

簫笛製作工藝述評

陳正生

一支好的簫、笛，應該具有音色優美、音準良好、音域寬廣、音量易於控制等特點。一支簫、笛，要同時具備這些良好的條件，是極不容易的：有的受材料本身的具體條件影響，有的受不夠科學的製作工藝影響，有的涉及到演奏者吹奏方法的欠當，從而使樂器的良好性能不能充分發揮。換句話說，一支良好的竹材，需要通過良好的製作工藝，加上演奏者嫺熟的技巧，它那良好的性能才能得到充分的發揮。如今撇開演奏技巧不論，單從製作工藝上對這些問題作點分析。這是一個我們至今尚未認真討論過的問題。

50年代中期，筆者雖然已開始製作簫和笛，但剛起步，體會不深。記得當時的曲笛，常用音域為 $\dot{5}-$ (a^1-a^3)，而要奏 (b^3) 已不容易。筆者當時所製作之笛，不僅音易於奏出，且音色良好。50年代後期，筆者在上海音樂學院學習，當時已要求笛子奏出二組半音 ($\dot{5}-$ ，即 a^1-d^4)。音雖然偶爾奏一下，且屬短促音，但吹奏此音時，總覺惴惴。80年代初，筆者利用業餘時間重操中斷了廿年的研究，此時的製作仍無進展，所制之笛，音域仍為二組半。近年來筆者對簫笛的製作工藝稍作改進，而所制之笛，音域已近三組 ($\dot{5}-$ ，即 a^1-g^4)。筆者也曾懷疑這一效果是否由於自己演奏水平有所提高而致，故而就這一問題進行了驗證。

筆者五十年代所制之笛，已蕩然無存，取八十年代初所制之笛吹之，無論氣息如何控制，指法如何改動，琢磨的結果，音域只能是二組半，且音躁烈。另取近年所制之笛吹之，音域也確實能達到 $\dot{5}-$ (a^1-g^4)，最高的幾個音也易於吹響。另外，筆者又取80年代初期所制之笛再作分析，用間接吹奏的方法激發該笛成聲，結果發現，音域竟可達三組 (a^1-a^4)。只是間接吹奏出的各音，不僅音量小，而且音色也欠豐滿。筆者認為，吹奏出的音，音色之所以豐滿，乃是口腔參與了笛腔氣柱振動時共鳴的緣故。

以上實驗證明，吹奏方法和製作方法，同樣影響著簫笛的音域和音色。

從製作方法上對影響簫笛音域的因素進行研究分析，無外乎是對吹孔的大小、形狀是否得當，膜孔的大小、形狀和位置是否得當，各個音孔的位置是否得當等問題，進行分析研究。記得50年代末期，為了能奏出 $\dot{5}-$ 音，常將笛膜繃緊，這樣音雖然易響，但其餘的音就悶。如今對膜孔作了改進以後，吹 $\dot{5}-$ 諸音時，笛膜也毋須繃緊，從而保證了各個音區音色的統一。

簫和笛都有六個音孔（連同底孔只有七孔），目前至少能奏出二組半音，按自然音階計算共可奏出18個音。這18個音中，除7個是改變氣柱長短奏出的基音外，其餘11個都是泛音。笛和簫若要增寬音域，其辦法只能是要求奏出更多的泛音。絃樂器的泛音，同按弦指輕觸弦上的節點有關。例如輕觸弦上 $1/2$ 處，奏出的便是比基音高八度的第一泛音，輕觸 $1/3$ 處，奏出的是比基音高十二度的第二泛音。這兒觸弦點便成了關鍵：輕觸點上，泛音清晰；偏離過大，泛音不能被激發，或者奏出的是另一個泛音。同樣，簫笛的泛音的激振，也靠指法的組合，音越高，指法的組合越複雜，這也同樣證明，簫笛泛音的激發點，對泛音的激發有重大影響。為了能在簫笛上激發出更多的泛音，因此優選音孔的最佳位置，亦應當成為簫笛音域開拓研究的內容。

目前樂器廠生產簫笛，都用劃線板確定音孔位置。此乃是傳統的百分比定孔法。為此，不少同志認為，這一比例一旦確定下來就不該隨意挪動。實際上劃線板上規定的比例不必恪守。這不僅因為每件樂器的音“准”都是相對的，實際上音孔位置有了微小挪動以後，也完全可以通過音孔大小的變化來校正頻率：音孔位置如果略微上移，頻率就會微有升高，此時只需要將音孔略微開小一點，音高就會得到校正；相反，如果音孔位置需要下移，為了防止頻率偏低，此時也只需要將音孔稍微開大一點也就可以了。這說明，目前樂器廠製作簫笛的劃線板所提供

的音孔位置，僅僅應當看作是開孔的參考。此外，製作簫笛的材料——竹子的具體條件，是千變萬化的，用統一的辦法製作簫笛，其使用效果又怎麼會全部理想呢？

目前不少樂器廠製作簫笛，都使用音分儀校音。音分儀的使用，對提高簫笛音準質量，無疑是有重大意義的。這是一個重大的進步。但是，音分儀是死的，人是活的，這兒也涉及到使用方法的問題。記得數年前，有位很有點名氣的簫笛製作技師當筆者的面誇口：他們製作的簫笛，音準誤差小於 1 音分。筆者知道這是一位既不懂音律學，又不懂音樂聲學的同志，不必多加爭論。實際上要求樂器的音準誤差小於一音分，是件很難的事，何況簫笛！就以曲笛來說，筒音為 $\dot{5}(a^1)$ ，頻率為 440 赫茲，那麼最高音 (d^4 , 2349.32 赫茲)，同比它高一音分的音(2350.68 赫茲)同奏，也需要 0.74 秒才能出現一次拍音，而比 a^1 (440 赫茲) 高一音分之音同 a^1 同奏，卻需要 3.9 秒才能出現一次拍音！由此可見，要保證小於一音分的誤差，該有多難！何況還涉及到一些技術問題。

簫笛的音準問題，是一個很複雜的問題。它首先涉及的是音準的準則——律制，其次才是圍繞達到某一音準要求而在製作上所應採取的方法，此外才是演奏者的音準訓練和控制。本文擬就簫、笛的製作工藝方面作點分析。

簫笛的歷史雖然悠久，但在一般情況下可謂製作無方。因為從史籍的記載來看，過去制笛，絕大多數都沒有提及具體的音準標準。標明具體的律制和音準要求的，只有《晉書·律曆志》所載的，設計於西元 274 年的“泰始笛”，以及本世紀三十年代“今虞琴社”彭祉卿所設計的“雅簫”（琴簫）。

泰始笛和雅簫，所用的雖然都是三分損益律，但是它們各個音孔的位置，都可以化成很統一的百分比。荀勗所設計的十二支泰始笛，各個音孔位置所占有效管長的百分比如下：

音名	商	宮	變宮	羽	徵	變徵	角
百分比	49.61	56.64	60.03	68.36	77.73	82.25	100

而彭祉卿所設計的雅簫，不論是黃鍾還是大呂，其各個音孔所占有效管長的百分比都為：

孔序	第八孔	第七孔	第六孔	第五孔	第四孔	第三孔	第二孔	第一孔	底孔
百分比	51.1	54.4	58.7	62.5	71.6	76.1	82.2	87.3	100

從上面所列的兩張表來看，相應孔位的百分比，有較大的出入。實際上這是由於泰始笛的樣式同雅簫完全不同的緣故。

此外，歷代製作簫笛所用為何法，今已很難探知。明清二朝，制笛雖有公式，而這公式仍然是標標準准的百分比。其比例如下表：

孔序	第六孔	第五孔	第四孔	第三孔	第二孔	第一孔	底孔
百分比	明笛	42.5	51	59.5	68	76.5	100
	清笛	43.5	52.2	60.9	69.6	78.3	100

如今製作笛子用“劃線板”。劃線板乃是一塊板，上置九根平行線。這九根平行線所標明的一端為吹口，另一端為底孔，另 7 根則為膜孔及 1—6 孔的位置。此法仍然是標標準准的百分比。制笛時，雖然音孔及膜孔的位置時有改動，但確定音孔位置的方法卻始終沒有改動。

從表面上看，泰始笛、雅簫、明清二代的制笛公式和現代的劃線板，都是用的百分比，但是其性質卻有明顯的不同。泰始笛和雅簫，有明確的標準音高——黃鍾正律，有明確的音準標準——三分損益律；今日的簫笛也有明確的標準音高—— $a^1=440$ 赫茲，有明確的音準標準——十二平均律；明清二朝的笛，不僅難以言明其精確的標準音高，更難言明其準確的律制。有人認為，明清的笛，乃至解放初期的笛，由於“均孔”，當屬“七平均律”，這是不足為憑的^①。

如今製作簫、笛，用劃線板確定音孔位置。這辦法看上去雖然十分方便，但亦有不便之處，那就是很難確定簫、笛的基本管長。應該如何求簫、笛的基本長度？以下擬從音樂聲學的角度

作點分析。

簫、笛屬於開管樂器，這是毫無疑義的。根據物理學家的研究，認為作為簫、笛這類開管樂器^②，其兩端應該是振動之空氣柱的波腹，中間是基本頻率的波節，因此管內的氣柱長（ l ）為 $\frac{1}{2}$ 波長（ λ ），即 $l = \frac{\lambda}{2}$ 。

由於頻率（ f ）同聲音速度（ c ）成正比，同波長成反比，可得公式： $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{2l}$ 。

對於開管樂器，實際振動的氣柱波長，為簫、笛的有效管長（ l ）同管口校正量（ Δ ）之和的兩倍，故而 $f = \frac{c}{2(l + \Delta)}$ 。

從以上公式又可求得有效管長： $l = \frac{c}{2f} - \Delta$ 。

照理，根據上述公式，我們就可以求得各調簫、笛在不同內徑情況下的有效管長。而這公式的難以應用，就難在不僅對該公式所選用的物理量需要進行分析，並且需要對該公式的嚴密性進行分析。

首先，讓我們來談談頻率公式中的聲速 C 。據物理學家的測算，聲音在 0°C 時一個標準大氣壓下的速度，為331.45米/秒；前幾年，加拿大籍華人、高級工程師黃崇貫測算為331.29米/秒，二者相差並不大，兩種聲速對頻率的影響僅為0.84音分。又據測算，當溫度每升高 1°C 時，聲速增加0.61米/秒。但這是大氣中（自由空間）的聲波速度，而不是細長管子中的聲波速度。如果我們能測算出聲波在不同內徑的管子中的粘滯阻尼（ η ），那麼就可以計算出不同粗細管子中的聲波速度（ C ），即： $C = (331.29 + 0.61t)\eta$ 。

其次，我們再來分析一下管子中振動著的氣柱（ l ）。不少聲學家和律學家都認為，氣柱長等於有效管長同管口校正量（ Δ ）之和。

關於管口校正量，都認為它應該是管端（吹奏端）和末端校正量之和。這一觀點是否正確，以下將作談論。

不少專家認為，振動著的氣柱突出管子末端一段以後，氣柱的壓力才能同外界氣壓相等。這突出的一段被稱作“末端校正”。據瑞利（Lord Rayleigh）研究，為 $0.6R$ （ R 為管的半徑）。實際的情形又如何呢？筆者的研究證明， $0.6R$ 的末端校正，只適用於末端沒有側面孔，且管子又為標準管（兩端無管徑差）的情形。中國的簫、笛，由於末端有一對調音孔，故而末端校正量要比 $0.6R$ 大得多；若無調音孔，由於竹子兩端有管徑差，也不能為 $0.6R$ ^③。取兩支長度相等、吹奏端管徑相同的管子，兩支管的吹孔相同。從吹奏出的頻率可知，末端細的一支頻率低，能不能說末端細的慣量大，從而使末端校正量增大而導致頻率降低了呢？恐怕不能。筆者認為，末端漸細，導致氣柱振動時粘滯阻尼增大，從而使聲速減緩，頻率也就隨著降低。當然，聲速的減緩必導致頻率的降低，同樣，末端校正量的增大也導致頻率的降低，究竟是哪一個物理量的改變導致了頻率的變化？希望我們的聲學家能進行驗證，並從中找出規律，以求對頻率公式中的末端校正量作出切合實際的規定。

關於管端（吹孔）校正，趙松庭先生首先作了詳細研究。趙松庭先生認為，管端校正量是“不變的”，這卻未必切合實際。

筆者實驗發現，無論是哪一支簫笛，激振整支（六孔全按）笛簫的氣柱或某一音孔所獲得的音高，同吹奏時所獲得的音高相比，要高得多。這是什麼緣故？吹奏時，口唇總是要掩沒一部分吹孔的。就以竹笛為例，筆者發現，口唇掩沒吹孔的部分越多，奏出的音調越低。究其原因，究竟是因為掩沒吹孔部分越多而導致了管端校正量的增大，還是導致了氣柱振動時粘滯阻

尼的增大？筆者認為是管端校正量的增大。因為這個量的較大改變，必影響著簫笛的音準；而筆者發現的“音高調節孔”則是改變了氣柱的粘滯阻尼，因為利用“音高調節孔”把簫笛的音高調高 100 音分以後，音準並無明顯影響。這些問題如何通過實驗來加以證明，卻不是一件容易的事。

關於管口校正量的具體應用，筆者想談點體會。筆者在製作洞簫時，為了求有效管長，根據竹子的具體情況和演奏者的具體要求，選用的管口校正量為 $3.6d-4.5d$ 之間。通過製作，證明這些量的選用還是符合實際的。假若我們利用儀器對以上所涉及的物理量進行比較精密的計算，求出切合實際的頻率計算公式，那必然有利於簫、笛製作水平的提高。

上面已經提及，無論是笛還是簫，吹奏時口唇掩沒吹孔部分的多少，必導致頻率的改變：掩得少，頻率高；掩得多，頻率低。筆者發現，這種吹奏方法的不同，不僅改變著簫笛的絕對音高（頻率），同時也改變著簫笛的相對音高（音程）。為此，吹奏時口唇位置的研究，不僅對保證校音時的音準有十分重要的意義，而且對保證演奏時的音準同樣有十分重要的意義。筆者發現，某支簫笛校音時口唇掩沒吹孔的部分，若與吹奏著掩沒的部分相差懸殊，那麼音必不准。

假若校音時口唇掩沒吹孔部分為 $\frac{1}{a}$ ，而吹奏時口唇掩沒的是 $\frac{1}{b}$ ，且 $\frac{1}{a}$ 與 $\frac{1}{b}$ 相差懸殊，那麼，當 $\frac{1}{b} > \frac{1}{a}$ 時，上方諸孔的音程必然偏小，而下方諸孔的音程增大；相反，若 $\frac{1}{b} < \frac{1}{a}$ 時，那麼上方諸孔的音程就會偏大，下方諸孔的音程則偏小。正因為這個緣故，一支笛或簫，吹奏者氣口不同，音準情況就不一樣。

有鑒於此，簫笛製作過程中有幾個情況就應該引起製作者的注意：1、校音時，要力求每次吹奏時口唇的位置和運氣的情況都一致，否則音分儀也無法保證音高和音程的準確；2、對於定制的簫笛，應該盡可能地瞭解使用者的演奏和運氣情況，並根據演奏者的實際情況校音；3、使用者的口風位置和運氣情況有較大異常時，應該根據演奏實際對音孔位置進行修改。

注釋：

① 拙文《舊式曲笛音律分析》（刊《中國戲曲音集成·上海卷》編輯部編印的《戲曲音樂資料彙編》第 6、7 合輯）對此問題已作了比較詳細的分析。

② 筆者認為，簧哨的開管樂器（例如雙簧管、薩克斯管及各種號，以及中國的嗩吶）的聲波，與笛類樂器完全不同，不能作同樣分析。

③ 拙文《瑞利的末端校正難適用於中國簫笛》（刊廣州《星海音樂學院學報》1996 年第一期），筆者闡述了自己的觀點。

1991 年 1 月 28 日完稿
載武漢音樂學院學報《黃鍾》1991 年第 3 期

※針對本文發表您的意見※

[回到管弦絲竹](#)

【吹鼓吹小站 <http://suona.com>】本站任何內容請勿任意轉載節錄，相關聲明請看首頁之轉貼須知。