

## 摘 要

循环经济是倡导与自然环境相和谐的经济发展模式，本质上是一种生态经济。随着资源能源的日益缺乏和环境污染的不断加剧，发展循环经济已成为 21 世纪的迫切要求和实施可持续发展战略的重要途径。

长期以来我国造纸工业采取传统的“资源→产品→污染排放”的高污染、低利用、高消耗的粗放型经济增长方式，由此产生的原料供应、水资源、环境污染等问题成为制约造纸工业可持续发展的重要因素。因此本文从造纸工业可持续发展的角度出发，系统查阅国内外造纸工业发展现状，评述了国内外造纸工业的发展趋势，并在此基础上以循环经济、清洁生产、工业生态学、环境经济学和系统工程理论为指导，以华泰集团为具体案例，在对企业进行全面调查的基础上，研究并建立了适合企业实际情况的造纸工业循环经济发展模式，从根本上解决长期以来环境与发展之间的冲突，对实现造纸工业的可持续发展，具有一定的应用和推广价值。论文主要包括以下内容：

(1) 建立了华泰集团造纸工业现状调查方法，根据调查方法设计调查内容、调查表格，然后到企业进行现场调查，根据调查的资料对华泰集团的现状进行详细、系统的分析，为构建造纸工业循环经济发展模式的提供基础资料。

(2) 建立了造纸工业循环经济评价的指标体系、相应的评价方法以及诊断体系，为华泰集团造纸工业循环经济现状水平进行评价提供了一套科学有效的评价方法。然后利用设计的评价方法，结合现状调查资料对华泰集团造纸工业循环经济发展现状进行了评价，找出了其制约因素，并提出了相应的调节措施。

(3) 通过对纸业生态产业链的内涵进行研究，建立了纸业生态产业链构建方法。然后根据识别出的制约因素和调节措施构建华泰集团造纸工业循环经济发展模式，分析并建立造纸、热力、化工、物流、水利、林业、包装、印刷和第三产业等产业内和产业间的产业链，以此来构建华泰集团造纸工业循环经济动脉产业模式；对废水、污泥和灰渣等废物进行综合利用来构建华泰集团造纸工业循环经济静脉产业模式；在此基础上构建动脉产业模式和静脉产业模式相互联系的循环经济总体发展模式。

(4) 最后研究并建立了华泰集团造纸工业循环经济发展模式的支撑系统，为模式的高效运行提供保障。

关键词：造纸，循环经济，指标体系，评价模型，发展模式，产业链

## ABSTRACT

Circular economy (CE, for short) is a kind of economic development pattern whose aim is to produce a harmony of economic development and natural world. It is a kind of Ecological Economy essentially. With the lack of resource and energy, and the deterioration of environmental pollution increasingly, developing CE is becoming the urgent need of 21st century and the most important approach to put the sustainable strategy in practice.

In the past, our paper manufacturing industry adopted traditional type of economic growth, which is “resources-products-pollution discharge”, high pollution to the environment, low utilization and high consumption of resources. As a result, the shortage of material supply and water resources and the environmental pollution have become important factors that prevent the paper manufacturing industry from sustainable development. So from the point of view of the sustainable development of paper manufacturing industry, this paper thoroughly grasped the status of domestic and foreign paper manufacturing industry and commented the development trend of domestic and foreign paper manufacturing industry. The paper took Huatai group as an example. With the guide of the theory of circular economy, cleaner production, industrial ecology, environmental economics and system engineering and based on comprehensive investigation of the target factory, the circular economy development mode of paper manufacturing industry was established, which suited to the actual condition in Huatai group and fundamentally aimed to solve the conflict of environment and development and carry out the sustainable development of paper manufacturing industry. So the study on the circular economy developmental mode of paper manufacturing industry will have better application and popularization prospects. The central contents involve:

(1) Established the method of investigation of Huatai group paper manufacturing industry, designed the contents and tables of investigation and then went to the target factory to investigate. Based on the results of the investigation, the status of Huatai group was analysed detailedly and systemically, which could provide the basic materials for the mode establishing.

(2) Established the index system, corresponding evaluation method and

diagnosis system of paper circular economy, which were scientific and available. Based on the investigation materials, the status of Huatai group paper manufacturing industry circular economy development was evaluated to find out the restrictive factors. Then adjusted measures were carried out.

(3) Through studying the connotation of paper ecological industry chain, established the method of designing ecological industry chains. Based on the restrictive factors and adjusted measures, the circular economy development mode of paper manufacturing industry was established. First of all, analysed the connection of paper, thermal power, chemistry, logistics, water conservancy, forest, packing, print and tertiary industry and established industry chains in one industry and among industries, which formed the circular economy arterial industry mode of Huatai group paper manufacturing industry. Second, the circular economy recycling industry mode was established through the comprehensive utilization of waster water, sludge and ash-sediment. Then based on arterial and recycling industry mode, the circular economy overall development mode was established.

(4) Finally in order to guarantee the run of mode in high efficiency, the paper established the supporting system of Huatai Group paper manufacturing industry circular economy development mode.

**KEYWORDS:** paper manufacturing, circular economy, index system, evaluation mode, developing mode, industry chains

## 原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的科研成果。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律责任由本人承担。

论文作者签名：谢连科 日期：2007.5.15

## 关于学位论文使用授权的声明

本人完全了解山东大学有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留或向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅；本人授权山东大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文和汇编本学位论文。

(保密论文在解密后应遵守此规定)

论文作者签名：谢连科 导师签名：李旭杰 日期：2007.5.15

## 第 1 章 绪论

### 1.1 背景及问题的提出

#### 1.1.1 我国造纸工业进入高速发展阶段

纸张生产在中国有悠久的历史。造纸术是以东汉蔡伦为代表的中国古代发明家总结了先前的漂絮等处理经验而创造发明的，是中国古代四大发明之一。到了唐宋时期，造纸工业已经进入了兴盛阶段，当时制造的宣纸，名闻世界。但中国近代造纸工业起步很晚，在外国资本的排挤下，生产一直陷于窘境。

中国的机器造纸从 19 世纪末才开始，起步较晚，发展较慢。从新中国成立后，对造纸工业进行了大量投资，造纸工业得到了快速的发展，尤其是改革开放以来，我国造纸工业发生了翻天覆地的变化（见图 1-1）。从增长速度来看，按中国金融学院副教授贺力平博士的划分，新中国造纸工业的发展大致可以分为三个阶段：从建国之初到改革开放之前（1949-1978）为第一阶段，年平均增长速度大体维持在 14%；从 1978 年到 1990 年为第二阶段，年平均增长速度为 10%；1990 年到 1995 年为第三阶段，年平均增长速度高达 15.4%。随后由于环保原因关停了 4000 多家小型造纸厂，加上国际市场的影响，产量有所下降，但随后又继续增长，从 1993 年至 1998 年，我国纸和纸板的产量连续 6 年仅次于美国、日本，居世界第三位。2001 年加入 WTO 后，造纸工业未受到世界经济增长减缓的严重影响，年生产量、年消费量仍然连年增长，2005 年中国纸与纸板产量 5600 万吨，居世界第二位（见图 1-2）。由图 1-3 和图 1-4 可以看出，我国纸和纸板的总产量一直低于总消费量，市场需求尚未得到完全的满足，且年人均纸张消费量水平很低，从 1991 年以来变化不大，2005 年，我国人均纸业消费仅为 45.1kg，低于世界平均水平 56.3kg。

我国造纸工业经过近 50 年发展，取得了巨大成绩，纸及纸板生产和消费量居世界第二位；从 2002 年开始纸张及纸板年消费量与生产量的增长率超过 GDP 的增长率（2005 年消费量增长率略低于 GDP 的增长率），我国的造纸工业处于一个高速的成长期。目前我国正处于工业化、城市化的重要发展阶段，随着国民经济的发展，人们物质文化生活的日益丰富和提高，预计我国未来几年纸张的消费量仍将明显加快，纸张生产量的增长速度将在 10% 以上，高于国民经济 GDP 的增长速度，我国造纸工业已经进入了高速发展阶段。

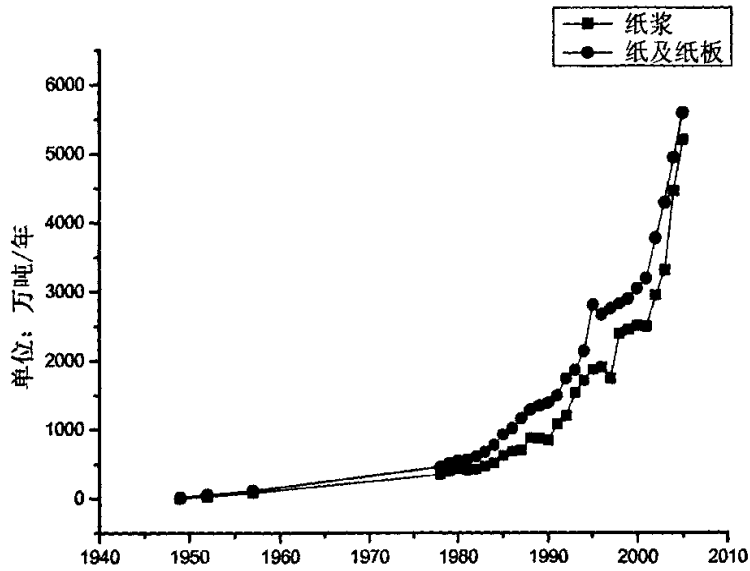


图1-1 1949-2005年我国纸浆、纸及纸板产量

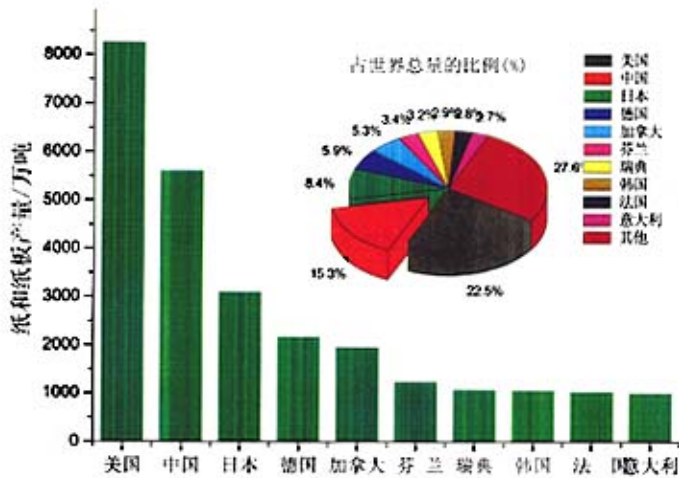


图1-2 2005年世界纸和纸板产量前十位国家和地区

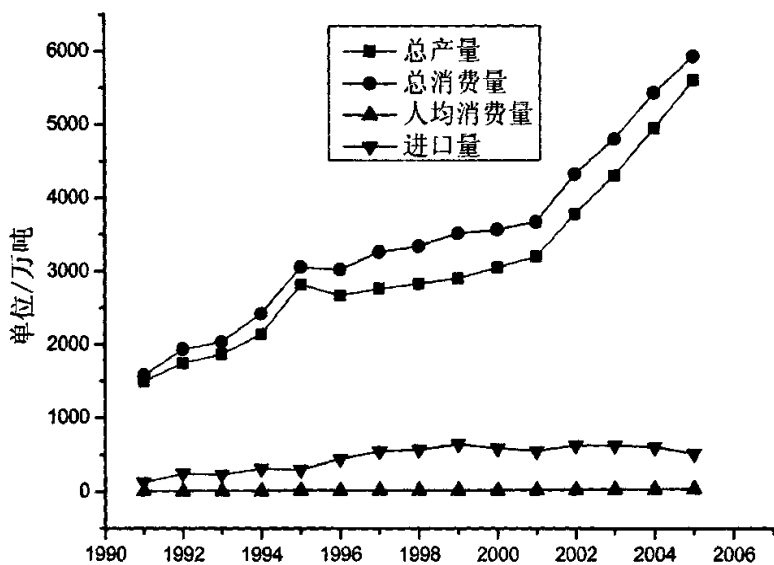


图1-3 1991-2005年国内纸及纸板生产、消费、进口统计

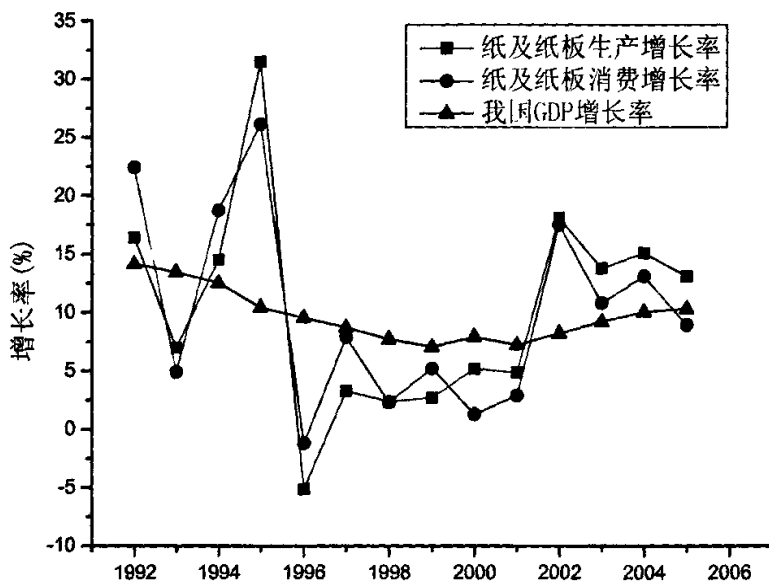


图1-4 1992-2005年国内纸及纸板生产、消费以及我国GDP增长率统计



## 1.1.2 我国造纸工业目前面临的问题

### 1.1.2.1 原料供给问题<sup>[1]</sup>

造纸原料是造纸工业发展的基础，在我国造纸工业可持续发展过程中，原料的供给始终是困扰造纸工业发展的瓶颈，这种制约今后将会越来越严重。一方面是原料结构的不合理，另一方面是严重供给不足。

造纸原料结构的不合理，表现在木浆比重低，在国产纸浆中木浆比重不足 10%。据统计，以木材为原料，每生产一吨铜版纸需要的木材消耗量为  $4\sim 5\text{m}^3$ ，2002 年国产木浆比率仅占总用浆量的 6%（包括进口商品浆占 21%），如按国家发展和改革委员会的规划，2010 年木浆自给率达到 15%，木浆产量达 750 万吨，需要消耗木材  $3700\text{万 m}^3$ ；如果 2020 年能达到国际上 50% 以上的木浆比率（其中一半进口），需要消耗 1.2 亿  $\text{m}^3$  的木材；但是我国的森林资源又非常缺乏，满足不了造纸工业的需要。因此，近年来我国每年不得不大量进口商品木浆，进口数量在逐年大幅度增加。2004 年已达 731.8 万吨，比上年增长 21.8%。为解决小草浆厂污染造成的停产，并为弥补造纸原料的不足和代替部分木浆，近年来我国每年又大量进口废纸。

造纸原料供给不足，表现在从 1990 年以后，国内原生纸浆的增长远远落后于总用浆量的增长。2003 年在国内纸和纸板生产量比 1995 年增长 80% 的情况下，自产原生纸浆产量几乎是零增长。因此，近年来我国纸和纸板生产量大幅度增加所需纸浆原料，主要是依赖进口木浆和进口废纸，2004 年我国进口纸浆和废纸共用外汇 60.55 亿美元，其中进口各类商品木浆用汇 43.3 亿美元，进口废纸用汇 17.25 亿美元。我国造纸工业对进口的依赖性已在日益增大，这是我国造纸工业发展面临的相当严重的问题。

### 1.1.2.2 水资源问题<sup>[2]</sup>

我国水资源总量  $27741\text{亿 m}^3$ ，仅次于巴西、俄罗斯、加拿大，位居世界第 4 位。根据 2002 年人口统计，我国人均水资源量为  $2160\text{m}^3$ ，为世界人均的  $1/4$ 。按联合国可持续发展委员会等有关组织 1997 年对全世界 153 个国家和地区所作的统计，我国人均水资源量排在第 121 位。其中北方水资源短缺，人均水资源量少，北方地区人均水资源量为  $1003\text{m}^3$ ，其中，黄淮海地区最少，仅为  $345\text{m}^3$ ，为全国人均水资源量的 16%。

造纸工业是与资源极为密切的行业，特别是水资源，我国造纸行业用水量很大。2002

年全国总用水量 5497.28 亿 m<sup>3</sup>，其中工业用水量 1142.36 亿 m<sup>3</sup>，占总用水量的 21%；造纸工业用水量 49.7 亿 m<sup>3</sup>，占工业用水量的 4.35%。我国造纸工业集中分布在黄淮海平原、长江中下游、东南沿海，这 3 个地区集中了 2002 年全国机制纸及纸板产量的 89%，其中黄淮海平原地区占全国产量的 39%，是我国造纸工业最集中的地区，而这个地区的水资源量最少，严重的制约了该地区造纸工业的发展。

### 1.1.2.3 环境保护问题

造纸工业是我国工业污染的主要产业之一，造纸工业制造过程对环境造成的污染，特别是制浆部分，投入的原料和化学药品，大约一半以上成为污染物排放到空气和水中，对大气和水资源造成严重的污染。据近年统计资料，全国制浆造纸工业污水排放量约占全国污水排放总量的 10%~12%，居第三位；排放污水中化学耗氧量(COD<sub>Cr</sub>)约占全国排放总量的 40%~45%，居第一位。

以生产 1kg 涂布白纸板为例说明在制浆造纸过程中产生的废水、废气和固体废物。<sup>[3]</sup>

#### (1) 废水

制浆造纸工业对环境影响最大的是水污染。制浆造纸生产过程中排入水体中的污染物主要有有机污染物和无机污染物。无机污染物主要是碱或酸，导致废水 pH 值变化；有机污染物主要为木素、纤维素及半纤维素的降解物等，导致废水 SS、COD 和 BOD 含量很高。从废水排放中各种污染物数量来看，最多的是 COD<sub>Cr</sub>，其次是 SS 和 BOD<sub>5</sub>；从排放源来看，主要来自制浆、漂白和抄纸过程。

表 1-1 生产 1t 涂布白纸板对水环境的污染负荷 单位: kg/t

工序	排水量 (m <sup>3</sup> /t)	SS	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Cr</sub>	总氮量
备料	3.7	2.1	0.6	0.6	0
制浆	11.2	3.3	6.3	18.9	1.8
漂白	26	3.3	8.5	25.5	0
抄纸	63	47.7	16.7	50.1	0
化学品回收	9.3	7.4	2.8	7.4	0
总计	113	63.8	34.9	102.5	1.8

#### (2) 废气

废气排放中主要是粉尘和含硫气体。粉尘排放量为 125.7kg/t，含硫气体主要是 H<sub>2</sub>S 和

CH<sub>3</sub>SCH<sub>3</sub>、SO<sub>2</sub>等。而制浆造纸过程消耗的电能和汽主要来自燃煤，会产生大量的CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>和烟尘等。

表 1-2 制浆造纸生命周期的大气排放<sup>[4]</sup>

排放物	燃煤	制浆	漂白	抄纸	总计
烟尘	10	115.7	0	0	125.7
H <sub>2</sub> S	0	3.5	0	0	3.5
CH <sub>3</sub> SCH <sub>3</sub>	0	1.9	0	0	1.9
SO <sub>2</sub>	12.8	20	0	0	32.8
CO <sub>2</sub>	2130	0	0	0	2130
NO <sub>x</sub>	4.81	26	0	0	30.81

从表 1-2 可知，排放废气量最大的是 CO<sub>2</sub>，其次为烟尘、SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub>，H<sub>2</sub>S 和 CH<sub>3</sub>SCH<sub>3</sub> 较少。从来源上来看，主要来自动力锅炉和制浆，可见降低电耗和汽耗，不但可节约能源，而且可大大减轻空气污染。

### (3) 固体废物

制浆造纸生产过程中产生的固体废物可分为无机废物和有机废物两大类。无机废物包括动力锅炉产生的灰、苛化工段的绿泥等沉渣、水处理排出的初级污泥等。有机废物包括备料工段的树皮、锯末，蒸煮后筛出的木节、浆渣，废纸制浆的污泥及废水二级和三级处理所形成的污泥等。

表 1-3 制浆造纸过程中主要固体废物产生点及排放量 单位: kg/t

固体废物产生点	备料	碱回收	废水处理污泥	总计
固体废物排放量	10	410	75	495

由表 1-3 可知，固体废弃物主要来源于碱回收工段和废水处理的污泥，这些废渣若不加以处理，将会造成对环境的污染，如侵占土地，污染土壤，污染水体，污染大气等。

### 1.1.3 造纸工业可持续发展问题的提出

造纸工业是一个与国民经济发展和社会文明建设息息相关的重要产业，纸和纸板消费量增长速度与国内生产总值增长速度基本相同，是制造业中为数不多的需求量大于供应量的行业之一，发展潜力巨大。国际造纸工业顺应当今对生态环境的要求，现已走上了以木浆为主要原料、大规模、现代化装备的造纸工业发展之路，摘掉了污染大户黑帽，实现了

造纸工业的可持续发展。我国造纸工业由于历史原因走的是一条以草浆为主要原料、小规模生产的造纸道路，我国造纸工业经历了 10 多年的高速增长之后，出现的诸多问题：工艺落后、技术装备水平差、资源利用率低、纤维资源严重短缺、水污染排放量大且污染严重等已成为阻碍社会经济发展的要素和实现我国造纸工业可持续发展的重大问题。

而根据现代制浆造纸工业的特点，造纸工业是最适合推行循环经济的行业之一。<sup>[5]</sup>

(1) 造纸工业所需原材料——木材纤维和非木材纤维，都是可以再生的，通过光合作用在土地上每年收割或数年后采伐，能循环生长、永续利用，“以林养纸”，促进纸业发展，建成绿色高效生态纸业；利用废水污泥开发肥料用于“哺苇育林”、“以纸促林”，促进农业产业的调整和区域经济的发展，形成纸业、农业、林业互为依托的“生态链”。

(2) 造纸工业是用水量大的行业，但在制浆造纸过程中可采用各种新技术、新工艺、新设备，达到生产用水的高度循环回用，大幅度降低清水用量，甚至某些产品及生产线可实现废水“零排放”。

(3) 造纸工业用电、用汽量大，且较均衡，适于热电联产、自供能量；通过废料的综合利用，可达到节能治污的目的。

(4) 造纸工业已开发出少污染制浆造纸新技术，可从源头上减少污染物产生量；还基本掌握了废水、废气和废渣的处理技术和新设备，可采取有效的污染治理设施，减少污染物的排放量，同时对产生的废物进行了循环回用的研究和实践。

(5) 造纸工业的各种纸张和纸板，经过使用后除厕所用纸、历史档案等少量纸张外，均可回收处理后代替纤维原料，用于造纸。每取代1吨原生纤维可为社会节约木材3~5m<sup>3</sup>、1.2t标准煤、600度电、100m<sup>3</sup>水、300Kg化工原料，并减少75%的空气污染，节省3m<sup>3</sup>的垃圾填埋场空间<sup>[6]</sup>。

(6) 为改变我国造纸工业企业规模小、木浆比重小、中高档产品比例低和环境污染大的缺陷，目前正进行大规模的产业结构调整，为推行循环经济带来了发展的机遇。另外我国已建设了不少大型现代化制浆造纸企业，达到了经济效益和环境效益双赢，在一定程度上实现了清洁生产和循环经济，不少成熟经验可资推广、借鉴。

为贯彻和落实科学发展观，加快推进循环经济发展，促进经济增长方式转变，我国已经选择了钢铁、有色、煤炭、电力、化工、建材、轻工等行业，依托相关企业开展循环经济试点工作。而目前我国造纸工业的可持续发展受到原料供应、水资源、环境污染等多方

面的制约，如何改变传统的增长模式，充分发挥造纸工业本身适合发展循环经济的特性，建立造纸工业与相关产业实现资源循环利用的循环经济发展模式，实现造纸工业的可持续发展问题，成了一个十分重要的研究课题。

## 1.2 国内外造纸工业现状及发展趋势

### 1.2.1 国外造纸工业的发展现状及其发展趋势

#### 1.2.1.1 发展现状<sup>[7]</sup>

2005年全球造纸工业纸和纸板总产量为3.67025亿t，比2004年增长2.07%。几个主要产品品种产量分别为：新闻纸3870万t，同比减少1.3%；印刷书写纸1.125亿t，同比增长0.8%；瓦楞纸箱材料1.167亿t，同比增长3.4%；其他纸板4769万t，同比增长3.0%；生活用纸2527万t，同比增长5.7%。纸和纸板产量排名前10位的依次是美国、中国、日本、德国、加拿大、芬兰、瑞典、韩国、法国和意大利，这10个国家纸和纸板总产量为3.67025亿t，占全球总产量的72.4%，其中中国占15.3%。

2005年纸浆总产量为1.8898亿t，同比增长0.4%，其中化学浆产量为1.2672亿t，机械浆产量为3571万t，同比减少1%和2%。按地区分，北美产量最高达7831万t，占全球纸浆总产量的41%，其次是欧洲和亚洲，产量为4961万t和3940万t，占全球总产量的26.3%和20.9%。

2005年废纸总回收量为1.837亿t，同比增长2.7%，全球范围废纸回收率为50.1%。北美是最主要的废纸净出口地区，2005年净出口量约为1300万t，亚洲地区是废纸净进口地区，2005年净进口量为1955万t，其中中国进口量高达1703万t，占亚洲废纸进口量的87.1%。

2005年全球纸和纸板表观消费量为3.66398亿t，同比增加1.4%。世界人均纸和纸板年消费量为56.3kg，北美人均消费293kg，在世界各洲位居第一，而亚洲人均消费只有35.3kg，远不及全球平均水平。在世界各国中以美国的纸和纸板消费量最高，2005年达8969.9万t，其次是中国5930万t，第三位是日本，为3146万t，人均消费量分别是300.6kg、45.1kg、246.8kg。

#### 1.2.1.2 发展趋势<sup>[8]</sup>

从全球的情况来看，近年来世界纸制品产量保持了3%以上的增长速度。世界500强中有7家是纸品企业。世界造纸工业的发展，呈现出6个趋势：

**经济规模化**——世界造纸工业先进的国家已经实现了经济规模化。目前，国际造纸工

业中企业的平均生产规模达到8万~10万t, 先进国家已超过20万t, 规模效益十分明显。2003年, 世界前50家最大的造纸公司已占据了全球纸及纸板产量的一半以上。

**技术集成化**——造纸技术的集成化程度不断提高, 是世界造纸工业发展的趋势。目前, 世界先进国家造纸企业依靠科技创新, 调整技术结构, 优化科技资源配置, 广泛使用信息网络、自动化控制等技术, 提高了技术集成化程度。制浆、造纸设备已向大型化、自动化、高效率方向发展。

**资源集约化**——世界先进的造纸工业生产方式已经实现了由资源粗放利用型, 向资源集约利用型的转变。世界纸业强国如美国、加拿大、芬兰等国, 90%以上的企业实现了资源集约化, 原料实现自给、生产消耗逐年下降。

**产品功能化**——世界纸产品需求已由数量型向质量型转变, 纸制品由单一功能向多功能方向发展, 低档的书刊纸、包装纸及纸板市场逐渐萎缩, 而高质量的胶印新闻纸、彩色书刊纸、高级文化用纸、高档生活用纸、牛皮纸和牛皮箱纸板、涂布纸等已成为需求主流。

**生产清洁化**——目前世界先进国家的造纸企业均采用先进的技术, 从生产的各个环节入手, 大力实施清洁生产。如国际上先进的化学木浆生产, 多数企业污水排放中化学耗氧量(COD)为30~50kg/t浆, 生物耗氧量(BOD)低于1kg/t浆。德国采用最先进的化学热磨机械浆(BCTMP)制浆废水封闭循环系统, 已经实现了制浆废水零排放。

**林纸一体化**——林纸一体化是当今世界造纸工业普遍采用的发展模式。国际大型制浆造纸企业以多种形式建设速生丰产林基地, 并将造林、营林、采伐、制浆、造纸与销售结合起来, 形成了良性循环的产业链。世界先进国家造纸工业的木材原料已达90%, 美国、瑞典等国达到95%以上。

## 1.2.2 国内造纸工业的发展现状及其发展趋势

### 1.2.2.1 发展现状<sup>[9]</sup>

近几年, 我国纸和纸板产量、消费量一直保持每年 8%左右的速度增长。我国现在已经是世界上仅次于美国的第二大纸品消费国, 各类纸和纸制品的消费量占世界纸消费总量的 14%以上。同时, 我国是世界上最大的纸贸易净进口国, 至 2003 年纸制品已经成为我国仅次于石油和钢材的第三大用汇商品。随着我国经济形势的持续好转, 出口贸易的强劲回升, 人们物质文化生活的日益丰富和提高, 新闻纸、生活用纸、包装纸等纸品的需求量

将继续快速增长。

2005年全国纸及纸板生产企业约有3600家,全国纸及纸板生产量5600万吨,较上年4950万吨增长13.13%。消费量5930万吨,较上年5439万吨增长9.03%,人均年消费量为45.1公斤,比上年增长3.1公斤。2005年全国纸浆消耗总量5200万吨,较上年增长16.72%,纸浆结构中,非木浆比例下降,废纸浆增幅加大,进口废纸大幅增加,支撑着纸浆结构的调整。2005年进口纸及纸板、纸浆、废纸、纸制品合计3001万吨,较上年2592万吨增长15.78%。2005年纸及纸板进出口总量中,进口量较大的品种有箱纸板、瓦楞原纸、白纸板和涂布纸,约占纸及纸板总进口量的74%。出口量较大的品种有涂布纸、未涂布书写印刷纸、生活用纸和白纸板,约占纸及纸板总出口量的85%。

2005年纸及纸板产量超过100万吨的省份有山东、浙江、广东、河南、江苏、河北、福建、湖南、安徽、四川和广西11个省,占全国纸及纸板总产量的88.62%。2005年我国东部地区12个省(区)市,纸及纸板产量占全国纸及纸板产量比例为73.3%,比上年提高0.5%;中部地区9个省(区)比例为21.5%,比上年增加0.1%;西部地区10个省(区)市比例为5.2%,比上年下降0.6%。从全国各省纸及纸板产量完成情况和造纸区域布局变化看,东部地区所占比例比上年又有所提高,是我国造纸工业生产的主要基地。

2005年国内造纸企业经济类型结构仍在调整变化,“三资”企业数量虽然仅占10.38%,但经济效益最好,利润总额已占32.83%。另外,集体及其他经济企业发展较快,企业数量有所增加,产品销售收入、利税总额和利润总额等主要经济指标均比上年有较大幅度增长。

近年来,通过调整,淘汰了一批工艺技术落后、装备陈旧的生产线和机台,新增一批具有国际或国内先进水平的技术、装备和生产线,加速了造纸工业技术进步,使造纸工业整体技术装备水平有很大提高,同时加大了环境保护的力度,COD的排放强度降到0.78吨/万元。

#### 1.2.2.2 发展趋势<sup>[10]</sup>

国内造纸工业的发展,呈现出4个趋势:

**集约化**——长期以来,我国造纸工业原料以非木材纤维为主,造成产品结构失调、企业规模小、经济效益差、排污量大、污染严重等问题。我国造纸企业的规模也远远低于国际水平,且技术水平普遍落后,难以满足国内市场对高档纸的产品不断增长的需求。为根

本上解决我国造纸业集中度过低、企业规模过小、污染严重、环保措施不力等问题，我国政府鼓励造纸企业做大做强，向规模化、集约化经营方向发展，同时通过关、停、并、转、重组整合等方式，将污染严重的小纸厂淘汰出局，发展强势企业集团，进行集约化经营，为在造纸行业全面实现循环经济创造条件。

**高档化**——目前中国生活用纸市场的显著特点之一，就是消费品种结构不均衡。今后一段时间内，我国生活用纸消费需求将呈现多元化，中低档品种将逐渐递减，而高档纸品需求比重将越来越大。根据市场预测，至2010年在纸的品种中，新闻纸、书刊印刷纸、涂布纸、生活用纸增长较快；在纸板的品种中，涂布白板纸、牛皮箱纸板、高强瓦楞原纸发展较快，以上这些品种是产品调整的重点。

**林纸一体化**——2004年，经国务院批准，国家发改委颁布了《全国林纸一体化工程建设“十五”及2010年专项规划》，这表明，我国造纸工业正在进入以原材料结构调整为核心的关键时期。国内大型纸业集团如APP纸业公司、泰格林纸集团、晨鸣纸业、华泰股份、美利纸业等都进行了“圈地造林”运动。中国加入世贸组织之后针对国外纸业产品进口发起的反倾销案，坚定了国际纸业巨头在中国大力推行“林浆纸一体化”的产业模式。

**多元化**——由于纸张应用的不断扩展，纸制品市场消费向多元化方向发展；同时企业为了能较好地抵御市场风险，各大型造纸企业正在不断地根据市场需求开发新的纸品种，产品种类越来越多，产品结构也日趋多元化。

### 1.3 造纸工业循环经济发展模式研究的理论与技术支撑

#### 1.3.1 理论支撑

##### 1.3.1.1 循环经济理论<sup>[11-14]</sup>

循环经济（Circular Economy）是对物质闭环流动型经济的简称，本质上是一种生态经济，它要求运用生态学规律而不是机械论规律来指导人类社会的经济活动，将其组成一个“资源—产品—再生资源”的反馈式流程，其特征是低开采、高利用、低排放。循环经济的建立依赖于—组以“减量化、再利用、再循环”为内容的行为原则（称为3R原则，即reduce, reuse, recycle），每一个原则对循环经济的成功实施都是必不可少的。

##### 1.3.1.2 清洁生产理论<sup>[15-16]</sup>



清洁生产 (Cleaner Production) 是一种新的创造性的思想, 该思想将整体预防的环境战略持续地应用于生产过程、产品和服务中, 以增加生态效率和减少人类和环境的风险。

——对于生产过程, 要求节约原材料和能源, 淘汰有毒原材料, 减降所有废弃物的数量和毒性;

——对于产品, 要求减少从原材料提炼到产品最终处置的全生命周期的不利影响;

——对服务, 要求将环境因素纳入设计和所提供的服务中。

### 1.3.1.3 工业生态学理论<sup>[17-21]</sup>

工业生态学 (Industrial Ecology) 是一门研究社会生产活动中自然资源从源、流到汇的全代谢过程、组织管理体制以及生产、消费、调控行为的动力学机制、控制论方法及其与生命支持系统相互关系的系统科学, 是生态工业的理论基础。

工业生态学是通过“供给链网”分析和物料平衡核算等方法分析系统结构变化, 进行功能模拟和分析产业流 (输入流、产出流) 来研究工业生态系统的代谢机理和控制方法。工业生态学的思想包含了“从摇篮到坟墓”的全过程管理系统观, 以生态学的理论观点考察工业代谢过程, 研究工业活动和生态环境的相互关系, 以研究调整、改进当前工业生态链结构的原则和方法, 建立新的物质闭路循环, 使工业生态系统与生物圈兼容并持久生存下去。

### 1.3.1.4 环境经济学理论<sup>[22-24]</sup>

环境经济学是研究经济发展和环境保护之间相互关系的科学, 是经济学和环境科学交叉的学科, 是研究如何合理调节人类经济活动, 使之符合自然生态平衡和物质循环规律, 使社会经济活动建立在环境资源的适度承载能力基础之上, 综合考量短期直接效果和长期间接效果, 兼顾自然资源利用的代内公平和代际公平。其主要研究环境经济学的基本理论与方法、社会生产力的合理组织和环境资源的功能区划、环境保护的经济效果 (费用—效益分析) 以及如何运用经济手段进行环境管理。

### 1.3.1.5 系统工程理论<sup>[25-27]</sup>

系统工程是组织管理“系统”的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法。系统工程的研究对象是大型复杂的系统, 内容是组织协调系统内部各要素的活动, 使各要

素为实现整体目标发挥适当作用，目的是实现系统整体目标的最优化，基本思想是用搞工程的办法搞组织管理，它以系统为对象，经过分析、推理、判断、综合，建成某种系统模型，进而以最优化的方法，求得系统最佳化的结果。

### 1.3.2 技术支撑

#### 1.3.2.1 制浆技术<sup>[28]</sup>

##### (1) 高得率制浆

高得率制浆是指用化学的、高温和机械的方法使纤维原料分离，制成得率在 75% 以上的纸浆品种。既包括传统的磨石磨木浆 (SGP)、化学磨木浆 (SGWP)、压力磨木浆 (PGW)、木片磨木浆 (RMP)，又包括近年来发展起来的各种化学机械浆 (CMP)、热磨机械浆 (TMP)、化学热磨机械浆 (CTMP)、碱性过氧化氢机械浆 (APMP) 以及爆破法高得率制浆 (SEP)<sup>[29]</sup> 等。由于人们对纸浆的质量 (强度、白度及适印性) 要求不断提高，传统的高得率浆种逐渐由 CTMP 及 APMP 所取代。与硫酸盐浆比较，CTMP 及 APMP 质量虽较差些，但能更有效地利用纤维原料，吨浆原料消耗量只有硫酸盐浆的 1/2 左右，吨浆耗水量仅 1/10，生产过程无恶臭等大气污染，相同规模新建厂的费用约为硫酸盐浆厂的一半，是今后制浆技术的发展方向。

##### (2) 少污染制浆

少污染制浆是尽量减少制浆过程中产生污染量的各种改进方法，主要着重制浆废水，特别是危害较重的漂白废水的污染负荷减量化。近年来发展的少污染制浆新技术主要有以下几方面：

深度脱木素蒸煮——硫酸盐法制浆的延伸蒸煮 (Extended Cooking) 发展很快，这是一种深度脱木素蒸煮新技术，在蒸煮过程中保持较高的有效碱浓度，以除去较多的木素，可使纸浆卡伯值降低而不致影响纸浆强度；不仅能减少漂白化学品消耗量，节约生产成本，而且能降低漂白废水的污染负荷，减少漂白废水中的 COD 量，可节省污水处理费用，同时在蒸煮中产生较多的有机物进入碱回收系统，可增加热能和碱的回收量。近年来已在蒸煮中被广泛应用，在连续蒸煮方面有改良连续蒸煮 (MCC)、延伸改良连续蒸煮 (EMCC)、等温连续蒸煮 (ITC)、低固形物蒸煮 (Lo-Solids Cooking) 等；在间歇蒸煮方面有快速置换加热 (RHD) 间蒸、超级间蒸 (Super Batch) 和深入间蒸 (Enter Batch) 系统等，均采

用蒸煮液置换加热和冷喷放，在国际上已普遍用于漂白化学木浆的生产。

少氯、无氯漂白——采用无元素氯漂白技术（ECF 技术）或完全无氯漂白技术（TCF 技术）漂白与传统漂白相比较，废水污染负荷显著降低，AOX 量大幅下降。研究表明：在多段漂白的 C 段用  $\text{ClO}_2$  代替  $\text{Cl}_2$ ，随着  $\text{ClO}_2$  替代率的增加，AOX 的产生量几乎呈直线下降。

封闭循环漂白系统——制浆漂白封闭循环系统是对纸浆漂白过程中的水和化学品循环回用，以减少污染物排放量。按照这一概念设计的 Rapson—Revoe 漂白封闭循环系统，于 1977 年在加拿大安大略省桑德贝镇的大湖林产品公司建成，但运行几年后因未能解决杂质积聚和设备管路受腐蚀问题，亦未能达到全封闭循环回用，而于 1985 年停止运行。封闭循环漂白系统虽未能取得成功，但关于漂白废水逆流洗浆，循环回用的新技术已被广泛地应用，近年来还被用于 ECF 和 TCF 漂白系统。例如美国 Louisiana Pacific 纸浆厂由传统的 CEDED 漂白程序改为全无氯 Q（EOP）PPP 程序，纸浆白度可达 85%ISO，各段废液实施逆流洗浆，初段废水用于未漂浆洗涤，可提高纸浆白度、节省化学品，并大幅度减少废水污染。

### （3）生物技术的开发和应用

近年来，生物技术迅速发展，将逐渐引起造纸工业的技术革新。2004 年 6 月美国华盛顿特区生物技术工业局发布一份名为“使环境更清洁的生物技术方法”的报告，表明工业生物技术能以较低的成本、较清洁的环境、消耗较少的能源，来获得较好的产品，造纸工业已有进展。

浆化在纸浆漂白方面，多段漂第一段用 Xylanase 代替氯化物可降低漂白用氯量 10%~15%，并能降低漂白温度，如能在美国纸浆厂推广后，因节能即可减少排入大气的  $\text{CO}_2$  215.5 万~27 万吨。用白根真菌喷入木片并加入生长介质孵化后，因木材细胞壁中的木素被破坏，再用传统的化学法或机械法制浆，漂白所需能耗可降低 40%，废水污染量亦大为减少。

废纸脱墨加入酶为脱墨剂，可易于脱除油墨，显著提高处理效果。有一种生物酶可减少浆料中的细小纤维，使纸机车速提高 5%等，可见生物技术已在造纸工业中开始运用，并显示其降污、节能的优点。

### 1.3.2.2 造纸技术<sup>[30]</sup>

#### (1) 发展优质低耗纸种

涂布纸及涂布纸板——涂布纸与涂布纸板能提高纸面的平滑度和光泽度，使印刷品更清晰，色彩鲜艳，更加赏心悦目，同时与相同定量的未涂布纸相比，大幅降低了纤维原料用量；又因原纸的白度可适当降低而减少了纸浆漂白时的纤维损失，从而使纤维原料耗用减量化，因此应利用涂布纸与涂布纸板生产技术，生产涂布纸及涂布纸板。

低定量新闻纸——目前，标准新闻纸的质量标准为：定量 40~48.8g/m<sup>2</sup>，适当降低新闻纸定量，能直接降低每吨纸的纤维原料用量，定量由 48.8g/m<sup>2</sup> 降至 45g/m<sup>2</sup>、42g/m<sup>2</sup> 后，每吨纸可多印报纸 7.7%、13.9%，使用价值显著提高，同时可减少纤维原料的消耗量。另外采用 Clupak 伸性纸装置生产伸性纸袋纸，能提高纸张的伸长率及伸性纸袋纸的强度，也即生产同样强度的纸袋纸需要较少的原料。采用钢带（Condebelt）加热纸板技术，生产强度相同的纸板其定量可降低 20%~30%，节约纤维原料的用量。

#### (2) 节约用浆量

成纸水分控制技术——设置浆料浓度控制系统及在线纸张定量、水分监控系统以及正确掌握纸机烘干部干燥曲线等，适当控制成纸水分，达到质量标准规定的上限范围，增加纸页压光效果，提高平滑度和光泽度，同时节约用浆量。

填料施加技术——根据纸张品种、原料配比的不同来确定填料的种类和数量，在保证纸张质量的前提下增加填料的用量，降低用浆量。

减少纤维流失技术——采用白水回收装置，回收利用纤维、填料；在纸机进浆系统的压力筛（如旋翼筛）设置自动排渣系统、伏辊损纸池设置搅拌器及喷水管等减少浆料损失；经常测定纸机运行时的纤维（和填料）流失率，发现问题及时处理使其保持在合理范围内。

### 1.3.2.3 节水技术<sup>[31]</sup>

#### (1) 粗浆洗涤、筛选封闭系统

采用封闭式洗涤筛选系统节水效果显著，生产 1 吨未漂风干浆节水约 60m<sup>3</sup>。包括漂白在内的清水耗用量，据华泰纸业实测为 110m<sup>3</sup>/吨浆，与传统的洗、筛、漂相比，节水超过 100m<sup>3</sup>/吨浆。

#### (2) 漂白洗浆滤液的合理使用

现代纸浆厂的清水量，主要用于漂白系统的洗浆，因此合理回用各段洗浆滤液逆流使用，是浆厂节水的关键。采用 ECF 三段漂白和四段漂白的漂白滤液逆流使用，使每吨浆的清水用量分别减少至  $16\text{m}^3/\text{吨风干浆}$  和  $14.1\text{m}^3/\text{吨风干浆}$ 。

### (3) 纸机封闭循环用水系统

采用适当的纤维回收和固液分离装置，将固形物从水中分离出来，然后将水进行生物化学处理以及膜过滤，达到回用水的标准，充分循环回用纸机白水，形成封闭循环回用水系统。但要根据纸张品种、原料配比、技术装备、给排水处理费用以及当地环保要求等因素来决定纸机生产线循环用水的封闭循环程度。

#### 1.3.2.4 节能技术

##### (1) 制浆节能新技术<sup>[32]</sup>

采用先进设备和自动化控制技术备料，提高木片的合格率，同时也相应的降低了能耗；采用低能耗间歇蒸煮技术、改良连续蒸煮技术、等温连续蒸煮技术、低固形物连续蒸煮技术和横管式连蒸技术等回收热量，降低能耗；采用高得率制浆技术，通过回收磨浆电能消耗（约占耗电量的 90%）产生的热量，降低能耗；通过回收碱回收燃烧阶段产生的蒸汽，对热能加以利用；在粗浆洗涤、纸浆漂白、浆料贮存、纸页成形等方面采用中浓技术，达到了节能、节水和减轻污染的效果。

##### (2) 造纸节能新技术<sup>[33]</sup>

在浆料制备阶段，采用新型水力碎浆机、三锥体精浆机以及结构合理的贮浆池等降低能量消耗；通过纸机真空系统的优化设计降低能耗；采用宽压区压榨技术，也即高冲量压榨，可以提高压榨纸页干度，干度每提高 1%，可节省烘干部用汽 4%~5%；在压榨部用蒸汽加热器既提高湿纸页的温度，又提高纸页出压榨的干度，可节省烘干部的蒸汽消耗量；多段通汽系统的改进，达到既可以合理使用不同质量的能量，达到优化干燥工艺和节能的目的，又能降低干燥部蒸汽消耗量和消除烘缸内积水问题；设置热回收系统对烘缸部排出的废汽回收大部分热量，用于烘缸部以外的纸机部位，节约了相当一部分新鲜蒸汽，降低了能耗。

#### 1.3.2.5 污染治理技术<sup>[34-37]</sup>

##### (1) 废水处理技术

制浆造纸过程排出的废水必须经过处理，大约去除 SS 和 BOD90%以上、COD80%以上才能稳定达标排放。造纸废水分为蒸煮黑液、中段水和白水。

蒸煮黑液治理技术目前主要有：碱回收法、碱法制浆黑液资源化管理、絮凝沉淀氧化法、生物化学法、膜分离技术等。

中段废水的处理方法根据水质要求的不同，包括一级、二级、三级处理。一级处理主要是物化的方法，一般 COD 去除率较高，处理方法有无机和有机絮凝沉淀法、气浮法等；二级处理主要采用生化处理法，其特点是 BOD 去除率高。经二级处理后一般可达到排放标准，主要的处理方法有：厌氧处理法，好氧处理法，包括活性污泥法、氧化塘法、生物滤池法和生物转盘法等；三级处理在水质要求高或废水回用的场合适用，可在二级处理的基础上进行三级处理，三级处理属于物理化学处理，可进一步降低 COD、毒性和色度，主要的方法有：化学混凝、活性炭吸附法、膜分离法（反渗透、超滤）等。

白水的处理方法包括气浮法、絮凝法、过滤法和膜分离法，其中气浮法是白水处理中较常用的方法。

## (2) 废气处理技术

造纸工业的废气主要是指烟尘和  $\text{SO}_2$ 。烟尘可以用机械除尘、静电除尘等。 $\text{SO}_2$  分为热电站燃煤产生和亚硫酸盐制浆产生，对前者主要方法有（1）燃烧前脱硫（原煤净化工艺，主要除无机硫）；（2）燃烧中脱硫 [包括流化床燃烧（CFB）和炉内喷吸收剂等]；（3）燃烧后脱硫（包括石灰石湿法、石灰石半干法、石灰石干法、海水法、氨碱法、电子束照射法和吸收剂再生等）；（4）联合脱硫（包括炉内喷吸收剂加尾部增湿活化法和煤气化联合循环等）；对后者常用文丘里管式涤气器，这种装置常用 NaOH 液或稀白液作为涤气剂，常两段串联使用，可除去排气中所含  $\text{SO}_2$  的 80%~90%；为进一步提高  $\text{SO}_2$  去除效率，可采用圆柱形式充填涤气器，可大大增加气体和涤气液的接触面积，去除率可达 95%。

## (3) 固废处理技术

制浆造纸固体废物分为碱回收产生的白泥、废纸脱墨产生的脱墨污泥和废水处理的污泥。

白泥可以用作填料、建材等的生产，技术已经可行，目前最重要的问题是如何有效地降低开发利用白泥的成本；脱墨污泥的资源化利用技术包括从脱墨污泥中回收能量和造纸用填料，将其制成板材、土壤改良剂、复合材料填充剂和沥青复合改性剂等新技术。废水

污泥可以生产有机复合肥和做燃料燃烧发电。

## 1.4 论文研究的目的和意义

### 1.4.1 目的

针对目前造纸工业发展过程中遇到的诸多问题，以及由于造纸工业排放标准的日益严格而面临的日益严峻的环境压力，本论文从实现造纸工业可持续发展的目标出发，选取我国造纸工业的排头兵——华泰集团为研究对象，在对造纸工业发展历史的深刻反思和华泰集团造纸工业发展现状系统把握的基础上，以循环经济理念为指导，运用系统工程理论、清洁生产理论、工业生态学理论等，构筑华泰集团造纸工业循环经济发展模式，为解决造纸工业可持续发展问题坐有益的探索和尝试。

### 1.4.2 意义

我国对于循环经济的理论研究与国外的研究相比起步较晚，但近年来比较活跃，是一个较新的研究领域；在实践方面，国外已经有了企业、园区和区域层次上较为成功的案例，国内在这方面也开始了探索，取得了一些进展；目前国内许多专家学者对造纸工业这一传统经济典型行业发展循环经济，实现可持续发展进行了诸多研究，但绝大多数都是概念性理论研究，对建立有针对性的发展模式并没有进行系统的和深入到具体企业上的研究。

鉴于此，本论文以华泰集团造纸工业为研究对象，对造纸工业循环经济发展评价体系进行研究，根据设计的指标体系和评价方法，结合现状调查对华泰集团进行现状评价，识别出制约华泰集团循环经济发展的因素；然后运用循环经济理论来构建华泰集团循环经济发展模式，力争解决造纸工业发展和环境污染之间的矛盾问题，最终使华泰集团造纸工业的经济发展与生态环境的不断改善结合起来，达到经济效益、社会效益和环境效益的统一，以适应国内、国际市场的严峻挑战。一方面对造纸工业循环经济理论进行了完善，另一方面为其他造纸企业发展循环经济起到一定的示范和指导作用。

## 1.5 论文研究的技术路线

本论文的研究，将紧密围绕着华泰集团造纸工业循环经济模式的构建展开，研究的技术路线如图 1-5 所示。

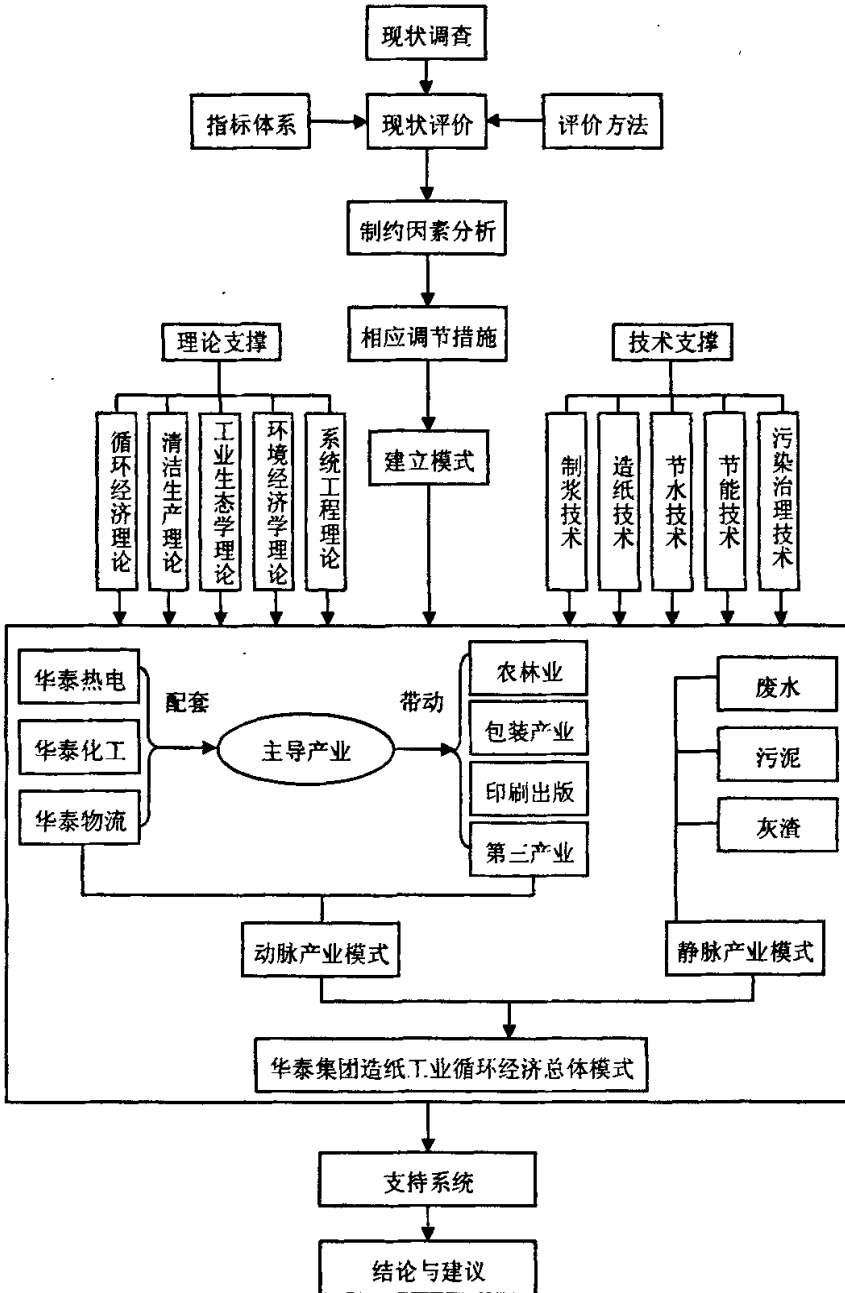


图 1-5 论文研究技术路线图



## 第 2 章 华泰集团造纸工业循环经济发展现状调查

### 2.1 华泰集团造纸工业现状调查研究

华泰集团造纸工业发展现状调查是构建造纸工业循环经济发展模式的基础。

#### 2.1.1 现状调查的目的

工业现状调查的目的是为了掌握华泰集团的基本情况,获得准确的资料和数据,为造纸工业循环经济发展现状评价提供数据支撑,并为循环经济模式的构建提供基础,确保华泰集团造纸工业循环经济模式构建的科学性、先进性以及可操作性,以便为其他造纸工业循环经济的发展起到示范带动作用。

#### 2.1.2 现状调查的方法

现状调查采用发放调查表、进行现场考察与重点调查相结合的方法。为确保数据的准确性、可靠性和规范性,采取企业技术人员一级审核、工作组或数据库录入组二级审核、专家小组三级审核的方式。

调查工作应注意以下几个方面:调查工作应由点到面,重点突出;以企业报表为依据,审查、复核;数据的调查和填报应服从总体要求,务必做到数据准确、全面、系统、格式统一;现状调查以课题组成员为主,并进行负责核实和汇总,相关企业人员提供工作配合;调查应抓住物质流、能量流、信息流、价值流,找出企业内、企业间及企业与周边区域的物质、能量、信息、价值、基础设施之间的联系。

#### 2.1.3 现状调查的内容

现状调查的内容主要包括:(1)集团所在区域的自然、社会、经济、环境与资源情况;(2)集团基本情况,包括集团所在地、包含的子公司、产值利税、主要产品及其用途、人员状况、认证状况等;(3)工业企业的生产工艺、原材料、能源、产品等技术指标;(4)企业污染源及污染物的排放量、废物特征及主要成分;(5)区域内部物质、能量、基础设施共享情况,现有工业生态链条和链接方式;(6)区域内部废物交换利用、集中处理的情况等。

## 2.1.4 资料数据的整理

将调查所得的数据进行统计整理,将某些相关数据分类处理,并建立数据库,为后面的分析工作做准备。本论文的数据汇总是利用 excel 表格进行制作的,从总体上看,将数据分为四个系统:经济系统、资源系统、环境系统和保障系统。此外,在汇总期间,所有资料经过汇总计算,并与总体调查的结果进行对比,来确定资料的准确性。

### 2.1.4.1 经济系统

经济系统资料的汇总主要分为:(1)集团的基本情况,包括企业性质、占地面积、人员状况;(2)集团的各项经济指标,包括固定资产、产品销售收入、产品产量、主要副产品产生量、产值、利税、利润、工业增加值、环保总投入;(3)企业发展规划,主要是指在未来 5 年或 10 年的发展规划。

### 2.1.4.2 资源系统

资源系统资料的汇总主要分为:(1)原辅材料消耗情况,具体包括麦草、木材和废纸的消耗量以及各种辅料的物化特性及消耗情况;(2)主要能源状况,包括煤、电、蒸汽,其中各能源指标资料应有单价和年消耗量;(3)给水情况,包括生产用水量、生活用水量、绿化及景观用水量、其它用水量,其中,各用量的单位均用吨表示,同时各量还将细化为地表水、地下水;(4)资源重复利用情况,具体包括碱回收利用量、重复用水量、固体废物综合利用量。

### 2.1.4.3 环境系统

环境系统资料的汇总主要分为:(1)废水,主要包括生产废水和生活废水处理前后的 COD、BOD、pH、SS、色等指标数值,废水处理状况,废水最终发放状况,其中废水处理状况包括废水处理工艺、设计处理量、实际处理量、年耗电量、吨水处理费用、年运行费用、正常运转天数;(2)废气,主要包括 SO<sub>2</sub>、粉尘的产生浓度、排放浓度、年产生量、年排放量,脱硫除尘工艺以及设施的正常运转天数;(3)固体废物,主要包括污泥、白泥、脱墨污泥、锅炉灰渣和生活垃圾等的产生量,固体废物的综合利用方式、利用量,以及固体废物最终排放状况;(4)危险废物,主要是指造纸废液处理过程中的废碱以及设备维护和检修中使

用的废有机溶剂的产生量以及处理处置情况。

#### 2.1.4.4 保障系统

保障系统资料的汇总主要分为：(1) 研发中心基本情况，包括研发中心职工人数、科研投资、研发项目等；(2) 基础设施情况，包括水电汽线路、道路系统、信息系统、废物回收利用系统等的建设情况、运行状况等。

## 2.2 华泰集团所在地区概况

### 2.2.1 自然地理概况

华泰集团所在的广饶县位于黄河三角洲，地理位置十分优越，东与潍坊市相接，西与滨州市相连，南与淄博市接壤，北与东营区毗邻，东北部濒临渤海莱州湾（广饶县地理位置见图 2-1）。广饶县地势由西南向东北倾斜，地貌属鲁北平原；气候属季风型气候，境内气候无明显差异，气候特征是雨、热同季，大陆性强（大陆度 66.4），寒暑交替，四季分明。广饶县东北部濒临渤海莱州湾，海岸线长 11.86km，属淤泥质海岸，基本由陆上三角洲平原和水下三角洲平原构成。广饶县境内有大小河流 12 条，分属小清河和支脉河两大水系，水量多为过境客水，其中小清河属常年性河流，由西向东入海。广饶县多年平均降水量为 585.62mm，多年平均入境客水量 24531.5 万 m<sup>3</sup>，地表水资源总量为 32300.5 万 m<sup>3</sup>，但可利用量仅 6169 万 m<sup>3</sup>。井灌区地下水储存量为 86314 万 m<sup>3</sup>，可开采量为 7256 万 m<sup>3</sup>。

### 2.2.2 社会经济概况

2005年底广饶县辖广饶、大王、稻庄、李鹊、丁庄、石村6个镇和大码头、西刘桥、花官、陈官4个乡，城区办事处1个，管委会1个，共538个行政村和22个居民委员会，全县总人口482799人，其中非农业人口62602人，农业人口420197人。2005年实现生产总值155亿元，三次产业比例调整到10.9:67.3:21.8。积极实施“农业立县”战略，国家和省级农业产业化重点龙头企业达到6家，一批标准化种养基地顺利建成，农业产业化、标准化、市场化水平不断提高。2005年第二产业增加值达到104.3亿元，规模以上企业实现销售收入316.5亿元、利税29.8亿元，规模以上工业企业发展到94家，其中销售收入过亿元的企业达到28家，过10

亿元的达到5家。大力培育知名品牌，先后获得全国驰名商标1个，国家免检产品6个，全省著名商标11个、名牌产品18个。2005年第三产业增加值33.8亿元，第三产业发展实现新突破。城乡居民收入大幅增加，人民生活质量明显改善，2005年底，城乡居民储蓄余额48.5亿元，人均储蓄10043元，城镇居民人均可支配收入11178元，农民人均纯收入4820元。



图 2-1 广饶县地理位置图

### 2.3 华泰集团概况

华泰集团位于黄河三角洲的中心城市—山东省东营市广饶县大王镇，是以造纸为主，集化工、印刷、热电、物流、林业、商贸服务于一体的大型企业集团，是山东省重点调度的 24 家大型骨干企业之一，名列中国企业 500 强第 429 位，位居中国制造业 500 强第 238 位。下辖 12 个子分公司，其中“华泰股份”是中国上市公司 100 强企业。公司建设有全国造纸行业首批博士后科研工作站、国家级企业技术开发中心、国家级质检实验室；通过了 2000 版 ISO9001 国际质量体系认证、ISO14001 国际环境体系认证；建立了省内首家企业集装箱直通场站和保税仓库；拥有两条具备国际竞争力的新闻纸生产线，生产能力近 40 万吨，是全国最大的新闻纸生产基地。“华泰”商标是国内造纸行业第一个“中国驰名商标”；

先后荣获“国家级重点高新技术企业”、“全国守合同重信用企业”、“全国质量管理先进企业”、“全国五一劳动奖状”等 150 多项省级以上荣誉称号。

公司现有员工10000余人，总资产136亿元，年生产包括新闻纸、文化纸、包装用纸、生活用纸四大系列100多个规格品种的机制纸180万吨，化工及造纸化工助剂80万吨，年承接印刷能力50万色令，并建设有20万KW热电机组。公司综合经济指标连续10年居全国同行业前茅。2005年华泰集团本部共完成利润5.33亿元，比去年同期上升1.4亿元，比去年同期增长了35.6%。继续保持了持续、快速、稳定的发展势头。公司拥有国际一流水平、产能40万吨的新闻纸生产线，是中国最大的新闻纸制造基地，成为中国高档新闻纸产品的代名词。2005年底40万吨新闻纸已经投产，新闻纸产量达80万吨，占全国产量的三分之一。

### 2.3.1 经济状况

2005年，华泰集团本部共完成利润5.33亿元，比去年同期上升1.4亿元，同口径比去年同期上升2971万元，只有协发公司同口径利润下降。东营鼎泰完成利润4155万元，比去年同期上升1817万元，增效最大；东营华泰完成利润4.32亿元，比去年同期上升564万元；东营协发完成利润531万元，比去年同期下降21万元；供排水公司亏损2506万元，比去年同期少亏损474万元；电力公司完成利润5932万元，同口径比去年同期增利531，增效幅度最大。2005年集团本部产销量情况见表2-1；2005各部门利润情况见表2-2。

2005年，华泰大厦实现收入2512.02万元，比2004年增加655.31万元；利润104.97万元，比2004年增加59.58万元；利税184.40万元，比2004年增加86.35万元。详见表2-3。

表2-1 2005年集团本部产销量情况一览表

部门	产量（吨）			销量（吨）		
	2005年	2004年	同比增减	2005年	2004年	同比增减
东营鼎泰	128649	131763	-3114	124473	135731	-11258
东营华泰	376325	372123	+4202	375262	400297	-25035
东营协发	3264	3163	+101	3184	3281	-97
合计	508238	507049	+1189	502919	539309	-36390

表2-2 2005年集团本部产销量情况一览表

部门	按现行价格对比(万元)			按同期价格对比(万元)		
	2005年	2004年	同比增减	2005年	2004年	同比增减
东营鼎泰	4155	3980	+175	5797	3980	+1817
东营华泰	43230	34585	+8645	35149	34585	+564
东营协发	531	568	-37	547	568	-21
供排水公司	-2506	-2702	+196	-2228	-2702	+474
电力公司	5932	556	+5376	1087	556	+531
合计	51342	36987	+14355	40352	36987	+3365

表2-3 2005年华泰大厦有限公司收入、利润和利税情况一览表

经济指标(万元)	2005年	2004年	同比增减
收入	2515.02	1859.71	655.31
利润	104.97	45.39	59.58
利税	184.40	98.05	86.35

山东华泰纸业股份有限公司控股子公司——东营华泰清河实业有限公司5万吨文化纸及其制浆项目于2005年5月1日成功投产，首月运行安全、稳定，产量已完成近4700余吨，产销率达95.6%。2005年清河实业产量和利润情况见表2-4。

表2-4 2005年清河实业产量和利润情况一览表

车间	产量(吨)	利润(万元)
造纸车间	38731	1439
制浆车间	19443	-1033
热电车间	供电(万度)	6881
	供汽(吨)	225246
碱回收车间	4332	-300
水处理车间(万m <sup>3</sup> )	277	-446
合计		20

华泰化工集团位于东营经济技术开发区二类工业园区，是华泰集团的控股子

公司，以氯碱化工、石油化工、精细化工、热电为主导产业；下辖华泰化工公司、联成化工公司、华泰热力公司、华泰纸业化工公司、华泰精细化工公司五个控股子公司。2005年完成产值5.6亿元，实现利税1亿元。华泰化工集团产值、销售收入以及利润、利税详见表2-5。

表2-5 2005年华泰化工集团产值、销售收入、利润和利税情况一览表

指标(万元)	2005年	2004年	同比	增减%
产值	55701.2	34288.3	21412.9	62%
销售收入	56272.3	34864.4	21407.9	61%
化工	2211.5	1345.0	866.5	64%
热力	1349.5	277.2	1072.3	387%
利润				
纸业	2110.6	1394.6	716.0	51%
联成	773.5	516.7	256.8	50%
精细化	233.2	229.0	4.2	2%
合计	6678.4	3762.5	2915.9	77%
利税	10060.8	5448.1	4612.7	85%

东营华泰新华印刷有限责任公司改组成立于1998年，是书刊印刷国家定点企业，现有员工260人，工程技术人员50人，年承接加工印刷能力30万色令，是山东省印刷标准信封定点厂、齐鲁晚报东营地区分印点、山东省“十佳印制单位”。2005年实现产值4023万元，比2004年增加721万元；收入3407万元，比2004年增加277万元；利润603万元，比2004年增加145万元；利税830万元，比2004年增加135万元。详见表2-6。

表2-6 2005年华泰新华印刷有限责任公司产值、收入、利润和利税情况一览表

指标(万元)	2005年	2004年	同比增减	2005年计划	完成%
产值	4023	3302	+721	4000	101
收入	3407	3130	+277	3420	100
利润	603	458	+145	570	106
利税	830	695	+135	880	94

日照华建纸业有限公司系山东华泰纸业股份有限公司为发挥自身资金优势,充分利用日照市丰富的资源、优越的地理条件和源远流长的文化,对山东华远造纸集团有限公司、山东华远造纸股份有限公司造纸主业进行收购改制而成立的有限责任公司,是融制浆、造纸、纸加工、化工、热电为一体的国家大型企业。现有员工2200名,资产总额3.95亿元,拥有先进水平的造纸生产线10条,年生产能力10万吨。2005年日照华泰纸业有限公司实现产量67140吨,比去年同期增长9336吨,同比增长16.1%,完成年计划的109.5%,实现利润1941万元。

### 2.3.2 水资源、能源、原材料供给现状

造纸及纸制品生产是一个耗水量大的行业,所以当地的水资源赋存与供给状况对行业的持续发展是一个重要的影响因素。而华泰集团所在的广饶县大王镇,在东营市是水资源相对丰富的地域,但相比于其他地区水资源缺乏,近年来由于地下水严重超采,引发咸水入侵,使淡水资源更加匮乏。水资源已经成为华泰集团造纸工业发展的制约因素,在今后的发展过程要开源和节流相并重,一方面进行水库改造补充水源,另一方面要依靠科技和管理不断提高水的重复利用率,才能消除水资源对企业可持续发展的制约。

华泰集团的能源供应来自企业自己的热电站,目前已有1.2万千瓦、2.5万千瓦热电联供工程,60万千瓦热电工程一期工程15万千瓦热电已经投产运行,目前形成了18.7万千瓦的发电能力,成为华泰纸业腾飞的力量之源。

木材是制造高档纸产品的必需原料。根据预测,2005年和2010年国产木材原料需求量分别为1710万 $m^3$ 和3240万 $m^3$ ,而可供量分别为1000万 $m^3$ 和2500万 $m^3$ 。木材供求缺口2005年约为710万 $m^3$ ,2010年约为740万 $m^3$ ,浆纸原料供求形势十分严峻。2005年华泰纸业用的浆料结构为麦草浆为10%,废纸浆60%和木浆30%。为保证长远发展,公司在“十五”期间已启动了林纸一体化项目,加大了对林浆纸一体化项目的建设,2000年7月成立了山东华泰林业有限公司,到2004年末已完成项目造林2.33万 $hm^2$ (35万亩)。

### 2.3.3 人力资源现状

目前,华泰集团本部在职员工3974人,其中大学本科学历以上人员240人,大学专科学历595人,中专及高中学历1929人,高中以下学历1210人。中高级技



术人员88名，拥有博士6名，硕士12名，专家50名，拥有硕士以上或享受省政府津贴拔尖人才的科技带头人18名，形成一种新的生产力和创造力。公司还相继与山东轻工业学院、石油大学采用“联合办学”的形式举办了“制浆造纸与自动化控制专业培训班”及“工商管理培训班”，分别对生产一线技术骨干、中层管理人员进行了继续教育，为华泰的腾飞发展积蓄了中坚力量。

### 2.3.4 三废排放、治理与资源化现状

#### 2.3.4.1 三废产生、排放现状

华泰集团所属的东营华泰、东营鼎泰、华泰大厦以及电力公司均有废水和废渣排放，废气和粉尘主要为热电站和碱回收车间所排放。2005年废水排放总量为1550万吨/年，COD排放量为6508吨/年；固体废物排放12万吨/年；二氧化硫排放量为168吨/年。

#### 2.3.4.2 治理与资源化现状

##### (1) 废水

华泰纸业的废水种类主要有造纸黑液、造纸白水、打浆水、脱墨废水、地面及设备冲洗水、冷凝水等。难处理的黑液经碱回收系统处理后回收的碱被再次利用，碱回收车间冷却温水全部回用于提取黑液或洗浆；碱回收车间黑液蒸发产生的清冷凝水产蒸气回用于各工段。纸机白水经处理后部分回用于洗麦草、稀释洗浆等，实现了大部分纸机白水再利用；脱墨废水经气浮设施处理后全部回用于废纸制浆生产线，综合废水经物化—生化处理设施后部分回用其余排放；打浆水进入中段水处理系统处理后回用。公司已建污水处理设施共3套，日处理能力达到160000万吨，废水经处理后排放进入小清河。

##### (2) 废气

碱回收炉燃烧产生的废气主要成份是二氧化碳和水蒸汽，少量为氧化钠碱尘。对此废气，通过圆盘蒸发器回收热能和静电除尘器回收碱尘。热电厂排放二氧化硫和烟尘，经脱硫设施和电除尘器处理后废气达标排放。

##### (3) 固体废物

废渣主要有白泥、污泥（脱水后）、脱墨污泥、包装废物以及粉煤灰炉渣、脱硫石膏和生活垃圾等。其处理及回用利用情况见表 2-7。

表 2-7 固体废物处理及资源化一览表

名称	来源	处理及利用
水处理污泥	污水处理设施	外送填埋
白泥	苛化工段	外送填埋
脱墨污泥	脱墨系统	作为油毡纸的原料
包装废物	原辅材料包装、成品工段	分类回收使用或出售
灰渣、脱硫石膏	热电厂	生产水泥、粉煤灰砖
生活垃圾	办公和居民小区	送至垃圾处理场填埋

从上述分析来看,尽管华泰集团已经具备较强的经济实力和  
发展循环经济的初步基础,但是在原料结构、产品结构、节能降耗以及废物资源化利用等方面还有较大的发展空间,为此有必要构建华泰集团造纸工业循环经济发展模式,在发展经济的同时保护和改善生态环境,促进造纸工业的可持续发展。

### 第3章 华泰集团造纸工业循环经济发展评价方法研究

#### 3.1 造纸工业循环经济评价模型及运行过程

##### 3.1.1 评价模型

造纸工业循环经济评价与诊断体系模型如图 3-1 所示，模型主要由评价体系和诊断体系组成，评价体系是诊断体系的基础和前提，诊断体系是循环经济改进的必要步骤和有力保障。

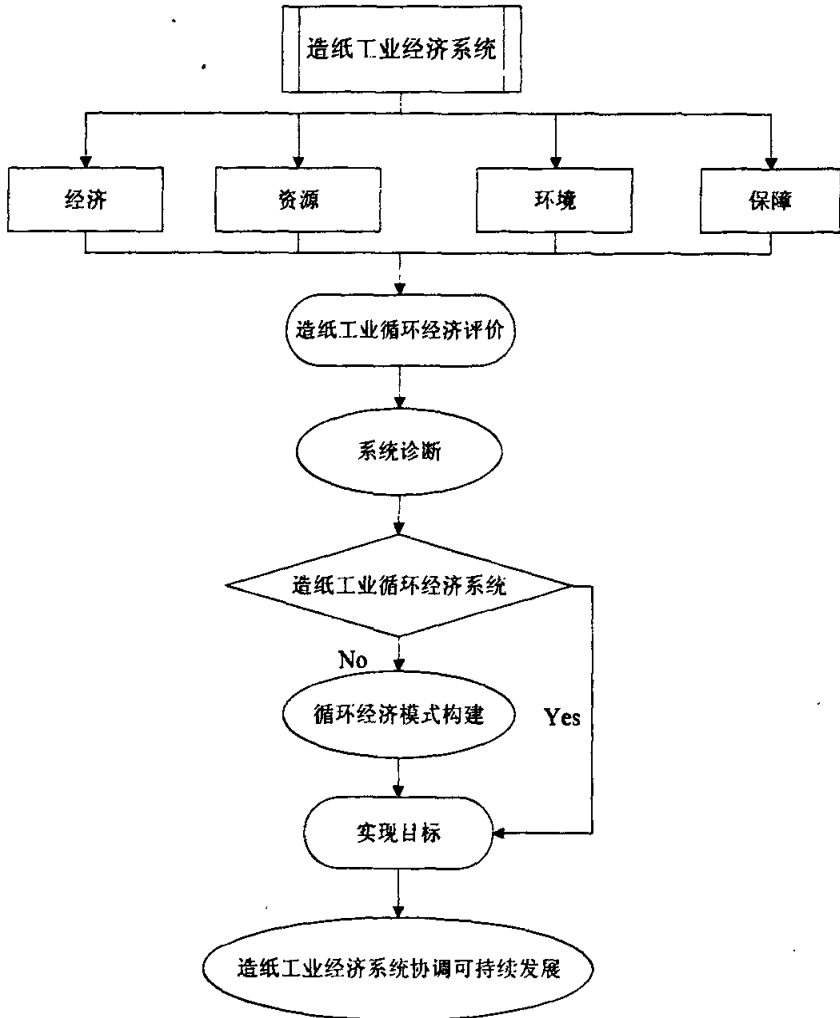


图3-1 造纸工业循环经济评价与诊断体系模型示意图

### 3.1.2 运行过程

造纸工业循环经济评价与诊断体系的运行过程应该分为以下三个部分：

首先评价与诊断体系定期对造纸工业经济系统进行评价。造纸工业经济系统是一个动态变化的系统，其稳定性与运行状态时刻处于变化之中，评价系统定期收集造纸工业经济系统的运行状况参数，运用评价模型进行综合评价，掌握造纸工业经济系统的运作状态。其次根据评价与诊断体系的评价结果深入分析造纸工业经济系统存在的问题与不足，并明确其发展的限制因素。再次根据评价分析的结果，在明确限制因素的基础上，合理制定措施，对造纸工业经济系统进行循环经济模式构建，改进存在的问题，促进造纸工业系统向循环经济系统方面稳定、持续、高效的发展。

## 3.2 造纸工业循环经济评价体系的建立

### 3.2.1 设计思路与原则

#### 3.2.1.1 设计思路

造纸工业循环经济评价指标体系的设计应遵循以下思路：从循环经济系统的角度全面考虑，采用“目的树”的分析方法，从循环经济构建的目标出发设计造纸工业循环经济评价指标体系，首先确定循环经济评价的总目标，然后结合造纸工业发展循环经济的自身特点，合理选取评价指标，将选取的指标分解为若干层次，逐级发展、推导出各级子目标，最后提出描述、表达目标的各项指标即最后一层的具体指标。这样建立的指标体系，能够保持严格的内部逻辑统一性。

#### 3.2.1.2 设计原则

在设计造纸工业循环经济评价指标体系时，应遵循的以下主要原则：

科学性与实用性相统一原则——具体指标的选取应建立在充分认识、系统研究的科学基础上，要考虑理论上的完备性、科学性和正确性，即指标概念必须明确，且具有一定的科学内涵；同时，指标的设置要简单明了，容易理解，要考虑数据取得的难易程度和可靠性，最好是利用现有统计资料，尽可能选择那些有代表性的综合指标和重点指标。

3R原则。指标体系应该能够体现出贯彻循环经济的3R原则（减量化、再利

用和再循环),即物质和能量消耗最小化,水、副产品和废物循环利用等。

动态性和静态性相统一原则——造纸工业循环经济建设是一个持续改进的过程,其评价指标也应该是个相对、发展的概念;因此,设计指标体系的时候应充分考虑系统的动态变化,能综合地反映造纸工业循环经济建设现状和发展趋势,动态指标与静态指标兼备。

系统性与层次性相统一的原则——设计的指标体系应能全面反映造纸工业循环经济建设各个方面,能较客观地反映造纸工业循环经济的运行水平,又要避免指标之间的重叠性;同时,应根据系统的结构分出层次,并将指标分类,使指标体系结构清楚,便于使用。

可比性和可靠性相统一原则——评价指标体系应具有动态可比和横向可比的功能。动态可比是指造纸工业循环经济发展水平在时间序列上的动态比较;横向可比是指不同地方在统一时间上对综合评价指标数值的排序比较,说明在不同地区造纸工业循环经济发展的不平衡程度。在可比性原则要求下,统计指标的选择应涵义明确,口径一致,符合国际规范和国内现行统计制度的要求,以保证统计数据的可靠性。

可操作性与简明性相统一原则——造纸工业循环经济涉及面十分广泛,且因素多而复杂,因此指标体系要力求能够准确反映造纸工业循环经济各方面的状况和特性,但许多方面的指标在实际中难以收集,难以量化,计算非常困难。因此指标设置的数量要适中,内容要简单明了,定性指标与定量指标相结合,具有较强的可比性;而且数据的获取要相对容易,准确性要高。

### 3.2.2 指标体系设计

#### 3.2.2.1 指标体系框架

依据循环经济的内涵,遵循指标体系的设计原则,按照设计思路,参照造纸行业清洁生产标准、国家环境友好型企业的环境指标、生态工业园区指标,将造纸工业循环经济评价指标体系设计为层次性结构,分为目标层、准则层、要素层和指标层。设计过程中重点考虑了各因素之间的联系与协调,通过筛选,设计的造纸工业循环经济评价指标体系的逻辑框架如表3-1。

表3-1 造纸工业循环经济评价指标体系

准则层	要素层	指标层	目标值	权重值
经济 (A <sub>1</sub> )	经济效率 (B <sub>1</sub> )	工业增加值增长率 (%) (C <sub>1</sub> )	≥20	0.138
	产品指标 (B <sub>2</sub> )	产业链条上产品合格率 (%) (C <sub>2</sub> )	100	0.113
资源 (A <sub>2</sub> )	原料结构 (B <sub>3</sub> )	木材和废纸占原料的比例 (%) (C <sub>3</sub> )	100	0.036
		造纸原料自给率 (%) (C <sub>4</sub> )	100	0.024
	资源消耗强度 (B <sub>4</sub> )	吨浆纸综合能耗 (t标煤/吨浆纸) (C <sub>5</sub> )	≤0.85	0.048
		吨浆纸综合水耗 (m <sup>3</sup> /吨纸浆) (C <sub>6</sub> )	≤35	0.042
		吨纸新鲜水耗 (m <sup>3</sup> /吨纸) (C <sub>7</sub> )	≤9	0.030
	资源循环利用 (B <sub>5</sub> )	碱回收率 (%) (C <sub>8</sub> )	木浆: ≥98	0.042
			苇浆: ≥90	
草浆: ≥80				
	工业用水重复利用率 (%) (C <sub>9</sub> )	≥95	0.054	
	固体废物综合利用率 (%) (C <sub>10</sub> )	100	0.024	
环境 (A <sub>3</sub> )	污染排放强度 (B <sub>6</sub> )	吨纸废水排放量 (m <sup>3</sup> /吨纸) (C <sub>11</sub> )	0	0.066
		吨纸 COD 排放量 (kg/吨纸) (C <sub>12</sub> )	0	0.058
		吨纸 SS 排放量 (kg/吨纸) (C <sub>13</sub> )	0	0.041
	污染控制水平 (B <sub>7</sub> )	废水达标排放率 (%) (C <sub>14</sub> )	100	0.038
		废气达标排放率 (%) (C <sub>15</sub> )	100	0.016
保障 (A <sub>4</sub> )	系统创新 (B <sub>8</sub> )	万名职工拥有专业技术人员(人/万人)(C <sub>18</sub> )	≥3000	0.021
		科研投入占造纸工业产值的比重 (%) (C <sub>19</sub> )	≥9	0.032
	意识管理 (B <sub>9</sub> )	循环经济宣传教育普及率 (%) (C <sub>20</sub> )	≥95	0.009
		干部循环经济考核制度 (C <sub>21</sub> )	10	0.013
		循环经济推进机构 (C <sub>22</sub> )	10	0.015
	基础设施 (B <sub>10</sub> )	废物回收利用系统 (C <sub>23</sub> )	10	0.017
		基础设施共享程度 (C <sub>24</sub> )	10	0.019
循环经济信息系统 (C <sub>25</sub> )		10	0.024	

### 3.2.2.2 指标计算公式

$$C_1: \text{工业增加值增长率} = \frac{\text{当年工业增加值} - \text{去年工业增加值}}{\text{去年工业增加值}} \times 100\% \quad (\text{注: 为}$$

了核算方便和能够更直观地看出其中的发展趋势, 必须将资料进行单位统一, 即将外汇换算为人民币, 主要为美元兑人民币汇率按 1: 7.8);

$$C_2: \text{产业链条上产品合格率} = \frac{\text{合格产品数量}}{\text{生产的产品总数量}} \times 100\%;$$

$$C_3: \text{木材和废纸占原料的比例} = \frac{\text{木材和废纸的年消耗量之和}}{\text{各种原料年消耗量}} \times 100\%;$$

$$C_4: \text{造纸原料自给率} = \frac{\text{造纸原料年自给量}}{\text{造纸原料年利用总量}} \times 100\%;$$

$$C_5: \text{吨浆纸综合能耗} = (0.404 \times \text{吨浆纸用电量} + 0.129 \text{吨浆纸用汽量}) \times 10^{-3};$$

$$C_6: \text{吨浆纸综合水耗} = \frac{\text{日均浆纸新鲜水消耗量}}{\text{日均浆纸产量}};$$

$$C_7: \text{吨纸新鲜水耗} = \frac{\text{日均抄纸新鲜水消耗量}}{\text{日均纸生产量}};$$

$$C_8: \text{碱回收率: } R_A = 100 - \frac{a_0 + b + (A - B)}{A_{11} + b \pm a_K} \times 100\%, \quad a_0 = a(1 - W)\phi P \times 0.437,$$

$$A_{11} = A_N K_N, \quad K_N = \frac{(1 - S)(1 - R_K)}{R_K}, \quad \text{式中, } R_A \text{—碱回收率, \%}; a_0 \text{—补充芒硝的}$$

产碱量, kg; a—芒硝补充量, kg; W—芒硝水分, %;  $\phi$ —芒硝的纯度, %; P—芒硝的还原率, %; 0.437—由芒硝转化为氧化钠的系数; b—外来补充的新鲜碱, kg; A—统计开始时系统结存碱量, kg; B—统计结束时系统结存碱量, kg;  $A_{11}$ —回收碱量, kg;  $A_N$ —回收活性碱量, kg;  $K_N$ —转换系数; S—硫化度, %;  $R_K$ —苛化度, %;  $a_K$ —白液结存碱量, kg;

$$C_9: \text{工业用水重复利用率} = \frac{\text{重复利用水量}}{\text{生产中取用的新水量} + \text{重复利用水量}} \times 100\%;$$

$$C_{10}: \text{固体废物综合利用率} = \frac{\text{固体废物综合利用量}}{\text{固体废物产生量}} \times 100\%;$$

$$C_{11}: \text{吨纸废水排放量} = \frac{\text{日均废水排放量}}{\text{日均纸生产量}};$$

$$C_{12}: \text{吨纸COD排放量} = \frac{\text{日均COD排放量}}{\text{日均纸生产量}};$$

$$C_{13}: \text{吨纸SS排放量} = \frac{\text{日均SS排放量}}{\text{日均纸生产量}};$$

$$C_{14}: \text{废水达标排放率} = \frac{\text{达标废水排放量}}{\text{废水排放量}} \times 100\%;$$

$$C_{15}: \text{废气达标排放率} = \frac{\text{达标废气排放量}}{\text{废气排放量}} \times 100\%;$$

$$C_{16}: \text{危险废物安全处置率} = \frac{\text{危险废物安全处置量}}{\text{危险废物产生量}} \times 100\%;$$

$$C_{17}: \text{污染设施正常运转率} = \frac{\text{污染设施正常运转天数}}{365} \times 100\%;$$

$$C_{18}: \text{万名职工拥有专业技术人员} = \frac{\text{专业技术人员数}}{\text{企业员工万人数}};$$

$$C_{19}: \text{科研投入占造纸工业产值的比重} = \frac{\text{科研投入}}{\text{造纸工业产值}} \times 100\%;$$

$C_{20}$ : 循环经济宣传教育普及率(%)指企业开展循环经济知识讲座车间所占比例, 以及其他科普宣传中, 涉及有关循环经济内容的比例之和;

$C_{21}$ — $C_{25}$ 项指标分为六个等级, 分别为未建立、雏形、小范围建立、大范围建立、正常运转对循环经济推动作用较大、高效运转对循环经济推动作用显著, 得分分别为 0、2、4、6、8、10 分。

### 3.2.3 指标权重确定

#### 3.2.3.1 确定方法

在评价中, 各指标对系统的影响或引起的效应是不同的, 因此必须对各指标赋予不同的权系数来加以区别。指标权重的确定是其中的关键一环, 指标权重确定合理与否很大程度上影响综合评价的正确性和科学性, 指标权重确定的主要方



法有：层次分析法<sup>[38]</sup>、Delphi法<sup>[39]</sup>、专家咨询法<sup>[40]</sup>、主成分分析法<sup>[41]</sup>、因子分析法<sup>[42]</sup>等。

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 是一种对较为模糊或较为复杂的决策问题使用定性与定量分析相结合的手段做出决策的方法, 由美国运筹学家、匹兹堡大学教授 T. L. Saaty 于 20 世纪 70 年代提出。层次分析法能将决策者的经验判断给予量化, 将人们的思维过程层次化, 逐层比较相关因素, 逐层检验比较结果的合理性, 具有较强的说服力, 因此本论文权重系数即权重的确定采用层次分析法 (AHP)。

采用层次分析法确定指标权重的基本步骤如下:

(1) 确定评价的层次结构模型。为了计算简单易行, 建立多个层次结构模型进行指标体系权重确定。建立如下层次结构模型确定  $A_1 \sim A_4$  四个领域层权重: 目标层是造纸工业循环经济的综合指数, 准则层为评价指标体系中的  $A_1 \sim A_4$ ; 建立如下四个层次结构模型确定指标层权重: 目标层为  $A_1 \sim A_4$ , 相对应的准则层为  $B_1 \sim B_2$ 、 $B_3 \sim B_5$ 、 $B_6 \sim B_7$ 、 $B_8 \sim B_{10}$ ; 建立如下 10 个层次结构模型确定分指标层权重: 目标成为  $B_1 \sim B_{10}$ , 相对应的准则层为  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3 \sim C_4$ 、 $C_5 \sim C_7$ 、 $C_8 \sim C_{10}$ 、 $C_{11} \sim C_{13}$ 、 $C_{14} \sim C_{17}$ 、 $C_{18} \sim C_{19}$ 、 $C_{20} \sim C_{22}$ 、 $C_{23} \sim C_{25}$ 。

(2) 构造判断矩阵 A。在准则层中两两因素之间进行比较, 比较时采用 1-9 比率标度; 由知识经验丰富、判断力强的若干专家, 采用 Delphi 法确定系统评价指标体系中各递阶同层次结构中两两指标之间的相对重要性程度, 形成相应的判断矩阵构造判断矩阵。Delphi 法是一种向专家反复咨询、收集意见、进行预测的方法。它可克服专家会议法中专家代表不足、收集意见的时间仓促、易受权威专家的影响、只能利用一次性征询意见等缺点<sup>[43]</sup>。

判断矩阵含义见表 3-2。

(3) 把得到的判断矩阵 A 按列归一化、按行求和、归一化得到一个新的矩阵 W, 来确定准则层指标对目标层的贡献程度, 得到准则层权重向量。利用

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_i \frac{(AW)_i}{w_i}$$

来计算矩阵 AW 的最大特征根。

表3-2 层次分析法判断矩阵含义

$f_{ij}$ 取值	含义
1	$f_i$ 和 $f_j$ 同等重要
3	$f_i$ 较 $f_j$ 稍微重要
5	$f_i$ 较 $f_j$ 明显重要
7	$f_i$ 较 $f_j$ 强烈重要
9	$f_i$ 较 $f_j$ 极端重要
2, 4, 6, 8	介于1~3, 3~5, 5~7及7~9之间

注： $f_i$ 和 $f_j$ 分别为评价指标， $f_{ij}$ 表示对于造纸工业循环经济的综合指数， $f_i$ 和 $f_j$ 的相对重要性数值。 $f_{ji}=1/f_{ij}$ ，表示j比i的不重要程度。

(4) 对判断矩阵作一致性检验。构造判断矩阵时，要对要素进行成对比较，每个判断矩阵要做 $C_n^2 = n(n-1)/2$ 次成对比较，当  $n$  较大时，传递性无法完全保证，要做到完全一致非常困难；且成对比较时，采用 1—9 标度法，会产生一定程度的误差。层次分析法不要求判断矩阵具有严格的一致性，允许一定程度的非一致，但非一致性不能太严重。因此，应对检验判断矩阵进行一致性检验，以便确定是否可以接受它。

利用  $C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$  和  $C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$  ( $R.I.$  为平均随机一致性指标，具体数值见表3-3) 计算得到  $C.R.$  值。若  $C.R. < 0.1$ ，说明总排序具有一致性。

表3-3  $n=1, 2, \dots, 9$ 时  $R.I.$  的值

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R.I.$	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

(5) 计算指标相对于目标层的权重。指标相对可持续发展总体目标的权重是领域层权重、指标层权重与分指标层权重三者的乘积。

### 3.2.3.2 权重确定

按照3.2.3.1节确定的层次分析法对3.2.2节中设计的造纸工业循环经济评价指标体系确定权重，权重值见表3-1。

### 3.3 造纸工业循环经济诊断体系的建立

#### 3.3.1 目标值确定

参照世界造纸行业世界先进水平、造纸行业清洁生产标准、国家环境友好型企业的环境指标、东营市循环经济规划、广饶生态县建设规划以及山东华泰纸业股份有限公司循环经济规划指标体系中的2020年的目标值来确定造纸工业循环经济评价指标体系的目标值（见表3-1）。以此来对循环经济发展现状进行诊断，若其各项指标均达到目标值，我们即认为造纸工业发展进入循环经济模式。

#### 3.3.2 诊断方法选取

目前常用的综合发展水平评价方法较多，主要有主成分分析法、模糊综合评判法、多维灰色评价模型、功效函数法、递阶多层次综合评价、多目标线性加权函数法、距离函数模型等方法<sup>[44-46]</sup>。为体现华泰集团循环经济建设现状与建设目标的差距，引入距离函数模型对华泰集团造纸工业循环经济发展现状进行评价。距离函数模型的基本原理是<sup>[47]</sup>：设评价指标的原始数据对应于  $n$  维空间中的现状坐标点，而指标的目标值、理想值或者最优值对应空间中的目标坐标点，评价模型的核心就是求取指标的现状点与目标点的综合距离值，并根据综合距离的大小（距离值越小，说明指标的现状值越接近目标值或者理想值，指标越优化）判定循环经济发展能力的高低。

距离函数模型只适用于指标均为“效益型指标”（如人均收入）和“成本型指标”（如 COD 排放强度）的系统评价。本次研究的各项指标都在“效益型指标”和“成本型指标”范畴内，可以采用距离函数模型。具体应用过程如下：

（1）设指标原始数据为  $X_i: (X_1, X_2, \dots, X_n)$ ,  $i=1, 2, \dots, n$ ,  $n$  表示指标个数。首先，把  $X_i: (X_1, X_2, \dots, X_n)$  的现状值对应于  $n$  维空间中，得到其空间现状点坐标  $X (X_1, X_2, \dots, X_n)$ ；设相应的参考标准值对应空间中的参考坐标点为  $Y (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ 。

（2）对  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  进行标准化处理，使现状点坐标变为  $(P_1, P_2, \dots, P_n)$ ，相应地参考点坐标也将变成  $(1, 1, \dots, 1)$ 。标准化处理方法如下：

$$P_i = \begin{cases} 1, & \text{当 } X_i \geq Y_i \text{ 时} \\ \frac{X_i}{Y_i}, & \text{当 } 0 \leq X_i < Y_i \text{ 时} \end{cases} \quad (\text{对于效益型指标});$$

$$P_i = \begin{cases} 1, & \text{当 } 0 \leq X_i \leq Y_i \text{ 时} \\ \frac{Y_i}{X_i}, & \text{当 } X_i > Y_i \text{ 时} \end{cases} \quad (\text{对于成本型指标}).$$

(3) 为突出不同指标对工业循环经济体系建设发展程度的贡献和影响的差异, 引入权重系数  $b_i$ :  $(b_1, b_2, \dots, b_n)$ , 其中  $\sum_{i=1}^n b_i = 1$ , 从而现状点  $X$  坐标变成  $(b_1 P_1, b_2 P_2, \dots, b_n P_n)$ , 相应地参考点坐标也将变成  $(b_1, b_2, \dots, b_n)$ 。

(4) 定义综合距离为:  $D = \sum_{i=1}^n D_i(X_i, Y_i) = \sum_{i=1}^n |b_i P_i - b_i|$ , 由公式即可计算综合距离值。

将造纸工业进入可持续发展时的循环经济发展状态定义为 1, 则造纸工业循环经济的实现度就可以定义为:  $RD_i = 1 - D_i(X_i, Y)$ 。

### 3.3.3 评价等级确定

由于综合距离值和实现度值与循环经济发展程度密切相关, 所以本次研究采用综合距离值和实现度值来说明造纸工业循环经济的发展水平。计算出综合距离  $D_i$  和  $RD_i$  后, 要有一个等级标准, 才能描述出造纸工业循环经济的发展程度。参照国内外有关研究成果, 结合有关专家的意见, 设计了 6 个等级标准来描述造纸工业循环经济的发展程度, 并且以“+”和“-”分别表示在每一等级内的强弱差别 (见表 3-4)。实现度数值对应的可持续发展类型可以根据公式  $RD_i = 1 - D_i(X_i, Y)$  和表 3-4 很容易的判定。

表 3-4 造纸工业循环经济综合距离  $D_i$  分级

分级	综合距离值 $D_i$	基本特征
I	$D_i \leq 0.15$	造纸工业循环经济发展能力很高
II	$0.15 < D_i \leq 0.30$	造纸工业循环经济发展能力较高
III	$0.30 < D_i \leq 0.45$	造纸工业循环经济发展能力一般
IV	$0.45 < D_i \leq 0.60$	造纸工业循环经济发展能力较差
V	$0.60 < D_i \leq 0.75$	造纸工业循环经济发展能力很差
VI	$D_i > 0.75$	造纸工业循环经济发展能力极差

### 3.4 华泰集团造纸工业循环经济发展现状评价与诊断

#### 3.4.1 现状评价

##### 3.4.1.1 指标量化

用设计的造纸工业循环经济评价指标体系作为华泰集团造纸工业循环经济发展现状评价的指标体系,通过华泰集团造纸工业现状调查获得指标现状值,详见表 3-5。

表3-5 华泰集团造纸工业循环经济评价指标体系

准则层	要素层	指标层	现状值	目标值	权重值	
经济 (A <sub>1</sub> )	经济效率 (B <sub>1</sub> )	工业增加值增长率 (%) (C <sub>1</sub> )	35.6	≥20	0.138	
	产品指标 (B <sub>2</sub> )	产业链条上产品合格率 (%) (C <sub>2</sub> )	95	100	0.113	
资源 (A <sub>2</sub> )	原料结构 (B <sub>3</sub> )	木材和废纸占原料的比例 (%) (C <sub>3</sub> )	90	100	0.036	
		造纸原料自给率 (%) (C <sub>4</sub> )	10	100	0.024	
	资源消耗强度 (B <sub>4</sub> )	吨浆纸综合能耗 (t标煤/吨浆纸) (C <sub>5</sub> )	0.9	≤0.85	0.048	
		吨浆纸综合水耗 (m <sup>3</sup> /吨纸浆) (C <sub>6</sub> )	45	≤35	0.042	
		吨纸新鲜水耗 (m <sup>3</sup> /吨纸) (C <sub>7</sub> )	13	≤9	0.030	
	资源循环利用 (B <sub>5</sub> )	碱回收率 (%) (C <sub>8</sub> )	75	≥80	0.042	
		工业用水重复利用率 (%) (C <sub>9</sub> )	81.3	≥95	0.054	
		固体废物综合利用率 (%) (C <sub>10</sub> )	75	100	0.024	
	环境 (A <sub>3</sub> )	污染排放强度 (B <sub>6</sub> )	吨纸废水排放量 (m <sup>3</sup> /吨纸) (C <sub>11</sub> )	25	0	0.066
			吨纸 COD 排放量 (kg/吨纸) (C <sub>12</sub> )	10	0	0.058
吨纸 SS 排放量 (kg/吨纸) (C <sub>13</sub> )			2.7	0	0.041	
污染控制水平 (B <sub>7</sub> )		废水达标排放率 (%) (C <sub>14</sub> )	100	100	0.038	
		废气达标排放率 (%) (C <sub>15</sub> )	100	100	0.016	
		危险废物安全处置率 (%) (C <sub>16</sub> )	100	100	0.034	
		污染治理设施正常运转率 (%) (C <sub>17</sub> )	100	100	0.047	
保障 (A <sub>4</sub> )	系统创新 (B <sub>8</sub> )	万名职工拥有专业技术人员(人/万人)(C <sub>18</sub> )	2100	≥3000	0.021	
		科研投入占造纸工业产值的比重 (%) (C <sub>19</sub> )	6.8	≥9	0.032	
	意识管理 (B <sub>9</sub> )	循环经济宣传教育普及率 (%) (C <sub>20</sub> )	75	≥95	0.009	
		干部循环经济考核制度 (C <sub>21</sub> )	0	10	0.013	
		循环经济推进机构 (C <sub>22</sub> )	4	10	0.015	
	基础设施 (B <sub>10</sub> )	废物回收利用系统 (C <sub>23</sub> )	8	10	0.017	
		基础设施共享程度 (C <sub>24</sub> )	8	10	0.019	
		循环经济信息系统 (C <sub>25</sub> )	6	10	0.024	

### 3.4.1.2 评价结果

把表 3-5 中的现状值、目标值和权重代入距离函数模型,可求得华泰集团造纸工业循环经济的发展水平综合距离为  $D_i=0.288$ , 造纸工业循环经济的实现度  $RD_i=0.712$ 。根据造纸工业循环经济综合距离  $D_i$  分级表(见表 3-4)可知,华泰集团造纸工业循环经济的发展处于 II-, 说明造纸工业循环经济发展能力较高。

### 3.4.2 现状诊断

#### 3.4.2.1 产业链诊断

系统的发展总是受到一定因素的影响。有些因素对系统的作用力方向与系统前进的动力方向相同,这样的因素称为有利因子;有些因素对系统的作用力方向与系统前进的动力方向相反或者相偏离,这样的因素称为制约因子。诊断的目的就是找出系统的制约因子,通过采取一定的措施,减弱或者消除其对系统发展的制约力,来加快系统的发展。

判断指标体系中的某项指标是否为造纸工业循环经济的制约因子,主要考虑两个方面的因素,一是该指标目标值与现状值的差值,即距离值的大小;二是该指标相对于整个指标体系的重要程度,即权重值的大小。按照指标距离值和权重值相乘的数值大小来排序,排在前面的指标即为系统的制约因子。根据计算排在前十位的指标依次是吨纸废水排放量, 0.066; 吨纸 COD 排放量, 0.058; 吨纸 SS 排放量, 0.041; 造纸原料自给率, 0.022; 干部循环经济考核制度, 0.013; 循环经济信息系统, 0.010; 吨浆纸综合水耗, 0.0093; 吨纸新鲜水耗, 0.0092; 循环经济推进机构, 0.009; 科研投入占造纸工业产值的比重, 0.0078。其距离值和权重值的乘积对综合距离值  $D_i$  的贡献率分别为 22.9%、20.1%、14.2%、7.5%、4.5%、3.3%、3.2%、3.2%、3.1%、2.7%。

华泰集团造纸工业循环经济发展的制约因子可归为以下几类:

#### (1) 污染排放强度

华泰集团地处生态环境敏感的黄河三角洲,且当地水资源缺乏,设定的目标值是区域废水零排放;而集团目前污染排放强度为:吨纸废水排放量  $25\text{m}^3$ /吨纸、吨纸 COD 排放量  $10\text{kg}$ /吨纸、吨纸 SS 排放量  $2.7\text{kg}$ /吨纸,与相应目标值差距较大,排放系数有必要削减。

## (2) 原料结构

华泰集团目前原料供应结构中木材和废纸所占比例为 90%，与目标值相差 10%；另外集团目前所用木浆目前全部为商品浆，废纸全部为从国外进口，原料自给率低，容易受到外界市场的影响。

## (3) 循环经济保障

华泰集团造纸工业循环经济保障体系建设相对薄弱，未建立起干部循环经济考核制度、循环经济信息网络系统以及循环经济推进机构等对发展造纸工业循环经济起重要作用的保障措施，极大程度的制约了华泰集团造纸工业循环经济的发展。

## (4) 新鲜水消耗

华泰集团目前吨浆纸综合水耗为  $45\text{m}^3/\text{吨浆}$ ，吨纸新鲜水消耗为  $13\text{m}^3/\text{吨纸}$ ，且工业用水重复利用率为 81.3%，与相应目标值相比有待于进一步削减；另外华泰集团地处水资源相对缺乏的广饶县，广饶县人均占有水资源  $320\text{m}^3$ ，不足全国人均占有量的  $1/6$ ，水资源相对缺乏，年缺水 4000 余万  $\text{m}^3$ ，制约了经济的发展。地表水由于接纳上游和本县工业及生活废水而受到不同程度的污染，年内大部分时段均达不到造纸用水标准，使得华泰集团只能开采地下水进行造纸。而近年来由于地下水严重超采，引发咸水入侵，使淡水资源更加匮乏，淡水资源成为制约华泰集团发展的瓶颈。

## (5) 系统创新能力

循环经济的发展需要先进的科学技术来做支撑，而科学技术的研究需要大量资金的注入。目前华泰集体科研投入占造纸工业产值的比重为 6.8%，与目标值有一定差距，需要今后进一步加大投入。

### 3.4.2.2 调节措施

为了消除上述制约因子对华泰集团造纸工业循环经济的影响，应该采取如下措施来进行改进，使华泰集团造纸工业循环经济走上一条良性的可持续发展的道路。

加快建立华泰集团造纸工业循环经济发展模式，通过改进生产工艺和对集团进行清洁生产审核，提高原材料、新鲜水利用率，减少污染物的排放量；加大科技投入，大力发展减量化技术、再利用技术、资源化技术和替代技术等；进一步



发展华泰集团循环经济发展原材料供应模式，加快林浆纸一体化项目建设，配套建设自己的木浆生产线，同时加强国内废纸的回收力度，扩大原料的自给率；加强循环经济保障体系的建设，建立干部循环经济考核体制，扩大循环经济推进机构的范围和力度，加快基础设施建设，促进资源、能源、信息共享和废物交换。

## 第4章 华泰集团造纸工业循环经济发展模式构建研究

大力发展循环经济是造纸工业实现可持续发展的必然选择,按照循环经济模式来发展造纸工业,就是通过循环经济的骨架——产业链把造纸工业各生产环节以及相关产业链接成“资源——产品——再生资源”的循环流程。所谓模式,是指一种相对固定的框架,是被理论加工后的一种范式、一种可模仿、推广或借鉴的样板、办法和途径。华泰集团造纸工业循环经济模式的构建分为动脉产业模式构建、静脉产业模式构建和总体发展模式。

### 4.1 纸业生态产业链内涵及构建方法研究

#### 4.1.1 纸业生态产业链内涵

##### 4.1.1.1 生态产业链内涵

##### (1) 自然生态系统中的生物链结构

自然生态系统有生产者、消费者和分解者,其中生产者(Producer)是能用简单的无机物制造有机物的自养生物(Autotroph),是生态系统中最基础的成分;消费者(Consumer)是不能用无机物质制造有机物质的异养生物(Heterotroph);分解者(Decomposer)又称还原者(Reductor)是生态系统的清道夫,在生态系统中把复杂的有机物质逐步分解为简单的无机物,最终以无机物的形式回归到自然环境中。如图4-1所示。

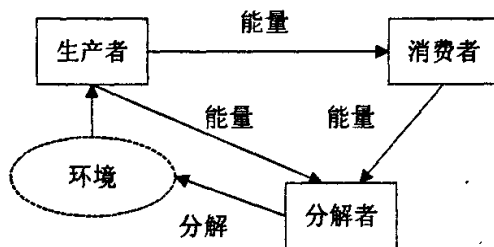


图4-1 自然生态系统中生物链结构

自然生态系统中各生物群之间最本质的联系是通过生物链来实现的,生物链是生态系统内部的联系纽带。生物链把生物与非生物、生产者与消费者、消费者

与分解者联结成了一个整体。能量和物质就是沿着生物链从一个生物体转移到另一个生物体的，生物链上的每个环节都可以作为一个营养级。无论哪种生物链，它的能量和物质转移过程总是处于运动变化之中。生态系统通过生物链实现了对各个种群的自我协调机制和反馈机制。

### (2) 工业系统中的生态产业链

自然生态系统的某些特性对于指导人类的实践活动起到了非常重要的作用，因此模仿自然生态系统、按照自然规律来规划传统的工业系统。根据工业系统中各生产单元在系统中的作用和位置的不同，可以分为生产者企业、消费者企业和分解者企业；另外，在企业群落中还伴随着资金、信息、政策、人才和价值的流动，从而形成一种类似自然生态系统生物链的生态产业链。

所谓生态产业链是指某一区域范围内的企业模仿自然生态系统中的生产者、消费者和分解者，以资源（原料、副产品、信息、资金、人才）为纽带形成的具有产业衔接关系的企业联盟，实现资源在区域范围内的循环流动<sup>[48,49]</sup>。

生态产业链概念包含四个要素：增大自然资源存量、提高资源生产率、社会性长期需要和系统创新活动。增大自然资源存量是指所构建的生态产业链在经济发展的同时，能推动生态系统的恢复和良性循环，使生态圈产生出更丰富的自然资源；提高资源生产率是指通过产业链的链接与转换过程的设计、开发和实施，使生态资源在原始投入和最终消费方面提高效率，进而从可持续发展的层面上，全面持久地提高生产率；社会性长期需要是指生态产业链建立的是依据社会长期需要为主体的商业秩序与环境，它在生产、交换、流通和消费过程中所建立的秩序既要使商家及产业链上各方获取利润，而且要与自然生态系统保持着长期的友善与协调；系统创新活动是通过链的设计、开发与实施，将技术创新、管理创新和制度创新有机地融为一体，开创一种新型的产业系统。<sup>[50,51]</sup>

### (3) 生态产业链的层次

生态产业链可以分为三个层次：企业性生态产业链、区域性生态产业链和跨区域的生态产业链。

企业性生态产业链——是指在企业范围内采用清洁生产工艺减少各环节产生的废物，按照循环经济理念延长物质的利用链条，梯级利用产生的废物和余热，集约利用资源和能源，实现其在企业内的闭路循环和资源化利用，在获得经济效

益的同时，提高企业的环境效益。

区域性生态产业链——是指在地理位置上邻近的某一或某些连片的较大地域上，由多个企业依据工业生态学原则相结合而形成的有一定物质循环、能量流动和价值增殖等内在联系的系统<sup>[52]</sup>。其可以是在拥有众多的大型企业的集团公司或生态工业园区内部形成，也可以是一定地域上相对集中的有一定内在联系的众多企业（或当地的生态工业园）组成的松散群体及相应配套基础设施的有机结合体<sup>[53]</sup>。建立生态产业链是使区域工业由粗放转向集约的有效途径。

跨区域的生态产业链——是指不同工业部门、不同城市和不同工业区域内的生态产业链通过联结形成生态产业链网或体系，以实现资源、能源最合理的综合利用和经济、社会和生态环境的协调发展，最终实现整个国家工业的生态化和集约化发展<sup>[54, 55]</sup>。

#### 4.1.1.2 纸业生态产业链内涵

运用系统论的观点来分析传统的造纸工业，从产业链层面上建立“纸业”的概念。所谓纸业是指依据纸产品的生产和生命周期，将农林、造纸助剂生产、热电、制浆、造纸、再加工、纸消费和纸回收等作为一个纸业产业链系统。从图中可以看出传统意义上的造纸只是其中的一部分，定义的纸业将造纸所需生产资料的生产、制浆造纸、消费、回收作为一个整体来加以考虑，通过构建生态产业链来提高整个纸业系统的生产效率和生态效率。（图 4-2）

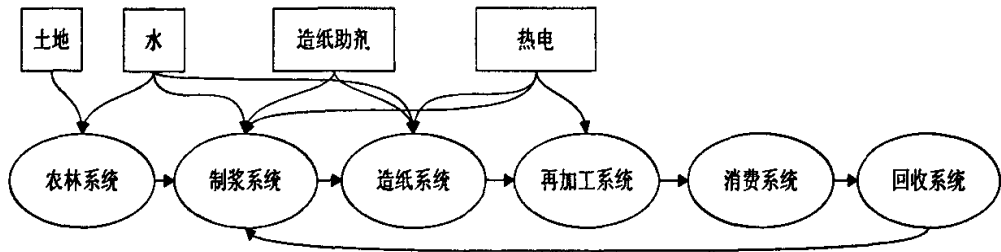


图4-2 纸业产业链系统图

### 4.1.2 生态产业链构建方法研究

在纸业生态系统中,在一定的自然资源供给条件下,如何通过产业链的构建,使自然资源得到合理利用,提高自然资源的利用率,减少资源浪费,是提高纸业生态系统效益的关键。通过生态产业链的构建,巧妙的链接各个企业,使得有限的自然资源和社会资源能够最大化的充分利用,从而获得系统较高的生产效率。

#### 4.1.2.1 组装产业链

组装产业链是建立在对生产工艺的改进和创新基础上的。以生态位的重叠与分异为指导,通过技术集成,以物质流为纽带,引进高新技术,把原本或许不相干的技术组装成联系紧密的技术群,利用建立的技术群把原本不相干的产业链接起来,从而提高纸业生态系统中资源位的利用率。产业链组装示意图见图 4-3。

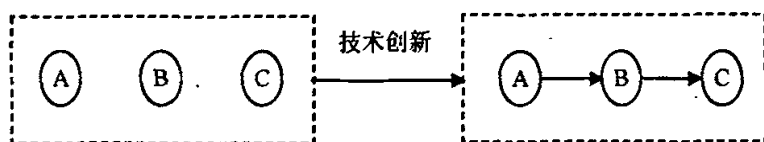


图 4-3 产业链组装示意图

#### 4.1.2.2 补充产业链

补充产业链是建立在对现有的产业链体系进行系统的分析和掌握的基础上的。运用系统集成的方法分析现有的产业链,找出现有产业链条上那些没有被充分利用的资源位,通过补充进新的产业、企业群来对其进行充分消化利用,最大化的利用资源,提高资源的利用效率,同时也拓宽了产业链的覆盖范围,增加了产业链的生态性和友好性。产业链补充示意图见图 4-4。

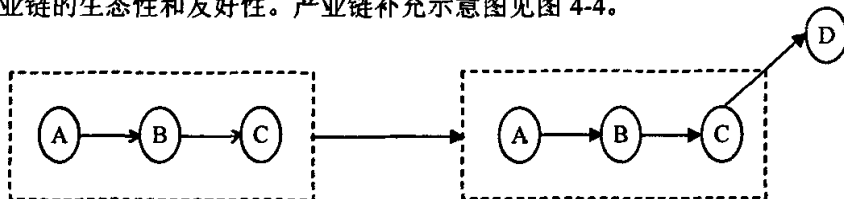


图 4-4 产业链补充示意图

#### 4.1.2.3 延伸产业链

延伸产业链是建立产品链的延伸基础上的。通过引入高新技术、先进的生产

工艺,对产品进行深加工,提高现有产品的附加值。通过产品链的延伸,引入新的产业或企业延长纸业生态产业链,提高产业链的所创造的价值。产业链延伸示意图见图 4-5。

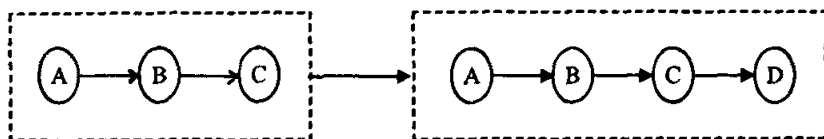


图 4-5 产业链延伸示意图

## 4.2 华泰集团造纸工业循环经济动脉产业模式构建

### 4.2.1 构建基础

**产业基础**——华泰集团是集造纸、化工、印刷、热电、林业、物流、商贸服务于一体的国家大型企业,集团下辖华泰纸业股份有限公司、华泰化工集团、华泰新华印刷、华泰热力、华泰大厦、华泰林业、大众华泰印务、华泰国际物流等十多个子公司,上下游产业比较齐全,这为造纸工业循环经济动脉产业模式的构建提供了良好的产业基础。

**技术支撑**——华泰集团拥有国家认定的企业技术中心和国家级实验室,在全国同行业第一家挂牌成立博士后科研工作站,并与大专院校、科研院所建立紧密的院企合作关系,在科技创新、技术改造、开发新产品、新技术、新设备、新工艺等方面取得了显著的成果,这为造纸工业循环经济动脉产业模式的构建提供了必要的技术支撑。

**资金保障**——华泰集团现有总资产 136 亿元,年生产包括新闻纸、文化纸、包装用纸、生活用纸四大系列 100 多个规格品种的机制纸能力 180 万吨,化工及造纸化工助剂 80 万吨,年承接印刷能力 50 万色令,日印刷 800 万对开张,2005 年,集团累计收入突破 75 亿元,实现利税 8.8 亿元,自 1995 年以来,企业综合经济效益一直位居全国同行业前列,这为造纸工业循环经济动脉产业模式的构建提供了充足的资金保障。

### 4.2.2 动脉产业模式构建

华泰集团具备了相对完善的产业基础,但目前各个产业间多是各自为战,缺

乏产业间的有机联系。要使华泰集团各产业协调可持续的发展，首先要壮大造纸产业，同时要加大发展与之配套、与之关联的相关产业，发展形成一个特定的产业构架，即构建造纸工业循环经济动脉产业发展模式。

#### 4.2.2.1 产业功能定位

华泰集团现有产业：华泰造纸、华泰林业、华泰印刷、华泰化工、华泰热力、华泰物流、华泰大厦、华泰商贸、华泰水利。按其在造纸工业循环经济产业链上的功能定位为主导产业、配套产业和带动产业。其中主导产业为华泰造纸；配套产业包括华泰热力、华泰化工、华泰物流和华泰水利；带动产业包括华泰林业、华泰印刷、华泰大厦和华泰商贸。

#### 4.2.2.2 产业链的构建

以技术创新为支撑，以充足资金为保障，以生态经济为约束，通过分析华泰造纸、华泰林业、华泰印刷、华泰化工、华泰热力、华泰物流、华泰大厦、华泰商贸、华泰水利等各产业之间“链”的链接完整性，根据分析结论，引进华泰包装产业节点补充产业链，然后探讨各产业之间“链”的链接可能性、链接结构、运行模式等，找到产业链上生态经济形成的产业化机理和运行规律，并以此调整链上诸产业的“序”与“流”组装和延伸产业链，建立起华泰集团造纸工业循环经济动脉产业模式——以华泰造纸为核心，以华泰热力、华泰化工、华泰物流、华泰水利为配套，向上游发展华泰林业，向下游发展华泰印刷、华泰包装和华泰大厦（见图 4-6）。

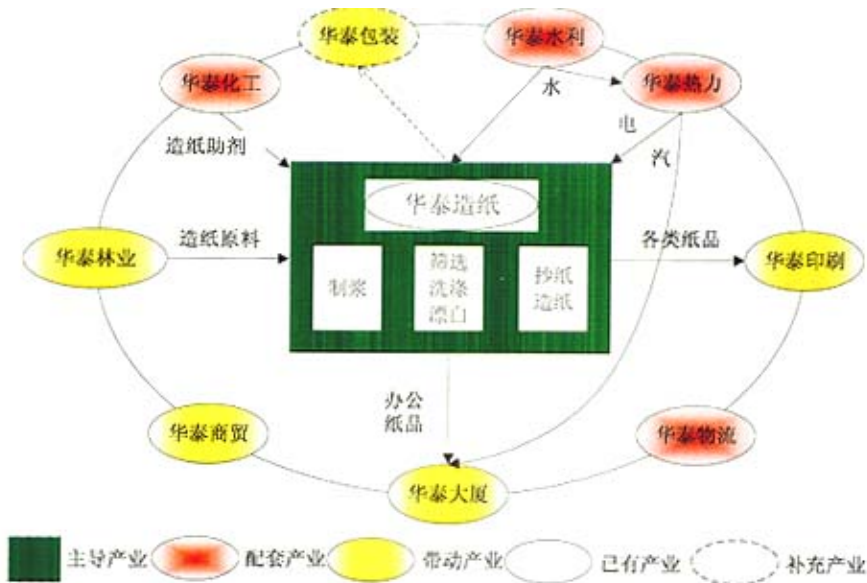


图4-6 华泰集团造纸工业循环经济动脉产业模式

从图 4-6 中可以看出，林业为造纸提供原料，形成林、浆、纸一体化模式；化工为造纸提供必需的化学品；热电联产和水利工程为浆、纸等生产提供充分的能源和水资源保障；印刷出版、包装又是造纸的直接用户；物流为各产业解除运输瓶颈；商贸则为各产业建立畅通的业务渠道，华泰大厦为集团提供良好的商贸洽谈和会议交流的场所。通过物流这条虚拟的线把华泰集团产业链构建成一个以“造纸为主、多业并举、首尾相接、优势互补”的生态产业链，形成一个闭合循环、共生耦合、产业扩张的循环经济动脉产业发展模式。

#### 4.2.3 动脉产业模式发展思路

在动脉产业发展过程中，以造纸为主导，向上游发展壮大林业，向下游发展壮大印刷出版、包装、物流、商贸旅游等，配套发展化工、热电、水利，各产业都围绕着造纸，但又充分发挥辐射效应，各自不断做强做大，形成既有原料基地、能源供应，又有终端产品输出的完整链条，为集团搭建可持续发展的平台。大产业链里包含小产业链，大循环经济里包含小循环经济，使现有和潜在的资源相互配合与协调，各企业可以使用共同的销售渠道或物流运输渠道，企业内可分摊间接费用，分享共同的经验曲线、管理经验与专门技能等，从而以最低的成本、最



高的效率，使各种经济要素得以优化配置，实现利润的最大化，增强企业可持续发展和抵御市场风险的能力，提升企业整体竞争力。

#### 4.2.4 主导产业可持续发展策略

##### 4.2.4.1 调整原料结构，促进林浆纸一体化

华泰集团目前原料结构：木浆、废纸浆、草浆三者比例为3：6：1，原料结构表面上看是较合理，但木浆是商品浆，废纸浆是利用进口废纸生产的，原料自给率较低，容易受到外部市场的波动的影响，因此要积极调整原料结构，坚持走林浆纸一体化的发展路子，提高原料自给率，逐步减少草浆比例，实现造纸工业的可持续发展。

##### (1) 原料结构调整思路

原料结构调整的思路是要逐步向以木材为主过渡，加快建设造纸林基地，林浆纸结合，充分利用林区剩余物和抚育间伐材生产木浆；充分利用芦苇、竹子、麦草等非木材原料，扩大废纸的回收利用，合理使用非木纤维。

木材纤维——解决好木材纤维来源结构是实现原料结构调整的关键。从国内、国外两个途径加以解决。国内途径：一是积极贯彻落实国家发展和改革委员会发改工业（2004）1652号《国家发展改革委关于山东华泰纸业股份有限公司建设林纸一体化项目建议书的批复》，实施林、浆、纸一体化，发展木浆造纸规划，大力发展人工速生林基地建设，同时配套建设30万吨BCTMP制浆工程；二是充分利用林区采伐加工剩余物，次、小、薪材和中幼林抚育间伐材，大力发展木片制浆。国外途径：一是充分利用国外木材资源在境内外合资、合作建设大型木浆厂；二是适当进口原木、木片、木浆、废纸，弥补集团目前木材资源短缺和木浆生产能力的不足；三是要选择有条件的国家与地区，由华泰集团投资在国外租地造林，建设速生造纸用材林基地。

废纸——充分利用废纸资源是调整造纸原料结构的重点措施。在适当扩大利用进口废纸的同时，加强国内废纸的回收和利用，尽快建立国内废纸回收和供应的市场体系。

非木纤维——合理利用非木材纤维资源，加快调整草浆结构，发展芦苇和竹制浆造纸，合理利用麦草发展高得率纸浆。主要措施：一是扩大基地供材量，以

黄河三角洲湿地为主建设70万亩芦苇基地，同时配套增上10万吨苇浆厂，发展苇浆造纸；二是合理利用草类资源，加快调整草浆结构，进行结构性的投资改造，进行清洁生产审核，实现可持续发展。

## (2) 实施林浆纸一体化

实施林浆纸一体化，运用生态学规律指导植树造林、制浆造纸的经济活动，将制浆企业、造纸企业与营林造林基地三类企业有机集合在一起，开展林浆纸一体化生产与经营，形成了以纸养林、以林促纸、林纸结合、林浆纸协同发展的造纸工业新格局，实现绿色大循环，达到经济、社会和生态效益的统一，使华泰集团造纸工业走上可持续发展的道路。

华泰集团为了提高纸及纸产品的木浆比重，建设自己的原料基地以及配套的木浆厂，投资建设40000hm<sup>2</sup>（60万亩）原料林基地和30万吨BCTMP制浆工程。

建设布局——以项目区的土地利用现状、水利资源条件和企业对造纸材的需求为依据；坚持因地制宜，适地适树，重点突出，集中连片的原则，造林范围主要安排在广饶县、垦利县和利津县境内。

建设内容——项目新造林4.0万hm<sup>2</sup>，其中三倍体毛白杨纸浆原料林15000hm<sup>2</sup>，黑杨纸浆原料林20000hm<sup>2</sup>，柳树纸浆原料林5000hm<sup>2</sup>，新造林中设计的柳树主要目的是形成生物隔离带，提高基地整体抗危险生物的能力，同时提供纸浆原料。为满足造纸企业的制浆原料的持续供应，项目分五年来完成，每年平均造林8000hm<sup>2</sup>。

### 4.2.4.2 调整产品结构，提高产品附加值

我国造纸工业目前总体存在供需缺口，结构性矛盾突出，低档纸供过于求，高档纸供需缺口较大，每年需从国外大量进口。目前我国纸供需缺口较大的品种有书刊印刷纸、涂布印刷书写纸、包装用纸、涂布白卡板纸、牛皮箱纸板、高强瓦楞原纸等，而普通书写纸、生活用纸供需基本平衡。华泰集团应该以市场为导向对产品进行结构调整，增加市场有效供给，适应多元化消费结构需求。

在今后的发展过程中，纸及纸板产品向薄型化、上质量、上档次、多品种方面发展，文化纸、新闻纸、生活用纸等几大类产品要突出提高质量、档次和产品升级换代；新闻纸要注重增加新品种和新产品。产品结构调整过程中要加大利用外资力度，加强与外商合资、合作建设纸厂。

一是加快低档文化纸产品的升级换代,发展高档文化纸;对原来的包装纸以及铜版纸生产线进行技术改造或引进新的技术装备,重点生产牛皮箱纸板、高强瓦楞纸、高档的白卡板等高档包装纸和高档铜版纸;对小纸机特种纸进行开发与改造,大力开发特种用纸,如卷烟纸、钞票纸等新产品;与芬兰斯道拉恩索合资建设20万吨SC纸项目,生产超级压光纸。

二是对重点产品——新闻纸加大投资力度,一方面较大幅度提高新闻纸生产的集中度和产量,另一方面发展胶印新闻纸、低定量新闻纸等高级新闻纸产品,提高产品技术含量,增强企业的竞争能力。

三是对集团本部草浆生产线进行战略性转移,将集团本部的浆一和碱一以及十四、十五车间搬到东营华泰清河实业有限公司,减少集团本部造纸过程对小清河的污染。

#### 4.2.4.3 扩大集团规模,实施规模化经营

目前造纸企业的一个发展趋势是经济规模化,2005年,世界前50家最大的造纸公司已占据了全球纸及纸板产量的一半以上,造纸工业是一个规模效益十分显著的产业,华泰集团造纸工业应该适应这一趋势,扩大企业规模,实施规模化经营。

一是独资或者充分利用外资合资建设新厂,扩大集团规模。华泰集团应该抓住国家对鼓励发展的国内投资项目和外商投资项目进口设备在规定范围内免征关税和进口节增值税这一优惠措施,加强与外商的合作,独资购买其设备建厂或者与外商合资建设新的造纸厂,新上生产线,增加高档产品的生产能力。

二是推行企业的战略性重组,收购或者兼并其他造纸企业,扩大企业规模,提高产业集中度。造纸工业当前正面临难得的低成本扩张的机遇,按国家要求造纸企业必须要环保达标,而造纸企业的环保标准又越来越严格,今后必将关闭一些未达标企业。如此纸品市场会出现更大缺口,为华泰集团的扩展提供市场空间,同时也为华泰集团低成本收购优良资产创造了条件,以跨地区、跨部门、跨所有制进行联合兼并等方式,纵向延伸,多种经营等途径,实现企业低成本,超常规高效率发展,以迅速扩大华泰集团的规模,从而实现规模化经营,提高集团整体竞争能力。

#### 4.2.4.4 实施 ISO14001 认证, 加强企业环境管理

华泰集团造纸工业在生产过程中会产生大量的污染物, 虽然加强了末端治理的力度, 但还是对环境造成了一定程度的污染和破坏, 在今后的发展中应该改变污染控制战略, 建立污染预防的新观念, 通过企业的“自我决策、自我控制、自我管理”等方式, 把环境管理融入企业的全面管理之中, 减少人类活动对环境的影响, 保护人类生存和发展的环境。建立ISO14001环境管理体系可为企业提供一套以预防为主, 减少和消除产品在生产过程中对环境污染的管理办法。

华泰集团根据GB/T24001-1996, ISO14001: 1996《环境管理体系——规范及使用指南》标准以及国家有关环境保护的法律、法规, 结合集团实际情况编制了《山东华泰纸业股份有限公司环境管理手册》, 并于2003年1月1日开始实施。制定了“遵守法律法规, 降低能源资源消耗; 强化污染预防, 全面推行清洁生产; 实现持续改进, 建设绿色生态纸业”的环境方针, 识别了环境影响因素, 制定了相应的环境目标和指标, 明确了各部门的环境职责, 并提出了环境管理方案。

今后在环境管理体系的运行过程中, 首先要继续贯彻“预防为主”的方针, 并在体系中加以落实; 其次要建立持续改进的机制, 在持续改进中, 树立可持续发展的思想, 调动企业防治环境污染的主动性, 推动资源和能源的节约, 实现其合理利用, 提高企业的遵法、守法意识和环境法规的贯彻实施, 实现自己对社会的承诺, 最终达到改善环境绩效的目的。

#### 4.2.4.5 加强环境保护, 发展绿色生态纸业

由《山东省地方标准——造纸工业水污染物排放标准》可知随着时间的推移造纸废水执行的排放标准会越来越严格, 另一方面华泰集团经过处理的废水要排入小清河, 由《山东省小清河流域水污染防治条例》可知, 小清河流域的环境标准较其他地方的标准严格, 因此华泰集团在经济发展的同时要加强环境保护, 发展绿色生态纸业, 才能达到排放标准, 保护好生态环境。

一是以循环经济 3R 原则为指导, 在生产过程中实施清洁生产。在企业内部进行清洁生产审核, 选用绿色原料、绿色助剂, 开发绿色生产工艺, 减少原料和能源的使用, 降低污染的排放; 在整个生产过程中寻求可以重复利用的废料和能源, 使之循环使用, 实现废物的再利用。在制浆废液回收方面, 做好提高黑液提

取、蒸发效率的工艺与设备的开发，加强木浆尤其是草浆的碱回收和木素回收，回收碱返回蒸煮工段使用，木素进行资源化利用，还要做好白泥的综合利用。在洗选漂工段，用中高浓无氯漂白或少氯漂白纸浆的新技术取代全氯漂白纸浆的传统方法。在抄纸工段，利用纸机的白水回收循环技术提高水资源的重复利用率。在中段水处理方面，在达标排放的基础上进行深度处理，将处理后的水回用于速生林灌溉、备料或者蒸煮工段，缓解集团水资源供应紧张的矛盾；另外要做好废水污泥的综合利用，在改善环境的同时获得经济效益。

二是根据造纸工业发展趋势，从技术装备水平方面采取综合措施。加快造纸工业技术改造的步伐，通过技术改造达到比较合理的生产规模，实现装备水平的跨越，并彻底解决污染问题；加强造纸工业环境保护领域新技术、新设备的研究与开发，学习、借鉴、引进国际先进技术、装备，逐步提高造纸工业污染防治和环境保护的水平，实现造纸工业持续稳定健康的发展。

#### 4.2.4.6 多渠道筹集资金，保障循环经济建设

造纸工业是资金密集型产业，同时造纸工业发展循环经济也需要大量的资金投入。在国家投资和集团资金能力有限的情况下，要想获得充足的资金来保障纸业循环经济的建设，壮大造纸工业以满足市场纸业总体供不应求的需求，华泰集团必须拓宽思路，多渠道筹集资金。

一是积极合理有效地利用外国资金。积极争取外商直接投资、外国政府或银行优惠贷款以及积极参与国际融资。外资的进入，对缓解纸业加快发展与资金短缺的矛盾，对加速集团造纸工业的现代化进程都是十分有利的

二是开拓国内集资各种渠道，努力扩大利用民间资本。通过股市集资、由国家或银行担保发行专业债券、银行贷款、依靠企业内部积累和上下游产业直接投资以及企业重组、合资等方式增强融资筹资能力，集中资金投入重点项目建设。

#### 4.2.5 配套产业可持续发展策略

##### 4.2.5.1 华泰热力

热电企业的发展是华泰集团发展循环经济的基石，是纸电联营和纸电双赢的能源基础。失去这个条件，建立在热电联产、纸电联营基础上的循环经济产业体系就失去了“共生、共赢、协调发展”的牢固基础。在发展以热电企业为能源基

础的循环经济产业体系方面，华泰集团具有得天独厚的优势。

华泰热力有限公司始建于1994年，多年来，公司始终坚持“安全、高效运行，服务主业”的经营方针，本着“能源与主业发展相匹配”的原则，积极发展热电联产项目，为华泰集团的发展提供坚实的能源保障。目前已有1.2万千瓦、2.5万千瓦热电联供工程，60万千瓦热电工程一期工程15万千瓦热电已经投产运行，目前形成是了18.7万千瓦的发电能力，成为华泰纸业腾飞的力量之源。随着集团产量的增加，集团规划于2006年开始进行60万千瓦热电二期工程的建设。

发展电力是华泰集团发展循环经济、构筑企业核心竞争力的重要组成部分。具体从以下几个方面展开：（1）电力生产要持续开展清洁生产，走节能降耗、环境友好的发展道路；（2）今后新上燃煤发电机组必须选用大容量、高效率的超临界或超超临界等大型机组，从设备技术水平的层面上保障资源节约与高效利用；（3）延伸电力生产的产业链，大力开展资源综合利用工作，粉煤灰、渣生产高档建筑材料，减少环境危害、提高经济效益；（4）加大中水利用力度，集团造纸废水污水经深度处理后用作电厂冷却水，电厂冲灰水循环利用，努力实现废水零排放，减轻电力发展对集团水资源的压力；（5）建设环保治理设施，实现二氧化硫、氮氧化物达标排放。最终，提高电力企业资源和能源的综合利用效率，提高自身的核心竞争力。

#### 4.2.5.2 华泰化工

造纸产品在其构成和生产过程中需要添加大量的化工辅料和造纸助剂，化工类配套产品在造纸产业链属产品中，无论是投入产出，还是规模效益，都占有重要的位置。

华泰化工集团是以氯碱化工为基础的国家大型企业集团，下辖东营协发化工、东营联成化工、东营华泰热力、华泰纸业化工、华泰精细化工五个分公司，产品包括离子膜烧碱、液氯、双氧水、氯丙烯、重质碳酸钙等50多个品种。在今后的发展过程中，既要从整个华泰集团来做好大循环经济的发展，又要从华泰化工集团内部做好小循环经济的发展，完善循环经济发展模式。

一是做好造纸产业链上游产业——华泰纸业化工有限公司和华泰精细化工有限公司的发展，为造纸工业发展提供化工辅料和造纸助剂，促进大循环经济的发展。将华泰纸业化工有限公司建成国内最大的双氧水生产基地，除用于华泰造

纸以外，进行产品的外销获得更大的利润，在壮大发展普通双氧水的同时，进行食品级双氧水生产，提高产品的附加值。华泰精细化工有限公司加强与国内外知名大公司、大专院校及专业技术人员的合作，利用它们的技术和资金，解决造纸化工助剂（废纸脱墨剂、散合剂、增白剂、中性表面施胶剂、杀菌灭藻剂等）和污水处理剂（液体聚合氯化铝）等技术层次上的问题，扩大生产规模，在满足华泰造纸工业使用的同时进行产品的外销。

二是做好华泰化工集团其他企业——东营协发化工、东营联成化工、东营华泰热力的发展，进行华泰化工集团内部的小循环经济建设。东营华泰热力为华泰化工集团提供能源的保障；华泰化工集团的支柱企业——东营协发化工有限公司，借助目前国际最先进的工艺技术装备，进一步扩大烧碱的生产规模；东营联成化工有限公司要充分发挥现有专利技术优势，加大环氧氯丙烷的产量，并新上甘油项目，同时围绕华泰集团所用造纸化工助剂、氯丙烯下游产品及油田助剂为重点开发项目。华泰化工集团在发展过程中要利用好东营市丰富的盐矿资源，逐步扩大主导盐化工装置规模，开发高新精细化工产品，建设双百万吨化工产业园区。在小循环经济的发展过程中，要加强企业的清洁生产审核，将污染防治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，以降低对环境和人类的危害，在发展绿色生态纸业的同时发展绿色生态化工。

#### 4.3.5.3 华泰物流

加入WTO后，我国正处于从短缺经济向过剩经济转变，并与国际市场接轨的转型期，国际市场发生较大变化，国内市场国际化趋势逐步凸现，买方市场已经形成。为了顺应国内市场国际化的趋势，华泰集团成立了东营华泰国际物流有限公司，华泰物流在今后的发展过程中应实施重大战略性调整，在减少商品流通成本、降低交易风险的基础上，拓展现有的国内销售渠道，同时开拓国际市场，为集团循环经济建设提供良好的支撑。

一是建设物流基地。以集团现有人员、设备、场地、信息渠道人员为基础，立足国内，以市场为窗口，建立产品展示（网上虚拟样品间同步）、销售和服务的通路，通过人员销售、店铺销售的方式销售产品，并逐渐扩散到其他物流中心城市。服务的方式主要有：

- a、提供本地、异地的市场调查、企业信用查询等服务；
- b、外贸采购代理业务；
- c、产品展示、推介、店铺销售；
- d、以销售代理，地区代理的方式；
- e、员工的营销技能培训。

二是健全销售网络。重点抓营销队伍建设、销售网点布局等环节，大力开发华泰产品国内、国际大市场，形成环环相扣、协同联动的营销网络体系。

a、国内市场：整合周边和外埠市场资源，建立直营体制和二级市场总经销制，在外埠市场实行大区管理；同时借助市场这个第三方物流中心，实现低成本的商品流通，形成第三方物流+互联网平台+传统销售的采购网络、销售网络、信息网络。

b、海外市场：寻求与国内较大的外贸公司和国际大买家的采购代理合作。

#### 4.3.5.4 华泰水利

造纸工业是用水大户，而集团所在地水资源缺乏，近年来由于地下水严重超采，引发咸水入侵，使淡水资源更加匮乏。集团在今后的发展中，要逐步减少对地下水的开采，发展华泰水利，进行水库改造以及分洪蓄水工程的建设，充分利用地表水资源，解决集团发展过程中水资源的制约问题。

一是实施引水工程，对水面面积248万 $m^2$ ，总库容1000万 $m^3$ 的淄河水库进行改造。

二是进行小清河分洪蓄水工程建设，该蓄水水库库容260万 $m^3$ ，占地867000 $m^2$ 。

#### 4.2.6 带动产业可持续发展策略

##### 4.2.6.1 华泰林业

华泰林业提供造纸原料，是造纸工业发展的基础，充足的原料保障是造纸工业可持续发展的关键。华泰集团在今后的发展过程中，要加强对原料结构的调整，积极实施林浆纸一体化工程，在此基础上走自繁自育的路子，建设育苗基地和速生林基地，带动农林业的发展，在改善生态环境的同时，为造纸工业提供原材料。华泰林业在目前阶段主要是满足本身造纸原料的需求，在今后的发展过程中，适



当的扩大规模在满足自身企业需求的基础上，考虑外销，增加企业的销售收入。

#### 4.2.6.2 华泰包装

随着产品更新换代节奏加快，商品包装向精美装潢和高档包装方向发展，以纸代木、以纸代铁和以纸代塑等绿色包装成为发展趋势。今后5年，预测全国包装工业总产值将以10%以上速度增长，纸品包装产量比重仍将占50%以上，有广阔市场。纸产品或以卷筒形式或以平版规格经包装后，与用户见面，其包装材料为纸、塑、木等。

目前华泰集团的没有与华泰造纸相关联的生产包装配套类产品的企业，为延伸产业链条，建议增上生产包装配套类产品的企业，利用华泰纸业提供原料，不断扩大生产规模，大力发展华泰包装产业，完善产业链条，提高产业链的稳定性。华泰包装在发展过程中要加强以下两方面建设：

一是加强绿色包装材料的开发和研制，开发新型包装材料，能缓解生态环境的压力，降低日益枯竭的石油资源消耗，减少环境污染。

二是优化绿色包装设计，包装设计应该遵循无害化、生态化、节能化的设计理念，全方位评估资源的利用、环境影响及解决办法。

#### 4.2.6.3 华泰印刷

华泰印刷包括华泰新华印刷有限公司和山东大众华泰印务有限责任公司，华泰集团应该充分利用地理优势，做好纸品延伸加工文章，促进造纸工业下游产业——包装印刷行业的发展，给华泰集团带来新的经济增长点，同时也对华泰纸业的可持续发展起到积极的推动作用。

一是应充分抓住近几年造纸业快速发展的机遇，增强活力，加速行业改造，提高技术装备水平和产品档次，加快引进高档印刷设备和新上现代化纸箱生产流水线的步伐，以适应纸品延伸加工发展的需要。

二是应充分利用生产的文化用纸进行书刊印刷，发展高档书刊、画册、广告制品；发展文化簿本、包装袋（盒）、纸杯、纸质餐具及纸模制品等产品，做好纸产品延伸加工的文章。

三是加速发展中高档纸箱纸盒，调整用纸结构，实现商品包装轻量化。今后重点发展低克重、高强度、轻量化的高档纸箱，向着环保性、高档次、多色彩、

立体感强、视觉效果好的方向发展，加速发展柔性版多色印刷，实现纸箱包装美观化。

四是积极发展数字印刷和防伪包装印刷。大力推进数字印刷的应用，如：电脑直接制版技术（CIP）和数码印刷技术，应用数字化数据直接制成印版而毋须胶片，不断探索可变数据的印刷工艺流程，进入高附加值的数据重复利用领域；随着市场竞争的日益激烈，对商品的防伪保护将日益重要，防伪印刷技术也将扮演着越来越重要的角色，要在组合印刷上做文章，集中各自优势，印出更加精美的印刷品。

#### 4.2.6.4 第三产业

第三产业是国民经济的重要组成部分，也是华泰集团经济发展的一个重要着力点，应拓宽发展三产的思路，因地制宜发展华泰商贸、华泰大厦等第三产业，积极发展科技型、信息型、服务型的三产企业，为华泰造纸工业服务。

一是以第二产业的产品和生产能力为基础，通过华泰造纸工业的发展来带动餐饮、住宿、娱乐以及商贸洽谈等产业的发展。

二是结合地区旅游资源优势，依托工业生产等方式，积极发展工业旅游。

### 4.3 华泰集团造纸工业循环经济静脉产业模式构建

#### 4.3.1 废水综合利用产业链

华泰造纸工业废水主要包括蒸煮制浆产生的蒸煮废液（又称黑液），蒸煮浆料在筛选、洗涤、漂白过程中产生的中段水和纸页成形过程中从造纸机网部、压榨部脱出的白水。

##### 4.3.1.1 蒸煮黑液

造纸原料主要由纤维素、木质素和半纤维素三大成分构成，其中纤维素属碱不溶物，而木质素和半纤维素可溶于碱性溶液中。在纸浆生产过程中，造纸原料在蒸球中蒸煮，大量的木质素和半纤维素溶于碱性的蒸煮液中，形成黑液，而纤维素则以固体形态存在于黑液中。蒸煮完成后，通过挤压机使纤维素与黑液分离，纤维素被送往洗漂工序，再送往抄纸工序造纸，黑液则集中在黑液贮槽中。

造纸仅取用其中的纤维素（约占 40%），而其中约占 25% 的木质素与约占 28%

的半纤维素以及木糖、钾、氮、磷等少量无机盐物质，则进入黑液。黑液中的主要成分有 3 种，即木质素、聚戊糖和总碱。华泰集团黑液成分见表 4-1。

表 4-1 黑液成分分析表

指标	pH	木质素 /g · L <sup>-1</sup>	总碱 /g · L <sup>-1</sup>	有机物 /g · L <sup>-1</sup>	固形物 /g · L <sup>-1</sup>	波美度 /Be	COD /mg · L <sup>-1</sup>	BOD /mg · L <sup>-1</sup>
数值	12	23.5	31.3	93.2	130	7.3	93000	25300

从表 4-1 可以看出黑液中固形物高达 130g/L，COD 高达 93000mg/L，污染负荷高，占整个造纸工业废水污染的 90%<sup>[56]</sup>。为了回收黑液中的碱和热能，同时减少其对环境的污染，华泰集团采用的是碱回收工程。其中一期碱回收工程规模 100t/d，实现了黑液自燃，开创了我国麦草浆碱回收成功投运的先例，碱回收率达 72.1%，黑液提取率达 86.3%，COD、BOD 去除率达 85%，成为国内唯一一家运转最正常、且摆脱了亏损的项目；二期碱回收工程规模 100t/d，是目前国内麦草碱回收中规模最大、技术设备最先进的项 目，黑液提取率达到 86.3%，碱回收率达到 73.4%，达到了国内领先水平。

黑液中木质素，含量约为 23.5g/L，在工、农业生产中都有很高利用价值，却没有得到资源化利用，造成了资源的浪费。为了既能回收木质素和碱，可以采用“黑液烟气酸析净化—单阳膜电渗析法”治理工艺<sup>[37]</sup>。采用此工艺可以达到以废制废的目的，同时可以消除华泰热电废气对环境的影响，净化效果可达到 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 酸化法的水平，而终点 PH 值却较 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 法高 2~2.5 个 PH 值，极大地减轻了二次酸性废水的污染；同时对碱也有很好的回收，膜的产碱量为 5kg/m<sup>2</sup> · d。

综上所述，构建如图 4-7 所示的黑液综合利用产业链。

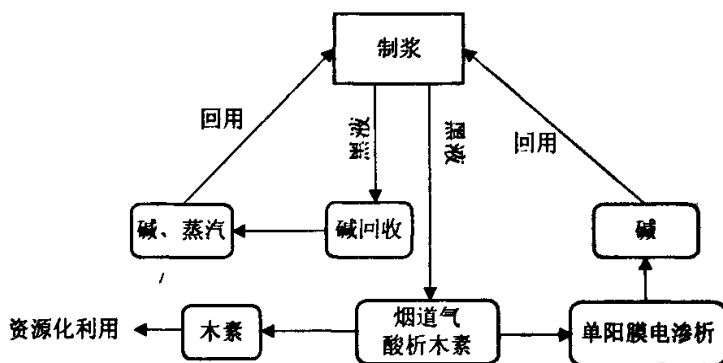


图4-7 黑液综合利用产业链

#### 4.3.1.2 中段废水

制浆中段废水颜色呈深黄色，占造纸工业污染排放总量的 8%~9%，与碱回收后的黑液、部分白水、生活污水、电厂污水进入污水处理厂。华泰集团 2005 年废水产生量为 46972m<sup>3</sup>/d，如果不加处理直接排放，一方面会对环境造成污染，另一方面会造成水资源的浪费。

华泰集团在 40000m<sup>3</sup>/d 和 60000m<sup>3</sup>/d 污水处理系统的基础上，为了适应造纸规模扩大和山东省造纸行业废水排放标准加严的基础上，从瑞典普拉克公司引进了 60000m<sup>3</sup>/d 厌氧水处理系统，同时加上 100000m<sup>3</sup>/d 三级化学混凝处理系统，实现“物化—厌氧生化—好氧生化—化学处理”相结合的废水处理流程，主要污染物为 COD 和 SS，污染物去除效率由原来的 85-90%提升到 95%以上，处理后排放浓度分别为 150mg/L 和 70mg/L 以下，排水色度低于稀释倍数 50 倍，达到最先进的排放标准。

根据《农业灌溉水质标准（GB5084—92）》旱作水质要求：COD≤300，SS ≤200，由此可以看出出水水质达到农灌水水质基本要求，可以将出水部分回用到灌溉造纸速生林和当地农田，剩余的再进行进一步的过滤和脱盐处理，使出水浓度达到中水水质，建设中水回用系统，将经过处理后的水回用到生产工段或电厂冷却水，实现造纸废水的区域零排放。

综上所述，构建如图 4-8 所示的废水综合利用产业链。

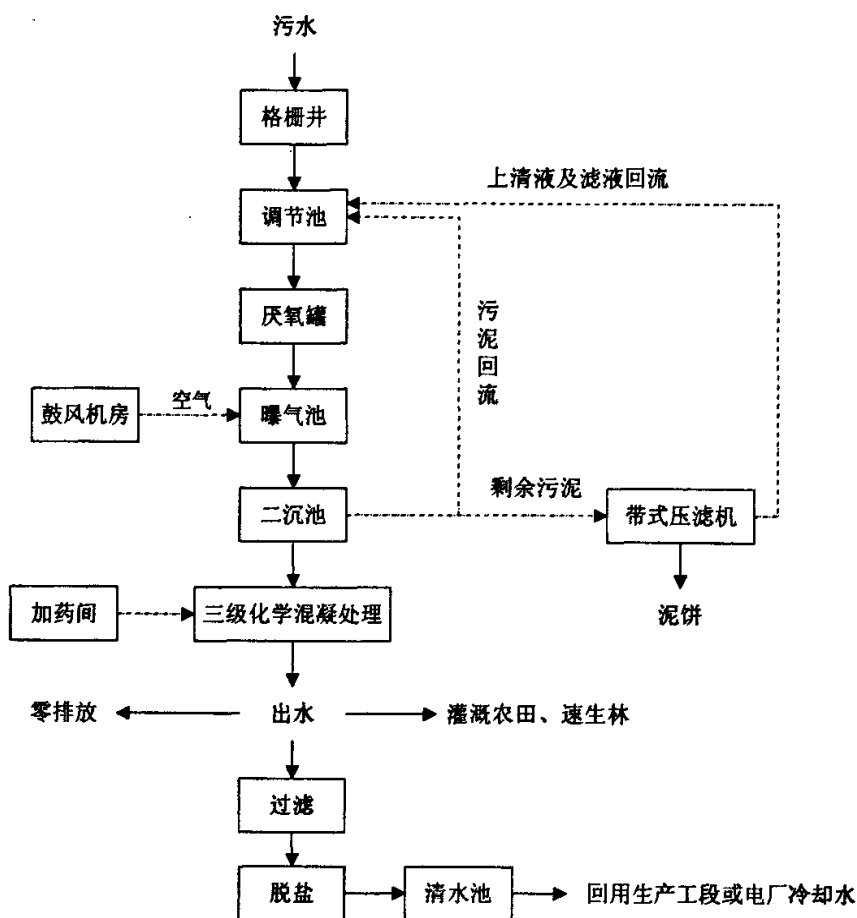


图4-8 废水综合利用产业链

#### 4.3.1.3 白水<sup>[57]</sup>

白水主要含有细小纤维、填料、以及各种化学助剂，以不溶性 COD 为主，可生化性较低，其加入的防腐剂有一定的毒性。白水水量较大，但其所含的有机污染负荷远远低于蒸煮黑液和中段废水，故经过适当处理就可以回用。

白水的回用可以分为内部回用和外部回用。内部回用是指在满足生产系统用水的前提下，多余白水经过物化处理应尽量回用于制浆系统和纸机本身；外部回用是指将不能进行内部回用的白水与其他废水一起进入污水处理站后经过处理并加以回用。白水的外部回用已经在中段水部分论述过了，这里主要论述白水的内部回用。

在系统内部进行封闭循环，可以节省系统外处理所需的大量管线、池槽和泵类，并可使系统更紧凑，管理更方便。纸机白水直接回用于制浆，或者经过多圆盘回收机处理，回收浆料，排出的清液直接回用于制浆或者经气浮、微过滤器或超滤处理后，把白水中的固体悬浮物（细小纤维、填料）、溶解和胶体物质的含量降低到生产过程中容许的使用范围内，在系统内代替清水使用，用于喷淋、溶药稀释、补充到清水系统等。同时还应把回收的固体物料输送到造纸系统使用，以达到节约用水，回收纤维、填料、化学药品，较低废水排放量和减少环境污染的目的。

综上所述，构建如图 4-9 所示的白水综合利用产业链。

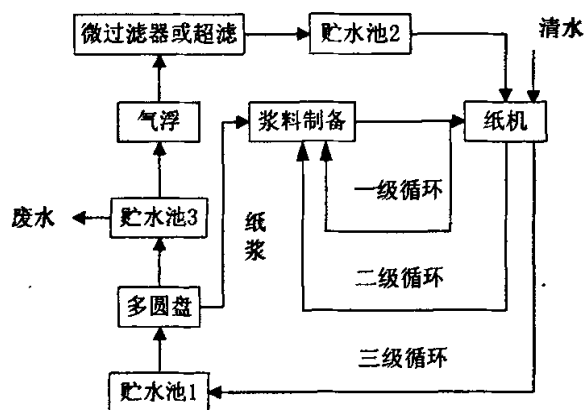


图 4-9 白水综合利用产业链

### 4.3.2 污泥综合利用产业链

华泰集团制浆造纸工业污泥可以分为以下几类：碱回收过程产生的白泥；废纸脱墨过程中产生的脱墨污泥；污水处理过程中产生的污泥。华泰集团 2005 年白泥产生量为 27200 t/a，脱墨污泥产生量为 25500 t/a，污泥产生量为 34000 t/a。目前除了对脱墨污泥加以利用外，没有对白泥和污泥进行资源化利用，采取的是安全填埋。随着集团产品产量的增加，污泥的产生量会相应增加，因此对其进行资源化利用就显得很有必要。

#### 4.3.2.1 白泥

白泥可分为木浆白泥和草浆白泥，两者的主要成分见表 4-2。以木材为原料的苛化污泥，根据国外及国内的一些大型造纸厂的经验，可以采用石灰窑煅烧法，

使白泥再生，生产再生石灰，在苛化中循环使用。而以非木材纤维为原料的苛化污泥，由于硅含量高，再生循环使用会加剧碱回收的硅干扰，使碱回收无法正常运行，可从以下途径对其进行资源化利用：从中提取精制碳酸钙作填料使用；生产普通硅酸盐水泥、内外墙涂料、固体建筑涂料、防水建筑涂料和油灰等建筑材料；和其它化学品共同配制成煤用脱硫助剂等。<sup>[58, 59]</sup>

表 4-2 造纸白泥的主要化学成分<sup>[60]</sup>

	焙烧损失 (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)
木浆白泥	38.10	3.38	3.40	1.20	51.00	2.75
草浆白泥	38.83	7.49~11.00	0.46	0.17	44.40	0.55

#### 4.3.2.2 脱墨污泥<sup>[61-63]</sup>

脱墨污泥主要包括废纸中的填料和涂料，另外还有一些细小纤维、粗渣和大部分油墨粒子。从以下途径对其进行资源化利用：脱墨污泥中无机成分主要是白土和碳酸钙，可以加以回收用作造纸用填料和涂布颜料；可以将脱墨污泥和胶合剂混合生产环境友好的高质量建筑板材；可直接利用或者经过堆肥处理后用作土壤改良剂；可以焚烧回收能量，焚烧后的灰可以用作造纸填料；可以作填充剂来制备热塑性聚合物复合材料；可以制备沥青复合改性剂，用此改性剂拌制的沥青碎石混合料能有效抗老化，减少沥青从石料上剥落，并能节省沥青的用量。

#### 4.3.2.3 废水污泥<sup>[64, 65]</sup>

废水在经过污水处理厂处理时，在二沉池会产生剩余污泥，经过带式压滤机制成泥饼。从以下途径对其进行资源化利用：可以进行堆肥，再与常用氮磷钾化肥混合制成有机复合肥，外卖或用于速生林；可以制作成燃料，进行燃烧发电，污泥燃烧灰还可以作为生产水泥的原料。

综上所述，构建如图 4-10 所示的污泥综合利用产业链。

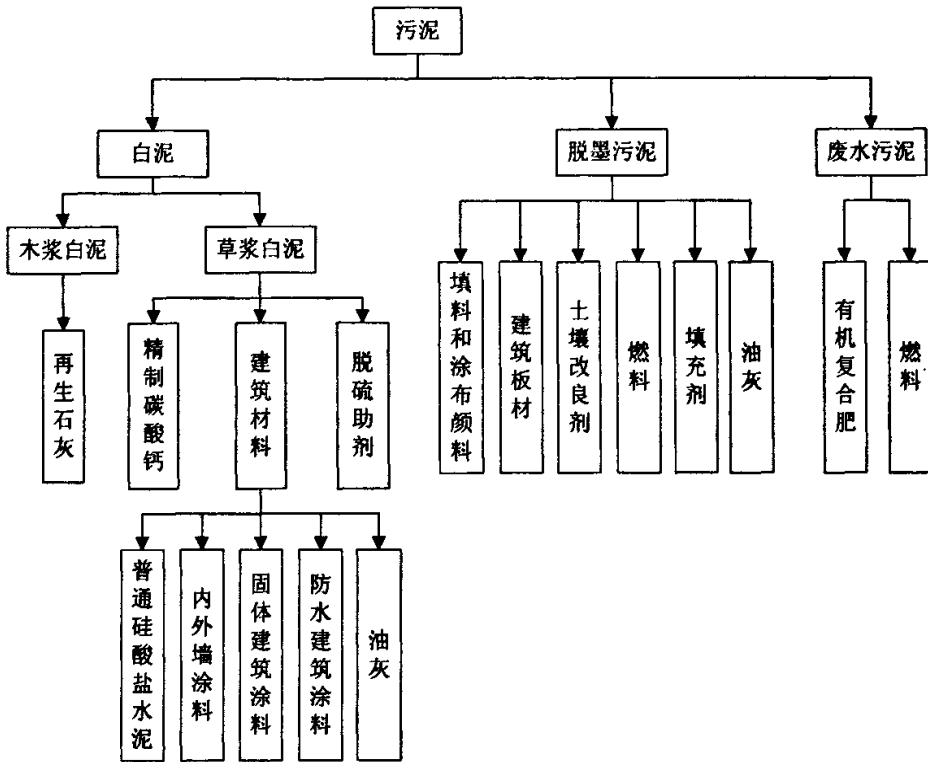


图4-10 污泥综合利用产业链

### 4.3.3 灰渣综合利用产业链

灰渣类废物主要由位于南厂的热电站和 60 万千瓦热电一期工程产生的，主要有粉煤灰和脱硫石膏。公司热电站现有装机容量 18.7 万千瓦、年均发电量 14.8 亿千瓦时、年产汽量 2220 万吨，在为华泰纸业发展提供可靠动力保障的同时，产生锅炉灰渣和脱硫石膏 30060t/a。

华泰热电目前对灰渣类废物的处理方式是外售用于制建材，但资源化利用层次较低。随着 60 万千瓦热电二、三、四期工程的建成，总装机容量达到 63.7 万千瓦，产生的粉煤灰和脱硫石膏量经估算为 102400 t/a。可以在集团新建灰渣资源化利用工程，随着相应技术的进步，应该向多方向、高水平、规模化发展，进行灰渣类废物的资源化利用，提高产品附加值。

#### 4.3.3.1 粉煤灰<sup>[66]</sup>

粉煤灰主要化学成分有二氧化硅、氧化铝、三氧化铁、氧化钙和三氧化硫，



属硅铝型低钙粉煤灰，其资源化利用途径按技术含量高低，可归纳为低、中、高三大类。低技术利用途径：筑路，用于路基、路面基层混合材水泥和沥青路面添加剂；加入少量水泥或石灰作为一般性建筑物基础的回填和处理地表塌陷；复土造田改良酸性、粘性土壤并增加土壤的蓄水性；固化垃圾。中技术利用途径：替代混凝土中的部分水泥用作建筑用混凝土；制墙体材料，如制砖、砌块；作轻质骨料，如制陶粒；作胶结材料，代替部分粘土和原料，生产水泥；作化学剂和路面防滑材料。高技术利用途径：作灰熔合金，以提高合金的强度、耐磨性和弹性模量；作塑料、橡胶、油漆的填充料；提取金属和金属氧化物，如用磁选法提取铁、用酸溶法提取氧化铝。

综上所述，构建如图 4-11 所示的粉煤灰综合利用产业链。

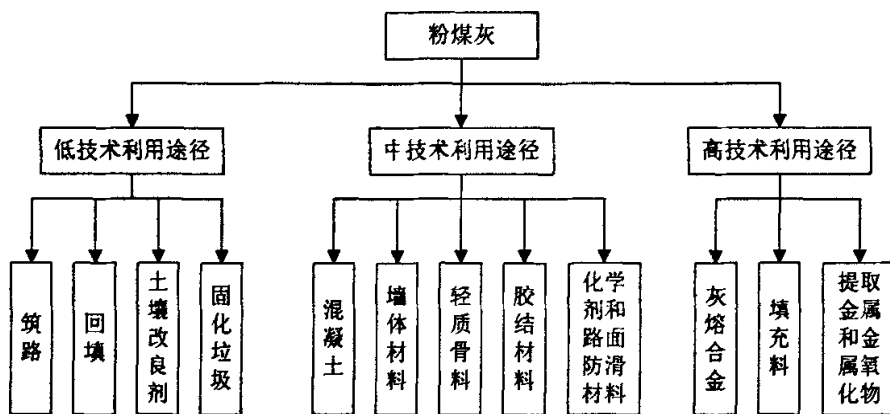


图4-11 粉煤灰综合利用产业链

#### 4.3.3.2 脱硫石膏<sup>[67,68]</sup>

脱硫石膏主要成分是结晶硫酸钙，颜色微黄，其酸碱度与天然石膏相当，呈中性或略偏碱性。与天然石膏相比有以下不同：含水量较高；粒度较小，成粉状；含水溶性盐类较多。可从以下途径对脱硫石膏进行资源化利用：利用脱硫石膏生产建筑石膏、高强石膏、粉刷石膏以及其他建筑材料制品；利用脱硫石膏生产水泥辅料，作为缓凝剂起到调节和控制水泥凝结时间的作用；利用脱硫石膏生产硫酸铵作肥料；利用脱硫石膏中的钙离子和土壤中的游离碳酸氢钠、碳酸钠作用，生成碳酸氢钙和硫酸钙降低碱性土壤的碱性；利用脱硫石膏中的钙离子置换苏打盐碱地中的代换性钠，改造苏打盐碱地；将脱硫石膏、火电厂废弃物、矿物外加

剂按照 50:40:10 的比例混合，再掺入复合早强减水剂 1% 生产路基回填材料；将脱硫石膏、火电厂废弃物、棒磨砂按一定比例混合后生产充填尾砂结剂。

综上所述，构建如图 4-12 所示的脱硫石膏综合利用产业链。

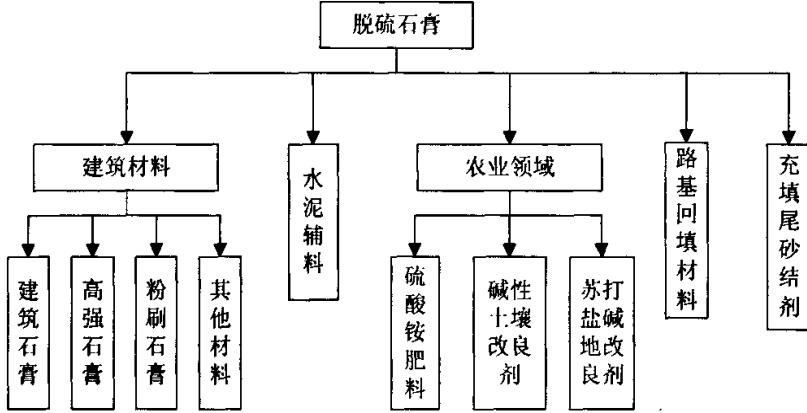


图4-12 脱硫石膏综合利用产业链

#### 4.4 华泰集团造纸工业循环经济发展总体模式构建

在华泰集团动脉和静脉产业链构建的基础上，结合集团的现状和未来发展方向，紧紧依靠科技进步，构建动脉产业链和静脉产业链相互联系的产业链网总图（见图4-13所示），持续稳步的发展造纸工业，促进华泰造纸工业的可持续发展。产业链网体系在调整中提高，在竞争中发展，逐步形成资源配置合理、主副产业协调发展、资源得到最优化利用、对生态环境影响最小的具有华泰特色的循环经济发展模式。

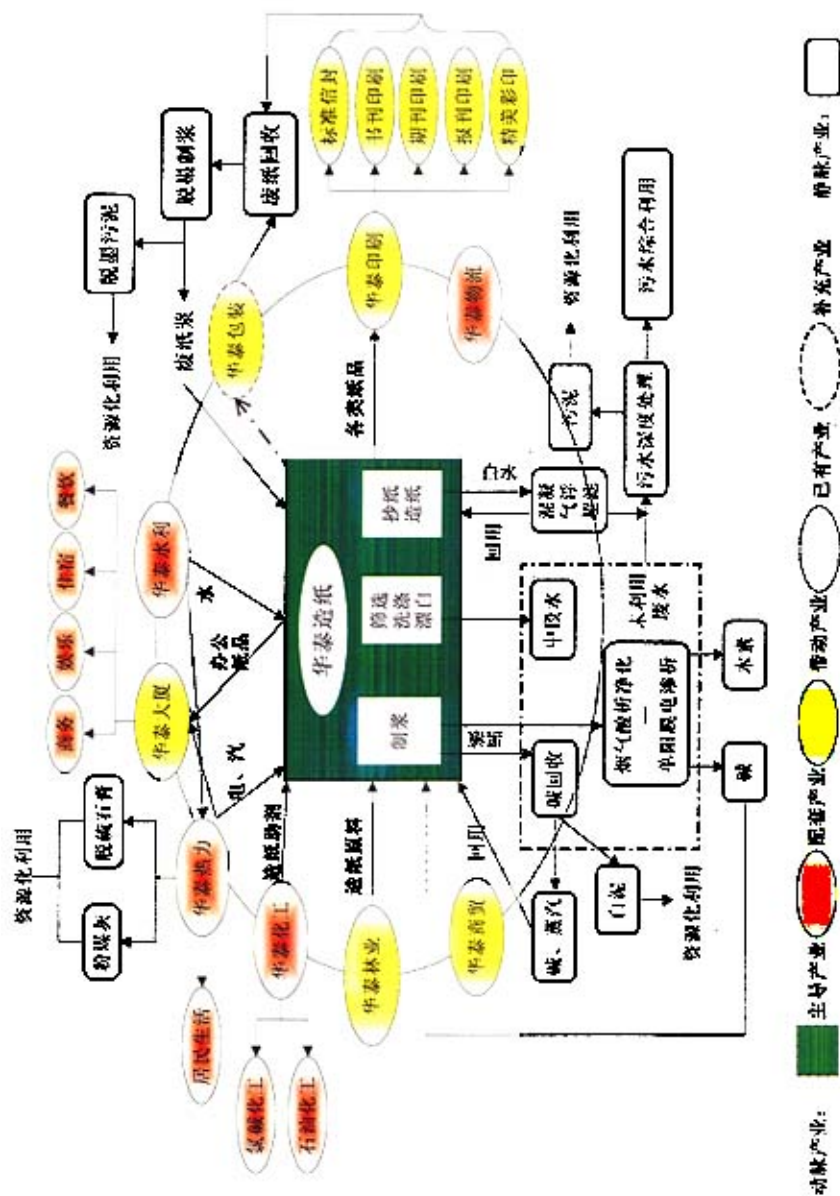


图4-13 华泰集团造纸工业循环经济产业链总图

## 第5章 华泰集团造纸工业循环经济发展支持系统设计

### 5.1 造纸研发支持系统

产业链的构建、循环经济的运作都需要借助现代高新技术，这就需要建设造纸研发中心。华泰集团拥有同行业首批博士后科研工作站、国家级技术开发中心、国家级实验室等研发体系。目前华泰技术开发中心已拥有专职研发人员156名，中高级技术人员88名，拥有博士6名，硕士12名，专家50名，拥有硕士以上或享受省政府津贴拔尖人才的科技带头人18名。技术中心下设制浆造纸研究所、造纸助剂研究所、造纸涂料研究所、环保研究所、化工研究所和自动化研究所6个研究所；同时建设有ISO国际标准的恒温恒湿实验室、国家级实验室和3个中试基地；与山东造纸工业研究设计院合办科研机构1个。

在今后的发展过程中，要重视技术改造与创新，加强对技术研发的资金投入，进一步加强研发体系的建设。按照目标国际化、提高产品高附加值、课题市场化、技术先进性和实用性、环境保护等原则，调整技术结构，加快污染治理技术、废物利用技术、清洁生产技术和生态纸业产业链关键技术等技术的进步与创新，推进技术与装备逐步实现现代化。

(1) 要研究制订华泰集团中长期造纸工业科技发展规划，以此为纲，调整技术结构。

(2) 加大科技投入，集中人力、物力与财力，解决一批对造纸工业发展有重大影响的关键技术问题，为循环经济模式构建提供技术支撑。

(3) 要强化先进应用技术的开发与推广，促进国内外新技术成果向现实生产力转化。

(4) 要有计划、有目的地引进技术与装备，通过消化吸收、专利转让与创新协作，提高国产造纸机械的自主设计与开发能力，促进国产化，缩小与国际先进水平的差距。

(5) 实施“科教兴纸”战略，促进经济增长方式的转变，推动纸业生态产业链高效、稳定、健康、持续的发展，制浆方面重点开发高强度、高得率、低污染乃至无污染的制浆生产技术；造纸方面重点发展低定量、高质量、低消耗、高

效率的生产技术；其他还要研究开发新原料、新浆种、各种化学助剂、胶料、填料、涂料的应用、废纸处理、纤维回收、节约用水和防治污染、保护环境的适用技术，以及提高速生林和芦苇质量与产量的无性繁殖，遗传产程技术等。

(6) 研究开发中高浓少氯漂白或无氯漂白纸浆的新技术，取代低浓纸浆氯化漂白和次氯酸盐漂白。

## 5.2 信息网络支持系统

产业链和循环经济的正常运作需要各种信息的顺畅流通，这就需要建设完善的信息网络系统。华泰集团信息化建立已经取得了初步的成绩，已经建成了视频会议系统，实现了各分公司视频会议，提高了会议频率和效率；建设了千兆网络，实现了各部门的网络办公，实现了数据共享；财务管理方面，实现了财务电算化，大大提高了财务部门工作效率；仓库和产成品管理方面，实现了仓库物品的定置管理，物料“超市管理”模式；销售管理方面，可以从网上实时了解产品库存和历史价格等信息；初步建立了 ERP 系统，实现了财务、物资、销售、供应等部门的相互联系。

为了使信息系统功能更好的适应循环经济发展的要求，在今后的发展中要利用现代管理科学和信息技术建立现代信息网络系统（如图 5-1），使企业管理活动的各个环节通过信息的快捷流通和有效服务，实现资金流、物流和工作流的整合，达到企业资源的优化配置，不断提高企业管理的效率和水平，进而提高企业经济效益和核心竞争能力。

(1) 加强信息基础设施建设，建成集团公司高效快速的 VPN 计算机与电话传真网络。建立集团分销和采购管理系统，完善对供应商和客户的资信管理。

(2) 借助信息技术实现集团集中式管理模式。即集团公司对下属子公司的管理由单纯的资产监管模式转变为预算计划控制模式，建立集团全面预算管理系统和集团结算中心系统，严格实现集团收支两条线的集中统一管理。

(3) 建立对集团和各子公司领导的动态企业关键业绩指标（Key Process Indication，简称 KPI）考核系统。通过 KPI 把集团大的战略目标分解为可执行的具体目标，使部门主管明确部门的主要责任，并以此为基础，明确部门人员的业绩衡量指标，来做好绩效管理工作。

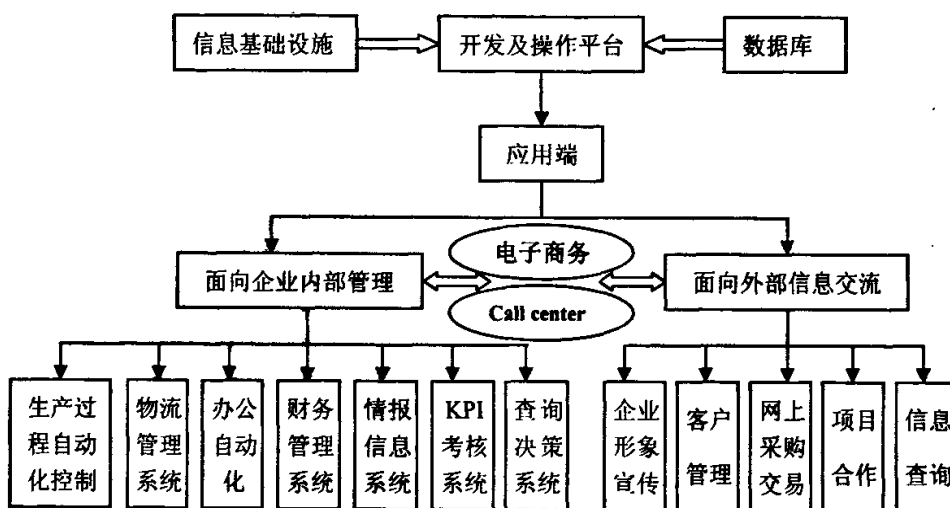


图 5-1 华泰集团信息网络系统的总体结构图

(4) 建立经理查询及决策支持系统。通过这一系统的实施，从大量的生产经营数据中实时提取领导关心的数据信息，提供综合的图表和数据分析，高层领导可以利用这些信息准确地对各部门的生产经营进行准确的决策，避免盲目的决策方式，合理避免经营风险。

(5) 建立企业竞争情报信息系统。设置的情报系统包括：企业规模、企业性质、产品性质、市场份额、竞争环境、竞争对手、领导者的个性等。利用这一系统收集、共享和分析情报信息。

(6) 建立集团计算机呼叫中心（Call center）。将企业简介、产品类型与价格信息、售后服务等信息通过语音形式对客户进行宣传、并可以将客户反馈信息等实时传给企业管理者。通过 Call Center 可以将集团及子公司的信息进行共享，对外部而言提高集团企业整体售前和售后服务水平。

(7) 发展物流及电子商务系统。通过物流信息系统公司可以方便的管理企业内部的物流和社会上的第三方物流公司，统一调配资源，避免了手工调节下的错误和误差，可以提高交货的及时率；通过电子商务平台可以方便地进行网上交易，包括网上定单、网上结算、网上银行、网上通关、网上报税、网上竞标等。

### 5.3 交通运输支持系统

产业链和循环经济的运行过程中，需要原材料的及时运进和产品的畅通运出，这就需要集团拥有完善的交通运输系统。华泰集团造纸企业位于广饶县大王镇，大王镇地处黄河三角洲南部，与潍坊、淄博两市相邻。广饶县是全国第一个实现“村村通柏油路”的县，境内交通便捷发达，公路网络纵横交错，公路密度达到每百平方千米88千米。优越的交通网络不仅保证了产品的外运，而且也保证了废纸、商品浆等资源的运进。

今后随着集团规模的扩大，运进和运出的量也随之增大，现有的公路运输能力将满足不了集团发展的需要，为了保证华泰集团的可持续发展，华泰集团预新建铁路支线（博兴—广饶），根据铁路的运输性质和远期年客货运量，“博兴—广饶线”地方铁路确定为“I级”地方铁路。“博兴—广饶线”运营长度36.8km，新设车站4个、区间4个，区间平均长度9.2km、最大区间长度14km、最小区间长度5.5km。铁路支线的建成将会进一步完善集团的交通运输系统，能更好的保证集团产品的运出和原料的运进，能确保造纸工业循环经济模式的高效运行。

## 第 6 章 结论与建议

### 6.1 结论

论文按照现状调查、现状评价、循环经济发展模式构建、支持系统设计的技术路线来构建华泰集团造纸工业循环经济发展模式，得出如下结论：

(1) 通过工业现状的调查分析，得出华泰集团已经具备较强的经济实力和  
发展循环经济的初步基础，但是在原料结构、产品结构、节能降耗以及废物资源  
化利用等方面还有较大的发展空间，因此需要构建华泰集团造纸工业循环经济发  
展模式，促进造纸工业的可持续发展。

(2) 在对华泰集团造纸工业循环经济发展现状进行评价时，建立了造纸工  
业循环经济评价模型，模型包括评价体系与诊断体系，设计了造纸工业循环经济  
评价指标体系以及诊断方法。将现状调查获得的现状值输入评价模型，评价结果  
表明：华泰集团造纸工业循环经济的发展水平综合距离为  $D_i = 0.288$ ，造纸工业  
循环经济的实现度  $RD_i = 0.712$ ，其循环经济的发展处于 II-，说明造纸工业循环  
经济发展能力较高；根据计算得出前十位制约因子为：吨纸废水排放量，0.066；  
吨纸 COD 排放量，0.058；吨纸 SS 排放量，0.041；造纸原料自给率，0.022；干  
部循环经济考核制度，0.013；循环经济信息系统，0.010；吨浆纸综合水耗，0.0093；  
吨纸新鲜水耗，0.0092；循环经济推进机构，0.009；科研投入占造纸工业产值的  
比重，0.0078。其距离值和权重值的乘积对综合距离值  $D_i$  的贡献率分别为 22.9%、  
20.1%、14.2%、7.5%、4.5%、3.3%、3.2%、3.2%、3.1%、2.7%。为了消除上述  
制约因子对华泰集团造纸工业循环经济发展的影响，应该加快建立华泰集团造纸  
工业循环经济发展模式，使华泰集团造纸工业循环经济走上可持续发展道路。

(3) 通过对纸业生态产业链内涵的研究，建立了组装、补充以及延伸产业  
链的生态产业链构建方法。根据构建方法建立起造纸、热力、化工、物流、水利、  
林业、包装、印刷和第三产业等产业内部以及产业之间的产业链条，以此建立了  
华泰集团造纸工业循环经济动脉产业模式；通过对废水、污泥和灰渣等废物进行  
综合利用建立了华泰集团造纸工业循环经济静脉产业模式；在华泰集团动脉和静



脉产业链构建的基础上,结合集团的现状和未来发展方向,构建了动脉产业链和静脉产业链相互联系的循环经济总体发展模式。

(4)为保障设计模式的顺利实施,设计了华泰集团造纸工业循环经济发展支持系统,包括造纸研发支持系统、信息网络支持系统和交通运输支持系统。

华泰集团造纸工业循环经济发展模式的建立,顺应经济发展主旋律,突出发展生态型、循环型产业,在三次产业之间形成一个紧密的循环网络,加强了全面的联系,形成全面发展势态,并不断催生出新的行业和机遇,为企业经济发展寻求一种新的发展道路做出积极的探索和实践,同时为其他企业的循环经济发展模式提供借鉴和参考,具有一定的应用和推广价值。

论文的不足之处,首先造纸工业循环经济的发展是个动态的过程,指标体系在体现动态方面有待进一步完善另外由于某些相关指标难以获取以及难以量化,在指标体系中无法加以体现;其次造纸工业循环经济发展需要相应的技术来支撑,由于现有技术的局限,使得设计的循环经济产业链,尤其是静脉产业链,在运行方面其经济效益不是很理想,产业链的高效运行有赖于技术的进一步发展。

## 6.2 建议

为保证华泰集团造纸工业循环经济的发展能步入正常轨道,并按设计模式高效运行,提出以下对策建议:

(1)要加快循环经济立法的进度,明确各级政府、消费者、企业在发展循环经济方面的责任和义务,明确把生态环境作为资源纳入政府的公众管理范畴,建立并完善生态补偿机制、生态环境有偿使用制度,建立消费拉动、政府采购、政策鼓励的政策体系,进一步完善循环经济指标体系,逐步引入动态指标。

(2)逐步建立有一整套严格的废纸回收法律体系,加强国内废纸回收,提高废纸回收率,通过废旧资源回收实现产业生产循环。对造纸企业,强制要求必须使用一定数量的废纸作为生产原料;对回收企业,政府给予一定的补贴,保证它们正常运行能获得合理的经济效益;对消费者,行政执法部门会随时抽查,对于不按要求把废纸分类送交到指定的回收处的,进行罚款。

(3)加大人才引进力度,补充专业技术人才,提升企业的科研开发水平;加大科研资金的投入,并加强与科研院所的合作力度,开发新的清洁生产技术、

节能降耗技术、产业链接技术和废物资源化利用技术，为循环经济的发展提供技术上的支撑。

(4) 加强造纸工业循环经济管理的科学化、信息化和网络化，对循环经济的发展进行科学的管理与调控；建立干部循环经济考核制度，与领导干部签订循环经济建设责任书，将循环经济的发展纳入干部考核内容。

(5) 在生态环境伦理体系和市场经济伦理之间建立一套新的循环经济伦理体系，并使之深入人心，得到公众的理解和支持，使其充分认识环境和资源对造纸工业可持续发展的严重制约，使全社会充分认识循环经济模式对造纸工业可持续发展的重要性。

## 参考文献

- [1] 胡宗渊. 用科学发展观思考我国造纸工业的发展[J]. 中华纸业, 2005. 26(3): 6-10.
- [2] 陈远生, 苏人琼. 我国造纸工业发展的水资源问题[J]. 中国造纸, 2005. 24(3): 54-57.
- [3] 赵会芳, 沙力争. 中国造纸产品的生命周期分析[J]. 纸和造纸, 2004. 1: 76-79.
- [4] 劳嘉葆. 造纸工业污染控制与环境保护[M]. 2000, 北京:中国轻工业出版社.
- [5] 吴福寿. 谈造纸工业循环经济(一)[J]. 中华纸业, 2005. 26(6): 12-14.
- [6] 顾民达. 循环经济在我国造纸工业中的应用[J]. 上海造纸, 2005. 36(3): 3-8.
- [7] 邝仕均. 2005年世界造纸工业概况[J]. 造纸信息, 2006. (11): 7-11.
- [8] 世界造纸新趋势[J]. 福建轻纺, 2006. (6): 33-33.
- [9] 中国造纸工业2005年年度报告, 中国造纸协会, 2006, 5.
- [10] 国内造纸工业发展趋势[EB/OL]. <http://www.instrument.com.cn/news/2001/000817.shtml>.
- [11] 吴季松. 循环经济的由来与内涵[J]. 科技术语研究, 2006. 8(1): 51-54.
- [12] 秦书生, 邓文钱, 黄威威. 生态文明观视野中的循环经济[J]. 全球科技经济瞭望, 2006. (12): 52-55.
- [13] 李连军. 循环经济: 一个不能停止探讨的课题[J]. 环境经济, 2006. (6): 47-48.
- [14] 芮雪琴, 赵树宽. 国内循环经济内涵研究述评[J]. 生产力研究, 2006. (4): 271-273.
- [15] 周律. 清洁生产[M]. 2000, 北京: 中国环境科学出版社.
- [16] 张凯, 崔兆杰. 清洁生产理论与方法[M]. 2005, 北京: 科学出版社.
- [17] U.S. Interagency Working Group on Industrial Ecology. Material and energy flows: industrial ecology material and energy flows in the United State. Washington D.C: the National Academy of Science of the USA, 2000.
- [18] Deng N S and Wuf. Industrial ecology-theory and application. Beijing: Chemical industry press, 2002. 108-299
- [19] 李有润, 胡山鹰, 沈静珠, 陈定江. 工业生态学及生态工业的研究现状及展望[J]. 中国科学基金, 2003. (4): 208-210.
- [20] Richards DJ, Allenby BR. The Greening of Industrial Eco-systems. Washington, D.C.: National Academy Press, 1994. 1-19.
- [21] Nemerow Nelson. Zero Pollution for Industry, Waste Minimization through Industrial

- Complexes. NewYork: John and Sons,1995.343-354.
- [22] 左玉辉. 环境经济学[M]. 2003, 北京: 高等教育出版社.
- [23] Tietenberg, T., Enviromental and Natural Resource Economics[M]. fifth edition ed. 2000: Addison Wesley Longman.
- [24] 王玉庆. 环境经济学[M]. 2002, 北京: 中国环境科学出版社.
- [25] 寇晓东, 薛惠锋, 任军号. 系统工程科学: 系统工程学科体系新构建[J]. 西安邮电学院学报, 2005. 10 (4) : 69-73.
- [26] Scott Morton, M.S., Management Decision Support: computer based support for decision making, Division of Research, Harvard University, Cambridge Mass., 1971.
- [27] 屠蕴雯. 论系统工程方法的应用[J]. 科技情报开发与经济, 2001. 11 (6) : 61-63.
- [28] 吴福寿. 谈造纸工业循环经济(五)减量化制浆新技术[J]. 中华纸业, 2005. 26(11): 16-21.
- [29] 余江, 康建雄. 爆破法制浆工艺及其生产废水污染防治措施探讨[J]. 环境科学与技术, 2005, 28: 113-115.
- [30] 吴福寿. 谈造纸工业循环经济(六)减量化造纸新技术[J]. 中华纸业, 2005. 26 (12) : 23-28.
- [31] 吴福寿. 谈造纸工业循环经济(七)节约用水[J]. 中华纸业, 2006. 27 (1) : 17-21.
- [32] 吴福寿. 谈造纸工业循环经济(八)制浆节能新技术[J]. 中华纸业, 2006. 27 (2) : 12-16.
- [33] 吴福寿. 谈造纸工业循环经济(九)造纸节能新技术[J]. 中华纸业, 2006. 27(3): 20-25.
- [34] 吴福寿. 谈造纸工业循环经济(十一)环境保护[J]. 中华纸业, 2006. 27(6): 18-23.
- [35] 乔维川, 李忠正. 国外制浆造纸节水与排水技术现状与进展[J]. 国际造纸, 2003. 22 (4) : 49-52.
- [36] Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry, December 2001.
- [37] 张玉蕴. 浅析造纸厂废水分段处理技术[J]. 山西建筑, 2003. 29(4): 254-255.
- [38] 王媛, 徐利淼. 天津可持续发展的定量研究[J]. 天津师范大学学报(自然科学版). 2002, 22(1): 64-68.
- [39] 黄朝永, 顾朝林, 甄峰. 江苏可持续发展能力评价[J]. 经济地理. 2000, 20(5):43-46.
- [40] 吴小寅, 罗胜, 蓝艳奎等. 南宁市可持续发展评价指标体系及可持续发展度研究[J]. 中国人口资源与环境. 2002,12(1):90-92.
- [41] 许学强, 张俊军. 广州城市可持续发展的综合评价[J]. 地理学报. 2001,56(1):54-62.

- [42] 李刚, 万绪才, 刘小钊. 南京城市生态系统可持续发展指标体系与评价[J]. 南京林业大学学报(自然科学版). 2002, 26(1): 23-26.
- [43] 朱庆芳, 吴寒光. 社会指标体系[M]. 2001, 北京: 中国社会科学出版社.
- [44] 张文东, 易铁虎. 复杂系统多目标综合评价方法的比较研究[J]. 青岛大学学报(自然科学版). 2005, 18(4): 85-90.
- [45] 王良健. 地方循环经济发展评估指标体系及评估方法研究[J]. 煤炭经济研究. 2006, 2: 6-8.
- [46] 温琰茂, 柯雄侃, 王峰. 区域可持续发展评价体系与方法研究[J]. 环境导报. 1999(2): 33-36.
- [47] 刘彦琴, 郝晋珉. 区域可持续土地利用空间差异评价研究——以黄淮海平原为例[J]. 资源科学, 2003. 25(2): 56—62.
- [48] 王兆华, 尹建华, 武春友. 生态工业园中的生态产业链结构模型研究[J]. 中国软科学. 2003, (10): 148-152.
- [49] Lowe Ernest, Moran S, Holmes, A fieldbook for the development of eco-industrial parks. Report for the U.S. Environmental Protection Agency. Oakland (CA): Indigo Development International, (1995), 67-72.
- [50] 尹琦, 肖正扬. 生态产业链的概念与应用[J]. 环境科学. 2002, 23(6): 114-118.
- [51] Kozlowski R, Mieleniak B, Przepiera A, Rolski S. BUILDING BOARDS FROM HEMP STALKS, Proceedings of The International Conference "Bast Fibrous plants on the Turn of Second and Third Millennium" 2001, Shengyang, China IV/4.
- [52] Graede TE, A.B., Industrial Ecology[M]. Upper Saddle River. 1995, NJ: Prentice-Hall Press.
- [53] Gareth Kane. Tees Valley Industrial Symbiosis Project (TVISP), 2003.
- [54] 金涌, 李有润, 冯久田. 生态工业: 原理与应用[M]. 2003, 北京: 清华大学出版社.
- [55] 解振华. 生态工业理论与实践[M]. 2002, 北京: 中国环境科学出版社.
- [56] 杜仰民. 造纸工业废水治理进展与评述[J]. 工业水处理, 1997. 17(3): 1-5.
- [57] 王永忠, 胡开堂. 制浆造纸厂白水封闭循环及其应用方法[J]. 国际造纸, 2006. 25(3): 39-44.
- [58] 唐艳军, 刘秉钺. 国内造纸白泥的综合利用[J]. 国际造纸, 2003. 22(6): 53-55.
- [59] 张文峰, 谷宏专, 顾嘉嘉. 造纸厂白泥废渣的综合利用[J]. 黑龙江造纸, 2005. (4): 56-59.
- [60] 张珂, 俞正干. 麦草浆碱回收技术指南[M]. 1999, 北京: 中国轻工业出版社.

- [61] 陈嘉翔. 彻底消除脱墨污泥污染的研究和生产实践[J]. 中华纸业, 2000. 21 (2) : 35-38.
- [62] 贺进涛, 武书彬, 王少光, 脱墨污泥资源化利用新技术[J]. 中国造纸, 2006. 25(6): 51-53.
- [63] Johnston James H, Milestone Craig B, et al. Alkaline digestion of reject fibre in deinking sludge as a precursor to filler recovery by wet air oxidation[J]. *Appita J*, 2000, 53(1): 54.
- [64] 沈清江, 秦梦华, 徐清华等. 造纸污泥的回收利用[J]. 造纸科学与技术, 2006. 25 (2) : 54-57.
- [65] Beauchamp C.J, Charest M.H., Gosselin A. Examination of environmental quality of raw and composting deinking paper sludge[J]. *Chemosphere*, 2002(46): 887-895.
- [66] 崔兆杰, 谢锋, 固体废物的循环经济——管理与规划的方法和实践[M]. 2005, 北京: 科学出版社.
- [67] 郑丽萍. 烟气脱硫副产物的综合利用[J]. 内蒙古环境保护, 2004. 16(2): 14-16.
- [68] 王方群, 原永涛, 齐立强. 脱硫石膏性能及其综合利用[J]. 粉煤灰综合利用, 2004. (1): 41-44.

## 致 谢

本论文是在导师崔兆杰教授的悉心指导下完成的。从论文的构思、研究到最终定稿，无不凝结着导师的心血。崔老师渊博的理论知识、扎实的理论功底、开阔的视野范围、忘我的工作精神、严谨的治学态度以及在科研上勇于探索、不断创新的精神将使我终生受益，他的谆谆教诲将激励我在今后的学习和工作中倍加努力，不断进取。在此向崔老师致以崇高的敬意和衷心的感谢。

在论文写作期间，还得到师兄刘雷，同学王艳艳、司维、马新刚等的有益建议，师弟李波、师妹乔晶、高省等给予了无私的帮助，在此向他们表示诚挚的感谢。

论文的调研过程中，广饶县环保局刘忠义科长，华泰集团杜曰胜副总、宋传义科长、马厚悦科长、郭兆坤科员给予了大力协助，在此向所有对我的调研工作提供帮助的朋友表示感谢。

感谢我的家人和朋友对我的支持和鼓励，让我以全部的精力和饱满的热情投入到学习和科研之中。

在此向所有关心和帮助过我的人表示感谢，并再次向崔老师表示诚挚的谢意！感激之情，溢于言表，定当铭记于心。

谢连科

2007.4

## 攻读学位期间发表的论文

- [1] 谢连科,崔兆杰. 造纸工业循环经济发展评价指标体系的构建[J]. 统计与决策 2007,No.4: 48-49
- [2] 崔兆杰,谢连科,刘雷,王艳艳. 生态市可持续发展指标体系的建立和评价方法研究[J].科学技术与工程, 2006,Vol.6 No.13 : 1863-1868
- [3] 崔兆杰,刘雷,王艳艳,谢连科. 生态工业园与区域循环经济模式及指标体系研究[J].中国科技成果, 2006,No.23: 36-37