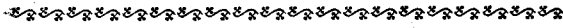


海水盐度简易计算法

张乃禹

(中国科学院海洋研究所)



海水盐度是指1000克海水中含有的盐类克数，用符号表示为S‰。

每一种海洋生物对盐度都有一定的适应范围，盐度过高或过低都能影响其生长，甚至导致死亡。

测定盐度的方法大致有硝酸银滴定法、盐度测定仪测定法及查“海洋学常用表”等三种方法。由于各种原因，目前基层水产养殖单位应用这些方法的一般不多。

国外曾报道了不少关于温度、盐度和密度的关系式，但多半都是已知盐度，温度求其条件密度 σ_t 。作者导出了利用当场比重、温度来直接计算盐度的两个公式，虽然有一定误差，但对缺乏盐度测定仪、“海洋学常用表”及硝酸银滴定设备的基层养殖单位，仍不失为一种计算盐度的简便方法。

一、盐度计算公式及其推导

根据盐度是温度、比重的函数来推导计算公式。本文所用条件比重的标准温度为17.5℃，故以17.5℃为界分以下两个盐度计算公式：

$$S_1 = 1.3at - (0.003at + 0.1)(17.5 - T) \quad (1)$$

$$S_2 = 1.3at + (0.003at + 0.28)(T - 17.5) \quad (2)$$

式(1)，(2)中，at为海水当场比重；1.3为海水比重常数；0.003为海水比重温度常数；0.1及0.28均为两式中各自的温度常数；T为测得的海水温度。

海水比重就是单位体积海水重量的多少，

它的单位是克重/厘米³。因海水比重一般都大于1，如1.023, 1.026, 1.017。前面的两位数1.0对各比重值都相同；为简便起见，海水比重的表示通常以(比重计读数-1)×1000表示，如1.023, at=(1.023-1)×1000=23。

(一) 比重常数1.3的推算

因为盐度是温度、比重的函数，当温度恒定时，仅盐度是比重的函数。将17.5℃时的不同比重及其相应的盐度各自积加，然后S除 $\rho_{17.5}$ ，即得1.30697799。

据海洋学常用表^[2]：

$$\rho_{17.5} = 1.44 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 10 \ 11 \ 12 \\ 13 \ 14 \ 15$$

$$S = 1.81 \ 2.53 \ 3.85 \ 5.15 \ 6.46 \ 7.77$$

$$9.09 \ 10.40 \ 11.71 \ 13.03 \ 14.34 \ 15.65 \ 16.96 \\ 18.28 \ 19.60$$

$$\rho_{17.5} = 16 \ 17 \ 18 \ 19 \ 20 \ 21 \ 22 \ 23 \ 24 \ 25 \\ 26 \ 27 \ 28 \ 29 \ 30$$

$$S = 20.92 \ 22.23 \ 23.55 \ 24.86 \ 26.18$$

$$27.49 \ 28.80 \ 30.12 \ 31.425 \ 32.73 \ 34.04 \\ 35.345 \ 36.65 \ 37.96 \ 39.26$$

$$\rho_{17.5} = 31 \ 32 \ 33 \ 34 \ 34.54$$

$$S = 40.56 \ 41.86 \ 43.16 \ 44.45 \ 45.15$$

$$\sum_{i=1}^{35} \rho_{17.5} = 629.98 \quad \sum_{i=1}^{35} S = 823.37$$

(二) 公式的推导

S_1 的推导：当计算某一温度比重的盐度时，首先要知道比重温度常数，可设比重温度常数为X，温度常数为Y；当水温T=17.5℃时，两常数值均为零。当水温在0—17.5℃时，则方程式为：

$$S_1 = 1.30697799at - Xat(17.5 - T) \\ - Y(17.5 - T)$$

当T=2.5℃时(用平分法优选出水温为2.5℃时所求出的X、Y值，此时计算出盐度误差最小)，at=10, S=11.18; at=20, S=23.81。代入公式，得以下两个方程：

$$11.18 = 1.30697799 \times 10 - 10X(17.5 - \\ 2.5) - Y(17.5 - 2.5)$$

表1 公式(1)算出的盐度误差

T at	0		2.5		5.5		8.5		11.5		14.5		17.5								
	S	S'	S-S'	S	S'	S-S'	S	S'	S-S'	S	S'	S-S'	S	S'	S-S'						
5	5.15	4.49	0.66	5.02	4.78	0.24	5.02	5.12	0.10	5.15	5.47	0.32	5.41	5.80	0.39	5.80	6.16	0.36	6.46	6.50	0.04
10	11.32	10.73	0.59	11.18	11.05	0.13	11.32	11.42	0.10	11.45	11.83	0.38	11.84	12.22	0.38	12.37	12.61	0.24	13.04	13.00	0.04
15	17.50	16.96	0.54	17.50	17.33	0.17	17.63	17.76	0.13	17.88	18.19	0.31	18.28	18.63	0.35	18.96	19.07	0.11	19.60	19.50	0.10
20	23.81	23.20	0.61	23.81	23.60	0.21	23.94	24.08	0.14	24.33	24.56	0.23	24.86	25.04	0.18	25.38	25.52	0.14	26.18	26.00	0.18
25	29.98	29.44	0.54	30.12	29.88	0.24	30.37	30.40	0.03	30.77	30.93	0.16	31.29	31.45	0.16	31.95	31.98	0.03	32.73	32.50	0.23
30	36.13	35.68	0.45	36.39	36.15	0.24	36.65	36.72	0.07	37.18	37.29	0.11	37.69	37.86	0.17	38.48	38.43	0.05	39.26	39.00	0.26

$$\sum_{i=1}^{42} |S-S'| = 10.11 \quad |S-S'| = 0.24 \quad SD = 0.1683$$

表2 公式(2)算得的盐度误差

T at	17.5		20.5		23.5		26.5		29.5						
	S	S'	S-S'	S	S'	S-S'	S	S'	S-S'	S	S'	S-S'			
1	1.30	6.46	5.16	1.88	2.15	0.27	2.80	3.00	0.20	3.71	3.85	0.14	4.75	4.70	0.05
5	6.46	13.04	6.58	7.24	7.38	0.14	8.04	8.27	0.23	9.09	9.16	0.07	10.13	10.04	0.09
10	13.04	19.60	6.56	13.82	13.93	0.11	14.73	14.86	0.13	15.79	15.79	0	16.84	16.72	0.12
15	19.60	26.18	6.58	20.40	20.48	0.08	21.32	21.45	0.13	22.37	22.42	0.05	23.55	23.40	0.15
20	26.18	32.73	6.55	27.10	27.02	0.08	28.02	28.04	0.02	29.07	29.06	0.01	30.24	30.08	0.16
25	32.73	39.26	6.53	33.65	33.57	0.08	34.70	34.63	0.07	35.73	35.70	0.03	36.91	36.76	0.15
30	39.26	45.80	6.54	40.17	40.11	0.06	41.21	41.22	0.01	42.38	42.33	0.05	43.44	43.44	0

$$\sum_{i=1}^{33} |S-S'| = 3.43 \quad |S-S'| = 0.10 \quad SD = 0.0705$$

$$23.81 = 1.30697799 \times 20 - 20X(17.5 - 2.5) - Y(17.5 - 2.5)$$

解方程, 得 $X = 0.002932$, $Y = 0.09667$; 为计算方便, 将两值及 1.30697799 分别简化为 0.003 , 0.1 , 1.3 ; 代入公式提项得式 (1), 即: $S_1 = 1.3at - (0.003at + 0.1)(17.5 - T)$ 。

S_2 的推导: 其方法步骤与 S_1 相同。当水温大于 17.5°C 时, 方程式为:

$$S_2 = 1.30697799at + Xat(T - 17.5) + Y(T - 17.5)$$

当 $T = 29.5^\circ\text{C}$ 时, $at = 10$, $S = 16.84$; $at = 20$, $S = 30.24$ 。代入公式, 得:

$$16.84 = 1.30697799 \times 10 + 10X(29.5 - 17.5) + Y(29.5 - 17.5)$$

$$30.24 = 1.30697799 \times 20 + 20X(29.5 - 17.5) + Y(29.5 - 17.5)$$

解方程, $X = 0.00275$, $Y = 0.2867$, 将两值分别简化为 0.003 , 0.28 ; 代入公式提项得式 (2), 即: $S_2 = 1.3at + (0.003at + 0.28)(T - 17.5)$ 。

二、公式的应用

(一) $S_1 = 1.3at - (0.003at + 0.1)(17.5 - T)$ 的应用范围

水温在 $0 - 17.5^\circ\text{C}$, 盐度为 $1.81 - 45.15\%$, 这时将测得的当场比重及温度值代入公式计算 (如 $T = 0$, $at = 30$), 就得出盐度值, 即:

$$S_1 = 1.3 \times 30 - (0.003 \times 30 + 0.1)(17.5 - 0) = 35.68$$

(二) $S_2 = 1.3at + (0.003at + 0.28)(T - 17.5)$ 的应用范围

水温在 $17.5 - 29.5^\circ\text{C}$, 盐度为 $1.81 - 45.15\%$, 这时将测得的当场比重、温度代入公式 (如 $T = 29.5$, $at = 10$), 就得出盐度值, 即:

$$S_2 = 1.3 \times 10 + (0.003 \times 10 + 0.28)(29.5 - 17.5) = 16.72$$

当 $T = 17.5^\circ\text{C}$ 时, 由于 $17.5 - 17.5 = 0$, 故用两公式算出的盐度值都相同。

三、误差范围

为了检验两公式计算出盐度误差范围, 对不同温度 (0°C , 25°C , 5.5°C , 8.5°C , 11.5°C , 14.5°C , 17.5°C , 20.5°C , 23.5°C , 26.5°C , 29.5°C) 时的不同当场比重的盐度作了检验, 详见表 1, 2。表中的 S 为比较精确的海水盐度值⁽²⁾, S' 为两公式算出的海水盐度值, $|S - S'|$ 为两盐度误差的绝对值。

可见, 用公式 (1) 算出的盐度误差平均为 0.24% , 最大误差为 0.66% (当水温为 0°C 时), 最小误差为 0.03% 。用公式 (2) 算出的盐度误差平均为 0.10% , 最大误差为 0.27% , 最小误差为 0.01% 。就水温来说, 公式 (2) 在水产养殖中应用较为广泛并且误差相对较小。

主要参考文献

- [1] 山东海洋学院、山东水产学院合编, 1962。海洋学。农业出版社。
- [2] 朱波夫, H. H., 1965。海洋学常用表。科学出版社。

名词解释

河口生物学

河口生物学是研究河口这一特定水域中的生物的科学。河口是海水与淡水交汇及混合的水域, 也包括一部分沿岸水域; 其盐度和温度条件短期 (半日) 和长期 (周年) 变化都很大。河口水域的饵料很丰富, 为许多生物的栖

息与繁殖奠定了食物基础。有些特定的经济贝类、虾类专门生活在河口水域, 许多经济鱼、虾类在那里产卵和长大, 因而河口渔业受到人们的重视。除作为整体研究河口环境中各种生物的组成、数量分布、变化和群落特点之外, 经济鱼、虾、贝类的繁殖发育、种群动态、资源补充及其与环境因素的关系, 成为河口生物学研究的主要内容。

(崔玉珩)