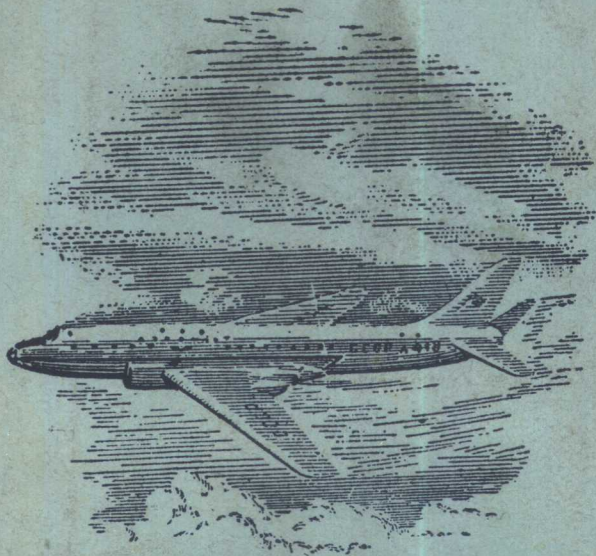


И. Г. 普切爾柯著



高空飞行的 气象条件

国防工业出版社



苏联 И.Г.Пчелко 著 Метеорологические условия полетов
на больших высотах, (Гидрометеиздат ленинград 1957 年
第一版)

*

国防工业出版社

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

*

787×1092 $1/32$ 印张 $1\frac{41}{16}$ · 38 千字

1959 年 2 月第一版

1959 年 2 月第一次印刷

印数: 0,001—1,650 册 定价: (11)0.31 元

№ 2613 统一书号: 15034·277



目 录

序言.....	3
第一章 高空快速飞行气象保证的总原则.....	5
第二章 繪制与分析对流层顶圖.....	7
一 关于对流层顶的一般概念.....	8
二 繪制与分析对流层顶圖表.....	11
三 对流层顶的波动.....	16
四 对流层顶的高度預告.....	17
第三章 对流层顶高度上的温度.....	19
第四章 風, 急流.....	23
一 概述.....	23
二 急流.....	25
第五章 云.....	32
第六章 飞机的颠簸.....	37
第七章 飞机的积冰.....	45
一 概述.....	45
二 噴气条件下的飞机积冰.....	47
第八章 对个别例子的分析.....	51

目 录

序言	3
第一章 高空快速飞行气象保证的总原则	5
第二章 繪制与分析对流层顶图	7
一 关于对流层顶的一般概念	8
二 繪制与分析对流层顶图表	11
三 对流层顶的波动	16
四 对流层顶的高度预告	17
第三章 对流层顶高度上的温度	19
第四章 風, 急流	23
一 概述	23
二 急流	25
第五章 云	32
第六章 飞机的颠簸	37
第七章 飞机的积冰	45
一 概述	45
二 噴气条件下的飞机积冰	47
第八章 对个别例子的分析	51

序 言

噴气技术运用于民用航空事业中，要求民航气象台的預报員能够作出在整个对流層和平流層低層飞行的天气預报。

目前，預报員的任务大大增加并且更为复杂了。但是，关于高空快速飞行的气象保証問題以及这种保証的可能性如何，还不十分清楚。有一种意見認為这是一个相当复杂的問題，而目前气象业务似乎还不准备去解决这一問題；另一种意見，則認為高空快速飞行的气象保証，与一般飞行的气象保証相比較，本質上没有什么新的东西，因此，這項工作对預报員來說，并没有什么特殊困难。

在判断对流層上層与平流層低層的气象現象及它們对飞行的影响时，亦沒有一致的意見。例如，經常可以听到說，Ci(卷云)——Cs(卷积云)远不是像我們从地面上所看到的那样《溫柔》，这类云似乎經常具有很大的，占有8~15公里的垂直厚度。在这种云内飞行的特征是能見度很坏，并使飞机产生顛簸与积冰，因此，这一类云对高空飞行來說，非常危險。另一方面，有时也有人說，对流層上層的飞行，可以說是在《天气范围之外》，因此，对气象方面就不需要特別注意。

由于有这样一些分歧的意見，并且考虑到不論对飛行員或对气象学家來說，这还是一个新穎的問題，因此，目前就十分有必要来闡明这一問題的真实情况。为此目的，編写了这本参考性的書籍。書内叙述了飛行員在高空飞行中經常遇

到的一些气象条件及其重要性，在什么情况下，这些条件对飞行来说是有利的或者是不利的，以及气象学家在保证飞行安全和有效方面的可能性如何。遗憾的是目前要想十分完满地来完成这一工作，还不可能，因为我们目前关于对流层上层和平流层低层的知识还非常缺乏。然而，近年来，在苏联或在国外都已经积累了不少关于高空快速飞行方面气象服务的显著经验。有很多内容丰富的文献叙述了研究对流层上层和平流层低层的各种气象要素及其对飞行的影响（风，湍流，云量及其他）。作者在1955年与1956年的一部分时间内，曾经分析了大约250次喷气飞机在苏联领土上10~11公里高空飞行的情况。把所有取得的资料加以综合以后，即使是很短促的现象，毫无疑问，亦将提供很大的实际价值。

本书是供航空气象台的预报员和飞行员所用。它为读者介绍了适合于在9~12公里高空飞行的气象要素，如温度，风，云量，颠簸与积冰。书的开端叙述了高空快速飞行气象保证的总原则，并且提供了关于对流层顶图表的资料。这些图表尚未获得广泛运用，但考虑到对流层顶在确定对流层上层与平流层低层天气条件时的重要性，作者决定更加详细地阐明这一问题。

作者认为，所有在本书内所涉及到的问题，还需要作非常广泛而深刻的研究。在这些研究工作中，应当吸收大量的预报员和飞行员参加，以便更快地研究出与航空气象保证的效果密切相关的高空天气条件。

第一章 高空快速飞行气象保证的总原则

目前，高空飞行几乎完全是利用快速喷气飞机来进行。保证航线上与天气条件有关的飞行的安全，正常与经济是气象学家的主要任务。这任务是由民航气象台的预报员根据高空与地面天气图的资料以及利用当时的气象情报，在仔细分析大气过程的基础上加以解决的。

民航气象台的预报员除了运用对一般飞机进行气象保证时所用的资料以外，还必须补充绘制 ΔT_{300} 图[●]，有时还要绘制更高层的图表以及对流层顶图，这样沿航线而分布的主要观测点在补充定时观测期间内所获得的温度与风的垂直探空资料就具有很大的意义。经验表明，每隔六小时的经常性的探空观测对飞行的业务保证来说，已经完全足够了。

为了更切合实际地利用这些资料，建议对所服务的航线再绘制两次大气垂直剖面图来补充已有的高空图。这样，就能对航线上整个大气探测层的气象状况及其变化，具有更加清晰的概念。同时，需要特别注意气温，风与对流层顶位置随时间和空间的变化。

每次航行的气象服务，应当是保证在起飞前，对飞行员作详细的口述有关天气过程发展的分析报告，并将航线上的天气预报以具体的文字或图表形式所表示的天气报告交给飞行员。飞行前，天气分析的口述报告非常重要。应考虑到，喷气飞机在一次航行中，就能在不同的天气条件下，飞

● 300毫巴绝对形势图。(译者注)

行相当远的距离。書面形式就难以把这些天气条件的特征作一简短的叙述。因此为了“帮助”起见，預报員与飛行員应进行口头談話。在天气分析口述报告中，預报員应把航綫上所有預料的天气条件，尽可能詳細地告訴飛行員，并特別着重那些最不利的天气条件以及如何来避免它們。同时，还必须单独叙述起飞地点，一定高度上水平飞行（飞行高度位置上）与飞机降落地点的天气状况。

天气預报应包括云量，特殊天气現象，能見度，風，气温，乱流（顛簸）与飞机积冰等預告。同时，应注意到上述每个气象要素的重要性，在不同飞行地段是不相同的。因此，从具体情况出發，估計任何气象要素时，預报員应考虑下列情况：

1) 在飞机上升到飞行高度的起飞地区的預告內，特別需要正确預告云底与云頂的高度，特殊天气現象的种类与特征，近地面的水平能見度以及飞机的积冰；

2) 在作水平飞行时，云量，云頂高度，風向与風速，乱流（顛簸）与溫度分布具有重要意义；

3) 飞机降落地区的預告——与起飞地区一样，但更重要的，是要知道云底高度与近地面的水平能見度。

某些情况下在天气分析口述报告中和天气預告的文字措詞內应說明备份机場上的天气情况。

随着飞行速度的增長以及在短时期內完成远距离飞行的可能性的增大，对气象情报服务提出了更多的要求。航空港与航空港之間，無論如何，必須要有明确的組織，以便及时交換天气預报，暴風警报，主要机場与备份机場上的实际天气情报。航空港由飞机起飞时刻起，就应注意天气，注意飞

机降落机场的天气情报。应当在飞机尚未到达该站之前，就傳遞給飞机上的飞行员，以便在降落机场天气轉坏的情况下，使飞机能够折返。

第二章 繪制与分析对流層頂圖

制作对流層上層与平流層低層飞行条件的預报时，預报員了解对流層頂的情况及其在時間和空間方面的变化，具有很大的意义。大家知道，对流層頂是一个阻擋層，因而就像下面所述，在大部分情况下，它本身就能相当清楚地地区分出云頂上限的位置。根据同一原理，由于对流層頂下面水汽的积聚，經常形成稠密的霧霾，因而对流層頂下面的水平能見度，一般比对流層頂上面的水平能見度差。部分蔚藍色的太陽光譜被水汽散射，使对流層頂下面的霧霾層蒙上明显的淡藍色，这样，就使对流層頂上面的天空变成暗藍色或几乎是黑色。因此，在相应的高度上，由飞机中用肉眼观测，能清楚地發現对流層与平流層空气之間的界限，并且可以視作对流層頂的底面。直接在对流層頂下面的風速，一般比对流層頂上面的風速大。有时，在对流層頂区域内，風向与風速的差异可以大到产生引起飞机顛簸的湍流。所有这些，說明气象学家和飞行员对了解对流層頂的情况以判断高空的飞行条件是多么重要。

关于对流層頂的必要資料，平时我們是由观测无綫电探空記錄而获得的。如果飞行应当在非常狹小的区域内，而在該地区只有某一个观测点，那么对流層頂的判断就可能被飞行区域内一、二个探空观测点的記錄分析所限制。为了保証

固定航綫上的飞行，必須充分利用分布在航綫上的几个觀測点的無線电探空記錄。在某些航綫与远距离飞行服务中，已有必要使用專門的对流層頂圖表。

从1955年1月1日起，在高空电报中开始傳遞有关对流層頂的特征，高度和溫度的报告。因此，就有可能繪制大範圍的对流層頂圖表。这些圖表尚未获得广泛的傳播，因而我們只談一些对流層頂的一般概念，并簡單地介紹对流層頂圖表的繪制与分析。

一 关于对流層頂的一般概念

大气本身在垂直方向上并不是均匀的，而是分成許多深厚的，所謂气層的層次。对近代航空飞行來說，下面兩層——对流層与平流層具有首要的意义。

对流層的主要特征是溫度随高度而降低，并約制着地面上大气热量的輻射交换与乱流交换。因而，构成任何天气状况的各种气象現象（云，降水，雷暴，恶劣的能見度），都能在对流層內觀測到。

伸展至四十公里高空的平流層是一个非常均匀的大气層，而且在物理特性上与对流層亦有很大的差別。在这一層內，溫度随高度几乎不变。乱流交换减弱，空气变得非常干燥，因此，这里，一般不形成云。

对流層与平流層之間的过渡層称为对流層頂。这一層的底部界限，在極地区域，平均位于8公里高空，中緯度地带——在10公里高空，赤道地带——約17公里高空。

測定对流層頂上限和下限的精确标准，尚未有完善的規定。某些作者建議利用特性面（或層次曲綫上的特性点）当

作最低溫度面(点),以作为对流層頂下限的高度。实际上,对流層頂經常出現在溫度逆溫層內,而溫度值最低的逆溫層下限对整个探空观测層來說,亦就是同一時間的对流層頂的下限。但是,对流層頂除了第一層逆溫以外,还經常遇到其他稍高的逆溫層。这些逆溫層下限的溫度比第一層逆溫更低。在这种情况下,根据特性面(点)测定的对流層頂下限,比实际对流層頂开始的高度高。

目前,在整理与翻譯无綫电探空記錄的电碼时,应用下列准则,以测定对流層頂的下限。

1) 溫度随高度的降低轉变为等溫層或在这一層上,梯度相等或梯度小于 $0.2^{\circ}/100$ 米;

2) 溫度随高度的降低轉变为过渡到逆溫層的等溫層;

3) 溫度随高度的降低轉变为逆溫層。

所测定的对流層頂高度,一般不小于5公里,由此开始,溫度梯度相等或接近于零(相差 $0.2^{\circ}/100$ 米或更小),或者是符号改变。利用稳定地过渡到等溫層或根据絕對值,溫度垂直梯度不大的这一層($\gamma \leq 0.2^{\circ}/100$ 米)作为对流層頂的上限或平流層的开端。

对流層頂的厚度各有不同,有时直接从对流層过渡到平流層,这时,对流層頂就像是对流層与平流層气团之間的不連續面。但对流層頂經常是一个由几百公尺至几公里厚的具有复杂溫度結構的过渡層。

根据層結曲綫的形状,可以区分出对流層頂的几种类型。其中最具有代表性的,如圖1所示。

第一类(圖1 a)——由对流層过渡到平流層时,看不到中間層:表示对流層特征的溫度下降轉变为等溫層;

第二类 (圖 1 6) —— 从对流層內, 溫度的劇烈下降轉变为溫度梯度的減弱并过渡到很显著的逆溫層。由 11 至 12.5 公里大气層內說明溫度随高度而分布的曲綫, 表示了溫度梯度的

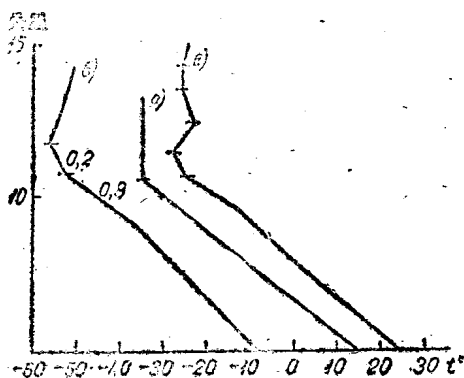


圖 1 对流層頂类型。

急剧变化, 可以作为对流層頂層。在这种情况下, 对流層頂似乎被最低溫度層区分为兩層: 根据 H. A. 克列敏的定义, 下層經常称为对流層上部的扰动層, 而上層称为副平流層。在此示例內, 应将对流層扰动的下限作为对流層頂的下限, 因为这里的溫度垂直梯度等于 $0.2^{\circ}/100$ 米。

第三类 (圖 1 6) —— 对流層頂具有很大的垂直厚度 (有时达几公里), 并且溫度随高度不均匀地变化着。

經常还可观测到更复杂的对流層頂类型, 可以說不是一个, 而是二个或三个对流層頂。

在中緯度地带的冬半年內, 常遇到前两种类型。第三种类型主要是夏半年的特征。一般当热带暖空气出現于对流層頂面时, 常观测到第三种类型的对流層頂。因此, 在低緯度大部分情況下, 可观测到对流層頂的复杂結構。

在指导实际工作时, 必須注意下列情况。上述作为确定对流層頂下限标准之一的, $0.2^{\circ}/100$ 米的溫度垂直梯度值純粹是假設的。經驗表明, 不仅利用溫度梯度 $\leq 0.2^{\circ}/100$ 米的

这一層作为对流層頂下限是正确的，而且一般还利用对流層上部的扰动層，由这一層开始，溫度随高度的降低显著地减小，而溫度梯度本身，根据绝对值可能超过 $0.2^{\circ}/100$ 米，即是說 $0.4\sim 0.5^{\circ}/100$ 米。

二 繪制与分析对流層頂圖表

繪制与分析对流層頂圖表的程序如下：

1. 在台站小圈的右边填上对流層頂高度与特征的記錄（用黑墨汁），左边填上溫度記錄（用紅墨汁）。此外，填上風向与風速，首先是填对流層頂附近的一層，其次填風速最大的一層（根据电碼——是在5公里以上，如果这时風速超过30米/秒）。最大風速記錄用紅墨汁填写。如果最大風速的方向与对流層頂附近的風向相符，則在風矢的两旁画上短画，而且最大風速的短画应用紅墨汁填画。在任何情况下，紅短画旁应填上观测到的最大風速的高度記錄。

2. 圖表的分析与整理，首先应在圖中繪上对流層頂高度等值綫，即是对流層頂的等高綫；等值綫一般間隔为0.5或1.0公里。描繪等值綫应根据各观测点上空的对流層頂高度值与对流層頂的風向与風速。这时，由于各个站上高度与風的記錄，經常和这些要素分布的总形势有很大差别，因而时常遇到很大的困难。这主要原因是：

1) 測定对流層頂本身的高度比較困难，特别是在对流層頂結構比較复杂的情况下，因此，对同一地区上空的对流層頂高度，各个高空气象学家可以有各种不同的判断。

2) 实际上，所取的并不是对流層頂本身的風向和風速，而是对流層頂附近等压面上的風向和風速，即是說在各

具体情况下，某一观测点上空的一層比对流層頂稍高或稍低，而在另一观测点上空，則又与对流層頂相符。因此，相邻观测站上的風，彼此之間可有很大的差別并与所繪等高綫的方向和密度不相符合。

分析对流層頂圖表应考虑对流層內主要冷暖中心的分布，并考虑气压系統的演变及鋒面的移动。将对流層頂圖表与同一观测時間的 OT_{1000}° 圖[●]比較，可以看出它們彼此之間有很多相似之处，即：平均有91%次数，对流層頂高度最低值区与 OT_{1000}° 圖上的冷中心相符；有83%次数，对流層頂高度最高值区与暖中心相符。遇到偏差較大的次数比較少，而且这些偏差不是偏于这一边，就偏于另一边。要解釋产生这些偏差的原因，还需要仔細的研究。显然，这一事实在这里起着巨大的作用，即 OT_{1000}° 圖，实际上只反映了对流層下半部的溫度状况，而对流層頂的高度是要以整个对流層厚度的溫度状况来确定的。特別是，当观测到对流層上半部溫度主要差別时，在苏联欧洲領域的南部高空急流区内，对流層頂圖表往往不能与 OT_{1000}° 圖很好地結合。

由于發現了对流層頂圖表与相对形势圖之間具有良好的关系，因此在分析对流層頂圖表时，可利用分析 OT_{1000}° 圖时的形势作为指导。很明显，例如当 OT_{1000}° 圖上溫度相差很大时，則在 AT_{500} 圖上的相应区域内，一般能观测到最大的絕對位势梯度值。因此， AT_{500} 圖上等高綫最密集的地区，亦就是对流層頂圖表上等高綫最稠密的地方。对流層頂圖表上沿着对流層鋒面的等高綫应比远离鋒面的等高綫密集。与近地面鋒面位置相比較，等高綫最密集的地区，一般移向对

● 500至1000毫巴的相对厚度圖。(譯者注)

流層頂高度低值的一面。暖鋒前面，对流層頂高度差异最大的地区，一般比冷鋒后面的寬广。在对流層頂高度值最小的中心区标上 H_{mp} (或 H_{Tp})，在高度最大的中心区标上 B_{mp} (或 B_{Tp})。

对流層頂的高度变化与对流層頂的整个形势同气旋和反气旋的發展阶段有很大关系。根据相似的温度場結構，可以引用一些气旋与反气旋在不同發展阶段，对流層頂形势的特点。圖 2 a, б, в 所示为气旋的特点，圖 3 a, б 所示为反气旋的特点。

波动阶段 (圖 2 a)

对流層頂高度最高区位于暖气团內，亦即是波的暖区上空；高度最低区位于远离近地面波中心的冷空气內。等高綫最密区相对地由近地面波中心移向有槽的冷区，于是在波中心上空，等高綫就形成脊的形状。

气旋發展最大阶段 (圖 2 б)

随着气旋的發展和加深，对流層頂的等高綫亦就变成波的形状，相对地，在近地面气旋上空形成一个脊，而在它的后方形成一个深槽。由于垂直运动，使上空的对流層頂稍稍降低，近地面气旋上空的对流層頂高度亦逐漸下降；对流層頂高度最低的中心区与近地面气旋中心之間的距离亦逐漸减小。

填塞的衰老气旋 (圖 2 в)

在此阶段，一般，气旋成为冷性气压系統。在近地面它已經填塞，但在高空，在一定時間間隔內，此气旋还在發展。冷空气占据了气旋的整个中心部分，地面与高空的气压中心逐漸与冷区中心相結合。因此，对流層頂高度最低的中

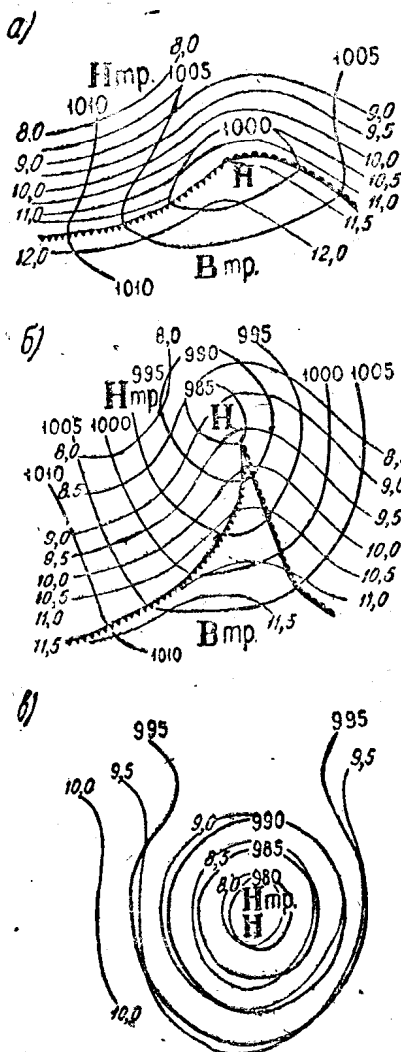


圖 2 气旋各不同發展阶段上空，对流層頂的高度。

心区几乎与地面气旋中心相重合，而等高綫則成圓环状。

年青反气旋(圖 3 a)

反气旋形成于冷空气内。对流層頂的等高綫几乎与鋒面相平行，此鋒面略为偏于重新發展的反气旋南面。对流層頂高度值最低的中心区位于極靠北的地方并与冷中心区相重合。同时，对流層頂的低槽位于近地面反气旋中心上空，即是說，在这里对流層頂的高度亦相对地降低。

以后随着反气旋的發展，由于对流層下半部的下沉运动与上層的暖空气平流，使反气旋上空的溫度升高。这一情况引起了反气旋上空对流層頂的逐漸升高。

崩潰的衰老反气旋

(圖 3 6)