

建筑材料工艺中的 声学化学方法

〔苏联〕H.H. 多尔格波洛夫 著
李桥梁 叶恒健 译

中国工业出版社

本书阐述在建筑材料工艺中应用声化学技术的成就。书中探讨了声化学作用的原理，介绍了声化学方法在混凝土生产、气体和大气净化，以及岩石破碎和石料精选中应用的成果。此外，还探讨了现代电物理加热法及其在加速混凝土和钢筋混凝土制品硬化方面的应用。

本书可供建筑材料工业的工程技术人員参考。

Н.Н.Долгополов

**ЗВУКОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ТЕХНОЛОГИИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

ГОССТРОЙИЗДАТ

МОСКВА—1962

* * *

**建筑材料工艺中的
声化学方法**

李桥梁 叶恒健 译

*

建筑工程部图书编辑部編輯（北京西郊百万庄）

中国工业出版社出版（北京住棚園路丙10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $4\frac{1}{2}$ ·字数91,000

1964年8月北京第一版·1964年8月北京第一次印刷

印数0001—2,370·定价（科七）0.65元

*

統一书号：15165·3181（建工-388）

引 言

“声”的概念，包括两个方面：1）从主观方面或心理上說，声是我們的听觉器官所能感受到的感觉；2）从客观方面或物理上說，声是一种弹性机械振动，或由引起这些振动的物体所激发的呈波的形式传播的媒质的振蕩。

如果传达我們耳朵的声波的数目低于16赫，那末听到的就是些断續的碰击声，而不是乐音。另一方面，如果声波的数目超过20000赫，我們的耳朵就会觉察不到，虽然也可能使我們的耳朵有疼痛的感觉。听觉范围内的声（簡称为声），是指頻率为每秒振动16到20000次的弹性机械振动。頻率低于16赫的声，称为“次声”，而頻率高于20000赫的声，称为“超声”。

声在某种媒质，如空气中传播，就会引起媒质的振动或振蕩。在羣众娱乐場所听到的强噪声会引起空气分子的振动，其振幅約为0.1毫米。在个别情况下，揚声器膜片振动的振幅能达到1毫米左右。对某些高频弹性机械振动的振源来說，其振幅能达到亿分之几毫米。由于声波能引起媒质分子的弹性位移，因而就能愈传播愈远。同所有其他波一样，声波对于它所碰到的一切物体，都給予某种压强。19世紀80年代，杰出的俄罗斯物理学家П.Н.列別捷夫和他的学生A.B.阿尔特貝，制成了第一架測量声（輻射）的压强的仪器，并确定这一压强的数值等于波的能量密度，也就是說，等于同样情况下一立方厘米弹性媒质的能量。垂直于声波的进行方向，在一平方厘米面积上一秒钟所传送的能量，叫做声强。

在20世紀20年代末，С.Я.索科洛夫确定，声强小于1瓦/厘米²的声，对于媒质的状态和性质，沒有特殊作用；相反，声强大于1瓦/厘米²的声，对各种各样的媒质，有极其强烈的影响。

例如，低强声波对于雾不发生任何重要的作用。然而，由强力汽笛发射出的高强声波，却能使雾点扩大，并使这些凝聚了的雾点变成雨点降落，直到使雾消失为止。当然，用自己的口声的力量，试图影响某种工艺过程的正常进行，是毫无意义的。但是，众所周知，在具有相当强度的声的作用下，却能加速或改变这样的过程，如結晶作用、溶解作用、扩散作用、分散作用、乳化作用等，就是以此为基础的。

可見，声强在1瓦/厘米²以上的声，能够有效地影响各种物质的状态和性质，改变它們的趋向和加速它們的各种过程。声对各种物质和过程的作用非常特殊，它同其他物理因素的作用，如压力、溫度或电流、光等等极不相同。

研究声对各种过程或反应的作用的学科，叫声化学^①。应用于工业方面的声化学，我們叫做工艺声化学或应用声化学。

声和高頻声（超声）对各种过程和反应的作用（或声化学的作用），在試驗室中的研究非常普遍。关于声化学的图书索引有1000多种，已发表的关于超声的文章，总数在5500

● “声化学”（звукохимия）这个术语，是著者在1952年举行的超声波探伤和一般超声問題会议上提出的（見“物理科学成就”，1953年，49卷，№4，601—611頁）。近九年来，“声化学”这一术语在苏联及其他国家的文献中得到了越来越广泛的使用。而早先提出的其他一些术语，如“音响化学”（Фонохимия）（Schmuck, 1936）就沒有得到广泛的使用。

A.M.金斯特林格和A.A.巴拉姆区别了“声”过程和“声化学”过程，指出了所謂“声”过程是在声振动場內进行的过程，而这些振动对化学变化本身的速度和趋向（見[56]）沒有明显的影响。

篇以上。

但是，与物理化学的其他部門，如电化学、光化学、热化学比較起来，声化学的应用还是較少的。近几年来，出現了一些功率相当大的超声装置，如水除气器、炭黑回收装置或硫酸雾回收装置、凿床（钻床）、水垢防凝器等。

在我們的时代，正在把影响各种过程的物理因素广泛地应用在工业中，在高溫和低溫、高压和低压、电場和磁場、放射性射綫等作用下，实现着各种各样的工艺过程。可以肯定地預言，在各个工业部門中，其中也包括建筑材料工业部門，声化学同样也会得到极为广泛的应用。

为了实现各种声化学过程，必須制造大功率的声振源，此声振源的作用和参数同負荷是吻合的，也就是說，这些声振源在該种情况下，对于該种过程应该是最有效的。此外，还必须使广大的工程技术人员清楚地了解声化学的特点，并能提出在本部門应用声能的課題。

本书第一章中援引的許多声化学作用的实例和某些假說，会引起从事研究和制定建筑材料生产新工艺流程的許多专家的兴趣。第二章介紹的关于在混凝土工艺中应用弹性机械振动的知識，将会促进这一有前途的研究領域的发展。第三章評述用声化学方法淨化气体，并从其中回收有用成分的情况，对于解决迫切需要解决的水泥、石膏、石灰及其他类似物质的收尘問題，是大有益处的。第四章关于声化学方法破碎岩石的問題，毫無疑問，对于从事天然石块的开采和加工的专家是有用的。

著者編写本书的目的，在于向生产和应用建筑材料的专家们介紹一些应用声能的生产工艺問題。著者希望自己的著作能促进工艺声化学的发展。

目 录

引 言

第一章 声化学作用.....	1
第二章 声化学和混凝土.....	29
第三章 空气和气体(气溶胶)的净化.....	42
第四章 岩石的破碎.....	93
参考文献.....	131

第 一 章

声 化 学 作 用

强烈的声振动或超声振动在媒质中传播，对媒质产生特殊的物理化学作用。声或超声对各种物质和过程的作用，就是声化学的研究对象。

声和超声是弹性机械振动，在媒质中传播时，具有一定的压力振幅、速度振幅、振动振幅和加速度振幅。现在我们就来探讨一下，当强烈的超声在水中传播时这些振幅的数值。超声的压力振幅：

$$p = \frac{1}{981} \sqrt{20I\rho v} \text{ 大气压,}$$

式中 I —— 声强 (瓦/厘米²)，

ρ —— 媒质密度 (克/厘米³)，

v —— 传播速度 (厘米/秒)。

当声强为10瓦/厘米²、水中的声速为1500米/秒和密度等于1时，液体中的压力振幅为±0.5大气压。超声的速度振幅：

$$v_a = \sqrt{\frac{2I \times 10^7}{\rho v}} \text{ 厘米/秒。}$$

当声强为10瓦/厘米²时，分子运动的速度约为400厘米/秒。这一速度同热运动中分子的速度比较起来，是非常小的，后者在室温条件下，通常能达到每秒几百米的速度。如果同粘

滯胶体分子运动的速度比較起来，这一数值可能是很大的。振幅，也就是声波行进时质点的最大位移同平衡位置之比：

$$\alpha = -\frac{v_a}{2\pi f} \text{—厘米,}$$

式中 f ——频率。

对上述这一例子来说，当 $v_a=40$ 厘米/秒和频率 $f=740$ 千赫时，振幅 $\alpha=0.09$ 微米，也就是说等于一个非常小的数值。加速度振幅 $f=2\pi f v_a$ ，等于 2×10^8 厘米/秒²，也就是说等于一个非常大的数值。这个数值只有在超速离心机上才能达到①。

可见，声或超声在液体媒质中传播时，给予这一媒质的质点的振动振幅和速度振幅很小，但是却给予它以很大的加速度。很明显，说超声的搅拌作用同机械搅拌相似，是不正确的。因为说超声对媒质的特殊作用，仅仅是由于给予这一媒质质点很大的加速度，是解释不通的。振动的非线性传播，在媒质中引起了强烈的摩擦。摩擦发生在溶剂和溶质较大分子之间，或是发生在固体分散质点和分布有这些质点的液体分子之间。然而这一因素远远不足以解释超声的作用。

许多研究者认为，超声的化学作用或物理化学作用，起因于“空化现象”。空化现象的主要特征是：（液体）密实性断裂、有空洞或空穴形成、这些空穴充满了气体或液体的蒸汽并发生剧烈的冲击而闭合。空化现象是由压力幅值的变化引起的，当声波压强为负半周时，溶解于水的空气或其他气体即以极小的气泡放出，这些小气泡就是形成大空穴的原由。在声波变为正半周时，压力增高，空穴即行闭合，同时

● 振幅值用于行波场。在驻波中，在充分反射的条件下，上面引用的数值增加一倍。

发生猛烈的冲击，致使局部瞬时压力达到几千个大气压，局部温度也升高到几百度。在水中产生空化现象，只要超声的压强大于 ± 0.3 大气压就够了。

瑞利⁽¹⁾曾经计算过，在液体静压为 P_0 的液体中，气泡的起始直径 R_0 减小到 R 时，即出现最大压强。在离开气泡中心的距离 $r = 0.587R$ 时，产生的压强 $p = P_0 \frac{R_0^2}{4^{4/3} \cdot R}$ ，也就是说，在 $R = \frac{1}{20} R_0$ 和 $P_0 = 1$ 大气压时，在气泡表面附近出现的压强等于1260大气压。

如果气泡从起始直径 R_0 减小到 R ，那末和这种现象同时产生的压强：

$$P = \sqrt{\frac{2P_0}{3\beta} \left(\frac{R_0^3}{R^3} - 1 \right)}$$

式中 β —— 液体压缩系数。

对水来说，当 $\beta = 50 \times 10^{-6}$ 大气压 $^{-1}$ 和 $p = 1$ 大气压时， $R = \frac{1}{20} R_0$ ，压强 P 达到10300大气压。可见，强烈的超声振动对开口玻璃试杯中所盛液体的作用，就象在试验室中所做的那样，会使液体本身内部产生局部压力。

气泡的猛烈闭合会引起放电，这是由于空穴（气泡）相对壁膜之间的电位差所引起的。Я.И. 福林凯尔⁽²⁾提出了在空化气泡中产生电场的理论，他认为，充电现象的产生，是气泡壁膜间离子分布不均匀的结果。如果在液体中产生的气泡具有薄透镜的形状，其截面面积为 S 、厚度为 δ ，那末达到气泡每一壁膜的每一种离子的平均量，等于 $\frac{1}{2} \delta S N$ （ N = 液体每一单位容积所含离解分子的数目）。如果透镜状气

泡的厚度 δ 接近相邻分子間距离的級数，也就是說，約为 4×10^{-8} 厘米的話，那末根据福林凱尔公式，离子在气泡壁膜之間分布彼此无关，而气泡壁膜中形成的电荷的平均平方为：

$$\overline{\sigma^2} = e^2 \delta S N$$

式中 e ——一价离子的电荷。

气泡內电場强度为：

$$E = 4\pi e \sqrt{\frac{\delta N}{S}},$$

根据Г.Л.納丹遜⁽³⁾的計算，在液体超声空化时产生的空穴（气泡）內，电場强度为：

$$E = 4\pi e \sqrt{\frac{N}{Sx}}$$

式中 x ——德拜离子霧的逆向半径。

在这一公式中，离子霧的半径代替了撕裂的單位空穴（气泡）的厚度 δ 。

В.Л.列夫申和 С.Н.日夫金在强烈超声振动对水溶液作用的情况下，曾观察过发光的現象⁽⁴⁾，他們认为，这种发光現象，与空化气泡中的电子击穿現象和发光的光化学作用有关。

液体的空化現象，不仅在超声作用下会产生，在液体压力急剧变化的其他情况下也会产生。过热蒸汽向水的輸送或輪船推进器的迅速轉动，也会引起空化現象。在这些情况下，虽然不象超声空化那样会显出水的发光現象，但可观察到，对水确有强烈的作用，如形成过氧化氢和亚硝酸。空化效应的有害作用是大家都知道的，这些效应能破坏水輪机的輪叶和輪船的推进器，降低推进器的推力、透平机的扭矩和导管中的流量，以及减少內燃机冷却系統的热传导等。

然而，在另外一些情況下，空化現象也有很大的益處，特別是它能強化物理化學過程，如分散作用、乳化作用等。

很難說什麼形式的空化現象能引起特殊的化學效應。有些過程與超聲波作用沒有直接關係，而是靠空化現象來實現的。例如，互不混溶的幾種液體的乳化，就可以靠空化作用來實現。這裡的空化作用，是用輸入過熱蒸汽的方法引起的，而不是用典型的超聲方法引起的。許多研究者認為，空化作用能引起發光的這種現象，即在閉合氣泡中放電的這種現象，有很大意義，並且認為液體的光化學分解就是超聲對反應基的特有的作用。局部的高溫和高壓在媒質中有特殊的作用，因為即使在沒有發光的情況下，在光譜的可見部分，也能看出超聲的某些特殊的作用。

強烈的超聲振動之所以能引起空化現象，同液體中存在微小氣泡有關，這些氣泡能夠造成空穴或引起液體密實性的斷裂⁽⁵⁻⁶⁾或形成氣胚。為什麼會產生這些微小的氣胚？現在還沒有研究透徹，但看來，正是這些氣胚造成液體的強度不高。H.A.洛伊⁽⁷⁾詳細地分析過產生超聲空化的原因。對我們來說，重要的是，這些空穴或氣胚不可能支撐由於超聲壓力幅值的变化所引起的巨大拉力。此外，在液體中常常出現灰塵微粒，這些微粒就是氣泡的媒介。許多研究者探討過液體媒質中氣體雜質對各種聲化學作用的影響⁽⁸⁾。我們觀察過，如果伴隨超聲作用吹入少量空氣（鼓泡），那末在某些情況下，超聲作用會容易些。我們確信，如果在進行試驗的化學器皿中吹入空氣，在超聲作用下，硫酸鋁含水懸浮體的分散作用要快好多倍。顯然，這種效應可以作這種解釋，即將少量空氣吹入液體時，液體的空化就會容易產生。在往液體媒質中吹氣泡時，由於這些氣泡在駐波處的諧振，能擴

大声化学作用的效应。

H. H. 魯斯特⁽⁹⁾曾經指出，如果超声所处理的液体的柱高足够形成压强波腹的話，超声特有的作用就能显现出来。根据魯斯特的研究，超声場內的化学作用，只有在液体中形成駐波时才会产生。因为脉冲超声振动沒有伴随产生駐波，所以也就不会产生化学作用。当液体中存在由于强烈空化而形成的大量气泡时，会引起超声的散射，并且也不会有駐波产生。因此，在这种情况下，声化学作用的效应也就降低了。

多相系统的声化学作用，首先表现在相的分界面上。超声波在悬浮体中传播时产生的强烈的散射，可由瑞利、列姆和謝維尔关系式确定⁽¹⁰⁾。众所周知，散射由于波长或质点数值的减小而增大，并且它也是以分散媒质和分散內相的密度，以及悬浮体的粘滯性为轉移的。在悬浮体中，超声能量的吸收是不均匀的，大部分能量为固体质点所吸收。在用超声化学方法研究各种媒质的杀菌作用时，如果微生物或杆菌在媒质中是分散了的話，这些因素有重大意义。这些因素在凝聚、分散等过程中，也有不少意义。各种悬浮体的声化学作用，絕大多数的著作都认为有空化現象。

可見，声化学作用在很多情况下都可解释为空化現象。然而已經証明，在沒有空化現象的許多情况下，声化学效应依然存在，如高频（5～6兆赫）超声对液体作用或低频超声对气体或固体作用时，就是这样。

Φ. K. 高尔斯基和B. H. 叶夫萊莫夫⁽¹¹⁾确定，鋁合金在淬火后的硬化过程，在声强为10瓦/厘米²的超声振动作用下，同自然硬化比較起来，其速度要快75～80倍。可以設想，超声作用可解释为結晶过程活化能量的降低，因为空化作用不

能对硬质合金的相的转变发生作用。

M. A. K. 莫斯达法⁽¹²⁾曾在理論上探討过利用为超声波所激发的(沒有空化)分子的諧振破坏鏈状聚合物的可能性。数学計算的結果表明, 振动动能随着聚合物分子鏈的长度的增加而增高, 当达到某一最大值时, 它实际上就成为常数。振动动能的极限值, 甚至在完全沒有空化作用时, 对于聚合物分子中碳—碳鍵的撕裂也是足够的。

許多其他物理化学过程, 如凝聚作用或胶溶作用, 不用空化效应也能得到圓滿的解释。然而, 有些化学現象, 如强烈超声振动对水或各种物质的水溶液的作用, 就只能用空化現象来解释。

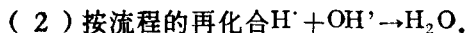
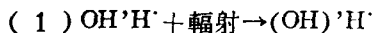
很早就已証明, 在强烈的超声波作用下, 水的各种成分和溶于水的空气, 在水中就会生成氧化物, 如过氧化氢、硝酸和亚硝酸。

当頻率為 350 千赫的超声强度达到一定极限时, 硝酸和亚硝酸的出量⁽¹³⁾就随着水的处理時間的延长而直綫式增加, 也就是說, 各种酸的出量与施加于每立方厘米水的声功率成正比(功率为 0.27 瓦/厘米², 声作用持續時間为 3~5 小时)。在处理时, 水溫的增高会使酸的出量降低: 在摄氏 67°C 时, 酸的出量降低为零。显然, 这种現象与溫度升高时空气中氮的溶解度的降低有关。

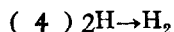
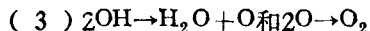
大多数研究者认为, 当强烈的超声振动对水作用时, 氧化物的生成是由于空气溶于水的緣故。可以看出, 沒有空气的溶解于水, 也就沒有酸的形成。巴黎巴斯德学院的研究人員 R. 普留托姆和 P. 格拉巴(Grabert)⁽¹⁴⁾曾經証明, 即使沒有氧的溶解, 在超声作用下, 如果有空化現象伴随这种作用产生的話, 水也会具有氧化性质。在脫气后的双蒸水中, $\text{Mn}(\text{OH})_2$

便成为悬浮体。按化学方程式 $\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_3$ 来计算，即177.8克的氢氧化锰能吸收16克或11.2升的氧（尼克鲁法）。用氩（实际上不含氧）和三氢氧化锰使水脱气。用频率为0.9兆赫的超声处理了40分钟；为了不使氧气跑入，试验是在充满了氩气的罩子下进行的。氧的分量从0.3毫克/升水增加到处理后的20.4毫克/升或14.2厘米³/升水。水在超声作用时的氧化本领，来自自由水原素本身形成的过氧化氢和水的离解。有趣的是，在超声作用下，甚至在氢流中，特别是在有易于被氧化的物质——被诱物时，水也具有氧化本领。

不仅如此，水在超声作用下具有的氧化本领，在超声照射后还有。应用超声作用的光化学性质（空化空穴的放电能引起紫外线发射），可以解释下面的水和辐射的相互作用：

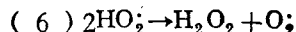
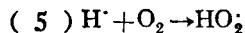


然而，同时也可能有这样的结合：

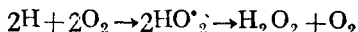
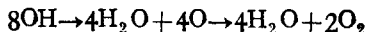
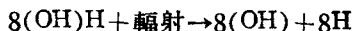


也就是说，产生了游离的氧和氢。

过氧化氢的形成可表示如下：



或者写成一个总过程：



最后，水和超声辐射相互作用的光化学反应，可以表示如下：



如果水溶液中有能够同酸根(OH)或氢反应的物质,那末就可能引起这些物质性质的变化。

我們曾經研究过强度为8~10瓦/厘米²、频率为1兆赫的超声对某些有机物水溶液的作用。可以看出,物质的性质改变了,溶液中氢离子的浓度(pH)也改变了。

表1所列的是著者根据某些有机物溶液在超声处理以前和以后氢离子浓度pH的变化得出的实验数据。

超声对有机物水溶液pH的影响

表 1

所研究的物质	处理前的	处理后的pH		pH
	pH	10分钟	30分钟	的增量
一次蒸馏水	5.8	—	5.3	-0.5
酸:				
2%的醋酸	2.6	2.58	2.55	-0.05
6%的醋酸	2.45	2.4	2.38	-0.07
2%的丁二酸	2.45	2.4	2.4	-0.05
10%的柠檬酸	1.6	1.55	1.55	-0.05
5%的酒石酸	1.6	1.6	1.65	+0.05
富马酸, 饱和溶液	2.2	2.15	2.13	-0.07
3%的乳酸	2.55	2.48	2.48	-0.07
水杨酸, 饱和溶液	2.82	2.82	2.88	+0.06
苯(甲)酸, 饱和溶液	3.8	3.8	3.8	0
硝基苯(甲)酸, 饱和溶液	4.12	4.04	4.06	-0.06
5%的氨基醋酸	6.1	5.88	5.86	-0.24
邻氨基苯酸, 饱和溶液	3.55	3.55	3.58	+0.03
5%的氨	10.7	10.65	10.65	-0.05
4%的乙二胺	11.3	11.15	11.15	-0.15
二甲胺, 饱和溶液	6.3	2.9	3.1	-3.2
醇类:				
10%的乙醇	5.9	5.65	5.65	-0.25

續表 1

所 研 究 的 物 质	处理前的 pH	处理后的pH		pH 的增量
		10分钟	30分钟	
30%的乙醇	6.21	5.8	5.8	-0.41
50%的乙醇	6.75	6.62	6.6	-0.15
96%的乙醇	7.25	—	7.05	-0.2
50%的甲醇	5.85	5.8	5.62	-0.23
異丁醇, 饱和溶液	5.95	5.95	6.4	+0.45
異戊醇, 饱和溶液	6.4	6.38	6.34	-0.06
己醇, 饱和溶液	6.12	6.12	6.32	+0.22
辛醇, 饱和溶液	6.18	6.32	6.4	+0.22
2%的石碳酸	6.15	5.95	5.95	-0.2
α -萘酚, 饱和溶液	7.38	7.1	7.1	-0.28
苯間二酚, 饱和溶液	5.62	4.5	4.4	-1.22
10%的甘露醇	6.1	5.95	5.95	-0.15
愈創木酚, 饱和溶液	4.9	4.55	4.55	-0.35
50%的丙酮	7.2	6.75	6.55	-0.65
20%的葡萄糖	5.76	5.2	4.78	-0.98
枯茗醛, 饱和溶液	6.12	6.25	6.25	+0.13

声化学作用和振动頻率

声振动或超声振动的頻率, 对許多化学反应的速度来说, 沒有重要的意义, 但对某些物理化学过程来说, 却有决定性的作用。应当知道, 就象电磁振蕩的情形那样, 为了达到为分子諧振吸收, 即使是很高的超声振动頻率, 也显得太低, 例如在紫外綫或更强的射綫的光化学作用下就是这样。

在超声振动作用下 聚甲基丙烯酸甲酯在煤油中的解聚过程的速度, 在声頻为 1 千赫和超声頻 284 千赫时, 几乎相同⁽¹⁶⁾。在声頻为 15 千赫和超声頻为 500 千赫时, 苯乙烯乳

油液的解聚作用几乎是一样的⁽¹⁶⁾。当声波以9千赫的频率和超声波以550千赫的频率传播时，水即显出发光现象^(17,18)。

然而，乳胶体和悬浮体的乳化、分散和凝聚过程，与声振动频率有着极为密切的关系。下面的一些例子都证实这一点。

Н.И.索波列娃、А.Г.保里沙科夫和А.В.科尔特涅夫⁽¹⁹⁾曾在频率分别为0.3、0.45、0.6、0.95、1.5、2兆赫的超声场内和声作用分别为0.5、1.3和7分钟的情况下，研究了 $Mg(OH)_2$ 水悬浮液的沉淀过程。他们指出，超声作用表现为两种情况。当频率为1.5兆赫、声作用持续时间为5分钟时，悬浮体的沉淀过程有加速度的现象；但是，当频率为0.45兆赫、处理时间为7分钟时，氢氧化镁的质点则呈现出分散现象，因而增加了时间。

我们曾经观察过，如果用机械振动器制备2%的重油悬浮液，并且使其立即受40千赫频率的超声振动作用（用磁致伸缩发生器）2~3分钟，那末重油悬浮质点就要变得更细。由于这种超声作用，乳浊液会变成稳定的，并且其任意的层离时间也增加到15~20倍。如果用机械振动的方法制备的2%的重油乳浊液，受2兆赫频率的超声振动作用，那末经过10~15秒钟后，乳浊液就发生完全的层离，也就是说，由于超声的凝聚作用，乳浊液的稳定性减小了好几十倍。上述关于各种频率的超声对重油乳浊液作用的试验，是非常明显的，并且可以用于教学试验，因为它明显地表明了以超声振动频率为转移的声化学反应过程的可逆性。

硫酸鋁悬浮液⁽²⁰⁾、钻孔用的“粘土浆”和煤的细粒悬浮质的分散过程，与振动频率的关系异常密切。

选择不同的超声频率，可以实现两种化学过程——悬浮