendix A [Testing and Evaluation Report Format for Photovoltaic Building 30](#_Toc175843825)

Explanation of Wording [35](#_Toc175843826)

List of Quoted Standards [36](#_Toc175843827)

1. 总则

**1.0.1** 为贯彻落实国家碳达峰、碳中和的有关法规政策，充分利用建筑太阳能资源，提高太阳能供能比例，保障光电建筑安全稳定运行，规范光电建筑的运行评价，制定本标准。

【条文说明】制定本条的宗旨。建筑是全球能源需求不断增长的关键驱动因素，国际能源署报告显示，2022年全球建筑运行能耗约占社会总能耗的30%，二氧化碳排放占总排放的28%。未来新建建筑数量或将持续增长，建筑领域节能减碳将成为实现碳中和目标的重要途径。除被动式节能外，光伏等可再生能源建筑应用成为降低建筑领域碳排放的重要措施。

2021年10月，国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》，将“城乡建设碳达峰行动”列为“碳达峰十大行动”之一，提出“加快优化建筑用能结构，深化可再生能源建筑应用，推广光伏发电与建筑一体化应用。到2025年，城镇建筑可再生能源替代率达到8%，新建公共机构建筑、新建厂房屋顶光伏覆盖率力争达到50%”。2022年6月，《住房和城乡建设部、国家发展改革委关于印发城乡建设领域碳达峰实施方案的通知》中进一步提出“推进建筑太阳能光伏一体化建设”，推动可再生能源建筑应用高质量发展，以光电建筑为代表的新型能源系统，逐步成为未来能源系统的重要发展方向，也是建筑领域实现双碳目标的重要途径。

在建筑中应用光伏系统，需要综合考虑发电与消纳、经济与环保、节能与安全等问题。然而，目前大量建筑安装光伏系统过程中，将光伏系统视为附加设施，为装而装现象较为普遍。随之而来的是，建筑光伏系统与建筑用能需求缺少统筹考虑，造成光伏发电量难以消纳进而大量并网，一方面过低的光伏自消纳比例对电网稳定造成了影响，另一方面过低的光伏自供给比例造成建筑实际可再生能源供能比例较低，实际节能效果不明显。

因此，本标准从充分发掘建筑自身光伏供电潜力、保障建筑光伏稳定高效运行、提升建筑节能减排性能角度，提出光电建筑评价方法，做到综合全面、安全适用、经济合理、技术先进，规范光电建筑工程质量，保障运行安全可靠性和节能减碳综合效益，推动光电建筑健康、良性发展。

**1.0.2** 本标准适用于新建、扩建和改建的光电建筑，以及在既有建筑上增设或改造建筑光伏系统后的评价。

【条文说明】本条规定了本标准的适用范围。本标准适用于新建、扩建和改建的民用建筑及工业建筑，以及在既有建筑上增设或改造建筑光伏系统；扩建是指保留原有建筑，在其基础上增加另外的功能、形式、规模，新建部分与原有建筑相关；改建是指对原有建筑的功能或者形式进行改变，而建筑的规模和建筑的占地面积均不改变。

本标准适用于光电建筑运行阶段安全可靠、节能环保的测试与评价，光电建筑的设计、施工等环境应符合国家现行有关标准的规定。

**1.0.3** 光电建筑工程的测试与评价除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。。

【条文说明】光电建筑是建筑与光伏发电技术的综合应用，涉及多个专业，每个专业均制定了相应设计、施工验收等标准规范。本标准仅针对光电建筑工程节能减碳效益的测试和评价进行规定和要求，因此，光电建筑除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

1. 术语

2.0.1 光电建筑 photovoltaic building

适应气候特征和场地条件，通过建筑与光伏协同设计，实现建筑光伏深度融合，在满足功能、性能、安全的基础上，提高光伏发电的自供给比例和自消纳比例，提升节能减碳效益的建筑。

【条文说明】光电建筑不应简单考虑建筑光伏系统，而是需要在考虑建筑各项需求的基础上，通过建筑与光伏在设计、外观等层面，以及产能与用能需求间的融合，以可再生能源的高比例高质量应用提升建筑节能降碳水平，实现综合效益的提升。

**2.0.2** 自消纳比例 self consumption ratio

规定的一段时间内，建筑光伏系统供给建筑使用的电量总和占总发电量的比例。

**2.0.3** 自供给比例 self sufficiency ratio

规定的一段时间内，建筑光伏系统供给建筑使用的电量总和占建筑总用电量的比例。

【条文说明】在建筑中应用光伏系统，需要综合考虑发电与消纳等问题，做到可再生能源的高比例高质量应用。在双碳目标下，大量建筑安装光伏系统过程中，将光伏系统视为附加设施，为装而装现象较为普遍。随之而来的是，建筑光伏系统规划、设计阶段，与建筑用能需求缺少统筹考虑，造成光伏发电量难以消纳进而大量并网，一方面过低的光伏自消纳比例对电网稳定造成了影响，另一方面过低的光伏自供给比例造成建筑实际可再生能源供能比例较低，实际节能效果不明显。综上，本标准将并网光伏系统的建筑自消纳比例和自供给比例纳入评价指标，以推动提升建筑光伏发电的自消纳比例，提升光伏对建筑碳减排的贡献率，推动建筑领域双碳目标顺利实现。

**2.0.4** 一体化构件比例 building integrated photovoltaic components ratio

光电建筑中应用具有建筑构件功能的一体化构件面积占总光伏阵列面积的比例。

【条文说明】一体化构件是指在发电同时，光伏阵列支撑体系与建筑结构一体化、或满足建筑材料标准要求可实现全部或部分建筑构件功能的建筑光伏应用形式。一体化构件是建筑光伏应用的高级形式，一体化构件除发电外，还具有特定的建筑构件功能，进而更好地满足建筑美观、安全、功能等需求，但目前建筑中采用一体化构件会对建筑设计、施工等环节带来挑战，进而影响了一体化构件的推广应用。本标准将一体化构件比例纳入评价指标，进而鼓励建筑光伏一体化推广应用。

1. 基本规定

## 一般规定

* + 1. 光电建筑的评价应以单栋建筑或建筑群为评价对象。

【条文说明】本条规定了评价对象的要求。参评光电建筑的建筑应为一栋或多栋完整的单体建筑，不止包括光伏系统，而是应进行整体考虑，应用于建筑群时，所有建筑均应在同一地块内。

* + 1. 光电建筑评价应在光电建筑工程竣工且验收合格后进行。光电建筑工程设计阶段可参照相关指标要求进行预评价。

【条文说明】本条规定了光电建筑评价的阶段。符合国家法规标准及建设方要求是参与光电建筑评价的前提条件，因此只有通过验收的建筑才可以参评光电建筑。同时，我国光伏系统装机容量已达到世界第一，正处于从高速发展到高质量发展过渡的关键时期，本标准规定光电建筑评价为运行评价，也就是基于实测结果的评价，更有助于光电建筑节能减碳效益的实现。在设计阶段，可以根据可行性报告等文件分析结果，进行预评价。

* + 1. 光电建筑评价过程应包括文件检查、现场检查、现场测试、指标评分、等级判定。

【条文说明】本条规定了光电建筑评价的主要过程。

* + 1. 测评机构应在文件评审、现场检查、现场测试、指标评分、等级判定后出具测评报告，测评报告应包括但不限于下列内容：
       1. 测评依据；
       2. 测试中使用的仪器设备清单；
       3. 项目概况；
       4. 控制项评价结果；
       5. 评分项指标计算与评分结果；
       6. 等级判定。

【条文说明】本条对光电建筑测评机构的相关工作提出要求。光电建筑测评机构应按照本标准的有关要求对审查申请方提供的材料审查后进行现场检查，并对必要项目进行测试后，出具测评报告，测评报告应对评级过程和评价结果进行详细描述。测评报告模板详见附录A。

* + 1. 光电建筑测评报告应按本标准附录A编制。

## 评价与等级划分

* + 1. 光电建筑评价指标应包括安全可靠性、光伏发电性能、建筑表皮资源利用、建筑节能性、经济性、环境效益六类指标。安全可靠性指标为控制项，其余为评分项，此外还应设置提高与创新加分项。

【条文说明】本条规定了光电建筑的评价体系。安全可靠运行是实现光电建筑节能减碳效益的基础，因此本标准将安全可靠作为光电建筑评价的控制项，控制项全部满足要求后才可以进行评分项的评价。光电建筑是光伏与建筑的深度融合，因此评分项中不仅包含光伏发电性能、经济性、环境效益等常规光伏系统评价指标类别，还包含建筑节能性能、建筑表皮资源利用等与建筑相结合的评价指标类别，同时，为了鼓励光电建筑采用提高、创新的光电建筑技术和产品实现更高性能，评价指标体系还统一设置“提高与创新”加分项。

* + 1. 控制项的评定结果应为达标或不达标，评分项和加分项的评定结果应为分值。
    2. 光电建筑的总得分应按下式计算：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | |  | （**3.2.3**） |
| 式中： | Q | — | 光电建筑总得分； | | | |
| x1~ x | | 6— | 分别对应5类评价指标（光伏发电性能、建筑表皮资源利用、建筑节能性、经济性、环境效益）和加分项的权重，应按照表3.2.3取值； | | | |
| Q1~Q6 | | — | 分别对应5类评价指标（光伏发电性能、建筑表皮资源利用、建筑节能性、经济性、环境效益）和加分项的得分。 | | | |

表3.2.3 光电建筑评价分值

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 光伏发电性能 | 建筑表皮资源利用 | 建筑节能性 | 经济性 | 环境效益 | 加分项 |
| 评价满分值 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 权重 | 19% | 26% | 24% | 19% | 12% | 10% |

【条文说明】本条规定了光电建筑各评分项的评价满分值、对应权重、以及总得分的计算方法。参评建筑的总得分由评分项得分和加分项得分两部分组成，总得分满分110分。

* + 1. 光电建筑等级应按由低至高划分为一星级、二星级、三星级3个等级。
    2. 光电建筑等级应按下列规定确定：
       1. 一星级、二星级、三星级3个等级的光电建筑均应满足本标准全部控制项的要求；
       2. 当总得分分别达到60分、70分、85分时，光电建筑等级分别为一星级、二星级、三星级。

【条文说明】当对光电建筑进行评价时，首先应通过文件评审和现场检查过程，对安全可靠性的控制项要求进行评审，确定建筑满足全部控制项的要求。随后通过文件资料、现场检测结果，对各评分项要求进行评分，最后将各项得分按照本标准第3.2.4条的规定进行加权汇总，得出建筑总得分。当总得分分别达到60分、70分、85分时，光电建筑等级分别为一星级、二星级、三星级。

1. 评价指标

## 安全可靠性

* + 1. 结构安全
    2. 新建光电建筑中光伏系统应与建筑主体结构统一规划、设计、施工。

【条文说明】光伏与建筑一体化是太阳能应用的发展方向，光伏系统的设备应与建筑主体一体化设计，避免二次施工破坏建筑主体结构性能，并对以下问题充分考虑：

* + **外观协调、美观：**合理选择组件类型、颜色、布置方式等，在保证发电效率的前提下，应尽可能做到与建筑外观形式、建筑风格、立面色调等协调一致，使之成为建筑的有机组成部分。
  + **建筑安全：**光伏系统在设计阶段应充分考虑与建筑主体结构连接，一体化设计预留光伏系统安装基础，不但增强安全可靠性，也可以进一步提升经济性，此外，对于防雷、防风、防冰雹等安全性要求也应在设计阶段一并考虑。
  + **功能要求：**传热系数、气密性、遮阳系数等热工性能，透光部位采光性能；对建筑通风换气的影响；建筑物之间的距离应符合系统有效吸收太阳光的要求，并降低二次辐射对周边环境的影响。

本条评价方式为在文件检查阶段检查建筑施工图及结构设计文件。

* + 1. 既有建筑进行光电建筑改造时，应进行结构安全复核并满足其安全性能要求。

【条文说明】既有建筑建成的年代参差不齐，有的建筑已使用多年，过去我国在抗震设计等结构安全方面的要求较低，太阳能光伏发电系统需安装在建筑物的外围护结构表面上，会加重安装部位的结构承载负荷。为保证建筑物的结构安全，增设或改造光伏系统时，必须经过建筑结构复核，确定是否可以实施。复核可由原设计单位或其他有资质的设计单位根据原设计施工图、竣工图、计算书文件进行，或者委托法定检测机构检测，确认不存在结构安全问题；否则，应进行结构加固，以确保建筑结构安全和其他相应的安全性要求。

本条评价方式为在文件检查阶段检查建筑结构安全复核报告。

* + 1. 光伏系统应满足建筑所在地要求的抗风压、抗震等级要求。

【条文说明】光伏系统在设计时应考虑抗风压、抗震等要求，抵御极端天气下的影响。

本条评价方式为在文件检查阶段检查建筑施工图及抗风、抗震相关设计文件。

* + 1. 为光伏系统设计的建筑预埋件等支撑结构，应减少后置埋件使用，且设计使用年限不应小于建筑使用年限。

【条文说明】为确保安全，建筑结构设计应为太阳能系统安装埋设预埋件或其他连接件；连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。

本条评价方式为在文件检查阶段检查建筑施工图及结构设计文件，并在现场检查阶段检查光伏系统基座、锚固件、预埋钢板或螺栓。

* + 1. 光伏系统支架及支架基础应具备防腐措施。

【条文说明】光伏系统支架防腐应满足建筑领域相关标准的要求，确保使用寿命。

本条评价方式为在现场检查阶段检查建筑光伏支架。

* + 1. 电气安全
    2. 光电建筑工程应用的光伏组件、蓄电池、逆变器、汇流箱、线缆等关键设备应符合设计要求和现行相关标准的规定。

【条文说明】采用合格的产品是确保工程质量的基本条件。

本条评价方式为在文件检查阶段检查相关产品质量合格证明文件、标识及相关性能检测报告等。

* + 1. 光电建筑在人员可能接触或接近光伏发电系统的位置，应设置防触电警示标识。

【条文说明】建筑光伏系统尤其是直流侧系统电压较高，因此需要设置警示标识，防止误触或误操作导致的事故发生。

本条评价方式为在现场检查阶段检查安装建筑光伏与变配电设备的场所内相关标识情况。

* + 1. 光电建筑的防雷设计应满足现行国家标准《光伏建筑一体化系统防雷技术规范》GB/T 36963中的有关规定。

【条文说明】对于建筑光伏系统，尤其是既有建筑后增设光伏系统时，由于光伏系统通常位于屋面，属于易受雷击的部位，因此应对防雷设计更加重视，确保运行阶段安全。

本条评价方式为在现场检查阶段检查防雷接地电阻是否满足设计要求或核查防雷接地电阻测试记录。

* + 1. 光电建筑应设置电击防护、故障防护、过负荷保护、短路保护、建筑物内的电磁干扰防护等安全防护措施，并应满足现行国家标准《低压电气装置 第7-712部分：特殊装置或场所的要求 太阳能光伏（PV）电源系统》GB/T 16895.32的有关规定。

【条文说明】建筑光伏系统不仅作为电气系统出现在建筑中，还是一个电源装置。尤其是在建筑电气系统发生故障时，建筑光伏系统还在正常发电供电的话，会对电气检修等工作带来潜在风险。因此需要设置专门的安全防护措施。

本条评价方式为在文件检查阶段检查建筑电气设计文件。

* + 1. 民用光电建筑中光伏系统的最大系统电压不应大于1000 VDC；工业用光电建筑中光伏系统的最大系统电压不应大于1500 VDC。

【条文说明】光伏系统电压等级除考虑发电、逆变、输电过程效率外，还应考虑人员安全。参考北京市地方标准《户用并网光伏发电系统电气安全设计技术要求》DB11/T 1671-2019的规定，民用光电建筑中光伏系统的最大系统电压不应大于1000 VDC；参考中国工程建设标准化协会标准《工业建筑太阳能光伏系统评价标准》T/CECS 1461-2023的规定，工业光电建筑中光伏系统的最大系统电压不应大于1500 VDC。

本条评价方式为在文件检查阶段检查建筑电气设计文件。

* + 1. 防火安全
    2. 光电建筑在建筑立面安装光伏组件时，光伏组件与建筑外围护结构之间的空腔应采取防止火灾竖向蔓延的措施，满足建筑防火要求。

【条文说明】根据国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037-2022第6.6.8条第3款规定：“外墙外保温系统与基层墙体、装饰层之间的空腔，应在每层楼板处采取防火分隔与封堵措施”。第6.2.4条规定：“建筑幕墙应在每层楼板外沿处采取防止火灾通过幕墙空腔等构造竖向蔓延的措施”。因此，对于外墙壁挂式光伏组件，应注意避免形成由下至上通高的空腔，造成火灾隐患。

本条评价方式为在文件检查阶段检查建筑施工图。

* + 1. 光电建筑中应设置合理的光伏组件散热方式，且按照现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801测试的光伏组件背板最高工作温度不应超过85℃。

【条文说明】国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021中规定太阳能光伏发电系统设计时，应根据光伏组件在设计安装条件下最高工作温度设计其安装方式，且应对光伏组件背板温度进行监测，因此本标准中将光伏组件背板最高工作温度纳入评价指标，并按照国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801中规定的测试方法，测试光伏组件背板最高工作温度，以确保建筑光伏运行安全。

本条评价方式为在文件检查阶段检查建筑施工图，并在现场测试阶段光伏组件背板最高工作温度的测试结果。

* + 1. 光伏组件的燃烧性能分类级别，应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037对相应部位材料的规定。安装支撑物、衬垫等材料的燃烧性分类级别应不低于光伏组件的燃烧性能分类级别。

【条文说明】光电建筑中采用的光伏组件应按照现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624的规定，进行燃烧性能等级判定。此外，国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037规定了建筑构造和装修部位所使用材料的燃烧性能等级要求，其中对于建筑外保温系统有详细规定。光伏组件应用于建筑表面时，应根据建筑功能、类型、高度以及光伏组件安装部位、所采用的安装形式，确定相应的燃烧性能分类级别。同时相关附属物也应该达到对应的分类级别要求。

本条评价方式为在文件检查阶段检查光伏组件燃烧性能检测报告。

## 光伏发电性能

* + 1. 光电建筑的光伏系统光电转换效率应满足设计要求，光伏系统光电转换效率评分规则按表4.2.1进行，当同一光电建筑采用多种安装形式，则分别计算各安装形式的得分，并根据装机功率加权平均得到系统光电转换效率总得分。

**表4.2.1 光伏系统光电转换效率评分规则**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 安装形式 | 光伏系统光电转换效率*η*d（%） | | | | |
| 屋面附加式、外墙壁挂式 | *η*d≥17 | 17＞*η*d≥15 | 15＞*η*d≥13 | 13＞*η*d≥9 | *η*d＜9 |
| 瓦片式、嵌入式、遮阳式 | *η*d≥14 | 14＞*η*d≥12 | 12＞*η*d≥10 | 10＞*η*d≥8 | *η*d＜8 |
| 得分 | 62 | 46 | 30 | 14 | 0 |

【条文说明】当前随着光伏技术的发展，光伏组件的光电转换效率不断提升。本标准中规定的光伏系统光电转换效率指太阳能光伏发电系统发电量与光伏方阵表面接收到的太阳辐照量的比值，因此除了光伏组件光电转换效率以外，还受到实际运行过程中的入射角变化、积尘污损、环境温度、逆变损失等多种因素的影响。光电建筑中瓦片式、嵌入式、遮阳式等应用形式受安装条件限制，光伏系统光电转换效率会稍有下降，因此在本条中按照应用形式分别给出不同的指标要求。对于采用透光光伏组件的光伏发电系统，可按照实际发电面积折算得出光伏系统光电转换效率。对于采用彩色光伏组件的光伏发电系统，也应保持一定的发电效率，因此设置9%~13%的评分段给于适当照顾。

本条评价方式为在现场测试后根据本标准第5.4.1条的规定计算光伏系统光电转换效率进行评分。

* + 1. 光电建筑的储能比例应满足设计要求，光电建筑储能比例评分规则按表4.2.2进行，未设置储能系统则该项不得分。

表4.2.2 光电建筑储能比例评分规则

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 光伏系统储能比例Cr（%） | | | |
| 储能比例Cr（%） | Cr≥50 | 50＞Cr≥20 | 20＞Cr≥5 | 5＞Cr＞0 |
| 得分 | 38 | 24 | 10 | 5 |

【条文说明】建筑中设置储能系统，可以更好平衡光伏产能与建筑用能之间的差异，促进建筑节能减碳，但也导致投资成本上升，进而经济性变差，因此本标准对储能比例设置单独的评分项。其中储能比例为储能电池容量与光电建筑日均发电量的比值。

本条评价方式为在现场测试后根据本标准第5.4.2条的规定计算储能比例进行评分。

## 建筑表皮资源利用

* + 1. 光电建筑应充分利用建筑屋面资源，屋面利用率的总分值为24分，光电建筑屋面利用率评分规则按表4.3.1进行。

**表4.3.1 光电建筑屋面利用率评分规则**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 建筑类型 | | 屋面利用率*y*r（%） | | | |
| 民用建筑 | 多层建筑 | *y*r≥50 | 50＞*y*r≥30 | 30＞*y*r≥20 | *y*r＜20 |
| 高层建筑 | *y*r≥45 | 45＞*y*r≥25 | 25＞*y*r≥15 | *y*r＜15 |
| 独立式住宅 | *y*r≥55 | 55＞*y*r≥35 | 35＞*y*r≥25 | *y*r＜25 |
| 工业建筑 | | *y*r≥80 | 80＞*y*r≥70 | 70＞*y*r≥50 | *y*r＜50 |
| 得分 | | 24 | 16 | 8 | 0 |

【条文说明】建筑屋面往往是接收太阳辐射最多的表面。因此，屋面利用率反映了建筑屋面接受到的太阳辐射的开发利用程度。铺设更大面积的光伏，一方面需要光伏系统的优化设计，另一方面也需要建筑设计时，充分考虑光伏发电的需求，将屋面通风空调等设备尽量减少或者移动到遮荫位置，从而为建筑光伏系统让出更大的安装面积。

本条评价方式为在现场测试后根据本标准第5.4.3条的规定计算屋面利用率进行评分。

* + 1. 光电建筑应充分利用建筑外表皮资源，光伏覆盖率评价总分值为38分，光电建筑光伏覆盖率评分规则按表4.3.2进行。

**表4.3.2 光伏覆盖率评分规则**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 建筑类型 | 光伏覆盖率*y*s（%） | | | |
| 居住建筑和公共建筑 | *y*s≥40 | 40＞*y*s≥30 | 30＞*y*s≥20 | *y*s＜20 |
| 工业建筑 | *y*s≥50 | 50＞*y*s≥40 | 40＞*y*s≥30 | *y*s＜30 |
| 得分 | 38 | 24 | 10 | 0 |

【条文说明】光伏覆盖率指光电建筑中光伏组件总面积与建筑总外表面积之比，用以说明建筑表面太阳能资源开发利用程度，与前述屋面利用率类似，也需要通过建筑精心设计实现。

本条评价方式为在现场测试后根据本标准第5.4.4条的规定计算光伏覆盖率进行评分。

* + 1. 光电建筑宜采用适宜的一体化构件实现建筑光伏深度融合，一体化构件比例评价总分值为22分，光电建筑一体化构件比例评分规则按表4.3.3进行。

**表4.3.3 一体化构件比例评分规则**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 一体化构件比例*y*g（%） | | | |
| 一体化构件比例*y*g（%） | *y*g≥80 | 80＞*y*g≥45 | 45＞*y*g≥10 | *y*g＜10 |
| 得分 | 22 | 15 | 8 | 0 |

【条文说明】用于建筑的光伏一体化构件是建筑光伏应用的高级形式，一体化构件除发电外，还具有特定的建筑构件功能，进而更好地满足建筑各项需求，但目前建筑中采用一体化构件会对建筑设计、施工等环节带来挑战，进而影响了一体化构件的推广应用。本标准将一体化构件比例纳入评价指标，进而鼓励建筑光伏一体化推广应用。

本条评价方式为在现场测试后根据本标准第5.4.5条的规定计算一体化构件进行评分。

* + 1. 光电建筑应合理布局光伏组件，避免光伏组件受自身、树木及周边建筑等因素遮挡，日照遮挡率评价总分值为16分，光电建筑日照遮挡率评分规则按表4.3.4进行。当同一光电建筑有多种安装位置，则分别计算屋面和立面的得分，并根据装机功率加权平均得到日照遮挡率总得分。

表4.3.4 光电建筑日照遮挡率评分规则

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 安装位置 | 日照遮挡率*A*s（%） | | | |
| 屋面 | *A*s≤3 | 3＜*A*s≤5 | 5＜*A*s≤10 | *A*s＞10 |
| 立面 | *A*s≤5 | 5＜*A*s≤10 | 10＜*A*s≤20 | *A*s＞20 |
| 得分 | 16 | 11 | 6 | 0 |

【条文说明】日照遮挡率指光电建筑中被遮挡的光伏面积与光伏组件总面积之比。为了实现更低的日照遮挡率，不仅在光伏布置时进行日照分析，确定合理位置，更需要在建筑设计过程中，进行必要的模拟优化，例如优化建筑朝向，将屋面机房、电梯间等放置在北侧，主立面避让周边高大建筑物遮挡等，如无法避免，应采取措施降低遮挡对发电量的影响。

本条评价方式为在现场测试后根据本标准第5.4.6条的规定计算日照遮挡率进行评分。

## 建筑节能性

* + 1. 光电建筑的单位建筑面积年发电量应满足设计文件要求，单位建筑面积年发电量总分值为37分，光电建筑单位建筑面积发电量评分规则按表4.4.1进行。

表4.4.1 光电建筑单位建筑面积发电量评分规则

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 太阳能资源区划 | 单位面积发电量*Ed*（kWh/m2） | | | |
| 最丰富区 | *Ed*≥60 | 60＞*Ed*≥50 | 50＞*Ed*≥30 | *Ed*＜30 |
| 很丰富区 | *Ed*≥50 | 50＞*Ed*≥40 | 40＞*Ed*≥20 | *Ed*＜20 |
| 丰富区 | *Ed*≥40 | 40＞*Ed*≥30 | 30＞*Ed*≥10 | *Ed*＜10 |
| 一般区 | *Ed*≥30 | 30＞*Ed*≥20 | 20＞*Ed*≥8 | *Ed*＜8 |
| 得分 | 37 | 25 | 13 | 0 |

【条文说明】光电建筑应用是降低建筑能耗，实现建筑绿色低碳发展的重要途径，因此单位建筑面积的发电量是衡量光电建筑节能性能的重要指标，不同太阳能资源区光伏系统发电量具有较大差别，因此本条针对不同太阳能资源区分别给出了单位建筑面积年发电量评价指标。

本条评价方式为在现场测试后根据本标准第5.4.7条的规定计算单位面积发电量进行评分。

* + 1. 采用合理的设计提升光伏发电的建筑自消纳比例，自消纳比例总分值为41分，光电建筑自消纳比例评分规则按表4.4.2进行。

表4.4.2 光电建筑自消纳比例评分规则

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 自消纳比例*R*co（%） | | | |
| 自消纳比例*R*co（%） | *R*co≥50 | 50＞*R*co≥30 | 30＞*R*co≥10 | *R*co＜10 |
| 得分 | 41 | 27 | 13 | 0 |

【条文说明】光电建筑中太阳能光伏系统的建筑自消纳比例一方面对经济性有影响，一般条件下光伏发电的并网价格低于建筑用电价格，因此自消纳比例越高，光伏发电的经济性越好；另一方面，建筑光伏发电过低的自消纳比例对电网稳定造成了影响，因此，本条提出了建筑自消纳比例的分级标准。

本条评价方式为在现场测试后根据本标准第5.3.8条的规定计算光电建筑自消纳比例进行评分。

* + 1. 光电建筑的用电自供给比例评价总分值为22分，光电建筑自供给比例评分规则按表4.4.3-1和表4.4.3-2进行。

表4.4.3-1 低层及多层光电建筑自供给比例评分规则

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 建筑热工分区 | 自供给比例*R*su（%） | | | |
| 严寒和寒冷地区 | *R*su≥50 | 50＞*R*su≥30 | 30＞*R*su≥10 | *R*su＜10 |
| 夏热冬冷地区 | *R*su≥60 | 60＞*R*su≥40 | 40＞*R*su≥20 | *R*su＜20 |
| 夏热冬暖地区 | *R*su≥50 | 50＞*R*su≥30 | 30＞*R*su≥10 | *R*su＜10 |
| 温和地区 | *R*su≥80 | 60＞*R*su≥40 | 40＞*R*su≥20 | *R*su＜20 |
| 得分 | 22 | 15 | 8 | 0 |

表4.4.3-2 高层及超高层光电建筑自供给比例评分规则

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 建筑热工分区 | 自供给比例*R*su（%） | | | |
| 严寒和寒冷地区 | *R*su≥25 | 25＞*R*su≥15 | 15＞*R*su≥5 | *R*su＜5 |
| 夏热冬冷地区 | *R*su≥30 | 30＞*R*su≥20 | 20＞*R*su≥10 | *R*su＜10 |
| 夏热冬暖地区 | *R*su≥25 | 25＞*R*su≥15 | 15＞*R*su≥5 | *R*su＜5 |
| 温和地区 | *R*su≥40 | 30＞*R*su≥20 | 20＞*R*su≥10 | *R*su＜10 |
| 得分 | 22 | 15 | 8 | 0 |

【条文说明】光电建筑中建筑用电的自供给比例一方面对经济性有显著影响，另一方面，更高的自供给比例标志着建筑的间接碳排放更低，因此，本条提出了建筑自供给比例的分级标准。

本条评价方式为在现场测试后根据本标准第5.4.9条的规定计算光电建筑自供给比例进行评分。

## 经济性

* + 1. 光电建筑中的光伏系统的度电成本评价总分值为43分，光电建筑度电成本评分规则按表4.5.1进行。

表4.5.1 度电成本评分规则

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 度电成本LCOE（元/kWh） | | | |
| 度电成本LCOE | LCOE≤0.35 | 0.35＜LCOE≤0.55 | 0.55＜LCOE≤0.90 | LCOE＞0.90 |
| 得分 | 43 | 29 | 15 | 0 |

【条文说明】度电成本受到建筑光伏系统投资与发电量的影响，体现了光伏系统自身的经济性。一般情况下，商业用电平均价格在0.80~1.10元/kWh之间，居民用户用电价格在0.50~0.55元/kWh之间，因此度电成本LCOE达到相应价格意味着光伏发电的成本已经优于对应建筑的用电价格，体现了经济性优势。

本条评价方式为在现场测试后根据本标准第5.4.10条的规定计算度电成本进行评分。

* + 1. 光电建筑中的单位建筑面积增投资评价总分值为35分，光电建筑单位建筑面积增投资评分规则按表4.5.2进行。

表4.5.2 单位建筑面积增投资评分规则

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 单位建筑面积增投资*I*d（元/m2） | | | |
| 单位建筑面积增投资*I*d | *I*d≤100 | 100＜*I*d≤500 | 500＜*I*d≤1000 | *I*d＞1000 |
| 得分 | 35 | 24 | 13 | 0 |

【条文说明】光电建筑的增投资也是影响光电建筑进一步推广应用的主要因素。相比于其他节能减碳措施，单位建筑面积增投资在100元/m2以下时，光电建筑技术相对于其他建筑节能措施经济性更加凸显，当单位建筑面积增投资在1000元/m2以上时，相关技术的成本已经在建安成本中占到1/4左右的比例，经济性变差，推广前景减弱。

本条评价方式为在现场测试后根据本标准第5.4.11条的规定计算单位建筑面积增投资进行评分。

* + 1. 光电建筑中的单位建筑面积收益评价总分值为22分，光电建筑单位建筑面积收益评分规则按表4.5.3进行。

表4.5.3 单位建筑面积收益评分规则

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 单位建筑面积光伏系统的收益*SY*（元/m2） | | | |
| 单位建筑面积收益*SY* | *SY*≥80 | 80＞*SY*≥30 | 30＞*SY*≥10 | *SY*＜10 |
| 得分 | 22 | 15 | 8 | 0 |

【条文说明】光电建筑在运行中发电会带来一定的经济效益，该部分收益用以衡量推广潜力。

本条评价方式为在现场测试后根据本标准第5.4.12条的规定计算单位建筑面积收益进行评分。

## 环境效益

* + 1. 光电建筑的减碳比例评价总分值为100分，光电建筑减碳比例评分规则按表4.6.1进行。

表4.6.1 减碳比例评分规则

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 减碳比例*ERR*（%） | | | |
| 减碳比例 | *ERR*≥50 | 50＞*ERR*≥30 | 30＞*ERR*≥10 | *ERR*＜10 |
| 得分 | 100 | 75 | 50 | 0 |

【条文说明】光电建筑通过光伏与建筑的融合，最重要的目的是支撑建筑节能降碳，因此将减碳比例作为一个关键指标。

本条评价方式为在现场测试后根据本标准第5.4.13条的规定计算减碳比例进行评分。

## 提高与创新

* + 1. 加分项得分为各提高与创新项得分之和，当得分大于100分时，应取100分。
    2. 光电建筑采用的光伏组件通过绿色建材产品认证，得10分，光伏系统通过绿色建材产品认证，得10分。

【条文说明】本条评价方式为提供光伏组件或光伏系统的绿色建材产品认证证书，当采用的部分光伏组件或光伏系统通过绿色建材认证时，按照通过的认证的光伏组件或系统装机功率所占比例计算得分。

* + 1. 光电建筑采用基于数字化、全年动态仿真、三维可视精细化软件设计光伏系统，得10分。

【条文说明】本条评价方式为提供建筑设计过程中使用软件设计的设计报告。

* + 1. 光电建筑采用快速关断、优化器等安全装置，并采用具备直流拉弧检测（AFCI）功能的逆变器，得5分。

【条文说明】本条评价方式为提供采用快速关断、优化器等安全装置以及具备直流拉弧检测（AFCI）功能的逆变器的方案设计说明，以及产品合格证书等。

* + 1. 设置光电建筑智能化监控平台，评价总分值为10分，并按下列规则分别评分并累计：
       1. 具备实时监测功能，监测内容包含气象参数、发电功率、光伏组件温度、储能电池状态、建筑用电量等参数，得5分；
       2. 具备故障诊断及自动报警功能，并具备自动处置等功能，得5分。

【条文说明】本条评价方式为提供采用相应智能化监控平台的方案设计说明，以及相关产品功能介绍与合格证书、原始监测数据、监测平台的第三方检测报告等。

* + 1. 光电建筑具备用电负荷柔性调节功能，可根据光伏发电量自动调节建筑用能需求，得20分。

【条文说明】本条评价方式为提供采用相应调控平台的方案设计说明，以及相关产品功能介绍与原始监测数据、监测平台的第三方检测报告等。

* + 1. 采用智能化运维手段，配置智能化清扫装置，配置无人机搭载红外扫描组件温度装置等，得10分。

【条文说明】本条评价方式为提供采用相应产品功能介绍与合格证书，以及相关运行记录与原始数据。

* + 1. 进行全寿命期碳排放计算分析，采取措施降低单位建筑面积碳排放强度，得5分。

【条文说明】本条评价方式为提供全寿命期碳排放计算分析报告（含减排措施）。

* + 1. 采用合理的措施降低施工阶段的碳排放，得10分。

【条文说明】本条评价方式为提供相应分析计算报告，以及相关原始记录。

* + 1. 采用节约资源、节能减碳、智慧运行等其他创新，并具有明显效益，评价总分值为30分。每采取一项，得10分，最高得30分。

【条文说明】本条评价方式为提供相应分析计算报告，以及说明效益的原始记录。

1. 测评方法

## 文件检查

* + 1. 光电建筑的文件检查应包含但不限于下列内容：
       1. 既有建筑改造时，应核查建筑结构安全复核报告；
       2. 建筑、结构、电气等专业设计文件；
       3. 光伏系统设计文件；
       4. 建筑荷载计算报告；
       5. 光伏系统抗风揭、淋雨试验报告；
       6. 建筑可再生能源系统分析计算报告；
       7. 光伏组件、逆变器、蓄电池等关键产品的设备合格证书与性能测试报告；
       8. 必要的施工、运行记录；
       9. 其他必要文件，如日照分析、发电量模拟等报告。

【条文说明】本条列出了文件检查过程中，申请评价单位应提供的文件内容。相关文件主要是用于本标准第4.1节安全可靠性指标评价的佐证材料，并为现场检查与测试提供基本信息。

## 现场检查

* + 1. 光电建筑的现场检查内容及要求应符合表5.2.1的规定。

表5.2.1 光电建筑现场检查内容及要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **检查内容** | **要求** | **检查数量** | **检查方法** |
| 项目基本信息 | 确认建筑面积、各立面朝向光伏阵列面积、一体化构件面积、储能系统容量、建筑屋面面积、建筑总外表面面积、光伏系统设计寿命、年运行维护费用、单位建筑面积增投资、相关补贴收益情况、光伏发电并网价格、建筑用电价格。 | 全数检查。 | 对照设计检查，必要时现场测量确认。 |
| 基座 | 建筑光伏混凝土支架基座类型、强度应符合设计要求。 | 全数检查。 | 对照设计文件检查，核查试验报告。 |
| 锚固件 | 后置锚固件的类型、规格型号、数量、位置和抗拉拔承载力应符合设计要求。 | 抽查基座总数的10%，且不少于3个；少于3个，则全数检查。后置锚固件现场拉拔检测应按后置锚固件总数的1%随机抽取，且不少于3个。 | 对照设计检查，核查隐蔽工程验收记录、后置锚固件现场拉拔检测报告。 |
| 预埋钢板或螺栓 | 光伏支架、钢基座、后置锚固件、混凝土基座顶面的预埋钢板或螺栓防腐处理应符合设计要求和国家现行有关标准规定，防腐涂层应光滑平整，无流挂、起皱、露底等缺陷。 | 抽查基座总数的10%，且不少于3个基座；少于3个基座，则全数检查。 | 观察检查，核查相关性能检测报告。 |
| 光伏支架 | 支架的材质、施工制作应符合设计要求，支架应无破损和变形。钢结构支架的安装和焊接应符合现行国家标准的有关规定。 | 抽查支架总数的10%，且不少于3个；少于3个，则全数检查。 | 对照设计检查，检查材料质量保证资料，观察、量测检查。 |
| 光伏支架 | 光伏支架安装的位置、方位和倾角应符合设计要求。 | 抽查支架总数的10%，且不少于3个；少于3个，则全数检查。 | 测量检查。 |
| 防雷接地电阻 | 应符合设计要求。 | 全数检查。 | 现场检查，或核查防雷接地电阻测试记录。 |
| 关键产品性能 | 电缆及其附件、汇流箱、储能蓄电池、逆变器、配电柜等产品，其品种、规格型号、性能等应符合设计要求和现行相关标准的规定。 | 每种关键产品、型号检查数量不少于1个。 | 对照设计文件检查，核查产品质量合格证明文件、标识及相关性能检测报告等。 |
| 警示标识 | 光伏阵列、逆变、汇流、并网等设备附近应设置警示标识，直流侧线缆应标识正负极性，并分别布线。 | 全数检查。 | 观察检查。 |
| 燃烧性能 | 光伏组件的燃烧性能分类级别应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037的规定。 | 全数检查。 | 对照设计文件检查，核查产品质量合格证明文件、标识及相关性能检测报告等。 |

## 现场测试

* + 1. 光电建筑的测试应包括下列内容：
       1. 系统光电转换效率；
       2. 光伏组件背板最高工作温度；
       3. 光伏系统年发电量；
       4. 光伏发电的建筑自消纳比例；
       5. 建筑用电的自供给比例；
       6. 光伏阵列的日照遮挡率。

【条文说明】本条列出了现场检测过程中，用于评分项指标计算的主要测试参数。

* + 1. 当光电建筑中光伏组件类型、组件安装方式、并网形式相同，且系统装机容量偏差在10%以内时，应视为同一类型太阳能光伏系统。同一类型太阳能光伏系统被测试数量不应少于该类型系统总数量的5%，且不应少于1套。

【条文说明】本条的目的是为了提高测试工作的效率，节约测试成本，在科学合理的前提下尽量减少系统测试数量。现阶段，光伏组件类型主要包括晶硅和薄膜电池两类，系统与公共电网的关系主要分并网和离网两类。

* + 1. 光电建筑的系统光电转换效率、光伏组件背板最高工作温度、光伏系统年发电量、建筑自消纳比例、用电自供给比例的测试可按照现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801中对太阳能光伏系统的要求进行长期测试或者短期测试，测试条件应满足现行国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801的要求。光伏阵列的日照遮挡率测试应在每年春分（或秋分）前后至多60 d内，选取天气晴朗的一天进行。

【条文说明】国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801-2013(局部修订)规定了太阳能光伏系统的测试包括长期测试和短期测试两种方法。根据强制性工程建设规范《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021的要求，太阳能光伏系统应对发电量、光伏组件背板温度、室外温度、太阳辐照量进行监测，相关监测数据为太阳能光伏系统的长期测试提供了条件，因此应优先采用长期测试方法进行，当条件不具备时再采用短期测试方法。

**1** 在测试前，应确保系统在正常负载条件下连续运行3 d，测试期内的负载变化规律应与设计文件一致。

**2** 长期测试的周期不应少于120 d，且应连续完成，长期测试应在每年春分（或秋分）前至少60 d开始，应在每年春分（或秋分）后至少60 d结束。

**3** 短期测试不应少于4 d，每天应连续监测24h。

**4** 短期测试期间，不应少于4种太阳辐照量区间下的测试，每一太阳辐照量区间测试天数不应少于1 d，水平面太阳辐照量区间划分应符合下列规定：

1）太阳辐照量小于 8 MJ/（m2 • d）；

2）太阳辐照量大于等于 8 MJ/（m2 • d）且小于12 MJ/（m2 • d）；

3）太阳辐照量大于等于12 MJ/（m2 • d）且小于16 MJ/（m2 • d）；

4）太阳辐照量大于等于16 MJ/（m2 • d）；

**5）**短期测试期间，室外环境平均温度*t*a的允许范围为年平均环境温度±10 ℃；

**6**）短期测试期间，环境空气的平均流动速率不应大于4 m/s。

* + 1. 光电建筑测试用仪器设备应符合下列规定：
       1. 太阳总辐照度应采用总辐射表测量，总辐射表应符合现行国家标准《总辐射表》GB/T 19565中一级表的要求。
       2. 测量空气温度时应确保温度传感器置于遮阳且通风的环境中，高于地面约1 m，距离光伏组件的距离在1.5 m～10 m之间，环境温度传感器的附近不应有烟囱、冷却塔或热气排风扇等热源。温度测量仪器的准确度应在±0.5 ℃以内。
       3. 测量电功率所用的电功率表的测量误差不应大于5%。
       4. 模拟或数字记录仪的准确度应在满量程的±0.5％以内，其时间常数不应大于1 s。信号的峰值指示应在满量程的50%～100%之间。使用的数字技术和电子积分器的准确度应在测量值的±1.0%以内。记录仪的输入阻抗应大于传感器阻抗的1000倍或10 MΩ，且二者取其高值。仪器或仪表系统的最小分度不应超过规定精度的2倍。
       5. 计时测量的准确度应在±0.2％以内。
       6. 长度测量的准确度应在±1.0％以内。

【条文说明】测试仪器相关规定参考自国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801-2013（局部修订）。

* + 1. 光电建筑系统光电转换效率和光伏组件背板工作温度的测试应符合下列规定：
       1. 应测试系统每日的发电量、光伏组件表面上的总太阳辐照量、光伏组件背板表面温度、环境温度和风速等参数，采样时间间隔不应大于10 s。
       2. 在测量光伏组件面积时，应扣除光伏组件的间隙距离，将光伏组件的有效面积逐个累加，得到总有效面积。
       3. 对于独立太阳能光伏系统，电功率表应接在逆变器或离网控制器的输出端，对于并网太阳能光伏系统，电功率表应接在逆变器的输出端。
       4. 测试开始前，应安装调试好太阳辐射表、电功率表、温度自记仪和风速计，并计算光伏方阵面积，对于独立太阳能光伏系统，应切断所有外接辅助电源。
       5. 测试期间数据记录时间间隔不应大于600 s，采样时间间隔不应大于10 s。
       6. 测试期间光伏系统光电转换效率应按下式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.3.5-1） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *η*d,*i* | —— | 第*i*种安装方式的光伏系统光电转换效率（%）； |
|  | *Ei* | —— | 第*i*种安装方式的光伏系统的发电量 （kWh）； |
|  | *Hi* | —— | 第*i*种安装方式光伏阵列表面上单位面积的法向太阳辐照量（MJ/m2）； |
|  | *A*c,*i* | —— | 第*i*种安装方式的光伏阵列面积（m2）。 |

* + - 1. 光伏组件背板最高工作温度应取测试期间测得的光伏组件背板工作温度的最大值。

【条文说明】测试方法相关规定参考自国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801-2013（局部修订）。

* + 1. 光伏系统的年发电量计算应符合下列规定：
       1. 长期测试的年发电量应按下式计算：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | | （5.3.6-1） |
| 式中： | *E*n,*i* | ——第*i*个光伏系统年发电量（kWh）； | |
|  | *Ei* | ——长期测试期间的总发电量（kWh）； | |
|  | *N* | ——长期测试持续的天数。 | |

* + - 1. 短期测试的年发电量应按下式计算：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | | （5.3.6-2） |
| 式中： | *E*n,*i* | ——第*i*个光伏系统年发电量（kWh）； | |
|  | *η*d,*i* | ——第*i*个光伏系统光电转换效率（%）,根据本标准第5.3.5条计算； | |
|  | *Ha,i* | ——第*i*个朝向和倾角采光平面上全年单位面积的总太阳辐照量（MJ/m2）； | |
|  | *Ac,i* | ——第*i*个朝向和倾角采光平面上的光伏阵列面积（m2）。 | |

【条文说明】测试方法相关规定参考自国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801-2013（局部修订）。

* + 1. 光伏发电的建筑自消纳比例和建筑用电自供给比例测试应符合下列规定：
       1. 应根据本标准第5.3.2条、5.3.3条、5.3.4条规定测试光伏系统的发电量和并网电量，以及建筑用电量。
       2. 对于独立太阳能光伏系统，测量发电量的电功率表应接在逆变器或离网控制器的输出端，并网电量按0计算；对于并网太阳能光伏系统，测量发电量的电功率表应接在逆变器的输出端，测量并网电量的电功率表应接在并网柜并网侧。
       3. 测试期间数据记录时间间隔不应大于600 s，采样时间间隔不应大于60 s。
       4. 测试期间的建筑自消纳比例和建筑用电自供给比例应按下式计算：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | | （5.3.7-1） |
|  |  | | （5.3.7-2） |
| 式中： | *y* | ——建筑自消纳比例（%）； | |
|  | *E*b | ——光伏系统并网电量（kWh）； | |
|  | *z* | ——建筑用电自供给比例（%）； | |
|  | *E*c | ——建筑总用电量，包含由光伏自发自用电量（kWh）。 | |

【条文说明】测试方法相关规定参考自国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801-2013（局部修订）。

* + 1. 光伏阵列的日照遮挡率测试应符合下列规定：
       1. 测试条件应符合本标准第5.3.3条的规定，测试时间应为当地时间的10:00、12:00、14:00三个时刻前后15分钟内进行。
       2. 测试时采用相机对每个光伏阵列依次拍照，根据成像结果计算被遮挡的光伏组件数量。
       3. 单块光伏组件的遮挡面积大于等于20%时，按整块光伏组件被遮挡计算，小于20%时按光伏组件遮挡20%计算。
       4. 全部光伏阵列的日照遮挡率应按下式计算：

 （5.3.8）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *y*c,s | | —— | | 日照遮挡率（%）； |
|  | *A*c*,s* | —— | | 光伏阵列中被遮挡的光伏组件面积（m2）； | | |
|  | *m* | | —— | | 光电建筑中不同朝向和倾角光伏阵列的数量； |
|  | *A*c*,i* | | —— | | 第*i*个朝向和倾角采光平面上的光伏阵列面积（m2）。 |

【条文说明】本条规定的测试方法采用相机对光伏阵列的受遮挡情况进行估算。由于在工程现场难以准确计量所有阴影的尺寸与面积，因此采用被遮挡的光伏组件数量作为推算阵列遮挡率的方法，进而简化实测的工作量提高现场可操作性。

## 指标计算

* + 1. 光伏发电性能
    2. 光电建筑光伏系统光电转换效率应按本标准第5.3.5条的规定测试，并应对每种安装方式分别进行测试。
       1. 采用长期测试时，光伏系统光电转换效率应取长期测试期间的系统光电转换效率。
       2. 采用短期测试时，光伏系统光电转换效率应按下式计算：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | | （5.4.1） |
| 式中： | *η*d,*i* | ——第*i*种安装方式的光伏系统光电转换效率（%）； | |
| *η*d1,*i、η*d,*i、η*d3,*i、η*d4,*i* | | ——国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801-2013（局部修订）第5.2.5条确定的各太阳辐照量下第*i*种安装方式的单日系统光电转换效率（%），根据式5.3.5-1计算； | |
| *x*1*、x*2*、x*3*、x*4 | | ——各太阳辐照量在当地气象条件下统计得出的天数。没有气象数据时，*x1*、*x2*、*x3*、*x4*可按国家标准《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801-2013（局部修订）附录C取值。 | |

【条文说明】本条规定了太阳能光伏系统光电转换效率的计算方法。长期测试时间要求大于120 d，期间的系统光电转换效率与全年系统光电转换效率接近，因此可以认为测试时间的系统光电转换效率为全年平均的系统光电转换效率。对于短期测试而言，需要在4种太阳辐照工况下分别进行测试后，再统计不同太阳辐照量发生的天数后，进行汇总得出。

* + 1. 光电建筑的储能比例应为储能电池容量与光电建筑日均发电量的比值，并应按下式计算：

 （5.4.2）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *C*r | —— | 储能比例（%）； |
|  | *E*n,*i* | —— | 第*i*个光伏系统年发电量（kWh）； |
|  | *n* | —— | 光伏系统总数量； |
|  | *C*e | —— | 储能系统容量（kWh），根据设计文件确定。 |

【条文说明】本条规定了光电建筑储能比例的计算方法。

* + 1. 建筑表皮资源利用
    2. 光电建筑屋面利用率应为屋面光伏阵列总面积与建筑屋面面积的比值，并应按下式计算：

 （5.4.3）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *y*r | | —— | | 屋面利用率（%）； |
|  | *A*c,r | —— | | 屋面光伏阵列总面积（m2）； | | |
|  | *A*r | | —— | | 建筑屋面面积（m2）。 |

【条文说明】本条规定了屋面利用率的计算方法。屋面光伏阵列总面积与建筑屋面面积采用现场检查确认的数据。其中屋面光伏阵列总面积为包含组件间隙的光伏阵列总面积；建筑屋面面积为计入倾斜后的屋面总面积，非投影面积；建筑屋面面积计算时可以扣除女儿墙的面积。

* + 1. 光电建筑光伏覆盖率应为光电建筑中光伏阵列总面积与建筑总外表面积的比值，并应按下式计算：

 （5.4.4）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | | —— | | 光伏覆盖率（%）； |
|  | *m* | | —— | | 光电建筑中不同朝向和倾角光伏阵列的数量； |
|  | *A*c*,i* | —— | | 第*i*个朝向和倾角采光平面上的光伏阵列面积（m2）； | | |
|  | *A*s | | —— | | 建筑总外表面面积（m2）。 |

【条文说明】本条规定了光伏覆盖率的计算方法。建筑光伏阵列面积与建筑总外表面面积采用现场检查确认的数据。其中建筑总外表面面积计算方法与建筑体型系数计算用到的建筑外表面总面积计算方法相同。

* + 1. 光电建筑一体化构件比例应为光电建筑采用的一体化构件面积与光伏组件总面积的比值，并应按下式计算：

 （5.4.5）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *y*g | | —— | | 一体化构件比例（%）； |
|  | *A*c,g | —— | | 一体化构件面积（m2）。 | | |

【条文说明】本条规定了一体化构件比例的计算方法。

* + 1. 光电建筑的日照遮挡率应按本标准第5.3.8条进行3个时刻的测试，以3次测试结果的平均值作为评价指标。

【条文说明】本条规定了日照遮挡率的计算方法。

* + 1. 建筑节能性
    2. 光电建筑单位建筑面积年发电量应按下式计算：

 （5.4.7）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *E*d | —— | 单位建筑面积年发电量（kWh/m2）； |
|  | *E*n,*i* | —— | 第*i*个光伏系统年发电量（kWh）； |
|  | *n* | —— | 光伏系统总数量； |
|  | *A*b | —— | 建筑面积（m2）。 |

【条文说明】本条规定了光电建筑单位建筑面积年发电量的计算方法，这一参数也表征了光伏系统对于建筑节能降碳的贡献。

* + 1. 光电建筑自消纳比例应按本标准第5.3.7条规定进行测试后按以下方法计算：
       1. 采用长期测试时，自消纳比例应取长期测试期间的自消纳比例。
       2. 采用短期测试时，自消纳比例应按下式计算：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | | （5.4.8） |
| 式中： | *R*co | ——建筑自消纳比例（%）； | |
| *y*1*、y*2*、y*3*、y*4 | | ——由本标准第5.3.7条确定的各太阳辐照量下的单日建筑自消纳比例（%），根据式5.3.7-1计算。 | |

【条文说明】本条规定了光电建筑光伏发电的建筑自消纳比例的计算方法。

* + 1. 光电建筑自供给比例应按本标准第5.3.7条规定进行测试后按以下方法计算：
       1. 采用长期测试时，自供给比例应取长期测试期间的自供给比例。
       2. 采用短期测试时，自供给比例应按下式计算：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | | （5.4.9） |
| 式中： | *R*su | ——建筑用电自供给比例（%）。 | |
|  | *R*nc | ——建筑年用电量（kWh），当有实测或监测的建筑年用电量数据时，应采用实测或监测数据，没有相关数据时可采用模拟计算数据，并由建筑月度用电数据进行校核。 | |

【条文说明】本条规定了光电建筑的用电自供给比例的计算方法。其中对于建筑全年耗电量，由于部分建筑可能存在难以准确统计计算的问题，因此规定没有相关数据时可以采用模拟计算数据，相关模拟计算过程及结果在测评过程中应由测评单位进行校核确认。

* + 1. 经济性
    2. 光电建筑的度电成本应按下式计算：

 （5.4.10-1）

 （5.4.10-2）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | LCOE | —— | 光电建筑的度电成本（元/kWh）； |
|  |  | —— | 光电建筑中光伏系统增投资（元）； |
| *j* | —— | 系统运行第*j*年； |
|  | —— | 系统寿命； |
| *αk* | —— | 光伏系统在第*k*年的衰减率（%）； |
| *E*n1 | —— | 光电建筑首年发电量（kWh）； |
|  | *E*n | —— | 光电建筑年发电量（kWh），测试时为该系统运行的第*m*年。 |

【条文说明】本条规定了光电建筑度电成本的计算方法。计算方法考虑了光伏组件在运行过程中的性能衰减，因此需要将测试得到的年发电量折算为首年发电量，再计算太阳能光伏系统寿命期内的费效比。根据强制性工程建设规范《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021的规定，太阳能光伏系统的光伏组件设计使用寿命应高于25年。

* + 1. 光电建筑单位建筑面积增投资应按下式计算：

 （5.4.11）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | | —— | | 单位建筑面积光电建筑投资（元/m2）； |
|  |  | —— | | 建筑面积（m2）。 | |

【条文说明】本条规定了光电建筑单位建筑面积增投资的计算方法。

* + 1. 光电建筑单位建筑面积收益应按下式计算：

 （5.4.12）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *SY* | | —— | | 单位建筑面积光电建筑收益（元/m2）； |
|  | *E*b,*j* | —— | | 第*j*年光伏系统的并网电量（kWh）； | |
|  | *E*n,*j* | —— | | 第*j*年光伏系统的发电量（kWh）； | |
|  | *λ*1 | —— | | 光伏发电并网价格（元/kWh）； | |
|  | *λ*2 | —— | | 光电建筑用电价格（元/kWh）； | |
|  | *SY*3 | —— | | 光电建筑的补贴收益（元）。 | |

【条文说明】本条规定了光电建筑单位建筑面积收益的计算方法。

* + 1. 环境效益
    2. 光电建筑的减碳比例应按下式计算：

 （5.4.13）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： | *ERR* | —— | 光电建筑的减碳比例（%）； |
|  | *ER* | —— | 光电建筑光伏系统的年二氧化碳减排量（tCO2e）； |
|  | *BE* | —— | 未安装建筑光伏系统时，建筑全年碳排放量（tCO2e）。 |

【条文说明】本条规定了光电建筑的减碳比例的计算方法。该部分减碳比例主要指由于采用了建筑光伏系统而形成的减碳量与未采用光伏系统时建筑碳排放之间的比值，用以表征建筑光伏系统对建筑减碳的贡献程度。其中，减碳量与全年碳排放均指运行过程中直接或间接碳排放，以与编制中的国家标准《零碳建筑技术标准》保持一致。此外，光电建筑光伏系统的年二氧化碳减排量可参考国家标准《基于项目的温室气体减排量评估技术规范 建筑光伏系统》（编制中）的方法进行确定。未安装建筑光伏系统时建筑全年碳排放量可参考国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019的规定进行。

# 附录A 光电建筑测试评价报告

光 电 建 筑 工 程

测评报告

Testing and Evaluation Report

№：

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **项目名称：** |  |
| **委托单位：** |  |
| **检验类别：** |  |

**测评机构**

年 月 日

测评机构地址： 邮政编码：

**测评报告**

报告编号 第 页 共 页

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 委托单位 |  | | | | | | |
| 地址 |  | | 电话 | | |  | |
| 工程名称 |  | | | | | | |
| 工程地址 |  | | 测评日期 | | |  | |
| 测评项目 |  | | | | | | |
| 测评依据 |  | | | | | | |
| 测试仪器 |  | | | | | | |
| **项目基本信息** | | | | | | | |
| 项目名称 |  | | 所在城市 | | |  | |
| 所属太阳能资源区 |  | | 所属建筑热工分区 | | |  | |
| 建设单位 |  | | | | | | |
| 建筑类型 | □居住建筑 □公共建筑 □工业建筑 □其他 | | | | | | |
| 建筑面积（m2） |  | | 建筑高度（m） | | |  | |
| 光伏系统总面积（m2） |  | | 光伏系统总装机（kWp） | | |  | |
| 屋面/立面朝向 |  |  | |  |  | |  |
| 光伏阵列安装方式 |  |  | |  |  | |  |
| 光伏组件类型 |  |  | |  |  | |  |
| 光伏阵列面积  （m2） |  |  | |  |  | |  |
| 光伏阵列容量  （kWp） |  |  | |  |  | |  |
| 一体化构件面积  （m2） |  | | 设计使用寿命  （年） | | |  | |
| 储能系统类型 |  | | 储能系统容量（kWh） | | |  | |
| 建筑屋面面积（m2） |  | | 建筑总表面积（m2） | | |  | |

报告编号 第 页 共 页

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **文件检查** | | | | |
| **序号** | | **项目** | | **结论** |
| 资料  检查 | 1 | 项目立项、审批文件 | |  |
| 2 | 既有建筑改造时，应核查建筑结构安全复核报告 | |  |
| 3 | 项目施工设计文件审查报告及其意见 | |  |
| 4 | 竣工验收图纸 | |  |
| 5 | 建筑荷载计算报告 | |  |
| 6 | 光伏系统抗风揭、淋雨试验报告； | |  |
| 7 | 建筑可再生能源系统分析计算报告 | |  |
| 8 | 光伏组件、逆变器、蓄电池等关键产品的设备合格证书与性能测试报告 | |  |
| 9 | 分项工程质量验收记录 | |  |
| 10 | 运行记录 | |  |
| 11 | 其他必要文件，如日照分析、发电量模拟等报告： | |  |
| 检查人 | |  | 检查时间 |  |

报告编号 第 页 共 页

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **现场检查** | | | | | |
| **检查内容** | **要求** | | **检查数量** | | **检查结论** |
| 项目基本信息 | 确认建筑面积、各立面朝向光伏阵列面积、一体化构件面积、储能系统容量、建筑屋面面积、建筑总外表面面积、光伏系统设计寿命、年运行维护费用、单位建筑面积增投资、相关补贴收益情况、光伏发电并网价格、建筑用电价格 | | 全数检查。 | |  |
| 基座 | 建筑光伏混凝土支架基座类型、强度应符合设计要求。 | | 全数检查。 | |  |
| 锚固件 | 后置锚固件的类型、规格型号、数量、位置和抗拉拔承载力应符合设计要求。 | | 抽查基座总数的10%，且不少于3个；少于3个，则全数检查。后置锚固件现场拉拔检测应按后置锚固件总数的1%随机抽取，且不少于3个。 | |  |
| 预埋钢板或螺栓 | 光伏支架、钢基座、后置锚固件、混凝土基座顶面的预埋钢板或螺栓防腐处理应符合设计要求和国家现行有关标准规定，防腐涂层应光滑平整，无流挂、起皱、露底等缺陷。 | | 抽查基座总数的10%，且不少于3个基座；少于3个基座，则全数检查。 | |  |
| 光伏支架 | 支架的材质、施工制作应符合设计要求，支架应无破损和变形。钢结构支架的安装和焊接应符合现行国家标准的有关规定。 | | 抽查支架总数的10%，且不少于3个；少于3个，则全数检查。 | |  |
| 光伏支架 | 光伏支架安装的位置、方位和倾角应符合设计要求。 | | 抽查支架总数的10%，且不少于3个；少于3个，则全数检查。 | |  |
| 防雷接地电阻 | 应符合设计要求 | | 全数检查。 | |  |
| 关键产品性能 | 电缆及其附件、汇流箱、储能蓄电池、逆变器、配电柜等产品，其品种、规格型号、性能等应符合设计要求和现行相关标准的规定。 | | 每种关键产品、型号检查数量不少于1个。 | |  |
| 警示标识 | 光伏阵列、逆变、汇流、并网等设备附近应设置警示标识，直流侧线缆应标识正负极性，并分别布线。 | | 全数检查。 | |  |
| 燃烧性能 | 光伏组件的燃烧性能分类级别应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037的规定。 | | 全数检查。 | |  |
| 检查人 |  | 检查时间 | |  | |

报告编号 第 页 共 页

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **评价指标** | | | | | |
| **序号** | | **项　　目** | **结果** | **权重** | **得分** |
| 控制项 | 1 | 结构安全 |  | / | / |
| 2 | 电气安全 |  | / | / |
| 3 | 防火安全 |  | / | / |
| 合格判定 | | □合格 □不合格 | | |
| 评分项 | 1 | 光伏系统光电转换效率（%） |  | 19%  光伏发电性能 |  |
| 2 | 储能比例（%） |  |  |
| 3 | 屋面利用率（%） |  | 26%  建筑表皮资源利用 |  |
| 4 | 光伏覆盖率（%） |  |  |
| 5 | 一体化构件比例（%） |  |  |
| 6 | 日照遮挡率（%） |  |  |
| 7 | 单位面积发电量（kWh/m2） |  | 24%  建筑节能性 |  |
| 8 | 自消纳比例（%） |  |  |
| 9 | 自供给比例（%） |  |  |
| 10 | 度电成本LCOE（元/kWh） |  | 19%  经济性 |  |
| 11 | 单位建筑面积光伏系统的投资（元/m2） |  |  |
| 12 | 单位建筑面积光伏系统的收益（元/m2） |  |  |
| 13 | 减碳比例（%） |  | 12%  环境效益 |  |
| 评分汇总 | | | 100% |  |
| 加分项 | 1 |  | | |  |
| 2 |  | | |  |
| 3 |  | | |  |
| 4 |  | | |  |
| 评分汇总 | | | 10% |  |
| 总得分 | | | |  | |
| 评价星级 | | | □1星 □2星 □3星 | | |
| 测试评价机构（盖章） 报告日期 ： 年 月 日 | | | | | |
| 批准： 审核： 主检： | | | | | |
| 说明： 此表为检查、测试及判定结果汇总表，在报告正文中要求给出具体的结果，正文至少包括下列几部分内容：1） 概况； 2）依据；3）文件与现场检查结果；4）现场测试内容；5）仪器仪表清单；6）测试结果；7）指标计算；8）测评结论。 | | | | | |

**用词说明**

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：

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：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

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”。

**引用标准名录**

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本标准；不注日期的，其最新版适用于本标准。

《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015

《建筑防火通用规范》GB 55037

《低压电气装置 第7-712部分：特殊装置或场所的要求 太阳能光伏（PV）电源系统》GB/T 16895.32

《光伏建筑一体化系统防雷技术规范》GB/T 36963