

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: 高抗剪切性能的沥青混合料设计研究				
学校名称	长沙理工大学			
学生姓名	学 号	专 业	性 别	入 学 年 份
黄志轩	201608020114	道路工程	男	2016
杨蕴韬	201638090229	道路工程	男	2016
刘彪	201608020832	道路工程	男	2016
周垚	201610010436	道路工程	男	2016
匡鹏程	201608021024	道路工程	男	2016
指导教师	谢军	职 称	副教授	
项目所属一级学科	道路与铁道工程	项目科类(理科/文科)		理科
<p>一、学生曾经参与科研的情况</p> <p>1. 为确保项目的顺利进行,进行了大量的材料性能试验,掌握了相关的试验方法及步骤,保证了自身的实践能力;</p> <p>2. 部分人员曾于 2016 年参与大学生创新项目立项,课题为基于裂隙度表征的膨胀土边坡稳定性分析方法,对于项目的进行和完成拥有足够的经验;</p> <p>3. 项目采用的剪切破坏试验方法以指导老师研究方向为主,可以得到充分的指导以提高实验可信度和精准度。</p>				

二、指导教师承担科研课题情况

指导教师谢军，一直从事路面结构设计理论与方法、路面材料、路面检测与评价技术和路面养护管理等方面的工作。

1. 主持完成了包括国家自然科学基金青年基金、湖南省自科基金、交通运输部应用基础研究项目在内的纵横向科研课题十余项。

2. 有大量的学术研究成果，曾在国内外期刊发表论文十余篇。

3. 曾获中国公路学会科技进步奖三等奖 1 项(主持)、一等奖 1 项，湖南省科技进步奖三等奖 1 项，并荣获长沙市首届“青年科技奖”。

其中主持的“基于分形理论的沥青路面剪切疲劳及破坏机理研究”(国家自然科学基金青年基金)、“沥青混合料疲劳剪切破坏机理及剪切疲劳试验研究”(交通运输部应用基础研究项目)在沥青混合料剪切性能研究、剪切试验方法开发等方面做了大量的工作，可为本项目实施提供较好的指导。

三、项目研究和实验的目的、内容和要解决的主要问题

3.1 目的

近年来，随着我国道路交通运输结构的变化以及交通量、轴载、渠化交通的增加，公路沥青路面出现了车辙、推移、拥包、纵向开裂等病害，国内外研究资料表明：随着轴载、胎压、渠化交通等荷载条件的变化，沥青路面面层受到较大的剪应力和剪应变作用，沥青混合料的抗剪性能不足是引起这些病害的主要原因。

基于此问题，本研究项目通过分析沥青路面剪切破坏的特征，提出高抗剪性能沥青混合料的设计方案，旨在提高沥青路面的抗剪切能力，减小剪切破坏危害。

3.2 内容

基于以上原因，本项目将通过以下几个方面进行研究：

(1) 进行广泛而全面的室外现场调研，选取高速公路、城市道路、公交车站等不同地点进行实地考察，并采集沥青路面剪切破坏的样本。通过对多个不同种类的路段的剪切破坏情况的检测，对沥青路面发生剪切破坏的原因进行分析，根

据道路情况的不同，对沥青路面产生剪切破坏的影响因素进行归纳分析。

(2) 对已有的有关沥青路面剪切破坏的实验方法进行深入研究和逐一尝试，与此同时，学习此类实验方法的设计思路，并通过对比得出各种方法之间的利弊。在充分理解各种方法原理的同时，借此获得尽可能多的剪切破坏的实验数据。实验完成后，对数据进行处理，初步得出沥青混合料配比与抗剪切强度之间的关系曲线。

(3) 在前人相关研究成果的基础上，对剪切破坏的过程和影响因素进行严谨的理论推导，分析沥青路面剪切破坏的形成机理及影响剪切破坏形成的因素。结合室外调研获取的样本数据，以及室内实验得出的实验结果，分析得到沥青混合料的成分及配比与沥青路面抗剪切强度之间的关系，从而总结出设计高抗剪切性能的沥青混合料的基本思路。

(4) 根据所得出的基本思路，尝试修改沥青混合料的配比以提高其抗剪切破坏性能，并付诸于实践，通过实验进行测定，在验证方案可行性的同时，也对之前所得出各种理论分析的结果进行检验，确保其正确性。验证无误后则着重拓展思路，采用添加外掺材料的方法来改变沥青混合料的配比，以期以此提高沥青路面的抗剪切强度。

(5) 对提出的多种理论方案进行实际尝试，并进行实验验证其实际抗剪切能力，淘汰未提升沥青混合料抗剪切强度的方案和成品有明显的缺陷的方案，并在此过程中对已得出理论和设计思路进行进一步的完善。

在最后所得的方案中，则应综合考虑成本，工艺，抗剪切强度提升幅度等多个指标进行综合考量，逐一对比，并最终得出最佳的方案。

3.3 解决的主要问题

- (1) 通过室外现场调研，获得剪切破坏的实地数据。
- (2) 研究和尝试已有的实验方法，初步得出影响抗剪切强度的因素。
- (3) 进行严谨的理论推导，完善自身的理论基础。
- (4) 尝试修改沥青混合料的配比，提高其抗剪切破坏的性能。
- (5) 测定所提出方案的实际效果，得出最终结论。

就现实而言，近年来，公路沥青路面出现了车辙、推移、拥包等新的病害，而沥青混合料的抗剪性能不足则正是引起这些病害的主要原因。但另一方面，我国尚未对沥青路面的抗剪切性能有明确的规定，这也间接导致了目前我国的沥青路面在抗剪切性能方面往往存在不足。由此可见，提高沥青路面的抗剪切性能显然有着深远的意义和极高的价值。

就理论而言，路面的剪切破坏虽然早已有之，但直到近年，剪切破坏对路面寿命的影响日益凸显，学界对此的重视才开始逐步提高。甚至于缺少一个公认的实验方法确认沥青混合料的抗剪切强度，即使是国内广受认可的单轴贯入法，其理论基础也尚不完全明晰。着手对此进行研究，自然更易有所收获，成果也将更有价值。

四、国内外研究现状和发展动态

4.1 国外研究现状

从二十世纪开始，国内外从沥青路面抗剪强度、抗剪指标以及在路面荷载下所受剪切力分布等方面着手，进行了大量有关于沥青路面剪切破坏的研究。

早在 1928 年，美国加州公路局 O.J.波特等在对破损路面进行大量调查后，认为路面病害的产生与道路基层及面层材料的剪切强度与压实度不足密不可分^[1]，但当时认为的主要原因还是土基材料的剪切强度不足引起的，并建立了以单位压力 p 下产生贯入度来测试土基的强度，即 CBR 法。在这一理论上，还得到了不同路面厚度下土基的抗剪强度与 CBR 值得关系。可见 CBR 法也是早期道路研究人员对土基剪切应力的一种检测方法，虽然尚未上升到路面的剪切强度，但也建立了道路一个新的研究方向。

V.R.Smith 在三轴试验下通过改变沥青混合料类型、试验的温度以及加载频率等分析不同试验因素对沥青混合料抗剪强度的影响^[2]。利用弹性理论方法系统全面的阐述了道路的剪切受力状态，提出了沥青混合料的破坏标准与混合料应该满足的物理特性，还给出了混合料在不同路面荷载情况下应达到的剪切强度要求和诺模图。

Zhang, Kun 和 Muftah, Ahmed^[3]等人对十组不同 RAP 含量的沥青混合料

对比分析，验证其体积指标、抗车辙性能、抗疲劳开裂性能和抗低温开裂性能，提出含 RAP 沥青混合料性能关联设计方法。Soohyok Im^[4]等人也提出基于掺加 RAP 的新型沥青混合料设计方法，该法又被称为沥青混合料均衡设计方法，并以此来确定最佳沥青用量，室内及现场试验研究显示，该法能够较好地均衡沥青混合料路面的开裂和车辙问题。

4.2 国内研究现状

对于沥青路面的抗剪切性能方面，我国的研究起步比较晚，但几十年来，关于这方面的研究成果也是蔚然可观。

20 世纪 80 年代，我国为了解决路面出现的车辙问题，进行了针对柔性路面结构设计的专项研究。但沥青面层的抗剪指标一直没有得到重视。

1991 年，徐世法通过研究认为沥青路面的拥包与推移变形是由于剪切应力的作用下形成的^[5]。并说明沥青混合料的剪切变形不仅与剪切应力 τ 有关，还跟平均法向应力 σ_m 有关。当平均法向应力 σ_m 为正时会使混合料更密实，称为负剪胀，反之会使混合料松散，称为正剪胀，路面正是在不断的正负剪胀作用下形成拥包与推移。

马新、郭忠印等人通过建立三维有限元分析模型，研究移动荷载作用下沥青路面结构中剪应力场的分布规律与半刚性基层沥青路面动态响应，并分别计算了汽车在匀速行驶阶段、制动阶段时沥青路面结构层的应力应变变化规律^[6]。结果表明：在汽车在制动阶段相比匀速行驶阶段时路面结构层中的最大竖向位移与竖向最大剪应力基本保持同一水平，但水平最大剪切应力大大增加。

王旭东，张蕾^[7]等提出了基于骨架嵌挤原理的沥青混合料均衡设计法。该法认为在某一特定的压实功作用下，无论何种矿料级配，起润滑和填充作用的沥青会将混合料的框架结构逐渐撑开，则定义混合料框架结构在被撑开前的状态为其最紧密状态，它是混合料压实过程中的一个状态节点。尽管很多国家沥青混合料的抗剪因素都没有纳入设计控制指标中，但是各国的道路工作者都深知抗剪因素的重要性。相关研究者对沥青混合料的抗剪切性能做了大量的研究，并取得了很多成果。而沥青混合料的设计是一个集材料设计和性能设计于一体的过程，

涵盖范围广，诸多研究也大都是基于既有的系统设计方法从不同角度做了进一步优化，应用局限性较大，存在进一步完善的空间。

参考文献

- [1] 沙庆林. 柔性路面结构设计方法[M]. 北京: 人民交通出版社, 1988
- [2] V.R.Smith. stability method for flexible pavements design. proceedings of association of asphalt paving technologists, Triaxial 1949 February 14 and 15
- [3] Zhang K. Muftah., Ahmed W., et al. Performance-Related Design Method for Asphalt Mixes That Contain Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) [A]. TRB 95th Annual Meeting Compendium of Papers Transportation Research Board Annual Meeting[C], 2016:16-26.
- [4] Soohyok I., Pravat K., Fujie Z., Development of new mix design method for asphalt mixtures containing RAP and rejuvenators[J]. Construction and Building Materials, Volume 115:727-734.
- [5] 徐世法. 高等级公路道路沥青路面车辙的预估与防治[同济大学博士学位论文][D].上海: 同济大学, 1991
- [6] 马新, 郭忠印. 动载作用下沥青路面的剪切破坏机理[J]. 中路公路学报, 2009, 22(6):34-39
- [7] 王旭东, 张蕾. 基于骨架嵌挤型原理的沥青混合料均衡设计方法[M].北京, 人民交通出版社, 2014.5

五、本项目学生有关的研究积累和已取得的成绩

5.1 查阅与本项目相关的文献

利用搜索引擎和知网等方式，我们详细了解了与本项目相关的国内外发展现状及概况，并进行了总结和分析。虽然沥青路面的剪切破坏已经日益得到重视，但相关研究情况依然远不如路面其他方面，而对于沥青路面的抗剪性能的考虑也依旧十分不足。抗剪性尚未作为标准中的一部分，成为对沥青混合料的硬性要求，由此可见，我们的研究是有着深远意义和有所创新的，而非无用的重复前人的事业。

5.2 进行与本项目相关的实验

利用学校已有的设备，我们进行了大量材料性能方面的实验。从而掌握了相

关的试验方法及步骤，积累了使用仪器设备的经验，为项目中实验的进行打下了基础。同时，指导老师也带我们查看并使用了扭转剪切破坏的实验仪器，详细阐述了其实验过程，作用机理，和结果分析方法，为我们之后的剪切破坏实验做好了准备。

5.3 部分成员参与过大学生创新项目立项

部分成员于 2016 年参与了大学生创新项目立项，课题为基于裂隙度表征的膨胀土边坡稳定性分析方法。虽然此课题与我们的项目相关性有限，但他们拥有了进行实验和完成一个课题的经验，这对我们十分有帮助，可以在很大程度上保证我们项目流程的顺利进行。

六、项目的创新点和特色

6.1 创新点

(1) 通过设计新的沥青混合料的配比以及外掺材料，来提高沥青混合料的抗剪性能，从而延长沥青路面的使用年限；

(2) 在试验中创新性的运用更易操作的正应力条件下的扭转剪切试验方法，简化试验方法，提高试验效率，增加试验次数，使试验所得数据更具有可靠性；

(3) 尤其针对于中南地区的路段进行研究分析，使得本项目的研究成果更加适应于中南地区路段；

6.2 特色

(1) 由于沥青混合料的抗剪切性能影响因素复杂多变，通过现场调研和室内试验，综合评价沥青混合料的路用性能；

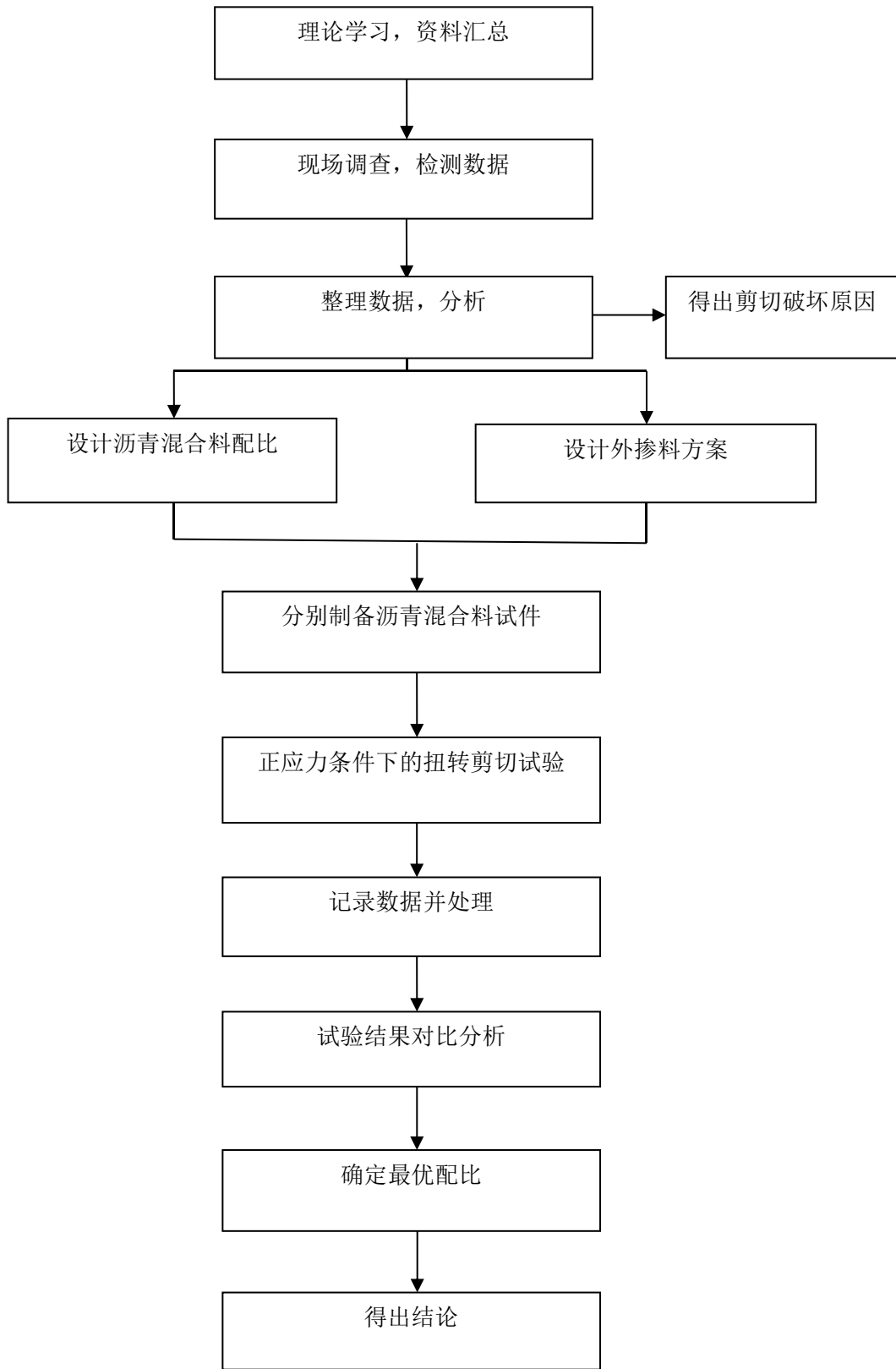
(2) 所用的试验材料简单易得且经济性好；

(3) 设计了多组对照试验，提高了试验数据的精确度，使试验结果更具说服力和可靠性；

(4) 正应力条件下的扭转剪切试验方法操作流程简便，便于现场试验施工的展开。

七、项目的技术路线及预期成果

7.1 技术路线



(1) 收集相关的资料与论文，并对这些资料的理论进行学习，为后面的实验研究打下理论基础。

(2) 对各路段进行实地调查，对受到剪切破坏的沥青路面进行观测和取样，汇总后进行实验测定和理论分析。

(3) 利用分析结果，大胆设计出多种沥青混合料试件的配比，并以此配比进行配制，之后对其进行正应力条件下的扭转剪切试验。

(4) 对正应力条件下的扭转剪切试验所得数据进行分析处理，得到抗剪能力好的配比，再将该配比细分，重复实验，最终确定最优配比。

7.2 预期成果

(1) 借助整理掌握的资料，在导师指导下，分析不同地段沥青路面发生剪切破坏的原因及影响剪切破坏的相关因素，对此撰写小论文；

(2) 对相关实验方法进行深入研究和逐一尝试，通过对比得出各种方法之间的利弊，并对实验数据进行处理，初步得出沥青混合料配比与抗剪切强度之间的关系，并记录分析报告。

(3) 提出新的沥青混合料配比，配制后进行正应力条件下的扭转剪切试验。反复试验，分析试验数据，进行总结后，最终得到最优抗剪沥青混合料配比，申请专利；

(4) 整理形成系统性沥青路面剪切破坏特征的研究报告，撰写高抗剪性能的沥青混合料的研究论文以及创新实验项目的总结报告。

八、年度目标和工作内容（分年度写）

近些年来随着我国交通量的快速增长，沥青面层失稳流动产生的车辙变形，交叉口及大纵坡路段沥青层间推移，拥包变形等破坏已成为我国高等级公路主要的破坏类型之一。而导致上述病害的主要原因就是沥青混合料抵抗剪切流动变形的能力不足。本项目试图从剪切方面入手，提出抗剪性能更好的沥青混合料的设计方法。通过对现场的调查检测，了解沥青路面发生剪切破坏的表现，分析主要原因。针对沥青路面的剪切破坏，从材料配合比设计的角度进行研究，运用正应力条件下的扭转剪切试验不断尝试设计出更好的沥青混合料，提出抗剪性能更好的沥青混合料的设计方法。

2018 上半年：根据所做项目，学习必须的基础理论知识，掌握必要实验技能，查阅相关资料，制定研究方案、确定研究技术路线。

2018 下半年：选定具有代表性的路段，进行现场勘测，收集检测数据，总结路面剪切破坏的表现及成因，并提出抗剪性能更好的沥青混合料的设计方法。

2019 上半年：根据现场结果和理论知识，试配沥青混合料试件，进行正应力条件下的扭转剪切试验对比，不断进行改良，筛选出抗剪切性能最好的试件，其代表的沥青混合料设计方法即项目所求设计方法。

2019 下半年：总结项目以上进程，撰写小论文，完成项目结题报告。

指导教师意见

项目针对我国沥青路面剪切破坏发生现状，从破坏原因，破坏机理入手，分析沥青路面剪切破坏影响因素，采用正应力条件下的扭转剪切试验方法，对不同配比的沥青混合料进行剪切实验。从材料设计角度对比不同配合比优劣，提出抗剪性能更好的沥青混合料设计方法。

项目研究目标明确，技术路线合理，研究方案可行，有较好的创新性。同意并支持项目立项申请，并及时指导督促，保证项目顺利实施及完成研究任务。

签字：

日期：

注：本表栏空不够可另附纸张