

YOUJI YANLIAO

有机颜料

——品种与应用

第 二 版

沈永嘉 主编



化学工业出版社

OUJI YANLIAO

有机颜料

——品种与应用

第二版

沈永嘉 主编



化学工业出版社
· 北 京 ·

自 2001 年本书第 1 版出版以来,世界上有机颜料的生产出现了两项重大事件。一是我国有机颜料的生产增长迅速,产量占世界总产量的 50% 以上。二是 Ciba 公司的高性能有机颜料——DPP 颜料的专利于 2003 年到期,这一事件引发了我国颜料界开发此系列颜料品种的热潮,在不到 1 年的时间内,先后有 6 家企业建立了 DPP 颜料的生产线。

为适应这样一种局面,此次对该书第一版做了较大幅度的改动,删去了第 1 版中有关有机颜料的应用性能及相关的技术术语的内容,增加了关于有机颜料合成反应的章节,增加了噻嗪颜料的内容,强化了颜料化加工的内容,改写了大多数章节,还对有机颜料的分类进行了调整。

本书可供从事有机颜料研究、生产和应用的专业技术人员参考,也可作为高等学校化工类专业本科生的教学用书或参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

有机颜料——品种与应用/沈永嘉主编. —2 版. —北京:化学工业出版社, 2007. 7

ISBN 978-7-122-00417-8

I. 有… II. 沈… III. ①有机颜料-品种②有机颜料-应用
IV. TQ616. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 074190 号

责任编辑:路金辉

装帧设计:郑小红

责任校对:陈 静

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 458 千字 2007 年 7 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

自 2001 年本书第 1 版出版以来，世界上有机颜料的生产出现了两项重大事件。一是我国有机颜料的生产增长迅速，年均增长率为 21%，产量从 2001 年的 7 万吨增长到 2006 年的 18 万吨，就产量而言位居世界第一。二是 Ciba 公司的 DPP 颜料，其专利于 2003 年到期。

尽管我国是一个有机颜料的生产大国，但是国内企业生产的有机颜料主要是偶氮颜料和酞菁颜料，产量占 99% 以上，而高性能有机颜料的生产量不到 1000 吨，仅占全球高性能有机颜料总产量的 4% 左右，相比之下，产品结构极不协调。为此 DPP 颜料专利于 2003 年到期这一事件引发了我国颜料界开发此系列颜料品种的热潮，在不到 1 年的时间内，先后有 6 家企业建立了 DPP 颜料的生产线。

与此同时，本书自第 1 版出版以来，承蒙读者厚爱。为适应这样一种局面，本次对原书做了较大幅度的改动，删去了第 1 版中的第 5 章，增加了关于有机颜料合成反应的章节，增加了噻嗪颜料的内容，强化了颜料化加工的内容，改写了大多数章节，还对有机颜料的分类进行了调整。在本书再版之际，特对关心本书的新老读者致以衷心的感谢，同时也对所有帮助我的同行们表示感谢。

在本书修订过程中，李红斌修订了第 21 章，何瑾馨修订了第 5 章，陈振伟修订了第 6~11 章，朱世琴修订了第 27 章，张好参加了第 22 章和第 24 章的修订，其余章节由沈永嘉修订。徐金峰博士对本书的修订也做出了贡献。

编者
2007 年 3 月

第一版前言

有机颜料的传统用途是对非纺织品（如：油墨、涂料、塑料、橡胶等）着色，这是因为有机颜料对纺织品无亲和力，不能与纺织品牢固地结合在一起。有机颜料对其他底物也无亲和力，必须借助于树脂、胶黏剂等其他成膜物质覆盖在着色对象表面。随着印染助剂工业和印染技术的发展，有机颜料的着色对象开始涉及纺织品。涂料印花和涂料染色工艺的出现，使得原先是染料的“世袭领地”——纺织品的着色，开始被颜料占领。据报道，当今世界上每年至少有 1/4 纺织品的着色被涂料印花、涂料染色所代替。因此，有机颜料在染料工业中的重要性越来越显著，它的生产量也逐年增加。在 20 世纪 80 年代，全世界有机颜料的总产量占染料总产量的 1/4。如今，它的总产量已超过染料总产量的 1/3。

1989~1999 年的 10 年间，我国有机颜料的产量增长迅速，从不到 10kt/a，增加到 50kt/a，但与我国染料的总产量（250kt/a）相比，仅为 1/5。换言之，我国的有机颜料生产与发达国家相比，还有较大的差距。这种差距，不仅仅体现在生产量上，还体现在质量上。许多高性能颜料我国还不能生产，仍须依靠进口来满足国内市场需求。可以预见，随着我国经济的进一步发展，有机颜料在我国的生产也必将会有更大的发展。

在本书出版之前，我国老一辈的染料工作者已经出版了一批有关有机颜料及生产的书籍。因此本书在写作时，对有机颜料（尤其是我国已有生产的品种）的生产方法尽量简化，而将重点集中在介绍有机颜料的应用性能上。

有机颜料的应用性能，特别是它们的牢度，与它们所处的环境密切相关。换言之，某个颜料在某种应用对象（或底物）上具有很好的应用性能或牢度，并不等于该颜料在其他应用对象（或底物）上也具有很好的应用性能或牢度。这一点非常重要，然而却被许多人忽视，以致在具体使用某个颜料时出现了失误，造成了不必要的损失。为此，本书尤其注重介绍常用的有机颜料在各种常见的应用对象上的性能和牢度。

本书的另一个特点在于结合作者的科学研究工作，介绍了近几年才出现的非传统颜料，如变色颜料和作为荧光标识材料使用的无色荧光颜料等，它们是技术含量很高的精细化工产品。还有一章专门介绍了与有机颜料的生产和应用有关的生态学与毒理学，这些都是同类书籍中所没有的。

本书可作为高等学校化工类专业本科生的教学参考书，也可供从事有机颜料研究、生产与应用的专业技术人员参考。在本书的编写过程中，郭霖参加了第 1 章的编写，李红斌编写了第 5 章和第 13 章，陈振伟、李萍编写了第 6 章中的第 1 节至第 6 节，朱世琴编写了第 17 章、第 18 章和第 20 章，其余的章节由沈永嘉编写，并由沈永嘉主编。本书在成文时参考了许多国内外的文献，主要是：Herbst W, Hunger K, Industrial Organic Pigments, VCH Weinheim, 1993。

上海金泰色母粒公司的陈信华高级工程师在本书出版过程中给了不少帮助，胡莹玉博士对本书的出版也有贡献，借此机会一并对他们表示衷心的感谢。

限于作者的水平，谬误之处在所难免，敬请读者批评指正。

沈永嘉

2001 年 5 月于华东理工大学

目 录

1 绪论	1
1.1 颜色的基本概念	1
1.1.1 颜色的三要素	3
1.1.2 Munsell 颜色系统	3
1.1.3 CIE	3
1.2 有机颜料的定义	3
1.3 有机颜料与染料的异同	4
1.4 有机颜料与无机颜料的差异	4
1.5 有机颜料的发展简史	4
1.6 国内外有机颜料生产概况	5
1.7 有机颜料的研发过程与经验	7
1.7.1 早期的颜料研发	7
1.7.2 高性能有机颜料的诞生	10
1.7.3 当代新品种的设计	10
2 有机颜料的分类	15
2.1 普通性能有机颜料	15
2.1.1 单偶氮黄色和橙色颜料	15
2.1.2 双偶氮颜料	15
2.1.3 β -萘酚系列颜料	16
2.1.4 色酚 AS 系列颜料	16
2.1.5 偶氮色淀类颜料	16
2.1.6 金属络合颜料	16
2.1.7 酞菁颜料	17
2.1.8 杂类颜料	17
2.2 高性能有机颜料	18
2.2.1 苯并咪唑酮颜料	18
2.2.2 偶氮缩合颜料	18
2.2.3 喹吖啶酮颜料	19
2.2.4 吡嗪系与茚酮系颜料	19
2.2.5 蒽醌颜料	19
2.2.6 二噁嗪类颜料	20
2.2.7 异吲哚啉酮系颜料和异吲哚啉系颜料	20
2.2.8 1,4-吡咯并吡咯二酮系颜料	21
2.2.9 特殊酞菁颜料	21
3 有机颜料的化学结构和晶体结构与应用性能的关系	22

3.1 有机颜料的化学结构与色光的关系	22
3.1.1 杂原子效应	24
3.1.2 晶体结构与颜料色光的关系	24
3.2 有机颜料的化学结构与耐晒牢度和耐气候牢度的关系	25
3.2.1 偶氮类的有机颜料的光褪色反应	25
3.2.2 多环类有机颜料的光褪色反应	25
3.3 有机颜料的化学结构与耐溶剂性能和耐迁移性能的关系	26
3.3.1 增加颜料的分子量	26
3.3.2 降低有机颜料在应用介质中的溶解度	27
3.3.3 生成金属盐或络合物	28
4 晶体结构与同质多晶性	29
4.1 颜料的晶体结构与色光	29
4.2 有机颜料的同质多晶性	32
参考文献	32
5 合成颜料的基本反应及颜料化	33
5.1 重氮化和偶合反应	33
5.1.1 重氮化反应	33
5.1.2 偶合反应	37
5.2 合成蒽醌类染(颜)料的一些反应	44
5.2.1 由1-氨基蒽醌衍生的颜料	44
5.2.2 由羟基蒽醌衍生的颜料	48
5.2.3 杂环蒽醌类颜料	48
5.2.4 稠环蒽醌	52
5.3 颜料化加工	55
5.3.1 偶氮颜料的颜料化加工	55
5.3.2 非偶氮颜料的颜料化加工	56
5.4 过滤、干燥、磨粉	57
参考文献	58
6 单偶氮黄色和橙色颜料	59
6.1 单偶氮黄色和橙色颜料的通式	59
6.2 单偶氮黄色或橙色颜料的应用性能	60
6.3 单偶氮黄色或橙色颜料的主要品种	61
参考文献	67
7 双偶氮颜料	68
7.1 双偶氮颜料的通式	68
7.2 双芳胺类黄色偶氮颜料	68
7.3 双芳胺类黄色偶氮颜料的应用性能	70
7.4 双芳胺类黄色偶氮颜料的主要品种	72
7.5 双乙酰乙酰芳胺类偶氮颜料	82
7.6 双乙酰乙酰芳胺类偶氮颜料的典型品种	83
7.7 吡唑啉酮类双偶氮颜料	84

参考文献	86
8 β-萘酚系列颜料	87
8.1 β -萘酚系颜料的结构通式	87
8.2 β -萘酚系颜料主要品种	88
参考文献	91
9 色酚 AS 系列颜料	92
9.1 色酚 AS 系列颜料的结构通式	92
9.2 色酚 AS 系列颜料的应用性能	93
9.3 色酚 AS 系列颜料的主要品种	94
9.3.1 具有简单取代基的色酚 AS 系列颜料	95
9.3.2 具有磺酰胺基或羧酸氨基的色酚 AS 系列颜料	101
参考文献	108
10 偶氮色淀类颜料	109
10.1 黄色色淀颜料	109
10.2 β -萘酚色淀颜料	112
10.3 2,3-酸类色淀颜料	115
10.4 色酚 AS 类色淀颜料	120
10.5 含磺酸基的萘系色淀颜料	122
11 金属络合颜料	124
11.1 偶氮型金属络合颜料	125
11.1.1 偶氮型金属络合颜料的合成	125
11.1.2 偶氮型金属络合颜料主要品种	125
11.2 氮甲川型金属络合颜料	126
11.2.1 氮甲川型金属络合颜料的合成	127
11.2.2 氮甲川型金属络合颜料的主要品种	128
11.3 以苯并咪唑酮衍生物为配体的金属络合颜料	130
11.4 以氨基胍盐或以叠氮化合物为配体的金属络合颜料	130
11.5 金属络合颜料的性能与应用	131
参考文献	131
12 酞菁颜料	132
12.1 铜酞菁的同质多晶性	133
12.1.1 β -晶型铜酞菁的制备	133
12.1.2 α -晶型铜酞菁的制备	133
12.2 铜酞菁的生产方法	134
12.2.1 苯酞-尿素法	134
12.2.2 邻苯二腈法	137
12.3 铜酞菁的颜料化	137
12.3.1 酸处理法	137
12.3.2 研磨法	138
12.3.3 颜料粒子的微胶囊化 (microencapsulation)	139
12.3.4 挤水转相法	139

12.3.5	表面活性剂及松香皂复配处理	139
12.3.6	衍生物表面改性处理	140
12.4	铜酞菁颜料典型品种	140
12.5	卤代铜酞菁及其颜料	145
12.6	卤代铜酞菁的颜料化	146
12.7	卤代铜酞菁颜料典型品种	147
	参考文献	148
13	喹酞酮类颜料	150
13.1	喹酞酮颜料的结构与合成	150
13.2	喹酞酮类颜料的典型品种	151
	参考文献	152
14	三芳甲烷类颜料	153
14.1	内盐式三芳甲烷颜料	153
14.2	内盐式三芳甲烷颜料的典型品种	156
14.3	复合盐式三芳甲烷颜料	158
14.3.1	杂多酸的种类	158
14.3.2	染料阳离子与杂多酸组成的盐	158
14.3.3	染料阳离子的合成	159
14.3.4	杂多酸和颜料的制法	162
14.3.5	复合式三芳甲烷类颜料的典型品种	163
	参考文献	168
15	硫靛类颜料	169
15.1	中间体和颜料的合成	169
15.2	颜料化加工及其应用性能	170
15.3	典型品种	171
	参考文献	172
16	苯并咪唑酮颜料	173
16.1	5-氨基苯并咪唑酮的生产方法	173
16.2	黄/橙色苯并咪唑酮颜料	174
16.3	红色苯并咪唑酮颜料	175
16.4	颜料的合成及后处理	175
16.5	晶体结构分析	175
16.6	性能与应用	177
16.7	已商品化的苯并咪唑酮颜料	178
	参考文献	188
17	偶氮缩合颜料	189
17.1	合成方法	190
17.2	性能和应用	192
17.3	典型品种	193
	参考文献	202
18	唑吡啉酮颜料	203

18.1 喹吖啶酮颜料的合成	203
18.1.1 丁二酸二酯(甲酯或乙酯)法	203
18.1.2 卤代对苯二甲酸法	205
18.1.3 对苯二酚法	205
18.2 二取代的喹吖啶酮	206
18.3 喹吖啶酮颜料的同质多晶性	207
18.4 喹吖啶酮颜料的应用性能	207
18.5 喹吖啶酮颜料的典型品种	208
参考文献	212
19 茈系和茈酮系颜料	214
19.1 茈系颜料	215
19.1.1 合成方法	215
19.1.2 茈系颜料的应用性能	215
19.1.3 典型品种	217
19.2 茈酮系颜料	221
19.2.1 基础原料的制备	221
19.2.2 茈酮颜料的合成	221
19.2.3 典型的茈酮颜料品种	222
参考文献	224
20 二噁嗪类颜料	225
20.1 专用中间体的合成	225
20.2 典型品种	227
20.3 二噁嗪颜料的新品种	229
20.4 不含卤素的二噁嗪颜料	229
参考文献	231
21 异吲哚啉酮系颜料和异吲哚啉系颜料	232
21.1 异吲哚啉酮颜料的合成	233
21.2 异吲哚啉颜料的合成	235
21.3 典型品种	236
参考文献	240
22 吡咯并吡咯二酮系颜料	242
22.1 DPP的合成	242
22.2 分子结构和颜色	243
22.2.1 吸收光谱	243
22.2.2 荧光光谱	244
22.2.3 同质多晶性	245
22.2.4 单晶X射线衍射分析	245
22.3 DPP化合物的化学性质	247
22.3.1 亲电芳香取代反应	247
22.3.2 芳香亲核取代反应	248
22.3.3 N-烷基化反应	248

22.3.4 羰基的转化	248
22.4 固态性能	248
22.4.1 固态溶液和混晶	249
22.4.2 颜料化加工	250
22.5 DPP 颜料的替代其他红色颜料的可能性	251
22.6 典型品种	252
参考文献	256
23 特殊酞菁颜料	258
23.1 氯溴混合取代铜酞菁的合成	258
23.1.1 四氯/四溴代邻苯二腈法	259
23.1.2 三氯化铝-氯化钠熔融体法	259
23.1.3 在氯磺酸介质中的卤代反应	259
23.1.4 在二氧化硫-无水三氯化铝介质中的卤代反应	260
23.2 氯溴混合取代铜酞菁的颜料化	260
23.3 典型品种	260
参考文献	261
24 噻嗪颜料	262
24.1 噻嗪颜料的合成	262
24.2 噻嗪颜料的晶体结构	263
24.3 噻嗪颜料的应用性能	265
24.4 噻嗪颜料的色谱	266
参考文献	266
25 隐形荧光颜料	267
25.1 无机的隐形荧光颜料的品种、结构和性能	267
25.2 有机的隐形荧光颜料的品种、结构和性能	268
25.3 应用	270
25.3.1 无机的隐形荧光颜料	270
25.3.2 长余辉荧光颜料	271
25.3.3 有机的隐形荧光颜料	271
25.4 有机隐形荧光颜料的生产	272
参考文献	272
26 杂类颜料	273
参考文献	277
27 有机颜料的毒性	278
27.1 生态影响	278
27.2 毒性	278
27.2.1 急性毒性	279
27.2.2 对皮肤及黏膜的刺激	279
27.2.3 不断接触使用的亚急性中毒	279
27.2.4 诱变	279
27.2.5 慢性毒性与致癌性	279

27.2.6 颜料的杂质	280
27.3 酞菁类化合物的生理活性与毒性	281
27.3.1 酞菁类化合物的生理活性	281
27.3.2 酞菁类化合物的毒性	283
参考文献	283

1 绪论

我们生活的这个世界色彩缤纷，天空、山脉、森林、草地、海洋都有它们各自的颜色。你、我、他也有各自喜好的色彩，代表各人特色的衣着、家装、装饰物的色彩，充分反映了各人的性格、爱好、品位。色彩不仅是人类最鲜活的生命力，还带给我们很多科学的启迪。

室内墙壁和家具的颜色可左右居住者的心理状态，如果在一间没有窗户，壁纸及家具都是红色的房间呆上 2 小时，居住者的感觉是好象过了 4 小时；而在全是蓝色的房间里呆上 2 小时，则居住者的感觉是仅过了 1 小时。人的体温也会因居室颜色的变化而变化。如果从红色的房间移到蓝色的房间，人的体温会下降。从这些心理感觉中我们得知：红色使人兴奋，蓝色使人沉静，白色使人醒悟。因此，现在以适合自己的心境为标准挑选服装和室内装潢颜色的人越来越多。此外，如果使用得法，颜色还有利于治疗情绪紧张、心情抑郁及其他疾病。若你感到生活单调、没有生机，你可以在周围的环境中增加一些色彩，它将帮助你使生活丰富起来。红色对治疗人的贫血及血液疾病有效；绿色是自然界的颜色，身在其中使人心旷神怡，对治疗哮喘和心肌疾病有效；橙黄色对治疗支气管炎和风湿病有效；黄色对治疗糖尿病和消化不良有效；蓝色有益于治疗中风、秃头及胆汁异常等；紫色则有益于改善膀胱炎、骨质增生及神经痛等。可见，在我们的日常生活中，颜色起着多么重要的作用！在现代化的城市里，如果没有交通灯（红绿灯）来指挥交通，则无法想象如何来维持交通秩序。同样我们也无法想象没有色彩的世界是否可以存在。

自古以来，人们为了审美和实用两方面的目的，一直在力图仿制自然界的颜色。颜料的制造和应用对任何一个国家的经济无疑有很大的影响。这种重要性，随着各个工业部门和生活领域越来越广泛地应用有色物质而变得更加重要。如今，人工合成的颜料已经能够模拟自然界的色彩，颜色的重要性从来没有像今天这样受人关注。公共场合或居家的彩色液晶显示系统、大型晚会上的荧光棒、街上跑的各色私家车、青年人随身带的激光视盘（唱片）、治疗疾病的光动力学疗法试剂等，无一不是人工合成颜料在不同领域中应用的实例。颜料不仅仅只是化学家们在实验室中的发明，它们已经成为各行各业的人们使用的商品。因此，人们要求化学家提供更多的特种颜料以解决工作中的疑难，同时为生活增色添彩是毫不奇怪的。这种要求与呼声正与日俱增。

1.1 颜色的基本概念

如同玫瑰的香味不是花的物理性质一样，颜色也不是物质的物理性质。颜色和气味都是一种生理感觉，要证明它们存在，必须通过观察者的亲身感受。但这两种感觉的起因都有其物理解释。如果没有光线，观察者就感觉不到颜色，因此，可以说，颜色是光和眼睛相互作用而产生的。事实上，颜色是大脑对投射在视网膜上不同波长的光线进行了辨认的结果。

光是一种电磁波，电磁波辐射谱中有波长很短的（高能）射线，如宇宙射线、 γ 射线、X 射线，也有波长很长的射线，如无线电波之类的射线。整个波谱中只有很窄的一部分射线

能引起眼睛的视觉，这部分光线就是人们常说的可见光。可见光范围的界限为 400~760nm。作为一个狭义的名词，我们所说的“光线”，就是指这个范围内的辐射线。光的波长不同，会使光的“性质”不同，从而引起不同的色觉。如将波长为 400~760nm 的光按适当比例均匀地混合后照射到眼睛的视网膜上，则产生白色的光感。白色，像黑色或灰色一样，称为“无彩颜色”（achromatic color）。使一束这样的混合光通过一个适当的棱镜或衍射光栅，会分解成连续的有色光谱，其主要色调依次为：红、橙、黄、绿、青、蓝和紫。

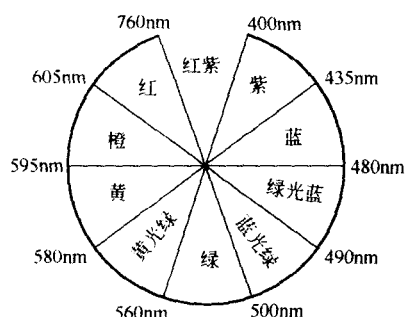


图 1-1 颜色环

这些有色光的波长从红到紫依次递减。因此，低能量的光（45kcal/mol）（1cal=4.187J，下同）产生红色的感觉，高能量的光（70kcal/mol）产生紫色的色觉。实际上，当条件合适时，可以分辨出来的色调比上述更多，有不少人能鉴别大约 150 种色调。不过，一般情况下，可见光谱可以分成几个宽阔而又容易互相区别的区域，它们可以用颜色环（color circle）的形式来描述（见图 1-1）。

图 1-1 所示的颜色环，常用于讨论颜色和混色中的某些重要的现象。比如将颜色环上全部有色光以正确的比例混合，可得到白光。白光，至少是指人类眼睛所感觉的白光，可以由颜色环上任何两个对顶位置扇形中的单色光混合而得到。这一对颜色，称为补色。例如蓝色（435~480nm 的扇形）的补色是黄色（580~595nm），即蓝光和黄光混合得到的是白光。特别有趣的是绿色，它与非光谱色红紫色相对，实际上这两种颜色确实是互补的，因为红光与紫光混合得到红紫色光线，如果再和绿光混合，结果是得到白光。用这种方式使光混合时，随着组分增加，最后产生的有色光强度也呈加和性增加，所以称之为加色混合（additive mixing）。颜色环上任何一种有色光，都可用其相邻两侧的两种单色光、甚至可以从次近邻的两种单色光混合而复制出来。例如黄光、红光混合得到橙光，黄光和蓝绿光混合得到绿光。

如果在颜色环上选择三种独立的单色光，那么每种可能出现的色调都可以用这三种单色光加色混合而得到。这三种单色光，称为加合原色（additive primary color）。可是自然界中很少有纯光谱色（即单色光）的物体。我们接触到物体的颜色是通过减色混合（subtractive color mixing）产生的。已知一对互为补色的光混合后给人以白色光感，如果把日光通过一个滤色片，除去了波长为 490~500nm 的光线（蓝绿光），眼睛感受到的是蓝绿光的补色，也就是红色。相反，如果滤色片滤掉了红光，则眼睛感受到的光是蓝绿色的。这种从白光中除去某一部分光线而形成彩色的过程，称为减色混合。染料、颜料及其他一些有色物的分子，可以从日光中有选择地除去某种波长的光，所以它们的发色都是由于减色混合所引起的。

绿色的补色是非光谱色红紫色，而它在单色光中是不存在的。由于红紫色的光可以看做是红光和紫光的混合物，因此，从白光中滤去这两种组分（波长分别为 605~760nm 和 400~435nm 的光），就可以得到绿色。地球上最丰富的绿色物质是叶绿素，它有两个吸收带，分别在 660nm 和 430nm。根据这一现象，调色家用蓝色素和黄色素拼混而得到了绿色素。

把几种色素像有色光的加色混合那样混在一起，可以得到各种各样的颜色。但对于颜料的混合而言，加入混合物中的组分越多，则颜色越深，最后甚至可以变成黑色，而有色光的

混合，却得到白光。用减色混合原理很容易理解黑色的产生，因为向混合物中加入越来越多能吸收可见光的分子时，使入射光被吸收的范围和数量都增加，直到最后几乎光完全被吸收。同加色混合一样，人们认为也只需要三原色就可以配出其他一切色调，这三种基本的颜色就是红、黄、蓝三色。

1.1.1 颜色的三要素

只用色调是难以描述减色混合所产生的某些颜色的，因为它们的色光有深或暗之分。色度学上采用三要素定量地描述颜色，即色彩 (hue)、饱和度 (chroma) 和明亮度 (lightness)。这三要素构成了一幅三维的图画，见图 1-2。

色彩是人眼对颜色的直接感觉，根据这种感觉，人们将颜色分成红色、橙色、黄色、绿色、青色、蓝色、紫色等。

饱和度用以描述各单一颜色的深度。

明亮度用以描述颜色的鲜艳度或灰暗度。

在图 1-2 中，若以黑白为纵坐标轴（亮度轴），则沿着该坐标轴越往上颜色越明亮，越往下颜色越灰暗。

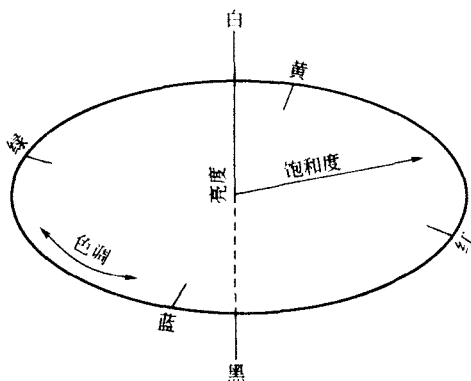


图 1-2 三维的颜色系统

1.1.2 Munsell 颜色系统

Munsell 颜色系统是由 Munsell 在 1905 年建立的一种颜色系统，按照这一系统颜色被分成 10 种基色，见彩图 1，中心轴即为亮度轴。10 种基色围绕着亮度轴，离中心轴越远，颜色的饱和度越高，也就是颜色越纯。

1.1.3 CIE

CIE 的全称是 Commission Internationale de l'Eclairage，这是国际照明协会的法文名称。CIE 负责对光源、光学仪器和色度学制定统一的国际标准。1931 年，CIE 推荐一种平面的色度图，见彩图 2。该图未标明亮度轴，但规定亮度轴是垂直于此图的平面，从图平面越往上表示明亮度越高，从图平面越往下表示灰暗度越高。1976 年，CIE 又推荐一种平面的色度图，见彩图 3。该图也称为 CIE $L^*a^*b^*$ 图，非常适合染料和颜料的生产者与应用者使用，其中未标明 L^* 轴（亮度轴），但规定亮度轴是垂直于此图的平面并位于图的中心，从图面往上表示明亮度高，从图面往下表示灰暗度高。 a^* 轴从左往右，（+）表示红，（-）表示绿。同样， b^* 轴从上到下，（+）表示黄，（-）表示蓝，数值越接近 0，则表示颜色越灰暗。该图的三维表示法见彩图 4。

1.2 有机颜料的定义

有机颜料是有色的有机物，但是并非所有的有色物都可作为有机颜料使用。要使有色物质成为颜料，它们必须具备如下性能。

（1）色彩鲜艳，能赋予被着色物（或底物）坚牢的色泽；

- (2) 不溶于水、有机溶剂或应用介质；
- (3) 在应用介质中易于均匀分散，而且在整个分散过程中不受应用介质的物理和化学影响，保留它们自身固有的晶体构造；
- (4) 耐晒、耐气候、耐热、耐酸碱和耐有机溶剂。

1.3 有机颜料与染料的异同

有机颜料和染料都是有色的有机化合物。从有机颜料与染料的化学结构来看，两者极为相似，甚至有的有机化合物既可以作为染料使用又可以作为有机颜料使用。但有机颜料与染料确实是两个不同的概念，它们的区别主要是应用性能不同。染料的传统用途是对纺织品进行染色，而颜料的传统用途却是对非纺织品（如：油墨、涂料、塑料、橡胶等）进行着色。这是因为染料对纺织品有亲和力（或称直接性），可以被纤维分子吸附、固着；而颜料对所有的着色对象均无亲和力，主要靠树脂、胶黏剂等其他成膜物质与着色对象结合在一起。染料在使用过程中一般先溶于使用介质，即使是分散染料或还原染料，在染色时也经历了一个从晶体状态先溶于水成为分子状态后再上染到纤维上的过程。因此，染料自身的颜色并不代表它在织物上的颜色。颜料在使用过程中，由于不溶于使用介质，所以始终以原来的晶体状态存在。因此，颜料自身的颜色就代表了它在底物上的颜色。正因为如此，颜料的晶体状态对颜料而言十分重要，而染料的晶体状态就不那么重要，或者说染料自身的晶体状态与它的染色行为关系不密切。

颜料与染料虽是不同的概念，但在特定的情况下，它们又可以通用。例如某些蒽醌类还原染料，它们都是不溶性的染料，但经过颜料化后也可用作颜料。这类物质，称为颜料性染料，或染料性颜料。

1.4 有机颜料与无机颜料的差异

近年来，有机颜料的发展极为迅速，这是因为与无机颜料相比，有机颜料有一系列的优点。有机颜料通过改变其分子结构，可以制备出繁多的品种，而且具有比无机颜料更鲜艳的色彩、更明亮的色调。有机颜料还具有比无机颜料高得多的着色力，可制备出高着色力、高透明度的品种，以满足高档涂料及印刷油墨的要求。大多数有机颜料品种的毒性较小，而大多数无机颜料含有重金属，如铬黄、红丹、朱红等均有一定的毒性。低档的有机颜料品种在耐晒牢度、耐气候牢度、耐热性能和耐溶剂性能等方面要劣于无机颜料，但一些高档的有机颜料品种（如喹吖啶酮颜料、酞菁颜料等）不仅具有优异的耐晒牢度、耐气候牢度、耐热性能和耐溶剂性能，而且在耐酸/碱性能方面要优于无机颜料。因为有些无机颜料的耐酸/碱性较差，如铬黄遇硫化氢会变黑，遇碱会变红；而群青则易被酸分解。有机颜料的品种、类型、产量以及应用范围都在不断增长和扩大，已成为一类重要的精细化工产品。

1.5 有机颜料的发展简史

人类使用颜料，有着悠久的历史。考古工作者发现，人类在距今 3 万年前就已经开始使用有色的无机物，如：将赭石、赤铁矿等作为一种“色材”应用于绘画等，这可由古代的壁

画、岩画得到证明。这种作为“色材”使用的赭石、赤铁矿实际上就是最原始的无机颜料。

有机颜料的使用究竟从何时开始,人们很难确定其准确的年代,因为古代的有机颜料很容易褪色,难以保留至今。在远古时代,作为对无机色材的补充,当时的人类使用了植物性的色材(如茜草、靛草)或动物性的色材(如泰尔紫,来自一种海螺)。由于当时的着色剂都是从动植物中提取出来的,生物学家把它们叫做 Pigment,即今天的颜料一词。Pigment 来源于拉丁文 *Pigmentum*,它是从一种名为 *Pingere* 植物的根中提取出来的色素。现代的科学研究表明:茜草的有色成分主要为茜素(1,2-二羟基蒽醌),靛草的有色成分主要是靛蓝(indigo)。这两种物质或者它们的衍生物至今仍然作为色素被使用着。当然,从今天的观点来看,这些有机色材都具有溶解性,它们应该被归类为染料而不是有机颜料,但至少它们是现代有机颜料的起源。

到 18 世纪中叶,合成染料大规模兴起,这也为有机颜料的合成工业奠定了基础。有机颜料是伴随着染料工业的发展而逐渐发展起来的。

1856 年,英国化学家 Perkin 制备了第一个合成染料,即苯胺紫(mauveine);1858 年,德国化学家 Griess 发现了苯胺的重氮化反应,1861 年 Mene 发现了苯胺重氮盐与芳胺或芳香酚的偶合反应后,才开始人工合成染料和有机颜料。

迄今为止,有机颜料的发展历程可分成如下三个阶段。

(1) 从无到有。在此阶段合成出从立索尔红色淀类颜料至酞菁类颜料,颜料色谱基本配套齐全。有机颜料品种开始替代无机颜料品种。

(2) 高性能有机颜料的问世。随着高分子材料的迅速发展以及人们对生活质量的要求日益提高,对着色剂的应用性能也提出更高的要求,因而带动了各类新型有机颜料的开发与生产。在这一阶段,相继出现了一些高性能有机颜料(HPP, high performance pigment)。这类颜料主要是黄、橙、红和紫色的,它们的耐晒牢度、耐气候牢度、耐热牢度和耐迁移牢度都非常优良。

(3) 改进生产工艺且应用多元化。从 1980 年开始至今,有机颜料的发展速度开始变慢,这段时间新颜料的问世较少,真正实现工业化生产的新品种仅有一大类,即杂环结构的红色颜料——DPP 类颜料,颜料行业的技术发展重点转向了以下几个方面。

① 寻求更合理的合成工艺路线,改变原料,降低已有品种的生产成本,并着手解决或减少对环境的污染,由此在学术界形成一门新的学科——绿色化学;

② 在高新技术领域内寻求应用,如:用于光盘的酞菁颜料、菁染料、偶氮颜料;用于激光打印、静电复印的酞菁颜料、花系颜料;用于太阳能储热的花系颜料;用于彩色液晶过滤器的 DPP 颜料等;

③ 发展新应用剂型,如:用于数码喷墨印花的墨水;用于腈纶纤维原液着色的预分散型颜料;用于暂时性头发着色发胶的颜料等。

颜料在后两方面的应用极大地提高了它的附加值,反过来,又极大地促进颜料生产商积极地开发颜料的新用途与应用方式。

1.6 国内外有机颜料生产概况

随着石油化工、印刷工业、汽车工业、涂料工业的发展,有机颜料的生產也有了较大的发展,产量不断上升。目前全球(除我国外)生产有机颜料的厂家近 400 家,其中产量大于 5000 吨/年的有 15 家,有机颜料的产量与染料产量之比为 1:(3~4)。一些公司相互兼并,