学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中外科学家发明家丛书

朱载堉

BOOK

内部资料 非卖品

一、生平和著作

朱载堉（yù）是我国明代杰出的自然科学家、律历学家、音乐家，同时也是一位愤世嫉俗的诗歌作家。科学家的冷静头脑和艺术家入世激情在这位天才人物的身上构成了一个不可思议的、相依并存的、和谐的同一体，使他的成就达到了明代自然科学和艺术科学的顶峰。

朱载堉，字伯勤，号句曲山人，嘉靖十五年（公元 1536 年）生于河南怀庆府河内县（今河南沁阳县）。他是明宗室郑恭王朱厚烷之子，朱元璋的 9 世孙。

按《河南通志》记载，朱载堉“儿时即悟先学。稍长，无师授，辄能累黍定黄钟，演为象法、算经、审律、制器、音协节和，妙有神解。”他自幼聪明伶俐，在数学和音乐方面有着过人的天赋。他称自己：“少嗜音律，长而益得其趣，是以乐学之说颇异于众。”又说他在 20 岁左右，就非常喜欢读《性理大全》、《律吕新书》、《洪范》、《皇极内篇》等数学著作，每次阅读：一面口中背诵，一面在纸上计算，研究这些书的时间长了，也就能领会书中的数学要旨。

虽然《明史·诸王列传》中对他的生平记载很少，但沁阳民间却流传着有关这位王子的大量传说和故事。据说，朱载堉出生时，他的母亲高妃怀胎已经 11 个月。正当家人为高妃迟迟不分娩而犯愁的时候，宫前飞来一只凤凰，边舞边鸣。府里的人都认为是个好兆。果然，高妃一高兴，朱载堉便出世了。可是，朱载堉极会哭闹，常常夜啼，使家人不得安宁。有一天，他父亲郑恭王为缓解孩子的哭闹，吹起了箫，谁知朱载堉一听到箫声就停止啼哭。从此，箫管成了终日陪伴他的宠物。

关于朱载堉求学，有过一个故事。那年礼部尚书何塘告老还乡，在沁阳天鹅池畔建了一座“景贤书院”，公开招收弟子授读，应试者络绎不绝。当时应试儿童都由父母带领前往，唯有朱载堉独自前来。何塘问他怎么独自一人，他回答：“家有父母，校有师尊，咋能说独自？”何塘听了很高兴，又问他年纪多大，叫什么名字。他说：“童生八月荷月满，若年足十不差三”。落款“乐乐乐”。何塘沉思片刻后，解释道：“小小顽童 7 岁半，以乐（yuè）为志律当先，乐（lè）在其中性且直，光华焯乐（shuò）在来年。”之后，何塘十分赞赏朱载堉的才华，将自己的学识毫无保留地传授给他。

朱载堉对音乐特别敏感。据说年少时有一次在山上游春，突然听见琴声。他寻声找去，才知道是山弯小溪水珠下滴在岩石上发出的声音。后来，他怎么也忘不了这“水琴声”。有一天他的书童打碎了一只碗，碎碗的声音唤起了他用几只装水的碗组成乐器来演奏“水琴”的灵感。后来他从事著述和作曲，也往往与水琴声相关。

孩提时代的朱载堉好学多问，但也常常提一些常见而又不易知其所以然的问题来诘难老师。比如，“古琴为什么是七根弦”；“箫一管一音，笙那么多管长短不齐为什么也吹一音”等，老师常被他问住。

当然，传说毕竟只是传说，不是真实的历史记载。但是，数百年过去了，这些故事依然流传，足见这位王子给人们留下了多么美好的回忆和沁阳人民对他的尊敬。

朱载堉的父亲朱厚烷笃信儒家学说，因此，他和好道教、奢侈至极的嘉靖皇帝在思想观念上有极大分歧。他不仅不给朝廷进香，还上书规谏嘉靖皇

帝，言词恳切、直率。皇帝不听劝告，反而以为朱厚烷有意毁谤和嘲笑他，于是将那个为朱厚烷送规谏书到京的使者治罪下狱。就在这时，朱厚烷的叔伯朱祐橏为了夺取朱厚烷郑恭王的爵位，乘嘉靖皇帝对厚烷恼怒之际，上书诬告厚烷有 40 条叛逆之罪。朱厚烷也不甘示弱，告祐橏预谋夺爵、纵恶殃民。朝廷经过一番调查后，对朱祐橏仍为庶人，而将朱厚烷削去爵位，并将其禁锢在祖籍安徽凤阳。那年是嘉靖二十九年（1550 年），朱载堉才 15 岁。

朱载堉对父亲无罪而被拘囚，十分愤恨。他在王宫门外修建了一间土屋，以稻草为席子独自居住了 19 年。在这段漫长的独居生活中，朱载堉潜心攻读，发愤著述。嘉靖三十九年（1560 年），他完成了第一部音乐学著述《瑟谱》。在《瑟谱小序》中，他自称“狂生”，署名为“山阳酒狂仙客”。

世宗朱厚熜死后，穆宗朱载堉嗣帝位，朱厚烷得到了平反。隆庆元年（1567 年）正月恢复了朱厚烷郑恭王的爵位，同年 4 月，恢复朱载堉的世子冠带。第二年，朱载堉结束了独居生活，搬出了土屋，回到郑王府，这一年他 33 岁。

完成《瑟谱》后的 20 余年，朱载堉对音律、历法，“志之所好、乐而忘倦”，先后写下了《律学新说》、《律吕精义》、《乐学新说》、《算学新说》、《圣寿万年历》、《万年历备考》、《律历融通（附《音义》）》、《操缦古乐谱》、《旋宫合乐谱》、《乡饮诗乐谱》、《六代小舞谱》、《小舞乡乐谱》、《二佾缀兆图》、《灵星小舞谱》等大量著作。步入晚年，他仍勤于著述，《律吕正论》、《律吕质疑辨惑》、《嘉量算经》、《圜方勾股图解》、《醒世词》和疑已佚散的《韵学新说》、《切韵指南》、《先天图正误》等陆续问世。另有十余种著作，汇集成《乐律全书》。

万历 19 年（1591 年），朱厚烷病逝。按照传统，朱载堉应该继承爵位，而他却上疏，要将爵位让给曾与其父结下怨仇的堂兄弟朱载玺。朱载玺也就是当年诬告朱厚烷有叛逆罪，致使其在高墙内被禁锢 19 年之久的祸魁祐橏的孙子。

朱载堉在万历二十三年至三十四年（1595—1606 年）间的 11 年中，在继续从事著作的同时，还致力于雕板、印刷、装订自己的著作。万历三十四年（1606 年）7 月，《乐律全书》印刷告竣，朱载堉写了《进律书奏疏》，将五部印成的《乐律全书》进呈朝廷。

就在进呈《乐律全书》的同一年，朱载堉经过 15 年的“累疏恳辞”，神宗皇帝同意他把王爵让给朱载玺。让爵一事，在当时的社会中极为罕见，更不用说让爵给仇人了。一个封建时代的王子，即使没有什么学术贡献，仅其让爵的风格也足令后人肃然起敬！

朱载堉让爵后，迁居到怀庆府城外，自称道人，仍“务益著书”。万历三十九年（1611 年）逝世，享年 76 岁，葬于九峰山之原，谥号端清。

以下将分别叙述朱载堉的学术成就。

二、创建十二平均律

朱载堉最杰出的贡献就是创立了“新法密率”，即十二平均律。

十二平均律是现在全世界音乐界应用最普遍的一种律制，西方把它作为“标准律制”。十二平均律是一种数理调音体系，它把八度精确地划分为十二个半音，每半音的音程值为2的12次方根，即$\sqrt[12]{2}$。按音分计算，八度为

1200 音分，十二个半音间各为 100 音分。虽然这种调律是人为的，但它丝毫不影响人的听觉，用这种律制制成的乐器，特别是键盘乐器，可以任意旋宫转调。因此，它的出现对于音乐体系的完善、音乐思维的发展和乐器演奏功能的提高等都具有极大的影响。

今天看来，十二平均律并不是十分深奥的理论，但在东西方音乐史上却经历了漫长的过程，才确立了这种律制。特别是在中国律学史上，朱载堉以前的律学家们曾为此付出过艰辛的劳动，却没有能够解决问题。为了充分阐明朱载堉创立十二平均律的的伟大意义，有必要对中国律学史作一简短的回顾。

律学也称音律学或乐律学，这是声学的一个分支学科，是研究发声体发音高低比率的规律和法则的一门学问。因此，自从有了音律规范就有了律学。

在我国古代音乐史上有三种律制：三分损益律，纯律和平均律。

三分损益律是在中国音乐史上应用最广泛、理论发展最完备的律制。三分损益法是这样来决定各律数值的：将第一个音、即起始音的弦长分为三份，去其一份为之损，加上一份为之益。在数学上，去其一份即将起始音弦长乘以 2/3，加一份即将起始音弦长乘以 4/3；以起始音的弦长乘以 2/3，得到次律；再将次律乘以 4/3，又得次一律；再乘 2/3，……依次乘十二次，就可以完成一个八度中的十二个律的数值计算。由三分损益法计算得到的各律，称为三分损益律。因为三分损益律是乘以 2/3，或 4/3，而 2/3 即上生五度，4/3 即下生五度，所以三分损益法也就是西方所谓的五度相生法，三分损益律也就是五度相生律，或简称五度律。

纯律，在中国古代并无理论，但有充分的实践应用。古代的陶埙，由于模拟自然界中具有纯律倾向。先秦的编钟，在采用三分损益律的同时，也有许多音程倾向于纯律，特别是在强调运用泛音微位的古琴中，纯律音程得到充分应用。

但是，三分损益律与纯律都是不平均律。它们不能旋宫转调。这是因为，依照它们的定律法得出的十二个音，音程大小不一。若要把它们应用到固定音高的乐器上，并想在这种乐器中得到十二个高度不同的调，几乎是不可能的。这些具有固定音高的乐器只能适用于和它们具有相同音程的音阶，只能奏出某种调式。演唱者若有变调要求，乐器也要立即随之更换。音乐艺术的发展，要求人们对音律加以调整和改造。为了达到旋宫转调的愿望，对平均律的实践与理论探求，就一直成为人们心目中的奋斗目标。

汉代，著名易学家京房是追求平均律理想的先驱，他对“周而复始、旋相为宫”的问题进行了探索。为了达到使黄钟起始律“回归本律”的目的，京房在按“三分损益”的传统方法生律十一次后继续生律，直到六十律。京房“六十律”所采用的是八度内音律制减少始末律间律差的方法。

以后，南北朝何承天为解决京房“六十律”对遗留的一个“微小音差”，作了进一步研究，提出了新律制，即将三分损益律的古代音差平均分为十二份，然后将这平均数（0.01）累加到十二个律上，使十二律在差部分形成一个等差数列。这样，他在长度计算音律方面实现了旋宫的愿望，其效果很接近十二平均律，一般人的听觉几乎不能辨别其间的差别。但它仍然不是真正的十二平均律。因为十二平均律是一种等比律，而何承天的新律只是在特定长度内的等差律。

在何承天之后，隋代的刘焯打破了三分损益的传统，他以系数$\frac{3}{7}$n构成振动体长度的等差数列，企图以此达到旋宫的目的。实际上，刘焯不仅不能旋宫，而且十二律的音高也混乱了。虽然如此，他大胆地违背三分损益的定律法却是个创举，他为后人创建平均律提供了一个可贵的失败的例子：以等差数列的方法不能完成平均律。

五代时，律学家王朴也曾从“加减进退”的方法来缓解十二律不能“周而复始”的矛盾；宋代蔡元定也提出“十八律”来求得黄钟“回归本律”。

在平均律的探索史中，我们要特别提出这样一种思考方式：三分损益法，即 2/3，4/3，人们可以将这二个分数改写为 50/75，100/75；或者 500/750，1000/750，因为它们都是等效的。但是，如果将后两个分数中的分母作适当的调整，即将其分母减去 1，使之成为 500/749，1000/749。这样一来，三分损益律就倾向于平均律了。我们暂且把这种定律法称之为“749 定律法”。《淮南子·天文训》中定黄钟数 81，计算中取整数值，它所计算得到的十二数值与三分损益法稍有不同。朱载堉对此作了详细验证，其结果是，《淮南子》或者采用了 4 舍 5 入的简便方法，或者采用了“749 定律法”。因此，朱载堉指出，平均律的定律思想，“非自古所未有，疑古有之，失其传也”。这一有关平均律的起源问题，是朱载堉最早发现的。

朱载堉没有遵循“749 定律法”这条思维线路而创建十二平均律，而是打破了传统的律学思维和方法，提出了新的数理概念和计算法，创立了“新法密率”——一十二平均律这一划时代的律学理论，解答了千年来的律学命题，不仅给中国古代律学史的终端画下了一个圆满的句号，而且也为世界音律学理论开创了一个新篇章。

朱载堉创建新法密率时，提出了音与数的辩证关系，认为音与数要相吻合，但又不可执一，之间可以变通。这就为他不用三分损益法提出了理论根据。

朱载堉十二平均律理论的创立是合理的和必要的。一方面，由于“平均律”命题的发生和近千年来不断地追求和探索，反映了古代律学家的强烈愿望，对它的解答是必然的；另一方面，在中国封建社会晚期的明清两朝，学术界通过表面的复古形式，对大量的古代经典进行整理、鉴别和考证，引起了对传统文化的怀疑、批判和再认识。朱载堉对传统律学的重新认识、理解和总结，以及进一步批判和扬弃以往律学从未摆脱“三分损益”生律法来追求“平均律”的思维方式，正是在这样的历史背景下萌发起来的。

关于新法密率，朱载堉在《律吕精义》中清楚地写道：度量长度的标准尺是起源于黄钟律的长度，因此黄钟正律的长度，也就是长度标准的一尺。设一尺的平方（100 寸^2）为黄钟正律的冥数，那么，如果依勾股定律，以勾 10 寸自乘，得 100 寸^{2}为勾冥，以股 10 寸自乘，得 100 寸^{2}为股冥。将勾股二者冥数相加，得弦冥为 200 寸^2。这样一来：

$\sqrt{10^2+10^2}=\sqrt{200}=10\sqrt{2}=1.4142$，1356，2373，0950，4880，1689(尺)

这个数值既是以勾股为正方形的斜边，也是该正方形外接圆的直径，同时也是蕤宾正律的二倍，称为蕤宾倍律的长度。以勾 10 寸乘蕤宾倍律，再将此乘积即平方数开平方，则得：

$\sqrt{10\times10\sqrt{2}}=10\sqrt[4]{2}=1.189207$（尺）

该值为南吕倍律的数值。再将南吕倍律之值乘以勾 10 寸，乘股 10 寸，得三次乘积（即立方积）数值；然后将立方积开立方，得：

$$\sqrt[3]{10\times10\times10\sqrt[4]{2}}=10\sqrt[12]{2}=1.059463\text{（尺）}$$

该值为应钟倍律的数值。十二律黄钟为始，应钟为终，周而复始，循环不止。这是自然真理，就像《易经》八封中的贞后元生、坤尽复来一样。因此，如果要计算十二律中某律的数值，只要以比某律高一律的数值乘以黄钟正律 10 寸，再除以应钟倍律数 10.59463……寸，就可以得到某律。其它各律依此类推。那里会有往而不返，不旋宫的道理呢！

朱载堉将表示八度音程的弦长比 2 开平方、又开平方、再开立方，得到了 2 的 12 次方根的数值 1.059463……。这个值就是通常所说的半音，我国传统说法称之为应钟律数。然后，朱载堉将八度值 2 连续除以应钟值，累除十二次，就得到了相应的平均律中八度内十二个音的音高。因为朱载堉将八度值2累除以$\sqrt[12]{2}$（应钟值），因此，这个平均律实际上就是以$\sqrt[12]{2}$为公比数的等比数列。朱载堉将这个公比数称之为“密率”。现在，我们将朱载堉“新法密率”的详细计算结果列于下表中。

朱载堉的十二平均律

律名	正律	倍律		
		计算结果	计算方法	今日音名
黄钟	1	2	$2^{12/2}$	C^2
大吕	0.943874	1.887748	$\frac{2}{\sqrt[12]{2}}=2^{11/12}$	b^1
太簇	0.890898	1.781797	$\frac{2_{11/12}}{\sqrt[12]{2}}=2^{10/12}$	$\#a^1$
夹钟	0.840896	1.681792	$\frac{2^{10/12}}{\sqrt[12]{2}}=2^{9/12}$	a^1
姑洗	0.793700	1.587401	$\frac{2^{9/12}}{\sqrt[12]{2}}=2^{8/12}$	$\#g^1$
仲吕	0.749153	1.498307	$\frac{2^{8/12}}{\sqrt[12]{2}}=2^{7/12}$	g^1
蕤宾	0.707106	1.414213	$\frac{2^{7912}}{\sqrt[12]{2}}=2^{6/12}$	$\#f^1$
林钟	0.667419	1.334839	$\frac{2^{6/12}}{\sqrt[12]{2}}=2^{5/12}$	f^1
夷则	0.629960	1.279921	$\frac{2^{5/12}}{\sqrt[12]{2}}=2^{4/12}$	e^1
南吕	0.594603	1.189207	$\frac{2^{4/12}}{\sqrt[12]{2}}=2^{3/12}$	$\#d^1$
无射	0.561231	1.122462	$\frac{2^{3/12}}{\sqrt[12]{2}}=2^{2/12}$	d^1
应钟	0.529731	1.059463	$\frac{2^{2/12}}{\sqrt[12]{2}}=2^{1/12}$	$\#C^1$
清黄钟	0.5	1	$\frac{2^{1/12}}{\sqrt[12]{2}}=1$	C^1

朱载堉在《算学新说》一书中列出了十二平均律的计算公式：

$$\frac{T_n}{T_{n+1}}=\sqrt[12]{2}\text{或}\frac{T_n}{\sqrt[12]{2}}=T_{n+1}\text{（}n=0\text{，}1\text{，}2\cdots\cdots\cdots12\text{）}$$

当 n=0，T_1为黄钟值；当 n=1，T_2为大吕值；当 n=12，T_{13}为清黄钟值。现在，

人们只要利用他的方法、甚至搬用他的数据结果，就可以制出所期待的任一种符合十二平均律的乐器如钢琴之类，而不管人们愿意取黄钟宫音的绝对高度是多少。

朱载堉还经过多次检验，证明了“密率”在理论上的严密性、科学性和正确性。为了检证“密率”，朱载堉还研制了“均准”测律器，并亲自校点笙来验证“密率”。同时，他还提出了“异径管律”理论，为了这项研究工作，亲自动手种黍、裁竹制管。这些都是他重视律学实验的例证。正由于严密、正确的数理思维方法和重视实验的治学态度，保证了朱载堉计算“新法密率”的精确性和合理性。

朱载堉的“密率”体现了一代代中国律学家的愿望，完成了人们长达十几个世纪的宿愿。这项成就，在中国音乐史、律学史以及算学史上都具有划时代的伟大意义。但由于中国古代的五声单音体系、民族乐器的音律设置，再加上朱载堉创立“密率”的个人意图等因素，在当时的中国音乐实践中，对十二平均律的应用不是很迫切，所以朱载堉的新律在当时音乐实践中并没有推广使用。更为遗憾的是，昏庸、愚昧的封建朝廷当时只关心“八股举士”的科举，当其中包含着“新法密率”的《乐律全书》呈献给朝廷时，竟遭到了冷遇。对此，朱载堉早有预料。他的“新法密率”就像那愚昧社会中将要脱胎的孩子一样，躁动母腹，急不可待，仿佛就要堕地大喊。而母亲在兴奋一时之后更多地却又害怕他的诞生，她自信腹中孕育着一位天才、伟人，但她却要勒紧身带，并为他的未来忧心忡忡。在三分损益律被崇拜为神圣法则的时代，新法密率的诞生确实使朱载堉愁过于喜。

朱载堉创造的如此伟大的业绩，就连《明史》也将其拒之门外。这颗科学和音乐艺术的明珠，就这样被埋没在知识荒漠的王宫殿堂里。尽管朱载堉在他的书中一再呼吁：新法密率“盖 2000 余年之所未有，自我圣朝始也，学者宜尽心焉。”结果，在他的音律理论创建后一个半世纪，却招来了大量的谩骂和攻击。他们不理解、不理睬，更不能容忍朱载堉的“密率”。在他们看来，古人没有说过的不能说，古人没有做过的不能做；创立新说，提倡新事，就都是臆说，是大逆不道，密率就是对传统律学的背叛和反对。为此，密率被定下了“十大罪状”，结果朱载堉的十二平均率落得了“宣付史馆、以备稽考、未及实行”的结局。在朱载堉之后的 300 年中，对这项重要发明的问津者竟寥寥无几。

朱载堉创建的十二平均律，虽然在中国没有得到任何重视和应用，但它一经传到西方，便引起欧洲音乐界的震惊。在西方，直到 18 世纪前半叶，德国作曲家巴赫才分别于 1722 年和 1744 年创作了上下两卷的《平均律钢琴曲集》，充分发挥了十二平均律的巨大作用，以创作实践证明了这个律制的合理性和优越性。在此之前，西方音乐为了求得这一音律体系，付出了不亚于中国律学家为此付出的心血，他们不仅在理论上，还在键盘乐器上作了大量实验。这一体系在西方音乐史上的确立，具有很重要的意义，它开创了一个时代的音乐语言和音乐风格，正当西方音乐家为他们的十二平均律理论和实践的优越性感到自豪时，得知遥远的东方古国——中国早在 1581 年就有了十二平均律理论——“新法密率”，他们对此惊讶不已。他们在这方面整整落后了一个世纪！

德国声学家赫尔姆霍尔茨（1821—1894 年）这样说：“在中国人中，据说有一个王子叫朱载堉的，他在旧派音乐家的反对声中，倡导七声音阶。把

八度分成十二个半音以及运用变调方法，也是这个有天才和技巧的国家发明的。”那么西方发明十二平均律，会不会受到传播到西方去的朱载堉的密率的影响呢？著名英国科学家李约瑟曾作过这样的评价：“朱载堉的著作曾经得到很高的评价，他的理论在他的国家却很少付诸实践，这真是不可思议的讽刺。……平心而论，在过去的 300 年间，欧洲及近代音乐确实有可能曾受到中国的一篇数学杰作的有力影响，但是还没有得到传播的证据。与这个发明相比较，发明者的名字是次要的。毫无疑问，朱载堉本人是第一个愿将荣誉归功于另一个研究者的人，也是为要求优先权而最后与人争吵的人。第一个使平均律数学上公式化的荣誉确实应归之中国。”

朱载堉在创立十二平均律理论的同时，又发现了以管定律与以弦定律的差异，提出了“异径管律”论。这个理论实际上是一种管口校正方法。他在《律吕精义》一书中指出，各音律以半音进入较高的次一音律时，管不仅要缩短长度，同时要缩小围径，在规定各律管长度的同时，也必须规定律管内径的大小。由于管与弦的振动发音方式不同，管的发音体是气柱，必须要测定出气柱实际振动尺度与管的尺度之间的差数，也就是“管口校正”数，这样才能正确地制造出所需要的律管。朱载堉在“异径管律”理论中，将他的密率理论系统地应用在律管的管口校正上，成功地制造出了符合其理论的律管。比利时声学家马容于 1890 年发表了一篇报告，他 说依照朱载堉提出的律管长度和内径数据，在黄钟的倍律（低八度）、正律和半律（高八度）上加以实验，认为三律在八度关系上都符合要求，完全准确。

三、对乐器的研究

朱载堉以创建十二平均律和提出管口校正法而闻名，但他不仅是一个科学家和音乐理论家，也是一位音乐实践家。其中最突出的，是他在乐器制造方面获得重大成就。

朱载堉为了验证他的密率理论，特制了一架律准，即一个建立在十二平均律基础上的弦定律器。在朱载堉之前，已有不少律学家制作了不同的律准来研究律学，但以往的律准都是以三分损益律为基础的。朱载堉对它们作了分析研究后，制造了一种新的定律器，它不仅在器具的表面刻有十二平均律的数据，同时也刻上了三分损益律的刻度以资对照，将这种律学实验器推向了一个新高度。更重要的是，这架律准既是调律器，也是世界上第一件建立在十二平均律的理论基础上的弦乐器，它可以发音，不仅解决了数据的精确度，也可当作乐器使用。遗憾是，这件宝贵的律准的命运同它的理论基础密率和朱载堉的《乐律全书》一起，被束之高阁，没有在实践中得到应用。

为验证“异径管律”理论，朱载堉制作了 36 支律管。由于强调音律的精确性和律管制作的精密度，他对律管的材料——竹管的选择作了十分详尽的描述，如“大竹不堪用，惟用小竹长节者耳。”“甜竹最佳”，“新采湿竹，使干极乃造，湿造则不佳”，等等。律管造出后，在实验时，有一个不可忽视的条件：吹气要适当。朱载堉说：“吹时不可性急，急乃焦声，非自然声也”。“吹律人勿用老弱者，气与少壮同，必不相协。然非律不协也。”在这里，指出了吹气强弱对发音影响。它与现代科学知识是相符合的：当急吹时，吹口处压强过大，管的另一端逸出的气流形成了涡流，而老弱者吹气不足，吹口处空气压强过小，管的另一端甚至无气流逸出。这两种情况都对管

的正常发音有影响。

朱载堉不仅用竹制作律管，还制造了铜质的金属律管，为了保证制造过程中的准确性，他写了一份类似现代工艺流程的报告，其中对沙模、焙干、浇铸、钻孔、抛光和截断等有关技术问题一一作了解释和交代。在当时技术条件的限制下，朱载堉能做到这样严谨，是非常了不起的。

朱载堉还致力于古乐器的考辨，做了不少去伪存真的工作。他揭示了古管乐器篪的开孔方法，并详细记录下它的形状、规范。中国古代的编钟在先秦时期已经完备。其独特的形状和结构，使一钟能发出两个基音，悬挂方式也便于敲击。但是，从宋代起，竟不知编钟如何造法，应取何种形状。朱载堉曾对历代的青铜钟做过大量研究，再次证明“古钟扁而不圆”，“甬于架上侧垂之，以便于击。”他还指出了钟的调音方法：“钟声清则去其厚，浊则去其长。”这个调音方法也是符合板振动基本原理的。磬是一种石制乐器，它的历史要比金属制的钟久远得多。但古磬的形状和规范从宋代起也失传了，朱载堉在考察古磬和宋代特磬中，提出一组磬乐器不仅要别以厚薄，而且要“别以大小不等”之说，他认为“宋制非也”。他的看法是符合中国早期的编钟实际的。

在乐器制造上朱载堉作出的最重要成就之一是处理笙的调律。据现代学者研究，朱载堉曾在笙点校上进行密率的实验。朱载堉所造的笙虽然由于演奏不便，而且他极力推崇雅乐音乐，因而没有得到流传；但他的调律方法几乎与我们现代的钢琴调律方法相一致。他的这些贡献，都是应该大书特书的。

朱载堉在乐器学上的另一贡献是提出合理的乐器分类问题。传统的“八音”分类以制作乐器的材料为依据。朱载堉认识到了这种分类法有归属不清和不当之弊，而且不能明确表明乐器的发音特点和性能。他将传统的“八音”为分三类，一类是“吹管乐器”，一类是“弹弦乐器”，另一类是“敲打乐器”。这无疑是乐器分类法上的一大进步。

四、天文历法

天文历法是我国古代科学中发达最早和成就最大的学科之一，经过世代天文学家的努力，天文历法工作不断取得进展。到元代，著名科学家郭守敬、王恂等人在进行大量观测并吸取前人研究精髓的基础上，于 1281 年编撰了十分精密的历法——授时历，从而把我国古代天文历法的研究工作推向了新的高峰。可惜，明王朝建立以后，由于对天文历法的研究工作采取了极其错误的政策，兼之墨守成规、不思改革的思潮泛滥，致使具有优良传统和雄厚基础的天文历法工作失去了生机，迅速从光辉的高峰上跌落下来，进入了一个停滞不前甚至倒退的黑暗时期。

明太祖朱元璋为了加强明王朝的封建统治，采取了一系列思想控制措施，对于天文历法的研究，也制定了极其严厉的法律条例，不许民间私自习历、造历，违者或充军或处死。

明代所采用的历法叫大统历，其实它就是授时历，仅改变了名字而已。大多数历官只能依样画葫芦，穷于应付皇历的颁布。虽然在使用过程中，也曾发现预推结果与实际天象不符的情况，但多无可奈何，不了了之。在朱载堉提出改历之议前，也曾有人提出对历法作小修小改的意见，但由于提议者本身学识肤浅，不能切中要害，更加上反对的势力强大，这些人多以大统历

“理数极精，古今历无过之者”为由反对改革祖宗之法，所以改历之事一直束之高阁。这样年复一年，恪守旧法之风益甚，造成了官方历法研究死水一潭的状况，用明孝宗的话说，已经形成了“朝士鲜知星历者”的可悲局面。

朱载堉正是这样的历史背景下，开始他的天文历法研究工作的。首先朱载堉要冒很大的风险才能从事天文历法的研究，没有足够的胆识是不敢问津天文历法这一禁区的。其次，朱载堉必须突破祖制不可变的思想藩篱，与盲目迷信授时历或大统历的社会思潮相抗争。如果没有这样的精神，即使涉足于天文历法这一领域，也将一事无成。再者，朱载堉面对着朝野人士对于天文历法基本无知的形势，他必须从头开始，靠自己的努力，一点一点地学习、摸索，以期解其术、通其法，进而“采众说之所长”，并力求达到“青出于蓝而胜于蓝、冰生于水而寒于水”的新境界。为此，朱载堉不知付出了多少辛勤的汗水。

朱载堉从研究史志所载各家历法入手，步入天文历法领域。通过刻苦的学习和研究，先后编撰了两种历法——黄钟历和圣寿万年历。

黄钟历和圣寿万年历均取中国古代传统历法的经典形式。黄钟历共分九篇，分别解决 24 节气、72 候的计算；月朔和闰月的安排；每日日影长度、漏刻更点和南中天星象的推求；日、月交食的预报，日、月五星运动的计算及其在恒星间所处位置的预报等等天文历法问题。圣寿万年历与之大同小异，共分八篇。这两种历法，除所设历元不同，和因此导致的若干天文数据有所变化外，和授时历并无重大的差异。

从表面上看，黄钟历和圣寿万年历分别取万历九年（1581 年）和嘉靖三十三年（1554 年）为历元。但实际上在进行各种历法问题的具体推算时，黄钟历是以 1581 年前的 300 年，即 1281 年为实际历元，而圣寿万年历则是以 1554 年前的 4560 年，即公元前 3007 年为实际历元。

黄钟历和圣寿万年历对授时历最有意义的修正，是关于回归年长度及其古今变化的研究。

我们知道，回归年长度（T）并非恒量，而是一个随时间而变化的变量，任一年（t）的回归年长度值可由下式表达：

$T=365.24219878-0.0000000614(t-1900)$

这是由现代天体力学推导出的理论公式。

在我国古代，关于回归年长度古大今小的概念，是由南宋天文学者杨忠辅首先提出的，在他的统天历中，他建立了求任一年回归年长度值的公式：

$T=365.2425-0.000002116(t-1195)$

元代郭守敬等人，接受了杨忠辅的这一概念，并在他们的授时历中给出了经过修正的新算式：

$T=365.2425-0.0002t_0$

式中 t_0 为以 1281 年起算的整世纪数。

朱载堉批判地继承了杨忠辅、郭守敬等人的成果，建立了回归年长度古今变化的新公式：

在黄钟历中，设实际历元（1281 年）的回归年长度为 365.2425 日，

$T=365.2425-0.00000175(t-1281)$

在圣寿万年历中，设实际历元（公元前 3007 年—公元 1554 年前的 4560 年）的回归年长度为 365.25 日，

$T=365.25-0.00000175(t+3006)$

这两个公式基本上是等价的，依之计算，T 值仅有约 0.000002 日之差。

这样，朱载堉纠正了郭守敬等人回归年长度消长法的不当之处，在探索回归年长度古今变化规律的道路上又迈进了一步。

在编撰黄钟历的过程中，朱载堉几乎对古代历法的所有重要问题都作了评述，其心得载于《黄钟历议》之中。后来在编撰圣寿万年历时，他又对历代冬至时刻、晷影测量和交食记录作了详细的考证，而写成《万年历备考》。这些研究工作的方法，正如朱载堉自己所说的是：“辑名历五十家，倾心考证，时刻分秒，期吻合于玑衡”，其目的则是“采众说之所长，羽翼大统，广其未备”。

《黄钟历议》共有 36 篇，其中前 12 篇主要论述音律与历法的关系，后 24 篇则论述历法的各种问题，并对地理纬度测量新法进行了探讨。

在编撰圣寿万年历的过程中，朱载堉又进行了许多天文历法的研究工作。特别是对冬至时刻和交食的分析测算。冬至时刻的测定，也就是 24 节气的测定，它与农业生产有较密切的关系。而交食是最明显的天象之一，其预报准确与否，是检验历法的最可靠方法。朱载堉对这两个重要问题进行了深入的研究，其成果就是《万年历备考》中收载的《诸历冬至考》、《二至晷景考》和《古今交食考》等 3 篇专题论文。

朱载堉深知历法“欲求精密，则须依凭象器测验天文，积日累月，务得其实，而后缀以算术，立为定法，方可成一代之懿制，传之万世而无弊也”。可是，朱载堉所面临的现实却是“仪表之具，生来目所未睹，况能知其距度之疏密，展次之广狭乎”。这无疑限制了朱载堉天文才能的施展。虽然如此，朱载堉还是作了力所能及的努力，他动手制作了一些小型的天文仪具，设计了新的测量方法，取得了很好的结果。朱载堉的天文历法工作不只在于历法的编撰本身，还在于他吸取了先辈天文历法家许多宝贵的思想和成果，并加以发扬光大，不但给当时处于凋零枯萎的天文历法界注入了生机，也为后世天文历法的发展开拓了道路。

五、数学研究

由于朱载堉要确定律管的内外周、内外径、横截面和容积，圆周率取何种数值，是一个很重要的问题。朱载堉在《律吕精义》中叙述了“新法密率算术周径冥积相求”之法，在这里，设径为 d，周为 I，面积为 S，按照朱载堉的说法，则径求周为：

$$I = \frac{40\sqrt{d^2/2}}{9}$$

周求径为：

$$d = \sqrt{2 \times \left(\frac{9I}{40}\right)^2}$$

面积为：

$$S = \frac{Id}{4} = \frac{I}{2} \cdot \frac{d}{2}$$

朱载堉的圆周率在其《乐学新说》中以口诀形式总结道：“诀曰：圆周四十方容九，勾股求弦数可知，遂以此求径率、求周、求积亦如之。”这里

的径率即圆周率，其值为

$$\pi = \frac{40}{\sqrt{9^2 + 9^2}} = 3.1426968$$

他把这个数值称之为“周公密率”。

由此看出，朱载堉的“周公密率”远不如祖冲之推算出的圆周率精确。因此，他的关于律管的圆周、面积和容积的计算值也就有误差。可是，在实际使用上，在以寸为单位测量时，毫位数（小数点下三位数）已是估计值了。因此，朱载堉的圆周率数值并不影响他制造发音准确的律管。

朱载堉在数学研究过程中，使用算盘完成了包括开方在内的大量计算。数学与算盘是他从事乐律研究的翅膀。他完成十二平均律之时，也就是他运用算盘进行开方运算成功之日。

一尺为九寸，一寸为九分，称为九进尺。这种尺，一尺中共 81 分。在朱载堉的《乐律全书》中称它为“纵黍律尺”。据传说，古代人以黍粒纵排 81 粒，刚好为一乐律尺。一尺为十寸，一寸为十分，称为十进尺。这种尺，一尺中共有 100 分。在朱载堉的《乐律全书》中称它为“横黍度尺”。因为它是以黍粒横排百粒，其长度刚好与日常用尺相同。传说，在先秦时期，日常用尺与乐尺相等长度。也就是，一纵黍律尺等于一横黍度尺，这两种尺的长度相同而进位不同。

《乐律全书》中指出了三种不同进位尺：横黍尺即平常十进尺；纵黍尺即九进尺，斜黍尺即混合进位尺。它是以斜排黍粒 90 粒而得到的一种尺，称为“斜黍九十分尺”。它的尺单位长度与横黍尺、纵黍尺相等，但尺以下各单位为每尺九寸，每寸十分。朱载堉在这里的数学贡献是用算盘完成了九进制和十进制的小数换算，在数学史上是一项开创性的工作。

朱载堉的最后一项数学工作是他找到了计算等比数列的方法，并成功地将它应用于求解十二平均律。这一点在数学史和律学史上都是有意义的。朱载堉在《律学新说》和《律吕精义》两书中是采用一种数学表达方式来叙述十二平均律的，这就是：将八度音程比值 2 进行 12 次方根运算，第 12 次方根值即是十二平均律的半音音程；既求得半音音程，那么，只要将起始音音高除以半音音程值，连续作这样的 12 次运算，就得到了十二平均律的各个音高值。实际上，这就是在八度中构成等比数列的方法。

六、物理学

在声学方面，朱载堉对乐器的共振现象作了细致的分析。在今天看来，二个音的振动频率成整数比或简单分数比，就可以发生共振，在音乐学上，就能产生悦耳的和声效果。在朱载堉看来，成整数比的二个音称为“正合”，成简单分数比的二个音称为“旁合”，并且说，“旁合为和，正合为同”。“正合”也称为“应”，“弭宫宫应，弭徵徵应，日应；弭宫徵和，弭徽商和，日和。”他又说，“凡丝弦之属，宫与宫协为正合（商以下做此）；宫与徵协为旁和（商与羽协，羽与角协做此）。正合为同，旁合为协。”“筝弦隔六为正合，隔三隔四为旁合”。

在瑟中，他又详细举了撮八（又称隔八）为正合，而上生撮四、下生撮五为旁合。例如，瑟第 1 与第 8 弦，第 15 与第 22 弦皆为宫音，第 2 与 9，第 16 与第 23 弦，皆为商音；第 3 与 10，第 17 与 24 弦皆为角音；第 4 与 11，

第 18 与 25 弦皆为变徵音；第 5 与 12，第 19 弦皆为徵音；第 6 与 13，第 20 弦皆为羽音；第 7 与 14，第 21 弦皆为变宫音。这些弦都是撮八正合音。这些音是纯八度相合。由弦线较长的音生弦线较短的音为下生，即由低音生高音，如宫与徵，商与羽，角与变宫等为旁合，亦即撮五旁合，反之为上生，则是撮四旁合，如变宫与变徵，羽与角，徵与商等。这些音是纯五度相和。这些发音分析，在音乐物理学上又称为谐和分析，也是和声学中的基本内容之一。在音乐实践中，朱载堉吸取了民间笙师的经验，利用复音乐器笙的几个和声管来验证律管和其它乐器的发声，作了极好的和声实验。

为了要测定准确的黄钟律管，朱载堉认为，不能以黍粒决定它的容积，而改用水银。因此，他相当准确地测定了水银密度。他所测定的水银密度与现代测定的水银密度比较，当 0°C时，误差为+0.2672 克/厘米 ^{3}。当 20°C时，误差为+0.3165 克/厘米 ^{3}。平均误差为 0.2912 克/厘米 ^{3}，近似于 0.3 克/厘米 ^{3}。其精确性令人惊讶。

朱载堉的又一个物理学工作是测定了地磁偏角。在世界上最早发现地磁偏角的是宋代沈括，但他没有具体记下偏斜角度及地理位置。朱载堉用“正方案”对地磁偏角作了具体的测定。所谓“正方案”，它是由郭守敬发明的一种利用桌影来测定南北方向的仪器。桌置于该仪器平板的中心，以此中心为圆心画有同心圆若干。同心圆可按需要画上刻度，如朱载堉将圆分为百刻。当南北方向测定后，指南针的方向与南北方向的夹角即是磁偏角。根据朱载堉的测量，其地磁偏角为

$$\frac{1\frac{1}{3}}{100}\times 360^\circ = 4.8^\circ = 4^\circ 48'$$

朱载堉是在 1567—1581 年间在北京测得的这个磁偏角。也就是说，在那个时候北京的磁偏斜为偏离地理南北方向朝东 4 度 48 分。

七、音乐的艺术实践

王国维讲治学的三种境界，其第一境界用宋代词人辛弃疾的话“昨夜西风凋碧树，独上高楼望尽天涯路”，写出了大学问家未被世人普遍认识时的孤独之感与造诣的独到。朱载堉就是处于这种境遇。由于朱载堉并未得到当时人的真正理解，因此，我们从他同时代的记述中找不到他在音乐活动中的全面的、或稍为具体的材料，没有什么史料可以说明他怎样精通古乐器的演奏，他是否长于歌唱，他作过多少乐曲，等等。但是，只凭《乐律全书》就可以看出，他在音乐艺术领域中已是一个十分全面的实践家。他不但常和琴家交往，还能虚心地向点笙匠请教乐器工人的技艺问题他也注意总结、记录。他的乐艺宫廷的专业乐工遇到实际问题时，还要来向他讨教，就可知道他的造诣达到什么水平了。

朱载堉最重要的音乐实践，就是恢复旋宫古法。旋宫，用现代概念说，就是调高的改变。按民间的一般说法，就是调门高低的变化，一段音乐，原来是 C 调（以 C 音作宫音），又变到 G 调（改用 G 音作宫音）去演奏、演唱，这就是旋宫。同一段音乐当中，前面是 C 调的，后面又变成别的调门，这也是旋宫。先秦的古乐就是用旋宫法的。但自汉以来，旋宫法失传了。汉以后，律学研究中的许多创造，可以说是围绕着旋宫古法这个课题在那里发展的。

原因是古法失传，而传下来的三分损益法很难解决自由旋宫问题。这使律学家们不得不绞尽脑汁去探寻各种新的途径。真正彻底地从理论到实践解决了旋宫问题的，就是朱载堉的新法密率，也就是现在世界上通用的，平均律的调律法。

朱载堉恢复旋宫古法，在律学上并不是“恢复”古代原有的东西，而是全新的创造，在音乐实践上是真正地实现了汉以来律学家的梦想，使失传了的东西重新“活”了起来。

朱载堉创造了新法密率，并不曾停留在理论创造之上，他是为实践而创造的。他不仅是一个理论的大师，同时也是一个身体力行、亲身从事音乐实践的大师。他是律学家，也是音乐家。

旋宫法是“乐学”问题，也就是说，是音乐基本理论问题，实际属于与音乐实践直接相关的一种应用理论。要恢复旋宫古法，古乐已经没有了，又怎样恢复呢？朱载堉紧紧抓住了“今乐”的实践，他在《乐学新说》中说：“借今乐明古乐不亦可乎？……用旋宫法拟造新谱，使后世为乐律之学者观之，深信古乐见存，未尝失传也！”音乐作为时间的艺术，流动性极大，不可能像美术作品那样用实体的形式再现古代的原有情况。但是古乐所用的旋宫法却是可以重现的。朱载堉在音乐艺术上的古今观也许和孟子的“今之乐犹古之乐也”有同道之处，但更主要的东西恐怕更接近唯物主义哲学家张载的看法。他在《律吕精义》中引用张载的话说：“今人求古乐太深，始以古乐为不可知。”这句话的背后涵义认定古乐是可知的。求其大体，掌握它的精神、方法，这就是继承，求之太深，搞饾饤（dòu dìng）之学，要求不可能实现的原样再现，那就不可知了。

朱载堉在旋宫实践上是“用旋宫法拟造新谱”，通过自制乐器、作曲、改编、演奏和教学、教唱活动，足踏实地作了艰辛的探索。他为旋宫实践写了许多乐曲，采用了各种谱式：律吕字谱、宫商字谱、琴谱、瑟谱、工尺谱、以至于总谱形式的“合乐谱”。数量之多，决不是浅尝辄止的做法。朱载堉自制的乐谱，有一部分是为“教学歌人”而用的。在音乐艺术实践活动中，他也是一个很注意教学方法、善于运用直观教具的好教师。

朱载堉恢复旋宫古法的科学根据就是他的平均律理论（新法密率）以及他自己设计制作、用形如芥子的金属“徵”标明“新率”发音位置的乐器，即他的“新制律准”。因此，他的新法密率并不是在旋宫实践面前停止了脚步的一种纯理论计算。旋宫法得不到平均律的实践运用时只不过是一种空想；平均律不付诸旋宫实践时也不过是空论。朱载堉创制了《旋宫谱六十调指法》和《旋宫琴谱》。这是朱载堉在自己的艺术活动中亲身实践了平均律的重大证据，也是朱载堉在艺术实践中对新法密率的一次闪耀着光辉的检验！

在中国音乐史上，朱载堉如果不是第一个系统地提出了音乐教学法的人，也是其间的先行者之一。他作为 16 世纪下半叶的音乐家，当时提出这方面的问题，对世界音乐文化史说来也不是后知后觉的。中世纪以前的音乐史中，即使如我国的特殊历史条件那样重视礼乐传统，音乐的教学活动也是以“口传心授”为特点的。人存事兴，人亡事废，一切都维系于经验。所以，汉代的制氏家族一遇变故，就造成中断先秦雅乐的结果；唐代宫廷乐工李郎子逃走，宫廷中的清乐立即失传。唐、宋间记谱法的发展已经提供了比较详细地记录音乐的可能性。但是历史仍然自有规律，音乐教学仍然不能像文字

那样积累起循序渐进的书面教材。

朱载堉注意到了音乐教学法的系统化问题。他为音乐教学编写了大量的乐谱，至今还保存在《乐学新说》、《律吕精义》的《内篇》、《外篇》以及四、五种以“乐谱”命名的著作之中。他对循序渐进的教学系统的主张则集中在《律吕精义·外篇》与《操缦古乐谱》二书之中。

他把歌曲的教学提到了第一位。在《操缦古乐谱》的序中朱载堉特别强调了音乐应该以人声为主的思想，他说：“永者声气之元，乐之本也”，并对“学乐自赓歌始”作了专题论述，详细说明了如何逐句教唱的方法和步骤，以及指导初学音乐者的办法等。

朱载堉还充分认识到乐器伴奏是唱歌教学中不可缺少的一环。在《律吕精义·外篇》卷八中着重论述了“弦歌二者不可偏废”的命题，并且采且《夏训》、《商颂》、《南风之诗》等古歌词，编写了乐谱和乐队合乐谱，作为“教学歌人”之用。他在《乐律全书》中多处强调了“操缦”的基本训练。“操缦”就是弦乐器的定弦与弹奏，学习操缦，意在弦歌。把操缦作为准确的演唱方法。他多次地重复“论学歌诗六般乐器不可缺”的命题，也是这个意义。

自古以来的“口传心授”教学，即使采用了一定的乐谱，也都不用有量记谱法。今人见了古谱如此，误以为古乐都是一字一音。朱载堉论“弦歌”、论“操缦”，大力批驳了这一谬误，力图在音乐教学中引进尽可能精密的、科学的有量记谱法。

朱载堉作曲甚多，但大都为“教学歌人”而作，他主要是一个音乐学家而不以作曲家名世。作为一个深入艺术实践的音乐理论家，他却是一个能在作曲问题上尊重艺术规律，摒弃种种教条束缚的人。

古来论乐皆文人，而文人往往并不真正懂音乐。他们耻于下问，不肯向实践者请教，却要装出一副高深莫测的样子，为实践者树立许多障碍和人为的规矩。明代虽也产生过不少大学问家，但也有不少这样的儒者，以致在学术史上出现了尽人皆知的“明儒鄙陋”的情形。

李文利、张敔（yǔ）、黄积庆都号称知乐。他们都宣称，在音列的使用中，变宫音（应钟）以上不许用高音，宫音（黄钟）以下不许用低音。朱载堉在理论上用律学的根据批驳了这种谬论，又在实践上“引太常乐谱为证”说明这种规定是不符合实际的。

李文察自己作曲的《青宫乐章》，用五声音阶配五字句，机械地采用同一个曲调，逐句降低半音，每句旋宫一次，十二句唱到底。这显然是作者本人都无法演唱的、书斋中的理性产物。朱载堉一针见血地说：“文察本不知音，而乃强作解事……鄙俚谬妄，识者无不笑之。”这当然无需再作什么批驳了。《律吕精义·外篇》卷三引录该谱的目的十分明确：“今录为撰者戒。”提出了在作曲问题上脱离实际的一个错误典型。

朱载堉还提出了“谱无定法，勿惮改定润色”的思想。这位在科学工作上充分表现出创造性的人物，在艺术问题上同样也是毫不保守。他选取了当时认作神圣不可侵犯的《释奠大成乐章》作为乐例，把元代颁行的乐谱与明廷当时所用的乐谱进行比较，说明作曲可以创用不同的方法而精益求精。

朱载堉还大量地采集民间音乐，为中国音乐界留下了不可多得的宝贵资料。正如朱载堉在律学理论上懂得不耻下问一样，他是一个深明民间音乐艺术价值的学者。他想借用民间乐曲的精神，为丧失活力的古乐恢复青春。在

《乐学新说》中他曾说过“借今乐明古乐不亦可乎”这样的话，面对当时一字一音的古乐演奏实际情况，他在《操缦古乐谱》中又提出了“总论复古乐以节奏为先”的看法。

他在《灵星小舞谱》和《字舞谱》中分别录存了民间曲调，然后总结性地写道：“凡音之起，由人心生也，人心无古今之异而音岂有古今之异哉？用古之词章，配今之腔调，使人易晓而悟乐之理如此其妙也。”他为古之词章配曲，《立我丞民》用的是“豆叶黄”腔调，《思文后稷》用“金字经”，《古南风歌》用“鼓孤桐”，《古秋风辞》用“青天歌”，正是为了他的音乐艺术古今观的理想而在从事创造性的活动。

八、文学、舞蹈与绘画

在我国文学史上，明代出现了一个新的繁荣局面。从明中叶开始。资本主义因素萌芽，商品经济发展，和市民意识的成长，反映在文学上，旧体诗歌处在衰落阶段，代之而起的是长篇和短篇小说成批涌现，民间文学和歌谣大量出现，各种文学形式争妍斗艳、丰富多彩。特别是来自劳动人民和市民阶层的民间俗曲和歌谣，以旺盛的生命力活跃在城市集镇和农村田野。

生活在这个时代的朱载堉，运用当时的民歌形式，创作了不少曲词，流传至今的有《醒世词》一书，共载曲词 73 首。

在这 73 首曲词中，有朱载堉自己的成长历程和性格特点的写照，他在《黄莺儿·求人难》一曲中写道：

自己跌倒自己爬，指望人扶都是假。至亲人说的是隔山话，虚情哄咱，假意儿待咱，还将冷眼观。时下且休夸，十年富贵，再看在谁家？

跨海难，虽难犹易；求人难，难到至处。亲骨肉深藏远躲，厚朋友绝交断义。相见时项扭头低，问着他面变言迟。俺这里未曾开口，他那里百般回避。锦上花争先添补，雪里炭谁肯送去。听知！自己跌倒自己起，指望人扶耽搁了自己。

前面我们讲过，朱载堉的父亲朱厚烷因规谏好道教、喜奢侈的世宗而为其所恶。同族人祐橏夺爵心切，又对厚烷落井下石，诬其有叛逆罪，致使厚烷被削爵并禁锢高墙。此时载堉也从显赫的王子瞬间变成了庶人。当时他才 15 岁，全家所受的种种折磨和苦难是可想而知的。在载堉感到艰难的日子里，“至亲人”的虚情假意、白眼翻飞，“亲骨肉”的回避躲藏、断绝往来，这样的情景朱载堉不知经历了多少。他体会到，那满嘴的“仁义”原是“锦上花争先添补，雪里炭谁肯送去”的市侩诀窍。他也识破了那“跨海难，虽难犹易；求人难，难到至处”的皇室王族的人伦真谛。他终于得出了这样的为人之道：“自己跌倒自己爬，指望人扶都是假”。这是封建时代的处世警言，也是朱载堉自强不息的肺腑之言。在这里，朱载堉表现出一种自我崛起的勇气；也表现了在艰难时刻憧憬未来的信心。他说：“时下且休夸，十年富贵，再看在谁家？”这首词，从一个侧面揭露了封建仁义道德的虚伪性，也对一个失势王子的处境和内心世界刻画得惟妙惟肖。

然而，朱载堉的可贵之处在于出淤泥而不染，即使在强大的皇族势力的迫害之下，他依然宣称要做一个正直人，在《诵子令·讥谄神》中他写道：

不孝漫烧千章纸，亏心枉蒸万炉香；神明本是正直做，岂受人间枉法赃？

不作不孝事，不作亏心事，要作就作正直人！这就是朱载堉的为人之道。

我们从他的这个人生哲理中，可以窥见，他三番五次辞让爵位的某些真实原因；也可以想象到，他的父亲厚烷所以敢于上进规谏书的胆量和勇气。“正直”二字，牵动了父子二人的神经，也维系着他们的健全的大脑。

在朱载堉生活的时代，上至天子、朝臣，下至地方官吏，都穷凶极恶地搜刮民脂民膏。为了钱财，真是横征暴敛，无恶不作。对于这一切，朱载堉耳闻目睹。他借孔夫子之口，对这个社会表示了最强烈的反叛和控告。他在《黄莺儿·骂钱》中写道：

孔圣人怒气冲，骂钱财：狗畜生！朝廷王法被你弄，纲常伦理被你坏，杀人仗你不偿命。有理事儿你反复，无理词讼赢上风。俱是你钱财当车，令吾门弟子受你压伏，忠良贤才没你不用。财帛神当道，任你们胡行，公道事儿你灭净。思想起，把钱财刀剁、斧砍、油煎、笼蒸！

这首词表面上骂钱，实际上是对那个社会上大大小小的统治者、吸血虫发出愤怒的诅咒。曾经受过迫害的朱载堉一家，对于这些大小吸血鬼自然有所觉察。朱载堉及其父，一生布衣蔬食，朱载堉本人不仅让出郑王国爵，甚至抛弃所有财产，过着与世无争的清贫日子。这些行动的确不为当时许多人所理解。从这里看来，他所以让出爵位，大概是不愿与自己所痛恨的钱财、官势、皇宗之类为伍的一种果敢的表示。他清楚地看出，为了金钱，形形色色的魑魅魍魉在干着丧天害理的事。他诅咒钱，也诅咒当时的社会是个鬼的世界。他在《山坡羊·十二鬼》中写道：

愣憎鬼从天降下，阴司鬼来阳间做吓？医睁鬼不曾捶醒，混帐鬼不论上下，尖俏鬼到处磨牙，轻薄鬼溜溜拉拉，大头鬼善会妆判，无眼鬼支了此瞎架，树耐鬼动不动胡拿，油炸鬼支溜扒叉。听咱！天穹鬼没个波查，听咱！狂张鬼叫吃的甚么！

在朱载堉的作品中还鞭笞了各种各样的社会蛀虫，如贪得无厌的地痞，终日梦想官势钱的恶棍，形形色色的小人、无赖和市侩。这些曲词，读起来令人痛快，让人感到一种文学艺术的享受。

朱载堉的文学作品，对广大普通平民表示了同情和关切，说了人民要说的话，谱写了人民喜爱的歌曲。他的作品，揭露了当时社会的黑暗，攻击了吃人的封建统治阶级，痛诉了人民的苦难和不幸，反映了人民的愿望，同时，也在一定程度上暴露了市民阶层的唯利是图、损人利己的落后性。王子朱载堉的作品是从上层封建统治阶级的宝塔中呼唤而出的反叛声，是杀向封建顽固堡垒的回马枪。他的文学语言，大都是劳动群众生活的提炼，不仅通俗、简洁、朴素，而且极易为劳动群众所熟记。这一切，使得他的作品长期为人民所传诵，成为明代文艺园地中的一朵鲜葩。

朱载堉在中国舞蹈史上的贡献也是极为重要的，他发明了兼有文字说明、歌词、音乐与舞姿动作场记图的最早舞谱，一直流传到今天。朱载堉编制的舞谱共有《人舞谱》、《六代小舞谱》、《灵星小舞谱》、《灵星祠雅乐天下太平字舞缀兆之图》、《二佾缀兆图》和《小舞乡乐谱》。

朱载堉的舞谱分图谱和字谱。他首先规定舞谱的“四纲”、“八目”，总为舞总谱。在总舞谱中，朱载堉以一纲配八目，即一纲中有八个舞蹈动作。因此，四纲配八目，就有 4×8=32 个基本动作。就舞蹈过程的实际变化而言，任一纲可以配任一目，次序是可以任意编排的，那么四纲八目中在理论上就应有 4！×8！=96780 个动作变化。上式中符号“！”在数学上称为阶乘。虽然有 967680 个动作变化，实际上，它们都是 32 个基本动作的重演。因此，

朱载堉的图谱只要画出 32 张基本动作图就可以了。现在的任一舞蹈演员根据朱载堉的舞蹈图谱，加上他在书中给出的节奏谱，就可以完整的再现这些舞蹈。

字舞谱是在图舞谱基础上产生的，人们可以根据简单的几个字的提示而表现出所要求的舞蹈动作。在《小舞乡乐谱》一书中，朱载堉没有再画各种舞蹈动作图，他只是在乐谱、节奏等上面简单地标明“外转”、“内转”、“左绕”、“折旋”等就可以了。在《二佾缀兆图》中，朱载堉又设计了一种舞谱：将“舞台”分成若干方形区，然后以方形区及两条对角线为坐标，用以标定舞者的活动或脚步位置。

朱载堉所编制的舞谱都取材于前代礼仪祀舞，大多属雅乐舞蹈范畴。在历史题材的基础上，朱载堉还以明代流传的传统乐舞来弥补材料的不足，他不仅继承和创造性地恢复了古代乐舞，更重要的是，朱载堉还为此提倡舞蹈应该成为一项专门的学问，并创立了“舞学”一词，初步提出了舞学大纲。他认为，构成“舞学”所应包括的内容有十项，即一、舞蹈学校；二、舞人；三、舞名；四、舞器；五、舞佾；六、舞表；七、舞声；八、舞容；九、舞衣；十、舞谱。由于所处时代和所属阶层的影响，朱载堉的舞谱内容着重表现的是“三纲五常”的思想。尽管有这些思想局限，这些作品对后世还是产生了巨大的影响。

朱载堉在《乐律全书》中还为舞蹈图谱作了 600 多幅人物白描木刻画。这些画，笔法简练，勾画出各种舞蹈姿态，正背、侧面、仰俯、屈伸、进退、跪拜，都形态逼真，而且线条细匀，用墨得当，内含动静之感。在《灵星小舞谱》中画的各种农业劳动舞蹈，虽说是仿汉代祭后稷之舞，但除了发式和衣着之外，舞者持镰、锄、铲等劳动工具的舞蹈姿态，乍一看来，恰似当代《兄妹开荒》的舞蹈写生画。

九、编后

朱载堉的研究涉及了自然科学和社会科学的广泛领域。他在这些领域中攀登了一个个科学高峰。他是古代社会末期和近代社会前夜的一颗科学和艺术的巨星，是明代的一位百科全书式的学者。他是封建王朝的叛逆者，是中国科学和艺术的革新派。他的艺术才华、治学精神和品格永远是后世的楷模。研究中国科学技术史的李约瑟博士称他为“文艺复兴时代的人”，他是当之无愧的。

读者在掩卷之余可以想见古稀之年的朱载堉夜深忘倦，散步院中，仰望星空。他从灿烂星空之中看到了什么？

星空的美，本来对世人并无私惠，未有偏袒，但只有忘我的人，才得深入它的极致，发掘它的深蕴和奥秘，知道它的古今变化，从而得到启迪、憧憬，因而欣喜如醉。朱载堉心中还有更多的“星空”。天上有他昼夜揣摩的世界，地上也有他探究不尽的文化宝藏，他透过无垠空间，穷索“自然天成之理”，又超越时间，心追往古，澄清被歪曲了的历史真实。许多学术部门，像相邻的银河系那样被他串连起来，他出没于其间的宏观、微观世界。在他的时代中，他是一个东方的、文艺复兴式的文化巨人。

人类的文化史上曾经产生过多少巨星？朱载堉在仰望星斗的时候，他可曾想到过自己在文化史的众多星座中将有什么位置？可曾指望过，自己会成

为其中的哪一颗？他也许未曾这样设想，但他确实应该知道自己的位置。历史上任何一个知识领域的先觉者，都是深知自己的历史使命的人物。朱载堉从他的时代中、从音乐实践的需要中，寻得自己的历史使命；他检视了中国乐律学史这条“银河”中的每一个星座，才寻得自己应予开拓的领空。

朱载堉毫不介意于郑王世子的地位和享用，在世态炎凉之中自甘淡泊，19年席藁独处”，像个苦行僧，他弃之如遗地放弃王位，博得“让国高风”的美名，像个温良恭俭的儒者。就像他在每一个静夜中默对星空一样，也许人们会认为他是一个心如止水的人。事实上，他是一个热血沸腾、心潮激荡、不太能容忍鄙陋俗见与精神枷锁的革新家和叛逆者。他看待学术史问题，从不取宗法定说、死守一派的成见。而采取科学态度，寻求真理。

人类文化史中众多星座的出没运行如此和谐有序，同时又贯穿着宇宙力量的牵引和剧烈振荡，交织着积蓄与扩散、均衡的破坏和再创造，这是古今交替而不断地书写出的伟大诗篇，这是响彻过去与未来之间的、激动着无数伟大心灵的交响乐诗。这是一首欣赏不尽、写之不尽的、永无终端的诗。

朱载堉就是它的作者之一。