

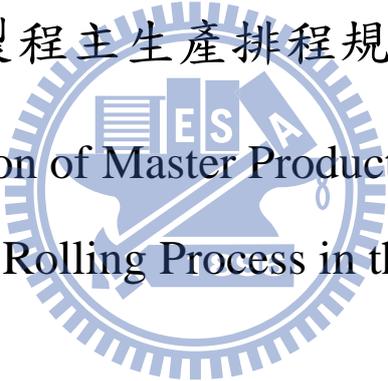
國立交通大學

工業工程與管理學系碩士班

碩士論文

鋼鐵廠-軋鋼製程主生產排程規劃系統之構建

The Construction of Master Production Scheduling  
System for Hot Rolling Process in the Steel Factory



研究生：林其憲

指導教授：鍾淑馨 博士

楊明賢 博士

中華民國九十九年七月

鋼鐵廠-軋鋼製程主生產排程規劃系統之構建

The Construction of Master Production Scheduling System for  
Hot Rolling Process in the Steel Factory

研究生：林其憲

Student : Chi-Hsien Lin

指導教授：鍾淑馨 博士

Advisor : Dr. Shu-Hsing Chung

楊明賢 博士

Advisor : Dr. Ming-Hsien Yang

國立交通大學

工業工程與管理學系碩士班

碩士論文



Submitted to Department of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Industrial Engineering

July 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年七月

# 鋼鐵廠-軋鋼製程主生產排程規劃系統之構建

研究生：林其憲

指導教授：鍾淑馨、楊明賢 博士

國立交通大學工業工程與管理學系碩士班

## 摘 要

鋼鐵廠的生產排程規劃，須先考量鋼胚切割計畫以滿足各訂單對於各鋼種以及公稱尺寸之規格需求，而為滿足各訂單之交期亦須排定鋼胚在軋鋼製程中軋延機台的壓延排程，以因應顧客訂單對規格、數量、交期之要求。為解決鋼鐵廠之排程問題，本文探討鋼鐵廠於流程式生產特性下，考量鋼胚切割方案、鋼胚在軋延機台壓延時順序相依之整備限制以及各訂單之交期時間等條件，提出「軋鋼製程主生產排程規劃系統」。

此系統包含兩個模組。首先「軋延機台生產排程規劃模組」，以訂單交期區間作為規劃週期，先彙整各規劃週期對於各鋼種以及公稱尺寸之規格需求，以列出所有可行切割方案。接著以最小化未滿足需求為目標，建構一整數線性規劃模式求解出最佳可行切割方案之組合方式以及軋延機台的壓延排程。

而「鋼鐵廠內部績效規劃模組」，則依據「軋延機台生產排程規劃模組」的規劃結果，判斷能否滿足各規劃週期之需求。若可以，則在確保達交之條件下，以最小化裁切廢料及存貨成本為目標，找出最適的裁切廢料長度和存貨支數，使廢料重新加工和存貨成本最小；相反的，若無法滿足，則針對交貨量短缺之週期，規劃出達交所需延遲的時間或無法達交的數量，以提供顧客決策的資訊。

驗證結果顯示，各規劃週期皆能使用最少的鋼胚數量來滿足訂單需求，這反應出所挑選的最佳切割方案組合，使裁切廢料重新加工成本和存貨成本可達最小。整體而言，本文所發展之模式可提供鋼鐵廠生管規劃人員，排定切割計畫及生產排程來有效因應顧客之需求。

**關鍵詞：**鋼鐵廠、鋼胚切割計畫、軋延機台、流程式生產、裁切廢料、存貨、延遲時間

# The Construction of Master Production Scheduling System for Hot Rolling Process in the Steel Factory

Student : Chi-Hsien Lin

Advisor : Dr. Shu-Hsing Chung

Dr. Ming-Hsien Yang

Department of Industrial Engineering and Management

National Chiao Tung University

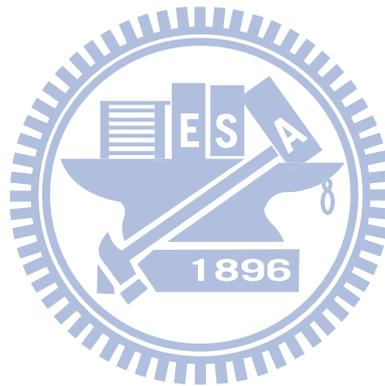
## Abstract

For satisfying product specification, quantity and due date of each order, steel factory need to decide steel ingot cutting plan and make production schedule for hot rolling machine in the hot rolling process. To solve the cutting and scheduling problem, this thesis proposed a master production schedule system regarding to hot rolling process with considerations of sequence dependent setup time and order's due date.

This system includes production scheduling module for hot rolling machine and steel factory performance module. The production scheduling module sets the length of a planning period as the interval between two consecutive due days of orders, and then sum up the demand for each product so as to list all of the feasible cutting schemes. Then the integer programming model is developed to solve the optimal combination of feasible cutting schemes and to plan hot rolling machine production schedule. Based on hot rolling schedule, the steel factory performance module checked whether all of the demands being satisfied. If it is, then the integer programming model is modified for finding the minimal length of wasted material and of ending inventory counts so as to save the cost for reworking the wasted material and for inventory. Contrarily, we cut the planning horizon at the due date that has quantity shortage for delivery, and replan for minimizing the tardy time or the shortage amount so as to communication with consumers.

Experimental studies reveal that simultaneously solving the combination of cutting schemes and the schedule make the demand of each planning period be fulfilled with minimal wasted material and inventory cost. Consequently, the system proposed in this thesis can provide steel factory planner to make cutting plan and production schedule simultaneously to satisfy demands.

***Keywords: Steel factory, Steel ingot cutting plan, Hot rolling machine, Flow shop, material wasted, Inventory, tardy time***



## 誌謝

當口試完之後，心理吶喊著「我終於畢業了！」，這種感覺壓抑好久，真的好開心，自己辛苦的成果終於有了代價。喝口水仔細想想，這也是我最後當學生的階段，以後沒有學生證只有工作證，看電影、坐車、吃飯…等，哇！不能打折，不過沒關係，人生本來就有很多階段，學生這階段畫下完美句點，未來的下一個階段，我也會繼續奮戰不懈，為學生這階段來乾杯吧！

在這兩年的碩士生求學路上，說長不長，說短不短，一路上有很多貴人相助，讓我能夠順順利利畢業。首先我要感謝鍾老師，訓練我的邏輯能力以及在論文方面的指導，老師您真的辛苦了，還有楊老師每個禮拜抽空來跟我討論論文不足之處，麻煩老師您了，以及俊穎學長在口試時的幫助和建議，能讓我的論文更完善。除此之外還要感謝博班清貴、元銘學長，謝謝學長各方面的指導，沒有你們我的研究之路沒辦法走的那麼順。

當然，還要感謝 MB519 的同伴們，以下對你們的謝詞，句句是我的肺腑之言。首當其衝是凱欣大大，感謝您不厭其擾針對文字部分來幫我們修改以及在模式上的指導，妳可以說是 word、excel 的天才，我看在這方面應該沒辦法考倒妳，但是我有一個良心的建議，就是 facebook 不要玩那麼多，我看妳點就點到昏了吧，工作好好加油啦！。

再來，是我們 MB519 少了一個膽的總管大人：小可，感謝您在這兩年幫我們做那麼多事，讓我們可以專心寫論文，去工作要好好照顧身體，雖然賺錢很重要，但是健康更值錢，有空就多買點雞精補一補。但是最重要的是，要記得先在台積電幫我佔一個位置，這句話聽進去就好，萬分感謝啊。還有如果跟小朱結婚，要發帖子給我，看在你們的面子上，我會包很大的一包給你們，祝你們幸福啦！。

接下來是 MB519 少了一個女朋友的管理員大人：小吳，在實驗室跟我坐隔壁坐了兩年，還一直發現我的秘密，算你幸運，我送你的 BB 戰士有空就多拿出來玩玩，不要怕丟臉啊。還有當兵又要跟你同梯又同樣是一般兵工，這真是孽緣！，不過我會罩你，因為剃頭之後我長的很像黑道大哥，當兵之路也應該會走的很順。最後，你還是趕快交個女朋友，不要辜負第二帥的稱號啦！。

其次是 MB519 財務大人加上我老同學：大雅，跟你同學 6 年了，我只能說這也是孽緣，阿~開玩笑的，等等又被妳揍。不過說實話，能當同學那麼久也是一種緣份，所以如果要來台中發展，我可以考慮照應妳一下。另外我要澄清，我是正港台中人，台中有很多地方還是需要我你們才知道，畢竟我在那生活超過 20 年，所以說啦，請叫我真台中人，知不知道嘿!。

最後是 MB519 奶粉錢大人：蠻頭，碩一被大家說跟我長的很像，是我妹，真是可憐妳了，我知道妳心裡在淌血，不過妳還是要叫我一聲哥，大家都是一家人，以後有福我自己享，有難一起當，以後在路上看到我，不要忘記跟我打個招呼，別怕丟臉，有一個這麼厲害的哥哥，是你的福氣啦!。好啦~由衷祝妳工作順利，加油!

另外還有浩子、阿派、佩芬在碩一時的照顧，真是萬分感謝!。而碩一的學弟，阿饒、薛武、小胖、挺峰以及博祥，換你們要好好加油了，我相信你們可以的，時間過的很快，忍一忍就行，在此送你們一句話：「這就是人生啊!」。

除此之外，還有我的好兄弟 007、納豆、假 MB519 小朱、DODO、潘帥、峰哥、002 的實驗室以及其他同學，由於篇幅不夠，只能表達一點謝意，希望大家見諒，我只能說很高興有你們的陪伴，希望工作的人能夠順順利利，而當兵的人能夠涼涼的當，以後大家有空再相聚吧!。

當然，還要感謝我的家人，謝謝阿嬤小時候對我的照顧，祝您身體永遠健康、事事順心。謝謝爸爸、媽媽對我的栽培，沒有您們，相信我沒辦法可以讀到這麼高的學位，辛苦您們了，也祝您們身體健康。還有我兩位姐姐對我平時的照顧，希望妳們以後可以賺很多錢，工作可以很順利。總之，感謝家人對我的支持，讓我能夠走到這裡，謝謝您們!

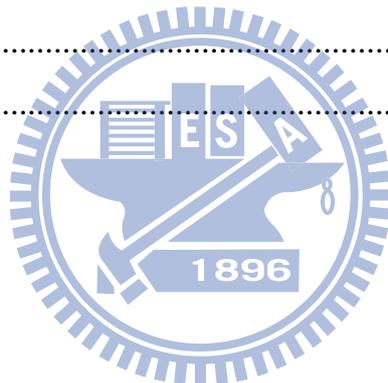
學生之路已走到盡頭，人生下一個階段正要開始。再見了，風很大的新竹，這兩年的回憶真的很好，為我人生下一個階段加油吧!

其憲 於交大 2010/8/10

# 目錄

摘要.....	I
Abstract.....	II
誌謝.....	IV
目錄.....	VI
圖目錄.....	VIII
表目錄.....	IX
符號一覽表.....	XII
第一章、緒論.....	1
1.1、研究背景與動機.....	1
1.2、研究目的.....	2
1.3、研究範圍與限制.....	3
1.4、研究方法與流程.....	4
第二章、文獻回顧.....	6
2.1、製程介紹.....	6
2.2、煉鋼及軋鋼製程相關文獻.....	9
2.2.1、煉鋼製程生產排程文獻探討.....	9
2.2.2、軋鋼製程生產排程文獻探討.....	10
2.3、切割問題相關文獻.....	19
2.3.1、切割計畫.....	19
2.3.2、切割問題文獻探討.....	19
第三章、模式建構.....	24
3.1、問題描述與假設.....	24
3.2、系統分析與架構.....	29
3.3、軋延機台生產排程規劃模組.....	32
3.3.1、彙整各規劃週期之規格需求.....	33
3.3.2、鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制.....	34
3.4、鋼鐵廠內部績效規劃模組.....	50
3.4.1、最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制.....	52
3.4.2、產能不足規劃機制.....	55

第四章、實例驗證.....	62
4.1、系統環境說明.....	62
4.1.1、生產環境資料.....	62
4.1.2、生產規劃假設.....	66
4.2、軋延機台生產排程規劃模組之執行過程 .....	66
4.2.1、彙整各規劃週期之規格需求 .....	66
4.2.2、鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制 .....	68
4.3、鋼鐵廠內部績效規劃模組之執行過程 .....	76
4.3.1、最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制 .....	76
4.3.2、產能不足規劃機制.....	84
4.4、成效分析.....	97
第五章、結論與未來研究方向.....	121
參考文獻.....	124
附錄.....	126



## 圖目錄

圖 1-1：研究範圍 .....	3
圖 1-2：研究流程 .....	5
圖 2-1：煉鋼、軋鋼製程流程圖[15].....	7
圖 2-2：不同鋼種的鋼胚可壓延的長度 .....	8
圖 2-3：鋼胚軋延示意圖[20].....	8
圖 3-1：鋼鐵業的製程流程圖 .....	24
圖 3-2：軋延機台生產排程規劃示意圖 .....	27
圖 3-3：整體規劃流程圖 .....	31
圖 3-4：軋延機台生產排程規劃模組之流程圖 .....	32
圖 3-5：規劃週期示意圖 .....	33
圖 3-6：鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制之規劃流程圖 .....	34
圖 3-7：允許裁切廢料上限之示意圖 .....	37
圖 3-8：找出所有可行切割方案的求解步驟[本文撰寫] .....	38
圖 3-9：找出所有可行切割方案的求解流程 .....	39
圖 3-10：各類鋼胚採取整批填入方式之示意圖 .....	42
圖 3-11：虛擬產品之公稱尺寸類別 .....	47
圖 3-12：鋼鐵廠內部績效規劃模組之流程圖 .....	51
圖 3-13：產能不足規劃機制之流程圖 .....	56
圖 4-1：案例一求解結果之甘特圖 .....	80
圖 4-2：案例二求解結果之甘特圖 .....	96

## 表目錄

表 2-1：曲模產出鋼胚的公稱尺寸整理.....	9
表 2-2：軋鋼製程相關文獻比較.....	14
表 2-3：鋼鐵製程相關文獻整理.....	18
表 2-4：鋼鐵廠彙整訂單.....	19
表 2-5：切割問題文獻探討.....	23
表 3-1：各種鋼胚之可用淨長以及可生產的公稱尺寸.....	24
表 3-2：規劃幅度內訂單需求資訊.....	25
表 3-3：鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 彙整結果.....	25
表 3-4：以鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 為例的可行切割方案.....	26
表 3-5：鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 各可行切割方案表.....	40
表 3-6：鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 的鋼胚在規劃週期 $t$ 之切割計畫.....	46
表 4-1：各類型鋼胚之壓延時間.....	63
表 4-2：整備時間範例.....	63
表 4-4：案例一整備時間.....	65
表 4-5：各規劃週期之對應交期.....	66
表 4-6：鋼種 A572 及各類公稱尺寸之彙整結果.....	67
表 4-7：鋼種 A36 及各類公稱尺寸之彙整結果.....	67
表 4-8：各鋼種及公稱尺寸允許的裁切廢料上限.....	68
表 4-9：鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 的可行切割方案.....	69
表 4-10：各規劃週期填入位置個數.....	70
表 4-11：電腦環境.....	71
表 4-12：鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式填入位置之結果.....	71
表 4-13：鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式之規劃結果.....	72
表 4-14：最小化裁切廢料及存貨支數規劃模式填入位置之結果.....	77
表 4-15：最小化裁切廢料及存貨支數規劃模式之規劃結果.....	78
表 4-16：各訂單交期資訊.....	81
表 4-17：鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式填入位置之結果(案例二).....	82
表 4-18：鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式之規劃結果(案例二).....	83

表 4-19：鋼種 A572 及各類公稱尺寸之彙整結果(案例二).....	84
表 4-20：鋼種 A36 及各類公稱尺寸之彙整結果(案例二).....	85
表 4-21：各鋼種及公稱尺寸允許的裁切廢料上限(案例二).....	85
表 4-22：產能不足規劃機制經步驟二求得填入位置之結果.....	86
表 4-23：產能不足規劃機制經步驟二求得之規劃結果.....	86
表 4-24：產能不足規劃機制經步驟五求得填入位置之結果.....	88
表 4-25：產能不足規劃機制經步驟五求得之規劃結果.....	88
表 4-26：產能不足規劃機制經步驟五求得填入位置之結果(二).....	90
表 4-27：產能不足規劃機制經步驟五求得之規劃結果(二).....	91
表 4-28：最小化裁切廢料及存貨支數規劃模式填入位置之結果.....	93
表 4-29：最小化裁切廢料及存貨支數規劃模式之規劃結果.....	94
表 4-30：規劃週期 1 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 之規劃結果(3.3.2 求解結果)...	97
表 4-31：規劃週期 1 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 400*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)....	98
表 4-32：規劃週期 1 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)....	98
表 4-33：規劃週期 2 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 之規劃結果(3.3.2 求解結果)...	99
表 4-34：規劃週期 2 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)...	99
表 4-35：規劃週期 3 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 之規劃結果(3.3.2 求解結果).100	
表 4-36：規劃週期 3 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果).101	
表 4-37：規劃週期 3 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)...	101
表 4-38：規劃週期 4 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 之規劃結果(3.3.2 求解結果).102	
表 4-39：規劃週期 4 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 400*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)...	103
表 4-40：規劃週期 4 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)...	103
表 4-41：規劃週期 5 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 之規劃結果(3.3.2 求解結果).104	
表 4-42：規劃週期 5 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果).105	
表 4-43：規劃週期 5 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)...	105
表 4-44：各週期對於各鋼種及公稱尺寸之鋼胚需求量(3.3.2 求解結果).....	106
表 4-45：各週期對於各鋼種及公稱尺寸之裁切廢料長度(3.3.2 求解結果).....	106
表 4-46：各鋼種及公稱尺寸在規劃幅度內存貨支數(3.3.2 求解結果).....	107
表 4-47：規劃週期 1 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 之規劃結果(3.4.1 求解結果).108	
表 4-48：規劃週期 1 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 400*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)...	108

表 4-49：規劃週期 1 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)...	109
表 4-50：規劃週期 2 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 之規劃結果(3.4.1 求解結果).	109
表 4-51：規劃週期 2 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果).	110
表 4-52：規劃週期 3 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 之規劃結果(3.4.1 求解結果).	111
表 4-53：規劃週期 3 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果).	111
表 4-54：規劃週期 3 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)...	112
表 4-55：規劃週期 4 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 之規劃結果(3.4.1 求解結果).	112
表 4-56：規劃週期 4 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 400*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)...	113
表 4-57：規劃週期 4 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)...	113
表 4-58：規劃週期 5 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400 之規劃結果(3.4.1 求解結果).	114
表 4-59：規劃週期 5 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果).	114
表 4-60：規劃週期 5 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)...	115
表 4-61：各週期對於各鋼種及公稱尺寸之鋼胚需求量(3.4.1 求解結果).....	116
表 4-62：各週期對於各鋼種及公稱尺寸之裁切廢料長度(3.4.1 求解結果).....	116
表 4-63：各鋼種及公稱尺寸在規劃幅度內存貨支數(3.4.1 求解結果).....	117
表 4-64：案例一在兩機制求解結果對各鋼種及公稱尺寸之鋼胚需求量差異.....	117
表 4-65：案例一在兩機制求解結果對裁切廢料之差異.....	118
表 4-66：案例一在兩機制求解結果對存貨支數之差異.....	118
表 4-67：案例二在兩機制求解結果對各鋼種及公稱尺寸之鋼胚需求量差異.....	119
表 4-68：案例二在兩機制求解結果對裁切廢料之差異.....	120
表 4-69：案例二在兩機制求解結果對存貨支數之差異.....	120

## 符號一覽表

### ◆ 符號下標

- $j$  : 鋼種的種類,  $j = 1, 2, \dots, J$ 。
- $p$  : 鋼種  $j$  之公稱尺寸種類編號,  $p = 1, 2, \dots, P_j$ 。
- $k$  : 長度規格編號,  $k = 1, 2, \dots, K_{j,p}$  ;  
 其中常用規格之長度規格編號為,  $k = 1, 2, \dots, N_{j,p}$  ;  
 以及特殊規格之長度規格編號為,  $k = N_{j,p} + 1, N_{j,p} + 2, \dots, K_{j,p}$ 。
- $t$  : 規劃週期編號,  $t = 0, 1, \dots, T$ 。
- $m$  : 鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  之切割方案編號,  $m = 1, 2, \dots, M_{j,p}$  ;  
 : 將相同類型的鋼胚以同產品別連續加工的方式, 排定在規劃週期  $t$  內壓  
 $S$   
 延時, 可選擇填入位置的編號,  $s = 1, 2, \dots, S_t$
- $t'_{now}$  : 產能不足且延遲交貨時間的規劃週期。

### 軋延機台生產排程規劃模組

### ◆ 參數

- $P_j$  : 鋼種  $j$  可壓延的公稱尺寸種類數。
- $K_{j,p}$  : 彙整訂單後, 鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  的需求長度規格種類。
- $d_{j,p,k,t}$  : 在規劃週期  $t$ , 對鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ , 長度規格  $k$  的需求支數(支)。
- $TD_{j,p,k}$  : 彙整訂單後, 規劃幅度內鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  對於長度規格  $k$  的總需求支數(支)。
- $M_{j,p}$  : 鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  可行切割方案總數(組)。
- $N_{j,p}$  : 鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ , 常用規格的種類。
- $al_{j,p}$  : 鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  的可用淨長(公尺)。
- $\lambda_{j,p}$  : 鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  允許的裁切廢料長度(公尺)。
- $l_{j,p,k}$  : 鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  下, 規格  $k$  的長度(公尺)。
- $due_t$  : 訂單於規劃週期  $t$  之交期時間(秒)。
- $pt_{j,p}$  : 壓延鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  的鋼胚所需之時間(秒)。
- $st_{j,p,j',p'}$  : 當軋延機台所加工之鋼胚類型由鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ , 換到鋼種  $j'$  及

公稱尺寸  $p'$  時，所需之整備時間(秒)。

$Q$  : 極大正數。

◆ 決策變數

$x_{j,p,k,m}$  : 鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  在第  $m$  個切割方案中，第  $k$  種長度規格的裁切支數(支)。

$S_t$  : 在規劃週期  $t$  中，可選擇的填入位置個數(個)。

$Y_{j,p,m,t}$  : 在規劃週期  $t$  中，鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，採行第  $m$  組切割方案的次數(次)。

$UD_{j,p,k,t}$  : 在規劃週期  $t$ ，對於鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，第  $k$  種長度規格未滿足的支數(支)。

$COM_t$  : 在規劃週期  $t$  中，將所有鋼胚壓延完成之時間(秒)。

$\delta_{j,p,t}$  : 規劃週期  $t$  中，是否需生產鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  之鋼胚，若是則為 1；反之則為 0。

$\alpha_{j,p,s,t}$  : 在規劃週期  $t$  中，是否第  $s$  個填入位置有壓延鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  的鋼胚，若有則為 1；反之則為 0。

$\beta_{j,p,j',p',s,t}$  : 在規劃週期  $t$  中，是否第  $s$  個填入位置的鋼胚類型屬於  $j$  鋼種及第  $p$  種公稱尺寸，且第  $s-1$  個填入位置的鋼胚類型屬於  $j'$  鋼種及第  $p'$  種公稱尺寸，若是則為 1；反之則為 0。

鋼鐵廠內部績效規劃模組

◆ 集合

$I$  : 隸屬產能不足之規劃週期集合。

◆ 參數

$wl_{j,p,m}$  : 在鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  之中，第  $m$  組切割方案的裁切廢料長度(公尺)。

$\omega_1$  : 每公尺裁切廢料的成本(元)。

$\omega_2$  : 每支常用規格存貨的成本(元)。

$\omega_3$  : 每支特殊規格存貨的成本(元)。

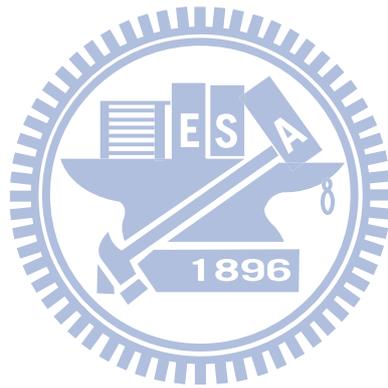
◆ 決策變數

$Z_{j,p,m}$  : 規劃結果中對於鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，第  $m$  組切割方案裁切廢料的總

長度(公尺)。

$IV_{j,p,k,T}$  : 在規劃幅度內，鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，對於長度規格  $k$  的存貨支數。

$Time_t$  : 規劃週期  $t$  的延遲交貨時間(秒)。



# 第一章、緒論

## 1.1、研究背景與動機

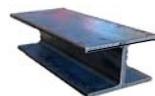
鋼鐵產業是眾多基礎及公共建設的需求，不僅僅幫助經濟發展，亦帶動國家的進步，特別在開發國家之中，例如中國、印度、巴西等等，對於鋼鐵需求亦逐漸攀升，可見鋼鐵產業在國家建設上的重要性。根據國際鋼協與金屬研究中心[18]表示，2008年受到金融風暴的影響，使得鋼鐵業在2009年的產值比前一季衰退37.2%，但各國政府陸續推出擴張性財政政策刺激內需，在這些財政及金融政策效果發酵之後，預期在2010年開始緩步復甦。由台灣工銀[19]研究發現全球鋼鐵產量從2003年至2007年後半季的需求較穩定，2008年至2009年前半季波動相當大，各國鋼鐵業因此受到波及，考量在回溫之後如何快速滿足顧客大量需求仍是鋼鐵業需面臨的問題。

本文針對鋼鐵廠生產的主要產品「H型鋼」<sup>1</sup>為研究對象；H型鋼大部分應用於建築、橋墩或是公共建設上，是非常重要的物料。近來由於鋼鐵業緩步復甦之後，受到國內廢鋼缺料、廢鋼價格上揚以及市場增補庫存等因素帶動下，H型鋼的價格波動平均漲幅已達10%。除此之外，國內同業以及大陸低價競爭，使的各個鋼鐵廠開始思考如何提升自我競爭力，考量如何能快速滿足各顧客多樣化需求以及準時出貨提升生產績效，來搶佔鋼鐵市場。因此在面對未來大量需求的情況下，如何有效利用鋼鐵廠所需的原物料且滿足顧客多樣化之需求，來提升競爭力，仍是目前鋼鐵業相當重要的議題。

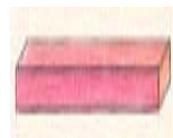
鋼鐵廠的製程屬於流程型生產，可分為煉鋼與軋鋼製程等兩階段。第一階段的煉鋼製程，主要產出第二階段軋鋼製程所需的鋼胚<sup>2</sup>。H型鋼所需的鋼胚經由第二階段軋鋼製程中的軋延機台壓延之後，可依照訂單長度規

---

<sup>1</sup>H型鋼：鋼鐵廠生產的主要鋼材之一，形狀如H型。



<sup>2</sup>鋼胚：為加工各類成品鋼材的鋼鐵原料。



格與數量裁切，以滿足顧客需求。對於生產型態為接單式生產之鋼鐵廠而言，當接到 H 型鋼的產品訂單時，其規劃流程為：首先由營業處接收顧客訂單之後，交由製造部彙整各類長度規格之需求，並從眾多的可行切割方案<sup>3</sup>中，規劃出最佳組合的方式<sup>4</sup>，以滿足顧客之需求。再將規劃完的結果交給生管人員排定鋼胚在軋鋼製程的生產排程規劃。由於軋鋼製程的瓶頸機台是軋延機台。因此生管人員在軋鋼製程的生產排程規劃中，主要針對軋延機台做規劃。而軋延機台在決定鋼胚壓延順序時，除了考量製造部的規劃結果之外，另有順序相依之整備問題以及滿足各訂單交期時間問題等。而煉鋼製程的生產排程規劃，則可依據軋延機台的規劃結果反推。但鋼鐵業在上述的規劃流程中，仍以人工方式進行規劃，當遇到顧客變更訂單或緊急插單時，規劃彈性亦受到限制，無法快速滿足顧客要求。

承上所述，皆為鋼鐵廠所需面臨的問題，且以上課題皆為實務上排程之困難點，並且在鋼鐵製程相關文獻中尚未有研究探討過；因此做為本文研究主題之動機。



## 1.2、研究目的

基於上述的研究背景與動機，本文目的為協助鋼鐵廠解決規劃流程中，必需從眾多可行切割方案決定最佳組合方式，以及軋鋼製程的排程規劃等問題，建構出一完善的「鋼鐵廠-軋鋼製程主生產排程規劃系統」，且快速因應顧客變更訂單或緊急插單之要求，並取代目前人工規劃之方式。為達上述目的，本研究將建構出「軋延機台生產排程規劃模組」以及「鋼鐵廠內部績效規劃模組」，其說明如下：

### (1) 「軋延機台生產排程規劃模組」建構

此模組以鋼鐵廠的規劃流程做為設計的解題步驟。其各個步驟的簡要說明如下：

- 一. 首先接收訂單之後，以訂單交期區間為規劃週期，並彙整各規劃週期對於不同長度規格之需求。

<sup>3</sup>可行的切割方案：滿足可用長度以及允許裁切廢料上限的切割方案。

<sup>4</sup>最佳組合方式：從數個可行的切割方案中，決定各個可行切割方案的採行次數，並將鋼胚依最佳組合方式裁切之後，以滿足各訂單之規格需求。

二. 彙整之後，考量在可用長度以及允許的裁切廢料限制下，列出所有可行的切割方案，並設計一整數線性規劃模式，求解可行切割方案在各規劃週期的最佳組合方式，以及在軋延機台的生產排程規劃。

(2) 「鋼鐵廠內部績效規劃模組」建構

此模組以「軋延機台生產排程規劃模組」的規劃結果，判別在滿足以及未滿足顧客需求之下，決定進一步規劃的方式。其滿足以及未滿足顧客需求的規劃方式簡要說明如下：

- 一. 若能滿足顧客需求，則以整數線性規劃模式，找出最適的裁切廢料長度以及存貨支數。
- 二. 若無法滿足顧客需求，則以延遲交貨時間方式，設計一整數線性規劃模式，判斷延遲交貨時間之後，是否影響其他顧客訂單之達交時間。並將規劃結果告知顧客，由顧客決定是否接受。

### 1.3、研究範圍與限制

本文所發展之「鋼鐵廠-軋鋼製程主生產排程規劃系統之構建」，主要針對鋼鐵廠在規劃流程中所面臨的問題，建構出一完善的主生產排程規劃系統。因此本文之研究範圍在規劃鋼胚切割計畫時，決定可行切割方案的最佳組合方式，以及在軋鋼製程中軋延機台的生產排程規劃，如圖 1-1 所示。

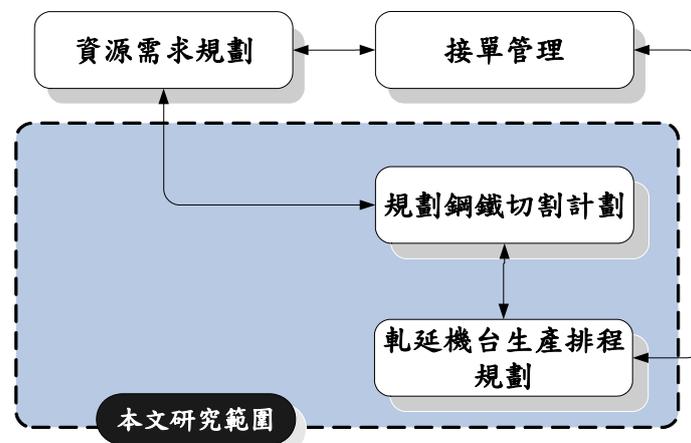


圖 1-1：研究範圍

考量問題複雜度情況之下，為了有效達成本文規劃目標與求解結果，吾人在以下做了幾項假設與限制：

1. 本文研究之鋼鐵廠為訂單式生產(Make To Order, MTO)之生產型態。
2. 鋼胚數量可供應製造部規劃的結果，不考慮缺料。
3. 已知各訂單需求數量資訊。
4. 各訂單交期已知。
5. 各機台之派工法則，均採先進先出(FIFO)。
6. 產品加工流程已知。
7. 產品在各機台所需加工時間、整備時間已知。
8. 不考慮人員、物料與工具的資源限制。

#### 1.4、研究方法與流程

針對上述的研究目的，本文之研究方法將依以下步驟進行，其流程如圖 1-2 所示，流程步驟簡要如下：

##### 1. 文獻探討

依據本文研究方向與目的，收集並彙整相關學者研究，以構建本文之研究架構，主要分為以下三部份：

- (1) 鋼鐵製程介紹
- (2) 煉鋼及軋鋼製程相關文獻
- (3) 切割問題相關文獻

##### 2. 問題定義與分析

針對鋼鐵製造流程與規劃方法，分析研究問題之所在，根據問題特性與限制做為研究方向。

##### 3. 模式建構

鋼鐵廠的生管規劃人員可依「軋延機台生產排程規劃模組」以及「鋼鐵廠內部績效規劃模組」進行規劃，並完成本文所欲達到之目標。

##### 4. 實例驗證

透過鋼鐵廠的實例，將相關數據輸入至本文建構之模式中，以驗證本文所提出規劃方式之可行性與成效。

## 5. 結論與未來研究方向

在本論文最後，將針對不足之處提出說明，做為未來學者進一步改善與研究方向。

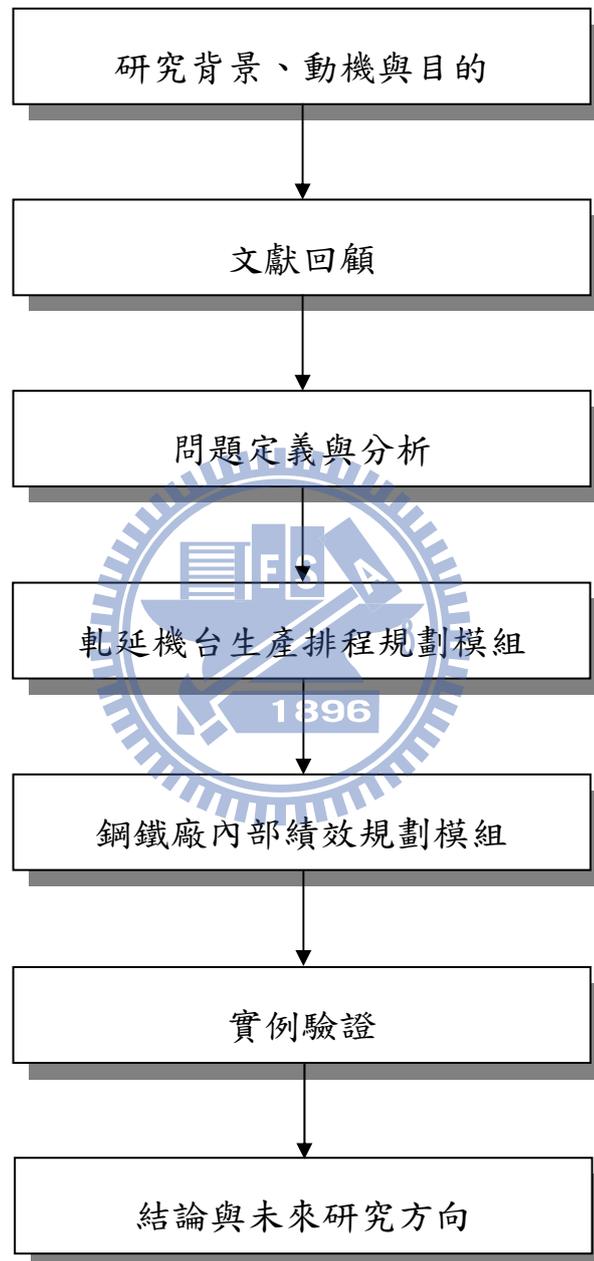


圖 1-2：研究流程

## 第二章、文獻回顧

本文針對鋼鐵廠之生產特性，在已知訂單需求資訊下(鋼種、公稱尺寸、數量、交期)，提出一套完善的「鋼鐵廠-軋鋼製程主生產排程規劃系統」，取代目前人工之規劃方式，並做為生管規劃人員決策依據，使得訂單變更時，也能快速規劃生產排程達到滿足顧客需求的目標。因此吾人將針對以下幾個方向之文獻進行探討，以做為本論文研究之理論基礎。

- (1) 鋼鐵製程介紹
- (2) 煉鋼及軋鋼製程相關文獻
- (3) 切割問題相關文獻

### 2.1、製程介紹

台灣鋼鐵製造業目前是以鐵礦砂為原料的高爐、轉爐生產及以廢鐵為原料的電弧爐生產為主；生產廠家分為煉鋼廠、煉鐵廠及單軋廠三類型。其製程分為煉鋼、軋鋼兩個主要製程[16]。

- 一、煉鋼製程：將鐵礦砂或廢鐵透過高爐或電弧爐熔煉，再加入其它副料精煉，以產生鋼液。將鋼液以連續鑄造機澆鑄至直模、曲模中，產生所需規格的型鋼<sup>5</sup>或鋼板用胚。
- 二、軋鋼製程：將鋼胚放入加熱爐進行加熱至 1,150~1,250 度後，進行粗軋、中軋、精軋等程序軋延並依照訂單需求的特定長度、數量進行切割形成各類鋼製品。

透過 Tang *et al.*[11]及至鋼鐵製造廠實務訪談之資料，以下將針對煉鋼、軋鋼製程中的各個工作程序進行更進一步的介紹，以便對鋼鐵相關製程獲得更徹底的認識；鋼鐵廠生產流程如圖 2-1 所示。

---

<sup>5</sup>型鋼：即H型鋼，軋延機台可將H型鋼的鋼胚壓延至一定長度，並裁切出訂單所需的長度規格。

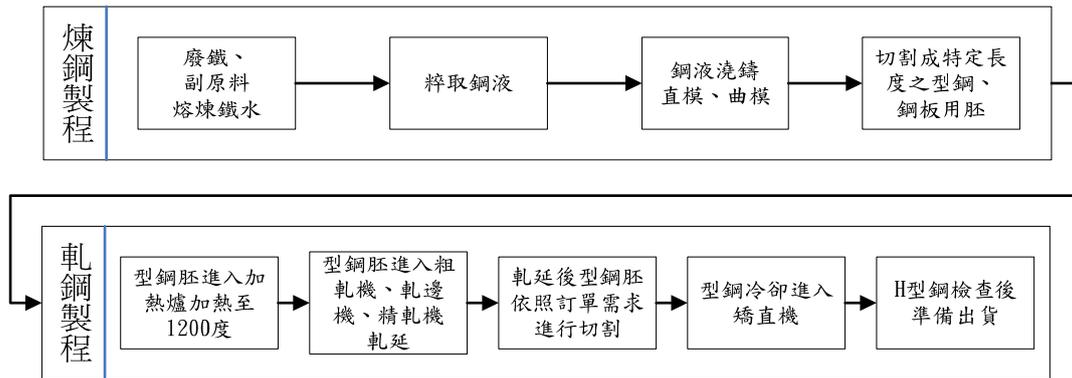


圖 2-1：煉鋼、軋鋼製程流程圖[15]

### 煉鋼製程：

- 一、熔煉鐵水：鐵水熔煉具有兩種不同作業方式，分別為高爐與電爐熔煉。兩者主要區別為高爐主要原料為鐵礦砂並利用煤碳產生熱能熔煉；電爐主要原料為廢鐵並利用電力產生熱能熔煉；兩者所需搭配副原料也有所不同。透過上述兩種不同熔煉方式，產生高達 1200 度以上的液態鐵水。
- 二、粹取鋼液：將鐵水倒入精煉爐，並且加入影響鋼胚軋延長度的化學藥物<sup>6</sup>進行精煉，粹取出碳含量在 0.02% 以下的鋼液。
- 三、鋼液澆鑄：此程序又稱為連續鑄造。是指將整爐鋼液倒入連續鑄造機，並依照所需生產鋼板或型鋼的鋼胚，倒入鋼板用胚的直模與型鋼用胚的曲模，直至鑄模之鋼液凝固，即產出鋼板與型鋼的鋼胚。本文中主要針對 H 型鋼產品做規劃，其 H 型鋼的鋼胚截面積大小即代表著鋼胚的公稱尺寸，各類公稱尺寸整理如表 2-1 所示。
- 四、鋼胚切割：鋼液澆鑄之後，需裁切鋼胚。在粹取鋼液作業時，加入了影響鋼胚壓延長度的化學藥物，形成不同鋼的種類（鋼種），使的各類鋼胚有其一定壓延的可用淨長，如下圖 2-2。因此，可依各類鋼胚壓延長度的限定，裁切所需的鋼胚長度。鋼胚在紅熱狀態下依照需求長度切割後，則送至鋼胚儲放區冷卻。

<sup>6</sup>加入的化學藥物：受到化學藥物對壓延密度的影響，使的加入不同化學藥物可壓延出不同的長度，形成不同鋼的種類（鋼種）。

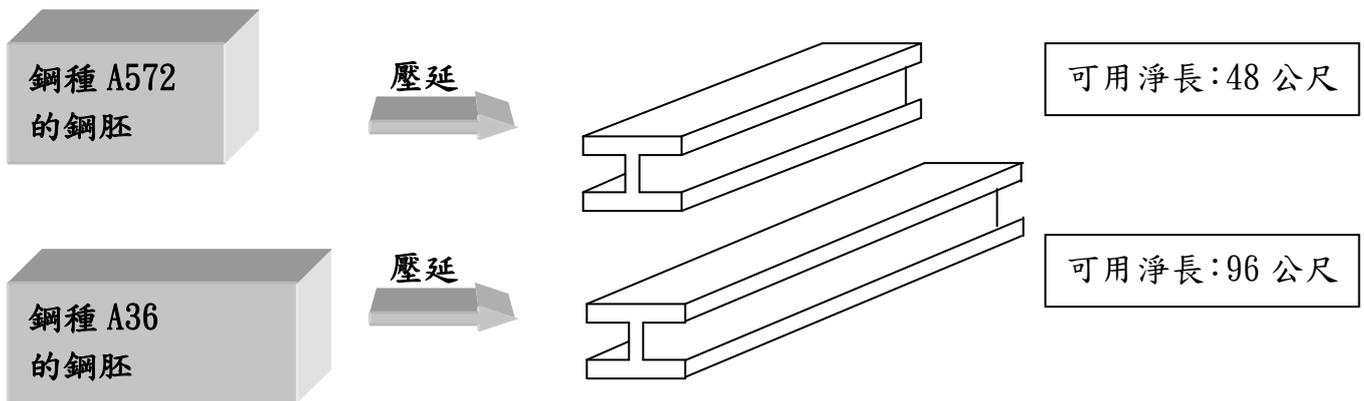


圖 2-2：不同鋼種的鋼胚可壓延的長度

### 軋鋼製程：

五、鋼胚加熱：鋼胚送往加熱爐加熱至可軋延的 1200 度紅熱狀態前，有兩種不同方式，分別為傳統冷進爐與熱進爐加熱。冷進爐是指鋼胚須放置冷卻，到達 25 度左右後，再送往加熱爐加熱至 1200 度；熱進爐是指鋼胚連續產出後，直接送至加熱爐加熱至 1200 度，不需放置冷卻。熱進爐程序對鋼鐵成品的生產可達到大量作業時間的節省，但使用此程序的鋼胚需保持高品質。

六、鋼胚壓延：每一類型之鋼胚在 1200 度的紅熱狀態時，經由軋延機台壓延至預先設定之可用淨長。鋼胚壓延需與軋延機台上滾輪配合，滾輪寬度與鋼胚壓延寬度須完全穩合(如下圖 2-3)。因此，型鋼與鋼板所使用之滾輪不同。鋼胚壓延會造成滾輪之耗損。

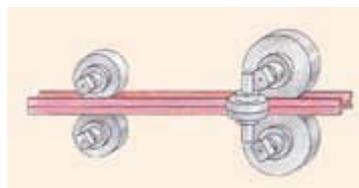


圖 2-3：鋼胚軋延示意圖[20]

七、成品切割：壓延後的鋼胚依照所需之規格，使用熱間鋸進行切割，產出成品鋼材。

八、成品矯直：特定規格成品鋼材需放置冷卻床冷卻，並送往矯直機矯直。

九、檢查出貨：成品鋼材送往檢查站檢查後，依照出貨排程進行出貨。

表 2-1：曲模產出鋼胚的公稱尺寸整理

編號	公稱尺寸	編號	公稱尺寸	編號	公稱尺寸
1	100 × 100	11	250 × 125	21	400 × 300
2	125 × 125	12	250 × 175	22	400 × 400
3	150 × 75	13	250 × 250	23	450 × 200
4	150 × 100	14	300 × 150	24	450 × 300
5	150 × 150	15	300 × 200	25	500 × 200
6	175 × 90	16	300 × 300	26	500 × 300
7	175 × 175	17	350 × 175	27	600 × 200
8	200 × 100	18	350 × 250	28	600 × 300
9	100 × 150	19	350 × 350	29	700 × 300
10	200 × 200	20	400 × 200	30	800 × 300

## 2.2、煉鋼及軋鋼製程相關文獻

鋼鐵業在製程上可分為煉鋼及軋鋼製程兩階段，在其分別的製程上各具有不同特性及限制，例如在煉鋼的連續鑄造上，相同公稱尺寸的鋼胚可以一起鑄造，而在軋鋼的鋼胚壓延製程上則有換滾輪等因素需考量。因製程特性不同大多數學者對這兩類製程做個別探討與研究。以下將針對過去學者所研究的議題分為煉鋼及軋鋼兩製程做說明及介紹。

### 2.2.1、煉鋼製程生產排程文獻探討

煉鋼製程最主要包含鋼液粹取與連續鑄造等部份，與此製程相關的研究如下：

Tang *et al.*[10]提出一數學模式求解連續鑄造排程問題，針對即時化(Just In Time, JIT)環境，目標式為使製造時中斷、物件等候和提早完工或延後完工的懲罰成本最小化。其環境限制包含，(1)在相同機台加工的物件，

當前一物件加工完成，下一物件必須立即加工；(2)當某物件搬運至另一機台後，也必須立即開始加工；另外，(3)必須有足夠搬運與設置的時間等。其所用之數學模式為非線性規劃，學者們透過替代方式將其轉換為線性規劃模式，利於求解。求解結果需檢視在相同機台上是否有兩物件同時加工；如果有，代表求解的結果有衝突，需透過手動進行修正。由於此一數學模式只考量即時化的想法，並無加入製程限制，且求解的結果有衝突時，需手動修正，在應用上仍需探討。

Bellabdaoui *et al.* [1]提出一混合型整數線性規劃模式(Mixed -integer linear programming, MIP)，求解出在轉爐與精煉爐的開始加工時間和連續鑄造的完工時間。目標式為使連續鑄造總完工時間最小化。其環境限制包含，(1)每個加工順位只能有一物件；(2)一物件只能有一對應順位上加工；(3)計算轉爐上可開始加工時間，及運輸到精煉爐與連續鑄造機台後可開始加工的時間；(4)在轉爐、精煉爐以及連續鑄造的機台上，加工的物件必須等到當前一物件加工完成，下一物件才能開始加工；(5)計算在連續鑄造機台上，最後加工物件的完工時間；(6)完工時間需小於各訂單交期；其他限制主要包含加工時間的限制、轉爐到連續鑄造機台期間的等待時間限制等。此一數學規劃模式可使總完工時間最小化，但在範例當中只探討較小數量的物件，無法得知在大規模的物件時，是否可求得最佳解。

### 2.2.2、軋鋼製程生產排程文獻探討

軋鋼製程最主要包含鋼胚軋延與成品切割等部份，與此製程相關的研究如下：

Lopez *et al.*[7]提出禁忌搜尋法(tabu search, TS)結合其他啟發式演算法，求解軋鋼製程生產鋼板的排程問題。目標式為加工不同寬度、厚度、規格以及未優先加工的鋼板，其懲罰成本最小化。求解步驟如下：

Step1：首先由貪婪法(greedy heuristic)找到多個排程解。

Step2：由 Step1 找到多個排程解中，選擇目標值最佳的為初始排程解。

Step3：判斷在初始排程解中，是否經交換生產順序後，可改善目標值。若可以，則進行交換，且紀錄交換的順序，並列為禁忌。列為禁忌的生產順序，必須達到一定的反覆次數，限制才可解除。

Step4：判斷是否達到終止條件(達到限定的反覆次數或在連續反覆之下，交換完之後仍無法改善求解結果)。若是，則將最終結果列出；反之，則回 Step3。

在求解的問題當中，學者有考量某些鋼板有優先加工的因素，使求解的環境能更加實務。

Tang *et al.*[8]提出最佳解以及近似解的方法，求解無縫鋼管在軋鋼製程的排程問題。最佳解是利用分支界線(Branch-and-bound)的方式求解，以總完工時間最小化為目標，滿足訂單交期；求解步驟如下：

Step1：隨機選取一個物件做為開始加工的物件。

Step2：計算目前生產順序的完工時間(界線)，並判斷是否大於訂單交期。若是，則該生產順序不可行；反之，則至 Step3。

Step3：選取下一個加工物件(分支)。

Step4：判斷在可行的分支中，是否所有的工件皆已排入。若是，則將最佳生產順序列出；反之，則回 Step2。

分支界線法可求得最佳解，但其方式較耗時，適用於較小規模的問題。所以學者們又提出求解近似解的方法。求解步驟如下：

Step1：隨機選取一個物件為開始加工的物件。

Step2：選取下一個加工物件。從剩餘未排入的物件當中，一一比較何者可使完工時間最短，做為下一個加工的物件。

Step3：判斷是否所有的工件皆已排入。若是，則將生產順序列出；反之，則回 Step2。

此啟發法較分支界線法省時，求解結果亦不比最佳解差很多，所以在實務應用上可多加考慮。

Wang *et al.*[12]提出一混合整數線性規劃模式以及禁忌搜尋法(tabu search, TS)，求解軋鋼製程中哪些鋼板需放置在一起加工及其順序。其數

學規劃模式之目標式為，加工不同鋼板等級、寬度、厚度、加工溫度、提早完成加工或延後完成加工、剩餘產能等的懲罰成本最小化。其環境限制包含，(1)批量的加工數上限；(2)一批量的總長度限制；(3)加工的鋼板之間，不同等級的允許上限；(4)加工的鋼板之間，不同寬度的允許上限；(5)加工的鋼板之間，不同厚度的允許上限；(6)加工的鋼板之間，不同加工溫度的允許上限；(7)鋼板可開始加工的時間及完工時間。混合整數線性規劃模式可求解出最佳解，適用於小規模問題。在大規模問題中，可透過禁忌搜尋法求解出近似解。求解步驟如下：

Step1：由一啟發法(cheapest insertion heuristic, CIH)找到各批量的初始可行解。

Step2：再利用順序互換的方式(包含 Deletion、Insertion、Inner-relocation、Outer-relocation、Swap、Exchange。)改善各批量的初始解。且紀錄交換的順序，並列為禁忌。列為禁忌的生產順序，必須達到一定的反覆次數，限制才可解除。

Step3：判斷各批量是否達到終止條件(達到限定的反覆次數或在連續反覆之下，交換完之後仍無法改善求解結果)。若是，則至 Step4；反之，則回 Step2。

Step4：以混合整數線性規劃模式的目標式，決定各批量間的生產順序，並將結果列出。

求解結果比目前鋼鐵業以人工規劃和之前文獻上傳統規劃方式較佳。

Zhao *et al.*[13]提出一演算法求解軋鋼製程鋼板排程問題，此演算法中將鋼板視為城市，批量數視為車輛數，轉變成含時窗限制的車輛途程問題。再透過特殊的基因演算法(Parthenogenetic algorithm, PGA)求解出各批量中哪些鋼板可挑選進入加工，即車輛需拜訪哪些城市。求解步驟如下：

Step1：隨機選取一個鋼板做為開始加工的物件。

Step2：從剩餘未排入的鋼板中，挑選具有相同鋼種的鋼板，做為下一個加工的物件。

Step3：判斷是否已超過可加工的長度限制。若是，則回 Step1，重新使用另一加工批量；反之，則至 Step4

Step4：判斷是否所有的鋼板皆已排入。若是，則將各批量的生產順序列出；  
反之，則回 Step2。

各批量中，鋼板的生產順序則透過另一啟發法(intelligent search algorithm)決定。求解步驟如下：

Step1：隨機選取批量中的一個鋼板，做為開始加工的物件。

Step2：從批量剩餘未排入的鋼板中，挑選可使加工不同鋼板寬度、厚度、  
加工溫度等成本最小者，做為下一加工的鋼板。

Step3：判斷是否批量中，各鋼板已排定完畢。若是，則至 Step4；反之，  
則回 Step2。

Step4：判斷是否所有批量皆已安排完畢。若是，則將各批量的鋼板生產順  
序列出；反之，則回 Step1。

透過此兩階段的演算步驟求得軋鋼製程鋼板的排程問題。求解結果與  
其他學者比較下，可使批量數減少且滿足製程限制，在實務應用上可多加  
探討。

軋鋼製程是鋼鐵業中相當重要的程序，所以針對上述軋鋼相關文獻，  
吾人更進一步的比較研究之間的異同，整理如下表 2-2 所示：

表 2-2：軋鋼製程相關文獻比較

學者	問題特性	製程特性	求解問題	研究方法
Lopez <i>et al.</i> [7]	考慮： 1. 更換不同鋼板寬度、厚度、規格所需成本 2. 優先加工鋼板問題	1. 需加熱至適當溫度 2. 鋼板的加工寬度變化之順序需符合製程要求(如下註解) 3. 一批量的加工長度有限制	挑選出，哪些鋼板可一起加工及其順序，使成本最小化	tabu search
Tang <i>et al.</i> [8]	考慮： 1. 已知相同特性的無縫鋼管視為一個加工批量 2. 批量間的加工時間與設置時間皆不同	1. 需加熱至適當溫度 2. 不同產品類型的無縫鋼管需整備	求解無縫鋼管批量間的加工順序，使總完工時間最小化	Branch and bound 演算法
Wang <i>et al.</i> [12]	考慮： 1. 更換不同鋼板寬度、厚度、規格及溫度所耗成本 2. 鋼板提早完工及延後完工成本 3. 批量可加工長度剩餘量	1. 需加熱至適當溫度 2. 鋼板的加工寬度變化之順序需符合製程要求(如下註解) 3. 一批量的加工長度有限制	求解每一鋼板需放在哪一個批量中加工，及這些批量之間的加工順序，使成本最小化	tabu search

Zhao <i>et al.</i> [13]	考慮： 1. 更換不同鋼板寬度、厚度及溫度所耗成本 2. 鋼板提早完工及延後完工成本 3. 相同化學成分的鋼板需在同一批量	1. 需加熱至適當溫度 2. 鋼板的加工寬度順序需符合製程要求 3. 一批量的加工長度有限制	第一階段：求解可置入所有鋼板的最小批量數 第二階段：以鋼板可直接加熱比率最高來求解批量加工順序，使能源浪費最少	兩階段演算法
本文	考慮： 1. 不同鋼種可壓延的長度不相同 2. 相同類型的鋼胚可連續壓延 3. 不同類型的鋼胚在軋延機台壓延時間不同 4. 產能不足的規劃週期可考慮延遲交貨時間	1. 需加熱至適當溫度 2. 不同類型的鋼胚在軋延機台有順序相依之整備問題	第一階段：以最小化各規劃週期未滿足之需求為目標，求解可行切割方案在各規劃週期的最佳組合方式，以及在軋延機台的排程規劃 第二階段：以最小化存貨支數以及最小化裁切廢料，來提高鋼鐵廠內部的績效	兩階段數學規劃模式

註：在製程特性上，鋼板加工最主要考量在於測試階段鋼板的寬度必須由小至大，而在生產階段則是由大至小，成為特殊的生產方式。

由上表 2-2 整理發現，Lopez *et al.*[7]、Wang *et al.*[12]及 Zhao *et al.*[13] 都是針對鋼板排程的研究，之間不同之處在於 Lopez *et al.*[7]所提出的方法只能求解一個批量中鋼板的生產順序。但 Wang *et al.*[12]及 Zhao *et al.*[13] 學者們所提出的方法可求解多個鋼板批量及批量間的加工順序，而 Wang *et al.*[12]及 Zhao *et al.*[13]研究之間的不同在於，Wang *et al.*[12]的方法可使鋼板加工批量的總成本最小，但未考慮批量數多寡之問題，而 Zhao *et al.*[13]的研究中第一階段則是先針對使批量數最小來求解加工批量數，第二階段再考慮順序。Zhao *et al.*[13]所提出的方法亦可求解 Wang *et al.*[12]的問題，因為考慮的特性相似，所以可透過轉變求解。Tang *et al.*[8]與其它學者不同，主要以無縫鋼管的批量加工順序為研究，求解總完工時間最小化。而在本文中，探討的議題與上述學者不同的地方在於，考量 H 型鋼的產品在滿足顧客需求之下，決定切割方案最佳的組合方式，以及在軋延機台的排程規劃。並在滿足顧客需求之後，使鋼鐵廠所需存貨以及裁切的廢料最小化。

除了煉鋼及軋鋼的排程問題外，另有其他學者針對不同問題做探討，以下將稍做介紹：

Ferretti *et al.*[5]提出螞蟻演算法求解連續鑄造上鋼胚存貨問題。在此問題中，探討螞蟻如何構建出一條針對訂單加工順序的路徑，使庫存中鋼胚的數量最少。螞蟻挑選訂單加工順序的依據是根據前次螞蟻留下費洛蒙的多寡與自身的判斷。而在自身的判斷上，是以所需設置時間最小者為評判。當螞蟻拜訪完所有訂單之後，對所有路徑進行費洛蒙的更新，除了路徑上費洛蒙本身的蒸發外還加上了有螞蟻走過時的增加量。費洛蒙的增加量是以銷售金額、存貨成本及訂單延遲懲罰成本的利益變化量做為計算方式。在此研究中，另外還考慮了現實中置放存貨的空間大小；當求解的結果所需庫存空間超過可用空間即為不可行解，相當實務的應用。

Tang *et al.*[9]針對鋼鐵業訂單問題探討如何安排生產順序，提出一混合型整數線性規劃模式。目標式為最大完工時間最小化，決定個別訂單的

開始加工與完工時間。其環境限制包含，(1)計算各別訂單的完工時間；(2)可用產能限制；(3)最早可開始加工及最晚完工時間限制；(4)訂單交期因素等。除上述的數學模式之外，學者們為了使求解時間減少，提出拉格朗其(Lagrangian)方法，將某些限制式寬放至目標式；求出滿足訂單交期及製程限制之排程。但在此篇論文當中，並未考慮訂單中不同產品、規格等的要求，所以在應用上仍待商確。

以下將上敘煉鋼及軋鋼製程的相關文獻整理如下表 2-3 所示：



表 2-3：鋼鐵製程相關文獻整理

學者	製程階段	研究問題	目標式定義	研究方法	求解時間長短
Tang <i>et al.</i> [10]	連續鑄造	使物件可以不中斷的 加工	製造時中斷、物件等候和 提早完工或延後完工的懲罰 成本最小化	數學規劃模式	長
Bellabdaoui <i>et al.</i> [1]	連續鑄造	連續鑄造、轉爐與精煉爐的 加工時間	連續鑄造總完工時間最小化	數學規劃模式 演算法	短
Lopez <i>et al.</i> [7]	軋鋼製程	鋼板加工順序	加工不同寬度、厚度、規格 以及未優先加工的鋼板，其 懲罰成本最小化	演算法	稍短
Tang <i>et al.</i> [8]	軋鋼製程	無縫鋼管在軋鋼製程的 排程問題	軋鋼製程總完工時間最小化	演算法	稍短
Wang <i>et al.</i> [12]	軋鋼製程	鋼板生產批量及順序 問題	更換不同鋼板等級、寬度、 厚度、溫度、完工時間、剩 餘產能等等的懲罰成本最小 化	數學規劃模式 演算法	稍短
Zhao <i>et al.</i> [13]	軋鋼製程	鋼板排程問題	第一階段:加工批量數最少 第二階段:直接加熱比率最高	演算法	短
Ferretti <i>et al.</i> [5]	連續鑄造	連續鑄造上鋼胚存貨 問題	庫存中鋼胚的數量最少	演算法	短
Tang <i>et al.</i> [9]	連續鑄造 軋鋼製程	鋼鐵業訂單順序安 排	全部訂單完工時間最小化	演算法	稍短
本文	軋鋼製程	鋼胚裁切以及軋延機台之 排程問題	第一階段:最小化未滿足需求 第二階段:最小化存貨支數以 及最小化裁切廢料	數學規劃模式	

## 2.3、切割問題相關文獻

上述鋼鐵廠排程文獻中，只探討到相關製程研究。但在本文中，主要的研究在於將 H 型鋼的鋼胚壓延後，再依照切割方案裁切，並將所需的鋼胚排定在軋鋼製程中，軋延機台的壓延順序。因此在以下的文獻中，首先介紹何謂切割方案以及切割問題的相關研究。

### 2.3.1、切割計畫

以下將以鋼鐵廠的切割問題說明何謂切割方案。如下表 2-4 中，有三種長度規格，分別為 20 公尺、18 公尺以及 14 公尺，且允許的廢料長度以及鋼胚經軋延機台壓延之後的長度如下：

- 一、 允許的廢料長度：2 公尺
- 二、 鋼胚壓延之後的長度：100 公尺

表 2-4：鋼鐵廠彙整訂單

規格(公尺)	20 公尺	18 公尺	14 公尺
需求	14	8	2

允許的廢料長度表示，鋼胚經軋延機台壓延至 100 公尺後，依照切割方案裁切，最多只允許有 2 公尺的廢料產生。而一組可行的切割方案必須同時滿足允許的廢料上限以及壓延之後的可用長度。例如，(5, 0, 0)表示，鋼胚經軋延機台壓延至 100 公尺後，可裁切出長度規格 20 公尺 5 支，其餘規格的產品皆無產出。且經由計算： $[5(\text{支}) * 20(\text{公尺})] + [0(\text{支}) * 18(\text{公尺})] + [0(\text{支}) * 14(\text{公尺})] = 100(\text{公尺})$ ，可同時滿足允許的廢料長度以及壓延之後的可用長度，因此為一組可行的切割方案。依此類推，可找到多組的裁切方案。

### 2.3.2、切割問題文獻探討

Eleni *et al.*[4] 提出分支界線法求解二維背包問題 (Knapsack algorithms)，探討二維空間的背包問題，如何使目標值的利益最大。其環

境限制包含，(1)每次只切割一塊；(2)切割的長度不能大於可使用的總長度；(3)切割的寬度不能大於可使用的總寬度。此研究利用分支界線法求解，逐一比較放入哪一個物件之後，目標值變化的程度來求得最佳解；但相對來說求解時間相當耗時。

DiKili *et al.*[2]針對一維切割問題發展出啟發式解法，以最小化成本為目標。求解步驟如下：

Step1：列出所有可行的切割方案。

Step2：依據各個切割方案可裁切出長度規格種類數，來排定選擇切割方案的優先順序。

Step3：選定最優先順序的切割方案裁切；裁切之後判斷是否滿足長度規格之需求。若有長度規格之需求已經滿足，則將可裁切出該長度規格之切割方案刪除，並至 Step4。

Step4：判斷是否所有長度規格之需求皆已滿足。若是，則停止求解；反之，則至 Step3。

雖然此方法不用構建模式，而且求解出來的結果也是整數解，但是由於求解過程的步驟相當耗時，可能必須搭配訂單大小選擇應用。

上述 DiKili *et al.*[2]方法中，只使用一種可用長度。因此 DiKili *et al.*[3]又針對有多種可用長度的一維切割問題發展出啟發式解法。求解步驟如下：

Step1：列出每一種可用長度下的所有可行切割方案。

Step2：依據各個切割方案可裁切出長度規格種類數，來排定各可用長度下選擇切割方案的優先順序。

Step3：選定第一種可用長度下，最優先順序的切割方案裁切；裁切之後判斷是否滿足長度規格之需求。若有長度規格之需求已經滿足，則將可裁切出該長度規格之切割方案刪除，並至 Step4。

Step4：判斷是否所有長度規格之需求皆已滿足。若是，則停止求解；反之，則至 Step3，選定第二種可用長度下，最優先順序的切割方案裁切，其反覆步驟如此類推。

此啟發式解法與 DiKili *et al.*[2]方法雷同，但是有多考慮不同可用長度的因素，所以較實務，不過求解過程所需花費的時間也是相當耗時。

楊亦真[16]發展兩階段整合規劃模式，滿足最小化鋼胚廢料、最小化成品庫存，迅速求得鋼鐵切割規格組合，適用大規模、小規模的訂單需求。第一階段目標式為最小化鋼胚廢料，定義為鋼胚可用長度與鋼胚使用長度的差距。限制式包含切割支數須為整數、切割方案中的長度規格須小於鋼胚壓延之後的可用長度、滿足廢料寬裕值。第二階段目標式為最小化成品庫存。限制式包含切割支數須滿足規格成品的需求支數、鋼胚生產量須為整數等。雖然此一模式求解的結果相當良好，但未考量在實務上，長度規格可區分常用規格以及特殊規格兩類，在常用規格的部份，由於後續接到相同長度規格的可能性高，因此允許有存貨發生；相反的，特殊規格則不允許的問題。

阮偉成[14]開展四階段整合規劃模式，以最小化未滿足需求以及最小化成品庫存為目標，迅速求得鋼鐵切割規格組合。第一階段與第二階段分別求解常用規格與特殊規格，目標式皆為最小化未滿足需求。限制式包含產品總切割數量須滿足需求、鋼胚生產量須為整數。第三階段目標式為最小化產品庫存。限制式包含常用規格之產品總切割支數可大於需求量、特殊規格之產品總切割支數則需小於需求量、鋼胚生產量須為整數。第四階段將剩餘未滿足的需求，組合成特殊的規格，滿足剩餘特殊規格需求。此模式將訂單長度規格區分為常用規格與特殊規格，在第三階段之運算中又允許常用規格有庫存，因為常用規格續獲訂單的可能性高。此一模式雖然較實務，但是遇到大訂單時，可能有無法求解的情況，因此限制了實用性。

鄭瑞富和李宇欣[17]針對考慮一維切割順序的問題，提出數學規劃模式求解。此問題是以鋼條為研究對象，探討鋼條的長度如何裁切以滿足訂單之規格需求，以及各訂單在排定生產順序時的限制。目標式是以最小化的鋼條使用數目。其環境限制包含，(1)所有訂單之規格需求皆已滿足；(2)鋼條裁切長度限制；(3)訂單在排定生產順序時的限制條件，其中順序相關

例如 Finish to Start (FS)為 G 訂單切割完成時間早於 G 訂單開始切割時間，其他還有 FF (Finish to Finish)、SF(Start to Finish)、SS(Start to Start)等關係。考量裁切場地可能不足或擬提升裁切效率，此研究中另提出一加權的目標式，除了鋼條使用數目最少外，還包含一鋼條切割中存在不同訂單規格需求比例最小，使一鋼條能盡量滿足同一訂單之需求。此研究與 H 型鋼皆是一維裁切問題，雖然有考量各訂單在排定生產順序時的限制，但仍沒考慮到完工時間、製程特性等，可做為未來研究的方向。

沈宇晟[15]採用鄰近搜尋法與整數規畫組合的啟發式演算流程，可以找到一維鋼鐵切割的良好解。鄰近搜尋法的演算方式為逐步小幅變動一個起始可行解，以改善目標函數值而達到理想可行解之目的。在求解完鄰近搜索法之後，接續以二元整數規劃的模式去做調整，目標式為使產生廢料量總和最小化。其環境限制包含，(1)一個鋼筋由原本切割位置只能轉換到另一個鋼筋位置；(2)二元整數變數範圍。由於在運用二元整數規劃前，此問題已經存在可行解，所以可確認此模式能求出可行解。此演算流程的缺點在於鄰近解的搜索過程很容易陷於局部最佳解，因此在搜尋過程中必須加入接受劣化解的機制以免陷於局部最佳解。

本文則考量鋼鐵廠 H 型鋼的裁切問題，除此之外，並決定 H 型鋼所需的鋼胚在軋延機台壓延之順序。而在 H 型鋼的裁切問題中，首先將列出所有可行的切割方案，再以一整數線性規劃模式，決定可行切割方案的最佳組合方式，以滿足顧客之需求。上述切割問題文獻探討，吾人彙整如下表 2-5：

表 2-5：切割問題文獻探討

學者	切割維度	研究問題	目標式定義	研究方法	求解時間長短
Eleni <i>et al.</i> [4]	二維切割	背包裝填問題	裁切利潤最大化	Branch and bound	長
DiKili <i>et al.</i> [2]	一維切割	不限	裁切成本最小化	演算法	長(需手動調整)
DiKili <i>et al.</i> [3]	一維切割	不限	裁切成本最小化	演算法	長(需手動調整)
楊亦真[16]	一維切割	型鋼裁切問題	第一階段： 鋼胚廢料最小化 第二階段： 成品庫存最小化	兩階段整合規劃 模式	稍短
阮偉成[14]	一維切割	型鋼裁切問題	第一、二階段： 未滿足需求最小化 第三階段： 產品庫存最小化	四階段整合規劃 模式	稍短
鄭瑞富、李宇欣[17]	一維切割	鋼條裁切問題	鋼條使用數目最小化	數學規劃模式	稍短
沈宇晟[15]	一維切割	鋼筋裁切問題	廢料產生量最小化	演算法 數學規劃模式	稍短
本文	一維切割	H 型鋼裁切，以 及排定在軋延機 台壓延之問題	第一階段： 未滿足需求最小化 第二階段： 存貨支數最小化 裁切廢料最小化	兩階段數學規劃 模式	

## 第三章、模式建構

### 3.1、問題描述與假設

鋼鐵業的加工流程屬於流程型生產，可分為煉鋼與軋鋼製程等兩階段，如圖 3-1 所示。第一階段的煉鋼製程，主要產出第二階段軋鋼製程所需的鋼胚。鋼胚的類型可由鋼的種類<sup>7</sup>及公稱尺寸<sup>8</sup>來區分，如表 3-1 所示，其中，鋼種 A572 可用淨長為 48 公尺，鋼種 A36 可用淨長為 96 公尺，且皆共有 30 種相同之公稱尺寸。不同鋼種經軋鋼製程中的軋延機台，可壓延出不同可用淨長，之後於成品裁切中，依照訂單所需的長度規格及數量裁切，以滿足各訂單之需求量。

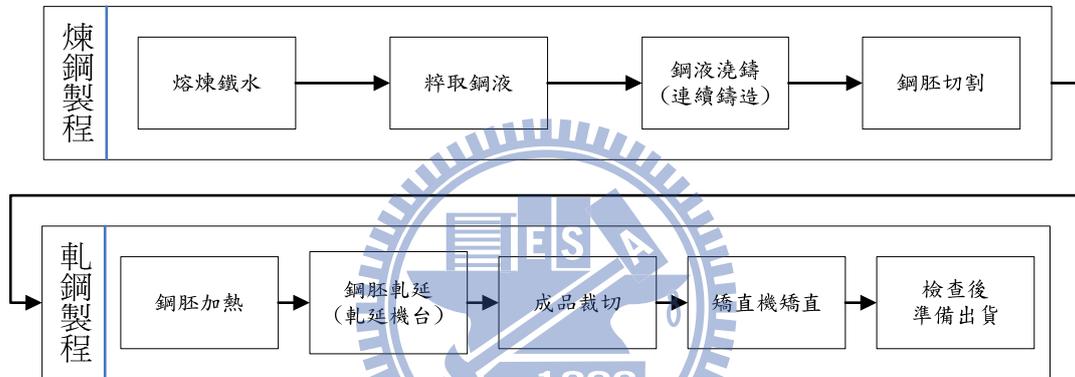


圖 3-1：鋼鐵業的製程流程圖

表 3-1：各種鋼胚之可用淨長以及可生產的公稱尺寸

鋼種 (j)	可用淨長 (公尺)	編號	公稱尺寸 (p)	編號	公稱尺寸 (p)	編號	公稱尺寸 (p)
A572	48 公尺	(1)	100 × 100	(11)	250 × 125	(21)	400 × 300
		(2)	125 × 125	(12)	250 × 175	(22)	400 × 400
		(3)	150 × 75	(13)	250 × 250	(23)	450 × 200
		(4)	150 × 100	(14)	300 × 150	(24)	450 × 300
		(5)	150 × 150	(15)	300 × 200	(25)	500 × 200
A36	96 公尺	(6)	175 × 90	(16)	300 × 300	(26)	500 × 300
		(7)	175 × 175	(17)	350 × 175	(27)	600 × 200
		(8)	200 × 100	(18)	350 × 250	(28)	600 × 300
		(9)	100 × 150	(19)	350 × 350	(29)	700 × 300
		(10)	200 × 200	(20)	400 × 200	(30)	800 × 300

<sup>7</sup>鋼種：在煉鋼製程中，粹取鋼液的作業時，會加入化學藥物影響可軋延的長度，而產生不同的鋼胚種類。

<sup>8</sup>公稱尺寸：鋼胚截面規格(寬 × 高)。

對生產型態為接單式生產之鋼鐵廠而言，當其接到訂單時，其規劃流程如下所述：

(1) 營業處接收顧客訂單之後，會交給製造部，以彙整規劃幅度內，各訂單對於不同鋼種及公稱尺寸之規格與數量需求。以表 3-2 為例，現有訂單 1 與訂單 2，而在兩張訂單中皆有鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之規格與數量需求，將此需求彙整如表 3-3，可得知在鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 中有 16、12 及 10 公尺的長度規格，需求分別有 10、20 及 12 支。

表 3-2：規劃幅度內訂單需求資訊

訂單	鋼種	公稱尺寸	可用淨長	長度規格	需求數量	訂單	鋼種	公稱尺寸	可用淨長	長度規格	需求數量
一	A36	450*200	96 公尺	12.5	10	二	A36	450*200	96 公尺	8	12
	A36	450*200	96 公尺	13.5	8		A36	450*200	96 公尺	12.5	15
	A572	400*400	48 公尺	12	15		A572	400*400	48 公尺	12	5
	A572	400*400	48 公尺	10	12		A572	400*400	48 公尺	16	10

表 3-3：鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 彙整結果

訂單	鋼種	公稱尺寸	可用淨長	長度規格	需求
二	A572	400*400	48 公尺	16 公尺	10
一、二	A572	400*400	48 公尺	12 公尺	20
一	A572	400*400	48 公尺	10 公尺	12

(2) 製造部的人員則依據彙整的結果，規劃各鋼種及公稱尺寸的可行切割方案，並決定可行切割方案最佳組合的方式，以滿足訂單之規格需求。一組可行的切割方案必需同時滿足可用淨長以及允許的裁切廢料限制，以表 3-3 彙整鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 的結果為例，在可用淨長 48 公尺以及不允許有廢料的限制下，所有的可行切割方案如表 3-4 所示，其中切割方案 2 即表示，鋼胚經壓延至 48 公尺後，可裁切出一支 16 公尺、一支 12 公尺以及兩支 10 公尺的成品鋼材。

然而，訂單之長度規格可區分為常用規格及特殊規格兩類。常用規格因後續接到同一規格需求的可能性較高，因此在規劃時允許有存貨發生，即規劃的數量可大於規劃幅度內的總需求；相反的，特殊規格儘可能則不

允許。因此，在數個可行切割方案中挑選出最佳組合時，必需考量以下兩點：

- ◆ 常用規格雖然允許可以有存貨，但仍越少越好。
- ◆ 特殊規格儘可能不要有存貨發生。

製造部人員在考量上述兩條件之下，規劃可行切割方案之最佳組合方式以及採行的次數，以滿足訂單之規格需求。之後便將規劃結果交由鋼鐵廠的生管人員。

表 3-4：以鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 為例的可行切割方案

切割方案	可用淨長 (公尺)	長度規格(公尺)			廢料 長度 (公尺)
		16.0	12.0	10.0	
		裁切支數(支)			
切割方案 1	48	3	0	0	0
切割方案 2	48	1	1	2	0
切割方案 3	48	0	4	0	0

(3) 生管人員依據製造部的規劃結果，排定軋鋼製程的排程規劃。由於軋延機台的壓延作業為軋鋼製程的瓶頸工作站，而鋼鐵廠的加工流程亦屬於流程式生產。因此，當規劃完軋延機台的生產排程時，其他工作站之排程，則可依據其規劃結果排定。因此軋鋼製程的排程主要針對軋延機台做規劃。而軋延機台的作業是將鋼胚壓延之後，依製造部規劃之可行切割方案的最佳組合方式裁切鋼胚，以滿足各訂單之規格需求。軋延機台在決定鋼胚壓延順序時，必須考量鋼胚經壓延以及裁切之後，需滿足各訂單之交期時間。除此之外，軋延機台在壓延不同公稱尺寸的鋼胚時，另有順序相依之整備時間。而整備的情況有以下兩種：

- ◆ 由公稱尺寸大的鋼胚換壓延公稱尺寸小的鋼胚。
- ◆ 由公稱尺寸小的鋼胚換壓延公稱尺寸大的鋼胚。

兩者所需的整備時間差異不大，大約皆為 20 分鐘左右。假設生管人員針對軋延機台的生產排程規劃結果如圖 3-2 所示，而在訂單 1 的交期之

內，有壓延 A、B 兩類鋼胚，其中 A 類鋼胚的公稱尺寸為 300\*200；B 類鋼胚的公稱尺寸有 300\*200 及 400\*300 兩種。若壓延完 A 類鋼胚後，要換壓延公稱尺寸 300\*200 的 B 類鋼胚時，雖然屬於不同的鋼種，但是公稱尺寸相同，所以不需整備；同理，當壓延完公稱尺寸 300\*200 的 B 類鋼胚後，要換壓延公稱尺寸 400\*300 的 B 類鋼胚時，雖然屬於相同的鋼種，但是公稱尺寸不相同，因此需要整備。而當鋼胚經軋延機台壓延後，可依照切割方案裁切鋼胚。若裁切之後有多餘的支數，則多餘支需視為存貨，並可供其他訂單使用。例如在下圖中，滿足訂單 1 的需求之後，有一支多餘的規格，而訂單 2 剛好對此規格有需求，因此可供訂單 2 使用。

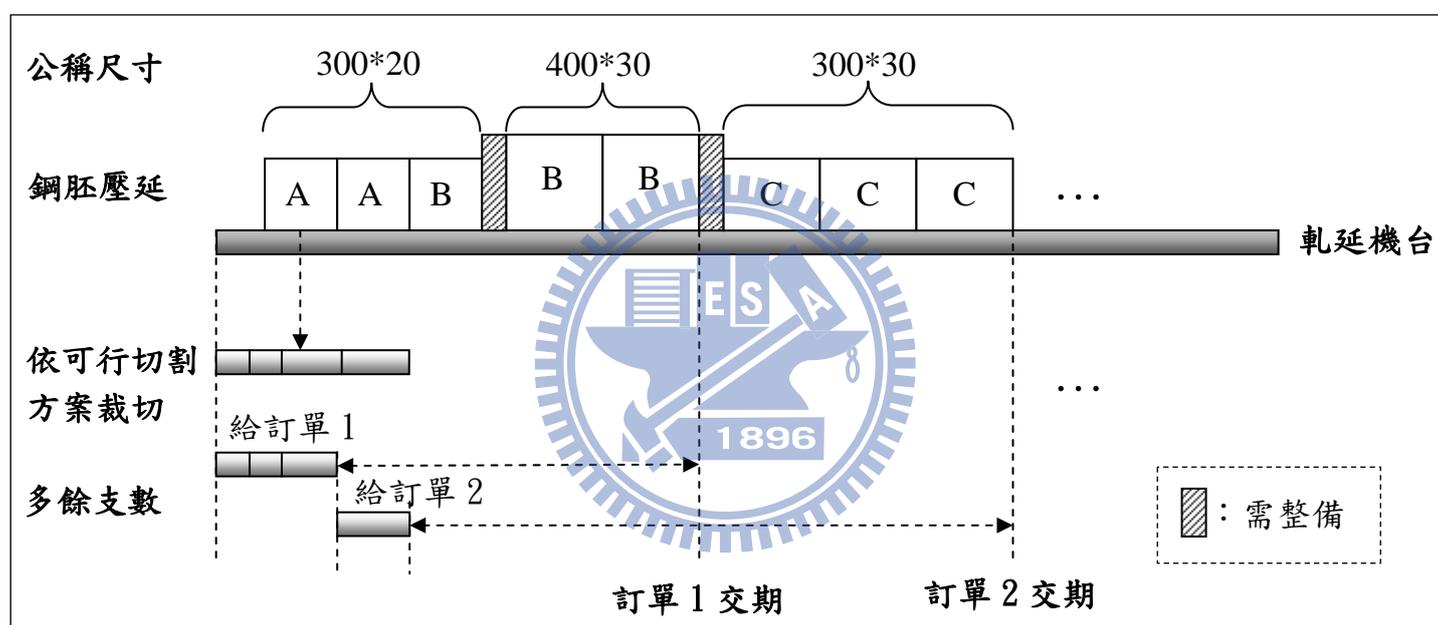


圖 3-2：軋延機台生產排程規劃示意圖

(4) 生管人員依據軋延機台的鋼胚壓延排程結果，反推至煉鋼製程在連續鑄造作業時，鋼胚的生產排程以及所需粹取鋼液的爐數。

上述的規劃流程可知，鋼鐵廠之生產規劃重點，在彙整訂單規格需求，以決定各鋼種及公稱尺寸的可行切割方案，且由製造部從眾多的可行切割方案之中，決定每個可行切割方案的採行次數，以滿足各訂單之規格需求。而鋼鐵廠的生管人員則依據製造部的規劃結果，考量壓延不同公稱尺寸的鋼胚有順序相依之整備問題，且需滿足各訂單交期時間之下，決定

鋼胚在軋延機台的排程規劃。而目前鋼鐵廠在上述的規劃流程中，仍以人工方式進行規劃，當遇到顧客緊急插單或變更訂單時，無法有效因應顧客要求，導致無法提升其競爭力。

基於以上所述，本文針對鋼鐵廠的規劃問題，擬建構一完善之「鋼鐵廠-軋鋼製程主生產排程規劃系統」，以利鋼鐵廠在規劃時，可有效決定切割方案的最佳組合方式，以及軋延機台的生產排程規劃，來因應顧客之需求，同時取代目前人工規劃之方式。

因此，為建構「鋼鐵廠-軋鋼製程主生產排程規劃系統」，本文需對生產系統提出以下之假設：

1. 本文研究之鋼鐵廠為訂單式生產(Make To Order, MTO)之生產型態。
2. 鋼胚數量可供應製造部規劃的結果，不考慮缺料。
3. 已知各訂單需求數量資訊。
4. 各訂單交期已知。
5. 各機台之派工法則，均採先進先出(FIFO)。
6. 產品加工流程已知。
7. 產品在各機台所需加工時間、整備時間已知。
8. 不考慮人員、物料與工具的資源限制。

## 3.2、系統分析與架構

鋼鐵廠的生產型態屬於訂單型生產，當接收訂單之後，必須決定生產計劃，以判斷是否能滿足顧客之需求。而在前述鋼鐵廠的生產規劃流程中，規劃重點在於鋼胚切割計畫及軋延機台的生產排程。在規劃鋼胚之可行切割方案時，必須面對不同可用淨長的鋼種以及允許的裁切廢料長度。而軋延機台的生產排程規劃，則必須面對不同交期以及規格需求的訂單。因此，在面對上述種種限制下，本文擬建構出一完善之「鋼鐵廠-軋鋼製程主生產排程規劃系統」，以期能在各訂單交期之內，滿足其規格與數量需求。

為達到上述之目的，本文依據鋼鐵廠的規劃流程，提出「軋延機台生產排程規劃模組」以及「鋼鐵廠內部績效規劃模組」之研究方法。其整體規劃流程如圖 3-3 所示。

### (1) 軋延機台生產排程規劃模組

此模組配合鋼鐵廠的規劃流程來設計解題步驟。首先，於「3.3.1 彙整各規劃週期之規格需求」中，彙整不同鋼種及公稱尺寸，在各規劃週期之長度規格需求。並將彙整結果代入「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」之中。

「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」則依據彙整的結果，考量鋼種的可用淨長以及允許的裁切廢料限制下，列出各鋼種及公稱尺寸所有的可行切割方案。再利用一整數線性規劃模式，以最小化各規劃週期未滿足之規格需求為目標，求解可行切割方案在各規劃週期之最佳組合，以及各類型的鋼胚在軋延機台的排程規劃。除此之外，為了確保各規劃週期內，待切割的鋼胚，在軋延機台有足夠的產能來壓延，因此將所需相同鋼種及公稱尺寸的鋼胚，以同產品別連續壓延的方式，排定在規劃週期中，以節省整備時間。最後將求解的結果，做為「鋼鐵廠內部績效規劃模組」之輸入項目。

### (2) 鋼鐵廠內部績效規劃模組

為了儘可能滿足各規劃週期之規格需求，因此在「3.3.2 鋼胚切割計畫

及軋延機台生產排程規劃機制」的整數線性規劃模式之中，首先以最小化各規劃週期未滿足之規格需求為目標進行排程規劃。若求解的結果，可滿足各規劃週期之規格需求，則可再利用「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」，找出最適的裁切廢料長度以及存貨支數，並將最終規劃的結果，做為鋼鐵廠軋鋼製程的生產排程；反之，若無法滿足各規劃週期之規格需求，則必需以「3.4.2 產能不足規劃機制」使未達到顧客要求的規劃週期，儘可能滿足其規格之需求。若所有產能不足的規劃週期皆經由「3.4.2 產能不足規劃機制」判斷過，且顧客亦同意規劃的結果，則同樣可再利用「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」，找出最適的裁切廢料長度以及存貨支數，並將規劃的結果，做為鋼鐵廠軋鋼製程的生產排程；反之，顧客可選擇退單，且在顧客退單之後，告知製造部重新規劃。



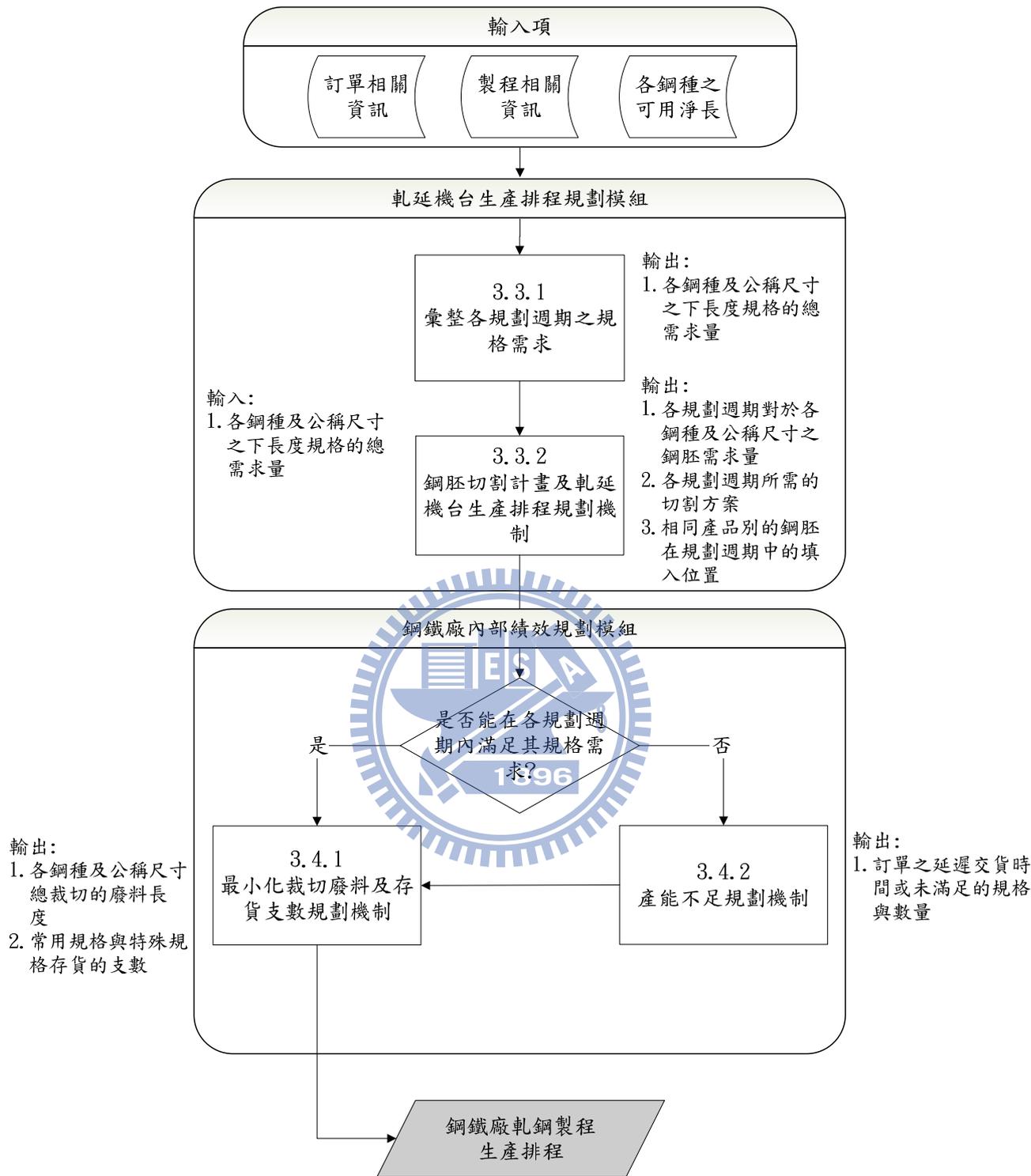


圖 3-3：整體規劃流程圖

### 3.3、軋延機台生產排程規劃模組

鋼鐵廠在接收訂單之後必須檢視是否能滿足顧客要求，才可進行生產規劃，因此可先利用軋延機台生產排程規劃模組之中，「3.3.1 彙整各規劃週期之規格需求」及「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」等兩部份來達到檢視的目的。軋延機台生產排程規劃模組的規劃流程如圖3-4所示。以下分別說明各機制之細部內容：

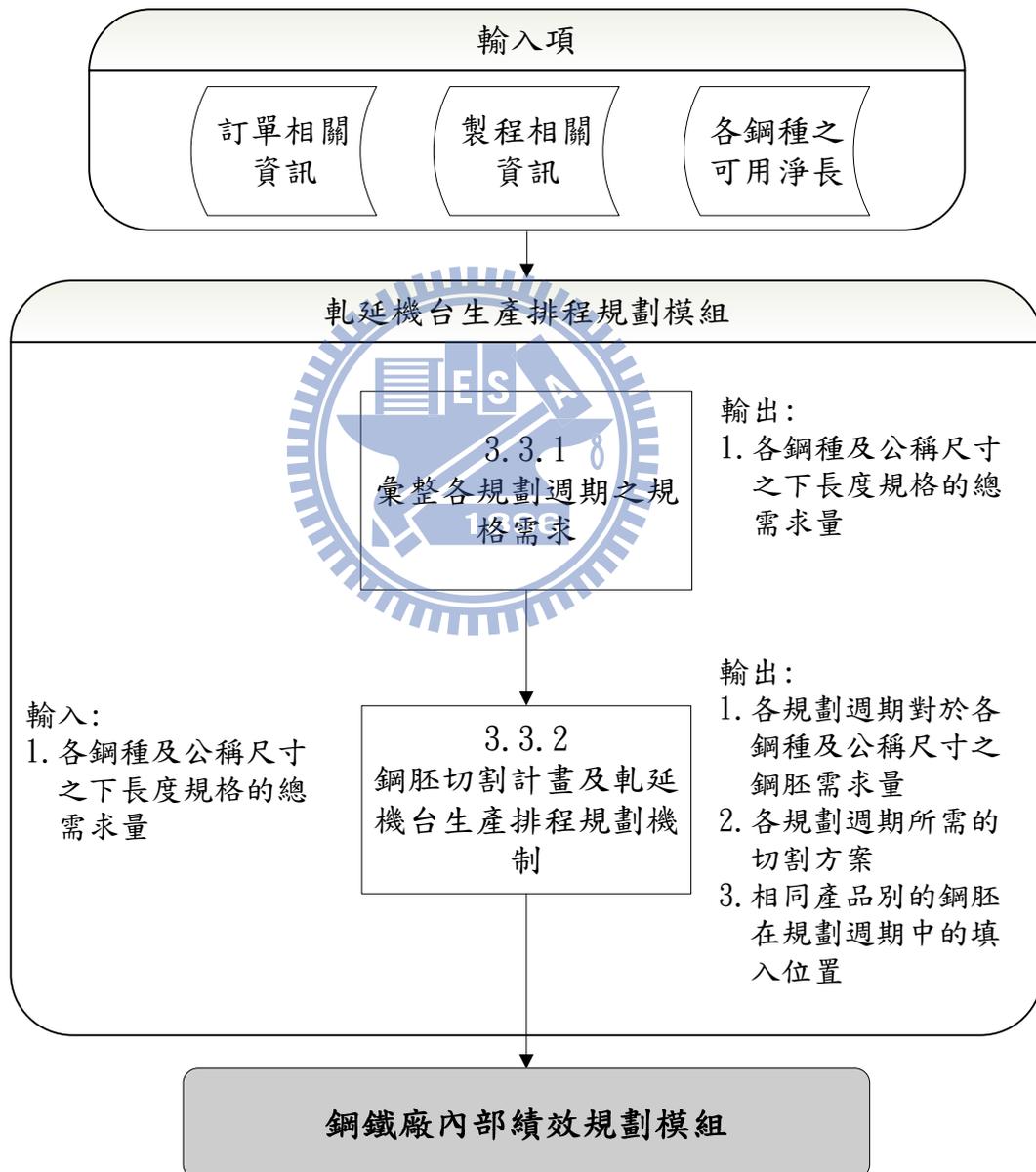


圖3-4：軋延機台生產排程規劃模組之流程圖

### 3.3.1、彙整各規劃週期之規格需求

當接收訂單之後，先將訂單依交期的先後做排序，且以訂單交期區間做為規劃週期，再對各規劃週期依序編號，如下圖 3-5 所示。

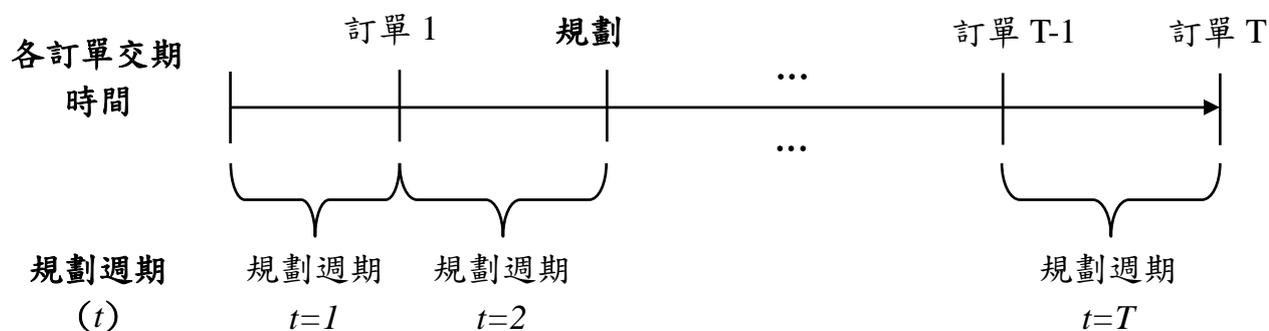


圖 3-5：規劃週期示意圖

#### 彙整各規劃週期之規格需求符號說明：

##### ◆ 符號下標

- $j$  : 鋼種的種類， $j = 1, 2, \dots, J$ 。
- $p$  : 鋼種  $j$  之公稱尺寸種類編號， $p = 1, 2, \dots, P_j$ 。
- $k$  : 長度規格編號， $k = 1, 2, \dots, K_{j,p}$ 。
- $t$  : 規劃週期編號， $t = 0, 1, \dots, T$ 。

##### ◆ 參數

- $P_j$  : 鋼種  $j$  可壓延的公稱尺寸種類數。
- $K_{j,p}$  : 彙整訂單後，鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  的需求長度規格種類。
- $d_{j,p,k,t}$  : 在規劃週期  $t$ ，對鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，長度規格  $k$  的需求支數(支)。
- $TD_{j,p,k}$  : 彙整訂單後，規劃幅度內鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  對於長度規格  $k$  的總需求支數(支)。

依據式 3-1，將各規劃週期，對鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，長度規格  $k$  的需求做加總。將此彙整後的結果做為「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」之輸入參數。

$$\sum_{t=1}^T d_{j,p,k,t} = TD_{j,p,k} \quad \forall j, p, k \quad \text{式 3-1}$$

### 3.3.2、鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制

本文先在所設定之裁切廢料上限下，列出所有可行切割方案，再決定各規劃週期需加工之產品類別數，最後建構一數學規劃模式，在最小化未滿足之規格需求下，決定各個可行切割方案的採行次數，並規劃軋延機台之生產排程。在此階段的輸入項目為：訂單相關資訊、製程相關資訊、各鋼種之可用淨長；圖 3-6 說明本階段之實行步驟：



圖 3-6：鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制之規劃流程圖

## 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制之符號說明：

本階段只列出新的符號說明，其餘符號說明與「3.3.1 彙整各規劃週期之規格需求」相同。

### ◆ 符號下標

$m$ ：鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  之切割方案編號， $m = 1, 2, \dots, M_{j,p}$ ；

$k$ ：長度規格編號， $k = 1, 2, \dots, K_{j,p}$ ；

其中常用規格之長度規格編號為， $k = 1, 2, \dots, N_{j,p}$ ；

以及特殊規格之長度規格編號為， $k = N_{j,p} + 1, N_{j,p} + 2, \dots, K_{j,p}$ 。

$s$ ：將相同類型的鋼胚以同產品別連續加工的方式，排定在規劃週期  $t$  內壓延時，可選擇填入位置的編號， $s = 1, 2, \dots, S_t$ 。

### ◆ 參數

$M_{j,p}$ ：鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  可行切割方案總數(組)。

$N_{j,p}$ ：鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，常用規格的種類。

$al_{j,p}$ ：鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  的可用淨長(公尺)。

$\lambda_{j,p}$ ：鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  允許的裁切廢料長度(公尺)。

$l_{j,p,k}$ ：鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  下，規格  $k$  的長度(公尺)。

$due_t$ ：訂單於規劃週期  $t$  之交期時間(秒)。

$pt_{j,p}$ ：壓延鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  的鋼胚所需之時間(秒)。

$st_{j,p,j',p'}$ ：當軋延機台所加工之鋼胚類型由鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，換到鋼種  $j'$  及公稱尺寸  $p'$  時，所需之整備時間(秒)。

$Q$ ：極大正數。

### ◆ 決策變數

$x_{j,p,k,m}$ ：鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  在第  $m$  組切割方案中，第  $k$  種長度規格的裁切支數(支)。

$S_t$ ：在規劃週期  $t$  中，可選擇的填入位置個數(個)。

$Y_{j,p,m,t}$ ：在規劃週期  $t$  中，鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，採行第  $m$  組切割方案的次數(次)。

$UD_{j,p,k,t}$ ：在規劃週期  $t$ ，對於鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，第  $k$  種長度規格未滿足的

支數(支)。

$COM_t$  : 在規劃週期  $t$  中，將所有鋼胚壓延完成之時間(秒)。

$\delta_{j,p,t}$  : 規劃週期  $t$  中，是否需生產鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  之鋼胚，若是則為 1；反之則為 0。

$\alpha_{j,p,s,t}$  : 在規劃週期  $t$  中，是否第  $s$  個填入位置有壓延鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  的鋼胚，若有則為 1；反之則為 0。

$\beta_{j,p,j',p',s,t}$  : 在規劃週期  $t$  中，是否第  $s$  個填入位置的鋼胚類型屬於  $j$  鋼種及第  $p$  種公稱尺寸，且第  $s-1$  個填入位置的鋼胚類型屬於  $j'$  鋼種及第  $p'$  種公稱尺寸，若是則為 1；反之則為 0。

### Step 1：列出所有可行的切割方案

經 3.3.1 彙整各鋼種及公稱尺寸之規格需求後，於本步驟將列出各鋼種及公稱尺寸下，所有可行之切割方案。一組可行的切割方案必須滿足鋼種的可用淨長以及允許的裁切廢料上限，即同時滿足式 3-2 及式 3-3。

$$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} l_{j,p,k} \times x_{j,p,k,m} \leq al_{j,p} \quad \forall j, p, m \quad \text{式 3-2}$$

$$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} l_{j,p,k} \times x_{j,p,k,m} \geq al_{j,p} - \lambda_{j,p} \quad \forall j, p, m \quad \text{式 3-3}$$

式 3-2 及式 3-3 表示，在切割方案中各規格裁切支數( $x_{j,p,k,m}$ )的總長度和，需小於等於可用淨長( $al_{j,p}$ )，且需大於等於扣除允許的裁切廢料上限後的可用長度( $al_{j,p} - \lambda_{j,p}$ )。

要列出所有可行切割方案須以窮舉法來進行。隨著規格數越多，作業將變得繁雜。因此，本文依據式 3-2 及式 3-3 的理念，使用軟體 eM-Plant 中 simtalk 語法撰寫相關程式，來列出各鋼種及公稱尺寸之下，所有可行切割方案( $M_{j,p}$ )，以達到無誤且省時的方法。圖 3-8 為該程式的演算步驟，其對應之演算流程如圖 3-9。

在列出可行切割方案之前，需先設定各鋼種及公稱尺寸允許的裁切廢料上限。而在本文中，鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  允許的裁切廢料上限，首先設定不可大於在其所有長度規格之下，最短的長度規格(如式 3-4)。其主要的原因是，除非所剩餘的廢料長度，已小於最短的長度規格，否則仍然可選擇將最短的長度規格排入切割方案中。以圖 3-7 為例，分別探討各種剩餘

的長度之下，將最短長度規格排入切割方案中，剩餘廢料的情況，假設在鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  最短的長度規格為 6 公尺，若在切割方案中剩餘 11 公尺的長度，則可將 6 公尺的長度規格排入，而剩餘 5 公尺的廢料長度，但剩餘 5 公尺的廢料長度，已無法排入任何的長度規格；同理，若在切割方案中剩餘 12 公尺的長度，則可選擇將兩支 6 公尺的長度規格排入，使廢料長度為 0 公尺。因此，剩餘的廢料長度並不會大於或等於最短的長度規格。

$$\lambda_{j,p} < \min\{l_{j,p,k}\} \quad \forall j, p \quad k=1, 2, \dots, K_{j,p} \quad \text{式 3-4}$$

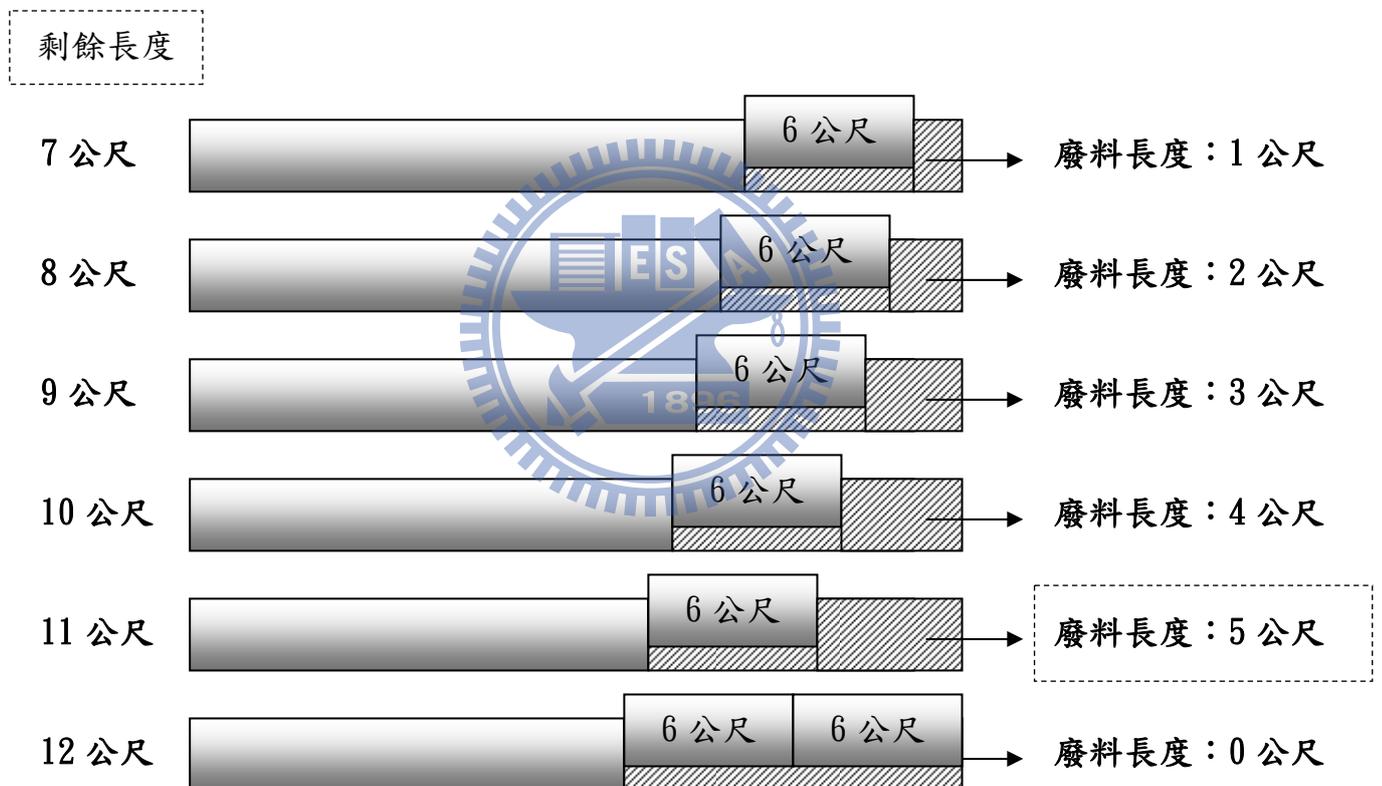


圖 3-7：允許裁切廢料上限之示意圖

步驟 0：初始化

輸入各長度規格、可用淨長及允許的廢料上限

剩餘長度 = 可用淨長

$t = 1$

步驟 1：求解各規格在剩餘長度下可裁切的支數

for 規格  $k=1$  to  $K_{j,p}$  loop

while  $l_{j,p,k} \leq$  剩餘長度 loop

剩餘長度=剩餘長度- $l_{j,p,k}$

規格  $k$  的裁切支數+1 (判斷在剩餘長度之下，規格  $k$  最多可裁切的支數)  
(一組切割方案)

紀錄該切割方案並編號為  $t$

步驟 2：判斷是否找到所有切割方案

from 規格  $k=K_{j,p}-1$

until  $k < 1$  loop (規格由後到前搜索回來)

if 仍有規格  $k$  的裁切支數大於 0 then

回步驟 1。代表還有其他組的切割方案

(可將規格  $k$  的裁切支數 - 1，多出來的長度可再分配給其他規格，  
形成另一組切割方案， $t=t+1$ )

else

步驟 3

步驟 3：剔除不可行的切割方案

一組可行切割方案必需滿足可用淨長(式 3-2)及允許的裁切廢料上限  
(式 3-3)。而在步驟 1 及步驟 2 已滿足式 3-2，因此由所有切割方案中搜  
索滿足式 3-3 的切割方案，即為所要的可行切割方案，並將無法滿足式 3-3  
的切割方案剔除。

步驟 4：列出所有可行切割方案

將步驟 3 找到的可行切割方案一一列出。

步驟 5：依特殊規格需求篩選可行切割方案

若可行切割方案對特殊規格的裁切支數已大於規劃幅度內所需的數量(如  
式 3-5)，則可將其剔除，並將鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  最終篩選的可行切割方  
案( $M_{j,p}$ )，以及各切割方案對於規格  $k$  的裁切支數( $x_{j,p,k,m}$ )列出，且  
將可行切割方案重新編號。

$$x_{j,p,k,m} > TD_{j,p,k}$$

$$\forall j, p, k, m$$

$$k = L_{j,p} + 1, L_{j,p} + 2, \dots, K_{j,p}$$

式 3-5

圖 3-8：找出所有可行切割方案的求解步驟[本文撰寫]

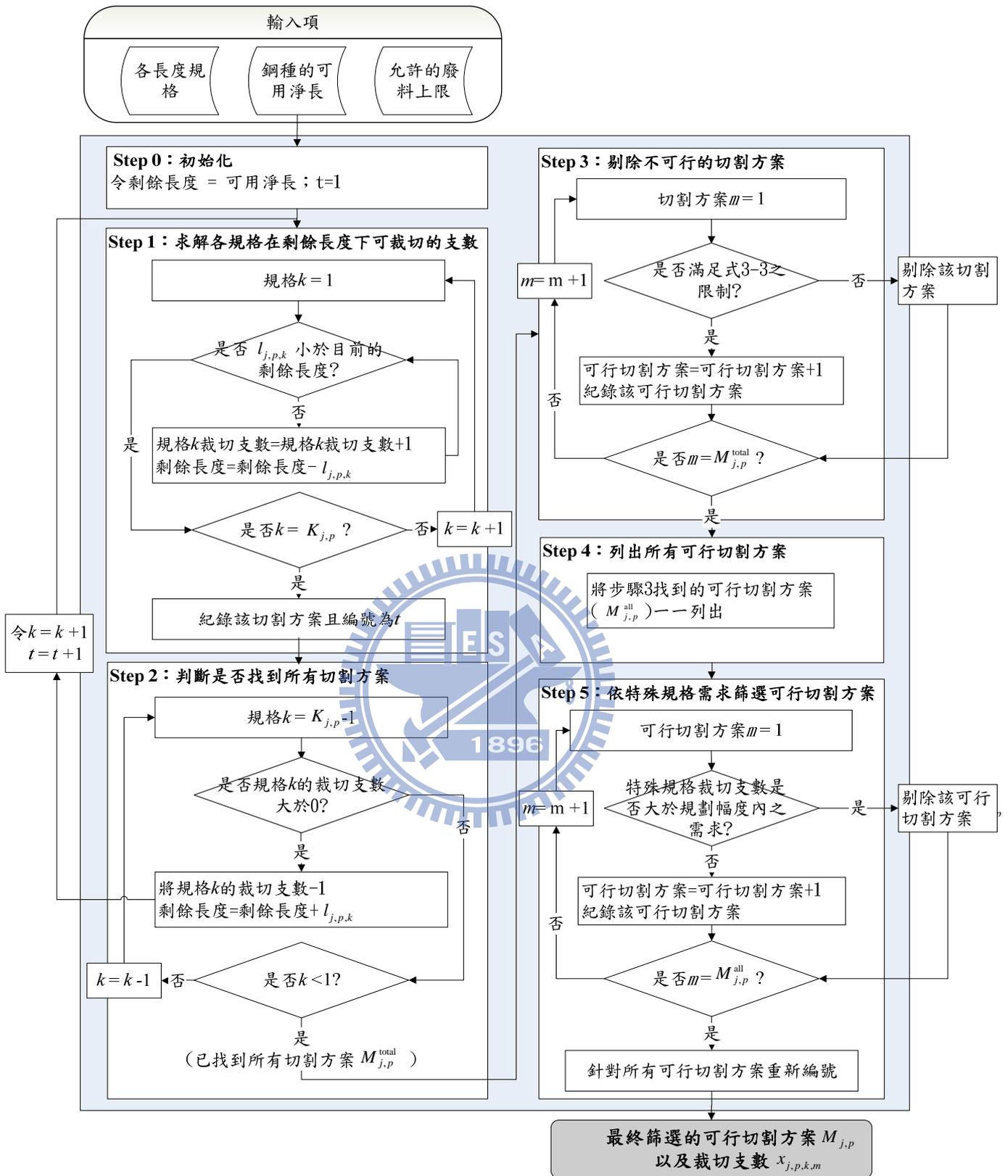


圖 3-9：找出所有可行切割方案的求解流程

圖 3-9 找出所有可行切割方案的求解步驟中，步驟 5(依特殊規格需求篩選可行切割方案)的目的主要是，訂單的長度規格可區分常用規格及特殊規格兩類，而常用規格可允許有存貨發生，但特殊規格儘可能則不允許。因此，由步驟 4 列出所有可行切割方案之後，若切割方案中單一鋼胚用於特殊規格的裁切支數已大於規劃幅度內的總需求，則可將該可行切割方案剔除。

以表 3-5 鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 各可行切割方案為例，說明圖 3-9 步驟 5 的目的。在可用淨長 48 公尺以及裁切廢料為零的限制下，假設特殊規格為 10 公尺以及 8 公尺，其中切割方案 9 對 10 公尺的特殊規格裁切支數有 4 支，已大於規劃幅度內需要的 2 支。而對於 8 公尺的特殊規格，切割方案 5、7、10 皆已大於規劃幅度內需要的 2 支。因此將切割方案 5、7、9 及 10 剔除，剩餘 6 組為可行切割方案。

表 3-5：鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 各可行切割方案表

鋼種(j)A572 及公稱尺寸(p)400*400 的所有可行切割方案		規格種類(k)				廢料 長度 (公尺)
		常用	常用	特殊	特殊	
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	16.0	12.0	10.0	8.0	
	需求(支) 可用淨長	30	25	2	2	
切割方案 1	48	3	0	0	0	0
切割方案 2	48	2	0	0	2	0
切割方案 3	48	1	2	0	1	0
切割方案 4	48	1	1	2	0	0
切割方案 5	48	1	0	0	4	0
切割方案 6	48	0	4	0	0	0
切割方案 7	48	0	2	0	3	0
切割方案 8	48	0	1	2	2	0
切割方案 9	48	0	0	4	1	0
切割方案 10	48	0	0	0	6	0

如上表 3-5，經由圖 3-9 之步驟 5 依特殊規格需求篩選可行切割方案之後，需將剩餘可行切割方案重新編號，並將最終篩選結果做為 **Step 3** 求解數學規劃模式時的已知參數。

而在列出所有可行切割方案的結果中，每一長度規格至少會在一組切割方案中裁切一支。因此，在規劃時不會有長度規格無可以選擇的切割方案，以致無法滿足需求的情況發生。

## Step 2：判斷各規劃週期所需的鋼胚類別數

在各規劃週期中，鋼鐵廠會使用多個不同鋼種及公稱尺寸的鋼胚，經軋延機台壓延之後，再選擇可行的切割方案裁切，以滿足規劃週期內各規格之需求。且為了確保各規劃週期內，待切割的鋼胚，在軋延機台有足夠的產能來壓延，因此將所需相同鋼種及公稱尺寸的鋼胚，以同產品別連續壓延的方式，排定在規劃週期中，以節省整備時間。因此，在下一階段數學規劃模式求解之前，需先判斷各規劃週期在軋延機台需加工之鋼胚類別數，做為以整批方式將相同產品別的鋼胚填入至規劃週期內壓延時，可選擇填入位置的依據。

以下圖3-10為例，在規劃週期 $t$ 中，假設需要三類不同鋼種及公稱尺寸的鋼胚(A、B、C類)。而其中A類的鋼胚需求數量有4個；B類的鋼胚需求數量有6個；C類的鋼胚需求數量有8個。為了確保規劃週期 $t$ 待切割的鋼胚，在軋延機台有足夠的產能來壓延，因此以同產品別連續壓延的方式排定在規劃週期 $t$ 中。而A、B、C三類鋼胚以連續壓延的方式，將相同產品別的鋼胚填入至規劃週期內時，可選擇的位置共有三個( $s=1,2,3$ )。在圖3-10的範例中，填入位置的選擇結果，是將4個A類鋼胚整批填入至第2個位置；6個B類鋼胚整批填入至第1個位置；8個C類鋼胚整批填入至第3個位置。假設在規劃週期 $t$ 中，對於C類鋼胚的需求可由存貨滿足，無需生產C類鋼胚，則規劃週期 $t$ 會有一個多餘的填入位置。在此情況之下，本文將虛擬產品( $j=J+1$ )填入至多餘的位置中，表示該位置無壓延任何類型的鋼胚，解決多餘位置發生時，無產品填入的問題。

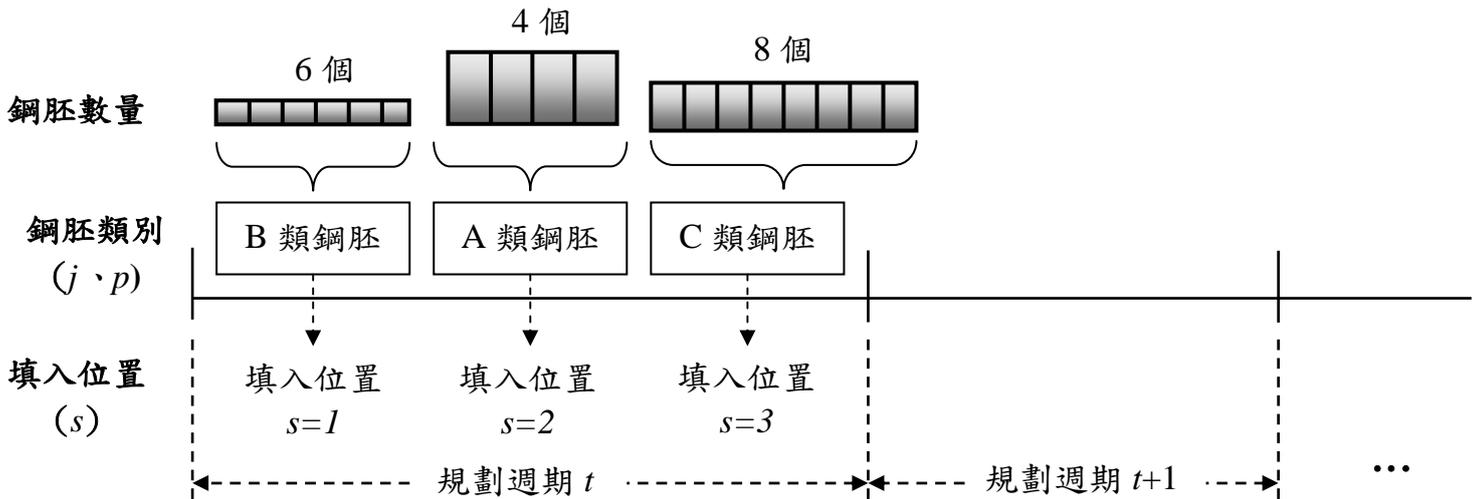


圖3-10：各類鋼胚採取整批填入方式之示意圖

$$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} d_{j,p,k,t} \leq \delta_{j,p,t} \times Q \quad \forall j, p, t \quad \text{式 3-6}$$

$$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} d_{j,p,k,t} \geq \delta_{j,p,t} \quad \forall j, p, t \quad \text{式 3-7}$$

$$\sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J \delta_{j,p,t} = S_t \quad \forall t \quad \text{式 3-8}$$

式3-6及式3-7說明，在規劃週期 $t$ 中，若對於鋼種 $j$ 及公稱尺寸 $p$ 之規格需求大於零( $\sum_{k=1}^{K_{j,p}} d_{j,p,k,t} > 0$ )，則表示需生產該類型的鋼胚( $\delta_{j,p,t} = 1$ )；反之，若對於鋼種 $j$ 及公稱尺寸 $p$ 無任何規格需求( $\sum_{k=1}^{K_{j,p}} d_{j,p,k,t} = 0$ )，則表示不需生產該類型的鋼胚( $\delta_{j,p,t} = 0$ )。

式3-8表示，將式3-6及式3-7所求得需生產的鋼胚種類加總後，則可得知在各規劃週期中，以整批方式將相同產品別的鋼胚填入至規劃週期內壓延時，可選擇的填入位置。並將求得的結果做為下一階段求解數學規劃模式時之已知參數。

### Step 3：求解鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式

此模式在 Step 1 列出所有可行切割方案之後，評估各規劃週期需使用哪些可行切割方案以及採行的次數，來滿足規劃週期內各規格之需求。此模式將以最小化各規劃週期未滿足之規格需求為目標，求解可行切割方案在各規劃週期最佳採行的組合。

鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式：

➤ 目標函數：

Minimize

$$\sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t} \quad \text{式 3-9}$$

➤ 限制式：

A. 各週期之鋼胚規劃量

$$\sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t} + UD_{j,p,k,t} \geq d_{j,p,k,t} - \sum_{t'=0}^{t-1} \left( \sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t'} - d_{j,p,k,t'} \right) \quad \forall j, p, k, t \quad \text{式 3-10}$$

B. 決定各規劃週期內鋼胚整批填入之順序

$$\sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t} \leq \sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} \times Q \quad \forall j, p, t \quad \text{式 3-11}$$

$$\sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t} \geq \sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} \quad \forall j, p, t \quad \text{式 3-12}$$

$$\sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} \leq 1 \quad \forall j, p, t \quad \text{式 3-13}$$

$$\alpha_{j,p,s-1,t} \geq \alpha_{j,p,s,t} \quad \forall p, s, t \quad \text{式 3-14}$$

$$j = 1, 2, \dots, J+1$$

$$\sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^{J+1} \alpha_{j,p,s,t} = 1 \quad \forall s, t \quad \text{式 3-15}$$

C. 順序相依之整備限制式

$$\alpha_{j,p,s=S_{t-1},t-1} \leq \alpha_{j,p,s=0,t} \times Q \quad \forall p, t \quad \text{式 3-16}$$

$$j = 1, 2, \dots, J+1$$

$$\alpha_{j,p,s=S_{t-1},t-1} \geq \alpha_{j,p,s=0,t} \quad \forall p, t \quad \text{式 3-17}$$

$$j = 1, 2, \dots, J+1$$

$$\alpha_{j,p,s=0,t} \leq \alpha_{j,p,s=1,t} \quad \forall p, t \quad \text{式 3-18}$$

$$j = 1, 2, \dots, J+1$$

$$\beta_{j,p,s,j',p',s-1,t} - (\alpha_{j,p,s,t} + \alpha_{j',p',s-1,t} - 1) \geq 0 \quad \forall p, p', s, t \quad \text{式 3-19}$$

$$j = 1, 2, \dots, J+1$$

$$j' = 1, 2, \dots, J+1$$

$$2 \times \beta_{j,p,s,j',p',s-1,t} \leq \alpha_{j,p,s,t} + \alpha_{j',p',s-1,t} \quad \begin{array}{l} \forall p, p', s, t \\ j = 1, 2, \dots, J+1 \\ j' = 1, 2, \dots, J+1 \end{array} \quad \text{式 3-20}$$

E. 各規劃週期之完工限制式

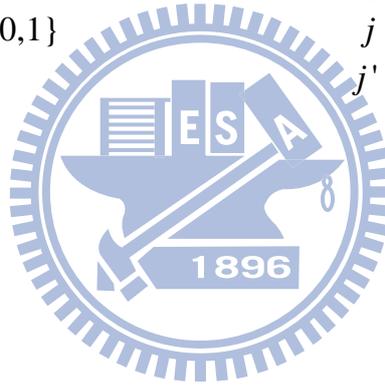
$$COM_{t-1} + \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J \left( \sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t} \times pt_{j,p} \right) + \sum_{s=1}^{S_t} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^{J+1} \left( \sum_{p'=1}^{P_j} \sum_{j'=1}^{J+1} \beta_{j,p,s,j',p',s-1,t} \times st_{j,p,j',p'} \right) = COM_t \quad \forall t \quad \text{式 3-21}$$

$$COM_t \leq due_t \quad \forall t \quad \text{式 3-22}$$

F. 變數之值域限制式

$$Y_{j,p,m,t}, UD_{j,p,k,t}, IV_{j,p,k,t}, COM_t \geq 0 \quad \forall j, p, m, k, t \quad \text{式 3-23}$$

$$\alpha_{j,p,s,t}, \beta_{j,p,s,j',p',s-1,t} \in \{0,1\} \quad \begin{array}{l} \forall p, p', s, t \\ j = 1, 2, \dots, J+1 \\ j' = 1, 2, \dots, J+1 \end{array} \quad \text{式 3-24}$$



## 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式說明：

➤ 目標函數：

Minimize

$$\sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t} \quad \text{式 3-9}$$

式 3-9 表示，以最小化規劃幅度內未滿足的規格需求為目標，儘可能滿足各規劃週期之需求，並以目標值做為尋找可行切割方案，在各規劃週期最佳組合方式時的判斷依據。

➤ 限制式：

A. 各週期之鋼胚規劃量

$$\sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t} + UD_{j,p,k,t} \geq d_{j,p,k,t} - \sum_{t'=0}^{t-1} \left( \sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t'} - d_{j,p,k,t'} \right) \quad \forall j, p, k, t \quad \text{式 3-10}$$

式 3-10 表示，各規劃週期所裁切出多餘的支數，可供其他需相同規格的規劃週期使用。因此在規劃週期  $t$  進行規劃時，將原需求量 ( $d_{j,p,k,t}$ ) 扣除具有相同規格的存貨支數後，所規劃的數量，必需滿足各規格之剩餘需求量。而當規劃週期  $t$  產能不足時，所規劃的數量 ( $\sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t}$ ) 無法滿足實際需求，則規劃週期  $t$  剩餘未滿足的規格支數為  $UD_{j,p,k,t}$ ；反之，當規劃週期  $t$  產能足夠時，則不會有未滿足的情況發生 ( $UD_{j,p,k,t} = 0$ )。

B. 決定各規劃週期內鋼胚整批填入之順序

$$\sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t} \leq \sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} \times Q \quad \forall j, p, t \quad \text{式 3-11}$$

$$\sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t} \geq \sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} \quad \forall j, p, t \quad \text{式 3-12}$$

$$\sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} \leq 1 \quad \forall j, p, t \quad \text{式 3-13}$$

$$\alpha_{j,p,s-1,t} \geq \alpha_{j,p,s,t} \quad \forall p, s, t \quad \text{式 3-14}$$

$j = 1, 2, \dots, J+1$

$$\sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^{J+1} \alpha_{j,p,s,t} = 1 \quad \forall s, t \quad \text{式 3-15}$$

式3-11及式3-12表示，在規劃週期 $t$ 中，若有使用鋼種 $j$ 及公稱尺寸 $p$ 的切割方案( $\sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t} > 0$ )，即代表需生產該類鋼胚，並將所需相同鋼種及公稱尺寸的鋼胚，以同產品別連續加工的方式，排定在規劃週期 $t$ 中壓延( $\sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} \geq 1$ )；相反的，假如無使用鋼種 $j$ 及公稱尺寸 $p$ 的切割方案( $\sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t} = 0$ )，則不會有該類型的鋼胚填入至規劃週期 $t$ 中( $\sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} = 0$ )。

式3-13表示，當式3-11及式3-12之結果為，規劃週期 $t$ 需生產鋼種 $j$ 及公稱尺寸 $p$ 的鋼胚時( $\sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} \geq 1$ )，可由式3-13限制的情況下，使鋼種 $j$ 及公稱尺寸 $p$ 之鋼胚填入至一個位置( $s$ )上( $\sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} = 1$ )；相反的，當規劃週期 $t$ 無需生產鋼種 $j$ 及公稱尺寸 $p$ 的鋼胚時( $\sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} = 0$ )，同樣在式3-13限制的情況下，仍然不會有該類型的鋼胚填入至規劃週期 $t$ 中。

以下表3-6為例，在規劃週期 $t$ 中有採用鋼種A572及公稱尺寸400\*400的切割方案( $\sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t} > 0$ )，且總共需要17個( $\sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t}$ )鋼胚。因此，由式3-11、式3-12及式3-13的限制下，可使17個鋼胚以同產品別連續加工的方式，整批填入至規劃週期 $t$ 中，第 $s$ 個位置壓延( $\sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} = 1$ )，以節省整備時間。

表3-6：鋼種A572及公稱尺寸400\*400的鋼胚在規劃週期 $t$ 之切割計畫

鋼種(j)A572 及公稱尺寸(p)400*400 的鋼胚切割計畫		規格種類(k)				使用 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	常用	特殊	特殊		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	16.0	12.0	10.0	8.0		
	需求(支) 可用淨長	30	25	2	2		
切割方案 1	48	3	0	0	0	9	0
切割方案 2	48	2	0	0	2	0	0
切割方案 3	48	1	2	0	1	2	0
切割方案 4	48	1	1	2	0	1	0
切割方案 5	48	0	4	0	0	5	0
切割方案 6	48	0	1	2	2	0	0

式3-14表示，規劃週期  $t$  中，若虛擬產品 ( $j = J + 1$ ) 填入至位置  $s$  上時，則該虛擬產品需承接前一填入位置之公稱尺寸類別，以做為其他限制式判斷是否需整備之用。如下圖3-11，在規劃週期  $t$  中，虛擬產品 ( $j = J + 1$ ) 填入至位置  $s = 3$  上。若在第2個填入位置的鋼胚，其公稱尺寸類別為  $700 \times 300$  ( $p = 1$ )，則在第3個填入位置，其虛擬產品的公稱尺寸類別同為  $700 \times 300$  ( $p = 1$ )。

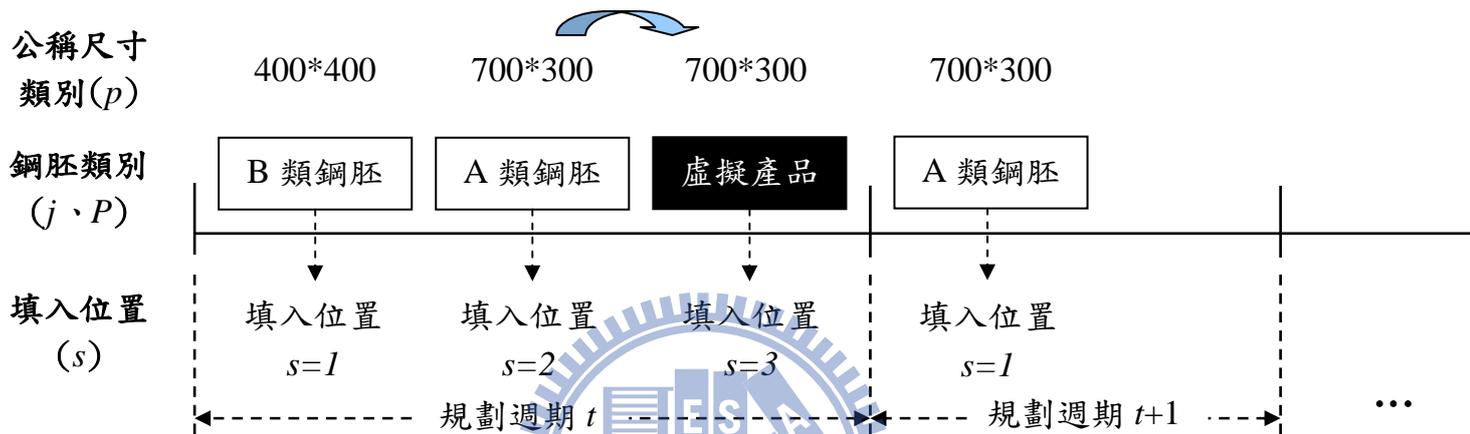


圖3-11：虛擬產品之公稱尺寸類別

式3-15表示，規劃週期  $t$  中每個填入位置，只能有一種類型的鋼胚。假如原本對於鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  的規格需求，已由存貨滿足無需生產，則會以虛擬產品 ( $j = J + 1$ ) 填入至位置  $s$  中。以上圖3-11為例，在規劃週期  $t$  中，原本需生產A、B、C三類鋼胚以滿足各規格之需求，但C類鋼胚的規格需求可由存貨滿足，所以不需生產C類鋼胚，導致規劃週期  $t$  中將會有一個多餘的填入位置。若假設A類鋼胚填入至第2個位置；B類鋼胚填入至第1個位置，因此規劃週期  $t$  中第3個填入位置無產品填入。在此情況之下，將選擇虛擬產品 ( $j = J + 1$ ) 填入至第3個位置中，表示第3個位置無任何類型的鋼胚需壓延。

C. 順序相依之整備限制式

$$\alpha_{j,p,s=S_{t-1},t-1} \leq \alpha_{j,p,s=0,t} \times Q \quad \forall p, t \quad \text{式 3-16}$$

$$j = 1, 2, \dots, J+1$$

$$\alpha_{j,p,s=S_{t-1},t-1} \geq \alpha_{j,p,s=0,t} \quad \forall p, t \quad \text{式 3-17}$$

$$j = 1, 2, \dots, J+1$$

$$\alpha_{j,p,s=0,t} \leq \alpha_{j,p,s=1,t} \quad \begin{array}{l} \forall p, t \\ j = 1, 2, \dots, J+1 \end{array} \quad \text{式 3-18}$$

$$\beta_{j,p,j',p',s,t} - (\alpha_{j,p,s,t} + \alpha_{j',p',s-1,t} - 1) \geq 0 \quad \begin{array}{l} \forall p, p', s, t \\ j = 1, 2, \dots, J+1 \\ j' = 1, 2, \dots, J+1 \end{array} \quad \text{式 3-19}$$

$$2 \times \beta_{j,p,j',p',s,t} \leq \alpha_{j,p,s,t} + \alpha_{j',p',s-1,t} \quad \begin{array}{l} \forall p, p', s, t \\ j = 1, 2, \dots, J+1 \\ j' = 1, 2, \dots, J+1 \end{array} \quad \text{式 3-20}$$

式3-16及式3-17用來記錄在規劃週期 $t-1$ 中，若最後一個填入位置( $s=S_{t-1}$ )的鋼胚類型屬於鋼種 $j$ 及公稱尺寸 $p$ ( $\alpha_{j,p,S_{t-1},t-1} = 1$ )，則規劃週期 $t$ 在期初( $s=0$ )填入位置的鋼胚類型亦屬於鋼種 $j$ 及公稱尺寸 $p$ ( $\alpha_{j,p,0,t} = 1$ )，以做為跨期時，期初是否需整備之用。

式3-18表示，若規劃週期 $t$ 中有與期初填入位置具相同的鋼胚類型時，則可接續壓延相同類型的鋼胚。

式3-19及式3-20表示，在規劃週期 $t$ 中，若在填入位置 $s$ 上的鋼胚類型屬於鋼種 $j$ 及公稱尺寸 $p$ ( $\alpha_{j,p,s,t} = 1$ )，且前一填入位置( $s-1$ )的鋼胚類型屬於鋼種 $j'$ 及公稱尺寸 $p'$ ( $\alpha_{j',p',s-1,t} = 1$ )，則判斷兩者間具有先後順序( $\beta_{j,p,j',p',s,t} = 1$ )。

#### D. 各規劃週期之完工限制式

$$COM_{t-1} + \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J (\sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t} \times pt_{j,p}) + \sum_{s=1}^{S_t} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^{J+1} (\sum_{p'=1}^{P_j} \sum_{j'=1}^{J+1} \beta_{j,p,j',p',s,t} \times st_{j,p,j',p'}) = COM_t \quad \forall t \quad \text{式 3-21}$$

$$COM_t \leq due_t \quad \forall t \quad \text{式 3-22}$$

式3-21計算各規劃週期的完工時間。軋延機台在規劃週期 $t$ ，將所有鋼胚壓延的完工時間( $COM_t$ )，等於前一規劃週期( $t-1$ )的完工時間( $COM_{t-1}$ )，加上各填入位置中鋼胚壓延的時間( $pt_{j,p}$ )，以及填入位置之間的整備時間( $st_{j,p,j',p'}$ )。若前後填入位置的鋼胚類型屬於相同公稱尺寸，則整備時間為零。

式3-22表示，軋延機台在各規劃週期將所有鋼胚都壓延的完工時間，需小於等於訂單的交期時間。

E. 變數之值域限制式

$$Y_{j,p,m,t}, UD_{j,p,k,t}, COM_t \geq 0 \quad \forall j, p, m, k, t \quad \text{式 3-23}$$

$$\alpha_{j,p,s,t}, \beta_{j,p,s,j',p',s-1,t} \in \{0,1\} \quad \begin{array}{l} \forall p, p', s, t \\ j = 1, 2, \dots, J+1 \\ j' = 1, 2, \dots, J+1 \end{array} \quad \text{式 3-24}$$

式3-23及式3-24為決策變數之值域限制式。

由「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」求解各規劃週期，可行切割方案的最佳組合方式後，可將規劃結果做為「鋼鐵廠內部績效規劃模組」的已知參數。而「鋼鐵廠內部績效規劃模組」在進行規劃時，需先檢視「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」的規劃結果，是否能滿足各規劃週期之規格需求。且經由判斷之後，選擇不同的規劃方式。



### 3.4、鋼鐵廠內部績效規劃模組

在鋼鐵廠內部績效規劃模組中，首先必需判斷「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」的求解結果，在規劃幅度內是否有無未滿足的規格支數。若無未滿足的規格支數( $\sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t} = 0$ )，則表示能滿足各規劃週期之規格需求，因此可再進一步追求如何提高鋼鐵廠內部的績效。而在鋼鐵廠的生產環境中，假如有多餘的裁切廢料，可收集至一定廢料量之後，投入電弧爐當中再次利用，但是由於重新加工的成本比一般生產的成本要高出許多，因此在鋼鐵廠，除非遇到物料短缺或是緊急插單時物料無法供應的情況之下，才會使用此種方式。除此之外，若裁切出多餘的支數時，則必須將其儲存。因此在考量提高鋼鐵廠內部績效時，則以「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」找出最適的裁切廢料長度以及存貨支數；相反的，假如「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」的求解結果有未滿足的規格支數( $\sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t} > 0$ )，則表示無法滿足所有規劃週期之規格需求。而無法滿足各規劃週期之規格需求可能的原因主要有，裁切廢料的多寡以及規劃週期中的產能不足。但是在「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」之中，**Step 1**裁切廢料上限之設定，可知無法滿足顧客需求的原因不在裁切廢料，而是在規劃週期中的產能不足，所以可至「3.4.3 產能不足規劃機制」進一步規劃。

產能不足的規劃週期，可由式3-25判斷。式3-25表示，在規劃週期 $t$ 中，若有未滿足的規格支數大於零，則表示規劃週期 $t$ 的產能不足。並將產能不足的規劃週期紀錄下來。

$$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t} > 0 \quad \forall t \quad \text{式 3-25}$$

鋼鐵廠內部績效規劃模組的規劃流程如圖3-12所示。以下分別說明各機制之細部內容：

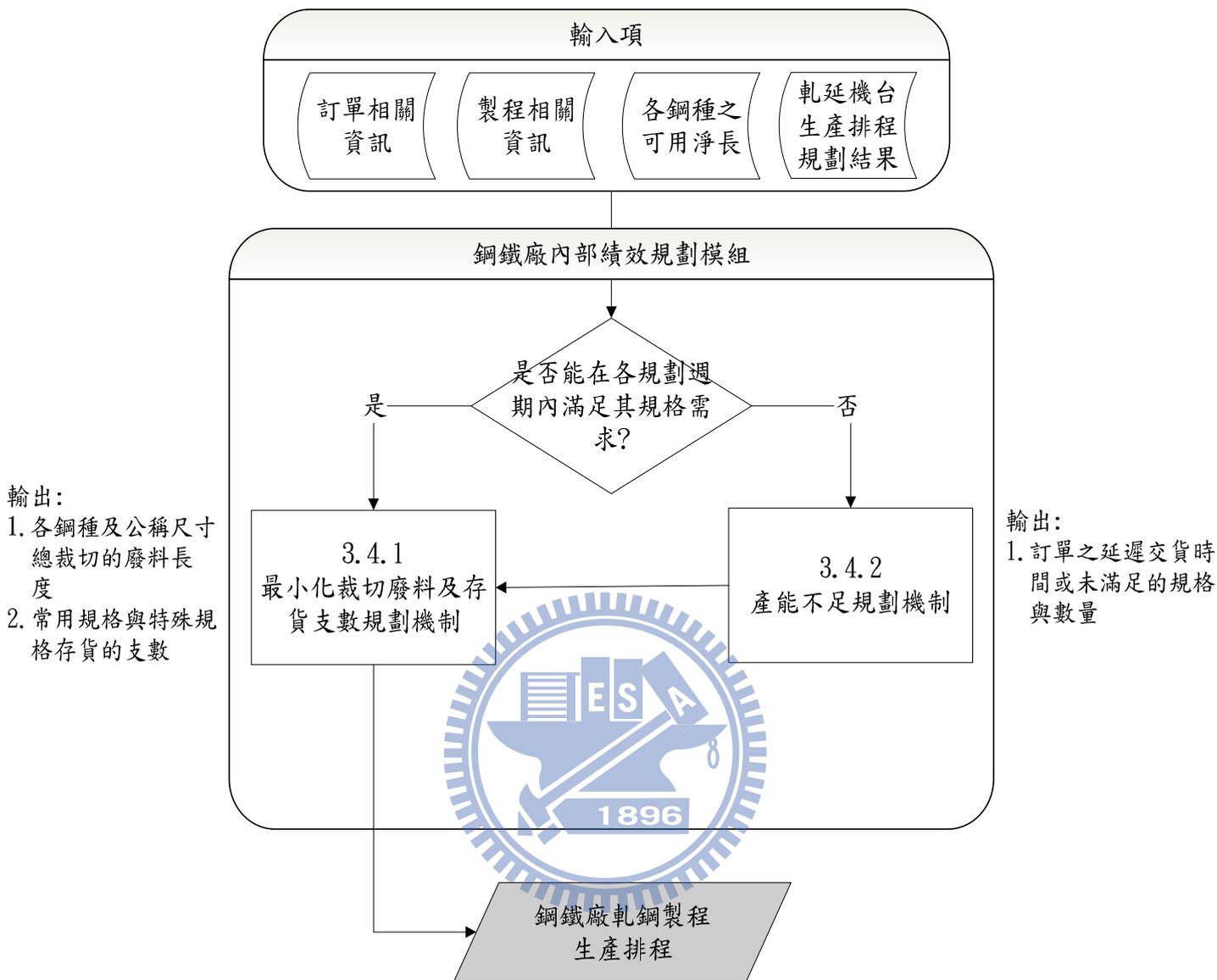


圖3-12：鋼鐵廠內部績效規劃模組之流程圖

### 3.4.1、最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制

由於「3.3.2鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」不考量存貨支數的多寡，且在Step 1(列出所有可行切割方案)時，以彙整鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  的規格之下，所有規格中最短的長度，為允許的裁切廢料上限。因此，當「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」的求解結果，能滿足各規劃週期之規格需求時，可利用數學規劃模式，找出最適的裁切廢料長度以及存貨支數。本階段的輸入項目為：訂單相關資訊、製程相關資訊、各鋼種的可用淨長，以及各組切割方案的裁切廢料長度。

#### 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制之符號說明：

本階段只列出新的符號說明，其餘符號說明與「軋延機台生產排程規劃模組」相同。

#### ◆ 參數

$\omega_1$  : 每公尺裁切廢料的成本(元)。

$\omega_2$  : 每支常用規格的存貨成本(元)。

$\omega_3$  : 每支特殊規格的存貨成本(元)。

$wl_{j,p,m}$  : 在鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  之中，第  $m$  組切割方案的裁切廢料長度(公尺)。

#### ◆ 決策變數

$Z_{j,p,m}$  : 規劃結果中對於鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，第  $m$  組切割方案裁切廢料的總長度(公尺)。

$IV_{j,p,k,T}$  : 在規劃幅度內，鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，對於長度規格  $k$  的存貨支數。

#### 最小化裁切廢料及存貨支數模式

此模式在滿足各規劃週期需求之下，評估各規劃週期需使用哪些可行切割方案以及採行的次數，並找出最適的裁切廢料長度以及存貨支數。本模式由修改「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」而來，將目標式改為式3-26，並增加、式3-27、式3-28、式3-29及式3-30，同時剔除式3-10，其餘限制式皆與「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」相同。因

此，求解此模式時，需加諸或更換限制式於原先「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」之中。

### 最小化裁切廢料及存貨支數模式說明：

➤ 目標函數：

Minimize

$$\omega 1 \times \sum_{m=1}^{M_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J Z_{j,p,m} + \omega 2 \times \sum_{k=1}^{N_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J IV_{j,p,k,T} + \omega 3 \times \sum_{k=N_{j,p}+1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J IV_{j,p,k,T} \quad \text{式 3-26}$$

式3-26表示，由於裁切廢料與存貨支數單位不同，因此將其轉換為成本的方式，使目標值最小化。而在存貨支數的規格中，可分為常用規格 ( $k = 1, 2, \dots, N_{j,p}$ ) 與特殊規格 ( $k = N_{j,p} + 1, N_{j,p} + 2, \dots, K_{j,p}$ )，且由於特殊規格後續接到相同長度規格的機率較小，因此常用規格與特殊規格存貨的成本不相同。以式3-26為目標，求解在滿足各規劃週期需求之下，找出最適裁切的廢料長度以及存貨支數，使成本最小化。

➤ 限制式：

◆ 各週期之鋼胚規劃量

$$\sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t} \geq d_{j,p,k,t} - \left[ \sum_{t'=0}^{t-1} \left( \sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t'} - d_{j,p,k,t'} \right) \right] \quad \forall j, p, k, t \quad \text{式 3-27}$$

式3-27表示，原先式3-10中，當規劃週期  $t$  的產能不足時，未滿足規格需求變數 ( $UD_{j,p,k,t}$ ) 會大於零。但「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」的規劃前提是，「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」求解結果能滿足各規劃週期之規格需求，因此規劃幅度內未滿足的規格需求皆為零 ( $\sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t} = 0$ )，所以可將未滿足規格需求變數剔除，形成式3-27。

◆ 可行切割方案的裁切廢料

$$\sum_{t=1}^T Y_{j,p,m,t} \times wl_{j,p,m} = Z_{j,p,m} \quad \forall j, p, m \quad \text{式 3-28}$$

式3-28表示，鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，第  $m$  組切割方案裁切廢料的總長度，等於所有規劃週期對於該切割方案的採行次數 ( $\sum_{t=1}^T Y_{j,p,m,t}$ )，乘上其裁切廢料的長度。

◆ 規劃幅度內存貨支數

$$\sum_{t=1}^T \left( \sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t} - d_{j,p,k,t} \right) = IV_{j,p,k,T} \quad \forall j, p, k = 1, 2, \dots, K_{j,p} \quad \text{式 3-29}$$

式 3-29 表示，在規劃幅度內滿足各規劃週期需求之下，若對於鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，長度規格  $k$  有多餘的支數，則需視為存貨支數 ( $IV_{j,p,k,T}$ )。

◆ 變數之值域限制式

$$Z_{j,p,m} \geq 0, IV_{j,p,k,t} \geq 0 \quad \forall j, p, m \quad \text{式 3-30}$$

式3-30為決策變數之值域限制式。

由「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解完成之後，可將最終規劃結果交給鋼鐵廠的生管人員，且可依照規劃結果排定軋延機台的生產排程，再由選擇的切割方案裁切鋼胚，滿足各規劃週期之規格需求。

### 3.4.2、產能不足規劃機制

當「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」的求解結果，無法滿足各規劃週期之規格需求時，則表示有產能不足的規劃週期。因此，本機制針對產能不足的規劃週期，更進一步規劃。在本階段的規劃流程中，考量產能不足之前的規劃週期，需儘可能幫助產能不足的規劃週期生產所需之規格。因此，重新彙整產能不足以及之前的規劃週期，對於各鋼種及公稱尺寸的規格需求，並以最短的長度規格為允許的裁切廢料上限，再次代入「3.3.2鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」求解。

重新規劃之後，若仍然無法滿足所有規劃週期之規格需求，則再個別針對產能不足的規劃週期，以延遲交貨之方式，使其能滿足所有規格需求之下，判斷是否影響其他原本產能足夠的規劃週期之達交時間，若不影響，則可告知顧客在延遲時間之內，能滿足其規格需求；反之，若會影響，則告知顧客未滿足的規格與數量。而顧客在接獲通知後，可選擇是否接受規劃結果，若無法接受，顧客可選擇退單，轉交由其他業者生產，而在顧客退單之後，需告知製造部，並重新規劃鋼鐵廠軋鋼製程的生產排程；反之，若接受，則可再規劃下一個產能不足的規劃週期。假如所有產能不足的規劃週期皆已規劃過，且顧客都同意規劃結果，則可再利用「3.4.1最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」，找出最適的裁切廢料長度以及存貨支數，並將規劃結果做為鋼鐵廠軋鋼製程的生產排程。本階段的輸入項目為：訂單相關資訊、製程相關資訊、各鋼種的可用淨長以及有哪些規劃週期的產能不足；圖3-14說明本階段之實行步驟：

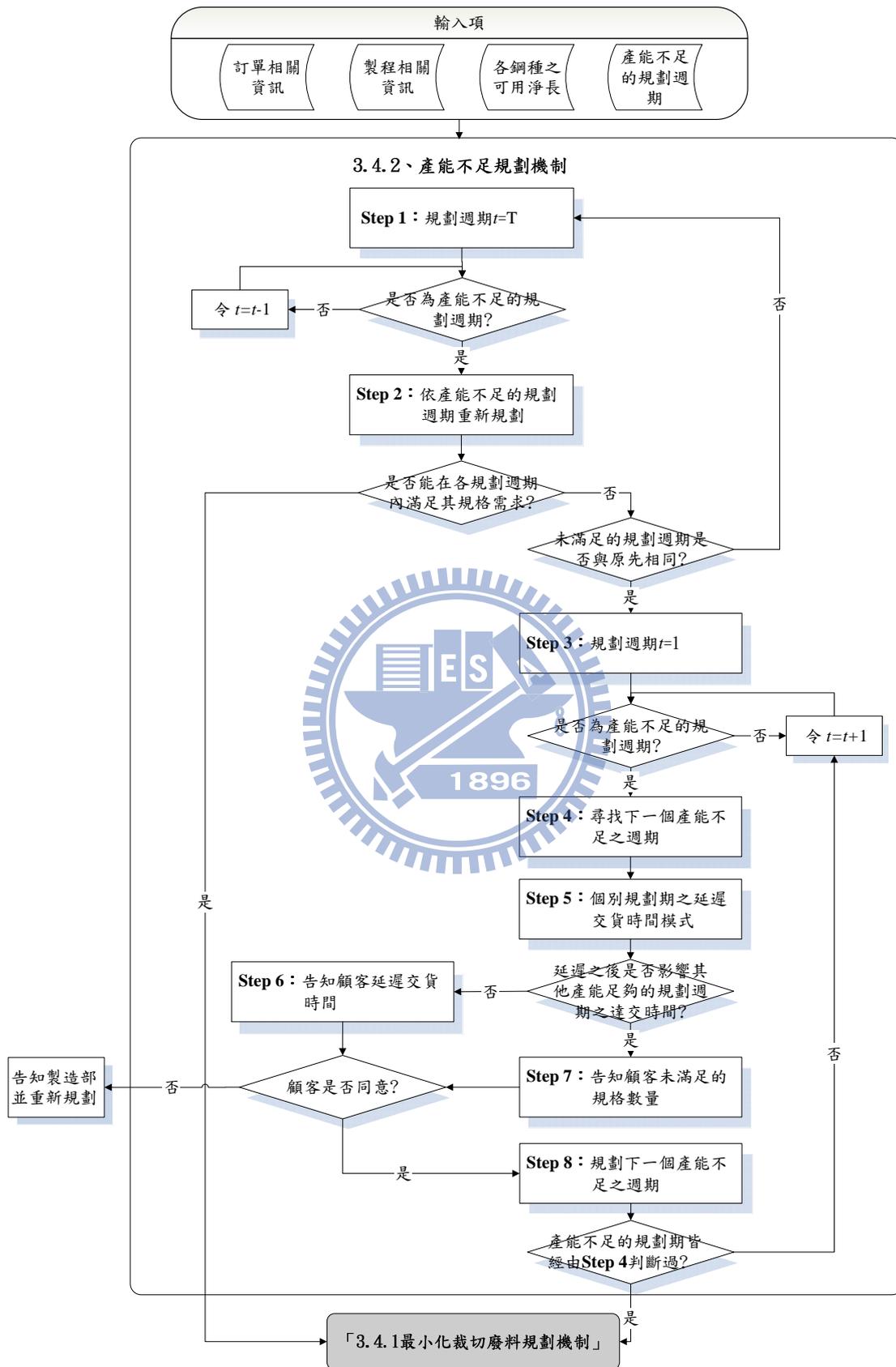


圖 3-13：產能不足規劃機制之流程圖

### 產能不足規劃機制之符號說明：

本階段只列出新的符號說明，其餘符號說明與「軋延機台生產排程規劃模組」相同。

#### ◆ 符號下標

$t'_{now}$  : 出現產能不足且交貨延遲之規劃週期。

#### ◆ 集合

$I$  : 隸屬產能不足之規劃週期集合。

#### ◆ 決策變數

$Time_t$  : 規劃週期  $t$  的延遲交貨時間(秒)。

$dn_{j,p,k,t=t'_{now}}$  : 產能不足且無法延遲之週期，其更新的訂單需求量(支)。

### Step 1：規劃週期 $t=T$

設定規劃週期  $t$  等於最後一個規劃週期，並尋找最後發生產能不足是屬於哪個規劃週期。

### Step 2：對產能不足的規劃週期重新規劃

為了使產能足夠之規劃週期，儘可能幫助產能不足的規劃週期生產所需之規格需求。因此先對最後發生產能不足的規劃週期  $t'$ ，彙整至  $t'$  為止對於鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  之規格需求，並以最短的長度規格來提升允許裁切廢料的上限，再次代入「3.3.2鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」求解。例如，規劃幅度內共有5個規劃週期，其中產能不足的規劃週期為第3期。因此，彙整第1、第2及第3期對於各鋼種及公稱尺寸的規格需求，並以最短的長度規格來提升允許裁切廢料的上限，再代入「3.3.2鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」，只針對第1、第2及第3期求解。而其他未規劃的週期，則同樣彙整訂單規格後，找到允許的裁切廢料上限，再代入「3.3.2鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」求解。

由Step 2重新規劃之後，若所有規劃週期皆可滿足其規格之需求，則可至「3.4.1最小化裁切廢料規劃機制」及「3.4.2最小化存貨支數規劃機制」，使裁切廢料以及存貨支數最小化，並將規劃結果做為鋼鐵廠軋鋼製程的生產排程；反之，若仍然無法滿足，則進一步判斷未滿足的規劃週期

是否與原先的相同，若是，則代表經由**Step 2**重新規劃之後，仍然無法改善產能不足的規劃週期，需至**Step 3**；反之，若不相同，則表示有產能不足的規劃週期，經由**Step 2**重新規劃之後，可以滿足其規格之需求，因此可再回**Step 1**重新規劃求解。

### Step 3：規劃週期 $t=1$

設定規劃週期 $t$ 等於第一個規劃週期，並尋找最先發生產能不足的規劃週期，並令 $t = t'_{\text{now}}$ 。

### Step 4：尋找下一個產能不足之週期

由**Step 3**找到產能不足之週期 $t'_{\text{now}}$ 後，再尋找 $t'_{\text{now}}$ 之後下一個產能不足之週期，並令其為 $t'_{\text{next}}$ 。若 $t'_{\text{now}}$ 之後已無產能不足之週期，則令 $t'_{\text{next}} = T + 1$ 。

### Step 5：個別規劃期之延遲交貨時間模式

針對產能不足的規劃週期 $t'_{\text{now}}$ ，本模式以延遲達交時間之方式，使其能滿足所有規格需求，然而亦須顧及此筆訂單是否會影響其他產能足夠的規劃週期之達交時間。規劃區間主要從規劃週期1至規劃週期 $t'_{\text{next}} - 1$ 。而此規劃區間的設定理由在於 $t'_{\text{now}} + 1$ 到 $t'_{\text{next}} - 1$ 原為產能足夠的規劃週期，現可能因排入生產 $t'_{\text{now}}$ 週期之延遲量而使其可用產能受影響的規劃週期，因此規劃的區間必須從劃週期1至規劃週期 $t'_{\text{next}} - 1$ 。本模式由修改「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」而來，目標式替換成式3-31，並增加式3-32至式3-36計五條限制式，同時剔除式3-10、式3-22，其餘限制式皆與「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」相同。因此，在求解時，需加諸或更換上述限制式於原先「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」之中。

➤ 目標函數：

Minimize

$$\sum_{t \in I}^{t'_{\text{next}} - 1} Time_t + Time_{t'_{\text{now}}}$$

式 3-31

式 3-31 表示，因針對產能不足的規劃週期  $t'_{now}$ ，以延遲達交時間之方式，使其能滿足所有規格需求。因此產能足夠的規劃週期，可能受到規劃週期  $t'_{now}$  延遲達交時間，使其本身達交時間亦受到影響。若產能足夠的規劃週期受到影響而延遲達交時間，則延遲達交時間會大於 0 ( $Time_t \geq 0$ )；反之，若不受影響則延遲達交時間仍會小於 0 ( $Time_t < 0$ )，因此在目標式中，則希望能使延遲時間最小化。

◆ 各週期之鋼胚規劃量

$$\sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t} \geq d_{j,p,k,t} - \sum_{t'=0}^{t-1} \left( \sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t'} - d_{j,p,k,t'} \right) \quad \forall j, p, k, t$$

$$t \notin I, t = 1, \dots, t'_{next} - 1 \quad \text{式 3-32}$$

$$\sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t=t'_{now}} \geq d_{j,p,k,t=t'_{now}} - \sum_{t'=0}^{t'_{now}-1} \left( \sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t'} - d_{j,p,k,t'} \right) \quad \forall j, p, k$$

$$\text{式 3-33}$$

式3-32表示，對產能足夠的規劃週期  $t (t \notin I)$ ，所規劃的數量需滿足其規格之需求，因此可將式3-10中未滿足之規格需求變數 ( $UD_{j,p,k,t}$ ) 剔除，形成式3-32。

式3-33表示，對產能不足之週期  $t'_{now}$ ，以延遲達交時間之方式，使其規劃的數量能滿足其規格之需求，因此亦可將未滿足之規格需求變數 ( $UD_{j,p,k,t}$ ) 剔除。

◆ 計算延遲時間

$$COM_t - due_t = Time_t \quad \forall t \notin I, t = 1, \dots, t'_{next} - 1 \quad \text{式 3-34}$$

$$COM_{t=t'_{now}} - due_{t=t'_{now}} = Time_{t=t'_{now}} \quad \text{式 3-35}$$

式 3-34 以及式 3-35 表示，產能足夠以及產能不足但正規劃交貨時間延遲之週期，其延遲時間計算方式。其中，由於產能不足之週期  $t'_{now}$ ，以延遲達交時間之方式，使其能滿足所有規格之需求，因此延遲的達交時間會大於 0 ( $Time_{t=t'_{now}} > 0$ )，而產能足夠之規劃週期可能受其影響，所以延遲達交時間會大於等於 0 ( $Time_t \geq 0$ )；若不受影響，則延遲達交時間仍小於 0 ( $Time_t < 0$ )。

◆ 變數之值域限制式

$$Time_t \in \mathbb{R} \quad \forall t \notin I, t = 1, \dots, t'_{\text{next}} - 1 \quad \text{式 3-36}$$

式3-36為決策變數之值域限制式。

$$Time_t \leq 0 \quad \forall t = 1, \dots, t'_{\text{next}} - 1, t \notin I \quad \text{式 3-37}$$

式3-37表示，產能不足的規劃週期 $t'_{\text{now}}$ ，經由**Step 5**規劃延遲交貨時間後，若其之後產能足夠的規劃週期( $t = t'_{\text{now}}, \dots, t'_{\text{next}} - 1, t \notin I$ )，其達交時間皆不受影響(延遲達交時間皆小於等於零)，則表示產能不足的規劃週期 $t'_{\text{now}}$ ，可考慮延遲交貨，並至**Step 6**，且將該週期從 $I$ 集合中剔除；反之，若產能足夠的規劃週期，其達交時間會受影響，則至**Step 7**。

$$COM_{t=t'_{\text{now}}} \leq due_{t=t'_{\text{now}}} + Time_{t=t'_{\text{now}}} \quad \text{式 3-38}$$

式3-38表示，產能不足的規劃週期 $t'_{\text{now}}$ 經由式3-37判斷後，可延遲交貨，則需更新其完工時間可小於等於達交時間( $due_{t=t'_{\text{now}}}$ )加上延遲的時間( $Time_{t=t'_{\text{now}}}$ )。

### Step 6：告知顧客延遲交貨時間

產能不足的規劃週期 $t'_{\text{now}}$ ，經由**Step 4**規劃後，可告知顧客在延遲時間之內( $Time_{t'_{\text{now}}}$ )，能滿足其規格之需求。若顧客接受延遲的交貨時間，則可至**Step 8**；反之，顧客可選擇退單，並在退單之後告知製造部重新規劃。

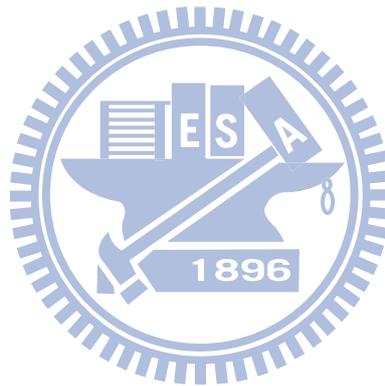
### Step 7：告知顧客未滿足的規格與數量

產能不足的規劃週期 $t'_{\text{now}}$ ，經由**Step 5**規劃後，不可延遲，則必須再透過「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」求解其最小化未滿足的支數。規劃的區間從規劃週期1至規劃週期 $t'_{\text{now}}$ ，求解完之後再透過式3-39修正規劃週期 $t'_{\text{now}}$  訂單的需求資訊，並告知顧客。若顧客接受未滿足的規格與數量，則可至**Step 8**；反之，顧客可選擇退單，並在退單之後告知製造部重新規劃。

$$d_{j,p,k,t=t'_{\text{now}}} - UD_{j,p,k,t=t'_{\text{now}}} = dn_{j,p,k,t=t'_{\text{now}}} \quad \forall j, p, k \quad \text{式 3-39}$$

### Step 8：規劃下一個產能不足之週期

若仍有產能不足的規劃週期未經由**Step 5**判斷過，則回**Step 4**規劃下一個產能不足之週期，並令其為 $t'_{\text{now}}$ ；反之，若所有產能不足的規劃週期皆經由**Step 5**判斷過，且顧客亦同意規劃的結果，則可至「3.4.1最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」，找出最適的裁切廢料長度以及存貨支數。而在**Step 5**的規劃結果中，若產能不足的規劃週期 $t'_{\text{now}}$ ，可延遲交貨時間，因此在利用「3.4.1最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解時，需將式3-22改以式3-38代入，使完工時間可小於等於交期時間加上延遲的時間。並將最終求解結果做為鋼鐵廠軋鋼製程的生產排程。



## 第四章、實例驗證

為驗證本文第三章所提出「主生產排程規劃系統」之可行性，於本章節中，吾人將以國內某鋼鐵廠之生產資料為基礎，構建一模擬實際鋼鐵廠之生產環境，以對本文所提出兩規劃模組進行驗證。

在本章節中，驗證之過程可分為以下三個部份：

- (1) 系統環境說明：描述系統環境之基本資料及相關假設。
- (2) 執行過程：輸入相關資料及參數，依序說明兩規劃模組之執行過程。
- (3) 成效分析：執行第三章之規劃模式，將所得結果進行分析與比較。

### 4.1、系統環境說明

由於「軋延機台生產排程規劃模組」的結果，可分為兩種情況，第一種情況是可滿足所有規劃週期的需求；另一種情況則是無法滿足所有規劃週期的需求，因此以下訂單資料分為案例一與案例二說明。

#### 4.1.1、生產環境資料

本文實例驗證所採用的生產環境、產品製程、瓶頸機台資訊、訂單資訊等相關資料，係來自國內某鋼鐵廠之實際資料，再根據本文之環境假設作適當修正，以利實例驗證之執行。其生產環境資料如下：

##### (1) 產品基本資料：

表 4-1 中，列出可生產的鋼種及公稱尺寸類別之鋼胚。其中，有 A572 及 A36 兩種類型的鋼種，而各鋼種皆可搭配 30 種不同類型的公稱尺寸，以生產所需之鋼胚來滿足顧客之要求。

##### (2) 軋延機台加工時間：

軋延機台壓延不同類型的鋼胚時，其壓延時間不相同。整理如下表 4-1 所示。

##### (3) 軋延機台整備時間：

當軋延機台壓延不同公稱尺寸大小之鋼胚時，需要有整備時間。其由公稱尺寸大的鋼胚換壓延公稱尺寸小的鋼胚，整備時間約為 1000 秒左右；由公稱尺寸小的鋼胚換壓延公稱尺寸大的鋼胚，整備時間約為 1200 秒左右。以需壓延鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 和鋼種 A572 及公稱尺寸

400\*300 兩類之鋼胚為例，其整備時間如下表 4-2 所示。假如目前正壓延公稱尺寸 400\*400 要換壓延公稱尺寸 400\*300 之鋼胚時，由於鋼胚的寬度相同，但高度則由大至小，因此其整備時間需 1000 秒。

表 4-1：各類型鋼胚之壓延時間

鋼種 (j)	編號	公稱尺寸 (p)	加工時間 (秒)	編號	公稱尺寸 (p)	加工時間 (秒)	編號	公稱尺寸 (p)	加工時間 (秒)
A572	(1)	100 × 100	2000	(11)	250 × 125	2200	(21)	400 × 300	2700
	(2)	125 × 125	2000	(12)	250 × 175	2200	(22)	400 × 400	3000
	(3)	150 × 75	2000	(13)	250 × 250	2200	(23)	450 × 200	3000
	(4)	150 × 100	2000	(14)	300 × 150	2200	(24)	450 × 300	3000
	(5)	150 × 150	2000	(15)	300 × 200	2200	(25)	500 × 200	3000
	(6)	175 × 90	2000	(16)	300 × 300	2200	(26)	500 × 300	3000
	(7)	175 × 175	2000	(17)	350 × 175	2200	(27)	600 × 200	3000
	(8)	200 × 100	2000	(18)	350 × 250	2700	(28)	600 × 300	3000
	(9)	100 × 150	2000	(19)	350 × 350	2700	(29)	700 × 300	3000
	(10)	200 × 200	2000	(20)	400 × 200	2700	(30)	800 × 300	3000
A36	(1)	100 × 100	2200	(11)	250 × 125	2400	(21)	400 × 300	2900
	(2)	125 × 125	2200	(12)	250 × 175	2400	(22)	400 × 400	3200
	(3)	150 × 75	2200	(13)	250 × 250	2400	(23)	450 × 200	3200
	(4)	150 × 100	2200	(14)	300 × 150	2400	(24)	450 × 300	3200
	(5)	150 × 150	2200	(15)	300 × 200	2400	(25)	500 × 200	3200
	(6)	175 × 90	2200	(16)	300 × 300	2400	(26)	500 × 300	3200
	(7)	175 × 175	2200	(17)	350 × 175	2400	(27)	600 × 200	3200
	(8)	200 × 100	2200	(18)	350 × 250	2900	(28)	600 × 300	3200
	(9)	100 × 150	2200	(19)	350 × 350	2900	(29)	700 × 300	3200
	(10)	200 × 200	2200	(20)	400 × 200	2900	(30)	800 × 300	3200

表 4-2：整備時間範例

		To	
		公稱尺寸	
From	公稱尺寸	400*400	400*300
		0 秒	1000 秒
	400*300	1200 秒	0 秒

(4) 案例一訂單資訊：

案例一中具備五筆訂單。各訂單皆顯示其對於各鋼種及公稱尺寸之下，各長度規格之需求量，以及訂單交期等資訊，如下表 4-3 所示。

表 4-3：訂單資訊

	交期(天)	鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		鋼種 A36 及公稱尺寸 400*300		鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300	
		長度規格	需求數量(支)	長度規格	需求數量(支)	長度規格	需求數量(支)
訂單一	3	17 公尺	28	24 公尺	22	24 公尺	27
		16.5 公尺	13	20 公尺	9	23 公尺	5
		16 公尺	8	18 公尺	6	20 公尺	13
		15.5 公尺	33	16 公尺	21	19 公尺	34
		12 公尺	16	--	--	18 公尺	35
		11 公尺	16	--	--	--	--
		10 公尺	6	--	--	--	--
		8 公尺	32	--	--	--	--
訂單二	6	鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300			
		長度規格	需求數量(支)	長度規格	需求數量(支)		
		12 公尺	10	16 公尺	77		
		11 公尺	22	15.5 公尺	16		
		10 公尺	18	15 公尺	33		
		8 公尺	70	14 公尺	11		
		-	--	10 公尺	9		
		--	--	9 公尺	40		
--	--	8 公尺	41				
訂單三	10	鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300		鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300	
		長度規格	需求數量(支)	長度規格	需求數量(支)	長度規格	需求數量(支)
		17 公尺	12	16 公尺	38	23 公尺	7
		16.5 公尺	44	14 公尺	18	22 公尺	11
		16 公尺	58	10 公尺	10	20 公尺	19
		15.5 公尺	30	9 公尺	30	19 公尺	28
		12 公尺	7	8 公尺	87	18 公尺	45
		8 公尺	40	--	--	--	--
訂單四	14	鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		鋼種 A36 及公稱尺寸 400*300		鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300	
		長度規格	需求數量(支)	長度規格	需求數量(支)	長度規格	需求數量(支)
		17 公尺	25	23 公尺	6	24 公尺	27
		16 公尺	34	22 公尺	3	20 公尺	15
		15.5 公尺	26	20 公尺	20	19 公尺	44
		12 公尺	8	18 公尺	10	18 公尺	18
		11 公尺	28	16 公尺	11	--	--
		10 公尺	30	--	--	--	--
8 公尺	31	--	--	--	--		

訂單五	交期(天)	鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300		鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300	
		長度規格	需求數量(支)	長度規格	需求數量(支)	長度規格	需求數量(支)
	18	17 公尺	27	16 公尺	24	24 公尺	33
	16 公尺	69	15.5 公尺	12	23 公尺	9	
	15.5 公尺	30	15 公尺	21	22 公尺	18	
	12 公尺	71	14 公尺	20	20 公尺	7	
	11 公尺	20	10 公尺	55	19 公尺	29	
	10 公尺	22	9 公尺	34	18 公尺	56	
	8 公尺	24	8 公尺	18	--	--	

由表 4-3 的訂單資訊，可將案例一的整備時間整理如下表 4-4 所示：

表 4-4：案例一整備時間

		To	公稱尺寸		
			400*400	400*300	300*300
公稱 尺寸	400*400	0 秒	1000 秒	1000 秒	
	400*300	1200 秒	0 秒	1000 秒	
	300*300	1200 秒	1200 秒	0 秒	

## 4.1.2、生產規劃假設

以下四點為本研究之生產假設：

### (1) 規劃幅度與規劃週期

本研究之規劃幅度為一個月，各規劃週期依各筆訂單交期依序編號。

(2) 對於無法滿足所有規格需求的訂單，必須將規劃結果回覆給顧客。

(3) 鋼胚在軋延機台的壓延作業，均採先進先出(FIFO)的派工法則。

(4) 本文假設該生產系統之良率為 1。

## 4.2、軋延機台生產排程規劃模組之執行過程

本節以 4.1 所述之系統環境作為實例驗證之對象，輸入項目分別為訂單相關資訊、製程相關資訊、各鋼種之可用淨長，依序以「3.3.1 彙整各規劃週期之規格需求」及「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」檢視此情境之可行性，執行之過程分別說明於以下兩小節：

### 4.2.1、彙整各規劃週期之規格需求

當接收訂單之後，先將訂單依交期的先後做排序，且以訂單交期區間做為規劃週期，再依序給予各規劃週期編號為  $t$ ，各規劃週期的達交時間轉換成秒數整理如表 4-5 所示。引用第三章之式 3-1 公式，將各規劃週期，對鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，長度規格  $k$  的需求做加總。以表 4-3 之資料，彙整五筆訂單中，對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400，長度規格 17 公尺的需求總共為 92 支，計算過程如式 4-1 所示。

$$\sum_{t=1}^5 d_{j=A572, p=400*400, k=17, t} = 28 + 0 + 12 + 25 + 27 = 92 \quad \text{式 4-1}$$

其餘鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，長度規格  $k$  的彙整結果，整理如表 4-6 以及表 4-7 所示。

表 4-5：各規劃週期之對應交期

	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5
交期(秒)	259200	518400	864000	1209600	1555200

表 4-6：鋼種 A572 及各類公稱尺寸之彙整結果

鋼種(j)	公稱尺寸 (p)	規劃週期 (t)	各訂單對於長度規格需求支數(支)								
			17	16.5	16	15.5	12	11	10	8	
A572	400*400	1	28	13	8	33	16	16	6	32	
		2	--	--	--	--	10	22	18	70	
		3	12	44	58	30	7	--	--	40	
		4	25	--	34	26	8	28	30	31	
		5	27	--	69	30	71	20	22	24	
	總需求支數 $TD_{j,p,k}$			92	57	169	119	112	86	76	197
	公稱尺寸 (p)	規劃週期 (t)	各訂單對於長度規格需求支數(支)								
			16	15.5	15	14	10	9	8		
	400*300	1	--	--	--	--	--	--	--		
		2	77	16	33	11	9	40	41		
		3	38	--	--	18	10	30	87		
		4	--	--	--	--	--	--	--		
		5	24	12	21	20	55	34	18		
	總需求支數 $TD_{j,p,k}$			139	28	54	49	74	104	146	

表 4-7：鋼種 A36 及各類公稱尺寸之彙整結果

鋼種(j)	公稱尺寸 (p)	規劃週期 (t)	各訂單對於長度規格需求支數(支)						
			24	23	22	20	18	16	
A36	400*300	1	22	--	--	9	6	21	
		2	--	--	--	--	--	--	
		3	--	--	--	--	--	--	
		4	--	6	3	20	10	11	
		5	--	--	--	--	--	--	
	總需求支數 $TD_{j,p,k}$			22	6	3	29	16	32
	公稱尺寸 (p)	規劃週期 (t)	各訂單對於長度規格需求支數(支)						
			24	23	22	20	19	18	
	300*300	1	27	5	--	13	34	35	
		2	--	--	--	--	--	--	
		3	--	7	11	19	28	45	
4		27	--	--	15	44	18		
5		33	9	18	7	29	56		
總需求支數 $TD_{j,p,k}$			87	21	29	54	135	154	

#### 4.2.2、鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制

將「3.3.1 彙整各規劃週期之規格需求」執行完成之後，可做為本小節之已知參數。而在以下將說明鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制之執行過程，其過程如下：

##### Step 1：列出各鋼種及公稱尺寸的所有可行切割方案

由彙整的結果可得知，五筆訂單總共需要鋼種A572及公稱尺寸400\*400、鋼種A572及公稱尺寸400\*300、鋼種A36及公稱尺寸400\*300以及鋼種A36及公稱尺寸300\*300之鋼胚。其中各訂單對於鋼種A572及公稱尺寸400\*400需要8種的長度規格；對於鋼種A572及公稱尺寸400\*300需要7種的長度規格；對於鋼種A36及公稱尺寸400\*300需要6種的長度規格；對於鋼種A36及公稱尺寸300\*300則是需要6種的長度規格。藉由彙整的結果，輸入撰寫的em-plant程式之中，列出各鋼種及公稱尺寸所有的可行切割方案。而在輸入em-plant程式求解之前，還必需決定各鋼種及公稱尺寸允許的裁切廢料上限，其各鋼種及公稱尺寸允許的裁切廢料上限，由式3-4求得之結果整理如下表4-8所示。

表 4-8：各鋼種及公稱尺寸允許的裁切廢料上限

鋼種( $j$ )	公稱尺寸( $p$ )	最短的長度規格(公尺)	允許的裁切廢料上限(公尺)
A572	400*400	8 公尺	7.9 公尺
A572	400*300	8 公尺	7.9 公尺
A36	400*300	16 公尺	15.9 公尺
A36	300*300	18 公尺	17.9 公尺

以上表4-8中，鋼種A572及公稱尺寸400\*400允許的裁切廢料上限做為說明。在鋼種A572及公稱尺寸400\*400彙整的結果中，最短的長度規格為8公尺，裁切廢料的長度吾人因而不允許大於或等於最短的長度規格，因此鋼種A572及公稱尺寸400\*400允許的裁切廢料上限可設定為7.9公尺，依式3-4之計算結果如式4-2所示。其他鋼種及公稱尺寸允許的裁切廢料上限則可依此類推。

$$\lambda_{j=A572,p=400*400} < \min\{17, 16.5, 16, 15.5, 12, 11, 10, 8\} = 8 \quad \text{式 4-2}$$

將彙整的結果和各鋼種及公稱尺寸允許的裁切廢料上限，代入撰寫的 em-plant 程式求解所有可行切割方案。由於列出所有可行切割方案的結果所佔篇幅過多，因此在此不將其一一列出。其鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 的所有可行切割方案共有 134 組，完整求解結果請參照附錄 A-1；鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 的所有可行切割方案共有 117 組，完整求解結果請參照附錄 A-2；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 的所有可行切割方案共有 134 組，完整求解結果請參照附錄 A-3；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 的所有可行切割方案共有 128 組，完整求解結果請參照附錄 A-4。

下表 4-9 為鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 由 em-plant 程式列出的其中三組可行切割方案，由此三組切割方案皆可得知滿足式 3-2 及式 3-3，其中切割方案 1 的計算過程如式 4-3 及式 4-4 所示。

表 4-9：鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 的可行切割方案

鋼種(j)A572 及公稱尺寸(p) 400*400 的所有可行切割方案		規格種類(k)								廢料 長度 (公尺)
		特殊	特殊	常用	常用	特殊	特殊	特殊	常用	
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	17	16.5	16	15.5	12	11	10	8	
	需求(支) 可用淨長	65	47	123	89	56	69	46	184	
切割方案 1	48	2	0	0	0	1	0	0	0	2
切割方案 2	48	2	0	0	0	0	1	0	0	3
切割方案 3	48	2	0	0	0	0	0	1	0	4

$$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} l_{j=A572,p=400*400,k} \times x_{j=A572,p=400*400,k,m=1} = 17 \times 2 + 16.5 \times 0 + 16 \times 0 + 15.5 \times 0 + 12 \times 1 + 11 \times 0 + 10 \times 0 + 8 \times 0 = 46 \leq 48 \quad \text{式 4-3}$$

$$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} l_{j=A572,p=400*400,k} \times x_{j=A572,p=400*400,k,m=1} = 17 \times 2 + 16.5 \times 0 + 16 \times 0 + 15.5 \times 0 + 12 \times 1 + 11 \times 0 + 10 \times 0 + 8 \times 0 = 46 \geq 48 - 7.9 \quad \text{式 4-4}$$

### Step 2：判斷各規劃週期所需的鋼胚類別數

在此步驟將依第三章中，式3-6、式3-7以及式3-8計算各規劃週期所需生產的鋼胚類別數，做為可填入位置數，計算結果整理如表4-10。以規劃週期1為例，只對於鋼種A572及公稱尺寸400\*400、鋼種A36及公稱尺寸400\*300和鋼種A36及公稱尺寸300\*300有需求，因此需生產這三類的鋼胚 ( $\delta_{j=A572,p=400*400,t=1} = 1$ ,  $\delta_{j=A36,p=400*300,t=1} = 1$ ,  $\delta_{j=A36,p=300*300,t=1} = 1$ )，代表會有三個填入位置，其計算過程如式4-5所示。

表 4-10：各規劃週期填入位置個數

規劃週期 (t)	A572 及 400*400		A572 及 400*300		A36 及 400*300		A36 及 300*300		填入位 置數 (S <sub>t</sub> )
	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} d_{j,p,k,t}$	$\delta_{j,p,t}$							
1	152	1	0	0	36	1	101	1	3
2	120	1	143	1	0	0	0	0	2
3	137	1	123	1	0	0	160	1	3
4	127	1	0	0	50	1	117	1	3
5	143	1	135	1	0	0	150	1	3

$$\sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J \delta_{j,p,t} = \delta_{j=A572,p=400*400,t=1} + \delta_{j=A572,p=400*300,t=1} + \delta_{j=A36,p=400*300,t=1} + \delta_{j=A36,p=300*300,t=1} = 1+0+1+1 = 3$$

式 4-5

### Step 3：求解鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式

經由 Step 1 列出所有可行切割方案以及 Step 2 判斷各規劃週期的填入位置個數之後，將求得的結果做為此小節的已知參數，並代入「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」之中，利用 ILO7G OPL Studio 軟體求解各規劃週期需使用哪些可行切割方案以及採行的次數，來滿足規劃週期內各規格之需求。表 4-11 為本機制進行運算之電腦環境；求解結果於表 4-10 列出各規劃週期內，各填入位置所排入的鋼胚類型 ( $\alpha_{j,p,s,t}$ )；表 4-11 則列出各規劃週期採用的切割方案及次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )、完工時間 ( $COM_t$ )

及未滿足支數( $UD_{j,p,k,t}$ )等決策變數，詳細的求解結果請參照附錄 B-1。

求解結果以規劃週期 1 作為說明。由表 4-12 可得知在規劃週期 1，第一個填入位置的鋼胚類型是屬於鋼種 A36( $j=2$ )及公稱尺寸 300\*300( $p=3$ )；在第二個填入位置的鋼胚類型則屬於鋼種 A36( $j=2$ )及公稱尺寸 400\*300( $p=2$ )；最後在第三個填入位置的鋼胚類型則屬於鋼種 A572( $j=1$ )及公稱尺寸 400\*400( $p=1$ )。另外由表 4-13 則可知在規劃週期 1 需壓延鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共

$\sum_{m=1}^{134} Y_{j=1,p=1,m,t=1} = 51$  支；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 需壓延  $\sum_{m=1}^{134} Y_{j=2,p=2,m,t=1} = 14$  支；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 則需壓延  $\sum_{m=1}^{128} Y_{j=2,p=3,m,t=1} = 26$  支，且規劃週期 1 將所有鋼胚壓延完成之時間為 258400 秒，未滿足支數為 0 支。而各規劃週期皆無

未滿足支數( $\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t} = 0$ )，表示在達交時間內皆可滿足其所有規格

之需求。

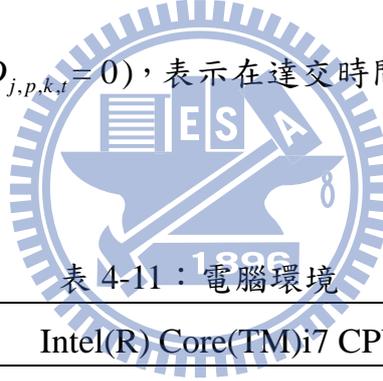


表 4-11：電腦環境

處理器	Intel(R) Core(TM)i7 CPU 920 @2.67GHz
記憶體(RAM)	12.0GB
作業系統	Microsoft Windows Vista Business 64bit Service Pack1

表 4-12：鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式填入位置之結果

	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5
填入位置	Alpha[2,3,1,1] = 1	Alpha[1,1,0,2] = 1	Alpha[1,2,0,3] = 1	Alpha[1,1,0,4] = 1	Alpha[2,3,0,5] = 1
	Alpha[2,2,2,1] = 1	Alpha[1,1,1,2] = 1	Alpha[1,2,1,3] = 1	Alpha[1,1,1,4] = 1	Alpha[2,3,1,5] = 1
	Alpha[1,1,3,1] = 1	Alpha[1,2,2,2] = 1	Alpha[2,3,2,3] = 1	Alpha[2,2,2,4] = 1	Alpha[1,2,2,5] = 1
	--	--	Alpha[1,1,3,3] = 1	Alpha[2,3,3,4] = 1	Alpha[1,1,3,5] = 1

表 4-13：鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式之規劃結果

	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5	
採行的 切割方 案及次 數	Y[1,1,1,1] = 17	Y[1,1,30,2] = 2	Y[1,1,14,3] = 15	Y[1,1,1,4] = 9	Y[1,1,1,5] = 24	Y[2,3,92,5] = 5
	Y[1,1,30,1] = 8	Y[1,1,33,2] = 1	Y[1,1,30,3] = 17	Y[1,1,56,4] = 12	Y[1,1,13,5] = 2	Y[2,3,112,5] = 1
	Y[1,1,56,1] = 3	Y[1,1,81,2] = 1	Y[1,1,31,3] = 1	Y[1,1,81,4] = 9	Y[1,1,56,5] = 22	Y[2,3,128,5] = 10
	Y[1,1,81,1] = 12	Y[1,1,120,2] = 6	Y[1,1,56,3] = 19	Y[1,1,100,4] = 3	Y[1,1,67,5] = 1	--
	Y[1,1,120,1] = 4	Y[1,1,130,2] = 4	Y[1,1,81,3] = 3	Y[1,1,103,4] = 1	Y[1,1,81,5] = 9	--
	Y[1,1,130,1] = 2	Y[1,1,134,2] = 11	Y[1,1,134,3] = 7	Y[1,1,120,4] = 7	Y[1,1,103,5] = 1	--
	Y[1,1,134,1] = 5	Y[1,2,1,2] = 26	Y[1,2,1,3] = 12	Y[1,1,130,4] = 15	Y[1,1,109,5] = 1	--
	Y[2,2,1,1] = 6	Y[1,2,34,2] = 6	Y[1,2,30,3] = 1	Y[1,1,134,4] = 3	Y[1,1,120,5] = 5	--
	Y[2,2,116,1] = 3	Y[1,2,60,2] = 10	Y[1,2,50,3] = 1	Y[2,2,36,4] = 3	Y[1,1,134,5] = 3	--
	Y[2,2,129,1] = 2	Y[1,2,63,2] = 2	Y[1,2,86,3] = 7	Y[2,2,58,4] = 1	Y[1,2,1,5] = 7	--
	Y[2,2,134,1] = 3	Y[1,2,81,2] = 1	Y[1,2,112,3] = 2	Y[2,2,94,4] = 1	Y[1,2,3,5] = 2	--
	Y[2,3,1,1] = 6	Y[1,2,82,2] = 5	Y[1,2,117,3] = 15	Y[2,2,116,4] = 5	Y[1,2,34,5] = 3	--
	Y[2,3,3,1] = 1	Y[1,2,99,2] = 4	Y[2,3,37,3] = 2	Y[2,2,129,4] = 2	Y[1,2,60,5] = 7	--
	Y[2,3,57,1] = 2	Y[1,2,112,2] = 7	Y[2,3,57,3] = 1	Y[2,3,1,4] = 7	Y[1,2,82,5] = 7	--
	Y[2,3,114,1] = 5	Y[1,2,113,2] = 1	Y[2,3,92,3] = 1	Y[2,3,112,4] = 5	Y[1,2,99,5] = 15	--
	Y[2,3,123,1] = 7	Y[1,2,117,2] = 6	Y[2,3,112,3] = 2	Y[2,3,123,4] = 14	Y[1,2,112,5] = 7	--
	Y[2,3,128,1] = 5	--	Y[2,3,117,3] = 4	Y[2,3,128,4] = 4	Y[1,2,117,5] = 1	--
	--	--	Y[2,3,122,3] = 1	--	Y[2,3,1,5] = 8	--
	--	--	Y[2,3,123,3] = 6	--	Y[2,3,57,5] = 2	--
	--	--	Y[2,3,128,3] = 6	--	Y[2,3,91,5] = 1	--
未滿足 支數(支)	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t=1} = 0$	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t=2} = 0$	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t=3} = 0$	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t=4} = 0$	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t=5} = 0$	
完工時間 (秒)	COM[1] = 258400	COM[2] = 518000	COM[3] = 864000	COM[4] = 1149800	COM[5] = 1553300	
求解結果	目標值 = 0 (支) 決策變數 = 4,113；限制式 = 6,066；求解時間 = 451.63 秒					

以下將以 ILO7G OPL Studio 求解出各變數之結果，代入第三章所列之各限制式，以驗證本機制之正確性。

$$\blacksquare \sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t} + UD_{j,p,k,t} \geq d_{j,p,k,t} - \sum_{t'=0}^{t-1} \left( \sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j,p,k,m} \times Y_{j,p,m,t'} - d_{j,p,k,t'} \right) \quad \forall j, p, k, t \quad \text{式 3-10}$$

式 3-10 用來運算滿足規劃週期內各規格之需求。求解結果以規劃週期 1( $t=1$ )，所需鋼種 A572( $j=1$ )及公稱尺寸 400\*400( $p=1$ )，長度規格 17 公尺( $k=1$ )作為說明，計算過程如式 4-6 所示：

$$\sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j=1,p=1,k=1,m} \times Y_{j=1,p=1,m,t=1} + UD_{j=1,p=1,k=1,t=1} \geq d_{j=1,p=1,k=1,t=1} - \sum_{t'=0}^0 \left( \sum_{m=1}^{M_{j,p}} x_{j=1,p=1,k=1,m} \times Y_{j=1,p=1,m,t'} - d_{j=1,p=1,k=1,t'} \right) \\ = (2 \times 17) + (0 \times 8) + (0 \times 3) + (0 \times 12) + (0 \times 4) + (0 \times 2) + (0 \times 5) + 0 = 34 \geq 28 - 0 \quad \text{式 4-6}$$

$$\blacksquare \sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t} \leq \sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} \times Q \quad \forall j, p, t \quad \text{式 3-11}$$

$$\blacksquare \sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t} \geq \sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} \quad \forall j, p, t \quad \text{式 3-12}$$

$$\blacksquare \sum_{s=1}^{S_t} \alpha_{j,p,s,t} \leq 1 \quad \forall j, p, t \quad \text{式 3-13}$$

$$\blacksquare \alpha_{j,p,s-1,t} \geq \alpha_{j,p,s,t} \quad \forall p, s, t \quad \text{式 3-14}$$

$j = 1, 2, \dots, J+1$

$$\blacksquare \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^{J+1} \alpha_{j,p,s,t} = 1 \quad \forall s, t \quad \text{式 3-15}$$

式 3-11、式 3-12、式 3-13、式 3-14 以及式 3-15 可限制，若有使用鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$  的切割方案，則可將所需壓延的鋼胚，填入至規劃週期內一個位置上，而每個填入位置也只能填入一種類型的鋼胚。以規劃週期 1( $t=1$ )，所需鋼種 A572( $j=1$ )及公稱尺寸 400\*400( $p=1$ )為例，計算過程如式 4-7、式 4-8、式 4-9 以及式 4-10 所示：

$$\sum_{m=1}^{134} Y_{j=1,p=1,m,t=1} = 51 \leq \sum_{s=1}^3 \alpha_{j=1,p=1,s,t=1} \times Q \quad \text{式 4-7}$$

$$\sum_{m=1}^{134} Y_{j=1,p=1,m,t=1} = 51 \geq \sum_{s=1}^3 \alpha_{j=1,p=1,s,t=1} \quad \text{式 4-8}$$

$$\sum_{s=1}^3 \alpha_{j=1,p=1,s,t=1} = 1 \quad \text{式 4-9}$$

$$\sum_{p=1}^3 \sum_{j=1}^3 \alpha_{j=1,p=1,s,t=1} = 1 \quad \text{式 4-10}$$

$$\blacksquare \quad \alpha_{j,p,s=S_{t-1},t-1} \leq \alpha_{j,p,s=0,t} \times Q \quad \begin{array}{l} \forall p, t \\ j = 1, 2, \dots, J+1 \end{array} \quad \text{式 3-16}$$

$$\blacksquare \quad \alpha_{j,p,s=S_{t-1},t-1} \geq \alpha_{j,p,s=0,t} \quad \begin{array}{l} \forall p, t \\ j = 1, 2, \dots, J+1 \end{array} \quad \text{式 3-17}$$

式 3-16 以及式 3-17 用來計算下一規劃週期期初填入位置的鋼胚類型，以規劃週期 1( $t=1$ )為例，並由表 4-12 可知，在規劃週期 1 最後一個填入位置的鋼胚類型屬於鋼種 A572( $j=1$ )及公稱尺寸 400\*400( $p=1$ )，因此規劃週期 2 的期初填入位置亦屬於鋼種 A572( $j=1$ )及公稱尺寸 400\*400( $p=1$ )，計算過程如式 4-11 以及式 4-12 所示：

$$\alpha_{j=1,p=1,s=3,t=1} = 1 \leq \alpha_{j=1,p=1,s=0,t=2} = 1 \times Q \quad \text{式 4-11}$$

$$\alpha_{j=1,p=1,s=3,t=1} = 1 \geq \alpha_{j=1,p=1,s=0,t=2} \quad \text{式 4-12}$$

$$\blacksquare \quad \alpha_{j,p,s=0,t} \leq \alpha_{j,p,s=1,t} \quad \begin{array}{l} \forall p, t \\ j = 1, 2, \dots, J+1 \end{array} \quad \text{式 3-18}$$

式 3-18 用來運算，若規劃週期  $t$  中有與期初填入位置具相同的鋼胚類型時，則可接續壓延相同類型的鋼胚。以規劃週期 2( $t=2$ )為例，期初填入位置的鋼胚類型屬於鋼種 A572( $j=1$ )及公稱尺寸 400\*400( $p=1$ )，且規劃週期 2 亦需壓延鋼種 A572( $j=1$ )及公稱尺寸 400\*400( $p=1$ )之鋼胚，因此可接續壓延，所以規劃週期 2，第一個填入位置的鋼胚類型會屬於鋼種 A572( $j=1$ )及公稱尺寸 400\*400( $p=1$ )。計算過程如式 4-13 所示：

$$\alpha_{j=1,p=1,s=0,t=2} = 1 \leq \alpha_{j=1,p=1,s=1,t=2} = 1 \quad \text{式 4-13}$$

$$\blacksquare \quad \beta_{j,p,j',p',s,t} - (\alpha_{j,p,s,t} + \alpha_{j',p',s-1,t} - 1) \geq 0 \quad \begin{array}{l} \forall p, p', s, t \\ j = 1, 2, \dots, J+1 \\ j' = 1, 2, \dots, J+1 \end{array} \quad \text{式 3-19}$$

$$\blacksquare \quad 2 \times \beta_{j,p,j',p',s,t} \leq \alpha_{j,p,s,t} + \alpha_{j',p',s-1,t} \quad \begin{array}{l} \forall p, p', s, t \\ j = 1, 2, \dots, J+1 \\ j' = 1, 2, \dots, J+1 \end{array} \quad \text{式 3-20}$$

式 3-19 以及式 3-20 用來運算填入位置間的先後順序。以規劃週期 1( $t=1$ )為例，並由表 4-12 可知，在規劃週期 1 第一個填入位置的鋼胚類型屬於鋼種 A36( $j=2$ )及公稱尺寸 300\*300( $p=3$ )；第二個填入位置的鋼胚類型屬於鋼種 A36( $j=2$ )及公稱尺寸 400\*300( $p=2$ )，因此  $\beta_{j=2,p=2,j'=2,p'=2=3,s=2,t=1} = 1$ 。計算過程如式 4-14 以及式 4-15 所示：

$$\beta_{j=2,p=2,j'=2,p'=2=3,s=2,t=1} - (\alpha_{j=2,p=2,s=2,t=1} + \alpha_{j'=2,p'=3,s=1,t=1} - 1) \geq 0 \quad \text{式 4-14}$$

$$= 1 - (1 + 1 - 1) \geq 0$$

$$2 \times \beta_{j=2,p=2,j'=2,p'=2=3,s=2,t=1} \leq \alpha_{j=2,p=2,s=2,t=1} + \alpha_{j'=2,p'=3,s=1,t=1} \quad \text{式 4-15}$$

$$= 2 \times 1 \leq 1 + 1$$

$$\blacksquare \quad COM_{t-1} + \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J (\sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t} \times pt_{j,p}) + \sum_{s=1}^{S_t} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^{J+1} (\sum_{p'=1}^{P_j} \sum_{j'=1}^{J+1} \beta_{j,p,j',p',s,t} \times st_{j,p,j',p'}) = COM_t$$

$$\forall t \quad \text{式 3-21}$$

$$\blacksquare \quad COM_t \leq due_t \quad \forall t \quad \text{式 3-22}$$

式 3-21 以及式 3-22 用來運算各規劃週期的完工時間以及限制完工時間需小於等於達交時間。以規劃週期 1( $t=1$ )為例，計算過程如式 4-16 以及式 4-17 所示：

$$COM_{t-1} + \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J (\sum_{m=1}^{M_{j,p}} Y_{j,p,m,t} \times pt_{j,p}) + \sum_{s=1}^{S_t} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^{J+1} (\sum_{p'=1}^{P_j} \sum_{j'=1}^{J+1} \beta_{j,p,j',p',s,t} \times st_{j,p,j',p'}) = COM_t$$

$$= 0 + [(51 \times 3000) + (14 \times 2900) + (26 \times 2400)] + [(1 \times 1200) + (1 \times 1200)] = 258400$$

$$\text{式 4-16}$$

$$COM_t \leq due_t \quad \text{式 4-17}$$

$$= 258400 \leq 259200$$

### 4.3、鋼鐵廠內部績效規劃模組之執行過程

由「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」的求解結果，可得知五筆訂單未滿足支數皆為 0 ( $\sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^{K_{i,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t} = 0$ )。因此，本節將以「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」，找出最適的裁切廢料長度以及存貨支數，執行過程說明於以下小節。輸入項目分別為訂單相關資訊、製程相關資訊、各鋼種之可用淨長以及各組切割方案的裁切廢料長度。

#### 4.3.1、最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制

將原本「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」中，目標式替換成式 3-26，並增加式 3-27、式 3-28、式 3-29 及式 3-30，同時剔除式 3-10，再以 ILO7G OPL Studio 軟體求解滿足所有規劃週期之規格需求下，找出最適的裁切廢料長度以及存貨支數。而在目標式中，必需先決定裁切廢料、常用規格存貨支數以及特殊規格存貨支數所需的成本，對於裁切的廢料由於必須重新加工，且重新加工成本較貴，因此其每公尺加工成本在此先設定為 1000 元 ( $\omega_1 = 1000$ )。而在存貨支數方面，為了儘可能減少特殊規格的存貨支數，因此一支特殊規格存貨成本在此先設定為 100 元 ( $\omega_3 = 100$ )，最後由於常用規格後續接到同一種規格機率較高，因此其存貨成本較低，在此先設定為 1 元 ( $\omega_2 = 1$ )。若求解結果對於裁切廢料或是特殊規格存貨的支數無法在接受範圍之內，則可選擇再調整此權重值。運算之電腦環境與表 4-11 相同，求解結果於表 4-14 列出各規劃週期內，各填入位置所排入的鋼胚類型 ( $\alpha_{j,p,s,t}$ )；表 4-15 則列出裁切廢料 ( $Z_{j,p,m}$ )、存貨支數 ( $IV_{j,p,k,T}$ )、各規劃週期採用的切割方案及次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )、完工時間 ( $COM_t$ ) 等決策變數，詳細的求解結果請參照附錄 B-2。

由求解結果可得知，經由「最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」可使裁切廢料長度在 0 公尺，存貨支數 15 支下 (常用規格 14 支、特殊規格 1 支)，滿足所有規劃週期之規格需求。各週期之規劃結果以規劃週期 1 ( $t=1$ ) 作為說明，在規劃週期 1 第一個填入位置的鋼胚類型是屬於鋼種 A36 ( $j=2$ ) 及公稱尺寸 400\*300 ( $p=2$ )；第二個填入位置的鋼胚類型則屬於鋼種 A36 ( $j=2$ ) 及公稱尺寸 300\*300 ( $p=3$ )；最後在第三個填入位置的鋼胚類型則屬於鋼種 A572 ( $j=1$ ) 及公稱尺寸 400\*400 ( $p=1$ )。而鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400

之鋼胚共需壓延  $\sum_{m=1}^{134} Y_{j=1,p=1,m,t=1} = 49$  支；鋼種A36及公稱尺寸400\*300需壓延

$\sum_{m=1}^{134} Y_{j=2,p=2,m,t=1} = 15$  支；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 則需壓延

$\sum_{m=1}^{128} Y_{j=2,p=3,m,t=1} = 27$  支，且規劃週期1將所有鋼胚壓延完成之時間為257500

秒。

表 4-14：最小化裁切廢料及存貨支數規劃模式填入位置之結果

	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5
填入位置	Alpha[2,2,1,1] = 1	Alpha[1,1,0,2] = 1	Alpha[1,2,0,3] = 1	Alpha[2,3,0,4] = 1	Alpha[1,1,0,5] = 1
	Alpha[2,3,2,1] = 1	Alpha[1,1,1,2] = 1	Alpha[1,2,1,3] = 1	Alpha[2,3,1,4] = 1	Alpha[1,1,1,5] = 1
	Alpha[1,1,3,1] = 1	Alpha[1,2,2,2] = 1	Alpha[1,1,2,3] = 1	Alpha[2,2,2,4] = 1	Alpha[2,3,2,5] = 1
	--	--	Alpha[2,3,3,3] = 1	Alpha[1,1,3,4] = 1	Alpha[1,2,3,5] = 1

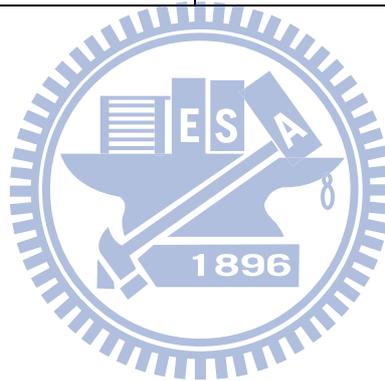


表 4-15：最小化裁切廢料及存貨支數規劃模式之規劃結果

	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5
採行的切割 方案及次數	Y[1,1,13,1] = 11	Y[1,1,23,2] = 1	Y[1,1,13,3] = 6	Y[1,1,23,4] = 26	Y[1,1,13,5] = 14
	Y[1,1,19,1] = 19	Y[1,1,72,2] = 9	Y[1,1,19,3] = 2	Y[1,1,56,4] = 11	Y[1,1,19,5] = 13
	Y[1,1,23,1] = 1	Y[1,1,100,2] = 2	Y[1,1,34,3] = 42	Y[1,1,80,4] = 1	Y[1,1,56,5] = 23
	Y[1,1,34,1] = 14	Y[1,1,124,2] = 3	Y[1,1,43,3] = 1	Y[1,1,100,4] = 1	Y[1,1,67,5] = 1
	Y[1,1,130,1] = 1	Y[1,1,130,2] = 1	Y[1,1,80,3] = 1	Y[1,1,134,4] = 5	Y[1,1,100,5] = 14
	Y[1,1,134,1] = 3	Y[1,1,134,2] = 10	Y[1,1,100,3] = 2	Y[2,2,71,4] = 3	Y[1,1,134,5] = 1
	Y[2,2,1,1] = 5	Y[1,2,1,2] = 25	Y[1,1,134,3] = 5	Y[2,2,107,4] = 1	Y[1,2,1,5] = 8
	Y[2,2,21,1] = 1	Y[1,2,7,2] = 1	Y[1,2,1,3] = 9	Y[2,2,116,4] = 1	Y[1,2,38,5] = 6
	Y[2,2,107,1] = 2	Y[1,2,38,2] = 8	Y[1,2,21,3] = 13	Y[2,2,117,4] = 2	Y[1,2,62,5] = 2
	Y[2,2,116,1] = 4	Y[1,2,63,2] = 18	Y[1,2,83,3] = 2	Y[2,3,1,4] = 7	Y[1,2,63,5] = 7
	Y[2,2,134,1] = 3	Y[1,2,83,2] = 6	Y[1,2,99,3] = 1	Y[2,3,114,4] = 1	Y[1,2,83,5] = 10
	Y[2,3,1,1] = 7	Y[1,2,117,2] = 6	Y[1,2,100,3] = 2	Y[2,3,118,4] = 14	Y[1,2,99,5] = 2
	Y[2,3,56,1] = 1	--	Y[1,2,117,3] = 14	--	Y[1,2,100,5] = 6
	Y[2,3,90,1] = 6	--	Y[2,3,1,3] = 1	--	Y[1,2,117,5] = 1
	Y[2,3,107,1] = 6	--	Y[2,3,90,3] = 7	--	Y[2,3,1,5] = 7
	Y[2,3,118,1] = 7	--	Y[2,3,107,3] = 13	--	Y[2,3,90,5] = 8
	--	--	Y[2,3,118,3] = 6	--	Y[2,3,107,5] = 7
	--	--	1896	--	Y[2,3,109,5] = 3
--	--	--	--	Y[2,3,114,5] = 1	
完工時間 (秒)	COM[1] = 257500	COM[2] = 509300	COM[3] = 864000	COM[4] = 1071500	COM[5] = 1447500
裁切廢料 (公尺)	$\sum_{m=1}^{M_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J Z_{j,p,m} = 0$				
存貨支數	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J IV_{j,p,k,T} = 15 \text{ 支(常用規格 14 支、特殊規格 1 支)}$				
求解結果	目標值 = 114 元 : 決策變數 = 5,406 ; 限制式 = 6,869 ; 求解時間 = 511.9 秒				

以下將以 ILO7G OPL Studio 求解出各變數之結果，代入第三章所列之各限制式，以驗證本機制之正確性。

$$\blacksquare \sum_{t=1}^T Y_{j,p,m,t} \times wl_{j,p,m} = Z_{j,p,m} \quad \forall j, p, m \quad \text{式 3-28}$$

式 3-28 用來運算規劃幅度內，對於鋼種  $j$  及公稱尺寸  $p$ ，第  $m$  組切割方案裁切廢料的總長度。以鋼種 A572( $j=1$ )及公稱尺寸 400\*400( $p=1$ )，第  $m=13$  組切割方案為例，計算過程如式 4-18 所示：

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^5 Y_{j=1,p=1,m=13,t} \times wl_{j=1,p=1,m=13} &= Z_{j=1,p=1,m=13} \\ &= (11 \times 0) + (0 \times 0) + (6 \times 0) + (0 \times 0) + (14 \times 0) = 0 \end{aligned} \quad \text{式 4-18}$$

其餘限制式與「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」相同，因此在此不多做說明。

經由「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解完成之後，可將最終規劃結果交給鋼鐵廠的生管規劃人員，並依照規劃結果，排定軋延機台之生產排程。圖 4-1 則依據表 4-14 以及表 4-15 整理之結果，所繪製的甘特圖。

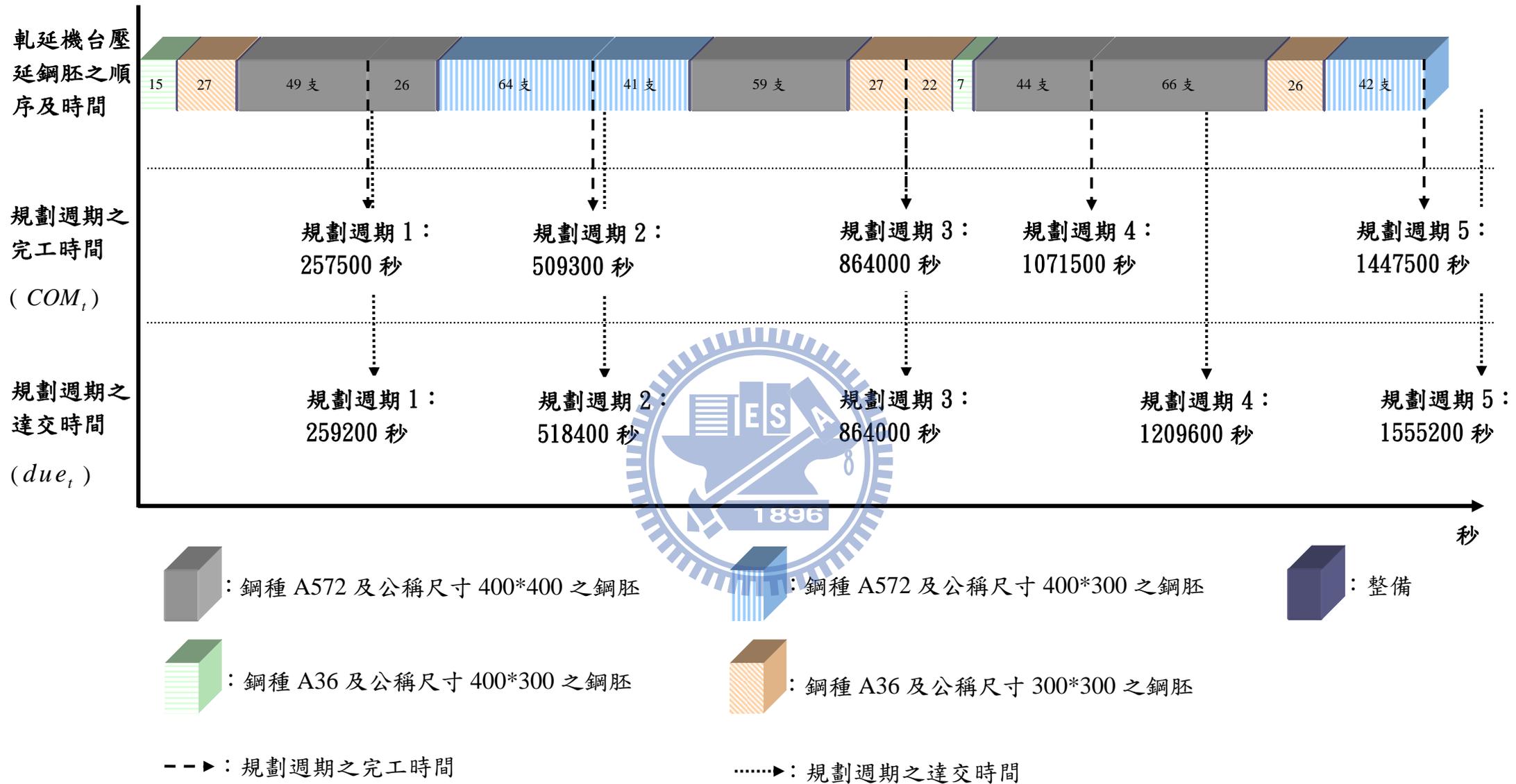


圖 4-1：案例一求解結果之甘特圖

上述案例中，經由「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」求得之結果，可滿足各規劃週期之規格需求，因此可再透過「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求得在滿足各規劃週期之規格需求下，使裁切廢料以及存貨支數最小化，提高鋼鐵廠內部績效。而在以下，將說明另一種情況之案例，即無法滿足所有規劃週期之規格需求，因此必須透過「3.4.2 產能不足規劃機制」進行求解。

### 案例二之訂單資訊

案例二之訂單需求資訊與表 4-3 相同，但各訂單之交期修改如下表 4-16 所示：

表 4-16：各訂單交期資訊

	訂單 1	訂單 2	訂單 3	訂單 4	訂單 5
交期(天)	2.5	6	8.5	13	18
交期(秒)	216000	518400	734400	1123200	1552000

將此案例代入「軋延機台生產排程規劃模組」求解。而由於訂單需求與前一案例相同，因此在「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」中，步驟一(由 em-plant 程式列出各鋼種及公稱尺寸所有可行切割方案)與步驟二(判斷各規劃週期所需的鋼胚類別數)之結果亦相同，在此不多做說明。此機制運算之電腦環境與表 4-11 相同，求解結果於表 4-17 列出各規劃週期內，各填入位置所排入的鋼胚類型( $\alpha_{j,p,s,t}$ )；表 4-18 則列出各規劃週期採用的切割方案及次數( $Y_{j,p,m,t}$ )、完工時間( $COM_t$ )及未滿足支數( $UD_{j,p,k,t}$ )等決策變數，詳細的求解結果請參照附錄 B-3。同樣以規劃週期 1( $t=1$ )說明規劃之結果，在規劃週期 1 第一個填入位置的鋼胚類型是屬於鋼種 A36( $j=2$ )及公稱尺寸 400\*300( $p=2$ )；第二個填入位置的鋼胚類型則屬於鋼種 A36( $j=2$ )及公稱尺寸 300\*300( $p=3$ )；最後在第三個填入位置的鋼胚類型則屬於鋼種 A572( $j=1$ )及公稱尺寸 400\*400( $p=1$ )。而鋼種

A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共需壓延  $\sum_{m=1}^{134} Y_{j=1,p=1,m,t=1} = 38$  支；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 需壓延  $\sum_{m=1}^{134} Y_{j=2,p=2,m,t=1} = 12$  支；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 則需壓延  $\sum_{m=1}^{128} Y_{j=2,p=3,m,t=1} = 26$  支，且規劃週期 1 將所有鋼胚壓延完成之時間為 213400 秒，未滿足支數有 35 支。

表 4-17：鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式填入位置之結果(案例二)

	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5
填入位置	Alpha[2,2,1,1] = 1	Alpha[1,1,0,2] = 1	Alpha[1,2,0,3] = 1	Alpha[1,1,0,4] = 1	Alpha[2,3,0,5] = 1
	Alpha[2,3,2,1] = 1	Alpha[1,1,1,2] = 1	Alpha[1,2,1,3] = 1	Alpha[1,1,1,4] = 1	Alpha[2,3,1,5] = 1
	Alpha[1,1,3,1] = 1	Alpha[1,2,2,2] = 1	Alpha[2,3,2,3] = 1	Alpha[2,2,2,4] = 1	Alpha[1,1,2,5] = 1
	--	--	Alpha[1,1,3,3] = 1	Alpha[2,3,3,4] = 1	Alpha[1,2,3,5] = 1



表 4-18：鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式之規劃結果(案例二)

	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5	
採行的切割方案及次數	Y[1,1,13,1] = 6	Y[1,1,22,2] = 1	Y[1,1,34,3] = 30	Y[1,1,1,4] = 13	Y[1,1,1,5] = 66	Y[2,3,112,5] = 2
	Y[1,1,43,1] = 16	Y[1,1,56,2] = 1	Y[1,1,61,3] = 9	Y[1,1,56,4] = 13	Y[1,1,56,5] = 22	Y[2,3,123,5] = 6
	Y[1,1,72,1] = 10	Y[1,1,69,2] = 1	Y[1,1,109,3] = 1	Y[1,1,81,4] = 9	Y[1,1,81,5] = 10	Y[2,3,128,5] = 11
	Y[1,1,99,1] = 1	Y[1,1,80,2] = 4	Y[1,1,134,3] = 2	Y[1,1,120,4] = 7	Y[1,1,120,5] = 5	--
	Y[1,1,100,1] = 5	Y[1,1,100,2] = 1	Y[1,2,1,3] = 11	Y[1,1,130,4] = 8	Y[1,1,130,5] = 5	--
	Y[2,2,1,1] = 5	Y[1,1,109,2] = 3	Y[1,2,7,3] = 1	Y[1,1,134,4] = 4	Y[1,1,134,5] = 3	--
	Y[2,2,117,1] = 3	Y[1,1,124,2] = 8	Y[1,2,21,3] = 2	Y[2,2,29,4] = 6	Y[1,2,1,5] = 8	--
	Y[2,2,134,1] = 4	Y[1,1,130,2] = 1	Y[1,2,99,3] = 1	Y[2,2,116,4] = 8	Y[1,2,34,5] = 3	--
	Y[2,3,1,1] = 6	Y[1,1,134,2] = 5	Y[1,2,117,3] = 14	Y[2,2,129,4] = 1	Y[1,2,45,5] = 3	--
	Y[2,3,56,1] = 3	Y[1,2,1,2] = 25	Y[2,3,106,3] = 9	Y[2,3,1,4] = 7	Y[1,2,60,5] = 7	--
	Y[2,3,89,1] = 12	Y[1,2,33,2] = 1	Y[2,3,107,3] = 1	Y[2,3,112,4] = 4	Y[1,2,82,5] = 6	--
	Y[2,3,115,1] = 3	Y[1,2,38,2] = 7	Y[2,3,111,3] = 1	Y[2,3,123,4] = 9	Y[1,2,99,5] = 14	--
	Y[2,3,117,1] = 1	Y[1,2,59,2] = 1	Y[2,3,114,3] = 2	Y[2,3,128,4] = 4	Y[1,2,112,5] = 7	--
	Y[2,3,118,1] = 1	Y[1,2,63,2] = 16	Y[2,3,117,3] = 1	--	Y[1,2,117,5] = 3	--
	--	Y[1,2,67,2] = 1	Y[2,3,121,3] = 1	--	Y[2,3,1,5] = 8	--
--	Y[1,2,83,2] = 7	Y[2,3,123,3] = 3	--	Y[2,3,57,5] = 3	--	
--	Y[1,2,96,2] = 13	Y[2,3,125,3] = 1	--	Y[2,3,92,5] = 5	--	
未滿足支數 (支)	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t=1} = 35$	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t=2} = 0$	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t=3} = 23$	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t=4} = 0$	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t=5} = 0$	
完工時間 (秒)	COM[1] = 213400	COM[2] = 481100	COM[3] = 733200	COM[4] = 998300	COM[5] = 1555200	
求解結果	目標值 = 58 (支) ：決策變數 = 4,113；限制式 = 6,066；求解時間 = 1145.8 秒					

案例二經由「軋延機台生產排程規劃模組」求解後，有未滿足的支數(  $\sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t} > 0$  )，因此進入「鋼鐵廠內部績效規劃模組」時，必須以「3.3.2 產能不足規劃機制」進行下一步求解，其執行過程說明於以下小節。

### 4.3.2、產能不足規劃機制

由「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」求解之結果可得知，在案例二中，產能不足之週期為第一期與第三期( $I \in \{t=1, t=3\}$ )，因此必須透過產能不足規劃機制進行下一步求解，此機制執行過程說明如下。

#### Step 1：規劃週期 $t=T$

令規劃週期  $t=5$ ，搜索到最後一期發生產能不足之週期為第三期 ( $t'=3$ )。

#### Step 2：對產能不足的規劃區間重新規劃

彙整規劃週期 1 至規劃週期 3 對於各鋼種及公稱尺寸之規格需求，其彙整結果如下表 4-19 以及表 4-20 所示，將代入「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」求解。下表 4-21 則整理彙整後，各鋼種及公稱尺寸允許的裁切廢料上限，經由表 4-19、表 4-20 以及表 4-21 的結果得知，鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 和鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300，以及鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 的整理結果與案例一相同，因此其所有可行切割方案可參照附錄 A-1、附錄 A-2 以及附錄 A-4；而鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 由 em-plant 程式求得所有可行切割方案之結果共有 40 組，完整求解結果請參照附錄 A-5。

表 4-19：鋼種 A572 及各類公稱尺寸之彙整結果(案例二)

鋼種(j)	公稱尺寸 (p)	規劃週期 (t)	各訂單對於長度規格需求支數(支)								
			17	16.5	16	15.5	12	11	10	8	
A572	400*400	1	28	13	8	33	16	16	6	32	
		2	--	--	--	--	10	22	18	70	
		3	12	44	58	30	7	--	--	40	
	總需求支數 $TD_{j,p,k}$			40	57	66	63	33	38	24	142
	公稱尺寸 (p)	規劃週期 (t)	各訂單對於長度規格需求支數(支)								
			16	15.5	15	14	10	9	8		
	400*300	1	--	--	--	--	--	--	--		
		2	77	16	33	11	9	40	41		
		3	38	--	--	18	10	30	87		
	總需求支數 $TD_{j,p,k}$			115	16	33	29	19	70	128	

表 4-20：鋼種 A36 及各類公稱尺寸之彙整結果(案例二)

鋼種(j)	公稱尺寸(p)	規劃週期(t)	各訂單對於長度規格需求支數(支)					
			24	20	18	16		
A36	400*300	1	22	9	6	21		
		2	--	--	--	--		
		3	--	--	--	--		
	總需求支數 $TD_{j,p,k}$		22	9	6	21		
	公稱尺寸(p)	規劃週期(t)	各訂單對於長度規格需求支數(支)					
			24	23	22	20	19	18
	300*300	1	27	5	--	13	34	35
		2	--	--	--	--	--	--
		3	--	7	11	19	28	45
	總需求支數 $TD_{j,p,k}$		27	12	11	32	62	80

表 4-21：各鋼種及公稱尺寸允許的裁切廢料上限(案例二)

鋼種(j)	公稱尺寸(p)	最短的長度規格(公尺)	允許的裁切廢料上限(公尺)
A572	400*400	8 公尺	7.9 公尺
A572	400*300	8 公尺	7.9 公尺
A36	400*300	16 公尺	15.9 公尺
A36	300*300	18 公尺	17.9 公尺

將整理之結果代入「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」之中，利用 ILO7G OPL Studio 軟體求解規劃週期 1 至規劃週期 3 需使用哪些可行切割方案以及採行的次數，來滿足各規格之需求。運算之電腦環境與表 4-11 相同，求解結果於表 4-22 列出週期 1 至規劃週期 3，各填入位置所排入的鋼胚類型( $\alpha_{j,p,s,t}$ )；表 4-23 則列出週期 1 至規劃週期 3 採用的切割方案及次數( $Y_{j,p,m,t}$ )、完工時間( $COM_t$ )及未滿足支數( $UD_{j,p,k,t}$ )等決策變數，詳細的求解結果請參照附錄 B-4。

表 4-22：產能不足規劃機制經步驟二求得填入位置之結果

	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3
填入位置	Alpha[2,3,1,1] = 1	Alpha[1,1,0,2] = 1	Alpha[1,2,0,3] = 1
	Alpha[2,2,2,1] = 1	Alpha[1,1,1,2] = 1	Alpha[1,2,1,3] = 1
	Alpha[1,1,3,1] = 1	Alpha[1,2,2,2] = 1	Alpha[2,3,2,3] = 1
	--	--	Alpha[1,1,3,3] = 1

表 4-23：產能不足規劃機制經步驟二求得之規劃結果

	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3
採行的切割方案及次數	Y[1,1,43,1] = 21	Y[1,1,26,2] = 1	Y[1,1,34,3] = 30
	Y[1,1,72,1] = 8	Y[1,1,56,2] = 4	Y[1,1,61,3] = 2
	Y[1,1,81,1] = 3	Y[1,1,69,2] = 1	Y[1,1,134,3] = 2
	Y[1,1,100,1] = 6	Y[1,1,72,2] = 11	Y[1,2,1,3] = 11
	Y[2,2,1,1] = 5	Y[1,1,100,2] = 2	Y[1,2,83,3] = 1
	Y[2,2,14,1] = 1	Y[1,1,134,2] = 14	Y[1,2,107,3] = 1
	Y[2,2,17,1] = 1	Y[1,2,1,2] = 22	Y[1,2,117,3] = 13
	Y[2,2,22,1] = 2	Y[1,2,21,2] = 13	Y[2,3,87,3] = 5
	Y[2,2,40,1] = 3	Y[1,2,38,2] = 8	Y[2,3,107,3] = 2
	Y[2,3,1,1] = 6	Y[1,2,60,2] = 1	Y[2,3,108,3] = 6
	Y[2,3,56,1] = 3	Y[1,2,63,2] = 15	Y[2,3,109,3] = 1
	Y[2,3,87,1] = 5	Y[1,2,83,2] = 7	Y[2,3,114,3] = 3
	Y[2,3,89,1] = 2	Y[1,2,103,2] = 1	Y[2,3,117,3] = 1
	Y[2,3,118,1] = 9	Y[1,2,117,2] = 7	--
	Y[2,3,128,1] = 2	--	--
未滿足支數(支)	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t=1} = 33$	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t=2} = 0$	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J UD_{j,p,k,t=3} = 23$
完工時間(秒)	COM[1] = 216000	COM[2] = 515800	COM[3] = 733400
求解結果	目標值 = 56 (支) ; 決策變數 = 2,704 ; 限制式 = 3,639 ; 求解時間 = 720.02 秒		

經由「產能不足規劃機制」步驟二求解後，產能不足之週期仍然是第 1 與第 3 個規劃週期( $I \in \{t=1, t=3\}$ )，因此必須至 **Step 3**。

### Step 3：規劃週期 $t=1$

搜索到最先發生產能不足之週期為規劃週期 1，並令  $t'_{\text{now}} = 1$ 。

### Step 4：尋找下一個產能不足之週期

由於目前  $t'_{\text{now}}$  為規劃週期 1，而其下一個產能不足之週期為規劃週期 3，因此令  $t'_{\text{next}} = 3$ 。

### Step 5：個別規劃期之延遲交貨時間模式

針對產能不足的規劃週期  $t'_{\text{now}}$  (規劃週期 1)，以延遲達交時間之方式，使其能滿足所有規格需求之下，判斷是否會影響其之後產能足夠的規劃週期的達交時間。規劃的區間從規劃週期 1 至規劃週期 2( $t'_{\text{next}} - 1$ )，求解後判斷規劃週期 2 是否有受到影響。將原本「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」中，目標式替換成式 3-31，並增加式 3-32 至式 3-36 計五條限制式，同時剔除式 3-10、式 3-22，再以 ILO7G OPL Studio 軟體求解。此機制運算之電腦環境與表 4-11 相同，求解結果於表 4-24 列出規劃週期 1 至規劃週期 2，各填入位置所排入的鋼胚類型( $\alpha_{j,p,s,t}$ )；表 4-25 則列出規劃週期 1 至規劃週期 2 達交延遲之時間( $Time_t$ )，還有規劃週期 1 至規劃週期 2 採用的切割方案及次數( $Y_{j,p,m,t}$ )、完工時間( $COM_t$ )等決策變數，詳細的求解結果請參照附錄 B-5。以規劃週期 1( $t=1$ )說明規劃之結果，在規劃週期 1 第一個填入位置的鋼胚類型是屬於鋼種 A36( $j=2$ )及公稱尺寸 400\*300( $p=2$ )；第二個填入位置的鋼胚類型則屬於鋼種 A36( $j=2$ )及公稱尺寸 300\*300( $p=3$ )；最後在第三個填入位置的鋼胚類型則屬於鋼種 A572( $j=1$ )及公稱尺寸 400\*400( $p=1$ )。而鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共需壓延  $\sum_{m=1}^{134} Y_{j=1,p=1,m,t=1} = 42$  支；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 需壓延  $\sum_{m=1}^{134} Y_{j=2,p=2,m,t=1} = 12$  支；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 則需

壓延  $\sum_{m=1}^{128} Y_{j=2,p=3,m,t=1} = 24$  支，將所有鋼胚壓延完成之時間為 220600 秒，延遲的達交時間為 4600 秒。

表 4-24：產能不足規劃機制經步驟五求得填入位置之結果

	規劃週期 1	規劃週期 2
填入位置	Alpha[2,2,1,1] = 1	Alpha[1,1,0,2] = 1
	Alpha[2,3,2,1] = 1	Alpha[1,1,1,2] = 1
	Alpha[1,1,3,1] = 1	Alpha[1,2,2,2] = 1

表 4-25：產能不足規劃機制經步驟五求得之規劃結果

	規劃週期 1	規劃週期 2
採行的切割方案及次數	Y[1,1,1,1] = 1	Y[1,1,109,2] = 4
	Y[1,1,13,1] = 10	Y[1,1,117,2] = 2
	Y[1,1,19,1] = 13	Y[1,1,124,2] = 11
	Y[1,1,23,1] = 3	Y[1,1,131,2] = 1
	Y[1,1,34,1] = 8	Y[1,1,134,2] = 5
	Y[1,1,43,1] = 5	Y[1,2,1,2] = 16
	Y[1,1,109,1] = 1	Y[1,2,2,2] = 2
	Y[1,1,134,1] = 1	Y[1,2,13,2] = 5
	Y[2,2,1,1] = 2	Y[1,2,17,2] = 18
	Y[2,2,21,1] = 7	Y[1,2,21,2] = 1
	Y[2,2,117,1] = 3	Y[1,2,33,2] = 1
	Y[2,3,1,1] = 6	Y[1,2,38,2] = 4
	Y[2,3,56,1] = 3	Y[1,2,47,2] = 1
	Y[2,3,90,1] = 5	Y[1,2,63,2] = 3
	Y[2,3,114,1] = 2	Y[1,2,67,2] = 8
	Y[2,3,118,1] = 7	Y[1,2,68,2] = 1
Y[2,3,127,1] = 1	Y[1,2,117,2] = 1	
延遲或提早完工時間(秒)	time[1] = 4600	time[2] = -63100
完工時間 (秒)	COM[1] = 220600	COM[2] = 455300
求解結果	目標值=-58500 秒 ：決策變數=1,547；限制式=2,332；求解時間= 6.7 秒	

由「產能不足規劃機制」Step 5 求解之後，再利用式 3-37 判斷可知，產能不足的規劃週期  $t'_{now}$  (規劃週期 1)，以延遲達交時間之方式，滿足所有規格需求的情況下，並不影響其之後產能足夠的規劃週期之達交時間，因此可延遲交貨，並將規劃週期 1 由產能不足的集合中 ( $I$ ) 剔除，再以式 3-38 更新訂單 1 的完工時間可小於等於達交時間加上延遲的時間，計算過程如式 4-19 所示，並至 Step 6。

$$COM_{t=1} \leq due_{t=1} + Time_{t=1} = 216000 + 4600 = 220600 \text{ (秒)} \quad \text{式 4-19}$$

由式 4-19 計算結果可知，規劃週期 1 原本完工時間需小於等於 216000 秒，經更新後，則可小於等於 220600 秒。

#### Step 6：告知顧客延遲交貨時間

告知訂單 1 的顧客，在延遲 4600 秒之下，可滿足其所有規格需求，且假設顧客同意此規劃結果，因此至 Step 8。

#### Step 8：規劃下一個產能不足之週期

下一個產能不足之週期為規劃週期 3，並令  $t'_{now} = 3$ ，再回 Step 5 判斷規劃週期 3 是否可延遲交貨。而由於規劃週期 3 之後，已無產能不足之週期，因此可令  $t'_{next} = 6$ ，所以規劃的區間為規劃週期 1 至規劃週期  $5(t'_{next} - 1)$ 。其由 Step 5 求解結果於表 4-26 列出各規劃週期內，各填入位置所排入的鋼胚類型 ( $\alpha_{j,p,s,t}$ )；表 4-27 則列出各規劃週期達交延遲之時間 ( $Time_t$ )，還有各規劃週期採用的切割方案及次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )、完工時間 ( $COM_t$ ) 等決策變數，詳細的求解結果請參照附錄 B-6。以規劃週期 3 ( $t=3$ )

說明規劃之結果，在規劃週期 3 第一個填入位置的鋼胚類型是屬於鋼種 A572 ( $j=1$ ) 及公稱尺寸 400\*300 ( $p=2$ )；第二個填入位置的鋼胚類型則屬於鋼種 A36 ( $j=2$ ) 及公稱尺寸 300\*300 ( $p=3$ )；最後在第三個填入位置的鋼胚類型則屬於鋼種 A572 ( $j=1$ ) 及公稱尺寸 400\*400 ( $p=1$ )。而鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共需壓延  $\sum_{m=1}^{134} Y_{j=1,p=1,m,t=3} = 58$  支；鋼種 A572 及

公稱尺寸 400\*300 需壓延  $\sum_{m=1}^{117} Y_{j=1,p=2,m,t=3} = 40$  支；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 則需壓延  $\sum_{m=1}^{128} Y_{j=2,p=3,m,t=3} = 23$  支，將所有鋼胚壓延完成之時間為 794700 秒，延遲的達交時間為 60300 秒。

表 4-26：產能不足規劃機制經步驟五求得填入位置之結果(二)

	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5
填入位置	Alpha[2,2,1,1] = 1	Alpha[1,1,0,2] = 1	Alpha[1,2,0,3] = 1	Alpha[1,1,0,4] = 1	Alpha[2,3,0,5] = 1
	Alpha[2,3,2,1] = 1	Alpha[1,1,1,2] = 1	Alpha[1,2,1,3] = 1	Alpha[1,1,1,4] = 1	Alpha[2,3,1,5] = 1
	Alpha[1,1,3,1] = 1	Alpha[1,2,2,2] = 1	Alpha[2,3,2,3] = 1	Alpha[2,2,2,4] = 1	Alpha[1,1,2,5] = 1
	--	--	Alpha[1,1,3,3] = 1	Alpha[2,3,3,4] = 1	Alpha[1,2,3,5] = 1

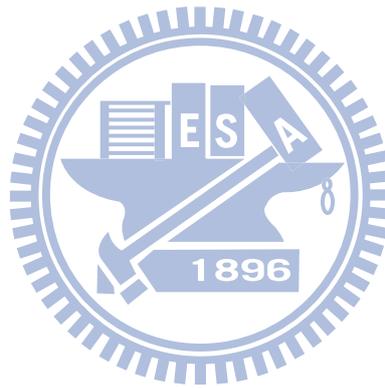


表 4-27：產能不足規劃機制經步驟五求得之規劃結果(二)

	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5	
採行的切割 方案及次數	Y[1,1,1,1] = 1	Y[1,1,100,2] = 1	Y[1,1,1,3] = 3	Y[1,1,4,4] = 1	Y[1,1,1,5] = 1	Y[2,3,12,5] = 1
	Y[1,1,13,1] = 10	Y[1,1,102,2] = 1	Y[1,1,8,3] = 6	Y[1,1,13,4] = 10	Y[1,1,13,5] = 15	Y[2,3,57,5] = 1
	Y[1,1,19,1] = 13	Y[1,1,117,2] = 3	Y[1,1,30,3] = 4	Y[1,1,19,4] = 5	Y[1,1,19,5] = 10	Y[2,3,90,5] = 5
	Y[1,1,23,1] = 3	Y[1,1,124,2] = 11	Y[1,1,34,3] = 13	Y[1,1,23,4] = 8	Y[1,1,56,5] = 16	Y[2,3,92,5] = 1
	Y[1,1,34,1] = 8	Y[1,1,134,2] = 7	Y[1,1,43,3] = 17	Y[1,1,56,4] = 7	Y[1,1,67,5] = 8	Y[2,3,94,5] = 1
	Y[1,1,43,1] = 5	Y[1,2,1,2] = 20	Y[1,1,56,3] = 15	Y[1,1,59,4] = 1	Y[1,1,69,5] = 9	Y[2,3,107,5] = 5
	Y[1,1,109,1] = 1	Y[1,2,2,2] = 1	Y[1,2,7,3] = 19	Y[1,1,66,4] = 1	Y[1,1,72,5] = 4	Y[2,3,109,5] = 2
	Y[1,1,134,1] = 1	Y[1,2,3,2] = 1	Y[1,2,83,3] = 2	Y[1,1,72,4] = 6	Y[1,1,100,5] = 7	Y[2,3,111,5] = 2
	Y[2,2,1,1] = 4	Y[1,2,4,2] = 2	Y[1,2,94,3] = 1	Y[1,1,80,4] = 4	Y[1,1,101,5] = 1	Y[2,3,118,5] = 2
	Y[2,2,49,1] = 3	Y[1,2,17,2] = 1	Y[1,2,96,3] = 12	Y[1,1,81,4] = 1	Y[1,1,109,5] = 2	Y[2,3,123,5] = 2
	Y[2,2,50,1] = 3	Y[1,2,20,2] = 5	Y[1,2,98,3] = 1	Y[1,1,91,4] = 1	Y[1,2,1,5] = 7	Y[2,3,127,5] = 1
	Y[2,2,134,1] = 2	Y[1,2,21,2] = 1	Y[1,2,103,3] = 2	Y[1,1,96,4] = 1	Y[1,2,2,5] = 1	Y[2,3,128,5] = 2
	Y[2,3,1,1] = 4	Y[1,2,23,2] = 1	Y[1,2,117,3] = 3	Y[1,1,101,4] = 1	Y[1,2,7,5] = 1	--
	Y[2,3,2,1] = 1	Y[1,2,24,2] = 1	Y[2,3,69,3] = 1	Y[1,1,130,4] = 1	Y[1,2,34,5] = 3	--
	Y[2,3,56,1] = 8	Y[1,2,38,2] = 7	Y[2,3,88,3] = 2	Y[1,1,134,4] = 1	Y[1,2,45,5] = 1	--
	Y[2,3,57,1] = 1	Y[1,2,43,2] = 1	Y[2,3,90,3] = 3	Y[2,2,71,4] = 3	Y[1,2,59,5] = 1	--
	Y[2,3,115,1] = 3	Y[1,2,63,2] = 11	Y[2,3,107,3] = 10	Y[2,2,100,4] = 1	Y[1,2,62,5] = 3	--
	Y[2,3,118,1] = 7	Y[1,2,80,2] = 7	Y[2,3,108,3] = 1	Y[2,2,107,4] = 1	Y[1,2,67,5] = 15	--
	--	Y[1,2,81,2] = 1	Y[2,3,113,3] = 1	Y[2,2,116,4] = 3	Y[1,2,82,5] = 1	--
	--	Y[1,2,83,2] = 1	Y[2,3,114,3] = 2	Y[2,2,117,4] = 2	Y[1,2,99,5] = 4	--
	--	--	Y[2,3,123,3] = 2	Y[2,3,1,4] = 5	Y[1,2,100,5] = 6	--
	--	--	Y[2,3,125,3] = 1	Y[2,3,4,4] = 1	Y[1,2,103,5] = 1	--
	--	--	--	Y[2,3,56,4] = 4	Y[1,2,107,5] = 1	--
--	--	--	Y[2,3,115,4] = 2	Y[1,2,117,5] = 1	--	
--	--	--	Y[2,3,118,4] = 10	Y[2,3,1,5] = 8	--	
延遲時間(秒)	Time[1] = 0	Time[2] = -63100	Time[3] = 60300	Time[4] = -97700	Time[5] = -105100	
完工時間 (秒)	COM[1] = 220600	COM[2] = 455300	COM[3] = 794700	COM[4] = 1025500	COM[5] = 1450100	
求解結果	目標值=-205600 秒 ：決策變數= 5,835；限制式= 4,554；求解時間= 1380.54 秒					

求解後再經由式 3-37 判斷之結果為，規劃週期 3 由於延遲達交時間不影響其之後產能足夠之週期交貨時間，因此可延遲交貨。並將規劃週期 3 由產能不足的集合中(  $I$  )剔除，再以式 3-38 更新訂單 3 的完工時間可小於等於達交時間加上延遲的時間，計算過程如式 4-20 所示。

$$COM_{t=3} \leq due_{t=3} + Time_{t=3} = 734400 + 60300 = 794700 \text{ (秒)} \quad \text{式 4-20}$$

由式 4-20 計算結果可知，規劃週期 3 原本完工時間需小於等於 734400 秒，經更新後，則可小於等於 794700 秒。



由於所有產能不足之週期皆已經由 **Step 5** 判斷過，因此可利用「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」進行求解。其「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解結果於表 4-28 列出各規劃週期內，各填入位置所排入的鋼胚類型( $\alpha_{j,p,s,t}$ )；表 4-29 則列出各規劃週期採用的切割方案及次數( $Y_{j,p,m,t}$ )、完工時間( $COM_t$ )等決策變數，詳細的求解結果請參照附錄 B-7。由求解結果可得知，經由「最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」可使裁切廢料長度在 16 公尺，存貨支數 10 支下(常用規格 9 支、特殊規格 1 支)，滿足所有規劃週期之規格需求。各週期之規劃結果以規劃週期 1( $t=1$ )作為說明，在規劃週期 1 第一個填入位置的鋼胚類型是屬於鋼種 A36( $j=2$ )及公稱尺寸 400\*300( $p=2$ )；第二個填入位置的鋼胚類型則屬於鋼種 A36( $j=2$ )及公稱尺寸 300\*300( $p=3$ )；最後在第三個填入位置的鋼胚類型則屬於鋼種 A572( $j=1$ )及公稱尺寸 400\*400( $p=1$ )。而鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共需壓延  $\sum_{m=1}^{134} Y_{j=1,p=1,m,t=1} = 42$  支；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 需壓延  $\sum_{m=1}^{134} Y_{j=2,p=2,m,t=1} = 12$  支；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 則需壓延  $\sum_{m=1}^{128} Y_{j=2,p=3,m,t=1} = 24$  支，且規劃週期 1 將所有鋼胚壓延完成之時間為 220600 秒。

表 4-28：最小化裁切廢料及存貨支數規劃模式填入位置之結果

	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5
填入位置	Alpha[2,2,1,1] = 1	Alpha[1,1,0,2] = 1	Alpha[1,2,0,3] = 1	Alpha[1,1,0,4] = 1	Alpha[2,3,0,5] = 1
	Alpha[2,3,2,1] = 1	Alpha[1,1,1,2] = 1	Alpha[1,2,1,3] = 1	Alpha[1,1,1,4] = 1	Alpha[2,3,1,5] = 1
	Alpha[1,1,3,1] = 1	Alpha[1,2,2,2] = 1	Alpha[2,3,2,3] = 1	Alpha[2,2,2,4] = 1	Alpha[1,2,2,5] = 1
	--	--	Alpha[1,1,3,3] = 1	Alpha[2,3,3,4] = 1	Alpha[1,1,3,5] = 1

表 4-29：最小化裁切廢料及存貨支數規劃模式之規劃結果

	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5
採行的切割 方案及次數	Y[1,1,1,1] = 1	Y[1,1,19,2] = 12	Y[1,1,34,3] = 31	Y[1,1,13,4] = 27	Y[1,1,19,5] = 19
	Y[1,1,13,1] = 10	Y[1,1,45,2] = 2	Y[1,1,43,3] = 1	Y[1,1,23,4] = 7	Y[1,1,56,5] = 23
	Y[1,1,19,1] = 15	Y[1,1,49,2] = 9	Y[1,1,45,3] = 1	Y[1,1,56,4] = 8	Y[1,1,100,5] = 13
	Y[1,1,23,1] = 1	Y[1,1,56,2] = 2	Y[1,1,56,3] = 7	Y[1,1,72,4] = 10	Y[1,1,134,5] = 1
	Y[1,1,34,1] = 6	Y[1,1,134,2] = 10	Y[1,1,109,3] = 1	Y[1,1,100,4] = 2	Y[1,2,1,5] = 8
	Y[1,1,43,1] = 7	Y[1,2,1,2] = 19	Y[1,1,134,3] = 5	Y[1,1,130,4] = 7	Y[1,2,17,5] = 2
	Y[1,1,61,1] = 1	Y[1,2,21,2] = 14	Y[1,2,1,3] = 12	Y[1,1,134,4] = 4	Y[1,2,38,5] = 6
	Y[1,1,130,1] = 1	Y[1,2,33,2] = 8	Y[1,2,83,3] = 2	Y[2,2,71,4] = 3	Y[1,2,63,5] = 9
	Y[2,2,1,1] = 5	Y[1,2,38,2] = 8	Y[1,2,94,3] = 3	Y[2,2,105,4] = 1	Y[1,2,83,5] = 10
	Y[2,2,50,1] = 1	Y[1,2,63,2] = 17	Y[1,2,117,3] = 13	Y[2,2,107,4] = 2	Y[1,2,99,5] = 5
	Y[2,2,53,1] = 1	Y[1,2,83,2] = 4	Y[2,3,22,3] = 1	Y[2,2,116,4] = 4	Y[1,2,100,5] = 5
	Y[2,2,116,1] = 2	Y[1,2,99,2] = 1	Y[2,3,90,3] = 4	Y[2,3,1,4] = 7	Y[1,2,117,5] = 1
	Y[2,2,134,1] = 3	--	Y[2,3,107,3] = 10	Y[2,3,90,4] = 3	Y[2,3,1,5] = 8
	Y[2,3,1,1] = 4	--	Y[2,3,109,3] = 1	Y[2,3,107,4] = 2	Y[2,3,90,5] = 6
	Y[2,3,2,1] = 1	--	Y[2,3,114,3] = 1	Y[2,3,114,4] = 1	Y[2,3,107,5] = 6
	Y[2,3,7,1] = 1	--	Y[2,3,118,3] = 6	Y[2,3,118,4] = 10	Y[2,3,109,5] = 10
	Y[2,3,56,1] = 6	--	--	--	Y[2,3,115,5] = 1
	Y[2,3,90,1] = 2	--	1896	--	--
	Y[2,3,115,1] = 3	--	--	--	--
	Y[2,3,116,1] = 1	--	--	--	--
Y[2,3,118,1] = 5	--	--	--	--	
Y[2,3,123,1] = 1	--	--	--	--	
完工時間 (秒)	COM[1] = 220600	COM[2] = 518300	COM[3] = 794700	COM[4] = 1075900	COM[5] = 1444900
裁切廢料 (公尺)	$\sum_{m=1}^{M_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J Z_{j,p,m} = 16$				
存貨支數	$\sum_{k=1}^{K_{j,p}} \sum_{p=1}^{P_j} \sum_{j=1}^J IV_{j,p,k,T} = 10 \text{ 支(常用規格 10 支、特殊規格 1 支)}$				
求解結果	目標值 = 16109 元 : 決策變數 = 5,406 ; 限制式 = 6,869 ; 求解時間 = 1533.09 秒				

經由「3.4.1最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解完成之後，可將最終規劃結果交給鋼鐵廠的生管規劃人員，並依照規劃結果，排定軋延機台之生產排程。圖4-2則依據表4-28以及表4-29整理之結果，所繪製的甘特圖。



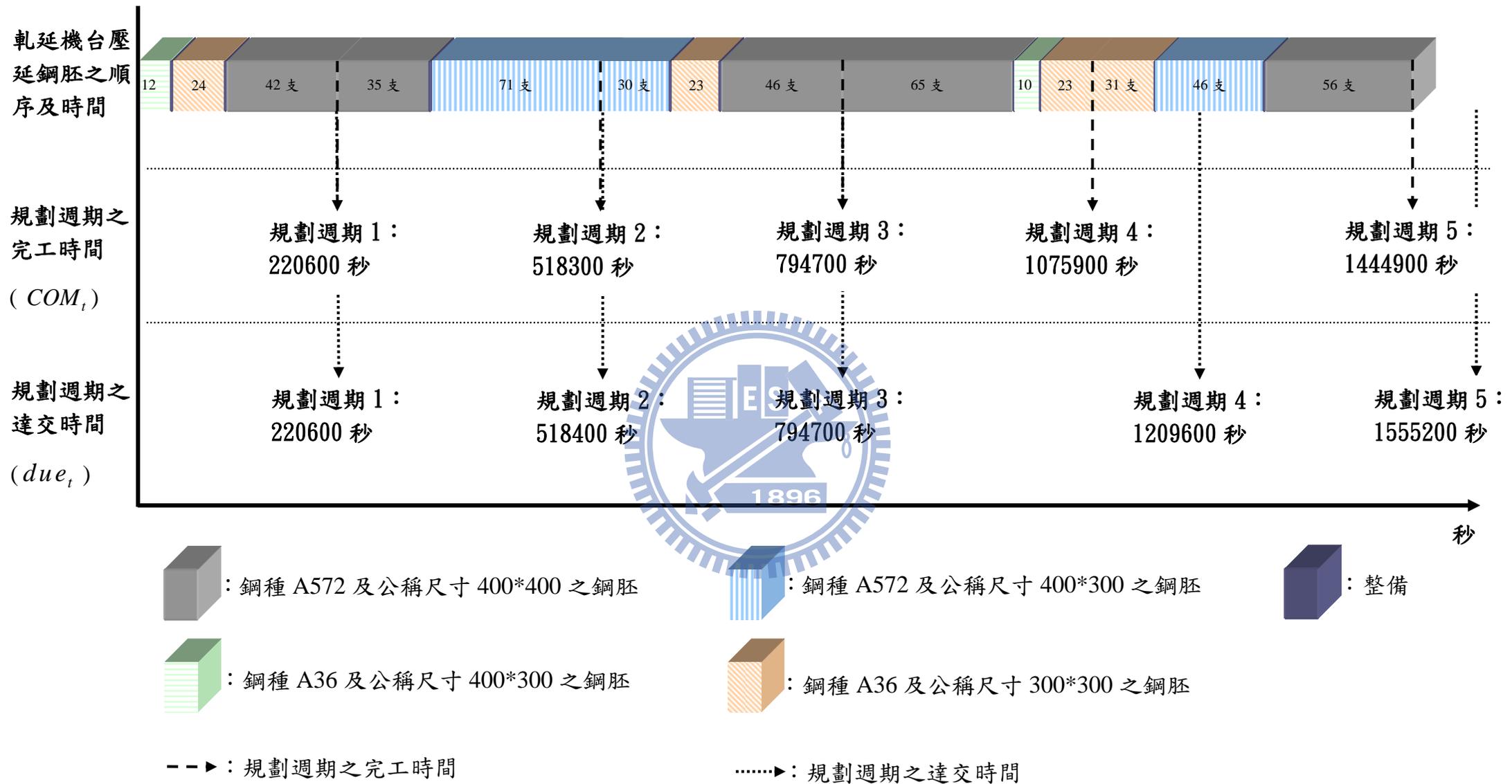


圖 4-2：案例二求解結果之甘特圖

#### 4.4、成效分析

此節針對案例一與案例二在 4.2 與 4.3 節規劃之結果，進行分析與說明：

##### ◆ 分析案例一於「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」之結果

針對表 4-13，由「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」之規劃結果，對各週期進行分析。

##### ● 規劃週期 1

依照表 4-13 之規劃結果，選擇規劃週期 1 所需的切割方案以及採行的次數來裁切鋼胚，分析結果整理如下表 4-30、表 4-31 以及表 4-32 所示。並由整理結果可知，規劃週期 1 使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共 51 支，且有 92 公尺的裁切廢料；使用鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚共 14 支，且有 12 公尺的裁切廢料；使用鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之鋼胚則共有 26 支，裁切廢料為 47 公尺。

表 4-30: 規劃週期 1 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		規格種類(k)								採行次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料長度 (公尺)
		特殊	特殊	常用	特殊	常用	特殊	特殊	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	17	16.5	16	15.5	12	11	10	8		
	需求(支)	28	13	8	33	16	16	6	32		
	可用淨長										
切割方案 1	48	2	0	0	0	1	0	0	0	17	2
切割方案 2	48	0	2	0	0	1	0	0	0	8	3
切割方案 3	48	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0
切割方案 4	48	0	0	0	3	0	0	0	0	12	1.5
切割方案 5	48	0	0	0	0	0	4	0	0	4	4
切割方案 6	48	0	0	0	0	0	0	4	1	2	0
切割方案 7	48	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0
已有支數(支)		0	0	0	0	0	0	0	0	總合	總合
裁切支數(支)		34	16	9	36	25	16	8	32	51	92
存貨支數(支)		6	3	1	3	9	0	2	0	支	公尺

表 4-31：規劃週期 1 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A36 及公稱尺寸 400*300		規格種類(k)						使用次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	常用	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	24	23	22	20	18	16		
	需求(支)	22	0	0	9	6	21		
	可用淨長								
切割方案 1	96	4	0	0	0	0	0	6	0
切割方案 2	96	0	0	0	4	0	1	3	0
切割方案 3	96	0	0	0	0	5	0	2	6
切割方案 4	96	0	0	0	0	0	6	3	0
已有支數(支)		0	0	0	0	0	0	總合	總合
裁切支數(支)		24	0	0	12	10	21	14	12
存貨支數(支)		2	0	0	3	4	0	支	公尺

表 4-32：規劃週期 1 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300		規格種類(k)						使用次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	常用	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	24	23	22	20	19	18		
	需求(支)	27	5	0	13	34	35		
	可用淨長								
切割方案 1	96	4	0	0	0	0	0	6	0
切割方案 2	96	3	0	1	0	0	0	1	2
切割方案 3	96	0	4	0	0	0	0	2	4
切割方案 4	96	0	0	0	3	0	2	5	0
切割方案 5	96	0	0	0	0	5	0	7	1
切割方案 6	96	0	0	0	0	0	5	5	6
已有支數(支)		0	0	0	0	0	0	總合	總合
裁切支數(支)		27	8	1	15	35	35	26	47
存貨支數(支)		0	3	1	2	1	0	支	公尺

● 規劃週期 2

依照表 4-13 之規劃結果，選擇規劃週期 2 所需的切割方案以及採行的次數來裁切鋼胚，分析結果整理如下表 4-33 以及表 4-34 所示。並由整理結果可知，規劃週期 2 使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共 25 支，且有 38.5 公尺的裁切廢料；使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚則共有 68 支，裁切廢料為 95 公尺。

表 4-33: 規劃週期 2 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		規格種類(k)								採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		特殊	特殊	常用	特殊	常用	特殊	特殊	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	17	16.5	16	15.5	12	11	10	8		
	需求(支)	0	0	0	0	10	22	18	70		
	可用淨長										
切割方案 1	48	0	2	0	0	1	0	0	0	2	3
切割方案 2	48	0	2	0	0	0	0	0	1	1	7
切割方案 3	48	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1.5
切割方案 4	48	0	0	0	0	0	4	0	0	6	4
切割方案 5	48	0	0	0	0	0	0	4	1	4	0
切割方案 6	48	0	0	0	0	0	0	0	6	11	0
已有支數(支)		6	3	1	3	9	0	2	0	總合	總合
裁切支數(支)		0	6	0	3	2	24	16	71	25	38.5
存貨支數(支)		6	9	1	6	1	2	0	1	支	公尺

表 4-34: 規劃週期 2 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300		規格種類(k)							採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	特殊	特殊	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	16	15.5	15	14	10	9	8		
	需求(支)	77	16	33	11	9	40	41		
	可用淨長									
切割方案 1	48	3	0	0	0	0	0	0	26	0
切割方案 2	48	0	3	0	0	0	0	0	6	1.5
切割方案 3	48	0	0	3	0	0	0	0	10	3
切割方案 4	48	0	0	2	0	0	2	0	2	0
切割方案 5	48	0	0	1	0	0	0	4	1	1
切割方案 6	48	0	0	0	3	0	0	0	5	6
切割方案 7	48	0	0	0	0	4	0	1	4	0
切割方案 8	48	0	0	0	0	0	5	0	7	3
切割方案 9	48	0	0	0	0	0	4	1	1	4
切割方案 10	48	0	0	0	0	0	0	6	6	0
已有支數(支)		0	0	0	0	0	0	0	總合	總合
裁切支數(支)		78	18	35	15	16	43	45	68	95
存貨支數(支)		1	2	2	4	7	3	4	支	公尺

● 規劃週期 3

依照表 4-13 之規劃結果，選擇規劃週期 3 所需的切割方案以及採行的次數來裁切鋼胚，分析結果整理如下表 4-35、表 4-36 以及表 4-37。並由整理結果可知，規劃週期 3 使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共 62 支，且有 112 公尺的裁切廢料；使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚共 38 支，且有 27.5 公尺的裁切廢料；使用鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之鋼胚則共有 23 支，裁切廢料為 110 公尺。

表 4-35: 規劃週期 3 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		規格種類(k)								採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		特殊	特殊	常用	特殊	常用	特殊	特殊	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	17	16.5	16	15.5	12	11	10	8		
	需求(支) 可用淨長	12	44	58	30	7	0	0	40		
切割方案 1	48	1	0	0	1	1	0	0	0	15	3.5
切割方案 2	48	0	2	0	0	1	0	0	0	17	3
切割方案 3	48	0	2	0	0	0	1	0	0	1	4
切割方案 4	48	0	0	3	0	0	0	0	0	19	0
切割方案 5	48	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1.5
切割方案 6	48	0	0	0	0	0	0	0	6	7	0
已有支數(支)		6	9	1	6	1	2	0	1	總合	總合
裁切支數(支)		15	36	57	24	32	1	0	42	62	112
存貨支數(支)		9	1	0	0	26	3	0	3	支	公尺

表 4-36: 規劃週期 3 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300		規格種類(k)							採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	特殊	特殊	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	16	15.5	15	14	10	9	8		
	需求(支)	38	0	0	18	10	30	87		
	可用淨長									
切割方案 1	48	3	0	0	0	0	0	0	12	0
切割方案 2	48	1	0	0	0	0	3	0	1	5
切割方案 3	48	0	1	0	0	3	0	0	1	2.5
切割方案 4	48	0	0	0	2	0	2	0	7	2
切割方案 5	48	0	0	0	0	0	5	0	2	3
切割方案 6	48	0	0	0	0	0	0	6	15	0
已有支數(支)		1	2	2	4	7	3	4	總合	總合
裁切支數(支)		37	1	0	14	3	27	90	38	27.5
存貨支數(支)		0	3	2	0	0	0	7	支	公尺

表 4-37: 規劃週期 3 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300		規格種類(k)						使用 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	常用	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	24	23	22	20	19	18		
	需求(支)	0	7	11	19	28	45		
	可用淨長								
切割方案 1	96	1	0	3	0	0	0	2	6
切割方案 2	96	0	4	0	0	0	0	1	4
切割方案 3	96	0	0	4	0	0	0	1	8
切割方案 4	96	0	0	0	4	0	0	2	16
切割方案 5	96	0	0	0	2	0	3	4	2
切割方案 6	96	0	0	0	1	0	4	1	4
切割方案 7	96	0	0	0	0	5	0	6	1
切割方案 8	96	0	0	0	0	0	5	6	6
已有支數(支)		0	3	1	2	1	0	總合	總合
裁切支數(支)		2	4	10	17	30	46	23	110
存貨支數(支)		2	0	0	0	3	1	支	公尺

● 規劃週期 4

依照表 4-13 之規劃結果，選擇規劃週期 4 所需的切割方案以及採行的次數來裁切鋼胚，分析結果整理如下表 4-38、表 4-39 以及表 4-40 所示。並由整理結果可知，規劃週期 4 使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共 59 支，且有 42.5 公尺的裁切廢料；使用鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚共 12 支，且有 27 公尺的裁切廢料；使用鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之鋼胚則共有 30 支，裁切廢料為 118 公尺。

表 4-38: 規劃週期 4 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		規格種類(k)								採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		特殊	特殊	常用	特殊	常用	特殊	特殊	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	17	16.5	16	15.5	12	11	10	8		
	需求(支) 可用淨長	25	0	34	26	8	28	30	31		
切割方案 1	48	2	0	0	0	1	0	0	0	9	2
切割方案 2	48	0	0	3	0	0	0	0	0	12	0
切割方案 3	48	0	0	0	3	0	0	0	0	9	1.5
切割方案 4	48	0	0	0	0	4	0	0	0	3	0
切割方案 5	48	0	0	0	0	3	0	0	1	1	4
切割方案 6	48	0	0	0	0	0	4	0	0	7	4
切割方案 7	48	0	0	0	0	0	0	4	1	15	0
切割方案 8	48	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0
已有支數(支)		9	1	0	0	26	3	0	3	總合	總合
裁切支數(支)		18	0	36	27	24	28	60	34	59	42.5
存貨支數(支)		2	1	2	1	42	3	30	6	支	公尺

表 4-39：規劃週期 4 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A36 及公稱尺寸 400*300		規格種類(k)						使用 次數  ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	常用	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	24	23	22	20	18	16		
	需求(支)	0	6	3	20	10	11		
	可用淨長								
切割方案 1	96	1	1	0	0	0	3	3	1
切割方案 2	96	0	4	0	0	0	0	1	4
切割方案 3	96	0	0	4	0	0	0	1	8
切割方案 4	96	0	0	0	4	0	1	5	0
切割方案 5	96	0	0	0	0	5	0	2	6
已有支數(支)		2	0	0	3	4	0	總合	總合
裁切支數(支)		3	7	4	20	10	14	12	27
存貨支數(支)		5	1	1	3	4	3	支	公尺

表 4-40：規劃週期 4 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300		規格種類(k)						使用 次數  ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	常用	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	24	23	22	20	19	18		
	需求(支)	27	0	0	15	44	18		
	可用淨長								
切割方案 1	96	4	0	0	0	0	0	7	0
切割方案 2	96	0	0	0	4	0	0	5	16
切割方案 3	96	0	0	0	0	5	0	14	1
切割方案 4	96	0	0	0	0	0	5	4	6
已有支數(支)		2	0	0	0	3	1	總合	總合
裁切支數(支)		28	0	0	20	70	20	30	118
存貨支數(支)		3	0	0	5	29	3	支	公尺

● 規劃週期 5

依照表 4-13 之規劃結果，選擇規劃週期 5 所需的切割方案以及採行的次數來裁切鋼胚，分析結果整理如下表 4-41、表 4-42 以及表 4-43。並由整理結果可知，規劃週期 5 使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共 68 支，且有 85.5 公尺的裁切廢料；使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚共 49 支，且有 90.5 公尺的裁切廢料；使用鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之鋼胚則共有 27 支，裁切廢料為 125 公尺。

表 4-41: 規劃週期 5 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		規格種類(k)								採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		特殊	特殊	常用	特殊	常用	特殊	特殊	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	17	16.5	16	15.5	12	11	10	8		
	需求(支) 可用淨長	27	0	69	30	71	20	22	24		
切割方案 1	48	2	0	0	0	1	0	0	0	24	2
切割方案 2	48	1	0	0	2	0	0	0	0	2	0
切割方案 3	48	0	0	3	0	0	0	0	0	22	0
切割方案 4	48	0	0	1	0	2	0	0	1	1	0
切割方案 5	48	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1.5
切割方案 6	48	0	0	0	0	3	0	0	1	1	4
切割方案 7	48	0	0	0	0	2	0	0	3	1	0
切割方案 8	48	0	0	0	0	0	4	0	0	5	4
切割方案 9	48	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0
已有支數(支)		2	1	2	1	42	3	30	6	總合	總合
裁切支數(支)		50	0	67	31	31	20	0	23	68	85.5
存貨支數(支)		25	1	0	2	2	3	8	5	支	公尺

表 4-42: 規劃週期 5 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300		規格種類(k)							採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	特殊	特殊	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	16	15.5	15	14	10	9	8		
	需求(支)	24	12	21	20	55	34	18		
	可用淨長									
切割方案 1	48	3	0	0	0	0	0	0	7	0
切割方案 2	48	2	0	1	0	0	0	0	2	1
切割方案 3	48	0	3	0	0	0	0	0	3	1.5
切割方案 4	48	0	0	3	0	0	0	0	7	3
切割方案 5	48	0	0	0	3	0	0	0	7	6
切割方案 6	48	0	0	0	0	4	0	1	15	0
切割方案 7	48	0	0	0	0	0	5	0	7	3
切割方案 8	48	0	0	0	0	0	0	6	1	0
已有支數(支)		0	3	2	0	0	0	7	總合	總合
裁切支數(支)		25	9	23	21	60	35	21	49	90.5
存貨支數(支)		1	0	4	1	5	1	10	支	公尺

表 4-43: 規劃週期 5 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之規劃結果(3.3.2 求解結果)

鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300		規格種類(k)						使用 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	常用	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	24	23	22	20	19	18		
	需求(支)	33	9	18	7	29	56		
	可用淨長								
切割方案 1	96	4	0	0	0	0	0	8	0
切割方案 2	96	0	4	0	0	0	0	2	4
切割方案 3	96	0	1	0	0	0	4	1	1
切割方案 4	96	0	0	4	0	0	0	5	8
切割方案 5	96	0	0	0	4	0	0	1	16
切割方案 6	96	0	0	0	0	0	5	10	6
已有支數(支)		3	0	0	5	29	3	總合	總合
裁切支數(支)		32	9	20	4	0	54	27	125
存貨支數(支)		2	0	2	2	0	1	支	公尺

分析完「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」之規劃結果後，可將各規劃週期對於各鋼種及公稱尺寸所需之鋼胚數量整理如下表 4-44 所示。由整理結果可知，在規劃幅度內，鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 總共需要 265 支鋼胚；鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 總共需要 155 支鋼胚；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 總共需要 26 支鋼胚；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 總共需要 106 支鋼胚。

表 4-44：各週期對於各鋼種及公稱尺寸之鋼胚需求量(3.3.2 求解結果)

鋼種/公稱尺寸	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5	總需求支數
A572/400*400	51 支	25 支	62 支	59 支	68 支	265 支
A572/400*300	--	68 支	38 支	--	49 支	155 支
A36/400*300	14 支	--	--	12 支	--	26 支
A36/300*300	26 支	--	23 支	30 支	27 支	106 支

表 4-45 則整理各規劃週期對於各鋼種及公稱尺寸裁切廢料的長度。由整理結果可知，在規劃幅度內，鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 總裁切廢料長度為 370.5 公尺；鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 總裁切廢料長度為 213 公尺；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 總裁切廢料長度為 39 公尺；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 總裁切廢料長度為 400 公尺。

表 4-45：各週期對於各鋼種及公稱尺寸之裁切廢料長度(3.3.2 求解結果)

鋼種/公稱尺寸	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5	總裁切廢料
A572/400*400	92 公尺	38.5 公尺	112 公尺	42.5 公尺	85.5 公尺	370.5 公尺
A572/400*300	--	95 公尺	27.5 公尺	--	90.5 公尺	213 公尺
A36/400*300	12 公尺	--	--	27 公尺	--	39 公尺
A36/300*300	47 公尺	--	110 公尺	118 公尺	125 公尺	400 公尺

表 4-46 則整理規劃幅度內，各鋼種及公稱尺寸所需存貨的支數。由整理結果可知，在規劃幅度內，鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 常用規格存貨支數有 7 支、特殊規格有 39 支；鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 常用

規格存貨支數有 12 支、特殊規格有 10 支；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 常用規格存貨支數有 15 支、特殊規格有 2 支；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 常用規格存貨支數有 5 支、特殊規格有 2 支。常用規格總存貨支數共 39 支，特殊規格總存貨支數則有 53 支。

表 4-46：各鋼種及公稱尺寸在規劃幅度內存貨支數(3.3.2 求解結果)

	鋼種/公稱尺寸				各類規格存貨總支數
	A572/400*400	A572/400*300	A36/400*300	A36/300*300	
常用規格	7 支	12 支	15 支	5 支	39 支
特殊規格	39 支	10 支	2 支	2 支	53 支
				總支數	92 支

◆ 分析案例一於「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」之結果

由於案例一經由「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」求解完之後，可滿足所有規劃週期之規格需求，因此可再透過「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」，找出最適的裁切廢料長度以及存貨支數，所以在以下將針對表 4-15 分析「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」對於各規劃週期之求解結果，並在之後比較兩機制成效上之差異。

● 規劃週期 1

依照表 4-15 之規劃結果，選擇規劃週期 1 所需的切割方案以及採行的次數來裁切鋼胚，分析結果整理如下表 4-47、表 4-48 以及表 4-49 所示。並由整理結果可知，規劃週期 1 使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共 49 支，裁切廢料 0 公尺；使用鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚共 15 支，裁切廢料 0 公尺；使用鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之鋼胚則共有 27 支，裁切廢料為 0 公尺。

表 4-47: 規劃週期 1 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		規格種類(k)								採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		特殊	特殊	常用	特殊	常用	特殊	特殊	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	17	16.5	16	15.5	12	11	10	8		
	需求(支)	28	13	8	33	16	16	6	32		
	可用淨長										
切割方案 1	48	1	0	0	2	0	0	0	0	11	0
切割方案 2	48	1	0	0	0	1	1	0	1	19	0
切割方案 3	48	1	0	0	0	0	1	2	0	1	0
切割方案 4	48	0	1	1	1	0	0	0	0	14	0
切割方案 5	48	0	0	0	0	0	0	4	1	1	0
切割方案 6	48	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0
已有支數(支)		0	0	0	0	0	0	0	0	總合	總合
裁切支數(支)		31	14	14	36	19	20	6	38	49	0
存貨支數(支)		3	1	6	3	3	4	0	6	支	公尺

表 4-48: 規劃週期 1 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

鋼種 A36 及公稱尺寸 400*300		規格種類(k)						使用 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	常用	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	24	23	22	20	18	16		
	需求(支)	22	0	0	9	6	21		
	可用淨長								
切割方案 1	96	4	0	0	0	0	0	5	0
切割方案 2	96	2	0	0	0	0	3	1	0
切割方案 3	96	0	0	1	1	3	0	2	0
切割方案 4	96	0	0	0	4	0	1	4	0
切割方案 5	96	0	0	0	0	0	6	3	0
已有支數(支)		0	0	0	0	0	0	總合	總合
裁切支數(支)		22	0	2	18	6	25	15	0
存貨支數(支)		0	0	2	9	0	4	支	公尺

表 4-49：規劃週期 1 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300		規格種類(k)						使用 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	常用	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	24	23	22	20	19	18		
	需求(支)	27	5	0	13	34	35		
	可用淨長								
切割方案 1	96	4	0	0	0	0	0	7	0
切割方案 2	96	1	0	0	0	0	4	1	0
切割方案 3	96	0	1	0	0	1	3	6	0
切割方案 4	96	0	0	1	1	0	3	6	0
切割方案 5	96	0	0	0	1	4	0	7	0
已有支數(支)		0	0	0	0	0	0	總合	總合
裁切支數(支)		29	6	6	13	34	40	27	0
存貨支數(支)		2	1	6	0	0	5	支	公尺

● 規劃週期 2

依照表 4-15 之規劃結果，選擇規劃週期 2 所需的切割方案以及採行的次數來裁切鋼胚，分析結果整理如下表 4-50 以及表 4-51 所示。並由整理結果可知，規劃週期 2 使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共 26 支，裁切廢料為 0 公尺；使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚則共有 64 支，裁切廢料為 0 公尺。

表 4-50：規劃週期 2 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		規格種類(k)								採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		特殊	特殊	常用	特殊	常用	特殊	特殊	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	17	16.5	16	15.5	12	11	10	8		
	需求(支)	0	0	0	0	10	22	18	70		
	可用淨長										
切割方案 1	48	1	0	0	0	0	1	2	0	1	0
切割方案 2	48	0	0	9	0	0	18	9	0	9	0
切割方案 3	48	0	0	0	0	8	0	0	0	2	0
切割方案 4	48	0	0	0	0	0	6	3	6	3	0
切割方案 5	48	0	0	0	0	0	0	4	1	1	0
切割方案 6	48	0	0	0	0	0	0	0	60	10	0
已有支數(支)		3	1	6	3	3	4	0	6	總合	總合
裁切支數(支)		1	0	9	0	8	25	18	67	26	0
存貨支數(支)		4	1	15	3	1	7	0	3	支	公尺

表 4-51: 規劃週期 2 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300		規格種類(k)							採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	特殊	特殊	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	16	15.5	15	14	10	9	8		
	需求(支)	77	16	33	11	9	40	41		
	可用淨長									
切割方案 1	48	3	0	0	0	0	0	0	25	0
切割方案 2	48	2	0	0	0	0	0	2	1	0
切割方案 3	48	0	2	0	0	0	1	1	8	0
切割方案 4	48	0	0	2	0	0	2	0	18	0
切割方案 5	48	0	0	0	2	2	0	0	6	0
切割方案 6	48	0	0	0	0	0	0	6	6	0
已有支數(支)		0	0	0	0	0	0	0	總合	總合
裁切支數(支)		77	16	36	12	12	44	46	64	0
存貨支數(支)		0	0	3	1	3	4	5	支	公尺

● 規劃週期 3

依照表 4-15 之規劃結果，選擇規劃週期 3 所需的切割方案以及採行的次數來裁切鋼胚，分析結果整理如下表 4-52、表 4-53 以及表 4-54。並由整理結果可知，規劃週期 3 使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共 59 支，裁切廢料為 0 公尺；使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚共 41 支，裁切廢料為 0 公尺；使用鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之鋼胚則共有 27 支，裁切廢料為 0 公尺。

表 4-52: 規劃週期 3 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		規格種類(k)								採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		特殊	特殊	常用	特殊	常用	特殊	特殊	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	17	16.5	16	15.5	12	11	10	8		
	需求(支)	12	44	58	30	7	0	0	40		
	可用淨長										
切割方案 1	48	1	0	0	2	0	0	0	0	6	0
切割方案 2	48	1	0	0	0	1	1	0	1	2	0
切割方案 3	48	0	1	1	1	0	0	0	0	42	0
切割方案 4	48	0	1	0	1	0	0	0	2	1	0
切割方案 5	48	0	0	1	0	0	0	0	4	1	0
切割方案 6	48	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0
切割方案 7	48	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0
已有支數(支)		4	1	15	3	1	7	0	3	總合	總合
裁切支數(支)		8	43	43	55	10	2	0	38	59	0
存貨支數(支)		0	0	0	28	4	9	0	1	支	公尺

表 4-53: 規劃週期 3 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300		規格種類(k)							採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	特殊	特殊	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	16	15.5	15	14	10	9	8		
	需求(支)	38	0	0	18	10	30	87		
	可用淨長									
切割方案 1	48	3	0	0	0	0	0	0	9	0
切割方案 2	48	1	0	0	1	0	2	0	13	0
切割方案 3	48	0	0	0	2	2	0	0	2	0
切割方案 4	48	0	0	0	0	4	0	1	1	0
切割方案 5	48	0	0	0	0	3	2	0	2	0
切割方案 6	48	0	0	0	0	0	0	6	14	0
已有支數(支)		0	0	3	1	3	4	5	總合	總合
裁切支數(支)		40	0	0	17	14	30	85	41	0
存貨支數(支)		2	0	3	0	7	4	3	支	公尺

表 4-54: 規劃週期 3 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300		規格種類(k)						使用 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	常用	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	24	23	22	20	19	18		
	需求(支)	0	7	11	19	28	45		
	可用淨長								
切割方案 1	96	4	0	0	0	0	0	1	0
切割方案 2	96	0	1	0	0	1	3	7	0
切割方案 3	96	0	0	1	1	0	3	13	0
切割方案 4	96	0	0	0	1	4	0	6	0
已有支數(支)		2	1	6	0	0	5	總合	總合
裁切支數(支)		4	7	13	19	31	60	27	0
存貨支數(支)		6	1	8	0	3	20	支	公尺

● 規劃週期 4

依照表 4-15 之規劃結果，選擇規劃週期 4 所需的切割方案以及採行的次數來裁切鋼胚，分析結果整理如下表 4-55、表 4-56 以及表 4-57 所示。並由整理結果可知，規劃週期 4 使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共 44 支，裁切廢料為 0 公尺；使用鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚共 7 支，裁切廢料 0 公尺；使用鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之鋼胚則共有 22 支，裁切廢料為 0 公尺。

表 4-55: 規劃週期 4 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		規格種類(k)								採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		特殊	特殊	常用	特殊	常用	特殊	特殊	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	17	16.5	16	15.5	12	11	10	8		
	需求(支)	25	0	34	26	8	28	30	31		
	可用淨長										
切割方案 1	48	1	0	0	0	0	1	2	0	26	0
切割方案 2	48	0	0	3	0	0	0	0	0	11	0
切割方案 3	48	0	0	1	0	0	0	0	4	1	0
切割方案 4	48	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0
切割方案 5	48	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0
已有支數(支)		0	0	0	28	4	9	0	1	總合	總合
裁切支數(支)		26	0	34	0	4	26	52	34	44	0
存貨支數(支)		1	0	0	2	0	7	22	4	支	公尺

表 4-56：規劃週期 4 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

鋼種 A36 及公稱尺寸 400*300		規格種類(k)						使用 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	常用	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	24	23	22	20	18	16		
	需求(支)	0	6	3	20	10	11		
	可用淨長								
切割方案 1	96	0	2	0	0	1	2	3	0
切割方案 2	96	0	0	1	1	3	0	1	0
切割方案 3	96	0	0	0	4	0	1	1	0
切割方案 4	96	0	0	0	3	2	0	2	0
已有支數(支)		0	0	2	9	0	4	總合	總合
裁切支數(支)		0	6	1	11	10	7	7	0
存貨支數(支)		0	0	0	0	0	0	支	公尺

表 4-57：規劃週期 4 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300		規格種類(k)						使用 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	常用	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	24	23	22	20	19	18		
	需求(支)	27	0	0	15	44	18		
	可用淨長								
切割方案 1	96	4	0	0	0	0	0	7	0
切割方案 2	96	0	0	0	3	0	2	1	0
切割方案 3	96	0	0	0	1	4	0	14	0
已有支數(支)		6	1	8	0	3	20	總合	總合
裁切支數(支)		28	0	0	17	56	2	22	0
存貨支數(支)		7	1	8	2	15	4	支	公尺

### ● 規劃週期 5

依照表 4-15 之規劃結果，選擇規劃週期 5 所需的切割方案以及採行的次數來裁切鋼胚，分析結果整理如下表 4-58、表 4-59 以及表 4-60。並由整理結果可知，規劃週期 5 使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚共 66 支，裁切廢料為 0 公尺；使用鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚共 42 支，裁切廢料為 0 公尺；使用鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之鋼胚則共有 26 支，裁切廢料為 0 公尺。

表 4-58: 規劃週期 5 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

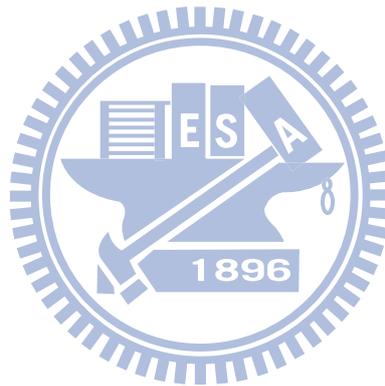
鋼種 A572 及公稱尺寸 400*400		規格種類(k)								採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		特殊	特殊	常用	特殊	常用	特殊	特殊	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	17	16.5	16	15.5	12	11	10	8		
	需求(支)	27	0	69	30	71	20	22	24		
	可用淨長										
切割方案 1	48	1	0	0	2	0	0	0	0	14	0
切割方案 2	48	1	0	0	0	1	1	0	1	13	0
切割方案 3	48	0	0	3	0	0	0	0	0	23	0
切割方案 4	48	0	0	1	0	2	0	0	1	1	0
切割方案 5	48	0	0	0	0	4	0	0	0	14	0
切割方案 6	48	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0
已有支數(支)		1	0	0	2	0	7	22	4	總合	總合
裁切支數(支)		27	0	70	28	71	13	0	20	66	0
存貨支數(支)		1	0	1	0	0	0	0	0	支	公尺

表 4-59: 規劃週期 5 對於鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

鋼種 A572 及公稱尺寸 400*300		規格種類(k)							採行 次數 ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	特殊	特殊	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	16	15.5	15	14	10	9	8		
	需求(支)	24	12	21	20	55	34	18		
	可用淨長									
切割方案 1	48	3	0	0	0	0	0	0	8	0
切割方案 2	48	0	2	0	0	0	1	1	6	0
切割方案 3	48	0	0	2	0	1	0	1	2	0
切割方案 4	48	0	0	2	0	0	2	0	7	0
切割方案 5	48	0	0	0	2	2	0	0	10	0
切割方案 6	48	0	0	0	0	4	0	1	2	0
切割方案 7	48	0	0	0	0	3	2	0	6	0
切割方案 8	48	0	0	0	0	0	0	6	1	0
已有支數(支)		2	0	3	0	7	4	3	總合	總合
裁切支數(支)		24	12	18	20	48	32	16	42	0
存貨支數(支)		2	0	0	0	0	2	1	支	公尺

表 4-60：規劃週期 5 對於鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之規劃結果(3.4.1 求解結果)

鋼種 A36 及公稱尺寸 300*300		規格種類(k)						使用 次數  ( $Y_{j,p,m,t}$ )	廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	常用	常用	常用		
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	24	23	22	20	19	18		
	需求(支) 可用淨長	33	9	18	7	29	56		
切割方案 1	96	28	0	0	0	0	0	7	0
切割方案 2	96	0	8	0	0	8	24	8	0
切割方案 3	96	0	0	7	7	0	21	7	0
切割方案 4	96	0	0	3	0	6	6	3	0
切割方案 5	96	0	0	0	3	0	2	1	0
已有支數(支)		7	1	8	2	15	4	總合	總合
裁切支數(支)		28	8	10	10	14	53	26	0
存貨支數(支)		2	0	0	5	0	1	支	公尺



分析完之後，可將各規劃週期對於各鋼種及公稱尺寸所需之鋼胚數量整理如下表 4-61 所示。由整理結果可知，在規劃幅度內，鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 總共需要 244 支鋼胚；鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 總共需要 147 支鋼胚；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 總共需要 22 支鋼胚；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 總共需要 102 支鋼胚。

表 4-61：各週期對於各鋼種及公稱尺寸之鋼胚需求量(3.4.1 求解結果)

鋼種/公稱尺寸	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5	總需求支數
A572/400*400	49 支	26 支	59 支	44 支	66 支	244 支
A572/400*300	--	64 支	41 支	--	42 支	147 支
A36/400*300	15 支	--	--	7 支	--	22 支
A36/300*300	27 支	--	27 支	22 支	26 支	102 支

表 4-62 則整理各規劃週期對於各鋼種及公稱尺寸裁切廢料的長度。由整理結果可知，在規劃幅度內，鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 總裁切廢料長度為 0 公尺；鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 總裁切廢料長度為 0 公尺；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 總裁切廢料長度為 0 公尺；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 總裁切廢料長度為 0 公尺。

表 4-62：各週期對於各鋼種及公稱尺寸之裁切廢料長度(3.4.1 求解結果)

鋼種/公稱尺寸	規劃週期 1	規劃週期 2	規劃週期 3	規劃週期 4	規劃週期 5	總裁切廢料
A572/400*400	0 公尺	0 公尺				
A572/400*300	--	0 公尺	0 公尺	--	0 公尺	0 公尺
A36/400*300	0 公尺	--	--	0 公尺	--	0 公尺
A36/300*300	0 公尺	--	0 公尺	0 公尺	0 公尺	0 公尺

表 4-63 則整理規劃幅度內，各鋼種及公稱尺寸所需存貨的支數。由整理結果可知，在規劃幅度內，鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 常用規格存貨支數有 1 支、特殊規格有 1 支；鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 常用規格存貨支數有 5 支、特殊規格有 0 支；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 常用規格存貨支數有 0 支、特殊規格有 0 支；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300

常用規格存貨支數有 8 支、特殊規格有 0 支。常用規格總存貨支數共 14 支，特殊規格總存貨支數則有 1 支。

表 4-63：各鋼種及公稱尺寸在規劃幅度內存貨支數(3.4.1 求解結果)

	鋼種/公稱尺寸				各類規格存貨總支數
	A572/400*400	A572/400*300	A36/400*300	A36/300*300	
常用規格	1 支	5 支	0 支	8 支	14 支
特殊規格	1 支	0 支	0 支	0 支	1 支
				<b>總支數</b>	<b>15 支</b>

#### ◆ 案例一於兩機制成效比較

上述整理完案例一在「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」，以及「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」的結果後，以下將分析各鋼種及公稱尺寸之鋼胚需求量、裁切廢料長度以及存貨支數等，經「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」和「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解後，成效上的差異。

由表 4-64 整理的結果可知，經由「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解後，鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚需求量比「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」求解的結果少 21 支；鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚需求量則少 8 支；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚需求量則少 4 支；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之鋼胚需求量則少 4 支。

表 4-64：案例一在兩機制求解結果對各鋼種及公稱尺寸之鋼胚需求量差異

鋼胚需求量	鋼種/公稱尺寸			
	A572/400*400	A572/400*300	A36/400*300	A36/300*300
(1) 3.3.2 求解結果	265 支	155 支	26 支	106 支
(2) 3.4.1 求解結果	244 支	147 支	22 支	102 支
(2) - (1)	-21 支	-8 支	-4 支	-4 支

由表 4-65 整理的結果可知，經由「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解後，鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 裁切廢料的長度比「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」求解的結果少 370.5 公尺；鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 裁切廢料的長度則少 213 公尺；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 裁切廢料的長度則少 39 公尺；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 裁切廢料的長度則少 400 公尺。降低的裁切廢料總長度為 1022.5 公尺。並由表 4-66 整理的結果可知，經由「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解後，常用規格的存貨支數比「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」求解的結果少 25 支；而特殊規格則由原本 53 支降為只剩 1 支。經由計算之後可知，裁切廢料以及存貨成本共可減少 1027725 元(1022.5×1000 元 + 52×100 元 + 25×1 元 = 1027725 元)。

表 4-65：案例一在兩機制求解結果對裁切廢料之差異

裁切廢料	鋼種/公稱尺寸			
	A572/400*400	A572/400*300	A36/400*300	A36/300*300
(1) 3.3.2 求解結果	370.5 公尺	213 公尺	39 公尺	400 公尺
(2) 3.4.1 求解結果	0 公尺	0 公尺	0 公尺	0 公尺
(2) - (1)	-370.5 公尺	-213 公尺	-39 公尺	-400 公尺

表 4-66：案例一在兩機制求解結果對存貨支數之差異

存貨支數	規格種類	
	常用規格	特殊規格
(1) 3.3.2 求解結果	39 支	53 支
(2) 3.4.1 求解結果	14 支	1 支
(2) - (1)	-25 支	-52 支

## ■ 分析案例二規劃結果

以下將針對案例二的規劃結果進行分析，此案例之各訂單需求內容與案例一相同，唯交期不同，因此於表 4-67 中列出案例二，僅經由「3.4.2 產能不足規劃機制」求解，以及再透過「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解後，對各鋼種及公稱尺寸之鋼胚需求量，並計算出其間差異；表 4-68 則整理出依兩機制之結果所得裁切廢料長度之差異；表 4-69 則整理出由「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解後，存貨支數與「3.4.2 產能不足規劃機制」規劃結果之差異。

由表 4-67 整理的結果可知，經由「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解後，鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 之鋼胚需求量比「3.4.2 產能不足規劃機制」求解的結果少 1 支；鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚需求量則相同；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 之鋼胚需求量也相同；而鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 之鋼胚需求量則少 1 支。

表 4-67：案例二在兩機制求解結果對各鋼種及公稱尺寸之鋼胚需求量差異

鋼胚需求量	鋼種/公稱尺寸			
	A572/400*400	A572/400*300	A36/400*300	A36/300*300
(1) 3.4.2 求解結果	245 支	147 支	22 支	102 支
(2) 3.4.2+3.4.1 求解結果	244 支	147 支	22 支	101 支
(2) - (1)	-1 支	0 支	0 支	-1 支

由表 4-68 整理的結果可知，經由「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解後，鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 裁切廢料的長度比「3.4.2 產能不足規劃機制」求解的結果少 73 公尺；鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 裁切廢料的長度則少 34 公尺；鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 裁切廢料的長度則少 0 公尺；鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 裁切廢料的長度則少 134 公尺。降低的裁切廢料總長度為 241 公尺。並由表 4-69 整理的結果可知，經由「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解後，常用規格的存貨支數比「3.4.2 產能不足規劃機制」求解的結果多 6 支；而特殊規格則增加 1 支。原因在於，「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」中，裁

切廢料的權重大於存貨支數的權重，因此求解時，會以降低裁切廢料的長度為優先考量，其次再降低存貨的支數，所以由案例二經「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」的規劃結果可知，確實可使裁切廢料大幅度降低(減少 241 公尺)，但降低裁切廢料的同時，卻使存貨的支數增加。經由計算之後可知，裁切廢料以及存貨成本共可減少 240894 元( $241 \times 1000$  元 -  $1 \times 100$  元 -  $6 \times 1$  元 = 240894 元)。

表 4-68：案例二在兩機制求解結果對裁切廢料之差異

裁切廢料	鋼種/公稱尺寸			
	A572/400*400	A572/400*300	A36/400*300	A36/300*300
(1) 3.4.2 求解結果	81 公尺	34 公尺	0 公尺	142 公尺
(2) 3.4.2+3.4.1 求解結果	8 公尺	0 公尺	0 公尺	8 公尺
(2) - (1)	-73 公尺	-34 公尺	0 公尺	-134 公尺

表 4-69：案例二在兩機制求解結果對存貨支數之差異

存貨支數	規格種類	
	常用規格	特殊規格
(1) 3.4.2 求解結果	3 支	0 支
(2) 3.4.2+3.4.1 求解結果	9 支	1 支
(2) - (1)	6 支	1 支

經由案例一與案例二的分析結果可知，透過「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」求解後，確實可使成效提高，因此在規劃上有其價值的存在。所以經由「3.3.2 鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃機制」或是「3.4.2 產能不足規劃機制」求解後，可再透過「3.4.1 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」來提高規劃的成效。

## 第五章、結論與未來研究方向

### 5.1、結論

隨著國家社會所需的建設以及景氣回溫的趨勢，鋼鐵的需求量亦逐漸攀升。對鋼鐵廠而言，須面對顧客對於各鋼種及公稱尺寸之規格需求及訂單交期，從眾多可行切割方案中決定出最佳組合的方式，並排定鋼胚在軋延機台的壓延順序，以回覆各訂單之交貨時點及可達成之生產目標。

基於以上所述，本文針對鋼鐵廠軋延機台生產的特性，建構一主生產排程規劃系統。此系統包含兩個模組：

#### 一、軋延機台生產排程規劃模組

此模組先彙整各規劃週期對於不同長度規格之需求後，列出各鋼種及公稱尺寸所有可行的切割方案，做為「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」的已知參數。該模式以最小化未滿足支數為目標，求解出各規劃週期最佳的可行切割方案組合方式，以及鋼胚在軋延機台壓延的順序。

以往針對鋼鐵廠的研究中，考量複雜度的情況之下，大多只探討切割方案最佳的組合方式，並無生產排程的規劃；而此模組，以不同訂單的交期區間為規劃週期；對在同一交期區間加工之各訂單而言，加工序並不影響其交期之達成，因而可針對各訂單對相同規格之需求總數來做規劃，可省去某一鋼胚之裁切是為分配給何張訂單的變數。而先行求得每一可行切割方案提供給各特定規格之支數作為已知參數，可解決在規劃鋼胚切割計畫時，需同時決定鋼胚對特定規格裁切支數以及採用次數等非線性決策問題。此模組透過上述的設計，可降低求解時的複雜度，提高求解效率，因此能同時考量鋼胚的切割計畫以及在軋延機台的壓延排程，可兼顧訂單之需求滿足及排程最佳化。

#### 二、鋼鐵廠內部績效規劃模組

軋延機台生產排程規劃模組的規劃結果可分為，能滿足所有規劃週期需求以及未能滿足兩種情況。因此本模組分別設計出「最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制」以及「產能不足規劃機制」進行規劃。兩機制說明如下：

### (1) 最小化裁切廢料及存貨支數規劃機制：

因在鋼鐵廠中，多餘裁切的廢料可重新加工，但重新加工的成本較昂貴，且若裁切出多餘的支數時，則需有存貨的成本。故透過本文所發展的「最小化裁切廢料及存貨支數規劃模式」，以最小化裁切廢料及存貨支數為目標，可針對在滿足所有規劃週期之需求的同時，使裁切廢料以及存貨成本最小化，規劃出更完善的生產排程。

### (2) 產能不足規劃機制：

針對無法滿足所有需求的週期，透過本文所發展的「最小化延遲時間模式」，以最小化延遲時間為目標，可規劃出最小化延遲的交貨時間或是仍然無法滿足的數量，並可將此資訊告知顧客，使顧客能即時決定是否轉交由其他業者生產。

上述兩模式之決策變數仍是鋼胚採行某特定切割方案之次數，故可應用「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」，只需將目標式修改成最小化裁切廢料及存貨支數、最小化延遲時間等，或是增加幾條與上述兩模式相關限制式即可應用。

藉由第四章之實例驗證結果分析，將本文之成效彙整如下：

1. 經由撰寫的 em-plant 程式，可提供鋼鐵廠的製造部，列出各鋼種及公稱尺寸所有可行的切割方案。
2. 同時考量鋼胚切割計畫及軋延機台的壓延排程，可取代目前人工規劃方式，能快速因應顧客變更訂單時之要求。
3. 考量鋼鐵廠裁切廢料以及存貨規格特性，選擇較少裁切廢料或是存貨支數的切割方案來滿足訂單之需求，降低鋼鐵廠需重新加工以及存貨的成本。
4. 可得知無法滿足需求的訂單，其延遲的交貨時間及未達交的數量，即時提供顧客決策所需資訊。
5. 將規劃結果以甘特圖表示，提供鋼鐵廠生產排程規劃人員參考。

## 5.1、未來研究方向

檢視本文所發展之主生產排程規劃系統，在其過程中察覺仍有不足之

處，值得後續研究繼續深入探討，彙整如下：

1. 在鋼鐵廠中，經生管人員排定軋鋼製程的生產排程規劃之後，必須再反推煉鋼製程的生產排程規劃。而煉鋼製程的生產排程規劃主要決定鋼胚生產的數量以及所需粹取的鋼液爐數，用來滿足軋鋼製程的規劃結果。因此，若煉鋼製程的鋼胚生產數量無法滿足軋鋼製程的規劃結果時，則生管人員必須重新規劃。有鑑於此，若能同時考量煉鋼製程以及軋鋼製程的生產排程規劃，將有助於鋼鐵廠制定出更完善之生產排程結果，因此可做為未來深入探討的議題。



## 參考文獻

- [1]. Bellabdaoui, A. and Teghem, J., “A mixed-integer programming model for the continuous casting planning,” *Int. J. Production Economics*, 104, pp. 260-270, 2006.
- [2]. Dikili, A., Ebru S. and Nazan A.P., “A successive elimination method for one-dimensional stock cutting problems in ship production,” *Ocean Engineering* 34, pp. 1841-1849, 2007.
- [3]. Dikili, A., Ali C.T. and Nazan A.P., “A new heuristic approach to one-dimensional stock-cutting problems With multiple stock lengths in ship production,” *Ocean Engineering* 35, pp. 637-645, 2008.
- [4]. Eleni H. and Nicos C., “An exact algorithm for general, orthogonal, two-dimensional knapsack problems,” *European Journal of Operational Research* 83, pp.39-56,1995.
- [5]. Ferretti, I., Zanoni, S. and Zavanella L., “Production-inventory scheduling using Ant System metaheuristic,” *Int. J. Production Economics*, 104(2), pp. 317-326,2006.
- [6]. Gilmore, P.C. and Gomory, R.E., “A linear programming approach to the cutting stock problem, Part I,” *Operations Research*, 9 (November-December), pp. 849-859, 1961.
- [7]. Lopez, L., Carter, M. and Gendreau, M., “The hot strip mill production scheduling problem: A tabu search approach,” *European Journal of Operational Research*, 106, pp.317-335, 1998.
- [8]. Tang, H. and Huang, L., “Optimal and near-optimal algorithms to rolling batch scheduling for seamless steel tube production,” *Int. J. Production Economics*, 105(2), pp. 357-371, 2007.
- [9]. Tang, L. and Liu, G., “A mathematical programming model and solution for scheduling production orders in Shanghai Baoshan Iron and Steel Complex,” *European Journal of Operational Research*, 182(3), pp. 1453-1468, 2007.
- [10]. Tang, L., Liu, J., Rong, A. and Yang, Z., “A mathematical programming model for scheduling steelmarking-continuous casting production,”

- European Journal of Operational Research*, 120, pp. 423-435, 2000.
- [11]. Tang, L., Liu, J., Rong, A. and Yang, Z., “A review of planning and scheduling systems and methods for integrated steel production,” *European Journal of Operational Research*, 133(1), pp. 1-20, 2001.
- [12]. Wang, X. and Tang, L., “Integration of batching and scheduling for hot rolling production in the steel industry,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 36(5-6), pp. 431-441, 2008.
- [13]. Zhao, J., Liu, Q., Wang, Z. and Shi, P., “A two-stage scheduling method for hot rolling and its application,” *Control Engineering Practice*, 17, pp. 629-641, 2009.
- [14]. 阮偉成，「以實務觀點構建之鋼鐵切割問題規劃模式」，國立聯合大學，經營管理學系，民國 96 年。
- [15]. 沈宇晟，「鋼筋問題之啟發式解法」，國立成功大學，土木工程學研究所，碩士論文，民國 94 年。
- [16]. 楊亦真，「鋼鐵業生產規劃模式之構建與績效分析」，國立聯合大學管理研究所，碩士論文，民國 97 年。
- [17]. 鄭瑞富、李宇欣，「考慮切割順序之一維鋼材裁切模式」，中國土木工程學刊，第十九卷第二期，頁 275-288，2007。
- [18]. 金屬研究中心 <http://www.mirdc.org.tw/index.aspx>
- [19]. 台灣工銀證卷投資顧問公司 <http://www.ibts.com.tw/>
- [20]. 東合鋼鐵 H 型鋼型錄 <http://www.tunghosteel.com/>

## 附錄

### 附錄 A-1

em-plant 程式列出鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*400 的所有可行切割方案。

鋼種(j)A572 及公稱尺寸 (p) 400*400 的所有可行切割方案		規格種類(k)								廢料 長度 (公尺)
		特殊	特殊	常用	特殊	常用	特殊	特殊	常用	
切割方案 ( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	17	16.5	16	15.5	12	11	10	8	
	需求(支) 可用淨長	92	57	169	119	112	86	76	197	
切割方案 1	48	2	0	0	0	1	0	0	0	2
切割方案 2	48	2	0	0	0	0	1	0	0	3
切割方案 3	48	2	0	0	0	0	0	1	0	4
切割方案 4	48	2	0	0	0	0	0	0	1	6
切割方案 5	48	1	1	0	0	1	0	0	0	2.5
切割方案 6	48	1	1	0	0	0	1	0	0	3.5
切割方案 7	48	1	1	0	0	0	0	1	0	4.5
切割方案 8	48	1	1	0	0	0	0	0	1	6.5
切割方案 9	48	1	0	1	0	1	0	0	0	3
切割方案 10	48	1	0	1	0	0	1	0	0	4
切割方案 11	48	1	0	1	0	0	0	1	0	5
切割方案 12	48	1	0	1	0	0	0	0	1	7
切割方案 13	48	1	0	0	2	0	0	0	0	0
切割方案 14	48	1	0	0	1	1	0	0	0	3.5
切割方案 15	48	1	0	0	1	0	1	0	0	4.5
切割方案 16	48	1	0	0	1	0	0	1	0	5.5
切割方案 17	48	1	0	0	1	0	0	0	1	7.5
切割方案 18	48	1	0	0	0	2	0	0	0	7
切割方案 19	48	1	0	0	0	1	1	0	1	0
切割方案 20	48	1	0	0	0	1	0	1	1	1
切割方案 21	48	1	0	0	0	1	0	0	2	3
切割方案 22	48	1	0	0	0	0	2	0	1	1
切割方案 23	48	1	0	0	0	0	1	2	0	0
切割方案 24	48	1	0	0	0	0	1	1	1	2
切割方案 25	48	1	0	0	0	0	1	0	2	4
切割方案 26	48	1	0	0	0	0	0	3	0	1
切割方案 27	48	1	0	0	0	0	0	2	1	3
切割方案 28	48	1	0	0	0	0	0	1	2	5

切割方案 29	48	1	0	0	0	0	0	0	3	7
切割方案 30	48	0	2	0	0	1	0	0	0	3
切割方案 31	48	0	2	0	0	0	1	0	0	4
切割方案 32	48	0	2	0	0	0	0	1	0	5
切割方案 33	48	0	2	0	0	0	0	0	1	7
切割方案 34	48	0	1	1	1	0	0	0	0	0
切割方案 35	48	0	1	1	0	1	0	0	0	3.5
切割方案 36	48	0	1	1	0	0	1	0	0	4.5
切割方案 37	48	0	1	1	0	0	0	1	0	5.5
切割方案 38	48	0	1	1	0	0	0	0	1	7.5
切割方案 39	48	0	1	0	2	0	0	0	0	0.5
切割方案 40	48	0	1	0	1	1	0	0	0	4
切割方案 41	48	0	1	0	1	0	1	0	0	5
切割方案 42	48	0	1	0	1	0	0	1	0	6
切割方案 43	48	0	1	0	1	0	0	0	2	0
切割方案 44	48	0	1	0	0	2	0	0	0	7.5
切割方案 45	48	0	1	0	0	1	1	0	1	0.5
切割方案 46	48	0	1	0	0	1	0	1	1	1.5
切割方案 47	48	0	1	0	0	1	0	0	2	3.5
切割方案 48	48	0	1	0	0	0	2	0	1	1.5
切割方案 49	48	0	1	0	0	0	1	2	0	0.5
切割方案 50	48	0	1	0	0	0	1	1	1	2.5
切割方案 51	48	0	1	0	0	0	1	0	2	4.5
切割方案 52	48	0	1	0	0	0	0	3	0	1.5
切割方案 53	48	0	1	0	0	0	0	2	1	3.5
切割方案 54	48	0	1	0	0	0	0	1	2	5.5
切割方案 55	48	0	1	0	0	0	0	0	3	7.5
切割方案 56	48	0	0	3	0	0	0	0	0	0
切割方案 57	48	0	0	2	1	0	0	0	0	0.5
切割方案 58	48	0	0	2	0	1	0	0	0	4
切割方案 59	48	0	0	2	0	0	1	0	0	5
切割方案 60	48	0	0	2	0	0	0	1	0	6
切割方案 61	48	0	0	2	0	0	0	0	2	0
切割方案 62	48	0	0	1	2	0	0	0	0	1
切割方案 63	48	0	0	1	1	1	0	0	0	4.5
切割方案 64	48	0	0	1	1	0	1	0	0	5.5
切割方案 65	48	0	0	1	1	0	0	1	0	6.5
切割方案 66	48	0	0	1	1	0	0	0	2	0.5
切割方案 67	48	0	0	1	0	2	0	0	1	0
切割方案 68	48	0	0	1	0	1	1	0	1	1

切割方案 69	48	0	0	1	0	1	0	2	0	0
切割方案 70	48	0	0	1	0	1	0	1	1	2
切割方案 71	48	0	0	1	0	1	0	0	2	4
切割方案 72	48	0	0	1	0	0	2	1	0	0
切割方案 73	48	0	0	1	0	0	2	0	1	2
切割方案 74	48	0	0	1	0	0	1	2	0	1
切割方案 75	48	0	0	1	0	0	1	1	1	3
切割方案 76	48	0	0	1	0	0	1	0	2	5
切割方案 77	48	0	0	1	0	0	0	3	0	2
切割方案 78	48	0	0	1	0	0	0	2	1	4
切割方案 79	48	0	0	1	0	0	0	1	2	6
切割方案 80	48	0	0	1	0	0	0	0	4	0
切割方案 81	48	0	0	0	3	0	0	0	0	1.5
切割方案 82	48	0	0	0	2	1	0	0	0	5
切割方案 83	48	0	0	0	2	0	1	0	0	6
切割方案 84	48	0	0	0	2	0	0	1	0	7
切割方案 85	48	0	0	0	2	0	0	0	2	1
切割方案 86	48	0	0	0	1	2	0	0	1	0.5
切割方案 87	48	0	0	0	1	1	1	0	1	1.5
切割方案 88	48	0	0	0	1	1	0	2	0	0.5
切割方案 89	48	0	0	0	1	1	0	1	1	2.5
切割方案 90	48	0	0	0	1	1	0	0	2	4.5
切割方案 91	48	0	0	0	1	0	2	1	0	0.5
切割方案 92	48	0	0	0	1	0	2	0	1	2.5
切割方案 93	48	0	0	0	1	0	1	2	0	1.5
切割方案 94	48	0	0	0	1	0	1	1	1	3.5
切割方案 95	48	0	0	0	1	0	1	0	2	5.5
切割方案 96	48	0	0	0	1	0	0	3	0	2.5
切割方案 97	48	0	0	0	1	0	0	2	1	4.5
切割方案 98	48	0	0	0	1	0	0	1	2	6.5
切割方案 99	48	0	0	0	1	0	0	0	4	0.5
切割方案 100	48	0	0	0	0	4	0	0	0	0
切割方案 101	48	0	0	0	0	3	1	0	0	1
切割方案 102	48	0	0	0	0	3	0	1	0	2
切割方案 103	48	0	0	0	0	3	0	0	1	4
切割方案 104	48	0	0	0	0	2	2	0	0	2
切割方案 105	48	0	0	0	0	2	1	1	0	3
切割方案 106	48	0	0	0	0	2	1	0	1	5
切割方案 107	48	0	0	0	0	2	0	2	0	4
切割方案 108	48	0	0	0	0	2	0	1	1	6

切割方案 109	48	0	0	0	0	2	0	0	3	0
切割方案 110	48	0	0	0	0	1	3	0	0	3
切割方案 111	48	0	0	0	0	1	2	1	0	4
切割方案 112	48	0	0	0	0	1	2	0	1	6
切割方案 113	48	0	0	0	0	1	1	2	0	5
切割方案 114	48	0	0	0	0	1	1	1	1	7
切割方案 115	48	0	0	0	0	1	1	0	3	1
切割方案 116	48	0	0	0	0	1	0	3	0	6
切割方案 117	48	0	0	0	0	1	0	2	2	0
切割方案 118	48	0	0	0	0	1	0	1	3	2
切割方案 119	48	0	0	0	0	1	0	0	4	4
切割方案 120	48	0	0	0	0	0	4	0	0	4
切割方案 121	48	0	0	0	0	0	3	1	0	5
切割方案 122	48	0	0	0	0	0	3	0	1	7
切割方案 123	48	0	0	0	0	0	2	2	0	6
切割方案 124	48	0	0	0	0	0	2	1	2	0
切割方案 125	48	0	0	0	0	0	2	0	3	2
切割方案 126	48	0	0	0	0	0	1	3	0	7
切割方案 127	48	0	0	0	0	0	1	2	2	1
切割方案 128	48	0	0	0	0	0	1	1	3	3
切割方案 129	48	0	0	0	0	0	1	0	4	5
切割方案 130	48	0	0	0	0	0	0	4	1	0
切割方案 131	48	0	0	0	0	0	0	3	2	2
切割方案 132	48	0	0	0	0	0	0	2	3	4
切割方案 133	48	0	0	0	0	0	0	1	4	6
切割方案 134	48	0	0	0	0	0	0	0	6	0

附錄 A-2

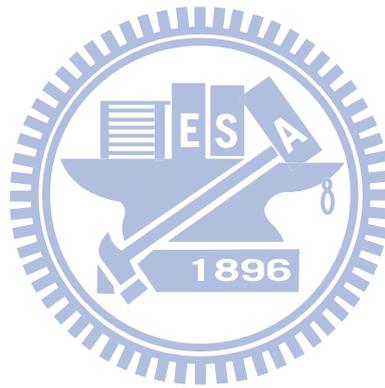
em-plant 程式列出鋼種 A572 及公稱尺寸 400\*300 的所有可行切割方案。

鋼種(j)A572 及公稱尺寸(p) 400*300 的所有可行切割方案		規格種類(k)							廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	特殊	特殊	常用	常用	
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	16	15.5	15	14	10	9	8	
	需求(支) 可用淨長	139	28	54	49	74	104	146	
切割方案 1	48	3	0	0	0	0	0	0	0
切割方案 2	48	2	1	0	0	0	0	0	0.5
切割方案 3	48	2	0	1	0	0	0	0	1
切割方案 4	48	2	0	0	1	0	0	0	2
切割方案 5	48	2	0	0	0	1	0	0	6
切割方案 6	48	2	0	0	0	0	1	0	7
切割方案 7	48	2	0	0	0	0	0	2	0
切割方案 8	48	1	2	0	0	0	0	0	1
切割方案 9	48	1	1	1	0	0	0	0	1.5
切割方案 10	48	1	1	0	1	0	0	0	2.5
切割方案 11	48	1	1	0	0	1	0	0	6.5
切割方案 12	48	1	1	0	0	0	1	0	7.5
切割方案 13	48	1	1	0	0	0	0	2	0.5
切割方案 14	48	1	0	2	0	0	0	0	2
切割方案 15	48	1	0	1	1	0	0	0	3
切割方案 16	48	1	0	1	0	1	0	0	7
切割方案 17	48	1	0	1	0	0	1	1	0
切割方案 18	48	1	0	1	0	0	0	2	1
切割方案 19	48	1	0	0	2	0	0	0	4
切割方案 20	48	1	0	0	1	1	0	1	0
切割方案 21	48	1	0	0	1	0	2	0	0
切割方案 22	48	1	0	0	1	0	1	1	1
切割方案 23	48	1	0	0	1	0	0	2	2
切割方案 24	48	1	0	0	0	3	0	0	2
切割方案 25	48	1	0	0	0	2	1	0	3
切割方案 26	48	1	0	0	0	2	0	1	4
切割方案 27	48	1	0	0	0	1	2	0	4
切割方案 28	48	1	0	0	0	1	1	1	5
切割方案 29	48	1	0	0	0	1	0	2	6

切割方案 30	48	1	0	0	0	0	3	0	5
切割方案 31	48	1	0	0	0	0	2	1	6
切割方案 32	48	1	0	0	0	0	1	2	7
切割方案 33	48	1	0	0	0	0	0	4	0
切割方案 34	48	0	3	0	0	0	0	0	1.5
切割方案 35	48	0	2	1	0	0	0	0	2
切割方案 36	48	0	2	0	1	0	0	0	3
切割方案 37	48	0	2	0	0	1	0	0	7
切割方案 38	48	0	2	0	0	0	1	1	0
切割方案 39	48	0	2	0	0	0	0	2	1
切割方案 40	48	0	1	2	0	0	0	0	2.5
切割方案 41	48	0	1	1	1	0	0	0	3.5
切割方案 42	48	0	1	1	0	1	0	0	7.5
切割方案 43	48	0	1	1	0	0	1	1	0.5
切割方案 44	48	0	1	1	0	0	0	2	1.5
切割方案 45	48	0	1	0	2	0	0	0	4.5
切割方案 46	48	0	1	0	1	1	0	1	0.5
切割方案 47	48	0	1	0	1	0	2	0	0.5
切割方案 48	48	0	1	0	1	0	1	1	1.5
切割方案 49	48	0	1	0	1	0	0	2	2.5
切割方案 50	48	0	1	0	0	3	0	0	2.5
切割方案 51	48	0	1	0	0	2	1	0	3.5
切割方案 52	48	0	1	0	0	2	0	1	4.5
切割方案 53	48	0	1	0	0	1	2	0	4.5
切割方案 54	48	0	1	0	0	1	1	1	5.5
切割方案 55	48	0	1	0	0	1	0	2	6.5
切割方案 56	48	0	1	0	0	0	3	0	5.5
切割方案 57	48	0	1	0	0	0	2	1	6.5
切割方案 58	48	0	1	0	0	0	1	2	7.5
切割方案 59	48	0	1	0	0	0	0	4	0.5
切割方案 60	48	0	0	3	0	0	0	0	3
切割方案 61	48	0	0	2	1	0	0	0	4
切割方案 62	48	0	0	2	0	1	0	1	0
切割方案 63	48	0	0	2	0	0	2	0	0
切割方案 64	48	0	0	2	0	0	1	1	1
切割方案 65	48	0	0	2	0	0	0	2	2
切割方案 66	48	0	0	1	2	0	0	0	5

切割方案 67	48	0	0	1	1	1	1	0	0
切割方案 68	48	0	0	1	1	1	0	1	1
切割方案 69	48	0	0	1	1	0	2	0	1
切割方案 70	48	0	0	1	1	0	1	1	2
切割方案 71	48	0	0	1	1	0	0	2	3
切割方案 72	48	0	0	1	0	3	0	0	3
切割方案 73	48	0	0	1	0	2	1	0	4
切割方案 74	48	0	0	1	0	2	0	1	5
切割方案 75	48	0	0	1	0	1	2	0	5
切割方案 76	48	0	0	1	0	1	1	1	6
切割方案 77	48	0	0	1	0	1	0	2	7
切割方案 78	48	0	0	1	0	0	3	0	6
切割方案 79	48	0	0	1	0	0	2	1	7
切割方案 80	48	0	0	1	0	0	1	3	0
切割方案 81	48	0	0	1	0	0	0	4	1
切割方案 82	48	0	0	0	3	0	0	0	6
切割方案 83	48	0	0	0	2	2	0	0	0
切割方案 84	48	0	0	0	2	1	1	0	1
切割方案 85	48	0	0	0	2	1	0	1	2
切割方案 86	48	0	0	0	2	0	2	0	2
切割方案 87	48	0	0	0	2	0	1	1	3
切割方案 88	48	0	0	0	2	0	0	2	4
切割方案 89	48	0	0	0	1	3	0	0	4
切割方案 90	48	0	0	0	1	2	1	0	5
切割方案 91	48	0	0	0	1	2	0	1	6
切割方案 92	48	0	0	0	1	1	2	0	6
切割方案 93	48	0	0	0	1	1	1	1	7
切割方案 94	48	0	0	0	1	1	0	3	0
切割方案 95	48	0	0	0	1	0	3	0	7
切割方案 96	48	0	0	0	1	0	2	2	0
切割方案 97	48	0	0	0	1	0	1	3	1
切割方案 98	48	0	0	0	1	0	0	4	2
切割方案 99	48	0	0	0	0	4	0	1	0
切割方案 100	48	0	0	0	0	3	2	0	0
切割方案 101	48	0	0	0	0	3	1	1	1
切割方案 102	48	0	0	0	0	3	0	2	2
切割方案 103	48	0	0	0	0	2	3	0	1

切割方案 104	48	0	0	0	0	2	2	1	2
切割方案 105	48	0	0	0	0	2	1	2	3
切割方案 106	48	0	0	0	0	2	0	3	4
切割方案 107	48	0	0	0	0	1	4	0	2
切割方案 108	48	0	0	0	0	1	3	1	3
切割方案 109	48	0	0	0	0	1	2	2	4
切割方案 110	48	0	0	0	0	1	1	3	5
切割方案 111	48	0	0	0	0	1	0	4	6
切割方案 112	48	0	0	0	0	0	5	0	3
切割方案 113	48	0	0	0	0	0	4	1	4
切割方案 114	48	0	0	0	0	0	3	2	5
切割方案 115	48	0	0	0	0	0	2	3	6
切割方案 116	48	0	0	0	0	0	1	4	7
切割方案 117	48	0	0	0	0	0	0	6	0



附錄 A-3

em-plant 程式列出鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 的所有可行切割方案。

鋼種(j)A36 及公稱尺寸(p) 400*300 的所有可行切割方案		規格種類(k)						廢料 長度 (公尺)
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	常用	特殊	特殊	常用	常用	常用	
	需求(支) 可用淨長	24	23	22	20	18	16	
切割方案 1	96	4	0	0	0	0	0	0
切割方案 2	96	3	1	0	0	0	0	1
切割方案 3	96	3	0	1	0	0	0	2
切割方案 4	96	3	0	0	1	0	0	4
切割方案 5	96	3	0	0	0	1	0	6
切割方案 6	96	3	0	0	0	0	1	8
切割方案 7	96	2	2	0	0	0	0	2
切割方案 8	96	2	1	1	0	0	0	3
切割方案 9	96	2	1	0	1	0	0	5
切割方案 10	96	2	1	0	0	1	0	7
切割方案 11	96	2	1	0	0	0	1	9
切割方案 12	96	2	0	2	0	0	0	4
切割方案 13	96	2	0	1	1	0	0	6
切割方案 14	96	2	0	1	0	1	0	8
切割方案 15	96	2	0	1	0	0	1	10
切割方案 16	96	2	0	0	2	0	0	8
切割方案 17	96	2	0	0	1	1	0	10
切割方案 18	96	2	0	0	1	0	1	12
切割方案 19	96	2	0	0	0	2	0	12
切割方案 20	96	2	0	0	0	1	1	14
切割方案 21	96	2	0	0	0	0	3	0
切割方案 22	96	1	3	0	0	0	0	3
切割方案 23	96	1	2	1	0	0	0	4
切割方案 24	96	1	2	0	1	0	0	6
切割方案 25	96	1	2	0	0	1	0	8
切割方案 26	96	1	2	0	0	0	1	10
切割方案 27	96	1	1	2	0	0	0	5
切割方案 28	96	1	1	1	1	0	0	7
切割方案 29	96	1	1	1	0	1	0	9

切割方案 30	96	1	1	1	0	0	1	11
切割方案 31	96	1	1	0	2	0	0	9
切割方案 32	96	1	1	0	1	1	0	11
切割方案 33	96	1	1	0	1	0	1	13
切割方案 34	96	1	1	0	0	2	0	13
切割方案 35	96	1	1	0	0	1	1	15
切割方案 36	96	1	1	0	0	0	3	1
切割方案 37	96	1	0	3	0	0	0	6
切割方案 38	96	1	0	2	1	0	0	8
切割方案 39	96	1	0	2	0	1	0	10
切割方案 40	96	1	0	2	0	0	1	12
切割方案 41	96	1	0	1	2	0	0	10
切割方案 42	96	1	0	1	1	1	0	12
切割方案 43	96	1	0	1	1	0	1	14
切割方案 44	96	1	0	1	0	2	0	14
切割方案 45	96	1	0	1	0	1	2	0
切割方案 46	96	1	0	1	0	0	3	2
切割方案 47	96	1	0	0	3	0	0	12
切割方案 48	96	1	0	0	2	1	0	14
切割方案 49	96	1	0	0	2	0	2	0
切割方案 50	96	1	0	0	1	2	1	0
切割方案 51	96	1	0	0	1	1	2	2
切割方案 52	96	1	0	0	1	0	3	4
切割方案 53	96	1	0	0	0	4	0	0
切割方案 54	96	1	0	0	0	3	1	2
切割方案 55	96	1	0	0	0	2	2	4
切割方案 56	96	1	0	0	0	1	3	6
切割方案 57	96	1	0	0	0	0	4	8
切割方案 58	96	0	4	0	0	0	0	4
切割方案 59	96	0	3	1	0	0	0	5
切割方案 60	96	0	3	0	1	0	0	7
切割方案 61	96	0	3	0	0	1	0	9
切割方案 62	96	0	3	0	0	0	1	11
切割方案 63	96	0	2	2	0	0	0	6
切割方案 64	96	0	2	1	1	0	0	8
切割方案 65	96	0	2	1	0	1	0	10
切割方案 66	96	0	2	1	0	0	1	12

切割方案 67	96	0	2	0	2	0	0	10
切割方案 68	96	0	2	0	1	1	0	12
切割方案 69	96	0	2	0	1	0	1	14
切割方案 70	96	0	2	0	0	2	0	14
切割方案 71	96	0	2	0	0	1	2	0
切割方案 72	96	0	2	0	0	0	3	2
切割方案 73	96	0	1	3	0	0	0	7
切割方案 74	96	0	1	2	1	0	0	9
切割方案 75	96	0	1	2	0	1	0	11
切割方案 76	96	0	1	2	0	0	1	13
切割方案 77	96	0	1	1	2	0	0	11
切割方案 78	96	0	1	1	1	1	0	13
切割方案 79	96	0	1	1	1	0	1	15
切割方案 80	96	0	1	1	0	2	0	15
切割方案 81	96	0	1	1	0	1	2	1
切割方案 82	96	0	1	1	0	0	3	3
切割方案 83	96	0	1	0	3	0	0	13
切割方案 84	96	0	1	0	2	1	0	15
切割方案 85	96	0	1	0	2	0	2	1
切割方案 86	96	0	1	0	1	2	1	1
切割方案 87	96	0	1	0	1	1	2	3
切割方案 88	96	0	1	0	1	0	3	5
切割方案 89	96	0	1	0	0	4	0	1
切割方案 90	96	0	1	0	0	3	1	3
切割方案 91	96	0	1	0	0	2	2	5
切割方案 92	96	0	1	0	0	1	3	7
切割方案 93	96	0	1	0	0	0	4	9
切割方案 94	96	0	0	4	0	0	0	8
切割方案 95	96	0	0	3	1	0	0	10
切割方案 96	96	0	0	3	0	1	0	12
切割方案 97	96	0	0	3	0	0	1	14
切割方案 98	96	0	0	2	2	0	0	12
切割方案 99	96	0	0	2	1	1	0	14
切割方案 100	96	0	0	2	1	0	2	0
切割方案 101	96	0	0	2	0	2	1	0
切割方案 102	96	0	0	2	0	1	2	2
切割方案 103	96	0	0	2	0	0	3	4

切割方案 104	96	0	0	1	3	0	0	14
切割方案 105	96	0	0	1	2	1	1	0
切割方案 106	96	0	0	1	2	0	2	2
切割方案 107	96	0	0	1	1	3	0	0
切割方案 108	96	0	0	1	1	2	1	2
切割方案 109	96	0	0	1	1	1	2	4
切割方案 110	96	0	0	1	1	0	3	6
切割方案 111	96	0	0	1	0	4	0	2
切割方案 112	96	0	0	1	0	3	1	4
切割方案 113	96	0	0	1	0	2	2	6
切割方案 114	96	0	0	1	0	1	3	8
切割方案 115	96	0	0	1	0	0	4	10
切割方案 116	96	0	0	0	4	0	1	0
切割方案 117	96	0	0	0	3	2	0	0
切割方案 118	96	0	0	0	3	1	1	2
切割方案 119	96	0	0	0	3	0	2	4
切割方案 120	96	0	0	0	2	3	0	2
切割方案 121	96	0	0	0	2	2	1	4
切割方案 122	96	0	0	0	2	1	2	6
切割方案 123	96	0	0	0	2	0	3	8
切割方案 124	96	0	0	0	1	4	0	4
切割方案 125	96	0	0	0	1	3	1	6
切割方案 126	96	0	0	0	1	2	2	8
切割方案 127	96	0	0	0	1	1	3	10
切割方案 128	96	0	0	0	1	0	4	12
切割方案 129	96	0	0	0	0	5	0	6
切割方案 130	96	0	0	0	0	4	1	8
切割方案 131	96	0	0	0	0	3	2	10
切割方案 132	96	0	0	0	0	2	3	12
切割方案 133	96	0	0	0	0	1	4	14
切割方案 134	96	0	0	0	0	0	6	0

附錄 A-4

em-plant 程式列出鋼種 A36 及公稱尺寸 300\*300 的所有可行切割方案。

鋼種(j)A36 及公稱尺寸(p) 300*300 的所有可行切割方案		規格種類(k)						廢料 長度 (公尺)
		常用	特殊	特殊	常用	常用	常用	
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	24	23	22	20	19	18	
	需求(支) 可用淨長	87	21	29	54	135	154	
切割方案 1	96	4	0	0	0	0	0	0
切割方案 2	96	3	1	0	0	0	0	1
切割方案 3	96	3	0	1	0	0	0	2
切割方案 4	96	3	0	0	1	0	0	4
切割方案 5	96	3	0	0	0	1	0	5
切割方案 6	96	3	0	0	0	0	1	6
切割方案 7	96	2	2	0	0	0	0	2
切割方案 8	96	2	1	1	0	0	0	3
切割方案 9	96	2	1	0	1	0	0	5
切割方案 10	96	2	1	0	0	1	0	6
切割方案 11	96	2	1	0	0	0	1	7
切割方案 12	96	2	0	2	0	0	0	4
切割方案 13	96	2	0	1	1	0	0	6
切割方案 14	96	2	0	1	0	1	0	7
切割方案 15	96	2	0	1	0	0	1	8
切割方案 16	96	2	0	0	2	0	0	8
切割方案 17	96	2	0	0	1	1	0	9
切割方案 18	96	2	0	0	1	0	1	10
切割方案 19	96	2	0	0	0	2	0	10
切割方案 20	96	2	0	0	0	1	1	11
切割方案 21	96	2	0	0	0	0	2	12
切割方案 22	96	1	3	0	0	0	0	3
切割方案 23	96	1	2	1	0	0	0	4
切割方案 24	96	1	2	0	1	0	0	6
切割方案 25	96	1	2	0	0	1	0	7
切割方案 26	96	1	2	0	0	0	1	8
切割方案 27	96	1	1	2	0	0	0	5
切割方案 28	96	1	1	1	1	0	0	7
切割方案 29	96	1	1	1	0	1	0	8

切割方案 30	96	1	1	1	0	0	1	9
切割方案 31	96	1	1	0	2	0	0	9
切割方案 32	96	1	1	0	1	1	0	10
切割方案 33	96	1	1	0	1	0	1	11
切割方案 34	96	1	1	0	0	2	0	11
切割方案 35	96	1	1	0	0	1	1	12
切割方案 36	96	1	1	0	0	0	2	13
切割方案 37	96	1	0	3	0	0	0	6
切割方案 38	96	1	0	2	1	0	0	8
切割方案 39	96	1	0	2	0	1	0	9
切割方案 40	96	1	0	2	0	0	1	10
切割方案 41	96	1	0	1	2	0	0	10
切割方案 42	96	1	0	1	1	1	0	11
切割方案 43	96	1	0	1	1	0	1	12
切割方案 44	96	1	0	1	0	2	0	12
切割方案 45	96	1	0	1	0	1	1	13
切割方案 46	96	1	0	1	0	0	2	14
切割方案 47	96	1	0	0	3	0	0	12
切割方案 48	96	1	0	0	2	1	0	13
切割方案 49	96	1	0	0	2	0	1	14
切割方案 50	96	1	0	0	1	2	0	14
切割方案 51	96	1	0	0	1	1	1	15
切割方案 52	96	1	0	0	1	0	2	16
切割方案 53	96	1	0	0	0	3	0	15
切割方案 54	96	1	0	0	0	2	1	16
切割方案 55	96	1	0	0	0	1	2	17
切割方案 56	96	1	0	0	0	0	4	0
切割方案 57	96	0	4	0	0	0	0	4
切割方案 58	96	0	3	1	0	0	0	5
切割方案 59	96	0	3	0	1	0	0	7
切割方案 60	96	0	3	0	0	1	0	8
切割方案 61	96	0	3	0	0	0	1	9
切割方案 62	96	0	2	2	0	0	0	6
切割方案 63	96	0	2	1	1	0	0	8
切割方案 64	96	0	2	1	0	1	0	9
切割方案 65	96	0	2	1	0	0	1	10
切割方案 66	96	0	2	0	2	0	0	10

切割方案 67	96	0	2	0	1	1	0	11
切割方案 68	96	0	2	0	1	0	1	12
切割方案 69	96	0	2	0	0	2	0	12
切割方案 70	96	0	2	0	0	1	1	13
切割方案 71	96	0	2	0	0	0	2	14
切割方案 72	96	0	1	3	0	0	0	7
切割方案 73	96	0	1	2	1	0	0	9
切割方案 74	96	0	1	2	0	1	0	10
切割方案 75	96	0	1	2	0	0	1	11
切割方案 76	96	0	1	1	2	0	0	11
切割方案 77	96	0	1	1	1	1	0	12
切割方案 78	96	0	1	1	1	0	1	13
切割方案 79	96	0	1	1	0	2	0	13
切割方案 80	96	0	1	1	0	1	1	14
切割方案 81	96	0	1	1	0	0	2	15
切割方案 82	96	0	1	0	3	0	0	13
切割方案 83	96	0	1	0	2	1	0	14
切割方案 84	96	0	1	0	2	0	1	15
切割方案 85	96	0	1	0	1	2	0	15
切割方案 86	96	0	1	0	1	1	1	16
切割方案 87	96	0	1	0	1	0	2	17
切割方案 88	96	0	1	0	0	3	0	16
切割方案 89	96	0	1	0	0	2	1	17
切割方案 90	96	0	1	0	0	1	3	0
切割方案 91	96	0	1	0	0	0	4	1
切割方案 92	96	0	0	4	0	0	0	8
切割方案 93	96	0	0	3	1	0	0	10
切割方案 94	96	0	0	3	0	1	0	11
切割方案 95	96	0	0	3	0	0	1	12
切割方案 96	96	0	0	2	2	0	0	12
切割方案 97	96	0	0	2	1	1	0	13
切割方案 98	96	0	0	2	1	0	1	14
切割方案 99	96	0	0	2	0	2	0	14
切割方案 100	96	0	0	2	0	1	1	15
切割方案 101	96	0	0	2	0	0	2	16
切割方案 102	96	0	0	1	3	0	0	14
切割方案 103	96	0	0	1	2	1	0	15

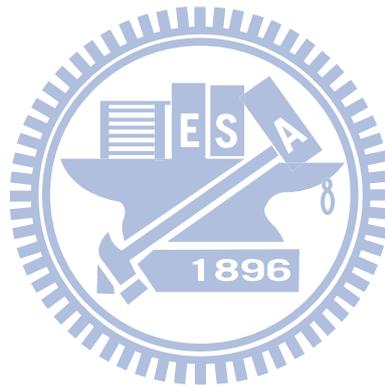
切割方案 104	96	0	0	1	2	0	1	16
切割方案 105	96	0	0	1	1	2	0	16
切割方案 106	96	0	0	1	1	1	1	17
切割方案 107	96	0	0	1	1	0	3	0
切割方案 108	96	0	0	1	0	3	0	17
切割方案 109	96	0	0	1	0	2	2	0
切割方案 110	96	0	0	1	0	1	3	1
切割方案 111	96	0	0	1	0	0	4	2
切割方案 112	96	0	0	0	4	0	0	16
切割方案 113	96	0	0	0	3	1	0	17
切割方案 114	96	0	0	0	3	0	2	0
切割方案 115	96	0	0	0	2	2	1	0
切割方案 116	96	0	0	0	2	1	2	1
切割方案 117	96	0	0	0	2	0	3	2
切割方案 118	96	0	0	0	1	4	0	0
切割方案 119	96	0	0	0	1	3	1	1
切割方案 120	96	0	0	0	1	2	2	2
切割方案 121	96	0	0	0	1	1	3	3
切割方案 122	96	0	0	0	1	0	4	4
切割方案 123	96	0	0	0	0	5	0	1
切割方案 124	96	0	0	0	0	4	1	2
切割方案 125	96	0	0	0	0	3	2	3
切割方案 126	96	0	0	0	0	2	3	4
切割方案 127	96	0	0	0	0	1	4	5
切割方案 128	96	0	0	0	0	0	5	6

附錄 A-5

em-plant 程式列出鋼種 A36 及公稱尺寸 400\*300 的所有可行切割方案。

鋼種(j)A36 及公稱尺寸(p) 300*300 的所有可行切割方案		規格種類(k)				廢料 長度 (公尺)
切割方案( $M_{j,p}$ )	長度(公尺)	常用	常用	常用	常用	
	需求(支)	24	20	18	16	
	可用淨長	22	9	6	21	
切割方案 1	96	4	0	0	0	0
切割方案 2	96	3	0	0	0	1
切割方案 3	96	3	0	0	0	2
切割方案 4	96	3	1	0	0	4
切割方案 5	96	3	0	1	0	6
切割方案 6	96	3	0	0	1	8
切割方案 7	96	2	0	0	0	2
切割方案 8	96	2	0	0	0	3
切割方案 9	96	2	1	0	0	5
切割方案 10	96	2	0	1	0	7
切割方案 11	96	2	0	0	1	9
切割方案 12	96	2	0	0	0	4
切割方案 13	96	2	1	0	0	6
切割方案 14	96	2	0	1	0	8
切割方案 15	96	2	0	0	1	10
切割方案 16	96	2	2	0	0	8
切割方案 17	96	2	1	1	0	10
切割方案 18	96	2	1	0	1	12
切割方案 19	96	2	0	2	0	12
切割方案 20	96	2	0	1	1	14
切割方案 21	96	2	0	0	3	0
切割方案 22	96	1	0	0	0	3
切割方案 23	96	1	0	0	0	4
切割方案 24	96	1	1	0	0	6
切割方案 25	96	1	0	1	0	8
切割方案 26	96	1	0	0	1	10
切割方案 27	96	1	0	0	0	5
切割方案 28	96	1	1	0	0	7
切割方案 29	96	1	0	1	0	9

切割方案 30	96	1	0	0	1	11
切割方案 31	96	1	2	0	0	9
切割方案 32	96	1	1	1	0	11
切割方案 33	96	1	1	0	1	13
切割方案 34	96	1	0	2	0	13
切割方案 35	96	1	0	1	1	15
切割方案 36	96	1	0	0	3	1
切割方案 37	96	1	0	0	0	6
切割方案 38	96	1	1	0	0	8
切割方案 39	96	1	0	1	0	10
切割方案 40	96	1	0	0	1	12



附錄 B-1

ILOG 求解案例一於「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」之結果。輸出結果與變數之對應為： $UD[j,p,k,t]=UD_{j,p,k,t}$ 、 $Y[j,p,m,t]=Y_{j,p,m,t}$ 、 $Alpha[j,p,t,s]=\alpha_{j,p,s,t}$ 、 $Beta[j,p,j',p',s,t]=\beta_{j,p,j',p',s,t}$ 、 $COM[t]=COM_t$ ，此外下列表格皆併除數值為 0 之變數。

切割方案採行次數				填入位置	相鄰鋼胚類型	完工時間
Y[1,1,1,1] = 17	Y[1,2,34,2] = 6	Y[2,3,112,3] = 2	Y[1,1,56,5] = 22	Alpha[2,3,1,1] = 1	Beta[2,2,2,3,2,1] = 1	COM[1] = 258400
Y[1,1,30,1] = 8	Y[1,2,60,2] = 10	Y[2,3,117,3] = 4	Y[1,1,67,5] = 1	Alpha[2,2,2,1] = 1	Beta[1,1,2,2,3,1] = 1	COM[2] = 518000
Y[1,1,56,1] = 3	Y[1,2,63,2] = 2	Y[2,3,122,3] = 1	Y[1,1,81,5] = 9	Alpha[1,1,3,1] = 1	Beta[1,1,1,1,1,2] = 1	COM[3] = 864000
Y[1,1,81,1] = 12	Y[1,2,81,2] = 1	Y[2,3,123,3] = 6	Y[1,1,103,5] = 1	Alpha[1,1,0,2] = 1	Beta[1,2,1,1,2,2] = 1	COM[4] = 1149800
Y[1,1,120,1] = 4	Y[1,2,82,2] = 5	Y[2,3,128,3] = 6	Y[1,1,109,5] = 1	Alpha[1,1,1,2] = 1	Beta[1,2,1,2,1,3] = 1	COM[5] = 1553300
Y[1,1,130,1] = 2	Y[1,2,99,2] = 4	Y[1,1,1,4] = 9	Y[1,1,120,5] = 5	Alpha[1,2,2,2] = 1	Beta[2,3,1,2,2,3] = 1	--
Y[1,1,134,1] = 5	Y[1,2,112,2] = 7	Y[1,1,56,4] = 12	Y[1,1,134,5] = 3	Alpha[1,2,0,3] = 1	Beta[1,1,2,3,3,3] = 1	--
Y[2,2,1,1] = 6	Y[1,2,113,2] = 1	Y[1,1,81,4] = 9	Y[1,2,1,5] = 7	Alpha[1,2,1,3] = 1	Beta[1,1,1,1,1,4] = 1	--
Y[2,2,116,1] = 3	Y[1,2,117,2] = 6	Y[1,1,100,4] = 3	Y[1,2,3,5] = 2	Alpha[2,3,2,3] = 1	Beta[2,2,1,1,2,4] = 1	--
Y[2,2,129,1] = 2	Y[1,1,14,3] = 15	Y[1,1,103,4] = 1	Y[1,2,34,5] = 3	Alpha[1,1,3,3] = 1	Beta[2,3,2,2,3,4] = 1	--
Y[2,2,134,1] = 3	Y[1,1,30,3] = 17	Y[1,1,120,4] = 7	Y[1,2,60,5] = 7	Alpha[1,1,0,4] = 1	Beta[2,3,2,3,1,5] = 1	--
Y[2,3,1,1] = 6	Y[1,1,31,3] = 1	Y[1,1,130,4] = 15	Y[1,2,82,5] = 7	Alpha[1,1,1,4] = 1	Beta[1,2,2,3,2,5] = 1	--
Y[2,3,3,1] = 1	Y[1,1,56,3] = 19	Y[1,1,134,4] = 3	Y[1,2,99,5] = 15	Alpha[2,2,2,4] = 1	Beta[1,1,1,2,3,5] = 1	--
Y[2,3,57,1] = 2	Y[1,1,81,3] = 3	Y[2,2,36,4] = 3	Y[1,2,112,5] = 7	Alpha[2,3,3,4] = 1	--	--
Y[2,3,114,1] = 5	Y[1,1,134,3] = 7	Y[2,2,58,4] = 1	Y[1,2,117,5] = 1	Alpha[2,3,0,5] = 1	--	--
Y[2,3,123,1] = 7	Y[1,2,1,3] = 12	Y[2,2,94,4] = 1	Y[2,3,1,5] = 8	Alpha[2,3,1,5] = 1	--	--
Y[2,3,128,1] = 5	Y[1,2,30,3] = 1	Y[2,2,116,4] = 5	Y[2,3,57,5] = 2	Alpha[1,2,2,5] = 1	--	--
Y[1,1,30,2] = 2	Y[1,2,50,3] = 1	Y[2,2,129,4] = 2	Y[2,3,91,5] = 1	Alpha[1,1,3,5] = 1	--	--
Y[1,1,33,2] = 1	Y[1,2,86,3] = 7	Y[2,3,1,4] = 7	Y[2,3,92,5] = 5	--	--	--
Y[1,1,81,2] = 1	Y[1,2,112,3] = 2	Y[2,3,112,4] = 5	Y[2,3,112,5] = 1	--	--	--
Y[1,1,120,2] = 6	Y[1,2,117,3] = 15	Y[2,3,123,4] = 14	Y[2,3,128,5] = 10	--	--	--
Y[1,1,130,2] = 4	Y[2,3,37,3] = 2	Y[2,3,128,4] = 4	--	--	--	--
Y[1,1,134,2] = 11	Y[2,3,57,3] = 1	Y[1,1,1,5] = 24	--	--	--	--
Y[1,2,1,2] = 26	Y[2,3,92,3] = 1	Y[1,1,13,5] = 2	--	--	--	--
求解結果	目標值 = 0 (支) 決策變數 = 4,113；限制式 = 6,066；求解時間 = 451.63 秒					

附錄 B-2

ILOG 求解案例一於「最小化裁切廢料及存貨支數規劃模式」之結果。  
 輸出結果與變數之對應為： $Z[j,p,m]=Z_{j,p,m}$ 、 $IV[j,p,k,T]=IV_{j,p,k,t}$ 、  
 $Y[j,p,m,t]=Y_{j,p,m,t}$ 、 $Alpha[j,p,t,s]=\alpha_{j,p,s,t}$ 、 $Beta[j,p,j',p',s,t]=\beta_{j,p,j',p',s,t}$ 、  
 $COM[t]=COM_t$ ，此外下列表格皆併除數值為 0 之變數。

存貨支數	切割方案採行次數			填入位置	相鄰鋼胚類型	完工時間
IV[1,1,1,5] = 1	Y[1,1,13,1] = 11	Y[1,1,13,3] = 6	Y[2,3,118,4] = 14	Alpha[2,2,1,1] = 1	Beta[2,3,2,2,2,1] = 1	COM[1] = 257500
IV[1,1,3,5] = 1	Y[1,1,19,1] = 19	Y[1,1,19,3] = 2	Y[1,1,13,5] = 14	Alpha[2,3,2,1] = 1	Beta[1,1,2,3,3,1] = 1	COM[2] = 509300
IV[1,2,1,5] = 2	Y[1,1,23,1] = 1	Y[1,1,34,3] = 42	Y[1,1,19,5] = 13	Alpha[1,1,3,1] = 1	Beta[1,1,1,1,1,2] = 1	COM[3] = 864000
IV[1,2,6,5] = 2	Y[1,1,34,1] = 14	Y[1,1,43,3] = 1	Y[1,1,56,5] = 23	Alpha[1,1,0,2] = 1	Beta[1,2,1,1,2,2] = 1	COM[4] = 1071500
IV[1,2,7,5] = 1	Y[1,1,130,1] = 1	Y[1,1,80,3] = 1	Y[1,1,67,5] = 1	Alpha[1,1,1,2] = 1	Beta[1,2,1,2,1,3] = 1	COM[5] = 1447500
IV[2,3,4,5] = 5	Y[1,1,134,1] = 3	Y[1,1,100,3] = 2	Y[1,1,100,5] = 14	Alpha[1,2,2,2] = 1	Beta[1,1,1,2,2,3] = 1	--
IV[2,3,1,5] = 2	Y[2,2,1,1] = 5	Y[1,1,134,3] = 5	Y[1,1,134,5] = 1	Alpha[1,2,0,3] = 1	Beta[2,3,1,1,3,3] = 1	--
IV[2,3,6,5] = 1	Y[2,2,21,1] = 1	Y[1,2,1,3] = 9	Y[1,2,1,5] = 8	Alpha[1,2,1,3] = 1	Beta[2,3,2,3,1,4] = 1	--
--	Y[2,2,107,1] = 2	Y[1,2,21,3] = 13	Y[1,2,38,5] = 6	Alpha[1,1,2,3] = 1	Beta[2,2,2,3,2,4] = 1	--
--	Y[2,2,116,1] = 4	Y[1,2,83,3] = 2	Y[1,2,62,5] = 2	Alpha[2,3,3,3] = 1	Beta[1,1,2,2,3,4] = 1	--
--	Y[2,2,134,1] = 3	Y[1,2,99,3] = 1	Y[1,2,63,5] = 7	Alpha[2,3,0,4] = 1	Beta[1,1,1,1,1,5] = 1	--
--	Y[2,3,1,1] = 7	Y[1,2,100,3] = 2	Y[1,2,83,5] = 10	Alpha[2,3,1,4] = 1	Beta[2,3,1,1,2,5] = 1	--
--	Y[2,3,56,1] = 1	Y[1,2,117,3] = 14	Y[1,2,99,5] = 2	Alpha[2,2,2,4] = 1	Beta[1,2,2,3,3,5] = 1	--
--	Y[2,3,90,1] = 6	Y[2,3,1,3] = 1	Y[1,2,100,5] = 6	Alpha[1,1,3,4] = 1	--	--
--	Y[2,3,107,1] = 6	Y[2,3,90,3] = 7	Y[1,2,117,5] = 1	Alpha[1,1,0,5] = 1	--	--
--	Y[2,3,118,1] = 7	Y[2,3,107,3] = 13	Y[2,3,1,5] = 7	Alpha[1,1,1,5] = 1	--	--
--	Y[1,1,23,2] = 1	Y[2,3,118,3] = 6	Y[2,3,90,5] = 8	Alpha[2,3,2,5] = 1	--	--
--	Y[1,1,72,2] = 9	Y[1,1,23,4] = 26	Y[2,3,107,5] = 7	Alpha[1,2,3,5] = 1	--	--
--	Y[1,1,100,2] = 2	Y[1,1,56,4] = 11	Y[2,3,109,5] = 3	--	--	--
--	Y[1,1,124,2] = 3	Y[1,1,80,4] = 1	Y[2,3,114,5] = 1	--	--	--
--	Y[1,1,130,2] = 1	Y[1,1,100,4] = 1	--	--	--	--
--	Y[1,1,134,2] = 10	Y[1,1,134,4] = 5	--	--	--	--
--	Y[1,2,1,2] = 25	Y[2,2,71,4] = 3	--	--	--	--
--	Y[1,2,7,2] = 1	Y[2,2,107,4] = 1	--	--	--	--
--	Y[1,2,38,2] = 8	Y[2,2,116,4] = 1	--	--	--	--
--	Y[1,2,63,2] = 18	Y[2,2,117,4] = 2	--	--	--	--
--	Y[1,2,83,2] = 6	Y[2,3,1,4] = 7	--	--	--	--
--	Y[1,2,117,2] = 6	Y[2,3,114,4] = 1	--	--	--	--
求解結果	目標值 = 114 元 ：決策變數 = 5,406；限制式 = 6,869；求解時間 = 511.9 秒					

附錄 B-3

ILOG 求解案例二「鋼胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式」之結果。輸出結果與變數之對應為： $UD[j,p,k,t]=UD_{j,p,k,t}$ 、 $Y[j,p,m,t]=Y_{j,p,m,t}$ 、 $Alpha[j,p,t,s]=\alpha_{j,p,s,t}$ 、 $Beta[j,p,j',p',s,t]=\beta_{j,p,j',p',s,t}$ 、 $COM[t]=COM_t$ ，此外下列表格皆併除數值為 0 之變數。

未滿足支數	切割方案採行次數			填入位置	相鄰鋼胚類型	完工時間
UD[1,1,1,1]=22	Y[1,1,13,1]=6	Y[1,2,67,2]=1	Y[2,2,129,4]=1	Alpha[2,2,1,1]=1	Beta[2,3,2,2,1]=1	COM[1]=213400
UD[1,1,4,1]=4	Y[1,1,43,1]=16	Y[1,2,83,2]=7	Y[2,3,1,4]=7	Alpha[2,3,2,1]=1	Beta[1,1,2,3,3,1]=1	COM[2]=481100
UD[2,3,4,1]=4	Y[1,1,72,1]=10	Y[1,2,96,2]=13	Y[2,3,112,4]=4	Alpha[1,1,3,1]=1	Beta[1,1,1,1,1,2]=1	COM[3]=733200
UD[1,2,1,1]=2	Y[1,1,99,1]=1	Y[1,1,34,3]=30	Y[2,3,123,4]=9	Alpha[1,1,0,2]=1	Beta[1,2,1,1,2,2]=1	COM[4]=998300
UD[2,2,1,1]=2	Y[1,1,100,1]=5	Y[1,1,61,3]=9	Y[2,3,128,4]=4	Alpha[1,1,1,2]=1	Beta[1,2,1,2,1,3]=1	COM[5]=1555200
UD[1,2,2,1]=1	Y[2,2,1,1]=5	Y[1,1,109,3]=1	Y[1,1,1,5]=66	Alpha[1,2,2,2]=1	Beta[2,3,1,2,2,3]=1	--
UD[1,1,1,3]=11	Y[2,2,117,1]=3	Y[1,1,134,3]=2	Y[1,1,56,5]=22	Alpha[1,2,0,3]=1	Beta[1,1,2,3,3,3]=1	--
UD[1,1,2,3]=11	Y[2,2,134,1]=4	Y[1,2,1,3]=11	Y[1,1,81,5]=10	Alpha[1,2,1,3]=1	Beta[1,1,1,1,1,4]=1	--
UD[2,3,6,3]=1	Y[2,3,1,1]=6	Y[1,2,7,3]=1	Y[1,1,120,5]=5	Alpha[2,3,2,3]=1	Beta[2,2,1,1,2,4]=1	--
--	Y[2,3,56,1]=3	Y[1,2,21,3]=2	Y[1,1,130,5]=5	Alpha[1,1,3,3]=1	Beta[2,3,2,2,3,4]=1	--
--	Y[2,3,89,1]=12	Y[1,2,99,3]=1	Y[1,1,134,5]=3	Alpha[1,1,0,4]=1	Beta[2,3,2,3,1,5]=1	--
--	Y[2,3,115,1]=3	Y[1,2,117,3]=14	Y[1,2,1,5]=8	Alpha[1,1,1,4]=1	Beta[1,1,2,3,2,5]=1	--
--	Y[2,3,117,1]=1	Y[2,3,106,3]=9	Y[1,2,34,5]=3	Alpha[2,2,2,4]=1	Beta[1,2,1,1,3,5]=1	--
--	Y[2,3,118,1]=1	Y[2,3,107,3]=1	Y[1,2,45,5]=3	Alpha[2,3,3,4]=1	--	--
--	Y[1,1,22,2]=1	Y[2,3,111,3]=1	Y[1,2,60,5]=7	Alpha[2,3,0,5]=1	--	--
--	Y[1,1,56,2]=1	Y[2,3,114,3]=2	Y[1,2,82,5]=6	Alpha[2,3,1,5]=1	--	--
--	Y[1,1,69,2]=1	Y[2,3,117,3]=1	Y[1,2,99,5]=14	Alpha[1,1,2,5]=1	--	--
--	Y[1,1,80,2]=4	Y[2,3,121,3]=1	Y[1,2,112,5]=7	Alpha[1,2,3,5]=1	--	--
--	Y[1,1,100,2]=1	Y[2,3,123,3]=3	Y[1,2,117,5]=3	--	--	--
--	Y[1,1,109,2]=3	Y[2,3,125,3]=1	Y[2,3,1,5]=8	--	--	--
--	Y[1,1,124,2]=8	Y[1,1,1,4]=13	Y[2,3,57,5]=3	--	--	--
--	Y[1,1,130,2]=1	Y[1,1,56,4]=13	Y[2,3,92,5]=5	--	--	--
--	Y[1,1,134,2]=5	Y[1,1,81,4]=9	Y[2,3,112,5]=2	--	--	--
--	Y[1,2,1,2]=25	Y[1,1,120,4]=7	Y[2,3,123,5]=6	--	--	--
--	Y[1,2,33,2]=1	Y[1,1,130,4]=8	Y[2,3,128,5]=11	--	--	--
--	Y[1,2,38,2]=7	Y[1,1,134,4]=4	--	--	--	--
--	Y[1,2,59,2]=1	Y[2,2,29,4]=6	--	--	--	--
--	Y[1,2,63,2]=16	Y[2,2,116,4]=8	--	--	--	--
求解結果	目標值 = 58(支)；決策變數 = 4,113；限制式 = 6,066；求解時間 = 1145.8 秒					

附錄 B-4

ILOG 求解案例二於「產能不足規劃機制步驟二」之結果。輸出結果與變數之對應為： $UD[j,p,k,t]=UD_{j,p,k,t}$ 、 $Y[j,p,m,t]=Y_{j,p,m,t}$ 、 $Alpha[j,p,t,s]=\alpha_{j,p,s,t}$ 、 $Beta[j,p,j',p',s,t]=\beta_{j,p,j',p',s,t}$ 、 $COM[t]=COM_t$ ，此外下列表格皆併除數值為 0 之變數。

未滿足支數	切割方案採行次數			填入位置	相鄰鋼胚類型	完工時間
UD[1,1,1,1]=28	Y[1,1,43,1]=21	Y[1,1,72,2]=11	Y[2,3,87,3]=5	Alpha[2,3,1,1]=1	Beta[2,2,2,3,2,1]=1	COM[1]=216000
UD[1,1,4,1]=3	Y[1,1,72,1]=8	Y[1,1,100,2]=2	Y[2,3,107,3]=2	Alpha[2,2,2,1]=1	Beta[1,1,2,2,3,1]=1	COM[2]=515800
UD[2,3,3,1]=2	Y[1,1,81,1]=3	Y[1,1,134,2]=14	Y[2,3,108,3]=6	Alpha[1,1,3,1]=1	Beta[1,1,1,1,1,2]=1	COM[3]=733400
UD[1,1,1,3]=11	Y[1,1,100,1]=6	Y[1,2,1,2]=22	Y[2,3,109,3]=1	Alpha[1,1,0,2]=1	Beta[1,2,1,1,2,2]=1	--
UD[1,1,2,3]=6	Y[2,2,1,1]=5	Y[1,2,21,2]=13	Y[2,3,114,3]=3	Alpha[1,1,1,2]=1	Beta[1,2,1,2,1,3]=1	--
UD[1,2,1,3]=3	Y[2,2,14,1]=1	Y[1,2,38,2]=8	Y[2,3,117,3]=1	Alpha[1,2,2,2]=1	Beta[2,3,1,2,2,3]=1	--
UD[2,3,5,3]=2	Y[2,2,17,1]=1	Y[1,2,60,2]=1	--	Alpha[1,2,0,3]=1	Beta[1,1,2,3,3,3]=1	--
UD[2,3,6,3]=1	Y[2,2,22,1]=2	Y[1,2,63,2]=15	--	Alpha[1,2,1,3]=1	--	--
--	Y[2,2,40,1]=3	Y[1,2,83,2]=7	--	Alpha[2,3,2,3]=1	--	--
--	Y[2,3,1,1]=6	Y[1,2,103,2]=1	--	Alpha[1,1,3,3]=1	--	--
--	Y[2,3,56,1]=3	Y[1,2,117,2]=7	--	--	--	--
--	Y[2,3,87,1]=5	Y[1,1,34,3]=30	--	--	--	--
--	Y[2,3,89,1]=2	Y[1,1,61,3]=2	--	--	--	--
--	Y[2,3,118,1]=9	Y[1,1,134,3]=2	--	--	--	--
--	Y[2,3,128,1]=2	Y[1,2,1,3]=11	--	--	--	--
--	Y[1,1,26,2]=1	Y[1,2,83,3]=1	--	--	--	--
--	Y[1,1,56,2]=4	Y[1,2,107,3]=1	--	--	--	--
--	Y[1,1,69,2]=1	Y[1,2,117,3]=13	--	--	--	--
求解結果	目標值 = 56 (支) ：決策變數 = 2,704；限制式 = 3,639；求解時間 = 720.02 秒					

附錄 B-5

ILOG 求解案例二於「產能不足規劃機制步驟五」之結果。輸出結果與變數之對應為： $Y[j,p,m,t]=Y_{j,p,m,t}$ 、 $Alpha[j,p,t,s]=\alpha_{j,p,s,t}$ 、 $Beta[j,p,j',p',s,t]=\beta_{j,p,j',p',s,t}$ 、 $COM[t]=COM_t$ 、 $Time[t]=Time_t$ ，此外下列表格皆併除數值為 0 之變數。

切割方案採行次數		填入位置	相鄰鋼胚類型	完工時間	延遲時間
Y[1,1,1,1] = 1	Y[1,1,109,2] = 4	Alpha[2,2,1,1] = 1	Beta[2,3,2,2,1] = 1	COM[1] = 220600	time[1] = 4600
Y[1,1,13,1] = 10	Y[1,1,117,2] = 2	Alpha[2,3,2,1] = 1	Beta[1,1,2,3,3,1] = 1	COM[2] = 455300	time[2] = -63100
Y[1,1,19,1] = 13	Y[1,1,124,2] = 11	Alpha[1,1,3,1] = 1	Beta[1,1,1,1,2] = 1	--	--
Y[1,1,23,1] = 3	Y[1,1,131,2] = 1	Alpha[1,1,0,2] = 1	Beta[1,2,1,1,2,2] = 1	--	--
Y[1,1,34,1] = 8	Y[1,1,134,2] = 5	Alpha[1,1,1,2] = 1	--	--	--
Y[1,1,43,1] = 5	Y[1,2,1,2] = 16	Alpha[1,2,2,2] = 1	--	--	--
Y[1,1,109,1] = 1	Y[1,2,2,2] = 2	--	--	--	--
Y[1,1,134,1] = 1	Y[1,2,13,2] = 5	--	--	--	--
Y[2,2,1,1] = 2	Y[1,2,17,2] = 18	--	--	--	--
Y[2,2,21,1] = 7	Y[1,2,21,2] = 1	--	--	--	--
Y[2,2,117,1] = 3	Y[1,2,33,2] = 1	--	--	--	--
Y[2,3,1,1] = 6	Y[1,2,38,2] = 4	--	--	--	--
Y[2,3,56,1] = 3	Y[1,2,47,2] = 1	--	--	--	--
Y[2,3,90,1] = 5	Y[1,2,63,2] = 3	--	--	--	--
Y[2,3,114,1] = 2	Y[1,2,67,2] = 8	--	--	--	--
Y[2,3,118,1] = 7	Y[1,2,68,2] = 1	--	--	--	--
Y[2,3,127,1] = 1	Y[1,2,117,2] = 1	--	--	--	--
求解結果	目標值=-58500 秒 ：決策變數=1,547；限制式=2,332；求解時間= 6.7 秒				

附錄 B-6

ILOG 求解案例二於「產能不足規劃機制步驟五(二)」之結果。輸出結果與變數之對應為： $Y[j,p,m,t]=Y_{j,p,m,t}$ 、 $Alpha[j,p,t,s]=\alpha_{j,p,s,t}$ 、 $Beta[j,p,j',p',s,t]=\beta_{j,p,j',p',s,t}$ 、 $COM[t]=COM_t$ 、 $Time[t]=Time_t$ ，此外下列表格皆併除數值為 0 之變數。

切割方案採行次數				填入位置	相鄰鋼胚類型	完工時間	
Y[1,1,1,1]=1	Y[1,2,20,2]=5	Y[2,3,113,3]=1	Y[2,3,118,4]=10	Y[2,3,90,5]=5	Alpha[2,2,1,1]=1	Beta[2,3,2,2,2,1]=1	COM[1]=220600
Y[1,1,13,1]=10	Y[1,2,21,2]=1	Y[2,3,114,3]=2	Y[1,1,1,5]=1	Y[2,3,92,5]=1	Alpha[2,3,2,1]=1	Beta[1,1,2,3,3,1]=1	COM[2]=455300
Y[1,1,19,1]=13	Y[1,2,23,2]=1	Y[2,3,123,3]=2	Y[1,1,13,5]=15	Y[2,3,94,5]=1	Alpha[1,1,3,1]=1	Beta[1,1,1,1,1,2]=1	COM[3]=794700
Y[1,1,23,1]=3	Y[1,2,24,2]=1	Y[2,3,125,3]=1	Y[1,1,19,5]=10	Y[2,3,107,5]=5	Alpha[1,1,0,2]=1	Beta[1,2,1,1,2,2]=1	COM[4]=1025500
Y[1,1,34,1]=8	Y[1,2,38,2]=7	Y[1,1,4,4]=1	Y[1,1,56,5]=16	Y[2,3,109,5]=2	Alpha[1,1,1,2]=1	Beta[1,2,1,2,1,3]=1	COM[5]=1450100
Y[1,1,43,1]=5	Y[1,2,43,2]=1	Y[1,1,13,4]=10	Y[1,1,67,5]=8	Y[2,3,111,5]=2	Alpha[1,2,2,2]=1	Beta[2,3,1,2,2,3]=1	--
Y[1,1,109,1]=1	Y[1,2,63,2]=11	Y[1,1,19,4]=5	Y[1,1,69,5]=9	Y[2,3,118,5]=2	Alpha[1,2,0,3]=1	Beta[1,1,2,3,3,3]=1	--
Y[1,1,134,1]=1	Y[1,2,80,2]=7	Y[1,1,23,4]=8	Y[1,1,72,5]=4	Y[2,3,123,5]=2	Alpha[1,2,1,3]=1	Beta[1,1,1,1,1,4]=1	--
Y[2,2,1,1]=4	Y[1,2,81,2]=1	Y[1,1,56,4]=7	Y[1,1,100,5]=7	Y[2,3,127,5]=1	Alpha[2,3,2,3]=1	Beta[2,2,1,1,2,4]=1	--
Y[2,2,49,1]=3	Y[1,2,83,2]=1	Y[1,1,59,4]=1	Y[1,1,101,5]=1	Y[2,3,128,5]=2	Alpha[1,1,3,3]=1	Beta[2,3,2,2,3,4]=1	--
Y[2,2,50,1]=3	Y[1,1,1,3]=3	Y[1,1,66,4]=1	Y[1,1,109,5]=2	--	Alpha[1,1,0,4]=1	Beta[2,3,2,3,1,5]=1	--
Y[2,2,134,1]=2	Y[1,1,8,3]=6	Y[1,1,72,4]=6	Y[1,2,1,5]=7	--	Alpha[1,1,1,4]=1	Beta[1,1,2,3,2,5]=1	--
Y[2,3,1,1]=4	Y[1,1,30,3]=4	Y[1,1,80,4]=4	Y[1,2,2,5]=1	--	Alpha[2,2,2,4]=1	Beta[1,2,1,1,3,5]=1	--
Y[2,3,2,1]=1	Y[1,1,34,3]=13	Y[1,1,81,4]=1	Y[1,2,7,5]=1	--	Alpha[2,3,3,4]=1	--	--
Y[2,3,56,1]=8	Y[1,1,43,3]=17	Y[1,1,91,4]=1	Y[1,2,34,5]=3	--	Alpha[2,3,0,5]=1	--	--
Y[2,3,57,1]=1	Y[1,1,56,3]=15	Y[1,1,96,4]=1	Y[1,2,45,5]=1	--	Alpha[2,3,1,5]=1	--	--
Y[2,3,115,1]=3	Y[1,2,7,3]=19	Y[1,1,101,4]=1	Y[1,2,59,5]=1	--	Alpha[1,1,2,5]=1	--	--
Y[2,3,118,1]=7	Y[1,2,83,3]=2	Y[1,1,130,4]=1	Y[1,2,62,5]=3	--	Alpha[1,2,3,5]=1	--	--
Y[1,1,100,2]=1	Y[1,2,94,3]=1	Y[1,1,134,4]=1	Y[1,2,67,5]=15	--	--	--	延遲時間
Y[1,1,102,2]=1	Y[1,2,96,3]=12	Y[2,2,71,4]=3	Y[1,2,82,5]=1	--	--	--	Time[1]=0
Y[1,1,117,2]=3	Y[1,2,98,3]=1	Y[2,2,100,4]=1	Y[1,2,99,5]=4	--	--	--	Time[2]=-63100
Y[1,1,124,2]=11	Y[1,2,103,3]=2	Y[2,2,107,4]=1	Y[1,2,100,5]=6	--	--	--	Time[3]=60300
Y[1,1,134,2]=7	Y[1,2,117,3]=3	Y[2,2,116,4]=3	Y[1,2,103,5]=1	--	--	--	Time[4]=-97700
Y[1,2,1,2]=20	Y[2,3,69,3]=1	Y[2,2,117,4]=2	Y[1,2,107,5]=1	--	--	--	Time[5]=-105100
Y[1,2,2,2]=1	Y[2,3,88,3]=2	Y[2,3,1,4]=5	Y[1,2,117,5]=1	--	--	--	--
Y[1,2,3,2]=1	Y[2,3,90,3]=3	Y[2,3,4,4]=1	Y[2,3,1,5]=8	--	--	--	--
Y[1,2,4,2]=2	Y[2,3,107,3]=10	Y[2,3,56,4]=4	Y[2,3,12,5]=1	--	--	--	--
Y[1,2,17,2]=1	Y[2,3,108,3]=1	Y[2,3,115,4]=2	Y[2,3,57,5]=1	--	--	--	--
求解結果	目標值=-205600 秒：決策變數=5,835；限制式=4,554；求解時間=1380.54 秒						

附錄 B-7

ILOG 求解案例二於「最小化裁切廢料及存貨支數規劃模式」之結果。  
 輸出結果與變數之對應為： $Z[j,p,m]=Z_{j,p,m}$ 、 $IV[j,p,k,T]=IV_{j,p,k,t}$ 、  
 $Y[j,p,m,t]=Y_{j,p,m,t}$ 、 $Alpha[j,p,t,s]=\alpha_{j,p,s,t}$ 、 $Beta[j,p,j',p',s,t]=\beta_{j,p,j',p',s,t}$ 、  
 $COM[t]=COM_t$ ，此外下列表格皆併除數值為 0 之變數。

存貨支數	切割方案採行次數			填入位置	相鄰鋼胚類型	完工時間
IV[1,1,1,5] = 1	Y[1,1,1,1] = 1	Y[1,2,21,2] = 14	Y[1,1,134,4] = 4	Alpha[2,2,1,1] = 1	Beta[2,3,2,2,2,1] = 1	COM[1] = 220600
IV[1,1,8,5] = 1	Y[1,1,13,1] = 10	Y[1,2,33,2] = 8	Y[2,2,71,4] = 3	Alpha[2,3,2,1] = 1	Beta[1,1,2,3,3,1] = 1	COM[2] = 518300
IV[1,2,1,5] = 2	Y[1,1,19,1] = 15	Y[1,2,38,2] = 8	Y[2,2,105,4] = 1	Alpha[1,1,3,1] = 1	Beta[1,1,1,1,2] = 1	COM[3] = 794700
IV[1,2,6,5] = 2	Y[1,1,23,1] = 1	Y[1,2,63,2] = 17	Y[2,2,107,4] = 2	Alpha[1,1,0,2] = 1	Beta[1,2,1,1,2,2] = 1	COM[4] = 1075900
IV[1,2,7,5] = 1	Y[1,1,34,1] = 6	Y[1,2,83,2] = 4	Y[2,2,116,4] = 4	Alpha[1,1,1,2] = 1	Beta[1,2,1,2,1,3] = 1	COM[5] = 1444900
IV[2,3,1,5] = 1	Y[1,1,43,1] = 7	Y[1,2,99,2] = 1	Y[2,3,1,4] = 7	Alpha[1,2,2,2] = 1	Beta[2,3,1,2,2,3] = 1	
IV[2,3,4,5] = 1	Y[1,1,61,1] = 1	Y[1,1,34,3] = 31	Y[2,3,90,4] = 3	Alpha[1,2,0,3] = 1	Beta[1,1,2,3,3,3] = 1	
IV[2,3,6,5] = 1	Y[1,1,130,1] = 1	Y[1,1,43,3] = 1	Y[2,3,107,4] = 2	Alpha[1,2,1,3] = 1	Beta[1,1,1,1,1,4] = 1	
<b>裁切廢料</b>	Y[2,2,1,1] = 5	Y[1,1,45,3] = 1	Y[2,3,114,4] = 1	Alpha[2,3,2,3] = 1	Beta[2,2,1,1,2,4] = 1	
Z[1,1,49] = 4.5	Y[2,2,50,1] = 1	Y[1,1,56,3] = 7	Y[2,3,118,4] = 10	Alpha[1,1,3,3] = 1	Beta[2,3,2,2,3,4] = 1	
Z[1,1,1] = 2	Y[2,2,53,1] = 1	Y[1,1,109,3] = 1	Y[1,1,19,5] = 19	Alpha[1,1,0,4] = 1	Beta[2,3,2,3,1,5] = 1	
Z[1,1,45] = 1.5	Y[2,2,116,1] = 2	Y[1,1,134,3] = 5	Y[1,1,56,5] = 23	Alpha[1,1,1,4] = 1	Beta[1,2,2,3,2,5] = 1	
Z[2,3,22] = 3	Y[2,2,134,1] = 3	Y[1,2,1,3] = 12	Y[1,1,100,5] = 13	Alpha[2,2,2,4] = 1	Beta[1,1,1,2,3,5] = 1	
Z[2,3,7] = 2	Y[2,3,1,1] = 4	Y[1,2,83,3] = 2	Y[1,1,134,5] = 1	Alpha[2,3,3,4] = 1		
Z[2,3,2] = 1	Y[2,3,2,1] = 1	Y[1,2,94,3] = 3	Y[1,2,1,5] = 8	Alpha[2,3,0,5] = 1		
Z[2,3,116] = 1	Y[2,3,7,1] = 1	Y[1,2,117,3] = 13	Y[1,2,17,5] = 2	Alpha[2,3,1,5] = 1		
Z[2,3,123] = 1	Y[2,3,56,1] = 6	Y[2,3,22,3] = 1	Y[1,2,38,5] = 6	Alpha[1,2,2,5] = 1		
	Y[2,3,90,1] = 2	Y[2,3,90,3] = 4	Y[1,2,63,5] = 9	Alpha[1,1,3,5] = 1		
	Y[2,3,115,1] = 3	Y[2,3,107,3] = 10	Y[1,2,83,5] = 10			
	Y[2,3,116,1] = 1	Y[2,3,109,3] = 1	Y[1,2,99,5] = 5			
	Y[2,3,118,1] = 5	Y[2,3,114,3] = 1	Y[1,2,100,5] = 5			
	Y[2,3,123,1] = 1	Y[2,3,118,3] = 6	Y[1,2,117,5] = 1			
	Y[1,1,19,2] = 12	Y[1,1,13,4] = 27	Y[2,3,1,5] = 8			
	Y[1,1,45,2] = 2	Y[1,1,23,4] = 7	Y[2,3,90,5] = 6			
	Y[1,1,49,2] = 9	Y[1,1,56,4] = 8	Y[2,3,107,5] = 6			
	Y[1,1,56,2] = 2	Y[1,1,72,4] = 10	Y[2,3,109,5] = 10			
	Y[1,1,134,2] = 10	Y[1,1,100,4] = 2	Y[2,3,115,5] = 1			
	Y[1,2,1,2] = 19	Y[1,1,130,4] = 7				
<b>求解結果</b>	目標值 = 16109 元 ：決策變數 = 5,406；限制式 = 6,869；求解時間 = 1533.09 秒					

附錄 C-1

ILOG 編碼

```
int Q=...;
//下標
int Steel_Num=...;//J
int Nominal_Num=...;//P
int Pattern_Num=...;//M
int Poistion_Num=...;//S
int Product_Num=...;//K
int Order_Num=...;//T
//參數範圍
range Steel      1..Steel_Num;//J
range Steel2     1..Steel_Num;//J
range Nominal    1..Nominal_Num;//P
range Nominal2   1..Nominal_Num;//P
range Pattern    1..Pattern_Num;//M
range Poistion   0..Poistion_Num;//S
range Product    1..Product_Num;//K
range Order      1..Order_Num;//T
//參數矩陣
int+ XI[1..Steel_Num-1,Nominal,Pattern,Product]=...;//不同合併訂單切割組合
int+ MI[Order]=...;//各規劃週期的填入位置個數
int+ DI[1..Steel_Num-1,Nominal,Order,Product]=...;//訂單需求
int+ DDI[Order]=...;//訂單交期
int+ PI[Steel,Nominal]=...;//加工時間
int+ SI[Nominal,Nominal2]=...;//整備時間
float+ WI[1..Steel_Num-1,Nominal,Pattern]=...; //裁切廢料
//決策變數矩陣
var intt+ UD[1..Steel_Num-1,Nominal,Product,Order] in 0..1000;//未滿足的的支數
var int+ Y[1..Steel_Num-1,Nominal,Pattern,Order] in 0..1000;//切割方案採行次數
```

```

var int+ COM[Order] in 0..10000000; //完工時間
var int+ IV[1..Steel_Num-1,Nominal,Order,Product] in 0..100; //存貨支數
var float+ Z[1..Steel_Num-1,Nominal,Pattern]; //裁切廢料
//工作變數
var int+ Alpha[Steel,Nominal,Position,Order] in 0..1; //選擇填入的位置
var int+ Beta[Steel,Nominal,Steel2,Nominal2,Position,Order] in 0..1; //相鄰

minimize //目標式
sum(j in 1..Steel_Num-1,p in Nominal,k in Product,t in Order)UD[j,p,k,t] //鋼
胚切割計畫及軋延機台生產排程規劃模式
//sum(j in 1..Steel_Num-1)sum(p in Nominal)sum(m in Pattern)Z[j,p,m]*1000+
//sum(k in 1..2)IV[1,1,k,5]*100+IV[1,1,3,5]+IV[1,1,4,5]*100+IV[1,1,5,5]+
//sum(k in 6..7)IV[1,1,k,5]*100+IV[1,1,8,5]+
//IV[1,2,1,5]+sum(k in 2..5)IV[1,2,k,5]*100+sum(k in 6..7)IV[1,2,k,5]+
//IV[2,2,1,5]+sum(k in 2..3)IV[2,2,k,5]*100+sum(k in 4..6)IV[2,2,k,5]+
//IV[2,3,1,5]+sum(k in 2..3)IV[2,3,k,5]*100+sum(k in 4..6)IV[2,3,k,5] //最小
化裁切廢料及存貨支數規劃模式
//sum(t in 1..5)time[t] //最小化延遲時間規劃模式

subject to{
//A. 鋼胚規劃量
forall(j in 1..Steel_Num-1,p in Nominal,k in Product)
sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]*Y[j,p,m,1]+UD[j,p,1,k]>=DI[j,p,1,k]
-sum(t2 in 0..0)(sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]*Y[j,p,m,t2]-DI[j,p,t2,k]+UD[j,p,t2,k]);
forall(j in 1..Steel_Num-1,p in Nominal,k in Product)
sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]*Y[j,p,m,2]+UD[j,p,2,k]>=DI[j,p,2,k]
-sum(t2 in 0..1)(sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]*Y[j,p,m,t2]-DI[j,p,t2,k]+UD[j,p,t2,k]);
forall(j in 1..Steel_Num-1,p in Nominal,k in Product)
sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]*Y[j,p,m,3]+UD[j,p,3,k]>=DI[j,p,3,k]
-sum(t2 in 0..2)(sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]*Y[j,p,m,t2]-DI[j,p,t2,k]+UD[j,p,t2,k]);

```

```

forall(j in 1..Steel_Num-1,p in Nominal,k in Product)
sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]*Y[j,p,m,4]+UD[j,p,4,k]>=DI[j,p,4,k]
-sum(t2 in 0..3)(sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]*Y[j,p,m,t2]-DI[j,p,t2,k]+UD[j,p,t2,k]);
forall(j in 1..Steel_Num-1,p in Nominal,k in Product)
sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]*Y[j,p,m,5]+UD[j,p,5,k]>=DI[j,p,5,k]
-sum(t2 in 0..4)(sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]*Y[j,p,m,t2]-DI[j,p,t2,k]+UD[j,p,t2,k]);
//B.選擇填入位置
forall(j in 1..Steel_Num-1,p in Nominal,t in 1..Order_Num)
sum(m in Pattern)Y[j,p,m,t]<=sum(s in 1..MI[t])Alpha[j,p,s,t]*Q;
forall(j in 1..Steel_Num-1,p in Nominal,t in 1..Order_Num)
sum(m in Pattern)Y[j,p,m,t]>=sum(s in 1..MI[t])Alpha[j,p,s,t];
forall(j in 1..Steel_Num-1,p in Nominal,t in 1..Order_Num)
sum(s in 1..MI[t])Alpha[j,p,s,t]<=1;
//C.填入位置的鋼胚類型
forall(j in Steel,p in Nominal,t in 1..Order_Num,s in 1..MI[t])
Alpha[j,p,s-1,t]>=Alpha[3,p,s,t];
forall(t in 1..Order_Num,s in 1..MI[t])
sum(p in Nominal)sum(j in Steel)Alpha[j,p,s,t]=1;
//D.順序相依之整被限制式
forall(j in Steel,p in Nominal)//////////規畫週期 1 至 2
Alpha[j,p,3,1]<=Alpha[j,p,0,2]*Q;
forall(j in Steel,p in Nominal)
Alpha[j,p,3,1]>=Alpha[j,p,0,2];
forall(j in Steel,p in Nominal)//////////規畫週期 2 至 3
Alpha[j,p,2,2]<=Alpha[j,p,0,3]*Q;
forall(j in Steel,p in Nominal)
Alpha[j,p,2,2]>=Alpha[j,p,0,3];
forall(j in Steel,p in Nominal)//////////規畫週期 3 至 4
Alpha[j,p,3,3]<=Alpha[j,p,0,4]*Q;
forall(j in Steel,p in Nominal)

```

```

Alpha[j,p,3,3]>=Alpha[j,p,0,4];
forall(j in Steel,p in Nominal)//////////規劃週期 4 至 5
Alpha[j,p,3,4]<=Alpha[j,p,0,5]*Q;
forall(j in Steel,p in Nominal)
Alpha[j,p,3,4]>=Alpha[j,p,0,5];
//如果有與期初相同類型的鋼胚可接續加工
forall(j in Steel,p in Nominal,t in 2..Order_Num)
Alpha[j,p,0,t]<=Alpha[j,p,1,t];
//E.相鄰位置
forall(j in Steel,j2 in Steel,p in Nominal,p2 in Nominal,t in 1..Order_Num)
Beta[j,p,j2,p2,1,t]-Alpha[j,p,1,t]-Alpha[j2,p2,0,t]+1>=0;
forall(j in Steel,j2 in Steel,p in Nominal,p2 in Nominal,t in 1..Order_Num)
2*Beta[j,p,j2,p2,1,t]<=Alpha[j,p,1,t]+Alpha[j2,p2,0,t];
forall(j in Steel,j2 in Steel,p in Nominal,p2 in Nominal:p<>p2,t in 1..Order_Num,s in
2..MI[t])
Beta[j,p,j2,p2,s,t]-Alpha[j,p,s,t]-Alpha[j2,p2,s-1,t]+1>=0;
forall(j in Steel,j2 in Steel,p in Nominal,p2 in Nominal:p<>p2,t in 1..Order_Num,s in
2..MI[t])
2*Beta[j,p,j2,p2,s,t]<=Alpha[j,p,s,t]+Alpha[j2,p2,s-1,t];
//F.完工時間
forall(t in 1..1)
sum(p in Nominal,j in 1..Steel_Num-1,m in Pattern)Y[j,p,m,t]*PI[j,p]
+(sum(j in Steel,j2 in Steel,p in Nominal,p2 in Nominal, s in 1..MI[t]) Beta[j,p,j2,p2,s,t]
*SI[p,p2])=COM[t];
forall(t in 2..Order_Num)
COM[t-1]+sum(p in Nominal,j in 1..Steel_Num-1,m in Pattern)Y[j,p,m,t]*PI[j,p]
+(sum(j in Steel,j2 in Steel,p in Nominal,p2 in Nominal,s in 1..MI[t])Beta[j,p,j2,p2,s,t]
*SI[p,p2])=COM[t];
forall(t in 1..Order_Num)
COM[t]<=DDI[t];

```

//////////最小化裁切廢料及存貨支數規劃模式新增限制式//////////

//A.鋼胚規劃量

forall(j in 1..Steel\_Num-1,p in Nominal,k in Product)

sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]\*Y[j,p,m,1]>=DI[j,p,1,k]

-sum(t2 in 0..0)(sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]\*Y[j,p,m,t2]-DI[j,p,t2,k]+UD[j,p,t2,k]);

forall(j in 1..Steel\_Num-1,p in Nominal,k in Product)

sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]\*Y[j,p,m,2] >=DI[j,p,2,k]

-sum(t2 in 0..1)(sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]\*Y[j,p,m,t2]-DI[j,p,t2,k]+UD[j,p,t2,k]);

forall(j in 1..Steel\_Num-1,p in Nominal,k in Product)

sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]\*Y[j,p,m,3] >=DI[j,p,3,k]

-sum(t2 in 0..2)(sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]\*Y[j,p,m,t2]-DI[j,p,t2,k]+UD[j,p,t2,k]);

forall(j in 1..Steel\_Num-1,p in Nominal,k in Product)

sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]\*Y[j,p,m,4] >=DI[j,p,4,k]

-sum(t2 in 0..3)(sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]\*Y[j,p,m,t2]-DI[j,p,t2,k]+UD[j,p,t2,k]);

forall(j in 1..Steel\_Num-1,p in Nominal,k in Product)

sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]\*Y[j,p,m,5] >=DI[j,p,5,k]

-sum(t2 in 0..4)(sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]\*Y[j,p,m,t2]-DI[j,p,t2,k]+UD[j,p,t2,k]);

//B.可行切割方案的裁切廢料

forall(j in 1..Steel\_Num-1,p in Nominal,m in Pattern)

sum(t in 1..Order\_Num)Y[j,p,m,t]\*WI[j,p,m]=Z[j,p,m];

//C.規劃幅度內存貨支數

forall(j in 1..Steel\_Num-1,p in Nominal,k in Product)

sum(t2 in 1..5)(sum(m in Pattern)XI[j,p,m,k]\*Y[j,p,m,t2]-DI[j,p,t2,k])=IV[j,p,k,5];

//////////最小化延遲時間規劃模式新增限制式//////////

forall(t in 1..5)

COM[t]-DDI[t]=time[t];

附錄 C-2

em-plant 求解所有可行切割方案編碼

is

local tab : table;

i,j:integer;

do

count[1,1]:=information[2,1];

count[3,1]:=0;

information[4,1]:=1;

information[5,1]:=1;

information[7,1]:=0;

while information[5,1] /= 0 loop

---

for i:=count[3,1]+1 to information[3,1] loop

    pattern[i,1]:=0;

next;

---

for i:=count[3,1]+1 to information[3,1] loop

    while information[1,i] <= count[1,1] loop

        count[1,1]:=count[1,1]-information[1,i];

        pattern[i,1]:=pattern[i,1]+1;

    end;

next;

---

for i:=1 to information[3,1] loop

    final[i,information[4,1]]:=pattern[i,1];

next;

---

information[5,1]:=0;

from i:=information[3,1]

```

until i < 1
loop
    if pattern[i,1] /= 0 and i /= information[3,1] then
        count[3,1]:=i;
        pattern[i,1]:=pattern[i,1]-1;
        count[1,1]:=count[1,1]+information[1,i];
        information[5,1]:=1;
        i:= 1;
    else
        count[1,1]:=count[1,1]+(pattern[i,1]*information[1,i]);
    end;
    i:=i-1;
end;

```

```

information[4,1]:=information[4,1]+1;

```

---

```

end;
information[4,1]:=information[4,1]-1;

```

---

```

for j:=1 to information[4,1] loop
    count[4,1]:=information[2,1];
    for i:=1 to information[3,1] loop
        count[4,1]:=count[4,1]-final[i,j]*information[1,i];
        final[information[3,1]+1,j]:=count[4,1];
    next;
next;;

```

---

```

for j:=1 to information[4,1] loop
    if final[information[3,1]+1,j] <= information[6,1] then
        final.copyRangeTo([1,j]..[*], final2 ,1,1);
        information[7,1]:=information[7,1]+1;
    end;
next;

```

```

        for i:=1 to information[3,1] loop
            solution[i+1,information[7,1]]:=final2[i,1];
        next;
    end;
next;
information[8,1]:=solution.ydim;
solution.setDataType^[1,1]..^[1,*],"string");
solution.setDataType^[information[3,1]+2,1]..^[information[3,1]+2,*],"string");
solution.setDataType^[information[3,1]+3,1]..^[information[3,1]+3,*],"string");
for j:=1 to information[8,1] loop
    solution[1,j]:="[";
    solution[information[3,1]+2,j]:="]";
    solution[information[3,1]+3,j]:=",";
next;
end;

```

