

中等专业学校轻工专业试用教材

塑料原材料分析与性能测试

湖南第二轻工业学校

常州轻工业学校 合编

湖北第二轻工业学校

河南第二轻工业学校

中国轻工业出版社

编者说明

本教材是根据全国轻工中专1989年塑料成型专业教材编审会通过的“塑料原材料分析与性能测试”教学大纲编写的。部分章节作了适当调整，并在1992年教材编审会上审定通过。

全书共分十二章，包括绪论、试样的制备和处理、聚氯乙烯树脂与塑料的分析、增塑剂与稳定剂的分析、塑料的鉴别、工艺性能试验、力学性能试验、电性能试验、热性能试验、基本物理性能和耐化学性试验、老化性能试验、泡沫塑料性能试验。编写中注意吸收了新的试验方法和新的国家标准，对有些无国家标准的试验项目，则注意参考ISO或ASTM标准。但有些试验方法的介绍，只是从实用出发，并无标准可循。

本书由湖南第二轻工业学校马承银任主编，常州轻工业学校郑式光、湖北第二轻工业学校毛炳生、河南第二轻工业学校胡金刚任参编，常州轻工业学校戚亚光任主审。编写分工：第一章、第四章、第五章由马承银编写，第二章、第三章由胡金刚编写，第六章、第九章由毛炳生编写，第七章、第八章、第十章、第十一章、第十二章由郑式光编写。在编写过程中，广州轻工业学校张仁杰、黄英强、北京塑料工业学校王善勤、安徽轻工业学校桑泳、河南第二轻工业学校王怀亮等提出许多宝贵意见，在此一并表示感谢。

编者

1993年4月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 塑料原材料分析与性能测试的目的与分类	1
一、塑料原材料分析与性能测试的目的	1
二、塑料原材料分析与性能测试的分类	2
第二节 标准和标准化组织	3
一、标准	3
二、标准化组织	4
第三节 塑料原材料分析与测试中的注意事项	9
一、试验的标准化	9
二、影响测试结果的因素	9
三、测试结果的确定与测试报告	12
第二章 试样的制备和处理	14
第一节 试样的制备	14
一、试样制备的途径和方法	14
二、热塑性塑料试样的注射制备方法	15
三、热塑性塑料试样的压制制备方法	17
四、热固性塑料试样的压制制备方法	18
五、塑料试样的机械加工制备方法	21
第二节 试样的预处理及试验的标准环境	23
第三章 聚氯乙烯树脂与塑料的分析	25
第一节 PVC树脂稀溶液粘度的测定	27
一、概述	27
二、PVC稀溶液绝对粘度的测定	29
三、PVC稀溶液粘数的测定	32
四、影响因素与讨论	34
第二节 PVC树脂颗粒结构特性的测定	34
一、PVC树脂表观密度的测定	34

二、PVC树脂增塑剂吸收量的测定	35
三、黑黄点总数与黑点数的测定	37
四、PVC树脂“鱼眼”数的测定	38
五、PVC树脂粒径及其分布的测定	40
第三节 PVC树脂白度的测定	42
一、测定原理	42
二、测定方法	43
三、影响因素与讨论	43
第四节 PVC树脂中挥发物(包括水)、氯乙烯单体含 量的测定	43
一、挥发物(包括水)含量的测定	44
二、PVC树脂中残留氯乙烯单体含量的测定	45
第五节 PVC树脂水萃取液电导率的测定	47
一、测定原理	47
二、测定方法	47
第六节 PVC树脂与塑料的热稳定性测定	48
一、刚果红试纸法	48
二、pH值法	50
三、氯化氢水吸收法	52
四、变色法	54
第四章 增塑剂与稳定剂分析	57
第一节 邻苯二甲酸酯类的质量分析	57
一、增塑剂色泽的测定	58
二、增塑剂密度的测定	60
三、增塑剂加热减量的测定	63
四、增塑剂酸度的测定	64
五、酯含量的测定	65
六、增塑剂热稳定性的测定	67
七、增塑剂闪点的测定	68
八、增塑剂体积电阻率的测定	70
第二节 其它增塑剂的质量检测	72

一、增塑剂酸值的测定	72
二、环氧增塑剂环氧值的测定	74
三、环氧增塑剂碘值的测定	76
四、汞量法测定氯化石蜡氯含量	78
五、氯化石蜡热稳定指数的测定	79
第三节 热稳定剂的质量检测	81
一、铅盐稳定剂的质量分析	81
二、金属皂稳定剂的质量分析	84
第五章 塑料的鉴别	89
第一节 塑料的物理鉴别方法	89
一、溶解法	89
二、密度法	91
三、熔融法	93
第二节 塑料的化学鉴别方法	94
一、热解法	94
二、燃烧法	95
三、杂原子分析鉴别法	96
第三节 塑料鉴别流程	99
一、含卤素塑料的鉴别	100
二、含氮元素塑料的鉴别	101
三、含硫元素塑料的鉴别	102
四、无可鉴别的杂原子塑料的鉴别	102
第六章 工艺性能试验	107
第一节 流动性试验	107
一、熔体流动速率的测定	107
二、熔体流变性试验	113
三、其它流动性试验	124
第二节 热固性塑料凝胶时间的测定	126
一、测试原理	126
二、测试方法	126
三、影响因素与讨论	128

第七章 力学性能试验	130
第一节 拉伸试验	130
一、测试原理	130
二、测试方法	133
三、影响因素与讨论	136
第二节 压缩试验	140
一、测试原理	140
二、测试方法	141
三、影响因素与讨论	141
第三节 弯曲试验	143
一、测试原理	143
二、测试方法	145
三、影响因素与讨论	146
第四节 冲击试验	148
一、摆锤式冲击试验	148
二、落锤式冲击试验	156
三、其它冲击试验方法	158
第五节 硬度试验	160
一、球压痕硬度试验	160
二、洛氏硬度试验	162
三、邵氏硬度试验	164
四、影响因素与讨论	166
第八章 电性能试验	167
第一节 电阻率试验	167
一、测试原理	168
二、测试方法	169
三、影响因素与讨论	174
第二节 介电强度试验	176
一、测试原理	176
二、测试方法	177
三、影响因素与讨论	180

第三节 介电常数和介电损耗角正切试验	182
一、测试原理	183
二、测试方法	187
三、影响因素与讨论	188
第四节 其它电性能试验	189
一、耐电弧性试验	189
二、抗静电性试验	190
第九章 热性能试验	193
第一节 热物理性能试验	193
一、热导率的测定	193
二、比热容的测定	195
三、玻璃化温度的测定	195
四、熔点的测定	196
五、热膨胀系数的测定	197
第二节 耐热性试验	199
一、热变形温度试验	200
二、马丁耐热试验	205
三、维卡软化点的测试	208
第三节 耐寒性试验	213
一、塑料冲击脆化温度的测定	214
二、塑料薄膜低温伸长试验	218
三、其它耐寒性试验	222
第四节 燃烧性能试验	223
一、氧指数法	224
二、水平燃烧法	228
三、其它燃烧性能试验方法	230
第十章 基本物理性能和耐化学性试验	233
第一节 密度和相对密度试验	233
一、测试原理	233
二、测试方法	234
三、影响因素与讨论	236

第二节 透明性试验	237
一、测试原理	237
二、测试方法	238
三、影响因素与讨论	240
第三节 塑料薄膜透气性试验	240
一、测试原理	240
二、测试方法	243
三、影响因素与讨论	244
第四节 吸水性试验	245
一、测试原理	245
二、测试方法	246
三、影响因素与讨论	247
第五节 塑料耐化学药品性试验	248
一、测试原理	248
二、测试方法	249
三、影响因素与讨论	251
第六节 环境应力开裂试验	253
一、测试原理	253
二、测试方法	253
第十一章 老化性能试验	256
第一节 热空气老化试验	256
一、测试原理	257
二、测试方法	257
三、影响因素与讨论	261
第二节 自然气候曝露试验	262
一、测试原理	262
二、测试方法	264
三、影响因素与讨论	267
第三节 人工气候曝露试验	268
一、测试原理	268
二、测试方法	269

三、影响因素与讨论	274
第四节 其它老化试验	276
一、湿热老化及盐雾试验	276
二、抗微生物试验	277
第十二章 泡沫塑料性能试验	278
第一节 泡沫塑料表观密度与线性尺寸的测定	279
一、泡沫塑料线性尺寸的测定	279
二、硬质泡沫塑料尺寸稳定性试验	280
三、泡沫塑料表观密度的测定	281
第二节 软质泡沫塑料力学性能试验	282
一、软质泡沫塑料的拉伸试验	282
二、软质泡沫塑料的压缩永久变形测定	283
三、软质泡沫塑料的回弹性试验	285
第三节 硬质泡沫塑料的压缩与弯曲试验	286
一、硬质泡沫塑料的压缩试验	286
二、硬质泡沫塑料的弯曲试验	287
附录1 一些国家和地区的主要标准代号	289
附录2 一定条件下粘数 (VN)、平均聚合度 ($\bar{P}$)、K值、 相对粘度 (η_r)、特性粘度 ($[\eta]$) 对照表	290
附录3 PVC树脂K值、增比粘度 (η_{sp}) 的换算关系	292
主要参考资料	294

第一章 绪 论

塑料工业包括树脂的合成与塑料制品的成型与加工两部分。而生产出适合各种用途的塑料制品，是塑料工业的目的。塑料制品的质量由所选用的原材料与成型时的工艺有关。因此，塑料原材料分析与性能测试是塑料工业体系中的重要组成部分。

塑料原材料分析与性能测试包括对塑料的原辅材料（树脂与助剂）的分析与性能测试及对塑料制品的性能测试两个方面。它是研究用一定的试验手段测定塑料材料及制品的某些特性（物理性能、化学性能），并以数据表示测试结果的学科。它随着塑料工业的产生而产生，随着塑料工业的发展而发展和完善。现在塑料材料分析与性能测试已经成了开发新的塑料材料及制品，提高产品质量的重要手段。

第一节 塑料原材料分析与性能测试的目的与分类

一、塑料原材料分析与性能测试的目的

塑料材料分析与性能测试的目的是多方面的，主要目的则在于：（1）研究塑料材料的基本性质，掌握材料特性。（2）为满足不同的使用目的，选取最合适的材料。（3）为塑料制品的生产，确定最佳的工艺条件。（4）作为生产过程中，控制产品质量的手段。（5）作为塑料原辅材料及制品购与销双方仲裁的依据。（6）使塑料材料与制品得以规格化与标准化。

二、塑料原材料分析与性能测试的分类

根据“设计预测”和“质量预测”两个主要目的，塑料材料分析与性能测试可分为结构与性能研究、加工与应用研究两个方面。

1. 结构与性能研究

通过测试与研究，确立塑料材料结构与性能之间的关系，是属于理论研究的范畴。它包括测定树脂中的原子类型、化学键、端基、分子量及分子量分布等方面的化学结构；还包括材料分子链的构象、结晶性、非晶性之类的聚集态结构；以及材料分子链的运动对外界因素的响应等。例如，通过电子显微镜研究氯化聚醚的结晶知道：在高于 120°C 的温度下冷却其熔体时，可得到坚硬不透明的氯化聚醚 α -晶体；在低于 100°C 冷却其熔体时，可得到透明氯化聚醚的 β -晶体。又如：温度与时间是影响高分子链运动的重要因素。若测得所开发的某种新材料的温度 $\sim$ 形变、时间 $\sim$ 形变、时间 $\sim$ 应力的关系图，则能推测

该材料的一系列综合性能。图 1-1 为某种塑料材料的温度 $\sim$ 形变曲线。由图形分析可知，该材料是非结晶性材料，有明显的玻璃态、高弹态及粘流态，从图形的转折点可以看出材料的 T_g 、 T_f 等转变温度。因而可以估计该材料的透明度高，成型温度在 T_f 以上，若 T_g 在室温以上，则可以作塑料材料应用。这类测试方法主要应用在材料的分子设计与生产及塑料材料的配方设计方面。

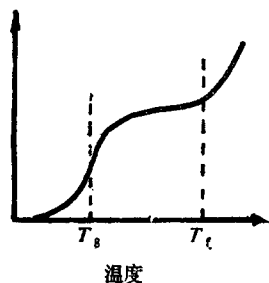


图 1-1 聚合物的温度与形变的关系

2. 加工与应用研究

测试塑料材料的成型性能与使用性能，是属于加工与应用研究的范畴。用这类测试方法，可以得到表征材料在确定的试验条

件下的某一性能参数。这类参数有的具有明确的物理意义，如密度、电阻率、透光率、导热系数等；有的则是没有明确物理意义的条件参数，如马丁耐热温度、维卡软化点、熔体流动速率等。这类测试方法对塑料制品的成型与使用，是非常有用的。这类测试方法又分为通用试验方法与专用试验方法。

为了对不同的塑料材料的某一性能进行比较，常规定在相同的条件下进行测试，且这种测试方法为某一地区所有的生产、检测部门共同接受和使用。把这种测试方法称为通用试验方法。通用试验方法的特点是测试方法有严格统一的技术规定，适用于各种不同的材料，测试结果可以作为不同材料之间性能比较的依据。这类测试参数广泛应用于生产中，作为控制产品质量的指标，产品设计的依据，产品流通中作为制品的性能指标。例如，塑料材料的拉伸强度、硬度、吸水性、透湿性等，都是用通用试验方法测定的。

对某些特殊的塑料材料或特殊用途的制品，为了得到在特殊环境下的性能参数，则采用模拟制品使用的实际环境进行测试。这种测试方法称为专用试验方法。专用试验方法的特点是考虑了材料使用的特殊环境。例如，PVC 的热稳定性差，受热后容易分解出 HCl。为了保证 PVC 在成型温度下的稳定性，必须加入稳定剂。因此，在成型前，要进行配方设计。设计的配方是否合理，则用 PVC 成型温度为试验温度，测定试样分解出一定量 HCl 所需要的时间。把这样测定的时间称作 PVC 的热稳定时间。这种试验方法，只有 PVC 才适用。专用试验方法能为塑料材料和制品提供与实际使用条件近似的性能数据。

第二节 标准和标准化组织

一、标 准

社会生产的发展，促进了全世界范围内物质与技术的交流。

为了交流的需要,各种类型的标准相继产生了。技术标准是标准化工作的重要部分,它从技术上把产品的科研、设计、生产、流通、使用各方面联系起来。工业的发展促进了标准的建立与完善,标准化工作的健全又促进了工业的发展。技术标准反映一个企业,一个国家、一个地区生产发达的程度。技术标准建立的依据是该地区当时工业发展的水平,同时参考与之相关的其它标准。随着科技的进步与流通范围的扩大,技术标准也不断发展与国际化。

塑料工业标准包含的内容有:树脂与塑料标准,塑料添加剂标准、塑料检测方法标准、塑料制品标准、塑料模具标准等。塑料检测标准中包括试样的形状、尺寸、制作方法、试样的预处理、试验条件(温度、湿度、作用力大小、升温速率等)、试验步骤、测试结果等内容。塑料工业是新兴工业,产品的应用领域不断扩大,质量指标要求不断提高,所以,塑料技术标准更换频繁。作为塑料工业的工程技术人员,正确认识和使用有关标准是应具备的专业素质。

二、标准化组织

塑料工业常用及参考的标准有国际标准、国家标准及我国塑料行业标准(有关的部颁标准)、地方标准与企业标准。

(一) 国际标准

国际标准化组织,简称 ISO,是世界性国际标准学会(ISO 成员团体)的联合机构。至 1983 年底,国际标准化组织共设有 166 个技术委员会(TC)。发展国际标准的工作是由 ISO 技术委员会进行的。我国于 1978 年参加了 ISO 塑料技术委员会 ISO/TC 61。目前,塑料技术委员会共分为十个分会(SC),它们是:

- SC₁ 术语
- SC₂ 力学性能
- SC₄ 燃烧性能
- SC₅ 物理-化学性能

SC₈ 抗老化、抗化学和抗环境性能

SC₉ 热塑性塑料

SC₁₀ 泡沫塑料

SC₁₁ 制品

SC₁₂ 热固性塑料

SC₁₃ 纤维增强塑料

每个分会 (SC) 又由几个工作小组 (WG) 组成。如 SC_r (术语) 分会就分为 WG₁ (通用词汇)、WG₂ (专用词汇) 和 WG₃ (符号) 三个工作小组。

国际标准号主要由顺序号及批准或修订年份组成, 前面冠以“ISO”。例:

ISO/R 1183—1970 塑料——除泡沫塑料外的各种塑料密度及相对密度的测定

ISO/R 1043—1978 塑料——符号

ISO 1060/1—1982 塑料——氯乙烯均聚物和共聚物树脂
第一部分: 命名

ISO/TR4137—1978 塑料——用交替弯曲法测定弹性模量
在标准中, 带 R 者为推荐标准; TR 为技术报告; 带 “*” 者表示由国际标准化组织认可的某一成员国提供的国家标准或对现行国际标准的修订版本。如 ISO 2888—1973*。

另外, ISO 推荐的标准, 其成员国组织可以认可通过, 也可以否决。凡是认可的国家, 将根据国情, 以 ISO 标准作为最高职能标准。

(二) 国家标准

1. 中华人民共和国国家标准

我国国家标准由国务院标准化行政主管部门编制计划, 组织草拟, 统一审批、编号、发布。国家标准分为强制性国家标准 (代号 GB)、推荐性国家标准 (代号 GB/T)。强制性国家标准主要包括保障安全和人民身体健康、保护环境、通用技术的术语、符

号、代号、国家要控制的通用试验、检验方法、涉及技术衔接的通用技术语言等。其它则是推荐性国家标准。

我国国家标准序号由国家标准代号、国家标准发布的顺序号及发布的年号(即发布年份的后两位数字)构成。例如

GB 1250—89、GB/T 10300—88

2. 美国标准

塑料行业采用较多的美国标准是美国国家标准协会 (American National Standard Institute) 标准, 简称 ANSI; 美国实验与材料协会 (American Society for Testing and Materials) 标准, 简称为 ASTM。其中 ANSI 标准由美国国家标准协会自行组织制定的标准与采用美国各专业学会、协会等制定的团体标准。

(1) ANSI 标准编号

美国国家标准协会制订的标准编号为:

ANSI+字母类号+数字组号+序号+批准或修订及最近一次确认的年份。如:

ANSI C 78.1a—1980

其中: ANSI——标准代号

C——字母类号。ANSI 标准共分 18 个大类, 分别用字母 A、B……Y、Z 表示, 有关塑料的标准属 K 类(化工类)与 Z 类(杂项材料)。

78——数字组号

J——序号

a——表示本标准出版后在 1980 年有一个补充; 这标准的补充文本, 按补充的先后顺序在原标准之后加上 a、b、c 等。

另外, 还有如下规定: ① 某些标准经过一定期限后, 经过确认继续有效。经过确认的标准在原制定年份之后的括号中加上字母“R”和确认年份。如 ANSI C 57.17—1956 (R1971)。② 计量单位采用米制的标准, 需在标准之后加上字母“M”。如 ANSI

H 35.2M—1982。③ 经美国国家标准学会审查采用的各专业学会、协会制订的团体标准或国际标准，则在原标准号前冠以“ANSI”。如 ASTM 制定的 ASTM D 3892—82，经美国国家标准学会采用为国家标准，则标准号为 ANSI/SATM D 3892—82。

(2) ASTM 标准

ASTM 标准分为七大类，分别为 A (黑色金属)、B (有色金属)、C (水泥、陶瓷及砌筑材料)、D (杂类材料)、E (杂项材料)、F (专用材料)、G (材料的腐蚀、变质和传递)等。

ASTM 标准号的表示方法为：

ASTM + 分类号 + 本类序号 + 年份。如：

ASTM D 1755—81 聚氯乙烯树脂规格

另外还有规定：① 在年代后加字母“T”，表示为暂行标准。

② 年代后面括号内的数字表示该标准的重新确认年份。如 ASTM D 496—74 (1979)。③ 年代后面的小写字母 a、b、c 表示标准修改次数。如 ASTM A 36—81a。

其它国家标准代号表示于附录 I 中。

(三) 行业标准

对没有国家标准，而又需要在我国塑料行业（轻工、化工系统）范围内确立统一的技术要求，曾制订了轻工业部部颁标准（SG）及化学工业部部颁标准（HG），把这些统一称为塑料行业标准。塑料行业标准由国家塑料行业管理协会编制计划、组织草拟，审批、编号、并报国务院标准化行政主管部门备案。

行业标准亦分为强制性行业标准和推荐性行业标准两类。在标准代号后加“T”者即为推荐性标准。颁布年号亦为末位两位数表示。如：

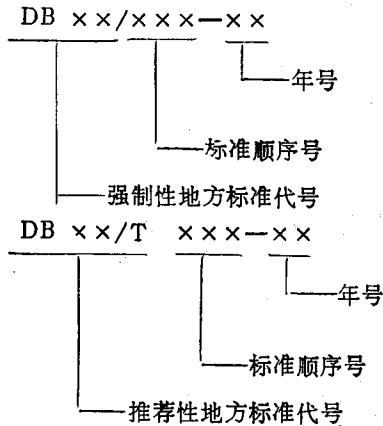
标准代号 + 标准顺序号 — 一年号

标准代号/T + 标准顺序号 — 一年号

(四) 地方标准

对没有国家和行业标准而又需要在省、市、自治区范围内统一的塑料产品的安全、卫生、质量要求，可以制定地方标准。目的是为了新产品的鉴定与管理。地方标准由省、市、自治区人民政府标准化行政主管部门编制计划，组织草拟，统一审批、编号、发布，并报国务院标准化行政主管部门和国家塑料行业管理协会备案。它在相应的国家标准和行业标准实施后，自行废止。

地方标准以 DB 为代号，其编号如下：



(五) 企业标准

企业生产的产品在没有相应的国家标准、行业标准及地方标准时，应当制订相应的企业标准，作为组织生产的依据。企业标准由企业组织制订，并报省、市、自治区人民政府的标准行政管理部门备案。

另外，有的产品，虽已有国家标准，但为了强化质量管理，保证产品的合格率，也制定了严于国家标准及其它国内标准要求的企业标准，在企业内部使用。

企业标准的代号为“Q”。