

《煤矿用整芯阻燃输送带》

编制说明

标准编制组

一、工作简况

（一）任务来源

任务来源内容包括任务来源、立项计划编号（SXJPXXXXXX）、主要起草小组人员组成及所在单位等。

这里按照实际情况写，以下给出简要模板：

按照**要求，依据《**》，确定《煤矿用整芯阻燃输送带》立项，立项编号：**。

本标准由**提出，由**归口。

本标准起草单位为：**，

主要起草小组人员：**

（二）起草工作概况

1. 标准预研

2022 年 7 月，成立标准起草工作组，明确相关单位和负责人员的职责和任务分工；

2022 年 7 月-9 月，标准起草工作组积极开展调查研究，检索国家及其他省市相关标准及法律法规，调研煤矿用整芯阻燃输送带技术现状和市场需求情况，并进行分析总结，为标准草案的编制打下了基础；

2022 年 10 月-2023 年 2 月，分析研究调研材料，与现有行业标准 MT/T 914-2019《煤矿用整芯阻燃输送带》相比，本标准将技术指标纵横向拉伸强度提高至 1399.4、490.7，纵横向拉断伸长率提高至 15.5、23.1，阻燃性能总体提高 15%，多项指标优于行业标

准，符合制定团体标准的技术要求；

2023 年 3 月，确定标准主题、范围及框架。

2023 年 4 月-2023 年 5 月，组织多次线上会议讨论标准框架、并形成标准草案；

2023 年 6 月，组织多次讨论会完善标准草案。

2. 标准立项

2023 年 7 月，标准起草工作组通过研讨会、电话会议等多种方式，对标准的主要内容进行了讨论，并完成团体标准立项文件。

2023 年 7 月底，《煤矿用整芯阻燃输送带》团体标准正式立项。

3. 征求意见稿编写阶段

2023 年 8 月底，标准起草工作组通过讨论，确定本标准的主要内容包括煤矿用整芯阻燃输送带的规格、技术要求、试验方法、检验规则和标志、包装、贮存和运输等，初步形成标准草案和编制说明。经相关标准专家审核后，进行修改完善，最终形成征求意见稿，线上线下征求意见；

二、标准编制原则和主要内容的论据

本标准的编制遵循“前瞻性、实用性、统一性、规范性”的原则，注重标准的可操作性，严格按照 GB/T 1.1《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》最新版本的要求进行编写。

本文件的主要包括以下内容：

（一）范围

在“范围”一章中，明确了本文件适用范围为煤矿用整芯阻燃输送带生产、检验和销售。

（二）规范性引用文件

在“规范性引用文件”一章中，引用了相关国家标准、行业标准。

（三）术语和定义

在“术语和定义”一章中，为了更好地理解和使用本标准，参考国内外相关标准、文献、工具书，规定 MT/T 914 界定的术语和定义适用于本文件下列术语和定义适用于本文件。

（四）规格

在“规格”一章中，为了和行业产品保持一致性，规定煤矿用整芯阻燃输送带的规格应符合 MT/T 914 中的规定。

（五）技术要求

在“技术要求”一章中，对产品的外观质量、宽度极限偏差、覆盖层厚度、拉伸强度、拉断伸长率、额定力伸长率、成槽性、撕裂力、黏合强度、覆盖层物理机械性能、表面电阻性能、阻燃性、接头强度、接头动态耐久性、织物接头等 15 项技术项目进行了规定，技术项目与 MT/T 914 一致，技术指标中纵横向拉伸强度提高至 1399.4、490.7，纵横向拉断伸长率提高至 15.5、23.1，阻燃性能总体提高 15%，其他技术指标与 MT/T 914 一致。

（六）试验方法

在“试验方法”一章中，对产品的取样方法、外观质量、宽

度试验、覆盖层厚度试验、直线度试验、拉伸强度试验、拉断伸长率试验、额定力伸长率试验、成槽性试验、撕裂力试验、黏合强度试验、覆盖层物理机械性能试验、表面电阻性能、与阻燃性要求相关的试验（滚筒摩擦试验、喷灯燃烧试验、巷道丙烷燃烧试验）、接头强度试验、接头动态耐久性试验的方法进行了规定，试验方法按照国家标准。行业标准的检验方法进行，保障检验结果的科学严谨准确。

（七）检验规则

在“检验规则”一章中，对检验报告、出厂检验、型式检验和判定规则进行了规定。

（八）标志、包装、贮存和运输

在“标志、包装、贮存和运输”一章中，对产品的标志、包装、贮存和运输进行了规定。

三、主要试验（或验证）情况分析；

（一）技术方案、技术原理和技术特征

本项目实施的总体技术方案如图 1 所示。以聚合物基质 EPDM 和阻燃输送带（PVG 型）为研究对象，针对炭黑高温补强性能差、无机阻燃剂的阻燃性能和力学性能难以兼顾，以及补强剂、阻燃剂与高分子材料之间的相容性差、并用橡胶中相态结构不均匀等问题，本项目开展了无机功能填料研发、特种橡胶性能和组分优化以及产业化应用示范生产线建设等三个方面的研究，开发了无机纳米氧化硅补强填料的溶胶-凝胶-低温老化制备技术、片状纳米氢氧化镁和

碱式硫酸镁晶须可控制备技术、材料表面改性及相容性调控、橡胶并用预混炼技术和聚合物包覆造粒等关键技术，建设了万吨级耐高温输送带和阻燃输送带示范生产线，并进行了工艺优化研究，制备了二氧化硅耐高温补强剂、阻燃性能优异的镁基阻燃材料、耐高温和耐灼烧橡胶材料以及用于耐高温输送带的覆盖层和覆盖胶、耐高温输送带和阻燃输送带。三个子课题的具体工艺路线和技术方案如下：

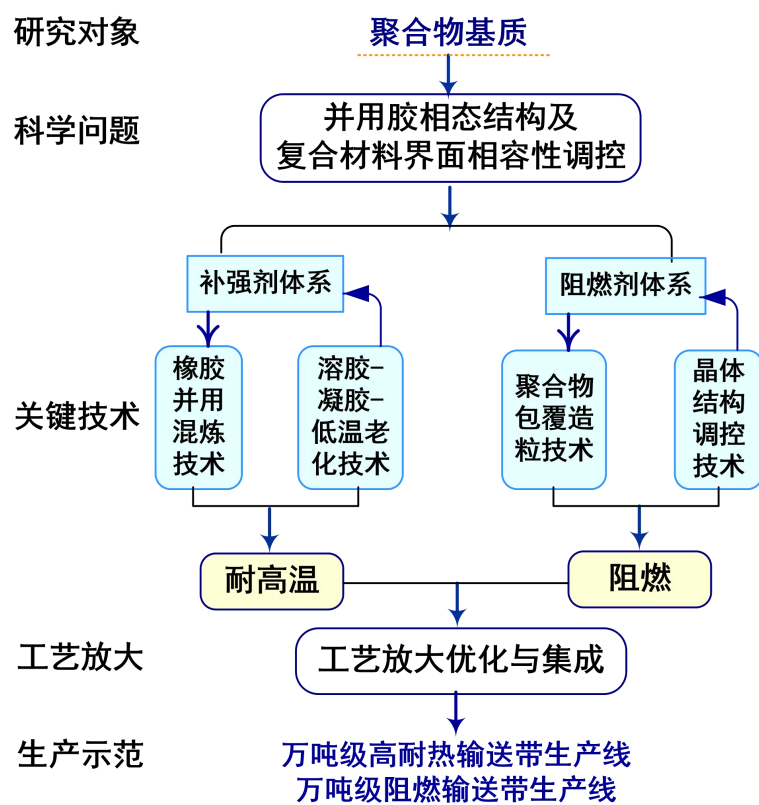


图 1 项目实施技术路线示意图

1. 无机功能填料制备、改性及应用

本课题针对现有炭黑补强剂高温补强性能差、无机阻燃剂阻燃性能和力学性能难以兼顾，以及补强剂、阻燃剂与高分子材料之间

的相容性差等问题，重点开展了“纳米 SiO₂ 的制备、表面改性及其在耐高温橡胶中的应用”、“六棱片状纳米氢氧化镁和碱式硫酸镁晶须的可控制备、表面改性及阻燃应用”等研究。

(1) 纳米 SiO₂ 的制备、表面改性及其在耐高温橡胶中的应用

以粉煤灰预脱硅液和酸浸铝酸渣为原料，采用直接沉淀法和溶胶凝胶-低温老化技术制备了高比面积的纳米 SiO₂ 和气凝胶，然后以不同硅烷偶联剂及聚罗丹宁对 SiO₂ 进行表面改性并应用于 EPDM 中，技术路线如图 2 所示。对所制备的纳米 SiO₂ 产品进行 X 射线粉末衍射 (XRD)、红外 (FT-IR)、电感耦合等离子体发射光谱 (ICP)、X 射线荧光光谱 (XRF)、固体核磁共振 (MAS-NMR)、扫描电子显微镜 (SEM) 及低温物理吸附测试与表征，采用多功能测试仪、邵氏硬度计和厚度计对橡胶的拉伸性能、撕裂性能测试、硬度和厚度进行了测试。系统研究了十六烷基三甲基溴化铵 (CTAB)、聚乙二醇 (PEG)、Ca/Fe 杂质对纳米 SiO₂ 纯度、粒径和分散性的影响，溶剂、改性剂用量、改性条件对纳米 SiO₂ 表面疏水性的影响，以及气凝胶和纳米 SiO₂ 对橡胶力学性能、热稳定性、耐高温等性能的影响，阐明了 SiO₂ 气凝胶的形成机制及影响因素，以及原料中的杂质 (Ca、Fe) 对 SiO₂ 纯度的影响机制。结果表明，孔结构可通过硅酸的聚合反应速率与反应程度加以控制，而老化温度对聚合反应速率影响很大，温度越高，聚合反应速率越快，反应程度越高，材料中 Si-O-Si 聚合程度越高，材料孔结构越稳定；当原料中 Fe₂O₃ 与 CaO 含量过高时可形成沉淀物 Ca₂Fe₂O₅，严重影响 SiO₂ 的纯度，而 CaO、Fe₂O₃

含量低于 6%和 15%时，SiO₂ 的纯度达到 90%以上，产品符合国标要求。溶胶凝胶-低温老化的最佳工艺条件为 40 oC、pH=8 的条件下老化 120 min，所制备的纳米 SiO₂ 的比表面积最高可达 690 m²/g，经硅烷偶联剂表面改性后，水接触角可达 140.6°，显著改善了 SiO₂ 气凝胶在 EPDM 中的分散性和相容性，提高了橡胶的力学性能及热稳定性。当改性 SiO₂ 气凝胶的添加量为 60 phr（EPDM 质量的 60%）时，橡胶的拉伸强度和撕裂强度分别高达 22.25 MPa 和 58.71 kN/m，热分解温度由原来的 474.7 oC 提高到 481.5 oC。该技术路线具有条件温和可控、操作简单、产品性能优异的特点，易实现产业化生产，且所需硅源为粉煤灰提铝废渣，可同时实现煤基固废资源的高效利用。



图 2 SiO₂ 的制备、改性及应用技术路线图

（2）六棱片状氢氧化镁和碱式硫酸镁晶须的可控制备、表面改性与应用

如图 3 所示的技术路线，以氯化镁为原料，采用溶胶凝胶-水热晶化法，分别制备了六棱片状氢氧化镁和碱式硫酸镁（MHS-512）

晶须，研究了反应物浓度和配比、水热反应温度和时间，以及不同结构导向剂等对氢氧化镁和 MSH-512 晶须的晶相结构、微观形貌等的影响，并提出了六棱片状氢氧化镁和 MSH-512 晶须在不同添加剂作用下的生长机理；然后通过油酸钠引入 C=C 不饱和双键进而实现甲基丙烯酸甲酯（Methyl Methacrylate, MMA）在氢氧化镁表面的接枝聚合改性，以硬脂酸钠对 MSH-512 晶须进行表面包覆改性，探究了油酸钠、MMA、硬脂酸钠等的用量和反应条件对材料表面疏水性能的影响；将改性氢氧化镁和 MSH-512 晶须用于阻燃橡胶和 PVC 中，探究了改性前后阻燃剂的添加量对阻燃橡胶和 PVC 力学性能和阻燃性能的影响。研究表明，聚乙二醇（PEG-8000）可优先吸附于氢氧化镁晶体的 (001) 和 (101) 晶面上，对六棱片状晶体的生长具有较强的结构导向作用；乙二胺四乙酸二钠（EDTA-Na）和乙醇在 MSH-512 生长过程中具有耦合作用，EDTA 负离子先与 Mg^{2+} 结合形成络合物，降低了溶液中 Mg^{2+} 的浓度，减缓了 $[Mg(OH)_6]^{4-}$ 的生成，从而减少因晶核生成过快而产生的团聚，同时也阻碍了 $[Mg(OH)_6]^{4-}$ 之间的相互作用以及氢氧化镁的生成；乙醇分子可吸附在碱式硫酸镁晶核表面，增加晶核表面的羟基数，并通过氢键作用吸引溶液中游离的 $[Mg(OH)_6]^{4-}$ 和 SO_4^{2-} ，促使晶须沿着 b 轴生长，形成高长径比的碱式硫酸镁晶须。所制备的六棱片状氢氧化镁形貌优良、尺寸均匀、分散性好，MSH 晶须的结晶度高、表面光滑、尺寸均匀，长度为 $500\sim 1000\ \mu m$ ，长径比高达 $150\sim 300$ 。通过化学包覆和接枝聚合分别对氢氧化镁和 MSH 晶须表面改性后疏水性能优异，接触角分别可

达 148° 和 141° ，与 PVG 芯糊和橡胶的相容性良好，使其阻燃性能显著提高（优于国际），且对其力学性能影响不大（与传统的氢氧化铝阻燃剂相比，力学性能优于国内同行产品）。所采用的溶胶凝胶-水热晶化技术路线简单，工艺条件可控，易于实现规模化生产。



图3 六棱片状氢氧化镁和碱式硫酸镁晶须制备、改性和应用技术路线图

2. 特种橡胶性能和组分优化

针对现有耐高温输送带的覆盖胶耐热温度低、高温使用寿命短以及并用胶相态结构不均匀的问题，分别开展了“三嵌段聚合物相容剂的制备与表征”、“界面相容剂 LMPB-g-KH570-g-SR（Low Molecular Polybutadiene, LMPB-g-KH570-g-Silicon Rubber, SR）对丁苯橡胶/三元乙丙橡胶（SBR/EPDM）并用胶性能的影响”、“密炼接枝改性增容 SBR/EPDM 的性能研究”以及“耐烧蚀硅橡胶复合材料的制备与性能”四个方面的研究。

（1）三嵌段聚合物相容剂的制备与表征

$$\begin{array}{c}
 \text{Ph}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}=\text{CH}_2}{\overset{|}{\text{C}}}-\left(\text{C}_m^{\text{H}}-\underset{\text{CH}=\text{CH}_2}{\overset{|}{\text{C}}}\right)-\left(\text{C}_n^{\text{H}}-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}_n^{\text{H}}\right)-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COO}-\text{C}_2\text{H}_4-\text{C}_2\text{H}_4-\text{Si}(\text{OCH}_3)_2 \\
 \xrightarrow[\text{XY}]{\text{Initiator}} \text{Ph}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}=\text{CH}_2}{\overset{|}{\text{C}}}-\left(\text{C}_m^{\text{H}}-\underset{\text{CH}=\text{CH}_2}{\overset{|}{\text{C}}}\right)-\left(\text{C}_n^{\text{H}}-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}_n^{\text{H}}\right)-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 - \text{OOC}-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2-\text{C}_2\text{H}_4-\text{C}_2\text{H}_4-\text{Si}(\text{OCH}_3)_2 \\
 \downarrow \text{DCP, TL, Water} \\
 \text{HO-Si(CH}_3)_2\text{-O-[Si(CH}_3)_2\text{-O]}_x\text{-Si(CH}_3)_2\text{-OH} \longrightarrow \text{A cross-linked network of polysiloxane chains connected by ester linkages derived from the copolymer backbone.}
 \end{array}$$

(2) LMPB-g-KH570-g-SR 对 SBR/EPDM 并用胶性能的影响

以 LMPB-g-KH570-g-SR 三嵌段聚合物相容剂、EPDM、SBR 等为原料，采用了分段混炼工艺，制备出了双连续相的 EPDM/SBR 并用橡胶基体；研究了嵌段聚合物界面相容剂对并用胶加工性能、硫化性能以及硫化胶力学性能和耐老化性能的影响，实验技术方案如图 5 所示。结果表明：未加入相容剂的共混胶的硬度很高，拉伸撕裂强度非常差，断裂伸长率很低，在加入相容剂后拉伸撕裂强度以及断裂伸长率都得到了明显的提高。加入 4 份界面相容剂，其拉伸强度和撕裂强度分别达到了 13.4 MPa 和 32 MPa，断裂伸长率更是达到了 253%；而未加入相容剂的共混胶的拉伸强度、撕裂强度和断裂伸长率分别只有 5.2 MPa、24.3 MPa 和 8.84%。此外，加入相容剂后硬度也有明显的下降，未加入相容剂的共混胶的硬度达到了 98，而加入了相容剂的共混胶硬度只有 75 左右。硬度过高可能会导致填料在混炼时分散不均匀，这也是不加相容剂的共混胶力学性能差的原因之一。

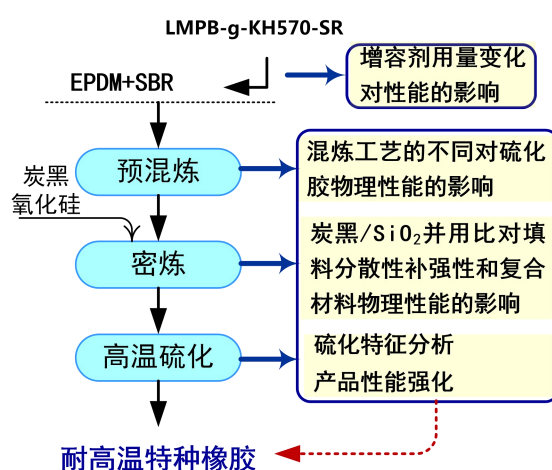


图 5 相容剂 LMPB-g-KH570-g-SR 对 SBR/EPDM 综合性能影响研究技术方案

(3) 密炼接枝改性增容 SBR/EPDM 研究

以低分子量丁苯橡胶（Low Molecular Styrene Butadiene Rubber, LSBR）、EPDM 为原料，采用反应性密炼接枝改性工艺，利用自由基反应原理，在 EPDM 大分子上原位接枝低分子量的 LSBR，得到 EPDM-g-LSBR；然后以其作为界面相容剂填充到 SBR/EPDM 并用胶中，考察用量变化对并用胶综合性能的影响（具体研究技术方案如图 6 所示）。结果表明：利用密炼接枝工艺，可以得到接枝率高达 5% 的 EPDM-g-SBR 界面相容剂；将其填充到 EPDM/SBR 的并用橡胶中，用量在 8phr 时，材料的拉伸强度最大，可达 16 MPa，比未添加的 EPDM/SBR 体系提高 28%。同时添加 EPDM-g-SBR 后对体系的断裂伸长率可以由未添加时的 510% 提高到 640%，提高率达 25.5%。

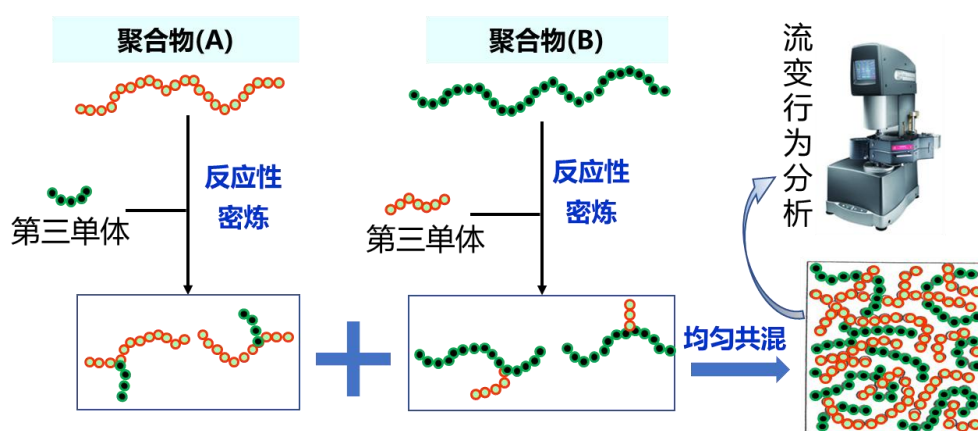


图 6 密炼接枝改性增容 SBR/EPDM 并用胶性能的研究技术方案

（4）耐烧蚀硅橡胶复合材料的开发

首先，以硅烷偶联剂 KH570、LMPB 为原料，利用自由基活性反应将 KH-570 与 LMPB 反应，制备了具有高双键含量和与粉煤灰具有高反应活性的大分子改性剂 LMPB-g-KH570。其次，利用

LMPB-g-KH570 对粉煤灰表面进行干法接枝改性，研究了改性条件对改性效果的影响。最后，以改性粉煤灰为主陶瓷化物、白炭黑、滑石粉等为辅助陶瓷化物，在助熔剂 B2O3 存在下，以硅橡胶为主要基体制备了耐灼烧硅橡胶复合材料，研究了粉煤灰/辅助陶瓷化物的配比对材料陶瓷化强度的影响，以确定耐灼烧硅橡胶材料的最佳配。研究技术路方案图 7、8 所示。结果表明：改性粉煤灰填充到硅橡胶中可以得到综合性能优良的耐灼烧橡胶材料，填充改性粉煤灰后，硅橡胶材料的力学强度由未填充的 2.3 MPa 增加到 3.4 MPa，增长率达 47.8%；硅橡胶材料的撕裂强度由未填充的 6.5 MPa 增加到 9.5 MPa，增长率达 46.2%；助熔剂的加入可以显著降低材料的成瓷温度，在 600-800℃即可成瓷，从而起到保护内层橡胶的作用。

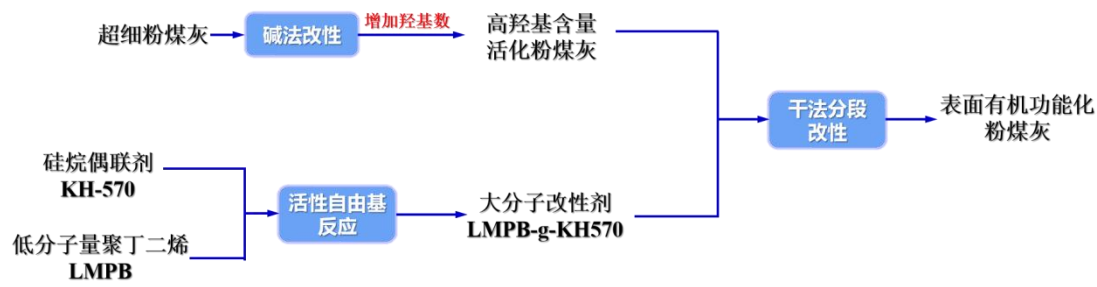


图 7 超细粉煤灰表面功能化改性技术方案图

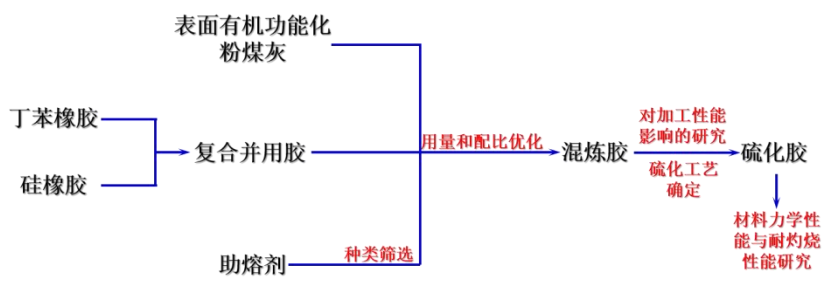


图 8 耐灼烧硅橡胶复合材料性能优化技术方案图

3. 产业化应用示范生产线建设

在优化特种阻燃橡胶制备工艺的基础上，根据如图 9、图 10 所

示的耐高温输送带和阻燃输送带生产工艺流程进行示范生产线建设。具体工作包括：阻燃橡胶胶料制备设备的选购；钢丝绳芯暨织物芯橡胶输送带压延生产线的规划与设备选购；设备占地面积的核算、生产线设计、生产场地规划、厂房设计以及工程建设；进行设备购买、安装调试；根据试生产情况进行工艺和参数的调整；最终建立万吨级能稳定生产阻燃输送带生产线。

示范线所选设备全名为 DLBS-2000X12800X1 平板硫化机组，采购于大连华韩专用机床有限公司。所选设备先进，可用于多种产品的生产，包括生产高温特种橡胶输送带、煤矿用阻燃钢丝绳芯输送带、难燃用途织物芯输送带等的生产硫化。示范线建成后，项目组于 2021 年 7 月 26 日至 8 月 26 日进行了为期一个月的试生产，分别生产了煤矿用阻燃钢丝绳芯输送带、难燃用途织物芯输送带产品，检测后均为合格产品。

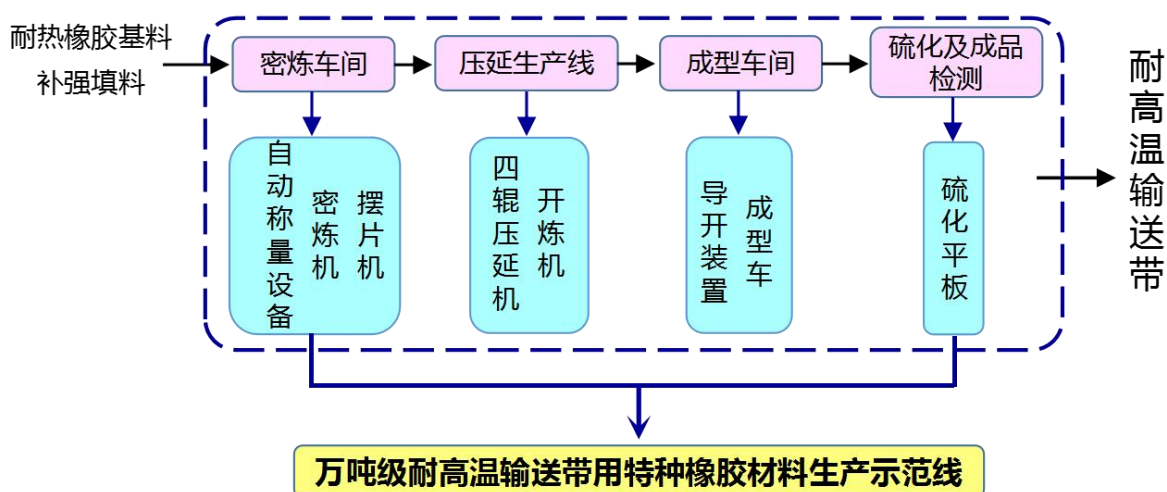


图 9 耐高温输送带生产工艺流程示意图

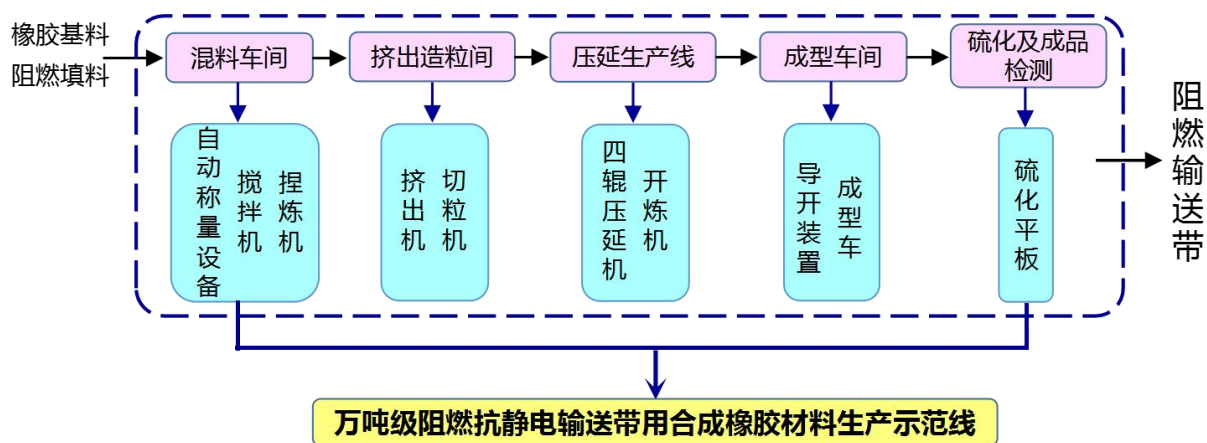


图 10 阻燃输送带生产工艺流程示意图

（二）总体性能指标

本项目示范线生产的耐高温橡胶输送带和阻燃输送带的技术指标达到了计划任务书中的要求，具体完成情况如表 1 和表 2 所示。

表 1. 耐高温橡胶主要技术指标完成情况

技术指标		指标完成情况	
		任务书要求	实际达到
耐热试验温度		175℃ (168h)	175℃ (168h)
硬度	老化前后之差(IRHD)	5	2
	老化后最大值(IRHD)≤	72	70
拉伸强度	老化前后变化率/% ≤	-25	-13.5
	老化后最低值/MPa ≥	10	12.2
拉断伸长率	老化前后变化率/% ≤	-29	-16.8
	老化后最低值/% ≥	257	278
撕裂强度	老化前后变化率/% ≤	-18	-12.1
	老化后最低值(KN/m)≥	27	27.5

注：“-”表示降低率

$$\text{变化率} = \frac{\text{老化后} - \text{老化前}}{\text{老化前}} \times 100\%$$

表 2. 阻燃输送带技术指标完成情况

技术指标	指标完成情况
------	--------

	任务书要求	实际达到
阻燃性能巷道丙烷燃烧试验	合格	合格
酒精喷灯燃烧全厚度	平均 $\leq 0.9s$ 最大值 $\leq 3.2s$	平均值: 1.1s 最大值: 3.1s
剥去覆盖层	平均 $\leq 1.2s$ 最大值 $\leq 3.5s$	平均值: 1.3s 最大值: 3.4s
拉伸强度/MPa	≥ 16	17.6
拉断伸长率	≥ 380	385
磨耗量/mm ³	≤ 160	145

四、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益等情况

山西是煤炭大省，煤矿用整芯阻燃输送带需求尤其突出。公司在设计开发的输出端，着重考虑减量化、环保和节能减排的设计开发理念，主要采用先进的技术，用较少的原料和能源投入满足既定的生产或消费需求。本标准所涉及技术解决现有耐高温橡胶耐热温度低、高温力学性能差等问题，制备耐高温特种橡胶(175℃, 168 h)；利用聚合物包覆造粒技术，通过无机/有机无卤阻燃剂复配，提高阻燃性能和综合力学性能。本标准的制定，规范了煤矿用整芯阻燃输送带生产，提升了煤矿用整芯阻燃输送带质量，对提升企业创新能力和市场竞争力具有重要作用，若进一步推广，可促进煤矿用整芯阻燃输送带的生产和应用，有助于保障煤矿业安全生产。

通过本标准的实施，可以规范煤矿用整芯阻燃输送带生产，提升煤矿用整芯阻燃输送带质量，增强企业创新能力和市场竞争力，山西省山力铂纳橡胶机带有限公司通过实施该标准可实现年产 2 万吨新型橡胶材料和年产耐高温、阻燃橡胶输送带和耐高温钢丝绳输

送带 50 万米，达到年产值 1.5 亿元，在团体内实施该标准，将带来更大的经济效益。

五、与国际、国外有关法律法规和标准水平的对比分析

目前，关于煤矿用整芯阻燃输送带，已有行业标准 MT/T 914-2019《煤矿用整芯阻燃输送带》，该标准规定了煤矿用整芯阻燃输送带的术语和定义、产品分类、型号和规格技术要求、试验方法和检验规则、标志、包装、贮存和运输；适用于煤矿用整芯阻燃输送带。本团体标准规定了煤矿用整芯阻燃输送带的技术要求、试验方法和检验规则、标志、包装、贮存和运输；适用于煤矿用整芯阻燃输送带。与行业标准 MT/T 914-2019《煤矿用整芯阻燃输送带》相比，本标准将技术指标纵横向拉伸强度提高至 1399.4、490.7。纵横向拉断伸长率提高至 15.5、23.1。阻燃性能总体提高 15%。达到国内领先水平，提高了煤矿安全生产质量，有助于煤矿用整芯阻燃输送带行业发展。

六、与现行有关法律、法规和标准的关系

本标准符合《中华人民共和国标准化法》等法律法规文件的规定，并在制定过程中参考了相关领域的国家标准和行业标准，在对等内容的规范方面，与现行标准保持兼容和一致，便于参考实施。

七、重大分歧意见的处理过程及依据

本标准在编写过程中没有重大分歧。

八、贯彻标准的要求和措施建议

1. 做好本标准的宣贯和技术培训，使全国相关企业掌握标准

的各项技术要求，加强示范推广，让标准在我国的煤矿用整芯阻燃输送带生产中全面推广应用，不断提高煤矿用整芯阻燃输送带生产与应用水平。

2. 对本标准执行情况进行跟踪调查，及时发现标准执行中的问题不断修改完善，提升标准编制水平，提高标准的科学性、合理性和可操作。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、涉及专利的有关说明

无。

十一、其他应予以说明的事项

无。

十二、其他要求

无。

《煤矿用整芯阻燃输送带》标准起草工作组

2023 年 8 月 30 日