

## 專題文章

# 全速創新：金屬積層製造歧管為 Land Rover BAR 提升動力流量

Land Rover BAR 的美洲盃級 (ACC) 賽艇 Rita (代號 R1)，是耗費 85,000 小時的心血結晶，其中進行了設計與建構、水上測試及嚴密的建造作業。

這艘 15 m 長的賽艇，設置 130 m 的液壓管路，以及 1200 m 以上的電子及電氣纜線，連接 190 個感測器。船帆面積為 103 m<sup>2</sup>，高 23.5 m，相當於 A320 客機的主機翼。R1 的每塊船殼都提供人工裝設插板，以超過 90 度的彎曲角度形成水翼。

一旦船速達到約 16 節 (18 mph)，水通過水翼時的力量就會形成升力，足以讓船隻離開水面，實際上就像是在水上飛行一樣。這種所謂的「飛行」狀態可減少阻力，並提升效率加快速度。

跨國工程公司 Renishaw 是 Land Rover BAR 技術創新小組的一份子。這個小組的目標是結合英國工程的精華技術，協助 Land Rover BAR 贏得美洲盃競賽。這是十分重大的挑戰，有別於航海領域的任何其他挑戰。

R1 的控制面全部由液壓致動器驅動。其中液壓是由擔任「苦力」的船員，揮灑汗水轉動特殊的手搖曲柄辛苦提供。船上沒有電池 (除了提供電腦及感測器電源的電力以外)，因此這四位苦力要扮演人力引擎，產生所有需要的液壓能量。

Land Rover BAR 瞭解積層製造的潛力，能夠協助減輕重量，並提升液壓系統效率。簡單來說，這樣可讓船隻設計人員在液壓系統的效能，以及運轉所需的能量之間，達到完美的平衡，進而讓扮演苦力的船員更為省力，同時船隻仍以最佳狀態向前航行。

Renishaw 積層製造團隊，包括產品行銷工程師 David Ewing 在內，與 Land Rover 設計團隊協同合作，使用 Renishaw 金屬積層製造 (3D 列印) 技術，製造客製化歧管。

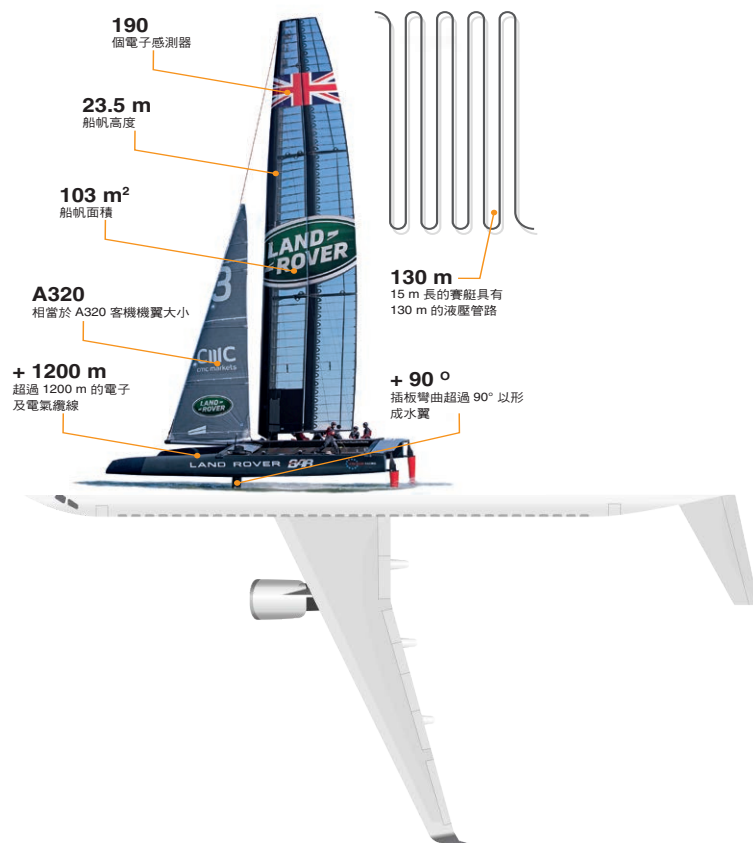
以下由 David Ewing 進一步說明：

您在 Renishaw 的背景為何？

我在 Renishaw 已經服務六年，目前擔任產品行銷工程師，專精於積層製造。我具有航太及工程背景，當初加入公司時，一開始是負責位置編碼器，之後大約四年前則改為負責金屬積層製造。我在休閒時熱愛駕駛遊艇，也是積層製造的忠實擁護者，因此我很榮幸能夠參與 Land Rover BAR 專案。

對您而言 Renishaw 代表什麼？

我認為 Renishaw 的口號「應用創新」，完美的說明了企業本身的精神。工作環境充滿活力，因為公司在製造領域開發各種創新技術，並應用這些技術解決真實世界的實際問題。積層製造是新興的頂尖技術，Renishaw 是英國唯一的高效能機器製造商，能夠 3D「列印」各種可用的金屬零件。



Land Rover BAR 賽艇與空中巴士 A320 客機比較

積層製造在 R1 賽艇的哪些部分發揮作用？

這項技術可迅速製作零件原型，並用於生產可完全正常運作的賽艇歧管零件。液壓歧管就是其中一個例子。

液壓歧管將液體引導至連結閥與致動器的液壓系統，可讓設計工程師管理液壓迴路的運作，同時將元件結合在體積精巧的裝置中。

為何使用金屬積層製造歧管取代傳統製造歧管？

在金屬 3D 列印技術問世之前，液壓系統的所有零件製造，都要使用減法製程。傳統的液壓墊塊歧管是以鋁合金或不鏽鋼胚製造，經過切削及加工達到所需尺寸，然後在 90 度角鑽孔，以產生流動路徑。因為鑽孔作業相當複雜，經常需要使用特殊刀具。通道需要塞頭，以便適當地引導液體通過系統。

傳統製程會在流動路徑之間產生陡峭角度接合面，可能造成液體分流及/或停滯，成為喪失效率的主要原因。

積層製造對設計及製造零件有何好處？Land Rover BAR 團隊如何從中獲益？

傳統歧管的陡峭角度接合面，會減緩液體的流動速度，可能造成喪失動力。使用積層製造技術，就可以設計及建造平順圓滑的轉角，促進液體流動及提升效率。

這項技術的另一項優點，就是能夠大幅減輕重量，超越傳統的塊狀歧管。傳統的塊狀歧管，是使用所謂的減法製程製造。材料必須進行切削處理，可能會留下多餘、不必要的重量，以及超出規格的管壁厚度。

積層製造顧名思義是採用加法製程，一層層的建構零件，只在需要的地方成形材料，可以大幅減輕零件重量。我們可以調整歧管壁厚，使其剛好能夠發揮效用，而不是因為減法製程的限制而超出規格。賽艇使用的歧管全部客製化，並採用鈦製造，同時兼具質輕及堅韌的特色。

積層製造的另一項優點，就是能夠迅速產生許多疊代，是全速創新過程中的必要條件。

我們與 Land Rover BAR 的合作方式，就像是生產高性能賽車零件一樣，各種設計變更「持續到最後一刻」。

您是否可以描述金屬積層製造設計流程，以及生產零件所使用的技術為何？



展示用 Land Rover BAR 金屬積層製造液壓歧管

Land Rover BAR 設計團隊認為積層製造具有潛力，能夠在 R1 賽艇減輕重量及提升效率，因此決定要徹底重新探討液壓系統。Renishaw 特別強調，使用金屬積層製造技術製造歧管可獲得最大效益，並針對疊代進行協作及建議，然後生產必要零件。

我們為 R1 生產的零件仍然是高度機密，但我們可利用展示用的液壓歧管作為範例，說明設計的考量因素及流程。

液壓歧管用於讓液體在賽艇的不同部分流動，對是否能夠高效輸送液體至正確位置而言，扮演十分重要的角色。其中有趣的是，如果檢視歧管內部，會發現多個液體通道。由於使用積層製造技術，我們可以製作任何所需形狀，不受製造技術或刀具的限制。我們可以利用對元件功能最有效的方式，製造這些元件。採用積層方式製造，可以讓流動路徑達到良好適形的彎曲角度，提升其流動效率。



R1 在百慕達海域奔馳 (c) Harry KH/Land Rover BAR

歧管設計是由 Land Rover BAR 在 CAD 軟體之中建立。Renishaw 製作本身專屬的建構準備軟體，名為 QuantAM。我們由 Land Rover BAR 取得 CAD 檔案，進行定向、旋轉、支撐，並將其分為多層。完成以上作業之後，就可將機器檔案傳送至積層製造系統，使用高功率雷射建構零件，而且還有空間可以疊代及加強設計。

您是否可以說明生產金屬積層製造歧管的主要步驟？

歧管設計獲得同意後，就會在 3D CAD 軟體之中繪製完成。Land Rover BAR 將 CAD 檔案以電子方式傳送至 Renishaw，我們將其轉換為 .stl 檔案。這種檔案格式可匯出至金屬積層製造的建構準備軟體。Renishaw 專屬的建構準備軟體 QuantAM，專門搭配 Renishaw 高效能金屬積層製造系統使用。Renishaw 積層製造團隊使用這套軟體，取得虛擬的 Land Rover BAR 歧管，在建構基板上正確地設定及定向零件，並套用各項必要支撐。建構支撐需要用於連結任何間隙、支撐懸浮面部分，並於零件一層層製造時，維持零件穩定及保持定位。Renishaw 積層製造團隊使用本身的專業知識，確保應用最少數量的支撐以避免浪費，並減少移除支撐所需的時間。



Land Rover BAR 金屬積層製造歧管展示在 QuantAM 軟體中



Land Rover BAR 金屬積層製造歧管展示在建構基板上



由 Renishaw RenAM 500M 金屬積層製造系統取下展示用 Land Rover BAR 金屬積層製造歧管

零件在 QuantAM 中準備完成後，檔案就準備好送往 Renishaw 金屬積層製造系統。Renishaw 金屬積層製造系統使用雷射粉末熔融技術，將細微的金屬粉末熔融在一起，一層層地建構零件。一開始金屬粉末會裝入 Renishaw 金屬積層製造系統之中，然後金屬建構基板會裝入系統的艙體內並加以固定。將 QuantAM 檔案傳送至系統，系統艙體中的所有空氣將以真空方式抽除。接下來會將氬氣這種惰氣灌注至系統中，營造安全穩定的大氣環境，然後就可以開始輸送粉末。一層薄薄的金屬粉末會沉積在建構基板上，由軟刷在基板上前後移動，確保金屬粉層均勻分布。而後高功率雷射依據建構檔案提供的二維層資料，定位與聚焦讓粉末熔融。緊接著建構基板向下移動一層，沉積第二層粉末，並重複進行鋪設粉末層程序，直到零件完全建構為止。

建構完成後，多餘的粉末會被刷除，不過仍密封在系統內部。運載零件的建構基板，之後可能會由系統取出，準備使用後加工技術進行精加工。大部分金屬零件會使用線切割技術從建構基板卸下，之後可能需要表面精加工及熱處理。加工用於添加螺紋，並應用於需要高公差的區域。

其中最大的挑戰為何？您最引以為傲的是什麼？

R1 是令人驚訝的先進賽艇，突破技術極限，真的是「全速創新」，及時製造最佳零件參與美洲盃賽事。其中的挑戰非常巨大，我們就像是在打造高性能賽車一樣，存在許多設計變更、嚴苛的時限要求，以及快速生產各種零件，以便趕上早已確定的競賽日期。我對大家克服挑戰的方式感到驕傲，所有人發揮團隊合作精神，實現各種突破成果，提升賽艇性能，並透過 Land Rover BAR 團隊的工作成果，訓練及教育未來的工程師。

如需更多資訊，請造訪我們的網站

[www.renishaw.com.tw/racetoinnovate](http://www.renishaw.com.tw/racetoinnovate)