



21世纪普通高等教育规划教材

涂料用颜料与填料

TULIAOYONG

YANLIAO YU TIANLIAO

吕仕铭 杜长森 周 华 编著



化学工业出版社

21 世纪普通高等教育规划教材

涂料用颜料与填料

吕仕铭 杜长森 周 华 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是涂料工程教材丛书的一本，介绍了涂料用颜料与填料的相关知识。全书对颜料性能的评价指标、分类、结构和应用特征进行阐述，也介绍了颜料与填料常见的加工和应用方法，还介绍了相关行业未来的发展趋势。具体内容包括绪论、颜料的性能特征、有机颜料、无机颜料、功能颜料、填料、涂料色浆、配色知识及电脑调色一体化和颜料与填料发展趋势。

本书可供大专院校涂料工程专业教学使用，也可供涂料行业相关从业人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

涂料用颜料与填料/吕仕铭, 杜长森, 周华编著.
北京: 化学工业出版社, 2012.5
21 世纪普通高等教育规划教材
ISBN 978-7-122-14060-9

I. 涂… II. ①吕…②杜…③周… III. ①涂料-颜料-高等学校-教材②涂料-填料-高等学校-教材 IV. TQ630.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 072841 号

责任编辑: 白艳云
责任校对: 宋 夏

文字编辑: 颜克俭
装帧设计: 杨 北

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 8 $\frac{3}{4}$ 字数 208 千字 2012 年 7 月北京第 1 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: 20.00 元

版权所有 违者必究

编审委员会

主 任 孙莲英 徐菁利

副主任 杨渊德 甘文君

委 员 (按姓氏笔画排序)

甘文君 吕仕铭 刘国杰 孙莲英

张卫中 林宣益 杨渊德 倪玉德

徐菁利 涂伟萍 温绍国

主 编 刘国杰

副主编 温绍国

成 员 (按姓氏笔画排序)

王继虎 刘 丹 刘 杰 刘国杰

齐祥昭 温绍国

编写说明

涂料是涂于物体表面能形成具有保护、装饰或特殊性能（如绝缘、防腐、标志等）的固态涂膜的一类液体或固体材料之总称。早期大多以植物油为主要原料，故有油漆之称。现合成树脂大部或全部取代了植物油，故称为涂料。

建国初年，全国只有小型油漆企业 50 家，年产油漆约万吨，从业人员千人左右。1978 年全国涂料年产量 34.36 万吨，列于世界第八位。改革开放后涂料工业迅速发展。至 2010 年，对全国 1401 家规模以上的涂料企业统计，产量达 966.6 万吨，跃居世界第一，销售产值达 2324.6 亿元。

我国虽是涂料大国，但和发达国家相比，在涂料技术和高档工业涂料品种与质量上仍有较大差距，目前国内高端涂料市场竞争仍是国外涂料公司占主导地位。

为了涂料工业持续地、环境协调地发展，人才培养是关键。2009 年，中国涂料工业协会和上海工程技术大学化学化工学院合作创办了涂料工程本科班，上海工程技术大学列为国家教育部“卓越工程师人才培养计划”的试点高校，涂料工程班进入试点班。

由中国涂料工业协会推荐，上海工程技术大学聘任了几位涂料行业专家为兼职教授，负责授课和编写教材。在两届学生使用的基础上，教材经作者修改，由教材编委会集体讨论修订，现由化学工业出版社正式出版。

整套教材由 8 本组成，它们是《涂料及原材料质量评价》、《涂料树脂合成工艺》、《涂料用颜料与填料》、《涂料用溶剂与助剂》、《涂料制造及应用》、《涂料生产设备》、《涂料涂装与环保安全》、《涂装工艺及装备》。

本套教材有以下特点。

1. 用于高分子材料专业或其他化学化工专业涂料工程方向的教材，并可作为有关专业研究生的主要参考书。

2. 学生学习了有关化工基础课与技术基础课后开始学习本专业课，本教材中不介绍基础课程内容。

3. 教材既是学生了解行业的素材，更是学生发展潜能、分析问题、解决问题的基础，是钥匙。因此，注重讲清道理，以便举一反三。在内容安排上，对已商品化的涂料原料及涂料品种，简单介绍其制造原理和过程，着重介绍其性能特点、选用原则和改性途径。涂料清洁文明生产标准和三废处理技术，全封闭一体化涂料生产工艺技术等节能环保与循环经济侧重介绍。适当介绍超支化树脂合成与应用技术，有机-无机杂化复合技术，纳米改性涂料、颜料技术，不用多异氰酸酯合成聚氨酯树脂等新技术。

这是国内第一套涂料工程教材。尽管我们主观上希望编写质量尽量提高，限于水平和时间，肯定会有许多不足。诚望得到业内同仁和有关高校师生的选用与评议，给我们反馈建议，以便进一步修订。

教材编审委员会

前 言

随着我国经济的迅速发展，涂料产量和品种迅速增加，性能不断提升，涂料工业得到了长足发展，已经形成了一个重要的工业门类，成为工业、农业、国防、高新技术以及人们日常生活不可缺少的材料。涂料科学与技术也成为精细化工研究与开发的重要内容之一。颜料与填料是涂料中的重要组成部分，它除了能够赋予涂料丰富多彩的颜色外，还可以调整涂料的物理、化学特性，改善施工工艺，甚至还可以赋予涂料一些特殊的功能。

颜料与填料对提高涂料品质、美化人们生活起到了重要作用，近年来，虽然我国在颜料与填料加工、开发、生产及应用等方面取得了长足的发展，而且已经成为世界颜料的主要出口国。然而，同一些发达国家相比，我国的颜料与填料生产制备技术、品质及剂型仍然存在较大的差距。

本书不仅对颜料性能的评价指标、分类、结构和应用特征等进行了阐述，而且也介绍了颜料与填料常见的加工和应用方法，重点从生态和环保等角度介绍了颜料与填料未来的发展趋势。本书由吕仕铭、杜长森、周华等负责组织编写，其中“钛白粉生产工艺与清洁生产技术”与“氧化铁生产工艺与污染物处理技术”由中国涂料工业协会的刘杰工程师提供编写材料。本书在编写过程中，得到了中国涂料工业协会的刘国杰教授，以及苏州世名科技股份有限公司的陈敏、伍金平、许丹、梅成国、胡艺民、罗春林、王小莉、宋立新、郭小春、万强、黄丽蓉、毕其兵等工程师的大力支持和帮助，编者在此一并表示感谢！同时感谢江南大学付少海教授对本书提出的宝贵修改建议！

由于本书内容涉及范围较广，限于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，热情期待各位读者的批评和指正。

编者

2012 年 1 月

目 录

第一章 绪论	1
学习目的	1
一、颜料与填料	1
二、颜料与填料的作用	1
习题	2
第二章 颜料的性能特征	3
学习目的	3
第一节 颜色性能	3
一、颜色属性	3
二、颜料的颜色性能评价指标	4
第二节 理化性能	7
一、化学组成与晶型	7
二、粒径与粒度分布	7
三、临界表面张力	8
四、亲水亲油平衡性	8
五、吸油量	8
六、比表面积	9
第三节 耐性性能	9
一、耐光性与耐候性	9
二、耐酸碱性与耐化学品性	10
三、耐热性	10
第四节 分散与稳定	10
一、润湿性	10
二、分散性	11
第五节 颜料颜色性能的评价标准	11
第六节 颜料对环境的影响	12
一、颜料生产和加工过程中的“三废”处理	12
二、颜料的环保性能	14
习题	16
第三章 有机颜料	17
学习目的	17
第一节 有机颜料概述	17
第二节 有机颜料的特性	21
一、有机颜料化学结构与性能的关系	21
二、颜料粒子大小、形状与性能的关系	22
三、颜料晶型与性能的关系	23

四、颜料粒子表面状态与性能的关系	24
第三节 有机颜料分类	24
第四节 有机颜料各论	24
一、偶氮颜料	24
二、酞菁颜料	30
三、多环颜料	32
四、其他杂类颜料	39
习题	41
第四章 无机颜料	42
学习目的	42
第一节 炭黑颜料	42
一、炭黑的分类	42
二、色素炭黑	44
三、色素炭黑的特性与应用关系	44
四、涂料用炭黑性质及对涂料性能的影响	45
第二节 白色颜料	46
一、钛白粉	46
二、氧化锌	61
三、立德粉	61
四、锑白	62
五、铅白	62
第三节 铁系颜料	62
一、氧化铁黄	62
二、氧化铁红	63
三、氧化铁黑	63
四、氧化铁棕	64
五、纳米氧化铁	64
六、其他氧化铁	64
七、氧化铁生产工艺及污染物处理技术	65
第四节 其他颜料	72
一、钼铬红	72
二、镉黄	72
三、镉红	73
四、钒酸铋	73
五、钛镍黄	73
六、氧化铬绿	73
七、钴蓝	74
八、群青	74
九、铁蓝	74
习题	74
第五章 功能颜料	76

学习目的	76
第一节 珠光颜料	76
第二节 荧光颜料	77
第三节 示温颜料	78
一、常用的不可逆变色颜料	78
二、常用的可逆变色颜料	79
第四节 金属颜料	80
一、铝粉及铝粉浆	81
二、铜锌粉	82
三、锌粉及其他金属颜料	83
第五节 防锈颜料	83
一、红丹、黄丹及其他含铅防锈颜料	83
二、铬酸盐类防锈颜料	85
三、磷酸盐类防锈颜料	87
四、硼酸盐类防锈颜料	88
五、离子交换防锈颜料	89
六、屏蔽型防锈颜料	89
七、其他防锈颜料	90
第六节 耐高温彩色颜料	91
习题	91
第六章 填料	92
学习目的	92
第一节 填料概述	92
一、填料的定义及作用	92
二、填料的典型性质	92
三、填料的分类	93
四、填料的发展趋势	93
第二节 填料各论	93
一、碳酸钙	93
二、硫酸钡	94
三、二氧化硅	94
四、硅酸盐类	96
习题	98
第七章 涂料色浆	99
学习目的	99
第一节 色浆定义及制备	99
第二节 色浆分类	99
一、水性色浆	99
二、溶剂型色浆	107
第三节 色浆的环保性能	108
一、重金属	109

二、芳胺	109
三、挥发性有机化合物	109
四、甲醛	110
五、环境激素	110
习题	111
第八章 配色知识及电脑调色一体化	112
学习目的	112
第一节 色彩理论	112
一、色彩学的意义	112
二、颜色基本概念	112
三、色彩基本理论	113
四、颜料着色	118
五、同色异谱现象	119
六、颜色的测量	119
第二节 电脑调色一体化	121
一、涂料电脑配色的基础理论	121
二、电脑配色的组成	121
三、电脑调色一体化	123
习题	124
第九章 颜料与填料发展趋势	125
学习目的	125
一、开发高性能颜料品种	125
二、提高颜料与填料的应用效率	126
三、颜料与填料的生态安全性	128
习题	128
参考文献	129

第一章 绪 论

学习目的

了解涂料用颜料与填料的定义、颜料与填料的分类及其在涂料中所起的作用。

颜料与填料是涂料的重要组成部分，根据涂料使用要求，颜料与填料的加入品种、数量有所不同，有用单一的，有用两种或两种以上复合的，添加量从百分之几到百分之几十，有时甚至高达60%以上。这些颜料与填料不仅能保证涂料具有良好的遮盖力、丰富的色彩，还能赋予涂膜与施工各项特殊功效。作为涂料用的颜料与填料必须对其分散性、白度、颜色、遮盖力、着色力、吸油量、粒度分布、耐酸碱性、耐光性、耐候性及耐温性等性能指标进行规定说明。

一、颜料与填料

颜料是一类有色的微细颗粒状物质，不溶于分散介质中，是以“颗粒”展现其颜色的一类无机或有机物质。颜料的粒度范围通常介于30nm~100 μ m之间。颜料的颜色、遮盖力、着色力及其他特性与其在介质中的分散状态（颜料颗粒在介质中的存在状态）有极大的相关性。颜料中有机颜料与染料有很多异同点，如都具有着色能力、部分品种的发色结构一致，其最根本的区别在于“染料”使用时可以溶解到适当的溶剂中。

填料是一类在介质中以“填充”为主要目的的微细颗粒状物质，不溶于分散介质中，也称体质颜料。填料外观大多为白色或浅灰色，在介质中，其遮盖力、消色力很低。在介质中加入填料，可有效改变介质中的非颜色性的物理性质与化学性质。

二、颜料与填料的作用

1. 颜料的作用

颜料是涂料色漆生产中的着色剂，其作用除了为漆膜提供色彩装饰外，还可以改善涂料的物理和化学性能，如遮盖性、耐光性、耐候性、耐温性、耐化学性、光泽及机械强度等。功能性颜料可以赋予涂料特殊性能，如特种装饰效果（金属质感、珠光光泽、夜光、荧光等）、防腐性、防火、导电、抗静电、示温等。

2. 填料的作用

填料在涂料中主要有两方面作用，一是“填充”作用、降低成本；二是通过加入填料改变涂膜或漆料的物理性质和化学性质。现代涂料技术更加重视填料的第二方面的作用，如通过选择不同的种类和数量的填料，可有效改善涂料的储存性能和施工性能，提高漆膜的机械强度、耐磨性、耐水性、抗紫外、隔热和抗龟裂等性能。与颜料相比，大部分填料具有成本低、吸油量低和较易分散等优点。

颜料与填料在涂料中的作用见表1-1。

表 1-1 颜料与填料在涂料中的作用

颜料类别	作用与功能
着色颜料	1. 赋予涂料与漆膜众多色彩,提高漆膜的装饰性与保护性;(颜色的搭配性) 2. 涂料的遮盖力与鲜艳度 3. 颜色的耐性(耐光、耐候、耐酸、耐碱、耐溶剂、耐温等) 4. 提供安全色(安全标志)
防锈颜料	防止金属表面发生化学或电化学腐蚀(有物理防锈与化学防锈),如非活性的铝粉、石墨、氧化铁红;活性的氧化锌、锌粉、碱式铬酸铅以及红丹、铬铬黄等
特殊功能颜料	赋予涂层特殊功能效果,如珠光颜料使漆膜具有绚丽的珍珠光泽效果;金属颜料使漆膜具有金属闪光效果;纳米颜料使漆膜具有抗紫外、防霉、耐水及超耐候耐温等效果;还有示温颜料、夜光颜料、荧光颜料、变色颜料等均能使漆膜获得相应的效果
填料	1. 提高涂料与漆膜的机械强度 2. 提高固体含量,减少树脂与溶剂用量,减低成本 3. 赋予涂料好的流动性、开罐效果与施工性能,增加漆膜厚度 4. 参与成膜,提供部分遮盖,耐磨性、抗紫外光作用,延长漆膜使用寿命 5. 特殊功能性,如紫外光屏蔽、耐热、毒性极小 6. 改善其他性能,如增稠剂、流变剂、抗静电剂、UV 稳定剂等

习 题

- 1. 什么是颜料,什么是填料,分析说明颜料与填料的异同点。
- 2. 查阅文献资料,了解常用的填料与颜料的特点,说明颜料与填料在涂料中的作用。

第二章 颜料的性能特征

学习目的

了解评价颜料性能的基本指标，如颜色性能、耐性性能、理化性能、分散稳定性能；颜料粒径、晶体结构、分散稳定性能与颜料颜色特征和各种耐性的关系及颜料分散加工的重要性。

第一节 颜色性能

颜色性能是颜料最重要的性能指标之一，颜色的产生与光学、生理学及心理学等学科密切相关。颜料的颜色主要取决于颜料的化学组成和结构、粒子的大小与晶型，同时还与光源、观测者等因素有关。

颜料的颜色是构成涂料色彩多样化的基础。颜色的色谱数以万计，大致可分为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫、黑、灰与白等诸色。各种颜色间存在着一定的内在联系。色调、明度、饱和度是描述一个颜色的三个参数，每个特定的颜色在颜色的立体模型中都有一个特定的参数，目前国际上广泛采用孟赛尔颜色系统（将在第八章第一节做详细描述）来标定颜色，其表示符号为 HV/C，其中 H 代表色调（Hue），V 代表明度（Value），C 代表饱和度（Chroma）。通过这三个参数，可以准确鉴别一个颜色。两个颜色完全相同的条件是 H、V、C 三要素的值都相同。

一、颜色属性

1. 明度

明度是人眼对光源或物体明亮程度的感觉，能够表征出颜色的明暗和深浅。明度体现了颜色在“量”方面的不同。即表征是一个物体反射光线多少的知觉属性。明度与反射率有关，物体表面反射率越高，明度越高，白比灰高，黄比红高。光源亮度越大，明度越高；黑白图像用灰度、灰阶描述。

明度不仅决定于物体照明程度，而且决定于物体表面的反射系数。如果人们看到的光线来源于光源，那么明度决定于光源的强度。如果人们看到的是来源于物体表面反射的光线，那么明度决定于照明的光源的强度和物体表面的反射系数。

2. 色调

色调也称色相，即表示红、黄、蓝、紫等颜色的特性，是一种视觉感知属性。物体的色调取决于光源的光谱组成和物体表面所反射（或透射）的各波长辐射的比例对人眼所产生的感觉，是彩色彼此相互区别的特性，可见光波段的不同波长刺激人眼产生不同的色彩感觉，色调体现了颜色的“质”。

3. 饱和度

饱和度是颜色在色调基础上所表现色彩的纯洁程度，所以饱和度又称“彩度”。它是吸收光谱中表现为波长段是否“窄”、频率是否单一。当物体反射出光线的单色性越强，则饱和度越大。饱和度取决于该色中含色成分和消色成分（灰色）的比例。含色成分越大，饱和

度越大；消色成分越大，饱和度越小。黑白色只用明度描述，不用色调、饱和度描述。

二、颜料的颜色性能评价指标

1. 着色力

着色力又称为着色强度 (tinting strength)，是表征一种颜料与另一基准颜料混合后所显现颜色强弱的能力，通常以白色颜料为基准来衡量各种彩色或黑色颜料的着色能力。

着色力的量度是与标准样品作比较，以式(2-1) 百分数表示：

$$\text{着色力} = \frac{A}{B} \times 100\% \quad (2-1)$$

式中 A——待测颜料所需白颜料数；

B——标准颜料所需白颜料数。

着色力是颜料对光线吸收和散射的结果，且主要取决于吸收，吸收能力越大，其着色力越高。着色力是控制颜料质量的一个重要指标，当颜料用于着色时，着色力高的颜料在获得同样着色强度时，颜料用量就比着色力低的颜料少。着色力的强弱不仅与颜料的化学组成有关，还取决于颜料粒子大小、形状、粒径分布、晶型结构和颜料粒子在涂膜中的分散度等因素有关。着色力一般随着颜料的粒径减小而增加，当粒径降低到一定程度后，其着色力会因粒径减小而减少，所以存在着使着色力最强的最佳粒径。

彩色颜料的着色力随颗粒大小波动情况远不如折射率大的白色颜料表现明显，而且在颗粒增大到一定程度后，着色力变得很低，从着色力曲线所表现的“左偏斜”，说明选用细颗粒颜料有助于着色力的提高。

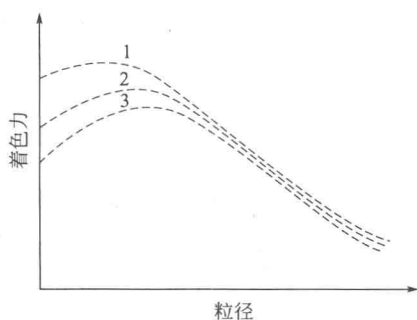


图 2-1 彩色颜料粒径与着色力关系示意

1—低 n ，高 k ；2— n ， k 都中等；3—高 n 低 k
 n 代表折射率， k 代表吸收系数

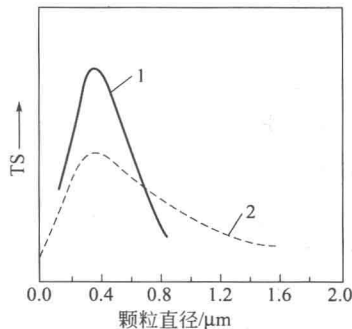


图 2-2 白色颜料粒径与着色力关系示意

1—金红石型 TiO_2 ；2— ZnS

从图 2-1 和图 2-2 可以看出，前者是彩色颜料，由于着色力主要取决于吸收，即主要决定于其化学物质的本质，因此和粒径关系不十分突出，但吸收系数作用较大，同样粒径下吸收系数 k 值大的着色力要强。后者是白色颜料，它的吸收作用是很小的，此时着色力主要取决于散射，由于散射和颗粒大小关系大，因此白色颜料着色力随颗粒粒径变化较明显，而且折射率越高，颜料随粒径变化越显著。

着色力也和颜料粒子在漆膜中的分散程度有关，分散得越好，着色力越强。为了提高颜料本身的着色力，对颜料的加工、后处理要给予足够的重视，如预分散、研磨、助剂的添加及分散工艺等。另外，不同化学组成的颜料，由于颗粒形状、结晶类型不同也影响了着色力，所以着色力的影响因素很多，评价着色力的高低要从多方面进行分析。

2. 消色力

消色力是指一种颜色的颜料抵消另一种颜料颜色的能力。一般颜料的着色力越强，其消色力也越强，通常用于评定白色颜料。一般地说，有较大的折射率，就有较高的消色力。金红石型钛白粉在白色颜料中的折射率最大，它的消色力也最高。几种常用白色颜料的折射率的数据见表 2-1。

表 2-1 几种常用白色颜料的折射率

颜料名称	折射率	颜料名称	折射率	颜料名称	折射率
金红石钛白粉	2.71	镉白	2.20	铅白	2.00
锐钛型钛白粉	2.55	锌白	2.01	锌钡白	1.84

3. 遮盖力

颜料加在透明基料中使之成为不透明，完全盖住基片的黑白格所需的最少颜料量称为遮盖力，通常以每平方米底材面积所需覆盖干颜料质量，以 g/m^2 表示。遮盖力 (hiding power) 是由于颜料和存在其周围介质的折射率之差造成的。当颜料和基料的折射率相等时就是透明的，当颜料的折射率大于基料的折射率时就出现遮盖，两者的差越大，则表现的遮盖力越强，几种常见物质折射率的数据见表 2-2。

表 2-2 几种常见物质的折射率

颜料名称	折射率	颜料名称	折射率	颜料名称	折射率
空气	1.0	碳酸钙	1.58	硫化锌	2.37
水	1.33	二氧化硅	1.55	金红石钛白粉	2.71
油	1.48	立德粉	1.84	锐钛型钛白粉	2.55
树脂	1.55	氧化锌	2.02		

涂料应用时常发现涂料干和未干时遮盖力变化较大，就是由于干和未干时折射率的变化引起的。举例来说，碳酸钙在湿的状态下涂刷在墙下时，由于它和水的折射率相差不多，看起来遮盖力很差，但干了以后，由于空气取代了水，此时两者折射率之差变大了，所以干后看起来遮盖力大大增加。

涂料中颜料粒子应被漆基所润湿，为了增加遮盖力，可以增添一部分低遮盖力的体质颜料，例如在建筑涂料中掺加体质颜料作适当的填充，其用量超过临界颜料体积浓度 (CPVC) 时，形成有一些颜料粒子被空气包围，不被漆基润湿，反而提高了这部分颜料的遮盖能力。用低遮盖力的体质颜料代替部分高遮盖力、价格较高的钛白粉，既降低成本、又不影响遮盖力。

遮盖力是颜料对光线产生散射和吸收的结果，主要是靠散射。对于白色颜料更是主要靠散射，彩色颜料则吸收能力也要起一定作用，高吸收的黑色颜料 also 具有很强的遮盖能力。由于遮盖力的产生和光学过程密切相关，因此当颜料化学组成固定后，颗粒大小、分布、晶形、晶形结构就都与遮盖力大小有关。

白色颜料主要是散射，由散射而产生的遮盖力主要与洛伦兹 (Lorentz) 因子、颜料粒子大小和颜料浓度三个因素有关。洛伦兹因子反映颜料与成膜物的折射率关系，如式 (2-2) 所示。

$$L = \frac{n_p^2 - n_b^2}{n_p^2 + 2n_b^2} \quad (2-2)$$

式中 L ——洛伦兹因子；

n_p ——颜料折射率；

n_b ——成膜物折射率。

经验表明，遮盖力与 L 的平方成正比。这说明颜料与成膜物的折射率差越大，遮盖力就越高。颜料的遮盖力与粒径大小有关，一般高折射率颜料与粒径关系较大，低折射率颜料与粒径关系较小，通过图 2-3 可以看出，高折射率的颜料要比低折射率的颜料遮盖力强，每条随粒度而变的遮盖力曲线都存在一个最高值。在最佳粒径产生最大遮盖力的原因是由于光的衍射作用，当颜料粒径相当于波长的 $1/2\lambda$ 时，效果最佳，粒径再小时，光线会绕过颜料粒子，发生衍射，就不能发挥最大遮盖作用，同时随粒径变小，透明度增强，遮盖力下降。超过粒径的最佳状态时，随粒径的变大，光的散射作用越来越差，遮盖力同样会下降。

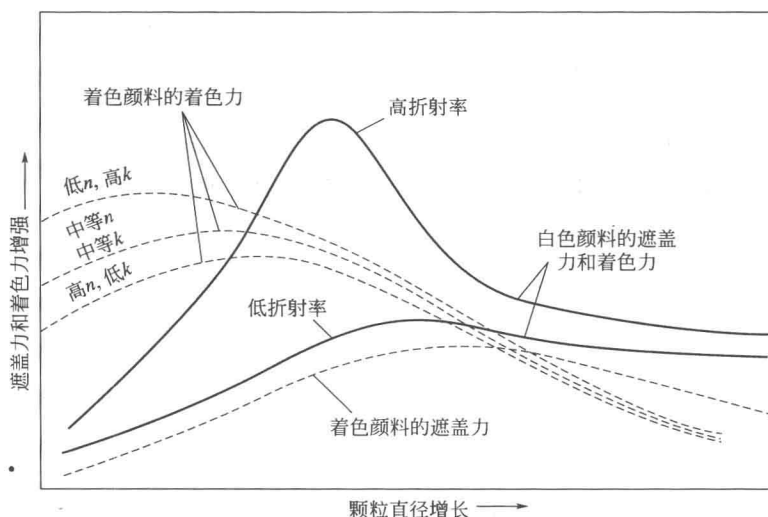


图 2-3 颜料粒径与着色力，遮盖力关系示意

n —折射率； k —吸收系数

粒径对散射有较大影响。当粒径很小时，散射很小。随着粒径的增大，金红石型钛白粉、锐钛型钛白粉和硫化锌的散射迅速提高，达到最大值，而氧化锌和立德粉的散射相对较慢地提高至最大值。随着粒径的进一步增大，散射下降。不同颜料的最佳散射粒径是不同的。当入射光为可见光的平均波长 ($\lambda = 550\text{nm}$)， $n_b = 1.55$ 时，常用白色颜料的最佳散射粒径列于表 2-3。

表 2-3 常用白色颜料的最佳散射粒径

颜料	最佳散射粒径/ μm	颜料	最佳散射粒径/ μm
金红石型钛白粉 TiO_2	0.27	氧化锌 ZnO	0.74
锐钛型钛白粉 TiO_2	0.37	立德粉 $\text{BaSO}_4 \cdot \text{ZnS}$	1.20
硫化锌 ZnS	0.40	硫酸钡 BaSO_4	4.0

由表 2-3 可以看出，金红石型钛白粉最佳粒径约为可见光平均波长的一半。这也是市售金红石型钛白粉粒径一般都处于 $0.2 \sim 0.4\mu\text{m}$ 的原因所在。

颜料体积浓度对涂膜遮盖力有一定程度的影响。研究表明，当钛白粉低于 10%PVC 时，遮盖力随浓度提高而线性增加；当其浓度超过 10%PVC 时，遮盖力随浓度提高而增加，但非线性；当其浓度超过 30%PVC 后，由于钛白粉附聚，遮盖力不再随浓度提高而增加，甚

至略有下降。

第二节 理化性能

一、化学组成与晶型

颜料的化学组成是颜料间相互区分的主要标志,除了体现出颜料的一系列物理性能如颜色、遮盖力、着色力、表面电荷与极性外,更为重要的是决定了颜料化学结构的稳定性和各项牢度数据,如耐光性、耐候性、耐酸性、耐碱性及耐温性与耐化学品性等。因此在选择颜料时,应根据应用要求,有针对性对颜料的化学组成进行评估,选择符合要求的颜料。

晶体的几何形态特征称为晶型(crystal shape),同一化学结构的颜料有多种晶型,其化学稳定性、色光及色饱和度等有所不同。很多有机颜料同其他结晶物质一样,存在“同质多晶现象”(polymorphism)。晶体的晶格中由于分子排列不同,可以组成多种晶型,各种晶型可以根据其X线衍射图谱所具特征加以区别。

由于晶格结构与排列方式的不同,使其具有同质异晶现象,显示出不同的晶型(crystal form)或晶相(crystal phase),并影响应用特性,如色光、晶型、热稳定性。晶型测定最为有效的方法是应用X射线粉末衍射分析,通过将粉末颜料压成特定的片状试样,采用不同型号的衍射仪,测定 2θ 角为 $5^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 的衍射曲线,与已知的标准图谱对比鉴定晶型类别。有机颜料的晶型稳定性主要表现在有机溶剂中存放或加热条件下发生的晶型转变,如从非稳定晶型转变为稳定型,导致色光及着色强度的变化,通过可将试样在非极性芳烃溶剂如甲苯、二甲苯等或极性溶剂 N,N -二甲基甲酰胺(DMF)、 N -甲基吡咯烷酮等进行处理,并比较处理后试样应用性能的变化。

二、粒径与粒度分布

颜料粒径是指颜料粒子的形状与大小。粒度是颗粒大小的量度,而颜料样品是由成万上亿个颗粒组成的,颗粒之间大小互不相同,其大小需要用粒度分布来描述。所谓粒度分布,通常是指粉体样品中各种大小的颗粒所占颗粒总数的比例(如干粉粒度分布图),一般用激光粒度分布仪进行测定。

颜料粒子的大小、形状会影响其遮盖力、着色强度、色光及耐性牢度等。颜料对光的反射作用与其自身同周围介质的折射系数之差有关,折射系数差别越大,反射作用越强,遮盖力越高。在一定范围内,随粒度的降低,颜料的遮盖力增加,同时粒子变小,比表面积增大,着色强度也随之提高。但粒子过于细小时会发生光的绕射现象,遮盖力反而降低,因此粒子的大小应控制在适当的范围内。颜料粒子的分布对颜料的色光也有影响。通常,粒子粗大,粒度分布较宽,色光发暗;反之则色光鲜艳。粒径分布还会影响颜料的耐光、耐候、牢度等。

颜料粒径大小是影响其透明性的重要因素,欲使应用介质呈现非透明性,除了要求分散介质与颜料粒子之间的折射指数有明显差值外,还与颜料粒子对光线的散射作用有关。当颜料粒径大小为光线波长的一半,即颜料颗粒直径为 $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ 时,对光的散射能力最强,可导致遮盖力高的非透明性;而当颜料分散体的平均粒径小于此数值时,如粒径为 $0.015\sim 0.025\mu\text{m}$ 则呈透明性,颜料的着色力也高。

颜料在光照之下退色过程属于气固非均相反应,其反应速率主要与化学结构有关,但也