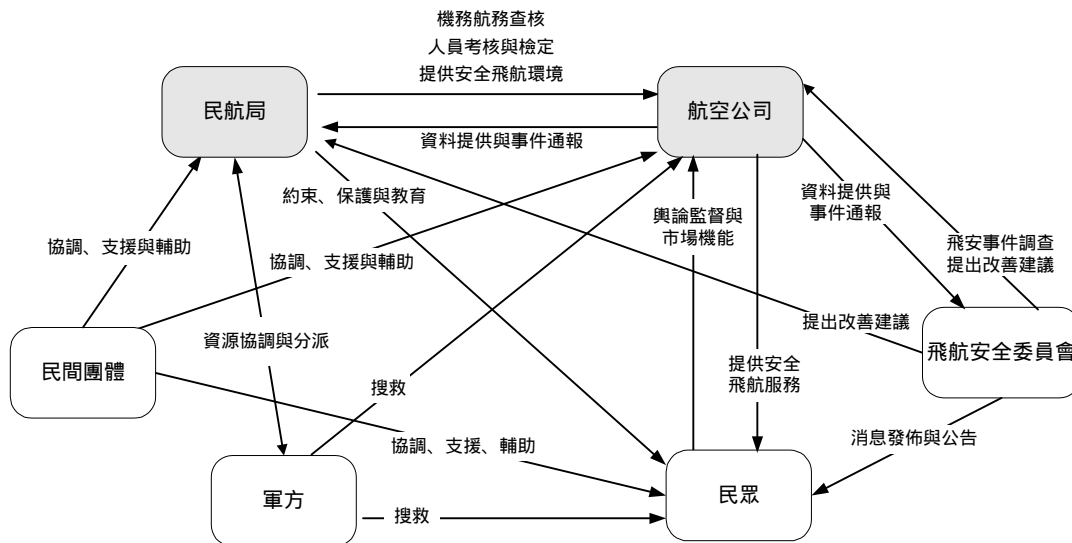


第二章 文獻回顧

2.1 研究背景分析

2.1.1 我國民航局（CAA）飛安檢查工作

根據民航政策白皮書〔交通部民航局，民 89〕指出，整體飛航安全系統之參與者包含政府（交通部、民航局、航空器飛航安全委員會）、航空業者、民間團體、民眾（旅客與機場鄰近居民）、軍方等層面，各層面各有其權責，彼此間之交互關係如圖 2.1。其中民航局在整個安全系統中之主要職責為制定確保飛航安全之策略、監督民航運輸業與維護飛航安全、認證與檢核航空人員及設施、提供安全的飛航環境、查核與監督機場及地面作業之安全、訓練相關專業人才。而設立飛航標準組即為負責飛安查核相關業務之單位。



資料來源：民航政策白皮書（交通部民航局，民 89）

圖 2.1 飛航安全系統之參與者圖

1. 查核工作內容

目前飛航標準組主要工作計有：航務查核、機務查核、飛航測試、適航驗證、航空人員訓練及檢定給證、以及飛航安全政策。而飛安查核作業則包含航務查核與機務查核兩項工作。根據民航局標準組主要業務之簡介，航務查核及機務查核係以

「航務檢查員手冊」及「適航檢查員手冊」為主，以作為檢查人員在檢定給證、技術管理及使用人檢查等任務時之工作指導與指引。手冊內訂定應進行之查核工作任務如表 2.1 所示。

· 航務查核

航務查核係在確保航空公司（或使用人）飛航運作，包括營運規範、各類操作手冊、訓練手冊、飛航組員資格、訓練及簽派、航機操作及管制，皆能符合法規之基本要求，達到一定水準。對於初次申請或公司合併，則需進行五階段之審查，對於營運之航空業者，則依據航務檢查員手冊，進行持續性及全面性之檢查，確保其符合營運規範。航務檢查員手冊規定之職掌，共計 26 項，附加職掌計 14 項（表 2.1）。每年及每月依據查核計畫執行檢查，每月檢查時數自 68 小時至 83 小時不等。截至目前為止，查核對象計有民航運輸業六家，中華、長榮、華信、遠東、立榮及復興；直昇機民航運輸業二家；德安、中興，普通航空業六家，即亞太、凌天、大鵬、金鷹、漢翔、華毅及民航局航空隊。

· 機務查核

機務查核係確保航機維護達到適航標準，並檢查航空公司對於航機之適航簽放能否符合規定之程序。目前所遵循之法規，計有航空器適航檢定給證規則、航空器修理廠設立檢定規則、計畫維護程式、維護簽證程式、機務檢查工作手冊等，採取定期與不定期方式實施查核，瞭解各航空公司是否違反適航規定，並視情況提供改進建議或作成執行處分。對於新接收之飛機，檢查員必須配合航空公司執行新機驗收。各營運之飛機，則每年必須定期執行適航檢查。適航檢查員手冊規定之職掌，共計 37 項，附加職掌計 14 項（表 2.1）。每年及每月依據查核計畫執行檢查，每月檢查時數自 68 小時至 83 小時不等。截至目前為止，適航檢查之航空公司，計有民航運輸業、普通航空業及政府單位機隊共 16 家，另執行民航局授證之修理廠等 8 家之檢查工作。

我國民航局現行之查核工作乃依據航務檢查員手冊與適航檢查員手冊中之查核工作任務（Job Function）為工作單位。然各查核工作任務所包含工作項目之數量、性質常有大幅差異，而查核內容之重要程度也不盡相同，故在實際執行查核工作上，各查核工作任務所需之時間及次數也會有所不同。

表 2.1 航務與適航查核工作任務 (Job Function) 表

航 務	適 航
1. 主要基地檢查 2. 場站設施檢查 3. 過境場站檢查 4. 停機坪檢查 5. 駕駛艙航路檢查(含水上航路及航線考驗檢查) 6. 手冊檢查 7. 訓練計畫檢查 8. 航務管制檢查—簽派中心 9. 航空人員檢查 10. 能力與適職性考驗及檢查航空人員檢查 11. 機場檢查 12. 指定考試員之管理 13. 使用人飛航記錄檢查 14. 組員記錄檢查 15. 簽派員記錄檢查 16. 客艙航路檢查 17. 最低裝備需求手冊核准 18. 航空運輸業管理效能 (自我督察) 計畫檢查 19. 地面除冰 / 防冰檢查 20. 機長操作經驗觀察 21. 航空器租賃契約評估 22. 第二 / 三 / 類儀降作業檢查 23. 雙渦輪引擎延展航程作業(包含加速核准流程) 24. 航空公司申請開闢新航線、現有航線變更機種飛航審核 25. 執行運渡飛航之持續授權特種許可 26. 航空公司深度評估檢查 27. 航空器駕駛員訓練機構檢查	1. 主要基地設施檢查 2. 次要基地設施檢查 3. 過境場站檢查 4. 工作場檢查 5. 航空器維護現場檢查 6. 停機坪檢查 7. 航路 (駕駛艙及客艙) 檢查 8. 手冊檢查 9. 訓練計畫檢查 10. 重量與平衡檢查 11. 結構檢查計畫檢查 12. 適航指令檢查 13. 特殊工具 / 測試裝備檢查 14. 維護及檢查計畫 15. 最低裝備需求手冊 / 主最低裝備需求手冊檢查 16. 委託維護廠所檢查 17. 機械員 / 檢驗員之檢查 18. 檢查員記錄檢查 19. 飛航 / 維護記錄檢查 20. 加油設備檢查 21. 公司自我督察計畫檢查 22. 可靠性計畫檢查 23. 加速雙渦輪引擎航空器延展航程作業流程檢查 24. 重大修理與改裝檢查 25. 地面除冰 / 防冰檢查 26. 航空器租賃契約評估 27. 進場類別 / / 計畫檢查 28. 短期維護時距展寬檢查 29. 保養困難報告系統 30. 維修廠所介紹 31. 執行運渡飛航之持續授權特種許可 32. 委託維護及國外修理要求檢查 33. 民用航空器後續適航檢查 34. 航空公司申請開闢新航線、現有航線變更及機種飛航審核 35. 發動機試車台檢查 36. 航空公司深度評估檢查 37. 地面機械員訓練機構課程、師資及設施檢查表 38. 航空器駕駛員訓練機構檢查
附加工作任務： A. 緊急逃生與水上迫降之展示 B. 訓練核准 C. 使用人手冊及程式 D. 首次機型驗證飛航檢查 E. 航空器適航試飛檢查 F. 正式申請函範本及符合之陳述範本 G. 檢查員之行為 H. 航空人員檢定給證作業程序 I. 航空器事故 (失事/重大意外) 調查處理 J. 督導模擬機委託檢查 K. 飛安檢查業務督導檢查 L. (保留) M. 飛安事件調查檢查 N. 垂直高度隔離縮減檢查 O. (保留) P. 全球定位系統 (GPS) 作業核准 Q. 航空公司合併作業檢查 R. 導航性能需求 (RNP) 作業核准 S. 極地飛航運作檢查	附加工作任務： A. 正式申請函範例及符合之陳述 B. 檢查員之行為 C. 航空人員檢定給證作業程序 D. 飛安檢查業務督導檢查 E. 航空器失事調查工作檢查項目 航務 - 適航檢查員工作檢查項目 F. 飛安事件調查檢查 G. 運航任務執行檢查(適航部分) H. 首次機型驗證飛航檢查 I. 極地飛航運作檢查 J. 航空器適航試飛檢查表 K. 垂直高度隔離縮減適航作業 L. 合併作業檢查 M. 全球定位系統 (GPS) 作業核准 N. 導航性能需求 (RNP) 作業核准 O. (保留) P. 航空器產品及零組件委託檢定業務檢查 Q. 適航管制通知委託業務檢查 R. 檢定工程師審查與管理檢查 S. 營運規範第四、五章範例

資料來源：交通部民用航空局，航務檢查員手冊及適航檢查員手冊，民 91

2. 查核人力

由於飛航安全涉及問題繁雜，包含多種具不同專業之人員、不同機型機械修護問題，以及許多複雜之工作執程序，故所需之專業技術也不盡相同。針對不同之查核工作，查核人員須具備不同之專業技能。舉例而言，執行「機長操作經驗觀察」之查核員必須擁有長期駕駛經驗才能對機長表現做出正確之評估；又以「結構檢查計畫檢查」為例，檢查員必須對航空器之結構有深入瞭解才能判斷航空器之適航程度。故民航局將查核人力分為航務檢查員、適航檢查員、航電檢查員、危險品檢查員及客艙安全檢查員等五類，藉由徵選條件的不同以取得不同專長之人才。航務檢查員隸屬於航務查核工作之人力，適航檢查員與航電檢查員屬於機務查核工作之人力，另民航局至今仍缺乏危險品檢查員及客艙安全檢查員。

依據「交通部民用航空局航空安全檢查員調派作業要點」之規定，檢查員之派遣原則如下：

- 依檢查員之資歷（飛時、學經歷、民航年資、外語能力、及在該局服務之考核情形等）區分序列。
- 針對相同業別之航空公司，先予以編組，並以組為單位。
- 依航空公司編組規模（機種、機數、飛航組員人數、營運航線性質與數量、軟硬體設備等）予以分類。
- 依檢查員序列配派至相對分類之航空公司編組，並依編組大小派遣適當之檢查員人數。
- 依編組最高主力機種之順序，調派有檢定資格(Type Rating)之檢查員。
- 每一編組以派遣一位主任檢查員為原則，其餘均為檢查員。
- 為考量迴避及其他因素，檢查員以避免派往原服務公司為原則。
- 在同一編組（公司）任檢查員，任期為一年，得延長為兩年，屆時予以輪調為原則，惟情況特殊經局長核准者，任期得再予以適當延長。至任期不足一年(含)之檢查員非因特殊原因，以不調動為原則。
- 特殊問題之航空公司，由局長另行指派檢查員擔任重點檢查與督導工作。
- 檢查員之輪調，以同等級航空公司間之輪調為原則。

根據上述十點之派遣原則，民航局近兩年航務與適航檢查人員派遣之狀況如表 2.2。

表 2.2 民國 90 及 91 年民航局飛航安全檢查員任務派遣表

		華航小組	長榮小組	區域線 小組	普通業 小組	維修廠 小組
民國 90 年	受檢單位數	2	3	5	8	8
	營運航機數	69	62	45	18	0
	航務檢查員數	5	2	6	3	0
	適航檢查員數	5	4	6	6	*
民國 91 年	受檢單位數	2	3	4	8	8
	營運航機數	67	65	40	18	0
	航務檢查員數	4	5	5	4	0
	適航檢查員數	5	5	6	5	*

註：(*)第五類單位由民航局組成專案小組定期查核

民航局針對民航運輸業之現行查核方式主要是以航空公司為單位。在人員配置方面，每一航空公司皆有專屬之航務及機務檢查人員，再將數家航空公司之查核人員合併成為小組單位，每一小組則派遣航務及適航主任查核員各一名，負責各航空公司之查核工作統整及指導。表 2.2 中，華航小組包含華航及華信兩家航空公司，長榮小組包含長榮與立榮兩家航空公司，區域線小組則包含遠東與復興兩家航空公司。另外，普通業小組與維修小組因不屬於民航運輸業，故在此略而不談。

3. 查核工作預劃程序

飛安查核作業之預劃計畫，係由各航空公司之航務及機務主任查核員參照 FAA 建議之檢查工作項目及往年檢查記錄，或使用人來年之運作計畫，以擬定年度查核工作計畫。

查核預劃係規劃查核執行階段之資源分配。主任查核員進行查核計畫擘劃時，係以年度為基期，進而就施行項目與時程分配等調整查核工作能量之分配。首先決定當年度應達成之工作項目，再往下細分每半年、每季、每月各應達成之工作份量，至於明確之查核時程安排則委由查核員自行全權決定。

當查核計畫初步擬定完成時，需先經內部標準組主任核定，後送陳交通部審查。查核預劃計畫經交通部核可後，來年則由主任查核員指導各航空公司之專任查核員按預劃內容實際執行。

2.1.2 美國航空運輸監督作業系統 (Air Transport Oversight System; ATOS)

航空運輸監督作業系統 (Air Transport Oversight System; ATOS) 係由聯邦航空署 (Federal Aviation Administration; FAA) 飛航標準部門 (Flight Standards; AFS) 所發展針對航空運輸業者之全新督察方式，採用系統安全之原則，輔以風險管理之程序，標準化認證與監理流程，並將兩者加以連結，以確保航空運輸業者確實將安全建立於作業系統之中；並加入風險評量之理念與方法，期能改正以往查核品質不能有效確保與查核資料不能充分運用之問題，並預先於失事發生前找出與改正肇事之根源，讓整體飛安系統更為安全。

依照美國 FAA 航空營運查核員手冊 [Air Transportation Operations Inspector's Handbook, 2000] 中航空運輸監督作業系統 (ATOS) 指出，現行之查核預劃程序乃於每年會計年度第四季，由認證管理小組 (Certificate Management Team; CMT) 召開年度監控計畫會議 (Annual Surveillance Planning Meeting)，會議的主要目的是以航空公司評估工具 (Air Carrier Assessment Tool; ACAT) 完成航空公司之綜合監控計畫 (Comprehensive Surveillance Plan; CSP)。

ACAT 乃是一套運用一系列風險指標分析及評估航空公司要素之計劃工具，其可提供 CMT 建構各航空公司之監控計畫，藉由 CSP 則可將各航空公司之監控計畫文件化。CSP 針對航務與適航兩部分，區分為安全屬性查核 (Safety Attribution Inspections ; SAI) 及要素績效查核 (Element Performance Inspections ; EPI)，隨著 CMT 目標之改變，CSP 的內容也會跟著不同，故可視 CSP 為一動態計畫。

各航空公司之查核工作任務經 CMT 擬定完成後，則由該公司負責之主任查核員 (Principal Inspector ; PI) 提供一個特定的查核架構，其中必須確認各項工作是在適當之地點及時間執行。此外，主任查核員須建立「查核員工作計畫 (Inspector Works Plan)」，將查核工作內容與所需之查核人員類別、數量明列其中，送至查核員管理處 (inspector's manager)，由該處決定是否有足夠之人力資源可執行此計畫。如一切無誤，則由主任查核員指導查核員依照該航空公司監控計畫之時程實際執行查核工作。

2.1.3 我國 CAA 與美國 ATOS 查核工作預劃程序之差異

查核工作預劃程序可分為查核工作任務選定、查核工作排程、查核人員指派三階段。比較我國 CAA 與美國 ATOS 查核工作預劃程序之差異，依此三階段分列如下：

- 查核工作任務選定

我國查核工作任務選定係由主任查核員依往年查核紀錄資料及自身專業能力等決定年度查核工作任務；而美國係利用 ACAT 及 CSP 兩項系統化之輔助工具決定年度查核工作任務。

相較之下，我國查核工作預劃所憑藉之查核過往紀錄缺乏系統性統整，無法明確指出航空公司風險所在，且僅憑人力選定任務難以顧全所有細節。反觀美國則利用 ACAT 清楚指出航空公司風險所在，並依此風險評估選定工作任務，故查核工作可針對航空公司不足之處加強監督。整體而言，我國查核工作任務選定較美國查核工作任務選定缺乏系統性。

- 查核工作排程

我國與美國查核工作排程方式類似，主要皆由主任查核員依其專業能力與經驗訂定查核時程。惟我國查核人員乃固定查核其專屬之航空公司，故粗略之查核時程由主任查核員訂定，細部明確之查核時程則由各航空公司專屬之查核員決定；而美國查核工作並非由特定之查核人員執行，故美國係由主任查核員全權決定查核任務執行之時程。

雖然我國與美國查核工作排程方式皆由人工作業，然人力畢竟有其限度，僅憑經驗及專業能力考慮數多個工作任務執行之先後順序，而沒有一個可依循之標準，在排程上或許無法縝密周全。故無論是我國或美國，在查核工作排程方面都缺乏系統化之管理。

- 查核人員指派

我國查核人員指派方式係以航空公司為單位，各航空公司皆有專屬之主任查核員及航、機務查核人員，每一至二年查核員需輪調至其他航空公司；而美國係由主任查核員擬定查核員工作計畫，經查核員管理處提供合適之查核人員。

整體而言，我國與美國查核人員指派方式各有其利弊。雖然政府監察單位針對飛安查核工作皆訂有最低標準，但各航空公司基於公司內部因素有可能會將標

準提升，查核員在進行查核工作時，須依照航空公司之標準執行，因此我國查核員固定指派的方式可使查核員熟悉其專屬之航空公司作業；反觀美國查核員指派方式，因每一次執行查核之航空公司都可能不同，故查核員在每一次任務執行前都必須重新了解航空公司查核標準。另外由於美國國土廣大，有時查核員須依查核任務做長距離的移動，此類情形不僅會增加查核員工作負擔，在查核資源使用上也可能會造成浪費。

而在人員使用彈性方面，美國則較我國佳。美國之查核員指派乃是以工作任務為導向，依照工作任務需求及特性決定所需之查核員種類及數量；而我國之查核員指派方式係以航空公司及航、機務為分類，大多數查核工作任務也是以此分類法執行，由該航空公司之航務查核員執行航務查核，該航空公司之機務查核員執行機務查核，僅少數工作任務，如「航空公司深度評估檢查」，會同時指派航、機務查核員並借助其他家航空公司之查核員一同執行任務。但有部分之工作任務會同時出現航務與機務查核工作項目，如依我國現行指派方式，則無法針對工作任務內容指派所需人員，故我國之人員指派較美國缺乏彈性，無法充分利用有限之查核人力資源。

表 2.3 CAA 與美國 ATOS 查核工作預劃程序比較表

	我國 CAA	美國 ATOS
查核工作任務選定	由主任查核員以往年查核紀錄資料及自身專業能力決定年度查核工作任務	利用 ACAT 及 CSP 兩項輔助工具決定年度查核工作任務
查核工作排程	由主任查核員訂定粗略之查核時程，但細部明確之查核時程則由各航空公司專屬之查核員決定	由主任查核員決定查核任務執行之時程
檢查員指派	各航空公司有專屬之主任查核員及查核人員，每一至二年輪調至其他航空公司	由主任查核員擬定查核員工作計畫，經查核員管理處提供合適之查核人員
優點	<ul style="list-style-type: none"> 查核員較熟悉航空公司之作業 	<ul style="list-style-type: none"> 工作任務選定較具系統性 人員指派彈性較大
缺點	<ul style="list-style-type: none"> 工作任務選定考慮不夠縝密 工作時程決定缺乏系統化 人員指派缺乏彈性，無法充分利用人力資源 	<ul style="list-style-type: none"> 工作時程決定缺乏系統化 查核人員對航空公司不夠熟悉 查核距離過遠

資料來源：本研究自行整理

2.2 工作排程及人員指派相關研究方法

有關於工作排程問題與人員指派問題之文獻相當多，然而以飛安查核工作作為探討主題的文獻在國內外都十分缺乏，因此，本研究將藉由回顧其他產業之工作排程與人員指派問題相關文獻，尋求較適合本研究之求解法。

2.2.1 工作排程問題

工作排程之相關研究甚多，在本研究回顧之文獻中大致可將排程問題分為三類：

第一類為運輸問題，其中航空公司航機排程可說是為最複雜的運輸工作排程問題。此類問題需考慮飛機可用之數目與機種、變動可飛離時間及維修等多種限制條件，由於其具網路之特性，因此在相關文獻中常是以網路的方式建構模式。

顏上堯與何淑萍〔民 83〕之研究即以時空網路（動態網路）作為飛航排程之模式，但由於飛航網路相當龐大，故需以拉氏鬆弛暨次梯杜法將原複雜之問題收斂為純網路問題，再以拉氏啟發式解法求解。除航機排程問題外，運輸問題尚包含鐵路排程、貨車排程等問題。基本上仍屬於網路型態問題，同時運具往返之特性亦會顯現在目標式之設定上。

第二類為工廠排程問題。此類問題多著重在節省工作時間之探討，目標多設定在最短工作流程時間或最少延滯時間。而此類問題具有一共同特色，其工作之安排會依循某一既定順序執行。

第三類為排課問題。排課問題依據不同之學校層級會有不同之排課方式，在本研究所參考的文獻中，主要是針對國內高中以下學校之排課問題作探討。而此類問題主要目的乃是要將同科目之課程平均分配至一週時間內，並減少班級間與教師間之衝突。

依據本研究查核現況背景分析，確認查核工作排程須考慮兩項問題，其一為工作順序性之問題，其二則為平均分散同類型工作之問題，故以下將針對工廠排程問題與排課問題之相關文獻進行回顧。至於運輸工作排程問題，由於查核工作排程並不涉及網路問題，也無需考慮往返問題，故在此先略而不談。

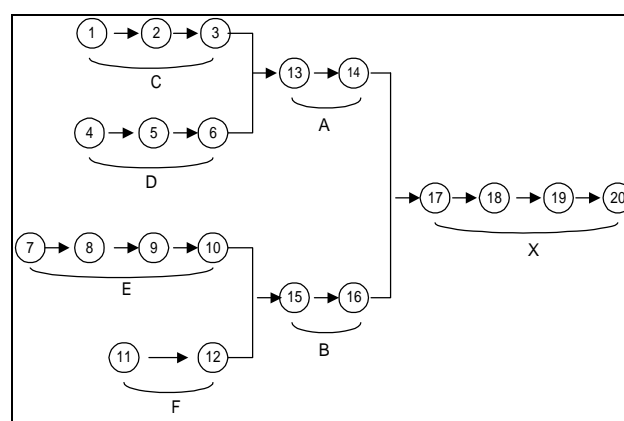
1. 工廠排程問題

由於本研究之工作任務具有階層性關係，因此在模式建構時需考慮工作發生的順序性。在回顧的相關文獻中，以工廠排程問題最具此項特色。一般而言，工廠的

類型依據工作是否在廠內執行可分為開放式工廠及封閉式工廠。在密閉式工廠中，工作的路徑可能分為數條固定的路徑，每一份工作都必須依循其中一條路徑執行；而在開放式的工廠則無固定的路徑。〔 Oliver and Chandrasekharan, 1997 〕然而不論是否有固定之路徑，工廠工作都需要按照某一種規則一步步的執行。

在 Oliver and Chandrasekharan 〔 1997 〕的研究中，針對開放式工廠，利用程序時間法則（ process-time based rules ） 期限法則（ Due-date based rules ） 合併法則（ combination rules ） 以及非程序時間也非期限之法則，將此四法則做排列組合，制定出五種新的排程法則，以求減少工廠工作流程時間及平均延滯時間，藉此以提高工廠之效率。而在目標式中的平均延滯時間就隱含著工廠之工作具有順序性，因此下一步工作執行之速度才會影響上一步工作之等候時間。

另外，工廠排程問題也可依其廠內不同之工作區域做探討。在 Shinichi 〔 1997 〕的研究中，主要是針對工廠內不同之工作區域層級，以及工作執行之先後順序建構一個階層決策的模型。此研究將工廠工作單位分為三個層級(如圖 6.1), 舉例而言，圖 2.1 中各數字分別代表一個工作單位，而 1,2,3 與 4,5,6 分別具有順序關係，但 C（ 1,2,3 ）工作與 D（ 4,5,6 ）工作則必須都完成才能進行至 A（ 13,14 ）工作。藉由這樣的架構關係，作者將工廠之作業分為五個階段：接收訂單系統、主要排班系統、工作排班系統、營運排班系統、及排程系統。利用此五個階段依序提出決策，使工作排班的作業更有效率。



資料來源：Shinichi 〔 1997 〕

圖 2.2 工廠工作單位層級圖

2. 排課問題

查核工作排程除考慮上述之工作順序性外，同質性之工作分散至各時點亦為本研究希望達成之目標。然而，在多數之相關文獻中，作者乃是以業主之利益為考量，因此目標常界定在最小成本、最大利潤、或最少延滯時間等。排課問題則較不同於上述之狀況，一般而言，排課問題所期望達到之目標為，在一固定時段內（如一週），將同一門課程分散至不同天，且要避免班級間與教師間之衝突。但因排課問題要考慮的因素相當多，如教師專長與喜好、課程性質、教學資源，及行政法規、排課慣例、校內議定規則、行政成本等許多限制條件，要儘可能滿足各種條件，從而排出多數教師高滿意度的課表，其實是相當困難。故整體而言，排課問題是屬於 NP-Complete 的問題。

在邱元泰〔民 91〕的研究中，主要探討國中之排課問題，以遺傳演算法（Genetic Algorithms）建構求解模式，並提出特殊之雙矩陣編碼方式，配合啟發式法則產生滿足硬式條件（限制式）之初始解，在以軟式條件（目標式）為適應度依據，搜尋最佳解。

另外有關排課問題解決之方法，經許武義〔民 88〕整理略可分成三大類：

（1）應用作業研究的方法

- 動態規劃法（Dynamic Programming）：將原來的問題區分階段，分別求解再予合併。
- 分支界限法（Branch and Bound）：乃將原來的問題分割，並界定各個較小問題評估代價的上下限來求解。

上述兩種方法主要都是企圖找出有效的演算法，以期能縮減電腦排課的時間。

- 啟發式搜尋法（Heuristic search）：為應用一些直覺認知與專家經驗，決定各階段的排法，此法較符合現實環境。
- 瓶頸突破法（Bottleneck Heuristic）：則是先集中力量解決程度最強的瓶頸所在（限制條件最多的部分），再逐步處理所剩簡化過的問題。

（2）引用人工智慧的方法

- 類神經網路（Artificial Neural Network）：為模擬人腦解決問題的方法，以平行計算的架構，配合前導式（Feedforward）、回饋式（Feedback）多層認知（Multilayer Perception）等模型處理排課問題。

- 基因演算法 (Genetic Algorithms)：以天擇適存的進化概念處理問題，即模擬基因之部分交換、排列及突變進行運算，並從解答集合中挑出選擇，交予既定函數作評估後，儘量保留優者繼續參與繁衍的運算，直到產生可接受的解答為止。
- 專家系統：主要是應用規則化的專家經驗規則進行推理，藉以排出課表。

(3) 其他方法

- 模擬退火 (Simulation Annealing)：先行訂定一個能量函數 (Energy Function)，在允許以某種機率跳離的運作方式下，局部性的搜尋具有最低能量的排程狀態，亦即應用其『朝降低因限制條件產生可能的不穩定方向進行』之觀念來進行排課。
- 限制規劃：限制規劃為一種結合 OR 與 Computer Science 的方法，專門用來解決含有限制條件的問題，其最大特色在於它包含了傳統數學理論、作業研究與人工智慧等技術，在求解限制滿足條件 (Constraint Satisfaction Problem) 時，增加了求解的效率，而發展至今即為現在的限制規劃語言 (CPL)，此為一種宣告式 (Declarative) 語言。

在上述各項方法中，限制規劃方法結合了 OR 方法，其宣告式語言，也簡易變更額外特殊問題的限制，這些特性皆適用在限制條件多、問題屬性特別等查核工作排程問題。故本研究擬以限制規劃方法建構查核工作排程模式。

2.2.2 人員指派問題

除上述工作排程問題，人員指派為本研究第二關切的主題。

在 Beasley and Cao [1996] 的研究中將人員工作問題依產業特性分為三大類，第一類為複雜度較高的航空公司人員排班問題，第二類為大眾運輸人員排班問題，第三類則泛指非上述二類之一般工作人員排班。然而有關於人員工作問題大多假設所有執勤人員能力相同，且員工皆可勝任所有工作，因此相關文獻中大多探討人員排班問題，而人員指派問題需考慮人員能力問題，故針對人員指派作為主題之文獻並不多見。

在上述三類人員中，大眾運輸人員與一般工作人員之問題大多僅考慮至人員排班階段。而航空公司人員排班問題由於涉及可執勤之機型不同，故有較多關於人員指派階段的研究。

1. 航空人員指派問題

航空公司組員排班問題可細分為「勤務組合產生 (crew pairing)」和「組員指派 (crew rostering /assignment)」兩階段。

勤務組合係指，當一架飛機由一基地起飛後，中間經歷數個航段，最後回到同一基地的過程，又可分為短程 (short-haul) 與長程 (long-haul)，或是越洋與區域線；長度可從一天到半個月不等。在此階段航空公司的目標主要是要產生出最小成本的勤務組合，且所有的航段皆必須被包含。組員指派則是將上階段所產生之所有勤務組合分配給每個組員，繼而產生出每個組員的當月行程 (line of work)，且組員之行程必須滿足各種限制，如休息時間、起降次數、工作時數限制等。

翁偉棟〔民 88〕指出，組員執勤班表問題主要可分為兩種型態：標選系統 (Bidding System) 與公平性排班系統 (Equitability System)。標選系統允許組員標選其行程之特定結構，在資深組員優先滿足之機制下，建構組員之個別行程。公平性排班系統主要乃依據「公平」之原則，建構組員之個別班表，使每位組員之工作負荷量、行程滿意度等能夠儘量相當。由於組員班表指派問題本身需考量之限制條件就相當複雜，而公平性排程系統則加深此問題之複雜度。

由於航空組員指派問題相當複雜，故常用啟發式解法進行求解。在陳立欣〔民 91〕的研究中將組員派遣問題之解法整理如下：

- 分枝定限法：分枝限定法常用來解決最佳化之問題，其設計重點在於如何找到較大的下限值來加速上下限差距之收斂。其內容包含節點選擇、分枝、定限及求解。
- 分枝切面法：此法可視為分枝定限法與切平面法之結合，在計算分枝端點前，加入新的有效不等式，用以縮小放鬆整數限制後的可行解範圍。對一個極小化的問題而言，其最佳解之上限通常是以暫時搜尋到的可行解中最好的一點來代表，而下限通常是以一個放鬆的不可行解來代表。
- 變數產生法：主要是利用線性規劃中的對偶理論 (dual theory) 來產生變數，此法優點為求解過程中只考慮一部分變數，由主問題、次問題間訊息傳遞，增進求解效率，避免浪費不必要的時間去窮舉不可行變數。
- 優先指派法：對每一個勤務組合及組員，依其不同之優先考慮函數，衡量其優先順序，後由最優先之勤務組合指派給最優先之組員。
- 每日指派法：其方法為，指派起始日乃將第一日的勤務組合指派給組員，接

著指派第二日，到當月最後一日。此法一日接一日進行指派，其缺點為無法預測次日之勤務組合，然而在旺季旅次量多時，人力可能無法負荷勤務需求。

- 組員個別指派法：先選擇一組員，從所有勤務組合中指派一些工作給他，再選取第二人，從剩餘之勤務組合中指派工作，依此類推，到工作全數指派完畢。然缺點是，勤務可能無法指派完畢，或後面之組員勤務量過少等。
- 混合指派法：基於上述兩法之缺點，故此法乃結合此二法，先依每日分配法建立起始解，每位組員先盡量分配勤務，最後利用組員個別分配法來減少組員不平均分配之狀況。
- 一般化集合分割啟發式解法：此法須先利用一啟發式解法，於求解前先行產生出組員所有可行候選行程，如有限繼起之過濾技巧（Limited Subsequence Filter Techniques）及隱含限制法（Implicit Restrictions），減少問題變數及增進集合涵蓋（SCP）最佳化之整數屬性，後將問題建構成一般化集合分割問題，並以特定整數規劃法進行求解。
- 人工智慧型啟發式解法：人工智慧型啟發解法為近年來較常用之方法，其觀念加入人工智慧的特性，使可行解的搜尋過程有機會跳出區域最佳解。
- 限制規劃：限制規劃為一種結合 OR 與 Computer Science 的方法，專門用來解決含有限制條件的問題。

查核員現行指派方式乃依照航空公司指派專屬之查核員，此方法有其優點，可使查核員熟悉航空公司之內部作業，故在指派方式的選擇上，本研究希望能依循此方式再加以改進。由於限制規劃宣告式語言的特性，將增加模式建構的彈性，因此本研究擬以限制規劃做為查核人員指派之求解方法。

2.3 限制規劃簡介

限制規劃法乃由電腦科學之人工智慧領域發展而成，但由於此方法有別於一般傳統數學規劃，因而在大多 OR 領域之研究人員對此方法相當陌生，事實上，限制規劃主要之目的為求解各類型限制滿足問題，Brailsford et al. (1999) 將限制規劃定義為「運用電腦程式發展模式化語言，讓使用者能簡單地、輕易地描述限制滿足問題，並透過精緻的電腦演算法，有系統地、有效率的求解限制滿足問題」。其宣告式(declarative)語法的特性，能簡化理論與實務問題解決之差距，並可輕易描述許多非數字化或非線性關係之限制式。

限制規劃之演算機制主要是利用決策變數值域與限制式間的一致性檢驗技術（Consistency Checking Techniques）、限制式遺傳機制（Constraint Propagation）與智慧型空間搜尋演算法（如 Forward Checking 與 Look-Ahead Checking 等）。或可由問題特性自行定義使用者認為之最佳搜尋方式。整體而言，在求解問題上，限制規劃是相當具有彈性及效率。

在王國琛〔民 91〕之整理中提出，對於離散式組合最佳化問題而言，現有作業研究及限制規劃兩種方法可以處理，但由於此兩種方式之運作特性不同，使得此兩種方法較適用之問題類型亦不同。基於限制規劃中演算法之運作特性，可知限制規劃僅較適合限制程度高之組合最佳化問題（如：含時間窗限制的車輛排程問題、含容量限制之車輛排程問題）與限制滿足問題（如：排課問題、班表設計問題、勤務組合產生問題），在求解此類型之問題時，限制規劃之作業效率通常較作業研究來的佳；但對於限制程度低的組合最佳化問題而言，由於作業研究有其紮實之數學理論基礎，所以在求解此問題時，作業研究之求解效率通常較限制規劃來的佳。表 2.4 表示問題與適當之求解法組合。

表 2.4 作業研究與限制規劃所適用之問題類型表

問題特性	求解方法	可行解空間特性
限制程度高的問題	限制規劃法	可行解空間為斷斷續續
限制程度中的問題	限制規劃法+作業研究	皆於兩者之間
限制程度低的問題	作業研究	可行解空間相當大且非常連續

參考資料：「王國琛,民 91」