

涂料流动和颜料分散

流变学方法探讨涂料及油墨工艺学

第 二 版



〔美〕T.C.巴顿 著

化学工业出版社

82.2
139(2)

涂料流动和颜料分散

流变学方法探讨涂料及油墨工艺学

第 二 版

〔美〕T. C. 巴顿 著

郭隽奎 王长卓 译

虞兆年 校

化学工业出版社

TEMPLE C. PATTON
PAINT FLOW AND PIGMENT DISPERSION
**A Rheological Approach to Coating and
Ink Technology**
Second Edition
A Wiley-Interscience Publication
JOHN WILEY & SONS, New York, 1979

涂料流动和颜料分散
流变学方法探讨涂料及油墨工艺学

第 二 版
郭隽奎 王长卓 译
虞兆年 校

责任编辑：顾南君
封面设计：郑小红

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所经销

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 19 字数 528 千字

1988年10月第1版 1988年10月北京第1次印刷

印 数 1—2,200

ISBN 7-5025-0152-5/TQ·114

定 价 7.25 元

内 容 提 要

本书是涂料领域一部系统理论专著，全面介绍了涂料的流变行为、颜料分散技术、涂料弊病等有关理论，结合工业实际详述粘度、表面张力、临界颜料体积浓度、颜料分散体的稳定性和絮凝理论、溶解性和溶解参数以及颜料的分散和分散设备，并附以例题以加深读者对计算方程式的理解和掌握。

本书可供涂料、油墨等工程技术人员、设计研究人员、大专院校师生参考，也可作为学校专业课程的教材。

校 者 序

美国T. C. 巴顿所著“涂料流动和颜料分散”一书第一版于1964年问世以后, 极受欢迎, 乃于1979年再修订第二版, 充实以十余年间有关科技进展。该书包罗涂料等流变行为及颜料分散技术、溶解参数、涂料弊病等, 内容切合工业实际, 又介绍了有关的理论, 并附以例题, 以加深对计算方程式之掌握理解。出版以后备受世界各国涂料科技界的欢迎, 美国北达科泰州立大学高聚物及涂料系选定为涂料方面必修课本, 日本早已有译本(由植木宪二校审, 枡原重三、今岡保郎合译), 足见其影响之广。

我国涂料科技书籍出版较少, 尤缺之系统理论的专著。化学工业部及化学工业出版社有鉴于此, 乃组织对该书的翻译, 由化工部炭黑工业研究设计所郭隽奎及广州涂料研究所王长卓分工合作, 共同翻译, 由笔者协力校订整理统一。但涂料工业中专用术语颇多, 不仅各国之间不同, 即在我国国内亦往往南北称谓相异, 这对远处二地的郭、王二君翻译及以后的校审工作带来许多困难。笔者校订之余, 为了在本书中统一名称并便于读者理解, 特于书后增设附录, 选择若干译名尚未在行业内肯定之词, 予以注释, 以免误解。我们三人斟酌词句以符原旨并求达意, 但均在工作余暇执笔, 时间匆促, 错误在所难免, 敬希读者指正。原书采用的单位兼有英制及C. G. S. 制, 本译文除少量酌情改为法定计量单位外, 大部仍保留原制, 以免改动计算例题数据。书后附单位换算表。

本书内容理论结合实际, 不仅可作学校专业课程之教材, 也可供涂料、油墨等有关工业科技人员自学进修, 或供日常工作查阅参考。一册在手, 如有良师, 可随时查询学习, 必有裨益, 故谨向国内涂料及有关工业科技人员热忱推荐。

虞兆年

1986年9月

目 录

第二版序

校者序

第一章 粘度	1
一、粘度的定义	1
运动粘度	4
二、牛顿型流动	4
三、非牛顿型流动	5
1. 假塑性流动和膨胀性流动	7
2. 屈服值	7
3. 表观粘度	8
4. 触变性	9
5. 震凝现象	10
四、层流和湍流	10
五、总评	11
第二章 粘度计原理和实践	13
一、理论依据	13
二、毛细管粘度计	15
1. 原理	15
动能校正因子	17
2. 实际应用	19
赛波特粘度计	21
ASTM毛细管粘度计	26
三、毛细管塑性仪	27
英斯脱隆毛细管流变仪	28
伯劳尔-西弗斯挤压流变仪	28
四、同心圆筒式旋转粘度计	29
1. 原理	29
2. 实际应用	31
原理推延到塑性粘度	35
窄间隙与宽间隙的比较	37
温度对粘度测定的影响	38

颜料颗粒大小对粘度测定的影响	38
对市售的某些同心圆筒式粘度计的评述	39
Brushometer粘度计	39
CRGI/Glidden微型粘度计	39
Brookfield UL Adapter 低粘度粘度计	39
Brookfield少量试样粘度计	40
Ferranti粘度计	40
Fann粘度计	40
Rotovisco粘度计	41
Rheotron粘度计	41
Contraves粘度计	42
Rheogoniometer粘度计	42
五、旋转圆筒在无限大半径的杯中	43
1. 原理	43
2. 实际应用	43
Brookfield Synchro Lectric粘度计	44
六、轴向运动（伸缩式）的同心圆筒	45
1. 原理	45
2. 实际应用	47
Laray粘度计	47
七、带式粘度计	48
1. 原理	49
2. 实际应用	49
八、锥板粘度计（旋转法）	50
1. 原理	50
2. 实际应用	52
ICI锥板粘度计	52
Ferranti-Shirley锥板粘度计	53
Wells-Brookfield微型粘度计	53
其它匹配适用	54
九、锥板粘度计（松弛法）	55
十、转盘粘度计	56
1. 原理	56

2. 实际应用	58
十一、落球粘度计	59
1. 原理	59
2. 实际应用	61
ASTM 试验法	62
Hoeppler 精密粘度计	63
十二、气泡粘度计	63
1. 原理	64
2. 实际应用	64
十三、单孔粘度计	67
十四、多孔粘度计	68
十五、桨式粘度计	68
十六、混合式流变仪	70
Plasti-Corder 流变仪	70
Rheomix 600 流变仪	70
十七、摘要	71
第三章 各种粘度单位间的换算	74
一、几种流出式粘度计(小孔式和毛细管式)的单位换算	74
二、气泡上升时间换算成运动粘度单位	79
三、斯托麦桨式粘度计的重量负荷换算成克雷布斯单位和泊	80
第四章 温度、基料浓度、溶剂粘度和分子大小对粘度的影响	84
一、温度对粘度的影响	84
1. 仅知道液体在一个温度下的粘度	84
2. 已知液体在两个温度下的粘度	86
图解法	89
二、基料(聚合物)浓度对有机溶剂型溶液粘度的影响	91
1. 粘度与聚合物浓度的关系式	91
2. 粘度-浓度数据的图解法	96
3. 近似的粘度-浓度关系式	98
4. 混合溶液的粘度	99
三、聚合物浓度对水溶性体系粘度的影响	101
四、溶剂粘度对溶液粘度的影响	102
混合溶剂的粘度	104

五、分子量对粘度的影响	108
1. 数均分子量和重均分子量	109
2. 稀溶液的粘度; 特性粘度	110
3. 由单一粘度比计算特性粘度	114
赫根斯常数	115
4. 粘均分子量	116
第五章 颜料-基料的几何形状	119
一、理想化的临界颜料体积浓度(CPVC)	119
二、颜料体积浓度(PVC)和颜料堆积因素(ϕ)	120
三、颜料粒子的堆积方式	122
1. 颜料粒子的大小	123
2. 颜料粒子的形状	124
3. 颜料粒子的表面积	125
以渗透测定法确定比表面积	126
由吸附测定法确定比表面积	127
4. 颜料粒子的间隔	127
5. 颜料粒子的结构	130
涂料用颜料的分级	131
颜料质地的分级	132
6. 粒径分布	133
两种混合颜料粒子的堆积	135
细粒子和粗粒子的实际堆积情况	139
球形粒子的堆积	142
7. 颜料粒子的搅动作用	149
四、孔隙率	149
第六章 吸油量	153
一、刮刀研合法吸油量测定	153
1. 能量输入	154
2. 颜料的空气调整	154
3. 亚麻仁油的酸值	155
4. 设备类型	155
5. 吸油量终点	156
二、吸油量的意义和解释	156

三、临界颜料体积浓度(CPVC)与吸油量($\overline{OA}$)相联系	157
第七章 临界颜料体积浓度(CPVC)	161
一、临界颜料体积浓度实验测定法	163
1. 由密度测定CPVC	163
2. 从干颜料的紧密度计算CPVC	167
3. 从光学性质计算CPVC	168
遮盖力与孔隙率指数相联系	168
用散射系数测定CPVC时光学性质的变化	170
用对比率测定CPVC对光学性质的变化	170
用着色力测定CPVC时光学性质的变化	170
二、在CPVC时表现最佳性能的物理性质	171
1. 抗拉强度	172
2. 对金属的附着	172
3. 对木材的附着	172
三、在CPVC时或多或少突然变化的与渗透性有关的性质	172
1. 生锈	173
2. 起泡	173
3. 抗湿摩擦性	173
4. 抗污染性	173
5. 磁漆不渗性	174
四、CPVC时光学性质的突变和渐变	174
1. 光学性质的突变	174
2. 光学性质的渐变	175
五、对比颜料体积浓度 Λ 作为配方的关键参数	175
影响 Λ 值的修正因素	177
干燥(固化)时基料收缩	177
加工	177
颜料因素	177
六、极限临界颜料体积浓度(UPVC)	178
第八章 乳胶临界颜料体积浓度(LCPVC)	181
一、玻璃化温度	182
二、聚结助剂	183
三、乳胶粒子大小、乳胶玻璃化温度及聚结助剂对LCPVC	

的综合效应·····	183
四、乳胶基料指数（基料效率）·····	185
五、乳胶孔隙指数及基料效率·····	188
六、白色遮盖力与孔隙率及其它变数的关系·····	191
七、磁漆不渗性及抗污染性与有效基料体积含量分数的关系·····	191
第九章 表面张力·····	193
一、表面张力的本质·····	193
二、表面张力的因次·····	194
三、光滑与粗糙的表面的对比·····	196
四、蒸气压对表面张力的效应·····	196
五、润湿·····	196
1. 自由表面能包含强润湿力·····	196
2. 润湿表面能学·····	197
3. 附着(面对面接触)·····	197
4. 浸透·····	199
5. 展布·····	200
6. 内聚·····	201
7. 润湿作用的两种方式, 相应于 $\gamma_s > \gamma_L$ 及 $\gamma_s < \gamma_L$ ·····	201
8. 展布系数·····	202
9. 接触角及收缩功·····	203
10. 按接触角、液体表面张力及粗糙度因素等, $\gamma_s < \gamma_L$ 体系的润湿行为·····	205
11. 润湿效应小结·····	207
六、液体表面张力之测定·····	208
1. 毛细管法·····	208
七、环移除法·····	211
滴重量法·····	211
简化的滴重量法表面张力测定仪之设计·····	212
八、固体表面张力·····	214
临界固体表面张力·····	215
九、表面反润湿(爬缩或起珠)·····	216
根据展布液体来表征固体表面张力性质·····	217
十、以化学结构计算液体的表面张力·····	218

十一、修正表面张力的诸影响因素	221
1. 平衡对不平衡状况	221
2. 蒸气相	221
3. 前进及后退的接触角	221
4. 由单分子层膜的展布	221
第十章 分散功、转移功（挤水法）、及絮凝功	223
一、分散功	223
二、转移功（挤水法）	224
从转移行为估计固体表面张力	228
三、絮凝功	228
第十一章 毛细现象	230
一、因毛细现象引起的粒子粘着	233
二、促进粒子对粒子附着的毛细管力大小	234
三、由于毛细现象促成的乳胶悬浮体的成膜	235
四、毛细管流动	236
液压半径	238
五、不渗透性（渗透的相反）	240
1. 平光漆的不渗透性和颜色一致性	240
2. 在 $PVC < CPVC$ 条件下相对渗透速率	241
3. 在 $PVC > CPVC$ 条件下相对渗透速率	242
第十二章 颜料分散体的稳定性和颜料絮凝的理论	244
一、布朗运动	244
二、未稳定颜料分散体的絮凝速率	245
三、DLVO理论：吸引和排斥位能	246
四、吸引力（本质上是电磁性的）	246
五、排斥力（本质上是静电性的）	249
六、吸引（电磁性）及排斥（静电性）力的综合效应	252
七、排斥力（空间位阻）	252
八、评语	253
第十三章 界面活性，表面活性剂及分散剂	255
一、再分割效应引起表面积的扩展	255
二、表面活性剂	258
1. 阴离子表面活性剂	262

2. 阳离子表面活性剂	262
3. 两性表面活性剂	263
4. 非离子表面活性剂	263
三、添加表面活性剂使表面张力下降	265
四、HLB 值体系, 用以衡量表面活性剂的相对亲水性	266
1. 确定 HLB 值的计算方法	267
2. 水分散方法测定表面活性剂的 HLB 值	268
3. 应用 HLB 体系于实际	269
五、颜料粒子的相对亲水性	270
六、颜料分散剂	271
1. 无机颜料的分散	271
2. 用于无机颜料的分散剂	273
聚合电解质	273
聚磷酸碱盐及相似的无机聚合碱盐类	274
多元胺及氨基醇	275
3. 有机颜料的分散	276
七、分散剂效率的评价	276
1. 颜料粒子的重力沉降	277
颜料沉积物体积	277
上层清液的浊度	277
2. 颜料分散体的粘度	277
八、小结	279
第十四章 溶解性及相互作用参数	281
一、溶解参数	281
二、溶解性理论	283
三、总溶解参数值 δ 的测定	285
1. 从物理性质计算 δ 值	285
2. 从蒸气压数据计算 δ 值	286
3. 从表面张力数据计算 δ 值	288
4. 从化学结构计算 δ 值	289
5. 用匹配溶解特性方法测定 δ 值	292
四、部分溶解参数值的测定	292
1. 分散力 (部分) 溶解参数值的测定	292

2. 极性(部分)溶解参数值的测定	293
3. 氢键(部分)溶解参数值的测定	293
4. 用化学基团的贡献测定缔合力的部分溶解参数	294
五、溶解参数概念的实际应用	295
三维部分溶解参数体系	296
聚合物(树脂)溶解性	301
溶剂混合物	301
贝壳松脂-丁醇(KB)值	306
苯胺点(AP)	307
增塑作用	307
颜料分散性	308
总的评语	309
六、溶解(相互作用)参数——普遍通用的常数	311
第十五章 挥发性——溶剂和水的蒸发	315
一、纯溶剂的挥发性(相对蒸发速率)	315
1. 溶剂蒸发计的设计	315
2. 纯溶剂相对蒸发速率的计算式	316
3. 温度变化对纯溶剂相对蒸发速率的影响	318
蒸发冷却效应	319
二、混合溶剂(溶剂掺合物)的蒸发	319
溶剂掺合物组成的分析	323
三、从水体系中蒸发	323
临界相对湿度	324
四、挥发物质从施工后的有机涂层中蒸发	326
影响溶剂保留的因素	328
五、从施工的乳胶体系蒸发水和助溶剂	330
六、实际的考虑	331
第十六章 涂料流动的关系(涂料流变学)	333
一、粘度分布图关系式(Casson方程式)	335
二、高剪切速率粘度及屈服值的实际范围	341
三、漆刷蘸漆量及转移涂料的实际范围	343
四、涂料组分对粘度的控制效应	343
1. 流动调节助剂赋予低剪切速率粘度的本质	344

2. 胶体结构优于颜料絮凝	345
五、颜料体积分数对研磨料粘度的作用	346
六、研磨料膨胀性	349
第十七章 颜料研磨（分散）于漆料导论	353
一、分散过程	353
二、微粉碎或气流粉碎颜料	355
三、研磨漆料的组成	355
四、研磨（分散）设备	356
抹研式与撞击式分散设备的对比	357
五、研磨料的研磨漆料粘度及颜料体积分数的一般范围	358
六、丹尼尔湿点及流动点	359
1. 湿点及流动点相距很近的行为模式（表示良好分散性）	360
2. 湿点及流动点相距很远的行为模式（表示不良分散性）	360
七、综述	361
1. 重负荷型混合机	361
2. 分散（研磨）设备	362
第十八章 三辊机	364
一、三辊机操作描述	364
二、物料平衡	366
1. 带至中辊的研磨料转移分数值 C	367
2. 经过加料缝的体积流速 Q	368
3. 研磨料流经三辊机的速率	368
三、三辊机所需功率	369
单位体积研磨料分散浆所需的功	371
四、适用于三辊机的有用方程式	372
方程式的实际应用	373
五、三辊机的结构	375
六、常规三辊机（中辊固定）的操作	376
七、三辊机的主要用途	376
八、三辊机的研磨料组成	377
1. 研磨料所用漆料	378
2. 研磨料中的颜料含量	378
3. 研磨料的粘着性	379

粘着性与压碎力相关的方程式·····	379
粘着性方程式的解释·····	380
粘着性对附聚物破碎率的影响·····	380
4. 研磨料预混合·····	381
九、粒子大小与缝间距离的关系·····	382
颜料的滞后或受阻·····	382
第十九章 球磨机和卵石球磨机·····	385
一、球磨机的优缺点·····	386
二、影响球磨机分散效率的物理因素·····	387
1. 球磨机大小和最佳旋转速度·····	387
2. 球磨机最佳装球量·····	391
3. 最佳半满装球量时球磨机运转所需功率·····	392
三、球磨介质直径和球磨机附设装置·····	394
四、研磨介质的类型·····	395
1. 陶瓷系介质·····	395
2. 金属介质·····	396
五、球的大小、密度和形状·····	396
1. 球的大小和球密度·····	396
与球的大小和球密度相关的最佳研磨料粘度·····	397
2. 球介质形状·····	398
3. 大小球混合·····	398
六、研磨料投料体积·····	399
球磨机大小对分散速率的影响·····	403
七、球磨机操作中的升温·····	404
八、球磨机研磨漆料的最佳溶剂/基料比·····	405
丹尼尔流动点测定的详细方法·····	405
九、实际的考虑·····	409
第二十章 改良型球磨机（立式球磨机和振荡磨）·····	412
一、立式球磨机·····	412
二、振荡磨·····	414
1. 快速试验室球磨机·····	414
2. 商用或生产型振荡磨·····	414
Palla 振荡磨（连续式）·····	415

S weco 振荡能量磨 (间歇式)	415
第二十一章 砂磨机、珠磨机和丸磨机	417
一、砂磨过程的描述	417
砂的类型	419
二、珠状研磨介质的选择	419
1. 珠粒的尺寸	421
2. 珠粒的密度	422
3. 化学组成	422
三、叶轮设备	423
四、固体砂粒与研磨料的体积比	423
五、研磨料配方	427
温度的影响	430
六、砂磨机和珠磨机设计	432
1. 微型砂磨机	432
2. 生产用砂磨机、珠磨机和丸磨机	433
立式磨	433
Schold 高速丸磨机	433
S wmill 研磨机	434
卧式研磨机	435
七、生产率与经济因素	435
八、连续式砂磨机和珠磨机的优缺点	437
1. 优点	437
2. 缺点	438
第二十二章 高速盘式分散机	440
一、高速盘式分散机的描述	440
二、分散机叶轮尺寸、位置和速度	441
三、高速盘式分散机的漆浆流变学	442
1. 临界雷诺数	443
2. 在高速分散机中产生层流条件与粘度的关系	444
3. 对高速分散机在设计方面的意见	445
四、模型高速盘式分散机在理想剪切条件下所需功率	445
五、高速盘式分散机的剪切速率	448
六、漆浆粘度变化 (流变学) 对分散效率的影响	448