

财经国家周刊
ECONOMY & NATION WEEKLY

 十八届三中全会·产业特刊

我国未来发展的重大科技项目



我国未来发展的重大科技项目

王晓义 首席执行官 北京桑林蓝天自控技术公司

当前全球经济正处于第三次能源革命时期，人类经济社会的发展，对能源的需求与日俱增，随着化石能源日渐消耗，新能源逐步替代传统能源已是不可逆转的趋势。回看今天的新能源，光伏是唯一的一个单依靠技术进步便能获得能源产出效率提升的能源行业。且随着技术进步，成本还将不断下降，这也是任何一个新能源所不能比拟的。当技术突破临界值，人类的能源结构也将随之改变，光伏发电量超越煤炭或石油的那一天一定会到来。

我国在“十二五”太阳能光伏规划中把CIGS（铜铟镓硒）薄膜电池技术列入国家产业化大纲。力图从另外一条薄膜技术路线实现新的突破，这是国家从能源安全战略角度和抢占新能源技术制高点而制定的未来发展的重大科技项目。

一、CIGS薄膜电池产品描述

是由Cu（铜）、In（铟）、Ga（镓）、Se（硒）四种元素构成最佳比例，普通建材玻璃作为底材，用特殊的工艺技术将四种不同的金属元素雾化或电镀到玻璃板上的黄铜矿结晶薄膜为吸收层的太阳能电池。

它的产品特点为：发电量比单多晶硅高，原材料易于获得而价格低廉，产业链短，生产过程中无污染，能源回收期短等优势。现已成为光伏能源技术追逐的制高点。

二、CIGS薄膜电池技术描述

该技术在欧、美、日已经产业化，在我国还是空白。其原因是，该技术要求高端装备配套，主流工艺路线是真空共蒸镀膜法或电镀法。共蒸镀膜法要求四种元素在相同温度下融化后，均匀复合在玻璃上，形成电池片。这种方法技术难度高，控制不好，良品率会大幅下降。



三、CIGS性能技术指标与成本

近年来CIGS技术性能大幅提高，以德国MANZ公司最新技术突破转换率为例：在2012年初，量产转换率为12%，在2012年9月份宣布为14.6%，预计在2015年将达到15.3%。实验室转换率最高为20.3%（德国氢能太阳能研究所数据）。每年按0.8%—1%的转换率提升，在未来十年内该技术还有上升空间，不会被淘汰。在2015年，当生产规模达到560兆瓦时，CIGS产品直接成本为2.5元人民币每瓦，达到2000兆瓦时，为1.8元人民币每瓦。因此，CIGS技术在产品成本上是有绝对优势的。CIGS薄膜电池产品将是我国平民百姓消费得起的新能源。

四、CIGS市场前景及国内运用情况

目前，北京桑林蓝天自控公司作为CIGS技术运用实践者，率先于2012年7月在云南石林建成投产中国首个1兆瓦CIGS电站，已经并网发电，就一年的运行数据来看，产品表现良好，比晶硅产品多发电8-10%。

这个电站的建成，是CIGS薄膜电池商业化运用的重大突破，激发了中国各大发电集团的兴趣，

纷纷表示将采购CIGS电池组件作为发电装备之一。据业内预测，大型地面电站、分布式电站和光电建筑一体化将是CIGS薄膜电池的应用市场。

五、CIGS 作为国家未来重大科技发展项目，有如下重大意义：

一、 抢占全球新能源制高点

目前全球光伏薄膜领先技术碲化镉已在美国产业化，这是美国奥巴马政府的骄傲。能挑战美国第一太阳能的技术就是中国CIGS薄膜电池产业化。

二、 CIGS是平民百姓消费的起的新能源

随着一次石化能源的紧缺，CIGS 以其低成本的优势，加速实现产业化，是紧扣民生和国家能源战略发展主题。

三、 CIGS对中国梦的贡献

中国在过去十年创造了高铁，云计算，北斗导航和航天载人飞船，未来十年CIGS新能源产业化又是一个对中国梦的贡献。



铜铟镓硒（CIGS）薄膜太阳能电池 引领太阳能光伏革命

陈颀 北京低碳清洁能源研究所

陈颀，教授、博士。现为“千人计划”国家特聘专家；北京低碳清洁能源研究所太阳能中心主任；德国教育科研部聚合物电子器件顾问。他于2005年成功地在德国的赫尔姆霍茨柏林材料和能源中心创建了纳米电子器件实验室，并从那时起担任该实验室主任至2011年底回国。在陈颀的领导下，他的团队制造出了世界第一个实用化的柔性垂直向纳米线场效应三极管，该技术已成功地应用在新一代的柔性OLED显示器中；他领导的团队发明的大量创新技术已经应用于CIGS太阳能电池的工业生产。特别是他2007年他参与制定了欧盟光伏太阳能发展战略研究。陈颀从事的学术及技术领域涵盖了太阳能光伏、材料和纳米技术。是国际科学期刊——低碳技术的编委

面对到来的铜铟镓硒薄膜太阳能电池时代，应积极作为，成就中国的蓝天碧水！

在十二五能源规划中，政府提出了优化能源结构，要求非化石能源消费比重提高到11.4%，非化石能源发电装机比重达到30%。太阳能作为新兴战略资源是未来能源的重要部分，国家出台了多项规划和激励政策来推进太阳能光伏发电产业的良性发展。

当今产业化的太阳能光伏发电产品主要是二类不同的太阳能电池：一是基于硅片的晶体硅太阳能电池，比如单晶硅太阳能电池和多晶硅太阳能电池；二是薄膜太阳能电池，比如硅基薄膜、碲化镉（CdTe）薄膜和铜铟镓硒薄膜太阳能电池。尽管硅的资源储量丰富，但是用于制造晶体硅太阳能电池之高纯硅的生产却耗能巨大。而且晶体硅太阳能电池组件重量较重，不利于光伏建筑一体化的利用。

太阳能光伏电池市场正在向薄膜太阳能光伏产品转移！薄膜太阳能电池的优势在于其产业链的耗能更低；制备材料选择更广泛；制备技术多样；比晶体硅太阳能电池有更高的每瓦发电量；产品的发电效率的提升有更大的潜力；产品重量更轻并且可以柔性化，使用范围更宽泛，更适合

于光伏建筑一体化。其中实验室效率超过了20%的铜铟镓硒薄膜太阳能电池是光伏转换效率最高的薄膜太阳能电池。由于铜铟镓硒太阳能电池没有光致衰减效应、性能稳定、发电量大、对环境友好，所以它是欧洲、日本和美国最为关注的新一代高效薄膜太阳能电池。

采用真空沉积技术制备的铜铟镓硒薄膜太阳能电池不仅创下了转换效率20.4%的记录，而且已经成熟地大规模工业化了，产品已经具备成本竞争力。非真空法技术制造铜铟镓硒薄膜太阳能电池具有更低成本和易于大面积的潜在优势，也吸引了愈来愈多的关注，欧洲、美国和日本的主要铜铟镓硒薄膜太阳能电池企业的最佳组件产品效率都已超过13%。

2013年7月，国务院下发了《关于促进光伏产业健康发展的若干意见》，明确指出支持发展高效太阳能光伏电池技术，要求未来新上的太阳能光伏电池制造项目中薄膜太阳能光伏电池的转换效率不低于12%。科学研究证明通过调整铜铟镓硒电池中镓和铟的化学计量比，铜铟镓硒太阳能电池的效率理论上将超过25%。因为目前铜铟镓硒太阳能电池组件的效率不仅未达到其实验室电池的效率（20.4%）还远低于其理



论效率，所以铜铟镓硒太阳能电池效率还有很大的提升空间、是朝阳产品，具有毋庸置疑的竞争优势。

平准化发电成本（LCOE）常用来分析不同发电技术在其生命周期内的经济性，该方法综合考虑了光伏电站当前投资、运行费用与总发电量以及税率和管理费、贴现率等多种影响因素。通过对铜铟镓硒薄膜太阳能电池和晶硅太阳能电池在分布式光伏电站的平准化发电成本（*数据来自云南石林光伏电站）的分析（计算条件如列表），可以看出铜铟镓硒薄膜太阳能电池即使在目前其组件成本比晶硅太阳能电池组件成本高25%的不利情况下，都比晶硅太

阳电池在发电成本上更具优势。因此，随着铜铟镓硒薄膜太阳能电池组件效率的大幅改善以及生产企业实现吉瓦级产品规模，铜铟镓硒薄膜太阳能电池将必然地成为光伏发电的主流产品。

国外如何应对铜铟镓硒薄膜太阳能电池产业发展？日本自2011年福岛核电事故以后，深刻反省，开始加速发展可替代核电的能源，其中对清洁能源投资的绝大部分都投向了薄膜太阳能光伏领域，据称针对铜铟镓硒薄膜太阳能电池的占比近半。笔者近期在国内多家媒体和一些光伏论坛都指出了这次欧盟启动针对我国太阳能光伏产品“双反”程序的深层次原因是：促进确保欧洲在未来新兴的薄膜太阳能电池技术的成长，确保其在新一代光伏行业的领导地位。欧盟在其2008-2030年太阳能光伏发展的战略中，明确指出铜铟镓硒薄膜太阳能电池是薄膜光伏产业的主流产品之一。欧洲光伏产业协会在近期的报告中预测铜铟镓硒太阳能电池产品市场占有率有可能在未来的2-3年中超过10%，组件成本与多晶硅相似，并凭借其巨大的发展空间引领太阳能光伏革命。

计算参数	晶硅	铜铟镓硒
电池组件成本	4 ¥/W	5 ¥/W
初始电站投资	9 ¥/W	10 ¥/W
贴现率	7%	
折旧年限 (年)	20	
生命周期 (年)	25	
税费和管理费	50%	
残值	0	
衰减率	0	
年发电量*	1.17kW·h	1.35kW·h
平准化发电成本 (¥/kW·h)	0.5965	0.5746

未来太阳能光伏产业是铜铟镓硒薄膜太阳能电池的时代，我国光伏产业该如何面对呢？孙子兵法曰：知己知彼，百战不殆。笔者认为，我国铜铟镓硒薄膜太阳能电池产业的成功必须要有有机地构建（整合）包括核心关键技术（装备）、高端人才、资金和市场在内的四个元素。在这四个元素中，后面两者，即资金和市场是我国当前的优势所在；而前两者是我国当前的劣势所在，却是国外竞争对手的优势。解决的办法无外乎两个：一是与国外先进的企业合作；二是兼并与收购。对于合作，我认为不太可行，一是国外铜铟镓硒薄膜太阳能电池企业规模较小，只有几十或数百兆瓦级，无法形成双赢的合作；二是企业管理文化和商业理念差异（冲突），会导致高昂的合作成本。可行的办法应该是兼并与收购，但是兼并与收购中要有正确的战略和战术。在兼并与收购中，必须确保有足够的资金来购买专利知识产权和专门技术。要对收购的技术之知识产权的动态发展进行研究（IP landscape study），这是相当重要和绝对必须的，一定要了解引进的技术是否还有发展的空间以及该技术还有那些空

白，只有通过专业和慎重的方法才能确保未来的改良和升级是经济合理和可行的，避免兼并与收购变成了给国外同行的变相无偿补贴。对于引进的核心技术，核心专利，必须按一定比例投入再开发的资金实现本土化，实现有自主核心技术的产线。另外，特别要指出的是还必须引进高端人才来完成对技术的消化、升级和改良。有了技术和高端人才的解决方案后，在战术层面，企业还需要在未来2-3年内将产量扩大到吉瓦级规模，通过技术进步和本土化以及规模生产来大幅提高成本竞争力；发展集电池制造、自建太阳能光伏发电站和营运太阳能光伏发电站一体的产业模式。

国家相关机构需要从战略层面看待铜铟镓硒薄膜太阳能电池的发展机遇。审时度势地制定相关政策来引导和鼓励我国铜铟镓硒薄膜太阳能光伏产业的发展。应该扶持企业保持相当数量比例的研发投入，同时企业也必须考虑产业的可持续性，做到生产一代，与科研机构开发下一代。

铜铟镓硒薄膜太阳能电池将引领太阳能光伏产业迈向新时代！



平价上网的必然选择—— CIGS（铜铟镓硒）光伏技术

德国MANZ集团亚洲区副总裁 林俊生

当我们在享受现代科技所带来的便利生活时，相对地球的自然资源也因此加速的消耗中，同时制造出来的污染也破坏了我们的自然生态，对于地球的永续发展造成了极大的危害。能源的节约越来越受到重视，迎接「绿色能源」经济时代已是世界的趋势，而太阳能是人类可利用最丰富的能源，如何利用太阳能发展可再生能源电力已是各个国家首要的政务。

目前，我国的太阳能产业仍以晶硅太阳能技术为重点。然而，晶硅太阳能产品生产工艺复杂、制造过程本身就极为耗能，从原料提炼到模块制造过程中使用大量电力及水资源，更产生大量之热与二氧化碳，严重反环保，加上整体投入成本居高不下，这些因素使得晶硅太阳能的发展受到多方面的制约。继五月份美国商务部对我国光伏组件发起“双反”，我国的光伏产业更是进入了生死存亡之秋。这对于以晶硅太阳能技术为重点、且极度依赖国外市场的我国来说，无疑地将我国光伏产业发展路线被迫转向薄膜技术。

光伏技术已转向薄膜—CIGS是薄膜技术的热点

薄膜技术研究的热点在于具有转换率高、性能稳定、制造成本低、零污染等特点的CIGS（铜铟镓硒）薄膜太阳能技术，此技术已被列为国家节能减排的绿色环保型鼓励型项目，也是国家重点扶持的项目之一。在近期政府颁布的光伏《国八条》明确指出，光伏装机容量的发展目标在2015年前必须达到35GW，为目前国内总建置量的3.5倍来扩大国内市场、并必须提高技术水准及加快产业转型升级；这一目标将有助于提高光伏产业发展的质量和效益。为加速国家“引进来”和“走出去”的战略，且满足光伏模块转换效率不低于12%的要求，CIGS势必成为薄膜光伏的唯一选择。再者，CIGS薄膜电池的技术同时也是《十二五》重点发

展项目，其中以提高转换效率、开发真空共蒸法电池制造技术、规模化制造关键工艺为宗旨以利加速CIGS技术发展及产业化，说明了国家将抢占新能源技术至高点决心。

我国具备发展CIGS的优势

CIGS薄膜电池的主要制造原材料为铜、铟、镓、硒，我国稀土资源丰富，上述四种原材料最大产地均在中国，因此此技术所需的原料不需倚赖进口，与多晶硅电池相比，硅原料多控制在德国、美国、日本手中，过度依赖海外市场的境况有着极大区别。

CIGS薄膜电池的优势

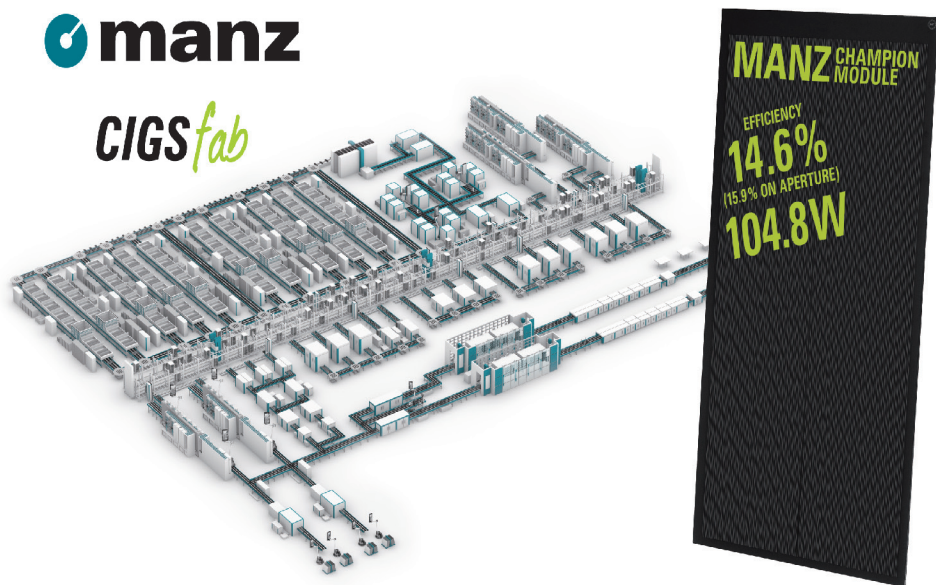
CIGS模块在生产时耗电量少，污染也少，其模块能以出色的温度系数及在低亮度条件下也能实现卓越的发电性能。这造就了能量回收期大幅缩减，为目前晶体硅模块的一半。再者，CIGS模块在低光照条件下以及所有入射角度下都能实现卓越的发电量，意即其适合运用于各种应用。如大型光伏电站、分布式电站及光伏建筑一体化（BIPV）。目前国内第一座CIGS并网光伏电站使用Manz所生产的CIGS模块建于云南石林电站，实测发现与晶体硅模块比较之下，Manz的CIGS模块所产生的电量高出10%的效率。

Manz CIGS交钥匙生产线—能快速转移技术至国内加速CIGS产业化

目前世界唯一具有CIGS模块量产经验的设备供货商为Manz企业，Manz的CIGS交钥匙生产线采用线性共蒸镀膜，为世界独有的高端工艺，在一定规模的产能之下，通过Manz集团的核心技术所生产的CIGS模块良品率达94%以上，效率大幅提升超过15.3%之外，更关键的是以巨型玻璃为基础并采用本地材料，得以大幅缩减材料成本及厂房建置成本。Manz成熟的技术团队，有最完备的经验

能快速转移技术至本地；同时以中国广大的资源为基础，利用本地材料、本地制造，是实践 CIGS 产业化的最佳快捷方式，并同时能在本地创造具备价值的经济体。

与目前光伏产业平均的生产成本每瓦约 4.5 人民币相比，Manz CIGS交钥匙生产线可将模块生产成本降至每瓦 2.5 人民币。主因是Manz CIGS交钥匙生产线能将工艺链缩短至一个车间内，能实时掌控产品生产流程，进而降低人力成本并提升材料使用率，有效削减总体投资成本，再者利用本地材料、本地制造已达到最佳的成本控制。这背后的优势在于以Manz CIGS交钥匙生产线所生产的CIGS模块其发电的每度电成本已与目前的民生用电人民币0.5元持平，甚至更低。CIGS若是落实产业化，无疑地实现了我国的光伏产业不再需要依赖政府的补贴，成为老百姓都能用得起的新能源！而实现CIGS产业化的唯一捷径就是Manz的CIGS交钥匙生产线！



中国首例CIGS电站运行周年评估 ——云南石林1MW CIGS光伏电站测试报告

孙健纲 技术总监 北京桑林蓝天自控技术公司新能源部

2012年7月，由北京桑林蓝天自控技术公司投资和系统集成的中国首例CIGS光伏电站——云南石林1MW CIGS薄膜电池电站，截止2013年7月，累计发电近 $150 \times 10^4 \text{ kWh}$ 。

2013年7月，我们会同德国MANZ公司派遣的工程师对电站各个系统做了全面检测，经过这一年以来电站发电运行，全面采集了CIGS发电数据，并将这些数据与其它的单晶硅方阵发电数据进行对比。我们在德国工程师的配合下，通过专业测试装置得出以下结果：

一、未检测出CIGS薄膜电池有功率衰减现象的发生；

二、初步证明了良好的热效应是CIGS薄膜发电高出晶硅电池 10%左右的真正原因；

三、薄膜弱光效应良好，但需要利用新技术进一步增强弱光效应的优势；

四、电站各系统运行正常，发电安全、稳定。

在对模组的测试中，我们使用IV仪（如下图）测试CIGS模组的实时电压、电流值和温度数据，计算最高功率点。使用手持式与固定式照度计（如下图）采集实时的光照强度与之前的数据做计算分析。最后使用热成像相机对模组及电缆接入汇流箱的温度进行了全面的拍照检测，观察保险丝的工作温度，判断是否处在正常工作状态。

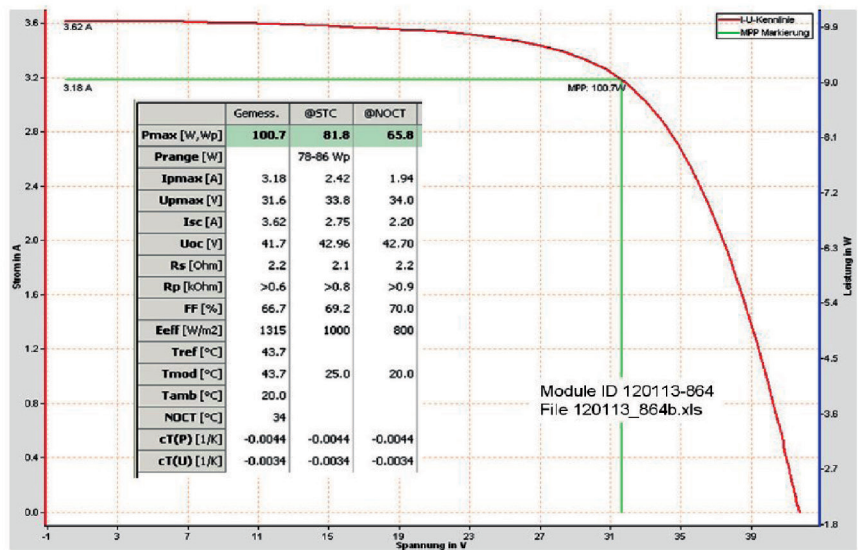


（IV仪与固定式照度计相连接，综合实时电压，电流，照度与温度等数据计算出最高功率值）



（手持式照度计，方便快捷的直接在照度计上读出数值，让测试工作更快捷）

在2013年7月5日，天气多云，少雾。我们对已经在野外露天工作了一年的模组进行了随机抽样，从不同位置和角度分别取了两块模组，然后使用IV仪和照度仪对它们进行单独的功率测试，以检验一年以来它们有没有因为环境侵蚀而出现效率衰退。可由于多云的天气影响，照度仪捕捉到的光照强度一直都在 $500\text{--}1200 \text{ W/m}^2$ 之间徘徊，我们也采集到几组数据显示模组工作状态正常，可就在突然间云开日现，强烈的阳光直射下来，照度计上的数值瞬间飙升至 1650 W/m^2 ，速度太快以至于我们没有来得及捕捉到当时的数据，当我们按下鼠标时，照度已经下降到 1315 W/m^2 ，让我们惊喜的数据此时出现在了设备的显示器上，标称值只有 80 W 的模组，此时的实际功率已经达到了 100.7 W （见下图），这个数据让来自MANZ的Georg Voorwinden博士都感到惊讶，因为德国专家在来到中国前，根据1976年美国大气标准所确定的无云条件，预计石林当地六、七月的照度在 1120 W/m^2 左右，而于2009年公开发表的数据上表示实测照度与无云时照度的照度比为1.38，所以估测在这样的天气下，采集到的照度理论最大值为 1545 W/m^2 左右，而现在得到的 1650 W/m^2 的照度使



得当地的实测照度与无云时照度的比值达到了约1.47。后来在他们返回德国后的7月22日，在与一位叫做沃纳·纳普（Werner Knaupp）的光伏研究者进行交流时得知，这与沃纳先生目前通过自己在德国的实验得到1.45的比值相吻合，而这是首次在电站中直接测量到此数据。

而通过当时测量到的电流值还验证了照度比和电流比的一致性，如上图显示，这是当时截取到的IV值与照度，在1315w/m²的照度条件下，模块的短路电流达到了3.62A，而模块在标准状态下的短路电流应该是2.75A，两者的比值约为1.315，实时照度与标准照度的比值也为1.315（1315/1000），所以可以推算出在1650w/m²照度时，最大短路电流值则将超过4.5A，而工作电流也将达到4A，这已经大大超出了原先设计的汇流箱保险丝设计容量，而造成了频繁烧损保险丝的情况。所以德国工程师强烈建议今后在做前期设计时，对于最大辐照度最好选用1600w/m²做计算数值。

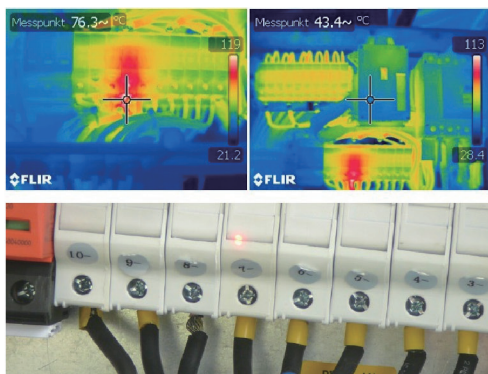
而辐照度对于输出功率的影响也是明显的，在这张图上，我们可以发现，照度达到1315w/m²，输出功率是100.7w，模块的标准功率是81.8w，温度是43.7℃。按照光伏组件的物理特性

来说，在标准环境下（25℃）温度每上升一度，功率要按照一定的比值下降，这个比值就是我们常说的热衰减系数，对晶硅电池与CIGS电池来说，CIGS拥有比晶硅更低的热衰减系数，晶硅的热衰减系数超过0.5%，而CIGS只有0.3%左右，也就是说，在目前这个温度下，已经超过标准环境温度约20℃，晶硅模块的输出功率要下降20X0.5%=10%，而CIGS模块只下降20X0.3%=6%，所以体现在实际的数据上，当时的照度比为1.315，输出功率应该是81.8w X 1.315=107w，考虑热衰减系数要降低6%的功率，则实际应该是107w X (1-6%)=100.6w，基本吻合实际测量的数值。而如果是晶硅电池组件的话，只需要把它的热衰减系数代入到上式计算，就可以得到同样情况下，晶硅的输出功率只有96.3w，仅此一处，CIGS的发电功率就超出晶硅近5%，可在实际使用过程中，模组处于45℃的情况并不特殊，在中午前后，模组的温度常常要达到60摄氏度以上。因此，根据这一数据的佐证，我们基本上对这一年来所观察到的CIGS方阵发电量超出晶硅方阵近10%的现象做出了科学的判断和解释。更为重要的是，MANZ公司利用其真空共蒸镀膜技术制造的CIGS电池模组在经历了一年的风

吹日晒，雨雾侵蚀后，并没有出现功率的减退和损失，在出现高电流时，没有一块模组的接线盒烧损。相反的，其表现出的优异发电性能让我们由衷的赞叹。这也为我们公司创造了更多的发电收入，让高高在上的前沿科学技术产生了实际的效益。

而在这里必须要作出说明的是，以上得出的结论并不会否定了薄膜电池良好的弱光效应。薄膜的弱光效应的确是要优于晶硅电池的。而弱光效应也并非CIGS薄膜电池独有的特点，而是这一类薄膜电池所共有的，区别只在于不同种类薄膜电池孰强孰弱的问题。在弱光条件下（比如日落时），我们依然检测到模组的电压值保持在较高的水平，只是电流值较低，造成输出功率偏低的现象，以致不足以满足电器系统自身的消耗。所以应该说弱光效应是存在的，只是根据不同的电器电路设计，而没有能在发电量上体现出来，未来我们要解决的就是如何降低系统损耗，挖掘出弱光效应的实用价值。

在接下来的几天时间中，我们双方共同对所有的模组和汇流箱进行了红外热成像拍照（如下图），找出了几处出现过热现象的保险丝，排除了烧蚀的隐患，我们也逐步将所有20A的保险丝替换为25A保险丝，加大冗余量。



（利用热成像相机发现某汇流箱负极7号保险丝插座出现过热现象）



测试当天环境，天气多云

通过这次周年检测，我们基本找到了CIGS模组在发电量上高于晶硅的原因，也找到了频繁烧损保险丝的问题所在，但对于我们来说最大的价值在于我们对于CIGS电站的集成设计有了更深入的理解和更丰富的经验，对未来中国的CIGS电站建设打下牢固的实践基础。在对系统各部分的检测中，没有发现存在建设安装缺陷，没有发现存在电气老化失效，没有发现发电功率的衰减，德国专家对于石林CIGS光伏电站的建设质量也给予了充分的肯定，认为即使是在德国，建设质量也不会比我们更好，给出的评语是“good job!”。能够得到国际上CIGS专家的认可，我们感到很欣慰。

CIGS薄膜电池——光伏发电最佳装备

杨勇 项目经理 北京桑林蓝天自控技术公司工程部

作为EPC系统集成商，选择什么样的发电装备，给未来电站带来较高的发电量是业主所关注的焦点。通过在石林电站内建设1MW CIGS并网地面电站，280KW建筑光伏项目实践，我们认为CIGS薄膜电池组件是理想的发电装备选择。

一、CIGS薄膜电池适用于兆瓦级地面电站

众所周知，对于晶硅光伏电池，要获得发电量提升，大都会采用单轴或多轴追踪的方式跟踪太阳的运行轨迹而获得较佳光照，因此前期设备投资大。而就CIGS薄膜电池来说，更好的光谱响应特性节省了前期诸如追日设备的投资，对于光伏支架的加工工艺要求也并不苛刻，采用固定式的支架按照一定的角度固定即可。CIGS固定式支架大大节省了建设投资。对EPC工程来说最重要的是使用最简单的设计，最简易的安装方式，最短的工期，最低的成本投入，得到最好的发电量。我们石林电站的发电量与同环境下的晶硅电池相比，发电量大出10%左右。而同样的装机容量所占用的土地面积却几乎是一样的。

另外，CIGS模组的外形尺寸比较人性化，在600X1200mm左右，这个尺寸正好可以由一个工人方便地进行搬运和安装，而不必像晶硅电池那样的大面积模组搬运和安装至少需要两名工人才能完成；



地面电站方阵一采用固定式支架系统，工期短，成本低，无耗能

二、CIGS薄膜电池适用于屋顶分布式电站

屋顶分布式光伏电站有如下优越性：第一、摆脱远距离输电线路，将偏远地区的大型电站化整为零直接安置在用电力用户的空置屋顶上；第二、安装空间有限，仅限于用户空置屋顶，是用面积定容量，而不同于地面电站以容量定面积；第三，多应用于密集型商业区，大型工业园区，在个别时间段会容易出现遮蔽现象，光伏组件的安装位置和朝向多样性。

我国能源最大的矛盾在于能源资源丰富的地区基本都不是高耗能区，而高耗能区却没有闲置土地建设大型地面电站，这些高耗能区基本都集中在我国的东部沿海地区，这些地区的气候条件并不理想，最大的问题是夏季的高温正好是晶硅电池的软肋，温度越高，晶硅电池由热效应带来的效率下降越大。而CIGS薄膜电池对温度不敏感的特性，恰恰使其成为在这样高温环境下产生较高发电效率的突出优势。

CIGS薄膜电池的发电量同比也要高于晶硅电池10%左右，这就让有限的屋顶资源能够得到最大化的利用，同样的面积却能得到更高的发电效益。

三、建筑物CIGS薄膜电池光伏玻璃幕墙

从照片中可以看出，如果不做特别说明，很难看出这一面玻璃幕墙是正在发电的光伏幕墙，美观霸气。出于现在节能型建筑的普遍要求，在能够利用墙面，屋顶等区域发电的同时，也要最大限度的减小建筑物本身的能源消耗，最直接的方式是减少屋内的照明和空调使用，如果在屋顶铺设光伏电池，模组与屋面间的空间本身已经起到保温层的作用，可以减少热能的传导，节约空调能耗，但对于CIGS来说还有另一个最大的优势就是其可以按照要求制作为50%或75%的透光率，也就是说，在白天我们可以最大限度的使用自然光对建筑物内部进行照明，节约照明能耗，同时，我们的窗户和幕墙仍然在发电。可从外部看去，

整个幕墙与建筑物浑然一体，不会有晶硅那样的马赛克或明显的色差，让整个幕墙显得突兀和不整洁。CIGS薄膜电池组件在建筑市场是一款即具备美观装饰功能，又具备发电功能的产品。



光伏玻璃幕墙——兼具发电与室内采光



光伏走廊——发电的同时兼具实用性，与环境完美融合



光伏走廊——兼具遮光挡雨的实用功能与发电能力。



光伏坡地电站。

BAPV光伏幕墙



