# 高原航空天氣特徵和航空氣象服務保障

# 牟豔彬

四川省成都市高新區芳草西一街 15 號

# 詳細摘要

高原機場是隨著西部大開發而迅速崛起的一個特殊群體,也是航空氣象保障面臨的一個新課題。高原機場大多地處高山峽谷之中,地理環境複雜、淨空條件差,天氣複雜多變,地方性特點突出,時常出現的大風、雷暴、低雲低能見度、低空風切變等天氣現象嚴重影響航班的正常,極大地增加了航空安全飛行的難度。加強和改進高原機場航空氣象服務保障工作是我們的當務之急。

本文簡要地闡述了廣義青藏高原的自然地理概況、高原主要天氣系統、高原 大地形的作用、高原特殊的地形地貌和高原邊界層特點以及高原獨特的氣候特 徵,分析了高原飛行的特殊困難和高原特殊天氣對飛行的具體影響及對飛行安全 造成的危害。介紹了高原大氣科學在科學試驗、動力學研究、數值類比的研究現 狀和我們航空氣象保障面臨的業務困境。最後提出了我們的航空氣象保障對策。

**關鍵字:**高原機場,天氣特點,航空氣象,服務保障,對策。

# 高原航空天氣特徵和航空氣象服務保障

### 牟豔彬

四川省成都市高新區芳草西一街 15 號

## 摘 要

本文簡要地闡述了高原氣候特徵、高原機場天氣特點以及對航空飛行的影響,介紹了高原大氣科學研究的現狀、高原機場航空氣象服務保障中存在的問題 以及航空氣象服務保障對策。

關鍵字:高原機場,天氣特點,航空氣象,服務保障,對策。

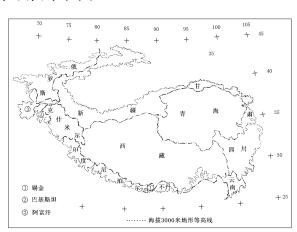
#### 1 引言

高原機場是隨著西部大開發而迅速崛起的一個特殊群體,也是航空氣象保障面臨的一個新課題。高原機場大多地處高山峽谷之中,地理環境複雜、淨空條件差,天氣複雜多變,地方性特點突出,時常出現的大風、雷暴、低雲低能見度、低空風切變等天氣現象嚴重影響航班的正常,極大地增加了航空安全飛行的難度。因此,加強和改進高原機場航空氣象服務保障工作是我們的當務之急。

我國共有 18 個高原機場,分佈在祖國的西南和西北。西南擁有我國 80%的高原機場,分佈在雲南、四川、西藏三省。目前,西南地區民用機場海拔在 1500 米以上的 "高原機場"有 14 個,其中海拔在 2560 米以上 "高高原機場"5 個,分別是邦達、拉薩、迪慶、九寨、林芝。隨著西部大開發戰略的繼續實施,康定、阿裏、馬爾康等機場的建成運行,西南擁有高原機場的百分比還將逐步提高。因此,可以說高原飛行問題就是西部飛行的問題,高原機場的問題基本上就是西南的問題。

# 2 青藏高原自然地理概況

一般習慣于把青海、西藏兩省區合稱爲"青藏高原",實際上青海、西藏兩個行政轄區只是高原的主體部分,並非全部,稱爲狹義的青藏高原。從廣義上講青藏高原應包括西藏、青海兩省區,新疆的南部,四川西部和雲南西北的高原山區(如圖1所示),是僅次於巴西高原的世界第二大高原(注:本文討論的是廣義的青藏高原)。



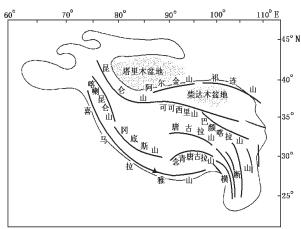


圖1廣義青藏高原地理範圍

圖 2 青藏高原的地貌

青藏高原由山地、高原、盆地和谷地組成,地勢西北高,東南低(見圖2)。 其南北兩側外壁險峻陡峭,雄偉罕見,向內地勢和緩降低;它的東緣綠色山谷相 間,切割深遂,江流奔瀉,異常壯觀;西面毗連帕米爾高原,地勢高亢,冰川雪帽綿延。

## 3 高原大地形和獨特的氣候特徵

. 青藏高原占我國領土四分之一,平均海拔高度 4000 余米,是世界上海拔最高、範圍最大、地形最爲複雜的大地形,有"世界屋脊"和"地球第三極"之稱。喜瑪拉雅山、唐古喇山、巴顏喀拉山、橫斷山等高大山系橫垣于高原之上,許多海拔 6000-7000 米的山峰聳立在大氣對流層中部,以感熱、潛熱、輻射加熱的形式成爲一個高聳入大氣的熱源。青藏高原大地形極大地改變著對流層中下部西風氣流的運動,增加了高原地區大氣運動的複雜性,嚴重地影響著高原及其下游地區天氣氣候的變化。

青藏高原的主要天氣系統有 500hpa 低渦、500hpa 切變線、700 hpa 切變線、西南低渦、南亞高壓等,高原特殊的地形地貌形成了高原複雜多樣的邊界層,如動力邊界層、熱力邊界層、垂直邊界層、側向邊界層。高原邊界層特殊的動力熱力作用決定了高原天氣系統的結構特徵、發生發展和天氣特點。理論估算和探測研究表明高原邊界層的厚度約爲 2000~3000m,比平原地區邊界層厚度(1000~1600m)深厚得多,這就增大了高原的有效作用。邊界層高度的動力學定義式爲

$$_{\mathrm{HE}}=\pi\left( \begin{smallmatrix} 2\mathrm{k} \\ \mathrm{f} \end{smallmatrix} \right)^{1/2}$$

其中 H<sub>E</sub>是邊界層高度,k是湍流垂直交換係數,f是 Coriolis 參數。顯然,高原邊界層高度大於平原意味著高原地區的湍流交換強度也大於平原,這種邊界層特徵爲高原地區積雲發生、發展提供了極爲有利的對流條件和湍流發展環境。

青藏高原的繞流作用迫使經高原南北兩側繞過高原的兩支氣流在高原東部 匯合,易於形成高原東部對流層中下部的切變線,切變線兩側冷暖、幹濕不同性 質氣流的交彙,爲複雜天氣的產生提供了環流背景。同時翻越高原的西風氣流在 高原東部的動力減壓作用下,也易於誘發低氣壓系統,有利於雲、降水或其他複 雜天氣的出現。青藏高原南側來自相鄰的印度洋、南海等地區的異常顯著的暖濕 氣流及水汽輸送,在高原南側構成水汽異常輻合,並從孟加拉灣經青藏高原東部 轉向長江流域和日本列島,造成這些地區的災害性天氣。高原東南部這一水汽充 沛濕區的存在及青藏高原大範圍異常的加熱作用,進一步增加了高原東部地區地 球大氣物理過程及天氣過程的變化,導致了青藏高原東南部強烈的對流性系統的 活躍和異常複雜的天氣,形成了高原地區複雜多樣的獨特氣候,呈現出西北嚴寒 乾燥、東南溫暖濕潤的總趨向和多種多樣的區域氣候特徵以及明顯的垂直氣候 帶。具體表現爲:

- (1)、空氣稀薄,氣壓低,氧氣少。
- (2)、日温差大,年温差小。"一年難四季,全年備寒裝"。
- (3)、幹季和雨季分明,多夜雨。由於冬季受西風帶幹冷空氣影響,夏季受印度西南季風控制,致使高原各地降水的季節分配非常不均,幹季和雨季的分野非常明顯。幹季乾旱多大風,低溫少雨雪,降水量僅占全年降水量的10-20%。雨季多夜雨、雷暴和冰雹,降水量僅占全年降水量的90%左右。
- (4)、氣候類型複雜、垂直變化大。高原地勢西北高、東南低,藏北高原海拔 4500-5000 米,藏東南谷地海拔 1000 米以下。其氣候特徵自東南向西北依次分爲 熱帶山地季風濕潤氣候—亞熱帶山地季風濕潤氣候—高原溫帶季風半濕潤、半乾 旱氣候—高原亞寒帶季風半濕潤、半乾旱和乾旱氣候—高原寒帶季風乾旱氣候等 各種氣候類型。

在藏東南和喜馬拉雅山南坡高山峽谷地區,自下而上,由於地勢叠次升高,氣

溫逐漸下降,氣候發生從熱帶或亞熱帶氣候到溫帶、寒溫帶和寒帶氣候的垂直變化。平原地區從南到北相隔數千公里才能呈現出熱、溫、寒三帶的自然景象,而這裏從低到高則出現在水平距離僅數十公里的範圍內,有 "一山有四季,十裏不同天"的美譽。

## 4 高原特殊天氣及其對飛行的影響

# 4·1 高原對飛行的影響

高原飛行,不僅要求對飛機進行特殊的改裝,而且由於缺氧,對飛行員的生理要求也大大提高;高原航線主要是在無線電甚高頻不能覆蓋的高山穿行,因此航路上主要依靠無線電高頻通訊。但高頻通訊受無線電干擾大、信號弱、通訊不暢;高原航線助航設備少,航站區導航設備也常常因地形的影響會出現信號遮罩和假信號的現象,使飛機難以準確定位;高原飛行不可避免地要在高山峽谷中穿行,供飛機機動的空間和餘地非常小,供管制調配的空間非常有限,一旦遇上特殊情況,飛行員處置難度加大,如再遭遇變化多端的危險天氣,輕者返航備降,重者機毀人亡。

# 4·2 高原天氣對飛行的影響

高原大地形的動力和熱力作用,使得高原及其鄰近地區低層流場比較複雜, 風、雲、溫度、降水等各種氣象要素也出現與平原地區不同的特徵。其天 氣對飛行的影響主要表現在以下幾個方面:

- (1)、地面大風多。由於高原機場海拔較高,機場地面接近大氣層中層,一般情況下,地面大風較多。在空中層結不穩定的情況下,高空強風向地面動量下傳,也常引起地面大風。在特殊地形的配合下,常常導致進近區域順風和側風超標,影響飛機起降。拉薩機場在冬春季節最容易出現此類大風,有時連續出現數日,且非常強勁,甚至引發風沙或吹雪。
- (2)、地形對風的影響大,亂流多,風的變化大,低空風切變明顯。在高原或山區,氣流越山、繞山時,被迫發生方向或速度的改變,形成亂流、山地波和風切變。在強風作用下,氣流擾動更爲明顯。尤其是低空風切變可造成飛機失速,是航空器起飛和進近階段的安全殺手,嚴重危害飛行安全。昆明、大理、麗江、迪慶、九黃、西昌、攀枝花等機場時常出現的低空風切變,多次造成飛機的複飛或備降,不僅影響了航班正常,也嚴重影響了飛行安全。
- (3)、多雷暴和冰雹飛行危險天氣。夏季,印度西南季風攜帶大量水汽侵入高原,爲高原地區強對流雲發展準備了條件,再加上高原較強的地面湍流加熱和地面動量輸送,午後熱力對流旺盛,下午至傍晚積雨雲、雷暴和冰雹等天氣出現頻次很高,爲北半球同緯度地帶的高發區。
- (4)、多低雲低能見度。風沙、雨、雪、霧均可引起低雲低能見度。在高原,由於特殊地形的原因,低雲和霧經常互相轉換,爬坡霧(低雲霧、多變霧)時有發生。加上高原機場起降天氣標準高,常常導致航班的延誤。
- (5)、高海拔地區常年結冰積雪。冬季九黃、迪慶、昭通、拉薩、邦達機場 有跑道結冰積雪現象,增加了道面維護的難度並經常導致航班延誤。
  - (6)、日温差大,影響飛機的配載,運行控制和簽派難度加大。

除上述特點以外,如下特徵更是其他地區少見,給航空氣象保障,特別是預報帶來相當大的難度。

(7)、各種天氣現象來去匆匆,在短時間內反復出現,具有短、頻、快的特點。例如九黃機場雷雨可以在一個下午時間內形成數次,一次雷雨過程從開始生成到完全消散只需要30分鐘左右;風向從正南轉向正北也只用不到5分鐘;能

見度從大於 10 公里到 0 公里或者從 0 公里到 10 公里只需要幾分鐘,而且在一個小時之內可發生數次。

(8)、天氣瞬息萬變、變幻莫測。有時一天之中可經歷風、雪、雷暴、冰雹 等多種天氣甚至是幾種特殊天氣同時出現。

## 5 高原大氣科學研究現狀

# 5·1 高原大氣科學試驗

青藏高原的地-氣物理過程對全球氣候與東亞大氣環流以及我國災害性天氣和氣候的發生有重大影響,爲了揭示高原天氣氣候的物理本質,我國老一輩氣象學家從上世紀50年代開始就對青藏高原的動力作用和熱力作用進行了研究,但由於當時的觀測資料和研究方法所限,他們主要討論的是青藏高原的氣象要素、天氣現象、天氣系統、氣候變化及高原的影響,對青藏高原大氣的動力學問題涉及不多。爲了揭開青藏高原大氣的神秘面紗,我國開展了兩次青藏高原大氣科學試驗(QXPMEX和TIPEX)和多次國際合作的高原地面熱源觀測、大氣邊界層物理過程觀測和理論研究,獲得了豐富的實測資料,揭示了一些不爲人知的天氣事實和一些重要的物理過程。特別是第二次青藏高原大氣科學試驗(TIPEX)和多次國際合作的高原觀測試驗,採用了邊界層綜合探測系統,獲得了一批價值較高的高原邊界層實測資料,氣象學者利用這些資料,在諸如高原地-氣物理過程的研究以及高原對亞洲季風、全球氣候變化、區域性災害天氣及氣候的影響等多方面進行了廣泛深入的研究,取得了一系列有價值的新成果,填補了國際上在高原邊界層問題及地-氣物理過程研究領域的一些空白。

# 5.2 青藏高原的動力學研究

青藏高原的動力學研究主要集中在適應問題(地轉適應、熱成風適應、熱力適應、地形適應)、近地層能量收支分析、動力學診斷分析、地形背風波、地形動力和熱力作用下的線性和非線性波、高原天氣系統(青藏高壓、高原低渦和西南低渦)的動力學機制等幾個方面。20世紀80年代中期以後,人們開始用非線性波動理論研究高原大地形影響下的大氣運動,討論了大地形與正壓Rossiby 波的關係,研究了地形強迫下的非線性Rossiby 波和高原大地形作用下的Rossiby 波。1991年李國平等應用熱成風適應理論研究了西南低渦,給出了暖性西南低渦生成的一種可能機制;1996-2000年李國平從大氣波動方程組中求出了一類奇異孤立波解,並將其用於青藏高原低渦結構的研究,使高原低渦的一些重要特徵在理論上得到了較好的解釋,並且從動力學角度分析了熱力強迫對高原低渦結構和發展的影響;2002年李國平等借鑒研究熱帶氣旋類低渦(TCLV)的動力學方法分析了地面感熱對高原低渦流場結構(如圖3)及發展的作用。吳國雄(1999)導出了全型垂直渦度方程,提出了傾斜渦度發展(SVD)理論,並用於動力學診斷西南低渦的形成。劉新、吳國雄(2001)討論了夏季高原加熱和青藏高壓的關係,提出了熱力適應的概念等。

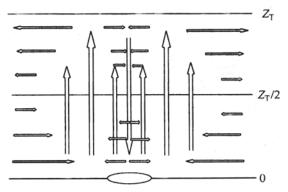


圖 3 高原低渦流場垂直剖面結構示意圖

應用動力學理論研究大氣運動,由於支配大氣運動的數學方程複雜、包含的物理過程繁多(特別是在高原地區),我們常常面臨這樣的困境:爲了求得方程組的解析解,所作的簡化(近似)不合乎實際,而合乎實際的簡化方程組仍然難以求得解析解。目前解決這一困境的有效方法就是數值類比。

### 5.3 青藏高原的數值類比

數值類比開創了大氣科學的新紀元,使大氣科學成爲一門可以實驗的科學。上世紀80年代之後,數值試驗有從輔助、驗證動力學研究的地位變到完全取代動力學研究的傾向。利用數值類比這一有效手段,國內外已對高原地形影響進行了不少研究,這些研究通過有無高原、高原不同高度和形狀、不同下墊面特徵、不同初始場等形式的敏感性試驗結果的對比分析,在一定程度上區分了高原的動力和熱力效應,高原地形對低空急流、東亞大槽、伊朗高壓和西太平洋副熱帶高壓等系統形成和維持的作用,比較了青藏高原和落基山地形影響的差異。如錢永甫等認爲夏季高原的熱力作用更重要,冬季地形的動力作用更重要;王安宇等指出:當高原的地形高度超過3km後,低空西風氣流主要從高原的南北兩側饒過,並在高原東側的江淮流域形成氣流輻合區和切變線等。

高原數值類比和預報作爲青藏高原氣象學中年輕的分支,在高原這樣複雜 的地區進行數值試驗,

會遇到資料處理、垂直坐標系選取、水平氣壓梯度力的計算方法、模式物理過程的特殊考慮(如積雲對流參數化方案、次網格地形參數化方案)等一系列問題,這些問題統稱數值模式中的地形處理問題。

例如坐標系選取,常用的坐標系有兩類,一類是座標面接近水平的,但地表面隨時間起伏,下邊界條件很複雜,需要發展特殊的計算技巧。另一類有著簡單的下邊界條件,但在數值計算的精度上發生了困難。於是產生了混合坐標系,但也未能完全克服在數值計算方面的困難。爲解決這一問題,Mesinger(1979)設計了 $\eta$ 坐標系

$$\eta = \frac{p - p_T \ p_{rf}(Z_s) - p_T}{p_s - p_T \ p_{rf}(0) - p_T}$$

其中P是氣壓,下標T和S分別表示在模式大氣上邊界和地表面的值,Z是高度。 $P_{rf}(z)$ 是參考氣壓,它是高度Z的函數。地表面的海拔高度理想化爲一組離散的值,即將實際地形理想化爲階梯形狀,因此既有簡單的下邊界條件,又沒有數值計算方面的困難。特別當取 $Z_S=0$ 時, $\eta$ 坐標系就變成 $\sigma$ 坐標系。 $\sigma$ 坐標系是數值模式中應用最廣泛的坐標系。

合理地求解數值預報問題的充要條件是:(1)對初始時刻的大氣狀況具有 足夠正確的認識。(2)對大氣從一個狀況發展成另一個狀況的定律具有足夠正 確的認識。但時至今日,在確定上述兩個條件上,我們的認知能力仍很有限, 特別是對於某些物理過程或象青藏高原這樣的特殊區域。在用數值模式方法研究青藏高原的天氣氣候問題時,遇到的特殊而又重要的問題是如何準確地刻畫高原的動力和熱力作用。在數值業務預報模式中引入高原地形影響方面,雖然數值預報業務模式中對高原地形高度的處理已比較真實,但數值預報的效果還較差,誤差還比較大,不能直接應用于高原天氣預報之中。

綜上所述,儘管國內外氣象學者對高原大氣開展了多方面的研究,也取得了不少的成果,但主要集中在高原大地形對天氣氣候的影響方面,在高原局部地形對天氣的影響如山脈邊界層效應、高原近地層小尺度天氣系統如浮力垂直卷流、輻合線、上升氣層等的研究方面還開展得很少,更沒有一套針對高原機場範圍的業務化的天氣預報模式,這給我們的航空氣象保障帶來了困難,也給我們的工作留下了空間。建立一套特殊的高原機場航空氣象服務保障方法就是我們的當務之急。

# 6 高原飛行的航空氣象服務保障對策

高原機場飛行難,保障難在航空界衆所周知。但是拉薩航線成功飛行40年, 九黃機場自2003年9月開航以來大流量安全運行近三年給了我們巨大的鼓舞。 難並不是沒有解決問題的辦法,難並不是束手無策。全面提高高原機場航空氣象 服務保障能力需要我們付出諸多努力:

### 1·1 搞好高原機場選址論證工作

氣象條件是高原機場場址選擇的重要因素之一,事關日後機場運行的安全和 效益,因此在高原機場選址論證工作中應充分開展氣象條件的適 應性論證,利用有利氣象條件,避開不利氣象條件。

# 1.2 加強高原機場航空氣象設施設備配置的評估工作

高原機場地形地貌複雜,設備安裝選址難,各種探測設備(例如雷達、風廓線儀等)也各有適應範圍和優缺點,在加速高新技術設備引進建設的同時應充分考慮設備在當地的適應性和相容性以及各種設備的互補性和配套性,力爭上一套有效一套,避免資源浪費。

- 1.3 加強高原機場基礎氣象設施建設
- 1·3·1 高原機場由於地理位置所限,許多機場很難選到符合規範要求的常規 觀測場場址,應配置自動觀測系統以滿足獲取近進區域航空氣象要素資料的需 要。應根據機場地形條件和特殊需求,在一些風向風速變化較大的特殊位置適當 增加系統中測風設備的布點。
- 1·3·2 爲保證航班的正常起降, 航班量大的高原積雪結冰機場還應配備掃雪車和除冰設備。

#### 1.3.3 建立低空風切變探測設備

國際航空和氣象界公認,低空風切變是對航空器在起飛和著陸階段飛行安全威脅最大的天氣現象,嚴重危害航空活動安全。低空風切變現象具有時間短、尺度小、強度大的特點,因而帶來探測難、預報難、飛行難等一系列困難。高原機場亂流多,風向風速變化大,應加大測風設備的投入,建立低空風切變預警系統。目前,風切變探測手段包括如下幾類:

多普勒天氣雷達在探測水汽含量較多的天氣系統如微下擊暴流和積雨雲所 伴隨的低空風切變有著相當大的優勢,但是其缺點是(1)晴天不能使用;(2) 反演風場與實測風場存在著誤差;(3)解析度隨距離變差,小尺度風場常常被忽 略;(4)安裝位置要求高,選址常常受到限制,致使雷達不能直接應用於跑道範 圍。雷射雷達能在晴天和乾燥的環境下進行風場的探測,但是在降水環境下信號 衰減比較強,主要可以對風切變、陣風鋒和紊流做出危險警報。目前用於機場低空風切變業務較少,沒有可以借鑒的方法和模型。

風廓線儀也稱風廓線雷達,它是採用多普勒全相干技術及微信號檢測技術,探測晴空大氣中風隨高度變化的資訊。通過發射不同方向的電磁波束,接收並處理這些電磁波束因大氣垂直結構不均勻而返回的資訊,得到了風的垂直廓線。風廓線儀利用多普勒效應能夠探測其上空風向、風速、和溫度等氣象要素隨高度的變化,具有探測時空解析度高、自動化程度高等優點,尤其是能夠在晴天條件下,觀測多普勒雷達等不能或不易直接觀測到的微下沖氣流和垂直陣風,並可以完成LLWAS不能完成的空間三維探測。在測風的基礎上,通過無線電聲波探測系統,觀測聲波在不同高度層的傳播速度,得到大氣虛溫的變化值,形成溫度廓線,測風測溫同時進行,這是風廓線儀的又一大特點。與多普勒天氣雷達相比,風廓線儀可以在晴空的情況下監測某處的垂直風場分佈,但是由於單部風廓線儀只能監測其上空的風的情況,只有將多部風廓線儀進行聯網才能得到整個機場上空區域的垂直風場分佈。

低空風切變預警系統(LLWAS系統)具有時效性強、虛報率低和可以業務化的優點,由多個測風儀及處理器所組成,在跑道兩端向外延伸3海裏範圍內有足夠的測風感測器,它可以探測並確認離進場走廊300米以下區域的危害性低空風切變。而且自動化程度高,若有兩個風切變/微下擊暴流同時出現時,系統以最嚴重者的強度和最接近飛機的起降位置編發警報。但是由於測風儀和處理器安裝有一部分需要在機場圍界外,給安裝選址和維護保養帶來較大的難度,高原地區由於地形原因,安裝選址難度更大。還有一種集成的業務化風切變系統,一般是由LLWAS和機場多普勒雷達構成,可以全天侯、全方位測量,產品可信度高;但是造價昂貴,維護成本大。

綜合上述各種探測設備的利弊,結合西南地區地形特點,我們建議在高原機場應建設 2-3 套風廓線儀,同時在地面布測風系統,將地面資料與風廓線探測資料進行綜合分析,以確定機場地面及上空區域是否有風切變發生,提高低空風切變的預警能力。

#### 1.4 改變輪換工作制

由於氣候和歷史的原因,一些高原機場實現人員輪換工作制。高原機場地方性天氣特點強,頻繁的輪換不利於航空天氣工作經驗的積累。在輪換的過程中應特別注意預報觀測經驗的傳承和氣象資料的交接,並創造條件逐步取消短期輪換制。

#### 1.5 加強機場氣象臺建設,穩定航空氣象人員隊伍

目前多數高原機場氣象人員嚴重不足,專業素質偏低,應通過多方努力健全 高原機場氣象臺機構編制,加大人力資源、業務培訓方面的投入,提高從業人員 的福利待遇,穩定航空氣象人員隊伍。

#### 1.6 全方位獲取原始氣象資料

高原輪換工作制地區氣象資料稀少,天氣瞬息萬變,適當加密觀測時次,增加探測方法,全方位、連續地觀測和記錄機場天氣的演變情況,存儲寶貴的第一手原始氣象資料,有利於完整地跟蹤天氣變化的過程,研究天氣演變規律。 1.7 加強對高原機場天氣的分析研究和經驗總結

由於青藏高原氣象觀測站稀疏,高原大地形對高原天氣的複雜影響,目前包括我國氣象科學家在內的科學家對發生在高原上的氣象變化及其影響還知之甚少。事實上,青藏高原地區的天氣及其複雜的變化是世界性難題,也是航空氣象研究的處女地。

航空氣象工作者要加強對高原機場天氣變化規律的總結,加強高原機場天氣氣候演變背景的研究,強化氣象基礎理論的學習,強化對高原機場雜天氣其及變化特點的認識。具體的講 :要分析研究高原機場天氣演變與亞歐地區大尺度環流調整或大尺度天氣系統活動的背景;要分析研究高原機場重要天氣的季節變化及日變化的特點;要分析研究高原機場航空氣象要素與天氣系統的關係;要分析研究高原機場近地面天氣的變化與高空天氣系統的關係;特別要分析研究機場天氣的地方性特點與地形、地貌等地理環境的關係,等等。要全面總結高原機場天氣預報工作經驗,逐步深化對高原機場天氣的理性認識;建立必要的高原天氣分析預報工具,提高高原機場重要天氣和短時天氣的預報能力。1.8 加強高原航空氣候特徵研究

加強高原氣候特徵和高原機場航空氣候特徵研究,爲航空公司和航空氣象 用戶編制提供機場《航空氣候概要表》,分析機場各個季節不利於飛行和有利於 飛行的天氣出現的時間和規律,爲航空公司合理安排航班時刻提供參考。

#### 1.9 打破閉關自守的局面,實現資源分享

加強與建立與國家氣象部門和科研院所的技術合作,聯合開展高原天氣的理 論研究。加大科技開發力度,建立高原機場天氣預報模型和預報工具,提高預報 準確率,爲飛行安全及公司的經濟效益做出貢獻。

2.0 加強協作溝通,改善航空氣象服務

及時發佈特殊天氣報告、重要氣象情報和機場警報,加強對航空氣象用戶氣 象知識的培訓,增強航空氣象用戶對氣象情報的理解和應用,密切航空氣象用戶 的聯繫和資訊反饋。

2.1 建立健全《高原機場航空氣象管理規定》

任何行之有效的方法和手段,只有制度化後才能發揮最大的效益。建立健全 《高原機場航空氣象管理規定》,做到依法管理,按章行事。

2.2 加強航空器空中氣象報告的收集和應用

空中氣象報告是一種寶貴的資源,應充分的利用和共用,尤其是高原機場。通過陸空通信或其他媒介,迅速得到飛行機組在空中的氣象報告,進一步確切地定位當時天氣在第一時間的空間分佈,有利於氣象部門對重要天氣的訂正或驗證,有利於氣象部門將重要天氣資訊反饋給飛行中的其他機組或其他航空用戶,也有利於天氣經驗的積累。

2.3 加強高原機場氣象服務保障的規劃,提高氣象工作的適應能力。

社會經濟的高速發展,飛行流量的加大,飛行對航空氣象保障提出了更高的要求,航空氣象服務保障工作面臨著新的外部環境。機遇和挑戰並存。這就要求我們未雨綢繆,加強發展規劃研究,提高服務水平,增強適應能力,以積極的姿態迎接新篇章的到來。

## 參考文獻

1 李國平。青藏高原動力氣象學。北京:氣象出版社,2002