

陈正生 收稿日期: 2001-07-02

笛律与古代定音乐器制作

内容提要: 中国古代音乐文化发达, 乐器制作精良, 众多乐器都有固定音高。具有固定音高之乐器制作时音高的依据, 乃是黄钟及十二律。

关键词: 钟; 磬; 笙; 竽; 笛; 尺八; 律管

中图分类号: J612.2 **文章标识码:** A

一、我国古代的定音乐器

我国古代的音乐艺术有着辉煌的成就, 据《国语·周语》记载, 公元前8—11世纪的周朝就有了“金、石、土、木、丝、竹、匏、革”的八音分类。这“八音”分为的依据, 乃是八类乐器的发声体: 用铜(金)制作的钟, 用石制作的磬, 用土制作的埙, 用木制作的柷和敔, 以丝弦发声的琴和瑟, 用竹作的箫和笛, 以匏为气室的竽和笙, 以及蒙上皮革的鼓。这些乐器中的金石乐器钟和磬, 吹奏乐器笙、埙、箫、笛, 都是具有比较稳定音高的; 而钟磬在当时却是极其重要的旋律乐器, 这有曾侯乙墓出土编钟和编磬足可为证。

当然, 具有稳定音高, 并不一定具有绝对的音高标准。但是乐器若无绝对音高标准, 一件件各具自身稳定音高的乐器就无法用来合奏; 可从音乐生活的实际, 以及考古发掘的实物, 都证明着它们都应该具有稳定的绝对的音高。我国先秦时期的乐器具有绝对音高, 并能与文献记载相互印证, 这确实是一件了不起的事。因为这充分说明当时我国在音律学、音乐声学、乐器制作工艺诸方面都具有非凡的成就。

从先秦时期起, 一些具有稳定音高的乐器, 制作起来是有着严格的工艺要求的。就以钟磬来说, 先秦时期帝王所使用的礼乐, 都常用编钟、编磬, 如今出土的曾侯乙编钟, 由于其规模大, 音律丰富而齐全, 被誉为世界奇观。编钟、编磬的用于演奏, 对音律无疑有着极其严格的要求。关于钟磬的制作, 《周礼·考工记》就有很清楚的记载。钟, 《周礼·考工记》卷十一有如下记载: “十分其铢, 去二以为钲, 以其钲为之铢间, 去二分以为之鼓间, 以其鼓间为之舞修, 去二分以为舞广, 以其钲之长为之甬长, 以其甬长为之围, 三分其围, 去一以为衡围, 三分其甬长, 二在上, 一在下, 以设其旋。”这段文字讲述了钟各部分的(比例规格)。又说: “最薄之所震动, 清浊之所由出, 侈弇之所由兴。有说, 钟已最则石, 已薄则播; 侈则祚, 弇则郁, 长甬则震。是故大钟十分其鼓间, 以其一为之厚, 小钟十分其钲间, 以其一为之厚。钟大而短, 则其声疾而短闻, 钟小而长, 则其声舒而远闻。为遂, 六分其厚, 以其一为之深, 而圆之。”这段说明则又道出了各部分的比例和形态与音质之间的关系。至于磬, 《周礼·考工记》卷十二载: “磬氏为磬, 倨句一距有半, 其博为一, 股为二, 鼓为三。三分其鼓博, 去一以为鼓博: 三分其鼓博, 以其一为之厚。已上, 则摩其旁, 以下, 则摩其端。”这儿不仅说出了磬的各部分之比例, 而且指出了校音方法。这是极深刻的经验总结。

钟磬之外, 具有稳定音高的吹奏乐器就是笙簧。笙簧的簧片具有双向振动的特性, 即吹、吸都能发声, 这是与最初笙、簧采用竹簧, 竹簧无法焊铆相关的。它属于音乐声学的问题, 此处不做讨论。至于笙、簧, 它们也都具有比较稳定的音高, 并借助点簧来校音, 但是音的高低校正范围毕竟有限, 这范围的限定可惜在古籍中却未见记载。

吹奏乐器中具有稳定音高而又最常用的乐器便是笛。笛, 虽然《周礼》中就有记载, 但无法证明“笙师”所教“竽、笙、埙、龠、箫、箎、笛、管”中的笛, 就是今日之笛或汉魏时的笛。汉魏时期的笛乃是唐宋尺八的前身, 它是由羌笛演化而来的; 它始于汉, 延续至明末清初而改制。

关于汉魏长笛乃是由羌笛演化来的问题, 东汉著名学者马融的《长笛赋》便是证明。《长笛赋》中有这样的记载: “近世双笛从羌起, 羌人伐竹未及已。龙鸣水中不见已, 截竹吹之声相似。刻其上孔通洞之, 裁以当(遇) 便易持。易京君明识音律, 原本四孔加以一, 君明所加孔后出, 是谓商声五音毕。“刻共上孔”而又两端“通洞”, 并有后出孔的, 这完全就是尺八的制作样式。

汉笛、魏晋长笛、唐宋尺八, 尽管它的音孔由四孔演变为六孔, 又变为五孔, 但它那刻其上孔, 两端通洞的样式始终未变。这一样式我国一直沿袭到明末清初, 清以后尺八才在我国消亡。尺八直至明末清

初还在我国存在，明末学者方以智以《通雅·乐器》中的记载就可证明。方以智说，马融《长笛赋》中“所赋长笛，空洞无底，剡其上孔，五孔，一出其背，正似今之尺八”。[1]尺八于宋代之后就发生了改变：一个分支是传入日本演变成日本的现代尺八（唐代传入日本的尺八被称作古尺八，并没有流传下来），另一支则演变成今日的洞箫（包括今日福建的南音洞箫）。

关于汉魏长笛，其制作应该是有严格规定的。京房将羌笛改制作汉笛时，从筒音起依次向上分别能奏出角、徵、羽、宫、商各音，理当是合律的。魏晋长笛的制作情况，从《宋书·律志序》所载列和的叙述来看，它虽然不合十二律吕，但有制作规格则是没有疑问的；而荀勖设计于泰始十年的“泰始笛”，不仅有严格的制作规范，而且与律吕相合。唐初，吕才设计并制作了十二支“与律谐和契”的尺八，这套尺八与泰始笛有着同样的性能。吕才所设计的尺八，其详情虽然已无从可知，但从日本留存下来的隋唐尺八来看，不仅选材有着严格的标准，而且音孔的确定也同样有着严格的标准。这有日本法隆寺藏存的隋尺八（笛）和正仓院的尺八可做证明。

从日本藏存的隋唐尺八的选票标准来看，都是三节半，每节三也，音孔有着严格的定位。

隋唐尺八有着统一的选材标准，这有下仓院所藏八支尺八可资证明。正仓院所藏的八支尺八的材料，不仅多数为竹子制作的，同时还有玉石的和象牙制作的，其材料不论是玉石还是象牙，其样子都车削得与所选竹子完全相同的标准。最应该引起我们注意的是，法隆寺所藏据说为圣德太子（上宫厩户丰耳聪，574—662）所吹奏过的笛（尺八），为求符合定孔标准，共中的第四孔竟开在了节上！[2]

日本藏存在九支隋唐尺八，对于竖笛（尺八与洞箫）的演变、制作工艺与笛律的探求，无疑都是极其宝贵的材料。

二、律管与绝对音高

钟、磬、竽、笙、埙、笛，与弦乐器相比，都是具有稳定音高的乐器。古人的音乐生活中的“钟鼓齐鸣”、“鼓瑟吹笙”、“琴瑟友之”，都不会发生多大的困难，因为合奏的两件乐器之间都不会产生音律之间的矛盾。但是若用钟、磬、竽、笙、埙、笛等乐器合奏，无统一的音高标准，音律之间就会产生矛盾，各器所发的乐音必无法和谐。因此，乐器的合奏，音律就显得尤其重要，这就是律学的任务。

律学，堪称为我国的国学。有关律学的记载，上自先秦，下至明清、民国的史籍，数千年延续不断，这在世界各国中恐怕也是绝对仅有的。

谈及律，至今人们的认识恐怕仍是在不十分清晰的。这是因为古代的文献记载就不十分明确，也因为律学研究上存在着诸多的难题至今无法取得突破的缘故，例如影响管乐器音律的所谓“管口校正”就是其中最为突出的问题。

我们常见古代谈论律学的文字，有所谓的钟律、笛律、竽律，以及管律和弦律等名称，除管律与弦律的含义比较明确，是指以管定律或以弦定律则外，至于钟律、笛律、竽律的名称就比较含混。这所谓的钟律、笛律和竽律，究竟是指以钟来定律、以笛来定律和以竽来定律，还是为钟定律、笛律和竽定律？若是指用这些音高比较稳定的乐器来定律，那它们各自之间的音律和律制是否一致？若是为这些乐器确定音律，那又该用什么来为它们定律（确定标准音高和律制）呢？恐怕认真思考这问题的人并不很多。

从演奏的实际来说，钟、磬、笛、竽这些乐器，都具有比较稳定的音高。这该是毫无疑问的。从《宋书·律志序》关于“荀勖笛律”的记载来看，钟、磬和笛，都是根据律来校音的。荀勖说：“造钟磬者，先依律调之，然后施于厢悬。作乐之时，诸音皆受钟磬之韵，即为悉应律也。至于飨宴殿堂之上，无厢悬钟磬，以笛有一定调，故诸弦歌皆从笛为正，是为笛犹钟磬，宜必合于律吕。”荀勖说得很清楚，钟磬先要依律校音后，才能用来演奏：“笛有一定调，故诸弦歌皆从笛为下，是为笛犹钟磬，宜必合于律吕”。这儿所是的钟磬和笛都“宜必合于律吕”，也就是说，这些具有稳定音高的乐器，制作时必须合律。

无论是钟磬还是箫笛，它们的音高同弦乐器相比，都是相当稳定的，这是不争的事实。但是制作时不受律吕的制约，率意而作，制成之后音高虽然稳定，但却不一定合乎律吕；没有统一的音高，众多的乐器合奏起来必然是杂乱无章的。

古人所说的钟律，当我是指为钟定律的标准音，笛律也就是为笛定音的标准音，竽律同样也就是为竽定律的标准音了。我们不能说钟磬有钟磬的音高标准，笛子有笛子的标准音，笙、竽有笙竽的标准音。它们的音高标准应该是统一的。这儿所说的标准音——即所谓的律，应该是律管，即具有固定长度、内径的管子；因为这种管子当小气候（温湿度）不变时，所奏出的音高是相当稳定的。笔者曾用同一支律管，在上海交通大学三次间隔测频，测出频率就完全一样。古人没有频率的概念，我国于先秦时期就发明了律管和十二律吕，用以确定标准音高和音程（即律制），这是很聪明的。

钟磬的校音，该自东周始。这不仅是因为《周礼·考工记》有钟磬校音方法的记载，而考古发掘出的东周钟磬，考古学家们也确实证实有校音的痕迹以资证明。钟磬校音的音高依据，只能是律管！何以见得？这是由它们各自的声学特性所决定的。钟磬属于“板振动”，现代物理学家对板振动的频率公式，是用微积分求出的。别说古代没有高等数学，就是现代人也没有办法依照这公式制作钟磬。我们的祖先是用什么方法制作出接近所需音高的钟磬坯料，然后再校音的？它是否与“均钟木”有关？本人自知浅陋，难揣其中的深浅，当然不敢妄加议论。这均钟木很可能是铸造钟磬坯料的经验数据。这为钟磬校音的律管，就被人们称作“钟律”，当然为笛校音的律管被叫作“笛律”，为竽校音的也就被称作“竽律”了。无论是钟律、笛律或竽律，其根本的音高依据就是黄钟正律，就是具有一定长度和内径的管子。

这具有一定长度和内径的管子，据说吹出的音高是不变的。笔者曾在小气候不变的情况下，按照规定的吹律方法间隔吹奏，证明吹出的音高确实是十分稳定的。这就证明我们的祖先发明律管以获得比较稳定的频率，确实是很了不起的。

关于我国古代律管，可能至今人们的认识还不完全一致。其分歧首先在于我国古代的律管究竟是开管还是闭管，该如何吹奏。这是关系到律管吹出频率高低的根本问题；开管与闭管的音高不一样，这是大家都知道的，而吹律的方法不一样，所吹出的音高也必在不等。

关于吹律方法，朱载堉在《律学新说·吹律第八》中说得清楚：吹律时“须凝神调息，绝诸念虑，心安志定，与道潜符，而后启唇少许，吐微气以吹之，令气悠悠入于管中，则其正音乃发。又要持管端直，不可轩昂上端，空围不可以唇掩之，掩之过半则声郁抑，气急而猛则声焦杀，皆非其下音矣。”[3]实际的情形是空围若以唇掩之，不仅仅是其声郁抑，而且由于管端校下量的变化而使吹出的律高游弋不定，失去了律管定律的意义。在吹律时口唇只有不掩空围，才能保证有稳定的管口校下量，律管才能吹出稳定的音高。

我国古代的律管，无论是竹质、铜质还是玉质的，从外形上看，都只是一支两端通洞的管子。这两端通洞的管子，究竟是开管还是闭管？人们会说，朱载堉在《律学新说·吹律第八》中同样说得很清楚，乃是开管。朱载堉说：“凡吹律者，慎勿掩其下端，掩其下端则非本律声矣。”[4]故《汉志》曰：“断两节间而吹之”，此则不掩下端之明证也。”

朱载堉所设计的律管是开管。为了寻找我国古代律管（历来或是最早的）是开管的根据，引证《汉书》（语出《吕氏春秋·古乐》）伶伦作律“断两节间而吹之”来作证明。那么“伶伦作律”时“断两节间而吹之”的律管是否为开管呢？否！实际上我国古代的律管，除朱载堉所设计的36支异径律管为开管外，其余都是闭管。何以见得？这有以下事实为证。

首先，朱载堉所设计的36支异径律管为开管，这在朱载堉《律学新说·吹律第八》中已说得十分清楚。朱载堉说：“凡吹律者，慎勿掩其下端，掩其下端则非本律声矣。”那么又何以知道古代的其余律管为闭管呢？朱载堉接着说：“尝以新律使人试吹，能吹响者十无一二。往往因其不响以指掩其下端，识者哂之。”这又说明，掩其下端的闭管比开启下端的开管易于吹奏。这儿应该引起我们注意的是，朱载堉所设计的36支异径律管与其余的律管有着明显的区别：那就是朱载堉的36支异径律管都有一个统一为三分七厘六（黄钟正律管内径之半）的豁口，而其他古代律管则没有。

有没有豁口看上去是件小事，实际上这可是影响律管成声的大事。作为豁口的开管新律，“能吹响者十无一二”，而没有豁口的古代律管当开管吹，按照正确吹律方法吹奏，能吹响者则为零！可能人不信，因为他们不知道古代律管的吹律方法。古代律管的吹律方法，朱载堉在《律学新说·吹律第八》中说得清清楚楚：吹律时“要持管端直，不可轩昂上端，空围不可以唇掩之，掩之过半则声郁抑，气急而猛则声焦杀，皆非其正音矣。”不可小看这“持管端直”与“空围不可以唇掩之”，这可是吹律的要领，因为只有这样吹出的律，音高才稳定。可是这样吹律，有豁口的律管能吹响者尚且十无一二，则没有豁口的律管，若不掩其下端，则无法吹响。与此情形相反，古代律管尽管没有豁口，若将末端淹没，不仅极易吹响，吹出的音高又稳定，而且声音也比较明亮。由此可见古代的律管确实应该是闭管。

其次，证明古代律管为闭管的，还有《宋书·律志序》“荀勖笛律”的记载。《宋书·律志序》说：“正声调法，黄钟为宫”，除有“作黄钟之笛，将求宫，以姑洗及黄钟律，从笛首下度之，尽二律之长而为孔，则得宫声也”的注释外，并特别说明“其宫声正而不倍，故曰正声”。

《宋书》的这一段记载，至今未见有人对它作深入研究。实际上这段说明很重要，它既说明了泰始笛与律管之间的音律关系，同时也说明了泰始笛与律管之间声学性质上的差别：即律管是闭管，而泰始笛的笛管乃是开管。请看，距离黄钟笛之笛首长（ $9+7.11=$ ）16.11寸的宫音音孔吹出的音高，竟然与管长9寸的黄钟下律管所吹出的音高完全一致——所谓“正而不倍”！泰始笛的笛管是开管，这是确定无疑的；由于律管的两端通洞，假若它也是开管，9寸的律管吹出的音高若是“黄钟正律”，那么16.11寸的黄钟笛

宫音孔吹出的音高就应该是黄钟倍律，而绝不可能与律管同一音高的“正而不倍”了！黄钟笛除了加上“宫角二律之差”就为所应律长之倍的宫、商二孔所发音高为正律外，其余四孔加上“宫角二律之并”就为所应之律长的四倍，奏出的音高则为倍律。以上“荀勖笛律”制作时校音上的事实，也同样足以证明古代律管是闭管。

三、 泰始笛的典范意义

箫笛是我国民间的重要吹奏乐器。关于“笛”（竖笛）的制作，除前文所提及的汉魏至唐宋都有严格的选材标准外，制作工艺（主要是角定音位的方法）也都有严格的规定。从《宋书·律志序》可知，魏晋时的笛虽然并不符合三分损益律，但制作工艺明确。我国古代明确规定应该符合三分损益律音准标准的笛，根据文献的记载有两件：一是公元274年（西晋泰始十年）中书监荀勖所设计的一套十二支“泰始笛”，另一件则唐初吕才设计的“与律谐契、长短各异的一套计十二支的尺八。关于吕才所设计的尺八，在新旧《唐书·吕才传》中仅有所述及，内容并不详实，如今详情已很难考证，想复制已完全失去可能性。笔者从记载中仅能推各，吕才所设计的尺八，不仅吸取了“荀勖笛律”的经验，并改下了荀勖泥古之不足。由于荀勖笛律不仅详细地记载了十二支泰始的制作尺寸，而且涉及到艰深的音乐声学问题，因此，“荀勖笛律”对古代的音乐声学问题研究，以及制笛工艺研究，有着不可低估的意义。

如今箫笛所用，一般乃是十二平均律，十二平均律乃是明末音乐学家朱载堉所发明的。记得曾侯乙编钟出土测频后，曾有专家惊呼：难道二千多年前中国发明了十二平均律？实际上在十二平均律发明以前，我国正统的律制乃是三分损益律，而三分损益律与十二平均律的音程判别差别并不悬殊。为了说明这问题，请看三分损益律与十二平均律的音程对照（单位音分）：

	宫	商	角	清角	徵	羽	变宫
十二平均律	0	200	400	500	700	900	1100
三分损益律	0	203.91	407.82	521.51	701.995	905.87	1109.78

从以上两种律制的音程对照一看，所差最为悬殊的为清角，其余的则不足10音分。这是其一。其二是，以上所列的三分损益律与十二平均律的音程差别，乃是数理计算的结构，而数理计划当然具有严密性；可是无论演奏或是演唱，都允许存在相当的误差，因此这两种律制的实际应用中还是很容易混淆的。

如今的箫笛制作，要保证音准（绝对音高和相对音高）并不是一件很容易的事，而荀勖在一千七百多年前所设计的泰始笛，不仅应该符合三分损益律（相对音高），而且要求符合律吕（绝对音高）。从这一意义上来说，假若《宋书》所记属实，那么泰始笛的设计及制作，在音律学、音乐声学和箫笛制作史上，该占有何等的领先地位！所《宋书·律志序》的记载，当时荀勖确实制作了一支大吕笛，也确实达到了设计的要求。又据《宋书》的记载，荀勖当时并没有制作出整套的泰始笛，其子荀藩想继父志，也同样未果。

那么当时泰始笛在制作上会有什么困难呢？悬以为除了选取适用的材料而外，要这到设计要求，在制作上也是有一定的要求和难度的。如今要复制泰始笛除了制作技术而外，要弄清当时泰始笛的样式便成了首要问题。

泰始笛该是什么样子？杨荫浏先生曾按照如今洞箫的样子制作过“黄钟笛”。按照洞箫的样式制作的泰始笛当然不能符合《宋书》所记载的要求；笔者按照日本现代尺八的样式制作，同样也无法符合《宋书》所载的要求，而按照日本正仓院所藏唐代尺八的样式制作，却能与《宋书》的记载无爽。这是偶然的巧合。原来唐代的尺八乃是魏晋长笛，乃至汉笛的传存，因此泰始笛的样式象尺八，则不象日本现代尺八或现代洞箫。

笔者曾按照《宋书》的记载制作了黄钟、大吕、太簇、姑洗、无射等笛，这些笛都能符合《宋书》所载的要求。

在此有个问题需要说明，那就是“泰始笛”的音准应该符合十二律吕。这十二律吕既然涉及绝对音高，那就涉及到管律问题。十二律管是否能与弦律一样合律？《汉书·律历志》采用了新莽时期的刘歆关于律管的阐述，而西晋孟康为《汉书》作注时则说律管的内围只要为管长的十分之一就该合律。对此问题，原上海博物馆馆长马承源先生认为是严格合律的，明末音乐家朱载堉则认为“几近于是”。尽管朱载堉的判断正确，但我们应该认为，那几个音分的误差，在演奏过程中是完全可以忽略不计的。因此，我们对泰始笛制作验证中的音准标准完全可以用西晋杨泉在《物理论》中所说的办法：“以管定音，以弦定律”。

本人对泰始笛制作验证后所提的结论是，泰始笛完全可以合律。

泰始笛确定音孔位置所用的是“上度（以律长向上量）、下度（以律长向下量）法”。这上度下度法，实际上仍是我如今乐器工厂制作箫笛所用的百分比。由于荀勖笛律所述及的十二支泰始笛确定音孔位置时只用正律，不用变律，因此宫、角二律之间就产生了两种关系：一种是黄钟、大吕、太簇、姑洗、蕤宾、林钟、南吕、应钟等八支笛，这八支笛的宫、角二律之间相差四个五度级；另一种是夹钟、仲吕、夷则、无射等四支笛，这四支笛的宫、角二律之间相差七个五度级（即《晋书》所谓的“四分益一”）。

笔者将黄钟八支笛称作甲组，将夹钟等四支笛称作乙组，分别将这两组六个音孔各占管长的百分比列表于下：

孔序	孔位校正	全长	第六孔	第五孔	第四孔	第三孔	第二孔	第一孔
音名		角	商	宫	变宫	羽	徵	变徵
甲组	6.64	100.00	49.61	56.65	60.02	68.35	77.74	82.24
乙组	6.22	100.00	49.31	56.22	59.47	67.81	77.03	81.69

从以上两种情况六个音孔的百分比对照来看，所差是无几的，完全可以当作工艺误差。从笔者对泰始笛的复制结果来看，泰始笛的制作无论是音律学、乐器声学，以及竖笛制作工艺诸方面，都居世界领先地位。本人对泰始笛的复制研究，仅仅是个开端，笔者很希望能制作成套的（十二支）泰始笛，由于选材料的问题还没有完全弄清，计量学上还存在着疑难，无法如愿。此事有待声学专家，以及计量学家的通力合作才行，非个人的学力所逮。

对古代定音乐器的制作研究，还没有完全形成气候，本文的意见若能成为引玉之砖，则于愿足矣。

责任编辑：田可文

参考文献：[1]方以智.通雅·乐器[M].上海古籍出版社,1988, P943. [2]东京国立博物馆编.法隆寺献纳宝物特别调查概报·乐器[M].1994. [3]朱载堉, 冯文慈译.律学新说[M].人民音乐出版社,1986,P42-43. [4]同[3]P42.

作者简介：陈正生（1937~）上海艺术研究所工作，现已退休（上海：200031）

点击次数：561