



大科學家祖沖之

李 迪 編 著

上海人民出版社

大科学家祖冲之

李 迪 編 著



上海人民出版社

1959年

大科學家錢謙之

李迪編著

*

上海人民出版社出版

(上海紹興路54號)

上海市書刊出版業營業許可證出001號

上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

*

开本 787×1092 公厘 1/32 印張 1 9/16 字數 29,000

1959年12月第1版

1959年12月第1次印刷

印數 1—12,000

統一書號：11074·269

定 价：(十)0.18元

封面設計：余竹君



2 035 1453 5

目 录

一 生平簡史	1
时势和家世	1
認真研究科学	3
晚年时代	5
二 在天文、历法方面的成就	6
和戴法兴的辯論	6
“大明历”	9
三 在数学方面的成就	15
四 在机械制造方面的成就	27
重造指南車	27
制造水碓磨和其他机械	30
五 在音乐和文学方面的成就	34
六 祖冲之事业的繼承者——祖暅	36
七 結 語	43
后 記	46

一生平簡史

时勢和家世

祖冲之是我国古代历史上一位偉大的科学家。

祖冲之字文远，范阳遼县（在現在河北易县东南）人，公元429年（宋元嘉六年）出生，这时正是中国历史上的南北朝时代。

公元316年西晋灭亡以后一段很长的时间里，中原地区陷入非常混乱的局面。匈奴、鮮卑、羯、氐、羌等西北少数民族的統治者，不断地在黄河流域进行混战，人民的生活极端痛苦。当时的江南一带，繼續由汉族政权——东晋統治着。公元420年，东晋的大将刘裕夺取了帝位，改国号叫宋。跟宋朝相对峙的，是建立在黄河流域的鮮卑族政权——北魏。南北朝的历史便从这一年开始算起。宋朝是南朝的第一个朝代，北魏是北朝的第一个朝代。祖冲之生活在宋朝和以后的齐朝。

江南在东晋、南朝时期，虽然也有战乱，但是破坏性不太严重，特别是在宋初二三十年間，社会是比較安定的，这对于长江流域一带經濟和文化的发展，是一个有利的条件。

早在东汉时期，长江流域的經濟已經表现出上升的趋势。在三国时代，由于孙吴的建国，江南經濟又有进一步的发展。西晋末年以来，因为西北各族統治者互相混战，黄河流域的社会經濟遭到严重的摧殘，所以中原的居民大批地向南方迁移，其中有貴族和地主，但絕大多数还是劳动人民。这些南迁的劳动人民带来了当时中原地区比較进步的生产工具和生产技术，和江南的劳动人民一起坚持生产斗争，使长江流域一带的生产力有了显著的提高。

当时的长江流域，人口增加，經濟和文化繼續发展，耕作技术有了改进，手工业方面也有了重要的进步。在南朝，手工业的进步主要表现在三方面：炼鋼术、造纸术、制瓷术。在炼鋼方面，发明了把生鉄和熟鉄混合在一起的炼鋼方法——杂炼生(生鉄)錬(熟鉄)的炼鋼法；在造纸方面，技术大大提高，能够造出精美的紙張，并且能够大量生产，这时候的紙，已經完全代替了竹帛(古代字写于竹木簡上或帛上)的地位；在制瓷方面，青瓷制作也很精美。当时的商业也很发达，京城建康(現在江苏南京市)是最大的商业城市。

在东晋、南朝时期，长江流域开发出来了，随着經濟的发展，文化事业也发展起来了。这就是祖冲之之所以能在科学上获得重大成就的社会基础。生产上的需要才促使科学家做出有价值的贡献。

祖冲之的家庭，对于祖冲之的科学研究也是有重大的影响的。

祖冲之的故乡范阳，地处边远，在西晋末年的大战乱中，

遭到战争的破坏，所以随着北方居民的南迁，他家也迁到了江南。

祖冲之的曾祖父祖台之爱好文学，写过一部叫做志怪的小说，在东晋时候算是部有名的作品。他的祖父祖昌在宋朝做过大匠卿。大匠卿是朝廷里负责营造的长官，可见祖昌多少懂一些科学技术。另外，我们根据隋书的记载，知道祖家世代掌管历法。这样一个家庭，对于祖冲之的从事科学研究，当然是很有利的。

認真研究科学

祖冲之从小就受到很好的家庭教育，对于自然科学和文学、哲学都发生兴趣。特别是对于天文学、数学和机械制造，他下了苦功去钻研，早在青年时代，他就有博学的名气。

在当时的宋朝政府里，有一个叫做华林学省的机关，这大概是个研究学术的机关。由于祖冲之有相当的学识和刻苦钻研的精神，政府就讓这个青年人到华林学省专门从事研究工作。在这里，祖冲之除了繼續研究家傳的學問以外，还努力学习我国历代的和外国傳来的科学成就，积累了丰富的知識。

公元 461 年（宋大明五年），宋朝的一个皇族刘子鸞被任命为南徐州（现在江苏鎮江市）刺史（管理一州的地方长官），祖冲之便在刘子鸞手下做从事史（帮助刺史办事的小官）；不久刘子鸞兼任朝廷里管理民政的长官——司徒，祖冲之又在

司徒府做个叫作公府参军的小官。

祖冲之虽然离开了华林学省，但是并没有放松对学术的研究。他利用工作的余暇，集中精力研究天文、历法和数学。南徐州是物产丰饶的地区，靠近宋朝的京城建康，有方便的水道交通。这种环境也有利于祖冲之的科学研究工作。祖冲之这时正当三十多岁的壮年，经过认真研究和实际观察，他制订出当时最精密的历法——大明历；并且在圆周率的推算方面，取得了当时世界上最好的结果。

祖冲之的青少年时代是在宋初人民生活比较安定的时期渡过的，这对于科学家的成长自然有深刻的影响。等到他出来做官时，政治局面已经有些混乱了。464年前廢帝登位，统治集团内部斗争爆发，刘子鸞被杀死。祖冲之也被调到娄县（在现在江苏昆山县东北），担任县令。到宋朝末年，他才回到建康，做谒者仆射，这是掌管朝廷宴会、臣子朝见皇帝及重大封授典礼的礼节的官。当时，他的研究兴趣，几乎完全转移到机械方面。他曾经重造了指南车这一巧妙的指南工具。

宋朝的统治由于不断内争而削弱，政权落到掌握禁卫军的萧道成手里。479年萧道成在建康做了皇帝，改国号叫齐（史称南齐）。在萧道成和他的儿子齐武帝统治期间（479—493年），人民所受的剥削比以前轻些，加上境内没有大的战争，南朝又出现了暂时稳定的局面，经济和文化继续得到发展。祖冲之在这时期，专心研究机械，发明了“千里船”，还制造了水碓磨等粮食加工的工具。

晚年时代

祖冲之的晚年，正是南齐的后期。齐武帝死后，繼承者齐明帝大杀皇族，又引起内乱；到他的儿子东昏侯做皇帝时，政治更加黑暗，弄得民不聊生。北朝的魏国趁机出兵攻齐，战争从494年年底繼續到500年，齐的淮南重鎮寿阳（現在安徽寿县）也被北魏夺去。南齐很快地衰亡了。

在这种内忧外患的情况下，祖冲之的心情和研究兴趣都有很大变化。祖冲之在晚年，着重研究文学和社会科学，同时也比較关心政治。大概就在齐明帝时（494—498年），祖冲之被提升为长水校尉（仍兼謁者仆射）。长水校尉原是汉武帝时設置的，为守卫京城的禁卫軍将官。当时南齐政府把祖冲之从文职崗位調任武职，不是无因无由的，这可以說明祖冲之对国家安危的关切，愿意在軍事方面貢獻他的力量。

祖冲之在兼任軍职期間，曾写成安边論一文。安边論早已失傳，它的具体內容我們不能确切地知道。不过根据史書的記載，說祖冲之在安边論中主張“开屯田，广农殖”，那末，該是要求政府开垦荒地、发展农业，以增加財政收入、巩固边防、安定人民生活的一份建議書。

祖冲之在政治、軍事上本来可能作出实际的貢獻。齐明帝看到了安边論，打算派祖冲之巡行四方，相机兴办有利于人民的建設事业。但是由于連年战争，这件事情沒有能够实现。

这位大科学家活了七十二岁，在500年（齐永元二年）逝世。

二 在天文、历法方面的成就

和戴法兴的辯論

祖冲之是我国古代历史上的大天文学家，他在天文、历法方面有不少创造性的成就。祖冲之在天文、历法方面的成就，集中地反映在他所制訂的大明历中，因此这里主要介绍他的大明历。

在祖冲之作大明历的时候，政府采用的历法是何承天(370—447年)在443年(宋元嘉二十年)所造的元嘉历。元嘉历比以前的各种历本有不少的改进，可以说是南北朝时代最好的历本之一。但是经过祖冲之的深入研究，认为它还不够精密。他拿这个比较好的历本做基础，参考了历代的所有历本，再加上他自己的细心研究和实际观测，编成了一本大明历。

462年(宋大明六年)，他把大明历送给当时的政府，希望政府能作为新历颁行。可是当时的皇帝——宋孝武帝根本不懂历法，究竟是大明历好，还是元嘉历好，他当然弄不清楚。于是命令懂得天文、历法的人，和祖冲之进行辯論。

当时，宋孝武帝的寵臣戴法兴出面和祖冲之辯論。戴法

兴是对历法一知半解的保守主义者。他在辯論中提出許多非难的意見，企图把祖冲之駁倒，不改行新历。戴法兴認為前代傳下来的历法，就是有疏漏的地方也不能改革；当时通行的历法采取十九年七閏的办法，他便說这是古人的制度，不应“削閏坏章”（即打破历来十九年七閏的規定）。戴法兴的这些保守的理論，都被祖冲之用事实一一給予駁回。下面的對話便是他們辯論的主要內容。

戴法兴說：“太阳（实际上是地球）的运动，有时快有时慢，沒有一定的規律。”

祖冲之說：“太阳的运动的确有快有慢，但是却有一定的規律，这是有事实为証的。”

戴法兴說：“日月星辰运动的快慢，凡人是不可可能知道的。”

祖冲之回答說：“这种快慢的变化，并不神秘，它們有形象可以檢驗，有数量关系可以推算。”

这可把戴法兴气坏了，于是他蛮橫地說：“历法是从古代留傳下来的，就是有錯誤的地方，也不能隨便更改，應該永远采用！”

祖冲之听了这些胡言乱語，十分坚决地回答說：“我虽然很笨，可是我曾專門研究天文、历法，凡是古今历法我都研究过，并且比較了这些历法的优缺点，我的看法是有充分根据的，我不能盲目相信古人。旧的历法既然有錯誤，就应当改用新的。”接着祖冲之就借口罵古人，把戴法兴罵了一頓：“在周汉两朝，有些研究历法的人，不务正业，投机取巧，或者是借帝

王的权势夸大自己的成绩，或者是假借所谓圣贤来神化自己的学说，所以这些所谓学说都不是真实的。”

辩论到最后，双方都不肯让步。在场的多数大臣，都觉得祖冲之的意见是对的，可是惧怕戴法兴的权势，不敢出来替祖冲之说话；有些人还随声附和，不同意改革历法。当时有一个叫做巢尚之的大臣，也是皇帝的亲信。他举出不少事实来说明大明历确实比元嘉历来得好。巢尚之指出：祖冲之的历本是根据他多年实际观测日、月、五星的运行的规律来推算日食和月食的。因此用大明历计算从元嘉十三年到大明三年（436—459年）这二十三年间所发生的四次月食，月食的时间和月亮在天空的位置都和实际情况相符。可是戴法兴用老法推算出来的结果，却不符合实际情况。

这样一来，戴法兴只好认输。宋孝武帝通过双方的辩论，也知道了大明历的优点，并且决定在465年（大明九年）和改换年号的同时，改用新历。

这总算是祖冲之取得了胜利。但是不巧得很，宋孝武帝在464年（大明八年）的五月就死了。继承者忙于争夺帝位的斗争，哪里会考虑改历这样的问题，所以没能按原先孝武帝在世时的决定改行大明历。

通过上面所介绍的一些情况，我们可以初步地看出祖冲之追求真理的科学态度。祖冲之在当时不过是个南徐州从事史，敢于和象戴法兴这样的权贵进行辩论，并且义正辞严地把戴法兴所提出的各种谬论批驳得体无完肤；同时不迷信传统的学说，而提出自己的新的主张和看法，这种无畏精神是很可

貴的，这也正是祖冲之的主要性格。

“大明历”

大明历的大体内容，包括在祖冲之死后不久由梁朝的一位学者沈约（441—513年）所写的一部历史著作——宋書中。那时大明历正在梁朝施行，宋書中所記載的关于大明历的部分，自然比較詳实可靠。因为宋書流傳到現在，所以大明历的内容也就流傳到現在。

祖冲之在制訂大明历时，对于历法作了兩項重要的改革：（一）改革閏法；（二）应用岁差。

远古时代的劳动人民，由于畜牧业和农业生产的需要，经过长时期观察，总结經驗，而发现了日月运行的基本規律。我国人民很早就知道了阴历和阳历两种历法。阴历是根据观察月的盈亏得到的，古人把头次月圆（或月缺）到下一次月圆（或月缺）的一段时间规定为一个月，每个月有二十九天或三十天，十二个月叫做一年。阳历是把地球圍繞太阳运行一周所需要的一段时间，算做一年。一年也是十二个月，三百六十五天多（古人虽然还不知道月亮繞地球旋轉和地球繞太阳旋轉这一事实，但是他們根据实际观察所計算的結果，和上面所說的阴阳历法相符）。但是阴历一年和阳历一年的日数，并不正好相等：阴历一年比阳历一年大約少十一天左右，因此有必要調整阴历一年的日数，使之和阳历一年的日数一致。解决这个问题的办法，我們的祖先很高明地找到了。这就是采用

了所謂閏法——隔两三个阴历年，就加上一个“閏月”。加了閏月的阴历是阴阳合历，一般簡称为“阴阳历”。現在我国民间流行的阴历，事实上就是这种阴阳历。

我国古代历法家把十九个阴历年叫做一“章岁”。最早的閏法就是一章岁加七个閏月，也就是十九年七閏。这种閏法在我国采用了大約有一千年以上，沒有改变。后来到第五世紀初的时候，人們根据长期考察的結果，发现十九年七閏和阳历十九年的日数，或者說和四季变化的真实情况还有不小的出入。于是就想改革閏法，破除章岁。在我国历史上第一个改革閏法的是北凉的赵默，他在412年作元始历，第一次不用十九年七閏，而改用六百年二百二十一閏。可是赵默的改革，在当时並沒有引起人們应有的注意，例如443年制訂的有名的元嘉历，还是采用古閏法。

祖冲之根据自己的观察，再加上赵默改閏的启发，进一步認識到廢除古法十九年七閏的重要性和必要性。他指出十九年七閏，閏数过多，經過二百年就相差一天，因此非改閏法不可。但是他沒有采用赵默的閏法，改为在三百九十一年中設置一百四十四個閏年。在他的影响下，以后研究历法的人总要考慮閏法的問題，閏法問題也就成为以后改革历法的主要内容之一。这是祖冲之的大明历的第一項重要改革。

第二項重要的改革，是祖冲之第一次在中国历法中应用了岁差。

我国四世紀以前的天文学家，还不知道有岁差現象，都以太阳从头一年冬至运行到下一年冬至的一周天，正好是

一周岁(实际上不是太阳在运行,而是地球在围绕太阳运行)。也就是说,当时的天文学家认为每年的冬至日,太阳又回到原来出发的位置上了。到了东晋时候,有一位名叫虞喜的天文学家,他把古代记录下来的星辰的位置,和他当时所观测得到的位置仔细加以比较,知道古今不同。于是他发现太阳的一周天并不是一周岁,因而也就把周天和周岁分开了。实际上太阳从上一年的冬至,到下一年的冬至,并没有回到原来的位置,这种现象在天文学上叫做“岁差”。

在岁差现象发现一百多年以后,祖冲之根据自己实际测验和计算的结果,首先证实了这一现象的存在,并且进一步计算出冬至点每四十五年多要向西移动一度(这个数值和实际有很大的出入)。他制作大明历,就把岁差应用到历法中去。这是我国历法最早应用岁差,在我国历法史上是一项划时代的成就,也是祖冲之在历法上的卓越贡献之一。由于在历法中应用了岁差,所以“回归年”和“恒星年”才有了区别。回归年就是太阳连续两次经过春分点所需要的时间,它又叫“太阳年”。恒星年就是太阳连续两次经过某一恒星所需要的时间,也就是地球绕太阳真正公转的一个周期。

祖冲之非常精确地测出了一回归年的日数,他的结果是365.24281481日,这和近代科学所测量得到的日数,大约只差50秒,仅有六十万分之一的误差。这是多么精密的结果啊!到一百三十年以后,隋朝的张胄元作大业历时(608年)才求出比祖冲之更好的数值——365.24208470日。

我国古代人民认为木星在天空运行一周所需要的时间为

十二年，古人又把木星的軌道相等的分成十二段，每一段叫做“辰”。但实际上木星走一周用不了十二年，西汉时候的历法家已经知道了这个事实，公元前 104 年开始使用的三統历便根据这个事实作了修正。三統历认为：木星每一百四十四年就要超辰一次。这个每一百四十四年超辰一次的数值还是不够精密的。可是在祖冲之以前，没有人加以怀疑，一直认为是正确的。祖冲之根据他自己测量所得到的结果，认为三統历中的数值不够精确。于是他勇敢地把它推翻了，而提出他自己的测算结果来。祖冲之认为木星在天空运行七周就超辰一次，需要八十四年左右。而用现在科学方法的测算知道：木星绕太阳公转一周需要 11.86 年，那末七周合 83.02 年。祖冲之所测得的结果，和这个数值很相接近。这当然是祖冲之在天文学方面一项很有价值的成就。

祖冲之在历法上另一重大贡献，是发现了“会周”之法。由于发现会周，就能求出历法上通常称为“交点月”的日数。所谓交点月就是月亮从交点环行一周再回到交点所需要的时间。祖冲之还是第一个计算出交点月的日数的天文学家，他测得一交点月的日数是 27.212223 日，和现在所测得的一交点月的日数仅差不到二百七十万分之一。在一千五百年前，得到这样精密的结果，也确实是惊人的。交点月的发现对于推算日食和月食的发生时间、位置等有很大的作用，无怪用大明历来推算从宋元嘉十三年到大明三年(436—459年)这二十三年中所发生的四次月食的时间和月亮在天空的位置，都和实际情况一点不差，原来是因为有新的理论根据呵！

大明历中所記載的关于太阳系五大行星，即水星、火星、木星、金星和土星的会合周期的日数，有些也是当时最好的結果。祖冲之测得水星的会合周期是115.88日，这和現在所测得的数据完全一样。金星的会合周期是583.93日，較現在所测的相差0.01日。这个結果虽然还不太精密，但比他以前所有天文学家所推算出来的都好。

一世紀时候班固写的汉書中提到了六种古代的历法，即黄帝历、顓頊历、夏历、殷历、周历和魯历。后来在几百年間，人們沒有加以辨別，就認為这些历法是黄帝、顓頊、夏、殷、周和魯时所分別采用的历法；其实都是后人假托前人的伪作。到祖冲之作大明历的时候，他深入而細致地研究了六历，提出新的看法，認為古代的六历本来是周末汉初的作品，其中的理論都不是太早的。根据現代科学家的研究，也証实了祖冲之的看法是正确的。同时祖冲之認為六历的内容都和东汉时所用的四分历一样，这种看法也是符合实际的，因此得到人們的公認。由此可見祖冲之研究工作的深入和所得結果的正确。

总起来說，祖冲之在天文和历法方面的貢獻是相当大的。他所制訂的大明历，在他那个时候是最好的历法；特别是他把岁差現象应用到历法上和发现交点月这两件事情，在我国天文历法史上有划时代意义，更加值得重視。

祖冲之的大明历当然不是沒有缺点的，例如大明历把一个朔望月的日数定为29.53059152，就不及元嘉历精密（元嘉历一朔望月为29.5305851日）。不过，大明历中的缺点和其中那些重大成就比較起来，只是美中不足而已。