

PBT 色条套管的模具设计及工艺控制

杨文波¹, 何新林², 潘锦华², 符丁中²

(1. 广东特发信息光缆有限公司, 广东 东莞 523400;

2. 深圳市特发信息股份有限公司, 广东 深圳 518057)

摘要: PBT 色条套管模具的结构设计, 对色条套管的质量起到关键性作用。立足于光缆行业的套塑实际应用, 对生产 PBT 色条套管所使用的模具展开探讨, 色条流道设计的优化, 以及套管挤制工艺的控制, 改善色条套管质量。

关键词: PBT; 松套管; 色条; 模具

中图分类号: TQ320.52

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)03-0028-04

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.03.007

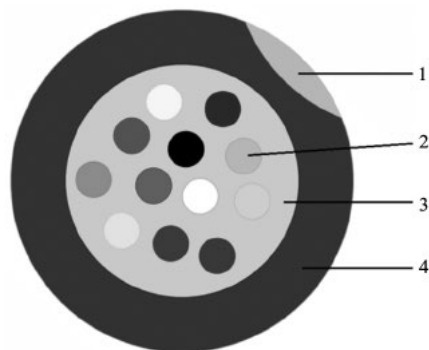
0 引言

光缆 PBT 松套管的识别色谱是: 蓝、橙、绿、棕、灰、白、红、黑、黄、紫、粉红、青绿, 共 12 种色谱。随着光通信的快速发展, 超大芯数光缆的市场前景广阔。当光缆内的套管数量超过 12 根时, 为了方便识别, 需要在 12 色套管的基础上增加色条套管, 以扩展套管识别色谱。色条套管是在普通套管的基础上增加另一种颜色的色条, 色条套管需要使用两台挤出机共同挤出成型。色条套管挤制模具对产品质量的影响至关重要, 根据光缆套塑实际, 探讨色条套管模具的优化方法, 并对色条套管的生产工艺进行研究, 提出质量控制方法。

1 色条套管模具设计

1.1 色条套管结构

PBT 色条套管结构如图 1 所示, 组成部件分别是光纤、纤膏、PBT 套管、色条。套管将光纤包裹在其中, 光纤之间空隙填充纤膏, 起到缓冲光纤机械运动, 以及阻止水的效果。在套管外侧挤制有一条或多条不同颜色的色条, 用于扩展套管识别色谱。色条套管生产时, 为了使套管外观圆整, 以及色条的粘结牢固度, PBT 套管基体和色条宜采用一次挤制成型工艺。即在生产色条套管时, 采用两台挤出机, 分别挤制套管基体和色条, 然后在机头处汇合形成一体, 一次性挤管成型。所以色条套管的模具结构, 直接影响 PBT 色条套管的产品质量, 以及生产效率。



1—色条; 2—光纤; 3—纤膏; 4—PBT 套管

图 1 色条套管结构图

1.2 双层分流器式机头

双层共挤机头常见的结构设计是采用双层分流器, 色条套管模具设计之初也借鉴双层分流器式设计, 如图 2 所示。PBT 套管的基体材料从进口进入内层分流器中, 在内层分离器中成环形挤出, 形成 PBT 套管基体。外层分离器改成色条结构, 色条料经外层分流器进入挤出模具。PBT 套管基体和色条在机头内汇聚, 形成稳定地流体, 通过挤出模挤制成色条套管。

虽然双层分流器式机头生产的色条套管质量稳定, 但是其结构装配较为复杂, 在更换其它规格色条的套管时, 拆卸安装分流层较为繁琐, 不容易安装。而且在光缆套塑中还需要拆卸光纤套塑附属的油膏填充相关配件, 生产效率低。所以在色条模具设计时,

作者简介: 杨文波 (1991—), 男, 中级工程师, 光缆制造工艺师, 主要从事光缆制造工艺研发、产品质量管控工作。

还应该充分考虑操作便利性，提升生产效率。

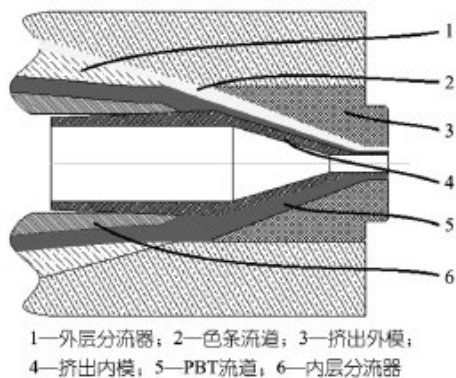


图2 双层分流器结构图

1.3 带色条流道的挤出外模

为了方便不同规格色条模具的更换，在单层分流器的机头基础上，将挤出外模设计成为带有环形色条流道的结构，如图3所示。在挤出外模上开出环形色条环流道和色条口。色条机的色条料注入到环形色条流道，顺着流道方向，从色条口流入到模具内。在模具内色条料和套管基体融合成一体，随着PBT套管基体向外挤出，形成色条套管。

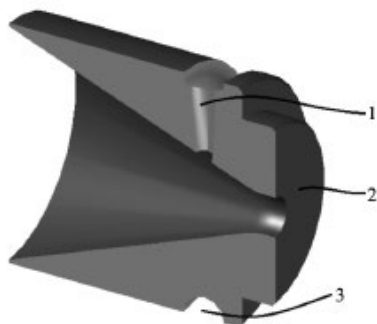


图3 带有环形色条挤出外模解剖图

采用此带色条流道的挤出外模设计，机头设计更加简单，无需机头内置多层分流器，只需要配置相应的模盖，即可将单层机头转变成色条共挤的挤出机，切换快捷方便。同时色条规格更换也较方便，只需要根据色条套管的规格更换挤出外模即可。此结构设计便于扩展到多色条结构，灵活度高。虽然此结构更换方便，但是色条环形流道在挤出外模上，限制了模芯距的调整。对于内模位置相对固定，靠调整外模位置来调整模芯距的套塑机头结构，其外模可调整距离，受限于色条环宽度。另外因为色条流道在挤出外模上，则需要在挤出外模上开出环形流道道，对于外模的尺寸大小有一定的限制。对于微小型的挤出外模，则

不适用于此环形色条流道设计。

1.4 前置式色条分流器

为了适应微小型挤出模具的应用，同时方便拆卸色条分离器，将机头内色条模块改成前置式色条分流器，如图4所示，挤出外模安装在色条分离器内，PBT套管基体从分流器流入挤出模具内，色条则从色条分流器流入到挤出模内，在挤出模具内熔融在一起，然后共同挤出形成色条套管。

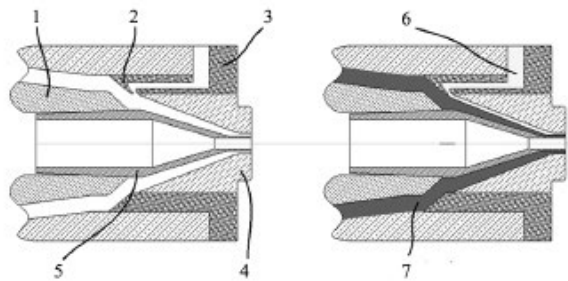


图4 前置式色条分流器示意图

前置式色条分流器结构，色条分流器和PBT套管基体分离器分别位于机头的两端，拆卸更换色条分流器时，不用拆卸PBT套管基体的分离器已经油膏相关配件，在操作上更加便捷。前置式色条分流器结构有充足的色条流道加工空间，挤出外模安装在色条分离器内，色条流道不再受限于挤出外模的尺寸，所以此结构设计可以适用于微小型的挤出模具。

前置式色条分流器中，PBT套管基体和色条从相对的方向汇聚在一起，需要在二者汇聚处设计流道挡板，如图4所示，使色条流向和PBT套管基体流向一致，避免两股流体对冲，造成色条不稳定。色条流道设计应该考虑流道的稳定性，如果两股流道存在对冲，则在挤出压力变化时，色条不会按预定轨迹流出，造成色条异常。

2 挤制工艺控制

2.1 色母料配比

PBT套管的色母料比例一般控制在1%~2%(质量分数)。色条套管生产时，色条的色母比例也需要控制在1%~2%(质量分数)范围。色条料用量少，色条又要鲜艳，在生产操作时容易造成色条中色母比例偏高，所以在生产中，应该严格控制色条中色母粒用量。如色条的色母粒比例较高，容易造成色条塑性下降，形成缺陷应力，严重时容易造成色条套管断裂，如图5

所示，色条套管卷绕在盘上后，套管在有应力缺陷处容易脆断。因为过多的色母加入，容易造成色母粒分散度不足，在色母颗粒聚集的地方形成应力，套管盘绕上盘后，进一步冷却收缩，造成裂纹扩展，最终导致套管断裂。

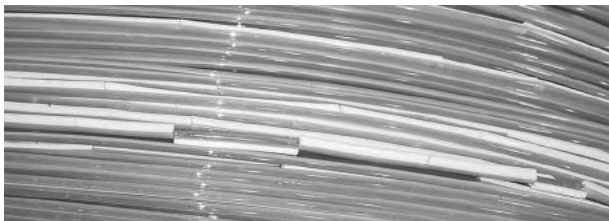


图5 色条套管断裂图

2.2 挤出温度

光缆用PBT熔点在210~240℃之间。挤出机温度设定一般在230~260℃。在一定范围内，温度越高，熔体流动性越强。然而并不是温度越高越好，过高的温度不利于在PBT套管挤制成型。特别是生产PBT色条套管，应该充分考虑两色条料和PBT套管基体料的熔体流动性。调整挤出温度，使两股熔体的流动性接近，确保色条可以稳定地挤出。如果色条料粘度较低，挤出压力不稳定，容易造成色条不稳定，在色条处形成锯齿状，如图6所示，形成间断性无色条。色条挤出温度高时，熔体流动性强，粘度低，挤出压力小。色条口容易出现PBT套管基体料倒灌，导致色条不稳定。



图6 色条呈锯齿状图

色条稳定挤出的主要控制措施是，开机前将挤出螺腔内残存的老化料排出，调整合适的挤出温度，在PBT套管基体料和色条料共同挤出时，注意观察料的流动性，若发现两股流体的熔体流动性相差较大时，及时调整挤出温度。

2.3 色条宽度

PBT色条套管上色条应有一定宽度，以便于识别。色条的宽度大小的是由色条分流器上开的色条口长度决定。前置式色条分流器上色条口如图7所示，在分流器内侧开有一个色条口。色条分流器是环形，色条口在长度方向上顺着色条环呈弧形。因为PBT套管采取的挤管模具，色条挤出时，会形成拉伸。在理论上色条的最终宽度是，色条在套管外周长上的占比等于

色条口长度在分流器内周长的占比。

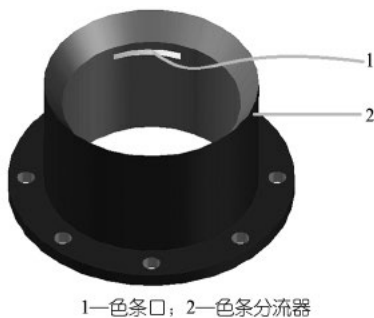


图7 色条分流器上色条口示意图

在实际生产中，色条的宽度还会受到色条挤出量大小的影响。如图8所示，采用同一套模具，在不同色条挤出量下获得的色条套管横截面图。图8(b)的色条挤出量是图8(a)的三倍，但是图8(b)中的色条并不是图8(a)中色条宽度的三倍，约为两倍。因为色条口长度有限，在加大色条挤出量时，色条料会挤压到套管内壁，色条宽度不会倍增。所以在实际生产中，应该根据套管规格选取合适的色条分流器，色条口长度应符合理论设计。同时调整到适当的色条挤出量，使色条宽度符合要求。分流器上色条口的长度度影响色条宽度，色条口的宽度则会影响挤出的稳定性，色条口宽度过大，挤出量小，则会导致色条不稳定。

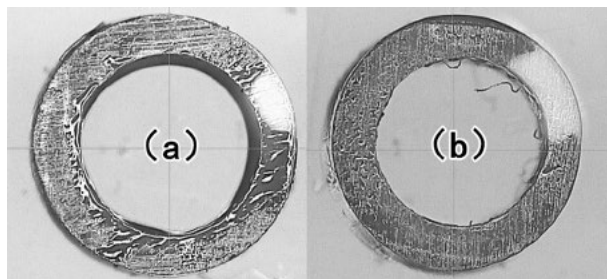


图8 色条套管横截面图

色条宽度的主要影响因素是色条分流器上色条口的长度，以及色条的挤出量。在日常生产管理中，应避免色条口堵塞，如果色条堵塞则造成色条口有效出料长度减小。造成色条口堵塞的主要原因是：色条料使用过程中引入杂质，以及色条加热温度异常，导致料老化、碳化，形成结块堵塞色条口。针对这两点原因，主要控制措施是：一方面加强色条料使用过程中的管理，另一方面采取措施确保色条挤出机的加热均匀稳定，避免温度过高造成的色条料老化结块问题。

3 结论

双层分流器式机头的结构相对复杂，拆卸不方便。

而带色条流道的挤出外模虽然拆卸方便，但是不适用于微小型色条套管生产。采用前置式色条分流器既拆卸方便，又适合微小型色条套管生产。在实际应用中，应该根据套管规格来设计色条分流器上色条口的弧长度。根据色条挤出量设计色条口的宽度。在选取合适的色条模具的同时，还应该配以合适工艺控制。色条料中色母粒比例应控制在 1%~2%(质量分数)，和

PBT 套管基体一致。通过调整挤出温度，使色条料和 PBT 套管基体料的压力熔体流动性接近，避免压力不稳定，造成色条不稳定。PBT 色条套管的影响因数较多，需要根据实际生产情况，配制合适的模具及工装，结合材料的特性来调整工艺参数，以确保色条套管质量。

Mold design and process control of PBT color strip sleeve

Yang Wenbo¹, He Xinlin², Pan Jinhua², Fu Dingzhong²

(1. Guangdong Tefa Information Optical Cable Co. LTD., Dongguan 523400, Guangdong, China;
2. Shenzhen Tefa Information Co. LTD., Shenzhen 518057, Guangdong, China)

Abstract: The structural design of PBT color strip sleeve mold plays a crucial role in the quality of color strip sleeve. This article is based on the practical application of plastic coating in the optical cable industry, and deeply explores the design of molds used in the production of PBT color stripe sleeves, especially the optimization of color stripe channel design and the control of sleeve extrusion process, in order to improve the quality of color stripe sleeves.

Key word: PBT; loose color strip; color stripe; mold

(R-03)

2024 年度《橡塑技术与装备》十佳论文评选结果揭晓

Results of the top 10 papers selection on *China Rubber/Plastics Technology and Equipment* in 2024 have been announced

为鼓励更多的作者在《橡塑技术与装备》上发表更多更好的高水平论文及创新成果，本刊杂志社于 2024 年 12 月~2025 年 1 月期间开展了 2024 年度十佳论文评选活动，并在“橡塑装备”公众号上发起了在线投票。截止 2 月初，秘书处汇总投票结果公布如下（详见表 1）。

表 1 2024 年度十佳论文获奖名单

序号	文章名称	作者	期次 - 页码
1	半钢子午线轮胎两段一次法成型机的研制	李志军	01-16
2	高分子材料 3D 打印应用与案例	陶永亮, 杨建京	02-35
3	基于西门子 PLC 的双闭环 PID 控制在橡胶制品挤出上的应用	李斌	02-71
4	现代化轮胎制造车间模式建设	唐晓范, 李胜利, 叶松	03-05
5	橡胶混炼生产线的规划与选型	韩帮阔, 李建星, 刘金一, 杨菲	03-29
6	V 型液压硫化机的技术概述	丁振堂, 赵衍鹏, 李洪飞, 梁月龙, 季付高	04-73
7	制造企业能耗统计方法的对比分析及建议	王其营, 李坤筠	06-55
8	大型双螺杆挤压制粒机组齿轮箱轴系分析及齿轮箱相关核心技术	毕超, 何智聪, 嵇耀, 滕祖荣	11-52
9	AI 智能注塑成型的研究	张友根	12-06
10	高性能功能化包装膜共挤吹塑先进装备研发	马佳圳	12-19

备注：稿件按照期次 - 页码顺序排列，排名不分先后。

杂志社将陆续对获奖者颁发证书和奖金，以资鼓励。同时，欢迎广大读者踊跃投稿和交流，以促进行业技术进步。

《橡塑技术与装备》杂志社
2025 年 2 月