综合论述

# 北京印染业能耗分析与清洁生产

杨书铭　施晓晔
(北京纺织科学研究所　北京　100026)

[摘要] 详细分析废水排放情况及污染物产生的原因。指出目前单位产品取水量高于国家标准，与先进地区差距较大，清洁生产需加大力度。提出应结合企业搬迁调整开展清洁生产，改变观念，提高节水的认识，提高管理水平。应加大技术改造投入，使取水量和排污量逐年降低，力争在 2005 年综合能耗比 2000 年降低 15 %。

关键词：印染；废水排放；清洁生产
文献标识码：C　　文章编号：1002 - 3348 (2003) 04 - 0004 - 04

纺织工业是我国国民经济中传统的支柱产业之一，目前已在我国国民经济和世界贸易中占有举足轻重的地位，中国是世界最大的纺织生产大国。我国加入 WTO 后，为了适应国际竞争的需要，纺织工业正在加快产业结构和产品结构的调整，推进科技进步，加快技术改造，加快由纺织大国向纺织强国转变的步伐。

## 1　国内纺织印染行业环境治理

纺织行业废水排放的 80 %来自于印染行业，印染行业的环保治理在纺织工业发展中占主要地位，治理水平也在一定程度上反映了一个国家纺织产品的加工水平。

### 1.1　国内纺织印染行业污染状况

2000 年国家经贸委组织的 5 个用水较大的部门制定的“十五”工业用水规划中，纺织工业（含国有及非国有所有制）总用水量为 92 亿 $m^3$，其中新鲜用水量为 66 亿 $m^3$，在 5 个重点用水工业部门(火力发电、纺织、石油、化工、冶金、造纸）中是仅次于火力发电行业的用水大户。

表 1　我国纺织用水量情况

| | 生产用水量 ($m^3$) | 新鲜用水量 ($m^3$) | 重复用水率 ( %) |
|---|---|---|---|
| 纺纱、织造 | 28 亿 | 6 亿 | 80 |
| 印染 | 64 亿 | 58 亿 | 10 |

从表 1 数字分析看出，印染业新鲜用水量约占纺织工业新鲜用水量的 90 %，而重复用水量却很低。因此纺织加工行业的污染主要来自印染加工过程废水的排放。

据国家环境保护总局 2000 年统计，我国印染废水排放量排放污染物的总量占全国工业部门废水排放量的第 2 位和污染物排放量的第 4 位，是我国重点工业污染行业之一。

### 1.2　污染物产生的原因

我国印染加工工艺基本上是以湿法加工为主，水作为媒介虽然参与整个化学加工过程，但最终又不残留在产品里，而排放到环境中。印染加工过程中，用水量大，排水量大，排放废水中污染物浓度高、色度深是其主要特点。

印染废水主要包括前处理过程废水和染色、印花过程产生的废水，而后整理过程产生的很少。

在前处理过程中，主要排放含有一定量碱性物质以及纤维或织物上所含的杂质（果胶、蜡质、浆料、油脂等），这部分废水量约占印染废水总量的 50 %～60 %，该废水中污染物含量高，而色度相对较低。

染色和印花过程中产生的废水，主要含有剩余

收稿日期：2003-06-05
作者简介：杨书铭（1939–）男，给排水专业毕业，大学本科。教授级高级工程师。长期从事纺织环保领域工作，曾获多项国家、部市级科技进步奖、发明奖、专利等。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

染料和大量残留的各种助剂，而助剂是产生污染物浓度高的主体。由于在染色和印花废水中含有一定量的难以生物降解物质，增加了废水处理难度，造成水体严重污染。印染废水属于含有一定色度、一定量有害物质的有机性废水。

与发达国家相比，由于我国染料化工技术相对落后，其生产的染料和助剂的有效成分低，性能差，造成生产过程中投加量大，废水中残留量大。在生产同类单位产品情况下，我国生产废水中污染物平均含量是国外的 2～3 倍，而用水量则是 3～4 倍。印染废水是印染行业的主要污染源。

另外，在生产工艺和生产设备上与国际先进水平相比还较落后，我国印染行业仅有 10 %的加工设备达到国际先进水平。

1.3　我国纺织污染的治理状况

由于印染废水造成的污染较严重，我国自 20 世纪 70 年代开始进行废水治理技术方面的研究。2000 年由国家环保总局和国家经贸委联合发布了《印染废水污染防治技术政策》。该项技术政策已成为指导我国印染废水治理的基本路线。

目前我国各类投入运行的印染废水治理工程已近 800 余座。当前我国东部沿海和南部地区印染行业发展最快，印染废水的治理越来越引起人们关注，不少地区已由单个企业的单独治理，逐步向多个企业的联合治理发展。企业处理废水的一次性投资和运转费用降低。印染废水的治理已逐渐由单独点源治理向区域的面源治理发展。

## 2　北京纺织印染行业现状及能耗分析

北京的纺织印染业也曾是北京市的重要支柱产业和创汇产业之一，曾有过一段辉煌的历史，为北京经济的发展做出过巨大贡献。北京印染业的末端废水处理的科研成果和工程业绩曾多次获得过国家奖励，产生较大影响。但是，近些年来由于一些新兴产业（如：电子、信息、旅游等）的迅速发展壮大，已成为支柱产业，而纺织印染行业作为传统产业，由于设备相对较落后，技术改造发展缓慢，促使整体效益下降，产品竞争能力差。而沿海地区由于纺织业飞速发展，大量印染产品的涌入北京，提高其市场占有率，北京的产品面临严峻的竞争考验。总体上看，北京与东部地区相比落后许多。

### 2.1　北京纺织印染业污染状况

#### 2.1.1　棉印染行业水耗情况

2001 年，国家经贸委、国家技术监督局下达了工业产品用水定额标准的编制工作，棉印染产品取水定额现已完成，即将发布。其具体数值如下：

表 2　棉机织印染产品取水定额（$m^3$/ 100m）

| 产品名称 | A 级 | B 级 |
|---|---|---|
| 棉及棉混纺产品 | 3.0 | 4.0 |
| 化纤（涤纶）产品 | 2.5 | 3.5 |

表 3　棉针织印染产品取水定额（$m^3$/ t）

| 产品名称 | A 级 | B 级 |
|---|---|---|
| 棉及棉混纺产品 | 150 | 200 |
| 化纤（涤纶）产品 | 130 | 170 |

注：①1998 年 7 月 1 日起立项及其建成的新扩建企业或生产线，其纯棉或棉混纺产品及纯化纤产品取水量定额执行 A 级指标。

②1998 年 7 月 1 日前建成的企业或生产线，其纯棉或棉混纺产品及纯化纤产品取水量定额执行 B 级指标。

③当布幅宽度和布重不同时，采取相关系数进行修订。

根据北京 3 家印染企业 1997 年以来的统计资料分析，目前北京棉印染厂家用水情况如下：

表 4　北京棉印染厂用水状况（以 2001 年计）

| 耗水状况 / 单位 | 用水量（t） | 取水量（t） | 重复利用率（%） | 单位产品新鲜用水量 |
|---|---|---|---|---|
| 光华染织厂 | 162 949 | 162 949 | 0 | 13.6（t/ 100m） |
| 第二印染厂 | 266 721 | 166 721 | 0 | 6.2（t/ 100m） |
| 铜牛（本部） | 920 938 | 800 816 | 13 | 585（t/ t） |
| 铜牛（东厂） | 304 767 | 154 143 | 49 | 405（t/ t） |

棉印染机织产品单位产品用水量在 6.2～13.6t/ 100m，生产过程中重复用水量为 0。棉针织物单位产品用水量为 400～585t/ t，重复利用率为 13 %～49 %。与国家标准相比，北京的棉印染产品取水量均高于国家定额标准值，其中光华染织厂、铜牛集团面临搬迁及生产产量不足情况，其单位取水量高于国家标准 3～4 倍，而搬迁后的第二印染厂也高于国家标准 2 倍。光华染织厂与第二印染厂重复利用率为 0，而铜牛集团由于有织造车间，空调用水量大，故回用率高，但其印染车间水的重复利用率低。

北京针织行业企业具有一定规模的主要是铜牛针织集团。该企业的印染废水处理排放在国内基本处于中等水平。

#### 2.1.2　毛纺行业水耗情况

根据统计，北京 3 家毛纺厂用水情况如下：

表 5　北京毛纺企业用水状况（以 2001 年计）

| 耗水状况 / 单位 | 用水量 | 取水量 | 重复利用率（%） | 单位产品新鲜用水量 |
|---|---|---|---|---|
| 清河毛纺厂 | 5 446 511 | 1 074 895 | 80 | 42.5（t/ 100m） |
| 金羊毛纺集团 | 2 758 469 | 790 289 | 64 | 73.7（t/ 100m） |
| 北京二毛集团 | 12 057 371 | 1 860 196 | 84 | 73.5（t/ 100m） |
| 雪莲股份公司 | 699 577 | 255 831 | 59 | 63（t/ t） |

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

对于毛精纺产品，其单位产品取水定额为 38t/100m。国内较先进的江苏阳光、三毛集团已达到 20～25t/100m。北京清河毛纺厂指标与定额接近，金羊毛纺集团、二毛集团均高于定额一倍左右。对于毛粗纺行业，其单位产品取水量，国内先进企业如鄂尔多斯也仅在 50t/t（水重/织物重）左右，雪莲股份公司也超过该指标。毛纺企业由于含有纺纱、织造工艺，空调水用量大，故其水回用率较高。

从以上情况分析看出，北京纺织印染行业单位产品取水量均高于国家标准，与先进地区差距较大，可见其清洁生产潜力较大。一方面应改变观念，提高对节约用水的认识，提高管理水平；另一方面，应加大技术改造投入，使取水量和排污量逐年降低，力争在 2005 年综合能耗指标比 2000 年降低 15 %。

2.2　北京纺织印染污染物高排放产生的原因

北京纺织印染行业污染物排放状况在全国处于中等水平。这与北京作为首都的地位是很不相称的。细分析造成这种状况的原因主要有：

(1) 设备老化

目前北京的纺织印染企业设备严重老化，这些企业的设备均以 20 世纪七八十年代的设备为主，90 年代的设备很少。大量的落后生产设备既无法满足产品品种的开发，同时耗水量、耗电量均高，这也是造成污染物大量产生的原因。例如：传统的染色机浴比 1∶15，而目前较先进的染色机浴比为 1∶4～1∶6，仅此一项每年即可节约大量用水。在国内已有使用节水型喷射溢流染色机，北京印染企业都没有使用。

(2) 生产技术落后

目前，北京纺织印染行业的工艺技术水平在全国属于中等，有些甚至已经落后，尤其在印染后整理加工方面。如：在江、浙地区广泛应用的转移印花技术是最先在北京研制成功的，但北京纺织企业却无应用；化纤涤纶仿真丝的碱减量工艺在北京也没有得到应用；北京二印在彩棉后整理上还无法做到无甲醛整理。

(3) 达不到规模效益问题

这是 3 个方面的问题。一是企业生产规模相对较小，相对造成单位污染物排放浓度较高；二是设备配置不合理，不适应小批量生产，造成浪费；三是开工不足，造成极大的浪费。东南沿海地区先进的纺织企业开工率大都在 80 %～90 %，而北京的纺织企业开工率不足 70 %，个别的不到 50 %，耗水量自然就下不来。

(4) 产品品种

一些产品在加工过程中会产生和排放有害的污染物，这在后整理加工特别是一些功能性产品的加工过程中尤其突出，使排放废水污染物的浓度增加，这其中也包括有害气体的排放。

(5) 管理水平低

管理水平在北京纺织印染企业中差别也是比较大的。在一些企业中存在着相当程度的跑、冒、滴、漏，浪费水、汽现象。还有物料保管不好产生散失、流淌等不合理现象。有些企业管理水平高些，问题相对少些。北京纺织印染许多企业还未进行 ISO14000 质量体系认证，大部分企业没有达到现代化管理水平要求，致使污染物产生量较高。

(6) 气候差异

北京地区地处北方，冬季气候寒冷。管道安装必须在室内。与南方在室外安装管道相比费用高，能耗大。北京地区取用新鲜水硬度大，工艺上要求水质软化，增加了水处理费用，增加了废水排放量和能耗。

3　北京纺织行业降低能耗的措施

3.1　减少纺织印染总体规模

北京是一个缺水城市，水资源十分匮乏。纺织印染行业作为用水和废水排放量大户，应减小总体规模，注意节约用水，推行清洁生产，实现可持续发展。印染行业中又以棉印染的废水排放最大，所以必须首先减少棉印染的规模。而后整理过程的废水排放较少，因此北京的棉印染应保留以后整理为主的加工规模，以转移印花等新的工艺技术替代现有的染色印花技术。在企业中采用先进工艺和设备，提高后整理加工水平，提高产品的附加值。

3.2　新技术的应用

根据北京纺织印染行业的现状，建议在企业中采用污染物排放量少的一些新技术。目前一些较为成熟的技术有：

(1) 转移印花技术的应用

转移印花改变了传统的湿态处理的印花技术，它在生产过程中做到无水或少水印花。天然纤维织物转移印花耗水量仅为传统印花的 1/10，该技术的推广，可节约大量水资源并减少对环境的污染，同时为企业节约大量资金。一般一个年产5 000万米印染布的中型印染厂年耗水量约 200 万吨，污水处理工程一次性投资约人民币 300 万元，年消耗各种费用约人民币 150～200 万元。北京应推广化纤及棉、真丝织物转移印花技术。

(2) 小浴比染色设备

小浴比染色机浴比可达 1∶4～1∶6，不仅节省染料和助剂，还可减少废水排放量和染料的残留量，可节省染化料 30 %，节省用水量 40 %

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(3) 棉布前处理冷轧堆一步法工艺

棉印染工艺前处理对其后续的染色或印花工艺和产品质量影响较大，而且也是耗水、耗能的重要部位。采用高效炼漂助剂及碱氧一步法冷轧堆工艺与传统的退、煮、漂三步法工艺相比，可节约用水约2倍，节电1.8倍，节省蒸汽3倍。其节约资源和能源效果明显。

(4) 酶处理工艺

酶是生物催化剂，它是微生物通过代谢作用产生的具有催化能力的高分子蛋白质，能降解特定的高分子物质。

采用生物酶整理技术可大大降低化学品的使用量，提高织物性能，减少废水排放量，改善了废水中污染物的可生物降解性。

(5) 数码印花

数码印花工艺可以明显节约用料，可节省染化料1/3～1/4，还可节省一定用水量。符合清洁生产要求的生产工艺流程。

## 4 结合企业搬迁调整开展清洁生产

清洁生产是系统工程，其内容包括清洁的能源、清洁的生产过程以及清洁的产品3个部分。对企业而言，着重点是清洁生产过程。在这个过程中使资源和能源得到充分利用，使产品正品率提高，使废物产生量最少，减少其对环境的各种不利影响。对于生产工艺，清洁生产包括节约原材料和能源。

清洁生产是将污染预防战略持续地应用于生产全过程，通过不断地改善管理和技术进步，提高资源利用率、减少污染物排放，以降低对人类和环境的危害。清洁生产的核心是从源头抓起，预防为主，生产全过程控制，实现经济效益和环境效益的统一。

北京纺织行业目前正处于行业调整阶段，企业要迁出城区。目前北京纺织行业有3类企业：一是暂时未搬迁企业；二是迁入原有老厂的企业；三是新建企业。前两种可归纳为老企业，第3种为新建企业。

### 4.1 新建企业的清洁生产

(1) 采用新的少污染印染整理技术。这类企业在生产过程中，可以采取将开敞式设备改为密闭式设备，采用密闭式煮漂一体机，或采用冷轧堆一步法工艺，采用计算机控制的小浴比染色设备可节省染化料30%，节省用水量40%。采用转移印花和涂料印花，使印花工艺基本不用水。

(2) 厂区内地下排水管道系统实行清浊分流，在每个车间或工段均应安装相应的计量设备，并建立完善的管理规章制度，做到自觉遵守和贯彻清洁生产要求。

(3) 尽量采用清洁能源。锅炉采用低硫煤，并采用除尘脱硫装置，减少对大气环境污染。

(4) 采用国家环保局推荐的重点实用的污染废水治理技术。在企业新建过程中可以因地制宜参照采用。

(5) 设备改造。企业在新厂工艺流程设计和设备选型上必须推行全过程污染控制，使资源和能源得到最大限度利用，使排放的污染物最少，因此在选择生产工艺和设备时，应尽量在每个生产环节上注意节约资源和能源。

(6) 提高水的重复利用率。可考虑将生产过程中漂洗水集中贮存处理后再回用于漂洗工艺，这样，可以减少新鲜用水量，降低成本。

### 4.2 在老企业中开展清洁生产审核

老企业开展清洁生产，要从污染物产生量最大的车间或工段入手进行，企业进行全面的调查和资料收集。

一些问题可以通过提高管理水平来解决（如跑、冒、滴、漏，浪费水、汽及物料散失、流淌等不合理现象）。重点是找出需重点控制的污染车间或工段，即审核重点，需要通过定量的权重总和法进行，通过定量的数值计算、比较，确定企业产生污染物最多的车间或工序为审核重点。再通过对审核重点进行物料平衡，从中发现问题，并提出一系列解决问题的方案。

### 4.3 在企业中优化工艺

在纺织印染行业中将各个工序按其重要性和投资大小，顺序列出中费用和高费用方案，从中进行优选。这些方案包括下面几个方面：

(1) 原材料替换代：如采用高上染率、对人体无害的染料与助剂，选用污染物含量低的纱线和织物。

(2) 新生产工艺或技术的采用：采用冷轧堆一步法代替传统的退煮漂三步法，实现节约用水（2倍）、节电（1.8倍）、节省蒸汽（3倍）效果。

(3) 设备的改造与更新：采用小浴比自动控制染色机代替普通染色机，节水、节电、节约蒸汽效果明显。

(4) 生产过程的优化：采用计算机控制投配染料和助剂，安装水表、汽表等计量装置。

(5) 资源和能源的节约及其综合利用：平洗机的逆流漂洗，冷凝水和冷却水的回收，丝光淡碱回收，废布的回收利用，烟道灰、炉渣 的综合利用。

(6) 产品的改进：生产高附加值产品，生产获得环境标志的生态纺织品等。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net