

国学经典导读

天工开物

潘吉星 著

中国国际广播出版社

国学经典导读

天工开物

潘吉星 著

中国国际广播出版社

图书在版编目（CIP）数据

天工开物 / 潘吉星著. —北京：中国国际广播出版社，2011.1

（国学经典导读）

ISBN 978-7-5078-3344-7

I. ①天… II. ①潘… III. ①农业史-中国-古代
②手工业史-中国-古代③天工开物-研究 IV. ①N092

中国版本图书馆CIP数据核字（2010）第233063号

天工开物

著 者	潘吉星
责任编辑	刘 微
版式设计	国广设计室
责任校对	徐秀英
出版发行社 址	中国国际广播出版社（83139469 83139489[传真]） 北京复兴门外大街2号（国家广电总局内） 邮编：100866
网 址	www.chirp.com.cn
经 销	新华书店
印 刷	环球印刷（北京）有限公司
开 本	640×940 1/16
字 数	100千字
印 张	13.75
版 次	2011年1月 北京第一版
印 次	2011年1月 第一次印刷
书 号	ISBN 978-7-5078-3344-7 / G · 1350
定 价	35.00元

国际广播版图书 版权所有 盗版必究
（如果发现印装质量问题，本社负责调换）

目 录

第一部分 导论	1
一、《天工开物》产生的时代背景	1
二、《天工开物》作者宋应星的事迹	6
三、《天工开物》的内容和成就	11
四、《天工开物》在中国科学文化史中的地位	17
五、读《天工开物》时应注意的几个问题	23
六、怎样研读《天工开物》	29
第二部分 选读	37
天工开物卷序	38

上 卷

一、乃粒	42
宋子曰	43
总名	45
稻	46
稻宜	48

稻工	49
稻灾	52
水利	53
麦	56
麦工	57
二、粹精	60
攻稻	61
攻麦	66
三、作咸	68
盐产	69
海水盐	70
池盐	73
井盐	74
四、甘嗜	76
蔗种	76
蔗品	78
造〔红〕糖	79
造白糖	81
五、膏液	82
宋子曰	83
油品	84
法具	86
六、乃服	89
蚕种	90
蚕浴	90

种忌	91
种类	92
抱养	93
叶料	94
食忌	95
病症	95
结茧	96
造绵	97
治丝	98
花机式	100
龙袍	101
七、彰施	102
诸色质料	102
蓝淀	105
红花	106
造红花饼法	107

中 卷

八、五金	107
宋子曰	108
黄金	109
银	112
铜	116
附：倭铅	119
铁	120

九、冶铸	123
宋子曰	123
钟	125
釜	128
钱	130
十、锤锻	132
治铁	133
锄耨	135
鎚	135
锚	136
针	137
治铜	138
十一、陶埴	139
宋子曰	140
瓦	141
砖	143
罍、瓮	146
白瓷	149
十二、燔石	155
宋子曰	156
石灰	157
煤炭	159
白矾	161
青矾、红矾、黄矾、胆矾	162
硫黄	164

砒石	166
----------	-----

下 卷

十三、杀青	168
造竹纸	169
造皮纸	174
十四、丹青	176
朱	177
墨	181
十五、舟车	184
宋子曰	184
漕舫	185
车	191
十六、佳兵	195
火药料	195
硝石	197
火器	199
十七、曲蘖	202
酒母	203
神曲	204
丹曲	205

第一部分 导 论

一、《天工开物》产生的时代背景

《天工开物》及其作者宋应星，出现在 16、17 世纪之间，即明代（1368 ~ 1644）末期和清代初期。当时欧洲正处于文艺复兴时代，其特点是封建制走向崩溃，资本主义正在兴起，随之而来的是科学革命和技术的迅猛发展。自然科学从此进入了近代阶段。这是历史上的大变革时代，在社会、经济和科学技术等方面的大变动，就像一次巨大的地壳运动，在地球另一边的中国也发生了反响。史学家把中国 16、17 世纪这个时期称为“天崩地解”的时代。《天工开物》就是在这样的背景下产生的。

中国封建社会在延续了两千多年后，到明代已进入后期。明中叶以后由于社会生产力的提高和商品经济的发展，在有些地区出现了新经济因素，既表现在社会经济关系中，也表现在工农业各部门的内部结构中。毫无疑问，这些新情况促进了科学技术的发展，因而使明代科学具有不同于前代的特点。科学界的代表人物，如李时珍（1518 ~ 1593）、徐光启（1562 ~ 1633）和宋应星（1587 ~ 1666?）等人，虽和欧洲的伽利略（G. Galiei, 1564 ~ 1642）、维萨里（A. Vesalius, 1514 ~ 1564）和

阿格里柯拉（G. Agricola, 1494 ~ 1555）等人相距遥远，郑和（1371 ~ 1433）的航海路线虽然不同于哥伦布（Cristoforo Colombo, 1451 ~ 1506），然而明代的中国科学界毕竟以自己的方式参与了这场全球性的科学技术复兴的运动，并作出其力所能及的贡献。明代科技在中国历史上处于承前启后的总结性发展阶段，明代科学界代表人物具有充满新时代气息的别开生面的特色。

农业和手工业各部门的生产在明代继承了以往历代的成果，又从国外引进并在国内推出新产品和技术，在传统基础上有进一步发展和充实，生产技术水平得到全面提高，因而明代一些科技著作多有集大成的性质。《本草纲目》、《农政全书》和《天工开物》都是这方面的代表作，它们不只在国内，而且在国外也产生了良好影响。明代大科学家还具有与文艺复兴时期西方科学巨人类似的气质，他们多才多艺、学识渊博，有长途旅行的经历，在不同专业领域内放出光芒，为科学事业热情而勤奋地工作，在思想上有唯物主义倾向。他们还对传统错误观念持批判精神，注重实践，基于大量观察、调查和试验资料而写出著作，决不停留在故纸堆中。在讨论《天工开物》产生的时代背景时，必须把明代科学的这些特点考虑进去。

明代农业是相当发达的。农业生产中主要作物是稻、麦等粮食作物和棉、麻等经济作物以及若干油料作物，还有桑蚕、果树等农副业。稻的生产在全国口粮中占十分之七，而水稻的生产水平已达到相当高的水平，在浸种、育秧、插秧、耘稻和稻品加工方面都有一套较成熟的经验。为解决人多地少的矛盾，明代农业生产中采取了一系列措施，诸如提高单位面积产量，增加复种指数，改进耕作栽培技术，推行多熟制的精耕细作，发展间作、套种和多粪力田等。南方地区推广水稻一年两熟或三熟制，北方黄河流域则形成两

年三熟或三年四熟制，通过棉麦套种、粮豆或粮菜间作来提高复种指数。小麦移植是从明代才发展起来的新技术，而冬谷法是北方兴起的早播早收技术。

与此同时，各地还培育出许多优良作物品种，以水稻为例，据明人黄省曾《稻品》称，嘉靖年间（1522~1566）在苏州地区有38种稻，《天工开物》也记载了江西的一些优良稻种。以砒霜和肥料拌秧，是这时采用的新技术。由于充分利用多种肥源，提高了土壤的肥力。与农业有关的水利也受到很大重视，普遍使用各种简便机械，如筒车、龙骨水车、拔车等灌溉供水。在加强施肥，追肥和田间管理的同时，也注重防治病虫鼠害，广泛施用砒霜等农药。为扩大耕地面积，明代在各地开展了垦荒、围水造田和兴修水利等农田基本建设，并很快见到效益。

明代经济作物栽培面积的显著增加，是当时的商品经济在农业方面的反映。棉花种植遍及南北，江苏松江、河南、河北、山西和山东等省是著名产棉区，只松江一地，垦田凡二百万亩，大半种棉，故总的植棉面积在百万亩以上。甘蔗种植以福建、广东为盛，就地熬糖，产品遍行天下。福建泉州是荔枝、龙眼的专业区，附山之民将田易为果园。这些经济农作物专业区，在明代以前是少见的。其他如各种油料作物、茶、漆、油桐和植物染料的种植，都比前代有进一步发展，通过商业渠道行销各地。明代万历年间（1573~1619）还从国外引进甘薯、玉米等高产作物和烟草、落花生等经济作物，解决了甘薯留种问题，使之逐步由南向北推广，在某种程度上改变了人们的食物构成。

丝绸的出口和纺织业的发展，刺激了桑蚕业发展的势头，浙江湖州，嘉兴等地是最发达的地区，当地农民多以养蚕为业，用人工杂交法育出优良蚕种。

明代手工业各部门也随着商品经济的发展而在生产规模，产品种类和质量以及技术水平上超过了前代。在纺织业方面，丝、棉、麻和毛纺均很兴盛，除各地设官办织染局、机房外，还有大量民间机房。由于花机、腰机和织花等技术的进步和织机的改进，所出产品超过前代。大型提花机花楼高一丈五尺，织匠协同操作，提织复杂花样。棉纺技术也有进步，轧落棉子的木棉搅车一人操作可抵四人手工劳动，水转大纺车工效更大。当时还出现纺织染业集中的专业区，如苏州、杭州、嘉兴和湖州的丝织业，松江的棉纺和芜湖的浆染，都是闻名的生产基地。这些地方的民营机房用工以百千计，资本达数万金，具有工场手工业的规模。万历年间只苏州一地就有一万多纺织工人。机户出资，机工出力，具有资本雇佣关系。

江西景德镇是明代瓷业中心。嘉靖（1522～1566）时这里有官窑 58 座，民窑 20 座，至明末民窑增至二三百座，生产区延伸十几里，烟火逾十万家，陶户占肆市的十之七八，昼间白烟蔽空，夜里红焰熏天，每年烧造几十万件。工匠四方来，器成天下走。在瓷胎、制釉和烧造技术上比元代有进步，彩瓷（釉上彩和斗彩）起于永乐（1403～1424），有红黄绿蓝黑紫等色。高温与低温单色釉和薄胎瓷、白瓷、青花瓷、霁红、窑变等都有创新，器型多样而具有较高艺术水平。以陶质玻璃釉烧成的玻璃，广泛用于宫殿、庙宇建筑。明瓷还远销欧亚各国，备受欢迎，以致从 17 世纪以后引起法、德、英等国技术家纷起仿制。

明代官私造纸槽坊主要分布在江西、福建、安徽、浙江和四川等省，原料为竹、木本韧皮纤维和稻草等，纸的产量居世界之首。江西、福建的竹纸产量最大，用于印书及日常写字。以青檀皮为原料的安徽宣纸为一时之甲，纸质洁白坚韧，供作书画用。各种彩笺、金花纸、粉蜡笺、饰金银彩绘纸、印花壁纸都有很大发展。各地普遍用植

物粘液为制浆悬浮剂，既能抄出薄而轻的纸，还能抄出厚重的巨幅纸。明代印刷业相当发达，除雕版印书外，还用木活字和各种金属活字，套色雕版和短版印刷（木版水印）有进一步发展，做工精细。印刷业多集中于福建、浙江、江西、安徽和江苏等产纸区域。

在矿冶和铸造方面，明代也有很大发展。主要生产铁、铜、锡、银、金、铅、锌等金属和各种合金，再制成各种器物。明初设 13 个冶铁所，岁产铁 746 万斤，后许民自采，各地铁冶陆续发展。河北遵化大型炼铁炉炉身高一丈二尺，容砂二千余斤，以煤为能源，用往复式活塞风箱鼓风。广东佛山是另一冶铁中心，所产铁锅等驰名中外，远销南洋。大型炉场佣工数百人，资本在万金以上，使用了反射炉。江西铅山的铜、云南的锡和银产量最大。锌的产量在明代急剧上升，也对外出口。铸造、锻造技术水平相当高，大至千钧钟、锚等巨件，小至纤细的铁针，都一应生产。明代冶炼术的最新成就是采用焦炭，将炒铁炉与炒钢炉串联使用，实现生熟铁连续生产。还用火药爆破技术开矿。采煤用圆形竖井，有瓦斯通风和支架撑护措施。分离或检验金属时，利用其物理、化学性质不同，采取有效技术。

在造船、建筑、火器等部门中，也发生与上述部门同样的进步。随着农业和手工业的发展，商业和城市也随之繁荣起来，对外贸易也有了发展。明中叶以后，白银成为国内外贸易的主要交换媒介，在对外贸易中输入的白银也变成国内流通的货币。商品经济和资本主义萌芽的发展，在宋应星的故乡江西省也有显著反映。加上他在各地进行广泛的游历，目睹这些新局面，这使他有可能会把所见到的工农业生产技术和商品经济的发展状况记载下来。因为明代聚集起来的工农业生产知识和技术经验，必须有人出来加以总结。比家庭手工业规模更大的工场手工业，要求运用科学知识、较先进的技术和设备、较高的劳动生产率来组织生产。这就不但为《天工开物》的成书提出了社会上

的实践需要，也提供了客观可能。

二、《天工开物》作者宋应星的事迹

《天工开物》的作者宋应星，字长庚，江西南昌府奉新县北乡人。他的故里在今奉新县城东南的宋埠乡牌楼宋村，村内宋姓居三分之二。这里是稻谷之乡，有潦水支流流经附近，再向东流入新建县，沿东北方向流经鄱阳湖入长江。村的周围是整齐葱绿的稻田和茂密的竹林，房屋多具有江南古老建筑风格。村头有一座数百年历史的石桥，名德水桥。村内保留有明代时建立的石碑坊，故称牌楼宋村。关于宋应星传记的第一手材料，是他的胞兄宋应昇（1578～1646）崇祯十年（1637）发表的《方玉堂全集》和宋立权、宋育德在1934年发表的《八修新吴雅溪宋氏宗谱》。新吴是奉新的古名，雅溪即今潦水。

根据《宋氏宗谱》卷一的记载，宋应星家族的祖先在元代（1260～1368）以前本熊姓。元明之际，熊德甫就任南昌府丰城驿吏，娶当地宋氏为妻，因避兵火，遂承妻姓而迁居奉新雅溪一带。入明以来，宋德甫一家及其后人便世代定居于此务农，乘明初奖励垦荒之际，开发了附近的土地，在种稻之余，兼育种桑蚕以为副业，家业有了好转。此后，宋家借雇工、佃田而成为经营地主，家产和人丁逐渐增加。宋德甫以下五代，都靠经营土地、养蚕而发迹，至第八代宋景（1476～1547）起始由科第进入仕途。宋景是宋迪嘉之子，宋应星的曾祖。据《明史》卷二十本传及其墓志铭所载，宋景字以贤，号南塘，弘治进士，历任山东参政、山西左布政使、都察院左都御史，改南工部尚书、南吏部尚书转兵部尚书，卒赠吏部尚书、谥庄靖。宋景生前推行过内阁首辅张居正（1528～1582）的“一条鞭法”，还在南

京督造过奉先殿等。由于他在朝廷中任阁臣，故其长辈、晚辈均被封荫，从此宋家成为官僚地主家庭，是奉新的名门望族。牌楼宋村中的“三代尚书第”牌坊，就是为宋景、宋宇昂、宋迪嘉三代人而修建的。

宋景生五子，三子宋承庆字道徽，号思南，博学能文，但20多岁时便早逝，只留下孤子国霖。宋承庆是宋应星的祖父。宋应星的父亲宋国霖（1547～1630）字汝润，号巨川，生下不满2岁，其祖宋景、父承庆便先后去世，由其年轻的母亲顾氏抚育。稍长后，顾氏将遗孤国霖托于叔父和庆教养。宋和庆既与承庆为同母所生，且辞官归里，也乐于教育这个近房的侄子。宋国霖少孤，且为独子，所以“少补诸生，在庠垂四十年”，没有外出，也无功名，充其量是个秀才。宋景之子中有二人中进士，且任地方官，如果宋承庆不是早逝的话，也必然会走这条路。这时宋家是繁华府第，家中佣人前呼后应，具有阁臣府第的气派。

宋景、宋承庆卒后，到宋国霖这一代时，已家道中落，尽管仍拥有一定数量的家产，但声名权势已今非昔比。加上宋景四房中，惟有承庆这一房人丁不旺，宋国霖是孤子，年三十尚未生子，母顾氏只求延续后代，不希望儿子远离家门，故国霖未能科举入仕。宋国霖在31岁时才得长子应昇，接着又有次子应鼎（1582～1629）、三子应星和幼子应晶（1590年生）。宋应鼎字次九，号铉玉，甘氏所生，本县庠生，未出仕。宋应晶字幼含，王氏所生，副贡生，绝意科举，迁居县城另居。宋应星四兄弟中，只有应昇与他为同母魏氏（1555～1632）所生，而且这兄弟俩抱有科举入仕、使他们这一房在宋族中出人头地的志愿，其余两兄弟在此后便不肯离开乡土，均以布衣终。

《方玉堂全集》（1637）卷八载，宋应星生母魏氏本农家女，万历丙子（1576）嫁到宋家，不到两年家中遇到火灾，房屋及浮产均遭焚毁，家境渐已萧条。宋应星生于万历丁亥十五年（1587），小应昇

9岁，是年其父国霖41岁、母33岁。宋应星降生时，家境更趋衰落，其母不得不亲操水浆，为全家烧饭。“饭尽，辄尝忍饥；蔬尽，不更治蔬”，可以说，他是出生在一个日益衰落的地主家庭。在这个家庭里，没能再扩大家业，只就现有的土地所得的收入来维持全家生活和宋应星弟兄们读书应试。经过不断的消耗和家产的再分配，到宋应星这一代时家产逐渐缩小。

宋应星胞兄应昇，字元孔，自幼与弟同窗，形影不离，因此关系最昵。万历乙卯（1615）兄弟二人同中举人，后五次北上会试，均未中进士第。宋应昇于崇祯四年（1631）任浙江桐乡县令，丁忧后再转广东肇庆府恩平县令（1635~1637），旋升高凉府同知，崇祯十五年（1642）迁广州府知府。甲申（1644）闻国难，辞官归里，因忧心国事致疾，清初顺治二年（1646）仰药而死。宋应昇是位结交广泛的诗人，著《方玉堂全集》刊于崇祯十一年（1638），又撰《宋氏宗谱》刊于崇祯十年（1637）。宋应昇卒后，其曾孙宋瑾于乾隆二十四年（1759）刊行《方玉堂全集》增订第二版。1772年清廷开四库馆时，此书因有反清内容被列为“禁书”。

关于宋应星的早期活动，在宋应昇和族侄宋士元（1649~1716）的作品中都有记载。起初，宋应昇、应星在家乡受叔祖宋和庆的启蒙教育，后就学于族叔宋国祚。长成后，兄弟二人拜新建县的学者邓良知（1558~1635?）及南昌学者舒曰敬（1558~1636）为师。邓、舒二位都是进士出身、担任过知县以上官职的“功成名遂”的人物，又都在任职时因不满明末腐败政治、忤怒权奸而被逐出官场。他们像东林党人那样，以书院为讲坛，教授生徒，宣传其政治主张。在这个圈子周围出现了不少远近闻名的人物，如涂绍煊、万时华、徐世溥、廖邦英等人。宋应星自幼聪颖好学，记忆力过人，习诗文后，又肆力于十三经传、哲学、历史以至诸子百家

书。他的兴趣很广，对音乐、奕棋、天文、医药以及质测之学都有爱好。他还从邓良知、舒曰敬等人那里受到一些与东林、复社党人相近的思想影响。

宋应星在 18 岁时（1604），与应昇、应鼎等分居，开始独立生活。但他仍常与胞兄应昇一起活动，他们想沿曾祖宋景的路子，走上科举之途，以图金榜题名重振门风。他青年时代把主要时间和精力都用在应试上面。万历乙卯四十三年（1615）二人同中举人，29 岁的宋应星名列第三，应昇名列第六。这一年江西考生有一万多人，中举者只有 109 人，奉新考生中只有宋应星弟兄及第，且名列前茅，故时人称“奉新二宋”。他们因此受到鼓舞，决定趁此势头再进一步，同年秋他们离开江西北上，以应丙辰年（1616）的会试。这是他们第一次水陆兼程、跋涉万里前往京师的远游。但与乡试结果相反，这次二人都没有中进士第。

初次会试失败，没使宋应星弟兄失去希望，决定下次再试。他们先后在万历四十七年（1619）、天启三年（1623）、天启七年（1627）及崇祯四年（1631）北上会试，先后共五次，结果都落第而返。最后一次应试时，宋应星已年至 45 岁，而应昇已五十有四、双鬓皆霜了。沿途他们看到在阉党巨奸魏忠贤专政时的各种腐败现象，原来的幻想尽成泡影，从此对科举完全绝望。1632 年，宋应星母亲逝世，经过分居，宋家地亩化整为零，几次万里征程要破费许多钱财，加上娶妻生子，家中支出日渐增多。宋应星决定在社会上谋求一个公职，1634 年出任本省袁州府分宜县教谕。这是个未入流的文职衙门中的下级官员，主要教海县学里二十几名生员。他在这里任职四年（1634~1638）。

1616 至 1631 年间应试时的多次万里长途跋涉，虽然没有实现科举及第的愿望，但对宋应星本人却并非空举，正是实现他在《天工开物》中所说“为方万里中，何事何物不可见见闻闻”的大好时机。在