

阅读提示

电线电缆是指用以传输电力、传递信息和实现电磁能量转换的一类电工线材产品,被称为国民经济的“血管”与“神经”。在各类电缆中,高压、超高压输电方式被认为是电力行业未来的发展方向。中研产业研究院发布的《2021~2026年高压电缆市场发展现状调查及供需格局分析预测报告》指出,由于高电压电气装备电缆存在较高的技术壁垒,市场缺口很大,几乎全部依赖进口。作为高压、超高压电线电缆的关键材料,绝缘层能够在雷雨频发的夏季有效保障电力系统的安全。中国石化持续在高压、超高压电线电缆关键绝缘材料研发生产中发力,减少了进口依赖,推动了国产化替代。

本版文图由 赵书萱 潘亚男 杜洋 衣惠君 袁浩 提供

中国石化长期深耕电缆料领域,研发生产出以交联聚乙烯(XLPE)和高性能聚丙烯(PP)为原料的高端电缆绝缘材料,打破长期依赖进口的被动局面

高端电缆绝缘料卡脖子技术获突破

知识链接

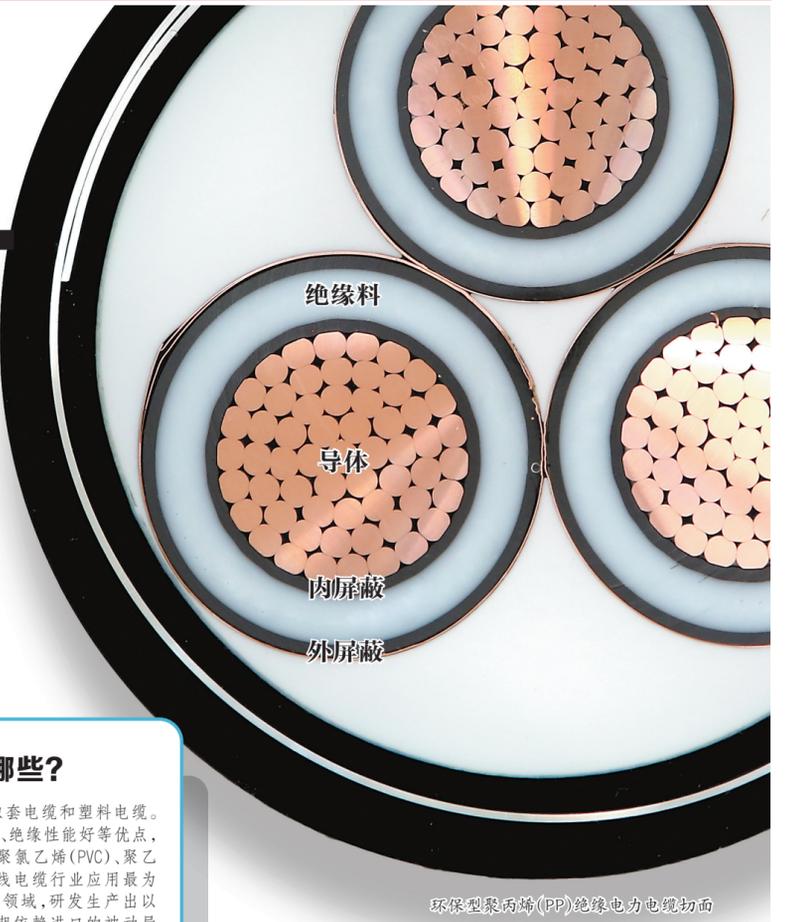
电线电缆分类

电线电缆一般分为裸电线、电力电缆、电气装备用电线电缆、通信电缆、电磁线等,根据电压也可分为以下几类:

电压范围	1千伏以下	6~10千伏	35~220千伏	330~1000千伏	1000千伏以上
	低压	中压	高压	超高压	特高压

电线电缆绝缘层材料有哪些?

按照不同绝缘材料,电线电缆分为橡胶套电缆和塑料电缆。塑料绝缘电缆具有重量轻、运行维护简单、绝缘性能好等优点,被广泛应用于低、中、高压电缆。其中,聚氯乙烯(PVC)、聚乙烯、交联聚乙烯(XLPE)、聚丙烯(PP)是电线电缆行业应用最为广泛的塑料。中国石化长期深耕电缆料领域,研发生产出以XLPE和PP为代表的电缆绝缘料,打破长期依赖进口的被动局面。



交联聚乙烯(XLPE)电缆绝缘料

XLPE(交联聚乙烯)用于电缆绝缘已有半个多世纪。随着制造技术的发展,目前XLPE已广泛应用于各个电压等级的电力电缆,成为110千伏及以上高压电缆的主绝缘材料。

产品名片

什么是XLPE?

XLPE(交联聚乙烯),即经过交联改性的PE(聚乙烯),是聚乙烯在高能射线或交联剂的作用下,其大分子之间发生交联,从而具有网状结构特质,可显著提升聚乙烯的机械性能和耐热性能。

XLPE具有什么特性?

与普通聚乙烯相比,XLPE具有更好的力学性能、耐环境应力开裂性能、耐化学药品腐蚀性能、抗蠕变性能和电性能等综合性能。

● 耐热性能:

XLPE具有十分优异的耐热性能。采用XLPE作为绝缘的电缆,其长期工作温度可提高至90摄氏度,能承受的瞬时短路温度可达250摄氏度。

● 绝缘性能:

XLPE保持了聚乙烯原有的良好绝缘特性。

● 机械性能:

XLPE由于在大分子间生成网状结构,拉伸强度和抗蠕变性能均有提高,具有良好的耐环境应力开裂性能。

● 耐化学性能:

XLPE具有较强的耐酸碱和耐油性,其燃烧产物主要为水和二氧化碳,对环境的危害较小,满足安全环保要求。

市场情况

交联聚乙烯由于其优良的电气、机械性能,被广泛用于中高压交流电力电缆绝缘,其绝缘性能与其纯净度有密切关系。低密度交联聚乙烯是目前电线电缆厂家在电力电缆生产中使用最多的绝缘材料。

我国从20世纪90年代初开始引进高压电缆生产线,目前年生产能力达5万千瓦。根据公开资料估算,以当前国内高压电缆的规格来看,平均每千米高压电缆需要两吨左右的绝缘材料。当前,国内110千伏及以上高压电缆用交联聚乙烯绝缘料的年消费量在10万吨左右。但目前,我国高压电缆绝缘料产业滞后,产品主要依赖进口。

国内高压及特高压电缆生产企业主要集中在江苏、山东、浙江等地。



生产工艺

石油在炼油厂经蒸馏处理得到石脑油组分,输送到乙烯装置,在高温下石脑油裂解产生乙烯。乙烯在高温高压下聚合形成LDPE(低密度聚乙烯)。有机过氧化物再渗透到低密度聚乙烯中,最终形成XLPE(交联聚乙烯)。黑色的石油至此成为晶莹的颗粒。

企业足音

燕山石化:打破交联聚乙烯电缆绝缘料国外垄断

长期以来,国内交联聚乙烯电缆绝缘料大多能做到35千伏及以下等级,高压(110~500千伏)电缆绝缘料主要依赖进口。为保障国家电力产业链、供应链安全,中国石化积极攻关,致力于攻克关键卡脖子技术。

2010年,燕山石化组建攻关团队,围绕绝缘料中试生产线建设、产品性能研究、检测分析表征、工业生产技术开发、示范工程建设等开展系列工作,完成高压交联聚乙烯生产装置工艺包编制,成功开发高压交联聚乙烯绝缘料成套技术。2016年,燕山石化采用自主研发技术,建成单线生产能力2.5万吨/年的高压交联聚乙烯超洁净绝缘料生产装置,是国内首套全封闭、连续法生产超洁净交联聚乙烯绝缘料的生产装置,可从源头上控制产品质量,保证产品的洁净水平。中国石化进一步打破交联聚乙烯电缆绝缘料的国外垄断。

截至目前,燕山石化已产销110千伏电缆绝缘料6000多吨。以此为基础,燕山石化将持续开发220千伏及500千伏等高压电缆绝缘料。

新闻会客厅

低密度聚乙烯基础树脂让产品更加稳定、超净

嘉宾:燕山石化交联聚乙烯超净绝缘料开发攻关团队科研开发副主任 师 翥建

目前,我国电线电缆消费量占全球消费总量的34%,且处于高速增长阶段。据国家能源局数据,截至今年4月底,全国累计发电装机容量约26.5亿千瓦,同比增长9.7%。今年前4个月,全国主要发电企业电源工程完成投资1802亿元,同比增长53.6%。我国电线电缆行业前景向好。

交联聚乙烯凭借优异的电性能、耐热性能、抗蠕变性能、耐腐蚀性能和耐环境应力开裂性能,成为电力电缆的首选绝缘材料。但国内110千伏及以上高压电缆用交联聚乙烯绝缘料大多依赖进口。中国石化致力于解决卡脖子问题,持续推进高压交联聚乙烯超净绝缘料国产化进程,在燕山石化成功建成交联聚乙烯超净绝缘料生产装置,且实现原料到绝缘料的全密闭、连续法生产,有力确保稳定和超净两项关键指标,产品质量达到国外进口产品的水平。目前已实现110千伏电缆交联聚乙烯超净绝缘料的工业化生产,正在积极探索220千伏及更高等级电缆交联聚乙烯超净绝缘料的生产。

高性能聚丙烯(PP)电缆绝缘料

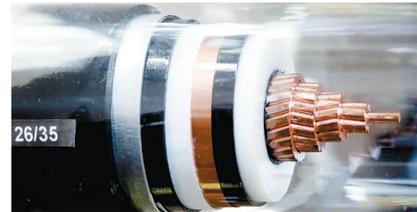
21世纪初,欧盟布局第二代环保型高性能聚丙烯(PP)电缆料,目前已经有数十万公里的工程应用,其材料和工艺技术对外严格保密。凭借低碳、可回收的环保特性,聚丙烯电缆料成为非交联聚丙烯绝缘料最热门的研究方向。突破该领域的研发,对推动我国电缆材料工业的发展、实现我国电缆绝缘材料和电缆成品的国产化,具有重要意义。

目前,中国石化1000吨/年接枝改性聚丙烯中试装置正在茂名石化建设中,从材料理化性能看,可满足10千伏、35千伏、110千伏、220千伏及500千伏等电压等级电缆需求,正在逐级开展应用验证。目前已经完成了35千伏电缆应用验证,即将试制110千伏及220千伏电缆。

产品名片

什么是高性能聚丙烯电缆料?

聚丙烯电缆料采用超软聚丙烯+聚丙烯接枝技术,通过化学反应在聚合物基体分子链上接枝功能性化学基团,在微观层面对聚合物分子链进行修饰,进而实现宏观性能调控。



高性能聚丙烯电缆料有哪些特点?

- 通用性树脂,具有产量大、价格低的优势。
- 简化了生产流程,能耗低。高性能聚丙烯可免去交联等工序,增加电缆连续挤出长度,有利于降低成本。
- 可回收再利用,实现全生命周期过程的低碳化。以35千伏等级绝缘料为例,相比传统电缆料,高性能聚丙烯绝缘料的全生命周期可减少碳排放30%。

企业足音

北化院:成功试制多规格高性能聚丙烯电缆

北化院于2019年成立了首个新领域培育项目,组建跨部门、跨专业的联合攻关团队,并与清华大学联合开发了接枝改性高性能聚丙烯电缆绝缘料技术。该技术通过接枝改变分子轨道能级和能带结构,可大幅提升聚丙烯的绝缘性能,其直流击穿强度、电晕率、抗电树、抗水树等性能均高于已知同类产品,在高压等级绝缘料方面有巨大潜力。该技术属于原创性技术,已申请中国发明专利35件、PCT专利3项,开展了机理研究,建立了基础理论模型。

目前,北化院已试制多种规格的10千伏和35千伏等级高性能聚丙烯电缆。2021年1月,10千伏和35千伏等级聚丙烯电缆通过型式测试;2022年9月,首条10千伏接枝聚丙烯电缆于浙江电网杭州分公司萧山区潼江C632线工程中挂网应用;2023年2月,10千伏和35千伏等级接枝改性聚丙烯绝缘电缆通过中国机械工程师协会的新产品鉴定。今年上半年,3条10千伏和35千伏等级聚丙烯电缆在南方电网的3项工程中挂网应用。此外,北化院已完成1000吨/年接枝改性聚丙烯中试工艺包,于2022年3月通过集团公司科技部审查,中试装置落地茂名石化,正在建设中。

技术路线

高性能聚丙烯绝缘料的技术路线有弹性体共混、共聚改性、纳米掺杂和接枝改性等。共混增韧改性和共聚改性仅可实现材料机械性能的调控,无法同时调控绝缘性能。纳米掺杂技术是目前研究热度最高的技术,3%的纳米掺杂可大幅提高材料的电性能,然而,纳米粒子的分散性和高成本等问题,导致该技术难以用于批量化制备和稳定品控。

接枝改性可以有效增加材料中的电荷陷阱,抑制空间电荷的积累,且对于材料的加工性能和机械性能没有负面影响,在规模生产方面有显著的优势。采用该技术,石化企业可实现从烯烃原料、聚合、接枝改性到最终产品的全封闭洁净生产,成为未来聚丙烯电缆料开发的主要方向。

新闻会客厅

热塑性环保电缆材料成为发展方向

嘉宾:北京化工研究院聚烯烃技术主任 袁浩

电力工业关乎国计民生。随着经济高质量发展、城市化进程加快,以及光伏、海上风电场的建设,未来高压电缆需求巨大。

挤包型电缆为最主流的输电电缆,其绝缘层起承压作用,基本上决定了电缆的运行场景。针对传统电缆料高温绝缘性能较差、成缆时须经高温交联并脱气去除残留的副产物、退役绝缘料回收困难等问题,很多机构和学者开始进行热塑性绝缘料的研究。

聚丙烯具有更强的电气绝缘性能、更高的长期运行温度,并具备热塑可回收性。此外,聚丙烯作为通用性树脂,具有产量大、价格低的优势,相比传统电缆料免去了交联和脱气工序,简化了生产流程,能耗低,可增加电缆连续挤出长度,有利于降低成本,同时可回收再利用,实现全生命周期过程的低碳化。突破低碳可回收的聚丙烯绝缘料,对推动我国电缆材料工业的发展、实现我国电缆绝缘材料和电缆成品的全国产化换道超越,具有重要战略意义。

我国自2013年起开始研究聚丙烯绝缘料。经过十年发展,聚丙烯绝缘料逐渐被业界重视,特别是近年来发展迅猛。目前,已经有十余条中压电缆完成挂网应用。今年5月,110千伏聚丙烯电缆也在广州投运,已建成两条聚丙烯绝缘料中试生产线。2022年8月,工信部等五部委印发的《加快电力装备绿色低碳创新发展行动计划》,将热塑性环保电缆材料明确为绿色低碳发展方向。