

光伏清洁生产技术与经济可行性的分析

在光伏行业中，采用清洁生产技术不但能使企业达到国家各项环保标准，还有助于公司持续降低成本，在行业中取得更强的竞争力。例如，在多晶硅提纯环节中用冷氢化替代热氢化，可以降低反应温度需要，提高三氯氢硅转化率；在硅锭/硅片原材料环节，自行回收切割液体和浆料，能够降低成本；采用金刚线新技术替代钢线切割，可以提高钢线的使用效率，摆脱对切割液的依赖，具有环保和经济双重效益。

1 清洁生产与多晶硅生产成本

1.1 多晶硅成本分析

经过计算，多晶硅生产环节中电力成本占总成本的比例最高，为36%左右，其电耗约为80 - 150kWh/kg左右，其次为折旧成本占30%，原材料成本占17%，主要原材料包括硅粉、氢气、氯气（TCS合成）等，人工成本占8%，其他占1%（见图1）。这几部分成本中，电力成本下降空间最大。目前国内多晶硅生产企业能耗多在150kWh/kg左右的水平，而国内的一些先进企业的能耗已经控制在80kWh/kg以下。

电耗下降主要依赖于冷氢化技术的广泛应用。多晶硅提纯产生大量的副产物，如四氯化硅、酸、氢气等，这些副产物的综合利用水平，决定着高纯硅材料生产的效率和成本。若要副产物得以全部回收利用，必须依靠四氯化硅氢化技术以及还原炉系统设备、氢化系统设备等满足连续稳定生产的工艺要求。这就是国外普遍使用的“闭路循环”技术。从降低成本角度出发，燃气和其他成本可以通过扩大规模来降低，产生规模经济效益。水蒸气可以在内部通过热电厂方式产生协同效应也可以回收利用，降低相应的成本。

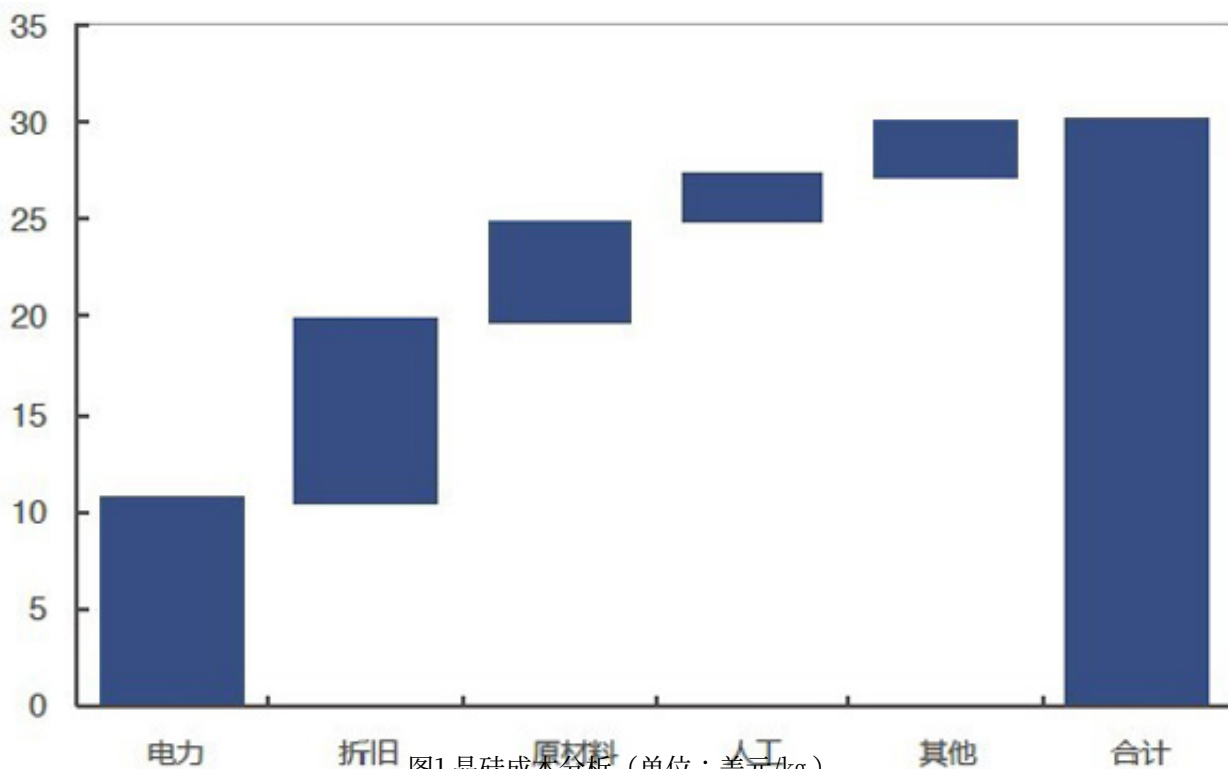


图1 晶硅成本分析（单位：美元/kg）

1.2 热氢化与冷氢化技术对比

根据以上的分析，冷氢化技术是有效降低多晶硅生产成本的技术。改良西门子法下多晶硅生产能耗80 - 200kWh/Kg，生产成本18 - 45美元/Kg，企业间差距很大，除生产规模之外，主要是各企业在改良西门子法的生产环节选择使用传统的热氢法技术还是使用冷氢化技术，在多晶硅生产成本上就可以相差10美元/Kg。原因在于热氢法的反应温度高，需要1000度以上的高温，而从硅到三氯氢硅一次转换效率只有15%，企业通常需要从外采购三氯氢硅，致使多晶硅生产成本较高，冷氢法反应温度仅需要300 - 500度，一次三氯氢硅合成效率达到25%。

	需要温度（度）	一次转化率（%）	能耗（kWh/kg）
热氢化	1000	15	4
冷氢化	300-500	25	0.8

表1、热氢化技术能耗以及转化率对比

预计未来5年多晶硅生产能耗将降至70kWh/kg，实现电耗成本进一步下降。电耗下降主要依赖于冷氢化技术的广泛应用，目前国内的冷氢化设备实际运行率在60%以下，与国际平均水平90%还存在一定的差距。其原因主要是国内大多数企业的生产工艺还比较落后，要想通过技术改造，实现冷氢化生产需要大笔资金投入，以产能在2万吨左右的乐山电力为例，冷氢化技改项目预计总投资7.59亿元，巨大的技改投入使众多企业望尘莫及。

2 硅片与清洁生产

2.1 硅片的成本分析

硅片的成本中，多晶硅成本占比约为55%，切割线、切割液和刃料总占比为33%，电力、折旧及其他占12%（图2）。其中，使用金刚石线可以提高效率，同时节约成本；浆料内部回收再利用也能降低硅片的加工成本。铸锭热场改造，使用大尺寸坩埚，可以提高铸锭合格率，降低能耗。此环节中，切割液的排放是液体废弃物中化学需氧量的主要来源。通过对切割液的回收使用，能够降低废水排放，从而削减处理成本。而且，通过使用金刚线切割，还能够避免使用切割液，虽然金刚线在成本上不具有太大优势，但因为能不使用切割液，不但能减少切割液的使用成本，还节省了大部分的废水处理成本，而且对环境有利，使它成为切割线的发展方向。

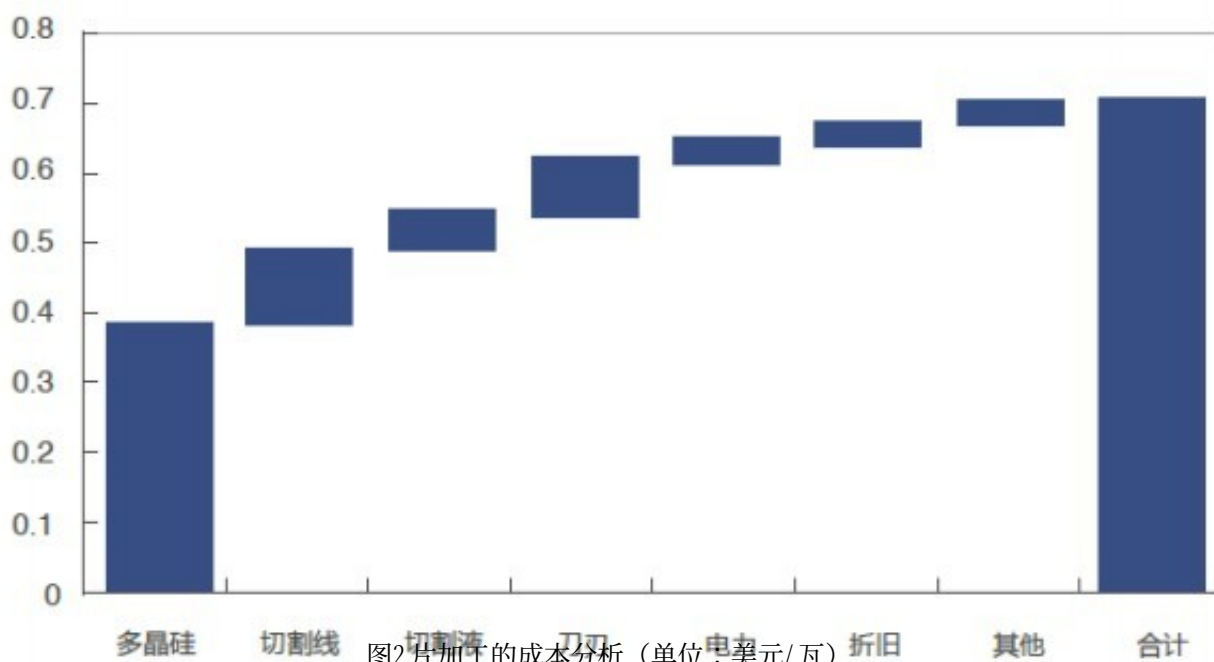


图2 硅片加工的成本分析（单位：美元/瓦）

2.2 废砂浆的回收利用

在钢线切割的过程中，磨碎的晶硅颗粒与钢线上的碎屑，碳化硅颗粒混杂在聚乙二醇切割液中，形成废砂浆。通过对旋转物理工艺实现对切片砂浆中硅粉的最大化去除，然后固液分离，对聚乙二醇、碳化硅微粉进行再次回收。提高砂浆中旧砂的使用比例，回收切割液可以降低砂浆使用成本。

成本估算：

- 砂浆使用量为325kg/刀；

- 砂浆中砂液的比例为0.95 : 1；
- 新砂价格为25 元/kg；
- 回收砂价格为11 元/kg；
- 每刀需要消耗砂158kg；

按照7 : 3 比例计算，切一刀的成本为：

新砂价格（元）	回收砂价格（元）	总计（元）
2775	521	3286

按照6 : 4 计算，切一刀的成本为：

新砂价格（元）	回收砂价格（元）	总计（元）
2370	695	3065

若新砂与回收砂比例由7:3 提高到6:4，则每刀可以节约成本221 元（见图3）

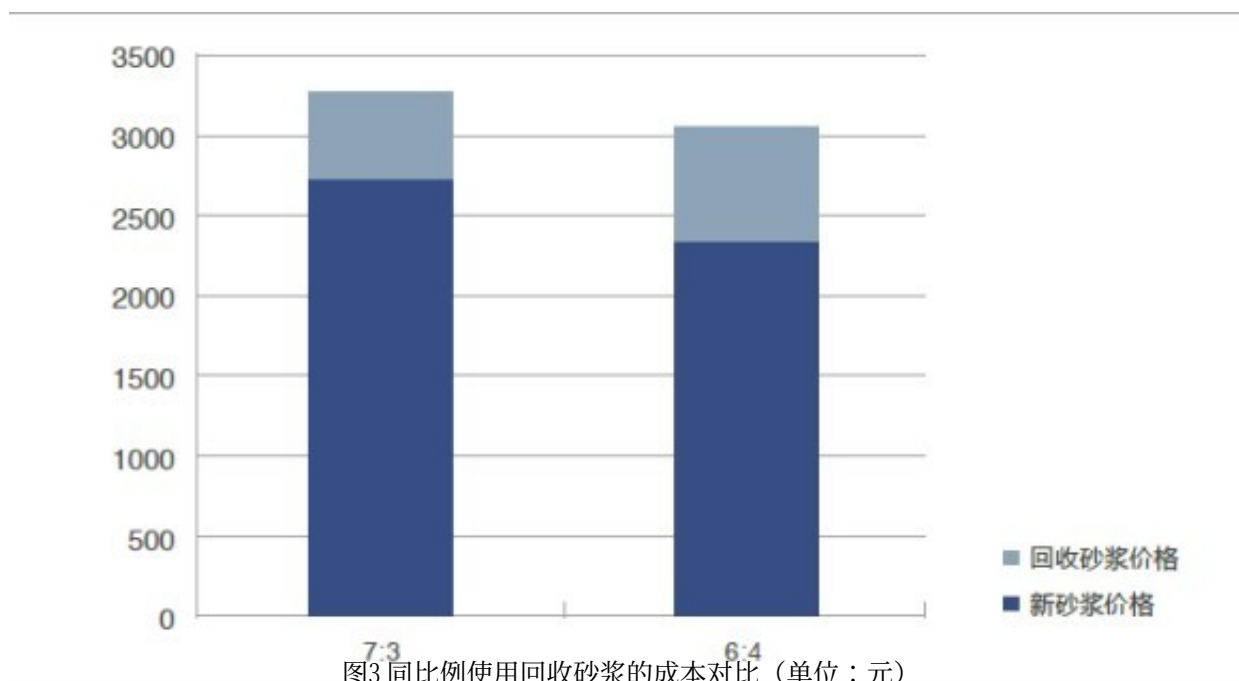


图3 同比例使用回收砂浆的成本对比（单位：元）

经过走访企业得知，每生产1MW 的硅片，约消耗30 吨的切割液，若新旧切割液比例由7:3 提高到6:4，则每生产1MW 的硅片可以节约30 万元。割液中使用旧液的比例会越来越多，2010 年新旧液比例约为7:3，未来三年可达到比例依次为6:4，5:5，4:6。旧液使用的占比增加及回收效率的增大都有益于硅片成本进一步降低，同时亦能够降低“三废”排放。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/39489.html>