

普利司通 (Bridgestone) 哥斯大黎加廠： 以實驗設計獲得掌控

普利司通公司 (Bridgestone，以下稱普利司通) 為全球最大的輪胎和橡膠公司，在世界各地生產使用於各種用途的輪胎，其產品在超過 150 個國家和地區販售。該公司位於哥斯大黎加的工廠，每天生產 12,000 個輪胎供應中美洲和加勒比海地區 23 個市場，並且雇用超過 1,000 名員工。但是該處廠房面臨兩項挑戰：取得符合美國運輸部法規的新輪胎認證，並且克服工廠內限制輕型卡車輪胎生產的瓶頸。六標準差黑帶 Kenneth Quirós Acuña 著手進行一項專案，如果成功就能解決這兩項挑戰。他和他的專案團隊使用 Minitab 統計軟體確認同時影響生產和認證測試的關鍵因素，設計實驗來尋找這些因素的最佳設定，並且建立模型讓公司使用，用更快的速度生產和認證更多輪胎。

挑戰

當工廠內的工程師仔細檢查產能增加的方式，他們發現生產的主要瓶頸是缺乏胎紋。工廠擁有兩種類型的胎紋製造機器：以單一物件製造胎紋的擠壓機，以及以擠壓許多小條帶製成胎紋的輪胎花紋機。

輪胎花紋機利用率偏低，但是當生產出的輪胎無法符合



Bridgestone 哥斯大黎加廠的專案團隊使用 Minitab 統計軟體，增加產能並且更有效率地認證新輪胎。

認證要求，便讓人產生不想使用該機台的想法。

工廠管理階層認為使用輪胎花紋機做出合格的輕型卡車輪胎十分困難，當中包含許多步驟和複雜的變數，例如進料速度和遞增寬度。設定機器非常困難，Quirós 表示“使用花紋機生產胎紋並不容易，因為你必須找出各種因素的正確結合。生產良好胎面的進料速度、滾筒速度、擠壓速度及其它所有因素皆處於平衡。”

Quirós 與他的團隊意識到，在製造輪胎的過程中有許多步驟與許多潛在因素，他首先必須縮減建立管理專案的重點。當我們仔細檢查不同因素組



普利司通 哥斯大黎加廠

概述

全球最大的橡膠和輪胎製造商，哥斯大黎加廠每天生產 12,000 個輪胎，產品行銷到 150 多個國家

品質的挑戰

提高廠房產能與更快取得新輪胎認證

使用的產品

Minitab®統計軟體

結果

初期專案節省美金 \$74,200

優化輪胎胎面花紋製程

節省 250 萬美金的機會成本

合，就更加理解為何我們有輪胎花紋機的問題，我們意識到百分之80的問題牽涉到特定的輪胎認證測試”。

輪胎是按照嚴格的技術規範所建造與固化。如果輪胎通過初步建造與固化測試，接著會進行美國運輸部要求的其它測試。評估因素包括滾筒寬度、邊牆位置和寬度、條帶胎面外觀、胎體層偏斜、線性速度、滾筒橫向速度等等。

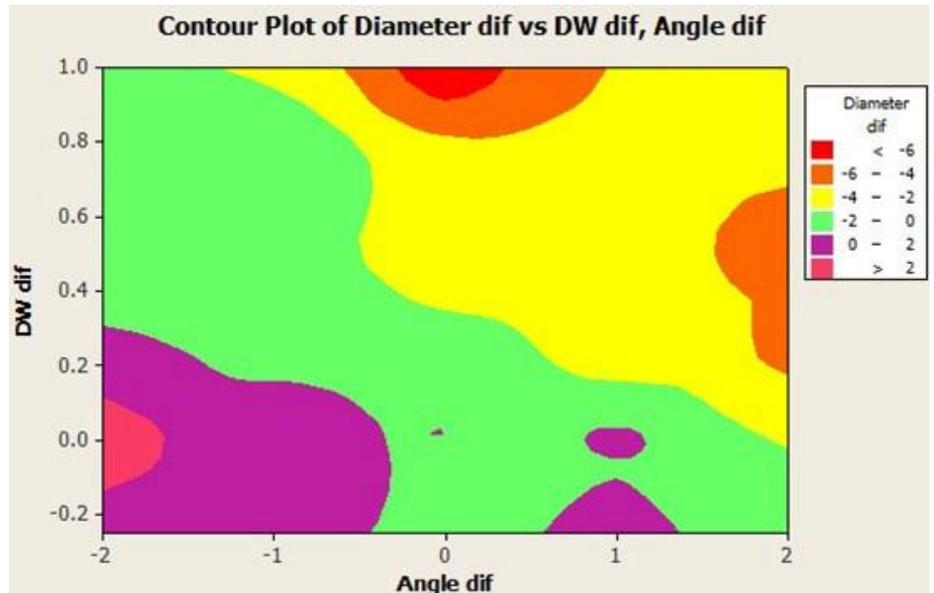
符合這些規格的輪胎繼續進行柱塞測試，於此強行將圓形柱塞放進充氣輪胎的胎面中心。測試員測量滲透輪胎或是接觸輪胎輪圈表面所需的能量。哥斯大黎加廠房的條帶胎面輪胎不符合這些準則。

Quirós 說明“某些測試有一些彈性，但是未通過柱塞測試的輪胎無法取得認證，因此那是我們努力的重點。我們著手建造一個模型，讓輪胎可以通過柱塞測試的規範，而不妨礙它們在其它測試的性能。”

Minitab 如何協助客戶

首先，團隊成員根據認證的重要性，將輪胎生產過程中的變數進行排序。初步分析後，團隊優先對四項因素做進一步研究。然而，他們必須確保為了通過塞柱測試而改變的因素設定，不會對其它認證測試的輪胎性能造成負面影響。

Quirós 解釋：“最重要的測試之一是直徑，所以我們必須先理解那四項因素是否會影響直徑。如果有影響，我們的模型必須解釋原因。”經過對於四項因素及輪胎直徑資料進行多元



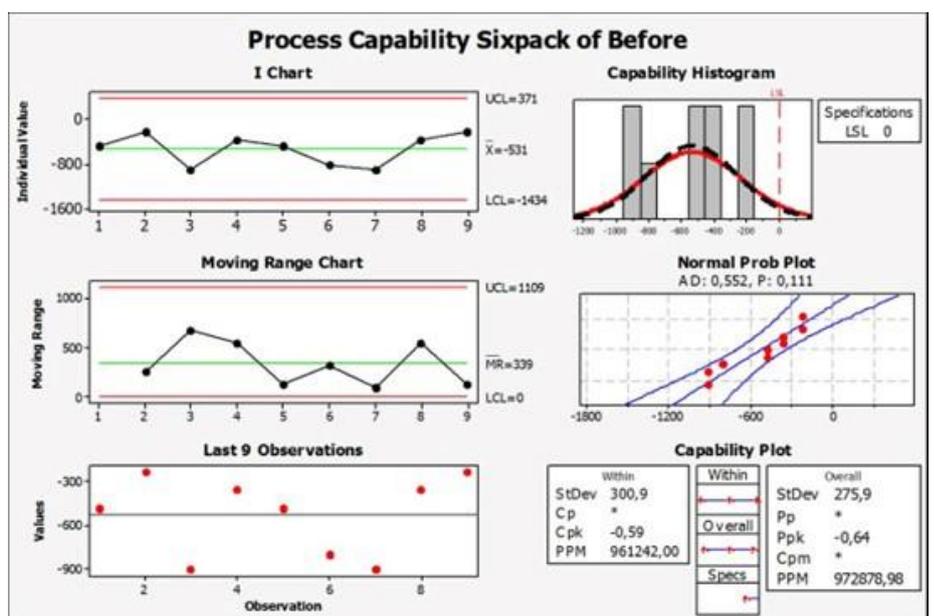
Minitab 的等高線圖，使得 Quirós 和他的團隊調查輪胎花紋的變數和成品輪胎直徑之間的關係變得更容易。

迴歸分析，團隊發現最重要的因素是角度和重量。”因此我們的模型中，這些輸入值會有限制條件，並且我們能夠得出適當安排這些輸入值的方程式。”

現在 Quirós 使用 Minitab 設計的實驗工具來快速且有效率地收集建立模型所需的資料。他指出“由於輪胎測試是一種破壞性程序，實驗運作十分昂貴，但是實驗的設計讓我們

能夠同時使用最少次的運算來研究多種變數，因此有足夠的資料並得到可靠的結果，毋須浪費時間和資源收集更多的資料。”他選擇 2 水平因子設計，讓他評估四個關鍵流程各別輸入變數的高低設定，這樣只需運算 16 次。

於收集資料之前，團隊以 Minitab 執行測量系統分析以確保收集到有效的資料。他們也使用 Minitab 的製程能力



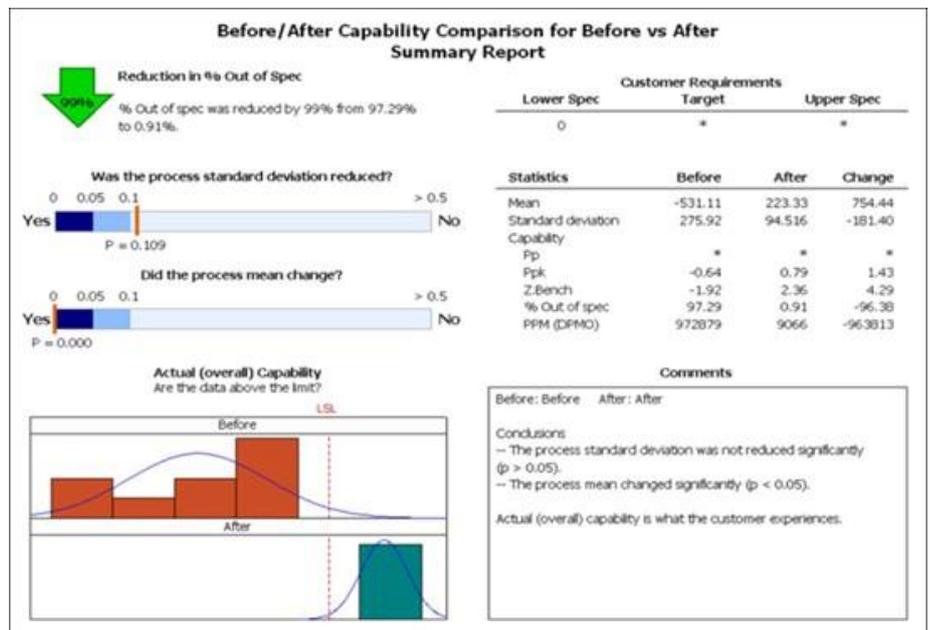
當團隊使用 Minitab 的製程能力 Sixpack™ 檢查工廠的輪胎條帶花紋機器，他們發現當製程處於穩定時，如同極低的 Ppk 和 Cpk 數值所顯示，符合認證標準的能力不足。

Sixpack™，評估輪胎條帶花紋製程的基礎能力。結果顯示，儘管製程是穩定的，但是製程能力不足以符合認證標準。現在他們已準備好生產 16 個實驗輪胎，並安排通過認證測試，包括直徑和柱塞測試。

當 Quirós 和他的團隊在 Minitab 分析實驗資料，結果顯示，所有四項因素以及它們之間的交互作用，對於柱塞測試的結果具有顯著影響。這是很具有幫助的資訊，在沒有工具能紀錄實驗結果並幫助團隊預測各變數設定如何影響輪胎性能的狀況下，想算出精確模型將十分困難。幸運的是 Minitab 的反應值最佳化工具能做到這一點，Quirós 可以更容易進行製程參數微調以產生最佳的可能結果。他表示“使用最佳化工具協助我們達到並超越柱塞測試的目標，我們用它來建立預測模型並且定義最適輸入設定。接著我們收集更多這些設定的資料，使用 Minitab 進行多元迴歸分析與驗證這些因子設定。

結果

團隊根據這些分析結果重新定義如何利用花紋機製造輕型卡車輪胎。在新輪胎製造之前，工廠管理者會檢視最新的規格，使用先前和建議的角度及滾筒寬度數據，在試算表中用在 DOE 得到的方程式進行評估。如果數值可接受，製程中其它兩個因子的數據就會加入。



當團隊使用 Minitab 的製程能力 Sixpack™ 檢查工廠的輪胎條帶花紋機器，他們發現當製程處於穩定時，如同極低的 Ppk 和 Cpk 數值所顯示，符合認證標準的能力不足。

新模型試用在過去被證明具挑戰性的輪胎尺寸。團隊使用模型來決定有效的設定因子，接著取得一些輪胎進行新製程設定。為了驗證結果，他們採用 Minitab Assistant 的能力分析工具。他們也製作之前和之後的管制圖，顯示出新模型如何顯著提升輪胎在柱塞測試中的表現。

Quirós 表示“我們達到應有的成果，每當改變一個參數的水準並再次進行測試，平均數非常接近模型的預測。結果十分完美，我們現在已超越柱塞測試的目標”。

使用新模型很快地也擴大至其他輪胎尺寸。然後，該模型應用到不同尺寸的輕型卡車輪胎，有一款輪胎條帶花紋在先前未通過認證。這一次，首次測

試之後流程是合格的。此後，Quirós 和他的團隊也將該模型成功地應用到農業輪胎。

專案的成功提高了哥斯大黎加廠的產能，節省數百萬美金並且達到超過 2 百萬美金的機會成本。Quirós 表示“現在我們可以使用輪胎條帶花紋製程製造更多輪胎花紋，因此我可以製造更多輪胎。他指出，專案的效益超越了財務績效 (bottom line)。”六標準差方法論可以改變一個組織，甚至少量節省的專案可以為公司帶來巨大的影響。它改變了與你一起工作員工的文化，他們看到資料分析是多麼實用，並且使用例如 Minitab 的工具非常有益於檢視每天的資料。現在當問題出現時，工廠內的員工會提出“我們如何可以使用統計資料來解決這些問題？”