

晴空亂流對飛航安全影響之研究-以風險管理為例

楊宏宇¹ 王仕均² 詹凱元²¹ 中華科技大學土木防災與管理碩士班副教授² 中華科技大學土木防災與管理碩士班研究生

摘要

統計顯示空難事件中有13%是因為天氣因素所造成,晴空亂流造成飛航事故發生機率雖然低,但空難事件發生時往往會造成生命財產嚴重的損失。

本研究結合民航局飛安風險評估的方式,建立及分析晴空亂流的影響因子發生之機率、等級及事故造成傷害的程度,並以實例進行驗證。本文以降低風險概念為前提,並以1999至2008年台灣航空器遭遇晴空亂流二起事故為研究對象,經風險估算模式估算結果,均呈現不可接受須立即改善之風險。若加以分析後依風險自承、規避、分散、轉嫁等原則所採取之降低風險策略,如改變飛行計畫、落實空中回報、加強人員訓練、要求乘客全程使用安全帶等,將可預期降低風險至可被接受範圍內。其次顯示晴空亂流發生機率等級值越高及事故造成傷害越高者,其風險值越高。建議持續蒐集相關資訊,使得研究結果能更趨完善。本研究方法未來亦可建議應用於低空風切或機尾亂流等相關研究上,除可降低災害發生的風險,亦可提昇飛航安全。

關鍵字: 晴空亂流, 風險管理, 飛航安全, 風險估算模式

一、前言

飛機飛行是否平穩最直接的影響就是氣流。當飛機在空氣中飛行，遇到極不穩定的氣流，使飛機發生強烈的顛簸(Bumpiness)，甚至失去控制，此種大氣中小範圍內的不穩定氣流，就稱為「亂流」(Turbulence)，是飛航安全的隱形殺手，尤以低空的風切及高空的晴空亂流造成之事故尤為顯著。在大氣中，無因次李察遜數(Richardson Number)可作為判定亂流強度的參數。李察遜數(Richardson Number)定義如下：

$$Ri = \frac{\frac{g}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial z}}{(\frac{\partial v}{\partial z})^2}$$

是將穩定度($\frac{g}{\rho}$)與風速垂直切變($\frac{\partial v}{\partial z}$)結合起來，其比值所代表的物理意義，是將抵抗重力穩定度($\frac{g}{\rho}$)所做的功，其產生的能量提供大氣中均流運動(mean flow motion)轉變為亂流運動(turbulent flow motion)所需的功。由上式得知李察遜數愈小則愈有利於產生亂流及不穩定度。為使李察遜數最小，我們需要使重力穩定度($\frac{g}{\rho}$)

儘可能小或垂直風切($\frac{\partial v}{\partial z}$)儘可能大。風速與風切量的相乘積，可以表示為每單位質量隨高度的平均動能(mean kinetic energy)變化。

二、風險管理

2.1.1 風險辨識

確定影響飛航安全中的風險因素是風險管理的第一步驟，它是根據飛航安全的總體目標而來，而飛航安全的總體目標無非是降低飛航事件或事故的發生，減少人員和財務

的損失。由於影響飛航安全的不確定因素很多，不同的文獻各有其分類方法，各文獻對飛安風險因素之描述也各有不同的內涵，不同的研究者或學者對晴空亂流影響飛安風險因素的名稱、項目、包含內容和範圍等不盡相同也不一致【5】。

2.1.2 風險衡量

針對各項晴空亂流風險因素，依其本身屬性的不同如(1)飛安風險因素對風險影響的難易程度；(2)該飛安風險因素於風險管理上所能發生的機率或可能性；(3)若該飛安風險因素的發生事故其後果將造成的嚴重程度等三項要素，予以分類和擷取，作為飛安風險因素分析的基礎【2】。

2.1.3 風險評估

飛安風險管理真正涵義即在進行監控所有的飛安風險因素之暴露及其發生事件或事故機率(或次數)的大小，故設法使飛安風險因素之暴露量降低，或減少飛安風險因素發生事故的機率，甚至二者同時進行，則飛安事故的發生次數即可減少；或即便發生事故，亦能使其嚴重程度降至最低，才是整個飛安風險評估機制的過程與重點。【2】

2.1.4 風險處理

經過飛安風險評估與衡量後，對於落入「無法容忍區域」的各項飛安風險因素，或者落入「低至合理行得通區域」而考慮予以排除或降低風險之處理者，採取必要的處理措施。若飛安因素風險值符合準則所設定標準的門檻值則接受之；否則在合理且可接受的成本效益評估上，採取不同的處理方式(考量部分飛安風險因素的處理是不計成本的)，如風險自承、風險規避、風險轉移(全部或部分)和風險分散等消弭或降低風險的方法，並發展各種可行的管理策略或方案。

2.2 晴空亂流預報

晴空亂流預報的空間，與整個航空區域範圍相比，實在渺小，但與局部亂流範圍相比，仍屬相當廣大。因為在預報空間中，晴空亂流非整體性而係塊狀散佈，故只能預期間歇性地遭遇，甚至完全不會遭遇到它。目前多以顯著危害天氣預報(SIGMET)及空中報告(PIREP)，提供飛航駕駛員採取改變飛行計畫參考。【8】

2.3 偵測方法

1. 紅外線偵測系統：劉昭民(2004)提到這是裝置在飛機上，可提前數分鐘偵測出來亂流的有效系統，它的基本原理是利用紅外線技術來測定飛機前方 3.5 哩處之氣溫差異，然後再將氣溫差加以數值化，來預報前方亂流出現的可能性。它由美國科羅拉多州鮑爾德城(Boulder)之亂流預報系統製造公司所發展製造，它的重量只有 5 公斤，體積是 15.2cm×15.2cm×5.1cm，它可以提前 33 秒鐘偵測到低空風切，其缺點是僅適用於不下雨期間，遇下雨時，將削弱偵測大氣亂流之能力，故不適用。【7】

2. 運用光達儀器偵測：飛航安全委員會調查室主任官文霖博士(2008)指出，2006 年，法國的民航業者研發一種名為光達的儀器來偵測晴空亂流。它和雷達不一樣的是，它可以偵測到比水分子更小的懸浮粒子，光達的偵測距離，相較於氣象雷達，是變很短，因為氣象雷達可以偵測到 100 海哩，200 海哩，光達能夠偵測到 50 公尺到 100 公尺，所以飛機只有在在一兩秒，甚至五秒之內，馬上就要做反應了。其缺點為預警時間太短，無足夠時間讓飛航駕駛員做好充分的準備。【3】

三、研究方法

構建風險估算模式的過程中，可能遭遇

晴空亂流情況之相關課題進行釐清與定義，以利模式之建立。相關課題包括晴空亂流風險因素之辨識、確認和分類、欲估算之風險的定義、風險如何量測、符合本研究之事故與其分類等，茲分析如下：

3.1 晴空亂流風險因子的危害辨識

晴空亂流的成因不外乎熱力作用和動力作用，但以動力作用為主，一般研究多數與大氣中之噴射氣流有關，須具備一定的風速及風切變，強度越強造成飛航安全的威脅也越大，當然要在一定的環境條件下較容易發生，如高度、緯度、天氣形態等。

3.2 晴空亂流案例統計分析

中國大陸的氣象月刊刊飛(2008)等學者對中國華北地區 2005 至 2008 的研究數據統計，計有 18 次發生於北京飛航管制區域內發生的晴空亂流【4】，如下表 3.1。

綜上可得發生晴空亂流的可能情況及類型，藉以分析各種影響因子下發生晴空亂流事故的可能性及頻率。由統計資料可以看出發生在 3 萬呎至 3 萬 5 千呎的次數最多，亦即頻率最高；2 萬 5 千呎至 3 萬呎次之，2 萬呎至 2 萬 5 千呎及 3 萬 5 千呎至 4 萬呎再次之；4 萬呎以上次之幾乎沒有(但有發生的可能)，並沒有發生在 2 萬呎以下的。嚴重程度則為中度居多；嚴重次之；中度至嚴重較少。

3.3 風險如何量測

本研究將以飛機遭遇晴空亂流的強度來計算，亂流強度以李察遜數計算後區分其等級，再參照飛安事故發生機率表，如表 3.2，藉由 2005 年至 2008 年北京飛航管制區晴空亂流事故發生統計資料分析，依亂流強度強烈、中度至強烈、中度、輕微及無亂流等五級，分別定義為 1-5 等級，如表 3.3，再

與晴空亂流危害發生後之後果值，相乘積可以得知事故造成傷害風險的大小。

風險=可能性(發生事故機率)×影響度(事故嚴重程度)

$$(Risk) = (Probability) \times (Consequence)$$

下表 3.2 係參考行政院飛安會，在檢討評估飛安風險所採用的方式，在晴空亂流事故也可依據此方式加以評估。

1. 事故發生機率值 (Probability):

以下就是針對因天氣因素各影響飛機遭遇晴空亂流機率的因子 A、B、C，分別依統計資料及事故發生經驗判斷，分 1-5 等級定義各因子發生機率，再以幾何平均數求得最後的機率值：

影響因子：

- 亂流強度(垂直風切、水平風切、溫度、天氣形態...等)。
- 飛航高度(航線、航空器型別、性能、任務...等)。
- 天氣預報(顯著危害天氣預報、飛航駕駛員空中報告...等)。

以幾何平均數(四捨五入)求得事故發生機

$$P = \sqrt[4]{abc}$$

以 2005 至 2008 年北京飛航管制區中度以上晴空亂流統計資料看來，其嚴重程度則為中度居多；嚴重次之；中度至嚴重較少，故不同區域晴空亂流發生之機率情況不盡相同。本研究暫以北京飛航管制區晴空亂流統計資料為例，如獲各航線詳細統計資料，仍應以各航線統計發生資料來修正亂流強度或高度發生機率，以求得更正確的結果。

a. 亂流強度發生機率(Probability):

如表 3.3、3.4。

b. 天氣預報發生晴空亂流機率：

晴空亂流預報以目前的科技而言，多賴以顯著危害天氣預報(SIGMET)及空中報告(PIREP)，提供飛航駕駛員規劃飛行計

畫，避免遭遇亂流造成飛機及人員的傷害的資訊，以下是依事故發生的經驗，來判斷天氣預報發生晴空亂流的機率高低，如表 3.5：嚴重程度值(Consequences)。

依交通部民航局所訂定之飛航安全風險量測值所定義之事故發生嚴重後果表，如表 3.6。

3.4 風險量化模型之建立

由晴空亂流發生事故之機率及事故造成的後果乘積，可以從表 3.7 評估，該事故所須依據風險程度做出如何的決策，此決策與風險容忍度的意義相似，均須視情況要求改善、審視或可被接受。以提供民航公司做為決策的參考，俾能在「飛安」及「營利」上取得平衡，也能提升飛航安全。

四、實例研究

4.1 模式應用的步驟

首先以「2005 年 3 月 28 日，台北飛日本東京之長榮航空 BR2196 班機」遭遇晴空亂流為對象。完成風險計算程序，下一步即針對計算結果加以討論分析。本章模式的應用步驟如圖 4.1 所示。

4.2 研究假設

在本章實證研究過程中，因資料取得之限制與計算過程的考量，有幾項假設在此加以說明：

本研究蒐集 1998 至 2008 國內航空事故資料，並將晴空亂流事故加以篩選，假設晴空亂流強度、高度及預報資料可為事故發生機率之因子，另配合模式應用的方式將事故可能發生機率，參考飛安會採用之風險分析及評量加以歸納為頻繁、很可能發生、偶爾會發生、很少發生，幾乎不可能發生等五項機率。由於各事故所造的危害程度也不同，再依嚴重後果，對照出各事故的風險程度，建

議採取因應作為及措施。假設飛安會所調查的資料與發生事故的經過及結果均相符的情況下，所做之客觀合理的風險評估。對本研究而言僅就天候因素加以評估，因人為及機械因素產生的事故(如人員操作或訓練不當、氣象雷達故障)在此不考慮。

在資料蒐集部分，除了行政院飛安會歷年的飛安調查報告上獲得外，可以高低計分來計算交通事故影響因子，進行多重因子的風險數據運算，以幾何平均數來獲得風險值，因為空中的天氣狀況較複雜，影響因子之變數也較大，且獲得數據的資訊不易，因此各項影響因子目前無法如理想中使用數據以平均值來計算，以求得較客觀且平均風險值。此為研究於進行模式應用時之限制。故本研究藉由國外曾有的統計資料及所蒐集的資料為飛安會之調查報告內容，假設該資料的統計數據可與本研究中國籍航空遭遇晴空亂流的情況相比擬，且飛安會調查報告與事實資料正確可靠情況下，以此來求得國籍航空公司遭遇晴空亂流的風險值。

4.3 資料收集

4.3.1 摘要報告

民國 94 年 3 月 28 日，長榮航空公司 BR2196 班機，機型 A330-203，國籍註冊編號 B-16306，於台北時間 1455 時，執行由台北中正國際機場飛往日本東京成田國際機場之定期載客任務，機上載有駕駛員 2 人，客艙組員 12 人及 2 名非執勤客艙組員，乘客 251 人，合計 267 人。該機飛往日本高度於 33,932 呎時遭遇不穩定氣流，垂直加速度產生劇烈變化。此段不穩定氣流持續約 12 秒左右。亂流發生於機長作完預備下降高度之廣播並開啟繫緊安全帶警示燈，航機開始下降高度後不久。當時客艙組員正要結束免稅品的販賣，部分乘客尚未回到座位，造成 46 名乘客、10 名客艙組員受傷，其中一名乘客有頸椎骨折現象，

傷勢較為嚴重，該機機身結構、飛操面等均未受損，客艙內部分天花板及氧氣面罩脫落，行李箱變形。

4.3.2 飛航天氣資訊

日本成田航空地方氣象台於事故前曾發布顯著危害天氣。空中報告(Air Report)中，有超過 100 件輕度亂流報告、約 50 件中度亂流報告以及 6 件強烈亂流報告，以上之中度至強烈亂流預報，其警報區域皆包含事故地點，惟長榮航空簽派員顯著危害天氣資訊未提供予駕駛。

4.3.2 飛航天氣資訊

日本成田航空地方氣象台於事故前曾發布顯著危害天氣。空中報告(Air Report)中，有超過 100 件輕度亂流報告、約 50 件中度亂流報告以及 6 件強烈亂流報告，以上之中度至強烈亂流預報，其警報區域皆包含事故地點，惟長榮航空簽派員顯著危害天氣資訊未提供予駕駛。

4.4 風險計算

該機高度為 3 萬呎至 4 萬呎間、有顯著危害天氣報告，空中報告中，有超過 100 件輕度亂流報告、約 50 件中度亂流報告以及 6 件強烈亂流報告；事件造成 46 名乘客(其中 1 名有頸椎骨折現象，傷勢較為嚴重)、10 名客艙組員受傷，調查報告屬中度至強烈亂流，其警報區域皆包含事故地點。發生機率值 a=4；b=5；c=5

$$P = \sqrt[4]{4 \cdot 5 \cdot 5} = 4.642 \approx 5 \text{ (四捨五入)}$$

嚴重後果值

C=3

風險程度值

$$R = P \times C = 5 \times 3 = 15$$

經計算事故發生機率為 5 頻繁。本事件因造

成46名乘客(其中1名有頸椎骨折現象,傷勢較為嚴重)、10名客艙組員受傷,嚴重後果屬嚴重3。檢視風險決策模式表風險程度值為H15,無法接受必須立即改善,如表4.1。

4.5 因應策略

4.5.1 風險降低策略

在晴空亂流仍無法有效的預測前,依據本研究的風險評估得知,決大多數的晴空亂流因為難以預防,發生時都有可能造成受傷甚至死亡的情況,所以對於晴空亂流仍航空公司及飛航人員必須採取審視的態度,及被立即改善的要求,如文獻中所提到的泛美航空公司的作為,才能有效減少災害的發生。表4.2係對於實例研究中長榮BR2196班機遭遇晴空亂流事故,有關天氣因素影響,建議採取的風險降低策略:

4.5.2 實施風險降低策略評估分析

採取降低風險策略後,該機可能僅會遭遇輕度以下的亂流,若高度仍假定為3萬呎至4萬呎間,因經過時間航路內正處於顯著危害天氣預報,且有數個空中報告,飛航航路採取閃避策略,仍可能處於航路附近有顯著危害天氣的環境及接近時間,所以發生機率C值可望從頻繁等級5降至偶爾等級3。另本事故因有事前的防範所造成的傷害均為輕傷或無傷,嚴重後果為輕微(等級1)。檢視風險決策模式表風險程度值為L3,屬可以接受範圍。

五、結論

本研究所構建的風險估算模式,其概念為先定出晴空亂流影響因子發生頻率,進而依各事故造成的嚴重後果程度,兩者乘積以求得風險程度值,了解事故風險的大小,最後依飛安會定義之嚴重後果表考量事故規模的因素。

在實例研究方面,本研究以1999至2008年國籍航空遭遇晴空亂流為研究對象,應用所構建的風險管理量化模式,對其事故發生的調查報告情況進行估算。估算結果顯示風險隨著晴空亂流影響因子發生頻率越高而越高,且於高度3萬呎至4萬呎、風速超過200公里/小時,而且還有很強的風切變環境下飛行所承受的風險較其他情況為高。當然機組員及乘客的提高警覺及自我防護是否做好,飛航駕駛員操作是否得宜,也直接影響事故損害程度,將會因此產生較高的風險。對於本研究遭遇之晴空亂流事故實例進行風險評估,結果顯示已超過可忍受的範圍,應採取風險規避策略,例如:飛行前航路上如有顯著危害天氣發佈,儘可能避開亂流區域飛行;如評估在可忍受的範圍內,對其可採行的策略包括進入可能發生亂流區域,事先要對飛機預作準備,請機上乘客及機組人員準備束緊安全帶,並將物品繫牢,使用有關飛行手冊所列的注意事項,進入亂流區等。本研究依據風險管理:風險自承、風險規避、風險分散與風險轉嫁等原則,研擬降低之風險因應策略內容包括改變飛行計畫、研發預警偵測設備、落實空中回報、加強飛航及機組人員有關操作、反應、自我防護的訓練,並提醒乘客提高警覺、繫妥安全帶等,以降低事故發生的風險及可能帶來的傷害,確保飛行安全。

六、參考文獻

- [1] 王穎駿,航空安全管理概論,揚智文化,48-66頁,2008年。
- [2] 林恒卉,“機場鄰近地區風險量測及因應策略之研究”,全國碩博士論文,16-19頁,2000年。
- [3] 官文霖,“晴空亂流(一)”,行政院國家科學委員會科技大觀園,2008年。

- [4] 俞飛,“華北地區晴空顛簸的分類特徵及分析”,氣象月刊,第34卷,第8期,16-21頁,2008年。
- [5] 張有恆,“航空運輸學二版”,華泰文化,190-305頁,2007年。
- [6] 曾裕德、何玉蘭、李文亮,“上下班交通風險評估模式”,工安環保報導,第20期,2004年。
- [7] 劉昭民,“現代化航空氣象儀器之新發展”,飛航天氣(半年刊),第1期,1-7頁,2004年。
- [8] 蕭華、蒲金標,航空氣象學(BOD四版),秀威資訊科技,185-192頁,2008年。
- [9] John A. Knox,“Improvements to an Operational Clear Air Turbulence Diagnostic Index,” pp.1-5, 2010.
- [10] R.SHARMAN, C.TEBALDI, G.WIENER, ANDJ.WOLFF,“An Intergrated Approach to Mid-and Upper-Level Turbulence Forecasting,” pp.268-286, 1997.
- [11] Villiers,“Clear air turbulence over South Africa,” pp.119-126, 2001.

附表

表 2.2 大氣亂流分類及航機反應狀況及氣象要素表

亂流強度類別	飛機反應	飛機內部反應	相關對流雲層	轉換後相當之陣風風速
輕度 (light)	亂流使飛機發生短暫輕微不定之高度或姿態改變者，報告為輕度亂流。	乘客可能對座帶或背帶稍微有拉緊之感覺，未固定之物品，可少被移動，送食物服務，可以執行，走路很少或沒有困難。	晴天積雲與高積雲。	3 - 5kts (5-20 ft/sec) 2-6 m/s
中度 (moderate)	與輕度亂流相似但較強會發生高度或姿態改變。在整個過程中，仍可完全控制，其能使指示空速有變動者，報告為中度亂流。	乘客對座帶或背帶有明顯拉緊之感覺，未固定之物品被移位，送食物之服務及走路都感困難。	雷雨、積雨雲與塔狀積雲。	12 - 21kts (20-35 ft/sec) 6-12 m/s
強烈 (severe)	亂流使飛機之高度或姿態發生強烈而突然改變，常使指示空速發生大變動，飛機可能有短時間不能被控制者，報告為強烈亂流。	乘客隨座帶或背帶猛烈摔動，未固定物品被拋出並反覆打滾，送食物之服務及走路都不可能，飛機有時無法控制。	成熟期或快速成長之雷雨與偶有積雨雲及塔狀積雲。	21- 30kts (35-50 ft/sec) 12-16 m/s
極強烈 (extreme)	亂流使飛機猛烈拋擲，實已無法控制，其可能使飛機結構損壞者，報告為極強烈亂流。	如果罕有之極強烈亂流發生時，機身將猛烈翻覆打滾，以致無法控制。	猛烈雷雨	>30kts (>50 ft/sec) 16-20 m/s

資料來源：【8】

表 3.1 北京飛航管制區晴空亂流統計資料表

序號	日期	高度/ (ft)	強度
1	20050406	(30,500)	嚴重
2	20050409	(30,500)	中度到嚴重
3	20050412	(29,000~35,000)	中度
4	20050515	(41,000)	中度
5	20050603	(35,000)	中度
6	20050710	(31,000)	中度
7	20060102	(27,500~30,000)	中度
8	20060102	(33,000)	中度
9	20060122	(27,500~30,500)	嚴重
10	20060222	(31,000)	中度到嚴重
11	20060226	(26,500~30,000)	嚴重
12	20060312	(31,500)	中度
13	20070106	(31,500)	中度
14	20070607	(37,500)	中度
15	20070724	(24,000)	嚴重
16	20070725	(24,000)	嚴重
17	20071002	(26,500~30,000)	中度到嚴重
18	20080210	(32,000)	嚴重

表 3.2 發生機率表 (Probability table) 機率

等級	個別裝備	整體裝備	個別人員	所有人員
頻繁 5	在生命週期中經常會發生	持續不斷發生	在職業生涯中經常會發生	持續不斷發生
很可能 4	在生命週期中發生許多次	經常發生	在職業生涯中發生許多次	經常發生
偶爾 3	在生命週期中一定會發生	會發生數次	在職業生涯中一定會發生	會發生數次
很少 2	在生命週期中可能會發生	會發生一兩次	在職業生涯中可能會發生	會發生一兩次
幾乎不可能 1	在生命週期中幾乎不可能會發生	不太可能發生但偶然會發生一次	在職業生涯中幾乎不可能會發生	不太可能發生但偶然會發生一次

資料來源：民航局

表 3.3 晴空亂流發生機率等級表

表3.3晴空亂流發生機率等級表 發生事故 機率 等級	影響因子
非常可能 5	中度亂流
很可能 4	強烈亂流
偶爾 3	中度至強烈亂流
很少 2	輕度亂流
幾乎不可能 1	無亂流

表 3.4 飛航高度發生晴空亂流機率等級表

等級	影響因子
非常可能 5	3萬呎至3萬5千呎
很可能 4	2萬5千呎至3萬呎
偶爾 3	2萬呎至2萬5呎及3萬5千呎至4萬呎
很少 2	4萬呎以上
幾乎不可能 1	2萬呎以下

表 3.5 天氣預報發生晴空亂流機率等級表

等級	影響因子
非常可能 5	航路內有顯著危害天氣預報 (SIGMET) 及數個空中報告 (PIREP)
很可能 4	航路內有顯著危害天氣預報及一至二個空中報告
偶爾 3	航路附近有顯著危害天氣預報及接近時間
很少 2	航路附近有顯著危害天氣預報無空中報告
幾乎不可能 1	無顯著危害天氣預報及空中報告

表3.6 依交通部民航局所訂定之飛航安全風險量測值所定義之事故發生嚴重後果表

4 災難	航空器全毀 造成人員傷亡 完全的任務失敗、死亡、裝備損失
3 嚴重	安全財務嚴重損失 造成人員嚴重或致命性受傷 嚴重的任務落後、裝備損毀、人員傷害或職業病
2 中等	安全財務顯著衰退 中等程度的任務落後、傷害、職業病或裝備損壞
1 輕微	造成妨礙機場運作 啟動緊急程序 輕微或可忽略的任務落後、傷害、職業病或裝備損壞

表 3.7

災難 4	M4 必須審視	H8 無法接受 必須立即 改善	H12 無法接受 必須立即 改善	H16 無法接受 必須立即 改善	H20 無法接受 必須立即改善
嚴重 3	M3 必須審視	M6 必須審視	H9 無法接受 必須立即 改善	H12 無法接受 必須立即 改善	H15 無法接受 必須立即改善
中等 2	L2 可被接受	M4 必須審視	M6 必須審視	M8 必須審視	M10 必須審視
輕微 1	L1 可被接受	L2 可被接受	L3 可被接受	L4 可被接受	M5 必須審視
C P	幾乎不可 能1	很少2	偶爾3	很可能4	頻繁5

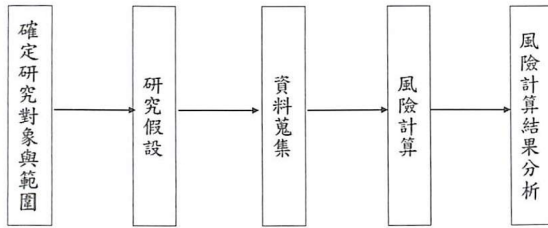


圖 4.1 模式應用步驟

表 4.1 長榮航空 BR2196 班機風險決策表

災難 4	M4 必須審視	B3 無法接受 必須立即改善	B12 無法接受 必須立即改善	B16 無法接受 必須立即改善	B20 無法接受 必須立即改善
嚴重 3	M3 必須審視	M0 必須審視	B9 無法接受 必須立即改善	B12 無法接受 必須立即改善	B15 無法接受 必須立即改善
中等 2	L2 可被接受	M1 必須審視	M5 必須審視	M8 必須審視	M10 必須審視
輕微 1	L1 可被接受	L2 可被接受	L3 可被接受	L4 可被接受	M5 必須審視
C P	幾乎不可能1	很少2	偶爾3	很可能4	頻繁5

表 4.2 長榮 BR2196 班機晴空亂流風險降低策略建議表

風險值 R=15	事故發生 機率 P=5	事故後果值 C=3	事故肇因分析	風險降低策略
無法接受 必須立即改善	頻繁	1. 機組員： 輕傷 10 員。 2. 乘客： 重傷 1 員 輕傷 45 員。 3. 客艙內部 部分天花板脫 落，行李箱 變形。	1. 航路中有顯著危害 天氣預報，事故地 點為預報範圍之內 2. 傷者多為未繫安全 帶的乘客及組員。 3. 行李箱變形應為客 艙物品飛散撞擊； 天花板脫落應為。	1. 航路中有顯著危害天氣預報應 改變飛行計畫，避走危險空域。 2. 行前請機組員做好自身的防護 ，並協助提醒乘客繫妥安全帶。 3. 建議乘客全程使用安全帶。 4. 提醒乘客於遭遇亂流時以手護 頭，以免遭到掉落物品砸傷。