



团 体 标 准

T/CET 402—2024

金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏 一体化技术规范

Technical specification for building photovoltaic integration of crystalline
silicon modules on curved metal roofs

2024-08-01 发布

2024-08-01 实施

中国电力技术市场协会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本规定	3
5 构配件、材料、设备	4
5.1 一般规定	4
5.2 晶硅组件	4
5.3 结构胶	4
5.4 压型金属板	4
5.5 压型金属板固定支座及紧固件	5
5.6 汇流箱、逆变器与电缆	5
6 构造与安全防护	5
6.1 一般规定	5
6.2 压型金属板	6
6.3 连接结构	6
6.4 排水与防冰雪	6
6.5 附属设施	7
6.6 细部构造	7
6.7 安全防护	7
7 设计	7
7.1 一般规定	7
7.2 系统设计	8
7.3 防雷与接地	8
7.4 防火设计	8
7.5 集中运维系统设计	9
8 施工	9
8.1 一般规定	9
8.2 晶硅组件	9
8.3 压型金属板	10
8.4 支承结构	10
8.5 汇流箱、逆变器与电缆	10
8.6 系统调试	11

9	验收	11
9.1	一般规定	11
9.2	构造工程	11
9.3	电气工程	12
9.4	消防验收	12
10	运行维护	12
10.1	一般规定	12
10.2	晶硅组件	13
10.3	压型金属板屋面	13
附录 A (规范性)	结构胶物理力学性能	14

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。

本文件由中国电力技术市场协会提出并归口。

本文件负责起草单位：森特士兴集团股份有限公司、隆基绿能科技股份有限公司。

本文件参加起草单位：隆基森特新能源有限公司、中赉国际工程有限公司、国家能源集团乐东发电有限公司、内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司、贵州水城能源(集团)有限责任公司、中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司、中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司、中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司、中国能源建设集团广东省电力设计研究院、华能沁北发电有限责任公司、华润电力(云浮)有限公司、华能陕西靖边电力有限公司、国能浙江北仑第一发电有限公司、江西赣能股份有限公司、江西大唐国际新余第二发电有限责任公司、中煤西安设计工程有限责任公司、国能南宁发电有限公司、国能浙江舟山发电有限责任公司、中交第三航务工程勘察设计院有限公司、国家能源集团广西电力有限公司、中煤科工集团南京设计研究院有限公司、长江勘测规划设计研究有限责任公司、中国建筑学会建筑防火综合技术分会、中交第四航务工程勘察设计院有限公司、中国能源建设集团江苏省电力设计院有限公司、中国能源建设集团浙江博华电力设计院有限公司、中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司、中国电建集团海南电力设计研究院有限公司、中煤国际工程设计研究总院、河北能源工程设计有限公司、新华元电力工程设计有限公司、中联西北工程设计研究院有限公司、世锐建筑科技(上海)有限公司、常州东吴钢结构网架有限公司。

本文件主要起草人：张松、周聪、寸小涛、孟托、王建珍、张双喜、郎占顺、高伟、刘璐、马晶星、黄仁杰、张亮军、韩强、牛元胜、孙雨、朱剑波、方志庆、马骏骧、蒋亚丽、冯川、罗振宇、冀月海、闫鹏鲲、闫琛淮、齐国营、吴永华、邬忠浩、王虹、张国波、张军、喻雪辉、杨小军、高剑钊、钟松耀、沈啸、周枝荣、黄劲松、沈明、江鹏、孙广旭、付文军、尹军、吕文娟、崔政伟、杜安民、项雯、郭俊科、许家铭、王业耀、阎俊钢、王素花、王帅兵、柳彦吉、于昇、吴小明。

本文件在执行过程中如有意见和建议，请反馈至中国电力技术市场协会标准化技术委员会秘书处（地址：北京市西城区广安门外大街 168 号朗琴国际大厦 A 座 806，邮编：100055）。

金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏 一体化技术规范

1 范围

本文件规定了金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化基本规定、构配件、材料、设备、构造与安全防护、设计、施工、验收、运行维护。

本文件适用于新建、改建、扩建金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化的设计、施工、验收和运行维护。

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 3098 紧固件机械性能
- GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级
- GB/T 9535 地面用晶体硅光伏组件设计和定型
- GB/T 9789 金属和其他无机覆盖层通常凝露条件下的二氧化硫腐蚀试验
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 12754 彩色涂层钢板及钢带
- GB/T 12755 建筑用压型钢板
- GB/T 16895.23 低压电气装置 第6部分：检验
- GB/T 19292.1 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第1部分：分类、测定和评估
- GB/T 19939 光伏系统并网技术要求
- GB/T 19964 光伏发电站接入电力系统技术规定
- GB/T 20047.1 光伏(PV)组件安全鉴定 第1部分：结构要求
- GB/T 20514 光伏系统功率调节器效率测量程序
- GB 26860 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分
- GB/T 29551 建筑用太阳能光伏夹层玻璃
- GB/T 30427 并网光伏发电专用逆变器技术要求和试验方法
- GB/T 31143 电弧故障保护电气(AFDD)的一般要求
- GB/T 34936 光伏发电站汇流箱技术要求
- GB/T 35694 光伏发电站安全规程
- GB/T 36963 光伏建筑一体化系统防雷技术规范
- GB/T 37052 光伏建筑一体化(BIPV)组件电池额定工作温度测试方法
- GB/T 37655 光伏与建筑一体化发电系统验收规范
- GB/T 38335 光伏发电站运行规程
- GB/T 38946 分布式光伏发电系统集中运维技术规范
- GB/T 39854 光伏发电站性能评估技术规范

- GB 50009 建筑结构荷载规范
GB 50015 建筑给水排水设计标准
GB 50016 建筑设计防火规范
GB 50017 钢结构设计标准
GB 50018 冷弯薄壁型钢结构技术规范
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 50150 电气装置安装工程电气设备交接试验标准
GB 50166 火灾自动报警系统施工及验收标准
GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范
GB 50194 建筑工程施工现场用电安全规范
GB 50217 电力工程电缆设计标准
GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范
GB 50429 铝合金结构设计规范
GB 50794 光伏发电站施工规范
GB/T 50796 光伏发电工程验收规范
GB 50797 光伏发电设计规范
GB 50896—2013 压型金属板工程应用技术规范
GB 51022 门式刚架轻型房屋钢结构技术规范
GB/T 51368 建筑光伏系统应用技术标准
GB 55001 工程结构通用规范
GB 55037 建筑防火通用规范
DL/T 448 电能计量装置技术管理规程
DL/T 5137 电测量及电能计量装置设计技术规程
JG/T 378 冷轧高强度建筑结构用薄钢板
JGJ 102 玻璃幕墙工程技术规范
JGJ/T 264 光伏建筑一体化系统运行与维护规范
JGJ/T 473 建筑金属围护系统工程技术标准
NB/T 10128 光伏发电工程电气设计规范
NB/T 10685 光伏发电用汇流箱技术规范
NB/T 32004 光伏并网逆变器技术规范
NB/T 32034 光伏电站现场组件检测规程
NB/T 42073 光伏发电系统用电缆

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

金属结构曲面屋顶 **curved metal roofs**

建筑屋顶结构上部的柱面、旋转曲面、椭球面、双曲面及抛物面等曲形金属覆盖面。

3.2

建筑光伏一体化 building photovoltaic integration

建筑上安装光伏系统,并通过专门设计,实现光伏发电系统与建筑良好结合的一体化系统。

[来源:GB 36963—2018,3.2,有修改]

3.3

压型金属板 profiled metal sheet

金属板经辊压冷弯,沿板宽方向形成连续波形或其他截面的成型金属板。

[来源:GB 50896—2013,2.1.1]

3.4

晶硅组件 cryalline silicon photovoltaic module

利用单晶硅或多晶硅太阳能电池内部联结及封装,单独提供直流电输出的最小不可分割的光伏电池组合装置。

[来源:GB 36963—2018,3.3,有修改]

3.5

环境腐蚀性等级 environmental corrosion rating

评估材料在不同环境中的耐蚀性,对材料腐蚀程度的标准。

4 基本规定

4.1 新建金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化应满足安全可靠、经济美观、节能环保、便于维护的要求。

4.2 新建金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化宜与主体建筑统筹规划、同时设计、同时施工、同时验收。

4.3 改建、扩建金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化,应满足建筑结构和电气系统的安全性要求,应对原有结构进行承重验算或结构检测鉴定,并出具结构承载能力验算证明或安全检测鉴定报告,进行专项工程设计。

4.4 发电规模应根据负荷需求、太阳能资源、建筑条件等要求,项目所在区域分布式光伏政策、电力接入、规划要求等确定。

4.5 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化设计前应取得下列资料:

- a) 太阳能资源数据和资料分析报告;
- b) 年平均温度、月平均温度、最高温度和最低温度;
- c) 盐雾及酸雨腐蚀性;
- d) 近10年年均沙尘暴次数、建筑物雷击次数及空气污染指数、能见度;
- e) 建筑结构施工图纸或加工图纸、地质勘测报告、基础设计图纸;
- f) 建(构)筑物鉴定检测报告;
- g) 开发建设条件、政策环境及电网接入许可批复。

4.6 屋面选择时按下列条件确定:

- a) 宜避开周边或建筑自身构造对晶硅组件造成阴影遮挡的区域;
- b) 不宜设在高温或有振动的场所;
- c) 应方便设备运输;
- d) 不宜设在污染源最大频率风向的下风侧;
- e) 应选择屋面承载力满足安全要求或加固后满足安全要求的建筑。

5 构配件、材料、设备

5.1 一般规定

5.1.1 材料、构配件及设备应符合建筑安全规定,根据建筑物功能、电气安全、设计要求等条件合理选取,并应符合 GB/T 51368、GB 50896、JGJ 102、的有关规定,并应满足设计和使用要求。

5.1.2 材料耐久性应与系统设计工作年限相匹配。压型金属板使用环境腐蚀性等级应符合表 1 的规定。

表 1 压型金属板使用环境腐蚀性等级

腐蚀性	腐蚀性等级	典型大气环境示例	典型内部环境示例
很低	C1	—	办公室、学校、住宅、宾馆等干燥清洁的室内场所
低	C2	大部分乡村地区、污染较轻的城市	室内体育馆、超级、市场、剧院
中	C3	污染较重的城市、一般工业区、低盐度海滨地区	厨房、浴室、面包烘烤房
高	C4	污染较重工业区、中等盐度海滨地区	游泳池、洗衣房、酿酒车间、海鲜加工车间、蘑菇栽培场、煤棚、料仓
很高	C5	高湿度和腐蚀性工业区、高盐度海滨地区	酸洗车间、电镀车间、造纸车间、制革车间、染房

注：参见 GB 50896—2013 中表 B.0.1。

5.1.3 组成构件的耐火时间应符合该建筑耐火等级对屋面耐火时间的规定。金属屋面防火设计应符合 JGJ/T 473 的有关规定。

5.2 晶硅组件

5.2.1 晶硅组件应符合 GB/T 20047.1、GB 8624、GB/T 29551、GB/T 9535、GB/T 37052 的有关规定。

5.2.2 晶硅组件风压荷载应根据 GB 50009 确定,并应满足抗 130 km/h(2400 Pa)风压和抗 25 mm 直径冰雹 23 m/s 冲击的要求。

5.2.3 晶硅组件燃烧性能等级不应低于 GB 8624 中 A 级(A2-s1.d0.t2)的规定。

5.2.4 晶硅组件机械荷载应满足正面承载力 5400 Pa,反面承载力 2400 Pa 要求。

5.2.5 晶硅组件的使用年限不应小于 25 年,且单晶硅组件太阳能转换率不应低于 21%,并应采取减缓电势诱导衰减措施。

5.3 结构胶

5.3.1 结构胶应为细腻、均匀膏状物,应无结块、凝胶、结皮,应无不易分散的析出物。

5.3.2 双组分产品两组分颜色应有明显区别。

5.3.3 结构胶物理力学性能应符合附录 A 的规定。

5.3.4 结构胶应满足耐腐蚀、耐疲劳、高强度、耐老化的要求,且使用年限不应低于 25 年,预期寿命内性能应稳定。

5.4 压型金属板

5.4.1 压型金属板应符合 GB/T 12754、GB/T 12755、GB 50896 和 JG/T 378 的有关规定。

5.4.2 压型金属板材料符合下列规定：

- a) 钢材宜选用不低于 250 MPa 的结构用钢；
- b) 厚度应通过设计计算确定，外层板公称厚度不应小于 0.6 mm，内层板公称厚度不应小于 0.5 mm；
- c) 公称镀层质量应根据腐蚀环境，按 JGJ/T 473 确定；金属镀锌层的腐蚀速率可按 JGJ/T 473 确定；
- d) 涂层种类应根据环境腐蚀性确定，压型金属板涂层结构及厚度可按 JGJ/T 473 确定，热镀锌金属板表面有机涂层相对使用寿命可按 JGJ/T 473 确定；
- e) 表面处理措施可按 JGJ/T 251 确定。

5.4.3 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化压型金属板使用年限不应小于 25 年。

5.5 压型金属板固定支座及紧固件

5.5.1 固定支座与压型金属板、紧固件材质与被锁固物材质宜采用相同材质金属材料制成，当材质不同存在发生电化学腐蚀风险时，应采取隔离垫片等防腐蚀措施。

5.5.2 檩条连接可采用碳钢或 300 系不锈钢材质螺栓、自钻螺钉。螺栓性能等级不应低于 4.8 级，并应符合 GB/T 3098 的有关规定。碳钢高防腐涂、镀层螺钉或冷作强化工艺的 300 系不锈钢复合螺钉防腐能力符合下列规定：

- a) 盐雾测试应按 GB/T 10125 的有关规定，通过 1 500 h 试验；
- b) 酸雨测试应按 GB/T 9789 的有关规定，通过 25 个循环试验。

5.5.3 固定支座及紧固件使用年限不应小于 25 年。腐蚀性等级为 C1~C3 时，可采用碳钢高防腐涂、镀层螺钉（底涂采用锌锡合金涂层 45 μm 以上，锡含量不低于 25%，面涂铝环氧聚合物 15 μm 以上）；腐蚀性等级为 C4、C5 时，宜采用 300 系奥氏体不锈钢复合螺钉，基材可采用冷作强化工艺，且碳含量应低于 0.08%，表面应采用 20 μm 厚度烤陶瓷膜封涂处理，不锈钢基材与陶瓷层之间应采用 2 μm 厚三价铬镀锌涂覆处理。

5.6 汇流箱、逆变器与电缆

5.6.1 汇流箱应根据使用环境、绝缘水平、防护等级、额定电压、输入输出回路数、输入输出额定电流、使用温度、安装方式及工艺等选择。

5.6.2 汇流箱应符合 GB/T 34936 的有关规定。

5.6.3 并网逆变器应符合 GB/T 19939、GB/T 20514、NB/T 32004、GB/T 30427 的有关规定。

5.6.4 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化用电电缆应符合 GB 50217 和 NB/T 42073 的有关规定，电缆截面应经技术经济比较确定。

5.6.5 控制电缆或通信电缆不宜与电力电缆敷设在同一电缆沟内，当无法避免时，应各置一侧，宜采用防火槽盒或防火隔板进行分隔。

6 构造与安全防护

6.1 一般规定

6.1.1 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化设计应根据建筑功能、建筑外形、地理位置和周围环境，对屋面构造、安装位置和安装方式统筹确定。

6.1.2 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化构件机械荷载应满足正面承载力 5 400 Pa 要求，施工检修荷载宜取 1 kN 并作用于可踩踏区域最不利位置。

6.1.3 建筑光伏一体化设计阶段应根据建筑物结构特征、使用功能及光伏组件特点，提出施工、运行及

维护阶段安全防护措施。

6.1.4 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化构造设计应满足建筑安全性、适用性与耐久性要求,并根据环境特点,采取排水、防冰雪、防火、抗风揭等措施。

6.1.5 压型金属板、支承结构设计应符合 GB 50068、GB 50009、GB 50017、GB 50018、GB 51022、GB 55001、GB 50896 和 GB 50429 的有关规定。

6.1.6 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化构造设计,应避免不相容材料之间发生直接接触,不可避免时,应采取隔离垫片等防腐措施。

6.1.7 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化风荷载标准值及基本风压计算应符合 GB 50009 的有关规定,检测方法应符合 GB/T 39794 的有关规定。

6.1.8 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化应满足整体受力及热胀冷缩等物理性能要求,晶硅组件或板块及其支承结构不应跨越主体结构变形缝。

6.1.9 光伏组件应安装在无阴影遮挡区域,光照时长应符合 GB 50797 的有关规定。

6.2 压型金属板

6.2.1 压型金属板计算应按 GB 50017、GB 50018 确定。

6.2.2 在压型金属板上部增设晶硅组件时,应将光伏板布置于金属板波峰上部,波谷距离光伏板底部不应小于 30 mm。

6.2.3 压型金属板建筑模数应与晶硅组件安装参数保持一致。

6.3 连接结构

6.3.1 晶硅组件与压型金属板之间的连接应避免应力集中对屋面、支座及固定部位造成破坏。不同种材料连接时,应避免电化学反应对以上部位造成金属腐蚀破坏。

6.3.2 晶硅组件与压型金属板之间的连接结构应保证满足组件的通风散热要求。

6.3.3 晶硅组件与压型金属板之间的胶粘连接,符合下列规定:

- a) 应保证连接构造设计满足建筑功能要求,并应符合 GB 16776 的有关规定;
- b) 连接胶的粘接宽度与厚度应根据光伏组件铺装方式、重力荷载、风揭作用、温度作用确定。

6.3.4 压型金属板之间的横向连接、压型金属板与固定支座及紧固件连接节点承载力设计值,应根据压型金属板温度变化、重力、荷载及上部附属物重力等荷载作用确定,并应符合 GB 50896 的有关规定。

6.4 排水与防冰雪

6.4.1 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化排水设计应根据屋顶造型、屋面坡度、防水等级、排水构造、防水层材料及性能等确定,并应配合主体结构的排水系统布置,安装后不应影响建筑屋面排水产生影响。

6.4.2 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化防冰雪设计应根据建筑气候环境、屋面构造及建筑周边区域要求,采取防积雪措施,并在屋面周边预留积雪缓冲区域。

6.4.3 防冰雪设计应符合 JGJ/T 473 的有关规定。

6.4.4 安装金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化建筑部位应采取确保该部位建筑防水、排水不受影响的构造措施,并应符合 GB 50015 的有关规定。

6.4.5 屋面防冰雪堆积设计符合下列规定。

- a) 宜设置可视化屋面监控系统和监控报警设施,同时宜设置永久性机械或电动的融冰、除雪设施,并宜与屋面监控系统联动,形成报警、除冰雪一体化系统。
- b) 应分析屋面积雪及积雪冻融对屋面毛细渗水的影响。
- c) 压型金属板波高及连接方式应满足冬季排水要求。

- d) 屋面应设置用于人工除雪的安全通道。
- e) 有积雪可能的屋面宜设置防冰雪坠落装置。防冰雪坠落装置可固定于屋面板上,也可穿透屋面固定于屋面支承结构上,但均应保证连接可靠性。挡雪装置宜从屋脊向檐口处分层设置。檐口处应至少设置 1 道挡雪装置。

6.5 附属设施

6.5.1 清洗水系统应根据屋面组件污秽情况,光伏电站项目特点、运维成本和运维难度确定附属设施清洗方案,可采用自动喷淋、人工清洗和机器人清洗等清扫方式。

6.5.2 水清洗系统水路管网应采取夏天防晒和冬天防冻措施。楼下水源处,应设置泄水阀等防止冬季水管冻裂的措施,露天布置的水清洗系统管网应采取保温防晒措施,且应在管路系统合适的位置采取设置泄水阀等防止管道冬季冻胀破坏的措施。

6.5.3 清洗水可通过雨水排水沟排出。

6.5.4 宜设置发电数据监测系统,检测设备应放置在金属结构曲面屋顶上部或周围。

6.6 细部构造

金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化应采用细部构造设计,应符合 JGJ/T 473 的有关规定,并应满足使用功能、温差变形、施工环境条件和可操作性等要求。细部设计应包括下列内容:

- a) 晶硅组件和压型金属板连接固定方式及构造;
- b) 防雪设施、防坠落设施、挡雪设施、屋面检修维护设施及其他附加设施等屋面节点。

6.7 安全防护

6.7.1 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化应采取防止组件坠落的安全防护措施。

6.7.2 金属结构曲面屋顶应设置安全运维马道及防护栏杆;马道宽度不应低于 400 mm,防护栏杆高度不应低于 1 200 mm。

6.7.3 金属结构曲面屋顶两侧或晶硅组件布置区域下部应预留运维通道与检修平台。

6.7.4 安装在建筑部位的晶硅组件,应具有带电警告标识及电气安全防护措施,并应满足该部位的建筑围护、结构安全和电气安全要求。

7 设计

7.1 一般规定

7.1.1 光伏系统设计应与建筑构造设计相配合,并应满足建筑安全可靠、经济美观、高效发电等要求。

7.1.2 光伏系统设计应进行专项设计。

7.1.3 光伏系统设计应符合 GB 51368 的有关规定。

7.1.4 并网建筑光伏系统可包括光伏组件、汇流箱、逆变器、低压配电柜、升压变压器等;汇流箱应按组件和逆变器类型配置;光伏发电系统直流侧宜配置直流快速关断开关或直流故障电弧检测和保护功能。

7.1.5 汇流箱、逆变器等设备的安装位置符合下列规定:

- a) 应结合设备外形尺寸及质量;
- b) 应安装在干燥、通风良好、防尘环境中;
- c) 应避免阳光直射;
- d) 宜方便日常检查与维护。

7.2 系统设计

7.2.1 光伏组件设计符合下列规定：

- a) 光伏组件类型、规格、数量、安装位置、装机容量应根据建筑设计、功能布局、环境特点和用户需求等因素确定；
- b) 同一逆变器接入的光伏组串的电压、阵列朝向与安装倾角宜一致，同一 MPPT 的组串额定参数、组件朝向、安装倾角应一致；
- c) 光伏组串的串联数量应按 GB 50797 计算确定，并联数量应根据总装机容量及光伏组串容量确定；
- d) 同一组串及同一子阵内，组件电性能参数宜一致，最大输出功率、最大工作电流离散性应小于±3%。

7.2.2 汇流箱设计符合下列规定：

- a) 汇流箱内部装置配置应满足使用功能、运行条件、电气安全等要求；
- b) 汇流箱应符合 GB/T 34936 的有关规定；
- c) 光伏直流电汇流箱内应设置防雷保护装置；
- d) 光伏直流电汇流箱位置应便于操作和检修，设置在室外的光伏汇流箱应具有防水、防腐措施，防护等级应为 IP65 以上。

7.2.3 逆变器设计符合下列规定：

- a) 宜选用组串式逆变器，且应选用多路 MPPT；
- b) 逆变器等设备安装使用环境应满足设备对通风散热、防湿防潮、屏蔽电磁干扰等要求；
- c) 逆变器应具备自动运行和停止功能、最大功率追踪控制功能和防孤岛效应功能；
- d) 逆变器应符合 NB/T 32004 的有关规定。

7.2.4 电缆选择符合下列规定：

- a) 电缆选型应符合 GB 50217 的有关规定；
- b) 光伏组件及方阵连接电缆宜符合 NB/T 42073 的有关规定；
- c) 电缆材质选择、线路损耗、额定电流等参数应符合 NB/T 10128 的有关规定；
- d) 光伏组件之间及组件与汇流箱之间的电线、电缆应采取固定措施、防晒措施。

7.3 防雷与接地

7.3.1 防雷与接地设计应符合 GB 50057、GB/T 36963 和 GB 50169 的有关规定。并网接口设备的防雷和接地应符合相关标准的规定和设计要求。

7.3.2 宜利用金属屋面高出组件位置作为接闪器。

7.3.3 屋面接地宜选用热镀锌扁钢或圆钢。

7.3.4 逆变器、桥架、开关柜、箱变等配电装置应可靠接地。

7.3.5 建筑屋脊、气楼、斗拱等最高部位宜作为建筑天然接闪器，此部位不应布置光伏组件。光伏发电系统保护接地、工作接地、过压保护接地使用一个接地装置，接地电阻不应大于 $4\ \Omega$ ，不满足要求的，应设置单独接地引线，并通过接地极接地。

7.4 防火设计

7.4.1 防火设计应满足 GB 50016、GB 55037 和 JGJ/T 473 的有关规定。

7.4.2 防火设计文件中应注明建筑光伏防火相关的材料性能，防火装置性能和安装位置。

7.4.3 电弧故障保护装置符合下列要求：

- a) 交流电弧故障保障装置应符合 GB/T 31143 的要求；

- b) 直流侧输入电压小于 80 V 的金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化可不安装直流电弧故障保护装置。

7.4.4 应在金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化平面图上标记开关位置、快速关闭装置开关、连接的备用供电系统开关位置,并在实物附近用标记提示其位置、描述功能和操作方法。

7.4.5 火灾自动报警系统及自动灭火系统的安装应按照 GB 50166 的规定执行。

7.4.6 电缆引线完毕后,电缆关口应进行防火封堵。

7.5 集中运维系统设计

7.5.1 宜采用集中运维系统,并应满足 GB/T 38946 的有关规定。

7.5.2 集中运维系统主要功能符合下列要求:

- a) 应具有运行监视、操作与控制、故障告警、运行管理、检修管理等基本功能。
- b) 应满足电网调度自动化要求,完成遥测、遥信、遥调、遥控等远动通信功能。
- c) 应具备数据采集、存储、通信功能,应具有可靠的通信通道和通信接口。

8 施工

8.1 一般规定

8.1.1 系统组成构件、设备应满足设计要求与产品质量标准的规定,施工质量应符合 GB 50794、GB 50194 的有关规定。

8.1.2 系统安装前具备下列条件:

- a) 安装人员应进行安装知识培训;
- b) 设计文件齐备,并网接入系统已获有关部门批准并备案;
- c) 施工组织设计与施工方案已经批准;
- d) 建筑、场地、电源、道路等条件满足正常施工需要。

8.1.3 安装方案包括下列内容:

- a) 新建建筑施工方案应纳入建筑设备安装施工组织设计与质量控制程序,并制定安装施工方案与安全技术措施;
- b) 改建、扩建建筑施工应编制设计技术方案、施工组织设计与质量控制程序,并制定施工方案与安全技术措施,必要时进行可行性论证。
- c) 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化安装时,应对曲形结构施工安全措施专项论证,应避免光伏组件与连接胶在粘接过程中因弧度影响出现组件移位、坠落等。

8.1.4 进场安装的金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化设备、构件和原材料应符合设计要求,经验收合格后使用。

8.2 晶硅组件

8.2.1 晶硅组件安装符合下列规定。

- a) 晶硅组件存放、搬运、安装过程中不应碰撞受损。吊装时,底部应衬垫木,背面不应受到碰撞和重压,屋面部位集中堆放,应按屋面荷载确定,不应将晶硅组件放置在屋面薄弱区域。
- b) 施工人员高空作业时,应佩戴安全防护用品,并设置醒目、清晰、易辨识的安全标识。
- c) 晶硅组件周边的防水连接构造应按设计要求施工,且不应渗漏。
- d) 不应在晶硅组件安装和移动的过程中拉扯导线,且连接线不应承受外力。
- e) 晶硅组件在存放、搬运、安装过程中不得碰撞受损。吊装时,底部应衬垫木,背面不应受到碰撞和重压,屋面部位集中堆放,应按屋面荷载确定,不应将晶硅组件放置在屋面薄弱区域。

- f) 在未安装晶硅组件的区域,应根据设计要求,采取抗风揭措施。
- g) 在坡度大于 10° 的坡屋面上施工时,应设置专用脚踏板。

8.2.2 晶硅组件宜采用连接胶方式,并符合下列规定。

- a) 晶硅组件粘接时的施工环境应满足黏接剂产品环境要求和设计要求,粘接前粘接部位应按黏接剂要求完成清洗和干燥,且应避免在夜晚、雨天、风沙等天气下粘接。
- b) 安装人员应经安装知识培训和技术交底。
- c) 晶硅组件粘接前,应根据施工图纸要求,对组件安装位置定位。
- d) 现场施胶前,应完成黏接剂均匀性、固化速度等试验;施胶时,胶条表面应平整光滑,不应出现气泡,胶条宽度和长度应符合设计要求,并且应在黏接剂使用要求时间内完成粘接,超过黏接剂适用期的余胶不应使用。
- e) 已粘接的晶硅组件在黏接剂固化并达到设计承载力前不应搬动,并应采取避免松动的保护措施,应做好成品保护。

8.3 压型金属板

8.3.1 压型金属板安装应符合 GB 50205 和 GB/T 51368 的有关规定。

8.3.2 在压型金属板安装前,应先在支承结构上标出安装基准线和安装控制点,施工过程中,应从安装基准线开始铺设。

8.3.3 压型金属板面板应按系统设计排版图铺设,并按深化设计规定的连接方式固定。压型金属板铺设和固定还符合下列规定。

- a) 压型金属板面板宜逆主导风向铺设。
- b) 压型金属板安装时,应边铺设边调整位置、边固定。对于节点部位,在铺设压型金属板面板时,还应根据深化设计要求,敷设泛水板和防水密封材料等。
- c) 当天铺设就位的面板应当天完成连接,未铺设或连接完的,应采取绑扎牢固的临时措施。
- d) 铺设面板时,应在面板上设置临时施工通道,并保护板面不受损伤。
- e) 应根据安装环境温差对金属面板长度修正。

8.3.4 压型金属板端部现场切割时应保证整齐、干净,切割端部应做好防腐处理。

8.3.5 压型金属板面板安装完成后,应采取安装成品保护措施,并符合下列规定:

- a) 应保护屋面免受坠物冲击,不应在屋面上行走或堆放物件;
- b) 焊接时,应采取防止损坏压型金属板面板的措施;
- c) 在已安装好的压型金属板上施工时,作业面、行走通道等部位应采取铺设木板等临时保护措施,安装好的板面应清洁。

8.4 支承结构

8.4.1 主檩条、龙骨和次檩条安装质量应符合设计要求和 GB 50205 的有关规定。

8.4.2 支承结构可包括主檩条、龙骨、次檩条和固定支座等。应先安装主檩条、龙骨,再安装次檩条、龙骨,最后安装固定支座。

8.4.3 安装支承结构前,应先在主体结构上标出安装基准线和控制点。并按施工方案和排版图要求的顺序和分区安装。

8.5 汇流箱、逆变器与电缆

8.5.1 汇流箱安装应符合 GB 50303 和 NB/T 10685 的有关规定。

8.5.2 逆变器安装应符合 GB 50171 的有关规定。

8.5.3 电缆线路施工应符合 GB 50303、GB 50168 的有关规定。

8.5.4 晶硅组件阵列布线应采取支撑、固紧、防护等措施,导线应留有适当余量,晶硅组件的布线方式应符合设计要求,导线规格应符合设计要求,布线完毕后,应按施工图检查核对布线。应设置 MC4 连接器托举支座,光伏组件的 MC4 连接器在金属屋面上应悬空放置,应避免连接器浸水。

8.6 系统调试

8.6.1 汇流箱调试可按 GB/T 34936 执行。

8.6.2 逆变器调试可按 GB 50794 执行。

8.6.3 光伏组串调试可按 NB/T 32034 执行。

8.6.4 其他电气设备调试应符合 GB 50150 的有关规定。

8.6.5 设备和系统调试前,完成下列工作:

- a) 全部设备应已完成安装工作且验收合格;
- b) 装有空调或通风装置等特殊设施的,应安装完毕并投入运行;
- c) 受电后无法施工或影响运行安全的工程应施工完毕;
- d) 全部设备接线正确无误,电气设备参数应符合设计要求;
- e) 设备及线路标识应清晰准确且电缆绝缘良好,符合接地要求。

9 验收

9.1 一般规定

9.1.1 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化工程质量验收应符合 GB/T 37655、GB/T 19964、GB 50300、GB/T 39854、GB 50205 及 GB 50896 的有关规定。

9.1.2 工程验收依据应包括下列内容:

- a) 国家现行有关法律、法规、规章和技术标准;
- b) 有关主管部门的规定;
- c) 经批准的工程立项文件、调整概算文件;
- d) 经批准的设计文件、施工图纸及相应的工程变更文件。

9.1.3 工程验收项目应包括下列主要内容:

- a) 检查施工安全管理情况;
- b) 检测工程是否具备运行或进行下一阶段工作的条件;
- c) 检查工程投资控制和资金使用情况;
- d) 对验收遗留问题提出处理意见;
- e) 对工程建设做出评价和结论。

9.2 构造工程

9.2.1 构造工程质量验收应包括压型金属板、支承结构与紧固件以及光伏组件验收。支承结构及紧固件连接位置、固定强度等应满足建筑施工质量要求;光伏组件安装位置、散热间距、黏接强度等应符合设计要求。

9.2.2 压型金属板板材品种规格、金属板涂层、镀层质量等验收项目的检查数量及检验方法应符合 GB 50896 的有关规定。

9.2.3 压型金属板现场加工验收应符合 GB 50205 及 GB 50896 的有关规定。

9.2.4 支承结构与紧固件检查应符合 GB/T 37655 的有关规定。

9.2.5 光伏组件验收内容和程序应符合 GB/T 51368 和 GB/T 37655 的有关规定。

9.3 电气工程

9.3.1 电气工程质量验收步骤应包括调试、检测和试运行,调试和检测过程中发生不合格项,应进行整改,不合格项更正后应对电气设备和系统逐项重新调试和检测。

9.3.2 电气工程质量验收内容应包括光伏组件、汇流箱、逆变器、电缆等构配件安装部位、线路敷设、功率转换等运行设备验收,以及数据监测、远动通信、监控系统、与调度控制中心协同互动等信息系统功能验收。

9.3.3 电气分项工程质量验收内容及方法应符合 GB/T 37655 和 GB/T 16895.23 的有关规定。

9.4 消防验收

9.4.1 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化防火工程验收应符合设计要求,并按照 GB/T 50796 的规定执行。

9.4.2 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化防火工程验收时应检查下列文件和记录:

- a) 工程的施工图、设计说明及其他设计文件;
- b) 材料的产品合格证书、性能检测报告、进场验收记录和复检记录;
- c) 隐蔽工程验收记录;
- d) 施工记录。

9.4.3 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化防火工程竣工后,建设单位应负责组织施工、设计、监理等单位进行验收。

9.4.4 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化防火性能检测应由有资质的检测机构实施。检测试件的材料、规格、型号应与实际工程相同。

9.4.5 快速关闭装置的规格、型号、数量、安装位置、标记等应符合设计要求。

10 运行维护

10.1 一般规定

10.1.1 运行维护内容应包括运行管理、安全管理、缺陷管理、物资管理等。

10.1.2 光伏电站运行维护应符合 GB/T 35694、GB/T 38335、JGJ 264 的有关规定,作业过程应符合 GB 26860 的有关规定。

10.1.3 压型金属板屋面运行维护应符合 JGJ 80、JGJ 255 的有关规定。

10.1.4 运行维护人员应具有相应专业技能和职业资格,且运行维护人员应经专业培训与技术交底后上岗。

10.1.5 带电设备应设置警示标识和安全隔离设施,运维过程中应设置正确的安全警示标志。

10.1.6 宜采用集中运维系统,并符合下列规定:

- a) 应对金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化发电系统监控,监控范围应包括但不限于组件/串、逆变器、汇流箱(交直流)、箱变、并网电表、气象站等光伏系统主要设备运行参数和开关状态;
- b) 应根据运行监控数据,结合系统类型、工况条件,对建筑光伏一体化运行故障预判、系统效率分析评估;
- c) 应根据设备生产性能数据,结合气象数据,对金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化的发电量预测;
- d) 应根据系统运行数据,对组件灰尘堆积程度分析,结合经济性分析,对组件进行清洗评估;
- e) 应根据系统运行数据和管理策略确定运行检修决策、库存优化管理、设备巡检优化管理决策支持。

10.2 晶硅组件

10.2.1 运行维护人员应熟悉金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化设备状况及接入电网技术要求,检修维护工作时,应办理工作票并做好安全措施后开展,电气工作时应穿戴绝缘手套绝缘鞋等防护用具。

10.2.2 金属结构曲面屋顶晶硅组件建筑光伏一体化主要部件运行时,应保证设备本身及周围环境的清洁散热。

10.2.3 晶硅组件清洗及其他需要停止发电的定检工作应选择辐照值低于 200 W/m^2 下进行,组件系统效率检测组件 I-V 检测、组件 IR 检测的定检项目应在辐照值不小于 700 W/m^2 下进行。

10.2.4 每年应对光伏电站进行一次组件性能检测和系统评估,分析系统发电能力。

10.2.5 电能计量符合下列要求。

- a) 电能计量装置应符合 DL/T 448 和 DL/T 5137 的规定。
- b) 应配置具有通信功能的电能计量装置和相应的电能量采集装置。同一计量点应安装同型号、同规格、准确度相同的主备电能表各一套。
- c) 光伏电站电能计量装置采集的信息应接入电力调度部门的电能信息采集系统。
- d) 应定期对计量装置进行精准度校验。

10.3 压型金属板屋面

10.3.1 压型金属板屋面应编制维修方案,并根据建筑物使用要求、结合现场勘查书面报告,确定采用局部或整体维修措施。

10.3.2 维修工程用的材料应按建筑物环境、使用条件、建筑物使用年限和施工工艺的可操作性选择。

10.3.3 屋面维护检查应包括下列内容:

- a) 压型金属板和天沟的锈蚀、变形及松动程度;
- b) 压型金属屋面细部防水构造现状;
- c) 渗漏水发生的部位,渗漏部位防水层质量现状及破坏程度,渗漏原因、影响范围;
- d) 排水坡度和排水系统;
- e) 结构安全和其他功能的损害程度。

附 录 A
(规范性)
结构胶物理力学性能

结构胶物理力学性能应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 结构胶物理力学性能

项目		单组分性能	双组分性能
挤出性		≤ 10 s	—
表干时间		5 min~60 min	—
凝胶时间/适用期		—	5 min~30 min
拉伸黏结强度	在(23±2)℃条件下	≥ 0.8 MPa	
	湿冻试验 20 次(HF20)后	保持率不小于初始值的 75%,黏结面积不小于 75%	
	热循环 300 次(TC300)后		
	紫外老化 120 kWh/m ² (UV120)后		
	盐雾试验后	保持率不小于初始值的 60%,黏结面积不小于 75%	
	高温高湿 1 500 h(DH1500)后		
最大黏结强度 伸长率	在(23±2)℃条件下	$\geq 80\%$	
	湿冻试验 20 次(HF20)后	保持率 \geq 初始值的 50%	
	热循环 300 次(TC300)后		
	紫外老化 120 kWh/m ² (UV120)后		
	盐雾试验后		
	高温高湿 1 500 h(DH1500)后		
剪切强度	在(23±2)℃条件下	≥ 1 MPa	
	湿冻试验 20 次(HF20)后	保持率不小于初始值的 75%,黏结面积不小于 75%	
	热循环 300 次(TC300)后		
	紫外老化 120 kWh/m ² (UV120)后		
	盐雾试验后	保持率不小于初始值的 60%,黏结面积不小于 75%	
	高温高湿 1 500 h(DH1500)后		
黏结性能	55℃, 21 d 水浴	保持率不小于 75%的黏结内聚破坏面积。黏结破坏面积以黏结破坏格数占总格数的百分比表示	
注: 测试项目均为独立测试项目。			

