

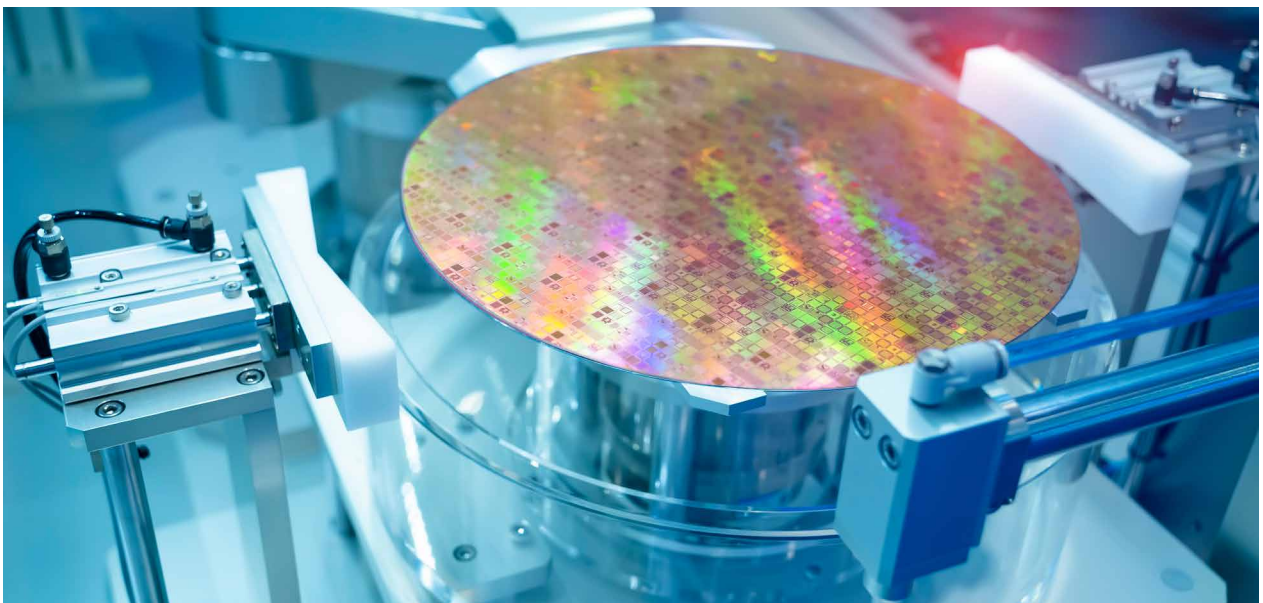
# 如何有效減少加工廢品率和進行資源分配 - Renishaw 循環測試儀

我們日常使用的玻璃杯等容器由二氧化矽（SiO<sub>2</sub>）及多種成份而成。而石英（石英砂），則是一種二氧化矽純度極高的礦物質，僅含極微量金屬物，外表與普通玻璃分別不大，但具有一般玻璃無法提供的特性和優點，包括耐熱、超強抗化學侵蝕特性、低膨脹系數等，故廣泛被用作製造各種用於半導體製程的載具和零組件。石英是昂貴的原材料，如何在生產載具過程中有效降低廢品率是廠商必須面臨的挑戰。通過採用 Renishaw QC20 循環測試儀為其生產設備進行預防性維護，大幅減少廢品率。

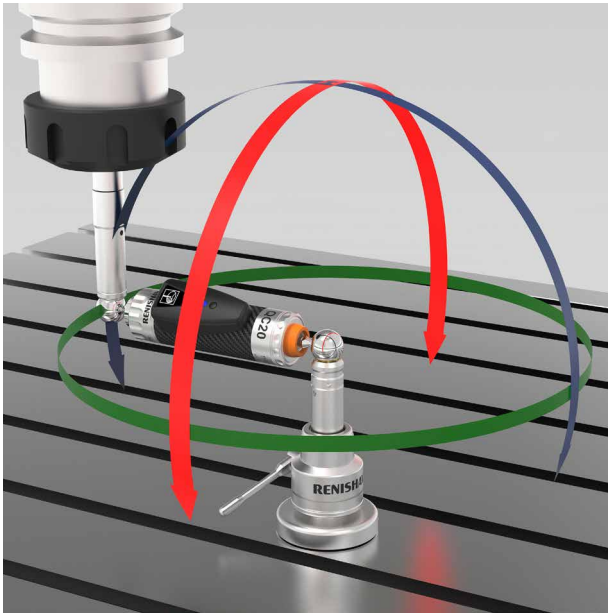
石英的特性十分獨特，以它製成的「玻璃」載具或零件的軟化點高達 1700°C，極低的熱膨脹系數同時也促使它在溫度變化頻繁的環境下仍能維持其穩定性。這些特性都是在半導體製程嚴苛的環境下工作所必須具備的。典型例子有石英爐管，它是半導體晶圓廠內相當重要的模組件，主要用途是保護晶圓不被高溫下爐管可能產生的金屬所污染；一般又區分為外管及內管，外管是將爐體與加熱燈絲路隔絕，是第一層的保護，內管與外管相距約十餘公分，中間以氣體隔絕，讓晶圓能夠有第二層的保護。除了石英爐管，還有各式各樣用石英做成的載具和組件，包括承載晶圓的石英舟和石英塔，以及相關零件石英環、石英槽等等。

## 業界面臨的挑戰

半導體載具和零件的形狀五花八門，是高度客製化的產品，更換週期從 3 個月到 1 年不等，是半導體製程不可或缺的耗材。隨著晶圓越做越薄，相關載具的品質尤其重要。廠商因應客戶要求透過工具機、雷射切割機等生產設備進行加工，在載具表面必須透明情況下則需要利用水刀切割機加工。一些複雜形狀的載具更需要富經驗的技師把不同組件用人手焊接起來。廠商以往都是採用一些如千分錶、量尺、角尺等簡單工具替生產設備進行維護，每當碰到機器故障時僅憑技術員的經驗嘗試找出問題源頭。尋找設備原廠的協助是另一個可行的解決問題，不過有時候等候零件很費時，而且成本不菲，因此如何減少停機時間從而降低廢品率的需要解決的問題。



## 循圓測試儀的工作原理



QC20 循圓測試儀本體像是一個高精度伸縮式線性感測器，每端各有一個精密球，分別固定在兩個精密磁力碗座上，以評估任意兩軸之間的循圓軌跡變化。工作時一個磁力碗座安裝在機器運動平台上，另一個安裝在機台的主軸上。機器運行預先設定的圓軌跡，一次性執行三個平面，包括一個全圓和兩個部份圓弧，循圓測試儀能夠測量半徑的微小變化。理論上，如果機器的定位性能處於完美狀態時，運行出來的實際圓一定會與設定圓的軌跡互相吻合，通過把兩者軌跡進行比較和數據分析，則將獲得工具的總體評估數據。

客戶在軟體中可根據各種國際標準（例如 GB 17421-4、ISO 230-4、ASME B5.54）對數據進行分析後生成報告。報告中以直觀圖表提供多達 19 項特定工具機位置誤差的自動診斷，如反向間隙、垂直度、真直度、中心偏置等誤差。同時軟體詳細列出每項誤差對工具機的影響進行排序，讓維護人員快速找出機器問題後進行針對性維護。廠商只需要根據循圓測試儀報告的分析數據就能速度找到誤差的源頭，不需要再憑經驗評估誤差來源。

## 減少廢品率，分配工作到合適的加工設備

Renishaw QC20 循圓測試儀的功能就是為機器提供系統性的維護方案，不但能迅速找出故障源頭，同時也能診斷機器潛在的健康問題。廠商一般需要每半年進行一次預防性維護，每台設備包括架設時間僅用上十分鐘就能完成檢測。

在使用循圓測試儀後整體的廢器率平均減少了超過 5%，這都是做了預防性維護工作的成果，要知道石英這種昂貴材料在載具產品成本的比例不低，成本的下降意味著利潤和競爭力的提升。另一應用層面就是通過循圓測試儀在每台加工設備進行分析，得出報告後以整體性能效率素把設備分成不同精度等級類別，方便我們在接到訂單後有系統地把工作分配到合適的設備，從而提升整體生產效率。

事實上廠商很多時候都因為不了解個別設備的性能效率，在工作分配時往往出現資源錯配情況；把要求高品質的工作分配到精度原本就不高的設備，或是緊急的訂單分配到效率較低的設備，而循圓測試儀正好提供這方面的數據，協助客戶充分了解實際產能以發揮生產線最大的優勢。

另一方面這些數據也能有效協助廠商更準確估算生產時間，在短時間內針對客戶訂單定出最佳生產計劃從而減少交貨期的延誤。再者循圓測試儀提供多項符合國際標準的性能測試報告，大大增強客戶在洽談訂單時對廠商的信心。



以下是一個石英載具和零件生產商使用 QC20 循環測試儀的案例。以往他們的工件加工不合格率高達 5%，廠商通過 QC20 找出機器的誤差源及進行針對性的預防性維護，工件不合格率大幅下降。通過 Renishaw QC20 計算器的計算，我們可預估廠商每年可節省因產出不合格件所帶來的額外成本約 USD 32,120,000。

| Renishaw 循環測試儀成本回收計算器 (基於機台產出不合格件)                            |                |     |            |       |
|---------------------------------------------------------------|----------------|-----|------------|-------|
| 1                                                             | 廠內加工機台數量       |     | 80         |       |
| 2                                                             | 機台每小時產值        | USD | 1,000      | / 每小時 |
| 3                                                             | 加工件平均價值        | USD | 400        |       |
| 4                                                             | 機台每小時產出多少工件    |     | 3          | / 每小時 |
| 5                                                             | 一天總加工時數        |     | 10         | 小時    |
| 6                                                             | 一年工作天數         |     | 365        | 天     |
| 7                                                             | 因機台誤差產生的工件不合格率 |     | 5          | %     |
| 若定期使用循環測試儀確認加工機台精度，可消除該項成本 (上述計算還不含重工成本，在許多情況下，重工成本甚至大於工件價值)。 |                |     |            |       |
| 使用循環測試儀可為您節省                                                  |                | USD | 32,120,000 | 每年    |

計算方程式:

$$[(1 \text{ 廠內加工機台數量} \times 5 \text{ 機台每小時產值 (USD)} \times 6 \text{ 一天總加工時數}) + (4 \text{ 加工件平均價值 (USD)} \times 3 \text{ 機台每小時產出多少工件}) \times 7 \text{ 因機台誤差產生的工件不合格率} \%] / 100$$

使用循環測試儀每年可為您節省 = USD

若定期使用循環測試儀確認加工機台精度，可消除該項成本 (上述計算還不含重工成本，在許多情況下，重工成本甚至大於工件價值)。

註: 點擊以下連結前往 Renishaw QC20 計算器，輸入相關數據以預估循環測試儀可為您節省多少成本。

除了工件不合格率，機台停機也是導致成本上漲的另一因素。循環測試儀可快速診斷機台健康狀況從而減少機台停機的次數。根據過去眾多客戶的使用經驗，通過循環測試儀進行預防性維護可為用戶節省 70% 左右因停機所產生的損失金額的成本，在有些案例甚至更多。在這案例中，廠商每年平均會發生 120 次停機事

件，(即平均每月每台設備停機維修的次數約為 0.125 次)，而每台機台平均停機時間為 36 小時。通過 Renishaw QC20 計算器預估用戶因停機所產生的損失金額約為 USD 4,320,000，換句話說可為用戶節省約 USD 3,024,000。

| Renishaw 循環測試儀成本回收計算器 (基於機台停機)                                          |                 |     |           |       |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----|-----------|-------|
| 1                                                                       | 廠內加工機台數量        |     | 80        |       |
| 2                                                                       | 機台每小時產值         | USD | 1,000     | / 每小時 |
| 3                                                                       | 每月每台機台平均停機維修的次數 |     | 0.125     |       |
| 4                                                                       | 每台機台每次平均停機的時間   |     | 36        | / 每小時 |
| 5                                                                       | 因停機產生的損失        |     | 4,320,000 | 小時    |
| 循環測試儀可快速診斷機台健康狀況，提前預知機台失效，根據過去眾多客戶使用經驗，這項好處可為客戶節省 70% 左右的成本 (在有些案例甚至更多) |                 |     |           |       |
| 使用循環測試儀可為您節省                                                            |                 | USD | 3,024,000 | 每年    |

註: 點擊以下連結前往 Renishaw QC20 計算器，輸入相關數據以預估循環測試儀可為您節省多少成本。

## QC20 循圓測試儀測試報告

客戶通過 QC20 循圓測試儀對廠內所有機台進行測試。以下是其中一台機器的測試報告：

圖 1 在報告 < Percentages > 分頁中顯示了循圓測試儀進行圓弧運動的軌跡，同時把機台最主要的誤差數據以所佔整體誤差百分比逐一列出，包括反向間隙 Y、反向間隙 X、比例不符、垂直度和反向脈沖 Y。當中可看到機台的 Y 和 X 方向反向間隙誤差比較嚴重，分別各佔整體誤差 29% 和 23%。

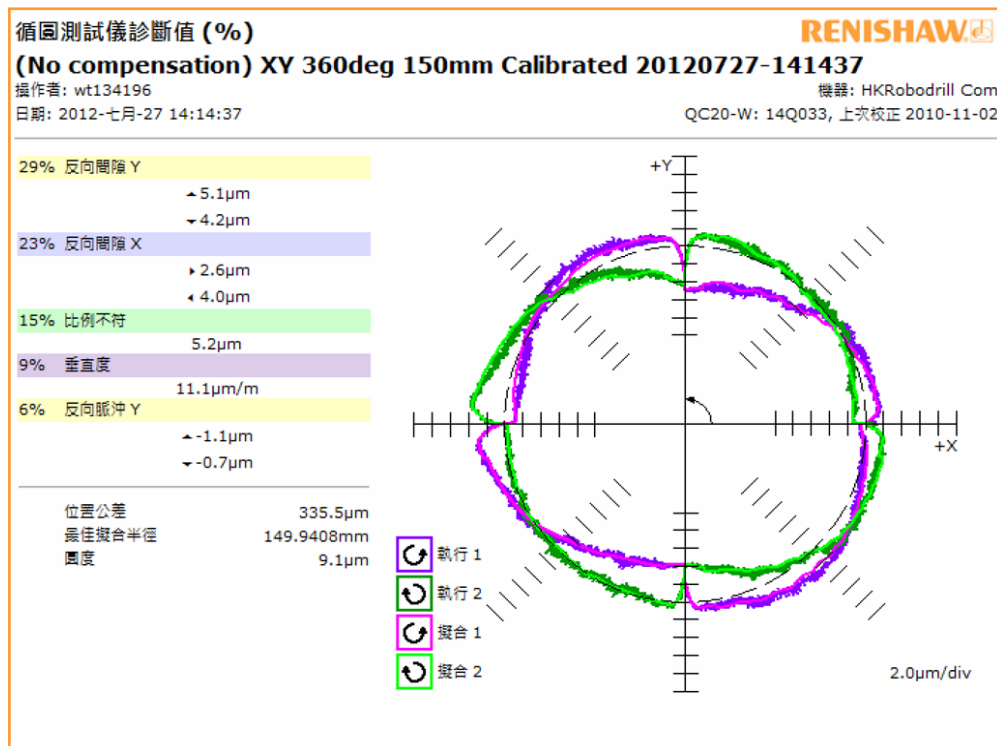


圖 1

圖 2 在 < Values > 分頁進一步把機台主要和其他次要的誤差數據值一併列出。

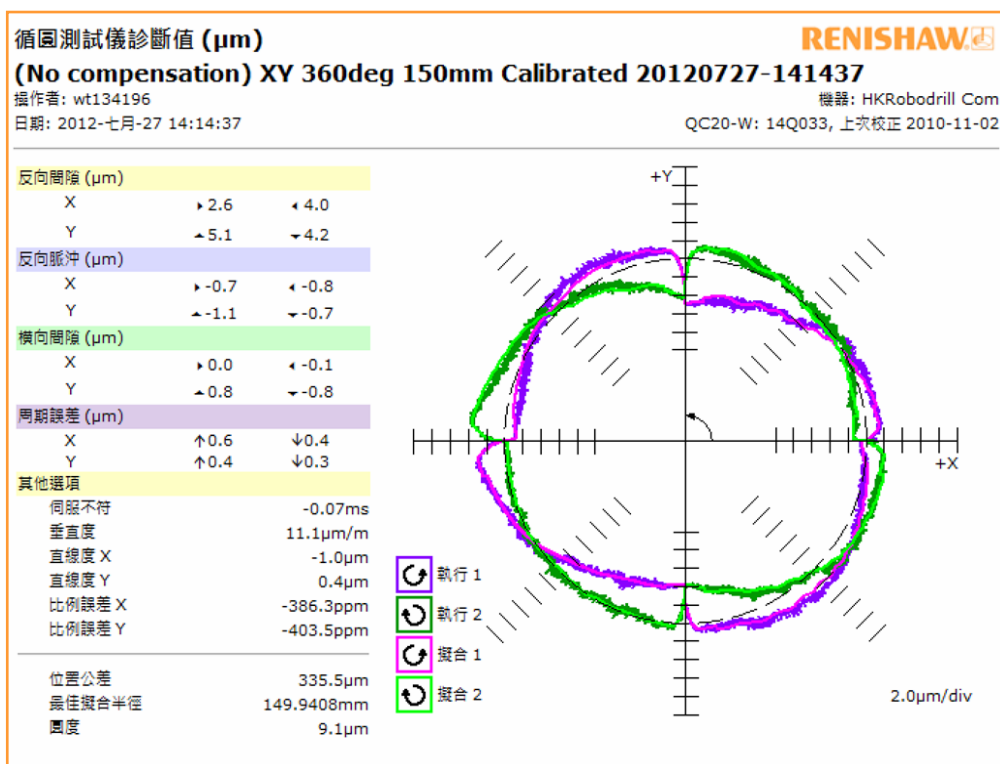


圖 2

根據報告上的誤差數據，客戶對控制器進行了參數補償，圖 3 是補償後再次通過循圓測試儀進行測試的報告。

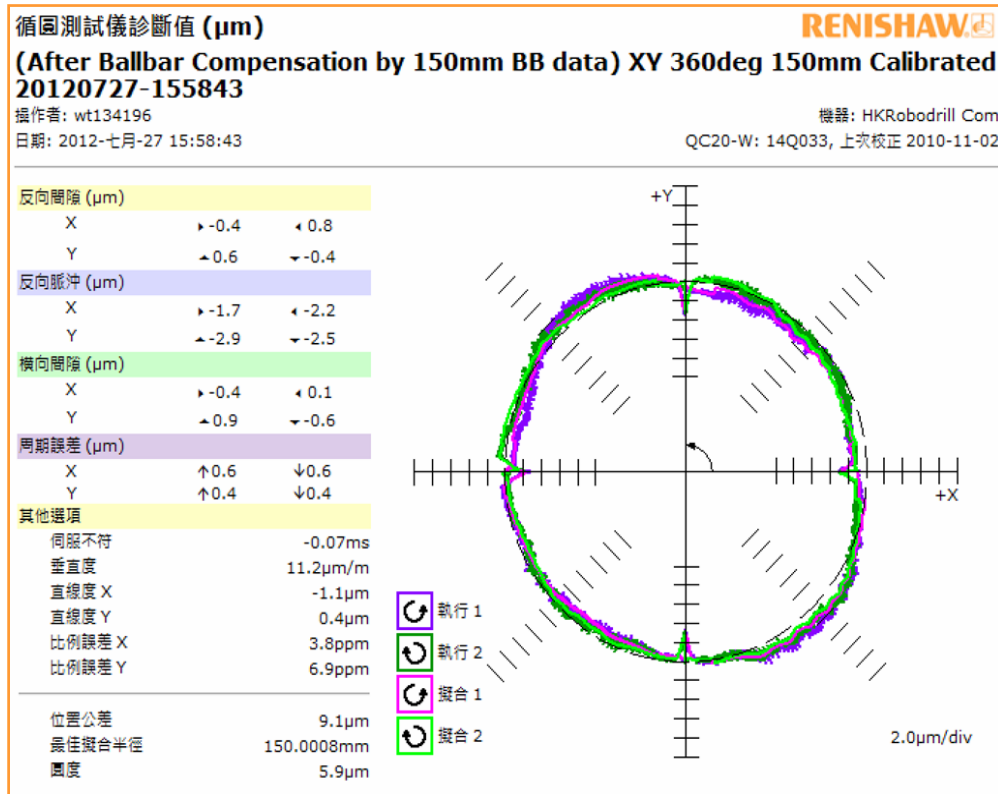


圖 3

圖 4 是機台在補償前後通過循圓測試儀的測試數據對比。數據顯示相關誤差都得到明顯的改善，圖形的圓度也較補償前的更圓，順時針和逆時針方向的軌跡也更吻合。

|           |   | 補償前  |      | 補償後  |      |
|-----------|---|------|------|------|------|
| 反向間隙 (μm) | X | 2.6  | 4.0  | -0.4 | 0.8  |
|           | Y | 5.1  | 4.2  | 0.6  | -0.4 |
| 反向脈沖 (μm) | X | -0.7 | -0.8 | -1.7 | -2.2 |
|           | Y | -1.1 | -0.7 | -2.9 | -2.5 |
| 橫向間隙 (μm) | X | 0.0  | -0.1 | -0.4 | 0.1  |
|           | Y | 0.8  | -0.8 | 0.9  | -0.6 |
| 周期誤差 (μm) | X | 0.6  | 0.4  | 0.6  | 0.6  |
|           | Y | 0.4  | 0.3  | 0.4  | 0.4  |

|         |   | 補償前         | 補償後         |
|---------|---|-------------|-------------|
| 伺服不符    |   | -0.07 ms    | -0.07 ms    |
| 垂直度     |   | 11.1 μm /m  | 11.2 μm/m   |
| 真直度     | X | -1.0 μm     | -1.1 μm     |
|         | Y | 0.4 μm      | 0.4 μm      |
| 比例誤差    | X | -386.3 ppm  | 3.8 ppm     |
|         | Y | -403.5 ppm  | 6.9 ppm     |
| 位置公差    |   | 335.5 um    | 9.1 um      |
| 最佳擬合半徑性 |   | 149.9408 mm | 150.0008 mm |
| 圓度      |   | 9.1 μm      | 5.9 μm      |

圖 4

Ballbar 20 軟體所擷取的資料能以各種國際標準顯示與分析（例如 ISO 230-4、ANSI B5.54 等），亦可使用全方位的 Renishaw 分析格式。用戶可參考圖 5 所列出的不同典型測試圖以知悉機台出現所對應的誤差類別。通過點擊報告上的誤差源，軟體內建的相關解說和建議對策頁面將自動打開，讓用戶可藉此了解誤差出現的原因，以及針對不同誤差源為用戶提供修正建議，對機台進行診斷和校正。另外除了圖形軌跡顯示，Ballbar 20 軟體還可以根據其對總體機器精度的影響，對診斷的誤差進行分級，與位置公差值一起清楚地顯示。

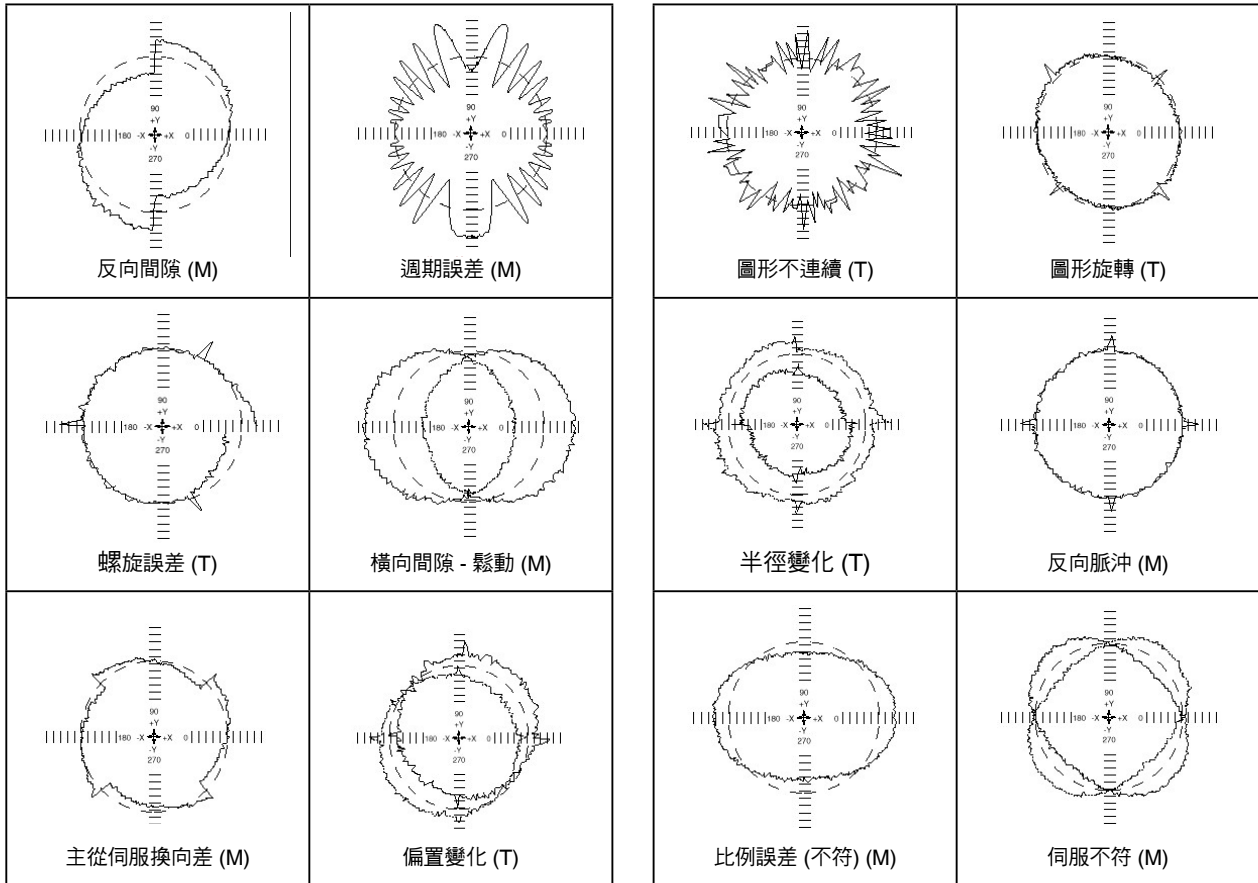


圖 5

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



#renishaw

+886 (4) 2460 3799

 [taiwan@renishaw.com](mailto:taiwan@renishaw.com)

© 2023 Renishaw plc 保留所有權利。未經 Renishaw 事先書面同意，不得複製或再製本文件之一部分或全部，或以任何方式轉移至任何其他媒體或語言。

RENISHAW® 及測頭標誌為 Renishaw plc 註冊商標。Renishaw 產品名稱、命名及「apply innovation」標記為 Renishaw plc 或其子公司商標。其他品牌、產品或公司名稱為各自所有者的商標。

儘管本公司於發布本文件時已盡相當之努力驗證其正確性，於法律允許範圍內，本公司概不接納以任何方式產生之擔保、條件、聲明及賠償責任。RENISHAW 保留對本文件及設備、和／或本文所述軟體及規格進行變更之權利，恕不另行通知。

Renishaw plc 於英格蘭及威爾斯註冊登記。公司編號：1106260。註冊辦公室：New Mills, Wotton-under-Edge, Glos, GL12 8JR, UK。

發布日期：01.2023