

现代音乐声学

——一门显示音乐与物理的联系及当代科学、
文化发展特点的交叉学科

龚 镇 雄

(北京大学物理系 100871)

现代音乐声学是由传统的音乐声学发展而来的。传统的音乐声学主要是乐器声学。本文从科学与艺术结合的角度来阐述。

一、当代科学、文化发展的特点

除了各门学科本身的不断发展、深化、提高、扩展以外,当前的科学、文化发展有以下三个显著的特点:

一是各种学科的交叉渗透达到了一个新的阶段。如果说两门自然科学之间的交叉,如生物物理、地球化学等可称之为第一类交叉学科,自然科学向社会科学的渗透,如数理统计用于经济学、社会学等可称之为第二类交叉学科,而进入本世纪六七十年代以后,则是自然科学、技术科学、人文、社会科学包括艺术和哲学等各种门类的学科的交汇和融合,这是第三类交叉学科。当前,无数交叉性的新学科如雨后春笋般出现,已经分不清楚是属于哪种科学的门类了。越来越多的跨不同门类学科的专家在一起合作,并且出现了不少兼通两种或多种学科的专家学者。

当代科学发展的第二个特点是主体与客体的统一,而这种统一是以人为中心的。本来,不论是科学、技术以至全部文化艺术,都是人类所造,为人类所用的。随着人类社会生产力水平的迅速提高和精神文明的不断进步,人们已有更多的时间和能力,在满足不断提高的物质生活的同时,接受更好的教育,从事精神文明的创造,获得艺术享受。人们越来越清楚地看到自身的价值。“人是世界上最复杂的真理的结晶”(马克思)。

当代科学文化发展的第三个特点是计算机

渗入所有的学科领域。

二、现代音乐声学的学科基础及学科内容

音乐声学研究音乐声的产生、传播、接收,它的性质以及与其他物质的相互作用。传统的音乐声学较多的研究乐器的发声机制及其与声音质量的关系。随着音乐声范围的扩展,计算机的普及,高新技术的发展,以及有关音乐的研究工作的发展,现代音乐声学已成为一门包括有音乐的物理构成、音律学、乐器声学、歌唱发声的生理和物理规律、音乐电声、室内音乐声、音乐听感的主观评价及其客观基础、音乐声的测量、计算机音乐等内容的新兴学科。这个认识同国际同行是一致的。它是一门跨物理学、数学、音乐、生理学、心理学、电子学技术、计算机技术及美学等,包括自然科学、技术科学、艺术、哲学等不同门类学科在内的交叉科学。它正处于不同门类学科、主客体的交汇点上,突出体现了现代科学和文化发展的三个特点。

当代音乐声学的基础学科、分支内容及其一批周边学科,如音乐史、物理学史、民族民间音乐、音乐美学、音乐表演艺术、音乐治疗学、材料学、测量和统计方法等,如图1所示。

三、现代音乐声学一些主要方面的内容概要

音乐声学 研究音乐声学,有必要把音乐声的概念重新界定一下。根据听觉的科学发展至今,也从日本学者和我们自己的实验证明,20kHz以上的谐波对音色是有明显影响的。因此,应该认为音乐声包括三个部分:一是传统的乐音,即在物理上振动是周期性的,频谱是分列的,主观听感上有一定音高的;二是在音乐中出

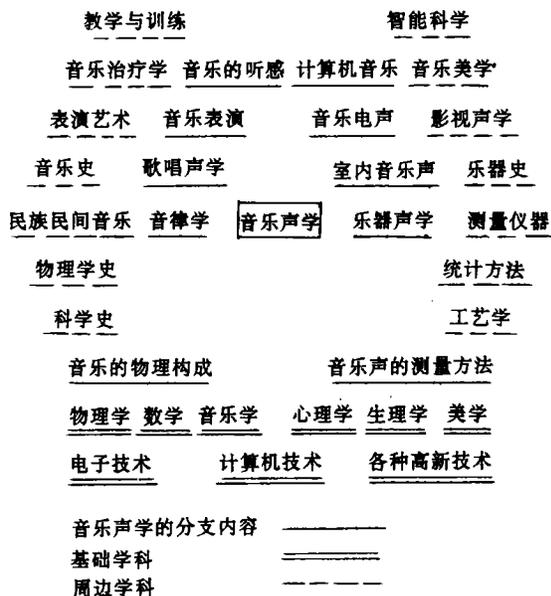


图1 音乐声学的基础学科、分支内容及周边学科
 现的,没有一定音高的、振动是非周期的、频谱是连续的,如锣、鼓等打击乐器声或一些合成效果声等“噪声”;三是一部分对听感有影响的“超声”。

音乐的物理构成 音乐构成的基础是物理构成,音乐是一种声波,其物理要素是频率、强度和时值,相应的是:音乐声的音高、响度、时值和音色四个主观量(要素)及其在空间和时间上的组合和运动。音高的距离就是音程,音高的排列构成调式,音高的叠合构成和弦,音高与时值构成旋律,响度与时值构成拍子或节奏,和弦的连接、配器、合唱、合奏等也无非是这些要素在时间、空间中的运动。音色、旋律、调式、节奏、拍子、和弦、速度、力度、曲式及表演的不同,构成了不同风格的音乐,这些已经不是简单的要素的叠加,而已经升华到艺术和美的境界。加上人的心理对音乐的感受,我们讨论了音乐的旋律美、节奏美、和声美、动态美、整体美等,形成了客观的和主观的音乐世界。

音律学 音律学研究各种律制(如十二平均律,五度相生律和纯律等)的生律方法,以及音律学研究的理论和实践意义。从物理上阐明音律学的基本问题是非常简单明了的。

乐器声学 乐器声学研究乐器的发声理论

以及它们的材料、结构、工艺和演奏四个要素与发声质量的关系。乐器的发声理论包括:各种乐器按发声的物理机制分类,弦乐器、管乐器、簧振乐器、膜板振动乐器以及各种民族民间乐器的发声原理、振动模态和声波在乐器中的形成、传播和辐射等问题。乐器的材料性能、结构形状和设计、工艺过程以及演奏都会影响它们的声学性质,因此会影响其发声的质量。测量问题是与乐器的声学性质联系在一起的,包括采用了激光全息、电子成像、不接触传感器、计算机实时采样。

歌唱的声学 歌唱的声学研究人的唱歌的发声原理,包括各音域、声部、真声及假声等。研究发声的生理机制,如何进行科学的训练,对于公认的著名歌唱家的优美的歌声进行分析,找出其声学特点进行模仿,以及各种特殊的唱歌技巧的物理模式等。嗓音的保护也在歌唱声学的范围之内。

音乐电声 在音乐电声方面,要研究声源,电声信号的传播、加工和电声的接收放送。电声源问题,包括声接收器即各种话筒的性质、使用,录音技术和磁带、电唱机、CD 唱片以及广播电视接收等。从音乐信号变成电信号以后,就有传播,传播过程中的加工,如降噪、人工混响、人工延时、频响调整即分段滤波、增益,以至选择放大、功率放大等。最后,是从电声信号变成机械波信号被人耳收听的问题,即扬声器、耳机等。卡拉OK 是一种实际应用。

计算机音乐 计算机音乐也可以算是音乐声学的的一个分支,我们把凡是使用数字技术及cpu(中央处理单元),或是利用计算机所做的有关音乐的工作和活动,都包括在计算机音乐的范围里。总体说来,现时计算机音乐的内容有以下几个方面:①音乐的数字合成、数字编码、数字控制及数字演奏,如音乐声包括效果声的数字合成;音乐的数字录音,CD、DAT 和DCC 都属于这类;声音的数字控制,音乐喷泉和色彩音乐等音控也可列入此类;乐器的数字接口(MIDI),它是一种用串行方式实时地传输音乐的定时和控制信息的数字编码及硬件接

口、以音乐电脑或音序器为中心的用 MIDI 连接起来的一系列合成器、调音台、效果器等组成的音乐电脑系统有时也被人称作 MIDI 系统,国外通称电子音乐演奏系统。②计算机作曲、辅助作曲、记谱、演奏,如:计算机作曲,包括随机作曲,按一定作曲规则进行工作的逻辑作曲,以及我们向往的未来可能取代一部分作曲家灵感的智能化作曲;计算机辅助作曲。现时称作计算机作曲系统或软件都属辅助作曲的范围,包括把音乐输入、修改、显示、储存、重放或打印出五线谱或简谱的乐谱来,还包括利用音乐“元素”写出具有一定风格、曲式的背景音乐和进行自动伴奏、配器等;计算机记谱、读谱,机械手演奏。③用计算机做音乐的分析、研究,如:音乐的作品分析。可以有音程分析、调式分析、节奏分析、模式识别、动态分析等。用计算机作音乐的理论研究;用计算机作音乐的实验研究和探索。包括用计算机进行各种谱分析,包络分析,波形分析,瞬态分析,制作二维、三维声图等;可以用音乐工作站代替许多仪器。长时间的功率谱(f 谱包括 $1/f$ 谱)也属此项;计算声学。④计算机音乐教学。利用计算机的图象、文字、谱表、动画、发声并举以及人机对话的特点,可以大大促进音乐教育的普及,提高国民的音乐素质。⑤计算机音乐作品。指用计算机特有的音乐语言或表现手法创作的音乐作品。由于利用了计算机,可以做到有无比丰富的音色,任意变化的节奏,按程序交换交叠的序列,极细分的微分音,非常快速的旋律进行,无限长的长音,随心移动的声像,令人“耳花缭乱”的装饰音等等,这些都是常规乐器所不能达到的。多媒体及 DVD 的发展也是上述一些内容的综合和应用。

室内音乐声 包括音乐厅、歌剧院以及汽车、居室等场地内的声场分布,混响效果,声源位置、居室形状、反射及吸声条件对声学效果的影响等。

音乐的主观听感 研究人耳对音乐声的接收阈值,如音高、声强、音高差、声强差、音高建立时间、声的延时、声的掩蔽等。这些都是与音

高(频率),响度(声强),时值(时间),音色,接收者不同的文化音乐水平、年龄、性别、地区、民族及收听环境等有关的。对于音色的描述、区分以及不同听感的客观基础,也是目前人们不断探索的问题。另外,对于音乐的主观评价方法也属此列。音乐对脑电波的影响也是目前被关注的。

四、发展现代音乐声学这门学科的意义

音乐声学这门学科同我们每个人的日常生活有着非常密切的联系,了解了这方面的知识,可以更有利于我们理解音乐,学习音乐,使用音响设备,参与音乐活动,享受音乐带给我们的喜悦,提高我们整个民族的音乐鉴赏力和文化素质。

研究音乐声学,对于发展音乐有很大的理论和实际意义。真正弄清楚乐器和唱歌发声的本质和过程,远非目前简单的声学理论可以说明的。我国人民对于音乐听感的一些基础资料还是基本空白。研究音乐声学还有利于乐器的改进,电声设备及电子合成器的提高、改型,更加科学地训练歌唱,制订更加合理的乐器标准、歌舞厅声学规范、调律规程等,这也将带来很大的经济效益;研究音乐声学,对于探索科学与艺术关系的规律来说也是一个很重要的接合点。

我国早在数十年前,就有有关音乐声学的研究,主要是围绕乐器声学和中国民族乐器做了些工作。1985年,上海交通大学、上海音乐学院联合建立了计算机音乐研究室。1987年,北京大学物理系建立了音乐声学及计算机音乐研究室,1991年和1992年在李政道先生的倡导和支持下召开了两次全国音乐物理、音乐心理研讨会,成立了全国音乐物理、音乐心理学术联络组,并筹备成立全国音乐声学及计算机音乐学会。李政道先生已把音乐声学列入他负责的“现代物理学若干重大前沿课题”项目予以支持。我国历史悠久,绚烂的民族民间音乐、乐器和地方戏曲为我们的音乐声学研究提供了广阔而丰厚的文化资源。我国在这门学科上是大有可为的。