

# 聚合物水力输送技术的工业应用

刘 健

(中国石化工程建设公司,北京 100101)

**摘要:**介绍了上海石化股份有限公司 70 万 t/a 乙烯配套装置之一的 20 万 t/a 聚丙烯装置中所采用的聚合物水力输送技术。该输送系统输送能力为 35 t/h, 输送距离为 600 m, 并解决了传统的聚合物气流输送产品磨损大、输送能耗高等问题。

**关键词:**聚合物; 输送; 水力; 气流; 长距离

中图分类号: TQ022.3

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2003)12-0044-03

## Industry-scale application of waterpower transportation technology for polymers

LIU Jian

(SINOPEC Engineering Incorporation, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The waterpower transportation technology for polymers used in polypropylene device of 0.20 Mt/a, which is one of the joined devices for 0.70 Mt/a ethylene in Shanghai Petrochemical Ltd. was introduced. The transportation capacity and distance of current system is 35 t/h and 600m respectively, without the problems of serious abrasion of products, high consumption of energy which occurred in the conventional airflow transportation.

**Key words:** transportation; polymers; waterpower; airflow; long distance

2002 年完成的上海石化股份有限公司 70 万 t/a 乙烯改造工程, 是“九五”期间国家重点工程, 其中配套建设 2 套聚烯烃装置——20 万 t/a 聚丙烯装置和 25 万 t/a 聚乙烯装置。25 万 t/a 聚乙烯装置采用北欧化工的北星双峰聚乙烯技术; 20 万 t/a 聚丙烯装置采用中国石化的国产化第二代环管聚丙烯成套技术, 由中国石化工程建设公司总承包。这 2 套装置都采用了很多新工艺和工程技术, 聚合物的水力输送技术就是新技术之一。聚丙烯装置从挤压造粒到掺合料仓的颗粒产品的输送能力设计为 35 t/h (距离大约 600 m), 对于这种长距离、大能力的固体颗粒产品的输送, 采用传统的气流输送方案, 有产品磨损率大、能耗高等问题。经过多种方案的比较, 确定聚丙烯装置采用水力输送技术, 将颗粒产品从挤压机输送至掺合料仓。该装置成为国内外第一套采用水力输送技术的聚丙烯装置。

## 1 聚合物输送方案及筛选

### 1.1 气流输送技术

气流输送可以简单地分为稀相输送和密相输

送。通常将输送物料和输送气体的质量比称为固-气比  $\mu$ , 固-气比小于 10 的输送系统, 固体和气体通常是一个完全混合的体系, 这样的输送系统称为稀相输送。稀相输送的输送速度较大, 通常为 20~40 m/s, 输送压力较低, 一般在 0.1 MPa (表压) 以下。固-气比较高时, 输送压力也会在 0.1 MPa (表压) 以上, 称之为高压稀相输送。由于输送气和物料的速度很大, 物料和输送管道的内壁有很强烈的碰撞和摩擦, 会产生比较严重的细粉或拉丝现象。这些细粉或拉丝如不从产品中分离出来, 将会影响塑料制品后加工的稳定性, 降低产品质量。分离这些细粉需要在输送末端增加粉尘淘洗系统, 用空气将细粉从产品中分离出来。

固-气比大于 10 的输送系统通常是一个固体和气体分离的系统, 称之为密相输送。密相输送的输送气速度通常很低, 甚至低于颗粒的下落速度。固体物料在输送过程中形成一个密度很大的固体物料活塞, 呈一段输送气、一段物料间隔的形态, 或者形成物料丘。物料的移动速度很慢, 可以低至 0.2~5 m/s, 因而物料的磨损较小。对于聚丙烯产品, 每

100 m 的密相输送大约产生质量分数为  $2 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-5}$  的细粉。密相输送需要较高的输送压力,必须用单级或两级螺杆压缩机。所用的送料旋转阀和换向阀的压力也比较高,因而密相输送的投资较高。

### 1.2 水力输送技术

管道水力输送技术始于 19 世纪中叶,第二次世界大战以后才有了很大的发展。主要用于输送泥浆、砂、石、煤、精矿砂等大宗颗粒物料,最长的输送距离达到上千公里,具有产品无磨损、能耗小、无噪音等优点。

聚烯烃等石油化工装置一般采用气流输送来输送固体物料,输送距离一般较短。国外某公司近几年开发了水力输送技术,并建有 1 套 600 m 长、输送能力 10 t/h 的水力输送试验装置。但对于聚丙烯这样比水轻的聚合物只有美国的等星公司有 1 套聚乙烯装置采用水力输送技术。

### 1.3 方案的筛选

#### (1) 密相输送方案

为减少产品的磨损,密相输送应该是首选的方案。但对于本项目 35 t/h、600 m 的输送,采用密相输送不能直接将物料送至掺合料仓,需要分成 2 段输送:先从挤压机输送至位于 300 m 左右的中间接力料仓,再从中间接力料仓输送至掺合料仓。使用 2 台出口压力约 0.275 MPa(表压)的螺杆压缩机,输送管径为 12"(1" = 25.4 mm)。由于场地的限制,没有合适的位置布置中间料仓。密相输送的末端产品的细粉含量约  $2.1 \times 10^{-4}$ 。

#### (2) 稀相输送方案

稀相输送技术也是可行的解决方案。采用高压稀相输送方案,输送压力约 0.18 MPa(表压),采用螺杆压缩机,可直接送至 600 m 外的掺合料仓,不需设置中间接力料仓。但由于输送过程中产生大量的细粉,在输送末端需要设计淘洗系统以去除产生的细粉,以输送过程中产生质量分数为  $1.35 \times 10^{-3}$  的细粉计算,1 年要产生 270 t 的细粉,产品损失较大。

#### (3) 水力输送方案

国外某公司提供了一个水力输送的技术方案:从挤压机水下切粒的聚丙烯颗粒和切粒水在分离器中分离并除去大块颗粒后,颗粒在一搅拌容器内配成一定浓度的聚合物颗粒浆液。用离心泵将颗粒浆液输送至料仓区。颗粒通过离心干燥器干燥后,用气流输送系统输送至掺合料仓和贮存料仓。

以上 3 个方案的主要技术情况和对比见表 1。

表 1 输送方案比较

项 目	水力输送	密相输送	稀相输送
安装功率/kW	160	250 + 250	315
轴功率/kW	104	205 + 205	272
输送设备	离心泵	螺杆压缩机	螺杆压缩机
管道材质	普通不锈钢	普通不锈钢	喷砂处理的不锈钢
管道尺寸/cm	12.70	30.48 ~ 35.56	25.40 ~ 30.48
设备投资/%	65	100	90
产品中细粉质 量分数/ $10^{-6}$	无磨损	210	1350
年产品损失量/t	0	42	270
年损失费用 <sup>①</sup> / 万元	0	25.2	162.0
噪音	无	大	大
可靠性	无同类同 规模工业装 置,但技术 上是可靠的	管道弯头处冲 击力极大,需要特 殊支撑,需要分成 2 段输送	产品磨损严重

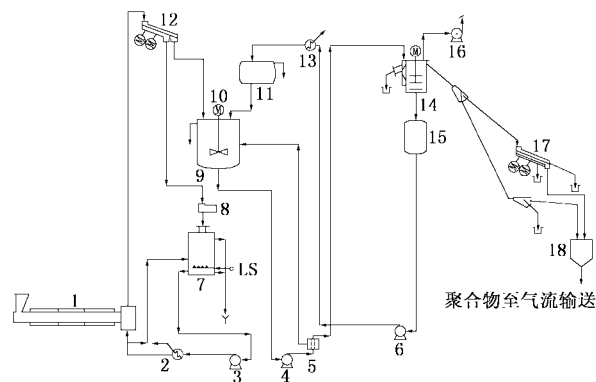
注:①以聚丙烯售价 6 000 元/t 计算。

采用水力输送方案,能耗可大幅度降低,只有气流输送方案的 25% ~ 40%。采用普通的不锈钢管道即可,投资只相当于气流输送的 50% ~ 65%。另外,由于输送过程中颗粒产品的摩擦损失几乎没有,产品质量大幅度提高,而且没有噪音;每年可减少产品损失 42 ~ 270 t、经济损失 29.4 万 ~ 189 万元。

通过比较,该项目的产品输送采用水力输送方案,具有投资少、能耗低、产品无磨损、噪声小等优点。水力输送技术有中试装置,技术是可靠的。

## 2 水力输送的主要流程

水力输送的设计流程图见图 1。



1—挤压机;2—切粒水冷却器;3—切粒水泵;4—颗粒浆液泵;  
5—颗粒提液器;6—输送水泵;7—切粒水箱;8—切粒水过滤器;  
9—颗粒浆液罐;10—搅拌器;11—输送水罐;12—切粒水分离器;  
13—输送水冷却器;14—颗粒干燥器;15—输送水缓冲罐;  
16—抽风机;17—振动筛;18—气流输送加料斗

图 1 水力输送系统图

从切粒机出来的含聚合物颗粒的切粒水浆液,进入切粒水分离器。分离器将切粒水和直径大于 15mm 的大块物料与合格的聚合物颗粒分离,分离出的水靠重力进入切粒水过滤器,经升压和冷却后重新循环回切粒机。从切粒水分离器出来的合格聚丙烯颗粒进入带搅拌的颗粒浆液罐中,在这里粒料与来自温控输送水罐(控制温度约 60℃)的输送水一起搅拌混合,形成分散均匀的颗粒浆液。颗粒浆液罐中聚丙烯颗粒的体积分数约为 15%。

来自输送水罐的输送水,靠重力进入液位控制的颗粒浆液罐中,颗粒浆液罐保持一定的液位,并连续搅拌使聚丙烯颗粒和水保持均匀混合。由于聚丙烯的密度只有 900 kg/m<sup>3</sup>,比水轻,所以必须合理地设计搅拌器和容器以保证聚丙烯和水的均匀混合。

从颗粒浆液罐出来的含颗粒的浆液经浆液输送泵输送至料仓区的离心干燥器。浆液输送泵设置 2 台,1 台备用。正常情况下,每隔 14 天,2 台泵就应进行切换操作,以防止泵的密封因长期不运转而破坏。位于泵出口处的提浓器将浆液中的一部分水分离出来,每台泵出口设置 1 台提浓器。水在流量控制下经旁路回到浆液罐中。浆液经过提浓器后,颗粒体积分数增加至 25% 左右。

在浆液输送泵的作用下,浆液被输送至位于掺混料仓附近的离心干燥器中。水和粒料在重力和离心力的作用下分开,粒料从干燥器底部螺旋式上升到顶部,与从顶部进入颗粒干燥器的空气接触,完成最后的干燥。

抽风机用于加大空气流量,改善干燥效果。干燥后的粒料的水含量小于  $6 \times 10^{-4}$ 。

聚丙烯颗粒经振动筛分除去尺寸不合格的颗粒,用气流输送系统送入掺合料仓。

干燥器分离出的水在重力作用下经输送水过滤器过滤出杂物后(大于 250 μm)流入输送水缓冲罐,输送水泵将输送水缓冲罐中的水送回位于挤压造粒楼内的输送水贮罐。搅拌器和离心泵全部采用变频调速电机。返回的输送水,经冷却器冷却以控制输送水温度在 60℃ 左右,开车前,用蒸汽喷射器向水中喷入蒸汽,将输送水温度加热至 60℃。

以上各设备中,分离湿颗粒的振动筛、颗粒浆液罐及搅拌器、颗粒提浓器等设备需要根据系统处理量进行开发设计。分离湿颗粒的设备是一个单层结构、带有 2 台振动电机的振动筛;颗粒浆液罐及搅拌

器的设计要确保聚合物颗粒和水的浓度均一;颗粒浓度要适宜离心泵的输送而又使叶轮不磨损颗粒。

整个输送管道保温绝热,使颗粒和水保持较高的温度。在离心干燥器中,温度较高的颗粒更有利于脱去水分。整个输送系统的操作通过 PLC 程序控制,全部操作在挤压机控制室进行。

由于颗粒在水中的停留时间达 3 min 以上,并且输送水的温度在 60℃ 左右,颗粒的吸水程度如何,能否有效地离心干燥(达到设计要求的小于  $6 \times 10^{-4}$  的含水量)是设计之初考虑的关键的问题。为此笔者做了一些实验,实验数据如表 2 所示。

表 2 聚丙烯含水量的实验数据  $10^{-6}$

聚丙烯牌号	初始含湿量	最终含湿量	吸水量
Novolen 1100 N	48	235	187
Hostalen PPH 1850	80	289	209
Novolen 1148 RC	49	289	240
Hostalen PPW 1780 S2A	30	301	271
Hostalen PPW 1762 S2A	76	372	296

注:环境温度为 20℃,水温为 60℃,颗粒在水中的停留时间为 2 h,含湿量测试方法为 Karl Fischer 滴定法。

从实验数据可见,聚丙烯的吸湿性是很差的,最终产品的含水量是能够达到设计指标的。

### 3 系统运行情况

由于整套水力输送系统第一次用于大规模的工业聚丙烯装置中,有些设计的设备第一次实际应用,需要根据实际使用情况确定方案或参数。

这套水力输送系统自 2002 年 2 月中旬开车以来,运转很好,各项指标均达到了设计要求。整套系统的各种操作模式全部通过 PLC 程序控制,当然也可以选择手动操作,灵活方便。系统运行可靠、清洁、节能、无噪音,产品无磨损,最终干燥后的颗粒产品含湿量在  $2 \times 10^{-4}$  左右,远低于设计值。

聚合物水力输送技术在上海石化聚烯烃装置上的成功应用,为 500 m 以上的长距离、大能力聚合物颗粒产品输送系统的设计提供了很好的经验。尤其是对于一些改扩建的项目,由于要在老厂区内建设新装置,布置上往往比较分散,料仓区有可能远离挤压造粒厂房,采用气流输送技术会带来很多技术和经济的问题,而水力输送技术就是很好的解决方案。

■