

电化学方法原理及应用

〔美〕 A.J.巴德 L.R.福克纳

化学工业出版社

电 化 学 方 法

原 理 及 应 用

〔美〕 A. J. 巴德 L. R. 福克纳
谷林镁 吕鸣祥 宋诗哲 许淳淳 译
谷林镁 校

化 学 工 业 出 版 社

内 容 介 绍

本书是最新的一本关于当代电化学技术的综合教科书。它深入论述了电化学方法的基础及其应用,对于研究电极表面特性,电极过程机理,化学电源,金属腐蚀,电合成及电镀等方面都有实用价值。此书的主要特点是将电化学方法的基础与电化学技术的实际应用有机地结合在一起。书中几乎包括了现代所有重要的电化学技术,并且将数学方法及现代电子技术应用于电化学测试之中。该书内容丰富,数据新颖,深入浅出,结构严谨,每章均附有思考题及参考文献,便于学习。

此书可作为高等院校电化学、金属腐蚀、仪器分析、电冶金等专业的研究生及本科生的教学参考书,也可供化学电源、电解、电镀、电合成、电冶金、金属腐蚀、环境保护及光化学等领域的科学研究人员和工程技术人员参考。

Allen J. Bard Larry R. Faulkner

ELECTROCHEMICAL METHODS

Fundamentals and Applications

John Wiley & Sons, Inc. 1980

电 化 学 方 法

原 理 及 应 用

谷林镁 吕鸣祥 宋诗哲 许淳淳 译

谷林镁 校

责任编辑:李志清

封面设计:许立

*

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张 $25^{3/4}$ 字数711千字 印数1—4,480

1986年10月北京第1版 1986年10月北京第1次印刷

统一书号15063·3811 定价6.20元

译 者 的 话

本书作者 A. J. Bard 和 L. R. Faulkner 教授是当代世界上著名的电化学家。他们在电化学的许多领域中都有成效卓著的研究，而且在一些带头学科占据领先地位。他们的研究方向活跃，颇有生气；在长期研究工作的实践中，对电化学方法论积累了丰富的实践经验，在理论方面造诣亦较深。他们把这些劳动的结晶倾注于本书之中。

本书从体系上是德拉海的《电化学的新仪器方法》一书的发展。在内容上几乎概括了1980年以前的最新成就。更为可贵的是，作者自己的数据占有相当的比重。书中介绍了电化学方法从理论到实践的全部知识，堪称为一部电化学方法论的百科全书。该书逻辑性强，内容分配均匀，适于作教学参考书。

我们希望本书中文版的问世，对我国电化学事业的发展有一定的促进作用，我们将为此而感到高兴。

本书的前言，第六，八，十，十四章由谷林镁翻译，第一，四，十一，十二章由吕鸣祥翻译，第五，九，十三章及附录由宋诗哲翻译，第二，三，七章由许淳淳翻译。谷林镁对全书作了校订，吕鸣祥作了大量的文字整理工作。

由于我们的水平所限，谬误之处在所难免，敬希读者批评指正。

一九八四年十一月于天津

前 言

一些现在看来是经典的著作，象柯尔蜀夫 (Kolthoff) 和林根 (Lingane) 的《极谱学》(Interscience, 1952)，林根的《电分析化学》(Interscience, 1953) 和德拉海 (Delahay) 的《电化学的新仪器方法》(Interscience, 1954)，都是在 25 到 30 年以前问世的，这些书根据热力学、动力学、物质传递和界面结构的基本原理，对当时的许多电化学方法进行了分析和讨论。同时也讨论了这些方法在化学领域主要是在分析化学中的应用，并提出了涉及电化学研究的一般的途径，它们对于五十年代中期到七十年代初期电化学方法论的迅猛发展起了重要的推动作用。由于灵巧的电子仪器的出现，大大提高了实验的适应性，此外，数字计算机技术在数据分析和理论处理方面的广泛应用，促进了电化学方法的发展，这些著作的贡献是促使电化学方法的研究工作在这20年间得到了迅速发展，尽管在这期间发表了几千篇文章，但这些著作至今仍然是学习基本概念的好资料。

当今一些电化学家已将主要注意力放在一些化学问题上，而不再是方法本身了，方法论已经成为成熟的知识。电化学技术正在被非电化学家作为研究化学体系有用的手段接受下来。电化学实践向着更广阔的科学领域扩散渗透看来是势在必行了。因此，就需要一本教科书，以全新的面貌全面系统地来传授电化学方法的基础及其应用。

本书就是为此目的而写的，我们的意图旨在使该书作为一本教科书，因此收入了许多习题和化学范例。此书叙述层次清晰，文体完全符合教学方式。本书可作为高年级大学生的正规教程和研究生的基础课程，而且在写法上也考虑到适合有志趣的人进行自学。学习的前提是要有基本的物理化学知识，但是论述一般是从初等水平

开始而步步深入的。我们试图让内容本身就包含着从最基本的化学和物理原理发展到所要论述的题目时所有重要的概念。许多论述要依靠数学，所以在附录A中概括介绍了专用的数学基础知识。每章之后的习题是作为一种教学手段而安排的，它常常可以补充正文中的一些概念或者讲述如何把实验数据归结为基本的结论。

我们的方法是先概述电极过程（第一章），以说明主题的基本要素汇集为电化学实验的途径。然后，分别讨论热力学和电势，电荷传递动力学和物质传递（第二章到第四章）。汇总这些基本领域的原理以论述各种方法（第五章到第十章）。均相动力学的影响单独讨论（第十一章），其办法是进行各种方法响应的对比观察。接着讨论界面结构和吸附的影响（第十二章）；然后是电化学仪器的介绍（第十三章）和光谱及光化学实验的讨论（第十四章）。附录A讲授数学基础，附录B则是数字模拟的引论。

参考文献是有选择的，通常为综述性丛书和文章。我们不想说明课题的历史渊源，我们感到即使是重要的文章，要想全部列出来也是不切实际的。我们希望这800篇引文足以把有兴趣的读者引入到专业文献中去。为了使读者方便，在1.6节我们还给出电化学文献的某些重要组成部分的综述。

数学符号均匀地分布在全书之中，符号要尽量避免重叠。主要符号和略语表中给出了它们的定义，因次和引用章节。通常我们遵从国际理论与应用化学联合会（IUPAC）电化学工作委员会的建议[R. Parsons et al., *PureAppl. Chem.*, 37, 503 (1974)]，但为了照顾习惯和符号的确切性，也不得不有些例外。

报导范围的深度、广度以及规模合理之间必然要兼顾。电化学中“古典”的章节、包括电池热力学，电导和电势分析法的许多内容本书均未介绍。这些内容一般都是在分析化学较为初级的分析化学教程中讲授，但遗憾的是，这些内容正在迅速从课程中删去。同时，我们也不能讨论许多虽然有用但又不广泛应用的技术，例如各种类型的水力学电化学体系及某些交流电的方法。实验室操作的细节，诸如电解池的设计，电极的结构和物料的净化，都超出了我们

范围。

在本书中，与其它类型的方法相比，对直流极谱法有所忽略。我们铭记海洛夫斯基 (Heyrovsky) 和他的继承人的伟大功绩。我们认为他们的工作对电化学方法的发展所起的作用不应低估。但是，由于滴汞电极的缺陷，如不断扩张的球形物质传递，达不到吸附平衡及有限的时间域和极点的存在等问题，使直流极谱法遇到了一些困难，相对于其它技术来说，这种方法的普遍应用则相形见绌，我们只是将其作为开阔眼界来加以论述。

(前言中的谢志从略)

A. J. Bard

L. R. Faulkner

主 要 符 号

下面列出的是在各章中或一章中用得较多的符号。类似的符号在具体的章节中可能有不同的含义。但大多数情况下，其用法遵从国际理论与应用化学联合会电化学工作委员会 (IUPAC Commission on Electrochemistry) [R. Parsons et al., *Pure Appl. Chem.*, 37, 503 (1974).] 最新的建议；然而也存在某些例外。

标 准 下 标

- a 阳极的
- c (a) 阴极的
(b) 荷电的
- D 圆盘
- d 扩散
- dl 双电层
- eq 平衡
- f (a) 正向的
(b) 法拉第的
- l 极限的
- O $O + ne \rightleftharpoons R$ 中的 O
- P 峰
- R $O + ne \rightleftharpoons R$
- R 圆环
- r 反向的

1103074

拉丁符号

符 号	意 义	常用因次	章节出处
A	(a) 面积	cm^2	1.3.2
	(b) 多孔电极的横截面	cm^2	10.6.2
	(c) 速度表达式中的频率因子	取决于级数	3.1.2
	(d) 放大器开环增益	无	13.1.1
α	吸收率	无	14.1.1
a	多孔电极内表面	cm^2	10.6.2
a_j	α 相中物质 j 的活度	通常用 M	2.1.5
b	$an_a Fv/RT$	sec^{-1}	6.3.1
b_j	$\beta_j \Gamma_{j,s}$	mol/cm^2	12.4.3
C	电容	$\text{F}, \mu\text{F}$	9.1.2
C_d	双电层的微分电容	$\mu\text{F}, \mu\text{F}/\text{cm}^2$	1.2.2, 12.2.2
C_i	双电层的积分电容	$\mu\text{F}, \mu\text{F}/\text{cm}^2$	12.2.2
C_j	物质 j 的浓度	$M, \text{mol}/\text{cm}^3, \text{mM}$	
C_j^*	物质 j 的本体浓度	$M, \text{mol}/\text{cm}^3, \text{mM}$	1.4.2, 4.3.3
$C_j(x)$	物质 j 在离电极表面为 x 处的浓度	$M, \text{mol}/\text{cm}^3$	
$C_j(x=0)$	物质 j 在电极表面的浓度	$M, \text{mol}/\text{cm}^3$	1.4.2
$C_j(x, t)$	物质 j 在离电极表面为 x 、时间为 t 时的浓度	$M, \text{mol}/\text{cm}^3$	4.3
$C_j(0, t)$	物质 j 在电极表面的浓度	$M, \text{mol}/\text{cm}^3$	4.3.3
$C_j(y)$	物质 j 在RDE下方距离为 y 处的浓度	$M, \text{mol}/\text{cm}^3$	8.3.3
$C_j(y=0)$	旋转电极上物质 j 的表面浓度	$M, \text{mol}/\text{cm}^3$	8.3.4
C_{sc}	空间电荷电容	$\text{F}/\text{cm}^2, \mu\text{F}/\text{cm}^2$	14.5.2
C_s	假电容	$\text{F}, \mu\text{F}$	9.1.3
c	光在真空中的速度	cm/sec	14.1.2
D_j	物质 j 的扩散系数	cm^2/sec	1.4.1, 4.3
D_M	模拟的模型扩散系数	无	B.1.3, B.1.8
d_j	j 相的密度	g/cm^3	
E	(a) 相对于参比电极的电极电势	V	1.1, 2.1
	(b) 反应的电动势	V	2.1
$\dot{E}$	电压或电势的相移	V	9.1.2
ΔE	(a) 示差脉冲伏安法中的脉冲高度	mV	5.8.3
	(b) 交流伏安法中交流激励的幅值 ($1/2p-p$)	mV	9.4.1
E	电子的能量	eV	14.5.2
E^0	(a) 标准电极电势	V	2.1.4

续表

符 号	意 义	常用因次	章节出处
	(b) 半反应的标准电动势	V	2.1.4
ΔE^0	两个偶的标准电势之差	V, mV	
E^0	电极的形式电势	V	2.1.6
E_A	反应的活化能	kJ/mol	3.1.2
E_{ac}	电势的交流组分	V, mV	9.1.1
E_b	电子的结合能	eV	14.2.1
E_{eq}	电极的平衡电势	V	1.3.2, 3.5.1
E_{dc}	电势的直流组分	V, mV	9.1.1
E_F	费米能级	eV	14.5.2
E_{fb}	平带电势	V	14.5.2
E_g	半导体的禁带宽度	eV	14.5.2
E_i	初始电势	V	6.2.1
E_j	接界电势	mV	2.3.3, 2.3.4
E_m	膜电势	mV	2.4
$E_{p/2}$	线性扫描伏安法 $i = i_p/2$ 处的电势	V	6.2.2
E_p	峰电势	V	6.2.2
ΔE_p	循环伏安法中 $ E_{pa} - E_{pc} $	V, mV	6.5
E_{pa}	阳极峰电势	V	6.5
E_{pc}	阴极峰电势	V	6.5
E_s	零电荷电势	V	12.2.2
E_λ	循环伏安法的切断电势	V	6.5
$E_{1/2}$	(a) 极谱或伏安法测量的半波电势	V	1.4.2, 5.4, 8.3.4
	(b) 导出的可逆半波电势 $E^0 + (RT/nF) \ln(D_R/D_O)^{1/2}$	V	5.4
$E_{1/4}$	$i/i_d = \frac{1}{4}$ 时的电势	V	5.4.2
$E_{3/4}$	$i/i_d = \frac{3}{4}$ 时的电势	V	5.4.2
$E_{\tau/4}$	计时电势法中的 $\frac{1}{4}$ 波电势	V	7.3.1
$\mathcal{E}$	电场向量	V/cm	2.2.1
$\mathcal{E}$	电场强度	V/cm	2.2.1
e	(a) 电子的电荷数量	C	
	(b) 电路的电压	V, mV	9.1.1, 13.1
e_i	输入电压	V, mV	13.1.1
e_o	放大器输入端电压	μV	13.1.1

符 号	意 义	常用因次	章节出处
e_o	输出电压	V, mV	13.1.1
$\operatorname{erf}(x)$	x 的误差函数	无	A.2
$\operatorname{erfc}(x)$	x 的余误差函数	无	A.2
F	法拉第; 1摩尔电子的电量	C	
f	(a) E/RT	V ⁻¹	
	(b) 旋转的频率	r/sec	8.3
	(c) 正弦波振荡频率	sec ⁻¹	9.1.2
$f_i(j, k)$	物质 i 在盒子 j 中模拟迭代 k 次后的部分浓度	无	B.1.3
g	(a) 重力加速度	cm/sec ²	
	(b) 吸附等温线的相互作用参数	J-cm ² /mol ²	12.4.2
	(c) 电子自旋共振的 g 因数	无	14.3.1
G	吉布斯自由能	kJ	2.2.4
ΔG	化学过程的吉布斯自由能变化	kJ	2.1.2, 2.1.3
ΔG^0	化学过程的标准吉布斯自由能变化	kJ	2.1.2, 2.1.3
$\Delta G^{\ddagger}$	标准活化的吉布斯自由能	kJ/mol	3.1.2
$\bar{G}$	电化学自由能	kJ	2.2.4
H	(a) $k_f/D_0^{1/2} + k_b/D_R^{1/2}$	sec ^{-1/2}	5.5.1
	(b) 焓	kJ	2.1.2
ΔH	化学过程中焓的变化	kJ	2.1.2
ΔH^0	化学过程中标准焓变化	kJ	2.1.2
$\Delta H^{\ddagger}$	标准活化焓	kJ/mol	3.1.2
h	普兰克常数	J-sec	
h_{corr}	滴汞电极的校正汞柱高度	cm	5.3.4
I	交流电流幅值	A, μ A	9.1.2
$I(t)$	电流的卷积变换; 电流的半积分	C/sec ^{1/2}	6.7.1
$\dot{I}$	电流相移	A, μ A	9.1.2
$\bar{I}$	平均电流的扩散电流常数	$\mu\text{A} \cdot \text{sec}^{1/2}/\text{mg}^{2/3} \cdot \text{mM}$	5.3.3
$(I)_{\text{max}}$	最大电流的扩散电流常数	$\mu\text{A} \cdot \text{sec}^{1/2}/\text{mg}^{2/3} \cdot \text{mM}$	5.3.3
I_p	交流电流幅值的峰值	A, μ A	9.4.1
i	电流	A, μ A	1.3.2
δi	示差脉冲伏安法的微分电流输出	A, μ A	5.8.3
$i(0)$	体积电解的初始电流	A, μ A	10.3.1
i_a	阳极分电流	A, μ A	3.2

续表

符 号	意 义	常用因次	章节出处
i_o	(a) 充电电流	A, μ A	5.3.5
	(b) 阴极分电流	A, μ A	3.2
i_d	(a) 扩散流量的电流	A, μ A	4.1
	(b) 扩散极限电流	A, μ A	5.2.1
$\bar{i}_d$	流过整个汞滴寿命的平均 扩散极限电流	A, μ A	5.3.1
$(i_d)_{\max}$	滴汞电极在 $t_{\max}$ 时的扩散 极限电流 (最大电流)	A, μ A	5.3.1
i_f	法拉第电流	A, μ A	
i_j	由物质 j 引起的电流	A, μ A	
i_k	动力学极限电流	A, μ A	8.3.4
i_l	极限电流	A, μ A	1.4.2
$i_{l,o}$	极限阳极电流	A, μ A	1.4.2
i_l	极限阴极电流	A, μ A	1.4.2
i_m	迁移电流	A, μ A	4.1
i_p	峰电流	A, μ A	6.2.2
i_{po}	阳极峰电流	A, μ A	6.5.1
i_{pc}	阴极峰电流	A, μ A	6.5.1
i_r	反向阶跃电流	A, μ A	5.7.1
i_o	交换电流	A, μ A	3.5.1
$i_{o,t}$	真实交换电流	A, μ A	12.7.1
$\text{Im}(\omega)$	复变函数 ω 的虚部		A.5
$J_j(x, t)$	物质 j 在 x 处 t 时间下的流量	$\text{mol} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$	1.4.1, 4.1
j	(a) 电流密度	$\text{A}/\text{cm}^2, \mu\text{A}/\text{cm}^2$	1.3.2
	(b) 模拟的盒子指数	无	B.1.2
	(c) $\sqrt{-1}$	无	A.5
j_o	交换电流密度	$\text{A}/\text{cm}^2, \mu\text{A}/\text{cm}^2$	3.5.1
K	平衡常数		
k	(a) 均相反应速度常数	取决于级数	
	(b) 模拟迭代数	无	B.1
	(c) 消除系数	无	14.1.2
k	波尔兹曼常数	J/K	
k^0	标准 (本征) 非均相速度常数	cm/sec	3.2, 3.3
k_h	(a) 氧化的非均相速度常数	cm/sec	3.2
	(b) “逆”反应均相速度常数	取决于级数	3.1

符 号	意 义	常用因次	章节出处
k_b^0	实用电势标度 $E = 0$ 时氧化的非均相速度常数	cm/sec	3.3
k_f	(a) 还原的非均相速度常数	cm/sec	3.2
	(b) “正”反应均相速度常数	取决于级数	3.1
k_f^0	实用电势标度 $E = 0$ 时还原的非均相速度常数	cm/sec	3.3
k_{ij}^{int}	物质 i 干扰 j 正向测量的电势选择性系数	无	2.4.2
k_t^0	真实标准非均相速度常数	cm/sec	12.7.1
L	多孔电极的长度	cm	10.6.2
$L\{f(t)\}$ $= f(s)$	$f(t)$ 的拉普拉斯变换		A.1
$L^{-1}\{\bar{f}(s)\}$	$\bar{f}(s)$ 的拉普拉斯变换		A.1
l	薄层电池溶液的厚度	cm	10.7.2
l	模拟中相应于 t_k 的迭代数	无	B.1.4
m	滴汞电极的汞流速速度	mg/sec	5.3
$m(t)$	电流的卷积变换; 电流的半积分	C/sec ^{1/2}	6.7.1
m_j	物质 j 的物质传递系数	cm/sec	1.4.2
N	旋转环盘电极的捕集系数	无	8.4.2
N_A	受主密度	cm ⁻³	14.5.2
N_D	施主密度	cm ⁻³	14.5.2
N_j	物质 j 在体系中的摩尔总数	moles	10.3.1
n	(a) 每一分子氧化或还原的电子数; 每一摩尔电解物质的法拉第数	无	1.3.2
	(b) 半导体的电子密度	cm ⁻³	14.5.2
	(c) 折射率	无	14.1.2
n	复合折射率	无	14.1.2
n^0	$z:z$ 电解质中每种离子的浓度	cm ⁻³	12.3.2
n_a	速度控制步骤的电子数	无	3.6
n_i	本征半导体的电子密度	cm ⁻³	14.5.2
n_j	(a) 物质 j 在一相中的摩尔数	moles	2.2.4, 12.1.1
	(b) 电解液中离子 j 的浓度	cm ⁻³	12.3.2
n_j^0	离子 j 在主体电解液中的浓度	cm ⁻³	12.3.2
O	标准体系 $O + ne \rightleftharpoons R$ 的氧化型; 通常用来表示相应于物质 O 的下标		
P	压力	Pa, atm, torr	
P	(a) 半导体的空穴密度	cm ⁻³	14.5.2

续表

符 号	意 义	常用因次	章节出处
	(b) $m_0 A/V, m_R A/V$	sec^{-1}	10.3.1
p_i	本征半导体的空穴密度	cm^{-3}	14.5.2
Q	电解时通过的电量	$\text{C}, \mu\text{C}$	1.3.2, 5.9.1, 10.3.1
Q^0	根据法拉第定律一组分完全电解所需的电量	$\text{C}, \mu\text{C}$	10.3.4
Q_d	扩散组分的计时库仑法电量	$\text{C}, \mu\text{C}$	5.9.1
Q_{dl}	用于双电层电容的电量	$\text{C}, \mu\text{C}$	5.9, 12.5.6
Q_r	逆步骤消除的计时库仑法电量	$\text{C}, \mu\text{C}$	5.9.2
q^j	j 相的过剩电荷	$\text{C}, \mu\text{C}$	1.2, 2.2
R	标准体系 $\text{O} + ne \rightleftharpoons \text{R}$ 的还原型; 通常用作表示相应于R的下标		
R	(a) 气体常数	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	
	(b) 电阻	Ω	9.1.2
	(c) 多孔电极中电解物质的分数	无	10.6.2
	(d) 反射率	无	14.1.2
R_{ct}	物质 j 的电荷传递电阻	Ω	1.3.3, 3.5.6
R_f	反馈电阻	Ω	13.1
$R_{mt,j}$	物质 j 的物质传递电阻	Ω	1.3.3, 3.5.6
R_s	(a) 溶液电阻	Ω	1.3.4
	(b) 等效电路中的串联电阻	Ω	9.1.3
R_u	未补偿电阻	Ω	1.3.4, 13.6
R_n	溶液欧姆电阻	Ω	9.1.3, 13.4.1
r	(a) 距球电极中心的径向距离	cm	5.2.2
	(b) 距旋转电极旋转轴的径向距离	cm	8.3.1
r_c	毛细管半径	cm	5.3.3
r_0	球电极半径	cm	5.2.2
r_1	圆盘电极的半径	cm	8.3.5
r_2	圆环电极的内径	cm	8.4.1
r_3	圆环电极的外径	cm	8.4.1
Re	雷诺数	无	8.2.1
$\text{Re}(\omega)$	复数函数 ω 的实部		A.5
ΔS	化学过程的熵变	kJ/K	2.1.2
ΔS^0	化学过程的标准熵变	kJ/K	2.1.2
ΔS^+	标准活化熵	$\text{kJ mol}^{-1} \text{K}^{-1}$	3.1.2
$S_r(t)$	$t=\tau$ 时上升的单位阶梯函数	无	A.1.7

续表

符 号	意 义	常用因次	章节出处
s	(a) 拉普拉斯平面变数, 通常对 t 互补		A.1
	(b) 多孔电极的比表面	cm^{-1}	10.6.2
T	绝对温度	K	
t	时间	sec	
t'	旋转环盘电极的过渡时间	sec	8.5.2
t_f	物质 f 的传递数	无	2.3.3, 4.1
t_k	模拟的已知特征时间	sec	B.1.4
$t_{\max}$	滴汞电极的滴落时间	sec	5.3.1
u_j	离子 j 的迁移率	$\text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1}$	2.3.3, 4.1
V_j	j 相的体积	cm^3	
v	(a) 线性电势扫描速度	V/sec	6.1
	(b) 均相反应速度	$\text{mol} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{sec}^{-1}$	1.3.2, 3.1
	(c) 非均相反应速度	$\text{mol} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$	1.3.2, 3.2
	(d) 溶液流动的线速度, 通常是位置的函数	cm/sec	1.4.1, 8.2
v_b	(a) “逆” 均相反应速度	$\text{mol} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{cm}^{-3}$	3.1
	(b) 阳极非均相反应速度	$\text{mol} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$	3.2
v_f	(a) “正” 均相反应速度	$\text{mol} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{cm}^{-3}$	3.1
	(b) 阴极非均相反应速度	$\text{mol} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$	3.2
v_j	j 方向的速度分量	cm/sec	8.2.1
v_{mt}	向表面的物质传递速度	$\text{mol} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$	1.4.1
X_C	容抗	Ω	9.1.2
X_f	物质 f 的摩尔分数	无	12.1.2
x	距离, 通常指距一个平板电极	cm	
x_1	内海姆荷兹平面距电极表面的距离	cm	1.2.3, 12.3.3
x_2	外海姆荷兹平面距电极表面的距离	cm	1.2.3, 12.3.3
Y	导纳	Ω^{-1}	9.1.2
Y	导纳向量	Ω^{-1}	9.1.2
y	旋转圆盘电极或旋转环盘电极下方的距离	cm	8.3.1
Z	(a) 阻抗	Ω	9.1.2
	(b) 模拟的无因次电流参数	无	B.1
Z	阻抗矢量	Ω	9.1.2
Z_f	法拉第阻抗	Ω	9.1.3
Z_{lm}	阻抗的虚部	Ω	9.5.3

续表

符 号	意 义	常用因次	章节出处
Z_{Re}	阻抗的实部	Ω	9.5.3
$Z\omega$	沃伯格阻抗	Ω	9.1.3
z	(a)以电子电荷为单位的一个离子的电荷	无	4.1
	(b) z : z 电解液中每个离子的电荷	无	12.3.2
z_j	以电子电荷为单位的物质 j 的电荷	无	4.1

希腊符号

符 号	意 义	常用因次	章节出处
α	(a)传递系数	无	3.2,3.3
	(b)吸收系数	cm^{-1}	14.1.2
β	(a)旋转环盘电极的几何参数	无	8.4.1
	(b) $1-\alpha$	无	9.4.1
β_j	(a) $\partial E/\partial C_j(0,t)$	$\text{V}\cdot\text{cm}^3/\text{mol}$	9.2.2
	(b)物质 j 吸附等温线的能量参数	无	12.4.2
Γ_j	平衡时物质 j 的表面过剩	mol/cm^2	12.1.2
$\Gamma_{j(r)}$	物质 j 对于组分 r 的相对表面过剩	mol/cm^2	12.1.2
$\Gamma_{j,s}$	饱和时物质 j 的表面过剩	mol/cm^2	12.4.2
γ	表面张力	dyne/cm	
γ_j	物质 j 的活度系数	无	2.1.6
Δ	椭圆参数	无	14.1.2
δ_j	电极上由对流传递提供的“扩散”层厚度	cm	1.4.2,8.3.2
ϵ	(a)介电常数	无	12.3.1
	(b)光频率介电常数	无	14.1.2
	(c)孔率	无	10.6.2
$\hat{\epsilon}$	复合光频率介电常数	无	14.1.2
ϵ_j	物质 j 的摩尔吸收率	$\text{M}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$	14.1.1
ϵ_0	真空的介电常数	$\text{C}^2\cdot\text{N}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$	12.3.1
η	超电势, $E-E_{eq}$	V, mV	1.3.2,3.5.2
η_{conc}	浓差超电势	V, mV	1.4.2
η_{et}	电荷传递超电势	V, mV	1.3.3,3.5.6
η_j	流体 j 的粘度	$\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$ =poise	8.2.2
$\eta_{mt,j}$	物质 j 的物质传递超电势	V, mV	1.3.3,3.5.6

符 号	意 义	常用因次	章节出处
θ	$\exp[(nF/RT)(E-E^0)]$	无	5.4.1
θ_j	物质 j 对界面的覆盖分数	无	12.4.2
k	(a) 溶液的电导率 (b) 双层厚度参数	$S/cm = \Omega^{-1} \cdot cm^{-1}$ cm^{-1}	2.3.3, 4.2 12.3.2
Λ_j	溶液的当量电导	$cm^2 \cdot \Omega^{-1} equiv^{-1}$	2.3.3, 4.1
λ	(a) $k_j \tau^{1/2} / D_0^{1/2}$ (b) 无因次均相动力学参数 (c) 循环伏安法的切断时间 (d) 真空中光的波长	无 无 sec nm, Å	5.5.4 11.3 6.5 14.1.2
λ_j	离子 j 的当量离子电导	$cm^2 \Omega^{-1} equiv^{-1}$	2.3.3, 4.1
$\lambda_{0,j}$	外推到无限稀的 j 离子的当量电导	$cm^2 \Omega^{-1} equiv^{-1}$	2.3.3, 4.1
μ	(a) 反应层厚度 (b) 磁导率	cm 无	1.5.2 14.1.2
μ_j^a	物质 j 在 a 相的化学势	kJ/mol	2.2.4
μ_j^{0a}	物质 j 在 a 相的标准化学势	kJ/mol	2.2.4
$\bar{\mu}_e^a$	电子在 a 相的电化学势	kJ/mol	2.2.4, 14.5.2
$\bar{\mu}_j^a$	物质 j 在 a 相的电化学势	kJ/mol	2.2.4
μ	(a) 动力粘度 (b) 光的频率	cm^2/sec sec^{-1}	8.2.2
ξ	$(D_0/D_R)^{1/2}$	无	5.4.1
ρ	电阻率	$\Omega \cdot cm$	4.2
σ	(a) nFv/RT (b) $(1/nFA\sqrt{2}[\beta_0/D_0 - \beta_R/D_R])$	sec^{-1} $\Omega \cdot sec^{1/2}$	6.2.1 9.2.3
σ_j'	j 相的过剩电荷密度	$C/cm^2, \mu C/cm^2$	1.2.3, 2.2
σ_j	描述取决于吸附能电势参数	无	12.5.4
τ	(a) 计时电势法的过渡时间 (b) 采样电流伏安法的采样时间 (c) 双阶跃实验的正向阶跃宽度 (d) 通常由实验性质定义的特征时间	sec sec sec sec	7.2.2 5.1, 5.8 5.7.1
τ'	常规和示差脉冲伏安法的电势脉冲的开始	sec	5.8.2, 5.8.3
ϕ	(a) 静电势 (b) 两个正弦信号之间的相角 (c) I_{ac} 和 $\bar{E}_{ac}$ 之间的相角 (d) 圆柱体系中的角坐标	V 度, 弧度 度, 弧度 弧度	2.2.1 9.1.2 9.1.2, 9.3 8.3.1