

以及大体形态学资料。但是化石资料往往一鳞半爪,残缺不全,甚至完全空白,形态学资料往往是一些表面现象,进化的源和流并非十分清楚。而分子分类学对于各类群间分异时间能作定量估计,这是十分可贵的。

(三) 分子分类学使对物种及物种形成等分类学的中心课题的认识有了进一步的提高,诸如多倍体化、重叠基因表达、亲缘种的形成等问题。

但是,分子分类学的发生发展为时不长,还有待进一步深化;事实上也正在向纵深发展。

另外,它本身也有一定的局限性:(1)需要比较精密的仪器设备,不如传统分类学那样简单易行;(2)需要新鲜材料作分析,自然没有传统分类学利用标本分析显得方便;(3)由于生物种类繁多,进行如此浩瀚的工作,需要相当的人力和物力。

尽管如此,分子分类学还是一门新近发展起来的边缘学科,我们应当给予适当的注意,从现在开始,就把它提到议事日程上来,积极地开

展起来。

主要参考文献

- [1] Hinegardner, R.: *Comp. Biochem. Physiol. B: Comp. Biochem.*, 55(3), 367—370, 1976.
- [2] Ojima, Y. et al.: *Japan. J. genetics*, 47(6), 431—440, 1972.
- [3] Ohno, S.: *Animal cytogenetics 4, chordate. 1. Prochordata Cyclostomata and Pisces*, 1974.
- [4] Nei, M.: *Molecular population genetics and evolution*, Amsterdam, Oxford, New York, 1975.
- [5] Попов, П. С., А. С. Антонов. *Докл. АН СССР* 211 (3), 737—739, 1973.
- [6] King, M. et al.: *Science*, 188, 107—118, 1975.
- [7] Margoliash, E.: *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 50, 672—679, 1963.
- [8] Avise, J. C.: *System. Zool.*, 23, 465—484, 1974.
- [9] Avise, J. C.: *Syst. Zool.*, 26(3) 319—335, 1977.
- [10] Selander, R. K. et al.: XVII^e congrès international de Zoologie, Theme N^o5. Etudes moléculaires des différences entre les espèces, 1972.
- [11] Avise, J. C. et al.: *J. mammal.*, 55(4), 751—763, 1974.
- [12] Avise, J. C.: *Copeia*, 2, 250—258, 1977.

【本文于1978年8月22日收到】

声谱技术在研究生物大分子中的应用

冯 若

(南京大学 声学研究所)

一、前 言

从物理学观点来看,声波就是在物质中传播的弹性波。声波有两个特点:一是它有非常宽的频谱,到目前为止,人工可以产生的声波频段为 10^{-4} — 10^{13} 赫兹,如以声波在固体中的传播速度为5000米/秒计算,那么与此相应的声波波长为50,000公里—5埃(10^{-8} 厘米)。其次,声波可以在一切可能的物质形态(所有固体、液体、气体、等离子体及液晶等)中传播。因此,不同频段的声波,或者说声谱技术已经成为人们认识、探索宏观世界和微观世界的重要手段。特

别是高频声波(超声、特超声及热声子)用于研究物质的微观结构已取得了很大成功,其重要标志之一是从40年代后相继出现并形成了分子声学 and 量子声学等边缘学科,使古老的声学又以崭新的面貌出现在近代物理学行列之中。人们还逐步认识到声波与电磁波,高能粒子并列成为研究物质微观结构的三大实验物理手段之一。已经证明,声谱技术在研究分子动力学(尤其是快速的)过程中是很重要的,甚至在许多情况下是唯一的有效手段。本文拟谈谈它在研究生物大分子方面所取得的进展和潜力。

二、超声参量的基本测试原理

分子声学的使用很宽频段的声谱技术通过对物质声学参量(如声传播速度和吸收)的测量来研究它们的分子结构和分子间相互作用,运动规律等^[1]。近年来,分子声学研究内容发展的重要趋势之一是积极向生物大分子领域扩展^[2],这不仅反映了生命科学迅速发展的需要,而且也表明了声谱技术在这一领域中的重要作用。

到目前为止,在生物大分子的研究中大都使用几兆赫到千兆赫的高频超声。在兆赫以上的超声测量中,常常使用如下几种方法。

1. 超声驻波干涉仪 超声驻波干涉仪的工作原理如图 1 示,在被测液体中超声换能器 T (一般为 x 石英片)在高频电压激励下不断地向液体中辐射平面声波,在 T 的对面装有一个与其同轴的金属平面反射板 R 。当 R 相对 T 移动时,它们之间的距离便周期地满足二分之一声波波长整数倍的条件,于是前进声波与反射声波迭加形成驻波。与此相应,换能器阻抗和流过换能器的电流也将随 T 与 R 之间距离做周期变化。由此便可直接确定声波波长 λ ,再乘以已知的超声频率 f ,便得到声速 $V = f\lambda$ 。

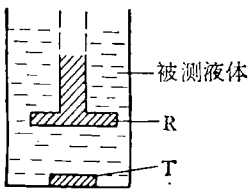


图 1 超声驻波干涉仪
 T ——超声换能器 R ——反射板

驻波干涉仪广泛用于 1—100 兆赫的超声速测量。通常电路中使用稳频石英晶体稳定在某一固定频率上,同时对被测液体采取良好的恒温系统,使测量精度唯一地决定于反射板位移的测量精度。为测定反射板位移一般都使用机械丝杆^[3],但作者也曾成功地把光学立式比较仪用于位移测量^[4],不仅操作方便,测量迅速,而且由于消除了机械螺旋误差可以保证精变。这样,不难使声速测量精度达 0.01%。

2. 光学法 在 1—100 兆赫频段采用 Lucas-Biquard 及 Debye-Sears 光衍射法^[5]。其工作原理如图 2 示。由换能器 T 辐射频率为 f 的超声波在液体中造成周期疏密状态(类似于空间光栅),当细缝光源 A 通过透镜 L_2 后的平行光束经过此传声介质时,便在后边焦点 B 上产生一系列平行衍射条纹。对于第 n 级衍射条纹满足条件

$$n\lambda_0 = \lambda \sin \theta_n \quad (1)$$

λ_0 为光波波长, θ_n 为第 n 级条纹的衍射角,一般 L_3 为长焦距透镜,则 $\sin \theta_n \approx \ln/2F$, 所以式(1)可写成:

$$\lambda = 2nF\lambda_0/\ln \quad (2)$$

光波波长 λ_0 和焦距 F 已知,故实验上只要测出两侧第 n 级条纹间距 $\ln$,即可由(2)求出 λ ,再由 $v = f\lambda$ 确定声速 v 。为提高测量精度尽可能取大的 n 值,精度可达 0.05%^[5]。

有关光衍射法测声吸收的理论证明,当声强很小使之只呈现一级条纹时,谱线强度与声强成正比。因此只要测出光线通过超声传播路程各点上的一级衍射条纹强度的变化情况,即可按下式计算出声压吸收系数 α :

$$\alpha = \frac{1}{2(x_2 - x_1)} \ln \frac{I_{x_1}}{I_{x_2}} \quad (3)$$

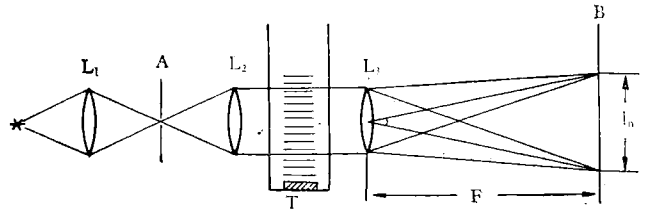


图 2 测超声速的光衍射法

式中 I_{x_1} 和 I_{x_2} 分别表示光线通过距超声换能器为 x_1 和 x_2 处时一级衍射条纹的强度。

实验装置方框图如图 3 示^[6]。此时声强要小,使之只呈现第一级衍射条纹($n = 1$),用光电倍增管接收,经前级放大后输入频分仪滤波,消除光源之外杂散光引起的附加电流,再接声级记录仪。记录仪的同步马达在带动液槽 V 移动的同时自动记录条纹强度。因此,从记录带上画出的直线斜率就可算出液体的声吸收系数

α 值(分贝/厘米)。测量精度一般为 3—5%。

在 100 兆赫以上的超声频段可采用 Bragg 光反射法。在 1 千兆赫(10^9 赫)以上的特超声频段,对液体通常用 Brillouin 散射法。

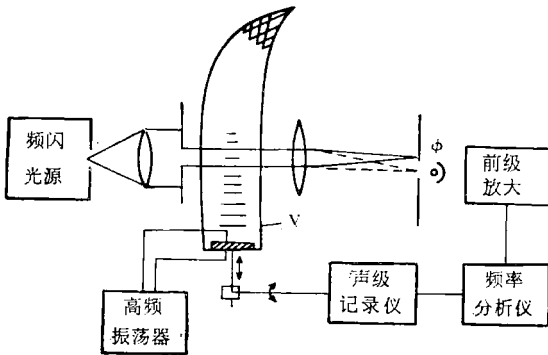


图 3 光衍射法测超声吸收的装置

3. 脉冲法 目前在超声测量中应用最广的方法。它在液体中原则上可用于 1 兆赫以上很宽的频段,如测声速可到 10 千兆赫,测声吸收可到 2 千兆赫。对不同频段常常使用不同的检测原理和方法^[1]。其中应用最多的是类似于雷达原理的所谓标准脉冲法,一般可工作到 300 兆赫,在 300 兆赫以上由于声波太短,吸收太大使机械测试部分的加工遇到了难以克服的困难。

这里着重介绍一下 Kessler^[7] 等人在研究生物大分子溶液声学性质时所采用的 1—200 兆赫半自动化脉冲装置。工作原理图如图 4 所示。

振荡器给出一个频率可调的射频信号 $e_2 = A_0 \sin \omega_0 t$, 它经过门放大变为射频脉冲,通过匹配网络后加到超声换能器(发射器)变成声脉冲信号。声脉冲在被测液体中传播达到接收换能器时,一部分声能被接收,另部分被反射在两个换能器间往返传播、衰减。所以接收换能器输出的是一指数衰减的脉冲序列。脉冲宽度应小于声脉冲在两个换能器间的传播时间,以防止驻波发生。脉冲重复频率应足够低,以使第二个脉冲出现在第一个脉冲的多次反射序列消失之后。

为测定声速首先接通 V_1 。不考虑吸收时,

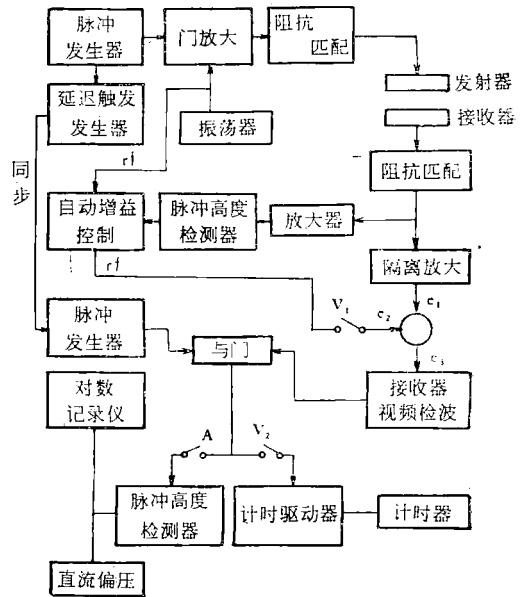


图 4 用脉冲法进行超声测量的方框图

如移动接收换能器使声程以恒定速率 V_p 变化时,接收到的声脉冲基频成份为:

$$e_1 = A_0 \sin [(\omega_0 - \omega_p)t - \phi] \quad (4)$$

$$\omega_0 \text{——射频信号的角频率。} \quad \omega_p = \frac{2aV_p}{\lambda},$$

λ ——声波波长, ϕ ——表示与声程变化无关的恒定附加相位。使信号 e_1 和参考信号 e_2 同时输入到相加器 Σ 中,得到和信号 e_3 为:

$$e_3 = 2A_0 \sin \left[\left(\omega_0 + \frac{\omega_p}{2} \right) t - \frac{\phi}{2} \right] \cdot \cos \left(\frac{1}{2} \omega_p t + \frac{\phi}{2} \right) \quad (5)$$

脉冲高度检测器一路是为了自动控制 e_1 的幅度,使其与 e_2 的幅度相等。和信号 e_3 经接收器视频检波消去高频项后的信号示为:

$$E_3 = 2aA_0^2 \cos^2 \left(\frac{\omega_p t + \phi}{2} \right) \quad (6)$$

式中 a 为常数。由 (6) 当声程变化使

$$\frac{\omega_p t + \phi}{2} = n\pi \cdot (n = 0.1.2 \cdots \cdots),$$

即 $V_p t + \frac{\lambda \phi}{2\pi} = n\lambda$ 时, E_3 呈最大值 $E_3 = 2aA_0^2$ 。反之,当声程变化使 $\frac{\omega_p t + \phi}{2} = \frac{1}{2} (2n$

$+1)\pi$, 即 $V_p t + \frac{\lambda\phi}{2\pi} = \frac{1}{2}(2n+1)\lambda$ 时, $E_3 =$

0。总之, 由于 e_1 与 e_2 的迭加干涉, 每当声程改变一个波长 λ 时, 与门输出端的脉冲序列幅度就经过一个极值。由此来测定声波波长。此时可变延迟的与门电路是为了去掉在液体中多次反射的脉冲序列, 而只使第一个脉冲通过并在声程变化过程中跟踪它。

为测定声速, 需确定改变一定声程所需要的时间, 有两种方案可行。一是接通 A , 由同步马达控制声程变化和记录纸传动, 由 V_p (可用声速已知的液体确定它) 和记录下的 E_3 曲线极值即可确定声速。二是接通 V_2 (A 断开), 用电学法确定 E_3 的两个极值间的时间间隔。计时驱动器具有 $\frac{dE}{dt}$ 导数形式, 它在每次符号变化时产生一个脉冲来驱动计时器。由此来确定与声程变化对应的时间。例如测得声程变化为 100λ 所对应的时间为 Δt , 即 $100\lambda = V_p \Delta t$, 则声速为:

$$V = \frac{V_p \Delta t}{100} f_0^* \quad (7)$$

在测声吸收时, 断开 V_1 与 V_2 , 闭合 A , 在满足平面声场的条件下 E_3 振幅随声程 x 变化关系如下:

$$E_3 = A_0 e^{-\alpha x} \quad (8)$$

对数记录仪的纸带传动与声程变化同步, 所以记录纸上直接给出 E_3 的对数值随 x 变化的曲线, 其斜率即是声吸收系数 α (分贝/厘米)。本装置测量精度: 声速为 0.03%, 吸收系数为 3%。

三、声谱技术研究生物大分子的状况

目前用于研究生物大分子的声谱频段一般限于 1 兆赫以上的超声波, 有关大分子粘弹性的分子理论指出, 表征大分子整体运动的弛豫时间要远大于 1 微秒。因此, 应用 1 兆赫以上的声谱技术只适于研究那些快速的, 大分子链

中某些局部运动, 这些局部运动只反映大分子的高级结构变化。

1. 对氨基酸, 寡肽, 多肽和各种蛋白质溶液的研究

(1) 对氨基酸水溶液的超声研究 已经对甘氨酸, 谷氨酸等十余种氨基酸及寡肽水溶液在大约 3—1,000 兆赫频段内进行了超声测量^[8-10]。

发现在所有这些氨基酸和寡肽水溶液中研究频段内都存在弛豫吸收, 而且吸收谱可以很好地用如下单弛豫的唯象理论公式来描述*:

$$\frac{\alpha}{f^2} = A + \frac{C\tau}{1 + (2\pi f\tau)^2} \quad (9)$$

式中 τ 为弛豫时间, $2\pi f_r \tau = 1$ 时的 f_r 称为弛豫频率。 A 为常数, 表示由介质粘性, 热传导和其它快速化学或结构弛豫引起的吸收; C 为常数, 它决定于溶液的克分子体积, 声速、热胀系数及其与弛豫机制有关的一些参量。

做为例子, 图 5 给出 24°C , $\text{pH} = 11.95$, 0.5M 的 L-谷氨酸水溶液的弛豫吸收谱, 图中点子是实验结果, 实线则是利用式(9)适当选取常数 A 与 $C\tau$ 的理论曲线, 可见理论与实验很

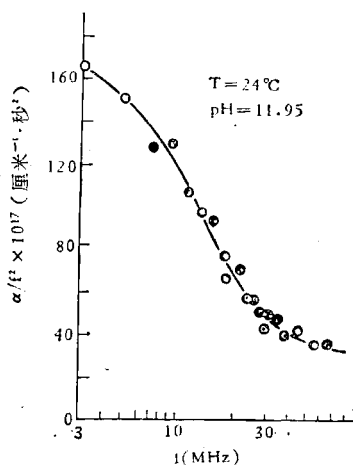


图 5 0.5M L-谷氨酸水溶液的超声吸收谱

*在文献 [10] 中, 作者把测量频率的下限扩展到 0.5 兆赫, 对克分子浓度为 0.527 的甘氨酸水溶液在碱性 pH 范围内, 发现了双弛豫现象。另一个弛豫频率在 1 兆赫附近。对此, 作者解释为溶液中完成质子转移反应 [10] 时要经过二个阶段, 即系统本来具有二个化学自由度。

*原文献 [7] 中误为 $V = \frac{100V_p}{\Delta t} f_0$

表 1 24℃

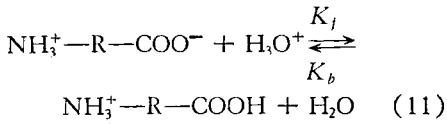
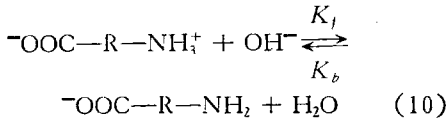
样 品	浓度 M	pH _M	$A \times 10^{17}$ 奈培·秒 ² 厘米 ⁻¹	$C\tau \times 10^{17}$ 奈培· 秒 ² ·厘米 ⁻¹	$\tau \times 10^{-8}$ 秒	f , 兆赫
三甘氨酸	0.5	11.05	29.8	164	3.2	5.0
二甘氨酸	1.0	11.34	31.6	109	2.0	7.9
甘氨酸	0.5	11.54	24.4	107	0.56	28.3
β -丙氨酸	0.5	11.87	36.3	105	0.42	37.7
γ -氨基丁酸	0.5	12.08	38.6	82	0.28	50.9
L-氨基丁二酸	0.5	11.55	36.2	117	0.86	18.5
L-谷氨酸	0.5	11.73	31.8	140	1.30	12.0

(表中 pH_M 为对应于 $\frac{\alpha}{f^2}$ 滴定曲线极大值的 pH 值)

好一致。因此可以通过超声吸收测量，借助于式(9)确定 A , $C\tau$, τ 及 f 等参量。表 1 列出某些实验结果。

由表可见，各种样品的弛豫时间处于 2.8 毫微秒(γ -氨基丁酸)到 32 毫微秒(三甘氨酸)之间。

大量研究证明，导致此弛豫吸收的机制是氨基酸水溶液中的质子转移反应，在碱性和酸性 pH 值范围内分别如下所示：



其中 R 表示借以区分各种氨基酸的可变集团。

从质子转移导致弛豫吸收这一假设出发，例如在碱性 pH 值内，对式(9)中的 τ , C 值可以用与反应(10)对应的氨基酸离子浓度，溶液克分子体积，密度，声速及热胀系数等参量表示出来，同时再利用在 pH_M 下 τ 与 C 的实验值(表 1)，就可以计算出反应(10)中的速度常数 K_f , K_b 和相应的克分子体积变化 ΔV (见表 2) 及 $\frac{\alpha}{f^2}$ 随 pH 变化的理论曲线。

应指出，表 2 中的结果与以前一系列有关质子转移反应的研究结果十分接近。

对 L-谷氨酸 $\frac{\alpha}{f^2}$ 随 pH 变化的实验数据与理论曲线比较如图 6 所示。

表 2

样 品	$K_f \times 10^{-10}$ $M^{-1} \text{秒}^{-1}$	$K_b \times 10^{-5}$ 秒^{-1}	ΔV 毫升/ 克分子量
三甘氨酸	2.1	0.18	38
二甘氨酸	1.6	0.31	26
甘氨酸	1.9	8.0	26
β -丙氨酸	1.3	21	21
γ -氨基 酸	1.5	39	21
L-氨基丁二酸	1.2	5.2	22
L-谷氨酸	0.76	3.8	18

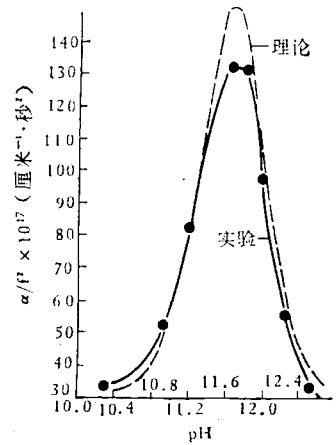


图 6 24℃时 0.5M L-谷氨酸，在 5.21 兆赫时

$\frac{\alpha}{f^2}$ 的滴定曲线

由图可见理论与实验结果符和得相当好。这就有力地证明了：在所研究频段内各种氨基酸及寡肽的弛豫吸收确是质子转移反应的结果。

(2) 多肽水溶液的超声研究 Parher 等

人^[1]对分子量为 86,300 的聚-L-赖氨酸的 0.6 M NaCl 水溶液的超声吸收进行了研究。聚合物浓度为 20 克/升,温度为 35.8℃,结果如图 7 所示。由图可见,由式(9)给出的单弛豫理论曲线(实线示)很好地描述了不同 pH 值的实验结果(●与○示),对应的弛豫时间为 34—56 毫微秒。

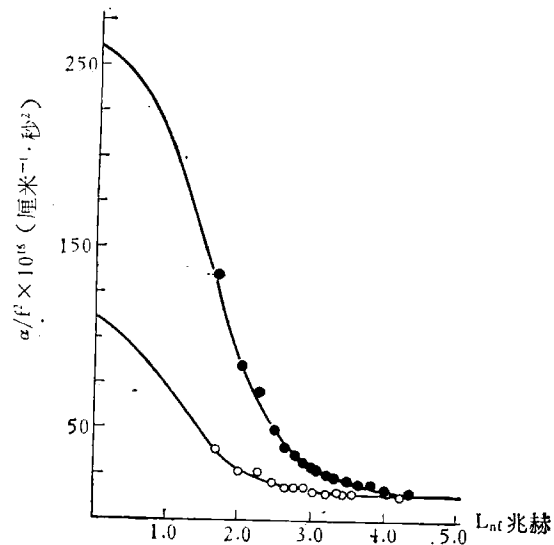


图 7 0.156M 聚-L-赖氨酸在 0.6 M NaCl 水溶液中的超声吸收谱横轴取频率的对数值
●示 pH = 9.6 ○示 pH = 7.2

由于多肽链中出现了二级以至三级结构,这使之在探讨上述弛豫吸收的机制时遇到了比简单氨基酸要复杂的情况,不可否认,只要溶液的介电常数足够大,使得—COOH 与—NH₂ 能够充分离子化,那么式(10), (11)表示的质子转移反应应该在任何氨基酸,肽链和蛋白质水溶液中普遍存在。因此,质子转移仍然是导致聚-L-赖氨酸溶液单弛豫吸收的原因,但是除此之外,作者认为在超声作用下多肽大分子的构象变化则是导致此过量吸收的更为可能的机制。

一般说来,在溶液中多肽链在氢键作用下取 α-螺旋结构,当溶液的温度,溶剂或 pH 改变时,α-螺旋结构可能被破坏而过渡到无规线团结构。

温度阶变技术对聚-L-赖氨酸的研究表明,由 α-螺旋向无规线团过渡的弛豫时间小于

1 微秒。又已知 α-螺旋结构的含量随 pH 值而变,如 pH=9.6 时为 15%, pH=5.1 时为 3%。而由图 7 可见在低频下, pH 增大时,弛豫吸收显著增大。所有这些可能表明在聚-L-赖氨酸溶液中,超声弛豫吸收是来自多肽链由 α-螺旋向无规线团转移的构象变化。

与上不同, Burke 等人^[12]对聚-L-谷氨酸在 0.2 M NaCl 水溶液与二噁烷(2:1)混合液中的超声研究($f = 6-175$ 兆赫, $pH = 5.4-9.0$)得到了较为复杂的结果,即在所有 pH 值下样品皆表现出多弛豫过程,存在着一定的弛豫时间分布。对多弛豫的机理,作者认为应该从聚合物分子与溶剂间的相互作用来解释。

(3) 对牛血清蛋白 (BSA), β 乳球蛋白 (βL) 和溶菌酶 (L) 水溶液的超声研究 在几

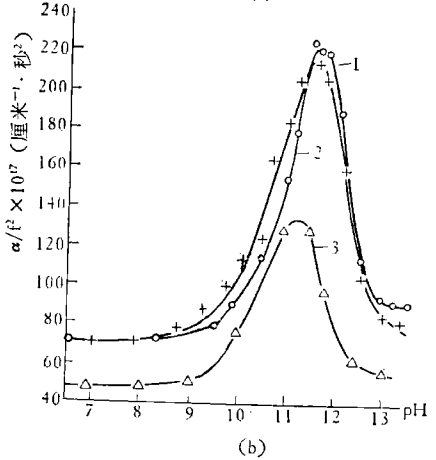
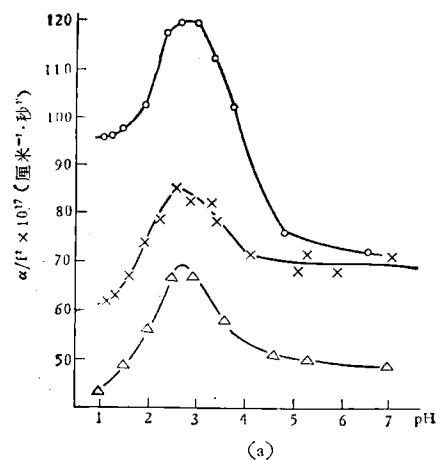


图 8 三种蛋白质的 H₂O-0.2M NaCl 溶液超声吸收的 pH 关系
1. BSA 0.0116 克/厘米³ 2. βL 0.0107 克/厘米³
3. L 0.0104 克/厘米³ 25℃, 2.82 兆赫

兆赫频率下,对 BSA, β L 和 L 三种蛋白质水溶液的超声吸收与 pH 的关系做较多的研究。典型结果如图 8 示^[3]。由图可见,在测量误差范围内,各种蛋白质的吸收峰几乎都发生在相同的 pH_M 值下,尽管它们在改变 pH 值时引起的构象变化可能各不相同。此外,如果把这三种蛋白和二甘氨酸,乙酰甘氨酸水溶液中再加入 8M 尿素,发现这五种溶液的 pH_M 值全都升高了一个 pH 单位^[4]。值得注意的是当 pH 变化时,三种蛋白质分子的构象变化完全不同,而二甘氨酸和乙酰甘氨酸又根本不存在构象变化。

所有这些事实都意味着导致图 8 所示的超声过量吸收的主要原因不是构象变化,而仍然是由于反应(10)和(11)的质子转移。

然而在某些情况下,在 pH_M 附近的构象变化对超声吸收的贡献还应予以考虑。如 BSA 溶液在 $\text{pH} < 4.3$ 时媒介物 N-F^+ 转移^[5]对酸性范围 pH_M 值的影响似乎就不可忽略。否则的话,就难以解释为什么从质子转移机理出发的理论表明 pH_M 值应随羧基的浓度增加而下降,而测量结果却相反。

(4) 对血红蛋白(Hb)的超声研究 研究样品涉及到人、牛、马、羊的血红蛋白。超声频段为 35 千赫—470 兆赫^[6]。对 25℃, $\text{pH}=7$, 浓度为 15% 重量比的 Hb 水溶液的 $\frac{\alpha}{f^2}$ 频谱曲线的测量表明,在扩展到四个数量级的整个频段内表现出连续的多弛豫过程。

为了用类似于式(9)的多弛豫理论公式唯象地描述这个实验结果,必须要引入一个用所谓斜坡函数来表征的弛豫频率的连续分布函数,界限取为 22 千赫—260 兆赫。由此我们所能得到的信息只是在超声波扰动下血红蛋白水溶液中发生极为复杂的快速动力学反应,它所对应的弛豫时间扩展到四个数量级,约为 0.6 毫微秒—7 微秒。至于这些反应的具体机制则是比较难以给出确切的回答。目前的基本看法是把这些多弛豫过程首先归结为大分子与水之间的相互作用。因为 Hb 大分子中包含许多离子集团和极性集团,它们与水的极性分子必然发

生很强的相互作用而形成水化体。此外, Hb 大分子还有许多非极性侧链,它们附近的水则具有另外的结构。因此当超声波通过时,将引起水的结构弛豫而吸收声能。此外,超声引起大分子构象等变化也会对超声吸收予以某种贡献。

此外, O'Brien 等人^[7]在 1—50 兆赫频段内研究了 Hb 在 Gu HCl 水溶液中超声吸收随 Gu HCl 浓度的变化。得到了如同变化 pH 时获得的钟形过量吸收曲线。而且表明吸收峰并不对应使 Hb 分子发生构象变化的浓度。因此作者使用了胍离子 Gu H^+ 与水之间的质子交换来解释吸收峰的产生原因。

2. 对脱氧核糖核酸(DNA)等大分子溶液的超声研究

O'Brien^[8]对鲑精液 DNA 水溶液在 5—50 兆赫频段内的超声吸收谱的测量结果表明,它非常接近于如 Hb 和 BSA 等球蛋白大分子的情况,即表现为连续的多弛豫过程。对于多弛豫吸收机制,作者认为应与 Hb 溶液的多弛豫吸收机制类同。

Lang^[9]研究了牛胸腺 DNA 水溶液超声吸收的 pH 曲线。在 $\text{pH}=2.6$ 和 12 处,同样观测到过量吸收的峰值。作者对此提出两种可能的机理:一是当 $\text{pH}=2.6$ 或 12 时, DNA 分子的双螺旋结构被破坏变成单股,从而原来存在于二股间各对应碱基 A-T 和 C-G 之间的氢键开始转移到各碱基与水分子之间,导致吸收峰的出现。二是当双股螺旋分成单股多核苷酸时,羧基和氨基被质子化,从而在超声波扰动下发生了如同在氨基酸情况发生的质子转移。分析表明,仅仅用其中一种机理难以对实验结果给出完满的解释,很可能是吸收峰的出现反映了这些过程的综合结果。

此外对碳水化合物葡聚糖和人工聚合物聚乙二醇大分子水溶液^[20],在 11.5—163 兆赫频段内的超声吸收谱测量得到了类似的结果。

四、几点看法

1. 声谱技术为研究生物大分子的快速反应动力学提供了强有力的手段。它能够简单而直

接地显示出各种化学或结构的弛豫过程和确定有关的动态参量。但单一的声学方法对弛豫的具体分子过程难以做出明确判断,这就要求与其他的物理、化学和生物等研究方法紧密配合。

2. 目前用于研究生物大分子的声谱技术还只限于超声频段(10^4 — 10^9 赫),如能将频率范围继续扩展,特别是向高频扩展与研究介质中分子及分子内部运动的 Brillouin 散射和 Raman 散射相衔接,就可以使声谱技术在更大的动态范围为生物大分子的动力学反应提供更多的信息。

3. 声谱技术对于生物大分子的重要意义似乎还不仅仅在于它提供了重要的研究手段,还在于声振动本身在生物大分子体现其生物功能过程中很可能就是必不可少的媒介。例如 Шноль 证明生物大分子在化合和缔合过程要发出低频声子,而周国诚等^[2]认为,这些低频声子很可能通过影响生物大分子的构象变化具有传递生命信息的功能。值得注意的是,通过人工声子影响遗传物质(如超声处理种子)获得良种并见效于后代的成功例子也有过报道。

作者在写作此文中得到了朱德熙副教授和沈保罗同志的有益帮助,谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] Matheson, A. J.: *Molecular Acoustics*, 1970.
[2] Сарвазян, А. П.: *Акуст. Ж. Том XXIV. Вып. 1*,

157, 1978.

- [3] 冯若,胡恕道:《声学学报》,1966年,第3卷,第一期,第43页。
[4] Фэн Жау (冯若): Автореферат диссертации на соискание учений степени кандидата физико-математических наук, ленинград, 1961.
[5] Михайлов, н. Г., Фэн Жау (冯若): *Вестник ЛГУ. Серия физики и химии*, 4, 1, 51, 1960.
[6] 魏荣爵,张淑仪:《物理学报》,1962年,第18卷,第6期,第298页。
[7] Kessler, L. W. et al.: *Acoustics*, 21, 105, 1911.
[8] Applegate, K. et al.: *J. Amer. Chem. Soc.*, 90, 25, 6909, 1968.
[9] 田渊大作等:日本音响学会研究发表讲演论文集 95, 1975 春季和 263, 1975 秋季。
[10] Зияевьев, О. И. 等: *Вестник МГУ, химия*, 2, 145, 1978.
[11] Parker, R. C. et al.: *J. Phys. Chem.*, 70, 3019, 1966.
[12] Burke, J. J. et al.: *J. Chem. Phys.*, 42, 3520, 1965.
[13] R. Zana J. Lang: *J. Phys. Chem.*, 74, 2734, 1970.
[14] Lahg, J. et al.: *J. Phys. Chem.*, 75, 374, 1971.
[15] F. Dunn & L. Kessler: *J. Phys. Chem.*, 73, 4256, 1969. 74, 2736, 1970.
[16] Edmonds, P. D. et al., *Biochimica et Biophysica Acta*, 174, 1970.
[17] W. O'Brien & F. Dunn: *J. Acoust. Soc. Am.*, 50, 1213, 1971.
[18] O'Brien, W. et al.: *J. Acoust. Soc. Am.*, 52, 1251, 1972.
[19] J. Lang & R. Cerf: *J. Chem., Phys.*, 66, 81, 1969.
[20] Kessler, W. et al.: *J. Phys. Chem.*, 74, 4096, 1970.
[21] 周国诚、陈念貽:《中国科学》,1977年,第4期,第339页。

[本文于 1979 年 1 月 22 日收到]

神 经 肽

邹冈 华家桢 奚国良 吕植桢 易庆成

(中国科学院上海药物研究所)

脑内神经细胞之间的联系是通过神经递质传递信号而实现的,因此神经递质是脑功能活动的重要物质基础之一。五十年代开始对脑内神经递质进行了热烈的研究,并发现或证实了许多递质,搞清了它们的结构、分布、生物合成、

释放、代谢和灭活过程,同时找到了选择性的影响上述各环节的药物,为脑功能研究提供了重要的工具。神经递质研究是当前神经生物学中最引人注目的领域之一。可是根据电镜超微结构分析,已知所有递质最多只能说明 30% 左右