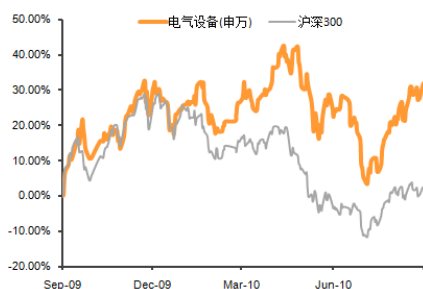


电力电子行业深度报告：

低碳时代话节能，电力电子显神通

推荐（首次）

行情走势图



相关研究报告

联系人

张 海 S1060110060007
0755-22621123
zhanghai176@pingan.com.cn

周紫光 S1060110080002
0755-22621372
zhouziguang157@pingan.com.cn

周应波 S1060110080004
0755-22625830
zhouyingbo244@pingan.com.cn

研究员

窦泽云 S1060210090001
0755-22625902
douzeyun001@pingan.com.cn

1、节能是电力电子与生俱来的优点。电力是人类最理想的能源使用方式，目前电能消耗已占总能源消耗的55%，其中约75%的电能是通过电力电子设备处理后才使用的。未来在电能消耗占比提高的同时，通过电力电子处理的电能比例也将提高到95%。由此可见，今后电力电子将扮演越来越重要的角色。

据粗略计算，采用电力电子技术对设备进行改造，平均可节电20%左右。据统计，06年我国电能有35%左右通过电力电子使用，如果这个比例提高到80%，以2010年用电量为4万亿千瓦时计算，可节电约3,600亿千瓦时，折合标准煤12,000万吨，相当于减排CO₂约为3.24亿吨。由此可见，在大力发展低碳经济的时代，电力电子技术及设备是名符其实的节能减排主力军。

2、低碳经济将推动电力电子快速发展。发展低碳经济已是大势所趋，为了实现到2020年单位GDP二氧化碳排放量与2005年相比要下降40-45%的目标，发展新能源与推广节能减排是两条重要的途径。电力电子技术可以有效达到节能的效果，也是实现新能源可靠利用的重要保障，因此，在今后大力发展低碳经济的过程中，在即将出台的相关产业规划的推动下，传统产业的节能改造和新产业的快速发展将大大增加对电力电子设备的需求，电力电子设备制造企业将步入快速发展的轨道。

在细分产品上，我们看好变频器和用于新能源领域的光伏逆变器、风电变流器，无功补偿装置，以及电力操作电源、消弧线圈等的发展前景，建议重点关注合康变频、九洲电气、英威腾、荣信股份、思源电气、智光电气、科华恒盛、中恒电气、许继电气、奥特迅等。

变频器：平均节电可达30%，平均回收期不超过三年。未来三年我国变频器行业整体复合增长率可达约26%，预计到2012年市场规模可达340亿元，其中高压变频器的市场规模可达到150亿元左右，未来三年复合增长率约为48%。

光伏逆变器：随着光伏行业发展，未来市场空间巨大。今后两年市场规模增长率将在150%以上，到2012年市场容量将达到50亿元以上。

风电变流器：风电行业的迅猛发展带动了风电变流器的市场需求约为每年40亿元左右，目前该市场基本被外国品牌占据，未来进口替代的空间非常广阔。

无功补偿装置：可有效提高电能质量，并且起到节约电能的效果，节能比例可达到15%左右。预计未来几年行业增长率可在40%左右，市场规模为40亿元。

电力操作电源：电力操作电源应用广泛，采用高频开关技术可提高20%左右的电能转换效率。预计未来几年行业增长率可在15%左右，此外，新能源汽车的发展将会为该行业带来新的需求。

3、行业催化剂：(1) 即将出台的“十二五”规划中对下一阶段的节能减排任务的明确规定；(2) 战略性新兴产业发展规划的出台；(3) 节能环保产业发展规划的出台；(4) 智能电网发展规划的出台。

风险提示：(1) 行业竞争加剧；(2) 原材料价格上升；(3) 政策变动风险；(4) 技术更新换代的风险。

正文目录

一、电力电子技术是实现低碳经济的重要保障	5
1.1 电力电子技术的简要介绍	5
1.2 电力电子技术的发展历史	5
1.3 电力电子技术将在低碳时代得到更广泛的发展	6
二、电力电子技术的应用分析	7
2.1 变频器	7
3.2 无功补偿	13
3.3 光伏逆变器	16
3.4 风电变流器	20
3.5 电力操作电源	21
3.6 无功补偿	24
3.7 其它应用	24
三、总结	26
3.1 节能是电力电子技术与生俱来的优点	26
3.2 低碳经济将推动电力电子快速发展	26
四、行业重点上市公司分析	27
五、重点关注事项	30

图表目录

图表 1	电力电子学的描述	5
图表 2	电力电子器件的发展历史	6
图表 3	电力电子技术的时代发展	6
图表 4	电力电子技术和装备在各领域的主要应用	7
图表 5	电力电子技术在电力系统的部分应用	7
图表 5	通用变频器结构示意图	8
图表 6	几种变频器的控制方式比较	8
图表 7	高压变频器的技术类型对比	9
图表 8	我国变频器的发展阶段	10
图表 9	2008 年变频器在行业的份额	10
图表 10	我国变频器的增长预测	11
图表 10	我国变频器的增长预测	12
图表 11	2008 年我国中低压变频器市场概况	12
图表 12	高压变频器行业的市场份额比例	13
图表 13	无功补偿装置的类型	14
图表 14	各种无功补偿装置性能比较	15
图表 15	SVC 的市场需求分布	16
图表 16	全球新增光伏装机容量及增速 单位: MW	17
图表 17	并网光伏系统占总安装量的比例	17
图表 18	并网光伏系统	17
图表 19	无变压器方式并网逆变器的构成	18
图表 20	国内外光伏逆变器对比	18
图表 21	光伏逆变器市场销量及增长率预测 单位: 亿元	18
图表 22	光伏逆变器行业的竞争分析	19
图表 23	双馈式风电变流器	20
图表 24	直驱式风电变流器	20
图表 25	09 年全球各国风电新增装机容量占比	21

图表 26	中国风电新增装机容量 单位：辆	21
图表 27	高频开关电源与相控电源的性能比较	22
图表 28	高频开关电力操作电源工作原理图	22
图表 29	我国电力操作电源系统行业产值 单位：亿元	23
图表 30	电力操作电源行业总产值预测 单位：亿元	23
图表 31	2008 年电力操作电源市场份额	23
图表 32	换流阀供应商与项目统计	24
图表 33	各技术类型消弧线圈的比较	25
图表 34	软起动器的典型应用及作用	26

一、电力电子技术是实现低碳经济的重要保障

随着世界经济的高速发展，能源供应紧张和环境破坏严重等问题已越来越突出，建设低碳经济已是大势所趋。前不久，我国庄严承诺，到 2020 年单位 GDP 二氧化碳排放量与 2005 年相比要下降 40-45%，这对我国来讲是个艰巨的任务。为了实现这个目标，除了大力发展可再生能源外，传统工业领域的节能同样尤为重要。电力电子技术可以有效达到节能的效果，是实现低碳经济的重要保障。

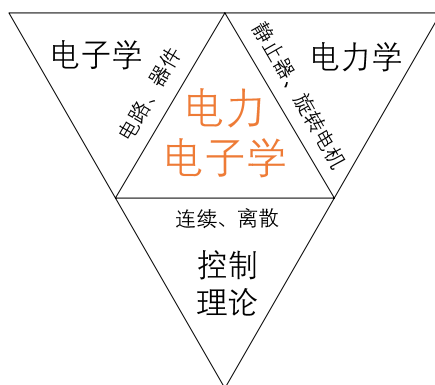
1.1 电力电子技术的简要介绍

电能是迄今为止人类应用的最优质的能源，正是对电能的开发和利用，使得人类社会高速发展到了信息时代。目前电能消耗已占总能源消耗的55%，其中约75%的电能是通过电力电子设备处理后才使用的，而今后这一比例预计将达到95%。由此可见，电力电子技术在经济发展中的作用将越来越重要。

■ 电力电子技术是连接强电和弱电的桥梁

电力电子技术是使用电力电子器件对电能进行变换和控制的技术，即应用于电力领域的电子技术，是一门融合了电力技术、电子技术和控制技术的交叉学科。电力电子技术包括电力电子器件、电力电子电路(变流电路)和控制技术三个主要组成部分，其中，电力电子器件是电力电子技术的基础，变流电路是电力电子技术的核心，而控制技术是电力电子技术发展的纽带。

图1 电力电子学的描述



资料来源：W.Newell、平安证券研究所

■ 节能是电力电子技术与生俱来的优点

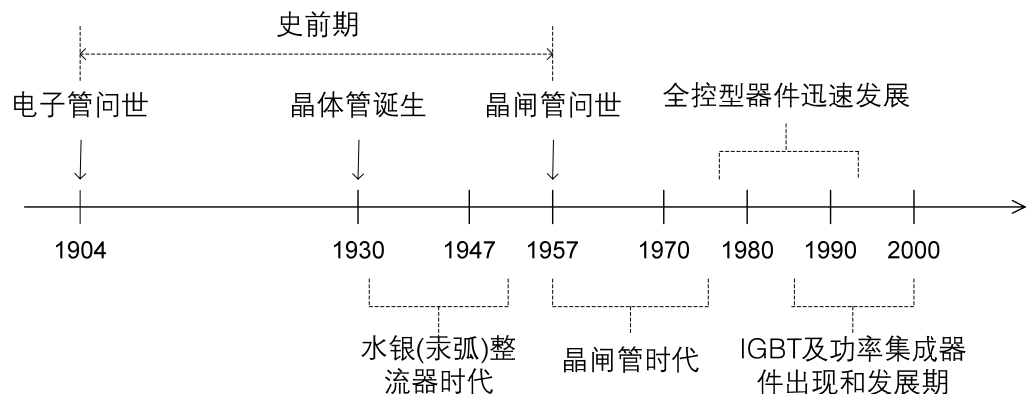
节能是电力电子技术的突出优点，这主要是因为：1. 电力电子器件本质上是一种开关器件，利用它进行电能控制和变换时，导电损耗小，关断时几乎不消耗能量；2. 应用电力电子装置进行供电，响应速度快，调节精细，能使设备效率显著提高，从而节省能量和物料；3. 电力电子设备和传统机电设备相比，制造、运输、安装和维护等所消耗的能量明显降低。

据粗略计算，采用电力电子技术对设备进行改造，平均可节电 20%左右。据统计，06 年我国电能有 35% 左右是通过电力电子使用，如果这个比例可提高到 80%，若以 10 年用电量为 4 万亿千瓦时计算，可节约 3,600 亿千瓦时，折合标准煤 12,000 万吨，相当于减排 CO2 约为 3.24 亿吨。由此可见，在大力发展低碳经济的时代，电力电子技术及设备是名符其实的节能减排主力军。

1.2 电力电子技术的发展历史

自20世纪50年代末第一只晶闸管问世，电力电子技术开始登上现代电气传动技术的舞台，以此为基础开发的可控硅整流装置，是电气传动领域的一次革命，使电能的变换和控制从旋转变流机组和静止离子变流器进入由电力电子器件构成的变流器时代，这标志着电力电子技术的诞生。

图表2 电力电子器件的发展历史



资料来源：《电力电子技术》、平安证券研究所

在随后的 40 余年里，电力电子技术在器件、变流电路、控制技术等方面都发生了日新月异的变化，电力电子技术的发展先后经历了整流器时代、逆变器时代和变频器时代，在国际上，电力电子技术是竞争最激烈的高新技术领域。作为节能、环保、自动化、智能化、机电一体化的基础，电力电子技术正朝着应用技术高频化、硬件结构模块化、产品性能绿色化的方向发展。

图表3 电力电子技术的时代发展

时期	代表元器件	主要特点
整流器时代	大功率硅整流管、晶闸管	能高效地把工频交流电变为直流电
逆变器时代	大功率晶闸管、巨型功率晶体管(GTR) 门极可关断晶闸管(GTO)	已经能够实现整流和逆变，但工作频率较低，仅局限在中低频范围内
变频器时代	金属-氧化层-半导体-场效晶体管(MOSFET) 绝缘栅双极型晶体管(IGBT)	具备了高频处理技术，并向复合化、模块化和绿色化方向发展

资料来源：平安证券研究所

1.3 电力电子技术将在低碳时代得到更广泛的发展

现代电力电子技术无论是对改造传统工业(电力、机械、矿冶、交通、化工、轻纺等)，还是对高新技术产业(航天、激光、通信、机器人等)都至关重要，它已迅速发展成为一门与现代控制理论、材料科学、电机工程、微电子技术等多学科互相渗透的综合性技术学科。它的应用领域几乎涉及国民经济的各个工业部门，在太阳能、风能等清洁能源发电，柔性输电、直流输电、电力机车、城市轻轨交通、船舶推进、电机节能应用、交直流供电电源、电梯控制、机器人控制等领域，乃至社会日常生活等诸多方面的应用不断延伸，是未来重要关键技术之一。电力电子技术及其产业的进一步发展必将为现代化生产和现代化生活的发展进程带来深远的影响，并将为大幅度节约电能、降低材料消耗、提高生产效率进而实现低碳经济提供重要的手段。

图表4 电力电子技术和装备在各领域的主要应用

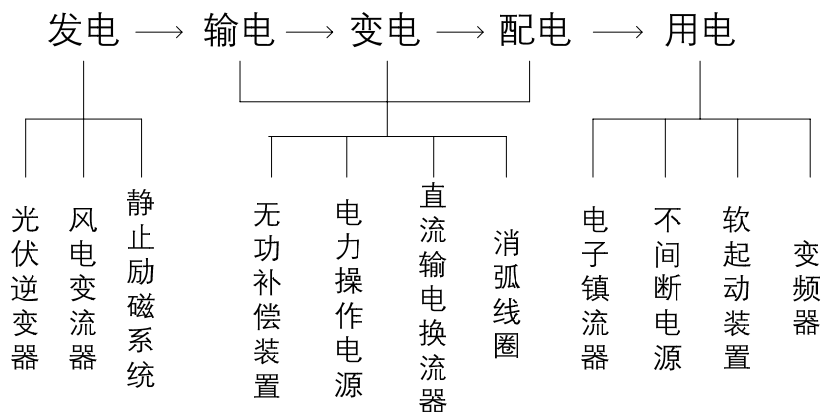
应用领域	关键应用装置
电力	大功率高性能 DC/DC 变流器；大功率风力发电机的励磁与控制器；风力发电变流器；太阳能发电逆变器；储能装置；高压直流输电系统(包括直流输电换流器等)；柔性输电系统(包括静止无功补偿器，静止无功发生器，潮流调节器等)；有源电力滤波器；动态电压补偿器；电力调节器；电子短路限流保护器等
重大先进装备制造	大功率变流器及控制系统；大功率高精度可编程交、直流电源系统；高精度数控机床的驱动和控制系统；快中子堆、磁约束核聚变用高精度电源等
交通运输	大功率牵引、变频调速装置及系统控制器；电力牵引供电系统电能质量控制装置和通信装置
激光	超大功率脉冲电源
航天航空	400HZ 大功率供电系统；高效、高可靠性驱动器、推进器和电源；全电化机载综合电力系统
舰船	高可靠的分布式供电系统；高效、高可靠性驱动器、推进器和电源；全电化机载综合电力系统
现代武器装备	高速鱼雷发射器电源；电磁炮电源、大功率激光武器电源；大功率固态发射机等
环境保护	高压脉冲电源及其控制系统等
前沿科学研究	特种大功率电源及其控制系统

资料来源：平安证券研究所

二、电力电子技术的应用分析

电力电子技术的应用非常广泛，接下来我们将着重介绍其在电力系统中发、输、变、配、用环节中的部分应用。

图表5 电力电子技术在电力系统的部分应用



资料来源：《电力电子技术》、平安证券研究所

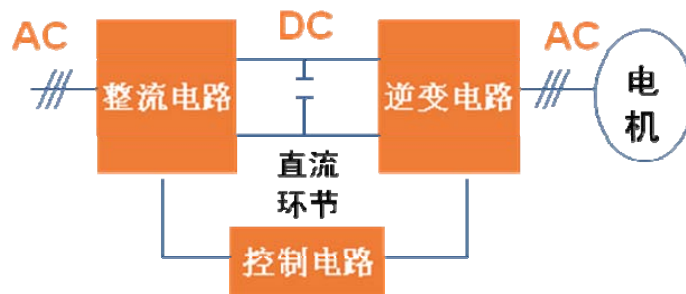
2.1 变频器

■ 变频器简介

变频调速是变频器的基本功能

变频器是把工频电源(50Hz 或 60Hz)变换成各种频率的交流电源,以实现电机的变速运行的设备。

图表5 通用变频器结构示意图



资料来源：西门子、平安证券研究所

应用变频器的电动机节能效果明显

我国电机传动系统的设计要求造成电机的实际运行负载率较低,导致我国电机本身的效率仅低于国外平均水平的 3-5 个百分点,但实际运行效率则低于国外水平 20 个百分点。根据国家《电动机调速技术产业化途径与对策的研究》报告披露,中国发电总量的 66%消耗在电动机上,因此提高电动机系统效率对于实现节能降耗具有非常重要的意义。

变频器可以广泛应用于泵、风机、压缩机、挤压机及其它电机驱动的工业领域,通过调控电机运转速度,可使电能得到高效利用,进而实现节能减排。根据业内经验使用变频器后平均节电可达 30%,而且其投资回收期短,平均回收期不超过三年,部分项目不到一年,仅靠节约电费即可回收全部投资。据统计,2006 年我国电动机总装机容量约为 5.8 亿千瓦,其中 2 亿千瓦适合做节能改造,如果有 1/4 装配变频器,按年均运行 4,000 小时、平均节电率 20%计算,年节电潜力为 400 亿千瓦时,就已经接近三峡电站 2006 年的年发电量。

变频器的分类与对比

变频器的分类方法有多种。按照输入变频器的电网电压等级分类,变频器可以分为低压(110V、220V、380V 等)、中压(690V、1,140V、2,300V 等)和高压(3kV、3.3kV、6kV、6.6kV、10kV 等)变频器,高压变频器通常采用 IGBT 多级串联的主电路结构,而中压变频器和低压变频器普遍采用二电平或三电平的主电路结构。由于这一在主电路结构上的明显区别,使得业内人士通常把 3kV 以下的变频器归为一个大类即中低压变频器,把 3kV 及以上的变频器归为一个大类即高压变频器。

此外,变频器还有很多其它分类方式。按照主电路工作方式分类,可以分为电压型变频器和电流型变频器;按照开关方式分类,可以分为 PAM 控制变频器、PWM 控制变频器和高载频 PWM 控制变频器;按照用途分类,可以分为通用变频器、高性能专用变频器、高频变频器、单相变频器和三相变频器等;按照工作原理分类,可以分为 V/f 控制变频器和矢量控制变频器等。

矢量控制变频器采用矢量控制方式,与传统的 V/f 控制变频器相比,矢量控制变频器在速度控制精度、调速范围及低频特性等方面有着无可比拟的优越性。

图表6 几种变频器的控制方式比较

性能指标	V/F 控制	无速度传感器矢量控制	有速度传感器矢量控制
速度控制精度	1%	0.5%	0.1%
调速范围	1: 40	1: 100	1: 1000
低频力矩	100%(3HZ)	150%(0.5HZ)	200%(0HZ)

资料来源：英威腾、平安证券研究所

由于在控制性能上的卓越表现,使得矢量变频器可以用于许多 V/f 控制变频器无法满足要求的高端场合,如电梯、起重机、吊车、拉丝、数控机床、轧钢等。矢量控制变频器的开发存在较大难度,目前国内只有

部分先进厂家成功开发并掌握了这项技术。

受电力电子器件发展的限制，中低压变频器研究和应用都比较早，因此电路的拓扑结构已经相对比较成熟并具有一致性，而高压变频器的电路拓扑结构差异较大，目前世界上有三种主流类型。

图表7 高压变频器的技术类型对比

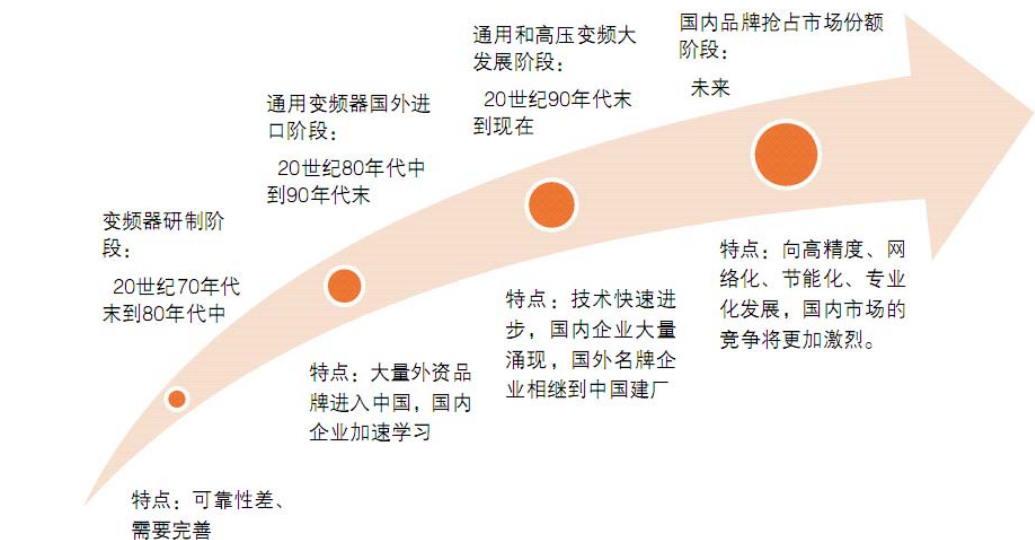
性能指标	V/F 控制	无速度传感器矢量控制	有速度传感器矢量控制
代表厂商	罗宾康和利德华福、合康变频、九洲电气等多数国内企业	罗克韦尔公司	ABB、西门子
使用功率器	中压 IGBT	GTO、SGCT	IGCT、高压 IGBT
产品优点	(1)采用技术成熟、价格低廉的低压 IGBT 组成逆变单元，通过串联单元的个数适应不同的输出电压要求 (2)完美的输入输出波形，使其能够适应任何场合及电机使用 (3)由于多功率单元具有相同的结构和参数，便于将功率单元做成模块化 (4)无需外加滤波器即可满足各国电力供电对滤波的严格要求 (5)输入功率因数可达 0.95 以上，总体效率高达 97%	(1)易于控制电流，便于实现能量回馈和四象限控制 (2)容易实现旁路控制功能，在装置出现故障时不影响电网运行 (3)电路简单，使用功率器件少，使驱动和吸收电路简化	(1)结构简单，体积小，成本低，使用功率器件最少(12只) (2)避免了器件的串联，提高了装置的可靠性
产品缺点	(1)使用的功率单元及功率器件数量较多，装置的体积较大 (2)实现能量回馈和四象限运行困难，且成本较高 (3)当电网电压和电机电压不同时，无法实现旁路切换控制	(1)变频器的性能与电机参数有关，不易实现多电机联动，通用性较差 (2)电流谐波成分大，污染和损耗较大	(1)高次谐波对电网造成污染 (2)电动机的功率因数和效率低。随着转速的下降，功率因数和效率都会相应降低

资料来源：《2009 中国高压变频器市场研究报告》、平安证券研究所

■ 变频器市场需求分析

经历了 20 世纪 70 年代中期的第 2 次石油危机之后，人们充分认识到了节能的重要性，我国变频器行业的发展也是从那时开始。在经历了自主研发缓慢—国外品牌进入—国内企业大量出现之后，未来我国变频器市场将进入加剧竞争的阶段。

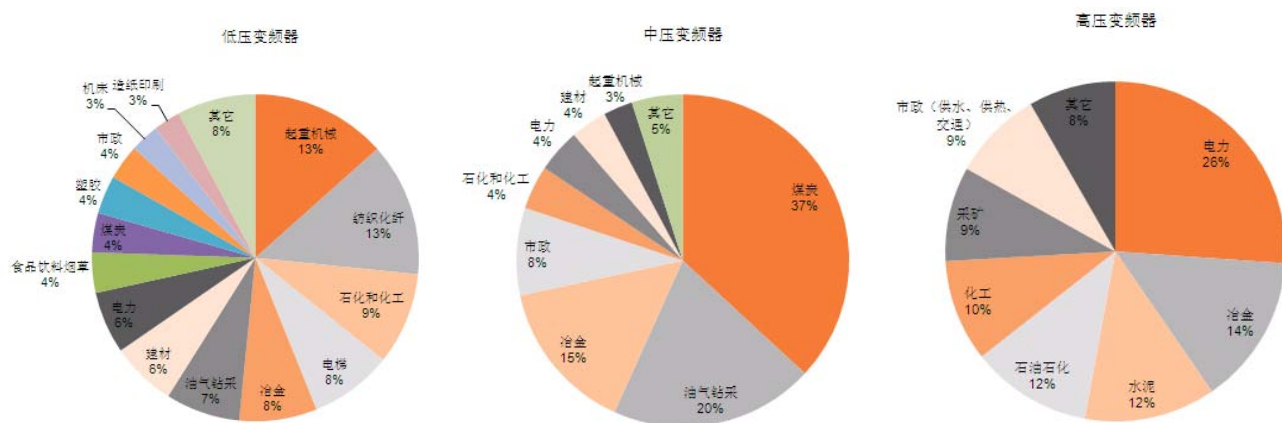
图表8 我国变频器的发展阶段



资料来源：平安证券研究所

变频器的下游需求非常广泛，包括了电力、冶金、煤炭、石油化工、水泥、造纸、市政、交通等行业。

图表9 2008年变频器在行业的份额



资料来源：慧聪邓白氏研究、平安证券研究所

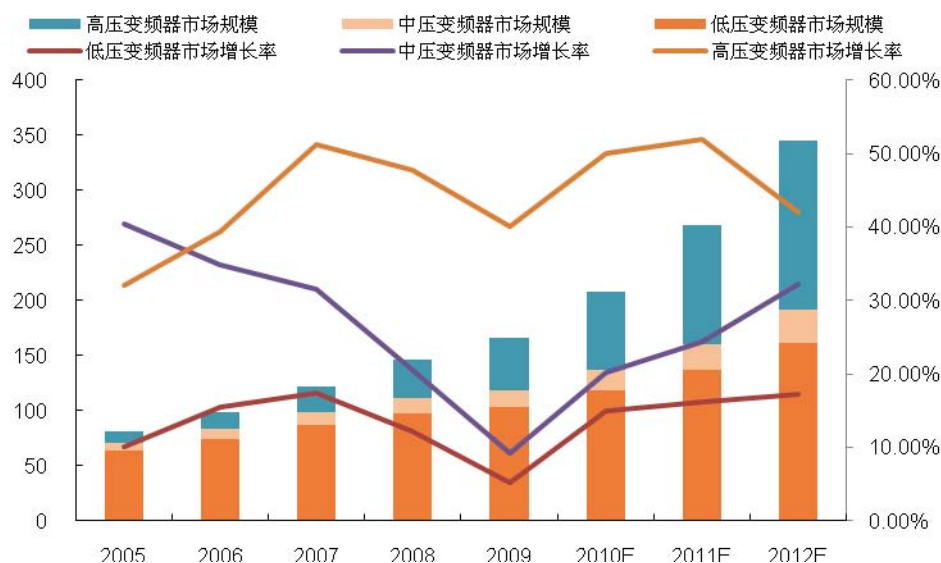
变频器的市场需求预测

近十余年我国变频器市场增长迅速。据统计，1993年全国市场容量不足4亿元，1999年已达到28亿元，到了2008年，全国变频器市场规模约为146亿元。

我国中低压变频器应用较早，近几年市场增长率平均在15%左右。跟据慧聪邓白氏的研究分析表明，到2012年，我国中低压变频器市场容量可达190亿元左右，其中，低压变频器市场容量约160亿元，中压变频器市场容量约30亿元。

由于高压变频器发展较晚，而且近几年随着我国工业技术水平的不断提高，企业用户越来越需要一种性能优越，质量可靠，价格合理的高压变频调速装置。在这种情况下，近几年高压变频市场增长率在50%以上，明显高于同期低压变频器市场。根据《变频器世界》杂志和《中国自动化网》联合出版的《2009年中国高压变频器市场研究报告》预测，未来几年高压变频器行业增速在40-50%之间，到2012年市场容量可达到约150亿元。

图表10 我国变频器的增长预测



资料来源:《2009年中国高压变频器市场研究报告》、慧聪邓白氏研究、平安证券研究所

■ 变频器的行业竞争分析

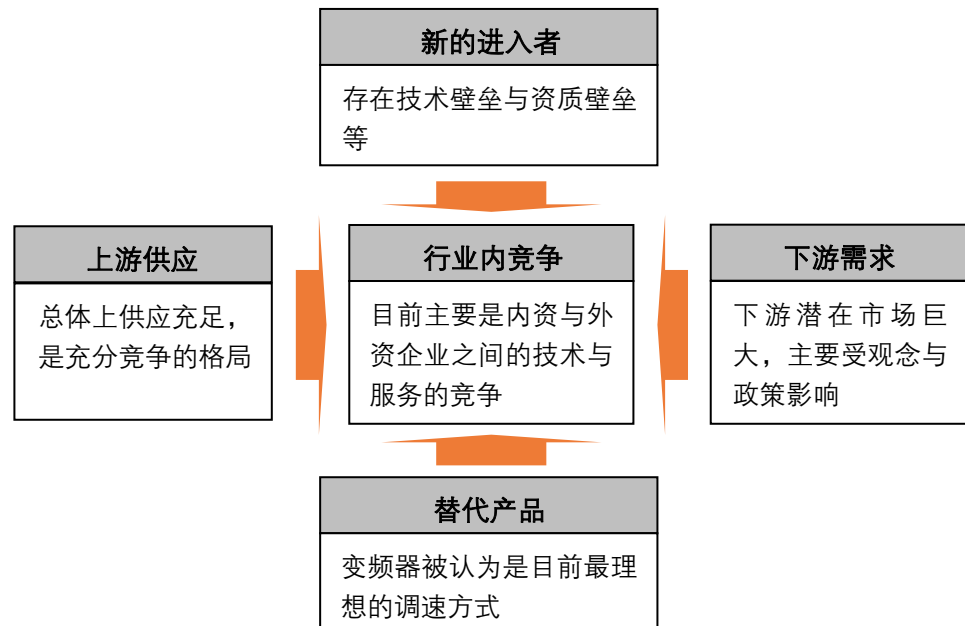
变频器是目前被认为最理想的调速手段,暂时没有更好的替代产品。其优越的节能特性使之符合节能减排的要求,是未来建设低碳经济中不可或缺的角色。

变频器行业的上游行业是充分竞争的格局,主要提供变压器、IGBT、冷却风机、电阻、电容等零部件。其中,只有关键元件 IGBT 国内尚不能实现量产,目前主要从国外厂商的中国代理处采购,虽然价格较高,但供应比较充足。因此,从整体来看变频器生产受上游行业的制约较小。

变频器下游潜在市场空间巨大,其市场容量主要受国家节能减排政策和企业节能意识的影响。下游需求较为分散,变频器生产企业不存在对某特定用户过度依赖的关系。

在行业竞争日渐激烈的今天,技术与服务是企业竞争的两大战场,技术是否先进和能否提供优质的一体化服务决定了企业的市场地位。

图表11 我国变频器行业的竞争格局



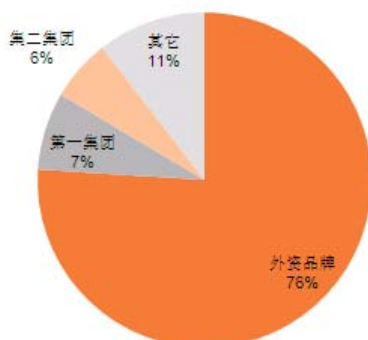
资料来源：《2009年中国高压变频器市场研究报告》、慧聪邓白氏研究、平安证券研究所

中低压变频器行业竞争格局

由于我国变频器市场在发展初期几乎是外资品牌一统天下，所以内资品牌从诞生之日起就是靠夺取外资品牌的市场份额获得成长，这一点在近几年表现得尤为明显。在中低压变频器领域，内资品牌在2003年之前只占整个市场不到10%的份额，到2008年约占到了24%。

从各个内资品牌所占的市场份额来看，内资品牌可以分为3个层次，第一集团内各企业2008年的销售额均在1.5亿元以上，约占7.5%的市场份额，第二集团在0.5亿元-1.2亿元之间，约占市场份额为6.0%，其它的企业销售额大都低于0.5亿元，共占约10.5%的市场份额。

图表12 2008年我国中低压变频器市场概况



第一集团企业：深圳英威腾、欧瑞传动(原烟台惠丰)、成都希望森兰、深圳汇川

第二集团企业：深圳安邦信、山东新风光电子、深圳四方、深圳正弦等

其它企业：深圳阿尔法、深圳日业、成都佳灵等

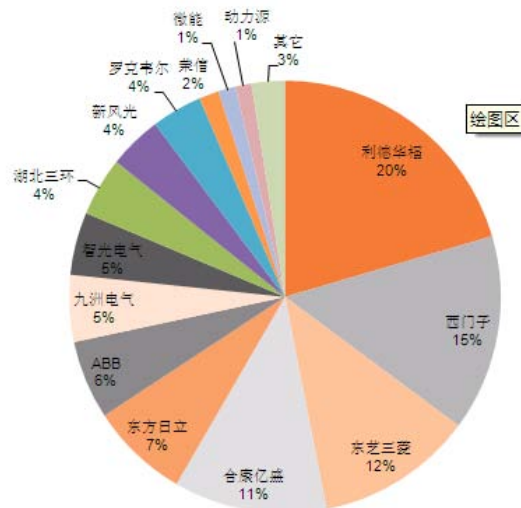
资料来源：慧聪邓白氏研究、平安证券研究所

高压变频器行业竞争格局

高压变频器市场集中度较高。高压变频器市场具有很高的技术门槛，国际主流厂商目前仅有 5~7 家，如德国西门子公司、美国罗宾康公司(2004 年已被西门子公司收购)、罗克韦尔公司、瑞士 ABB 公司和日本东芝三菱公司等。国内也只有 5~8 家具备从研发、设计到生产、服务一条龙的综合实力，而且掌握高压变频器的核心技术的企业，如利德华福(外资)、合康变频、东方日立(合资)、九洲电气、智光电气等。

从企业规模和竞争实力看，国内外的主流厂商已占据了绝大部分的市场份额，形成了较为稳定的竞争格局。对于新进入者来说，将面临较高的技术壁垒、资金壁垒、信誉壁垒和资质壁垒。

图表13 高压变频器行业的市场份额比例



资料来源：《2009年中国高压变频器市场研究报告》、平安证券研究所

■ 变频器行业的投资分析

随着变频器生产技术的提高、政府节能减排政策的推进和企业节能意识的增强，变频器行业正经历着高速发展的时期。未来三年我国变频器行业整体复合增长率可达约 26%，预计到 2012 年市场规模可达 340 亿元，其中由于高压变频器增长更为迅速，未来三年复合增长率预计约为 48%，2012 年其市场规模将达到 150 亿元以上。

因此，受益于行业自身的增长以及进口替代进程的加速，未来几年我国变频器企业将迎来非常好的发展契机，国内主流厂商如合康变频(300048)、九洲电气(300040)、英威腾(002334)和智光电气(002169)目前多已大幅扩产以抢占快速增长的市场。我们看好这些公司今后变频器业务的发展前景。

3.2 无功补偿

■ 无功补偿简介

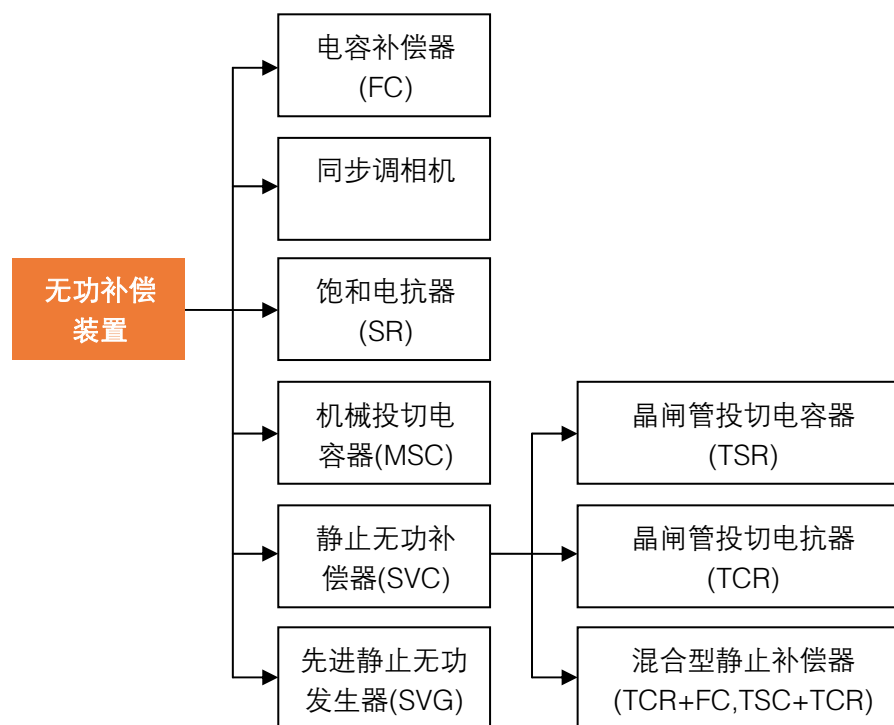
电网输出的功率包括两部分：一是有功功率；二是无功功率。直接消耗电能，把电能转变为机械能、热能、化学能或声能，利用这些能做功，这部分功率称为有功功率；不直接消耗电能，只是把电能转换为另一种形式的能，作为电气设备能够做功的必备条件，并且在电网中与电能进行周期性转换所产生的这部分功率称为无功功率，如电磁元件建立磁场占用的电能、电容器建立电场所占的电能。电流在电感元件中做功时，电流超前于电压 90° 。而电流在电容元件中做功时，电流滞后电压 90° 。在同一电路中，电感电流与电容电流方向相反，互差 180° ，如果在电磁元件电路中有比例地安装电容元件，使两者的电流相互抵消，使电流的矢量与电压矢量之间的夹角缩小，从而提高电能做功的能力，这就是无功补偿的道理。

无功补偿对电力系统有着重要意义。对电力系统进行适当的无功补偿，可以稳定电网电压，提高功率因数，提高设备利用率，减小网络有功功率损耗，提高输电能力，平衡三相功率，为系统提供电压支撑，提高系统运行安全性。

近年来，随着现代工业和电力工业的不断发展，电能传输的距离和容量日益增大，工业用户对电能质量的要求越来越高。然而，企业广泛采用异步电动机和变压器，特别是近年来大型可控硅装置的应用和大功率冲击性负荷的存在，使得供电系统功率因数变低，电压波动加大。因此，无论从提高输电网的传输能力、降低损耗、提高系统稳定性，还是从供电质量的角度来看，都需要装设大量的功率补偿装置。

调相机补偿是早期的无功补偿装置，成本高，安装复杂，目前正逐渐被淘汰。MSC 出现也比较早，在技术上虽不算先进，但结合目前先进的控制技术，MSC 以其优良的性价比，在无功负荷波动不太频繁的场合依然具有广泛的市场。目前在国外，SVC 技术已经相当成熟并取得广泛的工程应用。SVG(又称 STATCOM)装置作为一种比 SVC 在动态补偿上表现更良好的先进补偿装置已经开始实现产业化并应用于工程领域，只是因为价格比较高，还不能完全取代 SVC 在动态补偿的作用。

图表14 无功补偿装置的类型



资料来源：《高压电气》、平安证券研究所

图表15 各种无功补偿装置性能比较

性能	调相机	SVC						STATCOM
		MSC	SR 型	TSC 型	FC+TCR 型	MSC+TCR 型	TSC+TCR 型	
调节范围	超前/滞后	超前	超前/滞后	超前	超前/滞后	超前/滞后	超前/滞后	超前/滞后
控制方式	连续	不连续	连续	不连续	连续	连续	连续	连续
调节灵活性	好	差	差	好	好	好	好	很好
响应速度	慢	较快	快	快	快	快	快	最快
调节精度	好	差	好	差	好	好	好	最好
产生高次谐波	少	无	少	无	多	多	多	少
控制难易程度	简单	简单	简单	稍复杂	稍复杂	稍复杂	稍复杂	复杂
技术成熟程度	好	好	好	好	好	好	好	一般
噪声	大	小	大	小	小	小	小	小
分相调节	有限	可以	不可以	有限	可以	可以	可以	可以
单位投资	高	低	中等	中等	中等	中等	中等	高
调节范围	超前/滞后	超前	超前/滞后	超前	超前/滞后	超前/滞后	超前/滞后	超前/滞后

资料来源：《高压电气》、平安证券研究所

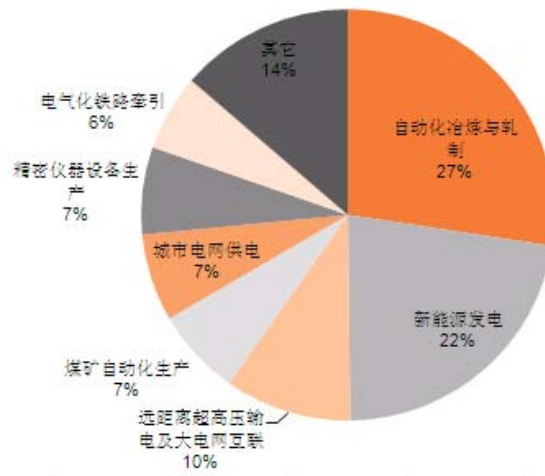
■ 无功补偿的市场容量

无功补偿装置可应用在输配电网、风力发电厂、大型工厂特别是钢铁企业、电气化铁路等。目前，SVC 因为技术比较先进且被市场认同度较高，正处于快速取代传统无功补偿装置的时期。

SVC 的主要功能是提高电网安全性和稳定性，改善电能质量，并可以有效的节能降耗，被广泛应用于冶金、电力、煤炭、电气化铁路等行业。SVC 应用于冶金行业，吨钢可节电 20 多度，按全行业年产钢 5.7 亿吨计算，年可节电约 115 亿度；在电气化铁路中应用 SVC，可将功率因数从 0.7 提高到 0.97 以上，截止 2009 年我国电气化铁路已达 3.2 万公里，若在所有的牵引变电站中都应用 SVC，则年节电效益将超过 10 亿元；在煤炭行业推广应用 SVC，平均吨煤可节电 10 多度，2009 年我国煤炭产量 29.6 亿吨，年可节电近 300 亿度；同样，对有色金属、电力等大电力用户也具有同样的重大节能效果。

在国家政策的支持下，SVC 产品的市场需求迅速扩大。根据国内 SVC 行业年度订单统计数据显示，自 2000 年至 2005 年的 6 年间，国内 SVC 产品年装机容量从 2000 年的 458Mvar 增长到 2005 年的 3,242Mvar，年平均增长率达到 48.74%，年订单数量平均增长率为 58.42%。今后几年，随着国家建设低碳经济步伐的加快，对重点耗能行业节能减排的要求会不断提高，这将促进对无功补偿装置的需求。此外，新能源的快速发展也为无功补偿装置带来新的市场需求。预计今后几年均市场规模约在 40 亿元左右。

图表16 SVC的市场需求分布



资料来源：荣信股份、平安证券研究所

■ 无功补偿的市场竞争情况及投资分析

国外无功补偿装置研究的时间比较早，在国际市场上，ABB、西门子等跨国公司占据了绝大部分市场份额。国内企业起步较晚，国内最早一批引进 SVC 设备和技术的企业有荣信股份、西电集团以及电科院，其中西电集团和电科院引进的是 ABB、西门子的技术，荣信股份引进的是乌克兰的技术。经过了十几年的发展，目前国内已有较多企业具备了生产 SVC 的能力，国产产品的市场占有率得到了大幅提高。今后无功补偿装置将向更大功率、更高电压方向发展，SVG 是无功补偿装置的重要发展方向，将是今后柔性输电的重要部分。在此领域的上市公司中，看好荣信股份(002123)和思源电气(002028)。

3.3 光伏逆变器

■ 光伏逆变器介绍

光伏逆变器是一种应用于光伏行业的直流-交流转换装置，这样由太阳能电池发出的直流电便可以并入电网或供给负载使用，因此光伏逆变器是光伏系统中非常重要的一部分。

逆变器技术是太阳能发电技术的主要组成部分，对逆变器主要有三点要求：

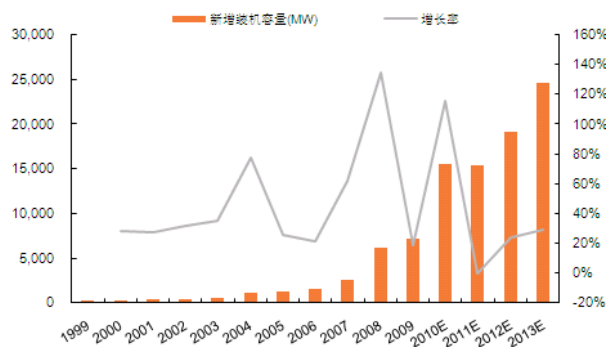
- (1) 可靠，能满足使用条件。大多数独立型太阳能发电设备用于边远地区 and 海岛，要求逆变器能承受恶劣的使用条件，能保证在少维护条件下长期工作。安装在家庭的逆变器要求其电磁干扰少，不影响人的生活环境，也不妨碍其它家用电器工作。
- (2) 效率高。由于现在常用的太阳能电池矩阵转换效率在 15%左右，如果逆变器效率低，会进一步减少转换得来的电能。为了保持计划输出量，势必要增加矩阵中太阳能电池组件的数量，增大矩阵所占的面积，这将大大增加太阳能发电设备的投资和土建费用。所以，要求逆变器效率大于 90%。
- (3) 波形畸变小，功率因数高。并网型太阳能发电设备要并网，逆变器输出波形必须与外电网一致，波形畸变小于 5%，高次谐波含量小于 3%，功率因数接近于 1。独立型太阳能发电设备中的逆变器波形畸变可以小于 10%。

随着行业增长和并网比例的提高，并网型光伏逆变器的重要性将加大

过去几年，全球光伏行业增长迅速，虽然全球金融危机和上网电价补贴下调等事件对光伏行业的发展产生了一定的影响，但发展低碳经济的趋势已不可动摇，太阳能是未来最具发展潜力的可替代能源，因此对光伏行业未来几年的发展应是比较乐观的。

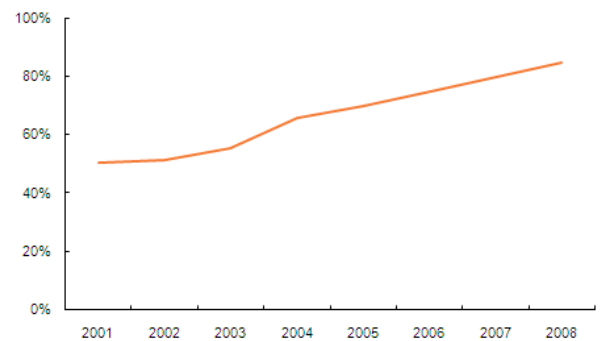
根据是否应用于光伏并网系统，光伏逆变器可分为并网型和独立型。随着国内外光伏并网发电的应用越来越多，应用领域越来越广泛，市场上对并网光伏逆变器的需求也越来越多。

图表17 全球新增光伏装机容量及增速 单位: MW



资料来源: EPIA、平安证券研究所

图表18 并网光伏系统占总安装量的比例

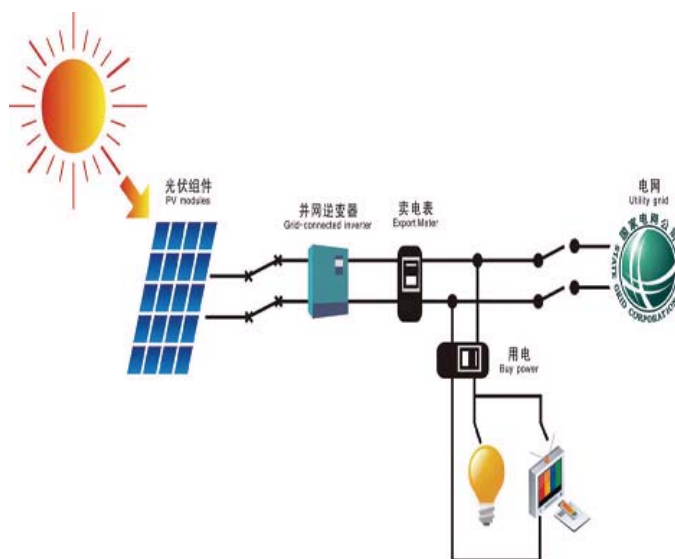


资料来源: EPIA、平安证券研究所

在新增光伏装机容量不断增加的过程中,并网光伏系统占总安装量的比例也在不断提升。2001年,并网比例为50%左右,到了2008年,这一比例已接近85%,预计将来并网光伏系统占安装总量的比例还会不断提高。

并网光伏逆变器主要由逆变器和并网保护器构成,是并网光伏系统的核心部件和技术关键。并网逆变器与独立逆变器的不同之处是,它不仅可以将太阳能电池发出的直流电转换为交流电,并且还可以对频率、电压、电流、相位、有功与无功、同步、电能品质(电压波动、高次谐波)等进行控制,可实现自动开关、最大功率点跟踪(MPPT)控制、防止单独(孤岛)运行、自动电压调整、异常情况排解与停止运行等功能。

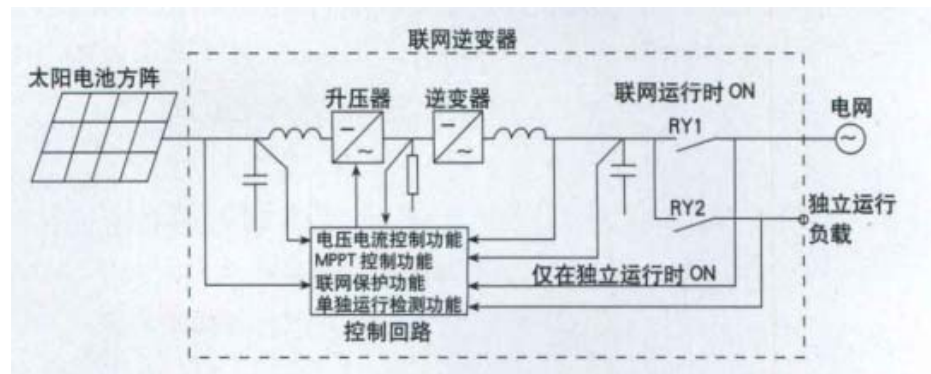
图表19 并网光伏系统



资料来源: 国家电网公司、平安证券研究所

已进入实用的并网逆变器回路主要有电网频率变压器绝缘方式、高频变压器绝缘方式和无变压器方式三种。(1) 电网频率变压器绝缘方式采用PWM逆变器产生电网频率的交流,并采用电网频率变压器进行绝缘和变压。它具有良好的抗电击和消除尖波的性能。但由于采用了电网频率变压器,因而较为笨重。(2) 高频变压器绝缘方式的优点是体积小、质量轻,但回路较为复杂。(3) 无变压器方式的特点是体积小、质量轻、成本低、可靠性能高,但与电网之间没有绝缘。后两种方式均具有检测直流输出的功能,进一步提高了安全性。无变压器方式由于在成本、尺寸、重量及效率方面具有优势,因而目前应用广泛。

图表20 无变压器方式并网逆变器的构成



资料来源：《solar energy》、平安证券研究所

目前我国在小功率逆变器上与国外处于同一水平，在大功率并网逆变器上，只有极少数企业的技术指标与国外品牌相近。

图表21 国内外光伏逆变器对比

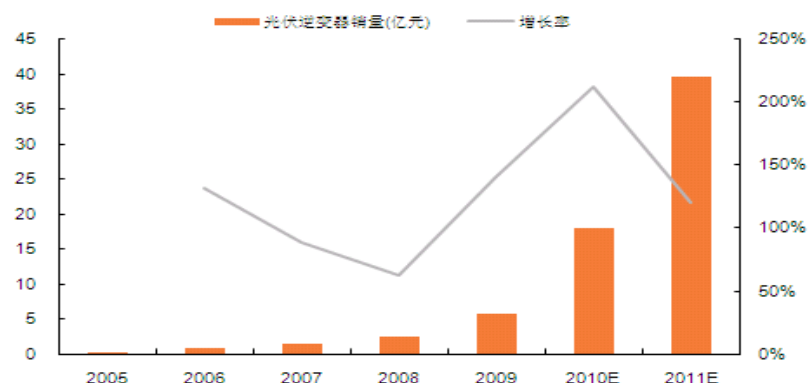
技术指标	国际先进	国内水平
并网逆变器	商业化	商业化
并网/独立双功能	商业化	商业化
逆变效率	85%-98%	85%-98%
高频逆变	商业化、可靠、耐冲击	小功率可以批量生产，以离网为主
模块化生产	1-5KW，要求大功率时则并机，有利于标准化批量生产	大功率产品实现模块化生产，可以并机运行，离网产品成熟
双向逆变	成熟，一组功率模块，既可用于逆变，又可以用作整流充电	仅极少数企业可生产，如阳光电源

资料来源：平安证券研究所

■ 光伏逆变器市场规模

光伏逆变器的需求与光伏行业的发展息息相关，近几年全球逆变器也处于快速增长阶段。据相关资料显示，2007 年全球光伏发电逆变器销售额为 12.32 亿美元，2008 年全球光伏逆变器的销售额为 25 亿美元，较 07 年增长了近一倍。

图表22 光伏逆变器市场销量及增长率预测 单位：亿元



资料来源：平安证券研究所

目前,进口光伏逆变器的价格为5元/瓦左右,受市场竞争加剧及消费增加的影响,预计未来两年价格将降低至4元/瓦。国产光伏逆变器的价格约为3.5元/瓦,随着国内光伏项目的开展和市场需求的扩大,国内光伏逆变器将实现规模化生产,预计未来两年价格可降到2.5元/瓦左右。

我国虽然是太阳能电池的生产大国,但由于95%以上的产品用于出口,因此国内光伏逆变器的需求量较少。今后几年,随着国家建设低碳经济和实现碳减排承诺的目标,国内的光伏市场将逐渐启动并放大,目前有消息称,国家计划于2020年达到国内光伏装机总量为20GW。我们预计10、11年新增光伏装机容量分别为500MW和1,200MW左右,而后平均每年约为2,000MW左右。考虑到光伏逆变器价格的下降和应用范围的变化,10、11年市场需求量在18亿元和39亿元左右,总市场容量约为50亿元以上。

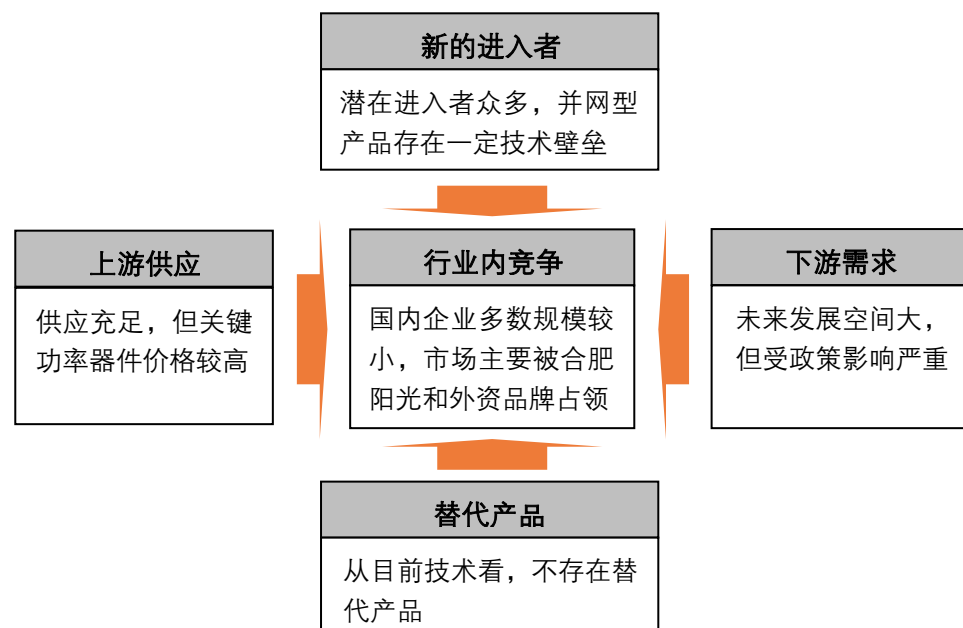
■ 光伏逆变器市场竞争分析

光伏逆变器的上游供应商为电子元器件、结构件、电气部件和电线生产企业,下游需求未来将主要集中于光伏示范工程。

目前国内光伏逆变器主要被阳光电源、艾思玛、KACO等品牌所占领,国外企业多数通过代理渠道进入国内市场,由于售后服务提供难度大,整体市场占有率不高。2008年统计数字显示,合肥阳光电源公司占据70%以上的光伏逆变器市场份额,国内重点光伏项目大功率产品几乎全部选用国内产品。

目前,国内生产逆变器的主要厂商有合肥阳光(专业生产离网/并网光伏及风力发电逆变器)、北京索英(回馈电源及逆变器)、北京科诺伟业(系统集成及逆变器)、志诚冠军(UPS为主)、北京日佳(小功率为主)、南京冠亚(控制逆变为主)等企业。此外,受未来市场美好前景的吸引,国内许多其它电力电子设备制造商也有意进入光伏逆变器生产领域,这有益于增强国产产品的技术水平和质量,但无疑也会加剧未来行业的竞争。

图表23 光伏逆变器行业的竞争分析



资料来源: 平安证券研究所

■ 光伏逆变器行业的投资分析

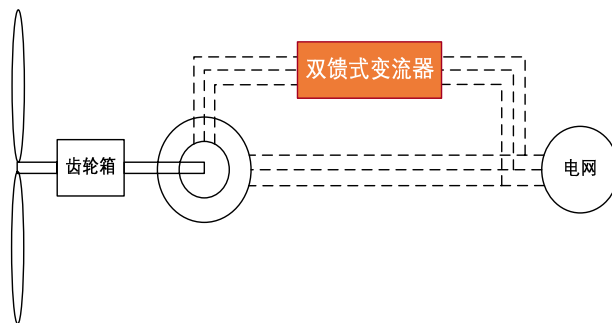
未来光伏产品发展前景广阔,随着国内光伏市场的启动,中国将成为未来光伏逆变器的重要消费市场。与国外品牌相比,目前多数国内企业规模小、技术水平低,难以满足未来并网型光伏逆变器的需求。其它企图横向切入的电力电子设备制造企业由于需要产品开发和市场攻关,因此短时间内可能无法快速抢占市场。

3.4 风电变流器

■ 风电变流器简介

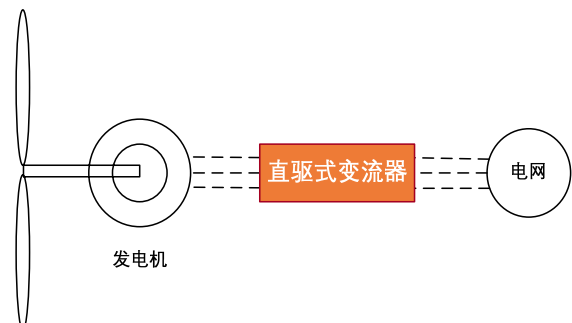
近几年，随着全球风电产业的迅猛发展，风力发电技术也取得了较大进步。风力发电机组的技术发展很大程度得益于变速恒频的应用，变速恒频已成为目前兆瓦级以上风力发电机组的主流技术。所谓变速恒频，就是通过调速控制，使风力发电机组风轮转速能够跟随风速的变化，最大限度地提高风能的利用效率并有效降低载荷，同时风轮及其所驱动的电机组转速变化时，保证输出的电能频率始终与电网一致。机组的调速控制可以通过机械或电气控制等不同的途径来实现，但是目前最为成熟，也是应用范围最为广泛和最具发展前景的技术是利用变流器的技术方案。变流技术的应用不仅有利于机组提高效率，同时对机组的并网和对电网的安全稳定运行起到了良好作用。

图表24 双馈式风电变流器



资料来源：平安证券研究所

图表25 直驱式风电变流器



资料来源：平安证券研究所

风力发电变流器是风力发电机组不可缺少的能量变换环节，是风力发电机组的核心部件之一。风力发电变流器从原理本质来讲是与变频器一样的，一般的变频器多用于电动机的变频调速，而风电变流器用于风力发电机。

跟据目前风力发电组的主流设计方案的不同，变流器分为双馈型和直驱型两种。双馈异步式风力发电机组一般只有 1/4-1/3 的功率通过变流器流入电网，而直驱式风力发电机组则全部通过变流器进入电网，因此直驱式风电变流器又被称为全功率变流器。

全功率变流器相对于双馈型变流器而言，发电机的视在功率均流过变流器，因此其缺点在于变流器功率较大，因此成本高，技术难度也相对较大；优点在于全功率变流器将发电机和电网完全隔离，电机调速范围更宽，从而能更大范围的 MPPT(最大功率点跟踪)运行，同时在电网异常和故障状态下，变流器的兼容运行能力更强，比如电网跌落和不对称时，由于电机和电网隔离，还可以运行在对称状态，而双馈变流器电机则需运行在特殊控制算法之下，否则电流冲击和畸变均很严重，因此电机的完全也受到影响。

随着风电装机容量容量的上升，电网稳定性已经受到影响，而全功率变流器良好的兼容能力必将受到青睐，现在风电装机比重大的国家，全功率变流器已经有取代双馈变流器的趋势，但是在中国，由于双馈变流器成本和技术门槛相对较低，目前还在蓬勃发展。

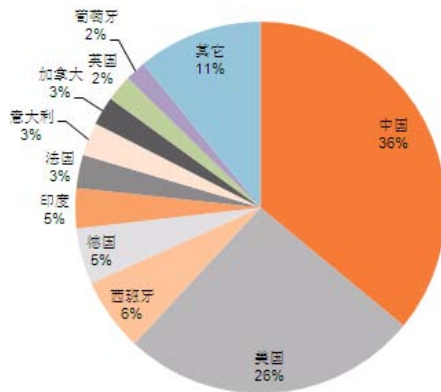
■ 风电变流器市场前景

自2005年颁布了《可再生能源法》之后，我国风电产业开始了爆发式的增长。据WWEA最新统计数据显示，2009年全球新增风电装机38.31GW，中国新增装机容量占全球的36%，达到了13.8GW，连续四年实现了翻番增长。目前，中国累计装机容量为26.01GW，已超越德国成为世界第二风电大国。

在风电整机市场迅速增长的同时，风电中的自动化产品，特别是变流器的应用规模也在快速扩大。据统计，风电变流器占整机成本的 5-10%，2008 年中国风电变流器的市场规模为 19.1 亿元，而 2009 年市场规模约为 41 亿元左右。

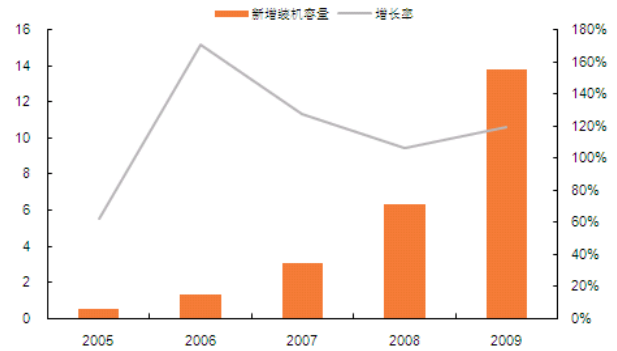
据目前市场的一致预期，我国规划2020年风电总装机容量将达到150GW，预计今后每年新增装机容量将在12GW左右，带动风电变流器每年市场需求量在40亿元左右。

图表26 09年全球各国风电新增装机容量占比



资料来源: WWEA、平安证券研究所

图表27 中国风电新增装机容量 单位: 辆



资料来源: WWEA、平安证券研究所

■ 风电变流器市场竞争格局

由于我国在风电自动化领域发展较晚，目前给国内主要风电整机厂供货的变流器企业主要是国际企业，国内的风电变流器多数还在风场小规模应用阶段。

目前，华锐的变流器主要是从 windtec 购进，其应用的是超导的变流器 powermodule 系列；给金风供货的为 the switch，主要供应全功率变流器；abb 和阿尔斯通都为多家供货，应用的比较广泛，东汽应用 abb 和阿尔斯通的变流器；运达主要应用 abb 的变流器；而其他的企业多应用 abb 和阿尔斯通的风电变流器。艾默生由于进入风电行业相对较晚，预计年应用规模在 1 亿左右。

从目前主要风电整机的变流器应用情况来看，国产风电变流器的市场份额还比较小。国内企业发展风电变流器面临着较大的技术门槛，一方面风电变流器的设计要求不同于变频器，风电变流器要对发电机发出的电流、频率和相位有较好的控制以达到输入电网的标准；另一方面由于风电机组应用场合的特殊性，要求风电变流器具备可靠性和稳定性高、寿命长等特点。除了设计要求较高之外，产品试验是变流器研发的重中之重，也是产品完善的关键环节，对于中小企业而言，建立符合规模化生产要求的完整试验平台和找到可以进行产品试验的风场，均存在一定的资金和行业壁垒。

目前，国产风电变流器的价格比进口产品低 20-30%，未来随着国内企业的规模化生产和国产化率的逐渐提高，产品成本有望进一步降低。目前国内生产风电变流器的企业主要有九洲电气、科陆电子、广东明阳、许继电气、合肥阳光、荣信股份、北京科诺、南车株洲、北车永济电机、清能华福、东方日立、山东新风光等，其中多数企业的产品已进入小规模应用阶段。

■ 风电变流器行业的投资分析

风电变流器的发展与风电行业息息相关，考虑到风电行业未来的发展规划以及国家相关部门对风电行业发展的表态，我们认为在连续四年经历了翻番式增长后，2010 年新增装机容量可能会略有回落。受此影响，风电变流器的整体需求量也会同比略有减少。此外，产品价格的下降是长期趋势，这也会令风电变流器行业的市场规模相应降低。

对于国内企业而言，目前所占市场份额仍非常小，因此未来进口替代的空间巨大。

3.5 电力操作电源

■ 电力操作电源简介

电力操作电源是电力系统不可缺少的重要组成部分，其设计目标是安全、可靠、高效、稳定、不间断向电力设备提供能源。电力操作电源除了应用于发电、输变电、配电的各个环节外，还广泛用于轨道交通、采

矿、冶金、石化等非电力行业的用电系统。

电力操作电源的发展，经历了从线性电源、相控电源到开关电源的发展历程。目前电力系统使用的直流电源已大部分采用高频开关电源，相控电源作为被淘汰产品也有部分在使用。相控电源是指采用晶闸管作为整流器件的电源系统，其原理是交流输入电压经工频变压器降压，然后采用晶闸管进行整流，通过移相控制以保持输出电压的稳定。高频开关技术是一种综合了电力电子技术、计算机技术、材料科学等多学科的边缘交叉技术。高频开关电源采用有源功率因数校正技术、高频变换技术、均流技术和计算机监控技术，实现电压和电流的转换。高频化技术可明显降低原材料消耗，电源装置小型化，加快系统的动态反应速度，进一步提高电源装置的效率，有效抑制环境噪声污染，使电源进入更广阔的领域特别是高新技术领域，扩展了产品的应用范围。

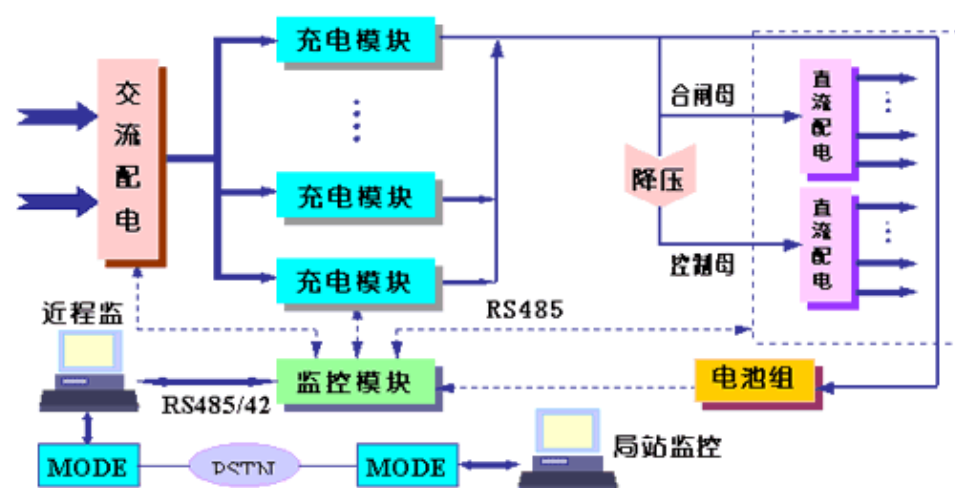
图表28 高频开关电源与相控电源的性能比较

	体积	重量	效率	功率因数	均流	扩容	模块化	噪音	监控性能	维护
高频开关电源	小	轻	>90%	>0.92	好	简单	易	小	好	简单
相控电源	大	重	<70%	<0.70	无	不可以	无	大	无	复杂

资料来源：中恒电气、平安证券研究所

电力操作电源系统由交流配电、单元充电模块、直流配电和监控模块组成。交流配电装置主要完成电力输入和交流输出分配功能，要求采取必要防护措施，装置一般具有三级防雷、单面操作维护、实时状态显示和告警功能；充电模块化的主要功能是将输入交流电转换输出为满足电力操作要求的直流电源，它一般由多台整流模块并联组成，共同分担负载，并能良好地均分负载，单模块故障不应影响系统工作；直流配电单元主要完成直流输出路数分配、电池接入和负载连接等功能，一般要求可自由出线、可正面操作维护、可实现柜内并机和柜外并机，并具有状态显示和告警功能，能检测每一路熔断器的通断状态；监控模块主要实现交流配电单元、充电模块、直流配电单元的实时监控，监控中心可实时接收监控模块的详细数据。变电站的少人或无人值守是电力技术发展的方向，作为系统“心脏”的直流电源系统的监控管理是一个不可缺少的环节。电力操作电源系统作为电力操作的能源供给者，除了必须具备可靠、稳定等基础特性外，其电磁兼容设计、防护设计、可操作性和可维护性也是非常关键的因素。

图表29 高频开关电力操作电源工作原理图



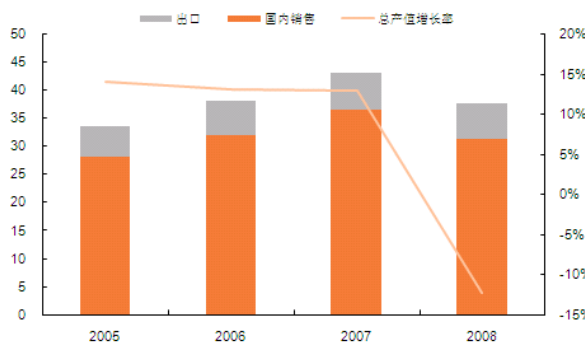
资料来源：电源在线、平安证券研究所

■ 电力操作电源的市场规模分析

近几年，我国电力操作电源行业增长较为稳定，基本都保持在12%以上，08年由于金融危机影响，行业总产值下降了12.23%。其中，各年出品总额与国内销售总额的比例基本保持在1:5左右。

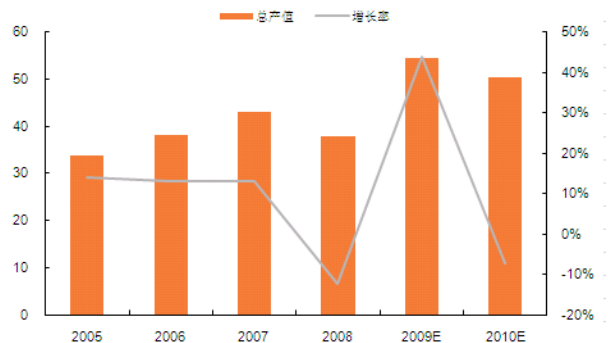
由于电力行业是电力操作电源的主要需求来源，因此全国电力投资总额与电力操作电源的国内销售量之间存在较大的相关性，跟据计算表明，过去几年两者之前的比例在0.55-0.65%之间。

图表30 我国电力操作电源系统行业产值 单位: 亿元



资料来源: 汉鼎世纪咨询、平安证券研究所

图表31 电力操作电源行业总产值预测 单位: 亿元



资料来源: 汉鼎世纪咨询、平安证券研究所

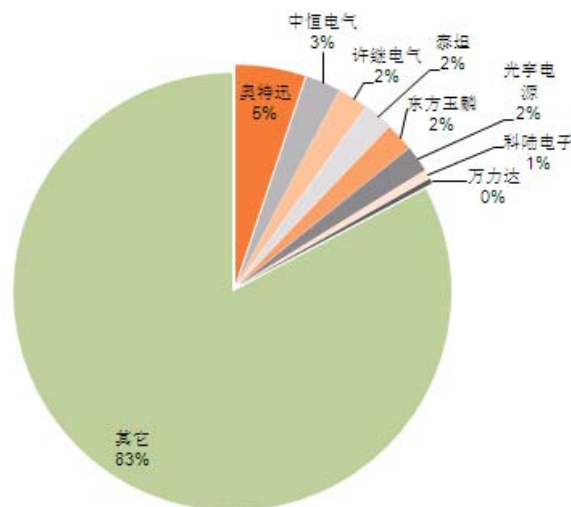
根据中电联的预测, 2010年我国电力投资总额会在6,600亿元左右, 与09年相比下降约12%左右, 受此影响, 电力操作电源的国内销售额会出现同比降低。但是, 随着非电力用户的市场容量在不断增大, 尤其是电气化铁路和轨道交通的加快建设增加了对电力操作电源的需求, 未来电力操作电源的国内销售量与电力投资总额的比例会有一定程度的提高。我们预计2010年该行业总产值为50.48亿元, 与09年相比会下降7%左右。

■ 电力操作电源的市场竞争分析

我国电力操作电源系统生产企业众多, 市场集中度相对较低。据统计, 我国目前从事电力操作系统生产和经营的企业有 1,000 多家。但从生产模式来看, 掌握系统全面核心技术即具有系统设计能力、整流模块和监控单元自主设计与生产能力的厂家只有 100 多家, 其他均为外购模块、自主生产型企业。目前我国有实力参与 500KV 及以上变电站、超超临界 1,000MW 机组等重大项目竞争的电力操作电源系统生产企业仅 5-6 家。

目前国内主要的电力操作电源系统生产企业有: 奥特迅、泰坦、中恒电气、许继电源、光宇电源、东方玉麟、科陆电子、万力达等, 从 2008 年电力操作电源行业各公司的市场销量和占有率来看, 国内各企业之间的竞争是比较激烈的。

图表32 2008年电力操作电源市场份额



资料来源: 汉鼎世纪咨询、平安证券研究所

■ 电力操作电源的投资分析

电力操作电源行业的发展与电力建设关系密切，因此受每年国家电力投资规划的影响较大。受益于国家未来坚强智能电网建设的进行，今后几年电力操作电源行业仍会有较好的发展，此外，新能源汽车的发展推动了充电站(桩)的建设，这也为电力操作电源带来了新的需求。公司之前的竞争将体现在自主设计生产能力、产品稳定性、服务水平、经营规模等方面，在未来的行业整合中，具备优秀综合实力的企业将获得更大的发展空间。在上市公司中，我们看好奥特迅(002227)、许继电气(000400)和中恒电气(002364)。

3.6 无功补偿

■ 无功补偿简介

电网输出的功率包括两部分：一是有功功率；二是无功功率。直接消耗电能，把电能转变为机械能、热能、化学能或声能，利用这些能做功，这部分功率称为有功功率；不直接消耗电能，只是把电能转换为另一种形式的能，作为电气设备能够做功的必备条件，并且在电网中与电能进行周期性转换所产生的这部分功率称为无功功率，如电磁元件建立磁场占用的电能、电容器建立电场所占的电能。电流在电感元件中做功时，电流超前于电压 90° 。而电流在电容元件中做功时，电流滞后电压 90° 。在同一电路中，电感电流与电容电流方向相反，互差 180° ，如果在电磁元件电路中有比例地安装电容元件，使两者的电流相互抵消，使电流的矢量与电压矢量之间的夹角缩小，从而提高电能做功的能力，这就是无功补偿的道理。

3.7 其它应用

■ 换流阀

换流阀是进行换流的关键设备，是高压直流输电系统中最为核心的一次电气设备。直流换流阀的制造技术随着大功率半导体器件的制造技术发展而发展，它经历了从汞弧换流阀到晶闸管换流阀，到门极可关断晶闸管换流阀(GTO 阀)，再到绝缘栅双极晶体管换流阀(IGBT 阀)的发展过程。由于晶闸管目前仍是耐压水平最高、输出容量最大的电力电子器件，在大容量、高电压应用领域，绝大多数直流输电工程均采用晶闸管直流换流阀。

高压直流输电具有线路输电能力强、损耗小、两侧交流系统不需同步运行、发生故障时对电网造成的损失小等优点，特别适合于长距离点对点大功率输电。近十年以来直流输电工程的建设速度明显超过了交流。2000 年之前我国仅开工直流输电工程 3GW，“十五”期间为 14GW，“十一五”已开工和计划开工的直流输电容量为 27GW。今后几年，随着特高压工程的建设，对于换流阀的需求将进一步增加。

图表33 换流阀供应商与项目统计

	2007A	2008A
ABB	三常线 100%换流阀、三广线 100%换流阀	4 套
西安整流器厂	灵宝背靠背工程 100%换流阀、贵广 I 回 50%换流阀、云广红 50%换流阀、向家坝-上海 50%换流阀、德阳-宝鸡线 100%换流阀、呼伦贝尔-辽宁线 100%换流阀、参与天广红、贵广 I 回、参与葛州坝-南桥线、参与三常线、参与三广线、三峡-上海线 50%换流阀、岷泗线 100%换流阀	12 套
西安电力电子技术研究所	灵宝背靠背工程 100%晶闸管、贵广 I 回 75%晶闸管、三峡-上海线 70%晶闸管	
许继集团	贵广 I 回 50%换流阀、高岭背靠背 100%换流阀、云广线 50%换流阀、黑河背靠背 33%换流阀、向家坝-上海 50%换流阀、灵宝扩建工程 50%换流阀	7 套
中国电科院	宁东-山东线 100%换流阀、葛沪直流综合改造工程 100%换流阀	4 套

资料来源：中国传动网、平安证券研究所

换流阀早期主要由ABB和西门子公司提供，在要求外资方向中方企业转让相关技术后，目前国内由4家厂商具备换流阀供货能力，其中西安整流器厂最早参与国内直流工程换流阀设计，已具备西门子和ABB公司

2种技术获得的供货合同也最多；其次是许继集团，引进西门子技术；中国电力科学院引进阿海珐技术，作为后起之秀，已成为换流阀领域强有力的竞争者。

直流输电换流阀技术难度大，行业门槛高，市场高度集中。因此，我们看好许继电气(000400)和中国西电(601179)。

■ 消弧线圈

消弧线圈的作用是当电网发生单相接地故障后，提供一电感电流，补偿接地电容电流，使接地电流减小，也使得故障相接地电弧两端的恢复电压速度降低，达到熄灭电弧的目的。当消弧线圈正确调谐时，不仅可以有效的减少产生弧光接地过电压的机率，还可以有效的抑制过电压的幅值，同时也最大限度的减小了故障点热破坏作用及接地网的电压等。

图表34 各技术类型消弧线圈的比较

项目	产品技术原理及特点			
	高短路阻抗变压器式	调阻式	调容式	直流偏磁式
工作原理	通过调节可控硅导通角，控制高短路阻抗变压器式消弧线圈输出的补偿电流	通过调节有载分接开关的档位，改进优化调匝式消弧线圈输出的补偿电流	通过投切电容器组，改进优化调容式消弧线圈输出的补偿电流	通过调节直流励磁电流，控制直流偏磁式消弧线圈输出的补偿电流
补偿电流范围	0-100%额定电流	(20-50)-100%额定电流	约 10-100% 额定电流	约 20-100% 额定电流
伏安特性	线性	非线性	非线性	非线性
调节方式	全范围连续无级调节	档位调节、有级差、不连续		调流范围内连续无级调节
选线原理	“小扰动”原理	采用不同方法，如零序电流幅值、功率方向、五次谐波、信号注入等		
选线精度	高于 90%		70-85%	
维护、检修	无传动、转动机构，噪音小，易维护	机械式调节，噪音大，维护工作量大	控制复杂，维护工作量大	无传动、转动机构，结构复杂
成本	稍高	一般	一般	稍高
代表厂商	智光电气	思源电气	旭辉电气、顺特电气	保定浪湃迪

资料来源：智光电气、平安证券研究所

我国电力行业标准《交流电气装置的过电压保护和绝缘的配合》(DL/T 620-1997)明确规定：3-10kV架空线路构成的系统和所有35-66kV电网，当单相接地故障电流大于10A时，中性点应装设消弧线圈。3-10kV电缆线路构成的系统，当单相接地故障电流大于30A时，中性点应装设消弧线圈。国家建设部和国家技术监督局联合颁布的《矿山电力设计规范》(GB50070-94)规定：矿井6-10KV电网，当单相接地电容电流大于10A时，应采用自动调谐消弧线圈接地方式。

消弧线圈的市场规模主要缘于变电站建设的需求，按照规定，新建变电站将装配消弧线圈，此外，原有变电站改造也增加了部分需求。2007年，消弧线圈产值超过8亿元，受益于未来几年坚强智能电网建设的加速，预计消弧线圈市场需求增速保持10%以上。

消弧线圈市场集中度高，国内有思源、智光等10余家企业生产，思源和智光两家企业所占市场份额超过60%，前五大企业市场占有率超过80%。在上市公司中，我们看好思源电气(002028)、智光电气(002169)和许继电气(000400)。

■ 软启动器

软启动器是一种集电机软启动、软停车、轻载节能和多种保护功能于一体的新颖电机控制装置，国外称为 Soft Starter。它的主要构成是串接于电源与被控电机之间的三相反并联闸管及其电子控制电路。运用不同的方法，控制三相反并联闸管的导通角，使被控电机的输入电压按不同的要求而变化，就可实现不同的功能。

软启动器可减少电流的励磁分量，从而提高电动机的功率因数，达到节能的作用。通常情况下，在空载状态可节能 40%左右，在负载状态下可节能 5%左右。

图表35 软启动器的典型应用及作用

范围	作用
水泵	利用泵控制功能，在启动和停止时，减少液流冲击所产生的泵流水锤现象，节省了系统维修费用
球磨机	利用电压斜坡启动，减少齿轮转矩的磨损，减少维修的工作量，延长使用寿命
风机	利用固态软启动器取代了传统启动器，减少皮带磨损和机械冲击
压缩机	利用限流，实现了平滑启动，降低电机温升
破碎机	利用堵转保护和快速保护，避免机械故障和阻塞造成电动机过热而烧毁
输送机械	利用软启动和软停机控制，实现平滑渐进的启动过程和平滑减

资料来源：平安证券研究所

软启动器和变频器是两种完全不同用途的产品。变频器是用于需要调速的地方，其输出不但改变电压而且同时改变频率；软启动器实际上是个调压器，用于电机启动时，输出只改变电压并没有改变频率。变频器具备所有软启动器功能，但它的价格比软启动器贵得多，结构也复杂得多。未来随着变频器技术的成熟和成本的降低，软启动器将会被部分替代。

目前，国内生产软启动器的企业众多，市场集中度较低，虽然各自占有一定的市场份额，但大多没有形成品牌效应。

三、总结

建设低碳经济已是大势所趋，为了实现到 2020 年单位 GDP 二氧化碳排放量与 2005 年相比要下降 40-45% 的目标，节能减排是非常重要的途径。电力电子技术可以有效达到节能的效果，将是实现低碳经济的重要保障。

3.1 节能是电力电子技术与生俱来的优点

目前电能消耗已占总能源消耗的 55%，其中约 75% 的电能是通过电力电子设备处理后才使用的，预计今后这一比例将达到 95%。

据粗略计算，采用电力电子技术对设备进行改造，平均可节电 20% 左右。据统计，06 年我国电能有 35% 左右是通过电力电子使用，如果这个比例可提高到 80%，若以 10 年用电量为 4 万亿千瓦时计算，可节约 2,400 亿千瓦时，折合标准煤 8,000 万吨，相当于减排 CO₂ 约为 2.16 亿吨。由此可见，在大力发展低碳经济的时代，电力电子技术及设备是名符其实的节能减排主力军。

3.2 低碳经济将推动电力电子快速发展

我们认为正在制定的十二五规划中会对下一阶段的节能任务有个明确的指标，同时还会陆续出台针对各重点耗能行业的节能减排规定，这些都对节能环保产业构成利好。受此影响，电力电子设备制造企业将步入快速发展的轨道。

在细分产品上，我们看好变频器和用于新能源领域的光伏逆变器、风电变流器，无功补偿装置，以及电力

操作电源、消弧线圈等的发展前景，建设重点关注合康变频、九洲电气、英威腾、荣信股份、思源电气、智光电气、科华恒盛、中恒电气、许继电气、奥特迅、科陆电子等。

图表36 电力电子行业重点关注的公司

代码	公司	2010-08-30	EPS			PE		投资评级
		股价	2009	2010E	2011E	2009	2010E	
300048	合康变频	40.4	0.7	0.81	1.08	51.82	49.90	推荐
300040	九洲电气	19.2	0.6	0.46	0.66	28.66	41.74	推荐
002334	英威腾	104.	1.1	1.87	2.88	93.67	56.10	推荐
002123	荣信股份	37.6	0.5	0.79	1.12	68.51	47.70	推荐
002028	思源电气	23.8	2.1	0.85	1.03	11.06	28.09	推荐
002169	智光电气	18.8	0.2	0.36	0.69	78.58	52.39	推荐
002335	科华恒盛	51.2	1.1	1.27	1.95	43.08	40.37	推荐
002364	中恒电气	39.5	0.8	0.81	1.21	48.23	48.83	推荐
000400	许继电气	28.5	0.3	0.57	0.66	83.97	50.09	推荐
002227	奥特迅	40.6	0.2	0.51	0.98	184.8	79.75	推荐
002121	科陆电子	22.8	0.3	0.56	0.91	69.36	40.88	推荐

资料来源：Wind，平安证券研究所

四、行业重点上市公司分析

4.1 合康变频

公司成立于2003年，主营业务为研发、生产、销售各种高压变频器，公司现有产品可细分为通用高压变频器和高性能高压变频器两大系列，应用领域涉及电力、矿业、冶金、水泥、石化、市政等行业。2009年高压变频产值在国内企业排名第一。

公司进入高压变频器领域较早，是高压变频器国家标准的主要参与制定单位之一。公司技术优势明显，在高压变频矢量控制和功率单元能量回馈技术的研发应用方面处于领先地位，随着技术的进步，其高性能高压变频器可能实现进口替代。

公司于2010年1月20日在创业板上市，公开发行所募集资金投向高压变频器生产研发基地，其主要内容包括建设高压变频器生产线，达产后公司年生产能力达到1,200台；新建研发实验室，进一步加大研发投入；加大信息化建设。产能建设将于2011年完全达产，这将有效解决公司目前产能不足的问题，并有益于提高其市场份额。

4.2 九洲电气

九洲电气设立于1997年，主要从事变频器、高频直流电源及电气控制和自动化产品。2006年在全国电力电子制造企业的工业经济效益综合指数中名列第3位，2009年高压变频产值在国内生产企业中排名第3位。

公司自成立以来一直致力于现代电力电子技术的技术开发和应用研究，尤其是在电机节能领域积累了丰富的生产技术经验和客户资源。公司通过为罗克韦尔公司贴牌生产高压变频器，学习到了世界一流企业的全球化经营视野和持续经营方法，提升了公司的工艺设计、质量控制、材料供应等环节的技能水平，为公司持续快速的发展奠定了基础。

公司于2010年1月8日在创业板上市，公开发行所募集资金投向将高压大功率变频调速装置的产能自250套提高到500套、高频开关直流电源的产能自600套提高到1400套，并新增100套兆瓦级风力发电变流器的产能，预计2011-2012年分别达产的项目将有效缓解产能压力，有助于公司提高市场份额。

4.3 英威腾

英威腾设立于2002年，是集低压、中压和高压变频器研发、制造、销售为一体的产品和服务供应商，是国内产品线最齐全的内资变频器品牌。公司市场份额2007-2008年连续两年居低压变频器内资品牌首位。

公司是极少数成功研制矢量型变频器并实现产业化的内资企业，具有自主的技术研发能力、完备的生产制造能力和遍布全国的营销网络。与外资品牌相比，公司的售前售后服务及时周到，服务成本优势明显。

公司于2010年1月13日在中小板上市，公开发行所募集资金将用于新增20万台低压变频器和1200台中压变频器产能，产能的增加幅度约为现有产能的200%左右。这两个项目已于07年启动，目前产能已逐步释放，预计在1-2年后将全部达产。

4.4 荣信股份

公司成立于2000年11月10日，主要从事节能大功率电力电子设备的设计和制造业务，产品包括：高压动态无功补偿装置(SVC)、智能瓦斯排放装置(MABZ)、电力滤波装置(FC)、高压变频装置(HVC)、高压软启动装置(VFS)和高压静止无功发生器(SVG)等。

公司在主打产品SVC上具有明显的设计研发生产优势，过去几年市场占有率均居行业第一位；在HVC方面，公司掌握了四象限运行的核心技术，今后将向专用变频器等高端产品发展；其子公司的余热余压发电系统由于投资回收期短、效率高等优点，在09年已获得较多销售收入，未来发展空间仍然非常广阔；公司与西门子联合，首次进入了电网串补系统，随着智能电网建设对高压直流输电建设的无功补偿需求逐年加大，今后几年公司串联补偿(FSC)业务有望加速发展。

2009年7月公司完成了非公开发行股票，所募集资金投向了10KV特大功率变频装置国产化、电抗器产业化建设、1.5MW风电变频器研发及中试、北京研发中心项目。这些项目的建设将进一步增强公司在电力电子方面的创新能力，并可以有效提升公司在今后竞争中的产品竞争力。

4.5 思源电气

公司成立于2000年12月，致力于为电力工业提供现代信息技术、新材料等高科技手段与传统电气结合的综合解决方案及产品，公司的主要产品包括消弧线圈、高压开关、高压互感器、电力电容器、电抗器等。此外，公司还通过成立光电、弘瑞和清能等三家子公司涉足在线监测、数字化变电站、无功补偿、储能电池充电模块和电动汽车充电模块等智能电网业务。

消弧线圈是公司的传统产品，在国内市场占有率方面，公司与智光电气在80%左右，为双垄断格局；另外，公司积极开拓新产品，近年来在GIS、数字化变电站、SVG、变压器油谱在线监测、储能电池系统方面呈现全面开花的局面。

4.6 智光电气

公司成立于2005年12月，主要产品包括新型自动跟踪补偿消弧线圈及选线成套装置、智能高压大功率变频调速系统等。公司已建立了以测控技术、电力电子技术、通信技术和应用软件技术为基础的核心技术平台，形成了面向电气控制与自动化前沿领域的产品布局。

在消弧选线成套装置领域，公司与思源电气的国内市场占有率在80%左右，呈现双垄断格局；公司的高压变频器技术先进，目前产能为400台/年，市场占有率排名国内企业第三位。

2009年11月公司股东大会审议通过了非公开发行股票的方案，募集资金拟用于建设3,000KVA及以上容量智能高压大功率变频调速系统产业化项目、扩建企业技术中心项目以及补充流动资金。项目建设期为2年，建成后将进一步增强公司研发生产能力，并新增年产400套3,000KVA及以上容量高压变频器的产能。

4.7 科华恒盛

公司主营业务为UPS电源以及配套产品的设计、生产、销售和服务。主要产品包括信息设备用UPS电源和工业动力用UPS电源两大类，功率范围为0.5KVA-1200KVA，基本覆盖了UPS电源的全部功率段。2008年，公司在中国市场上包括国外品牌在内的全部UPS产品销售额排名中，位居第四，在内资品牌中位居第一。

公司拥有一支100多人的资深研发团队，拥有业界最先进的UPS&EMC检测中心。在三位享受国务院特殊津贴的专家带领下，提出了国内首创的无主从自适应多机并联技术，打破了国际品牌的高端UPS技术垄断。此外，公司拥有完善合理的销售网络布局，及时高效的售后服务和技术支持，在国内市场已具备一定的品牌知名度。

公司2010年1月13日在中小板上市，募集资金主要用于信息设备用中大功率UPS 产业升级、工业动力用UPS 产业化项目以及技术服务和营销网络建设。前两项募投项目的建成达产，将新增工业动力用节能型UPS 产能1,400 套。

4.8 中恒电气

中恒电气是一家地处杭州的民营企业，公司自01年成立起一直致力于通信用的电源生产，07年公司开始向电力行业扩展。电力操作电源行业全国有1000多家企业，但具备高压及轨道交通供货能力的企业只有5-6家，公司是其中之一。09年公司通信电源的销售收入为7,342万元，占总收入的28.55%，毛利率为36.49%。公司08年电力操作电源的市场占有率为2.6%，行业排名第二，仅次于奥特迅。

随着09年接收了伊顿施威特克的中国区业务，不仅使其成为了公司通信电源系统整流模块和监控单元的指定供货商，还令公司的业务区域将拓展至了全国，这为公司今后通信电源业务的高速增长奠定了基础。公司未来的主要看点为HVDC(直流操作电源)，这是公司认为将来会替代UPS的产品，目前公司在此项产品上处于国内领先地位，一旦产品标准通过，在前期的替代过程中公司可凭借较大的先发优势获得较多的市场份额。未来该项业务可能成为公司业绩的重要增长点。

公司2010年3月5日在中小板上市，募集资金投向智能高频开关电源系统升级换代及一体化电源建设项目和通信基站运营维护增值项目，募投项目建成后将新增45%的电源系统产能和形成年维护基站20,000个的能力，这将有利于解决公司目前产能不足的限制，为未来业务的快速扩张奠定了基础。

4.9 许继电气

公司成立于1993年3月，是电力设备公司中产业链最完整的少数企业之一，是国内唯一同时具有较完整的一、二次技术和产品的企业。公司产品包括变压器为代表的一次设备，电厂保护及自动化、电网调度、变电站自动化、配电网自动化等二次设备。

在电力电子方面，直流输电换流阀、风电电控器、直流电源、SVC/ SVG目前仍属于集团资产。凭借强大的科研实力以及成套方案解决能力，许继集团的竞争优势非常明显。尤其是在直流换流阀领域，集团一直处于领先地位，其累计订单已超过20亿元，市场占有率接近40%。

2010年2月国网公司完成了对许继集团的收购，未来电科院旗下相关资产有可能也会并入许继集团。另外，2010年底之前，许继集团或将会完成整体上市，这些都将大大增强许继电气的综合竞争实力。

4.10 奥特迅

公司成立于2007年3月，是专业从事电力自动化电源设备及其智能单元的研发、制造、销售及服务的公司。公司的主要产品包括微机控制高频开关直流电源系统、电力专用UPS电源与电力专用逆变电源系统、电力用直流和交流一体化不间断电源设备等。

公司是国内将高频开关电源技术引入直流操作电源系统的首创者，也是电力用直流和交流一体化不间断电源设备解决方案的发起人。公司销售额连续七年居同业之首，是中国电力自动化电源行业龙头企业。公司产品已稳稳占据国内市场的高端领域，重点业绩包括三峡工程、大亚湾核电站、国家电网公司1,000kV晋东南-南阳-荆门特高压交流试验示范工程晋东南、南阳、荆门站直流系统、UPS电源等，高端市场占有率约50%。此外，公司和南方电网合作，完成了深圳大运中心、和谐两个电动汽车充电站以及134个充电桩的设备供应，在新能源汽车充电系统方面已具有较强的先发优势。

4.11 科陆电子

科陆电子成立于1996年，专业从事电工仪器仪表、电子式电能表和电力自动化产品的研发、生产和销售的国家重点高新技术企业。公司目前拥有近36,000平方米的研发基地和近86,000平方米的生产基地，主要产品涵盖六大领域：用电自动化、电力电源、无功补偿、高中低压变频器、电子式电能表、标准仪器仪表。

公司旗下设立了科陆软件、科陆电源、成都科陆洲、科陆变频器、科陆新能、科陆电气六大子公司，分支机构和营销网络遍布国内30多个主要城市，并已成功进入全球大多数主要国家和地区市场。2007年上市以来，公司收入规模迅速增长，2009年主要产品用电自动化、标准仪器仪表的市场占有率排名行业第一，电子式电能表产品的市场占有率也已进入行业前十名。此外，南方电网计划在2012年之前在深圳市建设80个充电站和40,000个充电桩，预计公司也将会获得大量订单。

五、重点关注事项

5.1 行业催化剂

(1) 即将出台的十二五规划中对下一阶段的节能减排任务的明确规定；(2) 战略性新兴产业发展规划的出台；(3) 节能环保产业发展规划的出台；(4) 智能电网发展规划的出台。

5.2 风险提示

(1) 行业竞争加剧；(2) 原材料价格上升；(3) 政策变动风险；(4) 技术升级换代的风险。

平安证券综合研究所投资评级：

股票投资评级：

- 强烈推荐（预计 6 个月内，股价表现强于沪深 300 指数 20%以上）
- 推 荐（预计 6 个月内，股价表现强于沪深 300 指数 10%至 20%之间）
- 中 性（预计 6 个月内，股价表现相对沪深 300 指数在 $\pm 10\%$ 之间）
- 回 避（预计 6 个月内，股价表现弱于沪深 300 指数 10%以上）

行业投资评级：

- 强烈推荐（预计 6 个月内，行业指数表现强于沪深 300 指数 10%以上）
- 推 荐（预计 6 个月内，行业指数表现强于沪深 300 指数 5%至 10%之间）
- 中 性（预计 6 个月内，行业指数表现相对沪深 300 指数在 $\pm 5\%$ 之间）
- 回 避（预计 6 个月内，行业指数表现弱于沪深 300 指数 5%以上）

风险提示：

证券市场是一个风险无时不在的市场。您在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。请您务必对此有清醒的认识，认真考虑是否进行证券交易。

市场有风险，投资需谨慎。

免责条款：

此报告旨为发给平安证券有限责任公司（以下简称“平安证券”）的特定客户及其他专业人士。未经平安证券事先书面明文批准，不得更改或以任何方式传送、复印或派发此报告的材料、内容及其复印本予任何其它人。

此报告所载资料的来源及观点的出处皆被平安证券认为可靠，但平安证券不能担保其准确性或完整性，报告中的信息或所表达观点不构成所述证券买卖的出价或询价，报告内容仅供参考。平安证券不对因使用此报告的材料而引致的损失而负上任何责任，除非法律法规有明确规定。客户并不能尽依靠此报告而取代行使独立判断。

平安证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法。报告所载资料、意见及推测仅反映分析员于发出此报告日期当日的判断，可随时更改。此报告所指的证券价格、价值及收入可跌可升。为免生疑问，此报告所载观点并不代表平安证券有限责任公司的立场。

平安证券在法律许可的情况下可能参与此报告所提及的发行商的投资银行业务或投资其发行的证券。

平安证券有限责任公司 2010 版权所有。保留一切权利。

中国平安 PINGAN

平安证券综合研究所

地址：深圳市福田区金田路大中华国际交易广场 8 层

邮编：518048

电话：4008866338

传真：(0755) 8244 9257