



# 雷射超音波 於管件瑕疵檢測應用

Defect Detection of Pipe Structure  
with Using Laser Ultrasonic

黃光瑤

工研院南分院  
積層製造與雷射應用中心  
雷射應用系統部

## 關鍵詞(Keywords)

- 雷射超音波 Laser ultrasonic
- 非破壞性 Non destructive
- B 掃描影像 B-scan image

## 摘要(Abstract)

以脈衝雷射激發物體產生超音波之超音波檢測技術，藉由超音波訊號作為檢測物體內部資訊的方法，可以在不破壞物體的情況下獲得非透明材質表面底下的資訊。以雷射作為超音波之激發源可以配合使用掃描模組，達成快速掃描的優點，同時可以配合雷射參數的調整，使產生不同特性的超音波，使用上功能性將更具彈性。而全

光學的架構可以達成非接觸式的優點，可應用於輸油鋼管高溫製造時之即時缺陷監控。

The laser-induced ultrasonics technique could be used to obtain the internal information of the testing object in nondestructive condition. The caught ultrasonic signals could be processed to obtain the information of probed object. Laser ultrasonics inspection also could be combined with scan-head module to be scanning laser ultrasonics equipment with the characterizations of fast and flexible measurement. The all-optic system could achieve the non-contact characterization that was suitable to be a real-time monitor system for steel pipe production line.



## 1. 前言

能源的開發是工業發展的命脈，而隨著新興國家經濟陸續的崛起，能源需求與日俱增，目前的主力能源以石油為主，各國持續投入資源進行石油原油的開採，因此對於輸油鋼管的需求相當龐大。以經濟發展迅速的中國為例，根據中國大陸「十二五」計畫，預計於中國境內鋪設多條輸油和天然氣鋼構管路[1]，其所需要的鋼管統計數量如圖 1 所示，從 2009 年至 2015 年總共需要鋪設 9.5 萬公里，每公里的建設費用為 650 萬人民幣，鋼管材料佔建設費用的 2.5%，因此至 2015 年為止，中國大陸石油和天然氣輸送鋼管材料市場總產值為 1,543 億人民幣，對於台灣鋼鐵製造產業而言，是一重要的輸出標的。

而石油在輸送或開採時，鋼管內壁通常會承受相當大的壓力，因此對於鋼管的焊接品質有極高的要求，為此輸油鋼管製造後的缺陷監控需求就因應而生。目前鋼管的缺陷檢測以傳統接觸式超音波和渦電流為主要檢測的方法，渦電流因檢測深度較淺，約 5 - 6 毫米左右，只適合應用於小尺寸鋼管；大尺寸鋼管必須以超音波檢測其焊道的內部缺陷。根據國內鋼鐵廠提供的資料顯示，以直徑 13 英吋的鋼管為例，壁厚為 13 毫米，因為超過渦電流可以檢測的範圍，必須使用超音波檢測。傳統超音波的檢測方式通常為手持式裝置或自動化移動一維掃描探頭為主，檢測時直接貼附於鋼管上，並且需不斷注入水流於探頭與鋼管之間，才能維持良好的超音波耦合效率，也因此檢測站必須設在鋼管於焊接後降至常溫的位置。圖 2 為有縫鋼管的製作流程，會先以整捲的鋼板

當作材料，經過特殊設計的轉輪，使鋼板可以逐漸捲曲，最後捲成圓柱狀，經高週波預熱加熱，使鋼板達到 1000 °C 以上，進而直接熔融焊接，焊接點的後端會有一內外壁的刮刀，將多餘的焊接結塊殘留物去除，後端以中週波回火降溫至 800 °C，此時缺陷的形狀和尺寸皆已固定不會再改變，而之後則是空氣冷卻自然回溫。而檢測站為設置在常溫的位置，距離焊接點距離約 50 - 60 公尺，此時若檢測出有 0.8 毫米以上的微缺陷，必須立即停止鋼管焊接，調整焊接參數，而中間這 50 - 60 公尺的鋼管可能都無法符合作為輸油鋼管的標準，所以會分類至較低價值的次級品。若能在約 800 °C 中週波回火的位置設置檢測站，其缺陷的尺寸形狀皆已固定，且距離焊接點只約為 5~6 公尺，可以大幅縮減因需調整參數而浪費的材料，但此時溫度為 800 °C 左右，高於接觸式超音波探頭可以承受的最高溫度 500 °C，勢必需要一非接觸式的檢測方法，此時雷射超音波即突顯出其高溫檢測應用的優勢。

此外全光學式的雷射超音波檢測架構可以提供更快的掃描速度，使產線生產速度與檢測速度獲得良好的匹配，以直徑 13 英吋的有縫鋼管製作為例，其生產速度為 40 m/min，而接觸式超音波的檢測速度約 6 m/min，與生產速度與檢測速度無法有效匹配，若能改善提升掃描速度，可以幫助提升產能和效率，以雷射超音波大廠 Intelligent Optical System (IOS) 生產的檢測設備為例[2]，其檢測速度可達 300 m/min，遠高於鋼管的生產速度，足以與鋼管的生產速度匹配，可以提供線上即時的缺陷監控，大幅提升生產效率。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】359期・102年2月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：[www.automan.tw](http://www.automan.tw)