

公路路面材料老化实验与再生利用技术

杨 妮

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

摘 要:随着我国公路交通事业的快速发展,大量公路路面材料尤其是沥青混合料在长期使用过程中面临老化问题,这不仅影响了路面的使用性能,还增加了养护成本和资源消耗。因此,对公路路面材料的老化机制进行深入研究,并探索有效的再生利用技术,对于提高路面使用寿命、降低养护成本、促进资源循环利用具有重要意义。本文旨在综述公路路面材料的老化实验方法及再生利用技术的最新进展,以期对相关领域的研究与实践提供参考。

关键词:公路;路面材料;老化实验;再生利用

引言

公路路面材料,特别是沥青混合料,因其良好的路用性能在我国公路建设中占据主导地位。然而,受车辆荷载、自然环境(如温度、光照、水分等)的长期作用,沥青混合料会逐渐老化,表现为硬度增加、延展性降低、抗裂性能下降等,进而影响路面的整体性能。因此,开展路面材料老化实验,明确老化机理,并研究再生利用技术,成为当前公路养护领域的重要课题。

1 公路路面材料老化实验方法

1.1 短期老化实验

短期老化是沥青在加工和储存过程中经历的一种老化现象,它主要模拟沥青从生产到使用前的老化过程。这一过程对于评估沥青的质量和预测其在路面使用初期的性能至关重要。常用的短期老化实验方法主要包括薄膜烘箱试验(TFOT)和压力老化容器试验(PAV)。

1.1.1 薄膜烘箱试验(TFOT)

TFOT是一种广泛使用的短期老化实验方法,它模拟了沥青在储存和运输过程中的老化条件。该实验通常在标准的薄膜烘箱中进行,该烘箱能够精确控制温度和时间。实验过程中,将一定量的沥青样品均匀涂抹在玻璃板上,然后将其置于烘箱中,在规定的温度和时间下进行老化。通常,TFOT的实验条件为163℃下持续5小时,这一条件旨在加速沥青的老化过程,以便在较短时间内评估其性能变化。通过TFOT实验,可以模拟沥青在储存和运输过程中由于温度变化和氧气接触而引起的老化效应。实验后,可以对老化后的沥青样品进行一系列的性测试,如针入度、延度、软化点等,以评估其老化程度和对路面性能的影响。

1.1.2 压力老化容器试验(PAV)

PAV是另一种重要的短期老化实验方法,它在更高温度和压力下进一步模拟沥青在施工和路面使用初期的老

化情况。PAV实验通常在专门的压力老化容器中进行,该容器能够同时控制温度和压力。实验过程中,将经过TFOT老化后的沥青样品置于容器中,然后在规定的温度和压力下进行老化。通常,PAV的实验条件为100℃下持续20小时,并施加2.1MPa的空气压力。PAV实验能够更全面地模拟沥青在施工和路面使用初期所经历的老化条件,包括高温、高压和氧气接触^[1]。通过PAV实验,可以进一步评估沥青在老化后的性能变化,如硬度、延展性和抗裂性能等。这对于预测沥青在路面使用初期的性能表现具有重要意义。

1.2 长期老化实验

长期老化是道路运营期间,沥青路面材料在自然因素如氧化、紫外线辐射、水分渗透等作用逐渐发生的性能退化现象。为了深入研究和评估沥青的长期老化性能,通常采用户外暴露试验或人工气候室模拟试验进行长期老化实验。

1.2.1 户外暴露试验

户外暴露试验是一种直接将沥青样品置于自然环境中,长期观测其性能变化的方法。试验时,将制备好的沥青样品放置在户外暴露架上,确保样品能够充分接触自然环境中的氧气、紫外线、温度变化和水分等因素。暴露时间通常为数年,以便充分模拟沥青在实际道路运营中的长期老化过程。在户外暴露试验期间,定期对沥青样品进行性能测试,如针入度、延度、软化点、粘度等,以评估其老化程度和对路面性能的影响。同时,还可以观察沥青样品的外观变化,如颜色变深、表面硬化等,以进一步判断其老化情况。

1.2.2 人工气候室模拟试验

人工气候室模拟试验是一种通过控制温度、光照、湿度等条件,加速模拟沥青长期老化过程的方法。人工气候室通常配备有精密的环境控制系统,能够模拟各种

自然环境条件,并可根据需要进行调整。在人工气候室模拟试验中,将沥青样品放置在气候室内,并设定合适的温度、光照强度和湿度等条件。为了加速老化过程,通常将温度设定在较高的水平,并增加光照强度和湿度变化幅度。试验时间可根据需要进行调整,通常为几个月到一年左右。在试验期间,定期对沥青样品进行性能测试,并观察其外观变化^[2]。通过对比试验前后的性能数据和外观变化,可以评估沥青在长期老化过程中的性能退化情况,并为路面材料的选择和设计提供重要依据。

2 老化机理分析

沥青的老化是一个复杂的化学过程,主要涉及到氧化、挥发和聚合等化学反应,这些反应导致沥青的分子结构发生变化,进而影响其物理和化学性能。以下是对沥青老化机理的详细分析。

2.1 氧化反应

氧化是沥青老化的主要机理之一。在沥青的生产、储存和使用过程中,沥青分子与空气中的氧气发生反应,导致沥青分子中的不饱和键断裂,形成更多的极性基团,如羰基、羟基等。这些极性基团的增加使得沥青分子间的相互作用力增强,导致沥青的粘度增加、流动性降低,进而使得沥青变硬、脆性增加。

2.2 挥发反应

挥发也是沥青老化的重要机理之一。沥青中的轻质组分,如饱和烃和芳香烃,在长期的热和光作用下会逐渐挥发,导致沥青的组成发生变化。研究表明,老化后的沥青中,饱和烃的损失速度减缓,但芳香烃的损失速度加快。这是因为芳香烃分子中含有较多的不饱和键,更容易受到热和光的作用而发生挥发。这种挥发反应导致沥青的组成变得更加稳定,但同时也使得沥青的柔软性和延展性降低。

2.3 聚合反应

除了氧化和挥发,聚合反应也是沥青老化的重要机理之一。在长期的热和机械作用下,沥青分子间会发生聚合反应,形成更大的分子结构。这种聚合反应导致沥青的分子量增加,分子间的相互作用力增强,进而使得沥青的硬度和脆性增加^[3]。同时,聚合反应还会使得沥青的流动性降低,影响其施工和使用性能。

2.4 胶体转化率降低

沥青老化还会导致胶体转化率的降低。胶体转化率是指沥青中胶体结构向溶胶结构转化的程度。新鲜的沥青具有较高的胶体转化率,其分子结构较为松散,流动性较好。然而,在老化过程中,沥青的胶体结构逐渐变得紧密,胶体转化率降低,导致沥青的流动性变差,硬

度和脆性增加。

3 公路路面材料再生利用技术

3.1 再生原理

路面材料再生利用技术是一种旨在实现资源循环利用和环境保护的重要技术。该技术通过将废旧路面材料(RAP)进行破碎、筛分、加热等工艺处理,使其与新沥青、再生剂、集料等按一定比例重新拌和成混合料,再重新铺筑于路面。这一过程不仅有效地减少了对新石材的需求,还显著降低了废弃物处理成本,具有显著的经济和环境效益。具体来说,RAP经过破碎和筛分后,可以得到不同粒径的颗粒,这些颗粒可以作为新混合料的骨料部分。通过加热处理,RAP中的老化沥青可以得到一定程度的软化,有利于与新沥青和再生剂的混合。再生剂是一种特殊的添加剂,它可以改善老化沥青的性能,使其恢复到接近新沥青的状态。新沥青和再生剂的加入,可以调整混合料的粘度、延展性和抗老化性能,以满足路面使用的要求。此外,路面材料再生利用技术还可以根据RAP的含量和质量,灵活地调整新沥青、再生剂和集料的比例,以获得最佳的路面性能。这种灵活性使得再生技术可以适应不同地区的气候条件、交通状况和使用要求,具有广泛的应用前景。

3.2 再生方式

3.2.1 厂拌热再生

厂拌热再生是一种高效且质量可控的路面材料再生方式。在这种方式中,RAP(废旧路面材料)被运回工厂,经过加热和破碎处理。加热的目的是使RAP中的老化沥青软化,以便与新沥青和再生剂更好地混合。破碎处理则是将RAP破碎成适当的粒径,以便与新集料进行混合。在热拌合设备中,经过处理的RAP与新沥青、再生剂以及必要的新集料按照精确的配比进行混合。热拌合设备能够确保混合料在高温下充分拌合,使新沥青和再生剂均匀地分布在RAP和新集料中,从而恢复或提升混合料的性能。厂拌热再生的优点在于其再生效果好、质量稳定、适用范围广。通过精确的配比和拌合工艺,可以获得性能优异的新混合料,满足高等级路面的使用要求。此外,厂拌热再生还能显著减少对新石材的需求,降低废弃物处理成本,实现资源的循环利用和环境保护。

3.2.2 厂拌冷再生

厂拌冷再生是一种在常温下进行的路面材料再生方式。在这种方式中,RAP经过破碎、筛分处理后,与新沥青、集料、水等按一定比例进行拌合,形成新的混合料。这种再生方式不需要加热RAP,因此能够节省能源

并减少环境污染。厂拌冷再生的优点在于其施工简便、成本较低。由于不需要加热和复杂的拌合设备,厂拌冷再生的施工过程相对简单,可以快速完成。此外,厂拌冷再生还适用于一些低等级路面或临时路面的铺设,为这些路面的建设和维护提供了一种经济有效的解决方案。然而,厂拌冷再生也存在一些限制。由于冷再生混合料的性能相对较差,其使用范围受到一定限制。通常,厂拌冷再生更适用于一些对路面性能要求不高的场合。

3.2.3 就地热再生

就地热再生是一种在现场进行的路面材料再生方式。它利用移动式热再生设备对老化路面进行加热、破碎、拌合、摊铺和压实,实现现场再生。这种再生方式能够大大缩短施工周期,并减少运输成本。就地热再生的优点在于其能够充分利用原有路面的材料,减少了对新石材的需求。同时,由于施工过程在现场进行,减少了RAP的运输和处理成本。此外,就地热再生还能显著减少对交通的影响,因为施工过程可以在不中断交通的情况下进行。然而,就地热再生也存在一些挑战。由于现场加热和拌合的条件有限,再生混合料的质量可能受到一定影响。因此,需要严格控制施工工艺和参数,以确保再生混合料的质量满足要求。

3.2.4 就地冷再生

就地冷再生是一种快速且经济的路面修复和改造方式。它利用冷再生机械设备在现场对老化路面进行铣刨、破碎处理,同时喷洒乳化沥青或其他粘结剂,搅拌均匀后碾压成型。就地冷再生的优点在于其能够快速修复或改造路面,减少了对交通的影响。同时,由于施工过程相对简单,不需要复杂的加热和拌合设备,因此成本较低。此外,就地冷再生还适用于一些需要快速修复或改造的路面。然而,就地冷再生也存在一些限制。由于冷再生混合料的性能相对较差,其使用范围受到一定限制。通常,就地冷再生更适用于一些低等级路面或临时路面的铺设和修复。对于高等级路面或需要长期承受重载的路面,可能需要考虑其他再生方式或采用新材料进行铺设。

3.3 再生混合料性能评价

再生混合料的性能评价是确保再生路面质量的关键环节,对于保障道路的使用寿命和行车安全具有重要意义。

评价内容主要包括力学性能、耐久性和路用性能等多个方面。在力学性能方面,主要评价再生混合料的抗压强度和抗剪强度。抗压强度是指混合料在受到垂直压力时的抵抗能力,是评价路面承重能力的重要指标。抗剪强度则是指混合料在受到剪切力时的抵抗能力,对于防止路面出现推移、拥包等病害具有重要作用。在耐久性方面,主要评价再生混合料的抗水损害性和抗老化性。抗水损害性是指混合料在水浸泡或冲刷条件下的性能保持能力,对于防止路面出现水损害病害具有重要意义。抗老化性则是指混合料在长期使用过程中抵抗自然环境(如紫外线、氧化等)影响的能力,对于延长路面使用寿命具有重要作用。在路用性能方面,主要评价再生混合料的平整度和抗滑性。平整度是指路面的平整程度,对于保障行车舒适性和安全性具有重要作用。抗滑性则是指路面在湿滑条件下的抗滑能力,对于防止车辆打滑、保障行车安全具有重要意义^[4]。为了确保再生混合料的性能满足相关规范和设计要求,需要进行对比试验。对比试验可以采用新拌混合料与再生混合料进行对比,评价再生混合料的性能是否达到或接近新拌混合料的水平。同时,还可以根据具体工程要求和当地气候条件等因素,对再生混合料的性能进行进一步调整和优化。

结语

公路路面材料的老化实验与再生利用技术研究对于提高路面使用寿命、降低养护成本、促进资源循环利用具有重要意义。未来,应进一步深入探索沥青老化的微观机理,优化再生混合料配合比设计,提高再生路面的路用性能;同时,加强再生技术的推广应用,推动公路养护行业的绿色可持续发展。

参考文献

- [1]高凯利.浅析公路工程沥青路面老化试验检测技术[J].全面腐蚀控制,2024,38(04):27-29.
- [2]王锦腾.京港澳高速公路湖北段沥青层老化后的模量非均匀性研究[D].武汉理工大学,2021.
- [3]袁春丽,王锦腾,束裕,等.高速公路沥青层老化后动态模量变化规律研究[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2023,47(01):169-174.
- [4]李治国,胡彦勇.公路沥青老化的环境因素分析及其预防措施[J].合成材料老化与应用,2023,52(02):122-124.