



# SolarVela & SolarNoah Series

Manual de Operación y Mantenimiento del Módulo FV Ligero-Flexible

Shandong ZKFN Solar Technology Co., Ltd.

Fecha de Publicación: 2026-05-09 | Versión: ZKFN-ATSD-FLX-OMM-122

## Índice

1. Resumen del Manual, Derechos y Responsabilidades .....	- 3 -
1.1 Ámbito de Aplicación.....	- 3 -
1.2 Exención de Responsabilidad .....	- 3 -
1.3 Alcance de la Responsabilidad .....	- 3 -
1.4 Términos de Garantía .....	- 4 -
1.5 Información de Soporte Técnico .....	- 4 -
2. Procedimientos Operativos de Seguridad para O&M .....	- 4 -
2.1 Advertencias Generales de Seguridad.....	- 4 -
2.2 Requisitos de Seguridad para el Personal de O&M.....	- 5 -
2.3 Requisitos de Seguridad del Equipo .....	- 6 -
2.4 Actividades de O&M Prohibidas.....	- 7 -
3. Especificaciones de Inspección de O&M .....	- 8 -
3.1 Requisitos Generales de O&M .....	- 8 -
3.2 Frecuencia y elementos de la inspección.....	- 9 -
3.3 Inspecciones Especiales.....	- 10 -
4. Limpieza de módulos fotovoltaicos .....	- 11 -
4.1 Requisitos básicos de limpieza .....	- 11 -
4.2 Métodos de limpieza .....	- 11 -
4.3 Momento de Limpieza.....	- 11 -
4.5 Precauciones de limpieza .....	- 12 -
4.6 Inspección posterior a la limpieza .....	- 12 -
5. Reparación y reemplazo de módulos .....	- 13 -
5.1 Requisitos Generales de Reemplazo .....	- 13 -
5.2 Procedimiento de Reemplazo de Módulos de Montaje Adhesivo (Serie SolarVela).....	- 13 -
5.3 Procedimiento de reemplazo de módulos fijados con abrazaderas (Serie SolarNoah).....	- 14 -
5.4 Verificación del Sistema Tras la Sustitución de Módulos .....	- 15 -
6. Diagnóstico de Fallos Comunes y Solución de Problemas.....	- 15 -
6.1 Degradación Anormal de la Potencia del Módulo.....	- 15 -
6.2 Efecto de Punto Caliente en Módulos .....	- 16 -
6.3 Fallos en el Cableado y Conectores de los Módulos .....	- 17 -

6.4 Diagnóstico de fallas en el lado del inversor y a nivel de cadena .....	- 18 -
7.1 Respuesta ante Fugas Eléctricas en Módulos.....	- 18 -
7.2 Respuesta ante Incendios en Módulos.....	- 19 -
7.3 Respuesta a Emergencias por Desastres Naturales .....	- 20 -
7.4 Respuesta de Emergencia ante Rayos.....	- 21 -
8. Registros de O&M y Gestión de Archivos.....	- 21 -
8.1 Sistema de Gestión de Registros de O&M.....	- 21 -
8.2 Sistema de Clasificación y Archivo de Documentación .....	- 22 -
8.3 Informe Anual de O&M .....	- 22 -
9.1 Preguntas Frecuentes (FAQ).....	- 23 -
9.2 Lista de Verificación de Herramientas e Instrumentos Comunes de O&M ..	- 24 -
9.3 Soporte técnico e información de contacto .....	- 25 -
9.4 Notas de revisión del manual .....	- 25 -

## **1. Resumen del Manual, Derechos y Responsabilidades**

### **1.1 Ámbito de Aplicación**

El presente manual de operación y mantenimiento (en adelante, "este Manual") es emitido por Shandong ZKFN Solar Technology Co., Ltd. (en adelante, "ZKFN SOLAR") y se aplica a todos los aspectos operativos durante todo el ciclo de vida de los módulos fotovoltaicos ligeros de las series SolarVela y SolarNoah (en adelante, denominados colectivamente "Módulos"), abarcando: inspección rutinaria y pruebas especializadas, limpieza de módulos, diagnóstico y resolución de fallos, reparación y sustitución de módulos, respuesta a emergencias, y gestión de registros y archivos de O&M.

La serie SolarVela está compuesta por módulos flexibles conformables instalados mediante adhesión directa con adhesivo estructural, sin necesidad de rieles o soportes de montaje, adecuados para techos de teja metálica tipo T y ondulada, así como superficies de membrana impermeable en techos planos. La serie SolarNoah está compuesta por módulos ligeros con marco rígido trasero instalados mediante el sistema de fijación rápida Quick-Clamp, que permite una extracción no destructiva, adecuados para diversos techos de teja metálica (incluyendo tipos de junta alzada y junta trapezoidal) y escenarios de techos planos. Ambas series están equipadas con la exclusiva tecnología TSR-Armor™ Anti-Micro-Crack de ZKFN SOLAR.

Este Manual está destinado a entidades de O&M calificadas y personal de O&M. Dichas entidades y su personal operativo tienen la obligación de leer, comprender completamente y cumplir estrictamente todas las disposiciones de este Manual antes de comenzar los trabajos, y deberán proporcionar una divulgación por escrito de los aspectos esenciales de seguridad y mantenimiento al propietario final.

### **1.2 Exención de Responsabilidad**

ZKFN SOLAR se reserva el derecho de modificar este Manual sin previo aviso debido a actualizaciones tecnológicas del producto, mejoras de procesos o actualizaciones de normas. La versión más reciente de este Manual se publicará simultáneamente en el centro de descargas del sitio web oficial de ZKFN SOLAR. Los clientes y las partes de O&M son responsables de verificar y asegurar el uso de la versión más reciente de forma proactiva. Cualquier desviación operativa derivada del uso de una versión desactualizada de este Manual será responsabilidad exclusiva del usuario.

El incumplimiento por parte del cliente de los requisitos establecidos en el manual de O&M (incluyendo los cambios publicados en el sitio web oficial de ZKFN SOLAR durante el período de O&M) durante la operación y mantenimiento de los módulos resultará en la anulación de la garantía limitada del producto proporcionada al cliente.

ZKFN SOLAR no otorga ninguna garantía, expresa o implícita, con respecto a cualquier información contenida en este Manual. Los usuarios y el personal de O&M deben realizar estudios técnicos in situ del proyecto para garantizar que los métodos de O&M adoptados cumplan con las leyes, regulaciones y códigos de construcción locales.

### **1.3 Alcance de la Responsabilidad**

Independientemente de si la O&M de los módulos se realiza de acuerdo con las instrucciones de este Manual, ZKFN SOLAR no asume ninguna responsabilidad legal por cualquier daño que surja durante el proceso de O&M (incluyendo, entre otros, lesiones personales y daños a la propiedad resultantes de la manipulación de los módulos y el mantenimiento del sistema).



En caso de discrepancia entre las diferentes versiones lingüísticas de este Manual, prevalecerá la versión en chino.

Este Manual se proporciona únicamente como guía operativa de O&M. Ninguna declaración en este Manual, ya sea expresa o implícita, constituirá un certificado de garantía.

#### **1.4 Términos de Garantía**

Todos los productos de las series SolarVela y SolarNoah de ZKFN SOLAR están cubiertos por una garantía de producto de 12 años y una garantía de potencia lineal de 25 años. La cobertura específica de la garantía, los procedimientos de reclamación y las cláusulas de exclusión se regirán por el documento de garantía oficial proporcionado en el momento de la compra del producto.

Los materiales auxiliares clave reemplazados durante la O&M, incluidos módulos, abrazaderas, adhesivos estructurales y conectores, deben utilizar modelos de especificaciones recomendados o certificados por ZKFN SOLAR para garantizar la compatibilidad, confiabilidad y seguridad general del sistema. Los daños al producto o sistema causados por el uso de hardware no certificado no están cubiertos por la garantía.

#### **1.5 Información de Soporte Técnico**

Para obtener documentación de soporte técnico más detallada, coordinación de soluciones específicas para proyectos o asistencia con problemas anormales de O&M, comuníquese con ZKFN SOLAR a través de los siguientes canales oficiales:

**Línea de Atención:** 400 6768 100

**Correo Electrónico de Contacto:** tech-support@zkfnsolar.com

**Sitio Web Oficial:** www.zkfnsolar.com

**Dirección de la base de fabricación:** Edificio 1, Xinshenglin, Parque Industrial de Fabricación Inteligente Lvhaihui, Zona de Desarrollo Económico de Jining, Ciudad de Jining, Provincia de Shandong

## **2. Procedimientos Operativos de Seguridad para O&M**

### **2.1 Advertencias Generales de Seguridad**

1. Todo trabajo de O&M debe realizarse en pleno cumplimiento de las normativas locales y regionales, así como de las normas eléctricas nacionales o internacionales aplicables.
2. Peligro de Descarga Eléctrica y Quemaduras: Los módulos fotovoltaicos son dispositivos generadores de corriente continua (CC). Cuando sus superficies están expuestas a la luz, habrá tensión CC presente en los terminales positivo y negativo y en los conectores, incluso si no están conectados a un circuito. La tensión de un conjunto fotovoltaico compuesto por múltiples módulos conectados en serie puede alcanzar niveles que pongan en peligro la seguridad personal. El personal que no haya recibido formación profesional o autorización tiene prohibido contactar de cualquier manera con los terminales, conectores o partes vivas expuestas del módulo. El contacto con componentes vivos puede provocar quemaduras graves o descargas eléctricas fatales.
3. Prohibición de Operaciones de Desconexión con Carga: Antes de realizar cualquier trabajo de reemplazo de módulos, cableado o modificación del sistema, es esencial asegurar primero que tanto el lado de CC como el de corriente alterna (CA) estén completamente desenergizados, e implementar medidas estrictas de verificación de desenergización y antirreconexión. Está prohibido, bajo cualquier circunstancia,

desconectar conectores o conexiones eléctricas bajo carga. La desconexión con carga generará un arco CC peligroso y destructivo, que puede causar incendios, daños al equipo y lesiones personales graves.

4. Manejo de Módulos Dañados: Los módulos que presenten daños en su apariencia durante las inspecciones de O&M (incluyendo, entre otros, penetración superficial, agrietamiento, rayones en la lámina posterior con penetración, agrietamiento de la caja de conexiones o entrada de agua interna) deben ser aislados inmediatamente y programados para su reemplazo. Los módulos dañados son irreparables y presentan un riesgo extremadamente alto de fuga eléctrica y descarga, ya que su rendimiento de aislamiento ha fallado por completo. Está prohibido, por cualquier motivo, desmontar módulos, retirar componentes del módulo o modificar el cableado de los diodos de derivación. Las tapas de las cajas de conexiones de los módulos deben permanecer firmemente cerradas en todo momento.
5. Riesgo de Cortocircuito Positivo-Negativo: Está prohibido conectar directamente los conectores positivo y negativo de un solo módulo, ya que esto provocará un cortocircuito en el módulo. Antes de realizar trabajos de O&M, se deben inspeccionar y confirmar que todos los tapones de aislamiento de los conectores o anillos de sellado estén intactos y correctamente colocados, para evitar cortocircuitos causados por fallas de aislamiento, que podrían provocar riesgos de incendio o descarga eléctrica.
6. Límites de parámetros ambientales y eléctricos: El rango de temperatura ambiente de funcionamiento estable diseñado para los módulos es de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+85^{\circ}\text{C}$ . La tensión de circuito abierto máxima del sistema a cualquier temperatura ambiente mínima prevista no podrá superar la tensión máxima del sistema de 1500 V CC especificada en la etiqueta del módulo. Se prohíbe el funcionamiento fuera de los parámetros nominales durante la operación y mantenimiento.
7. Seguridad contra Incendios: Si se produce un incendio en el sitio de O&M, en condiciones seguras para hacerlo y sin riesgo para el personal, primero se debe desconectar la fuente de alimentación de todo el sistema fotovoltaico (incluyendo ambos lados de CC y CA). Posteriormente, la extinción de incendios se realizará de acuerdo con los códigos de incendios eléctricos utilizando agentes extintores no conductores como polvo seco o dióxido de carbono. Está prohibido rociar directamente agua o espuma sobre los módulos y el sistema eléctrico sin antes desconectar la fuente de alimentación.
8. Clase de Aplicación y Advertencia: Esta serie de módulos es de Clase de Aplicación A (equivalente a la Clase de Seguridad II de IEC 61730-1), adecuada para sistemas accesibles al público. Cuando la tensión de circuito abierto del sistema supere los 50 V, según las normativas de seguridad, se deben colocar carteles de advertencia prominentes de "Peligro: Descarga Eléctrica" cerca de los dispositivos de conexión de cadenas y en lugares de fácil acceso, como los inversores.

## **2.2 Requisitos de Seguridad para el Personal de O&M**

1. Requisitos de Cualificación: Todo el personal responsable de la operación y mantenimiento (O&M) de sistemas fotovoltaicos debe haber completado la formación profesional en O&M de sistemas fotovoltaicos, poseer certificados de cualificación válidos y pertinentes (incluyendo, entre otros, el certificado de electricista de baja tensión, el certificado de electricista de alta tensión y el certificado de trabajo en altura), y estar completamente familiarizado con todas las especificaciones de seguridad de este Manual y las normativas gubernamentales locales aplicables antes de comenzar los trabajos de O&M.

2. Regla de Trabajo en Parejas: Para minimizar los riesgos asociados con las operaciones en solitario (como descargas eléctricas accidentales, caídas desde altura, etc.), todos los trabajos de O&M, manipulación y cableado in situ deben ser realizados por al menos dos personas que trabajen juntas. Quedan prohibidas las operaciones de alto riesgo realizadas en solitario.
3. Equipo de Protección Personal (EPP): El personal de O&M debe usar correctamente el equipo de protección personal certificado durante las operaciones, incluyendo, entre otros: guantes aislantes, calzado aislante y casco de seguridad. Cuando se realicen trabajos en altura, se debe usar en todo momento un arnés de seguridad con absorción de impactos y doble gancho, anclado de forma segura a un punto de anclaje independiente y fiable. Al utilizar equipos de prueba como multímetros y termómetros infrarrojos, el equipo debe operarse correctamente de acuerdo con el manual del equipo para evitar daños al equipo o lesiones personales.
4. Herramientas y Joyas: Solo se pueden utilizar herramientas que cumplan con las normas de seguridad y estén debidamente aisladas durante el trabajo. Está prohibido usar cualquier joya metálica (como relojes, anillos, collares, pulseras, etc.) durante el servicio. Dichos artículos pueden causar una conducción de corriente no deseada que conlleve riesgos de cortocircuito, o pueden rayar la superficie del módulo durante el trabajo.
5. Clima Adverso: Se prohíben las inspecciones, limpiezas o trabajos de reparación de cualquier tipo en exteriores bajo condiciones de lluvia, nieve, niebla o tormentas eléctricas, o cuando la velocidad instantánea del viento in situ alcance o supere el Grado 4 (aproximadamente 7,9 m/s). Los entornos húmedos aumentan significativamente el riesgo de descarga eléctrica. El personal de O&M debe asegurarse de que todos los módulos, herramientas y puntos de conexión eléctrica estén en condiciones limpias y secas antes de comenzar los trabajos.
6. Conciencia de Seguridad: El personal de O&M debe establecer una mentalidad de "Seguridad Primero". Está estrictamente prohibido contactar las partes metálicas activas de los módulos sin desconectar la fuente de alimentación. Está estrictamente prohibido fumar o usar llamas abiertas cerca del conjunto de módulos. Si se descubren peligros de seguridad como fugas eléctricas o incendios en los módulos, se debe detener el trabajo inmediatamente, desconectar la fuente de alimentación e iniciar los procedimientos de emergencia correspondientes.

### **2.3 Requisitos de Seguridad del Equipo**

1. Seguridad del Circuito: El cableado del conjunto de módulos fotovoltaicos debe cumplir con las especificaciones de seguridad eléctrica. Los terminales deben estar conectados de forma segura para evitar aflojamiento y oxidación. El interruptor principal, los disyuntores, los fusibles y otros dispositivos de protección del conjunto de módulos deben incluirse en el alcance de la inspección periódica para garantizar que funcionen correctamente y puedan desconectar la fuente de alimentación rápidamente en caso de cortocircuito o sobrecarga del circuito. Se prohíbe estrictamente la modificación no autorizada del método de conexión del circuito del módulo o la adición de cargas adicionales.
2. Seguridad contra Incendios: El área circundante al conjunto de módulos debe permanecer despejada. Se prohíbe estrictamente el almacenamiento de materiales inflamables y explosivos (como gasolina, diésel, cajas de cartón, disolventes químicos, etc.). La central eléctrica debe estar equipada con una cantidad adecuada de equipos de extinción de incendios de tipos apropiados (extintores de polvo seco, extintores de dióxido de carbono). El equipo de extinción de incendios debe incluirse en el plan de

inspección periódica para garantizar que se mantenga dentro del período de validez y en condiciones de uso. El personal de O&M debe dominar el método básico de extinción de incendios en centrales fotovoltaicas: primero desconectar la fuente de alimentación, luego utilizar el equipo de extinción de incendios adecuado para la supresión.

3. Declaración de Exención de Puesta a Tierra de Módulos: Dado que el diseño de todos los módulos de las series SolarVela y SolarNoah no incorpora ningún marco metálico externo no aislado (borde), el módulo en sí constituye una estructura de aislamiento Clase II completa (equivalente a la Clase de Seguridad II de IEC 61730-1). Por lo tanto, no se requiere un tratamiento explícito de puesta a tierra de ninguna parte del cuerpo del módulo. Esta declaración de exención no altera los requisitos generales de puesta a tierra para protección contra rayos y puesta a tierra de protección eléctrica del sistema fotovoltaico.

## **2.4 Actividades de O&M Prohibidas**

Para garantizar el rendimiento del módulo, la seguridad personal y la validez de la garantía, las siguientes actividades están estrictamente prohibidas durante las operaciones de O&M:

1. Daños Físicos y Recubrimientos: Está prohibido usar objetos afilados para rayar, golpear, doblar o impactar las superficies frontal y posterior de los módulos. Está prohibido aplicar pintura, adhesivos, cinta o cualquier tipo de recubrimiento en cualquier área de la superficie del módulo. Está prohibido perforar, cortar o esmerilar cualquier parte del módulo (a menos que se obtenga confirmación escrita previa del personal técnico profesional de ZKFN SOLAR).
2. Daños en Cables y Conectores: Está prohibido rayar, cortar, aplastar o tirar de los cables y conectores instalados de fábrica del módulo de cualquier manera. Está prohibido exponer los cables y conectores a la luz solar directa o al agua durante períodos prolongados sin la protección adecuada.
3. Manejo y Presión Inadecuados: Está prohibido levantar, transportar o arrastrar módulos sujetando la caja de conexiones, los cables de salida o los conectores. Los módulos deben transportarse con ambas manos apoyando la parte inferior. Está prohibido aplicar presión inadecuada, pararse, caminar, trepar o saltar sobre la superficie del módulo. Está prohibido permitir que los módulos choquen, rocen o impacten contra objetos duros o afilados.
4. Concentración Artificial de Luz: Está prohibido usar espejos, lupas, lentes u otros dispositivos ópticos para concentrar luz solar adicional o luz artificial sobre la superficie del módulo.
5. Inmersión en Agua y Apilamiento: Está prohibido colocar módulos durante períodos prolongados o de forma permanente en entornos donde pueda acumularse agua o donde estén expuestos continuamente a la humedad. Durante todas las etapas de almacenamiento, manipulación y O&M, está prohibido colocar módulos boca abajo, apilar módulos unos sobre otros o aplicar cargas de compresión a los módulos.
6. Materia Extraña y Sombreado en la Superficie: Está prohibido aplicar adhesivo estructural, sellador o cualquier sustancia extraña en el área efectiva de captación de luz de las celdas del módulo durante la O&M. Después de completar la O&M, todas las líneas de salida y cables de puente deben enrutarse claramente y asegurarse de manera confiable. Está prohibido que conductores, abrazaderas u otros objetos sombreen el área efectiva de captación de luz de las celdas.

7. Fuentes de Contaminación y Fuentes de Ignición: Está prohibido instalar salidas de emisión continua o rejillas de ventilación para humos de aceite, polvo o gases químicamente corrosivos alrededor de los módulos. Está prohibido almacenar fuentes de llama abierta o materiales inflamables y explosivos cerca de los módulos.
8. Carga inadecuada: Después de completar las inspecciones de O&M, está prohibido colocar objetos pesados, herramientas u objetos con puntos de apoyo afilados sobre la superficie del módulo, para evitar daños inducidos por tensión a largo plazo.
9. Prevención de aflojamiento: Los módulos deben permanecer siempre en una condición firmemente asegurada para soportar todas las cargas potenciales (incluyendo cargas de viento y nieve). El aflojamiento de los módulos que tire de los cables de conexión, provocando fallos de aislamiento, fugas eléctricas y arcos eléctricos, es una fuente de riesgo significativa para los sistemas fotovoltaicos distribuidos.
10. Prohibición de desmontaje: Está prohibido desmontar los módulos o retirar cualquier pieza componente de los módulos. Las cajas de conexiones dañadas y los conectores dañados presentan peligros eléctricos potenciales y peligros de laceración.

### **3. Especificaciones de Inspección de O&M**

#### **3.1 Requisitos Generales de O&M**

##### **3.1.1 Gestión de Prevención de Sombras**

Durante la instalación y operación de módulos fotovoltaicos ligeros, está estrictamente prohibido el sombreado parcial o total por sombras (incluyendo, pero no limitado a, cables, terminales, tapas de ventilación, equipos de monitoreo, inversores, sombras de árboles, muros de parapeto, barandillas, etc.). Durante las inspecciones, se deben investigar a fondo las nuevas fuentes de sombra que surjan y eliminarlas de inmediato.

Después de eventos de lluvia o nieve, se debe inspeccionar la superficie del módulo dentro de las 24 horas, y se debe enjuagar el polvo acumulado en la superficie del módulo para evitar que el polvo se mezcle con el agua de lluvia formando manchas de barro que permanezcan en la superficie del módulo, causando sombreado localizado severo.

Adherirse a una combinación de inspección rutinaria y pruebas especializadas. Realizar periódicamente un cribado visual para detectar sombreado por residuos, integridad de la apariencia del módulo y estado de la caja de conexiones. Eliminar rápidamente objetos de sombreado localizado como polvo superficial y excrementos de aves. Implementar medidas efectivas de prevención de sombras y prevención de acumulación de polvo para la central eléctrica.

##### **3.1.2 Inspección de Seguridad de la Estructura de Montaje**

1. Método de Unión con Adhesivo Estructural (Serie SolarVela): En cada inspección, se debe verificar el estado de las áreas unidas para determinar si hay apertura del adhesivo, despegado, levantamiento de esquinas o levantamiento de bordes. Enfoque la inspección en la calidad de la unión en las cuatro esquinas y las áreas de los bordes de los módulos. Cualquier anomalía encontrada debe registrarse de inmediato y programarse para su reparación.
2. Método de Fijación con Abrazaderas/Sujetadores (Serie SolarNoah): En cada inspección, se debe verificar la firmeza de las abrazaderas y sujetadores, así como el apriete de los pernos. Al mismo tiempo, se debe examinar el estado de seguridad de las estructuras de soporte relevantes del edificio. Para los pernos M8 utilizados en la fijación de las abrazaderas, el par de apriete debe mantenerse dentro del rango de 15~20 N·m.

### **3.1.3 Inspección de Seguridad Eléctrica**

Enfoque en inspeccionar la integridad del sellado de las conexiones y el apriete de los conectores fotovoltaicos, e investigue si los cables de CC muestran signos de daño, envejecimiento, compresión o tensión.

Verifique la consistencia de la especificación y el modelo de los conectores fotovoltaicos. Si los conectores fotovoltaicos utilizados no coinciden con los conectores originales de los módulos fotovoltaicos en especificación o modelo, esto puede causar fácilmente un espacio excesivo en el ajuste de la interfaz y una falla en la estructura del sello, permitiendo que la humedad y el polvo externos invadan la cavidad del conector, provocando oxidación y corrosión de los pines internos, aumento de la resistencia de contacto, lo que lleva a un calentamiento anormal del conector, perforación por arco eléctrico y plantea graves riesgos de seguridad.

**Advertencia:** En todo el lado de CC de todo el sistema fotovoltaico, desde los cables de salida instalados de fábrica del módulo, los puentes fabricados en campo (cables de extensión de cadena), hasta los terminales de entrada de los combinadores e inversores, en cualquier posición donde se requieran conexiones de enchufe, se debe garantizar que los conectores macho y hembra provengan del mismo fabricante y pertenezcan a la misma serie de modelo de producto.

### **3.1.4 Prevención de Puntos Calientes**

Realice inspecciones de termografía infrarroja de forma periódica. Para puntos calientes menores (diferencia de temperatura  $< 20^{\circ}\text{C}$ ), realice un monitoreo de seguimiento y registre la tendencia de cambio. Los módulos con puntos calientes de alta temperatura severos (diferencia de temperatura  $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ) deben retirarse inmediatamente del servicio y programarse para su reemplazo. Elimine la operación de módulos con fallas, prevenga los riesgos de incendio por alta temperatura y garantice una generación de energía segura y estable del arreglo.

### **3.1.5 Prohibición de Desmontaje de Módulos**

Los módulos fotovoltaicos son equipos eléctricos integrados herméticamente, y el desmontaje en campo presenta múltiples riesgos incontrolables. Está estrictamente prohibido que cualquier persona desmonte los paneles frontales del módulo, cajas de conexiones, láminas posteriores, celdas internas u otros componentes en el sitio de operación y mantenimiento o durante los procesos de reparación. No se permite la remoción no autorizada de las estructuras de sellado instaladas de fábrica y los puntos de conexión eléctrica del módulo.

## **3.2 Frecuencia y elementos de la inspección**

### **3.2.1 Inspección de rutina (mensual)**

El personal de operación y mantenimiento (O&M) profesional y capacitado deberá realizar una inspección integral del equipo del sistema de generación de energía fotovoltaica distribuida al menos una vez al mes. Durante las operaciones, el personal de inspección deberá usar guantes de goma aislantes y botas aislantes en todo momento. La inspección y el examen de los módulos fotovoltaicos incluirán los siguientes elementos:

- Si la superficie receptora de luz del módulo fotovoltaico está limpia y si hay acumulación de polvo, excrementos de aves, manchas de aceite u otros contaminantes y nueva sombra
- Si los cables de conexión entre módulos están flojos, quemados o envejecidos, y si las ataduras de cables están en buen estado

- Si las cajas de conexión de los módulos fotovoltaicos están seguras, las tapas de las cajas están bien cerradas y los conectores están completamente insertados
- Si los módulos fotovoltaicos presentan deformaciones, grietas, roturas, decoloración, delaminación, burbujas u otras condiciones anormales
- Si los sujetadores de montaje de los módulos (abrazaderas, fijaciones) están flojos, y si las áreas adheridas de los módulos montados con adhesivo están intactas
- Si las conexiones entre los soportes de montaje de los paneles están seguras, y si la conexión entre los soportes y el sistema de puesta a tierra es confiable
- Verificar a través del sistema de monitoreo si los datos de corriente, voltaje y potencia de cada cadena están dentro de los rangos normales

### **3.2.2 Elementos adicionales de inspección trimestral**

Además de completar todos los elementos de inspección mensual, se agregarán las siguientes inspecciones especializadas cada trimestre:

- Utilizar una cámara termográfica infrarroja para realizar un escaneo de puntos calientes en todos los módulos, bloque por bloque, estableciendo un archivo de temperatura de los módulos
- Verificar si los fusibles del conjunto, interruptores automáticos, seccionadores y otros dispositivos de protección funcionan correctamente
- Verificar si el sistema de drenaje del techo está despejado y si existen riesgos de acumulación de agua alrededor de los módulos
- Inspeccionar el sistema de protección contra rayos y puesta a tierra, midiendo si los valores de resistencia de tierra están dentro del rango especificado (generalmente se requiere  $\leq 4 \Omega$ )
- Realizar una reinspección de torque en al menos el 10% de los puntos de conexión eléctrica

### **3.2.3 Elementos adicionales de inspección anual**

Además de completar todos los elementos de inspección mensual y trimestral, se realizará una inspección exhaustiva en profundidad una vez al año:

- Utilizar un trazador de curvas IV para realizar pruebas de características de potencia en cada cadena o en al menos el 30% de los módulos
- Realizar inspección EL (imagen de electroluminiscencia) en módulos con degradación anormal de potencia para detectar defectos internos
- Realizar reinspección integral del par de apriete en todos los puntos de conexión eléctrica del lado de CC
- Realizar una evaluación integral de seguridad de la estructura de soporte del techo (estructura portante, puntos de anclaje, inspección de óxido)
- Utilizar un comprobador de resistencia de aislamiento (rango de 1000 V CC) para medir la resistencia de aislamiento entre la cadena y tierra
- Emitir un informe anual de análisis de O&M, resumiendo los datos operativos del año y las tendencias de cambio de rendimiento

## **3.3 Inspecciones Especiales**

Las inspecciones especiales deben organizarse inmediatamente después de eventos climáticos extremos o condiciones operativas especiales:

- Después de Tormentas Eléctricas: Utilizar una cámara termográfica para verificar si las temperaturas de las cajas de conexiones de los módulos en áreas de riesgo de rayos están

anormalmente elevadas; comprobar si los dispositivos de protección contra rayos se han activado

- Después de Vientos Fuertes: Verificar si las abrazaderas y fijaciones de los módulos FV se han desprendido o aflojado; si los módulos han sido volteados o desplazados por el viento fuerte; si el techo permanece estable
- Después de Granizo/Nieve: Inspeccionar los paneles frontales de los módulos FV bloque por bloque para detectar grietas o roturas; verificar si hay deformación de los módulos causada por la carga de nieve
- Después de tormentas de arena: Verifique si hay marcas de impacto de arena en las superficies de los módulos; organice rápidamente operaciones de limpieza para eliminar el polvo acumulado en la superficie

## **4. Limpieza de módulos fotovoltaicos**

### **4.1 Requisitos básicos de limpieza**

Los módulos fotovoltaicos deben mantenerse con superficies limpias durante su funcionamiento. En general, la limpieza debe realizarse al menos una vez al mes, aumentando la frecuencia según corresponda en condiciones ambientales naturales adversas. En áreas con polvo severo (dentro de un radio de 50 metros), como plantas de cemento, zonas mineras y a lo largo de carreteras polvorientas, la frecuencia de limpieza debe aumentarse a al menos una vez cada quince días. Los módulos fotovoltaicos deben limpiarse rápidamente cuando estén visiblemente sucios para garantizar la eficiencia de conversión fotoeléctrica del módulo. La limpieza debe programarse cuando se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- La inspección visual muestra que la superficie receptora de luz del módulo está notablemente sucia con una capa de polvo visible
- Usando un vatihorímetro de CC de alta precisión para medir simultáneamente en tiempo real la producción de energía de 2 cadenas a limpiar y 2 cadenas limpiadas, el valor de comparación difiere en  $\geq 4\%$
- La producción de energía del conjunto fotovoltaico cae por debajo del 85% del estado inicial (producción al finalizar la última limpieza)
- Los datos de monitoreo de la central eléctrica muestran que la producción de generación ha disminuido más del 5% respecto a los niveles normales, y se han descartado fallos de equipo y factores meteorológicos

### **4.2 Métodos de limpieza**

Se recomienda usar un paño suave húmedo, esponja o rodillo suave para eliminar las manchas superficiales de los módulos fotovoltaicos ligeros ZKFN SOLAR. Para manchas difíciles, se puede usar un agente de limpieza neutro (como limpiacristales, detergente neutro, líquido lavavajillas) o surfactante (desengrasante, quitamanchas) para ayudar en la limpieza. Está prohibido el uso de cepillos de alambre, lana de acero, raspadores metálicos, cepillos de cerdas duras o herramientas similares como implementos de limpieza.

Secuencia de limpieza estándar: Primero enjuague de arriba a abajo con agua limpia para eliminar el polvo suelto, luego limpie suavemente con un paño suave humedecido con agua limpia o solución de limpieza neutra, y finalmente enjuague completamente con abundante agua limpia y seque con un paño suave limpio. Se prohíbe el uso de solventes corrosivos para la limpieza u objetos duros para frotar los módulos fotovoltaicos.

### **4.3 Momento de Limpieza**

Para evitar el sombreado artificial durante las operaciones de limpieza que podría causar efectos de punto caliente, reducir las pérdidas de generación de la central fotovoltaica y garantizar la seguridad del personal de limpieza, la limpieza debe realizarse evitando períodos de alta temperatura, alta irradiancia y el momento óptimo de generación fotovoltaica. Para evitar lesiones por descarga eléctrica al personal de limpieza y daños a los módulos fotovoltaicos causados por el alto voltaje y la alta corriente de la central fotovoltaica, la limpieza debe realizarse durante períodos en que la irradiancia sea inferior a  $200 \text{ W/m}^2$ , eligiendo típicamente la madrugada, el atardecer, la noche o días nublados.

#### 4.4 Requisitos de Calidad del Agua de Limpieza

El agua de limpieza debe cumplir con los siguientes estándares para evitar la formación de incrustaciones o corrosión en la superficie del módulo:

- Dureza Total (como  $\text{CaCO}_3$ ):  $\leq 200 \text{ mg/L}$
- Sólidos Disueltos Totales (TDS):  $\leq 500 \text{ mg/L}$
- Valor de pH:  $6.5 \sim 8.5$
- Sólidos en Suspensión:  $\leq 50 \text{ mg/L}$

**Nota:** Donde las condiciones lo permitan, se debe usar preferentemente agua ablandada o agua desionizada para evitar la formación de depósitos de incrustaciones en la superficie del módulo.

#### 4.5 Precauciones de limpieza

Durante las operaciones de limpieza, se deben cumplir estrictamente las siguientes especificaciones de seguridad y operación:

- Está estrictamente prohibido pisar los módulos flexibles de la serie SolarVela (sin marco) para realizar operaciones de limpieza
- Está estrictamente prohibido que el flujo de agua salpique la parte posterior del módulo y las áreas de cableado
- Se prohíben las operaciones de limpieza en condiciones climáticas adversas como lluvia intensa, nevadas fuertes, tormentas de arena y granizo
- Evite fuerzas externas y otros impactos mecánicos o compresión sobre los módulos
- Está prohibido utilizar gas a alta presión o aire comprimido para limpiar las superficies de los módulos soplando, para evitar que la presión del viento cause daños en los módulos
- Evite diferencias significativas de temperatura entre la temperatura del agua de limpieza y la temperatura de la superficie del módulo (se recomienda que la diferencia de temperatura no supere los  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ )
- Si se limpia con agua a presión, se recomienda una presión de agua de  $0,1 \sim 0,2 \text{ MPa}$
- Está estrictamente prohibido en todo momento utilizar un chorro de agua a alta presión a corta distancia dirigido a las uniones de la caja de conexiones y los conectores para enjuagar
- Está prohibido caminar, pararse o sentarse sobre los módulos durante la limpieza de los mismos
- La caja de conexiones de los módulos de la serie SolarVela se encuentra en la parte frontal del módulo; durante la limpieza, las herramientas deben evitar el área de la caja de conexiones para evitar el desprendimiento de la tira de sellado o daños en la carcasa

#### 4.6 Inspección posterior a la limpieza

Después de completar las operaciones de limpieza, se realizarán las siguientes inspecciones y se documentarán por escrito:

- El aspecto general de los módulos debe estar visualmente limpio y brillante, libre de manchas residuales y marcas de agua
- No hay nuevas marcas de rayones ni grietas causadas por el hombre en la superficie del módulo
- Los módulos no presentan inclinación ni curvatura, y los terminales no muestran desprendimiento ni aflojamiento
- Los conectores permanecen secos y limpios, con los anillos de sellado intactos
- Registrar la fecha de limpieza, el personal de limpieza, el alcance de la limpieza, el método de limpieza y los datos comparativos de potencia de la cadena antes y después de la limpieza

## 5. Reparación y reemplazo de módulos

### 5.1 Requisitos Generales de Reemplazo

Antes de las operaciones de reemplazo de módulos, se deben identificar de manera integral los riesgos potenciales durante el proceso de operación (incluyendo, entre otros: cortes al personal por manipulación de herramientas, caídas desde altura, riesgos de descarga eléctrica durante la desconexión/reconexión del circuito y proyección de escombros durante la extracción del módulo antiguo, etc.), y se deben desarrollar medidas de mitigación específicas para cada riesgo. Se debe realizar una "Charla de Seguridad Previa al Trabajo" antes de cada operación. El supervisor de trabajo explicará el contenido del trabajo del día, las asignaciones de tareas específicas, las precauciones de seguridad y los procedimientos de respuesta a emergencias a todo el personal participante. Se deben realizar registros escritos y firmar por todo el personal antes de que pueda comenzar el trabajo.

Antes del reemplazo, cada módulo nuevo debe ser inspeccionado individualmente en apariencia (confirmando que no tenga rayones en la superficie, grietas, deformaciones y que los terminales estén intactos sin defectos). El modelo del módulo, la potencia nominal, los parámetros eléctricos y otra información de la placa de características deben verificarse con el módulo antiguo para asegurar la compatibilidad eléctrica entre los módulos antiguos y nuevos antes de que puedan ponerse en servicio.

Está prohibido usar fuerza excesiva para hacer palanca en los módulos, para evitar roturas del módulo o lesiones al personal. Durante el proceso de extracción, se debe tener cuidado de proteger las superficies de los módulos adyacentes y las conexiones eléctricas de daños. Los módulos de desecho, fragmentos de vidrio, accesorios dañados y otros artículos deben recolectarse por separado y almacenarse de forma centralizada. Los módulos dañados deben ser eliminados profesionalmente de acuerdo con los requisitos de gestión de residuos peligrosos. Está prohibida la eliminación aleatoria o la mezcla con residuos de construcción ordinarios.

**Advertencia:** Al reemplazar módulos, la superficie frontal del módulo a reemplazar debe estar completamente cubierta con material opaco (como tela negra de bloqueo de luz o cartón grueso). Los módulos expuestos a la luz solar generarán alto voltaje, lo cual es extremadamente peligroso.

### 5.2 Procedimiento de Reemplazo de Módulos de Montaje Adhesivo (Serie SolarVela)

Aplicable a los módulos conformables flexibles de la serie SolarVela. Los pasos de reemplazo son los siguientes:

3. Preparación del Plan: Antes del reemplazo del módulo, se debe preparar un Plan de Implementación de Reemplazo de Módulos Ligeros, definiendo el proceso operativo, las asignaciones de personal, las medidas de seguridad y los criterios de aceptación de calidad.
4. Confirmación de Desenergización: Antes de comenzar el trabajo, se debe desconectar la alimentación del combinador y del inversor correspondientes al módulo. Se debe colgar un letrero de advertencia "No Cerrar, Personal Trabajando" en el punto de desconexión. Después de que un electricista certificado confirme la desenergización usando un multímetro, se puede comenzar el trabajo posterior.
5. Cubrimiento del Módulo: Cubra completamente la superficie frontal del módulo a reemplazar con material opaco para bloquear la luz.
6. Desconexión eléctrica: Utilice herramientas de desbloqueo especializadas para separar los conectores positivo y negativo del módulo; realice marcas de numeración en los cables
7. Retiro del módulo antiguo: Utilice herramientas como cuchillas multiusos y espátulas para cortar cuidadosamente el adhesivo estructural específico para fotovoltaica a lo largo de la interfaz de unión, separando gradualmente el módulo antiguo del sustrato del techo. Durante la operación, controle la fuerza y el ángulo de corte para evitar dañar los módulos circundantes y la capa impermeabilizante del techo
8. Limpieza del sustrato: Elimine completamente los residuos de adhesivo estructural y escombros del sustrato del techo, asegurando que la superficie de unión esté seca, limpia y plana. Si es necesario, realice un lijado ligero en la superficie del sustrato para restaurar la rugosidad superficial
9. Instalación del módulo nuevo: Siga estrictamente los procedimientos estandarizados del Manual de Instalación de Módulos Fotovoltaicos ZKFN SOLAR SolarVela y SolarNoah para la aplicación de adhesivo, colocación del módulo, prensado con rodillo y posicionamiento
10. Protección durante el curado: Durante el período de curado del adhesivo estructural (tiempos de curado de referencia: 24 horas a 25°C~40°C, 48 horas a 10°C~25°C, 72 horas a 0°C~10°C), está estrictamente prohibido aplicar cualquier perturbación al módulo. Se deben instalar barreras protectoras y señales de advertencia en el área de reemplazo
11. Conexiones eléctricas: Después de que el adhesivo estructural se haya curado completamente, vuelva a conectar los conectores según la correspondencia de polaridad positiva/negativa marcada, asegurándose de escuchar un sonido de bloqueo "clic"
12. Prueba de encendido: Retire el material de cobertura, cierre el interruptor para restaurar el suministro eléctrico. Mida los parámetros de salida del módulo nuevo, confirmando la compatibilidad con otros módulos en la misma cadena
13. Registros y archivo: Registre detalladamente toda la información sobre el proceso de reemplazo, incluyendo fecha de reemplazo, motivo del reemplazo, números de serie de los módulos antiguo y nuevo y datos de prueba, personal operativo, etc.; actualice el archivo de operación y mantenimiento de la central eléctrica

### **5.3 Procedimiento de reemplazo de módulos fijados con abrazaderas (Serie SolarNoah)**

Aplicable a módulos de marco trasero rígido de la serie SolarNoah. Los pasos de reemplazo son los siguientes:

1. Preparación del Plan: Antes de reemplazar el módulo, se debe elaborar un Plan de Implementación para el Reemplazo de Módulos Fijados con Abrazaderas, definiendo el proceso operativo y las medidas de seguridad
2. Confirmación de Desenergización: Igual que el Requisito 2 del Procedimiento de Reemplazo con Adhesivo

3. Cubrimiento del Módulo: Igual que el Requisito 3 del Procedimiento de Reemplazo con Adhesivo
4. Desconexión Eléctrica: Igual que el Requisito 4 del Procedimiento de Reemplazo con Adhesivo
5. Extracción del Módulo Antiguo: Use una llave dinamométrica para aflojar y retirar los pernos de fijación de las abrazaderas al par especificado, retire las abrazaderas en secuencia y saque con cuidado el módulo antiguo de la superficie de instalación. Durante la operación, tenga cuidado de evitar colisiones con los módulos circundantes
6. Inspección de la Superficie de Instalación: Limpie los residuos y el óxido de la superficie de instalación; verifique si las abrazaderas/soportes presentan deformación, óxido o holgura. Si se encuentran anomalías, primero se deben reparar o reemplazar los accesorios dañados
7. Instalación del Módulo Nuevo: Coloque el módulo nuevo en la ubicación designada, ajustando los espacios periféricos para que sean uniformes y consistentes. Instale las abrazaderas en secuencia, apretando uniformemente los pernos M8 a un par de 15~20 N·m. Las abrazaderas deben presionar sobre el área de carga designada del marco trasero del módulo y no deben presionar sobre el área efectiva de las celdas superior
8. Conexiones Eléctricas: Igual que el Requisito 9 del Procedimiento de Reemplazo con Adhesivo
9. Prueba de Encendido: Igual que el Requisito 10 del Procedimiento de Reemplazo con Adhesivo
10. Registros y Archivo: Igual que el Requisito 11 del Procedimiento de Reemplazo con Adhesivo

#### **5.4 Verificación del Sistema Tras la Sustitución de Módulos**

Tras completar la sustitución de módulos, además de las pruebas individuales del nuevo módulo, se debe verificar el rendimiento general de la cadena afectada:

- Medir la tensión de circuito abierto (Voc) y la corriente de cortocircuito (Isc) de la cadena, comparándolas con los valores de diseño de la cadena y con cadenas normales en el mismo conjunto
- Monitorear la corriente de operación de la cadena para confirmar una buena coincidencia de corriente entre el nuevo módulo y los módulos existentes en la cadena
- Observar los datos de generación de energía durante al menos un día completo de sol para confirmar que la potencia de la cadena se ha recuperado a niveles normales
- Realizar un escaneo de termografía infrarroja del área del módulo recién sustituido para confirmar la ausencia de puntos de calentamiento anormales

### **6. Diagnóstico de Fallos Comunes y Solución de Problemas**

#### **6.1 Degradación Anormal de la Potencia del Módulo**

##### **Síntomas de Falla**

La potencia de salida del módulo es significativamente inferior a la potencia nominal, y la tasa de degradación de potencia supera el rango normal, o se produce una rápida disminución de potencia inesperada en un período corto.

##### **Análisis de Causas de Fallas**

- Módulos operando a largo plazo en entornos de alta temperatura y alta humedad, lo que provoca un envejecimiento acelerado de las células y los materiales de encapsulación
- Acumulación de polvo y suciedad no limpiada durante mucho tiempo en la superficie del módulo, resultando en una disminución continua de la transmitancia de luz

- Microgrietas internas en las células y dedos de rejilla rotos dentro del módulo, afectando la recolección efectiva de la corriente fotogenerada
- Falla del diodo de derivación dentro de la caja de conexiones (falla por cortocircuito o circuito abierto), causando que cadenas parciales de células dentro del módulo dejen de funcionar
- Sombreado localizado persistente en la superficie del módulo, desencadenando efectos de punto caliente a largo plazo que provocan una degradación permanente de las células
- Mal contacto en los conectores o envejecimiento del cable, resultando en un aumento anormal de la resistencia en serie

### **Métodos de Diagnóstico y Solución de Problemas**

- Utilice un trazador de curvas IV profesional para medir la potencia de salida real del módulo, confirmando el grado de degradación de potencia y el patrón anormal de la curva IV
- Inspeccione cuidadosamente la superficie del módulo en busca de polvo, suciedad, rayones, grietas, etc.; verifique si la caja de conexiones está intacta
- Utilice una cámara termográfica infrarroja para detectar si existen efectos de punto caliente y puntos de calentamiento anómalos
- Realice una inspección EL en los módulos sospechosos de tener defectos internos para confirmar la presencia de microgrietas, roturas de dedos de rejilla, soldaduras frías, etc.
- Si es causado por acumulación de polvo/suciedad superficial → Limpie el módulo de inmediato
- Si es causado por sombreado localizado → Elimine la fuente de sombreado y optimice el entorno circundante del módulo
- Si el diodo interno de la caja de conexiones está dañado → Reemplace con una caja de conexiones del mismo modelo (debe ser realizado por personal autorizado de ZKFN SOLAR)
- Si el módulo presenta envejecimiento severo (degradación de potencia superior al 20%) o defectos internos irreversibles → Reemplace el módulo
- Si el módulo aún está dentro del período de garantía y se confirma que es un problema de calidad del producto → Solicite servicio postventa de acuerdo con los procedimientos de garantía

## **6.2 Efecto de Punto Caliente en Módulos**

### **Síntomas de Falla**

La inspección termográfica infrarroja revela áreas localizadas del módulo con temperaturas significativamente más altas que las áreas normales circundantes (diferencia de temperatura  $\geq 20$  °C). Los puntos calientes severos pueden causar decoloración y ampollas en los materiales de encapsulado superficial del módulo, perforación de la lámina posterior, fusión y deformación de la caja de conexiones, y en casos extremos pueden provocar incendios.

### **Análisis de Causas de Fallas**

- Presencia de objetos de sombreado localizados en la superficie del módulo (hojas, excrementos de aves, acumulaciones de polvo, sombras de edificios, etc.); las celdas sombreadas pasan de ser unidades generadoras de energía a cargas consumidoras, consumiendo la energía eléctrica generada por las celdas normales adyacentes y formando puntos de alta temperatura localizados
- Degradación del rendimiento de celdas individuales dentro del módulo (disminución de eficiencia, aumento de la resistencia en serie), generando un desajuste eléctrico con otras celdas normales en la misma cadena

- Celdas que presentan microdefectos como microgrietas y dedos de rejilla rotos, donde el flujo de corriente local obstruido provoca un calentamiento concentrado
- Fallo del diodo de derivación, incapaz de derivar y proteger la cadena de celdas sombreadas cuando ocurre el sombreado

### **Medidas de Tratamiento y Prevención**

**Tratamiento Inmediato:** Retirar inmediatamente los objetos de sombreado de la superficie del módulo; desenergizar y aislar los módulos con puntos calientes severos para evitar la escalada de la falla.

Disposición Graduada:

- Puntos calientes leves (diferencia de temperatura  $< 20^{\circ}\text{C}$ ) sin daños internos visibles → Continuar el seguimiento y monitoreo después de retirar los objetos de sombreado
- Puntos calientes moderados (diferencia de temperatura  $20 \sim 40^{\circ}\text{C}$ ) → Recomendar desarrollar un plan de reemplazo y completar el reemplazo durante la próxima parada programada
- Puntos calientes severos (diferencia de temperatura  $\geq 40^{\circ}\text{C}$ ) o módulos que ya muestren daños visibles en su apariencia → Deben ser retirados inmediatamente de servicio y reemplazados

Medidas Preventivas: Durante la fase de diseño e instalación del conjunto de módulos, se deben planificar racionalmente los diseños para evitar sombreados entre módulos. Limpiar periódicamente la vegetación y los residuos alrededor de los módulos que puedan formar fuentes de sombra. Realizar inspecciones integrales de termografía infrarroja de forma trimestral, estableciendo un archivo de referencia de temperatura base de los módulos.

## **6.3 Fallos en el Cableado y Conectores de los Módulos**

### **Síntomas de Fallo**

Tensión y corriente de salida del módulo inestables o completamente ausentes; temperaturas anormalmente elevadas en terminales y conectores (calientes al tacto o puntos calientes visibles en termografía infrarroja); decoloración por oxidación y marcas de quemaduras por arco en las superficies de los terminales; en casos graves, fusión y deformación de las carcasas de plástico de los conectores con olor a quemado.

### **Análisis de Causas del Fallo**

- Conectores no insertados completamente en su posición, lo que resulta en un aumento de la resistencia de contacto y calentamiento localizado
- Falla del sello del conector (envejecimiento, daño o desprendimiento del anillo de sellado), con entrada de humedad y polvo que causa oxidación y corrosión de los pines
- Conectores macho y hembra de diferentes fabricantes o de diferentes series de modelos, lo que resulta en grandes tolerancias de ajuste en la interfaz y contacto no fiable
- Cables de salida con la capa de aislamiento envejecida, agrietada y dañada debido a la exposición prolongada, causando fugas eléctricas o cortocircuitos
- Errores de cableado (como polaridad positiva y negativa invertida) o topología de cableado de cadena incorrecta
- Conectores bajo tensión prolongada del cable, causando aflojamiento de los pines internos

### **Procedimiento de solución de problemas**

- Desenergización segura: Primero desconecte la caja combinadora correspondiente y la fuente de alimentación del inversor, confirme la desenergización con un multímetro y coloque letreros de advertencia "No cerrar"
- Localización de fallas: Use un multímetro para probar secuencialmente la continuidad, el voltaje y los valores de resistencia de contacto en cada terminal, localizando el punto de falla
- Terminal suelto → Vuelva a apretar al par especificado utilizando herramientas especializadas
- Terminal oxidado/corroidado → Corte la sección dañada y reemplácela con un conector nuevo del mismo modelo y especificación
- Desajuste del modelo del conector → Reemplace todos los conectores con modelos compatibles certificados por ZKFN SOLAR
- Daño en el cable → Reemplácelo con un cable de CC específico para fotovoltaica de la misma especificación, asegurándose de que el calibre del cable y la clasificación de voltaje coincidan con el original
- Error de cableado → Vuelva a cablear según las marcas correctas de polaridad positiva/negativa y el diagrama de cableado de la cadena
- Restauración y verificación: Después de completar el cableado, restablezca la alimentación, mida el voltaje de circuito abierto de la cadena, la corriente de cortocircuito y la corriente de operación, confirmando que la falla se ha eliminado y los parámetros son normales

## 6.4 Diagnóstico de fallas en el lado del inversor y a nivel de cadena

### Síntomas de falla

El sistema de monitoreo muestra una potencia de salida persistentemente baja o cero para una cadena en particular; el inversor reporta una falla de resistencia de aislamiento demasiado baja, alarmas de sobretensión/subtensión de CC; la corriente de la cadena se desvía significativamente del nivel promedio de otras cadenas en el mismo conjunto.

### Pasos de diagnóstico

- Paso 1: Identifique el número de la cadena con falla y su ubicación física correspondiente a través de la plataforma de monitoreo
- Paso 2: En condiciones seguras de desconexión de energía, mida el voltaje de circuito abierto (Voc) de la cadena y compárelo con cadenas normales en el mismo conjunto. Si Voc es significativamente más bajo, esto indica un cortocircuito en el módulo, un cortocircuito en el diodo de derivación o daños graves en el módulo dentro de la cadena
- Paso 3: Mida la corriente de cortocircuito (Isc) de la cadena. Si Isc es significativamente más baja, puede haber acumulación severa de polvo en los módulos, sombreado, envejecimiento o mal contacto en los conectores
- Paso 4: Mida la cadena segmento por segmento, reduciendo progresivamente el rango de la falla hasta localizar el módulo problemático específico
- Paso 5: Realice diagnósticos adicionales como pruebas de curva IV e inspección EL en el módulo problemático identificado, determine el tipo de falla y tome las medidas de tratamiento correspondientes

## 7. Medidas de Respuesta ante Emergencias

### 7.1 Respuesta ante Fugas Eléctricas en Módulos

Ante la detección de una alarma de fuga eléctrica en un módulo o una situación de sospecha de fuga, el personal de operación y mantenimiento (O&M) debe ejecutar de inmediato los siguientes procedimientos:

- Evacuación de Emergencia del Personal: Alejarse inmediatamente del área de la fuga; no tocar el módulo con fuga ni sus componentes metálicos circundantes; simultáneamente, impedir que otras personas ingresen.
- Desconexión Segura de la Energía: Profesionales certificados, utilizando guantes aislantes con la clasificación de voltaje adecuada, deberán emplear una pértiga de operación aislada para desconectar la caja combinadora y la fuente de alimentación del inversor correspondientes, y colocar señales de advertencia.
- Detección de la Falla: Utilizar un comprobador de resistencia de aislamiento para medir la resistencia de aislamiento a tierra de la cadena con fuga, segmento por segmento, empleando el método de eliminación por secciones para localizar el módulo con fuga.
- Investigación de la Causa: Inspeccionar el módulo con fuga para detectar condiciones como ingreso de agua en la caja de conexiones, falla en el sellado del conector, daño en el aislamiento del cable y daño por penetración en la lámina posterior.
- Disposición de la Reparación: Reemplazar el módulo defectuoso, los cables dañados o los conectores según la causa de la fuga. Una vez completada la reparación, volver a medir la resistencia de aislamiento para confirmar que se ha restaurado a niveles aceptables.
- Restablecimiento de la Energía: Solo después de que todas las pruebas se hayan superado, se podrán retirar las señales de advertencia y restablecer la energía. Tras el restablecimiento, se deberá realizar un monitoreo continuo durante al menos 1 hora para confirmar la ausencia de anomalías.

## 7.2 Respuesta ante Incendios en Módulos

El rendimiento frente al fuego de los módulos fotovoltaicos ligeros de las series SolarVela y SolarNoah de ZKFN SOLAR ha superado las pruebas y la certificación UL790 Clase C (Norma de Underwriters Laboratories para Ensayos de Fuego de Cubiertas de Tejados). Esta clasificación indica que los módulos presentan un buen comportamiento frente al fuego en escenarios de incendio simulados, incluyendo una tasa limitada de propagación de llamas, bajo riesgo de gotas ardientes y cumplimiento de estrictos requisitos de resistencia al fuego.

Si se produce un incidente de incendio en un módulo en el sitio de operación y mantenimiento, se deberán seguir los siguientes procedimientos:

- Desconectar inmediatamente la fuente de alimentación principal del conjunto de módulos fotovoltaicos (incluyendo las fuentes de alimentación tanto del lado de CC como del lado de CA) para evitar la propagación del fuego y accidentes por descarga eléctrica.
- Si el incendio es pequeño y las condiciones de seguridad lo permiten, utilizar un extintor de polvo seco o un extintor de dióxido de carbono para sofocar el fuego en su origen. Está estrictamente prohibido usar agua o espuma para la extinción directa a fin de evitar el riesgo de descarga eléctrica.
- Si el incendio es demasiado grande para extinguirlo de forma independiente, llamar inmediatamente al 119 para reportar el incendio, comunicando claramente al cuerpo de bomberos información clave como "incendio en central fotovoltaica, peligro de alta tensión en CC", y organizar la evacuación de todo el personal a una zona segura.
- Una vez extinguido el incendio, realizar una investigación sistemática de la causa del fuego, evaluar el nivel de daños de cada módulo y equipo eléctrico, y preparar el Análisis del Incidente de Incendio y el Plan de Restauración.
- Solo después de confirmar que se han eliminado todos los peligros para la seguridad (seguridad estructural, aislamiento eléctrico e integridad de los módulos) se podrá restaurar gradualmente el funcionamiento de la central según el plan de restauración.

## **7.3 Respuesta a Emergencias por Desastres Naturales**

### **7.3.1 Lluvias Torrenciales/Inundaciones**

- Antes de la llegada de una lluvia torrencial, inspeccionar si el sistema de drenaje del conjunto de módulos está despejado y limpiar los residuos de las salidas de drenaje.
- Reubicar equipos importantes dentro de la central eléctrica (como hosts de monitoreo, inversores) en terrenos más elevados o implementar medidas de protección contra el agua
- Durante la tormenta, cesar todas las operaciones de O&M al aire libre. Si se produce una inundación en la central, desconectar inmediatamente todas las fuentes de alimentación
- Después de que las aguas de la inundación retrocedan, realizar tratamiento de secado, limpieza y pruebas de aislamiento en todos los módulos, cables, conectores y equipos eléctricos afectados por el agua. Solo después de confirmar la ausencia de riesgos de seguridad se podrá restablecer gradualmente las operaciones

### **7.3.2 Vientos Fuertes/Tifón**

- Antes de la llegada de vientos fuertes, inspeccionar de manera integral el estado de fijación de las abrazaderas y accesorios de los módulos, y reforzar cualquier perno suelto
- Retirar objetos sueltos alrededor del conjunto de módulos que puedan ser fácilmente levantados por el viento
- Durante el tifón, apagar la fuente de alimentación de la central y evacuar a todo el personal a un área segura
- Después del evento de viento, inspeccionar de manera integral si los soportes y módulos presentan deformación, desplazamiento, daños u otras condiciones. Reparar las áreas dañadas y solo reiniciar la central después de pasar una inspección integral

### **7.3.3 Ventisca/Baja Temperatura**

- Durante una ventisca, utilizar periódicamente un empujador de nieve suave (material de silicona o caucho) para limpiar la nieve acumulada de las superficies de los módulos, evitando la sombra de nieve o la deformación de los módulos debido a una carga excesiva de nieve
- En entornos de baja temperatura, verifique si los conectores y terminales presentan signos de formación de hielo. Si se ha formado hielo, espere a que se descongele de forma natural y se seque completamente antes de realizar operaciones, para evitar un mal contacto o daños operativos causados por el hielo.
- Está estrictamente prohibido pisar los módulos flexibles de la serie SolarVela al limpiar la nieve. Pisar los módulos flexibles SolarVela puede causar fácilmente daños irreversibles como rotura de la lámina posterior y microgrietas en las celdas, y comprometerá simultáneamente el rendimiento de sellado del módulo, provocando fallos posteriores como entrada de humedad y cortocircuitos.
- Las herramientas de limpieza no deben entrar en contacto con las cajas de conexiones. La caja de conexiones de los módulos de la serie SolarVela se encuentra en la parte frontal del módulo. Si las herramientas entran en contacto con la caja de conexiones durante la limpieza, esto puede causar fácilmente el desprendimiento de la tira de sellado, daños en la carcasa o aflojamiento de los terminales internos y mal contacto en las líneas, lo que a su vez puede provocar riesgos de seguridad como fugas eléctricas y rotura del circuito. Durante las operaciones, se debe controlar el rango de limpieza de las herramientas para evitar el área de la caja de conexiones. Si es necesario, se puede

usar un cepillo pequeño de cerdas suaves para limpiar por separado una pequeña cantidad de nieve alrededor de la caja de conexiones.

## 7.4 Respuesta de Emergencia ante Rayos

La temporada de tormentas eléctricas es un período de alto riesgo para que las centrales fotovoltaicas sufran rayos. Si el sistema de monitoreo muestra una interrupción generalizada de la comunicación de los módulos, disparo de inversores, o la inspección en el sitio revela marcas evidentes de rayos en los módulos (como perforación de la caja de conexiones, puntos de quemadura por arco en la superficie del módulo), se deben iniciar inmediatamente los siguientes procedimientos de manejo:

- Desconecte inmediatamente todas las fuentes de alimentación de la central; el personal deberá evacuar rápidamente a un área interior segura.
- Después de que pase la tormenta, inspeccione exhaustivamente el sistema de protección contra rayos y puesta a tierra: verifique si los conductores de bajada a tierra están rotos o fundidos; mida si la resistencia de puesta a tierra aún cumple con los requisitos de diseño (generalmente se requiere que sea  $\leq 4\Omega$ ).
- Inspeccione la apariencia de los módulos uno por uno; use una cámara termográfica infrarroja para escanear puntos de calentamiento anormales.
- Mida la resistencia de aislamiento y las características IV de las cadenas afectadas por rayos; reemplace los módulos que hayan sido perforados o que tengan un rendimiento gravemente degradado.
- Inspeccione si los dispositivos de protección contra sobretensiones (SPD) dentro de los inversores y cajas combinadoras se han activado o dañado; si están dañados, deben reemplazarse de inmediato.

## 8. Registros de O&M y Gestión de Archivos

### 8.1 Sistema de Gestión de Registros de O&M

La integridad y precisión de los registros de O&M constituyen la base para la gestión de activos de la central eléctrica, las reclamaciones de garantía, la evaluación del rendimiento y el rastreo de fallos. Se recomienda establecer principios de gestión de archivos de "cobertura completa del ciclo de vida, sistemas duales electrónicos y en papel, igual énfasis en seguridad y utilización". A través de la recopilación estandarizada de registros y la gestión regulada de archivos, lograr la trazabilidad del proceso de O&M, la localización de problemas y la capacidad de apoyo a la toma de decisiones, formando un bucle de gestión cerrado de "Registro – Archivo – Utilización – Optimización".

El personal de O&M registrará detalladamente la información relevante para cada actividad de O&M, cubriendo las siguientes categorías:

- Registros de Inspección: Registrar la fecha de inspección, el personal de inspección, el alcance de la inspección, los resultados de la inspección (estado de apariencia del módulo, datos de parámetros operativos, problemas identificados y manejo en sitio), seguimiento de problemas no resueltos
- Registros de Limpieza: Registrar la fecha de limpieza, el personal de limpieza, el alcance de la limpieza, el método de limpieza, el consumo y la calidad del agua, datos comparativos de potencia de cadenas representativas antes y después de la limpieza
- Registros de Manejo de Fallos: Registrar la fecha de ocurrencia del fallo, el número de serie y la ubicación del módulo con fallo, la descripción del síntoma del fallo, el análisis de la causa del fallo, los métodos y pasos específicos de manejo, los resultados del

manejo, la firma del personal de reparación, la lista de materiales y repuestos utilizados para la reparación

- Registros de Reemplazo de Módulos: Registrar la fecha de reemplazo, la información del módulo antiguo (número de serie, modelo, años de servicio, tipo de fallo), la información del módulo nuevo (número de serie, modelo, datos de prueba de rendimiento eléctrico inicial), el personal operativo de reemplazo
- Registros de Respuesta a Emergencias: Registrar la hora y ubicación del incidente de emergencia, el tipo y gravedad del incidente, las medidas específicas de respuesta a emergencias y el proceso de ejecución, los resultados de la respuesta y la evaluación del impacto posterior, el personal involucrado en la respuesta
- Registros de Pruebas Especializadas: Registrar la fecha, el alcance, el método, los datos brutos y las conclusiones del análisis de pruebas especializadas como pruebas de curva IV, inspección EL, escaneo de imágenes térmicas infrarrojas y pruebas de resistencia de aislamiento

## **8.2 Sistema de Clasificación y Archivo de Documentación**

Se recomienda que la gestión de archivos adopte un sistema de clasificación de cuatro niveles: "Clasificación Primaria – Clasificación Secundaria – Grupo de Archivos – Documento":

- Categoría de Archivos Básicos: Incluye documentación de fábrica de módulos (certificado de conformidad, informe de prueba de fábrica, lista de parámetros técnicos), contratos de adquisición, acuerdos de garantía, planos de obra del sistema, informes de aceptación de finalización, etc.
- Categoría de Archivos de Procesos de O&M: Recopila los diversos registros de O&M mencionados anteriormente, con grupos de archivos organizados por "Año – Tipo de O&M – Área". Los registros de inspección se resumirán diariamente y se encuadernarán mensualmente; los registros de manejo de fallas se establecerán por separado como "un caso, un archivo", incluyendo materiales de respaldo como informes de prueba, fotografías comparativas antes y después de la reparación.
- Categoría de Archivos de Monitoreo de Rendimiento: Almacena por separado datos de pruebas profesionales como curvas IV, inspecciones EL y escaneos de puntos calientes. Establezca un "Registro de Rendimiento Específico de Módulos" indexado por número de serie del módulo, registrando los datos clave de rendimiento en cada punto de prueba a lo largo de todo el ciclo de vida, y compile anualmente el Informe de Análisis de Degradación del Rendimiento de Módulos.
- Categoría de Archivos de Gestión de Cumplimiento: Incluye copias de certificados de calificación del personal de O&M, certificados de calibración de instrumentos de prueba, certificados de reciclaje y eliminación de módulos de desecho, registros de inspección regulatoria de la industria, registros de capacitación en seguridad, etc., asegurando que las actividades de O&M sean completamente conformes y trazables en todo el proceso.

## **8.3 Informe Anual de O&M**

Cada año se preparará y presentará un Informe Anual Integral de Análisis de O&M de la Central Fotovoltaica. El informe contendrá al menos el siguiente contenido:

Cada año se preparará y presentará un Informe Anual Integral de Análisis de O&M de la Central Fotovoltaica. El informe contendrá al menos el siguiente contenido:

- Estadísticas anuales de generación de energía y análisis comparativo con los valores de diseño y el mismo período del año anterior.

- Resumen estadístico de operaciones anuales de inspección y limpieza (número de inspecciones, número de limpiezas, distribución de tipos y cantidad de problemas identificados y resueltos)
- Análisis de tendencia de degradación del rendimiento de los módulos (basado en datos de inspección de curva IV y EL)
- Análisis estadístico de fallos (distribución de tipos de fallo, tasa de fallos, tiempo medio de reparación, evaluación del impacto en la generación de energía)
- Estadísticas anuales de costos de O&M, y recomendaciones de plan y presupuesto de O&M para el año siguiente
- Áreas clave de enfoque y recomendaciones de mejora para el año siguiente

## 9.1 Preguntas Frecuentes (FAQ)

### **P1: ¿Cuál es el intervalo de mantenimiento para los productos de módulos fotovoltaicos ligeros ZKFN SOLAR? ¿Cuáles son los principales puntos a revisar?**

R: Se recomienda realizar una inspección y mantenimiento integral al menos una vez al mes, verificando el rendimiento operativo de todos los módulos y la seguridad y fiabilidad del sistema eléctrico. Los módulos deben limpiarse al menos una vez al mes para garantizar la eficiencia de generación de energía fotovoltaica. Los principales puntos de inspección incluyen: si la apariencia del módulo presenta algún daño; si las conexiones eléctricas están seguras; si las cajas de conexiones y conectores están intactos; si las superficies de los módulos están limpias y sin sombreado; si las estructuras de soporte de montaje son estables; si el sistema de protección contra rayos y puesta a tierra funciona correctamente; si el sistema de monitoreo opera con normalidad; y si el sistema fotovoltaico presenta alguna salida de energía anormal.

### **P2: Si aparece una pequeña cantidad de polvo en la superficie del módulo pero no ha alcanzado el umbral de activación de limpieza de una caída de potencia del 5%, ¿es necesaria la limpieza?**

R: Si la capa de polvo es fina y se pronostican lluvias a corto plazo, la limpieza puede posponerse mientras se monitorean continuamente las tendencias de potencia a través del sistema de monitoreo. Sin embargo, si la contaminación del aire local es severa, el polvo contiene sustancias pegajosas propensas a apelmazarse, o no se pronostican precipitaciones efectivas en la próxima semana, se recomienda programar la limpieza con anticipación para evitar que la acumulación prolongada de polvo se endurezca formando una costra, lo que aumentaría la dificultad de limpieza posterior y afectaría continuamente la transmitancia de luz.

### **P3: Si los módulos se cubren de hielo en invierno, ¿se puede usar agua caliente directamente para derretir el hielo?**

R: Está estrictamente prohibido usar agua caliente para enjuagar o verter directamente sobre los módulos cubiertos de hielo. Las diferencias severas de temperatura entre el frío y el calor provocarán estrés por choque térmico en el panel del módulo y los materiales de encapsulación, lo que podría causar roturas del módulo o fallos en la capa de encapsulación. Se recomienda esperar a que la temperatura ambiente suba para que el hielo se derrita de forma natural, o usar un raspador de hielo especializado de silicona/plástico (está estrictamente prohibido usar herramientas metálicas) para retirar suavemente el hielo superficial. Después de que el hielo se haya derretido por completo y la superficie del módulo esté seca, inspeccione el módulo en busca de signos de entrada de agua o daños.

### **P4: ¿Se puede pisar los módulos flexibles de las series SolarVela y SolarNoah para su limpieza o mantenimiento?**

R: No. Las series SolarVela y SolarNoah son módulos solares flexibles. Cualquier tipo de pisada puede causar daños irreversibles como rotura de la lámina trasera y microgrietas en las células solares. Asimismo, se compromete el rendimiento de sellado de los módulos, provocando fallos posteriores como la entrada de humedad y cortocircuitos eléctricos. En las tareas de limpieza y mantenimiento se deben utilizar pasarelas especializadas y solo se podrá transitar por el perímetro exterior de los módulos.

**P5: Si la degradación de potencia del módulo supera el rango normal pero el módulo aún está dentro del período de garantía, ¿cómo solicito el servicio postventa?**

R: Primero organice el archivo completo de operación y mantenimiento (O&M) del módulo (incluyendo datos de inspección, informes de prueba de potencia de la curva IV, fotografías de fallos, imágenes de inspección EL, etc.), contacte al departamento de servicio postventa de ZKFN SOLAR y presente el Formulario de Solicitud de Servicio Postventa durante el Período de Garantía con los materiales de respaldo correspondientes. ZKFN SOLAR organizará la visita de personal técnico autorizado para realizar verificación y pruebas in situ. Tras confirmar que el problema es un defecto de calidad del producto, se proporcionarán servicios de reparación o reemplazo correspondientes de acuerdo con la política de garantía.

**P6: La caja de conexiones de la serie SolarVela está ubicada en la parte frontal del módulo. ¿Cuáles son las precauciones especiales durante la limpieza?**

R: La caja de conexiones de los módulos de la serie SolarVela está ubicada en la parte frontal (superficie receptora de luz) del módulo, lo cual es una característica estructural de su diseño de encapsulación flexible. Durante las operaciones de limpieza, se debe prestar especial atención a: las herramientas de limpieza (pañó suave, rodillo, escurridor de agua) deben evitar el área de la caja de conexiones para evitar que el impacto de la herramienta cause desprendimiento de la junta de sellado de la caja de conexiones, daños en la carcasa o aflojamiento de los terminales internos. Se recomienda usar un cepillo pequeño de cerdas suaves para limpiar por separado una pequeña cantidad de polvo alrededor de la caja de conexiones. Está estrictamente prohibido en todo momento usar un chorro de agua a alta presión dirigido a la caja de conexiones y sus juntas para enjuagar.

## **9.2 Lista de Verificación de Herramientas e Instrumentos Comunes de O&M**

A continuación se presentan las herramientas e instrumentos de prueba comunes recomendados para la operación y mantenimiento (O&M) de centrales fotovoltaicas:

- Multímetro digital (clasificación CAT III 1500 V) — Medición de tensión CC, corriente y continuidad
- Amperímetro de CC tipo pinza — Medición de la corriente operativa de la cadena sin interrumpir el circuito
- Trazador de curva IV — Medición de la curva característica corriente-tensión de módulos/cadenas; diagnóstico de degradación del rendimiento
- Cámara termográfica infrarroja — Detección de puntos calientes, investigación de puntos de calentamiento en conectores y terminales
- Comprobador de resistencia de aislamiento (rangos de CC 500 V/1000 V) — Medición de resistencia de aislamiento de cadena a tierra
- Equipo de inspección EL — Detección de defectos internos como microgrietas en celdas, dedos rotos y soldaduras frías
- Llave dinamométrica (0~30 N·m) — Verificación del par de apriete en conexiones eléctricas y pernos de sujeción
- Herramientas especializadas de desmontaje/montaje de conectores MC4 — Separación y acoplamiento seguro de conectores



- Comprobador de resistencia de puesta a tierra — Pruebas periódicas de sistemas de protección contra rayos y puesta a tierra
- Kit de limpieza específico para sistemas fotovoltaicos (rodillo suave, paño de microfibra, escobilla de goma para agua blanda, cepillo de cerdas suaves, etc.)

### **9.3 Soporte técnico e información de contacto**

**Línea directa de servicio postventa:** (+86) 400 6768 100 (Office Hours: 8:30-17:30, Beijing Time)

**Correo electrónico de soporte técnico:** [tech-support@zkfnsolar.com](mailto:tech-support@zkfnsolar.com)

**Sitio web oficial:** [www.zkfnsolar.com](http://www.zkfnsolar.com)

**Base de fabricación:** Edificio 1, Xinshenglin, Parque Industrial Inteligente Lvhaihui, Zona de Desarrollo Económico de Jining, Ciudad de Jining, Provincia de Shandong

### **9.4 Notas de revisión del manual**

Este manual es la Versión A01, publicada el 9 de mayo de 2026. ZKFN SOLAR revisará y mejorará periódicamente el contenido del manual en función de las actualizaciones tecnológicas de los módulos, las actualizaciones de los estándares de la industria y los comentarios de los usuarios. Las versiones revisadas se publicarán a través del centro de descargas del sitio web oficial y se notificará a los usuarios registrados por correo electrónico y otros canales. Los usuarios pueden obtener la versión más reciente de forma gratuita. Si los usuarios descubren algún problema o tienen sugerencias de mejora al utilizar este manual, pueden enviar un correo electrónico a [tech-support@zkfnsolar.com](mailto:tech-support@zkfnsolar.com), y lo evaluaremos e incorporaremos rápidamente al plan de revisión.

# Shandong ZKFN Solar Technology Co., Ltd.

[www.zkfn-solar.com](http://www.zkfn-solar.com)

Línea directa de servicio:(+86) 400 6768 100 (Office Hours: 8:30-17:30, Beijing Time)