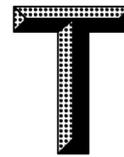


ICS 59.100.01
CCS C 306



团 体 标 准

T/CI 952—2025

连续玄武岩纤维复合材料光伏支架

Continuous basalt fiber reinforced polymer solar panel supports

2025-04-01 发布

2025-04-01 实施

中国国际科技促进会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类和编码	2
5 原料要求	3
6 成品要求	4
7 试验方法	5
8 检验规则	6
9 标志、包装、运输、贮存、安装说明	8
附录 A(规范性) 支架静载荷变形试验	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。

本文件由四川天润玄武岩科技有限公司提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：四川天润玄武岩科技有限公司、国能山西河曲发电有限公司、山东东辰瑞森新材料科技有限公司、四川佳宝科技有限公司、西南财经大学天府学院、广西民族大学、株洲中铁电气物资有限公司、四川顺尔新材料科技有限公司、山东奥卓新材料有限公司、河南交院工程技术集团有限公司、重庆重交再生资源开发股份有限公司、山西晋投玄武岩开发有限公司、威海世博复合材料有限公司、四川玄武岩纤维新材料研究院(创新中心)、中能建(北京)绿色先进材料研究院有限公司、中能建(广安)高性能纤维复合材料科技有限公司、浙江鸿盛新材料科技集团股份有限公司、中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司。

本文件主要起草人：马鑫磊、高如云、魏怀强、彭祥东、韩记、尹彩流、金伟光、李立本、张旭峰、邵景干、杜姣姣、陶燕军、郑金顺、杨中甲、蒋洋、黄传庚、李刚、李高夫、崔志勇、张林、范香、邢程鹏、王俊超、潘丽春、张艺伟、严舒、高杰、王智靓。

引 言

随着可再生能源技术的快速发展,光伏(PV)系统已经成为全球能源结构的重要组成部分。然而,传统的光伏支架通常由金属材料制成,尽管其结构强度高,但重量较重,安装和维护成本较高,且在恶劣环境下容易发生腐蚀。为了解决这些问题,越来越多的研究和开发正在致力于寻找新的材料和设计来改进光伏支架的性能和降低成本。

连续玄武岩纤维复合材料(BFRP)是一种新型的高性能复合材料,由于其良好的抗腐蚀性、高强度和轻质特性,使其成为制造光伏支架的理想材料。此外,玄武岩纤维复合材料具有较低的生产成本和较好的环境友好性,符合当前可持续发展和环保的要求。

为了推动玄武岩纤维复合材料光伏支架的研发和应用,制定了本文件。本文件旨在规定玄武岩纤维复合材料光伏支架的技术要求、测试方法和质量控制措施,以确保产品的质量和安全,同时推动该领域的技术创新和产业发展。

本文件旨在为设计师、制造商和用户提供一个明确、科学和实用的规范,以指导玄武岩纤维复合材料光伏支架的设计、制造和应用,促进该领域的健康和可持续发展。

连续玄武岩纤维复合材料光伏支架

1 范围

本文件规定了玄武岩纤维复合材料光伏支架的分类与标记、要求、实验方法、检验方法、标志、包装、运输和储存。

本文件适用于地面安装玄武岩纤维复合材料光伏支架。

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 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB/T 2408—2021 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法
- GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 3098.6 紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 5169.11 电工电子产品着火危险试验 第 11 部分:灼热丝/热丝基本试验方法 成品的灼热丝可燃性试验方法(GWEPT)
- GB/T 13912 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法
- GB/T 31539—2015 结构用纤维增强复合材料拉挤型材
- GB/T 38111 玄武岩纤维分类分级及代号
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- NB/T 10115 光伏支架结构设计规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

连续玄武岩纤维复合材料光伏支架 **continuous basalt fiber reinforced polymer solar panel supports**

一种使用玄武岩纤维复合材料制成,用于安装、固定和支撑光伏面板的支架结构。

3.2

固定式支架 **fixed supporting supports**

倾角固定不变的光伏支架,通常以一年中光伏组件获得太阳辐射量最大的倾角作为安装倾角。

3.3

固定式倾角可调支架 **angle adjustable fixed supporting supports**

倾角能按不同时间段光伏组件获得最大太阳辐射量进行有限次数调整的光伏支架,通常是手动调整倾角。

3.4

安装尺寸 mounting dimensions

光伏支架中,安装组件的横梁与斜梁所在平面的尺寸,长度用字母 l_1 表示,宽度用字母 l_2 表示(见附录 A 的图 A.1)。

3.5

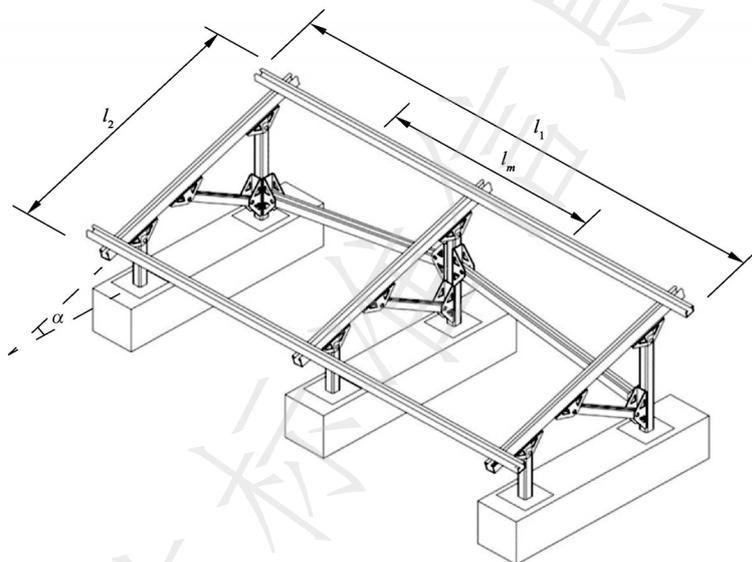
安装倾角 installing angle

光伏组件安装面与水平面之间的夹角,用字母 α 表示见图 1。

3.6

最大受荷宽度 maximum load width

相邻两个最大跨度的跨中到跨中之间的距离,用 l_m 表示见图 1。



标引符号说明:

l_1 ——安装组件的支架横梁与斜梁所在平面的长度,单位为毫米(mm);

l_2 ——安装组件的支架横梁与斜梁所在平面的宽度,单位为毫米(mm);

l_m ——支架的最大受荷宽度,单位为毫米(mm);

α ——支架的安装倾角,单位为度(°)。

图 1 支架安装尺寸、安装倾角和最大受荷跨度示意图

4 分类和编码

4.1 分类

连续玄武岩纤维复合材料光伏支架表示为“BS”。

按照安装形式,支架可分为:

- a) 固定式支架,用字母“F”表示;
- b) 固定式倾角可调支架,用字母“A”表示。

4.2 编码

4.2.1 编码说明

支架标记由材料类型、安装尺寸、安装形式、安装倾角、最大受荷宽度等五部分组成,各部分之间加“-”,各部分的顺序如图 2 所示。

材料类型和安装形式的表示按照 4.1 的规定。

安装尺寸采用长度(l_1) \times 宽度(l_2)的形式,长度和宽度分别用阿拉伯数字表示,单位为毫米(mm)。

安装倾角用阿拉伯数字表示,单位为度($^{\circ}$),对于可调式支架的倾角采用(中值 $\pm X$)的形式表示。

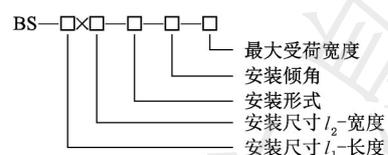


图 2 支架标记示意图

4.2.2 标记示例

4.2.3 固定式支架标记示例

BS-11520 \times 4532-F-35-3000 表示:

安装尺寸为 11 520 mm \times 4 532 mm、倾角为 35 $^{\circ}$ 、最大受荷宽度为 3 000 mm 的固定式玄武岩纤维复合材料光伏支架。

4.2.4 固定式倾角可调支架标记示例

BS-25 000 \times 3 682-A-30 \pm 10-4 800 表示:

安装尺寸为 25 000 mm \times 3 682 mm、倾角为 30 $^{\circ}$ 、可调范围为 \pm 10 $^{\circ}$ 、最大受荷宽度为 4 800 mm 的固定式倾角可调玄武岩纤维复合材料光伏支架。

5 原料要求

5.1 玄武岩纤维

生产复合材料采用的玄武岩纤维,其性能应满足 GB/T 38111 通用型玄武岩纤维的技术的力学性能要求。

5.2 五金材料

支架配套使用的紧固件及连接件应符合 GB/T 3098.1、GB/T 3098.6 的规定。紧固件的连接和节点及计算方式应符合 NB/T 10115 中连接和节点一般规定。五金材料的环境耐久性指标应满足对应的标准,如镀锌处理应满足 GB/T 13912 厚度一般处理要求,如有特殊要求供需双方可协商确定增加更厚的镀层。紧固件及连接件的计算选型应确保支架整体性能满足本标准技术要求。

5.3 基体树脂

支架用的基体树脂应采用环氧、乙烯基脂树脂、不饱和聚酯树脂、酚醛树脂或聚氨酯树脂等,所用的基体树脂及填料应符合相关规定。

5.4 玄武岩纤维复合材料

支架用复合材料采用玄武岩纤维增强复合材料拉挤型材,应符合 GB/T 31539 的规定,且满足 M30 级的要求。

6 成品要求

6.1 支架外观

复合材料支架构件成品表面应光洁平整、颜色均匀,应无裂纹、气泡、毛刺、无纤维裸露、纤维浸润不良等缺陷;无明显扭曲,切割面应平齐,无分层。表面涂层应均匀,无脱皮现象,涂层不存在误涂、漏涂,无明显流坠、针眼、气泡、皱皮等缺陷。连接件、紧固件无锈蚀,涂层均匀稳固。

6.2 尺寸偏差

6.2.1 支架杆件壁厚不应有负公差,加工误差符合设计图纸要求,未注明尺寸公差时应符合 GB/T 1804 中等 m 级要求。

6.2.2 支架工厂预装后的尺寸允许偏差应符合表 1 的要求。

6.2.3 对于固定式倾角可调支架,各支撑点对应点上部组件倾角与设定角度的偏差应在 $\pm 1^\circ$ 以内。

表 1 支架工厂预装后的尺寸允许偏差

要求项目	安装倾角	支架梁标高	支架立柱面	杆件中心线
允许偏差	$\pm 0.5^\circ$	$\pm 1 \text{ mm}$	$\pm 1 \text{ mm}$	$\pm 1 \text{ mm}$

6.3 杆件的容许长细比

支架受压、受拉构件的容许长细比应符合表 2 的要求。

表 2 支架受压、受拉构件的容许长细比

构件类别		容许长细比
受压构架	主要承重构件	150
	其他构件、支撑等	200
受拉构件	主要构件	350
	柱间支撑	300
	其他支撑	400

6.4 结构或构件变形要求

6.4.1 在组件恒荷载、风荷载和雪荷载标准值的组合效应下,支架受弯构件的挠度应符合表 3 的要求。

表 3 支架受弯构件的挠度容许值

受弯构件		挠度容许值
主梁		1/250
次梁	无边框光伏组件	1/250
	其他	1/200
注：1为受弯构件的跨度。对悬臂梁，1为悬臂梁长度的2倍。		

6.4.2 在组件恒荷载、风荷载和雪荷载标准值的组合效应下，固定式支架的柱顶位移应不大于柱高的1/60，固定式倾角可调式支架的柱顶位移应不大于柱高的1/80。

6.4.3 支架结构安全等级按照光伏电站设计要求确定，抗震设防按照光伏电站项目所在地抗震设防要求设计。

6.5 防腐蚀要求

不同材质之间应设置防腐垫片。

6.6 环境耐久性能

光伏组件支架结构设计除应满足承载力极限状态和正常使用极限状态外，还应满足耐久性和防腐蚀等要求。支架结构设计使用年限应不小于光伏电站的设计使用年限。

复合材料支架用FRP型材的耐水性能、耐碱性能、紫外线耐久性能和冻融循环耐久性能应符合GB/T 31539—2015的规定。进行相应耐久实验后，纵向拉伸实验、横向拉伸强度、纵向压缩强度和横向压缩强度的保留率均应不小于85%。

如支架使用场景有其他特定防腐蚀要求，由供需双方确定。

6.7 防火要求

6.7.1 复合材料支架型材的燃烧性能应符合GB/T 2408—2021中8.4规定的HB级要求。如对材料的燃烧性能有其他需求可由供需双方自行确定。

6.7.2 在试验温度750℃下，通过GB/T 5169.11规定的灼热丝可燃性试验，或通过垂直燃烧实验V0级测试要求。

7 试验方法

7.1 外观检查

支架外观一般在自然散射光条件下，目视检查。外观达到GB/T 31539—2015中6.1的要求。

7.2 尺寸偏差测量

7.2.1 支架杆件尺寸偏差测量

壁厚、截面尺寸、加工孔距使用分辨率为0.01mm的游标卡尺、分辨率为0.01mm的壁厚千分尺或分辨率为1mm的钢直尺测量。

7.2.2 安装倾角测量

使用分辨率为 0.1° 的角度尺、分辨率为 $6''$ 的经纬仪测量。

7.2.3 支架梁标高测量

使用分辨率为 1 mm 的钢尺和塞尺测量。

7.2.4 支架立柱面偏差测量

使用分辨率为 1 mm 的钢尺、分辨率为 $6''$ 的经纬仪、塞尺测量。

7.2.5 杆件中心线测量

使用分辨率为 1 mm 的钢尺测量。

7.2.6 可调式支架角度调节精度测量

将倾角手动调节到设定的角度,测量各支撑点对应的上部组件的倾角,使用分辨率为 0.1° 的角度尺、分辨率为 $6''$ 的经纬仪测量,计算测量结果与设定角度的偏差。

7.3 截面尺寸和长度测量

支架受压、受拉构件长度采用分辨率为 1 mm 的钢尺进行测量。

支架受压、受拉构件截面尺寸应根据截面的形状选用合适的工具(如分辨率为 0.01 mm 的游标卡尺、分辨率为 0.01 mm 的壁厚千分尺)进行测量。

7.4 静载荷变形试验

按照附录 A 的规定进行静载荷变形试验,支架受弯构件的挠度应符合 6.4.1 的要求,柱顶位移应符合 6.4.2 的要求。

7.5 环境耐久性能试验

7.5.1 耐水性能试验应按照 GB/T 31539—2015 中 7.6.2 的规定进行。

7.5.2 耐碱性能试验应按照 GB/T 31539—2015 中 7.6.3 的规定进行。

7.5.3 紫外线耐久性能试验应按照 GB/T 31539—2015 中 7.6.4 的规定进行。

7.5.4 冻融循环耐久性能试验应按照 GB/T 31539—2015 中 7.6.5 的规定进行。

7.5.5 如有特殊工况防腐需求由供需双方自行确定。

7.6 防火试验

7.6.1 支架用复合材料的燃烧性能应按照 GB/T 5169.16 中试验方法 A 水平燃烧试验的规定进行。

7.6.2 灼热丝可燃性试验应按照 GB/T 5169.11 的规定进行,试验温度 750°C 。

8 检验规则

8.1 检验分类

支架的检验分为鉴定检验和质量一致性检验(出厂检验)。

8.2 鉴定检验

8.2.1 通则

在有下列情况(包括但不限于)之一时,应进行鉴定检验:

- a) 新产品定型或产品改进设计后定型时;
- b) 产品转厂生产时;
- c) 产品关键部件、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- d) 产品长期停产再次恢复生产时;
- e) 正常生产时应每年进行一次型式检验;
- f) 质量技术监督机构等提出鉴定检验要求时。

8.2.2 样本

按照 GB/T 2828 相关标准,采用质量一致性检验合格的产品总数比例和最小套数确定样本数量,进行抽样并鉴定检验。

8.2.3 检验项目

鉴定检验项目应符合表 4 的规定。

8.2.4 合格判定

当抽检样品所有鉴定检验项目检测结果都合格时,则该产品鉴定检验合格。若任一鉴定检验项目不合格,则该产品鉴定检验不合格。鉴定检验不合格时,整改后需重新抽样进行鉴定检验。

表 4 检验项目

序号	项目名称	要求章条号	检验方法章条号	鉴定检验	质量一致性检验
1	外观	6.1	7.1	•	•
2	尺寸偏差	6.2	7.2	•	•
3	容许长细比	6.3	7.3	•	—
4	结构或构件变形要求	6.4	7.4	•	—
5	防腐蚀要求	6.5		—	—
6	环境耐久性能	6.6	7.5	•	—
7	防火要求	6.7	7.6	•	—

注:•表示进行检验的项目。

8.3 质量一致性检验(出厂检验)

8.3.1 组批与抽样

8.3.1.1 按照相同设计,以相同材料、相同工艺连续生产的产品可以作为一个出厂批次。

8.3.1.2 外观为全数检查。

8.3.1.3 尺寸偏差和防腐层厚度检验抽检数量不少于每批产品的 5%,且不少于 3 套。

8.3.2 合格判定

8.3.2.1 外观符合要求的产品方可允许出厂,外观不合格的产品应根据情况进行返修或报废处理。

8.3.2.2 允许偏差项目在每批抽检样品中有 1 套不符合要求时,应从原批中加倍抽样复检。复检样品全部合格,则判定该批产品合格,否则判定该批产品不合格。

9 标志、包装、运输、贮存、安装说明

9.1 标志

9.1.1 产品标志

每批支架产品应有明显的、不可擦除的产品标志,标志应包括但不限于下列内容:

- 制造商名称、商标;
- 按照 4.2 要求做的产品标记;
- 检验合格标记;
- 生产日期。

9.1.2 包装标志

外包装箱上应附有:

- 制造商名称、商标、地址、联系方式;
- 产品的名称、型号;
- 生产批号、生产日期;
- 产品毛重、净重、数量;
- 箱体尺寸;
- 储运指示标志。

9.1.3 包装标志

随货物应附安装说明,包括但不限于设计条件、施工图纸、技术要求、验收规范等。

9.2 包装

根据产品的实际尺寸、质量、包装数量等参数设计选用合适的包装箱。表面易损部件需用塑料薄膜或其他柔软物包装后装箱,装箱时部件与部件之间、部件与包装箱之间应用防震缓冲物填充,包装箱内应附有产品说明书、合格证书和保修手册。因支架为现场组装,包装中应附有施工安装的指导性内容,如组装图纸、施工说明等资料。

9.3 运输

支架在运输过程中应选择规格合适的运输工具,做好必要的防雨措施。包装保证在运输、装卸过程中完好无损,并有防雨、减震、防冲击的措施。

9.4 贮存

支架应贮存在干燥、通风、无腐蚀性物质且远离火源的地点。

附录 A
(规范性)
支架静载荷变形试验

A.1 试验前准备

- A.1.1 对支架结构单元进行合理简化,提高试验的可操作性。
- A.1.2 选取支架的最大一跨,将支架按照生产厂家说明书安装在底座上,并将光伏组件安装在支架上。
- A.1.3 在支架受弯梁的两端、梁的跨中位置、立柱顶安装精度为 0.1 mm 的位移传感器,也可用精度为 0.1 mm 位移挠度检测仪测量各点的位移。

A.2 试验步骤

A.2.1 垂直水平面静载荷变形试验

在各组件平面上均匀施加面荷载(见图 A.1),方向沿水平面法线向下,面荷载值为雪荷载标准值,单位为 kN/m^2 ,持续时间 1 h。观察并记录位移测量仪器的读数及试样的变形情况。

光伏支架雪荷载应按 25 年重现期确定基本雪压,基本雪压按国家标准 GB 50009—2012 中的附录 E.1 中规定的方法进行计算。载荷采用沙袋为配重,采用钢架装载以稳定载荷分布。沙袋重量按照以下计算公式计算:

$$s_k = \mu_r s_0$$

式中:

s_k ——雪荷载;

μ_r ——积雪分布系数。根据 GB 50009—2012 中的 7.1.2;

s_0 ——基本雪压。根据 GB 50009—2012 中的 3.2.5、8.1.2 及续表 E.5。

$$G_s = s_k S_s$$

式中:

G_s ——沙袋重量;

s_k ——雪荷载;

S_s ——光伏板面积。

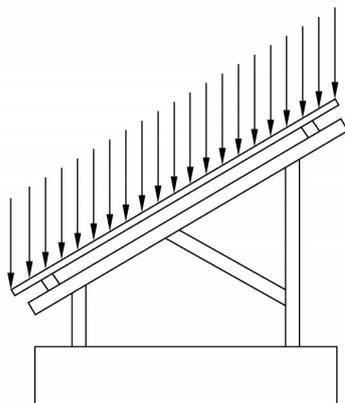


图 A.1 垂直水平面静载荷变形试验示意图

A.2.2 垂直组件面静载荷变形试验(可选)

将支架安装在一个倾角为 α 的固定斜面台上, α 为支架组件的安装倾角, 在组件平面上均匀施加面荷载(见图 A.2), 方向沿组件平面法线向上, 面荷载值为风荷载标准值, 单位为 kN/m^2 , 持续时间 1 h。观察并记录位移测量仪器的读数及试样的变形情况。载荷采用定滑轮悬挂配重的方式, 通过均匀捆绑将载荷分布到支架横梁和斜梁。

注: 该试验的目的是测试支架整体结构各部件尤其是连接节点, 轴向受拉构件在背向风荷载作用下的受力变形情况。考虑试验的可操作性, 施加的面荷载方向为竖直方向, 该项目测得的挠度、位移等只考虑面荷载对支架引起的变形, 忽略支架自重, 尤其是横梁自重引起的变形的影响, 若横梁自重引起的弯曲变形对测量结果影响较大, 需要验算并综合评判。

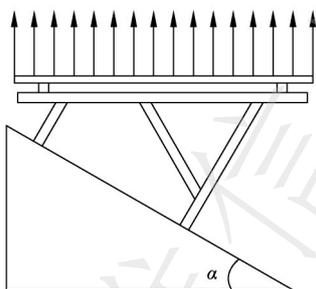


图 A.2 垂直组件面静载荷变形试验示意图

A.3 试验结果

记录支架受弯构件和立柱的变形情况:

- a) 跨度, 单位为 mm;
- b) 安装倾角, 单位为 ($^{\circ}$);
- c) 面荷载值及方向, 单位为 kN/m^2 ;
- d) 梁跨中挠度, 单位为 mm;
- e) 柱顶位移, 单位为 mm;
- f) 变形破坏情况。

试验结果记录表见表 A.1。

表 A.1 试验结果记录表

支架型号	跨度/mm					
	安装倾角(°)					
	面荷载值/(kN/m ²)					
	风荷载设计值/(kN/m ²)					
	雪荷载设计值/(kN/m ²)					
试验条件	荷载/(kN/m ²)					
	荷载方向					
	加载时间/min					
	梁跨中挠度要求/mm					
	实际挠度/mm					
	柱顶位移/mm					
	结果判定					