

曾侯乙编钟的音律体系

王洪吉

天津理工大学理学院, 天津 300400

摘要 本文从中国传统文化入手, 根据《周易》中的“太极生两仪, 两仪生四象, 四象生八卦, 八卦定乾坤。”的思想方法, 研究曾侯乙编钟的生律方法。指出: 曾侯乙编钟是先根据一钟双音, 把十二律, 分为阴阳两部分, 然后根据管子五度相生律关系生出宫、商、羽、徵四律, 最后根据曾辅三大度循环关系得到另外八个律的。

关键词 阴阳律吕 五度相生 曾辅三大度循环 钟律 阴律律名

一、引言

一九七八年夏, 文物考古工作者在湖北省随州市城西北约一公里名叫擂鼓墩的地方, 发掘了一座战国早期大型木椁墓——曾侯乙墓, 墓中出土了大量精美的青铜礼器、乐器、兵器、金器、玉器、车马器、漆木竹器以及竹简等文物近一万五千余件。其中有许多造型奇特、工艺精湛的文物, 是前所未见的珍品。

在曾侯乙墓出土的古代乐器中, 以规模巨大、保存最好的打击乐器——编钟最为壮观。从编钟上的铭文可确认, 编钟的主人是楚国(公元前 433)的附庸国曾国一位名叫乙的国君, 因此, 编钟的诞生离现在至少有 2400 多年。这套编钟虽然在下埋藏了 2400 多年, 但至今音乐性能良好, 能演奏古今各种乐曲。

编钟的出土震惊了中国, 震惊了世界, 举世瞩目, 被誉为“世界奇观中独一无二的珍宝”, “古代世界的第八奇迹”, 是“精神世界的圣山”, 是中国古老优秀文明的象征, 是我国文物考古、音乐史和冶铸史上的空前重大发现, 是同埃及金字塔、西安兵马俑、万里长城和四川都江堰相媲美的古代文化、古代科学的代表作。

曾侯乙编钟共计 65 件, 钟体总重量达 2500 千克, 它是中国半个多世纪以来所发掘的西周至战国的编钟中数量最多、重量最大、铸作最精、音律最完备的一组。

全套编钟刻有标音和乐律铭文 3755 个。乐律铭列举了当时曾国和楚、晋、齐、周等国的各种律名、阶名的对应关系, 大多数律名、阶名前所未见, 堪称一部中国古代乐律理论专著。

编钟的每一个钟都能发出两个不同的乐音, 这在中外乐器制造上更是一个创造。一钟双音这一奇妙的物理现象, 使得国内外铸钟专家在科学发达的今天, 仍不知其中奥妙。

曾侯乙编钟音域达 5 个 8 度, 12 个半音齐备, 这一目前世界上已知的最早具有 12 个半音体系的大型乐器, 不但能演奏古代乐曲, 而且能演奏现代乐曲和外国乐曲, 它使一些外国音乐家为之倾倒, 甚至称它为古代世界第八奇迹。

曾侯乙编钟是中国青铜文化高峰期的杰出代表。它所使用的预热铸造和延时脱碳的先进技术, 它所应用的铜、锡、铅合金比例, 它所采用的圆雕、浮雕、阴刻、彩绘等多种装饰技法, 仍令今天的铸造专家惊叹不已。

体现中国古代高超音乐水平的曾侯乙编钟, 是中华民族古老文明的象征。曾侯乙编钟铸虽然造于 2400 年前, 但它所使用的是现代的十二律的音律体系。根据测试结果, 和钟上的铭文, 曾侯乙编钟采用的不是五度相生律, 不是纯律, 也不是十二平均律。但是一种接近现代的十二平均律的音律体系。

我国学者黄鹏翔先生, 曾从事曾侯乙钟磬铭文体系、乐律学史和音乐考古学的研究。他提出“传统是一条长河”的命题以及“身入古墓心在人间”, “神游往古, 心追方来”等治学思想对中国传统音乐的学术研究, 具有重要意义。

本文从中国传统文化入手, 根据《周易》中的“太极生两仪, 两仪生四象, 四象生八卦,

八卦定乾坤。”的思想方法，研究曾侯乙编钟的生律方法。文中还研究了传统阴律名：“林钟、夹钟、应钟、大吕、南吕、仲吕”的来源等问题。

二、太极、两仪、四象、八卦

《周易》是我国传统文化的精髓。它利用八卦图,以阴阳变化来说明宇宙万物的一切现象,有“众经之首”、“大道之源”和“天人之道”之称。

《周易》中说：“古者包牺氏之王天下也，仰则观象于天，俯则观法于地，观鸟兽之文与地之宜，近取诸身，远取诸物，于是始作八卦，以通神明之德，以类万物之情”。包牺氏就是古代帝王伏羲氏。这段话说明八卦是古人在对各种自然现象观察研究的基础上总结出来的,利用八卦可以描述解释所有的自然现象。

《周易》的《系辞上传》中说：“易有太极，是生两仪，两仪生四象，四象生八卦，八卦定吉凶，吉凶生大业。”认为“太极”是派生万物的本原，由太极分出阴阳“两仪”，这阴阳两仪相互作用，产生了由太阴、太阳、少阴、少阳组成的“四象”。再由四象继续与阴阳相互作用，于是便产生了由“乾、兑、离、震、撰、坎、艮、坤”组成的“八卦”，而八卦便可定吉凶祸福，主宰大业的成败。上述太极、两仪、四象和八卦之间的关系,可以用阴爻 $--$ 和阳爻 $---$ 表示。

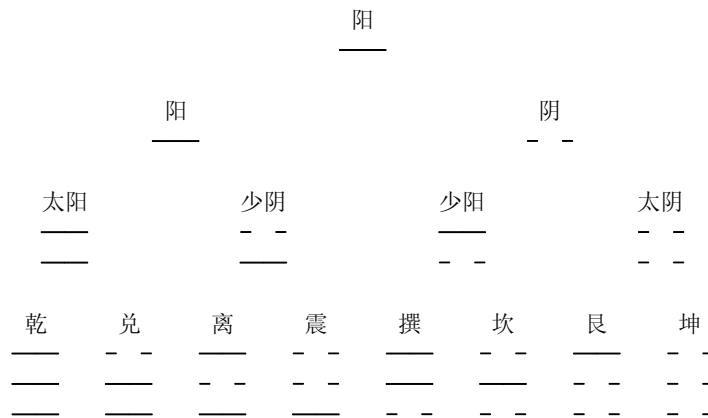


图2 太极、两仪、四象和八卦的符号

事实上，这阴和阳的本质是数学中的实数和虚数。阴爻 $--$ 是虚数单位 i ，阳爻 $---$ 是实数单位 1 。上述关系还可以用数学符号表示为

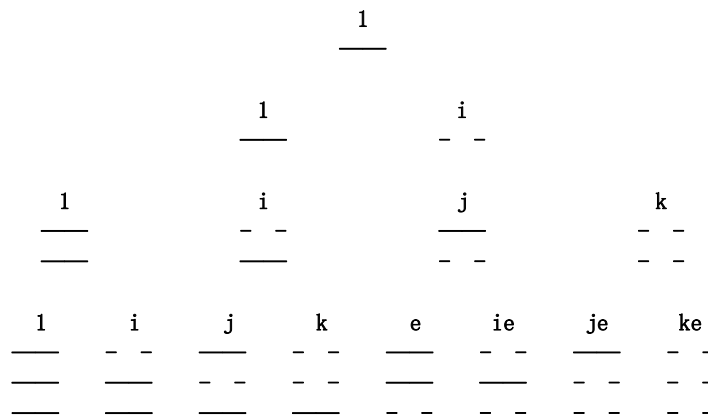


图3 实交错代数的基底

根据数学中推广的 Frobenius 定理, 实数域、复数域、四元数体和八元数代数是实数域上仅有的有限为维的交错代数, 它们的维数分别为 1, 2, 4, 8. 这是一个非常美的数学结构.

《周易》八卦学说就是建立在这样一个美的数学结构之上的. 在《周易》中一般没有十六卦和三十二卦的提法. 另外, 在《周易》中, 用阴爻和阳爻表示的太极、两仪、四象和八卦本质上是实数、复数、四元数和八元数的基底的一种表示.

在《周易》中以“天、泽、火、雷、风、水、山、地”表示事物的各个方面, 也有数学中基底的味道的.

三、一钟双音与阴阳律吕

我国古代流传下来的十二律名为: 黄钟、大吕、太簇、夹钟、姑洗、仲吕、蕤宾、林钟、夷则、南吕、无射、应钟. 与曾侯乙编钟的十二律名不同^[3-5]. 在曾侯乙编钟的律名中有: 黄钟、太簇、姑洗、蕤宾、夷则、无射这六个传统阳律名称. 但是没有六个传统阴律的律名. 有的仅是类似, 但是不相同. 如: 应音(应钟)等.

曾侯乙编钟的十二律名为: 兽钟、浊穆钟、穆钟、浊姑洗、姑洗、浊坪皇、坪皇、浊文王、文王、浊新钟、新钟、浊兽钟. 显然被分成两类, 一类带有浊字, 而另一类没有浊字. 有浊字的律名都是阴律, 没有浊的都是阳律. 虽然浊字在这里表示低半个音, 浊字有时候还表示低八度关系.

另外, 曾侯乙编钟都是一钟双音的, 而且多数两个音之间的关系为小三度关系. 曾侯乙编钟的另一种一钟双音, 两个音之间的关系为大三度关系. 曾侯乙编钟的上层二组和三组的钮钟, 是用来定音的律钟, 所发的音都是小三度关系的, 小三度关系是三个半音, 因此一定是一阴一阳的. 所以曾侯乙编钟把十二律分成了阴阳两类. 是太极生两仪, 的实际例子.

四、三分损益生四音

《管子·地员篇》中说: “凡将起五音, 凡首, 先主一而三之, 四开以合九九, 以是生黄钟小素之首, 以成宫. 三分而益之而以一, 为百有八, 为徵. 不无有三分而去其乘, 适足以生商. 有三分而复于其所, 以是生羽. 有三分去其乘, 适足以是生角.”^[3-5]

曾侯乙编钟中只有宫、徵、商、羽, 四音. 只用到了“凡将起五音, 凡首, 先主一而三之, 四开以合九九, 以是生黄钟小素之首, 以成宫. 三分而益之而以一, 为百有八, 为徵. 不无有三分而去其乘, 适足以生商. 有三分而复于其所, 以是生羽.”

三分损益, 每次比十二平均律相差 2 个音分. 宫→徵→商→羽, 只相生三次, 仅 6 个音分的误差. 宫、羽相差 6 个音分, 宫、徵相差 2 个音分, 徵、商相差 2 个音分, 商→羽相差 2 个音分; 宫、商相差 4 个音分, 徵、羽相差 4 个音分. 几个音分光靠人耳是听不出来的.

曾侯乙编钟采用了三分损益法中的精髓部分, 在古代“以耳齐其声”的方式下, 是能够非常完美地满足实际演奏需要的.

宫、徵、商、羽, 四音, 相当于《周易》中的四象. 宫(阳)、徵(阴)、商(阳)、羽(阴)是由阴阳组成的两仪, 交错相生出的四象. 即, 宫(阳)→徵(阴)→商(阳)→羽(阴).

在上海博物馆馆藏的 1200 枚先秦的竹简中, 有七枚是关于当时传唱的诗歌篇名. 其分类的方法, 采用了以宫、商、徵、羽四个声名, 和穆、汗、祝等字组合的调名(如“宫穆”、“宫汗”、“宫祝”)作为诗歌分类的依据, 在每一个调名下列出该调的多首诗词篇名^[6]. 这是一个仅采用宫、商、徵、羽四音的例子. 曾侯乙编钟采用宫、徵、商、羽, 四音不是孤例.

五、曾辅关系生八律

宫、徵、商、羽四音，在曾侯乙编钟体系中称为四基。与四基对应的还有四曾和四辅，四曾为宫曾、徵曾、商曾、羽曾，四辅为宫辅、徵辅、商辅、羽辅。^[3-5]四曾和四辅在流传下来的其它音乐文献中是没有的。

其中宫、宫曾、宫辅为大三度循环关系；徵、徵曾、徵辅为大三度循环关系；商、商曾、商辅为大三度循环关系；羽、羽曾、羽辅为大三度循环关系。

曾侯乙编钟上层一组的六个钮钟，每个钟的双音都是大三度关系。例如，第一个钟发音是羽曾、羽，第五个钟发音是羽辅、羽曾，包含了羽、羽辅（角）、羽曾的大三度循环关系。第二个钟发音是徵辅、徵曾，第四个钟发音是徵曾、徵，也是一个大三度循环关系。

根据宫、宫曾、宫辅为大三度循环关系，设2为倍黄钟，2的三次方根为倍夷则（宫曾），2除以2的三次方根为倍姑洗（宫辅），1为黄钟（宫），显然，宫、宫曾、宫辅的大三度循环关系与十二平均律的结果相同。类似的，徵、徵曾、徵辅的大三度循环关系；商、商曾、商辅的大三度循环关系；羽、羽曾、羽辅的大三度循环关系，也与宫、宫曾、宫辅的大三度循环关系相同。^[3-5]

四曾和四辅是以四基为基础，大三度关系生出来的八个音律。与《周易》的四象生八卦对应。

虽然把一个八度，分成三个等比的三大度循环关系，是一个与十二平均律相一致的精确结果。但是，宫、徵、商、羽四音是根据三分损益得到的。宫曾、徵曾、商曾、羽曾、宫辅、徵辅、商辅、羽辅是以宫、徵、商、羽四个音为基础根据三大度循环关系的到的。徵、商、羽三个音都不是与十二平均律完全相一致的，所以徵曾、商曾、羽曾、徵辅、商辅、羽辅与十二平均律也有误差，但是误差都很小，也只有2音分，4音分和6个音分。实际计算结果如下表

表1 曾侯乙编钟音律理论计算值

宫	羽曾	商	徵曾	宫辅	羽辅	商辅	徵	宫曾	羽	商曾	徵辅	宫
0	106	204	302	400	506	604	702	800	906	1004	1102	1200

六、传统阴律名的来源

根据我国古代流传下来的十二律名：“黄钟、大吕、太族、夹钟、姑洗、仲吕、蕤宾、林钟、夷则、南吕、无射、应钟。”和曾侯乙编钟的音阶名“宫、徵、商、羽、宫曾、徵曾、商曾、羽曾、宫辅、徵辅、商辅、羽辅。”有

表2 曾侯乙编钟音阶名和传统律名比较1

律名	黄钟	大吕	太族	夹钟	姑洗	仲吕	蕤宾	林钟	夷则	南吕	无射	应钟
阶名	宫	羽曾	商	徵曾	宫辅	羽辅	商辅	徵	宫曾	羽	商曾	徵辅

表3 曾侯乙编钟音阶名和传统律名比较2

律名	姑洗	仲吕	蕤宾	林钟	夷则	南吕	无射	应钟	黄钟	大吕	太族	夹钟
阶名	宫	羽曾	商	徵曾	宫辅	羽辅	商辅	徵	宫曾	羽	商曾	徵辅

表2是以黄钟为宫，与传统方式完全一致，表3是根据曾侯乙编钟，在曾侯乙编钟中是以姑洗为宫的。但是，无论表1还是表2，3羽：羽、羽曾、羽辅都分别与3吕：南吕、大吕、仲吕相对应，只是次序不同。类似地，无论表1还是表2，3徵：徵、徵曾、徵辅都分别与3钟：林钟、夹钟、应钟相对应，也只是次序不同。

徵字和钟字都是 1 声，并且 zheng 和 zhong 的发音非常相似。另外，在曾侯乙编钟的铭文中，徵字也记做终字。因此，阴律的律名“林钟、夹钟、应钟”很可能是由阶名“徵、徵曾、徵辅”演化而来，徵演化为钟。同理，羽字和吕字都是 3 声，并且 yǔ 和 lǚ 的发音非常相似，因此，阴律大吕、南吕、仲吕的律名很可能也是由阶名羽、羽曾、羽辅演化而来，羽演化为吕。

七、结果讨论

1. 在本文中，根据一钟双音的阴阳，五度相生的四基，大三度循环关系的四曾和四辅的生律过程很可能就是古代钟律的生律方法,其生律过程可以表示为图 5 的形式，

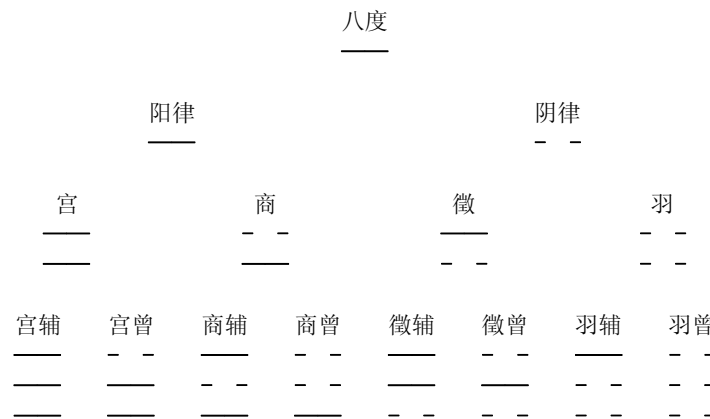


图 5 曾侯乙编钟生律示意图

2. 钟律在中国古代律学中泛指最早的定律法。《史记·律书》中有“钟律调自上古”的说法。曾侯乙编钟是钟律的实物证据，是我国的宝贵文化遗产。根据曾侯乙编钟的铭文，由中国传统文化中的“太极生两仪，两仪生四象，四象生八卦，八卦定乾坤。”的思想方法得到的十二律，理论上与十二平均律相差仅仅几个音分，最多 6 个音分，是相当精确、高级和实用的生律方法，比五度律和纯律方法要优越。由此可见，古人非常聪明，技术非常发达，文明程度比现在一般人们想象的要高很多。

3. 秦始皇统一中国后，为了巩固政权，对内对外都采取了一些措施。对外修了万里长城，对内焚书坑儒，收缴兵器，用收缴来的兵器金属铸造了十个大铜人。也许当时的编钟都被损坏了。加之，秦末战乱，使乐工流散，乐律资料亡失，汉代已少有人懂得编钟乐律，钟律失传了。

4. 曾侯乙编钟 12 个半音齐全，没有“宫、商、角、徵、羽”五声音阶的说法。在先秦时期有“唯九歌、八风、七音、六律以奉五音”的记载。所以那时候九声音阶、八声音阶、七声音阶、六声音阶、五声音阶是并存的。“九歌”又称“九韶”，“九韶”就是孔子闻“韶”，三月不知肉味的“韶”乐^[7]。

5. 曾侯乙编钟的一钟双音，一个阴律一个阳律。这说明，阴阳学说，是古人在实践中总结出来的规律，是有物质基础的，是中华传统文化的精髓，决不是封建迷信学说。

参 考 文 献

- [1] Wang Hongji, The Application of Octonion to Physics, International Congress of Mathematicians Beijing 2002, Higher Education Press, Beijing: 2002: 292-293.
- [2] 王洪吉, 八卦数学物理原理, 中国国际教育出版社, 香港, 2002 年.
- [3] 童忠良、谷杰、周耘、孙晓辉, 中国传统乐学, 福建教育出版社, 福州, 2004 年。
- [4] 童忠良、胡丽玲, 乐理大全, 长江文艺出版社, 武汉, 2002 年。
- [5] 童忠良、崔宪、胡志平、彭志敏、王忠人, 中国传统乐理教程, 人民音乐出版社, 北京, 2004 年。
- [6] 陈应时, 中国律乐学探微, 中国传统乐理教程, 上海音乐学院出版社, 上海, 2004 年。
- [7] 黄翔鹏, 唯九歌、八风、七音、六律以奉五音” 《乐问—中国传统音乐百题》之八, 中央音乐学院学报, 1992 年第 2 期: 3-7。