

航空壓力儀表 裝配與調整概論

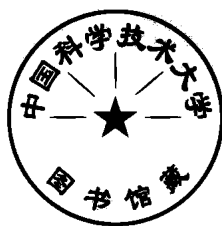


Б.А.阿斯 М.Ф.巴雷舍娃 著

國防工業出版社

航空壓力儀表 裝配與調整概論

Б.А.阿斯、М.Ф.巴甫舍娃 著
孫 治 邦、韓 銘 譯



國防工業出版社

本書講解儀表裝配方面的一般性問題，詳細地闡明壓力式儀表及其組合件的裝配工藝、調整和試驗。在編寫本書的過程中，作者曾利用了先進的儀表製造廠的經驗。

本書以通俗文字寫成，一切基本概念均加以詳細解釋，而且首先解釋所論述之現象和過程的物理性質。

Б.А.Асс, М.Ф.Барышова
ОСНОВЫ СБОРКИ И РЕГУЛИРОВКИ
АВИАЦИОННЫХ МАНОМЕТРИЧЕСКИХ
ПРИБОРОВ

Государственное издательство
оборонной промышленности
Москва 1952

本書係根據蘇聯國防工業出版社
一九五二年俄文版譯出

航空壓力儀表裝配與調整概論

[蘇] 阿 斯、巴雷舍娃 著
孫 治 邦、韓 銘 譯

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第 074 號

北京新中印刷廠印刷 新華書店發行

書號：0025 • 850×1143 耗 1/32 • 6⁷/₈ 印張 • 167,200 字

*

一九五五年十二月第一版

一九五五年十二月北京第一次印刷

印數：1—1,000 冊 定價：1.29 元

前 言

現有的關於航空儀表工藝方面的參考書，很少談到航空儀表的裝配工藝問題，因此，早就感到需要有關儀表裝配和調整方面的書籍。

根據莫斯科奧爾忠尼啓則航空儀表技術學校的倡議，作者決定編寫此書來滿足大多數的要求，雖然清楚地知道在編寫過程中將遇到很多的困難：編寫方法難以確定和幾乎完全沒有這方面的參考資料。

因此可以說，本書是航空壓力儀表裝配工藝方面的第一本參考書。先進的儀表製造廠以及斯達漢諾夫式儀表裝配工的經驗，乃是本書的基礎。

作者在編寫本書過程中力求簡明，以便使廣大的讀者能夠領會和運用，但作者却未因此而放過對裝配工作應知道的知識作詳細地敘述，並且也未使問題簡單化。

壓力式儀表電氣零件的裝配問題，因篇幅所限，於此從略。

本書在編寫中承蒙H.M.茹可夫、C.T.茲崗柯夫、B.B.格里高利耶夫、Л.А.斯魯茨柯姆、A.T.利別爾滿等工程師在審閱手稿中提供了意見，M.Л.尤則夫維奇講師對第一章提出了許多指示作者特此表示謝意。

斯達漢諾夫工作者B.Л.克魯多夫、A.T.馬卡羅夫、B.E.依包里多夫等曾和作者交換過自己的斯達漢諾夫式的工作經驗，特此向他們致以謝意。作者非常感謝H.Л.卡西雅諾夫工程師，他評閱了本書手稿並提出了許多寶貴的意見。作者謹向本書的校者B.A.波波夫致以衷心的敬意。

本書第一、三、十一章由作者合寫而成，第四、五、六、八、九、十章由 B.A. 阿斯寫成，第二、七章由 M.Φ. 巴雷什瓦寫成。

這樣複雜的航空儀表裝配工藝方面的第一本參考書，不可避免的還存在着一些缺點和疏忽的地方。作者非常歡迎讀者對本書提出意見和希望。

序 言

蘇聯是飛機的誕生地，是航空工業先進的強大的國家。我國（蘇聯）的航空事業由一八八一年俄國海軍軍官亞歷山大·菲多爾維奇·莫查依斯基發明世界第一架飛機起發展到今天的噴氣式飛機止已經走過了一段光榮的道路。

航空儀表製造業在我國航空事業的發展中起了相當大的作用。航空儀表用作檢查發動機的工作情況以及幫助完成飛機的領航和駕駛；儀表可保證飛行的安全和幫助飛行人員完成所接受的飛行任務；儀表能幫助飛行員最有效地利用發動機的功率和飛機的飛行性能。

沒有儀表設備的日臻完善，就不可能有飛機製造業的日益發展。在莫查依斯基所發明的世界上第一架飛機上，僅裝有數隻儀表，而在現代的多發動機的飛機上，儀表和自動器的數目已達二百隻左右。

蘇聯航空儀表製造業的發展過程是由手工生產發展到備有最新式設備的大批生產。

我國航空儀表製造業的卓越成就是跟天才的蘇聯設計家、發明家和學者的名字分不開的。航空儀表製造業全體職工的忘我勞動和斯達漢諾夫式革新者創造性的勞動，對航空儀表製造業的成就有着尤其重大的意義。

斯達漢諾夫式儀表裝配工之所以獲得工作成績，首先是因為有許多條件的保證，即他們掌握了儀表工作的物理基礎和材料性質方面的知識，並且具有調整儀表和分析其結果的熟練技能。在斯達漢諾夫式儀表裝配工的工作中，儀表的裝配與調整的實際操

作，是和一些重大的研究工作的成功有機地配合起來的。這也就說明了爲什麼在同一工作地的設備和組織下，某些斯達漢諾夫式儀表裝配工，例如 Б.С. 赫羅波夫、Ю.П. 耶列賓、В.А. 克魯多夫等能在兩年半到三年的時間內完成五年的生產任務。斯達漢諾夫式儀表裝配工的工作是消滅體力勞動和智力勞動界線的共產主義勞動。

千萬個儀表製造者在竭盡全力使我們光榮的空軍得到工作更精確、更完善的航空儀表；我們偉大的祖國也正在這些強大機翼的保護下建設着共產主義社會。

目 錄

前 言

序 言

第一章 某些基本的物理知識	I
§ 1. 運動、速度、加速度	1
§ 2. 力、質量、壓力	1
§ 3. 大氣	8
第二章 製造航空壓力儀表所用的材料	13
§ 4. 金屬和合金	13
§ 5. 非金屬材料	15
§ 6. 裝配儀表所用的輔助材料	17
§ 7. 金屬的腐蝕和防腐法	18
第三章 壓力式航空儀表	22
§ 8. 航空儀表的使用條件	22
§ 9. 航空儀表按功用和動作原理的分類	23
§ 10. 航空儀表的一般技術要求	23
§ 11. 儀表的精確度與誤差	24
§ 12. 壓力儀表的工作原理	30
§ 13. 儀表的主要部分	31
§ 14. 某些典型壓力儀表的工作原理圖	32
第四章 航空儀表製造業中裝配工作的組織	36
§ 15. 裝配工作地的組織	36
§ 16. 裝配用的工夾具	39
§ 17. 裝配車間的一般設備	46
§ 18. 裝配工作的技術安全	49
§ 19. 裝配工藝規程	55
§ 20. 裝配結合的精確度和裝配方法	57
§ 21. 裝配的組織形式	72
第五章 裝配工作的一般程序	76

§ 22. 裝配結合的特點	76
§ 23. 不可拆固定結合的方法和裝配工藝	76
§ 24. 可拆結合的裝配	93
第六章 航空壓力儀表的組合作和部件的裝配	99
§ 25. 航空壓力儀表的主要零件和組合作	99
§ 26. 基座和支柱組合作的裝配	100
§ 27. 傳動機構的裝配	101
§ 28. 航空儀表支承件的裝配	127
第七章 航空壓力儀表靈敏部分的類型	136
§ 29. 膜片、膜盒、膜盒組	136
§ 30. 波紋室（張縮室）	145
§ 31. 彈性管（包端管）	148
第八章 壓力儀表小機器的裝配	154
§ 32. 小機器的技術要求	154
§ 33. 寶石軸承與平板的配合	154
§ 34. 軸向（縱向）間隙的調整	155
§ 35. 零件的洗滌和清理	156
§ 36. 小機器的總裝配	158
§ 37. 組合作裝成後的機械加工	159
第九章 儀表的總裝配	162
§ 38. 調整時所用的標準表	162
§ 39. 儀表機構的裝配和調整	166
§ 40. 壓力儀表的溫度補償	173
§ 41. 儀表的校準	180
§ 42. 儀表的密封	180
第十章 航空壓力儀表的技術試驗	184
§ 43. 試驗的內容和方法	184
§ 44. 檢驗設備	184
§ 45. 在試驗壓力儀表時所發現的故障及其排除方法	190
第十一章 斯達漢諾夫式裝配工的工作經驗	196
§ 46. 斯達漢諾夫式裝配工的工作特點	196
§ 47. 斯達漢諾夫式工作方法的範例	197
附 錄	200
參攷資料	209

第一章

某些基本的物理知識

§ 1. 運動、速度、加速度

航空儀表裝配工，必須知道力學和物理學方面的某些基本知識。下面簡單地敘述一下運動、速度、加速度、力、壓力、大氣及大氣的性質。

運動、速度、加速度 力學中所謂運動，即是物體在空間的移動。物體移動（運動）的快慢程度叫做速度。速度由物體在單位時間（秒、分或小時）內所經過的路程的長度（公尺、公里等）來度量。速度通常以拉丁字母V表示。例如，現代噴氣式飛機的最大速度每小時為1080公里（1080公里/小時），或每秒為300公尺（300公尺/秒）。聲音在空氣中的傳播速度，當溫度為+15°C時每小時等於1224公里，（1224公里/小時），或每秒為340公尺（340公尺/秒）。

在快速或慢速運動中每秒所增加或減少的速度叫做加速度。這就是說，加速度表示速度變化的快慢程度。

例如，在5秒鐘內飛機平飛的速度由每秒100公尺增到150公尺（或者由每小時360公里增到540公里）。每秒鐘速度增加 $\frac{150-100}{5}=10$ 公尺/秒。這一數值就是加速度。因為加速度表示每秒鐘的速度在每秒鐘變化了幾公尺，所以加速度以公尺/秒²表示。就上述的例子說，加速度等於10公尺/秒²。

§ 2. 力、質量、壓力

力 物體的相互作用，能引起物體的運動和形狀的改變者，叫

做力。接觸的物體相互作用時，物體將變形^①，而且物體的變形，即物體形狀或體積的改變，例如，彈簧被壓縮、彈簧片彎曲等等，取決於力的大小和物體的性質。在各種變形中，與我們特別有關的是彈性變形，即力的作用停止後，物體仍能恢復到原來的形狀。

從圖 1 中可以看出密封的金屬膜盒在砝碼作用下的結果。放上砝碼前膜盒的位置以虛線表示。假設往這由兩波紋金屬膜片鋁成的膜盒之硬心上放上一公斤砝碼，則波紋膜片便由於砝碼的作用而開始彎曲（收縮）。膜片材料本身的彈力也開始對砝碼產生反作用，此彈力隨着膜片的變形的增大而增大。在膜片收縮到一定程度時，膜片所產生的反作用力將和砝碼的作用力平衡，膜片這時便停止繼續收縮。在圖 1 中膜盒加砝碼後的位置由實線表示。

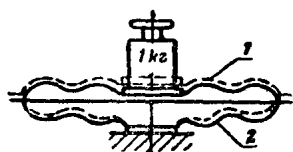


圖 1. 彈性金屬波紋膜盒與其上的砝碼相互作用的關係
1—加砝碼前的膜盒狀態；
2—加砝碼後的膜盒狀態。

重力——重量 所有物體均為地球所吸引。所謂物體的重力或重量，就是地球對物體的引力。重力決定於物體和地心的距離。物體的重量隨此距離的增加而減輕。例如，在 10000 公尺高度處，1 仟克砝碼的重量比在陸地上輕 3 克。

地球是橢圓形（其兩極較扁）。物體在兩極上與地心的距離比在赤道上近 21.3 公里，因此物體由兩極移向赤道時其重量也相應地減輕。高為 735.6 公厘、截面為 1 平方公分的水銀柱當溫度為 0°C 時，在緯度 45° 上（大約在克拉斯諾達爾城）的重量為 1 公斤。同樣高的水銀柱在同一溫度下，在埃里溫（緯度 40° ）就要減輕 0.51 克，因而物體同一表面所受的壓力也就不同（要小些）。在莫斯科的緯度上，高為 734.9 公厘的水銀柱在 1 平方公分面積上便能產生 1 公斤的壓力（在溫度為 0°C 時）。

重力就是地心吸引力。物體及組成該物體的物質均受此力的

^① 變形，即是物體的體積和形狀受外力作用而改變。

作用，因此物體的重力隨着地理緯度或飛行高度的改變而改變。但絕不能由這一點得出，組成物體的質量也同時在改變。例如，處於負荷狀態的物體的質量絕不會因飛機的昇高而減少。

自由降落的加速度 物體僅在重力作用下沒有其它防礙運動因素（空氣阻力、摩擦力等等）的運動，叫做自由降落。自由降落的特點就是具有加速度，也就是單位時間內速度的增量。例如，靠近地面自由降落的加速度（重力加速度）為 9.81 公尺/秒^2 ，即每秒中自由落體的速度增加 9.81 公尺/秒 。自由落體的軌跡為垂直綫。

試驗證明，如果各種不同重量的物體（如羽毛和鉛球）由真空中同一高度自由降落，它們便以同一速度、同時到達陸地，即它們運動的加速度是相等的。

在實際條件下，物體降落時受到空氣阻力的作用，此阻力阻滯物體下降並減低它們的降落速度。空氣對物體的阻力取決於物體的尺寸、形狀和表面狀態，並取決於空氣密度和物體運動的速度。

爲了瞭解空氣阻力對物體降落的影響，讓我們來討論下面的例子：假設兩個小球的體積各爲 10 立方公分，由氣球的吊艙同時降落。一個小球是鉛的，重量爲 114 克；另一個是木的，重量爲 5 克，空氣對兩球的阻力相同，因爲它們的形狀、尺寸和表面狀態都相同。假設對這兩個球的運動的阻力是 1 克，此時作用於鉛球的力等於 $114 - 1 = 113$ 克，而作用於木球的力等於 $5 - 1 = 4$ 克，也就是說，鉛球保存本身的重量 $\frac{113}{114}$ 或 99.1%，而木球僅保存 $\frac{4}{5}$ 或 80%。由此我們即可得出，在空氣中作用於木球的力，要比在真空中自由降落時作用的力少 20%；而作用於鉛球上的力幾乎是沒有改變。作用於木球的力小，使木球降落的加速度亦小，因此木球降落的速度要比鉛球降落慢，到達地面也較晚。

慣性和質量 慣性是物體的主要物理特性之一。物體慣性的作用由下述定律確定：任何物體均力求保持靜止狀態或勻速直綫

運動狀態。

下面我們舉例說明。假設，將若干個零件裝在底面光滑的箱子內，並用力推動箱子，此時箱壁和零件相撞。這是什麼原因呢？這是因為零件在慣性作用下力圖保持靜止狀態，不和箱子一起運動。結果使箱子突然地相對零件移動。我們再舉個例子：用手握住儀表，然後用小臂搖幌。如果表殼內的機構固定得不牢，就會覺得表殼與機構相撞擊，這是機構慣性力的關係，而不「願意」和表殼一起運動。在實際生產中，裝配工也就用這種方法來檢查機構在表殼內固定得是否牢靠。

最後再舉一個例子：在軌道上停兩輛小車，小車的軸是裝在滾珠軸承上，其摩擦力很小。一輛是空車，而另一輛載着貨物。試推這兩輛小車，結果推動貨車要比空車費勁得多。現在再使這兩輛小車速度達到相同後停下來。我們將看到想停止載着貨物的小車要比空車困難得多。這是因為貨車的質量較大。這樣就可以說，物體的質量表示對外力的阻滯程度，即物體的慣性。因此，質量即是表示物體慣性大小的量。

由上述諸例可知，物體的位置和速度只有在外力作用於其上時才能改變。因此，在力學中將力看作是克服物體慣性並改變其速度的主因。

力能使物體產生加速度。作用於物體的力愈大，物體的慣性愈小，即物體的質量愈小，物體所得到的加速度則愈大。作用於物體上的力（ F ）、物體加速度（ a ）和質量（ m ）間的關係如下：

$$F = ma.$$

當作用力等於重力（ P ），而運動的加速度等於自由落體的加速度（ g ）時，上式可寫成：

$$P = mg.$$

由上式顯而易見，物體的質量和重量是密切相關的：物體的質量愈大，重量亦愈大。在地面上同一地方的兩個物體的重量如果相等，它們的質量也就相等，因此物體的質量可根據其重量算出。

如果附加在物體上的力在某一瞬間停止作用，則從這一瞬間起物體就繼續作慣性運動，也就是說雖然物體原來在力的作用下沿某一曲線（如圓周）運動，而釋去附加之力後却繼續作勻速直線運動。例如，濕土塊由運轉的汽車輪胎上開後，即沿着它們脫開輪胎時而得到的速度方向作勻速飛馳，此速度的方向通常是沿着物體運動的切綫前進。

曲綫（旋轉）運動的物體之慣性，表現在離心力上。

根據慣性定律，運動的物體均力求作直線運動，假如要想強迫某一物體作他種運動，例如沿圓周運動，則該物體將有一力作用於迫使其改變直線運動方向的障礙物上。如用手旋轉一末端有重物的細繩，則細繩便被拉緊，因為重物在每一瞬間都想依慣性改作直線運動（沿圓周的切綫），而細繩則迫使它轉向旋轉中心。

這樣，重物因慣性關係而爭取「逃出」旋轉中心，而將細繩拉緊，所以將拉緊細繩的力叫做離心力。離心力的方向是半徑由圓心到圓周的方向。離心力的大小與物體的質量和運動速度的平方成正比，在作曲綫飛行，例如作特殊飛行時，離心力可迫使飛行員緊靠座椅上，相反地，也可由座椅上甩出。這種離心力要比飛行員的體重大好幾倍。當然，這樣的離心力也作用於飛機的各個部分上，其中也包括裝在飛機上的所有儀表。

超負荷 作曲綫加速飛行時，作用於物體上的力大於這些物體本身重量的倍數，叫做超負荷。如果超負荷時作用於物體的力迫使物體自由降落，則物體到達地面的速度要比僅受重力作用時來得快。此時作用力大於物體重量的倍數等於物體降落加速度大於自由落體加速度 g 的倍數，超負荷由超負荷時所產生的加速度的大小表示，以重力加速度為單位（ $2g$ 、 $3g$ 等等）。三倍超負荷（ $3g$ ）時，將飛行員壓迫在座椅上的力等於其體重的三倍。此時，也有同樣程度的力將儀表機構的活動系統壓向與其相接觸的另件，如軸和軸承。因此，相對移動的表面的摩擦力亦將增大數倍。

根據同樣的原因，儀表因機構活動系統平衡（穩定）得不精確而引起的誤差也將增加。飛機急劇退出俯衝時，超負荷能達到

8—9 g。此時，只有那些裝配極佳並按照一切規定裝到飛機上的儀表，才能不停地和精確地工作。

壓力 通常最重要的不是知道施於物體整個表面的力，而是施於單位面積（1 平方公分或平方公尺）上的力。例如，用氣動壓床將軸桿壓到襯筒內需要加 20 公斤的力。如果氣動壓床的活塞直徑等於 30 公厘，那麼壓縮空氣須往活塞表面的每平方公分面積上加多少力呢？活塞的面積等於 $\frac{\pi d^2}{4} \approx \frac{3.14 \times 3^2}{4} = 7.06$ 平方公分。

如果壓縮空氣往整個活塞表面加 20 公斤的力，則壓縮空氣加在活塞每 1 平方公分面積上的力等於 $\frac{20}{7.06} = 2.83$ 公斤/平方公分。

加在單位接觸表面的力叫做**壓力**，而加在整個接觸表面的力叫做**總壓力**。

$$\text{壓力} = \frac{\text{總壓力}}{\text{面積}}。$$

在上述例子中，壓縮空氣由壓縮空氣系統進到氣動壓床的作動筒時，其壓力應不少於 2.83 公斤/平方公分。如果承受 20 公斤/平方公分壓力的軸桿面積等於 2 平方公分，則加在軸桿上的壓力等於 $\frac{20}{2} = 10$ 公斤/平方公分，即作用於每 1 平方公分上的力為 10 公斤。如果壓縮空氣系統的壓力為 5 公斤/平方公分，則作用於同一活塞的總壓力等於 $5 \times 7.06 = 35.3$ 公斤。

如果我們欲壓合而需要 12 公斤的總壓力，且氣源的壓力等於 4 公斤/平方公分，則氣動壓床的活塞面積應為 3 平方公分（同時直徑應為 19.5 公分），因為

$$\text{面積} = \frac{\text{總壓力}}{\text{壓力}} = \frac{12}{4} = 3 \text{ 平方公分}$$

1 公斤/平方公分的壓力叫做一個**工程大氣壓**。截面為 1 公分、高為 735.6 公厘的水銀柱或高為 10000 公厘水柱的重量便能產生這樣多的壓力。

絕對壓力和相對壓力 在工程中測量的壓力可分為：

- (a) 絕對壓力（或全部壓力）；(b) 相對壓力（剩餘壓力）；

(B) 吸力 (真空)。

絕對壓力 是液體或氣體在密封容器中的全部壓力。

相對壓力 等於絕對壓力 (全部壓力) 與周圍空氣壓力的差數

$$P_{\text{изб}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{ат}}, \quad (1)$$

式中 $P_{\text{изб}}$ —— 相對壓力;

$P_{\text{абс}}$ —— 絕對壓力;

$P_{\text{ат}}$ —— 周圍空氣壓力。

吸力 (真空) 等於大氣壓力和絕對壓力 (小於大氣壓力) 的差數。吸力也以 $P_{\text{изб}}$ 表示並等於

$$P_{\text{изб}} = P_{\text{ат}} + P_{\text{абс}} \quad (2)$$

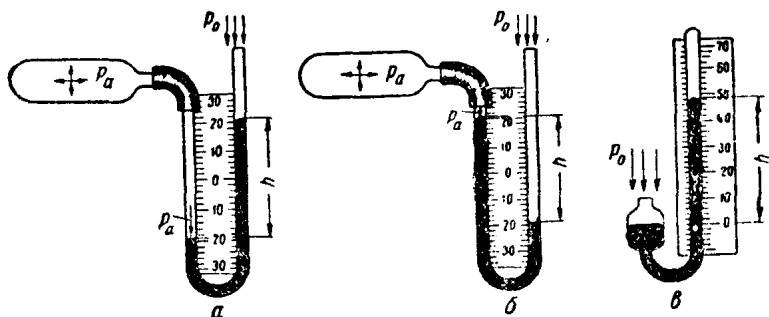


圖 2. 壓力的測量

a, б—U型壓力表; в—水銀氣壓表。

上述各種壓力由圖 2 表示。充滿氣體的容器接有 U 型管，管內注有液體 (水銀、水或酒精)。當玻璃管左右液面所受的壓力相等時，則玻璃管左右液面位於同一平面上。如果讓容器中氣體的壓力增加並超過周圍空氣的壓力 (圖 2, a)，則玻璃管左邊的液面下降，而右邊的液面上昇。

液面的變化直至左邊氣體的絕對壓力 $P_{\text{абс}}$ 等於管右邊的周圍大氣壓力 $P_{\text{ат}}$ 與高為 h 液柱的重量壓力之和為止。容器內絕對壓力超過大氣壓的壓力 (相對壓力) 就等於高為 h 的液柱的壓力。因此

$$P_{a6c} = P_{aT} + P_{H36}. \quad (3)$$

絕對壓力（全部壓力）等於大氣壓力與相對壓力之和。

如果要求出液柱所產生的壓力，須以其截面積（ S ）除液柱的重量

$$P = \frac{\text{重量}}{\text{面積}} = \frac{hS\gamma}{S'} = h\gamma,$$

式中 γ ——液體比重，

$$P = \gamma h. \quad (4)$$

因此公式（3）也可以寫成：

$$P_{a6c} = P_{aT} + \gamma h. \quad (5)$$

當容器內的壓力小於大氣壓力時，即說明容器內有真空，如圖 2,6 所示。相對壓力的大小在此時仍由液柱的高度求出，等於

$$P_{H36} = P_{aT} - P_{a6c} = h\gamma. \quad (6)$$

因此，壓力可以由液柱的高度來測量。這種測量壓力的方法，在工廠和實驗室得到了廣泛地應用。

§ 3. 大 氣

環繞地球的氣層叫做大氣。現在正規的飛行僅在大氣的下層——變溫層，很少在大氣的上層——同溫層。這兩層大氣的物理性質，在頗大的程度上決定着航空儀表的使用條件。變溫層的突出特點，就是其物理性質不定。這表現在：溫度和壓力隨高度變化，有水平氣流和垂直氣流之分（因空氣在地面上加熱和受地形影響而產生），最後還表現在氣候變化不定，即是說有雲、霧、雷、雨、雹、雪等存在。

同溫層與變溫層的區別是同溫層有一定的物理性質（溫度和風向一定、沒有雲、霧、雷、雨、雹、雪等）。從空氣溫度停止下降並成一個穩定的數值的高度開始，就是同溫層的下邊界。這一高度視緯度以及季節的不同而變異。在中緯度處，同溫層的下邊界（離地面）為 10—12 公里（圖 3）。