

淺談車用雷達特性之量測

引言

汽車與我們的生活密不可分，更與我們的人身安全息息相關。眾所周知，全自動駕駛汽車會在不久的將來進入我們的生活。這不僅僅是技術上的突破，更為人類帶來巨大的便利。

試想，當路況變的更加安全順暢，當視障人士也能夠駕車出行，當每天不再有各種不幸的交通事故發生，這正是發展全自動駕駛技術所期待的願景。

然而，全自動駕駛技術的真正實現還有賴於多種關鍵性技術的最終完善。車用雷達技術就是其中之一。而車用雷達特性之量測技術又直接與雷達技術的發展及完善相關聯。本文僅從射頻量測技術角度探討其中的若干要點與細節。

雷達目標模擬

安裝於車輛前方的所謂前向雷達主要是用於偵測與前方車輛的相對距離及相對速度，以利駕駛控制單元隨時保證適當的行駛速度，抑或執行煞車甚至緊急制動，避免交通事故發生。

距離及速度偵測結果的精準度是重要的雷達特性之一。而偵測結果的更新速度則是評判雷達之具體應用的一項指標。從產品研發角度來看，首先需要確定雷達是否能夠偵測到前方位於某一特定距離的物體，即障礙物。這是量測雷達接收機的靈敏度。在靈敏度滿足設計要求的條件下，需要確定雷達所偵測到的與前方相對靜止的障礙物之間距離的精準度是否符合設計要求。鑒於目前對於雷達測距的要求，通常在一個有一百多公尺長度的相對空曠的場地便可以進行實際量測。不過，相對距離的量測只是第一步，而且是相對容易的一步。困難的是如何量測相對速度。

在簡易實驗室環境下，可以利用擾動產生都卜勒頻率變化，從而模擬相對速度。但是，這種方法只適用於定性判斷，也就是判斷雷達是否能夠偵測到都卜勒頻率變化。

另外一種方法是路測，亦即將雷達安裝在實驗車的預先設計的位置上，然後，開車到特定的路段進行量測。這裡有幾個問題需要事先詳細考慮。第一，如果是一般路段，由於沒有車輛行駛限制，無法對路況進行設定，以致於在測試過程中常常會出現意想不到的情況。不僅如此，實驗車與其他車輛之間的相對速度需要進行估算。當然，利用第二輛實驗車，並且以固定的速度行駛，似乎可以解決需要估算相對速度的問題，不過，在一般路段上能夠允許在相對較長的時間內都是以固定的速度行駛，而且不會受到其他車輛的妨礙，是非常不容易的。

此外，這樣的測試條件也是很難重複實現的。第二，雖然有些實驗室或駕校提供沒有其他車輛妨礙的場地，租金通常都不低。就算場地租金的高低不是問題，藉由雷達偵測到的相對速度之精準度將完全依賴於實驗車行駛速度的讀取。當然，這樣的測試條件很難在產品的整個研發階段都得到滿足，而一般會是在產品正式量產前進行有限次數的實景測試，以驗證在實驗室環境下量測結果的可信度。

由此可見，實驗室測試過程是必不可少的。

接下來的問題是，實驗室測試環境應該是甚麼樣的？

首先，量測儀器要能夠將至少上百米相對距離的需求縮小到幾米的空間內。利用延遲線的方法可以十分精準地滿足這一要求。不過，由於延遲線通常都是長度固定的，儘管通過組合的方式可以提高長度變化的範圍，顯然這種方法的局限性在於無法任意改變相對距離。

不僅如此，使用延遲線也很難達到實現相對速度變化的需求。當然，延遲線的方法是可以利用在產線量測的，因為在產線上出貨率是關鍵，要儘量減少不必要的量測參數，通常只會對於單一固定的相對距離之精確度進行核准。

為了能夠有效地實現動態量測的需求，數位信號處理的方法應運而生。從原理上來說，時間上的滯後可以等效為空間上的距離，都卜勒頻率變化量可以等效為徑向速度。

如果加上波束成型技術，更可以實現於空間不同方向之雷達目標模擬。誠然，鑒於數位信號處理方法有賴於計算能力，因此，最短的計算時間就決定了這種方法所能模擬的最小等效距離，亦即雷達目標之相對距離。儘管有這一等效距離上的局限性，數位信號處理方法仍然不失為一種多功能的量測手段，特別是在實驗室環境下，利用先進的信號處理功能來實現各種極具挑戰性的真實場景模擬。

例如，藉由硬體迴路模擬技術將非常複雜的道路實景數位信號化，而在計算機上進一步更全面綜合地完成雷達偵測能力的最優化。不僅如此，通過改變雷達散射截面以模擬行人之雷達回波特性的，進而將雷達功能拓展至更加嚴苛的應用環境中。特別是在城區內的繁華街道上，除了必須偵測前後左右各個方向的車輛之外，當各種行人隨意走動時，如何實現人群活動偵測的準確性與可靠性，將直接涉及到雷達的適用性這一重要議題。

通常來說，不同應用的雷達有著不同的可視範圍及可視縱深。一般的前向雷達具有相對較大的可視縱深以及相對較小的可視範圍。在未來的車輛上，除了前向雷達，還需要在其他方位上安裝至少七顆雷達，以保證在水平方向上不存在盲區。

由此可見，雷達目標模擬技術必須能夠滿足未來雷達偵測技術的多元需求，不僅要有足夠的動態範圍，還要有高度的靈活性，更要有良好的可擴展性。



做為一個電子產品，車用雷達都會有防塵防水的結構。以車用前向雷達為例，其安裝位置主要是在保險槓上（如小型轎車），或是於前方直接與廠家商標徽章合為一體（如大型客車，卡車）。無論哪一個安裝位置，都會涉及到如何選擇適當材料的問題。如果是在保險槓上，為了美觀還要考慮外部塗漆的材質，因為有些漆料含有細微的金屬顆粒或晶體。任何金屬成分都會對雷達訊號產生一定的影響，這是無庸置疑的。

那麼，以非金屬材質的車標作為天線罩就不會對雷達訊號產生影響嗎？

雷達訊號是一種電磁波。

電磁學理論告訴我們，電磁波在任何兩種不同物質的交界面上都會產生反射現象。而反射波的強弱由電磁波的頻率以及這兩種物質的特性所決定。此外，電磁波在一種材質中的穿透或傳播能力也是由頻率及物質特性所決定的。

除了對於車用雷達本身的保護作用之外，雷達天線罩的最主要功能就是最大限度地降低有效電磁波能量的反射，同時，最大限度地提高有效電磁波能量的穿透。

更進一步地，未來的雷達除了需要偵測有無障礙物之外，還必須能夠判斷障礙物所在的空間方位。而空間方位之判斷正可謂“差之毫釐，謬以千里”。

具體來說，對於百公尺之外的障礙物的空間方位角度之判斷誤差為一度，將導致空間方位之判斷平移幾乎兩米。其可能的結果是，實際上不應該採取超車動作，而誤判進行加速超車，造成重大交通事故。

通常雷達天線罩會由不止一種材質組成。加上周圍的空氣，至少構成了兩種不同物質的交界面。車用雷達的工作頻率是不能任意改變的。因此，必須設法找到產生相對較弱的反射波的非金屬材質來製作雷達天線罩。

一種簡單的方法是利用一個已知的雷達產品偵測一個或多個位於某一或若干特定距離與空間角度的物體（通常是標準的角形反射器），記錄偵測結果並作為參考數值。

然後，將所有待測的被選天線罩依次擺放於雷達前方的設計位置上，分別記錄偵測到的相對距離與空間角度結果，並與參考數值進行比較。最後，藉由經驗值篩選出適合的材質。這種方法的特點是直觀，然而卻非常費時。

目前較為先進的方法是藉由射頻成像技術全面完整地分析雷達天線罩材質的射頻特性。

這種方法可以僅用數秒時間對於在雷達工作頻率範圍內材質的一致性進行量測，這一特點對於雷達天線罩的設計極其重要。它不僅解決了耗時的問題，而且其量測結果達到毫米級的精度，從而有助於分析產生上述的空間方位判斷平移之原因。更有意義的是，這種方法能夠快速檢測材質的反射及穿透特性，因此非常適合於產線上使用。



結語

車用雷達技術方興未艾。高階的自動駕駛控制更是離不開具有全天候特性的雷達技術的不斷發展與完善。

上述的車用雷達之射頻量測技術已經為實現車用雷達最佳化設計以及自動化生產奠定了關鍵的基石。