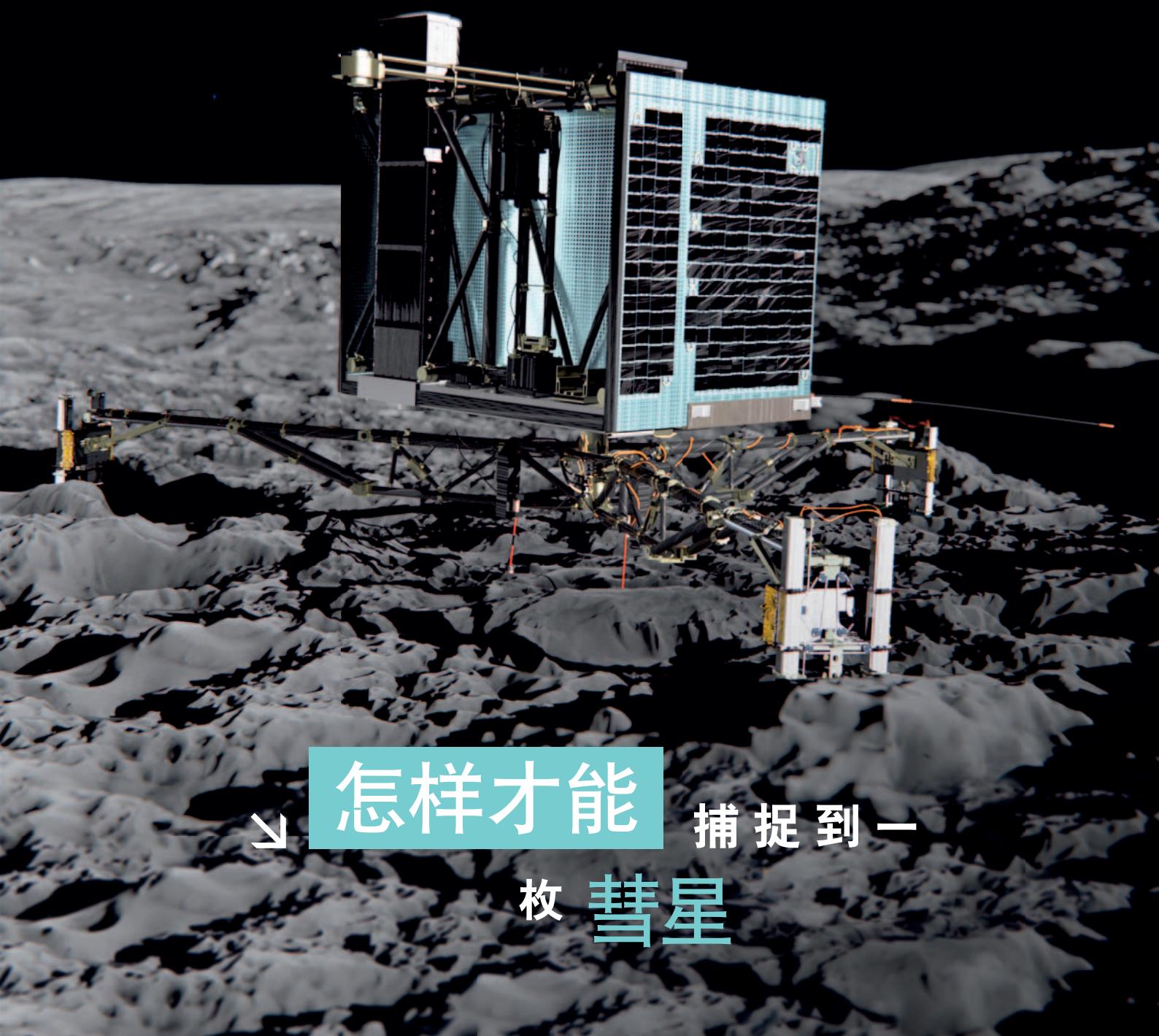


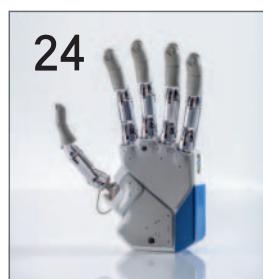
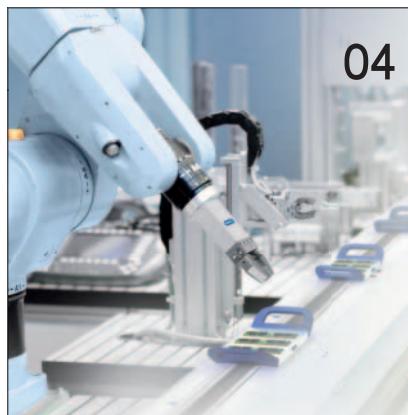
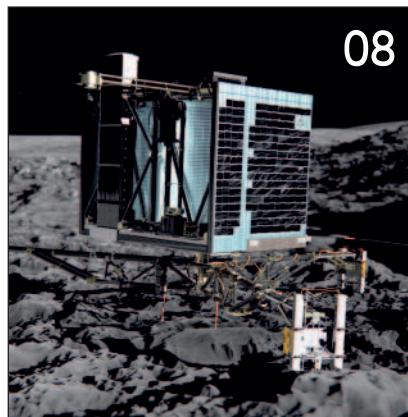
# motion

02.2014

驱动技术杂志



怎样才能 捕捉到一  
枚彗星



机械手

**04 精确抓取**

快速有力的电动小零件夹持器

航空航天

**08 怎样才能捕捉到一枚彗星?**

小型驱动系统的探险旅程

模型制造

**12 袖珍世界**

FAULHABER技术用于汉堡微缩景观世界

光学和光子学

**16 激光发射器**

确保脉冲激光精确定位的执行器

创新 100 强

**20 创新  
并非单枪匹马**

开发平台和技术负责人 Reiner Bessey访谈录

医学和实验室技术

**24 自然的感觉**

FAULHABER驱动装置用于假肢技术

最新动态

**26 更强大的特轻量级新手**

3274 BP4系列新型直流无刷伺服电机

## 前言



### 尊敬的读者，

怎样才能捕捉到一枚彗星？这是本期《FAULHABER motion》杂志封面标题后面的故事。如果真要回答这个在不经意间提出的问题，那答案就是专业技术和满腔热情。欢迎来到集知识、激情和吸引力为一体的FAULHABER世界。通过阅读本杂志您可以进一步了解我们的日常工作。无论是在浩瀚的宇宙，还是在全球最大的铁路微缩模型世界里，我们的工作原则是以客户愿望、要求和应用为导向，努力追求最佳的解决方案。

通过阅读本期杂志，您还将了解我们的驱动系统在穿越宇宙的探险过程中必须承受哪些负荷，或汉堡仓库城精心设计的微缩景观世界采用了多少FAULHABER高科技。您也将发现直流无刷伺服电机在小零件装配过程中的作用及FAULHABER步进电机在光学和光子学应用中如何实现脉冲激光的精确定位。

本期杂志丰富的内容和主题不仅为您传递信息，还将给您带来无限阅读趣味。

致以最诚挚的问候

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Fritz Faulhaber".

Fritz Faulhaber博士  
执行董事

## 出版说明

### 2014年第2期

**出版商 / 编辑：**  
DR. FRITZ FAULHABER  
GMBH & CO. KG  
Schwaibach • 德国  
电话：+49(0)7031/638-0  
传真：+49(0)7031/638-100  
邮箱：info@faulhaber.de  
www.faulhaber.com

**设计：**  
Regelmann Kommunikation  
Pforzheim • 德国  
www.regelmann.de

**图片来源和版权：**  
保留所有权利。使用的表格、图片和商标为各自持有者所有。文章版权属于出版商。未经出版商明确许可，严禁对全部或部分内容进行复制和电子处理。

**出版和订阅：**  
《FAULHABER motion》杂志每年出版两期，免费寄给客户、感兴趣者和FAULHABER员工阅读。

如果本期杂志并非由我们寄送给您，请在我们的分送中心进行登记，以后您将自动收到新的期刊。

[www.faulhaber.com/motion](http://www.faulhaber.com/motion)



机械手

# 精确的 抓取

## 新型SCHUNK小零件夹持器无需压缩空气

体积小巧但抓取快速有力的夹持器至今为止只能依靠气动技术来实现。因为压缩空气可以立即传递力量。但压缩空气的供应需要复杂的设施系统予以支持，因此为了确保每个生产步骤都能得到充足的压力供应将导致昂贵的成本付出。幸运的是，机电一体化的SCHUNK EGP 40不再需要这些。作为夹持技术和抓取系统方面的领先供应商，SCHUNK推出的新型夹持器可轻松地达到气动夹持器的性能。而它采用的驱动装置正是FAULHABER的直流无刷伺服电机。

快速  
抓取  
提高  
生产效率



这种传统的小零件夹持应用被称为Pick & Place（拾取和放置）。拾取并将小零件放置在正确的位置是许多加工和装配流程的标准任务，但并不仅限于该行业。现代化大型实验室每分钟处理约数千份分布在移液盘上的血液、DNA或药品标本。这些托盘由小型机械手抓取，然后运送到下一个检测点。另一个典型应用领域是电子或开关设备内电路板的贴片安装。SCHUNK夹持器负责抓取元件，然后将触脚放在电路板上对应的孔内。它们必须抓取牢固，但不能损坏元件。除精确施力外，速度对多数生产流程来说也至关重要，因为快速夹取可以提高生产效率。

到目前为止，工业夹持器主要采用气动驱动技术。这与传统和实际应用有关。气动执行器具有很高的功率密度，即可在很小的容积范围内产生相对较大的作用力。力量的传递几乎无时间延迟。只要控制阀一打开，输入的压缩空气就可立即完成需要的工作行程，也就是夹取动作。

## 气动装置需要独立的供应系统

气动执行器原则上只有两个状态，即开或者关，施全力或不施力。分级调控必须通过极其复杂的控制技术实现。除了用于控制的电触点，气动夹持器还需要额外的压缩空气线路接头。由于小零件加工场所通常空间有限，这可能造成不小的问题。

然而最大的缺点在于压缩空气设备本身。它至少需要一个压缩机、一个空气净化器、一套专有的管道系统及复杂的控制机构，以确保任何位置随时都有稳定的压力供给。因此在安装新设备时，越来越多的企业通常选择电动执行器，而放弃这种辅助系统构架。

## 强大的电机力量

新型电动小零件夹持器EGP 40完全依赖电气设备，而且性能丝毫不受影响。它能产生140牛顿的关闭力量，甚至比同样由SCHUNK产出的气动夹持器MPG-plus 40更加强大。这一力量的实现依靠的是FAULHABER BX4系列的4极直流无刷伺服电机。该电

机经过优化，功率密度高。也就是说，在本身尺寸的基础上，可以获得最大的转矩和功率。它不仅结构紧凑坚固，而且价格低廉，可实现自动化生产。

由于电机无齿槽效应，因此转矩输出与位置无关。最小化的转动惯量确保动态性高。甚至在起动时或低转速范围内，电机也能立即提供满转矩。这对于夹持应用非常重要，因为夹持器的工作行程通常很短。此外，卓越的电机技术也能为企业带来低能耗连带效益。

凭借这些优势，FAULHABER电机构成了电动小零件夹持器重要的开发技术平台。“电动夹持器易于操作和集成到客户应用中。在过去，若将同等功率级别的电机安装在这种类型的设备上，成本将非常昂贵。”SCHUNK的研发经理Matthias Quaas解释道，“但该型号电机制造成本较低，从而我们可以考虑使用电力驱动装置。此外，强大成熟的技术对我们也很重要。该型号电机已在无数应用中验证了其可靠性和长效的使用寿命。”

### 4极直流无刷伺服电机

- 结构紧凑，高转速，高转矩
- 重量轻
- 高动态特性
- 通过紧凑的调速驱动器实现最优的转速和转矩控制
- 可选配集成解决方案如编码器、调速驱动器或运动控制器



## 量身订制的电子装置

控制电子装置因为空间受限，必须符合SCHUNK的要求。为与夹持器完美匹配，电路板的形状和元件排布达到了最优化。它包含客户定制接头和防电磁干扰保护电路。软件也根据夹持器功能做了相应调整。“在我看来，FAULHABER不是一个供应商，而是一个合作伙伴。”Matthias Quaas强调道。

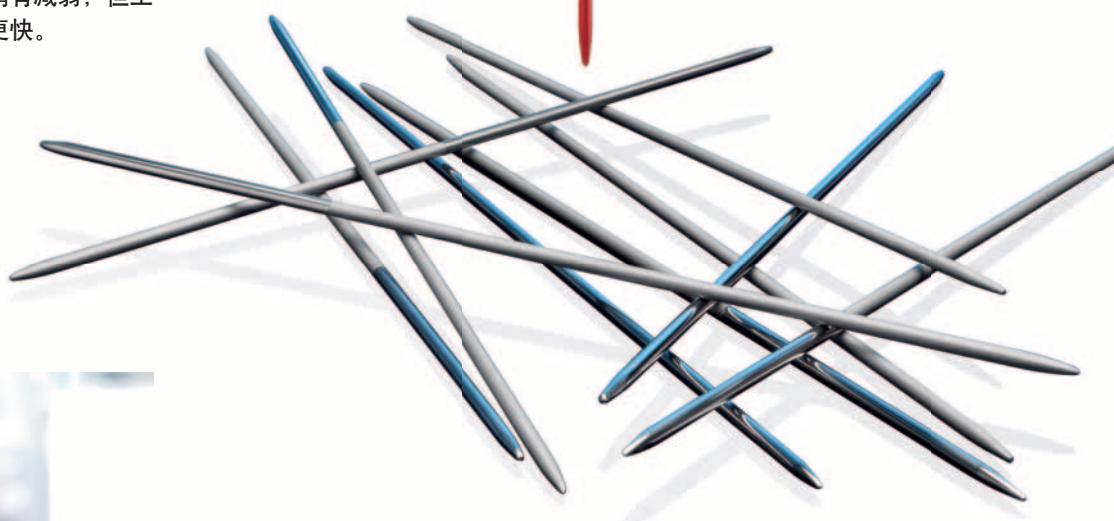
“我们的合作关系非常具有建设性，而且总是以解决问题为导向。FAULHABER给了我们最好的支持。”

如今凭借EGP 40，SCHUNK可以在全球市场上提供最强大的集成了电子装置的机电一体化小零件夹持器。它的外壳形状和电气接头与姐妹产品气动夹持器MPG-plus 40相当。传感系统和控制信号也完全一样。由此用户可以用最小的花费从气动转换为电动设备。新型夹持器的其他优势包括关闭时间和冲程之间的准确比例、基于交叉滚子导引系统的极其精确的夹指运行及四档可调夹持力。气动夹持器必须依赖复杂的调控系统才能实现的控制操作在这里变得很简单：可通过外壳侧面的开口根据需要的夹持力选择合适的开关位置。

因此对于易变形或较敏感的工件可以相应调整夹持力量。许多生产流程对夹持器的工作速度也有很高的要求。这种情况下，EGP 40有其他快速型号供应。这时电机采用不同的变速比。虽然力量稍有减弱，但工作速度明显加快，甚至比气动夹持器更快。



捡取并将小零件放置在正确的位置是许多加工和装配流程的标准任务。



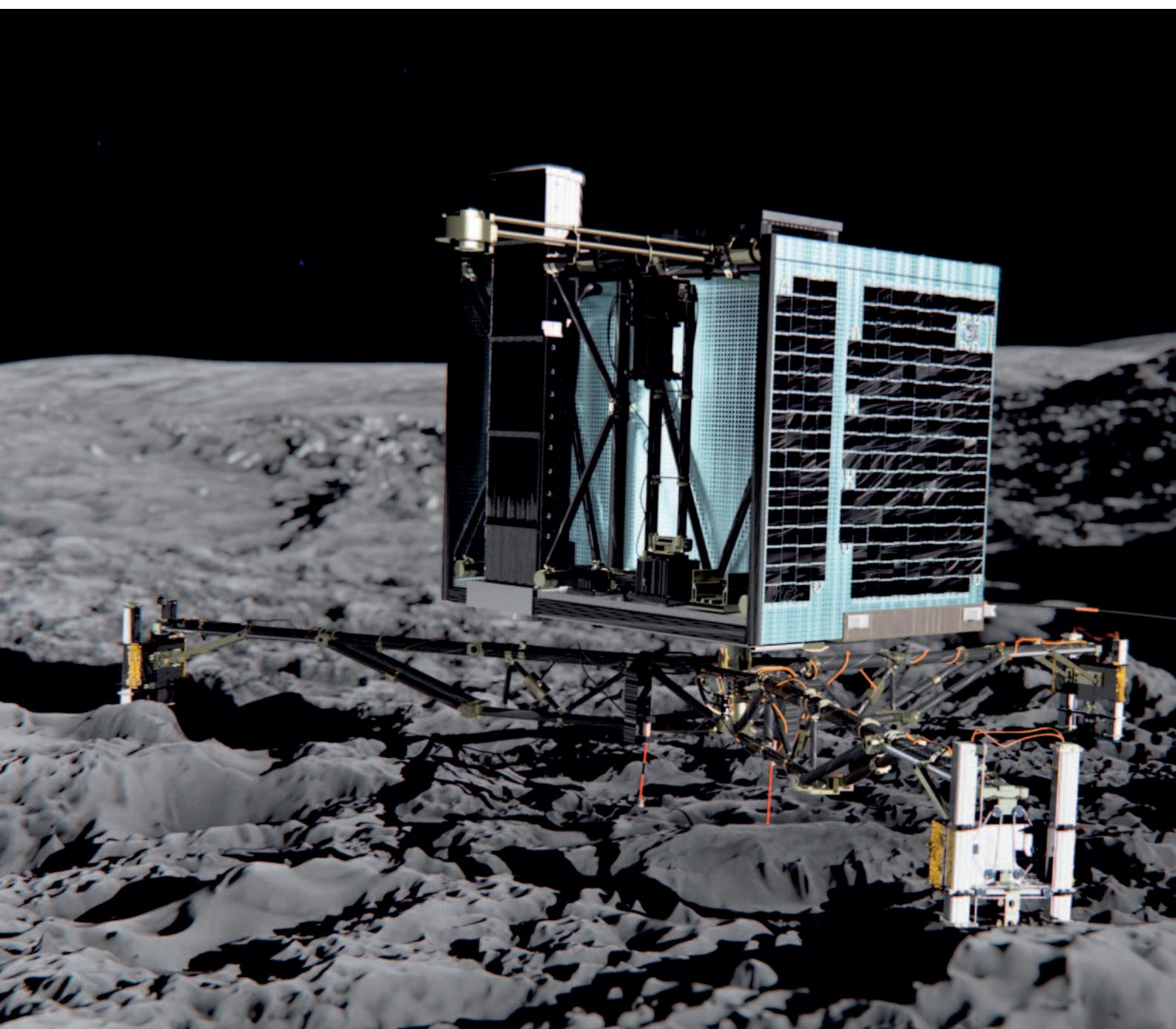
SCHUNK双指电动平行夹持器EGP用于电子元件的精确组装。

### 更多信息

SCHUNK GmbH & Co. KG, Lauffen / Neckar  
[www.schunk.com](http://www.schunk.com)

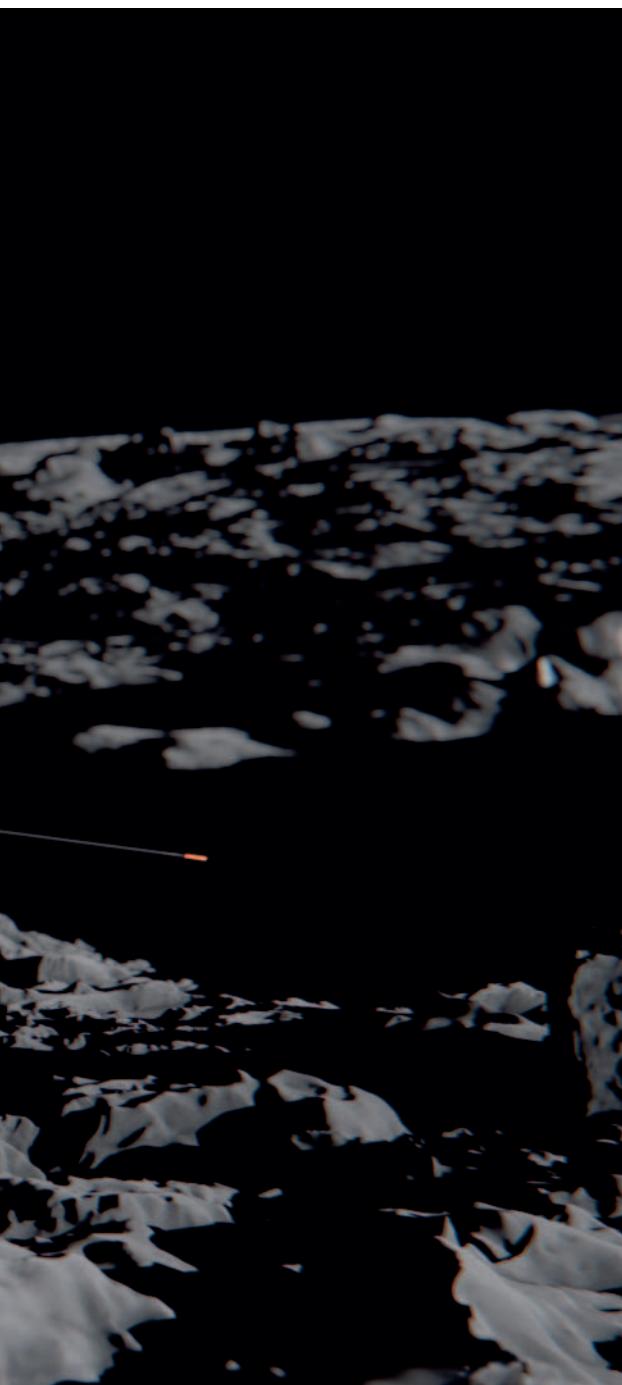
FAULHABER 德国  
[www.faulhaber.com](http://www.faulhaber.com)

# 怎样才能 捕捉到一枚彗星？





鱼叉系统确保  
安全地锚定在彗星  
表面



Rosetta任务中的Philae着陆器正在彗  
星表面工作。

### 微驱动系统的探险旅程

2014年5月底，Rosetta宇宙探测器进入67P/Tschurjumow-Gerasimenko彗星的飞行方向，以进一步接近彗星，从而在八月份实施测绘勘探，并为Philae着陆做准备。重约100 kg的弹道着陆器预计于十一月份在彗星表面登陆，并依靠FAULHABER驱动装置实现安全捆绑。它们在到达彗星表面前已穿越宇宙经历了超过10光年的太空冒险旅程。



彗星与小行星一样，是太阳系形成时多出的残留部分。它们形成于外围温度较低的区域。在靠近太阳的地方，通常只有直径为几公里的彗核，它们被一层所谓的“彗发”包围，行程其典型外观。自古以来，神秘的彗星总是令人着迷、神往。古希腊人和古罗马人将其视为神的迹象，中世纪时它们被看做命运的征兆，现在欧洲的科学家们很快就能登陆到一个彗星上，实现近距离的观察和探测，从而获得关于太阳系起源的新见解。这种大胆的冒险行为当然需要高新科技的支持。弹道着陆器内安装了一系列小型驱动装置。它们必须在经历多年的太空旅程后仍能在着陆时或在彗星表面进行勘探分析时可靠地执行多种功能。

### 锚定系统、着陆架和样品分析

由于彗星的万有引力较低，因此要将探测器锚定在其表面并不容易，而且还必须确保在以后的探测过程中探测器持续安全的固定。在德国航空航天中心（DLR）的领导下，马克斯 - 普朗克地外物理研究所（IMPE）专门针对探测器研制出了一个特殊的锚定系统：着陆时一旦与彗星表面发生接触，两个鱼叉将立即被射向彗星表面并钻入地底。倒钩可以防止这些“锚”松脱。每个鱼叉从缆绳盒内拖出一根绳索。绳索在鱼叉射出后通过微电机卷绕在一个滚筒上并拉紧，从而将探测器固定在彗星表面。绳索被拉紧后，直流电机还将张紧滚筒轴上的螺旋弹簧。这样可以在锚绳上产生轻微的预应力，用于防止鱼叉或探测器着陆腿下陷。其他电机也必须在着陆过程中和着陆后承担许多重要的任务：

为将着陆时产生的动能（约50 J）通过主轴驱动器

转换为电能并最终转换为热能，一个小型空心杯电机通过外部电阻发生短路，然后作为发电机工作。一部分驱动装置也用于三腿式着陆架，比如通过万向节摆动或旋转着陆器上部，以使太阳能电池板获得最佳定向。采样分析过程也同样需要微驱动装置。着陆器有一个钻头，可将钻取样品送入小熔炉进行热分解。微电机通过蜗轮蜗杆传动机构驱动偏心轮，使陶瓷密封盖移动到每个熔炉上，并同时闭合加热器的电触点。加热形成的气体通过炉盖内的细管输送至科学仪器进行分析。

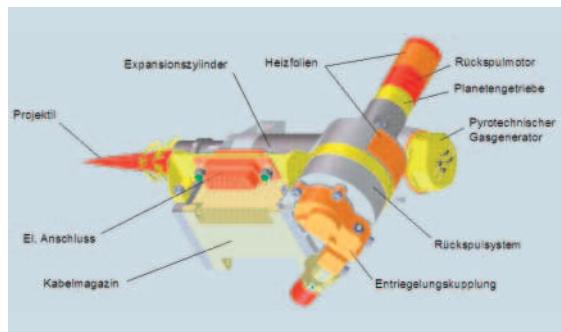
### 太空环境及其要求

太空环境对驱动装置的要求非常高。发射到太空的每公斤重量都需要消耗燃料，因而直接关系到项目的成本。因此我们需要一个紧凑、轻量化的解决方案。但这个方案又必须同时能承受发射时巨大的振动和加速力负荷及太空中超低的温度和持续多年的真空环境。

对于航天项目，在选择组件时成本也是一个重要的考虑因素，因此研发人员尽量避免昂贵的特殊解决方案。所以他们优先考虑最能满足任务要求的标准产品。范围广泛、种类繁多的FAULHABER驱动系统为此提供了最佳的选择。FAULHABER标准驱动解决方案可满足所有的机械要求，只需做一些相对较少又不太昂贵的修改即可适应特殊的太空条件。

### 标准驱动装置的修改和调整

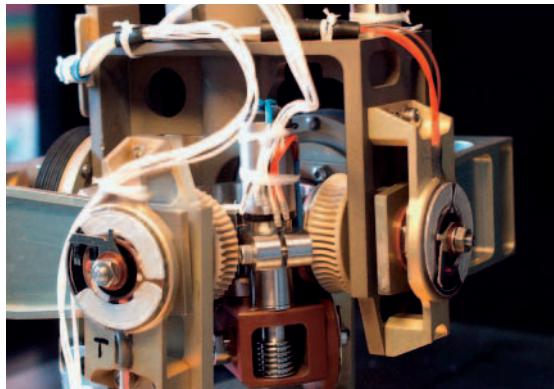
鱼叉驱动装置的原装电机是配备精密减速箱的直流无刷伺服电机。电机和减速箱在一起总直径只有



上图 鱼叉系统结构

左图：与探测器一起穿越宇宙

**直流无刷伺服电机**  
直径16 mm, 长28 mm,  
转矩3.3 mNm



着陆器的支撑腿通过万向节与着陆器上部连接。万向节内安装了三个电机，两个用于一对倾斜轴，一个用于膜片式离合器的制动力调整。

16 mm, 长仅为55 mm。小于1° 的低齿轮啮合间隙确保精确的定位。紧凑的结构有利于驱动系统整合，较小的电能消耗也适于太空应用。

其他用于着陆器的驱动装置也针对太空环境对润滑做了相应调整。润滑脂或润滑油在这里并不合适，它们会在寒冷的太空中固化或在真空中蒸发。适于太空应用的是具有类石墨层状结构的二硫化钼 (MoS<sub>2</sub>)。它们不仅能在真空和寒冷的太空环境下确保正常的润滑功能，同时也能耐受几百摄氏度的高温。因此特殊轴承和标准齿轮的润滑表面采用了这种固体润滑剂。

齿轮箱外壳也必须针对太空应用做相应的修改。由于在 100 °C以下的低温时不同材料的冷缩程度不同，精密部件在很短的时间内就会被卡住。基于这个原因，标准的镀镍黄铜齿轮箱外壳被不锈钢外壳取代，以适应钢齿轮的热膨胀变化。FAULHABER可在标准生产过程中对不锈钢外壳进行处理，从而保证替换后的装配精度。由于齿轮箱部件安装简单，适于太空环境的“强化”部件也可轻松地完成装配。它们可靠的性能将在改进过的标准驱动系统着陆彗星时得到证明，正如它们已顺利通过其他极端环境（如高度真空下的电子显微镜应用或芯片生产过程）的考验。

#### 更多信息

德国航空航天中心 (DLR)，科隆  
[www.dlr.de/rosetta/](http://www.dlr.de/rosetta/)

[www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Science/  
Rosetta](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Rosetta)

马克斯 - 普朗克太阳系研究所  
[www.mps.mpg.de](http://www.mps.mpg.de)

马克斯 - 普朗克地外物理研究所  
[www.mpe.mpg.de/809839/mech\\_rosetta](http://www.mpe.mpg.de/809839/mech_rosetta)

FAULHABER 德国  
[www.faulhaber.com](http://www.faulhaber.com)



# 袖珍世界

FAULHABER技术用于汉堡微缩景观世界

只用一天的时间见识全世界不同的地区和文化，在短短数个小时内探索拉斯维加斯、阿尔卑斯山和挪威峡湾？德国汉堡的微缩景观世界可以使这一切成为现实。这个世界上最大的铁路模型位于易北河畔的汉堡仓库城内，是德国最引人入胜的旅游景点之一。它占地约1300 m<sup>2</sup>，将整个世界从斯堪的纳维亚半岛到美国，从海边到高山都浓缩在了小小的景观城内，总游客人数已过千万。



微缩景观世界包含的不仅仅是世界上最大的铁路模型。



## 生活面面观

微缩景观世界包含的不仅仅是世界最大的铁路模型。除了每天奔跑数百公里的930辆火车，游客们还可以看到8850辆汽车和轮船，甚至20万个袖珍居民。他们或在欢庆盛大的节日，或出席悲伤的葬礼，警察用雷达探测超速车辆或追捕罪犯，消防人员总是忙忙碌碌 — 人们可以在这里看到生活的方方面面。Knuffingen机场是刚刚完成的新景观之一。从技术车间到乘客登机，各种生动有趣的机场运营细节展示令人叹为观止。每天有40架飞机在机场内起飞和降落。

## 独特的技术

这些令人印象深刻的景观背后隐藏着独特的技术。“我们的原则之一是不断面对新的技术挑战，无论它们在一开始看上去是多么的毫无希望。秉持这一理念，我们创造出了令人惊叹的技术。” Gerrit Braun（与哥哥Frederik一起创建了微缩景观世界）说道。大约335000个动态式开关照明设备，再加上内部研制的灯光控制系统，营造出了近乎完美的日夜效果。无数的车辆和飞机由计算机操控，也可通过200多个按钮由游客自己启动。

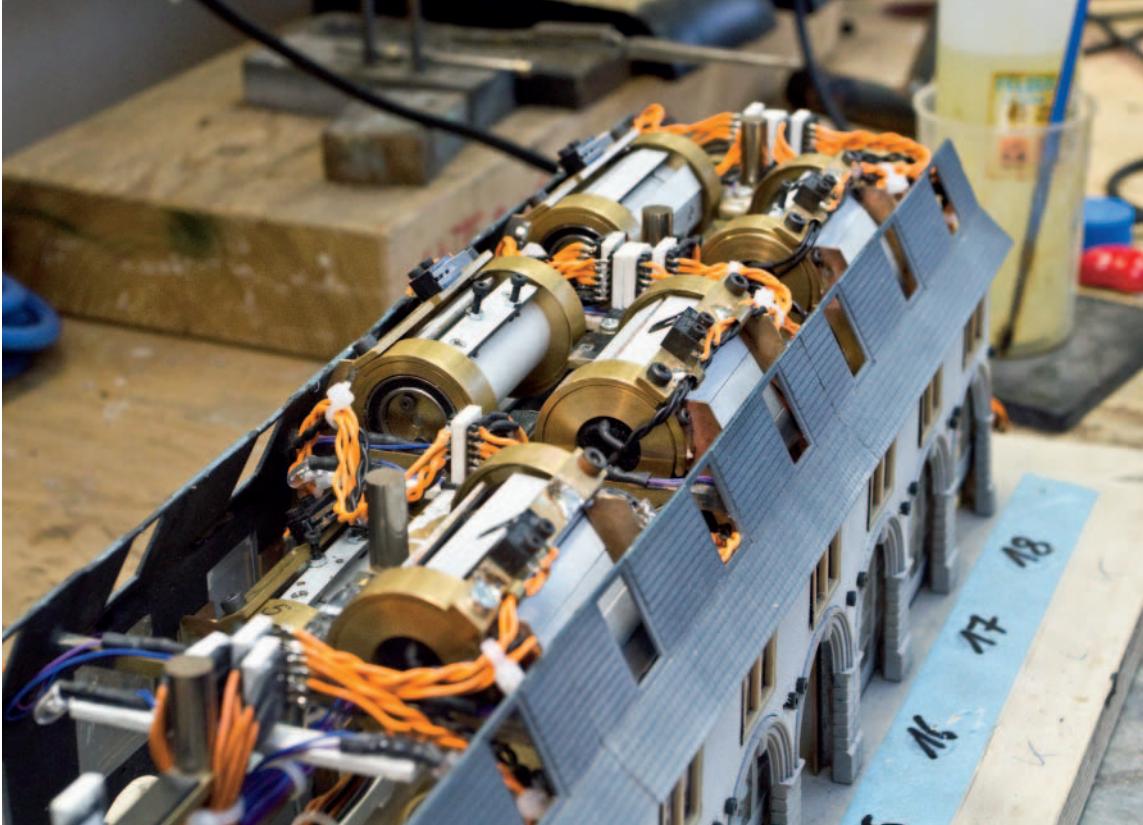
## FAULHABER驱动装置

大量的按钮控制运动由FAULHABER直流微电机提供动力来源。“我们根据不同的需要采用不同的FAULHABER产品系列。”系统技术员Mathias Stamm解释道。Knuffingen机场的模型飞机使用的是1717系列电



Knuffingen机场约有40多架飞机在跑道上起飞、降落。





右图：迷你消防车和许多火车也由FAULHABER电机驱动。

上图：用于卷门移动的电机。

右图：电机集成安装在里面，将卷门从自己上面转过去。



机。迷你机场消防车和许多火车也由FAULHABER电机驱动。精巧的1524系列电机用于卷门移动。“电机集成安装在里面，将卷门从自己上面转过去。”Stamm描述道。

### 可靠的技术和专业的支持

在Mathias Stamm看来，FAULHABER电机代表可靠的技术。“FAULHABER电机品质卓越，无需维护。”这位技术员如此评价。另一方面，专业的支持服务也是促使他选择FAULHABER电机的一个重要原因。“我们的订购数量虽然不大。”Stamm说道，“但有问题时我们可以直接以电话方式与FAULHABER技术客服联系。”

### 英国电视节目里的微型火车比赛

**微缩景观世界** 2011依靠FAULHABER技术在一档英国电视节目里大获成功。著名的BBC主持人James May在他的周日晚间秀节目“微型火车比赛”里与微缩景观世界同台对抗。比赛任务是用模型火车以最快的速度跑完Bideford和Barnstaple之间已废弃的长约九英里（约15公里）的铁路段。比赛开始前人们先用小型铁轨铺设好比赛路段。微缩景观世界专门针对这档节目做了特殊的准备。“我们研制出了一个用酸菜汽油驱动的火车。我们让它在半途爆炸，但最终我们仍然依靠另一辆火车夺得了第一。”Gerrit Braun说道。参赛火车事先做了改装并采用了FAULHABER微电机，以圆满完成此次任务。

# 世界上最大的占地约1300 M<sup>2</sup>的铁路模型



## 两个兄弟和一个想法

微缩景观世界的起始要追溯到2000年的夏天。Frederik Braun在一次穿越高山城市苏黎世的散步过程中产生了这个激动人心的想法。有一天，他漫步在苏黎世中心的偏僻街道，无意中碰到了一个模型火车店，激起了他对童年的回忆，并使他产生了一个美好的设想。就在同一天，他给自己的双胞胎兄弟Gerrit打电话，提议他建造一个世界上最大的模型火车展馆。微缩世界项目就这样产生了。不久，微缩景观世界在汉堡仓库城开始动工建造，并一直持续到今天。到目前为止，整个模型公园已有八个展区，面积超过1300平方米。园内共有300个员工负责袖珍世界的建造和维护，并为游客提供全方位的服务。

## 前景展望

至2020年将新增四个展区。目前在建的是意大利景观区。在大约150平方米的面积上，闻名遐迩的意大利城市、梦幻般的山水风景、建筑名作和罗马电车都将栩栩如生地得到再现。除了首都罗马，包括镀金圣马可大教堂在内的部分威尼斯水城、维苏威火山和失落之城庞贝也在拟建范围内。展馆预计于2015年底开放。

## 模型公园数据资料

### 面积

微缩景观世界租用面积：6400 m  
展览面积：1300 m

### 一般数据

施工时间：约580000个工作小时  
员工：300名  
展区：8个  
建造费用：1250万欧元

### 铁路模型数据

铁轨长度：13000 m  
火车数量：930个  
车厢数量：14450个  
最长的火车：14.51 m  
讯号设施：1270个  
转辙器：3050个  
计算机：46个  
照明设备：约335000个  
房屋和桥梁：3660个  
人物塑像：215000个  
汽车：8850辆  
飞机（飞行的）：40架  
树木：228000棵

(截至2013年11月)



## 更多信息

微缩景观世界汉堡有限责任公司  
[www.miniatur-wunderland.com](http://www.miniatur-wunderland.com)

FAULHABER 德国  
[www.faulhaber.com](http://www.faulhaber.com)

奇特的

# 激光

确保脉冲激光精确定位的执行器

您只要打开手电筒一分钟并将它对准天空，其光束便已到达月球。手电筒的开关速度要多快，才能使得射线的直径比人的头发还细呢？可以肯定，只依靠手是无法实现的。

超短光束或这一数量级别的脉冲可通过所谓的飞秒激光器产生。飞秒激光器能将集中的激光划分成高能量压缩波束。所有材料，从人的眼角膜到超硬陶瓷，都可通过飞秒激光器进行微米精度的处理。法国精密设备制造商ISP System生产的执行器可用于精确定位高功率激光器的棱镜、反射镜和滤光镜，确保激光脉冲以正确的强度到达正确的位置。执行器的动力来源则依靠FAULHABER步进电机实现。





飞秒激光是目前最先进的技术之一，  
可用于很多领域。



## 受激辐射

激光器是如何工作的？其实名字本身就给出了基本解释，英文laser是Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation（受激辐射光放大）的开头字母缩写。简单来说，就是激光器内的光线通过能量供给和光学处理得到增强并集中在一起，从而产生了纤细而又强大的光束。它可用于光盘和条形码读取，恶性肿瘤治疗和金属焊接。光学处理设备包括棱镜、滤光镜和反射镜。它们能分解光束，将光束聚焦于特定波长，或通过两个反射镜之间的多次来回反射来增强光束。激光鞭发出的恒定光束相对比较微弱，而脉冲激光包含的能量则可通过频率处理和光传播延迟高倍压缩成小的光束。

## 不能再短

脉冲达到阿秒 ( $0.000\ 000\ 000\ 000\ 001$  秒 =  $10^{-18}$  秒) 级别的激光已在研究领域得到应用。借助这种超短脉冲，人们甚至可以观察原子核内部极其快速的动态运动过程。对于工业或医疗应用，脉冲时间可以更长。一个飞秒 ( $10^{-15}$  秒) 等于一秒的一千万亿分之一。在这个极短的时间内，即使是按照光速也只能走0.3微米，相当于一根头发丝的二百分之一。飞秒激光是目前最先进的技术之一，可用于很多领域，比如光子显微镜、显微外科、微细结构处理（比如在医疗领域）、化学分析和防伪造微痕处理。

飞秒激光器每秒可产生上亿个激光脉冲。在激光到达的地方，被撞击的材料没有足够的时间来熔化，直接转化为气体，然后可简单地被抽除干净。因此以百万分之一毫米（纳米）的精度进行层片处理完全可以实现。处理过程中不会产生毛糙的熔化残留物，邻近的材料几乎不被加热。材料特性如同质化、吸收能力、蒸发温度和硬度等几乎不起任何作用 — 激光可以处理一切物质。

### 驱动选型

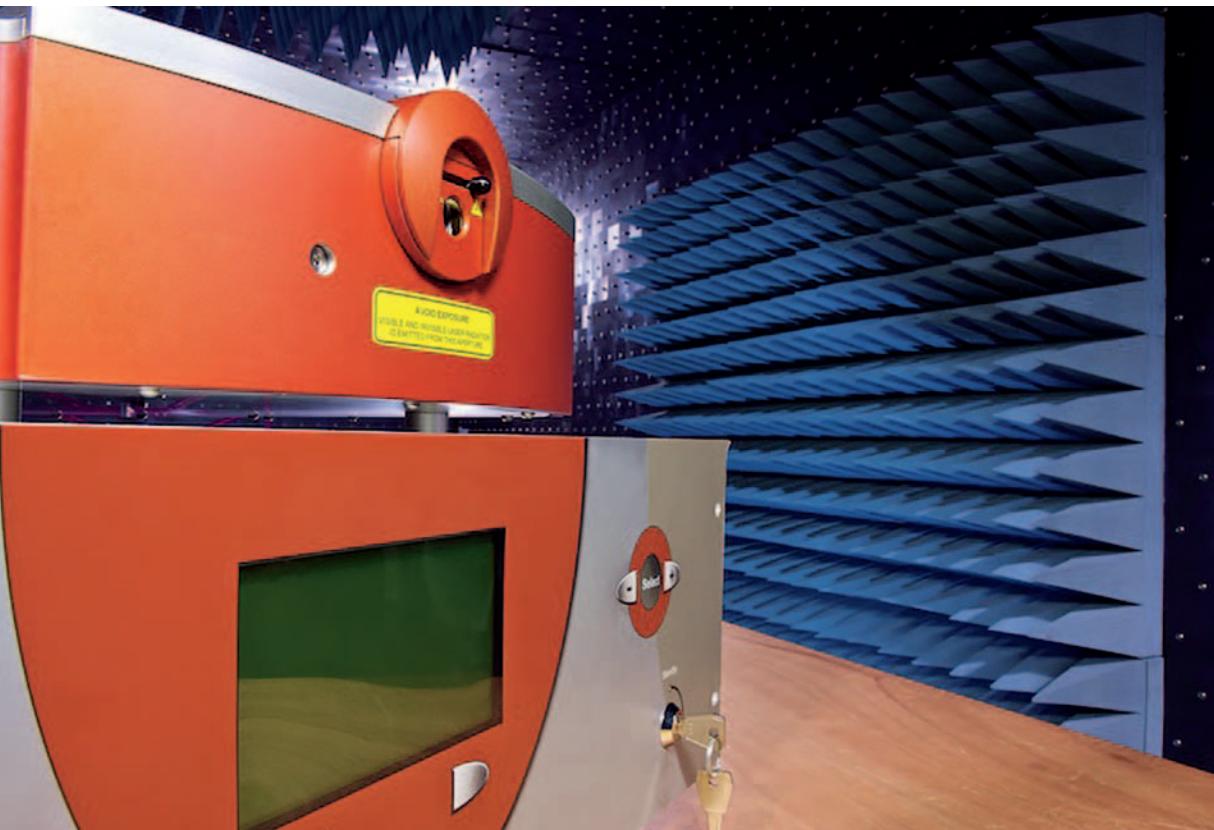
这种“冷处理”技术不会有任何残留物，也不会影响工件质量。只要正确选择脉冲持续时间、脉冲能量、时钟频率并正确聚焦，就可获得理想的效果。ISP System执行器在此起到了重要作用。它们能移动和调整激光器内部的棱镜、滤光镜和反射镜，确保获得精确定义的光脉冲质量。可以选用的驱动装置有三种类型：电磁、压电或机械式。“在诸如研究等应用领域，前两种驱动装置可以发挥它们的特殊优势，但在工业领域，机械驱动的执行器在很多方面更加合

适。”ISP System公司的Sébastien Theis说道，“前提是只要设备质量优良并使用了一流的电机。它们必须非常精确地工作，但控制系统不能太复杂。”

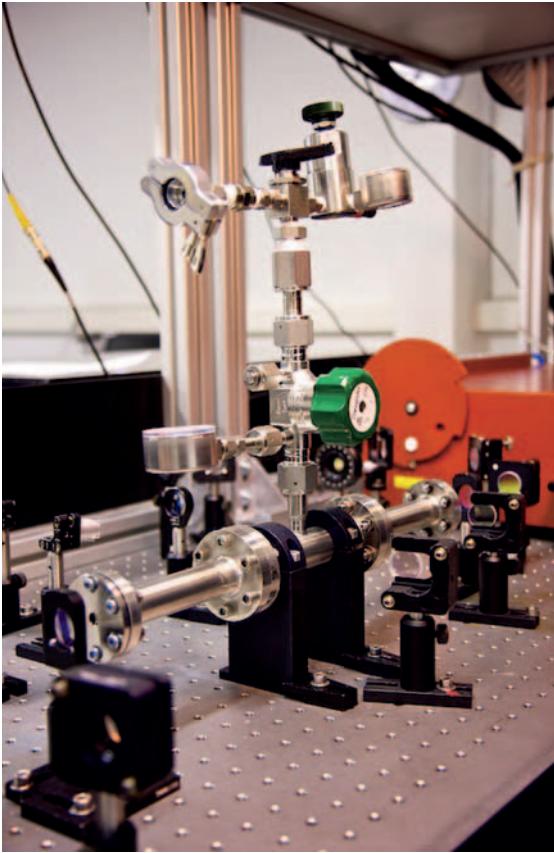
### 更具优势的机械驱动装置

正是在这一点上，压电和电磁式驱动装置有一个严重的缺点：它们只能通过闭环控制电路获得较高的精确度。也就是说，必须安装一个测量装置（传感器），用于检测位移并将数值结果发送给控制器，然后控制器再对运动进行调整。闭环控制电路意味着相对更高的复杂性，并要求安装额外的电子部件。这不仅使解决方案变得更加昂贵，而且也更加复杂和笨重。

相反，步进电机可以通过开环控制电路可靠地工作，无需传感器，因此结构也更加紧凑。“电机自己计算步进，保证精确的定位。FAULHABER电机质量卓越，只要行程中不遇到障碍物，就不会丢失任何一个步进运动。通过重回零位，驱动装置可以实现精确的调校。”Sébastien Theis解释道。



激光器用于实验室的CEM测试。



### 不受电流缺失影响

步进电机的另一个优势是无电流时也能可靠定位。这对于闭合的激光盒内正常的运行非常重要，因为每个激光脉冲都伴随着电磁放电。由执行器、传感器和控制器组成的闭环控制电路必须依靠电流才能正常工作。放电现象会对这种机构造成干扰。从而导致倾斜反射镜脱离预定的位置。当激光器用于近视眼角膜矫正手术时，设备精度将受到致命的影响。而无电流也能正常工作的步进电机则不会出现这种干扰。

除了上述系统本身结构决定的优势和优异的产品质量外，ISP System选择FAULHABER电机还有其他的原因。“我们没有找到第二个能提供如此轻巧并快速适应我们要求的产品的供应商。FAULHABER电机和减速箱种类极其广泛，我们可从中选择合适的产品。此外，FAULHABER可以按照我们的要求量身定制需要的电机。由于供货迅速，我们能针对客户需求快速做出反应。FAULHABER是一个强大可靠的合作伙伴，不仅了解我们的技术，而且还能促进其进一步发展。”Sébastien Theis解释道。

## 每秒上亿个激光脉冲

### 步进电机

双相，每转20步  
PRECISTEP 专利技术



### 更多信息

ISP SYSTEM, Vic en Bigorre, 法国  
[www.isp-system.fr](http://www.isp-system.fr)

AMPLITUDE SYSTEMS  
[www.amplitude-systemes.com](http://www.amplitude-systemes.com)

FAULHABER 法国  
[www.faulhaber-france.fr](http://www.faulhaber-france.fr)



创新 100 强

# 创新 单独的个体 行为

驱动、精密和微系统一直以来都与FAULHABER这个名称紧密联系在一起。作为这一高科技产业的开拓者和奠基人，FAULHABER是当今德国最具创新力的企业之一。但创新又是如何在技术可行性的极限得到实现？

### Bessey先生, FAULHABER研发部有多大?

全球约有200名员工在研发部工作。Schoenaich总部大约有120人, 其中43人在我的部门里工作。他们主要从事技术产品和系统平台及流程和生产技术方面的开发研究。

### 你们所有的产品中哪些组件的订购数量最多?

出售单个组件是很少的例外情况。大多数时候, 客户订购的是由多个组件组成的一整套驱动系统。我们将其区分为标准驱动系统、改装系统和客户定制解决方案。标准驱动系统指可在FAULHABER目录里找到的标准产品。这些模块式部件可以组合形成2500万种以上的驱动系统。它们也是产品改装的基础, 从而能相对简单地满足客户的特殊需求如特制软线、插头、特殊法兰、改装轴或特殊设计等。产品改装占据了我们销售额的最大部分。客户定制解决方案指根据客户应用而专门研制的个性化驱动系统。当然, 我们也会尝试使用标准组件, 但有时候为了最佳满足客户的应用需求, 客户定制解决方案必须百分之百采用客户化部件。

最近, 作为德国最具创新性的企业之一, FAULHABER再次荣获了“100强”称号。你们的创新管理是怎么样的, 或者说, 你们是如何实现不断创新的?

我们当然很高兴能获得“创新100强”或“最佳创新”这样的奖项。毕竟, 作为一个中等规模的企业, 我们不是每天都能与奥迪、宝马或SAP这样的大型企业一起同台获奖。

我们面向市场供应的产品通常具有5至30年的典型

生命周期。也许有人会问, 这样的长期应用究竟是不需要创新。但重要的正是这一点, 我们必须不断开发出更好的新方案。因为客户需要的是“全新”, 供给他们的产品应该能长期使用, 即具有最佳的可持续性。另一方面, 对于许多应用领域来说, 供应的产品不仅要新, 而且必须成熟完善, 以最大程度地降低风险。所有这些要求合在一起, 即产生了永久创新的必要性。

我们的创新管理包含了一个明确的创新战略, 或者说一个由技术维护、市场拉动和技术推动组成的创新组合包。当然, 也不能缺少与之配套的创新流程及辅助工具和方法。这个已整合在了整个企业的流程体系中。



采用了FAULHABER EC绕组的工具



---

**创新和研发管理必须彼此紧密衔接，以确保日后在市场上的成功。在这方面，你们是如何做的？**

---

从创新想法的产生、挑选、高级工程部的审批一直到最后进入传统的研发流程，我们都有相应的流程和明确的责任分配。

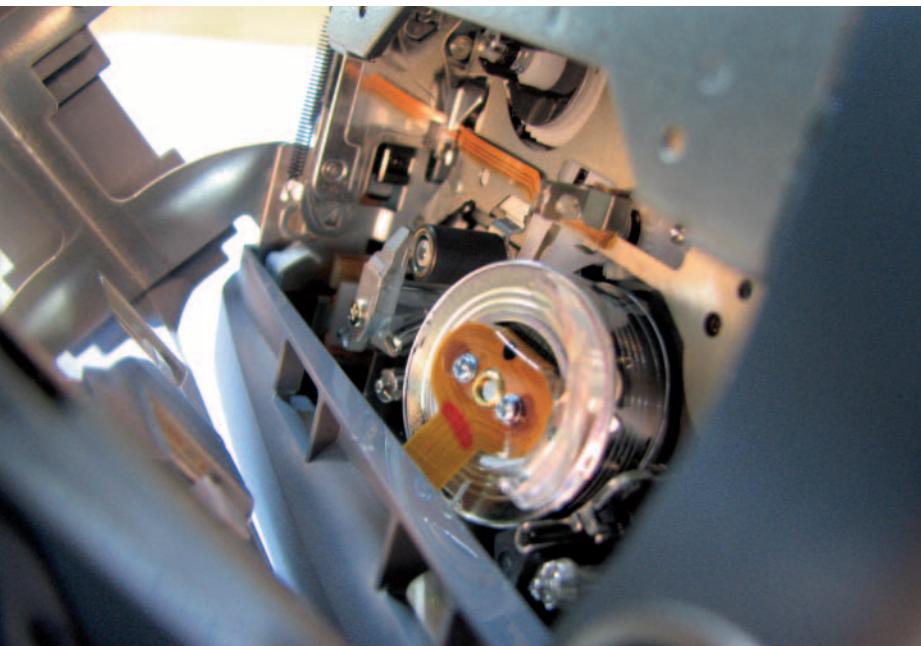
---

**从最初的想法到最终产品，按照您的估计，行政管理方面的工作量有多少？**

---

初期的想法采集和挑选可以依靠我们自己的创新数据库完成。该数据库包含了关于技术、产品理念和基准测试结果的所有记录。因此相关的管理工作量可以控制在一定的范围内，从而便于我们专注于创新性工作。对于传统的研发流程和项目管理，我们也有自己的工具。但这里的行政管理工作明显增多。每个项目文件都必须符合ISO 9001和ISO 13485标准。

在寻找解决方案时也对其他市场的  
产品技术如摄像机传动机构进行了  
分析和研究



---

**您有一个创新空间。里面有什么？**

---

我们将知识管理看成创新促动器。目标是让公司的员工可以接触到通常仅存在个人头脑里的知识。其中的一个方法是我们的创新空间。里面汇集了来自本企业和竞争对手的技术模式和已知的驱动解决方案。每个员工都可以使用这些模式。他们不仅可以用头，也可以用手“抓取”。我们也将创新空间用于创新研习班。在这里，能够快速获得解决方案实例并将不同的方案组合在一起对于产品和技术创新很有帮助。

---

**在研发过程中您是如何保证不会侵犯到他人的专利权？**

---

我们定期查阅相关的专利登记。经过专利人员的初步预选后，新的专利登记将由一支专家队伍每个月做一次分析和评估。这样可以确保我们不会侵犯到其他个人或企业的专利权。此外，专利查阅和分析也有助于我们的创新发展，可以为我们带来新的想法和思路。

---

**您也分析和研究邻近行业和市场的非竞争产品。这其中最大的学习收益是什么？**

---

极具吸引力的技术和解决方案通常不是真新，而是仅对于相应的行业或一定的规模来说是新的。因此我们在寻找解决方案时也会有针对性地分析和研究不在我们供应范围内的市场产品。事实证明，这种通过拆解和触摸得来的学习收益远高于许多文件资料和培训活动。有些应用技术甚至能让整个团队一致感叹“我们从来没有这样设计过”。这大大开阔了我们的视野和思维。

## 我们将知识管理看成创新促动器。

您擁有自己的技术、部件和材料专家。您能否说明这些专家是如何合作的？

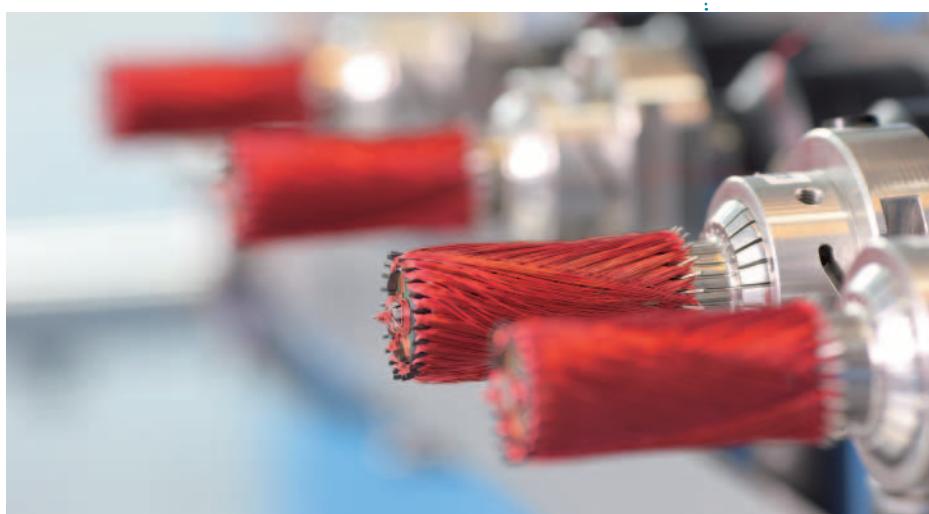
FAULHABER内部的专业知识形成了明确、专业化的责任分工。专家们在自己掌握的专业知识基础上有针对性地扩展知识。各种信息在他们之间不断流动、汇集，以供所有同事访问和使用。从而不断促进了“创新蔓延”并提高了产品质量。

直接面谈比1000封邮件更加有效。因此您开办了一系列“圆桌会议”活动。

对，创新不是一个人的事情，而是整个企业的任务。每次活动会有十至十五名销售、业务开发和研发人员聚在一起，共同探讨一个预选中心主题。他们借助内部产品和竞争产品的模板部件，在轻松的氛围中就客户需求、市场机会和产品选择展开讨论和交流。

除了纯粹的产品开发，发展自己的生产技术也是你们的一个工作重点？

当然！如果不能确保安全可靠的产品生产，设计再好又有什么用？毫无用处！因此流程和生产技术与研发部门之间的协同配合具有特别重要的意义。



# 自然的感觉

## FAULHABER驱动装置用于假肢技术

用合适的力量抓取而不损坏物体或让物体掉落，触摸和感觉物体的形状和肌理：一个肢体健全的正常人每天都会重复这样的操作上百次而无需作出任何思考。但这些运动其实是一种复杂的序列组合。若想人为仿制，无疑是一个很大的挑战，但有一支研究团队在FAULHABER微电机的技术支持下，已通过其LifeHand 2项目取得了开创性的成功。



## 假肢的缺陷

如果已观看过一些残疾人运动比赛如残奥会，你就会发现今天的假肢技术已达到了一个非常高的水平。2014年夏天，德国跳远运动员Markus Rehm不能跟随同伴一起参加欧洲田径锦标赛，因为德国运动委员会担心他的碳纤大腿假肢会让他相对于那些身体健全的普通运动员而占据一定的优势。但这种由碳和其他材料制成的精巧假肢却有一个很大的缺点：截肢者无法像使用缺损的自然肢体一样真正地使用它们。市面上供应的手部假肢可以识别残余掌根的肌肉运动，能让截肢者张开和合上假手及抓取物体。但缺少了回馈给神经系统的感官信息，截肢者无法感觉到抓取的任何东西。因此他必须时刻盯着假肢，以防捏碎物体。

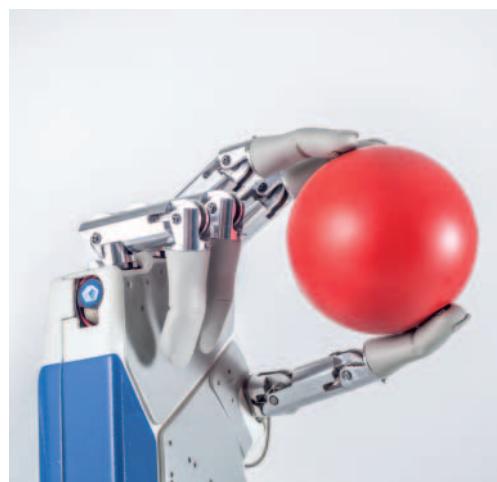
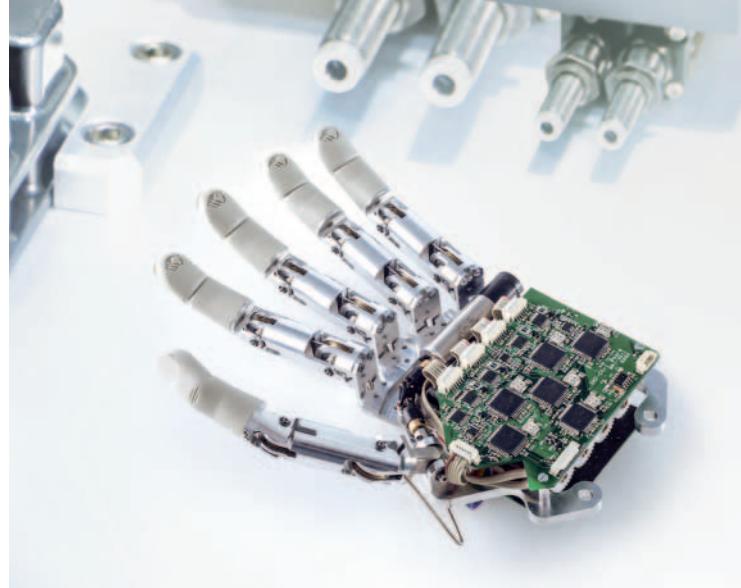
## 可与真正的人手相比

LifeHand 2项目实现了巨大的突破。人造假手可使假肢安装者用合适的力量抓取物体，并通过传感器感受物体的特征，甚至还能准确地感觉是哪个手指接触到了物体。假手的大小和重量与真正的人手相当。LifeHand 2假手配备了传感器，可通过测量人造肌腱内的应力产生触摸感，从而进一步操控手指运动。测得的数据首先转换为电信号，然后传送给神经系统。电信号可以通过神经纤维的电极传导至大脑。计算机将来自传感器的信号转化为神经系统能够识别的脉冲。脉冲再通过中央神经（Nervus medianus）和尺神经（Nervus ulnaris）上的电极进一步传导给大脑。

仿生假手由瑞士洛桑联邦理工学院（EPFL）的一个国际研究小组研制而成。共有来自意大利、瑞士和德国的六个研究机构参与了这一项目。Silvestro Micera教授及其团队来自意大利的Scuola Superiore Sant' Anna高等学校（SSSA）。他们研制出了感官回馈系统，可以让患者在触摸和移动物体时产生一定的感觉。

2013年二月在罗马的Gemelli医院里，LifeHand 2假手在Paolo Maria Rossini的监督下作为临床研究的一部分进行了测试。Dne Dennis Aabo Srensen是第一个自愿接受LifeHand 2测试的患者。他在九年前的一次事故中失去了左手。四个微型接口植入了他左手的主神经。在装上假手前必须先通过手术装入电极并等待伤口完全愈合。当Srensen触摸物体时，假肢上的传感





器会产生感官信息，先由计算机进行处理，然后通过刺激器传送给植入神经的电极，最后再传导给大脑。整个过程需时不到100毫秒。如此短的时间不会让患者产生传递延迟的感觉。S rensen可以实时感觉到物体的形状、硬度和质地，并利用这些信息，通过手指的控制用正确的动作和力量抓取物体。

S rensen学会操控假手的速度之快令整个研究小组感到无比惊讶。测试过程中，研究人员蒙住了S rensen的眼睛，然后让他用LifeHand抓取物体。虽然无法看到东西，但S rensen不仅能成功掌控拿捏的力量强度，还能描述物体的形状和质地。

### 精巧的FAULHABER电机

LifeHand拇指和其他手指的精细运动依靠FAULHABER直流微电机实现。电机的直径和长度分别为13和31毫米，结构轻巧、紧凑。FAULHABER直流电机的特殊之处在于它的转子不是缠绕在铁芯上，而是由一个倾斜缠绕的自承式铜线圈组成。此外，转子惯量小、无齿槽效应也是Lifehand项目选用FAULHABER电机的一个原因。

上图：LifeHand拇指和其他手指的精细运动依靠FAULHABER直流微电机实现。

左图：用合适的力量抓取物体，同时不压坏物体或让物体掉落。

### 更多信息

Universita' Campus Bio-Medico di Roma  
[www.unicampus.it](http://www.unicampus.it)

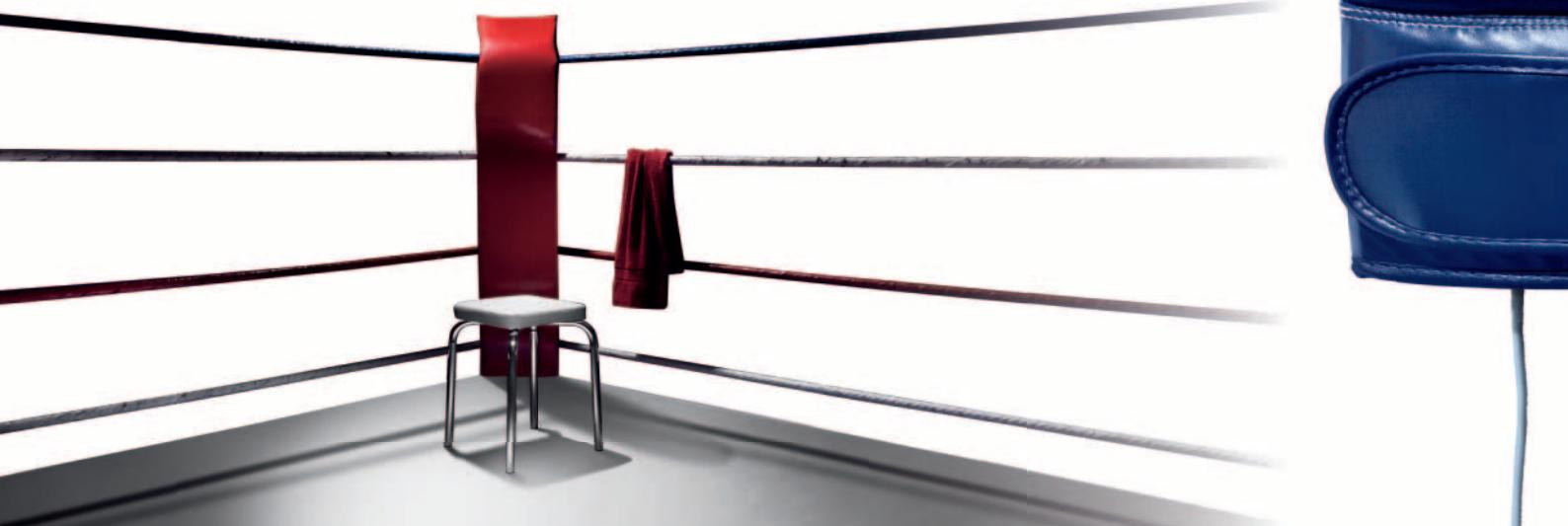
PRENSILIA s.r.l.  
[www.prensilia.com](http://www.prensilia.com)

FAULHABER 德国  
[www.faulhaber.com](http://www.faulhaber.com)

# 更强大 的 特轻量级 新手

强劲的动力 小巧的结构

在特轻量级的力量对抗中，FAULHABER通过最新研制的3274 BP4系列向赛场输送了一名新的冠军。新型直流无刷伺服电机的直径和长度分别为32 mm和74 mm，连续转矩高达165 mNm，重量只有大约320 g，比其他同等功率级别的传统电机的一半还要低。



## → 新型3274 BP4系列

4极直流无刷伺服电机特别适于具有高功率、动态启动/停止和轻量化等要求的应用场合，比如仿人机器人的关节驱动、自动化流程中的电动夹持器或检测机器人的高功率牵引传动。

3274 BP4系列过载能力强，工作时无需使用易于磨损的机械换向装置。因此产品具有很长的使用寿命，比普通直流微电机高出很多倍。失速转矩为2.7 Nm时，电机特性曲线的斜度仅为3 rpm/mNm。即使在低温或高机械负荷（比如航空航天应用）等苛刻环境下，3274 BP4系列也能可靠地满足应用需求。此外，产品采用了坚固的不锈钢外壳并避免使用一般装配过程中常见的粘合剂。

该电机系列的一个特殊优势是高度的结构灵活性。FAULHABER 3274 BP4产品标准配有数字霍尔传感器。高分辨率光学和磁性编码器可以方便地安装在尾部的多功能法兰上。电机也可选配模拟或线性霍尔传感器。它们能在大多数情况下取代编码器。为实现整个驱动系统的功率最优化，电机可与各种各样的精密减速箱组合使用。



## 紧凑的3通道 编码器

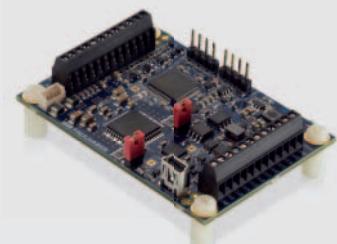
IEH3-4096  
系列集成编码器



IEH3-4096系列集成编码器在IEH2的单芯片结构基础上发展而来。由于耐热性能佳，IEH3的工作温度范围可以扩展到-40至+100摄氏度。与带有单独的安装外壳、从而需要很大空间的编码器不同，IEH3-4096只会给电机增加1.4 mm的长度，并能与FAULHABER SR系列的许多贵金属换向直流微电机（直径在15至22 mm之间）组合使用。新型编码器提供2个方波信号和一个额外的索引通道。它的分辨率高达4096个脉冲，并改善了同步性，特别是在低转速范围内。集成编码器IEH3-4096可用于很多领域：设备技术、测量设备、阀门调整、摄像机技术和精密光学仪器（如反射镜定位、透镜调整、滤光镜校准）。

## 最精细的调节。 可灵活编程。

MCST 3601  
系列驱动电子设备



到现在为止，若想从众多的可编程运动控制器中找到一个合适的控制系统，用来与相电流有时会小于100 mA的微型步进电机匹配，实则是一个不小的挑战。FAULHABER与步进电机运动控制器专家Trinamic GmbH公司共同合作，最终研制出了MCST 3601系列控制器。新型控制器结构紧凑、灵活，适用于所有的FAULHABER微型步进电机。它由一个微控制器和一个驱动器组成，可以精确调整10 mA至1.1 A的相电流，电源电压可在9至36 VDC之间变动。它可借助USB 2.0接口与计算机实现简单、快速的交流，因此通过随附软件可以编程设置所有类型的运动。由于控制器是作为测试电子装置而设计的，用户可以根据自己的判断来接受现有的体系架构，并将组件集成到工业应用平台中。

更多信息

FAULHABER  
[www.faulhaber.com/news](http://www.faulhaber.com/news)

内容预告

# 精细的手工艺与 驱动技术相结合



高档计时器复杂的内部结构总是令钟表爱好者叹为观止。特别是配备高级附加功能（如计时码表、万年历、第二时区或月相显示）的复杂机型更是属于精密机械制造业的顶级杰作。它们通常由数百个按照高精密度标准制造而成的精细零件组成。若想知道FAULHABER驱动器在这些艺术品级计时仪器的制造过程中起到了什么作用，敬请关注下一期《FAULHABER motion》驱动技术杂志。



编号000\_9224\_14