



SolarVela & SolarNoah Series

Manuel d'exploitation et de maintenance des modules PV légers et flexibles

Shandong ZKFN Solar Technology Co., Ltd.

Date de publication : 2026-05-09 | Version : ZKFN-ATSD-FLX-OMM-122

Table des matières

1. Aperçu du manuel, droits et responsabilités.....	- 3 -
1.1 Domaine d'application.....	- 3 -
1.2 Clause de non-responsabilité	- 3 -
1.3 Étendue de la responsabilité	- 3 -
1.4 Conditions de garantie	- 4 -
1.5 Informations sur le support technique.....	- 4 -
2. Procédures opérationnelles de sécurité pour l'exploitation et la maintenance	- 4 -
2.1 Avertissements généraux de sécurité	- 4 -
2.2 Exigences de sécurité pour le personnel d'exploitation et de maintenance ..	- 5 -
2.3 Exigences de sécurité des équipements.....	- 6 -
2.4 Activités d'exploitation et de maintenance interdites	- 7 -
3. Spécifications d'inspection d'exploitation et de maintenance	- 8 -
3.1 Exigences générales d'exploitation et de maintenance	- 8 -
3.2 Fréquence et éléments d'inspection	- 10 -
3.3 Inspections spéciales	- 11 -
4. Nettoyage des modules photovoltaïques	- 11 -
4.1 Exigences de base pour le nettoyage	- 11 -
4.2 Méthodes de nettoyage	- 12 -
4.3 Moment du nettoyage.....	- 12 -
4.5 Précautions de nettoyage.....	- 12 -
4.6 Inspection après nettoyage	- 13 -
5. Réparation et remplacement des modules	- 13 -
5.1 Exigences générales pour le remplacement.....	- 13 -
5.2 Procédure de remplacement des modules montés par adhésif (Série SolarVela)-	14 -
5.3 Procédure de remplacement des modules fixés par pinces (Série SolarNoah)-	15 -
5.4 Vérification du système après remplacement du module	- 15 -
6. Diagnostic des pannes courantes et dépannage	- 16 -
6.1 Dégradation anormale de la puissance du module.....	- 16 -
6.2 Effet de point chaud du module.....	- 17 -
6.3 Défauts de câblage et de connecteurs des modules.....	- 17 -
6.4 Diagnostic des défauts côté onduleur et au niveau des chaînes	- 18 -

7.1 Intervention d'urgence en cas de fuite électrique d'un module.....	- 19 -
7.2 Intervention d'urgence en cas d'incendie d'un module.....	- 19 -
7.3 Intervention d'Urgence en Cas de Catastrophe Naturelle	- 20 -
7.4 Intervention d'urgence en cas de foudre	- 21 -
8. Gestion des enregistrements O&M et gestion des archives	- 22 -
8.1 Système de gestion des enregistrements O&M	- 22 -
8.2 Système de classement et d'archivage.....	- 22 -
8.3 Rapport annuel d'exploitation et de maintenance	- 23 -
9.1 Foire aux questions (FAQ)	- 23 -
9.2 Liste de contrôle des outils et instruments courants d'exploitation et de maintenance.....	- 25 -
9.3 Assistance technique et coordonnées.....	- 25 -
9.4 Notes de révision du manuel.....	- 26 -

1. Aperçu du manuel, droits et responsabilités

1.1 Domaine d'application

Le présent manuel d'exploitation et de maintenance (ci-après dénommé "ce Manuel") est publié par Shandong ZKFN Solar Technology Co., Ltd. (ci-après dénommé "ZKFN SOLAR") et s'applique à tous les aspects opérationnels tout au long du cycle de vie complet des modules PV légers des séries SolarVela et SolarNoah (ci-après collectivement dénommés "Modules"), couvrant : l'inspection de routine et les tests spécialisés, le nettoyage des modules, le diagnostic et le dépannage des défauts, la réparation et le remplacement des modules, l'intervention d'urgence, ainsi que la gestion des enregistrements et des archives d'exploitation et de maintenance.

La série SolarVela se compose de modules flexibles conformables installés par collage direct avec adhésif structurel, sans besoin de rails ou de supports de montage, adaptés aux toits en tôle d'acier colorée de type T et ondulée, ainsi qu'aux surfaces de membranes d'étanchéité de toits plats. La série SolarNoah se compose de modules légers à cadre arrière rigide installés à l'aide du système de fixation rapide Quick-Clamp, permettant un retrait non destructif, adaptés à divers toits en tôle d'acier colorée (y compris les types à joint debout et à joint trapézoïdal) et aux scénarios de toits plats. Les deux séries sont équipées de la technologie exclusive TSR-Armor™ Anti-Micro-Crack de ZKFN SOLAR.

Ce Manuel est destiné aux entités d'exploitation et de maintenance qualifiées et à leur personnel. Lesdites entités et leur personnel opérationnel sont tenus de lire, de comprendre pleinement et de respecter strictement toutes les dispositions de ce Manuel avant de commencer les travaux, et doivent fournir une divulgation écrite des consignes de sécurité et de maintenance essentielles au propriétaire final.

1.2 Clause de non-responsabilité

ZKFN SOLAR se réserve le droit de modifier ce Manuel sans préavis en raison de mises à niveau technologiques des produits, d'améliorations des processus ou de mises à jour des normes. La version la plus récente de ce Manuel sera publiée simultanément dans le centre de téléchargement du site officiel de ZKFN SOLAR. Les clients et les parties responsables de l'exploitation et de la maintenance sont tenus de vérifier et de s'assurer proactivement de l'utilisation de la version la plus récente. Tout écart opérationnel résultant de l'utilisation d'une version obsolète de ce Manuel relèvera de la seule responsabilité de l'utilisateur.

Le non-respect par le client des exigences énoncées dans le manuel d'exploitation et de maintenance (y compris les modifications publiées sur le site officiel de ZKFN SOLAR pendant la période d'exploitation et de maintenance) lors de l'exploitation et de la maintenance des modules entraînera l'annulation de la garantie limitée du produit fournie au client.

ZKFN SOLAR ne donne aucune garantie, expresse ou implicite, concernant les informations contenues dans ce Manuel. Les utilisateurs et le personnel d'exploitation et de maintenance doivent effectuer des relevés techniques sur site du projet pour s'assurer que les méthodes d'exploitation et de maintenance adoptées sont conformes aux lois, réglementations et codes du bâtiment locaux.

1.3 Étendue de la responsabilité

Que l'exploitation et la maintenance des modules soient effectuées conformément aux instructions de ce Manuel ou non, ZKFN SOLAR n'assume aucune responsabilité légale pour tout dommage survenant pendant le processus d'exploitation et de maintenance (y compris,



mais sans s'y limiter, les blessures corporelles et les dommages matériels résultant de la manipulation des modules et de la maintenance du système).

En cas de divergence entre les différentes versions linguistiques du présent manuel, la version chinoise prévaut.

Ce manuel est fourni uniquement à titre indicatif pour les opérations de maintenance. Aucune déclaration contenue dans ce manuel, qu'elle soit expresse ou implicite, ne constitue un certificat de garantie.

1.4 Conditions de garantie

Tous les produits des séries SolarVela et SolarNoah de ZKFN SOLAR bénéficient d'une garantie produit de 12 ans et d'une garantie de puissance linéaire de 25 ans. La couverture spécifique de la garantie, les procédures de réclamation et les clauses d'exclusion sont régies par le document de garantie officiel fourni au moment de l'achat du produit.

Les principaux matériaux auxiliaires remplacés lors de la maintenance, notamment les modules, les pinces, les adhésifs structurels et les connecteurs, doivent utiliser des modèles de spécifications recommandés ou certifiés par ZKFN SOLAR afin de garantir la compatibilité, la fiabilité et la sécurité globales du système. Les dommages causés au produit ou au système par l'utilisation de matériel non certifié ne sont pas couverts par la garantie.

1.5 Informations sur le support technique

Pour obtenir une documentation de support technique plus détaillée, une coordination de solutions spécifiques au projet ou une assistance pour des problèmes de maintenance anormaux, veuillez contacter ZKFN SOLAR via les canaux officiels suivants :

Hotline de service :(+86) 400 6768 100 (Office Hours: 8:30-17:30, Beijing Time)

Adresse e-mail de contact : tech-support@zkfnsolar.com

Site Web officiel : www.zkfnsolar.com

Adresse de l'usine de fabrication : Bâtiment 1, Xinshenglin, Parc industriel intelligent Lvhaihui, Zone de développement économique de Jining, Ville de Jining, Province du Shandong

2. Procédures opérationnelles de sécurité pour l'exploitation et la maintenance

2.1 Avertissements généraux de sécurité

1. Tous les travaux d'exploitation et de maintenance doivent être effectués en totale conformité avec les réglementations locales et régionales ainsi qu'avec les normes électriques nationales ou internationales applicables.
2. Risque de choc électrique et de brûlure : Les modules photovoltaïques sont des dispositifs générateurs de courant continu. Lorsque leurs surfaces sont exposées à la lumière, une tension continue sera présente aux bornes positive et négative et aux connecteurs, même s'ils ne sont pas connectés à un circuit. La tension d'un champ photovoltaïque composé de plusieurs modules connectés en série peut atteindre des niveaux mettant en danger la sécurité des personnes. Il est interdit au personnel n'ayant pas reçu de formation professionnelle ou d'autorisation de toucher de quelque manière que ce soit les bornes, connecteurs ou parties actives exposées des modules. Tout contact avec des composants sous tension peut entraîner des brûlures graves ou un choc électrique mortel.

3. Interdiction des opérations de coupure en charge : Avant d'effectuer tout travail de remplacement de module, de câblage ou de modification du système, il est essentiel de s'assurer d'abord que les systèmes côté courant continu et côté courant alternatif sont complètement hors tension, et de mettre en œuvre des mesures strictes de verrouillage contre la remise sous tension et de vérification de l'absence de tension. Il est interdit en toutes circonstances de déconnecter des connecteurs ou des connexions électriques sous charge. La déconnexion en charge générera un arc électrique continu dangereux et destructeur, pouvant provoquer un incendie, des dommages matériels et des blessures graves.
4. Manipulation des modules endommagés : Les modules présentant des dommages esthétiques lors des inspections d'exploitation et de maintenance (y compris, mais sans s'y limiter, la pénétration de la surface, la fissuration, les rayures de la face arrière avec pénétration, la fissuration de la boîte de jonction ou l'infiltration d'eau interne) doivent être immédiatement isolés et programmés pour remplacement. Les modules endommagés sont irréparables et présentent un risque extrêmement élevé de fuite électrique et de choc électrique, car leurs performances d'isolation sont complètement défectueuses. Il est interdit, pour quelque raison que ce soit, de démonter les modules, de retirer les composants des modules ou de modifier le câblage des diodes de dérivation. Les couvercles des boîtes de jonction des modules doivent rester fermés en permanence.
5. Risque de court-circuit positif-négatif : Il est interdit de connecter directement les connecteurs positif et négatif d'un seul module, car cela provoquerait un court-circuit du module. Avant d'effectuer des travaux d'exploitation et de maintenance, tous les bouchons d'isolation des connecteurs ou les joints d'étanchéité doivent être inspectés et confirmés comme étant intacts et correctement en place, afin d'éviter les courts-circuits causés par une défaillance de l'isolation, qui pourraient entraîner un risque d'incendie ou de choc électrique.
6. Sécurité incendie : En cas d'incendie sur le site d'exploitation et de maintenance, dans des conditions où il est sûr de le faire et sans risque pour le personnel, l'alimentation électrique de l'ensemble du système photovoltaïque (y compris les côtés courant continu et courant alternatif) doit d'abord être coupée. Ensuite, la lutte contre l'incendie doit être effectuée conformément aux codes de sécurité incendie électrique en utilisant des agents extincteurs non conducteurs tels que la poudre sèche ou le dioxyde de carbone. Il est interdit de pulvériser directement de l'eau ou de la mousse sur les modules et le système électrique sans avoir d'abord coupé l'alimentation électrique.
7. Classe d'application et avertissement : Cette série de modules est de classe d'application A (équivalente à la classe de sécurité II de la norme CEI 61730-1), adaptée aux systèmes accessibles au public. Lorsque la tension en circuit ouvert du système dépasse 50 V, conformément aux réglementations de sécurité, des panneaux d'avertissement « Danger : Choc électrique » bien visibles doivent être apposés à proximité des dispositifs de connexion des chaînes et dans des endroits facilement accessibles tels que les onduleurs.

2.2 Exigences de sécurité pour le personnel d'exploitation et de maintenance

1. Exigences de qualification : Tout le personnel responsable de l'exploitation et de la maintenance des systèmes photovoltaïques doit avoir suivi une formation professionnelle en exploitation et maintenance de systèmes photovoltaïques, détenir des certificats de qualification valides (y compris, sans s'y limiter, le certificat

d'électricien basse tension, le certificat d'électricien haute tension, le certificat de travail en hauteur) et connaître parfaitement toutes les spécifications de sécurité de ce manuel ainsi que les réglementations gouvernementales locales applicables avant de commencer les travaux d'exploitation et de maintenance.

2. Règle du travail à deux : Pour minimiser les risques associés aux opérations en solo (tels que les chocs électriques accidentels, les chutes de hauteur, etc.), tous les travaux d'exploitation et de maintenance, de manutention et de câblage sur site doivent être effectués par au moins deux personnes travaillant ensemble. Les opérations à haut risque en solo sont interdites.
3. Équipement de protection individuelle (EPI) : Le personnel d'exploitation et de maintenance doit porter correctement un équipement de protection individuelle certifié pendant les opérations, y compris, sans s'y limiter : des gants isolants, des chaussures isolantes et un casque de sécurité. Lorsque le travail en hauteur est impliqué, un harnais de sécurité antichute à double mousqueton doit être porté en permanence et solidement ancré à un point d'ancrage fiable et indépendant. Lors de l'utilisation d'équipements de test tels que des multimètres et des thermomètres infrarouges, l'équipement doit être utilisé correctement conformément au manuel de l'équipement pour éviter tout dommage à l'équipement ou toute blessure corporelle.
4. Outils et bijoux : Seuls les outils conformes aux normes de sécurité et correctement isolés peuvent être utilisés pendant le travail. Le port de bijoux en métal (tels que montres, bagues, colliers, bracelets, etc.) est interdit pendant le service. Ces articles peuvent provoquer une conduction de courant involontaire entraînant des risques de court-circuit, ou peuvent rayer la surface du module pendant le travail.
5. Conditions météorologiques défavorables : Les inspections extérieures, le nettoyage ou les travaux de réparation de quelque nature que ce soit sont interdits sous la pluie, la neige, le brouillard ou les orages, ou lorsque la vitesse instantanée du vent sur site atteint ou dépasse la force 4 (environ 7,9 m/s). Les environnements humides augmentent considérablement le risque de choc électrique. Le personnel d'exploitation et de maintenance doit s'assurer que tous les modules, outils et points de connexion électrique sont dans un état propre et sec avant de commencer les travaux.
6. Sensibilisation à la sécurité : Le personnel d'exploitation et de maintenance doit adopter un état d'esprit de « sécurité d'abord ». Il est strictement interdit de toucher les parties métalliques sous tension des modules sans avoir coupé l'alimentation électrique. Il est strictement interdit de fumer ou d'utiliser des flammes nues à proximité du champ de modules. Si des dangers pour la sécurité tels qu'une fuite électrique du module ou un incendie sont découverts, le travail doit être immédiatement arrêté, l'alimentation électrique coupée et les procédures d'urgence correspondantes lancées.

2.3 Exigences de sécurité des équipements

1. Sécurité des circuits : Le câblage du champ de modules photovoltaïques doit être conforme aux spécifications de sécurité électrique. Les bornes doivent être solidement connectées pour éviter tout desserrage et oxydation. L'interrupteur principal, les disjoncteurs, les fusibles et autres dispositifs de protection du champ de modules doivent être inclus dans le périmètre d'inspection périodique pour garantir leur bon fonctionnement et leur capacité à couper rapidement l'alimentation électrique en cas de court-circuit ou de surcharge du circuit. Toute modification non autorisée de la méthode de connexion du circuit du module ou l'ajout de charges supplémentaires est strictement interdite.

2. Sécurité incendie : La zone entourant le champ de modules doit rester dégagée. Le stockage de matériaux inflammables et explosifs (tels que l'essence, le diesel, les cartons, les solvants chimiques, etc.) est strictement interdit. La centrale doit être équipée d'une quantité adéquate d'équipements d'extinction d'incendie de types appropriés (extincteurs à poudre sèche, extincteurs à dioxyde de carbone). Les équipements d'extinction d'incendie doivent être inclus dans le plan d'inspection périodique pour garantir qu'ils restent dans la période de validité et en état de fonctionnement. Le personnel d'exploitation et de maintenance doit maîtriser la méthode de base de la lutte contre l'incendie d'une centrale photovoltaïque : d'abord couper l'alimentation électrique, puis utiliser l'équipement d'extinction d'incendie approprié pour l'extinction.
3. Déclaration d'exemption de mise à la terre des modules : Étant donné que la conception de tous les modules des séries SolarVela et SolarNoah n'intègre aucun cadre métallique externe non isolé (bordure), le module lui-même constitue une structure d'isolation complète de classe II (équivalente à la classe de sécurité II de la norme IEC 61730-1). Par conséquent, un traitement explicite de mise à la terre de toute partie du corps du module n'est pas requis. Cette déclaration d'exemption ne modifie pas les exigences globales de mise à la terre de protection contre la foudre et de mise à la terre de protection électrique du système photovoltaïque.

2.4 Activités d'exploitation et de maintenance interdites

Pour garantir les performances des modules, la sécurité des personnes et la validité de la garantie, les activités suivantes sont strictement interdites lors des opérations d'exploitation et de maintenance :

1. Dommages physiques et revêtements : Il est interdit d'utiliser des objets tranchants pour rayer, frapper, plier ou heurter les surfaces avant et arrière des modules. Il est interdit d'appliquer de la peinture, des adhésifs, du ruban adhésif ou tout type de revêtement sur toute zone de la surface du module. Il est interdit de percer des trous, de couper ou de meuler toute partie du module (sauf accord écrit préalable du personnel technique professionnel de ZKFN SOLAR).
2. Dommages aux câbles et connecteurs : Il est interdit de rayer, couper, écraser ou tirer les câbles et connecteurs installés en usine du module de quelque manière que ce soit. Il est interdit d'exposer les câbles et connecteurs à la lumière directe du soleil ou à l'eau pendant des périodes prolongées sans protection adéquate.
3. Manipulation et pression inappropriées : Il est interdit de soulever, porter ou traîner les modules en saisissant la boîte de jonction, les conducteurs de sortie ou les connecteurs. Les modules doivent être portés à deux mains en soutenant le dessous. Il est interdit d'appliquer une pression inappropriée, de se tenir debout, de marcher, de grimper ou de sauter sur la surface du module. Il est interdit de laisser les modules entrer en collision, frotter ou heurter des objets durs ou tranchants.
4. Concentration artificielle de lumière : Il est interdit d'utiliser des miroirs, des loupes, des lentilles ou d'autres dispositifs optiques pour concentrer un supplément de lumière solaire ou artificielle sur la surface du module.
5. Immersion dans l'eau et empilage : Il est interdit de placer les modules pendant des périodes prolongées ou de manière permanente dans des environnements où l'eau peut s'accumuler ou où ils sont continuellement exposés à l'humidité. À toutes les étapes du stockage, de la manutention et de l'exploitation et de la maintenance, il est

interdit de placer les modules face vers le bas, d'empiler les modules les uns sur les autres ou d'appliquer des charges de compression sur les modules.

6. **Matières étrangères en surface et ombrage** : Il est interdit d'appliquer de l'adhésif structurel, du mastic ou toute substance étrangère sur la zone de réception lumineuse effective des cellules du module lors de l'exploitation et de la maintenance. Une fois l'exploitation et la maintenance terminées, toutes les lignes de sortie et les câbles de dérivation doivent être acheminés clairement et fixés de manière fiable. Il est interdit que des conducteurs, des pinces ou d'autres objets fassent de l'ombre à la zone de réception lumineuse effective des cellules.
7. **Sources de pollution et sources d'inflammation** : Il est interdit d'installer des sorties d'émission continues ou des événements d'échappement pour les fumées d'huile, la poussière ou les gaz chimiquement corrosifs autour des modules. Il est interdit de stocker des sources de flamme nue ou des matériaux inflammables et explosifs à proximité des modules.
8. **Chargement inapproprié** : Après avoir terminé les inspections d'exploitation et de maintenance, il est interdit de placer des objets lourds, des outils ou des objets à point d'appui tranchant sur la surface des modules, afin d'éviter tout dommage dû à une contrainte prolongée.
9. **Prévention du desserrage** : Les modules doivent toujours rester solidement fixés pour résister à toutes les charges potentielles (y compris les charges de vent et de neige). Le desserrage des modules qui tire sur les câbles de connexion, entraînant une défaillance de l'isolation, des fuites électriques et des arcs électriques, constitue une source de risque importante pour les systèmes photovoltaïques distribués.
10. **Interdiction de démontage** : Il est interdit de démonter les modules ou de retirer tout composant des modules. Les boîtes de jonction endommagées et les connecteurs endommagés présentent tous deux des risques électriques potentiels et des risques de coupure.

3. Spécifications d'inspection d'exploitation et de maintenance

3.1 Exigences générales d'exploitation et de maintenance

3.1.1 Gestion de la prévention de l'ombrage

Pendant l'installation et le fonctionnement des modules photovoltaïques légers, l'ombrage local ou global (y compris, mais sans s'y limiter, les câbles, les bornes, les capuchons de ventilation, les équipements de surveillance, les onduleurs, les ombres des arbres, les murs de parapet, les garde-corps, etc.) est strictement interdit. Lors des inspections, les nouvelles sources d'ombrage émergentes doivent être minutieusement examinées et rapidement éliminées.

Après des épisodes de pluie ou de neige, la surface du module doit être inspectée dans les 24 heures, et la poussière accumulée sur la surface du module doit être rincée pour éviter que la poussière ne se mélange à l'eau de pluie et ne forme des taches de boue restant sur la surface du module, provoquant un ombrage localisé sévère.

Respecter une combinaison d'inspection de routine et de tests spécialisés. Effectuer périodiquement un contrôle visuel pour détecter l'ombrage par débris, l'intégrité de l'apparence des modules et l'état des boîtes de jonction. Retirer rapidement les objets d'ombrage localisés tels que la poussière de surface et les déjections d'oiseaux. Mettre en

œuvre des mesures efficaces de prévention de l'ombrage et de prévention de l'accumulation de poussière pour la centrale.

3.1.2 Inspection de sécurité de la structure de montage

1. Méthode de collage structurel (Série SolarVela) : À chaque inspection, l'état des zones collées doit être vérifié pour déterminer s'il y a ouverture de l'adhésif, décollement, soulèvement des coins ou soulèvement des bords. Concentrer l'inspection sur la qualité du collage aux quatre coins et sur les zones de bord des modules. Toute anomalie constatée doit être rapidement enregistrée et programmée pour réparation.
2. Méthode de fixation par pinces/supports (Série SolarNoah) : À chaque inspection, la fermeté des pinces et des supports ainsi que le serrage des boulons doivent être vérifiés. En même temps, l'état de sécurité des structures de support pertinentes du bâtiment doit être examiné. Pour les boulons M8 utilisés pour le serrage des pinces, le couple de serrage doit être maintenu dans la plage de 15 à 20 N·m.

3.1.3 Inspection de sécurité électrique

Se concentrer sur l'inspection de l'intégrité de l'étanchéité des connexions et du serrage des connecteurs PV, et rechercher si les câbles CC présentent des signes de dommages, de vieillissement, de compression ou de tension.

Vérifier la conformité des spécifications et des modèles des connecteurs PV. Si les connecteurs PV utilisés ne correspondent pas aux connecteurs d'origine des modules PV en termes de spécifications ou de modèle, cela peut facilement entraîner un jeu excessif dans l'interface d'ajustement et une défaillance de la structure d'étanchéité, permettant à l'humidité et à la poussière extérieures de pénétrer dans la cavité du connecteur, provoquant l'oxydation et la corrosion des broches internes, une augmentation de la résistance de contact, entraînant un échauffement anormal du connecteur, une brûlure par arc électrique, et présentant de graves risques de sécurité.

Avertissement : Sur tout le côté CC de l'ensemble du système PV — des câbles de sortie installés en usine sur les modules, aux câbles de dérivation fabriqués sur site (câbles d'extension de chaîne), jusqu'aux bornes d'entrée des boîtes de jonction et des onduleurs — à tout endroit où des connexions par fiches sont nécessaires, il doit être garanti que les connecteurs mâles et femelles proviennent du même fabricant et appartiennent à la même série de modèles de produits.

3.1.4 Prévention des points chauds

Effectuer des inspections par imagerie thermique infrarouge de manière périodique. Pour les points chauds mineurs (différence de température < 20°C), effectuer une surveillance de suivi et enregistrer la tendance d'évolution. Les modules présentant des points chauds à haute température sévères (différence de température ≥ 20°C) doivent être immédiatement mis hors service et programmés pour remplacement. Éliminer le fonctionnement des modules avec défauts, prévenir les risques d'incendie à haute température, et assurer une production d'énergie sûre et stable du champ de panneaux.

3.1.5 Interdiction de démontage des modules

Les modules PV sont des équipements électriques intégrés hermétiquement, et le démontage sur site présente de multiples risques incontrôlables. Il est strictement interdit à tout personnel de démonter les panneaux de face des modules, les boîtes de jonction, les feuilles arrière, les cellules internes ou d'autres composants sur le site d'exploitation et de maintenance ou pendant les processus de réparation. Le retrait non autorisé des structures

d'étanchéité installées en usine et des points de connexion électrique du module n'est pas permis.

3.2 Fréquence et éléments d'inspection

3.2.1 Inspection de routine (mensuelle)

Une inspection complète des équipements du système de production d'énergie photovoltaïque distribué doit être effectuée au moins une fois par mois par un personnel d'exploitation et de maintenance qualifié et formé. Pendant les opérations, le personnel d'inspection doit porter en permanence des gants en caoutchouc isolants et des bottes isolantes. L'inspection et l'examen des modules photovoltaïques doivent inclure les éléments suivants :

- Vérifier si la surface réceptrice de lumière des modules photovoltaïques est propre, et s'il y a accumulation de poussière, déjections d'oiseaux, taches d'huile ou autres contaminants et nouveaux ombrages
- Vérifier si les câbles de connexion entre modules sont desserrés, brûlés ou vieillis, et si les attaches de câbles sont en bon état
- Vérifier si les boîtes de jonction des modules photovoltaïques sont sécurisées, si les couvercles des boîtes sont bien fermés, et si les connecteurs sont complètement enfichés
- Vérifier si les modules photovoltaïques présentent des déformations, fissures, cassures, décolorations, délaminages, bulles ou autres conditions anormales
- Vérifier si les fixations de montage des modules (brides, supports) sont desserrées, et si les zones collées des modules montés par adhésif sont intactes
- Vérifier si les connexions entre les supports de montage des chaînes sont sécurisées, et si la connexion entre les supports et le système de mise à la terre est fiable
- Vérifier via le système de surveillance si les données de courant, tension et puissance de chaque chaîne sont dans les plages normales

3.2.2 Éléments supplémentaires de l'inspection trimestrielle

En plus de réaliser tous les éléments de l'inspection mensuelle, les inspections spécialisées suivantes doivent être ajoutées chaque trimestre :

- Utiliser une caméra thermique infrarouge pour effectuer un balayage des points chauds sur tous les modules, bloc par bloc, en établissant une archive des températures des modules
- Vérifier si les fusibles de chaîne, les disjoncteurs, les sectionneurs et autres dispositifs de protection fonctionnent normalement
- Vérifier si le système de drainage du toit est dégagé et s'il existe des risques d'accumulation d'eau autour des modules
- Inspecter le système de protection contre la foudre et de mise à la terre, en mesurant si les valeurs de résistance de terre se situent dans la plage spécifiée (généralement requise $\leq 4\Omega$)
- Effectuer une revérification du couple sur au moins 10 % des points de connexion électrique

3.2.3 Éléments supplémentaires de l'inspection annuelle

En plus de réaliser tous les éléments des inspections mensuelles et trimestrielles, une inspection approfondie complète doit être effectuée une fois par an :

- Utiliser un traceur de courbe IV pour effectuer des tests de caractéristiques de puissance sur chaque chaîne ou sur au moins 30 % des modules

- Effectuer une inspection EL (imagerie par électroluminescence) sur les modules présentant une dégradation anormale de la puissance afin de détecter les défauts internes
- Réaliser une réinspection complète du couple de serrage de tous les points de connexion électrique côté DC
- Effectuer une évaluation complète de la sécurité de la structure de support du toit (structure porteuse, points d'ancrage, inspection de la rouille)
- Utiliser un testeur de résistance d'isolement (gamme DC 1000V) pour mesurer la résistance d'isolement chaîne-terre
- Émettre un rapport annuel d'analyse d'exploitation et de maintenance, résumant les données opérationnelles de l'année et les tendances d'évolution des performances

3.3 Inspections spéciales

Les inspections spéciales doivent être organisées immédiatement après des événements météorologiques extrêmes ou des conditions d'exploitation spéciales :

- Après un orage : Utiliser une caméra thermique pour vérifier si les températures des boîtes de jonction des modules dans les zones à risque de foudre sont anormalement élevées ; vérifier si les dispositifs de protection contre la foudre se sont activés
- Après un vent fort : Vérifier si les pinces et les fixations des modules PV se sont détachées ou desserrées ; si les modules ont été retournés ou déplacés par le vent fort ; si le toit reste stable
- Après de la grêle/de la neige : Inspecter les panneaux avant des modules PV bloc par bloc pour détecter les fissures ou les bris ; vérifier la déformation des modules causée par la charge de neige
- Après une tempête de sable : Vérifier la présence de marques d'impact de sable sur les surfaces des modules ; organiser rapidement des opérations de nettoyage pour éliminer la poussière accumulée en surface

4. Nettoyage des modules photovoltaïques

4.1 Exigences de base pour le nettoyage

Les modules photovoltaïques doivent avoir des surfaces propres pendant leur fonctionnement. En général, le nettoyage doit être effectué au moins une fois par mois, avec une fréquence augmentée de manière appropriée dans des conditions environnementales naturelles difficiles. Dans les zones très poussiéreuses (dans un rayon de 50 mètres), comme les cimenteries, les zones minières et le long des routes poussiéreuses, la fréquence de nettoyage doit être augmentée à au moins une fois toutes les deux semaines. Les modules photovoltaïques doivent être nettoyés rapidement lorsqu'ils sont visiblement sales pour garantir l'efficacité de conversion photovoltaïque des modules. Le nettoyage doit être programmé lorsque l'une des conditions suivantes est remplie :

- L'inspection visuelle montre que la surface réceptrice de lumière du module est visiblement sale avec une couche de poussière visible
- En utilisant un watt-heuremètre CC de haute précision pour mesurer simultanément en temps réel la production d'énergie de 2 chaînes à nettoyer et de 2 chaînes nettoyées, la valeur de comparaison diffère de $\geq 4\%$
- La puissance de sortie du champ photovoltaïque tombe en dessous de 85 % de l'état initial (sortie à la fin du dernier nettoyage)
- Les données de surveillance de la centrale montrent que la production d'électricité a chuté de plus de 5 % par rapport aux niveaux normaux, et que les défauts d'équipement et les facteurs météorologiques ont été exclus

4.2 Méthodes de nettoyage

Il est recommandé d'utiliser un chiffon doux humide, une éponge ou un rouleau souple pour éliminer les taches de surface des modules photovoltaïques légers ZKFN SOLAR. Pour les taches tenaces, un agent d'essuyage neutre (comme un nettoyant pour vitres, un détergent neutre, un liquide vaisselle) ou un tensioactif (dégraissant, détachant) peut être utilisé pour faciliter le nettoyage. L'utilisation de brosses métalliques, de laine d'acier, de grattoirs métalliques, de brosses à poils durs ou d'outils similaires comme instruments de nettoyage est interdite.

Séquence de nettoyage standard : Rincer d'abord de haut en bas avec de l'eau propre pour éliminer la poussière libre, puis essuyer délicatement avec un chiffon doux imbibé d'eau propre ou d'une solution de nettoyage neutre, et enfin rincer abondamment avec de l'eau propre et essuyer avec un chiffon doux et propre. L'utilisation de solvants corrosifs pour le nettoyage ou d'objets durs pour essuyer les modules PV est interdite.

4.3 Moment du nettoyage

Pour éviter les ombrages artificiels lors des opérations de nettoyage qui pourraient provoquer des effets de points chauds, réduire les pertes de production de la centrale PV et garantir la sécurité du personnel de nettoyage, le nettoyage doit être effectué en évitant les périodes de forte température, de fort ensoleillement et de meilleure production PV. Pour éviter les risques de choc électrique pour le personnel de nettoyage et les dommages aux modules PV causés par la haute tension et le fort courant de la centrale PV, le nettoyage doit être effectué pendant les périodes où l'irradiance est inférieure à 200 W/m², en choisissant généralement tôt le matin, en fin d'après-midi, la nuit ou les jours nuageux.

4.4 Exigences de qualité de l'eau de nettoyage

L'eau de nettoyage doit respecter les normes suivantes pour éviter la formation de tartre ou la corrosion sur la surface du module :

- Dureté totale (en CaCO₃) : ≤ 200 mg/L
- Solides dissous totaux (TDS) : ≤ 500 mg/L
- Valeur du pH : 6,5 ~ 8,5
- Solides en suspension : ≤ 50 mg/L

Remarque : Lorsque les conditions le permettent, il convient d'utiliser de préférence de l'eau adoucie ou de l'eau déminéralisée pour éviter la formation de dépôts de tartre sur la surface du module.

4.5 Précautions de nettoyage

Les spécifications de sécurité et d'exploitation suivantes doivent être strictement respectées lors des opérations de nettoyage :

- Il est strictement interdit de marcher sur les modules flexibles de la série SolarVela (sans cadre) pour les opérations de nettoyage
- Il est strictement interdit que le flux d'eau éclabousse la face arrière du module et les zones de câblage
- Les opérations de nettoyage sont interdites dans des conditions météorologiques sévères telles que fortes pluies, fortes chutes de neige, tempêtes de sable et grêle
- Éviter les forces externes et tout autre impact mécanique ou compression sur les modules

- Il est interdit d'utiliser du gaz à haute pression ou de l'air comprimé pour nettoyer par soufflage les surfaces des modules, afin d'éviter que la pression du vent n'endommage les modules
- Éviter les écarts de température importants entre la température de l'eau de nettoyage et la température de surface du module (la différence de température ne doit pas dépasser 10 °C)
- En cas de nettoyage à l'eau sous pression, la pression d'eau recommandée est de 0,1~0,2 MPa
- Il est strictement interdit en tout temps d'utiliser un jet d'eau à haute pression à courte distance dirigé vers les joints de la boîte de jonction et les connecteurs pour le rinçage
- Il est interdit de marcher, de se tenir debout ou de s'asseoir sur les modules lors du nettoyage
- La boîte de jonction des modules de la série SolarVela est située sur la face avant du module ; lors du nettoyage, les outils doivent éviter la zone de la boîte de jonction pour éviter le décollement du joint d'étanchéité ou l'endommagement du boîtier

4.6 Inspection après nettoyage

Après avoir terminé les opérations de nettoyage, les inspections suivantes doivent être effectuées et documentées par écrit :

- L'aspect général des modules doit être visuellement propre et brillant, exempt de taches résiduelles et de traces d'eau
- Il n'y a pas de nouvelles rayures ou de fissures d'origine humaine sur la surface du module
- Les modules ne présentent ni inclinaison ni déformation, et les bornes ne montrent aucun détachement ou desserrage
- Les connecteurs restent secs et propres, avec des joints d'étanchéité intacts
- Enregistrer la date de nettoyage, le personnel de nettoyage, la portée du nettoyage, la méthode de nettoyage, ainsi que les données de comparaison de puissance des chaînes avant et après le nettoyage

5. Réparation et remplacement des modules

5.1 Exigences générales pour le remplacement

Avant les opérations de remplacement de modules, les risques potentiels pendant le processus doivent être identifiés de manière exhaustive (y compris, sans s'y limiter : les lacérations du personnel dues à la manipulation d'outils, les chutes de hauteur, les risques de choc électrique lors de la déconnexion/reconnexion des circuits, et les projections de débris lors du retrait des anciens modules, etc.), et des mesures d'atténuation spécifiques doivent être développées pour chaque risque. Un « Briefing de sécurité préalable au travail » doit être effectué avant chaque opération. Le superviseur des travaux expliquera le contenu du travail du jour, les affectations de tâches spécifiques, les précautions de sécurité et les procédures d'intervention d'urgence à tout le personnel participant. Des enregistrements écrits doivent être réalisés et signés par tout le personnel avant que le travail puisse commencer.

Avant le remplacement, chaque nouveau module doit être inspecté individuellement pour son apparence (en confirmant l'absence de rayures, fissures, déformations en surface, et que les bornes sont intactes sans défauts). Le modèle du module, la puissance nominale, les paramètres électriques et autres informations de la plaque signalétique doivent être vérifiés par rapport à l'ancien module pour assurer la cohérence, garantissant la compatibilité électrique entre les anciens et nouveaux modules avant qu'ils puissent être mis en service.

Il est interdit d'utiliser une force excessive pour faire levier sur les modules, afin d'éviter de casser les modules ou de blesser le personnel. Pendant le processus de retrait, il faut veiller à protéger les surfaces des modules adjacents et les connexions électriques contre les dommages. Les modules usagés, les fragments de verre, les accessoires endommagés et autres articles doivent être collectés séparément et stockés de manière centralisée. Les modules endommagés doivent être éliminés professionnellement conformément aux exigences de gestion des déchets dangereux. Le rejet aléatoire ou le mélange avec des déchets de construction ordinaires est interdit.

Avertissement : Lors du remplacement des modules, la surface avant du module à remplacer doit être complètement recouverte d'un matériau opaque (tel qu'un tissu noir anti-lumière ou un carton épais). Les modules exposés à la lumière du soleil généreront une haute tension, ce qui est extrêmement dangereux.

5.2 Procédure de remplacement des modules montés par adhésif (Série SolarVela)

Applicable aux modules flexibles conformables de la série SolarVela. Les étapes de remplacement sont les suivantes :

3. Préparation du plan : Avant le remplacement du module, un Plan de mise en œuvre du remplacement des modules légers doit être préparé, définissant le processus opérationnel, les affectations du personnel, les mesures de sécurité et les critères d'acceptation de la qualité
4. Confirmation de la mise hors tension : Avant de commencer les travaux, l'alimentation du boîtier de combinaison et de l'onduleur correspondant au module doit être déconnectée. Un panneau d'avertissement « Ne pas fermer, personnel au travail » doit être accroché au point de déconnexion. Après qu'un électricien certifié a confirmé la mise hors tension à l'aide d'un multimètre, les travaux ultérieurs peuvent commencer
5. Recouvrement du module : Recouvrir complètement la surface avant du module à remplacer avec un matériau opaque pour bloquer la lumière
6. Déconnexion électrique : Utiliser des outils de déverrouillage spécialisés pour séparer les connecteurs positif et négatif du module ; effectuer le marquage des numéros de câbles
7. Retrait de l'ancien module : Utiliser des outils tels que des cutters et des grattoirs pour couper soigneusement l'adhésif structural photovoltaïque le long de l'interface de collage, en séparant progressivement l'ancien module du substrat de toiture. Pendant l'opération, contrôler la force et l'angle de coupe pour éviter d'endommager les modules environnants et la couche d'étanchéité de la toiture
8. Nettoyage du substrat : Éliminer soigneusement les résidus d'adhésif structural et les débris du substrat de toiture, en veillant à ce que la surface de collage soit sèche, propre et plane. Si nécessaire, effectuer un léger ponçage de la surface du substrat pour restaurer la rugosité de surface
9. Installation du nouveau module : Suivre strictement les procédures standardisées du Manuel d'installation des modules photovoltaïques ZKFN SOLAR SolarVela & SolarNoah Series pour l'application de l'adhésif, le placement du module, le pressage au rouleau et le positionnement
10. Protection pendant le durcissement : Pendant la période de durcissement de l'adhésif structural (temps de durcissement de référence : 24 heures à 25°C~40°C, 48 heures à 10°C~25°C, 72 heures à 0°C~10°C), il est strictement interdit d'appliquer toute perturbation au module. Des barrières de protection et des panneaux d'avertissement doivent être installés dans la zone de remplacement
11. Connexions électriques : Après le durcissement complet de l'adhésif structural, reconnecter les connecteurs conformément à la correspondance de polarité positif/négatif marquée, en veillant à entendre un "clic" sonore de verrouillage

12. Test de mise sous tension : Retirer le matériau de couverture, fermer l'interrupteur pour rétablir l'alimentation électrique. Mesurer les paramètres de sortie du nouveau module, en confirmant la compatibilité avec les autres modules de la même chaîne
13. Enregistrement et archivage : Enregistrer en détail toutes les informations relatives au processus de remplacement, y compris la date de remplacement, la raison du remplacement, les numéros de série des anciens et nouveaux modules et les données de test, le personnel opérateur, etc. ; mettre à jour les archives d'exploitation et de maintenance de la centrale

5.3 Procédure de remplacement des modules fixés par pinces (Série SolarNoah)

Applicable aux modules à cadre arrière rigide de la série SolarNoah. Les étapes de remplacement sont les suivantes :

1. Préparation du plan : Avant le remplacement du module, un plan de mise en œuvre du remplacement du module fixé par pinces doit être préparé, définissant le processus opérationnel et les mesures de sécurité
2. Confirmation de mise hors tension : Identique à l'exigence 2 de la procédure de remplacement par fixation adhésive
3. Couverture du module : Identique à l'exigence 3 de la procédure de remplacement par fixation adhésive
4. Déconnexion électrique : Identique à l'exigence 4 de la procédure de remplacement par fixation adhésive
5. Retrait de l'ancien module : Utiliser une clé dynamométrique pour desserrer et retirer les boulons de fixation des pinces au couple spécifié, retirer les pinces dans l'ordre, et déplacer soigneusement l'ancien module hors de la surface d'installation. Pendant l'opération, veiller à éviter toute collision avec les modules environnants
6. Inspection de la surface d'installation : Nettoyer les débris et la rouille de la surface d'installation ; vérifier si les pinces/supports présentent une déformation, de la rouille ou un desserrage. Si des anomalies sont constatées, les accessoires endommagés doivent d'abord être réparés ou remplacés
7. Installation du nouveau module : Positionner le nouveau module à l'emplacement désigné, en ajustant les écarts périphériques pour qu'ils soient uniformes et cohérents. Installer les pinces dans l'ordre, en serrant uniformément les boulons M8 à un couple de 15 à 20 N·m. Les pinces doivent appuyer sur la zone de charge désignée du cadre arrière du module et ne doivent pas appuyer sur la zone de cellule active au-dessus
8. Connexions électriques : Identique à l'exigence 9 de la procédure de remplacement par fixation adhésive
9. Test de mise sous tension : Identique à l'exigence 10 de la procédure de remplacement par fixation adhésive
10. Enregistrement et archivage : Identique à l'exigence 11 de la procédure de remplacement par fixation adhésive

5.4 Vérification du système après remplacement du module

Après avoir effectué le remplacement du module, en plus des tests individuels du nouveau module, les performances globales de la chaîne concernée doivent également être vérifiées :

- Mesurer la tension en circuit ouvert (Voc) et le courant de court-circuit (Isc) de la chaîne, en les comparant aux valeurs de conception de la chaîne et aux chaînes normales du même réseau
- Surveiller le courant de fonctionnement de la chaîne pour confirmer une bonne correspondance de courant entre le nouveau module et les modules existants de la chaîne

- Observer les données de production d'énergie sur au moins une journée d'ensoleillement complète pour confirmer que la puissance de la chaîne est revenue à des niveaux normaux
- Effectuer un balayage d'imagerie thermique infrarouge de la zone du module nouvellement remplacé pour confirmer l'absence de points de chauffe anormaux

6. Diagnostic des pannes courantes et dépannage

6.1 Dégradation anormale de la puissance du module

Symptômes de panne

La puissance de sortie du module est nettement inférieure à la puissance nominale, et le taux de dégradation de la puissance dépasse la plage normale, ou une baisse rapide et inattendue de la puissance se produit sur une courte période.

Analyse des causes de défaut

- Fonctionnement prolongé des modules dans des environnements à haute température et forte humidité, entraînant un vieillissement accéléré des cellules et des matériaux d'encapsulation
- Accumulation à long terme de poussière et de saleté non nettoyées sur la surface du module, entraînant une baisse continue de la transmission lumineuse
- Microfissures internes des cellules et doigts de grille cassés dans le module, affectant la collecte efficace du courant photo-généré
- Défaillance de la diode de dérivation dans la boîte de jonction (défaillance en court-circuit ou en circuit ouvert), provoquant l'arrêt de fonctionnement de certaines chaînes de cellules dans le module
- Ombrage localisé persistant sur la surface du module, déclenchant des effets de points chauds à long terme entraînant une dégradation permanente des cellules
- Mauvais contact des connecteurs ou vieillissement des câbles, entraînant une augmentation anormale de la résistance série

Méthodes de diagnostic et de dépannage

- Utiliser un traceur de courbe IV professionnel pour mesurer la puissance de sortie réelle du module, confirmant le degré de dégradation de la puissance et le motif anormal de la courbe IV
- Inspecter soigneusement la surface du module pour détecter la poussière, la saleté, les rayures, les fissures, etc. ; vérifier si la boîte de jonction est intacte
- Utiliser une caméra thermique infrarouge pour détecter la présence d'effets de points chauds et de points de chauffe anormaux
- Effectuer une inspection EL sur les modules suspectés de présenter des défauts internes afin de confirmer la présence de microfissures, de grilles de doigts cassées, de soudures froides, etc.
- Si cela est dû à une accumulation de poussière/saleté en surface → Nettoyer le module rapidement
- Si cela est dû à un ombrage localisé → Supprimer la source d'ombrage et optimiser l'environnement autour du module
- Si la diode interne du boîtier de jonction est endommagée → Remplacer par un boîtier de jonction du même modèle (doit être effectué par du personnel autorisé ZKFN SOLAR)
- Si le module présente un vieillissement sévère (dégradation de puissance supérieure à 20 %) ou des défauts internes irréversibles → Remplacer le module

- Si le module est encore sous garantie et qu'il est confirmé qu'il s'agit d'un problème de qualité du produit → Demander un service après-vente conformément aux procédures de garantie

6.2 Effet de point chaud du module

Symptômes de panne

L'inspection par caméra thermique infrarouge révèle des zones localisées du module avec des températures significativement plus élevées que les zones normales environnantes (différence de température ≥ 20 °C). Les points chauds sévères peuvent provoquer une décoloration et un bullage des matériaux d'encapsulation de surface du module, une brûlure de la feuille arrière, une fusion et une déformation du boîtier de jonction, et dans les cas extrêmes, peuvent déclencher un incendie.

Analyse des causes de défaut

- Présence d'objets d'ombrage localisés sur la surface du module (feuilles, fientes d'oiseaux, amas de poussière, ombres de bâtiments, etc.) ; les cellules ombrées passent d'unités de production d'énergie à des charges consommatrices d'énergie, consommant l'énergie électrique générée par les cellules normales adjacentes et formant des points chauds localisés
- Dégradation des performances de cellules individuelles dans le module (baisse de rendement, augmentation de la résistance série), créant un déséquilibre électrique avec les autres cellules normales de la même chaîne
- Cellules présentant des micro-défauts tels que des microfissures et des doigts de grille cassés, où l'écoulement local du courant est entravé, entraînant un échauffement concentré
- Défaillance de la diode de dérivation, incapable de dériver et de protéger la chaîne de cellules ombrées en cas d'ombrage

Mesures de traitement et de prévention

Traitement immédiat : Retirer immédiatement les objets d'ombrage de la surface du module ; mettre hors tension et isoler les modules présentant des points chauds sévères pour éviter l'aggravation du défaut.

Disposition graduée :

- Points chauds mineurs (différence de température < 20 °C) sans dommage interne visible → Continuer le suivi et la surveillance après retrait des objets d'ombrage
- Points chauds modérés (différence de température $20 \sim 40$ °C) → Recommander l'élaboration d'un plan de remplacement et effectuer le remplacement lors de la prochaine interruption programmée
- Points chauds sévères (différence de température ≥ 40 °C) ou modules présentant déjà des dommages visibles → Doivent être immédiatement mis hors service et remplacés

Mesures préventives : Lors de la phase de conception et d'installation du champ de modules, les dispositions doivent être planifiées de manière rationnelle pour éviter l'ombrage entre modules. Nettoyer périodiquement la végétation et les débris autour des modules susceptibles de créer des sources d'ombrage. Effectuer des inspections complètes par imagerie infrarouge thermique sur une base trimestrielle, en établissant une archive de référence de température des modules.

6.3 Défauts de câblage et de connecteurs des modules

Symptômes de défaut

Tension et courant de sortie du module instables ou totalement absents ; températures anormalement élevées aux bornes et connecteurs (chauds au toucher ou points chauds visibles en thermographie infrarouge) ; décoloration par oxydation et marques de brûlure d'arc sur les surfaces des bornes ; dans les cas graves, fusion et déformation des boîtiers en plastique des connecteurs avec une odeur de brûlé.

Analyse des causes de défaut

- Connecteurs non enclenchés complètement en position, entraînant une augmentation de la résistance de contact et un échauffement localisé
- Défaillance de l'étanchéité du connecteur (vieillesse, endommagement ou détachement du joint d'étanchéité), avec intrusion d'humidité et de poussière provoquant l'oxydation et la corrosion des broches
- Connecteurs mâles et femelles provenant de fabricants différents ou de séries de modèles différentes, entraînant de grandes tolérances d'ajustement d'interface et un contact peu fiable
- Câbles de sortie dont la couche d'isolation vieillit, se fissure et s'endommage en raison d'une exposition prolongée, provoquant des fuites électriques ou des courts-circuits
- Erreurs de câblage (telles que l'inversion de polarité positive et négative) ou topologie de câblage de chaîne incorrecte
- Connecteurs soumis à une tension prolongée du câble, provoquant un desserrage interne des broches

Procédure de dépannage

- Mise hors tension sécurisée : Déconnectez d'abord l'alimentation du boîtier de combinaison et de l'onduleur correspondants, confirmez la mise hors tension à l'aide d'un multimètre et accrochez des panneaux d'avertissement "Ne pas fermer"
- Localisation du défaut : Utilisez un multimètre pour tester séquentiellement la continuité, la tension et les valeurs de résistance de contact à chaque borne, en localisant le point de défaut
- Borne desserrée → Reserrez au couple spécifié à l'aide d'outils spécialisés
- Oxydation/Corrosion de la borne → Coupez la section endommagée et remplacez-la par un nouveau connecteur du même modèle et de la même spécification
- Incompatibilité du modèle de connecteur → Remplacez tous les connecteurs par des modèles compatibles certifiés ZKFN SOLAR
- Câble endommagé → Remplacez-le par un câble CC spécifique au photovoltaïque de même spécification, en vous assurant que le calibre du fil et la tension nominale correspondent à l'original
- Erreur de câblage → Recâblez conformément aux marquages de polarité positive/négative corrects et au schéma de câblage de la chaîne
- Restauration et vérification : Après avoir terminé le câblage, rétablissez l'alimentation, mesurez la tension en circuit ouvert de la chaîne, le courant de court-circuit et le courant de fonctionnement, en confirmant que le défaut a été éliminé et que les paramètres sont normaux

6.4 Diagnostic des défauts côté onduleur et au niveau des chaînes

Symptômes de défaut

Le système de surveillance affiche une puissance de sortie constamment faible ou nulle pour une chaîne particulière ; l'onduleur signale un défaut de résistance d'isolement trop faible,

des alarmes de surtension/sous-tension continue ; le courant de la chaîne s'écarte significativement du niveau moyen des autres chaînes du même champ.

Étapes de diagnostic

- Étape 1 : Identifiez le numéro de la chaîne défectueuse et son emplacement physique correspondant via la plateforme de surveillance
- Étape 2 : Dans des conditions de mise hors tension sécurisées, mesurez la tension en circuit ouvert (Voc) de la chaîne et comparez-la avec les chaînes normales du même champ. Si la Voc est significativement plus basse, cela indique un court-circuit de module, un court-circuit de diode de dérivation ou un endommagement grave du module dans la chaîne
- Étape 3 : Mesurez le courant de court-circuit (Isc) de la chaîne. Si l'Isc est significativement plus bas, il peut y avoir une accumulation importante de poussière sur les modules, un ombrage, un vieillissement ou un mauvais contact des connecteurs
- Étape 4 : Mesurez la chaîne segment par segment, en réduisant progressivement la plage de défaut jusqu'à localiser le module problématique spécifique
- Étape 5 : Effectuez des diagnostics supplémentaires tels que des tests de courbe IV et une inspection EL sur le module problématique identifié, déterminez le type de défaut et prenez les mesures de traitement correspondantes

7. Mesures d'intervention d'urgence

7.1 Intervention d'urgence en cas de fuite électrique d'un module

En cas de détection d'une alarme de fuite électrique d'un module ou d'une suspicion de fuite, le personnel d'exploitation et de maintenance doit immédiatement exécuter les procédures suivantes :

- Évacuation d'urgence du personnel : S'éloigner immédiatement de la zone de fuite ; ne pas toucher le module défaillant ni ses composants métalliques environnants ; empêcher simultanément toute autre personne d'entrer
- Mise hors tension sécurisée : Des professionnels certifiés portant des gants isolants adaptés à la tension concernée doivent utiliser une perche isolante pour déconnecter l'alimentation du boîtier de combinaison et de l'onduleur correspondants, puis apposer des panneaux d'avertissement
- Détection de défaut : Utiliser un testeur de résistance d'isolement pour mesurer la résistance d'isolement à la terre de la chaîne défaillante, segment par segment, en utilisant la méthode d'élimination sectionnelle pour localiser le module défaillant
- Enquête sur la cause : Inspecter le module défaillant pour détecter des conditions telles qu'une infiltration d'eau dans le boîtier de jonction, une défaillance d'étanchéité du connecteur, un endommagement de l'isolation du câble et une perforation de la feuille arrière
- Disposition de réparation : Remplacer le module défectueux, les câbles ou connecteurs endommagés en fonction de la cause de la fuite. Après la réparation, effectuer un nouveau test de résistance d'isolement pour confirmer le retour à des niveaux acceptables
- Rétablissement de l'alimentation : Ce n'est qu'après la réussite de tous les tests que les panneaux d'avertissement peuvent être retirés et l'alimentation rétablie. Après le rétablissement, une surveillance continue doit être effectuée pendant au moins 1 heure pour confirmer l'absence d'anomalies

7.2 Intervention d'urgence en cas d'incendie d'un module

Les performances au feu des modules photovoltaïques légers des séries SolarVela et SolarNoah de ZKFN SOLAR ont passé avec succès les tests et la certification UL790 Classe C

(norme Underwriters Laboratories pour les essais de résistance au feu des couvertures de toiture). Cette classification indique que les modules présentent de bonnes performances au feu dans des scénarios d'incendie simulés, notamment un taux de propagation de flamme limité, un faible risque de gouttelettes enflammées et la conformité à des exigences strictes de résistance au feu.

En cas d'incident d'incendie d'un module sur le site d'exploitation et de maintenance, les procédures suivantes doivent être respectées :

- Déconnecter immédiatement l'alimentation électrique principale du réseau de modules photovoltaïques (y compris les alimentations côté DC et côté AC) pour éviter la propagation de l'incendie et les risques d'électrocution
- Si l'incendie est de petite taille et que les conditions de sécurité le permettent, utiliser un extincteur à poudre sèche ou un extincteur au dioxyde de carbone pour éteindre le feu à la source. Il est strictement interdit d'utiliser de l'eau ou de la mousse pour lutter directement contre l'incendie afin d'éviter tout risque d'électrocution
- Si l'incendie est trop important pour être éteint de manière indépendante, appeler immédiatement le 18 (pompiers) pour signaler l'incendie, en communiquant clairement aux pompiers des informations clés telles que "incendie de centrale photovoltaïque, danger de haute tension DC", et organiser l'évacuation de tout le personnel vers une zone de sécurité
- Après l'extinction de l'incendie, mener une enquête systématique sur la cause de l'incendie, évaluer le niveau de dommages de chaque module et équipement électrique, et préparer le Rapport d'Analyse de l'Incident d'Incendie et le Plan de Restauration
- Ce n'est qu'après avoir confirmé que tous les risques de sécurité ont été éliminés (sécurité structurelle, isolation électrique et intégrité des modules) que la centrale peut être progressivement remise en service conformément au plan de restauration

7.3 Intervention d'Urgence en Cas de Catastrophe Naturelle

7.3.1 Pluie Diluvienne/Inondation

- Avant l'arrivée d'une pluie diluvienne, inspecter si le système de drainage du réseau de modules est dégagé, et nettoyer les débris des sorties de drainage
- Déplacer les équipements importants de la centrale (tels que les serveurs de surveillance, les onduleurs) vers un terrain plus élevé ou mettre en œuvre des mesures de protection contre l'eau
- Pendant l'orage, cesser toutes les opérations d'exploitation et de maintenance en extérieur. En cas d'inondation de la centrale, couper immédiatement toutes les alimentations électriques
- Après le retrait des eaux de crue, effectuer un traitement de séchage, un nettoyage et des tests d'isolement sur tous les modules, câbles, connecteurs et équipements électriques touchés par l'eau. Ne rétablir progressivement les opérations qu'après avoir confirmé l'absence de risques de sécurité

7.3.2 Vent fort/Typhon

- Avant l'arrivée des vents forts, inspecter de manière exhaustive l'état de serrage des pinces et fixations des modules, et renforcer tout boulon desserré
- Débarrasser les objets non fixés autour du champ de modules susceptibles d'être emportés par le vent
- Pendant le typhon, couper l'alimentation électrique de la centrale et évacuer tout le personnel vers une zone sécurisée

- Après l'événement venteux, inspecter de manière exhaustive si les supports et les modules présentent des déformations, déplacements, dommages ou autres conditions. Réparer les zones endommagées et ne redémarrer la centrale qu'après avoir passé une inspection complète

7.3.3 Tempête de neige/Basse température

- Pendant une tempête de neige, utiliser périodiquement un pousse-neige souple (en silicone ou caoutchouc) pour déneiger la surface des modules, afin d'éviter l'ombrage dû à la neige ou la déformation des modules due à une charge de neige excessive
- Dans les environnements à basse température, vérifiez si les connecteurs et les bornes présentent des signes de givrage. En cas de givrage, attendez le dégel naturel et le séchage complet avant d'effectuer des opérations, afin d'éviter un mauvais contact ou des dommages opérationnels causés par le givre.
- Il est strictement interdit de marcher sur les modules flexibles de la série SolarVela lors du déneigement. Marcher sur les modules flexibles SolarVela peut facilement provoquer des dommages irréversibles tels que la rupture de la feuille arrière et la microfissuration des cellules, et compromet simultanément l'étanchéité du module, déclenchant des défauts ultérieurs tels que l'infiltration d'humidité et les courts-circuits.
- Les outils de nettoyage ne doivent pas entrer en contact avec les boîtes de jonction. La boîte de jonction des modules de la série SolarVela est située sur la face avant du module. Si les outils entrent en contact avec la boîte de jonction lors du nettoyage, cela peut facilement provoquer le décollement du joint d'étanchéité, l'endommagement du boîtier ou le desserrage des bornes internes et un mauvais contact de ligne, ce qui peut à son tour entraîner des risques de sécurité tels que des fuites électriques et des ruptures de circuit. Pendant les opérations, la zone de nettoyage des outils doit être contrôlée pour éviter la zone de la boîte de jonction. Si nécessaire, une petite brosse à poils souples peut être utilisée pour nettoyer séparément une petite quantité de neige autour de la boîte de jonction.

7.4 Intervention d'urgence en cas de foudre

La saison des orages est une période à haut risque pour les centrales photovoltaïques sujettes à la foudre. Si le système de surveillance montre une interruption généralisée de la communication des modules, un déclenchement des onduleurs, ou si une inspection sur site révèle des marques évidentes de foudre sur les modules (telles que la perforation de la boîte de jonction, des points de brûlure par arc électrique sur la surface du module), les procédures de traitement suivantes doivent être immédiatement lancées :

- Déconnectez immédiatement toutes les alimentations électriques de la centrale ; le personnel doit évacuer rapidement vers une zone intérieure sécurisée.
- Après le passage de l'orage, inspectez de manière exhaustive le système de protection contre la foudre et de mise à la terre : vérifiez si les conducteurs de descente de terre sont cassés ou fondus ; mesurez si la résistance de terre répond toujours aux exigences de conception (généralement requise $\leq 4\Omega$).
- Inspectez l'apparence des modules un par un ; utilisez une caméra thermique infrarouge pour rechercher des points de chauffe anormaux.
- Mesurez la résistance d'isolement et les caractéristiques IV des chaînes affectées par la foudre ; remplacez les modules qui ont été perforés ou dont les performances sont gravement dégradées.

- Vérifiez si les dispositifs de protection contre les surtensions (SPD) à l'intérieur des onduleurs et des boîtes de combinaison se sont activés ou ont été endommagés ; en cas de dommage, ils doivent être remplacés rapidement.

8. Gestion des enregistrements O&M et gestion des archives

8.1 Système de gestion des enregistrements O&M

L'exhaustivité et l'exactitude des enregistrements O&M constituent la base de la gestion des actifs de la centrale, des réclamations au titre de la garantie, de l'évaluation des performances et du traçage des défauts. Il est recommandé d'établir des principes de gestion des archives de « couverture complète du cycle de vie, double système électronique et papier, importance égale accordée à la sécurité et à l'utilisation ». Grâce à une collecte standardisée des enregistrements et à une gestion réglementée des archives, atteindre la traçabilité des processus O&M, la localisation des problèmes et l'aide à la décision, formant une boucle de gestion fermée de « Enregistrement – Archivage – Utilisation – Optimisation ».

Le personnel O&M doit enregistrer en détail les informations pertinentes pour chaque activité O&M, couvrant les catégories suivantes :

- Enregistrements d'inspection : Enregistrer la date d'inspection, le personnel d'inspection, le périmètre d'inspection, les résultats d'inspection (état d'apparence du module, données des paramètres de fonctionnement, problèmes identifiés et traitement sur site), suivi des problèmes non résolus
- Enregistrements de nettoyage : Enregistrer la date de nettoyage, le personnel de nettoyage, le périmètre de nettoyage, la méthode de nettoyage, la consommation et la qualité de l'eau, les données de comparaison de puissance des chaînes représentatives avant et après le nettoyage
- Enregistrements de traitement des défauts : Enregistrer la date d'apparition du défaut, le numéro de série et l'emplacement du module défectueux, la description des symptômes du défaut, l'analyse de la cause du défaut, les méthodes et étapes de traitement spécifiques, les résultats du traitement, la signature du personnel de réparation, la liste des matériaux et pièces de rechange utilisés pour la réparation
- Enregistrements de remplacement de modules : Enregistrer la date de remplacement, les informations sur l'ancien module (numéro de série, modèle, années de service, type de défaut), les informations sur le nouveau module (numéro de série, modèle, données de test de performance électrique initiale), le personnel d'exploitation de remplacement
- Enregistrements d'intervention d'urgence : Enregistrer l'heure et le lieu de l'incident d'urgence, le type et la gravité de l'incident, les mesures d'intervention d'urgence spécifiques et le processus d'exécution, les résultats de l'intervention et l'évaluation de l'impact ultérieur, le personnel impliqué dans l'intervention
- Enregistrements de tests spécialisés : Enregistrer la date, le périmètre, la méthode, les données brutes et les conclusions d'analyse des tests spécialisés tels que les tests de courbe IV, l'inspection EL, le balayage par imagerie thermique infrarouge et les tests de résistance d'isolement

8.2 Système de classement et d'archivage

Il est recommandé d'adopter un système de classification à quatre niveaux pour la gestion des archives : « Classification primaire – Classification secondaire – Groupe de fichiers – Document » :

- Catégorie d'archives de base : comprend la documentation des modules (certificat de conformité, rapport d'essai en usine, liste des paramètres techniques), les contrats d'approvisionnement, les accords de garantie, les plans d'exécution du système, les rapports de réception des travaux, etc.
- Catégorie d'archives des processus d'exploitation et de maintenance : compile les différents enregistrements d'exploitation et de maintenance mentionnés ci-dessus, avec des groupes de fichiers organisés par « Année – Type d'exploitation et de maintenance – Zone ». Les enregistrements d'inspection seront résumés quotidiennement et reliés mensuellement ; les enregistrements de traitement des pannes seront établis séparément sous forme de « un dossier, un cas », incluant les pièces justificatives telles que les rapports d'essai, les photos comparatives avant et après réparation.
- Catégorie d'archives de suivi des performances : stocke séparément les données d'essais professionnels telles que les tests de courbe IV, les inspections EL et les analyses de points chauds. Établir un « Registre des performances spécifiques aux modules » indexé par numéro de série du module, enregistrant les données de performance clés à chaque étape d'essai tout au long du cycle de vie, et compiler annuellement le Rapport d'analyse de la dégradation des performances des modules.
- Catégorie d'archives de gestion de la conformité : comprend les copies des certificats de qualification du personnel d'exploitation et de maintenance, les certificats d'étalonnage des instruments d'essai, les certificats de recyclage et d'élimination des modules usagés, les enregistrements d'inspection réglementaire du secteur, les enregistrements de formation à la sécurité, etc., garantissant que les activités d'exploitation et de maintenance sont entièrement conformes et traçables tout au long du processus.

8.3 Rapport annuel d'exploitation et de maintenance

Un Rapport annuel complet d'analyse de l'exploitation et de maintenance de la centrale photovoltaïque doit être préparé et soumis chaque année. Le rapport doit contenir au moins le contenu suivant :

Un Rapport annuel complet d'analyse de l'exploitation et de maintenance de la centrale photovoltaïque doit être préparé et soumis chaque année. Le rapport doit contenir au moins le contenu suivant :

- Statistiques annuelles de production d'électricité et analyse comparative par rapport aux valeurs de conception et à la même période de l'année précédente.
- Statistiques récapitulatives des opérations d'inspection et de nettoyage annuelles (nombre d'inspections, nombre de nettoyages, nombre et répartition par type des problèmes identifiés et résolus)
- Analyse de la tendance de dégradation des performances des modules (basée sur les données d'inspection IV et EL)
- Analyse statistique des défauts (répartition par type de défaut, taux de défaut, temps moyen de réparation, évaluation de l'impact sur la production d'énergie)
- Statistiques annuelles des coûts d'exploitation et de maintenance, et recommandations de plan et de budget d'exploitation et de maintenance pour l'année suivante
- Domaines d'intervention clés et recommandations d'amélioration pour l'année suivante

9.1 Foire aux questions (FAQ)

Q1 : Quel est l'intervalle de maintenance des produits de modules photovoltaïques légers ZKFN SOLAR ? Quels sont les principaux points à vérifier ?

R : Il est recommandé d'effectuer une inspection et une maintenance complètes au moins une fois par mois, en vérifiant les performances opérationnelles de tous les modules ainsi que la sécurité et la fiabilité du système électrique. Les modules doivent être nettoyés au moins une fois par mois pour garantir l'efficacité de la production d'énergie photovoltaïque. Les principaux points d'inspection incluent : l'absence de dommages sur l'apparence des modules ; la sécurité des connexions électriques ; l'intégrité des boîtes de jonction et des connecteurs ; la propreté et l'absence d'ombrage sur les surfaces des modules ; la stabilité des structures de support de montage ; le bon fonctionnement du système de protection contre la foudre et de mise à la terre ; le fonctionnement normal du système de surveillance ; et l'absence de production d'énergie anormale du système photovoltaïque.

Q2 : Si une petite quantité de poussière apparaît sur la surface du module mais n'a pas atteint le seuil de déclenchement du nettoyage d'une baisse de puissance de 5 %, un nettoyage est-il nécessaire ?

R : Si la couche de poussière est fine et que des précipitations sont prévues à court terme, le nettoyage peut être reporté tout en surveillant en continu les tendances de puissance via le système de surveillance. Cependant, si la pollution atmosphérique locale est sévère, que la poussière contient des substances collantes sujettes à l'agglomération, ou qu'aucune précipitation efficace n'est prévue dans la semaine à venir, il est recommandé de planifier un nettoyage préventif pour éviter que l'accumulation de poussière à long terme ne durcisse en croûte, ce qui augmenterait la difficulté du nettoyage ultérieur et affecterait en continu la transmission de la lumière.

Q3 : Si les modules gèlent en hiver, peut-on utiliser directement de l'eau chaude pour faire fondre la glace ?

R : Il est strictement interdit d'utiliser de l'eau chaude pour rincer ou verser directement sur les modules recouverts de glace. Les écarts de température importants entre le froid et le chaud provoquent un choc thermique sur le panneau du module et les matériaux d'encapsulation, pouvant entraîner la rupture du module ou la défaillance de la couche d'encapsulation. Il est recommandé d'attendre que la température ambiante augmente pour permettre à la glace de fondre naturellement, ou d'utiliser un grattoir à glace spécialisé en silicone/plastique (les outils métalliques sont strictement interdits) pour retirer délicatement la glace en surface. Une fois la glace complètement fondue et la surface du module sèche, inspectez le module pour détecter tout signe d'infiltration d'eau ou de dommage.

Q4 : Les modules souples des gammes SolarVela & SolarNoah peuvent-ils être piétinés pour le nettoyage ou la maintenance ?

R : Non. Les gammes SolarVela et SolarNoah sont des modules solaires souples. Toute forme de piétinement peut entraîner des dommages irréversibles tels que la rupture de la feuille arrière et des microfissures dans les cellules solaires. Cela dégrade également l'étanchéité des modules, provoquant des pannes consécutives comme la pénétration d'humidité et les courts-circuits électriques. Pour les travaux de nettoyage et de maintenance, des passerelles dédiées doivent être utilisées et l'accès ne peut se faire qu'autour du périmètre des modules.

Q5 : Si la dégradation de la puissance du module dépasse la plage normale mais que le module est encore sous garantie, comment demander un service après-vente ?

R : Organisez d'abord le dossier complet d'exploitation et de maintenance du module (incluant les données d'inspection, les rapports de test de puissance de la courbe IV, les photos de défauts, les images d'inspection EL, etc.), contactez le service après-vente de ZKFN

SOLAR et soumettez le formulaire de demande de service après-vente sous garantie avec les pièces justificatives pertinentes. ZKFN SOLAR organisera l'envoi de techniciens autorisés pour effectuer une vérification et des tests sur site. Après confirmation que le problème est un défaut de qualité du produit, des services de réparation ou de remplacement correspondants seront fournis conformément à la politique de garantie.

Q6 : La boîte de jonction des modules de la série SolarVela est située sur la face avant du module. Quelles sont les précautions particulières lors du nettoyage ?

R : La boîte de jonction des modules de la série SolarVela est située sur la face avant (surface réceptrice de lumière) du module, ce qui est une caractéristique structurelle de sa conception d'encapsulation flexible. Lors des opérations de nettoyage, une attention particulière doit être portée à : les outils de nettoyage (chiffon doux, rouleau, raclette à eau) doivent éviter la zone de la boîte de jonction pour empêcher tout impact d'outil provoquant le décollage du joint d'étanchéité de la boîte de jonction, des dommages au boîtier ou un desserrage des bornes internes. Il est recommandé d'utiliser une petite brosse à poils souples pour nettoyer séparément une petite quantité de poussière autour de la boîte de jonction. Il est strictement interdit en tout temps d'utiliser un jet d'eau à haute pression dirigé vers la boîte de jonction et ses joints pour le rinçage.

9.2 Liste de contrôle des outils et instruments courants d'exploitation et de maintenance

Voici les outils et instruments de test courants recommandés pour l'exploitation et la maintenance des centrales photovoltaïques :

- Multimètre numérique (CAT III 1500V) — Mesure de la tension continue, du courant continu et de la continuité
- Ampèremètre continu à pince — Mesure du courant de fonctionnement des chaînes sans ouvrir le circuit
- Traceur de courbe IV — Mesure de la caractéristique courant-tension des modules/chaînes ; diagnostic de la dégradation des performances
- Caméra thermique infrarouge — Détection des points chauds, investigation des points de chauffe des connecteurs et des bornes
- Testeur de résistance d'isolement (plages DC 500V/1000V) — Mesure de la résistance d'isolement chaîne-terre
- Équipement d'inspection EL — Détection des défauts internes tels que les microfissures des cellules, les doigts de grille cassés et les soudures froides
- Clé dynamométrique (0~30 N·m) — Vérification du couple de serrage des connexions électriques et des boulons de serrage
- Outils spécialisés de démontage/assemblage des connecteurs MC4 — Séparation et accouplement sécurisés des connecteurs
- Testeur de résistance de terre — Test périodique des systèmes de protection contre la foudre et de mise à la terre
- Kit de nettoyage spécifique au photovoltaïque (rouleau souple, chiffon en microfibre, raclette à eau douce, brosse à poils souples, etc.)

9.3 Assistance technique et coordonnées

Service après-vente : (+86) 400 6768 100 (Office Hours: 8:30-17:30, Beijing Time)

Assistance technique par e-mail : tech-support@zkfnsolar.com

Site Web officiel : www.zkfnsolar.com



Site de production : Bâtiment 1, Xinshenglin, Parc industriel intelligent Lvhaihui, Zone de développement économique de Jining, Ville de Jining, Province du Shandong

9.4 Notes de révision du manuel

Ce manuel est la version A01, publiée le 9 mai 2026. ZKFN SOLAR révisera et améliorera périodiquement le contenu du manuel en fonction des mises à niveau technologiques des modules, des mises à jour des normes industrielles et des retours des utilisateurs. Les versions révisées seront publiées via le centre de téléchargement du site Web officiel et notifiées aux utilisateurs enregistrés par e-mail et autres canaux. Les utilisateurs peuvent obtenir gratuitement la version la plus récente. Si les utilisateurs découvrent des problèmes ou ont des suggestions d'amélioration lors de l'utilisation de ce manuel, ils peuvent envoyer un e-mail à tech-support@zkfnsolar.com, et nous les évaluerons rapidement et les intégrerons au plan de révision.

Shandong ZKFN Solar Technology Co., Ltd.

www.zkfn-solar.com

Service client :(+86) 400 6768 100 (Office Hours: 8:30-17:30, Beijing Time)