

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

宋应星



一、宋应星生活的时代

宋应星，字长庚，生于公元 1587 年，江西奉新县北乡（今宋埠乡）人，明代著名科学家。

宋应星生活在公元 16—17 世纪。

公元 16—17 世纪，由于生产水平的提高，社会分工的扩大和国内外市场的开拓，商品经济有了很大的发展。

在农业上，首先是提高了农作物的产量，高产地区由过去的“苏杭熟，天下足”，扩大到“湖广熟，天下足”。其次，普遍推广了经济作物的种植。棉花的种植，从南方推广到北方，河北、山西、山东、河南、陕西各省都已成为产棉区，特别是江南的松江地区“官民军皂垦田凡二百万亩，大半植棉，当不止百万亩”。开始种植番薯和玉蜀黍等高产作物，如江浙、福建等地盛植番薯。公元 16 世纪烟草传入中国，一路由日本经朝鲜传入东北；一路由吕宋传入福建、广东。明末已是普遍种植和吸食了。这时，花生也由巴西传入我国，开始种植。太湖地区的蚕桑业、闽广地区的甘蔗、蓼蓝、漆和各种油料作物，产量都得到了提高。农业经济作物的种植和推广，一方面为家庭副业和手工业提供了原料市场，另一方面缩小了粮食的种植面积，扩大了商品化范围。譬如：湖州地区农民种桑是为了出卖桑叶喂蚕，蚕结茧缫丝可供纺织绸缎，所以，苏州地区的丝织业依赖湖州的蚕丝；湖广地区的稻米要送往江浙一带；来自山东、河南地区的棉花供给松江的棉织业。这些被出卖的蚕丝、棉花、粮食，都已变成了商品。

伴随棉织和丝织业的大发展，生产工具也在逐步改进。棉纺织业中出现了脚踏纺车和轧棉的搅车，产量是元朝的几倍。民谣说：“买不尽松江布，收不尽魏塘（在今浙江嘉善）纱。”每年供应宫廷、官吏、军队等的 1500 万—2000 万匹棉布，由实物税改为折征银两，政府再到市场上去购买，反映了棉布的商品化。松江地区的棉布，已是“衣被天下”。棉纺织业已成了农家的主业，甚至城内也兴起纺织业。江南有些地区的丝织业已经与原料生产分化，丝织品和原料都已成为商品。在湖州城内出现了专以机织为主的手工业者——机户，农民把蚕丝卖给机户，机户把蚕丝织成丝织品卖给商人，商人再到四方行销。至此家庭手工业已经是商品化了。

手工业工匠由服徭役改为征银，促进了民间独立手工业的发展。在采矿业中，民矿迅速发展，门头沟的煤窑，绝大部分都是民营。制瓷业中，民窑逐渐代替了官窑，景德镇的瓷窑，民窑有 900 座，占总窑数的 93.95%。民营手工业的发展标志着商品经济的发展。

许多以某种行业著称的城市开始出现，江西景德镇以制瓷著称，铅山以造纸著称，广东佛山以冶铁著称，湖北汉口以商业著称。苏州的盛泽镇、震泽镇，嘉兴的濮院镇、王江泾镇，湖州的双林镇、菱湖镇，都以丝织业著称。特别是盛泽镇，从五六十户人家，发展到拥有 5 万人口的大镇。冯梦龙的短篇小说集《醒世恒言》第 18 回《施闰泽滩阙遇友》描写盛泽镇：

“镇上居民稠广，土俗淳朴，俱以蚕桑为业。男女勤谨，络纬机杼之声，通宵彻夜。那市上两岸细丝牙行，约有千百余家，远近村坊织成细疋，俱到此上市。四方商贾来收买的，蜂攒蚁集，挨挤不开，路途无伫脚之隙，乃出产锦绣之乡，积聚绫罗之地。江南养蚕所在甚多，惟此镇处最盛。”

松江的枫泾镇、朱泾镇、朱家角镇，则以棉织业著称。

商业城市集中于运河和长江两岸，北方少南方多，南北并不平衡。

工商业的发展促使商人数量增加，商人在各地设立会馆（或同乡会馆），组成各种商帮，从事于转运贩卖各种农产品和手工业产品。少数商人是拥有几十万至一百万银两资本的大商人，分为北南两大系统，北系的代表是西商，即山西商人，南系是徽商，即安徽商人。在工商业发达的地区，有的商人收购大宗棉花、棉布、粮食、甘蔗、茶叶等进行加工，直接投资于手工业。譬如有的商人在湖州买丝，至芜湖染色，带到福州织造，这种商业资本标志着商品经济的进一步发展。由于工商业的发展，白银代替了钱钞成为市场流通的主要货币。

江南地区，特别是苏、松、嘉、湖、杭地区商品经济的明显发展，创造了资本主义萌芽条件。

在苏松地区就出现了资本主义生产关系的萌芽。

苏州出现了拥有二十余张或四十余张织机的机户，雇佣数十个工人从事生产，这样的机户就是最初的产业资本家。

《醒世恒言》里的《施润泽滩阙遇友》一回中的施复夫妇，家中就有三四十张织机，还雇了许多工人，他已经是一个资本家了。

在苏州城内有数千个机工（织工）和数千名染工，他们都不是靠土地生活，自己没有织机，受雇于人，“得业则生，失业则死”，“一日不就人织则腹枵”，完全与生产资料脱离，一无所有，只有靠出卖自己的劳动力为生。他们与机户的关系是“机户出资，机工出力”，所得报酬是“计日受值”。

这些机工摆脱了封建依附关系，成为受资本家剥削的“自由”的雇佣工人。

资本主义萌芽只局限于苏州的丝织业等江南地区的少数城市和少数行业，非常微弱，而且带有浓厚的封建主义气息。但是，资本主义萌芽的出现，是在中国的地平线上升起了未来社会的新的曙光。因此，公元16—17世纪，是“天崩地解”的时代，这个时代的思想家具有“别开生面”的特色。

这个时代不仅兴起了启蒙社会思潮，还兴起了启蒙科学思潮。李时珍、徐光启、宋应星等杰出的科学家，写出了一些著名的科学著作，在医药、农业、手工业及地理研究等方面，做出了重要的贡献。

李时珍（1518—1593），湖北蕲州人，毕生以行医为业，采访四方，阅书800余种，写成《本草纲目》52卷。该书190余万字，记载药物1892种，比以前新增374种，并附有动植物插图1100百余幅，内容十分丰富。这部书全面地总结了在他以前的我国药物学的巨大成就，把我国药物学的研究提高到一个新的阶段，在世界的药物学史上占有重要的地位。

徐光启（1562—1633），上海人，是明代卓越的科学家，在数学、天文、历法和农学方面，都作出了很多贡献。在农学方面，留下了一部巨大著作——《农政全书》。该书60卷，约70余万字，内容比以前所有农书都要全面，对农业生产的各个方面都有详尽的记录，特别对于番薯和棉花的种植技术作了重点的介绍，对屯垦、水利工程及备荒三项作了系统的叙述。书中大量保存了《王祯农书》中的农器图谱，并且还有所增补。这部书不仅整理总结了古代农书，而且反映了当时农业生产的实际经验，富有实践的科学精神，是一部实用性很强的科学书。

王夫之（1619—1692），又称王船山，湖南衡阳人，明代唯物主义思想家。他明确肯定物质世界是独立存在的，说“天下唯器而已”，“器”是指

客观存在着的事物，“无其器则无其道”，“道”是指事物规律。又说“理在气中”，“理”是指事物的规律，“气”是指客观事物。这样就在“道”、“器”或“理”、“气”的问题上，批判了宋、明理学的客观唯心主义。在认识论方面，他认为人的认识是由外界事物引起的，外界事物的存在不以人的认识与否为转移。他以浙江的山为例指出，不管人们是否看见山，山都是存在的。此外，王夫之在《噩梦》中还提出“耕者有其田”的主张，认为土地不是帝王的私产，人民生长在土地上耕种土地，土地分明是耕者所有。这是很进步的见解。

宋应星，这是我们这本小册子里介绍的另一位同时代的伟大科学家。

二、宋应星的早年经历

宋应星的祖先在元代（1260—1368）以前本姓熊。元、明之际（十三世纪六十至七十年代），熊德甫就任南昌府丰城驿宰，娶当地宋氏为妻，因避兵乱，就改姓他妻子的宋姓，迁居在奉新县东雅溪（今潦水）沿岸。明代以后，宋德甫和他的后人便世代定居在奉新北乡的雅溪南岸务农。

宋德甫一家到雅溪定居后，乘明初政府鼓励垦荒之际，开发了附近的土地，种植桑麻、水稻，兼营养蚕，逐渐成为经营地主。

宋德甫以下五辈传至宋迪嘉，都是靠经营土地、养蚕、发迹。宋迪嘉之子，宋应星的曾祖宋景（1476—1547），字以贤，号南塘，公元1505年中进士，历任山东参政、山西左布政使、南京工部尚书转兵部尚书，进京师都察院左都御史（正二品），卒赠太子少保、吏部尚书，谥庄靖，是明代中期重要阁臣。他为官清廉，曾推行“一条鞭法”的改革政策。他的家族被封荫，从此宋家成为官僚地主家庭。

宋景有五个儿子，第三子宋承庆（1522—1547），是宋应星的祖父。

宋承庆字道徵，号思南，自幼在本县为庠生（秀才），博学能文，娶龙潭黄氏，继娶泥湾顾氏，顾氏生宋国霖（1547—1629），就是宋应星的父亲。

宋承庆在27岁时早逝，只留下孤子宋国霖。

宋国霖字汝润，号巨川，不到一周岁时就已丧父，由母亲顾氏抚养，后在叔叔宋和庆（1524—1611）照养下成人，少补诸生，在庠40年，一生都是秀才，没有做官。

从宋景到宋承庆一代人时，宋家还是繁华府第，佣人前呼后应，具有阁臣府第气派，但是，到了宋国霖时，家境逐渐萧条下来。

宋国霖有4个儿子，长子宋应升（1578—1646），字元礼；次子宋应鼎（1582—1629），字次九，号铉玉，是甘氏所生，在本县为庠生，没有做官；三子宋应星，与应升是魏氏（1555—1632）所生；幼子宋应晶，字幼含，为王氏所生，副贡生，后来绝意科举，迁居到县城。

宋应星小时候和大哥宋应升一起在叔祖宋和庆开办的家塾中读书。

宋和庆于公元1569年中进士，授浙江安吉州同知，进广西柳州府通判，不久就辞官归里，在本乡兴办教育事业。

接着，兄弟二人又投师于族叔宋国祚，和他们的族侄宋士逵、宋士达等人一起就学。

宋应星幼时先学诗文，又学经史子书，接受封建正统教育。宋应星喜欢游历，和哥哥宋应升等人结伙游历的地方有县城北的狮山，再往西北50里的

越王山。越王山南的会埠，有宋家的大片地产。县城西 120 里的百丈山，是全县最高的山，山上有百丈寺等名胜古迹；有唐宋以来文人士大夫们的诗文碑刻。北乡以东是新建的，那里有宋家的亲友。再东行 80 里是省城南昌。

宋应星自幼聪明伶俐，几岁就能作诗，有过目不忘之才，很得老师和长辈们喜爱。

宋应星后来又和宋应开、堂叔宋国璋（宋和庚子）、族侄宋士中及本县的廖邦英等人就学于新建举人邓良知（1558—1638）。

后来，宋应星又考入本县县学为庠生，熟读十三经和历代史书、诸子百家。

宋应星在哲学方面，最推崇的是张载（1020—1077）的关学。

张载是北宋凤翔郿县横渠镇（今属陕西眉县）人，字子厚，公元 1057 年中进士，熙宁（1068—1077）初为崇文院校书。不久，退居南山下，教授诸生，学者称横渠先生。因是关中人，所以称他的学派为关学。过去曾以周（敦颐）、程（颢、颐）、张（载）、朱（熹）并称，但是张载反对周、程、朱以“理”为万物的本源，提出虚空即气，主张气为充塞宇宙的实体。由于气的聚散变化，形成各种事物现象。承认物质先于精神而存在，具有朴素的唯物主义因素。宋应星即从张载的关学中接受了唯物主义自然观。

宋应星对天文学、声学、农学和工艺制造之学都有很大的兴趣。

公元 1603 年，江西巡抚夏良心在南昌府刊刻了李时珍的《本草纲目》，宋应星熟读此书，这对他后来写作《天工开物》很有启发。

宋应星还喜欢音乐、作诗。

宋应星青年时代的主要时间和精力，基本上都花在了科举的应试上。

公元 1615 年，宋应星和应升到省城南昌参加乡试。参加这一年乡试的江西考生有一万多人，但中举的却只有 109 人，宋应星名列第三，宋应升名列第六，奉新县考生中只有宋应星兄弟二人及第，又名列前茅，所以当时的人称他们为“奉新二宋”。

宋应星弟兄受到了乡试成功的鼓舞，当年秋天，他们就前往京师（今北京）应第二年的会试，但是，二人都是名落孙山。

宋应星弟兄决定下次再去参加会试，为了作好应试准备，他们就前往江西九江府古老的白鹿洞书院进修，当时任洞主的是著名学者舒曰敬（1558—1636）。

舒曰敬，字元直，号礪石，南昌人，公元 1592 年中进士，是个有成就的教育家。他的学生涂绍燿、万时华、徐世博、廖邦英等人后来都成为著名的江西学者。

公元 1619 年，宋应星弟兄和舅父甘吉阴进京会试，但二兄弟仍未及第，但他们以为第三次可以成功。

公元 1623 年，宋应星弟兄第三次进京会试失败。

公元 1627 年，宋应星弟兄第四次进京会试失败。

公元 1631 年，宋应星弟兄第五次进京会试失败。

这时，宋应星已 45 岁，宋应升已 54 岁，他们的宝贵的青壮年时间，就这样消磨在科举上面。从此他们绝了科举之念。

虽然宋应星五次进京会试，均告失败，但这五次水陆兼程的万里跋涉，并不是一点意义没有。在这些长途旅行中，他打开了自己的眼界，扩充了社会见闻。沿途他们经过了江西、湖北、安徽、江苏、山东、河北等省的许多

城市和乡村。沿途他有机会在田间、作坊从劳动群众那里调查到不少农业和手工业生产技术知识，为后来写作《天工开物》等书作了准备。没有这些经历，他就难于写出这些著作。

宋应星也在几次进京会试途中耳闻目睹了明末社会的现实情况，这些情况不容易在书本中了解到，只有到基层做细致的社会调查，才能真正观察和体验到明末的许多腐朽的社会现象，掌握到更多的实际资料。

这时候，社会矛盾激化，尤其是农民与地主阶级的矛盾激化，土地兼并越演越烈，赋税繁重，农民的反抗斗争不断发生。城市居民和封建统治者的矛盾也发生激化，这在中国历史上还是首次出现。明朝统治集团内部也矛盾重重，像宋应星这样具有真才实学的人材却得不到录取，说明科举考试本身都充满了腐败。所有这些，在他的很多政治性的文章当中，都在一定程度上得到了反映。

宋应星在他多次应试失败的惨痛教训中，体会到终生埋头书本而缺乏实际知识，是真正的不足为道。他终于下决心放弃科举，转向实学，钻研与国计民生有切实关系的科学技术，开始了他一生中的重要转折。

宋应星在实践中悟出这些道理后，就利用原有的文化知识虚心向工农群众请教，并及时记录下有关工农业生产技术知识，终于写出了不朽的《天工开物》这部宏伟的科学巨著。

三、担任县学教谕

公元1604年时，宋应星弟兄已各自成家，就分居了，宋家的地产从此化整为零。几次万里征程，也花费了许多钱财，娶妻生子，家庭支出日渐增多，经济状况已经不如过去，整天在家闲居，不是长久之计。所以，宋应星决定在社会上谋求一项公职，再借此施展他研究实学的志愿。

宋应星的哥哥宋应升在公元1632年谋求到浙江桐乡县令的职务。但是不久，他们的母亲魏氏亡故，宋应升、应星把母亲安葬在本乡的塘尾，就按照封建社会的习俗，在家“守制”。

公元1634年，宋应星担任了本省袁州府分宜县县学教谕的职务。应升则调任广东肇庆府恩平县令，因为有政绩，被诰封为文林郎。

分宜县在奉新的西南，中间经过上高，不算太远。县学有20名学生，教谕则是个未入流的文职衙门中的下级官员。宋应星在这个职务上一直到公元1638年。

宋应星在分宜担任教谕的时候，类似于我们现在不坐班学校的教员，授课后的余闲时间较多，同时又能接触到一些图书资料，为他从事写作提供了条件。宋应星充分利用了这段时间，根据以前的调查所得，再查找必要的参考文献，从事着极其紧张的著述工作。

公元1636年3月，宋应星在分宜县令曹国祺支持下，完成了万言的政论集《野议》，并出版。

《野议》集中反映了宋应星的政治思想和经济思想，是宋应星在一夜之间写成的。由于宋应星没有在朝做官，所以称为《野议》。

为《野议》。

宋应星写《野议》的目的是为了挽救明末社会所面临的政治和经济危机，提出了一系列的改革措施，期望社会由乱

而治，使国家转危为安，体现了宋应星关心国家前途和民族命运的爱国思想，可以看成是宋应星希望崇祯皇帝实行变法的万言奏议。

《野议》分成《世运》、《进身》、《民财》、《士气》、《屯田》、《催科》、《军饷》、《练兵》、《学政》、《盐政》、《风俗》和《乱萌》12议。

《野议》所述主要涉及五个方面：

第一，指出各级政权机构人事制度和国家教育事业的重要性。为加强国家政权建设，他揭露和批判了当时制度的弊端和官吏的腐败，提出革新吏政和学政的方案。

第二，鉴于当时“民穷财尽”的经济局面，他揭露了财政、税收等经济政策的失误，提出了革新方案和生财之道。

第三，谈用兵、练兵和筹措军饷的方法，揭露了军政上的弊病。

第四，要求在社会上移风易俗，振作人的精神面貌，提高官兵的士气。

第五，分析明末农民起义的经过和动因，指出与安民政策有关。

宋应星主张减免对人民的横征暴敛，呼吁罢除军界、政界中的贪官污吏，代之以廉洁奉公、一心为国的清官。使工农能获温饱、商人能有利可图、贫士有获得科举入仕的机会、各阶层的人都能各安其业。然后，全面发展农业、工业和商业，养兵练武，则国运也许会有救。书中有许多精辟思想：譬如认为社会财富是劳动创造的，增加社会财富就要大力发展农业和工业，来提供丰富的劳动产品。宋应星的这种财富观为经济学原理作出了贡献。

由于《野议》在一夜之间写成，所以在文字上略逊一筹。

宋应星同时又整理发表了她的自选诗集《思怜诗》。

《思怜诗》共52首，分成《思美诗》和《怜愚诗》两部分，宋应星取两卷的首字“思”和“怜”命名为《思怜诗》。

《思美诗》10首，都是七律，《怜愚诗》42首，都是七绝。

《思怜诗》主要反映了宋应星的人生观，用文学形式表达他对人生价值和意义等问题的看法。宋应星在诗中塑造了两大类典型人物，分别给以褒美和讥讽。他继承了唐代大诗人白居易（772—846）倡导的新乐府运动的诗论传统，主张写诗应当揭露时政弊端，反映社会现实，并且给人以启迪和教化。

《思美诗》中塑造了应当效法的一些贤人的形象：

第一，身处乱世而洁身自励，不同流合污；

第二，精忠报国，以造福百姓为做人根本；

第三，德才兼备而识时务，以其思想、著作和实际行动唤起世人觉醒；

第四，不图名利，一心为国尽忠，为民尽孝，必要时可牺牲一切。这样的人虽然难得，但是，必然会千古流芳。

《怜愚诗》塑造了应当讽刺和鞭挞的一些愚人的形象，思想性较高，是以诗的形式表达《野议》的思想：

第一：争权夺位，结党营私，祸国殃民；

第二：贪婪无厌，聚敛财宝，剥削人民；

第三：沽名钓誉，妄想世代富贵，死后还求美名；

第四：迷信神佛和巫术，不相信人是自己命运的主宰。

宋应星用对比的方式在诗中展示人生追求的目标应当是什么和怎样做人

的道理。他的诗既有哲理性，又有艺术性。

宋应星还著有《画音归正》、《原耗》二书，可惜均已失传。

《画音归正》是讨论音韵、乐理的作品，与《乐律》的内容相近。

《原耗》万言，除与《野议》有类似内容外，还谈到桑麻，绵葛等“小事”。

公元1637年，宋应星发表了他一生中最重要的作品《天工开物》。

宋应星在《天工开物》卷首写了一篇序，序中说：

年来著书一种，名曰《天工开物》。伤哉贫也！欲购奇（购买奇书、奇器）考证，而乏洛下之资（指钱，三国魏蒋济说，洛阳城里的东西很贵，少一个钱就买不到），欲招致同人，商略贗（yàn，假的，伪造的）真，而缺陈思之馆（三国魏陈思王曹植聚会文人的宾馆），随其孤陋见闻，藏诸方寸（心）而写之，岂有当哉？吾友涂伯聚（约1582—1645，名绍燿，江西新建县人，与宋应星同年中举人，曾任四川按察司副使）先生，诚意动天，心灵格物（推究物理），凡古今一言之嘉，寸长可取，必勤勤恳恳而契合（修订成书）焉。昨岁《画音归正》，由先生而授梓（付印）。兹有后命，复取此卷而继起为之，其亦夙缘（平素的缘分）之所召哉！卷分前后，乃“贵五谷而贱金玉（重视发展农业生产，轻视金银珠宝等奢侈品。语出自晁错《论贵粟疏》）”之义。《观象》、《乐律》二卷，其道太精，自揣非吾事，故临梓删去。

丐（请求）大业文人（指一心追求读书做官的人），弃掷案头！此书于功名进取毫不相关也。时在崇祯（明思宗朱由检的年号[1628—1644]）丁丑（1637年）孟夏月（夏历四月），奉新宋应星书于“家食之问（关于家常生活的学问）堂（指作者的书斋）”

通过宋应星这篇自序，我们了解到：

第一：《天工开物》是由宋应星的友人涂绍燿资助刊刻的。

第二：《画音归正》也是涂绍燿资助的。

第三：《天工开物》的指导思想是重视发展农业生产，轻视金银珠宝等奢侈品。

第四：《天工开物》不是为一心追求做官的人写的，宋应星对这些人有贬意，所以请他们弃掷案头。

第五：《天工开物》的发表时间在公元1637年4月。

第六：宋应星的书斋叫家食之问堂，表明了宋应星的志向是研究靠工农业技术谋生的学问。

第七：《天工开物》原稿还有《观象》、《乐律》二篇，宋应星认为这两门学问太专业化了，自己考虑研究这两个问题不合适，所以在刻板前删去。

四、《天工开物》（一）

《天工开物》共3卷，18章。

上卷，为《乃粒》、《乃服》、《彰施》、《粹精》、《作咸》、《甘嗜》6章，多数是和农业有关的，放在卷首，表明了宋应星重视发展农业生产的思想。

《乃粒》：主要论述稻、麦、黍、稷、粱、粟、麻、菽（豆类）等粮食作物的种植、栽培技术和包括各种水利灌溉机械在内的有关生产工具，介绍

特别详细的是以江西为代表的南方水稻栽培技术。

宋应星在谈到用浸种法育秧时提到，水稻育秧后 30 日即拔起分栽，否则容易引起减产。一亩秧田可移栽 25 亩，即秧田与本田之比为 1 : 25，在江西到近代还是这样。又说早稻食水三斗，晚稻食水五斗，失水即枯。这些重要的技术数据对农业生产有指导作用，是育秧、插秧、灌溉的理论基础。在以前的农书中没有记载过。这种用技术数据给以定量的解说，同时提出一系列理论概念，记述工农业生产中许多先进科技成果的方法，使《天工开物》成为一部科学技术的完整著作。

宋应星还论述了作物与环境的关系，外界环境变迁对作物物种变异的影响。例如，他说有些水稻因干旱而逐步变成抗旱性的旱稻，通过人工选择可以培育出这种旱稻，农民们还创造出一种高山可插的旱稻。宋应星还说，对于那些排水不良，土温较低的酸性土，用石灰撒在苗根，便于中和土壤酸性，促成土壤团粒结构形成。对于酸性不高的向阳暖土，则不宜用石灰。还提到了骨灰蘸秧根，是施用磷肥的有效措施。

宋应星还介绍了以砒霜为农药伴种。砒霜又叫砒石或信石，是含砷化合物，主要成份是三氧化二砷，有剧毒，一般用来烧制白铜、配火药、治疟疾和顽癣、毒家鼠等。从宋应星开始，才有用于农业上拌种拌秧，以防病虫害的记载。

《乃服》：包括养蚕、缫丝、丝织、棉纺、麻纺和毛纺等生产技术，还有上述生产工具、设备、操作要点，重点介绍了浙江嘉兴、湖州地区养蚕的先进技术和丝纺、棉纺，还有大提花机的结构图。

宋应星在讲到蚕种时介绍的新蚕种的培育，反映了我国古代生物学上的一项重要成就——人工杂交育种。将一化性蚕的雄蛾和二化性蚕的雌蛾杂交，便引起蚕种变异，从而育出合乎需要的新蚕种。同样，将黄茧蚕蛾和白茧蚕蛾杂交后，育出的下一代是褐茧蚕。这是我国古代不自觉地应用定向变异原理的优秀实例。宋应星介绍的这种变异现象，与 19 世纪英国学者达尔文（1809—1882）所述几乎相同。

宋应星还在本章的《病症》条中记载了根据蚕体变态、行为反常和食欲不振，来判断病蚕。及时将有传染病的病蚕从蚕群中除去，可以使健康的蚕发育成长，这些都是符合科学原理的方法。

《彰施》：介绍各种植物染料和染色技术，对于蓼蓝的种植和蓝靛的提取，从红花提取染料的过程叙述得比较详细，还涉及到各种染料的搭配和媒染方法。

《粹精》：叙述稻、麦等的收割、脱粒和磨粉等农作物加工技术和工具，侧重于介绍加工稻谷用的风车、水碓、石碾、土碓、木碓和制面粉的磨、罗等工具。

宋应星叙述的江西水碓，以水力为能源，通过立式主轴带动各机件，同时具有灌田、脱粒和磨面 3 种功能，是 17 世纪世界上先进的农用机械。

《作咸》：论述海盐、池盐、井盐等盐产地和制盐技术，对海盐和井盐论述得比较详细。

宋应星在谈到井盐时，特别介绍了四川井盐，在谈到了冲击式的顿钻后，叙述了一种吸卤器，是个喉下安“消息”的竹筒。

宋应星所说的安有“消息”的竹筒，实际上就是唧筒装置。“消息”相当于阀门，皮制，当竹筒沉到井下时，下端阀门受卤水压力而张开，卤水进

入筒中。提筒时，阀门又受筒内卤水重力下压而封闭。在四川自流井土法制盐生产时，至今仍可见到使用这种吸卤器提取卤水——它是用物理学原理而设计出来的吸水器。

《甘嗜》：主要叙述甘蔗种植、制糖技术和工具，同时还论及到蜂蜜和饴饧（麦芽糖）。

宋应星还重点介绍了将水稻育秧法移植到甘蔗种植中，实行甘蔗移栽这种新技术。

《天工开物》的每一章所叙述的内容并不是平铺并列的，而是有主有次，把重点产品作为研究重点，突出先进地区的生产技术，全书各章各节都主次分明。

中卷共 7 章，主要是工业技术。

《陶埴》：叙述建筑房屋用的砖瓦和日常生活用的陶器、瓷器（白瓷、青瓷）的制造技术和工具。重点是介绍景德镇生产民用白瓷的技术，从原料配制、造坯、过釉到入窑烧结，都有说明。

《冶铸》：是中国传统铸造技术论述最详细的记录，重点叙述铜钟、铁锅、铜钱的铸造技术和设备，包括失蜡、实模和无模铸造等三种基本方法。

《舟车》：首先用数据标明了船舶和车辆的结构构件和使用材料，同时说明各种船、车的驾驶方法，详细介绍了大运河上航行的运粮船“漕船”。

《锤锻》：系统叙述了铁器和铜器的锻造工艺，讨论范围从万斤大铁锚到纤细的绣花针，还有斧、凿、锄、锯等各种生产工具的制造、焊接、金属热处理等加工工艺。

宋应星记载了一项先进的金属加工工艺——“生铁淋口”。方法是在熟铁制的农具等坯件上淋以一层薄的生铁水，再经加工及热处理，使制品完成。所用的生铁水量必须恰到好处。由于表面生铁熔覆层与渗碳层的共同作用，使工件既耐磨又坚韧。这是金工史上的一项独特创造。几百年来这种技术已遍及我国各地，至近代还用这方法制造小农具。

《燔石》：论述烧制石灰、采煤、烧制矾石、硫黄和砒石的技术，还论述了煤的分类，采掘和井下安全作业。

宋应星详细叙述了砒石种类、制法、性状和在工农业上的用途。书中还介绍明代湖南衡阳工厂中一处就年产砒石达万斤的事。用砒石做为农药，这是中国农业技术史中的一大发明，正是《天工开物》把这项发明正式记录下来。

宋应星为我们提供了采煤技术的可贵资料。他按煤的块度和火焰等物理性状及用途将煤分为明煤、碎煤、末煤等类，在当时是较为先进的分类。在谈到挖煤后，宋应星还谈到了“煤气”。

宋应星所说的“煤气”，就是现在煤矿中俗称的“瓦斯”，它是在煤炭生成过程中伴生的气体混合物，主要成分有甲烷、一氧化碳、二氧化碳和硫化氢等，虽然没有颜色，但是容易燃烧，对人体有毒害作用。宋应星在谈到南方采煤时，介绍用中空的巨竹管插入井下，将地下瓦斯借竹管引出地面，是一个简便有效而且经济的安全措施。

宋应星介绍的另一个安全措施是在井下设“支护”（即巷道支板），从他的记载中我们可以知道明代采煤技术已经基本解决了井下掘煤的两项最首要的作业问题。与此形成鲜明对照的是，欧洲在 18 世纪时还没有妥善解决瓦斯通风的问题。

《膏液》：介绍了 16 种油料植物子实的产油率，油的性状，用途，还有用压榨法、水代法提取油脂的技术和工具，还谈到柏皮油的制法和利用柏皮油制蜡烛的技术。

《杀青》：论述纸的种类、原料和用途，详细地论述了造竹纸和皮纸的全套工艺技术和设备。

五、《天工开物》（二）

《天工开物》下卷包括 5 章，也属于工业技术。

《五金》：论述金、银、铜、铁、锡、铅、锌等金属矿开采、洗选、冶炼和分离技术，还有灌钢、各种铜合金的冶炼和珍贵的生产设备图。这一章记载了不少中国人民的创造发明，如以煤炼铁、用活塞风箱鼓风、直接将生铁炒成熟铁、以生铁与熟铁合炼成钢等等。

宋应星记载说，在生铁炼成之后，如果想再把生铁变成熟铁，就在冶铁炉旁挖一个方塘，趁热使铁流入塘内，加入泥粉做为溶剂，并由几个人用柳棍快速猛搅，从而加速生铁中碳等成分的氧化作用，以炒成熟铁。这种把冶铁炉和冶铁设备串联使用的连续作业方法，可以减少炒铁时的再熔化过程，降低炒铁时间和生产成本。

宋应星在记载炼钢时说，先把打成薄片的熟铁捆起来放入炉中，上面放生铁，再用涂泥草鞋盖顶，炉温升高后，生铁水能自上而下地均匀渗到熟铁中去，取出来锻打。再炼再锻就会成为好钢。这种方法比南北朝时期出现的“灌钢”技术更先进，能够均匀地渗碳和更充分地脱去杂质。与宋代的炼钢技术相比，也有独到之处：不用泥封，而用涂泥草鞋盖上，使生铁在还原气氛下逐渐溶化，使大部分火焰反射入炉内，提高炉温。由于不是把生铁块嵌在盘绕的熟铁条中，而是放在捆紧的熟铁薄片上，用生铁含碳高，熔点低的特点，使生铁液均匀灌在熟铁片夹缝中，增加生熟铁的接触面，便于均匀渗碳，这是我国灌钢法的一大改进，这种改进的用生铁及熟铁合炼成钢的设备原理，成为近代马丁炉的始祖。

宋应星最早、最详细地记载了锌的提炼技术。他还提供了一幅最早的提炼金属锌的生产过程图。

宋应星所叙述的锌的提炼方法是：制锌所用的原料是炉甘石（不纯的碳酸锌），把炉甘石放在泥罐中封泥加固，再逐层用煤炭饼垫罐底，下面铺薪引火。炉甘石在罐外炭火烧灼的较高温度下，发生化学分解反应，分解后产生的二氧化碳气从泥罐缝中逸出，而固体氧化锌又受到从缝中进入的或者是封罐时加入的碳的作用发生还原反应，而得到金属锌。

《天工开物》练纯锌的文字记载比欧洲要早，所以，宋应星对金属锌（“倭锌”）冶炼工艺的论述，是世界上最早的文字记载。宋应星还指出了锌和铜按不同比例制成铜锌合金（黄铜）的方法，也是冶金史上的可贵记载，具有世界性的生产指导意义。宋应星还记载了利用金、银、铜、锡、铅、锌、汞等金属的物理性质和化学活泼性的不同，来分离或检验金属的各种有效办法。譬如他记载把白银从含银的黄金里分离出来的办法，是利用硼砂熔点较低的特性，在分离时起助熔作用。当把金银合金熔化后，由于金（熔点 1063）、银（熔点 961）熔点不同而行分离，银首先“吸入土内，让金流出，以成足色”。再入铅少许，又把银钩出，这是近代冶金学中所说的熔融提取

法。

宋应星在论述金、银、铜的单位体积内重量时，已经有了物理学中的比重概念。

《佳兵》：记载弓箭、弩、干等冷兵器和火药、火器的制造技术，包括火炮、地雷、水雷、鸟铳和万人敌（旋转型火箭弹）等武器。

《丹青》：主要叙述以松烟及油烟制墨及供作颜料用的银朱（硫化汞）的制造技术，产品均为文房用具。

《曲蘖》：记述酒母、药用神曲及丹曲（红曲）所用原料、配比、制造技术及产品用途，其中红曲具有特殊性能，是宋朝以后才开始出现的新品种。

宋应星记载的红曲可以用于食物保存，和近代用抑制微生物生长的抗生素保存食物出于同一原理。他在叙述红曲制造时，特别强调选用绝佳的红酒糟作为“曲信（菌种）”，并加入明矾水来保持红曲菌种培养料的微酸性，以抑制其他有害杂菌的生长。这些都是发酵工艺中长年积累下来的经验总结，具有很深刻的学理性。

《珠玉》：宋应星本着轻视金银珠宝等奢侈品的指导思想，把它放于卷末。主要叙述在南海采珠，在新疆和田地区采玉，在井下采取宝石的方法和加工技术，还谈到了玛瑙、水晶和琉璃等。

《天工开物》除文字叙述外，还有 123 幅插图，展示工农业各有关生产过程。除个别章节引用前人著述以外，绝大部分内容都是宋应星在南北各地科学调查的资料。在叙述生产过程具体技术的同时，宋应星还用“穷究试验”的研究方法对所述技术给以理论上的解释。这同一般的技术调查报告是不一样的。

《天工开物》这本书的书名，表现的是一种具有普遍意义的科学思想。天工开物强调的是自然力（天工）和人工的配合、自然界的行为和人类活动的协调，通过技术从自然资源中开发产物，以显示出人的主观能动性。这种科学思想的核心意义是以“天工”补“人工”开万物，或者是借助于自然力和人力的协调，通过技术从自然界中开发万物。

宋应星的《天工开物》在中国历史上第一个从专门科学技术角度，把农业和手工业的 18 个生产领域中的技术知识放在一起进行研究。他对我国明代以前的农业和手工业方面积累起来的技术经验作了比较全面和完整的概括，并使它系统化，构成了一个科学技术体系，这是一项空前未有的创举。

宋应星在《天工开物》中用《冶铸》、《锤锻》、《五金》等三卷专门叙述铁、铜、铅、锡、银、金、锌等金属和它们的合金的冶炼、铸造、锤锻技术，填补了我国古代一项重要的文献空白。

宋应星是从我国东西南北各地的全局出发，以比较的方法来融会贯通地综合研究农业和手工业技术的。

宋应星注重“实践”和“穷究试验”，注重时间、空间和比例的数量概念，对迷信和唯心谬论持怀疑批判态度，一洗封建时代研究学术的歪风陋习，把近代科学启蒙者所具有的那种实证精神带到了科学界中来。

宋应星的《天工开物》在世界科学技术史上，完全可以和西方文艺复兴时期德国矿冶学家阿格里柯拉（1490—1555）撰写的《矿冶全书》相媲美。

宋应星的《天工开物》被介绍到欧洲后，欧洲人把宋应星尊称为“中国的狄德罗（1713—1784，18 世纪法国启蒙学者，以编撰《百科全书》知名）”。

宋应星在中国历史上，是和李时珍、徐光启、方以智等 16、17 世纪的卓

越人物相并列的，都是明代我国科学技术领域中启蒙思潮的先驱者和代表人物。

宋应星的《天工开物》曾从李时珍的《本草纲目》中受到启发，又在不少地方对这本书进行了发挥。宋应星还弥补了徐光启《农政全书》中在手工工业方面的遗漏。

公元 1643 年，方以智在写作《物理小识》时就参考了《天工开物》，在卷七金石部中引用了《天工开物·五金》铜条中的资料。

六、《天工开物》的影响

《天工开物》出版后，很快便在福建由书商杨素卿于清初刊行第二版。

公元 1725 年，进士陈梦雷受命组织编撰，蒋廷锡等人续编的官刻大型著作《古今图书集成》在食货、考工等典中有很多地方取自《天工开物》，在引用时对《天工开物》中的“北虏”等反清字样改为“北边”。

公元 1742 年，翰林院掌院学士张廷玉（1672—1755）任总裁的大型官修农书《授时通考》，在第 20、23、26 等卷中，都引用了《天工开物》中《乃粒》、《粹精》等章。

18 世纪后半叶，乾隆设四库馆修《四库全书》时，在江西进献书籍中，发现宋应星的哥哥宋应升的《方玉堂全集》、宋应星友人陈弘绪等人的一些著作有反清思想，因此《四库全书》没有收入宋应星的《天工开物》。乾隆以后，也再没有人刊刻此书，因此《天工开物》在清代没有进一步流通。

公元 1840 年，著名学者吴其浚（jùn）在《滇南矿厂图略》关于采矿冶金方面的叙述中，参考了《天工开物》。公元 1848 年，吴其浚的《植物名实图考》谷类等部分有很多地方引用了《天工开物》的《乃粒》章。

公元 1870 年，刘岳云（1849—1919）的《格物中法》中，几乎把《天工开物》中的所有主要内容都逐条摘出，还进行了评论和注释，他是我国第一个用近代科学眼光研究《天工开物》的人。

公元 1877 年，岑毓英（1829—1889）撰修的《云南通志》的食货矿政部分也详细引用了《天工开物·五金》章关于铜、银等金属冶炼技术的叙述。

公元 1899 年，直隶候补道卫杰写的《蚕桑萃编》有不少部分引用了《天工开物》中的《乃服》、《彰施》等章。

公元 17 世纪末，《天工开物》传入日本。

公元 1694 年，日本著名本草学家见原益轩（1630—1714）在《花谱》和公元 1704 年成书的《菜谱》二书的参考书目中列举了《天工开物》，这是日本提到《天工开物》的最早文字记载。

公元 1771 年，日本书商柏原屋佐兵卫（即菅王堂主人，发行了刻本《天工开物》，这是《天工开物》在日本的第一个翻刻本，也是第一个外国刻本。从此，《天工开物》成为日本江户时代（1608—1868）各界广为重视的读物，刺激了 18 世纪时日本哲学界和经济界，兴起了“开物之学”。

公元 1952 年，日本京都大学人文科学研究所中国科技史研究班的学者们将《天工开物》全文译成现代日语，并加译注、校注及标点，至今畅销。

18 世纪，《天工开物》传到朝鲜。

1783 年，朝鲜李朝（1392—1910）著名作家和思想家朴趾源（1737—1805）完成的游记《热河日记》中向朝鲜读者推荐了《天工开物》。

1830年，法国著名汉学教授儒莲（1797—1873）首次把《天工开物·丹青》章关于银朱的部分译成法文，题为《论中国的银朱》。译自中文并摘自名为《天工开物》的技术百科全书，发表于《新亚洲报》第5卷中。

1832年，儒莲的法文译本又转译为英文，刊发于《孟加拉亚洲文会报》卷一中。

1847年，儒莲的另一篇法文译文《铜合金·白铜·铔钲》（译自《天工开物·五金》章），在译成英文后又被译成德文刊于德国《应用化学杂志》卷41。

1837年—1840年，儒莲在《桑蚕辑要》一书中引用的《天工开物》论桑蚕部分被摘译为意、德、英、俄等欧洲语。

英国著名生物学家达尔文（1809—1882）在读了儒莲翻译的《天工开物》中论桑蚕部分的译本后，把它称之为“权威著作”。达尔文在他的《动物和植物在家养下的变异》（1868）卷一谈到养蚕时写道：“关于中国古代养蚕的情况，见于儒莲的权威著作”。他把我国古代养蚕技术措施作为论证人工选择和人工变异的例证之一。

1869年，儒莲和法国化学家商毕昂把《天工开物》有关工业各章的法文摘译，集中收入在《中华帝国工业之今昔》一书中，在巴黎出版。

1964年，德国学者蒂路，把《天工开物》前4章《乃粒》、《乃服》、《彰施》及《粹精》译成德文并加了注释，题目是：《宋应星著〈天工开物〉前四章〈论农艺及农产品的进一步加工〉》。

1966年，美国宾夕法尼亚大学的任以都博士将《天工开物》全文译成了英文，并加了译注，题为《宋应星著〈天工开物〉，17世纪中国的技术书》，在伦敦和宾夕法尼亚两地同时出版。这是《天工开物》的第一个欧洲文全译本。

目前，宋应星的《天工开物》已经成为世界科学经典著作在各国流传，并受到高度评价。如法国的儒莲把《天工开物》称为“技术百科全书”，英国的达尔文称之为“权威著作”。本世纪以来，日本学者三枝博音称此书是“中国有代表性的技术书”，英国科学史家李约瑟博士把《天工开物》称为“中国的阿格里科拉”和“中国的狄德罗——宋应星写作的17世纪早期的重要工业技术著作”。可见，宋应星的《天工开物》在世界科学史中也占有重要的地位。

七、宋应星的晚年

1637年6月，宋应星完成了他的《卮言十种》中的第八种《论气》一书。

《论气》是宋应星的一部自然哲学著作，分为《形气》、《气声》、《水火》、《水尘》、《水风归藏》和《寒热》等篇章。

宋应星在《论气》一书中，继承了先秦的荀子（公元前330—前227），汉代的王充（27—107）、宋代的张载（1020—1077），特别是宋代哲学家张载的元气论并予以发展，形成了他的唯物主义一元论自然观哲学体系。

宋应星认为宇宙万物最原始的物质本原是“气”，由“气”而化“形”，形又返回到“气”。在形和气之间还有个物质层次是水火二气。

宋应星把元气论和新五行说（金、木、水、火、土）结合起来，用“二气五行之说”来解释万物构成的机制。由元气形成水火二气，再由水火形成

土，水火通过土形成金木有形之物，然后再逐步演变成万物。

宋应星的二气五行之说理论比王充、张载的元气论更为深化和绵密，也比当时西方用亚里士多德（公元前 384—前 322）的土火水气四元素说解释万物生成更加具体。因为他在气和万物之间引入了水火土金木这些过渡的物质层次，而不是由气直接构成万物。

宋应星还进一步讨论土石五金的“生代之理”，从中引出了物质在变化前后“未尝增”与“未尝减”的物质守恒思想。

宋应星还指出动物体内所含的物质成分和植物所含的是同类，而植物是摄取土中无生命养料和水而生长的，从而论证了有机界和无机界之间在物质构成上的统一性。

宋应星的唯物主义自然观是建立在他所掌握的丰富的科学技术知识基础上的。

宋应星在《论气》的《气声》篇中还专门讨论了自然科学中的声学问题，其中包括影响声调的各种条件、声速、声音的传播媒介和决定声音强度的因素等问题。

宋应星在谈到声音发生原理时，指出声音是气的运动，由于气与形之间的冲击而发出声音，以形破气而成为声音。声音的大小、强弱取决于形、气间冲击的强度，急冲急破。

宋应星还指出传播声音的介质是空气，他以炮声为例，指出单位时间内炮声所达到的距离为炮弹所达到的距离的 10 倍。他认为，声音在空气中的传播很像以石击水所成的水波扩散那样，以波的形式在空气中传播。可见他已经有了关于声波的初步理论概念。他的这些思想，为以后声学理论发展指出了正确方向。当时，欧洲还在争论关于声音的传播媒介到底是空气，还是以太微粒或物质微粒。直到 17 世纪德国学者盖里克用抽气机作传声实验后，才证明声的传播介质是空气，声波的概念是这以后很久才建立起来的。宋应星在研究声学理论方面提出了较先进的思维模式。

1637 年 9 月，宋应星又完成了《卮言十种》中的第九种《谈天》一书。

《谈天》主要是谈日，当宋应星登山东泰山观日时酝酿了一种思想，认为今日之日非昨日之日，如果认为是昨日之日，是“刻舟求剑之义”。认为太阳不但沿着它的轨道周行不已，而且它自身也在不断变化之中，这样，就修正了张载提出的“日月之形，万古不变”之说，批判了董仲舒“天不变，道亦不变”的形而上学观点。后来，王夫之发挥了宋应星的这种“日日新”的思想。

宋应星还批评了宋儒朱熹（1130—1200）注《诗经·小雅·十月之交》“日有食之”时的天人感应说观点，以古代日食观测资料与古史作了对比，证明天人感应说是毫无根据的。

1638 年，宋应星在分宜任期已满，考列优等，随后升任福建汀州府推官（负责刑狱工作）。

1640 年，宋应星任期还没有满，就辞官归里了。

1642—1643 年，宋应星在奉新家居住时，当地爆发了由李肃十、肃七领导的红巾军起义。宋应星曾经与兵备道陈起龙，司李胡时亨等，用计谋和武力镇压了这次起义。

1643 年，宋应星又出任南直隶凤阳府亳州（治所在今安徽凤阳）知州（正五品），这是宋应星一生担任的最高官职。

宋应星担任亳州知州时，已经是明亡的前夕。宋应星赴任后，州内因战乱破坏，官署都被毁，他捐资努力重建，又把出走的官员招集回来，还捐资在城南买下了薛家阁，准备建立书院。

1644年初，由于形势的急剧变化，宋应星的心愿未遂，辞官返回了奉新。

3月19日，明崇祯帝朱由检自缢于万岁山（景山）树上。是日农民军破内城各门，李自成乘马进城，入承天门（天安门），登皇极殿。城内人民都设案焚香迎接，于门首大书“顺民”和“大顺永昌皇帝万岁万万岁”等字样。明朝的腐朽统治至此崩溃了。

4月22日，清兵进入山海关，包围了北京城。

宋应星虽然早已挂冠，回到了奉新家中，仍关心国家大事，他按捺不住自己的激动心情，痛恨那些汉族大官僚地主依靠满族贵族统治集团对广大人民施行民族压迫的可耻行径，就挥笔草成了《春秋戎狄解》一书，借古喻今，在南方制造抗清舆论。

1644年清建都北京，宋应星成为亡国之民。

5月15日，南明福王朱由崧称帝于南京，以明年为弘光元年，这个政权完全是明末腐朽政权的继续。

南明时，宋应星被荐授滁和兵巡道和南潯兵巡道（是介于省和府州之间的地区长官），但宋应星均辞而不就，他在晚年决心做一个隐士。

明亡前，宋应升已升任广州知府，明亡后也无意恋官，辞去官职，回到家乡。宋应星弟兄寄希望于南明政权，但这个政权由马士英、阮大铖擅权，内用宦官，外结诸将，政以贿成，官以钱得，有“中书随地走，都督满街走，监纪多如羊，职方兼如狗”之谣。这个政权从成立之日起，内部就陷于四分五裂的状态。阮大铖勾结马士英，日以党争为事，罗织罪名，排挤打击东林党人。

1645年5月，清军渡江，福王逃至芜湖黄得功军中。不久，清追兵至，黄得功战死，福王被俘，后在北京被杀。

宋应星和宋应升回到家乡后，阔别多年得以重逢，虽然是兄弟相见格外高兴，但国事的不可为又给他们增添了无穷无尽的烦恼。尤其是清兵攻破南明政权后，又南下去取江西，更使他们感到绝望。

1646年，宋应升题了两首绝笔诗，服毒殉国。宋应星在埋葬了与他相伴多年的大哥之后，一直过着隐居生活，拒绝到清政府去做官。

1655年，宋应星应友人陈弘绪之请，为陈弘绪撰的《南昌郡乘》草成了《宋应升传》。

八、宋应星和他的师友们

1666年，宋应星去世了，享年80岁，葬于本村戴家园祖墓侧。

宋应星有两个儿子，长子宋士慧，字静生，次子宋士意，字诚生，两个人都是敏悟好学，长于诗文，人称“双玉”。

宋应星生前教导子孙，一不要科举，二不要做官。子孙都能奉行宋应星的遗训，淡泊功名，在家乡安心耕读。到清嘉庆年间（1796—1820），他的后代都成为贫苦农民。

宋应星生前的社会关系，第一是他的老师邓良知，公元1613年中进士，历任南直宜城（今安徽宜城）令和福建兴泉兵备道。邓良知还是宋应星的舅

氏。

廖邦英（1558—1642）是宋应星 20 年的好同学，好朋友，还是宋应升的契友兼亲家。

舒曰敬是宋应星的另一位老师。舒曰敬字元直，号碣石，南昌人。公元 1592 年中进士，授泰兴知县，因为杖毙巨窝张耀触怒了太守吴某而归里。不久，降为徽州府儒学教谕，于是就退隐到紫阳山、白鹿洞等书院授课。很多名公巨卿，都是他的学生。崇祯时由尚书沈演推荐，向皇帝上书《七策十论》被采纳。山居近 50 年，著《只立轩前集》等书。

涂绍燧就是资助宋应星刊刻《画音归正》和《天工开物》的涂伯聚。涂绍燧和宋应星同师于舒曰敬门下，并同榜中举。涂绍燧排名在宋应星之后，为第四名。涂绍燧是宋应星“肺腑获通”的好友，又是宋应升的儿女亲家，宋应升的第三个儿子宋士顓娶的是涂绍燧的女儿。

涂绍燧母亲去世时，宋应星弟兄曾亲自前往吊唁，当时涂绍燧任河南信阳兵备道，积极主张开发矿藏，兴办工业，用来资助抵抗清兵的粮饷，并且首次在江西设厂冶铁铸器。宋应星的《天工开物》如果没有涂绍燧帮助刊刻，也不能一直流传到现在。

崇祯末年，涂绍燧任广西左布政使。1645 年 6 月，清兵南下进入江西，涂绍燧率家人出走，不幸到君山湖（湖南岳阳西南的洞庭湖）时，突然刮起大风，将船覆没，涂绍燧一家全遭厄运。

宋应星任分宜县学教谕时，与分宜县令曹国祺交往甚密。1636 年 3 月，宋应星和曹国祺到当地的名胜钤山游览。这时突然送来一份邸报（报纸），见到有人给皇帝上书发表谬论以求授官的荒唐现象。宋应星便和曹国祺谈论这件事。曹国祺建议他写个东西，宋应星在曹国祺的鼓励下，写出了《野议》。

1645 年清兵南下抵江西境内，曹国祺走避上高，联络举人曹志明等人奉南明隆武年号举兵抗清。年底，曹国祺率领的抗清武装攻入新昌，杀降清县令。新昌在籍御史陈泰来响应，出屯棠蒲，命曹国祺等统上高兵屯界埠，约定共趋府城南昌。由于相互间没有配合好，受清兵三路夹攻，曹志明阵亡。曹国祺率兵退走湖广。

曹国祺是这样一位反对民族压迫的文武兼备的志士。他经常和宋应星议论时事，有共同政见，所以才鼓励宋应星写出《野议》一书。

刘同升（1587—1645）是宋应星另一位在明末举兵抗清的友人。刘同升字孝则，又字晋卿，江西吉水人，1621 年中举人，1637 年中状元，授翰林院修撰，为人正直清廉。当时杨嗣昌夺情（父母死了不守制仍做官）进入内阁，刘同升和翰林杨廷麟等联疏弹劾杨嗣昌，被降职为福建按察使知事，因生病回家。1644 年后，写了《哀志诗》一百首表明志向。后携家眷进入福建，和他的学生杨廷麟等人举兵抗清。南明唐王立后，加刘同升为祭酒，和杨廷麟一起从福建进入江西赣州，起兵攻取吉安等地，又加刘同升为詹事兼兵部左侍郎、巡抚南赣。1645 年南都陷后，刘同升因悲愤呕血而死于赣州。生前著有《明名臣传》等书。

宋应星和刘同升有 30 年之交。1610 年，宋应星和刘同升第一次见面，曾约好 30 年再会，30 后果然相会，并一起怀念了他们的老友李匡山。

宋应星还有一位叫陈弘绪的多年往来的密友。陈弘绪字士业，江西新建人，1638 年出任山西晋州知州，后来因为触犯阁臣刘宇亮，被降职为湖州经历，改知舒城，1644 年后和南明阁臣史可法（1602—1645）、姜日广、刘同

升等人联络抗清大事，著《宋逸民录》，赋《江城怀古》诗表达他的志向，入清后，清政府多次征招他去做官都不去，只答应撰写《南昌郡乘》以怀旧。所著都收入《陈士业先生集》中，1687年刊行。乾隆修《四库全书》时，陈弘绪的全部著作都列为禁书。

陈弘绪《石庄集》中的《屯田议》、《盐法议》、和《水利议》等，与宋应星在《野议》中的一些观点非常相近。陈弘绪和桐城方以香（1611—1671）、江西姜日广、刘同升等人都是明末的“复社”成员。

宋应星和姜日广既是亲戚，又是朋友。姜日广字居之，号燕及，江西新建人。1615年和宋应星同榜中举，1619年中进士，授翰林院庶吉士，进编修。1626年和给事中王梦尹一起出使朝鲜，不收受朝鲜的馈赠，回来后还向朝廷汇报海外的情况，有八件事对军国大事有用，大多被采用。魏忠贤因为姜日广是东林党人，把他罢官。1628年，朝廷以右中允官职重新起用，官至吏部右侍郎，后降职为南京太常卿，称病回家。1642年又被荐举为詹事，负责南京翰林院。

1644年以后，姜日广和史可法等人在南京商议拥立潞王，建立南明朝廷，但马士英一伙阉党则拥立了昏庸的福王。姜日广被马士英排挤出朝廷，辞官回江西。1648年，降清的南明将领金声桓以姜日广为号召，发兵反清，兵败阵亡。1649年，姜日广投家池而死。生前著有《皇华集》等书。宋应星的次女嫁给了姜日广的孙子姜鹿初，因此，姜日广也是宋家的亲戚。

宋应星的师友们多半都是有才学的地主阶级知识分子。当他们做官以后，都是和明末阉党、邪派官僚相对抗的较为正派的官吏，并经常在官场中遭到排斥，有的还属于东林、复社。他们都对明末社会的腐败和阉党的横行表示不满，主张改革弊政，以缓和社会矛盾。他们都有民族气节，反对清朝贵族统治集团的民族压迫，有的还直接在清初发动武装抗清斗争。他们是在阶级矛盾和民族矛盾激化的时刻，从地主阶级中分化出来的。他们的活动具有一定进步意义，他们和宋应星有许多共同之处。

宋应星推崇的是这些人，反对的是那些世家大族、显贵闻人、阉党、邪派官僚、炼丹求仙者等等，如《怜愚诗》第6首：

“青苗子母会牙筹，吸骨吞肤未肯休。

直待饥寒群盗起，先从尔室报冤仇。”

再如第9首，他讽刺南宋时的祸国权臣贾似道，在杭州葛岭下修“半闲堂”，纵情于声色，而贻误军国大事，实际上发泄的是对明末祸国奸臣的不满：

“乘胜元兵已破襄，葛坡贾相半闲堂。

且偷睽下红妆艳，为虏明年岂足伤”。

再如第13首讽刺阉党魏忠贤、崔呈秀：

“宦竖么么移浊躬，投缢旅店疾如风。

官高经略师徒丧，俯首求生贯索中。”

魏忠贤、崔呈秀从1621年以来把持朝政，弄得国破民穷，激起公愤。1627年8月，明熹宗朱由校死后，其弟朱由检即位。朱由检平日就知道魏忠贤的罪恶，即位后，魏党自危。11月，朱由检安置魏忠贤在凤阳。这时劾劾魏党罪恶的官员越来越多，魏忠贤知道后，在阜城旅店中投缢自缢，同月崔呈秀也自缢。所以说：“投缢旅店疾如风”。“官高经略师徒丧”句，指1619年辽沈之战中丧师失地而被下狱处死的辽东经略杨镐。杨镐败后，朝官们推

举熊廷弼为经略，但熊廷弼督师时多次遭到阉党王化贞的破坏，广宁之役又告败北，朝廷遂屈杀了熊廷弼。

第 20 首嘲笑桐乡近宦：

“桐乡近宦一何愚，欲积鎔金百万余。
数未盈时冤已集，一夫作难委沟渠。”

第 27 首讽刺炼丹求仙者：

“天垂列象圣遵模，为问还丹事有无？
万斛明珠难换颗，痴人妄想点金须。”

第 39 首：

“人到无能始贷金，子钱生发向何寻？
厉词追索弥年后，生计萧条起绿林。”

总之，宋应星作为封建社会晚期的知识分子，他不可能摆脱阶级和时代的局限性，但是由于他在当时的历史条件下，坚持进步的思想观点，在科学和其它一些领域都作出了杰出的成就，我们应该给予充分的肯定和高度的赞扬。

