

主要电解质组成对电导盐度和比重的影响——一种加和性关系*

陈国华 韦子兴** 薛春才**

(山东海洋学院)

1969年,由于电导盐度定义的确立,统一了电导测盐方法,在海水盐度测量方面取得了很大进展^[13]。但它并不完善,由 Cox 等人确立的电导盐度与相对电导率 R_{15} 的五阶多项式,实际上代表了具有各地区大洋海水的平均离子组成的海水的电导盐度与相对电导率的关系^[5]。这种关系式并不能精确地确定其离子组成与平均离子组成有明显差异的海水的电导盐度值,同时用它求海水比重也将产生一定的误差。这些偏差大小显然与待测水样离子组成和平均离子组成的差异程度有关。这是电导测盐法实际不能达到理想精度的一个主要原因。新近国际海洋学表和标准联合小组 [JPOTS¹⁾] 推荐的实用盐度标度定义(1978),消除了1969年电导盐度定义中的上述问题^[11,12]。但是,新定义的实用盐度仅是一种相对盐度值,并不代表海水中的溶解固体物的真实含量,即通常说的绝对盐度。因此,如果根据实用盐度精确地计算海水密度,还需要考虑实际海水与标准海水离子组成差异的密度订正问题。同时,实用盐度与绝对盐度的精确关系也与海水离子组成直接相关。Millero, Brewer^[2] 和 Connors 等人^[4] 都进行过一些有关海水离子组成变动对电导盐度及比重影响的探讨, JPOTS 所属电子盐度研究小组负责人 Lewis 评述了他们的研究成果^[8,12]。本文叙述了我们对海水主要组成变动与电导盐度关系的实验研究结果,提出了一种加和性关系,比较清楚地描述了海水主要组成的变动对电导盐度的影响以及对比重的影响,这些结果充实了新的实用盐度定义,并有助于完善电导测盐方法。

一、实验方法

以不同盐度的自然海水为底液,按不同比例加入一种与海水主要离子组成有共同离子的纯盐,这预示着海水中这种纯盐的相对含量发生不同程度的变化,然后以国际标准海水为标准测定加入纯盐前后的海水相对电导率 R_t (相对于 35‰ 海水的电导率比值)。在加入某些盐后,底液海水的 pH 经测定有变化,但我们不加调节,我们把此变化对电导率的影响统一归结于盐相对含量变化对电导率的影响。根据底液海水的重量及盐度以及加入纯盐重量可以计算出实际海水盐度的变化值即相当于绝对盐度的变化值;而根据加入纯盐前后海水相对电导率数据,由海洋学表可查得相应的电导盐度变化值^[10]。两者差值反映了该纯盐相对含量变动时电导盐度的偏差。

海水相对电导率用 HD-2 型实验室海水电导盐度计测定^[1],以国际标准海水 p.79 作

* 山东海洋学院化学系孙秉一同志,外语教研室夏宗伦同志等为本文提供了宝贵意见,作者深表谢忱!

** 韦子兴、薛春才是我系 1978 届毕业生,参加了本文实验工作。

1) 原名为: Joint Panel Oceanographic Tables and standards.

本刊编辑部收到稿件日期: 1979 年 8 月 13 日。

为测定相对电导率的标准,实际测定海水相对电导率的标准偏差为 $\pm 0.00001(R_t)$ 。

海水及各纯盐的重量在感量为 0.1 毫克的分析天平上称量,并经纯度折算,海水重量经浮力校正。实验用的纯盐有: NaCl(A. R.), KCl(A. R.), Na_2SO_4 (A. R.), Na_2CO_3 (A. R.), KBr(A. R.), NaHCO_3 (A. R.), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (A. R.), $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (A. R.), KHCO_3 (A. R.), CaCl_2 (天水 A. R.), NaNO_3 (A. R.), K_2CO_3 (C. P.), K_2SO_4 (C. P.)。NaCl 和 KCl 先经 500°C 左右灼烧再烘干后使用,其余盐类都未经纯化处理。海水与纯盐分别依次加入 150 毫升磨口三角瓶中称量,蒸发误差可忽略。自然海水取自青岛鲁迅公园近岸,附近无废水排放口。将部分海水在常温下蒸发浓缩至接近 35‰S ;另取部分海水用蒸馏水稀释成较低盐度,经过滤后保存在硬质小口试剂瓶中,使用时用导管引出。

二、结果与讨论

1. 自然海水中各主要盐类相对含量变化与实测电导比的关系

用电导盐度计直接测得的是 $t^\circ\text{C}$ 时电导比(即相对电导率) R_t , 我们假设加入少量纯盐后的海水,由于海水盐度相对含量变化较小,故海水电导比的温度系数可看作与自然海水的一样,因此可将实测的 R_t 根据海洋学表校正到 R_{15} (或其它温度)^[10], 纯盐相对含量的

变化值以 Δm_i 表示,单位为克/千克海水,这是根据海水及加入纯盐重量计算的。以 R_{15} 为纵坐标, Δm_i 为横坐标作图(如图 1)。图 1 中所用底液海水为 34.871‰S 。注明“海水”的直线图形是根据实测电导比及由海洋学表查得相对应的盐度差值所作,因此它代表着电导盐度定义的关系。由图 1 可见各纯盐相对含量实际变化 Δm_i 所对应的电导比在实验盐度范围内都有较好的线性关系,而且与海水线都有不同程度的偏离。其中 NaCl 与 KCl 偏差较小,在“海水”线以上,而 MgSO_4 和 Na_2CO_3 偏离最大,与其它的盐类所相对应的直线皆在“海水”线以下。这表明 NaCl 与 KCl 相对含量变化时,由电导盐度定义确定的盐度改变值比实际的大,我们称为出现正偏差,而其余各盐相对含量改变时则出现负偏差。按 MgSO_4 , Na_2CO_3 , NaHCO_3 , Na_2SO_4 , KHCO_3 , K_2SO_4 , KBr, KCl, NaCl 的顺序,偏差绝对值递减。由于 K_2CO_3 和 Na_2CO_3 加到一定量以后出现碳酸盐沉淀,因此直线只作到出现

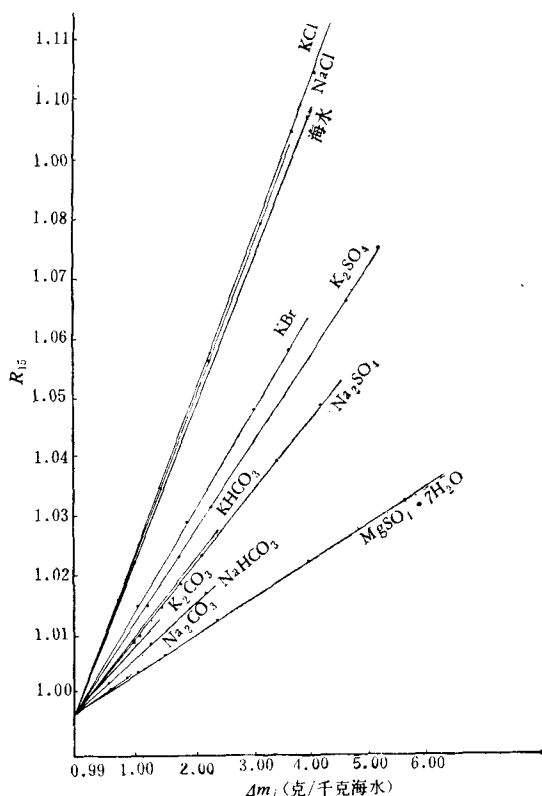


图 1 34.871‰S 的自然海水中添加各种电解质时其 R_t 随 Δm_i 的变化

值递减。由于 K_2CO_3 和 Na_2CO_3 加到一定量以后出现碳酸盐沉淀,因此直线只作到出现

沉淀以前为止。

当改变底液海水盐度, 重复上述实验, 得到图 2 的结果, 两组直线相应的底液海水盐度皆低于图 1 所用底液海水的盐度。结果表明各盐直线斜率稍有改变, 但直线相对位置完全与图 1 中的一致。温度改变时也有这样的规律(参阅表 1 结果)。

2. 海水中各主要盐类相对含量变化时对电导盐度的影响及其校正公式

设海水中各主要盐类的 Δm_i 相对应的电导比的变化关系直线的斜率用 k_i 表示, “海水”线的斜率用 k_s 表示。表 1 表明, 各盐 k_i 及 k_s 随底液海水盐度及温度变化虽有少量变化, 但 k_i 与 k_s 差值即 $k_i - k_s$ 却几乎保持一常数。表 1 各盐以外的其它盐也具有同样的性质。而 $k_i - k_s$ 表示各盐类相对含量变化时所对应的电导盐度偏差。我们用 A_i 表示当每千克海水中 i 种盐相对含量变化一克时对应的电导盐度与实际盐度变化的偏差, 显然应有

$$A_i = (k_i - k_s) \frac{\delta S}{\delta R_s}$$

式中 $\frac{\delta S}{\delta R_s}$ 为单位电导比所对应的电导盐度改变值, 由海洋学表求得其值为 40, 故

$$A_i = 40(k_i - k_s)$$

表 2 列举了各盐类的 A_i 值, 当 $k_i > k_s$ 取正号, $k_i < k_s$ 时取负号, NaCl 与 KCl A_i 值为正, 其余则为负。而各盐类相对含量变化产生盐度偏差为:

$$\Delta S_i / \text{‰} = A_i \Delta m_i$$

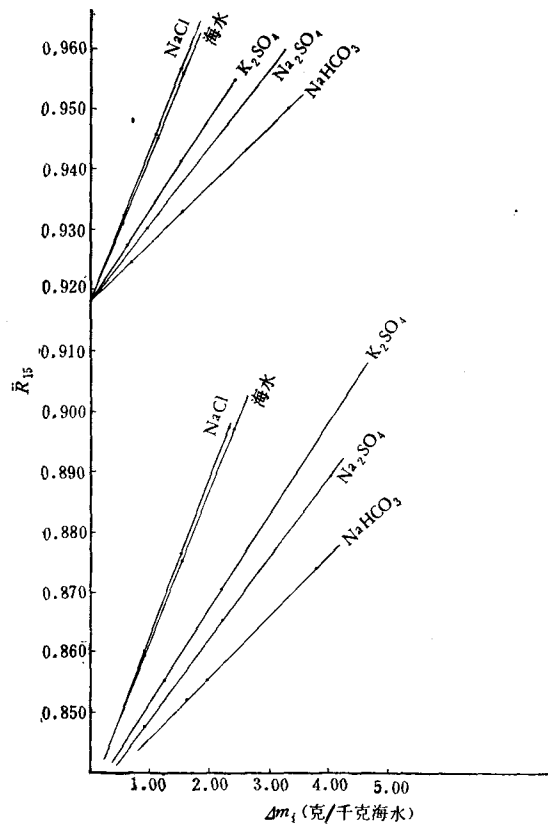


图 2 改变底液海水盐度条件添加各种电解质时其 R_s 随 Δm_i 的变化

表 1 几种盐类及“海水” k 差值随温度和盐度的变化

	温度 $^{\circ}\text{C}$	15			23		
	盐度 ‰						
$k_i - k_s$		28.614	31.800	34.918	28.614	31.800	34.918
$k_{\text{NaCl}} - k_s$		0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
$k_{\text{K}_2\text{SO}_4} - k_s$		-0.0102	-0.0102	-0.0101	-0.0101	-0.0101	-0.0100
$k_{\text{Na}_2\text{SO}_4} - k_s$		-0.0122	-0.0124	-0.0124	-0.0122	-0.0123	-0.0123

表 2 海水各主要盐之 A_i 及 B_i 值

盐	NaCl	MgCl ₂	Na ₂ SO ₄	CaCl ₂	KCl	NaHCO ₃	KBr	MgSO ₄	Na ₂ CO ₃	NaNO ₃
$k_i - k_s$	0.0009	-0.0140	0.0131	0.0025	0.0011	-0.0159	-0.0083	-0.0185	-0.0181	-0.0093
A_i	0.036	-0.548	-0.524	-0.100	0.044	-0.636	-0.332	-0.740	-0.724	-0.373
B_i	0.028	-0.422	-0.403	-0.077	0.034	-0.490	-0.256	-0.570	-0.557	-0.287

表 3 加入混合盐引起电导盐度偏差

加入混合盐 名 称	各盐的 Δm_i (克/千克海水)	根据 R_i 测定值由 海洋学表计算盐度 ‰S		加入混合盐重量 (克/千克海水)		实际盐度偏差 $\Delta S_{\text{‰}}$ 电导盐度计算 值减实际加量	计算盐度偏差 $\Delta S_{\text{‰}}$ $\Sigma A_i \Delta m_i$	计算偏差值 的相对误差
		加盐前	加盐后	由电导盐 度计算值	由实际加 量计算值			
NaCl KCl Na ₂ SO ₄	2.3100 1.5899 3.5620	34.918	40.704	5.786	7.4619	-1.6759	-1.713	+0.5%
NaCl KCl Na ₂ SO ₄ K ₂ SO ₄	1.1846 0.9269 1.8968 0.8583	34.918	38.548	3.630	4.8666	-1.2366	-1.257	+0.4%
NaCl KCl NaBr Na ₂ SO ₄	0.5994 0.6527 0.4073 0.7080	34.871	36.696	1.825	2.3674	-0.5424	-0.544	+0.1%

表 3 为加入混合盐引起的电导盐度偏差。根据图 2 及表 1 结果看来,各盐类相对含量变化时对电导盐度的影响基本上是一种独立的关系。因此,我们设想按下列一种加和性关系式来计算混合盐相对含量变化对电导盐度测定结果的影响,这就是表 3 第八行数据的含意,所用加和性关系式如下:

$$\Delta S_{\text{‰}} = \sum_i \Delta S_i \text{‰} = \sum_i A_i \Delta m_i \quad (1)$$

当海水中添加混合盐数量愈多,即与海水原组成比较,其组成变化愈大时,相对误差也愈大,如第一组实验比第三组实验相对含量(即组成)的变化大,按上述公式计算的偏差与实际偏差的相对误差就增加了。这是因为离子导电行为与周围离子浓度有关,浓度小影响就小。因此,可以预料当添加混合盐体相对浓度变化增加时,上述公式中相对误差亦增加。所以从本质上说,上述关系式只是一种近似规律。大洋海水实际的组成变化即各盐类或离子的相对含量变化范围比上述实验小得多。因此,公式(1)在实际海水中使用将具有足够的精确性。

3. 海水主要盐类相对含量的变化对比重的影响

按氯度或电导盐度数值计算海水比重,都是以海水离子组成恒定性为依据的,其组成的变化将改变电导、盐度和比重之间的关系。因此,对于与大洋海水平均组成的一套电导、盐度和比重的关系式,按照测定的氯度或电导数据计算的比重与直接测量的比重数据之间将产生一定的偏差,其偏差大小与海水组成之间差异程度直接相关。对由于海水组

成不同产生的上述比重差异问题, 前已提及的一些作者研究指出, 河口海水及深层海水这种差异比较明显。例如对波罗的海水用电导盐度确定比重平均约有一 $0.034\sigma_t$ 偏差, 而对太平洋深层水电导盐度确定的比重需加大约 $0.016\sigma_t$ 的修正^[8]。这种差值虽然不大, 但对于近代精密的海洋水文资料来说是比较重要的。Brewer 等人曾根据海水盐类偏克当量电导和偏克当量体积推算了深层海水比重的上述差异, 但他们仅考虑了总二氧化碳、碱度和溶解硅相对含量变化所产生的影响, 提出了联系这三个因子的比重校正公式^[2]。Connors 等人也曾根据海水中主要盐类偏克当量电导及偏克当量体积数据估算了比重异常^[4]。Cox 等人提出了大洋海水密度(即比重)与温度和电导盐度的关系^[6]。因此, 假如已知海水组成的变动所产生的电导盐度变动, 就可以计算相对应的海水比重异常。设 Δm_i 为海水中 i 种盐类相对于海水平均组成的变动, 其单位为克/千克海水, 则其对应的比重异常用 $\Delta\sigma_{ii}$ 表示:

$$\Delta\sigma_{ii} = (k_i - k_s) \frac{\delta S}{\delta R_i} \cdot \frac{\delta\sigma_t}{\delta S} \cdot \Delta m_i$$

式中 $\frac{\delta\sigma_t}{\delta S}$ 表示单位盐度的 σ_t 改变值, 可由 Cox 提供的大洋海水的 σ_t 表达式计算, 此值随温度和盐度稍有变化, 在温度 $0-30^\circ\text{C}$, 盐度 $2-40\text{‰}$ 范围内取其平均值为 0.77 , 故得:

$$\sigma_{ii} = (k_i - k_s) \times 40 \times 0.77 \times \Delta m_i = 0.77 A_i \Delta m_i$$

若有几种盐含量相对于海水平均组成均有变化, 所产生的比重的总异常用 $\Delta\sigma_t$ 表示:

$$\Delta\sigma_t = \sum_{i=1}^n 0.77 A_i \Delta m_i$$

令 $B_i = 0.77 A_i$, 则有

$$\Delta\sigma_t = \sum_{i=1}^n B_i \Delta m_i \quad (2)$$

式中 B_i 表示海水中 i 种盐含量相对于海水平均组成改变值为 1 克/1 千克海水时, 按电导盐度推算的海水比重与实际的海水比重值的偏差值。根据实验测定所计算的 B_i 值(见表 2), 可见各盐类对这种偏差值的影响是不同的, 它们按下列顺序递增: NaCl , KCl , CaCl_2 , KBr , NaNO_3 , Na_2SO_4 , MgCl_2 , NaHCO_3 , Na_2CO_3 , MgSO_4 。若 $\Delta\sigma_t$ 为负值, 表示按电导盐度计算的海水比重小于实际的比重, 这种情形在文献中叫正密度异常, 反之, 则称负密度异常。当 Δm_i 为正值时, NaCl 与 KCl 引起负密度异常, 其余各盐类均将出现正密度异常。海水电导盐度按通常电导测盐方法测定, 深层海水电导盐度通常由现场“CTD”仪测量, 并按盐度定义规定的方法修正得到大气压力下数据^[12], 实际海水组成数据可从有关海洋调查资料获得。大洋海水平均组成可参阅有关文献^[7]。

4. 加和性关系的一些验证

对于河口海水因被组成不同的河水冲淡, 因而其组成与大洋海水相比往往发生不同程度的变化。我们引用文献 [4, 7] 提供的有关数据整理得到表 4—6。表 5 结果表明, 按我们的公式(1)计算的偏差与实验结果很符合, 表 6 通过我们的公式(2)计算密度异常值与 Connors 等人的计算结果也相当符合, 而我们提供的公式要简便得多。

根据文献[14]所知, 波罗的海水的 Na^+ , K^+ 与大洋海水平均组成没有偏差, 而 Ca^{++} , Mg^{++} , 碱度, SO_4^- 等的相对含量均不同程度超过大洋海水的平均组成, 这意味着镁、钙

表 4 美洲四条河冲淡水与大洋海水平均组成比较(盐度为 30‰)

组成	盐度 30‰ 大洋海水 各离子平 均重量 浓度 (克/千克)	格兰德河冲淡水		育空河冲淡水		密西西比河冲淡水		亚马孙河冲淡水	
		各离子 重量浓度 (克/千克)	Δm_i (克/千克)	各离子 重量浓度 (克/千克)	Δm_i (克/千克)	各离子 重量浓度 (克/千克)	Δm_i (克/千克)	各离子 重量浓度 (克/千克)	Δm_i (克/千克)
Cl ⁻	16.589	16.5446	-0.0444	16.5681	-0.0209	16.5734	-0.0156	16.5836	-0.0054
Na ⁺	9.222	9.2060	-0.016	9.2163	-0.0057	9.2192	-0.0028	9.2245	+0.0025
SO ₄ ²⁻	2.324	2.3489	+0.0249	2.3240	0.0000	2.3272	+0.0032	2.3236	-0.0004
Mg ⁺⁺	1.109	1.1089	-0.0001	1.1099	+0.0009	1.1100	+0.0010	1.1099	+0.0009
Ca ⁺⁺	0.354	0.3693	+0.0153	0.3612	+0.0072	0.3594	+0.0054	0.3565	+0.0025
K ⁺	0.332	0.3313	-0.0007	0.3315	-0.0005	0.3318	-0.0002	0.3318	-0.0002
HCO ₃ ⁻	0.122	0.1480	+0.026	0.1462	+0.0242	0.1361	+0.0141	0.1276	+0.0056
Br ⁻	0.057	0.0563	-0.0007	0.0565	-0.0005	0.0565	-0.0005	0.0566	-0.0004
Si ⁺⁺	0.007	0.0068	-0.0002	0.0069	-0.0001	0.0068	-0.0002	0.0069	-0.0002
H ₃ BO ₃	—	0.0222	—	0.0223	—	0.0223	—	0.0223	—
F ⁻	0.0011	0.0008	-0.0003	0.0009	-0.0002	0.0009	-0.0002	0.0009	-0.0002
NO ₃ ⁻	—	—	—	0.0000(4)	—	0.0003	—	—	—
Ba ⁺⁺	—	—	—	0.0000(2)	—	—	—	—	—

表 5 四条河水冲淡水电导盐度偏差

组 成	格兰德河冲淡水		育空河冲淡水		密西西比河冲淡水		亚马孙河冲淡水	
	Δm_i (克/千克)	ΔS_i ‰S	Δm_i (克/千克)	ΔS_i ‰S	Δm_i (克/千克)	ΔS_i ‰S	Δm_i (克/千克)	ΔS_i ‰S
NaCl	-0.041	-0.002	-0.014	-0.001	-0.007	0.000	-0.006	0.000
KCl	-0.0015	0.000	-0.001	0.000	-0.0004	0.000	-0.0004	0.000
Na ₂ SO ₄	0.037	-0.019	0.000	0.000	0.005	-0.003	-0.0006	-0.002
CaCl ₂	0.042	-0.004	0.020	-0.002	0.015	-0.002	0.007	-0.001
NaHCO ₃	0.036	-0.023	0.033	-0.021	0.019	-0.012	0.008	-0.005
KBr	-0.001	0.000	-0.0007	0.000	-0.0003	0.000	-0.0003	0.000
MgCl ₂	-0.00039	0.000	0.0035	-0.003	0.0039	-0.002	0.0035	-0.003
电导盐度 ‰	29.946		29.974		29.980		29.993	
重量法直接测定 之盐度 ‰	29.983		29.985		29.994		30.002	
偏差	实际值	-0.037	-0.011	-0.011	-0.014	-0.014	-0.009	-0.009
	按公式(1)	-0.048	-0.027	-0.027	-0.019	-0.019	-0.011	-0.011

的碳酸盐类及硫酸盐类的 Δm_i 值为正值。因此,按我们的加和性关系预测都应出现正密度异常,而实验结果指明平均约有 $0.034\sigma_t$ 的正密度异常^[8]。

据文献[3], Connors 引用了中太平洋深层海水,按我们的公式计算,由于其组成与大洋海水的平均组成有变动,可产生电导盐度偏差为 0.010% ,相应的正密度异常值为 $0.008\sigma_t$,与他们计算得到的 $0.008\sigma_t$ 正相吻合。

在上述计算中,我们近似以 NaCl 相对含量变化表示 Na⁺ 相对含量的变化,并以 KCl 表示 K⁺,以 MgCl₂ 表示 Mg⁺⁺,以 Na₂SO₄ 表示 SO₄²⁻,以 NaHCO₃ 表示 HCO₃⁻,以 KBr 表示 Br⁻,以 CaCl₂ 表示 Ca⁺⁺。大洋海水各盐平均组成取自文献[7]。

表 6 四条河水冲淡水计算比重偏差

组 成	格兰德河冲淡水		育空河冲淡水		密西西比河冲淡水		亚马孙河冲淡水		
	Δm_i (克/千克)	$\Delta \sigma_{ii}$	Δm_i (克/千克)	$\Delta \sigma_{ii}$	Δm_i (克/千克)	$\Delta \sigma_{ii}$	Δm_i (克/千克)	$\Delta \sigma_{ii}$	
NaCl	-0.041	-0.001	-0.014	0.000	-0.007	0.000	-0.006	0.000	
KCl	-0.0015	0.000	-0.001	0.000	-0.0004	0.000	-0.0004	0.000	
Na ₂ SO ₄	0.037	-0.013	0.000	0.000	0.005	-0.002	-0.0006	0.000	
CaCl ₂	0.042	-0.003	0.020	-0.002	0.015	-0.001	0.007	-0.001	
NaHCO ₃	0.036	-0.018	0.033	-0.016	0.019	-0.009	0.008	-0.004	
KBr	-0.001	-0.000	-0.0007	0.000	-0.0003	0.000	-0.0003	0.000	
MgCl ₂	-0.00039	-0.000	0.0035	-0.002	0.0039	-0.002	0.0035	-0.002	
正密度 异常	公式(2)计算	0.035		0.020		0.014		0.007	
	文献[5] 计算	0.041		0.020		0.015		0.005	

三、小 结

本文实验结果表明,海水中各主要电解质相对含量变化对电导盐度所产生的偏差的影响,在有限浓度范围内基本上是独立的,多种盐类相对含量变化所产生的总影响具有各单个盐类影响的加和性质,由此我们导出了公式(1)与(2),并且还可以得到(3)和(4)式。如果以 S_A 代表海水真实盐度, S_R 为按电导盐度定义直接确定的盐度,则有

$$S_A = S_R - \Delta S = S_R - \sum_{i=1}^n A_i \Delta m_i \quad (3)$$

对不同的盐类 A_i 符号不同,对于不同的海区的海水若其组成有差异, Δm_i 的数值与符号都可以不同,因此 ΔS 值可正可负,依具体条件决定。

如果以 σ_c 表示按 Cox 给出的由电导盐度值及温度值计算的海水比重^[6], σ_A 为同样条件下海水真实比重,则有:

$$\sigma_A = \sigma_c - \Delta \sigma_i = \sigma_c - \sum_{i=1}^n B_i \Delta m_i \quad (4)$$

当 Δm_i 为正值时, NaCl 与 KCl 产生负密度异常,而表 2 中其它盐类则产生正密度异常。

JPOTS 不久前推荐的实用电导盐度定义实际上是一种相对盐度^[11,12]。如果用实用盐度代替公式(3)中的 S_R ,只要知道各地区海水的主要离子组成,就可利用公式(3)具体计算相应的真实盐度 S_A 。如果用 σ_c 代表实测的实用盐度值对应的特定离子组成的标准海水的比重,同样可用(4)式具体计算待测海水的真实比重 σ_A 。因此,本文提供的公式将有助于完善电导测盐方法并充实新的盐度定义。

参 考 文 献

- [1] 陈国华、吴葆仁, 1979. 一种新的船用实验室海水电导盐度计. 海洋与湖沼 10(2):142—151.
- [2] Brewer, P. G. and A. Bradshaw, 1975. The effect of the non-ideal composition of Sea water on salinity and density. *Jour. Marine Res.* 33(2): 157—175.
- [3] Connors, D. N. and P. K. Weyl, 1968. The partial equivalent conductances of salts in seawater and the density/conductance relationship. *Limnol. Oceanogr.* 13(1): 39—50.
- [4] Connors, D. N. and D. R. Kester, 1974. Effect of major ion variations in the marine environ-

- ment on the specific gravity-conductivity-chlorinity-salinity relationship. *Marine Chemistry* 2 (4): 301—315.
- [5] Cox, A., F. Culkin, and J. P. Riley, 1967. The electrical cond/chlo. relationship in natural sea water. *Deep Sea Res.* 14(2): 203—220.
- [6] Cox, R. A., M. J. McCartney and F., Culkin, 1970. The specific gravity/salinity/temperature relationship in natural sea water. *Deep Sea. Res.* 17: 679—689.
- [7] Culkin, F., 1965. The major constituents of sea water. In: J. P. Riley and G. Skirrow (Editors), *Chemical Oceanography*. 1. Academic press, London. pp. 121—161, 647—648 Table I, II.
- [8] Lewis, E. L. and R. G. Perkin, 1978. Salinity: its definition and calculation. *J. Geophys. Res.* 83 (C1): 466—478.
- [9] Millero, F. J. and K. Kremling, 1976. The densities of Baltic Sea waters. *Deep Sea Res.* 23(12): 1129—1138.
- [10] National Institute of Oceanography of Great Britain and Unesco, 1966. *International Oceanographic Tables, 1*, Paris.
- [11] Unesco, 1978. Eighth report of the joint panel on oceanographic tables and standards, Tech. Pap. Mar. Sci. 28.
- [12] Unesco, 1979. Ninth report of the joint panel on oceanographic tables and standards, Tech. Pap. Mar. Sci. 30.
- [13] Wooster, W. S., A. J. Lee and G. Dietrich, 1969. Redefinition of salinity. *Limnol. Oceanogr.* 14 (3): 437—438.
- [14] Kremling, Klaus., 1969. Untersuchungen über die Chemische Zusammensetzung des Meereswassers aus der Ostsee Vom Frühjahr 1966. *Kieler meeresforschungen* 25(1): 81.

EFFECT OF THE MAJOR CONSTITUENTS OF SEA WATER ON CONDUCTANCE-SALINITY AND SPECIFIC GRAVITY— A RELATIONSHIP OF ADDITION

Chen Guohua Wei Zixing and Xue Chuncai
(Shandong College of Oceanology)

ABSTRACT

This paper investigates in detail the effect of main constituents of sea water on conductance-salinity and specific gravity. This effect of every electrolyte is nearly independent. When weight concentration of each electrolyte surpasses the "ideal" sea water concentration (Δm_i), the total deviation of conductance-salinity and of specific gravity can be expressed respectively as follows:

$$\Delta S_{\infty}^{\text{‰}} = \sum_{i=1}^n A_i \Delta m_i$$

$$\Delta \sigma_t = \sum_{i=1}^n B_i \Delta m_i$$

Where Δm_i is expressed in g/kg sea water; A_i and B_i are approximate constants of different electrolytes expressed in table 2.

It is rather convenient to use these formulas to derive the anomaly of salinity and specific gravity of both deep sea water and estuarine water and the result is quite coordinate with those derived by the authors previously.