

基於網絡的PCB鑽床控制系統

本文針對印刷線路板（PCB）鑽床的運動特點，研究了運動規劃策略對其加工性能的影響，並介紹了基於網絡的PCB鑽床控制系統之基本原理、拓撲結構和工作流程；進而，本文將闡釋使用固高科技（香港）有限公司的開放式運動控制器，來開發網絡化PCB鑽床控制系統的步驟，以及調整系統參數的方法。

前言

半導體產業的急速發展，廠商對生產設備製造業的要求亦因此愈來愈高。生產設備一方面繼續提高運動控制性能，向高速高精度方向發展；另一方面則不斷提高系統可靠性和可維修性，向網絡化、集成化、節點智能化方向迅速發展。隨著自動控制、微電子技術的進步，大量智能芯片不斷出現，開發高性能運動控制器已成為工業控制領域的研究重點，而運動控制技術亦涉及多種技術，例如：大規模集成電路、經典及現代控制理論、電腦模擬與輔助設計、電機技術等，逐漸成為一門綜合技術。

固高科技開發了基於網絡的開放式運動控制器，採用 DSP + SOC 架構，以發揮 DSP 的強大運算能力，進行複雜的運動規劃、實時誤差補償、運動學動力學計算、智能自適應伺服控制，從而提升運動控制器的精度、速度和平穩性；另外，該器件還集成 PROFIBUS、SERCOS 和工業以太網等現場總線接口，方

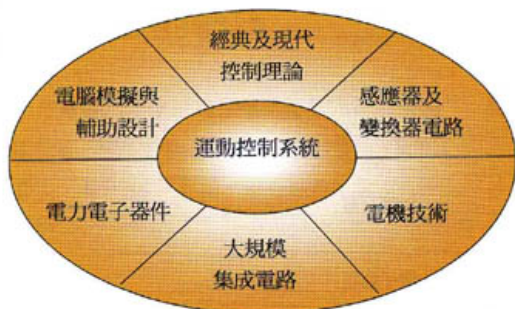
便靈活地建立基於各種現場總線的控制網絡。

基於網絡的運動控制器在工業自動化的用途廣泛，例如：電子加工設備、集成電路芯片製造設備、機器人等。

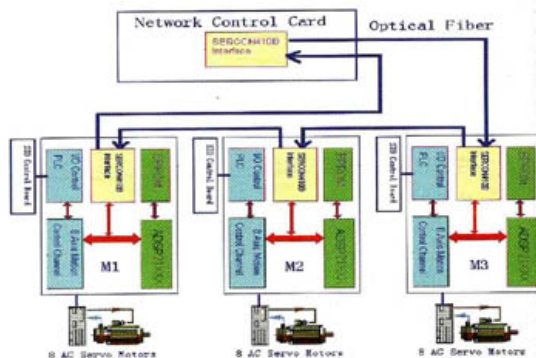
系統結構

為減少運動控制系統各模塊之間的訊號連接線，PCB鑽床一般透過現場總線集成在一起，構成分佈式控制系統，藉以簡化安裝過程、降低生產成本、節省維護開銷，以及提高系統的準確性和可靠性。

安裝了基於網絡的運動控制器，PCB鑽床便可建立基於 PROFIBUS、SERCOS 和工業以太網的控制網絡。系統各個模塊之間採用國際標準的高速現場網絡協議作為信息接口，和上位機主卡通信，完成整個控制過程。圖二顯示了基於 SERCOS 總線的網



圖一：運動控制系統的相關技術



圖二：基於網絡的PCB鑽床控制系統之拓撲結構

絡運動控制器之拓撲結構。

圖中M1、M2、M3表示網絡運動控制器，通過DSP實現八路伺服控制，集成了可編程可擴展的I/O模塊，管理PCB鑽床的各種外部邏輯狀態，以EPROM保存系統和用戶數據，並嵌入SERCOS專用芯片（SERCON410B、SERCON816等）完成通訊及驅動功能。

PCB鑽床通過光纖與中心監控電腦或其他控制節點，有效傳送訊息和控制指令，組成一個分佈式的自動化智能控制系統。由於現場總線系統的結構和接線十分簡單，方便增加新設備，減少安裝和維修的工作量，提高系統操作的可靠性。固高科技的網絡運動控制器支援包括SERCOS、PROFIBUS、工業以太網在內的多種網絡標準。

SERCOS是一種用於數碼伺服系統的開放式標準接口，亦是一種以光纖為傳輸介質的週期式網絡通訊協議，主要針對自動化系統的多軸運動控制系統而設計，能夠實現IPC、運動控制器、驅動器、傳感器和I/O口之間的實時數據通訊。SERCOS定義了伺服馬達位置、速度、力矩控制命令，能夠控制多個馬達的運動，從而使數控系統具有更開放和經濟，適合各種數控機械設備應用。

PROFIBUS是一種國際性、開放式的現場總

線，應用已相當廣泛。PROFIBUS-PA是專為過程自動化設計，可使傳感器和執行機構連結同一總線。在車間級網絡監控方面，PROFIBUS-FMS有發出指令的作用，而且通訊速度高、成本低，適合設備級控制系統與分散I/O的通訊。

PCB數控鑽床運動控制系統的設計

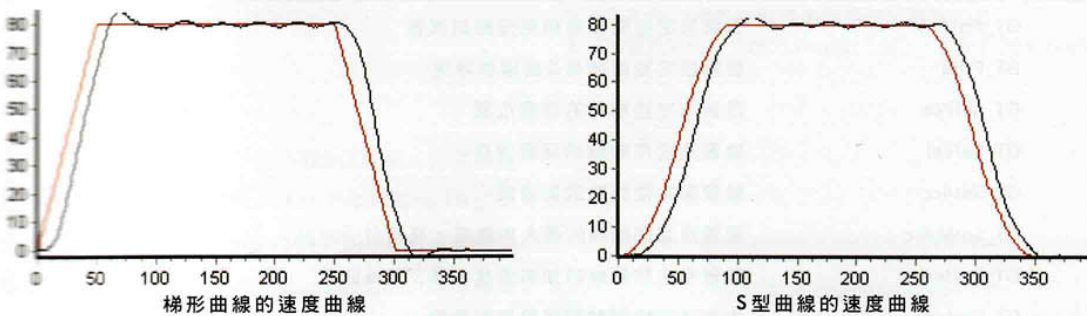
PCB鑽床的特點

PCB鑽床是一種典型的點位運動控制系統。在加工過程中，其運動規律為小距離快速起停。為了提高加工效率，一般都採用較高的加速度，以縮短運動時間，但提高系統的加速度，其到位震盪亦會隨之加劇，影響定位精度，故此需要增加床身和工作台的重量，來加強機械系統的穩定性。

另一方面，工作台加速快、質量重，增加控制困難，所以如何讓系統快速起停兼減少到位震盪，就成為PCB鑽床控制系統的核心技術。

運動規劃

PCB鑽床的加工過程，實際是能量快速累積和釋放的過程。系統需要在極短的時間累積動能，完成運動過程，並迅速釋放系統能量，盡量縮短定位時



圖三：梯形曲線和S型曲線的到位震盪特性對比

基於網絡的PCB鑽床控制系統

間，降低系統震盪，因此必須精確控制能量的累積和釋放。

雖然降低系統的加速度，有助抑制系統的到位震盪，但同時會降低 PCB 鑽床的工作效率。梯形曲線之所以令系統產生較大的震盪，因為梯形曲線本身雖然連續，但並不是連續可導，導致整個運動過程不夠光滑。如果去除梯形曲線上的不可導點，並以光滑曲線進行擬合，如拋物線、指數曲線等，將有效改善系統震盪情況，如圖三所示；因此，對於質量重、加速快的系統，應採用 S 型曲線以改善系統性能。

軟件開發步驟

一、發送數據

PCB 數據文件有自己特定的格式，必須翻譯成運動控制器所能識別的指令，才可執行控制功能。固高科技的運動控制器將其指令，封裝在 C 語言函數庫和動態鏈接庫之中。在 DOS 環境下，可使用 Borland C++ 3.1 調用 C 語言函數庫，來開發應用程式；而在 Windows 環境下，更可使用任何支援動態鏈接庫的開發工具，例如 Visual C++、Visual Basic、Delphi 等，來開發應用程式。

從 PCB 數據文件提取出數據以後，然後調用

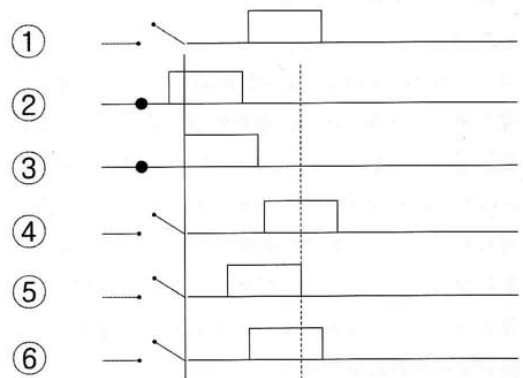
指令，將數據傳送至運動控制器，所需指令如表一所示。

二、檢查控制軸狀態

PCB 鑽床控制系統必須檢查各軸運動狀態之後，才能確定往後的運動，例如：只有當 X 軸和 Y 軸完成運動，並到位停止之後，Z 軸才能下鑽。調用指令 GT_GetSts 可確認控制軸的運動狀態，而調用指令 GT_GetAtlPos 則可檢查控制軸的實際到位情況。

三、精確回原點

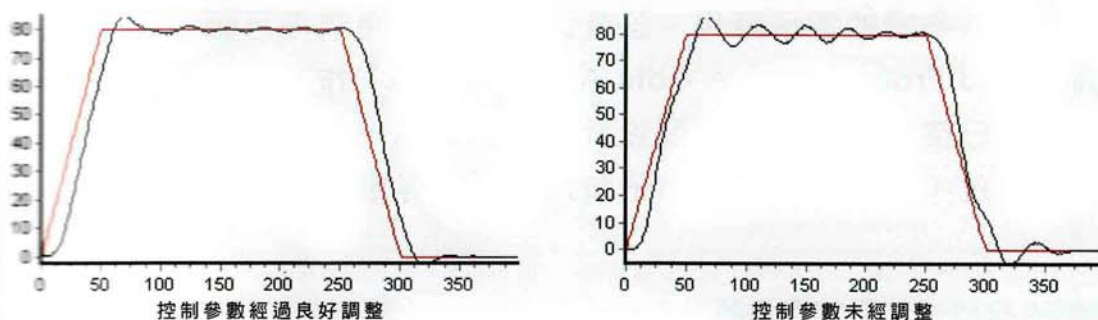
PCB 鑽床提供自動換刀功能的同時，必須確保高精度的重複定位。運動控制器支援高速 HOME 類



圖四：Home + Index 返回原點

指令	說明
GT_PrflT	設置指定控制軸為梯形曲線加減速
GT_PrflS	設置指定控制軸為 S 曲線加減速
GT_SetPos	設置指定控制軸的目標位置
GT_SetVel	設置指定控制軸的目標速度
GT_SetAcc	設置指定控制軸的加速度
GT_SetMAcc	設置指定控制軸的最大加速度，僅用於 S 曲線
GT_SetJerk	設置指定控制軸的加加速度，僅用於 S 曲線
GT_Update	刷新指定控制軸的運動控制參數

表一：設置運動參數的運動控制器指令



圖五：不同控制參數速度曲線

取和 Index 擷取，從而精確返回原點，具體過程如圖四所示。

圖四左邊是原點 (Home) 開關，實心垂線表示 Home 訊號產生時的位置，虛線表示 Index 訊號產生時的位置，方塊表示工作台。

1. 工作台向原點 (Home) 開關方向運動，啟動 Home 擷取；
2. 當 Home 訊號產生時，平滑停止工作台；
3. 調用指令 GT_GetCapt 讀取 Home 訊號，觸發時工作台的實際位置，然後反向運動回到該位置；
4. 啟動 Index 擷取，繼續運動一圈多一點，當 Index 訊號產生時，平滑停止工作台；
5. 調用指令 GT_GetCapt 讀取 Index 訊號，觸發時工作台的實際位置，然後反向運動到該位置；
6. 反向運動一小段距離，消除絲槓的反向間隙，待工作台停定後，調用指令 GT_ZeroPos 將工作台位置設為零，建立機床坐標系。

四、外部狀態管理

PCB 鑽床具有很多的外部 I/O 狀態，都需要進行管理，例如氣閥的開關。運動控制器提供 16 路帶光隔的通用數碼輸入，以及 16 路帶光隔的通用數碼輸出。調用指令 GT_ExInpt 能讀取外部通用 I/O 輸入狀態，而調用指令 GT_ExOpt 則可設置外部通用 I/O 的輸出狀態。

參數調整

PCB 鑽床控制系統開發完成後，還需要調整系統的控制參數，以優化其控制性能。運動控制器提供相關的指令，以便調整系統參數。

圖五顯示控制參數對系統性能的影響。只有將控制系統調整到最佳狀態，才能有效抑制到位震盪，確保加工精度。

結語

PCB 鑽床的使用特點使其一般採用網絡化結構，以簡化系統接線，提高系統可靠性和可維修性，而且必須精確控制能量的累積和釋放，以抑制系統的到位震盪。為了保證系統具有最佳的控制性能，必須正確調整系統的控制參數。 ■

參考文獻：

1. 《GE 系列運動控制器編程手冊》固高科技
2. 《訊號與系統》Simon Haykin (加)，Barry Van Veen (美)

本文作者為固高科技 (深圳) 有限公司王瑞、呂恕及楊照輝