



中等專業學校教學用書

天 气 学

下 册

О. Г. 克里恰克 著

高等教育出版社



中等專業學校教學用書



天 气 学

下 册

.O. Γ. 克里恰克 著
李琮芝 張杏珍 台譯

高 等 教 育 出 版 社



本書系根据苏联水文气象出版社 (Гидрометеониздат) 出版的克里恰克 (О. Г. Кричак) 著的“天气学” (Синоптическая Метеорология) 一书的 1956 年版譯出的, 原書曾經苏联部員會議水文气象总局审定作为中等水文气象学校用的教学参考書。

原書共 16 章, 中譯本暫分两册出版, 下冊包括第九至第十六章, 另有附录一期。

本書譯者是李琮芝、張杏珍同志。

天 气 学

下 册

О. Г. 克里恰克著

李琮芝 張杏珍合譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺 7 号

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 051 号)

京華印書局印刷 新华書店發行

統一書号 13010·516 開本 550×1168 $1/32$ 印張 91 $2/16$ 插頁 1

字數 276,000 印數 0001—2,500 定價 (1) 1.10

1959 年 2 月第 1 版 1959 年 2 月北京第 1 次印刷

下册目录

第九章 鋒和鋒区	231
§ 66. 大气鋒	231
§ 67. 鋒是一个能量区	235
§ 68. 关于鋒生和鋒消的概念	236
§ 69. 界面的坡度	239
§ 70. 鋒区内气压和風的分布	243
§ 71. 地面摩擦作用和鋒面坡形	248
§ 72. 暖鋒云系和天气	249
§ 73. 冷鋒云系和天气	256
§ 74. 鋒的高空温度場	265
§ 75. 鋒区内風随高度的变化	267
§ 76. 鋒区内鉛直方向上的平均温度場	271
§ 77. 高空鋒区	273
§ 78. 鋒的移动	276
§ 79. 鉛直剖面圖是分析鋒結構的工具	280
§ 80. 地形对大气鋒的影响	287
§ 81. 鋒表现的特殊形式	292
§ 82. 高空行星鋒区	296
第十章 大气压力的变化	300
§ 83. 平均高度層	301
§ 84. 气压的热力变化	303
§ 85. 地轉平流对气压变化的影响	303
§ 86. 引导气流	308
§ 87. 非地轉热力平流对气压变化的影响	309
§ 88. 湿度的非平流变化对气压变化的影响	311
§ 89. 关于渦度的概念及其在大气中的运用	312
§ 90. 在平均高度層上的气压变化	318
§ 91. 下垫面的摩擦作用对地面气压变化的影响	324
§ 92. 关于地面气压变化的一般概念	326
第十一章 气旋	328
§ 13. 气旋形成的一般条件	328

§ 94. 气旋的發展	330
§ 95. 鋒上的波	338
§ 96. 气旋性鋼因鋒	339
§ 97. 气旋的移动	349
§ 98. 气旋内的天气和飞行条件	351
§ 99. 气旋的再生	355
§ 100. 气旋群, 中心气旋	358
第十二章 反气旋	361
§ 101. 反气旋的分类	361
§ 102. 反气旋的發展	364
§ 103. 反气旋内的鋒, 反气旋的再生	369
§ 104. 反气旋内的各种逆溫	371
§ 105. 反气旋的移动	373
§ 106. 反气旋内的天气和飞行条件	376
第十三章 气旋活动和反气旋活动	379
§ 107. 高空变形場及其转变	379
§ 108. 山脊对气压系統的影响	383
§ 109. 气旋和反气旋在欧洲的移动路徑	385
§ 110. 在苏联东部气旋和反气旋的移动路徑	387
§ 111. 典型大气过程的概念	390
§ 112. 某些环流过程的溫压場条件	399
§ 113. 鋼因鋒轉变为上鋒	414
§ 114. 气候鋒	415
§ 115. 大型大气环流的某些特征	419
§ 116. 热带气旋	427
§ 117. 气旋活动和对流層頂	432
第十四章 天气形势的分析和预报	438
§ 118. 天气分析的基本原则	439
§ 119. 鋒的分析	444
§ 120. 确定气象要素的平流变化和非平流变化	448
§ 121. 計算空气运动的鉛直分速	451
§ 122. 湿度圖的繪制和分析	454
§ 123. 溫度和湿度層結变化的預測	459
§ 124. 各种天气系統移动情形的和气压变化的直綫外推法与曲綫外推法	458
§ 125. 等变压綫方法的概念	461
§ 126. 天气形势的预报	463
§ 127. 未来天气形势圖的繪制	464
第十五章 天气预报	470

§ 128. 短期天气预报的种类	470
§ 129. 预报云的实用原则	471
§ 130. 云底高度的预报	475
§ 131. 云顶高度的判断和预报	478
§ 132. 连续性降水的预报	481
§ 133. 阵性降水和雷暴的预报	485
§ 134. 风的预报	491
§ 135. 温度的预报	496
§ 136. 霜冻预报	500
§ 137. 雾的预报	508
§ 138. 雪暴的预报	510
§ 139. 能见度的预报	512
§ 140. 雨淞和积冰的预报	513
§ 141. 根据地方性征兆预报天气	518
第十六章 中长期天气预报	519
§ 142. 预报所需的资料及大气过程的图解方法	520
§ 143. 大气过程类型的划分及长期预报	525
§ 144. 自然天气周期	530
§ 145. 确定自然天气周期的界限	532
§ 146. 自然天气周期的天气预报和三天预报	534
§ 147. 一季和一月的预报	536
附录 温度-对数压力图解	

米到几千米，直到对流層的上層。鋒的長度也相当于气团的水平范围，也就是說可从几百千米到几千千米。

在地面天气圖上，只能用鉛笔画一条綫来表示鋒，因为对天气圖的比例尺來說，鋒区的宽度很小。

分隔二个气团(其中一个是較暖的气团，另一个是較冷的气团)的鋒面的位置，总是呈倾斜状态。因而冷空气位于鋒面下面，暖空气位于鋒面上面(圖 112)。在每一气团内部，水平溫度梯度比較小，它在 100 千米距离上很少超过 1—2。

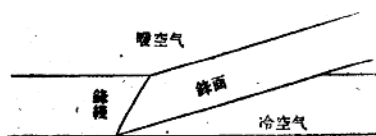


圖 112. 鋒面在空間的位置。

变化可以达到 10° 或 10° 以上。鋒在低層的宽度仅达到几十千米，可見鋒区内水平溫度梯度約为同性質

气团内的 10 倍。因此，鋒通过某一站时，各种气象要素就会有剧烈的变化，鋒过境后，測站又位于同一性質气团的内部，各种气象要素的变化又比較緩慢了。

如果在鋒附近的气流的方向是平行于鋒綫的話，那末此时鋒既不向冷空气方面移动，也不向暖空气方面移动。这种鋒称为靜止鋒。如果在鋒附近气流的方向带有垂直于鋒的分速，那末鋒也就向垂直于自己的方向移动。如果鋒是向冷空气方面移动，也就是冷空气讓位給暖空气，那末这种鋒称为暖鋒(TΦ)。如果鋒是向暖空气方面移动(也就是从冷空气方面向暖空气方向移动)，那末这种鋒称为冷鋒(XΦ)。

在天气圖上，鋒是用多种顏色或者是用同种顏色不同綫条形状表示的。采用多种顏色表示时，暖鋒是用紅鉛筆、冷鋒是用藍鉛筆、靜止鋒是用紅藍鉛筆双綫画出，而且紅色在暖空气一面，藍色在冷空气一面。在工作天气圖上，鋒就是这样表示的。在印刷品

(書刊和天气会商表)中,圖通常只用一种顏色鉛印。此時,鋒是用黑色齒狀綫条表示[暖鋒用圓齒狀綫条表示,冷鋒用尖齒狀綫条表示(圖 113)]。齒形必須朝向鋒移動的方向; 暖鋒的齒形朝向冷空氣方向,冷鋒的齒形朝向暖空氣方向,靜止鋒是用圓齒形和尖齒形配起來表示,圓齒形朝向冷空氣方面,尖齒形朝向暖空氣方面。

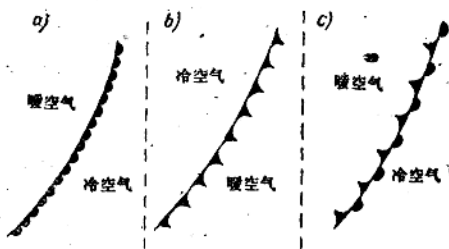


圖 113. 在一色刊物中鋒的表示:

a 暖鋒; б 冷鋒; в 靜止鋒。

同一條鋒的各段可以向不同方面移動,也就是說,鋒在這段上是暖鋒,而在另一段上是冷鋒。

鋒面的坡度角,即地平面與鋒面之間的夾角非常小,平均只有幾秒或幾分(以度為單位)。這一角的正切平均約等於 $1/100$, 在個別情況下,它的數值可從 $1/50$ 到 $1/300$ 。這就是說,如果鋒的坡度為 $1/100$, 那末鋒的傾斜面上高 1 千米處距鋒綫的水平距離當為 100 千米,而高 5 千米處距鋒綫的水平距離當為 500 千米。為了理解這一角度的大小,可以在桌上量定 1 米的距離,並用綫把二端拉緊,使得一端緊貼桌面,而另一端抬起離桌 1 厘米。綫與桌面之間的角度即近似於鋒的坡度角。預報員應隨時記住大氣鋒實際的坡度角的大小,因為在模式上畫出來的角度通常都是比較大的,這些教學上用的模式,能造成歪曲實況的概念。現舉一個例子:如果暖鋒呈西南東北走向,它的近地部分位於莫斯科附近。那末鋒

面上高达 6.5—7.0 千米的地方,就应位于列宁格勒上空(莫斯科距列宁格勒约为 650 千米。)

按暖空气铅直运动(滑行)的性质,锋还可分为两种。暖空气在锋面上上滑的锋称为滑上锋,暖空气下滑的锋称为滑下锋。

依照锋在空间向上伸展的程度来区分它们,在实用上比较重要。从这一点来看,锋可分成为地面锋和对流层锋两种。地面锋仅在低层 1—2 千米高度内出现,而对流层锋能在相当高的高度内出现。根据叔碧恩统计的数据,对流层锋有 85—90% 达到对流层的上层。把锋分为地面锋和对流层锋,不应认为地面锋对天气变化的作用比较小。恰恰相反,地面锋常造成低云、雾及坏能见度的天气,因此分析它们也要象分析对流层锋一样谨慎。

气团可按地理分类,因此分隔这些气团的锋也可按地理分类。分隔按地理分类的主要气团的锋称为主锋。地理分类的四个主要气团之间有三条主锋。它们的名称相当于较冷气团的地理名称。比如说,冰洋空气与中纬度空气之间为冰洋锋。中纬度空气(以前叫做极地空气)与热带空气之间为极锋(中纬度锋)。热带空气与赤道空气之间为热带锋。在苏联的纬度上,热带锋不会在地面附近出现,只能在对流层上层出现,而且仅仅是出现在最南的地区。每一条主锋的这一段可能是暖锋,另一段可能是冷锋,要看这段锋是往那一方面移动而定。

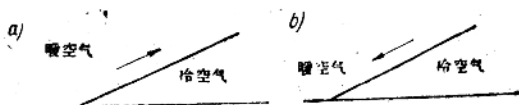


圖 114. 滑上鋒 (a) 和滑下鋒 (b) 的模式。

主锋的特点就是有最大的水平温度梯度,因为从这一气团过渡到另一气团,在很短的距离上温度有着很大的差异。但水平温

度梯度有时在同一气团范围内也能增大,那时鋒就产生在气团内部。产生在气团内部的鋒为了区别于不同气团間形成的主鋒,称之为付鋒。通常遇到的是副冷鋒(付冷鋒就是鋒后有更冷的气塊下来),付暖鋒很少見到(它主要是出現在付冷鋒向相反方面运动的地段上)。主鋒能伸展到对流層上部,付鋒仅出現在低層 1—3 千米高度。

§ 67. 鋒是一个能量区

鋒是一个重要的有大量能量儲藏的区域。为了說明这一点,我們应用环流原理来研究鋒面条件,也就是用圖示方法来討論鋒区內的热力力管場。为了討論簡便起見,我們用等溫面(溫度 T 相等的面)和等熵面(位溫 Θ 相等的面)来代替等压面和等比容面。这样代替是可以的,因为溫度和位溫与压力和比容成函数关系,也就是說,直接由这两个数决定。它們随高度的变化是相似的: T 和 p 随高度降低; Θ 和 v 随高度增加。現在我們就来研究鋒区內 T 面和 Θ 面的配置(圖 115)。

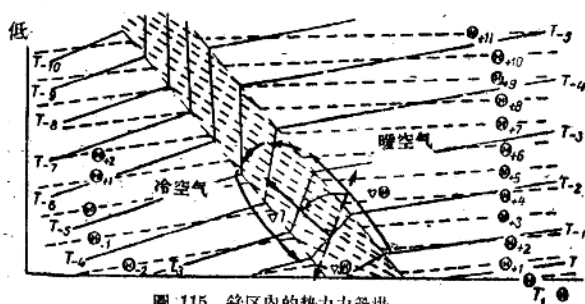


圖 115. 鋒区內的热力力管場。

暖空气內某一数值的等溫面的位置,要比冷空气內同数值的等溫面高,而暖空气內等熵面的位置,要比冷空气內同数值的等熵面低。在冷暖气团內,这些面并不完全是水平的,而是有某些傾斜

(尽管不明显)的。这就说明,在同性質气团內 T 和 Θ 的水平梯度并不等于零。而在 T 和 Θ 在水平方向上变化最大的鋒区內,这些面最傾斜。这里 T 和 Θ 各个面相交得特別明显,形成热力力管。鋒区內热力力管的集中,表示在它內部能量儲藏很多。这种大量能量的儲藏是由两个气团的溫度差异所造成的。这就是說,鋒是一个能量区,它对大气环流的发展有着重要的意义。

紧靠鋒附近的力管場,引起了一定程度的环流。环流的方向是按 T 和 Θ 梯度的相互分布而定的。因为环流的方向相当于从位溫升度($-\nabla\Theta$)到溫度梯度(∇T)的运动,因此在每条鋒附近,暖空气內必产生上升运动,冷空气內必产生下沉运动。 T 和 Θ 的梯度愈大,力管也就愈集中,即在鋒的切面的單位面积上力管数量也就愈多。力管的集中决定了鋒区內空气环流的加速度。除了这些原因以外,还有其他原因决定着空气运动的垂直分速。鋒的热力力管場或者是促成这一运动,或者是阻碍这一运动。例如,在滑上鋒区內,力管場使空气上升运动加强,在滑下鋒区內,暖空气的下沉运动必須要克服力学場的作用,因此鋒上暖空气的下沉运动通常要比上升运动弱。

§ 68. 关于鋒生和鋒消的概念

鋒是一个水平溫度梯度值增大的狭窄区,它并不是永久不变的。有时有鋒形成,称为鋒生;有时也有鋒消失,称为鋒消。

在曲綫等压綫中,鋒生現象表現得很明显。圖 116 上左边画有低压槽,槽內的尖头表示近地面的速度場。很明显,槽軸是条幅合綫,在这条綫附近,地面層等溫綫密集,产生鋒生。在高压脊內(圖的右部),脊軸是条幅散綫,产生地面鋒消。从这里可以得出一个重要的結論:等压綫气旋性弯曲能促成地面層鋒生。

变形場是一个典型的运动場。在不同条件下,变形場內可能

产生鋒生,也可能产生鋒消。变形場不仅能引起近地面鋒生或鋒消,而且能引起各高度上鋒生或鋒消,只要那里有它形成。

現在我們来討論最簡單的收縮軸和展开軸相互垂直的变形場。为了簡便起見,假設場內等溫綫是相互平行的直綫,它們对收縮軸和展开軸的位置有着重大的意义。設等溫綫近似地平行于展开軸(圖 117a)。在这种情况下,

沿收縮軸从两面来的輻合气流就能使等溫綫互相接近,从而使沿展开軸区域内的溫度梯度增大,并造成鋒生。如果等溫綫近似地平行于收縮軸(圖 117b),那末沿展开軸的輻散气流,使双曲綫点区域内的溫度梯度减小,从而使沿收縮軸的区域产生鋒消。

等溫綫的位置很少严格地平行于某一軸。通常等溫綫与变形場各軸不交成直角。如果考虑溫度的变化仅仅决定于水平运动,那末等溫綫不是随气流速度移动,而是遵循平流公式[§ 45 中公式(5.19)]移动的。式中以平流角 α [即等溫綫与等压綫(等高綫)交成的較小的角]的正弦为一个因子。假設变形場中等溫綫的分布使得展开軸附近的平流角 α_p 小于 45° (圖 117a),那末在收縮軸附近的平流角 α_c 就大于 45° 。結果沿收縮軸的平流(即沿收縮軸等溫綫移动的速度)要大于沿展开軸的平流(即等溫綫移动的速度),这就造成在双曲綫点区域内等溫綫接近的作用比疏开的大,也就

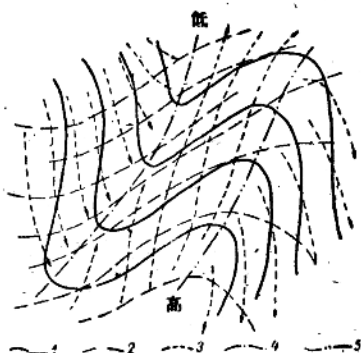


圖 116. 在曲綫等压綫中与地面气流的輻合和輻散:
1—等压綫; 2—等溫綫; 3—流綫; 4—低压槽軸; 5—高压脊軸。

是有鋒产生。此时这里等溫綫不仅仅是相互接近，而且同时轉向，接近展开軸的方向。

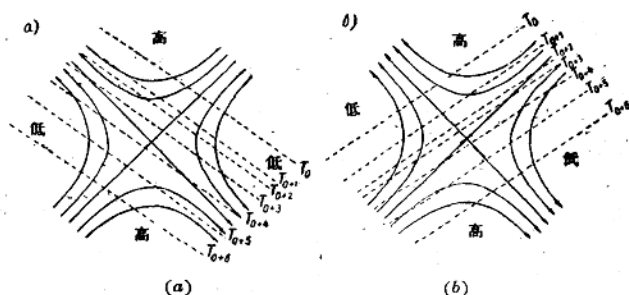


圖 117. 变形場內鋒生(a)和鋒消(b)。

在另一种情况下(圖 117b)，等溫綫与展开軸所交成的平流角 α_p 大于 45° ，与收縮軸交成的角 α_c 小于 45° 。此时在双曲綫点区域内，等溫綫沿展开軸移动的速度要比沿收縮軸快。这就使等溫綫疏开，产生鋒消，此时等溫綫还会轉向，平流角竭力趋向 45° 。

由此可見，在变形場內展开軸附近平流角小于 45° 时，在双曲綫点区域内就产生鋒生，而大于 45° 时，就产生鋒消。

这里所討論的鋒生和鋒消模式，远远不能包括产生这些过程的各种各样情况。可以这样說，鋒生和鋒消从总的方面来講，也就是水平溫度梯度在時間上的变化，就某一程度言，它們几乎是永远在进行的。

鋒生和鋒消也决定于能使气团溫度改变的其他因子，在这些因子中特别重要的是鉛直运动和下垫面的热力作用。一般的情况是这样的，如在冷气团內从下面增热，而在暖气团內却从下面冷却，这就会促使鋒面溫度差异减小，但夏天暖气团常繼續受下垫面增热，使鋒加强。由于在二个气团內，鉛直溫度梯度往往小于絕热变化，所以上升着的空气使某一高度上的溫度降低，下沉着的空气

使溫度升高。因此，暖空氣中的上升運動和冷空氣中的下沉運動，使鋒的強度減弱，相反的运动就使鋒加強。

§ 69. 界面的坡度

上面已經講過，不同氣團之間的界面是傾斜地分布着的，而且冷空氣位於界面之下，暖空氣位於界面之上。

鋒面傾斜角與冷暖氣團性質的數學關係，已經由奧地利的气象學家馬古拉斯確定了。

現在討論的問題是：假定空氣是靜定運動（即它們在作直線運動，沒有加速度和摩擦力作用）。空間的界面是處在左手坐標系^①（圖 118）中，並使這一界面的鋒線的位置平行於 Y 軸。設冷空氣內密度為 ρ_1 ，溫度為 T_1 ，風速為 V_1 ；而暖空氣內則相應的為 ρ_2, T_2 和 V_2 。我們看直角三角形，它的斜邊就是界面的截面。直角三角形各個角上的氣壓為 p_1, p_2, p_3

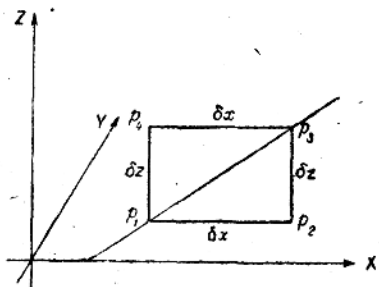


圖 118. 界面傾斜角方程式的推导。

和 p_4 ，而且 p_1 和 p_3 是指位於界面上的二點的數值。因為在這一問題中，把鋒是看成為數學上的一個面，即它僅僅是各點組成的一層，因而很顯然，不管從那一面（從暖空氣一面或從冷空氣一面）接近界面，面上這一點的壓力總是同一個數值。因此，不管在暖氣團內還是在冷氣團內 p_1-p_3 之間的氣壓差值將是一樣的。這一條件可寫為

① 從 Z 軸正端看，如果 X 軸轉向 Y 軸是順時針的，則叫空間右手坐標系；如果從 X 軸轉向 Y 軸是反時針的，則叫空間左手坐標系。

$$(p_1 - p_3)_\phi = (F_1 - p_3)_\phi. \quad (9.1)$$

比較詳細的可写成

$$(F_1 - F_2) + (F_2 - p_3) = (F_1 - p_4) + (p_4 - p_3). \quad (9.2)$$

在所討論的直角三角形中水平边为 δx , 鉛直边为 δz 。因为空气运动的方向是平行于鋒的, 所以水平气压梯度平行于 X 軸, 因此也平行于 δx 段。

从地轉風公式中可得

$$\frac{\delta p}{\delta x} = 2\omega V \rho \sin \varphi. \quad (9.3)$$

这一公式可写成:

$$\left. \begin{aligned} p_1 - p_2 &= 2\omega V_1 \rho_1 \sin \varphi \delta x \\ p_4 - p_3 &= 2\omega V_2 \rho_2 \sin \varphi \delta x \end{aligned} \right\} \quad (9.4)$$

从前面的討論中已經知道, 鉛直方向上气压的变化是由靜力方程决定的。这一公式就是

$$\delta p = -g\rho\delta z. \quad (9.5)$$

它在冷暖气团內分別表示为

$$\left. \begin{aligned} p_2 - p_3 &= -g\rho_1\delta z \\ p_1 - p_4 &= -g\rho_2\delta z \end{aligned} \right\} \quad (9.6)$$

把(9.4)和(9.6)代入(9.2), 并把同类項合并, 則得

$$2\omega \sin \varphi (V_1 \rho_1 - V_2 \rho_2) \delta x = g(\rho_1 - \rho_2) \delta z, \quad (9.7)$$

从这里就获得了馬古拉斯公式的形式:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\delta z}{\delta x} = \frac{3\omega \sin \varphi}{g} \frac{(V_1 \rho_1 - V_2 \rho_2)}{(\rho_1 - \rho_2)}, \quad (9.8)$$

式中 α 为鋒面坡度角。

要是把密度用相应的溫度数值表示, 那末馬古拉斯公式可写成另一个更为适用的形式。根据門捷列也夫-克拉貝龙(Менделеев-Клапейрон)公式:

$$\rho_2 = \frac{p_2}{RT_2} \text{ 和 } \rho_1 = \frac{p_1}{RT_1},$$

但因为在鋒面上的点, $p_2 = p_1 = p$, 故如将 $\frac{p}{R}$ 用 k 来表示, 則上式可写成:

$$\rho_1 = \frac{k}{T_1} \text{ 和 } \rho_2 = \frac{k}{T_2}. \quad (9.9)$$

把这些数值代入(9.8), 并作簡單的改变, 則得:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2\omega \sin \varphi}{g} \cdot \frac{V_1 T_2 - V_2 T_1}{T_2 - T_1}, \quad (9.10)$$

或者簡写成:
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{g} \cdot \frac{V_1 T_2 - V_2 T_1}{T_2 - T_1}, \quad (9.11)$$

式中 $l = 2\omega \sin \varphi$.

分析馬古拉斯公式, 可以看出, 第一, 如果两个气团内的温度是一样的話($T_2 = T_1$), 那末分母等于零, $\operatorname{tg} \alpha = \infty$, $\alpha = 90^\circ$, 这就是說, 鋒面是鉛直的, 当二个气团的密度相等时, 就能出現这种情况。第二, 如果速度相等($V_1 = V_2 = V$), 那末公式(9.11)的形式为

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{g} V = \operatorname{tg} \beta,$$

即得出了等压面坡度角的公式。因此在这种情况下, 界面与等压面重合。

赫洛莫夫对緯度 $\varphi = 45^\circ$ 引述了一个例子。按照这个例子, 在

$$T_1 = 273^\circ (0^\circ \text{C}) \text{ 和 } T_2 = 283^\circ (+10^\circ \text{C}),$$

$$V_1 = 20 \text{ 公尺/秒 和 } V_2 = 0 \text{ 公尺/秒}$$

时; 利用式(9.11)則得

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{168}, \alpha = 21', \operatorname{tg} \beta_2 = 0, \beta_2 = 0,$$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{1}{4754}, \beta_1 = 0.7'.$$

因此, 在这种場合下, 界面的坡度比等压面的坡度大 29 倍。

表 7 是对緯度 $\varphi = 50^\circ$ 的在不同的原始数据下, 界面坡度的近似数值(根据庫尼茲)。

表 7.

$T_2 - T_1$	$V_1 - V_2$ 公尺/秒							
	5		10		15		20	
	$\text{tg } \alpha$	α	$\text{tg } \alpha$	α	$\text{tg } \alpha$	α	$\text{tg } \alpha$	α
5°	$\frac{1}{820}$	11'	$\frac{1}{160}$	21'	$\frac{1}{105}$	32'	$\frac{1}{80}$	48'
10	$\frac{1}{640}$	6	$\frac{1}{820}$	11	$\frac{1}{215}$	16	$\frac{1}{160}$	21
15	$\frac{1}{960}$	4	$\frac{1}{480}$	7	$\frac{1}{820}$	11	$\frac{1}{240}$	14

从这里可以得出第三个結論, 即溫度差异增大使坡度角减小, 而速度差异增大使坡度角增大, 由于这二个因素不是孤立地作用的, 它們常常是同时起作用的, 即当溫度差异增大时, 速度差异也往往增大, 因此相互間有着一定的补偿, 鋒面的坡度也就改变得不多了。第四个結論是, 馬古拉斯公式指出了鋒面坡度角与緯度的关系。例如, 在赤道 $\varphi = 0$, 坡度角也就等于零, 因此, 那里鋒面实际为一个水平的逆溫層。坡度角随緯度的增高而增大, 当其他条件都相同时, 在極地坡度角最大。

第五个結論是: 由于 $T_2 - T_1$ 总是大于零的, 而 $\text{tg } \alpha$ 也大于零。不是这样的话, 暖空气就不可能比冷空气的溫度高, 因为鋒面总是从地面向上, 而不是从地面向下的。这样就得出 $V_1 T_2 - V_2 T_1 > 0$ 及 $V_1 > V_2$; 在有些情况下, 第一个不等式并不总是成立的。

$V_1 > V_2$ 的关系式有着很重要的意义。我們用例子来加以說明。設平面上各坐标軸的分布如圖 119, 即是左手坐标系。鋒綫平行于 Y 軸。設 X 軸指向北, 那末 Y 軸就指向西。假定冷空气內是