

第六章

造纸术——促进文明的重要技术

造纸术与指南针、印刷术及火药合称为中国古代科学技术的四大发明。纸是人类文化生活中重要的书写记事材料，也是书法和绘画作品的载体，对文明的传承与发展起到不可替代的作用。造纸术的发明是中国人民对世界文明做出的最杰出的贡献之一，它不仅是书写材料的一次革命，而且为后来印刷术的发明和发展提供了必要条件。

当今造纸工艺的基本原理是从中国古代造纸术发展而来的。在从原料到成品的造纸过程中，最关键的工序是制浆。成浆的步骤实质上是一个化学处理过程，加上纸的漂白、染色和上胶等工艺都涉及化学变化，因此历来把造纸当作化学工艺的一个部分。按照传统的说法，纸主要是指以植物纤维为原料，经过加工处理而抄成的平滑的薄页，适于书写、印刷和包装之用。

根据现代科学的概念，纸有如下的定义：传统上所谓的纸，指“植物纤维原料经人工机械、化学作用制成纯度较大的分散纤维，与水配成浆液，使浆液流经多孔模具帘进行滤水，纤维在帘的表面形成湿的薄层，干燥后形成具有一定强度的由纤维素靠氢键缔合而交结成的片状物，用作书写、印刷和包装等用途的材料。”即：原料必须是植物纤维，而非动物纤维、无机纤维或人造纤维；过程必须是经化学提纯、机械分散、成浆、抄造及干燥定形等工序；外观必须较平整、体质柔韧，基本由分散纤维按不规则方向交结而成，整体呈薄片状；用于书写、印刷和包装等用途。

第一节 纸张发明前的记事材料

在纸发明以前，人类最早的记事方法是结绳记事，这种方法不够准确，更不能长久，根本达不到文字载体的作用。中国古代所用书写记事的材料主要有甲骨、金石、简牍、缣帛等。甲是乌龟壳，骨是牛羊等动物的肩胛骨。先民早在三千五百年前的商代就用它们记下“卜辞”，今称之为“甲骨文”（见图 6-1）。尽管甲骨文与现代汉字差别很大，但它确实是中国已知的最早的记事材料。从 1899 年起，考古

工作者陆续在河南安阳、山东济南、山西彬县等许多地方发掘出了十六万余片的甲骨，对人们认识当时的社会和文化很有帮助。甲骨来源有限，刻字、携带、保管都不方便。人们也曾在青铜器内铸上铭文（见图 6-2）或在石头上刻上文字，同样由于难度较大而数量有限。

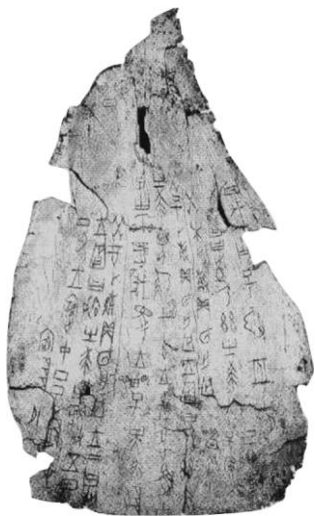


图 6-1 商代（公元前 1600—1300 年）刻在龟甲上的象形文字



图 6-2 西周共王时期金石文
（陕西扶风出土）

古代记事材料使用最多的是简牍。南方盛产竹子，故使用竹简、竹牍比较多。北方多以柳树、杨树制作木简、木牍（见图 6-3）。1951 年至 1953 年在湖南长沙近郊的战国时期墓葬中发现了大量竹简，内容是早已散佚的《孙臆兵法》。1972—1974 年从湖南长沙马王堆汉墓中也清理出竹简、竹牍、木牍多枚。尽管简牍十分笨重，写作、阅读也不便利，但由于它来源广，制作易，在商代开始使用后，很快流行，成为春秋战国时期最常见的书写材料。

1974 年从长沙马王堆三号汉墓中发现了大批帛书（见图 6-4）。可以想象缣帛也是当时的书写材料。尽管缣帛便于书写，但其价格昂贵，汉代一匹缣（2.2 汉尺×0.4 汉尺，1 汉尺≈21.35~23.75 厘米）值六汉石（七百二十汉斤）大米，所以缣帛只有少数王公贵族才能用于书写。人们必须寻找一种既便于书写又价格便宜的书写材料，纸正是在这种情况下应运而生的。

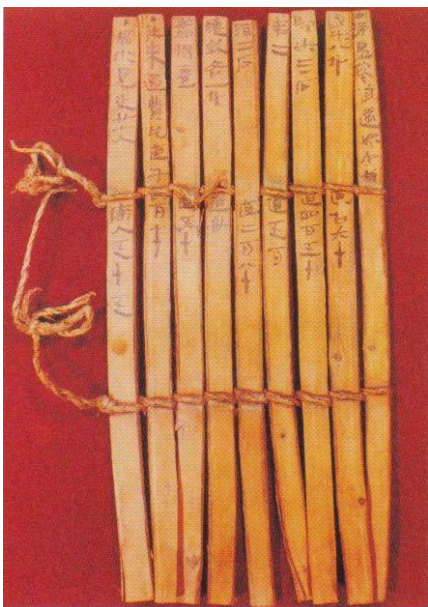


图 6-3 西汉地皇三年（公元 22 年）的木简
（甘肃居延遗址出土）



图 6-4 汉文帝十二年（公元前 168 年）的帛书
（长沙马王堆汉墓出土）

第二节 造纸术发明探究

关于造纸术的起源，长期以来有两种不同意见。第一种意见根据《后汉书·蔡伦传》中的记载，认为造纸术由东汉蔡伦发明。第二种意见根据近年来考古发现的一些被断代为西汉时期的古纸，如罗布卓尔纸、灞桥纸、金关纸、扶风中颜纸、马圈湾纸、放马滩纸、悬泉置纸等，认为在汉初（公元前 2 世纪）即已有纸（即粗糙、原始的纸）出现了。

1933 年考古学家黄文弼在新疆罗布泊卓尔古烽燧亭中发现了西汉古纸。此纸“麻质，白色，作方块薄片……质甚粗糙，不匀净，纸面尚存麻筋”，纸幅约为 4 厘米×10 厘米。与之同时出土的还有黄龙元年（前 49 年）的木简。

1957 年，在陕西西安市灞桥出土了古纸。该纸呈浅褐色，无字迹，纸幅较大

者约为 10 厘米×10 厘米，多裂为碎片。根据同时出土的文物断定，它不晚于公元前 118 年，应是西汉古纸。经过显微分析，其原料主要是大麻纤维，有少量苕麻，纤维短细匀整，显然经过切断，并有压溃棱和帚化现象，纤维分散交织，具有纸的典型结构。激光光谱分析表明，该纸中钙离子数量远多于土壤、水或原料中的含钙量，说明它是经过化学处理和机械处理的，既非破布，也不是乱麻，而是纸。

1973 年在甘肃居延肩水金关发现了不晚于公元前 52 年的西汉麻纸两块，其中一张纸色白净，一面平整，一面起毛。

1978 年，在陕西扶风中颜村出土了西汉宣帝（前 73—前 49 年）的三张麻纸。该纸呈乳黄色，十分结实。

1979 年，在甘肃敦煌马圈湾西汉烽燧遗址出土了五件 8 片西汉麻纸。考古断代在公元前一世纪至公元一世纪初年。其中年代较早的一张约有 32 厘米×20 厘米，是迄今为止出土西汉古纸最大的一张，呈黄色，较粗糙。

曾有人认为上述西汉古纸上无文字，只能作杂用，故尚不是书写材料。但是从 1986 年甘肃天水放马滩出土的西汉纸质地图的碎片来看，西汉古纸可供写绘之用。该纸在属于西汉文帝时期（公元前 179—前 141 年）的出土墓葬中出土，出土时呈黄色，后变浅褐色。纸质薄软，纸面平整光滑，残长五点六厘米，宽二点六厘米，其上用墨色绘有地图（见图 6-5）。该纸经鉴定为麻纸，是迄今所知年代最早的古纸。

1991 年，在甘肃汉代邮驿悬泉置遗址里发现了大量的西汉宣帝、元帝时期（公元前 69—前 33 年）的麻纸，其中还有四件墨写的纸。图 6-6 展示的甘肃居延科尔帖烽燧遗址出土的西汉麻纸残片上有清晰的文字。以上一系列的西汉古纸的出土，足以说明中国早在西汉已发明了造纸术。

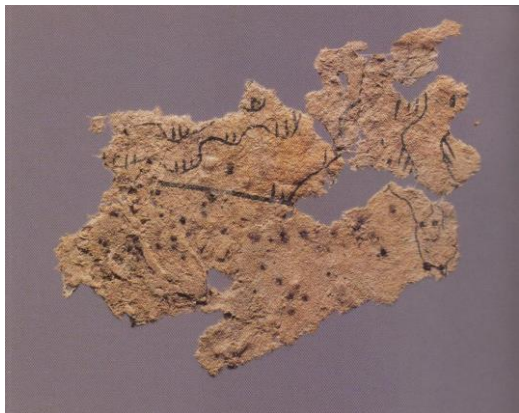


图 6-5 西汉古纸
（甘肃天水放马滩汉墓出土）



图 6-6 有文字的西汉麻纸
（甘肃居延科尔帖烽燧遗址出土）

成书于公元 100 年的许慎著的《说文解字》说：“纸，絮一笱也，从系氏声。”

同时还说：“絮：敝绵也。”“笄：漉絮笄也。”“漉：于水中击絮也。”“笄：床栈也。”综合上述字的释义，许慎认为纸是类似于丝絮在水中经击打而留在床席上的薄片。这可能是现存古文献中对纸的最早释义。东汉服虔《通俗文》说：“方絮曰纸。”《后汉书·蔡伦传》也说：“书契……其用缣帛者谓之纸。”上述的释义可以肯定地告诉人们，造纸术的发明与古代蚕丝的漂絮法有直接的联系。

早在商代以前，中国的先民已能植桑养蚕，缫丝织绢。对于次茧一般将其加工成丝绵。过程为，把次茧用水煮沸，脱除胶质，用手工把茧剥开，加以清洗，再浸没在水中的篾席上，用棒反复捶打，直至蚕衣被捣碎，蚕茧散开连成一片，丝绵即成。这种方法叫做“漂絮法”，最早见于战国时代。《庄子·逍遥游》中说：“宋人有善为不龟手之药者，世世以泔泔泔为事。”见图6-7。“泔”即“浮”意，“泔”为“飘”的意思，“泔”即絮的意思，这句话是说宋国人多以漂絮为业，能做防手裂的药。漂絮法以制丝绵为主要目的，但每次漂絮完毕，总有一些残絮留在篾席上，晾干后即可得一层残絮交织的薄片，这就是丝絮纸。既然丝絮的缣帛可以书写，那么丝絮纸也可用于书写。但是残絮有限，产量不多，价钱也较贵，加上易于腐坏，不能长期存放，所以难以普及推广。



图 6-7 漂絮图

我国是世界上最早种植和利用麻类植物的国家之一，大麻盛产于黄河流域，苧麻多植于南方。麻纺的第一道工序就是沤麻，利用水中的微生物分解麻类韧皮纤维中的胶质，从而达到脱胶的目的。《诗经·陈风》中写道：“东门之池，可以沤麻”，“东门之池，可以沤苧”。《诗经·南风》中也说：“葛之覃兮，施于中谷，维叶莫莫。是刈是漉，为纡为紵，服之无斃”“刈”是“割”的意思，“漉”是“煮”的意思，“纡”表示细布，“紵”为粗布。可见当时已发展到运用煮制的方法来脱胶。据对长沙马王堆出土的西汉苧麻布的分析，当时已采用草木灰或石灰的水来煮沤麻类，以使其脱胶。

麻类植物的脱胶及稍后加工成较细麻丝的工艺，和制丝绵的漂絮法一样，都为造纸术的发明提供了技术上的借鉴。通过对古纸的分析，参考传统的手工造纸技术，可推测古代造纸工艺包括以下几个步骤：第一，将大麻、苧麻等原料洗净切碎；第二，将切碎的原料在石灰或草木灰的碱性水溶液中浸沤，以除去其中的果胶、色素及木素；第三，将已除去胶质的纤维在石臼中舂捣成浆；第四，反复清洗已捣碎成浆的纤维素，再制成棉絮状，用竹席或丝制网筛抄出一层纤维薄片，晒干或晾干后即成纸。见图 6-8。以上造纸工序的技术基本上已包含在沤麻、漂絮的工艺之中，在屡见丝絮薄片和麻缕现象的启迪下，发明造纸术是可以想象的。



图 6-8 汉代造麻纸工艺流程

早期的造纸技术显然不会很完备，所造的纸的质量也不稳定，例如出土的灋桥纸结构就比较松散，其中还有没被切断的较长麻纤维。加上纸被人们认识需要有个过程，造纸技术的推广更需要一个动因，产量有限的纸张很难取代简牍、缣帛等书写材料，有条件的王公贵族宁可用缣帛，也不会使用纸。所以在造纸术发明的初始阶段，即在西汉时期，甚至在东汉的很长时间里，书写的主要材料仍是简牍和缣帛。例如，1973—1974年在长沙马王堆西汉墓葬中先后发现了九百多枚竹简和二万多字的帛书及五幅精美的彩绘帛画。这就是当时南方使用简牍和缣帛为书写材料的一个反映。改变这一状况，使纸成为主要的书写材料，要归功于蔡伦。

第三节 蔡伦和造纸术的发展

《后汉书·蔡伦传》记载：“蔡伦字敬仲，桂阳（今湖南耒阳）人也……永元九年（97年），监作秘剑及诸器械，莫不精工坚密，为后世法。自古书契多编以竹简，其用缣帛谓之为‘纸’，缣贵而笨重，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（105年）奏上之。帝（汉和帝）善其能，自是莫不从用焉。故天下咸称蔡侯纸”。据考《后汉书》，这一记载是来自《东观汉纪》的“蔡伦传”，蔡伦画像见图6-9。该传是汉桓帝元嘉元年（151年）延笃等人根据汉桓帝的指示撰写的。蔡伦卒于汉安帝建光元年（121年），时代相去不远，所以延笃等人的记载是可信的。晋张华（232—300年）的《博物志》亦云：“蔡伦始鼓捣鱼网造纸。”董巴（三世纪人）的《舆服志》云：“东京有蔡侯纸，即伦也，用故纸，名麻纸，木皮名穀纸，用故鱼网，名网纸也。”南朝刘宋的盛弘之在《荆州记》中写道：“伦始以鱼网造纸，县人今犹多能造纸，盖伦之遗业也。”这些记载一再表明蔡伦其人其事是有充分根据的。



图 6-9 蔡伦画像

蔡伦在明帝永平十八年（75年）入宫为太监，建初中为小黄门，汉和帝永元元年（89年）升中常侍，永元九年（97年）兼少府尚方令。东汉时少府下属的尚方相当于皇室的手工业工场，专门制作御用器物。在蔡伦主持下，尚方制造了大量精美的御用器物，而使蔡伦名垂青史的是，在他出任尚方令期间，总结了零散的民间造纸术，加以革新，利用尚方的有利条件，造出了一批质地良好的纸，于汉和帝永元十七年（105年）献给了汉和帝刘肇，受到了表彰和重视。纸和造纸术从此为人们所推崇。汉安帝元初元年（114年），蔡伦被封为“龙亭侯”，人们称尚方所造的纸为“蔡侯纸”。汉安帝建光元年（121年）蔡侯因卷入宫廷斗争而被迫服毒自杀。

根据以上的史料，蔡伦作为一个造纸专家，其贡献为后人尊崇。

第一，扩充了造纸用的原料。除大麻、苧麻外，还充分利用了其他废旧的麻制品；麻头、麻布、渔网等，特别是树皮。树皮的来源不亚于麻类。以树皮为原料的纸又以楮皮纸最为重要。在东汉以后，楮皮纸是大量生产和使用的纸张品种之一。

第二，改进并发展了造纸技术。麻绳头、渔网、麻布等旧麻制品都需捣碎，颜色较深的还需脱色。树皮中木素、果胶等杂质含量远较大麻、苧麻高。所以在脱胶制浆中，对技艺的要求就较高。据分析，当时可能采用灰水或灰水与石灰水混合液来制浆。因为石灰水中含有氢氧化钙，而灰水中含有较多的碳酸钾。使用灰水或灰水与石灰水的混合液，碱性适中，既可成浆，又不破坏纤维素。蔡伦能够利用麻绳、麻布、渔网和树皮制造出质量较好的纸张，必定是在制浆工艺上作了重大改进，很可能首先采用了碱液蒸煮制浆。

第三，推广纸的运用和造纸技术。古代技术往往秘不示人，只在少量工匠师徒间秘密传承，造纸技术也不例外。加上造纸术发明之初，所造的纸质量欠佳，难登大雅之堂，直至东汉中叶，还有不少文人学士鄙视纸张。虞世南（公元558—638年）汇编的《北堂书钞》里写了一个崔瑗赠书的故事。崔瑗是一个东汉文人，他给朋友葛元甫（即葛龚，生于1世纪至2世纪）写信，大意是：送上《许子》十卷，由于经济不宽裕，买不起帛，只好用纸写，表示十分抱歉。这件事反映了当时一些文人对纸张的认识。蔡伦则不同，他认识到纸的重要性，因而总结民间的经验，改进和发展了造纸技术，使纸和造纸术广为人知，引起了全社会的重视。可以说，他是造纸术的革新者和推广者。特别是他主持研制的楮皮造纸术，实现了以母本韧皮纤维造纸的突破，进一步开拓了造纸的新的原料来源，大大推动了造纸术的发展。皮纸的制成是造纸史上的重大技术创新，楮皮纸、桑皮纸、瑞香皮纸、藤皮纸等一系列皮纸陆续登上历史舞台。总之，蔡伦是承前启后的造纸术革新家，对造纸术的发展作出了巨大的贡献。

蔡伦造出的质量较高的纸，使人们开始认识到，纸有竹木之廉，而体轻层薄，兼有帛之柔，却无其贵，有金石之久而无其笨重。纸是廉价而又轻便的最理想的书写材料。造纸业作为一种社会需求，伴随着社会文化的发展而稳步地发展。东晋末年豪族桓玄于晋安帝元兴三年（公元404年）废晋安帝，改国号为“楚”，并下令以纸代简：“古无纸，故用简……今诸用简者，皆以黄纸代之”（《太平御览》卷六零五）。简牍文字从此基本绝迹。纸不仅在民间通用，而且成为官方文书的载体。

出土的西汉古纸都是麻纸，东汉仍以麻纸为主。蔡伦发明了以树皮为原料的皮纸，主要是楮皮纸。楮就是构树，也叫穀树，系落叶乔木，开淡绿色花，果实呈红色，皮部纤维强韧。贾思勰在《齐民要术·种穀楮》中有专章介绍楮的种植方法和情况，并指出：“其皮可以为纸者”，“煮剥卖皮者，虽劳而利大。其柴足以供热，

自然造纸，其利又多。”由此可见种楮在农业中的地位，它为造纸业提供了一种充裕的原料，所以楮皮纸在社会流行起来。

现存故宫博物院的一件文物——《平复帖》，是用晋代麻纸写的。它比1942年在内蒙额济纳河岸汉代烽台出土的写有汉隶字的东汉麻纸要好得多。表明晋代的麻纸在质量上又有明显的提高。相传东晋著名的书法家王羲之有一次送给谢安的麻纸就有九万张，可见当时造纸业的兴旺（见图6-10）。



图 6-10 东晋写本《三国志》残卷（吐鲁番出土）

魏晋南北朝时期，纸除了用作抄写经史子集等典籍和日常公私文书的书写外，由于佛教、道教的发展，还广泛被用来抄写宗教经典，导致对纸的需求量大增，促进了造纸术的发展。这一时期，纸的生产，在产量、质量和加工工艺等方面都有所提高，具体表现在原料来源不断扩大和一系列新的工艺技术的出现方面，而产纸区域和传播范围也越来越广，造纸名工辈出。

东汉时期，造麻纸的原料破布来自普通百姓用过的衣服及其他麻织品，如麻袋、麻绳、麻鞋等。但在魏晋南北朝时期，随着造纸业的发展，破布等原料的供应明显不足，甚至在一些城市中还出现了专门收集破布卖给纸坊的行业，扩大原料来源成为造纸业发展的迫切要求。由此，用木本韧皮纤维造楮皮纸、桑皮纸和藤皮纸的工艺即在这一时期迅速兴起。除前文提到的楮皮纸外，从晋代开始，曹娥江上游的剡溪（今浙江嵊县南）一带由于盛产藤本植物，加之剡溪水又适于造纸，出现了用野生藤皮造纸的方法，而这种方法很快被推广到其他的产藤地区。藤纸的发明是在已知藤皮纤维可代替麻，作为纺织品原料的认识下完成的。由此看来，中国古人从实践中摸索出了一条科学规律：凡可用于纺织的植物纤维都可用于造纸。此外，还出现了用树皮与麻类混合制浆造纸的方法。用混合原料造纸，即可降低生产成本，扩大原料来源，又可兼收各种纤维原料之所长。这是魏晋南北朝时在造纸原料上的新

突破，开启了后世利用混合原料造纸之先河。

既然大麻、苧麻及其制品和树皮都可用作造纸原料，人们便尝试用更多的植物纤维来造纸。东晋的范宁（339—401年）在浙江做官时，发出通告说：“土纸不可作文书，皆令用藤角纸。”（《北堂书钞》卷一零四）土纸即用稻、麦秆为原料所造的纸，即今南方的草纸。因其纤维较短，所以制成的纸张质地较粗，不耐用。藤纸是用藤皮为原料所造的纸，藤皮具有强韧的长纤维，所以用它制成的纸，质量较高（见图6-11）。这条史料表明：在公元四至五世纪的东晋，已采用稻草、麦秆等草类作物来造纸了。同时，质量较高的藤纸也开始流行。

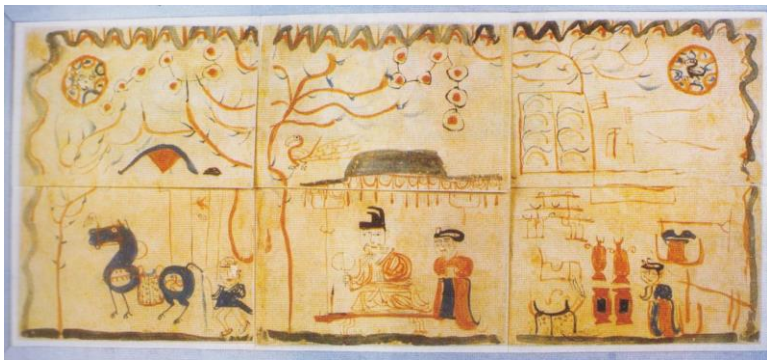


图 6-11 纸本彩色绘画（吐鲁番出土）

魏晋南北朝时期造纸原料品种的增加和质量的改进，得益于造纸技术的革新。根据学者们对这一时期大量纸样的分析检验，可知沤制脱胶、碱液蒸煮、舂捣、漂洗、捞纸等工序比前朝更为精细，如多次进行舂捣、漂洗过程、用礮代替杵臼，使打浆度有所提高。

魏晋南北朝时期使用了类似现今传统手工方式抄纸时所用的可拆合的帘布抄纸器，这种抄纸器的发明具有划时代的意义。它的使用，不仅能抄出紧薄而匀细的纸，而且同一抄纸器可连续抄千万张纸，无需另换抄纸器。它的使用大大降低了工时，提高了生产效率，还降低了设备成本。魏晋南北朝之前的抄纸器是以竹条或其他植物茎秆编成帘子，再用木框固定住，因此不能拆卸。用其抄纸后，需将湿纸与纸模一起晒干，揭下晒干的纸后才能再次进行抄造，这就需要纸坊备有大量的抄纸器。而这种可拆合的帘布抄纸器由竹帘和木床架两部分组成，抄纸时，先将纸帘平放在木质帘床上，用两根边柱压紧帘的左右两边，待帘与床结合后，将其提起，斜插入纸浆中，使纸浆流入帘面。再将帘布提出纸槽，水由竹条间隙中滤出，帘面上形成湿纸。然后拆下边柱，取出纸帘，翻扣在平板上，让湿纸吸着在板上，然后用此空帘继续捞纸。如此层层相叠到千百张，最后对湿纸进行粗压，排出水分，然后在半干的状态下逐张揭起烘晒，即成纸。汉代的纸多厚重，经测量厚度约为

0.20 毫米~0.29 毫米，多为 0.20 毫米；较少有再薄的纸，而魏晋南北朝时的纸较薄，大多为 0.1 毫米~0.15 毫米。从技术上看，造厚纸易，造薄纸难。造薄纸不仅要求有细密的纸帘，还需要在纤维高度分散的稀薄纸浆中进行，因此，对从原料的预处理到成浆的过程的每一个工序都有较高要求。因此，薄纸的出现还反映了这一时期制浆水平的提高。

魏晋南北朝时期不但造出大量的本色纸，纸的加工技术也有所发展，如晋代时就出现了新的施胶技术。早期的施胶剂用的是植物淀粉糊剂，有两种施胶方法。一种是纸内施胶，即将施胶剂掺入纸浆中搅匀，再捞纸。此法行之简便，一次完成，不足之处是难以保证每张纸面都均匀施胶。另一种方法是纸面施胶，即将施胶剂用刷子均匀地逐张刷在纸面上，再以光滑石头研光。根据情况，可进行单面施胶。此法的优点是保证每张纸都可均匀、彻底地施胶，缺点是费工费时。通过施胶技术，增加了纸对水透过性的阻挠能力，还可以改善纸浆的悬浮性，制成的纸再经研光，写字时便不会发生晕染。这种方法虽然改善了纸的平滑和受墨性，但也导致了纸的抗蛀能力下降、脆性增大等不良效果。而表面涂布技术是对表面施胶的一种改进和转变，它与后者的最大不同是用矿物粉颗粒代替淀粉颗粒。经过表面涂布的纸，白度和平滑度明显增加，透光性降低，纸面更加紧密，吸墨性加大。表面涂布所用的白色矿物粉原料，通常有白土或白垩、石膏、石灰、瓷土及滑石粉等。取得原料后，先将其碾成细粉、过筛，再置于水中配成悬浮液。将悬浮液中杂质除去后，将淀粉或胶在水中煮，使之与悬浮液充分混合。涂布液制成后，用排笔蘸匀，刷涂于纸面上。干燥后，涂布材料便黏结在纸的表面。

此时出现的另一种加工技艺是染色。经过染色的纸，不仅外观更具美感，而且色纸还有其不同的实用效果。纸的染色始于东汉，刘熙在《释名》中解释“潢”字时就说此字乃染纸也。魏晋南北朝时期继承并发展了这种染黄技术。当时最为流行的是黄色纸，称为染潢纸。用这种纸做成书本，再制成卷，被称为装潢。敦煌石室的写经纸中有大量这类的黄纸经卷。这种纸外观呈淡黄或黄色，以舌试之有苦味，以鼻嗅之有特殊香气。不仅可以防蛀，而且遇有笔误时，可用雌黄（ As_2S_3 ）涂改。古人所谓“信笔雌黄”即意出于此，只是后人讹为“信口雌黄”。古代一直用黄柏（古称黄檗）作为染潢所用的材料，化学分析表明黄柏皮内含生物碱，其主要成分是小柏碱。

第四节 迅速推广、遍地开花的造纸业

隋唐五代时期，社会经济繁荣，农业、手工业和科学技术进步，表现在造纸方面是造纸原料品种的增加、皮纸的迅速崛起、产纸区域的扩大以及纸的用途的逐渐增加。工艺方面，则是纸浆性能、造纸设备、纸品大小质量等方面的提高，造出了

一些名贵的纸。由于中外交通及科学文化的交流，造纸术开始向外传播，雕版印刷术的发明更是促进了造纸业的发展，图 6-12 所示唐懿宗咸通九年刊印的卷子本《金刚经》就是当时雕版印刷的代表作。这一时期成为了造纸技术史上重要的发展阶段。可以说，中国名副其实的进入了“纸的时代”。



图 6-12 唐咸通九年刊印的卷子本《金刚经》

隋唐时期所用造纸原料有麻类、楮皮、桑皮、藤皮、瑞香皮、木芙蓉皮等。以竹类为原料的纸也在此时出现。它标志着造纸史的革命性开端，即以植物茎秆纤维造纸。这一时期，虽然麻类仍占据主要地位，但非麻类原料的用量比前代明显增加，两汉到魏晋南北朝时期麻纸处于垄断地位，但到隋唐期间已无法再维持下去。野生植物纤维造纸是这一时期新的技术趋势。虽然用野生植物纤维造纸的工序有所增加，如沤制脱胶、强化蒸煮（即舂捣过程）等，但因其原料来源广泛，生产成本大为降低。这种情况的出现，主要是由于麻纤维的细胞壁厚且长，不易舂捣得更短，而且麻纸所需的破麻布在由细麻线纺织而成的过程中，还被捻制成几股，因而成浆的过程十分费力。与之相比，野生植物纤维如楮皮纤维短而细，容易交织成均匀而紧密的纸，也易于舂捣成纤维更短的纸浆。而且与楮皮纸相比，麻纸表面较粗涩，纸也较硬，不易制成薄纸。因此，楮皮纸比麻纸更适于高级书法及绘画之用，特别受到唐代文人的青睐。此外，晋代兴起的藤纸在唐代也达到全盛时期，产地已不再局限于剡溪，而是扩大到婺州、余杭、信州、衢州等地。然而，随着需求量的增大，剡溪一带的藤林几乎被砍尽，导致藤纸的产量遽降。至宋代虽还有少量的藤纸生产，但到元代后几乎消失不见。这种状况也促进了其他各类皮纸的生产。除用单一种原料造纸外，还出现了比前代更多的混合原料纸。用废纸回槽再生纸的技术也起源于此时。

造纸原料品种的增加是造纸技术取得进步的标志，而新原料的引入又常常伴随着新工艺的出现。随着造纸原料来源的增多，纸的加工工艺也更加完备，大致包括砍伐、剥皮、沤制脱胶、剥去青皮、洗涤、浆石灰水、蒸煮、漂洗、再除残余青皮、切碎、舂捣、洗涤、打槽、捞纸、压榨去水、烘晒、揭纸、整理包装等 18 步，这是由皮纸原料的特性所决定的。来自野生植物的生纤维，其木本韧皮纤维中所含的果胶、木质素及其他有害杂质不仅多于破麻布，而且其韧皮外部还包有一层青皮。因此，当剥下树皮后，首先要在水池中进行沤制，通过生物发酵作用除去部分果胶，并使外面的青皮层松动至易于剔除。皮纸制造工艺流程中最费工时的工序是剥离青皮层，一般采用石碾碾或木槌敲击的方法，个别部位甚至需用手剥除。然后将原料放入河水中洗涤，使可溶性杂质及青皮残片被水冲走，剩下较白的皮料。再将皮料扎成捆，堆起放置，用石灰水浸润一段时间后，放入蒸煮锅中蒸煮，同时淋入草木灰水。经过蒸煮，木质素、色素等杂质成为可溶性溶液，纤维也因腐蚀而变软。从锅中取出皮料后，弃去蒸煮液，放于河水中洗涤。洗净后，再彻底剔除残余的少量青皮。然后再用水清洗，将白皮料切成碎块，用碓捣碎。将纸料捣成细泥状，当用手能撕成单个纤维时，放入布袋或细竹筐中再次清洗。洗后，将纸料放入长方形的木槽或石槽中加水搅拌，配成纸浆。然后经捞纸、压水、烘晒等工序，纸即制成。

在唐以前的造纸工艺中，抄纸时主要使用粗帘条帘纹，隋唐时出现中等帘条帘纹，甚至细帘条帘纹，为造出更薄、质量更好、幅面更大的纸创造了条件。而纸浆质量的改进则主要源于“纸药”的使用。它不仅可以改善纤维在纸浆中的悬浮性，减少絮聚现象，而且还可以增加湿纸纸面的润滑度，使揭纸时不易揭破。唐代纸工还改用动物胶代替魏晋南北朝时期使用的淀粉施胶剂，克服了纸面容易起皱的缺点。

随着原料的扩大和造纸术的推广，隋唐时期产纸地区的数量大大增加。据记载，在唐代，向朝廷进贡纸的就有常州、杭州、越州、婺州、衢州、宣州、西州、池州、江州、信州、衡州 11 个州邑，产纸区遍及当今的江苏、浙江、安徽、江西、湖南、四川、广东、山西、陕西、福建、山东、河南等省，甚至边远的沙洲（今敦煌）及新疆、西藏等少数民族区域都有纸的生产。安徽是唐代造纸中心之一，池州、信州、宣州等地均以产纸著名，现在全世界闻名的国产书画所用的“宣纸”，其历史渊源就可以追溯到唐代的宣州贡纸。

宣纸是宣州府每年献给朝廷的贡品。它属于皮纸的一种，以安徽泾县、宣城、太平等地生产的青檀树皮为原料，产品以质地柔韧、洁白平滑、细腻匀整、色泽耐久而著称。它是一种主要供毛笔书画用的独特的手工纸，有“纸寿千年”的美誉。明代以前的宣纸采用百分之一百的青檀皮浆制成。清代起改用檀皮和稻草合造。由于原料选择严格，处理条件适当，加工步骤精密，胶汁使用得法，捞纸技术娴熟，晒纸手艺高超，所以宣纸至今仍是纸张中的名品。

第五节 手工造纸技术的成熟

宋元时期是中国传统造纸技术全面成熟的阶段，表现在造纸原料的扩充、纸品的增加、生产设备的改进、加工技法的创新等方面。这一时期，竹纸、麦茎纸、稻草纸陆续登上了历史舞台，印刷成为纸的主要用途。大幅面皮纸的大量涌现，标志着中国古代造纸术的新纪元到来。此外，还出现了论述纸的制造技术、历史典故和对各种纸做品评的专门著作。

9世纪初的李肇在《国史补》卷十一中记载：“纸则有越之剡藤、苔笺，蜀之麻面、屑末、滑石、金花、长麻、鱼子、十色笺，扬之六合笺，韶之竹笺，蒲的白薄重抄，临川之滑薄。”“越之剡藤”是指浙江剡溪的麻纸。西晋张华《博物志》中曾说：“剡溪古藤甚多，可造纸，故即名纸为‘剡藤’”。唐代舒元舆在《悲剡溪古藤文》中说：“剡溪上多古藤株栝，溪中多纸工，擘剥皮肌以给其业。”藤纸曾以其质地优良为当时的贡品。官方对书写文书所用的藤纸有明确的规定：“凡赐予、征召、宣索、处分曰诏，用白藤纸。凡太清宫道观祭告词文，用青藤纸。敕旨、论事、敕及敕牒用黄藤纸。”由于当时藤纸用量很大，而藤的生产较慢，产量有限，因此在竹纸问世以后，藤纸遂被竹纸取代。

竹纸生产工艺在宋代走向成熟，其特点是之前的只利用木本植物茎秆的韧皮部到利用整个茎秆来造纸。竹纸的发展是北宋开发江南资源的产物。竹子中纤维丰富，非常适宜造纸。而长江流域及江南各省，甚至黄河流域的南部都盛产各种竹材，为造纸业提供了丰富的原料，同时使成本大大降低，因此，竹纸一旦出现并经过改良，很快便取代了隋唐五代时盛行的麻纸和藤纸。

在生产工艺方面，宋元时期开始使用加工农业谷物的水碓来取代人力，将木本纤维在石碓中捣烂，使纸工从繁重的体力劳动中解放出来，大大提高了生产效率。此外，还出现了巨型纸槽。同时，在造纸过程中使用各种“纸药”。例如，为了提高纤维的悬浮性能，向纸浆中加入植物黏液（黄蜀葵梗叶、杨桃藤、野葡萄的水浸液等）作为漂浮剂。这一方法不但可以使纤维在纸浆中悬浮而不至于絮聚于槽底，而且可以使抄成的湿纸堆积到一起时更加容易揭开。此外，还出现了采用了由蜀胶果实的水浸液，即椒水来增加纸的防蛀性能以及通过胶、矾的处理，增加纸的抗湿性及不透水性等方法。在宋代，纸已成为民众物质文化生活的必需品了。

明清时代是中国传统造纸术的集大成阶段。明代纸工在总结前朝经验的基础上，所造出的纸在质量、产量、用途等方面都有所发展。此外，还出现了大量论述造纸技术的书籍。明代以前的古书，偶尔也有记载造纸工艺的文字，但是大多抽象简略，且不系统、完整。明代较详细地记载古代造纸工艺的文献很多，以下几种可谓代表。

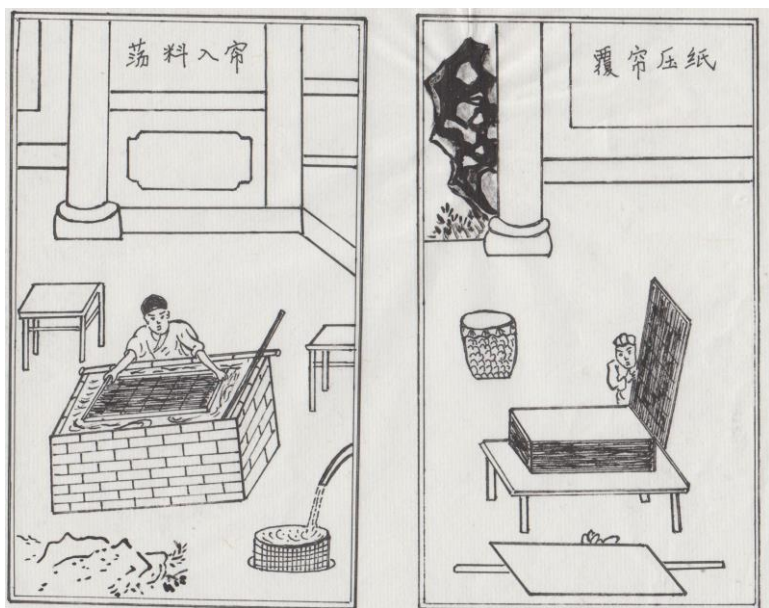
《江西省大志》：明王宗沐（1521—1591年）所辑。其中有该省生产楮纸工艺

的记载，把造楮纸的原料、工具、操作程序、注意事项等都作了具体说明。

《天工开物》：宋应星（1579—1652年）在该书“杀青卷”中记述了造竹纸、皮纸的生产工艺，还附有清晰的插图（见图6-13），形象地表明了从原料砍伐、挑选、蒸煮到捞纸、压榨、烘干成纸的主要工序，对后人了解古代造纸工艺有重要的帮助。



(a) 砍竹、沤竹和蒸煮



(b) 荡料抄纸和翻帘压纸



(c) 焙纸

图 6-13 《天工开物》所描绘的竹纸工艺流程

《造纸说》：清代黄兴三撰，该书记载了清代的造纸法。作者将造纸法归结为十二道工序：一“折梢”（备料）、二“练丝”（灰腌）、三“蒸云”（蒸煮）、四“浣水”（洗涤）、五“渍灰”（加药）、六“曝日”（漂白）、七“碓雪”（打浆）、八“囊涑”（除渣）、九“样槽”（调和）、十“织帘”（捞纸）、十一“翦纸”（压榨）、十二“炙槽”（烘干），使人对清代造纸工艺有了更深的了解。图 6-14 展示了西方人笔下的清代皮纸工艺。

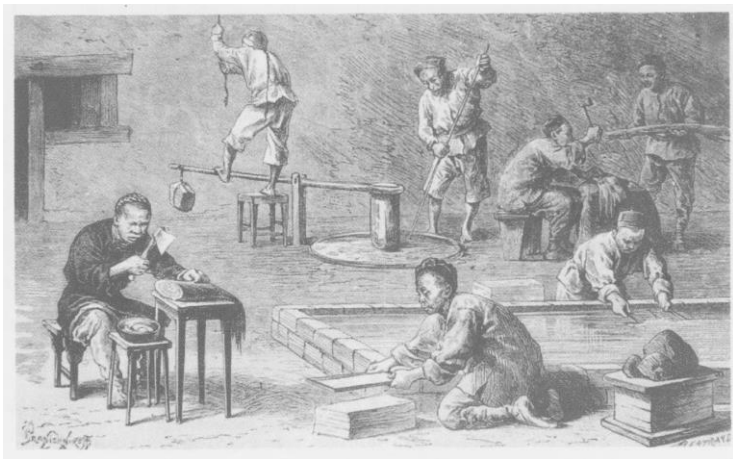


图 6-14 西方人笔下的清代皮纸工艺

第六节 造纸术的西传

在古代埃及，书写材料曾经主要是莎草片。印度则使用“贝多树”的叶子，也有些地方曾直接利用树皮。古代欧洲，有时往往从埃及进口莎草“纸”，更多的是在羊皮上书写。金、石及泥板也曾被使用过。无论是哪一种书写材料，与中国所发明的纸相比，都相形见绌。所以中国造纸术传到之处，无不竞相模仿。

由于地域的便利，纸和造纸术首先传入与我国毗邻的亚洲国家。就在蔡伦改革造纸术后不久的公元二三世纪，纸已传到朝鲜和越南。当时的朝鲜半岛有三个国家：百济、高丽、新罗。公元四世纪末，在中国造纸工匠的传授下，百济开始造纸。不久，高丽和新罗也掌握了造纸术。唐宋时期，高丽所造的皮纸质量上乘，曾作为商品向中国输送。西晋时期，越南人已经学会造纸术。唐代嵇含在《南方草木状》中就记有大秦（古谓南方，包括今广东、广西和越南的一部分）献密香纸事。纸张在7世纪已传到印度，到12世纪，伊斯兰教徒开始在印度造纸。

据《日本书纪》载，推古天皇十八年（公元610年）“春三月，高丽王贡上僧昙征法定，昙征知五经，且能作彩色及纸墨”。中国的造纸术就是通过昙征介绍到日本的。

纸的西传可能始于3世纪，首先进入新疆，再经新疆越边界西传。约在7世纪前，阿拉伯人通过贸易已知道纸了。一般认为阿拉伯国家到8世纪中叶才开始生产纸。《新唐书·玄宗》、《新唐书·高仙芝》记载，在唐玄宗天宝十年（公元751年），唐安西节度使高仙芝率部与突厥-吐蕃联军在怛逻斯河两岸交战。高部大败，俘虏中有一些从军的工匠，包括一些纸工。据阿拉伯文献记载，正是这些被俘的纸工把造纸术传到了大食国，在撒马尔罕建造了造纸作坊。约在794年，在撒马尔罕的中国工匠到巴格达开办了第二家纸坊。当时的巴格达是伊斯兰教的宗教和文化中心，也是当时世界上最繁华的都市之一，从这里造纸术传遍了阿拉伯国家。到15世纪，欧洲市场的纸一直由阿拉伯国家供应。

纸传入欧洲的路线，一条是经过西班牙，另一条是通过意大利。西班牙是第一个用纸书写的欧洲国家，也是第一个掌握造纸术的欧洲国家。约在1150年，西班牙第一家纸坊在生产亚麻的萨蒂瓦设立，最初它由阿拉伯人经营。1157年在靠近法国的比达隆建立由基督徒经营的纸坊。早在12世纪意大利已使用纸，它是由大马士革经君士坦丁堡、西西里传入意大利。意大利最早的纸坊建于1268—1276年。此后逐步传遍整个欧洲。17世纪以后欧洲移民把造纸术带到美洲。到19世纪，中国的造纸术已传遍了整个文明世界。