



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Manual destinado a todos los módulos fotovoltaicos
de LONGi

Contenido

Introducción	03
Aviso legal	03
1 Conocimientos básicos sobre módulos fotovoltaicos y guía de seguridad para la operación y mantenimiento	04
1.1 Importancia de la operación y mantenimiento	04
1.2 Introducción básica a los módulos fotovoltaicos	04
1.3 Notas de seguridad sobre Q&M	07
1.3.1 Seguridad eléctrica de los módulos fotovoltaicos	07
1.3.2 Seguridad operacional de los módulos fotovoltaicos	07
2 Guía de trabajo de operación y mantenimiento para módulos fotovoltaicos	08
2.1 Inspección de los módulos fotovoltaicos	08
2.1.1 Inspección periódica de los módulos fotovoltaicos	08
2.1.2 Pruebas periódicas de los módulos fotovoltaicos	10
2.1.3 Puntos clave de inspección en varios entornos de instalación	13
2.2 Limpieza de los módulos fotovoltaicos	14
2.2.1 Requisitos de limpieza de agua y detergente	14
2.2.2 Requisitos de herramientas y equipo de limpieza	15
2.2.3 Guía para el proceso de limpieza	16
2.2.4 Métodos de limpieza recomendados	16
2.2.5 Requisitos especiales de limpieza ambiental	17
2.2.6 Inspección después de la limpieza	18
2.3 Limpieza de obstrucciones de módulos fotovoltaicos	19
2.3.1 Requisitos de la limpieza de obstrucciones	19
2.3.2 Inspección después de la limpieza de obstrucciones	19
3 Manejo de problemas con el módulo	20
3.1 Fallo relacionado por defecto del módulo	20
3.2 Fallo no relacionado por defecto del módulo	20
4 Revisión y fecha	20

Introducción

En primer lugar, muchas gracias por elegir los módulos fotovoltaicos de LONGi.

Este manual proporciona una detallada guía para la operación y mantenimiento (en adelante O&M) de los módulos fotovoltaicos de LONGi. Este manual puede ser utilizado por los propietarios y el personal encargado del mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos. Por favor consulte atentamente la información y los requisitos pertinentes de este manual cuando realice el mantenimiento de los módulos LONGi. El contenido de este manual incluye la inspección diaria de los módulos en la planta y durante el funcionamiento de la central fotovoltaica, la limpieza de los módulos y de las obstrucciones y el tratamiento de problemas normales, así como otros requisitos y sugerencias. Las sugerencias contenidas en este manual tienen como objetivo mejorar la seguridad de los módulos durante el proceso de O&M, las cuales han sido probadas y verificadas en la práctica.

Todo el contenido de este manual es propiedad intelectual de LONGi, que se origina a partir de un largo período de exploración técnica y acumulación de experiencia de LONGi. El derecho de interpretación final de este manual pertenece a LONGi. LONGi se reserva el derecho de modificar el manual del producto sin previo aviso. Se recomienda visitar regularmente nuestro sitio web www.longi.com para obtener la última versión de este manual de instalación.

Aviso legal

Este manual no constituye ninguna condición de garantía, ni descripción explícita ni implicaciones. No se proporciona ninguna estrategia de compensación por pérdidas, daños al módulo o cualquier otro gasto en el que se incurra y que esté directamente causado por la instalación, operación, utilización y mantenimiento del módulo. LONGi Solar no se hace responsable de cualquier infracción de derechos de patente o de derechos a terceros, que puedan ser causados por la operación y mantenimiento del módulo.

01

Módulo fotovoltaico

Conocimientos básicos sobre módulos fotovoltaicos y guía de seguridad para la operación y mantenimiento

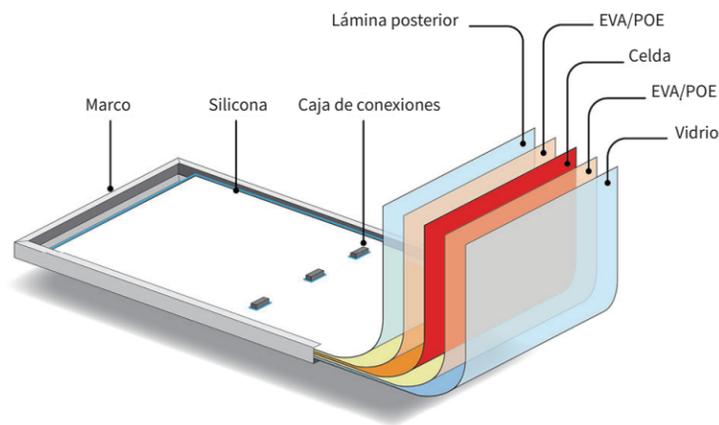
1.1 Importancia de la O&M

En una central fotovoltaica, los módulos fotovoltaicos son las unidades centrales de generación de energía, es decir, el dispositivo que convierte directamente la energía solar en energía eléctrica. El funcionamiento de los módulos fotovoltaicos tiene un impacto significativo en la generación de energía y en los ingresos de toda la central. La metodología adecuada de funcionamiento y mantenimiento de los módulos solares podría diagnosticar posibles fallos y ralentizar la expansión del riesgo con prontitud, para así mantener el rendimiento constante de generación de energía dentro de su vida útil completa. Además, después de cada operación de O&M, se recomienda conservar los registros de O&M para disponer de datos históricos que respalden el funcionamiento a largo plazo de la central.

1.2 Introducción básica a los módulos fotovoltaicos

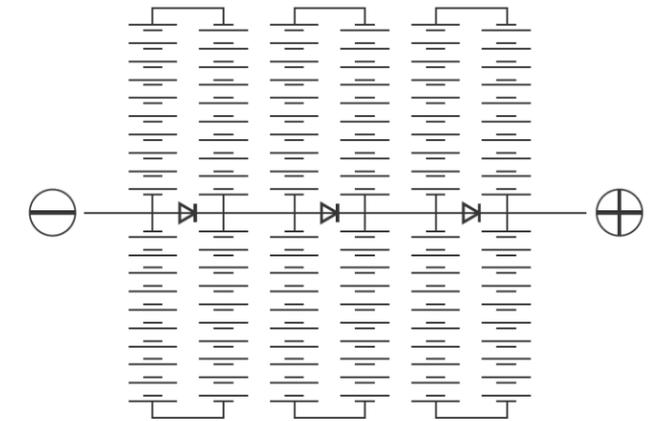
Los módulos fotovoltaicos se componen principalmente de ocho materiales: celdas solares, película de embalaje, lámina posterior (monofacial), vidrio, busbar, marco, caja de conexiones y silicona.

Componentes de los módulos fotovoltaicos



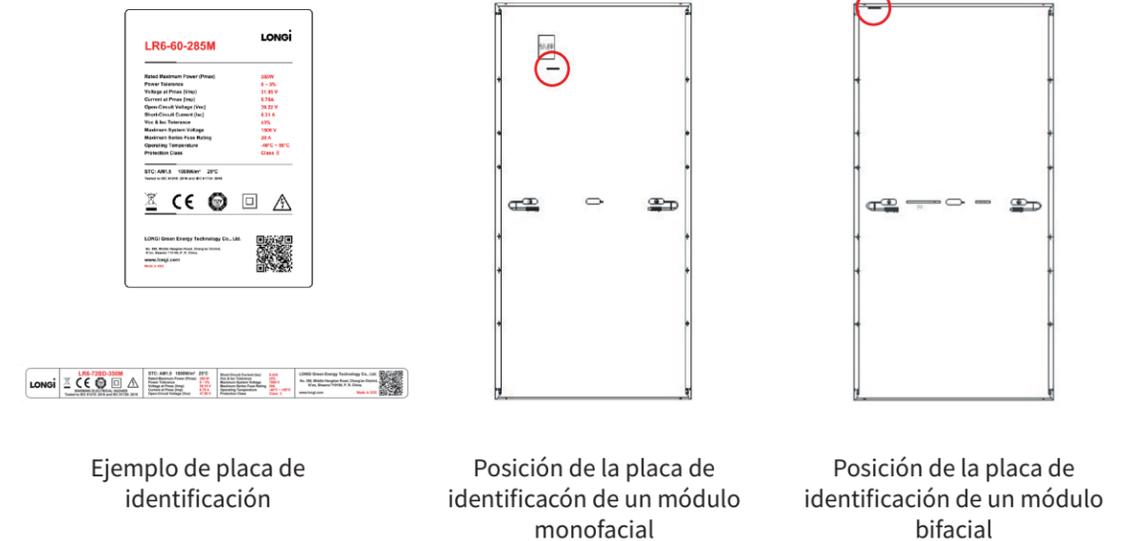
El circuito interno de los módulos de medio corte puede simplificarse del siguiente modo:

Diagrama de la conexión eléctrica del módulo



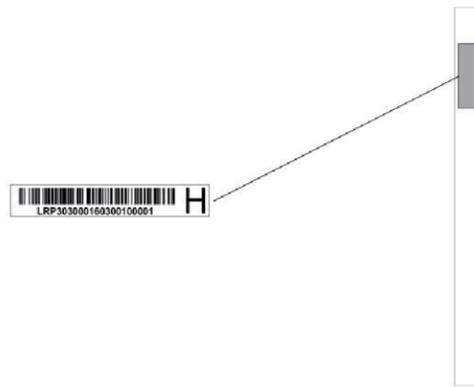
Hay tres tipos de etiquetas adheridas a cada módulo, placa de identificación, etiqueta de clasificación de corriente y código de barras, que proporcionan la siguiente información:

(1) Placa de identificación: generalmente fijada en la parte posterior del módulo, la placa de características del módulo monofacial es rectangular y la del módulo bifacial es alargada; esta muestra los parámetros del módulo, incluido el tipo de producto, la potencia nominal, la corriente nominal, el voltaje nominal, el voltaje en circuito abierto, la corriente en cortocircuito en condiciones de prueba estándar, la marca de certificación, el voltaje máximo del sistema y otra información.



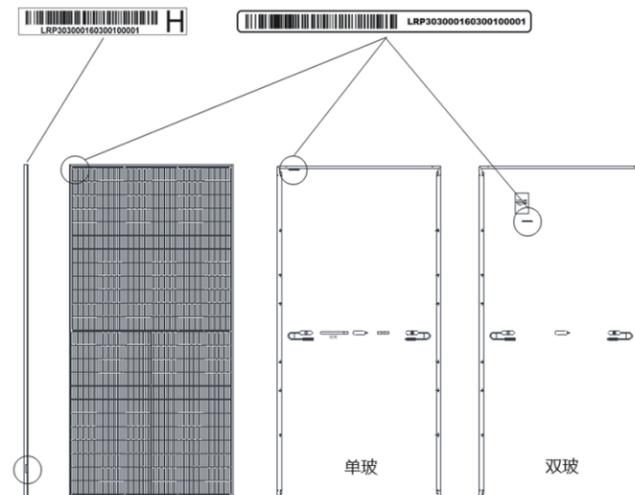
- (2) **Etiqueta de clasificación de la corriente:** generalmente se coloca en el lado largo del marco del módulo; la potencia del módulo toma 5W como intervalo. Para cada módulo de intervalo de potencia, la corriente se divide en tres niveles, (H indica alta, M indica media, L indica baja). La configuración óptima para el funcionamiento de los módulos implica conectar en la misma cadena aquellos que posean la misma potencia y nivel de corriente.

Posición de la etiqueta de clasificación de la corriente



- (3) **Código de barras:** cada módulo tiene un número de serie único. Este número de serie se imprime en el código de barras y se coloca en el módulo antes de la laminación, y no puede rasgarse ni borrarse después de la laminación. Además, el mismo número de serie puede encontrarse en el lateral de la placa de características del módulo o en la parte trasera del módulo y en el lateral del marco largo.

Posición del código de barras



1.3 Notas de seguridad sobre Q&M

La O&M de los módulos fotovoltaicos debe basarse en el manual de instalación, la garantía, la hoja de datos del módulo, las normas de certificación de módulos fotovoltaicos, etc. Por favor respete la normativa nacional y local, el cumplimiento de las normas y los estándares de la industria, incluida la ley de producción segura, la ley de protección medioambiental, los estándares nacionales y las especificaciones eléctricas. Garantice la seguridad de los trabajadores y de los sistemas de módulos fotovoltaicos.

1.3.1 Seguridad eléctrica de los módulos fotovoltaicos

- (1) Los módulos fotovoltaicos son dispositivos de generación de energía continua cuando están expuestos a la luz solar y el voltaje de cada módulo suele ser superior a 36V. Cuando se conectan en serie o en paralelo, el voltaje combinado puede alcanzar hasta los 1,500 voltios, acompañado de una corriente significativa. Incluso en condiciones de luz solar tenue, el sistema puede mantener un voltaje considerablemente alto, lo que representa un riesgo de fuga eléctrica para cualquier dispositivo conectado al cable. Por lo tanto, antes de llevar a cabo cualquier operación de mantenimiento en los módulos, es crucial verificar si hay anomalías en el sistema y analizar el riesgo potencial de fuga eléctrica. Antes de la O&M, es fundamental utilizar un bolígrafo de prueba para inspeccionar el marco del módulo, los soportes y la superficie del mismo en busca de posibles fugas eléctricas. Se deben tomar medidas de protección adecuadas, como el uso de guantes aislantes y calzado aislante, para evitar el contacto directo con voltaje de corriente continua de 30V o más, ya que estos voltajes pueden ser mortales y representan un peligro para la seguridad personal.
- (2) Los módulos fotovoltaicos no tienen interruptor, y su funcionamiento sólo se puede detener evitando la luz solar o protegiéndolos con tela, cartón o materiales completamente opacos.
- (3) Para prevenir el riesgo de formación de arcos y descargas eléctricas, es importante no desconectar la conexión eléctrica mientras haya carga. Las conexiones incorrectas también pueden provocar estos peligros. Es esencial mantener los conectores secos y limpios para garantizar un funcionamiento adecuado. Evite insertar objetos conductores adicionales en el conector y absténgase de realizar conexiones eléctricas de cualquier otra manera.
- (4) Si el vidrio del módulo u otros materiales de embalaje están dañados, póngase un EPI (Equipo de Protección Individual) para separar el módulo del circuito. Queda terminantemente prohibido tocar módulos mojados, a menos que lleve puesto un EPI.

1.3.2 Seguridad operacional de los módulos fotovoltaicos

- (1) Hay bordes en el soporte o en el marco del módulo. Por lo tanto, el personal de O&M debe llevar la ropa de protección y los cascos correspondientes para evitar lesiones. Evite ganchos, correas, extremos de hilos y otras piezas que puedan enredarse fácilmente en la ropa o herramientas que lleve puestas.
- (2) Queda terminantemente prohibido transportar los módulos con la caja de conexiones o los cables.
- (3) No se pare ni camine sobre los módulos.
- (4) No intente desmontar el módulo ni retirar la placa de características o partes de los módulos.
- (5) No pinte ni aplique ningún otro adhesivo sobre los módulos.
- (6) No dañe ni raye la chapa posterior de los módulos.
- (7) No taladre orificios en el bastidor del módulo, ya que puede reducir la capacidad de carga del bastidor y provocar la corrosión del mismo y la invalidación de la garantía limitada ofrecida a los clientes.
- (8) No repare módulos problemáticos por su cuenta.
- (9) Los módulos deben conectarse lo antes posible después de la instalación, o al menos se deben tomar las medidas adecuadas para protegerlos de objetos extraños. Por ejemplo, la humedad, el polvo y la invasión de organismos en el conector pueden hacer que éste no funcione correctamente o resulte dañado.

Guía de trabajo de O&M para módulos fotovoltaicos

2.1 Inspección de los módulos fotovoltaicos

El campo fotovoltaico debe inspeccionarse periódicamente para comprobar si los módulos fotovoltaicos presentan anomalías, y estas deben resolverse a tiempo. Si la central eléctrica está equipada con una plataforma de monitorización inteligente, se recomienda realizar inspecciones inteligentes desde el lado del sistema todos los días para centrarse en el análisis del estado de funcionamiento de los módulos. En caso de que se produzca una anomalía en el voltaje, corriente o potencia de salida de una rama (la desviación entre la corriente o voltaje de una rama y la corriente o voltaje de otras ramas en los mismos colectores de combinación supera el 5%; en las mismas condiciones, el rendimiento de potencia de salida de un colector de combinación es inferior al 15% de otros colectores de combinación en el mismo inversor), debe inspeccionarse y tratarse a tiempo.

Se recomienda realizar una inspección completa de los módulos en el primer mes de funcionamiento de prueba y posteriormente, al menos una inspección completa cada 6 meses. Si se producen condiciones anormales (como condiciones meteorológicas anormales o actividades humanas, etc.), los módulos deben inspeccionarse inmediatamente. Si la parte de O&M de la central eléctrica y el integrador del sistema tienen reglamentos pertinentes sobre la gestión profesional de O&M de la central eléctrica, se recomienda cumplirlos estrictamente.

2.1.1 Inspección periódica de los módulos fotovoltaicos

Antes de proceder a la inspección, deben utilizarse dispositivos de protección como guantes y botas aislantes. A continuación se enumeran los puntos de inspección periódica recomendados. Si en la inspección inicial se detectan otros defectos relacionados, también deben incluirse en el alcance de la inspección.

(1) Los puntos de inspección periódica se enumeran a continuación.

a. Inspección del aspecto de los módulos fotovoltaicos: mediante inspección visual, el ciclo de inspección recomendado es de una vez al mes (la frecuencia de inspección puede aumentarse según la situación del proyecto).

Elementos anormales	Medida de prevención y tratamiento
Sombra en la superficie del módulo	Inspección y limpieza periódicas. Cuando la suciedad en la superficie del módulo cubre el color primario de las celdas, el módulo debe limpiarse de acuerdo con la Sección 2.2. Si hay obstrucciones alrededor del módulo, la obstrucción debe limpiarse de acuerdo con la Sección 2.3.
Pérdida de la señal de advertencia de descarga eléctrica	Revíselo de forma periódica y vuelva a pegar la señal en caso de que sea necesario.
Daños o impregnación del cable	<ol style="list-style-type: none"> Compruebe y conecte regularmente los cables de acuerdo con los planos, debe fijar los cables al bastidor o soporte con bridas para cables, a fin de evitar que los cables caigan en la zona de acumulación de agua, y evitar mordeduras de animales, y que los cables se aprieten y estiren. En general, si el cable está dañado, se producirán fallos de aislamiento o de corriente y voltaje. La plataforma de vigilancia puede utilizarse para bloquear la posición del sub-cadena/área y realizar una inspección en sitio. Si el cable del módulo está dañado, marque el módulo defectuoso y consulte inmediatamente a LONGi.

Calentamiento, daños, contaminación, impregnación de agua o corrosión de los conectores	<ol style="list-style-type: none"> Durante la O&M, si se comprueba que los conectores están sueltos, puede deberse a que los módulos no se conectaron en el lugar inmediatamente después de desempacarlos, de modo que los conectores invadieron impurezas o sedimentos, agua y otros contaminantes. Los cables deben fijarse al marco o al soporte con bridas para evitar que los conectores caigan en áreas de acumulación de agua. Queda prohibido el contacto de sustancias que contengan alcanos, como gasolina, lubricantes de limpieza, revitalizantes electrónicos, etc., a los conectores. Compruebe regularmente los conectores. Si están flojos, restaure su buena conexión; si los conectores están contaminados, corroídos o dañados, deben ser sustituidos inmediatamente.. En caso de fallo de un conector, es probable que se produzcan fallos de aislamiento o variaciones de corriente y voltaje. La plataforma de vigilancia puede utilizarse para identificar la posición exacta del subconjunto o la zona afectada y realizar así una inspección en el lugar.
Deformación, torsión, agrietamiento o quemadura de la caja de conexiones	<ol style="list-style-type: none"> Compruebe periódicamente las cajas de conexión para eliminar la exposición directa bajo la luz solar y evite sumergirlas en zonas encharcadas, evite apretar y tirar de las cajas de conexiones; compruebe las instalaciones de protección contra rayos y la conexión a tierra para asegurarse de que no se presente ninguna anomalía. Compruebe la superficie de los módulos para asegurarse de que la suciedad no cubra el color primario de las celdas. Un sombreado prolongado provocará anomalías en la caja de conexiones. Queda terminantemente prohibido que las cajas de conexiones tengan contacto con sustancias que contengan alcanos, como gasolina, lubricantes de limpieza, revitalizantes electrónicos, etc. En general, se producirán fallos de aislamiento o de corriente y voltaje en la avería de la caja de conexiones, y la plataforma de monitorización puede utilizarse para bloquear la posición del subsuelo/área y realizar una inspección en el lugar. Si la caja de conexiones está dañada, marque los componentes anormales y consulte de inmediato al servicio de atención al cliente de LONGi para obtener asistencia.
Aflojamiento de las fijaciones	<ol style="list-style-type: none"> Durante la instalación de los módulos, siga las recomendaciones pertinentes del manual de instalación. Compruebe regularmente si los pernos y abrazaderas están bien ajustados. Antes y después de condiciones meteorológicas extremas, se recomienda comprobar los pernos y abrazaderas sueltos.
Deformación del marco	<ol style="list-style-type: none"> Adoptar el método de instalación adecuado en función de la carga real de la obra; reforzar la gestión de la obra para evitar que los módulos choquen. Las deformaciones leves no afectan a la instalación ni al uso de los módulos; márquelas y siga utilizándolos; las deformaciones graves pueden afectar a la instalación, la seguridad y el rendimiento; marque los módulos anormales y consulte inmediatamente al servicio de atención al cliente de LONGi para obtener ayuda.
Rotura del marco	<ol style="list-style-type: none"> Compruebe que los módulos están instalados según las recomendaciones pertinentes del manual de instalación. Compruebe periódicamente si los pernos y las abrazaderas están bien ajustados. Antes y después de un tiempo anormal, se recomienda comprobar si hay algún problema como aflojamiento de pernos y abrazaderas, deformación de módulos y desgarre de los marcos. Para proyectos en zonas de alta ventisca, la instalación de los módulos puede reforzarse aún más utilizando abrazaderas y pernos al mismo tiempo. Si los marcos se rasgan y los módulos no pueden utilizarse, marque los módulos anormales y consulte a LONGi.
Corrosión del marco	<ol style="list-style-type: none"> Para los proyectos propensos a la corrosión, como la orilla del mar y la superficie del agua, durante la instalación, utilice metales equipotenciales o arandelas de goma para evitar la corrosión electroquímica entre los diferentes metales. Si el marco está corroído, marque los módulos anormales y consulte al servicio de atención al cliente de LONGi para obtener asistencia.
Rotura de vidrio	<ol style="list-style-type: none"> Reforzar la dirección de obra para evitar que los módulos choquen. Si se rompe el vidrio, hay que sustituir los módulos. Cuidado especial después de la instalación: prevenir el riesgo de posibles grietas en el vidrio causadas por la rodadura de arena y grava durante inspecciones de O&M. Además, evitar salpicaduras de objetos duros como arena y grava al utilizar cortadoras de césped. Si hay zonas de actividad frecuente de aves alrededor del proyecto, es necesario evitar que las aves lancen objetos desde gran altura y rompan el cristal. Si el vidrio se rompe pero no hay indicios evidentes de impacto, marque los módulos anormales y consulte al servicio de atención al cliente de LONGi para obtener asistencia.
Rayado de la lámina posterior	Refuerce la gestión de la obra para evitar que los módulos se golpeen. Si la lámina posterior se raya, los módulos deben sustituirse o consultar al servicio de atención al cliente de LONGi.

b. Otras inspecciones de módulos fotovoltaicos: la frecuencia de inspección puede aumentar en función de la situación del proyecto.

Inspección	Método de inspección	Ciclo de inspección	Descripción anormal	Medidas de prevención y tratamiento
Solución de problemas de los módulos	Aviso de plataforma de vigilancia	Visualización en tiempo real y procesamiento puntual	Bajo circunstancias idénticas, si la diferencia entre la corriente o voltaje de una rama y el promedio de corriente o voltaje de otras ramas en los mismos colectores de combinación excede el 5%, o si el rendimiento de potencia/energía de salida de un colector de combinación es más bajo en más del 15% en comparación con otros colectores de combinación conectados al mismo inversor.	<ol style="list-style-type: none"> En general, si la corriente o el voltaje son anormales, se puede utilizar la plataforma de monitorización para bloquear la posición del subsuelo y realizar una inspección en el lugar. Si se trata del problema descrito en (a), solucionarlo de acuerdo con la descripción; si se trata de cualquier otro problema, marcar los módulos anómalos, y consultar inmediatamente con el servicio de atención al cliente de LONGi para obtener asistencia.

2.1.2 Pruebas periódicas de los módulos fotovoltaicos

Las centrales eléctricas condicionales pueden equiparse con equipos de prueba profesionales, como testers de características de módulos fotovoltaicos, pinzas amperimétricas de CC, multímetros, comprobadores de resistencia de aislamiento, termómetros de infrarrojos, cámaras termográficas de infrarrojos, etc. Por lo general, se aconseja programar pruebas periódicas de muestreo de la temperatura de funcionamiento y pruebas de aislamiento de los módulos fotovoltaicos.

Elemento de inspección	Método de inspección	Ciclo de inspección	Descripción anormal	Medida de prevención y tratamiento
Temperatura de trabajo	Cámara termográfica de infrarrojos	Una vez cada seis meses	La irradiación debe ser $\geq 600\text{W/m}^2$, la velocidad del viento $\leq 2\text{m/s}$. La diferencia entre la temperatura alta y baja de las celdas del mismo módulo es $\geq 30^\circ\text{C}$.	<ol style="list-style-type: none"> Compruebe si hay alguna sombra en la superficie de los módulos. Si la suciedad en la superficie del módulo cubre el color primario de las celdas, el módulo debe limpiarse de acuerdo con el apartado 2.2. Si hay obstrucciones alrededor del módulo, la obstrucción debe limpiarse de acuerdo con la Sección 2.3. Si persiste un sobrecalentamiento después de retirar la sombra del módulo, marque el módulo anormal, y consulte al servicio de atención al cliente de LONGi para obtener ayuda.
Prueba de aislamiento	Multímetro de resistencia de aislamiento	Una vez cada seis meses	El voltaje de prueba es el voltaje del sistema. Si el objeto de prueba es una cadena, cuando los electrodos positivo y negativo hacen cortocircuito, la resistencia de aislamiento a tierra, positivo a tierra y negativo a tierra es inferior a $1\text{M}\Omega$; si el objeto de prueba es un solo módulo, para módulos con una superficie inferior a 0.1m^2 , la resistencia de aislamiento debe ser inferior a $400\text{M}\Omega$; para módulos con una superficie superior a 0.1m^2 , la resistencia de aislamiento medida multiplicada por la superficie del módulo debe ser inferior a $40\Omega\cdot\text{m}^2$.	<ol style="list-style-type: none"> En general, si la corriente o el voltaje son anormales, se puede utilizar la plataforma de monitorización para bloquear la posición del sub-cadena/área y realizar una inspección en el lugar. Confirme la precisión de medición del multímetro y si está calibrado; confirmar la conexión (la terminal de alto voltaje está conectada al circuito interno del módulo, y la terminal de bajo voltaje está conectada al marco). Si el módulo presenta fallos de aislamiento, marque el módulo dañado y consulte al servicio de atención al cliente de LONGi para obtener asistencia. Compruebe si se debe a un fallo del sistema, por ejemplo, si hay contacto directo entre el cable roto y el soporte, si el valor inicial del inversor es demasiado alto, etc.

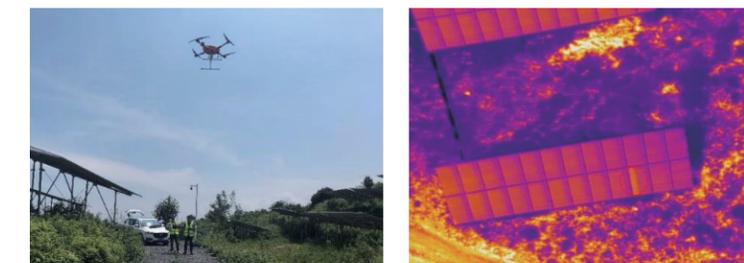
(1) Descripción de la prueba de temperatura de trabajo

La prueba de imagen térmica por infrarrojos suele utilizarse para detectar si los módulos presentan puntos calientes locales y problemas de alta temperatura. Si las centrales eléctricas utilizan la cámara termográfica infrarroja portátil, según la escala de los proyectos, se recomienda que la proporción de muestreo sea: los sistemas domésticos distribuidos pueden inspeccionarse en su totalidad; 30MW o menos pueden muestrearse según el 1%; de 30MW y hasta 100MW pueden muestrearse según el 0.5%; de 100MW en adelante pueden muestrearse según el 0.2%; amplie el ratio de muestreo cuando se encuentre un gran número de módulos defectuosos en la inspección aleatoria. Para proyectos de gran escala, también se pueden adquirir UAV profesionales con funciones de imagen térmica por infrarrojos para acelerar la inspección.

Prueba de imagen térmica por infrarrojo



Prueba de imagen térmica infrarroja UAV



Durante la prueba deben cumplirse los siguientes requisitos:

- Condiciones de ensayo: la central debe estar conectada a la red, y la irradiación debe ser $\geq 600\text{W/m}^2$, la velocidad del viento $\leq 2\text{m/s}$.
- Método de ensayo: la lente se orienta hacia el módulo sometido a ensayo; los puntos dinámicos de captura de alta y baja temperatura deben caer todos en la zona de celdas del mismo módulo.
- Juicio de los resultados:
 - Para la prueba de imagen térmica infrarroja UAV, solo se puede obtener en esta etapa la determinación de la alta temperatura anormal del módulo, y la diferencia de temperatura no puede determinarse más. Es necesario encontrar el módulo problemático y utilizar una cámara termográfica infrarroja portátil para comprobar con mayor precisión la diferencia de temperatura a corta distancia.
 - Si la diferencia entre la temperatura alta y baja de las celdas es $\geq 30^\circ\text{C}$, se considera que tiene puntos calientes.
 - Si se produce un calentamiento anormal en la caja de conexiones y el conector, es necesario comprobar si la caja de conexiones y el conector están abombados o mal conectados.
 - Si toda la serie de módulos genera calor, se puede utilizar un multímetro para probar el voltaje abierto de los módulos para confirmar aún más si los módulos son anormales.

(2) Descripción de la prueba de aislamiento

El medidor de resistencia de aislamiento suele utilizarse para detectar fallos en el aislamiento de los módulos. En general, si la corriente o el voltaje son anormales, se puede utilizar la plataforma de monitorización para bloquear la posición de la sub-cadena/área y realizar una inspección en el lugar.

(a) Método de prueba:

- ① Conexión del circuito: conecte el medidor “E” al marco o a tierra; conecte el medidor “L” al circuito bajo prueba; conecte el medidor “G” al anillo de protección que se utilizó para eliminar los efectos de fuga de la resistencia superficial del bucle bajo prueba.
- ② Seleccione la escala de medición del multímetro: cambie la escala de resistencia a la escala deseada, o pase de la escala de MΩ a la escala de GΩ. Si el medidor emite alarmas continuamente, significa que la resistencia de medida es demasiado baja y debe ser medido en un rango menor.
- ③ Registre el valor de la resistencia: registre el valor de la resistencia de acuerdo con la pantalla. Después de la emisión de alto voltaje, registre el tiempo transcurrido en intervalos de 15 segundos, 60 segundos y cada 60 segundos subsiguientes, lo cual facilita al operador llevar un registro.

(b) Juicio de los resultados:

El voltaje de prueba es el voltaje del sistema. Si el objeto de prueba es una cadena, cuando los electrodos positivo y negativo estén en cortocircuito, la resistencia de aislamiento a tierra, positivo a tierra y negativo a tierra no debe ser inferior a 1MΩ; si el objeto de prueba es un único módulo, para módulos con una superficie inferior a 0.1m², la resistencia de aislamiento no debe ser inferior a 400MΩ; para módulos con una superficie superior a 0.1m², la resistencia de aislamiento medida multiplicada por la superficie del módulo no será inferior a 40Ω.m².



Multímetro de resistencia de aislamiento

2.1.3 Puntos clave de inspección para distintos entornos de instalación

Para diferentes entornos de instalación, es necesario centrarse en las siguientes inspecciones. Para conocer las medidas específicas de prevención y tratamiento de los elementos de inspección, consulte la tabla anterior:

Tipo de proyecto	Características del proyecto	Elemento clave de inspección	Método de inspección	Ciclo de inspección
Proyecto de generación distribuida en techo	Debido a la escasa altura del módulo con respecto al tejado, el espacio entre los módulos y el tejado es limitado y la capacidad de los módulos para ventilar y disipar el calor es limitada.	Sombra en la superficie del módulo	Inspección visual	Una vez al mes
		Anomalías en cables, conectores y cajas de conexiones	Inspección visual	Una vez al mes
		Temperatura de funcionamiento	Cámara termográfica por infrarrojos	Una vez cada seis meses
		Prueba de aislamiento	Multímetro de resistencia del aislamiento	Una vez cada seis meses
		Resolución de problemas de los módulos	Advertencia de plataforma de supervisión	Visualización en tiempo real
Montaña, playa	Los módulos están expuestos a vientos fuertes.	Sombra en la superficie del módulo	Inspección visual	Una vez al mes
		Aflojamiento de fijaciones	Inspección visual	Una vez al mes
		Deformación o desgarre del marco	Inspección visual	Una vez al mes
		Fijación del cable	Inspección visual	Una vez al mes
		Desgarre del cristal, arañazo de la lámina posterior	Inspección visual	Una vez al mes
		Temperatura de trabajo	Cámara termográfica de infrarrojos	Una vez cada seis meses
		Resolución de problemas de los módulos	Aviso de plataforma de vigilancia	Visualización en tiempo real
Superficie del agua, flotante, orilla del mar	La humedad del ambiente es alta y las piezas metálicas son susceptibles de corrosión.	Sombra en la superficie del módulo	Inspección visual	Una vez al mes
		Anomalías en cables, conectores y cajas de conexiones	Inspección visual	Una vez al mes
		Corrosión del marco	Inspección visual	Una vez al mes
		Prueba de aislamiento	Multímetro de resistencia de aislamiento	Una vez cada seis meses
		Resolución de problemas de los módulos	Advertencia de plataforma de vigilancia	Visualización en tiempo real
Zonas con frecuentes truenos y relámpagos	Los truenos y relámpagos son frecuentes.	Anomalías en cables, conectores y cajas de conexiones	Inspección visual	Una vez al mes
		Prueba de aislamiento	Multímetro de resistencia de aislamiento	Una vez cada seis meses
		Resolución de problemas de los módulos	Advertencia de plataforma de vigilancia	Visualización en tiempo real
Zonas frecuentes de arena y polvo	Zonas frecuentes de arena y polvo.	Aflojamiento de fijaciones	Inspección visual	Una vez al mes
		Deformación o desgarre del armazón	Inspección visual	Una vez al mes
		Si el cable está fijo	Inspección visual	Una vez al mes
		Desgarre del cristal, rayado de la lámina posterior	Inspección visual	Una vez al mes
		Prueba de aislamiento	Multímetro de resistencia de aislamiento	Una vez cada seis meses
		Solución de problemas de los módulos	Inspección visual	Visualización en tiempo real

2.2 Limpieza de los módulos fotovoltaicos

Durante el funcionamiento del módulo, la obstrucción de polvo, excrementos de aves, el hielo y la nieve, reducirán la potencia de salida y la obstrucción parcial puede incluso causar puntos calientes. Por lo tanto, es necesario limpiar los módulos con regularidad.



2.2.1 Requisitos de limpieza de agua y detergente

(1) Para la limpieza de los módulos fotovoltaicos se puede utilizar el agua doméstica municipal. Si se utilizan otras fuentes de agua, deberán cumplirse los siguientes requisitos:

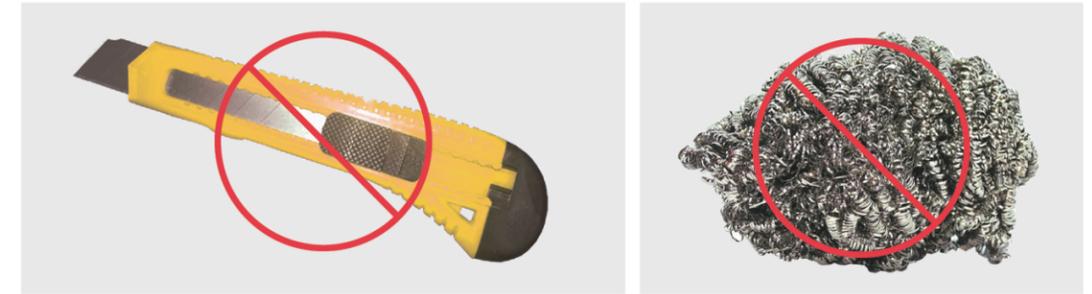
- (a) PH: 6 ~8
- (b) Cloruro o sanidad: 0-1000 mg/L
- (c) Turbidez: 0-30 NTU
- (d) Conductancia específica: $\leq 3000 \mu\text{s}/\text{cm}$
- (e) Sólidos disueltos totales: $\leq 1000 \text{ mg}/\text{L}$
- (f) Dureza del agua: 0-450 mg/L

No se recomienda utilizar agua con alto contenido mineral, ya que los minerales del agua se depositarán en la superficie del vidrio después de un uso prolongado, lo que se acumulará gradualmente y provocará el cambio del aspecto de los vidrios y la disminución de la transmitancia del vidrio, lo que puede reducir aún más la generación de energía del módulo.

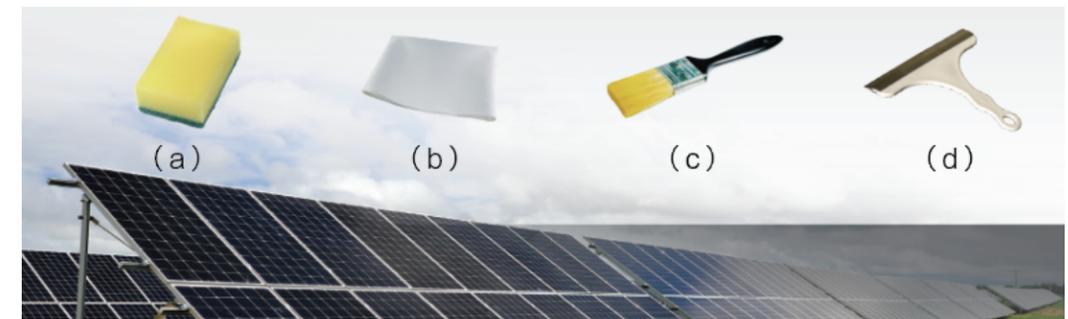
- (2) La diferencia de temperatura entre el agua y el módulo no puede superar los 10°C. No limpie el módulo cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C para evitar la congelación y el agrietamiento del cristal.
- (3) Cuando se utilice un flujo de agua a presión para la limpieza, la presión del agua sobre la superficie del módulo no deberá superar los 0.7Mpa.
- (4) Los detergentes, como los limpiacristales comerciales, el alcohol y el metanol, sólo pueden utilizarse cuando el módulo no pueda limpiarse con agua. No utilice polvo abrasivo, productos de limpieza abrasivos, productos de limpieza de lavado, productos de pulido, hidróxido de sodio, benceno, diluyente nitro, ácido o álcali y otras sustancias químicas. La zona de limpieza debe enjuagarse con agua por encima de lo requerido cuando se utiliza un agente detergente.
- (5) No utilice vapor ni reactivos químicos corrosivos para acelerar la limpieza.
- (6) Póngase en contacto con el equipo de servicio postventa de LONGi si necesita utilizar productos químicos para la limpieza en condiciones climáticas extremas o en entornos complejos.

2.2.2 Requisitos de las herramientas y equipo de limpieza

- (1) Durante el proceso de limpieza, se recomienda utilizar guantes de limpieza para evitar que queden huellas dactilares u otro tipo de suciedad en el cristal. No toque la superficie del cristal con las manos desnudas sin guantes.
- (2) No utilice herramientas y materiales que rayen la superficie de los módulos, como cuchillas, estropajos y otras herramientas metálicas u otros materiales abrasivos.



- (3) Se pueden utilizar diversos materiales de espuma blanda, telas no tejidas, escobas, esponjas blandas, cepillos blandos y cepillos cuyo diámetro de hilo de nailon sea de 0.06-0.1 mm. Si la esponja que se muestra en la siguiente figura (a) para limpiar los módulos, evite utilizar la superficie dura de la esponja para la limpieza.



- (4) Los módulos de LONGi pueden limpiarse con equipos de limpieza automática. Durante el proceso de limpieza, deben seguirse los requisitos para el uso de equipos de limpieza automática, y los módulos deben protegerse para que no sufran daños. Si no está seguro de si el equipo de limpieza automática causará daños a los módulos, puede consultar al personal de atención al cliente de LONGi.

2.2.3 Guía para el proceso de limpieza

- (1) Es necesario limpiar la parte posterior del módulo bifacial, y no se recomienda limpiar la parte posterior del módulo monofacial.
- (2) Durante la limpieza de los módulos fotovoltaicos, no salpique agua sobre los cables. Asegúrese de que los conectores estén limpios y secos para evitar descargas eléctricas y riesgos de incendio.
- (3) Para evitar el riesgo de descarga eléctrica, no limpie módulos fotovoltaicos con cristales rotos o cables expuestos.
- (4) No pise los módulos durante la limpieza.



- (5) Está estrictamente prohibido limpiar la obstrucción bajo las condiciones climáticas extremas de ventisca, fuertes lluvias o nieve pesada, y evitar que los módulos puedan dañarse por herramientas u operaciones inadecuadas.
- (6) Al quitar la nieve de la superficie del módulo fotovoltaico, utilice un mapeador para eliminar suavemente toda la nieve. Evite el fenómeno de “parte con nieve y parte sin nieve” en los módulos fotovoltaicos. No limpie a la fuerza la escarcha y nieve para evitar daños en la superficie de cristal del módulo.

2.2.4 Métodos de limpieza recomendados

(1) Tiempo de limpieza

La limpieza de los módulos debe realizarse por la mañana temprano, polvo, noche o día lluvioso (irradiación recomendada $\leq 200\text{W}/\text{m}^2$). La limpieza por la mañana o polvo debe realizarse a una hora en la que el sol esté tenue (se recomienda limpiar los módulos cuando el inversor no esté encendido). Evite que las sombras creadas por el hombre provoquen puntos calientes en el campo fotovoltaico.

En días nublados o lluviosos, la luz solar penetrará en la fina capa de nubes y los módulos generarán voltaje. Es necesario prestar atención a la seguridad del personal para evitar peligros.

(2) Ciclo y área de limpieza

Dado que las centrales fotovoltaicas de gran tamaño ocupan una gran superficie, el número de módulos es enorme, y cada día el tiempo adecuado para las operaciones de limpieza es corto, el trabajo de limpieza de las centrales fotovoltaicas debe planificarse y llevarse a cabo de acuerdo con el área específica, a fin de utilizar la menor cantidad de mano de obra para completar el trabajo de limpieza de la central fotovoltaica. La división por zonas de los trabajos de limpieza debe realizarse de acuerdo con la estructura eléctrica de la central fotovoltaica y, al mismo tiempo, debe garantizarse que cada trabajo de limpieza pueda abarcar todos los módulos conectados a varias cajas combinadoras e inversores.

Para el ciclo de limpieza, el cliente debe evaluar la frecuencia de limpieza del módulo en función de la situación real del proyecto:

- a) En zonas lluviosas, se recomienda limpiar al menos una vez cada 40-50 días; en zonas secas con poca lluvia, se recomienda limpiar al menos una vez cada 20-30 días.

- b) Se recomienda limpiar la parte posterior del módulo bifacial al menos una vez cada seis meses.

- c) Cuando el módulo o celda estén parcialmente oscurecidos por la suciedad, deberá limpiarse el módulo.

(3) Proceso de limpieza

Se recomienda completar los trabajos de limpieza rutinaria mediante tres procesos: primero barrido, segundo raspado y tercer lavado.

Paso 1: Barrido

Utilice un plumero seco (sin objetos duros) o un paño suave y limpio para eliminar el polvo depositado y las hojas caídas sobre la superficie del módulo. Si no hay otros depósitos en la superficie del módulo y el módulo se ha limpiado según este paso, los pasos siguientes no son necesarios.

Paso 2: Raspado

Si los módulos tienen adheridos objetos extraños duros como tierra, excrementos de aves, ramas y hojas de plantas, etc., es necesario limpiarlos con un paño no tejido o un cepillo y no utilizar objetos duros para raspar esta zona. En caso no se encuentren objetos extraños duros adheridos no será necesario raspar la zona, solamente retire los objetos extraños.

Paso 3: Lavado

Si hay manchas en la superficie de los módulos, como excrementos de aves, jugos de plantas, etc., o la humedad del aire es demasiado alta para que el polvo sea difícil de eliminar, es necesario limpiar los módulos. Después de pulverizar el agua de limpieza en la zona contaminada, utilice un cepillo para limpiar al mismo tiempo. Si hay sustancias aceitosas, se puede aplicar alcohol a la zona contaminada, y se necesita un cepillo después de que la solución penetre en los contaminantes. Si persiste habiendo suciedad que no se puede eliminar, puede utilizar un detergente comercial para cristales y utilizar un paño no tejido para limpiarlo.

Los módulos bifaciales sin marco suelen utilizar los mismos métodos de limpieza que los módulos comunes. Sin embargo, debido a que no hay marco alrededor de ellos, es necesario tener plenamente en cuenta la deformación causada por el voltaje externo durante el proceso de limpieza, y tratar de evitar acciones a gran escala para evitar daños en el módulo o la aparición de incidentes de seguridad.

Dado que la parte posterior del módulo fotovoltaico bifacial también puede generar energía, también se sugiere limpiar la parte posterior del módulo, y el método de limpieza es el mismo que el de la parte frontal. Desde el punto de vista de seguridad, se recomienda completar la operación de apagado antes de limpiar la parte trasera del módulo bifacial; cuando limpie la parte trasera del módulo bifacial, no lave directamente la caja de conexiones con agua, y asegúrese de que el conector esté limpio y seco.

2.2.5 Requisitos especiales de limpieza ambiental

(1) Nieve acumulada

Los módulos LONGi pueden soportar grandes cargas de nieve (consulte el manual de instalación). Si necesita retirar la nieve para aumentar la potencia de salida, utilice herramientas que no dañen la superficie del módulo, como un cepillo, un mapeador o un soplador, y retire suavemente toda la nieve para evitar la aparición del “parte nieve y parte sin nieve” en el módulo fotovoltaico, “el fenómeno del parchado”. No utilice agua caliente para verter los módulos fotovoltaicos, ya que el calor y el frío desiguales dañarán gravemente los módulos fotovoltaicos. Por favor, no intente quitar la nieve congelada o el hielo en el módulo para evitar daños en la superficie de vidrio del módulo.

(2) Zonas áridas y sin lluvia

En zonas áridas y sin lluvia, es probable que se acumule arena y polvo en toda la superficie del módulo, como se muestra en la siguiente figura. La frecuencia de limpieza debe juzgarse en función de la acumulación de polvo. Si el módulo o la celda están parcialmente cubiertos por la suciedad, deberá limpiarse el módulo. En el caso de las centrales pequeñas, la limpieza manual puede realizarse siguiendo los pasos indicados anteriormente. Para las centrales eléctricas de gran escala, los vehículos de limpieza de alta presión se pueden utilizar para impactar tangencialmente o positivamente los módulos fotovoltaicos para lograr el efecto de eliminación de polvo, o el equipo de limpieza automática aprobado por LONGi se puede utilizar para la limpieza.



(3) Zonas húmedas y lluviosas

En zonas húmedas y lluviosas, la superficie superior del módulo puede mantenerse limpia hasta cierto punto lavándola con agua de lluvia, pero es probable que quede una pequeña cantidad de agua y suciedad en el borde inferior del módulo. Este fenómeno es particularmente evidente en escenarios de instalación distribuida en techos, con un pequeño ángulo de inclinación, como se muestra en la figura siguiente. En este caso, la acumulación prolongada de agua en el borde inferior del módulo corroerá la superficie de cristal, y el apantallamiento desigual del borde inferior del módulo provocará un calentamiento anormal en la zona. Por favor, aumente la frecuencia de limpieza de acuerdo con la situación real. Si el módulo o la celda están parcialmente cubiertos por suciedad, deberá limpiarse el módulo.



2.2.6 Inspección después de la limpieza

- (1) Visualmente, el aspecto general de los módulos es limpio, brillante y sin manchas.
- (2) No hay arañazos evidentes en la superficie del módulo.
- (3) No hay grietas en la superficie del módulo.
- (4) No hay inclinación o flexión del soporte del módulo después de la limpieza.
- (5) No hay daños en los módulos, como cristales rotos, láminas posteriores rotas, marcos torcidos o deformados, cables dañados, conectores desconectados o rotos y cajas de conexiones dañadas.
- (6) Compruebe la calidad de la limpieza mediante el monitor de generación de energía.

2.3 Limpieza de obstrucciones de módulos fotovoltaicos

2.3.1 Requisitos de la limpieza de obstrucciones

- (1) Durante el funcionamiento de los módulos, no debe haber factores ambientales que proyecten sombras sobre el módulo y bloqueen los módulos, de lo contrario se producirán puntos calientes en el módulo, lo que hará que la potencia de salida se reduzca significativamente. Un apantallamiento prolongado provocará riesgos para la seguridad y dañará el módulo y las celdas por puntos calientes permanentes. Generalmente, hay mucha vegetación en las centrales eléctricas de montaña, y los módulos son propensos a ser bloqueados por la vegetación. Si se detecta esta situación durante el proceso de operación y mantenimiento, limpie a tiempo.



Sombra de la vegetación

Secado de cultivos

- (2) En el proceso de limpieza de la obstrucción, es necesario cumplir con las leyes nacionales, las regulaciones locales y las normas de la industria, incluyendo la ley de producción de seguridad, la ley de protección del medio ambiente, las normas nacionales y los códigos de energía, etc., para garantizar la seguridad de las personas y los sistemas de módulos fotovoltaicos, y proteger el medio ambiente.
- (3) Si se utilizan inhibidores de vegetación para pulverizar, los fármacos no deben contener componentes corrosivos u oxidantes para los módulos y el sistema, y se debe evitar el contacto con el módulo.
- (4) Está estrictamente prohibido limpiar la obstrucción bajo condiciones climáticas extremas de ventisca, lluvia intensa o nieve intensa, y es necesario evitar que los módulos puedan dañarse por herramientas u operaciones inadecuadas.
- (5) Las obstrucciones limpiadas deben retirarse de la zona del campo fotovoltaico para su eliminación.
- (6) En el proceso de limpieza del refugio o de la vegetación, es necesario evitar el aplastamiento del módulo que puede afectar a la estabilidad de la cimentación del pilote y de la columna.

2.3.2 Inspección después de la limpieza de obstrucciones

- (1) Visualmente, la superficie receptora de luz del módulo no está bloqueada, y en el módulo bifacial se debe prestar atención a que la parte posterior no esté bloqueada.
- (2) La vegetación debe estar 5 cm por debajo del borde inferior del módulo.
- (3) Se limpian los obstáculos en el lugar y no se dañan los módulos fotovoltaicos.

03

Manejo de problemas con el módulo

Durante el funcionamiento del módulo fotovoltaico, si el módulo falla, se clasifica según la responsabilidad del fallo y se puede hacer referencia a los dos métodos siguientes:

3.1 Fallo relacionado por defecto del módulo

Durante el período de garantía de los módulos, para los problemas causados por los defectos de los módulos, antes de desmontar y entregar, es necesario tomar fotos de los problemas, los códigos de barras de los módulos y las placas de identificación, y luego contactar inmediatamente con LONGi o con el distribuidor que compró los módulos para proporcionar la siguiente información para obtener el servicio postventa:

- (a) Nombre de cliente
- (b) Descripción detallada
- (c) Materiales de prueba, incluidas fotos o datos
- (d) El número de serie del módulo correspondiente
- (e) Comprobante de compra
- (f) Tipo de módulo
- (g) La ubicación del módulo

LONGi proporcionará sugerencias y soluciones de acuerdo con la garantía limitada correspondiente.

3.2 Fallo no relacionado por defecto del módulo

Cuando los módulos no puedan utilizarse con normalidad debido a una fuerza externa o a una descarga eléctrica externa, debe dejar de utilizar estos módulos inmediatamente y, a continuación, consultar al ingeniero de instalación del sistema para sustituirlos por módulos de rendimiento similar. Puede deshacerse de estos módulos usted mismo de estas formas:

- (a) Siga los requisitos de las leyes y normativas locales, y póngase en contacto con una organización que tenga las cualificaciones para el tratamiento inofensivo para reciclar y manipular estos módulos
- (b) Si su zona está incluida en el ámbito de actividad de PV Cycle, puede ponerse en contacto con ellos para su manipulación.

Revisión y fecha
Enero 2024, versión 02