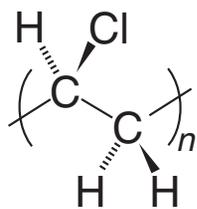


## 应用实例

# PVC生产中的喂料与传输

### 简介

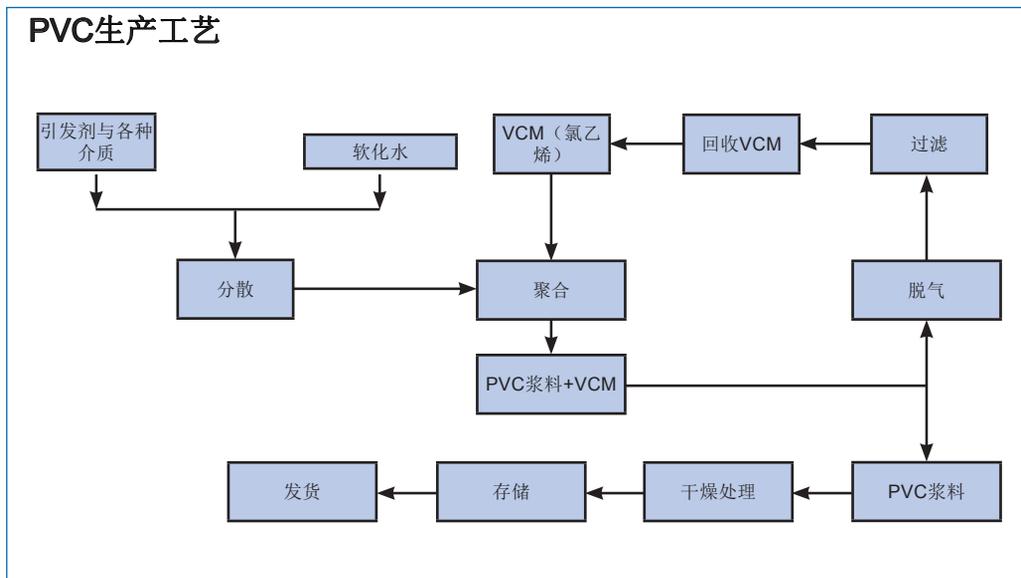
聚氯乙烯通常称为PVC，有几个很好的理由使其成为使用最广泛的热塑性材料之一。PVC的成本效益优于其他聚合树脂，此外，PVC还用于消费品、建筑、食品与医疗行业等众多应用领域内终端产品的制造。PVC产品具有良好的抗冲击强度、坚硬度和强度重量比。PVC产品持久耐用、不可燃，且具备耐化学性和耐油性，在环境温度中往往表现出良好的抗变形能力。



PVC分子

PVC通常属于刚性材料，拥有卓越的耐候性。这种特性使其适用于建筑行业内的众多应用领域。因此，刚性PVC广泛应用于室外或地面的门窗异型材、板墙、管材和配件。约有50%的PVC产品应用于建筑领域。

添加可塑剂后，PVC变得更加柔韧，因而适用于生产室内装饰品、软管、管材、地板、隔膜、布料、玩具、瓶子以及充气物品（例如：水床、救生船、救生衣和其他许多商业产品）。



### PVC生产

VCM（氯乙烯单体）聚合后生成PVC。通过剧烈搅拌，高压锅内的原料（VCM、乳化剂和化学引发剂）在软化水中分散，从而产生此反应。目前有四种公认的PVC生产方法：悬浮法（S-PVC）、乳液法（E-PVC）、微悬浮法和本体聚合法。悬浮聚合工艺是最常用的生产方法。在此工艺中，将原料加入聚合反应器，通过连续搅拌悬浮液生成PVC并确保颗粒大小均匀。反应完成后，利用离心作用除去PVC浆料中多余的水分。然后对湿PVC进行干燥、过滤和存储或装袋。

根据聚合方法和所用化学添加剂的类型，生成的PVC颗粒拥有不同的形态、孔隙度、堆密度、粒度和流动性。例如，S-

PVC的平均粒度（100至170 μm）大于E-PVC的平均粒度（10至60 μm），S-PVC颗粒的流动性高于E-PVC颗粒的流动性。塑料溶胶是乳状PVC和塑化剂的混合物。

### PVC混配

PVC是一种热塑性树脂，由于热稳定性极低且熔体粘度极高，所以无法自然生成。因此，必须制备混

合各种添加剂和PVC树脂的中间产物，所形成的“干混料”通过之后的热熔混合或类似工艺而生成最终颗粒。PVC混配中的单元操作包括交付和存储原料，将所有原料通过喂料和送料送入专用混合装置，通过混合和加热使其成为干混料，然后冷却并输送至存储空间或转换工艺（例如：成型，挤出成型或压延）。



刚性PVC管件

# 材料简介

## PVC

PVC 是一种玻璃转化温度约为  $82^{\circ}\text{C}$  [ $180^{\circ}\text{F}$ ]，密度为  $1.38\text{ g/cm}^3$  [ $86.15\text{ lb/ft}^3$ ] 的热塑性材料。其分支短小，属于非晶形（低结晶度）直链状分子。PVC 是最不稳定的常用聚合体。遇到 UV、高温或机械应力后会降解。



## PVC再生

PVC 挤出成型过程中不可避免会产生大量废料。PVC 再生料可以维持原料中的初始设定特性。根据加工条件和最终零件要求决定 100% 使用再生料还是混合原料。



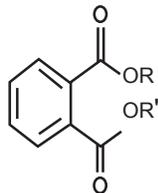
PVC再生料

## 添加剂

PVC 混配过程中需使用多种不同添加剂。多数添加剂可归为以下几类：再生剂、塑化剂、加工助剂、热稳定剂、冲击改性剂、填料、阻燃剂、粘度改性剂、抗氧化剂、颜料、杀菌剂、抗静电剂、紫外线吸收剂、防雾剂和粘结剂。

## 塑化剂

塑料需要通过塑化处理增强其韧性、弹性和熔体流动性。如果不添加塑化剂，塑料可能无法制成板材、管材、软片和其他挠性塑料制品。塑化剂可以减少聚合分子之间的相对运动，从而最大程度减少摩擦。这种塑化剂可作为内部润滑剂。塑化剂可以是添加在塑料中的任何物质，其化学性并不仅限于此。邻苯二甲酸盐因成本低廉且能够满足最多加工和性能要求而成为市场上最常见的塑化剂。通过改变邻苯二甲酸盐中的乙醇结构可以微调邻苯二甲酸盐的特性。分子质量较低的邻苯二甲酸盐（乙醇分子主链上有 1 到 6 个碳原子）可以加快加工速度且粘度较低，分子质量较高的邻苯二甲酸盐（乙醇分子主链上有 9 到 13 个碳原子）耐高温性较强、挥发性较低。



其中  $R, R' = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ ;  $n = 4$  到  $15$

邻苯二甲酸盐分子结构

## 热稳定剂

在加工过程中，PVC 极易降解，因此非常需要热稳定剂。当熔体接触高温时，热稳定剂可用于防止



PVC塑化管

树脂在加工过程中降解。硬脂酸锌、合成水滑石和沸石是常用的热稳定剂。硬脂酸锌是一种柔软的白色粉末，在表面处理工艺中极易分散。沸石是一种硅酸铝盐矿石，可用作存在流动性问题的吸收剂。

## 抗氧化剂

抗氧化剂可用于防止材料因高温、光照或化学诱导机制而氧化变质。

## 阻燃剂

阻燃剂可用于防止和/或减缓塑料燃烧。阻燃剂的选择主要取决于树脂类型。可使用无机阻燃剂（例如，三水合氧化铝（ATH）、氧化铋或硼酸锌）或有机阻燃剂（例如，磷酸酯和各种类型的卤代化合物）。

## 起泡剂

起泡剂或发泡剂可以独立使用，也可结合其他物质使用，在塑料体中生成蜂窝结构。

## 颜料

PVC 混配中使用各种有机和无机颜料给最终塑料制品添加颜色。由于 PVC 复合材料需要严格的加工条件，所以仅选择拥有良好热稳定性的颜料。同样，户外 PVC 产品需使用具备良好光稳定性的颜料。

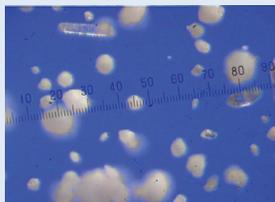
二氧化钛因各种原因成为使用最广泛的白色颜料。除了拥有着色性（亮度、白度、不透明度和折射率），二氧化钛还拥有良好的紫外线阻隔作用。PVC 混配中最常用的二氧化钛为金红石型二氧化钛。

# 填料属性对气动传输与喂料的影响

## 填料

生产PVC件时常使用填料来填充树脂，以降低最终塑料制品的成本。同样，填料的形状（纵横比）可以增加最终产品的刚度、强度和耐冲击性。填料也可用于使PVC复合材料具备颜色、不透明度和导电性。PVC复合材料中约80%的填料为碳酸钙，其次是二氧化钛（约12%）、煅烧陶土（约5%）以及高岭土、滑石、云母等其他矿物。填料的添加量、粒度和塑化剂吸收能力都会影响干混料的生成。例如，放入大量细颗粒填料会降低干混料的流动性，而放入表面多孔的填料往往会提高塑化剂吸收能力，从而使混合料变得干燥。根据配料目的和最终塑料制品的规定属性来选择适宜的填料。

材料本身的物理属性、外部因素（例如湿度和温度）以及所有固体加工、输送和存储装置的选择和操作条件共同决定了填料的流动性。右侧详细介绍了影响填料流动性的几个重要物理属性。填料的流动性决定了PVC混配操作中用于运输和馈送物料的设备类型。



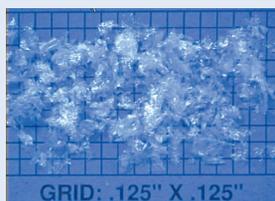
不规则形状颗粒，具备可流化性、可降解性和可分离性，略带灰色



GRID: .125" X .125"  
不规则形状颗粒，具备可流化性，略带灰色



GRID: .125" X .125"  
不规则形状颗粒，具备静电粘性、可流化性，呈灰色



GRID: .125" X .125"  
不规则形状颗粒，具备交互性



GRID: .125" X .125"  
球形不规则颗粒，可粘合在冲击区且可能具备溢流性

## 粒度及粒度分布

根据平均粒度可大致估算整体流动性。通常来说，粒度越大，整体流动性越强。若粒度较小（ $<20\mu\text{m}$ ），则较高的表面积与体积之比会导致颗粒之间产生相互吸引力，从而阻碍整体流动，若粒度较大（ $>100\mu\text{m}$ ），则颗粒易于滚动或翻滚，因此具备较好的整体流动性。

通过粉末或粒状材料的粒度分布（PSD），可以确定各种粒度颗粒的相对数量。通常情况下，粒度分布越广，颗粒越容易堆积，从而可能产生交互作用，即小颗粒嵌入两个大颗粒的接触面之间。这种作用通常会降低整体流动性。

## 颗粒形状

填料颗粒拥有众多不同形状，例如：立方形、棱柱形、锥形、叶片形、板形、贝壳形、碟形、碎片形、球形、圆柱形、棒形或针形。球形颗粒的大小通常由直径决定。但多数颗粒形状不规则，需要用不同的标准衡量形状。这些标准包括颗粒限制尺寸（长、宽和厚）、颗粒周长（圆度和圆形曲线度）和颗粒表面积（球形度和蓬松度）。颗粒的纵横比是最常用的颗粒形状标准之一，等于颗粒最长跨度与最短跨度的比值。高纵横比颗粒（例如：纤维形和棒形）会大大影响颗粒的流动性，因此需要特殊处理条件。

## 硬度

固定颗粒拥有硬度或抗永久变形能力。粒度越小，硬度越高，直至达到临界粒度。达到临界粒度后再减小粒度便会降低硬度。磨损强度取决于运动颗粒的硬度、浓度、速度和质量。

## 密度（比重）

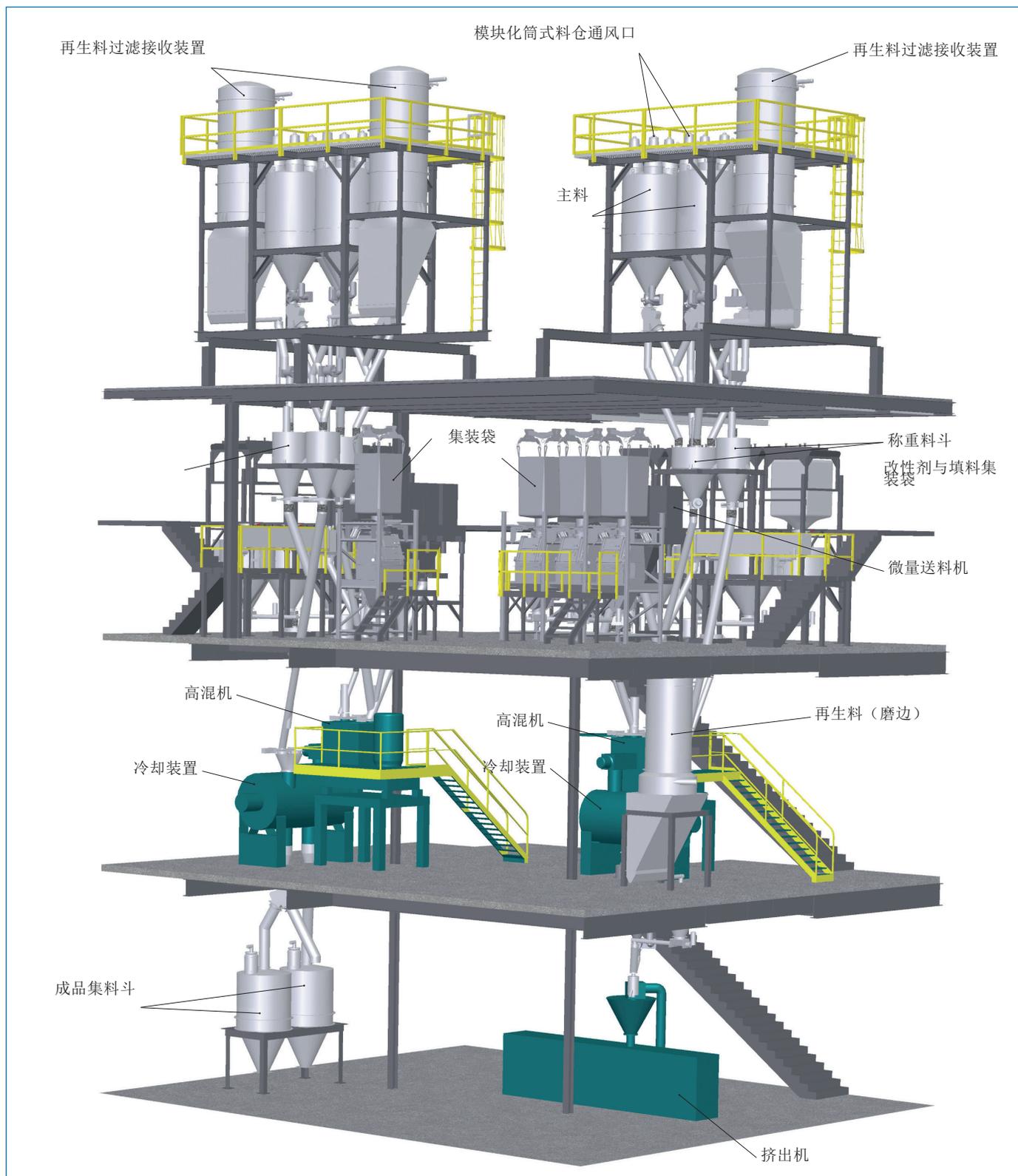
颗粒密度是一个明确的属性，不依赖于颗粒的压实度，而根据测量时颗粒状态的不同（自由放置状态或压实状态），堆积密度也存在差异。

豪斯纳比（ $HR = \rho_T / \rho_B$ ）[其中 $\rho_B$ 是指自由放置状态下的堆积密度， $\rho_T$ 是指粉末在压实状态下的堆积密度]可用来说明粉末的流动性。如果HR大于1.25，则表示粉末的流动性较差。此外，使用卡尔指数（ $CI = 100(1 - \rho_B / \rho_T)$ ）来说明粉末的压实度。

## 表面处理

PVC应用领域中的多数填料都经过脂肪酸（例如：硬脂酸）或偶联剂（例如：硅烷偶联剂）的处理。表面处理的目的是改善填料颗粒在熔体混配过程中的分散度并优化颗粒的流动性。

# PVC混配工厂



# 批量卸载和存储系统

## 原料气力传输

通常采用轨道车或载罐车将PVC树脂送到混配厂或生产厂。载罐车配备车载高压鼓风机，可将树脂送入储料仓。轨道车通过高压真空稀相气力传输将PVC输送至储料仓。

第一步将材料从轨道车下方转移到接料斗。第二步通过旋转阀将材料喂入高压传输系统，然后输送至储料仓。过滤空气中的灰尘，并用高压空气脉冲定期清洁过滤设备。

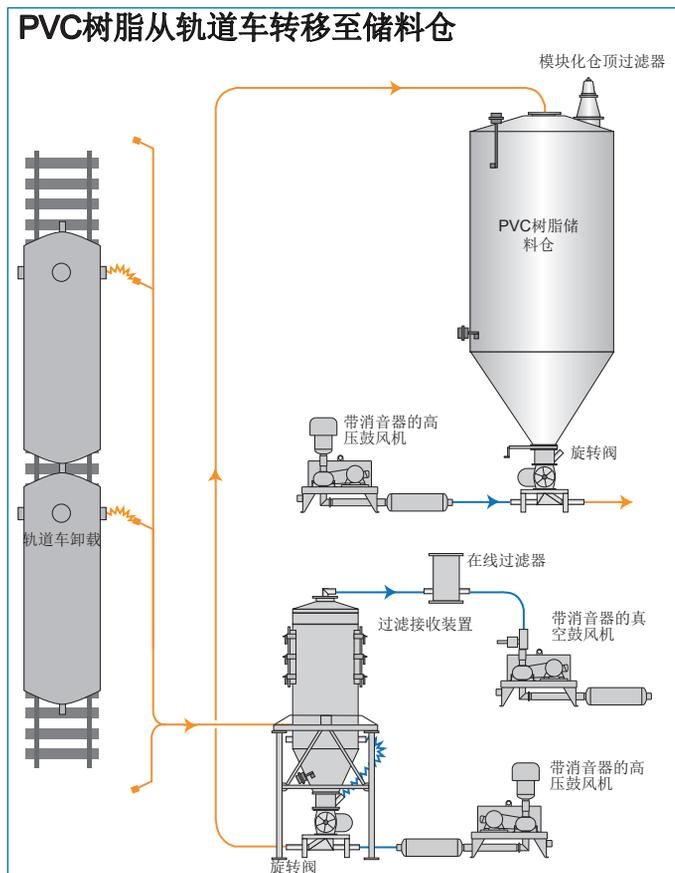
根据操作规模，可以用载罐、集装袋或小型袋子装

运CaCO<sub>3</sub>和TiO<sub>2</sub>等填料和其他少量添加剂。

储料仓中的树脂、再生料和填料等主要原材料通过高压或真空气动传输系统输送至称重台上方的缓冲仓或秤斗中。缓冲仓采用过滤接收装置分离气流中的材料。任何漂浮在空气中的材料均阻隔在过滤器的过滤袋中，此过滤袋用高压空气脉冲适时清洗。过滤后的材料返回该系统。



连续真空系统：通过连续式真空上料机将吨包卸料站中的TiO<sub>2</sub>送入计量料斗。



缓冲仓、计量料斗和集装袋中的物料通过失重式喂料器和微量喂料器送入常用称量斗。

填料和再生料通过真空或高压输送设备输送至收料仓，并通过旋转阀或其他喂料阀送入称重传感器上的集料斗。当材料重量等于设定值时，可通过喂料阀减慢喂料速度，然后停止喂料。

## 选择正确的喂料器

原料的选择、混配操作的规模以及最终产品的配方或配料方式决定了采用重量测量法还是体积测量法进行喂料、所用喂料器的类型（单/双螺杆式或旋转阀）以及材料添加到高

强度混合器的顺序。如果工艺精度要求不高，则旋转阀是填料和其他物料最常用的喂料器。根据物料的不同，我们提供多款旋转阀及选配件。每批材料的流动性和所需吞吐量决定了喂料器的类型以及所用螺杆的类型。根据流速的不同，流动性较强的粉末可用单螺杆喂料器喂料，流动性较弱的粉末通常用双螺杆喂料器喂料。使用的螺杆分为螺旋形、凹陷形或钻头形，且进料口往往附带震动或同心螺纹，便于均匀分散产物。喂料器球形斗中的水平搅拌器可以防止粉末粘连并使其进入卸料螺杆。

# 先进的喂料和测量解决方案

虽然体积喂料器足以为工艺流程输送物料，但在喂料速度的准确度至关重要的情况下，必须使用重量喂料器。例如，当某配方中需要加入少量添加剂或贵重原料时。

卡尔麦推出多款重量和体积喂料器，适用于多种粉末状、粒状、球状或糊状成分原料。

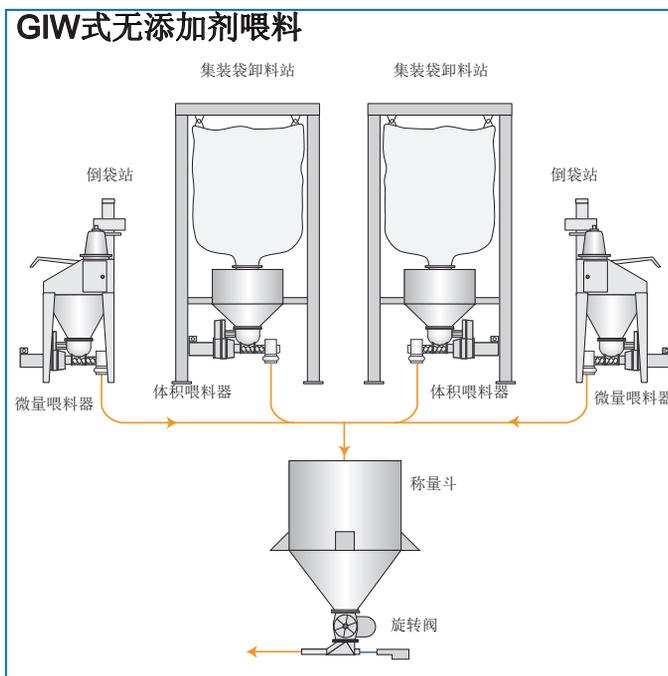
## 送料、混合并测量

在分批喂料操作中，所有材料都在增重配料模式GIW下进行测量。GIW配料过程采用独立的体积喂料器将原料送入常用称量斗。通常情况下，一个配料循环包含两个阶段；第一阶段以最快速度将90%的配料送入设备。第二阶段以“滴漏”的方式将剩余10%的配料缓慢送入设备，以确保送入的物料重量准确达到设定值。达到设定值后，停止喂料。

采用称重转换阀的增重式配料模式也是一种经济、准确的能同时完成物料输送和计量的称重方法。主要成分PVC基材树脂粉通过压力或真空气动传输系统输送至称重传感器上的称重料斗。物料经分流阀（例如，安装在称重料斗顶部的称重转换阀）引流进入料斗。称重料斗中的物料不断堆积，直到达到目标重量，此时，称重转换阀切换至闭合位置，流水线上的多余物料将继续流入下一个称重料斗或返回出料装置。

液体原料往往相当粘稠，且其流动性随温度波动而变化。为此，液体采用容积式泵（活塞或齿轮）输送至称重料斗。

可结合增重配料模式和失重配料模式，尤其在需要浓缩液、起泡剂或少量其他原料时。失重喂料器配备高精度称重传感器，从



而实现较高的称重精度。喂料机、料斗和螺杆的尺寸由各种材料的流动性决定。

将所有相关添加剂输送至集料斗后，便可将混合物转移至高强度混合器。

## 干混产物

根据预定配方混合各种原料所产生的的中间混合物称为“干混料”。将各种不同材料放入高强度（高速）热混合器中。应按顺序放入，以避免材料发生高温降解。

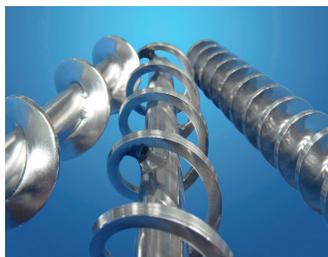
PVC干混料的主要成分为PVC树脂粉、填料、添加剂和再生剂。如果干混料中包含塑化剂，则称为PVC-P，如果不包含，则称为PVC-U。

摩擦产生的热量将固体成分融化成胶状材料，从而吸收液态塑化剂。将高温混合物（约110℃至130℃）转移到一个更大的低强度水冷搅拌器中，直到温度达到50℃。

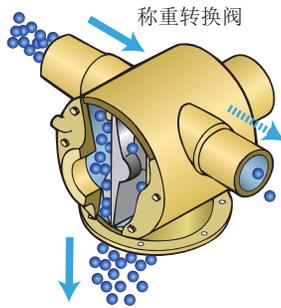
在大规模操作中，可能会将干混料直接喂入加工设备。相反，在小规模操作中或需要高度匀化的情况下，必须首先将干混料混合成球状颗粒。通常，此操作在双螺杆挤压成型设备中进行。



S60单螺杆失重式喂料器



根据批量材料的特性选择喂料螺杆的类型



顶部设有称重转换阀的料斗

## 挤出成型与成型 系统工程设计

将冷却混合器中的材料全部转移到混合器下方的中间料斗中后，通过高压传输线将这些材料输送至等待内部加工的储料仓中。可以使用静态筒仓搅拌机解决批次差异问题。然后将干混料输送至加工线或包装在集装袋中等待出售。在电缆或注塑成型行业中，典型的最终产品工艺是对板墙、管材和其他异型材或颗粒材料进行挤出成型加工。

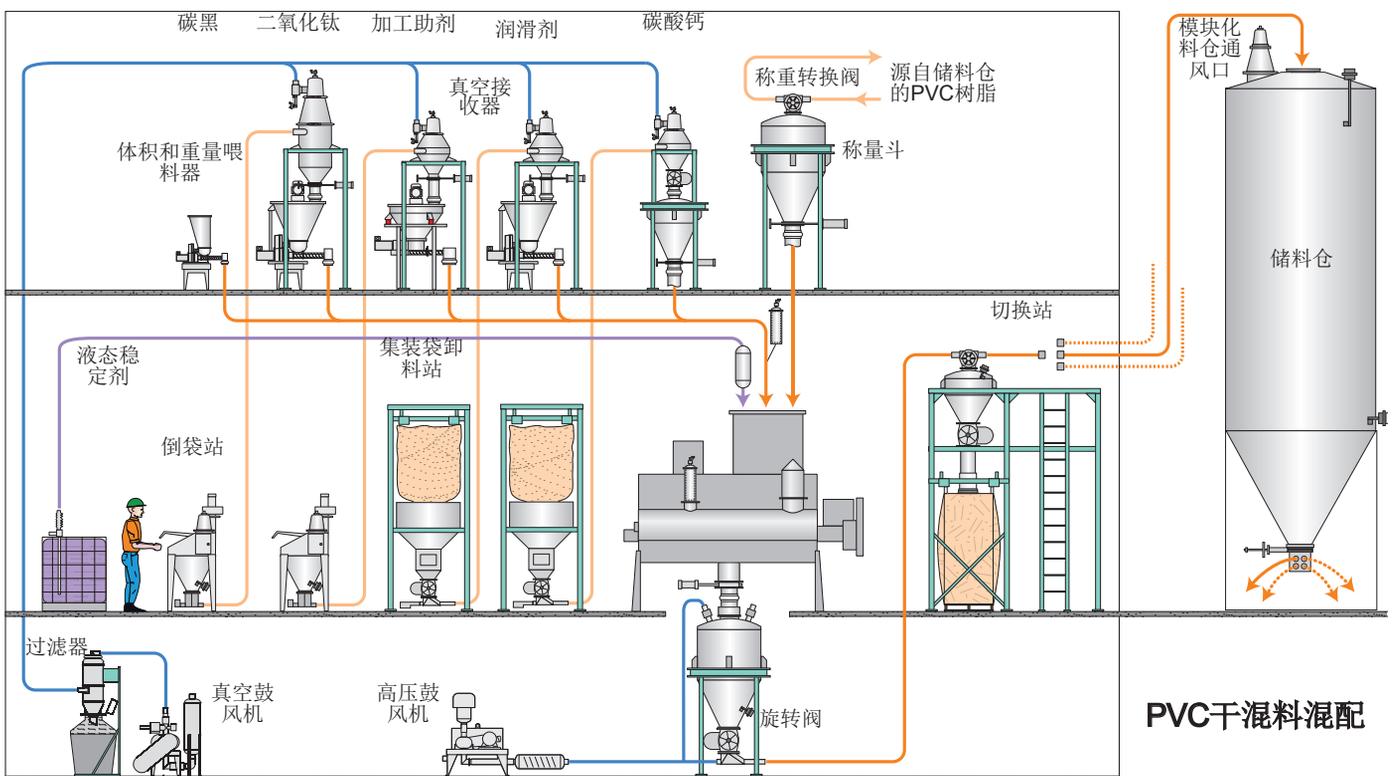
PVC混配和挤出成型工厂的设计和施工是一项复杂的工程项目，从简单的咨询工厂扩建或改建到建设新厂房，均包括在内。任何项目从最初的概念到工厂运行都存在众多变数，必须考虑到这些变数并进行正确处理，从而最终完成整个项目。

PVC混配机使用众多创新材料和尖端化学技术来配比产物。粗糙、易碎、粘性、湿度/温度敏感、危险、难过滤、易氧化和流动性差等材料问题往往让您不知所措。尽管每种成分的化学属性无疑是产品成功的关键，但一套理想

的批量物料输送系统也是工作效率的关键，因为该系统可以提高生产和工厂效率，同时缩减劳动力、材料和能源成本。

设计此类复杂的系统不仅需要材料科学方面的专业知识与经验，还需要气力传输系统（正压和/或真空）、批量卸料与存储系统、称重与换算系统方面的专业知识与经验，其中包括完整集成喂料器和搅拌机、加热器和冷却器、除湿机和烘干机、过滤器和其他多种辅助设备。

由一名专业卡尔麦系统工程师为PVC混配项目提供跨学科支持，从而使所有主要操作都符合客户业务与技术需求。该系统工程师负责收集信息、提供概



PVC干混料混配

# 量身定制的系统设计

念与设计、编制和呈现提议、监督设计和生产、调试和启动项目以及培训客户派遣人员如何正确操作该设备。整个项目从开始到结束都由一个人全程把控；只有此人能够获得客户高度重视的系统工程设计。

## 控制装置

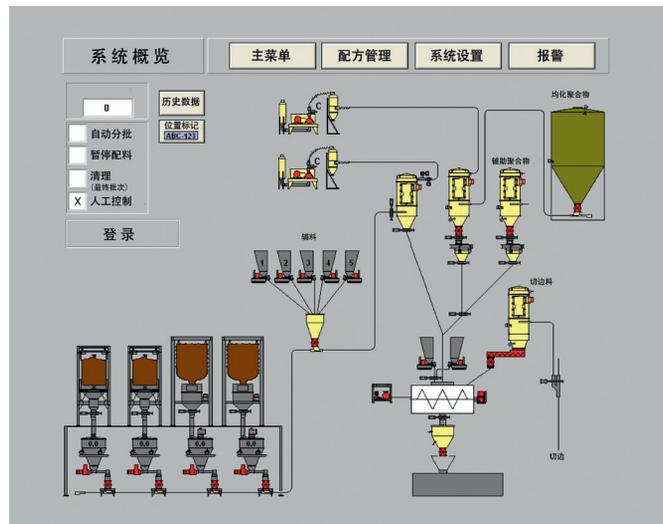
无论是大规模还是小规模PVC混配操作，都必须精确送出大量原料，从而产生拥有良好复制性的干混料。所采用的尖端配方要求及时准确地添加难处理的添加剂。任何错误都会导致产品报废、生产力损失和产品质量降低，从而降低客户满意度，产生潜在法律责任。

过程控制系统整合了单台设备的操作，并使这些设备的操作符合工厂的整体利益。这些系统甚至可以采用复杂的人机界面（HMI），显示并控制整个PVC混配过程、特定工艺区（例如：储料仓载料）或某一台设备（例如：储料仓加料的真空连续操作）。

在PVC混配和挤出成型操作中，有三个不同领域

可采用过程控制系统以大幅提高操作效率：将原料从载罐车和轨道车输送到储料仓的过程以及后续的厂内输送过程，PVC配方各成分的喂料和精确称重过程，以及将均匀干混料输送至挤出成型设备的过程。

在输送原料的过程中，控制系统的自动化功能可以帮助检查库存和位置并通知供应商补料时间。控制系统可以确保达到合适的流速、重量、压降和温度。在喂料过程中，控制系统可以保存并调用配方，将所有原料送入高强度混合器中并控制混合的时间和温度。当低强度混合器中的干混料冷却后，控制器可以确保将干混料及时送入挤出成型设备。过程控制系统可以启动并检查生产线、控制辅助系统并警告存在不一致和故障。它们可以保存准确的生产记录、数据库访问和修改记录以及历史警告记录。触屏式人机界面（HMI）或图形用户界面（GUI）通常采用包含单一系统自定义警报显示的彩色图片，且能够通过网络连接传输数据，以便进行存储和远程故障排查并获得支持。



高度自动化人机界面（HMI）实现完整配方管理及混合器和冷却器的控制

## 我们的卓越实力

- 前期工程团队能够详细说明复杂的工程规范并在适当的情况下加以引用
- 成熟有效的项目管理技术
- 粉末添加剂的处理经验与专业知识
- 液氮闭环系统的设计与实施经验
- 配备所有必备附件（例如：过滤器、液位指示器、分流阀、旋转阀、冷却器、管材和鼓风机）的综合产品线
- 能够将物料装入各种运

输工具，例如海/陆运输集装箱、载罐车、轨道车、盒子和袋子

- 凭借工厂培训和认证工程师提供经验丰富的全球售后服务网络
- 可以在严酷环境中熟练操作的维护工程师

无锡卡尔麦开创罗泰特机械制造有限公司  
地址：江苏省无锡市锡山经济开发区团结中路12号  
电话：0086 510 83830309  
传真：0086 510 83832686  
邮箱：info@ktroncolormax.com