

太阳能（高速）公路综述

沈恂达

(中电科技集团第54研究所, 河北 石家庄 050081)

摘要: 本文提出了太阳能(高速)公路的含义,并结合我国太阳能资源的分布情况,估算了利用太阳能高速公路发电量的理论值,介绍了国内外太阳能(高速)公路的研究、发展情况,简要地说明了太阳能高速公路的造价及效益,最后指出了发展太阳能高速公路所存在的问题,并提出了相应的建议。

关键词: 太阳能; 高速公路

“太阳能高速公路”是一个全新的概念,是太阳能应用创新的大胆设想。研究和试验表明,这种太阳能高速公路的优点很多,节能、环保、智能、安全、分散,也可以节省大量的土地,其最终、最直接的结果就是可以逐渐让人们不再那么依赖煤和石油等矿物燃料。

一、问题的提出

在2014年3月的全国两会上,全国政协委员、通威集团董事长刘汉元提出了结合国内现有高速路网资源状况,参考国外已有的经验和做法,充分利用国内存量高速网,将其作为太阳能光伏发电的新型、有效载体,实现光伏发电、交通运输、节能减排、安全行驶、道路养护、耕地保护六者的高效整合与最佳统一的方案^[1]。刘汉元提出的建议就是建设所谓的“太阳能高速公路”。

此前,广东工贸职业技术学院欧英雷先生在2012年也提出了“利用高速公路实现太阳能光伏发电的构想”^[2]。

其实,世界上第一个提出“太阳能(高速)公路”概念的是美国爱荷达州的一对夫妇——电子工程师斯科特·布鲁索(Scott Brushaw)和心理治疗师朱莉(Julie)。

2006年,布鲁索夫妇首先提出“太阳能公路”的概念和设想,并进行了一系列的研究、试验工作,取得了卓有成效的阶段性成果。此后,美国、荷兰、意大利、英国、德国以及比利时等国也先后就此进行了研究、探索和试验。2011年,世界上第一条太阳能高速公路(A18公路)在意大利建成,并向公众开放。

二、太阳能高速公路的含义

(一) 含义

所谓太阳能高速公路是指:利用高速公路的路面、沿线设施以及周边的环境实现太阳能光伏发电,并为公路设施本身和沿线居民供电。它大致可以分为:路面光伏发电系统和沿线设施光伏发电系统两大类。

1、路面光伏发电系统(如图1所示)

路面光伏发电系统是指:利用高速公路路面作为载体实现光伏发电的系统,通常称为“太阳能高速公路”或“太阳能公路”,它的基本结构由三层组成(如图2所示)。

最下层:为基础层或承载层,用来隔绝土壤的湿气,避免其影响到上层太阳能光伏组件的正常工作;

中间层:为太阳能光伏电池层,用来产生电能;

最上层:为透明的保护层,保护内部的太阳能光伏组件,同时也能够让阳光透过;承载路面上各种载荷的正常通过,即要满足作为路面材料的所有条件,如坚硬度、粗糙度和摩擦力等。这种特殊的新型路面光学材料可以是透明陶瓷、聚光透镜或特殊的玻璃钢。

2、沿线设施光伏发电系统

沿线设施光伏发电系统是指:利用高速公路沿线的一些设施安装光伏板来发电,如服务区建筑物屋顶和侧墙、停车场、路侧防撞护栏、防噪声隔离带(声屏障)、路侧边坡等,如图3所示。

(二) 理论构想

太阳能高速公路的理论构想是将太阳能电池阵列埋入高速公

路的路面内，并寻找新型的光学材料来铺设高速公路的路面。这种新型的路面材料（如透明陶瓷和聚光透镜等），既要符合高速公路的行车要求，又要满足对太阳光的透射和聚焦作用，使铺设在其下面的太阳能光伏阵列能接收到太阳光的辐射。也就是说，中间层和最上层两者的共同作用应达到高速公路的设计标准，从而确保高速公路的行车安全。

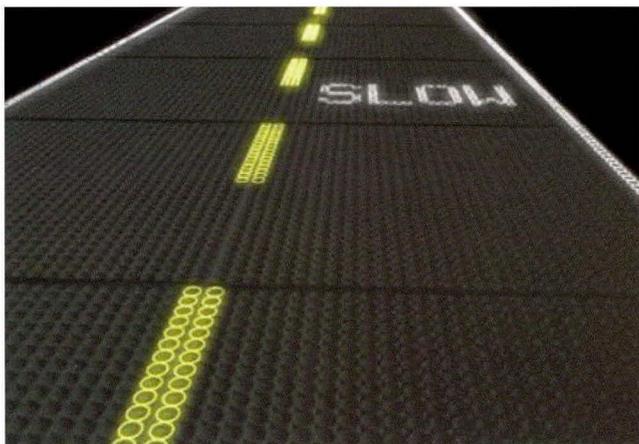


图1 路面光伏发电系统

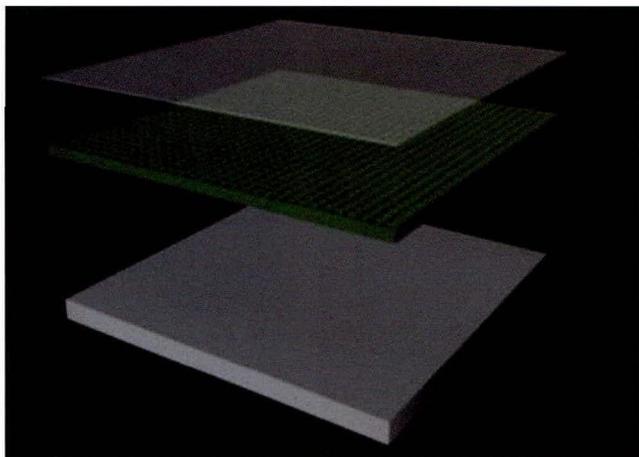


图2 路面光伏发电系统构成



图3 公路边坡太阳能光伏发电系统

三、我国太阳能资源简述

我国太阳能资源十分丰富，全国有2/3以上地区，年日照时数在2000小时以上。但由于太阳能十分分散，能流密度较低，因此，到达地面的太阳能每平方米只有1000W左右。

我国各地区太阳能资源情况及分类如下表所示。

我国各地区太阳能资源情况及分类表

类型	地区	年日照时数 (时)	日辐射量 (千瓦时/米 ²)
1	西藏西部、新疆东南部、青海西部、甘肃西部	2800~3300	5.1~6.4
2	西藏东南部、新疆南部、青海东部、宁夏南部、甘肃中部、内蒙古、山西北部、河北西北部	3000~3200	4.5~5.1
3	新疆北部、甘肃东南部、山西南部、山西北部、河北东南部、山东、河南、吉林、辽宁、云南、广东南部、福建南部、江苏北部、安徽北部	2200~3000	3.8~4.5
4	湖南、广西、江西、浙江、湖北、福建北部、广东北部、山西南部、江苏南部、安徽南部、黑龙江	1400~2200	3.2~3.8
5	四川、贵州	1000~1400	2.5~3.2

由表1可见，我国西藏、新疆、青海和甘肃地区的太阳能资源很丰富，平均每天日照时数都在7~9小时，特别适宜于光伏发电；而四川和贵州较差，每天平均日照时数只有3小时左右，不太适宜于太阳能规范发电的应用。

四、太阳能高速公路发电量的理论估算

(一) 路面太阳能高速公路

假设：高速公路所在地的有效日照时间为T，太阳能电池的能量转换效率为 η ，每平方米的辐射功率为P，充电效率为 γ_1 ，逆变器的转换效率为 γ_2 ，则得：

$$\text{每日每平方米太阳能电池板的发电量为} W_1 \text{ (瓦时数/米}^2\text{)},$$

$$W_1 = \eta \times P \times T \quad (1)$$

$$\text{负载每日每平方米获得的电能 (瓦时数/米}^2\text{) 为} W_2,$$

$$W_2 = \gamma_1 \times \gamma_2 \times W_1 = \eta \times \gamma_1 \times \gamma_2 \times P \times T \quad (2)$$

面积为S的太阳能电池板每日为负载提供的发电量为W (瓦时数)，

$$W = S \times W_2 = S \times \eta \times \gamma_1 \times \gamma_2 \times P \times T \quad (3)$$

若平均日照时数 $T=4h$ ， $P=1000W$ ， $\eta=18\%$ ， $\gamma_1=70\%$ ， $\gamma_2=90\%$ ，则：

$$W = 0.4536 \times S \text{ (千瓦时) / 日} \quad (4)$$

设：可以安装光伏组件的四车道高速公路的有效宽度为20m（路面宽度+硬路肩宽度），则每公里的路面面积为20000m²，日发电量约为9000（千瓦时）/公里，那么年发电量就是328.50万

(千瓦时)/km。

2014年底,全国高速公路的通车里程约为110000km,如果都用来发电的话,每年发电量约为3613亿度,约占2014年全国总发电量55459亿度的6.5%左右,是2014年火力发电量的8.7%。

当然,这仅仅是个理论值,因为,不可能全国的高速公路都用来太阳能发电。

(二) 声屏障和防撞护栏太阳能光伏发电

同样,也可以在高速公路上的声屏障或两侧的防撞护栏上安装光伏发电组件来发电。

假设,每块光伏组件的面积是1米(宽)×2米(高)。按照上述条件计算可得:每块2米²的组件,每天可发电0.5度(η取10%)。如果光伏组件安装在两侧的防撞护栏上,则每公里高速公路最多可以安装2000块(竖装)这样的光伏组件,故每天至少可以提供1000度的电量。

根据目前高速公路机电工程设计标准和设备配置要求,改扩建后的京港澳高速公路石安段每公里的外场设备(高清摄像机+微波检测器+LED可变信息标志+号角喇叭等)的总耗电量为每天10度,也就是说,每公里的防撞护栏太阳能光伏组件发出的电量可以为100公里的高速公路外场设备供电。此外,光伏发电组件提供的这些电量,除了给沿线的所有机电设备全天供电外,还可以为沿线附近的部分居民提供足够的用电量。当然,这需要与现有的电网并网工作。

五、国外发展动态

(一) 美国

美国是最早研究太阳能高速公路的国家。

2006年,美国爱达荷州的一对科学家夫妇斯科特·布鲁索(Scott Brushaw)和朱莉(Julie)首先提出,用太阳能板代替传统的沥青来建造所谓的“太阳能公路”的梦想,并得到了美国联邦公路管理局的研发资金支持。

2009年,他们收到了第一笔用于建造太阳能电池板公路原型的政府拨款。2013年春天,布鲁索夫妇启动了试点项目,在爱达荷州桑德波因特市用太阳能电池板建成了一个露天停车场。斯科特认为,停车场是进行LED光源和发电系统试验的绝佳试验场,可以重新配置方向箭头和停车线,来应对停车高峰,而且所产生的电能可以为附近的企业供电。为此,当地政府奖励了他们75万美元。

多次试验后,他们终于成功研发出一种高硬度,具有浮凸结构的玻璃做太阳能电池板的路面。太阳能公路由嵌入超韧玻璃的六边形太阳能板建造而成,如图4所示。

除了基座,太阳能电池面板由三层组成。

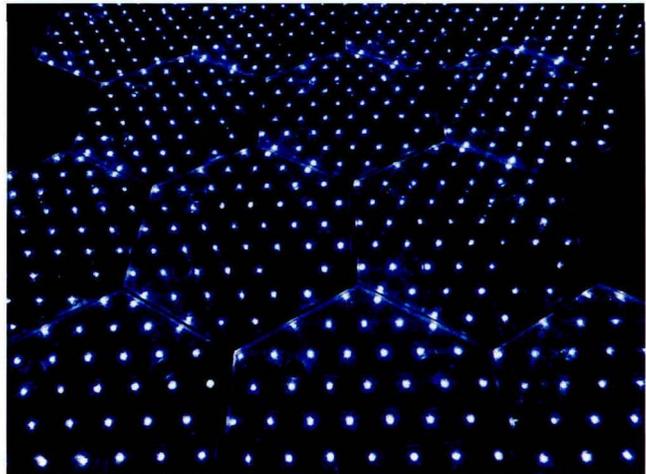


图4 超韧玻璃的六边形太阳能板

第一层是含有太阳能电池板、LED灯和供暖系统的硬玻璃层。这种半透明、高强度、防水的公路表面层,能够提供足够大的坚硬度、粗糙度和摩擦力,并且可以让阳光照射在太阳能电池板上。

第二层是一个带有微控制器的电子元件层,可以激活LED灯,具有控制照明、通信和监测功能。上面的电路可感知荷载、控制加热单元,让汽车在冰雪天气也能正常行驶。

第三层是防水的底盘层,除了保护上层电子元件干燥,还负责分配收集到的能量及数据信号。多块太阳能公路面板相互连接变成一条智能太阳能公路,形成一个智能的分布式电网。

目前,布鲁索夫妇已经在自家的车道上应用了太阳能路面。在冬天它的化雪功能能够正常使用,道路每年也可以正常工作,除了正常磨损,一切都好。现在夫妇俩想要把这样的道路推广到公共停车场和人行道上,先从小规模做起,使道路能够供电,也可以让人们在冬天不用费力去铲雪了。

布鲁索夫妇已经着手开始进行原型阶段的第二阶段,包括建造一个停车场,用来测试太阳能道路电池板对气候、重负荷及能量收集和LED有效性的耐久程度。

另外,美国的绿色能源公司开发了一种像地砖一样的太阳能电池板,面积为3.7米×3.7米,每天的发电量为7.6×10⁻³度,每片成本为6900美元。这种太阳能电池板可以铺设在城市公路和人行道中,也可以铺设在高速公路中。太阳能板上上面铺设高强度的高分子透明塑料板。

这种塑料板透明度很高,可以让阳光充分照射到太阳能电池板上。塑料板也十分牢固,而且不是很光滑,可以保证汽车在上面快速行驶而不打滑。遇到下雨天,特殊的构造可以让雨水迅速流走,而不会因为积水影响汽车的行驶。

独具慧眼的公共太阳能高速公路公司已经和凯斯内斯能源(Caithness Energy)达成合作协议,从加州开始在全美各州开

展太阳能发电项目。事实上，该项目已经取得了加州交通部的支持。他们计划在美国101国道沿线建立七座太阳能高架，从圣何塞一直延伸到吉尔蓄。

公共太阳能高速公路公司表示，七座高架的光伏系统最高可以产生15兆瓦的电量。形象地说，它能够满足3000户家庭的电力需求。

经过测算，一段1000米长的四车道高速公路的发电量可供300个家庭使用。如果美国的公路都能变成太阳能公路，即使太阳能电池的效率只有10%，那么这些高速公路利用太阳能所发的电能相当于美国年耗电量的3倍，此外还能节省2倍的石油用量。这样做的结果是，美国能源有望摆脱石油的束缚。

太阳能高速公路还能解决其他的一些问题，如公路内装的传感器用来监控交通流量；加热器（电热丝）可防止寒冬时节冰雪滞留在公路上，能有效地防止路面结冰或积雪。

某公司研发的12英寸见方的太阳能道路板内嵌了一些LED灯，可以在阴天或夜晚点亮变换成新车路线或是各种道路指示标志。

另外，在太阳能高速公路上行驶的电动汽车可以直接在公路上充电，以有效解决电动汽车的续航问题。

目前，推广这种太阳能公路的最大瓶颈是工程投入太大，成本太高。

美国能源局已经拨款给负责研发的太阳能公路公司，以期大幅降低生产成本，让太阳能高速公路变为现实，早日投入使用。

（二）意大利

意大利作为世界上第一个建造高速公路的国家又将有一项新的创举。卡塔尼亚-锡拉库萨A18高速公路（西西里岛600公里高速公路网络中新增的一段30公里的公路）将成为一条完全由太阳能作为动力的高速公路，而且将是世界上的第一条太阳能高速公路。

意大利Pizzarotti公司筹划、修建的这条卡塔尼亚-锡拉库萨高速公路已于2011年1月1日向公众开放。整段公路所需电力将百分之百地由沿路安装的8万个光伏太阳能板提供，包括路面照明、隧道通风、道路指示牌、紧急电话等80万套设施。整个太阳能电板的供电面积超过20公顷，预计总成本超过6000万欧元，每年的太阳能发电量预计为1200万千瓦时，这相当于每年节约3.1万吨石油，减少1万吨二氧化碳排放。

2011年，在西西里岛地区，墨西拿-巴勒莫A20高速公路沿线安装了总计36.8万千瓦的太阳能电板，并已经能够为183公里长的沿线建筑提供电力。在意大利北部，波尔扎诺A22高速公路（途径阿尔卑斯山脉延伸至奥地利）沿线的一个居民区安装了防噪声隔离带。这一长达1公里的防噪声隔离带是由太阳能板制成的，每年能发电68万千瓦时，足以满足当地20%的用电需求。

（三）荷兰

荷兰尝试在普通道路上铺设太阳能电池板。

荷兰应用科学院成立了“太阳能之路”项目组，研发了一种新型的太阳能电池系统，通过一个聚光装置将道路表面吸收的太阳光汇聚到一个小型的高效太阳能电池上。他们的太阳能装置，准备在阿姆斯特朗附近的一个小镇上进行试验，做道路铺设。

据科研人员估计，他们铺设的太阳能道路，每年每平方米能生成约50千瓦时的电能，而荷兰每个家庭的年耗电量为3500千瓦时。

在荷兰北部的村庄阿芬霍伦，从60米长的路面和一个小停车场收集到的太阳能正在为一座有70套住房的四层楼房供暖。在附近的城市霍伦，夏天，36万平方英尺（1平方英尺约合0.093平方米）的路面收集到的热能被储存起来，到了冬天，这些热能被用来为大约16万平方英尺的工业园区供暖。

就目前情况看，太阳能作为一种新能源，它的发展瓶颈在于造价太高。太阳能在荷兰被称为“灰色能源”，因为太阳能发电的价格是传统电力成本的3倍。

荷兰能源研究中心2014年7月16日发表了一个以太阳能面板当做高速公路隔音墙的设计原型，这是荷兰交通及水管理部委托的一项计划。第一阶段预计在鹿特丹以南30公里的小城多德雷赫特市附近的高速公路路段，装设一段长度达450公尺、高度为6公尺的太阳能隔音墙。目前，该公司正在用测试面板和太阳光仿真器进行发电量测试，从而找出安装这种隔音墙的最佳位置，真正的开发和建造将由荷兰交通及水管理部在2015年进行招标。

能源研究中心发言人称，这种隔音墙不像传统水泥墙，以太阳能面板盖成的隔音墙，能够让人看到墙外面的景物，不会感觉太封闭。最重要的是，这种隔音墙在隔离噪音的同时，还因为装设了双面太阳能面板，能够进行发电。

这个项目的最大挑战是交通问题，怎样清除隔音墙上的灰尘，车辆往来的阴影，特别是大型货车，会不会影响发电量等等。现阶段能源研究中心的解决方案，是将6米高的隔音墙分为两部分，上面4米安装太阳能面板，面板上有一层特殊的涂料，下面2米则由玻璃制成，这样不仅能降低成本，而且实用。另外，必须考虑装置的安装方向，以南北向安装为例，上午靠东边的太阳能板发电，下午靠西边的太阳能板发电，这样能大大增加发电量。

这个创新工程已得到欧盟经费赞助，预计2016年中开始建造。荷兰能源研究中心特别看好利用太阳能面板做为高速公路隔音墙的前景，认为这种隔音墙将成为多德雷赫特市的示范工程，将来这些太阳能产生的电力还可以为电动汽车的充电站供电。

国外媒体报道，世界上第一条太阳能自行车道由荷兰SolaRoad公司研发、建设，并于2014年11月正式开通。这条太阳能道路位于英国一个叫克罗默尼的城镇里，全长230英尺（70米），由2.4米×3.3米的预制水泥混凝土板拼接而成，太阳能电池则被放置在了钢化玻璃层之下，如图5所示。



图5 荷兰建成世界首条太阳能自行车道

这条太阳能道路是在水泥混凝土板里嵌入了晶体硅太阳能电池板，上面覆盖一层薄薄的钢化玻璃。这层钢化玻璃作为保温玻璃层起到保护作用，外层路面是透明的，以保证阳光可以射入，但也相当坚固。

这条太阳能自行车道能将太阳能转换为电能，每平方米每年可产生50千瓦小时的电量，可用于街灯、交通信号灯或供附近民宅使用。

这条太阳能自行车道目前的造价是150万欧元，并计划在2016年拓展至100米，而那时的造价将会超过300万欧元。

（四）英国

世界上第一个全国性高速公路电动汽车充电网络，2011年9月在英国投入使用。这种免费使用的太阳能充电站已经现身12个高速路服务区，并还将有18个服务区的免费充电站投入使用。

这一举措意味着电动汽车将第一次能够行驶到英国的任何地方。充电站网络由Ecotricity环境能源公司负责建设，公司创始人表示，统计数据显示，电动车在城镇行驶时并不需要中途充电，真正需要充电的是城市间的高速公路。

每一个充电站都将提供100%的“绿电”，电力由Ecotricity环境能源公司遍布英国的风力和太阳能发电场提供。如果使用32A快速充电站，电动汽车在短短20分钟内便可完成充电，完全充满需要两个小时。较慢的13A充电站则为在服务区酒店过夜的驾驶者使用。

2014年1月，世界上最大的太阳能发电桥在伦敦揭幕运行，该桥顶共覆盖4400块太阳能电池板，可满足该桥北岸繁忙的布莱克弗赖尔斯火车站一半的用电需求，并将减少大量的碳排放。

（五）德国

据2010年11月16日报导，德国阿沙芬堡高速公路上架起了太阳能发电板，有效利用了闲置空间，这是德国最重要的太阳能发电项目。

德国一条高速公路隧道里安装了16000块太阳能板，将提供2.8兆瓦的电量。这项计划花费了1100万欧元，该投资需要16年才能收回。

（六）瑞士

1989年，瑞士建成了第一个太阳能声屏障系统，在保证降噪

效果的同时，还可以利用太阳能发电。现在，德国、英国、法国、意大利等国家都开始试用太阳能声屏障。

（七）比利时

欧洲Enfinity公司在比利时四号高速公路（HSL4）旁的铁路隧道上，安装了长达2.1哩（约3.6公里）的太阳能光伏发电系统。该系统使用了16000片太阳能板，总面积为50,000平方米（约8个足球场大小），总造价为2100万美元。太阳能产生的电力使用在一些铁路基础设施上，包含照明、取暖，以及供给邻近的安特卫普中央火车站的一半用电。一年的发电量为3300兆瓦时，约提供给1000个家庭使用，一年可减少2400吨的二氧化碳排放。

（八）澳洲

澳洲永续能源公司Going Solar将太阳能板融入高速公路的隔音墙上。Going Solar的第一个高速公路工程是在Tullamarine Calder高速公路上实施的，这段太阳能板隔音墙长达500公尺。

这套太阳能系统平均每年可输出18.7兆瓦时的电力，为高速公路提供10%的照明电力，并可减少26吨的二氧化碳废气排放量。其太阳能板来自德国的Schott Solar公司，由Going Solar公司负责安装。由于这段高速公路就位于住宅区附近，因此所产生的电力可以毫不费工夫地供应给附近的住家使用。

（九）日本

2013年，日本佐贺县准备向利用太阳能电池板开展发电业务的运营商颁发许可，允许其免费占用该县管理的地区高规格道路路侧斜坡。有明海沿岸公路从久保田立交附近到福所江大桥共约2公里的南侧斜坡（如图6所示）作为发电设施设置场所，合计面积约为1万平方米。



图6 右侧是南侧斜坡

六、国内简况

在我国有些地区的高速公路上，已经应用太阳能电源为监控系统的一些外场设备供电。开始供电的对象仅是一些小功耗的设备，如全程监控系统中的摄像机、微波检测器等。从去年开始，在京港澳高速公路改扩建工程中的石安区段的新建路段——邯郸东南环（38公里）上，所有的外场机电设备全部采用太阳能来供电，以实现主线“去电缆化”，真正实现部、省交通部门提出的

“国内领先，国际一流”的科技示范路的创新目标。目前，该工程正在安装施工，预计到5月份可以竣工。

从总体考虑，国内还没有一个部门或单位提出过实现太阳能高速公路的设想和规划，更不可能进行某些研究、探索和试点。尽管如此，已经有一些地方的高速公路利用服务区、收费站、隧道、声屏障等沿线设施建立太阳能光伏发电系统，服务于设施内部的供电、照明、取暖，并取得了明显的经济效益和节能、环保效果。

下面一些实例仅是其中的一部分：

1、河南省

2011年9月，京港澳高速公路安阳服务区建成了60千瓦（Wp）的太阳能光伏电站，进行并网发电。该电站是全国首座太阳能光伏电站，每年发电量为85850千瓦时，可节约标准煤780吨，预计可稳定运行25年。

2、陕西省

2014年1月，位于“十天高速”陕西段西乡县茶条岭的高速公路110千瓦光伏电站项目完成并网交工验收。该项目采用用户侧并网发电模式，预计年发电量为15.04万千瓦时，所发电主要用于茶条岭隧道内的灯光照明、动力服务，成为隧道供电重要组成部分，每年可节省费用15万元。电站运营25年可节约标准煤1466吨，二氧化碳减排3749吨，二氧化硫减排113吨。

3、福建省

在永武高速公路一期路段上，建设了金鸡岭隧道太阳能发电系统和闽粤主线站太阳能发电系统。

（1）金鸡岭隧道太阳能发电系统

该光伏发电系统中，太阳能板采用台湾产的单晶硅材料，太阳能板面积约624平方米，24台逆变器为德国进口。每平方米太阳能板发电量约80瓦，每平方米太阳能板约1600元，每千瓦投资约39万元，每台逆变器约27万元。该系统采用太阳能与市电并联互补型系统（不馈入电网），向隧道照明设备供电，太阳能供电优先，太阳能输出功率不足时由市电补充供电。金鸡岭隧道照明总负载为44千瓦，使用多级回路控制，太阳能发电系统总功率为50千瓦，不用蓄电池作后备电源；控制器放置于配电房内，实现对照明回路控制。试运行期间最大发电量达36千瓦，目前的发电量约为15千瓦。

（2）闽粤主线站太阳能发电系统

该系统负责向LED情报板供电和向路灯夜间照明供电。向LED情报板供电与隧道太阳能供电方案类似，但太阳能发电系统功率仅为15千瓦。太阳能板（采用非晶硅柔性板）安装于收费棚顶。白天太阳能系统与市电并联互补发电，供应大型LED情报板用电，情报板峰值功率26千瓦，正常工作功率为10千瓦，当太阳光照不足时由市电补充供电。闽粤主线收费站内路灯和庭院景观灯

均改为LED灯，由太阳能蓄电池供电，使用LED路灯和庭院灯的负载最大功率为3千瓦，配套太阳能发电系统总功率为10千瓦，按4天阴雨天考虑配置铅酸胶体电池。

4、四川省

据2012年5月报道，四川省首个光伏发电高速公路服务区加油站于盐边落成，这是四川省内首个利用太阳能光伏发电系统的高速公路服务区加油站。该项目位于攀西高速新九段附近的攀枝花服务区内，由164块太阳能光伏电池板组成30千瓦光伏发电系统。项目主要由20千瓦的微网固定系统和10千瓦的微网跟踪系统组成，总投资135万元，总装机容量30千瓦，预计日用负荷可达15千瓦至20千瓦，全部供给高速公路攀枝花服务区加油站的生产和照明使用。

5、其他

从2011年起，国内也有一些公司开始着手太阳能声屏障、太阳能停车棚的研发、生产和推广应用。

太阳能最大的优点之一是它几乎可以在任何地方不限规模使用。由于公路两侧的隔音板没有充分利用起来，加上道路声屏障具有较大朝阳空间的特点，因此，高速公路声屏障加装光伏组件无疑是上佳选择。

光伏声屏障在不影响原有道路声屏障安全性、隔音吸声性的基础上，将其作为太阳能光伏发电装置的载体，做到一物两用，可有效发挥投资效益。

2013年，哈尔滨松北大道安装了全长4300米的新型太阳能隔离墙，这种“新隔离带”设有S形金属防眩板，可有效阻挡向汽车射来的影响驾驶的灯光。太阳能电池板夜间发光，更加美观、醒目。底座采用水泥材料，强度更高，更加坚固耐用。

另外，高速公路服务区以及一般建筑的露天停车场、别墅的停车位建设太阳能停车棚也是一种不错的选择。尤其是在高速公路上如休息站、加油站等供电成本较大的地方，更体现了它的优势：可以作为休息站、加油站的供电设施，大大减少这些站点的供电投资。

据初步测算，太阳能停车棚节能效果比较明显，假设每个车棚发电量为2千瓦，一般在100个车棚以上就可以满足高速路休息站的用电需要。8年左右就可以收回车棚的投资，一个太阳能车棚在25年的寿命期里，将会为业主贡献10万元的利润。至于单位的停车场，收益就更大了。

七、关于造价和效益

（一）造价估计

由于国外已经建成的太阳能高速公路很少，很多国家尚处于摸索和试验阶段，因此，确切的造价估算很困难，笔者只是收集

到国外一些零碎的数据,仅供参考。

布鲁索夫妇认为,太阳能公路的成本约是传统公路造价的3倍。

美国绿色能源公司已经开发了“微型的太阳能高速公路”,一块3.7米×3.7米见方的太阳能电池板,每天可发电 7.6×10^{-3} 度,成本为6900美元。为此,美国能源局已经给负责该项目研制的太阳能公路公司(Solar Roadways)拨款,以期大幅度降低生产成本,让太阳能高速公路变为现实,早日投入使用。

比利时一条3.6公里的太阳能高速公路,太阳能板的总面积为50000米²,年发电量为330万千瓦,总造价为2100万美元。

意大利建造的世界上第一条太阳能高速公路,全长30公里,太阳能板的总面积为20万平米,总造价为6000万欧元,平均每公里造价为200万欧元(折合人民币1400万元),每平米造价为300欧元(折合人民币2100元)。

荷兰的世界第一条太阳能自行车道,全长70米,造价是150万欧元。

(二) 效益情况

由于目前国外尚未建成一条完整的、真正意义上的太阳能高速公路或太阳能公路,因此,很难有确切的效益数据,多数都是估计或推测,可以作为参考。

对于社会效益,是大家公认的:环保、绿色、节能、安全,节省大量土地,还能与市电网提供居民用电等。对于经济效益,在前面的介绍中,已经提到一些。如发电量多少,可节约多少吨标煤、石油,减排多少吨二氧化碳排放……;按照现有的补贴及脱硫电价计算,每年可直接产生多少亿元的经济效益等。

下面列举一些预测的数据供参考:

1、国外情况

◇美国一段1公里长的四车道高速公路发电量可供300个家庭使用;

◇美国加州101国道上七座太阳能高架,其光伏系统可以生产15兆瓦的电量;

◇意大利A18公路长30公里,沿线安装的太阳能光伏装置将百分之百满足沿线80万个设施的电力需求。路面上的光伏设备每年发电量为1200万千瓦时,相当于每年节约31万吨石油,并减排10万吨二氧化碳的排放量;

◇荷兰铺设的太阳能道路,每平方米能生成约50千瓦时的电能,而荷兰每个家庭的年耗电为3500千瓦时,故70平方米的太阳能道路就可以提供一个家庭的用电量。

2、国内情况

根据刘汉元的分析,到2012年底,我国高速公路总里程已达9.62万公里,全国高速公路的车道里程为42.46万公里。按照每条车道3.5米计算,单条车道的空间面积约为3500米²。如果实际装

机容量按15米²/千瓦计算,则每公里的光伏容量为230千瓦。而全国高速公路仅车道总面积就达14.86亿米²,如利用全国高速公路建设太阳能光伏电站,总装机容量近1000亿瓦;即便只有50%的高速公路具备装机条件,装机容量也可达500亿瓦,远远超过全国现有总装机容量,年发电量可达490亿度,约占全国全年消耗量的9%,且每年能节省标准煤1953万吨,二氧化碳减排5200万吨,按照现有的补贴及脱硫电价计算,每年可直接产生450亿元的经济效益。

高速公路建设太阳能光伏电站,单车道每公里每年的发电量就可直接产生大约25万元的财富,而同等单车道每公里对应的农田每年的收益仅为2000元左右。

刘汉元表示,充分利用我国高速公路沿线及其服务区、停车场,推动太阳能光伏电站建设,能满足高速公路沿线通信设施、视频监控系统、服务区等运行用电需要。光伏电站的物理结构还可以为高速公路遮阳挡雨,避免强光照射使驾驶员眩晕;同时,高速公路的预防性养护对于降低养护成本、减少因道路性能下降导致恶性交通事故发生的风险具有重要意义。

八、存在的主要问题

如上所述,要实现太阳能高速公路必须解决两个关键问题,即路面结构和造价。

(一) 路面材料

太阳能高速公路的路面既要满足交通需求的规定(足够的强度、稳定性、耐久性以及平整性和抗滑的要求等),又要满足接收足够的太阳光的辐射量,即保证光伏电池组件的转换效率。

目前,国外的科技人员正在研究和寻找这种特殊的新型路面光学材料。据报道,最有可能满足上述要求的是透明陶瓷、聚光透镜或钢化玻璃等。

据报道,布鲁索夫妇经过多次试验后,已经成功地研发出一种高硬度又具有浮凸结构的玻璃做太阳能电池板的路面。这种特殊的玻璃和传统的玻璃相差甚远。

目前,国外有些机构正在研究和开发能够满足太阳能高速公路上所用的透明陶瓷和聚光透镜。

(二) 造价高

太阳能高速公路造价高是影响其发展和推广应用的主要因素之一。据报道,国外的试验性太阳能高速公路的路面造价约为每平米500美元。按此推算,每公里车道的造价为175万美元,四车道太阳能高速公路每公里的造价为700万美元,按照当前的换算率,约为4400万人民币。

美国有关机构曾测算,如果美国的公路都能实现太阳能公路,虽然美国的能源有望摆脱石油的束缚,但保守的估计铺设成

