



天工开物

古代生活中的科技

从古床、独木舟到网的世界；从古钟、景泰蓝到书架的故事；从针灸铜人、木牛流马到奥妙无穷的黑白世界；古代器物中所显示出来的科学技术充满了智慧，看似微不足道的发明给人们的生活带来巨大冲击。

◎ 主编 刘胜华



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

天工开物

古代生活中的科技

◎ 主编 刘胜华



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

图书在版编目 (CIP) 数据

天工开物：古代生活中的科技 / 刘胜华主编. —上海：上海科学技术文献出版社，2014.7

(CCTV 天工开物丛书)

ISBN 978-7-5439-6260-6

I . ① 天… II . ① 刘… III . ① 科学技术—普及读物 IV .
① N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 127595 号

责任编辑：张 树

封面设计：许 菲

天工开物·古代生活中的科技

主编 刘胜华

出版发行：上海科学技术文献出版社

地 址：上海市长乐路 746 号

邮政编码：200040

经 销：全国新华书店

印 刷：常熟市华顺印刷有限公司

开 本：740×970 1/16

印 张：11.5

字 数：126 000

版 次：2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-5439-6260-6

定 价：26.00 元

<http://www.sstlp.com>

前言

天工总有开物时（代序）

刘民朝

如果把《天工开物》作为一个新词典里的词条，它应该有两项解释。一是明代宋应星所著的科技专著；一是中央电视台科教频道里的科普栏目。诚然，作为电视栏目的《天工开物》是无法与历史名著《天工开物》相提并论的，但它却为大众所知，并赢得了不少有识之士的青睐。就目前在社会上的影响而论，也几乎与宋应星的《天工开物》不相上下。

该栏目创办于“科教频道”开办之初，其名称有意沿袭了祖先的书名，其含义是“认识自然规律，展开发明创造”，其初衷是系统展示中国古代的创造发明，以激发国人的科学精神、创造热情和民族自信心，栏目组在后来的表现也的确不俗：开播不到一年，由于制作精细，节目不但在大陆受到好评，还销往了境外，被推荐到国际上评奖。其推出的系列节目《古代器物》，尤其叫好又叫座，反映出栏目组对节目类型创作规律的清醒认识和把握。在创作手法上，摆脱了传统专题片的束缚，引进了动画、模型、实验、调查、复原、再现和主持人现场讨论等多种手段，不少节目活灵活现地介绍了古人的巧夺天工，



令人过目不忘，真正起到了启迪智慧、激发创造的功效。在选题范围上，栏目也突破了单纯着眼中国古代的界限，而拓展为古今中外，无所不包。其中还开始注重了我国少数民族发明创造的挖掘和当代百姓的创造革新的反映，已经不是老生常谈的“四大发明”，而是应接不暇、闻所未闻的奇思妙想。栏目组也因此应接不暇地接到观众的来信、来电和E-mail，或讨论问题，或索要节目光盘。从这一点上说，宋应星的《天工开物》在科普传播效果上，就比不上后代这个电视的《天工开物》了。

平心而论，《天工开物》栏目在科教频道中收视率并不算低，并且富有特色，也属频道中的应有之义。惜乎由于各种原因，还没有形成规模传播效益。大概也因为这一点，科教频道在此次改版中将她暂隐到后台以待来时。我到国外同类电视台访问，看到他们特设一种“季播栏目”，就是经过一段精心的筹备制作之后，在一年的某一季度集中推出，而后又偃旗息鼓，到后台准备去了。你别说，这种播法还真有让人翘首企盼的特殊效果。

我们也企盼着《天工开物》再次登台！

天工开物：有待开掘的富矿

刘胜华

给《天工开物》系列节目出书，一直是节目组计划之内的工作，然而令人想不到的是，书稿完成的同时，这套节目却被从十套节目中撤出，不能不让人感到沮丧和伤心，也许拿到这套书时，也只剩“此情可待成追忆，只是当时已惘然”的遗憾了。

当初创办《天工开物》这套节目的灵感，来源于一个关于中国古人利用声音的波长确定尺度的小故事，这个故事深深打动了我，让我在感叹古人聪明智慧的同时，也深感我们对自己祖先了解的肤浅和狭隘。过去，我们都只停留在“四大发明”的层次上，其实，中国人的智慧和创造力远不止于此，于是我们萌发了制作一档表现中国古代科学技术、发明创造的节目的想法，我们为这套节目找了个现成名字——《天工开物》，希望借古人的影响力创造新的辉煌。

3年多的努力，我们制作完成了400多期节目，这些节目生动形象地介绍了历史上的科学发现和技术发明。如最初采用纪录片形式制作的《算筹》、《悬空寺》、《小罅光景》等，随着播出时间的固定和收视的需要，我们在形式上有了新的调整：采用主持人串联的方式活跃节目形态；在内容上进行主题分类：比如以介绍成语中的古代科技为内容的“成语科考”系列，以及“古代器物”系列，等等。

“成语科考”对成语中涉及的科学技术进行了深入有趣地探讨和分析，从新的角度认识、理解成语，比如“丝丝入扣”形象地道出了纺织机上经线的挂织方法；“来龙去脉”中有着古人对居住环境的科学认识；“作茧自缚”准确地道出了蚕吐丝结茧的过程；“百炼成钢”实际上是源自我国古代的一种炼钢技术，而“如胶似漆”这个成语则反映了古人对“漆”的特性有了深入地了解。

2005年，在不断摸索、不断总结经验的基础上，我们推出了“用现代文明视野，关注古代器物”的系列节目，从科技角度探讨古代器物的出现、使用情况、制作工艺、成分分析等等，从中折射出古代科技的发展和进步。这套节目策划精细，深入浅出，受到观众欢迎。可惜的是，由于频道改版，这套节目刚进入开篇就草草收场。

《天工开物》可以挖掘的东西十分广泛和深厚，从中国传统科技、文化的丰富内涵，从物质文明积淀的角度看，《天工开物》是一个绝对的富矿。就以古代器物来说，它贯穿了整个历史长河，仅从器物的材料看就有陶器、青铜器、铁器、瓷器、漆器、木器等很多方面，细加分析都有令人赞叹的精妙。实际上，《天工开物》早已不局限于中国古代发明，而是拓展到古今中外的发明创造，并且正在尝试把视野放到人类大文明的背景下，进行中西发明的比较，进而提升到理性层面。这也正是《天工开物》的优势所在。

《天工开物》承载了中华民族的传统文化，传播着科学知识、科学方法和科学思想，节目以一批高水准的专家学者为后盾，以文物、古籍、留存的技艺为资源，内涵丰富，表现生动，是一档没有播出时限的长线节目。对于提高公民的科学素养，培养文化品位都有积极意义，《天工开物》应该是有永久生命力的。

《天工开物》——一座有待开掘的富矿。

目录

1. 传真机的发明	1
2. 打印机的发明	6
3. 擒住“踏着轮子的混世魔王”	11
4. 走上 T 型台的汽车	17
5. 改变世界的机器	23
6. 开启便捷生活的拉链	29
7. 篮球的发明	35
8. 建材之王变奏曲——水泥的发明	40
9. 人类想要的玻璃	45
10. 肥皂的故事	50
11. 香甜记忆的冰激凌	57
12. 吉尼斯原来是啤酒	61
13. 外科手术的福音——麻醉剂	67
14. 发明只为婴儿出恭——纸尿裤	74
15. 冷暖魔棒——温度计	81

16. 超越视觉——显微镜	88
17. 超越视觉——望远镜	95
18. 牙刷	102
19. 风筝与滑翔机	108
20. 热气球	115
21. 飞艇与气球	122
22. 红绿灯	128
23. 打字机	135
24. 旱冰鞋	143
25. 特殊的眼睛	149
26. 有轨电车	156
27. 胶底运动鞋的发明	164
我真喜欢《天工开物》	王知 169
回想《天工开物》	王雪纯 171
一份值得珍藏的记忆（代跋）	戴吾三 172

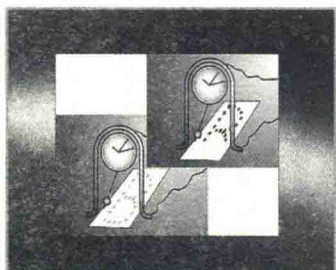


「钟摆

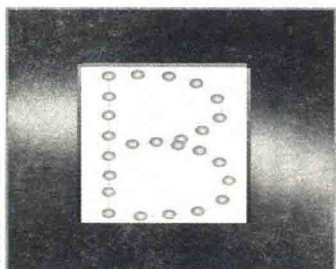
传真机的起源颇有些神奇，它不是刻意探索的结果，而是研究钟表时顺带发明的。1842年，苏格兰人亚历山大·贝恩正在研究制作一个用电来控制的钟摆结构，他打算把几个钟连起来，同步行走。在研制过程中，他发现一个现象，就是这个时钟系统里，每一个钟摆在某一瞬间都在同一个相对的位置上。



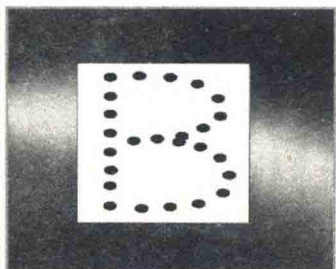
亚历山大·贝恩正在研究钟摆结构



贝恩发明的装置



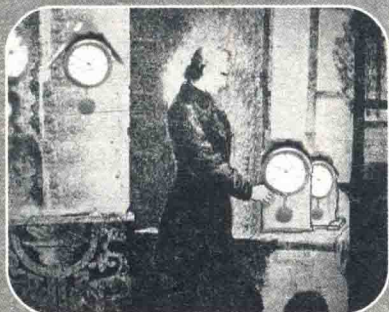
用电接触点写的字母B



电敏纸上同步接收到的图像

这个现象使贝恩联想到，如果让一个钟摆通过有电接触点组成的图形或字符，那么和这个钟摆相连的另一个地方的钟摆就会复制出图形或字符。这个想法令他兴奋，他在钟摆上加了一个扫描针，相当于电刷，另外加了一个时钟推动的信息板，板上有需要传送的图形，它们是由电接触点组成的。在接收端同样有一块信息板，上面铺了一张电敏纸，当指针在纸上扫描时，指针里有电流脉冲，纸上就出现一个黑点。发送端的钟摆摆动时，指针碰到信息板上的点就发出一个脉冲。信息板在时钟的推动下缓慢地向上移动，指针便一行一行地扫描，信息板上的图形就变成了电脉冲传送到接收端，接收端的信息板在时钟的推动下也往上移，这样电敏纸上就出现了和发送端一样的图形。这是一个电化学记录方式的传真机。1843年，贝恩获得了英国国家专利。

1850年，有个人叫贝克卡尔，发明了另外一种传真的方式。他把传真纸放在一个滚筒上，这边是一个丝杆，扫描的探头沿着丝杆的方向运动，就在高速旋转的纸上，把传真的信号给复制下来了。这个传真的质量就大大提高了，第一份商业往来的传真件是1865年从巴黎发出的。



■ 亚历山大·贝恩获得国家专利

但是这种指针接触式的扫描也有问题，因为这样看到的传真图像，永远只有黑色和白色，而没有灰度等级，就是它的颜色差别、深浅的差别不大，这样的传真机是没有办法传图案的。人们只能再探索新的办法。

1883年，在大学就读的保尔·尼泼科夫受到一种游戏的启发，使传真通信技术取得了突破性的进展。一天，课间休息时，尼泼科夫忽然发现左右邻桌的两位同学正在做一种游戏：他们桌上各放着一张大小相同的纸，纸上画满大小相同的小方格，在尼泼科夫右侧一方的同学在纸上涂了一个方格，然后按照一定的顺序告诉对方哪一个小格是黑的，哪一个小格是白的；对方按照右侧同学发出的指令，或用笔将小方格涂黑，或让它空着。这样，待对方同学将全部小方格都按指令处理后，纸上便出现了与右侧同学写的相同的字。尼泼科夫看着看着，不禁喊道：“真是一个好办法！”

任何图像都是由许许多多的黑点组成的。如果把要传真的图像分解成许多细小的点，借助一定的科学方式把这些点变成电信号，并传送出来，那么接收的地方只要把电信号再转化为点，并把点留在纸上，不就实现了图像的传真了吗？

怎样将图像分解成许多的点呢？尼泼科夫想起儿时玩过的风车。受此启发，他研制出了一个扫描装置：在图像前，紧挨着放置



■ 青年时期的保尔·尼泼科夫

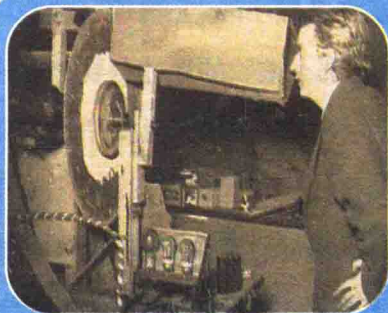


■ 尼波科夫设想的传输方式 ■ 中年的保尔·尼波科夫 ■ 尼波科夫的装置

一个可转动的螺旋穿孔圆盘，在圆盘前面安装一个电灯。这样，当光穿过不断运动的孔时，就对图像形成螺旋式扫描。接着，要把变化的光信号再转化成变化的电信号。这个任务由光电管承担是再合适不过了。因为光电管能根据光的亮度产生相应的电流。发送装置就这样大功告成了。接收装置只要像电报机电码的复原一样，采用与发送相反的方式就行了。当然，受当时电子科学技术发展水平的限制，这台圆盘式传输装置的传真效果还不理想，但它为后来的研究者指明了研究方向。

最早的商业文件往来的传真件，是从法国传出的。1914年，同样是在法国，第一次在报刊上刊登出了用传真传送过来的新闻照片。当时有些富人，当他们在地中海休假的时候，就通过传真的办法签字，指挥巴黎的银行去做交易。

当然，传真最大的好处是远距离传输图像或者文字。现在的传真机传输一页文件的速度大约也就是五六秒钟吧，但以前最开始的时候，传一份A4纸大的文件，大概需要6分钟。即使是需要6分钟，也比原来的邮寄或



■ 贝雅得的传输装置

其他方式快多了，所以在早期，传真机开始普及使用的时候，很快就在另外一个领域派上了用场，那就是缉拿罪犯或者逃犯。第一张罪犯指纹的照片，就是从纽约传真到芝加哥的。

1925年，美国无线电公司研制出了世界上第一部实用的滚筒式传真机。使用时，将发送的图像卷在滚筒上，灯发出的光被透镜聚集成一点，照射在图像上。受图像上画面明暗的影响，反射出强弱不同的光，这种光再射到光电管上，形成强弱不同的电流。这种传真机只是将圆盘扫描变成了滚筒扫描。

今天，传真机的基本形式已经固定下来。

在新闻发展史里，二战以后，曾经出现过一种热潮，就是把报纸利用传真的方式，传到人们家里，就像现在通过电子邮件去订阅一些电子读物一样，用这种方式来读报。

传真机刚出现的时候，主要还是在军队里、在商界，还有个别旅行家使用。它没被推广起来的一个重要原因就是没有统一的标准。后来电子工业协会发布了第一个关于传真的标准，就是所谓的一类机，规定传输一张A4纸需要4到6分钟，后来又出现了二类机、三类机，速度就越来越快了，有的1分钟可以传150张左右，而且价格也越来越便宜。传真机就这样走进了我们的办公室、家庭，真正走入到社会了。

(吕洁)



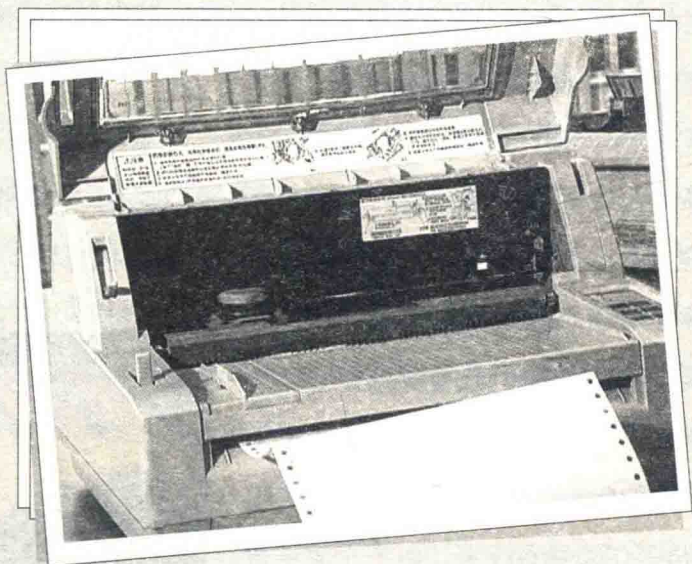
■ 现代传真机



■ 现代多功能传真机

打印机的发明

DA YIN JI DE FA MING



「针式打印机

打印机是随着电脑的出现相伴而生的。许多人是伴着针式打印机那嘈杂的嗒嗒声度过学生时代的。从9针到24针，针式打印机一直在不断地改进打印质量。然而今天，只有银行和超级市场才能看到它的身影，那是因为它有着其他打印机无法替代的功能：多层套打。而另一方面，由于针点大小固定，又无法控制浓淡，在打印图像时，这种打印机

几乎没有什么优势，大家开始研制新的打印技术，喷墨打印机则是这场技术大战的大赢家。

几个打印机的生产厂商都在讲着类似的传奇故事：一位工程师在工作的时候感觉累了，他偷偷跑出去煮咖啡，匆忙间咖啡溅了出来，他

被烫得跳了起来，咖啡溅到了他的衣服上……他怔怔地呆在了那里。对呀，如果在打印机里装上墨，让墨汁恰到好处地喷在纸上，不就是一种打印方式吗？这一偶然得来的灵感，变成了积极的目标，它最终成就了一项发明。

计算机按照硬件的驱动程序，把相关的我们看到的文字图像转换成相应的打印机所能识别的命令，形成一个点阵的图像。我们可以把它理解成当计算机没有发数据过来的时候，墨水是不出来的；开始发数据过来的时候，才出墨水。墨水的速度是很快的，很细小的一个墨滴，是通过一个，或者是压电方式，或者是这种气泡加热方式，把这个墨滴从墨水腔里边喷射出来。



■ 煮咖啡带来的启示



■ 喷墨打印机

市场上有不同厂家的产品，但原理都大同小异，就是喷嘴在电场的作用下高速喷出墨水，在打印纸上形成文字或图案。

打印机的发明还有另外一种版本，有一个工作人员，把一个电烙铁不小心搭在一个注射器的针管上了，当时针管里边装满了墨

汁，针管爆炸了以后，墨汁溅得到处都是，这个人从这里受到了启发，发明了喷墨打印机。

提到漂亮清晰的激光打印，我们就不能不谈到盖瑞·斯塔克维，他被人们誉为“激光打印机之父”。

红宝石激光发射仪的成功让盖瑞想到，激光可以比任何普通的白光更准确和迅速地在静电复印机的鼓形圆筒上描绘出图像，可惜他的这个伟大构想并没有被顶头上司认同，却被冠以“叛徒”的称号。

在这段前景显得黯淡的日子里，盖瑞没有放弃梦想，他构思：就像收音机音波或者电话线的脉冲一样，光束如此精确，以至于可以通过对它进行调控来传送信息。如果人们可以驾驭光束并用它可靠地传输数字信息，然后将数字信息翻译成记号印在白纸上，那么这个奇迹就可以使人将机器中产生的图像传递到纸上。他将一台激光仪器与一台被淘汰的每秒复制7页的旧复印机联在一起。尽可能每天早上或者深夜挤出一两个小时，用激光束来撞击废弃的静电复印机的鼓形圆筒，反复进行着同样笨拙的实验。

后来，盖瑞终于有机会调到一个新的研究机构，专门从事他的激光打印机的研究。1971年11月，盖瑞研制出了世界上第一台激光计算机



■ 盖瑞·斯塔克维



■ 激光



■ 激光传输信号