

交换作用理论进行了不少研究工作；得到了赝偶极矩作用，解释了各向异性的来源。在介质天线理论的研究方面，他建立了一个与描写原来物理问题的偏微分方程边值问题完全等价的一维 Fredholm 第二类积分方程，较之 Hallen 方程而言，第二类积分方程具有能够考虑端面辐射贡献和非 delta 型馈电等优点；并将此积分方程用于介质天线，完成了数值计算、得到了部分的解析解，为小天线理论计算研究提供了一些理论基础。在微磁学理论的研究方面他作出了重要贡献，其中有超越线性近似，利用非线性分析中的分歧理论方法建立了统一的微磁学理论，得到了系统的研究结果；进行了临界点的计算与分类；获得了连续的和不对应的临界变化判据；进行了连续变化的临界过程的求解；提出和解决了初始成畴问题；重新研究了反磁化形核问题，超出前人的试探；否定了被广泛引用的“屈折”反磁化模式；数学上严格证明了 Brown 方程的边界条件是线性的等等。此项工作曾获 1985 年度中国科学院科技进步奖一等

奖。在含费米子量子反散射理论和 $2+1$ 维可积量子系统的研究方面，他首先解得了费米子型排斥力的非线性 Schrodinger 模型的本征值和本征函数，并建立了量子 Gelfand-Levitan 方程，从而获得了场的 Heisenberg 运动方程的精确解，并由此算出了精确的四点格林函数，同时又将这些工作扩充到了多自由度和吸引力的情况；在“弦假设”的非正确性的证明方面，从自己建立的费米子非线性 Schrodinger 模型的量子 Gelfand-Levitan 方程出发，在没有弦假设的条件下计算了压强和磁化强度，发现了它的高次项与“弦假设”在某些情况下是不同的，因此许多重要问题（如 Kondo 模型和 Anderson 模型的热力学量）需要重新考虑；在量子 Davey-Stewartson I 系统的精确解的研究方面，将 $2+1$ 维 DSI 系统量子化后，得到了它的完备的能量本征函数和能谱，从而得到了它的热力学函数（ $2+1$ 维可积量子场论的第一个精确解）。他发表研究论文数十篇。

（中国科学院数学物理学部唐廷友供稿）

基础、交叉、挖掘、出新

——1991 年诺贝尔化学奖获得者恩斯特博士成功之道

黄永仁

（华东师范大学分析测试中心，上海 200062）

理查德·R·恩斯特博士 1933 年生于瑞士。1969 年获卢锡卡奖；1983 年获国际磁共振医学学会金奖；1986 年获马歇尔·宾内依斯特奖；1991 年获诺贝尔化学奖。他的成功之道在于他把脉冲技术、傅里叶变换和核磁共振技术结合成为一种新的技术，挖掘旧理论和技术的活力推陈出新同时创造了多维谱技术，奠定了它的理论基础。他坚持理论、实践与应用三结合的原则，使核磁共振技术超出物理学的范畴而推广致化学和生物学领域，成为测定物质结构的“指纹”及大分子溶液构象的唯一方法。对化学、生命科学、生物化学和药理学等学科具有极其深远的意义。

Abstract

Dr Richard R Ernst was born in 1933 in Switzerland. He has won many prizes: Ruzicka prize in 1969, the Golden prize awarded by the International Society of medical Magnetic Resonance in 1983, and the Marcel Benoist prize in 1986. He first suggested to combine the pulse Fourier transformation and NMR techniques with compu-

tor (the so-called PFTNMR) in 1964, which can be used to measure all nuclei with $I \neq 0$, and greatly improves the sensitivity of it. Later, it became a "finger-print" technique to determine the structures of organic compounds. In 1974, he was the first one to realize the two-dimensional NMR technique, which is now the sole method to determine the solution conformation of biopolymers. Because of these two revolutionary achievements in techniques, which have a great influence upon the advances of chemistry and biochemistry, he won the Chemistry Nobel prize in 1991.

一谈起最新科学领域人们总会说, 21 世纪是生物科学的世纪, 是人工智能计算机, 是火箭航天新技术等。而谈到数学与物理学时大有今非昔比、牛顿的光环实在太遥远的感觉。其实, 新的科学技术总是在旧的基础上发展起来的, 而且它还会使旧的科学技术产生人们意想不到的新作用, 使旧变新, 新的又进一步推动近代科学的发展。这一点在科学史上不乏例证。新的材料制造技术和机械电子技术不是使我国古老的爆竹烟花变成了现代的枪炮火箭吗? 它使人类的活动范围离开地球表面而升上太空。古老的布尔代数一旦与新的电子技术相结合不是产生了推动目前科学技术发展的强有力的工具计算机吗? 1991 年诺贝尔化学奖获得者恩斯特博士取得巨大成功所走的也正是这条道路。

是的, 无人否认下一世纪将是生物科学、人工智能技术等获得巨大进展的时代。要达到这个目的必须了解生命的过程、了解生物体各种功能与其中分子结构的关系。例如要仿制人的大脑就有必要了解酶驱动的生物神经系统完成任务的过程。而这种动态过程又受到酶的控制。因此, 研究的重要基础之一是如何确定生物大分子的构象特别是它们在溶液中(即生物体内条件下)的构象。而恩斯特所给出的脉冲傅里叶核磁共振及其多维谱技术是目前能解决这个问题的唯一方法。它给生命科学、生物化学和有机化学的研究提供了非常有效的直接观测的手段从而极大地促进这些科学部门的发展。为此, 恩斯特获得 1991 年度的诺贝尔化学奖。

顾名思义, 脉冲傅里叶核磁共振(PFTNMR)是脉冲技术、傅里叶变换和核磁共振技术结合的产物。众所周知, 傅里叶变换是 1807 年提出

的而于 1822 年发表后^[4], 却几乎作为一种异端邪说而引起轩然大波。它指出凡随时间呈周期变化的物理量都可以分解成为各谐波分量。例如, 人的耳朵能鉴别出各种乐器甚至能鉴别出特别的音符, 这时耳朵正在执行着傅里叶分析, 即把随时间的振动分解为不同强度、不同频率振动的迭加。前者称为“时域”函数而后者称为“频域”函数。脉冲技术是第二次世界大战时雷达技术发展的重要基础, 是本世纪初就成熟了的技术。核磁共振(NMR)技术最早是 1937 年原子核物理学家拉比提出的^[5]。原有目的只是为了提高原子核磁矩的测量精度。它是在真空状态下原子射线在静磁场和射频电磁场的双重作用下产生分裂和偏转从而定出核磁矩的值。所有这些理论和技术都是物理学中的老的成熟的方法。目前均已列入物理系低年级的课程。为什么当时这些科学技术没有马上显示它们的优越性呢? 主要是它们还有一定的局限性, 不可能使人想到把它们结合起来。拉比的核磁共振实验要用原子束, 它不能用来研究大块物质(液态或固态物质)的性质, 因而局限于物理学内很小的领域中使用。1945 年布洛赫^[6]用稳态连续波(CW)方法解决了在频域中直接测量大块物质中原子核磁矩问题。与此同时 Pound^[4]用瞬态脉冲方法解决了在时域中测量大块物质内的原子核磁矩随时间自由变化的特性, 它所得的信号称为自由原子核感应衰减信号(FID)。这些新方法打破了拉比实验的局限性, 为研究大块物质的物理性质开创了新局面。特别是 1950 年普鲁克特和虞福春先生^[7]第一次发现同一原子核在不同化合物中测量到的频率是不同的, 这种频率差异称为化学位移。原子核是组成物质结构的骨架, 它的不同频率反映了这些

原子核处在不同的化学环境之中，因此核磁共振提供了直接观测物质结构中整个骨架上不同部位的不同特性。如果骨架有变动（例如在化学反应过程中或其他物理因素引起的变动），由于频率测量一般可达 0.5Hz，设被测原子核磁矩原有的频率为 100MHz，则在骨架上的原子核周围环境所引起的磁场变化为 10^{-9} 数量级以上时，核磁共振都能反映出来。由此可见，核磁共振不但能直接给出物质结构的局部化学性质而且对局部化学特性的变化尤其敏感。后来的事实证明，这种旧的技术改进后发出了新的异彩，它越出物理学的范畴而在化学领域内产生巨大的影响并使磁共振波谱学成为一门相对独立的边缘学科。为此布洛赫与 Pound 二人分享了 1952 年诺贝尔物理学奖。这是核磁共振波谱学的第一次飞跃。虽然如此，在 60 年代它仍只能作为化学分析的一种辅助手段。主要原因有二：（1）在时域中测量对物质结构的动态变化很敏感，但当时还无法分开不同化学位移的信号只能观察综合效应；（2）在频域中测量可以分开不同的化学位移但灵敏度很低。因为在热平衡时原子核在能级上的分布由玻耳兹曼定律决定。由此可以求出，自旋数为 1/2 的原子核在室温和磁场为 2.3488T 时，两能级上原子核数目之差是原子核总数的百万分之一且与原子核的磁旋比 γ 成正比。在射频场作用下它的频率如果等于这两个能量差除以普朗克常数则发生共振，这就是 NMR。根据爱因斯坦辐射定律，在共振时发射几率与吸收几率相等，所以实际能吸收电磁波的原子核数是两能级上原子核数的差额。也就是说一百万个原子核中只有一个原子核可以吸收射频场的能量。原子核中氢核的 γ_H 最大灵敏度最高。其他原子核都比较小，例如碳的 γ_C 只有 γ_H 的四分之一。而且物质中同位素碳 12 占绝大多数但其自旋数为零，没有磁矩，在磁场作用下能级不分裂而无吸收。碳 13 同位素只占 1%，在碳核与氢核之间又有耦合（称为标量耦合），这使碳 13 的能级进一步分裂由二能级变成四能级，其本征频率也一分为二，在如此等等的因素影响下碳的灵敏

度要比氢低两个数量级以上。因此，当时实际上只能测氢核，要反映有机化合物的全部骨架是不可能的。

如何打破此种局限性，这是青年时代恩斯特博士在瑞士苏黎世高工攻读时所面临的问题。当时流行的方法是用双共振法，即用两个独立的射频场分别照射不同的原子核，例如氢核与碳核。如果照射氢核的射频场足够强就可以扰乱氢核在能级上的分布使它与碳核的耦合平均为零。这样，碳的能级又由四变回二，两个频率合而为一使灵敏度增加这称为去耦。如果照射氢核的射频场稍弱，则能级仍分裂但碳核在能级上的分布数目会改变，而且在热运动的影响下高能级上的核将不断地返回低能级。这样，低能级的核数目平均有所增加，灵敏度可增至原来的三倍左右，这称为奥沃豪塞效应 (NOE)。但是，用 CW 作双辐照时，只能对一个频率照射，如果某种物质的本征频率有一百个，则要辐射一百次，这是很费时的。恩斯特注意到这个问题，他利用白噪声有很宽的频谱的原理，提出了一种用计算机模拟噪声的伪随机噪声辐照的新激励方式解决了全谱去耦问题。这种激励方式是目前已知的第三种激励核磁共振的方式¹⁾。他还指出这种激励可以通过自相关得到频谱。此法在 80 年代已发展并取得多维谱²⁾。而宽带去耦已成为目前的常规技术。

其后他到美国加州瓦里安仪器公司工作。此时作出了技术上的重大突破。他认识到既然白噪声能作宽频带激励，那么 40 年代发展起来的脉冲技术也可以得到宽频带激励。问题是如何把脉冲激励后的 FID 信号中所含的各频率分解开来。而把时域信号的频谱分析出来的方法正是古老的傅里叶变换。他首先提出把这两种旧方法用计算机结合起来，利用快速傅里叶变换³⁾来达到目的。这就是目前大家熟知的 PFTNMR 技术⁴⁾，是恩斯特对 NMR 波谱学的巨大贡献之一，也是这次获得诺贝尔奖的重

1) R. R. Ernst and H. Primas, Dissertation ETH Nr., 3300(1962); Helv. Phys. Acta., 36(1963), 583; J. Magn. Res., 3 (1970), 10.

要工作的一部分。CW 法是靠扫频或扫场进行的。要得到 3kHz 的谱,分辨率要求 0.5Hz 则只能缓慢地进行六千点采样,不但灵敏度低且很费时。脉冲是全频带同时激励,这相当于同时进行六千个频率采样的一个多道频率分析仪,它的速度比扫频法快成千上万倍。频谱越宽频率越显著。例如碳 13,一般频谱宽约 6×10^4 Hz,它的效率比氢(谱宽约 3kHz)要高 20 倍。而且经傅里叶变换后噪声频谱与信号频谱分开了,只有与信号频率相同的噪声迭加在其上从而使灵敏度增加。一般用 CW 法采样一张谱是几十秒而脉冲后采样是毫秒级。再利用计算机累加技术可在同样或更短的时间内得到更高的信噪比。例如设 CW 法一次采样为十秒,信噪比为 1(即信号与噪声一样大,观察不出信号),而用 PFT 法采样需十毫秒,则在 10 s 内可作一千次累加,不考虑其他因素带来的利益便可以使信噪比增至 $10^{3/2} = 31$ 。这样原来看不到的信号便明显地显示出来了。累加时间越长信噪比越高。一般 PFT 法要比 CW 法的灵敏度高出几个数量级,从而冲破了只能观察氢的局限。目前常规谱仪都基本上能测量所有磁矩不为零的原子核,而碳 13 的 PFT 测量可与氢核的 CW 测量并驾齐驱。这就完全解决了有机分子结构骨架的研究。自此以后,高分辨 NMR 在化学上的应用如雨后春笋般发展起来而且几乎以指数的速度在增长。这一突破使得 NMR 技术成为鉴定各种未知化合物分子结构的“指纹”技术。目前国际上对于没有 NMR 分析资料所定的化合物或未知天然化合物的分子结构不再予以正式承认。以后恩斯特在总结前人理论工作的基础上,提出了一套完整的 PFTNMR 经典理论^[9]。证明了 PFT 频谱与 CW 频谱的等价性,用希尔伯特变换研究了 PFT 谱的位相关系,给出脉冲作用下的饱和效应及横向干涉等一系列问题从而奠定了一维 PFTNMR 的理论。在实验方法上,他给出在时域累加过程的最佳翻倒角(现已命名为恩斯特角),提出高斯和洛伦兹结合函数加权法以进一步提高分辨率和信噪比,差谱法以及位相循环

技术等目前均已成为常规技术。他还首次指出脉冲对非平衡态自旋布居有非常的影响,并用化学感应动态极化(CIDNP)实验加以证明以及提出测量化学反应过程的止流技术,FT 双共振理论与实践等。这一系列工作使一维 NMR 技术臻于完善并对化学过程的动态测试提出新的方法,有些获得美国专利。由于恩斯特把上述几种旧技术相结合,推陈出新,挖掘出这些理论和方法所蕴藏的巨大活力,终于使它们在化学领域大放光彩。这是 NMR 波谱学的第二次飞跃。

一维 PFTNMR 技术虽已显出它的巨大威力,但它的信息太少且谱线过于密集,对大分子不易分析。这种局限性在 60 年代末已逐渐显露出来。1971 年耶勒为解决固体的动态研究在安培国际夏令培训班中提出二维谱方法的设想¹⁾给与会者很大启发。但如何实现它,谱内出现的频率峰又含有什么意义,所得的谱又如何表示画出,诸多问题当时均无答案。1974 年恩斯特用分段步进采样然后再经两次 FT 的方法解决了技术上的难关^[10],从而揭开了多维 NMR 谱研究的新纪元并打开了大分子溶液构象研究的大门。这是他返回瑞士苏黎世高工任教以后作出的一系列重大贡献之一。他指出,二维 NMR 谱实际上是在时域中实现频域的双共振方法相类似。他首先用密度矩阵理论进行理论分析研究并指出,如果在双辐照的情况下先固定一个频率而对另一个射频场进行扫频,然后再改变第一个射频场的频率再次重复对另一个扫频,如此不断进行下去所得的结果可以用两个频率轴来描述两个射频场扫频后的效果,而所得的频峰可画在第三个轴上从而得到一张立体图谱。 x, y 轴分别表示两个射频场的频率而 z 轴表示频率峰,这样就解决了谱图的表示方法。它实际上是谱峰强度作为两个频率的函数 $I(\omega_1, \omega_2)$ 的空间立体曲面描绘法。这样的谱也可以用另外两种方法来实现:(1) 固定第一

1) J. Jeener, Ampere International Summer School, Basko, Polje, Yugoslavia (1971).

个射频场的频率而在另一个射频场作用下在时域采样得到 $I_{\omega'_1}(t_2)$, 然后不断改变 $\omega_1 = \omega'_1, \omega''_1, \dots$, 最终得到一个 FID 的集合 $\{I_{\omega'_1}(t_2), I_{\omega''_1}(t_2) \dots\} = I(\omega_1, t_2)$, 它组成一个时频混合域的函数, 对 t_2 进行 FT 后即得 $I(\omega_1, \omega_2)$. (2) 同理如果在脉冲序列中分出一段时间 t_1 (称为演变期) 而对 t_2 采样 (称为检测期), 然后步进 t_1 也可以得到一个集合 $\{I_{t'_1}(t_2), I_{t''_1}(t_2) \dots\}$, 它组成一个双时域函数 $I(t_1, t_2)$, 分别对 t_1 和 t_2 进行 FT 也可得到二维谱 $I(\omega_1, \omega_2)$. 由理论分析可知^[11], 二维谱内的峰分三类: (a) $\omega_1 = 0$ 的峰 $I(0, \omega_2)$ 称为轴峰, 它是原来的一维谱; (b) $\omega_1 = \omega_2$ 的峰称为对角峰, 它表示谱中各峰的自相关信息; (c) $\omega_1 \neq \omega_2$ 的峰称为交叉峰, 它反映分子中频率为 ω_1 的某一基团的原子核与另一频率为 ω_2 的核的相互作用, 表示不同峰的互相关信息. 这样就一下子揭示了二维谱峰的意义. 而各峰的互相关信息是当时一维谱所不能表达的. 这类谱称为相关谱 (COSY). 他还从理论上分析了线型、位相变化、不同数据处理的信息 (如功率谱、绝对值谱和相敏谱)、磁场不均匀所引起的变化及其灵敏度等一系列重大问题从而奠定了二维谱的理论基础. 他首先用实验得到不同化学位移的互相关谱包括异核互相关^[12], J 分解谱 (它实际上是同一化学位移内诸峰的互相关) 以及用相关谱来研究多自旋拓扑网络的思想^[13].

他首次提出的另一类重要的二维谱是动态过程的相关谱目前称为 NOESY (核奥沃豪塞效应谱). 其实此命名的含义过于狭隘. 它是在 COSY 中加入一个混合期使之能反映下列三类动态信息: (1) 各种化学上的动态效应 (如化学交换、键移、自旋扩散和构象互变等)^[14]; (2) 由标量耦合而产生的各量子相干效应 (包括 COSY 峰)^[15]; (3) 热运动产生的正常弛豫和交叉弛豫 (它能给出瞬态 NOE). 通常这三种信息是混合在一起的. 恩斯特提出在慢的动态反应中用长的混合时间而在一般情况下用步进累加或使混合期随机变化的方法来抑制第二类信息, 从而分离出第三类信息. 这些目前已成

为常规方法. 分离之后可得真正的 NOESY. 这方面的经典理论和量子理论都是他给出的^[16]. COSY 给出的是分子内相邻基团间的耦合作用. NOESY 给出的是原子核之间的近距离空间相互作用. 把它们结合起来便可得到大分子的整体关系. 例如蛋白质分子由各种氨基酸 (称为残基) 构成. 残基内各基团间关系由 COSY 给出. 不同残基间的空间相互作用由 NOESY 给出. 由 COSY 可得到残基内各基团的相关花样. 不同残基的花样各异由此可以辨别蛋白质内由多少种氨基酸组成, 各种多少数目. 与 NOESY 结合可以得到整个蛋白质各残基的排列顺序. 同时 NOESY 的交叉峰的面积或体积之比与对应原子核间的距离 r^{-6} 成正比. 只要知道某个基团中被测原子核的距离就可以求出全部被测核间的距离. 通过分子约束动力学的计算便可得到整个蛋白质的一级、二级甚至三级结构. 这是目前唯一能测定大分子溶液构象的方法. 此方法的成功在生物学界引起极大的震动并使 NMR 波谱学再次飞跃而从化学领域扩展到生物学领域. 事实已经证明, 它对生命科学、生物化学和药物学等方面的研究与发展具有极其深远的意义. 现已成为世界上最热门的课题之一. 这是恩斯特获得此次诺贝尔奖的第二项也是最重要的一项工作.

恩斯特的贡献其实远不止上述内容. 例如为了得到动态反应速度常数首先提出“手风琴”谱, 这是目前三维谱的雏型. 他首先提出用异核 NOESY 测量弛豫矩阵. 他与美国的派恩斯^[16,17] 分别同时提出测量液体和固体的禁戒跃迁或称为多量子相干 (MQC 即选择定则不等于 ± 1 的跃迁) 并对此作出全面的研究. 例如多量子双共振、多量子弛豫以及多量子谱的特征花样分析等. 这些工作对大分子结构的分析具有重大的作用而且对今后固体结构分析具有十分诱人的前景. 他在 1982 年来上海的讲习班中提出的通过极化转移由丰核转至稀核再返回对丰核进行测量的思想可以使灵敏度提高 $(\gamma_H/\gamma_X)^{3/2}$ 倍目前已由 Inverse 实验证实. 他发展了复合脉冲技术及其在固体中的应用. 他给出

的二维固体化学位移与磁偶极矩耦合相关谱的详细理论和实验分析是目前固体动态二维谱研究的基石。他首先提出 FTNMR 成像法并指出这频率域与空间位置之间的变换现已成为这方面谱仪的出发点等。这些工作均收入他的专著中^[10]。由于他在 NMR 波谱学方面作出两次重大的突破以及他在此领域内所作出的全方位贡献,因而他在此领域的科学史上树立了一块新的里程碑。

从上述可见,恩斯特成功之道在于他善于挖掘旧宝藏所蕴含的未开发的活力,而且他一贯坚持理论、实践和应用三结合的科研路线。特别是对生物大分子溶液构象的研究是他与苏黎世高工的另一位教授(K. Wüthrich)长期合作的结晶。后者是研究生物大分子结构的专家,他的工作使得旧的物理学和数学的理论与技术在化学和生物学领域内开出灿烂的鲜花并结出丰硕的成果。

- [1] B. J. Fourierl, *Theorie Analytique de la Chaleur*, Paris (1822).
- [2] I. Rabi, *Phys. Rev.*, **51**(1937), 653.
- [3] F. Bloch et al., *Phys. Rev.*, **69**(1946), 127.
- [4] E. M. Purcell et al., *Phys. Rev.*, **69**(1946), 37.
- [5] W. G. Proctor & F. C. Yu, *Phys. Rev.*, **77**(1950), 717.
- [6] B. Blumch & D. Ziessow, *Ber. Bunsenges Phys. Chem.*, **84**(1980), 1090.
- [7] J. W. Cooley & J. Tukey, *Math. of Comput.*, **19**(1965), 297.
- [8] R. R. Ernst & W. A. Anderson, *Rev. Sci. Instr.*, **36**(1965), 1689.
- [9] R. R. Ernst, *Advance in Magn. Res.*, **2**(1966), 1.
- [10] R. R. Ernst, VIth International Conference on Magn. Res. in Biological System, Kendersteg, Switzerland, (1974).
- [11] W. P. Aue et al., *J. Chem. Phys.*, **64**(1976), 2229.
- [12] L. Muller et al., *J. Chem. Phys.*, **63**(1975), 5490.
- [13] M. H. Levitt, & R. R. Ernst, *Chem. Phys. Lett.*, **100**(1983), 119.
- [14] Y. Huang et al., *J. Amer. Chem. Soc.*, **103**(1981), 5327.
- [15] S. Macura et al., *J. Magn. Res.*, **43**(1981), 259.
- [16] R. R. Ernst et al., *Principle of NMR in One and Two Dimensions*, Oxford Science Publication, (1987).
- [17] A. Wokaun and R. R. Ernst, *Chem. Phys. Lett.*, **52**(1977), 407.
- [18] S. Vega et al., *Phys. Rev. Lett.*, **37**(1976), 43.

第六届全国凝聚态理论和统计物理会议简讯

第六届全国凝聚态理论和统计物理学术会议于 1991 年 10 月 29 日至 11 月 2 日在北京清华大学召开。会议由中国科学院半导体研究所和清华大学应用物理系承办。来自全国 57 所高校及研究单位的 144 名代表出席了会议,并提交了 18 篇综述报告和 108 篇分组报告。中国物理学会特地向会议发来了贺信。

与会代表普遍认为,本届会议所邀请的综述报告非常精彩(部分报告将在《物理》杂志上陆续发表)。有关高温超导的四个综述报告分别就机理、物理实验、材料及理论模型等诸方面的最新进展作了深入浅出的讲解,不仅使从事超导研究的同志得益非浅,也使其他领域的工作者开阔了眼界。关于输运理论、一维有机固体、液晶生物膜理论、Mobius 反演公式在物理中的应用等报告反映了我国物理学家近年来开创性的理论贡献。一些热点问题,如 C₆₀、半导体量子点接触结构中的库仑阻塞现象、分数量子霍尔效应的光谱等,引起了大家广泛兴趣。有关分形、一维孤子系统统计力学的报告使与会者了解到该领域的最新发展。这次会议特

地邀请一些实验物理学家就 STM、准晶、光学超晶格与声学超晶格、离子束混合与相变等问题向理论物理工作者作介绍,力求使理论研究更好地与实验相结合,收到了较好的效果。

分组报告中也有许多优秀的理论研究成果,其分布之广几乎涉及凝聚态理论和统计物理的各个领域。最集中的领域是强关联系统与低维结构。

经过几代人的努力,我国在凝聚态理论与统计物理研究有了长足进步,但整体上与国际先进水平相比,差距仍然明显。从本届会议所反映出的人才断层(30—50 岁代表只占 22%)与经费困难(部分同志因经费问题无法赴会)来看,如果不加强对凝聚态物理这一与高技术紧密联系的基础学科的支持,前景未容乐观。

会议决定,第七届全国凝聚态理论和统计物理会议将在 1993 年由科技大学承办,而第八届会议将在 1995 年由华中理工大学承办。

(中国科学院半导体研究所 朱邦芬)