

科技史文集

第 15 辑

KE JI SHI WEN JI

化学史专辑

- 从考古发现看造纸术的起源
- 西汉灞桥纸的断代依据及有关情况几点说明
- 对三次出土的西汉古纸的验证
- 论中国古代火药的发明及其制造技术
- 明代火药初探
- 论清代化学家丁守存的起爆药雷酸银合成
- 试论中国古代陶窑与冶金术的发生和早期发展
- 河南商代铜器的金相考察
- “六齐”之管窥
- 我国古镜化学成份的初步研究
- 关于灌钢的几个问题
- 中国制墨技术的源流
- 中国人于八世纪发现氧气的可能性
- 中国炼丹术中的“伏火”试探
- 葛洪和陶弘景的生卒年代考议
- 我国近代化学家吴鲁强事迹初探

上海科学技术出版社

科技史文集

第15辑

化学史专辑

中国科学院自然科学史研究所
物理—化学史研究室主编

上海科学技术出版社

科技史文集(十五)

(化学史专辑)

中国科学院自然科学史研究所

物理—化学史研究室主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 浙江诸暨报印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张10 插页2 字数240,000

1989年10月第1版 1989年10月第1次印刷

印数: 1—2,200

ISBN7—5323—0788—3/N·22

定价: 6.50元

对三次出土的西汉古纸的验证

图版壹

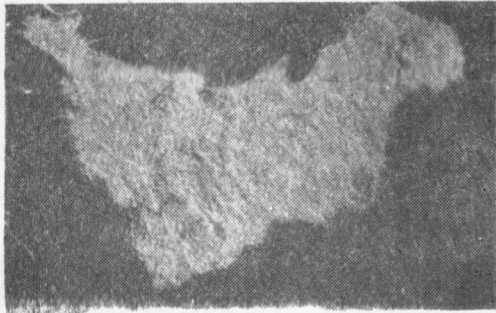


图1 灞桥纸 (×2.5)

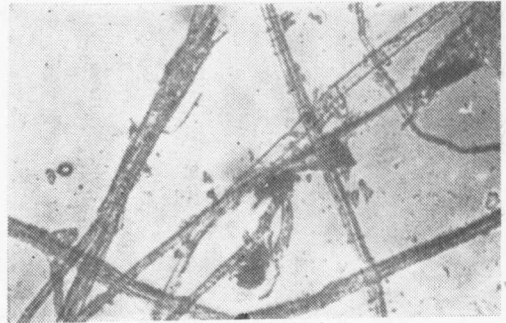


图2 灞桥纸纤维形态 (×100)

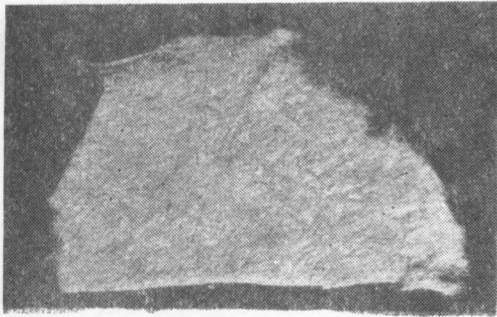


图3 金关纸 (×2.5)

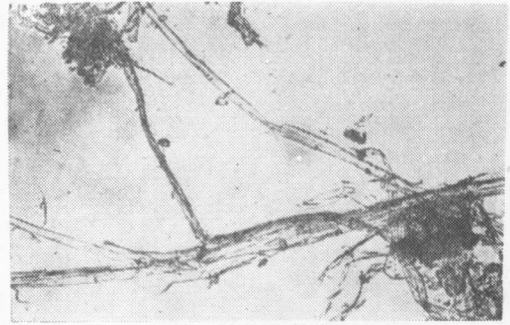


图4 金关纸纤维形态 (×100)

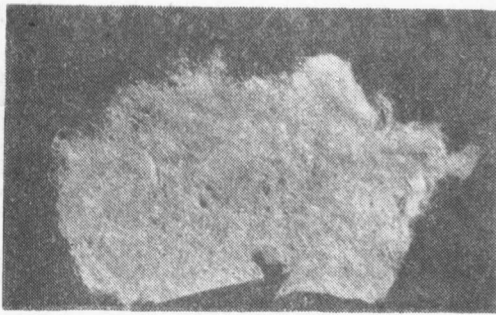


图5 中颜纸 (×2.5)

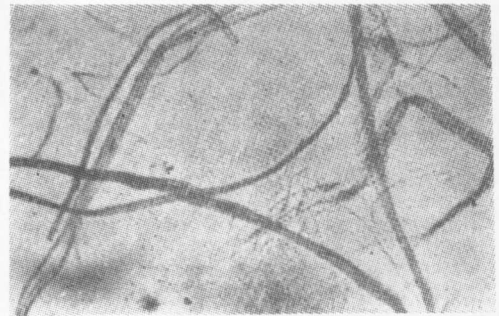


图6 中颜纸纤维形态 (×100)

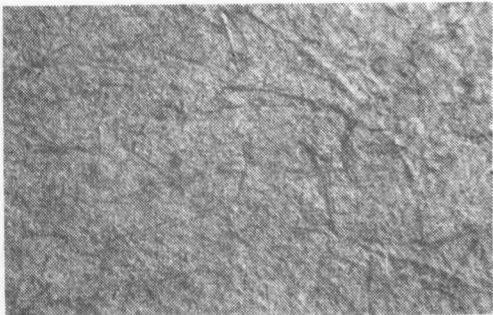


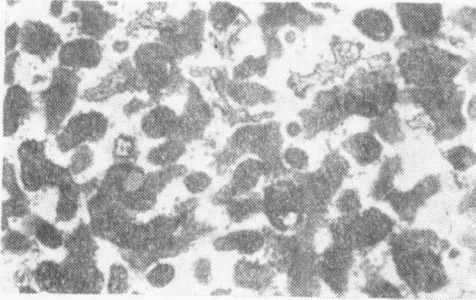
图7 高阳斗放纸 (×2.5)



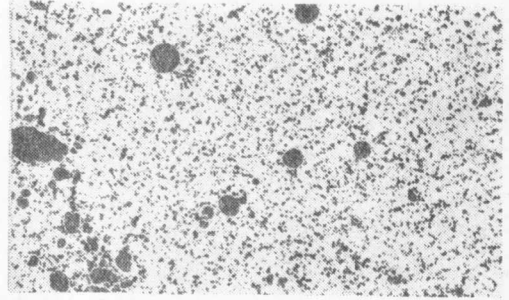
图8 斗放纸纤维由纸边折回到纸面的形态 (×2.5)

河南商代铜器的金相考察

图版贰

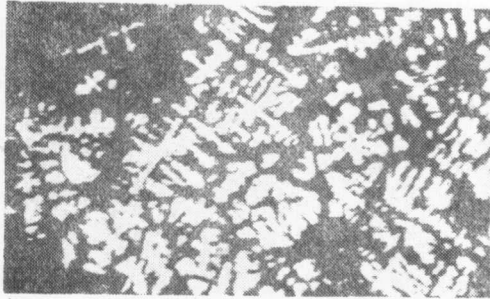


a: 100× 未浸蚀, Cu_2S 初生相 + 共晶体 ($\alpha + \text{Cu}_2\text{S}$)。



b: 1260× 高氯化铁盐酸水溶液浸蚀, 共晶体 ($\alpha + \text{Cu}_2\text{S}$) + 共析体 ($\alpha + \delta$)。

图1 河南偃师二里头青铜器的显微组织

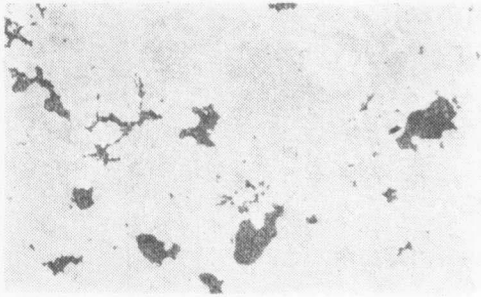


a: 未浸蚀, 200× 枝晶偏析组织业已显现。

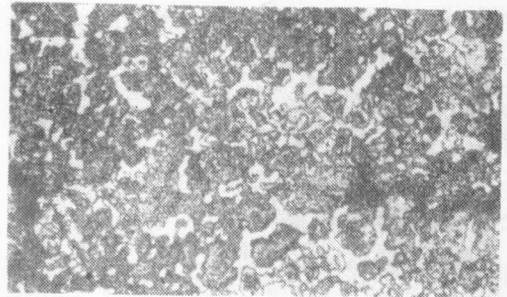


b: 已浸蚀, 高氯化铁盐酸水溶液, 200×。

图2 郑州二里岗商代铜盘的显微组织 (锈蚀严重)

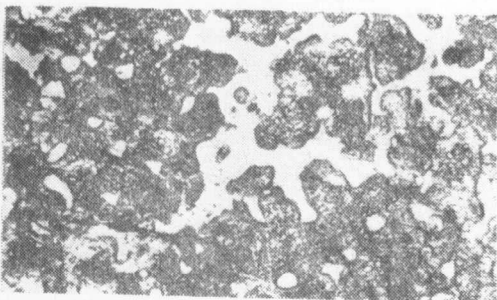


a: 未浸蚀, 100×。



b: 已浸蚀, 100×, $\alpha + (\alpha + \delta)$ 。

图3 郑州二里岗商代铜鼎的显微组织



c: 已浸蚀, 500×, $\alpha + (\alpha + \delta)$ 。

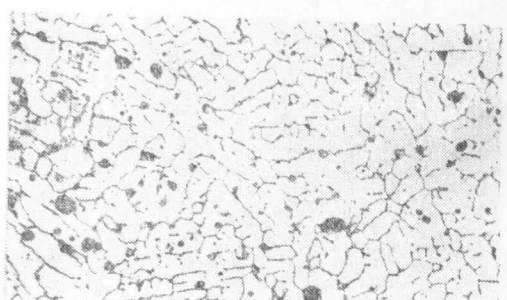
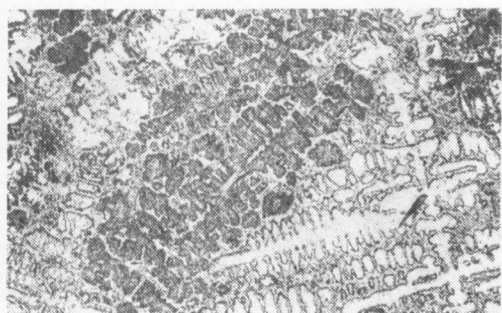


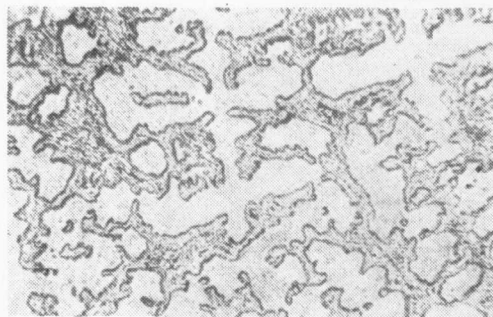
图4 江西清江吴城商代铜鼎的显微组织, 100×。

河南商代铜器的金相考察

图版叁



a: 青铜器残片(80-18-1), 100×,
树枝状晶, $\alpha + (\alpha + \delta)$ 。



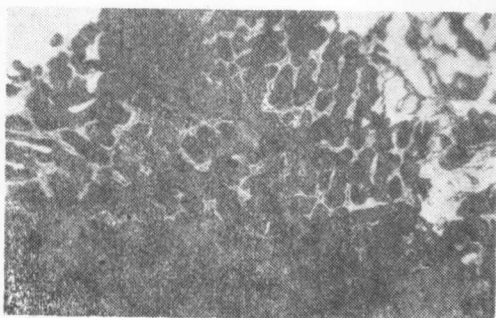
b: 同a, 500×。



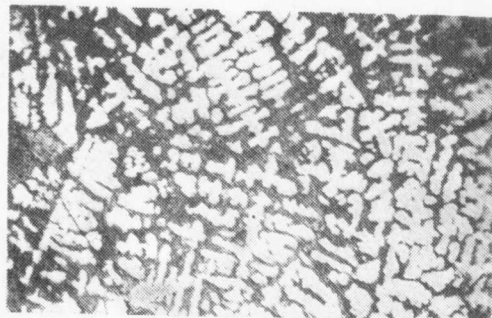
c: 青铜器残片(80-18-2);
100×, 树枝状晶, $\alpha + (\alpha + \delta)$ 。



d: 同c, 250×。



e: 青铜器残片(80-18-19), 100×, 未浸蚀,
已显示树枝状晶偏析。



f: 同e, 500×, 已显示出 $(\alpha + \delta)$ 共
析体。

图5 安阳殷墟典型锡青铜的显微组织



a: 青铜器残片(80-18-14), 250×。



b: 青铜器残片(80-18-20), 250×。

图6 妇好墓青铜器残片中的未熔铜块

出版说明

《科技史文集》是供发表科技史研究成果、整理介绍有关文物史料、开展学术讨论和反映国内外对科技史研究动态的园地。

本文集是一种不定期出版的丛刊，根据内容分为学科的专辑和多学科的综合性文集两类，统一按出版顺序依次编号。多学科的综合性文集由中国科学院自然科学研究所主编，各专辑则分别由各有关单位或有关机构主编。

上海科学技术出版社

目 录

- 从考古发现看造纸术的起源.....潘吉星(1)
- 西汉灞桥纸的断代依据及有关情况几点说明.....程兴华(17)
- 对三次出土的西汉古纸的验证.....许鸣岐(23)
- 论中国古代火药的发明及其制造技术.....潘吉星(31)
- 明代火药初探.....周嘉华(49)
- 论清代化学家丁守存的起爆药雷酸银合成.....潘吉星(58)
- 试论中国古代陶窑与冶金术的发生和早期发展.....周嘉华(68)
- 河南商代铜器的金相考察.....李仲达 华觉明 张宏礼 王素英(75)
- “六齐”之管窥.....何堂坤(80)
- 我国古镜化学成份的初步研究.....何堂坤(92)
- 关于灌钢的几个问题.....何堂坤(103)
- 中国制墨技术的源流.....李亚东(113)
- 中国人于八世纪发见氧气的可能性.....李亚东(128)
- 中国炼丹术中的“伏火”试探.....赵匡华(132)
- 葛洪和陶弘景的生卒年代考议.....曹元宇 曹京(141)
- 我国近代化学家吴鲁强事迹初探.....潘吉星(144)

从考古发现看造纸术的起源

潘吉星

一、关于造纸术起源的两种不同观点

造纸术和指南针、火药、印刷术并称为中国古代科学技术的四大发明，是中国人民对世界科学文化发展所作出的卓越贡献。但谁是纸的发明者、造纸术起源于何时，在我国古代，历来有两种不同意见。可以说，这是一个争论达千年以上的古老的科学史问题。第一种意见以三世纪时的文字学家张揖和五世纪的史学家范曄（397~445年）为代表，他们认为纸是二世纪初由东汉（23—220年）的宦官蔡伦（约61—121年）于公元105年发明的^[1-2]。

王隐《晋书》云：“魏太和六年（232年），博士河间〔人〕张揖上《古今字诂》，其《巾部》云：纸，今𦉳也，其字从巾。古之素帛，依书长短，随事截绢，枚数重沓，即名‘𦉳纸’。此形声也，字从糸。后汉元兴中，中常侍蔡伦以故布剉捣作纸，故字从巾。是其声虽同，糸、巾则殊，不得言古纸为今纸也。”^[1]张揖认为，古代的纸由丝绢制成，故“纸”字从糸；而105年蔡伦用旧〔麻〕布造纸，原料及制法不同，称为“今纸”，或“𦉳”，字从巾，以示区别。

与张揖持类似意见的范曄，在其《后汉书·蔡伦传》中称：“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。〔蔡〕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，帝善其能，自是莫不从用焉，故天下咸称‘蔡侯纸’。”^[2]范曄也以为古代的纸是缣帛，而蔡伦“造意”制出的纸，则以植物纤维为原料，用不同于纺织的方法造出。从此，蔡伦作为植物纤维纸的发明者，被后来的文献所道及，因而这种说法得以长期间流行于世。

然而张、范没有注意到，先秦古代用丝织物作书写材料，一般称为“帛”或“素”，并不称为“纸”，而“纸”字是从汉代起才出现的新字。既然先秦已用丝织物作书写材料，汉人用同样材料书写、且沿用“帛”、“素”的固有名称，又为何另创一新字来称呼此物。显然，汉人心目中的“纸”是另有所指。将“纸”理解为先秦时的帛素之类丝织物，那显然是以意为之的^[3]。于是张、范之说引起了疑义，出现了第二种意见。这种意见以九世纪的书画鉴定家张怀瓘和十世纪的一些著作家为代表。张怀瓘在《书断》中说：“汉兴，有纸代简。至和帝时，蔡伦工为之。”^[4]同样，北宋作者陈槱在《负暄野录》中也指出：“盖纸，旧亦有之。特蔡伦善造尔，非创也。”^[5]南宋著作家史绳祖在其《学斋拈毕》中写道：“纸、笔不始于蔡伦、蒙恬，……但蒙、蔡所造，精工于前世则有之，谓纸、笔始此二人，则不可也。”^[6]可见，这些唐、宋的学者认为汉代初期已经有了可代替竹简的纸，蔡伦时代的纸比汉初的纸更为精细而已，因而蔡伦不是纸的发明者，而是造纸术的改良者或革新者。

同造纸起源有关连的另一问题是蔡伦前的纸用什么原料和怎样制成的。对于这个问题也有不同意见。张揖和范曄认为蔡伦前的纸是以丝纤维为原料按纺织程序制成的纺织物^[1-2]。另一种意见认为早期的纸是以丝为原料按漂絮法制成的“絮纸”。这个看法是首先由蔡伦前的许慎提出的。清代段玉裁（1735—1815年）作了更明确的说明。后来，劳翰在1948年《论中国造纸术之原始》一文中以及以后的王明更主张蔡伦前的纸是丝絮纸^[3-9]。六十年代以后，我们认为蔡伦前的纸也是以麻纤维为原料按造纸过程而制成的植物纤维纸^[10]。

先前的中外造纸史的研究者在讨论造纸术起源时，一直没有机会看到过汉代早期古纸的实物样品，不知道它到底是什么模样、到底由什么原料制造和怎样制造的，因而有时对古书中出现的“纸”字的含义发生某种误解，这都是可以理解的。由于没有机会或可能接触到实物标本，就只好求助于文献记载，而有的记载看来不一定准确。所以围绕着造纸术起源问题而产生的为期达千年之久的学术争议，得不到妥善的解决。各家有各自的文献依据，很难说服对方，致使这个争论中的两种不同意见，便处于旷日持久的对峙局面。从理论上讲，“这些唐宋学者的看法是合乎正确的历史观点的。许多古代的发明创造是劳动人民由生产实践里所得到的，往往无法归功于哪一个人。发明了以后，经过一定时间，得到某些人的总结，当然可以在技术上更提高。造纸术的发明也不会例外。”^[3]在正确的历史观引导下从事研究，是十分必要的。但解决具体的科学史争议问题，主要还得靠实践和实物资料。

近代中国考古学田野发掘工作的开展，为解决造纸术起源问题，带来了新的曙光。我们要感谢考古工作者，他们以辛勤的劳动不断研究这个令人感兴趣的问题，提供前所未见的新鲜的实物资料。1933年，考古学家黄文弼在新疆罗布淖尔汉代烽燧遗址中，首次发现年代为黄龙元年（前49年）前后的西汉麻纸，比蔡伦开始造纸的时代早154年^[11]。他在历史上第一次结合出土实物论证了蔡伦以前确已经有了纸，而且是麻类植物纤维纸，把前述唐宋学者的论点推进了一大步。可惜，这块古纸于1937年二次大战时毁于战火。幸而留下了实物照片和一段文字描述。到1942年劳翰又在甘肃额济纳河查科尔帖汉代烽燧遗址发现一张古纸，后来证明这也是蔡伦前的麻纸。只是在当时，对这张古纸的年代是否在蔡伦以前，还没有定论，罗布淖尔纸被认为是一个孤证，还不足以动摇蔡伦发明纸的通说。

新中国成立后，1957年在陕西省西安市（西汉都城长安）市郊区的灞桥又发现了年代不晚于西汉武帝（公元前140—87年）时的古纸^[12]。由于那时未及作分析化验，一度被当成丝质纸。因此在五十至六十年代初期，人们虽承认蔡伦前有纸，但认为它是丝纤维制成，而植物纤维纸还是蔡伦发明的^[13-14]。可是，1964年当我们对此纸作分析鉴定后，得出了一个意外的结果，灞桥纸原料不是丝纤维，它不是絮纸，而是麻类植物纤维纸^[10]。经过进一步重复验证，我们还确认它是现存世界上最早的植物纤维纸^[15-16]。现在它作为国家一级文物，陈列在北京的中国历史博物馆、西安的陕西省博物馆和旅顺博物馆中，供中外观众参观。

令人高兴的是，现在可以拿出实物证据来证明：（1）纸的发明者不是蔡伦，而是公元前二至一世纪西汉时的劳动人民；（2）蔡伦前的纸既不是缣帛之类丝织物，也非以丝为原料的“絮纸”，而是麻纸。1965年以来，我们还通过分析化验和模拟实验的方法研究了汉代早期麻纸的制造工艺过程^[17]。灞桥纸的发现及其科学研究，解决了本文开头时提出的与造纸术起源有关的长期未决的问题。我们感到高兴的是，这些结论在后来由其他造纸工作者对同样纸样的重复化验^[18-21]和后来的最新的考古发掘所进一步证实（见本文第二部

分)。这就使我们对造纸术起源于西汉之说,有了更大的信心。而这种观点也逐步为中外学术界所接受。

然而当继灞桥纸之后,更多的西汉古纸不断出土的时候,1979—1980年有人连续发表同样内容的文章说,根据她对西汉纸样的检验,断定“灞桥纸不是纸”,其余西汉纸充其量只是“纸的雏形”^[22-24]。1980年,更有人著文说,他发现灞桥纸上有“东晋人的字迹”^[25],断言考古工作者断代有误,还对其余西汉纸持全盘否定的态度。因而他们仍维持蔡伦发明了纸的结论。于是在有出土蔡伦前古纸纸样的情况下,引起了又一次论争。争论的焦点是如何看待已出土的西汉古纸和考古发掘工作本身。为了说明问题,本文特全面叙述最新的考古发现和对古纸断代及检验结果,兼论对蔡伦如何评价,来综合重述造纸术起源问题,同时答复来自不同意见的置疑。

二、蔡伦前古代的最新几次考古发掘和断代

自从罗布泊纸和灞桥纸在新疆、甘肃和陕西先后出土后,从七十年代起,原来一度被忽视的古纸的发掘工作,引起了各地考古工作者的重视,因而令人兴奋的新发现一个接一个地出现。在地下沉睡达二千年之久的西汉古纸又相继来到人间。1973年,活跃在西北甘肃省的一支专业考古队,又在额济纳河流域的一个汉代军事哨所金关遗址,发现了两块西汉麻纸,年代分别为公元前52年和公元前6年^[26]。1978年,陕西省扶风县图书馆的专业考古工作者在该县中颜村,发现了一个完整的西汉窖藏,从中清理出年代为西汉宣帝(公元前73—49年)前后的麻纸^[27]。1979年甘肃考古工作者在敦煌西北的马圈湾汉代烽燧遗址发现了西汉麻纸,共五件八片,年代分别为公元前一世纪至公元初年^[28]。最后,1986年甘肃考古工作者又在无水市放马滩汉墓内发现纸绘地图,年代约为西汉文景时期。总之,解放后先后在1957, 1973, 1978, 1979及1986年已在不同地点五次出土西汉古纸。

上述古纸的断代是由考古学家和文物学家作出的。笔者认为古纸断代问题十分重要,有必要了解它的依据。因此笔者在研究这些古纸时,除认真阅读有关发掘报告并向有关博物馆写信请教外,还在1965年和1980年专程前往西安、扶风和兰州等地,逐一访问了经手发掘这些古纸的考古专家和文物学家,对发掘经过作了详细调查,结果确认考古工作者对古纸的断代是可以信赖的。现在简单介绍一下1957—1979年西汉古纸的发掘经过和考古工作者的断代依据。

根据陕西省博物馆和文管会的有关当事人李长庆、贺梓城和程学华等的亲自介绍,灞桥纸的发掘经过是:1957年5月8日,西安市灞桥砖瓦厂工人在工地上挖土时,意外地触动了一座古墓,从中发现有铜剑,次日陕西省博物馆考古工作者程学华等闻讯后赶赴现场,将同墓出土的铜剑、铜镜、半两钱、弩机、石虎等上百件文物收归省馆,并对墓葬形制作了调查。

当博物馆的工作人员清理出土文物时,发现在一个三弦纽铜镜(直径14.5厘米)下有麻布数片,布下有纸,麻布和纸都带有铜锈绿斑^[12,29-31]。古纸呈浅黄色,有些纸是分层叠在一起的,经技工郑玉将叠起的纸揭开后,已破裂成八十多片,较大的碎片约96平方厘米(8×12厘米)。

关于此纸的断代问题,程学华等认为此墓虽非事先有意的科学发掘,但附近土层单

一,没有被后人盗掘的迹象(1957年发掘简报中虽然说“仅在断崖上看出有一道扰土层”^[12],似可能被误解为盗土层。但1980年经与简报执笔人程学华了解后,得知这道“扰土层”实际上是原来下葬后回填的五花土,并非盗土层^[20-21]),周围也没有别的墓干扰,所有器物均同出于此墓^[20-21]。所以根据出土的器物就可作出准确的断代。

根据陕西和北京的有关文物专家、考古学家对灞桥古墓内器物的鉴定,铜剑、铜镜为战国末、秦代(最迟是西汉初)时的遗物。属于西汉初的文物有彩绘陶钵等,而半两钱为秦至汉初通用者。出土器物中没有晚于西汉武帝时期者,从这些器物组合来判断,确认此墓不晚于武帝时代(公元前140—87年)。当初清理此墓和古纸的陕西考古工作者至今还坚持这个断代是正确的^[32]。据笔者了解,这是他们的一致意见。有人说,清代宣纸可以和燕国刀币同出一墓,以此否定灞桥纸断代^[25,33]。这是毫不相关的比附,靠这种莫须有的推断当然不能说明任何问题。当一个墓葬没有其他文字材料物证存在时,从墓葬形制及随葬器物来断代,是考古学家通用的方法,由实践证明其行之有效。

1973年在甘肃省汉代肩水金关遗址出土的西汉麻纸,是新中国成立后第二次出现的蔡伦前古纸。甘肃北部的额济纳河流域,古称居延。早在西汉武帝时,就在这里有规模较大的政治及军事活动,一直延续到西汉末年。汉代居延有南北两个军事哨所,南为金关,北为索关。根据甘肃省考古队中发掘金关遗址的初仕宾、任步云和张学正的亲自介绍,金关由关门、关墙、烽燧、官兵居住区和牲畜圈等构成一个建筑整体。居住区南的一号探方,是当年倒垃圾的地方。在这里发现有纪年木简、麻布、绢片、木器、毛笔、石砚和麻纸等物^[34]。

金关遗址内的麻纸出土时,已揉成团,白色,展平后约399平方厘米(19×21厘米)。与麻纸同时出土的纪年木简,基本上属于西汉昭帝(公元前86—74年)、宣帝(公元前73—49年)时期,最晚的木简为宣帝甘露二年(公元前52年)。在居住区东侧第30号探方,发现一块面积约为109平方厘米(9×11.5厘米)的纸,其土层属于西汉哀帝建平元年(公元前6年)。考古学家认为出土古纸的这个西汉军事哨所遗址,出土地点清楚,遗址中的部位明确,绝大多数都有层位关系^[35]。1931年,前西北科学考察团在居延活动时,不曾到达该地,因此那里基本上保持原状^[35]。此次经专业考古队的科学发掘,金关纸的考古断代应当说是十分可靠的。

1978年12月,陕西省扶风县中颜村在一处属于汉代文化层的建筑遗址区内,在汉代瓦片堆积层下的圆形坑穴内,清理出一个陶罐。据参加发掘工作的考古学家罗西章介绍,当他们打开盖在罐口的铜盘后,发现陶罐内放满了铜器、货币(半两钱、四铢钱和五铢钱)、麻布和麻纸等文物90多件。古纸被填塞在作为漆器装饰件的铜泡中间,已揉成团,展平后最大一片约为48.96平方厘米(6.8×7.2厘米),白色,纸上带有铜锈绿斑^[27,30]。所有出土器物经北京大学的考古学家俞伟超等鉴定。此盛装窖藏物的陶罐为西汉宣帝前后之物,铜币11枚中有西汉武帝五铢、文帝四铢及半两,还有宣帝至平帝时的五铢。此外,再没有晚于西汉平帝(在位于公元1—5年)时之物。从这些器物组合来判断,考古学家认为窖藏时间在汉平帝时,但陶罐、货币多为宣帝(在位于公元前73—49年)前后,麻纸也应属于此时^[30]。象金关纸一样,中颜纸出土地点的考古地层明确,又是专业考古工作者发掘出的完整西汉窖藏物,所以这个断代也是可靠的。

继此之后,1979年10月,甘肃省博物馆文物队与敦煌县文化馆联合组成汉代长城调查

组，完成了对马圈湾汉代烽燧遗址的发掘工作^[24]。马圈湾在敦煌县城西北95公里处，这里曾是西汉屯戍活动的一个据点。这种活动在宣帝时最为兴盛，至王莽始建国二年（10年）后才废弃。从该遗址出土的实物有337件，其中包括丝织物残片、毛织物残片、五铢钱、铜铁器、木器、日用品、麻布、尺、毛笔、石砚、印章、麻纸等物和1217枚简牍。根据发掘报告和从发掘人吴炳骥那里了解的情况看，马圈湾出土的西汉纸数量最多、幅面最大，共五件八片，出土时均已揉皱。

1979年最新出土的西汉马圈湾纸—I（原编号T120：47），呈黄色，较粗糙，纸边清晰，可能是一张完整的纸，面积约为640平方厘米（32×20厘米），是所有出土西汉麻纸中最大的一片。与此纸同出的纪年木简，最早为西汉宣帝元康年间（公元前65—62年），最晚者为甘露年间（公元前53—50年）。马圈湾纸—II及III（原编号T10：06及T9：026）共四片，颜色被污染，呈土黄色，质地较细匀，同出纪年简多为西汉成帝（公元前32—7年）、哀帝（公元前6—1年）及平帝（1—5年）时期。马圈湾纸—IV（编号T9：025）呈白色，质地细匀。年代不晚于平帝元始年间（公元1—5年）。马圈湾纸—V（编号T12：018）共二片，呈白色，质地细匀，应为王莽时（8—23年）之遗物。

以上所述1957—1979年四次出土西汉古纸的全部实物，有半数是专业考古队科学发掘的产物。而它们的断代又都是参加发掘和整理工作的考古学家结合地层、器物组合和历史考证等传统方法作出的。这在文物考古学界和历史学界中，迄今还未发表过不同的意见。1984年，由中国社会科学院考古研究所编著的《新中国的考古发现和研究》一书中对历次西汉古纸的断代都予以肯定^[25]。而1986年甘肃发现的古纸又出土自西汉文景时期的汉墓。这些事实有力地说明，至迟在西汉早期，中国就已经有了植物纤维纸。因而张揖和范睥所说蔡伦于105年发明纸之说，便被新的考古发现所否定。

也许有人对于作为正史的《晋书》和《后汉书》记载竟与史实不符感到惊异，事实上这没有什么值得奇怪。中国古籍浩如烟海，内容丰富，的确有许多珍贵的科技史料。但也应指出，古代典籍不能对所有事物的记载都绝对无误，因为智者千虑必有一失，作者宥于见闻，个别记载失实是难以避免的。特别是重大的创造发明，古人总认为出于杰出人物之手。这方面记载失实更多。我们对于古代文献应采取孟子“尽信书，不如无书”的态度，不可不信，但也不能全信。而考古发掘工作往往能印正或匡正古史记载是否正确或失实。这方面实例不胜枚举。例如，史书说毛笔是秦代蒙恬所发明，但在先秦墓葬中多次出现毛笔，蒙恬发明毛笔之说当然需要修正。再如，有的古书说魏晋始有墨丸，但在最新考古发掘中秦汉时已有固体墨。魏晋有墨丸之说当然也要修正。同样，西汉麻纸的出土，正是补充了《前汉书》中关于西汉造纸记载的疏漏，也匡正了范睥在《后汉书》中关于蔡伦发明纸记载的欠妥。

我们认为因考古发现而纠正文献记载的错误，这是一件大好事。遗憾的是，有人仍死死抱着“蔡伦发明纸”的旧说不放，连篇累牍地发表内容雷同的一些文章^[25, 26, 27-38]，妄图否定多次出土的西汉麻纸考古断代的可靠性。他们有时连发掘报告和出土古纸都没有看，拿不出确切可靠的证据，便宣布古纸断代都是“不可靠的”，对于专业考古工作者们的科学判断和研究方法持怀疑态度，在蔡伦前古纸接二连三地出土的今天，仍一味说纸是蔡伦“发明”的。这种作法很难令人信服。

三、蔡伦前出土古纸的分析化验

关于西汉古纸的断代，正像上面说的，在文物考古学界以及历史学界中已有定论。至于西汉古纸是不是真正的纸，这属于分析化验问题。笔者有幸对出土的西汉古纸都曾过目并经手作过分析化验，而且许多古纸研究者也作过同样的工作。在这里有必要对分析化验问题加以讨论。坚持蔡伦发明纸的人集中篇幅用以专门否定灞桥纸，似乎否定了灞桥纸就能否定整个西汉麻纸似的。那就让我们先从灞桥纸的分析化验谈起。

1964及1965年，我们两次对灞桥纸作了分析化验，结果都肯定它是早期的麻纸^[10,11]。关于原料，笔者认为是大麻，但当时参加这项工作的王菊华认为是黄麻，所以1964年的报道把双方意见都写了进去^[10]。1965年笔者同郑学经的第二次严格化验，证明是大麻，间有少量苧麻。1966年我们已正式刊出更正^[40]，指出“黄麻应改为苧麻”。那时包括王菊华在内都认为灞桥纸是麻纸。此后，1974—1975年其他同行对此纸再次作了检验，也确认灞桥纸是麻类植物纤维纸^[18]。1980年，又有人对灞桥纸又作了重复化验，证明灞桥纸是由麻料切断、沤煮、舂捣而成浆，使短细匀整的分散的单根纤维异向交织、抄造而成的纸。它不是由麻絮、麻屑等堆积物受镜身压力成片的。^[20]

为了慎重起见，1981年3月我们同张金英、苗俊英和冯文辛再次对灞桥纸作了更严格的化验，胡玉熹作了纤维显微离析放大照片，得到的结论仍确认灞桥纸是麻纸。至此，灞桥纸已先后经受由不同研究者作了六次分析化验，有五次证明是麻纸，只有王菊华1978年作的那一次认为不是纸。关于这些，将在下面陈述。

至于其他西汉纸，也有不同研究者作了多次检验。1978年，甘肃省科学工作者化验金关纸后，认为是主要含大麻的植物纤维纸^[26]。1979年，我们对中颜纸作了检验后，表明此纸是经过沤煮、舂捣、抄造等工序而制成的较好的麻纸^[41]。1981年3月，我们对灞桥纸、金关纸、中颜纸和马圈湾纸作了一次全面的严格检验，并将化验数据同许鸣岐的同类数据作了对比和相互校订。我们的结论仍然再次确认上述古纸都是麻纸。

至于1942年劳翰在额济纳河沿岸查科尔帖发掘的有字古纸，曾经吴印禅化验也鉴定为植物纤维纸^[9]且1975年劳氏断定为蔡伦前古纸^[42]。1933年出土的罗布淖尔纸虽未及化验，但发掘人黄文弼据纸上残存麻筋而将其定为麻纸，当是没有疑问的。至此，1933—1981年间，中国六次出土的蔡伦前古纸，除罗布淖尔纸是根据纸上残存麻筋而断为麻纸外，其余出土的古纸都经化验证明为麻纸，既非絮纸，亦非缣帛。

通过上述对出土古纸作的分析化验，证明这些古纸确系麻纸是有充分的科学依据的，这里略作些说明。

这里先谈谈什么是纸，再看看分析化验所得的结果是否符合纸的定义。我们认为传统上所谓的纸，指植物纤维原料经人工机械—化学作用而制得提纯的分散纤维，与水配成浆液后经漏水模子滤水，使纤维在模子上交织成湿膜，再经干燥脱水形成一定强度的、由纤维素交结而成的薄片，作为书写、印刷、包装等用途的材料。

为了说明出土古纸情况及分析化验结果符合纸的定义，先将有关情况列表介绍。表一是新中国成立后四次出土的西汉麻纸和1933年出土的罗布淖尔纸的一般情况（其中罗布淖尔纸的情况录自原发掘报告），表二是四次出土的西汉麻纸、模拟西汉纸及后代麻纸的显微

分析结果。

表一 历次蔡伦前古纸出土情况

序号	纸名	制造年代	出土年代	出土地点	尺寸* (厘米)	外观描述
I	I	II	IV	V	VI	VII
1	灞桥纸	公元前 140—87	1957	陕西省西安市 灞桥	10×10	出土时许多张纸叠在一起, 浅黄色, 纤维束较多, 纤维交织不匀, 打浆度较低。
2	罗布淖尔纸	公元前 49	1933	新疆罗布淖尔 汉烽燧遗址	4×10	白色, 出土时揉成团, 较厚, 有某些未打碎的麻筋。
3	金关纸—I	公元前 52	1973	甘肃额济纳河 东岸西汉金关 遗址	9×21	白色, 纤维束较少, 打浆度较高, 质地细
4	金关纸—II	公元前 6	1973	同上	9×11.5	暗黄色, 似粗草纸, 质地较稀松。
5	中颜纸	公元前 73—49	1978	陕西省扶风县 中颜村西汉窖 藏	6.8×7.2	同上
6	马圈湾纸—I	公元前 65—50	1979	甘肃省敦煌县 马圈湾西汉烽 燧遗址	20×32	浅黄色, 作长方形, 边缘清晰, 是迄今出土西汉纸最大的完整纸(640平方厘米)较厚, 制作较粗糙。
7	马圈湾纸—II	公元前 32—1	1979	同上	9.5×16	共二片, 与汉简、毛笔及砚同出, 纸被污染成土黄色, 制作较细。
8	马圈湾纸—III	公元 1—5	1979	同上	9×15.5	白色, 质细, 纤维束较少, 纸面可见粗横帘纹。
9	马圈湾纸—IV	公元 8—23	1979	同上	17.5×18.5	白色, 质细, 纤维束较少, 打浆匀。

* 这些古纸出土时分裂为许多碎片, 这里是指其中最大碎片的尺寸。

通过我们1981年3月对历次蔡伦前古纸的这次全面分析化验和本文表二所提供的最新实验数据, 可以得出下列各项认识:

1. 灞桥纸、金关纸、中颜纸和马圈湾纸的原料经反复检验, 确证其原料都是麻类, 主要是大麻 (*Cannabis sativa* L.), 还有些是苧麻 (*Boehmeria nivea* Gaud.) 的纤维, 而不是丝纤维。从纸面上残存纤维束为未松解的细麻绳头来看, 可知西汉纸原料为废旧的麻头、故布之类, 而不是生麻纤维。根据显微镜下观察, 发现这些古纸麻纤维纯度都较高, 杂细胞和非纤维素的杂质很少, 更说明纤维事先经过提纯, 而不同于生麻纤维。

2. 从上述西汉纸样中, 分别取出100根单纤维在显微镜或投影仪下测定其长、宽度, 结果看到西汉纸纤维最长者(占总数1%)为10毫米, 平均长都在0.9—2.2毫米之间, 平均

表二 蔡伦前出土古纸、模拟西汉纸及后世麻纸显微分析结果对比

序号	纸名	制造年代	原料	厚度 (毫米)	基重 (克/米 ²)	紧度 (克/厘米 ³)	白度 (%)	纤维平均长 (毫米)	纤维平均宽 ($\mu=10^{-3}$ 毫米)
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	灞桥纸	公元前 140—87	麻纤维	0.10	29.2	0.29	25	0.88	20.55
2	金关纸—I	公元前 52	同上	0.22	61.7	0.28	40	2.19	18.73
3	中颜纸	公元前 73—49	同上	0.22	61.9	0.28	43	2.12	20.26
4	马圈湾纸—V	公元 8—23	同上	0.29	95.1	0.33	42	1.93	18.18
5	模拟西汉纸	1965	同上	0.14	38.9	0.28	42	2.84	22.10
6	凤翔麻纸	1980	同上	0.10	38.5	0.45	45	1.56	20.89

宽为19—21 μ ($1\mu = 1/1000$ 毫米)。其中灞桥纸纤维平均长为0.88毫米。这说明所有西汉纸的麻纤维在成纸前都被切短或打碎, 因为未切短的大麻生纤维平均长为15—25.5毫米, 最小的长度为12.4毫米, 苧麻的生纤维平均长120—180.3毫米^[45]。纸上虽然都有未被打碎的另星小绳头, 但均被切断, 而且孤立地散布在分散的纤维之间。

3. 经显微镜观察, 虽然灞桥纸帚化程度较低, 但并非它的所有纤维都如此, 有的纤维也呈现被压溃打散的现象。而金关纸、中颜纸和马圈湾纸—V纤维的帚化度相当高, 有明显的分丝帚化现象。这表明, 这些纸的纤维都在不同程度上经受了春捣过程。在放大镜和显微镜下查看, 包括灞桥纸在内的西汉纸纸面上虽有个别部位的纤维作同向排列, 但整体看来, 纤维作异向不规则交织者居绝大多数。这是笔者与一些造纸和考古工作者观看这些纸后的共同认识。如果眼睛只钉住局部, 而不顾整体, 那不会得出公正的结论的。

4. 上述各西汉纸的紧度经实测为0.28—0.33克/厘米³, 厚度为0.10—0.29毫米, 合乎一般手工纸的技术要求。现在造的书画用麻纸紧度为0.45克/厘米³, 厚度为0.10毫米, 而唐代(九世纪)绘画用麻纸紧度为0.36克/厘米³, 厚度为0.18毫米。在马圈湾纸、中颜纸纸面上还可见到帘纹。这说明这些出土的西汉纸都经过打浆、抄造和定型干燥过程。顺便说, 手工纸纸面上纤维束较多, 纸浆分布不匀, 本是常见现象, 不能用机制纸的技术指标来衡量并否定其为纸。西汉纸以手触动后, 有柔软的感觉, 且有一定的机械强度。

5. 西汉古纸标本中, 灞桥纸呈浅黄色(白度25%), 马圈湾纸—I本为白色, 后被

污染为土黄色，而金关纸、中颜纸及马圈湾纸—Ⅶ等均呈白色(白度在40%以上)，与后世书写用手工纸相近。这些纸的纤维原料如不经过草木灰水等弱碱性溶液蒸煮脱色或反复洗涤，是不可能达到这样高的白度的。金关纸及中颜纸厚度为0.22毫米，定量为61.7及61.9克/米²。灞桥纸厚度为0.1毫米，定量为29.2克/米²。一般说，这些纸帘纹不显，只有金关纸和马圈湾纸—Ⅶ能见到帘纹。有人根据西汉纸帘纹不显，便说没有经过抄造和定型干燥^[23-25]，是由于观察不够仔细所造成。

上述蔡伦前古纸的分析化验结果提供的物理性能数据告诉我们，这些纸都以废旧的麻头、故布为原料，经过切断、蒸煮、舂捣而成浆，再经抄造、干燥而制成。换言之，它们都是经历了成纸过程而造出来的真正的纸。

这些鉴定结果，已得到中国造纸学者著名专家隆言泉^[43]等的支持。这就从根本上表明由张揖、范曄所倡，而由某些人至今坚持的“蔡伦前的纸是缣帛丝织物”的说法是与实践相矛盾的。

1965年，笔者在野外模拟实验时，更从实践上证实了将麻头、故布经切、捣、蒸煮、抄、烘等工序用古式设备处理后得到的模拟产物，在实验室经分析化验后，发现与西汉纸有类似的物理结构和技术性能指标。模拟实验是技术史的一种行之有效的研究方法。有人为维护蔡伦造纸说，对我们研究西汉纸时所用的模拟实验方法横加非难^[25,33,38]。但实践最能说明问题，如表二所述，模拟西汉纸纤维平均长2.84毫米，接近金关纸(2.19)及中颜纸(2.12)。模拟西汉纸纤维平均宽22.10μ，接近中颜纸(20.26)及灞桥纸(20.55)。模拟纸紧度0.28克/厘米³，接近各西汉纸，白度42%，接近金关纸、中颜纸及马圈湾纸—Ⅶ；厚度0.14毫米，接近灞桥纸。这些数据都相应符合西汉纸的有关指标。

经实际鉴定，模拟西汉纸与出土西汉纸在外观上亦有类似形制。这说明西汉纸基本上(不是在所有细节上)是按模拟实验各有关工序制造出来的，这些工序是形成真正的纸所必需经历的基本过程。还说明模拟实验是探索古纸制造技术的成功的科学方法，其最佳模拟产物的分析数据与西汉纸相符，经受了实践的考验。如果不肯从事模拟实验这种艰苦劳动，却一味否定这种方法，怎能服人。不管遭受如何非难，我们将坚持动用这种方法。

诚然，迄今所见蔡伦前古纸的质地不及后世纸精良，这正是早期纸的特点。但有的纸质量则相当好，在探讨造纸术起源问题时，首先要解决的是蔡伦前有没有纸的问题，至于纸质优劣，那是此后技术进一步发展的问題。事物发展总是由低级到高级、由不太完善而到完善的不断变演和进化的过程。不应当对一件新事物要求尽善尽美。北京猿人尽管周身是毛，同现代人比有原始性，但毕竟是早期的人类。研究历史时，正需要有这种发展观点。早期的纸虽有不足，但毕竟注定要在以后逐步完善、具有更广泛用途和发展前程的新事物。它的出现是新质的诞生，是一种技术发明，是古人长期探索的历史产物。对历史上一种新事物的出现求全责备、贬低以至否定无名先辈们的劳动成果，这种作法未必足取。

四、如何看待蔡伦前的出土古纸

在科学领域内，传统见解有时会转化成为消极的惰性力量。迷恋于某种传统见解，有时竟妨碍人们用与旧观点相冲突的新事实去检验旧的观点，从而束缚着人们的思维。蔡伦发明纸之说影响竟如此之深，以至西汉麻纸多次出土、人证物证俱在时，仍有人不愿放弃