

ZHISHIANG ZAOZHI JIENENG JISHU

制浆造纸 节能技术

• 刘秉钺 曹光锐 编著 •



中国轻工业出版社

制浆造纸节能技术

刘秉钺 曹光锐 编著

 中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

制浆造纸节能技术/刘秉钺等编著.-北京:中国轻工业出版社,1999.5
ISBN 7-5019-2405-8

I. 制… II. 刘… III. 制浆-造纸-节能 IV. TS7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 03425 号

责任编辑:林 媛 责任终审:滕炎福 封面设计:崔 云
版式设计:丁 夕 责任校对:燕 杰 责任监印:徐肇华

*

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印 刷:中国人民警官大学印刷厂

经 销:各地新华书店

版 次:1999年5月第1版 1999年5月第1次印刷

开 本:850×1168 1/32 印张:11.125

字 数:289千字 印数:1—2500

书 号:ISBN 7-5019-2405-8/TS·1468 定价:30.00元

• 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 •

前 言

能源是人类赖以生存和推动社会进步的主要物质基础。当今人类利用的能源 90% 是煤炭、石油和天然气等化石矿物资源，它们在地球上储量有限，是经过亿万年才生成的，消耗后不可复得的能源资源。因此，节能是人类的大事，必须采取切实措施做好这一工作。

中国人口众多，能源资源相对匮乏，人均能源资源占有量不到世界平均水平的一半。我国人均能源消费量仅为 1.14t 标准煤，也不足世界人均能源消费水平 2.4t 标准煤的一半，居世界第 89 位。

我国主要用能产品的单位产品能耗比发达国家高 25%~90%，我国能源利用率只有 32% 左右，比先进国家低 10 多个百分点，节能潜力巨大。

能源与造纸工业关系极大，工艺生产过程不仅需要大量的动力，而且还需要大量的参数不等的热能，制浆造纸工业是消耗能量很大的行业之一。由于能源结构，制浆造纸的原料结构，技术设备，生产规模以及历史沿革等众多原因，造成我国造纸行业的能耗较高。而我国的能源供应情况一直比较紧张，能源工业虽然有了长足的进步，但仍不能满足各行各业的迅速发展，能源的供需矛盾将长期存在下去。一般的制浆造纸厂都有自备的工业锅炉，合理用能，节约能源已成为影响造纸工业发展的一个重要因素。

1996 年国内生产总值单位能耗比 1980 年下降了 53.5%。各地区、各部门、各行业的能源利用水平都有较大幅度的提高，主要产品单位能耗逐年下降，16 年共节约和少用能源 6.8 亿 t 标准

煤。造纸行业吨纸和纸板的能耗经过 10 年的努力由 1980 年的 1.88t 标准煤下降到 1.55t。争取再用 10 年时间，到 2000 年下降到 1.35t 标准煤。

本书汇集了近 20 年国内外制浆造纸行业的节能资料，按照制浆造纸的工艺生产过程分别介绍化学木浆、高得率浆、草类浆的节能途径，以及碱回收、打浆、抄纸过程的节能措施。本书还介绍了制浆造纸节能的新技术、自备能源、锅炉改造及热电联产、节电节水的措施。

曹光锐教授为编著此书收集了大量的资料，然而没来得及编著整理就离开了我们。曹光锐教授为中国的造纸工业及造纸教育事业献出了毕生的精力，尤其晚年对制浆造纸的节能又倾注了满腔的热情。笔者以崇敬的心情继续完成曹教授未竟的事业，补充资料，编辑整理，使得本书得以面世。由于本人水平有限，书中难免存在缺点和不足，敬请读者给予指正和帮助。

刘秉钺

1998 年 3 月

目 录

绪论	1
一、能源概述	1
二、我国的能源形势及政策	2
三、造纸工业的能耗及节能潜力	4
第一章 国际上制浆造纸工业降低能耗的努力	6
第一节 降低能耗、提高能源自给率	6
一、概述	6
二、美国制浆造纸工业的节能	8
三、日本制浆造纸工业的节能	12
四、加拿大与芬兰造纸工业的节能	16
第二节 瑞典规划低能耗的理想纸厂	18
一、概述	18
二、生产漂白商品浆的 KP 浆厂	21
三、生产 KP 挂面纸板厂	23
四、新闻纸厂	23
五、高级纸厂	25
六、薄页纸厂	26
七、卡纸纸厂	27
八、SCA Munksund 纸厂	28
九、瑞典关于节能科研课题摘要	29
第二章 化学木浆的生产工艺节能	32
第一节 木片尺寸对蒸煮的影响	32
一、概述	32
二、木片厚度对硫酸盐法蒸煮软浆的影响实例	38

三、南方松制挂面板用浆过程中木片规格影响的实例	39
四、木片厚度筛	41
第二节 间歇式蒸煮木浆节约热能的途径——冷喷放	44
一、Sunds-Celleco 法	45
二、热能快速置换法 (RDH 法)	49
三、其他方法	53
第三节 氧漂及脱木素	55
一、氧漂的特点	57
二、氧漂的能耗与费用	58
三、氧漂的机理	59
四、氧漂工艺	61
五、氧的制取	66
第四节 废纸回收再用	69
一、概述	69
二、废纸的加工处理	73
三、超声波技术用于废纸处理	79
第三章 高得率制浆的节能	84
第一节 磨石磨木浆的节能	84
一、粗磨节能	85
二、提高磨石线速节能	88
三、控制刻石方式节能	88
四、加压磨石磨木浆节能	89
五、加压磨石磨木浆加 H_2O_2 的影响	92
第二节 预热木片磨木浆的热回收	94
一、概述	94
二、TMP 的热回收方式	95
三、影响 TMP 热回收的因素	97
四、TMP 热回收系统	100
第三节 化学热磨木片磨木浆	101

一、概述	101
二、化学处理	102
三、CTMP 浆的特性	108
四、CTMP 生产系统	110
第四章 中小草浆厂节能的若干途径	114
第一节 备料对能耗的影响	114
一、原料的贮存	114
二、原料的筛选	114
三、湿法备料	116
第二节 制浆系统节能	117
一、蒸煮工艺条件对能耗的影响	117
二、蒸煮操作对能耗的影响	119
三、低温低压快速蒸煮	121
四、废汽热回收	122
五、洗选漂的节能	126
第三节 非木材原料的高得率浆	128
一、概述	128
二、蔗渣 CMP	129
三、蔗渣 SCMP	132
四、红麻 CTMP	134
五、草类 Naco 法制浆	136
第四节 用制浆厂废液厌氧发酵生产沼气	138
一、厌氧发酵的基本原理	139
二、影响厌氧发酵的条件	140
三、厌氧发酵的装置	141
四、纸厂废液厌氧发酵实例	144
第五章 碱回收工艺节能	150
第一节 废液蒸发系统的节能	150
一、黑液的提取和预蒸发	150

二、长管升膜蒸发器	153
三、降膜蒸发器	155
四、蒸发器除垢	162
第二节 废液燃烧和白泥回收节能	166
一、供液系统对锅炉产汽的影响	166
二、供风系统的节能	167
三、清灰除尘对能耗的影响	174
四、白泥回收的节能	176
第三节 直接苛化法碱回收	178
一、概述	178
二、燃烧	179
三、水解	182
四、直接苛化法生产系统	185
第六章 打浆和抄纸的节能	188
第一节 打浆节能	188
一、打浆设备的选择	188
二、盘磨机的齿型对节能的影响	191
三、磨片材质的选择对节能的影响	193
四、盘磨机速度与载荷对节能的影响	194
五、其他方面对节能的影响	195
第二节 纸机网部生产节能	195
一、合理使用脱水元件及成形区的强化脱水	196
二、采用新型材料制造网部元件对节能影响	200
三、白水回收和纸机用水封闭循环	203
四、湿部助剂的使用对节能的意义	206
五、网部的其他节能措施	208
第三节 压榨脱水节能	214
一、影响湿部压榨的因素	214
二、伏辊压榨	219

三、变水平脱水为垂直脱水	221
四、复合压榨提高湿纸干度	223
五、使用双毯压榨, 提高脱水能力	224
六、热压有利于节能	229
七、利用变速抽气机脱除洗毯水可节能	239
八、宽压区压榨	240
第四节 纸机干燥节能	241
一、通风换气系统节能	241
二、烘缸蒸汽加热系统节能	248
三、其他节能措施	255
第七章 制浆造纸节能新技术	259
第一节 中浓技术	259
一、基本原理	259
二、中浓技术在贮槽与泵送上的应用	263
第二节 热泵技术	265
一、热泵原理	265
二、热泵蒸发节约能耗	267
三、使用热泵回收利用 TMP 废汽	274
四、纸机利用热泵回收热能	276
五、采用吸收式热泵干燥固体物料	280
第三节 节能新技术	281
一、中性或碱性抄纸的节能	281
二、生物制浆	289
三、利用膜分离技术节约蒸发能耗	290
第八章 自备能源与节能	293
第一节 自备能源	293
一、概述	293
二、树皮的干燥	294
三、燃烧废木料锅炉	299

四、气化生物质作为能源	305
五、煤水浆	307
第二节 锅炉改造与节能	309
一、改造锅炉提高效率	309
二、蒸汽蓄热器	311
三、锅炉除垢	317
四、加强保温, 减少散热损失	321
五、堵塞漏洞, 杜绝热损	326
第三节 节电、节水	328
一、热电联产, 提高能源利用率	328
二、采用高效设备, 提高设备使用效率	331
三、水泵节能	336
四、节水	338
参考文献	343

绪 论

能源是发展生产和提高人民生活水平的重要物质基础。从最近 30 多年世界各国的国民经济发展来看,各工业发达国家的能源消费量的增加与国民生产总值的增长成正比关系。所以能源消费水平在一定程度上反映了社会生产力发展的水平。

一、能源概述

纵观世界,近百年来能源消费增长速度很快。从 1900 年至 1925 年第一个 25 年中,世界能源消费增长了 1 倍;第二个 25 年,即从 1925 年到 1950 年增加了 70%。第三个 25 年是世界上许多国家高速实现现代化的时期,能源消费增长迅速,1975 年的能源消费量是 1950 年的 3 倍多,年平均增长率为 4.8%,15 年左右就增长了 1 倍。进入 70 年代以后,世界各国,特别是耗能大国,注意节能工作,人均能耗趋于稳定,如下表所示。

本世纪能源消费增长

年 份	能源消费量/ 10 ⁸ t 标准煤	总人口/ 10 ⁸ 人	人均能源消 费量/t·人 ⁻¹	能源消费 增长倍数	人均增长 倍 数
1900	7.75	15.71	0.493	1	1
1925	15.65	19.65	0.796	2.02	1.61
1950	26.64	24.86	1.08	3.44	2.19
1975	87.50	40.45	2.14	11.06	4.34
1986	98.39	50.42	1.95	12.70	3.96
1990	108.26	52.92	2.05	13.97	4.16

在消耗的能源中，主要是煤、石油、天然气等常规能源。以1986年为例，世界一次能源消耗量为98.39亿t标准煤，其中煤占31.21%，石油占42.91%，天然气占21.37%，水电、核电占4.51%。能源问题对于各国来说不仅是个经济问题，也是个生存问题。1973年中东战争期间，能源危机席卷整个资本主义世界，造成巨大的经济损失。美国由于缺少1.16亿t标准煤的能源，生产减少了930亿美元；日本缺少了0.6亿t标准煤的能源，生产减少了485亿美元。由此可见，由于能源不足造成的经济损失，往往是能源本身的20~60倍。因此日本及欧洲、美洲地区的一些资本主义国家，在不断受到能源危机冲击的情况下，对能源的合理利用，节省能源十分重视，都采取了强制性的措施。日本、美国颁布了能源法，并根据世界经济形势，能源的蕴藏、生产等情况，拟定了本世纪和下世纪的能源政策及相应措施。

二、我国的能源形势及政策

我国地大物博、资源丰富，但因人口众多，资源相对紧缺，能源资源的人均占有量居世界第80位，还不到世界人均水平的一半。我国又是一个能源生产和消费的大国，其生产量和消费量均居世界第3位。能源紧缺制约了国民经济的发展，以煤为主的能源结构造成了环境的污染，能源利用效率的低下和运输的紧张。同时，我国有着巨大的节能潜力。我国主要用能产品的单位产品能耗比发达国家高30%~80%，加权平均后高40%左右。我国的产值能耗是世界上最高的国家之一，大约为美国的7.4倍，日本的12.8倍，世界平均值的4.3倍（注：这里有经济结构、能源结构、汇率等不可比因素）。因此，提高能源利用的经济效益，降低产值能耗的节能潜力更大。

我国早在1980年就确定了“开发与节约并重，近期把节约放在优先地位”的能源发展总方针，1986年国务院发布了《节约能源管理暂行条例》。有关部门陆续制定了产业政策、节能技术政策

大纲、主要用能产品的效率或能耗标准、生产过程中耗能较高产品的单位产品能耗限额，以及固定资产投资工程项目的可行性研究报告中应当包括合理用能的专题论证等规定。1997年11月1日第八届全国人民代表大会第28次会议通过了《中华人民共和国节约能源法》。这些方针和法规的颁布和实施，对于促进节能工作的开展发挥了积极的作用。

1981年至1990年，我国国内生产总值年均增长率为8.98%，能源消费年平均增长率为5.05%，能源消费弹性系数为0.56，万元国内生产总值能耗1980年为7.64t标准煤，1990年为5.32t标准煤，下降30%，年平均节能率为3.7%，按产值能耗计算10年累计节约和少用能源共2.7亿t标准煤。

1991年至1995年，我国国内生产总值年均增长率为11.8%，是历史上增长最快的时期，能源消费年平均增长率为5.5%，能源消费弹性系数为0.47，每万元国内生产总值能耗，从1990年的5.32t标准煤降到1995年的3.94t标准煤（1990年不变价），下降26%，年平均节能率达5.6%，按产值能耗计算5年累计节约和少用能源达3.35亿t标准煤。其中，经济结构调整带来的间接节能量（少用能源）占2/3以上，采取节能技术措施使单位产品能耗下降获得的直接节能量不足1/3。上述节能量作为生产要素投入，可创国内生产总值500多亿元。

“九五”期间我国国内生产总值年均增长率计划为8%左右，如果不考虑节能的因素，按1995年的产值能耗计算，2000年时能源需要量约为18.9亿t标准煤。从国内能源生产量来看，到2000年预计煤炭产量可达到14.0~14.8亿t标准煤；石油和天然气产量分别为1.55~1.65亿t和250~300亿m³；一次电力发电量2200亿kW·h，国内一次能源可供量为13.5~14.3亿t标准煤。将有4.6~5.4亿t标准煤的能源缺口。如果“九五”期间，能源消费弹性系数按0.33~0.4计算，年平均节能率按4.4%~5%计算（发达国家年均节能率也仅在0.8%~2.2%之间），总节能量将

达到 3.3~3.6 亿 t 标准煤（注：此为环比累计节能量，其中技术措施节能量 1~1.2 亿 t 标准煤左右，其余为结构调整节能量）。万元国内生产总值能耗降至 1.73~1.78t 标准煤（1995 年价），下降 25% 左右。还有 4000~8000 万 t 标准煤的能源缺口，只能靠进口解决。

据测算，到 2000 年若实现上述节能目标，可节省能源开发综合投资 13000~14000 亿元，减少 1000 亿元的企业能源成本，减排 CO₂ 2.2 亿 t，SO₂ 560 万 t，烟尘 850 万 t。“九五”期间，以如此高的节能率和如此大的节能量来长期支持国民经济持续、快速、健康发展，必须高度重视节能工作，健全节能管理体系，加大节能工作的力度和广度，努力促进国民经济向资源节约型发展。

三、造纸工业的能耗及节能潜力

造纸工业不仅是技术密集、投资密集的部门，而且是轻工业中的耗能大户。据有关资料介绍，在造纸工业较发达的国家中，芬兰造纸工业能源消耗量占整个工业部门能源消耗量的 64%，瑞典占 42%，美国占 10.5%，日本占 5%。

我国 1985 年纸和纸板产量为 911.2 万 t，综合能耗 1640 万 t 标准煤，全国总能耗为 76126 万 t 标准煤，占全国能源总消耗量的 2.15%，占整个工业生产能源总消耗的 3.22%，占轻工业系统能源总消耗的 16.15%。每吨纸和纸板的综合能耗为 1.80t 标准煤。

国外每吨纸产品综合能耗为 1.157~1.280t 标准煤，比我国的单位产品能耗低 28.9%~35.7%。但是应该看到，国外能耗的 1.2t 左右标准煤是指制浆造纸过程消耗的总能量，实际他们需要外购的能量仅为 0.6~0.8t 标准煤。相当大数量的能源是靠燃烧蒸煮废液、树皮及其他废料而获得。在 70 年代美国造纸工业的能源自给率就已达到 47.1%，北欧各国更先进，芬兰为 54%，瑞典高达 62%。

我国的情况与先进国家比较，发展很不平衡。只有少数造纸

企业能源自给率达到 20%~30%，而为数众多的中小型造纸企业对制浆废液和其他“伴生能源”几乎尚未利用。这不仅是对能源的极大浪费，而且对环境造成非常严重的污染。这种情况不仅表明我国节能工作亟待改进，而且表明我国造纸工业的节能大有潜力。

美国造纸工业在 1976~1980 年间，投资 17620 万美元，节能 $7.268 \times 10^{15} \text{J}$ ，相当于 174 万 t 原油。以每桶油 20 美元计，每桶油重 136.4kg，则 174 万 t 原油合 25513 万美元，不仅回收了投资，而且还有经济效益。我国造纸工业在 1979 年至 1982 年期间安装双盘磨 231 台，罗茨真空泵 1047 台，总投资 1000 万元，年节电 1.6 亿 kW·h。

经过造纸行业的努力，我国吨纸和纸板的综合能耗由 1980 年的 1.88t 标准煤到 1990 年下降到 1.55t 标准煤。原国家计委、原国家经贸委、原国家科委公布的“中国节能技术政策大纲”，要求到 2000 年，使吨纸和纸板综合能耗再进一步下降到 1.35t 标准煤。大纲建议：

(1) 制浆推广连续蒸煮，间歇蒸煮冷喷放；造纸机采用新型脱水器材、强力压榨、全化纤湿毯、全封闭式汽罩、干网、袋式通风；制浆、造纸工艺过程及管理系统计算机控制等技术。

(2) 年产万吨以上的硫酸盐法及烧碱法制浆造纸厂，应积极回收碱和热能。木浆厂碱回收率达到 90% 以上；竹、苇、芒秆、蔗渣浆厂等力争达到 80% 以上；麦草浆力争达到 75% 以上。

(3) 推广纸机白水封闭循环利用技术，充分利用纸浆和造纸废浆及纤维原料净化、筛选后的废弃物。

(4) 调整原料结构、扩大废纸回收利用，废纸利用率提高到 30% 以上。

(5) 限制年产万吨规模以下碱法浆小型厂的建设。

第一章 国际上制浆造纸工业降低能耗的努力

第一节 降低能耗、提高能源自给率

一、概 述

最近 20 年,各国制浆造纸工业不仅降低了单位产品能耗,同时也逐步解决了能源自给的问题。

瑞典制浆造纸工业 1973~1983 年 10 年中,油耗下降很多,例如,1973 年油耗为 $2.2 \times 10^6 \text{m}^3$,1978 年为 $1.5 \times 10^6 \text{m}^3$,到 1983 年为 $0.7 \times 10^6 \text{m}^3$ 。10 年中降低了 2/3。瑞典的 Assi 公司,成功地在 Lövholmen 挂面纸板厂的石灰窑中,用锯末代替了燃油。

美国制浆造纸工业能源自给率已达 57%~58%,不久将超过 60%。自给率最大限度不低于 70%。

1983 年英国吨纸能耗下降 8%,此外英国有些造纸厂还混用沼气、天然气和重油作燃料。

7 个主要产浆国的能耗比较见表 1-1-1。这 7 个国家化学浆产量占世界浆产量的 85%。芬兰制浆造纸工业一次能耗,包括电能在内,约占全国能耗的 23%,瑞典占 17%,加拿大占 9%,其他国家都小于 4%。芬兰由于能源缺乏,利用黑液,废木料作为能源约占总数的 15%。

由于 1973 年的石油危机,各国制浆造纸工业多注意节油,1972~1979 年间,美国吨纸耗油降低了 20%强,加拿大降低了 12.5%,到 1984 年降到 15%。同期美国吨纸总能耗下降了 10%。