

101年公務人員特種考試外交領事人員外交行政人員考試、101年公務人員特種考試國際經濟商務人員考試、101年公務人員特種考試法務部調查局調查人員考試、101年公務人員特種考試國家安全局國家安全情報人員考試、101年公務人員特種考試民航人員考試、101年公務人員特種考試經濟部專利商標審查人員考試試題

代號：60150

全一頁

考試別：民航人員

等別：三等考試

類科組：飛航管制

科目：航空氣象學

考試時間：2小時

座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)禁止使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

- 一、航空氣象台發布「特別天氣觀測報告 (SPECI)」是指：(一)地面風、(二)水平能見度、(三)跑道視程、(四)天氣現象、(五)雲等五項天氣因子各發生那些變化？具體一一說明之。(20分)
- 二、說明北半球夏季間熱帶輻合帶 (ITCZ) 大氣環流特點與飛航天氣的關聯。(20分)
- 三、詳述雷雨引發大氣亂流的垂直氣流、陣風、初陣風等現象。(20分)
- 四、根據美國聯邦航空總署 (FAA) 以及美國國家海洋大氣總署 (NOAA) 的規範，如何界定高空與低空亂流？低空亂流有那七種？高空亂流又有那四種？(20分)
- 五、航空氣象站以水銀氣壓計所測得的氣壓必須依序經過那些訂正步驟，才能得到測站氣壓？測站氣壓又和場面氣壓有何區別？氣壓又如何換算出高度？(20分)

一、航空氣象台發佈「特別天氣觀測報告(SPECI)」是指：(一)地面風、(二)水平能見度、(三)跑道視程、(四)天氣現象、(五)雲等五項天氣因子各發生哪些變化？具體一一說明之。(20分)

答案：

(一) 地面風

1. 當平均地面風向與前一次觀測報告比較，有 60 度或以上之變化，並在變化前及(或)變化後之平均風速為 10KT 或以上時。
2. 當平均地面風速與前一次觀測報告比較，有 10KT 或以上之變化時。
3. 當最大風速(陣風)與前一次觀測報告比較，增加 10KT 或以上，且在變化前及/或變化後之平均風速為 15KT 或以上時。

(二) 水平能見度

1. 當能見度變化至通過下列任一數值時：800、1500、3000、5000 公尺
2. 當編報之能見度低於該機場最低降落天氣標準，而進場位置之能見度變化至或高於最低降落天氣標準時。

(三) 跑道視程

當跑道視程變化至或通過下列任一數值時：

150、350、600 或 800 公尺

(四) 天氣現象

1. 下列任一天氣現象之開始、終止或強度改變時。

----凍降水

----凍霧

----中或大降水(包括陣性)

----低吹塵、低吹沙或低吹雪

----高吹塵、高吹沙或高吹雪(包括雪暴)

----塵暴、沙暴 ----雷暴(含或不合降水)

----颶

----漏斗雲(龍捲風或水龍捲)

2. 小強度降水之開始或終止。

(五) 雲

當雲量為 BKN(5/8~7/8)或 OVC(8/8)之最低雲層雲底高度變化至或通過下列任一數值時：

100、200、500、1000、1500 呎

2. 當 5000 呎以下雲層之雲量變化為：

自 4/8 或不足變為大於 4/8 時。或

自大於 4/8 變為 4/8 或不足時。

3. 垂直能見度

當天空狀況不明和垂直能見度變化至或通過下列任一數值時：100、200、500 呎。

**二、說明北半球夏季間熱帶輻合帶(ITCZ)大氣環流特點與飛航天氣的關連。(20分)**

答案：

北半球夏季大陸中部低氣壓吸引來自西南和東南方海洋暖濕不穩定空氣，達於陸地，地面劇烈增溫使空氣抬升至較高地帶，產生廣大雲層、霪雨與無數雷雨。夏季，熱帶季風之影響力可及於離大陸海岸線外之海洋上大氣環流。來自赤道吹向亞洲南部與東南部海岸之盛行風為南、東南或西南風，如果沒有季風之影響力，亞洲南部及東南部海岸地區應為東北信風所控制。

間熱帶輻合帶(Intertropical convergence zone; ITCZ)名稱有很多種，如間熱帶槽(intertropical trough, ITT)、赤道槽(equatorial trough)以及赤道鋒(equatorial front)等。在南北半球兩個海洋副熱高氣壓系統之中間地帶，赤道兩邊赤帶地區，太陽輻射強烈，海面空氣受熱上升，加之東北信風與東南信風之輻合作用，使空氣被迫上升，對流盛旺，副熱帶高壓帶與信風帶之逆溫層消失，產生低壓槽，夏季移向赤道以北，冬季移向赤道以南，大概在緯度 $5^{\circ}\text{S}$ 與 $15^{\circ}\text{N}$ 之間活動。熱帶海洋地區間熱帶輻合帶顯著，但在大陸地區，甚為微弱而不易辨識。

**ITCZ 與熱帶風暴**

間熱帶輻合帶對流旺盛，攜帶大量水氣達於很大高度，其塔狀積雲雲頂常高達45000呎以上。帶狀間熱帶輻合帶常出現一系列之積雲、雷雨及陣雨，也可能形成熱帶風暴(tropical storm)，雨量十分豐富。由於對流作用支配著熱帶輻合帶，所以無論在廣闊海洋上或島嶼上，在間熱帶輻合帶影響下之天氣現象，幾乎相同。

**飛機飛越 ITCZ**

航機飛越間熱帶輻合帶，如果能遵守一般規避雷雨飛行原則，應不致構成麻煩問題，航機可在雷暴間隙中尋求通道。在大陸地區間熱帶輻合帶為地形所破壞，難以辨識其存在，無法描述其天氣與間熱帶輻合帶之關係。

**三、詳述雷雨引發大氣亂流的垂直氣流、陣風、初陣風等現象。(20分)**

答案：

**雷雨引發垂直氣流**

大雷雨產生強烈亂流和冰雹，強烈亂流位在積雨雲中層或高層上升和下降氣流間之風切帶。陣風鋒面上引發風切亂流，出現於低空雲層中與雲層下方。積雨雲之垂直運動，高度可達數萬呎，寬度不定，自數十呎至數千呎不等。航機穿越雷暴雨時，垂直運動迫使航機改變高度，常無法保持指定巡航高度。雷雨內部在初生階段，大部分為上升氣流；成熟後，上升及下降氣流同時發生；消散階段，以下降氣流為主。在上升和下降氣流鄰近區常有風切亂流和最大陣風。

**雷雨引發陣風**

雷雨引發不規則且突然出現短暫的強風稱為陣風，陣風係由上升氣流和下降氣流間切變作用(shearing action)和抬升作用(lifting action)而產生。陣風會導致飛機顛簸，偏航與滾動，其強烈者可使飛機損毀。

**雷雨引發初陣風**

雷雨前方，低空與地面風向風速發生驟變，下降氣流接近地面時，氣流向水平方向沖瀉，引發猛烈陣風，此種雷雨緊接前方之陣風稱為初陣風，又稱犁頭風(plow wind)。強烈初陣風發生於滾軸雲

及陣雨之前部，塵土飛揚，飛沙走石，顯示雷雨來臨之前奏。滾軸雲常於冷鋒雷雨及飈線雷雨發生時出現，滾軸雲表示最強烈亂流之地帶。

四、根據美國聯邦航空總署(FAA)以及美國國家海洋大氣總署(NOAA)的規範，如何界定高空與低空亂流？低空亂流有哪七種？高空亂流又有哪四種？(20分)

答案：

(一) 界定高空與低空亂流

美國聯邦航空總署(FAA)及美國國家海洋大氣總署(NOAA)規定：在1500呎以下低空所發生之亂流稱為低空亂流(low level turbulence)，發生在1500呎以上高空者稱為高空亂流(high level turbulence)。低空亂流或高空亂流發生原因，由風切所致，又稱為低空風切(low level wind shear)或高空風切(high level wind shear)。

低空亂流對航機之危害最嚴重，因低空遭遇亂流，控制不易，接近地面，無回轉餘地，常有撞地墜毀之虞。高空遭遇亂流，高空幅度較大，航機雖上下顛簸，除在山區外，具有足夠之安全空間，較易應付，危險性較小。

(二) 低空亂流有七種

促使低空亂流發生之天氣或地形因素，計有雷雨低空亂流(thunderstorm low level turbulence)、鋒面低空亂流(frontal low level turbulence)、背風坡低空滾轉亂流(lee wave rotor turbulence)、地面障礙物影響之亂流(ground obstruction turbulence)、低空噴射氣流之亂流(low level jet stream turbulence)、逆溫層低空亂流(low level inversion turbulence)和海陸風交替亂流(land and sea breezes turbulence)等七種。

1. 雷雨低空亂流(thunderstorm low level turbulence)

在雷雨成熟階段(mature stage)，低層氣流大致自積雨雲內部向下又向外圍擴散，瀉出近似水平之冷空氣，是為冷空氣外流帶(cold air outflow)，而雷雨外圍四周暖空氣，沿外流之冷空氣上方收斂流入積雨雲中，是為暖空氣內流帶(warm air inflow)。在雷暴雨下半截之低空部份，氣流與冷暖差異之內外流帶間形成不連續之風切線，常發生陣風，特稱為陣風鋒面(gust front)。自積雨雲之中心至下瀉冷氣流最前緣(leading edge)陣風鋒面之前緣常形成鼻狀(又稱陣風鋒面鼻 gust front nose)，接近地面處因地面摩擦關係，使前緣略向後方收縮，鼻狀高度不定約在100-1000-2500呎。積雨雲雲頂向下衝瀉之冷氣流，夾帶大雨向前後左右四方擴散，下衝氣流之強烈者成為下爆氣流(downburst)。下爆氣流者為低空100公尺以下局部下衝氣流速度超過3.6公尺/秒。下爆氣流在外爆中心(out burst center)衝擊地面後，急速向外擴張而為外爆(out burst)。隨下衝氣流或下爆氣流直瀉而下之大雨柱特稱為雨箭桿(rain shaft)。

2. 鋒面低空亂流(frontal low level turbulence)

鋒面低空亂流屬於機械性亂流或動力亂流之一種，氣流受到鋒面影響而產生的一種亂流。快速鋒面推動不穩定暖空氣上升，產生強烈亂流，同時鋒面有逆溫層存在，風切助長其亂流。

3. 背風坡低空滾轉亂流(lee wave rotor turbulence)

山岳波為機械性亂流之一種，山頂上風速超過25kts時，山岳背風面常有輕微亂流發生；山頂上風速超過40kts以上時，會有強烈亂流發生。山岳背風面常產生波浪狀之氣流與滾轉狀之氣流，總稱

為山岳波，每個波浪狀之波峰最下方常有滾轉渦旋(rotor)存在，即滾轉狀之亂流，其出現高度通常低於山峰。在山岳波低空形成一連串之滾轉亂流，向前延伸100哩以上，以最初兩三波最為強烈，其中含有上下旋轉滾動之氣流。

#### 4. 地面障礙物影響之亂流(ground obstruction turbulence)

地面障礙物如高大建築物、樹林及起伏不平之粗糙地形，會破壞原為平穩流動之空氣，產生無數複雜混亂之漩渦，亦屬於機械性之亂流。強弱視地面風速、地面粗糙度以及空氣穩定情況而定。風速愈大、地面不平以及空氣愈不穩定，亂流愈強烈。地面風速達20kts以上時，所有地面任何障礙物均會產生各種不同之亂流。地面風速更強，其亂流可影響直升飛機及小型飛機之安全。該種亂流之頂部有時會產生成列或成帶之層積雲(Sc)類。

#### 5. 低空噴射氣流之亂流(low level jet stream turbulence)

地面至2000呎常有一層最大風速層超過50kts，稱為低空噴射氣流。夜間地面上產生逆溫層時，穩定空氣上，即在逆溫層頂上會出現強風軸，地面風速小於10kts，向上風速幾乎無增減，至逆溫層頂風速陡增，約在600至1500呎高度間，風速增至25-40kts，甚至達50kts以上者。再向上到梯度風層(gradient level)間，風速減為15-25kts，因此該噴射氣流核心在逆溫層頂上，稱為夜間低空噴射氣流(nocturnal low level jet)。低窪地區及丘陵地背風面，夜間地面輻射冷卻，地面會有一層冷空氣，上層空氣反而暖，由於地形阻擋，下層風速小，上層風速大，再到高處(梯度風層)又減小，仍形成明顯之強風軸。地面因日照增溫，逆溫層減弱或消失，低空噴射氣流(強風軸)由於亂流混合而減低風速，強風軸隨之消失。地面至1000呎間，風速差別大，產生風切。風切亂流強度視上層暖空氣風速大小而定，範圍由有利地形之大小而定。

#### 6. 逆溫層低空亂流(low level inversion turbulence)

逆溫層低空亂流屬於熱力風切亂流，在本章第三節中已有詳盡說明，但與上述夜間低空噴射氣流之亂流(動力風切)性質有別。由於靠近地面之低空層為靜風或微風，其上方有時為風速較強之暖空氣，風切現象就會在兩層間混合地帶發展，即導致輕微亂流。地面上風速微弱，航機可選擇任何跑道頭起降，起降方向與逆溫層上暖空氣之風向相同時，當穿越逆溫層(即亂流層)後，航機突遭風速巨變，導致航機僅離地面幾百呎上空失速之危險。若起降方向與逆溫層上暖空氣之風向相反，則飛行情況較佳。

#### 7. 海陸風交替亂流(land and sea breezes turbulence)

海陸風通常在靠近寬廣海面沿岸一帶出現，海陸日夜受熱與冷卻之差異所造成。海風可伸入陸地10至15哩，強度通常為15-20kts，厚度約2000呎，於日出後3至4小時開始，隨後午後1至2小時最強；陸風具有冷鋒性質。穿過海陸風鋒面時有明顯之風切，故有亂流發生。海陸風亂流為時短，亦不顯著。使用聲波雷達(acoustic radar)之觀測資料，可分析海陸風交替時產生鋒面，可間接研判亂流之所在位置。

### (三) 高空亂流有四種

促使高空亂流發生之天氣或地形因素，計有雷雨高空亂流(thunderstorm high level turbulence)、鋒面高空亂流(frontal high level turbulence)、山岳波高空亂流(mountain wave high level turbulence)、山岳波高空亂流(mountain wave high level turbulence)和高空噴射

氣流之亂流(high level jet stream turbulence)等四種。

#### 1. 雷雨高空亂流

在 1500 呎度以上之雷雨群體，其雲裡雲外都有亂流，雲裡有上升和下降氣流，雲外有冷暖氣流之交替，甚至雲頂之上方，亦有亂流之出現。雷雨外圍亂流可能擴及積雨雲外 5 至 10 哩，雷雨雲頂亂流可能衝至雲頂上方 5000 呎高度。

#### 2. 鋒面高空亂流(frontal high level turbulence)

就雲系兩型而言，鋒面高空所達高度不會超過 4500-6000 公尺，就溫度差別而言，其高度可達對流層頂。在 1500 呎高度以上之鋒面附近及鋒面中，亂流仍然盛行。

#### 3. 山岳波高空亂流(mountain wave high level turbulence)

山岳波上層波浪型氣流，構成上下之波峰與波谷，高度可達對流層頂以上。波峰為上升氣流，波谷為下降氣流。如果空中水汽充足，在波峰上常形成駐留狀態之筭狀雲(standing lenticular clouds)，由於波峰氣流之上升，絕熱冷卻而凝結為雲。波谷氣流之下降，絕熱增溫而使水氣蒸發，致無法成雲。在較高層波峰上形成卷積雲型之駐留筭狀雲(cirrocumulus standing lenticular, CCSL)，在中層波峰上形成高積雲型駐留筭狀雲(altocumulus standing lenticular, ACSL)。山岳波高空亂流與飛行安全迎風面山坡，空氣穩定，山坡上氣流平穩無波；空氣不穩定，山坡上有輕度亂流出現。在背風面，氣流會急速下降，可能沉降到山岳背風面之地面上，使航機於不知不覺中下墜，同時在高層產生一連串之大波動，可延伸到山背後 100 哩以上。風吹過波峰波谷，仍然停滯不動，航機如不察，飛經其間，該等亂流可使航機損毀，最危險者莫過於無雲之山岳波。山岳波可能使高度表發生 1000 呎之高度誤差。

#### 4. 高空噴射氣流之亂流(high level jet stream turbulence)

噴射氣流附近有顯著垂直風切與水平風切，在晴空中容易產生亂流。高空噴射氣流附近少見雲層，噴射飛機在萬里無雲之天空中飛行，常感機身顛簸跳動，此種亂流特稱為晴空亂流(clear air turbulence; CAT)。晴空亂流專指高空噴射氣流附近之風切亂流而言。在噴射氣流附近，即使在卷雲中有亂流存在時，仍稱為晴空亂流，高空風切亂流(high level wind shear turbulence)，或晴空亂流出現於噴射氣流附近，也在加深氣旋之風場中發展，成為強烈至極強烈亂流。

高空晴空亂流具有不連續性與短暫生命之特徵。其幅度大小不一，普通有 2000 呎之厚度，20 哩之寬度，50 哩或更多之長度，它向風吹的一方延展。亂流最強區在風切最大區和等風速線(isotachs)密集區，晴空亂流區分為 A、B、C、D 四區。A 區在鋒面區裡，接近對流層頂處，等風速線最密，晴空亂流最強烈。溫帶氣旋伴隨鋒面區，其厚度大約 5000-8000 呎，坡度為 1/100-1/150。B 區在副熱帶對流層頂(sub-tropical tropopause)與噴射氣流核心上方(即在平溫層)，晴空亂流強度僅次於 A 區。C 區在噴射氣流核心下方，近鋒面區暖氣團裡，有中度至強烈之晴空亂流。D 區在暖氣團裡，距離鋒面區及噴射氣流核心較下方與較遠，晴空亂流為輕度或無。

**五、航空氣象站以水銀氣壓計所測得的氣壓必須依序經過那些訂正步驟，才能得到測站氣壓？測站氣壓又和場面氣壓有何區別？氣壓又如何換算出高度？(20 分)**

答案：

航空氣象站水銀氣壓計測得之氣壓讀數，必須經儀器差訂正(Instrument correction)、溫度訂正(Temperature Correction)及緯度(重力)訂正(Latitude Correction)，最後得到測站氣壓。測站氣壓換算至高出跑道面約 3 公尺處氣壓 相當於飛機停在跑道上高度計之氣壓讀數是為場面氣壓(aerodrome pressure)。

101年〔地方特考〕

102年〔初等考試〕  
〔關務、移民、海巡〕

應考  
要領

# 鼎文公職 解題

詳情請洽《鼎文公職網》

[www.ezexam.com.tw](http://www.ezexam.com.tw)

2331-6611

氣壓隨高度增加而遞減，在 1000hPa 附近，高度每上升約 10 公尺，氣壓降 1 hPa。在 500 hPa 附近，高度每上升約 20 公尺，氣壓降 1 hPa。在 200 hPa 附近，高度每上升約 30 公尺，氣壓降 1 hPa。飛機上之高度計係以空盒氣壓計之氣壓高度換算出高度，作為高度計之標尺。

氣壓高度計( pressure altimeter )係以空盒氣壓計之氣壓讀數，對應高度的變化，並加上以呎為刻度，來表示高度的讀數。氣壓與高度關係並非常數，高度仍受地面氣壓之影響，因此氣壓高度計須隨地面氣壓之變化加以訂正，才能顯示真實高度。飛機飛行期間，沿途地面氣壓或海平面氣壓下降時，高度計讀數偏高( over-read )，也即飛機實際高度比顯示高度為低；沿途地面氣壓上升，高度計顯示偏低( under-read )。其誤差在海平面附近，氣壓每改變 1 hPa，誤差為 27 呎。