

# 油罐車輛派遣決策支援系統建置之個案研究

## A Case Study of Building the Decision Support System for Petroleum Tank Trucks Dispatching

卓裕仁<sup>1</sup> Yuh-Jen Cho                      張 靖<sup>1</sup> Ching Chang

中華大學運輸科技與物流管理學系

王寶治<sup>2</sup> Pao-Chih Wang

李泰琳<sup>3</sup> Tai-Lin Li

中華大學科技管理研究所

醒吾科技學院行銷與流通管理系

<sup>1</sup>Department of Transportation Technology and Logistics Management, Chung Hua University, <sup>2</sup>Institute Technology Management, Chung Hua University, and <sup>3</sup>Department of Marketing and Logistics Management, Hsing Wu College

(Received April 13, 2007; Final Version April 10, 2008)

**摘要：**油罐車輛派遣之良莠影響油品配送的績效甚鉅，更是油品業者競爭致勝的關鍵。本研究以國內某家大型油品供應商為個案對象，針對其油罐車輛作業特性，構建一套「油罐車輛派遣決策支援系統」，以提升油罐車輛派遣作業效率與公平性。本系統提供訂單輸入、油罐車輛派遣與車隊管理等功能。在核心的車輛派遣模組中，本研究以「委外車隊運送里程總和極小化」與「自有車隊運送里程差距極小化」為目標，兼顧派遣之效率性與公平性，建構一個數學規劃模式並發展啟發式演算法來進行油罐車輛派遣。最後，本研究應用個案公司新竹運輸中心之實際營運資料（五種實例情境）進行系統測試與績效評估，結果顯示在委外車隊里程數方面，較原始派遣結果平均改善了 37.8%；在自有車隊里程數差距方面，則較原始派遣結果平均改善了 41.4%；操作時間方面約可節省 57.1% 的時間，效果相當顯著。

---

本研究受行政院國家科學委員會計畫（編號：NSC-92-2211-E-216-010）經費補助，亦蒙個案公司提供寶貴資料，特此一併致謝。

本文之通訊作者為卓裕仁，e-mail: yjcho@chu.edu.tw。

**關鍵詞：**車輛派遣、決策支援系統、啟發式方法

**Abstract：** This paper aims to construct a decision support system (DSS), which is helpful in improving the performance of petroleum tank trucks dispatching. This DSS provides several functions, such as order entry, truck dispatching, fleet management, and friendly interface. We built a mathematical programming model and designed an effective heuristic method to dispatch trucks under two objectives: minimizing the overall mileages of contracted fleet, and minimizing the difference of mileages between private fleet. The computational results of five real-world scenarios implied that our heuristic performs significantly superior to the original dispatching results in both objectives.

**Keywords：** Truck Dispatching, Decision Support System (DSS), Heuristic Method

## 1. 緒論

隨著民國八十五年政府開放民營煉油及民國九十年頒布「石油管理法」之後，我國的石油產品供應已從國營事業（台灣中油公司）一家獨占的情形轉變成寡占的市場（台灣中油與台朔石油）。面對此寡占競爭的市場，各油品供應業者不僅在油品價格上相互牽制，更積極強化其營運績效以降低成本、提升顧客滿意度。換言之，油品配送的效率與服務品質，已成為油品業者在激烈競爭的產業環境中，一項新的競爭利器。

一般而言，油品業者（供應商）自國外進口原油進行提煉並生產出各種石油產品（例如：柴油、無鉛汽油、航空燃油），然後配送至各地區的油庫（或運輸中心）儲存，待收到顧客或加油站的訂單後，再以油罐車輛自油庫裝配油品給顧客。對油庫或運輸中心而言，煉油廠至油庫之間的配送屬於大宗的「入向（In-bound）運輸」，油庫至顧客之間的配送屬於整車的「出向（Out-bound）運輸」。目前國內油品業者在配送車輛與司機員派遣實務上，大多是根據調度人員的經驗來進行安排。然而，隨著產業競爭的加劇，以及顧客對快速回應（Quick Response, QR）與配送效率的要求，使得傳統人工化的車輛派遣與調度方式難以有效提升整體營運績效。

有鑒於此，基於資訊化與自動化之目的，本研究以國內某家大型油品公司（以下簡稱個案公司）為個案研究之對象，深入了解其油罐車輛派遣作業特性，並建置一套「油罐車輛派遣決策支援系統」（以下簡稱本系統），期能輔助業者有效進行油品配送作業與車隊管理工作，進而降低其營運成本。本研究首先透過訪談個案公司油品行銷事業部新竹運輸中心之實際派遣人員以了解個案公司油罐車輛實際派遣作業的程序與特性，然後進行本系統之功能需求分析與規劃，隨之進行系統中各資料庫、功能模組與演算法的開發與設計，最後再運用個案公司實際訂單之歷

史資料進行系統測試與結果驗證。

本文後續章節安排如下：第2節簡要回顧國內外有關於油罐車輛派遣與調度問題的研究文獻；第3節根據業者訪談彙整個案公司實際的油罐車輛派遣調度作業程序與限制規定；第4節介紹本研究建置之「油罐車輛派遣決策支援系統」的功能需求與系統架構；第5節針對本系統之核心決策模組，即油罐車輛派遣模組之數學規劃模式與啟發式演算法細節加以說明；第6節蒐集個案公司實際的訂單與派車資料進行系統測試與結果比較；最後於第7節提出本研究之結論與建議。

## 2. 文獻探討

由於車輛派遣問題的型態眾多，相關研究文獻不勝枚舉，本節只針對與油罐車輛派遣相關之國內外文獻加以回顧與探討。

Dantzig and Ramser (1959) 考慮石油配送車隊之最佳配送路線規劃，假設多個加油站所需的油品可以同時裝載於同一輛油罐車輛來進行配送，並將此問題轉換成具有車輛容量限制之旅行推銷員問題 (Traveling Salesman Problem, TSP)，是文獻上最早關於車輛路線問題 (Vehicle Routing Problem, VRP) 的研究之一；最後並運用線性規劃方法為基礎來求解此問題。

Brown and Graves (1981) 以最佳化路線規劃來取代傳統人工派遣作業，是最早探討油罐車輛自動、即時派遣之電腦系統的文獻。該研究之範圍包含了超過 80 個油庫 (bulk terminals)、300 輛油罐車輛及每天 2,600 筆配送訂單。作者將油罐車輛路線規劃問題視為是一種「指派問題 (Assignment Problem)」，並轉換成整數規劃模式；模式考慮工作時間上下界、安全標準、顧客服務等限制條件，目標函數為運輸成本極小化；並發展出一套「循序路網指派 (Sequential Network Assignment)」之啟發式演算法來求解其問題。

Bell *et al.* (1983) 整合工業瓦斯之存貨管理與車輛派遣，發展一套包含線上資料輸入、顧客需求預測、最短時間與距離路徑計算、最佳化派遣模式及互動式派遣調整界面等功能之決策支援系統。其最佳化派遣模式為混合整數規劃模式型態，包含超過 800,000 個決策變數及 200,000 條限制式，使用拉氏鬆弛法 (Lagrangian Relaxation Method) 來求解，實證結果顯示約可替業者節省 6-10% 之營運成本。

Brown *et al.* (1987) 透過電腦輔助油罐車輛之派遣作業，提出一套整合型、高度自動化、即時回應的電腦系統來執行語音訂單輸入、顧客信用檢核、配送派遣及帳單產生等工作。該系統的核心模組為「電腦輔助派遣 (Computer Assisted Dispatch, CAD)」，負責集中控制全美地區超過 120 個油庫、430 輛油罐車輛、每年 600,000 筆訂單之所有油罐車輛派遣作業。該模組使用整數規劃方法進行求解，使車輛調度員之派遣績效大幅提升，同時也明顯降低了個案業者美弗石

油公司 (Mobil Oil) 的營運成本、改善其顧客服務。

Russell and Challinor (1988) 將原油取送 (Pickup and Delivery) 的路線規劃問題轉換成多場站的車輛派遣問題，其配送型態為先至某場站取油後直接送至另一場站。作者提出了兩個有效率的方法來解決上述問題：子問題最佳化法、貪心型 (Greedy-type) 演算法，與下界值相比約有 10% 的誤差。

Bausch *et al.* (1995) 的研究中敘述了美弗石油公司重油產品配送的車輛派遣問題：該公司的經營型態係從油品製造工廠配送產品到各個顧客，油品配送車隊為具有不同容量的混合車隊；由於配送點遍及全美國造成製造工廠與配送點間距離範圍不一，所以在配送計劃班表上又分成當地區域配送、跨日區域配送與集散區域配送等三種情況。該研究替美弗石油公司導入一個車輛派遣決策支援系統，可依所需派遣資料 (如訂單來源、車輛特性及數量、地理位置的參考距離、配送作業工作天數等) 進行運算，並可於產生派車結果後由人工方式進行調整。該系統每年可替美弗公司節省約 100 萬美元。

Bruggen *et al.* (1995) 針對大型油品公司之配送網路結構進行重新設計，包括四個層級的配送網路規劃問題：油庫中心的服務範圍規劃 (將顧客指派給油庫中心)、油庫中心的容量規劃 (儲油量)、配送車隊規模規劃 (車輛數與車種)，以及油罐車輛的派遣調度。四個層級的問題皆轉換成不同的數學規劃模式依序進行求解，由於各層級的結果會彼此影響，因此在求解上層問題時 (如服務範圍、油庫容量)，是以概估的方式設定相關參數 (如配送距離)。

Rego and Roucairol (1995) 使用一個兩階段 (Two-Phase) 的演算法來求解動態多場站 (油庫) 之油罐車輛派遣問題，第一階段係以分解法 (Decomposition) 來產生初始的路線順序，第二階段再以禁制搜尋法 (Tabu Search) 來改善起始路線；其目標函數僅考慮運輸成本之極小化。

Avella *et al.* (2004) 考慮以不同容量的油罐車輛在一群油庫之間配送不同種類燃油的問題，其目標為在可用的車輛與司機等資源限制下，求總運輸成本極小化。Avella *et al.* (2004) 將此問題轉換成集合分割問題 (Set Partitioning Problem) 模式，並以啟發式演算法快速產生多組可行的派遣組合 (Columns)，然後再以分枝定價法 (Branch-and-Price) 求解之。

在國內文獻方面：陳春益等 (民 86) 首先針對油罐車輛的調度問題進行研究；該研究以機器排班問題 (Machine Scheduling Problem) 為基礎來構建油罐車輛調度問題的數學規劃模式。然後，陳春益等 (民 91) 更運用時空網路的觀念，將油罐車輛調度問題視為是三個層級的指派問題：車輛指派、油品車次指派、加油站車次指派，並據以構建一多目標多元商品網路設計模式，其目標函數除考慮滿足各加油站之需求外，尚考慮油罐車輛配送不同油品的洗車成本、對公營與民營加油站不同處理方式，以及各油罐車輛工作負荷平均等因素。然後為求能有效協助調度人員進行油罐車輛調度作業，該研究依據原模式加以簡化而成一啟發式模式，將均差限制改為範圍限制，並事先分配多元商品網路設計模式之共同資源，而成為對應各油品之獨立性流量子

問題，然後利用數學規劃軟體 CPLEX 求解及 EXCEL 試算表展示圖形。該研究以中油公司南部某油庫之實際資料進行驗證，其效率明顯優於傳統人工調度方式。

卓裕仁、王寶治 (民 90) 考慮各種營運的資源及限制，探討中油公司油罐車輛駕駛員派遣作業，並藉由訪談瞭解中油公司油罐車輛駕駛員派遣作業程序及油品配送派遣原則與限制，發展一個駕駛員派遣的啟發式演算法，然後藉由蒐集實際的資料進行方法驗證，結果顯示該方法確實能改善中油公司油罐車輛駕駛員的派遣效率。隨後，王寶治 (民 91) 更建構一套油罐車駕駛員排班決策支援系統來進行駕駛員之運送指派。

古順文 (民 92) 則將中油公司自供油中心至各加油站間的油品配送問題轉換成車輛路線問題 (VRP)，並結合 GIS 系統估算里程參考值，以基因演算法 (Genetic Algorithm) 設計啟發式求解方法。傅玉璠 (民 94) 亦針對配送油料司機排班問題，利用多目標數學規劃方法構建油庫配送油料司機之多目標排班模式；該模式考量司機人數、成本、滿意度及公平性四個目標函數，同時考量資源及法規的限制，並結合加權法與基因演算法以求解此多目標排班模式；該研究以中油公司北部某油庫 (供油中心) 為個案進行實證分析。呂宗霖 (民 95) 利用整數規劃探討風險最小化之油罐車運輸指派問題，尋求具有最小風險之運作狀態，並以國內某油品公司中部兩座供油中心及其服務之加油站為研究對象，分析多種情境。

綜合上述文獻回顧，可歸納出以下五點發現：

- (1) 油罐車輛派遣與調度問題非常複雜，屬於組合最佳化的決策問題，學術上多將其轉換成考量各種限制條件與目標函數的數學規劃模式，並運用啟發式演算法來加速求解速度。
- (2) 油品配送的問題型態可分成：煉油廠至油庫、油庫與油庫之間，以及油庫至加油站等三種。一般而言，煉油廠至油庫的油品配送可將其轉換成運輸問題 (Transportation Problem) 來求解，油庫與油庫之間的油品配送可轉換成運輸問題或車輛路線問題 (Vehicle Routing Problem)，至於油庫至加油站的油品配送則多應用車輛路線問題或指派問題 (Assignment Problem) 求解之。
- (3) 國外研究顯示，為改善實務派遣作業的績效，自動化與電腦化乃是必然的趨勢；透過開發量身訂做的資訊系統或決策支援系統，業者不僅能有效提升派遣效率，更可將訂單處理、車隊管理與顧客關係管理等功能整合在一套系統內，達到即時回應的效果。
- (4) 國外的應用案例由於其服務範圍廣闊、顧客位置分散，油品配送多採用大型的連結油罐車輛，並將油槽分隔成數個容量不一的空間，以便能一次服務多個顧客。反觀國內的油品業者，則採用每車每次配送一位顧客的營運方式，與國外案例明顯不同。
- (5) 上述文獻多僅就油罐車輛資源加以規劃與運用，並未考慮顧客 (加油站) 對配送時段的偏好或要求。在市場競爭日趨激烈的情況下，實有必要將滿足顧客對時段要求納入油罐車輛派遣之決策機制當中。

### 3. 油罐車輛派遣之作業分析

本研究根據實際訪談個案公司與蒐集其油罐車輛派車作業規範（中油公司，民 89），彙整出油罐車輛派遣作業之程序與限制規定。本節介紹個案公司的油品配送作業流程與特性，並敘述油罐車輛派遣作業之流程及相關規範。

#### 3.1 油品配送作業流程

個案公司油罐車輛散裝油品運送時之作業流程依序為：訂油、登錄、審查、派車、灌裝、出庫、運送、交驗辦理。各程序說明如下：

- (1) 訂油：加油站透過運輸中心之電話語音系統或傳真方式訂油，有特殊緊急情況亦可使用電話訂油。
- (2) 登錄：運輸中心有專人負責於每日開始灌裝發油前彙總整理語音及傳真之訂油資料，予以列印或登錄於調度總表上。
- (3) 審查：審查作業係設定於語音訂油系統內，可自動管制賒銷額度、油品類別及數量。如為傳真或電話則由承辦人員負責審查可否派車。
- (4) 派車：自營加油站以語音訂貨系統、傳真或電話回報存量時，由調度人員預估銷售量審定須否配送。一般現銷民營加油站或客戶，經查對提貨單資料後，由調度人員決定能否派車送油。調度人員依各加油站之需求緩急、交通狀況、油罐車輛駕駛員人力勞逸平均等因素進行派遣並開立「派車單」。
- (5) 灌裝：油灌車駕駛員依派車單領取灌油磁卡，前往灌裝台進行灌油作業。
- (6) 出庫：灌裝完畢離開油庫中心前，駕駛員應檢查「自動裝油記錄單」與「發貨/調撥/送貨單」上所登載油品、數量、車號、客戶名稱是否完全相同。然後確定灌卸油口已鉛封，並經保警人員查對車號與自動灌裝記錄單是否相符後，打印出中心時間及簽名後放行出供油中心。
- (7) 運送：運送途中應遵守交通安全規章及運送危險物品規定，照指定路線駛往目的進行運送作業。
- (8) 交驗辦理：卸油應遵照油罐車輛操作程序與加油站或客戶收油人員配合作業，卸入正確油槽。完成卸油後返回中心繳回交貨憑證做為油帳處理。運輸中心須詳細核對自動灌裝紀錄與駕駛員繳回之交貨憑證，以確認正確無誤。

#### 3.2 油品配送作業特性

個案公司的油類產品包括無鉛汽油（92、95、98）、柴油、航空燃油、燃料油等多種，其來源不論是由國外進口原油在國內煉油廠煉製為成品，或直接從國外進口成品油，均以油輪或長途油管分別輸送至各地油庫儲存，再由油庫運銷至顧客處（加油站業者或直接客戶）。以加油站為例，其汽、柴油配送作業係由油品公司自有或委外之油罐車輛直接從油庫運送至各加油站；

而其它工商、交通業等直接客戶，則以自備油罐車輛自運或委由運輸業者來代運。由於運送途程遠近距離各不相同，再加上油品本身屬於危險物品，故其運送方式需注意運送時的安全性，運送路線也受到法令的規範。油品公司各地的油庫或運輸中心，也會隨著其管理制度與顧客特性之不同，而有不同的油品配送作業方式。茲整理個案公司新竹運輸中心之油品配送作業特性如下：

- (1) 配送車隊分為自有與委外兩種。新竹運輸中心原則是透過所屬之自有車隊來負責配送轄區內（新竹縣市與苗栗縣市）各加油站每日所需之油品，自有車隊運能不足之部份則交由委外車隊進行運送。
- (2) 駕駛員與油罐車輛採人車合一制，因此本研究所謂油罐車輛派遣亦包含其駕駛員之派遣。自有車隊駕駛員之薪資結構為年資加上行駛里程數，亦即行駛里程數越多、薪資越高。委外車隊則以訂定契約方式給予運輸費用，並保證其最低運送里程。
- (3) 由於所運送之油品為危險物品，因此其行駛路線必須經過政府相關機關同意核准，故配送至各加油站的行駛路線與距離（里程數）均為固定已知。
- (4) 油罐車輛每趟運油只服務單一顧客(加油站)，且只運送單一種油品。運送油品結束後，均須再回新竹運輸中心，準備進行下一次運送任務；若前後兩趟運送的油品不同，則須先清洗油槽後才能裝載不同油品，稱之為整備時間。
- (5) 加油站區分為公營及民營兩種類型。民營加油站須於每日向新竹運輸中心預訂隔日之油品種類與需求；而公營加油則於夜間陸續地將油料庫存量傳回新竹運輸中心，由油庫統一彙整並決定各站之配送量。
- (6) 由於各加油站運送路線上之路況有所不同，派遣時為避免同一油罐車輛駕駛員一直分配到路況較差之加油站路線，故將加油站的位置分為市區、郊區、及山區三種區位。
- (7) 各加油站每日油品需求均不一定，並無固定的訂油週期，所以油罐車輛與駕駛員的派遣是每日均需進行之工作。

### 3.3 油罐車輛派遣作業規範

上述的油品配送作業流程中以派車作業的程序最為繁瑣耗時，也是影響整個油品配送效率的關鍵步驟，因此本小節再就個案公司新竹運輸中心之油罐車輛派遣作業內容詳加說明。

- (1) 派車作業時程：調度人員以人工方式產生每日油罐車輛駕駛員之工作派遣表，又分為一般派遣和機動調度派遣兩種作業程序。一般派遣分為預派 A（配送前日 21:00 預派隔日之車次與趟數）與預派 B（配送當日 8:00 再視預派 A 後新增之訂油資料進行車次與趟數之調整），圖 1 顯示預派 A 之作業流程。預派 B 之作業流程步驟與預派 A 並無不同，只是根據新增的訂單資料調整預派 A 之派車結果。機動調度係當預派 B 之班表公佈後，駕駛員因特殊情形而無法出勤，或因加油站當日臨時增加訂單等突發狀況所進行之臨時調度。

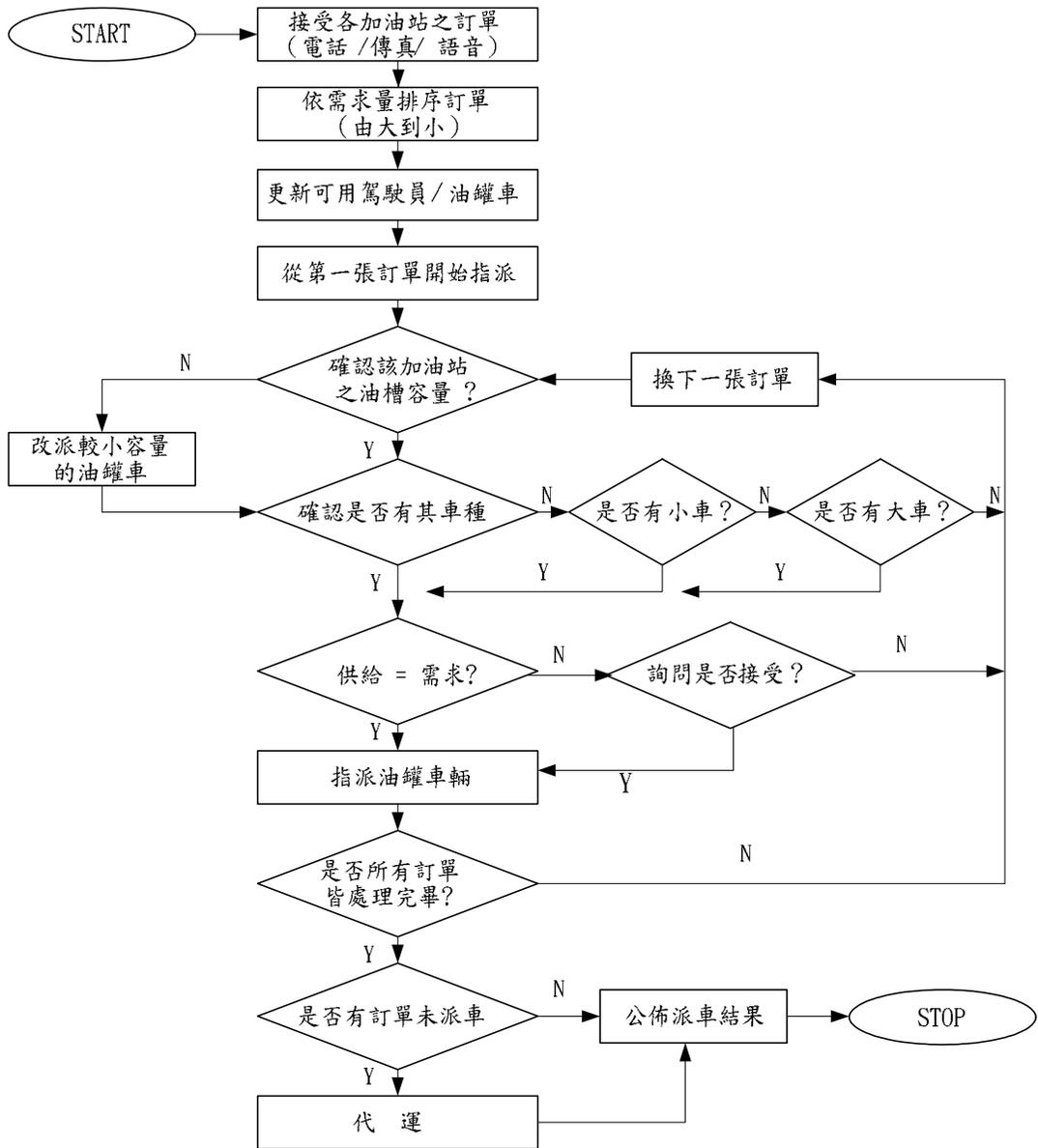


圖 1 個案公司一般派遣預派 A 作業流程圖

(2) 油品運送之查核：調度人員首先彙總語音、傳真、電話三種訂購方式之需求量，確認當日可出勤之駕駛員與油罐車輛後，再檢查顧客之加油站油槽容量是否可容納訂購的油品需求量；若無法容納，則改派較小容量之油罐車輛。

(3) 油罐車輛駕駛員派遣原則：調度人員依各加油站距離之里程數進行排序 (由大到小)。油罐

車輛駕駛員之運送指派以運送里程數為考量，並以 30 公里為基準點；30 公里以上優先指派給自有車隊駕駛員，逐次遞減至所有自有車隊駕駛員指派完畢（在工時限制之下），若是尚有未派車之訂單則交由委外公司來進行代運。

- (4) 班表之實施與公佈：確定所有訂單需求量全部指派完畢後，將派遣結果之駕駛員班表公佈實施。
- (5) 新增訂單之機動調度：配送當日若有加油站臨時以電話或傳真方式下單，則由調度人員記錄所需油品種類及公乘數，並檢查是否有適當容量的車輛；若無，則由委外廠商調度車輛支援代運。
- (6) 近來，為提升服務品質，個案公司新竹運輸中心亦可接受顧客訂油時指定送達時段。目前配送時段分為：上午 (08:00~12:00)、下午 (13:00~17:00) 與夜間 (18:00~22:00)，共三個時段。若顧客未指定時段，則由派遣人員自行決定。

綜合上述之油品配送作業特性與油罐車輛派遣作業規範可知，個案公司的油罐車輛派遣作業不僅要滿足各加油站之需求，掌握各加油站之所在位置、油槽容量、配送里程及要求送達時段外，尚須考量油罐車輛權屬（自有或委外）、工作負荷平均、油品種類及車槽容量等因素，實屬相當複雜與困難之工作。目前個案公司皆以調度人員依其經驗進行人工派遣，所耗費的時間很長，若該調度人員請假或離職，則往往無他人可以為繼。從第 2 節的文獻回顧得知，國外的油品公司大多積極開發油罐車輛派遣的決策支援系統以提升其效率、降低營運成本。反觀國內則尚未有類似的系統出現，實有深入研究之必要。

## 4. 決策支援系統之功能與架構

本研究根據前節之油品配送特性與油罐車輛派遣流程，著手構建「油罐車輛派遣決策支援系統」。本節簡要說明本系統的功能需求、組成架構及資料流向分析，並於第 5 節詳細說明油罐車輛派遣核心模組之啟發式演算法設計內容。

### 4.1 系統功能需求

本系統旨在改善油罐車輛派遣之作業效果與效率。由於派遣作業亦牽涉訂單資料處理與車隊管理（例如：行車管理監控、車輛維修保養）等相關業務，故本系統尚須涵蓋這些衍生性的功能需求；各項功能規劃如圖 2 所示，並分述於下。

- (1) 決策支援主系統（使用者界面），提供親和的畫面、圖形及簡易清楚的操作方式，包含：(a) 系統管理、(b) 油罐車輛派遣、(c) 行車管理監控、(d) 輪胎管理、(e) 檢驗保養管理、(f) 基本資料維護、(g) 離開本系統，等主功能。
- (2) 油罐車輛派遣，提供油罐車輛與駕駛員之派遣與調度功能，可自動產生人員派遣表，包含：

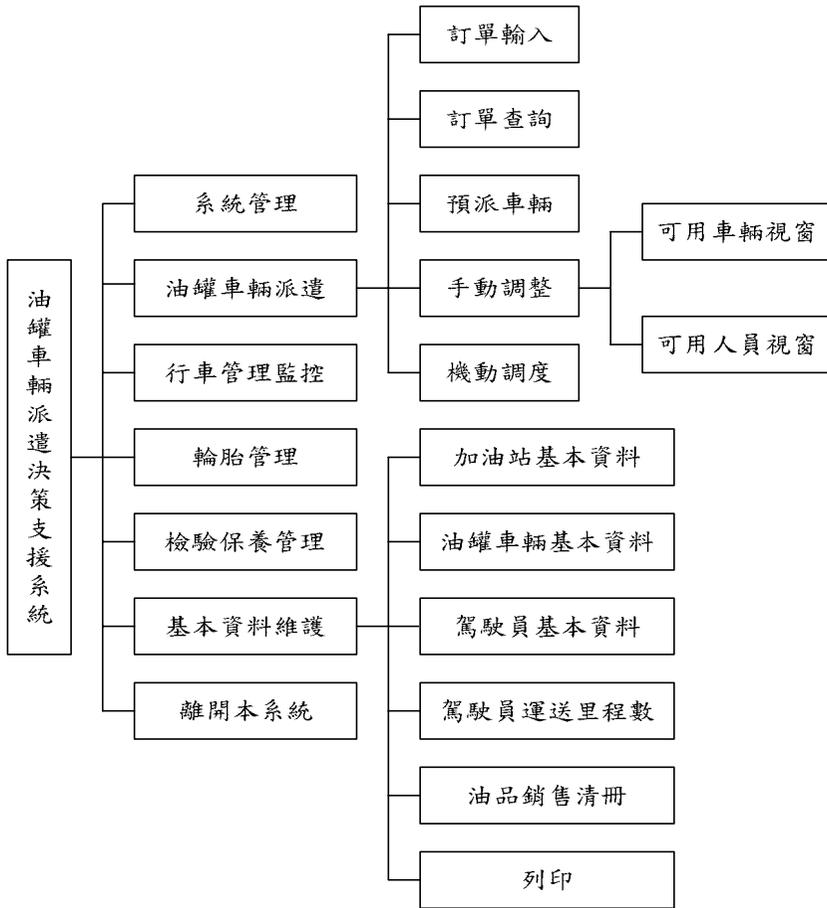


圖 2 油罐車輛派遣決策支援系統之功能展開圖

- (a) 訂單輸入、(b) 訂單查詢、(c) 預派車輛、(d) 手動調整、(e) 機動調度，等子功能。
- (3) 手動調整，提供派遣人員以手動方式即時調度油罐車輛或駕駛員，包含：(a) 可用車輛視窗、(b) 可用人員視窗。
- (4) 基本資料維護，提供車輛調度相關資料查詢、瀏覽及更新的系統服務，包含：(a) 加油站基本資料、(b) 油罐車輛基本資料、(c) 駕駛員基本資料、(d) 駕駛員運送里程數、(e) 油品銷售清冊、(f) 列印，等子功能。

## 4.2 系統組成架構

本系統的主要構成元件為資料庫、模式庫及控制界面三個部分；利用 Access 軟體建立相關資料庫，並使用 Microsoft Visual Basic 程式語言來開發人機互動控制界面及派遣模式庫所需之啓

發式演算法，整體之系統組成架構如圖 3 所示。

(1) 資料庫：資料流向分析如圖 4 所示。

本研究利用 Access 軟體建立本系統所需之相關資料庫，並與控制界面整合以利即時進行資料傳輸與更新。資料庫決定系統可利用的資料結構、運算、以及完整性限制，此資料庫的建立可提供產生、維護、及存取資料庫中資料所需的運算，及處理每日各加油站的訂油資料彙整。本研究根據個案公司現行人工派遣作業流程與基本原則，整理與分類各項基本資料表與紀錄表以建立其資料檔案，包括：加油站訂單記錄、油罐車輛運送記錄、送油至加油站里程資料、車輛保養維修記錄、車藉資料、油罐車輛基本資料、派車資料。

(2) 模式庫：

由於傳統的人工派遣作業，對於調度人員之依賴性過高且不具效率，因此本系統模式庫乃構建一個數學規劃模式，來描述其油罐車輛派遣問題。然而，因考量派遣人員之操作慣性與求解之時效性，本系統則設計一個啟發式演算法來求解其油罐車輛派遣問題，數學規劃模式與啟發式演算法之細節詳述於第 5 節。

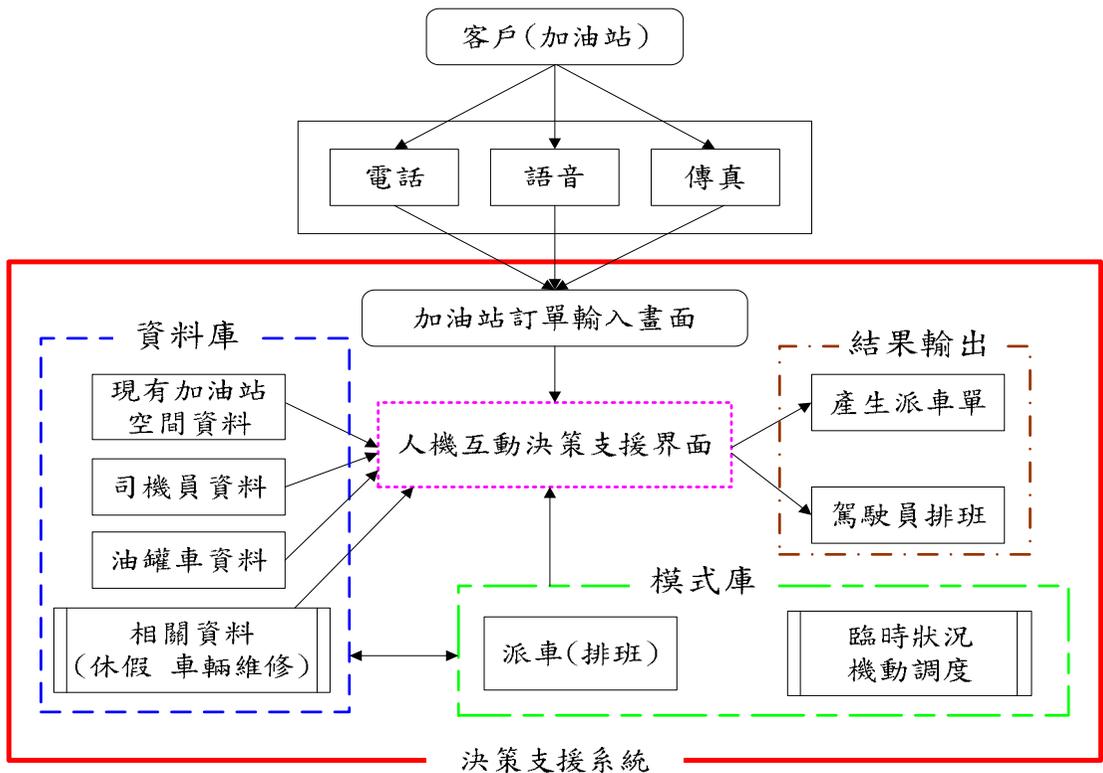


圖 3 油罐車輛派遣決策支援系統之組成架構圖



### (3) 系統控制界面：

配合物件導向之 Microsoft Visual Basic 軟體撰寫程式來建立油罐車輛派遣決策支援系統之人機互動界面，調度人員不僅能直接透過界面輸入與檢視加油站的訂油訂單，亦可在此界面上顯示派車單及駕駛員派遣表等結果，提供調度人員即時查看派遣結果並進行手動調整。此外，控制界面並可協助調度人員在面臨駕駛員的突發情況（例如：臨時性請假，精神狀況不佳）時，能夠隨時進行當日駕駛員與班次之機動調度。

本系統之程式係運用「瀑布模式 (Water-Fall)」來開發。雖然在先進的資訊系統開發及小規模的開發上，瀑布模式不一定是最適合的模式，但可算是大規模程式開發的基本程序模式。本文附錄展示了本系統部分功能的執行畫面。

## 5. 油罐車輛派遣模式庫之建立

本節針對本系統之核心決策問題，提出一個油罐車輛派遣之數學規劃模式，以清楚界定油罐車輛派遣的目標與相關限制條件；此外，本研究也設計了一個啟發式演算法於本系統的模式庫中，以進行油罐車輛派遣問題之求解。

### 5.1 數學規劃模式構建

根據第 3 節對個案公司派遣作業特性與流程之分析可知，針對個案公司油罐車輛派遣效率提升之目標而言，油罐車輛派遣啟發式演算法除須滿足前述各項作業規範與每日訂油需求外，仍應以「降低營運成本」為最終目標。

由於個案公司之油罐車輛來源分為自有車隊與委外車隊兩種，因此要考慮兩者對營運成本的影響，其派遣原則是自有車隊為基本運送能量，用委外車隊來應付訂油需求的增量波動。亦即，如果能夠降低委外運送的數量與里程（第一目標：委外車隊運送里程總和極小化），就可使委外運輸的營運成本降低。

再者，對自有車隊而言，由於駕駛員的薪資與其運送里程成正比，因此也要顧及駕駛員間工作負荷之平衡（第二目標：自有車隊運送里程差距極小化），意指使自有車隊駕駛員間的薪資差距（最大值-最小值）縮小，以免造成彼此間的薪資差異太大（公平性）。當然，公平性是一種比較抽象的目標，本研究所提出的計算方式並不一定是最佳的定義，但卻可能是較容易計算與實務執行的方式。

基於上述理由，本研究認為油罐車輛派遣之目標必須兼顧效率與公平，因此以「委外車隊運送里程總和極小化」與「自有車隊運送里程差距極小化」兩項目標為依據，以構建數學規劃模式及設計啟發式演算法。整個數學規劃模式列示如式(1)至式(24)所示；模式中所使用的符號乃先說明於下：

## (1) 集合

$M$  = 油品種類之集合,  $M = \{1, 2, \dots, m\}$ ;

$N_t$  = 指定送達時段  $t$  之客戶節點集合,  $t = 0$ (未指定), 1(上午), 2(下午), 3(夜間);

$N$  = 所有客戶節點之集合,  $N = N_0 \cup N_1 \cup N_2 \cup N_3$ ; 至於運輸中心(場站)則以節點 0 表示之;

$P_s$  = 第  $s$  班別之自有車隊油罐車輛集合,  $s = 1$ (A 班), 2(B 班), 3(C 班);

$P'_s$  = 第  $s$  班別之油罐車輛集合,  $P'_s = \{0\} \cup P_s$ , 其中, 0 為委外油罐車輛編號;

$P$  = 所有自有車隊油罐車輛之集合,  $P = P_1 \cup P_2 \cup P_3$ ;

$P'$  = 所有油罐車輛之集合,  $P' = \{0\} \cup P$ , 其中, 0 為委外油罐車輛編號。

## (2) 參數

$a_i$  = 運輸中心至客戶節點  $i$  的估計里程數(單位為公里);

$b_i$  = 客戶節點  $i$  的估計服務時間(單位為分鐘), 包含往返的行車時間、整備時間與裝卸油時間;

$c_k$  = 油罐車輛  $k$  的裝載容量(單位為公秉);

$d_{ih}$  = 客戶節點  $i$  對油品種類  $h$  的需求量(單位為公秉);

$e$  = 自有車隊油罐車輛的司機工時限制, 例如: 480 分鐘。

## (3) 變數

$x_{ihk}$  = 雙元變數; 若  $x_{ihk} = 1$ , 表示客戶  $i$  對油品種類  $h$  之需求被油罐車輛  $k$  服務; 否則,  $x_{ihk} = 0$ ;

$z_k$  = 決策變數, 表示油罐車輛  $k$  被派遣的里程數(單位為公里);

$z^{max}$  = 決策變數, 表示自有車隊各油罐車輛中最大的派遣里程數(單位為公里);

$z^{min}$  = 決策變數, 表示自有車隊各油罐車輛中最小的派遣里程數(單位為公里)。

$$\text{Minimize: } z_0 \quad (1)$$

$$\text{Minimize: } z^{max} - z^{min} \quad (2)$$

Subject to:

$$\begin{cases} \sum_{k \in P'} x_{ihk} = 1, \text{ if } d_{ih} > 0 \\ \sum_{k \in P'} x_{ihk} = 0, \text{ if } d_{ih} = 0 \end{cases} \quad \forall i \in N_0, h \in M \quad (3)$$

$$\begin{cases} \sum_{k \in P'_1 \cup P'_3} x_{ihk} = 1, \text{ if } d_{ih} > 0 \\ \sum_{k \in P'_1 \cup P'_3} x_{ihk} = 0, \text{ if } d_{ih} = 0 \end{cases} \quad \forall i \in N_1, h \in M \quad (4)$$

$$\begin{cases} \sum_{k \in P'_1 \cup P'_2} x_{ihk} = 1, \text{ if } d_{ih} > 0 \\ \sum_{k \in P'_1 \cup P'_2} x_{ihk} = 0, \text{ if } d_{ih} = 0 \end{cases} \quad \forall i \in N_2, h \in M \quad (5)$$

$$\begin{cases} \sum_{k \in P'_2 \cup P'_3} x_{ihk} = 1, \text{ if } d_{ih} > 0 \\ \sum_{k \in P'_2 \cup P'_3} x_{ihk} = 0, \text{ if } d_{ih} = 0 \end{cases} \quad \forall i \in N_3, h \in M \quad (6)$$

$$c_k - d_{ih} \cdot x_{ihk} \geq 0 \quad \forall i \in N_0, h \in M, k \in P \quad (7)$$

$$c_k - d_{ih} \cdot x_{ihk} \geq 0 \quad \forall i \in N_1, h \in M, k \in P_1 \cup P_3 \quad (8)$$

$$c_k - d_{ih} \cdot x_{ihk} \geq 0 \quad \forall i \in N_2, h \in M, k \in P_1 \cup P_2 \quad (9)$$

$$c_k - d_{ih} \cdot x_{ihk} \geq 0 \quad \forall i \in N_3, h \in M, k \in P_2 \cup P_3 \quad (10)$$

$$\sum_{h \in M} \sum_{i \in N_1} b_i \cdot x_{ihk} \leq 0.5e \quad \forall k \in P_1 \cup P_3 \quad (11)$$

$$\sum_{h \in M} \sum_{i \in N_2} b_i \cdot x_{ihk} \leq 0.5e \quad \forall k \in P_1 \cup P_2 \quad (12)$$

$$\sum_{h \in M} \sum_{i \in N_3} b_i \cdot x_{ihk} \leq 0.5e \quad \forall k \in P_2 \cup P_3 \quad (13)$$

$$\sum_{h \in M} \sum_{i \in N-N_3} b_i \cdot x_{ihk} \leq e \quad \forall k \in P_1 \quad (14)$$

$$\sum_{h \in M} \sum_{i \in N-N_1} b_i \cdot x_{ihk} \leq e \quad \forall k \in P_2 \quad (15)$$

$$\sum_{h \in M} \sum_{i \in N-N_2} b_i \cdot x_{ihk} \leq e \quad \forall k \in P_3 \quad (16)$$

$$z_k - \sum_{h \in M} \sum_{i \in N-N_3} a_i \cdot x_{ihk} = 0 \quad \forall k \in P_1 \quad (17)$$

$$z_k - \sum_{h \in M} \sum_{i \in N-N_1} a_i \cdot x_{ihk} = 0 \quad \forall k \in P_2 \quad (18)$$

$$z_k - \sum_{h \in M} \sum_{i \in N-N_2} a_i \cdot x_{ihk} = 0 \quad \forall k \in P_3 \quad (19)$$

$$z_0 - \sum_{h \in M} \sum_{i \in N} a_i \cdot x_{ih0} = 0 \quad (20)$$

$$z^{max} - z_k \geq 0 \quad \forall k \in P \quad (21)$$

$$z_k - z^{min} \geq 0 \quad \forall k \in P \quad (22)$$

$$x_{ihk} = 0 \text{ or } 1 \quad \forall i \in N, h \in M, k \in P' \quad (23)$$

$$z_k, z^{max}, z^{min} \geq 0 \quad \forall k \in P' \quad (24)$$

其中，式(1)為第一目標之「委外車隊運送里程總和極小化」，式(2)為第二目標之「自有車隊運送里程差距極小化」，亦即求解時應先求第一目標為最小之情況下，再求第二目標為最小。

式(3)~式(6)為第一組限制式，表示當顧客  $i$  對油品種類  $h$  有需求時 (即  $d_{ih} > 0$ )，必須指派一輛油罐車去服務此顧客。由於個案公司可由顧客指定服務時段，因此依其時段 (未指定、上午、下午、夜間) 分成四式。以式(4)為例，在指派車輛服務上午時段的顧客時，可供派遣的車輛(司機)係限定為 A 班與 C 班之自有車輛以及委外車輛；其他三式以此類推。

式(7)~式(10)為第二組限制式，表示被指派的車輛，其容量必須大於或等於該顧客的需求量，否則不予指派。此組限制亦依服務時段分成四式。

式(11)~式(13)為第三組限制式，表示各時段被指派的自有車輛不得超過其工時限制的一半；此組限制依時段可分成三式。以式(11)為例，上午時段的長度為四小時，等於工時限制(八小時)的一半，該時段可指派的自有車輛為 A 班與 C 班。

式(14)~式(16)為第四組限制式，表示所有自有車輛的工作時數不得超過工時限制；此組限制依班別可分成三式。

式(17)~式(19)屬於第五組限制式，用以計算各自有車輛之派遣里程數；此組限制亦依各種班別分成三式。式(20)同屬第五組限制式，係用以計算委外車輛之派遣里程數，即第一目標之值。

式(21)與式(22)為第六組限制式，分別計算自有車輛中最大與最小的派遣里程數。式(23)與式(24)為第七組限制式，用以定義本模式中所有變數之值域。

## 5.2 啟發式演算法設計

雖然本研究提出之數學規劃模式已經將個案公司的油罐車輛派遣相關作業規範與限制納入，但由於派遣過程中經常會遭遇到許多無法預知與控制的變異因素，例如：客戶臨時訂油、司機臨時請假、車輛臨時故障、塞車導致行車時間延長。因此，上述的數學規劃模式對實際操作的派遣人員而言，仍是屬於較難以理解與掌控的表達型式，而且也缺乏更改輸入參數及人工調整派遣班表的機制。有鑒於此，本研究乃設計一套簡易的啟發式演算法，以便於在很短的時間內可以產生不錯的派遣結果，並提供人工調整派遣班表之功能與界面，以協助派遣人員改善油罐車輛派遣作業的決策品質與效率。

本研究提出的油罐車輛派遣啟發式演算法乃參考個案公司現行派遣作業程序進行改善與設計。如前所述，現行的派遣程序分為：一般派遣 (預派 A、預派 B)與機動調度，由於此三項派遣作業程序之重複性高且需由調度人員進行人工判斷，因此藉由本啟發式演算法可有效改善上述重複運算與繁雜程序。此外，設定下列前提假設：

- (1) 可用車輛數為已知，並已事前排除無法派遣之自有車輛與司機 (可透過本系統「手動調整」子功能下之「可用車輛」與「可用人員」兩視窗進行資料更新及確認)。

- (2) 顧客可指定之送達時段，分為上午 (08:00~12:00)、下午 (13:00~17:00) 與夜間 (18:00~22:00) 三個時段。
- (3) 顧客之訂油需求量、油品種類及指定送達時段為已知 (此項資料可由本系統「訂單輸入」子功能自動帶出)。
- (4) 為配合顧客指定送達時段，假設有自有車隊的駕駛員排班有三種班別，A 班 (上午與下午)、B 班 (下午與夜間) 及 C 班 (上午與夜間)。
- (5) 駕駛員的工時限制為每日 480 分鐘，包含車輛整備時間與油品裝卸時間 (假設各為 30 分鐘)。
- (6) 每一筆訂單車次只能指派一輛油罐車輛服務，且每一車次只服務一座加油站；每輛油罐車在其司機當日的工時限制內可指派多趟車次。
- (7) 油罐車輛自運輸中心油庫至各加油站間的里程數與行車時間為固定已知 (根據 3.2 節第 3 點特性)；三種加油站區位之平均行車速率為：市區 40 公里/小時、郊區 50 公里/小時、山區 30 公里/小時。
- (8) 當較小油槽容量的車輛不敷指派時，可改派油槽容量較大的車輛；反之，則不可以小車取代大車。
- (9) 無法指派給自有車隊的訂單趟次可以全數交由委外車隊配送，且無須安排委外車隊之排班 (由契約運輸業者自行安排)。

油罐車輛派遣之啟發式演算法包含三個運算階段：事前處理 (整理訂單需求資料與可用車輛)、起始解構建 (產生可行的起始派遣班表)、起始解改善 (針對可行派遣班表進行目標改善)。茲說明啟發式演算法之三階段步驟如下：

### 5.2.1 事前處理

- 步驟 1-1：輸入並確認欲派遣之訂單編號、顧客代號、指定時段、油品種類與需求量等資料。
- 步驟 1-2：依各訂單之顧客代號查詢系統資料庫中顧客檔案之該顧客加油站所在區位及里程數，再依據其區位之平均行車速率計算出該訂單趟次的服務時間 (= 整備時間 + 裝卸時間 + 往返時間)。
- 步驟 1-3：查詢系統資料庫之車輛保養紀錄表及油罐汽車駕駛員輪值班表，審核次日可出勤的油罐車輛及駕駛員。

### 5.2.2 起始解構建

- 步驟 2-1：訂單分類與排序。先依各筆訂單之指定時段分成「未指定」、「上午」、「下午」及「夜間」四種類型；然後，各時段之訂單再依油庫至加油站之里程數由大至小遞減排序。
- 步驟 2-2：分別對上午、下午及夜間三種時段類型的訂單進行車輛派遣 (將訂油需求指派給油罐

車輛)。

- (1) 各時段指定類型按排序後的訂單順序，依序優先派遣給自有車隊的油罐車輛。派遣時須確認車輛油槽容量之可行性，例如該訂單之需求為 18 公秉 (即 18,000 公升) 時，只能派遣容量較大的 19 公秉或 20 公秉的油罐車輛。此外，並檢查該油罐車輛之派遣是否違反該時段最大值勤時數 (240 分鐘) 限制。
- (2) 自有車隊油罐車輛之指派順序係採用「往返式指派 (top-down, button-up)」，亦即第一輪指派由第一輛車往後檢查至最後一輛車，先滿足需求與工時限制者先指派，每輛車在每一輪指派時最多只能派遣一次；第二輪指派時則改由最後一輛車往前檢查至第一輛車，依此類推。
- (3) 若所有自有車隊油罐車輛皆無法服務該訂單時，將其派遣給委外車隊 (不必明確指派委外車隊的油罐車輛)。
- (4) 重複執行上述步驟(1)~(3)，直到所有需求訂單皆已指派完畢為止，即可獲得各時段類型的車輛派遣結果。

步驟 2-3：根據目前各可用自有車隊油罐車輛之累積配送里程數 (不分時段)，由小至大遞增排序。

步驟 2-4：針對未指定時段類型的訂單，依序檢查是否可以指派給累積里程數較少的自有車隊油罐車輛；指派方式仍採往返式指派，並須滿足時段最大值勤時數 (240 分鐘) 限制。若所有自有車隊油罐車輛皆無法服務該訂單時，則將其指派給委外車隊。

### 5.2.3 起始解改善

步驟 3-1：降低委外車隊總里程數

- (1) 根據目前各可用自有車隊油罐車輛之累積配送里程數，由小至大遞增排序。
- (2) 1-0 交換改善：依上述排序的結果，逐一檢查將委外油罐車輛之單筆訂單改由自有車隊油罐車輛配送的可行性 (滿足服務時段、容量及工時等限制)。採「首先改善 (first improvement)」原則，即在檢查過程中遇到第一個可行的交換，就立即進行交換；直到所有委外油罐車輛之訂單都檢查過，停止本步驟。
- (3) 根據目前各可用自有車隊油罐車輛之累積配送里程數，由小至大遞增排序。
- (4) 1-1 交換改善：依上述排序的結果，逐一檢查將委外油罐車輛之單筆訂單與自有車隊油罐車輛之單筆訂單交換的可行性 (滿足服務時段、容量及工時等限制)。採「首先改善 (first improvement)」原則；若交換訂單後可減少委外車隊的總里程數，則接受交換；直到所有委外油罐車輛之訂單都檢查過，停止本步驟。

步驟 3-2：降低自有車隊里程數差距

- (1) 根據目前各可用自有車隊油罐車輛之累積配送里程數，由小至大遞增排序。

- (2) 1-0 交換改善：依上述排序的結果，逐一檢查將某自有車隊油罐車輛之單筆訂單改由另一自有車隊油罐車輛配送的可行性（滿足服務時段、容量及工時等限制）。採「首先改善 (first improvement)」原則；若更改指派後可減少自有車隊中最大里程數車輛與最小里程數車輛之里程數差距，則接受交換；直到所有自有車隊油罐車輛之訂單都檢查過，停止本步驟。
- (3) 根據目前各可用自有車隊油罐車輛之累積配送里程數，由小至大遞增排序。
- (4) 1-1 交換改善：依上述排序的結果，逐一檢查將某自有車隊油罐車輛之單筆訂單與另一自有車隊油罐車輛之單筆訂單交換的可行性（滿足服務時段、容量及工時等限制）。採「首先改善 (first improvement)」原則；若交換訂單後可減少自有車隊中最大里程數車輛與最小里程數車輛之里程數差距，則接受交換；直到所有自有車隊油罐車輛之訂單都檢查過，停止。

步驟 3-3：輸出油罐車輛派遣結果之目標值與班表。

至於預派 B 與機動調度部分，在配送當日，調度人員可根據各自有車隊油罐車輛司機員的剩餘工時與實際執行情形，在本系統的「機動調度」功能下以手動方式進行重新派遣或調整。由於引發機動調度的突發狀況很多，因此事前處理必須特別小心。例如，當某駕駛員無法繼續工作時，須將該駕駛員及其油罐車輛自相關清單中移除，然後進行重新派遣。又，當有臨時訂單插入時，則僅須將該訂單車次新增至訂單需求清單中，然後以上述的步驟 2-4 進行指派。

## 6. 個案公司之實例驗證

本節以個案公司油品行銷事業部新竹運輸中心為應用對象進行實例驗證。為避免引用實際資料對個案公司之業務機密性造成困擾，本研究在徵得個案公司同意後，採用其新竹運輸中心之 92 年 6 月份實際訂單資料進行實例驗證。

### 6.1 實例情境資料整理

本實例個案之服務範圍包含新竹與苗栗地區共有 178 家公、民營加油站，供應油品 92、95 及 98 三種無鉛汽油，以自有車隊 (19 輛) 與委外車隊來進行油品運送。油罐車輛種類共計有 20,000 公升、19,000 公升、16,000 公升、15,000 公升、14,000 公升五種油槽容量。本研究自個案公司之實際訂單資料中，選擇五個具有代表性之訂購油品日期做為測試情境，分別說明如下：

情境一：6 月 1 日，為結帳日當天；結帳日一般為每月的 1 日、11 日與 21 日。

情境二：6 月 10 日，為結帳日前一天。

情境三：6 月 15 日，為平常日。

情境四：6 月 22 日，為結帳日後一天。

情境五：6月30日，為當月月底；一般而言，加油站業者考量本身之資金調度狀況，期末時訂油量較少。

上述五種測試情境下之實際訂單資料彙整如表 1 所示。由表 1 可知，訂油總需求量與訂單總數皆以情境一為最大，情境四次之，情境五最小。此外，指定三種時段的訂單數相較於未指定時段的訂單數而言，比例並不高（括號內數字為其百分比）；未指定時段訂單的百分比皆超過 42.6%；三種時段中，大致以指定時段三（夜間）的訂單數較多。

表 2 則顯示五種測試情境之原始派遣結果。由表 2 可知，在第一目標方面，委外車隊的里程數佔總運送里程數之百分比約在 50%至 75%左右；而第二目標，自有車隊之里程數差距（最大 - 最小）則約在 60 公里至 120 公里之間。表 2 的原始派遣結果將做為測試啟發式演算法效果之比較基礎。

表 1 五種測試情境之訂單資料統計表

| 統計資料                   | 情境一        | 情境二        | 情境三        | 情境四        | 情境五        |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 總需求量 (公乘) <sup>註</sup> | 2,030      | 1,722      | 1,710      | 1,799      | 1,630      |
| 指定時段一訂單數               | 18 (11.3%) | 21 (17.6%) | 13 (11.2%) | 34 (23.8%) | 17 (17.0%) |
| 指定時段二訂單數               | 25 (15.7%) | 17 (14.3%) | 18 (15.5%) | 22 (15.4%) | 12 (12.0%) |
| 指定時段三訂單數               | 27 (17.0%) | 24 (20.2%) | 23 (19.8%) | 26 (18.2%) | 18 (18.0%) |
| 未指定時段訂單數               | 89 (56.0%) | 57 (47.9%) | 62 (53.5%) | 61 (42.6%) | 53 (53.0%) |
| 訂單總數                   | 159 (100%) | 119 (100%) | 116 (100%) | 143 (100%) | 100 (100%) |

註：1 公乘 = 1,000 公升。

表 2 五種測試情境之原始派遣結果統計表

| 統計資料           | 情境一   | 情境二   | 情境三   | 情境四   | 情境五   |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 自有車隊里程數 (公里)   | 1,658 | 1,187 | 1,199 | 1,684 | 548   |
| 自有車隊趟次 (次)     | 93    | 48    | 62    | 57    | 30    |
| 委外車隊里程數 (公里)   | 1,497 | 1,358 | 1,417 | 1,699 | 1,669 |
| 委外車隊趟次 (次)     | 66    | 71    | 54    | 86    | 70    |
| 總運送里程數 (公里)    | 3,155 | 2,545 | 2,616 | 3,383 | 2,217 |
| 總運送趟次 (次)      | 159   | 119   | 116   | 143   | 100   |
| 委外車隊里程數百分比(%)  | 47.4% | 53.4% | 54.2% | 50.2% | 75.3% |
| 自有車隊里程數差距 (公里) | 83    | 64    | 124   | 105   | 95    |

## 6.2 測試結果之比較分析

本小節僅針對油罐車輛駕駛員每日出勤任務之派遣進行測試，並不包含駕駛員之輪休或休假安排。此外，對於實際道路行車速率等不確定性因素，或路段塞車與否、駕駛員臨時缺席等突發事件，則不在測試之情境範圍內。

### 6.2.1 油罐車輛派遣啟發式演算法之測試結果

將上述五種情境之訂油資料輸入本系統中並經車輛派遣模組運算後，可得到表 3 之派遣結果。運算結果與原始派遣班表的比較基準有二：第一目標為「委外車隊運送里程總和極小化」，第二目標為「自有車隊運送里程差距極小化」。由表 3 可知：

- (1) 在第一目標（委外車隊里程數極小化）方面，本研究啟發式演算法所求得之派遣結果在五種情境下，皆優於個案公司原始的派遣結果，改善幅度自 21.1% 至 54.8%，平均改善幅度為 37.8%。
- (2) 在第二目標（自有車隊里程數差距極小化）方面，改善情形則呈現兩種不同結果。情境一、情境三與情境四的改善幅度自 62.1% 至 85.5%，改善效果非常顯著；情境二及情境五則沒有獲得改善，甚至情境二之改善幅度稍微變差（-6.3%），其原因在於演算法是以第一目標的改善為優先考量。整體而言，五種情境的平均改善幅度仍高達 41.4%。
- (3) 就啟發式演算法之各階段結果比較（第一階段為事前處理），第二階段之起始解在第一目標方面即已求得相當不錯的結果，因此第三階段之改善解就很難再做明顯地改善；但是在第二目標方面，第三階段皆能再改善第二階段的結果。整體而言，本研究提出之油罐車輛派遣啟發式演算法確實有助於提升實例個案的派遣結果。

表 3 五種測試情境之派遣結果彙整與比較（單位：公里）

| 實例  | 委外車隊里程數          |                  |                  |                   | 自有車隊里程數差距 |      |      |       |
|-----|------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------|------|------|-------|
|     | 原始解 <sup>1</sup> | 起始解 <sup>2</sup> | 改善解 <sup>3</sup> | 改善幅度 <sup>4</sup> | 原始解       | 起始解  | 改善解  | 改善幅度  |
| 情境一 | 1,497            | 885              | 885              | 40.9%             | 83        | 13   | 12   | 85.5% |
| 情境二 | 1,358            | 905              | 905              | 33.4%             | 64        | 71   | 68   | -6.3% |
| 情境三 | 1,417            | 640              | 640              | 54.8%             | 124       | 50   | 47   | 62.1% |
| 情境四 | 1,699            | 1,360            | 1,341            | 21.1%             | 105       | 41   | 36   | 65.7% |
| 情境五 | 1,669            | 1,019            | 1,019            | 38.9%             | 95        | 109  | 95   | 0.0%  |
| 平均值 | 1,528.0          | 961.8            | 958.0            | 37.8%             | 94.2      | 56.8 | 51.6 | 41.4% |

註：1. 原始解指個案公司之原始派遣結果。

2. 起始解指本研究啟發式演算法第二階段之派遣結果。

3. 改善解指本研究啟發式演算法第三階段之派遣結果。

4. 改善幅度 = (原始解 - 改善解) ÷ 原始解 × 100%。

## 6.2.2 決策支援系統執行效率之測試結果

以下再針對本系統操作時間與原本人工作業時間進行比較，結果彙整如表 4 所示。其中，作業時間係指每日執行派遣作業所花費的時間；人工作業時間係依據實際訪談調度人員而得之概估價值；系統作業時間則由研究生自行操作本系統執行上述五種情境並以馬錶計時而得之平均值（取整數）。表 4 中，作業程序係按油罐車輛派遣作業中的主要作業項目：訂單資料輸入（登錄）、車輛派遣、確認班表、機動調度分別記錄之，時間單位為分鐘。其中，本系統的作業時間並未包含確認班表與機動調度兩項作業。而表中第四欄的時間節省值則等於人工作業時間減去系統作業時間。

表 4 結果顯示：在訂單資料輸入作業方面，本系統的操作時間明顯高於人工作業，其原因可能在於負責操作系統的研究生對實際的訂單處理作業不熟悉所致。至於電腦化程度較高的車輛派遣作業，其時間效益則相當明顯，時間節省了 57 分鐘（改善幅度達 95%），證實本研究建構之油罐車輛派遣決策支援系統確實可有效改善人工作業之效率。

## 7. 結論與建議

本研究針對個案公司油罐車輛派遣之實際作業特性與限制，提出一油罐車輛派遣啟發式演算法，並以其為核心模組建構「油罐車輛派遣決策支援系統」，具有訂單輸入、車輛派遣與車隊管理等功能。經以個案公司歷史資料所構成的五種訂單需求測試情境進行系統績效測試，結果發現本系統在「委外車隊里程數極小化」與「自有車隊里程數差距極小化」兩項目標下，整體的派遣結果皆優於原本的人工派遣結果，並能減少作業操作時間。茲彙整本研究之具體成果與貢獻於下：

- (1) 本研究提出之油罐車輛派遣啟發式演算法不僅兼顧「效率（委外車隊里程數極小化）」與「公平（自有車隊里程數差距極小化）」兩項目標，更能滿足派遣作業的規範與特性，符合個案公司之實務應用需求。

表 4 本系統作業與人工作業之時間比較表（單位：分鐘）

| 作業項目       | 操作方式 |      |       |
|------------|------|------|-------|
|            | 人工作業 | 系統作業 | 時間節省值 |
| 訂單資料輸入(登錄) | 20   | 44   | -24   |
| 車輛派遣       | 60   | 3    | +57   |
| 確認班表       | 30   | NA   | NA    |
| 機動調度       | 30   | NA   | NA    |
| 總計         | 140  | 47   | NA    |

註：NA 表示無資料或無法比較。

- (2) 本研究提出之油罐車輛派遣啓發式演算法除符合個案公司之派遣作業規範外，亦考慮指定時段的因素，滿足顧客對配送時段的要求。
- (3) 本研究所建置的油罐車輛派遣決策支援系統，經由實例測試證實確可有效提升個案公司的油罐車輛派遣績效。
- (4) 本系統以較具親和力、機動性之開發方式，提供人機互動式的使用者界面，方便調度人員操作與調整。

針對本研究議題之後續方向與建議如下：(1)在派遣公平性方面，除平衡自有車隊駕駛員間的里程差距外，亦可考慮以派遣里程數之標準差來做為公平性指標，或進一步考慮配送趟次或區位上的均衡；長期而言，甚至可考慮每月薪資之公平性。(2)在派遣效率方面，應可再取得個案公司與委外運輸公司之間的契約訂價資料，以實際估算在營運成本上的改善效果。(3)本系統設定每日可用的油罐車輛與司機員為已知，未來應可將本系統的功能擴大至車輛維修與司機輪值/輪休排班等方面，並可藉由預派結果產生隔日司機員的班別型態。(4)若欲應用本系統於個案公司之實際作業時，尚可考慮與公司現有的管理資訊系統（例如人事薪資系統）整合，並加強訂單輸入作業之自動化（例如自動語音輸入、網際網路下單），以提升系統效率。(5)在日益激烈的油品市場競爭下，如何藉由本系統提升對顧客（加油站）的服務水準，亦為值得深思的方向；例如，可提供「供應商管理存貨（Vendor Managed Inventory, VMI）」之加值服務。

## 附錄：本系統之部分功能執行畫面

- (1) 決策支援系統主畫面：



(2) 行車管理系統視窗畫面：

## 行車管理系統

作業時間：2002/11/18 下午 12:13:30

行車監控視窗

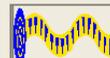
| 運車單號       | 油罐車車牌號碼 | 駕駛員工號  | 駕駛員姓名 | 運輸中心代號 | 供油中心   | 運送點代號     | 加油站代號   | 地區別 | 至加油站公里數 | 至加油站送時間 | 灌油時間 |
|------------|---------|--------|-------|--------|--------|-----------|---------|-----|---------|---------|------|
| ▶ DHUS0032 | RE689   | 481122 | 林清祥   | D6122  | 新竹供油中心 | D6131     | 蘇澳海港加油站 | 平地  | 5.5 KM  | 15 分    | 10 分 |
| DHUS0033   | QR927   | 565091 | 林寬基   | D6122  | 新竹供油中心 | D6133     | 北關      | 平地  | 41.7 KM | 50 分    | 20 分 |
| DHUS0034   | RE690   | 565385 | 郭金標   | D6122  | 新竹供油中心 |           | 羅東站     | 平地  | 21 KM   | 35 分    | 10 分 |
| DHUS0035   | QR927   | 565563 | 林添生   | D6122  | 新竹供油中心 | D6161     | 宜蘭站     | 平地  | 30 KM   | 40 分    | 10 分 |
| DHUS0036   | RE690   | 565687 | 鄭維發   | D6122  | 新竹供油中心 | D6162     | 蘇澳站     | 平地  | 3.2 KM  | 10 分    | 10 分 |
| DHUS0037   | RE688   | 565741 | 鍾德厚   | D6122  | 新竹供油中心 | D6163     | 中正南路站   | 平地  | 15.7 KM | 25 分    | 10 分 |
| DHUS0038   | RE690   | 566039 | 林正立   | D6122  | 蘇澳供油中心 | D6164     | 礁溪站     | 平地  | 36 KM   | 50 分    | 10 分 |
| DHUS0039   | RE689   | 566063 | 陳昌仕   | D6122  | 蘇澳供油中心 | D6165     | 員林站     | 平地  | 30 KM   | 50 分    | 10 分 |
| DHUS0040   | RE462   | 566128 | 朱文義   | D6122  | 蘇澳供油中心 | D6166     | 頭城站     | 平地  | 35 KM   | 45 分    | 10 分 |
| DHUS0041   | RE462   | 566268 | 張建昌   | D6122  | 蘇澳供油中心 | D6167     | 三星站     | 平地  | 28 KM   | 45 分    | 10 分 |
| DHUS0042   | RE690   | 940224 | 賴燕輝   | D6122  | 蘇澳供油中心 | D6168     | 壯圍站     | 平地  | 23.2 KM | 35 分    | 10 分 |
| DHUS0043   | RE690   | 968773 | 林直炫   | D6122  | 蘇澳供油中心 | D6169     | 馬寮站     | 平地  | 7 KM    | 15 分    | 10 分 |
| DHUS0001   | RE688   |        |       | D6122  | 蘇澳供油中心 | D616A     | 大里站     | 平地  | 51.7 KM | 65 分    | 10 分 |
| DHUS0002   | RE689   |        |       | D6122  | 蘇澳供油中心 | D616B     | 南方澳站    | 平地  | 6 KM    | 15 分    | 10 分 |
| DHUS0003   | RE688   |        |       | D6122  | 蘇澳供油中心 | D616C     | 新水站     | 平地  | 13.5 KM | 20 分    | 10 分 |
| DHUS0004   | RE688   |        |       | D6122  | 蘇澳供油中心 | D616D     | 冬山站     | 平地  | 12.5 KM | 20 分    | 10 分 |
| DHUS0005   | RE690   |        |       | D6122  | 蘇澳供油中心 | D616E     | 大福站     | 平地  | 26 KM   | 40 分    | 10 分 |
| DHUS0006   | RE690   |        |       | D6122  | 蘇澳供油中心 | D616F     | 大同站     | 平地  | 33.7 KM | 50 分    | 10 分 |
| DHUS0007   | RE688   |        |       | D6122  | 蘇澳供油中心 | D616G     | 北關站     | 平地  | 42 KM   | 50 分    | 10 分 |
| DHUS0008   | RE689   |        |       | D6122  | 蘇澳供油中心 | LL9364001 | 大溪海港加油站 | 平地  | 47.2 KM | 55 分    | 20 分 |
| DHUS0009   | QR987   |        |       | D6122  | 蘇澳供油中心 | LLA06     | 金面民營加油站 | 平地  | 36 KM   | 50 分    | 10 分 |
| DHUS0010   | QR927   |        |       | D6122  | 蘇澳供油中心 | LLA08     | 新鼻民營站   | 平地  | 27 KM   | 45 分    | 10 分 |
| DHUS0011   | RE689   |        |       | D6122  | 蘇澳供油中心 | LLA10     | 東澳加油站   | 平地  | 18 KM   | 30 分    | 10 分 |



機動調整



返回主系統



關閉系統

(3) 訂單輸入視窗畫面：

## 訂單輸入系統

作業日期：2003/6/6 下午 02:10: 訂油方式：  訂單號碼：

**加油站**

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 加油站代號                | 站名                   |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| 地區別                  | 公里數                  |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |

**油品**

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 油品種類                 | 交運車數                 |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| 油品交貨量                | 到油時段                 |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |

|                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 訂單號碼                 | 加油站代號                | 站名                   | 公里數                  |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

|                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 油品種類                 | 交貨量                  | 交運車數                 | 到油時段                 |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

列印

**新增記錄**

**刪除記錄**

**進階選項**

不考慮時段因素

考慮時段因素

不進行訂單交換



返回派車系統



訂單作業查詢



關閉系統



油罐車排班

(4) 派車子系統 (油罐車輛派遣) 視窗畫面：



(5) 預派車輛執行畫面：



(6) 機動調度視窗畫面：

### 機動調度系統

派車日期: 2002/11/18 下午 12:03:14

訂單號碼

加油站代號

油品種類

駕駛員編號

訂油方式

地區別

油品數量

油罐車號

站名

公里數

插單派車結果

鍵入訂單號碼:

派車結果:

(7) 手動調度執行畫面：

### 手動調度系統

派車作業日期: 2002/11/18 下午 12:09:00

預派車輛

調度站:

修改筆數:

| 訂單號碼 | 加油站編號 | 站名 | 公里數 |
|------|-------|----|-----|
| 0    | H0001 | 新竹 | 5   |
| 0    | M0001 | 北苗 | 49  |
| 0    | H0045 | 百祥 | 10  |
| 0    | H0003 | 復興 | 9   |
| 0    | M0021 | 公館 | 42  |

Adodc1

(8) 基本資料維護執行畫面：

基本資料管理系統

基本資料管理(O) 油品運送清單報表(B) 查詢(Q) 列印(P)

加油站基本資料  
油罐車司機基本資料  
油罐車基本資料

## 基本資料管理系統

作業日期：2003/4/10 下午 06:05:01

| 加油站代號 | 站名   | 地區別 | 運送里程數 | 92油價個數 | 95油價個數 | 98油價個數 | 高級柴油油價個數 | 92油價 |
|-------|------|-----|-------|--------|--------|--------|----------|------|
| H0001 | 新竹   | 新竹  | 5     | 1      | 1      | 1      | 2        | 30   |
| H0002 | 民雄   | 新竹  | 4     | 1      | 2      | 1      | 2        | 33   |
| H0003 | 香山   | 新竹  | 10    | 1      | 2      | 1      | 2        | 33   |
| H0004 | 關東橋  | 新竹  | 4     | 3      | 1      | 1      | 2        | 99   |
| H0005 | 北木路  | 新竹  | 5     | 1      | 2      | 1      | 2        | 33   |
| H0030 | 長壽   | 新竹  | 12    | 1      | 1      | 1      | 1        | 33   |
| H0031 | 湖慶   | 新竹  | 9     | 1      | 2      | 1      | 1        | 33   |
| H0032 | 正成   | 新竹  | 21    | 1      | 1      | 1      | 1        | 33   |
| H0033 | 復興   | 新竹  | 9     | 1      | 2      | 1      | 1        | 33   |
| H0034 | 初寮   | 新竹  | 13    | 1      | 1      | 1      | 1        | 33   |
| H0035 | 四維   | 新竹  | 5     | 1      | 1      | 1      | 1        | 33   |
| M0001 | 北苗   | 苗栗  | 49    | 1      | 1      | 1      | 2        | 33   |
| M0002 | 竹南   | 苗栗  | 22    | 1      | 1      | 1      | 2        | 33   |
| M0003 | 頭份   | 苗栗  | 19    | 1      | 2      | 1      | 2        | 33   |
| M0004 | 鹿竹   | 苗栗  | 22    | 1      | 1      | 1      | 2        | 33   |
| M0005 | 頭工   | 苗栗  | 22    | 1      | 2      | 1      | 2        | 33   |
| M0024 | 苗交   | 苗栗  | 41    | 1      | 1      | 1      | 2        | 29   |
| M0025 | 通苑   | 苗栗  | 61    | 1      | 1      | 1      | 2        | 33   |
| M0026 | 大埔   | 苗栗  | 21    | 1      | 1      | 1      | 2        | 33   |
| M0027 | 裕源   | 苗栗  | 61    | 1      | 1      | 1      | 2        | 33   |
| M0028 | 車季   | 苗栗  | 60    | 1      | 2      | 1      | 3        | 50   |
| M0029 | 斗煥和昌 | 苗栗  | 24    | 1      | 1      | 1      | 2        | 33   |
| M0030 | 輝生   | 苗栗  | 43    | 1      | 1      | 1      | 2        | 30   |
| M0040 | 松本   | 苗栗  | 42    | 1      | 1      | 1      | 2        | 30   |
| M0041 | 百成   | 苗栗  | 41    | 1      | 2      | 1      | 2        | 60   |

返回主系統 離開

(9) 列印執行畫面：

排班班表列印系統

## 駕駛員排班表列印系統

作業日期：

駕駛員排班表

日期：2003/3/24 確定 重新選擇 預覽列印 列印

列印範圍

- 全部
- 本頁
- 頁數
- 份數

| 派車單號               | 油罐車車牌號碼 | 駕駛員工號    | 駕駛員姓名 | 運輸中心代號 |
|--------------------|---------|----------|-------|--------|
| H00032003323225951 |         | A-371121 | 顏基準   |        |
| H00042003323225953 |         | A-371122 | 許家仁   |        |
| H00052003323225956 |         | A-371123 | 顏基準   |        |
| H00302003323225958 |         | B-271121 | 王夢麟   |        |
| H003120033232300   |         | B-271122 | 劉明華   |        |
| H003220033232302   |         | B-271123 | 彭偉智   |        |
| H003320033232304   |         | A-371121 | 陳龍越   |        |
| H003420033232306   |         | A-371122 | 許家仁   |        |
| H003520033232308   |         | A-371123 | 顏基準   |        |

機動調度排班班表

日期：請選擇 確定 重新選擇 預覽列印 列印

列印範圍

- 全部
- 本頁
- 頁數
- 份數

返回派車主系統

(10) 駕駛員運送里程數視窗畫面：

| 駕駛員類型 | 駕駛員工號  | 駕駛員所屬公司類型 | 工作類型 |
|-------|--------|-----------|------|
| 1     | 481122 | 本公司       | 1    |
| 1     | 565091 | 本公司       | 2    |
| 1     | 565385 | 本公司       | 3    |
| 1     | 565563 | 本公司       | 4    |
| 1     | 565687 | 本公司       | 5    |
| 1     | 565741 | 本公司       | 6    |
| 1     | 566039 | 本公司       | 7    |
| 1     | 566063 | 本公司       | 8    |
| 2     | 566128 | 勞務發包      | 1    |
| 2     | 566268 | 勞務發包      | 2    |
| 2     | 940224 | 勞務發包      | 3    |
| 2     | 968773 | 勞務發包      | 4    |
| 2     | 481122 | 勞務發包      | 5    |
| 2     | 565091 | 勞務發包      | 6    |
| 2     | 565385 | 勞務發包      | 7    |
| 2     | 565563 | 勞務發包      | 8    |
| 3     | 565687 | 外包        | 1    |
| 3     | 565741 | 外包        | 2    |
| 3     | 566039 | 外包        | 3    |
| 3     | 566063 | 外包        | 4    |
| 3     | 566128 | 外包        | 5    |

## 參考文獻

中國石油股份有限公司，油(氣)罐汽車運輸作業手冊，台北：中油油品行銷事業部運輸事業處，民國 89 年。

王寶治，「中油公司油罐車駕駛員排班決策支援系統雛型之建立」，中華大學科技管理研究所出版碩士論文，民國 91 年。

古順文，「中油公司油罐車輛途程問題之研究」，樹德科技大學資訊管理研究所出版碩士論文，民國 92 年。

呂宗霖，「運輸指派風險最小化之探討 -- 以油罐車為例」，聯合大學防災科技研究所出版碩士論文，民國 95 年。

卓裕仁、王寶治，「中油公司新竹運輸中心油罐汽車駕駛員派遣之研究」，中華民國運輸學會第十六屆學術研討會論文集，民國 90 年，331-340 頁。

陳春益、邱明琦、李啓安，「油罐車問題之探討」，中華民國第三屆運輸網路研討會論文集，中壢：中央大學，民國 86 年，87-102 頁。

- 陳春益、邱明琦、李啓安，「油罐車輛調度問題之探討」，運輸計劃季刊，第三十一卷第三期，民國 91 年，583-610 頁。
- 傅玉璠，「油庫配送油料司機多目標排班之研究」，華梵大學工業工程與經營資訊學系未出版碩士論文，民國 94 年。
- Avella, P., Boccia, M., and Sforza, A., "Solving a Fuel Delivery Problem by Heuristic and Exact Approaches," *European Journal of Operational Research*, Vol. 152, No. 1, 2004, pp. 170-179.
- Bausch, D., Brown, G., and Ronen, D., "Consolidating and Dispatching Truck Shipments of Mobile Heavy Petroleum Products," *Interfaces*, Vol. 25, No. 1, 1995, pp. 1-17.
- Bell, W., Dalberto, L., Fisher, M., Greenfield, A., Jaikumar, R., Kedia, P., Mack, R., and Prutzman, P., "Improving the Distribution of Industrial Gases with an On-line Computerized Routing and Scheduling Optimizer," *Interfaces*, Vol. 13, No. 1, 1983, pp. 4-23.
- Brown, G., Ellis, C., Graves, G., and Ronen, D., "Real-time, Wide Area Dispatch of Mobile Tank Trucks," *Interfaces*, Vol. 17, No. 1, 1987, pp. 107-120.
- Brown, G. and Graves, G., "Real-time Dispatch of Petroleum Tank Trucks," *Management Science*, Vol. 27, No. 1, 1981, pp. 19-32.
- Bruggen, L., Gruson, R., and Salomon, M., "Reconsidering the Distribution Structure of Gasoline Products for a Large Oil Company," *European Journal of Operational Research*, Vol. 81, No. 3, 1995, pp. 460-473.
- Dantzig, G. and Ramser, J., "The Truck Dispatching Problem," *Management Science*, Vol. 6, No. 1, 1959, pp. 80-91.
- Rego, C. and Roucairol, C., "Using Tabu Search for Solving a Dynamic Multi-terminal Truck Dispatching Problem," *European Journal of Operational Research*, Vol. 83, No. 2, 1995, pp. 411-429.
- Russell, R. and Challinor, P., "Effective Methods for Petroleum Tank Truck Dispatching," *Computers and Operations Research*, Vol. 15, No. 4, 1988, pp. 323-331.