



孙优贤 等著

造纸过程建模 与控制

浙江大学出版社

号 01 字登祿(浙)

介 简 容 内

造纸过程建模与控制

孙优贤 等著

浙江大学出版社

(浙)新登字 10 号

内 容 简 介

本书为造纸过程控制技术专著,全书共分十二章。第1章至第3章,描述了造纸过程的工艺机理,分析了造纸过程控制的意义和特点,给出了中定量纸、低定量纸和高定量纸纸机的建模方法和相应的数学模型,导出了造纸机的双线性模型,模糊模型和精确-模糊集成模型。第4章主要解决造纸过程许多重要物理变量无法直接测量的问题,开发了线性状态观测器、扰动观测器、双线性状态-扰动观测器,着重提出了简化卡尔曼滤波器和最佳渐消卡尔曼滤波器的设计方法,给出了详细的应用实例。第5章至第9章是本书的重点,对造纸过程控制对象的不确定性、强耦合性、非线性和大纯滞后特性,提出了一系列克服这些特性的控制方法,在深入分析论证的基础上,导出相应的控制算法和设计步骤,并详细介绍应用实践,展示控制效果。第10章至第12章,从实用的角度,介绍了最优控制、前馈控制、状态反馈控制、容错控制、最可靠控制和调节器参数优化设计以及在纸机各部分的应用情况。

本书适合于自动化专业本科高年级和研究生教学使用,或造纸行业自动控制工程技术人员参考。

造纸过程建模与控制

孙优贤 等著

责任编辑 尤建忠

* * *

浙江大学出版社出版

浙江省煤田地质局制图印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

* * *

开本 787×1092 1/16 印张: 24.375 字数 655 千

1993 年 8 月第 1 版 1993 年 8 月第 1 次印刷

印数: 0001—2000

ISBN 7-308-01160-7/TP·079

定价: 软精: 19.50 元
精装: 25.00

前 言

近年来,运用现代控制理论和计算机技术,实现以提高经济效益为目标的传统工业的技术改造,得到了迅猛异常的发展。在这个过程中,造纸专用仪表的研制取得了重大突破,造纸过程高级控制策略的研究成果举世瞩目,造纸厂生产调度和信息管理系统的应用取得重大进展,造纸过程计算机控制系统的开发成果累累,它的推广应用更是如火如荼。为了应用自动控制技术,促进造纸工业的技术改造,提高造纸工业的自动化水平,使造纸工业早日实现现代化,作者根据造纸工业领域广大工程技术人员的迫切需要而写了这本专著。

浙江大学于1972年开始从事造纸过程自动控制技术的研究,先后在纸机上实现了烘缸压力控制、铜网跑偏控制、网前箱最优控制、解耦控制、烘干部烘缸表面温度最佳分布和最优控制、多变量前馈-状态反馈控制,成功地解决了烘缸表面温度、纸浆浓度等的准确测量,为整个纸机的计算机控制打下了基础。1983年开始进行整机数学模型、控制策略和管理程序的研究和开发。1984年7月2日,我国第一套自行研制的民丰造纸厂1号纸机计算机控制系统顺利投入运行,系统稳定可靠,控制质量令人满意,经济效益重大。它结束了国外引进计算机控制系统垄断我国造纸工业的局面。此后,浙江大学致力于造纸机计算机控制系统的大面积推广应用,至今已推广至40台纸机,分布于全国12个省市。在这段时间里,相继开发了各种纸机的8种数学模型,16种不同规律的控制算法,4种不同功能的计算机控制系统管理软件,使建模和控制策略的研究和开发达到国际先进水平。这本专著就是在这样的基础上写成的,她是作者、作者的同事和有关研究生20年研究工作的结晶,是浙江大学造纸自动化研究推广中心的集体创作。

本书从过程控制机理分析出发,总结了造纸过程控制的特点,指出了造纸过程实现自动控制的困难,给出了克服这些困难的控制算法,并取得了令人满意的控制效果。本书从现代控制理论的高度,对各种控制策略进行了详细的分析和论证,必要的定理和引理给出了一般性证明,显示了现场应用效果,这样比较恰当地处理了理论性与实践性的关系。本书以造纸过程控制五大特点为主线,系统地提出了解决五大特点的一系列控制方法。但是在对待某种特点的控制算法时,不是面面俱到,而是选择关键的特别适合于造纸过程特点的控制方法进行全面分析,这样从全局看比较系统,从局部看比较突出重点。本书还从造纸过程控制的实际出发,着重剖析了鲁棒控制、预测控制、解耦控制、自校正控制、 H_∞ 控制、容错控制等高级控制策略,同时也十分详细地介绍了前馈控制、状态反馈控制、模态控制等行之有效的一般控制方法,展示了重大经济效益,这样较好地处理了先进性和实用性的关系。

本书的第1章至第3章,描述了造纸过程的工艺机理,分析了造纸过程控制的意义和特点,给出了中定量纸、低定量纸和高定量纸纸机的建模方法和相应的数学模型,导出了造纸机的双线性模型,模糊模型和精确-模糊集成模型。第4章主要解决造纸过程许多重要物理变量无法直接测量的问题,开发了线性状态观测器、扰动观测器、双线性状态-扰动观测器,着重提出了简化卡尔曼滤波器和最佳渐消卡尔曼滤波器的设计方法,给出了详细的应用实例。第5章至第9章是本书的重点,对造纸过程控制对象的不确定性、强耦合性、非线性和大纯滞后特性,提出了一系列克服这些特性的控制方法,在深入分析论证的基础上,导出相应的控制算法和设计步骤,并详细介绍应用实践,展示控制效果。第10章至第12章,从实用的角度,介绍了最优控制、前馈控制、状态反馈控制、容错控制、最可靠控制和调节器参数优化设计以及在纸机各部分的应用情况。

作者从走上工作岗位以来,一直得到周春晖教授无微不至的关怀,特别是与本书有关的研究工作,自始至终得到周春晖教授的大力支持和热情指导,愿以此书作为对我敬爱的导师周春晖教授七十寿辰的纪念。

与本书有关的研究课题是与王庆国副教授、李平副教授、夏启军博士、应依群工程师等共同完成的,在当时他们是周春晖教授和作者的研究生,本书在各章引用了他们的博士论文和硕士论文的有关内容,因此他们既是作者研究工作的主要合作者,又是写作此书的主要合作者。

作者在进行与本书有关的研究工作中还得到钱积新教授、祝和云副教授、鲍伯良高级工程师的帮助。与本书有关的所有博士论文、硕士论文、80余篇国内外发表的论文和本书的书稿都是林庆女士打印的。全书由博士生冯旭同志校对,在此一并表示衷心的感谢!

从1972年到今天,20年来,作者一直从事造纸过程建模和控制的研究,从应用性基础研究,到应用研究、开发研究,直到大面积推广应用,一直得到黄丽明同志的支持、帮助和鼓励,在此表示深切感谢。

作者

1992年9月

目

录

纸张抄造过程的工艺及设备 1.1

纸张抄造过程的工艺及设备 1.1.1

纸张抄造过程的工艺及设备 1.1.2

纸张抄造过程的工艺及设备 1.1.3

纸张抄造过程的工艺及设备 1.1.4

纸张抄造过程的工艺及设备 1.2

纸张抄造过程的工艺及设备 1.2.1

纸张抄造过程的工艺及设备 1.2.2

纸张抄造过程的工艺及设备 1.2.3

纸张抄造过程的工艺及设备 1.2.4

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.1

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.2

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.3

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.4

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.5

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.6

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.7

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.8

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.9

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.10

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.11

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.12

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.13

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.14

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.15

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.16

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.17

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.18

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.19

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.20

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.21

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.22

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.23

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.24

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.25

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.26

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.27

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.28

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.29

纸张抄造过程的工艺及设备 1.3.30

第1章 概论

1.1 纸张抄造过程的工艺及设备

1.1.1 纸机种类

1.1.2 抄造机理

1.1.3 纸张质量

1.1.4 纸机特点

1.2 造纸过程控制的意义与特点

1.2.1 造纸过程控制的意义

1.2.2 造纸过程控制的特点

1.2.3 国外造纸过程建模与控制

1.2.4 国内造纸过程建模与控制

1.3 结论

第2章 数学模型 I

2.1 中定量纸纸机的数学模型

2.1.1 网前部的数学模型

2.1.2 铜网压榨部的数学模型

2.1.3 烘缸部的数学模型

2.1.4 整机的数学模型

2.2 低定量纸纸机的数学模型

2.2.1 网前部的数学模型

2.2.2 铜网压榨部的数学模型

2.2.3 烘缸部的数学模型

2.2.4 整机数学模型的考核

2.3 高定量纸纸机的数学模型

2.3.1 网前部的数学模型

2.3.2 网部及压榨部的数学模型

2.3.3 烘缸部的数学模型

2.3.4 整机数学模型的简化及验证

2.4 结论

第3章 数学模型 II

3.1 造纸过程的双线性模型

3.1.1 网前部的双线性模型

3.1.2 铜网压榨部的双线性模型

3.1.3 烘缸部的双线性模型

3.1.4 整机的双线性模型

3.2 造纸过程的模糊模型	61
3.2.1 模糊模型辨识方法的改进	62
3.2.2 纸张水分子系统的模糊模型	64
3.3 造纸过程精确-模糊集成模型	70
3.3.1 适度控制原则和模糊评判准则	70
3.3.2 精确-模糊集成系统的基本类型	72
3.3.3 某纸机精确-模糊集成模型	73
3.4 结论	77
第4章 状态估计	
4.1 线性状态观测器	78
4.1.1 线性状态观测器的特点	78
4.1.2 线性状态观测器的设计	80
4.2 线性扰动观测器	81
4.2.1 扰动观测器的提出	81
4.2.2 扰动观测器的分析	82
4.3 双线性状态-扰动观测器	83
4.3.1 双线性状态观测器	83
4.3.2 双线性状态-扰动综合观测器	85
4.3.3 网前部状态-扰动综合观测器设计	87
4.4 简化卡尔曼滤波器	90
4.4.1 卡尔曼滤波理论概述	90
4.4.2 卡尔曼滤波递推公式的简化	91
4.4.3 纸机简化卡尔曼滤波器的设计	94
4.5 最佳卡尔曼滤波器	97
4.5.1 最佳卡尔曼滤波器的提出	98
4.5.2 最佳遗忘因子的计算方法	99
4.5.3 最佳卡尔曼滤波器的应用	103
4.6 结论	104
第5章 基于对象不确定性的控制 I	
5.1 参数不确定的鲁棒控制 I	105
5.1.1 鲁棒控制概述	105
5.1.2 鲁棒控制设计方法	107
5.1.3 纸机鲁棒控制设计	111
5.1.4 纸机鲁棒控制仿真与实施	121
5.2 参数不确定的鲁棒控制 II	122
5.2.1 多变量系统鲁棒极点配置	122
5.2.2 多变量系统鲁棒稳定性分析定理	127
5.2.3 最佳鲁棒性极点配置算法	128

5.3	结构不确定的鲁棒控制	129
5.3.1	特征结构配置	130
5.3.2	鲁棒极点配置	131
5.3.3	结构化鲁棒性指标	133
5.3.4	鲁棒极点配置设计步骤	135
5.3.5	纸机鲁棒控制系统	138
5.4	结论	141

第6章 基于对象不确定性的控制Ⅱ

6.1	模糊控制	142
6.1.1	对于模糊集理论的若干定义	142
6.1.2	模糊控制系统的分类定义	143
6.1.3	模糊控制中的积分作用	144
6.1.4	最优模糊控制	149
6.2	精确-模糊集成控制	154
6.2.1	并联型精确-模糊集成系统最优控制	154
6.2.2	串联型精确-模糊集成系统最优控制	158
6.2.3	纸机精确-模糊集成控制系统设计Ⅰ	160
6.2.4	纸机精确-模糊集成控制系统设计Ⅱ	162
6.2.5	纸机精确-模糊集成控制系统运行	164
6.3	多模型控制	168
6.3.1	多模型控制问题的提出	168
6.3.2	同时对角优势化	169
6.3.3	同时强镇定	170
6.3.4	整机多模型控制	172
6.4	多模块广义预测控制	174
6.4.1	广义预测控制(GPC)	175
6.4.2	多模块控制结构	177
6.4.3	纸机多模块广义预测控制	178
6.5	结论	180

第7章 基于对象强耦合特性的控制

7.1	零极点配置设计方法	182
7.1.1	设计计算方法	182
7.1.2	网前箱解耦控制	185
7.1.3	网前箱解耦控制仿真	188
7.1.4	网前箱解耦控制试验结果	189
7.2	最优解耦控制设计方法	194
7.2.1	最优解耦问题的描述	194
7.2.2	最优解耦控制的设计算法	196

651 7.2.3 网前部最优解耦控制	网前部最优解耦控制	201
087.3 补偿解耦装置设计方法	补偿解耦装置设计方法	204
181 7.3.1 前馈动态解耦	前馈动态解耦	204
881 7.3.2 输出反馈解耦	输出反馈解耦	208
881 7.3.3 状态反馈解耦	状态反馈解耦	212
881 7.3.4 纸机直接加热器的解耦控制	纸机直接加热器的解耦控制	214
147.4 H_{∞} 解耦控制设计方法	H_{∞} 解耦控制设计方法	216
7.4.1 H_{∞} 解耦控制算法	H_{∞} 解耦控制算法	216
7.4.2 造纸过程 H_{∞} 解耦控制	造纸过程 H_{∞} 解耦控制	216
517.5 结论	结论	225
541		
第8章 基于对象非线性特性的控制	第8章 基于对象非线性特性的控制	
418.1 双线性最优控制	双线性最优控制	226
041 8.1.1 双线性最优控制概述	双线性最优控制概述	226
481 8.1.2 一类双线性最优控制	一类双线性最优控制	228
481 8.1.3 纸页水分的双线性最优控制	纸页水分的双线性最优控制	230
878.2 双线性解耦控制	双线性解耦控制	231
001 8.2.1 双线性解耦控制器的推导	双线性解耦控制器的推导	231
502 8.2.2 双线性网前部解耦控制器设计	双线性网前部解耦控制器设计	235
418.3 非线性自校正控制	非线性自校正控制	241
801 8.3.1 问题的提出	问题的提出	241
801 8.3.2 自校正控制器的推导	自校正控制器的推导	242
001 8.3.3 多输入多输出情形	多输入多输出情形	243
051 8.3.4 数学模型的分析与探讨	数学模型的分析与探讨	244
551 8.3.5 仿真结果	仿真结果	245
418.4 结论	结论	247
571		
第9章 基于对象大纯滞后特性的控制	第9章 基于对象大纯滞后特性的控制	
859.1 多变量纯滞后系统自校正控制	多变量纯滞后系统自校正控制	249
081 9.1.1 概述	概述	249
9.1.2 纸机总体控制结构	纸机总体控制结构	250
9.1.3 多变量自校正控制	多变量自校正控制	251
581 9.1.4 纸机多变量自校正控制系统	纸机多变量自校正控制系统	255
589.2 多变量纯滞后系统闭环极点配置	多变量纯滞后系统闭环极点配置	259
581 9.2.1 闭环极点配置方法	闭环极点配置方法	259
881 9.2.2 纸机多变量控制系统设计	纸机多变量控制系统设计	261
089.3 多变量纯滞后系统分析与补偿	多变量纯滞后系统分析与补偿	263
401 9.3.1 时滞结构分析、分解与补偿	时滞结构分析、分解与补偿	263
401 9.3.2 改进的多变量内模控制	改进的多变量内模控制	268
001 9.3.3 带时滞补偿器的广义预测控制	带时滞补偿器的广义预测控制	273

9.3.4	纸机带时滞补偿器的广义预测控制	278
9.4	结论	280
第10章 最优控制与参数优化设计		
10.1	控制器参数优化设计	283
10.1.1	概述	283
10.1.2	设计方法	285
10.1.3	算法问题	287
10.1.4	定量水分控制系统设计	293
10.1.5	方法扩充	299
10.2	纸机烘干部的最优控制	300
10.2.1	烘干部水分最优控制	300
10.2.2	烘干部温度最优控制	302
10.3	纸机成纸水分的最优控制	307
10.3.1	鲁棒最优控制	307
10.3.2	最优控制系统设计	309
10.3.3	成纸水分最优控制	310
10.4	结论	311
第11章 前馈补偿器与状态反馈控制		
11.1	烘干部单变量前馈-状态反馈控制	312
11.1.1	控制对象描述	312
11.1.2	状态反馈控制的设计计算	315
11.1.3	前馈补偿装置的设计计算	319
11.1.4	前馈-状态反馈控制系统实施	320
11.2	烘干部多变量前馈-状态反馈控制	321
11.2.1	控制对象描述	321
11.2.2	前馈补偿装置的设计计算	325
11.2.3	最优控制器的设计计算	326
11.2.4	状态反馈控制的设计计算	327
11.2.5	前馈-状态反馈控制系统实施	328
11.3	网前箱多变量前馈-状态反馈控制	329
11.3.1	控制对象描述	329
11.3.2	状态反馈控制的设计计算	333
11.3.3	前馈补偿装置的设计计算	336
11.3.4	网前箱温度控制系统实施	337
11.4	结论	34
第12章 容错控制和最可靠控制系统设计		
12.1	最可靠控制系统设计	341

- 12.1.1 控制系统故障模型
- 12.1.2 控制系统可靠性分析
- 12.1.3 最可靠控制系统设计
- 12.1.4 控制系统冗余最优配置
- 12.2 纸机网前部容错控制
 - 12.2.1 网前部模型和主要故障
 - 12.2.2 多测量向量故障检测方法
 - 12.2.3 网前部故障检测与结构重组
- 12.3 纸机烘干部可靠控制
 - 12.3.1 烘干部描述
 - 12.3.2 最可靠最优控制器设计
 - 12.3.3 故障检测、估计与补偿
 - 12.3.4 烘干部可靠控制系统仿真
- 12.4 结论

参考文献

[illegible]

晴軒對風松已器嘗休齡館 章 II 藥

第 1 章

概 论

1.1 纸张抄造过程的工艺及设备

造纸是我国古代四大发明之一,纸张的出现对人类文明的发展有着不可估量的作用。从东汉蔡伦发明造纸术到今天已经一千八百多年了,其间造纸技术已传遍全世界,纸张和各种纸产品也已成为现代人类生活中不可缺少的日用消费品和生产原材料。据统计,1984年全世界的纸和纸板总产量达2.09亿吨,总消费量达2.07亿吨,人均消费纸40公斤,而且产量和消费量都以7%的年增长率在迅速增长。一些工业发达国家,如美国、日本、德国、英国等,纸产品的人均消费量在100公斤以上,其中美国高达237公斤。而我国,由于造纸工业比较落后,加上人口众多,纸产品的人均消费量只有7.5公斤,远远低于40公斤的世界平均水平。

造纸工业的发展程度和纸产品的人均消费水平,从一个方面反映了一个国家的发达程度。近几年来,在改革浪潮推动下,我国造纸工业也在迅速发展,1984年我国纸和纸板的产量比1983年增长14.3%,纸浆产量增长13.3%,在世界各国增长率中分别为第二和第一。1984年我国纸和纸板总产量为756万吨;1985年增长到911万吨,居世界第六位,人均消费水平提高到9.2公斤;1986年年产量超过1000万吨,居世界第五位,人均消费也超过了10公斤。从以上数字可以看出,我国造纸工业正在迅速发展,但任务非常艰巨。

在现代工业中,造纸工业所占的比重名列前茅。这是因为造纸工业在投资、能耗、原料消耗、水耗等方面往往超过重工业。据1987年对我国几个行业的调查,造纸工业百元产值占有固定资产为89元,而石油工业为82元,化学工业为80元。造纸工业的能耗很大,平均每生产一吨纸所消耗的能耗比炼一吨钢消耗的要大。据统计,美国1973年生产每吨纸品的平均能耗是622千瓦时/吨,全年造纸工业总能耗占国内总能耗的10.5%。制浆造纸工业的耗水量更是惊人,每生产一吨纸就要用去八百多吨水。此外,作为造纸原料的木材、各种草类纤维以及化学药品等的消耗量也很大。

造纸工业的重要性,还体现在它的产品对人民生活水平和其他工业部门生产的影响。现代社会的“信息爆炸”使得纸产品的质量直接影响到印刷工业、包装工业的技术发展和信息、电子、电力部门的技术进步。造纸工业的污染问题也是一个引人注目的大问题。

对于这样一个重要的工业部门,世界各主要工业国家都非常重视,采用了各种技术手段促进造纸工业的发展。目前各发达国家的造纸工业,多具有企业规模大(平均年产纸和纸板5万吨以上),纸机车速高(长网纸机达1000米/分以上),纸幅宽,机械化和自动化程度高等特点。造纸生产已达到了高速、优质、低消耗、低污染。

相比之下,我国造纸工业技术十分落后。轻工系统 1600 多个制浆造纸企业平均规模不足 0.5 万吨/年;纸机车速低,一般为几十米到 100 多米;能源、原料等消耗高,污染严重;绝大部分生产流程还是人工操作,自动化程度很低。

1.1.1 纸机种类

造纸机按结构(主要是网部结构)的不同,有长网纸机、圆网纸机、夹网纸机和复合纸机几种类型。下面分别给予简要的介绍。

1. 普通长网造纸机

长网造纸机是造纸工业中使用最为广泛的一种造纸机。在图 1.1 所示的一台抄宽 4020 毫米、抄速约 450 米/分新闻纸机的示意图中,可以看到典型长网造纸机的组成。造纸机可以看作是一种由多台设备组成的联动机,通常可分为湿部和干部两大部分。湿部包括浆料流送设备、网部和压榨部;干部包括干燥部、压光机和卷纸机。

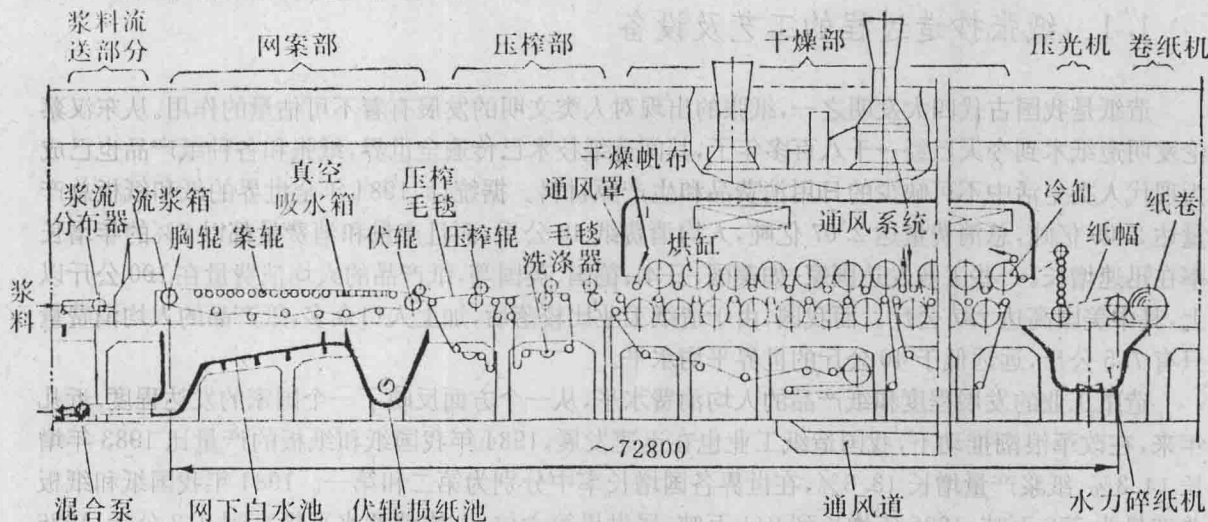


图 1.1 长网造纸机简图

如图 1.1 所示,经过配浆、施胶、加填和净化以后,具有适于抄纸性能的浆料(通常称之为纸料),在 0.3~1.3% 的浓度下进入造纸机的浆料流送设备。在这里,纸料经过浆流分布器和流浆箱对浆流的分布和匀整以后,均匀而稳定地流送到运动着的成形网(通常是铜网)的网面上。

浆流在网案的胸辊中心线附近上网以后,逐渐地过渡、脱水,形成连续的湿的纸幅。网案上通常设有案辊、真空吸水箱、伏辊等成形-脱水元件。当湿纸幅脱水到一定干度(通常是 40% 左右),便可以从网面剥离,送至压榨部继续脱水。

造纸机的压榨部由若干级辊式压榨组成。湿纸幅是由压榨毛毯支托着,在压辊间用机械挤压的方法脱水的。为了保持压榨毛毯的良好脱水性能,压榨辊上配设有毛毯洗涤装置。经压榨部后,湿纸幅的干度一般可达 20% 左右。

湿纸幅在纸机上的进一步脱水,通常是用加热蒸发干燥的方法。造纸机的干燥部通常由许多用蒸汽从内部加热的烘缸组成。烘缸上包覆着干毯(或帆布、干网),目的是将纸幅紧压到缸面上,提高传热效率和增进纸幅的表面质量。

干燥后,通常使用由 6~8 辊组成的压光机来提高纸幅表面质量。最后用卷纸机卷成纸筒,供整饰工段进一步加工使用。

表示长网造纸机的用途广泛,可以生产绝大多数品种的纸张。小型长网造纸机的生产能力每天只有数吨;大型长网造纸机的日产量可达 500 吨以上。各种用途和大小长网造纸机基本上是类似的,它们有相同的工作原理和相似的结构组成,只是由于生产能力和产品不同,结构上有一些局部的差异。

2. 普通圆网造纸机

圆网造纸机与长网造纸机的组成基本相同,也是由网部、压榨部、干燥部和卷纸机等组成。与长网造纸机不同之处,主要在于网部是由网笼和网槽组成的。

圆网造纸机在国内小型造纸厂中被广泛地采用。它主要用来生产一些质量要求不高、定量较低的纸张,如有光纸、信封纸、火柴纸和一般文化、印刷用纸等。

圆网造纸机基本上可分为单圆网单烘缸、单圆网双烘缸和双圆网双烘缸等几种。它们的结构可以用双圆网双烘缸造纸机为例作简单的说明。

如图 1.2 所示,纸料送入网槽后,由于圆网笼的内外有一定的水位差,纸料便在网槽内转动着的网笼表面上逐渐过滤、沉积而成为连续的纸幅。湿纸幅在网笼上方的伏辊处被下毛毯剥离网面,附着在毛毯的下表面运行到第二个网笼。在这里,两个网笼上形成的湿纸幅被合成为一个纸幅。合成的纸幅随着毛毯继续运行到压榨部。在压榨辊上,湿的纸幅被压榨脱水的同时,自动转移到表面比较平滑的上毛毯上,并随上毛毯进入第一烘缸。由于托辊把纸幅紧压到烘缸表面,湿纸幅紧贴在烘缸表面上迅速地被加热和蒸发干燥。为了使纸幅的两面具有相近的平滑程度,湿纸幅在大约 75% 的干度时离开第一烘缸。在第二烘缸上,湿纸幅受到光压辊的作用并被干毯紧压在烘缸表面继续蒸发干燥。最后,干燥了的纸幅在卷纸机上被卷成纸筒。

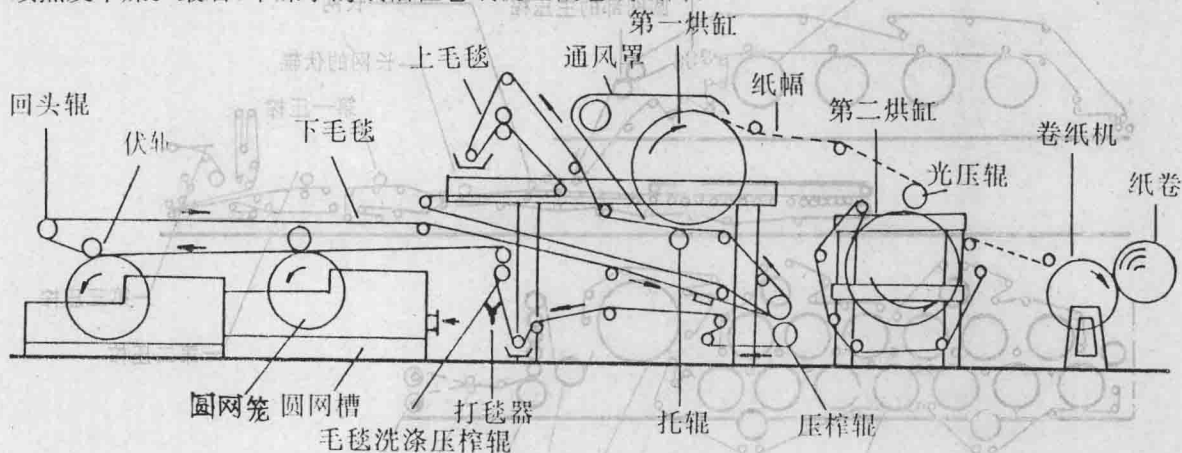


图 1.2 双圆网双烘缸造纸机简图

普通圆网造纸机的车速都较低,一般不超过 80 米/分,只有具有较大直径网笼的个别纸机可达 100 米/分或更高一些的车速。

3. 立式夹网造纸机

夹网造纸机的种类较多。它们相互之间,以及它们和普通长网造纸机之间的区别,主要在网部,它们的压榨部和干燥部基本上是相同的。夹网造纸机的特点是纸料在两个成形网之间脱水形成纸幅。

图 1.3 是一种最早使用的立式夹网造纸机的示意图。纸料经过浆流分布器从流浆箱唇板垂直地喷出,自由下落一段距离后,先和后网,接着再和前网接触并开始脱水。导向板的主要作用在于调节两网之间的距离,控制浆料的脱水速度。开始的几个导向板对网的压力很小,但最后几个导向板

是以很大的压力压向成形网的,它们使成形网略有弯曲地运行,因此网的磨损较大。图 1.3 所示夹网的纸幅成形区的长度大约 2.5 米,纸幅是在这样一个较短距离内迅速脱水和成形的。成形后的纸幅用真空吸水箱吸离后网,随前网运行,然后再被真空吸移辊转移到压榨毛毯上。

立式夹网造纸机通常要在较高车速下才能正常运转,低于 200 米/分时很难运行。在车速高达 900~1000 米/分时,仍能得到良好成形的纸幅。

4. 长圆网复合造纸机

一般说来,使用上述各类造纸机的网部,即使用不同型式的纸幅成形装置所组合起来的造纸机,都可以称为复合造纸机。根据产品的需要,复合造纸机有很多

可能的组合形式。现在最常见的是由多个圆网和一个长网组成的板纸机(图 1.4),它常用来生产多层板纸。通常是用质量较差的浆料在圆网上抄造板纸的内层,用质量较好的浆料在长网上抄成板纸的面层,两种湿的纸层复合在一起后,可以得到具有良好表面质量的板纸。

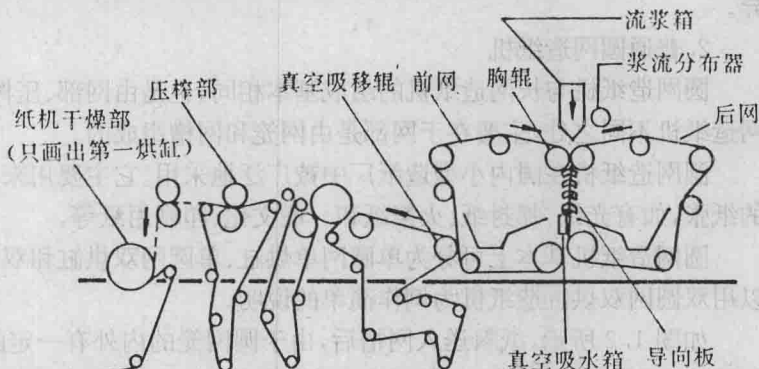


图 1.3 立式夹网造纸机示意图

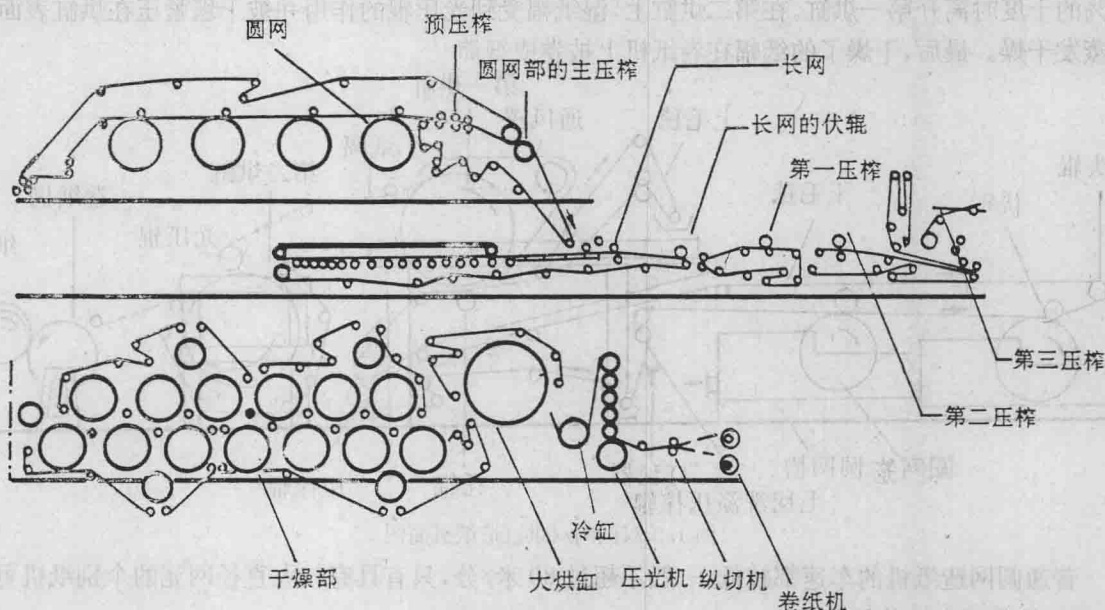


图 1.4 长圆网复合造纸机的组成一例

造纸机的种类千变万化,从过程控制的角度看,以上四种类型是最基本的。

1.1.2 抄造机理

1. 网上成形机理

(1) 长网成形过程

浆料经过流浆箱的唇口喷布到铜网上以后,将发生大量的脱水并初步形成积层。为了使浆流在这个初始成形过程具有一定程度的可控性,除了在操作上要控制好上网浆速和网速之间的关系,调

整喷布浆流着网平直和着网点位置适合之外,在网案上正确设置和使用成形板有着十分重要的意义。

一般的长网造纸机上,浆流上网的速度稍低于铜网的速度,这时候成纸的匀度较好。如果上网浆速和网速相同,由于在平静的浆流中,纤维可能会重新絮聚成团,成纸中容易有云彩花的现象,影响纸的匀度。当上网浆速大于网速时,纤维常常卷曲地沉积在铜网上,成纸匀度也差。但较大的浆速可使纸幅中纤维横向排列较多,适用于某些使用高粘状浆并要求纵向和横向的性能一致的纸种的抄造,如羊皮纸、卷烟纸、复写原纸等。

一般认为,浆速稍低于网速时,可以在浆流中造成一种定向剪切流型,继之可衰减为无定向的湍动。因此可以防止纤维絮聚,亦可以使絮聚的纤维分散,有利于提高成纸的匀度。但网速过大时,浆流上网后会出现波纹,纤维大量纵向排列,得不到良好的纸幅。

浆流上网后最初阶段脱水速度的大小,对上网浆流的稳定性和成纸的匀度影响很明显。

低速和窄幅的造纸机上,无论是胸辊或是第一案辊处,脱水均不太强烈。上网浆流的着网点在胸辊中心线后的附近或在第一案辊上,都可以得到相对平稳的上网浆流。

随着造纸机幅宽的增大和胸辊直径增大,如果浆流上网仍在胸辊中心线后的附近,则从着网点至第一案辊间有相当大距离。一旦造纸机车速较高,就会产生在胸辊处发生大量脱水,浆流上网后便立刻大量脱水而形成的现象。对于某些薄质纸类是适合的,但对于其他一些纸机,初始成形时的剧烈脱水是极不利于纸幅成形的。它会使纤维竖起来,影响成纸的强度;会造成大量细小纤维漏失,引起纸张两面性能不同;促使初期成积的纤维层过紧,影响浆料进一步的顺利成形和脱水;甚至会在胸辊处造成铜网下陷,发生网面上的跳浆现象,影响纸幅成形。

为了避免上述现象,在一般造纸机上,通常在胸辊后使用成形板。成形板可以支承铜网和减缓脱水。最常见的成形板是几个木质的长条形平板。第一条面宽 100~200 毫米,其余的较窄,通常是 65~100 毫米宽度,间距 40~50 毫米。合理地设计和使用成形板,能有效地控制胸辊的脱水,大大改善纸幅的初始成形。

如果把成形板过分前移或是上网浆流的着网点过远,则胸辊处的脱水就很少了。浆流上网后脱水过缓的现象也是不利于纸幅成形的。它容易引起浆流中的纤维重新絮聚成团,促成纤维卷曲地沉积在网面上。此外,脱水过缓时,大量水分随铜网运行,浆流的自由表面上容易产生纵向突起的浆流,并和相邻的浆流相互冲撞,在纸幅中形成位置不定的浆道子。这种现象主要是由于铜网下面的接触表面上有压力波动造成的(木质的成形板很难有准确的几何形状)。如果浆流在成形板上有适当的脱水量,有一层纤维附着在铜网表面,浆流的表面就会显得平滑和稳定了。

如前所述,要使上网浆流稳定,最初的脱水速度既不能过于剧烈,也不能过慢。除了利用流浆箱控制上网浆流的喷射角和着网点的位置来控制脱水速度外,成形板的设计和使用亦十分重要。一般的成形板的结构是趋于缩小成形板至胸辊中心线的距离,将第一块成形板适当地前倾,并慎重选用成形板前沿的厚度。成形板的结构应允许操作者能够根据具体情况作细致准确的调节。

在现代化的高速长网造纸机上,成形板通常是由一个较宽的平面梁板和数个小倾角案板组成的箱体。浆面的着网点是在梁板前缘附近的平面上。浆流上网后,由于平面梁板的脱水缓慢,可以稳定浆流。接着是约 1 度倾角的案板叶片,用以造成低强度的湍动和适当的脱水量,防止纤维重新絮聚。

用氧化铝烧结陶瓷面板制成的成形板具有良好的使用性能,它非常耐磨,表面光滑,并可以制成平直而锐利的前缘,避免将水逼回网上而破坏初期沉积的纤维层。烧结陶瓷和大多数的树脂无亲和力,可以长期保持清洁,无挂浆或堵塞现象,维修工作很少。但它相对地较难于制造加工,价格也

较昂贵。

(2) 圆网成形过程

在圆网造纸机上,网笼内的白水不断排出,并与网笼外的浆位形成一定压差,由此产生的过滤现象使纤维附着到网面上,随着网笼的回转而不断地形成纸幅。因此,圆网的纸幅成形过程基本上是一个过滤过程。随着圆网上纤维层的增厚,过滤阻力迅速加大,过滤速度逐渐变慢,纤维也越来越少地沉积到网面上。过滤的压差(即网笼内外的水位差),在抄造薄型纸张时,影响是明显的。而抄造较厚的纸张或纸板时,增加水位差对过滤速度几乎不起作用,通常只能用多个圆网,即用增加过滤面积的方法来达到所需的纤维层厚度。

在圆网上的纸幅成形过程中,无论是在何种型式的网槽上,都不同程度地发生纤维的定向、选分和冲脱的现象。

纤维的定向主要是由于浆料与网笼之间的速度差异,纤维受到网笼回转时的牵引作用而造成的。在纸幅开始形成时,由于网面清洁或是沉积在网面的纤维层很薄,滤水快,纤维沉积时没有一定方向排列,纵横向都排列得比较均匀。随着湿纸层的加厚和滤水作用减弱,纤维就越来越多的成纵向排列。在网笼的网面将要离开浆料液面的地方,纤维沿纵向排列的情况尤其显著。因此,圆网上抄成的纸幅,上、下层纤维组织状态是不同的;网面纤维排列比较均匀,而毯面纵向排列较多,纸幅纵向机械强度大于横向。

在圆网上的纸幅成形中的纤维选分现象,是由于细小纤维有较大的表面积和较强的吸附作用,较易于沉积和附着在网面的纤维层上面造成的。无论是在顺流式或逆流式网槽内,这种现象表现为入口端浆料中纤维平均长度较短(细小纤维较多),打浆度较高,而另一端的浆料的纤维平均长度较长,打浆度也较低。因此,顺流式网槽抄造出的纸幅,网面短小纤维较多,毯面的粗大纤维较多。在逆流式网槽内,由于湿纸幅开始形成部位上浆料的长纤维较多,形成的纸幅网面长纤维多而毯面短纤维多。选分现象是造成圆网抄造的纸张有明显的两面性(正反两面有差别)的原因之一。

纤维被冲脱的现象是指网笼的网面上已经沉积的纤维,由于受到网槽内浆料的冲洗作用,部分地重新回到纤维悬浮液中的现象。这种现象明显地表现在网笼的网面离开液面的地方。网面上纸幅最外层是很疏松的纤维层,由于受到浆液的摩擦和重力所引起的倒回滑落的作用,在湿纸出液面附近形成旋转流,严重时甚至会发展成“浆打滚”,影响纸的匀度,甚至造成有“泪纹”的纸病。

纸幅在圆网上的成形过程十分复杂,作用于成形过程的力很多,如重力、离心力、水位差引起的压力、水的表面张力、湿纸幅与铜网之间的附着力、湿纸幅与浆液之间的摩擦力,以及白水和浆流的冲击力等等。影响纸幅成形的因素也很多,其中主要有浆料的打浆度、浓度、网槽的型式、上浆压力(白水的液位)、形成弧长、抄速等。关于圆网上纸幅的成形机理的分析和如何改进圆网的抄造性能的问题,目前比较一致的意见是:网槽的设计需保持浆速稳定,并使之与网速相适应,这是提高圆网成形质量的前提,采用和发展可以调节浆流速度的网槽是有利的。

2. 压榨脱水机理

如图 1.5 所示,在普通压榨上,当湿纸幅和毛毯进入压辊间的压区后,逐渐地被压缩,湿纸中的水分在压力作用下,被挤压到毛毯的孔穴中。一般认为,这种脱水作用持续到压区的中点附近。然后,纸幅和毛毯开始膨胀,逐渐恢复其厚度。通过毛细管作用,已经被压入到毛毯中的一部分水分,又可能被吸回到湿纸中来,这就是所谓回湿。压榨的过程中,当挤压出来的水量超过了毛毯所能容纳的水量时,水分就会沿压区的水平方向流动。在普通压榨上,排出的水分积聚在压区之前,形成水层,最后才沿下压辊的表面流掉。如果压榨的排水量过大,或是毛毯的滤水性欠佳,压榨的排水量超过了毛毯可能通过的水量时,水分就被迫通过湿纸幅排除,在阻力很大的湿纸幅中产生过大的水力