

# 向阳光要“能” 路面变身“充电宝”

■本报见习记者 韩扬眉

日前,有消息传出,我国首条“超级高速公路”杭州甬智慧高速公路即将开通。与普通高速公路不同的是,该公路将采用光伏路面,同时设置自动驾驶专用车道,支持全线自动驾驶车辆自由行驶。

不仅如此,该光伏路面下还预留了电磁感应磁圈。未来,随着电动车无线技术的配套,有望实现电动车边跑边充电的功能需求。

科幻般“黑科技”展现的场景令人期待。然而,由于过去全球在光伏公路实践中有着并不完全成功的“前车之鉴”,也有人认为光伏公路的建设与前景表示质疑。

光伏公路究竟是未来智慧交通之创举,还是昙花一现的“天方夜谭”?

## 瞄准智慧交通的探索

随着电动汽车的迅速发展以及智慧交通系统的建设,把太阳能应用于公路建设显现出诸多优势。

“光伏公路是一种瞄准未来交通工具的路面形式。”同济大学道路与机场工程教授张宏超告诉《中国科学报》。2017年,由他带领团队主持设计,在山东济南南绕城高速公路G2001建成了世界首条光伏路面高速公路试验段(以下简称济南试验段)。

事实上,世界部分国家早已纷纷开展光伏公路的研究和尝试。2014年,荷兰建造了一条社区太阳能公路,由安装太阳能电池的混凝土模块和一层薄薄的钢化玻璃组成,但只允许自行车和行人上路,不对机动车开放。2016年,法国在诺曼底地区建成了该国首条太阳能公路。该公路既可支撑5000人口小镇的日常公共照明用电,又能承受车辆行驶和极端天气。

我国虽起步较晚,但在部分基础材料探索、结构设计、实践经验等方面处在国际前列。例如,济南试验段的建设意味着我国在光伏路面承载结构和透光磨耗层材料方面获得重大技术突破。该路段被认为是全世界承载能力最高和交通量最大的光伏路面。

在结构上,济南试验段和即将开通的杭州甬智慧高速公路均采用了三层设计,最表层为透光混凝土路面层,中间夹层为光伏面板,以及既对光伏面板起物理保护作用又防水防潮的绝缘层。

“光伏路面是一种跨界技术,涉及道路工程、光电新能源、智能汽车等领域。”张宏超表示,它不仅可进行太阳能光伏发电,满足电动汽车的需求,还兼具智能化,迎合未来“智慧交通”的发展。例如,提供车路信息交互、自动驾驶等服务。

他坦承,作为一项具有超前性、前瞻性的



把太阳能应用于公路建设显现出诸多优势。

科学研究,光伏路面概念距离实践落地还有很长一段路要走,需要多学科共同努力。“这是一项探索性工程,作为高校科研工作者,我们的职责和期待是先在基础研究上取得突破。”

## 不突破传统,难有大创新

古往今来,所有的技术探索、新事物的诞生都并非一蹴而就,光伏公路亦是如此。

光伏路面让普通路面既承担原有承载车辆运行的功能,又兼具“移动充电宝”和“智能交警”,甚至对周边社区提供电力服务等多样化的服务功能。这给光伏路面的铺面材料、工程建设以及光电转化效率等关键技术增加了难度和挑战。

中国科学院宁波材料技术与工程研究所研究员鲁越晖告诉《中国科学报》,据了解,目前主要有钢化玻璃、透明陶瓷、复合树脂3类铺面材料,在车辆载重较大、行驶速度较快的路面上,对材料的机械强度、耐候性、平整度及摩擦系数等要求非常高。

“由于传统光伏组件中通常由电池片通过EVA胶与保护层材料及反射背板构成封装,一旦需要替换保护层材料则需要重新进行封装,因此也需考虑其破损替换及日常清洁问题;此外,相对于倾斜安装的传统光伏组件,污染物在平铺的光伏路面上更易滑落以及清洗,这需要铺面材料具有更好的耐污特性。”鲁越晖说。

鲁越晖所在团队目前正利用“表面功能化减反技术”探寻研发适合的材料。“减反技术的原理是通过薄膜的相消干涉,减少光伏玻璃与空

气界面间的光反射,使得更多的太阳光可以进入到组件中参与光电转换,以提高电力输出功率。”鲁越晖认为,以光伏路面的形式铺设,无疑会对减反膜的硬度和耐磨性方面提出相当高的要求。此外,关注减反膜表面功能化,如自清洁、防尘等的研究,对于降低光伏公路实际运维成本,减少空气中的尘埃、鸟粪等在路面的附着,保证发电功率的稳定输出均具有较大意义。

张宏超表示,目前他们团队正在探索光学混凝土材料。“混凝土材料是不能透光的,如果能让传统的混凝土材料具有透光性,将会是一大进步,它可直接作为光伏路面表层,起到保护支撑、加固强度等作用。此外,这种材料不只是用于光伏路面,探索不同透光率的混凝土材料,可适用于不同的应用场景。”

另外,在新的光伏发电材料和光伏路面结构方面,张宏超也正在改进研究。

基于济南试验段的探索,张宏超总结到,首先,室外环境对光伏路面的侵蚀来源复杂广泛,尤其是电化腐蚀比较严重。再者,光伏路面的快速养护和维修是很大的挑战。此外,还存在着整个产业的协调与配套问题。

“这是新事物,技术复杂度、集成度高,在探索过程中问题层出不穷也是正常的,遇到问题我们便研究解决问题。但是,如果不突破传统思维,就不可能有很大的创新。”张宏超说,“这次,是在前面探路,让别人学习我们。”

## 无线充电加持

光伏路面技术是朝着智慧交通的目标进

行的一次技术创新。在张宏超看来,绿色环保、安全智能,是智慧交通必然的发展方向。

鲁越晖充满期待:“光伏公路或类似技术与其它技术的交叉融合,必将会给人们未来的出行带来更大的便利和更好的体验,实现诸如自动融化冰雪、路面交通信息动态智能显示等。”

重庆大学自动化学院教授、无线电能传输技术团队学术带头人孙跃告诉《中国科学报》,智慧交通的目标是实现交通运行(包括车辆)的自动化、智能化和无人化。“智慧交通既有路的事,更有车的事。光伏路面的建设可以与电动车无线充电技术相结合,为真正的无人化智能交通提供完整的解决方案。”

那么,如何将两者相结合?需配套怎样的电动车无线充电技术?

孙跃指出,将“光伏+无线充电+智能管理”作为智慧交通的支撑平台,一定要把车辆技术纳入考虑,形成一种“车中有路一路中有车”的协同思维模式。

同时,道路(包括光伏路面)的规划与建设,必须充分考虑未来电气化交通工具(电动车辆)的电能实时补给解决方案。而电能补给方案有两种方式:定点驻车无线充电和定线路行驶过程中的无线供电,用来解决电能及时动态补给问题。“车辆电能的无线补给是制约‘智慧交通’真正无人化的关键要素之一。”孙跃说。

他表示,集光伏发电、动态无线充电、无人驾驶于一体是未来智慧交通的一项前瞻性和引领性的技术和解决方案。2018年,由江苏方天电力技术有限公司联合国内有关高校在江苏同里小镇建设了一条“三合一”电子公路,实现了电动车全路段动态无线充电。

孙跃介绍,该系统包括几百米地面充电线圈(铺设在光伏路面下面)、原级电能变换与供电线圈驱动装置、车载电能变换与控制器等。设计最高车速120公里/小时,动态充电效率85%以上。“基本实现车辆跑边充全过程的无人化和智能化。”

不过,在走向产业化过程中还存在一些需要解决和改善的问题,比如车载装置轻量化和小型化、全系统低成本建设与运行,以及充电效率进一步提升等。

“跨行业合作是一种行之有效的模式,可由政府和企业(行业)投入,行业带动,政产学研结合进行开发和推广。”孙跃建议。

专家表示,目前在相关技术领域,国内与国外发达国家基本处在同一起跑线,积累了较为深厚的基础和优势。面对新一轮的产业格局变化,还需基础研究和技术研发持续跟进、国家和各行业的支持。

# 无线充电时代要来了吗?

■本报记者 秦志伟

手机或电脑没电了,不再焦急找充电线和插座;新能源车上路,不再为找充电桩而烦恼……这些期待因无线充电技术的发展而逐渐变为现实。最近,相关科研院校在无线能量传输上陆续取得了新进展,给无线充电技术的大范围应用带来了新的希望。

相比于传统有线充电,无线充电因不需要充电端与线路而备受欢迎,目前已在家具家电、新能源汽车、医疗等领域“小试牛刀”。

然而,正如华南理工大学电力学院教授张波所说,无线充电技术距离扩展到更多领域还有一定的距离。“关键在于安全性、传输距离、功率等级、系统成本等方面。”张波告诉《中国科学报》。

## 技术突破是关键

19世纪末,尼古拉·特斯拉最早提出无线电能传输的概念,试图实现能量的远距离无线传输,但由于种种客观原因未能实现。现在,这一技术才真正取得了实质性的突破,并开始逐渐走向市场。

也正是因为无线充电技术具有的灵活、便捷、安全以及可以有效利用电能资源等特点,其连续两年(2012和2013年)被世界经济论坛评为十大新兴技术之一。在2008年和2016年,“无线电能传输”和“空中取电”被《麻省理工科技评论》评为十大突破性技术之一。根据全球市场洞察公司今年1月发布的无线电能传输技术全球市场调研报告,2018年全球无线功率传输市场为52.6亿美元,预计2027年将达292.3亿美元。

传统的无线充电技术可分为近场和远场两类。近场无线充电技术包括磁感应、磁共振,在收发端厘米级尺寸条件下,只能支持厘米级的有效传输距离;远场无线充电技术包括射频和激光,受制于传输损耗和人体安全要求,在米级距离上只能输出毫瓦级的功率。

也就是说,现有的技术均无法同时实现安全、远距离、高功率的无线能量传输。

“谐振波束充电技术具有本征安全、远距离高功率、移动等特点,可以有效解决上述问题。”同济大学团队向《中国科学报》介绍。2016年,同济大学团队首次



无线充电概念图 同济大学供图

提出谐振波束无线能量和数据传输理论及技术,并从理论和实验方面论证了谐振波束无线能量和数据传输技术的优势和潜力。

今年4月初,《IEEE物联网期刊》发表了中国科学院上海光学精密机械研究所团队和同济大学团队合作的一项研究成果,首次提出一种基于全固态激光器的谐振波束实现无线充电的新方案,展示了2.6米和2瓦的实用性能。

不到半个月,《IEEE固态电路学报》又发表了中国科学院大学国家示范性微电子学院教授林团队联合香港科技大学教授暨永雄团队的研究成果。研究人员提出了一种新型无线充电芯片架构,该架构通过在单个功率级中实现整流、稳压和恒流-恒压充电而实现了高效率和高功率。

科研人员的这些研究确实给无线充电技术大范围应用带来了希望,但远未达到成熟的地步。核心问题在于,传统无线充电技术难以兼顾安全性、高功率、远距离、移动性。

据透露,同济大学团队正在进行优化设计,预期能实现更远距离、更高功率的安全无线充电。业内专家认为,谐振波束作为新理论、新技术,处于快速研发阶段,未来的应用前景十分广阔。

## 充电标准待统一

无线充电技术在取得突破的同时,充电标准也不能落后。“应结合无线充电技术的成熟度和市场需求来开展。”张波说。

目前主流的无线充电标准是由无线充电联盟推出的Qi标准和AirFuel联盟推出的AirFuel标准,两者的区别体现在工作原理的不同。前者基于磁感应原理,工作频率为100-205KHz,致力于近距离无线电能传输;而后者基于磁共振原理,工作频率为6.78MHz,致力于中距离无线电能传输。

不过,张波发现,最新的Qi标准逐步开始纳入磁共振式无线电能传输技术。

无论是Qi标准还是AirFuel标准,在同济大学研究团队邓浩博士看来,无线充电技术的发展需要以多样性来适应多种不同的应用场景。“两个标准的竞争态势或许有利于技术的不断发展和进步,促进研发出更符合市场和消费者需求的产品。”邓浩告诉《中国科学报》。

现有的两个标准为产业前期发展与市场化提供了基本保障。“下一步应加快标准统一。”张波说。

他解释道,各标准组织应该根据市场的反馈,对标准中不合理的部分进行改正,按照不同功率等级、应用场景等制定相应标准。此外,还应成立权威机构对市场上的标准进行整合。

在相关技术和充电标准都发展到一定程度后,“可以预见,未来任何需要有线供电的产品,都有可能被无线充电技术全部或部分取代。”张波说。

相关论文信息:  
https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2894008  
https://doi.org/10.1109/JSSC.2019.2961852

## 百叶窗

# 3D打印为核工业打开新闸门



日前,美国能源部橡树岭国家实验室(ORNL)宣布,该实验室通过3D打印技术开发出一个核反应堆堆芯原型。ORNL实验室主任托马斯·扎卡里亚表示,3D打印反应堆组件是前所未有的挑战,是制造学、材料学、核科学、核工程、高性能计算、数据分析与其他相关领域共同合作的成果。这项技术也为核工业界的快速创新打开了一道新门。

据介绍,该反应堆组件为六边形,3D打印花费了将近40个小时,在3D模型周围的温度达到1400摄氏度以上,激光加热和熔化模型的同时也为其增加了新的叠层。目前实验室的研究人员正在改进他们的设计,优化3D制造工艺,并论证打印部件的一致性和可靠性。

该实验室的目标是在2023年之前启动首个此类反应堆,这一计划也被称为“转型挑战反应堆(TCR)示范计划”。未来,研究人员将用更少的部件制造出一个先进的、全尺寸的3D打印反应堆,并集成传感器和控制装置。该计划目前正在利用制造过程中的持续监测和人工智能来完善原型机设计,以评估性能和可靠性。ORNL表示,如果这项技术能够成功,将迅速改变核能产业。

TCR将采用先进的新材料,并使用集成的传感器和控件,从而提供高度优化和高效的系统,以降低成本,并依靠科学进步在反应堆设计、制造、运行等方面开辟新的道路。

“我们仍然在思考该如何更好地设计核工业,以及建造和部署核能技术的方式,以寻求一种新方法来实现快速、经济地开发可转换的能源解决方案,从而提供可靠的清洁能源。”扎卡里亚说。TCR计划目前已经完成了几个基础实验,包括选择堆芯设计等,并通过为期三个月的“冲刺”,以证明3D打印技术具有可以快速生产原型反应堆堆芯的敏捷性。

“由于增材制造工艺技术的重大进步,使得整个TCR概念成为可能。”TCR技术总监库尔特·特拉尼表示。3D打印核反应堆作为TCR部署计划的一部分,将为先进核能系统的加速部署提供一个新的模式。此外,他们还将创建一个数字平台,将这项技术移交其他工业领域。(盛夏编译)

## 视点

新冠肺炎疫情暴发以来,各行各业都深受影响,光伏行业也未能幸免。在光伏行业人士迷茫之际,5月18日,中国光伏行业协会秘书长王勃华在线上召开的“变革之年智慧赋能——全球光伏规模化技术大会”上,就当前疫情对光伏行业的影响进行了深度剖析。

根据中国光伏行业协会的分析,疫情对光伏制造业的影响主要包括:整体的产能利用率将会出现下滑,全产业链的人工、施工、原辅材料、物流、销售、折旧、运营等成本将会上升,海外工厂的运营和市场也将受到影响。

王勃华分析2020年一季度国内光伏应用市场发展情况时指出,1月份在无疫情影响下,户用并网129.9兆瓦。而当2月份疫情影响严重时,户用并网仅10.7兆瓦。3月份疫情逐渐消退时,户用并网又上升至118.3兆瓦。

疫情之下,各个机构都在调整全球光伏市场的预期。伍德麦肯兹研究团队将2020年全球光伏新增装机容量预测从129.5吉瓦下调至106.4吉瓦,降幅为18%;将2021年的预测从127.2吉瓦降至123.6吉瓦,降幅为3%。

而根据彭博新能源财经预测,受全球新冠肺炎疫情的影响,预计2020年全球新增装机将处于108吉瓦~143吉瓦之间,比之前的121吉瓦~152吉瓦区间有所下调。2020年可能是过去40年中首次出现全球光伏新增装机下降。

不过,王勃华认为,光伏行业仍然可以从危机中寻找机遇。他认为,可再生能源是“最能抵挡当前危机的能源”,可再生能源或将是疫情期间唯一需求上涨的能源。预计2020年全球可再生能源需求增加约1%,可再生能源将占全球电力供应约30%。可再生能源成本及灵活性也更具有优势。

王勃华表示,在拥有全球2/3人口、GDP总量72%、用电需求85%的国家,新建光伏电站或陆上风电场已是成本最低的电源。可再生能源行业发电成本也创下了历史新低,固定式光伏发电系统的平均能源成本为50美元/兆瓦时,同比下降4%。

不过,疫情暴发导致需求受到冲击,加剧了能源商品市场上供过于求的趋势。王勃华称,燃料价格走低,意味着火力发电厂的运行成本降低,从而延后了新建无补贴可再生能源发电项目与现有化石燃料电厂(按每兆瓦时1美元计算)实现平价的时间。

在王勃华看来,受疫情影响,产业链各环节价格大幅下滑将刺激全球更多的市场进入平价时代,加速全球光伏市场更加多元化发展,全球市场韧性持续加强。此外,制造业各环节市场格局也将更加趋于稳定,平价时代“大对大”的发展趋势使更多的订单往头部企业集中,进一步助推产业各环节集中度快速上升,市场将更加趋于成熟和稳定。

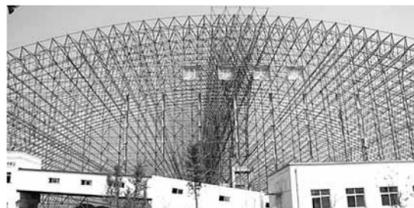
此外,疫情也将加速光伏产业整合。“即使没有疫情,不具备成本和效率优势的产能也将逐渐退出,而疫情加速了落后产能的退出和集中度的提升。”王勃华表示,未来,头部企业将加速扩产,落后产能及二三线小厂则会加速退出。

疫情之后海外市场恢复节奏的把握对后市需求至关重要。王勃华认为,区域间疫情发展的不同会导致市场恢复节奏存在差异,不过全球市场继续恶化的可能性较低,新订单的规模决定后续市场需求。

王勃华还指出,在产业集中度快速上升和疫情期间拉动经济需求的双重刺激之下,头部企业扩产稳步推进,先进的产能必将对落后的产能形成巨大的成本压力。此外,国内政策方面,并网时间延迟政策未明朗,众多2019年竞价项目的经济性还面临着不确定性风险。

## 资讯

### 济矿物流钢结构煤棚将上光伏发电



本报讯 近日,记者从山东省济宁矿业集团物流有限公司(简称济矿物流)获悉,我国最大跨度钢结构煤棚已在济矿物流封顶,自本月开始将在棚顶安装13.3兆瓦的光伏发电系统。

据了解,该煤棚占地203.96亩、总长度为660米、总宽度为206米,煤棚中心高度为52.8米,涵盖了济矿物流1#、2#两个大型堆场和3台国内目前最先进的自动化悬臂式斗轮堆取料机,每台每小时取煤2500~3000吨。

济宁矿业集团物流有限公司董事长、总经理林卫国告诉记者,从本月开始,济矿物流将在煤棚上安装13.3兆瓦的光伏发电系统,以光伏组件方阵替代常规的棚顶彩钢瓦面板,组件方阵与煤棚顶部坡度保持一致,兼具防水、隔热和发电功能,可实现年发电1328.58万度,采用“自发自用、余电上网”的并网模式。(李惠钰)