

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

沈括



## 一、杰出的一生

我们中华民族有着五千年的文明历史，在这浩瀚的历史长河中，曾经涌现出了无数杰出人物。在他们当中，有思想家、政治家、文学家、科学家、军事家，等等。北宋时期的大科学家沈括，就是继东汉张衡、南朝祖冲之以来，我国最伟大的科学家。

沈括博学多才、成就卓著，他在天文、地学、物理、化学、生物以及工程技术、文学、音乐、美术等许多方面都有精湛的研究和开创性的发现，其中有许多研究成果在当时的世界上，处于领先地位。如此博学，成就又如此恢宏，这在中国科学史上是少见的。因此，英国当代著名科学家李约瑟博士在他的巨著《中国科技史》中，称沈括为“中国科学史上最奇特的人物”，他的著作《梦溪笔谈》为“中国科学史上的里程碑”。

沈括，字存中，宋仁宗天圣九年（公元1031年）出生在钱塘（今浙江杭州）西七十里风景秀丽的南新乡。他的青少年时代是随为官的父亲在各地渡过的。二十四岁时，他当上了洙阳（今江苏沭阳县）主簿（县长助手），开始踏上仕途，以后历任东海（今江苏东海）、宁国（今安徽宁国）、宛丘（今河南淮阳）等县县令。其间，他克尽职责，关心劳动人民疾苦，领导各地民众兴修水利工程，开始了他最初的科学实践。三十三岁时，他考中进士，来到京城汴梁（今河南开封），在昭文馆编校书籍，研究天文历法，后被提拔为提举司天监（政府天文观测长官），他主持重修了历法。不久，沈括被派往今浙江、河北等地视察农田水利，他对这些地方进行了较为细致的水利、地质等方面的研究。

王安石主持变法运动后，沈括积极参加并成为骨干。他的才能被宋神宗所赏识，先后担任过几种重要职务，如“权三司使”（主管国家经济财政）、“兼判军器监”（兼管军器制造）并被派出使契丹（辽国，今吉林、辽宁等地）、率兵抗击西夏（今我国西北地区）军队的进犯。在这段时期内，沈括在处理政务的同时，考察了各地的地理形势、山川道路和风俗人情等自然、人文情况，收集了许多宝贵的科学资料。

1082年，北宋边塞重镇永乐（今陕西米脂县西北）失陷，沈括受到牵连被贬官，不久就结束了他的仕途生涯。六年后，他迁居到润州（今江苏镇江市）的梦溪园。在那里，沈括把自己一生的所见所闻和科学研究成果加以整理总结，完成了流芳千古的科学巨著《梦溪笔谈》。1095年，这位博学多才的科学家与世长辞。

## 二、初入仕途 展露斗角

沈括有一个幸福的家庭，父严母慈，哥哥沈披和他一起长大。沈括的父亲沈周出身进士，先后曾在简州（今四川简阳）、润州（今江苏镇江市）、泉州（今福建泉州市）、江宁（今江苏南京市）等地任地方官，而沈括的青少年时代就是随父亲迁任各地中度过的，其间在繁华的泉州居住了八年。沈括的父亲是位为官清正、同情下层的开明官吏，这为沈括思想的形成带来了许多积极的影响。沈括的母亲很有文学修养，是位知识妇女，在她的教导培养下，两个儿子都得到了良好的启蒙教育。良好的家庭环境和广泛的社会接

触，使小沈括对许多方面知识都有浓厚的兴趣。这个有着强烈求知欲的少年无论走到哪里，对所见所闻都很留意、注意观察各种事物。他之所以成人后成为一位博学多识的科学家，与少年时代打下的基础有着密切的关系。

沈括十二岁时开始正式拜师读书。他和哥哥看到当时国家边疆常有战争，给老百姓带来许多灾难，就立志长大后立功报国，于是常在一起练武。他们的舅父许洞能文善武，著有兵书《虎铃（qián）经》，虽然这时已经去世，但他们的母亲在自己理解的情况下，把书中的军事理论深入浅出地传授给两个儿子。所以，沈括和他的哥哥以后均是文武全才，与这时的军事知识教育有很大关系。

沈括从小就在学习上有一种锲而不舍的精神。十五岁时，他因练习写小字不分昼夜，结果得了眼病。一位有良好医术与医德的医生王琪给他进行了精心的治疗，于是他对医学产生了兴趣，他认真研究医术、到处搜寻药方，与医学结下了不解之缘。

就这样，沈括在如饥似渴地吸收各方面知识的过程中，渡过了他的青少年时代。时光冉冉，他二十一岁了。就在这时，噩耗传来，他的父亲去世，怀着沉痛的心情，沈括在故乡钱塘为父亲守丧三年。服丧期满后，宋朝政府按当时官员死后荫其子的制度，任命沈括为沭阳县主簿。至和元年正月，这位二十四岁的青年人离开家乡前往沭阳县就职，从此开始了他近四十年的为官生涯。

在宋代，主簿这个职务低微而劳苦。在给朋友的一封信中，沈括谈到：官职中最低微而辛苦的，就是主簿了。沭阳县方圆几百里，即使没有人而只有鸟兽的地方，主簿也要履行自己的职责。……整天忙忙碌碌，就连天气冷暖、刮风下雨都顾不得了。即使工作这样繁忙，沈括依然尽心尽职地完成自己的工作。

这时，流经沭阳县的沭水由于年久失修、河道淤塞，以至泛滥成灾，许多田地颗粒无收，百姓生活困苦。而沭阳县令不但不兴修水利，对百姓进行救济，反而侵吞上级的救济款，并以修复水利为名，横征暴敛、搜刮百姓。自然灾害和贪官一起，使得民不聊生，最终爆发了百姓反抗官府的事件。事件发生后，上司唯恐事态进一步扩大，就把县令调走，让沈括处理这件事。沈括明白这一事件是因为治河不力，加上官府征敛过重而引起的，所以他便平息民愤，撤销了那些令百姓难以生存的赋税。这样处理后，风波平息了下去。

治理好沭水是事情的关键，于是沈括便组织民众整治沭水，数万民夫参加了这次修浚沭水的工程。他们在沈括的指导下，迅速疏通了阻塞的河道，拓宽了河床；同时做为辅助工程，修了一百余条灌溉水渠、九条堤堰。通过这次大的整修，沭水附近地区做到了涝时能排洪，旱时能灌溉，使得七千顷土地变成旱涝保收的上等良田。以后多年粮食丰收，使广大劳动人民的生活得到了改观。

沭水修浚工程，使沈括的才能得到了上司的赏识。1055年，他被调任到东海做代理县令。在任职期间，当地曾出土了一件古代的弩机。沈括对此进行了研究，他针对弩机的设计，提出了三点一线的射击理论，即弩机的望山（瞄准器）、箭端、目标三点连成一条直线，认为这样瞄准，可以提高射击的精度。通过沈括对弩机的研究，我们可以知道沈括早在青年时代，就对兵器制造理论有了一定的理解并且产生了兴趣。

嘉祐六年（1061年），沈括的哥哥沈披在宣州宁国（今安徽宁国）任县令，沈括此时正好客居此地。当时，江南转运使张颢（yóng）准备修复废弃已久的秦家圩（今安徽芜湖地区），任命沈披主持修复。因沈括整治泚水成功，也派沈括参与此事。他们广泛考察了周围的地势，调查了过去筑圩的情况，把当地的地形地貌绘制成图，提出了施工方案。

秦家圩原是一片面积很大的圩田。这种圩田，是此地人民依据农业经验而从大自然手中夺取的耕田。由于当地地势低洼而水位较高，劳动人民就在低洼地区的四周环筑堤岸，把耕田保护在堤岸之中，这就是圩田。圩堤上设置闸门，圩区内修筑沟渠直通闸门，做到了涝能排、旱能灌。北宋初年，一场特大洪水冲毁了秦家圩的全部圩堤，圩田一片汪洋。洪水退后，虽多次有人提议修复，但都因遭到反对而作罢。反对的理由是，在水边筑堤护田会使江河水道不够通畅，天长日久就将再度成灾。

沈披、沈括提出修复秦家圩的消息一传开，人们有的赞成、有的反对。反对者提出：圩田面积广大，会严重影响洪水排泄，每至汛期，必然引起水灾；还有，圩的东南堤岸连接大湖，长年被风浪冲击，难以坚固等等理由。沈括以科学的理论和调查得来的第一手资料为依据，对反对说法进行了驳斥，并针对具体问题制定出了切实可行的办法，如在堤上种树、堤下植芦苇，即可巩固堤岸。由于他的主张有理有序，反对者无言可对。沈括、沈披的建议最终得以付诸实施。

秦家圩修复工程浩大，调动了附近八个县一万四千民夫，用了八十多年正式竣工。新修复的秦家圩规模壮观：圩堤宽20米，高4米，长40公里，圩田面积近八千公顷；在圩堤上，栽植了数万棵桑树。修复后的秦家圩被宋仁宗赐名为“万春圩”。由于有高大围堤的保护，能防洪又可蓄水灌溉，使得八千公顷的荒废土地变成上等良田，每年收粮达二十四万斛。万春圩的修复成功，证明了沈括弟兄科学倡议的正确性，使沈括的科学才能再一次展现出来。

万春圩工程完成后，沈括被调到陈州宛丘担任过一段时间的县令。这段时间内，沈括练习了气功，把自己肺脏、脾脏多年的慢性病治愈了。到这时，沈括入仕快十年了，官职始终不过县令一级，而且在宋朝凭父荫循常例递升官阶，也不是正经出身。到嘉祐七年（1062年）秋，三十二岁的沈括参加了科举考试，考中进士。从这以后，他的政治生活进入了重要时期。

第二年，沈括被朝廷派至扬州做司理参军，由于他才学出众，颇得上司张刍的赏识。经张刍的举荐，在治平三年（1066年），他来到京城，入昭文馆编校书籍。由于他平时公务不多，昭文馆又有大量藏书，所以沈括利用时间和职务之便，阅读了大量馆藏书籍，尤其深入钻研了天文学。年轻的英宗皇帝也曾向他询问过一些天文方面的问题，他作了很好的回答，得到了皇帝的嘉奖。这时，昭文馆的一位官长对他的才学还有些怀疑，便又提出一些问题要他回答。

他问沈括：“天上有二十八宿星座，但间距不等，多的相距三十余度，少的只有一度，这是什么道理？”

沈括回答道：“天空中星辰分布本无所谓‘度’，只不过是研究天文历法的人为了计算方便，以太阳的运行轨道黄道为规，把天空分为 $365\frac{1}{4}$ 度。二十八宿星在天空中的分布原本不均匀，自然就谈不上相距间度的均匀了。”

官长一听，觉得很有道理，又问“日和月的形状是像弹丸（球体）呢，还是像圆扇（平面圆形）？”

“像弹丸。”沈括脱口而答。

“何以证明？”

“这可以用月亮的盈亏来加以验证。”沈括边回答，边从书桌上举起一个弹丸来作比，“月亮本身是不会发光的，而是靠日光的照射才反射出光来的。每当月亮初升，日光照到它的侧面，所以新月如钩；月中时，日光照到它的正面，故而满月如轮。就好比我于中的这颗弹丸半边涂上白粉后，您从侧面看它，有粉的地方像钩形；而从正面看去，就是圆形了。这与月相盈亏的道理是相同的。”

这个形象的比喻使得官长不住点头。随后，他又问：“日月运行，每月都有朔和望，为什么却不都能发生日月食？”

沈括对朔和望当然是非常清楚的。他知道，阴历每月初一，月亮运行到太阳和地球之间，这时月亮和太阳同时出没，在地球上看不到月亮，这就叫朔。初一这天也称朔日。阴历十六日左右，地球运行到月亮与太阳之间，这天太阳从西边下落时，月亮正好从东方升起，这时在地球上看到的月亮就是圆的，这就叫望。这天就称望日。官长的意思很明白：既然在朔望期间日月总是几乎和地球成一条直线，那为什么并未都发生日月食呢？沈括对这个问题早就研究过，因此马上作了回答：

“当太阳射到地球上的光线被月亮挡住时日食便发生了，所以日食一定发生在朔日。当地球挡住了日光，月亮这时走入了地球的影子中，便发生了月食，所以月食就一定发生在望日。但是太阳轨道黄道与月亮轨道白道并不重合，它们之间有一个夹角。所以，只有在黄道、白道交点的附近，日月和地球真正处在同一直线上，才有可能发生日月食。”

官长听得愈发明白。接着，沈括又详尽描述了日月食出现的方位，并指出黄道与白道的交点每月向西后退一度多，经过十八年零六个月，交点退行一周。

沈括对于这几个天文学问题的解释，与现代天文学理论与实际大体相符。黄白交点退行时间的计算，更是与现代数值极为近似。在九百多年前，没有先进的天文观测仪器的情况下，得到这样的答案是很了不起的成就。

正因为沈括具有相当精深的天文学知识，到了熙宁五年（1072年），宋神宗任命他为提举司天监，就是国家天文台的台长。司天监掌管天文历法，其主要任务是观测天象、推算历法。显然，这是一个业务性很强的部门，没有学有专长的内行是不行的。然而沈括到任后，发现监内官员大多不学无术，没有真正懂得天文的人才，观测仪器也很匮乏。他们得到的一些数据，多半是凭主观臆断或脱离实测的纸上推算得来的，缺乏科学性又脱离实际，对农业生产也起不到应有的作用。

为了改变这种状况，沈括从两方面同时进行全面整顿。首先，他打破官阶资历和门阀等级，排除阻挠，推荐平民历算学家卫朴入司天监。卫朴本是一个双目失明的算卜者，但他擅长心算与筹算，记忆力非凡，对天文历法也有很深的研究。沈括让他担任业务骨干，主持历法的修改。同时，他还罢免了六个不称职的官员，调入一批懂业务的新人进行培训，学成后分配在监内工作。

另一方面，沈括破除了北宋传统的以推算为主要手段的修历方法，坚持

深入实际，通过实测进行参验的方法来制定新历。要进行实测，必须有准确的观测仪器，而司天监的旧仪器都已无法使用，因此沈括对旧仪器进行了改造。首先，他改造了浑仪。

浑仪，是天文学家观测天体方位的重要仪器，它是一个模拟天空星辰实际运行情况的模型。我国在公元前四世纪就有了浑仪，它的上面还有两个圆环，一个是固定的赤道环，另一个是赤经环。随着科技的进步，到了东汉海仪上增装了黄道环，张衡又加上地平环和子午环，到唐朝初年，李淳风把浑仪由两重（仪体、环）改为三重，加入了由黄道，白道和赤道等三环相交的三辰仪。这就是宋以前浑仪的简要发展史，可以看出，仪器的发展方向是环数越来越多，结构越来越复杂。物极必反，由于环数太多而相互交错，势必会遮掩部分天区，减少观测范围而不利于观测。

实践经验丰富的沈括，发现了浑仪发展的不良趋势。为扭转这种现象，经过反复研究，他发现白道环没有大的价值，又常常遮蔽仪器中的了望孔，于是就取消了白道环；同时，他还改变了一些环固有的位置，使它们不挡住视线。沈括此举，使浑仪发展方向发生了可喜的转折。元代科学家郭守敬，就是沿着他的方向，取消了黄道环，既大大开阔了观测者的视野，又能保证观测效果。

此外，沈括对计时器——浮漏与观日影的仪器——影表都做了改进，使它们更加准确。为了说明他改制仪器的原理，沈括写成了著名的《浑仪议》、《浮漏议》和《景表议》等三议。实际上这三篇文章的内容，不仅是对仪制改制的说明，同时阐述了沈括的几个重要的天文理论。它们是我国天文学史上的重要文献。

有了学有所长的人，又有了新的观测仪器，熙宁八年（1075年）闰四月，由沈括和卫朴通力合作修成的新历《奉元历》，正式颁行了。新历以365.243585日为一年，这同现在实测的365.2422日比较，虽稍大却比宋朝已颁行的历法都准确。因此，新历受到人们的好评，宋神宗也对它大加赞赏。但由于实测的时间不长，数据不够丰富，因此新历没有达到应有的水平。元祐五年（1090年）发生了冬至落后一天的误差。但是，沈括靠实测修历的原则对后世产生了深远影响，郭守敬的《授时历》就是遵循沈括的修历原则而修成的，它使古代历法跃上了新的台阶！

在主管司天监的日子里，沈括又通过测定日影，对“蒙气差”现象作出了科学的解释。“蒙气差”指的是天体发出的光从空间稀薄的外层空间进入地球大气时所发生的光线折射现象。就好比把一支铅笔放在盛有水的玻璃杯中，看上去铅笔就发生弯曲一样，实际上是光线折射现象所引起的。因此沈括认为，人们在地面上观察到的太阳位置，并非太阳的实际位置；人们观察到的太阳高度，比太阳的实际高度要高。他对“蒙气差”现象的这一科学解释，比西方要早五个多世纪。

### 三、激流勇进 变法骨干

沈括是一位有卓越成就的科学家，又是一位有先进思想的政治家。他是王安石变法运动中的一名骨干人物。

北宋初年结束了五代十国的分裂局面，政局相对稳定，社会经济较前代有了很大的发展。但到了沈括为官时，建立了一百余年的北宋，已暴露出了

封建国家的各项固有矛盾。豪强地主大量兼并土地，广大农民却无立锥之地；外患纷乱，北有辽国、西有西夏，后来又有金国，他们不断犯边，使得北宋政府增加大量赋税以备军费；北宋政府官员剧增，各项开支浩繁，更使得统治阶层加重对广大平民的压榨。许多农民辛苦一年收的粮食，几乎全被官府收走充做多如牛毛的赋税，他们只能以糠麸、菜根、植物的果实等渡日。民不聊生、官逼民反。沈括之时，就发生过京东王伦，京西张海、郭邈三，河北王则等领导的农民起义。

社会矛盾如此尖锐，使得北宋统治者不得不考虑改弦更张。代表中下层地主利益的王安石提出了推行新法的创议，希望通过变法使得社会矛盾得以缓和，国家实力得以增强。宋神宗接受了王安石变法的主张。熙宁二年（1069年），变法运动正式开始。

沈括与王安石早就相识，两人的思想有许多一致的地方，所以二人是知己。沈括多年在基层为官，了解社会现象和农民疾苦，对社会积弊深有感触。他也认为只有通过一场大的政治改革，抑制兼并，减轻赋税，兴修水利，使得国富兵强而最终解决社会危机。所以当变法运动刚一酝酿，沈括就积极参加进去。然而这时沈括的母亲去世，他送灵柩回故乡钱塘安葬，处理完丧事后返回京城开封已是第二年。此时变法运动正方兴未艾，王安石被拜为宰相，均输法、青苗法、农田水利法等一系列新法相继制定、推行。这些措施使得社会经济有了一定程度的发展，暂时缓和了日益发展的社会矛盾，劳动者的负担相对减轻，整个国家实力也有了提高。

看到这种局面，沈括更加积极地投入到这场运动之中。沈括当时任太子中允、检正中书刑房公事之职，官位虽不很高却握有实权，许多变法规划都有他的参预。沈括利用自己的科学才能积极为推行变法、富国强兵而服务。首先是疏浚和整治汴水。

整治汴水是推行农田水利法的重要保证之一。北宋京师的给养输送，主要依靠汴水水运，如果汴水淤塞，则京师的物资供应就会受到严重威胁。而此时，汴水淤塞的问题已很严重，因为汴水引自黄河，自然就携带大量的泥沙，由于年久失修，河床逐渐增高，有的地方河床已经比堤外地面高出三、四米形成“地上河”。这样，河堤一旦溃决，非但物资无法运输，堤旁的千家万户都有生命之忧。如此情况下，能否疏浚汴水，化险为夷，是直接关系到新法推行成败的大问题。

沈括受命治汴后，认真地进行了疏浚河道和测量工作。他认为，如果仍然引黄河水作为汴河的水源，即使这次疏通，天长日久后也会再次淤塞，所以治汴的关键在治本，即水源问题，最好能引水质较清的洛河水入汴。为了达到这个目的，根治汴河，他对汴河的地势进行了非常详细的测量。

测量的地段，从开封上善门起，至泗州（今江苏盱眙地区）止，这段是汴河的关键地段，长度是八百四十里又一百三十步，这是比较容易测量的。关键是两地地势高低的差别，而这用一般的测量工具是无法得到准确数字的。但这难不倒博学多知的沈括，他创造了一种新的测量方法——分层筑堰法。沈括先指导民工把开挖汴河时取土形成的堤外小沟开通，形成一条与汴河平行的小河道；然后往里灌水，使水积蓄在地势最低的泗州一段的河道。当水面平稳时，靠近上游的河段就逐渐形成浅涸；在这筑一道横截小沟的堤堰，再往上游方向灌水，如此直到开封河段。因为小沟中的水是静止与水平的，因此可以把堤堰的分层看成是一级级台阶。只要测量各级堤堰的水平面，

将其各层高度加以比较即可。最后，沈括测得京城附近的地势，要比泗州高出十九丈四尺八寸六分。沈括的这种测量地势的方法，开创了世界测量史上的先河。

汴河地势的测量完成，为引洛水入汴开创了便利条件。元丰二年（1079年），工程完成取名为“清汴”。由于有了新的水源，就封闭了黄河入汴的水口，减少了泥沙的淤塞，使堤坎不会再有被决的危险，水患被根除；同时更加方便了开封与各地的物资交流。这一切都是与沈括的建议与测量分不开的。

熙宁六年（1073年）六月，在王安石的举荐下，沈括受命前往两浙（今江苏、浙江等地）视察农田水利及差役等方面情况。他一到任，就同地方官员协商整修水利之事；同时，他亲自到各地进行实地调查、处理问题。在常州、润州，他招募饥民兴修水利；在苏州、秀州，他指导疏浚湖浜；在温州、台州、明州等地，他发动百姓围海筑堤来保护东部临海的田地。这么多的农田水利工程，对于两浙农业经济的发展，起到了很大的作用。

为了减轻百姓的负担，沈括向朝廷提出建议，减免两浙人民每年额外上供的十二万匹绢帛，得到批准。早在沈括担任地方官时，他就发现农民生活贫苦的一个重要原因：每当秋收，粮食多而价格很低，而此时农民又需钱用，就只得将粮卖给大户；到了青黄不接之际，农民无以为食只得高价向大户买点口粮。这样，大地主大商贾大发其利，广大农民却愈发困苦。鉴于这种情况，沈括建议各地官府设立机构，收粮时平价购入，粮乏时平价卖出，以解决农民的实际问题。这一建议被朝廷采纳。沈括注意体恤民情，由此可见一斑。

在处理政务的闲暇之余，他继续了自己的科学研究。1074年春，沈括来到浙东的温州地区，听说雁荡山风景奇美，就决定去游览一番。他刚进入雁荡山区，并未发现什么特别的地方。可是进入深处后，他大吃一惊：山峰都是那样陡峭险怪，挺拔高耸，景色奇秀。原来这些山峰全座落在谷地当中，四面被山包围着，所以从山外向里看就发现不了什么。更奇怪的是，从山外高处看，各峰的顶与高与地面几乎相平，有的还低于周围山的山脚。

这种奇异的景象是如何形成的呢？沈括再一次进山仔细观察，探寻其中的奥秘。他踏遍谷内的山岭溪涧，发现山峰顶部都有岩石被水流侵蚀的痕迹，由此他得出结论：由于山谷中的泥沙被大水冲走，只剩下坚硬巨大的岩石高峻挺立，这就形成了山谷内千峰竞秀的奇特景色。由此他还联想到陕北一带的黄土高原中，突立的黄土柱往往高达几十米，这和雁荡山奇峰形成的原因一样，是水流长期冲刷的结果，只是一个为石一个为土而已。

这年四月，沈括还朝。不久，辽国不断在边境挑衅，北方局势吃紧。为加强边境防御，朝廷任命沈括为河北西路察访使，任务是视察和整顿边防。进入太行山区后，他突然发现远处山崖上横着一层怪怪的石壁，就象一条长带，走近一看，原来是许许多多的螺蚌壳和卵形砾石。

“山上怎么会有海边才有的东西？真是奇怪！”又走了一段路，沈括发现前面岩层中又有这样的东西。他取了一些样品，仔细观察了一番，一点不错，真是只有海里才有的东西，那为什么到这里了？沈括思索着。

“沧海桑田”，沈括想到了这句习语。大海可以变为桑田，桑田也可以归于大海，这就是说海陆可以相互变迁。这里东离大海虽有千里之遥，但在上古时代可能就在海边，所以才会有这些东西。这一大片陆地都应是后来水



流携带的泥沙沉积，并靠水流冲积而形成的。”

关于水流冲积可以形成陆地的观点，沈括是第一个提出来并做出解释的。西方提出这个观点的英国学者赫顿，是生活在六百年之后的人了。

沈括到处视察边防后，发现薄弱环节就立即采取措施。他在半年时间内，经批准采取了三十多项防务措施，这些对于保障边境人民的生命财产安全起到了积极的作用。

其中一项重要措施是挖掘陂塘。早在宋辽交战之初，两国接壤的河北平原上，为了阻挡辽军尤其是骑兵的前进，宋修筑大面积塘泊阻挡，这种措施起到一定的作用。但许多陂塘因年久失修，失去了防御价值。为了对付辽国新的进犯，沈括利用原来修建的陂塘，加以重修和扩建。例如徐村淀的修复。此淀原是深州（今河北深县）北部的门户，防御作用很重要，因长期废弃已干涸，此时的深州城就直接暴露在辽国骑兵的铁蹄之下。经沈括设计，奏请朝廷批准后，花了两年时间引来河水注入淀内，形成了五十里水上防线。

沈括还积极在边境推行新法中的保甲制度。具体地说，就是每十户编成一保，有保长；十保为一大保，有大保长；十大保为一都保，有正副都保长。保户中的男子为保丁，政府允许他们使用兵器，练习武器。这种制度的推行，可以作到寓兵于民，加强政府的军事力量。

此外，他还在边防线上的重要位置修筑城防，在交通枢纽处架设浮桥，在许多前沿阵地安置营寨等等。总之，沈括这次北方之行采取了许多措施，加强了北部边防。这是王安石变法重要目的——富国强兵的一个主要内容。

沈括作为一名精通科学的政治家，十分注意在变法中为加强国家军事实力而研究军事学。由于他博学多才，又处事干练，所以倍受器重，北方之行尚未结束，朝廷又委派了他新的职务——兼制军器监。这是王安石变法中为增强军事实力，进行军事改革、加强兵器生产所设的新机构。沈括在任此职一年之中，结合自己很早就研究过的军事理论，在实际应用中进行更深一层的军事学研究取得了可观的成绩。

一是修订完善了《九军阵法》。古代作战讲究排兵布阵，即阵法。阵法能否与作战时的客观形势相结合，使其利于发挥战斗力，是取胜的一个重要因素。当时的作战阵法是由郭固等人制定的，他的方案是让九军共为一营阵（行为阵，住为营），外面环绕一个驻队，这样就把十万军队集中在方圆十里的范围之内。各路帅府的将领和宋神宗对于此阵法均不满意，神宗就令沈括重新制定。沈括经过仔细研究，发现这种阵法不利于实战，列阵方法有很大缺陷，在实战中是难以找到方圆十里而无山丘、河流、树林等障碍可供按图布阵的地方，这样的阵法也不利于士兵发挥个人战斗力。因此，他提出新的《九军阵法》方案：九军各自为阵，占据有利地形；前后左右分列，根据地形自成营阵。这样，作战时各军分合自如，敌人攻击一点则全军合力围攻。沈括提出的新阵法，配合默契、运动自如，宋神宗下令颁行。后来，沈括把自己对于阵法的研究编著成《边州阵法》，被作为军事资料存于军事部门。

二是制造精制武器。首先他制造了新式兵车。兵车是我国古代一种很有威慑力的武器，它进攻时威力巨大，退时又能参预防守。沈括参考了古典文献，根据当时作战的实际需要，制造了新式兵车，挑选军士演习新的车战阵法，得到了宋神宗的赞许。沈括还对制造精良兵器的技术进行了科学研究。他亲入兵器作坊，通过仔细观察研究了熟铁和钢的区别，同时他也掌握了冷锻和热锻两种不同的锻造方法。锻造成的钢都非常坚韧，用它制甲，在五十

步外用强弩射它，箭不能入；偶尔射中甲片上用来缝缀的钻眼，箭头的铁竟被钻眼边缘的钢反卷过来。掌握高超的制造技术，目的是提高武器的质量，是最终达到“富国强兵”的变法目的的重要方面。

在此之前，宋朝的武器大多由各地制造，往往粗制滥造，质量低劣。许多刀枪经过剥蚀，锈结成团、没有锋芒；有的盔甲甚至用纸麻缝就，稍一用力就会破烂。有人形容说：别看国家的武器成千上万，可真能派上用场却少之又少。然而在沈括等人的努力下，军器监成立仅一年多，各种军器生产增加少则一两倍，多则数十倍，而且质量也有了极大的提高。据史书记载：此时各种武器国家准备充足，质量有了保证。真要打仗，可以供应几十年。

三是沈括还研究了作战防御技术。他在进行上两项研究的同时，也研究了城防战术，编著成《修城法式条约》一书。此书记载了当时城防用的敌楼、马面及团敌等防御战术，并总结了防敌筑城的经验。

综观沈括参预王安石变法的这一历史时期，我们可以看出沈括不仅是一位积极推行实践新法的政治家，同时也是一位杰出的自然科学家。他参与王安石变法运动态度坚决而明确，为国为民办了不少实事。尽管他从河北回京后，王安石曾一度听信大臣吕惠卿的谗言，对沈括产生了怀疑。但沈括始终对王安石表示出尊敬与钦佩，从未说过半句怨言；就是在新法失败后，王安石被罢相还乡，沈括在自己的著作中提到王安石还称之为丞相、荆公，并歌颂他清正的人格和革新的精神。

#### 四、出使辽国 主持三司

熙宁七年（1074年），宋辽边境形势紧张。辽国派使者到开封向宋神宗递交了国书，上面指责宋军越过北方边界，增修防卫工事，破坏宋辽和约。这实际上是辽已不满足于小规模武力掠夺，而企图通过外交途径来夺取宋朝土地。不久，两国在边界举行了谈判。由于辽国本身只想占领土地，对于是否和谈则不感兴趣，甚至派兵武力威胁。结果谈判从夏到冬，毫无结果，陷入了僵局。

为了尽快解决边界问题，宋神宗就想派使者直接与辽统治者交涉，可是派谁去合适呢？他很快想到了精明博学的沈括。于是准备让沈括在熙宁八年（1075年）三月使辽。就在这时，辽方增派的使臣萧禧带着国书来到开封。他一来就摆出一副蛮横态度，不肯以礼朝见宋神宗；辽国的国书也措词强硬，不仅指控宋军越境挑动事端，而且将上次谈判出现僵局归咎于宋使，并再次要求重新划分蔚州、应州、朔州三州边界。宋神宗同时得知辽国已在边境集结军队，由于畏惧辽国，他同意作些退让。但萧禧得寸进尺，要求对于三州土地以分水岭为界划分，这样辽是大占便宜的。按照惯例，使者在对方都城停留时间不超过十天，但萧禧却赖在使馆不走，扬言不按辽国的要求办就决不回去。这样，事情拖了一个月。

这时，沈括通过了解情况、查阅档案、研究地图，弄明白了边界的实际情况。他对神宗说：“根据我国和辽国以往的条约和我国这次的让步，已经符合辽国所谓的分水岭界线，可以同意辽国的要求，以阻止萧禧进一步提出要求。为了摆脱萧禧的无理纠缠，并把两方以前签订的有关条约整理后通告辽国，宋神宗决定撇开萧禧，立即派沈括使辽。萧禧闻讯，怕到手的功劳跑掉，更何况以分水岭为界的要求已达到，所以他与宋朝代表交换了划界文书。

这样，两国边界谈判有了最终结果，这是建立在宋朝作了让步的情况下达成的。为了把这个事实肯定下来，以免辽国再生事端，宋政府再派沈括使辽，名义是赴辽答礼回谢。

沈括估计辽国不会就此罢休，此行必然困难重重。为了不辱使命，保卫国家的领土主权，胜利完成使命，他作了充分周密的准备。沈括更加仔细地查阅了档案文献资料，研读了有关文件几十篇。他不仅自己研究，同时要求随员也都作到了如指掌。四月中旬，沈括率随行人员由京城出发了。早在出发之前，沈括已经把个人安危置之度外，作了以死报国的决心。当到宋辽边界雄州时，他写下了一封遗书，请哥哥沈披（时任雄州安抚副使）转呈朝廷，信中大意是：

“假如臣不能生还，辽军必然倾国入犯，他们的军器武艺，都不及我方，不过依靠军士能吃苦耐劳，行军不带粮草而已。制敌的方法，应该会合西山的人马来守卫磁州、赵州。黎阳一带河道窄狭，容易被敌跨渡，所以应分澶州、大名驻兵，去扼守黎阳白马津；同时怀州、卫州坚壁自守，以阻塞通路。辽军难以西进，必从中路出兵长趋河桥，此时我军就可以决在齐贾河堤，引水淹灌敌人，辽军即使有百万之众，也难免全军覆没。唐河发源于西山，可以用沙袋将它壅塞，等到敌人北归，就决放河水断其后路，镇州、定州的守军再火速出击，就会以迅雷不及掩耳之势，痛歼入侵之敌。”

这封遗书写得何等雄壮！在千钧一发的重大关头，沈括考虑的不是个人的生命，而是国家的安危，这是一种多么强烈的爱国之心！

作为一位科学家，沈括也念念不忘科学研究。进入辽国后的一天黄昏，雨过天晴，一道彩虹出现在前面的山涧之中。沈括不顾草深路滑到涧前观望，又派人过涧与彩虹对立，进行实验观察，发现彩虹就变得有些模糊了。因此他认为：彩虹是雨后折射阳光所形成的。并且发现彩虹的位置与太阳位置是相对的。他还发现辽国境内有一种新奇的动物，它们前足很短后足很长，走路时用后腿向前跳，这实际应该是归属于现代沙漠地区的跳鼠一类的生物。沈括特地捉了几只，准备带回国研究。对于异国的风土人情，服饰习惯等情况，他更是处处留意观察、记录，作为资料保存。这些不仅表现了沈括作为一位科学家有着执着的探索精神，而且也反映了他作为一位政治家面对艰险却镇定自如的无畏气概和必胜信心。

五月二十三日，沈括一行到达永安山，辽朝皇帝辽道宗正在此打猎，两天后接见了他们。二十九日，辽方枢密副使杨遵勛（xù）与右谏议大夫梁颖等设宴招待宋使，双方开始谈判交锋。辽方首先把沈括等人赴辽回谢的身份抛在一边，不谈两国谈判后的通好事宜，而把话题再次引入到边界领土问题。焦点集中在鸿和尔大山（今山西崞县西南）、天池子（今山西宁武西南管涔山上）两处的分界问题上。辽方坚持说鸿和尔大山应以分水岭为界，南属宋、北属辽；而天池子地方当归辽界。沈括则在紧张的气氛中沉着冷静，用辽朝以往发出的公文与两国的各种条约为依据，指出：辽兴宗重熙十一年（1042年）辽使者王守源、张永等同宋使翟殿真、吴巴共同商定的疆界，即以鸿和尔北山脚下而不是以分水岭为界；同时他出示了当时辽政府机构的公文为凭证来驳斥辽方的无理要求。关于天池子问题，沈括则出示了当时辽驻军的军事通告，上面注明天池子“地理属宁化军（宋朝的边境驻军）”，也就是承认天池子地方的主权归宋朝所有。就这样，沈括据理力争，使得辽方代表无言以对，只得暂时放弃对两地的领土要求。经过十几天的紧张谈判，沈括维

护了国家的主权，六月初胜利返回京城。

沈括凭着自己的博学与精明，挫败了辽方的无理纠缠，取得了外交上的成功，赢得了边界上的暂时安宁，为国为民立了一功。

沈括不仅精通自然科学，也研究过社会科学，他有丰富的经济理论知识。从辽国返回后不久，他就得到了朝廷的新任命：代理三司使。三司是盐铁、户部、度支三司的总称，是北宋管理财政的最高机关，地位十分重要。沈括担任此重要职务后，在实践中运用自己的理论和智慧，在国家财政方面积极革除弊政，为解决北宋政府的财政危机作出了很大的贡献，尤其是他主持改革盐钞法、论说货币流通理论。

盐钞法是北宋政府对食盐进行专卖的制度。其规定是由商人向政府交纳现金，换取盐钞（贩盐的凭证），拿到食盐产地支取食盐再运到各地出售。国家财政收入的很大部分来源于此。到了北宋中期，由于国家财政日益困难，入不敷出，政府便滥发盐钞以图多从商人手里收得现金。但由于人们食用盐的需求量在短时间内不会有有多大变化，所以就出现了许多虚钞。例如，陕西每年政府发盐钞三百五十万贯，而人们实际需要的食盐数换成盐钞不过二百一十多万贯，虚钞达一百四十万贯。商人领了盐销售不完，当然也就不再向政府纳钱换盐钞了，盐钞法也就随之逐渐被破坏了。代之而起的是官卖食盐。许多官吏只求多卖盐而得利，就利用行政职权强行配给，使广大百姓多了一项新的负担。比如有一个盐官不仅随意抬高盐价，还将民众按贫富划分等级，每天分等强配食盐，尤为可恶的是：他规定当天买的盐必须吃完，如果没吃完第二天就当贩私盐置论处。盐政就这样成为百姓的一大害。同时也影响了国家的财政收入和政治威信。

沈括经过考察，认识到了盐政之弊对于国家的巨大危害，于是向宋神宗进了《盐蠹（dù）四说》的奏章。在奏章中，他从四个方面论述了盐政的弊病所在和解决问题的办法。

一是针对虚钞泛滥，盐钞法无法执行的现状，建议由政府出钱，将以前发行的旧盐钞全部回收，为盐政改革奠定基础。

二是针对盐价不稳、私盐买卖盛行的状况，合理调整盐价；限制盐钞发行额，以市场所需盐量为依据；有效的控制公私盐务。

三是针对官卖食盐的严重危害，采取扩大商人销盐范围的办法来减少官卖，并采取一定的保护措施使商人能从销盐中获利。商盐销售正常了，官卖食盐的危害就会减轻，盐钞的价值也就得到了相对的稳定。

四是恢复盐钞法实行之初的国家调整措施。也就是在京城设立都盐院，由三司拨款，负责调节盐价。当京城盐价低时，商人贩盐进京就会亏本，这时都盐院就出钱平价购买商人的盐，以免商人吃亏；等到盐价上涨时，再将收购的盐平价售出，以降低市面盐价。这样就发挥了国家的经济指导职能，起到了稳定市场的作用。

这些问题和解决办法的提出，是沈括作了大量调查研究而后提出的。它们符合经济规律，切中盐政时弊，所建议的解决办法又切实可行，宋神宗批准后，就令沈括具体办理。为此，沈括做了大量的准备工作，直到晚年回忆起来，沈括还认为改革盐政，是他平生为国为民做的最大贡献之一。正当盐政改革措施准备正式实行时，由于妒嫉沈括才能和反对改革的大臣在宋神宗面前多次进谗言，宋神宗相信了他们的话，罢了沈括的三司使职务，把沈括贬到宣州（今安徽宣城）去当知州了。

另外，在三司任职期间，沈括还提出了完整的货币流通理论。三司中的度支司，是负责国家财政收支的机构。沈括在处理度支司事物时，感到了国家币制混乱，存在很多问题：货币种类有金、银、铜、铁等各种金属钱币和大量纸币；货币流通中，铜钱、铁钱并行，大钱、小钱混用；民间大量私贮铜钱，甚至私铸钱币而影响了国家的经济财政……。对职责认真负责的沈括因而对货币问题作了专门的研究，并提出了一整套理论。例如，对于当时国家的钱币枯竭，不够使用的情况，他作了《论钱荒八因说》一文。

他认为，钱币枯竭的原因是多方面的，总共有八个因素。一、人口自然增长，钱币需求量自然增加；二、由于有着水火灾害和自然磨损消耗，钱币数量会有所减少；这两个原因是不可避免的。三、由于用钱改铸铜器获利很大，故民间有大量的铜钱被销熔后制成铜器，对此政府应严格控制，实行铜禁；四、盐钞失去信用，原来储藏盐钞的人家改为储藏钱币，流通的钱币量自然减少，对此政府应该定盐钞价值；五、金银等贵金属大多用来铸器皿，造成币材选用狭窄，应增加金银铸币的数量来辅助流通；六、官府库存钱币数量大，而不用于流通，如果有一部分库存进入流通，则会在一定程度上解决钱荒问题；七、边境各族都流通宋朝的铜钱，引起钱币外流，对此应加强对边境地区的货币控制；八、西部偏僻地区百姓用铁钱私易辽国的马、羊等牲畜，对此官府可放宽限制，因为当地铁钱过剩，不如换回些有用的物资。

从这些内容可以看出，沈括认识到了货币流通量与人口、与国家贸易政策的密切关系，并从这些方面着眼考察形成钱币枯竭的原因和解决办法。同时，他认识到了货币流通率的重要性，认为货币流通频率高，就等于有无数钱币在使用。他的理论核心所在就是阐明调节货币流通量的必要，使市面上的钱币流通量与社会对货币的需求量相适应。调节的具体办法如上述的恢复铜禁、整顿盐钞、增加货币种类、奖励货币流通等都是为此核心而服务的。他的货币经济理论在中国经济思想史上达到了前所未有的系统和完整；尤其是关于货币流通率的见解在世界上遥遥领先，在欧洲直到十七世纪才有人提出类似科学的见解，比沈括晚了六百年。

## 五、戍守鄜延 边塞立功

沈括被罢免三司使职务后，在宣州呆了近三年，直到宋神宗元丰三年（1080年）六月，才奉诏调任鄜（f）延路经略安抚使。鄜延路管辖范围大体上是今天的陕西北部地区，紧邻党项族建立的国家——西夏，是当时陕西四路中最为重要的一路；经略安抚使是总掌一方军政大权的要职，被称为“帅司”，职权重大。宋神宗委任沈括如此要职，说明他还是很欣赏和相信沈括的才干的；而沈括也因此得以再次运用自己的军事才干来为国效力。

北宋与西夏，长期以来一直处于时和时战的对峙状态，西夏经常入境骚扰、掠夺，边境不得安宁。沈括一到任后就加强战备，同时与新上任的经略安抚副使种谔，商量各项军机大事，准备先发制人，出兵西夏。此时，中央调到鄜州路的人马已先后到达，这样就大大增强了鄜州路的军事实力；各种军用物资也已准备充足。为了进一步加强军队实力，沈括组织当地的人民，挑选身强体壮的年青人，教他们练习武艺。看到有武艺出众的青年，沈括就亲自向他劝酒并给予奖赏，以资鼓励。当地人民由于长期受西夏入侵骚扰而深受其害，因为沈括顺应了当时广大边塞人民希望保卫自己家园这一愿望，

所以大家都把练武习艺、挽弓射箭看成一种荣耀，积极参加训练，练兵场上刀光闪闪，喊声震天，一片热烈的景象。一年中，沈括共选拔出精骑善射、武艺不凡的壮士一千多人，把他们充实到军队中去。

元丰四年（1081年）夏，西夏发生政变，梁太后掌握了政权，她一向敌视宋朝，不断派兵挑战，战争爆发在即。宋神宗采纳了沈括、种谔的先发制人之策，决定主动出击。从七月开始宋军兵分五路，分道出兵，其中鄜延路军由种谔任统帅，沈括留守负责接应。

九月，种谔领兵五万四千，由绥德城（今陕西绥德）出塞，向北围攻米脂寨（今陕西米脂）。这路宋军先是大败西夏所派救兵，接着在无定河战役中大获全胜：歼敌八千，得马、牛、羊过万，兵器物资等无数。十月，米脂寨守将被迫投降。这时，敌人打探到宋军主力出征，留守兵少，就想趁机偷袭宋军后方，切断种谔的退路。沈括早已预料到敌人有这种图谋，严阵以待，以逸待劳将偷袭德靖寨（今陕西志丹西北）的夏兵击败。

然而，兵力占优的西夏兵随即又合围了顺宁寨（今陕西志丹北），兵力数万之多，情况十分危急。根据敌强我弱的实际情况，沈括决定采取疑兵之计。他派先锋李达带领一千人，押运十万人的粮食出城，并扬言沈经略的大军随后就到，敌人见此，只好就地布防以待宋军主力。与此同时，沈括又派骁将景思谊率领精兵三千，从岔道袭击夏军，只作了正面防守的夏军猝不及防，阵脚大乱，纷纷惊惧溃散。这一仗宋军士气大振，不但解了顺宁寨之围，乘势又攻下了敌人的磨崖寨，俘敌一万、牛羊三万头。闻得此讯后，敌浮图、吴堡、义合三寨大受震动，成了惊弓之鸟。十一月间，河东路宋军从前线撤退后路过鄜延，沈括利用这个兵多势大的时机，一面在绥德城大张旗鼓、耀武扬威；另外让人虚张声势，假称他兼任河东路军统帅，即将会合两路军马共同出击。由于顺宁大捷后，沈括名震边镇，浮图、吴堡、义合三寨守敌闻风丧胆，撤出三寨星夜北遁。沈括兵不血刃占领三寨，随即加固城防、储备物资，使之成为宋军的前哨基地。

沈括在后方牵制西夏军队，有力地配合了种谔在前方作战。种谔率军连连告捷，先后攻克石州（今陕西横山北）、夏州（今陕西横山西）、银州（今陕西榆林南）随后进兵到了盐州（今宁夏盐池西北）。这时，由于孤军深入，给养已经供应不足了，加上天气寒冷、大雨封路，军兵饥寒交迫无力再战，种谔只得下令撤兵。这时，军中的一个将领名叫刘归仁，他不听撤兵布置而率己部抢先南逃，引起军心大乱，最后全军溃散。为了严肃军纪，等刘归仁赶回，沈括质问他原因，他说取粮，这无疑是抵赖。沈括当即拍案责问：“即是回来取粮，为何没有军符？”刘归仁无言以对，只喊饶命。“贪生怕死，为大将者当马革裹尸，如你这般饶你何用，给我推出斩首！”说完，沈括掷下令箭。对于溃散回归的士兵，则不加处罚。事后，宋神宗派人到军中查问处斩刘归仁和士兵溃逃之事，沈括具实报告，并解释了为什么不能按军法处分溃卒的原因，他说：“士兵离开家人远在几千里之外，当走入九死一生的境地后，偏偏将领失策，而且无衣无食，这时又有长官带头逃跑，所以才跟着逃命，这是人之常情，当然应该原谅他们。”

最后，五路宋军由于缺乏统一指挥，各军不能互相协调，再加上自然条件的限制，进攻西夏没能取得大的战果，各军陆续回撤。

西夏经过修整后，重新组织兵力，准备反攻。他们把兵力集结在金汤堡（今陕西志丹西北），作为南进的前哨。为了解除敌人的威胁，沈括决定夺

取金汤。他采用声东击西的作战方针，派大将曲珍领兵二万，故意“泄露”出要进攻西夏的葭芦寨。西夏果然中计，把兵力调向葭芦寨方向以图拦截宋军。曲珍率军突然折行，直指敌人守备空虚的金汤寨，金汤守将措手不及，慌忙迎战，被杀得大败，宋军随后占领了金汤寨。

金汤寨得胜后，沈括决意扩大战果，“真正”夺取葭芦寨。这次他用了“暗渡陈仓”之计，他派曲珍带兵虚张声势，佯装正面进攻；另派李议率精兵采取迂回包抄战术，连夜渡河从侧面袭击敌寨。寨中夏军还在睡梦中，被四面喊杀声惊醒，随即溃散；负责正面防守的部队急忙来救援，与宋军混战。这时曲珍从正面合力进攻，很快击溃了敌军，占领了葭芦寨。

鄜延路宋军在沈括的指挥下，连战连捷，多次夺寨斩将，收复了大片土地，在已占领的地方筑垒派兵，并招募流亡的农民耕种荒芜已久的田地，增强了西北的边防力量。因此，沈括多次受到朝廷的嘉奖。

为了朝廷以后能顺利出兵，知己知彼，元丰五年（1082年）五月，沈括根据自己的实际侦察和对双方作战形势的估计，编写成《边略》一文，记述了西夏边界上的防卫布署情况及地形，并且分析了未来的边地形势，上呈宋神宗作为决策参考。在绘制《边略》中的地图时，沈括作了大量地理地貌考察，并研究了宋夏之间以往的战争，发现西夏之所以能常常进犯而且进退自如，在于他们占据了有利地形，而宋军则处在一种防卫不利的局面，能否改变这一局面是能否解决边患的一个重要因素。同时他发现，夏州西南的乌延地势险要，而且土地肥沃、物产丰富，下瞰平原、背倚山界，是要冲之地，所以他和种谔联名写了一道请筑乌延城的奏章。因为事关重大，种谔为此特地进京向宋神宗当面陈述他们的看法，建议先筑银州城、再筑乌延城、然后修筑夏州城，这样在整个边界地区就形成鼎足之势，进可以攻，退可以守。

宋神宗看了奏章，又听了种谔的陈述，认为很有道理，于是派大臣徐禧和李舜举前往鄜延审议。徐禧为人向来自大，这回奉圣旨赴边更是目中无人，为了把功劳揽在自己的身上，他抢在种谔之前赶到了鄜延，并匆匆成立了一个计议边事所，主管修筑城堡之事。经过了一番浮光掠影般的观察，徐禧否定了沈括、种谔关于建立银州——乌延城——夏州的防卫措施，主张修筑城防于永乐。然而实际上，永乐地方在米脂寨西一百五十里，距银州城二十五里，北倚高山，南临无定河，三面都是悬崖峭壁，虽然地势险要，但属于绝境，战时易被围困，败则无路可退，无论战守两个方面都没有大的军事价值。

沈括不同意这种方案，无奈徐禧处处摆着“钦差大臣”的架子，揽大权于一身，根本不听沈括的意见。三个月后，沈括只得附和了徐禧的主张，徐禧上奏神宗，说“已经和沈括商定了，先筑永乐城。”同意筑永乐城，是沈括的一个严重错误，后来永乐惨败的祸根，就是在这时埋下的。

种谔从京师回到鄜延，听说不在乌延筑城而改筑永乐城，立即向徐禧提出异议，说到：“如果在永乐筑城，战则必败。”徐禧本来就对种谔的刚正不阿不满，见到他又来阻止自己“立功”，就威胁道：“你敢对钦差胡言乱语，说不吉利的话，就不怕死吗？”“如果兵败，我自当以死报国；反对你的主张，也不过一死，死又有何惧！”徐禧威胁不成，也就没有办法，于是向宋神宗上奏，说种谔自做主张，不听调遣。宋神宗听信了他的一面之辞，就下诏令种谔留守延州；徐禧、李舜举主持修筑永乐城；沈括将经略府移至边界，负责接济军用。

永乐城自元丰五年八月十五日动土，至九月六日正式筑成。徐禧洋洋得

意，准备邀功请赏。不料刚过了四天，西夏就以三十万兵力围攻永乐城，以图拔掉这根钉子。由于事先没能料到敌人会出兵这么多，故宋军没有做好充分地准备；沈括带兵试图解围，也没能成功；种谔则在延州带领四千军兵，抵抗着另一路敌兵的进攻。前面我们说过，永乐城地势险要，但城内没有水源，全靠无定河提供。西夏军在攻城未果的情况下，夺取了无定河水寨，切断了宋军的水源，士兵干渴难忍，甚至绞马粪以求能挤出一丁点水来润喉。九月二十日夜，天降大雨，守城将士急忙承接甘霖，不料西夏军也乘此时加紧攻城。这时，宋军已经过了十二天的血战苦守，战斗力大大减弱，到了半夜永乐城失陷了。

后来据宋朝官方公布，这一仗官兵阵亡达一万二千多人，丧失军马一万匹，军用物资损失无数。徐禧、李舜举也在乱军中被杀。宋神宗闻此消息，心中悲伤以至流泪，几天不进饮食。永乐之败的原因，主要是钦差徐禧主观自大，争功心切；而永乐城又是孤寨前伸，水源缺乏，离给养基地也相当远，这两个因素是永乐惨败的主要原因。但是，沈括作为鄜延路的“帅司”，从定义筑城到城陷兵败，他都是要负一定责任的，况且徐禧已死，故永兵之败的第十天，宋神宗就下诏贬谪沈括，让沈括到均州（今湖北十堰东）任团练副使。

就这样，沈括含泪告别了曾经一起浴血奋战、同甘共苦的鄜延路将士；离开了那些凝聚了他无数血汗的边寨；怀着惆怅的心情踏上了南下的漫漫前路。

## 六、科学史上的巨著——《梦溪笔谈》

团练副使只不过是一种兼衔空名，从此之后，沈括所挂的也都是空职虚衔，只能得到少许俸禄聊以度日。所以宋神宗贬谪沈括的诏书，实际上是宣告了沈括政治生涯的终结，这对沈括可以说是一“祸”，但正是此祸，使得沈括有了精力抛开繁杂的政务，深入到科学研究中去，留下了不朽的科学巨著《梦溪笔谈》，这对于我国文明史来说，是一大“福”。

沈括被贬谪后，名义上是均州团练副使，实际被软禁在随州（今湖北随县），失去了人身自由。他借住在一个寺庙内，举目无亲、孤独寂寞，朝夕只能与纸笔为伴。直到三年后的元丰八年（1085年）宋神宗死后，新即位的宋哲宗大赦天下，沈括才得以离开谪居地随州，来到了离家乡很近的秀州（今浙江嘉兴）。这里的乡土亲情使得沈括从深深的孤寂和苦闷之中解脱出来，专心投入到一项既利国、又利民的工作之中，这就是编制了一套《天下州县图》。

早在十年前，他还在三司使任上时，就奉旨编绘一部新的全国地图，但繁冗的政务使他无法全力以赴进行这项工作，因此一直没能完成，不过沈括一直没有放弃这项工作，即使在被谪随州的日子，他也随身带着以往收集的图稿，不时加以研究。这时，他可以集中精力来实现自己的夙愿了。经过广征博引，参考大量的资料，又用了两年时间，他终于绘成《天下州县图》。

这套地图包括大图一幅、京城图一幅、诸路图十八幅，包括了当时北宋所管辖的全部地区。在制图技术上，沈括所采用的方法是很科学的。他继承了我国传统的“制图六体”，即六项制图原则：分率（比例尺）、准望（地理位置）、道里（实际距离）、高下（地势高低）、方斜（地形状况）、迂



直（道路曲直），并有一定的发展。比如：在他之前，地图绘制都是用八个方向来定位，而沈括则采取了二十四个方向。这样就使地图的精确度大大提高，提高了古代制图学的水平。

沈括编绘完成《天下州县图》后，在元祐三年（1088年），将地图献给朝廷，得到了嘉奖，宋哲宗解除了以前对他的人身限制，允许他可以自己选择居住地点。沈括便以秀州迁到了润州（今江苏镇江）的梦溪园，此时沈括已经五十八岁了。

梦溪园座落在润州的东郊，它是一处风景秀丽的田园。园内翠竹成林、郁郁葱葱；梦溪泉水，碧绿澄彻，叮叮咚咚向前奔去。沈括闭门谢客、潜心著述，在书房中摆满了各种书籍资料。在这里，沈括将自己的一生见闻，科学研究所得汇集成一部著名的科学巨著——《梦溪笔谈》。此外，他的《长兴集》、《良方》、《忘怀录》等几十部著作也是在此完成的，可惜的是大多已经佚亡。

《梦溪笔谈》是一部内容极为丰富的著作。它是沈括毕生科学研究的结晶，它有着广博的内容、独到的见解，反映了我国古代、特别是北宋时期在自然科学方面的辉煌成就，也反映了沈括的经世之才和博学多知。《梦溪笔谈》共三十卷，其中包括《补笔谈》三卷、《续笔谈》一卷。全书分为故事、辩证、乐律、象数、官政、人事、权智、艺文、书画、技艺、器用、神奇、异事、谬误、讥讪、杂志、药议共十七目，六百零九条。书中内容涉及到自然科学和社会科学的各个方面，是一部百科全书式的著作。

《梦溪笔谈》记载了许多宝贵的自然科学资料，包括了天文、地学、物理、化学、生物医药、工程技术等各方面内容。

在天文学方面，其中有一条关于常州陨石的记载，内容是这样的：

“治平元年（公元1064年），常州日落的时候，忽然从天空中传来一阵雷鸣之声，一颗几乎和天空中月亮大小相似的星星，在天空的东南出现了。很快，人们听见“轰”的一声，这颗星坠落了，地点是宜兴县一个姓许人家的花园中，远近的人都看见这里亮光照天，并着了火，把许家园子的篱笆都烧坏了。等到火焰熄灭后，发现地面有个杯子大小的洞，入地很深，往下望时，发现星就在里面，火光荧荧，许久才逐渐暗淡，但还热得不可挨近。又过了很长时间，等星不热了才把地洞掘开，在深三尺多的地方，发现一块圆石，大小和拳头差不多，一头略微尖锐，颜色黝黑似铁，重量也如铁一般。”

一条不长的记录，把陨石坠落时间、地点、过程和陨石的形状、比重作了完整而科学的描述，这在世界天文史上也是罕见的优秀纪录。

在气象学方面，《梦溪笔谈》中的一条，记载了海市蜃楼这一奇异的自然景观，文中记述到：

“登州（今山东烟台）海中，在天空中不时出现如同宫殿、城墙、人物、车马、市集等情观的云气，十分清楚，当地人称之为‘海市’。有的人说这是海中蛟龙吐气而形成的，我认为这不是‘海市’形成的原因。欧阳修当年路过山东高唐县的时候，也发现过类似的现象，并详细地记载下来，他也看见了人物、车马等景观，与我所见的大致相同。”

现代研究证明，海市蜃楼现象的形成，是因为光线经过不同密度的空气层时，发生了显著的折射现象，从而把远处景物显示在空中而形成各种奇异景象，它常发生在海上和沙漠地区。对于海市蜃楼这种复杂的大气光学现象，沈括当时虽然还无法加以科学的说明，但他不相信这是由蛟龙吐气所成的无

稽之谈，这种态度是积极的。

在地质学方面，书中对于海陆变迁、流水侵蚀、地震等现象均有记述，有一篇关于古生物化石的条文对现在的科研也有启发：

“最近延州（今陕西延安地区）永宁关有一段河堤塌陷，深达几十尺，在下面发现了一片竹笋林，共有几百根，它们根茎相连，此时已经成为化石了。这时正好有皇宫内物人员路过，发现这种奇特的东西，就取走了一些准备献给皇帝。我感到很奇怪，延州这个地方一向不出产竹笋，而此物被深埋在地下，也不知到底是何物。难道是在上古时代，此地气候温暖潮湿而且地势低下，条件适宜于竹子的生长？在南方婺（wù）州金华山有松树、桃核、芦根、鱼、蟹等物的化石，但是当地原产这些东西，所以发现它们的化石也就不足为奇了。然而，竹笋在这样深的地中是不可能生存的，当地也不出产此物，所以我认为这是非常有意思的事。”

沈括通过对延州化石的研究，提出了当时地处高寒，不宜生竹的延州可能在上古进代，地势低平、气候温湿而适宜竹的生长的见解，虽然沈括所说的化石并非竹笋化石，而是新芦木化石。但他的这种根据化石来研究古代地理环境和气候条件的方法，至今仍为科学工作者所广泛运用。

在物理学方面，《梦溪笔谈》也保留了声、光、乐理等许多分枝学科的资料，比如有一条记载了一次特殊的雷电现象：

“内待（官名）李舜举家曾遭到过暴雷的袭击。当时雷劈到了西屋，有一火球出现在窗内，跃入屋中，在场的人都认为屋子就要被焚毁，赶快都逃了出去。等雷声停止后，人们发现屋子好好的，但墙壁和窗户纸都变成了黑色。屋中有一个木柜是存放各种器具的，其中有带银饰品的漆器，银都化成熔液流到了地上，而漆器却连一点焦灼的痕迹也没有。还有一把宝刀，用精钢制成，极为坚硬，然而在刀鞘中化成了钢水，刀鞘却完好无损。人们常说要着火必定先烧草木，然后才能溶化金属。但这次却相反：金属器物都被烧化，草木却毫不受损，这真是一件怪事啊！佛书上说‘龙火遇上水会烧得更旺，人间的火遭遇水就会熄灭’，这句话真是有理。人们能够明白许多事，但有的事要用一般的看问题的方法去推测它，是无法得到正确答案的。”

这段文字所反映的，实际上是一次高频感应放电现象。限于当时的认识，沈括不可能了解其中的科学道理，故而连博学多知的他也对此现象发出了力所不能及的感慨。

在化学方面，有关于石油的资料记载可以为代表：

“鄜延境内有石油，从前说延水东岸有石脂水，指的就是这个。石油产于水边，与沙石，泉水混杂在一起，缓缓地在地里冒出来。当地人用野鸡的尾羽把它沾起来，采集后放进瓦罐里，很象纯漆。它燃烧的时候象麻一样，但烟很浓，把帐篷都熏黑了。我想它的烟也许可以利用，就试着把它燃烧后附在物体上的烟煤扫起来，集中到一起用来制墨。没想到用它制出的墨又黑又亮，象漆一样，连松木烟灰制作的墨也赶不上它，于是就用它做了许多墨，在墨锭上以“延州石液”四个字作为标记。石油制品在今后一定会大大推广的，现在就从我做起吧。我认为，石油数量非常多，蕴藏在地下没有穷尽，不会象松木那样有时会枯竭。现在山东一带的松林已经采完，就连太行山、京西、江南一带有松树的山，现在大都也都光秃秃的了。制墨的人还都不知道石油燃烧时产生的油烟对制墨有很大好处。石炭（一种烟煤）燃烧时发出的烟也很大，会把衣服熏黑。我高兴地开玩笑做了一首《延州》诗：“二郎

山下雪纷纷，旋卓穹庐学塞人；化尽素衣冬未老，石烟多似洛阳尘。”

沈括是我国历史上第一个提出“石油”，并利用石油烟灰制墨的人。早在九百年以前，他就根据延州一带人民采集、利用石油的情况以及古代文献的记载，作出了“石油数量非常多，蕴藏在地下没有穷尽”的论断，并且大胆预言石油会在未来的世界上广泛推广使用。今天，我国丰富的石油资源的开发和利用以及石油在世界上占有的重要地位，不能不让我们佩服这位大科学家的远见。

在生物医学方面，《梦溪笔谈》对动植物的地理分布、形态描述和分类，生物的生理、后生态现象，药物和药理作用，古生物学等方面做了大量的忠实记录。比如《采药》一文：

“古法认为：采草药应在二月、八月（此处及下文均指农历），这很不恰当。二月时草已经开始发芽，八月时草苗还没有枯萎，这仅仅是有利于采药者辨认，对于药材的质地来说，在二、八月采则未必是好时机。大凡用植物根部入药的，应该采多年生草木植物的隔年老根，时间应是在它没有茎叶的时候，因为这时植物的所有养分都集中在根部，所以此时药性最强。要想验证这种说法，可以用芦菔、地黄等药物为例，如果在没有茎叶的时候采摘，根就会饱满而分量沉；反过来，根就会空虚而分量轻。那些不用隔年老根的药用植物，应等到它已经长成但还没开花时采摘，因为此时根已经长足而且没什么消耗。比如紫草，没开花时采，根色鲜艳；花开过后再采，则根色灰暗，这便是采药时节不同，药材质地也不同的验证。

用叶入药的，应在叶子刚刚长成时采集；用芽入药的，应在芽刚长足时采集；用花入药的，应在花刚刚开放时采摘；用果实入药的，应在果实成熟时采摘。此上种种，都说明采药之事不能限制时间。其主要原因是：土壤的温度和湿度随时间的变化而变化；气候也有着明显的寒暖变化。比如平地花开是在三月，而深山中则要到四月才开，唐代诗人白居易在《游大林寺》一诗中说道：‘在一般的地方四月就花落了，而这时山中寺庙的桃花才刚刚盛开，’就是这个道理。这种景观形成的主要原因，是地势高低不同所引起的。再如筍（gu）竹笋有二月发芽的，有三、四月发芽的，还有的直到五月才发芽，这就是晚筍了；稻子有七月成熟的品种，有八、九月成熟的品种，还有直到十月才成熟的晚稻品种。同一类植物却有着不同的生长成熟期，这是各种品种的物性不同而引起的。两广地区的小草，就是到了冬季也还是绿油油的；而中原地区的高大乔木，一到秋天就落叶纷飞。南方的桃树、李树在冬季也能结实；而北方的桃树，李树则只有夏天结实，这是各地气候不同所导致的。同一块田地的庄稼，则是先浇肥灌溉的部分先发芽；同一个山坡种的树，却是后种的后结果实，这是人力不同所造成的。难道这些都能限制在某个固定的月份吗？采药不能按古法行事，就是这些道理。”

沈括在本文中驳斥了把采药时间机械地规定在二、八月的旧法，主张采药的时间，应根据不同的用药要求而有所变化；同时还指出植物的生长又受地理、地势、气候、人力等多种因素的影响，因此要因地因时制宜。这种见解充分体现了他所具有的朴素辩证思想。

在工程技术方面，由于沈括从小对科学技术有着浓厚的兴趣，长期耳闻目睹劳动人民的发明创造，故经他之手留下的科技资料很多，有的更是独一无二的珍贵科技史料，比如有关活字印刷的记载，其文如下：

“用雕刻版印刷书籍，唐代时还没有得到广泛推广，从五代的冯道用雕

版印刷五经开始，以后的书籍，都是用雕版印刷的。到了本朝庆历年间（公元1042—1049年），有平民毕升，他发明了活字印刷术。他的办法是用胶泥刻字，其深度如铜钱的边缘，每个就是一小印，用火烤的方法使它坚硬。事先准备一块铁板，上面用松脂腊和纸灰之类的易熔物覆盖。当要印刷的时候，就把一个铁框放在铁板上，再排满活字，这时就是一版，把版拿到火上烘烤，等易熔物熔化时，就把书版放在上面，印出的字十分工整。如果只印几本，是感觉不到方便之处的；但如果印几十本及至成百上千，那就会觉得印速飞快，效率极高。

印刷时，常准备两块铁板，一块印刷的时候，另一块就用于排字，这样，当第一块板刚印完，第二块板已经就排好字等着了。如此交替使用，印书速度极快。每一个字均有几个印；至于‘之’、‘也’等常用字，多达二十几个印，这样就解决了一板之内重复用字的问题。至于那些暂时用不着的字，就按音韵分类存放于木格子中。如果遇到未曾准备的生僻字，马上就能刻出来。

那为何不用木头来刻活字呢？主要原因是木材的纹理有疏密，沾上水就会显现出来，而且还会与易熔物粘在一起不好拿下来。不象用胶泥活字印刷完毕后，再用火把松脂和腊烤化，用手轻轻一拨，活字就从铁板上脱落，一点也不会沾连。毕升死后，他的活字印就被我的子侄们得到了，保存至今。”

活字印刷术是我国古代四大发明之一，而其发明者毕升的名字能留给我们后人，就全靠《梦溪笔谈》的这段吉光片羽。毕升创造的活字印刷是印刷术上的重要革新，它早于欧洲四百多年。

除了丰富的自然科学资料之外，《梦溪笔谈》也记载了很多珍贵的社会科学资料，内容涉及到当时的政治、官制情况、以及历史学、文字学、书画学等各个方面。有许多条目反映了当时北宋社会的现实情况：臃兵冗政、官员贪污成风、人民生活贫苦，而身为最高统治者的皇帝却认为天下太平而经常大宴群臣。《梦溪笔谈》中许多有关典章制度的记载，可以作为正史的补充，比如：他任职过鄜延路的经略使，在《梦溪笔谈》中就针对于经略使一职的职权、隶属关系等方面作了详细的说明。

在这本书中，沈括用了不少篇幅记下了当时为统治阶层所看不起的布衣平民，及他们为社会所做的巨大贡献。比如前面讲过的盲人卫朴修历，布衣毕升发明活字印刷术，以及被人们誉为“造班鲁班”的巧匠喻皓兴建灵感塔，水工高超巧合龙门的事迹等等。

《梦溪笔谈》的另一部分重要内容是记载了沈括本人的科学研究成果。主要有数学，天文历法，物理学的分支学科如：声学、光学、磁学以及其它学科的珍贵资料。

在数学方面，沈括首创了“隙积术”和“会圆术”。在对数学几何学进行研究的过程中，他发现《九章算术》中，所用来求圆柱、圆台堆积体积的“刍童术”不很准确，因为“刍童术”实际上是用来求长方台体积的公式，而圆柱、圆台的堆积体积是有空隙的，它的实际体积与中间没有空隙的长方台体积显然不相等，所以借用“刍童术”来计算圆柱、圆台的堆积体积当然就很不准确。然而一千多年来，由于没有找到实际的计算公式，人们就一直采用这种不精确的计算方法。沈括经过长时间的研究和推导，发明了一个新的计算公式，称之为“隙积术”，实际上就是高等数学中的高阶等差级数的求和公式；设一堆积体的上下宽为  $a$  和  $c$ ，上下长为  $b$  和  $d$ ，高为  $h$ ，依照《梦

《梦溪笔谈》的原文所述的计算法译为现代数学公式就是：

$$\text{体积} = \frac{h}{b}[(2a+d)a + (2d+b)c] + \frac{h}{b}(c-a)$$

这个公式直到六百年后，才被西方数学家所认识到。

“会圆术”就是已知圆的直径和弓形的高，来求弓形的底（或称弦）和弓形弧的方法。如设已知圆的直径为  $d$ 、弓形的高为  $h$ ，则沈括的计算公式就是：

$$\text{弦长} = 2\sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2} - b\right)^2}$$

$$\text{弧长} = \frac{2b^2}{d} + C$$

其中弦长公式可用于勾股定理的证明，弧长公式则是我国数学史上第一个求弧长的近似公式。

除了“隙积术”和“会圆术”之外，沈括在天文学计算问题上曾经提出了“圆法”和“受法”，这是涉及到球面三角学的高深问题。

在天文历法方面，除了前面说过的沈括所取得的实际成就外，他还提出了一种全新的历法“十二气历”。我国原来的历法都是阴阳合历，而“十二气历”却是纯粹的阳历，他主张废除十二个月一年的历法制度，改以十二气作为一年，一年分四季，每季分孟、仲、季三个月，并且按节气来定月份。办法是以立春那天作为孟春之月的第一日，也就是一月一日；以惊蛰为仲春之月的第一天，也就是二月一日，以此类推，用节气来定月份。每个大月三十一日，小月二十日，大小月相间，取消闰月。这样，即使有“两个小月相并”的情形，也不过一年一次，这样的一年是 365 日；没有的，一年共三百六十六天。就和现在通用的太阳历一样，至于月亮的圆缺，和寒来暑往的季节无关，只要在历书上注明“朔（月缺）”、“望（月圆）”就行了。

沈括所设计的这种历法是比较科学的，它既符合天体运行的实际，也有利于农业活动的安排，因为农民耕作都是按照季节进行的，故这种以节气为基准的历法十分方便。他预见到他的这一历法改革主张，必定会遭到顽固守旧派的攻击并会极力阻挠，而暂时不能推行；但是，他坚信“日后必有采用我的主张的一天”。历史已证明了他预见的正确性，现在世界各国所采用的公历，基本原理和“十二气历”是一致的，英国统计局统计气候和生产所采用的“萧讷伯历”是和“十二气历”是完全相同的。

沈括对物理学研究的成果也是极其丰硕的。《梦溪笔谈》中所记载的这方面见解和成果，涉及到力学、磁学、光学、声学等各个领域。特别是他对磁学的研究成就卓著，沈括在《梦溪笔谈》中第一次明确地谈到了磁偏角问题。

指南针，是我国古代劳动人民的四大发明之一。古代的人用磁石磨针，针尖就会因磁力而指南。但是，指南针如何使用才能更准确呢！为此，沈括进行了各种试验。

起初，他把带磁的针放在水面上，但水面时常动荡，磁针老是摇来晃去，不能稳定地指示方向。于是，他就把磁针放在碗边上或指甲上，这时由于底部稳定，磁针就能够灵敏运转而指示方向，但又容易从碗边或指甲上滑下来，所以也不易使用。后来，他把磁针悬挂在丝线上，发现这样使用，磁针既转向灵敏，又不容易脱落。他所采用的具体方法是：从蚕茧中抽出一条长丝来，

然后用一小块蜡把丝粘在磁针的腰上，并将它悬挂在没有风的地方。这样，一个灵敏而实用的指南针就可以实用了。

那么，指南针是否就指向正南而毫无偏差呢？沈括对常人毫不怀疑的日常问题提出了疑问，并进行了多次试验。结果，沈括发现磁针的针尖有的指南，有的却指向北。虽然限于当时的科学认识水平，他不知道磁石有南北两极，因而磨出的磁针也会指北，但他能注意到这个问题并提了出来，也是很了不起的。同时，通过测定，沈括又察觉到指南针并不指着正南，而是略微有些偏东。这样，他就成为世界上第一个发现地磁偏角的科学家。通过现代研究，我们知道：地球的磁南北极与地理南北极并不完全重合，而是有着一定距离，因而也就形成了地磁偏角这一现象。西方发现地磁偏角是在 1492 年哥伦布第一次航行，横渡大西洋时才发现的，比沈括晚了四百年。

在光学方面，沈括通过亲身实测，在《梦溪笔谈》中对小孔成像、凹面镜成像、凹凸镜的放大和缩小作用等作了通俗生动的论述。他把小孔成像和凹面镜成像联系起来，指出成像是由于光线穿过小孔或焦点而形成束光的缘故。他还论述了镜面凹则照人像大，凸则照人小的原理，并指出可以应用这一原理，调整镜面的大小与凹凸，可以使所照的人像与实体一样大。另外，在做凹面镜成像实验时，他还发现当日光照射在镜面上，反射的光线汇集于一点（即主焦点）时，温度非常高，可以引火。这说明了他们对太阳能的利用也有了初步的认识。

在声学方面，沈括也颇有研究与见解。他把几个小纸人放在七弦琴上进行实验，发现，当拨弹一根弦的时候，放在比这根弦高八度（一个音阶）的另一根弦上的小纸人会跳动起来，而其它弦上的小纸人则不会跳动。即使是两只琴，当弹一只琴的弦时，放在另一只琴上相应的弦上的小纸人也会跳动。这个实验证明：一个发声体的振动能引起另一频率相同的发声体的振动。沈括称此现象为“应声”即是现代物理学名词“共振”。

除了以上所介绍的之外，沈括对其它许多学科也有着深入的研究，独到的见解，《梦溪笔谈》也就是这样一部集作者见闻、研究成果之大成的博物著作，记录了当时科学技术的最新成就，反映了我国科学技术的高度发展情况，故而被称作“中国科技史上的里程碑”是非常恰如其分的。

《梦溪笔谈》是沈括毕生从事科学工作的心血结晶，但他的著述并不止此，他还有许多文章，主要保存在他的文集《长兴集》中，后人还把沈括搜集到的医疗方法、药方与苏轼（即苏东坡）的医药杂说合编成一部《苏沈良方》。史书上称他“博学善文，于天文、方志、律历、音乐、医药、卜算无所不通，皆有所论著”是很恰当的。

但这样的一位杰出人物的晚年生活是非常不幸的，他的继妻张氏对他不好，甚至经常打骂虐待，使他的体质更弱，并时常精神恍惚不安。一次乘船过长江，他几乎自己掉入江中，幸而被人拉住。宋哲宗绍圣二年（1095 年），这位学识渊博、成就卓越的科学家，爱国爱民、矢志不移的科学家、政治家，离开了这个世界，享年六十五岁。

## 结束语

宋朝，封建经济进入了比较高的发展阶段。农业技术、纺织、冶炼、陶瓷、造纸、造船等各行业都取得了很大成就，广大劳动人民同时积累了丰富

的实践经验，这个时期自然科学的发展出现了一个前所未有的高峰。沈括能在自然科学的许多领域取得杰出成就，是与当时的生产技术水平，社会大环境分不开的。

沈括的思想中，具有朴素的唯物主义思想和发展变化的观点。他认识到了自然界事物变化是有规律的，而这些规律是不依人们意志为转移而客观存在的。他还认为事物的变化规律有正常变化和异常变化，不能拘泥于固定不变的规则。正是这些正确的思想观点，在精神上支持了他在科学技术所进行的研究、创造。

也正是由于他有着正确的思想倾向，使得他不同于那些轻视广大劳动群众的封建官吏，而是十分重视劳动人民的实践经验和发明创造，他不断地从广大劳动人民那里汲取智慧和力量。他说过：“至于精巧的器皿，各种生产工具的尺寸、大小、颜色等等。难道都是圣人制定的吗？那些各行业的工匠，普通的劳动者都是生产技术的创造者。”能有如此观点，在当时是难能可贵的，而正因为这样，沈括才具有了不断发展创造的力量源泉。

沈括，是我们中华民族的杰出代表，他所具有的优点：智慧、坚毅、正直、勇于进取等正是中华民族所固有的传统美德。历史的车轮驶到今天，也是因为有着无数象沈括这样的人，不断给历史这部机车添油加力，才使它永远滚滚向前。沈括的名字，已经镌刻在中华民族的文明史上；而他留给我们后人的宝贵科学财富，我们要继承，更要发挥光大，使中华民族永远屹立在世界民族之林的最高峰！

