

# 浮法玻璃企业的低碳之路

陈兰武

山东德州晶华集团振华有限公司 山东德州 253007

**摘要** 本文阐述了低碳的内涵和浮法玻璃企业的低碳理念，详细的分析了低碳经济的加法和减法，以及在实施低碳经济的加法与减法中应采取的措施，提出了实施低碳经济的行动与对策，利用有效的“碳足迹”量化管理方式，实现真正的“低碳企业”，创造名副其实的“低碳品牌”。通过这个量化管理，可便于国家与行业的管理，还便于企业间的公平交流，达到共同提高的目的。

**关键词** 浮法玻璃 低碳 加法与减法 “碳足迹”量化管理

## 1 前言

低碳，英文为 low carbon，意指较低（更低）的温室气体（二氧化碳为主）排放。随着世界工业经济的发展、人口的剧增、人类欲望的无限上升和生产生活方式的无节制，世界气候面临越来越严重的问题，二氧化碳排放量愈来愈大，地球臭氧层正遭受前所未有的危机，全球灾难性气候变化屡屡出现，已经严重危害到人类的生存环境和健康安全。

低碳的内涵，是以低能耗、低污染、低排放为基础的经济模式，是人类社会继农业文明、工业文明之后的又一次重大进步。“低碳经济”的理想形态是充分发展“阳光经济”、“风能经济”、“氢能经济”、“生物质能经济”。它的实质是高能源利用效率和清洁能源结构、追求绿色 GDP 的问题，核心是能源技术创新、制度创新和人类生存发展观念的根本性转变。低碳经济的发展模式，为节能减排、发展循环经济、构建和谐社会提供了操作性诠释，是落实科学发展观、建设节约型社会的综合创新与实践，完全符合党的十七大报告提出的发展思路，是实现中国经济可持续发展的必由之路。

在此背景下，“碳足迹”、“低碳经济”、“低碳技术”、“低碳发展”、“低碳生活方式”、“低碳社会”、“低碳城市”、“低碳世界”等一系列新概念、新政策应运而生。在2010年的十一届全国人大三次会议第四次全体会议中，“低碳”成为大家讨论的热点。目前，我国低碳的目标已有路线图，需要三种手段加以实现：一是行政手段，加大结构调整，淘汰落后的产能。二是市场手段，合理使用税收、碳交易、现金奖惩等手段，传递明确的市场信号，引导资源向低碳方向配置。三是技术手段，推动技术进步，实现新能源革命，在未来的国际产业竞争中占据主动。

可以预见，随着我国逐渐承担控排减排温室气体的国际责任，减少能耗和碳排放，采取低碳发展模式将逐渐成为企业面临的约束性条件，而能源强度和碳强度高的企业和行业将会面临显著的合规风险。我国将会在市场、技术、标准、投融资方面不断推出有利于节能减排的政策法规，会通过行政、法律、经济和社会等手段实现社会经济的低碳转型。

## 2 浮法玻璃企业的低碳理念

三十多年来，我国玻璃工业的工艺技术和装备水平取得了革命性突破，创造发明了具有自主知识产权的浮法玻璃生产工艺；产业结构不断优化；玻璃工业的技术结构、规模结构和产品结构都发生了质的飞跃；解放初期，我国仅有的秦皇岛、大连、沈阳和上海耀华4家玻璃厂，大都分布在沿海地区；改革开放初期，平板玻璃产能2600万重箱，浮法玻璃生产线寥寥无几。现在，浮法玻璃生产线达到204条，工艺技术和装备水平取得了革命性突破，产业结构不断优化，生产规模、品种、质量等方面都取得了突飞猛进的发展。目前我国平板玻璃产量已达到7亿多重量箱，平板玻璃产量是建国初期的700多倍，是改革开放初期的20多倍，平板玻璃产能已连续20年高居世界首位。

玻璃行业突出的特点，一是玻璃属资源、能源消耗型产业，原料离不开矿物，窑炉离不开燃

料，同时又是重要的民生产业，与人民生活密切相关；二是平板玻璃生产连续性强，一经投产一般需连续运行6~8年，中间不能停产；三是资本密集和劳动力密集的产业，是规模和结构缺一不可的行业。目前我国玻璃行业和国际先进水平相比，存在的主要问题是产品质量不稳定，耗能大，污染严重。在低碳经济的潮流下，玻璃产业如何直面低碳经济时代，创造非凡的低碳发展水平呢？

不可否认，在这次国务院开列的产能过剩行业中，平板玻璃榜上有名。中国建筑材料联合会会长张人为讲：产能过剩首先意味着行业取得了大发展，满足了国家建设的需要。现在带上过剩的帽子应当是喜中有忧，这个产能过剩是由落后产能造成的，平板玻璃行业还有巨大的技术升级潜力，需要进行产能升级和结构调整，进一步实现节能降耗。

在搞好降低成本，节能降耗的同时，也要加大创新力度，提高产品质量，提高产品市场竞争力。2009年11月30日在淄博召开的国家平板玻璃标准宣贯暨技术研讨会，新国标规定的玻璃质量标准严于旧标准，对我们玻璃生产企业来讲，既是挑战，又是机遇。只有持续创新，坚持实践科学发展观，积极开发利用先进的生产技术，实现节能降耗，不断增强企业的发展后劲。追求以质代量，高效利用国家资源，为发展资源节约型和环境友好型企业而努力。

浮法玻璃行业发展低碳经济，可从加法和减法两个方面考虑。加法是指追求高质量的绿色产品，大力生产具有节能功效的建筑用玻璃，新能源产业用的特种玻璃，以提高下游的新能源产业和汽车、房地产等产业对低碳概念的需求。减法是通过能源高效运用、清洁能源开发等方面来达到生产过程的碳减排。加法和减法相结合，玻璃行业可以为低碳经济作出的贡献就充满更多的想象。在平板浮法玻璃节能和新能源政策向好的情况下，把握低碳经济脉搏，将是玻璃企业形成持续发展的推动力。

### 3 低碳经济的加法

所谓低碳经济的加法就是生产的产品有绿色概念，在社会其他领域的使用中具有明显的低碳效果。也就是生产的产品能使其他行业达到节能、环保，满足低碳方面的需求，紧随“低碳、绿色、节能”的发展形势。当前浮法玻璃生产企业生产的绿色产品主要包括两个方面，一是为创造新型能源提供的太阳能玻璃，二是建筑业使用的节能玻璃。

#### 3.1 为创造新型能源提供的太阳能玻璃

北京奥运会主体育场“鸟巢”安装了100kW的太阳能光伏发电系统，日均发电量超过200kWh，可为1.5万平方米的地下车库提供充足的照明电力；奥运村建成了6000m<sup>2</sup>的太阳能光热系统，奥运期间每天都能享受舒适的“日光浴”，奥运会后将满足2000户居民的生活热水需求，每年节电约1000万千瓦时，节煤2000多吨。

随着今年9月在山东德州召开的世界太阳城大会的日益临近，作为此次大会举办地——中国太阳谷，太阳能建筑群建设也在如火如荼的进行。据了解，世界太阳能大会的主场馆由太阳谷国际会展中心、日月坛微排大厦、光立方、七星国际公园酒店等几大部分组成。日月坛微排大厦现已投入使用，该建筑在全球首创性实现了太阳能热水供应、采暖、制冷、光伏并网发电等技术与建筑的完美结合，突破了常规建筑能源消耗巨大的瓶颈，整体节能效率达88%，每年可节约标准煤2640吨、节电660万度，减少污染物排放8672.4吨。

太阳能的光伏与光热系统使用的主要材料就是太阳能玻璃。

随着传统资源的日渐短缺，开发利用太阳能等新能源成为世界各国的共识。太阳能是一种取之不尽、用之不竭又无污染的清洁能源，利用它能有效地缓解能源匮乏，保护环境，从而为人类造福。太阳能光伏发电是开发利用太阳能的重要形式，国际上对光伏发电的发展目标是2020年装机容量占到总容量的1%，2030年占到10%，2050年占到50%。据国际太阳能市场研究咨询公司 Solarbuzz 报道，2009年全球太阳能光伏发电装置达到64.3亿瓦。太阳能电池产量达到了93.4亿瓦，薄膜太阳能电池生产占据了总量的18%。其中中国和台湾的产品继续获取市场份额，占据了全球产量的49%。

围绕我国在哥本哈根会议上对国际社会的承诺，国家已经制定2020年非石化能源使用达到15%的目标，并对太阳能等清洁能源的利用正在进行重新规划，太阳能行业也随之迎来了新一轮的发展

机遇。我国为促进光伏发电产业技术进步和规模化发展，培育战略性新兴产业，2009年7月16日财政部会同科技部、国家能源局下发《关于实施金太阳示范工程的通知》。有专家指出：本次金太阳工程所明确的50%~70%补贴标准与美日等国家基本接近。如果按照未来2-3年新增500兆瓦的光伏发电来计算，预计国家补贴金额将达到120亿元左右。从国外光伏产业的发展经验来看，认为金太阳工程正式启动以后，我国光伏产业同样将面临井喷年代，预计2009—2011年国内将新增光伏电池装机容量为100、300和600兆瓦。

而作为光伏电池封装的必须材料，太阳能玻璃的需求将越来越大。根据有关资料统计，近3年，我国太阳能玻璃的增长率都在50%左右。2008年太阳能玻璃产能为6075万平方米，合48.6万吨。按照2009—2011年国内将新增光伏电池装机容量为1000兆瓦（1兆瓦=1000千瓦）计算，仅光伏电池装置用太阳能玻璃新增需求约能达到1500万平方米，合12万吨。根据火力发电煤耗计算，1度电=0.404千克标准煤=0.997千克二氧化碳。按照1000兆瓦的装机容量，年可发电87.6亿度，节约标准煤353.9万吨，减排二氧化碳873.4万吨，每利用1m<sup>2</sup>太阳能玻璃年可减排二氧化碳0.58吨。

太阳能光伏电池组件的盖板玻璃，也就是超白玻璃，在生产制备中对原料、工艺设备、员工操作等要求非常高，其中的氧化铁等着色物资控制非常严格，要求低于0.15%，否则将会影响玻璃的透光率，进而影响太阳能光电效率。太阳能玻璃应达到的技术指标为：① 3mm玻璃的光透过率大于92%；② 莫氏硬度达到6级；③ 抗冲击性能要求能承受1040g钢球在1000mm高度下自由落体的冲击下而不破坏。主要原料为精制石英砂、氢氧化铝、精制方解石、碳酸镁、纯碱、碎玻璃及其他化工原料；熔窑使用的燃料为重油或天然气。

超白压花玻璃作为一种基板材料，能最大限度地提高太阳光线的透光率，同时它的花纹有内反射效应，能促进光伏电池更有效地吸收光能。超白浮法玻璃是采用浮法工艺生产，表面经加工处理后，对太阳光具有更高的透过率和更低的反射率，可作为光电转换系统的基片或光热转换系统（平板式太阳能热水器）的面板等。为了进一步的提高透光率，在超白玻璃表面通过物理或化学镀膜的方法均匀镀上一层透明的薄膜，也叫减反膜玻璃。减反膜玻璃可以通过减少光的反射率来提高透光率，一般可以提高2%~3%，以进一步提高电池的光电效率。太阳能超白玻璃的关键参数是透光率，必须能够透过太阳能以利于硅晶板的吸收，并以自身的强度保护下面硅晶板不被外界雨雪等恶劣天气或太空条件的损坏。现在国内光伏组件产业中使用的太阳能超白玻璃大部分仍以进口为主，只是一小部分使用国内生产的产品。目前大批量稳定地生产超白玻璃产品的核心技术仍掌握在国外的几个生产商手中，尽管国内少数生产厂家利用自身技术进行研发并生产出超白玻璃产品，但要大批量生产出适合高端市场的超白玻璃还有一定的难度。我们只有不断地进行技术创新，提高质量，降低成本，才有可能完全替换进口产品，并在国际市场上占有更多的份额。

另外还有用于薄膜太阳能电池的玻璃，也叫TCO玻璃，及透明导电氧化物镀膜玻璃。它无需硅材，成本较多晶硅太阳能电池大幅降低，可与建筑一体化设计，在建筑物外墙玻璃、玻璃幕墙和光电一体化上应用，达到既采光又发电的目的。近年来，以薄膜取代硅晶制造太阳能电池在技术上已有足够的把握，发展速度进一步加大。

### 3.2 建筑业使用的节能玻璃

全球50%的资源都用于建筑业，建筑物所排放的二氧化碳气体占全球排放量的40%。在我国约有400亿平方米的建筑中，95%是高耗能建筑，而这些高耗能建筑耗能的40%是由门窗散失的。我国新《节约能源法》提出的节能目标是，到2010年，全国新增建筑的1/3达到节能50%的目标；到2020年，全国新增建筑达到节能65%的目标。据了解，预计到2015年我国人均住房面积达到30平方米，需要新增住房面积35亿平方米，门窗需求超过10亿平方米，每年新增1.5亿平方米。加上目前实施对70年代钢窗节约改造达到6亿平方米，每年需求约1亿平方米。作为影响建筑能耗四大围护部件之一的门窗，是建筑保温、隔热、隔声的薄弱环节。它通过辐射传递、对流传递、传导传递和空气渗透等四种形式导致建筑物能量流失，普通单层玻璃窗的能量损失约占建筑冬季保温和夏季降温能耗的50%以上。建筑门窗使用玻璃面积70%以上，因此建筑门窗的节能又应当首先考虑玻璃的因素。

目前，应用较多的节能玻璃品种有：热反射玻璃、吸热玻璃、低辐射玻璃、中空玻璃、真空玻璃、新型双层玻璃、超吸热玻璃等。根据有关资料，不同建筑用玻璃的碳排量情况如表1所示。表1中比较的玻璃品种结构是：单层白玻厚度为6mm、白玻中空玻璃用6mm+12A+6mm、单层热反射镀膜用CTS140镀膜玻璃、热反射中空玻璃用6mmCTS140+12A+6mm、低辐射中空玻璃用6mmCEB12+12A+6mm等；以窗玻璃面积1000m<sup>2</sup>为例，按夏季空调开启90d，每天10h；冬季供暖125d，每天12h；冬季室温18℃，室外-10℃；夏季室内20℃，室外35℃，太阳辐射系数630 W/m<sup>2</sup>，各个U值取自美国ASHRAE标准计算。

表1 建筑用玻璃碳排量

玻璃品种	透光率 (%)	计算值					夏季传入热量 (W/m <sup>2</sup> )	冬季传出热量 (W/m <sup>2</sup> )	年耗电量 (万度)	折合标煤 (吨)	折合碳排放量 (吨)
		传热系数 (W/m <sup>2</sup> ·K)		遮阳系数 (Sc)	太阳能辐射量 (Q值) (W/m <sup>2</sup> ·K)						
		U <sub>冬</sub>	U <sub>夏</sub>		冬季	夏季					
单层白玻璃	89	6.16	5.75	0.99	-1.55	711	710	154	27.00	351	866
白玻中空玻璃	81	2.76	3.08	0.87	-0.69	595	594	69	33.81	258	637
单层热反射玻璃	41	5.48	5.64	0.46	-1.38	369	368	137	53.67	217	536
热反射中空玻璃	37	2.57	3.08	0.31	-63	243	242	64	31.38	127	313
低辐射中空玻璃	39	1.64	1.72	0.30	-42	216	215	41	25.50	103	254

单层玻璃的传热系数太大，内外表面的温差仅0.4℃左右，而采用双层或多层中空玻璃，其内外温差可达到10℃或10℃以上。打一个形象的比喻，每一扇非节能玻璃的能耗相当于点着一盏十瓦的长明灯，在长年累月地消耗能量。让建筑物穿上节能的玻璃的“外衣”，既能保持室内光线明亮，又能在一定程度上减少室内的能量消耗，最大限度地减少碳排放。虽然节能玻璃的价格大约是普通平板玻璃的5~20倍，其实采用节能玻璃所增加的投资，在日后几年的节能效益中可以得到补偿，更不用说节能所产生的社会效益了。

门窗玻璃的节能措施还有玻璃贴隔热膜，也可实现良好的隔热性能，但成本较高。采用隔热PVB合成夹层玻璃，是吸热的方式，也是成本较高。采用隔热涂料，市场上品种较多，大多对于中远红外具有较好的隔热性。其性能仅仅相当于普通单银膜系的指标，性能有待于提高。

当前我国节能玻璃在建筑中使用率低，中空玻璃、Low-E中空玻璃等节能玻璃在建筑中的使用率不足10%，一般仅限于公共建筑。而欧美基本普及中空玻璃，Low-E中空玻璃占全部中空玻璃的比例超过50%。在我国，优质浮法和深加工率偏低，普通浮法玻璃过剩，但同时存在结构性缺口，一些高档建筑玻璃等还需进口；优质浮法比率仅为29%；玻璃深加工率仅为32%，而世界平均水平约55%，发达国家达65%~85%。加工后的增值率我国仅为原片的2.5倍，发达国家为5倍，因此在加工数量和加工深度上均有较大差距。

浮法玻璃是国家重要的建材工业产品，较之其他方法生产的平板玻璃具有厚度均匀、厚度范围大(0.7mm~25mm)、表面平整、视物变形小、光洁明亮等特点，广泛应用于建筑门窗、幕墙、屋顶，是建筑天然采光的首选材料，也是玻璃深加工行业中的重要原片。按新《节约能源法》的要求，节能玻璃将大量进入新建建筑及既有建筑改造的工程当中。浮法玻璃原板需达到GB 11614-2009平板玻璃标准中的一等品、优等品要求，一等品可进行钢化玻璃、中空玻璃、夹层玻璃的生产，主要用于高层建筑外窗、建筑物内装饰、装修等。优等品的浮法玻璃主要用于镀银玻璃镜、镀铝玻璃镜、离线镀膜玻璃的原片，主要用在室内装饰和高档建筑门窗。目前，我国浮法玻璃生产大多为中低档生产线，占浮法总量的84%。在2000年至2008年的五次国家监督抽查中，平均合格率为86.1%，浮法玻璃质量水平有待进一步提高。

2010年3月19日《日本经济新闻》报道，“野村地产”在东京都小平市将开发250户环保型住宅，所有住房的窗户都将使用隔热性能高的特制环保玻璃。与此同时，日本民众也开始纷纷更换自家房屋的玻璃。在日本，取暖和降温，全要靠空调来完成，冬季和夏季的耗电量都很大。原先这里的玻璃都是单层的，既不隔音也不保温，换上节能玻璃后，碳排放量自然会减低。

2009年5月，上海市建设和管理委员会发出公示，要求上海新建节能建筑禁用普通单片玻璃门窗。依据《上海市建设工程材料管理条例》，经过专家论证，有7种材料被列为上海市第二批禁止或者限制生产和使用的建设工程材料，包括禁止在新建节能建筑中使用保温、隔声性能较差，不能达到建筑节能要求的普通单层玻璃建筑门窗，主张推广应用中空玻璃和 Low-E 玻璃门窗。

我国日照市为切实加强建筑外门窗的节能管理，全面促进日照市建筑节能工作，市建委于2010年3月23日下发了《关于进一步加强民用建筑工程外门窗节能管理的通知》。《通知》规定了日照市县城及县城以上城市规划区内新建、改建、扩建的民用建筑工程外门窗应全面采用断热铝合金中空玻璃门窗、塑料中空玻璃门窗等节能门窗。

2010年3月22日《中国能源报》报道，2010年伊始，全国工商联房地产商会推出了10个中国住宅项目的碳减排量的排名，与此同时，《中国绿色低碳住区减碳技术评估框架体系(讨论稿)》以下简称(《减碳评估体系》)也正式发布。“绿色”以往多是定性，但是在“低碳”问题上必须定量，定量到碳排放、碳指标。只有定量才能和货币挂钩，为未来的碳税、碳交易做准备。

由此可见，节能玻璃的推广使用是大势所趋，需求会越来越大。提高浮法玻璃质量是促进节能玻璃发展的基础，又是我国走上绿色低碳型地产的重要部分。

据了解，2010年3月中国产品质量协会与国务院发展研究中心共同成立的国家质量信用体系与组织建设课题组，将绿色低碳产品与企业纳入质量信用体系建设的研究，重点推行绿色低碳产品标准化的研究和试点工作。“绿色低碳产品”已经成为当今经济市场的主题，不重视绿色经济的企业必将退出市场。为了推动和引导我国企业早日认识绿色经济，尽快应用绿色低碳指标技术，积极形成新的绿色竞争力。

质量是企业生存的奠基石，质量是企业发展的“金钥匙”，换句话说质量就是企业的生命。认真贯彻国务院《质量振兴纲要》(2006—2010年)，始终高度重视质量管理，实施质量兴企战略，提高全员质量意识，严格执行产品标准，完善规章制度和管理体系，依靠科技创新提高产品品质，增强执行标准的自觉性，严格按标准组织生产，以质代量，做到不生产、不销售等外品和非标产品，为节能玻璃的发展要做不懈的努力。

## 4 低碳经济的减法

所谓低碳经济的减法就是企业在必须进行碳排放的生产过程中，依靠自身的努力使碳排放进一步降低的措施，它是通过能源高效运用、清洁能源开发等方面来达到生产过程的碳减排。玻璃生产企业主要的碳排放部分就是玻璃熔窑的燃料燃烧过程，其他如原材料、电、水、气等物料是通过另一途径产生的碳排放，它的消耗可以通过科学的企业管埋，高效利用，减少漏洞，以最大限度地降低碳排放水平。玻璃行业使用的燃料有重油、煤焦油、发生炉煤气、天然气、石油焦粉等，其中天然气燃料最为环保，它是一种清洁燃料，无毒无味、热值高、燃烧稳定，相比重油来说不但能提高玻璃质量，在燃烧过程中基本不产生 SO<sub>2</sub>和烟尘，能减少 CO<sub>2</sub>排放量60%，氮氧化物排放量50%，环保效果显著。但燃料选择受市场供应、成本、质量要求方面的限制，采取节能降耗的措施是企业降低碳减排的一个重要途径。以下从节能降耗的形势、淘汰落后产能，加大结构调整、使用先进的燃烧技术、利用先进的余热利用技术等方面来分别阐述浮法玻璃生产中进行节能降耗的途径。

### 4.1 节能降耗的形势

由于玻璃生产离不开碳燃料，玻璃熔化过程中造成大量的碳排放。我们发现大气中的二氧化碳浓度在迅速增加，从工业革命前的280ppm到今天的370ppm。如果目前使用矿物燃料的趋势继续下去，到本世纪末二氧化碳浓度可能超过700ppm。根据政府间气候变化专门委员会(IPCC)的研究表明，

这可能导致全球气候上升1.4℃~5.8℃，恶劣天气更加频繁，许多自然生态系统被破坏。根据目前的科学依据，加快低碳行动，确保大气中二氧化碳的浓度稳定在0.5%~0.55%是可以实现的。但也是一个很大的挑战，因为全球能源需求预计将在2000—2050年间增加一倍。为此，节能减排势工作势在必行。

2009年平板玻璃能源消耗量约1000万吨标煤，平均单位产品能耗为20千克标准煤/重箱，熔窑热耗7800kJ/kg玻璃液，比国际平均水平高20%，比国际先进水平高30%以上，一些工艺落后和小吨位产能的企业加剧能源消耗，环境污染严重。国家标准GB21340-2008《平板玻璃单位产品能源消耗限额》于2008年6月1日起实施。现有生产企业能耗限额限定值规定的最低标准是：熔窑类别大于300t/d，单位产品综合能耗小于20.5千克标准煤/重量箱，熔窑热耗小于8200kJ/kg。新建企业能耗限额准入值是：熔窑类别大于500t/d，单位产品综合能耗小于16.5千克标准煤/重量箱，熔窑热耗小于6500kJ/kg。这就意味着现有平板玻璃生产企业（含浮法及平拉工艺）如果能耗达不到标准规定的限定值将要被强制淘汰；新建平板玻璃企业如果能耗达不到标准规定的准入门槛，将不准点火投入。为此，加大淘汰落后平板玻璃产能进度，提高装备水平，研发和引进新技术水平是玻璃企业健康发展，促进节能降耗工作的重要途径。

佛山市南海罗村曾被誉为“玻璃之乡”，有玻璃企业近50家，一直以来是罗村的支柱产业，2007年初22家纳入节能减排整治范围，14家关停，8家整改或搬迁。山东蓝星玻璃公司下属的中玻科技有限公司由于重油污染严重，于2008年8月停产整顿，10月中旬改造天然气成功，达到环保要求。为了严控双高污染企业，加大淘汰落后产能的力度，国家出台《平板玻璃单位产品能源消耗限额国家标准》，节能减排的形势非常严峻。抓好玻璃生产过程的节能减排，进一步降低碳排放，这是企业的立足之本，持续发展之本，时刻不能放松。

#### 4.2 淘汰落后产能，加大结构调整

2003年以来，国家针对建材行业先后出台了多项调控政策，旨在通过调控促使企业切实转变经济增长方式，淘汰落后产能，努力开发新品种，实现产业结构升级和节能减排，力争把建材工业发展成为资源节约型、环境友好型产业。目前我国浮法玻璃产量占平板玻璃的比例约为83.42%，世界平均为90%以上。落后生产工艺单位产品综合能耗比浮法工艺高64%。现在全国落后工艺产量仍然有7000余万重箱，如果这些落后工艺都被浮法玻璃生产工艺替代，则节能效果十分显著。

我国浮法玻璃生产线规模逐年提高，也提高了我国浮法玻璃生产的能源利用效率，降低了污染物和二氧化碳排放水平。浮法玻璃熔窑的能耗与熔窑规模呈近似线性的关系，规模越大单位玻璃液的热耗越低。目前，600吨以上熔窑占浮法玻璃总熔化能力50%以上，成为我国浮法玻璃主力窑型。

根据不同吨位的实际消耗和公式计算，得出100~1000t/d典型吨位、比较先进的燃重油玻璃熔窑的单位能耗指标和日耗燃油数量，经过适当的取整后见表2：

表2 100~1000 t/d 燃重油典型吨位玻璃熔窑的能耗指标

熔化能力 (t/d)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
单位能耗指标 (kJ/kg)	10500	8370	7330	6700	6280	5860	5650	5440	5230	5020
	~ 10900	~ 8800	~ 7750	~ 7120	~ 6700	~ 6280	~ 5860	~ 5650	~ 5440	~ 5230
日耗燃油量 (t/d)	25	40	52	64	75	84	95	108	117	125
	~26	~42	~55	~68	~80	~90	~98	~112	~122	~130
熔窑热效率 (%)	27	33	38	41	44	47	50	52	54	56
	~28	~35	~40	~44	~47	~50	~52	~54	~56	~58

目前，我国平板玻璃单位产品能耗为18.1~30千克标准煤/重箱，平均为20千克标准煤/重箱，而国际先进水平为16~20 千克标准煤/重箱。如果我们通过淘汰落后产能，加大结构调整，按照玻璃熔窑的设计呈现的大型化发展趋势，玻璃单位产品平均能耗能达到17千克标准煤/重箱，按2009年全国浮法玻璃产量计算，中国每年将节约224.7万吨标准煤，二氧化碳减排554.5万吨。平板玻璃

企业应积极落实有关政策，自觉地淘汰落后产能，加大技术创新的投入，为创造低碳企业而努力。

#### 4.3 使用先进的燃烧技术，以实现节能降耗

有史以来，玻璃熔窑一直都是以空气作为助燃介质。经过对现有燃烧系统的分析研究，认为采用空气助燃是导致高能耗、高污染、温室效应高的重要因素。空气中只有21%的氧气参与助燃，78%的氮气不仅不参与燃烧，还携带大量的热量排入大气。传统的空气助燃，需要通过定时换火进行烟气与助燃空气的热交换，回收部分热能。但是，换火过程窑内瞬间失去火焰，玻璃液必然失去热源，导致窑温波动，受到换火过程的冲击，窑压瞬间产生波动，开展科学的燃烧技术可有效地解决燃烧不稳定和减少热能损失，进而实现有效地节能降耗。

##### 4.3.1 富氧燃烧技术

大部分采用单高空分法制氮的浮法玻璃厂气保车间所产生的富氧气体都是直接排放到空气中。富氧燃烧技术就是利用这些被浪费的富氧气体，添加富氧气体收集系统，将富氧气体收集起来。富氧空气参与燃烧后，氮气量相对减少，氧分子可充分地可与可燃物接触，达到完全燃烧，火焰温度随着富氧空气中氧气比例的增加而提高，并加快了辐射、传导、对流三种形式的热传递速率。火焰温度的提高和氧气含量的增加促进燃料充分燃烧，废气中可燃物显著降低，提高了燃料利用率，并达到了环保效果。

##### 4.3.2 全氧燃烧技术

采用纯度 $\geq 85\%$ 的氧气参与燃烧的系统，我们称之为全氧燃烧。由于燃烧系统的改变，引起玻璃熔窑结构的变革，全氧燃烧窑窑炉取消了蓄热室、小炉、换火系统，如同单元窑。就采用横火焰窑炉的玻璃厂而言，熔化部厂房跨度可缩小 $2/5$ ，主生产线投资减少30%左右。鉴于采用全氧燃烧的熔窑，无需“传统换火工艺”使得玻璃熔化更加稳定，近乎达到理想境界。

通常空气助燃，因为小炉结构的需要，必须占据沿池壁长度方向较宽的位置。因此，喷枪的合理布置受到限制。采用全氧燃烧，由于燃烧器不同于小炉，外形结构尺寸相对较小，它可以按照熔化温度曲线合理分布，“燃烧器”或对烧、或交叉燃烧。完全可以按照熔化温度曲线自动控制窑内温度，不致烧坏窑体。就浮法窑而言，一般反而使热点温度下降，原料预熔区温度上升，其结果是预熔区的原料受高温气体传热很快形成薄壳，从而阻止了粉料的飞扬。能耗可降低 $12.5\% \sim 22\%$ ，未来可望降低30%以上，废气排放量减少60%以上，废气中“ $\text{NO}_x$ ”下降了 $80\% \sim 90\%$ 、烟尘也降低50%以上。

##### 4.3.3 纯氧辅助燃烧技术

由传热学理论可知，配合料在玻璃熔窑内熔化获得能量的主要途径是来自窑内燃烧火焰的辐射热。由于配合料的黑度比玻璃液的黑度大得多，即配合料的吸热能力比玻璃液的吸热能力大，在 $0^\circ$ 小炉位置增设一对全氧喷枪，可有效地增加配合料上方的热负荷，高压热气流对窑体的整体冲刷侵蚀相对减缓；而用于熔化配合料的有效热量显著增加，可能加剧窑体侵蚀的热量也就相应降低；同时配合料的快速熔化减少了配合料的飞料，进一步加速配合料的熔化。同时也能提高玻璃窑炉的拉引量 $5\% \sim 15\%$ ；改善窑炉的热效率，节省燃料 $5\% \sim 8\%$ ；改善玻璃质量，减少气泡和结石，提高成品率 $0.5\% \sim 3\%$ ；减少粉尘、烟尘的排放达20%，蓄热室格子体堵塞的可能性也减小了；纯氧辅助燃烧系统与原有空气燃烧系统相互独立，操作灵活。

##### 4.3.4 局部增氧富氧燃烧技术

局部增氧是富氧空气不足时的一种主要应用方式。玻璃熔窑理想燃烧状态是：火焰上部为缺氧区，可保护碓顶；中部位普通燃烧区；下部为高温区，能有效将热量传给玻璃液。在火焰下部通入富氧气体，火焰的下部（靠近配合料和玻璃液面）温度提高，从而改变了传统的火焰燃烧特性，使其形成梯度燃烧。火焰下部温度的提高，可强化火焰对玻璃液的传热，有利于玻璃熔化，减少过剩的二次空气量，确保空气过剩系数达到理想数值而节约油耗。对于500t/d浮法玻璃熔窑，日节油量为 $2 \sim 3$ 吨。

##### 4.3.5 利用富氧、全氧燃烧技术，实现各种燃料使用中的节能降耗

按照《平板玻璃行业准入条件》中的现有平板玻璃生产线单位产品能耗限额标准规定，浮法玻

璃使用重油和煤焦油燃料已经达到能耗限额标准。由于石油焦粉比重油、煤焦油来说不易燃烧完全，火焰发混，有黑心，所以燃料消耗有些偏高。天然气燃料燃烧时产生的气体量大，随烟气排出窑外的热量高，所以燃料消耗也有些偏高。随着窑炉改进和燃烧操作的不断优化，或者使用富氧燃烧和全氧燃烧技术后，燃料单耗高的问题会相应得到解决。

国内外玻璃行业专家和工程师为玻璃熔窑节能工艺的研究进行了二十多年的探索，积累了丰富的经验。但国内玻璃行业的能耗依然居高不下，比如比较先进的500t/d 燃油浮法玻璃熔窑的单位能耗指标为6280~6700kJ/kg，而国外同等规模的熔窑单位能耗指标可以达到5440 kJ/kg 左右。推广富氧燃烧、全氧燃烧技术能够较好的解决这个问题。

以美国现有1条全氧燃烧500t/d 浮法玻璃生产线为例，重油使用量约为62.5t/d，而我国南方某空气助燃窑500t/d 的重油消耗为87吨。经过推算，全氧燃烧500t/d 和空气助燃窑500t/d 浮法玻璃生产线碳排放量情况如表3所示。

表3 全氧燃烧500d/d 和空气助燃窑500t/d 浮法玻璃生产线碳排放量情况

排放成分	空气熔窑	全氧熔窑	减排量 (t)	减排率 (%)
	年排放量 (t)	年排放量 (t)		
CO <sub>2</sub>	133489.00	105299.00	28190.00	21
NO <sub>x</sub>	1013.00	91.25	921.75	91
烟尘	300.00	90.00	210.00	70

在一次听取法液空公司介绍纯氧燃烧技术时，讲纯氧燃烧技术是节能，但不省钱。有资料介绍：在纯氧燃烧中，氧气加燃料和空气加燃料成本比较，单位成本将提高1.85元/箱，如果考虑玻璃质量的提高和国家对新的环保、节能技术应用的实施倾斜政策，采用全氧燃烧的经济效益还是好的。

#### 4.4 利用先进的余热利用技术，以实现节能降耗

##### 4.4.1 余热发电技术

烟气带走的热量约占熔窑能耗的三分之一，如何充分利用这部分热量是一个长期研究的课题。国内一般把重点放在如何加强窑体保温，开发玻璃窑炉热回收器预热助燃空气，在玻璃熔窑烟道上增设热回收通道等措施以进一步提高助燃空气温度，最大限度的实现节能降耗，但烟气余热利用问题仍很突出。长期以来利用余热锅炉制蒸汽采暖、利用蒸汽喷射式冷水机进行制冷和采暖等，但回收的余热又会产生新的问题，如余热锅炉的热水或蒸汽无法充分利用，因而影响了节能降耗的水平。

余热发电是利用工厂生产过程中的余热建设电站，电力全部回用于玻璃生产，这样烟气余热能够被连续的利用，提高了利用水平。这套系统在回收大量余热的同时，又减少了对环境的热污染以及粉尘污染，并且给企业带来巨大的经济效益，走出了玻璃行业节能减排的一条全新的道路。

目前应用的纯低温单压力余热发电系统主蒸汽参数定位在1.6MPa、360℃左右，如果提高到2.5MPa、420℃左右的次中压参数，汽耗率就可以降低到4.6kg/kWh，比纯低温低压参数的发电量提高19.6%，把多条生产线共同开发到余热发电工程中，主蒸汽参数可以提高到中温(压)和次中温(压)，能进一步提高装机容量，投资效益更是相当可观。

例如南玻投资1亿元的12MW 余热发电项目，平均发电功率为9600kW，每年发电量为7920万 kWh，相当于年节约标准煤2.77万吨，年减少 CO<sub>2</sub>排放6.65万吨，能满足本单位玻璃生产线90%的用电量。三峡新材厂余热电站总投资7000万，通过收集三条浮法线排放的烟气进行发电，年发电量6300万 kWh，平均每年节约标准煤2.15万吨，CO<sub>2</sub>减排5.59万吨。

目前，工业发达国家玻璃熔窑的热效率一般在30%~40%，中国玻璃熔窑的热效率平均只有25%~35%。玻璃企业在成本的压力下采用了石油焦等燃料，从而加大了减排压力。节能、减排的潜力越来越大，企业应用余热发电技术的积极性逐渐提高。

##### 4.4.2 余热发电的效果分析

以一座典型的500t/d 浮法玻璃熔窑为例，有关资料介绍的数据如表4所示：



表4 浮法玻璃熔窑能耗一览表

序号	项 目	单位时间消耗	每 kg 玻璃液单耗
1	耗 油	84t/d	0.168kg
2	能 耗	$14.4 \times 10^7$ kJ/h	6900 kJ
3	玻璃熔化	$5.8 \times 10^7$ kJ/h	2780 kJ
4	窑体散热	$3.7 \times 10^7$ kJ/h	1800 kJ
5	烟气余热	$4.9 \times 10^7$ kJ/h	2350 kJ

从降低成本考虑，烟气余热为 $4.9 \times 10^7$  kJ/h，按余热锅炉的热交换率50%，过热蒸汽350℃~500℃热值为2930kJ/kg，产生450℃蒸汽 8359kg/h，按中温（压）热力循环系统的汽耗率4.2（kg/kWh）计算，每小时发电量为1990 kWh。按电网供电价0.6元/千瓦时计算，可降低成本1194元/时，重箱成本降低2.80元。

从节能降耗考虑，对于像天然气、石油焦粉等熔化单耗高的燃料，其烟气余热也高，把余热利用的热量再反算到玻璃熔化单耗里面，这样就有可比性。一座典型的500t/d浮法玻璃熔窑，燃料单耗6900kJ/kg玻璃液。按余热锅炉的热交换率50%，烟气余热利用量为1176kJ/kg，相应的每kg玻璃液能耗可以为 $6900 - 1176 = 5724$  kJ/kg玻璃液，这个单耗已经接近国外先进水平。利用余热发电可降低综合能耗0.04千克标煤/千克玻璃液，按2009年全国浮法玻璃产量计算，年可降低标煤149.8万吨，二氧化碳减排373.38万吨。

## 5 实施低碳经济的行动与对策

尽管“低碳经济”迄今都没有形成统一的概念，但我国走发展低碳经济道路，既符合当前经济社会可持续发展的要求，也符合全球气候环境合作的要求。我国企业能否积极应对低碳经济，建立与低碳发展相适应的生产方式、发展模式，从长远来看深切关乎企业的市场竞争力。当前企业发展动力就有赖于它的绿色定位和绿色理念，推动行业可持续发展，实现“环保效益”和“经济效益”的平衡。发展低碳经济是企业的必由之路，低碳经济不再是企业的道德成本，已经成为企业兴旺发展的商业机会。所以，玻璃生产企业应提高低碳意识，发展低碳文化，并积极投身于对社会有益的低碳行动中。

低碳经济的实质就是用低的能源消费、低的排放和低的污染来保证国民经济和社会的可持续发展，低碳经济的核心就是低碳的能源技术。当前，很多的玻璃企业已走在“节能”、“环保”理念的前头，大打“低碳”牌，此举已经为本企业创造了丰厚的经济效益和社会影响力。事实上，不管是加法还是减法，都是紧紧围绕着低碳经济做文章，在生产绿色产品方面，我们增加的减碳附加值越多越好。在企业生产过程中，通过节能减排，减排的碳越多越好。通过我们不懈的努力，实现真正的“低碳企业”，创造名副其实的“低碳品牌”。

在京都议定书的框架之下，国际排放贸易机制（IET）、清洁发展机制（CDM）和联合履行机制（JI）协同作用，帮助各个缔约国以灵活的方式完成减排目标。从环境保护的角度出发，京都议定书以法规的形式限制了各国温室气体的排放量，而从经济角度出发，它更是催生出一个以二氧化碳排放权为主的碳教益市场。由于二氧化碳是最普遍的温室气体，也因为其他五种温室气体根据不同的全球变暖潜能，以二氧化碳来计算其最终的排放量，因此国际上把这一市场简称为“碳市场”。随着节能减排贷款的快速推广，部分节能减排项目已经进入碳减排交易市场。银行将节能减排贷款与“碳金融”相结合，创新推出以CDM机制项下的碳核定减排收入（CERS）作为贷款还款来源之一的节能减排融资模式——“碳金融”模式，为寻求融资支持的节能减排企业提供了新的选择。

在低碳经济的形势下，“碳足迹”也应运而生。它只是一个形象的称谓，指人类活动导致二氧化碳及其他温室气体的排放量。眼下，网络上流传着各式各样的“碳足迹”计算器，据温州都市报报道，碳排放计算器亮相科博会。“碳足迹”计算器可以量化人类活动直接或间接二氧化碳的排放。虽

然这种计算器的计算结果不知是否准确，但也预示着一场酝酿中的经济变革，也隐藏着复杂的商业利益，这不仅仅是一个时髦的东西。

据2010年4月14日的一个腾讯新闻网报道，说一个黑色小脚印上写着“CO<sub>2</sub>123g”，当这样的标识出现在洗发水瓶上时，你会想到什么呢？像这样的小标签已经在英国、日本、韩国的产品上陆续出现，它就是碳标识。专家认为，“碳标识之战”有可能打响，这将进一步给中国企业减排施加压力。这些小标签告诉消费者产品从原料到成品整个过程中所排放的二氧化碳数量，让消费者能够对产品的生产给环境造成的影响有一个量化认识，并做出自己的选择，提出企业积极应对“碳标识之战”做好碳足迹核算，核算碳足迹、标注碳标识已成为大势所趋。

在低碳经济的形势下，提高低碳理念是企业的社会责任，实现企业新飞跃的理念。低碳就是企业经营之道，低碳就是企业的经济效益，低碳就是企业发展的未来。目前有很多生产企业实行量化管理，玻璃企业经营也可以使用“碳足迹”进行量化，增加量化管理内涵，实现真正的“低碳企业”。在玻璃生产经营中，碳排放是不可避免的，如何通过我们的努力把碳排放降到标准要求内，尽量达到最低。我们可以利用低碳经济的加法和减法来进行碳排放控制，以增加产品的绿色含金量来实现低碳经济的加法，以生产过程中的节能降耗来实现低碳经济的减法。

为了进行有效的“碳足迹”量化管理，还是要坚持以人为本，运用现代管理工具，打造综合管理平台。通过这个量化管理，可提高企业的低碳水平，同时便于国家与行业的管理，还便于企业间的公平交流，达到共同提高的目的。以下是浮法玻璃生产企业关于碳足迹量化管理模式，供同行参考。

#### （1）建立组织，成立领导小组，实现全员参与

企业应组建专职的低碳经济管理办公室，具体负责碳足迹计量统计，包括各种能源统计管理、产品质量等效为碳值的统计等。可以由公司副总主管、技术部门监管、各车间负责人分管、计量员具体管理与统计。建立相应的计量管理文件体系，制订计量管理制度。如果没有专门的机构，企业也可以由某一部门兼职负责，因为它们涉及到生产管理、设备管理、产品的产量和质量，供应和销售等诸多方面，这项工作各单位内要能够得到高度重视。

#### （2）抓好能源管理统计和“碳足迹”计量工作

“碳足迹”计量可以分两个主要环节进行计量，一是玻璃生产中使用的燃料、原料、水、电、气等各种消耗进行的计量，尤其是燃料的计量最为主要，因为它在玻璃生产中占用一多半的成本，也是引起排碳最大的部分。二是提高各工序的生产质量，严格按照生产工艺指标进行控制，最终达到稳定而优质的玻璃产品走向市场，所以应把玻璃生产中影响产品质量的各工艺关键点作为指标控制和计量。计量中将玻璃生产过程中的各种消耗根据各换算系数换算出碳值进行计量，数值正数；将影响玻璃质量的各工艺控制指标换算出相应的碳值进行计量，数值是负值；产品最终的碳值是两项相加作为该产品的碳标识。企业要在能源计量方面做好数据的采集、处理，实施有效的管理，充分发挥能源计量检测数据在生产经营、成本核算、能源平衡和能源利用状况统计分析中的作用，用科学、准确的计量数据指导生产；在稳定生产，提高质量方面，通过量化各工艺指标，以最大限度的提高产品质量，进一步的提高企业的形象和竞争力。

#### （3）逐步完善和管理计量器具

能源和其他原材料方面的计量工具有重量、长度、热力和电量等，玻璃生产过程工艺控制的计量工具有温度、压力、流量、重量等。建立完整准确的档案、台账，最好是制作计算机管理信息系统，可方便快捷的进行跟踪管理，保证计量器具的高效可靠。企业的贯标程序文件《监视和测量装置控制程序》中要有明确的规定，各种计量器具配备要经由企业计量主管部门进行技术确认，认真做好计量器具的检定、校准工作，层层把关，确保计量准确。

#### （4）制定考核办法，完善考核内容

为了做好节能减排和提高产品质量的目的，首先是做到规范制度，明确职责，提升执行力。其次是指标分解，逐级转化，责任层层落实。第三是盯住结果，注重操作，实现生产过程受控。第四

是及时核算，及时考核，结果与工资挂钩。

对玻璃生产中通过计量所换算的碳值进行层层分解，确定各岗位和人员的碳贡献值进行加权，设计一种科学、有效的工资激励机制，并在运行中不断修订和完善。

#### (5) 培养技术人才，深挖低碳源泉

加强企业低碳计量管理，领导是关键，制度是保证，人员是基础。企业领导要重视计量考核工作，要加强低碳计量人才队伍的建设，切实提高低碳计量人员的综合素质，以适应现代计量管理的需要。

加大技术创新和小改小革活动，通过技术创新和引进先进技术来达到碳排放的大幅度降低。个人通过技术创新使能耗降低明显，或能够使产品功用增加或质量升级的要进行重奖。

提高企业原材料利用率对降低碳排放的空间也很大。例如严格控制玻璃原燃物料的质量标准，防止原燃物料的质量问题造成玻璃生产不稳定；尽量增加成品、原料包装物的反复利用；采用科学的物流方式，降低原材料的运输消耗等，都能明显的降低碳排放。

### 参考文献

- [1] 王宇, 王宙, 赵恩录, 等. 浅谈浮法玻璃全氧燃烧技术 CDM[J]. 玻璃, 2010, (37) 2: 24-27.
- [2] 张滨. 玻璃熔窑纯低温余热发电前景看好[J]. 玻璃, 2010, (37) 1: 45-46.
- [3] 刘献全. 节能减排, 路在何方[J]. 建筑玻璃与工业玻璃, 2009, 12: 31-32.
- [4] 谭晓燕. 真空玻璃在节能住宅的应用前景[J]. 门窗, 2009, 12: 23-26.
- [5] 明清华, 王宗昌. 不同气候条件下的节能门窗的选用[J]. 门窗, 2010, 4: 54-57.
- [6] 韩永奇. 太阳能玻璃, 方兴未艾的朝阳产业[J]. 中国玻璃, 2010, 3: 38-41.

### 作者简介

陈兰武, 1985年长春建材学校毕业, 在德州晶华集团振华有限公司浮法玻璃技术中心工作。配方工程师, 检验分析高级技师。具有多年的玻璃工艺管理工作经历, 在玻璃工艺管理、配方设计与计算和玻璃原料的选择与质量控制方面积累了丰富的经验, 多次在降低成本和提高产品质量方面取得技术成果。联系方式: 山东德州晶华集团振华有限公司, 德城区湖滨南路55号, 邮编: 253007。  
E-mail: chenlanwu345@163.com