

《中国造纸》2013年度“华章科技杯” 优秀论文部分获奖作者专访

编者按: 2014年1月17日,《中国造纸》2013年度“华章科技杯”优秀论文评选活动落下帷幕。经过严格的初评、复评及京津地区专家终评后,最终评出一等奖1篇、二等奖2篇、三等奖5篇、优秀奖7篇。获奖优秀论文代表了我国造纸工业相应领域的技术水平和发展方向,为该领域技术进一步发展提供了借鉴和参考。本刊特别对《中国造纸》2013年度“华章科技杯”优秀论文一等奖和二等奖部分获奖作者进行了专访,以期与读者共同分享作者的研究成果。



一等奖

题目: 典型原料蒸煮过程氮、磷的迁移及对废水排放的影响

作者: 王承亮 冯文英 曹瀛戈

◀ 王承亮

中国制浆造纸研究院 工程师

《造纸信息》: 您的论文“典型原料蒸煮过程氮、磷的迁移及对废水排放的影响”在《中国造纸》2013年度优秀论文评选中被评为一等奖, 请您介绍一下这篇论文的研究内容以及实验过程中做的主要工作。

王承亮: 首先非常感谢《中国造纸》2013年度优秀论文评选委员会的专家们对我们研究的认可和肯定, 本研究课题来源于中国制浆造纸研究院的预研基金项目, 研究的整体思路是在我的导师冯文英教授的指导下确立的。论文内容可大体分为3部分: ①造纸纤维原料氮、磷含量的测定; ②蒸煮过程氮、磷的迁移情况; ③氮、磷迁移对废水排放影响的推算。目前, 国内外

对制浆造纸氮、磷污染的研究非常少, 国内某些纸厂也曾经出现过氮、磷排放超标的问题, 随着新的制浆造纸水污染物排放标准的制定和实施, 氮、磷污染物的治理排放问题越来越引起重视。作为制浆造纸主要原料的植物纤维其本身氮、磷含量情况如何, 由原料通过制浆造纸过程引入造纸系统的氮、磷有多少, 以及以上两者对造纸废水的治理和排放会产生何种影响, 就成了我们研究的主要目的和内容。

为此我们选用了8种典型的造纸植物纤维原料进行实验, 包括4种木材(杨木、桉木、马尾松、落叶松)和4种非木材(麦草、芦苇、竹子、蔗渣), 我们首先对这8种纤维原料的氮、磷含量进行了测定, 掌握了常见造纸原料氮和磷含量的

基础数据, 随后我们用此8种原料在常规蒸煮工艺条件下进行蒸煮实验, 煮浆完成后通过测定浆料和黑液的氮、磷值和粗浆得率等考察了浆料和黑液中氮、磷含量的分布情况, 并总结出了氮、磷由原料向黑液中的迁移规律。最后再结合目前国内造纸生产的实际情况, 对原料氮、磷向黑液中的迁移对废水排放的影响做了相应推算, 得出了氮、磷污染物理理论发生量范围和理论发生浓度范围, 并根据计算结果探讨了氮、磷迁移对废水治理、排放的影响。前两部分内容是比较具体的实验操作, 第三部分内容属于理论研究。

《造纸信息》: 污染物的控制最好从源头入手, 请问制浆造纸企业

在生产过程中，氮、磷污染物的来源主要有哪些？目前有效的控制技术有哪些？

王承亮：从整体来看，制浆造纸氮、磷污染物的来源大体可以分为3部分。

首先是制浆造纸植物纤维原料本身含有的氮、磷元素。氮、磷元素是植物体内许多重要有机化合物的组成部分，是植物生长发育必不可少的重要营养元素，例如蛋白质、核酸、叶绿素、酶、维生素、生物碱和一些激素等都含有氮、磷元素。在制浆蒸煮过程中，随着药液的浸入和木素溶出，纤维细胞胞间层以及少部分纤维细胞壁的破坏也使含有氮、磷元素的蛋白质、酶等物质溶出，形成各种有机和无机的硝酸盐、铵盐、磷酸盐类物质并存在于黑液中的情况，剩余未被分解的氮、磷元素仍存在于纸浆中并进入纸张抄造系统。

第二个重要来源则是造纸过程中添加的各种含氮、磷化学添加剂，如某些碱性染料、荧光增白剂、湿强树脂、助留助滤剂、酶等，这些化学添加剂的使用也会随纸张抄造过程进入水循环系统。

第三个重要来源则是废水生化处理段添加的微生物氮、磷营养剂。氮、磷元素是微生物生命体的重要组成部分，也是微生物生活活动的重要营养元素。在废水的生化处理过程中，微生物在消化分解废水中的碳源有机物的同时，也需要消耗一定量的氮、磷营养，它们之间的比例一般为 $BOD_5:N:P=100:5:1$ ，生活污水的氮、磷含量较高，采用生

化法处理时不需要另外投加含氮或含磷化合物，但有些工业废水含氮、磷低，不能满足微生物需要，应考虑投加尿素、硫酸铵等含氮化合物或磷酸钾、磷酸钠等含磷化合物。

生化处理法目前仍是制浆造纸废水处理应用最广泛的方法之一，如果进入生化处理设施的氮、磷含量过高，那废水生化处理设施最好增加相应的脱氮除磷工艺，或对现有工艺进行改进，如采用常用的 A2/O、SBR 等工艺，以提高废水处理设施的脱氮除磷能力。当然，具体情况应该具体分析。所幸的是，制浆造纸系统产生的氮、磷污染物总体含量还是较低的，目前一般在生化处理段均能较好地去除氮、磷污染物。

《造纸信息》：《制浆造纸工业水污染物排放标准》(GB3544—2008)增加了氮、磷污染物排放指标，请问氮、磷污染物达标排放的难点是什么？您及您团队的研究内容对制浆造纸企业氮、磷污染物的达标排放有何指导意义？

王承亮：由论文研究分析结果可知，在不考虑造纸添加剂等因素的影响下，造纸中段废水如果不加处理直接排放，4种木材原料的氮、磷理论发生浓度超标的可能性很小，4种非木材原料的总氮理论发生浓度超标的可能性也不大。而4种非木材中麦草和竹子的氨氮以及4种非木材尤其是麦草和竹子的总磷理论发生浓度均已经有相当一部分甚至全部超出目前排放标准规定的限值。当然，废水排放或回用前一般都必须经过处理，废水经生化处理

后，氮、磷污染物排放一般都不存在高风险。另外，制浆造纸植物纤维原料本身的氮、磷含量较低，但基本可以满足废水生化处理微生物的氮、磷营养需求，氮、磷营养剂如果不足，则需要添加，并保持碳、氮、磷比例，而对于那些使用非木材原料尤其是麦草和竹子进行制浆造纸的企业则仍然需要注意废水的磷污染问题，最好在废水生化处理前对废水的氮、磷含量进行测定，以防止添加过多氮、磷营养剂而使生化处理设施超出处理负荷，进而使排放废水氮、磷浓度过高。

《造纸信息》：作为一等奖论文的作者，能否和广大读者分享一下您在科技论文撰写过程中的写作经验？

王承亮：论文的写作经验谈不上，我说一下自己的理解吧。

首先，选题要准确。良好的开端是成功的一半。论文写作也是一样，准确的选题是写好科技论文的关键之一。在选题的时候，要考虑很多因素，既要符合理论的发展趋势，紧跟时代的步伐，有一定的新意，有一定的学术价值，又要符合自身的实际情况。同时特别是一些综述类的文章，选题更应具有一定的前瞻性。

其次，要多阅读文献。只有大量地阅读文献，才有可能确定研究内容，也才能做好选题。只有多阅读文献，才能了解自己所要研究的课题在国内外有没有相关研究，如果有，现在处于什么阶段，从而确定我们需要做什么，避免重复别人

的工作。

再次，在文章撰写方面，要考虑的是研究结果中与众不同的地方，要发现新的研究线索，其对将来的研究能否产生启发和帮助，其

创新性、实用性、可读性、科学性也都是我们需要考虑的因素。如果一篇文章写得再好，但就是没有创新点，不能给大家带来什么新意，都是重复性的工作，那么这种文章

即使发表也不会产生什么影响力。在论文创新的地方，应该重点论述，论文中其他部分要恰如其分，详略得当。■



二等奖

题目：基于水夹点技术的造纸厂水梯级利用优化研究

作者：陈晓彬 刘焕彬 陶劲松 李继庚 梁瑜 王光明

◀ 陈晓彬

华南理工大学制浆造纸工程国家重点实验室 在读博士研究生

《造纸信息》：您的论文“基于水夹点技术的造纸厂水梯级利用优化研究”在《中国造纸》2013年度优秀论文评选中被评为二等奖，在此表示祝贺！节水的技术有很多，请问在选题时为何选择了“水夹点技术”？该技术在造纸行业节约水资源方面的应用情况如何？应用效果如何？

陈晓彬：常规的节水策略主要是着眼于单元操作或局部用水系统，不能使整个用水系统新鲜水用量和废水产生量降到最小。“水夹点技术”是以“循环经济”思想和“工业生态学”理论为指导的一种有效的、对全局用水网络进行优化分配的水系统集成优化方法。它将企业的整个用水系统当作一个整体来看，按水质合理分配各用水单元的水量，使系统水的重复利用率最大，同时废水的排放量最小。造纸工业产品多样、共生代谢，用水系统水质呈现梯度，很适合利用“水夹点技术”进行水系统集成优化。文中案例企

业通过用水网络优化改造，吨纸平均新鲜水用量由原来的 27.5 t 下降到 13.9 t，节水效果显著。

《造纸信息》：获奖论文对确定水夹点位置作了介绍，并进行了优化计算。请问“水夹点技术”在新鲜水用量和废水排放最小化优化方案中的关键点是什么？

陈晓彬：夹点技术在新鲜水用量和废水排放最小化优化方案中的关键点有以下几方面：

1. 确定关键污染组分

造纸过程是一个复杂的物理化学变化过程，影响过程的组分也非常复杂，如固体悬浮物、微生物、胶黏物等，其微观组分难以一一分析，最有效的方法是通过宏观的表征参数去分析，如 COD、BOD、PCD、TSS、浊度等水质指标。考虑到 COD 是反映造纸情况的一个重要水质指标，其测量也相对简单，本研究取 COD 作为水夹点分析的

关键污染物组分。以后的研究可尝试使用多个参数优化整合，得到一个或多个“造纸水系统梯级利用水质参数”，用此参数作为夹点分析的污染组分。

2. 确定极限水数据

一般来说，从一个用水单元出来的废水如果水质能够满足另一个单元的进口要求，则可为其所用，从而达到节约新鲜水的目的。为了确定其他用水单元的废水能否被本单元再利用，需要了解本单元最大允许进口浓度，称为极限进口浓度。为了确定本单元所需新鲜水的最小流率，还需要知道最大出口浓度，称为极限出口浓度，当杂质负荷和进口浓度一定时，出口浓度越高，所需的新鲜水的流率越小。以上这些极限水数据，如极限进口浓度、极限出口浓度、杂质负荷等的确定，需要对优化对象——用水网络进行一段时间的调研测试。

3. 确定水夹点的位置

确定水夹点位置有两种方法，

即极限负荷曲线法和问题表法，前者能在图上直观反映出夹点位置，后者能在构建问题表的过程中计算出夹点的坐标，精确确定水夹点位置的极限水流率和杂质浓度。

4. 水源分配构建梯级用水网络

构建原则：夹点之上不使用新鲜水，夹点之下不排放废水。

《造纸信息》：文中介绍了“水夹点技术”在生产高级文化用纸、卫生纸和灰纸板造纸企业的应用情况，请问论文中研究的基于“水夹点技术”的造纸厂水梯级利用优化方案是否适用于所有制浆造纸企业？与传统节水方式相比具有哪些优势？

陈晓彬：文中介绍了同一纸厂不同纸种用水系统利用“水夹点技术”水系统集成优化的应用情况，是一个典型的案例，但不是特例，只要用水网络水质要求呈梯度就可以利用“水夹点技术”集成优化，与传统节水方式比较，它最大的优点就是从全局的角度根据水质优化分配用水网络，且易改造实施，运行成本低。

《造纸信息》：请问您对“水夹点技术”在造纸行业的应用前景如何看待？

陈晓彬：“十二五”时期是大力

发展生态工业、建设美丽中国的关键阶段，各地都在大力发展工业生态园区建设，以广东新会“银州湖纸业基地”为例，基地内集中供热、供电、供水，集中治污，已先后引进维达、中顺、振隆、坡利、华泰、双水等生活用纸、牛皮箱纸板、新闻纸、涂布白卡纸等造纸企业。用水网络呈现梯度，很适合利用“水夹点技术”按水质优化分配用水网络。随着工业园区的建设和发展，不仅仅是造纸行业，在工业园区内，其他行业梯度用水网络也可利用“水夹点技术”进行优化，只要上游企业废水水质满足下游企业的用水要求，甚至跨行业的水梯级利用也是可能的。■



二等奖

题目：大型碱回收炉燃烧供风系统

作者：曹春华

曹春华

中国中轻国际工程有限公司 高级工程师

《造纸信息》：首先祝贺您的论文荣获《中国造纸》2013年度优秀论文二等奖！也非常感谢您于百忙之中接受本刊的采访。随着环保节能要求的日益提高，碱回收炉已成为制浆企业必不可少的设备。碱回收炉能否高效、经济地运行一直为制浆企业所关注，针对于目前亟待改进和优化升级的碱回收炉，您有何建议和看法？

曹春华：碱回收炉既能处理制浆产生的废液、回收化学药品，又

能产生蒸汽能源供给工厂发电或直接利用，其作为制浆造纸厂的核心设备，作用越来越受到业内人士的重视。近些年来，我国上了很多规模比较大的浆厂，相应地也上了大型碱回收炉；但是我国目前的状况是，更多的工厂仍然采用规模小于1000 tDS/d的中小型碱回收炉。因此对于目前亟待改进和优化升级的碱回收炉，我个人认为，应该分为两个层次进行讨论。

中小型碱回收炉（尤其是小型碱回收炉）大多是在小型浆厂使用，

其更多关注的是碱回收炉的稳定运行。相对于大型浆厂，小型浆厂的黑液浓度偏低，黑液浓度波动也比较大，因此对应的碱回收炉要尽量适应生产上的波动，同时要适应处理浓度比较低的黑液，并回收化学药品，降低生产成本，减轻环保压力。在这种状况下，我认为中小型碱回收炉优化和改进的重点应该是根据黑液的特点，升级一、二、三次风的配比等，提高熔融物的还原率，并在保证正常燃烧的情况下，尽量降低烟气中污染物的排放。

稳定运行、回收化学药品、处理废液，应该是对大型碱回收炉比较低的要求。实际生产中，大型碱回收炉已经变成了制浆造纸企业的动力中心。因此，在这种状况下，我认为大型碱回收炉优化和改进的重点应该是如何能使能源效益最大化，即通过对燃烧供风系统、烟气系统等优化，在保证比较高还原率的同时提高产汽比及锅炉的效率，并且使烟气排放满足或高于环保要求。大型碱回收炉通常都要处理全厂产生的高浓和低浓臭气，所以燃烧状况比较复杂，就更需要在优化和改进中，达到高效率 and 低排放的要求。

《造纸信息》：如何更好地利用热能，提高能源利用效率，使有限的资源获得最大的经济效益，是各制浆企业永恒追求的课题。您认为碱回收燃烧工段提高经济效益的主要途径有哪些？

曹春华：对于碱回收炉来讲，提高经济效益主要体现在提高“产汽比”。要达到这个目的，主要通过以下途径：

一是提高入炉黑液的浓度，让蒸发黑液水分的能量也来产生蒸汽，从而提高“产汽比”。目前国内运行的大型碱回收炉的最高黑液浓度是80%，国外有的黑液浓度可以达到82%~83%，甚至85%。当然提高黑液浓度也会对碱回收炉设备和管道等材质提出更高的要求，从而增加设备投资。

二是降低烟气排烟温度。确定碱回收炉烟气的排烟温度是比较复杂的过程，但主要是考虑烟气中的

不同成分对于烟气酸露点的影响。

三是提高过热蒸汽的参数。目前国内大型碱回收炉过热蒸汽的参数通常是8.4 MPa、480℃。提高过热蒸汽的参数，能提高发电效率，从而提高全厂的经济效益。但是过热蒸汽的参数受到并网发电锅炉参数的制约；同时也会对碱回收炉设备有关材质提出更高的要求，从而增加设备投资。

《造纸信息》：近年来，随着我国造纸工业的快速发展，其循环经济产业的特性和规模效益日益突显，碱回收炉大型化已是必然趋势。请您简单介绍一下国产大型碱回收炉发展状况及与国外相比还存在哪些差距？

曹春华：我个人认为国产大型碱回收炉的发展状况与国外相比还存在以下主要差距：

规模。目前国产大型碱回收炉最大规模是2200~2500 tDS/d，国外碱回收炉制造商已经有4000 tDS/d、5500 tDS/d、7000 tDS/d等规模的大型碱回收炉投入运行，甚至还有规模为11000 tDS/d的大型碱回收炉正在设计。单从规模上看，我们的差距就不小，而且碱灰规模的增加，绝不是炉膛截面增加那么简单，所带来碱回收炉性能的提升也是非常复杂的。

碱回收炉燃烧计算机模拟技术。我国大型碱回收炉燃烧状况的模拟实验，基本上都要与国外的有关公司合作完成，我个人认为，这是一个制约国产大型碱回收炉发展的主要原因之一。同时我也认为，

单靠国内某一家碱回收炉制造商的实力，来完成整套碱回收炉燃烧计算机模拟技术的开发是非常困难的，这不仅仅是资金的问题。

碱回收炉材料。通常同等规模的碱回收炉，国产大型碱回收炉耗用钢材量要比国外的碱回收炉大很多。当碱回收炉规模越大时，这个差距所带来的弊端就会越发明显。

产汽比。与国外生产的大型碱回收炉相比，国产大型碱回收炉的产汽比低。

《造纸信息》：我国制浆原料品种较多，不同原料制浆对碱回收炉的要求不同，针对我国原料多元化的特点，您能否谈一下目前我国不同原料的国产大型碱回收炉的情况及发展趋势？

曹春华：诚然，不同的制浆原料对碱回收炉的要求不同，我国目前不同原料的国产大型碱回收炉最大规模的情况是：木浆碱回收炉2200~2500 tDS/d，竹浆碱回收炉1500 tDS/d，麦草浆碱回收炉1200 tDS/d；所对应的浆产量约是：针叶木浆45万 t/a，阔叶木浆55万 t/a，竹浆25万 t/a，麦草浆30万 t/a。

从上面的数据可以看出，碱回收炉规模的发展趋势并不仅仅由碱回收炉本身的技术决定，很多时候取决于浆产量需要多大的碱回收炉与之匹配。因此，我个人认为在相当长的一段时间内，国产竹浆和麦草浆的碱回收炉的规模都不会超过上面数据所列出的，而且国产木浆碱回收炉的规模在近期内也很难有所突破。■