



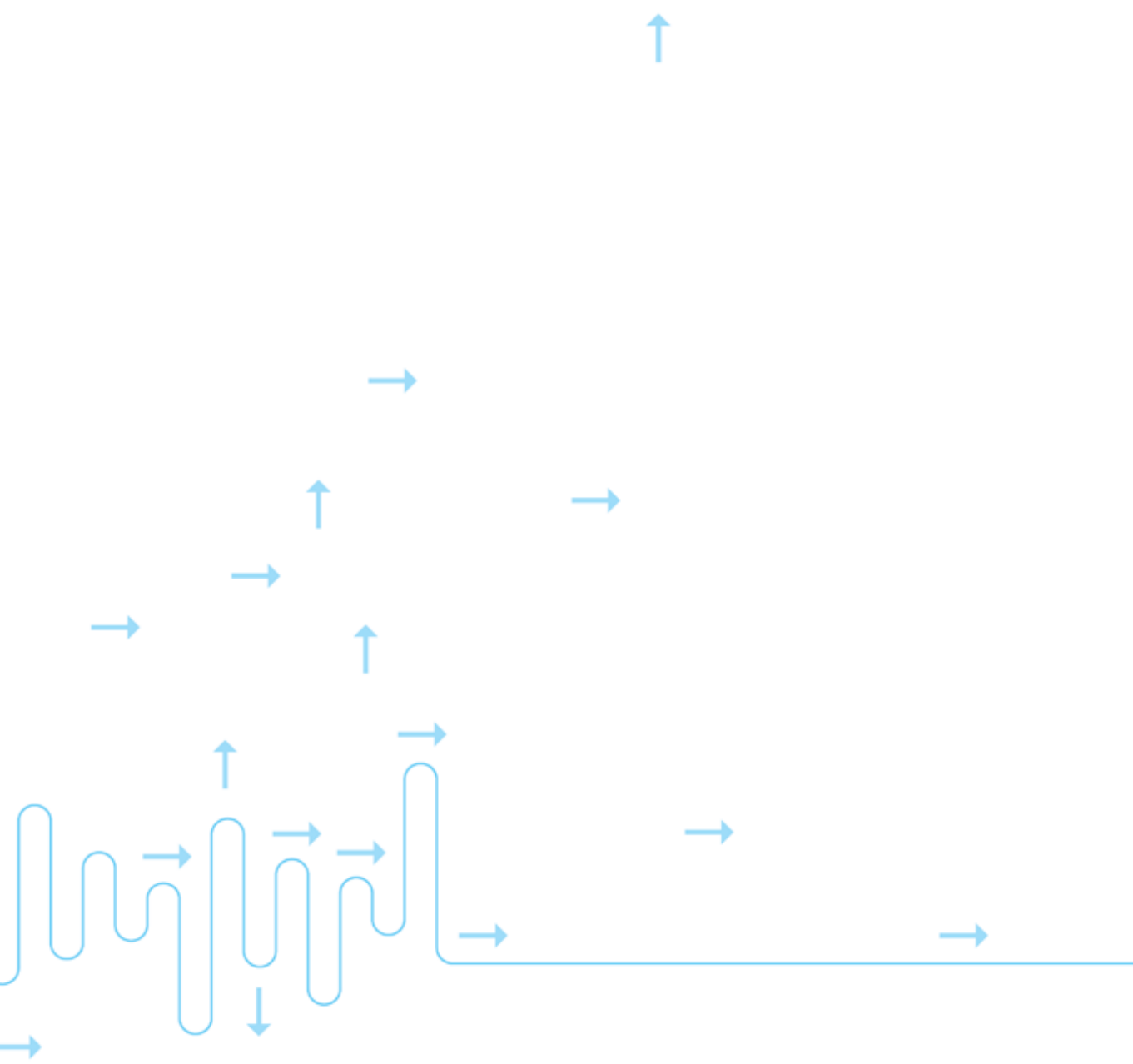
能源發展辦公室
Gabinete para o Desenvolvimento
do Sector Energético



Manual sobre o aquecimento de água

através da energia solar em Macau







Manual sobre o aquecimento de água

através da energia solar em **Macau**



Introdução



As vantagens da utilização de sistemas de aquecimento de água a energia solar são a facilidade de instalação, longa durabilidade do sistema e curto período de trabalho de manutenção. A tecnologia solar térmica é uma tecnologia madura e utilizada em todo o mundo, de baixo investimento, e com uma eficácia significativa na utilização de uma tecnologia de energia renovável. Em comparação com os aquecedores de água tradicionais, o investimento inicial despendido em sistemas de aquecimento de água a energia solar é mais elevado; contudo, sob a oferta de água quente nas mesmas condições, tem um custo operacional mais baixo. Quanto ao período de durabilidade, de uma forma geral, a poupança relativa à não utilização de combustíveis não renováveis, pode compensar o investimento feito no sistema de aquecimento de água a energia solar. Para além disso, a diminuição na utilização de combustíveis não renováveis pode reduzir a emissão de gases com efeito de estufa. Assim, e por várias razões diferentes, as vantagens de utilizar o sistema de aquecimento de água através da energia solar são óbvias.

Desta maneira, após ter sido iniciado o estudo sobre o desenvolvimento do sistema de aquecimento de água através da energia solar, foram feitos alguns testes de ensaio em Macau onde foram recolhidos dados e feitas análises para avaliar a viabilidade da aplicação real do sistema. O Gabinete para o Desenvolvimento do Sector Energético publicou este Manual, onde são enumerados os princípios mais importantes sobre a produção de água quente através da energia solar. Nele são descritas, a viabilidade da tecnologia do sistema de água quente a energia solar, o projecto de aplicação, os métodos de instalação e, incluídas notas sobre a instalação dos sistemas de aquecimento de água a energia solar. Através da publicação deste Manual, espera-se que os residentes e os profis-

sionais que possam vir a utilizar este tipo de sistemas, possam compreender um pouco mais sobre o sistema de aquecimento de água através da energia solar, de modo a promover a utilização das energias renováveis.

Este Manual está dividido em quatro capítulos, nos quais são apresentados os avanços dos conhecimentos relacionados com o sistema de água quente solar. O primeiro capítulo começa com uma breve introdução sobre os conhecimentos básicos sobre a aplicação de sistemas de aquecimento de água através da energia solar em Macau. No segundo capítulo, com um conteúdo mais técnico, são descritas as tecnologias, a pensar principalmente nos leitores com um nível de conhecimento superior e, por forma a providenciar mais informação ao leitor. No terceiro capítulo, sobre a gestão da operação (fase de planeamento), é explicado o funcionamento do sistema de água quente solar, com as devidas notas de atenção. Por fim, são apresentados dois exemplos sobre o funcionamento do sistema, para servirem como referência.

Conteúdo

Introdução

Conhecimentos Básicos

1. Situação dos recursos da energia solar em Macau 3
2. Classificação dos sistemas de aquecimento de água através da energia solar 4
3. Princípios utilizados nos sistemas de aquecimento de água através da energia solar 7

Instalação dos Equipamentos

1. Trabalhos preparatórios 18
2. Principais questões sobre fiscalização e avaliação 21
3. Notas sobre a instalação dos equipamentos no local 23
4. Regulamentos a seguir 35

Gestão Operacional 40

Aplicação Prática 48

Anexo

Anexo 54

Anexo 1 - Fórmulas de cálculo para Avaliação do Índice

Anexo 2 - Parâmetros de referência do Sistema de Inspeção e Contadores



**Manual sobre o aquecimento de água através
da energia solar em Macau**

1

Conhecimentos Básicos



Conhecimentos Básicos

O presente capítulo destina-se aos leitores que não têm quaisquer conhecimentos sobre sistemas de aquecimento de água através da energia solar. Inclui uma descrição sumária sobre a situação dos recursos de energia solar em Macau, os princípios básicos e classificação dos sistemas de aquecimento de água através da energia solar e ainda, questões e princípios que devem ser tidos em conta aquando da escolha dos equipamentos para sistemas de aquecimento de água através da energia solar.

1. Situação dos recursos da energia solar em Macau

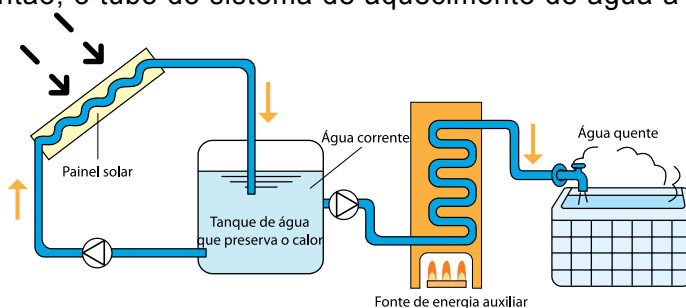
A energia solar é um tipo de energia que é fornecida continuamente à Terra classificando-se, por isso, como uma energia renovável. Os sistemas de aquecimento de água através da energia solar aproveitam directamente o calor do sol para aumentar a temperatura da água, armazenando a água aquecida num depósito acumulador que preserva o calor. A característica mais importante do sistema de aquecimento de água através da energia solar é a maximização da energia solar, de modo a conservar a energia em comparação com os métodos usuais de aquecimento de água. Logo, qualquer local definido para a instalação de um sistema de aquecimento de água a energia solar deve ter um alto grau de exposição solar. De um modo geral, é aconselhável que se utilizem sistemas de aquecimento de água através da energia solar em locais com uma exposição solar superior a 1.200 horas por ano e com uma radiação solar superior a 3.500 MJ/m².

A China apresenta 5 classificações tendo em consideração a radiação solar que os locais absorvem anualmente. Macau pertence à categoria III, muito próxima da categoria II, o que significa que a energia solar pode ser aproveitada

na RAEM. A latitude de Macau é 22,1 graus. Os colectores solares absorvem, em média, uma maior quantidade de radiação solar por ano se estiverem colocados a uma inclinação de 22 graus e a concentração média anual da radiação solar é de 5448,54 MJ/m². Além disso, Macau beneficia de um clima com temperaturas bastante elevadas, em que mesmo nos meses mais frios a média da temperatura máxima é de cerca de 14,8 graus centígrados e a média da mínima é de cerca de 12,2 graus centígrados. Estas condições são vantajosas para aumentar a eficiência do armazenamento do calor nos colectores solares, contribuindo também para elevar a taxa de produção de energia dos sistemas de aquecimento de água a energia solar.

2. Classificação dos sistemas de aquecimento de água através da energia solar

O sistema de aquecimento de água através da energia solar inclui essencialmente colectores (ou painéis) solares, o reservatório térmico para a água, bem como os tubos e sistemas auxiliares de aquecimento (Figura 1). Os colectores são responsáveis pela absorção da radiação solar, o reservatório térmico armazena a água aquecida produzida pelos colectores para utilização em dias nublados ou durante a noite. O reservatório térmico é essencialmente composto por uma parte interior, a camada térmica, e uma parte exterior. O sistema auxiliar de aquecimento tem como função apoiar o aquecimento da água nos dias em que haja pouca radiação solar e a temperatura da água não for suficiente para responder à procura. O sistema de controlo do sistema de água quente solar pode accionar o sistema auxiliar de aquecimento de modo a salvaguardar o fornecimento normal da água quente. Para além disso, o sistema auxiliar de aquecimento pode ser instalado directamente no interior do reservatório térmico, ou então, o tubo do sistema de aquecimento de água a energia solar pode também

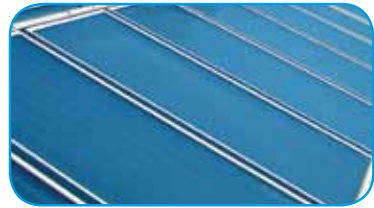
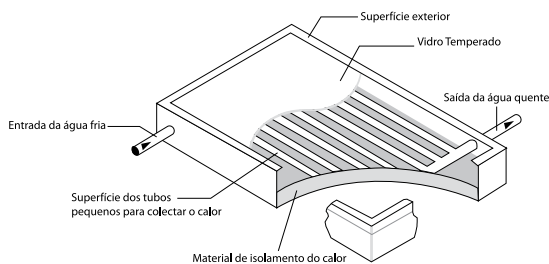


(Figura 1)
Sistema de aquecimento de água através da energia solar

ser ligado ao sistema auxiliar de aquecimento. Este sistema pode ser instalado de acordo com a situação de cada utilizador.

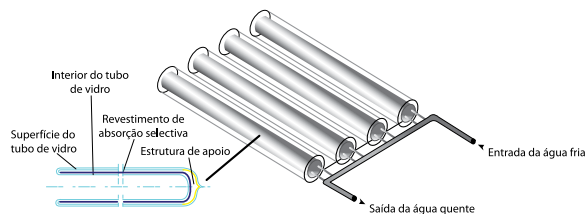
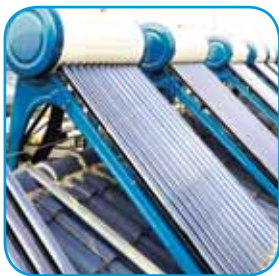
2.1 Classificação em conformidade com os tipos de painéis solares

Lisos: a energia térmica do sol recolhida neste sistema é recebida e subsequentemente transmitida através de um meio de transmissão de calor não condensador. Os painéis lisos tendem a ter uma estrutura endotérmica.



(Figura 2) Esquema da estrutura do coletor solar liso

Tubos de vácuo em vidro: estes colectores solares são compostos por tubos transparentes (normalmente de vidro). Entre a parede interna do tubo e a componente de absorção do calor existe um vacuum. A água flui através dos tubos de vidro e é aquecida directamente.



(Figura 3) Esquema da estrutura dos tubos de vácuo em vidro

Tubos de vácuo em vidro e metal: possuem tubos de vidro exteriores onde se inserem os tubos quentes ou tubos de metal em forma de “U” para absorver directamente o calor.

2.2 Classificação de acordo com o modo de aquecimento da água

Sistemas de circuito directo: são sistemas de circulação directa, ou seja, nestes sistemas, a água é aquecida directamente pelo colector solar e subsequentemente fornecida aos utentes.

Sistemas indirectos: são sistemas de circulação secundária. Este tipo de painéis solares utiliza um fluido de transmissão térmico para transmitir o calor recolhido através de colectores solares e transferir o calor à água, através de um permutador de calor, que é depois fornecida aos utilizadores. Porque a resistência do permutador do calor é relativamente elevada, utilizam-se, de um modo geral, mecanismos de circulação forçada nos sistemas indirectos.

2.3 Classificação de acordo com os meios de operação dos colectores solares

Sistemas de circulação directa: a água é aquecida pelos colectores solares e entra no depósito de água ou nos pontos de uso que é depois fornecida ao utente. É um sistema que não reutiliza a água aquecida pelos colectores solares. O depósito de água serve apenas para armazenar a água quente produzida pelos colectores solares.

Sistema solar de circulação natural (ou termossifão): os colectores solares aproveitam simplesmente as diferenças de densidade causadas pelas diferenças de temperatura para criar uma circulação natural. Os dispositivos que utilizam este sistema precisam de ter o tanque de água acima dos colectores solares. Este tipo de sistema não é aconselhável para sistemas de água quente solar de grande dimensão.

Sistema solar de circulação forçada: utiliza equipamentos mecânicos, como por exemplo bombas, para fazer circular o fluido térmico pelos colectores.

2.4 Classificação de acordo com a existência de sistemas auxiliares de aquecimento

Sistema auxiliar de aquecimento: sistema que utiliza a energia solar e outros equipamentos conjuntamente para aquecer água para consumo. Quando não for utilizada a energia solar, este sistema depende exclusivamente dos equipa-

mentos auxiliares para aquecer a água, sendo assim capaz de fornecer a água quente necessária aos edifícios. Podemos separar os métodos que os sistemas auxiliares utilizam para aquecer a água em três categorias: acção manual, acção automática durante todo o dia e acção automática programada.

Sem sistemas auxiliares de aquecimento: são sistemas que dependem exclusivamente da energia solar para aquecer a água. Estes sistemas não dispõem de qualquer sistema auxiliar de aquecimento e conseqüentemente, se não for utilizada a radiação solar, este sistema não será capaz de aquecer a água.

2.5 Classificação de acordo com a combinação de energia

Sistema solar de pré-aquecimento da água: os sistemas desta categoria aproveitam a radiação solar para aquecer a água fria antecipadamente. No entanto, precisam de uma fonte de energia auxiliar de aquecimento para aquecer a água até uma temperatura determinada.

Sistema de aquecimento solar combinado: estes sistemas utilizam a radiação solar e sistemas auxiliares de aquecimento, conjuntamente, para aquecer a água fria até uma temperatura determinada.

3. Princípios utilizados nos sistemas de aquecimento de água a energia solar

Um sistema de aquecimento de água a energia solar completo deve combinar colectores solares com um sistema tradicional de abastecimento de água quente. Aquando do processo da selecção do sistema, os designers devem ter em consideração as características do local, como por exemplo as condições climáticas, a localização geográfica, o posicionamento da residência, a capacidade económica dos residentes, as necessidades de água quente, entre outros factores, e ter bem em conta o desempenho dos diferentes sistemas de aquecimento solar, as condições de instalação e as próprias características da construção, de modo a reduzir, o mais possível, o consumo de combustíveis fósseis, electricidade, gás, e atingir o objectivo de abastecer água quente de uma forma estável, optimizando a sua utilização.

3.1 Princípios a ter em consideração aquando da escolha dos colectores solares

De acordo com as condições climatéricas, podem ser utilizados em Macau, três tipos de colectores solares.

1) Os colectores solares com painéis lisos podem ser utilizados em sistemas de recolha de energia solar accionados à pressão e os sistemas de recolha de energia solar que não são accionados à pressão. São fáceis de integrar em edifícios porque não afectam o exterior dos mesmos. Porém, se forem instalados no telhado, o desenho do sistema deve ter em consideração os cálculos relativos à carga de vento, e devem ser adoptadas as medidas necessárias para lidar com esta situação.

2) Colectores solares de tubos de vácuo – têm a vantagem de ser muito económicos e a distância entre os tubos pode minimizar o impacto causado pelo vento. No entanto, este tipo de sistema tem a desvantagem de ser pouco resistente porque não pode suportar qualquer pressão pois os tubos partem-se facilmente. Logo, impõem-se determinadas exigências ao pessoal responsável pela manutenção pós-venda.

3) Colectores solares de tubos de vácuo em metal e vidro - utilizam tubos quentes ou tubos metálicos em forma de “U”, absorsores do calor, no interior dos tubos de vácuo do colector. Preservam o calor no vácuo, evitando perdas de energia e são bastante resistentes. Tanto podem ser utilizados em colectores solares accionados à pressão como em colectores que não são accionados à pressão. Todavia, são os sistemas mais caros.

3.2 Princípios a ter em consideração aquando da escolha do meio de transferência térmica

Se o sistema de colectores solares adoptar um permutador de calor com um fluido de transmissão térmico, haverá alguma perda de calor. Logo, se tivermos em conta meramente a eficácia dos colectores, o sistema directo prevalece sobre o sistema indirecto. No entanto, e porque os componentes dos colectores entram

em contacto directo com a água, é necessário garantir um certo grau de qualidade da água, ou seja, será preciso uma dureza total <200 mg/l, cloretos <300 mg/l, de modo a assegurar o funcionamento normal do sistema.

Nos sistemas directos, a água entra primeiro no sistema dos colectores solares, sendo subsequentemente aquecida e transferida para o reservatório térmico para poder ser utilizada em banhos e duches. No sistema indirecto, independentemente da qualidade do circuito colector, o calor é transportado para a água no depósito térmico através de um permutador de calor e por isso nunca entra em contacto directo com a água. Comparando o funcionamento, podemos concluir que a probabilidade de contaminação da água fornecida por um sistema directo é mais elevada. Por isso, deve-se optar por um sistema indirecto em locais que tenham exigências elevadas relativamente à qualidade da água.

3.3 Princípios de operação em sistemas de aquecimento de água através da energia solar

Os sistemas de circuito directo são adequados a aparelhos que necessitam de água a uma determinada temperatura e que necessitam que a água aquecida seja utilizada durante um determinado período de tempo. Podem ser utilizados, por exemplo, em balneários públicos e lavandarias. Essencialmente, este sistema assume um consumo diário de água bastante consistente e a água quente gerada terá de ser consumida no próprio dia, caso contrário, no dia seguinte pode haver um desperdício de calor.

A estrutura do sistema solar de circulação natural (ou termossifão) é simples; aproveita simplesmente as diferenças de densidade resultantes das diferenças térmicas para obter uma circulação natural da água, não necessitando de uma força adicional para suplementar a sua movimentação. O efeito da circulação depende do grau de resistência dos tubos dos colectores; por isso, existem restrições no que se refere à dimensão deste tipo de sistemas. Para além disso, estes sistemas precisam de ter o depósito de água situado acima dos colectores solares. Por isso, o local ideal para a sua instalação terá de ter qualquer dispositivo para os esconder, caso contrário, poderão afectar o aspecto exterior do edifício.

Os sistemas de aquecimento solar de circulação forçada precisam de utilizar uma força externa, tal como equipamentos mecânicos, para accionar a circulação do fluido térmico pelos colectores. Desde que se consiga calcular a resistência da tubagem dos colectores solares, assim como escolher uma força razoável para ultrapassar esta resistência, pode-se obter o efeito esperado dos colectores. Devemos ter em atenção que, à medida que a dimensão do sistema é aumentada, a resistência da tubagem, e conseqüentemente a perda de calor também aumentará.

3.4 Princípios a ter em conta aquando da escolha de um sistema de aquecimento auxiliar.

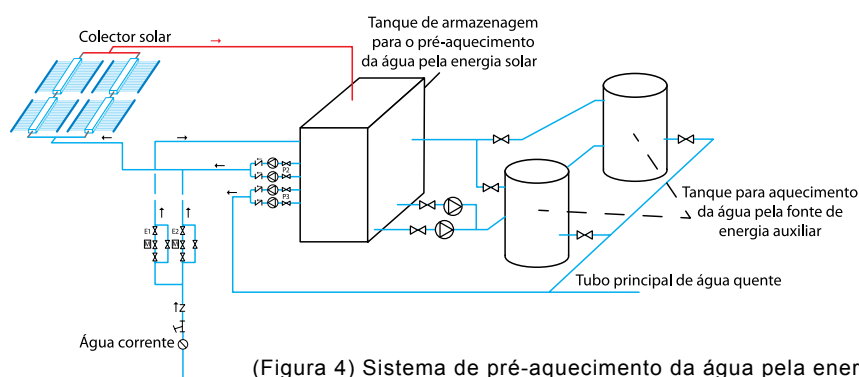
Mesmo que o desempenho térmico seja excepcionalmente elevado, a eficácia dos colectores solares depende, em última análise, da quantidade de radiação solar absorvida. Logo, deve-se utilizar outras fontes de energia em conjunto com a energia solar, para obter um abastecimento estável de água quente.

Quanto aos sistemas a energia solar centrais para o fornecimento de água quente, estes podem ser aplicados conjuntamente com um sistema auxiliar de aquecimento que utilize carvão, gasóleo, gás, electricidade, biomassa, energia eólica, entre outros. Tendo em consideração os recursos de Macau, a facilidade de instalação, a análise da eficiência económica, bem como a capacidade financeira dos residentes locais, deve-se optar por gás, gasóleo, ou electricidade.

3.5 Princípios a ter em consideração para a combinação das fontes de energia

O sistema solar de pré-aquecimento da água necessita de dois depósitos de água: um que serve como depósito de água para ser aquecido através da energia solar, e o outro como tanque de água a temperatura constante que será aquecido por via do sistema auxiliar. De um modo geral, a vantagem principal de um sistema de aquecimento de água centralizado é o facto de a temperatura do tanque de pré-aquecimento ser baixa, assegurando que a água recolhida possa ser transportada facilmente, podendo assim aproveitar plenamente a energia solar. Por favor veja a Figura 4 incluída abaixo para ver um exemplo deste tipo de configuração.

O sistema combinado de aquecimento de água apenas utiliza um depósito de água. A energia solar e o sistema de aquecimento auxiliar aquecem ambos a água fria até a uma determinada temperatura. De modo geral, este sistema é utilizado para sistemas de fornecimento parcial de água quente ou para sistemas de fornecimento regular de água quente de pequenas dimensões.



A decisão sobre a utilização de um sistema combinado de aquecimento de água depende principalmente da dimensão do sistema, da forma de aquecimento auxiliar e dos métodos utilizados para reduzir a fuga de energia. Por outras palavras, a escolha deste sistema deve depender da situação real.

Saiba mais sobre os sistemas solares de água quente para habitações:

De um modo geral, os sistemas solares de água quente para as habitações são colocados nos telhados dos edifícios. Por isso, deve-se garantir que o respectivo local seja estável e capaz de sustentar o peso do sistema de água quente solar. Aquando da instalação, deve-se também ter em atenção a questão da carga de vento, porque o posicionamento escolhido não deve obstruir edifícios na vizinhança nem colidir com árvores.

O cálculo sobre a capacidade do sistema solar de água quente terá de incluir o depósito de água quente e a dimensão dos colectores solares. Suponhamos que, numa família composta por 4 pessoas, cada membro de família gasta 50 litros de água quente a 50 graus centígrados, por dia, por cada banho. Isto si-

gnifica que a família necessita de 200 litros de água quente por dia. Suponhamos agora, que a mesma família optou por um sistema de aquecimento solar de circulação natural (ou termossifão). Neste caso, precisará de um colector solar com uma área de cerca de $2,5 \text{ m}^2$. O público deve escolher os produtos de energia solar de acordo com a quantidade de água quente de que necessita e o espaço disponibilizado para a sua instalação. No entanto, devem ter em consideração a instalação do sistema auxiliar de aquecimento, de modo a garantir o fornecimento estável de água quente.



Quadro resumo dos sistemas de aquecimento de água através da energia solar:

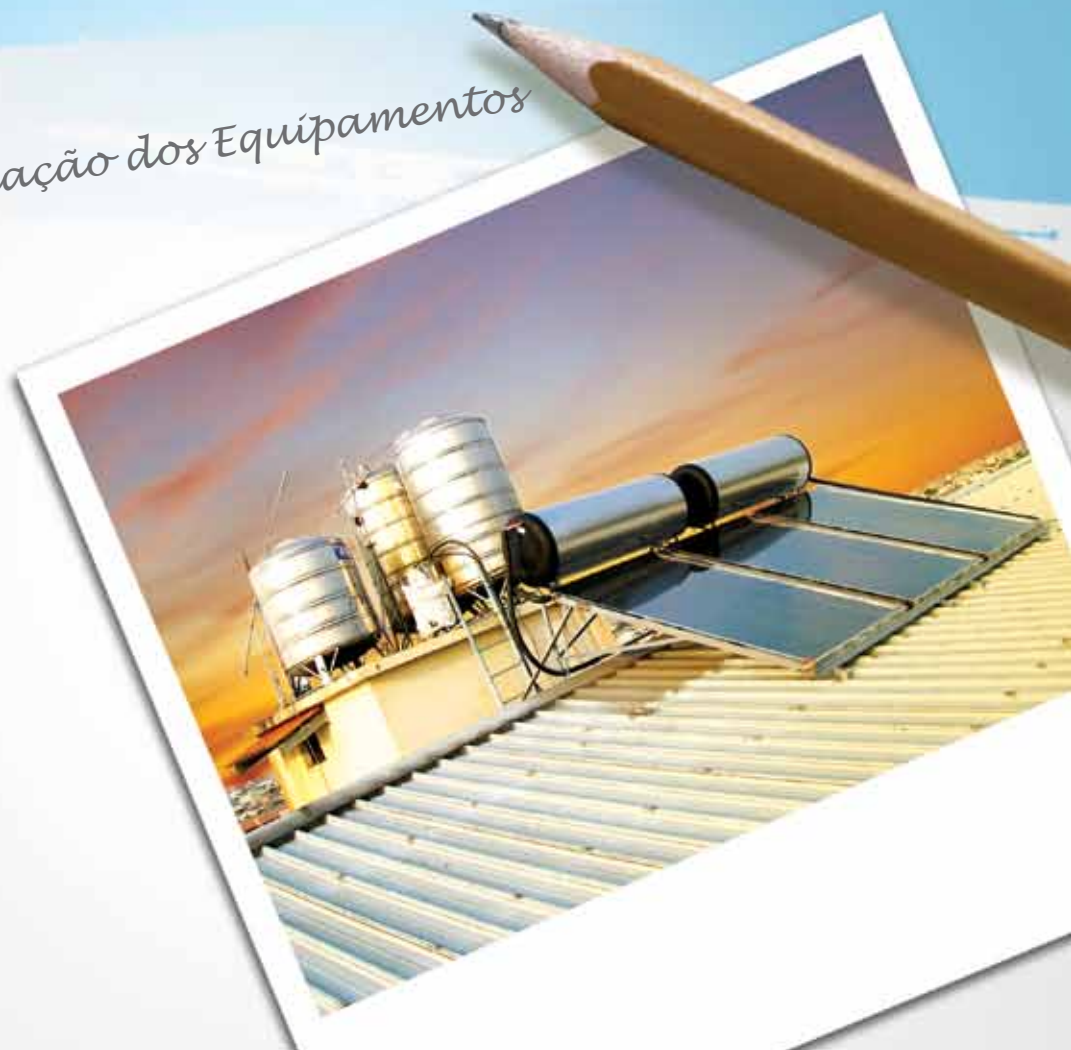
Formas de classificação	Categoria	Pontos Principais
Tipo de colector de calor	Lisos	<ul style="list-style-type: none"> - Podem ser utilizados em sistemas de recolha de energia solar accionados à pressão e que não sejam accionados à pressão. São fáceis de integrar em edifícios porque não afectam o aspecto exterior dos mesmos; - A instalação no telhado deve ter em consideração os cálculos relativos à carga de vento, e adoptar as medidas necessárias para lidar com esta situação.
	Tubos de vácuo em vidro	<ul style="list-style-type: none"> - Os preços são mais baixos; - A carga de vento é baixa; - Têm a desvantagem de ser pouco resistentes porque não podem suportar qualquer pressão pois partem-se facilmente. Logo, impõem determinadas exigências ao pessoal responsável pela manutenção pós-venda.
	Tubos de vácuo em metal e vidro	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizam tubos quentes ou tubos metálicos em forma de “U” para absorver o calor e transmiti-lo aos tubos de vácuo do colector; - Preservam o calor no vácuo, evitando perdas de energia e são bastante resistentes; aumenta a confiança dos produtos; - Podem ser utilizados em colectores solares accionados à pressão e que não sejam accionados à pressão; - Os preços são os mais elevados de todos os sistemas.
Meio de transferência térmica	Sistema directo	<ul style="list-style-type: none"> - A eficiência da recolha do calor é maior do que o sistema indirecto; - Devido ao contacto directo da água com os componentes do colector solar, o requisito da qualidade de água é mais elevado para assegurar o funcionamento normal do sistema.
	Sistema indirecto	<p>A probabilidade de contaminação da água é mais baixa. Por isso, esta opção é melhor em locais que tenham exigências elevadas relativamente à qualidade da água.</p>
Operação do sistema	Sistema de circuito directo	<p>Os sistemas de circuito directo são adequados para aparelhos que necessitam de uma determinada temperatura de água e que necessitam que a água aquecida seja utilizada durante um determinado período de tempo. Devem ser utilizados em locais como por exemplo balneários públicos e lavandarias;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Este sistema assume um consumo diário de água bastante consistente e a água quente gerada terá de ser consumida no próprio dia; caso contrário, poderá haver um desperdício de água quente no dia seguinte.

	Sistema de circulação natural	<ul style="list-style-type: none"> - O efeito da circulação depende do grau de resistência dos tubos dos colectores; por isso, existem restrições no que se refere à dimensão deste tipo de sistemas; - O local ideal para a instalação deve possuir um dispositivo de ocultação do sistema de modo a não afectar o aspecto exterior do edifício.
	Sistema de circulação forçada	<ul style="list-style-type: none"> - Precisam de utilizar uma força externa, como equipamentos mecânicos, para accionar a circulação do fluido térmico pelos colectores; - A escala do sistema não tem limite, mas com o aumento da dimensão do sistema, aumenta a resistência e diminui o calor nos tubos.
Fonte de energia auxiliar	Com fonte de energia auxiliar	<ul style="list-style-type: none"> - Fornecimento estável de água quente.
	Sem fonte da energia auxiliar	<ul style="list-style-type: none"> - Não há fornecimento estável da água quente.
Combinação das fontes de energia	Sistema de pré-aquecimento da água	<ul style="list-style-type: none"> - É utilizado no sistema do fornecimento centralizado de água. De um modo geral, a principal vantagem de um sistema de aquecimento de água centralizado é o facto de a temperatura do tanque de pré-aquecimento ser baixa, assegurando que a água recolhida possa ser transportada facilmente, podendo assim a energia solar ser plenamente aproveitada.
	Sistema combinado de aquecimento de água	<ul style="list-style-type: none"> - De um modo geral, este sistema é utilizado para sistemas de fornecimento parcial de água quente ou para sistemas de fornecimento regular de água quente de pequenas dimensões.

**Manual sobre o aquecimento de água através
da energia solar em Macau**

2

Instalação dos Equipamentos





Instalação dos Equipamentos

No seguimento do capítulo anterior, em que foram abordados os conhecimentos básicos dos sistemas de aquecimento de água através da energia solar, este capítulo servirá principalmente para dar informações sobre as questões que devem ser tidas em consideração aquando da instalação de um sistema deste tipo, como por exemplo, informações sobre a instalação destes sistemas no local e alguns dos regulamentos que precisam de ser cumpridos em Macau.

1. Trabalhos Preparatórios

Antes da instalação de novos sistemas de aquecimento de água através da energia solar, deve-se fazer uma avaliação durante a fase de planeamento, como por exemplo uma avaliação do local onde vai ser instalado o sistema. Para além disso, deve-se também avaliar, antes da instalação do sistema, dados como a energia poupada anualmente pelo sistema após a sua instalação, a energia despendida, o período para a recuperação do investimento bem como os benefícios para o ambiente.

1.1 Avaliação do local onde vai ser instalado o sistema de aquecimento de água através da energia solar

De modo a aproveitar plenamente a energia solar, deve-se ter em consideração, conjuntamente, a topografia, a luz do sol, bem como as condições de vento de modo a preparar um plano apropriado para a instalação do sistema baseado na orientação, estrutura física e área do edifício. Note que:

O colector solar deve ser instalado de modo a estar virado para sul e, em edifícios muito próximos, não poderá estar numa posição em que bloqueie o acesso da luz solar a outros edifícios, de modo a criar condições em que possa

ser plenamente aproveitada a radiação solar, aproveitando o local da forma mais eficiente.

A utilização de software de análise analógica da luz solar (software luz solar para análise de iluminação natural) para determinar a distância entre edifícios deve não só satisfazer os requisitos de Macau no que se refere ao espaçamento da radiação solar (incidência directa de radiação solar), como também deve satisfazer a necessidade de exposição à radiação solar do colector, no mínimo, durante 4 horas.

A área circundante do edifício não deve conter nada que possa bloquear a projecção da luz solar no colector. Aquando da montagem do sistema de água quente solar, deve-se ter em consideração o impacto que o mesmo terá sobre os edifícios adjacentes. A configuração das instalações do sistema de água quente solar não deve afectar a quantidade de sol projectado para outros edifícios.

Sem prejuízo do funcionamento dos colectores solares, deve-se evitar locais muito ventosos. Deve ser tida em atenção a segurança das estruturas (juntas) do edifício, a manutenção e a facilidade de substituição dos componentes do sistema, a permeabilidade do envelope do edifício e evitar a formação de uma ponte térmica do envelope.

Após a escolha de um sistema de aquecimento de água através da energia solar adequado às necessidades do utente, será preciso levar a cabo cálculos preliminares sobre as principais condições do desenho do sistema, como por exemplo a área necessária para o colector, o volume do depósito de armazenamento de água e a dimensão dos tubos, de modo a verificar se o edifício tem o espaço necessário para a instalação do equipamento.

1.2 Indicadores de avaliação do sistema de aquecimento de água através da energia solar

Para além da pré-avaliação no que se refere à escolha do local, devem também ser avaliados os indicadores referentes ao desempenho do sistema, como

por exemplo a energia poupada anualmente, o custo energético, o período necessário para recuperar o investimento e os benefícios do sistema sobre o ambiente. Estes indicadores estão disponíveis para referência dos investidores. Por favor, consulte o Anexo 1, o qual inclui as fórmulas utilizadas para calcular os seguintes indicadores:

1) Energia poupada anualmente – A energia poupada anualmente através do sistema de aquecimento solar da água assume a forma de sistema solar de água quente para determinar a área do colector solar e os parâmetros de desempenho do colector, projectados através da inclinação do colector e das condições meteorológicas padrão.

2) Custos energéticos - Existem dois indicadores para a pré-avaliação dos custos energéticos do sistema de água quente solar. O primeiro é o custo energético simples e o outro refere-se à energia poupada durante a vida útil do sistema. De um modo geral, a utilização do indicador “custo energético simples” é suficiente.

3) Período necessário para recuperar o investimento - São utilizados dois algoritmos para calcular o período necessário para recuperar o investimento num sistema de água quente solar. O primeiro refere-se ao algoritmo para o retorno de investimento estático e o segundo ao algoritmo para o retorno de investimento dinâmico. A diferença entre os dois algoritmos reside no facto de o algoritmo para o retorno de investimento estático não tomar em consideração o impacto do desconto do valor do investimento; o respectivo método de cálculo é mais simples. O algoritmo para o retorno de investimento dinâmico é mais preciso porque toma em consideração este impacto do factor desconto.

4) Benefícios para o ambiente - Os benefícios para o ambiente de um sistema de água quente solar podem ser avaliados através da poupança no consumo comparado com uma situação onde tivessem sido utilizadas fontes de energia tradicionais, medido através da redução nas emissões de poluentes. Ao transformar a poupança de energia tradicional em dióxido de carbono, e utilizar a energia

extra usada pelo sistema é multiplicada pelo correspondente factor de emissão de dióxido de carbono correspondente e, em seguida, o teor de carbono dentro do padrão de carbono é convertido para o conteúdo de carbono desse tipo de energia, e é então convertido em mais emissões de dióxido de carbono.

2. Principais questões sobre fiscalização e avaliação

A monitorização e acompanhamento a longo prazo dos sistemas de energia solar para aquecimento da água tem como objectivo avaliar se as operações do sistema cumpriram os requisitos de concepção e, através da análise dos dados de monitorização, avaliar os resultados reais do funcionamento do sistema de energia solar para aquecimento da água, resumir as lições aprendidas na concepção, fornecer os dados medidos para a promoção do sistema de energia solar para aquecimento da água e fazer melhor uso da energia solar.

2.1. Indicadores para a avaliação e fiscalização de sistemas de aquecimento de água através da energia solar

Considerando que a fracção solar é um indicador importante na concepção do sistema, a taxa de eficiência do sistema de colector solar é um indicador importante na avaliação do desempenho do sistema do colector. O principal objectivo da monitorização é obter estes dois indicadores.

1) Fracção de Poupança Solar

A “Fracção de Poupança Solar” é calculada como o total da energia fornecida pelos colectores solares do sistema de água quente solar, dividido pela energia total.

$$f = \frac{E_S}{E_R}$$

onde f - é a Fracção de Poupança Solar em %;

E_S - é o calor fornecido pelos sistemas de medição de colectores solares (Colectores Solares Térmicos) em MJ; e

E_R - é o calor fornecido pelos sistemas de medição de colectores solares em MJ.

O calor fornecido pelo sistema de colector solar também pode ser obtido através do calor fornecido pelos sistemas de testes de medição de colectores solares que possuem uma fonte de energia auxiliar.

2) Taxa de Eficiência dos Colectores Solares

A Taxa de Eficiência dos Colectores Solares é expressa como a energia solar útil captada, dividida pela energia solar disponível, de acordo com as condições da respectiva zona medida. Este valor reflecte a eficiência de absorção de energia solar dos colectores, bem como o efeito de isolamento dos tubos e do depósito de armazenamento de água.

$$\eta = \frac{E_s}{A \cdot H_t} \times 100\%$$

onde η - é a Taxa de Eficiência dos Colectores Solares em %;

A - é a área dos colectores solares em metros quadrados; e

H_t - é a radiação solar captada na superfície dos colectores solares em MJ/m².

2.2. Parâmetros e instrumentos utilizados para a fiscalização

De acordo com os indicadores de monitorização e avaliação utilizados para determinar os parâmetros de fiscalização em tempo real e os respectivos instrumentos para os testes, é necessário um conjunto completo de dados de monitorização através de um sistema de monitorização totalmente automático de controlo do aquecimento de água que inclua pelo menos as medidas exigidas pelo sistema de água quente, fornecedor de medição de calor pelo sistema de colectores solares, o calor fornecido pela fonte de energia auxiliar, e energia solar disponível, etc. Por favor, consulte o Anexo 2 para os diferentes parâmetros e instrumentos.

3. Notas sobre a instalação dos equipamentos no local

3.1 Requisitos básicos

Aquando da instalação do sistema de água quente solar, deve-se ter cuidado para não danificar a estrutura do edifício, não debilitar qualquer parte do edifício através da colocação de cargas demasiado pesadas e deve-se assegurar que nem a camada impermeável do telhado nem as instalações auxiliares do edifício são prejudicadas em resultado da instalação do sistema de água quente solar.

Os produtos, partes e materiais utilizados na instalação do sistema de água quente solar devem estar conformes com os padrões de qualidade e devem ter uma garantia de qualidade. A instalação não deve prejudicar a estrutura, função, forma e as instalações interiores e exteriores do edifício. Devem ser feitos cálculos da carga sobre os efeitos do peso morto, carregamento da carga e a carga de vento sobre a segurança da estrutura.

Se um sistema de água quente solar for instalado num edifício novo, deve-se ter em conta o efeito de transferência de carga. Se o sistema for instalado num edifício existente, deve ser levada a cabo uma revisão sobre o desenho estrutural, materiais estruturais, durabilidade, bem como a estrutura e durabilidade do local onde o sistema de água quente solar será instalado. Os requisitos de desenho e de concepção, como por exemplo os pára-raios, devem ser verificados após a instalação dos equipamentos, de modo a garantir a segurança do sistema.

3.2. Construção da base

A base do sistema de aquecimento de água através da energia solar deve estar bem ligada à estrutura principal. As componentes fixas e os espaços vazios na base devem ser enchidos de forma compacta com betão agregado fino. Deve ser aplicado um revestimento de impermeabilização após a conclusão da construção da base do sistema no terraço. Se forem utilizados suportes para os colectores solares pré-fabricados, a base deve ser colocada numa superfície lisa e limpa, e ligada firmemente ao edifício. As camadas impermeáveis no terraço do edifício não devem ser danificadas. Uma vez que as partes enterradas estão

expostas a mais forças externas, e de modo a prevenir que a área à volta do betão seja transtornada e que a camada impermeável seja danificada, a grossura dos componentes das partes enterradas até à superfície da parede não poderá ser inferior a 25cm. Se os componentes não tiverem a referida espessura, devem ser engrossados gradualmente. Devem ser primeiro instalados componentes cravados que conseguem suportar vibrações dentro de blocos de betão pré-fabricados. A superfície destes blocos deve ser revestida com um acabamento impermeável e colocados depois no local determinado para os mesmos. Depois, toda a estrutura deve ser revestida com betão e um revestimento anti-corrosão deve ser aplicado às partes cravadas da superfície da base de aço e da base de betão, de modo a terem uma protecção adequada antes da instalação de um sistema de água quente solar.

3.3. Instalação das estruturas de apoio

As estruturas de apoio dos sistemas de aquecimento de água através da energia solar devem ser produzidas de acordo com o desenho do sistema, de forma a assegurar a coordenação e objectivos estéticos. Os materiais relativos aos andaimes que são feitos em aço, como por exemplo ângulos de aço, tubos quadrados em aço e canais de aço devem ser instalados de modo a permitir a drenagem sem afectar a capacidade da caixa. Se, por motivos estruturais ou por quaisquer outros motivos, resultar na dureza da água, devem-se tomar as medidas apropriadas no sistema de drenagem de modo a assegurar que a água seja drenada sem problemas. As estruturas de apoio devem ser instaladas firmemente e posicionadas correctamente sobre a base que suporta o peso de acordo com os requisitos de desenho. Dependendo das condições no local, as estruturas de apoio devem ter em consideração as devidas providências contra tempestade, devido ao facto de estarem fixadas rigidamente ao edifício. As estruturas de apoio feitas de aço devem estar seguramente ligadas ao sistema de ligação à terra, do edifício. As medidas de protecção contra a corrosão devem ser aplicadas após a conclusão das obras de soldagem das estruturas de apoio em aço.

As estruturas de apoio devem ser fixadas à base utilizando parafusos ou soldagem, e deve-se assegurar que as mesmas sejam resistentes e estáveis. Se

utilizar estruturas inclinadas de apoio, a instalação das mesmas deve ser feita de acordo com o desenho e devem ser assegurados os requisitos, como por exemplo de circulação natural, de drenagem e precauções contra o frio. Se o sistema de água quente solar for construído acima da fundação da camada impermeável no terraço, as estruturas de apoio poderão ser instaladas nesta fundação. Todas as filas das estruturas de apoio devem ser agrupadas utilizando ângulos de aço e outros materiais e ligadas ao edifício, melhorando assim a resistência ao vento.

Se as estruturas de apoio dos colectores solares forem instaladas numa fundação de betão, deve verificar-se se os alicerces da construção estão de acordo com os desenhos e o tipo de colector utilizado, assegurando a elevação e a localização dos alicerces, bem como verificar se a colocação dos furos de âncora está correcta. Subsequentemente, o entulho existente na fundação deve ser removido, especialmente as placas de madeira dentro dos buracos para fixar os parafusos. De seguida, desenhe uma linha central na fundação de acordo com os desenhos do sistema.

Para instalar as estruturas de apoio para os colectores solares, coloque em primeiro lugar os apoios na fundação, coloque os furos correspondentes aos apoios reservados sobre a fundação e rode a rosca do parafuso dentro do buraco para fixar os parafusos de modo a que estes fiquem dentro do respectivo buraco. A altura da rosca deve ser de 1~1,5 vezes mais alta que a altura da porca. Utilize um suporte para fixar bem o parafuso, e deite uma mistura de cimento e argamassa (com um rácio de 1:2) dentro do buraco para fixar os parafusos. Aperte as porcas após a mistura ter solidificado.

A superfície da fundação de betão deve ser lisa, e a elevação de cada pé de coluna deve estar ao mesmo nível de altura padronizada, com uma tolerância máxima de $\pm 20\text{mm}$ e um erro de arremesso sub-angular de $\pm 2\text{mm}$. Os pés da coluna das estruturas de apoio devem ser ligados directamente às placas de aço cravadas, ou ligadas aos parafusos. As estruturas de apoio devem ser instaladas de forma estável e segura, assegurando que estão alinhadas ao mesmo nível. Devem ser utilizados parafusos galvanizados ou de aço inoxidável como

conectores para os diversos componentes de ligação das estruturas de apoio. O grau de solidez deve ser consistente, no que se refere aos conectores para as mesmas partes.

3.4 Instalação dos colectores

O ângulo e posição necessários para a instalação dos colectores devem satisfazer os requisitos de desenho, com um erro de ângulo de $\pm 3^\circ$ aquando da instalação. Os colectores devem ser fixados firmemente à estrutura principal do edifício, ou às estruturas de apoio dos colectores, de modo a não escorregarem. A ligação entre os colectores deve ser feita de acordo com as orientações fornecidas pelo fabricante, selada de forma segura, sem derrames ou distorções. Estas ligações devem ser facilmente removíveis e substituíveis. Quando estiverem ligados todos os colectores, deve ser feito um teste para verificar a existência de fugas que sejam relevantes com os padrões do desenho. Os regulamentos relevantes podem ser consultados em “*GB 50364-2005 Civil Building Solar Water Heating - Technical code for solar water heating system of civil building*”. Depois de ser feito o teste de fugas, deve ser feito o isolamento dos tubos de ligação entre os colectores.

Os colectores térmicos instalados nas inclinações de telhados podem ser de tipo embutido ou de tipo suspenso montado à superfície. O espaço entre a superfície do telhado e o colector térmico deve estar desobstruído, de modo a assegurar que a água da chuva seja drenada sem problemas. Nos colectores de tipo embutido, a junção entre o colector térmico e os materiais envolventes do telhado deve ser sujeita a obras de impermeabilização, sem prejuízo das funções de isolamento, isolamento térmico e impermeabilidade. Nos colectores de tipo suspenso montado à superfície, a distância entre o colector e a superfície do telhado não deve ser superior a 100mm.

Os colectores instalados em varandas devem estar fixados numa estrutura de grades que satisfaça os requisitos de resistência, força e que seja segura. Os colectores devem estar bem conjugados com as restantes partes da varanda, de forma harmoniosa.

Quando os colectores forem instalados numa parede, a parte exterior da parede terá de suportar o peso dos equipamentos, como devem também ser tomadas as medidas técnicas necessárias para evitar deformações, rupturas, e outros efeitos adversos. A cor dos materiais decorativos da parede deve ser coordenada com as cores dos colectores. Se os colectores forem instalados na parede exterior de um edifício alto, com vários andares, devem ser providenciadas condições para o serviço e manutenção, assim como devem ser ajustadas as medidas correspondentes para prevenir ferimentos causados pela queda de tubos de vácuo.

3.5 Instalação dos depósitos térmicos

O local de instalação de um tanque de armazenamento (depósito térmico para o armazenamento da água) de água quente solar de sistema aberto, deve cumprir os requisitos de desenho e o tanque fixado firmemente à base. Durante a instalação, devem ser sempre utilizadas ferramentas de nivelamento e réguas verticais para verificar as dimensões horizontais e verticais do depósito. Os desvios permitidos no depósito são os seguintes: coordenadas de 15mm, elevação de ± 5 mm e inclinação vertical de 5mm/m. Após a instalação do depósito, deve-se, de acordo com o desenho, levar a cabo um interface da tubagem na posição de receptor de cano do tanque, e encaixar com um pequeno troço de juntas de flange ou tubo de acoplamento. Deve, depois, ser instalada uma escada de acesso na parte interior e exterior do depósito e outros equipamentos de acordo com o desenho.

Os tubos de descarga não podem estar directamente ligados aos tubos do sistema de drenagem, dado que segundo os requerimentos, a drenagem deve ser indirecta. A boca do tubo de descarga deve estar equipada com uma cobertura de rede para impedir que pequenos animais subam para o reservatório. Considerando que uma válvula não pode ser colocada sobre o tubo de descarga, deve ser colocada no tubo de ventilação. O tubo de ventilação das válvulas pode estar ligado com o tubo de descarga, mas não directamente ligado aos tubos do sistema de drenagem. A extremidade do tubo de ventilação pode ser estendida

para o interior ou para o exterior, mas não para uma área que contenha gases nocivos. A embocadura deve ser fixada virada para baixo, com um filtro de prevenção de insectos, mosquitos e outros detritos que deverá ser colocado no final da embocadura. As válvulas não podem ser colocadas no tubo de ventilação e este tubo não pode estar ligado ao tubo de ventilação e às condutas de ar do sistema de drenagem. A tampa colocada dentro do tanque deve ser selada com cadeado, e não deve estar a menos de 100 milímetros acima da superfície da tampa do depósito.

Para os tanques de armazenamento soldados com aço, as paredes interiores e exteriores devem ser tratadas com conservantes de acordo com exigências do projecto. O revestimento anti-corrosão da parede interna deve ser salubre, anti-tóxico e deve suportar a água quente armazenada à temperatura máxima. Deve ser possível fazer manutenção no interior do tanque.

Após a instalação do tanque de armazenamento, deve ser realizado um teste de “enchimento do tanque”. Método de ensaio: feche as válvulas da tubulação de saída da água e o tubo de ventilação. Abra a válvula de entrada de água para deixar a água entrar, realize testes até que o tanque esteja completamente cheio. Deixe repousar durante 24 horas e observe. O teste é satisfatório, se nenhuma fuga/vazamento for detectada. Através da utilização de material de isolamento da espessura exigida nos requisitos do projecto, o isolamento do tanque deve ser efectuado após ter sido feito o teste de vazamento. Quando nenhum material é especificado, podem ser utilizados espuma de poliuretano, esponja de borracha de célula fechada, isopor, lã de vidro fino, lã de rocha, feltro de silicato, perlita, etc. A superfície de isolamento deve ser plana, a impermeabilização deve ser apertada, sem perfurações ou desprendimento. Dado que ligações rígidas podem resultar numa perda de calor, devem existir plataformas de isolamento entre o tanque de armazenamento e os suportes.

3.6 Instalação da tubagem

O sistema de água quente central deve estar próximo do ponto de uso da água. Para garantir a temperatura do sistema de água, é necessária a medição

do sistema de água parada em tubos de fornecimento de água quente enquanto estão nos canos, onde a medição do sistema de circulação é necessário. O plano de canalização do sistema de aquecimento da água por energia solar deve estar organizado, num local seguro, escondido e de fácil reparação. Relativamente aos novos edifícios, as condutas verticais também devem estar instaladas em poços verticais. O aumento ou modificação de um sistema de aquecimento de água através da energia solar num edifício existente deve ser feito de forma razoável, de maneira a não afectar as funções do edifício e sua aparência. O sistema de canalização do sistema de aquecimento de água por energia solar não pode passar pelas maiores áreas estruturais do edifício. Os tubos de canalização devem ser embutidos nas paredes e telhado do edifício, para evitar furos de perfuração de um telhado que já esteja impermeabilizado e isolado.

Deve haver um contador de água quente principal e vários contadores domésticos dentro do sistema, e um contador de detecção de fugas de água quente que deve ser colocado num local apropriado da tubagem. Para avaliar a eficiência do sistema de energia, os contadores térmicos devem ser instalados nas saídas de água quente solar e nos tubos de aquecimento de utilização principal se as condições o permitirem. O diâmetro do contador de água quente deve ser o mesmo que o dos tubos de água quente. Os contadores de água quente devem ser colocados em áreas onde possam ser fáceis de observar, onde não congelem, onde não sejam submersos por qualquer líquido ou impurezas e onde não se deteriorem com facilidade. A drenagem do sistema de água solar, nos pontos possíveis de fugas, deve ser colocada nas proximidades da drenagem do edifício. O corpo da drenagem deve poder suportar água a temperaturas acima dos 90 ° C.

O isolamento dos tubos do gasoduto no exterior deve ser realizado após verificação do sistema de detecção de fugas e ligado o piloto automático. Para sistemas que utilizam cabos de aquecimento de auto-regulação com anticongelante, este deve ser inicialmente aplicado de acordo com as exigências do fabricante antes de se proceder ao isolamento. Se as condutas precisarem de ser fixas após isolamento, devem ser utilizados materiais isolantes rígidos. Visto que

existe uma grande diferença de temperatura entre o interior e o exterior do isolamento dos tubos suspensos devem ser utilizados materiais com condutividade térmica baixa que são mais leves e mais fáceis de operar, juntamente com uma camada de protecção exterior, protegendo contra o vento e a chuva.

De entre os tubos de água quente interiores, o tubo principal de distribuição, as condutas de distribuição e a tubagem de saída de água devem estar isolados após os testes de pressão de água e de corrosão que são geralmente qualificados com base na ordem de construção da camada de isolamento, camada à prova de humidade e camada protectora. Caso seja necessário que o isolamento seja feito em primeiro lugar, devem ser deixados em aberto o interface da tubagem e uma linha de soldadura até ser feito o teste de pressão de água e tratamento anti corrosão. A superfície externa dos tubos deve ser mantida limpa antes da construção.

3.7 Instalação do sistema eléctrico

Os equipamentos eléctricos utilizados no sistema de aquecimento de água através da energia solar, devem possuir um disjuntor de fuga de corrente, ligação à terra, disjuntor e outros dispositivos de segurança. O sistema de fornecimento de circuito de alimentação especial e o sistema de aquecimento incorporado de ambos os circuitos devem estar equipados com um disjuntor de fuga de corrente, protegendo o circuito em funcionamento, no máximo 30mA. Este circuito de controlo eléctrico deve ser colocado em tubagem escondida ou aplicado em tubagem própria. O projecto de protecção contra relâmpagos de um sistema de aquecimento de água através de energia solar num novo edifício, deve satisfazer as disposições pertinentes das leis e regulamentos de Macau, como Decreto-Lei n.º 57/82/M, podendo referir-se a normas técnicas pertinentes dentro do padrão nacional “GB 50057-1994: Padrões de desenho para a protecção de estruturas contra relâmpagos”. Também devem existir medidas de protecção de estruturas contra relâmpagos para os sistemas recém-instalados ou para os sistemas modificados de aquecimento de água a energia solar em edifícios existentes. Se for necessário utilizar equipamento já existente de protecção contra relâmpagos e de equipamento de ligação à terra em prédios existentes, devem ser realizados

testes de resistência em dispositivos de ligação à terra. Se as exigências do plano não forem cumpridas, devem ser acrescentadas novas medidas de segurança de ligação à terra. Os fios dos sensores devem ser sólidos e fiáveis, com bom contacto. Na máscara de linha entre a caixa de passagem e a tubagem deve ser feita uma segunda protecção e impermeabilizadas ambas as extremidades dos tubos.

3.8 Técnicas de controlo do sistema automático

Deve haver um sistema de controlo dentro do sistema de água quente a energia solar para garantir que o sistema esteja a operar de forma segura, fiável e flexível. O termóstato deve ser controlado automaticamente, e o termóstato DC do sistema de água quente deve ter uma função de protecção do reservatório de água cheio com função de auto travagem. O sensor de temperatura utilizado em sistemas de colectores solares deve suportar a temperatura máxima do ar de secagem em operações normais com uma taxa de exactidão de $\pm 1^\circ\text{C}$. O sensor de temperatura utilizado pelo tanque de armazenamento deve suportar 100°C em operação normal, com uma taxa de exactidão de $\pm 1^\circ\text{C}$. O sistema de válvulas termostáticas utilizado no sistema de aquecimento de água a energia solar deve ser capaz de atender aos requisitos de pressão de água em condições reais de operação. O erro de controlo da temperatura não deve ser superior a $2,5^\circ\text{C}$, exigindo boa resistência à corrosão e maior durabilidade.

Os dispositivos de entrada principais dos sistemas de aquecimento da água através de energia solar são transmissores de temperatura, transmissores de pressão, transmissores de pressão diferencial, interruptores de fluxo de água e medidores de fluxo, entre outros.

3.8.1 Técnicas de transmissão da temperatura

Dentro do sistema de aquecimento de água a energia solar existe um transmissor de temperatura, normalmente um tipo de ligação utilizado para medir a temperatura média dentro da canalização de água quente e fria. A instalação do transmissor de temperatura da canalização de água deve ser realizada ao mesmo tempo que a pré-fabricação e instalação do processo de tubulação, certificando-

se que o orifício de abertura e processo de soldagem são realizados antes do processo de preservação da tubulação, limpeza e teste de pressão. O transmissor de temperatura da canalização deve ser instalado num local representativo, sensível à temperatura média. Não se recomenda a escolha de locais perto das peças de resistência, tais como válvulas, locais onde não existe fluxo de água e locais com grande vibração. Se a secção de temperatura do transmissor da tubagem é 1/2 vezes maior que o diâmetro da tubagem, o transmissor pode ser instalado na parte superior do mesmo. Se for 1/2 vezes menor que o diâmetro da tubagem, o transmissor pode ser instalado no lado ou no fundo. Não é apropriado instalar o transmissor de temperatura da canalização de água perto de soldagem do tubo e da sua extremidade. Após a instalação, é inapropriado soldar ou furar as extremidades. O local de entrada do fio da caixa de junção deve ser hermeticamente fechado para evitar a entrada de água ou humidade, de modo a não danificar o circuito do transmissor. Para a instalação da tubagem, pode ser utilizado $\varnothing 20\text{mm}$ de fio do tubo. A mangueira de metal pode ser utilizada para ligar o transmissor de temperatura da canalização de água. Deve haver água no sistema de água existente. Quando a instalação do transmissor está atrasada, o invólucro do transmissor deve ser instalado em condutas de água. Durante a instalação do transmissor, insira o transmissor na caixa do gasoduto cheia de condutividade térmica média.

3.8.2 Técnicas de transmissão de pressão e de transmissão de pressão diferencial

Com o objectivo de controlar a pressão/ transmissor de pressão diferencial do sistema de aquecimento de água a energia solar para que seja mais económico e eficiente, é muito importante a selecção e a instalação correcta do transmissor de pressão diferencial. A taxa de medição do transmissor de pressão diferencial é determinada pelos valores do parâmetro do objecto que está a ser medido. Para evitar danos devido a sobrecarga, enquanto a pressão está a ser medida, o limite superior da pressão do transmissor de pressão diferencial deve ser superior ao valor máximo da pressão real. Além disso, de forma a garantir a precisão das medições, é necessário que o valor normal de trabalho de medição da pressão / transmissor de pressão diferencial não deva ser inferior a 1/3 da sua totalidade.

O transmissor de pressão e o transmissor de pressão diferencial devem ser instalados no lado contra a corrente do transmissor de temperatura e humidade, num local de fácil manutenção e desinfestação. A instalação do transmissor de pressão diferencial deve ser realizada ao mesmo tempo que o pré-fabricado e instalação do processo de tubagem, certificando-se que orifício de abertura e o processo de soldagem são realizados antes do processo de protecção dos tubos, limpeza e teste de pressão. Não é adequado instalar o transmissor de pressão diferencial/pressão da tubagem perto da conduta nem da extremidade. Após a instalação, não é apropriado soldar ou furar as extremidades. Se a secção de pressão directa da tubagem do transmissor de pressão diferencial é $2/3$ vezes maior que o diâmetro da tubagem, o transmissor pode ser instalado na parte superior da tubagem. Se for $2/3$ vezes menor que o diâmetro da tubagem, o transmissor pode ser instalado na parte lateral ou no fundo e num local onde o fluxo de água é estável. Não se recomenda a escolha de locais perto das peças de resistência, tais como válvulas, locais onde não existe fluxo de água e locais com grande vibração.

3.8.3. Técnicas de interrupção do fluxo da água

Os interruptores do fluxo da água são utilizados para medir o sinal de interrupção do fluxo de líquido dentro dos tubos. A instalação dos interruptores do fluxo da água deve corresponder à pré-fabricação e instalação ao mesmo tempo. Os interruptores do fluxo de água não são apropriados para serem instalados na soldadura ou na extremidade, perto do orifício e também deve ser evitada a instalação de fluxo lateral, cotovelo em ângulo recto ou válvula. Os interruptores do fluxo da água devem ser instalados no segmento de tubos padrão, e não no segmento de tubos verticais. Devem ser instalados em locais de fácil manutenção e desinfestação. O comprimento da lâmina do interruptor deve ser igual ao diâmetro do tubo. O interruptor de fluxo de água deve estar instalado numa posição mais restritiva, com a lâmina e direcção do fluxo de água formando um ângulo recto, na qual a direcção da etiqueta é a mesma do fluxo da água.

3.8.4 Técnicas de instalação do dispositivo de medição de fluxo

Para obter o controlo, gestão e conservação da energia, o sistema de controlo de aquecimento de água a energia solar necessita de medir o fluxo de vários medidores (anticongelante, água, etc.) e calcular o volume médio total. A medição do fluxo e o programa de controlo são parâmetros importantes para a contabilização económica. Existem muitas formas de medição do fluxo, no entanto, os princípios de medição e aplicação da estrutura dos sensores são todos diferentes. Os mais utilizados nos sistemas de controlo de calor são os contadores de fluxo de vórtex, contadores electromagnéticos de fluxo, contadores de fluxo de pressão diferencial, contadores de fluxo das turbinas e contadores de fluxo ultra sónico. Sendo que os contadores de fluxos têm diferentes requisitos de instalação, para assegurar a correcta instalação, devem ser seguidas as instruções correspondentes.

3.9 Notas sobre a construção

3.9.1 Transporte de carga

Preste atenção às operações de elevação e, dependendo das circunstâncias, consulte as licenças em causa com as autoridades reguladoras. Somente depois da obtenção da autorização do encerramento da rua e das máquinas que fazem os trabalhos de elevação (gruas), é que as operações podem ter início. Também deve ser tido em consideração o facto de alguns estaleiros estarem perto de áreas residenciais e escolas; sendo assim, deve ser dada especial atenção às medidas de protecção e segurança durante as operações de elevação. Quando os materiais estão empilhados, evite o excesso de empilhamento pois pode causar danos à impermeabilização e isolamento térmico.

3.9.2 Construção da cobertura

Durante a construção, como Macau, durante um longo período de tempo, está sob temperaturas solares muito altas, aquando da instalação de tubos metálicos e painéis solares, deve ser usado vestuário de protecção para evitar queimaduras de alto grau. Quando se verificarem temperaturas altas e a pressão estiver a

ser testada, preste atenção para que a descarga de água quente e gás em alta pressão e alta temperatura não prejudiquem os trabalhadores. Um técnico profissional deve ser responsável pelo tratamento deste assunto.

3.9.3. Condições atmosféricas

Visto que Macau pode ser afectado por tufões durante o Verão, devem ser providenciadas medidas de protecção em situações de tufão durante o período de construção. Após o tufão, a estabilidade do local de construção também deve ser verificada. Uma vez que Macau tem propensão a fortes chuvas com elevadas taxas de humidade, o tratamento anti-ferrugem deve ser tratado correctamente e a espessura da superfície da tinta deve ser adequada.

4. Regulamentos a seguir

Aquando da instalação de sistemas de aquecimento de água através da energia solar, deve-se ter em consideração as leis e regulamentos nesta área, em vigor em Macau, bem como as demais leis e regulamentos aplicáveis em Macau, como:

O “Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios”, “Alteração ao Regulamento Geral da Construção Urbana”, “Norma de Betões”, “Norma de Cimentos”, “Norma de Aços para Armaduras Ordinárias”, “Regulamento de Estruturas de Betão Armado”, “Regulamento de Segurança e Acções em Estruturas de Edifícios e Pontes”, “Regulamento de Segurança Contra Incêndios” e “Regulamento de Águas e de Drenagem de Águas Residuais” e quaisquer outras normas aplicáveis.

Devem, também, ser consultados regulamentos e padrões industriais, tanto da China Continental como internacionais, relativos à instalação de sistemas de água quente solar, como por exemplo: o GB/T 6424: “Especificações para colectores solares com painéis lisos”, GB/T 17049: “Colectores solares em tubos de vácuo em vidro”, GB/T 17581 “Colectores solares em tubos de vácuo” GB/T 18713-2002: Sistemas de água quente solar - Especificações para o desenho, instalação e engenharia”, NY/T 651-2002: “Especificações para a instalação, operação e manutenção de sistemas de água quente solar para residências” e o GB 50057-1994:

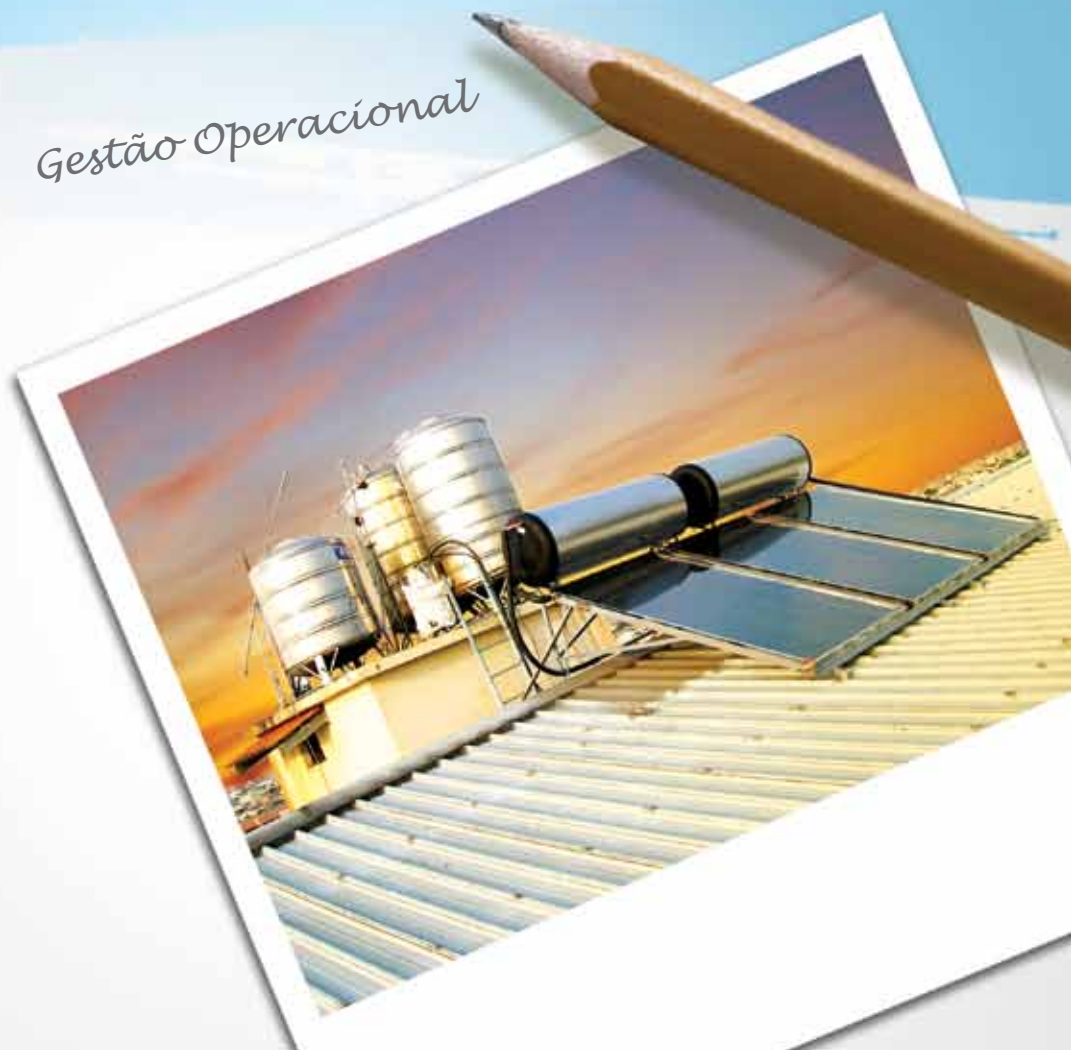
“Padrões de desenho para a protecção de estruturas contra relâmpagos”.

Os padrões técnicos internacionais relevantes sobre os sistemas de água quente solares incluem o ISO 9806: “Métodos para testar os colectores solares”, ISO 9459: “Aquecimento solar - Sistemas de aquecimento de água para residências”, EN 12975: “Sistemas e componentes de aquecimento solar - colectores solares” e o EN 12977: “Sistemas e componentes de aquecimento solar - Sistemas personalizados”.

**Manual sobre o aquecimento de água através
da energia solar em Macau**

3

Gestão Operacional





Gestão Operacional

No presente capítulo, encontram-se as instruções sobre o funcionamento do sistema solar térmico e a respectiva gestão, manutenção regular e inspecção, depois da sua montagem.

1. Gestão do funcionamento e manutenção do sistema de captação térmica de energia solar

1.1 Gestão do funcionamento do sistema de captação térmica de energia solar

O sistema de captação térmica de energia solar é o elemento principal do sistema solar térmico, por isso, a sua manutenção assegura o seu bom funcionamento. Assim sendo, é importante a sua gestão, inspecção e manutenção periódica, já que estas tarefas possibilitam o alto desempenho, a alta eficiência e a durabilidade do sistema de captação térmica.

Quanto à gestão operacional do colector térmico, deve-se evitar que ele funcione em estagnação (vazio), especialmente o colector de tubos de vácuo, e, simultaneamente, deve-se evitar a estagnação do fluido do sistema. O pessoal de manutenção deve prestar mais atenção, nos seus trabalhos quotidianos, à variação de temperatura do sistema de captação térmica. Quando o sistema funciona de forma sazonal ou foi suspenso durante um longo período de tempo, devem-se tomar certas medidas de manutenção, como por exemplo, pôr uma cobertura sobre o colector solar térmico ou montar um sistema de refrigeração, a fim de evitar a situação do funcionamento em estagnação (vazio) do sistema de captação térmica.

1.2 Manutenção do sistema de captação térmica de energia solar

A manutenção do sistema de captação térmica inclui a do colector solar, tubagens, depósito de água e outros elementos acessórios.

1) Manutenção do colector solar plano

É necessário manter a cobertura de vidro limpa para garantir o máximo de transparência e a mesma deve estar protegida contra quaisquer danos. A placa absorvedora contribui para a alta eficiência do colector solar plano, por causa disso, é melhor assegurar a estanquicidade do colector e não deixar entrar água da chuva no seu interior, uma vez que esta pode danificar a placa absorvedora, afectando o funcionamento da caixa isolada e a transparência da cobertura de vidro. Sendo assim, no caso de surgimento de quaisquer problemas no colector solar plano, é aconselhável o contacto imediato com o fabricante para substituição.

2) Manutenção do colector solar de tubos de vácuo

Relativamente à manutenção do colector solar de tubos de vácuo, é aconselhável limpar o pó na superfície do colector, dado que o pó que adere ao colector ou reflector, com o decorrer do tempo, pode exercer influência sobre a projecção da luz solar e a reflectividade do reflector. Para este trabalho, deve-se definir um período de limpeza de acordo com o clima local. Aquando da realização do trabalho, convém utilizar primeiro água com sabão para limpar os tubos de vácuo e depois, água corrente para lavar a superfície do mesmo e o reflector. É de acrescentar que nas zonas do sul da China, onde a presença de chuva é frequente, pode ser dispensado o trabalho de lavagem. Durante o funcionamento do colector, é preciso evitar qualquer choque mecânico de objectos duros no mesmo. Além disso, nas zonas onde cai granizo com mais frequência, deve-se estar mais atento à mudança do tempo e às previsões meteorológicas, de modo a prover protecção adequada ao colector. Por outro lado, devido ao facto de a temperatura da água ser relativamente mais alta no interior dos tubos de vácuo, é fácil a acumulação e consolidação de incrustações, por isso, é preciso removê-las periodicamente.

1.3 Gestão do funcionamento e manutenção das bombas

1) Gestão do funcionamento das bombas

No sistema solar térmico, as bombas são equipamentos vitais para o sistema de transporte de água. Por causa disso, a gestão operacional das bombas é muito importante, particularmente a bomba do sistema de captação térmica de energia solar, a qual é o elemento indispensável deste sistema. O bom funcionamento desta bomba garante que o sistema citado funcione normalmente. Nos dias claros, quando esta bomba trabalha normalmente, a temperatura da superfície do tubo de saída do colectador térmico deve estar no nível normal. Porém, o não funcionamento da bomba faz aumentar a temperatura do mencionado tubo de saída, o que obriga à suspensão do funcionamento do sistema de captação térmica e exige a realização de inspecção e reparação. No que diz respeito à inspecção da bomba, conforme os diferentes aspectos da tarefa, são necessários três passos, sendo que o primeiro passo se prende com a inspecção e preparação antes do arranque da bomba, o segundo com a inspecção aquando do seu arranque e o terceiro com a inspecção durante o funcionamento da mesma.

2) Manutenção das bombas

Para que as bombas funcionem de forma segura e normal, além dos três passos acima referidos, que asseguram o bom funcionamento da bomba e permitem uma detecção e reparação de prováveis avarias, devem-se também realizar as devidas tarefas de manutenção, nomeadamente, adição periódico de óleo, substituição do selo de eixo, desintegração de bomba para a inspecção, remoção de ferrugem, pintura, drenagem e anti-congelação.

1.4 Gestão do funcionamento e manutenção do sistema de controlo automático

1) Gestão do funcionamento do sistema de controlo automático

Durante o funcionamento normal do sistema solar térmico, é exigida a devida verificação do parâmetro do sistema de controlo automático e o respectivo registo. A estabilidade do sistema tem uma grande importância e para saber se este sistema está a funcionar de forma normal ou não, é necessário fazer inspecções

oportunas sobre a temperatura de entrada e saída do colector solar térmico, a do depósito de água quente e o funcionamento das outras instalações, de modo a verificar se existe o caso de sobreaquecimento do colector, detectar quaisquer avarias e tomar medidas para as reparar. No que concerne à detecção de avaria ou aos potenciais problemas, é favor consultar as respectivas instruções do controlador. É de salientar que o pessoal de manutenção e reparação deve executar uma inspecção itinerante e periódica, a fim de detectar e resolver problemas no momento oportuno, o que é muito importante para assegurar o funcionamento normal e seguro do sistema solar térmico.

A lista de verificação inclui os seguintes parâmetros:

- Temperatura de entrada e saída do colector solar;
- Temperatura da saída do depósito de água quente;
- Caudal da saída do depósito de água quente;
- Ligação e desconexão de bombas e electroválvula;
- Nível de água do depósito de água quente;
- Ligação e desconexão da instalação auxiliar para aquecimento.

Deve-se prestar especial atenção à variação da temperatura do colector solar térmico e da temperatura do depósito. No caso de a temperatura do colector baixar de forma lenta, mas a do depósito parar de aumentar, é necessário verificar se existe qualquer problema no colector, e depois no sensor de temperatura.

2) Manutenção do sistema de controlo automático

(1) Manutenção dos elementos de controlo

Os elementos de controlo mais usados são o sensor, dispositivo de transmissão de velocidade, regulador e actuador, em que o primeiro, o componente mais importante de todo o sistema, é colocado junto do objecto medido, criando assim uma ligação entre eles. O bom funcionamento do sensor influencia directamente a exactidão das actividades do sistema, por isso, é indispensável a sua manutenção. Existem dois tipos de sensor mais usados: o de resistência térmica e o termopar, havendo sensores de resistência térmica também de dois tipos: metal e semiconductor.

A manutenção do sensor de resistência térmica inclui os seguintes aspectos:

- Verificar se houve um choque mecânico no exterior do sensor. Qualquer choque pode deformar o suporte do fio enrolado de resistência eléctrica térmica, causando a quebra do fio referido.
- Verificar se o suporte do sensor de resistência térmica está bem sólido.
- Verificar a estanquicidade do revestimento de resistência térmica da tubagem. Se o isolamento do revestimento da tubagem for danificado, o gás ou líquido nocivos do fluido entram directamente em contacto com o arame, provocando a corrosão deste e afectando o sensor de resistência térmica ou o seu correcto funcionamento.
- Inspeccionar a junta entre o condutor de resistência térmica e o sensor. No caso de estar solta ou corroída, deve-se resolver o problema de forma imediata.

Quanto à manutenção do sensor do termistor, deve-se também evitar qualquer choque mecânico. Isto porque a sonda da resistência térmica, um dispositivo frágil e normalmente sem nenhuma protecção, pode partir-se facilmente com o choque. Além disso, a temperatura da resistência eléctrica do termistor varia conforme a mudança do tempo. Por estes motivos, é preciso verificar e afinar periodicamente a temperatura.

A manutenção da temperatura do sensor termopar inclui as seguintes tarefas:

- Evitar qualquer choque forte, especialmente no exterior do termopar blindado ou de filme fino, uma vez que estes não têm uma forte protecção e podem ser facilmente danificados pelo choque;
- Verificar com mais frequência o dispositivo de compensação por junção fria. Caso este não esteja em bom funcionamento, não se pode obter uma medição exacta da temperatura.
- O arame de extensão do termopar é relativamente fino e pode ser danificado facilmente, por isso, deve-se prestar mais atenção a ele durante a manutenção.

(2) Manutenção do sistema de controlo

A manutenção do sistema de controlo inclui a do controlador de relé eléctrica, do controlador programável e controlador do microcomputador.

A manutenção do controlador de relé eléctrica é feita em duas fases, ou seja, durante o funcionamento e o não funcionamento do controlador. A manutenção feita durante o funcionamento implica principalmente as seguintes tarefas: inspeccionar o funcionamento dos medidores para saber se existe qualquer anormalidade, limpar a superfície e interior do cubículo de manobra, verificar se há pingos de água ao redor do cubículo, som ou cheiro anormal, bem como o funcionamento de todos os seus elementos. Quanto à manutenção realizada durante o não funcionamento do controlador, os respectivos trabalhos são os seguintes: a limpeza do cubículo e dos elementos de controlo, a inspecção e afinação de medidores de pressão e temperatura e o exame da circulação de electricidade sem carga.

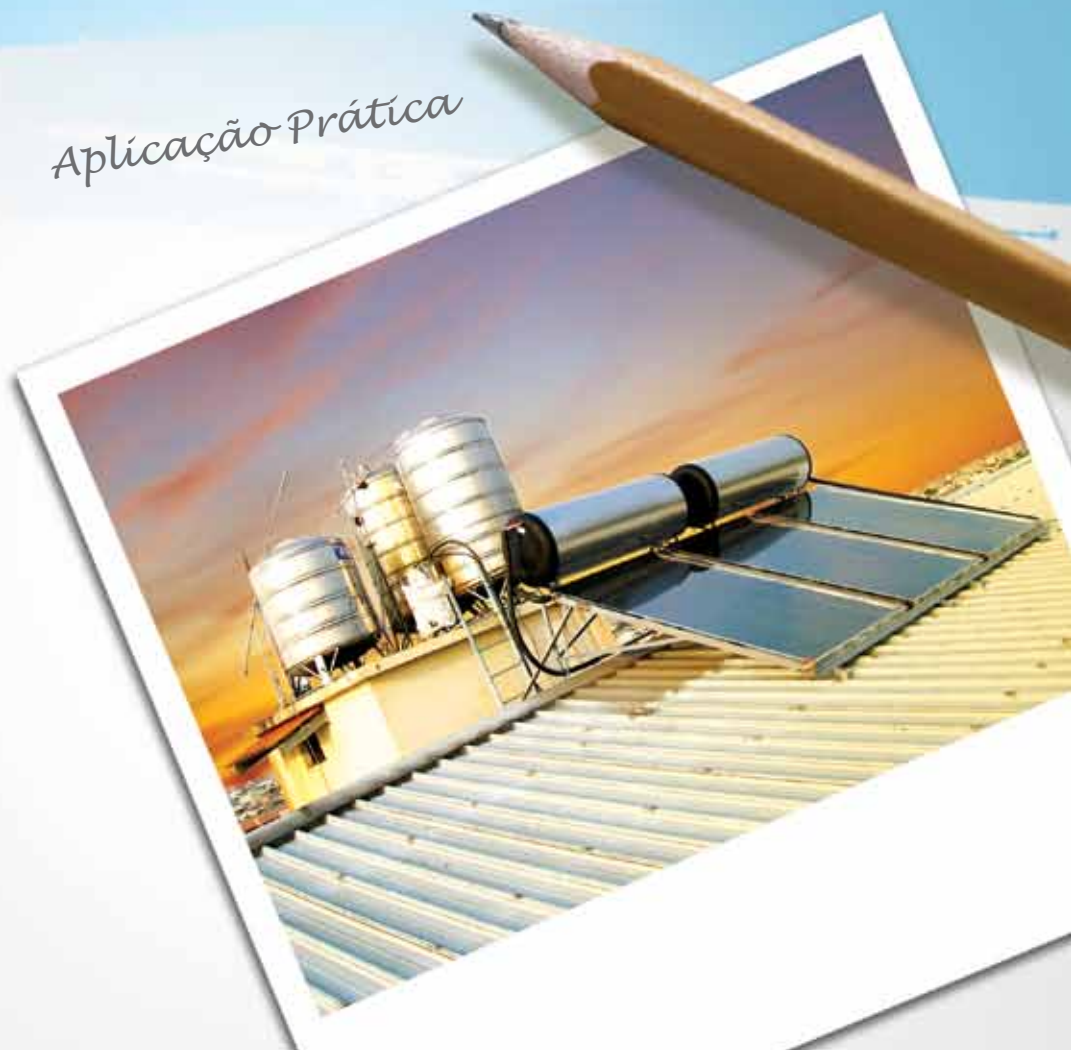
As tarefas de manutenção do controlador programável são as seguintes: verificar se a ligação está com algum dano ou degeneração e se a junta de soldadura está desligada, incompleta ou oxidada. No caso de detectar alguns danos, deve-se reparar no momento oportuno. Por outro lado, é também preciso verificar se o controlador programável está bem aparafusado e se a junção e os terminais estão oxidados. Aquando do surgimento dos problemas acima referidos há que tomar medidas para os resolver.

Os trabalhos de manutenção do controlador do microcomputador são: inspecção e verificação periódica ou não periódica do sensor essencial e transdutor do controlador; resolução oportuna dos problemas relacionados com a desconexão, a dessoldadura, a solda solta, a separação da junção e ligação. Isto porque as avarias supracitadas podem transmitir sinais errados ao microcomputador, levando a que este dê instruções também erradas, afectando o modo de ajustamento.

**Manual sobre o aquecimento de água através
da energia solar em Macau**

4

Aplicação Prática





Aplicação Prática

O presente capítulo incide sobre a instalação do sistema solar de água quente na Piscina Coberta do Centro Desportivo do Colégio D. Bosco e na Piscina Coberta do Complexo Desportivo Tamagnini Barbosa pelo Gabinete para o Desenvolvimento do Sector Energético; ao fim de um determinado tempo de funcionamento foi efectuada uma análise sobre a eficácia dos dois sistemas, tendo ficado demonstradas a aplicabilidade, as vantagens e desvantagens do uso dos sistemas de aquecimento de água através da energia solar em Macau.

Com base no exemplo da instalação do sistema de água quente a energia solar na Piscina Coberta do Centro Desportivo do Colégio D. Bosco e na Piscina Coberta do Complexo Desportivo Tamagnini Barbosa, através da análise efectuada sobre os dados imediatos de monitorização dos sistemas solares de água quente instalados nas duas piscinas e tendo em conta a diminuição da eficiência da absorção da radiação solar no Inverno, na região de Macau, a eficiência da absorção média anual da radiação solar pelo sistema solar de água quente é de 40%. Quando os colectores estiverem numa inclinação de 22 graus, cada metro quadrado do colector solar consegue absorver anualmente cerca de 1800 MJ de radiação solar, comparado com o uso de água quente sob forma eléctrica (a eficiência de aquecimento eléctrico é de cerca de 90%), cada metro quadrado consegue rentabilizar anualmente 556 kW de luz, a redução da libertação de gases é de cerca de 217 CO₂, o efeito da rentabilidade e protecção ambiental é muito óbvio.

A instalação dos sistemas solares de água quente nas duas piscinas acima mencionadas foi feita através de duas técnicas diferentes. Aplicou-se na Piscina Coberta do Centro Desportivo do Colégio D. Bosco o sistema de colectores so-

lares planos, colectores com uma área total de cerca de 200 m², separados em 4 grupos e instalados no telhado do edifício da piscina sob o sistema de *down-slop*. Para se articular com o aspecto externo da construção, a colocação dos colectores ficou numa inclinação de cerca de 26 graus, o sistema incluiu a instalação de dois reservatórios térmicos de 7 m³, de modo a fornecer ao sistema espaço para armazenar a água aquecida gerada pelo sistema. A Figura 5 é uma imagem computadorizada preparada durante o projecto e a Figura 6 corresponde a uma imagem fotográfica da situação real após a implementação das obras.

Na Piscina Coberta do Complexo Desportivo Tamagnini Barbosa foi instalado o sistema de colectores de tubos de vácuo para aquecimento de água através da energia solar, com uma área de cerca de 86 m², os colectores foram instalados numa inclinação de 23 graus e o sistema ainda inclui um tanque de 7 m³ para armazenar a água. O sistema dos colectores solares foi instalado no terraço do Centro Comunitário da Federação das Associações dos Operários de Macau, a Figura 7 corresponde a uma imagem fotográfica registada após a conclusão da instalação do sistema. A fim de não ocupar muito espaço para a realização das actividades que aí decorrem, os colectores solares estão assentes numa estrutura de aço a dois metros de distância da superfície do terraço. A Figura 8 representa as imagens de efeito, aquando do projecto, de modo a permitir conhecer eventuais impactos no ambiente depois da instalação dos colectores solares, e a Figura 9 representa a situação real do local depois da sua instalação.



(Figura 5)
Desenho de simulação da instalação de um sistema de aquecimento de água a energia solar na cobertura da piscina do Colégio D. Bosco.



(Figura 6)
Instalação de um sistema de aquecimento de água a energia solar na cobertura da piscina do Colégio D. Bosco.



(Figura 7)
Fotografia do sistema de aquecimento de água a energia solar na piscina Tamagnini Barbosa.



(Figura 8)
Desenho de simulação do espaço envolvente após instalação.



(Figura 9)
Espaço envolvente após conclusão da instalação.

De acordo com a análise realizada, cada metro quadrado do colectador solar consegue poupar anualmente cerca de 556 kW de energia eléctrica. Face ao preço de 1.3 patacas por cada kW, o custo do sistema de aquecimento de água a energia solar por metro quadrado é equivalente a 6000 patacas, assim sendo, com o uso pleno de água quente, levará cerca de 8 anos para recuperar o investimento inicial da instalação do sistema solar para aquecimento da água.

Como tal, mesmo que o investimento inicial do sistema de aquecimento de água a energia solar seja mais elevado comparado com as fontes de energia dos sistemas de água quente a electricidade ou combustível, mas reunidas as mesmas condições do fornecimento de água e qualidade de produtos semelhantes, os custos de funcionamento do sistema de aquecimento de água através da energia solar são sempre inferiores. Durante o período da sua durabilidade, podem-se economizar os custos para o combustível, energia eléctrica, entre outras energias convencionais, a fim de reaver os gastos acrescidos investidos na instalação do sistema solar de água quente. É evidente que, com o agravamento

da falta de energia, as tarifas para os diversos tipos de fontes de energia convencional serão cada vez mais elevadas, logo, pode-se prever que economicamente sobressairá cada vez mais o uso de sistemas de água quente a energia solar. `

Segundo as condições solares e climatéricas de Macau, é adequada a promoção do uso de sistemas de aquecimento de água a energia solar, através da evidência na prática do “projecto de teste para o aproveitamento da energia solar de Macau”, o uso de sistemas de aquecimento de água a energia solar garante resultados visíveis em termos de poupança energética e de protecção ambiental, assim como em termos económicos.

**Manual sobre o aquecimento de água através
da energia solar em Macau**

Anexo





Anexo 1 - Fórmulas de cálculo para Avaliação do Índice

(1) Energia poupada anualmente – a energia poupada anualmente através do sistema de aquecimento solar da água assume a forma de sistema solar de água quente para determinar a área do colector solar e os parâmetros de desempenho do colector, projectados através da inclinação do colector e das condições meteorológicas padrão.

1) Sistema directo de conservação anual da energia

$$\Delta Q_{\text{save}} = A_c \cdot J_T \cdot (1 - \eta_c) \cdot \eta_{cd} \quad (2-1)$$

Na fórmula: ΔQ_{save} - Poupança de energia do sistema de aquecimento de água a energia solar, MJ;

A_c - Área do colector solar do sistema directo, m²;

J_T - Quantidade/valor de radiação exposta na superfície do colector solar, MJ/ m²;

η_{cd} - Eficiência da colecção de calor do colector solar durante o dia, %;

η_c - Taxa de perda de calor através dos tubos e do tanque de água, 10-20%.

2) Sistema indirecto de conservação anual da energia

$$\Delta Q_{\text{save}} = A_{in} \cdot J_T \cdot (1 - \eta_c) \cdot \eta_{cd} \quad (2-2)$$

Na fórmula: A_{in} - Área do sistema indirecto do colector solar, m²

(2) Custos Energéticos - Existem dois indicadores para a pré-avaliação dos custos energéticos do sistema de água quente solar. O primeiro é o custo energético simples e o outro refere-se à energia poupada durante a vida útil do sistema. De um modo geral, a utilização do indicador “custo energético simples” é suficiente.

1) Custo simples da poupança de energia do sistema de água quente solar.

$$W_j = C_c \Delta Q_{save} \quad (2-3)$$

Na fórmula: W_j - Redução do custo simples da conservação da energia anual do sistema de água quente solar, \$;

C_c - Preço da energia através de combustíveis não renováveis, \$/MJ;

ΔQ_{save} - Conservação da energia no sistema de água quente solar, MJ.

2) Custo total de conservação /poupança de energia no prazo de durabilidade do sistema de água quente solar. (2-4)

$$SAV = PI (\Delta Q_{save} \cdot C_c - A \cdot DJ) - A$$

Na fórmula: SAV - Custo total de conservação /poupança de energia relativo à durabilidade do sistema;

PI - Coeficiente de desconto;

C_c - Preço da energia através de combustíveis não renováveis \$/MJ;

A - Aumento total do investimento do sistema de água quente solar, \$;

DJ - Custos de manutenção, a proporção do investimento total do custo de manutenção anual do sistema de água quente solar, nomeadamente a manutenção do colector solar, a manutenção da preservação do calor dos tubos do sistema de água quente solar, etc., %, é normalmente de 1%.

em que:

($d \neq e$)

$$PI = \frac{1}{d-e} \left[1 - \left(\frac{1+e}{1+d} \right)^n \right] \quad (2-5)$$

($d = e$)

$$PI = \frac{n}{1+d} \quad (2-6)$$

Nas fórmulas: d - Taxa de desconto anual do mercado pode incluir a taxa de juros do empréstimo do banco;

e - Taxa de aumento anual do preço dos combustíveis não renováveis;

n - Análise do período de durabilidade para a redução do custo, cálculo do início da operacionalidade do sistema, o período de durabilidade do sistema de água quente solar é geralmente de 10 a 15 anos.

$$C_c = C'_c / (q \cdot \text{Eff})$$

(2-7)

Na fórmula: C'_c - Preço das energias não renováveis, \$/kg;

q - Valor calorífico das energias não renováveis, MJ/kg;

Eff - Eficiência dos equipamentos do aquecimento da água através de energias não renováveis, %.

(3) Período necessário para recuperar o investimento - São utilizados dois algoritmos para calcular o período necessário para recuperar o investimento num sistema de água quente solar. O primeiro refere-se ao algoritmo para o retorno do investimento estático e o segundo ao algoritmo para o retorno do investimento dinâmico. A diferença entre os dois algoritmos reside no facto de o algoritmo para o retorno do investimento estático não tomar em consideração o impacto do desconto do valor de fundos de investimento, o respectivo método de cálculo é mais simples. O algoritmo para o retorno do investimento dinâmico é mais preciso porque toma em consideração este impacto do factor desconto.

1) Cálculo do retorno do investimento de período estático

$$Y_t = W_z / W_j$$

(2-8)

Na fórmula: Y_t - Período estático de retorno do investimento do sistema de água quente solar;

W_z - Comparação entre o aumento do investimento inicial do sistema de água quente solar e o sistema de água quente tradicional;

W_j - Redução do custo simples da conservação anual da energia do sistema de água quente solar.

2) Cálculo do retorno do investimento de período dinâmico

$$PI(\Delta Q_{\text{save}} \cdot C_c - A \cdot DJ) = A$$

Nesta altura, o total de anos acumulados (n), são definidos como o período de retorno dinâmico do sistema (N_e).

(d ≠ e)

$$N_e = \frac{\ln[1 - PI(d-e)]}{\ln\left(\frac{1+e}{1+d}\right)} \quad (2-10)$$

(d = e)

$$N_e = PI(1+d) \quad (2-11)$$

Na fórmula:

$$PI = A / (\Delta Q_{\text{save}} \cdot C_c - A \cdot DJ)$$

(4) Os benefícios do sistema de água quente solar para o ambiente – os benefícios para o ambiente de um sistema de água quente solar podem ser avaliados através da poupança no consumo comparado com uma situação onde tivessem sido utilizadas fontes de energia tradicionais, medido através da redução

nas emissões de poluentes. O montante de energia conservada no prazo de operação do sistema é convertido no valor da quantidade de utilização do carvão normal. Mais tarde, as energias auxiliares utilizadas no sistema são multiplicadas com o factor de emissão do dióxido de carbono correspondente, calculando o conteúdo do carbono do carvão normal para o conteúdo do carbono naquele recurso; desta forma, é calculada a quantidade de emissão de dióxido de carbono. A fórmula é feita da seguinte forma:

$$Q_{CO_2} = \frac{\Delta Q_{save} \times n}{W \times E_{ff}} \times F_{CO_2} \times \frac{44}{12}$$

(2-12)

Na fórmula: Q_{CO_2} - Diminuição da emissão de dióxido de carbono no prazo da operação, kg;

W - Valor calorífico do carvão normal, 29,308MJ/kg;

n - Período da operacionalidade do sistema, ano;

E_{ff} - Eficiência dos equipamentos que fornecem calor através de recursos não renováveis;

F_{CO_2} - Factores de emissão do dióxido de carbono, ver a Tabela 1.

Anexo 2: Parâmetros de referência do Sistema de Inspeção e Contadores

Tabela 1 Factor da emissão do carbono

Energias auxiliares	Carvão	Petróleo	Gás natural	Electricidade
Factores de emissão de dióxido de carbono (kg do carbono/kg do carvão normal)	0.726	0.543	0.404	0.866

Parâmetros de referência do Sistema de Inspeção e Contadores

Tabela 2 Parâmetros do Sistema e Contador de Inspeção do sistema de água quente solar

Dados Necessários de Monitorização		Parâmetros de Monitorização	Instrumentos/Aparelhos de Monitorização	Valor atribuído
Medidas necessárias para o sistema solar de água quente		Fluxo	Medidor do Fluxo	(1)
		Temperatura do fornecimento de água fria	Termómetro	
		Temperatura da água quente dos utilizadores	Termómetro	
Teste sobre a capacidade calorífica oferecida pelo sistema dos colectores do calor solar		Fluxo	Medidor do Fluxo	(1)
		Temperatura do fornecimento da água do sistema de colecção do calor	Termómetro	
		Temperatura da água oferecida pelo sistema de colecção do calor	Termómetro	
Input da fonte de energia auxiliar	Aquecimento eléctrico	Potência eléctrica	Contador	(1)
	Caldeira ou Permutador de calor	Fluxo	Medidor do Fluxo	
		Temperatura de entrada dos equipamentos	Termómetro	
		Temperatura de saída dos equipamentos	Termómetro	
Energia solar disponível	Quantidade de exposição solar	Tabela da radiação		
	Área de colecta de calor	Metro		

Nota (1): Pode ser substituído pelo calorímetro

Tabela 3 Contador automático de Inspeção do sistema de água quente solar

Número	Nome do equipamento	Efeito/Utilização
1	Detector das propriedades térmicas emitidas pelo aquecedor de água de energia solar	Registo da colecta de dados
2	Sensor da radiação total solar	Medição da quantidade de radiação solar
3	Sensor de precisão de temperatura	Medição da temperatura
4	Sensor de precisão de temperatura	Medição da temperatura
5	Sensor da temperatura do ambiente (com a cobertura da ventilação para evitar a radiação)	Medição da temperatura do ambiente
6	Sensor digital da velocidade do vento	Medição da velocidade do vento
7	Bancada experimental para o sensor da energia solar	Instalação do sensor
8	Software experimental para a função do aquecedor de água a energia solar	Cálculo dos resultados do teste
9	Sensor do fluxo (Medidor)	Medição do fluxo
10	Medidor do nível de líquido	Medição do nível de líquido



Título do Livro: Manual sobre o aquecimento de água através da energia solar em Macau

Publicação: Gabinete para o Desenvolvimento do Sector Energético

Impressão: Zoom Creative Advertising Co. Ltd.

Quantidade: 200

Número do livro: ISBN 978-99937-891-5-4

Data de publicação: Dezembro de 2010

Gabinete para o Desenvolvimento do Sector Energético

Alameda Dr. Carlos D' Assumpção N.º 398, Edifício CNAC 7.º andar, MACAU

Número de telefone: (853) 28968838

Número de fax: (853) 28968138

Página Electrónica: www.gdse.gov.mo







能源業發展辦公室
Gabinete para o Desenvolvimento
do Sector Energético