

的是存活率低的另一个因素是由于在培育过程中暴发了寄生虫病所致。Nash认为如果没有致病，两个桶的存活率都可高于30%。

值得指出的是，育苗问题不单纯是育苗技术问题，还有其他多方面的问题，如卵质的问题。卵质不良（如不够成熟和过熟的卵），催产后即使受精也不能化苗（中国科学院实验生物研究所发生生理研究室，1966）。进一步探

讨繁殖生物学有关的基础知识，从而优选亲鱼，并改善诱导产卵技术，就有可能解决卵质问题。育苗成功与否，除了卵子质量，环境因子外，关键因素还在于能获得适宜饵料。而不同种类对饵料要求不同，还必须对各发育阶段的营养、代谢生理进行研究（徐恭昭，1977），为进一步优选天然饵料，人工培育的饵料或人工配合饵料提供依据。

海面风的铅直结构

张 淮

(山东海洋学院)

海面风在海气能量交换过程中几乎起主导作用。这是因为海波、海流和海水团变性等的发生、发展及消失等现象的演变和维持，实质上同海面风直接相联系。因此，从海气相互作用和海气能量交换的观点来了解海面风的铅直分布结构是有实际意义的；这不仅可以提供海洋学科所不可少的气象学知识与情报，而且也间接地向海洋工作者提供在实际业务中不断改善常规观测的一些依据。为此，根据国内外对这方面的研究作一综述。

一、行星边界层

自由大气下方的大气层叫做行星边界层，习惯上也称做埃克曼层。在定常情况下，这个气层中的运动性状可以用下列水平运动方程和边界条件表现出来。

$$\left. \begin{aligned} f(v-v_g) + \frac{d}{dz}(\tau_x/\rho) &= 0 \\ f(u-u_g) - \frac{d}{dz}(\tau_y/\rho) &= 0 \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \tau_x(z_0) &= \rho v_*^2 \\ \tau_y(z_0) &= 0 \end{aligned} \right\} (2)$$

式中 u 、 v ，和 u_g 、 v_g 分别为水平实测风和地转

风的 x 、 y 轴方向上的分速。 τ_x 和 τ_y 是切应力分量。 f 是柯氏参量。 ρ 是空气密度。 z_0 是海面糙度参量。 v_* 是摩擦速度。

为了把以上各式改写成无量纲形式，可以引进下列无量纲量：

$$\left. \begin{aligned} \tau_x^0 &= \tau_x / (\rho v_*^2), \quad \tau_y^0 = \tau_y / (\rho v_*^2); \\ u^0 &= (u - u_g) / V, \quad v^0 = (v - v_g) / V; \\ z^0 &= z / h \end{aligned} \right\} (3)$$

式中 V 是特征速度， h 是特征厚度。于是(1)式的无量纲形式为

$$\left. \begin{aligned} v^0 + \frac{v_*^2}{fVh} \frac{d\tau_x^0}{dz^0} &= 0 \\ u^0 - \frac{v_*^2}{fVh} \frac{d\tau_y^0}{dz^0} &= 0 \end{aligned} \right\} (4)$$

式中系数 $v_*^2 / (fVh)$ 称为埃克曼数，即

$$Ek = v_*^2 / (fVh) \quad (5)$$

当埃克曼数 $Ek=1$ 时，由(5)式可得

$$h = v_*^2 / (fV) \quad (6)$$

这样， h 乃是行星边界层的厚度。如果令特征速度 V 等于摩擦速度 v_* ，则行星边界层的厚度为

$$h = v_* / f \quad (7)$$

在中纬度 $f \approx 10^{-4} \text{秒}^{-1}$ ，一般情况下， $v_* = 0.1 \text{米} \cdot \text{秒}^{-1}$ 。因此，行星边界层的厚度通常是1000米。

二、近海面层

海面上方数十米厚度的大气层叫做近海面层，通常又可以称为表面层。在近海面层内，

如果把海面糙度参量 z_0 作为该层的特征长度,同时考虑(6)式,那么(4)式可以改写为

$$\left. \begin{aligned} \frac{z_0}{h} v^0 + \frac{d\tau_x^0}{dz^0} &= 0 \\ \frac{z_0}{h} u^0 - \frac{d\tau_y^0}{dz^0} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

式中系数 z_0/h 是埃克曼数 Ek 的倒数。由于 $z_0 \ll h$,即 $z_0/h \rightarrow 0$ 或 $Ek \rightarrow \infty$,故(8)式可以简化为

$$\frac{d\tau^0}{dz^0} \simeq 0 \quad (9)$$

式中 τ 是切应力矢量。(9)式说明,在近海面层内,切应力矢量不随高度而改变它的模和方向。这也就是说,近海面层是切应力与高度无关的一种大气层。一般说来,近海面层厚度 h_1 约为50米。在此范围内,切应力的数值随高度的相对改变量不超过20%。实验数据也证明了, h_1 可以表示为

$$h_1 = bh = bv_* / f \quad (10)$$

式中 b 是个经验常数,通常它的数值为 $b=0.05$ 。如果在中纬度 $f \simeq 10^{-4} \text{秒}^{-1}$,摩擦速度 $v_* = 0.1 \text{米} \cdot \text{秒}^{-1}$,则由(10)式可以估计近海面层的厚度 $h_1 \simeq 50 \text{米}$ 。

应该指出,以上只论述了埃克曼数 $Ek=1$ 的行星边界层,以及埃克曼数 $Ek=\infty$ 的近海面层。可是,如果埃克曼数 $Ek=0$,则是为自由大气,这个大气层约在1公里高度以上,并且基本上不受地表面或海面的摩擦的影响。

三、动量和感热的通量

在近海面层中,切应力相当于水平脉动动量的铅直通量。如果取切应力的方向为 x 轴的方向,那么这个通量可以用单一公式表示。

$$\tau = \mu \frac{\partial u}{\partial z} - \overline{\rho u' w'} \quad (11)$$

式中 μ 是空气分子的动力学粘滞率。 $-\overline{\rho u' w'}$ 是雷诺应力。撇号指示脉动量,横杠指示平均量。

在近海面层中,感热铅直通量也可以类似地写成

$$H = -\alpha \frac{\partial \theta_v}{\partial z} + c_p \rho \overline{\theta'_v w'} \quad (12)$$

式中 H 是感热铅直通量。 α 是空气分子的热导率。 θ_v 是位虚温,即 $\theta_v = T_v(1000/p)^{0.288}$,而虚温 $T_v = T(1+0.61q)$, T 是气温, q 是比湿。 c_p 是空气的定压比热。 p 是气压。

为了便于计算,除了已引进的摩擦速度

$$v_* \equiv (\tau/\rho)^{1/2} \quad (13)$$

同时,也可以引进摩擦温度

$$\theta_* \equiv -H/(c_p \rho v_*) \quad (14)$$

由于在近海面层中 τ 和 H 等与高度无关,同时分子扩散和热导的效应都比相应涡动的效应小得多,所以(11)和(12)式可以简化为

$$-\overline{u' w'} = v_*^2 \quad (15)$$

$$-\overline{\theta'_v w'} = \theta_* v_* \quad (16)$$

由此可见,摩擦速度和摩擦温度是表征海气动量和感热交换的特征量。

四、稳性长度和Richardson数

现在,我们将湍能方程近似地写成

$$-\overline{u' w'} \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{g}{T_v} \overline{\theta'_v w'} - \varepsilon = 0 \quad (17)$$

式中 g 是重力加速度, ε 是湍能耗散。在近海面层中,如果将(17)式乘以 $\kappa z v_*^{-3}$,其中 κ 是卡曼常数,则可以写成

$$\frac{\kappa z}{v_*} \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{z}{L} - \kappa z v_*^{-3} \varepsilon = 0 \quad (18)$$

式中 L 是稳性长度,其定义是

$$L \equiv -\frac{v_*^3}{\kappa \frac{g}{T_v} \overline{\theta'_v w'}} = \frac{T_v v_*^2}{\kappa g \theta_*} \quad (19)$$

在近海面层中,动量通量 v_*^2 和感热通量 $\theta_* v_*$ 不随高度变化,因而稳性长度 L 与高度无关。

方程(17)的另一形式为

$$-\overline{u' w'} \frac{\partial u}{\partial z} (1 - Rf) - \varepsilon = 0 \quad (20)$$

式中 Rf 是通量Richardson数,其定义是

$$Rf \equiv \frac{g}{T_v} \frac{\overline{\theta'_v w'}}{\overline{u' w'} \frac{\partial u}{\partial z}} = \frac{g}{T_v} \frac{\theta_*}{v_* \frac{\partial u}{\partial z}} \quad (21)$$

因此,稳性长度与通量 Ri 数的关系是

$$z/L = \frac{\kappa z}{v_*} \frac{\partial u}{\partial z} \cdot Rf \quad (22)$$

如果引进涡动扩散系数 K_M 和涡动热导系数 K_H

$$K_M = \frac{-\overline{u'w'}}{\frac{\partial u}{\partial z}} \quad K_H = \frac{-\overline{\theta'_v w'}}{\frac{\partial \theta_v}{\partial z}} \quad (23)$$

则由 (21) 式可以得到

$$Rf = \frac{K_H}{K_M} \frac{g}{T_v} \frac{\frac{\partial \theta_v}{\partial z}}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2} \quad (24)$$

或改写成

$$Rf = \frac{K_H}{K_M} \cdot Rg \quad (25)$$

式中 Rg 是一般的 Ri 数, 为了与通量 Ri 数相区别, 通常称之为梯度 Ri 数,

$$Rg \equiv \frac{g}{T_v} \frac{\frac{\partial \theta_v}{\partial z}}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2} \quad (26)$$

于是, (22) 式可以改写成

$$z/L = \frac{\kappa z}{v_*} \frac{\partial u}{\partial z} \cdot \frac{K_H}{K_M} Rg \quad (27)$$

在一般情况下, 假定 $K_H \approx K_M$, 则 (27) 式化为

$$z/L = \frac{\kappa z}{v_*} \frac{\partial u}{\partial z} \cdot Rg \quad (28)$$

可是, 在中性层结条件下, 由于 $(\kappa z/v_*) \cdot (\partial u/\partial z) = 1$, 故有

$$z/L = Rg \quad (29)$$

五、中性层结风廓线

在中性层结的近海面层中, 湍能方程 (18) 或 (20) 中的参量 z/L 或 Rf 必为零。因此, (18) 或 (20) 式化为

$$v_*^2 \frac{\partial u}{\partial z} = \varepsilon \quad (30)$$

由于湍能耗散 ε 仅与 v_* 和 z 有关, 根据量纲分析和实验资料可知, $\varepsilon = v_*^3/(\kappa z)$, 所以 (30) 式可以改写为

$$\partial u/\partial z = v_*/(\kappa z) \quad (31)$$

当 $z = z_0$ 时, $u(z_0) = 0$ 。于是 (31) 式可以积分成为

$$u = \frac{v_*}{\kappa} \ln \frac{z}{z_0} \quad (32)$$

这就是中性层结的近海面层内的风廓线。其中糙度参量 z_0 和摩擦速度 v_* 可由梯度观测所得三个以上高度的风速值求得。式中 κ 值在 0.38 和 0.41 之间, 通常取 $\kappa = 0.4$ 。

关于摩擦速度 v_* , 我们也可以由一个 10 米高度的风速观测值直接计算出来。这可以应用整体 (或层体) 空气动力学公式,

$$v_* = C_u^{1/2} u_{10} \quad (33)$$

式中 C_u 是海面阻力系数, 其数值通常取 $C_u \times 10^3 = 1.5$ 。 u_{10} 是海上 10 米高度处的观测风速值, 而且一般地 $u_{10} < 15$ 米·秒⁻¹。

六、非中性层结风廓线

在近海面层中, 非中性层结条件下的参量 z/L 或 Rf 不为零。类似于 (31) 式, 可以表示风切变, 但风切变应为 z/L 的函数。因此, 我们写成

$$\partial u/\partial z = (v_*/(\kappa z)) \phi_M(z/L) \quad (34)$$

同样, 位温梯度写成

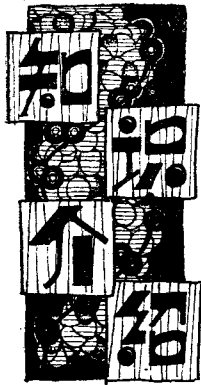
$$\partial \theta_v/\partial z = (\theta_*/(\kappa z)) \phi_H(z/L) \quad (35)$$

以上二式中的 ϕ 是 z/L 的函数。它们的积分从 z_0 到 z , 因而可以写成

$$\left. \begin{aligned} u &= \frac{v_*}{\kappa} \left(\ln \frac{z}{z_0} - \psi_M \right) \\ \theta_v &= \theta_{v0} + \frac{\theta_*}{\kappa} \left(\ln \frac{z}{z_0} - \psi_H \right) \\ \psi_M &= \int_0^{z/L} \frac{1 - \phi_M(\zeta)}{\zeta} d\zeta \\ \psi_H &= \int_0^{z/L} \frac{1 - \phi_H(\zeta)}{\zeta} d\zeta \\ \zeta &= z/L \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

式中 θ_{v0} 是海面水温。 ϕ 是稳性函数, 由于不同作者所得结果有所不同, 下面仅列出多数研究者所采用的公式。

当大气层结为不稳定时, 例如, Paulson (1970), Ito (1970) 及 Nemoto (1972),



极地鱼类抗冻的奥秘

吕文超

(中国人民解放军军事医学科学院一所)

两极海域海水的表面温度只有1.85℃。生活在这个水层中的生物必须具备的一个前提就是适应低温。如果把南极海域中的某种鱼放在4℃的海水中，它们就不能自由地游动；如果放到7℃或8℃的海水中就会很快死掉。

那么，它们适应冷环境的奥秘究竟在哪里？

从这种鱼身上提取的二磷酸果糖酶（醛缩酶）与从兔肉中提取的二磷酸果糖酶相比，有几个参数几乎没有差别；如分子量、电泳反应、活化能及 K_M 等都是一样的，但是在氨基酸组成上却有明显的差别。从鱼中提取的二磷酸果糖酶对热的敏感性要比从兔肉中提取的敏感得多，而对氢硫基试剂则

更为敏感。从兔中提取的酶在50℃时还可以完全保持活性，而从南极鱼中提取的酶在35℃时

就完全失去活性。从南极鱼和兔中提取的甘油醛-3-磷酸盐-脱氢酶的氨基酸的组成、分子量、 K_M 值和热稳定性等方面都相近似，但它们的活化能却有明显的差别；鱼酶值为60670焦尔/分子（14500卡/分子），兔酶值为75310焦尔/分子（18000卡/分子）。鱼酶较低的活化能使其在0℃时特异性比兔酶的要大，但在37℃时，鱼酶的特异性却只有兔酶的一半。

能适应冷环境的和不能适应冷环境的脊椎动物之间在血液的组成方面也有着显著的差别。在南北极的所谓“无血”鱼中，血内没有色素和红血球，在0℃时可快速流动，但在高温时却失去了快速流动的能力。这是因为血中含有一种可以降低血液结冰的蛋白质。

目前除了只知道“无血”鱼的心脏要比其正常的同样体长的鱼要大一倍之外，对其供氧机制至今尚不清楚。令人奇怪的是，在这种“无血”鱼的血清中也含有和其它鱼类浓度相同的转铁蛋白（一种运送铁质的蛋白质）。

所有的研究都表明，两极鱼类是利用一种蛋白质作抗冻剂的。在某些情况下，这种蛋白质就是糖蛋白。它是由还原的糖三肽个体，即由丙氨酸、苏氨酸组成的。同时，每一个苏氨酸糖甙与一个二糖结合。分子量在11000—25000之间，如果糖蛋白的分子量能够像所期

$$\left. \begin{aligned} \phi_M &= (1 - 16z/L)^{-1/4} \\ \phi_H &= (1 - 16z/L)^{-1/3} \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

相应地，

$$\left. \begin{aligned} \psi_M &= 2 \ln(1 + x_M/2) + \ln[(1 + x_M^2)/2] - 2 \operatorname{arctg} x_M + \pi/2 \\ \psi_H &= \frac{3}{2} \ln(x_H^2 + x_H + 1) - \sqrt{3} \operatorname{arctg} [(2x_H + 1)/\sqrt{3}] - \frac{3}{2} \ln 3 + \pi/\sqrt{3} \\ x_M &= (1 - 16z/L)^{1/4} \\ x_H &= (1 - 16z/L)^{1/3} \end{aligned} \right\} \quad (38)$$

当大气层结为稳定时，例如，Webb(1970)，

$$\phi_M = \phi_H = 1 + 5.2z/L \quad (39)$$

相应地

$$\psi_M = \psi_H = -5.2z/L \quad (40)$$

应该指出， z/L 的计算可利用(28)和(34)式所得到的公式：

$$z/L = \phi_M(z/L) \cdot Rg \quad (41)$$

从而可以十分方便地利用 Rg 表示 z/L 。

总而言之，根据以上公式，我们可由风和气温的梯度观测确定参量 v_* 、 z_0 以及 L ，从而可以计算出海气动量和感热的铅直通量。如果没有条件做梯度观测，我们又可以直接由常规观测：风速、气温、以及海温计算出海气动量和感热的铅直通量。