

纪念马大猷先生诞辰 100 周年

缅怀声学一代宗师马大猷院士 (1915—2012)*

王季卿

(同济大学声学研究所 上海 200092)

2014 年 12 月 18 日收到

我国声学界一代宗师马大猷院士离开我们已一年多了。值此台湾声学学会 26 届年会暨第六届两岸三地声学交流会之良机, 请允许我在此报告有关马大猷先贤的杰出事迹, 共同纪念我国现代声学奠基人和开拓者。颂扬他在学术上的卓越贡献, 追随他的治学之道, 激励后学们奋发前进。他为发展我国科学事业呕心沥血。他为加强基础研究, 走自主创新道路大声疾呼。其忧国忧民之心, 难能可贵, 令人钦佩不已。

今年 6 月, 21 届国际声学大会 ICA 在加拿大 Montreal 市召开, 出席人数超过 1700 的大型学术活动。会议安排了“纪念马大猷声学贡献和生平事迹”专题报告会。12 位来自世界各地的著名声学家作了报告, 历时 4 个多小时, 盛况热烈。马大猷同窗挚友、99 岁高龄的 Leo Beranek 博士在报告中, 出示了马大猷自 1940 年返国后给他的数十封亲笔信件, 弥足珍贵。两位声学界巨擘一世深情, 溢于言表(编者注: 见《声学学报》2014 年第 2 期 289—293)。忆 38 届国际噪声控制会议(inter-noise 2008)上, 也曾举行过“纪念马大猷 70 年来声学和噪声控制工程伟大成就”专题报告会, 共有 9 个报告。那时马先生已在失忆重病之中而未能出席。当他在病榻上读到 Beranek 的热情洋溢贺词时尤能有所反应, 向家人诉说些许当年在哈佛情景。如今马先生已离开了我们, 国内声学界同仁有机会相聚台北, 缅怀他为国争光所作出的许多杰作贡献, 以传后世。

一、求学时代, 才华横溢、崭露头角

1936 年马大猷先生自北京大学物理系毕业后, 考取了当年清华留美奖学金(电声学方向)。按当时规定需在国内先作一年学术准备。于是他认真地自学相关书籍, 还把当时创刊不久(1929 年)的美国声学学报通读一遍, 以了解声学学科的前沿动态。由于战乱原因, 使他迟至 1937 年 12 月底才到达美国洛杉矶加州大学, 师从 V.O.Knudsen 教授。半年后因导师赴欧作学术休假, 于是他在秋季转学哈佛大学。马先生赴美半年余, 即在美国声学学会的 1938 年秋季年会上, 宣读了关于简化室内声学简正频率分布计算方法的论文, 并于次年美国声学学报上发表(J. Acoust. Soc. Am., 10, 235—238 (1939))。从此被认为波动声学的公式, 后来亦经 Morse 所证实。此公式迄今仍保留在声学教科书中。是他一到美国, 初露锋芒。

他提出的室内声学简正频率分布计算式如下: 在一容积 V 房间内, 频率小于 f 的各类简正波数目 N_c 为:

$$N_c = \frac{4\pi V f^3}{3c^3} + \frac{\pi S f^2}{4c^2} + \frac{L f}{8c}, \quad (1)$$

式中, c 为声速, S 为室内总表面积, L 为室内三向边长之和。此事之源起说来亦有一段趣闻。他到 UCLA 初读研究生时的课余切磋中, 得知同学 Bolt 在准备博士论文中提出矩形室内简正频率数目的公式, 大家对此认为是突出的成就, 马大猷也很欣赏他的工作, 但隐隐中感到可予以简化。灵机一动于次日提出了公式简单, 物理概念清楚, 但更好使用的方法。也得到了 Bolt 的赞赏。这说明青年的马大猷时时敏于思考, 又具备扎实的理论基础, 可见他日后的成就并非偶然。

1939 年马大猷还在哈佛研究生阶段, 又在美国声学学会的春季年会上与 Hunt 导师、Beranek 同学三人联署, 发表了在建筑声学发展史上具有里程碑式的著名论文《矩形房间中的声衰变分析》(J. Acoust. Soc.

* 本文为 2013 年 11 月 14 日台湾声学学会第 26 届年会特邀大会报告的详细摘要。报告时还展示了一些历史性珍贵图片。

Am., 11, 80—94 (1939))。文中利用受房间壁面声阻抗影响的阻尼声波简正振动方式的声衰变, 提出了房间混响的新分析方法。

马大猷的博士论文发展了已有成果, 使其应用于矩形房间中非均匀声学边界的情况, 更接近实际。

这些成就使他当之无愧地成为室内声学中简正波理论的奠基者之一。他入学二年便获硕士和博士学位, 在哈佛历史上十分少见。1943 年美国声学学会因其声学贡献, 当选为 Fellow(会士)。2012 年 5 月美国声学学会又授予他荣誉会士称号, 是该学会史上继爱迪生之后第 19 位获此殊荣, 那是后话了。

二、为开拓和发展我国声学事业, 贡献至巨

马先生获博士学位后, 谢绝了挽留他在美继续研究的机会, 他急于报效祖国, 在 1940 年秋即赶返国难深重的抗战大后方昆明, 投入西南联大的教学工作。1942 年升任教授, 成为当时西南联大最年轻的教授。抗战胜利后, 北京大学回到北平复校。1946 年他创办了北大的工学院, 并由胡适校长聘他为首任院长, 时年 31 岁。从他 40 年代起与 Beranek 的数十封通信中, 可见其当年教学和行政事务繁重。加以国家在动荡之中, 开展科学研究非常艰难。但他没有放松对声学研究的孜孜以求, 仍然发表了一些声学论文。

1950 年代中期, 他提出离开哈尔滨工业大学教务长职务, 以摆脱长期繁重的行政事务, 向科学事业“归队”。1955 年在他 40 岁时当选中国科学院第一批学部委员 (后改称院士), 成为当时技术科学部最年轻的二位委员之一。次年他参加中央召开制定国家 12 年科学远景规划会议。经他建议, 把声学列为一个独立分支学科出现在规划体系中, 从而有利于声学事业的发展。随后, 他着手努力创办声学研究基地 (例如建立了国内最完备的消声室、混响室、大型水槽等多项声学实验室设施), 开拓各个声学分支学科的建立。例如受国家委托主持万人大会堂声学设计, 并开展相关音质研究; 从语音分析、识别和编码研究为我国语言声学和人机对话打下基础; 结合核爆探测任务开展次声学研究; 火箭噪声引发的声疲劳问题, 于是开展了 160 dB 以上高声强研究等等。有些内容在当时国际声学界亦属前沿性的。在工作中还培养了大批青年研究人员。当事业刚显露发展良好势头时, 却不时受到政治运动冲击和干扰。乃至“十年浩劫”文革中, 声学研究和其它许多科学同样受到“被取消”的厄运, 中科院声学研究所停办, 人员被遣散。

在“文革”后期, 马先生年近花甲, 乘政治运动稍有缓解之机, 他与几位志同道合的研究人员自发组成科研小组, 在艰难条件下努力钻研, 取得了丰硕的成果。著名于声学界的微穿孔吸声理论和应用是其中的一项, 其首篇论文发表于 1975 年初的《中国科学》。而该文在 1973 年全国声学会议上提出报告后不久, 即因马先生发起和主持该会议而受到政治上再次攻击和批判。那个时代所出现的种种困境和迫害, 也许当今大家难以理解和想象。但他作为一位忠于科学事业的学者, 仍然不屈不挠地工作着, 并获得卓著成果。例如在“半地下”处境中, 与同事沈壕一起完成百万字《声学手册》巨著, 文革结束不久即得以出版问世。该手册于 2004 年又修订再版, 印数逾万册。

文革之后, 迎来了科学春天, 马先生的大量研究成果和论文是在他 60 岁后进行的。他不仅对原有研究项目继续深入, 如微穿孔吸声理论、实验和开发 (以后 20 年中, 络绎发表后续研究论文约 20 篇之多), 小孔喷注噪声原理和控制技术、语音出现率统计分布等等方面, 还开拓了许多新研究领域: 如非线性声学、有源噪声控制等等, 均取得令人瞩目的成就。在此, 以他在“房间内混响声场有源控制”研究成果为例, 作一简介如下。

上世纪中期开始, 有源控制噪声技术 (ANC) 利用次级声源发出反声 (反相信号), 以降低噪声已取得很大进展, 但往往限于局部空间较小范围, 其频率范围亦有限。如用于室内空间则会遇到困难, 因为室内声场系由直达声和大量简正波组成, 分布十分复杂, 在一小范围内可以控制, 在全室内控制过去还未见成效。马先生则以他在室内声学的专长与物理思维的敏锐性, 在三维封闭空间声场简正方式有源控制方面取得了突破性进展。他提出在室内将传声器和次级控制扬声器装在室内同一角上 (见图 1), 距离墙面小于 $1/4$ 波长 (拟加控制的最短波长即可)。在此范围内, 位置不同并不影响相位关系。于是根据他所提出的估算混响场在该简正模式 n 下可能达到的最大降噪量 NR_n 为:

$$NR_n = \lim \left| \frac{p_n(r|r_0)}{p_n(r)} \right|^2 = 1 + K_n^2 + 2K_n \left(\frac{w_n d}{c} \right), \quad (2)$$

式中, K_n 为 n 阶简正模式的衰变常数, 它主要取决于室内吸收和频率, d 为次声源和纠错传声器之间距离。并经实验证明, 该系统下的总噪声级可降低 8 dB 左右, 且因很多峰值可降低高达 10~15 dB(见图 1 右曲线对比图)。因噪声频谱变得较平, 于是噪声降低量变化在主观感觉上有明显效果。该项置于墙角的 ANC 有源噪声控制系统是基于简正波抑制原理考虑的, 故而对抑制低频噪声很有效, 且其适用范围与房间形状、大小及频带无关, 因而有广阔发展前景。

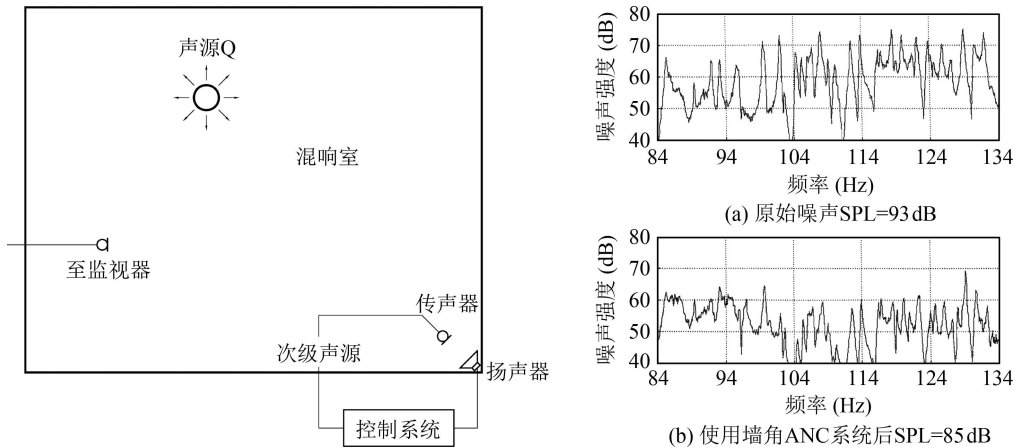


图 1 室内有源噪声控制系统 ANC 系统简图 (左) 及实验结果 (右)

马先生对于处理室内声场种种问题, 无不以其深厚物理学基础和敏锐的物理学观点来考察。另一个突出的例子是: Morse 是 20 世纪上半叶最伟大理论声学之一。是他在声学中引入简正波理论, 使现代声学进入严肃应用科学的范畴, 影响巨大。他的名著《Vibration and Sound》(Mc Graw-Hill, 1936, 1948, ASA 1981)(中译本《振动和声》科学出版社 1961) 的第八章中, 马先生对其论述室内受迫振动一节感到颇有问题。书中求得室内声场的简正波解, 其中只有简正波 (相当于混响声) 而缺乏直达声。有直达声是一般常识, 但在该书 1936 版中竟可用精确科学方法证明直达声不存在, 岂非荒唐。然而除作者坚持外, 一股也提不出理论上的问题。几十年来, 成为疑案。马先生对此一直十分关注。终于在 2004 年《声学学报》29 卷第 1 期上著文“只有数学, 缺少物理—莫尔斯室内受迫振动的理论”, 指出: 从经典室内声场简正波理论得出只有混响声而无直达声显见是错误的。然而该理论本身完全符合传统的分散系统处理方法, 又被认为不能有错。马先生论文中指出结果的错误不在数学处理, 而在物理见解, 在于数学处理开始时对声源的假设。马先生提出双声源理论, 实现于波动方程中, 解之, 乃得到正确的结果, 符合实验与常识。于是他在文中语重心长地指出: 这个问题说明在科学研究中数学处理和实验虽重要, 但物理分析是绝对必要的。

在他晚年, 结合自己历年多方面研究成果, 编写《现代声学理论基础》一书, 这本具有“一生学术生涯结晶”的力作, 于 2004 年出版, 影响深远。时年八十有九。在 2013 ICA 的纪念马大猷专题报告会介绍该书时, 国外声学界人士还殷切地期望该书能早日有英文版问世。他除了出版许多专著之外, 还重视科学普及著作, 以深入浅出方式向大众传播声学知识。

马先生的声学研究成果, 取得了许多世界水平的成果。下面介绍一件轶事, 说明马先生的成就影响之大。1993 年耗资约二亿马克的德国波恩国会大厦刚建成, 其圆形玻璃墙围起的会议大厅, 因声学问题使议员大会开幕首次使用时, 声聚焦使扩声系统处于啸叫状态, 会议无法进行, 全国转播亦因此中断, 形成骇然大波。而主持设计的建筑师在改建考虑中, 又坚持玻璃圆墙的透明性必须保留, 落下建声处理上难题, 一时无法解决。当时在德国工作的中国科技人员查雪琴等, 想到马先生所开创的微穿孔吸声理论, 提出了用激光技术加工的毫米级以下微穿孔吸声有机玻璃板, 达到了既吸声又透明的效果。一场技术难题, 迎刃而解。德国媒体为此惊呼: 高科技德国的难题, 被中国科学家征服了! 于是微穿孔吸声材料在德国迅速发展, 成为无纤维化吸声产业而兴旺起来。1997 年, 德国 Fraunhofer 协会 (相当于国家级研究院, 下属数十个全国性技术研究所) 颁发给马先生金质奖章, 以表彰他建立宽频带微穿孔吸声板设计理论的成就。Fraunhofer 协会下属建筑物理研究所 IBP 为了表彰马先生在无纤维化吸声材料方面创造性成就, 授予他 ALFA 大奖。

使马先生感到遗憾的是, 他的微穿孔吸声虽在国内和国外赢得很高赞誉, 但是他念念不忘, 在微穿孔吸

声材料的原生地中国如何成为产业化，直接为祖国建设事业作出更大贡献。2000 年马先生专为此事召我去京，共商如何联合产业部门深入开发，以形成系列化产品，推广应用。他还设想和起草了一些发展方面的文件。可是由于国内生产体制上落后，观念上的“小农思维”局限性，加上国内生产企业眼中只有订单，所谓共同研发 (R&D) 既不感兴趣，也根本没有这方面的进取概念。马先生对此非常感叹地对我说：我们都老了，已没有精力去做类似德国接手创办原始于中国的“微穿孔吸声工业化”事业。其实，他的苦闷在国内各行各业普遍存在。

马先生为组织和领导我国声学事业还作出了非凡贡献。他创办和主编了中、英文版《声学学报》和《Chinese Journal of Acoustics》历时半个多世纪，亲自参加大量审稿工作，从严把关，使刊物达到我国声学界最高学术水平，并成为国际交流的重要窗口。1980 年他主持和创办的全国声学标准化委员会，亲自主持每年举行的全会，从未缺席。他带动委员们认真审议各项标准。如今已完成并公布 160 余项国家声学标准，大多与国际标准 ISO 接轨。他以严肃认真态度，领导主持多次全国性学术性会议。尤以举办两次国际性大型声学会议 (inter-noise 1987 和 14th ICA 1992)，付出辛勤劳动，亦博得国际声学界好评。上述种种，无不体现了马先生对学术交流的重视，和卓越的组织工作才华。

三、忧国忧民从“马大猷之问”到大声呼吁加强基础研究和提倡科学创新

马先生除了在声学领域本职工作上作出巨大贡献外，他关心祖国整个科学事业的发展也不遗余力。忧国忧民，拳拳之心，令人敬佩。例如 1962 年广州全国科学工作会议上，他向中央领导提出“知识份子头上的资产阶级帽子”的质疑。会上得到中央首长的肯定答复，当众宣布为广大知识分子“脱帽加冕”，即脱掉资产阶级知识分子的帽子，加入工人阶级行列。此事引发全国知识界的极大轰动。不幸数月后被中央最高领导人所否定。更不幸的是在文革中，马先生为此受到严酷迫害。幸而“文革”结束之后，不仅还了他个人清白，也使千万知识界人士奋发起来，出现了科学事业的春天。被称为“马大猷之问”一事，传诵至今，亦显示他的有识与有胆。

上世纪八九十年代以来，社会上有只重视“短、平、快”科研项目的倾向，暴露出科学技术上后劲不足的弊病，难以走上科技强国之路。马先生高瞻远瞩，便不断在报刊杂志上著文，大声疾呼，加强基础研究的重要性，走自主创新的道路。他反复告诫他的研究生们，科学研究只存在第一，要敢于为先。他在报刊发表许多文章，有时几乎每月一篇。诸如：《以科学方法领导科学事业》(群言，2000 年 9 月号)，《了解和支持基础研究工作》(中国科学院院刊第 2 期，1991 年)，《国家实力源于基础研究》(人民日报海外版 2005 年 10 月 19 日)，《基础研究探源》(科学时报 2005 年 8 月 16 日)《抓基础研究是根本》(光明日报 2005 年 8 月 16 日)《了解和支持基础研究工作》(中国科学院院刊第 2 期，1991 年)等数十篇文章出现在报端。他列举大量事实和数据来说明发展科学事业的历史经验，以及当时的国际最新动态。并呼吁发挥科技人员的潜力，大力提高科学研究水平，为此献计献策，不遗余力。例如他曾就科学研究尤其是基础研究，提出了几点具体建议(见《人民日报海外版》2005 年 8 月 19 日)：(1) 鼓励创新，提出新问题，深入思考，大胆设想；(2) 要鼓励自由探索，鼓励讨论和学术交流；(3) 同行评议可聘请三五位资历较高的同行科学家进行，不开会，书面评议，完全以业绩为主，绝对保密。他还上书中央，冀求决策层给予更多关注。马老不愧为当代一位伟大的爱国科学家和教育家。

致谢：本报告中引用了一些由中科院声学研究所吕亚东博士、徐欣女士、声学学报编辑部籍顺心副主编等提供的图片，以及美国 Beranek 博士和向宁博士等提供的资料。