

中国造纸工业 2021 年度报告

中国造纸协会

据统计,制浆造纸及纸制品全行业 2021 年完成纸浆、纸及纸板和纸制品合计 28021 万吨,同比增长 9.89%;其中:纸及纸板产量 12105 万吨,较上年增长 7.50%;纸浆产量 8177 万吨,较上年增长 10.83%;纸制品产量 7739 万吨,较上年增长 12.81%;全行业营业收入完成 1.50 万亿元,同比增长 14.74%;实现利润总额 885 亿元,同比增长 6.92%。

一、纸及纸板生产和消费情况

(一) 纸及纸板生产量和消费量

据中国造纸协会调查资料,2021 年全国纸及纸板生产企业约 2500 家,全国纸及纸板生产量 12105 万吨,较上年增长 7.50%。消费量 12648 万吨,较上年增长 6.94%,人均年消费量为 89.51 千克(14.13 亿人)。2012~2021 年,纸及纸板生产量年均增长率 1.87%,消费量年均增长率 2.59%。

(二) 纸及纸板主要产品生产和消费情况

1、新闻纸

2021 年新闻纸生产量 90 万吨,较上年增长 -18.18%;消费量 160 万吨,较上年增长 -8.57%。2012~2021 年生产量年均增长率 -14.79%,消费量年均增长率 -9.50%。

2、未涂布印刷书写纸

2021 年末涂布印刷书写纸生产量 1720 万吨,较上年增长 -0.58%;消费量 1793 万吨,较上年增长 0.56%。2012~2021 年生产量年均增长率 -0.19%,消费量年均增长率 0.70%。

3、涂布印刷纸

2021 年涂布印刷纸生产量 635 万吨,较上年增长 -0.78%;消费量 583 万吨,较上年增长 2.10%。

2012~2021 年生产量年均增长率 -2.26%,消费量年均增长率 -1.00%。

其中:铜版纸

2021 年铜版纸生产量 605 万吨,较上年增长 0.83%;消费量 579 万吨,较上年增长 4.14%。2012~2021 年生产量年均增长率 -1.53%,消费量年均增长率 -0.04%。

4、生活用纸

2021 年生活用纸生产量 1105 万吨,较上年增长 2.31%;消费量 1046 万吨,较上年增长 5.02%。2012~2021 年生产量年均增长率 3.95%,消费量年均增长率 4.06%。

5、包装用纸

2021 年包装用纸生产量 715 万吨,较上年增长 1.42%;消费量 722 万吨,较上年增长 0.56%。2012~2021 年生产量年均增长率 1.24%,消费量年均增长率 1.09%。

6、白纸板

2021 年白纸板生产量 1525 万吨,较上年增长 2.35%;消费量 1427 万吨,较上年增长 3.93%。2012~2021 年生产量年均增长率 1.04%,消费量年均增长率 0.38%。

其中:涂布白纸板

2021 年涂布白纸板生产量 1445 万吨,较上年增长 2.48%;消费量 1346 万吨,较上年增长 4.18%。2012~2021 年生产量年均增长率 0.84%,消费量年均增长率 0.14%。

7、箱纸板

2021 年箱纸板生产量 2805 万吨,较上年增长 14.96%;消费量 3196 万吨,较上年增长 12.65%。2012~2021 年生产量年均增长率 3.38%,消费量年

均增长率 4.47%。

8、瓦楞原纸

2021 年瓦楞原纸生产量 2685 万吨,较上年增长 12.34%;消费量 2977 万吨,较上年增长 7.24%。2012~2021 年生产量年均增长率 3.21%,消费量年均增长率 4.36%。

9、特种纸及纸板

2021 年特种纸及纸板生产量 395 万吨,较上年增长 -2.47%;消费量 312 万吨,较上年增长 -5.45%。2012~2021 年生产量年均增长率 6.72%,消费量年均增长率 6.11%。

二、纸及纸板生产企业经济指标完成情况

据统计 2426 家造纸生产企业,2021 年 1~12 月营业收入 8551 亿元;工业增加值增速 8.00%;产成品存货 418 亿元,同比增长 33.33%;利润总额 541 亿元,同比增长 17.01%;资产总计 10748 亿元,同比增长 5.37%;资产负债率 58.88%;负债总额 6328 亿元,同比增长 5.59%;在统计的 2426 家造纸生产企业中,亏损企业有 452 家,占 18.63%。

三、纸浆生产和消耗情况

(一)2021 年纸浆生产情况

据中国造纸协会调查资料,2021 年全国纸浆生产总量 8177 万吨,较上年增长 10.83%。其中:木浆 1809 万吨,较上年增长 21.41%;废纸浆 5814 万吨,较上年增长 8.41%;非木浆 554 万吨,较上年增长 5.52%。

(二)2021 年纸浆消耗情况

2021 年全国纸浆消耗总量 11010 万吨,较上年增长 7.94%。木浆 4151 万吨,占纸浆消耗总量 38%,其中进口木浆占 22%、国产木浆占 16%;废纸浆 6311 万吨,占纸浆消耗总量 57%,其中:进口废纸浆占 3%、用国内废纸制浆占 54%;非木浆 548 万吨,占纸浆消耗总量 5%。

(三)2021 年废纸利用情况

2021 年利用国内回收废纸总量 6491 万吨,较上年增长 18.17%,废纸回收率 51.3%,废纸利用率 54.1%,2012~2021 年国内废纸回收量年均增长率 4.22%。

四、纸制品生产和消费情况

据统计,2021 年全国规模以上纸制品生产企业 4278 家,生产量 7739 万吨,较上年增长 12.81%;消费量 7383 万吨,较上年增长 12.68%;进口量 19 万吨,出口量 375 万吨。2012~2021 年,纸制品生产量年均增长率 5.44%,消费量年均增长率 5.47%。

五、纸及纸板、纸浆、废纸及纸制品进出口情况

(一)纸及纸板、纸浆、废纸及纸制品进口情况

2021 年纸及纸板进口 1090 万吨,较上年增长 -5.55%;纸浆进口 3052 万吨,较上年增长 -2.65%;废纸进口 54 万吨,较上年增长 -92.16%;纸制品进口 19 万吨,较上年增长 18.75%。

2021 年进口纸及纸板、纸浆、废纸、纸制品合计 4215 万吨,较上年增长 -15.60%,用汇 290.17 亿美元,较上年增长 19.93%。进口纸及纸板平均价格为 695.54 美元/吨,较上年平均价格增长 26.94%;进口纸浆平均价格为 675.49 美元/吨,较上年平均价格增长 31.78%;进口废纸平均价格为 246.26 美元/吨,较上年平均价格增长 40.51%。

(二)纸及纸板、纸浆、废纸及纸制品出口情况

2021 年纸及纸板出口 547 万吨,较上年增长 -6.81%;纸浆出口 15.42 万吨,较上年增长 46.16%;废纸出口 0.12 万吨,与上年持平;纸制品出口 375 万吨,较上年增长 15.74%。

2021 年出口纸及纸板、纸浆、废纸、纸制品合计 937.54 万吨,较上年增长 1.72%,创汇 243.59 亿美元,较上年增长 14.97%。出口纸及纸板平均价格为 1647.32 美元/吨,较上年平均价格增长 3.95%;出口纸浆平均价格为 1224.51 美元/吨,较上年平均价格增长 12.82%。

(三) 纸及纸板各品种进出口量比重

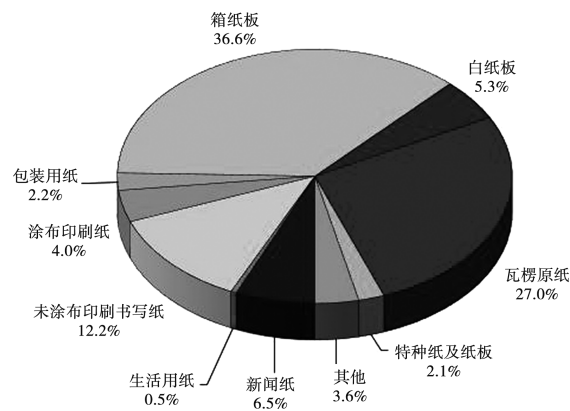


图 1 2021 年纸及纸板各品种进口量比重

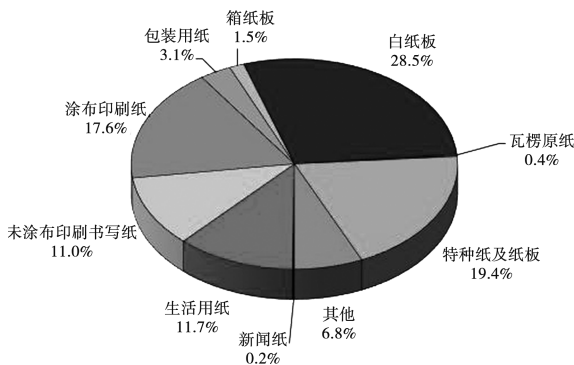


图 2 2021 年纸及纸板各品种出口量比重

(四) 纸及纸板主要产品 2012~2021 年进出口情况

1、新闻纸:2021 年进口量大于出口量,净进口量 70 万吨。

2、未涂布印刷书写纸:2021 年进口量大于出口量,净进口量 73 万吨。

3、涂布印刷纸:2021 年进口量小于出口量,净出口量 52 万吨。

其中:铜版纸:2021 年进口量小于出口量,净出口量 26 万吨。

4、生活用纸:2021 年进口量小于出口量,净出口量 59 万吨。

5、包装用纸:2021 年进口量大于出口量,净进口量 7 万吨。

6、白纸板:2021 年进口量小于出口量,净出口量 98 万吨。

其中:涂布白纸板:2021 年进口量小于出口量,

净出口量 99 万吨。

7、箱纸板:2021 年进口量大于出口量,净进口量 391 万吨。

8、瓦楞原纸:2021 年进口量大于出口量,净进口量 292 万吨。

9、特种纸及纸板:2021 年进口量小于出口量,净出口量 83 万吨。

(五) 纸制品进出口情况

1、2021 年纸制品进口量 19 万吨,较上年增加 3 万吨,同比增长 18.75%。

2、2021 年纸制品出口量 375 万吨,较上年增加 51 万吨,同比增长 15.74%。

六、纸及纸板生产布局与集中度

根据中国造纸协会调查资料,2021 年我国东部地区 11 个省(区、市),纸及纸板产量占全国纸及纸板产量比例为 69.6%;中部地区 8 个省(区)比例占 18.5%;西部地区 12 个省(区、市)比例占 11.9%。

2021 年山东省、广东省、江苏省、浙江省、福建省、河南省、湖北省、重庆市、河北省、四川省、广西壮族自治区、安徽省、天津市、江西省、湖南省、辽宁省和海南省 17 个省(区、市)纸及纸板产量超过 100 万吨,产量合计 11606 万吨,占全国纸及纸板总产量的 95.88%。

结语

2021 年在国内经济形势整体稳中向好及外贸增加的带动下,造纸行业克服了原料、能源、运输等成本上涨,新冠疫情多点散发对市场带来诸多不确定因素等影响,通过优化产业结构,提升产品质量,适应市场需求变化,加快绿色发展步伐,保障了市场供给,实现了产销两旺,经济效益显著增长,保持了造纸行业平稳发展。

附表：

2021 年重点造纸企业产量前 30 名企业

序号	单位名称	产量（万吨）		
		2020 年	2021 年	同比 %
1.	玖龙纸业（控股）有限公司	1615.00	1734.00	7.37
2.	山东太阳控股集团有限公司	547.77	711.66	29.92
3.	理文造纸有限公司	630.21	643.72	2.14
4.	山鹰国际控股股份公司	510.17	602.13	18.03
5.	山东晨鸣纸业集团股份有限公司	577.00	550.00	-4.68
6.	山东博汇集团有限公司	306.91	313.52	2.15
7.	江苏荣成环保科技股份有限公司	253.59	312.00	23.03
8.	华泰集团有限公司	314.10	301.70	-3.95
9.	中国纸业投资有限公司	270.00	274.00	1.48
10.	联盛纸业（龙海）有限公司	230.00	274.00	19.13
11.	宁波亚洲浆纸业有限公司	262.60	194.90	-25.78
12.	金东纸业（江苏）股份有限公司	190.00	184.00	-3.16
13.	金红叶纸业集团有限公司	177.00	178.00	0.56
14.	武汉金凤凰纸业有限公司	132.45	173.00	30.62
15.	山东世纪阳光纸业集团有限公司	155.92	171.07	9.72
16.	东莞建晖纸业有限公司	148.00	161.00	8.78
17.	亚太森博中国控股有限公司	163.40	158.00	-3.30
18.	海南金海浆纸业有限公司	148.48	154.43	4.01
19.	浙江景兴纸业股份有限公司	134.86	153.78	14.03
20.	维达国际控股有限公司	125.00	139.00	11.20
21.	广西金桂浆纸业有限公司	134.03	133.89	-0.10
22.	新乡新亚纸业集团股份有限公司	101.25	123.39	21.87
23.	东莞金田纸业有限公司	95.41	122.72	28.62
24.	东莞金洲纸业有限公司	107.35	117.17	9.15
25.	芬欧汇川（中国）有限公司	92.00	108.00	17.39
26.	泰盛科技（集团）股份有限公司	61.58	101.80	65.31
27.	大河纸业有限公司	62.73	95.26	51.86
28.	恒安国际集团有限公司	109.40	93.70	-14.35
29.	河南省龙源纸业股份有限公司	82.98	93.64	12.85
30.	东莞顺裕纸业有限公司	68.60	74.00	7.87

注：按已收集到的数据排列

2021 年箱纸板主要生产企业

序号	单位名称
1.	玖龙纸业（控股）有限公司
2.	山鹰国际控股股份公司
3.	理文造纸有限公司
4.	山东太阳控股集团有限公司
5.	江苏荣成环保科技股份有限公司
6.	山东世纪阳光纸业集团有限公司
7.	浙江景兴纸业股份有限公司
8.	联盛纸业（龙海）有限公司
9.	东莞建晖纸业有限公司
10.	东莞金洲纸业有限公司
11.	永丰余造纸（扬州）有限公司
12.	山东博汇集团有限公司
13.	河南省龙源纸业有限公司
14.	浙江荣晟环保纸业股份有限公司
15.	邹平汇泽实业有限公司

注：按已收集到的数据排列（2021 年产量 30 万吨以上）

2021 年瓦楞原纸主要生产企业

序号	单位名称
1.	玖龙纸业（控股）有限公司
2.	武汉金凤凰纸业有限公司
3.	山鹰国际控股股份公司
4.	河南省龙源纸业有限公司
5.	江苏荣成环保科技股份有限公司
6.	东莞金洲纸业有限公司
7.	华泰集团有限公司
8.	联盛纸业（龙海）有限公司
9.	山东世纪阳光纸业集团有限公司
10.	浙江景兴纸业股份有限公司
11.	江苏长丰纸业有限公司
12.	理文造纸有限公司
13.	山东仁丰特种材料股份有限公司

注:按已收集到的数据排列(2021 年产量 30 万吨以上)

2021 年竹浆主要生产企业

序号	单位名称
1.	泰盛科技（集团）股份有限公司
	四川永丰纸业股份有限公司 贵州赤天化纸业股份有限公司 四川天竹竹资源开发有限公司
2.	重庆理文造纸有限公司
3.	宜宾纸业股份有限公司
4.	环龙工业集团有限公司
5.	四川犍为凤生纸业有限责任公司

注:按已收集到的数据排列(2021 年产量 10 万吨以上)

2021 年蔗渣浆主要生产企业

序号	单位名称
1.	广西东糖投资有限公司
2.	广西洋浦南华糖业集团股份有限公司
3.	广西湘桂华糖制糖集团来宾纸业有限责任公司

注:按已收集到的数据排列(2021 年产量 10 万吨以上)

江苏省造纸工业 2021 年运营概况及未来发展展望

江苏省造纸行业协会 邹鹏

2021 年,在世纪疫情冲击下,百年变局加速演进,外部环境更趋严峻复杂和不确定。但是在多项宏观政策的共同努力下,中国经济增速继续保持全球领先,为造纸行业的发展提供了广阔的空间。江苏造纸工业在政策利好下运行平稳,行业景气度持续提升,新增产能不断释放,行业发展呈现出稳中有升、稳中有进、稳中向好的新局面。江苏机制纸及纸板总产量 1528 万吨,首次突破 1500 万吨大关,较 2020 年同比增长了 3.5%。

一、江苏省造纸工业生产经营情况

(一)主要生产经济指标完成情况

1、机制纸及纸板总产量

据江苏省造纸行业协会调查统计,2021 年江苏省造纸工业累计生产机制纸及纸板总产量 1528 万吨,相比于 2020 年的 1477 万吨增长 3.5%。

2、主要纸种产量

(1)文化用纸

2021 年江苏省文化用纸生产量 386 万吨,占全省机制纸及纸板总生产量的 25.3%,比 2020 年的 391 万吨减少 1.3%。

其中:

铜版纸生产量 196 万吨,比 2020 年的 199 万吨减少 1.5%;双胶纸和复印纸原纸生产量 190 万吨,比 2020 年的 192 万吨减少 1.0%。

(2)包装用纸及纸板

2021 年江苏省包装用纸及纸板生产量为 979 万吨,占全省机制纸及纸板总生产量的 64.1%,比 2020 年的 931 万吨增长 5.2%。

其中:

瓦楞原纸生产量 291 万吨,比 2020 年的 276 万

吨增长 5.4%;箱纸板生产量 403 万吨,与 2020 年基本持平;白纸板生产量 106 万吨,比 2020 年的 73 万吨增长 45.2%;白卡纸生产量 163 万吨,比 2020 年的 165 万吨减少 1.2%,纱管原纸生产量 16 万吨,与 2020 年基本持平。

(3)生活用纸

2021 年江苏省生活用纸生产量 143 万吨,占全省机制纸及纸板生产量的 9.4%,比 2020 年的 141 万吨增长 1.4%。

(4)特种纸及纸板

2021 年江苏省特种纸及纸板生产量为 20 万吨,包括无碳复写纸、防伪票证纸、热敏纸、纸杯原纸、三滤纸、蚊香片纸、箱包纸板、鞋底纸板等,占全省机制纸及纸板总生产量的 1.3%,比 2020 年的 14 万吨增长 42.9%。

3、纤维原料结构情况

2021 年江苏省纸浆总用量 1217 万吨,比 2020 年的 1185 万吨增长 2.7%。江苏省木浆、废纸浆、非木浆原料结构分别为 38.3%、61.2%、0.5%。

其中:

木浆用量 466 万吨,比 2020 年的 476 万吨减少 2.1%,占总用浆量的 38.3%,比 2020 年的 40.2%减少了 1.9 个百分点。

废纸浆用量 745 万吨,比 2020 年的 700 万吨增长 6.4%,占总用浆量的 61.2%,比 2020 年的 59.1%增长了 2.1 个百分点。

非木浆用量 6 万吨,比 2020 年的 9 万吨减少 33.3%,占总用浆量的 0.5%,比 2020 年的 0.7%减少了 0.2 个百分点。

4、实现产值、销售收入、税金及利润情况

据江苏省造纸行业协会统计,2021 年,江苏省造纸工业总计完成工业总产值 736 亿元,比 2020 年

的 665 亿元增长 10.7%;实现销售收入 753 亿元,比 2020 年的 673 亿元增长 11.9%;上缴税金 31 亿元,比 2020 年的 25 亿元增长 24.0%;实现利润 87 亿元,比 2020 年的 55 亿元增长 58.2%(利润大幅增长主要原因是企业搬迁补偿以及新增产能投产止损为盈,除去以上因素利润增长在 9.1%)。全省亏损制浆造纸企业共 3 家。

(二)行业运营情况分析

1、主要纸种产量变动分析

(1)铜版纸产量减少 3 万吨的主要原因是金东纸业产量减少了 10 万吨,芬欧汇川、江苏王子以及金华盛纸业产量也相应增加近 1 万吨、3 万多吨和 3 万吨。双胶纸和复印纸原纸总产量减少 2 万吨,主要是芬欧汇川产量减少了 6 万吨,金华盛减少 1.5 万吨,金东纸业、江苏王子双胶纸产量相应增加近 1.5 万吨、2 万吨。受全球公共卫生事件影响,近两年中国文化纸市场跌宕起伏,2021 年受美国新一轮经济刺激作用,全球大宗商品价格轮动上涨,木浆以及造纸化学品价格高位震荡,国际市场需求依然低迷,国内文化纸市场需求未出现明显变化。

(2)包装用纸及纸板总产量占全省机制纸及纸板总产量的 64.1%的比重,同比增长了 1.5 个百分点;包装纸产量的提升主要是瓦楞纸产量增加 15 万吨、白纸板产量增加 33 万吨。主要是人们环保意识提升和消费理念升级,环保型、经济型包装材料逐渐获得市场青睐,加之“限塑令”趋严,白板纸作为替代产品,并在应用场景多元化与消费升级助力下,消费量出现攀升。相信在以纸代塑的时代背景下,未来包装纸的市场前景依然可观。

(3)生活用纸总产量占全省机制纸及纸板总产量的 9.4%的比重,同比减少了 0.1 个百分点。全省生活用纸总产量同比增加 2 万吨,主要原因江苏王子生活用纸原纸一期项目投产使产能提升。

2、区域产量分布情况

2021 年,苏南地区纸及纸板生产量合计 1051 万吨,占江苏省纸及纸板总生产量的 68.8%,比 2020 年的 1039 万吨增长 1.2%;苏中地区纸及纸板生产量合计 131 万吨,占江苏省纸及纸板总生产量的 8.6%,比 2020 年的 128 万吨增长 2.3%;苏北地

区纸及纸板生产量合计 346 万吨,占江苏省纸及纸板总生产量的 22.6%,比 2020 年的 310 万吨增加了 11.6%。主要原因是近年长江经济带环保政策趋严,造纸产能由沿江发展逐步呈现出沿海布局的新发展态势。江苏博汇、灌云利民纸业、江苏富勤纸业蓬勃发展,徐州中兴纸业技改投产,加上响水县的造纸产业园一批造纸产业运营良好,苏北地区的产能比重逐步提升。

3、内、外(合)资企业产量比重

2021 年,江苏省内资造纸企业生产量合计 285 万吨,占江苏省机制纸及纸板总生产量的 18.7%,比 2020 年的 16.5%增长了 2.2 个百分点,生产量比 2020 年的 243 万吨增加了 17.3%;江苏省外(合)资造纸企业生产量合计 1243 万吨,占江苏省机制纸及纸板总产量的 81.3%,比 2020 年的 83.5%下降了 2.2 个百分点,生产量比 2020 年的 1234 万吨微增 0.7%。

主要是江苏的外(合)资企业整体规模和体量较大,产能和效益相对稳定,随着营商环境进一步优化、原料成本优势缩减,内资新增产能释放等因素影响,内资产能比例也逐步提高。

4、大中型造纸企业的市场份额稳中向好

2021 年中国经济发展稳中向好,不断拉动对纸张的需求,行业景气度持续提升。10 万吨以上的大中型造纸企业合计产量达到 1425 万吨,占全省造纸总生产量的 96.3%,与 2020 年的 1422 万吨基本持平。其中,年产量 50 万吨以上的大型造纸企业 2021 年合计产量达到 1245 万吨,占全省造纸总生产量的 81.5%,与 2020 年 1245 万吨持平;2021 年全省大中型造纸企业的平均规模达到 67.8 万吨,与 2020 年 67.7 万吨相比基本持平。

5、规模企业概况

2021 年产量达到 10 万吨的造纸企业共 20 家,产量在 50 万吨以上的企业有如下 11 家:

年产 200 万吨以上规模企业 1 家;
年产 100~200 万吨规模企业 4 家;
年产 50~100 万吨规模企业 6 家;
年产 10~50 万吨规模企业 9 家。

2021 年江苏省机制纸及纸板生产量达 50 万吨		
以上的企业名单		
序号	企业名称	生产量/万吨
1	玖龙纸业(太仓)有限公司	308
2	金东纸业(江苏)股份有限公司	184
3	江苏博汇纸业有限公司	163
4	金红叶纸业集团有限公司	117
5	江苏理文造纸有限公司	112
6	芬欧汇川(中国)有限公司	87
7	无锡荣成环保科技有限公司	84
8	永丰余造纸(扬州)有限公司	73
9	江苏王子制纸有限公司	66
10	金华盛纸业(苏州工业园区)有限公司	63
11	江苏长丰纸业有限公司	54

二、江苏省造纸工业未来发展情况展望

“十四五”是江苏省工业高质量发展的关键时期,机遇和挑战并存。从机遇看,新发展格局加快构建,国内超大规模市场优势进一步发挥,特别是人民生活水平日益增长和消费理念升级,对于高端环保材料需求将变得更加迫切,为造纸行业的持续健康发展提供了广阔的空间。

从 2016 年下半年开始,由供给侧改革、环保关停、禁止外废等一系列产业政策,淘汰整合了一批落后产能,各种资源要素逐步流向头部企业,造纸行业产能迅速向头部聚集,也为造纸行业强化产业链韧性提供了基础支撑。新一轮科技革命和产业变革重塑全球经济结构,特别是新一代信息技术和制造业深度融合,也为造纸工业转型升级锻造新优势提供了动力源泉。

从挑战看,面对经济全球化逆流和新冠肺炎疫情广泛影响,我国经济发展面临多年未见的需求收缩、供给冲击、预期转弱三重压力。原料、能源对产

业链供应链安全冲击愈发明显,产品利润率下降国内市场竞争加剧,开拓国际市场难度明显增加。面对资源能源和生态环境的强约束,碳达峰碳中和的硬任务,造纸行业绿色高质量发展任务更加紧迫。

面对原料、能源、双碳政策等多重挑战,江苏造纸行业立足新阶段的新形势和新要求,将从产业空间布局、绿色、循环、智能、安全五个方面进行提质增效,确保江苏造纸行业高质量发展稳步向前,为推动江苏经济高质量发展再上新台阶贡献力量。

(一)优化行业空间布局。随着长江经济带生态保护政策趋严,人们对生态环境安全提出新的要求,未来我省造纸行业空间结构将重新进行布局,新增造纸产能从沿江分布逐步向连云港、盐城、南通等沿海区域转移,不具备转移条件的造纸企业进一步提质增效发展。

(二)加快行业发展绿色化。强化绿色发展观念,根据造纸行业碳达峰实施方案,积极实施节能降碳行动,加快推进企业节能低碳改造升级,鼓励有条件的企业率先达峰。

(三)提高行业资源循环化。提升资源综合利用水平,持续提升关键工艺和过程管理水平。提高资源利用效率,不断完善废旧物资回收利用体系,优化废纸处理工艺和装备。

(四)加速行业转型智能化。加快生产过程智能化,推进数字化基础设施建设,结合工业互联网、智能制造、5G 技术,提升整个造纸工艺流程的生产效率、能力和质量,使造纸过程变得更加智能、高效、节能和可持续。

(五)保障产业体系安全化。梳理产业链供应链短板,提高资源保障能力,坚持走国内国际双循环之路,一方面深入挖潜国内资源,另一方面拓展多元化资源供给渠道,加强与合规龙头企业进行原料供应强强联合,分解市场风险压力。

低质桦木片对杨木 BCTMP 生产线的影响及对策

焦健¹ 邓拥军¹ 盘爱享¹ 陈伟伟² 范刚华²

(1. 中国林业科学研究院林产化学工业研究所, 江苏南京, 210042;

2. 江苏金沃机械有限公司, 江苏镇江, 212415)

摘 要 因优质原料供应不足, 某企业在杨木 BCTMP 生产线原料中添加了 40% 的低质桦木片。原料质量变更后, 成浆抗张指数下降 20.16%。松厚度下降 3.90%, 并且工艺调整空间有限, 无法制备满足纸机需求的合格浆料。为解决此问题, 对该进口生产线进行了技术改造, 在两段预浸渍中加入一台双螺杆加压浸渍器, 对混合木片进行均质化处理。使用新系统后, 与原系统混合材的最优工艺相比, 过氧化氢总用量降低 14.15%, 氢氧化钠总用量降低 9.69%, 所得浆料在较高游离度下, 满足纸机对浆料的各项需求。对原料的均质化处理是解决原料结构波动对化机浆生产线稳定运行影响问题的关键。

关键词 杨木; BCTMP 化机浆; 低质桦木片; 双螺杆加压浸渍器

1 概述

山东某企业漂白化学热磨机械浆 (Bleached Chemi-Thermo-Mechanical Pulp, BCTMP) 生产线原以国产新鲜杨木为主要原料, 设计产量 10 万吨/年, 生产白度 66-80% ISO 的漂白杨木化学机械浆。所产纸浆主要应用于该企业新闻纸, 高档文化用纸生产线。

该生产线按目前主流 BCTMP 工艺设计, 其流程为: 来自备料系统的合格木片经洗涤、汽蒸后, 加入适量化学药品进行两段预浸渍, 再送入锥式高浓磨进行初段高浓压力磨浆。所得浆料经喷放、热交换后进行高浓漂白。漂后纸浆经消潜稀释后送至并联的三台低浓盘磨机发展强度。磨后纸浆经筛选、洗涤浓缩后, 成浆在中浓浆塔内储存备用。

杨树是我国北方主要的速生林树种, 具有树干高大, 生长速度较快, 生命力强, 适应性强等特点, 一直是我国北方制浆造纸企业的主要原料来^[1,2]。近年来, 我国杨木种植面积逐年递减, 主要原因有: 1、杨树每年春天释放出大量轻质易燃的杨絮, 不仅影响人们的日常出行, 还会造成交通消防安全隐患; 2、随着我国城市化进程的不断加速, 特别是基于互联

网生态的服务业的蓬勃发展, 大量农村劳动人口进入城市工作, 客观上造成农村劳动力短缺; 3、随着人民生活水平的不断提高, 对公共环境、居住环境的要求也日益提高, 景观树木的需求持续上涨。与景观树木相比, 杨木附加值较低, 收购价格相对低迷, 农民种植杨树积极性低。因此, 新鲜杨木供应量日益萎缩, 企业急需寻找新的制浆原料^[3]。

2 低质桦木片对杨木 BCTMP 生产线的影响

桦木是北美地区主要的制浆原料之一。与杨木相比, 桦木具有纤维细长, 细胞壁薄, 基本密度大等特性 (表 1)。从化学组分看, 桦木的半纤维素含量相对较高, 木质素含量较低, 纤维素含量与杨木差异不大^[4]。新鲜桦木是杨木 BCTMP 生产线理想的替代原料。

然而, 该企业此次采购的低质桦木片已在港口存放超过一年。由图 1 可以看到, 与新鲜杨木片 (图 2) 相比, 该批木片虽然尺寸比较均匀, 但已出现霉变现象且水分均一性较差, 基础白度较低, 给后续制浆系统的运行、化学品消耗量的控制和成浆各项指标的稳定制造了难题。

表 1 杨木和枫木的基本属性

	纤维直径/	纤维壁厚/	纤维长/	基本密度/	化学组分含量/%		
	μm	μm	mm	kg · m ⁻³	纤维素	半纤维素	木质素
杨木	22.2	3.5	0.9	460	48.3	27.5	20.8
桦木	19.0	2.9	1.2	580	48.0	30.4	19.0



图 1 低质桦木片外观形貌



图 2 新鲜杨木片外观形貌

在添加低质桦木片之前,公司 BCTMP 生产线以当地生长的新鲜杨木片为原料,生产的漂白化学机械浆供给该企业的新闻纸、高档文化用纸生产线。纸机对化学机械浆的各项技术指标要求主要有:游离度:320~400 mL CSF,白度≥68.0%ISO,松厚度≥2.8 cm³ · g⁻¹,抗张指数≥25.0 N · m · g⁻¹,纤维束含量≤0.1%。生产工艺及成浆指标见表 2 中 A1 工艺。加入 40%的低质桦木片后,成浆各项指标均有

不同程度的下降。为控制纤维束含量,车间强化了盘磨处理,成浆游离度由 380 mL CSF 下降至 334 mL CSF,纤维束含量依然超过了控制标准,并且抗张指数下降了 20.16%,松厚度下降了 3.90%。为保证白度达标,在漂白段增加过氧化氢用量 9.65 kg · t⁻¹,成浆白度为 68.13% ISO 勉强超过纸机要求的 68% ISO,下降了 1.67% ISO。

表 2 加入低质桦木片对 BCTMP 生产线工艺参数及成浆指标的影响

工艺 编号	原料	化学品用量/kg · t ⁻¹						成浆指标				
		预浸渍		漂白		总用量		游离度/ mL	抗张指数/ N · m · g ⁻¹	松厚度/ cm ³ · g ⁻¹	纤维束/ %	白度/ %
		H ₂ O ₂	NaOH	H ₂ O ₂	NaOH	H ₂ O ₂	NaOH					
A1	杨木	7.50	13.66	30.00	23.59	37.50	37.25	380	26.18	2.82	0.075	69.80
A2	混合*	7.50	13.66	39.65	23.59	47.15	37.25	334	20.78	2.71	0.113	68.13

* 杨木桦木混合木片(质量比 3 : 2),下同

有研究表明,当纤维原料因长期存放自然风干后,原生物体内组织液中的各种可溶性物质将沉淀附着于细胞内壁,此类物质往往表面呈疏水性,将在后续进入制浆系统后,影响化学药液的渗透^[5]。此外,长期暴露在露天料场的纤维原料会发生腐败现象,严重时将进一步发生热解作用。各类生物代谢

产物和氧化热解反应产物分子量较小,溶解性较好,在纤维原料进入预浸或者漂白工序时更容易接触制浆化学品,发生化学反应。此类物质不仅降低了化学品处理效率,还会影响成浆的物理性能和光学性能^[5,6]。

表 3 添加低质桦木片后高浓盘磨出口浆料指标变化

工艺编号	原料	预浸渍化学品用量/ $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$		出口浆料指标			
		H_2O_2	NaOH	游离度/ mL	纤维束/%	白度/%	pH
A1	杨木	7.50	13.66	660	6.67	43.2	9.05
A2	混合	7.50	13.66	540	10.75	34.4	9.55

从加入低质桦木片后高浓盘磨出口浆料的指标变化可以进一步证实这一点(见表 3)。化学品用量不变的前提下,盘磨出口浆料的 pH 值上升了 0.62,低质桦木片的加入阻碍了化学品渗透,降低了化学品反应效率。木片均匀适度的软化是取得良好磨浆效果的基础。加入药液渗透效果不佳、基础白度较低的低质桦木片(见图 2)不仅使得浆料白度下降,而且导致高浓盘磨进料状态的均匀性变差,磨浆效果随之恶化。车间为控制纤维束含量,减小了磨盘间隙,增加了磨浆功率输出,出口浆料游离度下降了 80 mL,但纤维束含量依然上升了 4.08%。

因此,如何提高化学品的渗透效果,恢复木片软化效果是解决低质桦木片对该生产线造成的系统问

题的关键。

3 解决方案

最初,该企业试图通过调整化学品用量和强化盘磨处理来解决低质桦木片对原系统造成的负面影响(见表 4)。同时提高预浸渍段和漂白段过氧化氢和氢氧化钠的用量,其中过氧化氢总用量提高到 $55.50 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$,氢氧化钠总用量提高到 $47.65 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$,并且将浆料游离度降低至 308 mL CSF。虽然所得浆料的纤维束,抗张强度和白度指标达标,但松厚度降低至 $2.30 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$,与标准差异较大。

表 4 调整化学品用量后的工艺参数及成浆指标

工艺 编号	原料	化学品用量/ $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$						成浆指标				
		预浸渍		漂白		总用量		游离度/ mL	抗张指数/ $\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{g}^{-1}$	松厚度/ $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$	纤维束/ %	白度/ %
		H_2O_2	NaOH	H_2O_2	NaOH	H_2O_2	NaOH					
A3	混合	9.70	15.94	39.80	30.71	55.50	46.65	308	26.12	2.30	0.081	69.50
A4	混合	10.06	14.88	44.07	27.44	54.13	42.32	354	24.05	2.74	0.108	69.87

随后,在工艺 A3 的基础上对化学品用量和磨浆电耗进行了进一步调整,将氢氧化钠的总用量降低至 $42.32 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$,并提高成浆游离度至 354 mL CSF。虽然提高成浆松厚度至 $2.74 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$,但抗张指数下降至 $24.05 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{g}^{-1}$,纤维束上升至 0.108%。该批桦木片品质较差,压缩了工艺调整空间。添加 40%低质桦木片后该生产线已无法生产出满足后续纸机车间需求的合格浆料。

解决这一技术问题的关键是如何提高低质桦木片的吸液能力,实现混合原料的均质预浸。经过中国林业科学研究院林产化学工业研究所中试优化和多方技术论证,公司决定采纳林产化学工业研究所提出的改造技术方案。在两段预浸渍停留反应仓之间增设一台双螺杆加压浸渍器(Twin-Screw Pressurized Impregnator, TSPI),强化对混合木片的揉搓处理,提高预浸渍段化学品的反应效率。

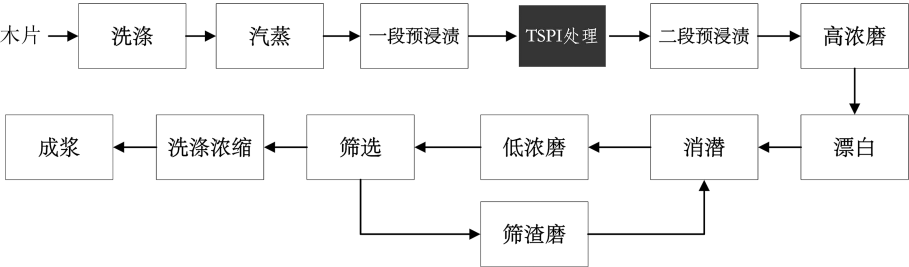


图 3 改造后的 BCTMP 生产线工艺流程图

双螺杆加压浸渍器是专为低成本,高效率地揉搓木质原料、实现物料均匀浸渍而设计的新型化机浆磨前预处理设备。TSPI 的揉搓挤压处理不仅可以适度破坏物料生物学组织结构,增加物料的比表面积,还可以去除胞腔结构中的空气和可溶性抽提物,提高吸液能力^[7]。该设备采用模块化设计,通过调节反压螺套的开口尺寸和处理段数,可以将片

状物料解离为杆状、针状以至丝状状态(见图 4:b-d),能够满足不同类型盘磨对进料状态的需求^[8]。TSPI 挤压揉搓处理可以将物料干度提升至 45%以上,风干木片中沉积在细胞壁纹孔中阻碍药液渗透的霉变、热解产物随废液排出(见图 4:e),极大的改善了物料的吸液能力。

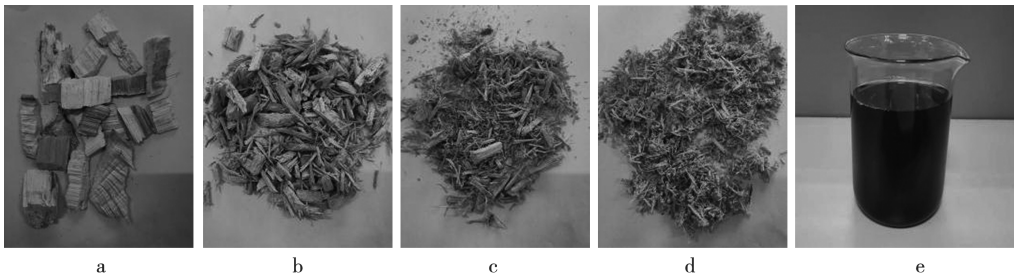


图 4 TSPI 处理效果:a 为物料初始状态,b-d 为不同齿轮开口、不同挤压段数处理后的物料状态,e 为 TSPI 挤出废液

表 5 TSPI 处理对纤维原料吸液能力的改善效果

原料	吸液能力/ $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$						
	初始值	一段处理后		二段处理后		三段处理后	
		大开口	小开口	大开口	小开口	大开口	小开口
杨木	1.41	1.83	2.13	2.17	3.76	2.72	4.92
混合材	1.04	1.51	1.86	1.96	3.57	2.55	4.83
杨木与混合材差值	0.37	0.32	0.27	0.21	0.19	0.17	0.09

由表 5 可见,TSPI 的多段挤压揉搓,可以提高物料的吸液能力,新鲜杨木片的吸液能力可以提高 30%–249%,混合材的吸液能力可以提高 45%–364%,原料的初始吸液能力越低,改善效果越明显。此外,TSPI 的均质化处理还显著地消除了风干桦木片对吸液能力的负面影响。随着处理强度的逐渐提高,混合材与新鲜杨木片的吸液能力差值逐渐减少。使用小开口反压螺套组件三段处理后,混合材与杨木的吸液能力差值降低至 $0.09\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ 。最终,车间根据后续高浓盘磨对进料浓度和状态的要求,选择了合适的 TSPI 处理强度。

高浓盘磨出口浆料的指标变化直接反应了 TSPI 处理提高物料吸液能力对预浸段化学品的反应效率的改善(表 6)。TSPI 的调试工艺(B1)使用了与原系统 A4 工艺相同的化学品用量。出口浆料 pH 由 9.67 下降至 9.25,出口白度由 36.82% ISO 上升至 39.61% ISO,残余碱液的下降和物料白度的上升说明强化揉搓处理后,浸渍化学品与物料发生了

更多的有效接触。预浸渍段运行状况的改善减轻了后续高浓盘磨的处理压力。出口物料在游离度上升的前提下,纤维束含量下降了 2.92%,意味着新系统在高浓盘磨处理时用更少的机械处理取得了更好的磨浆效果,从另一个侧面反映出化学品反应效率的提高。从表 7 可以看到,调试工艺 B1 的成浆指标有了显著改善,虽然松厚度较低,但成浆抗张强度 $30.50 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{g}^{-1}$ 远超纸机要求,为后续工艺调整提供了空间。

经过一系列的优化调整,最终确定稳定运行工艺 B2。由表 7 可见,成浆各项指标均满足纸机要求,纤维束含量降低至 0.061%。与原系统混合材的最优工艺 A4 相比,过氧化氢总用量降低 14.15%,氢氧化钠总用量降低 9.69%。更重要的是成浆游离度为 390 mL CSF,抗张强度已达到 $26.81 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{g}^{-1}$,松厚度已达到 $2.85 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$,为制造更高品质的浆种提供了充裕的工艺调整空间。

表 6 TSPI 处理后高浓盘磨出口浆料指标变化

工艺编号*	原料	预浸渍化学品用量/kg·t ⁻¹		出口浆料指标			
		H ₂ O ₂	NaOH	游离度/mL	纤维束/%	白度/%	pH
A4	混合	10.06	14.88	494	7.27	36.82	9.67
B1	混合	10.06	14.88	577	4.35	39.61	9.25
B2	混合	10.06	12.30	643	5.42	41.26	8.94

* A 系列为原系统工艺,B 系列为 TSPI 处理后系统工艺

表 7 TSPI 处理对 BCTMP 生产线工艺参数及成浆指标的影响

工艺 编号	原料	化学品用量/kg·t ⁻¹						成浆指标				
		预浸渍		漂白		总用量		游离度/ mL	抗张指数/ N·m·g ⁻¹	松厚度/ cm ³ ·g ⁻¹	纤维束/ %	白度/ %
		H ₂ O ₂	NaOH	H ₂ O ₂	NaOH	H ₂ O ₂	NaOH					
A4	混合	10.06	14.88	44.07	27.44	54.13	42.32	354	24.05	2.74	0.108	69.87
B1	混合	10.06	14.88	44.07	27.44	54.13	42.32	375	30.50	2.65	0.053	71.03
B2	混合	10.06	12.30	36.40	25.92	46.46	38.22	390	26.81	2.85	0.061	69.53

4 结论

近年来,国内制浆产能持续快速增长,原料供应问题日益恶化。如何使用质量波动较大的商品木片,枝桠材,农林剩余物等原料生产合格浆料将是相当长一段时间内国内化学机械浆生产企业需要面对的问题。国产设备双螺杆加压浸渍器在多段揉搓挤压处理过程中,不仅可以适度破坏原料结构,增加比表面积,还可挤出具有憎水性的霉变、热解沉积物,实现复杂结构纤维原料的均质化处理,提高原料的吸液能力,帮助化学品均匀渗透,显著改善复杂结构纤维原料对生产线稳定运行的影响。

山东某企业杨木 BCTMP 化机浆生产线在加入 40%的低质桦木片后,成浆质量发生较大变化,原系统工艺调整空间有限,无法继续为纸机提供合格浆料。通过技术改造,在预浸渍段加入一段 TPSI 揉搓处理后,提高了预浸渍段化学品的反应效率。与原系统混合材的最优工艺相比,过氧化氢总用量降低 14.15%,氢氧化钠总用量降低 9.69%,所得浆料在较高游离度下,满足纸机对抗张强度,松厚度,纤维束含量和白度的需求。新系统不仅可以为纸机提供合格纸浆,还为制造更高品质的浆种提供了充裕的工艺调整空间。国产设备双螺杆加压浸渍器的成功应

用为国内企业应对原料短缺问题提供了一条新方向。

参 考 文 献

[1] 邓拥军, 房桂干, 韩善明, 等. 杨木加工剩余物制漂白化学机械浆及配抄轻型纸的研究[J]. 林产化学与工业, 2009, 29(S1):262-262.

[2] 陈乐蓓, 宋国宝, 周亮. 不同条件下杨树材性和制浆造纸性能[J]. 林业科技开发, 2015.29(5):81-84

[3] 房桂干, 沈葵忠, 李晓亮. 新形势下造纸工业的纤维原料供应对策[J]. 造纸信息, 2018(5):25-29.

[4] 王菊华. 中国造纸原料纤维特性及显微图谱[M]. 中国轻工业出版社, 1999.

[5] 房桂干, 沈葵忠, 李晓亮. 中国化学机械法制浆的生产现状,存在问题及发展趋势[J]. 中国造纸, 2020, 39(5):60-67.

[6] 房桂干, 化学机械法制浆技术发展趋势——浅析化机浆生产过程影响因素[J]. 中华纸业, 2019, 40(23):34-40.

[7] LIANG F M, FANG G, JIAO J. The Use of Twin Screw Extruder Instead of Model Screw Device During Bamboo Chemo-mechanical Pulping[J]. Bioresources, 2018, 13(2):2487-2498.

[8] JIAO J, Fang G G, LIANG F M, Bleachability improvement of Eucalypt mechanical pulps using hydrogen peroxide in ethanol-water media, Bioresources, 2020, 15(1):1370-1383.

氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系中温预处理 对稻秆化机浆制浆性能的影响

周超瑜 翟睿*

(浙江省废弃生物质循环利用与生态处理技术重点实验室,浙江科技学院,浙江 杭州,310023)

摘 要 本论文利用氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系在中温条件下处理稻秆以考察该体系对稻秆化机浆制浆性能的影响规律,通过单因素试验探究最佳工艺条件。结果表明,在用碱量(氢氧化钠计)4%、处理温度 45℃、处理时间 30min(浸渍时间 15min,纤维浓度 20%)的条件下,该体系的处理效果最佳。在上述条件下,和氢氧化钠-硫脲-水体系的效果相比,氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系对纤维化学组分的脱除率相当,但磨浆能耗降低约 13%,同时成纸强度性能得到改善。

关键词 氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系;中温;稻秆;化机浆制浆性能

1 引言

和化学浆相比,化学机械浆(化机浆)拥有得率高、废液污染低、成纸松厚性能好等优势,因此近年来化机浆制浆技术得到了迅猛的发展^[1],如今随着可持续发展战略的实施,化机浆的应用领域逐渐拓宽^[2],而这也对其制浆和成纸性能提出了更高的要求。

尽管优势明显,但化学机械法制浆技术仍有十分明显的缺陷,而高磨浆能耗^[3]和低成纸强度^[4]是限制其发展的最主要因素^[5],因此如何优化性能以便于化学机械浆适用领域的持续拓宽这一研究方向受到了学者们的关注。

氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系^[6]是在氢氧化钠-硫脲-水体系^[7]基础上改进得到的可在低温、低纤维浓度条件下溶解纤维素制备纤维素基功能材料的绿色溶剂,但利用该体系在中温条件下处理农业废弃物纤维改善其化机浆制浆性能这一方向鲜有报道。经前期探索,氢氧化钠可在中温条件下润胀纤维并实现木质素的部分降解,这利于纤维润胀度和柔软度的增加,同时硫脲和氧化锌可实现润胀后纤维的进一步软化并改善其柔韧性,而上述因素均利于纤维磨浆性能和成纸强度性能的改善,此外由于

处理条件较为缓和的缘故,纤维化学组分的脱除率低,满足化机浆生产的基本要求,可以看出,该体系具备在该方向得到应用的可能性。鉴于上述分析,本论文利用氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系在中温、高纤维浓度条件下处理稻秆纤维,通过单因素试验探究其对纤维化机浆制浆性能的影响规律,并和氢氧化钠-硫脲-水体系的处理效果相对比,考察氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系的实际效率。

2 实验

2.1 实验原料和药品

取足量稻秆并剪成长约 3cm 的秆片,用 90℃ 的热水恒温浸泡洗涤 8h 后于室温下自然风干,随后密封保存以便于固含量的测定(制得风干稻秆在本论文中简称“原稻秆”)。

按 6 : 5 : 0.25 : 88.75 的质量比^[8]将氢氧化钠、硫脲、氧化锌和去离子水混合均匀并配制成水溶液,完成后于室温下密封静置保存以便于浓度的稳定。

2.2 实验方法

2.2.1 原稻秆的组分含量分析

取适量原稻秆,经纤维粉碎机粉碎完全后用孔筛充分筛选以收集介于 40 目至 60 目之间的纤维粉

末,于棕色磨口瓶中平衡水分 48h 后按国标方法检测其中有机抽提物(苯-乙醇混合液抽提,在本论文中简称“抽提物”)、灰分、木质素和综纤维素的百分含量。

2.2.2 原稻秆的碱法预处理

取适量原稻秆于反应罐中,加入氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系并用清水调至 20%的纤维浓度,室温条件下空转反应罐 15min 以便于药液的浸渍,随后调节加热功率使之以 1.5℃/min 的速率升至最高温并保温一段时间以便于预处理的充分进行,完成后用清水洗净纤维,经离心脱水和称重后于 4℃的条件下密封保存以便于固含量的检测和处理得率的计算。

2.2.3 处理后稻秆的化机浆制浆性能分析

取适量处理后稻秆,室温风干后经纤维粉碎机粉碎完全,用孔筛充分筛选以收集介于 40 目至 60 目之间的纤维粉末,随后按同样方法检测其中有机抽提物、灰分、木质素和综纤维素的百分含量并计算相应的脱除率。用清水将剩余稻秆调至 15%的浓度,用中浓盘磨机充分磨解(同时测定磨浆能耗)后经缝筛筛选以收集全部细浆,离心脱水和称重后于 4℃的条件下密封保存以便于固含量的检测和细浆得率的计算,经综合分析后确定最佳工艺条件。

在最佳工艺条件下处理足量原稻秆,经洗涤、磨解和筛选后制得细浆,用碱性过氧化氢水溶液对其进行两段漂白,在测定叩解度后以 60g/m²的定量抄片并按国标方法测定抗张指数、耐破指数和松厚度。

2.2.4 氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系处理效果的评价

在最佳工艺条件下用氢氧化钠-硫脲-水体系处理原稻秆并在洗净后按同样方法磨浆、筛选和漂

白并进行处理得率、纤维化学组分含量和脱除率、磨浆能耗、细浆得率、叩解度、白度、抗张指数、耐破指数和松厚度等相关参数的检测,评价氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系的处理效果。

3 结果与分析

3.1 原稻秆的纤维化学组分含量分析

原稻秆的纤维化学组分含量分析如表 1 所示。

表 1 原稻秆的纤维化学组分含量分析

	稻秆	杨木
有机抽提物(%)	1.71	1.42
灰分(%)	4.12	0.29
木质素(%)	16.95	22.96
综纤维素(%)	78.43	76.55

和木材原料相比(按同样方法进行热洗涤的杨木为例):原稻秆中有机抽提物和综纤维素含量相当,木质素含量低,这对制浆有利,但灰分含量极高,这会在很大程度上增加化学法制浆废液碱回收的难度,此外非木材原料中半纤维素含量高^[9],这同样对碱回收不利,因此稻秆在碱法制浆中的适用性远远不如木材原料;但在化学机械法制浆过程中,由于纤维化学组分脱除率远低于碱法制浆的缘故,灰分和半纤维素含量的差异对废液回收性能的影响相对较小,同时稻秆纤维结构疏松,利于药液的浸渍和盘磨机的磨解,因此稻秆在化学机械法制浆过程中具备较好的适用性。

3.2 用碱量对稻秆化机浆制浆性能的影响

用碱量对磨浆能耗、得率和纤维化学组分含量的影响如表 2 所示。

表 2 用碱量对磨浆能耗、得率和纤维化学组分含量的影响

用碱量 (%)	磨浆能耗 (kWh/t)	处理得率 (%)	细浆得率 (%)	抽提物 (%)	灰分 (%)	木质素 (%)	综纤维素 (%)
2	908	88.95	64.47	1.56	3.77	15.91	79.42
3	844	87.36	67.05	1.39	3.36	14.58	80.55
4	775	85.42	69.82	1.13	2.91	12.96	81.73
5	760	83.17	68.26	0.96	2.68	11.47	83.06
6	748	80.29	66.54	0.85	2.47	10.55	84.49

用碱量对纤维化学组分脱除率的影响如表 3 所示。

表 3 用碱量对纤维化学组分脱除率的影响

用碱量 (%)	抽提物 (%)	灰分 (%)	木质素 (%)	综纤维素 (%)
2	18.85	18.61	16.51	9.93
3	28.99	28.75	24.85	10.28
4	43.55	39.67	34.69	10.99
5	53.31	45.90	43.72	11.92
6	60.09	51.86	50.03	13.51

随着用碱量的增加(处理温度 50℃,处理时间 40min,浸渍时间 15min,纤维浓度 20%):磨浆能耗降低,但用碱量高于 4%时变化不明显;处理得率(即粗浆得率)降低;细浆得率增加,但用碱量高于 4%时降低;处理后纤维中有机抽提物、灰分和木质素的百分含量降低,但综纤维素的百分含量增加,此外上述四种组分的脱除率增加。

有机抽提物、灰分、木质素、纤维素和半纤维素在强碱或弱碱性环境下均可以实现显著降解,随着用碱量的增加,反应体系的碱浓增加,对纤维化学组分的脱除能力增强,上述五种组分的脱除率增加,而综纤维素含量反映纤维素和半纤维素的含量总和,因此综纤维素脱除率增加;纤维素和半纤维素的反应活性比有机抽提物、灰分和木质素低很多,在预处理过程中的脱除率相对较低,因此尽管处理后纤维中纤维素和半纤维素的绝对含量(即质量)降低,但其相对含量(即百分含量)增加;随着纤维化学组分脱除率的增加,处理后纤维的质量减少,进而导致处理得率(即粗浆得率)的降低。

木质素含量越高,纤维硬度越大,磨浆性能越差,而氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系可实现木质

素的部分脱除,利于纤维柔软度的改善,同时随着纤维润胀的进行,润胀度增加,这同样利于纤维硬度的降低,此外硫脲和氧化锌在碱性环境下也可实现纤维柔软度的持续改善,由于上述因素的协同作用,处理后纤维的磨浆性能提升,磨浆难度降低,进而导致磨浆能耗的降低。用碱量过高时,尽管木质素的脱除率持续增加,但处理条件远远不满足大量脱除组分的要求^[10],处理后纤维中木质素的含量依然很高,同时由于木质素的干扰作用,纤维润胀度和柔软度难以实现持续改善,因此纤维磨浆性能在用碱量提升至一定程度时即趋于稳定,这也是高用碱量条件下磨浆能耗无明显变化的本质原因。

细浆得率反映磨浆过程中的细纤维化程度,随着磨浆性能的改善,处理后纤维的细纤维化程度提高,制得粗浆中细纤维含量增加,同时低用碱量条件下的粗浆得率维持在较高水平,即此时细纤维化程度所给予细浆得率的正面影响大于组分脱除所给予的负面影响,细浆得率增加。用碱量过高时,纤维磨浆性能变化不明显,磨浆时的细纤维化程度趋于稳定,但纤维化学组分脱除率的持续增加导致粗浆得率无法维持在较高水平,即此时细纤维化程度所给予细浆得率的正面影响小于组分脱除所给予的负面影响,这也导致细浆得率的降低。

化学机械浆的生产对粗浆得率的要求十分严格,经调研,实际生产过程中化机浆的得率一般介于 85%-90%的范围内,而这也是预处理过程中不能采用过高用碱量的本质原因。综上,选择 4%的用碱量作为后续研究基准。

3.3 处理温度对稻秆化机浆制浆性能的影响

处理温度对磨浆能耗、得率和纤维化学组分含量的影响如表 4 所示。

表 4 处理温度对磨浆能耗、得率和纤维化学组分含量的影响

处理温度 (℃)	磨浆能耗 (kWh/t)	处理得率 (%)	细浆得率 (%)	抽提物 (%)	灰分 (%)	木质素 (%)	综纤维素 (%)
35	892	89.35	65.91	1.58	3.82	16.14	78.35
40	843	88.12	68.36	1.44	3.49	15.26	79.22
45	802	86.64	71.08	1.26	3.13	14.15	80.18
50	784	85.11	70.25	1.12	2.87	13.24	81.12
55	769	83.49	69.13	1.01	2.65	12.39	82.07

处理温度对纤维化学组分脱除率的影响如表 5 所示。

表 5 处理温度对纤维化学组分脱除率的影响

处理温度(℃)	抽提物(%)	灰分(%)	木质素(%)	综纤维素(%)
35	17.44	17.16	14.92	10.74
40	25.79	25.35	20.67	10.99
45	36.16	34.18	27.67	11.43
50	44.26	40.71	33.52	11.97
55	50.69	46.30	38.97	12.64

随着处理温度的增加(用碱量 4%,处理时间 40min,浸渍时间 15min,纤维浓度 20%):磨浆能耗降低,但处理温度高于 45℃时变化不明显;处理得率降低;细浆得率增加,但处理温度高于 45℃时降低;处理后纤维中有机抽提物、灰分和木质素的百分含量降低,但综纤维素的百分含量增加,此外上述四种组分的脱除率增加。

随着处理温度的增加,化学反应速率增加,利于纤维化学组分的脱除,这也导致有机抽提物、灰分、木质素和综纤维素脱除率的增加以及处理得率的降低,同样由于反应活性存在显著差异的缘故,处理后纤维中综纤维素的百分含量增加,而其余组分的百分含量降低。

随着处理温度的增加,木质素脱除率增加,利于处理后纤维硬度的降低以及磨浆性能的改善,此外氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系对纤维的润胀软化能力增强,同样利于纤维磨浆性能的改善,磨浆能耗降低。处理温度过高时,尽管木质素脱除率持续增加,但处理条件仍然远远不满足大量脱除组分的要求,处理后纤维中木质素的含量依然很高,进而导致纤维柔软度难以实现持续改善,因此纤维磨浆性能在处理温度增加至一定程度时即趋于稳定,这也是

高处理温度条件下磨浆能耗变化不明显的本质原因。

随着处理温度的增加,木质素脱除率以及纤维柔软度增加,处理后纤维的磨浆性能得到改善,在磨浆过程中的细纤维化程度提高,同时粗浆得率在较低处理温度条件下可以维持在较高的水平,即此时细纤维化程度所给予细浆得率的正面影响大于组分脱除所给予的负面影响,细浆得率增加。处理温度过高时,纤维磨浆性能无明显变化,在磨浆过程中的细纤维化程度趋于稳定,但温度增加所导致纤维化学组分脱除率的持续增加使粗浆得率无法维持在较高水平的范围内,即此时细纤维化程度所给予细浆得率的正面影响小于组分脱除所给予的负面影响,这也导致细浆得率的降低。

处理温度的增加还可导致预处理能耗和化学机械浆生产总能耗的增加,因此过高的处理温度不可取。综上,选择 45℃ 的处理温度作为后续研究基准。

3.4 处理时间对稻秆化机浆制浆性能的影响

处理时间对磨浆能耗、得率和纤维化学组分含量的影响如表 6 所示。

表 6 处理时间对磨浆能耗、得率和纤维化学组分含量的影响

处理时间 (min)	磨浆能耗 (kWh/t)	处理得率 (%)	细浆得率 (%)	抽提物 (%)	灰分 (%)	木质素 (%)	综纤维素 (%)
10	889	90.86	67.52	1.61	3.91	16.73	77.81
20	852	89.32	69.81	1.52	3.68	15.92	78.93
30	810	87.89	71.66	1.36	3.29	14.95	79.76
40	797	86.16	70.73	1.23	3.04	13.81	80.55
50	787	84.25	69.49	1.13	2.88	12.66	81.11

处理时间对纤维化学组分脱除率的影响如表 7 所示。

表 7 处理时间对纤维化学组分脱除率的影响

处理时间 (min)	抽提物 (%)	灰分 (%)	木质素 (%)	综纤维素 (%)
10	14.45	13.77	10.32	9.86
20	20.60	20.22	16.11	10.11
30	30.10	29.82	22.48	10.62
40	38.03	36.43	29.80	11.51
50	44.33	41.11	37.07	12.87

随着处理时间的增加(用碱量 4%,处理温度 45℃,浸渍时间 15min,纤维浓度 20%):磨浆能耗降低,但处理时间长于 30min 时变化不明显;处理得率降低;细浆得率增加,但处理时间长于 30min 时降低;处理后纤维中有机抽提物、灰分和木质素的百分含量降低,但综纤维素的百分含量增加,此外上述四种组分的脱除率增加。

纤维化学组分在碱性环境下的降解或溶出均非瞬间完成的过程,需要时间的积累,因此随着处理时间的增加,组分逐渐脱除,这也导致有机抽提物、灰分、木质素和综纤维素脱除率的增加以及处理得率的降低,同样由于反应活性存在显著差异的缘故,处理后纤维中综纤维素的百分含量增加,而其余组分的百分含量降低。

随着处理时间的增加,木质素脱除率增加,利于处理后纤维硬度的降低和磨浆性能的改善,此外氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系对纤维的润胀软化也需要时间的积累,因此纤维润胀度和柔软度随着处理时间的增加而增加,同样利于纤维柔软度和磨浆性能的改善,而随着磨浆性能的改善,磨浆能耗降低。处理时间过长时,尽管木质素脱除率持续增加,但处理条件仍然远远不满足大量脱除组分的要求,处理后纤维中木质素的含量依然很高,进而导致纤维润胀度和柔软度难以实现持续改善,因此纤维磨浆性能在处理时间增加至一定程度时即趋于稳定,这也是过长处理时间条件下磨浆能耗变化不明显的本质原因。

随着处理时间的增加,木质素脱除率以及纤维柔软度均增加,处理后纤维的磨浆性能得到改善,在

磨浆过程中的细纤维化程度提高,同时粗浆得率在较短处理时间条件下可以维持在较高的水平,即此时细纤维化程度所给予细浆得率的正面影响大于组分脱除所给予的负面影响,细浆得率增加。处理时间过长时,纤维磨浆性能无明显变化,磨浆过程中的细纤维化程度趋于稳定,但时间延长所导致纤维化学组分脱除率的持续增加使粗浆得率无法维持在较高水平的范围内,即此时细纤维化程度所给予细浆得率的正面影响小于组分脱除所给予的负面影响,这也导致细浆得率的降低。

处理时间的增加同样可导致预处理能耗和化学机械浆生产总能耗的增加,因此过长的处理时间不可取。综上,选择 30min 的处理时间作为最佳工艺条件。

从上述分析可以看出,在缓和的条件下(如较低的用碱量),氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系可实现稻秆化机浆制浆性能的最优化,但在剧烈的条件下(如较高的用碱量)则难以实现,相关的分析如下:

(1)在缓和的条件下,由木质素的脱除以及润胀软化所导致纤维润胀度和柔软度的增加可在极大程度上促进纤维磨浆性能的提升,同时纤维化学组分的脱除率低,利于粗浆得率在较高水平的维持,即此时细纤维化程度所给予细浆得率的正面影响大于组分脱除所给予的负面影响,因此磨浆能耗降低,细浆得率增加。

(2)在剧烈的条件下(以较高用碱量为例),尽管此时反应体系碱浓的增加利于纤维磨浆性能的改善,但处理条件远远不满足大量脱除组分的要求,处理后纤维中木质素含量依然很高,而木质素是纤维硬度的来源,因此纤维柔软度和磨浆性能均难以得到持续改善,更多的碱消耗于纤维化学组分降解,不利于粗浆得率在较高水平的维持,即此时细纤维化程度所给予细浆得率的正面影响小于组分脱除所给予的负面影响,这也导致细浆得率的降低,同时磨浆能耗无明显变化。

3.5 两种碱处理对稻秆化机浆制浆性能的影响

最佳工艺条件下氢氧化钠-硫脲-水体系和氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系对稻秆化机浆制浆性

能的影响如表 8 所示。

表 8 两种碱处理对稻秆化机浆制浆性能的影响

	STMP	STZMP
磨浆能耗(kWh/t)	931	810
处理得率(%)	88.04	87.89
细浆得率(%)	71.25	71.66
有机抽提物(%)	1.38	1.36
有机抽提物脱除率(%)	28.95	30.10
灰分(%)	3.35	3.29
灰分脱除率(%)	28.41	29.82
木质素(%)	15.12	14.95
木质素脱除率(%)	21.47	22.48
综纤维素(%)	79.65	79.76
综纤维素脱除率(%)	10.59	10.62
漂后白度(%)	62.88	64.53
叩解度(°SR)	16	17
抗张指数(N·m/g)	21.63	23.15
耐破指数(kPa·m ² /g)	2.48	2.56
松厚度(cm ³ /g)	2.25	2.21

注:STMP 和 STZMP 分别为原稻秆在最佳工艺条件下经氢氧化钠-硫脲-水体系以及氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系预处理以及碱性过氧化氢水溶液两段漂白后制得的细浆纤维。

和 STMP 相比,STZMP 的处理得率、细浆得率、纤维化学组分含量和脱除率、漂后白度、叩解度以及松厚度大致相当,而磨浆能耗和成纸强度的变化更明显,这表明组分脱除并非氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系改善稻秆化机浆制浆性能的主要原因,可以推断,该体系主要依靠其更强的纤维润胀软化能力实现上述目的。

随着木质素的脱除以及润胀软化的进行,纤维韧性增加,利于单根纤维强度的改善,而纤维成纸强度主要由单根纤维强度和纤维结合强度决定,同时由于纤维化学组分脱除率无显著差异的缘故,STMP 和 STZMP 的纤维结合强度相当,因此纤维韧性或单根纤维强度的有效改善是 STZMP 成纸抗张指数和耐破指数均高于 STMP 的主要原因,而由于纤维结合强度大致相当的缘故,两种纤维成纸松厚度无显著差异。

4 结论

(1)本论文利用氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系在中温条件下改善稻秆化机浆制浆性能的最佳工

艺条件为:用碱量(氢氧化钠计)4%、处理温度 45℃、处理时间 30min(浸渍时间 15min,纤维浓度 20%)。

(2)在上述条件下,和氢氧化钠-硫脲-水体系的效果相比,氢氧化钠-硫脲-氧化锌-水体系对纤维化学组分的脱除率相当,但磨浆能耗降低约 13%,同时成纸强度性能得到改善。

参 考 文 献

[1]Liu YY, Liu MR, Li HL, et al. Characteristics of high yield pulp fibers by xylanase treatment[J]. Cellulose, 2016, 23(5): 3281-3289.

[2]Salgueiro AM, Evtuguin DV, Saraiva JA, et al. High pressure-promoted xylanase treatment to enhance papermaking properties of recycled pulp[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2016, 100(23): 9885-9893.

[3]Yang Y, Reddy N. Biothermoplastics from soyproteins by steaming[J]. Industrial crops and products, 2012, 36(1): 116-121.

[4]Zhai R, Song B, Zhou XF. Modifying the refining energy consumption of chemi-mechanical pulping with NaOH-thiourea-urea aqueous solution[J]. Bioresources, 2015, 10(3): 4811-4825.

[5]Yang QF, Zhan HY, Wang SF, et al. Modification of eucalyptus CTMP fibres with white-rot fungus trametes hirsute- Effects on fibre morphology and paper physical strengths [J]. Bioresource Technology, 2008, 99(17): 8118-8124.

[6]焦丽, 马金霞, 戴红旗. 氢氧化钠-尿素-氧化锌体系制备抗油抗菌纸的研究[J]. 中国造纸学报, 2016, 31(1): 13-19.

[7]Zhang LN, Ruan D, Gao SJ. Dissolution and regeneration of cellulose in NaOH/Thiourea aqueous solution[J].Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics, 2002, 40(14): 1521-1529.

[8]Weng LH, Zhang LN, Ruan D, et al. Thermal gelation of cellulose in a NaOH/thiourea aqueous solution[J]. Langmuir, 2004, 20(6): 2086-2093.

[9]裴继诚. 植物纤维化学[M]. 中国轻工业出版社, 2012.

[10]Zhai HM, Lee ZZ. Ultrastructure and topochemistry of delignification in alkaline pulping of wheat straw[J]. Journal of Wood Chemistry and Technology, 1989, 9(5): 387-406.

漂白木浆纤维悬浮液屈服应力的研究

王晨 郑学梅

- (1. 南京林业大学江苏省制浆造纸科学与技术重点实验室, 江苏南京, 210037;
2. 南京林业大学江苏省林业资源高效加工利用协同创新中心, 江苏南京, 210037)

摘 要 以漂白硫酸盐针叶木和阔叶木两种浆板为原料, 在相同质量分数和集聚因子的条件下, 考察了单一浆料的纤维尺寸对其纤维悬浮液屈服应力的影响, 并进一步将两种浆料按不同质量比例混合, 分析了纤维尺寸对混合浆料纤维悬浮液屈服应力的影响。结果表明: 在相同质量分数范围内, 纤维尺寸较大的针叶木浆料其屈服应力较大, 并且随着纤维尺寸的增加, 屈服应力与质量分数的幂率关系中乘数项系数增加而指数项系数减小; 屈服应力不能由单一集聚因子的函数来表示, 而同时与形状系数的指数函数成反比, 即 $\tau_y \approx 0.003 * N^{2.2} / \beta^{0.6}$ 。因此在相同集聚因子范围内, 形状参数较小的阔叶木浆料具有更高的屈服应力; 由于两种浆料混合后形状系数的常数次乘方值随着质量分数的增加基本呈线性关系, 即 $\beta_{(AB)}^{1.6} \approx \beta_{(B)}^{1.6} + \frac{\beta_{(A)}^{1.6} - \beta_{(B)}^{1.6}}{100}$

$* x$, 所以混合浆料的屈服应力也呈现出如 $\tau_{y(AB)} \approx \tau_{y(B)} + \frac{\tau_{y(A)} - \tau_{y(B)}}{100} * x$ 的近似线性变化。

关键词 漂白硫酸盐木浆; 纤维悬浮液; 屈服应力; 集聚因子

纤维悬浮液广泛存在于制浆造纸、食品、聚合物及生物产品等化学工业领域之中^[1], 在一定质量分数下纤维缠绕交织所形成的网络结构使得悬浮液表现为非牛顿流体, 需要受到一定的应力作用才能呈现出屈服效应而流动起来, 因此屈服应力是其重要的流变性能参数之一。而对于与国民经济发展和人民生活需要有着密切联系的制浆造纸工业而言^[2], 纸浆纤维悬浮液的屈服应力的研究, 可以为浆料的输送、搅拌、混合、中高浓浆泵、高速纸机流浆箱等制浆造纸工艺及机械设备的设计与优化提供理论依据^[3]。已有纸浆纤维悬浮液屈服应力的研究主要着眼于屈服应力与质量分数之间的关系^[4-5], 而纤维尺寸对屈服应力影响的研究还相对较少^[6-7], 使得对于两者之间的关系还缺乏深入的认识。在实际生产过程中常将纤维尺寸不同的浆料混合后抄造, 因此浆料混合后对屈服应力的影响也需要进一步开展相关工作。基于此, 本研究采用硫酸盐法蒸煮并漂白的针叶木和阔叶木浆板为原料, 分别分析了这两种浆料的纤维尺寸在相同质量分数和集聚因子范围内对屈服应力的影响, 并改变两种浆料的质量比

例探讨了混合浆料的纤维尺寸对屈服应力的影响。

1 实验

1.1 材料与仪器

硫酸盐漂白针叶木浆板(银星)和硫酸盐漂白阔叶木浆板(森博)。

电子天平, 量程 120 g, 精度 0.000 1g; 纤维形态分析仪 Morfi (TECHPAP France), 长度测量范围 0.2 ~ 10 mm, 宽度测量范围 5 ~ 75 μm ; 流变仪 Brookfield (MA USA), 采用桨式转子, 4 叶片, 叶片宽度为 20 mm, 高度为 80 mm, 外部槽体内径为 120 mm, 剪切力控制范围 0.7 ~ 420 Pa, 剪切率控制范围 0 ~ 306 s^{-1} 。

1.2 纤维悬浮液配制

遵照国家标准 GB/T 462-1989 测定两种浆板的干度, 以确定其中的绝干浆含量, 其中针叶材浆板干度为 92.38%, 阔叶材浆板干度为 92.35%。而后依据三组实验中各实验样本中绝干浆质量, 换算得到各样本所需浆板质量。表 1 所示为各实验样本的

质量分数或集聚因子,及对应的浆板称取质量。配制样本时称取相应质量的浆板在装有 900ml 去离子水的容积为 1L 的玻璃烧杯中浸泡 24 h 后用疏解机疏解 10 min,使浆料分散开来,再加入去离子水配制成质量为 1kg 并符合要求的实验样本。

表 1 单一浆料样本中所需浆板质量

Table 1 Mass of pulp board in single pulp

项目 items	针叶木浆板称取质量/g mass of soft wood pulp board weighted		阔叶木浆板称取质量/g mass of hard wood pulp board weighted
浆料质量分数/% mass fraction of pulp	0.5	5.413	5.414
	1	10.825	10.828
	2	21.650	21.657
	3	32.475	32.485
	4	43.300	43.312
集聚因子 crowding number	5	54.125	54.140
	60	8.263	14.766
	70	9.640	17.227
	80	11.018	19.688
	90	12.395	22.149
	100	13.772	24.610
	120	16.526	29.532
	140	19.281	34.454
	160	22.035	39.376
	180	24.790	44.298

表 2 混合浆料各样本中所需浆板质量

Table 2 Mass of pulp board in mixed pulp test sample

浆料质量分数/% mass fraction of pulp	浆料类型 pulp type	不同针叶木浆质量分数下浆板质量/g pulpboard mass under different mass ratio of softwood pulp					
		0	20%	40%	60%	80%	100%
1	针叶木 softwood	0	2.165	4.330	6.495	8.660	10.825
	阔叶木 hardwood	10.828	8.663	6.497	4.331	2.166	0
2	针叶木 softwood	0	4.330	8.660	12.990	17.320	21.650
	阔叶木 hardwood	21.657	17.325	12.994	8.663	4.331	0
3	针叶木 softwood	0	6.495	12.990	19.485	25.980	32.475
	阔叶木 hardwood	32.485	25.988	19.491	12.994	6.497	0

1.3 屈服应力测量

将配制好的纤维悬浮液实验样本倒入流变仪测量槽内,移动流变仪转子下降直至其完全没入样本液面以下,通过流变仪自带程序设定其自动工作步骤。为了保证初始条件一致,每一个的实验样本在测试前由程序控制转子对其进行剪切速率为 200 s⁻¹下预剪切 3 min,再静置 5 min 后开始测量。测量时,在控制剪切应力模式下,使剪切应力由较小的初

始值逐步增加到某一值,并在此过程中流变仪测量并记录浆料的剪切速率随剪切应力的变化曲线,当在对数坐标体系下剪切速率曲线出现明显的应力平台,如图 1 所示,即转子发生初始转动时对应的剪切应力即为浆料悬浮液的屈服应力^[8]。所有测试过程均维持在室温 20 ℃下进行。同一实验条件进行 3 次平行实验,以确保结果的可靠性。

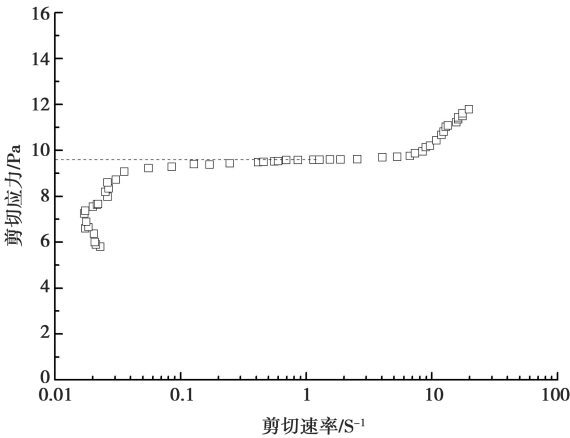


图 1 质量分数为 1% 的针叶木悬浮液的流变曲线

Fig.1 Flow curves of softwood pulp at 1% mass fraction

2 结果与分析

2.1 浆料纤维性能分析

由纤维形态分析仪测量得到的针叶木和阔叶木浆料纤维长度分布如表 2 所示。两种浆料的长度分布均符合正态分布规律。两种浆料及混合浆料纤维平均尺寸如表 3 所示。可以看出随着针叶木质量比例的增加,混合浆料的纤维平均长度和平均粗度均呈现出上升趋势。但是由图 2 和图 3 可以看出,混合浆料的平均长度及粗度与针叶木浆料的质量比例呈现出非线性关系。

表 2 纤维长度分布

Table 2 Distribution of fiber length of two pulps		
纤维长度/ $\times 10^{-3}$ m	针叶木/%	阔叶木/%
fiber length	softwood	hardwood
0.20~0.29	4.6	4.9
>0.29~0.41	5.7	11.7
>0.41~0.58	7.2	25.6
>0.58~0.84	10.8	39.6
>0.84~1.20	15.0	15.3
>1.20~1.71	18.0	2.7
>1.71~2.44	22.5	0.2
>2.44~3.50	13.2	4.9
>3.50~5.00	1.9	11.7
>5.00	0.2	25.6

表 3 纤维平均尺寸

Table 3 Average fiber sizes of the mixed pulps with different softwood pulp content

针叶木浆料质量比例 ¹⁾ / % mass ratio of soft wood pulp	纤维平均长度/ $\times 10^{-3}$ m average fiber length	纤维平均粗度/ $\times 10^{-6}$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$) average fiber coarseness
0 *	0.645	0.0473
20	0.726	0.0546
40	0.849	0.0623
60	0.952	0.0694
80	1.140	0.0914
100	1.399	0.1245

1) * :阔叶木浆料 hard wood pulp

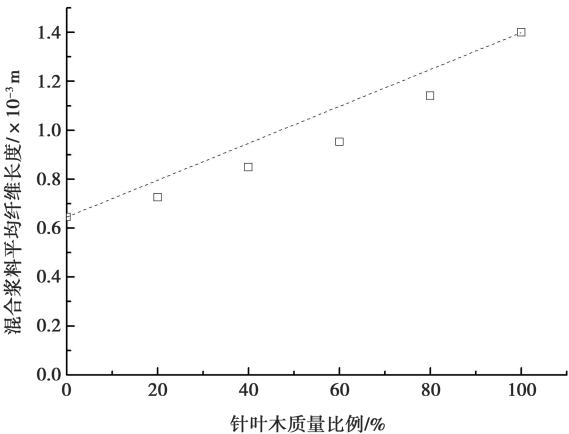


图 2 混合浆料平均纤维长度

Fig.2 Average fiber length of the mixed pulps

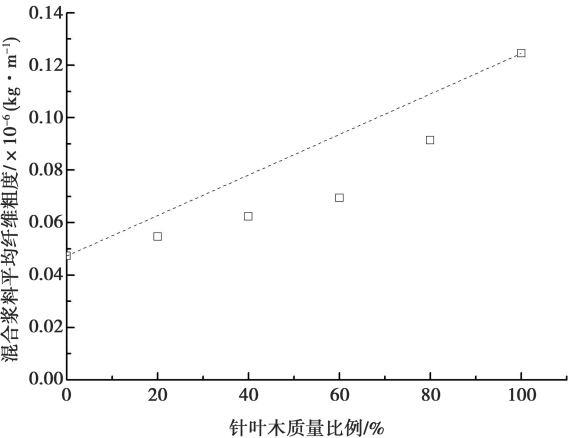


图 3 混合浆料平均纤维粗度

Fig.3 Average fiber coarseness of the mixed pulps

2.2 单一浆料纤维尺寸对屈服应力的影响

2.2.1 相同质量分数范围内屈服应力的比较

大多数文献均表明屈服应力 (τ_y) 与质量分数

(C_m)之间呈幂率关系^[9-10],即:

$$\tau_y = a C_m^b \quad (1)$$

式中: τ_y —屈服应力,N; C_m —质量分数,%; a, b —与纸浆纤维特性相关的常数。

图 4 为被测两种纸浆纤维悬浮液在相同质量分数范围内的屈服应力。随着质量分数的增大,屈服应力不断增大,两者呈幂率关系,这与文献所述一致。采用非线性回归得到针叶木和阔叶木的纸浆纤维悬浮液的 $\tau_y - C_m$ 关系式分别为: $\tau_y = 8.78 C_m^{2.05}$ ($R^2 = 0.996$); $\tau_y = 2.73 C_m^{2.33}$ ($R^2 = 0.989$)。

Kerekes 等^[11]在总结了前人所做工作的基础之上,得出式(1)中参数 a 的范围在 1.5~25,参数 b 的范围在 1.7~3.0。Bennington 等^[12]通过转矩流变仪测量木浆纤维悬浮液的屈服应力,得出 a 和 b 的取值范围分别在 1.18~24.5 和 1.25~3.02 之间,针叶木和阔叶木的 a 和 b 均在此范围之内,由此验证了实验结果的可靠性。

由图 4 中可以看出,在相同质量分数范围内,针叶木显示出比阔叶木更高的屈服应力。这说明纤维尺寸越大,相邻纤维更容易接触并纠缠在一起,增强了纤维间机械连接及纤维网络的强度,从而使悬浮液在宏观上呈现出更高的屈服应力。比较针叶木和阔叶木可知,纤维尺寸越大系数 a 增加而指数 b 则减小。

2.2.2 相同集聚因子范围内屈服应力的比较

Kerekes 等^[13]综合考虑了质量分数与纤维结构尺寸,提出了集聚因子(N)以表征纤维交织情况,其表示在悬浮液内以平均纤维长度为直径的球形区域内的纤维数量。对于纸浆纤维悬浮液,集聚因子可以近似由质量分数(C_m)、纤维长度(L)和纤维粗度(δ)来表示,如式(2)所示:

$$N \approx \frac{5 * C_m * L^2}{\delta} \quad (2)$$

将式(2)中与纤维尺寸有关的参数统一为形状系数(β),则得到式(3):

$$N \approx 5 * C_m * \beta \quad (3)$$

本实验中所使用的针叶木浆料形状系数 $\beta_A = 15.72$,阔叶木浆料形状系数 $\beta_B = 8.8$ 。

图 5 为两种纸浆纤维悬浮液在相同集聚因子范

围内的屈服应力。集聚因子在一定程度上反映了纤维交织情况,集聚因子越大,纤维数量则越多,形成的纤维网络越紧密,因此相应的纸浆悬浮液的屈服应力也越大。但是在相同集聚因子下,两种浆料的屈服应力并不相同,形状参数较小的阔叶木浆料有更高的屈服应力。

将图 4 和图 5 中所有实验数据进行非线性回归得到屈服应力与质量分数和形状系数之间的关系,如式(4)所示:

$$\tau_y = 0.1 * C_m^{2.2} * \beta^{1.6} \quad R^2 = 0.986 \quad (4)$$

由式(3)带入式(4),可得:

$$\tau_y \approx 0.003 * N^{2.2} / \beta^{0.6} \quad (5)$$

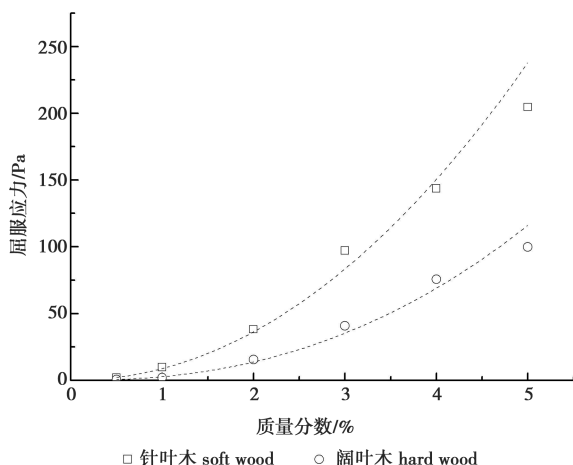


图 4 不同质量分数纤维悬浮液屈服应力

Fig.4 Variation of the yield stress versus mass fraction

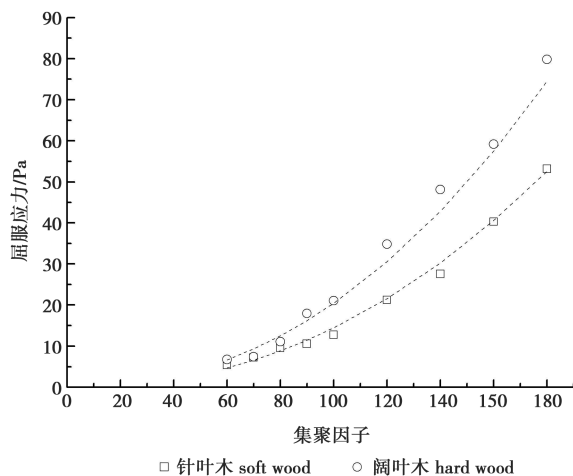


图 5 不同集聚因子纤维悬浮液屈服应力

Fig.5 Variation of the yield stress versus crowding number

由式(5)可以看出,屈服应力并不能由单一集聚因子的函数来表示。其可能的原因是悬浮液中纤

维网络结构的强度与纤维接触点处的作用力以及接触点的数量有密切关系^[12]。接触点的数量很难测量与统计,但其同时受到纤维数量和纤维尺寸的影响。Dodson 预测单根纤维上接触点与集聚因子成正比,而同时又与纤维长径比成反比^[14],这与式(5)中屈服应力与集聚因子和形状系数之间关系相似。阔叶木浆料纤维形状系数较小,在相同集聚因子下同体积悬浮液中纤维间接触点总数较多,因此其屈服应力大于针叶木浆料。

2.3 混合浆料纤维悬浮液的屈服应力

图 6 所示为不同质量分数下,针叶木浆料与阔叶木浆料按照不同质量比例混合后纤维悬浮液的屈服应力。可以看出混合浆料的屈服应力值均处在相应质量分数下两种浆料独自存在时屈服应力值的区间内,并且随着针叶木浆料在混合浆料中的质量比例(x)的增加而呈现出近似线性递增(如图中虚线所示),即:

$$\tau_{y(AB)} \approx \tau_{y(B)} + \frac{\tau_{y(A)} - \tau_{y(B)}}{100} * x \tag{6}$$

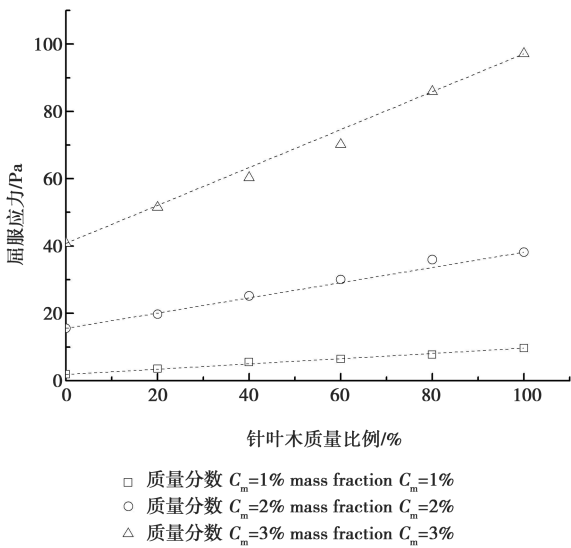


图 6 混合浆料纤维悬浮液屈服应力

Fig.6 The yield stress of the mixed pulp

将实验数据非线性回归如式(7)所示,混合浆料屈服应力与质量分数及形状系数之间的关系与单一种类浆料(式(4))基本一致。

$$\tau_{y(AB)} = 0.1 * C_m^{2.25} * \beta_{(AB)}^{1.58} \quad R^2 = 0.997 \tag{7}$$

因此在相同质量分数下混合浆料的形状系数应满足:

$$\beta_{(AB)}^{1.6} \approx \beta_{(B)}^{1.6} + \frac{\beta_{(A)}^{1.6} - \beta_{(B)}^{1.6}}{100} * x \tag{8}$$

事实的确如图 7 所示,混合浆料形状系数的 1.6 次方随着针叶木浆料在混合浆料中的质量分数的增加基本呈线性关系(如图中虚线所示)。因而可以推测,对于纤维结构尺寸并不均匀的某种浆料,可以看成是由多种单一形状系数的纤维按照一定的比例混合而成,该种浆料的屈服应力与各组份屈服应力之间也应存在相应的函数关系。

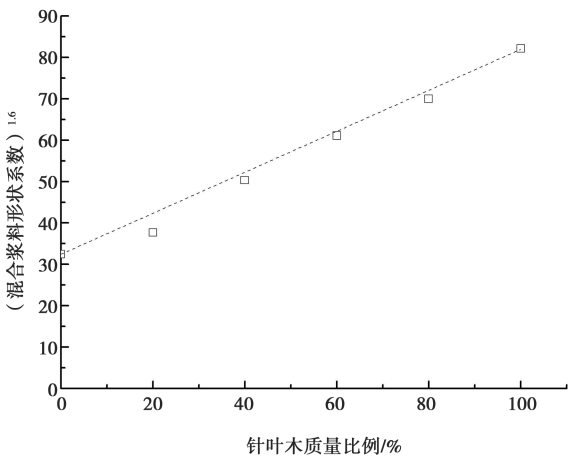


图 7 混合浆料形状系数的 1.6 次方

Fig.7 1.6 power of the shape factor for the mixed pulp

3 结论

3.1 在相同质量分数范围内,被测针叶木浆由于纤维尺寸较大,纤维网络有较高强度,其屈服应力也大于阔叶木浆。并且纤维尺寸增大,屈服应力与质量分数的幂率关系中乘数项系数增加而指数项系数减小。

3.2 虽然集聚因子全面考虑了纤维悬浮液质量分数和纤维尺寸,在一定程度上反映了纤维交织情况,但是屈服应力并不能由单一集聚因子的函数来表示,还同时与形状系数成反比,即 $\tau_y \approx 0.003 * N^{2.2} / \beta^{0.6}$ 。因此在相同集聚因子范围内,形状参数较小的阔叶木浆料具有更高的屈服应力。

3.3 两种浆料按照不同质量比例混合后浆料的屈服应力与质量分数及形状系数之间的关系与单一种类浆料基本一致,并且由于混合浆料形状系数的常数次乘方值随着质量分数的增加基本呈线性关

系,即 $\beta_{(AB)}^{1.6} \approx \beta_{(B)}^{1.6} + \frac{\beta_{(A)}^{1.6} - \beta_{(B)}^{1.6}}{100} * x$, 所以屈服应力也呈

现出如 $\tau_{y(AB)} \approx \tau_{y(B)} + \frac{\tau_{y(A)} - \tau_{y(B)}}{100} * x$ 所示的近似线性

变化。

参 考 文 献

- [1] ANDERSSON S R, RASMUSON A. Flow measurements on a turbulent fibre suspension by laser doppler anemometry [J]. AICHE Journal, 2000, 46(6): 1106-1119.
- [2] 高扬, 倪永, 张凤山, 等. 制浆造纸工业的可持续发展与构建集成的林产物质精炼工业[J]. 林产化学与工业, 2010, 30(2): 113-120.
- [3] 沙九龙, 王晨, James O. 等. 纸浆纤维悬浮液屈服应力及其在造纸工业中的应用研究进展[J]. 中国造纸学报, 2016, 31(3): 50-57.
- [4] SWITZER L H, KLINGENBERG D J. Rheology of sheared flexible fiber suspensions via fiber-level simulations [J]. Journal of Rheology, 2003, 47(3): 759-778.
- [5] STICKEL J J, KNUTSEN S J, LIBERATORE W M, et al. Rheology measurements of a biomass slurry: an inter-laboratory study [J]. Rheologica Acta, 2009, 48(9): 1005-1015.
- [6] KITANO T, KATAOKA T, SHIROTA T. An empirical-equation of the relative viscosity of polymer melts filled with various inorganic fillers [J]. Rheologica Acta, 1981, 20

(2): 207-209.

- [7] WOLF B, WHITE D, MELROSE RJ, et al. On the behaviour of gelled fibre suspensions in steady shear [J]. Rheologica Acta, 2007, 46(4): 531-537.
- [8] 沙九龙. 纸浆纤维悬浮液的屈服应力与触变特性的研究 [D]. 南京: 南京林业大学博士学位论文, 2016.
- [9] KEREKES R J. Rheology of fiber suspensions in papermaking: an overview of recent research [J]. Nordic Pulp and Paper Research Journal, 2006, 21(5): 598-612.
- [10] VAN DER AERSHOT E, MEWIS J. Equilibrium properties of reversibly flocculated dispersions [J]. Colloids and Surfaces, 1992, 69(1): 15-22.
- [11] KEREKES R J, SOSZYNSKI R M, Tam Doo P A. The flocculation of pulp fibres [C]. Proc. 8th Fundamental Research Symposium, Punton V., eds., Oxford, London, 1985, 265-310.
- [12] BENNINGTON C P J, KEREKES R J, GRACE R J. The yield stress of fibre suspensions [J]. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 1990, 68(5): 748-757.
- [13] KEREKES R J, SCHELL C J. Characterization of fiber flocculation by a crowding factor [J]. Journal of Pulp and Paper Science, 1992, 18(1): 32-38.
- [14] DODSON C T J. Fiber crowding, fiber contacts and fiber flocculation [C]. The Pacific Section Tappi 48th Annual Seminar, University of Washington, Seattle, 1995.

国家鼓励的工业节水工艺、技术和装备目录(2021 年)

(节选)

一、共性通用技术

序号	名称	关键技术及主要技术指标	适用范围	所处阶段
(一)循环水处理技术				
1	循环水综合处理技术	该技术集成过滤器、电子除垢器、除菌器等水处理设施,可全自动运行并远程控制,大幅减少循环水中杂质、菌、藻类和水垢产生。	适用于工业循环冷却水系统	研发
2	循环排污水提标处理技术	该技术针对循环排污水含有难降解有机物、可生化性较差的特点,采用曝气生物流化床+臭氧生物活性炭滤池技术对排污水进行处理。	适用于工业循环排污水处理回用	推广应用
3	循环水臭氧高级氧化技术	该技术采用超氧、臭氧高级氧化及前沿纳米技术的组合替代传统加药方式,将循环水浓缩倍数提高至 10 倍以上。臭氧、紫外线使过氧化氢与水作用形成 O ₃ ·O·、OH· 等天然强氧化性物质,能杀灭细菌、藻类、消除生物粘泥;纳米投射发生器使气液比达到 1:3,产生超量含有纳米级微细气泡的混合液。	适用于工业循环冷却水系统	产业化示范
4	循环水复合管膜高效过滤净化技术	该技术采用聚乙烯和聚氯乙烯、抗氧剂、润滑剂、增塑剂、稀土氧化物添加剂等制成非对称过滤管。当循环水进入过滤管,通过截留、吸附、渗透作用,实现除油、除悬浮物的目的。	适用于钢铁行业循环水处理回用	推广应用
5	循环水电化学处理技术	该技术通过电解方式,在阴极区形成强碱性环境(pH>9.5),Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 形成氢氧化钙、碳酸钙、氢氧化镁;在阳极区内形成酸性环境(pH<3.5),阳极附近反应产生 Cl ₂ 、Cl ⁻ 、O ₃ ·HO ⁻ 、H ₂ O ₂ 、活性氧原子等强氧化性物质,尤其产生大量次氯酸,可迅速杀灭菌藻,有效控制微生物生长,实现循环冷却系统防腐阻垢。该技术可耦合膜技术、超声波除垢技术和臭氧杀菌技术,进一步强化循环冷却系统防腐阻垢效果,可使循环冷却水系统浓缩倍数提高至 4-6 倍。	适用于工业循环冷却水系统	推广应用
6	循环水无磷/低磷处理技术	该技术采用无磷/低磷化学法处理技术,包括无磷单剂的制备、无磷缓蚀阻垢剂和低磷缓蚀阻垢剂配方以及加酸调 pH 工艺等,可使循环水系统浓缩倍数达到 7 倍。	适用于工业循环冷却水系统	推广应用
(二)循环水冷却及回收利用技术				
7	水驱动喷雾节能节水冷却塔	该设备由塔体、内置风筒、淋水板、收水器以及具有喷雾和抽风双重效果的喷雾推进雾化装置组成。充分利用循环水泵的工作余压,在循环水的流动过程驱动喷雾旋转,将冷空气送入塔体内与热水雾进行热交换,再将热空气排入大气,最终达到循环水降温。相比传统冷却塔,该设备的飘水率降低 35%,节水提升 20%。	适用于工业循环冷却水系统	研发

序号	名称	关键技术及主要技术指标	适用范围	所处阶段
8	板式换热器清洗节水装置	该装置主要包括循环管路、耐酸泵、阀门、PLC 控制器、加热器、储液槽等。循环支管路完成对板式换热器中的淤泥、藻类等杂物的冲洗；循环主管路通过清洗剂完成对板式换热器的洗涤,去除不易溶于水的污垢,并通过钝化剂完成对板式换热器的保养维护。板式换热器内部的正反向清洗,相比传统开式循环水系统,节水 50%以上。	适用于工业循环冷却水系统	推广应用
9	表面蒸发空冷器	该装置耦合水冷和空冷技术,在壳内交叉排列光管管束与喷淋分配器,冷却水在光管管束内流动,喷淋分配器雾化喷淋冷媒水自上而下在管束外表面形成水膜,同时,通过翅片管束顶部的引风风机抽送饱和湿空气,使空气自下而上流动,横掠水平放置的光管管束,使管束内冷却水得到冷却。	适用于工业循环冷却水系统	推广应用
10	冷却塔水蒸汽凝水回收装置	该技术利用外界新风对湿热空气进行冷却,降低出塔湿热空气的饱和温度,饱和空气含水量降低,水蒸汽从湿空气中凝结析出,附着于换热板上,当板上液滴满足临界脱落半径时,液滴从换热板上脱落,凝结水在回收装置下部导出并回收。	适用于工业循环冷却水系统	产业化示范
(三)高盐废水处理技术				
11	高通量自支撑柔性 MBR 膜及膜堆	该装置采用膜层-中空层-膜层的三层一体平板结构。水从膜面进入间隔针织内部,污泥等杂质被阻隔在膜外。处理后的水从间隔针织内部抽出,膜片上下两边采用超声波密封,两面采用边框夹紧密封,形成两侧出水的独立膜元。将膜元件、侧插板、集水管、框架、曝气管组装为膜堆,两端产水,膜堆通量达到常规膜堆的 1.5 倍,节水率提高 5%。	适用于工业高盐废水资源化利用	研发
12	纳米陶瓷膜高效水质净化器(组件)	该设备以非对称式纳米平板陶瓷膜为核心,将膜分离技术与生物处理工艺相结合,通过陶瓷膜壁密布的纳米级微孔过滤实现“固液分离”,在组件系统进行一系列硝化、反硝化作用,并利用微生物降解有机污染物,达到净化水质目的,同时引入智慧管理技术,实现远程监控和工艺参数自动调节。	适用于工业高盐废水资源化利用	推广应用
13	工业水处理 MVR 系统用离心式蒸汽压缩机组	该装备通过蒸汽压缩机将来自于蒸发分离器的二次蒸汽进行压缩升温后,输入到系统的加热器与物料进行换热,被升温后的物料又被输送到分离器中进行蒸发分离,通过压缩机实现整个系统热循环,不再需要额外蒸汽就可实现蒸发循环。	适用于工业高盐废水资源化利用	推广应用
14	一种有机管式超滤膜设备	该装置采用独特的复合膜管,可在较高的运行压力和反洗压力下工作,获得较高的固体去除效率和膜通量。工艺流程为原水进入循环槽调节 pH 至合理范围,加入混凝剂、粉末活性炭等,产生絮体后进入膜系统,透过膜的出水回用或排放,浓缩液进入压滤机压滤成泥饼,压滤液回到循环槽继续处理。	适用于工业高盐废水处理	推广应用
15	基于大尺寸薄壁中空平板陶瓷膜一体化水处理装置	该装置采用移动床生物膜反应器(MBBR)与陶瓷膜生物反应器(MBR)集成处理技术,系统由缺氧池、好氧池(MBBR 填料)、陶瓷膜生物反应器(MBR)组件和自控系统等组成。污水由调节池依次进入缺氧池、MBBR 好氧池,膜组件在蠕动泵抽吸作用下间歇出水,提高废水有机物浓度去除效率,同时强化脱氮和除磷效果。	适用于工业高盐废水处理	推广应用

序号	名称	关键技术及主要技术指标	适用范围	所处阶段
16	高盐废水资源利用集成技术	该技术通过对纳滤、反渗透、均相电驱动膜和双极膜等膜分离及膜浓缩工艺的高效集成,对高盐废水进行分盐、浓缩、制酸碱及结晶等处理,实现废水近零排放、水和盐的资源化利用。膜分离和膜浓缩组合集成技术降低蒸发量,减少蒸发器投资,同时大幅降低了结晶分盐的难度,实现氯化钠和硫酸钠等盐分的分别回收利用,结晶盐的品质较好。	适用于工业高盐废水资源化利用	推广应用
17	高盐废水深度处理减排技术	该技术集成高级氧化、高效除硬过滤、膜法分质、膜法浓缩减量、蒸发结晶等工艺,用于高盐废水处理,实现近零排放。高级氧化采用臭氧催化氧化技术;高效除硬过滤采用低压力大通量的膜法除硬过滤一体化工艺;膜法分质采用纳滤分盐技术;膜法浓缩减量采用高效电渗析和高压反渗透技术;蒸发结晶采用机械循环蒸发(MVR)技术。	适用于工业高盐废水处理	推广应用
18	反渗透膜浓水臭氧-光电耦合处理技术	该技术集成臭氧氧化与光电催化氧化工艺。臭氧在紫外辐射作用下分解产生大量·OH,光电催化体系产生·OH、HO ₂ ·等活性基团,能将废水中大分子有机物彻底降解成二氧化碳、水和无机离子,提高了含盐量高、处理难度大、可生化性差的反渗透浓水处理效率。	适用于工业高盐浓水处理	产业化示范
19	废热烟气蒸发处理含盐废水技术	该技术采用废热烟气或蒸气作为高盐废水蒸发的热源,以吸附性填料移动床作为蒸发塔,高盐废水在蒸发塔内与热源接触,完成传热传质过程,蒸发后的水分以水蒸汽形式逸出蒸发塔,进入后续的蒸汽冷凝回收单元,进一步回收冷凝水和余热,废水回收率在 90%以上。	适用于工业高盐废水处理	产业化示范
20	高硬高碱循环水处理技术	该技术采用加入 H ₂ SO ₄ 的方法来控制循环水 pH 值,降低循环水的碱度,选用缓蚀剂及分散剂(阻磷酸钙垢和阻锌垢)以增强缓蚀阻垢效果,可使循环水的钙硬度达到 1500mg/L。	适用于工业高盐废水处理	推广应用
(四)智能用水管理技术				
21	基于物联网的分布式管网漏损监测与智能诊断系统	该系统通过具有通信功能的无线流量计终端设备、压力计终端设备采集供水管网数据,上传至云服务器,在线显示管网状态。采用经典的 ARIMA 时间序列分析法等人工智能算法建立管网损耗模型,实时监测并分析管网损耗状态,智能诊断出疑似损耗节点/管段。	适用于工业用水管理	推广应用
22	供水系统智能控制技术	该技术采用智能远程遥控调节装置(包括电动调节阀、PID 调节器、压力传感器、数传电台)和主调控软件,在调节台主控程序里发布自动调控命令,实现调度台远程对生产用水管网压力定时、定压的自动精细化调控。保障生产用水管网压力的实时动态平衡,减小供水流量,降低管网损耗,节水效果明显。	适用于工业用水管理	推广应用
23	智慧节水多喷孔对撞消能调流调压技术	该技术由调流调压、线性度好的多喷孔型活塞式控制阀配套智能调压阀的电气控制系统(包含:阀门控制箱、阀门电动执行器、远程智能监控软件)对管网进行消能、调流、调压。具有抗气蚀、振动小、驱动力小、自动控制、线性调节的特点,可有效降低管网漏损,实现节水。	适用于工业用水管理	推广应用
24	循环冷却排污水回用节水智能化装置	该装置采用云边一体架构,由在线水质检测单元和水处理化学品加药单元组成的水质智能化管理装置,在线监测循环冷却水 pH、电导率、OPR、浊度、荧光等指标,判断无机物溶度积、饱和指数,实现自动加药和补水;多介质过滤单元、超滤单元、反渗透单元、检测单元等构成的排污回用装置,根据系统运行情况,利用水处理智能算法进行精准加药,自动反洗和清洗,实现节水减排。	适用于工业用水管理	推广应用

序号	名称	关键技术及主要技术指标	适用范围	所处阶段
25	智慧用水管理系统	该系统采用视图层展示界面输出、控制层请求控制、业务层逻辑处理和持久层处理数据存储的四层架构设计,对用水数据进行实时计量,并通过数据网关存储传输数据,云服务器进行计算后以结构化形式展示。该技术可与其他能源监测系统兼容,统一业务建模及数据访问,实现用水的精细化管理和管网漏损的实时诊断。	适用于工业用水管理	推广应用
26	工业水处理大数据运营管理云平台	该技术包括工业用水大数据云平台、工业循环冷却水大数据云平台和工业废水大数据云平台三部分,建立以工艺流程为核心的全过程信息采集,并将数据实时传输至云端服务器和运营管理云平台。云平台系统内设专业模型,对数据进行分类、聚类、比较、分析,根据工艺状况,自动输出分析结果(系统运行状况、污染趋势曲线、报表,预警报警情况、处理措施方案等),实现对工业水处理系统实时监控、运营管理和优化。	适用于工业用水管理	产业化示范
27	智能化供水管网检查机器人装备	该装备采用二次锂电池供电和智能辅助控制系统,配有星光级低照度摄像头,实现原地平移、原地旋转,在乱流中自动调整姿态。以遥控无人潜水器(ROV)直接对管道内壁进行带水探测,分析管道是否发生腐蚀、破损,同时可搭载不同的水下传感器或作业工具,取得各种不同的数据和水下样本。	适用于工业供水管网检测漏	产业化示范
28	智能全闭式电动蒸汽冷凝水回收设备	该设备通过智能双重降温恒压装置阻止闪蒸气排放,使蒸汽经换热后产生的冷凝水自行回流至冷凝水回收缓冲罐(微负压),进行汽水分离、引流。分离后的冷凝水加压输送至锅炉房,闪蒸汽通过吸气定压装置(即射流装置)引射至冷凝水回收管网一并送至锅炉房。设备采用自动化控制,具备自诊断功能,可精准查找故障点,通过远程计算机及远程终端设备(手机、IPAD)与设备通信,查询运行状态及数据,对设备进行远程无线管理监控。	适用于工业锅炉冷凝水回收	推广应用
(五)非常规水利用技术				
29	雨水收集回用技术	该技术由截污弃流过滤装置、调节蓄水池、净化设备间、储存清水池、雨水提升泵及自控电控集成系统等装置组成,采用可调式自动弃流技术、玻璃钢复合材料、高效组合净化等关键技术,实现了区域雨水收集高效资源化循环利用。	适用于非常规水收集利用	推广应用
30	基于双膜工艺的城镇污水资源化高品质工业回用技术	该技术通过调节池、自清洗过滤器、超滤系统、保安过滤器、反渗透组件等水处理流程,实现城镇污水资源化高品质工业回用,可有效保障系统运行稳定,并得到满足要求的工业用水水源。	适用于水处理与工业回用	推广应用
31	海水循环冷却技术	该技术由换热设备、海水冷却塔、水泵、管道及其他有关设备组成。以海水为介质,经换热设备完成一次冷却,再经冷却塔冷却并循环使用,大幅降低冷却所需工业新水用量。	适用于沿海工业企业循环冷却水系统	推广应用
32	非并网风电海水淡化一体化成套装备	该装备是反渗透装置与非并网风机耦合海水淡化一体化成套装备。采用数字液压柱塞泵替代高压泵、能量回收器、增压泵,集成数字液压柱塞泵和反渗透技术,利用海水制备淡水,可以 100%利用风电。	适用于海水淡化苦咸水淡化	产业化示范
33	余能低温多效海水淡化技术	该技术集成利用煤气-蒸汽“零”放散、蒸汽梯级利用、低温多效海水淡化等技术制备海水淡化水。采用耦合式盐平衡的工艺,实现海水淡化水替代新水,并与污水处理厂回用水生产工业水,实现污水“零”排放。海水淡化浓盐水供给周边盐化工企业。	适用于沿海工业企业	推广应用

序号	名称	关键技术及主要技术指标	适用范围	所处阶段
34	反渗透海水淡化技术	该技术主要利用膜法进行海水淡化。海水经混凝、沉淀、过滤预处理,再经反渗透膜装置淡化海水。一般大型反渗透海水淡化系统还将配套能量回收系统,以回收浓海水的高压能量,降低系统制水能耗。对于火电发电机组,利用海水淡化水,单位节新水量约0.78 m ³ /MWh。	适用于沿海工业企业	推广应用
35	太阳能光热低温多效海水淡化技术	该技术利用聚焦集热系统、全自动太阳能跟踪驱动控制等装备生产高温蒸汽,利用真空条件下海水低温沸腾蒸发的物理特性实现海水的多效蒸馏海水淡化。该技术还配置高温相变储热系统,缓冲太阳能光热系统的热输出,可延长海水淡化系统工作时间,提高产水量和系统热效率。	适用于海岛、沿海地区、中西部苦咸水地区工业行业	推广应用
36	节水减排智能旋塞阀	该装置处在密封塞体中心偏离本体中心,使阀门被开启后密封塞体能迅速脱离阀座,大幅度消除包胶塞体与阀座间不必要的过度挤压、刮擦现象,减轻开启阻距、降低磨损、提高阀座寿命;增加水在管道内的流通率,流通面积为公称通径面积的 100%,减少管道的口径及数量,阀门空载和带压开启力矩小于同类产品,达到节水效果。	适用于工业循环冷却水系统	推广应用
37	斜窄流分离设备	该装置包括斜板浓密、斜板分级设备等,将传统的“斜浅层”固-液分离过程二维平面系统发展为三维立体系统,形成液/固分离的澄清设备、固/液分离的浓密设备、固/固分离的分级设备、油/水/固分离的含油污水净化设备四大类斜窄流分离设备。通过独特的单元集成模式,具有易组装、易运输和规格多样性的功能特点。规格可根据实际需要灵活调整。	适用于工业循环冷却水系统	推广应用
38	变螺距螺杆节水真空泵	该装置由一对相互平行的螺旋状转子与泵体组成,转子与泵体之间没有摩擦且保持一定的间隙,形成密封腔。转子在泵壳中作同步反向高速旋转,产生吸气与排气作用。工作过程中无水、无油,可获得洁净真空,替代水环真空泵,节约用水。	适用于工业循环冷却水系统	研发
39	全自动高精度型石灰乳配制投加系统	该系统包括石灰粉仓、石灰螺旋输送下料装置、石灰乳溶液箱、石灰乳循环泵及配套仪表、阀门及管道。石灰粉经喂料机、螺旋计量输送机送至石灰乳溶液箱,配置成一定浓度的石灰乳溶液,石灰乳输送至石灰乳投加水池,通过 pH 计与气动调节球阀做 PID 调节,pH 值能控制在设定值的±0.3 范围,使得石灰投加精准、可靠。	适用于工业循环水系统	推广应用
40	节水型微滤罐成套装备	该装备采用天然黑色火山岩和人工烧结氧化铝微孔活性陶瓷颗粒作为过滤材料,提高过滤精度,降低反洗水量,彻底解决滤料板结问题。同时,通过优化罐体结构、滤层装填、布水布气结构、反洗设计等方式,降低能耗水耗。	适用于工业循环水处理	研发
41	节水型无溶剂超浓缩液体洗涤剂	该洗涤剂利用新型结构表面活性剂(具有低温溶解性能好、润湿铺展性能好、低泡易冲洗、钙皂分散能力强、抗再沉积能力强等特点)、高分子表面活性剂(具有流变调节作用)、洗涤剂复配技术,使表面活性剂的协同效应充分发挥。其固含量可达 70%。产品流动性好、易倾倒,与普通液体洗涤剂相比,在制备时可节约 65%左右的水,使用时不会出现凝胶相,具有优良的去污能力和节水能力。	其他	推广应用

五、造纸行业

序号	名称	关键技术及主要技术指标	适用范围	所处阶段
104	制浆废水中水回用及零排放成套工艺	该工艺以超滤、反渗透膜为核心,根据水质情况将预处理系统、分盐系统和盐蒸发系统等工艺进行组合,实现制浆废水处理回用与资源化利用。通常中水回用工艺为预处理-超滤-反渗透,零排放工艺为预处理-超滤-反渗透-盐蒸发系统。	适用于造纸制浆废水处理回用	推广应用
105	网、毯喷淋水净化回用技术	该技术通过浮选或过滤的处理方式,使网、毯洗涤水进入单独处理系统,将水净化至满足作为喷淋洗涤水的水质要求后循环使用。	适用于造纸企业网部和压榨部洗涤喷淋水	推广应用
106	纸机白水多圆盘分级与回用技术	该技术通过多圆盘白水过滤器,将过白水分为浊白水、清白水和超清白水。清白水和超清白水可直接用于造纸机的生产用水,使水得到封闭循环使用,降低造纸耗水量,减少白水排放的污染负荷。回收的纤维可回用于造纸机造纸。	适用于造纸企业纸机抄纸过程中的白水回收	推广应用
107	造纸梯级利用节水技术	该技术建立了系统内高级-低级用水单元的梯级利用模式,并对系统内各用水单元按质按量重新进行分配,使系统内水的重复利用率达到最大,同时新鲜水需求量达到最小。	适用于多品种的制浆造纸综合性企业	推广应用
108	纸机湿布化学品混合添加技术	该技术应用在纸机上浆系统的压力筛进出口管路上,将造纸湿部化学药品通过使用循环造纸浆料喷射和混合到主工艺过程当中,从而完全取消化学品制备时使用的新鲜水。	适用于造纸企业造纸湿部化学品的混合系统	推广应用
109	透平机真空系统节水技术	该技术中的透平机是一种可调速真空系统,根据纸机不同工况实时提供实际所需真空;进气口前装配最新技术的滴液分离器以去除其中的水、灰尘、细小纤维等;风机产生的热尾气可通过热回收器进行回收。相比于液环式真空系统,节水 100%。	适用于制浆造纸企业制浆、造纸及纸制品生产线真空系统	推广应用
110	纸机干燥冷凝水综合利用技术	该技术将纸机干燥部排风系统排除的水蒸汽通过封闭汽罩顶部的汇风道集结,经换热冷凝和处理,可用于备料工段、粗浆洗涤和锅炉的冲灰除尘等。	适用于造纸企业纸机干燥水蒸汽收集回用	推广应用
111	置换压榨双辊挤浆机节水技术	该技术使浆料在低浓度下泵入,浆中黑液通过压榨辊面上的滤孔进到辊内,经辊两端开口排出。辊面上形成连续浆层,在置换区浆料与洗涤液接触,置换浆中原有黑液;在压榨区浆料被挤压到要求浓度 20%-35%,由破碎螺旋输送机送到机外。	适用于制浆企业化学制浆的黑液提取和纸浆洗涤	推广应用
112	干法剥皮技术	该技术将原木通过辊子输送机输送到圆筒剥皮机,通过剥皮机的转动将原木的树皮剥除并分离出来,然后树皮通过皮带输送机输送到树皮粉碎机进行粉碎,送树皮仓做生物质燃料,剥皮后的原木经辊子输送机进一步送木片削片机,吨浆废水排放量可减少 5-10m ³ 。	适用于制浆企业木材制浆备料系统	推广应用

减污降碳协同增效实施方案

为深入贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰碳中和决策部署,落实新发展阶段生态文明建设有关要求,协同推进减污降碳,实现一体谋划、一体部署、一体推进、一体考核,制定本实施方案。

一、面临形势

党的十八大以来,我国生态文明建设和生态环境保护取得历史性成就,生态环境质量持续改善,碳排放强度显著降低。但也要看到,我国发展不平衡、不充分问题依然突出,生态环境保护形势依然严峻,结构性、根源性、趋势性压力总体上尚未根本缓解,实现美丽中国建设和碳达峰碳中和目标愿景任重道远。与发达国家基本解决环境污染问题后转入强化碳排放控制阶段不同,当前我国生态文明建设同时面临实现生态环境根本好转和碳达峰碳中和两大战略任务,生态环境多目标治理要求进一步凸显,协同推进减污降碳已成为我国新发展阶段经济社会发展全面绿色转型的必然选择。

面对生态文明建设新形势新任务新要求,基于环境污染物和碳排放高度同源同根同源的特征,必须立足实际,遵循减污降碳内在规律,强化源头治理、系统治理、综合治理,切实发挥好降碳行动对生态环境质量改善的源头牵引作用,充分利用现有生态环境制度体系协同促进低碳发展,创新政策措施,优化治理路线,推动减污降碳协同增效。

二、总体要求

(一)指导思想。

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,全面贯彻党的十九大和十九届历次全会精神,按照党中央、国务院决策部署,深入贯彻习近平生态文明思想,坚持稳中求进工作总基调,立足新发展阶

段,完整、准确、全面贯彻新发展理念,构建新发展格局,推动高质量发展,把实现减污降碳协同增效作为促进经济社会发展全面绿色转型的总抓手,锚定美丽中国建设和碳达峰碳中和目标,科学把握污染防治和气候治理的整体性,以结构调整、布局优化为关键,以优化治理路径为重点,以政策协同、机制创新为手段,完善法规标准,强化科技支撑,全面提高环境治理综合效能,实现环境效益、气候效益、经济效益多赢。

(二)工作原则。

突出协同增效。坚持系统观念,统筹碳达峰碳中和与生态环境保护相关工作,强化目标协同、区域协同、领域协同、任务协同、政策协同、监管协同,增强生态环境政策与能源产业政策协同性,以碳达峰行动进一步深化环境治理,以环境治理助推高质量发展达峰。

强化源头防控。紧盯环境污染物和碳排放主要源头,突出主要领域、重点行业和关键环节,强化资源能源节约和高效利用,加快形成有利于减污降碳的产业结构、生产方式和生活方式。

优化技术路径。统筹水、气、土、固废、温室气体等领域减排要求,优化治理目标、治理工艺和技术路线,优先采用基于自然的解决方案,加强技术研发应用,强化多污染物与温室气体协同控制,增强污染防治与碳排放治理的协调性。

注重机制创新。充分利用现有法律、法规、标准、政策体系和统计、监测、监管能力,完善管理制度、基础能力和市场机制,一体推进减污降碳,形成有效激励约束,有力支撑减污降碳目标任务落地实施。

鼓励先行先试。发挥基层积极性和创造力,创新管理方式,形成各具特色的典型做法和有效模式,加强推广应用,实现多层面、多领域减污降碳协同增效。

(三)主要目标。

到 2025 年,减污降碳协同推进的工作格局基本形成;重点区域、重点领域结构优化调整和绿色低碳发展取得明显成效;形成一批可复制、可推广的典型经验;减污降碳协同度有效提升。

到 2030 年,减污降碳协同能力显著提升,助力实现碳达峰目标;大气污染防治重点区域碳达峰与空气质量改善协同推进取得显著成效;水、土壤、固体废物等污染防治领域协同治理水平显著提高。

三、加强源头防控

(四)强化生态环境分区管控。构建城市化地区、农产品主产区、重点生态功能区分类指导的减污降碳政策体系。衔接国土空间规划分区和用途管制要求,将碳达峰碳中和要求纳入“三线一单”(生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单)分区管控体系。增强区域环境质量改善目标对能源和产业布局的引导作用,研究建立以区域环境质量改善和碳达峰目标为导向的产业准入及退出清单制度。加大污染严重地区结构调整和布局优化力度,加快推动重点区域、重点流域落后和过剩产能退出。依法加快城市建成区重污染企业搬迁改造或关闭退出。(生态环境部、国家发展改革委、工业和信息化部、自然资源部、水利部按职责分工负责)

(五)加强生态环境准入管理。坚决遏制高耗能、高排放、低水平项目盲目发展,高耗能、高排放项目审批要严格落实国家产业规划、产业政策、“三线一单”、环评审批、取水许可审批、节能审查以及污染物区域削减替代等要求,采取先进适用的工艺技术和装备,提升高耗能项目能耗准入标准,能耗、物耗、水耗要达到清洁生产先进水平。持续加强产业集群环境治理,明确产业布局和发展方向,高起点设定项目准入类别,引导产业向“专精特新”转型。在产业结构调整指导目录中考虑减污降碳协同增效要求,优化鼓励类、限制类、淘汰类相关项目类别。优化生态环境影响相关评价方法和准入要求,推动在沙漠、戈壁、荒漠地区加快规划建设大型风电光伏基

地项目。大气污染防治重点区域严禁新增钢铁、焦化、炼油、电解铝、水泥、平板玻璃(不含光伏玻璃)等产能。(生态环境部、国家发展改革委、工业和信息化部、水利部、市场监管总局、国家能源局按职责分工负责)

(六)推动能源绿色低碳转型。统筹能源安全和绿色低碳发展,推动能源供给体系清洁化低碳化和终端能源消费电气化。实施可再生能源替代行动,大力发展风能、太阳能、生物质能、海洋能、地热能等,因地制宜开发水电,开展小水电绿色改造,在严监管、确保绝对安全前提下有序发展核电,不断提高非化石能源消费比重。严控煤电项目,“十四五”时期严格合理控制煤炭消费增长、“十五五”时期逐步减少。重点削减散煤等非电用煤,严禁在国家政策允许的领域以外新(扩)建燃煤自备电厂。持续推进北方地区冬季清洁取暖。新改扩建工业炉窑采用清洁低碳能源,优化天然气使用方式,优先保障居民用气,有序推进工业燃煤和农业用煤天然气替代。(国家发展改革委、国家能源局、工业和信息化部、自然资源部、生态环境部、住房城乡建设部、农业农村部、水利部、市场监管总局按职责分工负责)

(七)加快形成绿色生活方式。倡导简约适度、绿色低碳、文明健康的生活方式,从源头上减少污染物和碳排放。扩大绿色低碳产品供给和消费,加快推进构建统一的绿色产品认证与标识体系,完善绿色产品推广机制。开展绿色社区等建设,深入开展全社会反对浪费行动。推广绿色包装,推动包装印刷减量化,减少印刷面积和颜色种类。引导公众优先选择公共交通、自行车和步行等绿色低碳出行方式。发挥公共机构特别是党政机关节能减排引领示范作用。探索建立“碳普惠”等公众参与机制。(国家发展改革委、生态环境部、工业和信息化部、财政部、住房城乡建设部、交通运输部、商务部、市场监管总局、国管局按职责分工负责)

四、突出重点领域

(八)推进工业领域协同增效。实施绿色制造工程,推广绿色设计,探索产品设计、生产工艺、产品

分销以及回收处置利用全产业链绿色化,加快工业领域源头减排、过程控制、末端治理、综合利用全流程绿色发展。推进工业节能和能效水平提升。依法实施“双超双有高耗能”企业强制性清洁生产审核,开展重点行业清洁生产改造,推动一批重点企业达到国际领先水平。研究建立大气环境容量约束下的钢铁、焦化等行业去产能长效机制,逐步减少独立烧结、热轧企业数量。大力支持电炉短流程工艺发展,水泥行业加快原燃料替代,石化行业加快推动减油增化,铝行业提高再生铝比例,推广高效低碳技术,加快再生有色金属产业发展。2025 年和 2030 年,全国短流程炼钢占比分别提升至 15%、20% 以上。2025 年再生铝产量达到 1150 万吨,2030 年电解铝使用可再生能源比例提高至 30% 以上。推动冶炼副产能源资源与建材、石化、化工行业深度耦合发展。鼓励重点行业企业探索采用多污染物和温室气体协同控制技术工艺,开展协同创新。推动碳捕集、利用与封存技术在工业领域应用。(工业和信息化部、国家发展改革委、生态环境部、国家能源局按职责分工负责)

(九)推进交通运输协同增效。加快推进“公转铁”“公转水”,提高铁路、水运在综合运输中的承运比例。发展城市绿色配送体系,加强城市慢行交通系统建设。加快新能源车发展,逐步推动公共领域用车电动化,有序推动老旧车辆替换为新能源车辆和非道路移动机械使用新能源清洁能源动力,探索开展中重型电动、燃料电池货车示范应用和商业化运营。到 2030 年,大气污染防治重点区域新能源汽车新车销售量达到汽车新车销售量的 50% 左右。加快淘汰老旧船舶,推动新能源、清洁能源动力船舶应用,加快港口供电设施建设,推动船舶靠港使用岸电。(交通运输部、国家发展改革委、工业和信息化部、生态环境部、住房城乡建设部、中国国家铁路集团有限公司按职责分工负责)

(十)推进城乡建设协同增效。优化城镇布局,合理控制城镇建筑总规模,加强建筑拆建管理,多措并举提高绿色建筑比例,推动超低能耗建筑、近零碳建筑规模化发展。稳步发展装配式建筑,推广使用绿色建材。推动北方地区建筑节能绿色改造与清洁

取暖同步实施,优先支持大气污染防治重点区域利用太阳能、地热、生物质能等可再生能源满足建筑供热、制冷及生活热水等用能需求。鼓励在城镇老旧小区改造、农村危房改造、农房抗震改造等过程中同步实施建筑绿色化改造。鼓励小规模、渐进式更新和微改造,推进建筑废弃物再生利用。合理控制城市照明能耗。大力发展光伏建筑一体化应用,开展光储直柔一体化试点。在农村人居环境整治提升中统筹考虑减污降碳要求。(住房城乡建设部、自然资源部、生态环境部、农业农村部、国家能源局、国家乡村振兴局等按职责分工负责)

(十一)推进农业领域协同增效。推行农业绿色生产方式,协同推进种植业、畜牧业、渔业节能减排与污染治理。深入实施化肥农药减量增效行动,加强种植业面源污染防治,优化稻田水分灌溉管理,推广优良品种和绿色高效栽培技术,提高氮肥利用效率,到 2025 年,三大粮食作物化肥、农药利用率均提高到 43%。提升秸秆综合利用水平,强化秸秆焚烧管控。提高畜禽粪污资源化利用水平,适度发展稻渔综合种养、渔光一体、鱼菜共生等多层次综合水产养殖模式,推进渔船渔机节能减排。加快老旧农机报废更新力度,推广先进适用的低碳节能农机装备。在农业领域大力推广生物质能、太阳能等绿色用能模式,加快农村取暖炊事、农业及农产品加工设施等可再生能源替代。(农业农村部、生态环境部、国家能源局按职责分工负责)

(十二)推进生态建设协同增效。坚持因地制宜,宜林则林,宜草则草,科学开展大规模国土绿化行动,持续增加森林面积和蓄积量。强化生态保护监管,完善自然保护地、生态保护红线监管制度,落实不同生态功能区分级分区保护、修复、监管要求,强化河湖生态流量管理。加强土地利用变化管理和森林可持续经营。全面加强天然林保护修复。实施生物多样性保护重大工程。科学推进荒漠化、石漠化、水土流失综合治理,科学实施重点区域生态保护和修复综合治理项目,建设生态清洁小流域。坚持以自然恢复为主,推行森林、草原、河流、湖泊、湿地休养生息,加强海洋生态系统保护,改善水生态环境,提升生态系统质量和稳定性。加强城市生态建

设,完善城市绿色生态网络,科学规划、合理布局城市生态廊道和生态缓冲带。优化城市绿化树种,降低花粉污染和自然源挥发性有机物排放,优先选择乡土树种。提升城市水体自然岸线保有率。开展生态改善、环境扩容、碳汇提升等方面效果综合评估,不断提升生态系统碳汇与净化功能。(国家林草局、国家发展改革委、自然资源部、生态环境部、住房城乡建设部、水利部按职责分工负责)

五、优化环境治理

(十三)推进大气污染防治协同控制。优化治理技术路线,加大氮氧化物、挥发性有机物(VOCs)以及温室气体协同减排力度。一体推进重点行业大气污染深度治理与节能降碳行动,推动钢铁、水泥、焦化行业及锅炉超低排放改造,探索开展大气污染物与温室气体排放协同控制改造提升工程试点。VOCs 等大气污染物治理优先采用源头替代措施。推进大气污染防治设备节能降耗,提高设备自动化智能化运行水平。加强消耗臭氧层物质和氢氟碳化物管理,加快使用含氢氯氟烃生产线改造,逐步淘汰氢氯氟烃使用。推进移动源大气污染物排放和碳排放协同治理。(生态环境部、国家发展改革委、工业和信息化部、交通运输部、国家能源局按职责分工负责)

(十四)推进水环境治理协同控制。大力推进污水资源化利用。提高工业用水效率,推进产业园区用水系统集成优化,实现串联用水、分质用水、一水多用、梯级利用和再生利用。构建区域再生水循环利用体系,因地制宜建设人工湿地水质净化工程及再生水调蓄设施。探索推广污水社区化分类处理和就地回用。建设资源能源标杆再生水厂。推进污水处理厂节能降耗,优化工艺流程,提高处理效率;鼓励污水处理厂采用高效水力输送、混合搅拌和鼓风曝气装置等高效低能耗设备;推广污水处理厂污泥沼气热电联产及水源热泵等热能利用技术;提高污泥处置和综合利用水平;在污水处理厂推广建设太阳能发电设施。开展城镇污水处理和资源化利用碳排放测算,优化污水处理设施能耗和碳排放管理。

以资源化、生态化和可持续化为导向,因地制宜推进农村生活污水集中或分散式治理及就近回用。(生态环境部、国家发展改革委、工业和信息化部、住房城乡建设部、农业农村部按职责分工负责)

(十五)推进土壤污染治理协同控制。合理规划污染地块土地用途,鼓励农药、化工等行业中重度污染地块优先规划用于拓展生态空间,降低修复能耗。鼓励绿色低碳修复,优化土壤污染风险管控和修复技术路线,注重节能降耗。推动严格管控类受污染耕地植树造林增汇,研究利用废弃矿山、采煤沉陷区受损土地、已封场垃圾填埋场、污染地块等因地制宜规划建设光伏发电、风力发电等新能源项目。(生态环境部、国家发展改革委、自然资源部、住房城乡建设部、国家能源局、国家林草局按职责分工负责)

(十六)推进固体废物污染防治协同控制。强化资源回收和综合利用,加强“无废城市”建设。推动煤矸石、粉煤灰、尾矿、冶炼渣等工业固废资源利用或替代建材生产原料,到 2025 年,新增大宗固废综合利用率达到 60%,存量大宗固废有序减少。推进退役动力电池、光伏组件、风电机组叶片等新型废弃物回收利用。加强生活垃圾减量化、资源化和无害化处理,大力推进垃圾分类,优化生活垃圾处理处置方式,加强可回收物和厨余垃圾资源化利用,持续推进生活垃圾焚烧处理能力建设。减少有机垃圾填埋,加强生活垃圾填埋场垃圾渗滤液、恶臭和温室气体协同控制,推动垃圾填埋场填埋气收集和利用设施建设。因地制宜稳步推进生物质能多元化开发利用。禁止持久性有机污染物和添汞产品的非法生产,从源头减少含有毒有害化学物质的固体废物产生。(生态环境部、国家发展改革委、工业和信息化部、住房城乡建设部、商务部、市场监管总局、国家能源局按职责分工负责)

六、开展模式创新

(十七)开展区域减污降碳协同创新。基于深入打好污染防治攻坚战和碳达峰目标要求,在国家重大战略区域、大气污染防治重点区域、重点海湾、

重点城市群,加快探索减污降碳协同增效的有效模式,优化区域产业结构、能源结构、交通运输结构,培育绿色低碳生活方式,加强技术创新和体制机制创新,助力实现区域绿色低碳发展目标。(生态环境部、国家发展改革委等按职责分工负责)

(十八)开展城市减污降碳协同创新。统筹污染治理、生态保护以及温室气体减排要求,在国家环境保护模范城市、“无废城市”建设中强化减污降碳协同增效要求,探索不同类型城市减污降碳推进机制,在城市建设、生产生活各领域加强减污降碳协同增效,加快实现城市绿色低碳发展。(生态环境部、国家发展改革委、住房城乡建设部等按职责分工负责)

(十九)开展产业园区减污降碳协同创新。鼓励各类产业园区根据自身主导产业和污染物、碳排放水平,积极探索推进减污降碳协同增效,优化园区空间布局,大力推广使用新能源,促进园区能源系统优化和梯级利用、水资源集约节约高效循环利用、废物综合利用,升级改造污水处理设施和垃圾焚烧设施,提升基础设施绿色低碳发展水平。(生态环境部、国家发展改革委、科技部、工业和信息化部、住房城乡建设部、水利部、商务部等按职责分工负责)

(二十)开展企业减污降碳协同创新。通过政策激励、提升标准、鼓励先进等手段,推动重点行业企业开展减污降碳试点工作。鼓励企业采取工艺改进、能源替代、节能提效、综合治理等措施,实现生产过程中大气、水和固体废物等多种污染物以及温室气体大幅减排,显著提升环境治理绩效,实现污染物和碳排放均达到行业先进水平,“十四五”期间力争推动一批企业开展减污降碳协同创新行动;支持企业进一步探索深度减污降碳路径,打造“双近零”排放标杆企业。(生态环境部负责)

七、强化支撑保障

(二十一)加强协同技术研发应用。加强减污降碳协同增效基础科学和机理研究,在大气污染防治、碳达峰碳中和等国家重点研发项目中设置研究任务,建设一批相关重点实验室,部署实施一批重点

创新项目。加强氢能冶金、二氧化碳合成化学品、新型电力系统关键技术等研发,推动炼化系统能量优化、低温室效应制冷剂替代、碳捕集与利用等技术试点应用,推广光储直柔、可再生能源与建筑一体化、智慧交通、交通能源融合技术。开展烟气超低排放与碳减排协同技术创新,研发多污染物系统治理、VOCs 源头替代、低温脱硝等技术和装备。充分利用国家生态环境科技成果转化综合服务平台,实施百城千县万名专家生态环境科技帮扶行动,提升减污降碳科技成果转化力度和效率。加快重点领域绿色低碳共性技术示范、制造、系统集成和产业化。开展水土保持措施碳汇效应研究。加强科技创新能力建设,推动重点方向学科交叉研究,形成减污降碳领域国家战略科技力量。(科技部、国家发展改革委、生态环境部、住房城乡建设部、交通运输部、水利部、国家能源局按职责分工负责)

(二十二)完善减污降碳法规标准。制定实施《碳排放权交易管理暂行条例》。推动将协同控制温室气体排放纳入生态环境相关法律法规。完善生态环境标准体系,制修订相关排放标准,强化非二氧化碳温室气体管控,研究制订重点行业温室气体排放标准,制定污染物与温室气体排放协同控制可行技术指南、监测技术指南。完善汽车等移动源排放标准,推动污染物与温室气体排放协同控制。(生态环境部、司法部、工业和信息化部、交通运输部、市场监管总局按职责分工负责)

(二十三)加强减污降碳协同管理。研究探索统筹排污许可和碳排放管理,衔接减污降碳管理要求。加快全国碳排放权交易市场建设,严厉打击碳排放数据造假行为,强化日常监管,建立长效机制,严格落实履约制度,优化配额分配方法。开展相关计量技术研究,建立健全计量测试服务体系。开展重点城市、产业园区、重点企业减污降碳协同度评价研究,引导各地区优化协同管理机制。推动污染物和碳排放量大的企业开展环境信息依法披露。(生态环境部、国家发展改革委、工业和信息化部、市场监管总局、国家能源局按职责分工负责)

(二十四)强化减污降碳经济政策。加大对绿色低碳投资项目和协同技术应用的财政政策支持,

财政部门要做好减污降碳相关经费保障。大力发展绿色金融,用好碳减排货币政策工具,引导金融机构和社会资本加大对减污降碳的支持力度。扎实推进气候投融资,建设国家气候投融资项目库,开展气候投融资试点。建立有助于企业绿色低碳发展的绿色电价政策。将清洁取暖财政政策支持范围扩大到整个北方地区,有序推进散煤替代和既有建筑节能改造工作。加强清洁生产审核和评价认证结果应用,将其作为阶梯电价、用水定额、重污染天气绩效分级管控等差异化政策制定和实施的重要依据。推动绿色电力交易试点。(财政部、国家发展改革委、生态环境部、住房城乡建设部、交通运输部、人民银行、银保监会、证监会按职责分工负责)

(二十五)提升减污降碳基础能力。拓展完善天地一体监测网络,提升减污降碳协同监测能力。健全排放源统计调查、核算核查、监管制度,按履约要求编制国家温室气体排放清单,建立温室气体排放因子库。研究建立固定源污染物与碳排放核查协同管理制度,实行一体化监管执法。依托移动源环保信息公开、达标监管、检测与维修等制度,探索实施移动源碳排放核查、核算与报告制度。(生态环境部、国家发展改革委、国家统计局按职责分工负责)

八、加强组织实施

(二十六)加强组织领导。各地区各有关部门要认真贯彻落实党中央、国务院决策部署,充分认识减污降碳协同增效工作的重要性、紧迫性,坚决扛起责任,抓好贯彻落实。各有关部门要加强协调配合,

各司其职,各负其责,形成合力,系统推进相关工作。各地区生态环境部门要结合实际,制定实施方案,明确时间目标,细化工作任务,确保各项重点举措落地见效。(各相关部门、地方按职责分工负责)

(二十七)加强宣传教育。将绿色低碳发展纳入国民教育体系。加强干部队伍能力建设,组织开展减污降碳协同增效业务培训,提升相关部门、地方政府、企业管理人员能力水平。加强宣传引导,选树减污降碳先进典型,发挥榜样示范和价值引领作用,利用六五环境日、全国低碳日、全国节能宣传周等广泛开展宣传教育活动。开展生态环境保护 and 应对气候变化科普活动。加大信息公开力度,完善公众监督和举报反馈机制,提高环境决策公众参与水平。(生态环境部、国家发展改革委、教育部、科技部按职责分工负责)

(二十八)加强国际合作。积极参与全球气候和环境治理,广泛开展应对气候变化、保护生物多样性、海洋环境治理等生态环保国际合作,与共建“一带一路”国家开展绿色发展政策沟通,加强减污降碳政策、标准联通,在绿色低碳技术研发应用、绿色基础设施建设、绿色金融、气候投融资等领域开展务实合作。加强减污降碳国际经验交流,为实现 2030 年全球可持续发展目标贡献中国智慧、中国方案。(生态环境部、国家发展改革委、科技部、财政部、住房城乡建设部、人民银行、市场监管总局、中国气象局、证监会、国家林草局等按职责分工负责)

(二十九)加强考核督察。统筹减污降碳工作要求,将温室气体排放控制目标完成情况纳入生态环境相关考核,逐步形成体现减污降碳协同增效要求的生态环境考核体系。(生态环境部牵头负责)

废纸加工行业规范条件(节选)

工业和信息化部

为深入贯彻落实《中华人民共和国循环经济促进法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《中华人民共和国土壤污染防治法》,引导废纸加工行业高质量发展,提升废纸集约化加工水平,制订本规范条件。

一、总则

(一)本规范条件中废纸加工是指按照废纸的来源用途、分类标准、质量要求等,对废纸进行分类、挑选、除杂、切割、破碎、包装等加工处理,并将加工后的废纸作为原料送往造纸等生产制造行业进行再生利用的过程。废纸加工企业(以下简称企业)是指从事废纸加工行业的企业,不包含以废纸为原料生产纸浆、纸板及其它后续产品的利用企业。

(二)本规范条件中资源综合回收率是指统计期内分拣后可利用的再生资源总数量与分拣前废纸总数量之比的百分数。废纸利用率是指加工后可利用废纸数量(即除去不可利用废纸及杂物)与分拣前废纸总数量之比的百分数。废纸洁净率是指加工后可利用废纸数量与分拣后的废纸总数量之比的百分数。

(三)本规范条件适用于在中华人民共和国境内已建成的所有类型企业。

(四)本规范条件是促进行业技术进步和规范发展的引导性文件,不具有行政审批的前置性和强制性。

二、企业布局与项目选址

(五)企业应当符合国家产业政策和所在地区城乡建设规划、生态保护红线、生态环境保护规划、

土地利用总体规划、主体功能区规划等要求,其施工建设应满足规范化设计要求。

(六)企业加工能力应当与本企业可利用废纸资源规模相适应。鼓励企业进入再生资源或循环经济园区经营。

(七)企业不得在自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、永久基本农田保护区以及法律、法规规定禁止建设的其他区域内违法建设投产。已在上述区域内投产运营的企业要根据该区域规划要求,在一定期限内,通过依法搬迁、转产等方式逐步退出。

三、技术、装备和工艺

(八)企业土地使用手续合法(若土地为租用,合同期限不少于 10 年),厂区面积、作业场地面积应与企业加工能力相适应,作业场地应为封闭式厂房,厂区地面应做硬化处理,应合理规划建设原料区、分拣区、加工区、质检区、成品区、运输区、固体废物及危险废物临时存放区。

(九)企业应配备与处理能力相适应,且满足防火、绝缘特性的废纸分拣加工装备和配套装卸设备,根据加工品类配备切胶机、破碎机等辅助加工设备,以及测水仪、电子磅和电子监控系统等管理设备。

(十)企业应配备粉尘、废水、废物收集处理等环境保护设施,以及必备的安全防护、消防设施等。

(十一)企业应选择生产效率高、能耗低、环保达标和资源综合利用效率高的工艺和设备,对废纸品类等级进行细分,实现废纸进料、分拣、加工、包装全流程自动控制,鼓励采用磁选、风选、破碎等技术提高产品洁净度。

四、资源综合利用及能耗

(十二)企业应对收集的废纸进行充分分拣,分拣出的塑料、金属、玻璃和其他再生资源等应妥善回收利用,资源综合回收率不低于 95%。

(十三)企业应采用有效分拣、分离、拆解手段去除废纸中混杂的塑料覆膜、石膏填充物、玻璃、泥沙等不可利用杂物,鼓励企业采取智能分拣等先进工艺对废纸进行细分,提高废纸综合利用效率和洁净度,废纸利用率不低于 95%,废纸洁净率不低于 98%。

(十四)鼓励企业与回收、造纸等领域的企业开展产品信息化溯源和质量管理合作,积极参与废纸分类规范等国家、行业标准的制定与实施工作。

(十五)企业应建立用能考核制度,加强对加工过程的能耗管控,加工生产系统综合电耗应低于 5 千瓦时/吨废纸。鼓励采用先进适用的节能技术、工艺及装备。

五、环境保护

(十六)企业应按照《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》要求,完成环境影响报告书(表)审批或环境影响登记表备案。属于需办理环境影响报告书(表)审批的项目,应严格执行环境保护“三同时”制度,落实各项污染防治措施,在项目建成后,按照国家规定开展建设项目竣工环境保护验收。根据《固定污染源排污许可分类管理名录》,排污单位生产运行前应依法申请排污许可证或进行排污登记。

(十七)企业应按照相关法律法规要求履行环境保护义务,建立健全企业环境管理制度,鼓励通过环境管理体系认证。

1.贮存设施的建设、管理应根据废物的环境危险特性满足《一般工业固体废物贮存、处置污染控制标准》和《危险废物贮存污染控制标准》等要求。

2.加工过程中产生废水、废气、工业固体废物的,应建设环保收集与处理设施设备,满足相关标准

要求并保证其正常使用。作业场地应采取防渗漏措施,避免土壤受到污染。

3.对混入的放射性物质、易燃易爆物品、有毒有害重金属及化合物应单独存放并交由有资质的企业规范处理。对混入的蜡、胶黏物、砂石等不可利用物质应交由专业企业规范处理。

4.加工过程中产生的粉尘应按照《工业企业设计卫生标准》的要求设置喷淋和防尘设施,净化处理达标后排放。

5.应采用低噪声设施,并采用屏蔽、隔声减震等处理措施,确保厂界噪声达到《工业企业厂界环境噪声标准》的要求。

(十八)企业应设有专职环保管理人员和完善的环保制度,建立环境保护监测制度,具有突发环境事件或污染事件应急设施和处理预案。

六、产品质量和职业教育

(十九)鼓励企业设立专门的质量管理部门,配备专职质量管理人员,建立质量管理制度。编制岗位操作守则、工作流程,明确人员岗位职责、工作权限,保障检验数据完整。应配备经检定合格、符合使用期限的相应检验、检测设备。

(二十)鼓励企业制定不低于现行国家或行业标准的企业产品质量标准。企业应通过质量管理体系认证,并对出厂的废纸加贴产品标识,标明废纸类别、等级、质量、质检记录、出厂日期和加工企业等信息。

(二十一)鼓励企业配备信息管理系统,建立可追溯的废纸进销存记录以及检验记录,相关信息保存 3 年以上。

(二十二)鼓励企业建立加工全过程管理体系,对废纸来源、数量、分拣加工、产品品质(不合格废纸含率、含杂率、含水率)、质检信息、产品流向、运输物流及废弃物处置等信息进行全程溯源管理,提高信息化管理和技术水平。

(二十三)鼓励企业建立员工培训制度,制订完善的岗位操作守则和工作流程,明确人员岗位责任和工作权限。大型打包机、破碎机等设备操作人员

和质量检验等关键岗位人员应进行定期职业技能培训,特种作业人员(如叉车工等)应具备相应资格,做到持证上岗。

七、安全生产、职业健康和社会责任

(二十四)企业应严格遵守《中华人民共和国安全生产法》《中华人民共和国职业病防治法》等法律法规规定,安全生产条件符合有关标准、规定。具备相应的安全生产、劳动保护和职业危害防治条件,对作业环境的粉尘、噪声等进行有效治理,达到国家卫生标准,配备相应的安全防护设施、消防设备和安全管理人员,建立、健全安全生产责任制,开展安全生产标准化建设,并按规定限期达标。

(二十五)企业应在厂区内设置安全防护设施和消防设施,符合相关安全生产标准。加工设备操作区域应安装安全防护栏等防护设施,应设置避雷装置及喷淋设施,按照《建筑灭火器配置设计规范》配置灭火装置。应设计安全通道,确保通风、通行良好。

(二十六)企业作业环境应符合《工业企业设计卫生标准》《工作场所有害因素职业接触限值》的要求。

(二十七)企业应具有健全的安全生产组织管理体系、职工安全生产培训制度和安全生产检查制度及突发事件应急预案,并通过职业健康安全管理体系认证。

(二十八)企业应按照国家有关要求,积极开展安全生产标准化和隐患排查治理体系建设,确保在规定的期限内达标。

(二十九)企业用工制度应符合《中华人民共和国劳动合同法》《中华人民共和国社会保险法》的规定。

八、监督管理

(三十)规范条件的申请、审核及公告

1.工业和信息化部负责对符合本规范条件的企业名单予以公告,并对符合本规范条件的企业实行

动态管理。

2.企业根据本规范条件自愿申请规范公告。申请企业须编制《废纸加工行业规范公告申请书》(以下简称《申请书》,见附1),按要求提供相关材料,对申请材料的完整真实性负责并承担相应责任。

3.同一法人拥有多个位于不同地址的厂区或生产车间的,每个厂区或生产车间需要单独填写《申请书》,并在申请时同时提交,集团公司下属具有独立法人资格的子公司需单独申请。

4.省级工业和信息化主管部门负责接收本地区相关企业的申请,并按本规范条件要求对申报企业进行核实,提出具体审核意见,将符合本规范条件要求的企业申请材料和审核意见报送工业和信息化部。

5.工业和信息化部根据省级工业和信息化主管部门的审核意见,组织专家对企业申请材料进行复审和现场核查。对符合本规范条件的企业名单进行公示,无异议的予以公告。

(三十一)公告企业实行动态管理

1.进入公告名单的企业要按照本规范条件的要求组织生产经营活动,且应在每年第一季度结束前通过省级工业和信息化主管部门向工业和信息化部提交《废纸加工行业规范条件执行情况和企业发展年度报告》(以下简称《年度报告》,见附2)。各省级工业和信息化主管部门会同省级有关部门,督促企业加快技术改造,规范各项管理,并对列入公告名单的当地企业进行不定期监督检查,将监督检查结果于每年4月30日前报送工业和信息化部。

2.充分发挥社会舆论监督作用,鼓励社会各界对企业规范情况进行监督。任何单位或个人发现申请公告企业或已公告企业有不符合本规范条件有关规定的,可向工业和信息化部投诉或举报。

3.工业和信息化部委托相关专业机构加强行业发展状况的分析和研究,组织推广应用先进适用的节能减排新技术、新工艺及新设备。

4.已公告企业应在企业名称、经营范围及其他与本规范条件相关的情况发生变化时,及时报省级工业和信息化主管部门,在1年内完成整改升级,并补充必要的证明材料,由省级工业和信息化主管部

门组织相关机构和专家验收后报工业和信息化部。工业和信息化部对验收意见进行核实,对仍符合本规范条件的,予以公告。

5.已公告企业有下列情况之一的,省级工业和信息化主管部门应报请工业和信息化部将其从公告名单中撤销:

- (1)不能保持符合本规范条件要求的;
 - (2)不按要求提交《年度报告》的;
 - (3)报送的相关材料或生产经营有弄虚作假行为的;
 - (4)拒绝接受监督检查或监督检查不合格的;
 - (5)发生重大及以上生产安全和环境污染事故,或违反国家法律、法规和国家产业政策行为的。
- 因前款规定被撤销公告的企业,经整改合格 2 年后方可重新提出规范公告申请。

工业和信息化部撤销公告应提前通过省级工业和信息化主管部门告知企业,听取企业的陈述和申辩。

6.支持国家或地方相关管理部门依据本规范条件制定相应的配套监管措施,列入公告的企业名单将作为相关政策支持的参考依据。

九、附则

- (三十二)本规范条件涉及的法律法规、标准和产业政策若进行修订,按修订后的规定执行。
- (三十三)本规范条件自 2022 年 1 月 1 日起实施。
- (三十四)本规范条件由工业和信息化部负责解释。



· 消息 ·

造纸行业全国首家！金东纸业顺利通过两化融合管理体系 AAA 贯标认证

2022 年 1 月 27 日,金东纸业以打造“订单准时交付管理能力”新型能力流,顺利通过国家工业和信息化部两化融合管理体系升级版(AAA 级)贯标认证,AAA 级(流程级)是目前两化融合管理体系可申请的最高认证等级。

目前全国仅有 55 家企业获得两化融合贯标 AAA 级,金东成为国内首家且目前唯一通过该级别认证的造纸企业。本次贯标认证的顺利通过,标志着金东信息化与工业化、数字化深度融合再次获得权威认可,不仅在集团内、行业内率先树立了贯标建设样板,也为金东纸业数智化发展打下坚实基础。

来源:APP 大纸事业部

造纸电气传动常见故障的判断与分析

智桥科技

造纸机电气传动控制系统性能的好坏是决定一台造纸机能否高效率、高质量进行生产的前提,那么对于一台正常生产的造纸机来说,为保证其连续地高效率、高质量进行生产,传动系统的维护就显得尤为重要,本文列举了造纸机传动系统维护中的几类常见故障,并给出了相关分析及解决办法。

一、整机故障的判断与分析

作为电气技术人员,首先对所管理的设备要有充分的了解,对工作原理和设计思想要有非常清楚地认识。从原理上搞清楚再依据现象做出分析判断,是正确区分故障原因的基础。一般车间操作工或维修电工所能发现的只是生产过程中的表面现象。例如操作失灵,频繁断纸,引纸困难等。这些现象往往被操作人员视为电气故障,经常听到的抱怨是“车速不稳”。对于这种抱怨电气技术人员要做到一看二测三试验。一看是先看准问题的部位和现象位路及综合工艺流程分析原因所在;二测是对观察到的速度、电流等参数进行实测确认,排除指示错误;三试验是进行开环或空载等单机试验,确认电气或机械故障的大体范围。

二、可以确定的电气故障或机械故障

1. 电气故障

- 1) 变频器不能启动,而负荷又不存在卡死或堵转情况;
- 2) 电机发热异常,甚至冒烟,或者电流很大而电机不转或力矩很小,这有可能是线路故障或电机内部故障;
- 3) 操作失灵,加减速不动作,或反映不正常时

好时坏;负荷分配不平衡,可以调整但变化度不稳定等。这些可能与线路接触或通讯干扰等故障有关。

2. 机械故障

- 1) 轴承发热;
- 2) 设备转动声音异常,明显周期性声响且能观察到机械周期;
- 3) 网部常见的机械故障就是驱网辊打滑,表现为负荷分配时好时坏,特别是异常加速。如驱网辊打滑后摩擦阻力突然下降,负荷电流下降,而程序上对负荷下降的动作是加速,因而造成驱网辊不断加速最后飞车。这种情况简单的可以把网子张紧一些,如果不行则只能减小伏辊电流限值或增大驱网辊包角。

三、难以确认故障源的故障

对于比较明显的故障则可以直接从故障点入手解决,而纸机实际运行中往往会出现一些难以确定故障源的异常现象。常见到的有以下三个原因:

1. 速度不稳定

- 影响速度不稳定的因素有:
 - 1) 速度传感器(一般为编码器)机械联接不良,应检查联接器;
 - 2) 机械设备负荷变化大。打开与机械设备的联接器,只运转电机,以判断干扰是否来自机械设备;
 - 3) 速度调节器参数不合适,检查并调整速度调节器参数;
 - 4) 纸机湿部开车引纸的情况下,往往会出现纸幅含水量偏高,引纸时纸幅的下垂部分的自重会将纸幅拉长,所以总认为后边分部速度太慢,事实上越调快后边分部的速度,下垂的现象越严重,应检查相

应部分的脱水情况,并予以调整。

2. 速度突变

影响速度突变的因素有:

- 1) 速度传感器的机械连接不良,应检查联接器。
- 2) 线路连接点接触不良,应检查接线。
- 3) 机械设备故障,如轴承损坏等。

3. 负荷波动大

影响负荷波动的因素有:

- 1) 速度传感器的机械连接不良,应检查联接器。
- 2) 机械设备负荷波动大,应打开机械设备的联轴器只运转电动机,以判断干扰是否来自机械设备。

四、变频器的故障分析

1. 电机不转故障原因

- 1) 有无电源接入,检查电源;
- 2) 有无故障报警,排除故障;
- 3) 电机有无故障,检查电机;
- 4) 变频器故障,不能自行解决时与变频器供应商联系。

2. 电机振动而且有响声,但不能转动故障原因

- 1) 电机故障;
- 2) 变频器故障:变频器输出三相电压不平衡,检查变频器的功率元件有无损坏,若有损坏予以更换,仍不能解决,与供应商联系。GTR 单管检查的方法是用万用表测量各极之间的电阻值。

3. 电机过热故障原因

- 1) 负荷过重,检查机械设备有无故障;
- 2) 变频器故障,变频器输出三相电源不平衡,检查 GTR 元件;
- 3) 电机故障,检查电机冷却风扇等。

4. 电机运行不平稳故障原因

- 1) 机械设备故障,打开与机械设备之间的联轴器,重新启动电机,以判断是否来自机械设备的干扰;
- 2) 如果故障仍然存在,则故障来自变频器,一是检查变频器输出三相电源是否平衡,或输出电压

有无波动;二是检查整流输出电压滤波电容器是否老化;

- 3) 速度传感器机械联接不良,应检查联接器。

五、保护功能动作的原因

1. 过流跳闸

- 1) 加速时间短,延长加、减速时间;
- 2) 负荷过重或有负荷突变,应检查机械设备的轴承等;
- 3) 变频器输出短路,查找短路点;
- 4) 外界电磁干扰,控制信号屏蔽线接地是否良好。

2. 散热片过热跳闸

- 1) 排风扇故障,或热片通风道阻塞,检查、排除;
- 2) 负荷增大,变频器过载导致,检查机械设备。

3. 过负荷跳闸

- 1) 机械设备负荷过重,检查机械设备;
- 2) 变频器故障。

4. 过电压跳闸

- 1) 减速时间短,应延长加、减速时间;
- 2) 电网电压太高。

5. 失压跳闸

- 1) 瞬时停电,等电机停止,变频器复位后,再启动;
- 2) 欠电压。

六、故障查找应用举例

1. 烘缸内部断纸

这显然不能视为车速原因,必定和工艺参数如蒸汽压力、纸张定量、浆料成分有关。即使可能存在速度波动,也不是主要的。所以应该协助工艺人员查找其他原因。

2. 压榨部断纸

压榨部断纸是一个比较难于判断的故障。一般来说先要根据压榨形式和断纸部位进行分析判断。如果是复合压榨则与电气有关的可能有负荷分配控

制出现的误差,辊子之间失去力的平衡,使纸页受到非正常的拉力或压力造成强度下降,断头增加。判断的方法主要是观察电流指示是否正常及摆动的大小。如果从电流表上发现严重不平衡或异常的摆动,则应首先进行空车调试找到不平衡的原因并调整参数让系统稳定下来。更简单的办法是如果负荷分配允许,可以停掉一或两个电机,就是把多点负荷的压榨部中怀疑有问题的点停掉,观察是否平稳。以便先找出单个辊子不稳定的原因。具体检查的部分有:

- 1) 各连接线有无接触不良,特别是相关联的信号线,如反馈线、通讯线、负荷分配点之间的输入输出线等;
- 2) PLC 程序检查,设置的参数上下限是否合适,计算程序有没有错误,程序执行是否正确等;
- 3) 变频器参数检查,转矩补偿是否设置合理,默认参数是否与电机参数一致;
- 4) 电机是否正常,有无异常声音及异常发热等。如果以上都正常则初步断定电气正常,去观察工艺和原料方面的原因。

3. 网部和压榨部连接处断纸

纸的品种及原料成分关系十分密切,产生的原因较复杂,是较容易判断错误的地方。这里以实践中调试的一个实例来说明:广东某纸厂的一台

2640/150 瓦楞纸机曾发现从伏辊到压榨引纸经常断纸的现象。起初怀疑速度变化,但反复调试都不能奏效。后发现原因是纸页原料质量太差及脱水不足所致,观察到的现象是:在伏辊和一压之间的纸页只在某一个小范围内能保持平衡。如果稍有下垂则就会发现下垂长度慢慢变长,最终导致断纸。表面上看似乎是速度不匹配,伏辊快压榨慢所致,但从速度表上观察并未发现有明显变化。经分析发现,是因为纸页水分大,原料纤维太短造成的。纸页下垂逐渐增大是因为克重比较大,加之水分偏大,当超过某一值后,下垂部分的纸页形成正反馈作用,即下垂越多自重力越大,如此下去最终导致断纸。在操作上表现很难掌握,如发现纸页下垂后给压榨加速,但刚刚看到纸页抬起时就会被拉断。或者下垂较多时,加速就已来不及,表面上好像调速失灵,又会造成判断出错。这种情况要求电气人员反复观察车速及电流指示来进行深入地分析来综合判断。切勿盲目下结论。

纸机运行中,由于机械、电气是紧密联系在一起的,有些故障现象是比较明显的,而有些故障很难一时确认故障源在电气方面还是在机械方面。这就要求电气人员要在非常熟悉电气系统的同时,还要具备一些相关造纸工艺知识,在碰到问题时综合分析,反复试验,找到一条解决问题的最佳途径。

纸张基本性能及改进方法

智桥科技

1) 裂断长

裂断长是纸张抗张强度的一种表示方法,它主要是由纤维结合力、纤维平均长度、纤维的交织排列与纤维本身强度所决定。通常,在打浆初期裂断长上升很快,以后逐渐缓慢下来,并且升到一定数值之后,裂断长即会下降,出现转折现象。产生转折的原因,主要是受纤维结合力和纤维平均长度两者变化的影响。

在打浆初期,主要影响纸张裂断长的是纤维结合力;随着打浆时间的延长,虽然纤维结合力仍然有所提高,也能继续提高裂断长,但是由于纤维平均长度的继续下降,造成纸张裂断长的降低,由于纤维平均长度下降的影响超过纤维结合力增加的影响,因而出现裂断长的转折现象。此外,纤维本身强度及纤维在纸张成形过程中的相互交织排列情况,也会在一定程度上直接影响纸张的裂断长。

2) 耐折度

耐折度是指纸在一定张力下所能承受 180° 往复的折叠次数。影响耐折度的因素有纤维平均长度、纤维结合力、纤维的交织和排列、纤维本身的强度和长短比例等。纸张的耐折度是随打浆度的提高而有所提高。与裂断长相似,即在达到最高值以后出现转折。纤维结合力对耐折度的影响,不如对裂断长影响大,相反,纤维平均长度对耐折度却有很大影响,因此,耐折度曲线的转折点较裂断长早,打浆度不很高时,耐折度就开始下降。

3) 撕裂度

撕裂度是表示纸张抗撕裂的能力,撕裂度与裂断长有所不同,它主要也是由纤维平均长度所决定。

在打浆初期,由于打浆度的提高,大大地增加了纤维的比表面积,有利于提高纤维的结合力,但同时纤维平均长度下降,此阶段,由于纤维结合力起的作用大于纤维平均长度起的作用,撕裂度呈上升趋势。上升一定数值后,由于纤维平均长度的急剧下降,造成撕裂度迅速下降。由于撕裂度更依赖于纤维平均长度,所以,撕裂度曲线转折点出现得最早。

4) 耐破度

耐破度表示纸页所能承受的最大压力,影响耐破度的主要因素是纤维结合力,其次才是纤维平均长度,纤维本身强度和交织情况等。因此耐破度曲线与裂断长曲线很相似,只是由于纸张在破裂时不仅受到拉力,同时还受到撕力作用的影响,在打浆度比较高的时候,因纤维平均长度较低,使耐破度下降程度比裂断长下降的程度要大些。

5) 吸收性

吸收性是表示纸张吸收水或其它液体的能力,影响纸张吸收性的主要因素是打浆度,随浆料打浆度的增加而降低,没有转折点,呈一递减曲线的形状。而这一吸收性曲线正好与打浆中结合力增长曲线对称,这种对称关系,说明彼此间有联系。这是因为打浆过程增加了纤维比表面积,减少了气孔和毛细管数量,结果吸收性质降低。同时吸收性又与纤维的纯度和半纤维素的含量有关,半纤维素含量高的浆料,在打浆过程中易于分丝和细纤维化,成纸结合较紧密,影响吸收性。

6) 透气度

透气度是表示纸张透气的程度,它可反映纸层中间空隙大小。影响透气度的主要因素与吸收性相

似,也是打浆度和纤维化学组成。

透气度随打浆度的提高而降低。由于空气通过纸阻力较小,透气度曲线比吸收性曲线下降的坡度还大。

7) 不透明度

不透明度是指纸页不透光的程度,纸张的不透明度,主要是取决于纤维的结合力,它是随打浆度的提高而降低的,没有转折点,若纸张中纤维结合松弛,纤维之间存有空气,光线通过空报而产生折射,提高了纸张的不透明度。

由此可知,打浆度越高,纤维结合越紧密,纤维之间的空气也越少,折射面也小,纸就越透明,不透明度也就越低。生产不透明度大的纸张,宜用半纤维少的纸浆,打浆度要低,同时选用折光率大的填料。

8) 紧度

紧度是指纸页紧密的程度,影响纸张紧度的因素主要是打浆度、纸浆种类、半纤维素含量以及纸机抄造中压榨和压光等。浆料打浆度越高,半纤维素含量越多,则纸的紧度越大。

9) 伸缩性

伸缩性是指纸张浸入水中或在不同的湿度增湿

或减湿时尺寸的相对变化,纸张的伸缩性与打浆方式、半纤维素含量及纤维本身强度和弹性有密切关系。

半纤维素多、打浆度高、纤维结合力大,因而在干燥时由于天面张力作用,使纸页收缩。

当湿润时又容易产生膨胀,使纸变形,伸缩性增大,打浆过程中短时间内切短纤维,防止纤维过分润胀,避免纤维的过分水化,可减少纸的伸缩性。

10) 施胶度

打浆的主要效应之一是增加纤维的比表面积,纤维的分丝帚化,增加纤维之间及纤维与添加物料的结合力,提高了胶料、填料、细小纤维的留着。

细小纤维对胶料有更强的亲和力,因而施胶效果得到提高。

11) 脆性

打浆初期,打浆度提高,脆性有所下降,随着打浆度进一步提高,纸张的脆性又有所上升。其原因是纤维的长度对脆性影响较大,随着打浆度的提高,纤维长度降低,成纸的脆性将不断增加。另外,纤维的细纤维化对脆性也有较大的影响,纤维的细纤维化,有利于纸页应力的分散,可以降低纸页的脆性,如进一步提高纤维的细纤维化,使纸页紧度上升,纸张的脆性又会增加。

· 消息 ·

国家发改委等十部门联合印发《“十四五”全国清洁生产推行方案》

2021 年 10 月 29 日,国家发展和改革委员会、生态环境部、工业和信息化部、科学技术部、财政部、住房和城乡建设部、交通运输部、农业农村部、商务部、国家市场监督管理总局联合印发《“十四五”全国清洁生产推行方案》(以下简称《方案》),共同推进“十四五”清洁生产工作。《方案》明确了我国“十四五”清洁生产主要目标、重点任务、重要工程和保障措施,指明了“十四五”清洁生产的发展方向和路径。

《方案》指出到 2025 年,我国清洁生产推行制度体系基本建立,工业领域清洁生产全面推行,农业、服务业、建筑业、交通运输业等领域清洁生产进一步深化,清洁生产整体水平大幅提升,能源资源利用效率显著提高,重点行业主要污染物和二氧化碳排放强度明显降低,清洁生产产业不断壮大。

《方案》强调,通过加强高耗能高排放项目清洁生产评价、推行工业产品绿色设计、加快燃料原材料清洁替代、大力推进重点行业清洁低碳改造,突出抓好工业清洁生产。同时,进一步深化不同领域的清洁生产工作:提出通过推动农业生产投入品减量、提升农业生产过程清洁化水平、加强农业废弃物资源化利用,加快推行农业清洁生产,并积极推动建筑业、服务业、交通运输领域清洁生产。

《方案》还提出了加强清洁生产科技创新和产业培育,以及创新清洁生产审核管理模式和探索清洁生产区域协同推进的工作模式。

· 消息 ·

中国造纸院“超级电容器隔膜纸的开发及产业化示范”项目顺利通过成果鉴定

2022 年 1 月 27 日,由中国制浆造纸研究院有限公司自主完成,并形成产业化、规模化生产的“超级电容器隔膜纸的开发及产业化示范”项目顺利通过中国轻工业联合会组织的科技成果鉴定。

来源:中国造纸杂志社