

# 裴氏圖與記號圖： 可程式控制器的分析工具

Petri Net and Marked Graph: Analytic Tools for PLC

梁高榮

國立交通大學  
工業工程與管理學系  
教授

## 關鍵詞

- 可程式控制器 Programmable Logic Controller, PLC
- 裴氏圖 Petri Net
- 記號圖 Marked Graph
- 鎖死分析 Deadlock Analysis
- 週期分析 Cycle Time Analysis
- 不變量分析 Invariant Analysis

## 摘要

可程式控制器是用來整合製造設備的，而裴氏圖與記號圖是其主要的兩種分析工具。雖然記號圖是裴氏圖的特例，兩者的主要差異是它們的應用時機。在整合製造設備前，裴氏圖主要是用來進行物流互動行為的鎖死分析。在防止鎖死設計完成後，記號圖是用來估計製造程序的週期。更進一步，記號圖的不變量分析結果可用來偵察製造程序中所發生的異常行為。

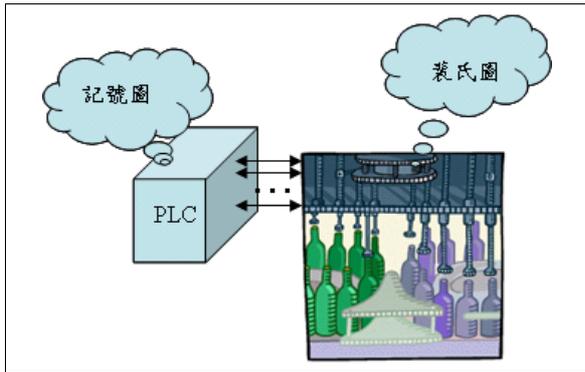
Petri net and marked graph are two main analytic tools for Programmable Logic Controller (PLC) to

integrate manufacturing devices together. Although the marked graph is a special case of the Petri net, a salient feature between them is the timing of their uses. Before the integration, Petri net is essentially used for the deadlock analysis of the concurrent behavior of material flows. After the deadlock prevention design, marked graph is used for estimating the cycle time of its manufacturing process. Moreover, the invariant analysis results of the marked graph are used for monitoring the abnormal behavior in the manufacturing process.

## 前言

工廠是生產產品的地方，也是製造設備資源匯集的地方。在工廠裡，產品的製造程序則會涉及製造設備資源的使用。產品與製造設備資源的互動行為(Concurrent Behavior)包含複雜的物流描述，而高生產力的互動關係設計則是降低生產成本的重要因素。為了確保高效率製造程序的掌握，通常這些設計會透過數學模式來描述，而裴氏圖(Petri Net)[3, 5, 7]則是非常受歡迎的圖形化數學工具。裴氏圖所描

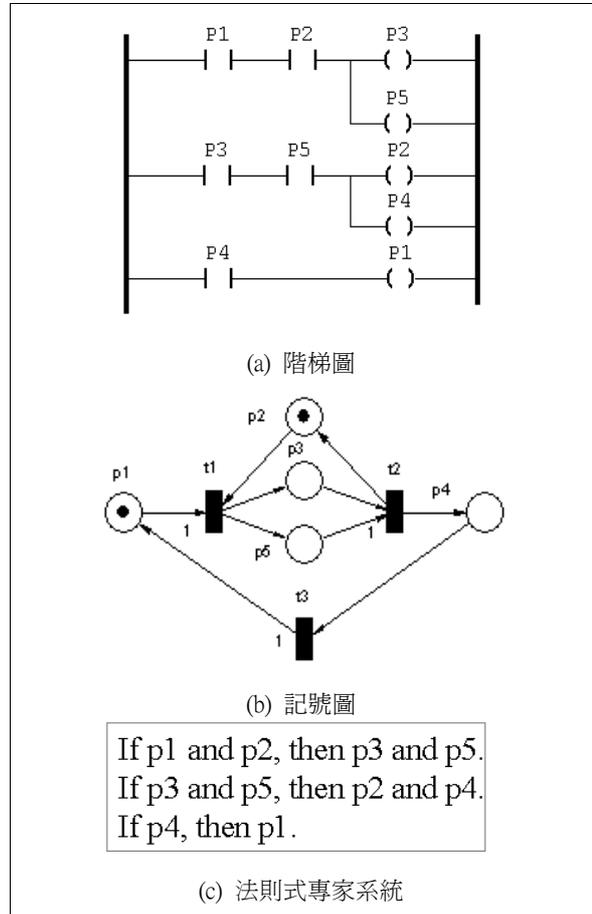
述的物流互動關係又可透過可程式控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)來進行製造程序的自動化，如圖一所示。



圖一 可程式控制器控制產品的生產

對可程式控制器來說，物流互動關係是以資訊流的方式來表達。常見的資訊流表達方式有階梯圖 (Ladder Diagram)、記號圖(Marked Graph)[7]與法則式專家系統(Rule-based Expert System)三種方式，而這三者皆可互相轉換使用。階梯圖技術的開發最早，所以也是目前最常使用的工具。階梯圖技術的國際標準是 IEC61131，並因其圖形類似階梯而得名，如圖二(a)所示。記號圖是裴氏圖的特例，如圖二(b)所示。記號圖優於其它兩者的地方是能用數學方程式來描述產品與製造設備資源的互動行為。法則式專家系統則是強調用文字來表達互動行為，所以其優點是在一般的電腦語言上實作互動行為的控制，如圖二(c)所示。由於裴氏圖與記號圖能用數學方程式量化互動行為，因此其未來發展最具潛力。本文將以裴氏圖與記號圖來做為可程式控制器的主要分析工具。

從數學分析角度來看，裴氏圖與記號圖的三種主要分析方法[7]分別為可達圖(Reachability Graph)法、狀態方程式(State Equation)法與簡化(Reduction)法。其中簡化法可以將原來裴氏圖的元件數目大幅



圖二 三種資訊流的表達方式

減少，此方法可以有效的降低分析問題時的計算複雜度。可達圖法可以將原來的多浮標裴氏圖轉成單一浮標的裴氏圖，並用來進行鎖死分析(Deadlock Analysis)及選擇其派工方式。這裡鎖死分析是指判斷互動模式是否會卡死。狀態方程式則是用方程式來描述互動行為，特別是法則矩陣(Rule Matrix)的使用；例如記號圖的週期分析(Cycle Time Analysis)[6, 9, 12]與不變量分析(Invariant Analysis)[7]等都是法則矩陣的應用領域。

從可程式控制器應用角度來看，裴氏圖與記號圖可分成自動化、效率化與智慧化三個層次來逐步深化其應用目標。針對自動化目標來說，這是要防止工廠物流互動的卡死，所以可達圖法是達成此目

更完整的內容

請參考紙本【機械工業雜誌】319期・98年10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