

黄鐘、累黍与中国古代度量衡

丘 光 明*、Konrad HERRMANN**

Abstract

The *Huangzhong* standard pipes were defined by the length and the volume of the pipes and the mass of millet grains which could be filled into the pipe. The relationships between frequency of the sound and length and volume of the pipes were empiric. Now we know a corresponding physical law. Cases were known in Chinese history that with the help of standard pipes length standards were checked. From a theoretical point of view, in ancient China metrology was regarded as part of the musicology. Nevertheless metrology in ancient China had gained an important role for the economy. The relationships between standard pipes and the measurement standards of length, volume and mass established a first system of measurement units. The *Huangzhong* standard pipes mainly served to maintain the stability of the court music. The use of the frequency of sound for the definition of the length unit is the first predecessor of the modern international system of units (SI) where the length unit is defined on the basis of the wavelength of electromagnetic radiation.

早期的測量一般來說被採用的單位、都是為某種用途方便而約定俗成的。最簡便的方法是借助于人体器官來實現、如手、指、腕、足及人体自然身高等。這幾乎是世界各地普遍使用的方法。除人体之外、中国古代文献中還常見以自然物定度量衡標準、如人髮、馬尾、豆、粟等。今天已難一一驗證了。

考證中国古代度量衡種種標準、影響最廣、時間最長、爭論最為激烈、而又最有實際意義的、是黃鐘累黍之說。即以黃鐘樂律為理論基礎、以律管為實物根據、參校累黍加以驗證、形成中国度量衡傳統之正法。兩千多年來、尽管也有過不少爭議、甚至有人曾作全面的否定、但它在中国度量衡史上的重要性、不僅是無法摩滅、而且值得進一步認真討論研究的。

1. 樂律与黃鐘律管

以黃鐘的度量衡標準、除了它的科學性和實用性之外、与中国傳統文化中的禮樂制度是分不開的。

《史記·樂書》云：“君子曰、禮樂不可斯須去身。”又云：“王者功成作樂、治定制禮……故聖人作樂以

應天、作禮以配地、禮樂明備、天地官矣。”即禮樂是不可須臾離身的。只有禮樂明備、天地和諧了、才能各司其位、《史記·律書》又云：“王者制事立法、物度軌則、壹稟于六律、六律為萬事根本焉。”這種思想幾乎貫串着整個古代社會。

對樂律學作過深入研究的明代朱載堉。他在《律呂正義》中說：“樂也者、聲音之學也；律也者、數度之學也。”漢代蔡邕對律管長短與樂律的關係已有過論述。他在《月令章句》中曰：“律者、率也、清濁之管也。”又曰：“聲之清濁、以管之長短為度。”樂聲是按照聲音由低到高排列的。中国古代有五音十二律、五音是指宮、商、角、徵、羽。相當于西樂中1、2、3、5、6的音名（圖1）。

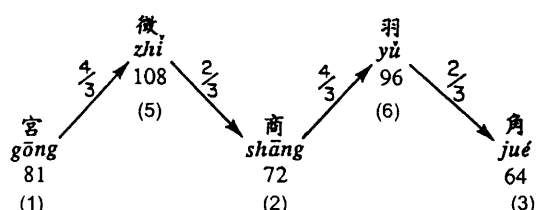


圖 1 五音

* 中国、北京。 ** Physikalisch Technische Bundesanstalt, Berlin, Germany.

十二律則是指黃鐘、大呂、太簇、夾鐘、姑洗、仲呂、蕤賓、林鐘、夷則、南呂、無射、應鐘。相當于西樂中 C、C[#]、D、D[#]、E、E[#]、F[#]、G、G[#]、A、A[#]

- 黃鐘⁽¹⁾、大呂⁽²⁾、太簇⁽³⁾、
- C C[#] D
- 夾鐘⁽⁴⁾、姑洗⁽⁵⁾、仲呂⁽⁶⁾、
- D[#] E E[#]
- 蕤賓⁽⁷⁾、林鐘⁽⁸⁾、夷則⁽⁹⁾、
- F[#] G G[#]
- 南呂⁽¹⁰⁾、無射⁽¹¹⁾、應鐘⁽¹²⁾
- A A[#] B

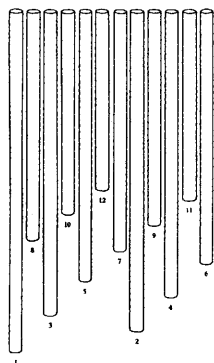


圖 2 十二律

各種樂調。黃鐘是十二律之首、發音最低、振動體（弦線或管）最長。十二律和音階中的諸音可以在音樂規律下隨意搭配、既可以用黃鐘為宮、也可以用大呂或太簇等任何一律為宮、從而形成各種不同音階或調式。然而、在中國文化史上、特別強調起始音黃鐘宮、認為它代表着皇宮和中央的地位與影響。古代樂律學家還認為、黃鐘是中和之音、稱它為雅樂、是宮廷音樂中主要的樂調。因此歷代對確定黃鐘律都十分重視（圖 2）。

《漢書·律曆志》云：“五聲之本、生于黃鐘。”

“聲”為無形之物、樂要發聲就必須制器、古人創制了兩種音高標準器、一為“律管”一為“弦準”。

“弦準”易受大氣燥濕影響、從而改變張力、改變音調、因此往々以黃鐘宮音律管來調定弦線黃鐘宮音高。律管是一端為吹口的閉口管、中間無音孔。用律管定律可以追溯到遠古。據《呂氏春秋》記載：

“昔、黃帝令伶倫作為律。伶倫自大夏之西、乃之阮隰之陰、取竹於嶰谿之谷、以生空窮厚均者、斷兩節間其長三寸九分而吹之、以為黃鐘之宮。……以之阮隰之下、聽鳳凰之鳴、以制十二律、其雄鳴為六、雌鳴亦六、以比黃鐘之宮、律呂之本。”大意是、在很早很早以前的古代、黃帝派樂官伶倫、到崑崙山的陰面尋找管壁厚薄均身的竹子、用來做音律管。又以音頻穩定、聲音優美的一種鳥的叫聲定為基本音律、所發出的音為宮音。這段話雖然帶有一些神話色彩、但也包含着科學內容；如背陽光

的陰面所生長的竹子、管壁長得緻密、均勻適合于做律管。又據現代音律學家 楊蔭瀏先生介紹、他曾在四川灌縣聽見一種鳥叫、發出穩定的 G 音調。這說明以鳥鳴聲定律是完全可能的。說明我國古代學者、早已對音律學有了比較深入的研究、認識到管的長短、管徑都與所發出的音頻有着密接的關係。

2. 律管與長度的關係

一根樂管所發出的聲音、是由于管內空氣柱的震動、當震動的頻率增加時、就會感到音調提高。頻率越低、音調也愈低。頻率又與聲波的波長成反比。理論上閉口管空氣柱基波長等于管長的四倍。因此如果管的口徑不變、那麼頻率與管長的四倍成反比。閉口管頻率的公式是：

頻率 = 聲速 ÷ 4 × (管長 + 5 / 3 管徑)。聲速在某個溫度條件下是一定的、由此可以得出、管子長、頻率小、聲音就低、頻率增加一倍、音頻也就提高一個八度、所以說、把管子的口徑和長度確定下來、那麼這支律管所發出的絕對音高也就被確定下來。因此要做一支具有一定頻率的律管、就要定出合乎科學的尺寸。反之、律管的頻率定下來、它的長度也就可以求出。故從理論上來說用黃鐘來校正尺度是符合科學的。

《史記·律書》中所記、黃鐘管長九寸。《漢書·律曆志》也說“九十分黃鐘之長。”我們已從大量考古文物中得知、秦漢時一尺長合 23.1 厘米、九寸即 20.79 厘米。根據黃鐘律管“徑三圉九”（《漢書·律曆志》孟康注）、三分應合今 0.693 厘米。氣溫在 15℃ 時、聲速為 3400 厘米/秒、代入上公式計算、可得出頻率為 387.33 次/秒、約相當于今天音階 G 的振數。同樣、音律定了、也完全可以求出律管的長度。在漢代、銅器制作已達到很高的技術水平、能 盡量保持律管管壁厚薄均勻。音準變化小、溫差對它影響也小。只要對管長、口徑和內圉作了嚴格的規定、就能保證黃鐘宮音不變、這就決定了古代樂律學與度量衡的密切關係。然而隨著時間的推移、朝代的更迭、度量衡及標準音也會發生變化。因此歷代研究律學的發展與變遷時、常々涉及到度量衡、度量衡的變遷、又常々借助于音高標準作佐証。從而度量衡與樂律學結下了不解之緣（圖 3）。

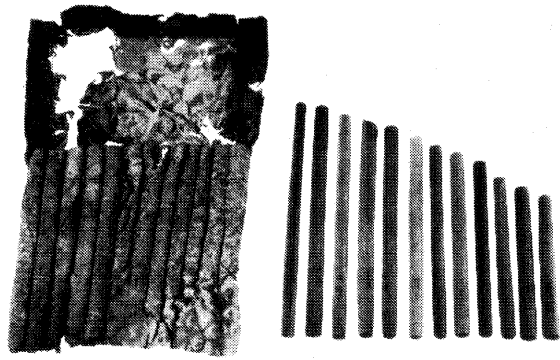


圖 3

在尚無測頻儀器的古代、音頻的高低只能依靠人耳來聽、《晉書·律曆志》中就有一則關於聽律定尺度的故事、西晉初年、晉武帝令中書監 荀勗考定古之黃鐘律以定宮音。荀勗以他豐富的樂律知識和聰慧的聽力、察覺到當時宮廷音樂中樂律不和諧。查找其原因、發現從東漢至魏、晉、尺度增長了四分有余（約 1 厘米多）。荀勗便按照西周以來的禮樂制度和秦漢以來的樂律、制造了一根古尺。又用古尺測量古代流傳下來的器物、皆一一相符。朝廷上下皆欽佩 荀勗精通樂律。這類以聽律來校尺度的記載、在古代文獻中多有所見。說明在中國歷史上、聽律定尺、又以尺校準樂律是確有其事的。



圖 4

人的聽覺十分靈敏、一般能分辨出 1 % 音頻的差

異。古代樂律學家又往々は代代相傳、對樂律的分辨能力很高。但音律皆由耳聽則沒有一個客觀標準、往々會引起一些爭論、最後常常是由權威者裁斷。這一欠陷在科技尚不發達的古代、顯然是無法解決的。于是有了樂律、累黍和度量衡三者互為參校（圖 4）。

3. 樂律、累黍與度量衡

古人多尊儒制經籍、對周、漢之制尤為推崇。用黃鐘律管參以累黍考校度量衡、自《漢書·律曆志》成其說、歷代皆宗為圭臬、一直沿用至清末、其基本論點未見有擅自改篡者。然而由於它本身有一定的局限性、兩千多年來也曾有人提出過異議、在實際運用中遇到許多問題、有時竟無法進行下去、常々會處在十分矛盾之中、困擾着人們千余年。

將樂律與度量衡聯系在一起、最早見於《尚書·虞書》云：“協時月正日、同律度量衡”。中國古代未把度量衡立為專門的學科、一直被視為律曆學的一部分而被歸於歷代正史《律曆志》中。首開其事者為《史記·律書》、成其說者為《漢書·律曆志》、《漢志》已把樂律與度量衡的關係具體化了。《漢書·律曆志》開首便見：“虞書曰：乃同律度量衡、所以齊遠近、立民信也。”又曰：“夫推曆生律制器、規圓矩方、權衡平、準繩嘉量……莫不用焉。”又云：“一曰備數、二曰和聲、三曰審度、四曰嘉量、五曰權衡。”把算數、樂律與度量衡互為參校。由於聲音在時間上是具體的而在空間則是抽象的故曰：“音失之甚易、求之甚難。”要想把度量衡三個量的實體、寓意於無形的聲和數之中、畢竟是難以復現的。于是又用累黍的方法把律管的長度、管徑記錄、固定下來、並且分長度、容量、重量相互參校。云：“度者……本起於黃鐘之長。以子穀秬黍中者、一黍之廣度之、九十分黃鐘之長。一為一分。”“量者……本起於黃鐘之龠、用度數審其容、以子穀秬黍中者、千有二百實其龠。”“權者……本起於黃鐘之重。一龠容一千二百黍、重十二銖、兩之為兩。”這段文字將黃鐘、累黍與度量衡的關係已交待得十分清楚了。其後歷代對此皆倍加推崇。如唐代 李淳風說：“以律度量衡、並因秬黍散為諸法、其率可通故也。”宋代 司馬光又說：“夫度量衡所以佐律而存法

也、古人所謂制四器者以相參校……後世器或壞亡、故載之于書、形之于物。夫黍者、自然之物、有常不變者也、故于此寓法焉。”這種以抽象理論與實體相結合來參定度量衡標準的做法、是漢代在度量衡史上的重大創造發明（圖 5）。

黍是中國古代主要的糧食作物、多為橢圓形、平滑有光澤、供食用和釀酒。漢代以後因產量低、種植面積漸縮小、迄今已鮮為人知了。為驗證《漢書》中用累黍定度量衡三個量之說、我們選用了各地所產三個品種的白、黃、黑黍作了實驗。第一步把三種黍分成大中小三等、分別選出 100 粒和 1200 粒。第二步將分別選出的 100 粒黍橫向排列在預先做好的中間開槽（槽寬正好與黍的長度相等）的木條內、最後檢驗各種黍尺的實際長度。第三步再用分選出的 1200 黍用天平稱其重、用 10 毫升量杯量出容積。現將各種數據列如下表。

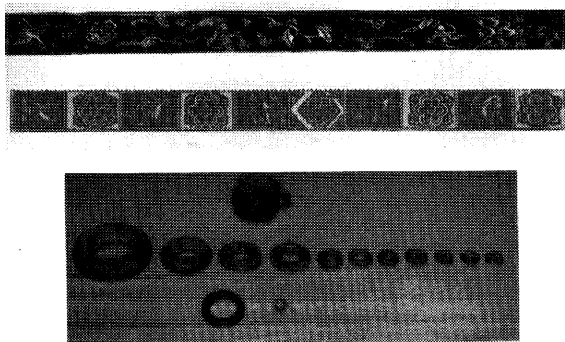


圖 5



圖 6

從表中看到、各種黍故於品種不同、大中小等級不同、實測數也不同。但凡是中等大小者皆接近於漢代的標準值。當人們認識到一支長度和管徑已確定的律管、能發出固定的音律時、便借助於累黍來定管長（90 黍之長）、管長和管徑不變、其容積也必然保持固定的量值（1200 黍）、而這一容積的黍、其重量又正合漢時半兩（12 銖）。從而巧妙地把黃鐘律管、累黍和度量衡三個基本量聯繫起來、形成一種單位體系、這在科學還不發達的古代是十分難能可貴的、可以認為是計量科學的濫觴（表 1）（圖 6）。

表 1

數值 品種	1200 黍重 (克)			1200 黍容 (毫升)			100 黍長 (厘米)		
	大	中	小	大	中	小	大	中	小
黑 黍	9.5	7.5	6	14	12	9.6	24.5	22.5	20.5
黃 黍	10.2	7.3	5	15.5	11.3	10	26.7	23.2	21.1
紅 黍	10.8	7.4	5	13.2	11.5	9.4	24.3	23.1	20.5
新莽 標準值	7.4 克 (12 銖)			10 毫升 (1 龠)			23.1 厘米 (1 尺)		