



中国古代水利技术发明家 ——李冰

李冰 中国古代水利专家。战国时期的秦国人。有关他的生卒年月、家世故里、生平事迹等详情，由于史料的缺乏，如今已大都无从知晓。现在能见到的，只在《华阳国志·蜀志》与《水经注·江水》中略有记载。根据记载可知李冰在秦昭王时（公元前 256 年 ~ 前 251 年）被任命为蜀郡守。据说他“能知天文地理”，极有学识与才能。他到任以后所做的实事都与治水有关，如主持了沫水航道的治理与兴建都江堰水利工程等。

中国古代的战国时期，各诸侯国为富国强兵都大力发展经济，而兴修水利就是一项很重要的举措。许多国家在当时都搞了一些很有名的工程，也涌现出了一批著名的水利专家，而其中最负盛名的就是李冰。

李冰上任后即治理了沫水（今青衣江），这是岷江的一条支流，发源于蒙山。因为江中有一个大礁离碓（亦名离堆、溷崖等），加之江水流速漂疾，严重地影响了舟船的航行。李冰主持将离碓凿除后，使得航道畅通无阻，极大地方便了沫水上的航行。

成功地修筑都江堰的 3 项主要工程

设计、建造都江堰水利工程是李冰对子孙后代的伟大科学贡献。与沫水治理相比，都江堰工程显然要复杂得多，而其地位与价值也高得多。都江堰历史上曾先后被称为湔棚、湔堰、金堤、都安大堰等。唐代称“犍尾堰”，到宋代才有了“都江堰”的名称。

都江堰是岷江中游的一项大工程。岷江从岷山发源，一路急流而下，到灌县地域又进入了平川地界。这里地形复杂，加之泥沙淤积，使得航行十分困难，而且江水在洪水季节常常泛滥。令人感到奇怪的是，西边遭受洪水肆虐的时候，东边却因缺水正受旱灾之苦。

李冰到任以后，听到了大量的民众呼声，亲临实地考察后不久就开始实施这项规模浩大的工程。近现代的人们所见到的都江堰工程，从上游数起，主要有百丈堤、都江堰鱼嘴、内外金刚堤、飞沙堰、人字堤、宝瓶口。其中最重要的是都江堰鱼嘴、飞沙堰与宝瓶口。现在可以肯定这 3 项主要工程都是李冰所主持修筑的。

都江堰鱼嘴，又名分水鱼嘴，是人工筑起的一条纵向的大堰，因为头部像鱼头，所以称为“鱼嘴”。又因为它的作用在于

把上游流下来的江水分内、外两股（堤左西面的为外江，是岷江的主流 堤右东面的为内江 是灌溉东面田地的总渠）所以称为“分水鱼嘴”。

在修筑这条分水堤堰的时候，开始采用向江心抛掷石块的办法，但由于江流过急而始终没有成功。后改用竹子编成的长 10 米、宽 0.6 米的特大竹笼装满大块的卵石沉入江底，才终于筑成了这条大堤堰。这条分水堤堰，也就是《华阳国志·蜀志》与《水经注·江水》所记载的“壅江作棚”的“棚”。这个分水鱼嘴和灵渠上的铧嘴、沱江官渠的平水梁很相似，它们之间究竟是否存在承继或学习启迪的关系，是许多专业学者们仍在继续深入研究的。

分水鱼嘴筑成以后，使得岷江水得以分流，既可以使干流外江的水量不致太大，从而大大降低了洪水季节泛滥成灾的概率，同时又使东面内江能灌溉灌县的田地，免除了灌县旱灾的产生。鱼嘴的分水量有一定的比例，大致是外江占 4 成 内江占 6 成，为了避免洪水季节内江也产生涝灾，又修筑了飞沙堰。

飞沙堰的修筑方法与鱼嘴分水堰相同，也是用特大竹笼装满卵石而堆筑成功的。这条堰的难点与关键，在于它的高度必须正好适宜，才能使内江的水位在达到一定高度后，江水会漫过堤堰而流入外江。在内江水位过高、水量特大、水速过急时，更会把堤堰冲垮，内江的水直泄外江，更可以确保内江整个灌区的安全。这条堤堰所以取名为飞沙堰，还因为它与宝瓶口配合，能产生排沙作用。

分水鱼嘴与飞沙堰所采用的竹笼填石法，是一个既简便又高效的创新，可就地取材，施工方便，费用低廉，实用高效。

在建筑学上，人们对此有十六字的高度评价——重而不陷，击而不反，硬而不刚，散而不乱。如此高明的创造，是否为李冰首创，目前还未能肯定，但就目前所知在李冰之前还从没发现，所以很可能是李冰发明并在如此大型的工程中予以使用的，但也很可能是他吸取了民间的或前人的经验而加以发展的。

宝瓶口工程实际是整个都江堰工程的第一步，李冰最先就是把阻碍江水东流的玉垒山劈开。这项工程开始也不怎么顺利，工程进度很慢。后来，李冰在富有经验的民工们的建议下，采用了火烧山岩、让岩山爆裂的方法，使得工程进度加快，最终把玉垒山劈开了 20 米左右宽的大口。因为它的形状像瓶口，就命名为宝瓶口。把分水鱼嘴、飞沙堰、宝瓶口联合起来，就使得岷江在这里成功地实现了分流，也就实现了既消除西面水患、又消除东面旱灾的缺陷，一举两得，功德无量。

为了控制内江的水量，李冰还刻了 3 个石人，设置在“玉女房下白沙邮”（在都江堰工程区域中）。如果水位浅到石人的脚部，用于灌溉的水量就有可能不足，也就预示着会发生旱灾；如果水位升到石人的肩部，就表示水量已经过多，也就预示着会发生洪灾。这个以足、肩作为水量不足与过多的标志，是在长期经验积累的基础上建立起来的，史籍记载为“竭不至足，盛不没肩”。

1974 年、1975 年在外江的金刚堤、安澜索桥一带出土了东汉时期刻凿的二尊李冰石像。一尊题字为“故蜀郡李府君讳冰”、“建宁元年闰月戊申朔廿五日都水掾尹龙长陈壹造三神石人珍镇水万世焉”；一尊题字已模糊而不可辨。这很可能是仿照李冰所立石人而制，既可纪念李冰，又可以作水位衡

量的标志。出土的李冰像高达 2.9 米，折合古尺在一丈有余，这个高度很可能是兼有水位标示作用的。

“深淘滩 低作堰”

相传李冰还制作过石犀，埋在内江中，作为每年治理时淘挖泥沙的深度标准。当时李冰所定的岁修原则是“深淘滩，低作堰”，也就是说每年淘挖江底淤积的泥沙要深，可以使江水水量有适当的保证；飞沙堰的堤堰不能筑得较高，以免影响内江江水的外溢与泄洪，可以保证内江不发生洪灾。李冰所制定的这六字要诀，后人极为重视。在内江东岸修筑的纪念李冰父子的二王庙石壁上，就赫然刻着六字要诀与解释这六字要诀的治水三字经。

在《华阳国志·蜀志》与《水经注·江水》等文献典籍中还记载着李冰父子治理过管江、汶井江、洛水、绵水，以及建索桥、穿盐井等事迹。这些传说中难免有附会依托的成分，很难全部相信。但这些传说的产生，也正是因为李冰父子修筑都江堰而享有了极高的声誉，后人才会把蜀地的诸多水利工程与善事都归到李冰父子的名下，这也反映出了李冰父子在历史上的地位与盛名。

以今天的科学水平来回顾 2000 多年前的都江堰工程，仍然可以看到这个工程从规划、施工到最终的效果都是十分科学和正确的。因此，这项工程能够成功地控制内、外江水量，解决西涝东旱的弊病，把原来的灾害地区变成“天府”粮仓。如果以现代的科技水平来从事这项工程，可能在施工手段、设备材料、工程进度上有所提高，而就最终的效果来说，则差距

并不很大。因此，我们不得不由衷地对 2000 多年前这项杰出的工程与工程的主持人李冰表示钦佩！

（王贻梁）



造纸技术的革新家和完善者 ——蔡伦

蔡伦(约 61~121)中国古代技术革新家。字敬仲,东汉桂阳(今湖南郴州市)人。出身于普通农民家庭,从小随长辈种田。

蔡伦幼时聪明伶俐,东汉明帝永平十八年(公元 75 年)被选入宫为宦官,时年约 15 岁。他于章帝建初元年(公元 76 年)升任小黄门这一低级职务,到和帝即位的永元元年(公元 89 年)又升任中常侍。中常侍在宦官中属中等官员,但由于在皇帝身边工作,就不仅能接触到国家最高级别的政务与机密,还能有得到皇帝的恩宠而进一步升迁的机会。果然,不久他又兼任了尚方令。这是一个专管宫廷御用手工作坊的职务,为蔡伦革新与完善造纸技术创造了最佳的机缘与条件。

蔡伦是我国古代造纸技术的革新家和完善者。

造纸术的发明

我国古代无数工匠智慧与汗水的结晶

造纸术的发明，对于人类文明发展所作出的巨大贡献，是怎么估计也不会过高的。而作出这个伟大贡献的，就是古代中国人民。

在过去很长的时期里，人们往往都把这份荣耀归于蔡伦一人，“蔡伦造纸”是千百年来人们广为传诵的传奇故事。然而从本世纪以来，由于在我国的新疆、甘肃、内蒙、陕西等地区不断有西汉时期的早期纸张出土，于是对历来相传的蔡伦是造纸术创始人的说法也就开始产生了怀疑与动摇。很显然，这在当今时代下需要进行新的探讨。

经过专家们的研究后，得到了这样几点基本的认识：首先，现在可以肯定蔡伦不是发明造纸术的第一人，这不仅大量的出土实物作为铁的证据，而且就是在文献中也早有记载。如在《史记》、《汉书》等文献中记载有蔡伦之前用纸的许多实例，最早是在西汉初年的汉武帝时期（公元前 140 年 ~ 前 87 年）以后在汉成帝（公元前 32 年 ~ 前 7 年）、汉光武帝（公元 25 年 ~ 57 年）等时期都有用纸的实例。特别是东汉章帝建初元年（公元 76 年）曾有在纸上书写《春秋》、《左传》的记载表明当时已有相当成熟、可以用于书写的纸张。因此，最早发明造纸术的年代可以上推到西汉初年，在蔡伦之前 100 多年。其次，同时我们也要看到，蔡伦之前出土的纸张实物大都是较粗糙的，很少能用于书写，西汉时期的纸张尤其如此。文献所记载的东汉章帝建初元年有人在纸上书写《春秋》、《左传》的

实例，也证明了纸张是从西汉开始产生，到东汉蔡伦时代才逐渐成熟起来。因此，“蔡伦造纸”传说的价值仍然存在，依然值得作进一步的研究探讨。

我国古代纸张的发明，很明显是与蚕丝业和制麻业的发展有着密切关系的。在蚕丝业中，除缫丝以外还有用低等级蚕茧制作丝棉的。制作丝棉的过程是：把蚕茧浸泡在水中，然后反复轻轻捶打，直到把蚕茧的纤维充分化开、拉松。这一过程，工艺上称为漂絮。从事这项工作的基本上都为女性。《史记·淮阴侯列传》中说到韩信年轻时曾遇到过一位“漂母”，应该就是以漂絮为业的。漂絮以后，大都会有一些蚕絮残留在器物或竹席上，干了以后就成了絮片。这些絮片，有些很薄，有点像薄纱。而我国在战国时就已经有了在丝帛上书写的习俗，于是很自然地也就会将这些絮片利用起来作为书写材料。同样，在制麻工艺中，无论是大麻还是苕麻，首先都要进行沤漂洗。《诗经·陈风·东门之池》中的“东门之池，可以沤麻”“东门之池，可以沤苕”，说的都是这个工艺。沤泡后的麻或苕，还要用水进行浸漂，然后要反复捶打，以使其纤维充分化开、拉松，最终总会有一些残碎的麻缕产生，干了以后便会形成絮片，这与丝棉絮片异曲同工。

从现有的早期出土纸张来看，基本上都以麻纤维为主要成分，而且都很粗糙，这反映出上述的分析是正确的。从西汉初年到东汉蔡伦生活的年代，造纸术经历了从探索、尝试、起步到逐渐成熟的发展历程。蔡伦生逢其时，又恰好担任了尚方令一职，使他有机缘接触到造纸技术与其他手工行业，为他革新、完善造纸技术开辟了道路，最终他也确实作出了卓越的贡献。

奠定造纸技术的革新家

蔡伦对造纸技术的革新与完善，是建立在西汉以来的基础之上的。首先，他在原料上进行了大胆的革新。他不再用丝棉絮、麻絮这样的粗糙纤维材料而是以破布、旧鱼网、树皮等物品作为新的材料，使新制的纸张更为细腻。这一创新，还为后来不断开发新的造纸原料开辟了新的思路。其次，他又对具体的制作工艺进行了革新，使整个工艺更为成熟与完善。据专家们的推测，蔡伦很可能开创了用石灰这样的碱性物质来沤制植物纤维的新工艺。碱性溶液不仅可以使植物纤维的分解速度加快，还可以使植物纤维的分解更细、更透，使纸张更为细腻和洁白。在蔡伦的主持下，基本上奠定了纸张制作的工艺流程 从沤制、舂捣、制浆、刷浆、晾干 直至压平研光，极为完整。即使是现代，虽然手工造纸已经发展为机械造纸，但基本流程却仍然是汉代蔡伦所奠定的那一套。

元兴元年(公元 105 年)，当蔡伦把新制的精美纸张献给和帝时，受到了汉和帝的大力赞赏，一时声震全国。因为蔡伦造纸有功 后来被封为龙亭侯(封邑龙亭在今陕西洋县)他所督造的纸也就被称为“蔡侯纸”。很显然，蔡伦督造的纸张在质量上有了很大的提高，才会赢得如此高的声誉。事实也正是如此，由于蔡伦造的纸张迅速地取代了其他材料而成为最主要的书写材料，于是纸张很快就成为大宗的消费品，造纸也随之成了一项独立的手工业行业。

回顾这段历史，从西汉初年到蔡伦的年代这 200 多年中，我国的造纸业从萌芽起步到形成为一个新兴的、前途灿烂的

行业，这的确是无数工匠智慧与汗水的结晶。无论是青史留名的蔡伦，还是那众多的默默无闻的工匠，都是值得后人缅怀与颂扬的。作为奠定了造纸术的蔡伦，也正是在与工匠们的不断接触中才取得如此重大的成就的。

在蔡伦奠定了造纸术之后，他所造出的精美纸张在我国很快就成了第一位的书写材料。魏晋南北朝时造纸术开始传向世界，最先传入朝鲜与越南，接着是日本，在唐代传到了阿拉伯 到 12 世纪中叶传入了欧洲，后来又传到了美洲、澳洲，为世界人类文明的发展作出了不朽的贡献！

（王贻梁）



活字印刷术的发明者 —— 毕昇

毕昇（?~ 约 1051）中国古代技术发明家。宋庆历年间人。有关他的生平和活动，史书上没有详细记载，只是宋人沈括在科技巨著《梦溪笔谈》一书中提到：“庆历中有布衣毕昇，又为活版。”布衣’即指当时没有任何官职俸禄的普通百姓；活版’是指活字印刷。

毕昇的事迹虽然没有完整地流传下来，但是他所创造发明的活字印刷术却极大地影响了整个社会的文化进程，推动了当时的文明程度，对中国和世界历史文化的发展、思想理论的传播均起了巨大的作用，使中国成为当时世界上印刷技术最先进的国家。

活字印刷术的发明

毕昇生活在我国封建经济文化高度发展的北宋时代，当时社会生产力较之前代有了很大发展，手工业特别是矿冶、丝织、瓷器、造纸和雕版印刷等进展迅猛，并且作为传播文字工具的雕版印刷技术已经完善。史载，开封、杭州、四川、福建等地，以刻印质量精美和速度迅速而成为北宋时期的印刷出版中心。宋太祖开宝四年（公元 971 年）张徒信在成都雕印了全套《大藏经》费工 12 年，共 1076 部，5048 卷，用于印制的雕版达 13 万块之多，这是印刷史初始阶段分量最大的一部书。用这种雕版印刷，可连续印几百部或更多的书籍，有力地促进了思想文化的传播。然而，雕版印刷还存在着许多欠缺，例如雕刻一套书版，需要若干年时间，耗费大量人力、物力。而一部书需要雕刻很多块印版，占用大量房舍，还得精心存放，防止腐蚀损坏；如果一旦在雕刻的印版上发现错别字，就必须整版重新雕刻，不能串版和更改个别错字、别字。这些均成了当时印刷业无法解决的难题。

毕昇虽然出身于普通家庭，但对科学技术十分爱好。他目睹了当时印刷术日益不适应社会文化需要的现状，决心自己动手搞发明，改进雕版印刷术的欠缺与不足。经过刻苦钻研、反复实践，终于创造出了一种更为进步的印刷方法——活字印刷术。活字印刷术体现了毕昇的奇妙构思和艰辛劳作。他用带有粘性的胶泥制成薄片，刻成一个一个的单字，用多少刻多少，常用的字则多刻一些，如人、也、者等刻了几十个。文字按韵目分类，分别放在小木格子里。刻印书籍时，预先放好

一块铁板，用油蜡、松脂和纸灰混合起来涂抹在铁板上，然后把一个铁框置于其上，按照书稿内容，把烧成的字模放在铁框中，放满一铁框就是一个印版，再拿去靠近火烤，等松脂等逐渐熔化后，就用一块平板按压它的版面，如此一来，胶泥字块就变成了平平的版型，于是就可以印刷了。一部书籍印过之后，将铁板再放到火上烤，以备下次再用。为了提高印刷效率，毕昇经常准备两块铁板，当一块版正在印制的时候，另一块已经在一旁排字烘烤，两套工序设备交替进行，在很短的时间内就能够印出书籍来。

毕昇发明的这种活字印刷术，制版快，质量好，印版中如有错字或需要改动某处，随时能够更换替改。而且在印完一种书籍后，印版虽然拆了，但活字块还可以继续反复使用，节省了大量人力、物力，其优越性显而易见。这种方法虽然还比较原始和简单，但胶泥活字的基本原理，却与现代铅字排印的技法一脉相承。活字印刷术的发明，无疑是我国和世界印刷史上一次划时代的革新。

活字印刷术的发展和传播

毕昇创造了活字印刷，提高了印刷效率，推动了科学文化的发展，对人类文明的进步作出了贡献。但是，毕昇这一科技成果并未被当时的封建统治者所重视，他们把这一科学发明看成是微不足道的雕虫小技。因此，在毕昇生前，活字印刷术没有得到统治者的重视和支持；毕昇死后，活字印刷术也只在小范围内运用，未见大力推广。但是，毕昇所发明的活字印刷的科学技术原理，通过其同时代人沈括的科技巨著《梦溪笔

谈》及民间艺人的传播，得到保存与运用，后代的印刷科技专家根据胶泥活字印刷的原理，使印刷术逐渐完善，并推广到世界各地。1314年前后，元代人王祜在毕昇发明的活字印刷原理的启迪下，创造了木活字印刷术。1488年，明代无锡人华燧，在总结继承前人印刷技术经验的基础上，开始使用铜字印刷，其时的印刷技术已经发展到了臻于完善的程度。明末万历二年（公元1574年），福建人饶氏用铜活字印出了1000卷本的《太平御览》。清代雍正年间（公元1723年~1735年），陈梦雷用新制的铜版活字印刷印出了《古今图书集成》这一巨帙，共计有5020册，10040卷，可见活字印刷的规模之大。1773年，清政府下令匠人用枣木刻成253500多个大小活字，先后印成《武英殿聚珍版丛书》138种，计2300多卷，这是我国历史上规模较大的一次用木活字印刷书籍的行动。

毕昇的活字印刷术，不只在我国产生了如此巨大的影响。随着中外经济文化的交流，13世纪之后，这一科技发明逐渐流传到世界各地。大约在14世纪，活字印刷术传到了朝鲜、日本等国。朝鲜人民发挥自己的聪明才智，根据活字制版的原理，推陈出新，将木活字改进为铜活字，铸成了二三百万个铜活字，并且在1436年铸造成了世界上最早的铅活字。约在15世纪时，活字印刷传到了欧洲各国。1456年，德国的谷腾堡首先在梅因兹使用活字印书，印成出版了欧洲第一部活字印本——《谷腾堡圣经》（又名《四十二行本圣经》）比毕昇发明活字印刷术的时间晚了400多年。活字印刷术由此很快地从德国传到意大利、瑞士、捷克、法国、荷兰、比利时、西班牙、英国、葡萄牙等国。活字印刷术传至这些国家以后，改变了原来只有僧侣才能读书、接受高等教育的状况，为欧洲的科学文

明走出中世纪漫长的黑夜，以及社会文化突飞猛进地发展提供了一种重要的物质技术条件，也为推进欧洲历史进程的文艺复兴运动的出现打下了必要的基础。著名英国哲学家弗里西斯·培根在评论中国古代发明时说：“这三种东西（印刷术、火药、指南针）曾改变了整个世界事物的面貌和状态，……没有一个帝国，没有一个教派，没有一个赫赫有名的人物，能比这三种创造发明在人类的事业中产生更大的力量和影响。”

毕昇虽然早已离我们而去了，但他创造的业绩和不朽的技艺，他那孜孜以求的科学精神，他对发展人类文明所作出的贡献 将与世同存 永远为后人所尊敬和怀念。

（曾抗）



中国古代农业技术的总结者 ——王祯

王 祯 (约 1271 ~ 约 1330) 中国古代农学家与机械制造家。字伯善 山东东平人。由于历史记载的缺乏 生卒年月与详细生平都已无从考证。现在只知道他曾做过两次官 先是在元成宗元贞元年 (公元 1295 年) 出任宣州旌德 (今安徽旌德县) 县尹 到大德四年 (公元 1300 年) 又调任信州永丰 (今江西广丰县) 县尹。

王祯生性耿直而又古道热肠 自己生活清贫 对民众的疾苦却相当关心 捐薪俸 办学校 修桥梁 施医药 颇受当地民众拥戴。他在任上, 全心劝桑兴农, 为发展当地的农业生产倾注了一腔心血与精力, 也因此而成为著名的农学家与机械家。

王祯的科学成就 主要体现在他的《王祯农书》一书中。