

聚乙烯和尼龙双层护套光缆的挤制工艺分析

杨文波, 潘锦华, 张启胜, 何新林

(广东特发信息光缆有限公司, 广东 东莞 523400)

摘要: 介绍尼龙材料在光缆行业的应用, 并对聚乙烯和尼龙双层护套的挤制工艺进行研究, 围绕聚乙烯和尼龙的成型特性, 探索尼龙和聚乙烯双层护套挤制方案, 并提出相应的质量控制措施, 解决聚乙烯收缩导致的光缆渗水问题。

关键词: 聚乙烯; 尼龙; 光缆; 收缩; 渗水

中图分类号: TQ320.663

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)02-0051-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.02.012

0 引言

聚乙烯 (PE) 具有优良的介电性能, 优异的挤出成型性能, 广泛应用于光缆制造。聚乙烯主要用于制造光缆护套, 用于保护光缆组件。但是聚乙烯硬度较低, 不耐磨。单独的聚乙烯护套在防鼠防蚁方面表现不佳。为了使光缆达到良好的防鼠防蚁效果, 需要在聚乙烯护套外面加上尼龙 (PA) 保护层。尼龙机械强度高, 具有良好的耐磨性能, 相比聚乙烯具有更加优良的防鼠防蚁性能。但是尼龙和聚乙烯的冷却收缩差异大, 而且二者黏结性性能差, 容易缩孔, 造成光缆渗水问题。对此, 需要针对聚乙烯和尼龙的特性, 对光缆护套工艺进行研究, 提出解决方案。

1 尼龙在光缆行业的应用

尼龙材料机械强度高、耐磨、韧性好、表面光滑, 具有良好的防鼠防蚁性能。尼龙材料广泛应用于防鼠防蚁光缆的制造。防鼠防蚁光缆典型结构如图 1 所示, 其组成部件包括: 中心加强件、包裹有光纤的套管, 以及可能存在的填充绳一起组成缆芯; 缆芯外面铠装一层金属塑料复合带; 在金属塑料复合带的外面挤制一层聚乙烯护套层; 光缆的最外层再挤制一层尼龙护套层, 将全部光缆组件包裹在内, 起到防鼠防蚁的目的。

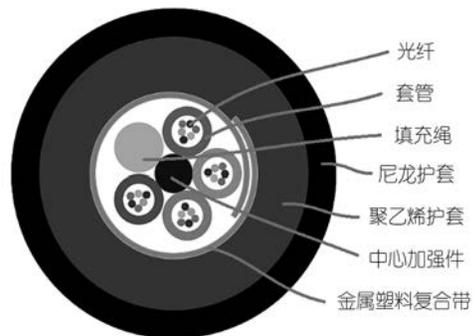


图 1 防鼠防蚁光缆结构示意图

2 光缆护套挤制工艺

2.1 聚乙烯和尼龙双层一次共挤法

在制造聚乙烯和尼龙双层护套初期, 借鉴色条光缆生产工艺, 采用双层共挤法。将挤出机的机头改成双层共挤机头, 可以实现聚乙烯和尼龙双层护套同时挤制, 有效提高了生产效率。但是此方法生产, 存在缺陷, 因为光缆冷却后, 尼龙护套层和聚乙烯护套层不黏黏, 如图 2 所示, 尼龙层和 PE 层分离, 且两层之间存在空隙。

尼龙护套和聚乙烯护套之间分层, 存在的空隙容易造成光缆渗水事故。同时还会劣化光缆的防鼠防蚁

作者简介: 杨文波 (1991-)、男、中级工程师、在广东特发信息光缆有限公司任职光缆制造工艺师, 主要从事光缆制造工艺研发、产品质量管控工作。



图2 尼龙护套和聚乙烯护套不黏黏

性能, 由于尼龙层和聚乙烯不黏结, 在尼龙层受到损伤时, 易和光缆分离, 如图3所示, 使光缆失去尼龙层保护。



图3 尼龙层损伤图

聚乙烯和尼龙直接双层共挤, 会在聚乙烯和尼龙之间形成空隙, 原因在于在冷却时聚乙烯聚收缩率比尼龙的收缩率大, 同时, 在护套挤制时, 外层尼龙在冷却定型后, 内层的聚乙烯还没有完全冷却定型, 还会进一步收缩, 而且内层金属塑料复合带和聚乙烯黏结性较好, 而尼龙和聚乙烯黏结性能不好, 所以聚乙烯会向金属塑料复合带方向收缩, 如图4所示, 在冷却定型后, 就会在聚乙烯层和尼龙层之间形成空隙。

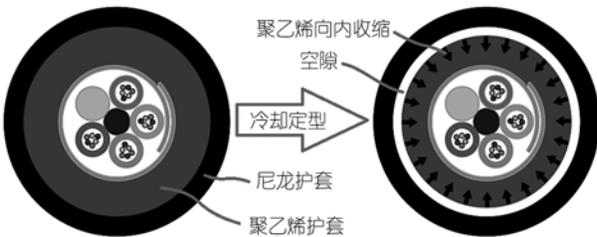


图4 双层共挤护套冷却成型示意图

2.2 聚乙烯和尼龙分别挤制

为了克服尼龙和聚乙烯收缩不一致, 避免两层材料之间有空隙问题。将聚乙烯和尼龙分别挤制: 即第一次护套只挤制聚乙烯护套, 等聚乙烯护套冷却定型后, 再进行第二次护套, 挤制尼龙护套, 如图5所示。聚乙烯和尼龙单独挤制, 可以有效解决聚乙烯收缩率

大的问题。但是依然不能解决聚乙烯和尼龙护套不黏黏的问题。

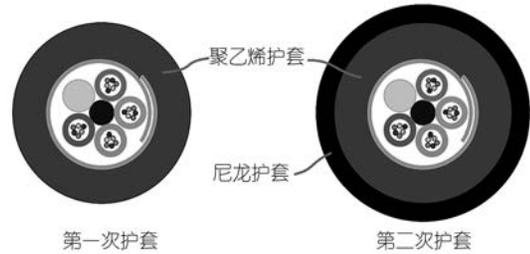


图5 聚乙烯和尼龙分两次护套示意图

聚乙烯护套和尼龙材料本身黏结不好, 加上聚乙烯护套已经冷却, 尼龙护套只是贴合在聚乙烯护套表面。如果聚乙烯护套表面不平整, 毛糙, 还是会导致聚乙烯护套和尼龙护套之间存在空隙。为了改善第一次护套的聚乙烯层和第二护套的尼龙层黏结性能, 对第二次护套进行改进, 如图6所示, 减小第一次护套的聚乙烯厚度, 在第二次护套时, 采用聚乙烯和尼龙双层共挤模式生产。第二次护套的加入薄薄的一层聚乙烯, 热熔的聚乙烯可以和内层聚乙烯黏结较好, 第二次护套的聚乙烯较薄, 可以减小聚乙烯和尼龙的收缩差, 不会在聚乙烯和尼龙层交界面形成明显的空隙, 熔融的聚乙烯和聚乙烯贴合较好。

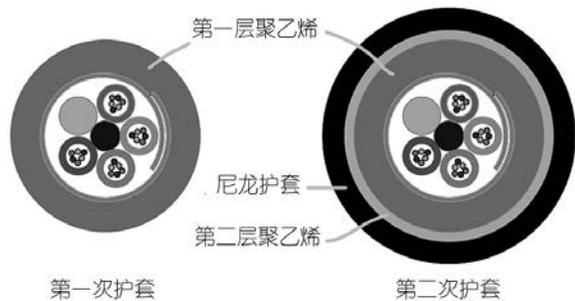


图6 二次共挤护套示意图

普通的聚乙烯和尼龙黏结性能较差, 可以在第二次护套共挤的聚乙烯中加入黏结剂, 混合制成黏结型聚乙烯, 可以使聚乙烯和尼龙层黏结性能提高。如图7所示, 普通聚乙烯和尼龙不黏结, 聚乙烯与尼龙分层。黏结型聚乙烯和尼龙黏结牢固, 聚乙烯和尼龙不会分离。

聚乙烯和尼龙单独挤制时, 需要严格管控第一次护套聚乙烯的质量, 厚度要均匀, 不偏芯、护套圆整。第一层护套不圆整, 会导致第二次护套后偏芯, 还会导致尼龙和聚乙烯层之间形成空隙。第一层护套后, 护套表面要干净整洁, 不能有污染。如第一层护套表

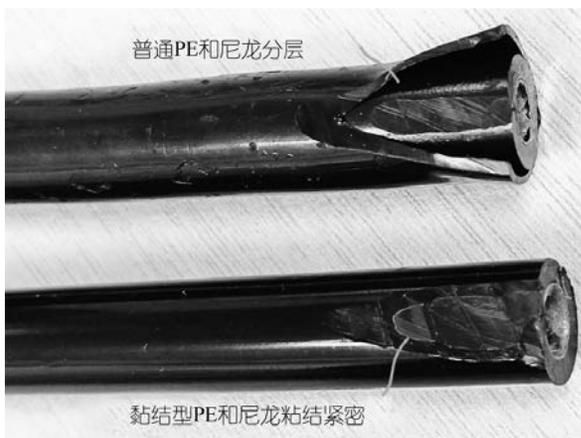


图7 普通 PE 和黏结型 PE 与尼龙黏黏性能对比

面有油污，在第二次护套后，尼龙护套表面有泡，如图8所示。

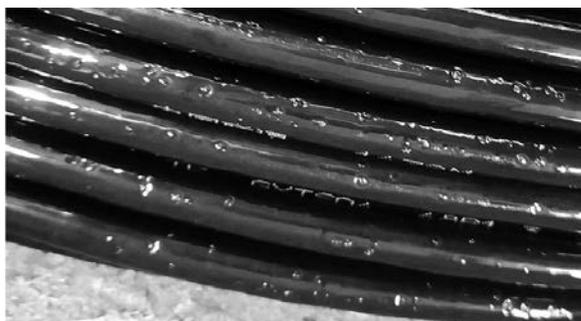


图8 尼龙护套表面有泡

尼龙护套在挤制时，要选用合适拉伸比的模具，如拉伸比过小，在高速生产时会导致尼龙出料不稳定，尼龙料拉脱皮。如图9所示，图9(a)为黏结型聚乙烯和尼龙挤制，在脱皮后，护套，尼龙护套和聚乙烯黏结紧密，脱皮的尼龙无法开剥，造成不可逆的损失。图9(b)为普通聚乙烯和尼龙挤制，尼龙层脱皮后，尼龙可以与聚乙烯分开。

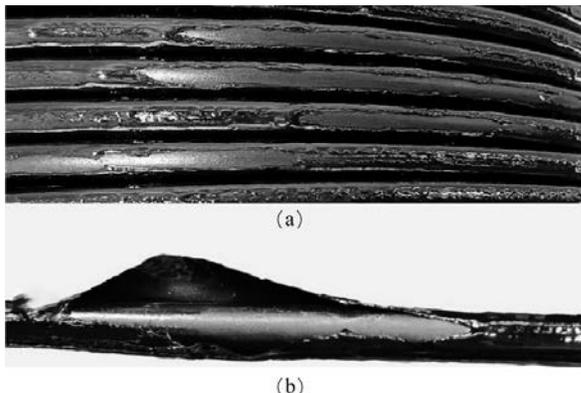


图9 不同聚乙烯和尼龙脱皮图片

2.3 黏结型聚乙烯和尼龙一次共挤

聚乙烯护套和尼龙分次护套，增加工时成本，同时对第一层护套的管控要求较高。因此设计使用黏结型聚乙烯和尼龙双层共挤一次成型，以节约工时成本。在试验的初期发现，黏结型聚乙烯和尼龙一次成型，光缆护套在冷却后，金属复合带的搭接处有气孔，如图10所示，图10(a)图的黏结性聚乙烯厚度较小，在金属塑料复合带的搭接处断断续续，形成小气孔。图10(b)图的黏结型聚乙烯厚度较厚，在金属塑料复合带的搭接处形成较大的气孔。搭接处形成的气孔，随着聚乙烯的厚度增加而增大。金属塑料复合带搭接处有气孔，会导致光缆渗水，从而对光通信造成影响。

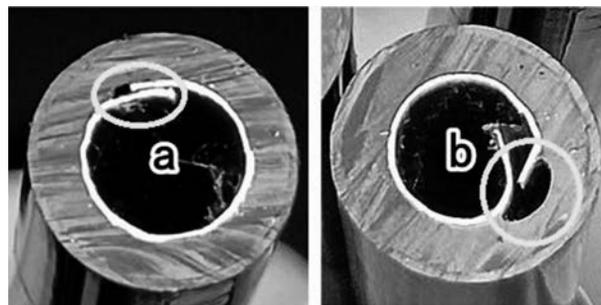


图10 金属塑料复合带搭接处有气孔

为了解决金属塑料复合带搭接处形成气孔问题，需要对黏结型聚乙烯和尼龙的一次成型工艺进行聚乙烯研究分析及改善。为了验证气孔的成因，特做以下试验，在相同条件下，在相同条件下，如图11所示，生产黏结型聚乙烯和尼龙双层光缆护套图11(a)，和单层黏结性聚乙烯护套图11(b)。从图中可以看出，二者的聚乙烯厚度相同，但是图11(a)图在金属塑料复合带搭接处有明显的气孔，而图11(b)图在金属塑料复合带搭接处无明显气孔。相同的厚度，单层黏结型聚乙烯护套无明显气孔，而双层共挤护套有明显气孔。尼龙护套层是气孔存在的重要影响因素。

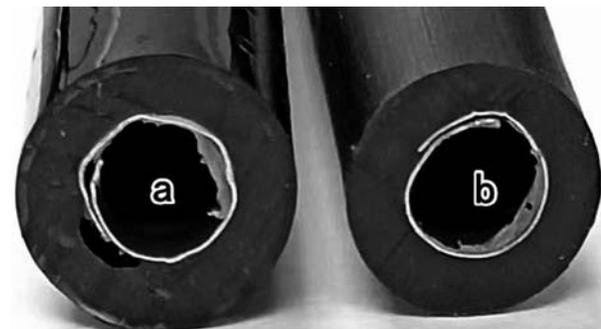


图11 双层护套和单层护套横截面图

单层聚乙烯护套在聚乙烯冷却收缩时，由于金属

塑料复合带和聚乙烯护套有一定的黏结性，且护套无外径向拉力，所以聚乙烯可以靠内侧冷却收缩，不容易形成气孔。而尼龙双层护套容易在金属塑料复合带的搭接处形成气孔，如图 12 所示，尼龙软化点温度相对较高，且尼龙收缩率低，外层的尼龙层在进入水槽后，快速冷却定型。而内层的聚乙烯还没有完全冷却定型，还会进一步收缩。黏结型聚乙烯和尼龙层黏黏在一起，聚乙烯和尼龙之间的黏结力将克服聚乙烯向内收缩力。金属塑料复合带和聚乙烯之间也具有一定的黏结。但是金属带的搭接处，有缝隙，当聚乙烯冷却收缩时，缆芯内的气体会从金属带的搭接处溢出。从而形成气孔。如果气孔是贯通的，将造成光缆渗水。

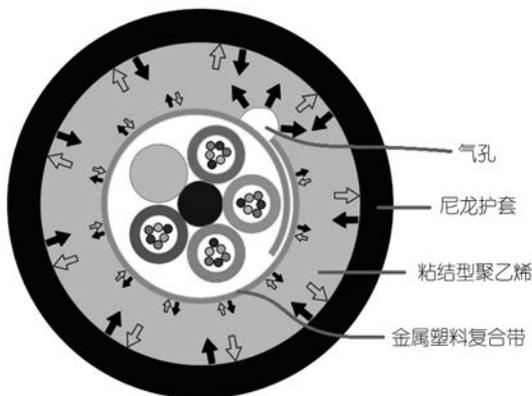


图 12 尼龙和聚乙烯双层护套冷却收缩示意图

聚乙烯的冷却收缩是无法避免的，但是可以通过工艺优化控制，避免气孔的形成，避免光缆渗水。在生产实际中，可以通过延缓外层尼龙冷却定型，例如给冷却水加温，光缆护套从挤出机挤出后，适当延长在空气中的冷却时间，再进入水槽中进行冷却。同时注意调整双层护套的偏芯度，使光缆护套冷却均匀，在聚乙烯护套和金属塑料复合带之间形成均匀的缩松，避免形成贯通的气孔，从而防止光缆渗水。如图 13 所示，黏结型聚乙烯和尼龙一次共挤光缆护套，金属带复合带的搭接处无气孔，光缆不会渗水。

黏结型聚乙烯和尼龙一次共挤方法适合薄壁聚乙

烯护套的光缆，聚乙烯层越厚，收缩越严重，所以生产聚乙烯厚度较厚的光缆时，容易在金属塑料复合带的搭接处形成气孔。当聚乙烯护套厚度要求较厚时，聚乙烯可以分两次护套，第一次先护套部分厚度的聚乙烯，第二次护套时采用黏结型聚乙烯和尼龙一次共挤成型工艺，分两次护套，可以使聚乙烯层和尼龙层结合紧密，且搭接处无气孔。



图 13 黏结型聚乙烯和尼龙一次共挤光缆护套

3 结论

通过对聚乙烯和尼龙双层护套工艺试验结果可以看出：在聚乙烯中加入黏结剂可以有效的改善聚乙烯和尼龙的黏结性能。聚乙烯的冷却收缩率大于尼龙，在生产实践中，应该避免尼龙过早冷却定型，缓解两种材料的收缩之间的差距。聚乙烯层厚度要求小时，采用黏结型聚乙烯和尼龙一次共挤护套工艺方法，可以有效提高生产效率，同时保证产品质量。聚乙烯层的厚度较厚时，宜采用分次护套方法，第一层先护部分的厚度较厚时，第二次使用黏结型聚乙烯和尼龙一次共挤护套确保聚乙烯和尼龙的黏结性能，分次护套避免了金属塑料复合带的搭接处形成气孔。

Analysis of extrusion process for polyethylene and nylon double-layered jacket optical fiber cable

Yang Wenbo, Pan Jinhua, Zhang Qisheng, He Xinlin

(Guangdong Tefa Information Optical Cable Co. LTD., Dongguan 523400, Guangdong, China)

Abstract: This article aims to explore the application of nylon materials in the optical cable industry.

The research focuses on the extrusion process of polyethylene and nylon double-layer sheaths, and deeply analyzes the molding characteristics of polyethylene and nylon, in order to find the best extrusion scheme for nylon and polyethylene double-layer sheaths. At the same time, the aim is to develop corresponding quality control measures to effectively solve the problem of fiber optic cable water leakage caused by polyethylene shrinkage.

Key words: polyethylene; nylon; fiber optic cable; contraction; water seepage

(R-03)

位列全球前 15%，赛轮集团荣获 EcoVadis 银牌 Ranked in the top 15% globally, Sailun Group has won the EcoVadis silver medal

全球领先的企业可持续性评级机构 EcoVadis 公布了赛轮集团最新评级，授予赛轮集团银牌，标志着集团跻身全球参评企业的前 15%，是继 MSCI ESG 评级提升为“BB”之后，国际知名 ESG 评级机构对赛轮集团可持续发展表现的又一肯定。

EcoVadis 是全球公认的企业社会责任评级服务提供商，自 2007 年成立以来，已经为全球超过 180 个国家与地区的 15 万家企业提供 ESG 评级服务。EcoVadis 评估体系是以国际企业社会责任标准为核心，涵盖环境、劳工与人权、可持续采购及商业道德四个可持续发展关键领域，在衡量企业整体可持续发展表现中具有重要参考价值。

此次荣获银牌，是对赛轮集团多年来持续深入践行可持续发展理念的肯定，展现了中国轮胎企业的社会担当。

在环境领域，赛轮集团坚持绿色低碳发展道路，发布了面向 2030、2050 的可持续发展目标，彰显集团在应对气候变化、推动全球可持续发展进程中的企业担当。同时，集团所有工厂均已通过 ISO 14001 环境管理体系、ISO 50001 能源管理体系及 ISO 9001 质量管理体系等多项认证，获评为中国工业碳达峰“领跑者”企业、国家级绿色工厂等多项国家级绿色荣誉，持续打造行业可持续发展样本。

在劳工与人权领域，赛轮集团秉承“信任与尊重”的核心价值观，在“赛轮人是公司最宝贵的财富”的人本理念指引下，所有工厂均已通过 ISO 45001 职业健康与安全管理体系认证，让每一位员工都能在一个安全、健康、和谐的工作环境中发挥其最大潜能。在全球化的发展进程中，赛轮集团摸索出一条具有鲜明特色的“文化互融·共同发展”的跨文化沟通路径，强化属地化管理与本土化运营，为集团全球化发展运营奠定了坚实的基础。

在可持续采购领域，赛轮集团建立起负责任的可持续供应链管理体系，加入了全球可持续天然橡胶平台（GPSNR），与全球天然橡胶价值链中的利益相关方一道，助力全球天然橡胶行业的可持续发展，成功获评为国家级绿色供应链管理企业。

在商业道德领域，赛轮集团建立了科学完善、高效运作的现代公司治理体系，构建了强有力的可持续发展执行架构。在全球化运营中坚持商业道德、信息安全等合规运营底线，为全球员工开展反贿赂培训，构建了一个从内到外健康、透明的商业运营模式，被中国上市公司协会评选为 2024 年度上市公司董事会“最佳实践案例”。

面向未来，赛轮集团将与更多的全球合作伙伴携手，共同构建可持续发展生态圈，持续为社会提供更优的轮胎低碳解决方案，为全球可持续发展与绿色出行贡献更多赛轮力量。

摘编自“赛轮集团”

(R-03)

