

聚光反射镜产品工艺和成本下降路径

报告人：禅德太阳能 刘帅

中国·敦煌

2023年2月27日

禅德太阳能介绍

专业的太阳能聚光反射镜产品及技术解决方案提供商



- 作为中国光热行业的先锋和聚光反射镜制造业的引领者，提供槽式反射镜、塔式、菲涅尔式平面镜及镜场安装技术服务。
- 目前，太阳能聚光反射镜面型、反射率、耐久性等各项性能均满足国际相关技术标准要求，系列产品已应用于多个国内外光热发电项目。
- 是中国首个同步拥有兆瓦级、百兆瓦级光热发电反射镜供应和镜场安装业绩的企业。

禅德太阳能资质

禅德太阳能作为国家级高新技术企业，已顺利通过ISO9001质量管理体系、ISO14001环境管理体系和OHSAS18001职业健康安全管理体系认证；并同步拥有国家级电站建设资质。参编国家行业标准，自有核心发明专利技术70余项。



禅德太阳能案例介绍

内蒙古乌拉特中旗100MW储能槽式光热发电示范项目

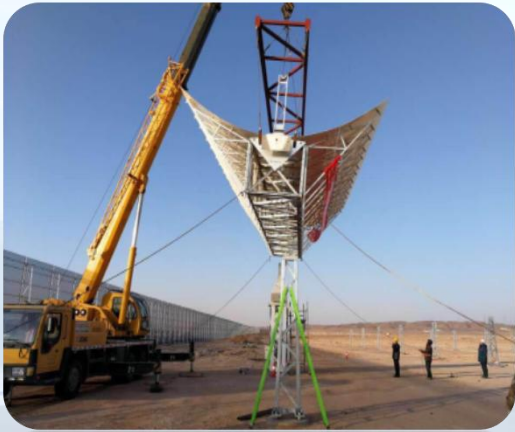


图1：吊装



图2：测量



图3：安装



图4：焊接



禅德太阳能：
负责该项目60%太阳能岛设备安装服务及聚光热发电反射镜产品供应。



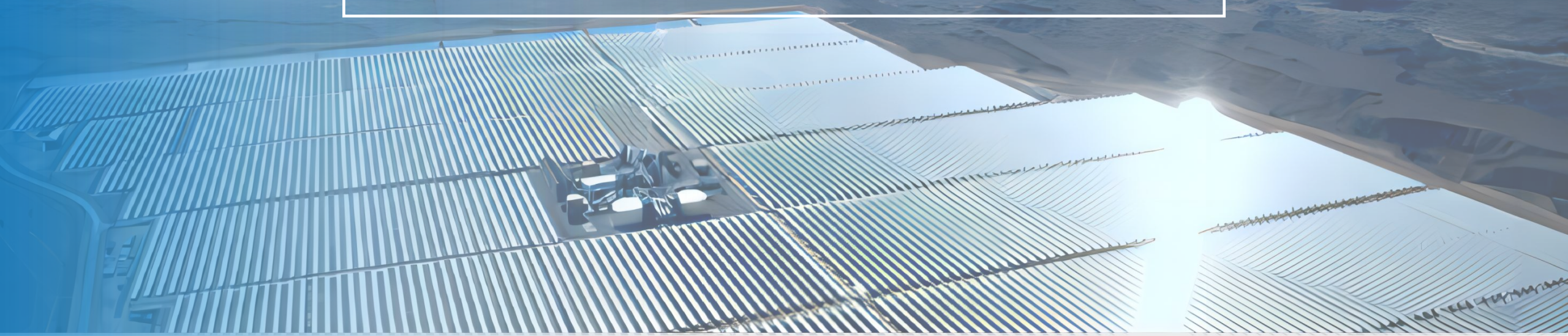
目录

CONTENTS

- 01 聚光反射镜产品及生产工艺介绍
- 02 聚光反射镜产品性能对光热电站的影响
- 03 聚光反射镜产品未来发展及成本下降路径

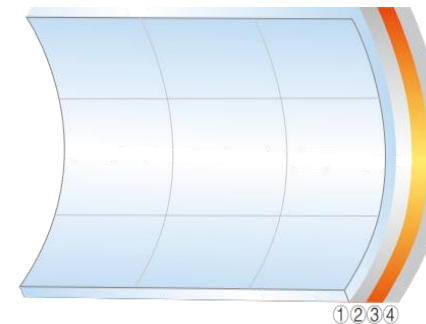
01

聚光反射镜产品 及生产工艺介绍



聚光反射镜产品——曲面镜

1. 玻璃层
2. 银层
3. 铜层
4. 油漆层



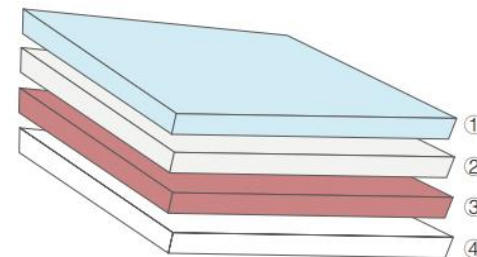
产品型号		产品规格 (直边*弧边*厚度) (mm*mm*mm)	集热器开口(m)	焦距 (m)	应用领域
RP3	内片	1700×1641×4	5.77	1.71	热发电
	外片	1700×1501×4			
RP5A	内片	1733×2010×4	7.4	2	
	外片	1733×2010×4			
RP4D	内片	1766×1500×4	8.2	2.23	
	中片	1766×1500×4			
	外片	1766×1500×4			
RP6	内片	1800×1600×4	8.6	2.3	
	中片	1800×1600×4			
	外片	1800×1565×4			
RC4	--	1463×1356×4	2.55	0.85	热利用
RC3A	--	1463×1584×4	3	0.95	
RC3.2	--	1463×1650×4	3	1.21	

注：产品规格可根据客户要求定制

聚光反射镜产品——平面镜



- ① 玻璃层
- ② 银层
- ③ 铜层
- ④ 油漆层



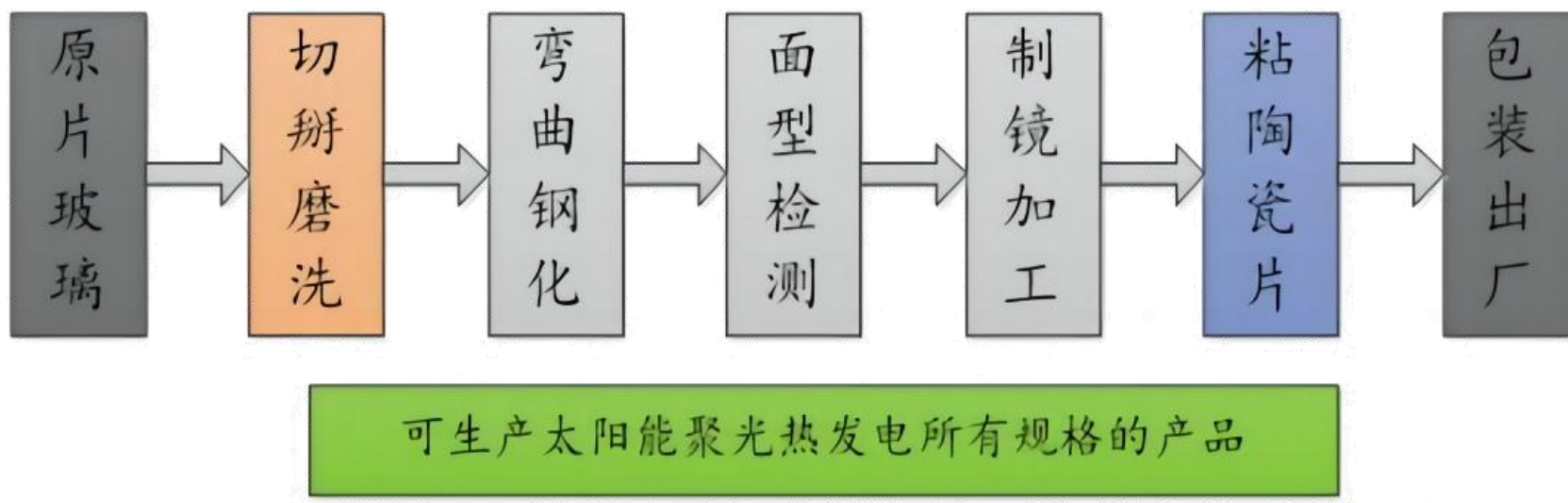
产品规格

技术参数	技术要求	备注
平面镜尺寸	最大尺寸：2440mm×3660mm 最小尺寸：800mm×1000mm	
平面镜厚度	2~4mm	
平面镜类型	钢化/非钢化	

注：可根据客户要求定制该范围内任何规格的平面镜。

聚光反射镜产品工艺

先进的工艺技术 —— 全线自动化集成系统



每段工序之间通过系统集成，实现从原片玻璃上片、切掰磨洗、弯曲钢化、制镜、粘陶瓷饼、成品下片全自动化，避免玻璃运输过程中人为造成的缺陷。

聚光反射镜产品工艺

先进的生产设备

切掰磨 – Bando

尺寸公差小于正负0.1mm
反射镜尺寸保证



弯曲钢化 – Glasstech

弯钢后的精确面型
电站高效率的关键



制镜、背漆涂层 – Klopper

稳定的高反射率
高耐久度、抗腐蚀



陶瓷/金属柄粘接 – ABB机械手

胶厚的精准控制
位置的精准控制

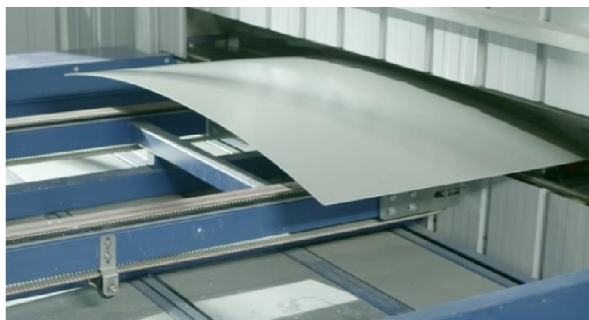


生产主设备均为国外原装进口设备

先进的制镜工艺

先进镀膜设备是保证面型品质稳定的基础，禅德产线独特的制镜工艺，可以满足镀膜后的型面仍然是原始抛物线弧度。

原始抛物线弧度状态下镀膜



独特设计、淋漆工艺

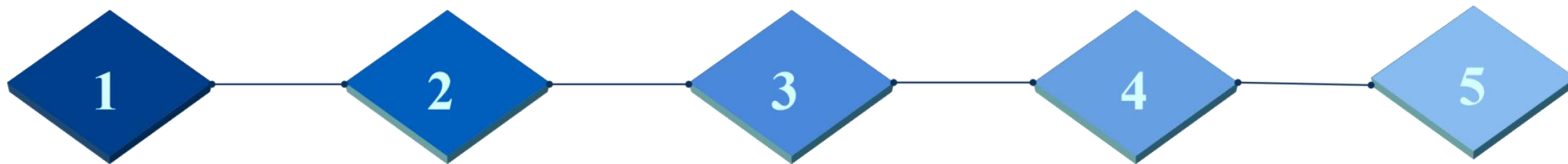
采用国际先进设备技术工艺生产线，特别设计的镀膜生产线，拥有独特的抛光、清洗、镀银、镀铜、淋漆工艺，保证了产品拥有更好的耐候性。

淋漆工艺在线封边保护



聚光反射镜品质管控

禅德太阳能秉承严格控制、精益求精的质量方针，推行全员质量管理，根据ISO9001要求，全面建立公司质量管理体系，完善质量管理制度。



•建立严格的供应商评价制度，进料检验流程和质控标准。

•严格的生产过程质量标准 and 过程检验作业标准。

•对所有原料、产成品进行跟踪，标识；对成品实行唯一编码标识，确保产品制程质量稳定、受控、保证产品质量可追溯性。

•齐备的质量检验、检测及试验设备。对各生产批次产成品进行分析、测试、试验等。

•严格的产品质量内控标准。

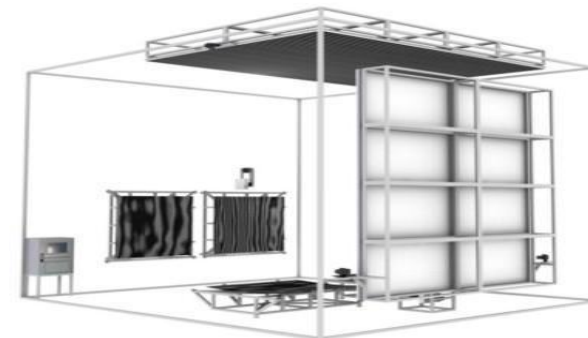
聚光反射镜品质管控

装备齐全的实验室可进行全面的反射率和耐久度测试，并装备有最权威的QDec面型检测系统。

经权威检测机构在线检测，并认可其优异的光学精度和耐久度，拥有全面的质量控制和追踪体系。



ISRA缺陷检测设备



QDec面型检测设备



分光光度计



高低温老化实验设备

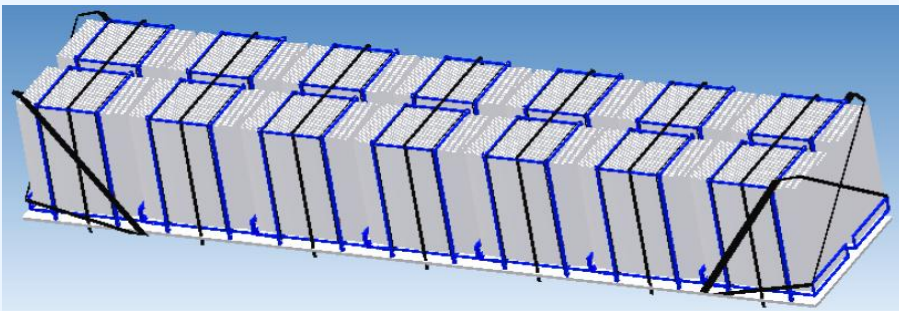


紫外老化实验设备



盐雾老化实验设备

不断改进的包装工艺



铁包装箱



木包装箱

运输试验：

测试路线为厂区到乐山犍往返，去程国道大约350Km，测试未硬化路面约20Km，回程高速150Km，总里程约520Km，测试时间约11个小时。

运输试验结果：

整体木箱没有明显的变形，没有造成产品破损；整个固定木箱的木条没有脱落，结构牢固无松动。

大规模供货：

通过不断的改进优化，最终顺利完成内蒙古乌拉特项目反射镜供货。



聚光反射镜品质管控

欧洲权威的第三方机构（挪威船级社DNV GL）对禅德工厂进行了全面的评估，获得了Bankable可融资评估报告，充分验证了禅德良好的生产能力和产品品质，是值得客户信赖的太阳能聚光反射镜设备供应商。

RP3 PARABOLIC REFLECTOR PANEL

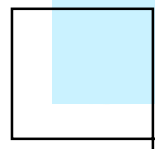
Product Technical Due Diligence

Sundhy (Chengdu) Solar Power Co., Ltd.

Document No.: 230958-ESBA-R

Report No.: 01, Rev. A - FINAL

Date: 2015-04-28



02

聚光反射镜产品性能 对光热电站的影响

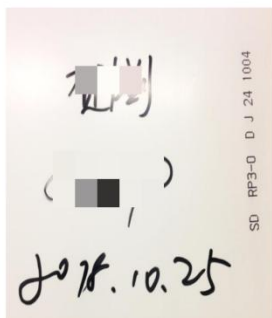


优异的拦截率性能指标

IC70 ≥ 99.95%

集热场的性能受到镜面将反射的太阳能光束聚焦在集热管上的能力影响。准确的聚焦需要镜面极高的精度。

第三方抽样



基于 DLR 的偏折法测量结果平均拦截比率

Table 4: Intercept factor results of measured mirror panels, for 0° incident angle, disregarding 5 mm border area, with fixed attachment screws (hf)

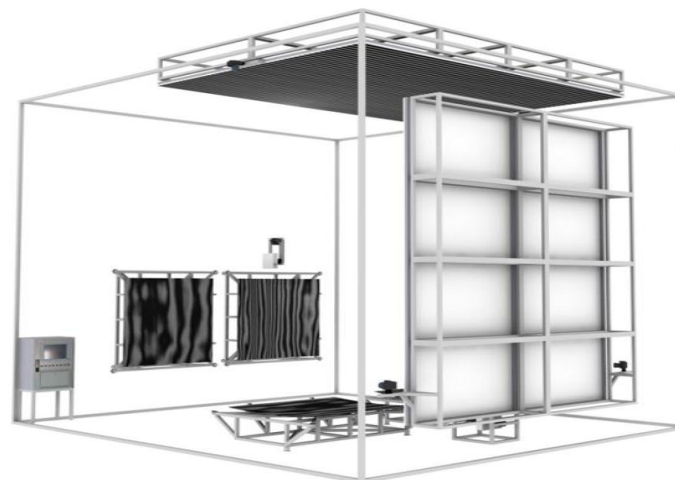
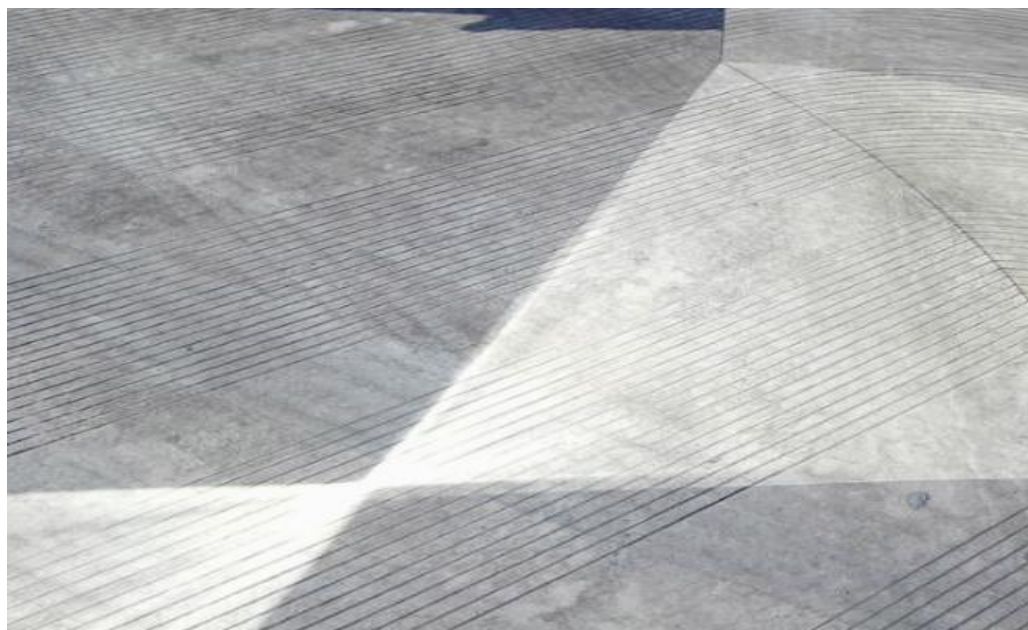
Mirror Panel	IC70	IC60	IC50	IC40	IC30	IC20	IC10	ICsun70
210910	100.00	100.00	99.98	99.91	99.57	89.19	57.67	99.22
220888	99.98	99.90	99.69	98.17	94.96	86.94	62.35	99.17
110123	100.00	100.00	99.99	99.97	99.66	95.85	70.64	99.22
Average Inner	99.99	99.97	99.89	99.35	98.06	90.66	63.55	99.20
241004	100.00	100.00	99.98	99.67	96.31	81.09	48.52	98.87
231086	100.00	100.00	99.99	99.92	99.59	95.28	73.68	98.88
290318	100.00	100.00	100.00	99.69	97.36	89.04	66.06	98.88
Average Outer	100.00	100.00	99.99	99.76	97.75	88.47	62.75	98.88
Average all	100.00	99.98	99.93	99.53	97.93	89.69	63.20	99.06

(RP3系列反射镜)

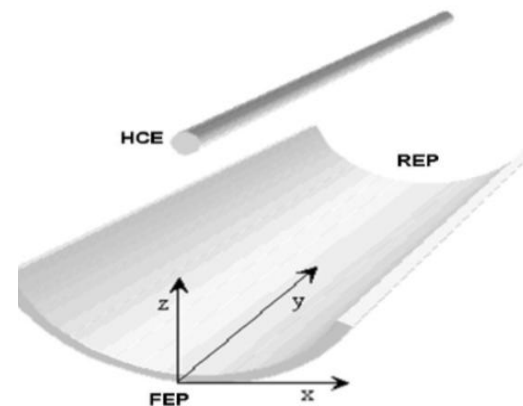
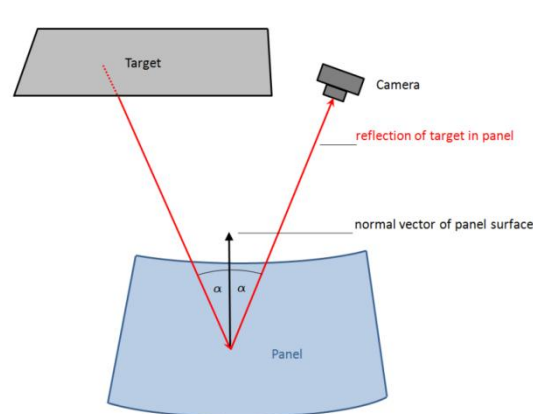
优异的聚焦偏差性能指标

基于 DLR 的光学偏折法测量聚焦偏差

$$FD_x \leq 6.9\text{mm}$$

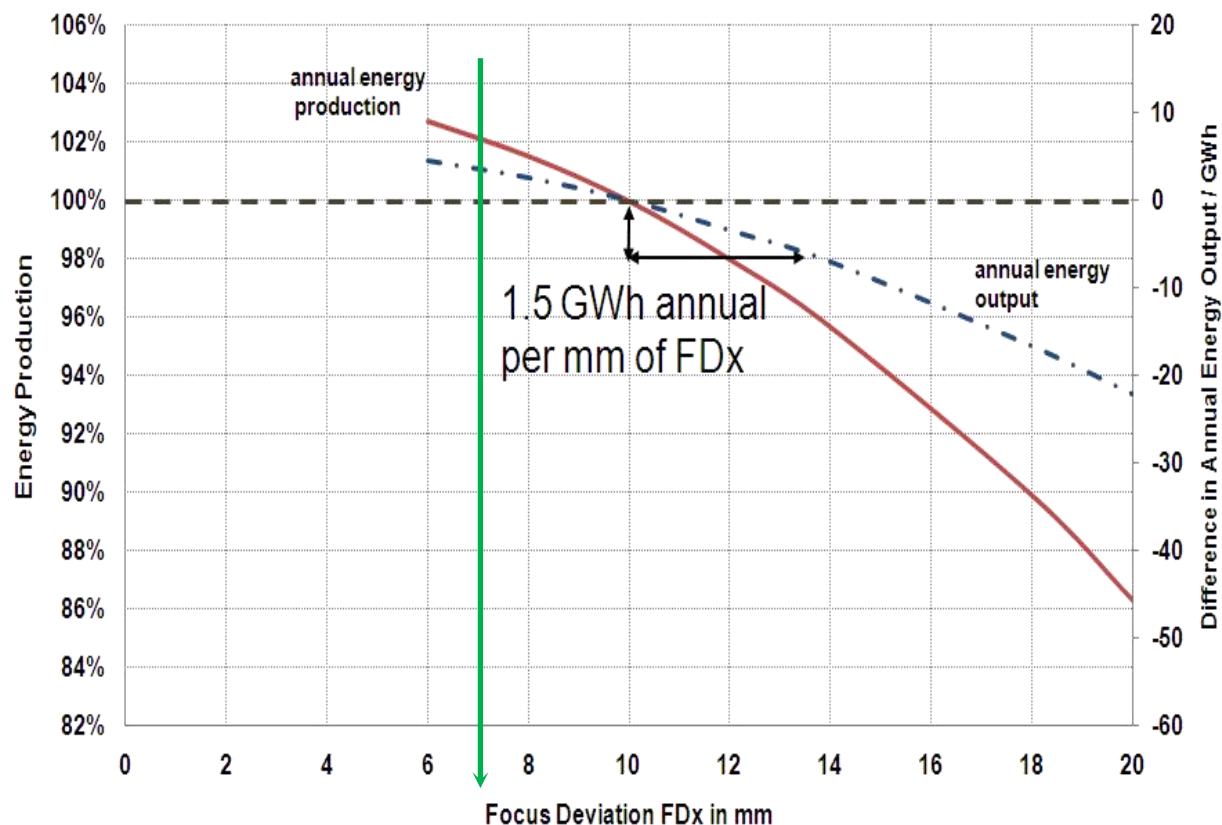


采用权威设备Q-Dec进行检测



(RP3系列反射镜)

面型光学精度指标影响



优异的光学性能带来的直接经济效益

- 根据德国宇航中心DLR的研究计算显示:
- F D x 值每下降 1 m m , 发电量将增加 1.1%~1.6% , 以内蒙古乌拉特中旗100MW 储能槽式电站推算 , 年发电量将增加 4.4GWh~6.4GWh ; ;
- 35年总产出将增加154GWh~224GWh。

面型光学精度指标影响

内蒙古乌拉特中旗100MW储能槽式光热发电示范项目--供货

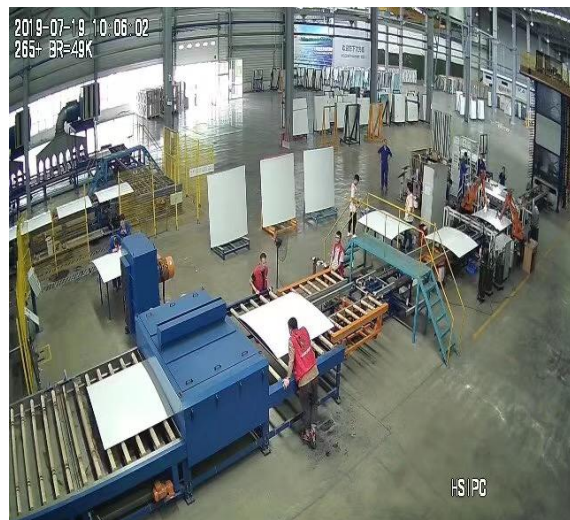


Table 3: Shape results of the measured mirror panels in horizontal measurement position, results turned on mounting points, with fixed attachment screws (hf), disregarding 5 mm border area

Mirror Panel	SDx [mrad]	SDy [mrad]	FDx [mm]	FDy [mm]
210910	1.66	3.16	6.08	10.82
220888	1.85	2.79	6.96	9.56
110123	1.35	3.30	4.90	11.30
Average Inner	1.63	3.09	6.04	10.59
241004	1.48	2.79	7.43	9.54
231086	0.97	2.96	4.77	10.14
290318	1.23	3.26	6.05	11.15
Average Outer	1.24	3.01	6.18	10.30
Average all	1.46	3.06	6.10	10.46

图示：DLR反射镜面型检测报告数据

- ◆ 目前国际技术要求：面型偏差SDx < 1.8mrad；聚光精度 FDx < 7.0 mm；
- ◆ 该项目每10片抽检1片检测钢化型面生产测试数据：AVE FDx为4.84mm；

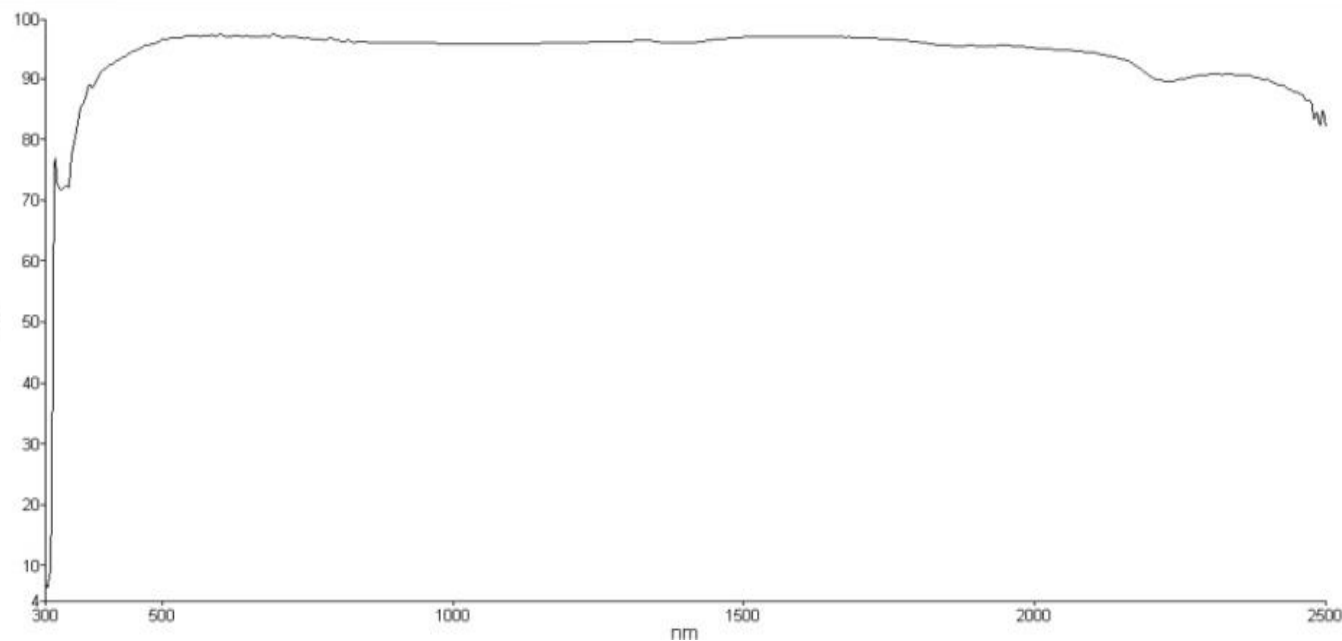
太阳光反射率性能指标

曲面镜平均反射率 $\geq 94\%$

(4MM)

平面镜平均反射率 $\geq 94.5\%$

(3MM)



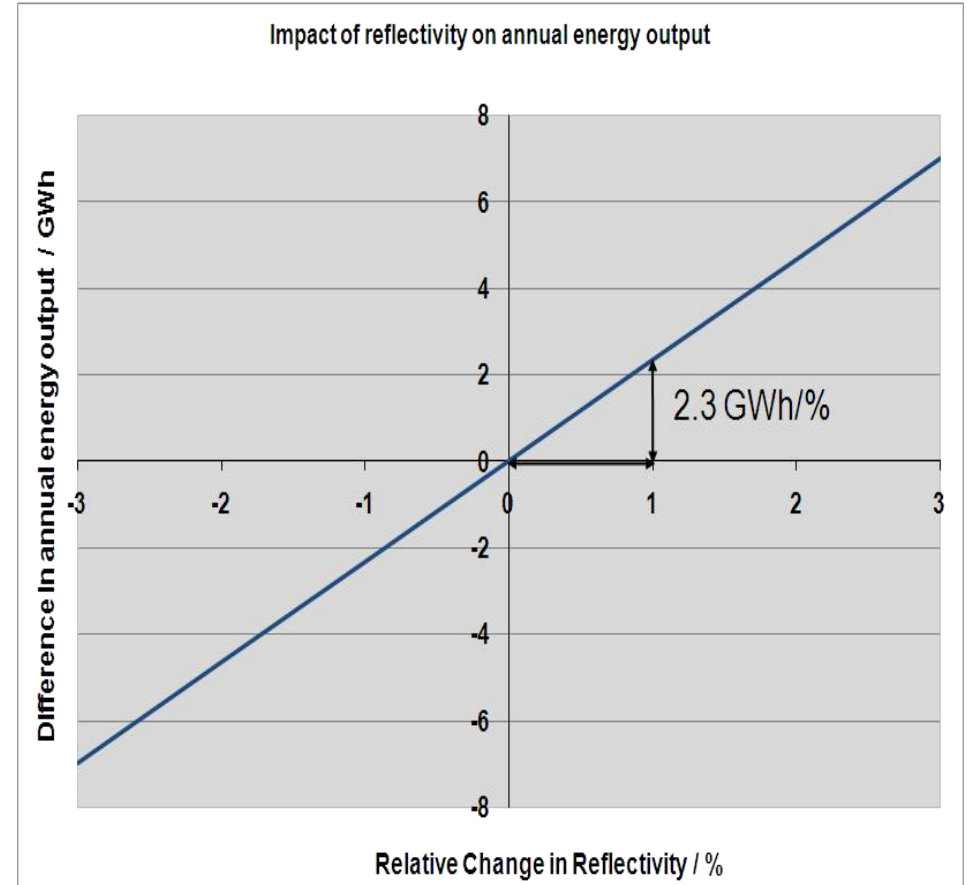
根据ISO 9050 标准AM 1.5; 300
- 2500 nm范围测量



反射率指标影响

优异的反射率性能带来的直接经济效益

- 根据德国宇航中心DLR的研究计算显示：
- 反射率值每提高1%，发电量将增加1.5%~2.1%；
以内蒙古乌拉特中旗100MW储能槽式电站年设计
发电量推算，年发电量将增加6GWh~8.4GWh；
- 35年总产出将增加210GWh~294GWh。



反射率指标影响

内蒙古乌拉特中旗100MW储能槽式光热发电示范项目--供货

DLR QUARZ Center
 Test- and Qualification Center for
 Concentrating Solar Power Technologies

Parabolic Trough Reflector Test Report

Report information

Authors: Nicole Janotte (DLR), Christoph Happich (CSP Services)
 Contributions: Björn Schiricke (DLR), Steffen Ulmer (CSP Services)
 Reference: SD1811
 Document: DLR_QUARZ_Sundhy_Mir_1811
 Report pages: 28
 Appendix pages: -
 Report date: 19 February 2019
 Client: Sundhy (Chengdu) Solar Power Co., Ltd
 Client address: No.118 Muyu Street, Gongxing Town, Shuangliu District, Chengdu
 City, P.R. China
 Distribution list: Leona Li (Sundhy)
 Publication status: **Confidential**

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
 German Aerospace Center
 Institute of Solar Research
 51147 Köln, Germany
 Tel. +49 2203 601 2431
 Email: nicole.janotte@dlr.de

Table 1 Measured reflectance parameters

Sample	$\rho_{ASTM,h}$	$\rho_{ISO,h}$	$\rho_{\lambda,h}$	$\rho_{\lambda,\phi}$
201811_Royal_1	0.946 ± 0.000	0.943 ± 0.000	0.960 ± 0.000	0.959 ± 0.002
201811_Royal_2	0.945 ± 0.000	0.943 ± 0.000	0.959 ± 0.000	0.959 ± 0.000
201811_Royal_3	0.944 ± 0.000	0.941 ± 0.000	0.959 ± 0.000	0.960 ± 0.000
201811_Royal_4	0.944 ± 0.000	0.942 ± 0.000	0.959 ± 0.000	0.960 ± 0.000
201811_Royal_6	0.943 ± 0.000	0.940 ± 0.000	0.958 ± 0.000	0.957 ± 0.001
201811_Royal_7	0.943 ± 0.000	0.941 ± 0.000	0.958 ± 0.000	0.957 ± 0.001
201811_Royal_8	0.943 ± 0.000	0.940 ± 0.000	0.957 ± 0.000	0.958 ± 0.001
201811_Royal_10	0.942 ± 0.000	0.939 ± 0.000	0.957 ± 0.000	0.958 ± 0.000
201811_Royal_12	0.944 ± 0.000	0.942 ± 0.000	0.959 ± 0.000	0.960 ± 0.001
201811_Royal_13	0.944 ± 0.000	0.941 ± 0.000	0.958 ± 0.000	0.958 ± 0.001
201811_Royal_15	0.944 ± 0.000	0.941 ± 0.000	0.958 ± 0.000	0.958 ± 0.001
201811_Royal_16	0.943 ± 0.000	0.940 ± 0.000	0.957 ± 0.000	0.957 ± 0.001
201811_Royal_17	0.943 ± 0.000	0.941 ± 0.000	0.958 ± 0.000	0.958 ± 0.001
201811_Royal_18	0.942 ± 0.000	0.939 ± 0.000	0.957 ± 0.000	0.958 ± 0.001
Average	0.943 ± 0.001	0.941 ± 0.001	0.958 ± 0.001	0.958 ± 0.001

优异的光学性能和涂层耐久度

通过德国DLR、西班牙PSA等权威检测机构进行面型、反射率及涂层耐久性系列测试。

应国外客户要求，为了能进一步证明产品的品质和稳定性，采用由第三方权威机构（DNV GL）生产线上抽样，其中包含全尺寸样品，并通过权威检测机构德国DLR、西班牙PSA测试时间延长条件下，产品符合测试标准要求，充分证明了禅德产品的稳定性和可靠性。

The image displays five overlapping technical documents related to the testing of Sundhy solar reflector samples:

- Top Left:** A DNV GL Sampling Report (No. 01, Rev. 00) detailing the inspection process for RP3 Parabolic Reflector Panels. It includes client information (Sundhy (Chengdu) Solar Power Co., Ltd.), manufacturer (Sundhy Chengdu), and inspection dates (2014-10-30 to 10-31).
- Top Middle:** A DLR QUARZ Center Test and Qualification Center report for Concentrating Solar Power Technologies. It focuses on the "Measurement of Mirror Shape, Pad Geometry and Reflectance of RP3 Solar Parabolic Trough Mirrors for CSP Technology" (Set ID RP1412-hl/hf). The report is confidential and lists the test team: Christoph Hopflich, Sw Meiser, Björn Schricke, Eckhard Lippfert.
- Middle Left:** A DLR report titled "Optical Aging Characterization" and "UV light and humidity testing of Sundhy Solar Power Co. reflector samples". It includes logos for DLR, Ciemat, and OPAC. The document is dated 11th of May 2015 and lists the test team: Dr. Florian Butter, Tomás Jesús Rache-Naranco, and Dr. Aníbal Fernández García.
- Middle Right:** A DLR report titled "Optical Aging Characterization" and "CASS testing of Sundhy Solar Power Co. reflector samples". It includes logos for DLR, Ciemat, and OPAC. The document is dated 1st of April 2015 and lists the test team: Dr. Florian Butter, Tomás Jesús Rache-Naranco, and Dr. Aníbal Fernández García.
- Bottom Left:** A CSP Services logo and a DLR logo.

耐老化性能测试指标

测试项目 Test items	参考标准 Reference standards	测试时间 (业绩)	测试时间 Test duration	检测机构 Tested by
冷凝试验 Condensation test	ISO 6270-2	480	480h	DLR/PSA
中性盐雾试验 Neutral salt spray test	ISO9227 NSS	480	3000h	DLR/PSA
铜加速醋酸盐雾实验 Copper accelerated acetic acid salt spray test	ISO 9227 CASS	120	480h	DLR/PSA
热循环试验 Thermal cycling testing	IEC62108	50	150 cycles	DLR/PSA
UV老化测试 UV test	ISO 11507	1000	2000h	DLR/PSA
中性盐雾试验 (RP3) Neutral salt spray test (RP3)	ISO9227 NSS	/	1008h	DLR/PSA
湿热试验 (RP3) Damp heat test	IEC62108	/	1008h	DLR/PSA

➤ 采用权威第三方抽样，权威第三方检测机构延长加速测试时间来证明产品稳定性。

03

聚光反射镜产品未来发展 及成本下降路径



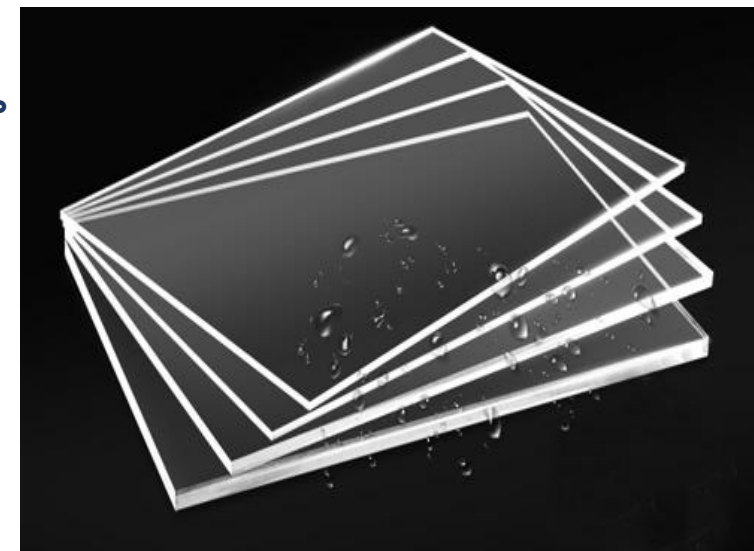
反射镜厚度减薄

4mm槽式镜、3mm平面镜已成为业界的统一标准，但玻璃越厚，太阳光到达反射镜反射层的光损越多，反射率则越低。当前主流反射镜产品的反射率在94%以上，为进一步提高反射率，其中一个可行的解决方案即设法降低玻璃的厚度，同时降低反射镜系统的重量，并最终降低集热场的整体投资。

反射镜的厚度削减仍是未来禅德的研发方向。

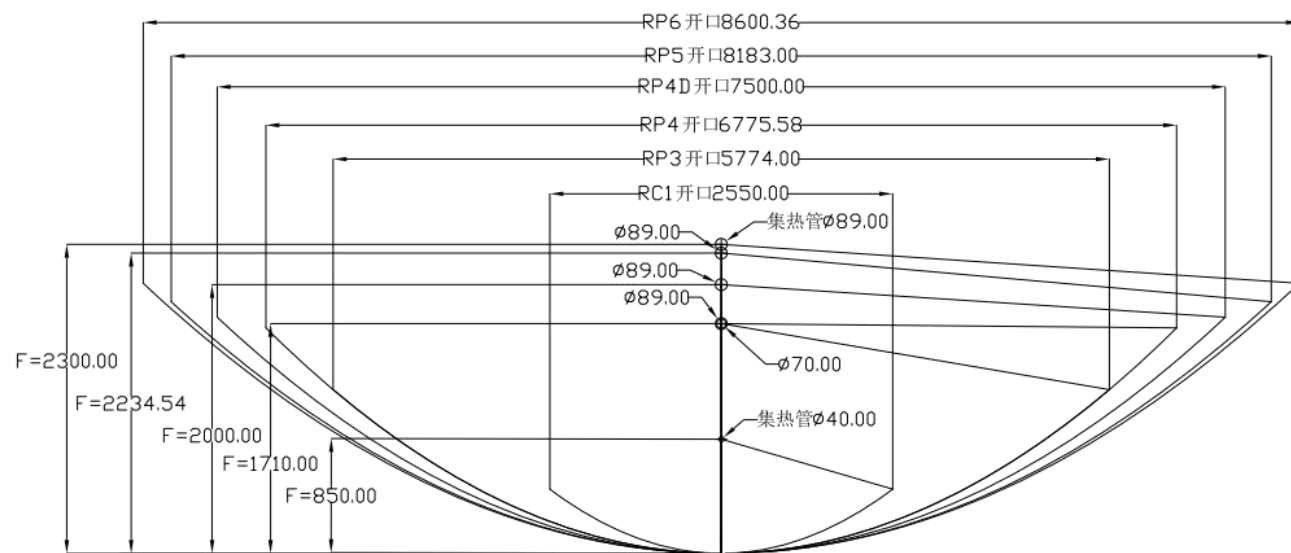
关键点：厚度降低会同时降低强度，为此需设法在降低厚度的同时保证强度。

反射镜厚度减小导致的成本上升是否足以抵消其对集热场成本的削减以及发电收益的提升仍缺乏实际案例和数据。后续禅德愿意同业内广大客户一道，通过反射镜的优化以降低光热集热场的投资。



槽式集热器开口尺寸、塔式定日镜尺寸增大

随着其他可再生能源发电成本的不断降低，针对太阳能光热发电技术，不断从提高集热系统效率和降低集热系统成本的方向发展。



槽式集热器开口尺寸



塔式定日镜

反射镜结构及保护层优化

反射镜背面要镀上三层防护漆：

01

第一层保护漆是丙烯酸树脂层；

02

第二层是醇酸树脂层；

03

第三层是聚氨酯树脂层。



防护漆材料选择进行优化或通过结构优化，同时不影响对反射镜的防护，可相对降低反射镜的成本。

关键点：需实现成本和性能的最佳平衡（大量实验数据支撑）

反射镜自洁净

冰 Ice / 雪 Snow



- 特殊环境：国内面临的挑战是基于秋冬、冬春季节交替会产生结霜现象，特别是夜间零下，白天零上温度的时段，考虑到我国光热示范项目地区的特别环境，需要率先解决除霜难题。

产业规模化、原材料国产化

在我国首个太阳能热发电特许权招标项目以及国家首批太阳能热发电示范项目的带动下，经过十几年的发展，我国目前已经建立了具有完全自主知识产权的太阳能热发电行业全产业链，具备了支撑太阳能热发电大规模发展的产品供应能力。

随着产业规模化进程的加速，光热行业上游原材料及设备供应逐步实现国产化替代，届时包括反射镜在内的所有光热设备制造成本将进一步降低，由此光热发电度电成本竞争力也将凸显。

附

其他业绩展示



太阳能工业蒸汽项目

北京市首个太阳能+工业蒸汽项目

项目地址：北京市昌平区

项目特点：

- 太阳能聚光反射镜系统提供蒸汽与热水，实现农业菌群种植的消毒杀菌；
- 通过多能互补的协同效应，提高能源合利用效率，对解决民生、促进能源产业变革具有重要意义。



太阳能供暖多能互补项目应用

项目名称：西藏山南军区边防站槽式太阳能供暖系统

气候条件：海拔4200多米，最低气温达零下20℃

项目特点：太阳能聚光集热技术与太阳能光伏、风力发电机组相结合，确保军区供热采暖需求。

技术亮点：**自主研发RC4系列太阳能聚光反射镜产品**

竣工时间：2020年底

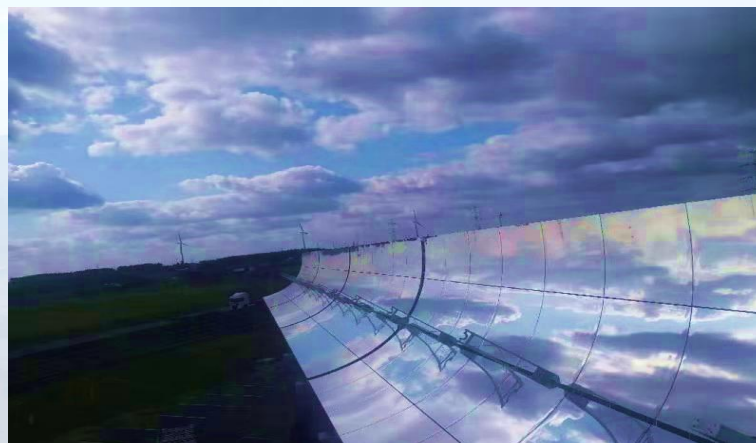


海外太阳能热利用项目节选

公司产品和技术服务已辐射西班牙、阿联酋、南非、摩洛哥、智利、墨西哥、巴西、希腊、比利时、德国、美国等多个国家和地区。



Abengoa在塞维利亚的测试平台项目



比利时Proviron Oostende工业蒸汽项目



巴西首座太阳能热电联供项目

墨西哥中低温供热项目	德国供热研发项目	希腊研发项目	巴西槽式研发项目	墨西哥东南部纺织厂供热项目	希腊集热器研发项目
德国崧蓝试验项目	印度马哈拉施特拉邦州卫生院供热项目	美国德州研发项目	比利时槽式太阳能热利用项目	美国槽式太阳能热利用项目	澳洲研发项目

SUNDHY
禅德太阳能

聚光曲面镜

700^万 m²/年

平面镜

1300^万 m²/年

聚光镜 找禅德

可为您提供共享储能型光热电站的投资建设全面服务

电话: +86 (28) 65790085
网址: www.sundhy.com



感谢您的聆听！