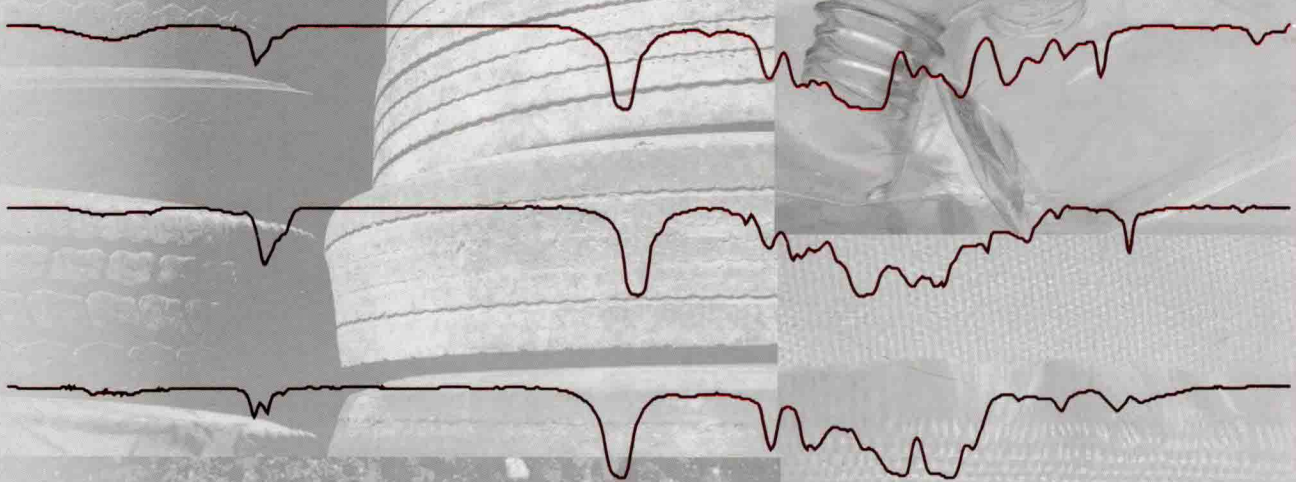
HONGWAI GUANGPU
ZAI WEILIANG WUZHENG
FENXI ZHONG DE YINGYONG

红外光谱在微量物证分析中的应用

第二版

冯计民 著



化学工业出版社

红外光谱在微量物证分析中的应用

第二版

冯计民　著



化学工业出版社

微量物证检验是法庭科学的重要组成部分。塑料、纤维、橡胶、涂料、印泥、毒品、火炸药等是微量物证检验的重要内容。本书是作者在30多年物证检验经验的基础上，对分析过的几万张红外光谱图经分析、整理、归纳编写而成。书中内容由两部分构成：一、红外光谱基础知识；二、列举了上述物品的大量红外光谱实例，并对这些红外光谱进行了详细解释。

本书可供从事法庭科学的工作人员参考，也适合在科研和教学工作进行红外分析的人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

红外光谱在微量物证分析中的应用/冯计民著. —2版.
—北京：化学工业出版社，2018.12
ISBN 978-7-122-33082-6

Ⅰ.①红… Ⅱ.①冯… Ⅲ.①红外分光光度法-应用-物证-分析 Ⅳ.①D919.2

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第219476号

责任编辑：李晓红　　文字编辑：陈　雨
责任校对：宋　玮　　装帧设计：王晓宇

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：三河市航远印刷有限公司
787mm×1092mm　1/16　印张48　字数1192千字　2019年5月北京第2版第1次印刷

购书咨询：010-64518888　　售后服务：010-64519661
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：268.00元

版权所有　违者必究

前言
FOREWORD

本书第一版出版后，受到读者广泛欢迎，尤其是公、检、法、司同行给予较高评价。同时也指出第一版中存在的问题，归纳起来主要是：

① 内容涉及的微量物证类别还不够全面，如毒品、火炸药、书写材料等常见微量物证都没有涉及；

② 理论阐述需要加强，以帮助读者全面、深刻、准确地理解物质结构、电效应（诱导效应、共轭效应、偶合效应等）与红外光谱的关系；

③ 微量物证检材主要是工农业产品或日常用品，大部分是共聚物或共混物，而分析共聚物或共混物的红外光谱，是微量物证鉴定的技术难点。书中直接指出检材的红外光谱中哪些谱带属哪种成分，而没有提供找出检材中包含何种成分的方法。

根据读者的意见，第二版对上述三方面的问题进行了以下改进：

对于第一类问题，增加了第 5 章、第 12 章、第 14 章、第 15 章和第 16 章。原第 2 章内容扩展为第二版第 3 章；原第 6 章内容扩展为第二版第 9 章。

对于第二类问题，增加了第 2 章和第 4 章。把原第 2 章内容扩展为第二版第 3 章。

对于第三类问题，引入了“标志谱带”的概念。以标志谱带为判断依据，按照一定的程序步骤，可以方便、快速、准确地在共聚物或共混物的红外光谱中，识别出各组分。解决了用红外光谱法鉴定多组分复杂物质的难题。运用这一方法，把原第 5 章改写为第二版第 8 章；原第 8 章改写为第二版第 11 章。用大量实例说明这一方法的使用。每一实例相对独立，便于读者查阅。

原第 1 章、第 7 章和第 9 章内容变化较小，分别调整为第二版第 1 章、第 10 章和第 13 章。

在第二版的编写过程中，吕俊岗、刘烁、柴智勇、李海燕、陶克明、石慧霞等同事提供了大力帮助，在此谨致最诚挚的谢意。

由于作者水平所限，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

冯计民

2019 年 3 月

第一版前言
FOREWORD

微量物证检验是法庭科学的重要组成部分。塑料、纤维、橡胶、涂料、印泥是微量物证检验的重要内容。法庭科学检验的塑料、纤维、橡胶、涂料、印泥都是工业、农业、交通运输业和日常生活中使用的物品。为了赋予它们较好的综合性能，这些物品通常是多种物质的混合物或共聚物，其红外光谱有的是多种物质红外光谱的叠加，有的是几种物质基团互相偶合的结果。因此，其红外光谱比均聚物和纯净物的红外光谱复杂得多，谱图解释也复杂、困难得多。现有的几种红外谱库主要是均聚物和纯净物的红外光谱，借助它们进行微量物证分析，检索结果的匹配度都比较低。

20 多年来，作者分析过多种样品，获得约 3 万张红外光谱。经分析、归纳为塑料、纤维、橡胶、涂料、书写材料、颜料、填料、毒品、火炸药、黏合剂等 16 个大类。每类选取有代表性的谱图建立了“法庭科学常见微量物证红外光谱库”。库容目前有 5000 余张红外光谱图，基本上涵盖了红外光谱检验微量物证遇到的各种检材。经检索验证实用性比较好。

通过与标准谱库比较，进行红外光谱鉴定是红外光谱分析的重要方法。但这种方法必须建立在对物质结构和主要谱带归属有一个基本了解的基础上，否则会有很大的盲目性。正所谓感觉到的东西不一定能理解它，只有理解了的东西才能更深刻地感觉它。

为了配合“法庭科学常见微量物证红外光谱库”的使用，编写了本书。书中内容由三部分组成：一、介绍了常见塑料、纤维、橡胶、涂料、印油等均聚物的组成、结构、性能和红外光谱，并对红外光谱进行解释；二、介绍了塑料、纤维、橡胶、涂料、印泥等常用染料、颜料、填料、增塑剂的组成、结构、性能和红外光谱，并对红外光谱进行解释；三、介绍了上述两类物质的共聚物、共混物的组成、性能和红外光谱，并对红外光谱进行了解释。书中对均聚物或纯净物主要谱带的振动方式进行了解释，对共聚物或共混物的主要谱带指明其归属于何种均聚物或纯净物。

本书可供从事法庭科学红外光谱检验的同行参考，也可供相关专业从业人员参考，尤其适合熟悉红外光谱仪使用，但不熟悉法庭科学中微量物证红外光谱检验的从业人员参阅。本书可以单独使用，也可以与“法庭科学常见微量物证红外光谱库”共同使用。共同使用可以发挥谱库检索的方便，并借助书中内容加深对谱图的理解。

在编写本书的过程中，得到清华大学孙素琴教授、PerkinElmer 公司王国强博士的多方帮助，谨此表示衷心感谢。在编写中也得到吕俊岗、郁露、刘书珍、冯晓峰、李海燕、陶克明等同志的帮助，在此一并感谢。

由于本人水平有限，错误和失误在所难免，敬希指正。

冯计民

2010 年 4 月



目录
CONTENTS

第 1 章　微量物证的基本概念 / 001

1.1　微量物证的定义 / 001
1.2　微量物证的特点 / 001
1.3　微量物证的检验及其特点 / 002
　1.3.1　微量物证需要多种仪器综合性检验 / 002
　1.3.2　微量物证检验要求尽可能是无损的 / 003
　1.3.3　微量物证检验的结果要做必要的数理分析 / 003
　1.3.4　红外光谱分析微量物证的步骤 / 003
1.4　微量物证的勘查提取 / 004

第 2 章　原子结构、共价键和分子的空间结构 / 006

2.1　原子的运动特征 / 006
　2.1.1　量子性 / 006
　2.1.2　波粒二象性 / 006
　2.1.3　微观粒子运动的统计性 / 006
2.2　概率密度和电子云 / 007
2.3　表征原子核外电子运动状态的 4 个量子数 / 007
　2.3.1　主量子数 n / 007
　2.3.2　角量子数 l / 007
　2.3.3　磁量子数 m / 008
　2.3.4　自旋量子数 s / 009
2.4　原子核外电子的排布 / 009
　2.4.1　原子轨道能级 / 009
　2.4.2　核外电子分布的三个原则 / 009
　2.4.3　原子的电子结构分布式 / 009
　2.4.4　元素的电负性 / 009
2.5　共价键理论 / 010
　2.5.1　键长 / 011
　2.5.2　键能 / 011
　2.5.3　键角 / 012
　2.5.4　键的极性 / 012

2.5.5 键力常数 / 013
2.6 分子的极性 / 014
2.6.1 双原子分子的极性 / 014
2.6.2 多个不同原子组成的分子的极性 / 014
2.7 共价键的键型 / 014
2.7.1 σ 键 / 014
2.7.2 π 键 / 015
2.7.3 配位键 / 015
2.8 原子轨道杂化 / 015
2.8.1 sp^3 杂化 / 016
2.8.2 sp^2 杂化 / 016
2.8.3 sp 杂化 / 017
2.8.4 碳原子发生三种杂化后性能比较 / 018
2.8.5 不等性杂化 / 019

第 3 章 红外光谱法 / 020

3.1 概述 / 020
3.2 红外光谱法的基本原理 / 021
3.2.1 红外光谱的表征 / 021
3.2.2 红外光谱与物质结构的关系 / 021
3.2.3 红外光谱产生的条件 / 022
3.2.4 基团振动谱带的频率 / 022
3.2.5 分子的基本振动模式 / 024
3.3 红外光谱仪和红外光谱图 / 026
3.4 红外光谱提供的主要信息 / 027
3.4.1 谱带位置（峰位） / 027
3.4.2 谱带强度（峰强） / 029
3.4.3 谱带形状（峰形） / 031
3.5 红外光谱吸收谱带的类型 / 033
3.5.1 基团频率 / 033
3.5.2 指纹频率 / 034
3.6 影响基团振动频率位移的主要内部因素 / 034
3.6.1 偶合效应 / 034
3.6.2 诱导效应 / 037
3.6.3 共轭效应 / 039
3.6.4 诱导效应和共轭效应同时存在时伸缩振动频率的位移 / 042
3.6.5 费米共振 / 043
3.6.6 共轭的空间位阻效应 / 044
3.6.7 氢键效应 / 045

第 4 章　基团的振动频率和分子结构的关系 / 047

4.1　碳氢基团的振动频率 / 047

4.1.1　CH_3 的振动频率 / 047

4.1.2　CH_2 的振动频率 / 055

4.1.3　CH 的振动频率 / 061

4.2　碳碳基团的振动频率 / 062

4.2.1　烯烃 C=C 伸缩振动频率 / 062

4.2.2　C–C 伸缩振动频率 / 065

4.3　芳香化合物的振动频率 / 067

4.3.1　苯环上=CH 伸缩振动频率 / 067

4.3.2　苯环骨架振动频率 / 068

4.3.3　苯环上=CH 面内变角振动频率 / 071

4.3.4　苯环上=CH 面外变角振动频率 / 071

4.3.5　苯环上=CH 面外变角振动的倍频与合频 / 072

4.4　碳氧基团的振动频率 / 073

4.4.1　CO_3^{2-} 的振动频率 / 073

4.4.2　杂化 / 073

4.4.3　羰基（C=O）的伸缩振动频率 / 075

4.4.4　C–OH 的伸缩振动频率和面内变角振动频率 / 084

4.4.5　C–O–C 的伸缩振动频率 / 088

4.5　碳氮基团的振动频率 / 094

4.5.1　氰化物–C≡N 基团的伸缩振动频率 / 094

4.5.2　C=N 基团的伸缩振动频率 / 096

4.5.3　C–N 的伸缩振动频率 / 097

4.6　氮氮基团的振动频率 / 102

4.6.1　叠氮化合物的–N=N=N 伸缩振动频率 / 102

4.6.2　重氮化合物的–N=N–伸缩振动频率 / 102

4.6.3　偶氮化合物的–N=N–伸缩振动频率 / 103

4.7　氮氧基团的振动频率 / 104

4.7.1　NO_3^- 的振动频率 / 104

4.7.2　硝基化合物中 NO_2 的伸缩振动频率 / 106

4.7.3　硝胺类化合物中 NO_2 的伸缩振动频率 / 108

4.8　氮氢基团的振动频率 / 108

4.8.1　胺 NH_x 的振动频率 / 108

4.8.2　铵盐中 NH_x^+ 的振动频率 / 110

第 5 章　红外光谱仪的主要性能指标和检定方法 / 115

5.1　红外光谱仪的分辨率 / 115

5.1.1　红外光谱仪分辨率的定义 / 115

5.1.2 影响红外光谱仪分辨率的因素 / 115
5.1.3 红外光谱仪分辨率的测定方法 / 116
5.2 红外光谱仪的信噪比 / 117
5.2.1 红外光谱仪信噪比的透射率表示法 / 118
5.2.2 红外光谱仪信噪比的吸光度表示法 / 118
5.2.3 红外光谱仪信噪比实测示例 / 120
5.3 红外光谱的信噪比及其影响因素 / 120
5.3.1 红外光谱的信噪比 / 120
5.3.2 影响红外光谱信噪比的因素 / 120
5.4 红外光谱仪的稳定性 / 121
5.4.1 红外光谱仪基线的重复性 / 121
5.4.2 红外光谱仪基线的倾斜度 / 121
5.5 红外光谱仪波数的准确性和重复性的检定 / 122
5.5.1 红外光谱仪波数准确性的检定 / 122
5.5.2 红外光谱仪波数重复性的检定 / 123
5.6 红外光谱仪能量检定 / 124

第 6 章 高聚物及其红外光谱的特征 / 125

6.1 高聚物的分类 / 125
6.1.1 按工艺性质分类 / 125
6.1.2 按高聚物的主链结构分类 / 126
6.1.3 按高聚物的分子结构分类 / 127
6.1.4 按合成高分子化合物的反应类型分类 / 127
6.2 高聚物的结构 / 128
6.2.1 高聚物的化学结构 / 128
6.2.2 高聚物的远程结构 / 128
6.2.3 聚集态结构 / 128
6.3 高聚物红外光谱的特点和类型 / 129
6.3.1 高聚物的组成谱带 / 130
6.3.2 高聚物的构象谱带 / 130
6.3.3 高聚物的立构规整性谱带 / 131
6.3.4 高聚物的构象规整性谱带 / 132
6.3.5 高聚物的结晶谱带 / 132
6.4 高聚物的特征谱带 / 134
6.5 高聚物红外光谱的解释方法 / 139
6.5.1 直接与标准谱图相比较 / 139
6.5.2 排除法 / 140
6.5.3 认可法 / 149
6.5.4 认可法与排除法相结合 / 150
6.5.5 红外光谱解释时的注意事项 / 151

第 7 章　常用填料、颜（染）料、增塑剂和试剂的红外光谱 / 154

7.1　体质颜料的红外光谱 / 154
7.1.1　滑石粉的红外光谱 / 154
7.1.2　硫酸盐的红外光谱 / 156
7.1.3　玻璃的红外光谱 / 159
7.1.4　碳酸钙和碳酸盐的红外光谱 / 159
7.1.5　碳酸钙和滑石粉混合物的红外光谱 / 164
7.1.6　二氧化硅的红外光谱 / 165
7.1.7　二氧化硅检验案例 / 165
7.1.8　膨润土的红外光谱 / 167
7.1.9　磷酸锌的红外光谱 / 168
7.1.10　聚磷酸铵的红外光谱 / 170
7.2　白色颜料的红外光谱 / 171
7.2.1　二氧化钛的红外光谱 / 171
7.2.2　锑白的红外光谱 / 173
7.2.3　高岭土的红外光谱 / 173
7.2.4　煅烧土的红外光谱 / 175
7.2.5　白云石的红外光谱 / 177
7.2.6　硫酸盐的红外光谱 / 178
7.3　黄色和红色颜(染)料的红外光谱 / 179
7.3.1　铬黄的红外光谱 / 179
7.3.2　钼铬红的红外光谱 / 181
7.3.3　大红粉的红外光谱 / 182
7.3.4　耐晒黄的红外光谱 / 184
7.3.5　甲苯胺红的红外光谱 / 184
7.4　铁系颜料的红外光谱 / 186
7.5　蓝色和绿色染料 / 187
7.5.1　铁蓝的红外光谱 / 187
7.5.2　酞菁蓝的红外光谱 / 188
7.5.3　酞菁绿的红外光谱 / 189
7.5.4　铬绿的红外光谱 / 189
7.5.5　群青的红外光谱 / 190
7.6　增塑剂的红外光谱 / 191
7.6.1　邻苯二甲酸二辛酯的红外光谱 / 191
7.6.2　间苯二甲酸酯的红外光谱 / 194
7.6.3　氯化石蜡的红外光谱 / 195
7.6.4　硬脂酸锌的红外光谱 / 196
7.7　化学试剂的红外光谱 / 196
7.7.1　水的红外光谱 / 196

7.7.2 二氧化碳的红外光谱 / 197
7.7.3 甲苯的红外光谱 / 198
7.7.4 乙醇的红外光谱 / 199
7.7.5 正辛醇的红外光谱 / 200
7.7.6 叔丁醇的红外光谱 / 201
7.7.7 异丙醇的红外光谱 / 202
7.7.8 苯氧基乙醇的红外光谱 / 202
7.7.9 苯酚的红外光谱 / 203
7.7.10 乙醚的红外光谱 / 204
7.7.11 甲基叔丁基醚的红外光谱 / 205
7.7.12 1,4-二丁氧基苯的红外光谱 / 206
7.7.13 丙酮的红外光谱 / 206
7.7.14 甲乙酮的红外光谱 / 207
7.7.15 苯乙酮的红外光谱 / 208
7.7.16 乙醛的红外光谱 / 209
7.7.17 甲酸的红外光谱 / 210
7.7.18 乙酸的红外光谱 / 211
7.7.19 三氟乙酸的红外光谱 / 212
7.7.20 油酸的红外光谱 / 212
7.7.21 苯甲酸的红外光谱 / 214
7.7.22 邻氯苯甲酸的红外光谱 / 215
7.7.23 水杨酸的红外光谱 / 216
7.7.24 甲基丙烯酸的红外光谱 / 217
7.7.25 柠檬酸的红外光谱 / 218
7.7.26 硬脂酸的红外光谱 / 219
7.7.27 乙酸酐的红外光谱 / 220
7.7.28 顺丁烯二酸酐的红外光谱 / 221
7.7.29 邻苯二甲酸酐的红外光谱 / 222
7.7.30 甲酸乙酯的红外光谱 / 223
7.7.31 乙酸乙酯的红外光谱 / 224
7.7.32 丙烯酸乙酯的红外光谱 / 224
7.7.33 偏苯三酸三辛酯的红外光谱 / 226
7.7.34 二乙胺的红外光谱 / 227
7.7.35 三乙醇胺的红外光谱 / 227
7.7.36 对甲苯胺的红外光谱 / 228
7.7.37 对苯二胺的红外光谱 / 229
7.7.38 乙酸铵的红外光谱 / 229
7.7.39 乙腈的红外光谱 / 230
7.7.40 偶氮苯的红外光谱 / 231
7.7.41 二苯基甲烷二异氰酸酯的红外光谱 / 231

7.7.42 盐酸二甲双胍的红外光谱 / 232

第 8 章 塑料的红外光谱分析 / 234

8.1 聚烯烃类高聚物的红外光谱 / 234
8.1.1 聚乙烯及其制品的红外光谱 / 234
8.1.2 聚丙烯及其制品的红外光谱 / 240
8.1.3 聚丁二烯的红外光谱 / 246
8.1.4 聚异丁烯的红外光谱 / 250
8.2 苯乙烯类高聚物的红外光谱 / 251
8.2.1 聚苯乙烯的红外光谱 / 251
8.2.2 含碳酸钙的聚苯乙烯的红外光谱 / 252
8.2.3 含铁蓝和碳酸钙的聚苯乙烯的红外光谱 / 253
8.2.4 苯乙烯-丙烯腈共聚物的红外光谱 / 254
8.2.5 苯乙烯-丁二烯共聚物的红外光谱 / 255
8.2.6 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物的红外光谱 / 256
8.2.7 丙烯酸酯、蜜胺树脂和 ABS 共混物的红外光谱 / 257
8.2.8 丙烯酸酯-丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物的红外光谱 / 258
8.3 含卤素高聚物的红外光谱 / 259
8.3.1 聚氯乙烯及制品的红外光谱 / 259
8.3.2 聚氯乙烯物证检验举例 / 276
8.3.3 氯化聚乙烯的红外光谱 / 278
8.3.4 聚偏二氯乙烯的红外光谱 / 280
8.3.5 聚偏二氯乙烯与丙烯腈共聚物的红外光谱 / 281
8.3.6 聚偏二氟乙烯的红外光谱 / 282
8.3.7 聚四氟乙烯及其制品的红外光谱 / 282
8.3.8 聚全氟乙丙烯的红外光谱 / 285
8.3.9 全氟磺酸树脂的红外光谱 / 287
8.4 其他碳链高聚物的红外光谱 / 287
8.4.1 聚乙烯醇的红外光谱 / 287
8.4.2 聚乙烯醇缩丁醛的红外光谱 / 288
8.4.3 聚乙酸乙烯酯及制品的红外光谱 / 289
8.4.4 乙烯-乙酸乙烯酯共聚物的红外光谱 / 291
8.4.5 氯乙烯-乙酸乙烯酯共聚物的红外光谱 / 293
8.4.6 淀粉、碳酸钙、乙烯-乙酸乙烯酯共聚物降解塑料的红外光谱 / 295
8.4.7 丙烯酸树脂的红外光谱 / 296
8.4.8 α-氰基丙烯酸乙酯的红外光谱 / 298
8.4.9 丙烯酸甲酯-苯乙烯共聚物的红外光谱 / 300
8.4.10 甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物的红外光谱 / 301
8.4.11 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯-甲基丙烯酸甲酯共聚物的红外光谱 / 302
8.4.12 甲基丙烯酸甲酯-氯丁橡胶共聚物的红外光谱 / 303

8.4.13 甲基丙烯酸酯-苯乙烯-丙烯腈共聚物的红外光谱 / 304
8.5 杂链类高聚物的红外光谱 / 305
8.5.1 聚甲醛的红外光谱 / 305
8.5.2 双酚 A 的红外光谱 / 306
8.5.3 环氧树脂的红外光谱 / 307
8.5.4 聚碳酸酯及其制品的红外光谱 / 309
8.5.5 聚酰胺的红外光谱 / 313
8.5.6 氨基树脂的红外光谱 / 327
8.5.7 不饱和聚酯树脂的红外光谱 / 331
8.5.8 聚氨酯树脂 / 335
8.5.9 有机硅树脂的红外光谱 / 340
8.5.10 酚醛树脂的红外光谱 / 343
8.5.11 聚苯醚的红外光谱 / 345
8.5.12 聚苯酯的红外光谱 / 347
8.5.13 聚酰亚胺的红外光谱 / 348
8.5.14 纤维素及其衍生物的红外光谱 / 349
8.6 降解塑料的红外光谱 / 356
8.6.1 降解塑料的分类 / 356
8.6.2 聚乳酸的红外光谱 / 357
8.6.3 聚羟基脂肪酸酯的红外光谱 / 369
8.6.4 聚碳酸亚丙酯的红外光谱 / 372
8.6.5 聚己内酯的红外光谱 / 374
8.6.6 聚氨基酸的红外光谱 / 375
8.6.7 脂肪族-芳香族共聚酯的红外光谱 / 376
8.6.8 聚丁二酸丁二醇酯的红外光谱 / 387
8.6.9 淀粉填充降解塑料的红外光谱 / 394
8.7 塑料检验案例 / 397

第 9 章 纺织纤维的红外光谱 / 401

9.1 纺织纤维的种类 / 401
9.1.1 天然纤维 / 401
9.1.2 化学纤维 / 401
9.2 纺织纤维的结构 / 403
9.2.1 大分子结构 / 403
9.2.2 聚集态结构 / 403
9.2.3 形态结构 / 403
9.3 涤纶的红外光谱 / 403
9.4 尼龙的红外光谱 / 405
9.5 腈纶的红外光谱 / 407
9.6 维纶的红外光谱 / 408

9.7 芳纶-1313 的红外光谱 / 409
9.8 芳纶-1414 的红外光谱 / 409
9.9 氨纶的红外光谱 / 409
9.10 丙纶的红外光谱 / 411
9.11 氯纶的红外光谱 / 411
9.12 蚕丝的红外光谱 / 411
9.13 羊毛的红外光谱 / 412
9.14 兔毛的红外光谱 / 413
9.15 羊毛、蚕丝、兔毛的偏振光干涉图鉴定 / 413
9.16 棉纤维的红外光谱 / 414
9.17 黏胶纤维的红外光谱 / 415
9.18 麻纤维的红外光谱 / 417
9.19 棉、黏胶、富强纤维和麻的偏振光干涉图鉴定 / 417
9.20 醋酯纤维的红外光谱 / 419
9.21 含邻苯二甲酸酯增塑剂的醋酯纤维的红外光谱 / 420
9.22 棉毛混纺纤维检验案例 / 421
9.23 纺织纤维的标志谱带 / 424

第 10 章 橡胶的红外光谱 / 425

10.1 天然橡胶和合成异戊二烯橡胶的红外光谱 / 425
10.1.1 含碳酸钙和硫酸钡的天然橡胶的红外光谱 / 426
10.1.2 聚异戊二烯-聚酰亚胺混合胶的红外光谱 / 427
10.2 顺丁橡胶的红外光谱 / 428
10.3 丁苯橡胶的红外光谱 / 429
10.4 丁腈橡胶的红外光谱 / 431
10.5 丁基橡胶的红外光谱 / 431
10.6 乙烯-丙烯橡胶的红外光谱 / 433
10.7 含滑石粉和硬脂酸锌的三元乙丙橡胶的红外光谱 / 434
10.8 苯乙烯改性三元乙丙橡胶的红外光谱 / 435
10.9 氯磺化聚乙烯橡胶的红外光谱 / 436
10.10 硅橡胶的红外光谱 / 437
10.11 氟橡胶的红外光谱 / 437
10.12 聚氨酯弹性体的红外光谱 / 438
10.13 氯化聚乙烯橡胶的红外光谱 / 438
10.14 氯丁橡胶的红外光谱 / 439

第 11 章 涂料的红外光谱 / 441

11.1 涂料的基础知识 / 441
11.1.1 涂料的作用 / 441
11.1.2 涂料的组成 / 441

11.1.3 涂料的分类 / 442
11.1.4 涂料的命名 / 443
11.2 部分涂料常用原料的红外光谱 / 444
11.2.1 醇酸树脂的红外光谱 / 444
11.2.2 松香的红外光谱 / 446
11.2.3 甘油的红外光谱 / 447
11.2.4 油脂类的红外光谱 / 447
11.3 涂料的标志谱带和鉴定步骤 / 452
11.3.1 涂料的标志谱带 / 452
11.3.2 根据标志谱带分析涂料红外光谱的步骤 / 453
11.4 醇酸树脂涂料的红外光谱 / 453
11.4.1 醇酸树脂涂料简介 / 453
11.4.2 醇酸树脂的分类 / 453
11.4.3 醇酸树脂涂料的红外光谱及其解释 / 454
11.5 氨基树脂涂料的红外光谱 / 484
11.5.1 氨基树脂涂料的标志谱带和红外光谱解释步骤 / 486
11.5.2 半光氨基树脂涂料和无光氨基树脂涂料的红外光谱 / 487
11.5.3 含铁蓝的醇酸氨基树脂涂料的红外光谱 / 488
11.5.4 含二氧化钛的醇酸氨基树脂涂料的红外光谱 / 490
11.5.5 含硫酸钡的醇酸氨基树脂涂料的红外光谱 / 491
11.5.6 含铬绿的醇酸氨基树脂涂料的红外光谱 / 492
11.5.7 含黏土的醇酸氨基树脂涂料的红外光谱 / 493
11.5.8 含铬酸铅的醇酸氨基树脂涂料的红外光谱 / 494
11.5.9 含铁蓝的硝酸纤维素改性醇酸氨基树脂涂料的红外光谱 / 495
11.5.10 含甲苯胺红的醇酸氨基树脂涂料的红外光谱 / 497
11.5.11 含铁蓝、硫酸钡的醇酸氨基树脂涂料的红外光谱 / 498
11.5.12 含二氧化钛、铁蓝的醇酸氨基树脂涂料的红外光谱 / 499
11.5.13 含二氧化钛、碳酸钙的醇酸氨基树脂涂料的红外光谱 / 500
11.5.14 含二氧化钛、硫酸钡的醇酸氨基树脂涂料的红外光谱 / 501
11.5.15 含甲苯胺红、铬酸铅的醇酸氨基树脂涂料的红外光谱 / 501
11.5.16 醇酸氨基树脂涂料检验案例 / 503
11.6 硝基漆的红外光谱 / 505
11.6.1 硝基漆的性能和用途 / 505
11.6.2 硝基漆的标志谱带和红外光谱分析步骤 / 505
11.6.3 硝基漆的红外光谱 / 506
11.7 丙烯酸树脂涂料的红外光谱 / 524
11.7.1 丙烯酸树脂涂料的分类和性能 / 524
11.7.2 热塑性丙烯酸树脂涂料的应用 / 525
11.7.3 热塑性丙烯酸树脂涂料的红外光谱 / 525
11.7.4 热固性丙烯酸树脂涂料 / 533

11.7.5 热固性丙烯酸树脂涂料的红外光谱及其解释 / 534
11.8 酚醛树脂涂料的红外光谱 / 542
11.8.1 酚醛树脂涂料的原料和种类 / 542
11.8.2 各种酚醛树脂涂料简介 / 543
11.8.3 酚醛树脂涂料的红外光谱 / 543
11.9 过氯乙烯树脂涂料的红外光谱 / 544
11.9.1 过氯乙烯树脂 / 544
11.9.2 过氯乙烯树脂涂料的特点 / 545
11.9.3 过氯乙烯树脂涂料的红外光谱 / 545
11.9.4 过氯乙烯树脂涂料红外光谱的分析步骤 / 552
11.10 环氧树脂涂料的红外光谱 / 553
11.10.1 环氧树脂涂料的性能和用途 / 553
11.10.2 环氧树脂的固化剂和固化反应 / 553
11.10.3 环氧树脂涂料的红外光谱 / 555
11.11 聚氨酯树脂涂料的红外光谱 / 567
11.11.1 聚氨酯树脂涂料的特点和用途 / 567
11.11.2 生产聚氨酯树脂涂料的主要原料 / 567
11.11.3 聚氨酯树脂涂料的种类 / 568
11.11.4 聚氨酯树脂涂料的红外光谱 / 569
11.12 油脂漆的红外光谱 / 582
11.12.1 油脂的分类和成膜机理 / 582
11.12.2 油脂漆的品种 / 583
11.13 天然树脂漆的红外光谱 / 583
11.13.1 松香及其衍生物 / 583
11.13.2 沥青 / 584
11.14 聚酯树脂涂料的红外光谱 / 585
11.14.1 聚酯树脂涂料的种类和组成 / 585
11.14.2 聚酯树脂涂料的红外光谱 / 586
11.15 涂料红外光谱检验小结 / 598
11.15.1 八种涂料的红外光谱和标志谱带 / 598
11.15.2 涂料中常用填料、颜料和染料的标志谱带 / 606

第 12 章 车辆涂装 / 607

12.1 车辆涂装用涂料 / 607
12.1.1 车辆涂装用涂料的种类 / 607
12.1.2 车辆涂装的不同档次 / 607
12.2 磷化膜的红外光谱 / 608
12.3 汽车底漆的红外光谱 / 609
12.3.1 底漆的作用 / 609
12.3.2 底漆的种类和红外光谱 / 609

12.4 腻子的红外光谱 / 617
12.4.1 腻子的作用 / 617
12.4.2 腻子的种类 / 617
12.4.3 硝基纤维素腻子的红外光谱 / 617
12.4.4 环氧腻子的红外光谱 / 618
12.4.5 醇酸腻子的红外光谱 / 619
12.4.6 原子灰的红外光谱 / 619
12.5 中间涂层的红外光谱 / 619
12.5.1 中间涂层的作用 / 619
12.5.2 中间涂层涂料的种类 / 620
12.5.3 汽车原厂漆通用型中间涂层涂料的红外光谱 / 620
12.5.4 汽车原厂漆耐石击中间涂层涂料的红外光谱 / 620
12.5.5 线上修补用中间涂层涂料的红外光谱 / 622
12.6 面漆的红外光谱 / 623
12.6.1 本色底色漆的红外光谱 / 623
12.6.2 金属闪光底色漆的红外光谱 / 624
12.6.3 罩光清漆的红外光谱 / 625
12.7 车辆涂装检验案例 / 625
12.7.1 检验 / 625
12.7.2 检验意见 / 627

第 13 章 红色印泥、印油的红外光谱 / 628

13.1 样品 / 628
13.2 红色印油、印泥部分原料的红外光谱 / 629
13.2.1 朱砂的红外光谱 / 630
13.2.2 艾绒的红外光谱 / 630
13.2.3 一缩二乙二醇的红外光谱 / 631
13.2.4 蓖麻油的红外光谱 / 632
13.3 56 种印泥的红外光谱 / 633
13.3.1 以蓖麻油为连接料、大红粉为染料的印泥的红外光谱 / 633
13.3.2 以蓖麻油为连接料、铅铬黄为染料的印泥的红外光谱 / 634
13.3.3 以蓖麻油为连接料、铁红为颜料的印泥的红外光谱 / 634
13.3.4 用蓖麻油、重晶石粉和大红粉制的印泥的红外光谱 / 635
13.3.5 用蓖麻油和碳酸钙制的印泥的红外光谱 / 636
13.3.6 用蓖麻油、碳酸钙和大红粉制的印泥的红外光谱 / 637
13.3.7 用蓖麻油、铬酸铅和大红粉制的印泥的红外光谱 / 638
13.3.8 用邻苯二甲酸二辛酯、环氧树脂和大红粉制的印泥的红外光谱 / 639
13.3.9 用一缩二乙二醇和少量蓖麻油制的印油的红外光谱 / 640
13.3.10 用蓖麻油和甘油制的印油的红外光谱 / 640
13.3.11 用石蜡油、白云石和滑石粉制的印泥的红外光谱 / 641