

鱼病学教程

[英] R.J. 罗伯茨主编
李耀祖 华鼎可译

农业出版社

鱼病学教程

[英] R. J. 罗伯茨 主编

李耀祖 华鼎可 译

农业出版社

FISH PATHOLOGY

edited by

Ronald J. Roberts

BAILLIERE TINDALL, LONDON

1978

鱼病学教程

[英] R. J. 罗伯茨 主编

李耀祖 华鼎可 译

* * *

责任编辑 陈力行

农业出版社出版 (北京朝阳区东营路)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 16.75 印张 304 千字

1988 年 2 月第 1 版 1988 年 2 月北京第 1 次印刷

印数 1—3,200 册 定价 3.10 元

ISBN 7-109-00022-2/S·13

统一书号 16144·3284

译 者 的 话

七十年代以来，国际上共同关心的问题之一，是寻求各种途径开发食物源。目前人类食用的动物性蛋白质，约有20%来自海洋和淡水生物资源。由于渔业资源枯竭，一些主要渔业国家已通过人工增殖手段，从单纯捕捞天然水产资源，过渡到保护、增殖资源，大多数国家正朝着精养和半精养方向发展。但随着而来的鱼病流行，就成为阻碍水产养殖事业发展的重要因素之一。

英国 R. J. 罗伯茨博士主持苏格兰斯特灵大学的水生生物病理学研究室，以著作和对世界各地的鱼病咨询服务工作而闻名于世，也是《鱼病学报》的创刊人。以他为首编著的这本《鱼病学教程》，将对我国鱼病研究及防治发挥重要的参考作用。

要控制鱼病，必须熟悉鱼病学及有关基础科学，为此将本书介绍给我国读者，希能从欧美鱼病学的发展中得到借鉴，促进我国水产养殖和鱼病学科的发展。

译本中，删去了原书中的全部照相图及有关说明。

由于水平，错误及不妥之处望予以校正。

译 者

1984. 6. 1. 于湛江

序

真骨鱼类栖居于一个和人类完全不同的环境中，古代，人们是捕猎野生鱼类。近百年来方始出现对少数鱼类精养。随着而来的各种鱼病，已成为阻碍水产养殖经济发展的一个重要因素，由此也推动了对鱼体基本防御机理的研究。

鱼病研究需有对水生生活的环境制约因素；在这种环境中的生活的生理学；及导致鱼类感染与发病的大量病因因子等广泛知识，对于养殖鱼类来说，所有这些还需要置于饲养管理及经济学的范围之内来加以探讨。因此鱼病学是处于多种学科之间的领域，本书的主要目的是为从事鱼病工作的兽医、农艺师、微生物学者、寄生虫学者、营养学者或水文学者，提供一些必不可少的基础知识。不过真骨鱼类约有 17,000 种之多，为使这些基础知识较易领会，作者不得不多少地作一些可能被认为过于概括性的论述。

(以下从略)

R. J. 罗伯茨

1978年1月

内 容 简 介

《鱼病学教程》一书是英国斯特灵大学水产养殖研究所 R. J. 罗伯茨博士主编,参加编写的有各方面有关专家十余人。全书共十四章,涉及水生生物环境、真骨鱼解剖、生理、病理、免疫、肿瘤、病毒病、寄生虫病、细菌病、真菌病、营养病、各种非感染性疾病、鱼病诊断及研究方法、以及治疗、饲养管理等。

本书可作水产高等院校养殖系师生,水产研究所等科研试验单位的鱼病工作者、水产工作者,以及农业院校畜牧水产系师生教学科研及试验推广等工作的参考书,也可供微生物学、传染病学、兽医学、免疫学、肿瘤学及比较病理学等工作者参考。

目 次

译者的话

序

第一章 水生环境.....A. L. S. Munro (1)

第二章 真骨鱼类的解剖生理学.....
.....A. E. Ellis R. J. Roberts P. Tytler (19)

第三章 真骨鱼类的病理生理学和系统病理学.....
.....R. J. Roberts (69)

第四章 真骨鱼类的免疫学..... A. E. Ellis (96)

第五章 真骨鱼类的肿瘤生成.....
.....Joan Budd R. J. Roberts (115)

第六章 真骨鱼类的病毒学.....
.....Janet Liversidge A. L. S. Munro (123)

第七章 真骨鱼类的寄生虫学.....
.....Ted Needham R. Wootten (160)

第八章 真骨鱼类的细菌学.....
.....R. H. Richards R. J. Roberts (205)

第九章 真骨鱼类的真菌学..... R. H. Richards (230)

第十章 真骨鱼类的营养性病变.....
.....C. B. Cowey R. J. Roberts (241)

第十一章 各种非传染性疾病..... R. J. Roberts (250)

第十二章 实验室诊断方法 A. M. Bullock (257)

第十三章 鱼病治疗..... C. J. Poupard (314)

第十四章 饲养管理与鱼病的关系 C. J. Shepherd (326)

第一章 水生环境

A. L. S. Munro

水生环境具有多种多样的可变因素，所有这些因素实际上都在影响鱼类生长和繁殖的体内平衡。如果这些可变因素改变超过鱼体所能忍受的限度，即可使鱼体发病，或直接使鱼体产生疾病。这些可变因素中最重要的有物理因素，如温度、光照度及光照周期（包括遮荫及背景色调）等；水的化学成分，水中所含有的生物、空间和饵料的可利用程度，以及诸如活动阴影之类惊扰刺激的频度等等。另一个对野生或粗放养殖鱼类很重要的可变因素，是保持其饵料供应的生态系统的生产能力。由于生态系统的讨论不在本书范围之内，读者可参阅 Macan(1969) 及 Odum(1971) 的有关论著。

一、水的物理和化学性质

1. 温度 各种鱼类均有其耐热的上、下限，及生长、孵化、食物转化及抵御各种具体疾病的最适温度。这些最适温度可以各不相同，它随其他可变因素，诸如氧分压和水的 pH 值等的变动而改变。

水温也能影响一些水环境性质，地表水体可因纬度、季节、海拔高度、一天的不同时刻、水深及其他因素而发生高达 40℃ 的温度差异，这些将对鱼的健康产生影响。海洋因海水环流和水量大，温度波动就小得多。水中溶解气体的溶解度一般随水温升高而降低（表 1.1），溶解度很小的毒性化合物（如原油和农药等）也随水温升高而增大。有些物质的毒性作用（如重金属等）也随水温的升高而增强。

2.光照 自然水域及大面积养殖设施中的光照量,只能间接地通过加大水深,及调整单细胞藻类、大型植物的含量和树木遮荫量等方法来加以改变。在因粘土粒、洗煤废水和造纸废液之类的吸光性或反光性污染物而导致水中透光不良时,可使藻类产量减少,从而可能减少鱼类可利用的饵料品种和数量。

表 1.1 氧在饱和水蒸气下水中溶解度*(mg/L)

溶解度 (mg/L) \ 盐度 (‰)	0	8.75	17.5	26.25	35
温度 (°C)					
0	14.6	13.8	13.0	12.1	11.3
5	12.8	12.1	11.4	10.7	10.0
10	11.3	10.7	10.1	9.6	9.0
15	10.2	9.7	9.1	8.6	8.1
20	9.2	8.7	8.3	7.9	7.4
25	8.4	8.0	7.6	7.2	6.7
30	7.6	7.3	6.9	6.5	6.1
35	7.1	—	—	—	—
40	6.6	—	—	—	—

- 表中数值指在 760 毫米汞柱气压下,其他气压 (P) 下的溶解度 (S') 可用下式求得:

$$S'(\text{mg/L}) = S \frac{P - p}{760 - p}$$

式中, S——760 毫米汞柱下的溶解度。

p——在当时温度下的饱和水蒸气压力 (毫米汞柱)。

密养设施中的光照条件,如光照强度、光照周期、遮荫区域和背景的吸光度等,均较易调节。所有这些因素都能影响鱼的生长和成熟快慢。在低浅的密养设施中,过强的光照可使鱼的头背发生日灼。

3.溶解气体 在溶于水的气体中,氧和氮应予以重视。至于二氧化碳、氨和硫化氢的发生则属特殊情况,将另行讨论。气体混合物(例如空气)中的各种气体,都是依其各自的溶解度溶于水,而这一溶解度又与下列因素有关:

(1) 水面空气总压强及该种气体在空气混合物中的分压强的

大小有关，空气中氮和氧的分压强分别为 0.78 和 0.21。在泵取水时，水和空气可同时抽入泵中，从而空气受到泵的压缩而使水中溶解的氮和氧量增加，因此从泵流出的水中这两种气体是过饱和的。

在水电站，水和空气也可同时抽入进水口，经水轮机时空气被压缩而使水中氮和氧的含量过饱和。饲养于氮氧过饱和水中的鱼，会发生气泡病。在确定是否因水中气体过饱和所致，不仅需考虑溶解气体的总压强，还要考虑水中氮和氧的比率。溶解气体总量的最大安全值通常为 110%。

假设 5℃ 时淡水的空气饱和度为 100%，当温度由 5℃ 上升至 10℃ 时，在水中的空气未与大气取得平衡时，处于新温度下的氮和氧的饱和度将分别达到 112% 和 113%。水深 1m 处的静水压力，就能与饱和度 110% 的总气压取得平衡。高纬度地区气压小于一个大气压，氧的溶解度达不到表 1.1 所列数值。该表附有一个计算公式，可依据计算气压升高或降低处的氧溶解度。

(2) 盐溶解量：一般气体不太容易溶解于含盐的水中。从表 1.1 中可以看出海水含盐浓度增高时对氧溶解度的影响。但在该气体与水或呈溶解状态的某种成分起反应的地方则例外。

(3) 温度：温度升高能使水中大多数气体溶解度下降。

4. 一些物理化学参数

(1) 水的离子积：水分子由于能够失去或获得一个质子，故具有弱碱和弱酸的性质 ($\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$)。其电离平衡常数 (K_w) 可以下式求得：

$$K_w = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

式中 $[\text{H}^+]$ 和 $[\text{OH}^-]$ ——分别表示 H^+ 和 OH^- 的离子浓度。

实验结果证明纯水在 25℃ 时， $K_w = 1.00 \times 10^{-14}$ 。由于水中 H^+ 和 OH^- 的含量相等，故：

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

(2) pH 和 pH 值：稀的水溶液的 pH 是指其氢离子浓度的负对数值，这一定义通常可写为 $\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$ 。依照上例，

表 1.2 稀的水溶液的氢离子和氢氧根离子浓度与pH 值之间的相互关系

	酸性溶液					中 性					碱性溶液				
氢离子浓度 (g/L)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²	10 ⁻¹³	10 ⁻¹⁴
相应 pH 值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
氢氧根离子浓度 (g/L)	10 ⁻¹⁴	10 ⁻¹³	10 ⁻¹²	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	1
相应 pOH 值	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

表 1.3 温度对各种电离常数的影响

	温 度 (°C)						
	0	5	10	15	20	25	30
水的 pK _A	14.939	14.731	14.533	14.345	14.167	13.997	13.832
海水的 pK _A	14.947	14.739	14.541	14.353	14.175	14.005	13.840
碳酸的一级电离常数 (K _A)*	2.84	3.04	3.44	3.81	4.16	4.45	4.71
碳酸一级电离常数的 pK _A	6.53	6.52	6.46	6.42	6.38	6.35	6.33
氨的电离常数 (K _B)**	1.374	1.479	1.570	1.652	1.710	1.774	1.820
氨的 pK _A	4.862	4.830	4.804	4.782	4.767	4.751	4.740

* ×10⁻⁷, ** ×10⁻⁵

则纯水在 25℃时的 pH 值为:

$$-\log_{10} 1 \times 10^{-7} = 7$$

在稀的水溶液中, 水的离子积恒为 1×10^{-14} 。加入氢离子和氢氧根离子并不能改变这一常数。氢离子和氢氧根离子浓度, 及相应的 pH 和 pOH 值之间的相互关系如表 1.2, 由该表可知 pH 值是从 0 到 14。

pH 值是一种负对数值, 即每减小一个 pH 单位, 氢离子浓度即增大 10 倍。pH 值中性是指水溶液中的氢离子数和氢氧根离子数相等。此值视溶液中所含盐量和温度而异 (表 1.3)。氢离子多于氢氧根离子的溶液, 称为酸性溶液; 反之称为碱性溶液。由溶液的 pH 值, 例如 6.6, 计算溶液的实际氢离子浓度时, 则 $\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = 6.6$, 两侧皆取负对数值, 则 $[\text{H}^+] = \text{antilog}(-6.6)$ 。 (-6.6) 可改写为 $(0.4 - 7.0)$, (0.4) 的负对数值是 2.5, (-7.0) 的负对数值是 10^{-7} , 因此:

$$[\text{H}^+] = 2.5 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

反之, 计算含有 $3.98 \times 10^{-8} \text{ mol/L H}^+$ 的溶液的 pH 值时, $\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(3.98 \times 10^{-8}) = -\log 3.98 - \log 10^{-8} = -0.6 + 8 = 7.4$ 。

(3) 弱酸和弱碱的电离常数: 按质量作用定律, 可将弱酸的电离平衡表示为 $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$, 故:

$$\frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = K_A$$

式中: K_A ——弱酸的电离常数。

酸性越强, 离子积和未离解分子浓度的比值就越大, 故 K_A 值也越大。因此值的实际数字很小, 常用其负对数值表示、写法与 pH 相仿, 写成 $\text{p}K_A$, $\text{p}K_A = -\log K_A$ 。弱碱也与此相似, 例如一水合氨: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, 故

$$\frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = K_B$$

• 原书无负号, 应加上——译注

式中 K_B ——弱碱能解离出多少氢氧根离子的一种表达数值。

将电离常数 K_B 换算为其负对数值，即得 pK_B 这一常数。弱碱的 K_B 和 pK_B 这两个常数，分别与氢氧根离子的浓度和 pOH 值有关。由于习惯上即使对碱性溶液的反应，也是以 pH 值，而不是以 pOH 值来表示，采用 pK_{AB} 值表示。 pK_{AB} 这一常数是以 $pK_{AB} = 14 - pK_B$ ，由 pK_B 值换算得来的。

(4) 同离子效应：弱酸或弱碱的电离度，可因加入能离解出相同离子的化合物而大为减弱。例如一水合氨加入能离解出与其相同的氢氧根离子的氢氧化钠，或加入能增多其共同具有的氨离子的氯化铵时，一水合氨的电离度均下降。由质量作用定律方程式

$$\frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} = K_B$$

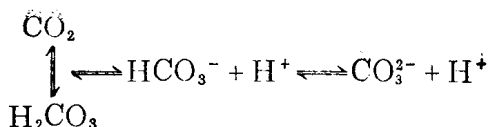
可知，增多氢氧根离子的浓度，必然要减小氨离子的浓度，才能保持 K_B 值的恒定。这就是为什么在含有氨盐的水中，加大碱度就会加大未离解氨分子浓度的原因，它对鱼类有剧毒作用。

(5) 缓冲作用：由于同离子效应，酸、盐混合液的 pH 值高于单是酸的 pH 值，碱、盐混合液的 pH 值则将低于单是碱的 pH 值。Henderson-Hasselbach 方程式将 pH 值和〔盐〕与〔酸〕的比值或〔盐〕与〔碱〕的比值关系表示为：

$$pH = pK_A \text{ (或 } pK_{AB}) + \log \frac{[\text{盐}]}{[\text{酸}] \text{ 或 } [\text{碱}]}$$

上式说明，弱碱与强酸所离解出的氢离子结合，或弱酸与强碱所离解出的氢氧根离子结合时，都能降低氢离子浓度。有许多弱酸和弱碱的盐类，都以稀的水溶液形式在实验室中作为缓冲液，即在加入酸或碱时能阻止 pH 改变的溶液。在 pK_A 或 pK_{AB} 值 $\pm$ 一个 pH 单位的范围内，缓冲作用效果最高。

淡水和海水中最常见的缓冲物质是以下式表示的二氧化碳—碳酸—碳酸氢盐—碳酸盐系统；



这一缓冲系统的两个电离常数为：

$$K_{A1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad \text{p}K_{A1} = 6.35 \quad (25^\circ\text{C 时})$$

$$K_{A2} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} \quad \text{p}K_{A2} = 10.25 \quad (25^\circ\text{C 时})$$

淡水中这些不同成分之间的平衡状况决定于淡水的 pH 值，如：

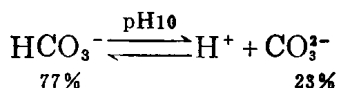
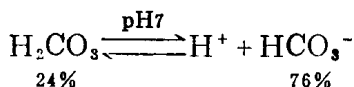
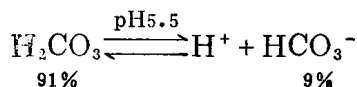


表 1.4 碳酸、碳酸氢盐及碳酸盐在两个温度下不同 pH 值的淡水中的摩尔浓度百分比改变

pH	8°C			24°C		
	H ₂ CO ₃	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	H ₂ CO ₃	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
5.0	96.9	3.1	0	95.9	4.1	0
5.5	91.0	9.0	0	88.2	11.8	0
6.0	75.8	24.2	0	70.0	30.0	0
6.5	49.7	50.3	0	42.2	57.6	0
7.0	23.6	76.4	0	18.9	81.1	0
7.5	8.8	91.2	0	6.9	92.9	0.2
8.0	3.0	96.7	0.3	2.3	97.3	0.4
8.5	1.0	98.1	0.9	0.6	97.9	0.9
9.0	0.3	96.7	3.0	0.3	95.3	4.4
9.5	0.1	90.9	9.0	0	87.2	12.8
10.0	0	76.9	23.1	0	68.5	31.5

这一系统的其他资料列于表 1.3, 1.4 和 1.5。淡水和海水的缓冲容量来自钙和镁的碳酸氢盐和碳酸盐, 在将酸性化合物加入水中时, 这些盐类能起碱储的作用。

表 1.5 碳酸、碳酸氢盐及碳酸盐在两个温度下不同 pH 值的海水中的摩尔浓度百分比改变

pH	8°C			24°C		
	H ₂ CO ₃	-HCO ₃	-CO ₂	H ₂ CO ₃	-HCO ₃	-CO ₂
7.4	4.9	93.5	1.6	3.7	93.7	2.6
7.9	1.6	93.2	5.2	1.1	91.4	7.5
8.4	0.5	84.4	15.1	0.3	78.9	20.8

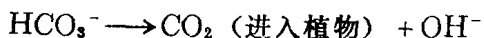
(6) 碳酸盐碱度和硬度: 淡水的缓冲容量是由其碳酸盐碱度决定的, 通常以每升水中含有相当于多少毫克的碳酸钙表示。硬度是淡水中钙、镁及其他金属的一种测定值, 也是以每升水的碳酸钙毫克量表示。每升含有 0—60mg 时称为软水, 60—120mg 时称为硬度中等的水, 超过 120mg 时称为硬水。碳酸盐碱度高的淡水, pH 值 > 7 为碱性, 是石灰岩地区或石灰岩层露头地带的特征。海水的碳酸盐碱度也高, 但硼酸盐离子能使海水的缓冲容量增大。这一缓冲容量在淡水中往往可使具有很高毒性的酸度或碱度很高的废弃物混入海水后并经海水稀释后, 成为毒性较低或基本无害的物质。

(7) 酸度: 未受污染的淡水水体的酸度, 是由碳酸及来自土壤、森林、沼泽和泥塘等地的各种有机酸类形成的。工厂和矿山废弃物中的无机酸类和这些无机酸与弱碱形成的盐类, 能使未净化处理的水源酸度上升。

自然固有酸度、碳酸盐碱度及 pH 值, 在决定水生环境的水质是否适于鱼类健康均很重要。淡水的 pH 值差异很大, 上下波动, 有鱼的水体 pH 值范围为 5.0—9.5 之间。鲑科鱼类饲养于 pH 值低于 5 的水中时, 鱼开始失去调节血浆内钠和氯浓度的能力。再继续降低, 可使血浆氯化钠的含量降低到使鱼丧失协调运动的程度

(Leivestad 和 Muniz, 1976)。因此在 pH 低的水域的地区养殖鲑鱼苗往往向水中施石灰, 或使孵化场的水流经白垩片层, 以提高水的 pH 值。在 pH5—6.5 的水中, 也有鲑科鱼生长减慢的报告。因此鱼类虽能忍受 pH 值很宽的各种环境, 甚至能在其中繁殖, 但以其生长速度快或繁殖能力最高为标志的最适存活状态, 很可能只限于 pH 值很窄小的环境。

(8) 二氧化碳: 各种自然水体和粗放养殖设施水体内容解的二氧化碳-碳酸氢盐-碳酸盐系统, 是水生植物光合作用的碳源。其植物自然生产能力是鱼类饵料的生产基础, 且和是否有适当的碳酸氢盐-碳酸盐缓冲容量密切相关。在日光下, 光合作用使水中的二氧化碳为植物所利用, 从而水中的氢氧根离子增多, 使水的 pH 值升高。



在黑夜时植物的呼吸作用占优势, 产生二氧化碳, 形成氢离子, 又使水的 pH 值下降。

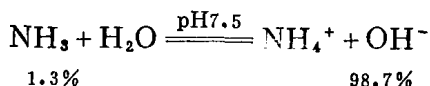


鱼塘中每天 pH 值的波动就是由于生物的光合作用所致。

酸性水体中二氧化碳含量, 取决于水的 pH、温度及大气中二氧化碳的分压强。大多数自然水体的二氧化碳含量不超过每升 6mg。由表 1.3 可知, 当水的 pH 值降低时, 水中的游离二氧化碳 (即未离解的碳酸) 比值就升高。二氧化碳含量升高能抑制鱼体呼吸, 如升高不过快时, 鱼体可以产生适应性。这也许是由于鱼体的最小需氧量能随二氧化碳含量的升高而增高。鱼类能察觉水中二氧化碳含量的差别并作出相应的反应, 当水中游离二氧化碳含量低至每升 1.6 mg 时, 多数即行逃逸。实验中曾使鱼体在短期内适应了每升 60mg 的含量, 但在这样的条件下, 鱼不能快速生长并保持良好的健康状态。

酸性地下水的二氧化碳含量可高达每升 30mg 左右。鱼体代谢生成的二氧化碳可使密养设施中通常每升 12—18mg 的含量显著升高。

(9) 氨: 未离解的氨分子 (NH_3) 对鱼类毒性很大。氨分子是一种弱碱 (见表 1.3), 在同离子效应一节中已论述过它的一些特性。例如在 pH7.5 时其离解百分比为:



即使氨的含量很低, 也能引起鳃组织增生 (Smith 和 Piper, 1975)。因此每升水氨的含量不宜高于 0.02mg。表 1.6 表示在一些温度下各种 pH 值时, 未离解氨分子的百分比。pH 值低于 7 时, 鱼类孵化场易于遇到的氨浓度, 未离解氨分子的含量都很小, 但在 pH 值高于 7 时, 尤其是在海水中 (pH7.8—8.2), 未离解氨分子对鱼体的健康始终具有潜在的威胁。

表 1.6 氨的水溶液中未离解氨分子随温度及 pH 值不同产生的百分比变化

温度 (°C)	pH 值							
	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5
0	0.008	0.026	0.083	0.261	0.820	2.55	20.7	45.3
5	0.013	0.040	0.125	0.400	1.23	3.80	28.3	55.6
10	0.019	0.059	0.186	0.590	1.83	5.56	37.1	65.1
15	0.027	0.087	0.273	0.860	2.67	7.97	46.4	73.3
20	0.040	0.125	0.400	1.24	3.82	11.2	55.7	79.9
25	0.057	0.180	0.570	1.77	5.38	15.3	64.3	85.1
30	0.081	0.254	0.800	2.48	7.46	20.3	71.8	89.0

仿 Emerson 等 (1975)。海水中的数值参见 Whitefield (1974)

在密养设施中, 用高蛋白饵料喂鱼时, 可使主要含氮排泄物的氨含量达到很高的水平, 因此如反复使用除充氧外未作任何处理的碱性或中性水, 可使毒性氨的含量逐步增高。

(10) 硫化氢: 其他化合物或离子对鱼是否有毒可视其到达致毒含量的电离平衡状态而定。未离解分子状态的硫化氢对鱼有剧毒, 其电离状态依 pH 值不同而异, 例如,