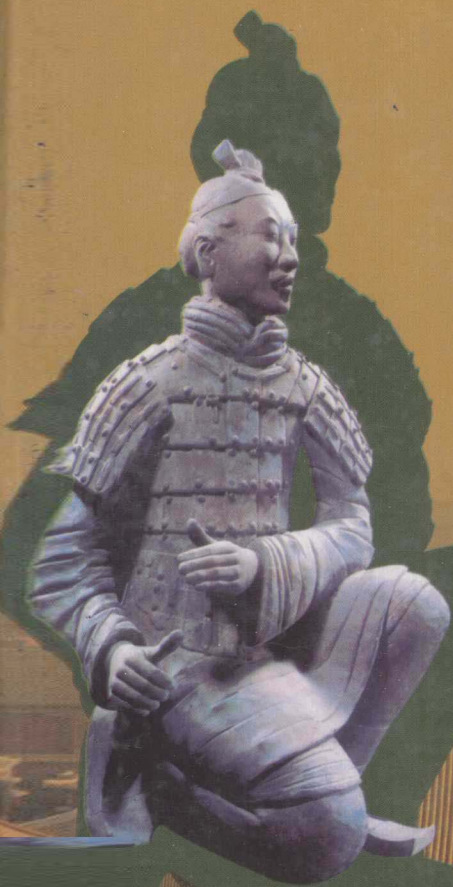


新
编

中国

上下五千年



新编上下五千年(中国)

科学技术卷

(下)

林甲山 主编

延边人民出版社

☐ 一系列制钢技术的发明

从秦汉到南北朝这一时期,冶铁技术的成熟还表现在一系列制钢技术的发明上,主要的有铸铁脱碳钢、炒钢、百炼钢、灌钢等技术。

铸铁脱碳钢技术,是在对铸铁件进行热处理的过程中发展起来的我国特有的制钢工艺。它的工艺原理是:把生铁铸件在氧化性气氛中脱碳退火,使铸件的含碳量降低,但又不析出或很少析出石墨,就变成钢件(如果析出大量石墨就变成韧性铸铁)。这一技术的关键在于必须有控制地进行脱碳处理,这主要凭工匠的丰富经验。北京和河南南阳、郑州、浍池等地先后出土有从西汉到三国曹魏时期用这种新颖制钢技术制得的钢件,说明这一难度比较大的新技术已经为不少工匠所掌握。

炒钢技术是把生铁加热成半液半固状态,在高温下进行搅拌,就是所谓“炒”,利用空气或加入的铁矿粉里的氧,使它氧化脱碳,成为钢或熟铁。这一新技术至迟在西汉中晚期就已经发明,铁生沟遗址出土的低温炒钢炉和含碳量不同的铁料,就是证明。由于这一制钢技术的原料生铁容易得到,操作又简便,有的可以直接成钢,有的如果炒成熟铁再加渗碳处理,也可以成钢,所以具有比较大的经济效益。它的发明使得向社会提供大量廉价优质的钢料成为可能。

百炼钢是在块炼铁渗碳钢的基础上发展起来的一种炼钢方法。顾名思义它是经过百次锻打所炼成的钢件。它和块炼铁渗碳钢的重要区别就在于在高温下反覆折叠锻打的次数要多得多,这使得钢件杂质大大减少,含碳量均匀,提高了钢的质量。河北满城西汉前期中山靖王刘胜墓出土的书刀、钢剑就是百炼钢制品,它们

是百炼钢技术初期阶段的产物。由于炒钢术的发明,为百炼钢提供了充足和廉价的原料,大大促进了百炼钢技术的发展,到东汉前期这一技术已经成熟。近年来在江苏徐州出土了汉章帝建初二年(公元 77 年)的“五十涑”钢剑,在山东苍山县也曾经出土汉安帝(刘祜,94-125)永初六年(公元 112 年)的“三十涑”环首钢刀,经鉴定它们都是用炒钢做原料经反覆加热折叠锻打渗碳而成的。所谓“五十涑”、“三十涑”,指的就是反覆加热折叠锻打的次数是五十或三十。此后,百炼钢的技术越加纯熟,东汉灵帝中平年间(公元 184 年到 189 年)果然有“百炼清刚”铭文的百炼钢刀出现。到三国两晋时期,经“百炼”或“百辟”得宝剑宝刀的记载就屡见不鲜,如曹操下令造“百炼利器”五把,曹丕有“精而炼之,至于百辟”的说法,等等。而且,这种技术也传到少数民族地区,可见它的普及程度。

灌钢技术是在高温下把生铁熟铁放在一起冶炼,使生铁里的碳份向熟铁扩散,又通过碳和熟铁里的氧化渣的作用,促使渣铁分离,得到质地纯净、含碳量比较高的钢。东汉末年文学家王粲(177-217)所作的《刀铭》中有“灌辟以数”的句子,西晋文学家张协所作的《七命》中也有“灌辟”的说法。“灌”有生铁和熟铁相灌注的意思,“灌钢”的名称也是从这层意思来的。依这看来,灌钢技术的发明大约可以追溯到东汉末年。南朝陶弘景曾经指出:“钢铁是杂炼生铤作刀镰者”,铤就是熟铁,这是最早明确记载用生铁和熟铁合炼成钢就是灌钢的文献资料。北朝北齐的綦母怀文造宿铁刀,“其法,烧生铁精以重柔铤,数宿则成钢”,把这时的灌钢技术讲得更加明确了,就是先把生铁熔化,再把它灌注到熟铁上,经过几天时间,由于生铁里的碳匀入熟铁,增加了熟铁的含碳量而成钢。这是一种使刀剑或工具的锋刃钢化的有效方法。

铸铁热处理技术在汉代也已经成熟,考古发掘大量出土了这

一时期的黑心或白心韧性铸铁的实物。黑心韧性铸铁多用在要求耐磨的农具等的制造上,白心韧性铸铁多用在要求耐冲击性能比较好的手工工具上,这说明人们对不同材质的性质和适用范围已经有了一定的认识。而且人们还得到了球形石墨铸铁件,它既有比较高的强度,又有比较高的塑性和韧性,铁生沟出土的铁镬、渑池出土的斧等,就是这样的铸铁件。

总之,这一时期我国的冶铁术已经处在世界上遥遥领先的地位。无论是炒钢、灌钢术,还是白心、黑白韧性铸铁或球形石墨铸铁的工艺,西方国家一直到公元十八世纪以后才相继发明。在长时期里面,我国一直是世界最重要的钢铁产地。

从青瓷到白瓷

瓷器从青釉器演变而来,所以早期瓷器都是青瓷。伴随着青瓷技术的发展,南北朝时期开始出现白瓷。

在南北朝时期,南方仍以青瓷为主,北方以白瓷驰名。

南北朝时期的青瓷,胎质细致坚实,通体施釉,釉层比较厚,呈青绿色。瓷器的颜色主要是由釉里所含的金属元素决定的。青瓷的釉里含有比较多的铁元素,在还原焰里烧制,就生成氧化亚铁。在烧成的瓷釉里,如果氧化亚铁的含量在千分之八到百分之五,瓷器呈青绿色,并且由淡到浓。如果含量超过百分之五,颜色就成暗褐色甚至黑色。所以,青瓷烧制的成功,说明人们在瓷土的选择、釉料的配制、烧制温度的提高、火候的掌握、气氛的控制等方面,都已经积累了相当丰富的经验。

白瓷的呈色剂主要是氧化钙。它要求瓷土和釉里铁的含量越少越好,以保证瓷器的白度。

此外,黄釉、黑釉瓷器也在南北朝时期出现。这说明人们对于

瓷釉的配制技术已经向多样化发展,为后世绚丽多彩的瓷器生产开拓了道路。

南北朝时期的瓷窑遗址还出土有许多窑具。特别是匣钵的应用,既可以防止瓷胎彼此挤压变形,又可以防止烟熏和尘埃的污染,还可以避免釉的分解、碱类挥发或硅酸析出而减少光泽。这些窑具的应用使得充分地利用瓷窑有限的空间和热量成为可能,既增加了瓷器的产量,又提高了瓷器的质量。

瓷器是我国古代传统的出口产品,为世界各国人民所喜爱,当作珍宝。它的制作技术也先后传到世界各地,是我国古代人民为世界文明贡献的一件瑰宝。前面提过,到现在英语中仍用称呼中国的 China 一词用来称呼瓷器,瓷器在英语里就叫 china。

☐ 漆器有十分悠久的历史

漆器在我国有十分悠久的历史,只是我们在上一编没有提到。现在我们就根据现在已经掌握的资料,把漆器的历史追溯到距今七千年前。

1978年,考古工作者在浙江余姚市河姆渡遗址发掘到一件木碗,外壁涂有朱红色涂料,微有光泽。经鉴定,涂料的光谱和长沙马王堆汉墓出土漆器的光谱相同。这说明距今七千年前,我国已经开始用漆了。

此后,漆器工艺日渐提高,有大量精美的漆器出土,漆被广泛应用于日常生活用具以及乐器等的装饰。不少漆器花纹细腻,色彩调和鲜艳。

据分析,战国时期的若干漆器,可能是用桐油加色漆配成的油彩。桐油的产量比漆多,又有比较好的成膜性能,把它作为稀释剂填入色漆中,既可以改善色漆的性能,又可以降低成本。这说明人

们对于漆和桐油的化学性能有了初步的认识。就漆器的胎型来说,如木胎、竹胎、皮胎、夹纆胎等,这时都已经具备,为后世的发展打下了很好的基础。

❖ 秦汉时期漆器工艺的发展

秦汉时期,漆器工艺发展很快,并且普及到全国各地。漆器的种类更多,质量越加精良。

这时漆器的制作有十分细致的分工。从出土的汉代漆器铭文中,可以看到油漆工艺的工序有素工(制作内胎)、髹工和上工(上油漆)、黄涂工(在铜制附件上鍍金)、画工(描绘油彩纹饰)、雕工(雕刻铭文等)、清工(最后修整)等。此外还有供工(负责供料)、造工(掌管全面的工师)和等级分明的各种监造工官。技术设施和组织管理都十分完善和严整。这对于漆器产量和质量提高都产生了积极的影响。

秦汉时期的漆器用品盛极一时。以经营漆树栽培和漆器制作而致富的大有人在。官营的漆器业规模庞大,一件漆器往往要用“百人之力”,甚至“万人之功”。长沙马王堆汉墓出土的大批精美漆器,是这一时期漆器工艺得到高度发展的历史见证。

❖ 魏晋南北朝时期漆器的脱胎工艺

魏晋南北朝时期,漆器的脱胎造像工艺取得显著的进步。这时已经能塑造出丈八高的巨型脱胎精品。

脱胎工艺是先借木骨泥模塑就底胎,再在它外面粘贴几层麻布,在麻布上髹漆彩绘,然后去除底胎,就成了中空的漆器。

北朝贾思勰《齐民要术》里有专篇论述漆器，叙述了延长漆膜耐久性和保护方法。

漆器也是我国古代传统的出口产品，漆器制作技术也先后传到世界各地，它是我国古代人民对世界文明的又一个贡献。

☐ 书写材料的一场革命

造纸术的发明，是我国古代人民对世界科学文化发展作出的又一卓越贡献。

在纸未发明前，我国古代曾经先后使用龟甲、兽骨、金石、简牍、缣帛等作为记事材料。

随着社会经济文化的发展，迫切需要寻找价廉易得的新型书写材料。经过长期的摸索过程，人们终于发明了纸，引起了书写材料的一场革命。

有关纸的文献记载，最早出现在西汉。《汉书·外戚列传》里讲到汉成帝死后追查宫中一桩案件的时候，有“发篋中有裹药二枚赫蹄书”一语。唐代训诂学家颜师古（581—645）注《汉书》引东汉学者应劭的话：“赫蹄，薄小纸也。”应劭在他所著《风俗通》一书里还记载，汉光武帝迁都洛阳的时候，“载素、简、纸经”凡两千车。这里把“纸”和“素”（就是帛）、“简”（就是竹简）并举。《后汉书·贾逵传》里记载：汉章帝建初元年（公元76年），命贾逵教“诸生高才者”《春秋左氏传》，“给简、纸经传各一通”，也是把“纸”和“简”并举。这说明在西汉末年或东汉初年，已经用纸作书写材料了。《后汉书·邓皇后纪》里还记载这样一件事：汉和帝永元十四年（公元102年），立邓皇后，“是时方国贡献，竞求珍丽之物，自后即位，悉令禁绝，岁时但供纸墨而已。”可知那时作为书写材料的纸已经不算是珍贵的物品了。

不过在有关西汉和东汉初年的纸的文献资料中,没有说明它是用什么原料制成的。东汉许慎的《说文解字》里说:“纸,絮一箔也。”清代训诂学家段玉裁(1735-1815)注:“按造纸昉于漂絮,其初丝絮为之,以箔荐而成之。”段玉裁又引东汉学者服虔的《通俗文》说:“方絮曰纸。”这就是说,早期的纸可能是“丝絮纸”,是在漂絮工艺中创造出来的。漂絮也叫漂丝,是用次茧捣烂后放在篾席上在水中漂洗制成丝絮的一道工序。丝絮也叫丝棉,是用来填絮衣服的。《史记·淮阴侯列传》里讲到韩信(?-前196)少年落魄的时候有一漂母“见信饥,饭信”的故事,漂母就是专干漂丝工作的妇女。漂丝的时候用篾席把水里散落的丝捞起来铺平成薄膜晾干,揭下来就成一张薄片,可以供书写用。《说文解字》里所说的纸,可能就是这种丝絮纸。这种纸用漂丝的废料制成,自然要比缣帛便宜。

❖ 西汉麻纸的发现

1933年,考古工作者黄文弼在新疆罗布淖尔的汉代烽燧亭故址发掘出几十件汉代器物和几百件唐代文物,其中有一张古纸,据他鉴定,它是“麻物,白色,作方块薄片,四周不完整,长约四厘米,宽约十厘米,质甚粗糙,不匀净,纸面尚存麻筋,盖为初造纸时所做,故不精细也。”“同时出土者有黄龙元年之木简,黄龙为汉宣帝年号,则此纸亦当为西汉故物也。”这是考古工作者第一次发现的西汉麻纸,称罗布淖尔纸。

1957年五月,陕西省博物馆在西安市郊的灞桥砖瓦厂一座西汉古墓里发现三面铜镜,铜镜下面压着一叠古纸,呈浅褐色,经过小心揭剥,破裂成大小不等的残片,有八十八块。这些古纸大的长宽各约十厘米,小的长宽三四厘米。从墓里同时出土的其他文物

判断,年代当在汉武帝元狩五年(公元前118年)以前。经化验,这种纸的原料主要是大麻纤维,而且纤维是以分散状态交织的,纤维比较干净,显然是经过处理的制成品,而不是废麻絮的堆积物。这从它能揭剥分层也可以证明。这种纸就称灞桥纸,是现在已经发现最早的西汉麻纸。不过这种纸的质地粗糙,可能还不便书写。

1973年八月,甘肃省居延考古队在汉代居延金关烽塞遗址(在今内蒙古额济纳旗境内)发现两团古纸。经用手把它展伸,略加熨平,化验结果表明,是由麻类纤维经过专门处理交织而成的,有一张纸长二十一厘米,宽十九厘米,纸色洁白,一面平整,一面稍起毛。同一处出土的木简书写的最晚年代是汉宣帝甘露二年(公元前52年),说明那张纸可能是汉宣帝时期(公元前73年到公元前49年间)的故物,称金关纸或居延纸。

1978年十二月,陕西扶风县文物部门清理境内一批西汉建筑遗址,发现了三张古纸,两片麻布。化验结果表明,纸的原料是麻,质地比灞桥纸略精,但是仍旧比较粗糙。从同时出土的文物鉴定结果,入土时间大约在汉平帝时期(公元1年到5年)以前,古纸的制造年代可能是在汉宣帝时期。这种纸称扶风纸。

1979年十月,甘肃省博物馆文化队和敦煌县文化馆组成的汉代长城调查组在敦煌县西北马圈湾烽燧遗址,发掘出麻纸五件八片,出土的时候已经揉皱。其中一片呈黄色,质地粗糙,纤维分布不均匀,边缘清晰,长三十二厘米,最宽二十厘米,是最大的一片,同时出土的简,最早的是西汉宣帝元康年间(公元前65年到公元前61年),最晚的是甘露年间(公元前53年到公元前50年)。另外有四片和畜粪堆积在一起,颜色被污染,呈土黄色,质地比较均匀,同时出土的简,年代多是西汉成帝、哀帝(刘欣,前25—前1)、平帝时期(公元前32年到公元后5年)。还有一片,呈白色,质地细匀,残片露麻纤维。在遗址另一处出土的两片,呈白色,质地细

匀,年代比较晚,应该是王莽时期(公元9年到23年间)的故物。这批纸称马圈湾纸。

上面所说的西汉麻纸,没有发现上面写有字迹的。所以有人认为西汉即使有麻纸也不是用作书写材料的,可能都作杂用。还有人认为这些都根本不是纸,而是一些废旧麻絮,甚至用行政方式武断指责灞桥纸发现者“作伪”。

对于这个问题,现在还在争论中。像这样的学术问题,不宜匆忙作出结论,应该对这些西汉麻纸作进一步的研究鉴定,更不应该用行政方式武断指责人家作伪。同时也有待于考古工作者继续发掘西汉墓葬和遗址,看能不能发现更有力的证据足以证明西汉已经有供书写用的麻纸。

另外,在1942年,曾经在内蒙古额济纳河沿岸古烽燧遗址出土东汉中期(公元二世纪初年)的字纸,上面有六七行残字,称额济纳纸。1987年,报上报道,十月间,甘肃兰州市博物馆在伏龙坪一座东汉墓葬里发现三块直径十七厘米的圆形纸张,这三块纸原来叠放在一面铜镜里,呈白色,纸面厚薄均匀,绵软坚韧,纸上留有字迹,清晰可辨。

造纸术和蔡伦

过去史书相传,造纸术是由东汉蔡伦(62-121)发明的。

据《后汉书·蔡伦传》记载:蔡伦字敬仲,桂阳(今湖南耒阳市)人,是东汉和帝年间(公元89年到105年)的太监。他曾任尚方令,负责“监作秘剑及诸器械”供宫廷使用。《后汉书·蔡伦传》里说:“自古书契多编以竹简,其用缣帛者谓之纸。缣贵而简重,并不便于人。伦乃造意用树肤、麻头及敝布、鱼网以为纸,元兴元年奏上之。帝善其能。自是莫不从用焉,故天下咸称‘蔡侯纸’。”

这里明确说明在蔡伦以前的所谓纸就是缣帛，而用树皮和麻类纤维造纸是蔡伦“造意”的，就是说由他发明的，在元兴元年（公元 105 年）献给和帝。

关于这一说法，过去史学家就曾经有人提出疑问。就如前面所说，东汉的文献资料里说到光武帝时候的书写材料已经把帛和纸并举，《说文解字》说纸用丝絮在篾席上制成，可知并不就是缣帛。同是在《后汉书》里，说邓皇后禁止贡珍丽之物，只供纸墨，可知纸不会是所谓“缣贵”的缣。

《后汉书》是南朝刘宋范曄编撰的，距蔡伦的时代已经三百年。它的大部分材料采自《东观汉记》一书。《东观汉记》是东汉明帝时期（公元 58 年到 75 年）命班固、刘珍等开始撰写的，以后历朝陆续增补，书里《蔡伦传》是由崔寔（？—约 170）、曹寿奉汉桓帝（刘志，132—167，公元 147 年到 167 年在位）的命令在元嘉元年（公元 151 年）补写的，这时离蔡伦去世才三十年。《东观汉记》在魏晋的时候很流行，唐代中叶以后流传渐少，现传本是清代编纂《四库全书》的时候从明代《永乐大典》等书辑出的。辑本里关于蔡伦造纸，有几条不完全相同的记载。一条说：“伦典作上方，造意用树皮及敝布鱼网造纸，元兴元年奏上之，帝善其能，自是莫不用，天下咸称‘蔡侯纸’。”这条和《后汉书》的说法基本相同，只是没有提“麻头”。另一条说：“蔡伦典尚方造纸，用故麻，名麻纸也。”这一条和上一条不同的是没有“造意”两字。还有一条说：“蔡伦用木皮为纸，名谷纸；故鱼网，名网纸。”由于现传《东观汉记》是辑佚本，所以有人认为不能肯定第一条“造意”的说法一定可靠。

因此自唐代以来，已经有学者提出纸不是蔡伦最早发明的。唐代张怀瓘在他所著的《书断》一书里说，早在汉代初年，就已经用纸作书写材料了，到东汉和帝年间，蔡伦才领导“尚方”里的工匠大量造纸。北宋陈槱在他所著的《负暄野录》里说，纸在很早的时候

就已经发明了,蔡伦比较懂得造纸技术,但是他不是纸的发明者。南宋史绳祖在他所著的《学斋拈毕》里说,纸不是蔡伦最先制造出来的,只是蔡伦造的纸比以前的质量好些,加工精细些。宋末元初史学家胡三省(1230-1302)注《资治通鉴》邓皇后命令“岁时但供纸墨而已”一语,引南宋学者毛晃的话说:“后汉蔡伦以鱼网木皮为纸,俗以为纸始于伦,非也。按《前汉书·外戚传》已有赫蹄纸矣。”

不过这些反对意见只说明蔡伦之前已经有纸,这些纸可能是指丝絮纸,所以有人认为用麻类纤维和树皮造纸是蔡伦发明的。

在西汉麻纸发现以后,这些考古工作者和一些造纸史研究工作者认为:西汉不仅有丝絮纸,也已经有了麻纸。既然能从漂丝工艺的启示制成丝絮纸,也就能类推到用沤麻工艺中的废麻絮制成麻纸。虽然不能肯定这些麻纸已经用作书写材

料,早期的可能还比较粗糙,不便书写,但是随着经验的积累,麻纸的质量会逐渐改进,原料也可能从废麻絮发展而利用破布、旧鱼网。这种纸已经可以用来书写,价钱当然比缣帛便宜。《后汉书》里所说和帝的邓皇后命令“岁时但供纸墨而已”,立邓皇后在蔡伦献纸之前三年,可能已经是这种麻纸。当时“方国”都能供这种麻纸,说明造麻纸技术已经推广到各地。

但是这些研究工作者也强调不能抹煞蔡伦在我国造纸发展史上的伟大功绩。他是一个对造纸术有所创新的改革家。他总结了在他之前的造纸的经验,利用他任尚方令的有利条件,对造纸工艺和原料进行大胆的试验和革新。他采用树皮造纸是重大贡献,为造纸开拓了一个崭新的原料领域,这就为大量造纸提供了条件。要用树皮造纸,树皮是木质韧皮纤维,不同于麻类的草本纤维,在工艺技术上要求比较高。要离解木质韧皮纤维,可能已经非用石灰进行碱液烹煮不可。用碱液烹煮是一项重要的工艺革新,使纤维离解得更快更细更散,大大提高了生产效率和纸的质量,对纸的

普及推广产生了深远的影响,迈出了植物纤维纸最终取代缣帛、简牍的关键的一步。

如前面所说,我国也有些造纸史研究工作者,他们根本否定西汉有麻纸,或则认为这些出土的遗物只是废麻絮而不是纸,或则认为根据同时出土的其他文物断代是不可靠的。他们坚持认为蔡伦是我国造纸术的“第一个发明者”,是“造纸祖师”。他们认为主张西汉有麻纸的研究工作者是把蔡伦“由造纸发明家贬为造纸改良者”,是“玷污了”“中华民族造纸史”的“光华”。

对于这一场争论,如我们前面所说,我们认为应当作为学术问题来进行争鸣,不宜对不同意见者进行指责和压制。至于说认为蔡伦不是造纸术的第一个发明者就是玷污了中华民族造纸史的光华,显然是不合逻辑的,因为把中国造纸的历史向前推二百多年,只能使中华民族造纸史更增光彩。

可以肯定的是,造纸术是我国在汉代发明的。它有一个发展过程。开始可能是从漂丝工艺得到启发制成丝絮纸,又发展到用麻类以至树皮等植物纤维而制成植物纤维纸。自蔡伦以后,质地细匀的植物纤维纸已经是天下“莫不用”了。

造纸术的进一步发展

到三国两晋时期,随着造纸术的不断革新和进步,纸张已经基本上成为唯一的书写材料。

在原料上,三国两晋南北朝时期,已经用桑皮、藤皮造纸。西晋文学家张华(232-300)著的《博物志》里就说到“剡溪古藤甚多,可造纸,故即名纸为剡藤”。剡溪在浙江嵊县。

在设备方面,三国两晋南北朝时期有了活动式帘床纸模的创造,它使用一个活动的竹帘放在框架上,可以反覆捞到成千上万张湿纸,大大提高了工效。

在加工制造技术上,工艺流程越来越精细,出现了品种繁多的

加工纸和色纸,逐步形成了一套完整的工艺体系。以至现代机器造纸工业的各个主要技术环节都能从我国古代造纸术中找到初始的形式。

造纸术以后经朝鲜传入日本,经中亚细亚传到阿拉伯国家,随后又辗转传到欧洲,并且逐步流传到世界各地。在十八世纪出现机器制纸以前的长时期里,我国古代的造纸术一直居于世界的先进水平,对于世界文明的发展,起了极其重要的作用。

☐ 薄如蝉翼的丝织物

马王堆出土的纺织品,除少量麻织物外,绝大部分是丝织物。

经鉴定,这些丝织物的蚕丝质量是很好的,丝缕相当均匀,纵面光洁,单丝的投影宽度和截面积同现代的家蚕丝极其接近。

有一块素纱料,长四十五厘米,宽四十九厘米,重量只二点八克。有一件素纱禅衣,长一百六十厘米,两袖通长一百九十厘米,领口、袖头都用绢缘,总重量只有四十八克。

经研究,这种薄如蝉翼的素纱织物的纤维纱支,九千米的重量只有十三克左右,每米纬丝的拈度是二千五百到三千回,同现代机拈三千五百回相近。素纱每平方厘米各有六十二根经纬线,而出土数量最多的平纹织物——绢的经线密度大都在每厘米八十到一百根之间,最密的达一百六十四根,纬线密度一般是经线密度的一半到三分之二之间。

这些表明,这时从蚕的养育、缫丝、练丝、纺丝到织造的技术工艺都已经达到相当高的水平。

☐ 提花技术已经成熟

马王堆出土的各种提花织物更能反映当时的纺织技术水平。

提花织物包括有素色提花的绮、罗以及用不同彩丝织成的锦，纹样繁多，有菱形、矩形、对鸟形纹、花卉、水波纹、夔龙、游豹纹等。这说明提花技术已经相当成熟。

特别值得注意的是，在一些提花织物中，还发现有起毛锦织物，它是利用比较粗的经线在应该提花显纹的地方织成绒圈，使花纹高出织物平面，增强了立体感，真可以说是锦上添花的佳品。这种技术是后世起绒织物如漳绒等的前身。

☐ 染色技术达到很高水平

马王堆出土的纺织品色彩斑斓，历二千多年依然如新。

经研究，用浸染、套染和明矾作媒染剂的媒染法所得的颜色品种有二十九种，涂染的有七种，而且已经采用了六色套印花技术。

这些既表明这时植物性或动物性染料的品种已经十分丰富，而且说明对这些染料的应用都大有进步，染色技术也达到了很高的水平。

☐ 麻纺织技术也已经成熟

马王堆出土的麻织物虽然不多，但是也反映当时的麻纺织技术水平。

有一块苎麻布，经线密度每厘米三十二到三十八根，已经和现

在的经纬线密度每厘米各三十二根的细布相当。

对这些麻织物的分析表明,这时的麻纺织技术,在脱胶、漂白、浆碾、防腐等方面,也已经成熟。

☐ 纺车

汉代,手摇纺车已经得到普遍的使用。

从汉画像石和画像砖所绘的形状看,它已经同后世的手摇纺车大致相同。它由一个大绳轮和一根插置纱锭的锭子组成,绳轮和锭子分置在木架的两端。用手轻轻摇动曲柄,令绳轮转动,通过绳带的传动,使锭子迅速旋转。使用这种纺车,可以加捻,也可以并合均匀一致、粗细要求不同的纱,还可以制作纬纱用的纡子。它比起原始的纺轮的效率要高十多倍,而且也提高了制纱的质量。

到东晋的时候,已经有三锭脚踏纺车的发明,它是利用偏心轮和摆轴等机械原理,用脚踏作为动力,转动绳轮,同时传动三个锭子迅速旋转。这在手摇纺车的基础上又提高了工效。

☐ 织机

1975年,在浙江余姚市河姆渡新石器时代遗址,曾经出土了管状骨针、木刀和小木棒,经鉴定,可能是供装置一种原始织机的部件和引纬的工具。据研究,这种原始织机可以叫做踞织机或腰机,织工腰束一带,席地而织,用足踩织机经线木棍,一手投纬引线,一手持打纬木刀打紧纬线。

到了秦汉时期,织机已经大大改进。从江苏泗洪县等地出土的汉画像石上的织机图,可以看到当时的织机已经包含有卷取经