



T/CECS ××××-2025

中国工程建设标准化协会标准

高架车站光伏应用 技术规程

Technical code for photovoltaic application
in elevated metro stations

(征求意见稿)

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

高架车站光伏应用 技术规程

Technical code for photovoltaic application
in elevated metro stations

T/CECS -2025

主编单位：XXX

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X 年 XX 月 X 日

中国 XX 出版社

202X 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2024 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2024]15 号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 6 章，主要内容包括：总则、术语、基本规定、规划设计、施工与验收、运行与维护。

本规程由中国工程建设标准化协会绿色建筑与生态城区分会归口管理，由上海市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，请寄送至上海市建筑科学研究院有限公司（地址：上海市闵行区申旺路 519 号 10 号楼，邮政编码：201108）。

主编单位：上海市建筑科学研究院有限公司

上海申通地铁集团有限公司技术中心

参编单位：上海地铁新能源公司

同济大学

国网上海市电力公司

上海市隧道工程轨道交通设计研究院

上海申电云数字科技有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总 则	2
2 术 语	3
3 基本规定	4
4 规划设计	5
4.1 一般规定	5
4.2 建筑设计	6
4.3 结构设计	8
4.4 电气设计	9
4.5 监控系统设计	11
5 施工与验收	13
5.1 一般规定	13
5.2 施工与安装	13
5.3 调试与验收	15
6 运行与维护	19
6.1 一般规定	19
6.2 巡检、运行与维护	20
附录 A 光伏发电项目验收资料审查表	23
附录 B 光伏发电项目设备巡视和检查周期	25
用词说明	26
引用标准名录	27
附：条文说明	28

Contents

1 General Provisions	2
2 Terms	3
3 Basic Requirements	4
4 Planning and Design	5
4.1 General Provisions	5
4.2 Architectural Design	6
4.3 Structural Design	8
4.4 Electrical Design	9
4.5 Monitoring System Design	11
5 Construction and Acceptance	13
5.1 General Provisions	13
5.2 Construction and Installation	13
5.3 Commissioning and Acceptance	15
6 Operation and Maintenance	19
6.1 General Provisions	19
6.2 Inspection, Operation and Maintenance	20
Appendix A: Review Form for Acceptance Documents of Photovoltaic Power Generation	23
Appendix B: Inspection and Patrol Cycle of Equipment for Photovoltaic Power Generation Projects	25
Explanation of wording	26
List of quoted standards	27
Addition: Explanation of provisions	28

1 总 则

1.0.1 为推动分布式光伏系统在城市轨道交通地上车站的应用，做到技术先进、方法科学，制定本规程。

【条文说明】

城市轨道交通作为大中型城市交通的主动脉，是高效率城市交通的核心载体。《国务院关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知》中提到“交通运输低碳行动”，要推动绿色低碳运输装备低碳转型、构建绿色高效交通运输体系、加快绿色交通基础设施建设，将绿色低碳理念贯穿于交通基础设施规划、建设、运营和维护全过程，降低全生命周期能耗和碳排放。《上海交通领域光伏推广应用实施方案》中要求，新建高架车站、地面车站、基地库房等要求屋顶光伏覆盖面积达到 50%。

因此，通过制定该规程，为融合地上车站建筑特征的光伏系统提供技术指导，保障地上车站光伏系统应用有章可循和有据可依，有利于提升城市轨道交通可再生能源利用率，促进城市轨道交通创新发展和全社会碳中和目标实现。

1.0.2 本规程适用于城市轨道交通地上车站光伏系统应用的规划设计、施工验收和运行维护。

【条文说明】

城市轨道交通地上车站包括地面车站和高架车站。

1.0.3 城市轨道交通地上车站光伏应用除应符合本规程规定外，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。

2 术 语

2.0.1 城市轨道交通地上车站 above-ground metro stations

建于地面以上的城市轨道交通车站，包括地面车站和高架车站。

2.0.2 轻质光伏组件 lightweight photovoltaic module

在保持常规晶硅光伏组件电性能基本不变的前提下，通过使用轻量化材料（如超薄玻璃、高强度背板、铝合金减重设计等）和优化封装结构，将单位面积重量大幅降低的光伏组件。

2.0.3 轻柔光伏组件 flexible photovoltaic module

采用柔性封装材料（如 ETFE 膜、PEN 膜、PI 膜等高分子材料），完全取消玻璃结构，使组件具备超轻重量和可弯曲、适应曲面安装特性的光伏组件。

2.0.4 地上车站雨篷 canopy of elevated station

地上车站站台层顶部起遮盖作用的围护部件。

2.0.5 动力照明用电 power and lighting electricity

地铁车站动力和照明用电，包括通风空调系统，电(扶)梯系统，照明系统，给排水系统，屏蔽门，信号，通信，广告商业用电等除牵引用电外的所有电耗。

3 基本规定

3.0.1 地上车站分布式光伏系统建设应与所在地区总体规划和电力规划相协调。

3.0.2 地上车站光伏系统的发电规模和形式应结合太阳能资源、车站周边和自身条件、负荷特点等因素确定，并应满足安全可靠、经济美观，便于安装和维护的要求。

3.0.3 地上车站光伏系统应采用绿色建材产品。

【条文说明】

光伏发电系统的建材与设备宜满足全生命周期环保要求，包括采用低能耗、可回收材料，采用高效环保的生产工艺，通过碳足迹认证或绿色建材认证，本地化采购以降低运输碳排放等。

3.0.4 新建地上车站光伏系统建设应与车站主体同步设计、同步施工和同步验收。

【条文说明】

新建地上车站光伏系统在进行结构设计时应将光伏发电系统纳入建筑主体结构和围护结构的荷载计算中。

3.0.5 既有地上车站加装光伏系统时，应不降低周边建筑的日照条件。

3.0.6 既有地上车站加装光伏系统时，应对既有建筑的结构安全性和耐久性，电气安全性进行复核。

【条文说明】

对既有建筑的结构安全性和耐久性，电气安全性进行复核应符合现行国家标准《建筑光伏系统应用技术标准》GB/T 51368 的有关规定。

4 规划设计

4.1 一般规定

4.1.1 地上车站光伏系统宜采用“自发自用，余电上网”模式。

4.1.2 应进行光伏专项规划，光伏专项规划应包括车站用电负荷分析和太阳能资源潜力评估，宜进行逐时数据分析。

【条文说明】

新建地上车站应在可行性研究阶段进行光伏专项规划，在建地上车站应在实施阶段进行光伏专项规划，规划应包括车站用电负荷分析和太阳能资源潜力评估。通过车站用电负荷分析获得全年能耗数据和逐时负荷数据，为光伏系统容量设计和储能系统设计提供依据，车站用电负荷分析要求如下：

（1）分析范围包括地上车站的动力和照明用电。

（2）用电负荷分析应基于地上车站设计文件及项目所在地的气象文件等建立模型。

（3）输出结果包括车站动力和照明全年能耗及逐时负荷。

通过车站太阳能资源潜力评估，预测车站各表面年辐射量，为光伏系统的设计提供参考，车站太阳能资源潜力评估要求如下：

（1）太阳能资源潜力评估应结合地上车站设计文件及项目所在地的气象文件等进行分析。

（2）车站太阳能资源潜力评估应考虑建筑自身及周边环境的遮挡影响。目标建筑周边 240m 内的现有建筑和构筑物、设计方案已经规划管理部门审定的拟建建筑应作为遮挡物考察范围，当它与目标建筑室外地坪 15° 线有相交时（如图所示），则应当予以建模。北向±60°范围内的周边建筑可不建模。周围遮挡物的物理模型可适当简化，以外部主体轮廓为主。

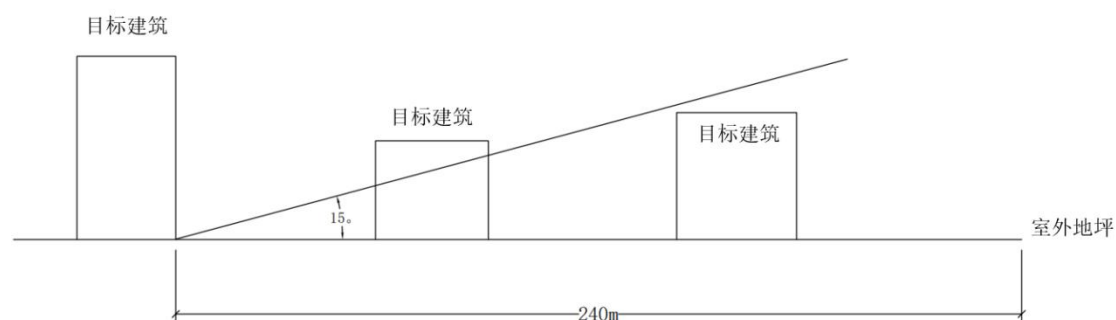


图 1 周边遮挡建筑建模要求

(3) 太阳能资源潜力评估结果应包括地上车站各表面年辐射量。

4.1.3 应对光伏组件可能引起的光污染进行分析并采取相应的措施。

【条文说明】

地面车站上安装的光伏组件应优先选择光反射较低的材料,减少反光和减轻漫反射,并进行光伏组件合理布局 and 安装,避免对车站本体或周围建筑造成光污染。

4.1.4 新建地上车站屋顶安装光伏项目面积比例应不低于国家及地方的相关规定。

4.2 建筑设计

4.2.1 地上车站光伏系统设计宜采用光伏建筑一体化(BIPV)系统形式。

4.2.2 地上车站光伏系统应不影响车站采光、通风、观景等功能,不应造成车站能耗的增加。

【条文说明】

光伏方阵在建筑不同部位的布局需适配建筑功能需求,包括围护结构完整性、遮阳调节、防火性能、装饰效果及物理防护等关键要素。当光伏组件作为建筑外围护结构时,其构造可能削弱原有围护体系的热工性能(如保温隔热系数衰减)。此时可以对光伏系统发电收益与围护结构热工损失进行能效量化对比:通过模拟计算光伏生命周期发电总量与建筑采暖制冷增量能耗,判定其综合节能贡献是否呈现净正值,从而优化系统选型与集成策略。

4.2.3 光伏组件的安装不应影响所在部位的雨水排放,在屋面防水层上安装光伏组件时,应采取相应的防水措施。

【条文说明】

光伏组件安装不应影响建筑安装部位雨水系统设计,避免引发防水层损坏、渗漏和局部积水等问题。光伏组件安装在屋面时,其与周边屋面材料的连接部位需进行建筑构造处理,且应满足屋面整体保温、防水等围护结构功能要求。光伏组件支座与结构层相连时,防水处理应达到支座和金属埋件的上部,形成较高的泛水,地脚螺栓周围缝隙需做密封处理,以防渗水。

4.2.4 地上车站光伏系统应配置带电警告标识。

【条文说明】

高架车站光伏系统应在组件配置高温和触电的标识,且不易安装于人们易触摸到的地方。

4.2.5 地上车站光伏系统应采取防止光伏组件坠落的安全防护措施。

【条文说明】

光伏组件为脆性材料，在外部物体或人体撞击情况下存在破裂风险，除应提升其抗撞击性能外，还需采取安全防护措施，约束组件意外破裂时的碎片飞溅，避免次生伤害并维持建筑围护体系完整性。

4.2.6 光伏组件的选型应符合下列要求：

- 1 光伏组件类型应根据光照条件、气候特征、场地面积、结构承载力、经济性、美观需求、产品成熟度等因素综合选择。
- 2 在既有地上车站上安装光伏发电系统时，应根据载荷分析结果合理选用光伏组件，当建筑承载受限时，宜采用轻质光伏组件或轻柔光伏组件。
- 3 在立面安装光伏组件，当技术经济合理时，宜优先采用光伏幕墙一体化系统，若采用普通光伏组件作为立面光伏系统，应充分考虑与建筑美观协调性。
- 4 光伏组件应满足抗风压、抗风揭性能，宜满足防污自洁功能。
- 5 光伏组件燃烧性能应不低于现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB8624 中 B 级要求。

4.2.7 地上车站雨篷光伏系统应符合下列要求：

- 1 平雨篷光伏组件宜按最佳倾角铺设，倾斜雨篷光伏组件宜利用雨篷倾斜角度顺坡布置。
- 2 光伏方阵各排、列的布置间距及安装倾角应保证冬至日当地真太阳时 9:00~15:00 时段内东西向、南北向互不遮挡。
- 3 光伏方阵设计应便于光伏组件表面的清洗，宜设置清洗维修通道。
- 4 透光部分安装光伏组件应兼顾透光率与发电效率，避免遮挡乘客视线。
- 5 光伏组件与周围材料连接部位应做好建筑构造处理并应满足隔热、防水等围护结构功能要求。
- 6 当光伏组件平行布置于雨篷时，其与雨篷的间距应符合安装和通风散热的要求。

【条文说明】

光伏组件安装过程中必须实施针对性通风降温措施，通常组件底部与安装基面之间的间距应不小于 50mm，可有效抑制组件背部温度升高，延缓封装材料光热老化，保障系统发电效率与服役寿命。

4.2.8 地上车站立面光伏系统应符合下列要求：

- 1 地上车站立面光伏系统的外观宜与建筑装饰材料、色彩、风格等协调。
- 2 光伏组件与墙面的连接不应影响墙体的保温构造和节能效果。

4.3 结构设计

4.3.1 安装光伏系统的地上车站结构设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《钢结构设计标准》GB50017、《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153、《建筑结构可靠度设计统一标准》GB50068 以及其他相关标准的规定。

4.3.2 安装光伏系统的地上车站结构上的直接作用（荷载）应根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 及相关标准确定；地震作用应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 确定；间接作用和偶然作用应根据有关的标准或具体情况确定；光伏系统按结构恒荷载考虑，荷载取值可按下列规定确定：

- 1 对于混凝土上人屋面，设计活载 2.0kN/m^2 及以上时，光伏系统可重力式基础安装光伏组件，均布荷载不大于 1.0kN/m^2 ；
- 2 对于混凝土不上人屋面，设计活载 0.5kN/m^2 时，光伏系统可采用植筋安装在屋面上，均布荷载不大于 0.2kN/m^2 ；
- 3 对于金属屋面，光伏系统可采用夹具安装在屋面上，均布荷载不大于 0.15kN/m^2 ；
- 4 对于屋面承载受限时（植筋有困难的混凝土屋面或金属屋面），可采用柔性光伏组件粘贴于屋面，均布荷载不大于 0.05kN/m^2 。

4.3.3 在既有地上车站屋顶增设光伏系统时，应对既有结构的承载能力进行复核。当既有结构的承载能力不满足增设光伏系统的要求时，应采取加固措施。

4.3.4 进行地上车站光伏系统设计时，作用在光伏系统结构上的荷载，应分为永久荷载、可变荷载和偶然荷载，并按下列规定进行计算：

- 1 永久荷载应包括光伏组件、支架、连接件、线缆等自重，以及防水层、保温层等构造层自重；
- 2 可变荷载应包括风荷载、雪荷载、积灰荷载、检修荷载等。风荷载和雪荷载的取值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。积灰荷载应根据所在地区的实际情况确定。检修荷载应按实际检修情况考虑，当无资料时，可按不小于 1.0kN/m^2 取值；
- 3 偶然荷载应包括地震作用、爆炸力、撞击力等；
- 4 由于车站存在交通运行，其产生的振动也可作为可变荷载考虑。

4.3.5 计算地上车站光伏系统结构构件的内力和变形时，应采用荷载设计值；验

算结构构件的承载能力和正常使用极限状态时，应采用荷载标准值。

【条文说明】

承载力极限状态是指构件或连接的强度破坏、脆性断裂、因过度变形而不适用于继续承载、支架结构或构件丧失稳定、支架结构转变为机动体系和结构倾覆。正常使用极限状态是指影响支架结构、构件或非支架结构构件正常使用或外观的变形、影响正常使用的振动、影响正常使用或耐久性能的局部损坏。

4.3.6 地上车站光伏系统支架结构的构件应进行强度、稳定和变形计算，除应符合本标准外，尚应符合现行国家标准的有关规定。

4.3.7 地上车站光伏系统支架与光伏组件之间、支架各构件之间以及支架与地上车站主体结构之间的连接和节点应满足承载力要求。有抗震设防要求时，地上车站光伏系统节点承载力应大于构件承载力。

4.3.8 地上车站光伏系统基础设计应与工艺和建筑专业配合，基础在屋面上的布置方式应符合下列要求：

- 1 基础布置不应跨越屋面变形缝。
- 2 基础布置不应影响所在屋面部位的建筑防水、排水和雨水排放。
- 3 基础结构形式应满足系统的检修、更新与维护要求。

【条文说明】

屋面承载力小、风荷载高的地区和屋面可采用现浇矩形基础，矩形基础与屋面用化学锚栓连接；屋面承载力富余较大、风荷载小的屋面可采用预制矩形基础，因地上车站存在轨道交通运行导致的振动，因此矩形基础与屋面应采取可靠连接。

4.3.9 地上车站光伏系统基础设计应进行抗拔、抗滑移和抗倾覆等稳定性验算。

4.3.10 地上车站光伏系统结构设计使用年限应不少于 25 年。

4.3.11 地上车站光伏系统支架与基础应采取防松、防腐措施。

【条文说明】

因地上车站存在轨道交通运行导致的振动，因此光伏系统支架与基础除防腐要求外，还需要采取防松动措施。

4.4 电气设计

4.4.1 光伏系统接入电压等级应根据发电容量、发电特性、导线载流量、上级变压器及线路可接纳能力、项目所在地配电网等情况决定，宜接入低压 400V 系统。

【条文说明】

由于地上车站光伏发电建议采用自发自用，余电上网的形式，因此推荐接入地上车站低压 400V 系统。

4.4.2 光伏系统逆变器应符合下列要求：

- 1** 宜采用组串式逆变器或微型逆变器。
- 2** 并网光伏发电系统的逆变器性能应符合现行国家标准《光伏发电系统接入配电网技术规定》GB/T 29319 相关规定。
- 3** 宜布置于通风散热处，设置在室外的逆变器外壳防护等级不应低于 IP65。

【条文说明】

高架车站光伏组件安装位置通常分散，且可能受局部遮挡影响。组串式逆变器可优化单串或几串组件的发电效率，降低遮挡损失；微型逆变器则可实现组件级最大功率点跟踪和关断，安全性更高，特别适合复杂安装环境。两者均比集中式逆变器更灵活，更适应车站场景。逆变器运行时发热量较大，良好的通风散热是保证其效率、可靠性和寿命的关键。室外安装时，IP65 防护等级能有效防尘和防止喷水侵入，适应车站露天环境的风雨、灰尘等恶劣条件。

4.4.3 光伏组串汇流箱应符合国家标准《光伏发电站汇流箱技术要求》GB/T 34936 的有关规定。

4.4.4 光伏系统并网箱或并网柜应符合下列要求：

- 1** 并网光伏发电系统的接入容量和电压等级应与配电网相匹配，并网光伏发电系统并网柜的设计容量不应超出配电网线路开关、电缆等承载能力，应保证上级电网保护装置正常工作。
- 2** 并网光伏发电系统并网柜的电能质量应达到电力公司要求。
- 3** 并网箱或并网柜内应设置有通断、隔离、保护的断路器，且断路器应具备短路速断功能。
- 4** 并网箱或并网柜应具备过压、欠压保护功能，同时宜具备过压、欠压自恢复功能。

4.4.5 地上车站光伏宜采用铜芯电缆，选型应符合现行国家标准《电力工程电缆设计标准》GB50217 的有关规定。

4.4.6 当地上车站光伏发电系统直流侧最大系统电压大于或等于 80 V 时，宜设置直流电弧保护，直流保护装置应满足现行国家标准《光伏发电系统直流电弧保护技术要求》GB/T 39750 的有关规定。

4.4.7 地上车站光伏并网设计应满足现行国家标准《光伏发电系统接入配电网技术规定》GB/T 29319 的有关规定。

4.4.8 光伏系统防雷等级不应低于车站原有防雷系统。

4.4.9 光伏系统用接闪器、引下线及接地体应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和《光伏发电站防雷技术要求》GB/T 32512 的有关规定。

4.4.10 地上车站光伏储能系统宜采用电化学储能，储能容量应根据光伏发电系统需存储电量、负荷大小等确定并应符合现行国家标准《电化学储能电站设计规范》GB51048 的有关规定。

【条文说明】

相较于其他储能形式，电化学储能具有能量密度适中、响应速度快、模块化程度高、安装灵活、技术相对成熟等优点，非常适合高架车站空间有限、对响应速度有要求的应用场景。常用的电化学储能主要包括铅酸蓄电池和锂离子电池等。

4.5 监控系统设计

4.5.1 地上车站应设置车站光伏发电监控系统，系统应采用开放式体系结构、具备标准软件接口和良好的可拓展性，光伏发电监控系统采集的信号应符合下列要求：

- 1 光伏发电功率、电压、电流等关键数据。
- 2 光伏发电板背板温度，光伏逆变器运行状态信号，汇流箱数据等。
- 3 光伏发电保护、安全自动装置等设备状态，保护动作信号，运行人员操作顺序记录信息。
- 4 结冰等气象灾害信息。

【条文说明】

光伏系统监控系统采集信号因以光伏系统安全、高效运行为基本原则进行选择 and 采集。

4.5.2 监控系统应配置维持系统正常工作时间不低于 2h 的不间断电源。

4.5.3 监控系统宜配置服务器和通信接口装置。

4.5.4 监控系统系统应具备故障定位功能，精度至组串级，并上传至监控系统。

【条文说明】

车站光伏系统规模虽可能不大，但组件分布分散。车站环境运维可能涉及高空作业，精准定位能极大减少排查时间和安全风险，保障发电量、提高运维效率、缩短故障停机时间。

4.5.5 监控系统中应对关键系统参数设置预警阈值和故障阈值，并应具备故障定位功能，当出现异常情况时，可进行自动调控：

- 1 当参数超出预警阈值时，给出报警提示，运维人员应及时响应；
- 2 当参数超出故障阈值时，通过监控系统进行智能联动控制，同步通知运维人员。

5 施工与验收

5.1 一般规定

5.1.1 地上车站光伏发电系统施工前，应编制专项施工组织设计方案，明确作业内容、危险因素、安全要求和应急措施等内容；应用保障施工人员人身安全的措施，施工场所应用架设防护网，并放置醒目、清晰、易懂的电气安全标识。

5.1.2 应结合工程自身特点制定施工安全和职业建科管理方案和应急预案；室外工程应根据需要制定季节性施工措施方案；高空施工的作业防护措施和操作应符合国家现行标准的有关规定。

5.1.3 施工所需的进场设备和材料应符合设计和相关标准要求，验收合格后方可使用。

5.2 施工与安装

5.2.1 光伏系统土建施工应符合下列要求：

1 混凝土施工、钢结构施工、铝合金施工应分别符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《铝合金结构工程施工质量验收规范》GB50576 的相关规定。

2 在既有地上车站屋面的结构上现浇基座，应做好防水处理，并符合现行国家标准《屋面工程质量验收规范》GB50207 的规定。

3 光伏方阵组件的预制基座应摆放平稳、整齐，且不破坏屋面防水层。

【条文说明】

光伏方阵组件的预制基座摆放平稳、整齐，是保证光伏组件安装精度和受力均匀的基础。若基座摆放不平稳，可能导致光伏组件倾斜、受力不均，影响发电效率，甚至引发组件损坏等安全隐患；摆放整齐则便于后续的安装施工和维护管理。同时，屋面防水层是保障建筑物内部不受雨水侵蚀的重要屏障，预制基座的摆放必须避免对其造成破坏。施工时，应提前对屋面防水层进行检查，可采用铺设保护垫等措施，防止基座在摆放和固定过程中刮伤、戳破防水层，确保屋面防水功能不受影响。

5.2.2 柔性轻质光伏组件安装应符合下列要求：

1 安装轻质光伏组件应根据屋面结构及荷载能力、风压等因素选择相应的安装方式，可采用热风焊接、夹具及胶粘的方式，且安装过程不得破坏屋面防水构

造。

2 防水卷材屋面上安装轻质光伏组件时，组件与屋面层之间应设置通风散热构造，散热构造不应影响屋面的防水排水性能。

3 科学合理的选择热风焊接、专用夹具、胶粘等安装方式，安装表面应清洁、干燥、无油脂、无锈斑等污染物。

【条文说明】

（1）柔性轻质光伏组件本身重量较轻，但安装时仍需充分考虑屋面结构的承载能力，避免因安装方式不当或附加荷载过大导致屋面结构受损。同时，不同地区的风压差异较大，风压会对光伏组件产生向上的拔力或侧向推力，若安装方式不能抵抗相应风压，可能导致组件脱落，影响系统安全运行。热风焊接、夹具及胶粘是针对柔性轻质光伏组件特性常用的安装方式：热风焊接可使组件与屋面或固定基材形成牢固连接；夹具安装便于拆卸和调整，适用于需要定期维护的场景；胶粘方式则能适应复杂屋面造型，且对屋面的损伤较小。而强调安装过程不得破坏屋面防水构造，是因为屋面防水是保障建筑安全的重要防线，一旦防水构造受损，雨水渗入可能引发屋面结构腐蚀、室内设施损坏等问题，因此施工中需通过精准操作和防护措施确保防水层完好。

（2）防水卷材屋面的密封性较强，柔性轻质光伏组件直接铺设在其上时，组件工作产生的热量不易散发，长期高温环境会降低光伏组件的发电效率，甚至缩短其使用寿命。设置通风散热构造能促进空气流通，及时带走组件与屋面层之间的热量，维持组件在适宜的工作温度范围内，保证发电性能稳定。同时，散热构造的设计必须以不影响屋面防水排水性能为前提，例如通风通道的设置不应阻断屋面原有的排水坡度，通风口的位置和大小也需避免雨水倒灌，确保屋面既能正常排水，又能实现有效散热。

（3）热风焊接、专用夹具、胶粘等安装方式各有适用场景，科学选择是保证安装质量的关键：热风焊接适用于组件与柔性基材的连接，能形成连续密封的结合面；专用夹具可提供可靠的机械固定，尤其适用于风压较大的区域；胶粘方式则适用于表面平整、对密封性要求较高的部位。而安装表面的清洁度、干燥度直接影响安装效果——清洁无污染物能确保焊接、胶粘等连接方式的牢固性，若存在油脂、锈斑等，会阻碍结合面的有效附着；干燥的表面可避免水分影响胶粘强度或导致焊接处出现气泡，从而保障安装的稳定性和耐久性，减少后期维修隐患。

5.2.3 电气安装应符合下列要求：

1 电缆线路施工应符合现行国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的规定。

2 电气系统的防雷、接地应符合现行国家标准《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169 的规定。

3 二次设备、盘柜的安装及接线应符合现行国家标准《电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171 的规定。

4 光伏组串汇流箱的进出线端与接地端应进行绝缘测试；汇流箱内元器件应完好，连接线应无松动。

5 逆变器应安装在清洁、通风、干燥、无直晒的地方，安装位置应足够坚固且能长时间支撑逆变器的重量，确保不晃动。

6 并网柜应安装在当地电网公司认可的安装位置，并满足承重要求。

7 电缆的铺设应符合相关规范，路径合理，避免交叉和缠绕；电缆的规格应满足系统的电流和电压要求，做好标识和防护措施。

8 各类环境监测仪器应根据监测功能选择合适的位置，保障通信信号顺畅，且应避开地上车建筑的排气口和通风口。

5.2.4 要确保整个电气系统的接地可靠，组件边框间、组件边框与下部支撑结构间的等电位连接及其与接地主干网间的等电位连接电阻不高于 $0.1\ \Omega$ ，接地电阻不高于 $4\ \Omega$ ；逆变器、汇流箱及其他布置于建筑屋面或墙体的电气设备与接地主干网间的等电位连接电阻不高于 $0.1\ \Omega$ ，接地电阻不高于 $4\ \Omega$ 。

5.3 调试与验收

5.3.1 光伏发电系统电气安装过程和完工后应开展性能测试，具体包括：

- 1 安全性测试；
- 2 光伏组串功率及一致性测试；
- 3 光伏组件电致成像检测。

【条文说明】

安全性测试是光伏发电系统电气安装过程和完工后的核心环节，直接关系到系统运行过程中人员及设备的安全。应测试的内容包括保护接地和/或等电位连续性检测、极性测试、光伏组串-开路电压测试、光伏组串-短路电流测试、光伏

方阵绝缘电阻值测试、光伏组件和其它电气设备的红外测试。

光伏组串是光伏发电系统的基本发电单元，其功率及一致性直接影响系统的整体发电效率。组串功率测试可检验每个组串的实际发电能力是否达到设计标准，若组串功率不足，需排查组件质量、连接方式等问题并及时整改。一致性测试则关注同一系统内各光伏组串之间的功率差异，若差异过大，会导致“木桶效应”，即功率较低的组串成为整个系统的发电瓶颈，降低整体输出。在安装过程中开展测试，能在组串连接完成后及时发现问题，便于调整组件搭配或修复连接故障；完工后测试则可确认整个系统组串的功率表现，为系统效率评估提供依据，保障系统长期稳定高效运行。

光伏组件电致成像检测是通过专业设备对组件施加电压，捕捉其内部的电致发光图像，从而精准识别组件内部隐伤的技术手段，如微裂纹、断栅、虚焊、隐裂等。这些内部缺陷在常规外观检查中难以发现，但会逐渐影响组件的发电性能和使用寿命，严重时可能导致组件失效。安装过程中进行检测，可筛选出存在潜在缺陷的组件，避免将不合格组件纳入系统，从源头保障组串质量；完工后检测则可排查组件在运输、安装过程中是否因外力碰撞、挤压等产生新的损伤，确保投入运行的组件均处于良好状态，为系统的长期可靠运行提供重要保障。

5.3.2 光伏系统的调试应包括光伏组件串、汇流箱、逆变器、配电柜、二次系统、储能系统等设备调试及光伏发电系统的联合调试。其中系统调试应包括但不限于下列项目：

- 1 系统整套启动；
- 2 逆变器单体启动和停机；
- 3 分系统启停；
- 4 主要设备和部件功能性检查。

【条文说明】

联合调试是在各设备单独调试合格后，对整个光伏发电系统进行的整体协同测试。其目的是验证各设备之间的配合是否默契，系统能否实现从光能吸收、电能转换、汇集、逆变到并网或储能的完整流程。在联合调试中，需检查系统在不同光照强度、负荷变化等工况下的整体运行性能，确保各设备之间的通信正常，控制逻辑正确，各项指标（如系统总发电量、并网电能质量等）达到设计要求。通过联合调试可发现各设备单独调试时难以暴露的问题，如设备间的参数不匹配、

控制指令冲突等，从而进一步优化系统性能，保障光伏系统整体稳定、高效、安全地运行。

5.3.3 建筑光伏发电系统在安装调试完成之后、竣工验收之前，应进行现场系统性能检测。具体检测项目包括：

- 1 光伏发电系统效率；
- 2 组件工作温度。

【条文说明】

建筑光伏发电系统在安装调试完成之后、竣工验收之前开展现场系统性能检测，是对系统整体功能和性能的最终验证环节。安装调试虽能保障各设备及系统的基本运行，但实际运行环境与调试环境存在差异，且系统各部分协同工作可能存在潜在问题。此时进行检测，可在正式竣工验收前发现系统在实际工况下的性能短板，为整改提供依据，确保系统在投入使用后能达到设计预期，避免因性能不达标而影响后续运行效益和安全。

光伏发电系统效率是衡量系统能源转换和利用能力的核心指标，直接反映系统的发电效益。检测该项目旨在验证系统在实际运行条件下，将接收的太阳能转化为可用电能的综合效率是否符合设计标准。光伏组件的工作温度对其发电性能影响显著，温度升高会导致组件的开路电压降低、短路电流略有增加，整体转换效率下降。检测组件工作温度可了解其在实际运行中的热状态，判断组件散热是否良好。通过检测发现问题后，可及时调整组件安装布局或改善散热条件，避免因长期高温运行导致组件性能衰减加速，延长组件使用寿命，保证系统的稳定发电能力。

5.3.4 光伏发电系统工程验收应根据其施工安装特点进行分项工程验收和竣工验收，验收要求应符合附录 A 的规定。

5.3.5 光伏发电系统的分项工程验收应符合下列要求：

- 1 分项工程验收应根据工程施工特点分阶段进行；
- 2 各分项工程完工后的检查，应经检查合格，并签署验收记录后，才能进行下一工序的施工；
- 3 建筑光伏发电系统分项工程检验批质量验收及合格标准应符合现行国家标准《建筑光伏系统应用技术标准》GB/T 51368 的要求；
- 4 各分项工程的质量验收记录应完整。

5.3.6 竣工验收提交的材料应符合下列要求：

- 1** 批准的设计文件、设计变更文件、竣工图；
- 2** 主要设备、材料、成品、半成品、仪表的出厂合格证明或检验资料；
- 3** 各分项工程过程验收记录、隐蔽工程验收记录；
- 4** 光伏发电系统调试和试运行记录；
- 5** 光伏发电系统现场性能检测合格报告；
- 6** 操作手册、设备使用维护说明书、质量保证书；
- 7** 其他工程质量资料。

5.3.7 工程竣工验收应符合下列规定：

- 1** 竣工资料应完整齐备；
- 2** 工程应按批准的设计要求进行建设；
- 3** 应检查已完工程在设计、施工、设备制造安装等过程中与质量相关资料的收集、整理和签证归档情况；
- 4** 应检查施工安全管理情况；
- 5** 工程应具备运行或进行下一阶段工作的条件；
- 6** 应检查工程投资控制和资金使用情况；
- 7** 应对验收遗留问题提出处理意见。

6 运行与维护

6.1 一般规定

6.1.1 光伏发电系统正式投运前，应建立档案管理制度和编制运行与维护规程，并对运行与维护人员进行专项培训，运行与维护人员应具有相应的专业技能。

【条文说明】

制定档案管理规则时，可以参考以下要求：

- (1) 光伏发电系统图纸、设备清单、验收报告等原始资料永久保存。
- (2) 运维记录按照年度装订成册，包含运行日志、巡检报告、故障工单、设备更换清单四类文件。
- (3) 电子档案实行双备份制度，本地服务器与云端存储同步更新。
- (4) 涉及改造的光伏发电系统需要单独建立变更档案，保存施工前后对比数据至少 10 年。

为了提升人员技能水平和应急处置能力，保证光伏系统可以安全运行，光伏系统正式投运前，需要组织光伏系统专项培训，面向对象为光伏系统的管理和操作人员。

培训内容需要包含光伏系统的工作原理和相关设备的功能，光伏系统的设计要点、关键参数、设备操作维护、常见故障诊断及排除技术以及安全规范等内容。

培训结束时，对管理和操作人员进行考核，以达到按要求进行光伏系统的日常维护工作为考核合格标准，并对考核合格人员颁发证书。

6.1.2 光伏发电系统运维应包含运行监控、巡视检查、日常维护、故障及处理等工作内容。

6.1.3 光伏发电系统宜定期进行体检。

【条文说明】

光伏系统运行中需要关注其设备状态、发电性能以及安全防护等性能，以确保光伏系统安全高效运维。光伏系统体检可以参考如下内容：

- (1) 系统验收时进行 1 次系统体检，验收后日常运维每年完成 1 次全系统体检，重点排查安装阶段遗留隐患。
- (2) 运行满 5 年的光伏发电系统需进行系统效率评估，重点检测线损率、MPPT 跟踪精度、组件匹配度；对发电量持续下降的组串开展 I-V 曲线测试，根

据结果分析发电量下降原因，并进行光伏组件优化。

建议引入第三方检测机构每年出具运行分析报告，作为维护策略调整依据，通过标准化流程将光伏发电系统年故障率控制在 0.5%以内。

6.1.4 光伏发电系统应针对台风、防汛、火灾、组件破损等突发事件制定应急管理预案。

【条文说明】

针对台风、防汛、火灾、组件破损等突发事件，需要制定应急管理预案，可以参考如下要求：

（1）灾害天气预报之后，在其发生前 48 小时完成设备加固与数据备份。

（2）针对不同程度的突发事件，形成不同的响应机制及详细预案：如组件脱落至轨道限界内时，需要封闭受影响区间并停运列车；组件悬吊未脱落时，限速通过并 30 分钟内完成临时加固。

（3）当光伏电站在运行过程中发生故障时，运维人员需要立即采取相应的措施，防止故障扩大，并及时上报；发生人身触电、设备爆炸起火时，运维人员应先切断电源进行抢救和处理，并上报相关部门。

（4）断电抢修期间，光伏系统需要防孤岛运行。

（5）抢修完成后，光伏系统测评正常后方可恢复运营。

6.1.5 运行和维护的全部过程应进行记录，且所有运行维护记录应存档妥善保管。

6.2 巡检、运行与维护

6.2.1 应结合光伏发电系统运行环境、巡视检查和维护记录、运行指标状态制定运维工作计划。

6.2.2 应通过监控系统对光伏发电系统进行数据监测，当出现以下情况时，应根据监控系统显示的故障定位及时进行诊断或采取相应防护措施：

- 1 组串功率偏差应大于 10%；
- 2 绝缘异常、通信中断情况；
- 3 发电量同比降幅>5%；
- 4 逆变器温度>70℃；
- 5 气象灾害预警提示

6.2.3 光伏发电系统的巡检和维护应满足下列要求：

- 1 光伏发电系统的巡视和检查周期、方法和内容应符合附录 B 的要求。

- 2 在极端天气来临前应加强巡检，并采取相应防护措施。极端天气以后，光伏发电系统重新投运前应对系统进行全面检查。
- 3 系统新投运首年，应每月检测组件功率衰减。
- 4 在用电高峰期应实时监测逆变器温度，并每日检查有无热斑情况。

【条文说明】

本标准附录 B 对于巡视和检查周期的要求在《上海地铁新能源有限公司》附录 B 基础上，增加了对光伏组件表面清洁度和热斑情况的检查。对于不能自动监测光伏背板温度的光伏系统，巡检人员可以携带红外线成像仪检测组件温度，当温度出现异常情况时根据实际情况做故障处理。

热斑测试是光伏系统“预防性运维”的核心环节，通过早期发现与干预，可减少 20%~30%的发电损失，延长组件寿命 3~5 年，同时将火灾风险降低 70%以上。对于目前尚不能自动监测光伏背板温度的光伏系统，建议巡检人员携带仪器进行现场测试或无人机巡检。热斑测试时，依据《光伏组件红外热成像(TIS)检测技术规范》NB/T 11081-2023，当光伏组件热异常电池片与邻近正常电池片存在温度差在 10℃~20℃之间时，可能存在故障隐患，宜结合热异常电池片的数量面积等因素，建立案例库并定期检测，跟踪其变化趋势；当温差超过 20℃时判定为热斑组件，对热板组件需要立即进行断电处理和物理隔离，后续更换组件。

在极端天气来临前应加强巡检，如暴雨前重点对汇流箱、IP65 防护进行密封性检查，台风天气前重点检查支架螺栓的紧固性

6.2.4 运维人员应根据光伏发电系统现场实际情况和光伏板污秽情况，定期对光伏组件表面进行清洁，并符合以下要求：

- 1 定期清洗：每季度清洗一次；
- 2 当相邻组件发电量偏差超过 10%时及时进行清洁；
- 3 根据光伏组件类型选择适宜的清洁方式和清洁时间；

4 冬季清除冰雪时，可选用机械除雪、电阻加热、化学融雪等方式，除雪作业时做好安全防护，禁用金属工具敲击或铲刮组件；当选用化学融雪方式时，化学融雪剂需 100%回收处理。

【条文说明】

根据光伏组件类型选择适宜的清洁方式和清洁时间，是保障发电效率、延长设备寿命、降低安全风险的核心策略，清洗时可参考《太阳能光伏发电系统中光

伏组件的清洗规范》T/QGCML 232-2021。

表 1 不同组件的热性和清洁限制条件

组件类型	核心特性	清洁限制条件
常规单晶硅	3.2mm 钢化玻璃，热应力抗性强	可全天清洁，高压水枪≤50bar
双玻组件	双面玻璃，热膨胀敏感	避免温差>25℃，选择清晨/阴天
薄膜组件	薄玻璃基板，易分层	禁用高压水枪，仅软布擦拭
BIPV 幕墙	建筑刚性安装，应力集中	阴天作业，定制化高空设备
柔性组件	无玻璃层，聚合物基板	无时间限制，低压水冲

6.2.5 运维人员在运行和巡视检查中发现的异常应及时处理；对检查情况和发现的问题应做好记录，并经专业分析判断后做出维护指导。

6.2.6 设备故障停机、保护熔丝、保护装置动作后应排除故障，并检测合格后方可重新启动。

6.2.7 运维人员应对光伏发电系统的运行监控、日常维护、故障及处理等工作进行记录、统计、分析和上报。

附录 A 光伏发电项目验收资料审查表

序号	验收资料	资料要求	是否具备
1	电力并网验收意见单	通过电网验收。	
2	并网前单位工程调试报告（记录）	光伏并网系统调试检查表中的各个检查项目应都符合要求。	
3	并网前单位工程验收报告（记录）	包括专家组出具的“单位工程验收意见书”。	
4	房屋（建构筑物）安装光伏后的荷载安全计算书（双T板屋面和金属屋面）/房屋（建构筑物）安装光伏后的荷载安全说明资料（混凝土屋面）	安全计算书计算完整；安全说明资料逻辑清晰。最后结论：荷载安全，可安装。	
5	各专业竣工图纸	应包含以下专业：土建工程（混凝土部分、砌体部分、支架结构图）、安装工程（电气一次、二次图纸、防雷与接地图纸、光伏布置图、给排水图纸）、安全防范工程、消防工程等。	
6	如采用结构胶粘结地脚螺栓，需提供拉拔试验的正式试验报告	测试数据应符合设计要求。	
7	运行维护及其安全管理制度	需清晰完整。	
8	运维人员接受培训记录	需组织过专业人员培训。	
9	接地电阻检测报告	符合设计要求。	
10	主要设备材料认证证书或质检报告	必须出具以下产品的证书或者报告，并要求产品与现场使用情况必须一致： 1、组件、逆变器、光伏连接器：需出具由第三方检测认证机构提供的产品认证报告（应为金太阳、CQC、TUV、CCC或领跑者认证报告）； 2、断路器和电缆：CCC认证； 3、光伏专用直流电缆：CQC认证或生产企业25年质保证明原件； 4、现场如有汇流箱、变压器、箱变，也应提供有资质的第三方检测机构出具的认证证书或质检报告。	
11	设计交底及变更记录	/	
12	电网确认受理项目接入系统申请并制定初步接入方案	/	
13	分项工程质量验收记录及评定资料（含土建及电气）	需完整齐备	

14	分部（子分部）工程质量验收记录及评定资料（含土建及电气）	需完整齐备	
15	隐蔽工程验收记录（含土建、安装）	需完整齐备	
16	监理质量、安全通知单、会议纪要	需完整齐备	
17	设备材料清单，及设备技术资料	清单完整，包含设备材料厂家、数量和型号并提供设备技术协议，技术资料。	
18	无遗留问题确认单	/	

附录 B 光伏发电项目设备巡视和检查周期

序号	事项	巡检方法	巡检周期	内容	备注
1	运营值班	通过运维平台或现场	每天	当天值班员应按时值班，包括做好运营工作数据记录，做好屋面光伏支架、组件方阵、交直流汇流箱、组串式逆变器（或集中式逆变器）、配电房配电柜、干式变等设备的巡检工作，如有设备异常、及时上报、记录、处理。	值长应在巡检时间段内负责安排巡检人员巡检
2	气象监控	通过运维平台	每天	值班员应观察气象监控运行是否正常，巡检人员每月两次对气象监控设备上的传感器清灰，避免影响精度。	
3	工作票	根据需要	根据需要	当日值班员应对外来检修人员按要求开具工作票，禁止无工作票施工。	
4	备用电源	现场检查	1次/月	备用电源是否有烧焦异味、是否有打火花等异常情况。	
5	逆变器	现场检查	1次/月	1. 逆变器室巡检，主要检查设备有无故障、外观是否完好、指示灯是否正常、柜内接线是否牢固、是否有熏黑痕迹，及时清理设备内积灰，记录逆变器运行数据。 2. 打扫室内卫生，保持室内干净无灰尘。	
6	汇流箱	现场检查	1次/月	检查汇流箱外观，检查箱体有无松动、箱门是否脱落、箱内电路是否存在短路起火的隐患、是否有熏黑现象，及时避免意外的发生。	
7	熔丝检查	通过运维平台或现场	根据需要	日常检查，值班人员应记录无电流的支路，巡检人员到现场处理、更换熔丝。	
8	箱内接线检查	现场检查	根据需要	可通过后台监控，发现异常的支路，到现场处理，更换熔断丝时应顺带检查接线头是否紧固。	
9	支架结构	现场检查	1次/季度	支架巡检，对变形的支架进行修复，并作防腐处理。	
10	组件	现场检查或无人机巡检	1次/月	组件检查，对松动的组件紧固、对损坏的组件进行更换检查；有无热斑情况；检查组件表面清洁度，除雨季外，按组件片区循环清洗。	
11	抄表	通过运维平台或现场	1次/月	找到计量柜内国家电网公司电能表，抄其正向有功总，正向有功的峰、平、谷	
12	所有接地、绝缘测试	现场检查	1次/年	每季度进行一次所有设备、支架的接地、绝缘的测试。	
13	登高梯	现场检查	1次/季度	每季度进行一次所有紧固件的检查，如有松动应及时紧固。	
注：根据电站规模、智能化水平进行调整。					

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:

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”。

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

GB/T2828.1 计数抽样检验程序

GB 8624-2012 建筑材料及制品燃烧性能分级

GB/T 29319 光伏发电系统接入配电网技术规定

GB/T 32512 光伏电站防雷技术要求

GB/T 34936 光伏电站汇流箱技术要求

GB/T 39750 光伏发电系统直流电弧保护技术要求

GB 50009 建筑结构荷载规范

GB 50010 混凝土结构设计规范

GB 50011 建筑抗震设计规范

GB 50017 钢结构设计标准

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50068 建筑结构可靠度设计统一标准

GB 50153 工程结构可靠性设计统一标准

GB 50168 电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范

GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范

GB 50171 电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范

GB 50207 屋面工程质量验收规范

GB 50217 电力工程电缆设计标准

GB 50576 铝合金结构工程施工质量验收规范

GB 51048 电化学储能电站设计规范

GB/T 51368 建筑光伏系统应用技术标准

NB/T 11081 光伏组件红外热成像(TIS)检测技术规范

JGJ 145 混凝土结构后锚固技术规程

中国工程建设标准化协会标准

城市轨道交通地上车站光伏应用 技术规程

T/CECS ××：202X

附：条文说明