

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.07.0017

塑料挤出模头流道结构 CAD 系统研究与应用^{*}

张良,刘雪红,唐红涛,郭顺生,罗易彬,李力

(武汉理工大学机电工程学院,武汉 430070)

摘要:塑料异型材流线型挤出模头形状复杂,模腔表面要求平滑过渡,无滞料,流速要求稳定增加,其结构设计和曲面设计难度大,目前主要依赖于设计者的经验和操作者的熟练程度,设计效率低,无法满足越来越高的整体质量要求。针对以上问题,提出了模具内腔结构曲面的三维建模方法,基于 UG 和 VS 平台,应用 UG/Open 二次开发和 MFC 技术,实现了多封闭环快速识别,草图曲线一键排序,通过人机交互界面进行曲线匹配和曲面构造,从而搭建了从二维草图到三维建模的 CAD 集成模块,有效地提高了挤出模流道曲面设计效率和质量,并为后续 CAE 分析和 CAM 加工提供有力支撑。

关键词:挤出模头; 曲面造型; 优化算法; 封闭环; UG/Open

中图分类号: TQ320.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)07-0077-06

The Research and Application of Plastic Extrusion Die Head Flow Structure CAD System

Zhang Liang, Liu Xuehong, Tang Hongtao, Guo Shunsheng, Luo Yibin, Li Li

(Wuhan University of Technology, Mechanical and Electrical Engineering College, Wuhan 430070, China)

Abstract: Plastic profile streamlined extrusion die head has a complex shape. For the die cavity surface, smooth transition, no lag material, and stability of the flowing velocity are required. It makes the design of structure and surface is difficult and because of depending on the designer's experience and proficiency of the operator, the design efficiency is low and it can't meet higher and higher requirement of overall quality. To solve the above problems, the curved die design method of the cavity structure is proposed. Based on the UG and VC platform, UG/Open secondary development and MFC technology were used, fast recognition algorithm of a multi-closed loop and one-click sorting of the sketch curve were realized, and through the human-computer interaction to match curves and construct surface, and CAD integration module from 2 D sketch to 3 D modeling was set up, the efficiency of extrusion die flow surface design is effectively improved, and it provides strong support for CAE analysis and CAM processing.

Keywords: extrusion die; surface modeling; optimization algorithm; closed-loop; UG/Open

由于塑料异型材挤出模头内腔具有复杂的曲面,作为模头的关键部件,它的型面质量直接影响挤出产品的质量。现在曲面造型的方法主要通过手动方法选择草图或者曲线进行曲面构造,实用性不强,操作复杂,效率低。型面的高质量造型是获得精确而平滑的零件几何结构的前提,对于模头型腔,要求型面在各截面型线方向上要保持光顺^[1-2]。

在挤出成型技术中,挤出模头的设计影响着生产效率、制品精度、模具寿命、模具生产周期和模具成本等诸多因素。塑料异型材质量的好坏很大程度上取决于模头流道形状,因而对挤出模头设计的研究工作大部分集中在挤出模头流道的优化设计上^[3-4]。塑料异型材的挤出成型是一个连续的动态过程,塑料在挤出机中经过熔融、塑化、稳流、分流、成型和冷却定型一系列过程,其工艺内腔结构必须过渡平滑,以确保产品质量,然而,这导致内腔结构全

部是复杂的曲面设计。同时,为了提高生产效率,某些模具设计成一模多腔,加大了内腔结构曲面设计难度。塑料异型材截面复杂多变,根据塑料材质不同,其内腔、内筋的应变系数不同,内腔、内筋的 X、Y 方向应变系数也不一致,其工艺内腔中的内筋结构设计因此也十分复杂,更加大了曲面设计的难度^[5]。

以 Pro/E 和 UG(Unigraphics)NX 为代表的计算机辅助设计和制造软件,在模具行业已经日趋成熟。这些 CAD/CAM 软件都已经能够胜任内腔曲面造型的功能,它是产品三维设计的必然前提,因此曲面设计成为计算机辅助几何设计和计算机图形学

^{*} 湖北省科技支撑计划项目(2014BAA032),中央高校基本科研业务费资助项目(2014-IV-016)

联系人:刘雪红,副教授,硕士生导师,主要从事模具 CAD/CAE,企业信息化 ERP

收稿日期:2015-04-22

的一项非常重要的研究内容,利用UG软件进行三维造型是现代产品设计的重要实现手段,而曲面造型则是三维造型中的难点^[6-7]。与挤出模具相比,注塑模具在国内发展较早,研究更为广泛,基于CAD/CAE集成的注塑模结构分析,为模具的设计发展积累了丰富的经验^[8-9]。而国内外对挤出模具的研究,大多主要集中在结构或CAE分析上,提出了塑料异型材挤出模流道结构的优化设计思想和方法^[10-12],包括对流场的分析和有限元模拟,对流道截面和功能块的形状和尺寸进行了优化设计^[13-16]。这些结构分析大多都是进行二维设计,而有限元分析需要建立在三维建模的基础上。目前大多数挤出模具企业都是依赖于三维建模软件进行手动建模,受经验和操作熟练程度的影响,质量和效率无法满足更高的要求,需要对挤出模流道结构三维建模进行进一步的研究。

通过对塑料异型材门窗的研究,笔者从整体上讨论了曲面造型设计的方法。针对内腔结构复杂曲面设计问题,首先,建立板块的内腔总体分块结构及各块的几何结构,其次,构建通用性、抗干扰性强的多封闭环快速识别算法,最后,基于此算法,建立面向塑料异型材挤出模头的工艺内腔曲面结构CAD优化设计方法。

1 工艺内腔CAD系统总体框架

根据模头流道内腔的工艺结构,将工艺内腔按流道出口到入口的顺序分为:成板的出口端和入口端,预成型板的出口端和入口端,压缩板的出口端和入口端,支架板的出口端和入口端,机颈的出口端和入口端。针对挤出流道设计复杂、效率低的问题,提出了流道整体式设计方案。将挤出模头各板块进行整体式设计,最后分型切割,这保证了各板块部件的尺寸约束、装配约束可以一次成型,整体设计可靠,板块间的相对位置也更为直观。所设计的塑料异型材挤出模头流道结构CAD系统,规范了流道内腔设计流程,提高了设计效率。

塑料异型材挤出模头流道内腔结构CAD系统分为5个部分,工艺内腔CAD系统总体框架如图1所示。

(1) 板块的总体分块,通过板厚进行参数化驱动;

(2) 草图建块,各板块草图一次性导入,并自动投影到相应的位置,快速获得出入口草图;

(3) 通过设计算法,快速识别封闭环;

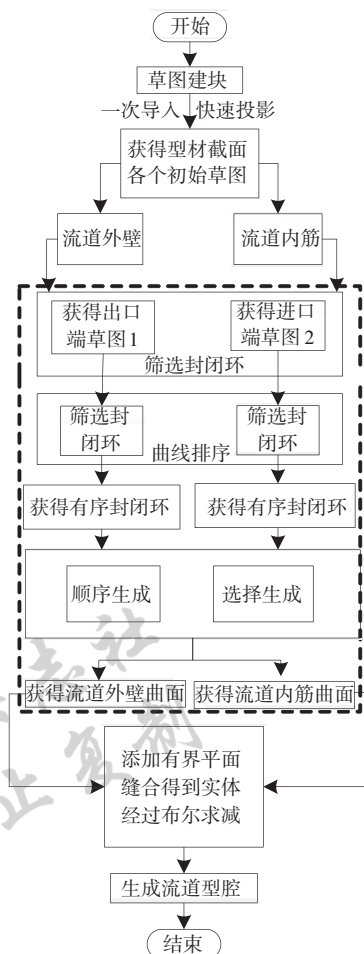


图1 工艺内腔CAD系统总体框架

(4) 草图曲线快速排序,人机交互界面进行曲线匹配,直纹曲面快速构造;

(5) 添加有界平面构造实体,布尔求和生成流道实体,与整体板块布尔求减生成流道型腔。

最后根据分型需要进行分型切割,一次得到模头的各节板块。该系统采用UGOpen API, NXOpen API, MFC以及MenuScript联合开发方式,人机交互,操作方便,使经验缺乏的设计人员也可以快速、高效地进行设计。

2 工艺内腔CAD系统关键技术

2.1 基于UG的二次开发环境的建立

程序主要采用UG/Open和MFC技术,在VS2010下的NX8_OPEN平台下开发,C++语言编译。UG/Open由MenuScript,UG/Open API,UG/Open GRIP,UIStyer 4个模块构成。其中MenuScript主要做UG与程序动态链接库(dll)窗口接口,UG/Open GRIP和UG/Open API是UG二次开发的两种语言,前者功能较小,适合一些小功能开发,后者是UG二次开发的封装函数,可在C++下

直接调用,适合功能复杂的 UG 二次开发,UIStyler 是 UG 二次开发的 UG 风格对话框。本文挤出模头内腔曲面设计 CAD 系统应用 UG/Open API、MFC 和 MenuScript 联合开发方式,该方法使用方便,步骤简单,具有 C 语言支持,可利用 VS2010 的强大编译功能。联合开发的具体方法和流程主要包括:设置环境变量、建立 NX8 工程、建立 MFC 对话框、应用 UG/Open API 开发程序、生成 dll 并订制菜单。

2.2 草图导入,并投影

传统的方法是一个一个的依次导入草图,这样进行了大量的无意义重复性操作。由于在二维工程图中块的概念对应于 UG 中组的概念,先将所需所有草图在同一个工程图内各自建块,一键导入到 UG 中,自动创建对应的组,这不仅大大提高了效率,还为后续的草图调用提供了便利,初始草图如图 2 所示。根据板厚初始化参数,自动创建各自板块对应的基准平面和草图,然后自动将草图组投影到相对应的草图平面内,即得到各个板块出入口端的草图,如图 3 所示。

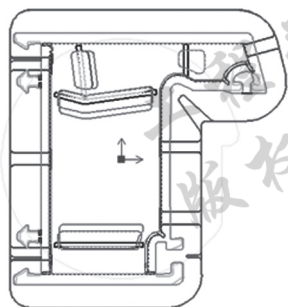


图 2 初始草图

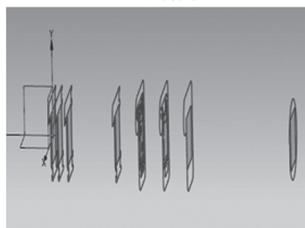


图 3 各板块投影草图

2.3 筛选封闭环、草图曲线排序

多封闭环筛选算法是基于 UG 草图相连曲线的识别算法,通过程序自动筛选首尾两截面的封闭环,根据封闭环的重心坐标进行对应。这种方法的通用性和抗干扰性强,极大提高了流道曲面造型的效率。

草图曲线排序:通过选取起始线段,对草图曲线进行遍历,获得和区分圆弧的两个坐标系,对圆弧进行坐标系转换。由起始线段,依次对草图曲线排序,获得相连曲线,首尾相连,方向一致。

构造相连曲线工具函数:

```
Void Util :: UT_Get_sketchJoinedCurve(char *name,
tag_t startLine ,vector<tag_t>*lines)
```

其中变量含义:

char *name : 草图名称

tag_t startLine : 起始线的标识 tag

vector<tag_t>*lines : 存放封闭曲线容器

选取起始线段后,通过工具函数即可获得封闭环。基本思路如图 4 所示。

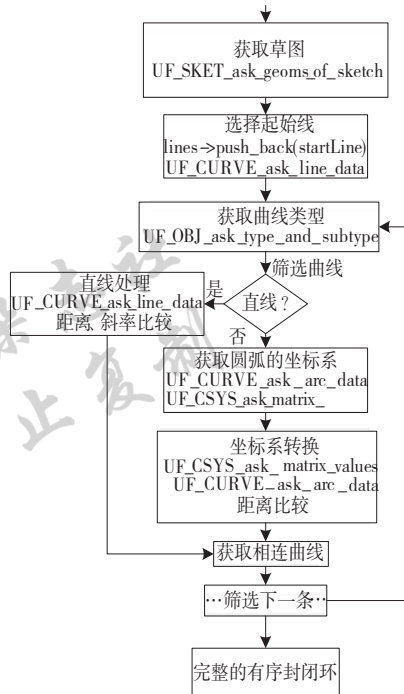


图 4 有序封闭环筛选

2.4 直纹曲面构造

(1) 顺序生成。

顺序生成适用于进出口草图变化较大,对应曲线排列无规律的情况,需要通过人工的方法对直纹面对应草图的线段数目进行匹配,并依次生成直纹面。从起始线段开始,依次选择进出口端草图对应的曲线根数,要保证不会产生曲面扭曲,质量要求严格,如图 5 所示。

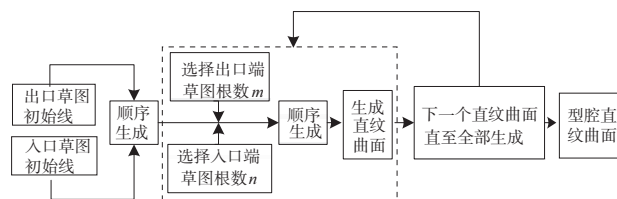


图 5 顺序生成流程图

(2) 选择生成。

选择生成是按顺序选择直纹面两个截面线的

最后一根线段,中间曲线自动匹配,直接生成直纹,此方法方便快捷,质量可靠,便于操作,如图 6 所示。

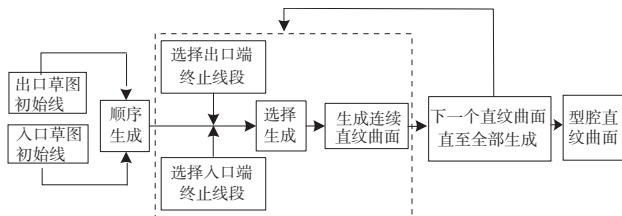


图 6 选择生成流程图

此部分所用 API 函数及具体功能如表 1 所示。

表 1 API 函数及具体功能

应用 API 函数	函数的具体功能
UF_SKET_ask_geoms_of_sketch	获取草图的几何元素
UF_OBJ_ask_type_and_subtype	识别草图元素的类型
UF_MODL_create_bplane	创建有界平面
UF_MODL_ask_feat_body	获取实体标识
UF_MODL_ask_body_feats	获取特征标识
UF_MODL_create_extrude	创建拉伸
UF_MODL_create_ruled	创建直纹面
UF_MODL_split_body	根据基准面进行板块切割

3 应用实例

以塑料异型材挤出模为研究对象,综合挤出模头设计与制造实际情况,开发出了挤出模头流道曲面设计 CAD 系统。该系统具有较高集成性,实用性,使每个设计过程化繁为简,传统设计过程中,需要手动单个曲面构造,但本系统只需选择初始线,通过人机交互界面,就可以灵活进行三维建模。针对传统设计过程中三维建模效率低的问题,本系统实现了实际意义上的快速整体设计,大大提高了设计效率,减少设计周期。

对于大多数曲面,可以将顺序生成和选择生成混合灵活使用,以塑料异型材挤出模头压缩板为例。首先选取进出口草图的起始线,选择顺序生成,获得第一个直纹面;然后,选择进出口草图的终止线,选取选择生成,中间曲线自动连续生成直纹面;再选取顺序生成,出口草图根数 $a=1$,进口草图根数 $b=1$,生成曲面;最后按照进出口草图对应的复杂程度,将顺序生成和选择生成灵活使用,生成全部曲面。初始草图如图 7 所示,生成曲面如图 8 所示。

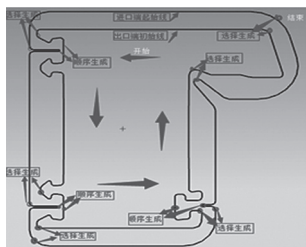


图 7 初始草图

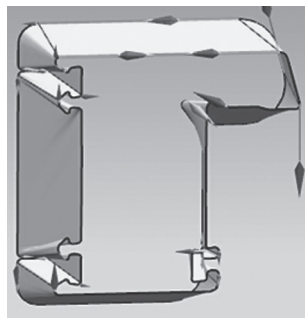


图 8 生成曲面

曲面生成后,添加有界平面,缝合成实体。

有界平面:UF_MODL_create_bplane

缝合为实体:UF_MODL_create_sew

流道外壁实体如图 9 所示,流道内筋实体如图 10 所示,最后布尔求减生成流道型腔如图 11 所示。根据分型需要通过设计算法一键切割,获得各个板块。

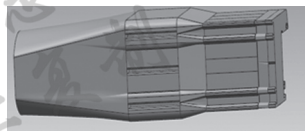


图 9 流道外壁实体

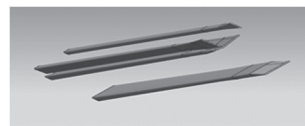


图 10 流道内筋实体

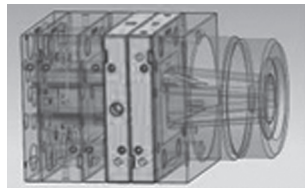


图 11 模头流道型腔

这一设计方法不仅适用于一模一腔,也适用于一模多腔。当产品体积小,造型不复杂,可采用一模多腔的模具,以节约模具制造成本。以一模两腔模头的压缩板为例,进一步介绍这一方法在曲面构造中的优越性。两腔模头曲面的构造,关键在于对生成的对象进行分类对应。不能使两腔混淆。封闭环

要放在相应的曲线容器中,生成的曲面也要放在相应的容器中,最后分别对两腔缝合,生成各自实体。操作界面如图 12 所示,初始草图如图 13 所示,生成压缩板流道曲面如图 14 所示和两腔压缩板流道型腔如图 15 所示。

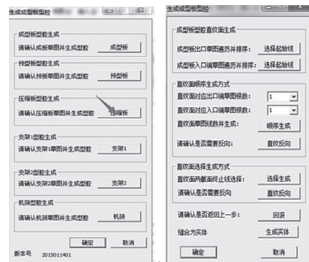


图 12 型腔操作界面

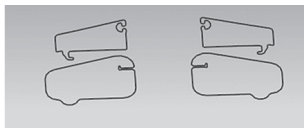


图 13 初始草图

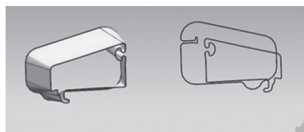


图 14 压缩板流道曲面

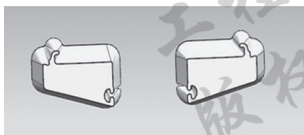


图 15 两腔压缩板流道型腔

4 结语

采用 UG/Open 和 MFC 技术,综合运用参数化、数字化设计思想,通过 Visual Studio 创建了挤出模头流道曲面 CAD 人机交互系统,包括多封闭环识别,草图曲线排序,曲线快速匹配,直纹曲面构造。针对客户需求,使设计人员打破传统设计思维,短时间即可设计出一套完整的流道曲面结构,即使经验不足的设计人员亦可快速、方便设计,解决了传统设计过程中出现的人为构造曲面的复杂繁琐,重复操作等问题。不仅减少了设计人员的工作量,还降低了成本,提高了产品的质量。从二维设计到三维建模,再到 CAE 分析和 CAM 加工,整个设计过程更加高效,为企业自主研发能力提供了强有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 刘殿海. 基于 UG 的不规则曲面运动轨迹生成研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2012.
Liu Dianhai. The research of irregular curve trajectory generation

based on UG[D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2012.

- [2] 张建雨, 冯刚, 张朝阁, 等. 我国塑料异型材挤出技术研究概况 [J]. 工程塑料应用, 2014, 42(5): 125-129.
Zhang Jianyu, Feng Gang, Zhang Chao, et al. Research review of plastic profile extrusion technology in China [J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(5): 125-129.
- [3] 荆旸, 张继忠. 塑料异型材挤出模的设计与调试 [J]. 模具工业, 2011(5): 52-60, 64.
Jing Xin, Zhang Jizhong. The design and debugging of plastic profile [J]. Die & Mould Industry, 2011(5): 52-60, 64.
- [4] 王培剑, 焦国昌, 徐凯宏. 塑料异型材挤出模具设计分析 [J]. 机电产品开发与创新, 2011(1): 56-58.
Wang Peijian, Jiao Guochang, Xu Kaihong. The design and analysis of the plastic different profile extrusion die [J]. Development Innovation of Machinery, 2011(1): 56-58.
- [5] 任玉珠. 基于曲面重构技术的塑料异型材挤出模具制造技术研究 [J]. 机床与液压, 2012, 40(13): 132-135, 151.
Ren Yuzhu. The manufacturing technology research of plastic profile extrusion die based on surface reconstruction technology [J]. Machine Tool & Hydraulics, 2012, 40(13): 132-135, 151.
- [6] Narayanasamy R, Srinivasan P, Venkatesan R. Computer aided design and manufacture of streamlined extrusion dies [J]. Journal of Materials Processing Tech, 2003, 138(1): 262-264.
- [7] Kovalenko K G, Sivetskii V I, Sokol'skii A L. Design of an extrusion die for plastic profiles [J]. Chemical and Petroleum Engineering, 2014, 49(9-10): 675-678.
- [8] 李厚佳, 张晓岩. 三维 CAD 技术在注塑模设计中的应用研究 [J]. 塑料科技, 2012, 40(12): 72-74.
Li Houjia, Zhang Xiaoyan. Study on application of three-dimensional CAD technology in injection mold design [J]. Plastics Science and Technology, 2012, 40(12): 72-74.
- [9] 李庆, 黄志高, 代丽, 等. 基于 CAD/CAE 集成的注塑模结构分析 [J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(3): 104-107.
Li Qing, Huang Zhigao, Dai Li, et al. Structure analysis of injection mold based on CAD/CAE integration [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2012, 40(3): 104-107.
- [10] Wang Xuanping, Li Xikui. Numerical simulation of three dimensional non-newtonian free surface flows in injection molding using ALE finite element method [J]. Finite Elements in Analysis and Design, 2010, 46(7): 551-562.
- [11] 陈春颖. 基于有限元的塑料异型材挤出模头分流段设计 [J]. 模具工业, 2008(4): 10-15.
Chen Chunying. The design of shunt place form plastic profile extrusion die head based on the finite element analysis [J]. Die & Mould Industry, 2008(4): 10-15.
- [12] 张蜀红. 基于 Ansys 的工字型拼条数值模拟及优化 [J]. 机械制造与自动化, 2011(3): 118-120.

- Zhang Shuhong. The Ansys numerical simulation and optimization of I-shaped batten[J]. Machinery Manufacturing & Automation, 2011(3):118-120.
- [13] 郝昕玉,张广冬. 截面厚度不均的 L 型异型材挤出流道设计[J]. 科技信息,2010(22):115-116.
- Hao Xinyu, Zhang Guangdong. The extrusion flow design of L plastic profile of unequal thickness[J]. Science and Technology Information, 2010(22):115-116.
- [14] 查安平,王菁. 基于制品壁厚中心基准尺寸的挤出模头设计理论研究[J]. 模具工业,2014(11):45-48.
- Cha Anping, Wang Jing. The design theory research of extrusion mold head based on the product thickness center reference dimension[J]. Die & Mould Industry, 2014(11):45-48.
- [15] 赵丹阳,王敏杰,宋满仓,等. 复杂型材挤出模结构优化设计方法[J]. 大连理工大学学报,2008(2):198-204.
- Zhao Danyang, Wang Minjie, Song Mancang, et al. The optimization design method of complex profile extrusion die structure[J]. Journal of Dalian University of Technology, 2008(2):198-204.
- [16] Alan C L, Nguyen H Q. Automatic generation of mold-piece regions and parting curves for complex CAD models in multi-piece mold design[J]. Computer-aided Design, 2014, 57:15-28.

我国塑料制品产量连续 3 月同比下降

据中国国家统计局统计,2015 年 1~5 月,我国塑料制品总产量为 2766.1 万 t,同比增长 0.9%。其中 5 月份完成产量 617.9 万 t,同比下降 0.5%,呈现连续 3 个月同比下降趋势。

塑料制品中,1~5 月我国日用塑料制品产量为 209.97 万 t,同比增长 0.83%;初级形态的塑料总产量为 3005.6 万 t,同比增长 7.1%。5 月当月产量为 608.4 万 t,同比增长 2.5%。1~5 月我国橡胶和塑料制品业出口交货值为 1450.2 亿元,同比下降 5.6%。5 月当月出口额为 316.2 亿元,同比下降 7.5%。2015 年 1~5 月我国塑料制品出口交货值为 899.92 亿元,同比增长 2.4%。5 月当月塑料制品出口 201.94 亿元,同比下降 5.16%,连续 3 个月同比下降。(中国塑料机械网)

杜邦高性能聚合物事业部与江苏爱通 新能源科技签署授权

杜邦高性能聚合物事业部日前宣布与江苏爱通新能源科技有限公司(以下简称“爱通”)签署授权协议,将特许爱通使用杜邦 TMZytel® 尼龙在无边框太阳能电池板背导轨方面的应用技术,同时双方将进一步开发聚合物背导轨系统。

源于光伏行业对于成本优化的强烈需求,应用于无框太阳能组件的创新聚合物光伏背导轨系统近期发展迅速。在此应用被发布之前,并没有更经济的方案可以解决接地和分布式屋顶的安装优化。杜邦响应强劲的市场需求,为太阳能行业开发出新的聚合物背导轨系统。这一简单、轻型、耐腐蚀的新系统不仅降低系统成本,在带来轻量化、抗腐蚀等优势的同时,进一步提升了光伏组件的安全性能。

杜邦高性能聚合物事业部亚太区业务总监杭菲利(Phil)表示,太阳能是帮助我国实现 2020 年非化石能源满足 15% 总能源需求目标的重要可再生能源之一。基于杜邦旗下领先的高性能聚合物产品、生产工艺和设计理念优势,他们始终致力于将创新解决方案带入太阳能行业。与市场领先者例如爱通公司的合作,有助于他们为市场开发出更实用的解决方案。

爱通董事长叶巍表示,他们十分感谢能够与杜邦合作,共同研发聚合物太阳能背导轨系统。杜邦在聚合物科学领域拥有宽泛的专业知识。此次合作不仅为他们带来了在无边框光伏解决方案上的最新产品和技术,更重要的是激发了

许多有助于进一步推动可再生能源行业的材料创新和应用研发的灵感。(工程塑料网)

拜耳科技启用新办公室,高科技 PC 灯绽放光芒

拜耳材料科技在上海启用了更加色彩丰富的开放式办公室。新办公室使用了创维公司的 4000 多个 LED 灯管。这些 LED 灯管由模克隆® 材料打造而成,该材料是一种聚碳酸酯(PC)。这些灯管不但维护成本低,还能给办公室每个月节省 25% 左右的电费。

创维照明的销售总监彭昌林说道,与传统的灯管相比,创维 LED 灯管能高效节能。这些灯管 3 年质保,使用寿命非常长,并且使用起来,安全系数高得多。拜耳的模克隆® 材料提供了非常好的光效性能,完美地契合了他们的产品要求。

拜耳材料科技为可持续性和生态照明的 LED 照明提供材料解决方案。这些 LED 光源能节约能源和成本。使用了拜耳 PC 的 LED 灯管耐冲击不易碎、耐低温、可瞬时启动、可控、色彩还原度高还有稳定的相关色温(CCT)。这些卓越的性能都让新的办公室更明亮舒适。

除了透光率高外,拜耳 PC 所有的产品都具有良好的耐热性、LED 光通量条件下的卓越稳定性、卓越的阻燃性和一系列适用于各种 LED 应用的特殊材质。(工程塑料网)

云南塑模建材首次进入省外市场

云南黄玉建筑材料有限责任公司与重庆建工集团物流有限公司、昆明市鑫海汇投资发展有限公司在昆明签署战略合作协议。这意味着,云南塑模建材首次打入省外市场。

95% 的废旧塑料垃圾和 5% 的精细化工产品经加工后,生产出新兴塑料建筑模板。该产品一举克服了传统的木质模板和钢质模板的诸多局限,符合建筑施工高效、经济、安全、环保的新趋势,填补了云南省乃至西南地区塑料复合材料领域的技术空白。云南黄玉建筑材料有限责任公司总经理张伟介绍,在寻甸县金所工业园区的新工厂已成为国内最大的塑料建筑模板生产基地,公司每年可为云南省消耗 1.8 万 t 废旧塑料。由于塑料复合板在建筑行业使用寿命为木模板的 6.5 倍,为此该公司生产的塑料复合板可使云南省约 8.7 万 m³ 的树木不被砍伐,且不产生建筑木料垃圾。

(工程塑料网)