

激光界

关于人类和光子

属于您的 电动汽车

我们一直向孩子们承诺将提供经济上负担得起的电动汽车，现在是兑现这个承诺的时候了。



01:2018

2018 年 4 月

出版商 TRUMPF GmbH + Co. KG,

Johann-Maus-Strasse 2, 71254 迪琴根, 德国; www.trumpf.com

出版人 工程学名誉博士 Christian Schmitz

主编 Athanassios Kaliudis,

电话: +49 7156 303-31559, athanassios.kaliudis@de.trumpf.com

销售部 电话: +49 7156 303-31559, laser-community@trumpf-laser.com,

www.trumpf.com/en_INT/company/press/magazine

编辑 pr+co GmbH, 斯图加特/德国, Martin Reinhardt, Florian Burkhardt

作者 Florian Burkhardt, Tina Hofmann, Athanassios Kaliudis, Martin Reinhardt, Anton Tsuji,

Monika Unkelbach, Annina Werths

摄影 Christ Clijsen, Kasper Fladmose, Marc Mintz, Philipp Reinhard

设计与制作 pr+co GmbH, 斯图加特/德国;

Gernot Walter (AD), Martin Reinhardt

翻译 Burton, van Iersel & Whitney GmbH, 慕尼黑/德国

重新制作 Reprotechnik Herzog GmbH, 斯图加特/德国

印刷 W. Kohlhammer Druckerei GmbH + Co. KG, 斯图加特/德国



我已经准备好 拥有第一辆 属于自己的 电动汽车了

本期杂志是以电动汽车为主题，社论开篇回忆了我的第一辆汽车。虽然说这样的意图似乎过于明显了一点，但开门见山通常都是最好的选择！

那我们就开始吧：我的第一辆车是排量 1.0 升汽油发动机的二手雷诺 R4。这辆车是我在 1977 年购买的，那一年欧洲的汽车杂志将罗孚 3500 评选为年度最佳车型，而高尔夫（Golf）的成功使大众汽车（VW）成为了市场领导者。人们愉快地开着内燃机汽车四处兜风，而电动汽车仅仅是未来的一个梦。

四十年后，当我和我的团队一起坐在规划会议上，我意识到未来已经从这里开始了！在电动汽车领域内，用于高效生产系统的聚焦光学元件和大功率激光器的订单出现了显著增加。我们还收到了越来越多关于使用绿光激光器的解决方案，这些方案被应用于焊接铜材料以及切割碳纤维增强复合塑料。这说明很多汽车和供应行业的知名企业以及少数新兴企业已经意识到了未来的发展趋势。所以他们让工厂时刻做好大批量生产电动汽车的准备。基于以上内容，通快也在积极行动：专门为电动汽车的需求提供激光器和激光系统。

探讨整个汽车行业的未来发展趋势是一件非常振奋人心的事情。因为我们很担心碳排放和清洁能源问题，所以一直主张禁止生产特定类型车辆。但如果我们把个人感受放在一边并理性看待这个问题的话，结论会变得很明显：汽油和柴油发动机可持续的时间将超出当今政坛和媒体界人士的预计。因此，极力推动电动汽车以及适用于大批量生产电动汽车的设备，是非常重要且正确的。因为这也是为了我们的未来，为了就业、生活方式以及空气洁净。

所以，为了与文章开头的回忆相呼应，最后让我们一起展望未来！如果在未来几年内我想购买一辆新车，且城市和农村地区的电动车辆基础设施都已完善，电池能源管理技术也已成熟，那我一定会毫不犹豫地购买电动汽车。

工程学名誉博士 _ CHRISTIAN SCHMITZ

激光技术部首席执行官

TRUMPF GmbH + Co. KG 执行董事

christian.schmitz@de.trumpf.com



灭虱激光器

我们想写一篇关于企业如何利用激光器为鲑鱼除虱的文章，但是打了很多次，电话都转到了电话答录机。我们真诚祈祷挪威公司 Stingray 还在经营，因为我们觉得这个主意棒极了。

www.stingray.no



幻想破灭

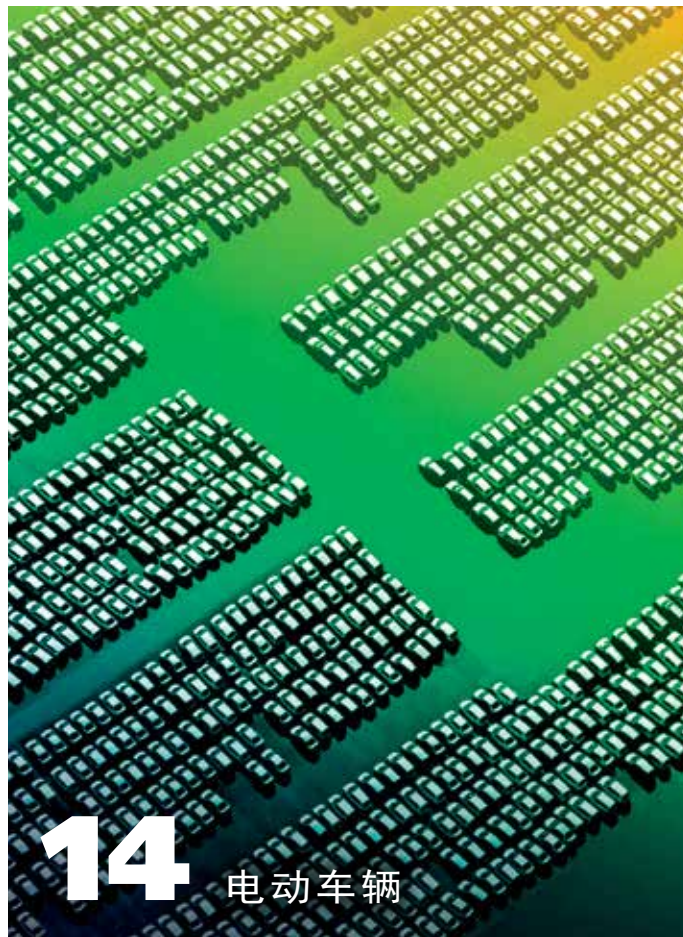
我们联系了丹麦欧登塞的 Kasper Fladmose，请他为海上风力发电机拍摄一个故事，他想到波涛汹涌的海面和新鲜的海洋空气就感到非常兴奋。但实际上拍摄是在一个焊接技术实验室进行的，不过同样既有趣又愉快。第 10 页



家族恐慌

当我们请研究 X 射线的 William Graves 副教授以半人脸半头骨的形象登上本期杂志时，不得不说他是有所疑虑的。但是他想，这样至少能吓唬一下他的家人！这个恐怖故事请见第 30 页。

激光界



14 电动车辆



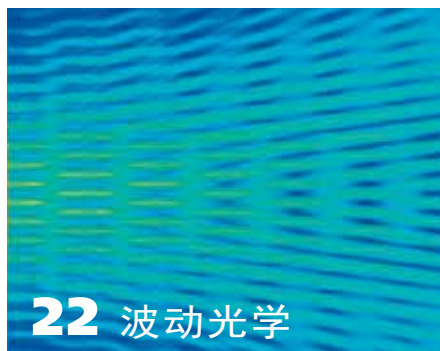
24 电动牙刷

fotolia/azure, Kasper Fladmose, iStock/angehell

Philipp Reinhard, Gernot Waller



10 风力



22 波动光学



30 X 射线愿景

主题

14 这是未来的发展趋势

专家预测电动车辆将在七年内成为常态。
必须开始实施高效的生产流程了。

6 力量

苏格兰的激光稻草人

7 荣耀

打破切割喷嘴使用寿命纪录

8 领先

微芯片：2019 年即将迎来的变化

10 完美风暴

激光复合焊接能够拯救
欧洲风力发电机行业吗？

21 最新研究

新发现

22 光波的力量

从几何光学到波动光学的转变有望
大幅提高生产力。

24 改善 3D 打印

电动牙刷：Procter & Gamble 公司结合
两种增材制造方式提高了产量。

28 i 4.0

智能工厂中的无声部件

30 “五年内就能看到 X 射线的革命。”

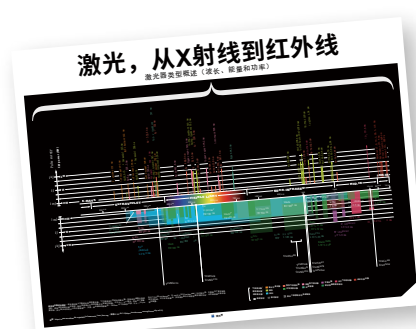
William Graves 教授正在开发创新的激光技术
以彻底改变X光线照相术。

34 流行

激光点燃太阳

35 激光运用在哪里？

在两个碰撞的身体之中



附赠：
海报！

光谱中最重要的激光

力量



一台激光系统
扫描牧场周边
并利用光束
吓走海雕。



抱歉了海雕们，不能在这里狩猎！

一只盯着小羊的饥饿海雕在牧场上空盘旋，幸好小羊被激光稻草人保护着。

苏格兰在 200 多年前消灭了几乎所有的白尾海雕。不是为了狩猎的快感，而是因为这些猛禽太过贪吃。有些海雕不再满足于海中的鱼类，而是会俯冲下来抓走小羊。对此农民没有手软，于是海雕尝到了苦果。

不过现在这些猛禽回来了！20 世纪 70 年代，环保主义者在苏格兰西海岸为海雕建立了栖息地。之后，海雕的数量稳步提高。然而农民损失幼畜的问题再次出现了。

苏格兰自然遗产署（SNH）必须尽快找到解决方案。SNH 负责保护苏格兰的野生动物和风景地貌，白

尾海雕就在其责任范围之内。他们决定向 Bird Control Group 寻求帮助，该公司专门寻找合适的地方比如在机场或者牧场驱赶鸟类，以免干扰人类活动的方式。现在 SNH 与 Bird Control Group 合作保护苏格兰的小羊免受海雕的侵袭。

事实上，他们正在实行一个大有前景的救生解决方案：Agrilaser Autonomic 是一个全自动激光保护系统，能够成功驱逐海雕。这一低功率激光系统安装在牧羊场上，由太阳能供电，可使用光学传感器扫描周围长达 2500 米的范围，可追踪鸟类的活动。如果检测到有海雕接近，系统就会向其发出一道低功率激光束，激起其求生本能进而逃离。就这样，小羊又从海雕的目标清单上消失了，海雕似乎又回去捕鱼了！

「荣耀」

喷嘴有望永久使用

据本特勒公司负责激光应用的 Marcel Scalise 估计，标准喷嘴只能使用两到三个班次。而这个喷嘴已经坚持了 273 次的使用。

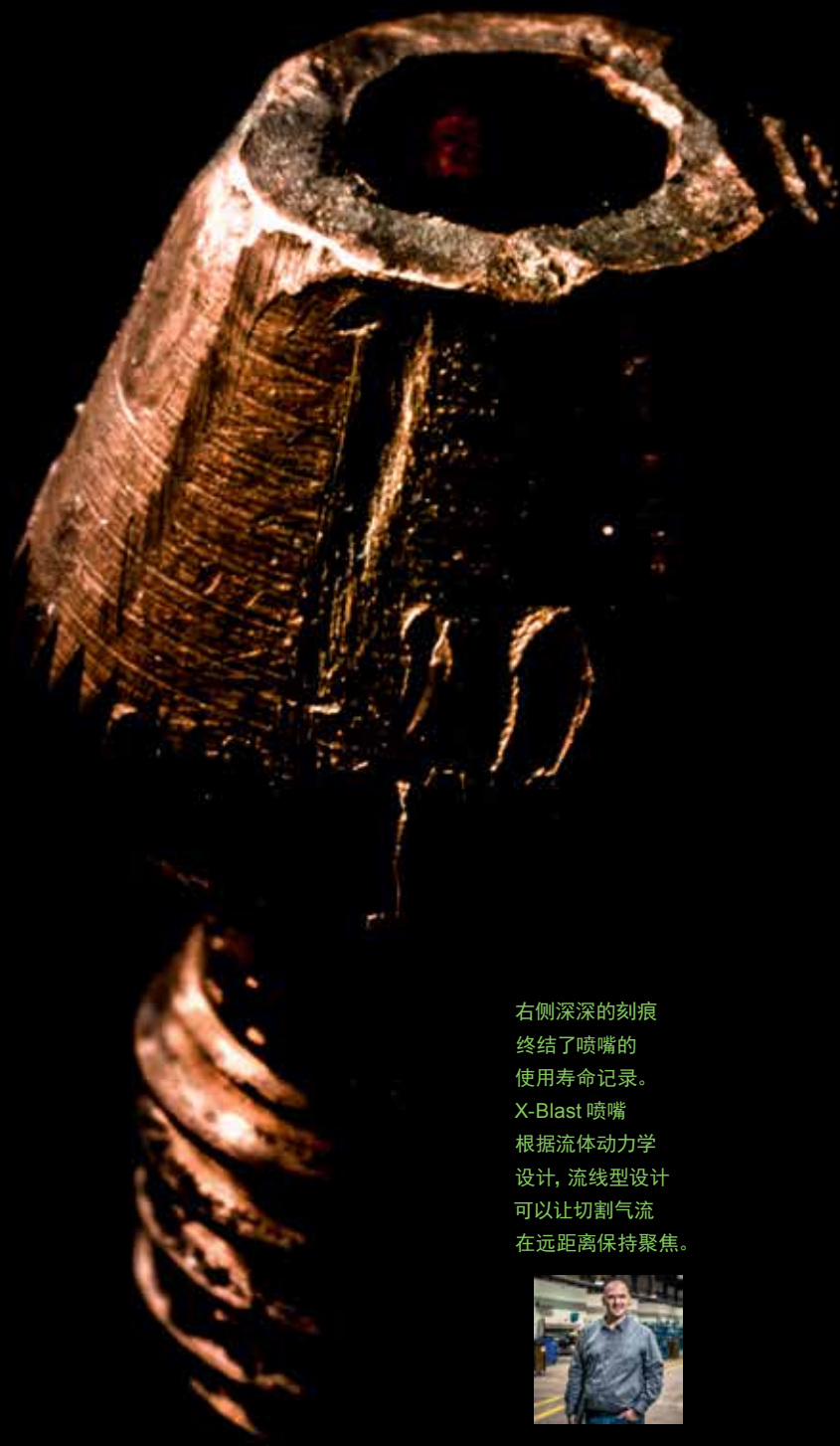
切割喷嘴的寿命短暂又艰难，从机床操作员安装新喷嘴到将其丢弃，一般不超过 24 小时，甚至常常少于 16 小时。在此期间，切割喷嘴会以仅仅数毫米的距离在数千个部件上方快速移动，刮擦凸起、积聚飞溅的熔渣，直到无法再保持气流的形状就会被丢弃。

这就是教科书中对磨损件的定义，所有激光切割的从业者都知道这一点。他们也知道工作距离和质量紧密相连：距离越近，切割边缘的质量越高。如果增加距离，就会产生稳定上升切割气体的压力和消耗，同时降低边缘质量。

所以必须保持最小的距离，因此新的切割喷嘴只能使用 16-24 小时。位于德国帕德伯恩的本特勒公司激光应用中心拥有 18 台全天候运转的高性能三维机床，也就是说所有机床不可能同时都在运转，而这都是因为一个比手指甲还小的黄铜件。

当通快代表郑重地将 X-Blast 喷嘴放在他面前的桌上时，Marcel Scalise 无奈地翻了个白眼。不过他承认这激起了他的兴趣。虽然他非常怀疑这款新型喷嘴是否真的能在远得多的工作距离上提供更好的质量，但是这位运营经理深知，如果新喷嘴的使用时间真的能比传统喷嘴长上数倍，就会是重大突破。

他决定试上一试，而右图所示喷嘴成功打破了之前的记录，最终在 2184 个小时后停止运转，而且并不是因为到了自身的使用极限，而是因为出现了一个小小的操作失误。■



右侧深深的刻痕终结了喷嘴的使用寿命记录。X-Blast 喷嘴根据流体动力学设计，流线型设计可以让切割气流在远距离保持聚焦。



创纪录喷嘴背后的秘密：
trumpf.com/s/ x-blast

“明年就能买到 EUV 芯片的智能手机了”

EUV 光刻技术在生产下一代半导体芯片的比拼中遥遥领先。Marco Pieters 解释了 ASML 是如何做到的。

如今，EUV 光刻已被公认为是未来芯片制造的关键。这种形势一直都是这么明朗吗？

极紫外光刻技术已经发展了 20 多年，但这是一种很难掌握的技术。ASML 及其客户、供应商以及合作研究机构共同协作，对 EUV 光刻技术基本设计原理以及能大批量生产芯片的工业化 EUV 机床之间的差距进行缩小。这项技术真正的转折点在 2016 年，我们达到了客户要求的生产力和性能要求。

是什么样的要求呢？

我们孜孜不倦地努力满足稳定性、正常运行时间和清洁度等要求。但是归根结底，首要要求是光刻系统能够每小时加工 125 个晶圆。这对于芯片制造的成本效益来说是个魔幻数字。实现这个生产力的前提条件之一就是光源功率，我们与通快合作达到了稳定的 250 W。

你们是如何实现这个光源功率的？

具体来说，我们和通快一起飞速开发出了一个模块，它将种子模块完全与包含 4 个 CO₂ 放大器的激光器分离。我们合力在短短九个月的时间内完成了从原型一直到工业化模块的所有工作。最终，这个隔离模块大幅提高了在极为复杂的系统中激光

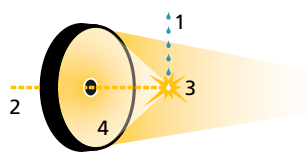
束的稳定性，帮助实现了我们所需的 EUV 性能。就在去年圣诞节之前，通快把新模块从德国发送到了我们位于圣地亚哥的实验室。模块在实验室和客户那里都大获成功。这是让参与其中的所有工作人员都深感自豪的圣诞礼物！

你们还为 EUV 系统做了其他改善吗？

我们一直在稳步提高整个系统的可用性和稳定性，使它能够比新一代液滴发生器维护时间要短得多。我们还在滴室中采用了非常先进的温度管理系统，并搭配了防止锡微粒击中激光光学装置的精细氢流系统，避免其影响系统性能。总而言之，正常的运行时间稳定地提高到了 90%。

我们大概什么时候能看到首款配备 EUV 芯片的高性能智能手机？

现在全球的芯片工厂有 22 个 EUV 系统，我们还有六家客户订购了 28 个系统。这些订单说明芯片制造商正致力于在年底将 EUV 用于生产中。就智能手机来说，这意味着在 2019 年就能买到 EUV 芯片的手机了。■



EUV 光刻的

工作原理：

机床通过真空室每秒钟滴下 5000 个微小锡滴 (1)。CO₂ 激光脉冲 (2) 会轰击每一个液滴并将其等离子化 (3)。从而产生 EUV 光束，并反射 (4) 到晶圆上。

ASML 总部位于荷兰，ASML 是全球最大的半导体工业光刻系统制造商。

EUV 光刻 半导体行业多年来一直在寻找在硅晶圆上蚀刻更微小结构的方法。

领先

Marco Pieters 是光刻
巨头 ASML 公司的 EUV
服务和产品市场部的高
级总监。



荷兰光刻企业 ASML 联合其德国合作伙伴 Zeiss 和通快合作将波长为 13.5 nm 的极紫外 (EUV) 光用在了半导体光刻中。

这种光刻系统堪称工程上的奇迹，为全球顶级芯片制造商继续缩小芯片提供了经济实用的技术。



当欧洲造船厂面对波涛汹涌的大海时，
高效的激光复合焊接为他们指引了方向。

现在欧洲风轮机行业的
两位捍卫者——
Force Technology /
LWT 的项目经理 Steen
Erik Nielsen和技术员
Jørgen Thomsen 希望
能走上同样的道路。

完美风暴

欧洲海上风轮机制造商正在竞争激烈的国际市场中沉浮挣扎。

丹麦一家小型实验室希望效仿造船工业
能够通过高效的激光复合焊接拯救自己。



深达 25 mm 的焊缝：Force Technology / LWT 的工程师使用 32 kW 的激光器展示将激光复合焊接加工，用于海上风力发电机行业。



如果

要预测能源产业的未来，专家们都有一个共识：海上风力发电一定会在未来的宏观经济中起到重要作用。不仅如此，随着清洁能源需求的增长，其地位一定会越来越重要。乍看之下这对风轮机制造商来说似乎是个好消息。但为什么欧洲海岸线上充满着不确定呢？因为从根本上，风轮机领域面临着与其他很多行业同样的困境：产品在技术上无疑是优越的，但价格对于很多客户来说太高了，问题在于制造成本。装配风轮机是一个主要依靠人工完成的工作，非常费时，而专业焊工的时薪极为高昂，因此这个行业迫切需要自动化方法。问题是，风轮机组件非常庞大，几何结构复杂而且所用材料厚度达到几十毫米。面对这样的挑战，即便是自动化系统最后也会变得太过复杂而昂贵。

欧洲风力企业现在已经不敢做出如此巨大的投入了。但这一切可能很快就会被改变：丹麦城镇蒙克博的一家小型企业希望向制造商证明对自动化的投资将获得长期回报，以缓解他们的担忧。

思维方式的改变

Lindø Welding Technology (LWT) 是技术咨询公司 Force Technology 的子公司。LWT 的项目经理 Steen Erik Nielsen 负责创新焊接技术。他并不认为自己或者同事属于研究人员：“基本原理由其他人负责，”他说：“我们的目标是为制造商带来显著成果。”就风轮机而言，他效仿了一个非常具体的案例：造船。大约 15 年前，欧洲造船厂面临着与风轮机制造商现在同样的状况。他们受困于昂贵的人工制造方式，而全球的竞争对手都紧紧盯着他们。欧洲造船厂一家一家衰落下去，剩下的造船厂疯狂寻找能够拯救自己的办法。最后，他们改变思维方式，将激光引入到生产中，并成功活了下来。“激光复合焊接在其中发挥了重要作用，”Nielsen 说道：“我们可以证明这种方法卓有成效，能够实现经济的自动化生产。由此我们将其作为应用方法获得了认证，现在激光复合焊接已经广泛用于造船业了。”他们现在的想法就是，激光复合焊接也能拯救欧洲风轮机行业。

过去五年中，Nielsen 和他的同事在丹麦政府的资助下完成了四个专注于各制造工艺的项目。“就激光器的功率来说，我们有很多资源可以利用。”Nielsen 微笑着说。LWT 先进的 32 kW 激光系统能为任何厚度的材料提供足够的功率。此外，该系统还能在一个焊道生成深达 25 mm 的焊缝。两条 200 μm 的光纤将两台 16 kW 的通快碟片激光器与电弧焊系统连接在一起，然后固定在机械臂上的激光焊接加工头。“这套装置能够非常逼真地展示复合加工工艺，”Nielsen 说道：“没有技术限制意味着我们可以完全专注于工艺设计。”

双赢的解决方案

最大的问题之一是对接头。这是搭建风轮机塔架的重要因素。塔架通常由多个圆环组成，圆环采用辊压钢板制成，通过对接头水平焊接在一起。各部件也采用对接头连接，材料厚度在 40 到 70 毫米之间。“涡轮机制造商通常都使用弧焊，”Nielsen 说道：“但为了保

证焊缝的坚固，大约需要十个焊道，而我们开发的激光复合焊接工艺只需要两个！”按照 LWT 的方法，机器头只需扫过金属板两侧的焊接处各一次，就能生成没有扭曲的优质焊缝。“加工速度快了五倍，某些情况下甚至是十倍！”Nielsen 激动地表示。因为各种原因，有的用户倾向于只焊接板材的一侧。“我们也为这些用户提供了解决方案：根焊。”它的方法是先采用气体保护金属极弧焊做出根部焊道，然后用复合焊接系统的一个焊道完成焊缝。“不论制造商选择哪种方式，激光器都能帮助他们节约时间。”Nielsen 说道。

海床上的外套

在风轮机的生产中，必须特别注意水下组件。风轮机安装在被称为外套的格子结构上，其各个部件的生产成本都极为高昂，特别是节点。这些组件在格子结构的交叉点连接着各个管道。焊工完成每个部件需要 30 到 50 个焊道。“如果我说，采用我们的方法只需要其中很少一部分焊道，你有什么看法？”Nielsen 问道。

一个现代节点包含三到五个单独部件，主要通过两到四个小管子连接着一个大管子。

LWT 检查了每一个接头并开始制定自动化流程计划。“尽管每个接头的焊接深度和接头形状略有不同，但我们的实验很快显示出根焊法在这种情况下也表现良好。”Nielsen 解释说。气体保护金属极弧焊用于内部的第一条根部焊道，然后只需要外部激光复合焊接的一条焊道，节点就完成了。“现在整个节点的焊接过程只需要几个小时，”Nielsen 高兴地表示：“使用传统方法要花上好几天呢！”

出色的成果——但接下来呢？

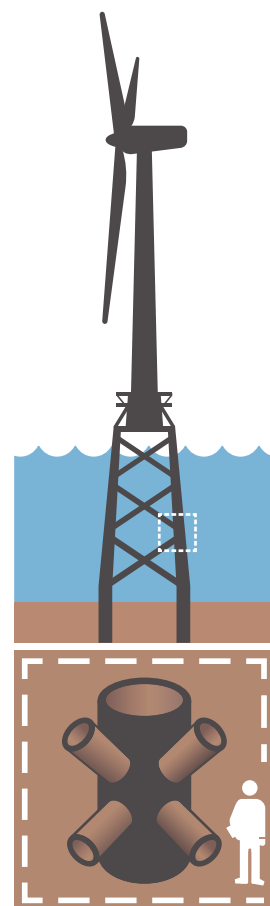
这是否意味着未来数年中使用激光复合焊接的风轮机机会在各地蓬勃发展？Nielsen 对此报以热切的期待。他表示对这种方法的证明几乎已经完成。“现在只需要有人大胆地投入实践。”他说：“我想只要能说服一家制造商进行尝试，其他人就会纷纷效仿。” ■

“只要我们能说服一家风轮机制造商，其他人就会纷纷模仿。”

焊接技术创新项目经理
Steen Erik Nielsen

联系方式：Force Technology / LWT,

Steen Erik Nielsen, 电话: +45 22 69 73 86, sen@force.dk



节点是支撑风轮机水下格子结构的重要部件。手工制作一个节点需要数天时间，但是 Force Technology / LWT 开发的方法只需要几个小时。

这是未来的 发展趋势

A dark-colored car is positioned in the center of a dark tunnel. The car's headlights are turned on, creating a bright, starburst-like glow that illuminates the surrounding darkness. The tunnel walls are made of rough, textured concrete, and the floor is also visible. The overall atmosphere is mysterious and futuristic.

我们早已走过了
憧憬电动车的阶段，
现在考虑的是
如何以百万为单位进行生产。

不仅是 汽车

在交通领域，
电力牵引驱动的发展趋势
远不止于汽车。
电池和发动机的核心技术及生产方式
与电动自行车或电动渡船
在本质上完全相同。

卡车

卡车的油耗和磨损有很多都是在刹车和加速时造成的。而电动机可以解决这个问题，让经济的柴油机能够在高速公路上行驶更长时间。同时，首批全电动卡车已经上路测试了。瑞典和德国的高速公路也开始测试使用头顶电缆为卡车供电的这种老方法。

运载车辆

全球的邮政和包裹派送企业都开始使用电动车辆，因为在车辆必须不断停下送货的情况下，内燃机的表现会更加糟糕。德国邮政甚至生产出了自己的全电动送货车。举例来说，商人和花商也渐渐开始使用电动送货车了。

船只

全球首款仅用电池供电的乘客渡船已经在挪威投入使用。横渡距离很短，所以电池不需要支撑很久。渡船会在乘客上下船的时候为下一趟行程充电。使用电动机的一代游船可以利用高效的柴油机不断给电池充电。

市政车辆

在全球很多地区，市政当局都选择将道路清扫、垃圾收集以及铺撒沙子、盐或粗砂的车辆电气化。园艺师也使用插上例如电动锯链工具的电动火车进行现场工作。

农业机械

美国制造商 John Deere 的首款全电动拖拉机已经开始安静地犁地了。这同样避免了耗能的加速问题，为零排放农业铺平了道路。



电动自行车

带有电动踏板的自行车这些年来越来越受欢迎，骑车也成为了丘陵地区一项令人愉快的出行选择。

工业车辆

重型电动车辆主要用于避免废气排放，比如电动矿车、工厂车间的锂电池叉车甚至是滑雪场的电动雪地履带车。

电动摩托

东亚和东南亚市场每年都能售出数百万辆电动摩托。这些地区的政府也将其作为减少市中心噪音和污染的方法，并采取了很多奖励措施降低价格。

公共汽车

越来越多的城市开始呼吁零排放的公共交通，并向中国汽车制造商比亚迪和波兰公司 Solaris 等企业购买了电池驱动的城市公共汽车。首批纯电动长距离公共汽车也进入了市场。俄罗斯几十年来都运行着上方有电缆的公共汽车。

飞机

电动单座和双座飞机已经进入了市场。此外，Airbus 相信小型十座飞机很快就能突破一千公里大关。与此同时，劳斯莱斯和西门子预计采用混合动力驱动的首架 90 座客机将在 2020 年起飞。

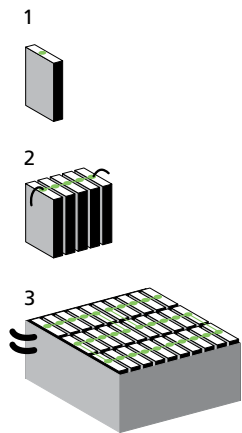
铁路

电动有轨电车和火车似乎有些陈旧，但是轨道车辆制造商也开始从电动交通的大量创新中获益。

电动汽车制造商的蜜月期已经过去了，或者说从来就没存在过。毕竟所有的电动车辆制造商一直都处境艰难。

第一批打造电动汽车的人被视为研究者、理想主义者甚至先驱者。他们先是被嘲笑或者干脆无视，然后与对技术可行性、范围和商业模式的各种怀疑相抗争，还不得不指望买家愿意多花几千块钱购买。他们唯一不用担心的就是批量生产。

电动汽车制造商 曾是理想主义的先驱者， 但现在他们必须 开始考虑批量生产。



电动汽车电池通常包含三大元素：单个电池（1）安装在一起组成电池模块（2）。在车辆内部，多个模块组合成电池组（3）。

打造电动车辆需要耐心、极其乐观的投资者、钢铁般的意志以及市场，而不需要“我想要 10 万个这种部件，每月都要。”这种订单解决方案。预算很紧张，但是在这样的少量生产中，没有人会绞尽脑汁思考方法 X 是否能在每个加工步骤中相比方法 Y 节约半分钱。

中国处于领先地位，其他国家紧随其后

但现在蜜月期结束了。电动汽车势必成为主流。华盛顿特区和欧洲的大多数政府都提供了支持并开始为未来的这一愿景投入资金。但在某种程度上，欧洲和美国怎么做并不重要，因为电动车辆的趋势最终将由全球最大的汽车市场——中国决定。这个局势已经注定：该国每年有 3000 万辆新车登记，政府已经规

定从 2019 年开始，汽车制造商必须保证销售车辆的 10% 为电动车辆。保守估计，到 2025 年全球就会有一半新车是电动汽车，包括全电动或混合车型，可能配备或不配备充电插座。

现在驾驶着内燃机汽车将刚出生的孩子从医院接回家的父母在七年后很可能会开着电动汽车送孩子上学。长期以来，问题都是电动车辆能否在实践中实现，但现在的问题是怎么样以经济的方式生产百万计的电动车辆。

快速改变带来机遇

所以现在到了开发批量生产方式的阶段。好消息是驱动技术的加速剧变为新入行者带来了切实的机遇。电动车辆未来能创造怎样的价值以及谁能从中找到合适的盈利方式都还没有定论。举例来说，如今的大型汽车制造商在未来十年完全可能局限于设计车辆的车身和内饰，仅仅是购买电池和电动机。

不论结果如何，现在最重要的是要意识到需要专门为电动车辆组件开发高效的生产方式。过去 30 年来，汽车制造商已经清楚证明激光是能够迅速完成灵活的高精度工序的材料加工工具。而很多核心汽车组件，包括车身、内饰、轻型组件、刹车等等，都是固定的。即便到 2025 年，电动汽车也还是需要门，而汽车制造商已经知道该如何高效生产了。但现在出现了三个新的方面：电池、电传动和大功率电子系统。电动车辆目前的销量约为每年 200 万台，预计在未来几年内就会增至 4000 万台。为跟上这一趋势，业内很多企业都必须再次仰仗激光材料加工。

三倍电池

我们泛称的电池实际上是一个相当复杂的部分。为高效生产电动汽车的能源存储设备，重点组件有三：电

池、电池模块和电池组。

锂电池分为多层：铜箔和涂层铝与金属锂离子（正极）和石墨（负极）的电极箔层叠在一起。每层不同的箔约为 100 微米厚，最方便的切割手段就是短脉冲激光。加入液体电解质后，接下来就是用盖子密封电池并配上卸压阀。焊缝一定要完全密封住电池，但同时也不能太深，否则可能导致电池失效。所以电池制造商再次用到了精巧可靠的激光。如今的电池市场主要由中国、韩国和日本的大批量制造商瓜分。相比之下，电池模块市场还未定型，其余流程目前还没有标准。

用摆动解决困境

通常，电池模块由 9 到 12 个电池组成，作为一个单元运行，电池终端必需互相连接。为此使用了由一般为 0.3 毫米的铜片或铝片制成的薄金属条。这些金属条称为导线，采用搭焊工艺，带着电流出入电池。这听上去很简单，但对工人来说却非常棘手：如果不小心把焊缝伸到了充满化学物质的电池中，或加热到 80 摄氏度以上，电池就会烧毁，必须报废。因此在焊接时仔细判断穿透深度非常重要，要在保证连接稳定持久的情况下使焊缝尽可能小。当然，焊缝的主要用途不是把部件连在一起，而是保证高效的电流。这就需要低电阻和足够大的接触面积，基本上越大越好。基于扫描的激光焊接用“摆动”解决了这一困境。扫描系统会自动在合适的地方定位小激光点，让光束在金属条上摆动。这样就能生成极为细长的焊缝，提供较大的接触面积。

扫描焊接的第二个显著优势就是激光可以远距离快速作业，省去了将工具移动到焊接点的繁重步骤，飞来飞去就能迅速执行大量焊接。这种方法完美结合了汽车制造商所期盼的短周期和高品质。

现在还很难说 谁能从电动汽车中 获益最多。

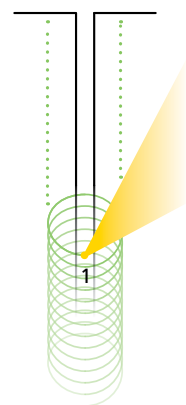
母线接触点的连接面临着与电池导线相似的问题。母线连接着模块中所有的电池并汇集所有的电流。接触焊接通常需要连接不同的材料，具体而言就是高反射材料铝和铜。碟片激光器可以轻松应对持续的背向反射，而且使用碟片激光器的扫描焊接和摆动被再次证明是理想的解决方案。

电池组就是最后安装在车里的装置。为使车辆拥有理想的重心，所有电池模块都要挤在车底一个低低的电池舱里，距离地面只有几厘米。电池组必须完全密封，避免将任何化学品滴在地上，同时防止路面上的水喷溅到电池舱中。而且就和油箱一样，电池组不仅要在正常驾驶情况下保持密封，发生撞击时也必须完好无损。

制造商使用高效的碟片激光器焊接技术将钢组件、铝和其他金属板材制成的五面密封电池舱焊接在一起。电池舱完成后，就会把盖子粘在上面。激光在这里也发挥了重要作用，用于清洁和搭建表面，为粘合做准备。即便企业开始更大批量地生产电池组，激光也会在生产中占有一席之地。虽然标准电池舱很可能会采用深拉制法，但激光仍会用于焊接模型变体和特殊小批量系列的部件，比如电池舱比标准模型更扁平的低底盘敞篷车。

让电动机更快

在行业努力适应批量生产的同时，企业也开始重新



摆动是一项在螺旋运动中来回摆动扫描引导光束(1)的技术，可用于为电池模块和母线生成大接触面积的细小焊缝，且无需任何填充材料。

考虑电动机目前缓慢的传统生产方式。以线圈为例。电动机中的定子通常都配有一个铜线圈。定子的每个槽都包裹在进进出出的绕组中，就像编织一样！而这需要时间，并且难以自动化。

汽车工业认为这项工艺已经达到了生产力极限，开始寄望于名为“发卡”的新技术。这种方法会使用压缩空气枪将类似发卡的扁铜线射到每个槽中，速度要快上好几倍，每个槽只需射击一次，而且会用铜完全填满空间，从而提高发动机的效率。然后发夹两侧的突出部分会用遮罩压住彼此，或者挤压或扭在一起。问题在于发卡有时在这个流程后略微没有对齐，某些地方会出现难看的缺口。这时又要用到扫描焊接了：激光光学装置中的摄像头会确定空间中物体的方向，在不到一秒内找出理想的焊接点。在光束焦点摆动一分多钟后，一台发动机所需的全部 200 条焊缝就完成了，并且激光器已经为焊接下一台发动机做好了准备。为发卡使用高精度扫描激光焊接的另一个好处就是能将焊缝的突出部分减少到几乎为零。槽和发卡可以更加紧密，减少发动机所需空间。这是铜发卡第二次用到激光，在之前的流程中已经用脉冲纳秒激光清除了绝缘漆，直接作用在线圈上或在绕组之前。用刨、铣等机械方式去漆已经跟不上高水平生产力需要的节奏了。

移动电力电子设备

这是充电器、变压器、整流器和电池管理系统等电力电子设备首次大量涌入汽车及其充电基础设施领域。化石燃料汽车中的电子设备只能勉强使用 48V 的电池，而电动汽车很快就能用上高达 800V 的电压了。而此类电力电子设备的制造商同样面临着怎样批量生产这些组件以及缩小其体积的难题。这是因为对于汽车制造商来说，电池组的尺寸和安装空间的每一毫米都至关重要，工程师甚至会认为毫米级的触针都太大了。不仅如此，焊接中的溅射对于接触连接器来说是一个严重的问题：大颗粒的飞溅物很容易将几乎完工的组件变为废料。更糟的

是，飞溅物可能会粘在组件上，最初没有什么危害，但却会在汽车行驶时突然掉落，造成短路并导致汽车停止。

问题的关键在于焊接电子组件的空间非常有限，所以几乎没有阻挡溅射的空间。为此工程师选择了碟片激光

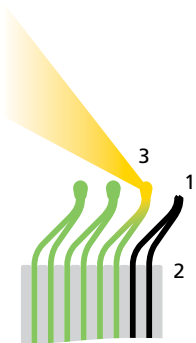
为所有人生产电动汽车就意味着要用到更多基于激光的批量生产流程。

器。碟片激光器采用的特殊技术可同时覆盖两个焊接焦点，使焊接在狭窄的环境中也能做到几乎没有溅射。激光直接在凹槽中焊接，可使触针低于 3 毫米，此外还减小了组件的其他尺寸，每一点都弥足珍贵！

思考电动

所有的教授、智囊团、企业和当选官员都在思考车辆的未来，并且常常得出不同的结论。但他们都相信最有希望的个人交通解决方案就是电动，从拼车一直到自动驾驶。大多数关注行业趋势的人都忘记了日薄西山的化石燃料汽车，这无疑标志着它们的时代正在走向终点。与此同时，个人出行的需求比人类历史上任何时代都要强烈。未来五年，电动机批量生产过渡时期的大赢家和输家都会揭示出来。不过在目前就可以明显看出，为所有人生产电动汽车的理念就意味着会出现更多依靠激光的大批量生产流程。 ■

联系方式：汽车行业管理 Marc Kirchhoff
电话：+49 (0) 7156 303 - 30113,
Marc.Kirchhoff@de.trumpf.com
.....



在电动机中用发卡形绕组取代线圈绕组：扁铜线制成的发卡形绕组 (1) 插入定子 (2)。突出端压在一起，采用配备扫描系统的激光器进行焊接 (3)。

安装空间是如今电动机和电力电子设备的关键，每一毫米都至关重要。

利用飞秒脉冲激光烧蚀进行 3D 微观结构加工

用飞秒激光脉冲进行高精度材料加工，为包括表面处理在内的各种领域带来了新机遇。在威斯康星大学麦迪逊分校的博士论文中，**Yinggang Huang**（32 岁）利用飞秒激光烧蚀技术制作了三个不同的微观结构，这是使用其他方法难以做到的。这些微观结构在微流体、光伏和成像方面都拥有巨大的潜力。



<https://search.proquest.com/openview/830d2105f78cbf9cc8affa31362c913a>

激光加工船体表面防止生物淤积

生物淤积是指因细菌、微生物和幼虫等生物体的积累对船体造成损害，在航运业中是一个严重的问题。为了保护海洋生物，船体禁止使用有毒的防污涂料，所以显然需要替代产品。在德州拉美大学的硕士论文中，**Swagatika Patra**（25 岁）与研究合作伙伴 **Raghavendra Rout** 共同研究了皮秒激光可对船体表面形貌做出的改进，以防止生物淤积。



<https://search.proquest.com/openview/d4590a6b5001662ff0fbe7d98072862>

光作为一种工具，它的未来发展会是怎样呢？
一起来看一下四位年轻研究人员的工作成果

→ 最新研究

加热和激发金属纳米棒

纳米棒能够吸收红外光线，是有效的纳米热源，已经应用于癌症治疗和光数据存储等领域。不过其形状并不稳定。金属纳米棒通常会变形为球状，与癌症治疗等应用的理想形状相去甚远。在荷兰乌德勒支大学攻读博士学位期间，**Wiebke Albrecht**（31 岁）在单粒子层面上用飞秒激光脉冲激发了金属纳米棒，并对比了激发之前和之后的纳米粒子。这一结果有助于科学家了解纳米棒的变形并优化特定应用。



<https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/348098handle/11420/1408>

使用大功率半导体激光器进行合金激光熔覆

侵蚀和腐蚀是石油天然气行业、水电站和采矿设施中元件失效的最普遍原因。缓解这一问题行之有效的方法就是在元件表面涂上保护涂层。在达拉斯南卫理公会大学先进制造研究中心的博士论文中，**Zhe Zhang**（29 岁）使用大功率半导体激光器做出了两种基于马氏体不锈钢 AISI 420 的保护涂层，可以大幅延长元件的使用寿命。



<https://search.proquest.com/openview/831dda6348c5d9854fcfcc55664def6f/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>

从几何光学到波动光学的转变, 为激光材料加工打开了新的大门, 生产力跃升千倍成为可能。

光波的力量

至今我还记得, 留着胡须的物理老师在黑板上画了一道光线和一面镜子并说道: “入射角等于反射角。”之后我们会发现光其实要复杂得多, 但对于这几十年来激光材料加工来说, 七年级时对于光的了解已经足够了。光是一种射线, 焦点就是射线汇聚的点。老实说, 这也不能算是坏事。在大多数应用以及光学元件的设计中, 几何或射线光学提供了很多信息。比如光在媒介中直线传播、反射、折射、形成阴影, 还了解了光在聚焦镜组等光学元件中的路径。如果你只对某个特定点上的聚焦光感兴趣, 射线光学就是有用的模型。

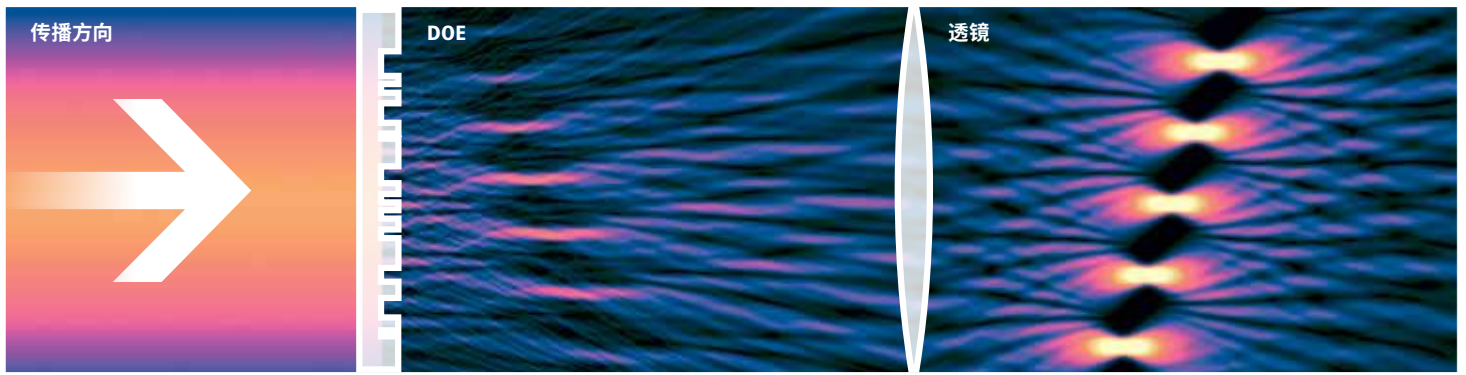
跨越门槛

但光还可以做很多事情, 所以值得多走几步。即便是在成熟的激光加工工艺中, 比如用传统光学元件切割钢材, 工程师也常常努力优化焦点, 这实际上说明焦点并不是一个点, 而是能量强度的空间分布。为了计算和优化强度分布, 我们需要把光看成波, 由此进入了波动光学领域。在该领域, 焦点不是一个点, 而是扩展至 x 、 y 和 z 方向的强度分布。这为焦点加入了更多丰富的信息。而且更重要的是, 这说明焦点是可以操控的, 而且是大

幅度操控!

增效一千倍

激光束目标像差使我们可以根据特定应用的需求调整焦点。以玻璃切割为例, 我们可以使焦点沿着传播方向延伸, 从而同时改变整块玻璃的材料结构。另一个方法是使用衍射光学元件 (DOE) 整形光束。这种方法会让焦点弯曲特定的角度, 比如像字母 **C**。将 **C** 形焦点的激光束用于切割, 无需返工就能使玻璃呈现所需的曲边。其他 DOE 还能分离焦点, 将其自由分布在特定空间中。通快的高级工程部门已经能将激光束分为 133 个焦点, 并以不同的形式自由分布 1mm^3 的空间中。这为我们在微加工领域带来了新的机遇, 并且提高了效率。在此基础上, 我们也完全有可能在其他空间中加以分布, 将焦点数量上升到成千上万个。金属加工应用可以获益于矩形功能 (平顶分布), 该功能可以在一定宽度上生成均匀的能量强度, 同时矩形外部的能量强度为零。与多脉冲逐次实现材料表面结构化的方式不同, 焦点平顶分布可以实现单次脉冲材料烧蚀。这对效率的提升是巨大的。根据所用激光器, 衍射光学元件可以将光束的每个焦点



衍射光学元件 (DOE) 的模拟效应: 在这个例子中, 系统利用激光目标像差将光束分光, 在工件上形成六个空间分布的聚焦区域。

分为 50 到 100 个, 且不会损失功率, 因此生产力也就相应提高了 50 到 100 倍。

大量的计算工作

可以看到, 波动光学带来了各种各样的新机遇。但重点不仅是改变我们的思考方式, 还需要大量的努力工作! 这是因为从射线光学转向波动光学意味着原本简单的数学模型会变得复杂很多。这种转变不仅影响着数学建模, 还有计算机模拟和实验室结果分析。通快的高级工程部门在所有这些领域都从事着开创性的工作。因此, 我们可以按照波动光学理论模拟光束从激光源到工件的完整路径。这不仅要依据光的相干性建模, 还要考虑到谐振腔模态等问题, 以了解聚焦光学器件内部的场分布。在这种四维矩阵 (三个空间维度和一个时间维度) 中, 一束激光常常需要处理十亿条信息。相应的就需要非常高的计算和模拟能力。此外, 每种激光器的波动光学模型都有所不同。例如连续激光、短脉冲、碟片和光纤在波动光学上就存在巨大差异。

通往新世界的道路

波动光学正带领我们通往激光材料加工的新世界。未来数年, 我们将依据几何光学理论, 如魔术般进行激光材料加工应用并提高工业效率。但下一个门槛也已出现。如果把射线光学比作拐杖, 波动光学当作跑鞋, 那么量子电动力学 (QED) 光学组件就是 30 年后的跑车。但就目前而言, 还很难为宏观应用进行 QED 计算, 产生的信息太多, 我们无法将其用于光学设计。当然, 波动光学在不久之前也是如此 ■



DANIEL FLAMM 博士在通快的高级工程部门任职。这群年轻的研究人员研究着激光光学的各个基本方面。他们正在多个领域探索波动光学在激光材料加工上的潜力。

改善 3D 打印

用两种不同的增材方式制造一个简单的金属顶针？
听上去似乎是杀鸡用牛刀，
但 Procter & Gamble 的 Klaus Eimann 意识到
这是解决电动牙刷生产中一个棘手问题的完美解决方案。



增材制造主管 Klaus Eimann 和他坚持不懈的专家团队不断致力于研发全新的技术。现在他们已经研究出了能够引领这个行业的专业知识。



难点在于刷柄的注塑模具。突出部分是使用激光金属熔化（LMF）和激光金属熔覆（LMD）制成的金属销针。

“我们必须彻底重新思考、大量实验 并不断论证使人信服。”

增材制造主管 Klaus Eimann

1890 年，英国人 George Scott 博士获得了首个电动牙刷设计的专利。但因为大多数人觉得这种产品太过昂贵，而且使用麻烦，所以他的成功变得有局限性。这种情况一直持续到 1960 年，Oral-B 面向更广阔的人群推出了一款名为 Mayadent 的电动牙刷。如今 Oral-B 已成为美国企业集团 Procter & Gamble 的一部分，几乎每个药房都有电动牙刷出售。该公司位于德国马尔克泰登费尔德的工厂，每天可以生产约 10 万个牙刷。为保持这个速度，其生产工程师必须为那些最小、看起来最简单的部件寻找高科技的解决方案。

迎难而上

增材制造是 Procter & Gamble 加快生产的主要方式之一。当通快在 2003 年推出首款激光 3D 打印机 TrumaForm 时，Procter & Gamble 就是少数关注其未来发展的企业之一。Klaus Eimann 在马尔克泰登费尔德主管激光加工和增材制造。“从 2006 年开始，我们的模具制造和维护流程就开始同时使用基于粉末床的激光金属熔化（LMF）技术和激光金属熔覆（LMD）技

术。”专家团队正是从那时开始专注于充分发挥增材制造的潜力。“新技术总是令人兴奋，又兼具挑战，从来都不会一次成功！在早期阶段我们不得不彻底重新思考设计流程。”我们做了各种各样的实验，并努力说服同事这是未来的发展方向。我们始终坚信我们所从事的这项工作一定会成功。这份坚持也最终得到了回报，我们获得了真正的知识优势，并由此成为这个行业的先锋。”

每个小细节都会有所帮助

优化 Oral-B 牙刷制造工艺的工作仅仅是马尔克泰登费尔德的模具制造者从激光金属熔化（LMF）和激光金属熔覆（LMD）技术中获益的一个方面。他们的重点是注塑模具中一个长约 8 cm 的金属顶针。模具制作的塑料部分将会是成品的牙刷柄。“问题在于金属顶针的冷却时间太长了，”Eimann 说道：“无法保证塑料接触到钢的时候热量已经消散，这会导致成型的塑料变形，也就是说很多部件都会报废。”流程不可能为模具留出更长



Philipp Reinhard

生产模具中的金属顶针用了两种增材制造方式：3D 打印基体包含冷却通道（1）以及一个快速冷却铜销（2），这个铜销使用激光金属熔覆（LMD）逐层制成并连接在钢体上（3）。



周期时间是大批量生产的关键。工程师利用激光金属熔化（LMF）和激光金属熔覆（LMD）努力将 Oral-B 牙刷的周期时间减少了 7 秒。



的冷却时间，因为必须保证周期时间足够短。事实上，如今的大批量生产要求流程比以往更加快速。“所以我们的任务就是重新设计金属顶针，加快其冷却速度。”

智能结合

一开始，模具专家专注于激光金属熔化（LMF）技术的益处，也就是生产复杂的内部结构的能力。他们利用基于铺粉技术的 3D 打印逐层制作金属顶针，并在部件直径仅有 12 mm 的情况下在内部加入高效的螺旋冷却通道。“用传统制造方法根本做不到这一切。” Eimann 说道。测试显示，通过在螺旋通道抽送冷却水，金属顶针的热导率可以提高十倍，达到 27 W/mk。“这当然很不错，但我们需要做到更好。”

所以专家又提出了一个解决方案，使用热导率更高的材料——铜。计算显示，如果能设法将金属顶针和顶

部的铜销部分连接起来，就能在要求的时限内冷却金属顶针。不过，面对模具在注塑成型中释放出的热量，铜既不稳定也不坚固。在直径仅 3 mm 的成型顶针中加入主动冷却区域是不可能的，但工程师不想放弃铜。他们在想，能不能在使用冷却快速铜材料的同时保持其稳定呢？

第二种增材方式——激光金属熔覆（LMD）技术带来了突破。他们首先把铜销插入到 3D 打印的钢铸销内部，然后专家利用激光金属熔覆（LMD）用工具钢包住两个销，由此得到没有明显接缝的工件，仿佛一体成型。现在新的铸销拥有了有效的螺旋冷却通道，并且能够快速均衡地从塑料中散发出注塑工艺热量的铜芯。牙刷生产团队对这一结果非常满意。“在激光金属熔化（LMF）和激光金属熔覆（LMD）上的专业技术及多年经验引领我们找到了不同寻常，但是卓有成效的解决方案。我们成功使周期时间减少了 7 秒，并将废品率降低到了千分之几。” ■

联系方式：Procter & Gamble GmbH & Co.
Operations oHG, Chaimae Tichtiben, Corporate
Communications, 电话：+49 (0) 6196 89 3758,
tichtiben.c@pg.com

i4.0

智能工厂中 无声部件



在智能工厂中，工件可以非常安静。
只要有二维码，机器就知道要做什么。

智能工厂的目标是让机器的行动和反应与生产环境中大量的信息流保持一致。为此，机器需要配备硬件和软件接口、自动化工作程序和传感器系统。这可能很难，但是完全可行。尽管如此，加入工件时情况会变得更加棘手，因为工件该怎样和机器沟通呢？它们该怎么说：“我是工件 X，请用程序 Y 加工我！”

对此第一个反应就是：“请给工件一个小的大脑吧！这个大脑可以是一种能够发射和接收信号的 RFID（射频识别技术）芯片。”但这会带来各种问题。RFID 芯片是外来物，必须设法安装在工件上。它们可能会掉落，而且本身不够坚固，无法承受退火、淬火、抛光、酸浸等标准生产流程。所以更好、更实用的方法就是从一开始就给工件打上自己专属的激光标记二维码。也就是说工件可以携带智能工厂需要的所有信息。只要扫描二维码，机器就能获取执行生产所需的具体信息。完工后，激光打标机会打上新的二维码，继续下一个流程。可以想象到的任何信息都能浓缩在这仅仅几平方毫米的空间中。从已经完成的操作到追踪详情、订单编号和质量控制，所有信息都永久标记在表面。此外，如果是在激光器加工环境中，2D 切割机自己就可以标记。

而其他环境中都可以使用激光打标机轻松进行标记。最新的通快激光

打标机可以像光一样快速方便地安装到机器上，安装完成后就可以稳坐一边看着它们工作了。长期以来，我们一直将激光打标机硬件作为独立的小型系统出售。由工控机、电子设备、光源和光学元件构成，我们的打标系统软件也兼容各种通讯接口。用户无需了解激光技术的一切，激光打标机能在背后完成所需的所有工作内容，让工厂保持智能，工件可以非常安静。而这只是我们推动智能工厂发展的众多措施中的一个。■



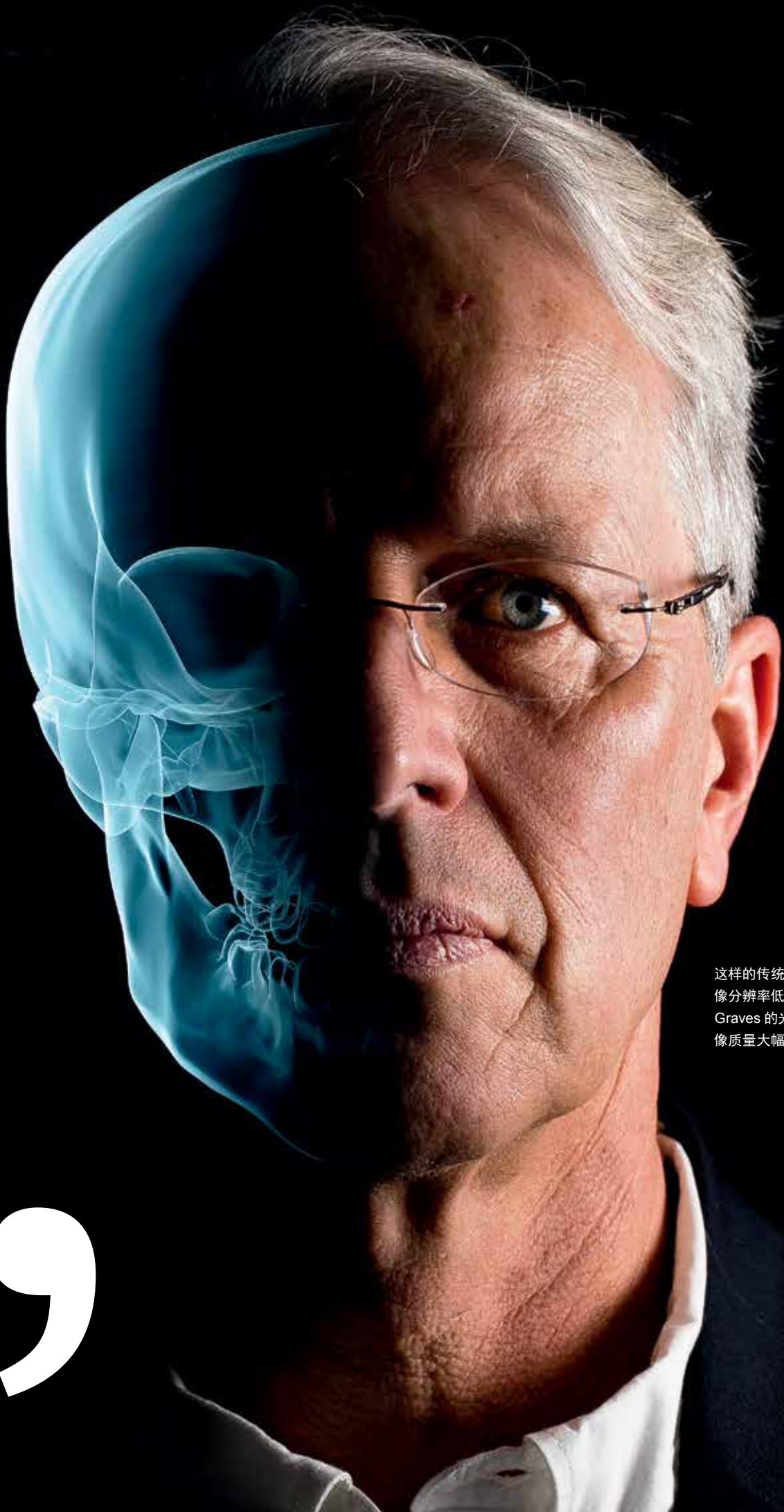
Florian Kanal 在通快担任微加工和激光打标机的产品经理。



#激光

需要专业物理知识吗？
不需要！
USP 让一切变得简单。

更多信息请见通快在线杂志
www.trumpf.info/2yo3l5



这样的传统射线图像分辨率低，William Graves 的光源能使图像质量大幅提高。

”

“五年内就能看到 X 射线的革命。”

生成超高分辨率 X 射线图像是极为复杂和昂贵的，所以这种图像也很少使用。 William Graves 教授希望运用创新的激光技术改变这一切。

您正在研究成本高达数百万美元，并且像客厅一样大的 X 射线光源。通常有哪些人需要这种产品呢？

所有人。

所有人？

是的，可能不是每个人，但任何想看到物体、动物或人体内在事物，并且不想把这些都打开的人都需要。

我们不是已经做到这一点了吗？您的 X 射线光源有什么特别之处呢？

它填补了市场中的巨大空白。一方面，医院和医生的办公室已经有了标准 X 光机。但是与 100 年前的 Wilhelm Conrad Röntgen 时代相比，它们的分辨率和亮度几乎没有改善。另一方面，研究人员已经成功开发出了更好的 X 射线光源供科学使用，名为 X 射线自由电子激光器（XFEL）。其亮度比

医生所用机器大约高出十亿倍，科学家可以用光束照亮在分子和原子层的过程，所以 XFEL 无疑是令人惊叹的。

后面是不是还有“但是”？

嗯，问题在于购买 XFEL 需要十亿美元，而每年的使用还要花费一亿美元，这主要是因为 XFEL 只是几千米长的粒子加速器的一部分。那么我们面临着怎样的局面呢？总的来说，天平的一端是只有少数人才能够使用这些非常出色、但又极为昂贵的技术，另一端是医生广泛使用的过时技术。我所说的空白就是某个折衷点。

您打算怎样填补这个空白呢？

打造质量媲美 XFEL 的优质 X 射线光源。区别在于这种光源只有十米长，而且费用仅为几百万美元。我们称之为小型 X 射线光源，面向的是大学

和工业实验室的研究人员、医院的医生，一定会对医疗和研究产生重大影响。

您的 X 射线光源可以带来怎样的新变化？

首先，更广泛的人群能够用上优质的 X 射线源。这将带来新的应用、知识和其他发展。我们的 X 射线源将能实现极高分辨率的医学成像，用于生成身体内部的视频和图像，比如不同类型的软组织。这能帮助医生发现肿瘤和动脉堵塞等病况，甚至还可以判断出这些肿瘤和堵塞是否危险。此外还能挣脱医学成像长期以来的束缚：优质 X 射线对身体几乎没有负面影响，所以想做多少 X 射线透视都没问题。其次，它还解决了大型 X 射线设备缺乏相位相干性的严重问题，由此甚至可以将性能提高 100 倍。

WILLIAM GRAVES 是亚利桑那州立大学物理系和应用结构探索生物设计中心的副教授。他很快就能在 ASU 校园正在建设的新建筑中打造出革命性的 X 射线光源。

还有其他可能的应用吗？

您有多少时间可以利用？研究和开发的可能性是无穷的。例如，研究制药的科学家可能立马就能获得研究不同蛋白质分子结构的简单方法。大学和企业实验室的材料研究人员也是如此。半导体工业的工程师如今还是闭着眼睛开发半导体架构，但优质的 X 射线光源能让他们睁开眼睛。美术馆和拍卖行可以使用 X 射线光谱检查画作，鉴定真伪。事实上，澳大利亚已经将这项技术用在了 Edgar Degas 的印象主义作品上，用于揭示隐藏在下面的第二层画作。考古学家也会因此获益，该技术可以测出文物的材料成分，并改善年代测定方式。如你所见，可能的应用数不胜数，因为原本看不到的各种小事物突然就能看到了。

背后的技术是什么？

X 射线是由高速电子急剧减速产生的。在粒子加速器或同步加速器中，研究人员使用强磁体将电子束偏转到波动器中，降低其速度并迫使其沿着波动路线行进。波动器包含两行沿光束路径极性交错的磁体。当电子穿过磁体之间的缝隙时，波动器就会使它们在两侧来回“震荡”，从而释放出 X 射线。但这个方法的前提是，电子在进入波动器之前必须具有极高的能量，所以才需要几千米长的粒子加速器。我们采取了不同的方式，通过使用激光脉冲代替波动器磁体实现更快速的电子震荡，从而降低对入射电子能量的需求。

您还得解释一下这一点。

激光脉冲是电磁波，所以也有磁场。我们利用的是这一点。波动器中的标准磁体组件大约 3cm 长。所以需要 3cm 才能让电子震荡一次。但使用皮秒激光脉冲就能在短短 1 μm 的距离上达到同样的震荡效果，距离缩短了 3 万倍，也就使得震荡速度加快了 3 万倍，所以最终无须使用复杂的粒子加速装置，而是只需非常简单的仅 1 m 长的粒子加速器。

接着用 9 m 长的磁场聚集电子，最后得到与 XEFL 同样波长在 X 射线范围内的光子。

要实现这一切，激光器需要具备什么功能？

激光器是整个系统的关键。因为脉冲要模仿固定的波动器磁场，所以激光器必须在各方面都非常稳定，重复频率必须恒定且至少为一千赫兹。激光器的每一个脉冲都必须提供完全相同的能量，而且脉冲不能偏离路径，我们要将目标定位精度最大化。此外脉冲宽度当然也必须合适。慕尼黑的通快科研激光公司（TRUMPF Scientific Lasers）是我们所见的唯一能够满足这些苛刻稳定性要求的公司。经过两年密切磋商，他们开发出了这款

新的激光器。时间比我们期望的要长了一些，但结果非常出色，我们很高兴能跟通快合作。

什么时候才能订购这种 X 光机？

在各家企业和医院的帮助下，我们正在研究所内整合系统。目前还很难预测测试阶段何时结束，我们会为产品的上市做好充分准备。不过我想我们的小型 XFEL 在五年或更短时间内就能公开出售了。

您对 X 射线的热情从何而来？

显然我对 X 射线很感兴趣，但我的动力其实来自完全不同的事物。





“原本看不到的各种微小组织突然就能看到了。”

很快我就意识到我是真的很喜欢机制复杂的精密机械！然后我通过朋友找了份粒子加速器技术员的新工作，可以接触更加复杂的机械装置。对光束物理学的热情让我很快获得了博士学位，于是我有了更多的时间研究复杂机械。这也是X射线光源的本质：一系列独特的复杂结构。可以说这就是我自己的法拉利！■

当我 20 岁的时候，还不知道我的人生应该做些什么。我曾痴迷于独特的高端汽车，所以在十年时间里白天摆弄法拉利，晚上上物理课。

太阳来了

激光如何解决我们的能源问题？以及我们为什么可以期待超光速曲速引擎？

“请告诉我这辆车不是用汽油的！你知道，汽油是会引起爆炸的！”我几乎已经忘记了约15年前在美国轰动一时的《机械公敌》（I, Robot）。这部电影的背景设定在2035年，人工智能已经成为现实，所有汽车都是电动的。在这一幕中，Del Spooner（由Will Smith 扮演）找出了一辆旧式的汽油机摩托，让同伴Susan Calvin 非常惊恐。

虽然她的反应似乎有点夸张，但电影传达的信息非常明确：在2035 年没人想要汽油车。这个想法看似荒诞，但未来显然属于电动汽车。我想这是件好事，尽管同时我也为二氧化碳排放感到担忧。最后我在想，我们该从哪里获得清洁能源提供给所有这些电动汽车呢？

在这种情况下，我如往常一样，在科幻小说里找到了答案：核聚变，太阳能！在CBS 系列电影《星际迷航：发现号》中，庞大的帝国星际飞船穿梭在平行宇宙的星系中。当然，所用能源来自核聚变。也就是说飞船使用的

是热核反应中的氘和氚受控聚变，能源几乎取之不尽用之不竭，让ISS Charon 永远都有电可用。

当然，你可能会说在科幻小说之外我们距离实现受控核聚变还有很长的路要走，事实也的确如此。但我还是忍不住想起儒勒·凡尔纳（Jules Verne）在 1864 年的《地心历险记》中写道：“但凡人能想象到的事物，必定有人能将它实现。”这正是在加州利弗莫尔的美国国家点火装置所经历的事情，那里的研究人员正在研究全球最大功率的激光器。科学家希望这个表面积跟世界杯球场一样大的激光装置能凭借几兆焦的能量点燃人造太阳，创造出能为所有电动汽车提供足量清洁能源的聚变反应堆。

所以不用害怕！电动车辆所需的清洁能源即将到来。顺便一提，凡尔纳先生，我可以生动地想象出时间旅行、瞬间移动以及能够扭曲时空、让星际飞船超光速前进的曲速引擎……■



《激光界》的主编
Athanassios Kaliudis
以激光是一种流行文化元素为题，写了一篇专栏文章。

➔ 激光点燃的人造恒星会成为我们正在寻找的清洁能源解决方案吗？你觉得呢？请写信告诉我：athanassios.kaliudis@de.trumpf.com

激光运用在哪里？



在两个碰撞的身体之中

踢美式橄榄球就必须承受伤痛。毕竟把持球队员撞倒在地是这项国民运动标准的阻截策略。在全国橄榄球联赛中，职业球员遭受脑震荡和骨折的时候大都不是在比赛中，而是在阻截中。因此密歇根州的 Rogers Group 决定开发一款真人大小的填充假人，可以穿梭球场并完美用来训练阻截动作。运动器材专家使用通快的激光切割系统将假人的骨架切割成合适的尺寸。从此之后，球员在实践中的阻截技巧和受伤概率都有所改善。经过 30 次粗暴的拦截后，假人依然没有受伤。 ■

激光界

激光界是通快集团的用户杂志

在线阅读: www.laser-community.com

下载链接: www.trumpf.com/s/magazine_download

……我们很快就能在眼科医生的帮助下免于失明。加拿大西蒙弗雷泽大学的研究人员开发出了激光视网膜成像扫描仪,可以在青光眼等疾病造成危害或损伤视力之前将其检测出来。这款扫描仪可将无害的激光束发射到患者的眼睛中并从视网膜反射出来,为传感器提供整个视网膜的超高分辨率的 3D 轮廓,包括单独的感光体、细小的毛细血管和血管。只要眼科医生检测到哪怕最微小的变化,都能在患者感受到视力下降之前立即开始治疗。

120

1.2 亿双
眼睛

TRUMPF



通快(中国)有限公司

江苏省太仓市经济开发区南京东路 68 号

电话 +86 512 53287700

邮箱 info@cn.trumpf.com

邮编 215400

传真 +86 512 53287751

网址 www.trumpf.cn



关注通快官方微信

