

◇ 研究报告 ◇

电影音乐节目的电平控制

臧 可[†]

(北京电影学院 北京 100088)

摘要 声音信号的重要计量值为 VU 值和峰值, 它们分别直观反映声音强度及失真情况。为了透彻分析和阐述电影音乐节目制作系统的特性, 该文通过实验的方法, 测量了大量乐器在典型演奏法下的 VU 值和峰值。进而通过实验数据的结果, 做出 P/VU 概率分布曲线。各音乐信号的 P/VU 分布情况决定了系统的电平储备, 掌握此结论非常有助于进行电影音乐节目制作过程中的电平控制。

关键词 电影音乐节目, VU 值, 峰值, P/VU 值, 电平储备

中图法分类号: J919 文献标识码: A 文章编号: 1000-310X(2018)03-0413-06

DOI: 10.11684/j.issn.1000-310X.2018.03.015

The level control of film music recording

ZANG Ke

(Beijing Film Academy, Beijing 100088, China)

Abstract The important values of sound signal are VU and peak, which shows the intensity and the distortion of sound separately. In order to analyze and show the character of film music making system deeply, from experiments, mass of the VU and peak values of instrument in common performance ways are measured. And the chart of P/VU probability distribution is made by the experiment data. The distribution of P/VU values of music signals decides the head room of the system, which is good for level controlling on film music program making.

Key words Film music program, VU value, Peak value, P/VU factor, Head room

2017-07-31 收稿; 2017-12-25 定稿

作者简介: 臧可 (1985-), 男, 北京人, 博士, 研究方向: 音频技术。

[†] 通讯作者 E-mail: 514956891@qq.com

1 引言

电影常被人认同为一种视觉上的享受,但一部有价值、耐人寻味的电影,不仅是视觉的盛宴,更应该是听觉的大餐。当故事情节的发展对观众视觉、情感造成震撼时,音乐也起到深化主题、画龙点睛的作用。电影中的情感千变万化,音乐的处理也因录音师和导演而异,但总的来说,技术上的细节如果处理不好,是很难将感情抒发到位的。因此,艺术创作要建立在一定的技术框架之内,节目制作者才能最大限度地发挥。

电影音乐的制作工艺经历了两个阶段。20世纪50年代呈现以下特点:专业电声设备的有源器件主要为电子管,设备接口使用声频变压器,声音记录介质使用模拟磁带。三者的共同特点是进入非线性区产生的是缓慢增加特性;失真的增加速率相比声音信号强度的增加速率慢,如模拟磁带谐波失真由1%增至3%,声音信号增加2 dB~3 dB。因此设备对声音信号强度的限制像是一个“软顶”。

此时,声音信号的“信”和“噪”基本由模拟磁带质量决定,且节目复制每增加1次,噪声增加3 dB。所以整个工艺流程的关键是信噪比。提高记录电平,将信号的峰尖“用满”,减少复制次数成为当时的主要要求。

进入20世纪70年代,电声设备内几乎全部使用半导体器件。半导体器件的失真为突变增加特性,而谐波失真由1%增至3%时,声音信号的增加远小于1 dB。

再到20世纪90年代,数字记录开始普及,只要保证DSP硬件的bit位数大于数字声音信号的bit位数(至少大于两位),以及码流信号不产生误码,在复制或缩混等节目编辑时噪声积累问题基本上可以忽略,然而声音信号在模数变换与数模变换所产生的非线性畸变是不可避免的。

为获得最小非线性畸变下的最大信噪比,除尽可能提高取样频率(信号时域精度)和提高bit位数(信号量化层精度)以外,关键问题是要充分利用模数变换动态阈值,即控制送入模数变换器的声音信号的峰尖尽量达到模数变换器的“极限”而不“过限”。充分利用模数变换器的“极限”是获得最大信号的前提,如果信号峰尖“过限”,模数变换器会“毫

不客气”地对声信号“削波”产生“硬”失真,并且再没办法加以改正。因此,声信号的峰尖究竟有多高,电声工程中如何测量,为本文所探讨的课题。

直至今日,正确处理声音信号电平仍是一个未能很好解决的重要问题,直接影响到影视、音乐节目制作的质量水平。本论文从最基本的概念出发,立足于实验,以实验数据分析的角度切入主题,讨论正确控制电影音乐电平的思路问题。

2 声音信号的计量值和计量仪表

电影音乐工作者对电平的判断依据主要为计量值和计量仪表。对声音强度计量的实质是对信号瞬时值作某种统计计算。声音信号有5个基本计量值,分别是峰值、方均根值、整流平均值、准峰值和准平均值^[1]。其中,现代电影音乐录音中最常接触的计量值是准平均值和峰值,对应的仪表为VU表和峰值表。作为“过渡”,曾经使用过指示声信号准峰值的“准峰值表”PPM。只不过准峰值表的指示值是信号峰值下降3 dB的数值,再加上PPM是建筑在硬件基础上的器件,面市几年后就被以软件为基础的峰值表取代。

2.1 准平均值

1939年,由贝尔实验室牵头共三个部门联合制定的一种建筑在指针式表头的、以分贝值标示信号准平均值的计量仪表,称作VU表,如图1所示。标准VU表是声信号在300 ms时间计权区间进行全波检波的直流分量,而刻度按稳态简谐信号的有效值确定的无源表。



图1 VU表的刻度

Fig. 1 The scale of volume unit meter

VU表测得的计量值为准平均值,即同平均值的稳态简谐信号的方均根值,数值上等于平均值的1.11倍。虽然一般情况下,人对声音听觉强弱的感

知取决于信号的方均根值而非平均值,且300 ms的时间计权比听觉生理强度的时间计权慢一些,但是大多数音乐信号的准平均值与方均根值比较接近,VU表的指示与听感强度之间有一定的动态对应关系,因此VU表一直被业界公认为信号听感动态强度的良好参考。

2.2 峰值

峰值是声音信号波形在一个时间计权内选取绝对值的最大值。峰值电平表所指示的是声信号的峰值相对于电声系统认定的参考电平的分贝值。由于它基本是跟踪取样量化后的信号包络量化值,因此峰值表实际是一种声信号包络动态电平表。峰值的最大保持时间约2 s,或呈现增值积累特性,特别在声音信号的峰尖有连续两个取样点达到或超过模数变换器的“极限”时,给出“过荷”警告。以上峰值表的措施便于录声导演观察声信号包络的动态。

实验证明相同峰值的不同声音听感强弱可能差异很大。因而,峰值表所指示的信号实时峰值只表明包络的动态,不表明听感强度。但借助峰值表的指示值,可以发现声音信号最高峰尖是否过荷,以及是否用满了系统的可用线性范围。这两点对数字声音系统至关重要,因为数字设备一旦峰尖超过量化极限,就会造成信号非线性畸变,甚至破坏声系统设备;相反,如果线性区利用不足,量化噪声将会使最终的信噪比降低。

如前所述,声信号的VU表、峰值表指示值不过是对不同时间计权下的瞬时值进行不同运算得到的计量值,而“运算”恰恰是数字信号系统的“拿手好戏”,因此可以将每一个声道的这两种计量值以不同颜色显示在同一个“指示表”的光柱上。图2就是这种“两计量值同显表”之一例,此表将0 VU简谐信号电平设置在最高量化值之下的20 dB处,并以0 VU点标示为“0 dB”。

图2显示的是某个声信号的VU值达到表上的0 dB时这两种计量值的指示例。其中最高的绿格代表VU值电平,最高的黄格则是它的峰值电平,此时VU值读数为0 dB,峰值读数为8.4 dB,定义峰值与同计量时间的准平均值的差值为P/VU值,此时该值为8.4 dB。

对于以上两种最常用的计量仪表,VU表不能

直接判断哪些信号失真,而峰值表无法观察听感的动态变化。但是相比之下,听感强度才是电影音乐中的艺术要害所在。

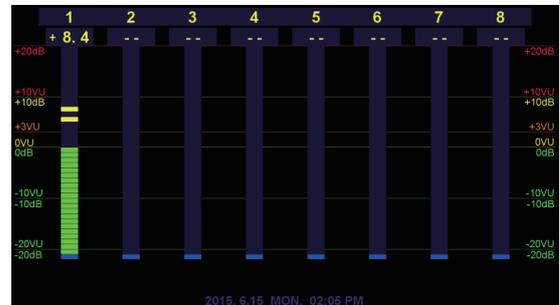


图2 峰值表上3 s内最大VU值为0 VU时的峰值和VU值指示例

Fig. 2 The example of peak and VU values when maximum VU is 0 VU during 3 s

假定我们知道各种乐器的P/VU值的分布情况,就可以通过这些数据和VU表的指示值综合判断:哪些声音信号的峰尖过荷,哪些恰到好处,并尽可能充分利用系统的动态范围。因此本论文设计了一种实验的方法,测量出不同类型乐器信号的P/VU值。

3 电影音乐中不同乐器峰值和VU值的实验

电影音乐以不同乐器各自的丰富表现力呈现出不同类型的音乐元素,突出着音乐主题^[2]。本论文测量并讨论了多种乐器在常规演奏法下的P/VU值及其概率分布,下文以小提琴为例详细说明整个实验的研究过程。

3.1 实验环境

本实验的声音素材来自北京电影学院学生使用特定手法演奏的乐器,录制于声音实验中心的标准声学环境,如图3所示。使用分轨录音的方法分别录制乐队中的钢琴、木管乐、铜管乐、弦乐、打击乐等原始素材,在录音时必须做到所有相关设备对信号无任何处理。使用由标准电声测量仪器组成系统对所录声音素材进行分析:信号由音频工作站输出,通过专业声卡分别输出至示波器、VU表和峰值表,分别测量不同乐器在等VU值下的峰值和等峰值下的VU值。

为了排除环境反射声的影响,较准确记录各种乐器发出声信号的直达声信息,除房间进行必要的强吸声处理以外,也采用较近距离拾声方式。当然,作为一项科学探索,所测量的各种乐器采用的是那些经常使用的而不是价格昂贵的名琴,尽管如此,作者认为,下面的数据仍具有实用意义。



图3 声音实验中心小提琴独奏的录制现场

Fig. 3 A violin solo recording scene from Sound Lab

3.2 实验方法

调节每段音频的电平使VU表的指针在一段时间内最大为0 dB,记录此时峰值表的读数。

反复实验发现,对同一段测试音频选取不同的起始位置和时长会影响测试结果。对比观察VU表和示波器不难发现,每一个单音可以使VU表的指针完成一次摆动,从 $-\infty$ 到最大值再回落;示波器显示一个单音从音头下降到音尾的波形。如对一段小提琴跳弓独奏,取一组时长为1 s的音频,在不同位置测得的结果为8.4 dB、10.8 dB、12.4 dB、7.9 dB、9.0 dB,差别比较大。

分析其原因,是VU表的机械原理决定了积分时间过短不会使指针到达确切位置,与此同时,指针完全下落之前有另一个单音也会影响VU表的正确指示。因此应选取一个足够长的包含完整音头和音尾的单音循环播放(注意VU表应完全回落再进行下一个循环),调节其最大准平均值到0 dB,指针摆动至最右端时,得到对应的最大峰值。

实际测量中,按以上方法对一段小提琴跳弓独奏选取5组等时长的完整单音,测得峰值的结果为10.4 dB、10.7 dB、10.6 dB、10.6 dB、10.8 dB,误差在可接受范围。最终取平均值10.6 dB,因此小提琴跳弓奏法的P/VU值为10.6 dB。

3.3 实验结果

P/VU值能够体现峰值和准平均值的关联,是艺术发挥和技术限制的纽带^[3]。对电影音乐产生一定的影响。

从艺术角度来看,小提琴无疑是电影音乐中的重头戏。在剧情画面中,缠绵的小提琴音乐能以语言和表演无法传达的方式把观众的情感挖掘到最深处。这一点在《花样年华》中得以充分发挥:小提琴乐队的拨弦声有节奏的响起,似是夜的降临,由远及近;又似是主人公匆匆的脚步,由近及远。其中华尔兹和弦乐的整体处理,象征着激情与守旧相冲突的矛盾,以及发乎性情又止乎礼仪的情感挣扎,委婉的小提琴及其优美的旋律,仿佛将我们带到了那个年代。从技术角度来看,上述实验测得小提琴的波形如图4所示,P/VU值为10.6 dB。



(a) 电影片段



(b) 小提琴显示的波形

图4 《花样年华》片段及其代表乐器小提琴在示波器上显示的波形

Fig. 4 The waveform of violin on the oscillator screen, as the representative instrument of "In the Mood for Love" episode

参照以上方法,对其他乐器的特定演奏手法、不同声部独唱等发声源进行类似实验,记录等VU值下的峰值数据。进一步按图5调节测试音频电平使峰值最大为+10 dB,观察并记录不同乐器的VU值数据,整合为表1。

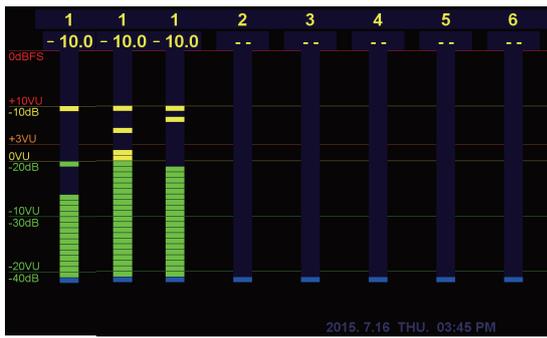


图5 等峰值下不同VU值的实验

Fig. 5 The experiment of different VU values at the same peak value

表1 不同声音源在等VU值下峰值和等峰值下VU值的实验数据

Table 1 The experiment data of different sounds when their VUs or the peaks are the same

素材	奏法	VU值	等VU值的 峰值/dB	等峰值 下VU值	
中文男高音	独唱	0 VU左右	11.3	+10	-2
中文女高音	独唱	0 VU左右	13.8	+10	-4
中文男低音	独唱	0 VU左右	11.1	+10	1
中文女中音	独唱	0 VU左右	10.8	+10	-1
竖琴	拨奏	0 VU左右	6.6	+10	4
短笛	断奏	0 VU左右	7.0	+10	-10
短笛	吹奏	0 VU左右	6.0	+10	-2
圆号	旋律	0 VU左右	9.4	+10	3
小号	旋律	0 VU左右	10.0	+10	-13
长号	旋律	0 VU左右	16.7	+10	-5
大号	旋律	0 VU左右	16.4	+10	-10
钢琴	弹奏	0 VU左右	12.4	+10	-2
吊嗓	敲击	0 VU左右	16	+10	-6
电吉他	拨弦	0 VU左右	12.2	+10	-2
电吉他	失真	0 VU左右	10	+10	0
原声吉他	拨弦	0 VU左右	9.6	+10	0
原声吉他	扫弦	0 VU左右	14.8	+10	-5
小提琴	跳弓	0 VU左右	10.6	+10	-1
大提琴	连弓	0 VU左右	15.2	+10	-7
单簧管	吹奏	0 VU左右	13.0	+10	-6
中提琴	连弓	0 VU左右	9.2	+10	-11
低音提琴	连弓	0 VU左右	8.2	+10	-2
沙锤	打击	-10 VU左右	16	+10	-16
响板	打击	-10 VU左右	20	+10	-20

3.4 实验结果分析

数据统计结果表明,当VU值在0 dB时,P/VU值较高的乐器(如响板),其瞬间峰值可能超过录音设备的上限,造成上文所说的削波。因此录音师面临的是对该信号做一些压缩,通过牺牲节目的信噪比来避免失真。

根据实验数据做出各乐器的P/VU值的概率分布如图6所示。依据这样的结果,我们可以去研究的问题是0 VU应该相对于系统的最大允许峰值降低多少分贝?

SMPTE国际标准规定0 VU应该低于系统允许的最大峰值20 dB。对于实验所统计的乐器,由图6可知,大多的P/VU值集中在12 dB~16 dB,是没有超出20 dB这个范围的,而P/VU值在22 dB以上的几乎很少,因此大多数乐器是不需要做处理的。然而仍有8.3%的信号需要做压限处理,才能不失其声音的艺术性,主要的乐器集中在沙锤、响板。

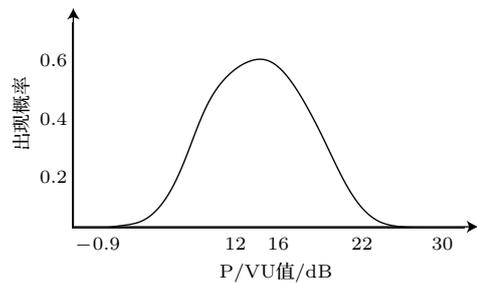


图6 实验测得乐器的P/VU值的概率分布

Fig. 6 The probability of P/VU value of instruments on the experiment

很早之前,就有实验统计过实际声音信号的准峰平比的概率分布,其结果呈现为大多声音信号的准峰平比在2 dB左右,9 dB以上很少,17 dB以上几乎没有。这也是为什么早先国家与国际标准规定系统的headroom为9 dB左右,即P/VU值12 dB。

这种电平的设计思路源于模拟工艺的思想。模拟时代,磁带质量一直是“瓶颈”,为了尽可能降低噪声的影响,只需在监听环节做到将VU表的指针逼近0 VU。这种情况下偶尔产生的失真,只是将声音“变暖”一些,对观众来说是可以接受的。此时,信噪比才是主要矛盾,才会有人们常说的“录音时要将电平用满”。

然而,影视声音制作正在步入全面数字化的时代,除了拾音和重放环节,声音信号可以一直保持在

数字形式。对于数字系统来说,限制的是信号的峰值,主要矛盾变成了信号的细高状正或负峰尖被削产生听感不悦。如果仍旧沿用将电平用满的思想的话,就会出现类似表1的最后两列数据:等峰值下不同VU值的实验结果。

表1中的结果显示,不同乐器峰值在10 dB下得到的VU值,从最小的响板-20 VU到最大的竖琴+4 VU,跨度非常大。这说明,如果以每个乐器的信号峰值都接近上限为标准,使系统动态范围得以充分利用获得尽可能高的信噪比,也就是将数字系统尽量“用满”,音乐的响度会因乐器类型不同产生很大差别,这会导致消费者在家看电视不得不经常调整音量。

但在模拟时代,使用VU表监控声音信号电平,其可读范围只有20 dB,技术限制和质量检查对节目制作者的要求是除节目内容艺术的需要,信号电平尽量逼近0 VU。结果不同内容的节目之间响度差别并不大,也就不会出现消费者看电视经常调整音量的情况。

这便是数字时代不能将电平动态范围用满作为唯一目标的一个重要原因,这个时代需要的是一种全新的电平控制思想。

具体来说,对于沙锤、长号等乐器,P/VU值相对较高,也更容易失真。录制以这类配器为主的节目时,不再适宜将电平“用满”。好比在一条3 m宽的路上开2 m宽的汽车,路的一边靠山,发生意外可补救的几率很大;另一边是悬崖,发生意外可补救的几率很小,司机该如何取舍是值得我们思考的问题。

4 结论

电影音乐的评价主要在于听感。听感的一方面是强度的变化,这是呈现艺术性的主要手段,而信号强度变化和指示准平均值的VU表的指针变化是存

在对对应关系的,因此节目制作者可以通过训练达到听感与观察VU表的一致性;听感的另一方面是失真,峰值表指示的是包络的动态,因此可以依靠峰值表观察信号是否失真。

行业内对声音信号的特性理解是不够的,通过VU表不能直接判断哪些信号失真,而峰值表无法观察听感的动态变化。本论文定义声音信号的P/VU值为峰值与相同计量时间下准平均值的差,并给出了不同乐器的概率分布。P/VU值由信号本身的特性决定,与录音技巧无关^[4]。当制作者拿到一个节目,应首先对整体配器有个把握,进而根据艺术需要设计大体的电平位置。再根据所设电平和各乐器P/VU值的分布情况判断:哪些声音信号的峰尖过荷,需要做压限的信号概率是多少,压缩的比例是多少。

掌握不同声音信号的准平均值和峰值之间的关系,且正确应用在节目制作中,是做好声音节目的关键,也是未来节目交换日益频繁、传输手段多样化趋势下的重要标准。在硬件实现数字化,加工手段数字化、文件化的新时代,录音工作者的思维应更加适应硬件的进步和新的控制电平的思路。

致谢 感谢邱淳老师对声频基础知识的讲解和实验方法的引导。

参 考 文 献

- [1] 管善群. 电声技术基础[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1982.
- [2] EBU R68-2000, Alignment level in digital audio production equipment and in digital audio recorders[S].
- [3] 邱淳. 声音信号的计量与专业电声设备的电平表[J]. 现代电视技术, 2004(4): 50-59.
- [4] National Semiconductor. National application specific analog products databook[M]. Cambridge: OCR Press, 2003.