

公路隧道路面铺筑阻燃沥青施工技术应用探讨

张远

陕西交通控股集团有限公司宝鸡分公司, 陕西 宝鸡 721399

[摘要] 此次研究详细探讨了阻燃沥青在公路隧道路面铺筑中的应用技术。首先对阻燃沥青进行了定义、分类, 并介绍了其性质和制备方法。随后重点关注了公路隧道路面铺筑阻燃沥青混合料的设计与制备、施工工艺, 以及性能要求与检测方法。接着对阻燃沥青在公路隧道中的应用进行了全面分析, 包括防火性能、耐久性能和环保性能等方面。通过对阻燃沥青的应用探讨, 提出了在公路隧道路面铺筑中采用阻燃沥青技术的可行性, 并强调了该技术在提高隧道安全性和保护环境方面的重要作用。综上所述, 阻燃沥青的应用在公路隧道建设中具有广阔的前景和潜力。

[关键词] 公路隧道路面; 路面铺筑; 阻燃沥青; 施工技术

DOI: 10.33142/sca.v6i10.10210

中图分类号: U41

文献标识码: A

Discussion on the Application of Flame retardant Asphalt Construction Technology in Road Tunnel Pavement Paving

ZHANG Yuan

Baoji Branch of Shaanxi Transportation Holding Group Co., Ltd., Baoji, Shaanxi, 721399, China

Abstract: This study explores in detail the application technology of flame-retardant asphalt in road tunnel pavement construction. Firstly, the definition and classification of flame retardant asphalt were introduced, along with its properties and preparation methods. The focus was on the design, preparation, construction process, performance requirements, and testing methods of flame-retardant asphalt mixtures for road tunnel pavement paving. Next, a comprehensive analysis was conducted on the application of flame retardant asphalt in highway tunnels, including fire resistance, durability, and environmental performance. By exploring the application of flame retardant asphalt, the feasibility of using flame retardant asphalt technology in road tunnel pavement paving was proposed, and the important role of this technology in improving tunnel safety and protecting the environment was emphasized. In conclusion, the application of flame retardant asphalt has broad prospects and potential in highway tunnel construction.

Keywords: road tunnel pavement; road pavement; flame retardant asphalt; construction technology

在公路隧道的建设中, 安全性和可靠性一直是最为关注的重点。随着交通运输的不断发展, 公路隧道的防火性能、耐久性能和环保性能等方面要求也日益提高。而阻燃沥青作为一种新兴的材料, 在公路隧道路面铺筑中显示出了巨大的潜力。阻燃沥青具有良好的阻燃特性, 可以有效降低火灾发生的概率, 并提供更多的逃生时间。同时, 它还具备优异的耐久性能, 能够满足长期使用的要求。此外, 阻燃沥青还具备较好的环保性能, 对环境影响较小。此次研究旨在探讨阻燃沥青在公路隧道路面铺筑中的应用技术。首先, 我们将介绍阻燃沥青的定义与分类, 以及其性质和制备方法, 为后续内容奠定基础。然后, 我们将重点关注公路隧道路面铺筑阻燃沥青混合料的设计与制备, 探讨合理的配比和施工工艺。同时, 我们还将详细讨论阻燃沥青混合料的性能要求和检测方法, 确保其符合相关标准和要求。最后, 我们将分析阻燃沥青在公路隧道中的应用效果, 包括其防火性能、耐久性能和环保性能等方面。

1 阻燃沥青的性质与制备方法

1.1 阻燃沥青的定义与分类

阻燃沥青是一种具有良好防火性能的特殊类型沥青材料。它在遭受火源热辐射时可以减缓火势发展, 降低火

灾事故的危害程度。根据其组成和制备方法的不同, 阻燃沥青可以进行以下分类和详细分析: 第一, 添加型阻燃沥青, 通过添加阻燃剂或改性剂来提供阻燃性能。常用的阻燃剂包括氧化铝、无机盐类等, 而改性剂可以是聚合物、纤维素等。这些添加剂能够与沥青发生反应, 形成抗火剂和炭化层, 有效隔离热源传递和延缓火焰蔓延^[1]。第二, 阻燃沥青混合料, 这是将阻燃剂与普通沥青混合而成的复合材料。其中阻燃剂可以是颗粒状、纤维状或液体形态, 将其与沥青按一定比例混合后形成混合料。这种混合料既具备了沥青的胶结性能, 又增加了阻燃特性。第三, 阻燃涂层沥青, 这是将含有阻燃剂的涂料或薄膜覆盖在普通沥青表面形成的一种保护层。这种涂层可以在火灾发生时提供额外的防护, 阻止燃烧物质进入下方的沥青层, 减少火势的扩大。第四, 生物阻燃沥青, 这是利用天然材料改性沥青制备而成的阻燃材料。常见的生物阻燃剂包括木质纤维、植物纤维等可再生资源。这种沥青不仅具有良好的防火性能, 还具备较低的环境影响和可持续性。

1.2 阻燃沥青的性质

阻燃沥青具有一系列特殊的性质, 例如, 阻燃沥青具有良好的防火性能, 能够减缓火势发展和延缓火焰蔓延,

它能够抑制燃烧过程，形成防火屏障，降低火灾事故的危害程度。阻燃沥青在高温条件下能够保持较好的稳定性，不易软化、流淌或剥离。这种稳定性使其能够承受高温环境和长时间的暴露，适用于公路隧道等高温环境下的路面铺筑^[2]。阻燃沥青具有良好的耐久性能，可以经受长期交通负荷和气候变化的影响而不易损坏，它在使用寿命方面表现出稳定性和可靠性，能够确保公路隧道路面的长期使用。阻燃沥青具有良好的黏结性能，能够与骨料牢固结合，形成稳定的路面结构，它能够有效抵御水分、化学物质和机械应力的侵蚀，保持路面的完整性和稳定性。部分阻燃沥青采用可再生资源制备，具备较低的环境影响和可持续性，它不含有害物质，符合环保要求，能够降低对自然环境的污染程度。并且阻燃沥青在施工过程中具备良好的可塑性和流动性，易于调配和铺筑，它能够适应不同形状和结构要求，提供平滑且均匀的路面，便于车辆行驶和维护。

1.3 阻燃沥青的制备方法

阻燃沥青通常使用聚合物改性沥青作为阻燃沥青的基质。聚合物可以增加沥青的黏性和弹性，同时提供更好的阻燃性能。阻燃剂是制备阻燃沥青必不可少的成分，常见的阻燃剂包括无机阻燃剂（如氯化铝、氢氧化铝等）和有机阻燃剂（如磷酸酯、溴化合物等）。这些阻燃剂可以通过各种方法添加到沥青中。阻燃剂需要充分混合和均匀分散在沥青中，以确保沥青的整体阻燃性能，通常可以使用搅拌设备或高剪切混合机对阻燃剂和沥青进行混合^[3]。为了进一步提高阻燃沥青的性能，可以将聚合物添加到混合物中进行改性，聚合物可以增加沥青的黏附性、柔韧性和耐久性。还要根据具体应用需求，可能需要对阻燃沥青的黏度和流动性进行调节，这可以通过添加稀释剂或热处理来实现。

2 公路隧道路面铺筑阻燃沥青施工技术

2.1 阻燃沥青混合料的设计与制备

(1) 阻燃沥青混合料制备。制备温拌阻燃沥青混合料，首先要将基质沥青加热至 130℃ 并保持恒温 30 分钟，以确保沥青中的水分充分脱去，将沥青升温至 150℃~160℃，然后按设计比例逐步掺入阻燃剂。在加入阻燃剂后，持续搅拌 30 分钟，使阻燃剂和沥青材料充分混合。根据试拌结果，控制温拌阻燃沥青混合料的拌和时间，并确保集料被沥青材料完全裹覆。为了确保沥青材料和外掺剂充分反应，阻燃沥青混合料的拌和时间应比普通沥青混合料拌和时间更长。还要根据实验结果，阻燃沥青混合料的干拌时间应比普通沥青混合料延长 5 秒至 10 秒，湿拌时间应延长 10 秒。因此，阻燃沥青混合料的总拌和时间应为 60 秒至 65 秒。阻燃沥青混合料的施工温度应比普通沥青混合料低约 25℃。这样可以确保混合料在施工过程中具有适当的流动性和可塑性。具体如图 1。

(2) 摊铺及碾压。阻燃沥青混合料的施工工艺包括预处理、摊铺和碾压等步骤。在施工前，需要进行预处理工作。这包括清理下承层，并确保表面平整、清洁。如果有必要，可以修复或更换损坏的路面部分。此外，为了确保黏附性，还需要在清理后的下承层上均匀地洒布黏层油。

接下来是摊铺阶段。在摊铺之前，需要预热摊铺机，以使熨平板温度达到适宜的范围，通常为 100℃ 左右。同时，也需要控制摊铺温度不低于沥青混合料的出厂温度。摊铺过程中，使用两台摊铺机进行同步操作，间隔距离一般为 10m~20m。摊铺速度应保持匀速不间断，通常控制在 2m/min~6m/min 的范围内。这样可以确保混合料在摊铺时具有适当的流动性和可塑性，能够充分填充道路表面的空隙^[4]。最后是碾压阶段。碾压是为了进一步密实混合料，提高路面的密实度和平整度。碾压分为初压、复压和终压三个阶段进行。在初压阶段，可以使用静压或震动压路机进行初次碾压。碾压温度需要控制在适当的范围内，以确保混合料能够达到理想的密实效果。复压阶段是对混合料进行第二次碾压，以进一步提高密实度。最后，在终压阶段进行最后一次碾压，以确保混合料达到规范要求的密实度和平整度。总的来说，阻燃沥青混合料的施工工艺包括预处理、摊铺和碾压三个主要步骤。这些步骤的执行需要严格控制摊铺温度、摊铺速度和碾压参数，以确保混合料在施工过程中具有适当的流动性、可塑性和密实度，从而满足道路工程质量要求，具体如表 1 中的参数要求进行操作。

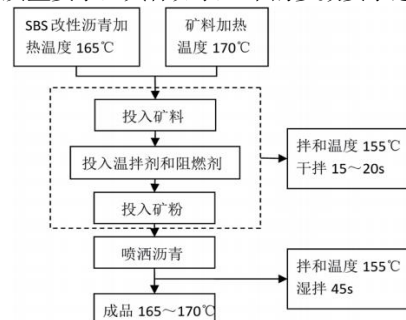


图 1 阻燃沥青混合料制备过程

表 1 阻燃沥青混合料摊铺及碾压参数

碾压阶段	碾压机械/模式	碾压速度	温度	碾压遍数
初压	13t 以上光轮压路机/静压	2~3m/s	>145℃	2 遍
	轮胎压路机	2~3m/s	>130℃	2~3 遍
复压	13t 以上光轮压路机/振压	3~5m/s	100~120℃	振动频率 14Hz, 振幅 0.4~0.6mm, 3~4 遍
	重型轮胎压路机	3~5m/s	>100℃	3~4 遍
终压	13t 以上光轮压路机/静压	3~5m/s	>90℃	3~4 遍

2.2 阻燃沥青混合料的性能要求与检测方法

阻燃沥青混合料的主要性能要求是具备一定的抗火性能，即在受到明火或高温热源时能够有效地阻止火势蔓延，这需要混合料中添加一定的阻燃剂，并确保其在高温下不会产生易燃物质。为了评估阻燃沥青混合料的燃烧特性，常用的检测方法包括燃烧性能测试和热释放率测试。燃烧性能测试通常采用限氧指数 (LOI) 测试、垂直燃烧测试 (UL 94)、水平燃烧测试 (ASTM E1354) 等方法来评估材料的可燃性和燃烧蔓延性能，热释放率测试则可以通

过热量释放速率 (HRR) 曲线来评估材料的燃烧行为。除了抗火性能外, 阻燃沥青混合料还需要具备良好的力学性能, 以确保道路的耐久性和可靠性, 这包括抗压强度、抗拉强度、弯曲强度等力学性能指标的要求。常用的力学性能检测方法包括抗压强度测试、抗拉强度测试、动态剪切黏度测试、弯曲试验等, 这些测试可以通过标准化的实验设备和操作流程来评估阻燃沥青混合料的力学性能。此外, 阻燃沥青混合料还可能具有其他性能要求, 如耐老化性能、耐水性能、耐冻融性能等。这些性能要求可以通过相应的实验方法进行, 例如老化试验、湿度变化试验和冻融循环试验等。

3 阻燃沥青在公路隧道中的应用

3.1 阻燃沥青在公路隧道中的防火性能

阻燃沥青在公路隧道中的防火性能是确保隧道内部安全的关键因素。阻燃沥青具有较高的抗火特性, 即在受到明火或高温热源时能够有效地抑制火势蔓延, 这是通过在沥青混合料中掺入特殊的阻燃剂来实现的, 这些阻燃剂能够降低材料的可燃性、自燃性和火势扩散速度。阻燃沥青的燃烧蔓延性能是评估其防火性能的重要指标。它涉及到沥青混合料在受到火灾时的燃烧程度和传播速度, 通过限制沥青混合料的火势扩散, 可以减少火灾对隧道结构和使用者的影响。除了燃烧本身, 烟雾的产生也是公路隧道火灾中的主要危险之一, 阻燃沥青在遭受火灾时应尽量减少烟雾的产生, 以改善可视性和人员疏散条件, 这可以通过选择合适的材料组成和添加烟雾抑制剂等措施来实现。公路隧道中的火灾可能会导致高温环境, 因此阻燃沥青需要具备良好的耐高温性能, 以保持其结构完整性并防止其燃烧, 这要求阻燃沥青能够在高温下稳定性能不发生明显变化, 确保隧道的耐久性和安全性。在公路隧道中使用阻燃沥青时, 需要选择符合相关标准和规范的防火材料, 这些材料应经过严格的测试和认证, 以确保其满足隧道防火要求, 并具备可靠的性能^[5]。

3.2 阻燃沥青在公路隧道中的耐久性能

公路隧道处于室外环境, 暴露在紫外线、氧气、湿度和温度变化等自然因素的作用下, 因此阻燃沥青需要具备良好的抗老化性能, 该性能指材料在长期使用过程中不易发生质量衰减, 如变硬、龟裂、颜色变化等现象。公路隧道可能面临雨水、地下水或洪水等水源的侵入, 因此阻燃沥青需要具备良好的耐水性能, 以防止水分侵蚀和损坏材料的结构和性能, 这可通过添加防水剂或采用特殊的沥青配方来实现。公路隧道所在地区可能经历冬季寒冷条件, 阻燃沥青需要具备良好的耐冻融性能, 以防止冰冻和解冻循环导致沥青表层破损、龟裂和剥落, 通过沥青混合料的配方优化和添加特殊添加剂, 可以提高其耐冻融性能^[6]。并且公路隧道是长期受到车辆交通荷载作用的区域, 阻燃沥青需要具备良好的抗疲劳性能, 以保证材料在重复荷载下不易发生破坏和断裂, 这涉及到沥青混合料的弹性模量、变形能力和回弹性等指标。公路隧道中的道路表面需要具备良好的抗滑移性能, 以确保车辆行驶的安全性。阻燃沥青需要具备良好的摩擦系数和抗滑移性能, 以防止车辆在湿滑或雨天时产生侧滑或打滑现象。不仅如此, 阻燃沥青在公路隧道中的耐久性能还包括长期维护效果, 即材料在投入使用后, 能够保持

较长时间内的稳定性能和减少维修需求, 降低维护成本。

3.3 阻燃沥青在公路隧道中的环保性能

阻燃沥青可以通过减少燃烧时产生的有害气体和颗粒物排放来降低空气污染, 其添加了特殊阻燃剂, 使其具备自熄性能, 避免火灾发生, 减少烟雾和有毒气体的释放。阻燃沥青的制备和施工过程相对于传统沥青更加环保。它通常需要较低的施工温度, 从而降低能源消耗和二氧化碳排放。此外, 阻燃沥青也可以与再生沥青混合使用, 进一步减少对原材料的需求, 减少资源消耗和环境影响。阻燃沥青可采用高效的防水设计, 阻止水分渗透到地下水或周围的土壤中, 这有助于保持水环境的洁净, 并防止污染物通过渗漏进入水源。并且在隧道维护和改建过程中, 使用阻燃沥青可以提高材料的回收和再利用率, 它可以被回收并重新加入到沥青混合料中, 减少资源浪费和废弃物产生。阻燃沥青的耐久性能使得公路隧道更加持久, 减少了频繁的维修和重新施工需求, 这能够减少对原材料的消耗和对环境的干扰。

4 结语

此次研究对阻燃沥青在公路隧道路面铺装中的应用技术进行了全面的探讨和分析。通过对阻燃沥青的定义、分类以及性质和制备方法的介绍, 我们深入了解了这一材料的特点和潜力。在公路隧道路面铺装阻燃沥青混合料的设计与制备方面, 我们讨论了配比和施工工艺等关键要素, 以确保其具备优异的性能。同时, 我们还强调了性能要求和检测方法的重要性, 为保证阻燃沥青达到相关标准提供了指导。通过对阻燃沥青在公路隧道中的应用效果的分析, 我们发现它在提高隧道安全性、保护环境等方面具有显著作用。阻燃沥青的防火性能、耐久性能和环保性能得到了有效展示, 并为公路隧道的可持续发展做出了积极贡献。总之, 研究表明, 在公路隧道路面铺装中采用阻燃沥青技术是可行的, 并且具备重要的实际应用价值。我们鼓励工程师和研究者在公路隧道建设中积极探索和采用阻燃沥青, 以提高隧道的安全性、可靠性和环境友好性。

[参考文献]

- [1] 李永胜. 高速公路 SBS 改性阻燃沥青施工技术应用[J]. 工程建设与设计, 2023(16): 155-157.
- [2] 周燕, 刘天如, 张感恩, 等. 隧道阻燃沥青微观结构及阻燃性能研究[J]. 应用化工, 2023, 52(8): 2353-2357.
- [3] 林钰, 刘圣洁, 黄慧, 等. 基于流变特性的温拌阻燃沥青的高、低温性能[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2023, 44(4): 483-489.
- [4] 唐亮, 张欣, 王长伟, 等. 隧道温拌阻燃沥青混合料性能研究[J]. 中国水运(下半月), 2023, 23(7): 137-139.
- [5] 丁迎. 温拌阻燃沥青混合料在隧道路面中的应用研究[J]. 辽宁省交通高等专科学校学报, 2023, 25(3): 1-5.
- [6] 成元海. 表面改性纳米阻燃沥青最佳掺量及其性能表征[J]. 城市道桥与防洪, 2023(5): 207-211.

作者简介: 张远(1987.11—), 毕业院校: 长安大学, 所学专业: 道路与铁道工程, 当前就职单位: 陕西交通控股集团有限公司宝鸡分公司, 职务: 工作人员, 职称级别: 中级工程师。