

超越光伏 挑战火电

——碟式斯特林太阳能热发电系统

李 纲领 朱学东

ligangl@xyzq.com.cn

021-3856 5920

2009年4月12日

敬请关注后续推出的**太阳能热发电**行业研究报告

基本观点：

- 我国目前以煤炭为主的能源的结构带来的生态环境压力愈加明显，扩大再生能源比例刻不容缓。
- 太阳能热发电相比火电和其他可再生能源，具备自身独特的优势，未来有可能成为能源结构中的主要形式。
- 碟式太阳能热发电系统因分布、并网均适宜，转换效率高、成本下降空间最大而成为最具商业前途的技术路线。
- 全球主要国家因太阳能资源禀赋的差异，各国技术路线与扶持政策侧重各有差异。
- 斯特林发动机作为碟式太阳能热发电系统的核心组件，在工程动力与能源利用领域应用广泛，未来市场空间巨大。
- 具有良好市场前景的上市公司，市场给予的估值都不吝啬，薄膜电池制造商First Solar (FSLR) 就是最好的例证。
- 行业内受益的上市公司： 航空动力（600893）——航空航天类上市公司价值投资标的首选

作为碟式太阳能热发电系统的国内先行者，具备技术积累和工艺基础方面的优势，后续示范工程与商业化运作可期。

目录

引言：中国的能源战略与能源选择

一、碟式太阳能热发电：超越光伏 挑战火电

二、斯特林发动机—碟式太阳能热发电的核心组件

三、斯特林发动机 (Stirling Engine) 的市场容量测算

四、航空动力 (600893) 在斯特林发动机项目的优势

五、斯特林发动机 (Stirling Engine) 项目对上市公司影响

能源战略与能源选择：改善能源结构 扩大再生能源比例刻不容缓

能源战略与能源选择：改善能源结构 扩大再生能源比例刻不容缓

- 我国目前以煤炭为主的能源的结构带来的生态环境压力愈加明显，扩大再生能源比例刻不容缓。
- 气候变化对能源发展的影响加大，低碳或者无碳的可再生能源成为新热点
- 我们预计国家将从5月份开始陆续出台新能源的扶持政策

我们认为国家出台新能源战略的考虑，除了自身环境考虑以外，还有政治方面的考量：哥本哈根协定与碳排放的谈判中占据有利位置。

图1：我国的能源结构变迁图

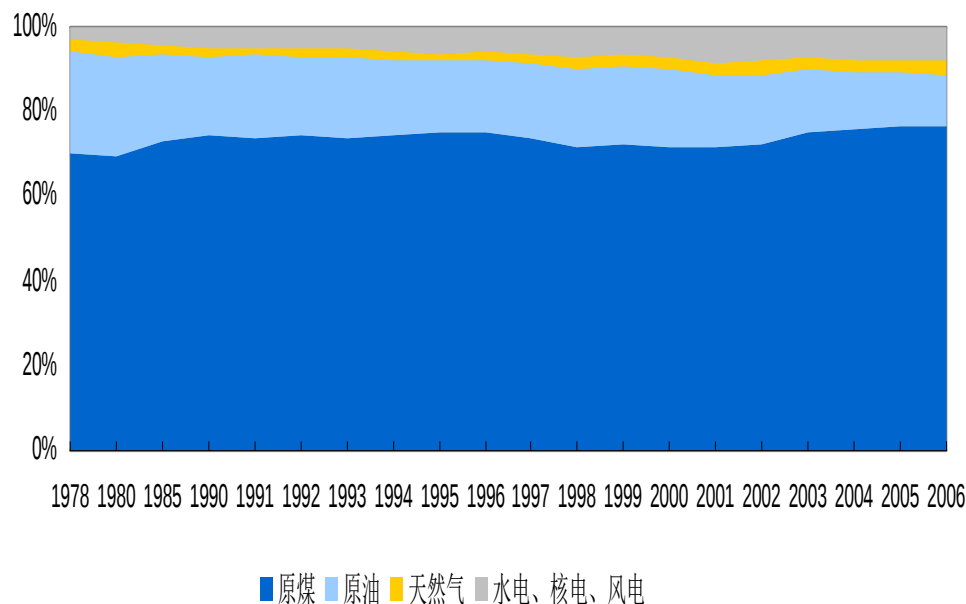
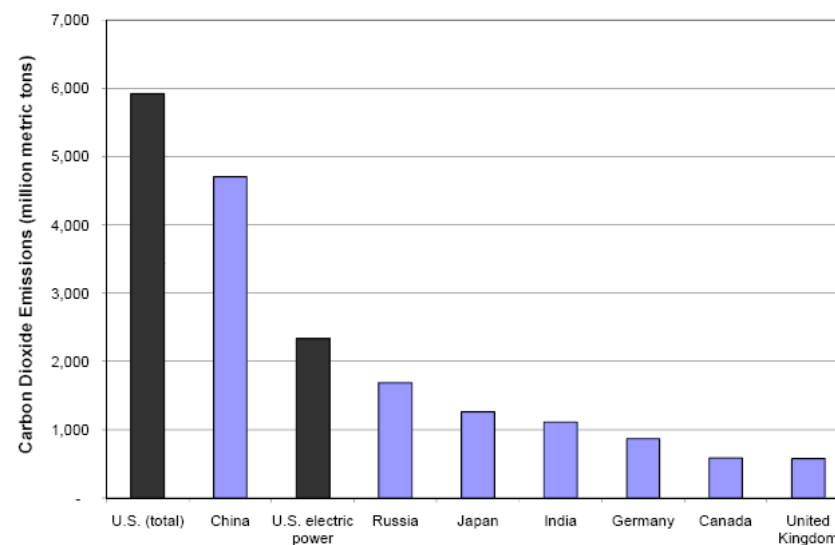


图2：全球主要国家电厂碳排放量比较图



太阳能热发电：“前期造价高点不要紧，关键是技术要掌握”

■ 胡锦涛总书记认为：“前期造价高点不要紧，关键是技术要掌握”

2009年3月20日胡锦涛总书记参观2009中国国际节能减排和新能源科技博览会，并来到中国科学院电工研究所八达岭MW级太阳能塔式热发电示范电站展台，对该技术的前沿性给予了充分的肯定，并指出“这个（太阳能热发电技术）挺好”，在我国的发展“前期造价高点不要紧，关键是技术要掌握”。

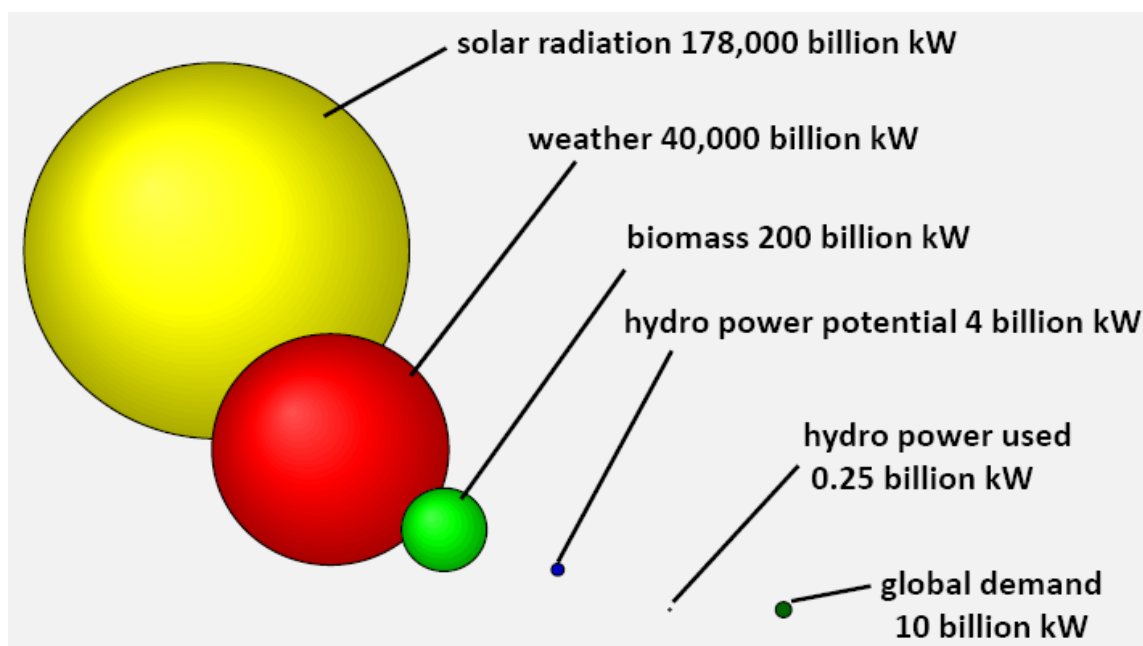
图3：胡锦涛参观太阳能热发电展台



我国一次性能源资源总量相对较低 可再生能源资源量巨大

- 我国水能、煤炭、石油和天然气的人均占有量相对较低，分别是世界平均水平的25%、79%、6.5%和6.1%。
- 风能和太阳能等可再生能源资源量巨大，但其开发和利用的程度主要取决于技术和经济因素。
- 太阳辐射能的年资源量比风能、生物质能、水能、地热、潮汐与波浪能高数千倍至万倍，从而，太阳能发电应是提供未来大规模电力的主力。但是目前我国太阳能光伏产业开始兴起，而太阳能热发电在我国更是一度被忽视，太阳能热发电的规模化特点决定了其未来发展的巨大潜力要大于太阳能光伏产业。

图4：可再生能源的资源总量与全球能源需求



资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

全球主要国家太阳能政策：各国都在或即将出台太阳能的扶持政策

美国的太阳能扶持政策

公共政策

RPS:可再生能源组合标准

FIT:强制购买太阳能电力

碳减排计划

税收政策

ITC: 上限为2000美元的30%税收抵免, 延长8年

抵扣总额上限可能提高至200亿美元以上

为成本较高的太阳能厂商减免税收

融资、研发等支持

为可再生能源发电项目提供贷款担保;

资助替代能源研究

日本2009年重启久违的太阳能政策

- 2006年取消补贴政策，**2009年重新启动**；
- 2020年日本要使**70%**以上的新建住宅安装太阳能电池板；
- 2009年一季度拨款**90亿**日元，用于太阳能电池家用普及；
- 对安装太阳能设备的用户发放**70000日元/千瓦**的补贴；
- 在政府4月份财政年度预算提案中，有**200亿日元**是太阳能补贴资金，4月1日开始实施；

下半年可能推出FIT法案**50yen / kwh**，需求有望大幅增长

希腊：2009年启动的新能源政策

- 废除800MW的安装额度，所有已提交的光伏申请（总计3GW）必须在2009年底前做出批准或否决；
- 调整光伏强制上网电价，09年新执行的上网电价将维持**两年**不变，对于2010年8月份之前签订协议接入电网的业主，可延迟18个月完成安装；
- 对于投资高于10万欧元的光伏项目仍将享受**40%**的补助；
- 2009年还将推出专门针对屋顶光伏支持计划，目标是再增加**750MW**需求；将出台新的10MW以上的光伏系统招标程序。

澳大利亚： 2009年启动的太阳能新政策

- **2009年3月1日**启动第一阶段的针对住宅和商业楼宇的可再生能源电力强制购电法案，该计划规定全部可再生能源电力均将享受高额电价，而不是扣除发电者消费量后的部分，电价为50.05澳分/千瓦时，相当于正常供电成本的3.88倍。
- **2009年7月1日**启动第二阶段的强制购电法案，主要针对太阳能和风力发电项目。

中国市场开始大规模启动 但主要还在光伏发电

- 2008年国内两个特许权招标项目4元/度，没有大规模推广可能。
- 2009年大量特许权项目启动，代表性的有：甘肃敦煌10MW光伏电站（3月20日开标）和西藏阿里狮泉河10MW光伏电站；
- 中标电价将成为标杆电价，国内光伏大规模推广从此时开始！3月20日哪家厂商中标关系不大，但招标价过低无人跟标可重新竞标，最终电价成为标杆电价，其他地区可以此作为上网电价规模化发展。
- 财政部、住房和城乡建设部发布《关于加快推进太阳能光电建筑应用的实施意见》，并印发了《太阳能光电建筑应用财政补助资金管理暂行办法》的通知，规定20元/瓦的高额补贴。

5月份国家将陆续出台新能源政策，太阳能行业扶持力度加大

目录

引言：中国的能源战略与能源选择

一、碟式太阳能热发电：超越光伏 挑战火电

二、斯特林发动机—碟式太阳能热发电的核心组件

三、斯特林发动机 (Stirling Engine) 的市场容量测算

四、航空动力 (600893) 在斯特林发动机项目的优势

五、斯特林发动机 (Stirling Engine) 项目对上市公司影响

太阳能热发电：一个激动人心的朝阳行业

概念：光伏、太阳能热电、火电

光伏发电（PV）：Photovoltaic用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能的一种技术。这种技术的关键元件是太阳能电池。分为晶体硅电池（包括单晶硅、多晶硅、带状硅）、非晶硅电池（a-Si）、非硅光伏电池（包括硒化铜铟CIS、碲化镉CdTe）。

太阳能热电（CPS）：Concentrating Solar Power是指收集太阳能转变成热能，转换热能成电能的系统。通常由两部分组成：收集太阳热能的装置，发电的装置。分为槽式、塔式、碟式三种。

火电：利用煤、石油、天然气作为燃料生产电能的工厂。传统火电指利用燃煤来发电。

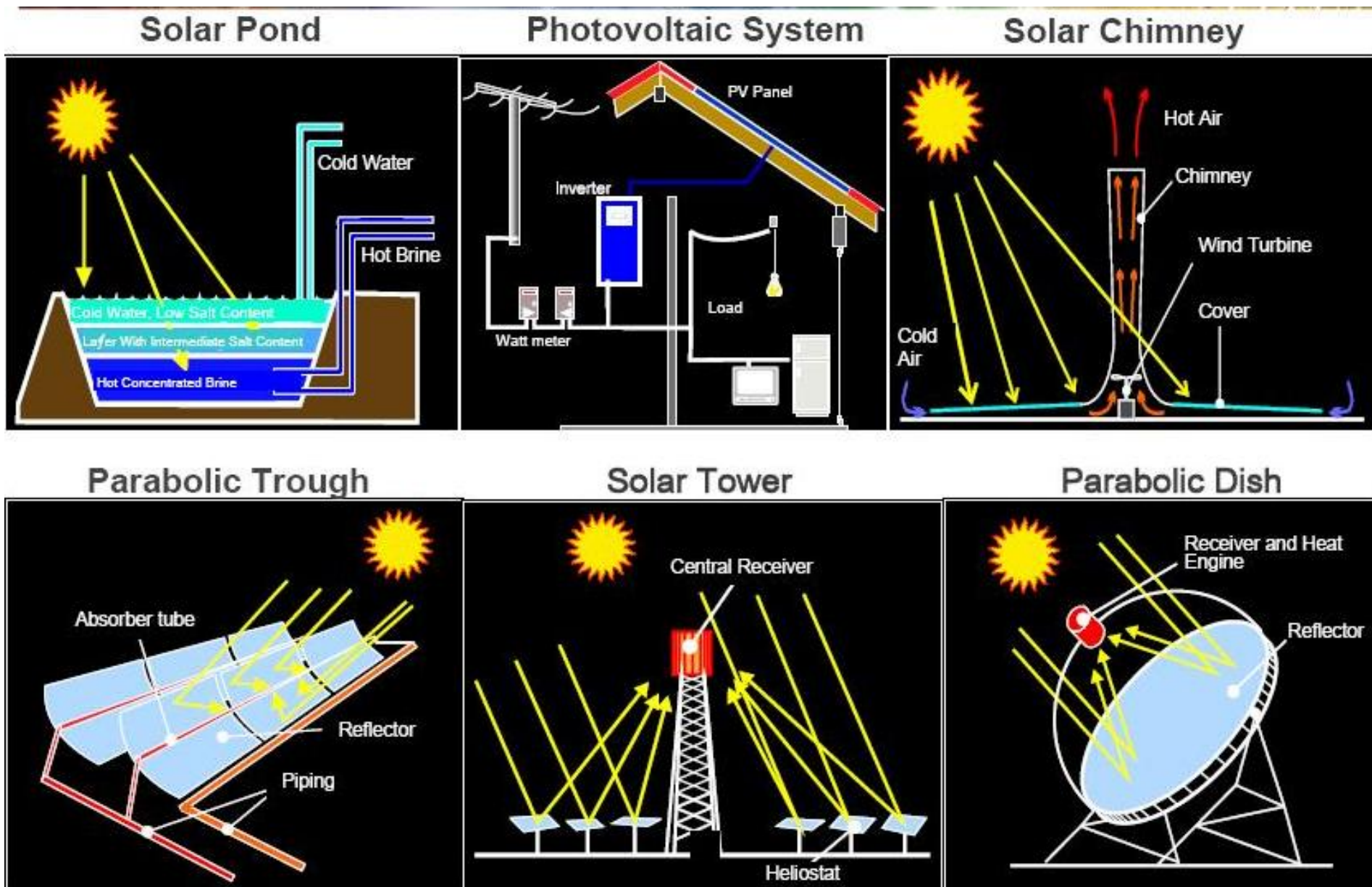
太阳能利用形式分类

利用形式	内容
太阳能发电	直接光发电：光伏发电、光耦极子发电 间接发电：光热动力发电、光热离子发电、热光伏发电、光热温差发电、光化学发电、光生物电池（叶绿素电池）等
太阳能热利用	高温利用（ $>800^{\circ}\text{C}$ ）：高温太阳炉、熔炼金属 中温利用（ $200^{\circ}\text{C}-800^{\circ}\text{C}$ ）：太阳灶、太阳能热发电等 低温利用（ $<200^{\circ}\text{C}$ ）：太阳能热水器、太阳能干燥、海水淡化、太阳能空调制冷、太阳房、太阳能取暖棚等
太阳能动力利用	热气机-斯特林发动机（用于抽水与发电）、光压转轮等。
太阳能光利用	光聚合、光分解、油料植物、巨型海藻
太阳能光-光利用	太空反光镜、太阳能激光器、光照明等。

太阳能热发电简介

- **太阳能热发电和太阳光伏发电**是目前利用太阳能发电的两种主要形式。
- 太阳能热发电是指利用聚光器降低密度的太阳能汇聚到焦斑处，使其生成高密度的能量，然后由工作流体将其转化为热能，再利用热能发电的形式。
- 太阳能热发电主要使用太阳直射辐射资源，而不是总辐射。我国直射太阳能资源丰富，有条件发展太阳能的沙漠和戈壁面积约为**30**万平方公里，占我国沙漠面积约为**23%**。
- 利用目前已有的太阳能热发电技术和年转换效率，仅仅在我国约**10万平方公里**的沙地建立电站，就可以满足我国2007年的全年的电能消费。

太阳能发电：主要的技术路线



国际太阳能热发电研究进展与商业化利用

- 当前太阳能热发电技术分为如下类型：中央塔式、槽式、碟式、太阳烟囱、太阳池。碟式发电系统即适合独立运行也可以模块组合，其容量从几十KW到几百兆瓦。
- 1973年，第一次石油危机的爆发刺激了人们对太阳能技术的研究与开发。相对于太阳能电池的价格昂贵、效率较低，太阳能热发电的效率较高、技术比较成熟。许多工业发达国家，都将太阳能热发电技术作为国家研究开发的重点。1981-1991年10年间，全世界建造了装机容量500kW以上的各种不同形式的兆瓦级太阳能热发电试验电站20余座，其中主要形式是塔式电站，最大发电功率为80MW。
- 目前，国际上碟式太阳能热发电也已经开始商业化运作，加州Solar One与Solar Two电站合计850MW（二期达到1750MW）的运行，已经证明了碟式斯特林系统技术上和经济上是可行的，具有强大的生命力。
- 美国、德国、西班牙等各国研究机构正在积极推进和发展高效、长寿命、高可靠性的Solar/Gas混合的碟式斯特林（Dish/Stirling）发电系统，通过技术进步和规模化运作降低成本，进行商业化推广。

国内太阳能热发电情况：处于从科研院所向企业转移的过程中

- 国内从事太阳能热利用的很多，比如太阳能热水器，但是太阳能热发电的研究和应用仍处相对落后的状态。
- 2005年国内第一座太阳能热发电示范电站—南京江宁区70kW塔式太阳能热发电试验工程成功发电。
- 八达岭MW级太阳能塔式热发电示范电站。
- 上海711所下属的齐耀动力技术有限公司已经成功开发了燃气型热气机发电技术，适当改进形成太阳能热气机技术，将降低整套系统造价，推向商业应用市场。

如何超越光伏？ 又怎么挑战火电？

太阳能热电（CSP）三种方式：碟式效率最高



槽式

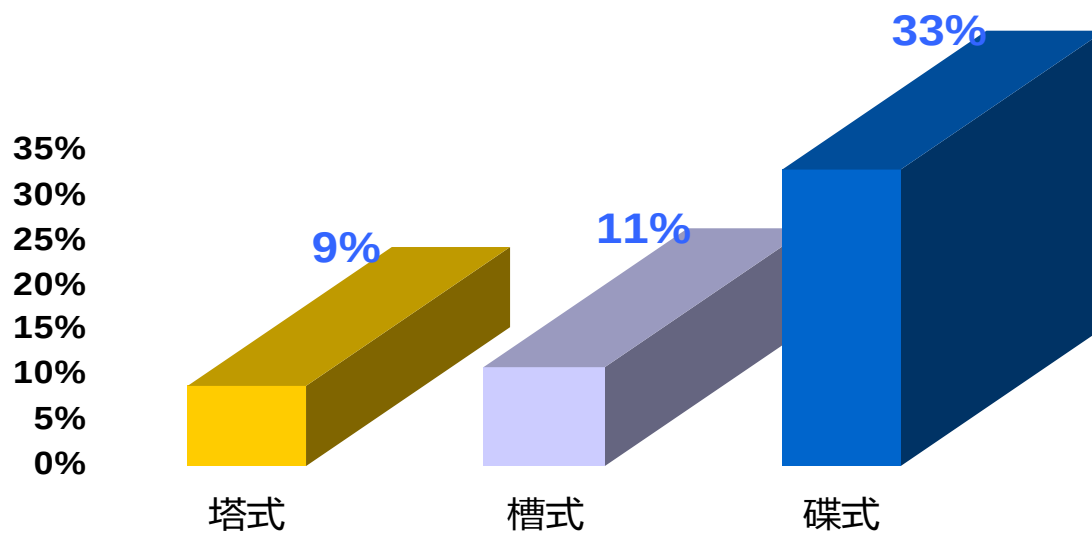


塔式



碟式

图5：太阳能热发电的三种主要形式的效率比较



资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

太阳能热电（CSP）三种方式：碟式未来成本下降空间最大

Table 2: Characteristics of solar thermal electric power systems (from Sandia Laboratories⁷⁴)

	Parabolic Trough	Power Tower	Dish/Engine
Size	30-320 MW*	10-200 MW*	5-25 kW*
Operating Temperature	390 °C	565 °C	750 °C
Annual Capacity Factor**	23-50%*	20-77%*	25%
Peak Efficiency	20%(d)	23%(p)	29.4%(d)
Net Annual Efficiency	11(d')-16%*	7(d')-20%*	12-25%*(p)
Commercial Status	Commercially Available	Scale-up Demonstration	Prototype Demonstration
Technology Development Risk	Low	Medium	High
Storage Available	Limited	Yes	Battery
Hybrid Designs	Yes	Yes	Yes
Cost			
\$/m ²	630-275*	475-200*	3,100-320*
\$/W	4.0-2.7*	4.4-2.5*	12.6-1.3*
\$/W _p [†]	4.0-1.3*	2.4-0.9*	12.6-1.1*

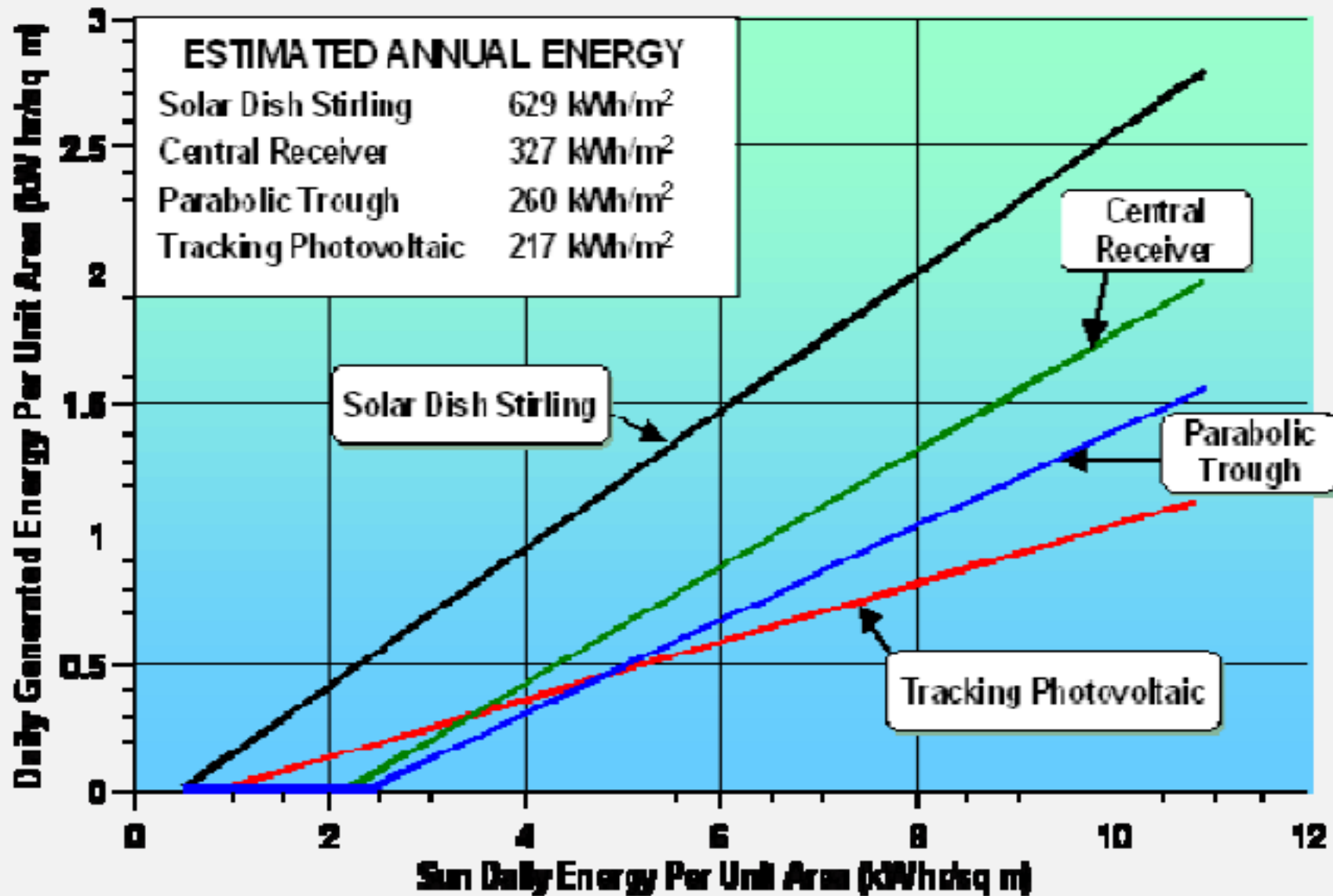
* Values indicate changes over the 1997-2030 timeframe.

** Increases in capacity factor due to the use of thermal storage.

[†] \$/W_p removes the effect of thermal storage (or hybridization for dish/engine).

(p) = predicted; (d) = demonstrated; (d') = has been demonstrated, out years are predicted values

碟式太阳能热电（CSP）单位面积的年度发电数是光伏的3倍



Source: Southern California Edison and Sandia National Laboratories

碟式太阳能热电（CSP）效率高的原因

效率高的原因：

- 使用全部光谱
- 带有跟踪系统
- 配聚光镜，聚光效率高
- 所用斯特林发动机效率远高于汽轮机效率和燃气轮机

System	Concentrator Technology	Power Conversion
Trough	Parabolic Trough	Rankine Cycle
Tower	Heliostat Solar Field	Rankine / Brayton Cycle
Dish-Engine	<u>Parabolic Dish</u>	<u>Stirling</u> / Brayton Engine

效率高

太阳能热发电： 怎样超越光伏？

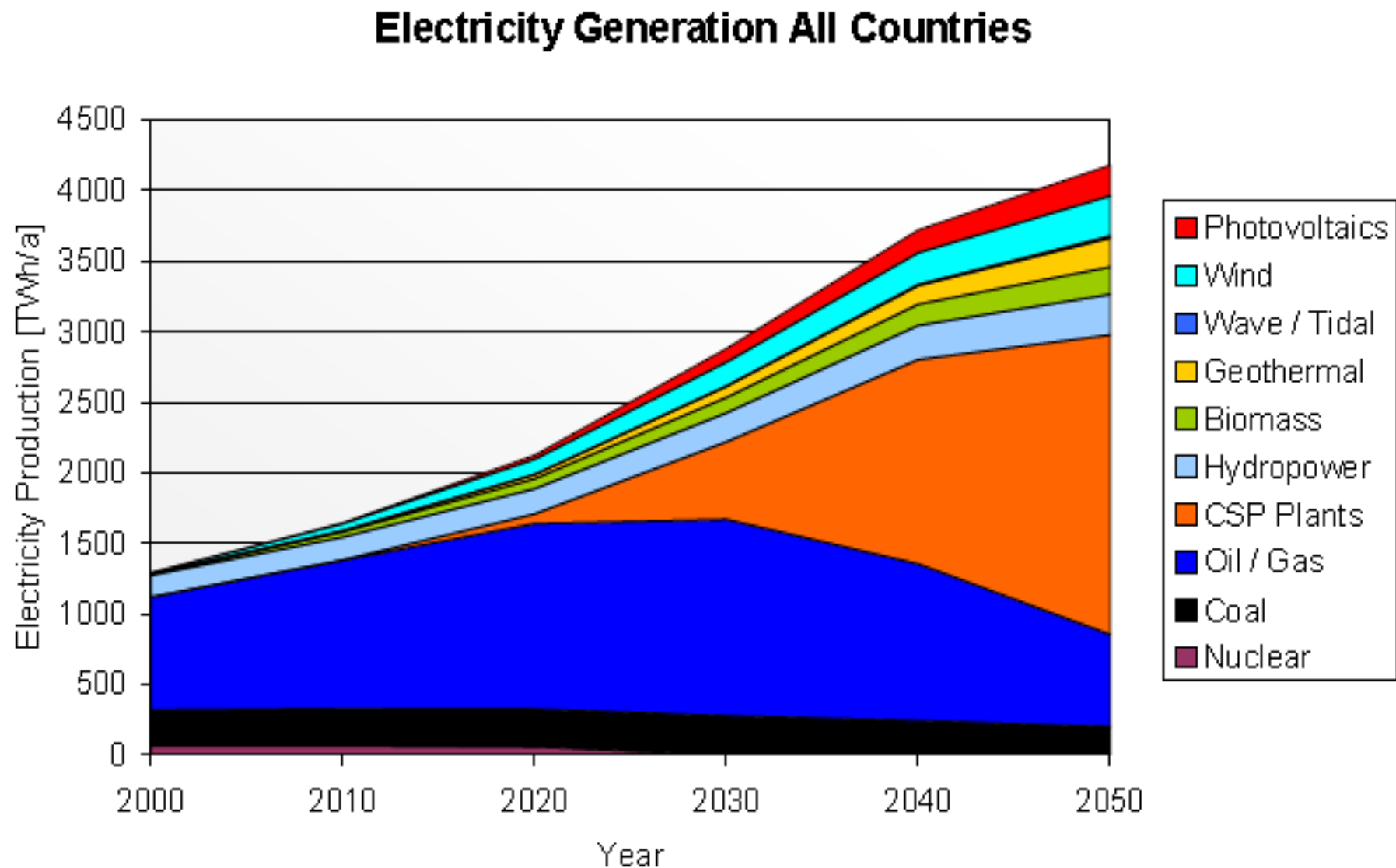
- 1、规模
- 2、效率
- 3、成本
- 4、环保

太阳能热发电：单个项目发电的规模远高于PV 碟式系统：分布与并网均可

Figure 1-1: Markets and applications for solar power

Category			Small		Medium		Large	
Installation Size			< 10kW	10 to 100kW	100kW to 1 MW	1 to 10MW	10 to 100MW	> 100 MW
Technology Mix in Each Market			100% PV		99% P V, 1% CSP		20% PV, 80% CSP	
2007 Share of Worldwide Solar Market (Installed Capacity and % of Installed Capacity)			7GW (84%)		0.7 GW (9%)		0.5 GW (7%)	
Installation Type			Distributed Generation					
							Central Generation	
Markets Served			Residential					
					Commercial			
					Utility			
					Base (50%), Intermediate (40%), Peak (10%)			
PV Based	Non Dispatchable	Non-Tracking PV						
		Tracking PV						
		CPV						
Thermal Based	Dispatchable (with storage)	Dish-Engine						
		Trough						
		Tower						
		LFR						
Installation Size			<10kW	10 to 100 kW	100kW to 1MW	1 to 10 MW	10 to 100 MW	> 100 MW
Legend:			best suited		suitable			

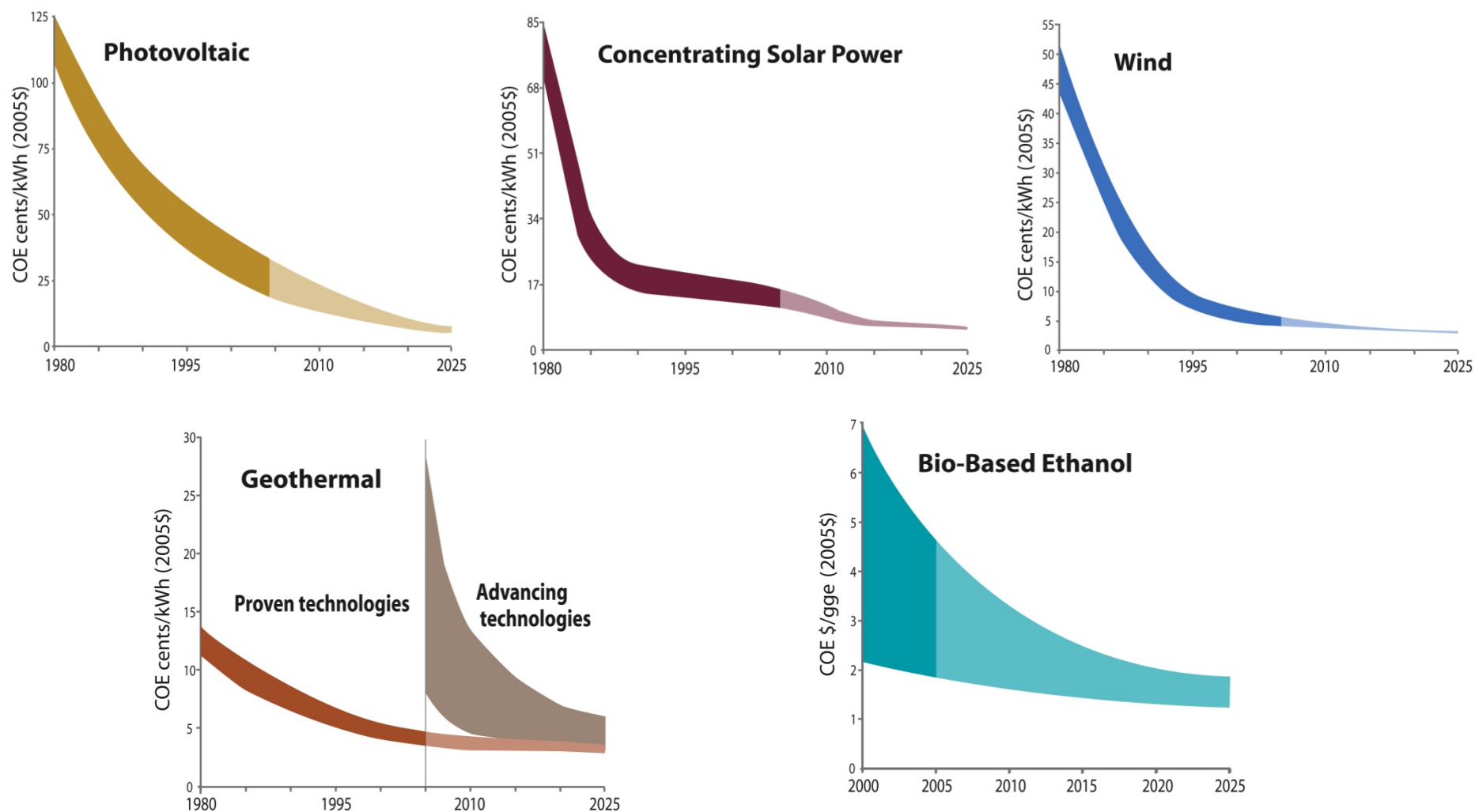
太阳能热发电： 未来使用规模远高于PV 将成为火电的重要补充



Projected annual electricity demand and generation within the countries in the MED-CSP

太阳能热发电： 能源平均成本下降趋势最为明显

图6：太阳能热发电与其他可再生能源的能源平均成本（LEC）比较



光伏发电电价、光电幕墙、光伏发电初始投资与上网电价

国家	上网电价	合人民币 (元/kWh)	补贴年限	每年下降	年发电量(kWh/kW)
德国(¢ /kWh)	0.35-0.47	4.1	20	8-10%	900-1000
西班牙(¢ /kWh)	0.29-0.33	3.1	25	2-4%	1200-1500
法国(¢ /kWh)	0.30-0.55	4.2	20	5.50%	1100-1300
意大利(¢ kWh)	0.35-0.49	4.2	20	5%	1100-1300
希腊(¢ /kWh)	0.40-0.50	4.5	10	无	1200-1500
荷兰(¢ /kWh)	0.33	3.3	15	1-2%	900-1000
葡萄牙(¢ /kWh)	0.35-0.55	4.5	5-15 年	无	1000-1200
澳大利亚(¢ /kWh)	0.30-0.46	3.8	10-12 年	无	1200-1600
韩国(\$/kWh)	0.72-0.75	5.15	15	每3年 4%	1000-1200
印度(\$/kWh)	0.18-0.32	1.75	10-25 年	无	1200-1600

BIPV (1200小时)

初投资 (万元/kW) 电价 (元/kWh)

50000	5.32
45000	4.81
40000	4.3
35000	3.8
30000	3.29
25000	2.78
20000	2.27
15000	1.76
10000	1.25

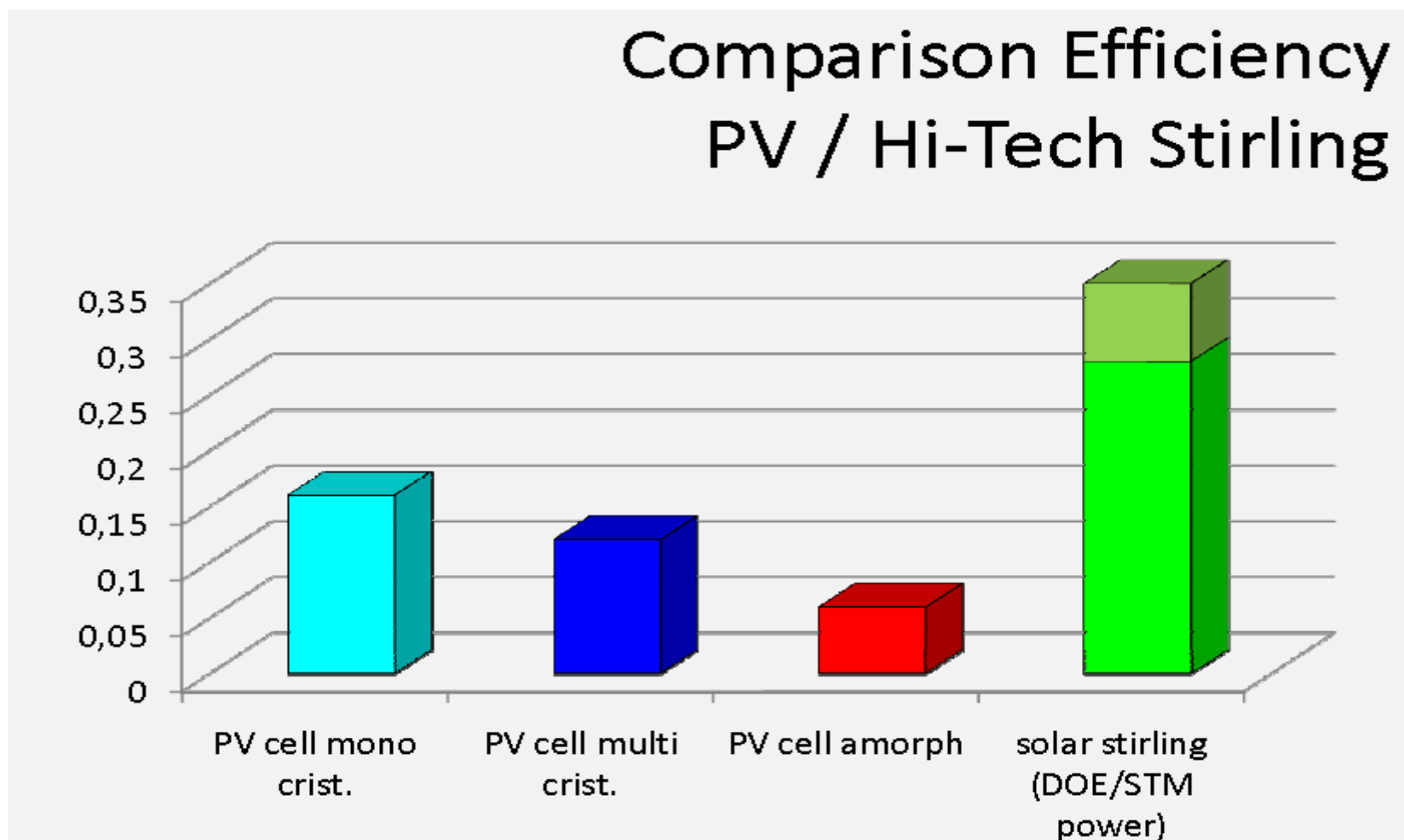
LS-PV (1500小时)

初投资 (万元/kW) 电价 (元/kWh)

50000	3.98
45000	3.59
40000	3.19
35000	2.79
30000	2.4
25000	2
20000	1.61
15000	1.21
10000	0.81

碟式太阳能热发电： 转换效率远高于光伏

图8：碟式斯特林系统与光伏的转换效率比较



太阳能热发电： 绿色、环保、无污染

- 生产多晶硅时的副产品四氯化硅，是一种高度有毒的物质，会对环境造成严重污染。
- 多晶硅是典型的高耗能产业，选址须兼顾硅、煤炭和氯碱资源。年产1000吨多晶硅项目需要投资10亿元，年耗电10万千瓦时。
- 碲化镉CdTe电池，有毒元素Cd对环境的污染不容忽视：一是含有Cd的尘埃通过呼吸道对人类和其他动物造成的危害；二是生产废水废物排放所造成的污染。

结论：在一定规模上太阳能热发电优于光伏发电

太阳能热发电怎样挑战火电？ 温室气体排放和后续运营成本

图9：常规化石能源与可再生能源温室气体排放比较

• Greenhouse Gas Emissions: *from Conventional Electricity Generation*

	Coal (g/kWh)		Oil Best Practice (g/kWh)	Gas Combined Cycle Gas Turbine (g/kWh)	Diesel Embedded (g/kWh)
	Best Practice	Flue Gas Desulphurisation & Low NO _x			
CO ₂	954.60	986.50	817.90	429.800	772.00
SO ₂	11.82	1.49	14.16		1.55
NO _x	4.34	2.93	3.99	0.494	12.30

• Greenhouse Gas Emissions: *from Renewables*

	Energy Crops (g/kWh)		Hydro Small-scale (g/kWh)	PV (g/kWh)	Solar Thermal (g/kWh)	Wind (g/kWh)
	Current Practice	Future Practice				
CO ₂	30-40	30-33	8.6	98-167	20-30	6.5-9.1
SO ₂	0.08-0.16	0.06-0.08	0.03	0.20-0.34	0.50	0.02-0.09
NO _x	1.1-2.6	0.40-0.55	0.07	0.18-0.30	0.23	0.02-0.36

火电：污染排放 煤炭消耗

■ 污染排放

一座100万kW的燃煤电站每年要产生650万t CO₂，17 000 t SO₂，400 t NO₂，此外还有28万t灰，灰中含有400 t汞、镉、铅、砷等有毒重金属。

■ 煤炭消耗

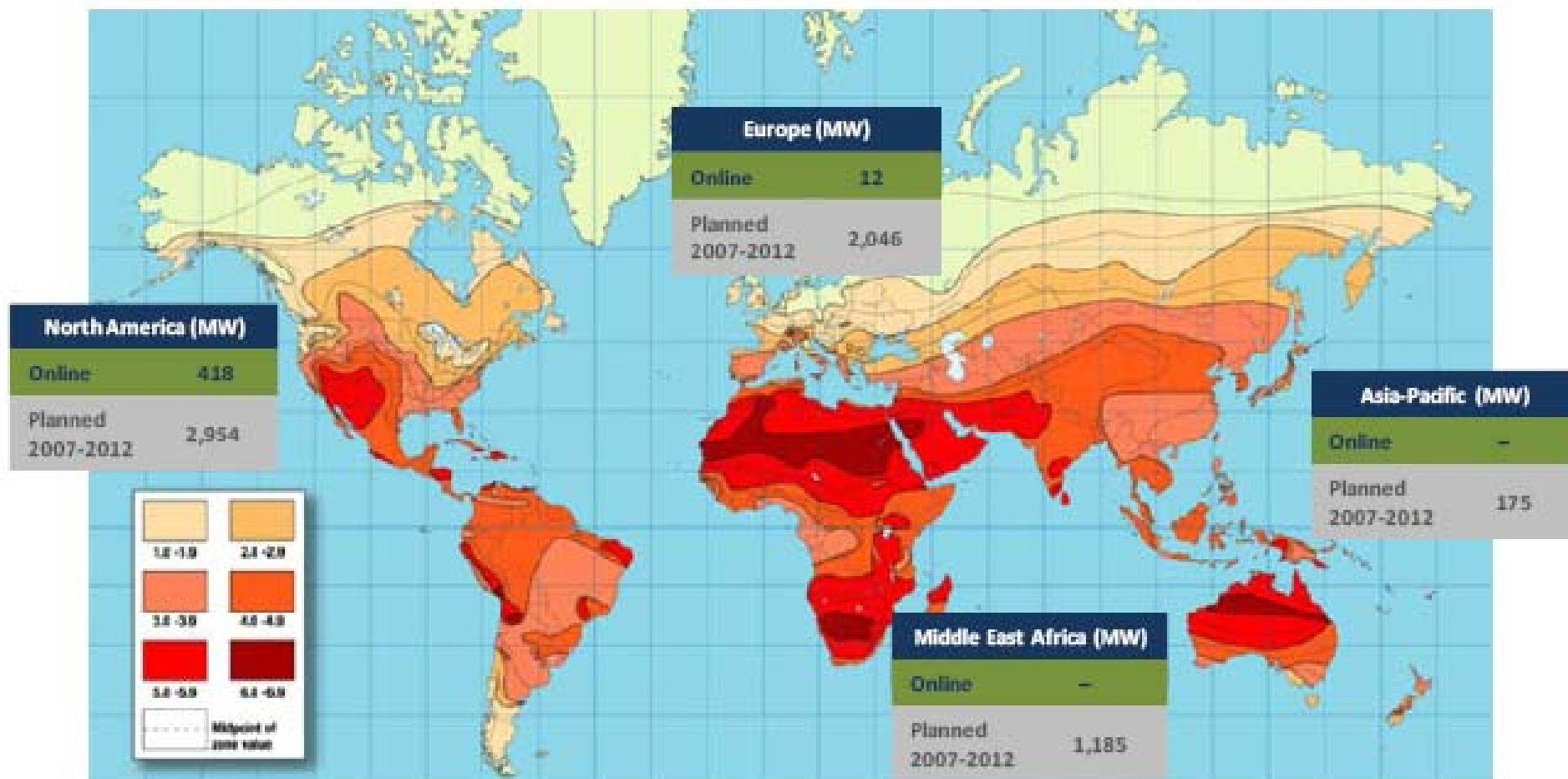
同样发电量的燃煤电厂每年需要250万t煤，每天需几列火车供煤，对于燃油电厂，每年需200万t燃油。而且使用化石燃料发电，一旦遇到价格波动或燃料供应出现问题，立刻就会反映到社会层面，严重的会引起经济危机和社会动荡。

图10：常见能源形式的投资成本与上网电价

比较项目	建设成本	直接发电成本	含折旧总成本	建设期	上网电价	备 注
火电	3000~4000	0.18	0.22	36月	0.27-0.38	煤耗384克/度
风电	8000~12000	0.06	0.5	24月	0.5-0.7	2000小时/年
水电	5000~10000	0.05	0.2	50月以上	0.25-0.39	5000小时/年
核电	9000-13700	0.16	0.4	72月	0.4-0.45	6000小时/年
单 位	元/千瓦	元/度	元/度	月	元/度	

太阳能热发电怎样挑战火电？ 全球太阳能资源禀赋

图11：全球太阳能资源禀赋差异巨大

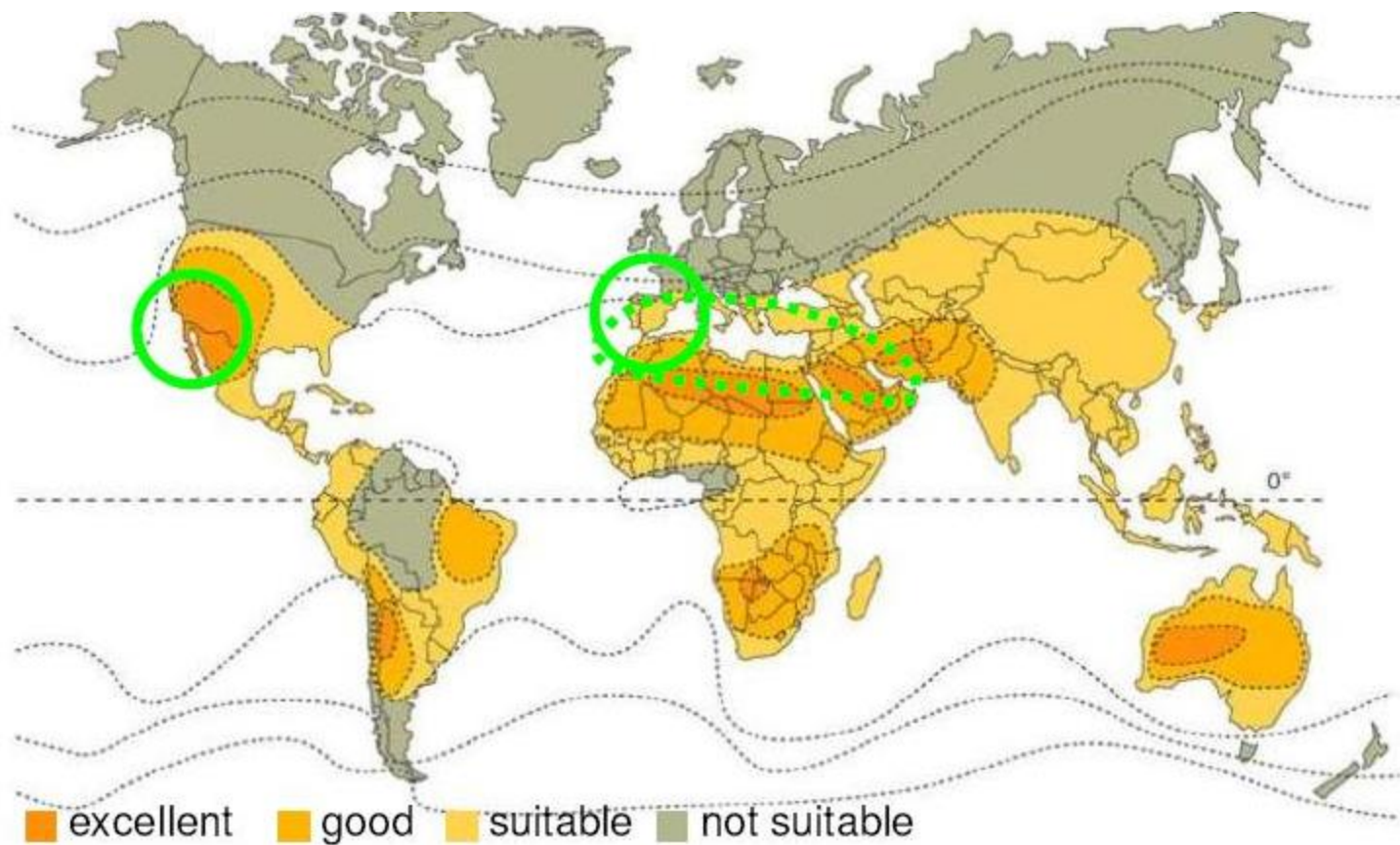


Map shows the amount of solar energy, in hours, received each day on an optimally tilted surface during the worst month of the year.
(Based on accumulated worldwide solar insolation data.)

资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

太阳能热发电如何挑战火电？ 资源禀赋不同决定各国的研发和政策扶持方向

图12：太阳能资源禀赋决定了各国的太阳能技术路线的扶持方向



Source: Solar Millennium AG, Erlangen

资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

三、 太阳能与其他几种能源形式的比较

水电：直接经济成本较低 环境成本过大

核电：原料铀资源有限 废弃物处理是最大难题

风电：并网“硬约束”仍是世界性难题 不具调峰功能

Solar One & Solar Two 项目与两家电力公司的PPA协议

Solar One	Solar Two
美国南加州爱迪生公司	圣地亚哥燃气和电力公司
50万千瓦（足30万家庭用电），将扩大到85万千瓦。	30万千瓦，将扩大到90万千瓦。
使用2万 - 3.4万个碟型斯特林系统	使用1.2万 - 3.6万个碟型斯特林系统
购电合同：20年	购电合同：20年
厂址在加州巴石头以东的莫哈韦沙漠	南加州帝王谷
一厂的第一阶段50万千瓦项目，计划2009年底建成投产，投产后，将成为世界上最大的太阳能公用事业发电厂。	

资料来源： 兴业证券研发中心整理

碟式斯特林系统才是未来最具商业发展前途的技术路线形式

美国Solar One & Solar Two项目的商业化应用碟式前途是最好的例证

图13: SES的两个商业化项目: Solar one 和Solar two

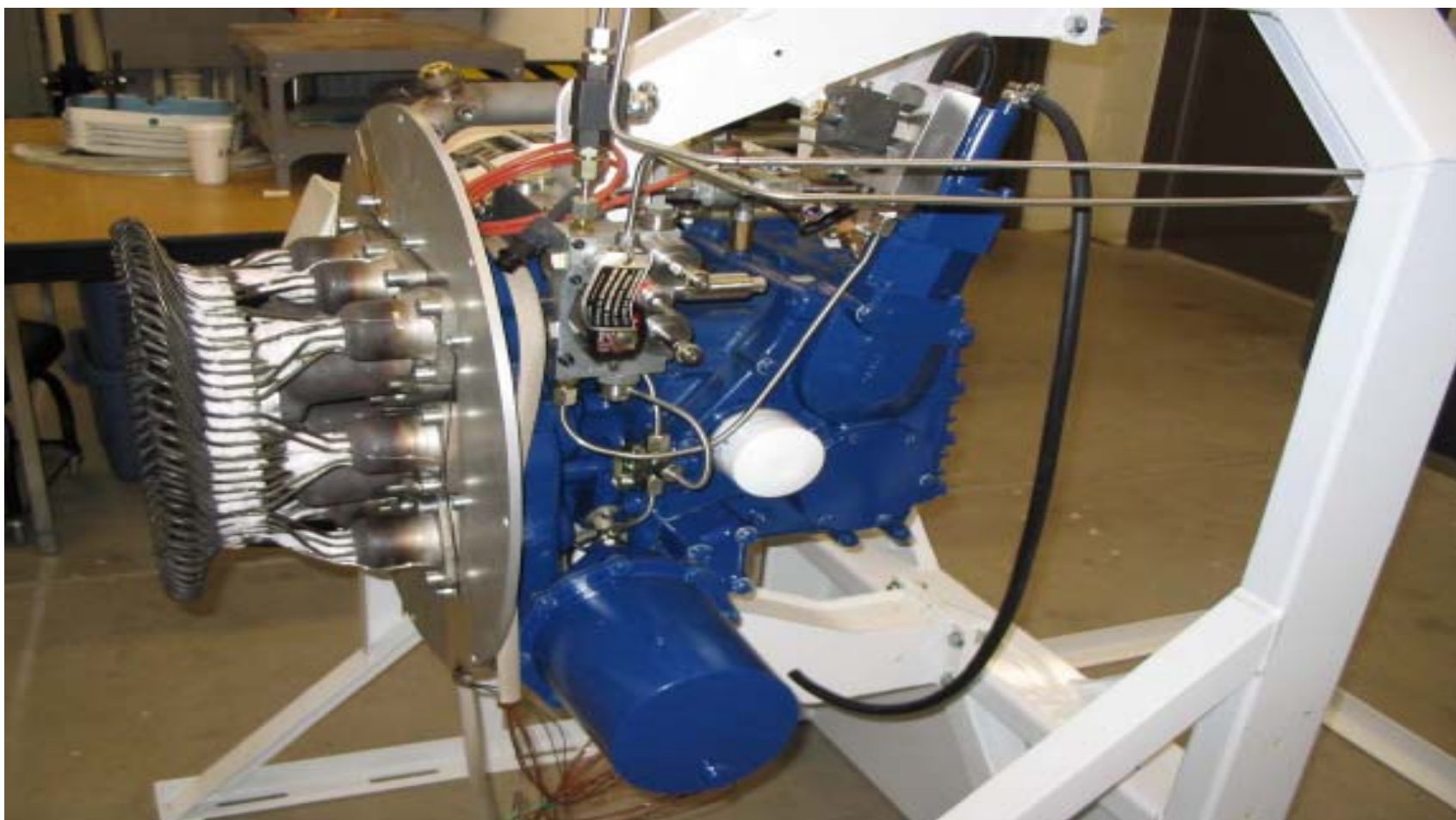


资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

碟式斯特林系统国内商业化推广的主要瓶颈在于斯特林发动机的开发

- 碟式斯特林太阳能发电系统具有规模优势、转换效率最高、最具商业前途。
- 但是碟式斯特林太阳能热发电系统在国内的推广的瓶颈在于**斯特林发动机的开发**。

图15：太阳能用斯特林发动机



目录

引言：中国的能源战略与能源选择

一、碟式太阳能热发电：超越光伏 挑战火电

二、斯特林发动机—碟式太阳能热发电的核心组件

三、斯特林发动机 (Stirling Engine) 的市场容量测算

四、航空动力 (600893) 在斯特林发动机项目的优势

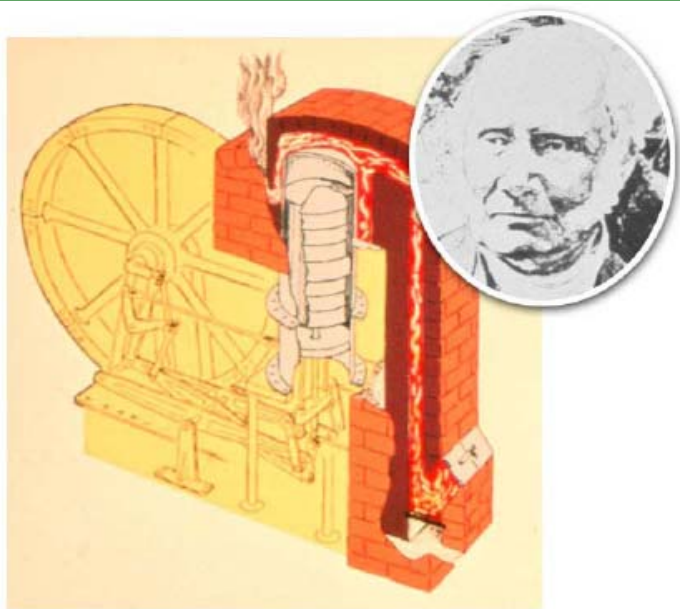
五、斯特林发动机 (Stirling Engine) 项目对上市公司影响

斯特林发动机 (Stirling Engine) – 碟式太阳能热发电的核心组件

斯特林发动机 (Stirling Engine) 的历史

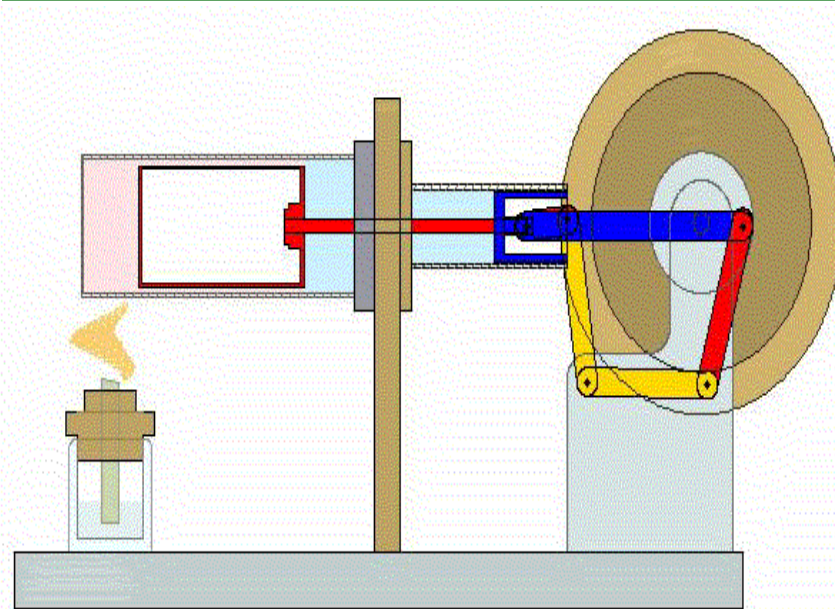
- 斯特林发动机是一种外燃的闭式循环往复活塞式热力发动机, 1816 年由苏格兰的R.斯特林发明, 所以又称斯特林发动机。
- 斯特林发动机气缸一端为热腔, 另一端为冷腔。工质在低温冷腔中压缩, 然后流到高温热腔中迅速加热, 膨胀做功。燃料在气缸外的燃烧室内连续燃烧, 通过加热器传给工质, 工质不直接参与燃烧, 也不更换。相对于内燃机燃料在气缸内燃烧的特点热气机又被称作外燃机。现在的热气机特指按闭式回热循环工作的热机, 包括斯特林热泵或斯特林制冷机。

图16: 斯特林 (Stirling Engine) 发动机最早原型机



资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

图17: 斯特林 (Stirling Engine) 发动机工作原理示意图



资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

斯特林发动机 (Stirling Engine) 的特点

■ 振动小、噪音、排放低

因为进气压力较小，循环压力比低（一般为1.5-1.8，而内燃机的至少在7以上），因此压力变化平缓，因而运行平稳、安定。

■ 结构简单、单机容量小

无需燃气压缩机，无需排气装置，比内燃机少50%的零部件；机组容量从20-50kw,维护成本较低。

■ 燃料选材广泛

可用任何种类的燃料如天然气、丙烷、氢气、柴油、燃料油、垃圾填埋气、煤层气(甲烷)、工业废气、太阳能等；

■ 热效率高且出力和效率不受海拔高度影响

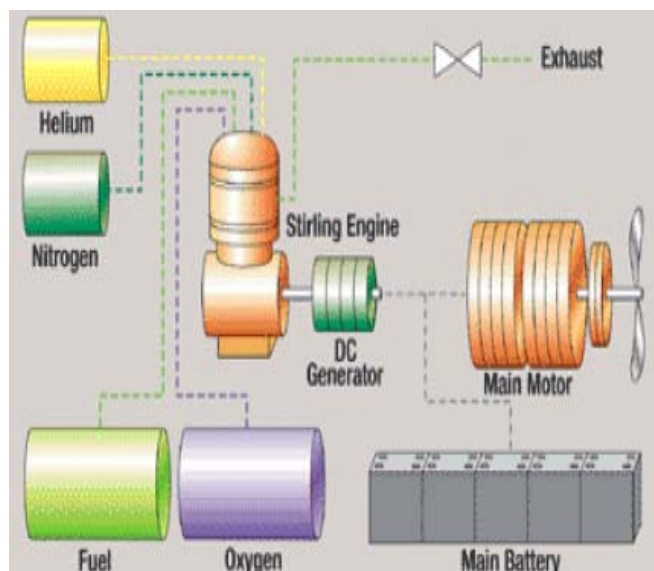
由于吸热和放热均是在等温下进行的，即等温压缩和等温膨胀，因而满足了热力学第二定律对最高效率的要求。在理论上斯特林发动机的循环效率与卡诺循环的效率是相等的。一般回热器的效率 $\epsilon=0.98 \sim 0.99$ ，所以斯特林发动机有较高的热效率。斯特林发动机高的扫气容积功率是普通的活塞式内燃机所望尘莫及的。

上述特点也就决定了斯特林发动机在**动力工程**和**能源利用**等领域有着广阔的应用前景。

斯特林发动机 (Stirling Engine) 的今日

- 今天，斯特林发动机中应用于一些非常专门的领域，如潜艇或辅助发电机，这些对他们来说安静的运转很重要的设施。
- 斯特林发动机内使用的气体没有离开发动机。斯特林发动机没有排气阀，无需爆燃。正因为如此，斯特林发动机很安静。

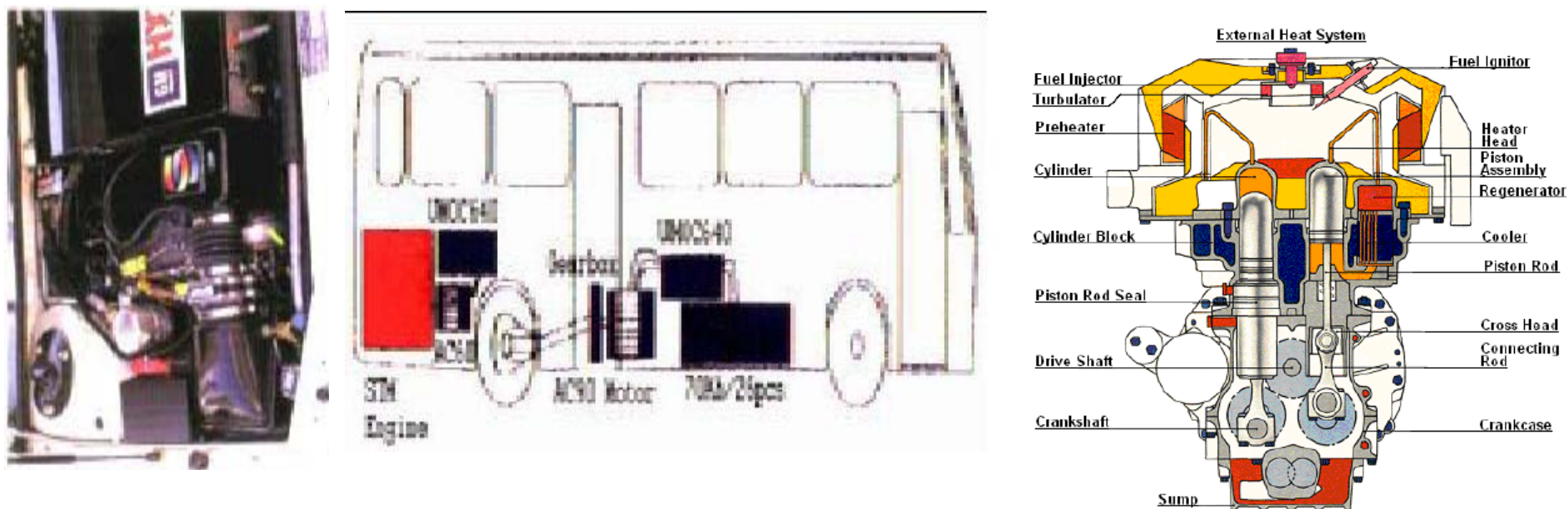
图18：潜艇用斯特林动力系统



斯特林发动机 (Stirling Engine) 的今日

■ 斯特林发动机具有独特的热机效率，因为他们的热效几乎是等于其最大理论效率，称为卡诺循环效率。斯特林发动机的动力来源于气体受热时的膨胀，和冷却时的收缩。斯特林发动机包含一定容量的气体，在一个冷终端和热终端间来回传送。“置换活塞”驱动气体在两端间移动而“电力活塞”是由气体膨胀和交换而造成内部的容量变化来驱动。下图是一个典型的应用于汽车的斯特林发动机的说明。

图19：汽车用斯特林发动机混合动力系统



太阳能斯特林发动机：让古老发动机焕发青春

- 虽然斯特林机自发明以来发展远远不及内燃机，但是现在斯特林发动机在太阳能热发电领域又开始“如日中天”。
- 太阳能斯特林发动机系统（Dish/Stirling Solar Energy System）成为最具效率和商业前景的太阳能热发电形式。

图20：碟式斯特林太阳能热发电电站



资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

图21：碟式斯特林太阳能热发电系统单元



资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

太阳能斯特林发动机：Dish/Stirling Solar Energy System

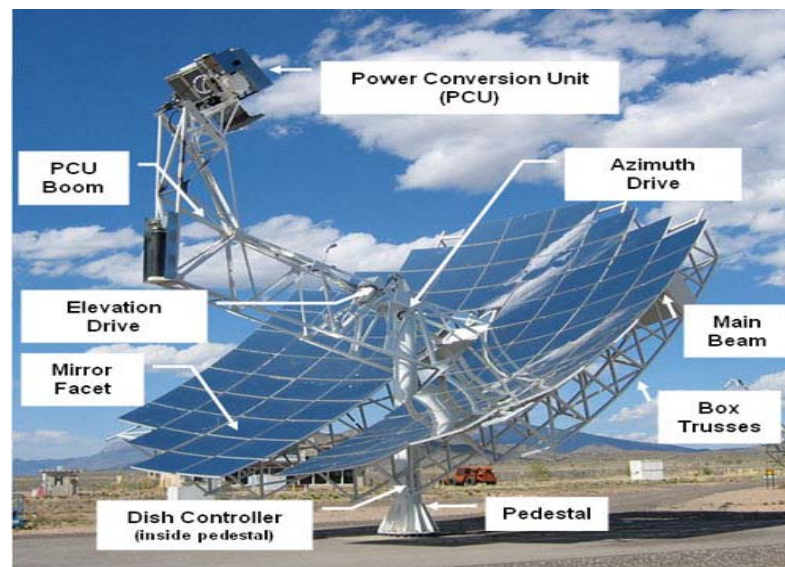
- 图22显示SunCatcher发电系统将太阳能转化为电能的转换过程。在高峰运转期，以满载太阳能辐射作业时，SunCatcher接受约1000W/m²的太阳能辐射并将它转换为25千瓦575伏特交流电（VAC）/ 60赫兹（Hz）的电网质量的电力。
- SunCatcher由一个玻璃镜面支撑。提供约90至100平方米的反射镜来反射太阳能并将光束聚焦到接收地区。镜面将太阳能集中到加热氢气的PCU外部的太阳能接收器。随着气体被加热，将导致气体扩散到到气缸来驱动斯特林循环发动机。一个碟式定位控制系统控制方位角和仰角驱动电动机跟踪太阳，以使聚焦到太阳能接收器上的太阳能量达到最优化。
- 来于冷切器的名义斯特林发动机的输出温度略高于环境温度。散热器的风扇是根据对热一侧的引擎冷却液温度来运转。发动机会输出温度高于环境时风扇低速运转。发动机会输出温度达到环境温度两倍时风扇高速运转。任何故障，碟式控制系统使SunCatcher背离太阳从而关闭 PCU，并自动背离太阳。

图22：SES的SunCatcher碟式斯特林太阳能热发电系统



资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

图23：SES的SunCatcher碟式斯特林太阳能热发电系统



资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

太阳能斯特林发动机：Dish/Stirling Solar Energy System

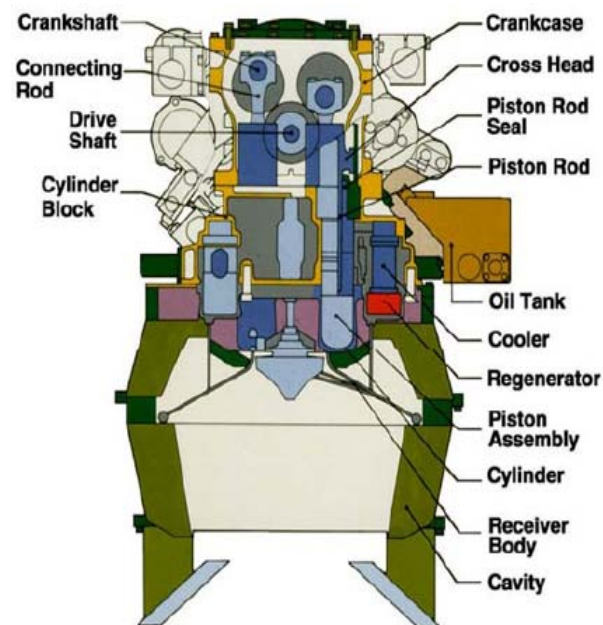
- 斯特林SunCatcher技术具有超过20年经营历史的记录。该设备已在太阳直射下运转超过25,000小时。自1984年以来，该公司的太阳能碟式斯特林设备已成功地保持了将太阳能转换到电网质量的电力的世界转换效率纪录。SES继续与美国能源部和Sun-Labs（国家可再生能源实验室和桑迪亚国家实验室）合作进行耐久性测试和SES SunCatcher系统的商业化。
- 图25示的斯特林引擎的闭路循环，斯特林发动机内部组成部分，包括四个密封缸组件（活塞，活塞杆和连杆）以及冷却器，再生器和加热器头端。

图24：SunCatcher系统中的PCU组件



资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

图25：太阳能热发电用斯特林（Stirling Engine）发动机

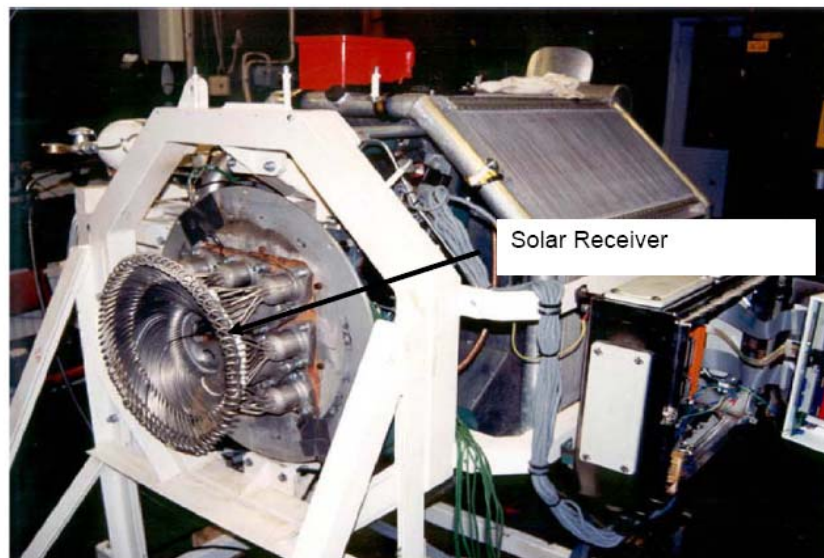


资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

能量转换装置：PCU

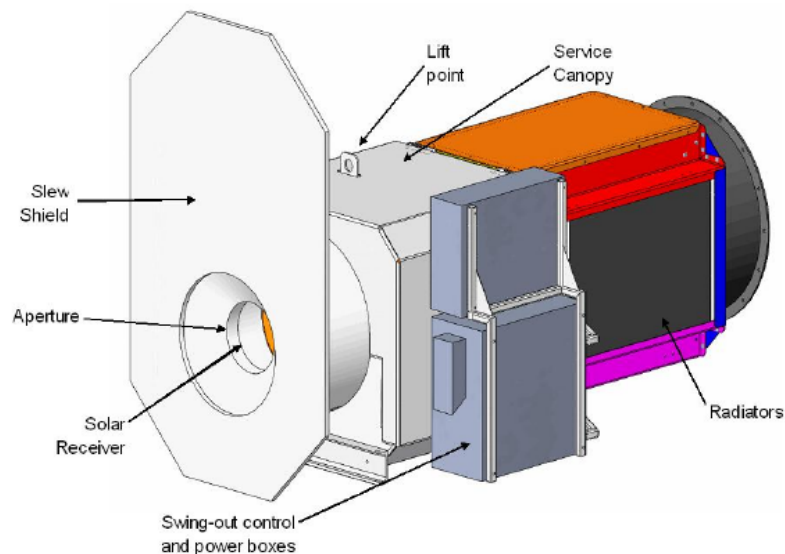
- 该SunCatcher能量转换装置（PCU）使用的是考库姆（Kockums）斯特林发动机设计。考库姆（Kockums）是世界上太阳能斯特林发动机的领先者。自从1970年购买这项技术以来，考库姆已在这种类型的太阳能斯特林发动机的技术设计，效率和可靠性上投入大量的研发。
- 考库姆斯特林发动机是一个380立方厘米位移，4缸活塞式发动机接受来自于太阳能接收器压缩和加热的氢气来驱动斯特林循环。

图26：斯特林发动机——太阳能集热器



资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

图27：斯特林发动机——能量转换单元（PCU）



资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

SunCatcher 系统的太阳能接收装置

- SunCatcher斯特林发动机的改变主要是增加了太阳能接收装置。接收器包括一个带有光圈的绝缘腔，使集中的阳光进入。内有四个加热器头端。每个加热器头部是一个占引擎1/4大小的管状网络。金属管与发动机形成封闭的系统，其中包含工作液体，氢气。图是一个太阳能接收器的照片。
- 集中的太阳能进入转换盾的一个孔径，保护PCU不受集中的太阳能损害并聚焦到太阳能接收器。太阳能加热热器头端中的氢气到约为600C的最高温度。图显示了太阳能接收器的位置。
- 在斯特林发动机的循环中，气体膨胀的压力向曲轴推动活塞阵列，同时从毗邻的腔室中已被散热器系统冷切的天然气被压缩进行另一个周期的斯特林循环。
- 膨胀和压缩的压力差提供转化为机械运动的净输出。这种机械运动产生驱动发电机的高效转速。图和图说明斯特林发动机的位置和PCU装置中的感应电动发电机。

图28：斯特林发动机——能量转换单元（PCU）

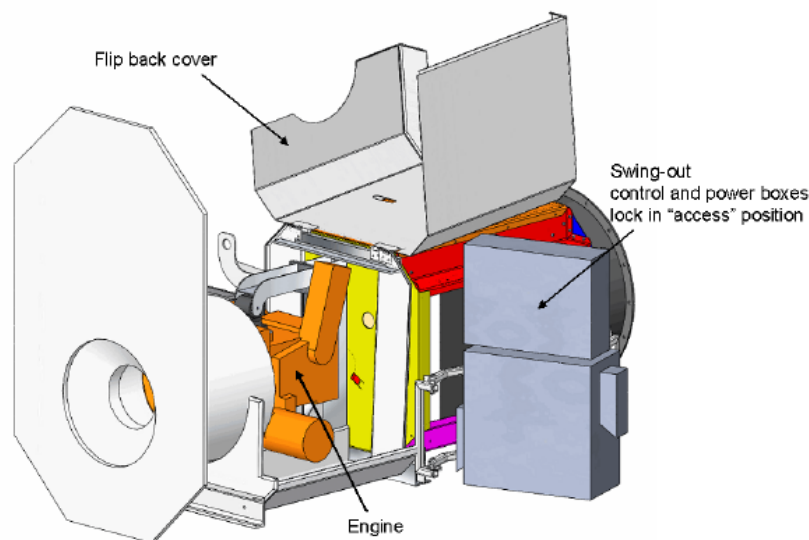
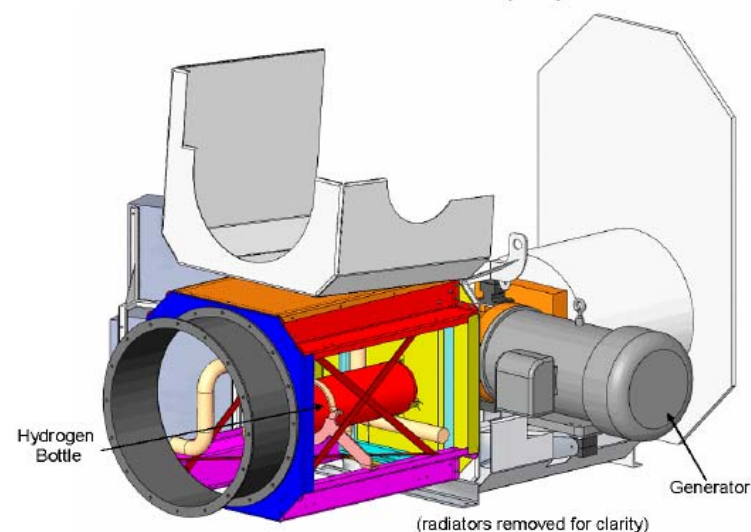
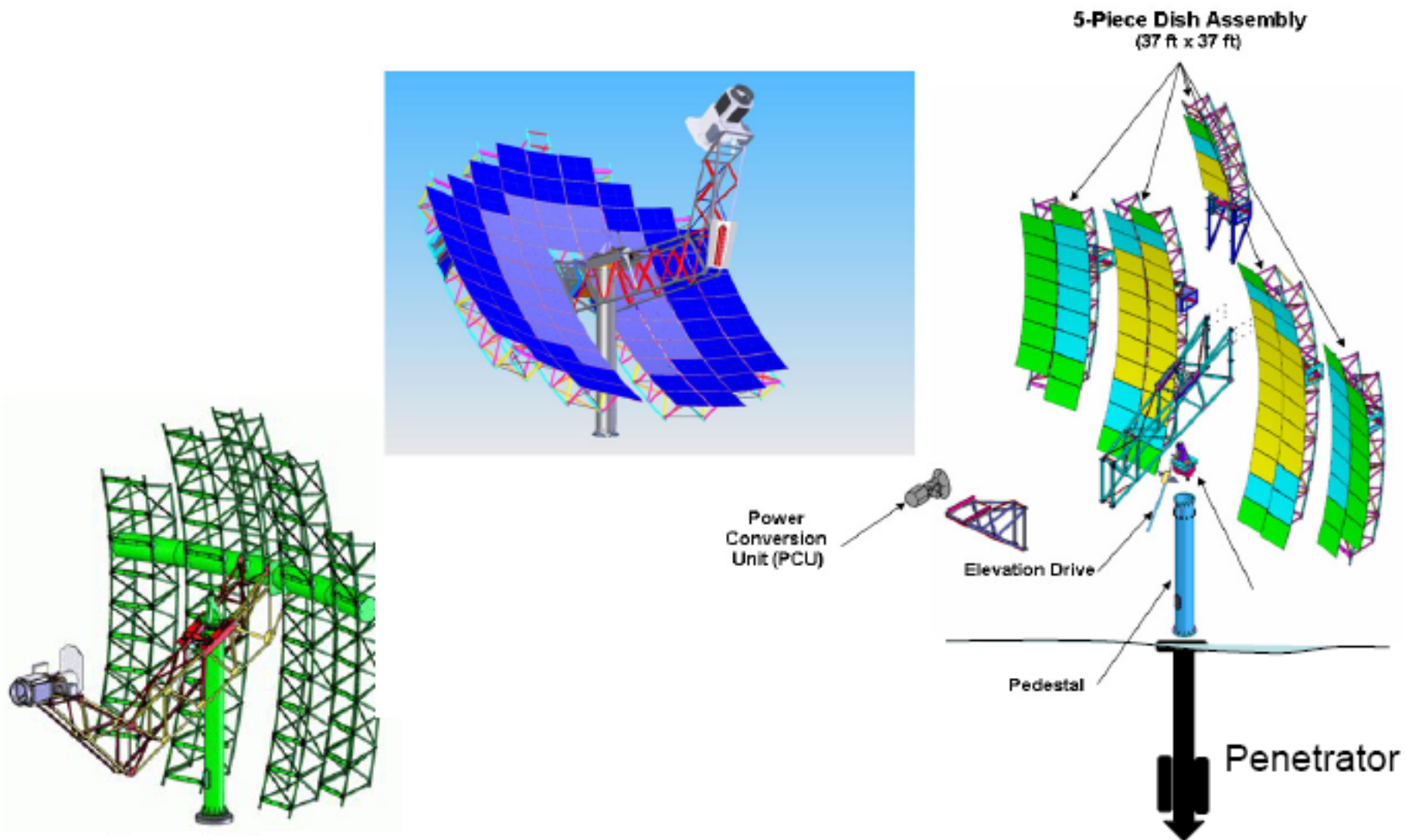


图29：斯特林发动机——能量转换单元（PCU）



Suncatch系统：模块化 易于组装与维护

SunCatcher is modular for ease of assembly and maintenance



SunCatch: 峰值转换效率高达30%以上 商业网络电力转换效率世界纪录

■ 聚焦到太阳能接收器的太阳能，转换为25kW的电力，其峰值转换效率约为31.25%。SES公司拥有将太阳能转换为商业网络电力31.25 %的世界转换效率纪录。下图显示了这一点。

图30：主要的再生能源利用技术路线比较



Attribute ¹	Solar Technologies				Other Renewables	
	SunCatcher	Rooftop PV	Parabolic Trough	Power Tower	Wind	Geothermal
Time of Day Production	Peak	Peak	Peak	Peak	Variable	Baseload
Fuel Needs	None	None	Natural Gas	None	None	None
Resource Abundance ²	Good	Good	Good	Good	Fair	Not Common
Predictability	Good	Good	Good	Good	Intermittent	Good
Reliability	Good	Good	Good	Fair	Good	Good
Peak Efficiency ³	29.4%	9 - 13%	15%	13 - 22%	N/A	N/A
Annual Efficiency ⁴	22 - 24%	< 10%	10.6 - 14%	7.6 - 13.7%	N/A	N/A

¹ SES resource assessments

² Resource abundance characterizations based on Southwest U.S.

³ SES management assessments.

⁴ Ren21 Renewables 2006 Global Status Report

斯特林发动机 (Stirling Engine) 的其他用途

■ 能源系统

1. 太阳能热发电
2. 余热回收：钢铁冶金等高耗能行业
3. 地热
4. 生物质能多种热源
5. 热电联供

■ 工程动力系统

1. 混合动力汽车
2. 制冷、空调
3. 斯特林制冷循环
4. 压缩机
5. 太空
6. 潜艇与舰船动力

目录

引言：中国的能源战略与能源选择

一、碟式太阳能热发电：超越光伏 挑战火电

二、斯特林发动机—碟式太阳能热发电的核心组件

三、斯特林发动机 (Stirling Engine) 的市场容量测算

四、航空动力 (600893) 在斯特林发动机项目的优势

五、斯特林发动机 (Stirling Engine) 项目对上市公司影响

斯特林发动机 (Stirling Engine) 市场容量简单测算

总市场规模超过1000亿元 按照10年装备期年均100亿元

■ 大型太阳热发电站

单个系统国内按照40万元计算（其中发动机10万元），一个500MW级别的发电站，需要20000个系统，收入规模为80亿元（斯特林发动机20亿元）

根据中电联发布的数据，截止到2008年底，全国发电设备容量79253万千瓦，其中火电60132万千瓦，约占总容量的75.87%，水力、风电和核能等清洁能源及可再生能源发展迅速，水电装机达1.7亿千瓦，居世界第一位，风电装机1200万千瓦，核电装机910万千瓦。

即使达到风电的水平，需要24套500MW的碟式系统，收入规模为 $80 \times 24 = 1920$ 亿元，即使考虑规模化生产后，所带来的成本降低，整个市场容量的规模也在1000亿元以上（其中斯特林发动机250亿元）。

■ 分布式发电

目前我国太阳能直射资源丰富的地区包括新疆、甘肃、宁夏、西藏、青海、云南、内蒙、贵州等地，共有居民1.5亿，3000万户，按造1%购买家用发电装置，有30万套需求。家用装置按照3万元计算，有近90亿的市场需求。另外还有兵站、哨所等潜在需求。

■ 其他用途：

由于斯特林发动机用途比较广泛，如果考虑余热发电、混合动力汽车、生物质能、热电联产等用途，整个市场容量会有200亿元以上。

目录

引言：中国的能源战略与能源选择

一、碟式太阳能热发电：超越光伏 挑战火电

二、斯特林发动机—碟式太阳能热发电的核心组件

三、斯特林发动机（Stirling Engine）的市场容量测算

四、航空动力（600893）在斯特林发动机项目的优势

五、斯特林发动机（Stirling Engine）项目对上市公司影响

航空动力（600893）在斯特林项目上的优势

航空动力（600893）优势： 资金平台、技术积累、代工经验、工艺基础

- 作为上市公司，具有畅通的融资渠道
- 作为高技术壁垒的航空发动机制造企业具有深厚的技术积累
- 已经为SES代工生产核心的热端件，具有代工生产经验
- 通过代工生产，已经形成并积累了相应的工艺基础
- 公司认为错过了风电，不会再错过太阳能
- 利用制造航空发动机的技术溢出效应，全力攻克斯特林发动机的技术难关
- 资源会向斯特林发动机项目倾斜，不仅仅是资金，还有人员以及管理层的重视

目录

一、引言：中国的能源战略与能源选择

二、碟式太阳能热发电：超越光伏 挑战火电

三、斯特林发动机—碟式太阳能热发电的核心组件

四、斯特林发动机 (Stirling Engine) 的市场容量测算

五、航空动力 (600893) 在斯特林发动机项目的优势

六、斯特林发动机 (Stirling Engine) 项目对上市公司影响

斯特林发动机 (Stirling Engine) 项目对上市公司的影响分析

应用好融资平台、做大做强、不再独靠军品业务，成长空间进一步拓宽

- 目前公司为SES(Stirling Energy Systems, Inc.)代工生产斯特林发动机的加热器、回热器、冷却器、热保护器等四个关键部件。随着太阳能热发电斯特林系统设备在美国的逐步广泛商用，航空动力的该项业务出口将会有良好的预期。
- 斯特林发动机整机在2009年试验成功后，在满足国内外广阔市场的需求的同时，也将成为公司未来新的业绩增长点。
- 我们将后续持续跟踪产品的研发进程，及时更新和点评产品试验成功对公司业绩的影响。
- 通过利用融资平台，借助资本市场，推进斯特林项目的进展，做大做强，从而不再独靠军品业务，成长空间进一步拓宽。

具有良好市场前景的公司，市场给予估值都不会吝啬

- 具有良好市场前景的公司，资本市场给予的估值都不会吝啬。
- First Solar就是一个良好的例证，作为薄膜电池标志性厂商，是美国市场上享受最高估值水平的光伏股，2006年底上市。发行价为20美元，05年亏损，06年EPS为0.07美元，PE为280倍
- 目前市值约116亿美元，合人民币800亿元。最高240亿美元，合人民币1600亿元。
- 按照2008年4月12日的股价对应08年PE为34倍，远高于市场的平均市盈率水平在15倍左右。

图31：First Solar（FSLR）简要财务数据：（单位：百万美元）

	2008	2007	2006	2005
Operating Revenue	1,246.30	503.98	134.97	48.06
Gross Operating Profit	739.25	275.88	64.45	19.96
Total Net Income	348.33	158.35	3.97	-6.46
Basic EPS Total	4.34	2.12	0.07	-0.13

资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

First Solar 就是良好商业前景公司高估值的最好例证

图32: FSLR 股价走势图

First Solar, Inc. (FSLR)

Apr 9: 142.05 ↑ 6.36 (4.69%)

Enter Symbol

GET CHART

COMPARE

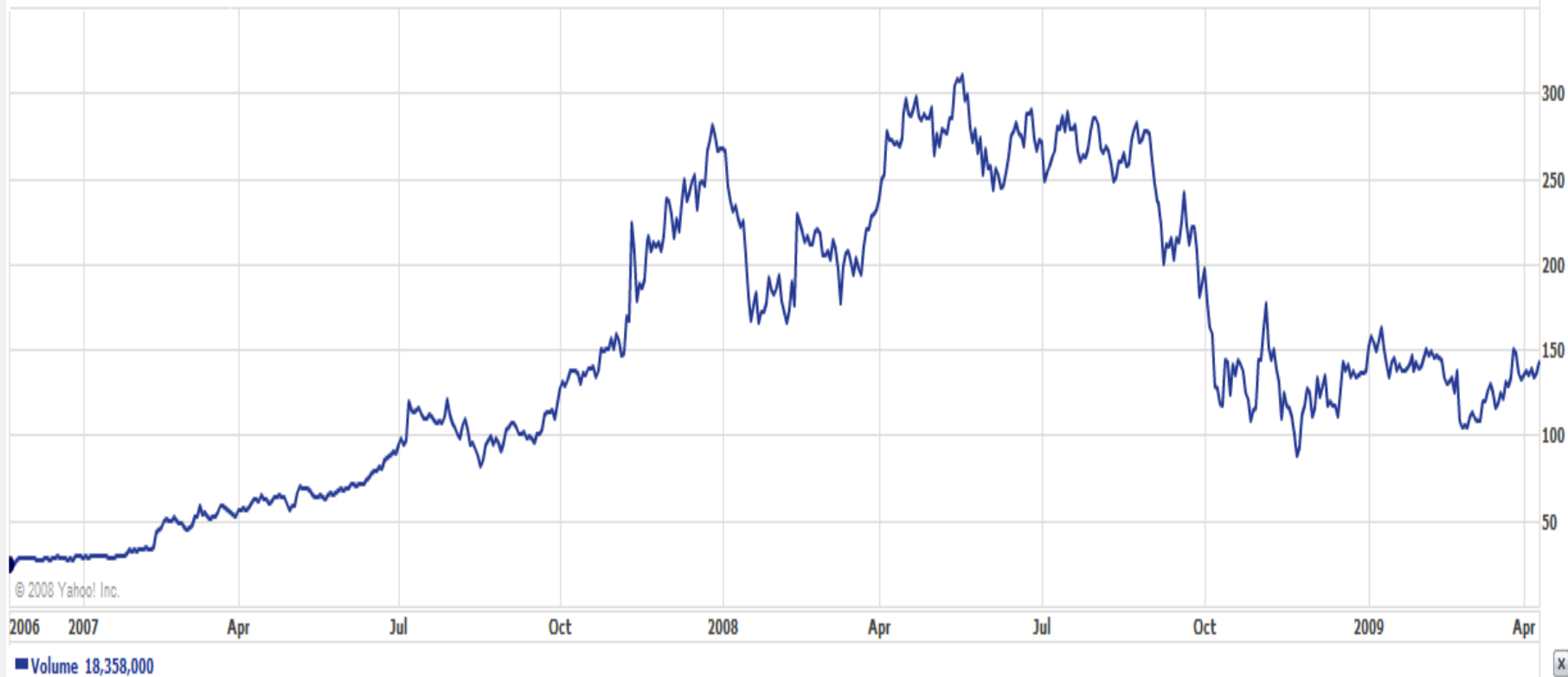
EVENTS ▾

TECHNICAL INDICATORS ▾

CHART SETTINGS ▾

RESET

Nov 17, 2006 : ■ FSLR 24.74



资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

航空动力（600893）具备成长为First Solar的潜质

- 我们认为航空动力具备成长为A股市场First Solar的潜质。

- **资产整合预期：**

公司战略地位突出，是中航工业集团航空发动机唯一资产运作平台，且外围尚有1.5倍的优质资产待进，未来业绩与盈利能力提升有保证。

- **行业前景看好：航空+军工+太阳能**

公司航空发动机业务所处的航空工业为朝阳行业，航空发动机制造作为航空工业的核心，战略地位突出，公司作为行业旗舰，必将受益于国家相关的政策支持。而公司的斯特林发动机所处的太阳能热发电行业一旦技术性突破，将迎来爆发式的增长。

- **成长能力突出：**

公司未来三年归属于母公司所有者净利润复合增长率CAGR超过50%，在经济危机其他行业的下游需求看淡的宏观背景下，公司的成长性尤显突出。

综合以上分析，我们认为公司应该享受相比国内航空航天类上市公司20-50%的估值溢价。

- 我们重申我们原来的观点：“**盈利水平提升+享受估值溢价**”，我们看好公司未来盈利能力的提升空间、良好的行业发展前景与较明确资产整合预期，继续给予“**推荐**”的投资评级。

航空动力（600893）：价值 VS 主题 航空航天类上市公司价值投资标的的首选

图33：航空动力（600893）财务预测：

资产负债表					利润表					主要财务比率				
单位: 百万元					单位: 百万元									
会计年度	2008	2009E	2010E	2011E	会计年度	2008	2009E	2010E	2011E	会计年度	2008	2009E	2010E	2011E
流动资产	4438	4862	5581	6232	营业收入	4169	4828	5603	6670	成长性(%)				
货币资金	936	1211	1312	1305	营业成本	3407	3934	4532	5370	营业收入增长率	22.5%	15.8%	16.1%	19.1%
交易性金融资产	0	0	0	0	营业税金及附加	5	6	6	7	营业利润增长率	54.1%	84.5%	26.9%	25.7%
应收账款	776	869	1121	1267	销售费用	71	92	112	140	净利润增长率	42.6%	90.9%	29.2%	27.2%
其他应收款	120	186	229	333	管理费用	341	360	434	540	盈利能力(%)				
存货	2355	2341	2612	2946	财务费用	202	167	177	183	毛利率	18.3%	18.5%	19.1%	19.5%
非流动资产	2458	2430	2448	2500	资产减值损失	-2	0	0	0	净利率	2.8%	4.7%	5.2%	5.5%
可供出售金融资产	0	0	0	0	公允价值变动	0	0	0	0	ROE	7.8%	13.0%	14.9%	15.9%
长期股权投资	50	50	68	92	投资收益	1	1	1	2	偿债能力(%)				
投资性房地产	0	0	0	0	营业利润	147	271	343	432	资产负债率	77.0%	74.9%	74.2%	71.8%
固定资产	1755	1843	1920	2001	营业外收入	11	0	0	0	流动比率	1.12	1.18	1.22	1.28
在建工程	143	71	65	76	营业外支出	14	0	0	0	速动比率	0.52	0.61	0.64	0.67
油气资产	0	0	0	0	利润总额	144	271	343	432	营运能力(次)				
无形资产	503	444	382	316	所得税	14	27	34	43	资产周转率	1.01	0.00	0.00	0.00
资产总计	6896	7291	8028	8731	净利润	130	244	309	389	应收帐款周转率	10.34	5.86	5.63	5.59
流动负债	3974	4116	4590	4879	少数股东损益	12	18	18	19	每股资料(元)				
短期借款	1545	1832	2042	2004	归属母公司净利润	118	225	291	370	每股收益	0.27	0.51	0.66	0.84
应付票据	416	472	453	483	现金流量表					每股经营现金	0.74	0.83	0.97	1.24
应付账款	957	629	798	913	单位: 百万元					每股净资产	3.41	3.92	4.43	5.26
其他	1056	1182	1298	1479	会计年度	2008	2009E	2010E	2011E	估值比率(倍)				
非流动负债	1335	1346	1367	1392	净利润	118	225	291	370	PE	61.73	32.33	25.03	19.67
长期借款	1321	1336	1357	1382	折旧和摊销	250	264	288	312	PB	4.82	4.20	3.72	3.13
其他	14	10	10	10	资产减值准备	-7	-4	-4	-7					
负债合计	5309	5461	5957	6271	无形资产摊销	59	59	62	65					
股本	442	442	442	442	公允价值变动损失	0	0	0	0					
资本公积	1032	1032	1032	1032	财务费用	202	167	177	183					
未分配利润	32	258	481	851	投资损失	-1	-1	-1	-2					
少数股东权益	77	95	113	132	少数股东损益	12	18	18	19					
股东权益合计	1586	1830	2072	2460	营运资金的变动	746	289	350	323					
负债及权益合计	6896	7291	8028	8731	经营活动产生现金流	-175	366	428	550					
					投资活动产生现金流	-1772	-226	-313	-362					
					融资活动产生现金流	3145	135	-15	-195					
					现金净变动	1199	275	100	-7					
					现金的期初余额	167	936	1211	1312					
					现金的期末余额	1366	1211	1312	1305					

资料来源：兴业证券研究发展中心 整理

感谢大家宝贵的时间，欢迎交流！

李 纲领 朱学东

Email: ligangl@xyzq.com.cn

TEL: 021-3856 5920

兴业机械研究小组

投资评级与免责声明：

投资评级说明

行业评级 报告发布日后的12个月内行业股票指数的涨跌幅度相对同期上证综指/深圳成指的涨跌幅为基准,投资建议的评级标准为：

推 荐：相对表现优于市场

中 性：相对表现与市场持平

回 避：相对表现弱于市场

公司评级 报告发布日后的12个月内公司的涨跌幅度相对同期上证综指/深圳成指的涨跌幅为基准,投资建议的评级标准为：

强烈推荐：相对大盘涨幅大于15%

推 荐：相对大盘涨幅在5%~15%之间

中 性：相对大盘涨幅在-5%~5%之间

回 避：相对大盘涨幅小于-5%

机构销售部

机构销售负责人

郭 锐

电话：021-38565929

Email：guor@xyzq.com.cn

上海地区销售经理

邓亚萍

电话：021-38565916

Email：dengyp@xyzq.com.cn

尹 莉

电话：021-38565911

Email：yinli@xyzq.com.cn

北京地区销售经理

严长胜

电话：021-38565936

Email：yancs@xyzq.com.cn

韩吟华

电话：021-38565933

Email：hanyh@xyzq.com.cn

广东地区销售经理

严长胜

电话：021-38565936

Email：yancs@xyzq.com.cn

朱元或

电话：021-38565941

Email：zhuyy@xyzq.com.cn

研究报告发布

杨 忱

电话：021-38565915

Email：yangchen@xyzq.com.cn

重要声明

兴业证券系列报告的信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。