



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I615794 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 02 月 21 日

(21)申請案號：106104229

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 02 月 09 日

(51)Int. Cl. : G06Q50/04 (2012.01)

(71)申請人：國立清華大學(中華民國) NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY (TW)

新竹市東區光復路二段 101 號

(72)發明人：洪一峯 HUNG, YI-FENG (TW)；吳柏毅 WU, PO-YI (TW)

(74)代理人：高玉駿；楊祺雄

(56)參考文獻：

TW I304953

US 7933678B2

US 8126573B2

US 2003/0208389A1

Due date (DD) quotation and capacity planning in make-to-order companies: Results from an empirical analysis, International Journal of Production Economics, Volume 112, Issue 2, April 2008, Pages 919~933

審查人員：吳偉賢

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：3 共 29 頁

(54)名稱

經驗產能限制之生產規劃方法

PRODUCTION PLANNING METHOD WITH EMPIRICAL CAPACITY CONSTRAINTS

(57)摘要

一種生產規劃方法，用於規劃多種產品的生產並藉由一處理單元來實施，每種產品於生產的過程中會進行多個利用到至少一資源之作業，該方法包含以下步驟：(A)針對每一資源，收集相關於在多個先前時期所有種類之產品於進行不同作業中使用到該同一資源的多個到達量之工作量總和、多個初始在製品工作量總和與多個輸入工作量總和的多個共同構建一曲面的資料點；及(B)針對每一資源，分段地分割該資源所對應之曲面，以獲得一用於表示一到達量之工作量總和變數、一初始在製品工作量總和變數及一輸入工作量總和期望值三者之關係的經驗產能限制模型。

A production planning method for planning the production of a variety of products is implemented by a processing unit. Each product may perform a plurality of operations in the production process. Each operation may utilize at least one resource. The production planning method includes: (A) for each resource, collecting a plurality of data points respectively during a plurality of previous periods which cooperatively constitute a curved surface, and each of the data points being associated with a sum of arrival workloads to various operations of various products that use the same resource in a respective one of the previous periods, a sum of initial WIP workloads of various operations of various products that use the same resource in a respective one of the previous periods, and a sum of input workloads to various operations of various products that use the same resource in a respective one of the previous periods; and (B) for each resource, dividing the curved surface corresponding to the resource to obtain an empirical capacity constraint model which represents the relationship between a variable indicating the sum of arrival workload, a variable indicating the sum of initial WIP workload, and a sum of input workload expected value.

指定代表圖：

符號簡單說明：

11~16 . . . 步驟

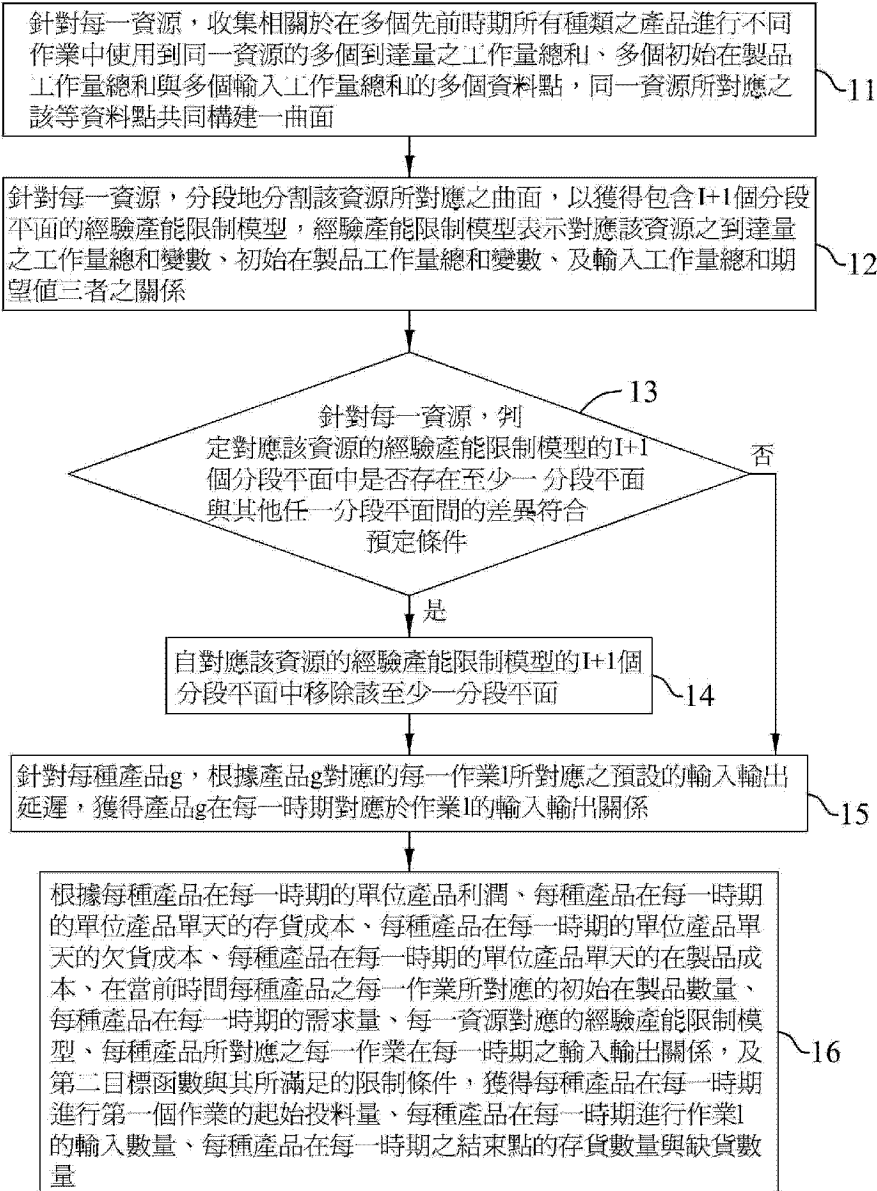


圖1

【發明說明書】

【中文發明名稱】 經驗產能限制之生產規劃方法

【英文發明名稱】 Production planning method with empirical capacity constraints

【技術領域】

【0001】本發明是有關於一種生產規劃方法，特別是指一種用於規劃多種產品之生產的生產規劃方法。

【先前技術】

【0002】在全球化的發展及整體環境的劇烈競爭下，企業所面臨到的挑戰與日俱增。為了使得獲利最大化，往往必須規劃適當的生產計劃和安全存貨量，才能降低存貨成本及缺貨成本。

【0003】由於顧客需求總是難以預測，且產能及設備皆是有限的，因而使得產品生產規劃的困難度大幅地提升，如何發展出一準確度較高的生產規劃方法一直是學界與業界共同努力的目標。

【發明內容】

【0004】因此，本發明的目的，即在提供一種準確度較高的生產規劃方法。

【0005】於是，本發明之生產規劃方法，適用於規劃多種產品的生產，並藉由一處理單元來實施，每種產品於生產的過程中會進行多

個不同之作業，每一作業會利用至少一資源，該生產規劃方法包含以下步驟：

【0006】(A)針對每一資源，收集相關於在多個先前時期所有種類之產品於進行不同作業中使用到該同一資源的多個到達量之工作量總和、多個初始在製品工作量總和與多個輸入工作量總和的多個資料點，該同一資源所對應之該等資料點共同構建一曲面，且每一資料點對應於該等先前時期中之一者，且由相關於一第一軸向之一對應的到達量之工作量總和、相關於一第二軸向之一對應的初始在製品工作量總和，與相關於一第三軸向之一對應的輸入工作量總和所組成；及

【0007】(B)針對每一資源，分段地分割該資源所對應之曲面，以獲得一包含 $I+1$ 個分段平面的經驗產能限制模型，該經驗產能限制模型表示對應該資源之一相關於該第一軸向的到達量之工作量總和變數、一相關於該第二軸向的初始在製品工作量總和變數、及一相關於該第三軸向之輸入工作量總和期望值三者之關係。

【0008】本發明的功效在於：藉由該處理單元分段地分割該資源所對應之曲面來獲得一用於表示對應該資源之該到達量之工作量總和變數、該初始在製品工作量總和變數、及該輸入工作量總和期望值三者之關係的經驗產能限制模型，以使得該處理單元可利用該經驗產能限制模型根據該到達量之工作量總和變數及初始在製品

工作量總和變數，估計出該輸入工作量總和期望值，藉由綜合且同時地考量該到達量之工作量總和變數及初始在製品工作量總和變數，可估計出準確度較高的該輸入工作量總和期望值。

【圖式簡單說明】

【0009】本發明的其他的特徵及功效，將於參照圖式的實施方式中清楚地呈現，其中：

圖 1 是一流程圖，說明本發明生產規劃方法的實施例；

圖 2 是一示意圖，示例出本發明生產規劃方法所獲得之一經驗產能限制模型的 4 個分段平面；及

圖 3 是一流程圖，說明本實施例之獲得該經驗產能限制模型的細部流程。

【實施方式】

【0010】參閱圖 1，本發明生產規劃方法的實施例，適用於規劃多種產品，如半導體的生產，並藉由一處理單元(圖未示)來實施，每種產品於生產的過程中會進行多個不同之作業(operation)，每一作業會利用至少一資源。

【0011】在本實施例中，該處理單元可為如包含於電腦或伺服器等中具有運算能力的處理器，可將本發明生產規劃方法之步驟以一

軟體形式如生產規劃程式來實現，並由該處理單元執行該生產規劃程式以實施本發明生產規劃方法。然而，在本發明之其他實施例中，該處理單元亦可為一用以實施本發明生產規劃方法的電子晶片，但不限於此。

【0012】本發明生產規劃方法的實施例包含以下步驟。

【0013】在步驟11中，針對每一資源 k ，該處理單元收集相關於在多個先前時期所有種類之產品進行不同作業中使用到該同一資源 k 的多個到達量之工作量總和、多個初始在製品(work-in-process，簡稱WIP)工作量總和與多個輸入工作量總和的多個資料點，該同一資源 k 所對應之該等資料點共同構建一曲面，每一資料點對應於該等先前時期中之一者，且由相關於一第一軸向(如 x 軸)之一對應的到達量之工作量總和、相關於一第二軸向(如 y 軸)之一對應的初始在製品工作量總和，與相關於一第三軸向(如 z 軸)之一對應的輸入工作量總和所組成。

【0014】在本實施例中，該等資料點係藉由該處理單元執行一習知之用於模擬實際製造系統的模擬程式而被收集，但不限於此。在本發明的其他實施例中，該等資料點亦可藉由該處理單元自一儲存有該等資料點的資料庫讀取出。

【0015】值得特別說明的是，在一先前時期 t 資源 k 的到達量之工作量總和 $\tilde{x}_k$ 、初始在製品工作量總和 $\tilde{y}_k$ 、輸入工作量總和 $\tilde{z}_k$ 可分別

根據以下公式(1)、(2)、(3)而被計算出。其中 $\tilde{x}_{kt}$ 、 $\tilde{y}_{kt}$ ，及 $\tilde{z}_{kt}$ 三者構成一針對該資源 k 的資料點 t ， $(\tilde{x}_{kt}, \tilde{y}_{kt}, \tilde{z}_{kt})$ 。

$$\tilde{x}_{kt} = \sum_{\{(g,l)|k'_{gl}=k\}} u_{gl} Q_{gl} \dots\dots\dots(1)$$

$$\tilde{y}_{kt} = \sum_{\{(g,l)|k'_{gl}=k\}} u_{gl} M_{gl} \dots\dots\dots(2)$$

$$\tilde{z}_{kt} = \sum_{\{(g,l)|k'_{gl}=k\}} u_{gl} E_{gl} \dots\dots\dots(3)$$

【0016】 u_{gl} 代表每單位種類 g 之產品進行作業 l 的加工時間， Q_{gl} 代表種類 g 之產品在先前時期 t 進行作業 l 的到達量， M_{gl} 代表在先前時期 t 之起始點種類 g 之產品之作業 l 的在製品數量， E_{gl} 代表種類 g 之產品在先前時期 t 進行作業 l 的輸入數量， k'_{gl} 代表種類 g 之產品在進行作業 l 時所用到的資源種類， $\{(g,l)|k'_{gl}=k\}$ 代表使用該資源 k 的所有產品之所有作業所構成的集合。

【0017】 在步驟12中，針對每一資源 k ，該處理單元分段地分割該資源 k 所對應之曲面，以獲得一包含 $I+1$ 個分段平面的經驗產能限制 (Empirical Capacity Constraint) 模型，該經驗產能限制模型表示對應該資源 k 之一相關於該第一軸向的到達量之工作量總和變數、一相關於該第二軸向的初始在製品工作量總和變數、及一相關於該第三軸向之輸入工作量總和期望值三者之關係。該處理單元可利用該經驗產能限制模型根據該到達量之工作量總和變數及初始在製品工作量總和變數，估計出該輸入工作量總和期望值。

【0018】圖 2 示 例 出 4 個 分 段 平 面 ， 第 0 個 平 面 係 由 $(a_0=0,0,T_{k0}=0)$ 、 $(a_1,0,T_{k1})$ 、 $(0,c_k,c_k)$ 三點所界定出，第1個平面係由 $(a_1,0,T_{k1})$ 、 $(a_2,0,T_{k2})$ 、 $(0,c_k,c_k)$ 三點所界定出，第2個平面係由 $(a_2,0,T_{k2})$ 、 $(a_3,0,T_{k3})$ 、 $(0,c_k,c_k)$ 三點所界定出，第3個平面被限制為 $z=c_k$ 。

【0019】值得一提的是，步驟12包含子步驟121~子步驟122之細部流程(見圖3)。

【0020】在子步驟121中，針對每一資源*k*，該處理單元根據一第一目標函數及該第一目標函數所滿足的多個限制條件，獲得該等I+1個分段平面與該第三軸向的I+1個截距 D_{ki} ，及在該到達量之工作量總和變數之值分別為 a_i 且該初始在製品工作量總和變數之值皆為零時之該輸入工作量總和期望值的I+1個值 T_{ki} ， $i=0,...,I$ 。在本實施例中，該第一目標函數可被表示成下列公式(4)，且該第一目標函數所滿足的該等限制條件如下列限制條件1~限制條件11。

$$Minimize \sum_t (O_{kt} + U_{kt}) \dots\dots\dots(4)$$

限制條件1： $D_{ki}=T_{k,i+1}-\frac{T_{k,i+1}-T_{ki}}{a_{i+1}-a_i}\times a_{i+1}$ ， $i=0,...,I-1$ 。

限制條件2： $\bar{z}_{kt}=D_{ki}+\frac{T_{k,i+1}-T_{ki}}{a_{i+1}-a_i}\times \tilde{x}_{kt}+\frac{c_k-D_{ki}}{s_1-s_0}\times \tilde{y}_{kt}$ ，對每一資料點t

滿足 $(\tilde{x}_{kt},\tilde{y}_{kt})\in \psi_{ki}$ ， $i=0,...,I-1$ 。

限制條件3： $\bar{z}_{kt}=c_k$ ，對於每一資料點t滿足 $(\tilde{x}_{kt},\tilde{y}_{kt})\in \psi_{ki}$ 。

限制條件4：對於每一資料點 t ， $O_{kt} - U_{kt} = \bar{z}_{kt} - \tilde{z}_{kt}$ 。

限制條件5： $T_{k,i+1} \geq T_{ki}$ ， $i = 0, \dots, I-1$ 。

限制條件6： $\frac{T_{k,i+1} - T_{ki}}{a_{i+1} - a_i} \leq \frac{T_{ki} - T_{k,i-1}}{a_i - a_{i-1}}$ ， $i = 1, \dots, I-1$ 。

限制條件7： $T_{k0} = 0$ 。

限制條件8： $T_{kI} = c_k$ 。

限制條件9： $D_{kI} = c_k$ 。

限制條件10： $T_{ki}, D_{ki} \geq 0$ ， $i = 0, \dots, I$ 。

限制條件11：對於每一資料點 t ， $O_{kt}, U_{kt} \geq 0$ 。

【0021】 O_{kt} 代表該資源 k 在資料點 t (亦即，在先前時期 t 所獲得的資料點)所估計的該輸入工作量總和期望值之值超出該資源 k 所收集到之資料點 t 所指示出之輸入工作量總和的差值， U_{kt} 代表該資源 k 在資料點 t 所估計的該輸入工作量總和期望值之值不足該資源 k 所收集到之資料點 t 所指示出之輸入工作量總和的差值， $\tilde{x}_{kt}$ 代表該資源 k 所收集到之資料點 t 的到達量之工作量總和， $\tilde{y}_{kt}$ 代表該資源 k 所收集到之資料點 t 的初始在製品工作量總和， $\tilde{z}_{kt}$ 代表該資源 k 所收集到之資料點 t 的輸入工作量總和， c_k 代表該資源 k 可使用的產能， s_0 、 s_1 分別為在該第二軸向上所取的兩點， $s_0 = 0$ 且 $s_1 = c_k$ ， $\psi_{ki} : \{(x, y) | x > 0 \text{ 且 } y > 0 \text{ 且 } c_k x + a_i y - a_i c_k > 0 \text{ 且 } c_k x + a_{i+1} y - a_{i+1} c_k \leq 0\}$ ， $i = 0, \dots, I-1$ ，當資料點 t 在由該第一軸向與該第二軸向所界定出之平面(亦即， $z = 0$ 之平面)上的投影 $(\tilde{x}_{kt}, \tilde{y}_{kt})$ 屬於 ψ_{ki} 時，資料點 t 將被用於構建第 i 個平

面， $\psi_{ki} : \{(x, y) | x > 0 \text{ 且 } y > 0 \text{ 且 } c_k x + a_i y - a_i c_k > 0\}$ ，當資料點 t 在由該第一軸向與該第二軸向所界定出之平面(亦即， $z = 0$ 之平面)上的投影 $(\tilde{x}_k, \tilde{y}_k)$ 屬於 ψ_{ki} 時，資料點 t 的 $(\tilde{x}_k, \tilde{y}_k)$ 對應的輸入工作量總和期望值由第 I 個平面提供，且其值為 c_k ， $\bar{z}_k$ 代表該資源 k 在資料點 t 所估計的該輸入工作量總和期望值之值。

【0022】在本實施例中，該處理單元係利用一線性規劃技術來獲得該等 $I+1$ 個截距 D_{ki} ，及該輸入工作量總和期望值的該等 $I+1$ 個值 T_{ki} ， $i = 0, \dots, I$ ，但不限於此。

【0023】在子步驟122中，針對每一資源 k ，該處理單元還根據該資源 k 可使用的產能 c_k 、對應於該資源 k 之該到達量之工作量總和變數的該等 $I+1$ 個值 a_i 、對應於該資源 k 的該輸入工作量總和期望值之該等 $I+1$ 個值 T_{ki} 、對應於該資源 k 的該等 $I+1$ 個分段平面與該第三軸向的該等 $I+1$ 個截距 D_{ki} 及下列公式(5)，獲得該等 $I+1$ 個分段平面， $i = 0, \dots, I$ 。

$$z = D_{ki} - A_{ki}x - B_{ki}y, \quad i = 0, 1, \dots, I \dots\dots\dots(5)$$

【0024】 A_{ki} 代表該資源 k 所對應之第 i 個分段平面中對應該到達量之工作量總和變數的係數，且 $A_{ki} = \frac{D_{ki} - T_{ki}}{a_i}$ ， B_{ki} 代表該資源 k 所對應之第 i 個分段平面中對應該初始在製品工作量總和變數的係數，且

$$B_{ki} = \frac{D_{ki} - c_k}{c_k} \text{。}$$

【0025】繼續參閱圖1，在步驟13中，針對每一資源 k ，該處理單元判定步驟12所獲得之對應該資源 k 的該經驗產能限制模型的該等 $I+1$ 個分段平面中是否存在至少一分段平面與其他任一分段平面間的差異符合一預定條件。當該處理單元判定出對應該資源 k 的該經驗產能限制模型的該等 $I+1$ 個分段平面中存在該至少一分段平面與其他任一分段平面間的差異符合該預定條件時，流程進行步驟14；否則，流程繼續進行步驟15。該預定條件與兩分段平面間的對於該第一軸向 x 的兩係數值之差、對於該第二軸向 y 的兩係數值之差，及對於常數項的兩係數值之差相關。在本實施例中，該預定條件例如為 $\frac{D_{k,i1} - D_{k,i2}}{D_{k,i1}} < 10^{-6}$ 且 $\frac{A_{k,i1} - A_{k,i2}}{A_{k,i1}} < 10^{-6}$ 且 $\frac{B_{k,i1} - B_{k,i2}}{B_{k,i1}} < 10^{-6}$ 。其中， $A_{k,i1}$ 、 $B_{k,i1}$ ，及 $D_{k,i1}$ 分別為該等分段平面中之一者 $i1$ 的對於該第一軸向 x 之係數值、對於該第二軸向 y 之係數值及對於常數項之係數值。 $A_{k,i2}$ 、 $B_{k,i2}$ ，及 $D_{k,i2}$ 分別為該等分段平面中之另一者 $i2$ 的對於該第一軸向 x 之係數值、對於該第二軸向 y 之係數值及對於常數項之係數值。

【0026】在步驟14中，該處理單元自對應該資源 k 的該經驗產能限制模型的該等 $I+1$ 個分段平面中移除該至少一分段平面。

【0027】在步驟15中，針對每種產品 g ，該處理單元根據該產品 g 對應的每一作業 l 所對應之一預設的輸入輸出延遲 f_{gl} ，獲得該產品 g 在每一時期 p 對應於該作業 l 的一輸入輸出關係，其中該輸入輸出關

係為該產品 g 在該輸入輸出關係所對應之該時期 p 對應於該作業 l 的一輸出數量與該產品 g 在該時期 p 及該時期 p 之前的時期對應於該作業 l 的一輸入數量的關係。在本實施例中，將該時期 p 的一起始點 τ_{p-1} 與該作業 l 所對應之預設的該輸入輸出延遲 f_{gl} 之差作為一輸入起始點 $(\tau_{p-1}-f_{gl})$ ，且將該時期 p 的一結束點 τ_p 與該作業 l 所對應之預設的該輸入輸出延遲 f_{gl} 之差作為一輸入結束點 (τ_p-f_{gl}) 。當該輸入起始點 $(\tau_{p-1}-f_{gl})$ 與該輸入結束點 (τ_p-f_{gl}) 所界定出之時間間隔位於同一輸入時期 q^+ 時，該輸入輸出關係可被表示為下列公式(6)。當該輸入起始點 $(\tau_{p-1}-f_{gl})$ 與該輸入結束點 (τ_p-f_{gl}) 所界定出之時間間隔不位於同一輸入時期 q^- 、 q^+ 時，該輸入輸出關係可被表示為下列公式(7)。

$$Y_{gpl} = \frac{(\tau_p - f_{gl}) - (\tau_{p-1} - f_{gl})}{(\tau_{q^+} - \tau_{q^+-1})} X_{g,q^+,l} \dots\dots\dots (6)$$

，亦即， $e_{glpq} = 0$ ，對於每一輸入時期 q 滿足 $q < q^+$ ，

$$e_{glpq^+} = \frac{(\tau_p - f_{gl}) - (\tau_{p-1} - f_{gl})}{(\tau_{q^+} - \tau_{q^+-1})} ,$$

$e_{glpq} = 0$ ，對於每一輸入時期 q 滿足 $q > q^+$ 。

$$Y_{gpl} = \frac{\tau_{q^-} - (\tau_{p-1} - f_{gl})}{(\tau_{q^-} - \tau_{q^--1})} X_{g,q^-,l} + \sum_{q=q^--1}^{q^+-1} X_{gql} + \frac{(\tau_p - f_{gl}) - \tau_{q^+-1}}{(\tau_{q^+} - \tau_{q^+-1})} X_{g,q^+,l} \dots\dots (7)$$

，亦即， $e_{glpq} = 0$ ，對於每一輸入時期 q 滿足 $q < q^-$ ，

$$e_{glpq^-} = \frac{\tau_{q^-} - (\tau_{p-1} - f_{gl})}{(\tau_{q^-} - \tau_{q^--1})} ,$$

$e_{glpq}=1$ ，對於每一輸入時期 $q=q^{-}+1, \dots, q^{+}-1$ ，

$$e_{glpq^{+}} = \frac{(\tau_p - f_{gl}) - \tau_{q^{+}-1}}{(\tau_{q^{+}} - \tau_{q^{+}-1})},$$

$e_{glpq}=0$ ，對於每一輸入時期 q 滿足 $q > q^{+}$ 。

【0028】 $\tau_{q^{-}-1}$ 代表輸入時期 q^{-} 的一起始點， $\tau_{q^{-}}$ 代表輸入時期 q^{-} 的一結束點， $\tau_{q^{+}-1}$ 代表輸入時期 q^{+} 的一起始點， $\tau_{q^{+}}$ 代表輸入時期 q^{+} 的一結束點， Y_{gpl} 代表種類 g 之產品在該時期 p 進行該作業 l 的輸出數量， $X_{g,q^{-},l}$ 代表種類 g 之產品在輸入時期 q^{-} 進行該作業 l 的輸入數量， $X_{g,q,l}$ 代表種類 g 之產品在輸入時期 q 進行該作業 l 的輸入數量， $X_{g,q^{+},l}$ 代表種類 g 之產品在輸入時期 q^{+} 進行該作業 l 的輸入數量， $e_{glpq^{-}}$ 、 e_{glpq} 及 $e_{glpq^{+}}$ 代表用 $X_{g,q^{-},l}$ 、 X_{gql} 及 $X_{g,q^{+},l}$ 之至少一者表示 Y_{gpl} 時所對應的係數。藉由 e_{glp} 的計算，利用該輸入數量來表達該輸出數量的數學式即為

$$Y_{gpl} = \sum_{q=1}^p e_{glpq} X_{gql}。$$

【0029】 在步驟16中，該處理單元根據每種產品 g 在每一時期 p 的一單位產品利潤 v_{gp} 、每種產品 g 在每一時期 p 的一單位產品單天的存貨成本 h_{gp} 、每種產品 g 在每一時期 p 的一單位產品單天的欠貨成本 b_{gp} 、每種產品 g 在每一時期 p 的一單位產品單天的在製品成本 w_{gp} 、在當前時間每種產品 g 之每一作業 l 所對應的一初始在製品數量 $w_{g,0,l}$ 、每種產品 g 在每一時期 p 的一需求量 d_{gp} 、對應每一資源 k 的該經驗產能限制模型、步驟15所獲得之每種產品 g 所對應之每一作業 l

在每一時期 p 之輸入輸出關係，及一第二目標函數與該第二目標函數所滿足的多個限制條件，獲得每種產品 g 在每一時期 p 進行第一個作業的一起始投料量 R_{gp} 、每種產品 g 在每一時期 p 進行作業 l 的一輸入數量 X_{gpl} 、每種產品 g 在每一時期 p 之結束點的一存貨數量 I_{gp} ，及每種產品 g 在每一時期 p 之結束點的一缺貨數量 J_{gp} 。在本實施例中，該第二目標函數可被表示成下列公式(8)，且該第二目標函數所滿足的該等限制條件如下列限制條件1~限制條件8。

$$\text{Maximize } \sum_{g \in G} \sum_{p=1}^P v_{gp} \hat{Y}_{gp} - \sum_{g \in G} \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^{L(g)} \varepsilon w_{gp} W_{gpl} - \sum_{g \in G} \sum_{p=1}^P \varepsilon h_{gp} I_{gp} - \sum_{g \in G} \sum_{p=1}^P \varepsilon b_{gp} J_{gp} \quad (8)$$

限制條件1： $W_{gpl} = W_{g,p-1,l} + R_{gp} - X_{gpl}$ ， $l=1, p=1, \dots, P, g \in G$ 。

限制條件2： $W_{gpl} = W_{g,p-1,l} + Y_{g,p,l-1} - X_{gpl}$ ， $l=2, \dots, L(g), p=1, \dots, P, g \in G$ 。

限制條件3： $Y_{gpl} = \sum_{q=1}^p e_{gplq} X_{gql}$ ， $l=1, \dots, L(g), p=1, \dots, P, g \in G$ 。

限制條件4： $I_{g,p-1} - J_{g,p-1} + \hat{Y}_{gp} - I_{gp} + J_{gp} = d_{gp}$ ， $p=1, \dots, P, g \in G$ 。

限制條件5：

$$\sum_{((g,l))_{k'_{gl}}=k} u_{gl} X_{gpl} \leq D_{ki} - A_{ki} \sum_{((g,l))_{k'_{gl}}=k} u_{gl} Y_{g,p,l-1} - B_{ki} \sum_{((g,l))_{k'_{gl}}=k} u_{gl} W_{g,p-1,l} \quad .$$

$$i \in \bar{I}(k), p=1, \dots, P, \forall k \in K,$$

限制條件6： $\hat{Y}_{gp} = Y_{g,p,L(g)}$ ， $p=1, \dots, P, g \in G$

限制條件7： $W_{gpl}, X_{gpl}, Y_{gpl} \geq 0$ ， $l=1, \dots, L(g), p=1, \dots, P, g \in G$ 。

限制條件8： $\hat{Y}_{gp}, R_{gp}, I_{gp}, J_{gp} \geq 0$ ， $p=1, \dots, P, g \in G$ 。

【0030】 G 代表所有種類之產品的集合， P 代表最後的時期， $L(g)$ 代

表種類 g 之產品的最後一個作業， k 代表所有資源種類之集合， ε 代表每一時期的工作天數， x_{gpl} 代表種類 g 之產品在時期 p 進行作業 l 的輸入數量， $y_{g,p,l-1}$ 代表種類 g 之產品在時期 p 進行前一作業 $l-1$ 的輸出數量， $\hat{y}_{gp}$ 代表在時期 p 完成種類 g 之產品的產出數量， w_{gpl} 代表在時期 p 之結束點種類 g 之產品之作業 l 的在製品數量， $\bar{I}(k)$ 代表資源 k 所對應之經驗產能限制模型所包含的分段平面，當該處理單元判定出對應該資源 k 之經驗產能限制模型的該等 $I+1$ 個分段平面中存在該至少一分段平面與其他任一分段平面間的差異符合該預定條件時，該資源 k 所對應之經驗產能限制模型即包含經步驟14之移除後所剩下的該等分段平面，當該處理單元判定出對應該資源 k 之經驗產能限制模型的該等 $I+1$ 個分段平面中不存在一分段平面與其他任一分段平面間的差異符合該預定條件時，該資源 k 所對應之經驗產能限制模型即包含步驟12所獲得的 $I+1$ 個分段平面。

【0031】值得一提的是，在本實施例中，藉由該處理單元執行步驟13~步驟14可降低求解每一起始投料量 R_{gp} 、每一輸入數量 x_{gpl} 、每一存貨數量 I_{gp} ，及每一缺貨數量 J_{gp} 的運算時間。此外，該處理單元係利用該線性規劃技術來獲得每一起始投料量 R_{gp} 、每一輸入數量 x_{gpl} 、每一存貨數量 I_{gp} ，及每一缺貨數量 J_{gp} 。然而，在本發明之其他實施例中，該處理單元亦可直接根據步驟12所獲得之對應每一資源 k 之的該經驗產能限制模型來求解每一起始投料量 R_{gp} 、每一輸入

第106104229號申請案替換頁(106.5. 修正)

數量 X_{gpl} 、每一存貨數量 I_{gp} ，及每一缺貨數量 J_{gp} ，而不執行步驟13～步驟14。

【0032】綜上所述，本發明生產規劃方法，藉由該處理單元獲得每一資源所對應之經驗產能限制模型，以供該處理單元利用該經驗產能限制模型根據該到達量之工作量總和變數及初始在製品工作量總和變數，估計出該輸入工作量總和期望值，藉此可綜合且同時地考量該到達量之工作量總和變數及初始在製品工作量總和變數，以估計出準確度較高的該輸入工作量總和期望值。此外，該處理單元會根據每一資源所對應之經驗產能限制模型來獲得每一起始投料量 R_{gp} ，藉此所獲得之起始投料量 R_{gp} 的準確度亦會較高，故確實能達成本發明的目的。

【0033】惟以上所述者，僅為本發明的實施例而已，當不能以此限定本發明實施的範圍，凡是依本發明申請專利範圍及專利說明書內容所作的簡單的等效變化與修飾，皆仍屬本發明專利涵蓋的範圍內。

【符號說明】

【0034】

11~16… 步驟

121~122子步驟

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 經驗產能限制之生產規劃方法**【英文發明名稱】** Production planning method with empirical capacity constraints**【中文】**

一種生產規劃方法，用於規劃多種產品的生產並藉由一處理單元來實施，每種產品於生產的過程中會進行多個利用到至少一資源之作業，該方法包含以下步驟：(A)針對每一資源，收集相關於在多個先前時期所有種類之產品於進行不同作業中使用到該同一資源的多個到達量之工作量總和、多個初始在製品工作量總和與多個輸入工作量總和的多個共同構建一曲面的資料點；及(B)針對每一資源，分段地分割該資源所對應之曲面，以獲得一用於表示一到達量之工作量總和變數、一初始在製品工作量總和變數及一輸入工作量總和期望值三者之關係的經驗產能限制模型。

【英文】

A production planning method for planning the production of a variety of products is implemented by a processing unit. Each product may perform a plurality of operations in the production process. Each operation may utilize at least one resource. The production planning method includes: (A) for each resource, collecting a plurality of data points respectively during a plurality of previous periods which cooperatively constitute a curved surface, and each of the data points being associated with a sum of arrival

workloads to various operations of various products that use the same resource in a respective one of the previous periods, a sum of initial WIP workloads of various operations of various products that use the same resource in a respective one of the previous periods, and a sum of input workloads to various operations of various products that use the same resource in a respective one of the previous periods; and (B) for each resource, dividing the curved surface corresponding to the resource to obtain an empirical capacity constraint model which represents the relationship between a variable indicating the sum of arrival workload, a variable indicating the sum of initial WIP workload, and a sum of input workload expected value.

【指定代表圖】：圖（1）。

【代表圖之符號簡單說明】

11~16… 步驟

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種生產規劃方法，適用於規劃多種產品的生產，並藉由一處理單元來實施，每種產品於生產的過程中會進行多個不同之作業，每一作業會利用至少一資源，該生產規劃方法包含以下步驟：

(A)針對每一資源，收集相關於在多個先前時期所有種類之產品於進行不同作業中使用到該同一資源的多個到達量之工作量總和、多個初始在製品工作量總和與多個輸入工作量總和的多個資料點，該同一資源所對應之該等資料點共同構建一曲面，每一資料點對應於該等先前時期中之一者，且由相關於一第一軸向之一對應的到達量之工作量總和、相關於一第二軸向之一對應的初始在製品工作量總和，與相關於一第三軸向之一對應的輸入工作量總和所組成；及

(B)針對每一資源，分段地分割該資源所對應之曲面，以獲得一包含 $I+1$ 個分段平面的經驗產能限制模型，該經驗產能限制模型表示對應該資源之一相關於該第一軸向的到達量之工作量總和變數、一相關於該第二軸向的初始在製品工作量總和變數、及一相關於該第三軸向之輸入工作量總和期望值三者之關係。

【第2項】 如請求項1所述的生產規劃方法，其中，步驟(B)包括以下子步驟：

(B-1)針對每一資源 k ，還根據下列第一目標函數及該第一目標函數所滿足的多個限制條件，獲得對應於該資源 k 之該等 $I+1$ 個分段平面與該第三軸向的 $I+1$ 個截距 D_{ki} ，及在對應於該資源 k 之該到達量之工作量總和變數之值分別為 a_i 且該初始在製品工作量總和變數之值皆為零時之該輸入工作量總和期望值的 $I+1$ 個值 T_{ki} ， $i=0,...,I$ ：

$$\text{Minimize } \sum_k (O_{kt} + U_{kt}) ,$$

$$\text{限制條件 1 : } D_{ki} = T_{k,i+1} - \frac{T_{k,i+1} - T_{ki}}{a_{i+1} - a_i} \times a_{i+1} , \quad i=0,...,I-1 ,$$

$$\text{限制條件 2 : } \bar{z}_{kt} = D_{ki} + \frac{T_{k,i+1} - T_{ki}}{a_{i+1} - a_i} \times \tilde{x}_{kt} + \frac{c_k - D_{ki}}{s_1 - s_0} \times \tilde{y}_{kt} , \quad \text{對每一資料點 } t \text{ 滿足 } (\tilde{x}_{kt}, \tilde{y}_{kt}) \in \psi_{ki} , \quad i=0,...,I-1 ,$$

$$\text{限制條件 3 : } \bar{z}_{kt} = c_k , \quad \text{對於每一資料點 } t \text{ 滿足 } (\tilde{x}_{kt}, \tilde{y}_{kt}) \in \psi_{kt} ,$$

$$\text{限制條件 4 : } \text{對於每一資料點 } t , \quad O_{kt} - U_{kt} = \bar{z}_{kt} - \tilde{z}_{kt} ,$$

$$\text{限制條件 5 : } T_{k,i+1} \geq T_{ki} , \quad i=0,...,I-1 ,$$

$$\text{限制條件 6 : } \frac{T_{k,i+1} - T_{ki}}{a_{i+1} - a_i} \leq \frac{T_{ki} - T_{k,i-1}}{a_i - a_{i-1}} , \quad i=1,...,I-1 ,$$

$$\text{限制條件 7 : } T_{k0} = 0 ,$$

$$\text{限制條件 8 : } T_{ki} = c_k ,$$

$$\text{限制條件 9 : } D_{kI} = c_k ,$$

$$\text{限制條件 10 : } T_{ki}, D_{ki} \geq 0 , \quad i=0,...,I ,$$

$$\text{限制條件 11 : } \text{對於每一資料點 } t , \quad O_{kt}, U_{kt} \geq 0 ,$$

其中， O_{kt} 代表該資源 k 在資料點 t 所估計的該輸入工作

量總和期望值之值超出該資源 k 所收集到之資料點 t 所指示出之輸入工作量總和的差值， U_k 代表該資源 k 在資料點 t 所估計的輸入工作量總和期望值之值不足該資源 k 所收集到之資料點 t 所指示出之輸入工作量總和的差值， $\tilde{x}_k$ 代表該資源 k 所收集到之資料點 t 的到達量之工作量總和， $\tilde{y}_k$ 代表該資源 k 所收集到之資料點 t 的初始在製品工作量總和， $\tilde{z}_k$ 代表該資源 k 所收集到之資料點 t 的輸入工作量總和， c_k 代表該資源 k 可使用的產能， s_0 、 s_1 分別為在該第二軸向上所取的兩點， $s_0 = 0$ 且 $s_1 = c_k$ ， $\psi_k : \{(x,y)|x > 0 \text{ 且 } y > 0 \text{ 且 } c_k x + a_i y - a_i c_k > 0 \text{ 且 } c_k x + a_{i+1} y - a_{i+1} c_k \leq 0\}$ ， $i = 0, \dots, I-1$ ，當資料點 t 在由該第一軸向與該第二軸向所界定出之平面上的投影 $(\tilde{x}_k, \tilde{y}_k)$ 屬於 ψ_k 時，資料點 t 將被用於構建第 i 個平面， $\psi_k : \{(x,y)|x > 0 \text{ 且 } y > 0 \text{ 且 } c_k x + a_i y - a_i c_k > 0\}$ ，當資料點 t 在由該第一軸向與該第二軸向所界定出之平面上的投影 $(\tilde{x}_k, \tilde{y}_k)$ 屬於 ψ_k 時，資料點 t 的 $(\tilde{x}_k, \tilde{y}_k)$ 對應的輸入工作量總和期望值由第 I 個平面提供，且其值為 c_k ， $\tilde{z}_k$ 代表該資源 k 在資料點 t 所估計的該輸入工作量總和期望值之值；及

(B-2)針對每一資源 k ，還根據該資源 k 可使用的產能 c_k 、對應於該資源 k 之該到達量之工作量總和變數的該等 $I+1$ 個值 a_i 、對應於該資源 k 的該輸入工作量總和期望值之該等 $I+1$ 個值 T_{ki} 、對應於該資源 k 的該等 $I+1$ 個分段平面與該第三軸向的該等 $I+1$ 個截距 D_{ki} 及下列公式，獲得該等 $I+1$

個分段平面：

$$z = D_{ki} - A_{ki}x - B_{ki}y, \quad i = 0, 1, \dots, I,$$

$$\text{其中, } A_{ki} = \frac{D_{ki} - T_{ki}}{a_i}, \quad B_{ki} = \frac{D_{ki} - c_k}{c_k}.$$

【第3項】如請求項1所述的生產規劃方法，還包含一步驟(C)，針對每種產品 g ，根據該產品 g 對應的每一作業 l 所對應之一預設的輸入輸出延遲 f_{gl} ，獲得該產品 g 在每一時期 p 對應於該作業 l 的一輸入輸出關係，其中該輸入輸出關係為該產品 g 在該輸入輸出關係所對應之該時期 p 對應於該作業 l 的一輸出數量與該產品 g 在該時期 p 及該時期 p 之前的時期對應於該作業 l 的一輸入數量的關係。

【第4項】如請求項3所述的生產規劃方法，其中，在步驟(C)中，將該時期 p 的一起始點 τ_{p-1} 與該作業 l 所對應之預設的該輸入輸出延遲 f_{gl} 之差作為一輸入起始點 $(\tau_{p-1} - f_{gl})$ ，且將該時期 p 的一結束點 τ_p 與該作業 l 所對應之預設的該輸入輸出延遲 f_{gl} 之差作為一輸入結束點 $(\tau_p - f_{gl})$ ，

當該輸入起始點 $(\tau_{p-1} - f_{gl})$ 與該輸入結束點 $(\tau_p - f_{gl})$ 所界定出之時間間隔位於同一輸入時期 q^+ 時，該輸入輸出關係可被表示為：

$$Y_{gpl} = \frac{(\tau_p - f_{gl}) - (\tau_{p-1} - f_{gl})}{(\tau_{q^+} - \tau_{q^+-1})} X_{g,q^+,l},$$

亦即， $e_{glpq} = 0$ ，對於每一輸入時期 q 滿足 $q < q^+$ ，

$$e_{glpq^+} = \frac{(\tau_p - f_{gl}) - (\tau_{p-1} - f_{gl})}{(\tau_{q^+} - \tau_{q^+-1})},$$

$e_{glpq} = 0$ ，對於每一輸入時期 q 滿足 $q > q^+$ ，

當該輸入起始點 $(\tau_{p-1} - f_{gl})$ 與該輸入結束點 $(\tau_p - f_{gl})$ 所界定出之時間間隔不位於同一輸入時期 q^- 、 q^+ 時，該輸入輸出關係可被表示為：

$$Y_{gpl} = \frac{\tau_{q^-} - (\tau_{p-1} - f_{gl})}{(\tau_{q^-} - \tau_{q^--1})} X_{g,q^-,l} + \sum_{q=q^--1}^{q^+-1} X_{gq,l} + \frac{(\tau_p - f_{gl}) - \tau_{q^+-1}}{(\tau_{q^+} - \tau_{q^+-1})} X_{g,q^+,l},$$

亦即， $e_{glpq} = 0$ ，對於每一輸入時期 q 滿足 $q < q^-$ ，

$$e_{glpq^-} = \frac{\tau_{q^-} - (\tau_{p-1} - f_{gl})}{(\tau_{q^-} - \tau_{q^--1})},$$

$e_{glpq} = 1$ ，對於每一輸入時期 $q = q^- + 1, \dots, q^+ - 1$ ，

$$e_{glpq^+} = \frac{(\tau_p - f_{gl}) - \tau_{q^+-1}}{(\tau_{q^+} - \tau_{q^+-1})},$$

$e_{glpq} = 0$ ，對於每一輸入時期 q 滿足 $q > q^+$ ，

其中， τ_{q^+-1} 代表輸入時期 q^+ 的一起始點， τ_{q^+} 代表輸入時期 q^+ 的一結束點， τ_{q^--1} 代表輸入時期 q^- 的一起始點， τ_{q^-} 代表輸入時期 q^- 的一結束點， Y_{gpl} 代表種類 g 之產品在該時期 p 進行該作業 l 的輸出數量， $X_{g,q^-,l}$ 代表種類 g 之產品在輸入時期 q^- 進行該作業 l 的輸入數量， $X_{g,q,l}$ 代表種類 g 之產品在輸入時期 q 進行該作業 l 的輸入數量， $X_{g,q^+,l}$ 代表種類 g 之產品在輸入時期 q^+ 進行該作業 l 的輸入數量， e_{glpq^-} 、 e_{glpq} 及 e_{glpq^+} 代表用 $X_{g,q^-,l}$ 、 $X_{gq,l}$ 及 $X_{g,q^+,l}$ 之至少一者表示 Y_{gpl} 時所對應的係數。

【第5項】如請求項3所述的生產規劃方法，還包含一步驟(D)，根據

第106104229號申請案替換頁(106.5. 修正)

每種產品 g 在每一時期 p 的一單位產品利潤 v_{gp} 、每種產品 g 在每一時期 p 的一單位產品單天的存貨成本 h_{gp} 、每種產品 g 在每一時期 p 的一單位產品單天的欠貨成本 b_{gp} 、每種產品 g 在每一時期 p 的一單位產品單天的在製品成本 w_{gp} 、在當前時間每種產品 g 之每一作業 l 所對應的一初始在製品數量 $W_{g,0,l}$ 、每種產品 g 在每一時期 p 的一需求量 d_{gp} 、對應每一資源的該經驗產能限制模型，及步驟(C)所獲得之每種產品 g 所對應之每一作業 l 在每一時期 p 之輸入輸出關係，獲得每種產品 g 在每一時期 p 進行第一個作業的一起始投料量 R_{gp} 。

【第6項】如請求項5所述的生產規劃方法，在該步驟(D)中，還根據下列第二目標函數及該第二目標函數所滿足的限制條件，獲得每一起始投料量：

$$\text{Maximize } \sum_{g \in G} \sum_{p=1}^P v_{gp} \hat{Y}_{gp} - \sum_{g \in G} \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^{L(g)} \varepsilon w_{gp} W_{gpl} - \sum_{g \in G} \sum_{p=1}^P \varepsilon h_{gp} I_{gp} - \sum_{g \in G} \sum_{p=1}^P \varepsilon b_{gp} J_{gp}$$

$$\text{限制條件 1 : } W_{gpl} = W_{g,p-1,l} + R_{gp} - X_{gpl} \quad , \quad l=1, p=1, \dots, P, g \in G \quad ,$$

$$\text{限制條件 2 : } W_{gpl} = W_{g,p-1,l} + Y_{g,p,l-1} - X_{gpl} \quad ,$$

$$l=2, \dots, L(g), p=1, \dots, P, g \in G \quad ,$$

$$\text{限制條件 3 : } Y_{gpl} = \sum_{q=1}^p e_{glpq} X_{gql} \quad , \quad l=1, \dots, L(g), p=1, \dots, P, g \in G \quad ,$$

$$\text{限制條件 4 : } I_{g,p-1} - J_{g,p-1} + \hat{Y}_{gp} - I_{gp} + J_{gp} = d_{gp} \quad , \quad p=1, \dots, P, g \in G \quad ,$$

限制條件 5 :

$$\sum_{((g,l)|k'_{gl}=k)} u_{gl} X_{gpl} \leq D_{ki} - A_{ki} \sum_{((g,l)|k'_{gl}=k)} u_{gl} Y_{g,p,l-1} - B_{ki} \sum_{((g,l)|k'_{gl}=k)} u_{gl} W_{g,p-1,l}$$

$$, \quad i=0, \dots, I, p=1, \dots, P, \forall k \in K \quad ,$$

限制條件6： $\hat{Y}_{gp} = Y_{g,p,L(g)}$ ， $p=1,\dots,P, g \in G$

限制條件7： $W_{gpl}, X_{gpl}, Y_{gpl} \geq 0$ ， $l=1,\dots,L(g), p=1,\dots,P, g \in G$ ，

限制條件8： $\hat{Y}_{gp}, R_{gp}, I_{gp}, J_{gp} \geq 0$ ， $p=1,\dots,P, g \in G$ ，

其中， G 代表所有種類之產品的集合， P 代表最後的時期， $L(g)$ 代表種類 g 之產品的最後一個作業， K 代表所有資源種類之集合， ε 代表每一時期的工作天數， u_{gl} 代表每單位種類 g 之產品進行作業 l 的加工時間， k'_{gl} 代表種類 g 之產品在進行作業 l 時所用到的資源種類， $\{(g,l)|k'_{gl}=k\}$ 代表使用資源 k 的所有產品之所有作業所構成的集合， D_{ki} 代表資源 k 所對應之第 i 個分段平面與該第三軸向的 $I+1$ 個截距， A_{ki} 代表資源 k 所對應之第 i 個分段平面中對應該到達量之工作量總和變數的係數， B_{ki} 代表資源 k 所對應之第 i 個分段平面中對應該初始在製品工作量總和變數的係數， X_{gpl} 代表種類 g 之產品在時期 p 進行作業 l 的輸入數量， X_{gql} 代表種類 g 之產品在輸入時期 q 進行作業 l 的輸入數量， Y_{gpl} 代表種類 g 之產品在時期 p 進行作業 l 的輸出數量， $Y_{g,p,l-1}$ 代表種類 g 之產品在時期 p 進行前一作業 $l-1$ 的輸出數量， e_{glpq} 代表用 X_{gql} 表示 Y_{gpl} 時 X_{gql} 項次的係數， $\hat{Y}_{gp}$ 代表在時期 p 完成種類 g 之產品的產出數量， W_{gpl} 代表在時期 p 之結束點種類 g 之產品之作業 l 的在製品數量， I_{gp} 代表種類 g 之產品在時期 p 之結束點的存貨數量， J_{gp} 代表種類 g 之產品在時期 p 之結束點的缺貨數量。

【第7項】 如請求項5所述的生產規劃方法，在步驟(D)之前，還包含以下步驟：

(E)針對每一資源，判定步驟(B)所獲得之對應該資源的該經驗產能限制模型的該等I+1個分段平面中是否存在至少一分段平面與其他任一分段平面間的差異符合一預定條件；及

(F)針對每一資源，當該處理單元判定出對應該資源的該經驗產能限制模型的該等I+1個分段平面中存在該至少一分段平面與其他任一分段平面間的差異符合該預定條件時，自對應該資源的該經驗產能限制模型的該等I+1個分段平面中移除該至少一分段平面，

其中，當該處理單元判定出對應該資源的該經驗產能限制模型的該等I+1個分段平面中存在該至少一分段平面與其他任一分段平面間的差異符合該預定條件時，在步驟(D)中，該處理單元係根據包含經步驟(F)之移除後所剩下的該等分段平面的經驗產能限制模型，獲得每種產品 g 在每一時期 p 進行第一個作業的該起始投料量 R_{gp} 。

【第8項】 如請求項7所述的生產規劃方法，其中：

在步驟(B)中，每一分段平面可被表示為 $z = D_i - A_i x - B_i y$ ， $i = 0, 1, \dots, I$ ；及

在步驟(E)中，該預定條件與兩分段平面間的對於該第一軸向 x 的兩係數值之差、對於該第二軸向 y 的兩係數值

之差，及對於常數項的兩係數值之差相關。

workloads to various operations of various products that use the same resource in a respective one of the previous periods, a sum of initial WIP workloads of various operations of various products that use the same resource in a respective one of the previous periods, and a sum of input workloads to various operations of various products that use the same resource in a respective one of the previous periods; and (B) for each resource, dividing the curved surface corresponding to the resource to obtain an empirical capacity constraint model which represents the relationship between a variable indicating the sum of arrival workload, a variable indicating the sum of initial WIP workload, and a sum of input workload expected value.

【指定代表圖】：圖（1）。

【代表圖之符號簡單說明】

11~16… 步驟