

戴念祖著

朱载堉——明代的科学和艺术巨星

人民出版社

戴念祖 著

朱载堉——明代的科学和艺术巨星

人
民
出
版
社

封面设计：王师譔

朱载堉——明代的科学和艺术巨星

ZHU ZAIYU—MINGDAI DE

KEXUE HE YISHU JUXING

戴念祖 著

人民出版社出版 新华书店发行

北京新华印刷厂印刷

850×1168毫米32开本 11印张 215,000字
1986年6月第1版 1986年6月北京第1次印刷
印数 0,001—5,000

书号 11001·674 定价 2.65元

是以新法不用三分损益，不拘隔八相生，然而相生有序、循环无端，十二律吕一以贯之。此盖二千余年之所未有，自我圣朝始也，学者宜尽心焉。

——朱载堉(1536—1611)

11-27-34
D.C. 27/3/71
大家都知道，火器、造纸、印书是中国人的三大发明*，到了近代，西洋人用所有的力量、所有的科学方法完全放上去，使这三种东西每一种都有飞速的进步，极度的改良，而我们却须回过头去跟他们学习……。惟有明朝末年，朱载堉先生所发明的十二等律，却是一个一做就做到登峰造极的地步的大发明。他把一协**分为十二个相等的半度，是个唯一无二的方法。直到现在谁也不能推翻它、摇动它；他所用的算法，直到现在还是照样的做；他算出来的数目字，直到现在还是直抄了用，不必我们自己费心。

你说这是个小发明么？不差，和造纸、印书、造炮相比，诚然是渺乎小矣。但全世界文明各国的乐器，有十分之八九都要依着他的方法造；即就北平而论，至少总有一二千架钢琴，却没有一架不用他的方法定律。这种发明，恐怕至少也可以比得上贝尔的电话和爱迪生的留声机罢。

——刘复（1891—1934）

* 还有指南针，统称“四大发明”。——笔者注

** “一协”现在称为八度。——笔者注

朱载堉的杰出贡献是多方面的，既有天文、历算这些自然科学方面的；也有律学、乐学、舞蹈这些艺术科学方面的。

朱载堉划时代地完成了十二平均律及其计算原理，在历史上是第一个首先解决了两千多年来音乐上所追求实现旋宫转调的理论难题。朱载堉的“密率”，就是一种新的求得十二平均律的科学计算公式。能完美地计算出十分精确的十二平均律的每一个音，这的确是十二平均律长期探索中的第一个杰出的光辉成就。其次，朱载堉不仅创造了十二平均律及其计算原理，而且又通过十二平均律律管的制作，同样获得了空前的科学成就，这则是他的第二大贡献。

根据朱载堉在多方面艺术学术的成就，我认为他是个艺术科学家，而不单纯是个乐律学家。作为一个杰出的艺术科学家，他还对天文、历法、算学等各方面都有很深的修养。

朱载堉在他的著作中，处处都闪耀着追求真理、尊重客观事实的科学态度。他不随便听信神话传说，因此，他的学术能够达到科学的高峰。

——吕骥在朱载堉《律学新说》成书
400周年纪念会上的讲话

在中国人中，据说有一个王子叫载堉的，他在旧派音乐家的大反对中，倡导七声音阶。把八度分成十二个半音以及变调的方法，也是这个有天才和技巧的国家发明的。

——[德] 赫尔姆霍茨 (Hermann
von Helmholtz. 1821—1894)

在管径大小这一点上，中国的乐律比我们更进步了，我们在这方面，简直一点还没有讲到。王子载堉虽然没有解释他的学理，只把数字给了我们，我们却不难推想得知。而且我们已照样制作了律管，实验所得的结果可以证明这学理的精确。

——[比利时] 马容 (Victor-Charles
Mahillon. 1841—1924)

朱载堉对人类的贡献是发现了将音阶调谐为相等音程的数学方法。今天西方各国的大众以为，这样的根本上实用的体系是想当然的东西，他们不知道它的存在。……

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，在过去的三百年间，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当归之中国。

——[英]李约瑟(Joseph
Needham, 1900—)

文化史的诗情

——为本书写的卷头语

黄 翔 鹏

朱载堉是一个科学家、律历学家、音乐家。人们也许还不太知道，他同时又是一个愤世嫉俗的诗歌作家。科学家的冷静头脑和艺术家的入世激情在这位杰出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。

哪里有人类的创造活动，哪里就有诗。朱载堉不仅在文学领域中写了诗歌，他在天文历法、数学、乐律学的领域中同样为人类的文化史留下了余韵犹存的诗篇。

古稀之年的朱载堉为邢云路的《古今律历考》作序。读者在掩卷之余可以想见这一对老友夜深忘倦、俩相携手，“散步中庭，仰窥玄象”的情景。老人为什么没有睡意？他们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，发掘它的蕴蓄和奥秘，知道它的古今之变，从而得到启迪、憧憬，因而欣喜如醉。朱载堉的心中还有更多的“星空”。借以观察天体运行的只是这些星空之一。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，心追往古悟，彻久被歪曲了的历史真实。许多学术部门，象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，寻得精思所至、金石为开的结果。在他的时代中，他是一个东方的、文艺复兴式的文化巨人。从中国的古代史中数下来，也令人回想起春秋战国时期诸子蜂起、百家并出的那样一个群星丽天的巨人的时代。

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个什么位置？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、音乐实践的需要，寻得自己的历史使命的；也是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的。中国的乐律学在学术体系的严密完整方面，本来就在当时的世界上占有先进地位，无论是知识积累的丰厚和创造性发现的众多，都有良好的基础。宋、元以来，音乐艺术的发展久已越出了与庄园经济并行的歌舞音乐阶段，戏曲音乐的发展与艺人走码头的活动要求全国性的统一音高标准与自由旋宫的可能性，历史的新契机在等待着平均律理论的出现，等待着“新法密率”的诞生。

创造性发展的主、客观条件为什么集中并体现在朱载堉的学术活动之中？学术史上并不是所有的人都能充分运用固有文化宝库的丰厚积累，从而创造出新成果的。因为，知道遗产的丰富者，未必知道其中的各种历史遗留问题；知道这些遗留问题的人，未必就能根据新的历史条件以及客观现实的需要而善于处理这些问题。在文化上有所建树的人，根基在“学”，施展在“才”；作为才、学统率的关键则是“识”。引导并使朱载堉学有所用，才有所展的是他千思百虑而得的卓越见识——大师的洞察力。

然而，朱载堉只是一个意态谦和、目光冷峻、长于静观的观察

者么？

他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，能够十九年“席箕独处”，象个苦行僧；他弃之如遗地放弃王位，博得“让国高风”的美名，象个温良恭俭的儒者。就象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物。

人们可曾想到：他事实上是一个热血沸腾、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来不用腐儒的眼光。古来的律家或尊司马迁，或尊班固；或拘泥于《通典》，或坚信陈旸《乐书》；甚至狭隘到仅奉蔡元定为宗师的人物，都把乐律学史看成了铁板一块。他却能够“考其异同而折衷之”（朱载堉所说的“折衷”一词，不是现今的调和矛盾之义，实指取其精华、弃其糟粕、去短用长而言。），采取科学态度而不取宗法定说、死守一派的成见。腐儒的眼光中，一般地把文化的积累看作层层迭压、凝固起来的高楼大厦。独有杰出者的真知灼见能看得出：文化遗产进入新的历史时期，一旦遇上点燃发火的引信，却可成为沸腾着的、各个层次在运动中搅杂翻滚、渗透穿插，可在激荡状态中产生新的升华、达到新的高度的一种事物。

人类文化史中众多星座的出没运行如此和谐有序，同时又贯穿着宇宙大力的牵引和剧烈振荡，交织着积蓄与扩散、均衡的破坏和再创造，这是不断地古今交替而书写出的伟大诗篇，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。

目 录

文化史的诗情·····	黄翔鹏 7
——为本书写的卷头语	

前言·····	1
一 时代背景·····	5
二 朱载堉的家世·····	18
三 生平和著作·····	26
四 创建十二平均律·····	47
音律学入门·····	48
在朱载堉之前平均律的实践及其理论探讨·····	54
朱载堉的“新法密率”·····	64
“新法密率”定律法的灵活运用·····	75
“新法密率”的思想来源·····	81
“新法密率”创建年代考·····	91
五 “新法密率”在律管上的应用及管口校正·····	98
六 朱载堉的音律理论在国内外的影响·····	112
在国内：冷落、反对；知音者独一人而已·····	112
在欧洲：智慧的启迪；惊讶和赞叹·····	125

七	乐器制造和古乐器考证	141
	律准	141
	律管	144
	簫	148
	钟	149
	磬	150
	箫和篪	151
	瑟与箏	153
	笙	154
八	天文历法	159
	天文历法工作的背景	159
	黄钟历和圣寿万年历	162
	对回归年长度及其古今变化的研究	168
	《黄钟历议》和《万年历备考》	174
九	数学	184
	求圆周率	184
	珠算开方	187
	九进制和十进制的小数换算	190
	求解等比数列	199
十	计量学和物理学	205
	计量学	205
	物理学	217
十一	音乐的艺术实践	223
	探索继承关系,恢复旋宫古法	224
	歌曲、乐曲的初级教学体系和有量记谱法	230
	音列、音域与作曲问题	233
	采录民间乐曲及其精确记谱	235

十二 文学、舞蹈与绘画	237
文学	237
舞蹈与绘画	246
十三 科学哲学	259
反叛宋明理学、注重实践和实验	259
辩证的思想方法	274
批判候气说	278
律历和谐说——史书中律、历同篇的原因	283

附录

1 朱载堉律管数据换算表	291
2 朱载堉生平大事记略	295
3 国内外有关朱载堉论著目录	299
4 国外学者论朱载堉	303
李约瑟博士论朱载堉	303
库特纳先生论朱载堉	310
后记	323
索引	327

附图目录

图1 朱载堉的《乐律全书》	2
图2 《律学新说》书影	3
图3 明神宗赐朱载堉建玉音坊图	32
图4 七声音阶旋宫图	49
图5 五代周文矩宫中图	55
图6 古琴示意图	56
图7 阮咸(晋“竹林七贤”之一)弹阮	58
图8 琵琶D调音位图	59

图9	《律吕精义·内篇》中有关“新法密率”计算方法的文字	66
图10	弦和管的振动模式	99
图11	朱载堉密率周径关系图	105
图12	朱载堉的十二平均律向西方传播构想图	135
图13	朱载堉的新制律准	142
图14	朱载堉制造的律管	145
图15	马容关于篪的测音	149
图16	笙结构示意图	155
图17	“正方案”平面示意图	176
图18	用“正方案”测量地理纬度示意图	178
图19	《算学新说》中有关用算盘开方运算的文字	189
图20	《律学新说》中有关不同进位的小数换算法则	197
图21	黄道	200
图22	朱载堉的三种黍尺和三种明尺	210
图23	朱载堉的律禽	216
图24	以“正方案”测量地磁偏角平面示意图	221
图25	朱载堉的旋宫琴谱	227
图26	仲吕林钟夹辅之图和大吕应钟夹辅之图	228
图27	朱载堉谱写的歌曲《立我丞民(调寄豆叶黄)》	235
图28	豆叶黄三十二拍鼓版节奏谱	236
图29	清道光元年刻本《醒世词》	238
图30	朱载堉的舞图(分动作图)	249
图31	朱载堉的字舞谱	250
图32	朱载堉的舞谱《二佾缀兆图》	251
图33	《豆叶黄》舞谱	253
图34	《天下太平》舞谱	255
图35	朱载堉的绘画	258
图36	律历和谐图	285
图37	东汉官图	286

附表目录

表 1	朱载堉世系	24—25
表 2	朱载堉的著作	38
表 3	我国古代的律名与音阶	48
表 4	十二平均律各参数	53
表 5	三分损益律和何承天新律比较	61
表 6	王朴新律弦长数值	63
表 7	朱载堉的十二平均律	70
表 8	隔八相生例示之一	76
表 9	隔八相生例示之二	76
表10	朱载堉的三十六律内外径数值	107
表11	马容复制的三种黄钟律管及其测音结果	109
表12	朱载堉的历法和授时历的几种参数比较	175
表13	蔡元定的“别法”	197
表14	朱载堉关于等比数列各项计算公式	200
表15	朱载堉的各种尺度实测数据	211
表16	律历和谐说的对称思想	284

前 言

朱载堉(1536—1611)是我国明代杰出的自然科学家、艺术家。他的成就是明代自然科学和艺术科学的顶峰，也为中华民族史增添了光彩。他是明仁宗朱高炽的第六代孙，他的父亲朱厚烷被册封为“郑恭王”，“王子载堉”的名字早在几百年前就传遍了欧洲学术界。他学识渊博、多才多艺。研究中国科学技术史的专家李约瑟博士称颂他为“文艺复兴时代的人”。

朱载堉处在我国的资本主义初次萌发于坚实的封建土壤的时代，艺术的大发展要求他那个时代解决音乐上的旋宫理论和统一音高标准。适应这个时代的需要，朱载堉为着解决近千年来音乐理论上的难题，却攀上了一个又一个的科学高峰，涉足了自然科学和艺术科学的广泛领域。

在音乐理论上解决旋宫问题的必然的而且唯一的结果是发现十二平均律，朱载堉称它为“新法密率”。为了创建“新法密率”，他不得不同时解决一系列围绕着它的自然科学课题。首先，必须找到计算十二平均律的数学方法。为此，他在世界上最早解答了已知等比数列的首项、末项和项数，如何求解其它各项的方法；最早找到了不同进位制的小数换算方法；为了解决繁重的数学演算，他最早运用珠算——当时的一种商业用数学工具——进行开方计算。为了找到历史上的音高标准，他研究了计量学和物理学的某些问题，他的关于历代度量衡制变迁的深刻研究一直影响到今天；他提出了一个系统的管口校正方法及其计算公式；他精确地测定