



## 尽收眼底

激光设备通过传感器了解作业情况。欢迎进入加工过程控制、质量保证和系统设计的新纪元。

# 02:2017

2017年11月

|       |                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 出版商   | TRUMPF GmbH + Co. KG,<br>Johann-Maus-Strasse 2, 71254 迪琴根, 德国; <a href="http://www.trumpf.com">www.trumpf.com</a>                                                                                                                    |
| 出版人   | 工程学名誉博士 Christian Schmitz                                                                                                                                                                                                            |
| 主编    | Athanassios Kaliudis,<br>电话: +49 7156 303 - 31559, <a href="mailto:athanassios.kaliudis@de.trumpf.com">athanassios.kaliudis@de.trumpf.com</a>                                                                                        |
| 销售部   | 电话: +49 7156 303 - 31559, <a href="mailto:laser-community@trumpf-laser.com">laser-community@trumpf-laser.com</a> ,<br><a href="http://www.trumpf.com/en_INT/company/press/magazine">www.trumpf.com/en_INT/company/press/magazine</a> |
| 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,<br>Syed Saqib, Sebastian Stamm, Monika Unkelbach, Annina Werths                                                                                             |
| 摄影    | Angelika Grossmann, Roman Knertser, Ralf Kreuels, Norbert Voskens                                                                                                                                                                    |
| 设计与制作 | pr+co GmbH, 斯图加特/德国;<br>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                                                                                                                                                                                       |



## 以新视角看世界

以全新的视角观察我们周围的世界，审视并改变看待工作、安排、惯例的方式，都有助于为我们注入创新活力。因此，我希望借此机会呼吁大家以新视角看待事物。在这方面，通快早已付诸于实际行动，例如重组董事会。董事会重组后，我担任激光技术部门首席执行官，同时也负责我们的《激光界》杂志。前首席执行官 **Peter Leibinger** 先生将担任首席技术官，并负责开拓新的业务领域。

在你面临棘手的挑战时，以全新的眼光看待事物尤为重要。例如，法国玻璃制造商 **Saint-Gobain** 公司请我们提供了一种解决方案，为大块玻璃涂覆上均匀且完全透明的涂层。在此之前，对于激光材料加工，我们利用激光束便足以轻松地满足客户的要求。但我们发现，通过将开发重点转移到研究波长的性质上，可以找出效果更优异的解决方案。这也是此案例中的一个转折点：通过研究在这种更复杂、更精密的激光案例，我们的工程师为 **Saint-Gobain** 公司打造出了全新的光学元件。

新一代光学传感器系统能帮助我们直抵制造流程的核心，并实时捕捉数据。我们的系统开始具有感官功能，它能够看到工件摆放的方式和位置，感受到激光发出的能量，了解目前完成的工作进度，甚至能用第六感预测组件不合格的情况。所有这些都能帮助我们以全新的视角审视生产流程，进而逐步调整和优化工作方式。这正是工业 4.0 的核心所在：透过数字化技术重新审视我们的制造方法。

在以新视角看待事物的同时，我们决定也为杂志换上新颜。全新的版式、崭新的纸张和重新设计的布局带来了焕然一新的面貌，我们欢迎大家积极提出宝贵的意见和建议。最后，希望大家喜欢本期杂志！

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](mailto:christian.schmitz@de.trumpf.com)



### 光中的光

窗户玻璃的透明特性使其很难被拍摄下来。因此，当我们为玻璃制造商 Saint-Gobain 公司拍照的时候，结果很可能会功亏一篑。为此，我们求助于极其擅长处理光线的 Ralf Kreuels 先生。您可以在第 20 页看到他的作品。



### 超级传感器

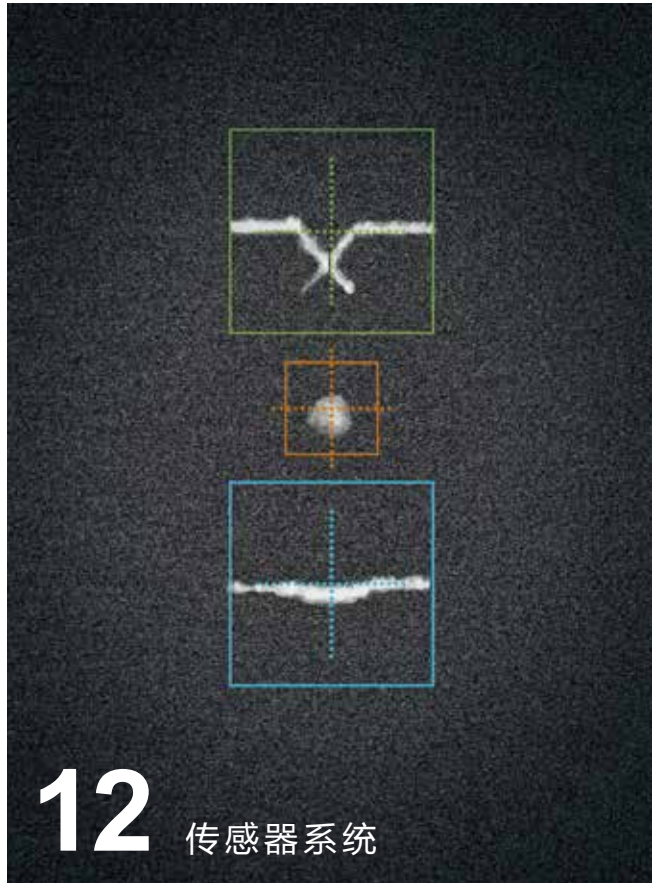
我们很早之前便期待能够在流行文化专栏中做一期关于最著名的超级英雄的主题。现在他终于来了，让我们欢迎超人 Kal-El, Clark Kent 先生！还有和他一样广为人知、经常冒险的好友 Lois Lane 女士。请翻阅至第 35 页了解他们与激光技术之间的关系。



### Tom 你好！

当我们的 lasercommunity.com 网站下线的时候，大家都很伤感。但这只是暂时的，因为它的升级版——新的通快在线杂志更加精彩和多样化。我们在办公室都叫它 Tom，从现在起，它将是激光技术资讯的大本营。[trumpf.com/s/magazine](http://trumpf.com/s/magazine)

# 激光



# 激光界

## 主题

## 12 密切监控

能够预测错误并在不到一秒内做出调整的传感器：欢迎来到可以控制加工过程的未来。

### 6 力量

薄层涂覆已成为现实。

### 7 荣耀

Paul Seiler 先生荣获肖洛奖。

### 8 领先

Yosuke Sasaki 先生为俄罗斯引入拼焊板工艺。

### 10 叠焊道

激光熔覆工艺的方法研究。

### 19 最新研究

新发现。

### 20 新型光源

Saint-Gobain 公司的新型窗户玻璃可在透射更多阳光的同时减少热量。这是怎么做到的？

### 24 亲爱的激光

拯救小鸡、小牛和萤火虫。

### 26 i4.0

激光知道发生了什么。

### 28 “探讨自然的本质就好像是一种神圣的体验”

Albert Stolow 教授解释自然运动的重要性，并介绍了自己的工作是如何使自然运动成为可见。

### 32 大概是世界上最长的激光机床

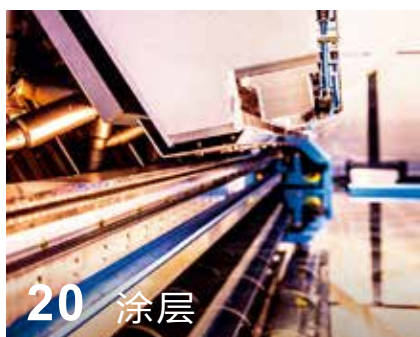
谁敢用这么长的机床？  
让我们认识一下 Jorge Luís Rodriguez 先生。

### 34 流行文化

超人的传感器系统。

### 35 激光运用在哪里？

髋关节。



# 嘿

## 荣耀依旧： 激光仍然是最快的

在过去，激光技术的倡导者在提及如何防止部件磨损以及腐蚀涂层时常常会回避两个话题：**薄层和速度**。

但 EHLA 彻底改变了这一点。

从切割和焊接到涂覆涂层，激光技术的铁粉们相信光永远要优于其它工具。所以，当现实并非如此时，结果便很令人沮丧。例如，客户要求在其表面积为 0.5 平方米的液压缸上涂上仅 0.1 毫米厚的涂层，并且需要分多次涂覆，最好在明天就完成。在以前，面对这样的要求，像我们这样的激光拥护者只能表示很无奈。因为我们知道，镀硬铬或热喷涂等技术要快得多。更糟的是，激光根本不能完成这样薄的涂层！

致力于激光技术的弗劳恩霍夫协会 ILT 实验室一直在积极地探索，特别是在激光金属熔覆技术能够形成无裂纹无孔隙的优质冶金结合涂层之后，他们便开发了 EHLA，这是一种适用于极高速激光金属熔覆的新技术。这个技术的关键在于粉末的进料方式。原有方法是把金属粉吹到部件上，用激光生成让粉末附着的熔池，而 EHLA 工艺则是在粉末到达熔池之前用更高频的激光冲击粉末，让粉末在到达部件的过程中就加热到熔点附近的温度。也就是说，激光可以更快地穿过设定路径，焊接深度也要浅得多。激光可以生成更细小的珠粒，大幅提高了涂覆涂层时的能量使用效率。EHLA 生成涂层的速度高达每分钟 250 平方厘米，且厚度仅为 10 微米。不仅如此，EHLA 加工头还可以轻松集成到现有机床中。所以激光迷们又可以挺直腰杆，再次自豪地面对世界了！ ■



Thomas Schopphoven 先生，Andres Gasser 博士和 Gerhard Maria Backes 女士一同捍卫了激光的荣誉。他们凭借这一成果荣获了约瑟夫·冯·弗劳恩霍夫奖。

# 荣耀

肖洛奖得主 Paul Seiler 先生从事现代工业级激光器的研发工作已有 50 多年。

## 三大不朽成就

工业固体激光器之父 Paul Seiler 先生最近凭借多年来的工作成果荣获了肖洛奖。他的成就为何如此重要？

Seiler 先生主导了工业固体激光器的三项重要研发：原始激光加工机床、连续固体激光器以及有史以来最创新的配件：激光光纤。

20 世纪 70 年代初，Paul Seiler 先生花费大量时间使用激光为金刚石拉丝模钻孔。他决心将新兴的激光技术带出现有的成熟领域，推广到更广阔的工业制造中来。他带着妻子和四个孩子搬到了黑森林并在 Haas Laser 公司任职。他的目标是发展焊接领域的技术，而激光则是他选中的焊接工具。1973 年，他和团队开发出了首个将激光器集成到自动化机床中的系统，设计用途是焊接手表发条。现在，无论工厂或实验室使用何种固体激光加工机床，都是起源于 Seiler 先生的发条焊接机床。

自此，激光终于进入了工业领域，并在全球的生产设施中持续开疆辟土。Seiler 先生也被任命为 Haas Laser 公司的执行董事，而这家公司正是通快激光在施兰贝格的前身。

20 世纪 90 年代初，Seiler 先生又相继取得了两项重大成就。1991 年，他成功分离了激光光源和光学加工元件。和所有绝妙创意一样，站在现在的角度回顾过去时，直接将激光从生成的地方输送到需要的地方，看起来是一件再自然不过的事情。Seiler 先生负责主持激光光纤的开发项目，并于 1991 年在一个展会上和配套的固体激光系统一起推出。在某种意义上，他的公司可以说是自设阻碍，因为现在可以用单个光源将激光传送到多个光学加工元件，也就是说每项应用所需的光源更少。不过，现在人们也意识到，利用激光光纤可以更轻松地集成激光工艺，同年，Seiler 先生推出了第二项重大成果，在固体激光器上实现了数千瓦连续模式激光。之前，大功率固体激光器只能发射脉冲，连续激光模式仅限于 CO<sub>2</sub> 激光器。连续激光模式和激光光纤的组合带来了全新的机遇。■

2017 年 10 月，美国激光学会在亚特兰大的 ICALEO 为 Seiler 先生颁发了肖洛奖，以表彰他在工业固体激光器领域取得的成就。

# “我们要做领头羊”

Yosuke Sasaki 先生与他的团队和合作伙伴一起将拼焊板激光技术引入了俄罗斯市场。然而这并不是这位日本高管在该领域的首个创举。

## 成为先锋者有什么益处吗？

简单来说：有，也没有。就我们的情况而言，Severstal-SMC-Vsevolozhsk 是 2014 年首个在俄罗斯成立的生产拼焊板（TWB）的企业。一方面，这是一个挑战，因为俄罗斯所有的汽车制造商都已经采用了进口拼焊板。另一方面，这也是一个优势，因为我们具备那些供应商无法提供的有利条件：我们在俄罗斯仍然是独一无二的，因为我们能够贴近客户，了解这个国家和这里的人民。

## 这就够了吗？

不够，当然不够！远远不够。作为俄罗斯市场的新人，我们需要具备两项重要的条件：一是可靠的后备供应商，现在我们已经有了。二是，我们在技术、生产力和质量方面都必须超越国外的竞争对手。这是一个重要因素，不然，我们为什么要从通快购买碟片激光系统呢！

## 您从事这个项目的动力是什么？

整个俄罗斯市场都没有拼焊板供应商，所以必须有人做点什么！

## 事实确实如此，但为何您可以在 2014 年成为这一领域的第一人呢？

2007 年，我担任日本三井（Mitsui）集团的项目经理，这家大型财团在钢铁贸易和制造方面也拥有丰富的经验。我们进行了一项市场调查，所有的行业联系人都告诉我们：俄罗斯没有拼焊板供应商。哇哦！这可是拥有着服务于巨大市场的大规模汽车制造业的金砖五国之一的经济体。真是难以置信，但情况确实如此。这对我们来说是个非常难得的机会，我们当即决定将这种技术首次引进俄罗斯，并为其开辟市场。

的产品之一。就这样，我们在圣彼得堡组建了 Severstal-SMC-Vsevolozhsk 公司。2008 年的金融危机稍稍延缓了我们的步伐，而我在 2014 年接任成为 Severstal-SMC-Vsevolozhsk 公司的副董事长。当时，我们已经做好了充分的准备，现在已经在为日产尼桑、福特、现代和大众供应拼焊板工艺技术。不仅如此，我们很快还将赢得更多的客户。

## 一切都进展顺利吗？

无可厚非，我们目前面临的一个重大挑战就是对于本地员工的培训。我们在这里有日本专家培训工程师。我相信大家对这项新技术都充满期待和动力。

## 这是您第一次向国外市场引进拼焊板技术吗？

不是的，我在土耳其也负责过类似的项目。我的任务是创造就业机会，开发拼焊板市场。我的长处就是用创新的产品打入新市场。拼焊板市场的表现一直都很棒。

## 作为日本人，在圣彼得堡生活有什么感受？您学习俄语了吗？

这个城市和这门语言对我来说都不陌生。长期以来，俄罗斯一直都是一个充满吸引力的新兴市场。因此早在 2005 年，三井集团就将我派往圣彼得堡和乌兹别克斯坦，我花了两年时间在大学学习俄语并完成了在职培训。现在我又回来了，不得不说我很喜欢这里。这是一座美丽的城市，吸引了大量游客。这里有绝佳的酒吧和餐厅。不过如果说有什么我想改变的话，那就是天气了：这里对我来说太冷了。最近在盛夏时节就下雪了！■

拼焊板是轻型钢板，有各种等级和厚度。使用激光将组件焊接在一起制成钢板，然后通过深拉加工成所需的部件。

工厂一瞥：  
[trumpf.com/s/5gnm46](http://trumpf.com/s/5gnm46)



Yosuke Sasaki 先生  
担任圣彼得堡 Se-  
verstal-SMC-Vse-  
volozhsk 钢铁服务  
中心副董事长已有  
三年多。

# 领先

“整个俄罗斯市场  
都没有拼焊板供应  
商，所以必须有人  
做点什么！”

SEVERSTAL SMC-  
VSEVOLOZHISK 是俄  
罗斯第二大钢铁制造商  
Severstal 与日本财团  
三井的合资企业。该公  
司主要为汽车业生产  
钢板，包括拼焊板，年  
产量约为 15 万吨。

# 叠焊道

## ——激光熔覆工艺的方法研究

在激光熔覆中，当激光将焊道并排叠放在一起时，它们会如何互相起作用？

本文作者 Syed Saqib 先生从温莎大学开始寻找这个问题的答案，最终为未来的工艺参数数据库奠定了基础。

激光焊接最大的优势之一就是几乎完全采用数字化流程。也就是说可以方便地调整执行的作业，仅需选择合适的参数就能得到想要的结果。当然，这是假设用户熟悉影响结果的核心参数以及这些参数的相互作用关系，激光熔覆要做到这一点还有很长的路要走。这种焊接工艺又称为激光金属沉积，是一种将焊道并排放置在一起或堆叠多层的工艺。在这种工艺中，焊接点在精密复杂的参数和相关性系统中与彼此产生各种影响。

由于多个参数和影响因素以及非线性联结行为结合在一起，因此很难开发出可以提供稳定预测结果的模型。这使得历史数据收集成为了唯一的可靠方法。

**参数数据库** 我和其它参与者的工作共同为一个长期项目奠定了基础，即通过收集历史数据，全面了解对流程和熔覆焊道几何结构产生不可忽视的影响因素。项目的任务是找出哪些工艺参数的变化会影响其它因素。最终，这些信息将转化为数据库，为各种工作情景提供有益的建议。

工艺的敏感性和大量的参数需要采用一种统计性方法，我们之所以选择统计实验设计和分析法，就是为了尽可能减少实际实验的数量。因此，规划数据库的数据实际上来自未来的研究而不是我们的基础性工作。未来，多个系列实验将可以确定重要参数之间和多种可能性的相互作用。这些工作将基于之前的系列实验，也就是我已经完成的项目部分，这是为之后的历史数据收集制定可靠计划的基础。

最初的基本系列测试主要基于两个假设。第一，我们假设制造工艺参数的微小变化将导致焊道形状参数和非线性关系的变化。第二，我们假定重叠焊道的几何结构和堆叠层不是单个沉积焊道的直接倍数。我们预计，其差异在于边界状态的改变，因为层间热传导和沉积焊道的质量变化会改变沉积的表面积。

基于这两条假设，我们焊接并测试了单个焊道、平行多道焊以及多层多道焊。即便是使用统计实验设计（DoE）法，首个系列实验也会产生大量数据，因为我们在五个不同的层面改变了非常多的参数。为确定不同的工艺参数对

焊道和尺寸质量的影响，我们采用了统计方差分析（ANOVA）技术。然后，我们查看了使用另一种统计方法——分数阶乘中心组合设计（CCD）改变参数的结果。

**与增材制造的相关性** 通过这项工作，我们构建了不同条件下的各种焊道行为的模型。研究人员现在可以在这些模型的基础上为下个系列的测试建立假设和实验计划。随着激光熔覆日益成为一种重要的增材制造方法，我们也开始加强了对堆叠层焊道的行为的研究。我们可以一起简单了解一下这方面的成果，它对我们项目的未来研究工作格外重要。宏观图最值得注意的特性之一就是初始层之间的 M 形边界。尽管第一层涂覆在一个平整的平面上，而且初始层表面在下一层叠加之前也非常平整，但 M 形并没有随着层与层的叠加而变得更加明显。



增材制造的十层工件块。工件和喷嘴方向的变化会导致垂直面产生巨大的变化。



堆叠焊道的宏观图：M 形层边界非常明显。内部结构对堆叠的外部表面也有影响。

事实上，情况恰恰相反：初始堆叠层呈现出明显的 M 形，两侧高出，但随着层数的叠加，形状逐渐变平，越来越不明显。

鉴于此，我们还研究了增加机床加工的自由度是否会影响结果，改变 3D 物体的表面。为此，我们使用五轴机床制作了一系列实心块（40 mm x 40 mm x 35 mm，如图）。工件呈不同的倾斜角度（10、20、30 和 40 度），同时沉积喷嘴与基底不垂直。如上图所示，有一定角度的斜坡对焊道有明显的影响。角度的选择改变了焊道的形状、层面的内部结构并最终改变了实心块本身的表面。

因此用工艺参数模型为此类工作开发理想的焊道形状仍然极具挑战性，在多层激光熔覆的非线性动态环境下，很难做出任何有意义的预测。我们还是需要根据经验，了解激光功率、激光扫描速度、送粉速率、应用几何结构等工艺参数在多大程度上会影响到沉积层的硬度和微观结构。

**后续步骤** 如上所述，我们研究工作的长期目标是建立一个灵活可行的框架结构，从而为增材制造中的激光熔覆规划焊道路径和几何结构。对焊道形态和增材制造中激光熔覆各项工艺参数关系的实验性研究是第一步，它为未来的研究奠定了基础。之后的步骤包括研究激光功率变化和熔池变化之间的关系。另一项重要任务是继续跟踪第二部分工作中的观察结构，开展定量实验，制定和比较增材制造结构的填充策略。这将使我们向建立工艺参数数据库的最终目标再迈进重要的一步。■

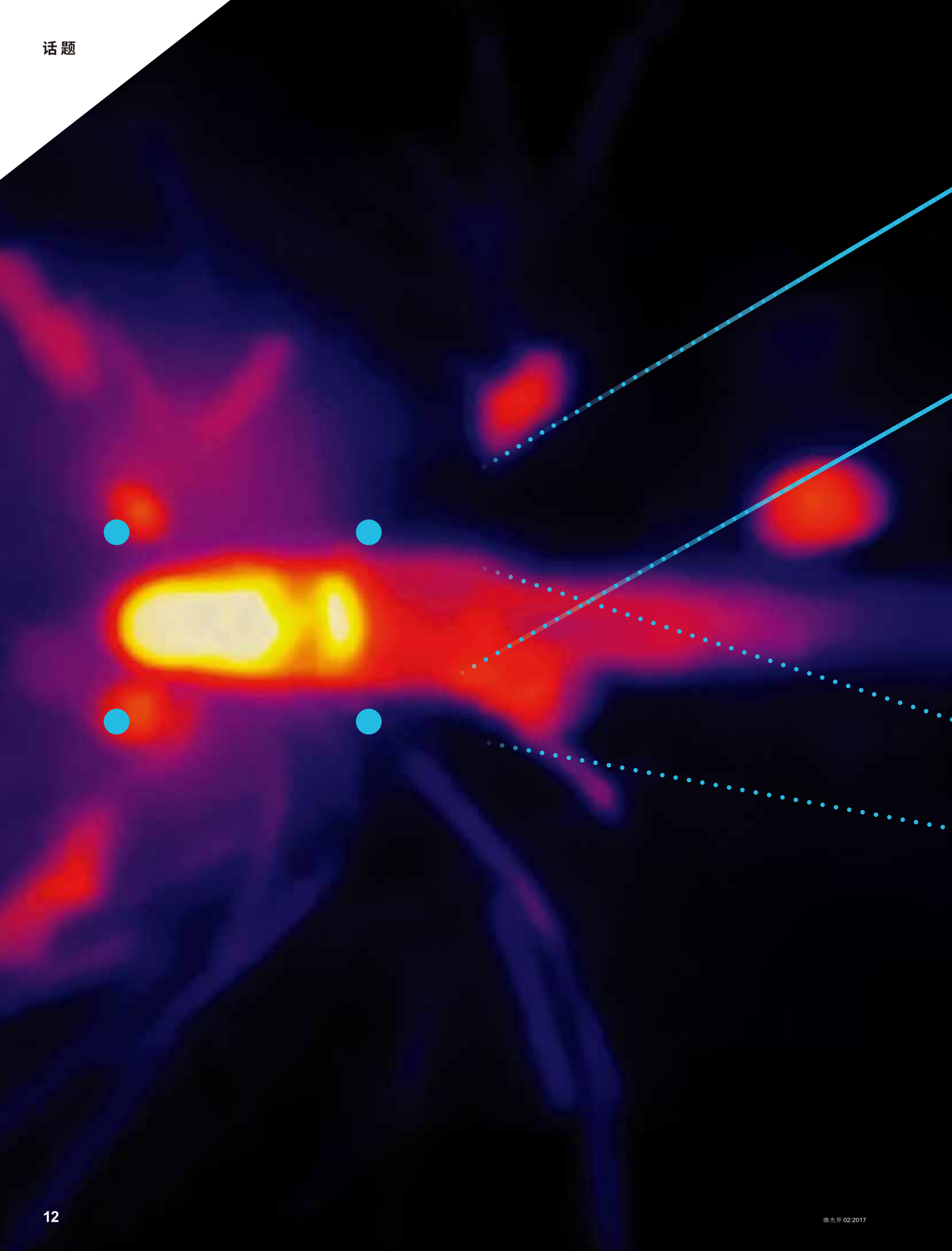
阅读完整的研究报告：

<http://scholar.uwindsor.ca/etd/5782/>

即便采用统计实验设计 DoE 法，数据量仍然非常庞大，因为我们在五个不同的层面改变了非常多的参数。

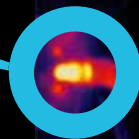


在加拿大温莎大学的博士研究工作中，Syed Saqib 先生研究了工艺参数对一层和堆叠多层的 420 不锈钢粉末的影响。他目前正在攻读博士后，研究堆叠的硬度和几何结构以及激光熔覆工艺中的多层应用。他还在温莎大学教授 CAD/CAM 课程。



# 密切监控

监控、调整、记录：加工过程传感器的快速发展为激光材料加工带来了全新的优势。为什么我们使用的传感器越来越多？这对制造业有什么影响？



盒子中的未来：摄像头通过光学器件监控过程。



从机器的角度来看，人类是非常神奇的存在。他们可以在纸上轻松画线，可以把鸡蛋拿在手中而不会打破，然后完美剥开。他们能毫不费力地削尖棍子，用来在火上烤棉花糖，还不会烧到自己！人类之所以可以做到这些，是因为我们拥有能监控和调整自身动作的实时反馈传感器——也就是我们的感官。那么如果机械也有感官岂不是非常奇妙？那样的话，我们就终于不用再编辑每个坐标路径、指定每个操作顺序并且煞费功夫地切开检查焊缝了。我们可以将一切简单地托付于机器。这不是很了不起吗？事实上，这已经成为现实了！机器已经以自己独特的方式获得了这些感官功能。当激光打标刚刚出现时，机器操作员必须使用超精密夹具保证标记刻印在正确的位置。毕竟，激光打标机怎么能找到正确的位置呢？它能做的只是盲目地瞄准两个坐标的交叉点，然后直接打上去。但如今的激光打标机已经今非昔比：它们配备的摄像头能够检测前面的事物，并调整光学器件以准确打标。这一发展已经改变了制造业，而且还将带来更多的变化。

**激光器感知更出色** 传感器主要有两种。监控传感器旨在为质量保证和存档记录提供数据，不会干预运行中的流程。一个常见的例子就是用于监视是否符合规定限值的传感器。如果超过了规定阈值，机器就会报警，提醒生产经理检查哪里出了问题。

另外一种控制传感器，用于测量数值并干预运行中的流程。根据读数，控制传感器可以调整激光功率、进给速度或焦点位置。一般来说，控制传感器比监控传感器更为复杂。

激光材料加工机床可以方便地配置传感器技术。光学器件非常适合放置传感器，而且可以简单地连接至固定系统，让传感器直接观察流程。激光束的无实体特性意味着只能以数字方式控制，所以非常容易加入到含有传感器的控制环路中（如图：顶部有 5 个激光材料加工的传感器读数）。

**利用传感器提高盈利** 仅仅在数年前，过程传感器还极为罕见。但今天，它们已经成为汽车和医疗技术等领域生产中不可或缺的一部分。原因显而易见：传感器可以缩短周期时间、提高质量、实现无缝质量控制、减少废料，还可以持续追踪现场情况，从而帮助企业提高盈利。

在汽车车身焊接领域，基于传感器的远程焊接速度是填充焊丝焊接的两倍多。摄像头能在焊接或打标过程中检测部件的位置，这样便降低了部件支架的规范要求，使生产更加经济方便。在焊接流程中，监控传感器能够为每个部件的整个焊缝提供可靠的无缝质量文档。由此实现的可靠性甚至要高于现场破坏性采样测试，这也意味着可以大幅减少甚至完全取代这种方法。



## “焊接位移和温度监控大幅提高了检测出错误的可能性。”

博世连接条激光焊接项目经理 Hubert Hickl 先生

## 博世：两个视角优于一个

# 01

案例应用

监控传感器还能实时报告焊接故障，帮助生产人员在第一个部件受到影响时就及时发现问题，避免拖到换班时不得不报废数百个部件。与此同时，控制传感器会在出现问题时立刻做出调整，尽量将废品率降低至零。随着市场对更小更精密组件的需求稳步增长，传感器技术的应用不断扩展和深化。部件越复杂，焊接等作业的质量标准越严格，对高精度监视和控制传感器的需求也就越高。当然，反之亦然，传感器技术的进步也使加工新的部件形状成为了可能。同时以远程焊接车身部件为例，操作员只有在确信焊缝位置控制系统可以可靠地定位每个角焊缝的情况下，才可以缩小法兰。这样汽车制造商便能够减轻车身重量、减少材料用量并提高生产速度。

**更高的公差水平** 机器感知技术的进步正在以一种缓慢但却不可逆转的趋势改变整个制造系统的外观和功能。传统的机器作业是“盲目的”。工程师们必须事无巨细地加以引导，努力预测速度、组件位置或轮廓的每个变化。随着市场对组件和加工精密度的期望越来越高，部件安装和定位的要求，有时甚至会达到不可思议的高度。操作员为满足微米级的公差要求，机架变得更加庞大笨重和复杂。

博世是一家跨国企业，也是汽车行业最大的供应商之一，以其高标准的产品质量而享誉业内。公司在魏布林根的工厂生产电子控制单元（ECU）组件。博世通过实施完善而严格的保障措施确保优异的加工品质，例如：用于连接条的塑料激光透射焊接线便在熔化行程监控中应用了温度控制功能。“我们的主要目标是消除下游质量检查环节，同时实现高标准且记录完善的质保体系。”博世连接条激光焊接项目经理 Hubert Hickl 先生说道。在该流程中，直接半导体激光器将塑料牢牢焊接到模块框架上。

高温计会测量整个过程中释放出的热量，同时扫描仪沿焊接轮廓多次扫描。该系统包含一个焊接位移传感器，监控组件在激光传输期间的下降，并在完成设定的熔化行程后关闭焊接程序。测量结果将自动整理并存档。“断路开关极为精密，能够满足非常严格的位置公差，这对于下游装配流程至关重要。焊接位移和温度监控的双重保障大幅提高了检测焊接错误的准确性。”

焊接位移传感器和高温计的组合有助于帮助用户缩小机械部件的公差。





## 02

案例应用

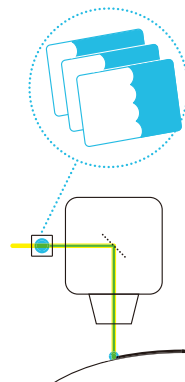
## LR Systems: 实时控制除漆过程

每秒 200 次是 LR Systems 公司的除漆系统中激光光束照射飞机表面的频率。与此同时，摄像头会以不小于每秒 400 次的频率捕捉除漆结果的高清光谱图像。软件程序将分析这些图像，确定激光束是否达到了漆层下的表面，并根据结果相应地调整机器臂的位置和速度以及 CO<sub>2</sub> 激光器的功率，所有操作同样以每秒 400 次的速度进行。

所有飞机都必须定期除漆并重新喷涂。“我们的最终目标是让机器臂末端的激光器能够执行整个飞机的除漆操作，”荷兰机器人解决方案供应商 LR Systems 公司首席执行官 Peter Boeijink 先生说道。“而且要比人工更快、更好，并且无需用户干预。我们计划在 2018 年推出该系统。”当然，为此，他们必须克服大量困难，特别是解决机器人如何检测漆层已完全去除，达到下层喷漆甚至复合层表面下方的问题。分类算法可根据十个不同的标准评估图像并将信号直接传输给机器人和激光控制单元。

“我们必须快速传输大量数据，而数字化总线信号不足以满足我们的需求，所以我们为反馈控制器改用了模拟输入。”LR Systems 公司甚至决定集成自主学习控制软件：“算法会从自己的错误中学习，逐渐了解我们的标准并自主运用和改善。换言之，每完成一架飞机，它的智能化程度都会进一步提高。”

每个脉冲后都会跟拍下一幅超高清图像，告知控制单元下一个脉冲的发射位置。





“算法会不断学习，  
每完成一项任务，它的  
智能化程度都会进  
一步提高。”

LR Systems 公司首席执行官  
Peter Boeijink 先生



不过当机器与环境建立联系时，就会对每个部件做出自己的反应。框架的宽度可以缩小，只留下最基本的部分，定位设备也可以变得更加灵活。最终，整个流程的公差水平都可以实现质的飞跃，同时保证结果优异的准确度。激光焊接就是一个典型的范例：将部件放在舱内的任何位置，激光都可以圆满完成工作。

**深挖数据资源** 工厂管理者非常清楚数据是工业 4.0 极其重要的组成部分，而且多多益善。数据有多个来源，其中最可靠的来源之一就是监控生产流程的传感器。但与此同时，中小企业面临着如何利用手机数据这样的难题。为此，大量敏锐的供应商已经着手开发用于分析流程数据的智能服务。最终目标是利用大数据检测制造过程中的潜在问题或开发一种智能算法，可以在输入足够的数据后，自主提出流程改善建议，甚至自行采取必要的改进措施。单台机器的状态监控技术已经非常成熟，未来的发展方向是面向整个工厂的状态监控，进而是基于传感器的生产控制。

与此同时，业内的专家们也在不断开发新的传感器和传感器组合。他们目前的开发重点是发展前景广阔的干涉型测量传感器，目前仍处于方兴未艾的阶段。这种传感器利用光波干涉测量从焊接深度到焊缝检测等各种参数。尽管在位置感测方面，干涉仪相比摄像头仍然非常昂贵，但其价格正在稳步下降，相信设备很快就会变得更小、更经济。

## 激光材料加工中五个最重要的传感器读数：

### 01 — 模式识别

摄像头可以轻松检测到电子组件上最微小的弯道，识别出需要焊接的准确点位并将该信息传输给聚焦光学元件。在激光打标中，图像处理系统可确认标记位置是否恰当，并检查文本或编码是否准确、清晰。

### 02 — 温度

高温计可在作业期间测量温度变化。在塑料激光透射焊接中，可将其用于缝焊点：达到目标温度后，系统会调整激光功率，确保温度稳定。

### 03 — 焊接位移

感应式焊接位移传感器可在作业期间记录时间和部件位移。在激光透射焊接中，传感器可测量上部塑料部件的下降高度，达到指定行程数值之后，激光器就会停止工作。这种方法还能补偿组件公差。

### 04 — 焊接熔深

低相干干涉仪的测量精度超过十分之一微米。在激光焊接中，可将其用于监控穿透深度。这有助于质量控制团队确保焊接深度的准确性，不会太深，也不会太浅。

### 05 — 焊缝

通过将线性激光照射到焊缝上的，高速摄像头可在焊接过程中检测焊缝位置，并在开始焊接前调整扫描仪。焊缝位置控制系统是一种实时工作的超快速非接触式解决方案。使用案例包括车身制造中的角焊缝、变速箱焊接中的对接焊以及连续管道焊接，它可以加速焊接过程并大幅减少废料。



“如果在加工过程中发生故障，我们会第一时间发现问题”

采埃孚生产、焊接和钎焊团队主管  
Peter Schömig 先生



这种进步可以带来很多益处，其中最明显的就是生成三维图像的能力。这对于体积测量尤为实用，特别是对于激光消融和激光金属熔覆等应用。

**全自动化的畅想** 自主制造的愿景正变得日渐明朗。小型企业长期以来都渴望简化生产流程，最好是操作员仅需将待加工部件放在机器上即可。利用 CAD 制图数据库，机器就能识别部件，从而决定加工方式并执行必要的焊接作业。理论上，操作员无需再做任何动作。当然，这一愿景的实现还有一段距离，自动驾驶便是一个很好的参照，但我们显然是在朝着正确的方向前进。材料识别便是一项指日可待的传感器功能，这种技术可以使激光打标等工艺变得更加简单，发展前景可谓一片光明！■

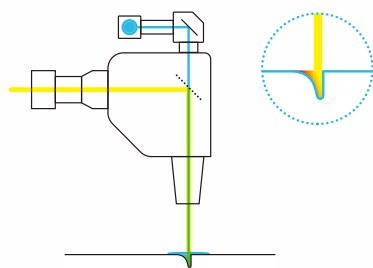
联系方式：Wilrid Dubitzky 女士，电话：+49 (0) 7156 303-33349  
wilrid.dubitzky@de.trumpf.com

## 采埃孚： 深熔焊尽在掌控

### 03 案例应用

采埃孚生产、焊接和钎焊团队主管 Peter Schömig 先生有一个明确的目标：“我们希望寻找其它保证部件质量的方式，大幅减少破坏性测试的数量。汽车供应商采埃孚一直在尝试将采用干涉测量监控的新型激光焊接工艺用于传动系统组件，Schömig 先生相信这项技术非常适合大批量生产。激光光学设备配备的光学相干断层成像（OCT）系统在深熔焊中监控毛细孔，并实时测量焊接深度，为整个焊缝提供直接的质量控制解决方案。

“传动系统的质量标准非常高，因为整个发动机扭矩都通过焊接部件传递。因此对我们而言，检测并记录每个部件每个点的穿透深度是一个非常重大的进步。这能帮助我们大幅减少耗时且昂贵的金相试片的使用。”如果传感器检测到尚未达到或已经超出所需穿透深度，系统就会报警。“所以，如果加工过程发生了故障，我们可以在第一时间发现，而不是等到轮班的时候。这意味着我们便可以立即采取行动，避免形成残次品。”不过 Schömig 先生强调，目前的 OCT 系统设备仅仅是不错的过渡解决方案：“从长远来看，我们希望集成控制传感器，从而不仅能可靠地检测焊接深度，还能采取措施确保一切正常运行。”



光学相干断层成像系统在加工运行期间测量焊接深度，从而发现问题的焊缝。



### 利用局部真空设备进行激光焊接钢材料和钛材料

激光源输出功率的稳步增长提供了新的厚金属板焊接方式，但它仍然存在一些负面影响，例如因极高温而在匙孔内形成的金属蒸气羽流。羽流沿着激光束轴的方向移动，降低了激光光源的可用功率。在提交给柏林工业大学的博士论文中，André Schneider 先生（39 岁）利用局部真空设备解决了这一问题。论文链接为：

<https://www.depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/6231>



### 超薄金箔促进激光等离子加速

在提交给柏林工业大学的博士论文中，Julia Bränzel 女士（37 岁）成功使用超薄金箔和超高激光将重离子的动能提高到每原子质量单位一毫电子伏。这一技术将新型致密粒子加速器的发展向前推进了重要的一步，也将是物理、生物和医疗领域中结构分析的必备工具。高电荷重离子还受到了癌症研究人员的特别关注。完整的论文请见：

<https://www.depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/6149>



光作为一种工具，它的未来发展会怎样呢？  
四名年轻研究人员的工作为我们提供了一些参考。



# 最新研究

### 激光束焊接高铝锌合金

难以甚至不可能使用熔焊来焊接铝锌合金是一种广泛的共识。在提交给汉堡工业大学的博士论文中，Josephin Enz 女士（33 岁）提出了一种双管齐下解决这一问题的办法：在焊接中使用合适的填充焊丝材料，并采用大光斑直径、高光束质量的高功率光纤激光器。铝锌合金轻巧且非常坚固。了解更多信息：

<https://tubdok.tub.tuhh.de/handle/11420/1408>



### 激光焊接中的工业机器人运动控制

路径准确性是使用工业机器人进行激光焊接的关键要素。在提交给瑞典西部大学的论文中，Jiaming Gao 先生（25 岁）研究了 ABB EGM 路径修正模块在实时机器人运动控制中的应用范围。他开发出的测试方法，可以确定控制模块对激光焊接的适用性并评估其局限性。全文请见：

<http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1059248&dswid=-5107>



经过五年的开发, 玻璃制造商 Saint-Gobain 公司成功打造出了工业规模的激光淬火流程。

厚度不足 100 微米的超细激光快速将玻璃板功能涂层加热到 500 度以上。



Saint-Gobain 公司的新型窗户玻璃可在透射大量光线的同时大幅减少热损失，  
它们的法宝是一套神奇的激光光学设备。

# 新型光源

这就是它们的法宝：令人惊叹的 45 米长，8 米宽，跨度 3.3 米的桥型结构。桥上配有高精密制造的 8 个盒式房子，每个都配有激光光学设备，并通过光纤与高功率碟片激光器 TruDisk 相连。12 个高性能激光器可以共同产生 144 千瓦的功率。汇聚的光束不会熔化钢铁，只会加热厚度仅为数纳米的银涂层，将其从非晶质状态变为晶体

状。虽然这只是个小小的变化，但会带来巨大的成效。这个巨大的系统位于法国玻璃制造商 Saint-Gobain 公司在德国科隆的工厂。其中一个卓越的特性是快速热处理单元：用于热处理大尺寸玻璃上的功能性涂层，例如银涂层。

这块玻璃由 Saint-Gobain 公司生产，宽 3.2 米，长 6 米，重约 750 千克。在热处理过程中，传送带部分以每分钟 25 米的速度移动桥下的玻璃板。在这个过程中，速度至关重要，因为不到 100 微米的超细激光线会以高强度将涂层快速加热至 500 度以上。银在这个温度下会成为晶体。而因为涂层吸收了大部分激光能量，玻璃基底不会受到影响。这项工艺被称为快速热处理，通快专家开发了独特的光学设备帮助其实现了工业化应用。

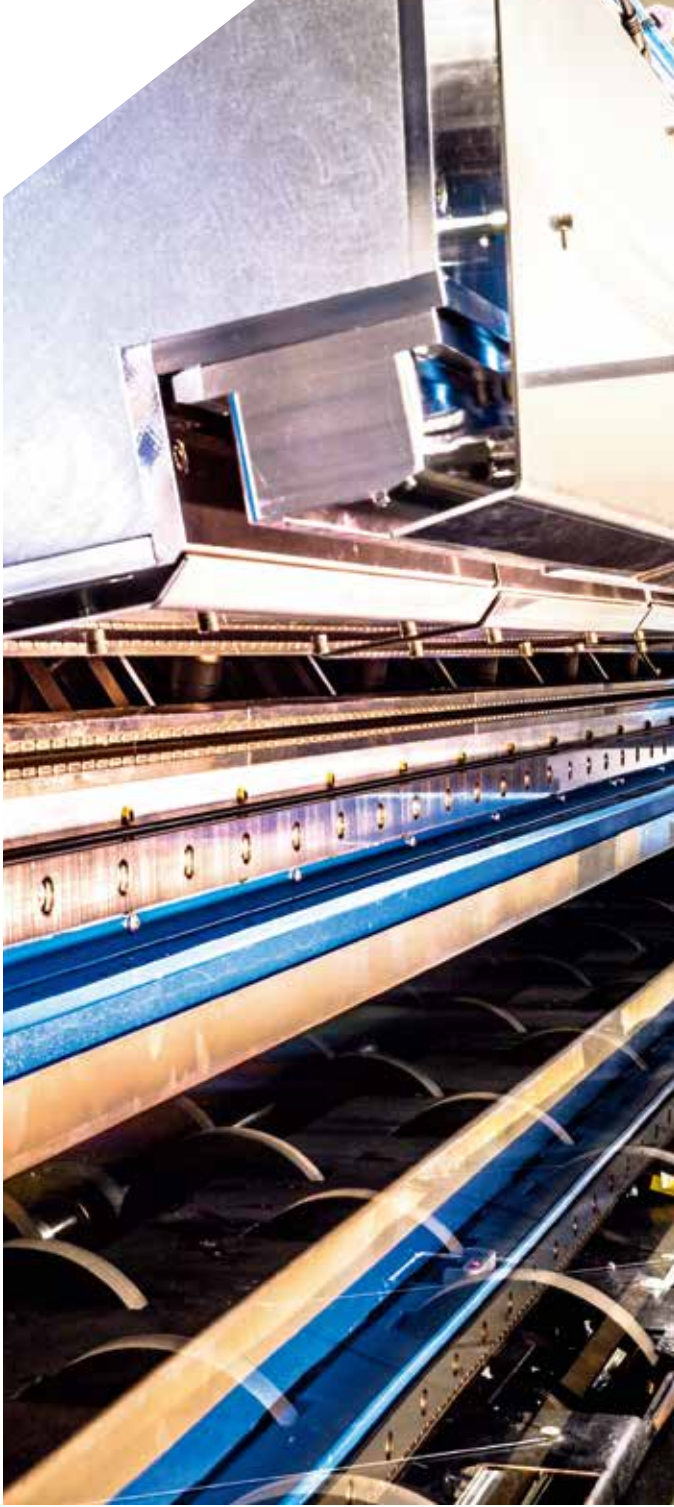
**听起来似乎很简单**，但法律规定窗户玻璃必须为低辐射玻璃，也就是喷有超薄金属涂层的玻璃，比如将银以精确的顺序封装在层内以提供所需功能的这种玻璃。功能层会向内外两个方向反射红外线，也就是说，能在减少玻璃辐射系数的同时保持室内温度以及可见光的透射。早在十年前 Saint-Gobain 公司就启动了一个项目，旨在开发能满足法定能效要求并像双层玻璃一样透明的三层玻璃。专家们相信只要改变一种元素就能做到：如果玻璃上的银涂层可以从非晶质状态变为晶体状，它的传导率就能提高约 20%，隔热效果也同样如此。这听起来很简单，但实际上并非如此。

低温环境中施加的涂层是非晶质状态，只有经过热处理才能成为晶体。而在热处理的过程中，玻璃基底的温度必须保持在150 度以下，以便于后续环节的处理。在德国的 Saint-Gobain 公司的 RTP 项目主管 Lorenzo Canova 先生说道：“我们确定，只需使用高效率激光就能生成只加热涂层，而不影响玻璃基底的短暂高热。”玻璃专家建立了实验设施，以复杂的激光设备为核心要素。他们利用快速热处理建立了一种可以帮助他们确定所选方式的流程。目前为止一切进展顺利。但将这个系统用于工业生产几乎不具备技术可行性。

“我们联系了罗伊特林根的高科技机床制造商 Manz 公司。”Canova 先生解释说。那里的专家最后又联系了通快，并从此开始了四年的合作。Saint-Gobain 公司非常清楚，他们需要供应商提供稳定可靠、适合工业使用、经济且兼容常见玻璃尺寸的解决方案。

桥里有八套激光光学设备。它们通过激光光纤连接至 12 台 TruDisk 高功率激光器。12 个激光器共同产生 144 千瓦的功率。

用高温短暂加热玻璃涂层是淬火处理的关键部分。Saint-Gobain 公司的玻璃专家花了五年时间研究快速热处理方法。



# “利用新工艺，我们就能开发全新的产品了”

Lorenzo Canova 先生  
Saint-Gobain 公司快速热处理项目经理

**实时数据收集** Manz 公司的员工也参与了项目，他们开发了新的传送路径并将其集成到了科隆的现有单元中。“我们从未设计过如此巨大的精密玻璃传送带。最大的挑战在于保持高同步性，这对于激光加工至关重要。” Manz 公司高级机械设计师 Axel Zemler 先生解释说。在实地测试的六个月中，罗伊特林根的专家和 Saint-Gobain 公司团队一起为新系统建设收集并评估数据。数据对于通快开发人员也非常重要。通快微加工技术行业负责人 Michael Lang 先生说道：“我们的任务是提供激光器和光学设备，显然，一台光学设备在技术上不可能满足这么长的产线的加工需求。世界上没有机器可以制造这种尺寸的透镜和反射镜。”利用 Manz 公司收集到的数据以及 Saint-Gobain 公司的工艺和产品专业技术，激光专家开始了工作。

尽管由五人组成的核心团队拥有施兰贝格和迪琴根同仁的激光专业技术支持，但还是有两个非常棘手的问题。Lang 先生介绍说：“我们要确保激光束极为均匀，上下公差范围不超过 5%。如果加热不均匀，涂层马上就会出现条纹，这是不可接受的。”不仅如此，两台相邻的光学设备的激光束交汇的地方也必须保证均匀。

为确保单个光束异常高水平的统一性，团队开发了新的光学设备，专门生成激光束，直到达到所需的一致性。Lang 先生解释说：“以前并没有这种光学设备，它是利用通快的核心专业技术开发出来的。”这种光学设备拥有极细的线宽和高景深，可搭配市场上最大功率的激光器。为实现单个光束间的同质传输，通快专家采用了一种只有业内极少数企业掌握的方案：波动光学模拟。他继续说道：“我们在这个项目里把专业技术提高到了新的水平。只有通过精确的数学计算，确认在玻璃的整个宽度上都能重现同质光束路径，才能了解线端干扰效应。”

**安全防护** Saint-Gobain 公司在法国北部图罗特开发中心的模型系统上测试了这项激光工艺，然后在一定程度上同时进行了工业试验。超高功率的激光线意味着 Manz 公司的机械工程师必须配备某些额外的内联系统。除了高精密切割带，他们还为桥安装了配有光学设备的盒子房子。这个流程称为制造精度最大化。“首先我们必须在激光束周围安装激光防护罩。” Zemler 先生解释说。激光束被约束在传送区的下方和上方。他补充道：“根据涂层类型，激光束要么穿过玻璃并在下方被吸收和冷却，要么就从表面反射回来，在这种情况下就需要在上部设置保护措施。”不仅如此，激光束的所有部件都需要冷却，并防止电缆和水线受到散射光辐射。“除了开发工作本身，在不影响生产的情况下安装和提升新机床效能也是一项挑战，有的玻璃上的涂层需要用激光进行淬火，有的就不需要。” Canova 先生回忆说。值得庆幸的是，这个为期五年并由玻璃制造商各开发部门的十多名专家参与的项目最终带来了丰硕的成果。在杜塞尔多夫举行的 2016 玻璃技术贸易展上，Saint-Gobain 公司推出了 SGG ECLAZ：新一代双层和三层隔热玻璃，不仅具有高透光率，与同类产品相比能效也提高了 20%。Lorenzo Canova 先生高兴地补充说：“凭借新工艺，我们就能开发全新的产品了。”

**联系方式：**德国玻璃公司 Saint-Gobain,  
Lorenzo Canova 博士, 电话: +49 (0) 220 3859373,  
Lorenzo.Canova@saint-gobain.com



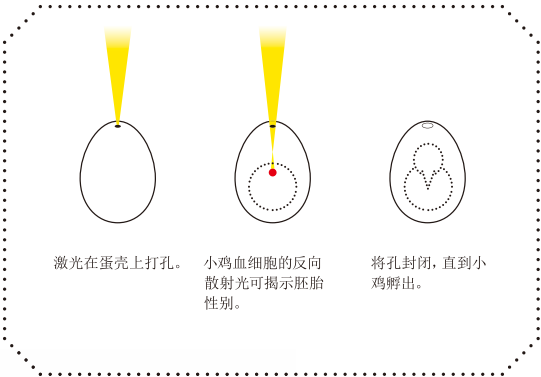
# 亲爱的激光

01



拯救小鸡：

市场需要的母鸡数量多于公鸡，不仅是因为母鸡能生蛋，还因为人们对肉质的偏好。由于无法在鸡蛋中确定性别，农民只能孵化所有鸡蛋，然后再将超出需求的小公鸡杀死。但现在激光已将不可能变为可能，在孵化开始仅三天后就能确定小鸡的性别。



现在农民可以保留会孵出母鸡的鸡蛋，并在雄性胚胎能感觉到痛苦之前就处理掉会孵出公鸡的鸡蛋。

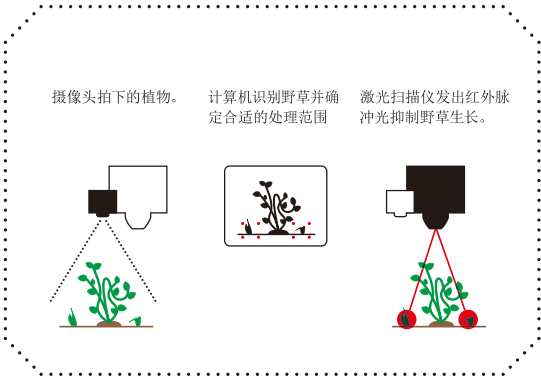
状态：原型规划

02



逐步淘汰化学清除方式：

这个世界肯定需要食物，但是大规模耕种就不可避免地要用到除草剂。问题在于，有毒的除草剂不仅会杀死野草，还会产生很多其它的影响。长此以往，食用农作物或穿戴农产品所制衣物的人们也会受到波及。激光有望取代这些危险的化学品，甚至能防止野草被灭绝。



在实验室测试中，系统甚至能在隆隆作响、颠簸不已的拖拉机后部工作，不过与除草剂相比，其作业范围还有一定的差距。



状态：概念验证

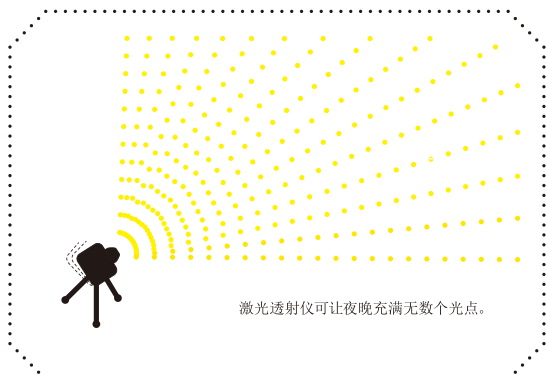
农民总是受到各种各样的控诉，比如：从宰杀小牛和小鸡甚至于到其他物种的灭绝。  
激光可以改善这一状况。

03



拯救萤火虫：

中国有用萤火虫庆祝节日的传统，数以万计的光点在夜空下营造出神奇而浪漫的场景。但萤火虫自身的命运就不是那么美好：庆祝活动结束后，它们在被释放的地方难以生存，最终导致大量萤火虫死去。那为什么一定要在庆祝活动中使用这些可怜的小东西呢？



激光透射仪可让夜晚充满无数个光点。



今年夏天，中国首个萤火虫主题公园宣布年度盛典照常举办，但是不会再使用萤火虫。

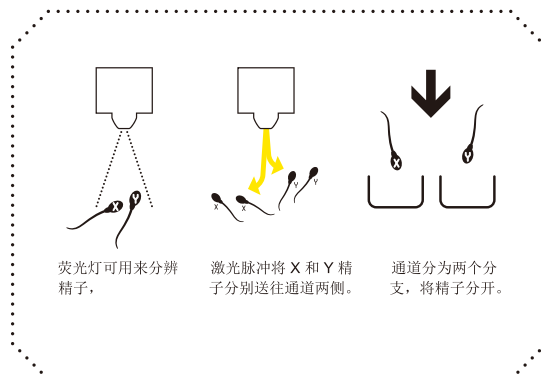
状态：实际运用

04



一个解决分类的聪明方法：

养牛人与饲养家禽的农民面临着相似的问题——雄性太多，为此，他们一直在努力寻找人道的解决方案。尽管人工授精已成功决定小牛的基因结构，但却无法从一开始就指定 X 或 Y 染色体。现在一个解决方案已经浮出水面。



荧光灯可用来分辨精子，

激光脉冲将 X 和 Y 精子分别送往通道两侧。

通道分为两个分支，将精子分开。

养牛人最后将得到几乎已经完美分类过的精子，生出母牛的概率非常高。



状态：投入市场



# 工业 4.0 寻宝人

数据就是工业 4.0 的黄金——有迹象显示,共享数据可以挖掘其隐藏价值。  
戴姆勒证实了这一理念

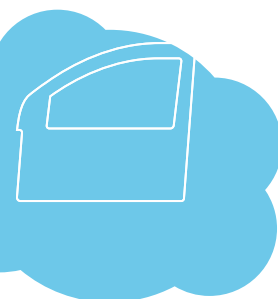
工业 4.0 对提升产能的改善潜力在于客户和系统供应商之间新的合作形式。戴姆勒就是一个完美范例。该公司与通快合作,在减少停工时间的同时优化内部操作流程,这可以优化激光焊接产线的可用性。这家汽车制造商与通快一同合作项目,挖掘数据中隐藏的宝藏。

激光焊接是德国辛德芬根 Mercedes-Benz 工厂的主要特点:大量机器人配备了智能 I-PFO 扫描振镜,通过连接碟片激光器 TruDisk 为 E 级车焊接门和后挡板。这些从激光器、光学加工设备和流程传感器获得的数据将集中到工厂的数据总线中。部分数据通过网络上传到 AXOOM 云端。戴姆勒非常清楚哪些数据集来自激光系统,并且所有这些数据都会加密,然后通过安全通道传送。随后计算程序和通快专家开始利用数据进行趋势分析,目标是预防故障并寻找提高效率的方法。

通过这样的模式,工作成果非常显著。例如,辛德芬根的团队注意到通过测量激光束反射得到的数据是随着时间推移而变化的。虽然不能马上确定是什么导致了这种变化,但显然有地方存在问题。通快服务技术员联系了 Mercedes-Benz 相应的系统专家,对这个问题进行跟踪,最后发现是聚焦角度与自主学习的算法不一致,于是很快加以纠正,将问题在产生前就得以解决。

为补充专业知识,戴姆勒还引进了通快的智能可视化服务(Smart View Services),它可在中央客户端口提供方便直观的实时总览,帮助戴姆勒员工自行检测和解决众多轻微的异常现象。任何人只要能使用 PC 或智能手机,就能在全球任何地方随时查看工厂状态。由此,激光焊接机的可用性得到大幅提高。■

2017年,通快凭借杰出的合作关系荣获了戴姆勒供应商大奖。



Marco Holzer 先生在通快负责产品管理服务和状态监控服务工作。



#见解

激光界的奥斯卡？  
詹姆斯·邦德  
与光子学有什么关系。

更多内容请看  
通快在线杂志

[www.trumpf.com/s/so1237](http://www.trumpf.com/s/so1237)



# “探讨自然的本质 就好像是一种神圣的体验”

Albert Stolow 教授利用超快激光技术制作“影片”，展示了电子围绕原子重新排列的过程以及分子形成的原理。他的研究为全新领域的激光材料加工奠定了基础，这一进步也让他获得了内心深处的宁静。

“

“我可以肯定，未来材料加工的唯一方式就是超短脉冲激光”

**您说您以动态的视角看待自然，这是什么意思？这句话该如何理解？**

我们生活在一个不同寻常的时代。我们很容易忘记，就在 100 多年前我们还完全不了解分子、钢铁或药品的基本结构。量子力学、X 射线衍射和光谱学完全改变了我们看待自然的方式，我们开始了解结构和功能之间的基本关系。DNA 分子就是一个绝佳范例：我们在发现双螺旋结构之后才了解了其功能。还有很多其他的例子，这些结构功能关系让我们的科学技术发展到了今天。但这是静态视角，因此是不全面的。自然不仅是静态的，还是动态的。

**这句话该如何理解？**

我们必须区分结构和过程。如果需要的功能涉及动态和变化，纯静态结构视角就不够用了。比如在飞机设计中，就必须了解运动中发生的状况。在分子层面也同样如此。要了解基本材料或分子过程，我们必须认识到对于光与物质的互动过程来说，它们是动态的。光合作用是地球生命的基础，包含飞秒级（ $10^{-15}$ /秒）的超快转换这都是一个高度动态的过程。

**是的，但这与形状或几何结构有什么关系？**

我再举一个例子：视网膜中的杆状细胞含有一种名为视黄醛的分子，它的作用就像是光的天线。简单来说，当光子接触到视黄醛时，其形状就会从弯变直。

观察对杆状细胞所产生的机械应力，造成导电性的改变。这样以来的结果便能产生很小的电流，而神经信号则告诉我们的大脑：我能够看见。视觉依赖于分子几何结构的超快速变化。如果太慢，系统就会放松，不会有电流，也就不会有视觉了。因为我们无法从结构得知某事物的速度到底有多快，所以在 21 世纪我们需要开发新的方法从动态的角度观察自然。

**我是不是可以认为我们能利用激光脉冲做到这一点？**

就是这样。只有激光脉冲足够快，才能在自然时间尺度内观察原子和分子过程。此外，物质从根本上是通过电力聚合在一起的。而光当然就是一种电磁场。激光还能让我们在高精度控制下将强大的电力作用到物质上。这就是我们使用超快激光技术的原因。

**您是怎样做到的？**

我们所做的一切都与光和物质的互动相关。超短激光脉冲主要有三个重要方面：时间、相位和强度。超短脉冲使研究人员能够观察到这一个在自然界中最快的过程。

我们在渥太华开发了一项时间解析光电子发射光谱技术 (time-resolved photoemissionspectroscopy)。简言之，我们使用飞秒激光脉冲将材料或分子激发为非平衡状态，然后用延迟的第二个激光脉冲突然去除一个电子。通过观察这些发射出的电子随着时间的分布，我们可以了解很多电子、振动、热能等在超短时间内的变化方式。第二个方面是相位：我们开发了名为动态斯塔克控制的新型量子控制，运用特定相位的强大超快激光脉冲，在除去所有净吸收光的效果下，来控制材料过程。其原理是激光的电场作用——斯塔克效应。这是利用激光控制材料响应的一种全新方式。我们仍然处于初期阶段，但我认为还有很大的潜力。最后是强度：有了现代的高功率激光器，我们就能生成超出物质聚合力量的电场，建立新的光-物质互动机制。基本上我们是以光为工具，小心地在分子层面控制物质的变化。最后，我们在显微镜中使用低能量超短脉冲，以化学特性但完全没有标记（没有染色）的方式实时呈现细胞、组织、材料等的图像。这有助于大致了解我们应用于超快激光技术的不同方式。

**您只是观察吗？用来观察过程的光子不会干涉观察的过程本身吗？**

是的，显然没有光我们什么都看不到。我们都知道，量子力学是一种测量理论，第一课就是一定会改变过程的观察：但是这种物理很好理解，上世纪科学技术的所有重要进展也基于此。我们还必须通过量子理论和电磁理论了解我们的实验。

ALBERT STOLOW 教授是加拿大渥太华大学分子光子学研究院院长，也是加拿大国家研究委员会分子光子学成员。同时，他还加入了美国光学学会和美国物理学会。

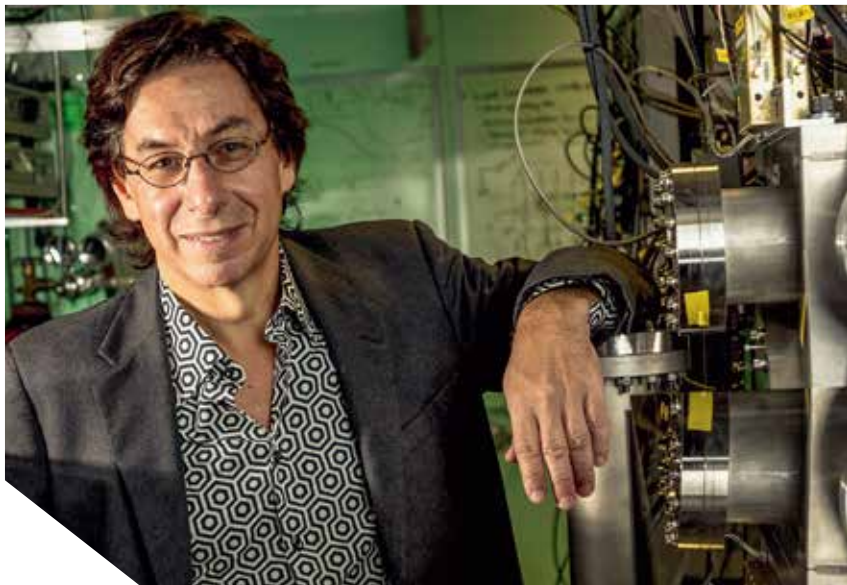
他和他的研究小组使用超快激光观察自然界中最快的过程：原子和电子的运动以及物质对激光场的反应。STOLOW 教授曾荣获诸多奖项，包括美国物理学会颁发的 2017 EARLE K. PLYLER 奖和加拿大伊丽莎白二世钻禧奖章。

### 您使用的是何种激光？

超快激光物理正在经历强大的 Yb:YAG 碟片激光器带来的技术革命。与传统 Ti:sapphire 激光器不同，Yb:YAG 碟片激光器可生成飞秒脉冲并能根据其重复率和能量自由扩展。我们正与该领域的全球领导者通快科研激光公司，合作，在渥太华建立独一无二的大功率激光系统。其主要成果之一就是桌面式超快 X 射线源。新系统将使我们能够开展激光材料加工的基本原理和应用研究。

### 您的研究对世界有什么贡献？

在短期内，我们正在开发新的非线性显微镜。由此希望可以降低成本，让所有人都能购买并用于成像研究。在中期内，对超快光-物质互动的新了解将推动新型激光材料加工工艺的发展。想想创造出的各种具有独特机械、电子和热特性的新材料，和通常为异质结构的复合材料、层压制品等，该怎样对这些材料进行打孔、切割或表面处理呢？“我相信未来加工这些材料的方式就是超短脉冲激光。而从更长远的角度看，我相信我们的研究有助于了解分子系统能如此高效一致地运输电荷的原因，这关乎未来的太阳能转换和分子层面的电子学。



### 您工作的动力来自哪里？

所有人类都曾仰望星空，问道：我们为什么在这里？我们的内心深处都非常渴望寻找意义。显然，我们可能永远也找不到答案。尽管如此，我们还是开始了与自然漫长的对话。促进这种对话的动力就是包括我在内的众多研究人员！

### 如此接近自然核心本质的感受是怎样的？

我承认了解自然是非常困难的。我们仅仅需要相信存在逻辑指令，或者说理性，即便我们并不了解。而偶尔，你终于努力把这个拼图的几小块碎片拼在了一起，这种感觉仿佛一种启示：对有的人来说这就像宗教体验。在这些时刻我感受到了内心深处的宁静。

### 这种时刻很常见吗？

不，遗憾的是并非如此。大多数时候我都是困惑的！

“自然是动态的，我们在 21 世纪的任务就是了解动态和功能之间的关系。”

”

# 大概是世界上最长的 激光机床



Pieter den Oudsten 先生专业从事  
超大型钣金加工

荷兰企业 M. DEN OUDSTEN BUIGWERKEN 希望采购世界上最大的激光切割机床，只有一家公司敢生产这种机床。

Pieter den Oudsten 先生站在他的新工厂里欣赏引人注目的西班牙设备——一台 4.5 米宽，66 米长，全世界最大的激光切割机床。M. den Oudsten Buigwerken 公司总部位于荷兰雷嫩，专门致力于激光切割和 XXL 折弯工艺。该公司的激光加工机床可切割巨大的板材，用于卡车车身、船体和建筑结构。工件尺寸达到 3 X 12 米，厚达 30 毫米。这些板材放在 66 米长、嵌入地面的切割台上。20 米长的激光台依次前往五个工作位置。当机床切割钣金材料时，操作员可上下料其它板材。你没看错：只需要一个人就能操作这台巨大的机器。因为机床在地面上，插入板材非常方便。“操作员不需要爬上机床，只需使用起吊机上下料板材。”

板材就位后，两侧挡板倾斜，然后激光台移动到板材上，完全覆盖。激光台两侧的卷闸放下，开始切割。两个切割头在板材上舞动，切割出指定形状。两个光学系统都安装在一个沿切割方向在板材上移动的端口上。一块板材切割完成后，卷闸和激光台就会移动到下一块板材。“根据板材尺寸，这种方法能一次切割五块甚至十块板材。”

**两个切割头配有四个光纤** 之前世界上是没有这种巨大的切割机床的。“找到哪怕是考虑生产这种庞大机床的制造商都不容易。只有 Tecoi 公司站了出来。” den Oudsten 先生说道。Tecoi 公司位于西班牙北部的莱昂，同样专业从事大中型解决方案。该公司制造的超大型机床至少有 6 米长，在市场中绝无仅有。

机床照片和视频  
请见：  
[trumpf.com/  
s/y1tk8v](http://trumpf.com/s/y1tk8v)



5

分钟

就能从一个工作位置移动到另一个。

2

个切割加工头

配有 0.5 和 1 mm 的光纤，  
可单独或并行切割。

66

米

这么长的工作台足以用于  
最大的板材，还为在机床  
切割时进行上下料创造了  
空间。

“一开始数量、动态  
和精度都朝着不同的  
方向推进。”

Jorge Luís Rodríguez 先生，  
Tecoi 公司首席执行官



Tecoi 公司首席执行官 Jorge Luís Rodríguez 先生清楚地记得这笔荷兰的订单。激光台和端口是 Buigwerken 公司制造切割机床的难点。“一方面我们必须良好协调高度和重量，另一方面是激光台的动态，或者说加减速。重量很关键，特别是在端口，因为动态运动必须精确调整切割速度。” Tecoi 公司非常清楚如何将激光切割提高一个水平：在一个切割头中安装两个不同的光纤。“这样就能结合两个以不同方式切割的光束。第一个光纤适用于 0.8 到 1 毫米之间的薄材料，另一个可切割厚达 30 毫米的材料。无论是什么任务，都无需更换切割头。”

这家西班牙企业将这一创新称为双光纤加工（DFP）系统。不仅如此，Tecoi 公司还在每个端口上使用了两个切割头。他们并行工作，切割速度更快。其激光光源是通快制造的碟片激光器 TruDisk 6002。

**快速的大体量加工** 荷兰 Buigwerken 公司的 Den Oudsten 先生对自己购买的新设备非常满意。“这个碟片激光器系统处理复杂钣金切割的速度是 CO<sub>2</sub> 激光器的两倍，相对竞争对手，我们的作业更快、更灵活，可以在不到五天的时间内完成交付，这在业内可以算是闪电般的速度了！” Buigwerken 先生此前希望装备一台每小时可加工 4 块大型板材的 XXL 切割机床。毕竟，每块板材的切割工序越多，这个“双头巨兽”的速度优势就越突出。

#### 联系方式：

Tecoi Corte S. L 先生，电话：+34 987 702 047, [info@tecoi.com](mailto:info@tecoi.com)

# 超感应力

超人的超感应力如何激发工程师的想象力，以及为什么 LOIS LANE 女士的承受能力比激光加工头还强大。

想象一下这个经典场景：调查记者 **Lois Lane** 女士又一次身陷险境，从飞机或是飞船或是直升机或是摩天楼上坠落。这种情况堪称绝境，她的命运似乎已被注定。我们在学校里学到的牛顿力学定律告诉我们，这种坠落相当于以每小时 200 公里的速度撞击地面，十死无生，至少对一个普通人来说确是如此。但 **Lane** 女士并不是普通人，她是超人的真爱。更幸运的是，超人不仅会飞，还具有氪星人的超级感应能力！

他可以听到 **Lane** 在一百英里之外的尖叫声，确定她的位置，甚至可以透视墙壁看到她坠落的情景。与此同时，在一切以如此快速发展的情况下，他的超人大脑可以完美处理所有数据。结果就是令人陶醉的浪漫与科幻的结合：超人在空中接住她，小心翼翼地调整着相对速度，确保她不会在落入他强壮的臂弯时受伤。这种传感器技术可以说是很多工程师的终极梦想，尤其是努力为材料加工赋予超能力的研究人员。他们首先需要一种极为灵活并能够在微秒间自我调节的工具。你应该已经想到了：它就是激光！然后就是能让机器以惊人的速度“看到”和“感觉到”的传感器系统。这些传感器可以检测工件位置和激光器发出的能量以及脉冲持续时间、光路和作业进度，甚至能预测组件不合格的情况。与此同时，它们的反应速度比 **Lois** 叫出“**Clark**”还快。这样的生产过程在准备阶段就具备高精度和高效的重复定位，并能保证绝对精准的加工过程。

接下来，显然还需要能承受这一切而不会崩溃的硬件，并能够轻松解决，例如激光加工头以 9G 加速或制动。当然这对 **Lois Lane** 女士来说不成问题，就在超人温柔地抱着她落回地面之前，她可以在 100G 停下而不会受伤，于是我们再一次迎来一个大圆满结局。



《激光界》的主编  
**Athanassios Kaliudis**  
先生以激光是一种流行文化元素为题撰写了专栏文章。



你还能想到只有超能力传感系统才能解释的其它经典场景吗？请写信告诉我：  
[athanassios.kaliudis@de.trumpf.com](mailto:athanassios.kaliudis@de.trumpf.com)

# 激光运用 在哪里？



**髋关节：** 在高度工业化的今天，人口老龄化问题日益突出，人们的髋关节、膝关节和四肢也在随着年龄不断老化。心向往之，关节却支撑乏力，于是医生越来越多地采用植入体来满足患者的需求。2017 年秋，政府针对医疗器械出台了新的指导方针，要求采用 UDI 码，以确保每个植入体在其整个使用周期中都能被清楚地追踪和识别。超短脉冲通过在植入体上应用简单的纳米结构生成代码。这种小型光能生成高对比度深黑色打标，质量稳定而且抗腐蚀。4000 年后，外星人考古学家肯定会挖掘出一堆堆的人工髋关节，而且仍然能读取上面的 UDI 码！

## 激光界

激光界是通快集团的用户杂志

在线阅读: [www.laser-community.com](http://www.laser-community.com)

下载链接: [www.trumpf.com/s/magazine\\_download](http://www.trumpf.com/s/magazine_download)

千瓦级激光器功率……

……在永久冰层中凿开一条通道。这就是俄罗斯国家工业公司 Rostec 的子公司 Astrofisika 的研究团队正在酝酿的计划。科学家希望为破冰船配备能够在船只前进时破开海上浮冰的大功率激光器。这项技术能将船只的破冰能力翻上一番,为北极开辟一条新的全年通航贸易路线。但是在海上怎样获得这种激光器所需的能量呢?幸运的是,船只自身的核反应堆拥有大量的富余能量。很快,研究人员就能带上 30 千瓦的激光器扬帆起航,开始第一次实地测试了。



# 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](mailto:info@cn.trumpf.com)

邮编 215400

传真 +86 512 53287751

网址 [www.trumpf.cn](http://www.trumpf.cn)



关注通快官方微信