

民国纸为什么这么酸？

——民国时期机制纸生产工艺概述

易晓辉

民国文献的酸化问题是纸质文献保护领域亟待解决的一项重要课题，由于现代机器造纸技术在当时处于起步发展阶段，对纸张的耐久性缺乏必要的重视，许多酸性工艺的使用为后来纸张在保存过程中的酸化问题埋下了隐患。尤其是在机器造纸技术刚刚引入中国之时，因技术落后，原料质量和工艺水平较低，生产的纸张品质较为粗劣，强度和耐久性较差。而今使用这些纸张的民国文献普遍面临严重的酸化问题，许多报刊、书籍纸页脆化、粉化严重，一碰即碎，已无法正常阅读和使用。

从上世纪 80 年代以来，欧美等西方国家开始探索酸化文献的脱酸方法，我国在近年也逐渐开展民国文献脱酸方法的研究。考虑到我国民国时期的文献用纸跟西方存在一定差异，在进行脱酸技术研究的同时，很有必要对民国时期机制纸的原料和生产工艺进行细致梳理。从根本上看，民国纸的酸化问题早在生产时就已埋下伏笔，其特殊的原料、生产工艺，尤其是松香—硫酸铝施胶方法是后续一系列酸化老化问题的根源。本文从我国民国时期机制纸的主要种类，原料来源，蒸煮的工艺以及施胶方法等方面，整理和探究民国机制纸酸化问题的根源与诱因。

一、民国时期文献用纸的主要种类

由于民国时期纸张的酸化问题主要发生在现存的文献当中，以这些文献用纸为研究对象，其纸张的来源主要有以下三类：

1、进口洋纸

自 19 世纪中叶欧洲人发明化学木浆造纸技术，困扰西方几百年的造纸原料紧缺问题得到了彻底缓解。随着机械造纸技术的不断发展，欧美等国生产的大量“洋纸”经由通商口岸进入中国。这些由机器生产的纸张纸面光洁、厚薄匀整，纸张强度好，不渗水，可以双面写印，规格统一，产品花色多。而与之相比，国

内的手工土纸却存在质地粗松、洇水、只能单面写印，常有厚薄不匀和质量不统一的缺点。品质上存在一定的差距，尤其是在机器印刷时，机制纸的优势更加明显。另外，规模化生产的“洋纸”在价格上也有很大优势，自进入中国以来对传统的手工土纸和国产机制纸都造成极大的冲击，进口总量连年增长，市场比重不断攀升。据相关史料统计，在 1913 年时全国范围内进口“洋纸”的价值比重在 20% 左右，到 1933 年便已超过 40%。

在进口的“洋纸”当中，用于写印文献的主要有两大类：一类是以漂白化学木浆为主的高级胶版纸，纸质精细洁白，以道林纸为代表。另一类是以磨木浆为主的书报用纸，纸质粗黄，以新闻纸为代表。由于原料的净化程度不同，这两类纸在耐久性上存在明显的差异。从现存的民国文献当中可以看到，大多数道林纸类文献仍有非常好的保存状态，老化程度较轻，部分文献的纸张甚至依然洁白如新，维持良好的纸张强度。而新闻纸类的文献纸张往往出现明显的酸化老化，这类纸张因配有一定比例的磨木浆和草浆，纸质较为粗松，颜色偏黄，在酸化老化之后颜色变深，纸质酥脆乃至粉化，部分严重酸化的纸张一碰即碎。如今开展民国文献脱酸和加固的相关研究，主要就是针对第二类发生严重酸化老化的纸质文献。这类纸张木质素含量较高，多采用酸性的施胶工艺，是民国文献酸化老化的重灾区，需要尽快进行脱酸和加固处理。

2、传统土纸

主要指我国民间以传统方法生产的各类手工纸。在民国时期，尽管受到现代造纸工业的冲击，传统手工纸开始逐渐走向衰落，但由于产区广泛以及人们的使用习惯，传统手工纸依然占据主体地位，即便到 30 年代仍保持近一半的价值比重。在现存民国文献当中，由于传统手工纸原料和工艺纷繁多样，纸张的性能也参差不齐，既有可以“纸寿千年”的皮麻纸、宣纸，也有质量较次的土纸和草纸。自明清以来，由于竹草类原料来源丰富，传统手工纸以竹纸为大宗，所占的比例非常高，仅书籍中的比例在清代已超过八成，此外民间还生产一定量草纸。在竹纸当中，既有较为高档的连史纸、贡川纸、毛边纸，也有一些较为粗黄的文化书写用纸。前几种纸在古籍当中较为常见，大部分依然能保持不错的状态，而那些纸质稍差的粗黄土纸因木质素含量较高，也不同程度的面临着纸张老化和酸化的问题，亟需进行必要的处理。

另外在民国时期,一些手工纸坊也引进现代造纸的新技术,对传统的生产工艺进行一定的改造和升级,生产出符合当时需求的新式土纸。譬如当时为了满足连史纸的印刷需求,在纸中添加高岭土制成“粉连纸”,由于高岭土有一定酸性,粉连纸的耐久性比普通的连史纸要差。整体而言,由于传统土纸多采用碱法蒸煮,没有酸性施胶的问题,大部分此类文献暂时没有酸化老化的问题,仅有少部分木质素含量较高的黄纸本和使用新式土纸制作的文献因老化速度较快亟需进行处理。

3、国产机制纸

随着清末洋纸的大规模进入和洋务运动的推进,由国内民族资本筹建的机器造纸厂也开始出现。1884年,由曹善谦、郑观应等人筹设的上海机器造纸局建成投产,这是我国第一家机器造纸厂。此后又有广州宏远堂机器造纸公司、上海龙章造纸厂、济南滦源造纸厂,还有1901年由外商筹建的华章造纸厂,等等。尽管各地的机器造纸厂陆续建成投产,但经营状况大都不容乐观,许多纸厂建成仅几年便迅速停产甚至倒闭。这跟国产机制纸的生产水平和产品质量有很大关系,由于设备和技术等方面的限制,国产机制纸在质量上无法跟进口洋纸相媲美,在产量上也抵不过传统的土纸,只能生产一些低端的书刊纸,以及仿制传统手工纸的机粉连、机制毛边等,在洋纸和土纸的夹缝中艰难求存。

由于产品质量较差,相关文献大多面临纸张酸化和老化问题。国产机制纸的原材料当中有相当比例的阔叶木和禾草类原料,尤其是当时使用较为广泛的芦苇、稻麦草、蔗渣等,这类原料本身纤维较短,杂细胞和木质素含量较高,制成的纸张强度偏低,耐久性差。在采用酸性施胶工艺之后,纸张因酸化作用加速老化,不足百年便已酥脆不堪。这类纸张从民国直到新中国成立后依然占有一定比例,在当时由于成本低廉被大规模使用,但如今却面临严重的酸化老化问题。

二、民国时期文献用纸的原料

从清末到民国时期,伴随着洋纸的进口和现代机器造纸技术的传入,文献用纸的原材料也开始出现多元化的特点。首先木浆的引入大大拓展了造纸纤维原料的范围,但全国范围内的使用率并不高且多为进口,民国时期的造纸原料整体上以草浆为主。这些不同种类的原料在纸张特性和使用性能上有明显区别,在文献

酸化和老化过程中的表现也各不相同。

1、草类原料

明清以来竹纸成为手工纸主流，其他草类原料在清代也有发展。除了常规的稻麦草以外，蒲草、马莲草、茭草、乌拉草、蔗渣等草类原料在清末、民国乃至新中国成立后都有非常广泛的应用。由于森林资源有限，草类原料在我国曾长期占据主导地位，民国时期更是如此。甚至在酸性亚硫酸盐木浆工艺传入后，因当时原料种类的限制，也被因地制宜进行改造，用来蒸煮蔗渣、芦苇等草类原料。

相较于韧皮类原料和木质原料，草类原料的纤维大都比较短，表皮细胞和杂细胞含量较高。尽管草类当中也不乏优质原料，但因当时技术水平的限制，生产条件较为落后，民国时期大部分机制纸使用的草浆净化程度都不高，常含有大量杂质，成纸结构疏松，表面粗糙，强度和耐久性都比较差，使用草类原料的民国文献成为酸化老化问题的另一个重灾区。现存的民国文献和解放初文献当中有大量使用草浆纸，这些纸张在成纸之初质量就不太好，经过几十年甚至近百年的自然老化之后，更是酥脆不堪，成为民国文献保护工作中的一大难题。

2、木材类原料

木材类原料主要指木材的木质部纤维，常用针叶树的松、杉、桧、枞及阔叶木的杨、桉、枫、栗等原料。其中针叶木的纤维较长，质量较好，阔叶木纤维略短。木材类原料于19世纪中叶由欧洲人引入造纸，随着产业革命的推动，到19世纪末木浆造纸技术迅速发展，并成为现代造纸工业中最主要的原料来源。我国的木浆纸最初是随洋纸进口引入，后来随着各地建设机器造纸厂，开始从国外进口木浆，包括机械法的磨石磨木浆，以及化学蒸煮的化学木浆。由于木材制浆技术较为复杂，设备投入较高，直到20年代后期才实现自制木浆。

因森林资源的限制，我国的木浆原料跟国外在品种上有所区别。欧美等国针叶林资源丰富，木浆多以松杉类为主，我国则以杨木、桦木等阔叶材居多。民国时期日伪占领东北时曾利用东北丰富的森林资源开办浆厂，并销往南方一些纸厂。30年代末广东曾利用华南地区产量丰富的马尾松生产磨木浆和化学木浆，抄制新闻纸和其他文化用纸，可惜后来也落入敌手。

尽管木材类原料的纤维性能较好，但相当一部分用来制作磨木浆，因木质素含量较高面临快速老化的问题，耐久性稍好的化学木浆在现存民国文献中所占比

例并不高。民国文献中的道林纸类一般为漂白化学木浆生产，目前来看这些纸张的状态大都还不错。只是使用这类纸张的文献较少，绝大部分文献使用磨木浆、草浆等耐久性较差的原料，而今产生严峻的酸化老化问题。

3、废纸浆

民国时期废纸的回收和利用体系并不完善，废纸脱墨再生的技术也比较落后，所以大部分废纸浆被用来制作包装用的纸板，仅有少量质量稍好，较为干净的废纸浆被用于配抄文化用纸。废纸浆因经过两次甚至多次制浆造纸过程的处理，纤维质量跟新纸浆有明显差距，并可能含有部分杂质。添加废纸浆的一般是质量较差的书报纸和其他文化用纸，本身较为粗糙，强度差，容易发生酸化老化。

三、民国时期机制纸的制纸工艺

民国文献纸张出现的酸化老化问题，除了跟保存过程中的自然老化和环境污染有一定关系以外，最主要的原因还在于当时的造纸工艺。或因磨木浆中保留了大量的木质素，或是制浆过程可能采用了酸性的亚硫酸盐蒸煮工艺，当然危害最大的还是民国时普遍使用的松香—硫酸铝施胶，大量硫酸铝的使用导致成纸的 pH 值非常低，到如今引发严重的酸化老化问题。

1、制浆过程引入的易酸化老化因素

民国时期机制纸所用纸浆主要有磨木浆和化学浆两大类，依据蒸煮工艺的不同化学浆又分为烧碱法、酸性亚硫酸盐法和硫酸盐法，其中烧碱法和硫酸盐法为碱性工艺，酸性亚硫酸盐法为酸性工艺。根据其工业化的时间，烧碱法和酸性亚硫酸盐法在民国时期应用较为广泛，硫酸盐法直到 1937 年才实现工业化，在我国就更晚一点。从引起纸张酸化老化的主要因素来看，低 pH 值和高木质素含量都会加速纸张的酸化老化进程，使用磨木浆和酸性亚硫酸盐浆的纸张更容易出现耐久性的问题。

民国时期的磨木浆基本都采用磨石磨木法生产，是新闻纸的主要原料，也用于配抄书刊纸。这类纸张在使用功能上更多强调读完即弃，成本低廉，保存时间和耐久性在当时并没有作为考虑对象。该制浆方法使用磨石直接将原木磨成纸浆，原料中的木质素几乎全部保留到纸张当中。因木质素非常活泼，受光、热、酸等因素的影响极易发生反应，并引发纸张中的纤维素降解，是纸张老化过程中的发

起者和主要参与者。使用磨木浆的文献除了纸质较为粗松以外，纸张颜色多偏黄，纸张老化速度较快，而且在经过老化后颜色会更深，强度迅速丧失。现存的许多民国报纸老化严重，如酥皮饼干一般一碰即碎，原因即在于此。

酸性亚硫酸盐浆是民国时期化学浆的主要生产工艺，包括进口木浆、国产木浆，乃至一些草浆也都使用亚硫酸盐蒸煮工艺，是当时生产化学浆的重要方法。该制浆方法于 1874 年在欧洲实现工业生产，将二氧化硫和石灰反应生成亚硫酸氢钙和亚硫酸的混合液，以其蒸煮木片制成纸浆。由于蒸煮液呈酸性（pH 值为 1-2 左右），蒸煮过程会造成纤维素大量降解，因而成纸强度较低。该方法适用范围不广，虽然在 1940 年后不断改进为亚硫酸氢盐法，能够适应大部分木材和草类原料，但亚硫酸氢盐法依然为酸性工艺，使用这种方法蒸煮的各类草浆强度普遍不高，耐久性较差。由于酸性亚硫酸盐法的限制和缺陷，1937 年碱性的硫酸盐法一经工业化便快速发展，逐渐取代酸性亚硫酸盐法制浆的重要地位。亚硫酸盐法制浆后来也经过不断演进，直到发展为中碱性的亚硫酸盐蒸煮工艺。

总体而言，民国时期广泛使用的酸性亚硫酸盐法因蒸煮液酸度较高，造成纤维降解，损害了成纸的强度和耐久性。同时蒸煮过程残余的酸和部分磺酸根也被保留到纸张当中，最终促进了纸张的酸化老化。

另外，民国时期还生产有大量的土法草浆纸，一般为烧碱法、石灰法等蒸煮方式，由于技术条件落后，生产过程粗放，纸浆净化程度较低，残留大量杂质。这类纸张由于本身质量较差，结构疏松，强度低，尽管是碱性工艺，但后续经过酸性施胶，成纸依然是酸性的，耐久性很差。现存民国文献中有不少属于此类，纸张粗糙松脆，纸色灰黄，纸面杂质较多，印刷质量也比较差，长期保存存在很大难度。

2、施胶过程引入大量的酸

尽管在民国时期因磨木浆和酸性亚硫酸盐浆的使用导致纸张容易发生酸化和老化，但据有关学者统计，民国时期生产的纸张当中磨木浆和酸性亚硫酸盐浆使用的比例并不高，大量日常用纸仍采用土法制浆，整个民国时期碱法制浆仍是主流。尤其到 40 年代以后硫酸盐法开始兴起，酸性亚硫酸盐法也逐渐朝中性发展，由制浆过程引入的酸性物质对纸张酸化的贡献率其实并不高，更多是因木质素和杂质含量较高，容易引发纸张老化。制浆工艺在整个造纸流程中毕竟属于上

游工序，纸张当中的酸主要还是来自于后续的施胶过程，纸张最终的酸碱度也完全由施胶过程添加的硫酸铝来决定。

民国时期文献用纸以新闻纸、书刊纸和书写用纸居多，为了控制纸张在印刷和书写过程中的洇墨程度，需要赋予纸张一定的抗水性，即对纸张进行施胶。当时主流的浆内施胶工艺为松香—硫酸铝施胶法，其中松香负责让纸张产生抗水性。但松香和纸纤维同为负电性，二者互相排斥，直接使用时松香无法有效留着到纸张当中。需要用带正电荷的铝离子作为沉淀剂使松香能够良好地附着在纤维上，这样才能让纸张产生一定的抗水性能，符合书写和印刷的要求。添加硫酸铝虽然满足了沉淀剂的功能，但硫酸铝本身是一种酸性盐，添加到纸张当中使纸张内部形成酸性环境，促使纤维素发生酸性降解，这便是民国文献发生快速酸化老化，纸张强度尽失的主要原因。

另外，硫酸铝除了作为沉淀剂，还兼有提高纸浆滤水性的功能。机器造纸时纸浆在高速运行的铜网上滤水成型，滤水速度的快慢直接影响纸机的运行速度。为了提高生产效率，实践中常通过添加过量硫酸铝使纸浆 pH 值维持在 4-5 左右，甚至更低。这么做的结果就造成民国时期采用松香-硫酸铝施胶的纸张在成纸之初就自带非常高的酸度，现存大量民国文献纸张的 pH 值在 4.0 左右，一些酸化厉害的纸张甚至低于 3.0。一般认为纸张 pH 值低于 5.5 便会发生快速的酸化老化，如此低 pH 值的民国机制纸如今产生严重的酸化老化问题，自然就不难理解了。

参考文献

- [1] 方汉城，杨保身。造纸[M]。上海：商务印书馆出版社，1951。
- [2] 方汉城。造纸[M]。上海：商务印书馆出版社，1929。
- [3] 上海社会科学院经济研究所轻工业发展战略研究中心。中国近代造纸工业史[M]。上海：上海社会科学院出版社，1989。
- [4] J.P. 凯西。制浆造纸化学工艺学[M]。北京：轻工业出版社，1959。
- [5] Д. И. 弗里雅捷。纸的性能[M]。北京：轻工业出版社，1985。
- [6] 制浆造纸手册·第三分册·碱法制浆[M]。北京：轻工业出版社，1986。
- [7] 制浆造纸手册·第五分册·酸法制浆[M]。北京：轻工业出版社，1988。
- [8] 陈嘉翔，李元禄，张志芬，吴毓琳。制浆原理与工程[M]。北京：轻工业出版社，1990。
- [9] 隆言泉。造纸原理与工程[M]。北京：轻工业出版社，1994。