

第一章 太阳能光伏玻璃（超白玻璃）的发展历史

第一节 国内外行业技术现状与发展趋势

当电力、煤炭、石油等不可再生能源频频告急，能源问题日益成为制约国际经济社会发展的瓶颈时，越来越多的国家开始实行“阳光计划”，开发太阳能资源，寻求经济发展的新动力。欧洲一些高水平的核研究机构也开始转向可再生能源研究。

丰富的太阳能是取之不尽、用之不竭、无污染、廉价、人类能够自由利用的能源。太阳能每秒钟到达地面的能量高达 80 万千瓦时，假如把地球表面 0.1% 的太阳能转为电能，若转变率 5%，每年发电量相当于目前世界上能耗均 40 倍。

中国太阳能资源非常丰富，理论储量达每年 17000 亿吨标准煤。大多数地区年平均日辐射量在每平方米 4 千瓦时以上，西藏日辐射量最高达每平方米 7 千瓦时，年日照时数大于 2000 小时。与同纬度的其他国家相比，我国太阳能辐射量与美国相近，比欧洲、日本优越得多，因而有着巨大的开发潜能。

中国科学院宣布启动西部行动计划，将在两年内投入 2.5 亿人民币开展研究，建立若干个太阳能发电、太阳能供热、太阳能空调等示范工程。太阳能光伏发电系统已成为利用太阳能的首选有效途径，并在工业发达国家得到大面积开发利用。太阳能光伏发电是指用太阳能光伏电池装置将太阳能转换为电能，白天太阳能电池接受太阳光向蓄电池充电，夜间蓄电池输出电能供电。美国的“光伏建筑计划”、欧洲的“百万屋顶光伏计划”、日本的“朝日计划”以及我国开展的“光明工程计划”掀起中国的节能环保生态建材的开发应用热潮，大大促进了光伏建材产品的发展及推广应用。近年来，太阳能产业国外每年以 30%~40% 的速度递增，成为发展最为迅速的产业之一。太阳能产

业的迅猛发展，为太阳能光伏电池系统相配套的新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）提供了极为广阔的市场发展空间。

国家发改委能源局局长徐锭明指出：能源紧张将长期存在，中国要大力发展太阳能产业。清洁能源的开发和利用是解决能源危机的有效手段。我国应大力开发可再生能源。我国的长期目标是：到 2020 年，太阳能发电达到 100 万千瓦。中国太阳能学会秘书长孟淦预计，到 2050 年，太阳能将替代常规能源，人类的能源消耗将有 50% 以上来自于太阳能。

我国是太阳能资源丰富的国家之一。我国有着荒漠面积 108 万平方公里，大多分布在光照资源丰富的西北高原地区，1 平方公里面积可安装 100 兆瓦光伏阵列，每年能发电 1.5 亿千瓦时。太阳能资源开发利用的潜力非常广阔。我国地处北半球，南北距离和东西距离都在 5 0 0 0 公里以上。在我国广阔的土地上，有着丰富的太阳能资源。大多数地区年平均日辐射量在每平方米 4 千瓦时以上，西藏日辐射量最高达每平米 7 千瓦时。年日照时数大于 2 0 0 0 小时。与同纬度的其他国家相比，与美国相近，比欧洲、日本优越得多。

因此，我国光伏工业发展前景十分广阔。近年来，太阳能光伏电池的应用在我国西部地区逐渐扩大。在国内太阳能电池的生产方面，据大致的统计，目前国内较知名的有一定技术实力的生产太阳能电池的企业主要有十几家。随着西部大开发和光明工程的实施，我国正在涌现一批新兴的光伏企业。但总体看来，规模还不够大，呈现出分散、无序、零敲碎打的局面，不能适应

中国光伏电池市场需求的发展。

第二节 国内外市场需求分析

能源的紧缺，已经成为目前世界范围内的热门话题。从长远战略上考虑，开发和利用太阳能是各国可持续发展战略的重要组成部分。太阳能是一种既

丰富又无污染的可持续利用能源。太阳能利用主要有两种方式：一是通过集热器将太阳辐射能转化为热能，如太阳能热水器、太阳能灶等；二是通过太阳能电池将太阳能转化为电能，即光伏发电，如太阳能电池等，而无论是光能转化热能装置，还是光能转化电能装置，太阳能封装组件都是不可缺少的组件之一，太阳能封装组件必须具备以下特征：

- 1、 阳光透过率高（透过率 $\geq 91\%$ ，含 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 150\text{PPm}$ ）、吸收率和反射率低；
- 2、 对风压、积雪、冰雹、投掷石子等外力和热应力有较高的机械强度；
- 3、 不透水；
- 4、 对雨水和环境中的有害气体具有一定的耐腐蚀性能；
- 5、 长期暴露在大气和阳光下，性能无严重恶化；
- 6、 热膨胀系数必须与结构材料相匹配，即膨胀系数要小。

能够要满足上述条件，只有新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）和透明塑料板，但由于塑料板有易老化，软化点低，热膨胀系数大，因而不宜用作盖板。新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）化学性能稳定，几乎看不到老化，钢化后的玻璃，有很高的强度，所以新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）是太阳能装置优良的组件材料。

由于太阳能装置要求封装玻璃光谱透过率较高，即高阳光透过率、低吸收率和低反射率。而玻璃中氧化铁含量和玻璃的厚度是影响透明玻璃的光谱透过率的两个关键因素。在玻璃厚度一定的情况下，氧化铁含量大小直接决定玻璃光谱透过率。通常透明太阳能封装玻璃选取用无铁玻璃或含铁少的玻璃。而新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）以高光透过率、低吸收率、低反射率和低含铁量，以及表面无须进行特殊处理等优点，成为太阳能封装组件的首选

取材料。

与国内太阳能技术火爆发展相比较，太阳能电池盖板材料的发展明显滞后，形成了我国太阳能电池生产企业一方面拿出高额外汇进口盖板材料满足生产需要，一方面又将生产出的太阳能电池组件 90%以上出口国外的现象。因此，开发研制太阳能电池玻璃，不仅能够有效地整合技术资源，充分利用技术优势，而且替代进口，为国家节约外汇的同时组织部分产品出口，具有明显社会效益和经济效益。

太阳能光伏玻璃是太阳能电池产业中一个重要的新兴配套产品，它随着光伏行业的发展而逐渐壮大。目前，国内一些大企业开始介入太阳能电池玻璃生产领域，单条生产线的生产能力在日产 250~500 吨。据了解，我国光伏领域玻璃的需求量以每年 50%的速度递增，太阳能电池玻璃市场前景非常广阔。从发展趋势看，我国将成为未来太阳能电池玻璃重要的生产基地。

我国太阳能玻璃的生产起步较晚。目前国内能够生产低铁（超白）玻璃（含压延超白玻璃）的生产线已经有 10 多家，分布在山东、江苏、上海、浙江、广东、河南等地区，拥有 20 多条生产线，实际产能约日产 3000 吨左右。其中山东、江苏、上海、浙江、广东等地的产品大部分出口荷兰、德国、日本、韩国、泰国和我国台湾地区，在国内基本直接出售原片给其他加工玻璃商的市场正逐步上升。

就目前国际市场而言，世界上只有美国 PPG、法国圣戈班、英国皮尔金顿、日本旭硝子、比利时 Glaverbel 等少数企业能够生产质量优异的低铁超白太阳能玻璃，但产量无法满足全球日益增长的市场需求。据有关方面预测，2011 年全球光伏新增装机量将达 22.2GW，欧洲市场正逐步走向市场驱动，中国市场即将启动，光伏实际装机量可能大超预期。保守预计，我国太阳能电

池产量占全球的 55%，晶硅电池占其中的 90%，2011 年我国晶硅电池产量约 11GW。

光伏产业正在争取在成本上变得有竞争力。据预测，大约在 1~4 年内可以实现使用光伏发电设施的发电成本不超过使用常规手段发电的成本。这其中，玻璃起到的作用越来越大。

我国在“十二五”期间，将采取多项措施促进太阳能热利用产业的发展 and 国内光伏市场的稳步启动。一是继续推广利用太阳能热水器，到 2015 年，我国太阳能热利用面积将达到 4 亿平方米。二是加大对太阳能发电技术研发的支持力度，建设国家级太阳能研发实验中心，增加财政和企业的研发投入。三是稳步启动国内太阳能发电市场，在太阳能资源丰富、具有荒漠和荒芜土地资源的地区，建设一批大型并网光伏示范电站；在城镇推广与建筑结合的分布式并网光伏发电系统；在偏远、无电地区推广光伏发电系统或建设小型光伏电站。四是引导我国太阳能光伏发电产业健康发展，加快光伏发电产业科技创新和进步，将其培养成为我国先进的装备制造和新兴能源支柱产业。

第二章 玻璃生产基本知识

第一节 物质的玻璃态

自然界中，物质存在着三种聚集状态，即气态，液态和固态。又有两种不同的形式存在，即晶体和非晶体（无定形态）。

玻璃态属于无定形态，其机械性质类似于固体，是具有一定透明度的脆性材料，破碎时往往有贝壳状断面。但从微观结构看，玻璃态物质中的质点呈近程有序，远程无序，因而又有些象液体。从状态的角度理解，玻璃是一

种介于固体和液体之间的聚集状态。

对于“玻璃”的定义，二十世纪四十年代以来曾有过几种不同的表述。1945年，美国材料试验学会将玻璃定义为“熔化后，冷却到固化状态而没有析晶的无机产物”。也有将玻璃定义扩展为“物质（包括有机物，无机物）经过熔融，在降温冷却过程中因粘度增加而形成的具有固体机械性质的无定形物体”。我国的技术词典中把“玻璃态”定义为：从熔体冷却，在室温下还保持熔体结构的固体物质状态。其实，在上世纪八十年代，有人提出上述定义‘是多余的限制’。因为，无机物可以形成玻璃，有机物也可以形成玻璃，显然早期的表述并不合适。另外，经过熔融可以形成玻璃，不经过熔融也可以形成玻璃，例如，经过气相沉积，溅射可得到非晶态材料，采用溶胶-凝胶法也可以得到非晶态材料，可见后期的表述也并不妥当。现代科学技术的发展已使玻璃的含义有了很大的扩展。因此，有人把具有下述四个通性的物质不论其化学性质如何，均称为玻璃。这四个通性是：

- 1、各相同性。玻璃的物理性质，如热膨胀系数，导热系数，导电性，折射率等在各个方向都是一致的。表明物质内部质点的随机分布和宏观的均匀状态。
- 2、介稳性。熔体冷却成玻璃体时并没有处于能量最低的状态，仍然有自发转变为晶体的倾向，因而，从热力学的观点看，处于介稳状态。但常温下玻璃的粘度非常大，自发转变为晶体的速度非常慢，所以，从动力学的观点看，它又是非常稳定的。
- 3、固态和熔融态间转化的渐变性和可逆性。玻璃态物质由熔体转变为固体是在一定温度区间（转化温度范围）进行的，性质变化过程是连续的和可逆的，它与结晶态物质不同，没有固定的熔点。
- 4、性质随成分变化的连续性和渐变性。在玻璃形成范围内，玻璃的性质随成

分发生连续的逐渐的变化。例如，在 R_2O-SiO_2 系统中，玻璃的弹性模量随 Na_2O 或 K_2O 含量的上升而下降，随 Li_2O 含量的上升而上升。

第二节 玻璃的熔制

配合料经高温加热熔融成合乎成型要求的玻璃液的过程称为玻璃的熔制过程。玻璃熔制是玻璃生产的重要环节之一，在生产中影响产量，质量的缺陷如气泡，结石，条纹等往往是因熔制不当造成的。

玻璃的熔制是一个十分复杂的过程，它包括一系列的物理变化，如配合料的脱水，晶型的转化，组分的挥发；包括一系列的化学变化，如结合水的排除，碳酸盐的分解，硅酸盐的形成；还包括一系列的物理化学变化，如共熔体的生成，固态料的溶解，玻璃液与耐火材料间的作用等。

从加热配合料到熔制成玻璃，常分为如下五个阶段：

(1)、硅酸盐形成阶段 配合料中的各组分在加热过程中经过了一系列的物理和化学变化,结束了主要的反应过程，大部分气态产物逸散，配合料变成了由硅酸盐和石英砂组成的烧结物，对普通钠钙硅玻璃而言，这一阶段在 $800—900^{\circ}C$ 结束。

(2)、玻璃形成阶段 继续加热时，烧结物开始熔融，原已形成的硅酸盐与石英砂相互扩散并溶解，直到再没有未起反应的配合料颗粒，烧结物变成了透明体。但玻璃液带有大量气泡，条纹，在化学成分上是不均匀的。对普通的钠钙硅玻璃而言，此阶段结束于 $1200^{\circ}C$ 。

(3)、玻璃液澄清阶段 继续加热时，玻璃液的粘度降低，玻璃液中的气泡逸出，直至气泡全部排除。普通钠钙硅玻璃在 $1400—1500^{\circ}C$ 结束这一阶段。

(4)、玻璃液均化阶段 当玻璃液长期处于高温下时，其化学组成逐渐趋向均

匀，玻璃液中的条纹由于扩散，溶解而消除。普通钠钙硅玻璃的均化温度低于澄清温度。

(5)、玻璃液冷却阶段 将已澄清并均化的玻璃液降温，使具有成型所需要的粘度。

1. 硅酸盐的形成

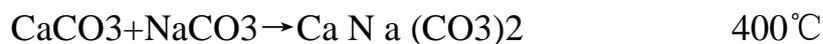
以普通玻璃为例，加热过程中的反应大致如下：

吸附水与结晶水的排除

吸附水的排除 100—120°C



复盐的形成 $\text{MgCO}_3 + \text{NaCO}_3 \rightarrow \text{Mg Na} (\text{CO}_3)_2$ 300°C



多晶转变 $\text{斜方晶型} \rightarrow \text{单斜晶型}$ 235-239°C



碳酸盐分解 $\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2$ 300°C



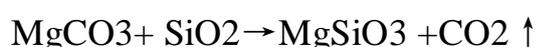
固相反应 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{C} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + \text{CO}_2 \uparrow$ 400-500°C

硅酸盐形成 $\text{Mg Na} (\text{CO}_3)_2 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{MgSiO}_3 + \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{CO}_2 \uparrow$

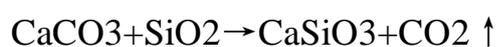
340-620°C



585-900°C



450-700°C



600-920°C

| | | |
|--------|---|-------------|
| | $\text{NaCO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{NaSiO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow$ | 700-900°C |
| | $\text{MgO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{MgSiO}_3$ | 980-1150°C |
| | $\text{CaO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaSiO}_3$ | 1010-1150°C |
| | $\text{CaSiO}_3 + \text{MgSiO}_3 \rightarrow \text{CaSiO}_3 \cdot \text{MgSiO}_3$ | 600-1280°C |
| 低共熔物形成 | $\text{Na}_2\text{SO}_3 - \text{Na}_2\text{S}$ | 740°C |
| | $\text{Na}_2\text{SO}_3 - \text{Na}_2\text{CO}_3$ | 795°C |
| | $\text{Na}_2\text{SO}_3 - \text{Na}_2\text{SiO}_3$ | 865°C |
| | $\text{NaCO}_3 - \text{NaS}$ | 756°C |
| | $\text{NaCO}_3 - \text{CaNa}(\text{CO}_3)_2$ | 780°C |
| | 未起反应的 $\text{NaCO}_3 \rightarrow$ 熔融 | 855°C |
| | 未起反应的 $\text{NaSO}_3 \rightarrow$ 熔融 | 885°C |
| | 石英颗粒, 低共熔物, 硅酸盐熔融 | 1200-1300°C |

试验表明, 配合料组成越复杂, 熔融的速度就越快。如 $\text{NaCO}_3 - \text{CaCO}_3 - \text{MgCO}_3 - \text{SiO}_2$ 四组分的配合料比 $\text{NaCO}_3 - \text{CaCO}_3 - \text{SiO}_2$ 三组分的配合料熔融速度快, 所需温度也低。

在用池窑熔制玻璃时, 配合料直接加在高温区, 反应在约 1350°C 的高温下在 3-5 分钟内完成, 反应非常迅速, 基本上是在固体状态下进行的。

2. 玻璃的形成

在硅酸盐形成阶段生成的硅酸钠, 硅酸钙及反应剩余的大量硅砂在继续提高温度时它们相互溶解和扩散, 由不透明的半熔烧结物转为透明的玻璃液。由于石英砂粒的溶解和扩散速度比之各种硅酸盐的溶扩速度慢得多, 所以玻璃形成阶段的速度实际上取决于石英砂粒的溶扩速度。

石英砂粒的溶扩过程分为两步，首先是砂粒表面发生溶解，而后溶解的 SiO_2 向外扩散，两者的速度是不同的，其中扩散速度最慢。所以石英砂粒的溶解速度决定于扩散速度。

随着石英砂粒的逐渐溶解，熔融物中的 SiO_2 含量越来越高，玻璃液的粘度也随着增加。此时，扩散就越难进行，这导致石英砂的溶解速度减慢。由上可知，石英砂粒的溶解速度不仅与粘度和温度有关，而且与砂粒表层 SiO_2 和熔体中 SiO_2 的浓度差有关

除 SiO_2 与各种硅酸盐之间的扩散外，各硅酸盐之间也相互进行扩散，这些扩散过程有利于 SiO_2 更好地溶解，也有利于不同区域的硅酸盐形成相对均匀的玻璃液。

与硅酸盐形成过程相比，玻璃形成过程要慢得多。以平板玻璃熔制为例，从硅酸盐形成开始到玻璃形成阶段结束共需要 32 分钟，其中硅酸盐形成仅需 3-4 分钟，而玻璃形成却需要 28-32 分钟。当然，硅酸盐形成和玻璃形成的两个阶段没有明显的界限，在硅酸盐形成阶段结束之前，玻璃形成阶段即已开始。

为了加速石英砂粒的溶解速度，除选用颗粒小，有棱角状的石英砂外，可适量引入助溶剂，也可适当提高熔制温度。在 1150-1450℃ 的温度区间，溶化温度提高 50℃，石英砂的溶解速度就提高 50%。这是因为温度提高，玻璃液粘度降低， SiO_2 的扩散速度加快，从而加速了玻璃的形成。

3. 玻璃液的澄清

玻璃液中的气泡长大后上升到液面而排除的过程即澄清过程，是玻璃熔制过程中极为重要的一环，它与制品的产量和质量有着密切的关系。对普通

硅酸盐玻璃而言，澄清阶段的温度为 1400-1500℃。

在硅酸盐形成与玻璃形成阶段，由于配合料中部分物料的分解，部分组分的挥发，氧化物的氧化还原反应，玻璃液与炉气及耐火材料的相互作用等原因，析出了大量气体，其中大部分气体逸散而出，剩余气体中的大部分溶解于玻璃液中，少部分以气泡的形式存在于玻璃液，也有部分气体与玻璃液中的某组分形成化合物。因此，存在于玻璃液中的气体主要有三种形式：即可见气泡，物理溶解的气体和化学结合的气体。

因原料种类，玻璃成分，炉气性质，压力制度和熔制温度的不同，玻璃液中的气体种类和数量也不同。常见的气体有；CO₂,O₂.N₂,H₂O,SO₃,CO 等，此外，还有 H₂,NO₂,NO 及惰性气体等。

玻璃液的澄清指排除可见气泡的过程。从形式上看，这是一个简单的流体力学问题，实际上还包含一个复杂的物理化学变化。需要指出的是，玻璃液的‘去气’与‘无泡’是两个概念。‘去气’应理解为全部排除上述三种气体，这在一般生产条件下是不可能的。

排除玻璃液中的气泡有两种方式同时进行。大于临界泡径的气泡由玻璃液内上升到玻璃液面，而后破裂进入大窑空间；小于临界泡径的气泡在玻璃液表面张力的作用下溶解于玻璃液中而消失。

气泡上升的速度与玻璃液的粘度成反比，玻璃液的澄清与玻璃的组成及熔制温度有关。

与澄清有关的几个主要问题：

1、澄清过程中气体间的转化与平衡

在澄清过程中，玻璃液内所溶解的气体，气泡中的气体与炉气三者间的

平衡关系，是由某种气体在各相中的分压所决定的。气体总是由分压高的相进入分压低的相。其间关系可用下图表示；

气体间的转化与平衡除与上述分压有关外，还与气泡中所含气体的种类有关。依据道尔顿分压定律，当 A 气体进入含有 B 气体的气泡中时，气泡的总压将增高，气泡中 B 气体的分压将减小。因而气泡将从四周玻璃液中吸收 B 气体，直到两相中 B 气体的分压相等。

气体在玻璃液中的溶解度与温度有关，玻璃液温度升高，气体在玻璃液中的溶解度减小。

2、澄清过程中气体与玻璃液的相互作用

澄清过程中气体与玻璃液的相互作用有两种不同的状态；一类是纯物理吸附，如 N₂ 气，不与玻璃成分发生任何反应；另一类气体如 SO₂，与玻璃成分间发生反应，形成化合物，随后在一定的条件下又析出气体。

O₂ 与玻璃液的相互作用 氧在玻璃液中的溶解度首先取决于变价离子的含量，吸收的氧使低价离子转为高价离子。例如；



当玻璃液中完全没有变价氧化物时，氧在玻璃液中的溶解度是微不足道的。

SO₂ 与玻璃液的相互作用 无论何种燃料，都含有硫化物，因而炉气中均含有 SO₂，它能与配合料及玻璃液相互作用形成硫酸盐，例如；



对于含 Na₂O 15%，CaO 12%，SiO₂ 73% 的玻璃液，在 900—1200℃ 的温度范围内，玻璃液吸收 SO₂，形成硫酸盐，高于 1200℃ 时，硫酸盐开始分解，

到 1300℃时，硫酸盐的热分解结束。

3、澄清过程中澄清剂的作用机理

为加速澄清过程，在配合料中加入少量澄清剂，根据作用机理不同，可将澄清剂分为三类；

(1) 变价氧化物类澄清剂

这类澄清剂有 As_2O_3 , Sb_2O_3 , CeO_2 , Mn_2O_3 等，其特点是在低温时吸收氧气，在高温时放出氧气，其作用如下；



As_2O_3 在玻璃熔制中作用很大，无论是高温熔制还是低温熔制，都能非常明显地加速玻璃液中气泡的排除过程。当玻璃液中 As_2O_3 浓度在 1%以下时，澄清作用随浓度增大而加快。但浓度继续增大，对澄清无益，反而使玻璃产生乳光现象。

Sb_2O_3 的作用类似于 Sn_2O_3 ，也是一种常用的澄清剂。但在不同组成的玻璃液中，澄清效果不一样。例如，在重钡冕玻璃中， Sb_2O_3 的效果大大超过 Sn_2O_3 。而在钠钙硅酸盐玻璃与硼硅酸盐玻璃中，两者的效果没有明显的差别。

(2) 硫酸盐，硒酸盐，碲酸盐类澄清剂

硫酸盐分解后产生 SO_2 ，对气泡的长大与溶解起着重要作用。 Na_2SO_3 是广泛用于制造瓶罐玻璃，窗玻璃和其他钠钙玻璃制品的有效澄清剂。



$(NH_4)_2SO_3$ 等所有硫酸盐与 Na_2SO_3 一样，在钠钙玻璃中均有很好的澄清作用。

引入配合料中的硫酸盐，其阳离子本身对澄清过程不起作用。不论引入何种硫酸盐，离子交换的结果总是形成硫酸钠而产生澄清效果。与变价氧化

物澄清剂 As_2O_3 , Sb_2O_3 不同的是, 硫酸盐的澄清作用与熔化温度密切相关。低温熔制时, 对澄清几乎没有影响。只有在 $1400-1500^{\circ}C$ 时, 硫酸盐的作用才能充分显示出来。

4、玻璃液的均化

玻璃液的均化包括化学组分均化和热均化两大部分。在玻璃形成阶段结束后, 由于各种原因在玻璃液中仍存在着一些与主体玻璃液化学成分不一样的局部区域。例如, 化学组成不同的透明的条状物(条纹), 化学组成不同的层状玻璃液, 局部熔融的粒状烧结物(疙瘩)。这种不均质体的存在, 对玻璃质量的影响极大。例如, 主体玻璃与不均质体两者膨胀系数不同, 在界面必将产生结构应力, 这往往是导致制品炸裂的重要原因; 如两者光学常数不同, 必然使光学玻璃产生光畸变; 如两者粘度不同, 必然使窗玻璃产生波筋, 条纹等; 如两者化学组成不同, 必然使其界面的析晶倾向增大。

为消除这种不均体, 使整个玻璃液在化学成分上达到一定的均匀性, 这就是玻璃液的均化过程。不同制品对玻璃化学组分的均化程度要求不同, 普通钠钙硅玻璃的均化温度可低于澄清温度。

5、玻璃液的冷却

均化好的玻璃液不能马上用以成型, 这是因为不同成型方法要求不同的玻璃粘度。成型方法确定后, 它所需要的粘度对不同组成的玻璃来说所对应的温度也不一样。均化好的玻璃液的粘度比成型需要的粘度小。为了达到成型所需要的粘度, 就必须降温。这就是熔制玻璃过程中冷却阶段的目的。对一般的钠钙硅玻璃, 通常要降温到 $1000^{\circ}C$ 左右才能进行成型。

在冷却阶段, 影响产品产量和质量的两个因素是玻璃液的热均匀程度和

是否产生二次气泡。

在冷却过程中，不同部位的玻璃液间多少会有一定的温差。当这种热不均匀性超过某一范围时，对生产会带来不利影响。生产上采用的强制冷却往往不利于玻璃液的热均化过程。

在冷却阶段，玻璃液的温度，窑内的气氛及压力制度都发生了很大的变化。因而破坏了原有的气液相之间的平衡。由于玻璃液是高粘滞的熔体，要建立新的平衡比较缓慢。因此，在冷却过程中平衡条件虽然改变了，也不一定出现二次气泡。但必须重视有产生二次气泡的内在因素。

二次气泡又称再生泡或灰泡，其特点是直径小（一般小于 0.1 毫米），数量多（每立方厘米可达几千个），分布匀。对产生二次气泡的机理已作了不少研究，认为不同玻璃产生二次气泡的原因不尽相同。

硫酸盐的热分解 在已澄清的玻璃液中往往残留有硫酸盐，它们可能来自配合料中的芒硝，也可能性是炉气中的 SO_2, O_2 与碱金属氧化物反应的产物 ($\text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{NaSO}_3$)。当某种原因使已经冷却的玻璃重新加热时，将导致硫酸盐的分解而析出二次气泡。二次气泡的生成量不仅与温度高低有关，还与升温速率有关。升温快，二次气泡多；当窑内存在还原气氛时，也能使硫酸盐分解而产生二次气泡。

溶解气体的析出 气体的溶解度一般随温度的降低而升高。因而冷却后玻璃液再次升高温度时将放出气体而形成气泡。

第三章 光伏玻璃的配料及工艺

河南思可达新型能源材料有限公司是于 2006 年 5 月份开始筹划新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）的研制与开发建设项目，经过周密的市场调查和经济、社会效益预测，于 2006 年 7 月正式开工建设，2007 年元月点火进入试生产阶段，2007 年 3 月 1 日全线正常，产品质量符合要求。期间组织技术攻关人员对原料配制、生产工艺进行了大量的试验和大胆的革新，有效保证了产品的的新颖性和先进性，现已有五项目专利被中华人民共和国国家知识产权局正式受理，经河南省科学技术情报研究所查新表明，该创新工艺国内未见报道，应属国内领先水平。

第一节 光伏玻璃生产的主要技术难点和创新点

一、主要技术难点：

- ◆ $\geq 91\%$ 的透光率；
- ◆ 熔窑玻璃液上下温差的控制；
- ◆ 玻璃液流的稳定；
- ◆ 生产规格因托砖断裂受限制；
- ◆ 玻璃铁含量 $\leq 150\text{PPm}$ 。

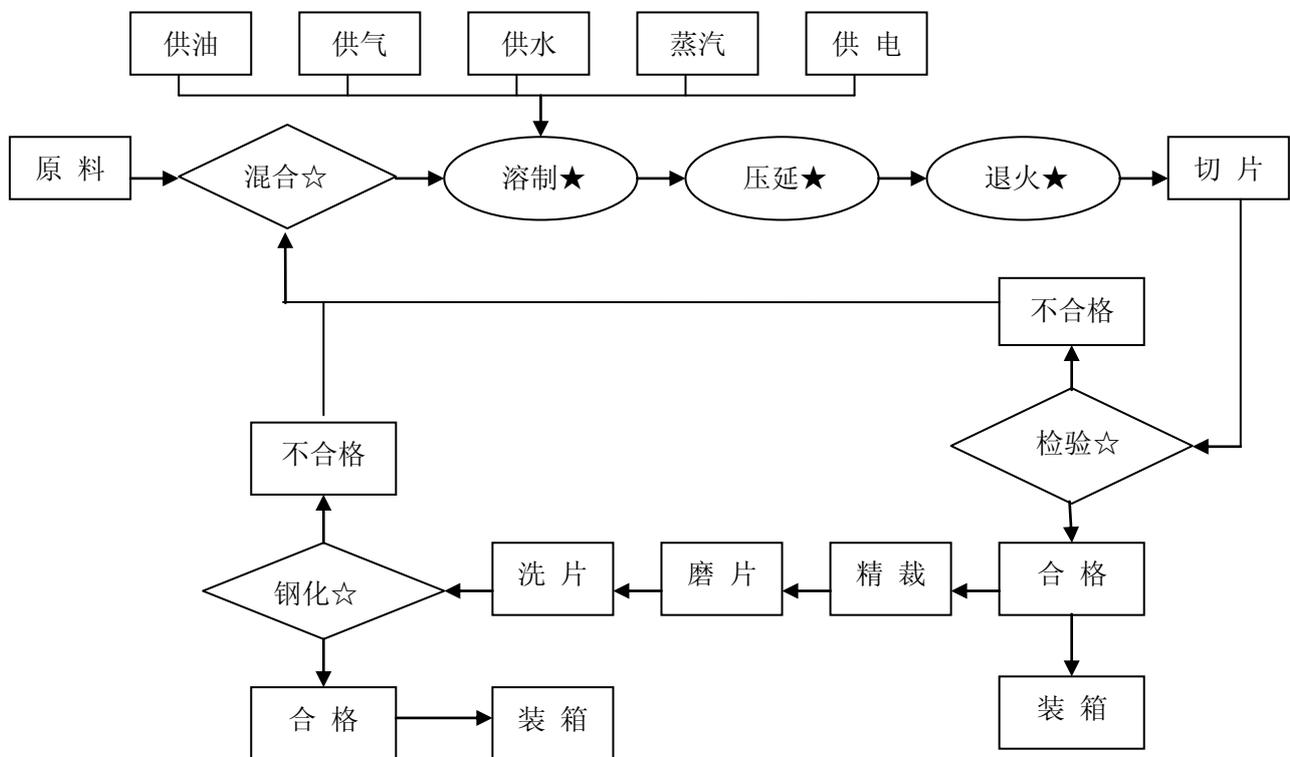
二、主要创新点：

- ◆ 把实验室光学玻璃的生产工艺和方法进行合理的放大；
- ◆ 根据新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）的特点成功设计新的窑炉结构；
- ◆ 根据新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）产品标准，形成科学的物料配方；
- ◆ 变频器备用供电系统的创新设计；
- ◆ 正四角新型花型的设计；
- ◆ 正六角新型花型的设计；

◆压延机托砖架的创新设计；

第二节 太阳能光伏玻璃（超白玻璃）的生产工艺

生产工艺流程图



一、物料配方的特性

玻璃液中铁含量的高低是影响透光率的主要因素，铁含量越低，透过率越高。在研制过程中，把降低铁含量作为主要技术研制课题。在原料选用上，采用了高纯石英砂、纯碱、碳酸钾、硝酸钾等精细化工原料上占主要成份的原料选用制度。石英砂经酸洗后，三氧化二铁含量控制在了 30PPm 以下，其

他精细化工原料中三氧化二铁含量控制在 0.001% 以下。在原料配比过程中，为杜绝原料接触铁器而增加铁含量，对所有原料进行了内外袋包装，配料工具全部采用铝制品，窑头、料仓、投料机全部以不锈钢为材质，混合机内、原料料仓及各种运料工具均采用耐磨塑料板衬里包裹，有效杜绝了原料与铁直接接触。普通玻璃的三氧化二铁含量一般控制在 0.2% 左右，而新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）的三氧化二铁含量必须控制在 0.015% 以内，才能保证其透光率和白度。为了充分提高玻璃的透光率和白度，我们主要采取以下三项措施：第一、通过对原辅材料纯度和三氧化二铁含量的控制，减少三氧化二铁的引入；第二、通过对玻璃熔制过程中氧化还原气氛的控制，使亚铁离子在反应过程中尽可能完全的转化为三价铁离子，因为二价铁离子在玻璃中的着色能力是三价铁离子的 10 倍；第三、引用优质的氧化剂和脱色剂，通过调整芒硝含率和硝酸钠含率、采用科学合理的物料配比，保证亚铁离子的充分氧化。目前通过国家权威部门检测，我公司新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）透光率达到 92.1%，三氧化二铁含量达到 100PPm 以下，明显优于行业标准要求。

二、配料系统的特性

新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）原料系统技术参数：碎玻璃含量 25~35%，玻璃获得率 82%。

原料配料系统存在的最大难题是配料精度和避免游离铁的引入，对配料工艺要求相当严格。

原料系统由原料储库、配料车间、混合机房、原熔皮带廊等部分组成。原料经检验合格后，大宗原料采用提升机提升入配料库，小宗原料采用电葫芦吊用到库顶人工倒料。配料系统均采用电子秤计量，混合系统用一台皮

带机将混好的配料输送到窑头料仓。除混合机采用铸石衬里外，整个原料系统设备采用 PE 高强度耐磨塑料衬底，原熔皮带前段加设永磁装置，杜绝机械游离铁质进入系统。

1、配料精度的控制

我们组织技术人员进行攻关，通过查阅大量的国内外资料和反复的试验，在配料精度方面对三大主料采用上海班弛公司提供的 PLC 控制系统，小料采用高精度电子秤，配料精度达到 0.01g，全过程中采用电脑控制自动下料，有效的保证了配料准确度，自投产以来从未出现过配料失误，该系统的可靠性已得到充分证实。

2、工艺中游离铁的控制

在避免游离铁进入方面，除制定严格的内控标准和科学的质量保证体系外，大量的工作是对传统设备设计的创新和改进，首先是对配料混合机的改进，我公司组织各类专业的技术人员约 10 人左右跨专业、跨行业、多方位进行选材，最后锁定在以不锈钢做材质和耐磨塑料或铸石做内衬，然后查阅大量的技术资料并到国内几家知名的研究机构进行咨询，进行科学选择，最后排除了不锈钢材质和耐磨塑料内衬两个方案，因为不锈钢里面含有微量的金属镍，在玻璃形成过程中如果积聚会引起新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）自爆，直接影响到生产成本和产品质量；由于混料机的高速旋转和高硬度硅质材料的引入，选用耐磨塑料做内衬也遇到了很大的难题，我们咨询国内外现有的耐磨塑料生产商，根据提供的产品参数进行全面分析，在这种使用环境下使用耐磨塑料做内衬，使用寿命短、设备检修频繁，经济上不太可行；经过反复试验和论证，我们最后选定用铸石做内衬，进行混料机的改进，该

材质属于一种非金属产品，主要成份是二氧化硅、三氧化二铝、氧化钙和氧化镁等，密度 2.9~3.0，仅为钢铁的 40%，莫氏硬度 7~8，具有一般金属所不能达到的耐磨、耐酸和耐碱性能，耐磨强度比钢铁大 15~20 倍，耐酸度除对氢氟酸外能达到 99%，耐碱度达 98% 以上，该方案的选择，克服了上述两方案的几个主要缺点，有效避免了原料混合过程中游离铁的带入，使用效果良好。同时攻关技术人员在斗式提升机、储料仓等现场输送、储存设备的选型和选材方面进行多方论证，采用韩国进口高强度耐磨塑料板做内衬，杜绝此类设备与原料的直接接触，在原料车间到熔制窑头的输送工序中，设计了两套永磁除铁装置，多方面避免了游离铁的引入，取得了良好的效果。

第三节 玻璃熔化过程的控制

熔化区采用重油加热，冷却部、通路采用天然气和液化气，火焰方式为马蹄焰，根据熔窑的不同位置，选用相应的耐火材料砌筑，整个熔化系统由仪表实现 PID 全自动控制。熔化部火焰区壁用 41#氧化法电熔锆刚玉砖，冷却部池壁电熔 33#氧化法锆刚玉砖，以延长窑龄。熔化部大碓用优质硅砖。蓄热室格子体选用碱性砖和高密度高铝砖。采用编蓝式码放，提高蓄热能力。熔窑本体各部位采用优质的耐火材料。经过反复论证，我们采用如下熔化控制方案：

- a) 玻璃液面控制：采用影像智能测控技术对玻璃液面进行检测和控制。采用正面毯式投料技术，液面测量和投料机实行联动。
- b) 窑压自动控制：采用碓顶取压方式，由仪表实现 PID 自动控制，与大烟囱闸板联动。
- c) 流液道温度控制。
- d) 燃油流量控制。

- e) 火焰换向设置自动、半自动和手动三种控制方式。
- f) 燃油压力、粘度、油温控制及雾化气压力控制，燃油压力及雾化气压力，实现限幅比例调节。
- g) 熔窑所有温度检测点都引到控制室。
- h) 助燃风机与冷却风机现场控制。

一、多点温度控制技术的创新保证了温度制度的精细控制。

新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）生产中影响玻璃液流的关键温度点为料毯温度、热点温度、冷却部池底温度等，它们直接影响熔化澄清效果、玻璃液流的稳定以及下道工序的工作温度，我们通过对上述多点温度的反复比较、分析、研究，最终采用以单独的热点碇顶温度作为控制的标准点，根据的玻璃液流温度，探索出了各温度点的变化规律、影响程度以及温度变化时各点之间的关系，准确给出校正因子并带入控制系统，不仅有效保证了正常作业条件下温度制度的精细控制，同时保证了生产过程中熔窑各关键温度点的相对稳定。

二、窑炉结构的创新技术彻底解决了玻璃液的污染问题

为了保证液流的稳定，需要在窑炉内设计一个特殊的阻挡液流装置，统称为窑坎。而窑坎位置和高度确定的合适与否，会直接影响到玻璃液流的稳定。通过对窑坎不同位置的速度场以及窑坎距池底 400mm、700mm、1000mm 等不同高度的速度场，有无窑坎的温度场对比进行了反复的模拟试验，最终将窑坎位置选择在碇顶热点面，窑坎高度为 720mm，达到了降低池底温度、削弱环流的回流速度，起到了稳定液流的作用。在玻璃液熔化过程中，通常因换火形成油品燃烧不完全，未燃烧完全的洞口残质会附着于玻璃液表面而

造成玻璃液污染，对玻璃成品的透过度影响很大。为解决这一问题，采用在窑炉澄清部前端设置隔墙的做法。但传统的隔墙采用的是直通式花砖隔墙，玻璃液通过受阻不大，无法彻底解决玻璃液流中的夹杂物。我们将隔墙设计为 33#AZS 无缩孔电熔砖隔墙，改传统的直通式为 45° 倾斜半透热式隔墙，玻璃液通过隔墙时因阻力较大形成环流，经过滤后再进澄清部，彻底解决了玻璃液污染的问题。

四、采用玻璃液面智能测控系统控制技术，有效抑制了液面波动

为了有效减少玻璃液面波动，采用了目前国内最先进的玻璃液面智能测控系统控制技术，通过采用影像控制系统控制玻璃液面的高度。如液面波动超出设定要求，计算机控制系统将会自动加料。高科技玻璃液面智能测控技术的应用，有效地抑制了液面的波动。

第四节 压延成型工艺

玻璃液从熔窑尾端溢流口溢出后，经溢流格和托砖流到压延机的上下压延辊间，压延辊中间通冷却水，使流经上下压延辊间的玻璃液迅速冷却，由液态变成塑性状态，当玻璃从正在转动的上下压延辊的间隙出来时，形成所要求厚度的玻璃板。压延辊与玻璃带之间的磨擦为使玻璃带运动，出压延辊的玻璃带经过托板水箱的冷却和托辊的拖动，然后经过活动辊道进入连续退火窑中退火。

压延机组是压延生产的关键专用设备。80T/D 压延新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）生产线要求高，和普通的压延生产线有很大的不同，所以在压延机选型和控制系统要慎重。攻关人员通过市场调查，进行反复比较，采用国内最先进的 SZKJ-2200 型玻璃压延机，该设备获得国家知识产权局四项专利，各项性能均达到国内领先水平（四项专利为：穿管式水冷却压延机装置，

专利号为：CN2484322。可调玻璃压延机，专利号为：CN2484320。玻璃压延机驱动装置，专利号为：CN2484319。机架与动力装置同步行走的玻璃压延机。专利号为：CN2484321)。

第五节 退火窑控制

退火温度控制

进口温度： $572\pm 3^{\circ}\text{C}$

A 区：上 545°C — 550°C

下 540°C — 550°C

B 区 上 430°C — 440°C

下 430°C — 440°C

C 区 上 320°C — 300°C

下 320°C — 330°C

R 区 $80\pm 10^{\circ}\text{C}$

采用全钢全电结构退火窑，各区温度实现自动化控制。

第六节 冷却切割

采用全电脑、自设自控切割机，确保精度。

冷端主线设置主线输送辊道、发讯装置、一台纵切机、一台横切机、掰断、加速辊道、人工掰边、清风吹扫装置及气垫桌，采用人工抬板。

第七节 精切

采用全电脑、自设自控切割机，确保精度，再经过精确的磨边加工，制成所需的毛坯产品。

第八节 全自动钢化方案

玻璃实际强度大大低于理论强度的原因是玻璃表面存在大量微裂纹，据测定，在 1 mm^2 表面有 300 个左右的微裂纹，它们是在生产，加工和使用过程中产生的。提高玻璃强度的方法是采用热钢化或化学钢化的方法使玻璃表面产生压应力，以抑制表面微裂纹的扩展。

热钢化的原理是把玻璃加热到一定温度后，在冷却介质中急剧均匀冷却，使玻璃的内层和表层产生很大的温度梯度，在玻璃尚处于粘滞状态时，虽有温度梯度而无应力，玻璃固化后，原松弛应力逐步转化为永久应力，在玻璃表面形成均匀分布的压应力层。

目前我公司采用采用国际先进的全电脑控制全自动连续钢化炉进行最先进的 5mm 以下钢化处理，制成符合需要的太阳能板材料。

第九节 检验技术

采用在线透光率检测仪器，实现全自动联网控制。

第四章 光伏玻璃生产的自主创新

从物理光学的角度分析光线照射的原理，采用正六角和正四角形花纹，有效的抑制了太阳光的反射，比超白高透过度玻璃阳光接受率高出二个百分点，透光率达到 92% 以上。

一、自主研发正六角和正四角形花纹，有效的抑制了太阳光的反射，比超白高透过度玻璃阳光接受率高出二个百分点，透光率达到 92% 以上；科学的物料配方，增强了产品的强度和柔韧度，使用寿命可达 30 年以上。

1、自主研发正六角形花纹

一种带有新型花型的新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃），其顶面为平面，其底面有压出的花型，底面的花型为均匀连续排布，花型为凹面形，凹面的

下部为正六角形，凹面的上部为球冠形，球冠与六棱台的六个侧面相交，球冠所在球的球心落在六棱台的中心线上。

它的厚度为 3.2mm，正六棱台底面的边长为 0.4mm，球冠底面的直径为 0.38mm，凹面的深度为 0.18~0.2mm。

这种新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃），其底面的花型独特结构，并且为均匀连续排布，能使大部分进入玻璃内的光线产生二次，甚至三次、四次折射，因此反射回的光线将大大减少，从而增强了光线的透光率。

图 1-1 为花型平面图；

图 1-2 为 A-A 断面图；

图 1-3 为 B-B 断面图；

图 2 为本实用新型的透光原理示意图。

具体实施方式

如图 1、图 2 所示的超白压花玻璃，其顶面为平面，其底面有压出的花型，底面的花型为均匀连续分布，花型为凹面形，如图 2 所示，凹面的下部为正六棱台形 1，凹面的上部为球冠形 2，球冠与六棱台的六个侧面相交，球冠所在球的球心落在六棱台的中心线上。

在实际生产中，一个型号的新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）的厚度为 3.2mm，正六棱台底面的边长为 0.4mm，球冠底面的直径为 0.38mm，凹面的深度为 0.18~0.2mm。

下面简述一下这种压花玻璃的透光原理：光在从一种介质进入另一种介质时，只要密度不同，都要产生折射和反射，而随着入射角 i 的增大，折射角 y 也随之增大，增大到 90° 时，将产生全反射，此时将不会有光线折射进入另一种介质，全部反射回第一种介质。如图 3 所示，光束 S 在射入玻璃绒面 A—B 面时，一

是产生反射光 S1, 二是产生折射现象, 即光束 S2, 而光束 S2 前进到花型 C—D 界面时, 又产生二次折射光束 S3 进入玻璃板下层空间, 而在 C—D 面上产生的反射光束 S4, 在射到另一个花的界面 E--F 上时, 还会产生一次折射, 反射光束 S5 进入玻璃板内反射回, 折射光束 S6 进入玻璃板下层空间. 由于此种花型在玻璃板上密集排布, 以及其独特结构, 将使大部分光线能够产生二次, 甚至三次, 四次折射, 因此反射回的光线将大大减少, 从而增强了光线的透光率。

本实用新型公开了一种带有新型花型的超白压花玻璃, 其顶面为平面, 其底面有压出的花型, 底面的花型为均匀连续排布, 花型为凹面形, 凹面的下部为正六棱台形, 凹面的上部为球冠形, 球冠与正六棱台的六个侧面相交, 球冠所在球的球心落在正六棱台的中心线上。这种超白压花玻璃, 其底面的花型独特结构, 并且为均匀连续排布, 能使大部分进入玻璃内的光线产生二次, 甚至三次、四次折射、因此反射回的光线将大大减少, 从而增强了光线的透光率。

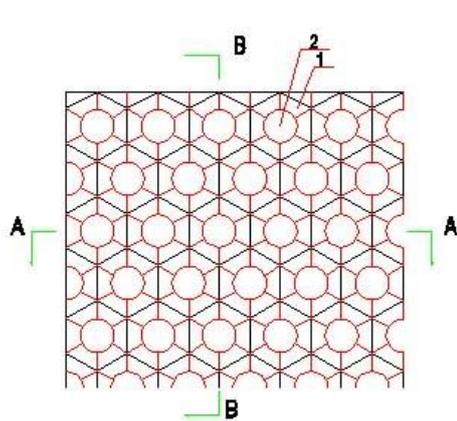


图 1-1

A-A断面



图 1-2

B-B断面

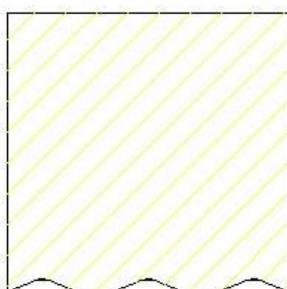


图 1-3

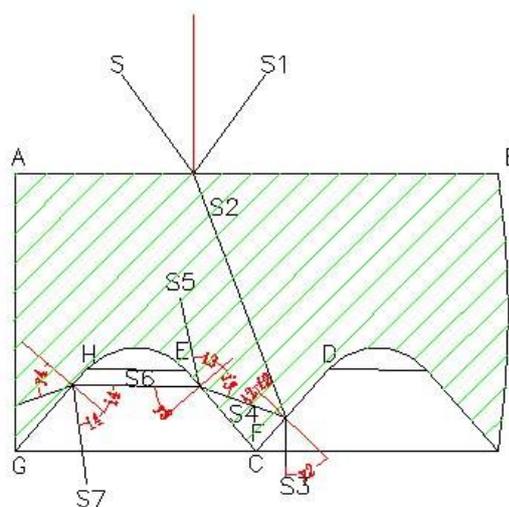


图2

2、自主研发正四角形花纹

本实用新型的目的是发明一种新的花型,该花型的设计依据是从光学原理出发,尽量减少光的反射,以增强光的透光率.

为实现以上目的,本实用新型的技术方案是设计一种新的花型,其特征比较简单,整个玻璃板面上由四角型组成,边长 0.84mm,中间圆点直径 0.41mm,深度 0.23~0.25 mm,背面粗糙度 0.5~1.0 μ m。从光学角度上来说,此种花型对光线的漫散射效果更理想,有利于增强光线的透过率。

二、变频器备用供电系统的创新设计：市电电压大幅波动、瞬间停电的情况

下能正常不间断工作，从而大幅度地减少停机造成的大量直接损失及间接损失。

本实用新型的目的是发明一种变频器备用电源在市电电压大幅波动、瞬间停电的情况下能正常不间断工作，从而大幅度地减少停机造成的大量直接损失及间接损失。

为实现以上目的，本实用新型的技术方案是一种备用电源，其特征在于，正常条件下系统的测控有二路独立的电源，一路有交流市电供电，正常运行系统由它供电，另一路有直流供电母线电压经 DC\DC 模块供电，处于正常运行该系统处于零负荷状态。直流供电有四个系统组成：

- 1) 蓄电池组系统的储能元件。
- 2) 自动化智能充电及电池组管理系统。
- 3) 系统测控。
- 4) 系统配电。

本实用新型根据变频器工作原理：交流变直流，直流变交流。将备用直流电源接到变频器中直流变交流系统。在直流供电系统运行时数个高频充电器并行向电池组实施浮充电，测控系统处于运行状态并在 HMI 上动态显示各参数

和系统状态。当被保护的变频器投用时应先手动合是直流空气开关，变频器正常起动后向直流供电发出运行正常的回讯信号，系统测控接受后合上直流接触器，这时系统的 SW，光电高速电压继电器同时运行，发生闪落、停电时 SW 导通，变频器由市电转入直流供电供电。当市电恢复供电时，测控系统会及时接受到光电高速继电器来电信号，在延时数秒后撤去 SW 导通指令、SW 亦会自动检测到变频器上 DC 电压的恢复状态，当二者同时出现时，

SW 退出导通。从而达到变频器电机不间接断运行目的，满足工艺要求。

当系统与较长停电时间，电池组的电压会随放电过程而下降并超出变频器保护电压值时，变频器低电压保护性停机，同时撤出变频器正常运行回讯，直流供电自动撤除该回路的支撑。由于变频器的保护电压高于电池组放电的终止电压，因此，电池组是安全的。

三、自主研究用 1Cr18Ni9Ti 材料制作水箱式托砖架，解决了新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）生产过程中托砖断裂的现象，使生产规格不受任何限制，也使我公司成为国内唯一的一家生产 1000mm 以上规格太阳能光伏玻璃（超白玻璃）的单位。

玻璃压延机在生产普通压花玻璃领域内，技术已经比较成熟，但是在生产新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）的过程中，存在着一种致命的缺陷，就是其前面的托砖容易断裂，由于新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）的透明度非常高，托砖断裂后在玻璃表面上产生一种暗印，甚至是一道明线，好象玻璃刀拉过一样，严重影响玻璃的质量，现在各低铁超白玻璃生产线全部存在这种问题，都在集中物力、人力解决，甚至走了很多误区，有的在托砖上作文章，粘土砖不行，换硅线石砖，再不行换莫来石砖，结果投入不小，没有结果，况且经常试砖造成了生产不正常。另一种情况由于低铁超白玻璃液粘性较大，在生产 3.2mm 玻璃时压不下去，甚至出现将上部压紧螺栓拉断的现象。我们组织技术人员全面分析造成的原因，包括从唇砖用各种耐火材料性能、生产现场的环境以及热膨胀因素等方面入手，最后确定此缺陷的产生原因为唇砖架变形所致。然后组织相关技术人员针对原因，对原有的唇砖进行了改造，通过改变冷却方式为水冷和更改关键部位截面形状的改造，从根本上彻底解决了唇砖断裂的现象发生，用该工艺改造的压延机使用任何一种唇

砖均不断裂，从而使生产板面的幅面不受限制。

第四章 技术优势

根据新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）的特点，采用先进的压延生产工艺，在国内外现有工艺技术基础上，进一步优化生产工艺和生产条件，项目生产过程中，国内原辅材料易得，生产成本低，经济效益较高，有稳定的质量保障体系，符合国内太阳能电池盖板材料的质量要求。

第一节 技术成熟度

我公司与中国凯盛公司合作就窑炉熔化、成型、退火、原料系统结合超白玻璃特点，创新设计一套能够满足新型太阳能光伏玻璃（超白玻璃）生产的独特工艺。原料系统采用 PLC 控制，保证了配料精度；熔窑采用重油做为燃烧介质以马蹄焰做为燃烧方式，并在熔窑内腔设置特殊的玻璃液隔墙装置，有效解决了玻璃液均化问题；成型采用国内先进的具有四项专利技术的压延机，在生产过程中又根据实际生产技术需要，采用了穿管式冷却和对唇砖托架结构的改造，保证了板面的平整和规格精度，使我公司成国内唯一的一家生产 1000mm 以上规格玻璃的单位；同时解决了国内压延生产的超技术难题（改进了因压延生产托砖断裂造成生产规格的局限性），在生产实践中摸索了适合本公司生产技术要求的一整套科学合理的退火工艺，保证了玻璃板的退火质量，并对切装工段实施在线检测，经过半年多的生产，产品产量达到设计要求，产品质量能够满足国内、外组件业的要求，在成本和质量方占有相当的优势，环保达标，经济社会效益显著。目前，本公司已经对生产过程中的创新改进申请了多项专利，有五项专利已得到国家知识产权局的受理（申请号为：1、200710054896.1；2、200720091526.0；3、200720091511.4；4、

200720092040.9; 5、200720092039.6), 2007年7月6日由河南省发改委、河南省财政厅、河南省地方税务局、中华人民共和国郑州海关等单位联合发文(豫发改高技[2007]1029号)授于该公司技术中心“省级技术中心”荣誉称号。

第二节 同类产品比较

我公司产品面市后,通过国家石英玻璃质量监督检验中心检验,各项指标满足组件业要求,通过国内权威机构的性能试验,各项性能指标优于同行先进企业,具体对比如下:

测试材料: A: 河南思可达 3月27日新型太阳能光伏玻璃 1574*802*3.2mm

B: 河南思可达 4月7日钢化镀膜玻璃 1574*802*3.2mm

C: 常熟幸福钢化的耀皮玻璃 1574*802*3.2mm

一、仪器测试

测试方法:将一标准组件放置于上海交通大学太阳能研究所 JD-10 型太阳能电池组件测试仪上,然后分别将 A、C 放置于测试仪和组件中间进行测试,测试结果显示 A、C 输出功率分别为 160.99w 和 164.03w。

测试结果表明 A 没有 C 的效果好。

二、做组件测试

1、将 5 片 B 和 5 片 C 用随机抽取的电池片做成 10 个组件,然后在上海交通大学太阳能研究所 JD-10 型太阳能电池组件测试仪上进行测试,结果显示用 B 做成的组件的平均输出功率为 187.01w,用 C 做成的组件的平均输出功率为 184.01w。

测试结果表明 B 比 C 的效果好。

2、将 3 片 A、3 片 B 和 3 片 C 用随机抽取的电池片做成 9 个组件，然后在上海交通大学太阳能研究所 JD-10 型太阳能电池组件测试仪上进行测试，结果显示用 A 做成的组件的平均输出功率为 181.09w，用 B 做成的组件的平均输出功率为 182.53w，用 C 做成的组件的平均输出功率为 178.09w。

测试结果表明 B 比 A 的效果好、A 比 C 的效果好。

第五章 太阳能光伏玻璃的应用

第一节 太阳能光伏玻璃的分类与应用

用于太阳能电池的光伏玻璃基片，一般包括超薄玻璃、表面镀膜玻璃、低铁含量的（超白）玻璃等类型。根据使用的性质和制造方法不同，光伏玻璃又可分为 3 种产品，即平板型太阳能电池的盖板，一般为压延玻璃；在平板玻璃表面镀上通常厚度只有几微米的半导体材料制成的薄膜电池导电基片；集热式光伏系统使用的透镜或反光镜类的玻璃。这 3 种产品的特性和作用完全不同，其附加值也有很大的差别。

如今应用最广的太阳能光伏玻璃是高透光率玻璃，它是低铁含量的玻璃，也就是我们俗称的超白玻璃。铁在普通玻璃中属于杂质（吸热玻璃除外），铁杂质的存在，一方面使玻璃着色，另一方面增大玻璃的吸热率，也就降低了玻璃的透光率。

玻璃中的铁是由原料本身、耐火材料或金属材质的生产设备等引入的，不可能完全避免。人们只能通过生产控制尽可能减少铁在玻璃中的含量。目前，太阳能电池玻璃的铁含量在 0.008%~0.02%之间，而普通浮法玻璃的铁

含量在 0.7% 以上，低的铁含量杂质可带来高的太阳光透过率。就国内应用最多的 3.2mm 厚和 4mm 厚玻璃而言，太阳光可见光透射比一般达到 90%~92%。

太阳能光伏玻璃作为太阳能装置的最重要组件之一，要求玻璃板必须高度透明，因此对用于生产太阳能玻璃的硅质原料中含铁量要求十分严格，Fe₂O₃ 含量一般在 150ppm 以下。

据报道，世界上最早采用透明平板玻璃作基板研制应用于太阳能电池的国家是德国。德国科技人员将这种板状的太阳能电池作为窗玻璃安装在建筑物上，它可将摄取电能直接供给住户使用，多余的电能还可输入电网，这种最初的太阳能电池用玻璃的开发利用，不久后被美国及日本等国所重视。据不完全统计，国内超白压延玻璃 2009 年总产能超过 1 亿平米，国内主要生产商包括南玻、信义、福莱特、思可达、裕华、常熟耀皮、南京圣韩、太仓中玻等。目前国内有多条压延超白玻璃生产线在建，待新线陆续投产后，预计将可以在一定程度上缓解国内外晶硅电池组件产能增长对超白压延玻璃的需求压力。

晶硅太阳能电池组件行业具有较强的劳动密集型特征，目前全球太阳能晶硅电池组件产能大部分集中在中国。据不完全统计，2009 年国内已有超过 450 家太阳能晶硅电池组件生产企业，年产能总和超过 6GW，约占全球产能的 50% 以上。目前国内规模较大的晶硅电池组件企业有无锡尚德、常州天合、保定英利、阿特斯、江-苏林洋、成都天威、浙江-向日葵光能科技等。

第二节 太阳能电池板组件构成

1、 钢化玻璃

低铁钢化玻璃（又称白玻璃），常见厚度在 3.2 毫米左右，在太阳能电池光谱响应的波长范围内（320-1100NM）透光率达 91%以上，对于大于 1200NM 的红外光有较高的反射率。此玻璃同时耐紫外光线的辐照，透光率不下降。

钢化性能符合国标 GB9963-88 或者封装后的组件抗冲击性能达到国标 GB9535-88 地面用硅太阳能电池环境试验方法中规定的性能指标。

2、 EVA

EVA 是一种热融胶粘剂，厚度在 0.4 毫米-0.6 毫米之间，表面平整，厚度均匀，内含交联剂。常温下无黏性且具抗黏性，经过一定调价热压便发生熔融粘接与交联固化，并变的完全透明。固化后的 EVA 能承受大气变化且具有弹性，它将电池片“上盖下垫”，将其包封，并和上层保护材料-玻璃，下层保护材料背板（TPT，BBF 等），利用真空层压技术合为一体。另一方面，它和玻璃粘和后能提高玻璃的透光率，起着增透的作用，并对太阳能电池板的输出有增益作用。

3、 太阳能电池片

太阳能电池片是光电转换的最小单元，尺寸一般为 125*125 或 156*156。太阳能电池片的工作电压约为 0.5V，，一般不能单独作为电源使用。将太阳能电池片进行串并联封装后，就成为太阳能电池板，其功率一般为几瓦到几十瓦，一百瓦到两百瓦以上，可以单独作为电源使用。

4、 背板

背板就是电池板背面的保护材料，一般有 TPT，BBF，DNP 等等。这些保护材料具有良好的抗环境侵蚀能力，绝缘能力并且可以和 EVA 良好粘接。太阳电池的背面覆盖物-氟塑料膜为白色，对阳光起反射作用，因此对电池板的效率略有提高，并因其具有较高的红外发射率，还可以降低电池板的工作温度，也有利于电池板的效率。当然，氟塑料膜首先具有太阳能电池封装所要求的耐老化、耐腐蚀、不透气等基本要求。

5、接线盒

接线盒一般由 ABS 制成，并加有防老化和抗紫外辐射剂，能确保电池版纳在室外使用 25 年以上不出现老化破裂现象。接线柱由外镀镍层的高导电铜制成，可以确保电气导通及电气连接的可靠。接线盒用硅胶粘接在背板表面。

6、铝合金边框

边框采用硬制铝合金制成，表面氧化层厚度大于 10 微米，可以保证在室外环境长达 25 年以上的使用，不会被腐蚀，牢固耐用。