

# 湖北古代科技珍闻

丰荣森 杨剑虹 编

湖北省科技志编辑室

# 你 知 道 吗？

## ——代序

知识给人智慧，知识给人力量。

湖北古代有许多杰出的科学技术成就，这些成就展示了古代人们的聪明才智，体现了先民们孜孜刻苦的执着追求。这本小册子收集了23篇通俗文章，介绍了从公元前6000年到晚清时代，产生在湖北地区的科技人物和优秀成果。它们远不是过去成就的全部，但也窥见其一斑。希望它不仅能满足你的好奇探胜之心，而且也带给你创造的欲望与发奋的启示。

你知道吗？中国最早的天文星象变动是谁记录的，最早的天文图象又是在那里发现的？

中国最早的水利专家是谁？都江堰是不是最早的大型水利工程？湖北水稻究竟何时开始种植？

你是不是想了解，2400年前完成的曾侯乙编钟系列乐器是如何制造出来的？编钟又为什么一钟能发出两种不同的乐音？古代人们对数学、物理学、金属学与乐律学与机械工程、冶金铸造等的研究达到何等水平？

你也许曾到过湖北黄石古铜矿的开采冶炼遗址；你或许看到过铜梗千条万缕、密接镂空、玲珑剔透的奇妙的铸造品尊盘；你可能听说寒光闪闪的越王勾践三代名剑和数百把楚国铜铁剑在湖北的出土。但可曾想过，它们产生时代的技术水平和产品的高超技巧是如何相称的呢？

丝绸是中国古代一大发明。当你看到长沙马王堆出土的汉代丝绸时可能赞叹不已，而湖北又出土了战国时代的八大类丝织物与刺绣品，更是精美绝伦。

此外，湖北古代的漆器，古代的造船技术也都很具特色。还有当阳玉泉铁塔屹立千年，是一件杰出的艺术与科技巧妙结合的建筑物。

陆羽是中国研究茶叶科学的著名科学家；苏轼不仅是著名文学家、词人，也是一位科技推广者；宋明时期，湖北东部产生过好几位闻名的医药学家；清代邹氏一家7代人从事舆地学的研究，这些名家献身科学事业，毕生不渝。他们都在中国科技史上留下了自己光辉的一页。

值得我们思索的是：是什么原因，明清以后，湖北科技并没有得到发展，除少数学科与行业外，几乎全面衰落了。晚清时代，以张之洞等人为代表的洋务派人物，曾想提倡教育与科技，努力发展现代工农业，以振兴中华。张之洞在湖北办了许多好事，为湖北播下了现代教育、科技的种子，有经验也有教训。建国后，在中国共产党的领导下，我国日益重视科学与技术的发展，40年来取得巨大成就，科学事业得到全面发展。但是湖北的科技水平与世界先进水平仍然还有很大差距，亟须努力赶超。

这本小册子，希望能引起你的兴趣。希望你能成为推进科学技术发展的热心人，更希望有些人能成为未来的技术革新者与科学家，为祖国四化建设做出贡献。祝你有好的成就。

本书在编辑过程中，得到唐刚卯、王大胜同志的大力协助，谨此致谢。

编者

1989.6

# 目 录

|                 |               |
|-----------------|---------------|
| 世界上最早的星表《甘石星经》  | 任 秦( 1 )      |
| 战国早期的天文图象       | 舒之梅( 6 )      |
| 春秋时期杰出的水利专家孙叔敖  | 杨剑虹( 9 )      |
| 曾侯乙编钟一钟双音的奥秘    | 李 蔚( 13 )     |
| 曾侯乙编钟的制作        | 唐刚卯( 18 )     |
| 古代楚国的熔模铸造       | 唐刚卯( 24 )     |
| 越王勾践剑及楚人铸剑      | 黄 健( 29 )     |
| 铜录山周代采矿冶铜技术     | 卢本珊( 32 )     |
| 举世罕见的战国丝绸宝库     | 黄曼华( 38 )     |
| 湖北水稻种植究竟从何年起    | 张绪球( 42 )     |
| 古代湖北地区的漆器       | 王纪潮( 46 )     |
| 江陵汉简中的《脉书》和《引书》 | 彭 浩( 51 )     |
| 西汉会计学的成就        | 王纪潮( 56 )     |
| 水上长城            | 张建民( 62 )     |
| 湖北古代的造船         | 杨剑虹( 67 )     |
| 陆羽和《茶经》         | 任 秦 欧阳勋( 72 ) |
| 玉泉铁塔 国之瑰宝       | 吴 晓( 78 )     |
| 苏轼和秧马           | 唐刚卯( 82 )     |
| 庞安时与《伤寒总病论》     | 王文越 王大胜( 86 ) |
| 《本草纲目》的成就与贡献    | 宋光锐 丰荣森( 91 ) |
| 儿妇科名家万全         | 王大胜 王文越( 95 ) |
| 邹氏舆图世家          | 王润山( 100 )    |
| 从贝色麻钢炉到马丁钢炉     | 彭雨新( 104 )    |

## 世界上最早的星表《甘石星经》

任 秦

天文学是人类文明中一门最古老的科学。古代埃及、巴比伦、印度和玛雅文化都以发达的天文学蜚声于世，希腊天文学是承埃及、巴比伦之绪发扬光大而成为西方天文学主流的。中国古代的天文学起源甚早，天文观测技术领先于世界各文明古国，并在其发展过程中形成了独特的传统。在古籍里保存下来大量较为完整的天文学史料。《甘石星经》就是其中之一。

古代人们在天文观测时，最常用的纪录方法，一是星图，一是星表。星图就是绘制的星座图象，如曾侯乙墓出土的28宿图象，就是星图的雏形。星表是记载天体各种参数，如位置、运动、星等、光谱型的表册，直到今天仍为现代天文学所袭用。我国最早的星表是宋代以后人们所称的《甘石星经》。它是后人把战国时楚国人甘德\* 著的《天文星占》8卷和魏国人石申著的《天文》8卷合起来的总称。原书已佚，现今见到的是后人的辑本，其名最早见于宋晁公武的《郡斋读书志》，原题为1卷，今本为2卷。《道藏》本又作《通占大象历星经》，因其书中有甘石之外的巫咸星官和唐代州名，一般认为是唐以后的伪撰。今天我们了解的《甘石星经》主要是靠《史记·天官书》、《汉书·天文志》、《续汉书·律历志》和唐代瞿昙悉达所编撰的《开元星占》等文献所摘的片断。

甘德的《天文星占》和石申的《天文》是代表我国古代南北两个不同的观象授时系统。南方基本上是观察赤道附近恒星的升

降，北方基本是观察北斗绕北极星的运转。这两个系统到战国时已趋于统一，形成了3垣28宿12次的恒星分群体系。1973年，在长沙马王堆3号汉墓中发现了帛书《五星占》，它保存了甘石著作中的部分内容，其中以甘氏内容为多，所引内容多同于《开元星占》中所引的甘德原文。由于长沙为楚国故地，汉文帝时代又去战国不远，因此它仍属于甘德系统。这些文献文物使我们能大致了解甘德和石申著作的主要内容。

《甘石星经》的内容涉及五星（金木水火土）运动、交食和恒星等方面，其中最重要的是它把全天的星分为28宿及中外官星座（古代天文学以28宿为界，大体上28宿北部的星属中官，以南属外官。星官即现代星座或星宿），并用度数（古代分周天为365度有奇）给出了这些星的座标位置。它包括有去极度（即恒星与北极星的距离），28宿距星的距度（28宿中每宿恒星不止1颗，选定1颗作为精细测量的标准作该宿的距星，2宿之间的差距为距度）和黄道内外度（星与黄道的距离，黄道以北为内度，以南为外度），共载28宿和中外官星座120座，含恒星121颗（另说甘德测定恒星118座，含星511颗）。根据《汉书·天文志》的记载，岁星（木星）晨出东方，石氏载在斗、牵牛，甘氏载在建星、婺女。而汉代成书的《太初历》却载岁星在营室、东壁。这样由木星的运行轨道可以推知《甘石星经》所载的恒星位置是在战国中期即公元前360年至前350年间测定的。甘德和石申2人的著作成书年代也在公元前374至前270年之间。确定这一点非常重要。因为西方古代最著名的星表是载有1022颗恒星的《托勒密星表》，但它成书于公元2世纪，主要是抄录公元前2世纪希腊天文学家喜帕恰斯（Hipparchus，约公元前190—125年）的观察结果。喜氏在公元前134年发现了新星，由此推动他编了一份包括850颗恒星的位置和星等（亮度）的星表。该表失传，靠《托勒密



星表》人们才略有所知。《甘石星经》所载恒星数目虽少，但观测年代却早了200多年，且精度也不相上下。希腊亚历山大天文台的亚理斯泰罗（Aristyllus）和泰摩恰理斯（Timochars）合著的西方最早的星表也晚于《甘石星经》七、八十年。由此可知《甘石星经》是世界上最早的星表。此外，《甘石星经》对岁星（木星）的观察也较准确，测出其会合周期是400天，恒星周期是12年。今测值分别是398.88天和11.86年，相差甚微。特别是对木卫三（木星卫星之一）的发现比伽里略等人早了近2000年。《甘石星经》提供的去极度和距度等数据反映出当时已有浑天说的宇宙理论，并利用了赤道座标装置的浑仪（一种用来测天体赤道坐标及昏、旦、夜半中星，也可测量黄道经度和地平座标的球形仪器）。有人认为，我国最古的天文观测周髀法是靠水平地面的垂直棒“土圭”进行的，但是用它却测不出《甘石星经》上的数据。而文献记载浑仪最早为西汉落下闳制作，《甘石星经》所测出的数据可能表明在落下闳之前已有先秦浑仪存在。最有意义的是《甘石星经》所用赤道座标系统正是我国古代天文学独立发展的标志。因为古埃及、巴比伦与西方天文学中的天体座标系恰恰是以黄道为标志。这对中国古代天文学外来说是一个有力的反证。

中国天文学家和西方天文学家对古代天文学的贡献各擅所长。在天文学理论与精确度上，中国不如西方；但在观测记录天象的系统性和连续性上，则远胜西方一筹。

古代天文学起源于农牧业生产和制定历法的需要。马克思曾在《资本论》中说：“计算尼罗河水涨落的需要产生了埃及的天文学。”恩格斯把天文学列于各项自然科学发展序列的首位，指出：“首先是天文学——游牧民族和农业民族为了定季节，就

已经绝对需要它。”（《自然辩证法》，1971年单行本162页）我国古代天文学也是如此。在山东大汶口出土的距今5800年的新石器时代的陶纹上，可以看到当时人们已密切注意天象。商代甲骨文和先秦的一些文献材料反映出早期我国天文学的基本作用就是观象授时。《尚书·尧典》就有“历象日月星辰，敬授人时”的记载。由于周秦以前，我国传统文化基本是属于萨满式的，古人对许多与制订历法无关的天象，如日月食、变星、彗星等“天变”无法理解，认为是万物有神的表现，兆示着人间的吉凶祸福。因而观测天象变化，预测人间休咎的星占术成了中国古代天文学的重要内容。如《周礼·春官》所载的从事天文观测的保章等职官，其职掌就是观察日月星辰的异动；而从事历法工作的冯相的职掌也是要预先推算出日月五星的行度和日月食发生的时间。我国天文学中观测家和历法家这二派无不受其影响。战国时期，由于“天人感应”说日益盛行，阴阳五行理论也波及天文学。加上统治者的提倡，星占术如日中天，所有天象都被看成“此皆阴阳之精，其本在地而上发于天者也。……政失于此而变见于彼，由影之象形，响之应声。”（《汉书·天文志》）为了适应统治的需要，在北半球的中国星占家就把空中“不动”的北极星附会成宇宙最高主宰“天帝”（道家称“太一”），帝座附近的星则成了太子后妃，再旁的星则为丞、宰、辅、弼、枢、卫等，构成二道拱卫紫微帝宫的墙垣，即所谓紫微、太微、天市三垣。并将包括观察日月五星运动的28宿在内的众星分为12次（太阳运行一周，星空分为12等分），与地上12个区域一一对应，形成所谓“分野”。由于恒星位置相对不变，它们就成了观测日月五星运动的座标，其分野是预测人间吉凶祸福的依据。《甘石星经》正是这种背景下的产物。如《甘石星经》中有“大陵八星在胃北，主死丧”的记载。为什么



大陵（陵墓之意）座能主死丧呢？今天看来道理也简单：季春三月，太阳在黄道上的运行点正在胃宿和大陵星附近，这一季节易流行疫病，这就成了星占的依据。尽管《甘石星经》杂揉着天人感应等迷信成分，但它仍然不失为中国古代天文学的伟大成就，它是古代天文家长期实际观测的记录与总结。

与中国不同的是，西方天文学在以后的发展中形成三派：一是崇拜日月星辰的神学派，二是受亚里士多德影响的哲学派，三是以托勒密为代表的科学派。这三派都注重天文学理论的建树。这种传统孕育了近代天文学的诞生。而《甘石星经》所代表的我国传统天文观测的成就却没有能推动天文科学进一步发展，反而成为宣传“王权神授”的专制政权的工具。因此，在《甘石星经》被后人称颂的同时，这一点是值得人们去深思的。

\*一说甘德是齐国人或鲁国人。但可看出他的天文观察是在南方楚国进行的。

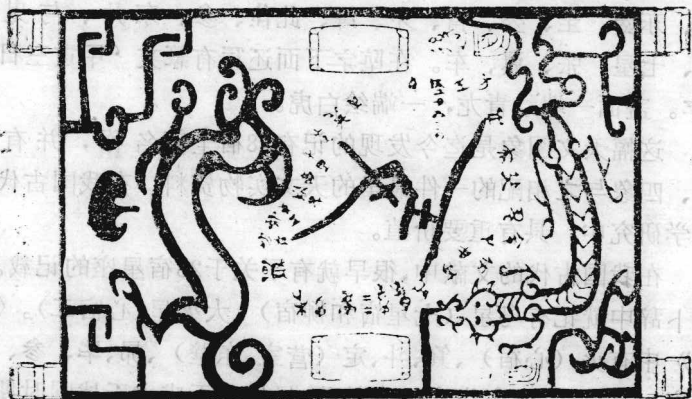


图1 曾侯乙墓衣箱上的天象图

## 战国早期的天文图象

舒之梅

1978年夏，在湖北省随县（今随州市）擂鼓墩发掘了一座距今2400多年的战国早期大墓——曾侯乙墓，出土了许多珍贵文物，其中一件绘有我国古代天文图象的漆木衣箱，引起了天文学家的极大兴趣。（图1）

天文图象绘于漆木衣箱的盖面上。盖呈长方形，上拱，通长82.8厘米，宽47厘米，高19.8厘米。内壁髹红漆，外壁髹黑漆。盖面上以黑漆为底绘红彩。盖面中心写一粗大的篆文“斗”字，围绕斗字，依顺时针方向，书写篆文28宿的古代名称：角、氐、氏、方、心、尾、箕、斗、牵牛、婺女、虚、危、西、东、东、圭、娄、胃、矛、毕、此、佳、参、东、井、与、鬼、西、七星、张、翼、车。在氐字下面还写有篆文“甲寅三日”4字。盖面一端绘青龙，一端绘白虎。

这幅天文图象是迄今发现的记有28宿全部名称，并有北斗、四象与之相配的一件最早的天文实物资料，在我国古代天文学研究中，具有重要价值。

在我国古代的文献中，很早就有了关于28宿星座的记载。殷墟卜辞中就记有鸟星（七星宿和柳宿）、大火星（心宿二）。《诗经》中有火（心宿）、箕、斗、定（营室、东壁）、昴、毕、参、辰（房）等星名。28宿作为一个总称，最早见于成书于战国时期的《周礼》，其中有“二十有八星之位”（《春官》）和“二十

有八星之号”（《秋官》）的说法，但没有28星的具体名称。比较可信的最早记载28宿具体宿名的是《吕氏春秋》，该书是公元前239年成书的。因此，曾侯乙墓（约公元前433年）出土的这幅天文图象所书28宿名称，是迄今所见28宿全部名称最早的文字记载。这对于解决我国28宿作为一个体系（不是个别星名）产生的年代问题，无疑是很有帮助的。考虑到这幅天文图象是作为装饰图案描绘在衣箱盖上，28宿在当时应已是一种流传较广的天文知识了，它的产生年代要比这件文物制作的时间早得多。换言之，早在公元前5世纪之前，我国28宿已作为一个体系出现了。

在这幅天文图象上，一个巨大的斗字被写在画面的中央，差不多占据了整个画面的1/3，明显地突出了北斗的重要地位，这是符合我国古代天文学传统特点的。北斗星座是我国古代天文学非常注意的一个星象。它由七颗星组成，古人将它们想象地联系起来，成一舀水的“斗”形。在古代，我国中原地区一年四季从初昏到黎明，都能观测到北斗七星。由于地球自转的反映，看上去大地是在围绕北极星作周日旋转；又由于地球公转的反映，看上去大地又是在围绕北极星作周年旋转。古人便利用北斗斗柄的指向，来测定夜间时间的早晚和一年中春夏秋冬四季的变换。《史记·天官书》在概括北斗七星在我国古代天文学中的作用时说：“斗为帝车，运于中央，临制四乡。分阴阳，建四时，均五行，移节度，定诸纪，皆系于斗。”过去许多中外学者在研究中国28宿的起源与特点时，曾指出28宿起源于以北斗为观测的标准星象的地区，肯定中国的28宿具有与北斗星等拱极星栓在一起的特点。由于古代印度、埃及等国也有类似中国28宿的体系，28宿与北斗之间的这种关系，被看作是中国28宿体系的特点之一，也是28宿起源于中国的证据之一。这幅天文图象的出土，使这一看法得到了进一步的证明。

我国古代把28宿平均分为4组，每组7宿，分别与东南西北4个方位和青红白黑4种颜色，以及龙、鸟、虎、玄武(龟、蛇)几种动物形象相配，称作四象或四陆、四宫。过去一般以《淮南子》和《史记》出现有关四象的具体记载为依据，把四象出现的时间定在汉代。这幅天文图象虽只绘了青龙和白虎，而缺少朱鸟和玄武，但青龙白虎所处的位置与四象的划分基本一致；不出现朱鸟、玄武的图象，很可能是衣箱盖面上不易安排画面的缘故。因此，天文图象上所绘青龙白虎的形象，便将四象出现的时间提到了战国早期。这也是迄今所见28宿与四象相配的最早纪录。28宿与四象相配是我国28宿体系的又一特点。

随县曾侯乙墓出土的这件绘有天文图象的漆木衣箱，是我国已发现的年代最早的天文文物之一。它把我国28宿全部名称的可靠记载提到了战国早期，说明28宿体系的创立应在公元前5世纪之前。同时，把四象出现的时代也大大推前。图象上“斗”字的突出地位表现了北斗星座在我国古代天文学中的重要性，以及北斗、四象与28宿在图中的相互关系，都证明28宿起源于中国。因此，这一天文图象在研究我国古代天文学中有着重要的意义。

## 春秋时期杰出的水利专家孙叔敖

杨剑虹

春秋中期，楚国令尹（宰相）孙叔敖不仅是一位杰出的政治家，而且也是一位杰出的水利专家。他曾经主持修筑了许多项水利工程，其中最为著名的芍陂，是我国古代首次兴建的一项大型水利工程，所以堪称为我国营造水利工程的鼻祖。

孙叔敖，出生在郢都的贵族世家，是国君蚡冒的后裔，半姓。后来封邑在芍，改姓芍，他父亲叫芍贾，他叫芍艾猎，或叫芍敖，字孙叔，所以叫孙叔敖。

他的父亲芍贾，幼年时就气度不凡，在楚成王二十七年（公元前645年），敢于批评令尹子文。青年时的芍贾，已经具有远见卓识。楚庄王三年（公元前611年），庸人叛楚，楚国形势危急，有人提出迁都阪高（今湖北省当阳县北），他力排众议，坚持挥军出击。楚庄王接受了他的建议，取得了灭庸的胜利。庄王九年（公元前605年），他由工正调为司马，不久为令尹子越所潜杀。孙叔敖举家迁到期思（今河南省固始县北），所以说他是“期思之鄙人”。春秋时贵族都是整个宗族一起迁徙的，所以孙叔敖和他宗族迁到期思后仍然可以雄踞一方。他在这里住了六、七年，直到庄王十六年（公元前598年），他被召回郢都，担任令尹，才离开期思。

芍贾曾“为工正”是“掌百工之官”（《左传·宣公四年》）。他熟悉建城和兴修水利等土木工程，必然要给孙叔敖以极大的

影响。孙叔敖迁往期思，年青力壮，精力充沛，主持了期思陂的修凿，开通了一条干渠，将期思之水（今史灌河水系）导入雩娄之野（今河南固始县南的史河与灌河流域的原野）。期思陂是我国古代首创第一个综合性农田水利工程。孙叔敖因此被楚庄王看重，提拔为令尹。

庄王十六年（公元前598年），孙叔敖主持修建沂城（今河南正阳县）。他先命封人筹划工程事项，上报司徒。动工前划分好工程段，根据需要分发给材料和工具。例如，根据城墙的高度，计算出所需的筑墙夹板和木桩；运土的畚与夯土的杵要相适应；运土之功与筑土之功要相称，不致停工待料；所需的土方和木料多少要作出计划，还要估计取土地点的远近，城基址的宽窄、高下、方圆、曲直；又要准备好役夫的粮食供应，还要选拔干练的人担任各项工程的主管。结果30天完功，与原计划完全相符。

在古代，筑城和修水利有许多相似的地方，例如都需要挖掘和运载土、石方，都需要夯土筑墙，都需要夹板、木桩和运输工具，都需要计算工程量。孙叔敖既然能主持筑城，所以也能主持兴建水利工程。

原来楚成王、穆王时楚国势力已经扩张到了淮南地区。接着楚庄王十年（公元前604年），平息了群舒的叛乱，淮南地区全部归入楚国的版图。这里就成为楚国在东方的重要基地，向东可以控制吴、越，向北可与齐、晋争夺陈、宋等国。因此必须要在这一带发展生产，足兵足食，使楚国能立于不败之地。当时楚国的生产工具也有了变化，在铜录山开采铜矿，可以应用青铜制造的生产工具，而且也可能用铁器来开凿水渠。

淮南是丘陵地带，南部有大别山的余脉都岗岭、天柱山、潜山、龙穴山等，山陂之间都有谷水向北流入淮河。这里是



南北气候过渡地区，年降雨量分布不均，又是暴雨的密集区，一下大雨河水就会泛滥成灾，雨季过后，又随之旱灾，对水稻生长十分不利。唯有兴建蓄水灌溉工程，调节水流，保证灌溉用水，才能保收，扩大耕地面积。

孙叔敖从郢都迁居期思，在淮南居住六、七年，又曾主持修筑期思陂，对于大别山区和淮南丘陵地带的气候和地形十分熟悉。所以他具备了兴修芍陂的主观和客观条件。(二)

孙叔敖利用有利的地形兴修芍陂。在肥水与洧水（淝河）之间有一片凹地，两水之间又有沟涧溪流，河水上游水源充盈，下流可泄水入淮。利用凹地修芍塘，库容量大，可节省工程量。

芍陂水利工程规模和布局，据《水经注》卷32《肥水》记载，引淝河从如溪水进入涧水。经五门亭东，经神迹亭东，“又东北迳白芍亭东，积而为湖，谓之芍陂。陂周一百二十许里，在寿春县（今寿县）南八十里”。为了排水灌溉，在芍陂开五门，“陂有五门，吐纳川流”。南为口门，西北为香门，东北为井门，乃陂通肥水之门，肥水大则由此入陂，陂水多亦由此入肥水，即所谓“更相通注”。还有两门在北堤之上。这样布局能蓄能排，蓄泄兼筹，十分合理。

芍陂修成后，扩大了耕地面积，可以栽种水稻，所谓“孙叔敖所起芍陂稻田”，而且“陂经百里，溉田万顷”（《后汉书·王景传》注）。

孙叔敖除了兴修芍陂外，在西部史河支流阳泉下流修建了阳泉陂（安徽省霍丘县西），在泄水和穷水之间修了大业陂，还在淮河北岸颍水流域作驿马沟以洩潦水。这些陂塘分布在史河、浍河、汲河、淝河、肥水之间，渠道分布，“津渠交错”，形成长藤结瓜式的大灌区。他在淮南兴修水利是有总体规划的。

芍陂等水利工程兴建成功有深远的影响，首先为大型水利工程的修筑积累了丰富的经验，为战国时吴、魏、秦等国兴修水利提供了范例：（一）利用洼地修水库，引水入库，既可蓄水又可排水，以避免涝灾和旱灾，为后世所效法。如吴国开邗沟，利用射阳湖作水库；魏国开鸿沟，利用圃田泽作水库；秦国开凿郑国渠利用焦获泽作水库，都如出一辙，是比较先进的方式。（二）建立水门，调节水量，如芍陂立了五个水门，使得北部冲积平原得以灌溉，又可以排除洪水，这也为后世效法。如都江堰就筑有水门，功效显著。（三）陂塘与渠道相连的整体规划也为后世所效法。如战国末年，湖北襄阳地区的白起渠，就是由汉江支流夷水（今蛮河）把分散的土门陂、新坡、熨斗陂、朱湖陂等串联起来的，更是与孙叔敖的修渠方法有着一脉相承的关系。

其次，孙叔敖兴修的水利，使得楚国进一步富强起来，“昔叔敖芍陂能张楚国”。另外“孙叔敖激沮水作云梦大泽之池也”（裴驷：《史记集解》），规模也是巨大的，扩大了耕地面积，促进了生产发展。我国从殷周到春秋之初，农业生产都局促在山陂地带，范围狭隘。到了春秋战国之际，耕地面积扩大到河谷地带，这不仅与铁器和牛耕应用有关，而且与大规模的水利兴修息息相关。所以孙叔敖兴修的水利工程，不仅是水利建筑道路上的一块丰碑，而且也是我国生产力腾飞的新起点。

## 曾侯乙编钟一钟双音的奥秘

李蔚

1978年湖北省的考古工作者在湖北随县（今随州市）擂鼓墩发掘了一座战国早期曾国国君的墓葬——曾侯乙墓。墓中出土了大量珍贵的文物，特别是全套大型曾侯乙编钟轰动了中外。全套编钟共64件，由青铜铸就，出土时分3层8组悬挂在由两名青铜佩剑武士双手托起的曲尺形漆木钟架上，气势雄伟壮观。更为难得的是，历经2400多年沧桑，音乐性能仍然保存完好。根据声学测定，以姑洗律（相当于现代国际通用的C大调）为基调，音域宽达5个半八度，中间3个半八度，12个半音齐备，可以旋宫转调，演奏各种乐曲。这套编钟集中反映了我国古代高度发达的音乐文化成就和科学技术水平，是中国古老文明的象征，被誉为古代世界的“第八大奇迹”。

曾侯乙编钟最为神奇的是一钟双音。按照编钟上的错金标音铭文所示，分别敲击不同部位，同一钟可以发出两个不同的乐音，而且两个乐音之间相差三度。如中层3组第5号钟，正鼓部标音为“羽”，敲击正鼓部测得频率是427.7赫兹，其侧鼓部标音“宫”，敲击侧鼓部测得频率516赫兹，两音分别相当于现今钢琴键盘上大字4组的“A”（即简谱所记6，La）音和大字5组的C（即简谱所记1，do）音，正鼓音比侧鼓音低88.3赫兹，亦即低一个小三度，与羽、宫间小三度音程相符（即6与1之间相差三度）。这一现象早在曾侯乙编钟出土之