

印刷油墨的配方设计与生产工艺

周震 武兵 编著

化学工业出版社
· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

印刷油墨的配方设计与生产工艺 /周震, 武兵编著.
北京: 化学工业出版社, 2003.12
ISBN 7-5025-4934-X

I. 印... II. ①周...②武... III. ①油墨-配方-
设计②油墨-生产工艺 IV. TS802.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 106269 号

印刷油墨的配方设计与生产工艺

周震 武兵 编著

责任编辑: 王蔚霞

文字编辑: 麻雪丽

责任校对: 凌亚男

封面设计: 于兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

http: //www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 29 字数 723 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4934-X /TS·133

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

2000年5月《印刷油墨》(化学工业出版社)一书出版后,得到全国广大读者的支持和帮助;通过与读者的沟通和交流,作者从读者身上学习到很多有益的知识,得到很多有益的信息,开拓了作者的视野,也了解到目前全国各地油墨生产中经常面临的种种配方和技术问题,在此谨向全国广大读者表示衷心的感谢。针对三年前出版的《印刷油墨》的不足,作者重新编写了这本书,希望通过本书,能够解决一些读者在生产中常遇到的问题,对油墨生产有所帮助。

在与读者的交流过程中,了解到油墨生产的基础知识,是读者迫切需要知道的,油墨生产中的许多问题常常通过对基础理论的学习,得到解决,因此前两章介绍了油墨生产的基础理论。包括流变性质,颜料分散时的润湿分散问题,颜料的基本性能,油墨生产和使用过程中的泡沫问题,以及新型的紫外固化油墨的基本知识;在色彩学一章,通过认真的阅读,读者将会了解油墨配色的基础知识等,这是非常多的读者向作者提出的要求。第三章介绍了油墨与承印物材料的关系。第四章花了很大篇幅介绍油墨生产的种种原材料,帮助生产厂家选择合适的原材料。第五章为平版油墨内容,介绍其印刷适性,单张纸与轮转胶印油墨的生产问题等。第六章为凸版油墨的介绍。第七章着重和详细介绍读者十分关心的柔性版水基油墨的生产问题。第八章用了比较大的篇幅介绍凹版水基油墨,以及读者关心的耐蒸煮复合包装油墨。第九章介绍了各种孔版印刷油墨,其品种几乎涵盖了丝网印刷油墨的各个应用范围。第十章为一些特种印刷油墨,对于打算开发特种印刷油墨的读者,希望本章能够对他们有所帮助。第十一章为印刷油墨的生产和如何建立油墨生产厂的一些意见。再往后几章及附录介绍了印刷油墨的检测方法和若干个国家标准等,读者可以通过把握这些内容,提高油墨的质量。总之,全书的内容着重于生产,着重于广大读者遇到的种种问题,希望读者通过本书,对油墨生产有进一步的了解,提高油墨生产的质量和产量。

本书的第二章为武兵编写,其余各章为周震编写。

感谢北京印刷学院许文才、乔东亮、赵贤淑、马涛、朱晓峰等领导对本工作的支持,感谢同事金杨、蔡惠平、陈黎敏、刘尊忠、贾静茹、杨丽珍、宋月红、李密丹、刘瑜在本书写作过程中的支持和帮助。

本书编著过程中,参考了国内外有关的出版物。

本书涉及多门学科、专业和工业技术,由于编者水平有限,难免有不当之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2003年7月于北京印刷学院

内 容 提 要

本书系统介绍了印刷油墨生产的基础理论、生产所需的原材料、各种印刷过程的特点以及与之适应的印刷油墨；介绍了各种印刷油墨的组成成分、生产工艺、各种油墨必须满足的印刷适性，印刷过程中出现的问题与油墨的关系；介绍了印刷油墨的检测方法并编入了一些配方，以及使用中容易遇到的种种问题；并在书后附有油墨生产的标准供读者查阅。

本书对于油墨生产厂家的技术人员将有重要的指导意义，对印刷厂家的科技人员和印刷工人提高印刷质量也会有所帮助。

目 录

引言.....	1
第一章 油墨生产的基础理论.....	3
第一节 流变学.....	3
一、油墨的流变性质.....	3
二、油墨的黏性和黏弹性	11
第二节 润湿与分散界面学	13
一、润湿和分散简介	13
二、液体在固体表面的润湿与非润湿状态	14
三、颜料的润湿性能和润湿分散剂的作用	16
四、润湿分散剂在油墨中的应用	20
第三节 颜料的基本性质和性能测试	29
一、颜料的颜色性能	30
二、颜料的耐抗性能	31
三、颜料的分散性能及其评定	34
四、颜料的流变性及存放稳定性	34
五、颜料其他性能及其测定	35
第四节 油墨中泡沫的产生机理与消泡剂的应用	37
一、泡沫的产生和消泡机理	37
二、印刷过程对消泡剂的性能要求	39
三、水基型油墨中的消泡问题	40
四、消泡剂性能的评价方法	42
五、消泡剂品种和组成	42
第五节 催干剂及其作用机理	43
一、油墨的氧化结膜原理	43
二、催干剂的类型及其特征	44
第六节 紫外线 (UV) 固化油墨的固化原理	46
一、UV 固化原理	46
二、UV 固化油墨的主要成分	49
三、不同印刷过程采用的 UV 固化油墨	51
四、UV 固化油墨的应用	52
五、UV 固化油墨生产和印刷过程中常见的问题	53
第二章 印刷油墨的色彩学基础与油墨配色	55
第一节 颜色视觉的形成	55
一、物体的光谱特性	55
二、颜色的分类与特性	56

第二节 颜色混合	57
一、色光的混合——加色混色	57
二、色料的混合——减色混色	58
三、网点呈色	58
第三节 颜色的定量描述与计算	60
一、孟塞尔颜色图册	60
二、印刷色谱	60
第四节 颜色的测量与评价	61
一、颜色测量的照明与观测条件	61
二、分光测色计	62
三、彩色密度计	62
四、油墨的颜色质量	63
第五节 油墨配色	64
第三章 不同印刷材料对油墨的要求	67
第一节 油墨在承印物表面的润湿和附着	67
一、油墨在承印物表面的润湿	67
二、油墨与承印物之间的吸引力	68
第二节 纸张材料对印刷油墨的要求	69
一、纸张的性质与油墨和印刷质量的关系	70
二、纸的分类	72
第三节 塑料表面印刷对于油墨的要求	73
一、塑料表面的印刷性能	74
二、塑料薄膜	77
三、塑料的表面处理及静电控制	78
四、塑料印刷中容易产生的问题和排除方法	80
第四节 金属、玻璃和陶瓷承印物材料	82
一、金属承印物材料的特点	82
二、常用金属承印物材料	82
三、金属表面印刷的前处理工艺	84
四、玻璃承印物材料	86
五、陶瓷材料	89
第四章 生产印刷油墨的原材料	92
第一节 连结料的作用和组成	92
一、连结料的作用	92
二、连结料的组成	93
第二节 连结料的主要成分	93
一、油类	93
二、树脂类	96
三、溶剂	106
四、辅助材料	118

第三节	连结料中的助剂	120
第四节	油墨连结料的性质和种类	127
	一、连结料的性质	127
	二、连结料的种类	128
第五节	印刷油墨对颜料的要求	131
	一、有机颜料、有机染料和无机颜料	131
	二、油墨生产对颜料的要求	133
	三、颜料的分类与命名	134
	四、有机颜料在印墨中的应用	135
	五、印墨类型对着色剂的要求	136
第六节	按颜色分类	138
	一、黄色颜料	138
	二、橙色颜料	145
	三、红色颜料	146
	四、棕色颜料	154
	五、蓝色颜料	154
	六、绿色颜料	155
	七、其他颜料品种	155
第七节	印刷油墨用无机颜料	156
	一、黑色颜料——炭黑	156
	二、炭黑的基本性能对其分散性的影响	157
	三、炭黑在油墨连结料中分散的几个阶段	160
	四、炭黑在连结料中的分散和设备选择	161
	五、炭黑分散质量的评价	165
	六、不同印刷方式对炭黑的不同要求	166
	七、白色颜料	166
	八、无机有色颜料	168
第五章	平版印刷油墨	170
第一节	平版印刷过程	170
	一、平版印刷过程	170
	二、胶版印刷过程的水墨平衡问题	172
	三、胶版印刷过程中的飞墨问题	175
	四、胶版印刷应该注意的问题	176
第二节	胶版印刷油墨的性质和原材料	177
	一、胶版印刷油墨的印刷适性	178
	二、油墨墨性的经验判断方法	183
	三、生产胶版印刷油墨的原材料	184
第三节	胶印油墨的种类	189
	一、单张纸胶版印刷油墨	189
	二、轮转胶印油墨	192

三、胶印金属油墨.....	197
第四节 印铁油墨.....	198
一、印铁油墨简介.....	198
二、印铁油墨的原材料.....	199
三、印铁油墨配方举例.....	200
第五节 胶印过程中的问题.....	202
第六章 凸版印刷油墨.....	206
第一节 凸版印刷过程.....	206
第二节 凸版油墨的性质.....	206
第三节 凸版印刷油墨的原料及生产.....	207
一、凸版印刷油墨的原料选择.....	207
二、凸版印刷油墨的生产.....	208
第四节 凸版轮转印报和书刊油墨.....	209
第五节 铅印书刊和彩色油墨.....	210
第六节 问题及解决的方法.....	211
第七章 柔性版印刷油墨.....	214
第一节 柔性版印刷过程.....	214
一、柔性版印刷油墨的市场情况.....	214
二、柔性版印刷过程.....	215
第二节 柔性版印刷油墨的基本成分.....	218
一、溶剂的选择.....	219
二、树脂的选择.....	219
三、色料的选择.....	220
四、柔性版印刷油墨的生产.....	220
五、柔性版印刷油墨配方举例.....	221
第三节 水基型柔性版印刷油墨.....	222
一、概况.....	222
二、水基型柔性版油墨的类型及正确使用.....	223
三、水基型柔性版油墨的干燥原理及其对于油墨性能的要求.....	224
四、水基柔性版油墨的印刷适性.....	225
五、水基型柔性版油墨的原材料.....	226
六、水基型柔性版油墨的性能对于印刷质量的影响.....	228
七、常见水基柔版油墨的类型及水基柔版油墨助剂.....	229
八、水基柔版油墨及助剂的正确使用.....	230
九、柔性版水墨的颜色稳定问题.....	232
十、水墨的生产过程.....	233
第四节 问题及解决的方法.....	233
第八章 凹版印刷油墨.....	236
第一节 凹版印刷过程.....	236
第二节 凹版油墨概况.....	237

一、概况	237
二、凹版油墨的性质和原材料的选择	239
三、凹版印刷油墨的种类	243
四、雕刻凹版油墨配方举例	243
第三节 水基型凹版油墨	244
一、水基型凹版油墨的原材料选择	244
二、水基凹版油墨的生产	245
三、水基塑料薄膜凹版印刷油墨	246
四、水性凹版铝箔油墨	247
五、水基凹印油墨配方举例	247
六、水基上光油配方	247
第四节 凹版塑料油墨	247
一、凹版塑料油墨概况	247
二、耐蒸煮复合包装油墨	249
三、凹印用的塑料薄膜种类和印刷性质	250
四、国内生产的水基塑料凹版油墨	251
五、塑料凹印油墨配方	251
六、其他凹版印刷油墨配方	252
第五节 凹版印刷过程中的问题	256
第六节 凹版油墨可能产生的问题	265
第九章 孔版印刷油墨	266
第一节 孔版印刷过程特点和油墨概况	266
一、孔版印刷过程特点	266
二、丝网印刷油墨概况	267
第二节 丝网印刷油墨分类	275
一、根据承印物材料分类	275
二、根据连结料分类	276
三、根据干燥形式分类	279
第三节 丝网塑料印刷油墨	280
一、丝网塑料油墨概况	280
二、丝网塑料油墨的分类和配方	282
第四节 丝网织物用油墨	284
一、染料油墨	284
二、颜料型织物印花油墨	289
三、织物网印故障	292
第五节 丝网印纸、丝网金属、丝网玻璃陶瓷用油墨	297
一、丝网印纸油墨	297
二、丝网金属用油墨	298
三、玻璃陶瓷丝印油墨	299
第六节 功能性丝网印刷油墨	300

一、微胶囊及其在油墨中的应用.....	300
二、功能性和微胶囊油墨.....	302
第七节 誊写油墨.....	314
一、誊写版印刷过程.....	314
二、誊写版油墨的配方和生产.....	314
第八节 丝网印刷故障及解决的方法.....	317
第十章 特种印刷油墨.....	322
一、红外线干燥油墨.....	322
二、紫外线干燥油墨.....	322
三、电子束固化油墨.....	327
四、荧光防伪油墨.....	329
五、塑料溶胶油墨.....	330
六、潮致凝固油墨.....	331
七、塑料薄膜印刷油墨.....	331
八、织物印刷用油墨.....	331
九、金墨、银墨.....	332
十、陶瓷印刷油墨.....	333
十一、玻璃印刷用油墨.....	333
十二、喷墨墨水.....	333
十三、静电复印墨粉.....	336
十四、无碳复写纸用减感压油墨.....	336
十五、光变防伪油墨.....	337
十六、光致色变防伪油墨.....	338
十七、荧光防伪油墨.....	338
十八、温致变色油墨.....	339
十九、磁性油墨.....	341
二十、发泡油墨和发泡抑制油墨.....	342
二十一、上光油.....	342
二十二、芳香油墨.....	342
二十三、光学字符阅读器用油墨.....	343
二十四、荧光隐性油墨.....	343
二十五、珠光印刷油墨.....	343
二十六、合成纸用油墨.....	345
第十一章 印刷油墨的生产.....	346
第一节 印刷油墨生产概要.....	346
一、油墨中关于颜料的分散理论.....	346
二、颜料在连结料中的润湿.....	349
三、油墨的生产后的储藏稳定性问题.....	350
四、印刷油墨生产概况.....	351
第二节 颜料的捏和搅拌处理.....	352

一、干粉捏和.....	352
二、捏和搅拌挤水制墨.....	353
第三节 生产印刷油墨的搅拌混合设备.....	354
一、预混合.....	354
二、预混合搅拌设备.....	354
第四节 油墨生产的球磨设备.....	359
一、卧式球磨机.....	360
二、立式球磨机.....	363
三、砂磨机.....	364
第五节 三辊机.....	366
一、三辊机的结构.....	368
二、三辊机的供料装置.....	370
三、使用三辊机有关的一些问题.....	371
第六节 如何建立油墨生产厂家.....	373
一、设备的选择.....	373
二、油墨生产的生产成本.....	374
三、工厂的建立.....	375
第十二章 油墨性能的测量和质量控制.....	376
第一节 油墨黏度的测量.....	376
一、采用 NXS-11 型旋转黏度计测量黏度.....	376
二、采用 QND-4 型福特杯黏度计测量黏度.....	378
三、采用 NDJ-79 黏度计测量黏度.....	381
四、采用平行板黏度计测量黏度.....	384
五、采用 PX-III 自动平行板黏度计测量黏度.....	386
第二节 油墨黏性的测量.....	388
一、油墨黏性的测量.....	388
二、油墨黏性增值的测定.....	389
三、油墨飞墨的测量.....	390
第三节 油墨印刷适性及凹印油墨的测量.....	390
一、油墨印刷适性的测量.....	390
二、摩擦干燥测定法.....	393
三、凹印油墨性能的测量法.....	394
第十三章 油墨应用中的一般问题及解决方法.....	397
第十四章 油墨质量检验方法.....	404
一、油墨颜色检验方法 (GB/T 14624.1—93).....	404
二、油墨着色力检验方法 (GB/T 14624.2—93).....	405
三、油墨细度检验方法 (QB 559—83).....	405
四、油墨流动度检验方法 (GB/T 14624.3—93).....	406
五、油墨稳定性检验方法 (GB 567—83).....	407
六、油墨特性线斜率、截距、流动值、检验方法 (QB 577—83).....	408

七、油墨黏性检验方法 (GB/T 14624.5—93)	409
八、油墨黏性增值检验方法 (GB/T 14624.6—93)	409
九、油墨飞墨检验方法 (QB 566—83)	410
十、油墨、油脂黏度检验方法	410
十一、油墨光泽检验方法 (QB 573—83)	411
十二、油墨固着速度检验方法 (甲) (QB 570—83)	411
十三、油墨固着速度检验方法 (乙) (QB 570—83)	412
十四、油墨干性检验方法 (QB 562—83)	413
十五、油墨结膜干燥检验方法 (GB/T 14624.4—93)	414
十六、油墨渗透干燥性检验方法 (QB 572—83)	414
十七、油墨耐乙醇、耐碱、耐酸、耐水检验方法甲 (浸泡法) (QB 568—83)	415
十八、油墨耐乙醇、耐酸、耐碱、耐水检验方法乙 (滤纸渗透法) (QB 569—83)	415
十九、油墨渗色性检验方法	416
二十、凹版塑料油墨检验方法	417
附录	424
一、胶印轮转油墨 (QB/T 1865—1993)	424
二、胶印树脂油墨 (QB/T 1866—1993)	425
三、誊写油墨 (油型) (QB/T 1867—1993)	426
四、胶版金属油墨 (QB/T 2023—1994)	428
五、凹版复合塑料薄膜油墨 (QB/T 2024—1994)	430
六、平版印铁油墨 (QB/T 2025—1994)	434
七、软管滚涂油墨 (QB/T 2026—1994)	436
八、凹版塑料薄膜油墨 (QB 1046—1991)	438
九、防伪油墨 (GB/T 17001.1—1997)	439
十、平版印刷品质量要求及检验方法	444
十一、柔性版装潢印刷品 (GB/T 17497—1988)	446
参考文献	449

引 言

2000年前作为印刷的物质基础之一的墨便已出现了，国际上公认中国是古代文明中最先使用墨的国家，早在西汉时期（公元前200年）就开始使用墨了，这种墨可以在竹帛上写字传递信息，其某些功能与当代油墨是可以类比的。

公元1000年左右，北宋时期的毕昇发明了胶泥活字印刷，大大提高了印刷效率。为了进一步提高生产效率和降低成本，缩短刻版周期，有些地方开始使用软木刻版，这种刻版容易制作，出书快，成本低。元代印刷技术除了在安徽、江西有大的发展以外，福建与浙江也成为印刷技术发达的地区；在辽金以后，北方的北京和山西也成为印刷发展地区。明代是中国封建社会后期的文化昌盛的时代，也是印刷术发展的时期。从印刷技术的角度看明代的发展有如下特点：①已经发展了多色套版技术；②制墨技术又有很大进步；③印刷技术使用范围进一步扩大，书刊、报纸、广告、信纸皆是明代著名的印刷品；④活字版印书也有很大发展；⑤线装书广泛应用。

15世纪德国的谷登堡发明了铅合金活字印刷，油墨有了改进，用灯黑作为颜料，亚麻油为连结料，用手工将其均匀混合便制成了当时的油墨。但是直到19世纪中叶，科学尤其是化学以及色彩科学的进步，使得煤焦油染料和颜料发展很快，油墨制造商才能够根据用户需要为用户制出具有不同色相、明度、饱和度的彩虹般的各种颜色来。油墨生产进入了新的发展阶段。

中国现代油墨工业的形成是前清在北京白纸坊印制纸币开始的，当时生产油墨用的原材料都依靠进口。到解放前夕，国内只有些生产油墨的作坊和规模很小的油墨制造厂，技术力量薄弱，生产设备落后，只能生产一些低级油墨，质量低劣，品种混乱，加上市场上受质优、价廉的舶来品的冲击，因此当时的油墨工业很不景气。

解放后，油墨工业与其他工业一样，得到了迅速的发展。中国油墨工业不仅在产量上有较大幅度的持续增长，而且新材料、新品种也不断地出现，逐渐填补了中国的空白。现在中国已不仅能生产各种用途需要的油墨，而且从炼油、合成树脂，一直到生产高级颜料的一条比较完整的油墨工业体系也逐渐建立起来了。

目前全国油墨产量，不仅能满足本国需要而且还有相当数量销售到国外，提供出质量可与国外产品相媲美的快固着胶印亮光油墨、胶印树脂油墨、凸版轮转印报油墨等品种。

改革开放以来，中国印刷业发展迅猛，目前我国有各种经济成分的印刷及印刷设备器材生产企业约10万家，其中全民所有制企业65000多家，职工总数约300万人，1997年工业产值近600亿元。十年来，中国正式出版的图书由31000种增加到103300种，居世界第一位；期刊由3100种增加到8135种；报纸由600多种增加到2200多种；出版录音制品7065种；印刷技术已从铅印、照相制版、印后加工半手工的落后工艺，发展到激光照排、电子分色、桌面制版、胶印印刷，印后加工也初步实现了机械化。

与印刷工业类似，油墨工业通过引进和消化国外先进技术，中国油墨生产和装备水平有了显著提高，目前有油墨生产企业160余家，年产量10万吨，占全世界年油墨消费量的5%，其中中外合资、合作企业30余家，产量占全国总产量的50%以上。油墨工业存在的

主要问题是大部分企业规模小，产品重复，低档产品生产能力过剩，高档品种和技术复杂的专用品种生产能力不足。另外油墨生产用的主要原料（如颜料、树脂、溶剂等）在品种、质量、数量上不能与油墨同步发展。先进国家的胶印油墨朝着高速、多色、快干、无毒的方向发展，中国的胶印油墨光泽、干燥速度和印刷性能指标多数已达到发达国家同类产品水平，但在上机抗水性、固着性、网点再现性等使用性能上仍有差距，不能满足高质量印品的印刷要求。生产设备方面国外已普遍采用自动调节斜列式压墨机，可以保证油墨细腻、均匀、色彩鲜艳，而且生产效率高，每台机器的产量相当于国产三辊机的4倍左右，而国内厂家大多使用三辊轧墨机。发达国家在油墨制造过程中，普遍采用了计算机存储、更新及分析各种类型的油墨配方。中国虽然已经引进并使用了国外油墨生产设备，但应该加强工艺管理，加强对现有设备的维护，加强油墨科技人才的培养。要提高胶印油墨的使用性能，同时要提高塑料凹版油墨、柔性版油墨、复合包装油墨的质量，大力加强对特种油墨如UV光固化油墨、水基油墨、金属油墨、丝网油墨、喷绘油墨、防伪油墨的开发和研究。

第一章 油墨生产的基础理论

第一节 流 变 学

油墨能否在印刷机上很好地传递与分配，印刷品的复制质量与印刷过程会不会出现问题（例如飞墨、网点清晰度、密度、渗透性、光泽、堆橡皮、堆版等），这些都与油墨的流变性有关，油墨的流变特性早已受到普遍的重视。只有油墨具有合适的流变性，油墨才能顺利地传递、转移、分配、抵达印版上，直至最后转印到承印物表面。

现代印刷机的印刷速度极快，在几秒钟内油墨会受到很大的剪切、拉伸、挤压和破碎等作用，最后转移至承印物（纸）上而固着、干燥。而油墨本身的成分、油墨在印刷过程中的受力情况非常复杂，致使油墨在印刷过程中呈现复杂多样的流变状态。这给油墨流变特性的研究带来很大的困难。

油墨在一般的情况下呈流体状态，具有黏滞性，在切力作用下做黏性流动；但在高速转移的情况下，力的作用时间非常短暂而近于冲击，油墨又会明显地表现出弹性，油墨是一种黏弹性体。黏弹性体的一个重要的特性，是必须考虑在流变行为中的时间效应。

因此，研究油墨的流变性质是保证油墨质量的重要问题，在油墨工业中，对油墨流变性质的研究主要是研究牛顿流体和黏度、塑性流体和屈服值、油墨的流动性、油墨的触变性等问题。

一、油墨的流变性质

假设在两块平行板之间存在流体，（见图 1-1）下边一块平行板是静止的，上边一块平行板是移动的，它们相隔的距离也就是流体的厚度为 x ；由于上边的平行板是运动的，相对于下板的滑动速度为 v ，两板间的流体层会随着上板的力向同一边移动。

但是各流体层间的速度不一样：紧靠着上板的流体层速度最大，中间的流体层速度中等，紧靠下板的流体层速度最小。这种速度随位置的不同称为速度梯度，表示为 dv/dx 。

对流体来说其速度梯度 dv/dx 是个常数。由于速度梯度是流体受力以后的两层流体间的速度随位置的变化率，在物理学上，速度梯度称为切变速率，用符号 D 表示，

$$D = dv/dx$$

当距离用厘米（cm）表示，时间以秒（s）表示。则 D 的单位为 s^{-1} 。

从研究流体流变性质的角度看，需要了解的是流体切变速率 D 。这是因为，对于给定的流体，在给定的切应力 τ （单位面积流体上所受的力）的作用下，所发生的切变速率 D 是惟一的，而发生的切变（相对剪切形变） γ 却是没有限制的。并且流体的切变速率 D 是个可测的物理量，而流体的切变 γ 却是无法测量的。所以，我们可以用切应力 τ 和切变速率 D ，作构成流变方程的力学变量。如果用切变速率 D 为横坐标，用切应力 τ 为纵坐标，在直角坐标系中绘制 τ - D 关系曲线，这就是流体的流变曲线了。至于出现在流变方程中的

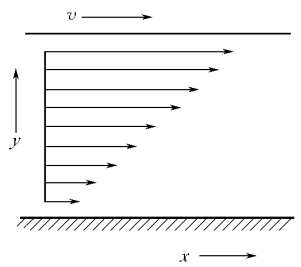


图 1-1 两平行板互动时速度梯度分布图

物理特性参数，主要是各种形式的流体黏度。

由切力引起的流动叫剪切流动。实验表明，黏性液体的剪切流动，可以分为五种主要的流动型式（流型）。油墨作为黏性液体，在印刷过程中所表现的流变行为大多在这五种流型之中。

图 1-2~图 1-6 给出了这五种流型典型的流变曲线，下面分别予以说明。

图 1-2 的曲线所表示的是牛顿型的流动，它表明：只要有切应力 τ ，不管它多么小，在切应力 τ 的作用下，液体的切变速率 D 便瞬间即产生，并且始终与切应力成正比。

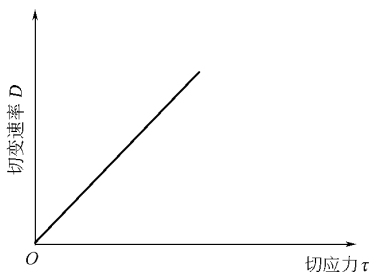


图 1-2 牛顿流体的流变曲线

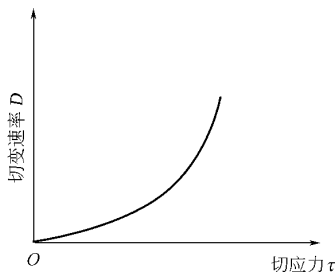


图 1-3 假塑性流体的流变曲线

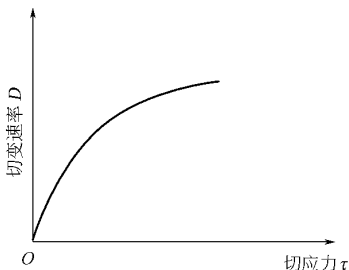


图 1-4 胀流型流体的流变曲线

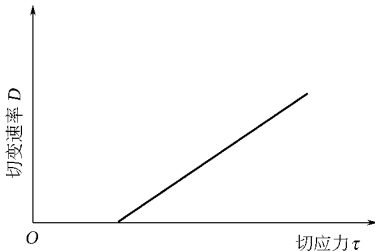


图 1-5 宾哈姆流体的流变曲线

图 1-3 和 1-4 的曲线同上述曲线一样通过原点，同样表明：只要有切应力 τ ，不管它多么小，在切应力 τ 的作用下，液体的切变速率会瞬间产生。但在切变速率产生以后，随着切应力的增加，图 1-3 曲线所代表的流型的切变速率增加得越来越快；而图 1-4 曲线所代表的流型的切变速率却增加得越来越慢。前者的流型叫假塑性流动；后者的流型叫胀流型流动。

与此相应地，我们把符合假塑性流动规律的流体模型叫假塑性流体；而把符合胀流型流动规律的流体模型叫胀流型流体。

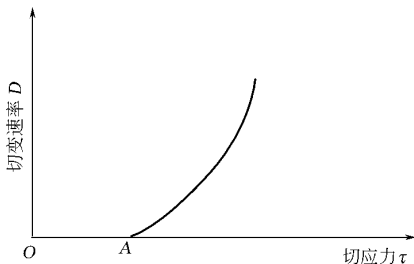


图 1-6 塑性流体的流变曲线

图 1-5 曲线代表所谓宾哈姆流体的宾哈姆流动；图 1-6 曲线代表所谓塑性流体的塑性流动。它们的共同特点是，当作用在流体上的切应力小于或等于某个确定的应力时，流体并不发生流动，这时切变速率为零；而当切应力大于这个确定的应力时，流体才发生流动。这个确定的应力叫流

体的屈服应力或屈服值。在图 1-6 中, A 点对应了该屈服值。它们的不同之处是, 当流动发生后, 宾哈姆流动的切变速率随切应力成比例地增加, 而塑性流动的切变速率却增加得越来越快。

假塑性流体、胀流型流体、宾哈姆流体、塑性流体通称为牛顿流体。印刷过程中的油墨, 在很多情况下要看做宾哈姆流体, 但有时要看做是胀流型流体, 如雕刻凹版油墨; 有时还要看做是假塑性流体, 如某些凹版油墨。

1. 黏度

(1) 黏度 黏度是流体重要特性之一。黏度是流体抗拒流动的一种性质, 是流体分子间相互吸收而产生的阻碍分子间相对运动能力的量度, 即流体流动的内部阻力。是流体在流动中表现出来的内摩擦特性的量度。流体的黏度与很多因素有关, 这些因素有: 流体的切应力和切变速率、流体的温度和压力、作用力作用的时间的长短, 以及流体的组成、结构、浓度等。

这里只讨论黏度和切应力、切变速率的依赖关系, 即有了切应力 τ 和切变速率 D 这两个概念以后, 就可以对黏度下定义: 黏度是切应力与切变速率之比。

$$\eta = \tau / D \tag{1-1}$$

牛顿流体在流动时, η 不依赖于切变速率 D , 式 (1-1) 表示的就是所谓牛顿黏度流体的方程, 它的物理意义是: 在牛顿流体的两层流体之间, 单位面积上的摩擦力 (即切应力 τ) 与垂直于流体的速度梯度 D 的满足线性关系。

黏度的单位为 (达因 / 平方厘米) / (1 / 秒) = 达因 · 秒 / 平方厘米 = 泊

目前在国际上黏度单位采用帕 · 秒, 或者用 Pa · s 表示。帕 · 秒与泊单位的换算关系如下。

$$1 \text{ 泊(P)} = 100 \text{ 厘泊(cP)} = 1000 \text{ 毫泊(mP)} = 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

在油墨的检测中, 习惯上把 η 的倒数 ($1/\eta$) 叫作油墨的流动度, 用 f 表示。 $f = 1/\eta$, 对于屈服值很小的油墨。在切变速率不是太大的情况下, 可以看做是牛顿流体; f 就可以用来表征这样的油墨的流动情况。

假塑性流体、胀流型流体和塑性流体的黏度, 都依赖于切变速率; 理想的宾哈姆流体的黏度不依赖于切变速率。黏度依赖于切变速率的流体, τ - D 曲线不是直线, 它们的黏度的定义形式上, 是采用与 η 类比的方法, 仍然以 τ - D 间的关系来表示。实质上, 已转变为描述流变曲线 (τ - D 关系) 的参量。

当切变速率较高, τ - D 关系为非线性时, 则对应于某一个切变速率的黏度, 可以用表观黏度 η 来表示。表观黏度是连结原点 O 和给定的切变速率在 τ - D 曲线上的对应点 P 所作割线 OP 的斜率。

假塑性流体的表观黏度, 随切变速率的升高而降低, 这种现象叫作切稀现象 (剪切变稀的现象)。胀流型流体的表观黏度随切变速率的升高而升高, 这种现象叫作切稠现象。切稀现象和切稠现象。是流体具有非牛顿特征证明。

塑性流体和宾哈姆流体, 都是只有在切应力超过屈服才发生流动的。

(2) 影响油墨黏度的因素 油墨的黏度是油墨流动性中最重要的性质。油墨的分散相是颜料, 颜料粒子的形状很复杂, 有球形的、棒形的、片形的等, 粒子的分散度很高, 对油墨流动性的影响十分复杂。主要因素有: 颜料和连结料的体积比、颜料粒子的大小和形状等。

表面活性剂的存在对于油墨的流动性有很大的影响, 表面活性剂使颜料粒子有个保护性的外壳, 同时也增大了颜料粒子的体积, 由于表面活性剂溶于油墨的连结料, 从而改变了连