

附件 5

湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划

项 目 申 报 表

项目名称	绿色高性能生物沥青开发与性能评价			
学校名称	长沙理工大学			
学生姓名	学 号	专 业	性 别	入 学 年 份
李欧婧	201608021002	道路工程	女	2016
马万颖	201610010401	道路工程	女	2016
伍定旺	201611010126	道路工程	男	2016
杨鹏	201608021131	道路工程	男	2016
张勋	201708020506	道路工程	男	2017
指导教师	李平	职称		副教授
项目所属一级学科	交通运输工程	项目科类(理科/文科)		理科

学生曾经参与科研的情况

李欧婧参加“一种基于微阵列光伏电池组的太阳”研究；

李欧婧、马万颖参加 2017 “互联网+交通运输”紫光杯中国大学交通运输创客大赛和 2017 中国（小谷围）“互联网+交通运输”创新创业大赛，项目名称“火车卧铺床位信息录入及到站提醒装置”；

李欧婧参加 2017 年长沙理工大学科技立项，项目名称“路侧去污净水绿色生态系统研究”；

张勋参加长沙理工大学第一届大学生创新项目策划大赛，项目名称“考虑综合使用环境的高性能沥青路面室内加速磨耗设备研发”；

项目组全体成员前往湖南省博物馆调研学习；项目组全体成员在岳麓山考察学习地质勘测；项目组全体成员在丁字湾、石燕湖考察地质情况。

指导教师承担科研课题情况

李平，副教授，硕士生导师，主要研究方向路面结构设计理论与新材料，道路施工与养护管理技术，长沙理工大学交通运输工程学院院长助理，《中国公路学报》、《交通运输工程学报》、《公路交通科技》、《华南理工大学学报》等评审专家。在国内外期刊发表文章 30 余篇。主持的主要项目有：

(1)湖南省教育厅青年基金项目，沥青胶浆粘弹特性关键技术研究，2009

(2)长沙理工大学道路结构与材料交通重点实验室开放基金项目，沥青胶浆流变特性及其离散元模拟技术研究，2010

(3)昆明新机场沥青混凝土道面施工控制方案研究，中国民航机场建设集团公司，2010

(4)沥青胶浆粘弹特性研究，湖南省自然科学基金项目，2010

(5)融雪剂对沥青道面影响及处治技术研究，北京中企卓创科技发展有限公司，2011

(6)基于离散元的沥青胶浆流变试验三维模拟技术研究，广西交通科学研究院，2012

(7)旧沥青再生特性研究，湖南省科技厅，2012

(8)高原山区公路隧道环保安全型沥青路面关键技术研究，云南省交通规划设计研究院，2013

(9)承力骨架型沥青混合料材料设计与性能评价一体化关键技术研究，唐山市公路养护管理处，2013

(10)热再生中旧沥青转移混溶行为研究，特殊环境道路工程湖南省重点实验室重点项目，2014

(11)厂拌热再生旧沥青再生行为机理研究，广西道路结构与材料重点实验室培育基地开放课题，2013

(12)沥青混合料离析倾向性机理及基于无核密度仪的快速检测技术研究，广西路桥建设有限公司，2014

(13)广西公路石灰岩沥青路面使用性能措施研究，中交第四公路工程局有限公司，2014

(14)民用机场沥青混凝土道面雾封层技术研究，北京中企卓创科技发展有限公司

公司，2014

(15)广西柳州（鹿寨）至南宁高速公路改扩建工程路堑高边坡工程施工安全风险评估与控制技术研究，广西桂海高速公路有限公司，2016

(16)提高沥青混凝土路面安全性关键技术研究，广西科技计划项目，2016

项目研究和实验的目的、内容和要解决的主要问题

一、项目研究意义

随着经济快速地发展，我国公路里程数一年一个台阶，另外由于出行和货运的要求，我国的交通里程数还会继续增长，而在公路建设中，由于沥青路面具有便于维修、行车舒适等优点而被广泛使用，我国 90%以上的高速公路为沥青路面，而且现有水泥混凝土路面的维修改建也多采用“白加黑”形式，因此未来对沥青的需求量将会有增无减。另外沥青是由石油炼制过程的副产物，其附加值及使用价值都较低，石油又是不可再生能源，其储量日益在减少，在国际原油储备、国际战乱等不可控因素的影响下，都必将制约着沥青路面建设与养护的发展格局。随着国际基础设施建设步伐的加快，沥青资源的缺陷性逐渐显现了出来。因此，寻求石油沥青的可持续替代材料已经成为国际道路领域的迫切要求。

在各种可再生能源中，生物沥青作为一种绿色环保、可持续的全新路面材料，具有可再生、储量巨大、分布广的特点，通过生物质快速裂解得到生物油是制备生物沥青的基础，而生物质能源具有高性价比、可再生及绿色环保等特点，用生物资源代替石油资源不仅在技术上可行，而且符合可持续发展的要求，当前可用的生物质主要类型有：农作物秸秆、谷物草壳、废弃食物油脂以及各类牲畜粪便等。

凡是以生物质为原料，最终能转化为具备沥青功能的材料，都可以称之为（纯）生物沥青；从化学组分的角度来看，（纯）生物沥青是指经过加工、改性可制得具有胶结料性能得高分子碳氢化合物及其非金属衍生物组成的混合物。按照生物质原料和加工工艺不同，（纯）生物沥青分为三类：热解生物沥青、植物油脚生物沥青和聚糖类生物沥青。而生物沥青主要有 3 种应用方式：直接替换石油沥青（替代率 100%）；作为石油沥青的稀释液（替代率 25%~75%）以及作为石油沥青的改性剂（替代率小于 10%）。生物沥青由于自身性质的限制，尚无法 100%替代石油沥青，一般作为石油沥青的稀释剂和改性剂。将（纯）生物沥青与道路石油沥青经过一定生产工艺加工后制备的沥青材料叫做混合生物沥青。生物沥青的出现不仅解决处理了大量市政和农林固体废弃物导致的环境问题，而且具有石油沥青不可比拟的环保性和经济性。因此，作为一种新型的沥青替代品，研究生物沥青在道路工程中的应用技术具有重要的经济效益和社会价值，而且得

到了学者们的广泛关注。

目前,国内外一些高校和科研院所已经开展了一系列的研究和性能方面的优化等工作。但对生物沥青的应用均处于研究阶段,还没有系统有效的应用工艺,因此有必要对生物沥青进行系统的研究,提出可行的应用方案。而且由于生物沥青来源广泛,不同原料及加工方式得到的生物沥青化学组成、性能及对石油沥青的影响也不同。一些生物沥青在掺加到基质沥青中会发生混合生物沥青的高温性能、温度敏感性及抗老化性能变差。这就使得有些具有性能缺陷的生物沥青难以直接应用于道路工程中,另外关于道路用生物改性沥青和相应混合料的研究相对较少。通过对国内外生物沥青、改性沥青的研究现状的调研,探究将生物沥青加入基质沥青后的改性作用,并通过聚合物改性剂、纳米材料改性剂等常见改性剂的加入,使得生物沥青的性能满足目前常用路用改性沥青的性能,来研究生物沥青部分替代石油沥青的可能性。另外在国外所能找到的 17 例研究中,12 例对高温有负面影响,因此,对生物沥青高温性能的评价将成为研究的重点。生物沥青高温性能较弱,温度敏感性强。对生物沥青高温性能的研究,将成为生物沥青得以运用的关键。而且由于生物沥青自身性质的限制,尚无法 100%替代石油沥青,一般作为石油沥青的稀释液和改性剂。本项目主要研究了一种生物沥青作为改性剂加入到石油沥青中制备混合生物沥青,首先对该生物沥青本身和混合生物沥青的技术指标进行了研究,然后基于混合生物沥青本身性能的缺陷进行复合改性,并确定复合改性最佳配比和评价复合改性后生物沥青的性能,最后通过实验研究生物改性沥青作用机理。

二、项目研究内容

通过总结生物沥青、混合生物沥青及复合改性生物沥青的研究现状发现,虽然学者们关于这两方面的研究较多,但是都存在一定的问題。在研究生物沥青、混合生物沥青、复合改性生物沥青时,一般只通过单一改性剂对沥青进行相应的改性,这样去满足道路建设的需要是比较困难的,而且现阶段中大多数都是直接对(纯)生物沥青进行改性,对混合生物沥青进行改性的研究相对较少。本项目是针对混合生物沥青的性能缺陷进行相应的复合改性,通过不同掺量的改性剂进行相互对比分析优化配方设计,使提高使用性能,达到路用性能的要求。

本项目的研究内容是先在一一定的制备工艺和一定掺量的生物沥青下制

备混合生物沥青，通过相应性能评价试验并结合数据对比确定混合生物沥青的路用性能的技术指标。最后针对混合生物沥青路用性能的优缺点进行相应的复合改性，根据路用性能评价试验得到的技术指标相关数据进行相互比较再结合规范对路用性能技术指标的要求优化复合改性的配方，同时分析研究复合改性的作用机理。最后根据相应的数据分析研究，提出一套生物沥青的质量控制标准。

概括地说，本项目主要涉及以下几个方面研究：

(1) 混合生物沥青的制备工艺研究

首先，通过评价生物沥青与石油沥青混合的特殊性和生物沥青的来源确定共混时的剪切时间、速率和温度。然后，通过评价不同生物沥青掺量的混合生物沥青的性能，确定混合生物沥青中生物沥青的最佳掺量。

(2) (纯)生物沥青及混合生物沥青技术指标研究

首先，评价(纯)生物沥青及混合生物沥青的基本性能指标。然后，分析生物沥青不同的指标评价适用性和差异，并确定一套路用性能评价的方法。最后，将混合生物沥青技术指标与(纯)生物沥青、石油沥青技术指标对比并进行相关性分析，为(纯)生物沥青指标的质量控制提供依据并提出(纯)生物沥青的质量控制标准。

(3) 复合改性生物沥青使用性能的研究及基于使用性能复合配比的优化

首先，通过试验系统的测试混合生物沥青的使用性能，分析混合生物沥青使用性能的优缺点。然后，基于这些性能的缺陷，相对应的进行性能提升复合措施，例如掺加 SBS、SBR、橡胶粉等复合改性技术。最后，通过评价不同配比的复合改性沥青性能，分析改性剂各种配比条件下的综合性能的技术指标数据并进行对比，再结合规范对路用性能技术指标的控制要求，优化复合改性的配比，使复合改性生物沥青路用性能相对达到最佳时，确定该复合改性生物沥青的配比，即为最优配比。

(4) 复合改性生物沥青作用机理研究

首先，根据生物沥青的原材料及加工工艺，确定该(纯)生物沥青中可能存在的成分。然后，根据不同改性剂的基本作用机理，对不同改性剂的作用进行分析研究。最后，通过组分分析、DSC 实验、光谱实验等系统测试(纯)生物沥青、混合生物沥青以及复合改性生物沥青，从而研究复合改性生物沥青作用机理。

三、项目拟解决关键问题

1、复合改性生物沥青的复合改性配方优化确定

近年来，聚合物改性沥青因其优异的性能越来越广泛的应用于道路工程中。这些改性沥青往往以主要改善某一性能，同时又不降低其他性能或使其他性能稍有改善为目的。但是只通过一种改性剂对沥青进行改性，使其达到高、低温性能等其他性能均大幅提升是比较困难的。本项目针对混合生物沥青综合使用性能的优缺点进行复合改性，即利用不同改性剂同时对沥青进行改性，它利用了不同改性剂的不同改性效果，使复合改性沥青能同时发挥两种或多种改性剂的优势，达到同时改善高、低温性能等其他性能的目的。同时，通过评价改性剂不同配比条件下的复合改性沥青的使用性能，结合规范对路用性能的要求范围，对复合改性生物沥青进行配方优化，在各项路用性能基本上同时达到最佳的情况下，确定复合改性生物沥青的最优配方。

2、复合改性生物沥青的作用机理

由于生物沥青来源广泛，不同原料及加工方式得到的生物沥青具有不同的性能，不同生物沥青具有不同的物质组成，生物沥青与石油沥青共混和改性剂的加入可能会发生化学反应，使新旧物质发生变化从而对沥青的性能产生影响，而且虽然聚合物改性沥青的机理已有研究成果，但本项目的沥青原材料不再单单是石油基质沥青，因此，有必要对复合改性混合生物沥青的机理进行分析研究。采用四组分试验分析、DSC 试验、红外光谱分析试验等系统测试（纯）生物沥青、混合生物沥青和复合改性生物沥青的四组分、加热过程质量和红外光谱图的变化情况并进行对比，分析导致路用性能发生变化的物质因素。

3、基于使用性能的（纯）生物沥青质量控制标准

通过研究混合生物沥青和复合改性生物沥青的使用性能，再基于规范对改性沥青使用性能技术指标的要求，将（纯）生物沥青本身的技术指标与基质沥青、混合生物沥青和复合改性生物沥青进行对比，并进行相关性分析，为（纯）生物沥青本身的技术指标的控制提供依据，并确定分析（纯）生物沥青的质量控制标准。

4、复合改性生物沥青路用性能的评价

本项目针对复合改性生物沥青的高温性能、低温性能、弹性恢复性能、疲劳

性能等进行评价，基于传统的试验方法指标，拟提出一套适用于复合改性生物沥青综合使用性能的评价方法。

国内外研究现状和发展动态

近年来为了缓解石油沥青资源紧张,对于生物沥青等新型替代资源的开发越来越受到大家的关注。生物沥青是一种深棕色、非石油基生物结合料,各种农林业废料和生活废弃物都可能成为它的原材料。凡是以生物质为原料,最终能转化为具有沥青功能的材料,都可以称之为(纯)生物沥青;从化学组分的角度来看,(纯)生物沥青是指经过加工、改性可制得具有胶结料性能的高分子碳氢化合物及其非金属衍生物组成的混合料。按照生物质原料和加工工艺不同,(纯)生物沥青分为三类:热解生物沥青、植物油脚生物沥青和聚糖类生物沥青。而将(纯)生物沥青与道路石油沥青经过一定生产工艺加工后制备的沥青材料成为混合生物沥青。为了掌握生物沥青这种新型材料的组成和结构,各国学者通过化学分析及性能测试等手段对其进行了大量的研究,并且将生物沥青添加到普通石油沥青中进行了一系列混合生物沥青及沥青混合料性能评价,证明了其在替代石油沥青方面的可行性。

1、生物沥青来源及生产工艺

(1) 生物沥青来源

生物沥青来源十分广泛,从生活废弃物到农林业作物废料都可以通过快速热解等技术变废为宝。Elham H.F.等人利用从动物粪便中提取的生物油脂与橡胶相结合制备了生物改性橡胶沥青。Mohamed A.R.等人利用从柳枝稷中提取的植物沥青直接部分替代石油沥青并研究其流变性能。Peralta J.等人利用从红橡木中提取的生物沥青进行了混合生物沥青流变性能及储存稳定性方面的研究。Uzun B.B.等人对从茶叶残渣中提取的生物沥青及生物炭的元素及物质组成进行了研究。Zofka A.等人分析了从咖啡残渣中提取的生物沥青的老化及流变性能。由此可见生物沥青来源多为废弃资源,这不仅缓解了废弃物造成的环境污染,还能变废为宝创造经济效益。

(2) 国内外主要生产工艺

现阶段生物沥青主要利用快速热解技术,通过隔绝氧气快速升温加热生物质原料,经快速冷凝系统制备而成,具体工艺流程如图所示。热解技术生产生物沥青的优点是能同时利用生物质中的碳水化合物和木质素,缺点是生产出来的生物沥青不稳定并具有一定腐蚀性。快速热解技术的关键条件可总结为一下三点:

在较高传热速率下加热至 500℃左右；严格控制反应温度并保证蒸汽停留时间不超过 2 秒；通过迅速冷却得到生物沥青。生物质快速裂解后一般可以生成固态的生物炭和液态的生物沥青。生物炭对改善土壤环境，增强土壤肥力有一定的效果，同时还可以减少温室气体的产生。

热解生物沥青：经过热解工艺将生物质原料（通常是锯末等木材加工下脚料以及秸秆、稻壳等农业副产物）转化为生物质油（主要用于制备燃料和化学品），再进一步将其重组分进一步加工为生物沥青。

植物油脚生物沥青：利用大豆、玉米等为原料制植物油（主要为食用油），植物油炼制后的下脚料，约占植物油质量分数的 3%~5%左右，将其进一步加工为生物沥青材料。

聚糖类生物沥青：利用淀粉质材料或玉米秸秆中的 C5、C6 糖经过酯化或环化处理成大分子化合物之后，添加到沥青当中，减少沥青的用量，达到部分替代的目的，这类大分子化合物即为生物沥青。

道路用生物沥青：将（纯）生物沥青与道路石油沥青经过一定生产工艺加工后制备的沥青材料。

2、生物沥青化学组成及结构分析

（1）四组分分析

传统石油沥青是由分子量较大的烃类化合物构成的成分复杂的混合物，主要包括脂肪族和芳香族化合物，适量的硫，少量的氧和氮及微量的过渡金属元素。学者们将其大致分为四类即芳香酚、饱和酚、沥青质及胶质。沥青中各成分的含量决定了沥青的性能表现，大量学者通过分析不同沥青中的四组分含量及沥青性能，建立了沥青四组分与沥青性能的相关关系。来源不同的生物沥青，四组分含量不同，各种性质因此也不相同。

Elham H.F.等对猪粪在真空下进行热分解得到的生物沥青和两种普通石油沥青进行了四组分分析，发现生物沥青中的饱和酚和芳香酚均较少，胶质和沥青质较多。

（2）官能团及主要成分分析

国内外的学者们利用高分子材料的分析方法对生物沥青的化学组成及官能团构成进行了研究，分析与石油沥青的组成差异，包括傅里叶变换红外光谱法、

气相色谱-质谱联用分析法、核磁共振波谱法等。这些方法近年来在高分子材料中的应用已越来越广泛，可以对生物沥青材料的化学本质有更好的了解。利用不同生物沥青的官能团判断其所含有的主要成分，根据成分选择化学改性方法，从而提高生物沥青的性能。

Elham 等采用傅里叶红外光谱法发现生物沥青的谱图和石油沥青有很大不同，在生物沥青的谱图中碳碳和碳氢单键并没有出现在石油沥青出现的区域；在 1700cm^{-1} 和 1000cm^{-1} 处用来评价老化程度的羰基和亚砷在区域内无法区分；对照已有材料的谱图发现在生物沥青中存在脂肪族、稀族、芳香族以及一些羰基、醛、胺等碳氧官能团。Adam Zofka 等采用傅里叶红外光谱分析了咖啡色及提取咖啡后残渣的化学成分，观察到了咖啡豆作为抗氧化剂的原因，缘于成分中含有绿原酸、木质素、咖啡因等。Joseph 等发现大豆脂肪酸具有与沥青相似的化学成分，主要包括长链型的脂肪酸，可以归类为羧酸类。Elham 等使用核磁共振谱法的氢谱发现了来自猪粪的生物沥青存在烯烃、醇类和羧酸酯。

3、生物沥青路用性能

将生物沥青应用于道路建设中，必须对其几方面的性质加以研究，包括：粘度、劲度、延展性、蠕变、黏结性及防水特性。目前国外的研究主要是将生物沥青作为改性剂掺入不同 PG 分级的基质沥青中，并对混合改性之后的性质加以探究。

(1) 生物沥青的高温性能

采用动态剪切流变仪 (DSR) 对沥青施加动态循环荷载测试沥青的复数剪切模量和相位角已成为研究沥青材料流变性能的一种主要手段。而基于此提出的车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 也是评价沥青结合料高温性能的一个重要指标。根据其得出的复数剪切模量 G^* 、相位角 δ 、抗车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 、损失剪切模量 $G^*\cdot\sin\delta$ 与温度 T 的关系来评定该沥青的高温稳定性能。 $G^*/\sin\delta$ 是 SHRP 规范提出的车辙因子，其值越大，沥青材料抵抗高温变形能力越好。

Elham 等在复数模量主曲线的研究中发现，随着生物沥青掺量的增加，复数模量降低，且在频率跨度上小于未改性的沥青，说明掺入生物沥青后温度敏感性降低。Elham, You 及 Wen 等分别对来自猪粪和废弃食用油的生物沥青进行 PG 分级，发现高温性能下降的同时低温性能得到了改善。

(2) 生物沥青的低温性能

BBR 试验可以提供一种测试沥青结合料低温刚度和松弛特性的方式，可以用来预测沥青的热开裂趋势，试验结果是蠕变柔量、刚度、 m 值和开裂温度 T_{cr} 。因此研究学者经常采用 BBR 试验法评价生物沥青的低温性能。

Elham 等研究发现掺入生物沥青会降低改性后沥青的刚度，提高 m 值（改善了应力松弛性能），降低石油沥青的开裂温度，且随着其掺量的增加，开裂温度降低的幅度越大。Williams 和 Raouf 等将来自于橡木、柳枝和玉米秸秆的生物沥青掺入石油沥青中进行改性，BBR 试验发现 m 值降低，即低温抗开裂性能降低。

(3) 生物沥青的疲劳性能

目前，国内外有很多测试沥青疲劳性能的试验，但迄今为止 Superpave 的 $G^* \cdot \sin\delta$ 依旧是描述疲劳性能最有效的指标。

(4) 生物沥青的流变特性

国外学者对生物沥青和石油沥青的流变特性进行了比较，研究集中在把前者作为后者替代品的可行性上。有研究表明，生物沥青与石油沥青表现出不同的流变性能，生物沥青更适合用来作为硬沥青的改性剂。也有研究学者表明，即使在温度敏感性上有一些不同，生物沥青在一定程度上也表现出与石油沥青相似的流变性能。Airey、Wan Nik 和 Abdel Raouf 研究表明，流变特性在描述和预测生物沥青的行为特性上具有重要的作用，其中包括粘弹性、温度敏感性、剪切敏感性以及老化。

4、生物沥青作为改性剂-混合生物沥青的研究现状

国内外在正在进行的研究中，生物沥青多是作为改性剂掺入到石油沥青中，生物沥青的改性效果依赖于很多因素，如基质沥青、生物沥青来源、生物沥青与沥青材料的掺配比例等，目前两者的混合大多是采用不同掺量。

Elham 和 You 等以猪粪为原料的生物沥青作为改性剂分别掺入石油沥青中，发现增加生物沥青的含量可以降低改性后沥青的开裂温度，改善了低温抗开裂性能。Wen 等采用废弃食用油聚合得到的生物沥青以不同比例与不同 PG 分级的传统石油沥青进行混合得到混合生物沥青，最后结论与 Elham 和 You 的结论一致，且抗疲劳性降低。Williams 等对不同来源的生物沥青分别掺入到传统石油沥青中

3%、5%、9%进行研究,表明生物沥青可以使混合生物沥青的高温等级提高将近6℃;而将生物沥青的含量提高到9%时,混合生物沥青高温等级得到明显改善,即生物沥青加入到基质沥青可以改善车辙性能,但也同时降低了抗开裂性能。这在前面已经交代,不同来源的生物沥青性能相异,导致出现的结论相悖。Elham H.F.等通过不同掺量生物沥青的混合沥青复数模量主曲线的变化发现,当生物沥青掺量增加时,混合生物沥青复数模量降低,并且混合生物沥青的感温性和抗车辙性能得到改善。Wen 等发现经混合生物沥青的抗车辙能力有所提高,其PG 分级为58-28,与之前的沥青复数模量结果一致。MillsBeale J 等将猪粪基生物沥青掺入到石油沥青中,采用RV,DSR,BBR 等试验评定其流变性能,通过研究得到生物沥青能有效与石油沥青混合,此时结合料的粘度下降;在较高温度下,生物沥青结合料显示出高温抗车辙性能;在较低温度时,能有效提高其低温抗裂性。涂成等以20%为范围在石油沥青中掺入生物沥青,得出比例小时混合沥青在高温储存或运输过程中能保持物理性能的稳定;比例大时在长期高温条件下,生物沥青与石油沥青共混体系流变性能保持稳定;并从物理性能、流变性能以及官能团结构三方面对生物沥青与石油沥青共混体系的热储存稳定性进行评价均得出其具有较优的热储存稳定性;生物沥青与石油沥青的混合沥青在长时间的高温储存和运输过程中能保持性能的稳定。山东大学曹卫东等将9%的生物沥青掺入70号沥青中,发现混合沥青针入度略有增大,软化点略有下降,延度升高,三大技术指标均满足规范要求,初步验证了国内生产的生物沥青是可以部分代替石油沥青的假设^[8]。长安大学廖晓锋等通过沥青3大常规指标试验、DSR 试验、BBR 试验和重复蠕变恢复试验等综合评价了混合生物沥青的路用性能,并取得了一下成果:生物沥青强度和高温性能劣于常规沥青,二者共混后高温稳定性有所下降;生物沥青的中等温度疲劳性能适中,与基质沥青共混后可提高其疲劳性能;生物结合料的低温抗裂性优于常规沥青,在常规沥青中添加适量的生物沥青能显著改善结合料的抗裂性^[1]。曹雪娟等认为生物沥青强度和高温性能劣于常规沥青,温度敏感性较强,但其低温抗裂性良好。利用生物沥青与石油沥青的相溶性,将生物沥青全部或部分替代石油沥青制备生物沥青结合料,能提高其低温抗裂性,但仍需深入研究以获得更好的综合路用性能。栾海等提出一种利用植物沥青添加至石油沥青作为道路用沥青及生产方法,所制备的沥青混合料具有一定的高温稳定

性，能够提高沥青混凝土路面高温和重载交通的抗车辙变形的能力^[3]。

5、改性生物沥青的研究

想要成功的将生物沥青应用到道路建设中去，需要对生物沥青进行改性升级，根据现有研究总结可知，不同生物来源和生产工艺生产出来的生物沥青性能缺陷不同，而可以对其改性的材料很多，有可能是高分子聚合物，也有可能是无机非金属材料或者金属材料，但现阶段研究一般都是单一的改性，而关于复合改性的研究相对较少。

Raouf 的研究结论是需要改性剂改善生物沥青的低温性能。Joana Peralta 等向其中掺加橡胶对其进行改性，评价了其化学相容性。Peralta 等在玉米秸秆裂解得到的生物油中加入橡胶粉，制备成橡胶改性生物沥青，并采用红外光谱对其化学成分进行测试。得出橡胶颗粒在生物油中可以较好地溶胀发育，二者具有良好的配伍性。Fini E H 等用猪粪通过快速热裂解制得生物粘合剂，然后将其与废旧橡胶粉混合制得改性生物沥青 BMR，发现 BMR 和常规橡胶粉改性沥青 CRM 的性质接近，粘度提高，为废弃生物质及废旧轮胎的合理利用提供了一条可行的出路^[6-7]。何敏等对改性生物沥青常规性能研究表明生物沥青与改性沥青混合后，其针入度值随着改性沥青比例的增大而减小。进行温度稳定性分析知，两种生物沥青与改性沥青混合后，高温性能受影响，但改善了生物沥青低温下硬脆的缺点^[5]。哈尔滨工业大学曹羽研究了复合改性生物沥青的性能，先对混合生物沥青进行 SBS 改性，SBS 掺量为 2%，硫粉掺量为 0.2%，然后进行橡胶粉改性，橡胶粉掺量为 15%，对改性后的沥青进行三大指标、流变性能、疲劳性能、温度敏感性等性能评价，并比较复合改性前后生物沥青性能变化情况，得出复合改性后高温性能得到明显的提升，高温区感温性能明显得到改善，老化性能得到明显的改善，粘附性均达到规范中的要求，粘附性较好^[2]。

参考文献：

- [1] 廖晓锋, 雷茂锦, 陈忠达, 等. 生物结合料共混沥青的路用性能试验研究[J]. 材料导报. 2014, 28(2): 144-149.
- [2] 曹羽.植物沥青复合改性研究及性能评价[D]. 哈尔滨工业大学, 2016
- [3] 栾海,纪青山,霍玉霞,王玉娟.一种利用植物沥青添加至石油沥青作为道路用沥青及生产方法:吉林,CN102304289A[P].2012-01-04
- [4] 董泽蛟,杨晨,栾海,肖桂清.DC-I型混合植物沥青混合料路用性能评价及改善[J].建筑材料

学报,,():1-10.

[5] 何敏, 曹东伟, 张海燕, 等. 改性生物沥青常规性能研究[J]. 公路交通科技 2015. 32(002): 8-12.

[6] Fini E H, Oldham D J, Abu-Lebdeh T. Synthesis and Characterization of Biomodified Rubber Asphalt: Sustainable Waste Management Solution for Scrap Tire and Swine Manure[J]. Journal of Environmental Engineering. 2013, 139(12): 1454-1461.

[7] Fini E H, Kalberer E W, Shahbazi A, et al. Chemical Characterization of Biobinder from Swine Manure: Sustainable Modifier for Asphalt Binder[J]. Journal of Materials in Civil Engineering. 2011, 23(11): 1506-1513.

[8] 曹卫东, 张晓波, 戚新龙, 等. 生物沥青的研究进展[J]. 石油沥青. 2014, 28(5): 1-5.

[9] 靳超.植物沥青路用性能研究[D].内蒙古工业大学,2015.

[10] 薛金顺,赵伟.改性植物沥青及其混合料路用性能[J].建筑材料学报,2017,(05):723-726.

本项目学生有关的研究积累和已取得的成绩

1、科研组成员均为道路卓越班大二学生，成绩都比较优秀，且已经有较多的专业知识以及一定的实习实践经验；

2、科研组成员均参加了多数相关讲座和阅读了许多书籍，如《生物沥青的研究进展及发展前景》，《混合生物沥青技术条件》，《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》等，这为接下来的调研打下深厚的基础；

3、科研组成员阅读与查询了大量与此项目相关的书籍与文献，为项目研究做好了铺垫工作；

4、科研组成员对试验的发展进行了相应的计划与探究，对相应的实验仪器及注意事项进行了一些了解，以及生物沥青的选用和生物沥青的原材料和生产工艺进行了一些了解，同时制订了试验具体进展方案计划。

项目的创新点和特色

具体的创新点有：

1、基于路用使用性能提出一套（纯）生物沥青质量控制标准

基于不同原料及加工方式得到的生物沥青具有不同的路用性能，一些生物沥青在掺加到基质沥青中会发生混合生物沥青的一些性能变差，即使通过一些改性剂的改性也无法满足路用性能的要求，而且至今对生物沥青的质量控制没有一个统一的标准。本项目通过对生物沥青路用性能的基本指标以及混合生物沥青和复合改性生物沥青的使用性能的研究分析，再基于规范对改性沥青路用性能的要求，同时将（纯）生物沥青本身的技术指标与基质沥青、混合生物沥青和复合改性生物沥青进行对比，并进行相关性分析，为（纯）生物沥青本身的技术指标的控制提供依据，并确定提出一套基于使用性能的（纯）生物沥青的质量控制标准。

2、复合改性生物沥青的复合改性配方确定

由于生物沥青来源广泛，不同的原料及加工方式得到的生物沥青具有不同的性能。一些生物沥青在掺加到基质沥青中会发生混合生物沥青的某些性能变差，难以直接应用于道路工程中，通过对国内外的调研，近年来，聚合物改性沥青因其优异的性能越来越广泛的应用于道路工程中。这些改性沥青往往以主要改善某一性能，同时又不降低其他性能或使其他性能稍有改善为目的。但是只通过一种改性剂对沥青进行改性，使其达到高、低温性能等其他性能均大幅提升是比较困难的。本项目是对混合生物沥青进行相应的复合改性，即针对混合生物沥青某些性能上的缺陷，利用不同改性剂同时对沥青进行改性，它利用了不同改性剂在高温稳定性及低温抗裂性的不同改性效果，使复合改性沥青能同时发挥两种或多种改性剂的优势，达到同时改善高、低温性能和其他性能的目的。同时，通过评价不同改性剂掺量下的复合改性生物沥青性能的对比，确定不同改性剂共同作用时各改性剂的掺量，即确定复合改性生物沥青的最佳配方。

3、复合改性生物沥青的作用机理

不同生物沥青由不同的物质组成，现研究阶段对生物沥青作为改性剂制得的混合生物沥青的路用性能较多，但在生物沥青与石油沥青共混和改性剂的加入后物质的变化研究较少，生物沥青和改性剂的加入可能会发生化学反应，使新旧物

质发生变化从而对沥青的性能产生影响,而且虽然聚合物改性沥青的机理已有研究成果,但本项目的沥青原材料不再单单是石油基质沥青,因此,有必要对复合改性混合生物沥青的机理进行分析。本项目采用四组分试验分析、DSC 试验、红外光谱分析试验等系统测试(纯)生物沥青、混合生物沥青和复合改性生物沥青的物质和官能团变化,分析使混合生物沥青性能变化的物质因素。

项目的技术路线及预期成果

技术路线图：

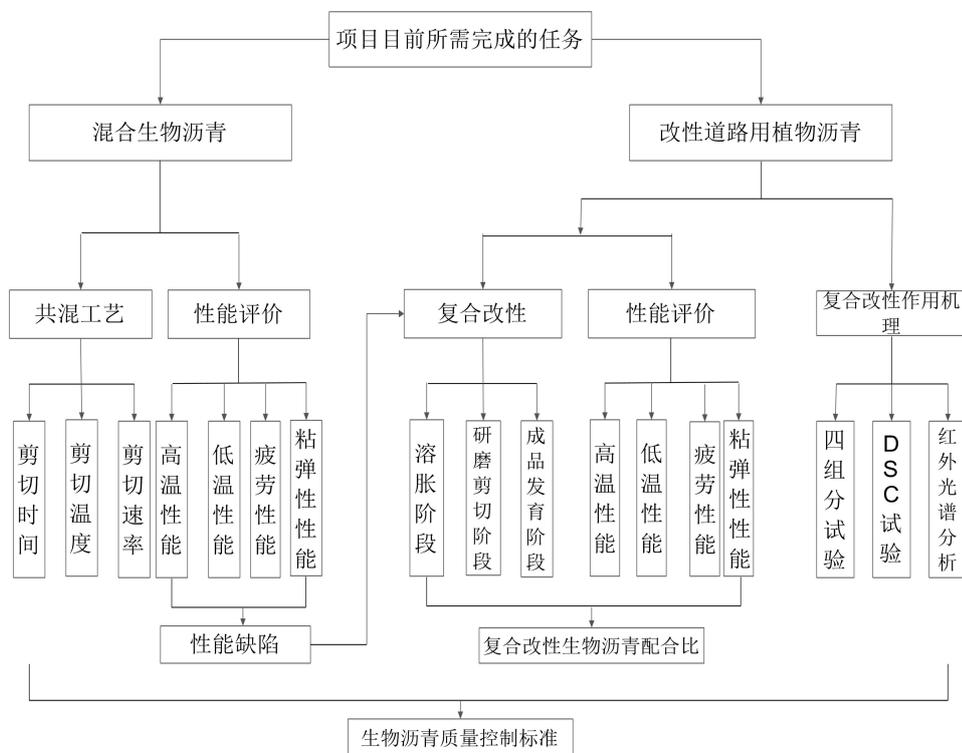


图 1 项目技术路线图

预计结果：

1、开发设计一种满足综合路用性能的复合改性生物沥青，并撰写申请一项实用新型专利，主要创新点为对混合生物沥青的复合改性，并优化配比；

2、通过对混合生物沥青、复合改性生物沥青性能的评价，根据相关的数据分析生物沥青的改性作用以及复合改性生物沥青的性能实用性，发表 1-2 篇复合改性生物沥青的路用性能的论文；

3、基于路用性能，提出一套生物沥青的质量控制标准。

年度目标和工作内容

年度目标：完成满足各项路用性能的复合改性生物沥青的设计及制备，并确定最佳配合比，同时提出一套基于路用性能的生物沥青的质量控制标准。完成一篇专利材料的撰写及一篇中文核心期刊的发表。

工作内容：

第一阶段：（2018年4月到2018年6月）

通过相应试验确定混合生物沥青的制备工艺以及确定混合生物沥青中生物沥青的最佳掺量，并制备混合生物沥青；

第二阶段：（2018年7月到2018年9月）

根据试验进行混合生物沥青路用性能的分析，并与石油沥青进行性能对比并分析；

第三阶段：（2018年10月到2018年12月）

针对混合生物沥青某些性能的不足，对其进行复合改性，并基于使用性能确定最佳配合比，并分析复合改性的作用机理；

第四阶段：（2019年1月到2019年4月）

科研组成员对前三阶段得出的数据进行整理，用所学知识以及查阅文献资料，并将数据绘制图表进行对比，从而得出结论；并结合规范对路用性能的要求，提出一套生物沥青的质量控制标准。

指导教师意见

签字:

日期: