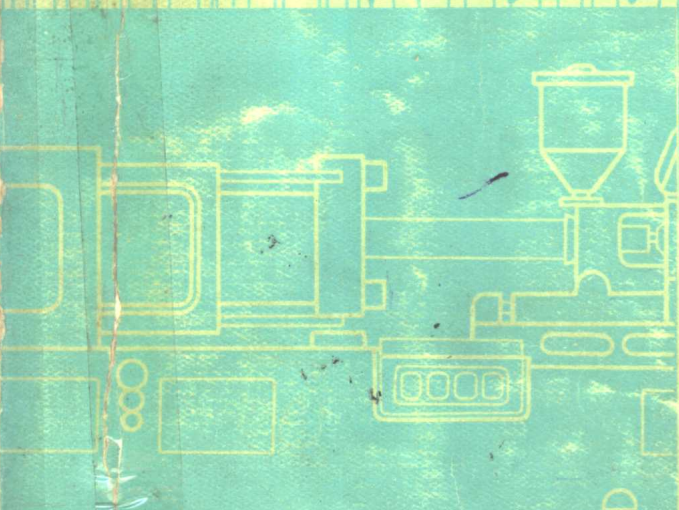




聚氯乙烯塑料成型加工

上海化工厂 编

上海人民出版社

内 容 提 要

本书共分十一章,即原料、配方、捏和、塑化、成粒、压延、压制、挤压、吹塑、注射、二次成型,主要介绍聚氯乙烯塑料各种型材的成型加工工艺及设备。可供塑料成型加工厂和从事塑料应用的有关厂、研究单位的工人和技术人员,以及大专院校有关专业师生参考。

聚氯乙烯塑料成型加工

上海化工厂 编

上海人民科技出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷三厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 13.5 字数 379,000

1974年5月第1版 1974年5月第1次印刷

印数 1—22,000

统一书号: 15171·107 定价: 0.82 元

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

前 言

聚氯乙烯塑料是目前世界上产量最大的热塑性合成材料之一。在毛主席革命路线指引下,我国的聚氯乙烯塑料工业已有了很大的发展。从树脂、增塑剂等各种原料的生产和塑料成型加工工艺技术的提高,到加工机械的设计、制造等各个方面,已经初步建立起较为完整的塑料工业体系。

聚氯乙烯塑料通过不同的成型方法,可以制成各种用途的电缆料、薄膜、管件、阀门、棒、片、板等各种型材。尤其是硬质聚氯乙烯塑料具有优良的化学稳定性,其强度可以满足常压化工设备的要求。因此,不仅可以用它来作防腐蚀材料,并且可以作化工设备的结构材料,以代替不锈钢材和其他耐腐蚀材料。由于聚氯乙烯塑料具有优良的性能,所以已被广泛应用于工业、农业、医药卫生、科学研究和国防建设等各个方面,在国民经济中占了一定的地位。

为了适应目前我国聚氯乙烯塑料工业蓬勃发展的需要,并同兄弟单位、兄弟地区交流聚氯乙烯塑料成型加工的生产经验,我们组织了三结合形式的编写组,编写了这本《聚氯乙烯塑料成型加工》。由于我们业务水平有限,编写的内容又局限于本厂的生产范围,因此本书可能存在不少缺点和错误,衷心地希望广大工农兵读者批评指正。

上海化工厂 1974.3

目 录

第一章 原 料	1
第一节 聚氯乙烯树脂	1
一、树脂的制造(1) 二、树脂的规格(4) 三、树脂的改性(9)	
第二节 增塑剂	18
一、增塑剂的基本性质(18) 二、增塑剂的种类及趋向(23)	
第三节 稳定剂	29
一、不稳定机理(29) 二、稳定剂的基本性质(34)	
三、稳定剂的种类及趋向(35)	
第四节 其它助剂	41
一、润滑剂(41) 二、填充剂(43) 三、着色剂(45)	
四、紫外线吸收剂(51) 五、抗氧剂(54) 六、螯合剂(54)	
七、驱避剂(54) 八、阻燃剂(56)	
第二章 配 方	57
第一节 聚氯乙烯塑料的配方设计依据	57
一、聚氯乙烯塑料制品的性能要求(57) 二、原料来源(58)	
三、聚氯乙烯塑料的成型工艺(58)	
第二节 聚氯乙烯塑料制品的分类	59
一、硬质制品(60) 二、软质制品(61)	
第三节 硬质聚氯乙烯塑料的配方设计	61
一、硬质聚氯乙烯塑料的特点(61) 二、树脂及各种助剂的选择(68)	
三、提高硬质聚氯乙烯塑料性能的途径(66)	
第四节 软质聚氯乙烯塑料的配方设计	70
一、软质聚氯乙烯塑料的特点(70) 二、软质聚氯乙烯塑料配方设计举例(71)	
三、提高软质聚氯乙烯塑料性能的途径(79)	
第五节 配方实例	83

第三章 捏 和	89
第一节 捏和过程概述	89
一、原料准备(89) 二、捏和操作(91)	
第二节 原料配比	91
一、树脂的过筛(92) 二、树脂的输送(94) 三、物料的 计量(96) 四、增塑剂和稳定剂的大混和(99)	
第三节 捏和分散	102
一、颜料的分散(102) 二、捏和机的发展(104) 三、捏和 工艺分析(108)	
第四章 塑 化	115
第一节 塑化过程概述	115
第二节 塑化设备和工艺	117
一、塑化设备概要(117) 二、塑化工艺分析(122)	
第三节 塑化的均匀理想	130
一、塑化的关键(130) 二、克服电缆料塑化的不稳定 性(131) 三、“多鱼眼”树脂的塑化(132) 四、高聚物共 混型电缆料的塑化(134) 五、塑化向连续密闭化发展(135) 六、聚氯乙烯电缆料和电线电缆的加工(135) 七、聚氯乙烯 硬板的挤压成型(140) 八、软质聚氯乙烯薄膜的成型加 工(140)	
第五章 成 粒	141
第一节 成粒概述	141
第二节 料片的成粒过程	143
一、切粒机(143) 二、风送料料(145) 三、磁选器(146) 四、缝包机(146) 五、运输铲车(146) 六、软质塑料和硬 质塑料料片切粒上的不同要求(148) 七、塑料成粒的发展 方向(148)	
第六章 压 延	149
第一节 压延过程概述	149
一、压延制品简介(149) 二、压延流程分析(151)	
第二节 四辊压延机的规格和结构特性	152

一、主机部分(155) 二、辅机部分(159) 三、附件部分(161)	
四、主机加热及温度控制装置(161) 五、仪表操纵台(162)	
六、主要机械电力驱动的电源系统(162)	
第三节 压延成型工艺分析	164
一、压延成型(164) 二、引离(176) 三、刻花(177)	
四、冷却定型(177) 五、输送(179) 六、切割复卷(179)	
第四节 薄膜和片材的压延生产	180
一、农业薄膜的生产工艺(180) 二、灰色硬片的生产工	
艺(185)	
第五节 金属探测器	190
一、工作原理(190) 二、电路分析(191) 三、仪器的使用	
方法(196) 四、技术性能与指标(196) 五、变压器参数(197)	
第七章 压 制	198
第一节 压制法生产聚氯乙烯硬板概述	198
第二节 压制设备	199
一、液压机的工作原理(199) 二、下压式多层压机(200)	
三、辅助设备(204)	
第三节 硬板压制前的准备工作	208
一、压延料片的检查(208) 二、迭合本的组合(208) 三、	
用铝板代替纸作为衬垫材料(209) 四、迭合本的配制(210)	
五、迭合本的组成方法(210)	
第四节 硬板压制工艺过程	211
一、压制方法(211) 二、压制工艺条件(214) 三、压制工	
艺讨论(215) 四、可能发生的问题(216)	
第五节 硬板的锯切	217
第八章 挤 压	219
第一节 挤压过程概述	219
一、绝热挤压(219) 二、高速化(220) 三、增大螺杆长	
径比(220) 四、抽气(排气)挤压(220)	
第二节 挤压机及其附属设备	220
一、挤压机的基本构造和特征(220) 二、机筒及螺杆(222)	
三、加热及冷却系统(228) 四、机头(229) 五、冷却定型	

装置(236) 六、牵引及切割装置(241) 七、挤压机的维护与保养(245)	
第三节 挤压工艺控制	246
一、挤压理论简介(246) 二、挤压工艺控制要点(252)	
第四节 硬质聚氯乙烯管的挤压	256
一、硬管质量要求(257) 二、对半成品粒料的要求(258)	
三、硬管生产的不正常现象及解决办法(258) 四、硬管的粉料挤压(262)	
第五节 硬质聚氯乙烯棒材的挤压	264
一、机头结构(264) 二、温度控制(265) 三、冷却(265)	
第六节 硬质聚氯乙烯焊条的挤压	266
一、焊条形状(266) 二、机头及切割设备(268) 三、温度控制(270)	
第七节 聚氯乙烯型材的挤压	271
一、型材的生产特点(271) 二、口模设计(272)	
第八节 软质聚氯乙烯电缆料的挤压	273
一、用挤压成型电缆料的特点(273) 二、工艺条件(274)	
第九节 硬质聚氯乙烯板材的挤压成型	275
一、挤压机(276) 二、平扁模子(276)	
第九章 吹 塑	279
第一节 挤压吹塑过程概述	279
第二节 吹塑成型的设备及机头	280
一、螺杆转速及其与机筒之间隙(281) 二、吹塑机头(281)	
三、冷却装置(282) 四、牵引装置(285) 五、卷取装置(285)	
六、顶芯棒装置(286) 七、螺杆顶出装置(288)	
八、剖刀(288) 九、塑化机(289)	
第三节 工艺控制	289
一、开车与停车(289) 二、厚度控制(290) 三、顶芯棒、换网(291)	
四、温度控制(291) 五、不正常的情况及处理方法(292)	
第四节 螺杆模具的损耗修复与保养	293
第十章 注 射	295
第一节 注射过程概述	295

第二节 注射设备	297
一、注射机(297) 二、附属设备(305)	
第三节 制件设计及注射模浇注系统	307
一、制件设计(307) 二、注射模及浇注系统(311)	
第四节 工艺控制	320
一、原料的准备(321) 二、温度及粘度(321) 三、压力(323)	
四、注射速度(324) 五、模具温度(324) 六、循环周期的控制(325)	
七、不正常情况及其处理办法(327)	
第十一章 二次成型	334
第一节 硬质聚氯乙烯塑料制化工设备概况	334
一、烟囱(334) 二、吸收塔(336) 三、贮槽(336) 四、反应器(337)	
五、电镀槽、电解槽、酸洗槽(337) 六、管道(337)	
七、鼓风机、泵、管件和阀门(338)	
第二节 硬质聚氯乙烯塑料的性能	339
一、机械性能(339) 二、热性能(345) 三、化学稳定性(346)	
四、老化性能(350)	
第三节 硬质聚氯乙烯塑料的焊接	352
一、焊接过程及设备(352) 二、焊缝的形状、断面尺寸及强度(354)	
三、焊缝的排列(358) 四、焊接的工艺条件(359)	
五、焊接的操作方法(359) 六、焊缝的化学稳定性及强度随温度变化的规律性(361)	
第四节 硬质聚氯乙烯管道	363
一、硬质聚氯乙烯管的应用(以下简称硬管)(363) 二、硬管的特点(364)	
三、硬管的连接方式(367) 四、管道配件及其成型(375)	
五、硬管的安装和维护(383)	
第五节 硬质聚氯乙烯塑料的热成型	387
一、加热方法(387) 二、加热时间(388) 三、圆形筒体的成型(389)	
四、拱形顶盖的成型(391) 五、法兰成型(393) 六、成型模具(394)	
第六节 硬质聚氯乙烯塑料制造化工设备施工工艺	399
一、全塑结构贮槽(399) 二、硝酸吸收塔(405) 三、衬里结构(413)	
四、液位计(418)	

第一章 原 料

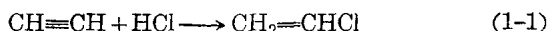
第一节 聚氯乙烯树脂

聚氯乙烯树脂是一种既有悠久历史，又有发展前途的合成树脂。聚氯乙烯树脂是由氯乙烯单体聚合而成。无论在单体合成、聚合方法、树脂改性、加工成型等方面，都具有发展前途。

一、树脂的制造

1. 氯乙烯单体合成工艺路线

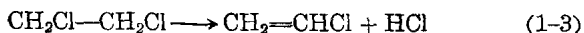
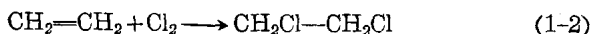
(1) 乙炔和氯化氢加成法：一般氯乙烯单体合成方法是将氯化氢与乙炔加成，以制造氯乙烯。



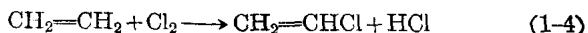
氯化氢除从电解食盐得到外，还可从碳氢化合物、醋酸的氯化工业生产副产物取得。

乙炔可由电石制得，也可由石油热裂解制得。石油热裂解还可以得到乙烯、丙烯等，而电石是煤炭经电弧炉炼制的产物，电石法则是单一的制造乙炔。

(2) 二氯乙烷裂解法：由石油炼制的副产物及由石油、石脑油裂解能大量获得乙烯。将乙烯与氯反应可得二氯乙烷，在常压或加压下进行热裂解，即得氯乙烯单体。

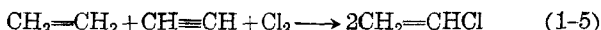


此反应分为两步，将其归纳可得下式：



二氯乙烷合成可以采用未精制的乙烯作原料，这样可以简化工序，减少投资，降低成本。

(3) 乙烯、乙炔并用法: 本方法是将以上列举的(1-1)式与(1-4)式组合而成:



此式中包括互不相同的三种反应, 即(1-1)、(1-2)、(1-3)式所表示的反应。在(1-5)式中乙炔所占的比例不超过原料总重量的四分之一, 这样可以降低氯乙烯单体的价格。

本法不用乙烯、乙炔分离工程, 而用氯气处理原来的混合气体, 这种所谓“混合气体法”由于工程精简因而价格可以降低。例如轻质石油经热裂解, 除去 C_3 以上高馏份后, 将乙炔、乙烯、氢、一氧化碳混合气体用氯化氢处理, 使其中乙炔转化成氯乙烯单体, 分离后剩余气体用氯气进行处理, 制得二氯乙烷。最后所剩气体主要为氢、一氧化碳等, 可作其它合成原料或燃料之用。

除此之外, 还有采用氯化氢氧化回收法, 氧氯化法, 乙烯和氯直接反应法, 乙烯直接氧氯化法, 乙烷(或甲烷)和氯直接反应法以及乙烷氧氯化法等制造氯乙烯单体。

我国石油资源丰富, 随着石油化工的发展, 以石油裂解产物为基本原料生产氯乙烯单体的工艺路线具有广阔的发展前途。

2. 聚氯乙烯树脂的聚合方法

氯乙烯单体的聚合有四种基本方法:

(1) 悬浮聚合: 采用水作为连续相, 借助于悬浮剂将氯乙烯单体分散在水中进行聚合, 所得聚合物的粒径较大, 制造成本较低, 过程易于控制, 成品树脂中悬浮剂的含量较低。

(2) 乳液聚合: 氯乙烯单体借助于乳化剂分散在水中进行聚合, 乳液可在使用过程中凝结和干燥, 也可经喷雾干燥得糊状树脂, 粒径极细的乳液也可用作漆液。同悬浮聚合一样, 存在连续水相, 可以有效地排除聚合热。缺点是制造成本高, 成品树脂中乳化剂含量高。

(3) 本体聚合: 氯乙烯单体在没有稀释剂存在下进行聚合。主要优点是产品中不含悬浮剂和乳化剂, 因此纯度较高, 不存在水和溶剂, 干燥简单, 但反应速率的控制和聚合热的排除较困难。

(4) 溶液聚合: 在含有氯乙烯单体的溶液中进行聚合, 聚合物不

溶于溶剂,而在聚合过程中沉淀,易于分离和干燥。这样的体系也便于热传递。成品树脂中不含有乳化剂和悬浮剂,所以杂质含量低。这个方法主要用于制造高质量的共聚树脂。主要缺点是产品成本高。

目前主要采用悬浮聚合方法生产聚氯乙烯树脂,利用这种方法生产的树脂占聚氯乙烯树脂总量的 80~90%。

与乳液聚合方法比较,悬浮聚合优点是:

(1) 树脂中杂质含量比乳液聚合所得树脂低 10 倍以上,热、光稳定性好;

(2) 作电线绝缘用时,电气绝缘性比乳液聚合树脂高 10~100 倍;

(3) 作硬质制品用,透明度好,耐水性好;

(4) 悬浮聚合树脂粒径为 $30\sim 150\mu$,乳液聚合树脂粒径为 $0.2\sim 2.0\mu$,因为悬浮聚合树脂粒径较粗,所以加工时粉尘飞扬少,也有利于粉料挤出和粉料注射成型等加工。

此外,悬浮聚合的设备投资少,设备利用率高,聚合收率高,催化剂、分散剂等原料消耗小,产品成本低。

氯乙烯单体悬浮聚合的生产流程如图 1-1 所示。其中包括聚合、碱处理、离心洗涤、气流干燥、成品包装等主要工序。

无论乳液聚合或是悬浮聚合,在聚合过程中为了将氯乙烯单体均匀地分散于水中,使用了各种添加剂。而这些添加剂难免要包含在制品聚氯乙烯树脂中,以致影响树脂的性能。本体聚合正是为弥补这些缺陷而新发展的方法。在本体聚合中不使用水和其它添加剂,使精制的氯乙烯单体自身聚合,因此杂质混入最少,所得聚氯乙烯树脂的热稳定性好,加工制品的透明性好,吸湿性小,电气绝缘性高。但是由于设备和操作上存在问题,所以工业化比较迟缓,最近几年由于解决了这些问题,因此氯乙烯本体聚合得到了应有的重视和发展。

本体聚合的主要困难是在聚合过程中由于物料状态和体积的改变,采用一般的低速搅拌不能充分控制反应而使聚合物凝结,同时聚合过程中剧烈的反应热也就难以通过一般的传热和对流方法排除。

最近发展起来的“二段式聚合”,即在两个反应釜中分二段连续聚合。第一段在立式釜液态中进行颗粒成型,称为“预聚合”;第二段在

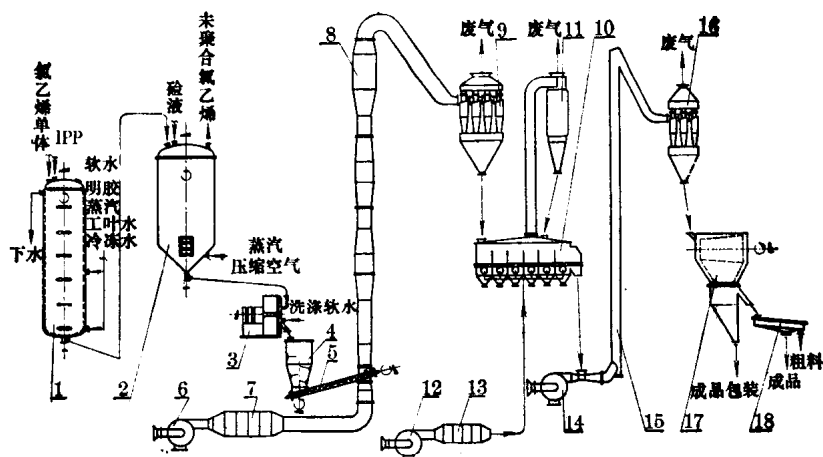


图 1-1 氯乙烯悬浮聚合生产流程

- 1—聚合釜；2—沉析槽；3—离心机；4—圆盘加料器；5—蛟龙；6、12、14—鼓风机；7、13—热交换器；8—气流干燥管；9、11、16—旋风分离器；10—沸腾干燥器；15—冷风干燥管；17—滚筒筛；18—振动筛

卧式釜粉末介质充分搅拌下进行聚合，称为“本聚合”。这样就解决了本体聚合中物料搅拌和反应热排除的问题，从而能有效地控制聚合物的颗粒结构及反应温度，制得高质量的聚氯乙烯树脂。

二、树脂的规格

聚氯乙烯树脂的性能，应该满足于加工成型工艺和最终塑料制品性能的要求。树脂物理形态的变化就是为了适应各种加工工艺。树脂的物理形态可以是粒状、粉状、糊状、溶液和清漆等。目前主要是采用悬浮聚合的粗粒状树脂，由压延、挤压、注射、吹塑等工艺加工成型。

一般用途的聚氯乙烯树脂的规格要求是：

1. 平均分子量(聚合度)

聚氯乙烯树脂是分子量大小不等的聚氯乙烯分子的多分散体系。因为它对加工性质和产品性质有极大影响，所以平均分子量大小是透

择树脂时的重要性能。

平均分子量的表示方法很多,各种方法都是以测定聚氯乙烯在溶剂中组成稀溶液的粘度作为基础的,常用绝对粘度、相对粘度、特性粘度和 K 值等来表示,它们之间存在着一定的关系。为了便于加工上使用,聚氯乙烯树脂各种分子量的表示法的换算如图1-2所示。我国使用的方法是测定1%树脂的二氯化烷溶液的绝对粘度,表示树脂的平均分子量。

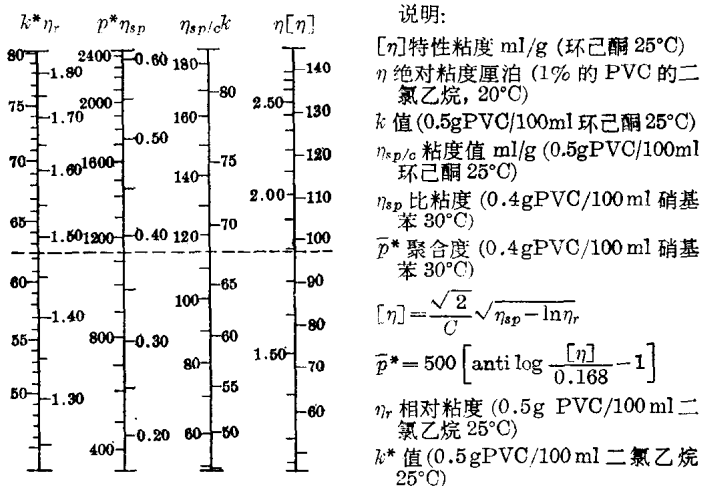


图 1-2 聚氯乙烯分子量表示法换算

2. 晶点(“鱼眼”)

晶点就是在加工过程中尚未塑化的树脂颗粒。由于聚氯乙烯树脂分子量的多分散性,即使平均分子量(粘度)相同的两种树脂,它们的分子量分布状态也可能不同,因而加工行为也有明显的区别。在分子量分布宽广分散性大的树脂中,存在着分子量极低和极高的聚氯乙烯分子,在加工过程中将会出现假塑化现象,即当低分子量的聚合物已经塑化时,高分子量聚合物尚未塑化。未经塑化的树脂颗粒掺杂在已经塑化的树脂中,使制品表面形成了“鱼眼”。制品在应力作用下将首先在这个部位破裂,晶点颗粒部分也会由于稳定剂吸收不足,比周围的树脂易于分解变色,也将影响制品的物理机械性能。

测定树脂“鱼眼”的含量，一般是采用对于在一定条件下制取的塑料试样的肉眼观察方法。

3. 粒径(筛析)

捏和和其它加工性能以及容积计量取决于粒径大小和粒径分布，较为理想的是具有均匀而适当粒径的树脂。细粒树脂易造成粉尘飞扬和容积计量的困难，也会产生捏和过程中树脂吸收增塑剂的不平衡性。粒径过粗，造成树脂包装、贮存困难，也使加工设备的生产效率降低。

粒径的测定是采用过筛分析(筛析)方法，以一定规格筛孔过筛，用树脂中粒径大小所占的比例来表示树脂的粒径分布。大多数悬浮聚合的聚氯乙烯树脂的粒径为 $30 \sim 150 \mu$ 。

4. 视比重

单位容积树脂的重量称为视比重。视比重大的树脂可以减少粒子间的无效空间，因此可以提高捏和设备和其它加工过程设备的效率。

5. 吸油性

即树脂吸收增塑剂的能力。它与树脂颗粒的表面积与表面吸收性有关，吸油性高的树脂可以减少捏和时间。细粒树脂的存在可以增加吸油性。一般吸油性高的树脂由于其颗粒形状不规则，所以具有较低的视比重。测定吸油性一般是常温下在树脂中加入增塑剂苯二甲酸二辛酯，观察树脂颗粒变化的情况，结果以每 100 克树脂所需的增塑剂克数来表示。

也可以采用测定吸收速率以及高温下的吸收性等方法来表示吸油性。

6. 干流动性

干流动性是测定一定体积的粒状树脂通过标准漏斗时所需的时间。主要用于表示粒状树脂输送计量的性能。均匀的大颗粒树脂通常具有良好的干流动性，也即树脂可以自由地输送到料斗、螺杆给料器等。树脂湿度较高时会妨碍流动性，湿度较低时会引起静电。

7. 挥发物含量(加热损耗)

树脂中挥发物通常是水和残余的单体，还有链转移剂、溶剂等。高挥发物含量过多会使制品中产生气泡和缺陷，高湿度也会使树脂干流

动性变差。一般悬浮聚合树脂的挥发物含量应小于 0.3%。测定方法是:将树脂在 80°C 加热 2 小时测量重量损失。

8. 导电度

将树脂水液煮沸一定时间后,测定所生成溶液的导电度。树脂导电度取决于树脂中抽出物的含量和种类。

毛主席教导我们:“马克思主义者看问题,不但要看到部分,而且要看全体。”为了适应树脂的各种加工成型条件及制品性能要求,我们对树脂的各项性能应作全面的分析。除了上述要求外,还应注意在聚合过程中采用不同的悬浮分散剂,可制得结构和性能不同的树脂,实践表明,不规则形状的质地疏松的棉花球树脂,在加工过程中能表现出很多优越的性能。例如吸油性大,易于塑化,干流动性好,便于计量,加工操作控制方便,制品性能优异。

棉花球树脂和乒乓球树脂特点和外形如表 1-1 和图 1-3 所示。

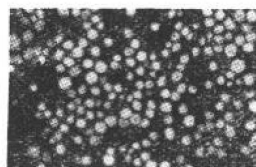
悬浮聚合聚氯乙烯树脂的技术指标可参考表 1-2。

表 1-1 棉花球树脂和乒乓球树脂特点

项 目	棉 花 球 树 脂	乒 乓 球 树 脂
粒 子 直 径	50~150 μ	5~100 μ
颗 粒 外 形	不规则,表面毛糙	球状,表面光滑
断 面 结 构	疏松,多孔呈网状	无孔实心结构
吸 收 增 塑 剂	快	慢
塑 化 性 能	塑化速度快	塑化速度慢



棉花球树脂



乒乓球树脂

图 1-3 棉花球树脂和乒乓球树脂外形

表 1-2 悬浮聚合聚氯乙稀树脂的技术指标

项 目	单 位	一 级 品						二 级 品	三 级 品
		XO-1	XO-2	XO-3	XO-4	XO-5	XO-6		
1%树脂1,2-二氯乙烷溶液20°C绝对粘度	厘 泊	2.00 ~2.10	1.9以上 ~2.00	1.8以上 ~1.90	1.7以上 ~1.80	1.6以上 ~1.70	1.5以上 ~1.6	同 一 级 品 指 标	同 一 级 品 指 标
参考平均聚合度	—	1400 ~1530	1276 ~1400	1151 ~1275	1016 ~1150	881 ~1015	750 ~880		
水分及挥发物	%	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	0.3以上 ~0.5	0.3以上 ~0.5
乒乓球状树脂40目 过筛率	%	100	100	100	100	100	100	同 一 级 品 指 标	不 考 核 过 筛 率, 但 必 须 是 整 条 均 匀 粗 料, 不 允 许 存 在 结 块 物 或 塑 化 片 等 杂 质
棉花球状树脂30目 过筛率	%	100	100	100	100	100	100		不 考 核
鱼 眼	颗/1000 厘米 ²	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20	≤30	不 考 核
黄黑点总数	颗/100 克	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20	≤40 其中黑点数 不大于20颗	≤200 其中黑点数 大于80颗
导 电 度	1/Ω·cm	≤10 ×10 ⁻⁵	≤10 ×10 ⁻⁵	不 考 核				同 一 级 品 标 准	不 考 核

其中黑点不得大于10颗