

## 专题文章

# 勇于创新：金属增材制造歧管助力路虎BAR帆船队提升帆船性能

路虎BAR帆船队的美洲杯级 (ACC) 帆船取名Rita (内部代号R1)，她是所有人辛勤与智慧的结晶 — 其设计、建造和水上测试时间总计超过85,000小时。

这是一艘15米长的双体船，内部拥有130米长的液压管路，还有超过1200米、将190个传感器连接在一起的电气线路。帆船有一个面积达103平方米的帆翼，高23.5米，与A320飞机的主机翼大小相当。R1的每个船体都有一个手动调节的活动拨水板，可弯曲超过90度形成水翼。

只要帆船速度达到16节（18英里/小时）左右，流经水翼表面的水流就会产生足够大的升力，将帆船抬出水面，使得帆船犹如在水上飞行一般。这种“飞行”的状态可减少阻力并提高效率，从而加快航行速度。

工程技术领域的跨国公司雷尼绍是路虎BAR帆船队技术创新小组的成员。该小组的目标是汇集英国最尖端的工程技术，合力为英国赢得首座美洲杯帆船赛奖杯。不同于其他帆船比赛，美洲杯帆船赛是世界帆船运动中历史最悠久、最负盛名的赛事，对各个参赛队而言都是一个巨大的挑战。

在R1上，全部控制翼面都是由液压传动装置驱动的，而要产生液压，则需要由船员中的“绞盘手”尽全力转动专用手摇曲柄来实现。由于不能使用电池（除给计算机和传感器供电的电池外），四名绞盘手便充当了人力发动机的角色，以产生所有液压系统所需的能量。

路虎BAR帆船队已熟知增材制造技术在减轻帆船液压系统重量并提高传动效率方面的潜力，简单来说，这让帆船设计人员能够在液压系统的性能和运行所需能量之间建立完美的平衡。这反过来有助于绞盘手节省体力，同时使帆船仍具有最佳性能。

产品市场工程师David Ewing所在的雷尼绍增材制造产品团队与路虎BAR设计小组携手合作，利用雷尼绍金属增材制造（3D打印）技术制造出定制的液压系统歧管。



路虎BAR帆船队的比赛帆船对比空客A320飞机

请看David Ewing的详细介绍：

### 您在雷尼绍有何工作背景？

我是一名产品市场工程师，专注于增材制造领域，我已在雷尼绍工作了六年。我拥有航空航天和工程领域的技术背景，加入雷尼绍后，我首先在位置编码器部门工作，大约四年前我转到金属增材制造部门。我是一名帆船运动的业余爱好者，同时还是增材制造技术的坚定拥护者，这也是为什么我对能够参与路虎BAR项目感到非常自豪的原因。

### 雷尼绍对您而言意味着什么？

我相信雷尼绍一直是其“apply innovation（应用革新）”口号的完美诠释者。这是一个充满活力的工作环

境，因为雷尼绍不断开发制造领域的创新技术，然后加以应用，从而解决现实世界中的实际问题。增材制造是一种相对较新的尖端技术，而雷尼绍是英国唯一一家制造高性能增材制造设备（可“3D打印”出金属零件）的企业。

### 增材制造技术在R1帆船上发挥了哪些作用？

该技术曾用于快速制造原型部件，现在也用于生产帆船实际使用的全功能成品歧管部件，例如液压歧管。

这类歧管可在液压系统内连接阀门和传动机构，并引导液体流动。设计工程师可通过歧管控制液压管路的工作，而歧管的作用正是将原先分散的多个功能部件集成在一起。

### 为什么使用金属增材制造歧管代替传统方式制造的歧管？

在金属3D打印技术出现之前，所有液压系统内的零件均采用减材加工方法进行制造。传统上，要制造液压歧管，首先要切割和加工铝合金或不锈钢坯料，使其达到要求的尺寸。然后以90度角进行钻孔，以便形成液体流动通道。由于要完成复杂钻孔，因此通常会用到特殊工具。通道内还需要一些堵塞头，以正确引导液体在系统内的流动路线。



路虎BAR金属增材制造演示液压歧管

传统制造工艺固有的局限性会导致相邻流动通道之间形成突兀的拐角，因而可能造成液体流动不畅和/或停滞，这是效率损失的一个重要原因。

### 增材制造技术给零件设计与制造带来了哪些优势？ 路虎BAR团队如何从中获益？

传统歧管中存在的突兀通道拐角会降低液压系统内的液体流速，进而导致功率损耗。而采用增材制造技术，则可以设计和加工出流畅的圆角，从而加快液体流速并提高效率。

另一个优势就是相比传统歧管，增材制造歧管的重量明显减轻。传统歧管是采用减材制造工艺进行生产的，由于必须要切割掉多余材料，因此可能会发生余料残留、壁厚超出规格等问题，同时会增加不必要的重量。



R1帆船在百慕大群岛站比赛中高速前进（图片版权：Harry KH/路虎BAR帆船队）

增材制造，顾名思义是一种逐渐累加材料，逐层加工出复杂零件的制造工艺；加工时只在需要的地方应用材料，因此能制作出质量更轻的零件。我们可以调整歧管的壁厚，使其与具体功能相适应，而不会因为减材制造工艺的诸多限制而导致壁厚超出规格。帆船所用的歧管全部都是定制的，采用钛金属材料制成，兼具轻质和坚固的特点。

增材制造的另一个优势是能够实现设计生产周期的快速迭代，在这场创新竞赛中，这是至关重要的一点。

您可以将我们与路虎BAR帆船队的合作看作是如与一家高性能赛车制造商的合作一样——设计上的变更与调整会坚持到“比赛开始前的最后一刻”。



QuantAM软件中的路虎BAR帆船演示金属增材制造歧管

### 您能否描述一下金属增材制造的设计过程，以及用到了哪些技术？

路虎BAR的设计团队认识到增材制造技术在帆船减重及提效方面的潜力后，他们便开始彻底重新审视帆船的液压系统。雷尼绍的贡献在于，为设计团队指出哪些歧管组件可从金属增材制造技术中受益最多，同时为其提供有关设计迭代的建议，并制作出必要的零件。

我们为R1生产的歧管零件仍处于高度保密状态，但我们可以使用一个液压演示歧管，对设计和加工过程进行举例说明。

液压歧管的作用是将液压系统内的液体从帆船的某处输送到另一处，因此歧管必须能够高效地将液体导流至正确位置，这一点非常重要。有趣的是，当您向歧管里面看时，会发现有多条液体流动通道。因为使用增材制造技术，我们可以加工出任何想要的形状，因此在设计零件时，我们不会受到工艺或工具的限制。我们可按照最有利于发挥歧管功能的方式对其进行设计。通过采用增材加工方式，我们可以制作出具有流畅弯角的液体流动通道，从而增加液压传动效率。

歧管的设计是由路虎BAR设计团队利用CAD软件完成的。雷尼绍也使用了其自行开发的加工文件处理软件QuantAM。我们从路虎BAR设计团队那里拿到零件的CAD文件后，在QuantAM中摆放、旋转零件，向其添加支撑并将其切分成多个加工层。完成这些操作后，我们便将加工文件发送至增材制造系统，该系统采用高能激光加工出零件，这期间还有迭代和改进设计的空间。



加工托盘上的路虎BAR帆船演示金属增材制造歧管

#### 您可否描述一下生产金属增材制造歧管的主要步骤？

歧管设计定稿后，可使用3D CAD软件制图并生成数字文件。路虎BAR设计团队将CAD文件发送给雷尼绍，然后我们再将它转换为.stl文件。这是一种可导出到金属增材制造加工文件处理软件中的文件格式。加工文件处理软件QuantAM由雷尼绍自主研发，它专门用于雷尼绍高性能金属增材制造系统。雷尼绍增材制造团队利用此软件将虚拟的路虎BAR帆船歧管正确摆放在加工托盘上，并向其添加必要的支撑。需要使用支撑结构来连接零件的所有间隙、支撑零件突出部分，以便在逐层加工过程中保持零件稳固，不会发生移位。雷尼绍增材制造团队拥有丰富的设计经验，可确保仅添加最少量的支撑结构，从而避免材料浪费，并可减少加工完成后移除支撑所需的时间。

一旦在QuantAM中完成加工文件的准备工作，就可将文件发送到雷尼绍金属增材制造系统。该系统采用激

光粉末床熔化技术，将精细金属粉末熔融，逐层加工出完整零件。首先，将金属粉末装入系统，再将金属加工托盘放入系统的加工舱内并固定。将QuantAM文件发送至系统，然后将系统加工舱内的所有空气抽出，形成真空。接下来，将惰性气体氩气注入系统中，以创建一个安全稳定的加工环境，随后便可开始输送粉末。将一层精细的金属粉末铺散在加工托盘上，然后用一个软刮板扫过托盘，以确保粉末分布均匀。根据加工文件提供的二维逐层扫描数据，系统沿指定路径发射出高能聚焦激光以熔化金属粉末。加工托盘下移，然后开始铺散下一层金属粉末，以便重复激光熔融过程，直至整个零件加工完成。

最后，所有多余的粉末被清除并密封保存在系统内。此时可将承载有零件的托盘从系统中取出，并使用后处理技术进行精加工。大多数金属零件都会借助电火花线切割工艺从加工托盘上取下。之后可能需要对零件进行一些表面精加工和热处理。如有必要，可在后处理过程中加工螺纹，或对零件某些部位进行精加工以提高尺寸精度。



从雷尼绍RenAM 500M金属增材制造系统中取出路虎BAR帆船演示金属增材制造歧管

#### 最大的挑战以及最让您引以为豪的事情分别是什么？

R1是一种非常先进的竞赛用双体船，它的研制过程就是不断挑战技术极限，而且我们必须尽最大努力赶在美洲杯比赛开始前交付最佳产品——这真是一项时间紧迫的“创新竞赛”。挑战非常巨大，您可以把我们的工作想象为参与一场一级方程式赛车比赛——我们要应付大量的设计调整、面对严格的时间限制，还要快速制作出相关零件——一切都是为了在比赛中取得好成绩。我很自豪我们凭借团队合作克服了这些挑战，通过参与路虎BAR项目，我们为提升帆船性能取得了各种突破，所有这些成果和经验将有助于教育和激励年轻一代的工程师们，让他们更好地投身于新的工程实践。

详情请访问[www.renishaw.com.cn/racetoinnovate](http://www.renishaw.com.cn/racetoinnovate)

