

# 基于体感技术的京剧声场的数字化构建和再现<sup>\*</sup>

欧 剑 王 妍

**[摘要]** 本文对京剧的程式化展开理论研究,根据京剧的程式化特点研究一种基于体感技术的京剧器乐声场再现技术,此技术能够对京剧声音的节奏、音色、曲牌进行智能化分析,构建出具有语义的京剧声音数据库,并能根据体感传感器采集的动作姿态来再现器乐声场。本文为京剧的文化传播和传承提出一种新型的沉浸式传播方法,能够让人更好地理解京剧的虚拟性和程式化理念,其使用的技术手段也为京剧的大数据研究提供了可能。

**[关键词]** 戏剧程式化 声场再现 文化传承 文化传播

**[中图分类号]** G122 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-0890 (2015) 03-041-06

## 一、背景和意义

在全球化时代背景下,世界各国的交流范围日益宽泛,不仅仅在政治、经济、科技、国防等领域,就连体现一个国家民族凝聚力和创造力的传统文化,也越来越成为国家间综合国力竞争时不可或缺的因素<sup>①</sup>。我国虽是有着五千年文化的文明古国,但随着社会的不断发展,越来越多的“舶来品”进入大众的生活,国人对本国传统文化的关注度日渐降低,快速的生活节奏带来了不同以往的消费方式和休闲方式,这些“因时制宜”出现的现象和因素正在威胁着我国传统文化——京剧的生存和发展。曾在一份大众对京剧发展情况看法的调查中显示,仅有 1.49% 的人对京剧十分了解,愿意去剧场看京剧表演的人,仅占调查总人数的 4.48%,相当一部分人表示对京剧的传承和发扬毫不关心,而 65.67% 的人认为对现今京剧最行之有效的建议是培养青少年对京剧的兴

趣<sup>②</sup>。可见,虽然国家一直在大力扶持我国的京剧文化事业,但事实上,我国在京剧以及京剧器乐方面的人才依然比较欠缺,再加上其本身的需求很“不给力”,也使得此种优秀的文化精品传承显得岌岌可危。

在京剧的文化传播与传承中,最难于表达的理念就是京剧的虚拟性。京剧的虚拟化是对人类日常的行为动作进行模仿,提炼成舞台动作后并进行艺术化加工。观看京剧的时候,观众需要对演员表演进行想象以后才能完成了京剧场景的虚拟化。比如,没有河流,演员却要做出划桨乘船的动作,没有马匹,却要做出骑马驰骋的样子。京剧的虚拟化的同时,又要与京剧的声场结合。京剧演员表演配以乐队伴奏,增加韵律,丰富舞台空间的美感。京剧武戏《三岔口》将无声的动作表演与京剧艺术的虚拟性完美结合到一起。舞台上没有复杂的灯光布景,也没有台词、唱段,要表演出在没有身体接触的情况下将人打倒的动

**[作者简介]** 欧剑 (1981-),男,广东肇庆人,文学硕士,哈尔滨工业大学媒体技术与艺术系高级工程师。王妍 (1965-),女,吉林怀德人,文学博士,哈尔滨工业大学媒体技术与艺术系教授。(黑龙江哈尔滨,150001)

\* 本文系国家社会科学基金项目“运用网络游戏平台传播中国传统文化精品的策略与实证研究”(项目编号:12BXW037)、国家科技支撑计划课题“在线互动媒体制作系统”(项目编号:2012BAH66F02)的阶段性成果。

① Pamment J. *Articulating influence: Toward a research agenda for interpreting the evaluation of soft power, public diplomacy and nation brands*. *Public Relations Review*. 2014, 40 (1): 50-59.

② <http://www.sojump.com/report/1801002.aspx>

③ 高 新:《京剧欣赏》,上海:学林出版社 2006 年版,第 118-121 页。

作场面。实现这种虚拟表演则是通过打击乐器伴奏配合演员的动作表演，渲染戏剧气氛，由观众的想象来完成京剧对人物的身份、情绪、内心活动等的表现<sup>③</sup>。

与京剧比起来，西方戏剧往往是通过实景的舞台，实时的形象表演来向观众讲故事，因此西方戏剧更容易被理解，而京剧观众在观看京剧的时候对京剧的认识仅仅局限于演员形体的表达。本文以戏剧中“以身带景”的理论为基础，使用同样具有虚拟特点的体感游戏技术再现京剧的声场。其核心是设计了一款让体验者参与的京剧游戏，通过体感技术实时采集体验者动作，系统识别人体动作的样式后，结合京剧表演的场景类型，再利用具有语义的京剧声音数据库，合成与动作和场景对应的程式化声音。这样观众体验者就能通过自己身体生成京剧声音，从而更好地理解京剧声场的虚拟化和程式化概念。

本文使用的体感游戏传播技术从本质上来说，是一种“沉浸式”传播技术<sup>①</sup>，即通过观众身临其中的交互体验来达到传播的目的。“沉浸性”是虚拟现实“3I”，（即“Immersion 沉浸性”，“Interaction 交互性”，“Imagine 想象性”）中的最重要特征，与京剧的虚拟性不谋而合。利用体感游戏技术再现京剧声场实际上是使用现代科技来表达中国的传统京剧，也是京剧表演的一种全新的艺术表达方式和传播手段。

## 二、京剧声音数字化的寄出

戏剧的声音理论是“以身带景”，即通过演员程式化的表演来驱动乐师的演奏，演员表演节奏与乐师的音乐节奏同步。要构造一个基于体感的声场生成系统，其关键在于演员的动作和乐师的演奏是否可以被程式化，并且两者之间是否存在特定的映射关系。

### 1. 听觉上的程式化

京剧音乐的程式化主要体现在板式和调式。

板式作为我国京剧音乐的程序化的结果，京

剧音乐板式形态多种多样，且将中国音乐中的“散、快、中、慢”等节律进行了完善。节拍形式与节奏形式为戏曲音乐板式的主要表现形式，板式在本质上体现为节奏节拍的属性，通过不同节奏节拍的变化来表达情感，具有程序性、通用性、开放性的特征，是戏曲音乐的重要音乐语言之一<sup>②</sup>。

京剧的板式种类有很多，如：摇板、二六板、慢板、流水、散板及回龙等。所有板式都是在原板的基础之上而发展演变的。不同的板式所揭示的作品感情也就不相同，若一个京剧作品中的板式较多，那感情也就越丰富。流水板式则是四一拍，有着较强的叙述性，在节奏上较轻快。摇板则较特殊，是一种伴奏较快，演唱较慢的板式，适宜用于表现剧中人物的复杂内心矛盾；散板则是散伴散唱，其节奏则是根据人物的感情需要而定位，较容易表现出激愤的情绪。京剧表演往往会通过应用多种板式，推动整个作品情节的发展<sup>③</sup>。

京剧的调式也具有同样的程式化特点。调式是指由几个音根据它们彼此的关系而联合成一个体系，其中一音作为它们的主音，这些音的总和，称其为调式。“宫、商、角、徵、羽”五个汉族调式都以不同的程度存在于京剧唱腔之中，而在京剧唱腔中的汉族调式又有它的特殊运动、发展规律。在京剧的综合应用中，还存在调式的变化和调性的变化。调式变化主要起色彩上的变化作用。这种手段在京剧唱腔中运用的很多。在京剧的每一段唱腔中都可见到。调性变化主要是起到功能性的变化，也有的是色彩性变化。它改变了调的宫音音高位置。京剧唱腔的调式、调性变化是十分丰富多彩的，而且规律性也非常的强<sup>④</sup>。

### 2. 表演的程式化

京剧表演的程式化完整而严谨，还在于它有一套严格的“四功”“五法”的基本功训练体制。演员基本功不过关就上不了台。演员演出的成功，

① 杭云、苏宝华：《虚拟现实与沉浸式传播的形成》，《现代传播》2007年第6期。

② 马 蕉：《论京剧音乐板式》，《交响》2004年第1期。

③ 程积道：《关于京剧音乐板式的分析》，《戏剧之家》2014年第11期。

④ 李刚、李楠：《关于京剧唱腔的调式探索》，《中国戏曲学院学报》2006年第1期。

基本功的高超起着极其重要的作用<sup>①</sup>。

首先，京剧表演的每一个程式化动作都有着严格的技巧规范。“四功五法”是京剧演员的基本功，每一种功与法都有特定的程式，体现了对表演动作的技巧性和规范化的严格要求。比如生行踢袍这个动作，看似平常，实则体现着演员的基本功。踢得太正，袍子裹脚；踢得过偏，袍不附脚。只有不偏不倚、不高不低、恰到好处，才能使袍角稳落手中，动作方能呈现干净利落、潇洒果断的美感。这是戏曲表演对演员动作的要求，即一定要有严格的技巧规范，体现了戏曲表演程式化的一大特点<sup>②</sup>。

其次，京剧程式具有稳定不变的特性。当演员掌握特定行当的基本功和内在规律时，就能够获得艺术创造的基础表现力。程式为演员刻画某一行当的角色的内心活动和外部行动提供了最基本的条件。其稳定性体现在任何行当的演员，只须出场，举手投足之间，观众即可辨认其大致的性别、年龄、性格和身份来。六十多岁的演员凭借着花旦行的基本功，照样可以在舞台上塑造出十五六岁的丫头。与此相反，凭借着老旦的基本程式和行当技巧，未成年的孩子也可以在舞台上塑造老生和老旦的模样，这正是行当程式稳定性特点的体现<sup>③</sup>。

从对京剧表演和声音的构成进行分析以后，可以看出两者都具有较稳定、易于辨识的、能够分类的特点，而且特定的声音与特定的戏剧表演动作具有稳定的单射或者多射的函数映射关系。如果能够对演员的表演动作进行采集，通过计算机程序进行识别其类型、表演的节奏变化，依据预设的函数映射关系，在器乐数据库中找到合适的声音素材进行合成，就能够再现京剧声音的声场。

### 三、京剧声场数字化构建和再现的方法

本系统主要由以下四个部分组成：1. 京剧器

乐节奏的分析与识别模块；2. 京剧器乐音色的分析与识别模块；3. 京剧器乐曲牌的分析与识别模块；4. 表演动作识别模块。

#### 1. 京剧器乐节奏的分析与识别模块

节奏（Rhythm）指“音乐中交替出现的有规律的强弱、长短现象”。《礼记》中曾对节奏做过如下描述：“乐者，心之动也；声者，乐之象也；文采节奏，声之饰也”。意思是，音乐可以表达一个人真实的内心，声音就是音乐的外在表象，节奏又是声音的组织结构。

而在音乐中，节奏包括节拍和速度两重含义。节拍指拍点的组合，也指音乐有规律的强弱交替变换。因此想要实时地对一段音乐进行信息采集，关键就是要提取该乐曲中的节奏信息，即它的节拍点<sup>④</sup>。

京剧乐器五花八门，不同的乐器在演奏时呈现出不一样的节奏。以在京剧乐队伴奏中节奏最为鲜明的打击乐为例，节奏、拍点都按照一定的韵律有固定的要求，即所谓的“有板有眼”，如表所示。

主要乐器	击奏方式	涉及的其他乐器	名称
大锣	强奏	无或小锣	亢
	轻击	无	空
	强奏	小锣和铙钹	仓
小锣	轻击	小锣和铙钹	顷
	强奏	无	台
	轻击	无	另
铙钹	闷奏	无或铙钹	匣
	强奏	无	七
	闷奏	无或小锣	朴
板	强奏	小锣	采
	强奏	无	扎
	轻击	无	衣
板鼓	右签强奏	无	大
	右签弱奏	无	多
	右签连续轻击两下	无	龙刹

表 1：各种乐器的特点

通过观察得知，虽然每种乐器在演奏时的节奏变幻莫测，但它每小节的节拍是相对稳定的。因此只要掌握了节拍的规律，就可对整段音乐进行识别。为了达到游戏中实时采集的效果，本文将利用计算机程序在音频信号传输的基础上跟踪

① 李刚、李楠：《浅谈戏曲表演的程式化》，《大众文艺》2014年第5期。

② 娄际成：《对京剧程式化表演体系再认识》，《论坛》2012年第6期。

③ 娄际成：《对京剧程式化表演体系再认识》。

④ 涂 红：《中学戏曲教学的研究》，《广东教育（综合版）》2007年第5期。

节拍点的方法完成跟踪节拍点<sup>①</sup>，如图 2 所示。

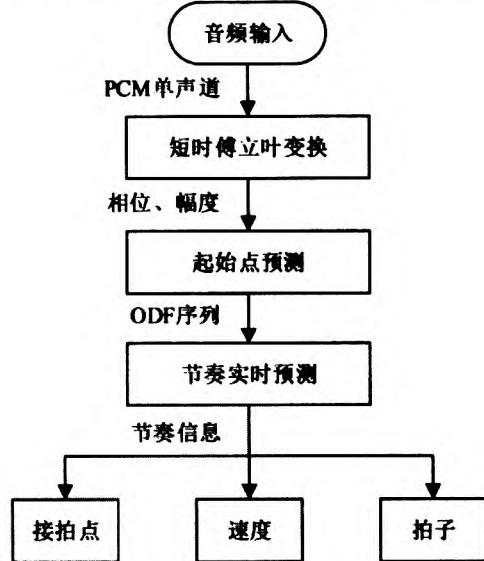


图 1：节奏分析的流程图

如图所述，在声源发出声音后，将声音导入电脑，再经电脑将原来的音频信号转为单声道格式。接着，对音频信号进行分帧处理，之后对每一帧信号做短时傅里叶变换（声音信号在时域和频域间的转换）。这一步为接下来的起始点检测奠定了基础。因为本系统是对已有的音乐信息进行检测，所以选择离线检测（Offline Detection）方法。检测后将 ODF 函数（Onset Detection Function）作为输入，这样就可以预知下一时间段出现的节拍点位置，也就达到了实时跟踪的目的<sup>②</sup>。

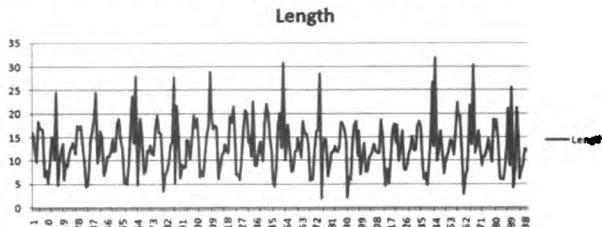


图 2：一个典型的节奏分析

## 2. 京剧器乐音色的分析与识别

音色（Musical quality）是指声音的感觉特性。器乐的音调和响度构成了器乐的音色，每种乐器都有它特有的音色。一出京剧剧目的配乐也是利

用乐器的不同音色相融合形成的旋律，它对于抒发人物感情，烘托情境氛围有着至关重要的作用。

京剧中的“文场四大件”——京胡、京二胡、月琴和小三弦都有各自独特的音色。京胡的琴筒和琴杆都由竹子制作而成，因此这样的结构使得它演奏出的声音刚劲、嘹亮，能够与演员的发声、唱腔完美地加以结合，配合不同剧目的需要。

京二胡和民乐中的二胡有很大区别，前者在音色上较后者更加圆润、浑厚，专供京剧的伴奏。月琴是弹弦乐器中的主奏乐器，依靠手指对弦的弹拨发出清脆悦耳的声音，月琴音域约两个八度，音色清脆柔和。三弦的音色厚实、宏亮，是所有弹弦乐器中音色最尖的。小三弦在京剧界俗称“南弦子”，主要起控制节拍的作用。琵琶基本音色有两个含义：一是指琵琶的造型、材质所造就的独一无二的物理属性；二是指经过演奏者采用弹、挑、勾、抹、泛音等技巧使琵琶发出的声音。

人耳对于乐器音色的辨别是先天具备的能力，而计算机对于音色的识别需要对该乐音的振幅、谐波形状、数量、大小等做判断，如图 3 所示。

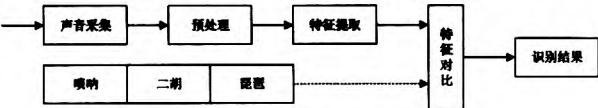


图 3：音色识别原理

正如上图所示，音色识别系统中按照运行过程分为声音采集、预处理、特征提取以及特征对比四部分。其中声音采集通过拾音器直接与电脑声卡相连接，输入声音信号，在此过程中利用傅里叶变换进行频率分析。通过软件进行降噪，提取有效的特征信息，即不同乐器的频率特征，之后将这些信息进行对比，便可识别究竟是何种乐器<sup>③</sup>。

	唢呐	古筝	琵琶	二胡
唢呐	0	0.5843	1.2045	0.6412
古筝	0.5843	0	0.8858	0.5972
琵琶	1.2045	0.8858	0	1.1578
二胡	0.6412	0.5972	1.1578	0

表 2：不同乐器的音色对比

<sup>①</sup> Santiago C B, Oliveira J L, Reis L P. *Autonomous robot dancing synchronized to musical rhythmic stimuli*. 6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 2011.

<sup>②</sup> Chen L. M, Bovbel E, Dashouk M. *Wavelet - Based Feature Extraction for Musical Genre Classification Using Support Vector Machines*, IEEE SITIS, 2005: 90 - 95.

<sup>③</sup> Chen L. M, Bovbel E, Dashouk M. *Wavelet - Based Feature Extraction for Musical Genre Classification Using Support Vector Machines*, IEEE SITIS, 2005: 90 - 95.

### 3. 京剧器乐曲牌的分析与识别

曲牌指京剧中的配曲音乐，是填词、制谱时所用的曲调调名的统称。京剧曲牌多是在昆曲曲牌的基础上，后又借鉴和吸收民间音乐、地方剧种发展形成独具特色的音乐旋律。京剧曲牌形式多样，品类繁多，根据所使用乐器的种类可分为笛子曲牌、唢呐曲牌、海笛曲牌和胡琴曲牌四部分。若按照有无唱词来划分，可以分为“声乐曲牌”和“器乐曲牌”两大类<sup>①</sup>。

据统计，明代沈璟在其所著的《九宫词谱》一书中列举了 685 种曲牌，而在清代搜集到的南北曲曲牌共两千余种。京剧中常用的曲牌也高达百种，如 [小开门]、[万年欢]、[傍妆台]、[东方赞]、[海青歌]、[水底雨]、[金钱花] 等等。

但无论何种曲牌，都有它固定的板式、曲调和适用场合。[小开门] 既属笛子曲牌，也属于胡琴曲牌，旋律流畅、节奏清晰，常用于表现如打扫、更衣、行路或写信时的情境；[万年欢] 曲调优雅，主要演奏乐器为笛子和唢呐，适用于结婚和宴会类场景，来烘托喜庆、欢腾的气氛；[大开门] 则在官员大臣隆重登场时使用，例如《群英会》中周瑜的升帐，《空城计》中诸葛亮的升帐等。

当然，京剧曲牌除渲染气氛外，还有一个重要的作用便是衬托演员的身段表演。如在著名梅派名剧《贵妃醉酒》中，贯穿始终的各种曲牌伴奏，与杨贵妃优美的舞姿相衬，将人物心理刻画得淋漓尽致，无论从视觉画面还是听觉欣赏都使给观众带来美妙的享受，同时也使得该局得到全新的升华<sup>②</sup>。

鉴于京剧曲牌的程式化特征，计算机可通过音色识别对使用不同乐器的曲牌类型做出判断，进而从节奏、拍点上进行跟踪与提取，选择与剧目情感相匹配的曲牌旋律作为背景音乐。

### 4. 基于戏剧音乐特征构建的声音数据库

在对戏剧音乐的节奏、音色、曲牌特性进行分析后，我们就可以通过模式分类的方法，对音乐进行自动分类，并对分类进行自动标注，构建出一个能够通过戏剧音乐特征进行查询的数据库。

这个数据库可以在后面实时声场构建中，通过体感的运动信息确定音乐的种类，并通过音乐的特征快速查找到相关的声音并进行合成。

### 5. 由身体动作驱动生成的增强声场

此模块通过运动捕捉设备捕捉人体的运动信息，并根据之前采集的京剧典型动作库，来确定人体的动作类型，从而确定需要选择的音乐类型。在采集动作的时候，我们采用的是微软公司生产的 Kinect 的深度摄像头，通过使用多个深度摄像头采集场景的深度信息，转化成点云信息并通过计算机视觉的方法将多个深度摄像头进行注册，使得捕捉对象的三维信息被完整扫描。在获得捕捉对象的三维空间信息后，通过对三维点云信息进行簇分类，将捕捉对象的头部、躯干、四肢分别分离出来，并提取捕捉对象的关节点的空间位置信息。当知道捕捉对象的空间位置信息以后，通过角度重建，将捕捉对象的骨骼旋转信息计算出来。对象的骨骼信息被采集以后，我们进行相关的动作识别，并使用此动作来驱动声音合成器，从声音数据库中选取对应的素材，进行数字合成，并生成相应的场景声音。

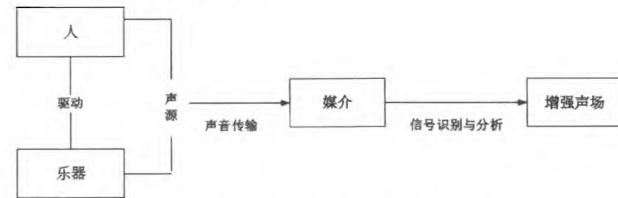


图 4：基于动作驱动的增强声场

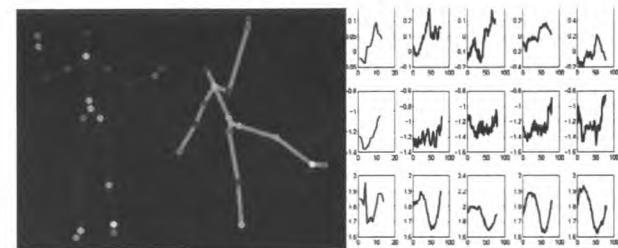


图 5：实时捕捉的动作及由动作生成的声场

## 四、对文化遗产保护传承的几点启示

### 1. 运用文本方法对京剧的视觉元素和听觉元

① 段 蕾：《京剧音乐中的悲情性》，中国音乐学院博士学位论文，2012 年。

② Alex Golub. *Being in the World (of Warcraft): Raiding, Realism, and Knowledge Production in a Massively Multiplayer Online Game*. Anthropological quarterly. 2010 (01): 17.

素进行分析

董德光<sup>①</sup>将京剧表演中的视觉元素、听觉元素视为点、线、面、光、色、方位、音、乐器、音长、音调、音强和音色综合交叉运用的符号，并运用符号语言学的方法对京剧表演的程式化进行了相关的研究。但由于京剧表演中这些符号数量巨大，逐一分析困难，且大部分符号属于底层的符号系统，难以进行更高语义层次的符号学分析。而本论文中所提及的体感捕捉及人体姿态的识别技术，则可以对京剧表演动作进行识别和分类，使得京剧能够以文本符号的研究方法进行研究。Google 视频搜索技术<sup>②</sup>利用逆向文本 (TF - IDF) 分析技术对视频图像的特征进行了文本分析。同样，我们也可以将我们的捕捉的京剧表演动作运用 TF - IDF 进行文本分析。TF - IDF 是一种重要的搜索引擎统计方法，可以评估文本字词对于文件集或语料库中的重要程度。字词的重要性随着它在文件中出现的次数成正比增加，但同时会随着它在语料库中出现的频率成反比下降。TF - IDF 加权的各种形式常被文字搜索引擎应用，作为文件与用户查询之间相关程度的度量或评级。我们可以将表演动作、声音节奏点、韵律视作文本符号，利用 TF - IDF 分析方法来统计某个演员在某个时代在某一京剧表演场景中的动作、声音、韵律的文本特性，既可以为大数据分析准备，也为京剧表演的智能语义分析提供可能。

## 2. 运用大数据的方法对京剧进行研究

在京剧的非物质文化遗产数据采集中，采用的手段包括视频、音频、图片、文字采集，研究工作也主要依赖于研究人员对素材使用一些工具软件进行处理并进行人工分析，研究样本数据通常使用定性分析的方法对京剧进行研究。前面提到的文本分析方法为利用大数据对京剧表演进行大数据研究提供可能。通过体感技术对音乐及演员动作姿态进行识别，对京剧声音的进行特征识别，将动作姿态、声音特征转化为相应的文本符号单元，使用聚类分析的方法，对不同的各种文本符号单元进行分类和相关性分析。此工作可以

完全由计算机自动完成，因此可以对演员表演的整体数据进行大数据的分析，甚至可以依据数据分析的结果建立某种京剧表演的数学模型。

一些科学问题，由于实验数据样本数量较少，难以发现其内在的规律，而大数据的方法可以在海量的数据中，更全面而准确地把握住实验数据的特点及其发展规律。从前面的论述可以知道，京剧表演本身是由海量的表演符号组成，有视觉的也有声音的符号，这些符号的排列组合产生了京剧独特的艺术美。通过人工统计的方法研究这些符号的组合简直是天方夜谭，但是利用大数据的处理方法则可以将其变为现实，可以使我们更科学地去理解京剧艺术。

大数据带来的不仅是技术上的更新，对戏剧研究人员来说，也意味着研究思想上的革新。以前戏剧的研究只能有限地关注某个时间某个地区某个种类的戏剧状态。而在大数据思维下，则可以在更长的时间跨度、更广的空间维度、更多的门类之间去观察不同戏剧类型之间的关系。大数据的观点认为，任何数据都可能拥有关联。举个例子，戏剧的唱腔进行研究的时候，我们可以同时分析多种剧种的海量的声音数据、声音在地理空间分布的数据、不同时期声音变化的数据，找出不同声音的相似性关联性，在地理空间、历史时间上的声音差别与变化，以及地理因素、人文环境变化对戏剧声音发展的影响。

## 3. 交互体验的沉浸式传播技术

本文的意义还在于利用新型的“沉浸式”的技术来传播京剧文化。区别于传统的文字、图片、视频传播技术，“沉浸式”技术利用网络、虚拟现实技术创造一个拟真、可交互的体验环境，让观众利用传感器与虚拟环境进行交互。本论文设计的体感游戏，让参与者用自己的身体动作来重构京剧的声场，这样一来，用户通过“亲身体验”的方式，将化身为京剧的演员，沉浸于京剧场景之中，就能更好体会京剧“以身带景”的精萃了。

[责任编辑] 王霄冰

① 董德光：《戏曲表演程式研究》，中国艺术研究院博士论文，2012 年。

② J. Sivic and A. Zisserman, *Video Google: A Text Retrieval Approach to Object Matching in Videos*, Proc. Int'l Conf. Computer Vision, vol. 2, pp. 1470 – 1477, Oct. 2003.